

Room 644 Soya

A. D. IV.

地質調査所報告 第259号

日本の地熱地域の熱水変質帯の
地質学的研究
その1

地質調査所

昭和53年3月

551. 23 : 551. 25(52)

地質調査所報告 第 259 号

所長 佐藤 茂

日本の地熱地域の熱水変質帯の
地質学的研究

その 1

編 集

角 清愛・五十嵐昭明・高島 勲・金原啓司・西村 進

目 次

「日本の地熱地域の熱水変質帯の地質学的研究」の編集にあたって

—研究のねらいと内容— 角 清愛・五十嵐昭明・高島 勲・金原啓司・西村 進

1. はじめに	1
2. 研究発足までの経緯	1
3. 調査研究の計画	2
4. 研究結果の編集	3
5. 謝 辞	5
6. 終わりに	5
文 献	5
Abstract	6

北海道札幌市豊羽地熱地域の熱水変質帯

…………… 五十嵐昭明・古川雄也・菅原一安・西村 進・岡部賢二

1. まえがき	9
2. 従来の調査	9
3. 地 質 概 説	12
4. 変質帯の産状	13
5. 放射年代測定	27
6. 変質岩の化学分析	32
7. X 線 分 析	34
8. 花 粉 分 析	35
9. ま と め	38
文 献	39
Abstract	41

北海道有珠郡北湯沢地熱地域の熱水変質帯

…………… 山口昇一・五十嵐昭明・千葉義明・斉藤清次・西村 進

1. まえがき	43
2. 従来の調査	43
3. 地 質 概 説	44
4. 変質帯の産状	49
5. 放射年代測定	69
6. 変質岩の化学分析	75
7. X 線 分 析	76
8. 花 粉 分 析	79
9. ま と め	79
文 献	80
Abstract	83

北海道茅部郡濁川地熱地域の熱水変質帯

…………… 五十嵐昭明・佐藤 浩・井手俊夫・西村 進・角 清愛

1. ま え が き	85
2. 従来の調査	85
3. 地 質 概 説	85
4. 変質帯の産状	96
5. 放射年代測定	154
6. 変質岩の化学分析	163
7. X線分析	173
8. 花粉分析	175
9. 珪藻分析	178
10. ま と め	178
文 献	179
Abstract	180

北海道茅部郡鹿部・大船地熱地域の熱水変質帯…………… 五十嵐昭明・石田正夫・

岡村信行・青木謙治・山口昇一・西村 進

1. ま え が き	181
2. 従来の調査	181
3. 地 質 概 説	181
4. 変質帯の産状	189
5. 放射年代測定	223
6. 変質岩の化学分析	230
7. 変質岩のX線分析	231
8. 花粉分析	235
9. 要約および考察	235
文 献	236
Abstract	237

青森県青森市酸ヶ湯地熱地域の熱水変質帯

…………… 佐藤博之・中川 進・桑畑和則・山田敬一・徳永重元

1. ま え が き	239
2. 従来の調査	240
3. 酸ヶ湯地域の地質	241
4. 変 質 帯	253
5. ま と め	276
文 献	277
Abstract	279

秋田県鹿角市大沼地熱地域の熱水変質帯

…………… 高島 勲・淵本 決・窪田康宏・林 育浩・西村 進

1. ま え が き	281
2. 従来の調査研究	281
3. 地 質 概 要	283

4. 変質帯	287
5. 温泉沈殿物	298
6. 放射年代測定試料採取および測定結果	301
7. 変質岩および原岩の化学組成	304
8. 考察	304
9. 要約	306
文献	309
Abstract	310

秋田県湯沢市・雄勝郡川原毛地熱地域の熱水変質帯

谷口政碩・岡田 博・角 清愛

1. まえがき	311
2. 従来の調査研究	311
3. 地質概説	314
4. 変質帯	316
5. 放射年代測定	331
6. 変質岩の化学分析	333
7. X線分析	333
8. まとめ	336
文献	337
Abstract	339

宮城県玉造郡片山・鳴子地熱地域の熱水変質帯

山田 啓三・岡田 博・西村 進・谷口政碩・名取博夫

1. まえがき	341
2. 従来の調査	341
3. 地質概説	342
4. 変質帯	343
5. 放射年代測定	357
6. 変質岩の化学分析	367
7. 変質岩の粉末X線分析	369
8. まとめ	371
文献	372
Abstract	374

山形県最上郡肘折地熱地域の熱水変質帯

谷口政碩・巻田 公・河合芳樹

1. まえがき	377
2. 従来の調査	377
3. 地質概説	380
4. 変質帯	395
5. C-14年代測定	401
6. 変質岩の化学分析	401
7. X線分析	403
8. まとめ	404
文献	412

Abstract	413
山形県米沢市姥湯地熱地域とその周辺における熱水変質帯	
..... 富樫幸雄・窪田康弘・山田宮三・西村 進	
1. ま え が き	415
2. 位置・地形および交通	416
3. 地 質	416
4. 第四系層序	418
5. ¹⁴ C測年およびフィッシュン・トラック測年	420
6. 熱水変質帯と温泉沈殿物	420
7. X線粉末回折による鉱物組成の決定	428
8. 変質岩の化学組成	428
9. 変質帯・温泉沈殿物と第四系の関係	430
10. 変質帯と褐鉄鉱層の形成時期	431
11. 地 熱 徴 候	432
12. 結 論	433
文 献	434
Abstract	435
福島市野地地熱地域の第四系層序と熱水変質帯	
..... 富樫幸雄・佐藤 浩・鷹皆守彦・千葉義明・西村 進・鈴木敬治	
1. ま え が き	437
2. 従来 of 調査	437
3. 地 質	438
4. 放射年代測定	442
5. 変 質 帯	446
6. 温泉沈殿物	452
7. 変質帯・温泉沈殿物と第四系との関係	455
8. 変質帯・温泉沈殿物と地熱徴候との関係	457
9. 化学分析	458
10. X 線 分 析	459
11. 結 論	464
文 献	464
Abstract	465
群馬県吾妻郡草津白根・花敷地熱地域の熱水変質帯	
..... 上野三義・間遠治孝・金原啓司・西村 進	
要 約	467
1. ま え が き	468
2. 従来 of 調査	468
3. 地 質 概 説	468
4. 変 質 帯	479
5. 放射年代測定	491
6. 化学分析	498
7. 変質岩のX線分析	499

8. 花粉分析	499
9. 要約および考察	500
文献	514
Abstract	515
静岡県賀茂郡河津・下賀茂地熱地域の熱水変質帯…高島 勲・茂木 睦・西村 進	
1. まえがき	517
2. 従来の調査研究	517
3. 第四系の地質概要	519
4. 変質帯	519
5. 放射年代測定試料の採取および測年結果	531
6. 化学分析	531
7. 考察	531
8. まとめ	533
文献	535
Abstract	536
鹿児島県指宿市・揖宿郡指宿地熱地域の熱水変質帯	
……………神谷雅晴・中川 進・西村 進・角 清愛	
1. まえがき	537
2. 従来の調査	537
3. 地質概説	539
4. 変質帯の産状	553
5. 放射年代測定	566
6. 変質岩の化学分析	569
7. X線分析	572
8. まとめ	574
文献	577
Abstract	577
日本の地熱地域における花粉分析調査研究, その1	
……………尾上 亨・徳永重元・大島秀明・伊藤良永	
まえがき	579
1. 花粉分析調査研究の目的・試料	579
2. 分析法	580
3. 成果	582
4. 花粉分析による古環境の総括	618
文献	621
Abstract	623
補 遺	
1. 全国地熱基礎調査変質帯調査仕様書(抄)	625
2. 全国地熱基礎調査(1973~1975年)調査地および調査内容	627
3. 全国地熱基礎調査(1973~1975年)中間速報報告書一覧	629
4. 構成鉱物略号表	630

CONTENTS

Targets and Procedures of Geological Investigations of Hydrothermal Alteration Haloes in Japanese Geothermal Fields: By Kiyoshi SUMI, Teruaki IGARASHI, Isao TAKASHIMA, Keiji KIMBARA and Susumu NISHIMURA	1
Geological Investigation of Hydrothermal Alteration Haloes in Toyoha Geothermal Field, Hokkaido: By Teruaki IGARASHI, Yuya FURUKAWA, Kazuyasu SUGAWARA, Susumu NISHIMURA and Kenji OKABE	9
Geological Investigation of Hydrothermal Alteration Haloes in Kitayuzawa Geothermal Field, Usu-gun, Hokkaido: By Syōichi YAMAGUCHI, Teruaki IGARASHI, Yoshiaki CHIBA Seiji SAITO, and Susumu NISHIMURA	43
Geological Investigation of Hydrothermal Alteration Haloes in Nigorikawa Geothermal Field, Southwestern Hokkaido: By Teruaki IGARASHI, Ko SATO, Toshio IDE, Susumu NISHIMURA and Kiyoshi SUMI	85
Geological Investigation of Hydrothermal Alteration Haloes in Shikabe and Ofuna Geothermal Fields, Southwestern Hokkaido: By Teruaki IGARASHI, Masao ISHIDA, Nobuyuki OKABAYASHI, Kenji AOKI, Syōichi YAMAGUCHI and Susumu NISHIMURA	181
Geological Investigation of Hydrothermal Alteration Haloes in Sugayu Geothermal Field, Aomori Prefecture: By Hiroyuki SATOH, Susumu NAKAGAWA, Kazunori KUWAHATA, Keiichi YAMADA and Shigemoto TOKUNAGA	239
Hydrothermal Alteration of Onuma Geothermal Area, Akita Prefecture, Northeast Japan: By Isao TAKASHIMA, Hiroshi FUCHIMOTO, Yasuhiro KUBOTA, Ikuhiro HAYASHI and Susumu NISHIMURA	281
Geological Study on Hydrothermal Rock-Alteration in Kwarage Geothermal Field Akita Prefecture, Japan: By Masahiro TANIGUCHI, Hiroshi OKADA and Kiyoshi SUMI	311
Hydrothermal Alterations of Katayama and Narugo Geothermal Areas, Tamatsukuri-gun, Miyagi Prefecture: By Eizo YAMADA, Hiroshi OKADA, Susumu NISHIMURA, Masahiro TANIGUCHI and Hiroo NATORI	341
Geological Study on Hydrothermal Rock Alteration in Hijiori Geothermal Area, Yamagata Prefecture, Japan: By Masahiro TANIGUCHI, Tadashi MAKITA and Yoshiki KAWAI	377
Geothermal Rock Alteration at Ubayu Hot Springs and its Vicinity, Yamagata Prefecture, Japan: By Yukio TOGASHI, Yasuhiro KUBOTA, Eizo YAMADA and Susumu NISHIMURA	415

Quaternary Stratigraphy and Hydrothermal Alteration of Noji Geothermal Area, Fukushima Prefecture, Japan: By Yukio TOGASHI, Kō SATO, Morihiko TAKANOHASHI, Yoshiaki CHIBA, Susumu NISHIMURA and Keiji SUZUKI	437
Zonal Arrangement of Hydrothermal Rock Alteration of Kusatsu-Shirane-Hana- shiki Geothermal Area, Gumma Prefecture: By Mitsuyoshi UENO, Harutaka MADO, Keiji KIMBARA and Susumu NISHIMURA	467
Hydrothermal Alteration of Kawazu-Shimogamo Geothermal Area, Shizuoka Pre- fecture, Central Japan: By Isao TAKASHIMA, Mutsumi MOTEGI and Susumu NISHIMURA	517
Geological Investigation of Hydrothermal Alteration Haloes in Ibusuki Geothermal Field, Kagoshima Prefecture: By Masaharu KAMITANI, Susumu NAKAGAWA, Susumu NISHIMURA and Kiyoshi SUMI	537
Pollen Analyses in Geothermal Fields in Japan(part 1): By Toru ONOUE, Shigemoto TOKUNAGA, Hideaki OSHIMA and Yoshinaga ITO	579
Appendices	625

「日本の地熱地域の熱水変質帯の地質学的研究」の編集にあたって

——研究のねらいと内容——*1

角 清愛*2・五十嵐昭明*3・高島 勲*2・金原啓司*2・西村 進*4

1. はじめに

地熱地域の熱水変質帯の調査は1973年以降地質調査所によって全国的規模で行われている。その内容は主として変質帯の分布、鉱物組成および生成の放射年代測定にしばられている。

地熱変質帯はいわば地熱現象の化石といえるものであり、その実態の解明はすなわち地熱地帯の熱史研究であり、これによって地熱資源の探査・評価に有益なデータが提供されるものである。

今回、研究結果の第1報を編集するにあたり、この研究発足までの経緯および研究の経過を述べて、これにより本研究のねらいを概説することとした。

2. 研究発足までの経緯

地熱地帯では地熱流体の特殊な化学作用によって、岩石が変質し、また有毒ガスの影響で植物が枯死し、白色の裸地をなしていることが多い。このような変質帯が地熱の探査の有力な示徴となることは当然考えられるところであり、昭和20年代の地熱調査のまとめの記述（地質調査所、1957）の中でも“別府・雲仙・霧島・湯の野・えびのなどの精査の結果、これらの地熱地に共通な特性の一つとして、蒸気露頭のある一面には必ず広い焼けを生じており、その焼けは珪酸質白土、すなわち著者のいう「粗珪石」からなっている”と述べている。そして実際に後生掛（中村・安藤、1954 a）霧島（地熱調査班、1955 b）雲仙（地熱調査班、1955 a）などの調査で変質帯分布図が作られた。

しかしながら、地熱蒸気の噴出には消長があるので噴出が衰えてくると、たちまち蘇苔類、ついで低木、最後には高木類が繁茂して、変質帯は被覆されてしまう。植生の定着期間は、深部の熱源の残存期間に比べれば、はるかに短いものと考えられるから、植生の下にかくされた古い変質帯の範囲調査こそが、深部熱源調査にとって重要な事柄である。この問題が初めて提起されたのは岩手県松川地熱地帯であり、そこは自然の熱徴候は30～50℃の小規模の温泉のみであったにもかかわらず、優秀な地熱発電地となったことは周知の事である。1952年の村当局による温泉探査井から蒸気が噴出することは誰も想像しなかったことであり、昭和20年代の調査対象にはもちろん入れられていなかった。1957年の日本鉱産誌でも、付録程度に述べられており、また当時の予察調査報告（安藤・渡辺、1957）をみても、変質帯は比較的狭いものとみられている。しかし植生を除いてマッピングすると、変質帯は意外と広く、わが国でも第1級の規模のものであることがわかったのである。そして当初、地熱の探査指針として、それほど重視されていなかった古い（植生下の）変質帯分布が見直されることとなり、また実際、変質帯の中心部に近づくにつれ、ますます良質の蒸気が産出することがわかって来た。とくに1970年代に、赤川西方山地の明ばん石帯の中心に向けて行なわれた斜掘りのMR 7号生産井の成功（中島・中村、1970）

*1 地質調査所報告 no. 259, 1978

*2 地殻熱部 *3 北海道支所 *4 京都大学教養部

などは記憶に生々しい。

現在松川では、急峻な地形にさえぎられ、開発は一時中断となっているが、変質帯は西方に広く拡がっており、今後の拡張が期待される。片桐(1969)は20,000 kWを開発した地区の面積0.35 km²と強変質帯の面積2.1 km²との比から松川の推定埋蔵量を120,000 kWと計算した。

ところでこのように古い時代の変質帯も潜頭性地熱鉱床の探査対象となるとなれば、どれ位古いものまでが探査の対象となるかを決めねばならない。たとえば伊豆の宇久須鉱山(Iwao, 1962)のような大きい変質帯は対象となるかどうかが問題となる。宇久須の珪石鉱床は第四紀に形成されたいというだけで、はっきりした生成年代はわかっていない。いずれにしても宇久須は熱徴候がまったくないので、探査対象とはならないけれども、各地の変質帯の生成年代に関するデータが多く集まれば、これらのデータから逆に変質帯の評価ができるはずである。

地熱地帯の変質帯にも新旧のパラエティがあることはすでに霧島(地熱調査班, 1955 a)のうちの沢村の調査)や大岳(中村・安藤, 1954 b)で注目されていたのであるが、上に述べたような松川の開発例、放射年代測定法の開発などがあって、再びこの問題が注目されることとなった。

3. 調査研究の計画

前節に述べたような趣旨にもとづいて、玉川(角・高島, 1972)、松川(角, 1971)、その他の地域(角, 1972)における予備的研究を経て調査法についての一定に見通しが得られ、“地熱変質帯調査法”の一試案が作製された(角ほか, 1974)。この内容について簡単に説明しよう。

この調査の内容は

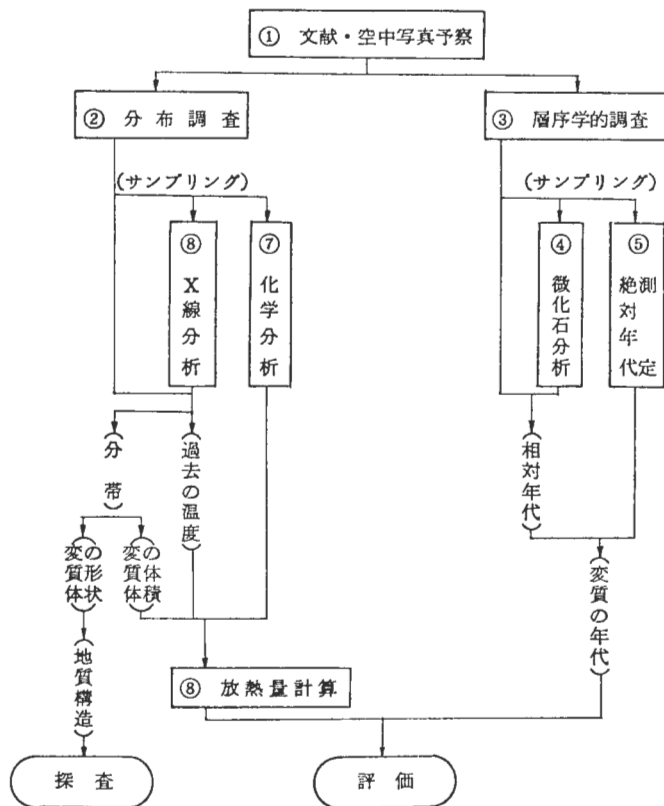
① 予察, ② 変質帯分布調査, ③ 変質帯の層序学的調査, ④ 微化石分析, ⑤ 放射年代測定, ⑥ X線分析, ⑦ 化学分析, ⑧ 放熱量計算
の8項目に分けることができ、これをフローシートに示すと第1図のようになる。

①は文献の調査および空中写真観察である。空中写真観察は露岩の分布、変質地域に多い地すべりの分布、③の調査のための第四紀層分布の3項目が作業の中心である。②は地表地質調査によって変質帯の水平方向のひろがりを知り、変質体の形状・体積を求めるものである。③は主として地層累重の法則、すなわち上位の地層は下位の地層より新しいという原理によって、変質帯と地層(おもに第四紀層)との相対的な新旧関係を決めるものである。この調査は通常層序学的手法で行われるもので、地表地質調査が唯一の手段である。

④は③の調査において、変質帯との層序関係のわかった地層の中に含まれる微化石を分析して、その棲息環境を知り、日本の第四紀における標準的な気候変動および海水準変動との関係から、互いに離れた地域の時代的対比を行なうものである。この目的のため、おもに花粉ときに珪藻が用いられる。③・④は相対的な年代を求めるのであるが、これに絶対的な年代目盛をつける作業がおもに同位体組成分析によって⑤で行なわれる。放射年代の測定法は数多く開発されているが、地熱調査に応用し得る方法は比較的限られており、放射性炭素法とフィッシュン・トラック法の2つが最も適しているので、全国地熱基礎調査ではこれら2法を採用した。

⑥では変質帯の各部分から採取した試料をX線分析する。分析結果は鉱物の種名として表わされ、種名およびそれらの組合せは地質学的温度計として地質時代に到達した最高温度を指示することになるし、一方鉱物種名の分布図を作成すれば、②によって得られた変質帯をいくつかの亜帯に分帯することができ、全体として変質帯の形状をより正しく認識できるようになる。⑦では変質帯の各部から得られた変質岩の化学組成と比重を分析・測定するもので、この結果に②、⑦から得られる変質帯の体積・過去の温度を加えて、元素の総溶脱量・過去の総放熱量を計算する(⑧)。

最終的には変質帯の形状・年令および過去の総放熱量が求められる。変質帯の形状のうちのとくに卓越した伸長方向は地熱流体の流動方向(割れ目)を示しており探査の方向を決めるのに役立つ。変質帯の年令は地下熱源の熱の残存度を示す指標となるし、過去の放熱量は地熱地帯の規模のオーダーを示す



第1図 変質帯調査のフローシート

もので、ともに地熱地域評価のための有力な基礎データとなる。

実際の調査にあたって用いられた統一仕様書の抄録を補遺1に示す。

1973-1975年の3か年間の調査地域および各地域で行われた調査量をそれぞれ補遺2および3に示す。

4. 調査結果の編集

調査結果の年度別・地域別の中間速報は補遺4に示すような報告として印刷されているが、これらはいずれも限定配布の仮出版物であるので、これを地質調査所の正式出版物とするよう、体裁を整えることに努めた。とくに、中間報告書には含まれていない年代測定結果およびその考察を加えることとした。

今回、豊羽、北湯沢、濁川、鹿部・大船、酸ヶ湯、大沼、川原毛、片山・鳴子、肘折、姥湯、野地、草津白根・花敷、河津・下賀茂および指宿の14地域についての研究報告がまとまった。また花粉分析に

- 1: 豊羽 (豊羽・定山溪)
- 2: 北湯沢 (支笏・洞爺)
- 3: 濁川 (駒が岳北部)
- 4: 鹿部・大船 (駒が岳南部)
- 5: 酸ヶ湯 (八甲田)
- 6: 大沼 (八幡平北部)
- 7: 川原毛 (栗駒北部)
- 8: 片山・鳴子 (栗駒南部)
- 9: 肘折
- 10: 姥湯 (吾妻北部)
- 11: 野地 (吾妻南部)
- 12: 草津白根・花敷 (白根南限)
- 13: 河津・下賀茂 (伊豆南部)
- 14: 指宿 (薩南)



第2図 本報告に編集された14研究地

Fourteen studied geothermal fields which were compiled into this report part 1.

- | | |
|--|---|
| 1: Toyoha (Toyoha-Jozankei) | 9: Hijiori |
| 2: Kitayuzawa (Shikotsu-Toya) | 10: Ubayu (Northern part of Azuma) |
| 3: Nigorikawa (Northern part of Komagatake) | 11: Noji (Southern part of Azuma) |
| 4: Shikabe-Ofuna (Southern part of Komagatake) | 12: Kusatsushirane-Hanashiki (Southern part of Shirane) |
| 5: Sukayu (Hakkoda) | 13: Kawazu-Shimogamo (Southern part of Izu) |
| 6: Onuma (Northern part of Hachimantai) | 14: Ibusuki (Satsunan) |
| 7: Kawarage (Northern part of Kurikoma) | |
| 8: Katayama-Narugo (Southern part of Kurikoma) | |

については、採取サンプル数の不足等から、十分所期の成果を得るに至らなかったため、全城を一つの報告にまとめ、地熱研究への貢献はこれをもとにして他日を期すこととした。以上15篇の研究報告をまとめ、今回「日本の地熱地域の熱水変質帯の地質学的研究、その1」として編集・出版することとした。

5. 謝 辞

本研究の基礎となった「全国地熱基礎調査」の計画推進にあたり、とくに御指導をたまわった工業技術院サンシャイン計画推進本部並びに地殻熱帯陶山淳治部長にまず深い感謝の意を表す。本変質帯調査の遂行にあたっては、予算的困難を克服して、献身的な業務遂行にあられたグループ員各位および調査会社各位に心からなる感謝の意をささげるものである。

また、フィッシュン・トラック法による年代測定の導入等について有益な御教示を頂いた地質部小野晃司・大坂出張所宮村学、編集にあたり御協力いただいた茂野 博、大久保太治および笹田政克の各技官にお礼申し上げる。

さらに、調査に当っては各地域の大学、地方自治体、営林署および各地熱開発企業の各位からも数かずの御教示、御便宜をいただいた。併せてここに深謝する。

6. 終 わ り に

今回、わが国の主要地熱地域の地熱変質帯についての基礎的データがまとめられたことは意義深いものがある。しかし、今回のものは、主として記載に重点をおいたものであり、かついわゆる「白色変質（酸性条件下で生成された）」に限られている。今後、第2報として、残りの14地域の編集を行なう予定であるが、更に事例が増加され、かつまた、いわゆる「緑色変質（中性ないし弱アルカリ条件下で生成された）」にまで研究が拡大され、熱史研究に一層貢献することを期待したい。

文 献

- 安藤 武・渡辺和衛 (1957) 岩手県松川温泉地熱調査報告。地調月報, vol. 8, p. 579-582.
 地熱調査班 (1955 a) 鹿児島県霧島地熱地帯調査報告。地調月報, vol. 6, p. 579-604.
 ——— (1955 b) 長崎県雲仙地熱地帯調査報告。地調月報, vol. 6, p. 605-626.
 地質調査所 (1957) 日本鉱産誌, B VI-a, 水および地熱, 207 p.
 IWAO, S. (1962) Silica and Alunite Deposits of the Ugusu Mine; a Geochemical Consideration on an Extinct Geothermal Area in Japan. *Jap. Jour. Geol. Geogr.*, vol. 33, p. 131-144.
 片桐邦雄 (1969) : 松川地熱包蔵量について。地熱, no. 22, p. 13-16.
 中島洋二・中村昭一 (1970) : 松川7号井の掘さくについて。地熱, no. 25, p. 11-21.
 中村久由・安藤 武 (1954 a) 秋田県後所掛地熱地帯調査報告。地調月報, vol. 5, p. 443-448.
 ———・——— (1954 b) 大分県大岳地熱地帯調査報告。地調月報, vol. 5, p. 15-22.
 角 清愛 (1970) 松川地熱地帯の変質帯。地質ニュース, no. 189, p. 16-24.
 ——— (1971) 松川地熱地帯の現世堆積物とその¹⁴C年代。地調月報, vol. 22, p. 607-614.
 ———・高島 勲 (1972) 秋田県玉川温泉地域の第四系とその¹⁴C年代。地調月報, vol. 23, p. 157-168.
 ——— (1972) 熱史の化石としてみた地熱地帯の熱水変質。地熱, no. 34, p. 24-39.
 ———・高島 勲・徳永重元 (1974) 変質帯調査。地熱調査ハンドブック, 日本地熱調査会, p. 163-183.

Targets and Procedures of Geological Investigations of Hydrothermal Alteration Haloes in Japanese Geothermal Fields

Kiyoshi SUMI, Teruaki IGARASHI, Isao TAKASHIMA,
Keiji KIMBARA and Susumu NISHIMURA

Abstract

The geological investigations on hydrothermal alteration haloes have been carried out since 1973 by the Geological Survey of Japan at main geothermal fields throughout Japan with special interests in their distribution, mineralogical compositions and radioactive ages.

Since 1950 when the basic survey by the national government was begun, Japanese geologists have paid their attention to the role of altered areas formed by chemically acid geothermal fluids as an indicator of geothermal resources under the ground. The distribution maps of altered bare land were made first at Goshogake, Kirishima, Unzen, and so on. The actual alteration haloes, however, are generally much larger than the bare land because plants grow to cover the alteration haloes soon after extinction of the superficial geothermal activity which caused the haloes. The time required for restoration of vegetation is undoubtedly shorter than that of the life of an underground heat reservoir. Thus, the alteration haloes, covered by vegetation are very important in prospecting buried geothermal resources. This fact was clarified first at Matsukawa geothermal field where the first geothermal power plant in Japan was constructed. The first natural steam spouted from a hot-spring prospecting well in 1952. Before that time, no one had thought that the area should produce natural steam, because the only thermal manifestation in the area was several hot springs of 30 to 50°C in temperature. Matsukawa, of course, had not been enumerated in the list of prospective geothermal fields in Japan. The preliminary survey party dispatched to Matsukawa in 1955 reported that the altered area was relatively small. According to the results of the detailed survey, however, the altered area turned out to spread widely under the dense forest. It was a first-class prospecting area contrary to the expectation.

In the course of prospecting and development in Matsukawa from 1957 to 1970, the importance of determining distribution of the altered areas for prospecting became clarified because the steam production from wells increased in proportion to coming to the central part of the altered area. The most productive wells, MR6 and MR7, were drilled in the central alunite zone, where there had been no superficial thermal manifestations, covered by the dense forest.

Further development in Matsukawa has been hampered by the steep topography, but the buried power potential is estimated to be 120 MW from the ratio of developed power capacity to the corresponding altered area, that is, 20 MW/0.35 km².

As a relatively old altered area such as Matsukawa is prospective for geothermal resources, as well as the correlative relations between the alteration age and the heat potential ought to be investigated.

Based on the ideas stated above preliminary studies were carried out at Tamagawa, Matsukawa and Kuju in 1974, and a procedure for an alteration survey was proposed. It is composed of eight parts as follows: (1) photogeologic observation, (2) distribution survey of the altered area, (3) stratigraphic survey of the altered area, (4) microfossil analysis, (5) radioactive age dating, (6) X-ray analysis, (7) chemical analysis, and (8) calculation of discharged heat.

The investigations have been completed at 15 fields: Toyoha (Hokkaido Pref.), Kitayuzawa (Hokkaido Pref.), Nigorikawa (Hokkaido Pref.), Shikabe-Ofuna (Hokkaido Pref.), Sukayu (Aomori Pref.), Onuma (Akita Pref.), Kawarage (Akita Pref.), Katayama-Narugo (Miyagi Pref.), Hijiori (Yamagata Pref.), Ubayu (Yamagata Pref.), Noji (Fukushima Pref.), Kusatsushirane-Hanashiki (Gumma Pref.), Kawazu-Shimogamo (Shizuoka-Pref.) and Ibusuki (Kagoshima Pref.). These papers together with a paper on

palynological study in these fields have been just published as the part one volume of the “Geological investigations of hydrothermal alteration haloes in Japanese geothermal fields.”

(受付：1977年12月1日；受理：1977年12月6日)

551.23 : 551.25(524)

北海道札幌市豊羽地熱地域の熱水変質帯*1

五十嵐昭明*2・古川雄也*3・菅原一安*3・西村 進*4・岡部賢二*2

1. ま え が き

本調査研究は全国地熱基礎調査変質帯調査「豊羽・定山溪」地域調査（昭和49年度）の一環として行われたものである。調査研究の目的は地熱変質帯の規模および生成年代を知ることによって地熱地域の探査ならびに評価に貢献することにある。

調査地域は北海道札幌市南区定山溪（第1図参照）で、野外作業は昭和49年9月10日から11月6日の間に実施された。

調査研究の経緯、担当者等の細部については地質調査所（1975）に記載されている。

調査研究の実施にあたっては次の方がたの多大の御協力をいただいた。ここに厚く感謝の意を表する。

地質調査所：角 清愛・山口昇一

北海道教育大学：春日井昭

豊羽鉱山株式会社

2. 従 来 の 調 査

2.1 地質鉱床について

本地域を含む周辺一帯の地質鉱床については金属鉱業事業団による昭和46年度～50年度定山溪地域広域調査で総括されているほか、豊羽鉱山の地質鉱床については多くの報告（土居，1953；阿古目・原口，1963；阿古目・原口，1967；原口・田島，1969；阿古目ほか，1970；秤・荻川，1971；宮島ほか，1971；矢島・岡部，1971；岡部，1973）がある。

2.2 変質作用について

本地域の変質作用の研究は鉱化変質を中心になされており、その代表的なものは岡部（1963）、舟橋・吉村（1966）、舟橋（1966）、吉谷（1971）および昭和46・47年度定山溪地域広域調査報告書（1973）などがある。

2.3 周辺地域の第四系について

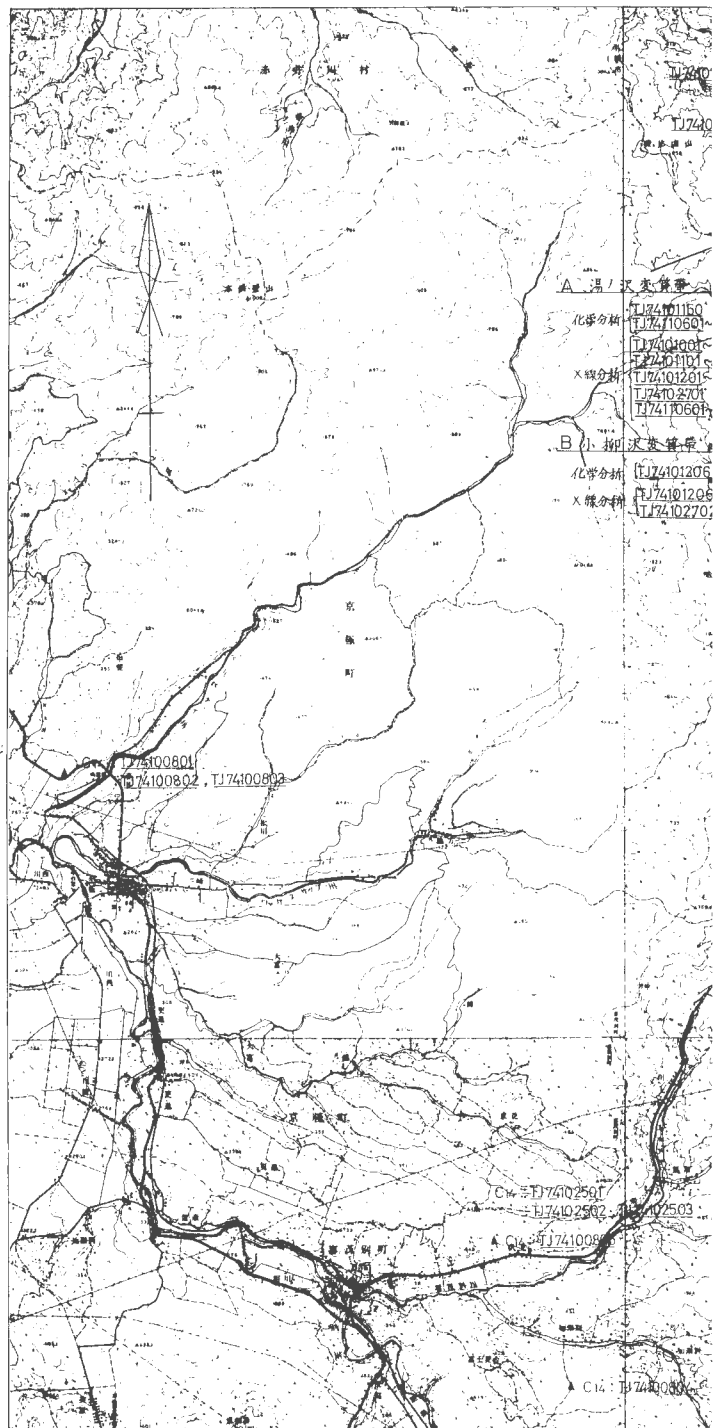
本地域の第四系はわずかに分布するに過ぎないが、周辺地域の第四系の絶対年代については、熊野（1970）、佐藤（1971）、松沢・小坂（1972）、春日井ほか（1974）がある。

2.4 地熱について

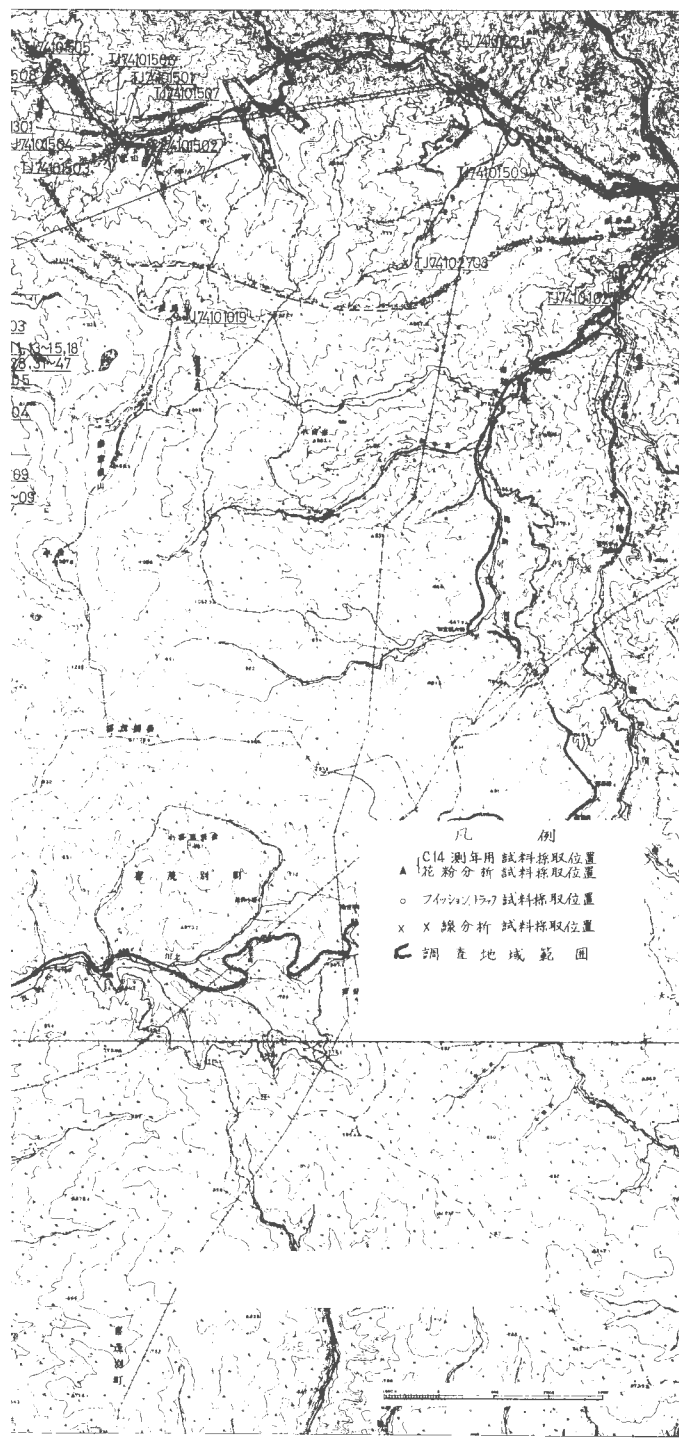
従来、本地域の地熱を対象とした調査研究は少なく、石川（1969）、野村（1973）の研究があるのみで

*1 地質調査所報告 no. 259, 1978.

*2 北海道支所 *3 日鉱探開株式会社 *4 京都大学教養部



第1図 調査地域およ



- 凡 例
- △ C14 測定用 試料採取位置
 - ▲ 塵粉分析 試料採取位置
 - フォスフォール 試料採取位置
 - × X線分析 試料採取位置
 - ⌒ 調査地域範囲

び 試料採取位置図

ある。しかし最近になって湯の沢を中心とした地域で地熱探査が盛んになり、豊羽鉱山によって昭和48年には地震探査がおこなわれ、昭和49年には電気探査（IP法）、重力探査および放熱量調査が実施された。

また本調査の終了後、資源エネルギー庁による精密調査がおこなわれ報告（1976）された。さらに昭和48～50年度に実施された全国地熱基礎調査の結果は、通商産業省工業技術院サンシャイン推進本部ほか編（1977）で報告されている。

さらにまた、本地域を含む西南北海道地域の地熱温泉については北海道地下資源調査所によって概括的にまとめられ報告された（北海道地下資源調査所、1977）。

なお、その後、豊羽鉱山付近の地質鉱床および変質に関しては、岡部・番場（1976）、橋本ほか（1977）、矢島（1977）の報告がなされた。

3. 地質概説

本地域の地質は、ほとんどがいわゆる新第三系の“グリーンタフ相”から構成されており、第四系に属するのは白井川沿いにわずかに発達する河岸段丘堆積層と、現河川氾濫原堆積物があるにすぎない。このほか、今回の調査では確認できなかったが、調査地域の表層部には、春日井ほか（1974）によって指摘されている洪積世末期から沖積世にかけての火山活動によってもたらされたと考えられている火山噴出物（降下軽石、火山砂およびスコリア）の存在が予想される。また調査地域外ではあるが、南西部の長尾山（1213m）付近には、新第三系を不整合に覆う、新第三紀末から第四紀にかけての火山活動によると考えられている安山岩質の溶岩、集塊岩が発達する。

本地域には、先第三系薄別層の粘板岩、砂岩を基盤岩とし、これを不整合に覆う新第三系中新統および鮮新統が広く発達している。

中新統は下位から定山溪層群、豊羽層群および朝里層群に区分される。定山溪層群はプロピライトとその火山砕屑岩を主体とし、溶結凝灰岩、泥岩、凝灰岩の薄層を介在している。

プロピライトおよび火山砕屑岩は下部から上部に向かって石英安山岩類、安山岩類、玄武岩類と変化する。豊羽層群は定山溪層群を不整合に覆って分布し、下部から白井川層、滝ノ沢層および小樽内川層に区分される。白井川層は礫岩、酸性火山砕屑岩を介在する泥岩、砂岩およびプロピライトとその火山砕屑岩からなる。滝ノ沢層は礫岩、硬質頁岩、流紋岩とその火山砕屑岩からなる。小樽内川層は石英安山岩とその火山砕屑岩、プロピライトとその火山砕屑岩、流紋岩とその火山砕屑岩などからなる。

朝里層群は安山岩とその火山砕屑岩を主体とする山沢層、および砂岩、凝灰岩、泥岩などからなる常盤層の2層で構成される。

鮮新統は砂岩、泥岩、凝灰岩などと石英安山岩および火山砕屑岩からなる。

第四系は新第三紀末～第四紀初期の安山岩溶岩を含め次の地層から構成される。

3.1 新期安山岩溶岩類

この安山岩類は調査地域外に分布するが、本地域における地熱変質作用の時代的変遷を明らかにするため調査対象とし、本岩に対してフィッシュン・トラック法による年代測定を実施した。

本岩類は本地域南西方の長尾山付近に新第三系を不整合に覆って分布し、その活動時期は新第三紀末から第四紀初期と考えられている。

本岩類は紫蘇輝石普通輝石安山岩で板状節理の発達した溶岩を主とし集塊岩を伴うもので変質作用を受けていない。

3.2 河岸段丘堆積層および現河川氾濫原堆積物

河岸段丘は白井川本流の中流から下流域にかけて標高300～400mの両岸に点々と認められ、比高は5～10mで平坦面が良く保存されている。

段丘堆積層の厚さは、数m以下で一般にうすい。礫は平均長径約15 cm 大の円礫—亜円礫を主とする。礫種は、新期の火山岩が最も多く、また第三系の岩類も認められるが、変質した火山岩は今回の調査では発見できなかった。また段丘堆積層の表層部には春日井ほか（1974）の指摘する噴出物は認められなかった。

現河川氾濫原堆積物は、河川勾配が急で谷幅が狭いため、局部的に小規模に点在する。これらの堆積物はいずれも砂礫からなっている。

3.3 新期火山噴出物

ここで新期火山噴出物として取扱うものは、春日井ほか（1974）によって報告されている洪積世末期から沖積世にかけての火山活動によって降下堆積したと考えられている火山噴出物で、当地域の表層部にも、地域南西方の羊蹄火山起源と考えられる数層の軽石層、火山砂層およびスコリア層の存在が予想される。しかし、今回の調査では表層部の保存状態が悪いことと、前記噴出物の分布範囲の北限に近いことのため、地域内での分布は確認できなかった。しかしこれらの火山噴出物については詳細な研究が進められており、時代的な編年がこころみられている。したがって本噴出物は地熱変質作用の時代的変遷を知るうえで重要な位置を占めるものであり、かつ、将来地域内でその存在が確認される可能性を考え、地域外ではあるが、本層が模式的に発達する南西方地域において調査を行った。

調査を実施したのは羊蹄山東麓にみられる4地点（第四系地質柱状図第10図参照）である。

北岡、伏見地域の火山灰層序は、ほぼ共通しており、表層部から7～8 mには褐色ローム層に降下堆積した10数層におよぶ軽石、火山砂およびスコリアが認められ、そのうち特徴ある3層について春日井ほか（1974）は、上位からそれぞれ P_s-1 、 P_s-2 、 P_s-3 とよんでいる。さらに伏見 No. 1 地点ではこれらの降下堆積物の下位に、軽石流堆積物の二次堆積層とみられる火山灰質砂層を隔てて厚い軽石流堆積物が発達する。

知来別地域は上記3地域とは若干おもむきを異にし、最下部に前期洪積世とされる流紋岩質の喜茂別溶結凝灰岩が発達し、その上位に伏見地域にみられる軽石流堆積物が累重し、さらに褐色ローム層を主とする数層の軽石、火山砂およびスコリア層がみられる。

しかし、ここでは前記3地域で認められた、 P_s-1 ～ P_s-3 に対比されるものは明らかではない。以上の火山噴出物の降下年代は当地域ではまだ明らかにされていないが、地域東方の石狩低地帯西縁地域との対比から P_s-1 については15,000±400年 B.P.、また P_s-3 は21,100±700年 B.P. とされている。さらに軽石流堆積物については、支笏火山起源のものと推定されており、この対比が可能であれば、ほぼ30,000年前と考えられる。今回の調査ではこれらの編年をより一層詳細なものとするため、当地域において C-14 測定用試料4コと古気候推定のための花粉化石分析用の試料4コを採取した。

4. 変質帯の産状

4.1 変質帯の分布

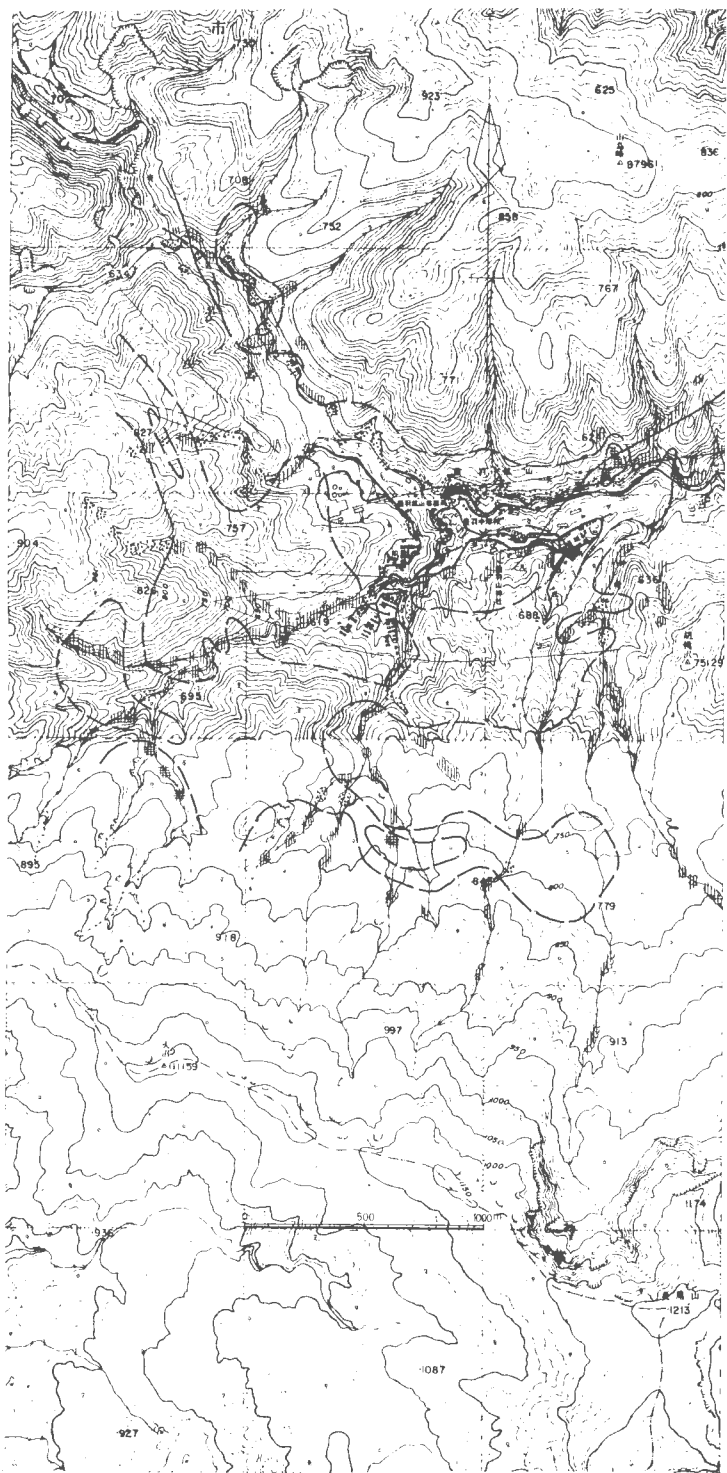
変質帯調査に際しては白色粘土化と珪化との2つの変質現象に主眼をおきそれぞれにその強弱を加味した調査を行なった。調査地域内の変質帯の分布を10,000分の1地形図に示した（第2図）。これらの変質帯のうち顕著なものは西から(1)豊羽鉾山地区、(2)湯ノ沢地区、(3)小柳沢地区および、(4)滝ノ沢地区の4地区に分布する。4地区の変質帯はいずれも新第三系中に形成されている。

4.2 変質帯の精査

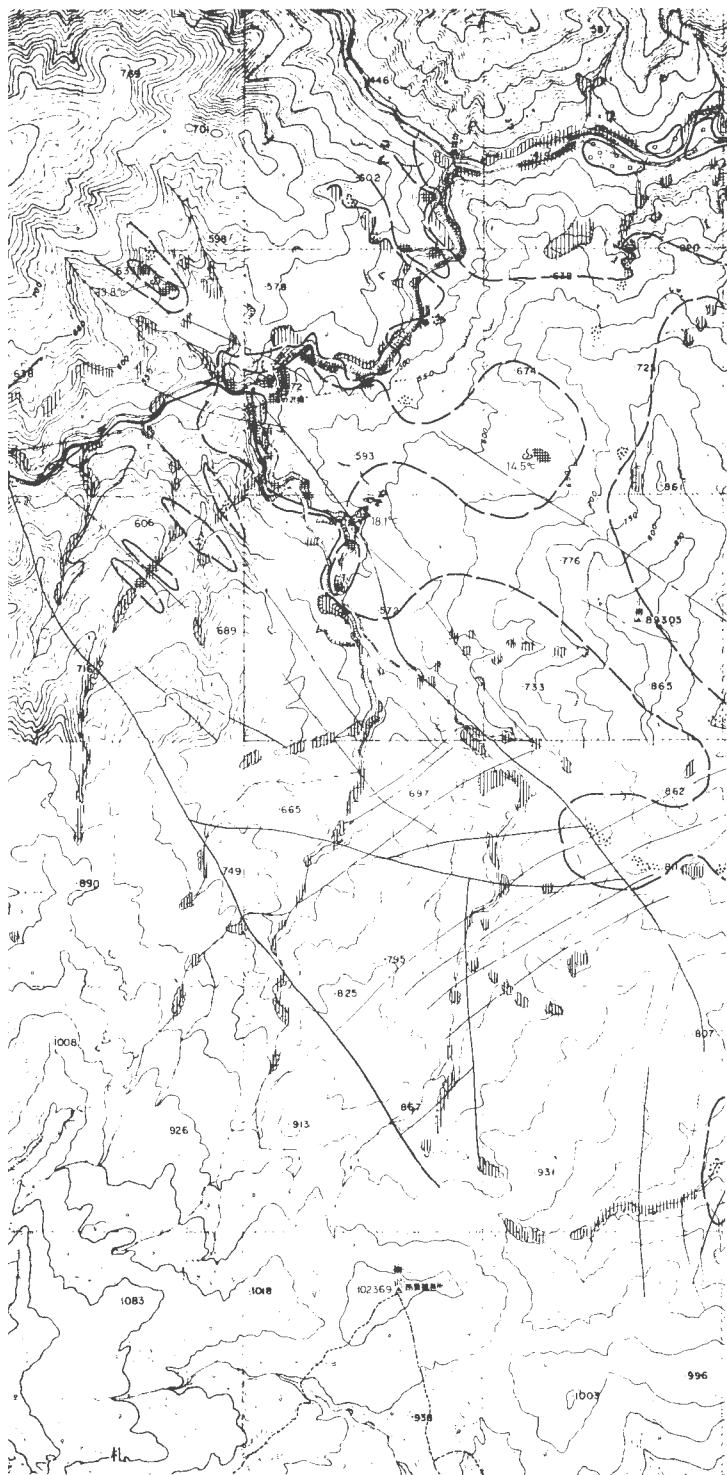
上記4地区の変質帯について1/1,000ルートマップで、露頭スケッチ、採取試料のX線分析などによる精査をおこなった。

4.2.1 豊羽鉾山地区変質帯

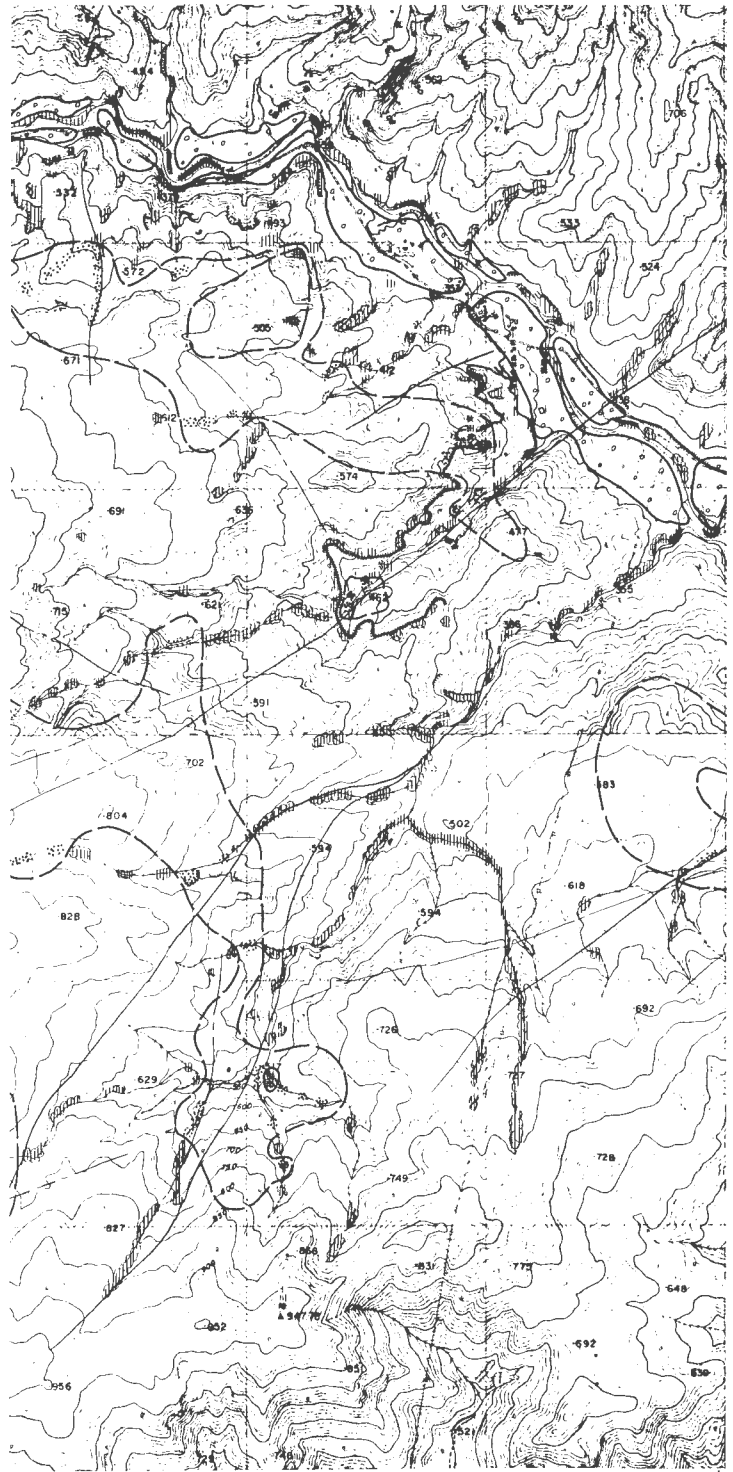
本帯は豊羽鉾山周辺に分布するもので灰白—白色粘土を主とし、著しい黄鉄鉍染を伴う粘土化帯で



第2-1図 豊羽地熱地



域変質帯分布図(その1, 西半部)



第 2-2 图 豊羽地熱地域變質帶分布

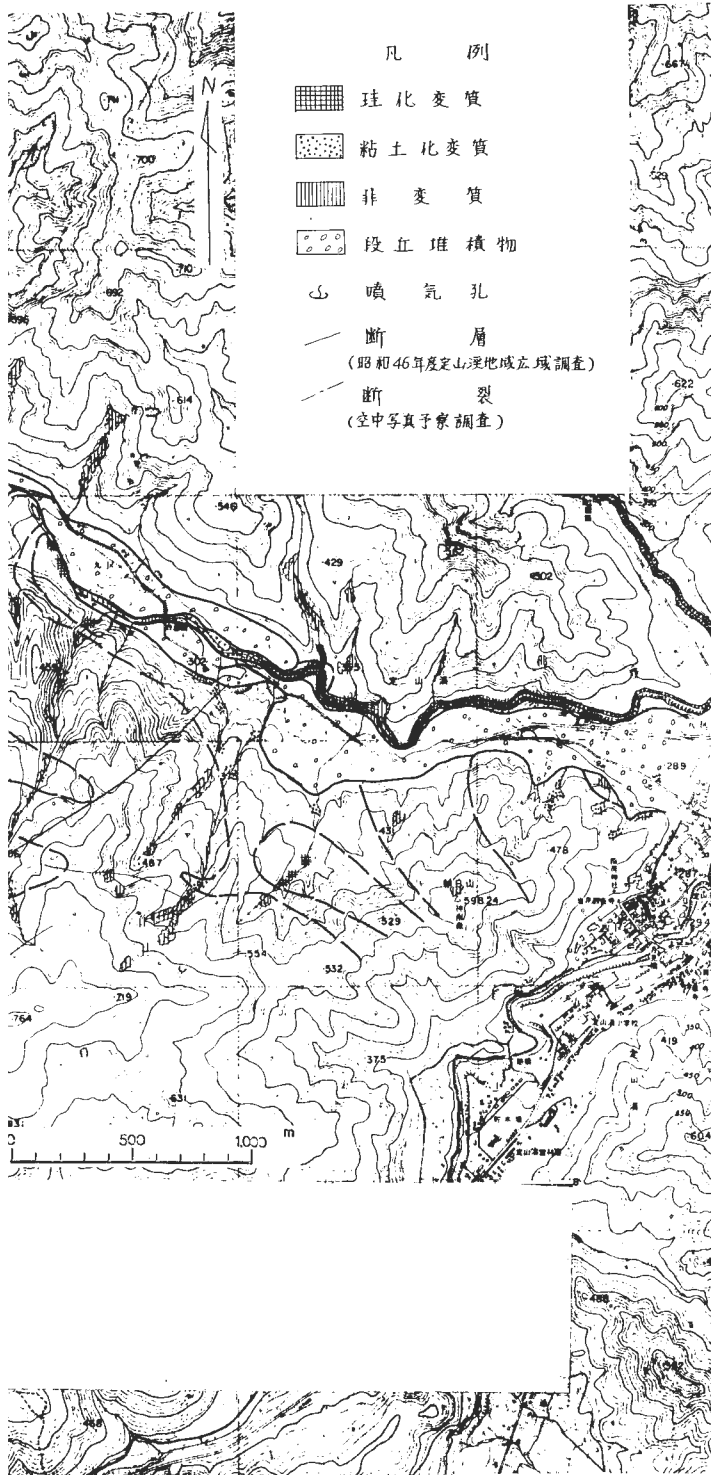
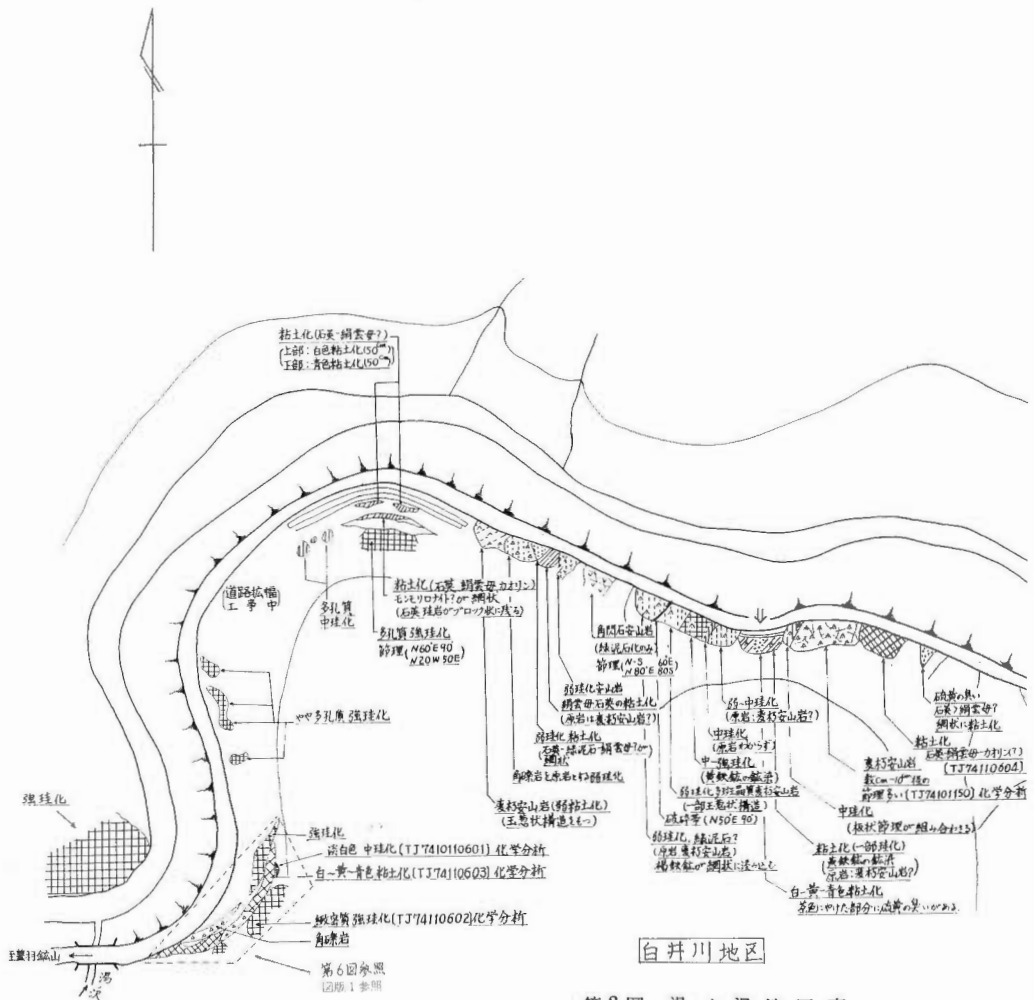


図 (その2, 東半部)

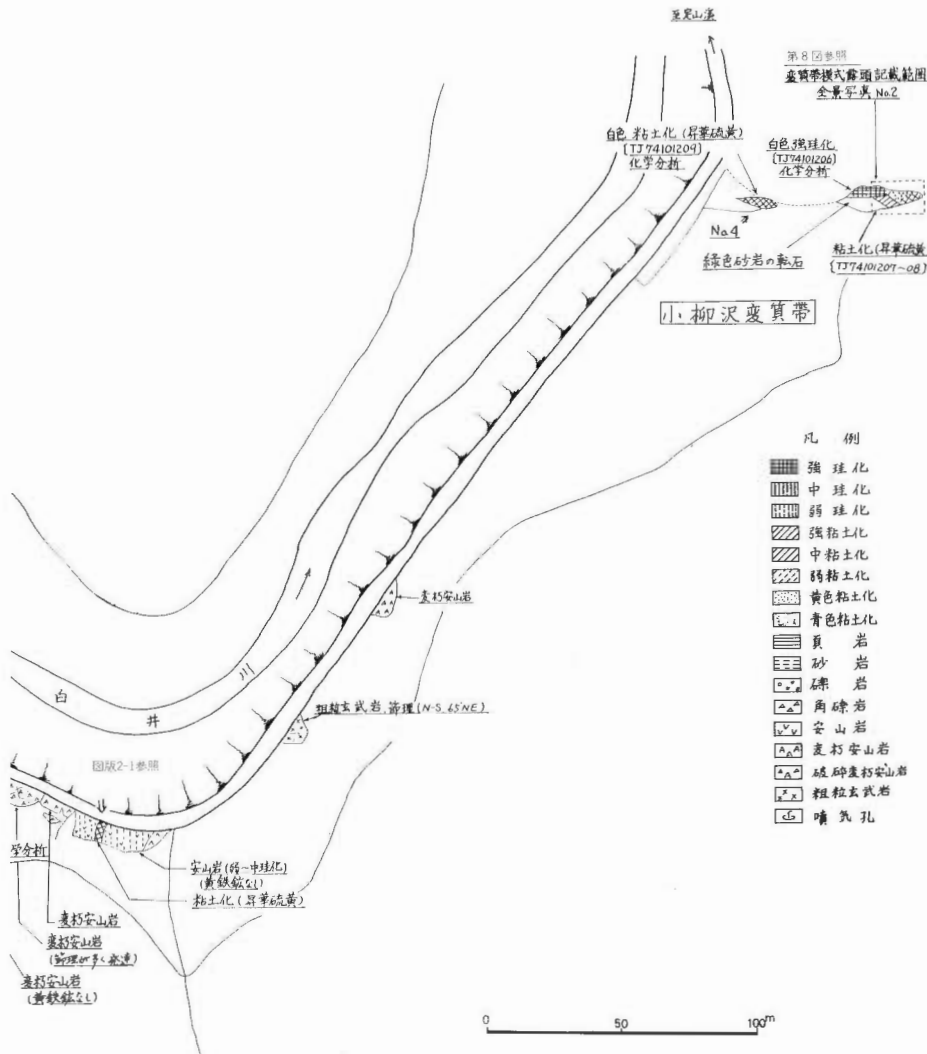


ある。X線分析の結果、粘土化帯を構成する粘土鉱物として、石英と絹雲母とが強く検出され、ほかにカオリン、緑泥石が僅かに認められる。この変質帯の下部に鉛、亜鉛を主体とする脈状の豊羽鉱床が胚胎されていることから、本帯は鉱化変質によって生成されたものと考えられる。なお本変質帯は豊羽層群の白井川層中に形成されている。

4.2.2 湯ノ沢地区変質帯

本帯は湯ノ沢下流域に発達する変質帯で、沢沿いにNW-SE方向に細長く伸びる珪化帯とブロック状の分布を示す粘土化帯とからなる(第3図, 第4図, 第5図, 図版1, 図版2-1, 図版2-2参照)。詳細な観察の結果は第6図, 第7図, 第8図のスケッチに示した。珪化, 粘土化はともに強・中・弱に分けられる。これらの変質岩は白色, 灰白, 黄色, 青色およびそれらの混合色を呈する。

野外における変質岩の産状は、ブロック化した珪化岩の間を埋めて粘土化岩の発達する場合が一般的である。また蛋白石化作用に付随して昇華硫黄が所々に認められる。X線分析の結果では、石英、カオ



質帯分布図(白井川地区)

リン、絹雲母および黄鉄鉱がもっとも顕著に検出され、混合層粘土も比較的多く見出される。また、稀であるが明ばん石も検出される。その他、白井川河岸に露出する本帯の一部には結晶度の極めて高いカオリンの存在が認められる。なお、本帯全域にわたってモンモリロナイトの存在は極めて少ない。

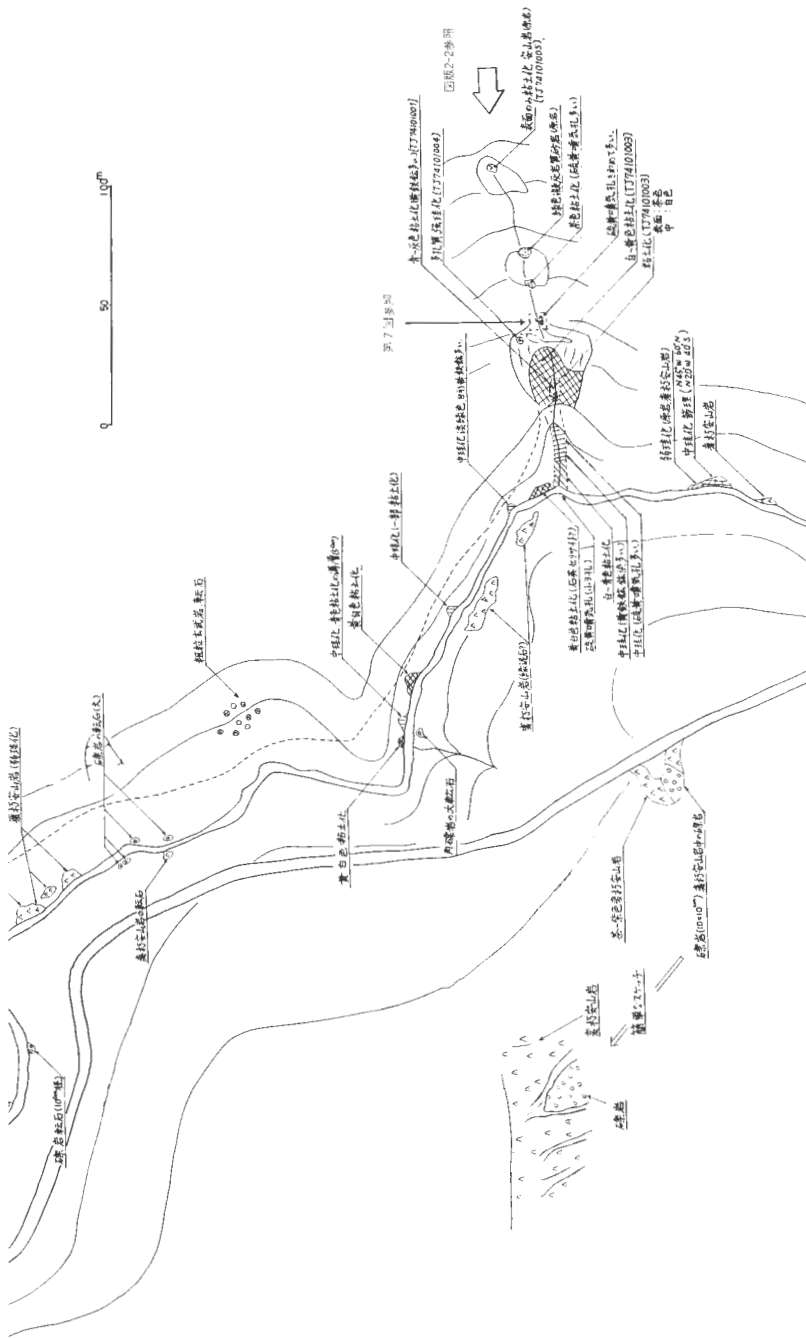
本地区の変質帯は定山溪層群の白水川層中に発達する。

4.2.3 小柳沢地区変質帯

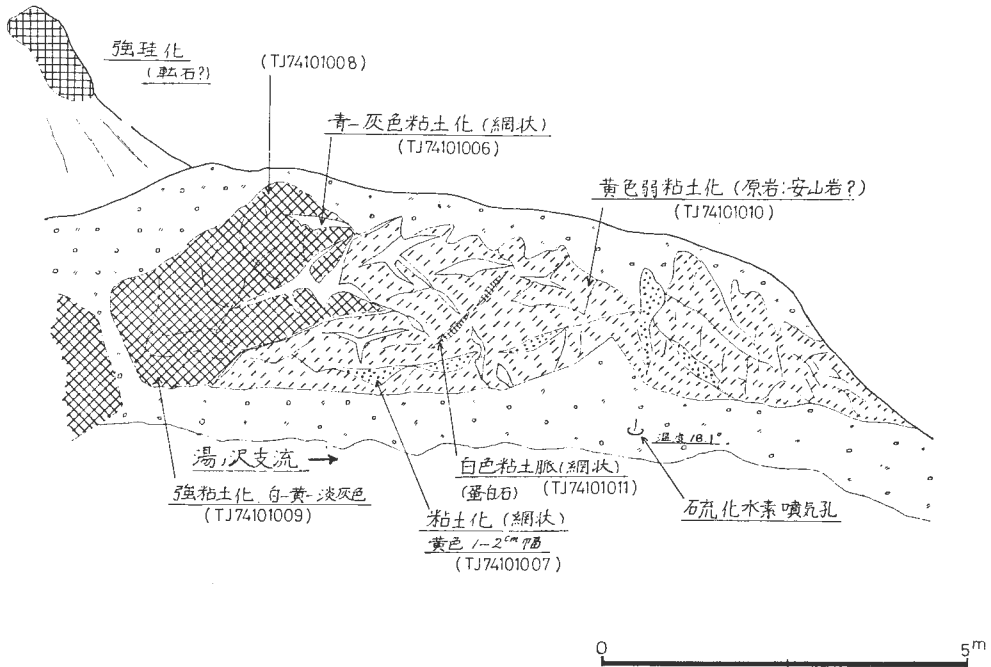
本変質帯は湯ノ沢地区変質帯の西方500mに発達する変質帯である。露出不良のためその規模を推定することは難しい。しかし、湯ノ沢変質帯よりは小規模であると思われる。露頭の観察では、この変質岩はブロック化した珪化岩の間を粘土化岩が埋める産状を呈する。また粘土化岩には局部的に自然硫黄が認められる。なお珪化岩の一部は蛋白石質である。

X線分析の結果では、大部分の珪化岩はほとんど石英からなり、他の粘土鉱物は検出されなかった。また粘土化岩からは石英および絹雲母のほか、硫黄が検出された。

なお本変質帯は定山溪層群の白水川層および豊羽層群の滝ノ沢層中に形成されている。



第4图 湯ノ沢地区変質帯分布图 (湯ノ沢地区)



第7図 湯ノ沢地区変質帯湯ノ沢右岸昇華硫黄鉱付近変質帯露頭スケッチ

4.2.4 滝ノ沢地区変質帯

本変質帯は調査地域の南東部滝ノ沢の上流域に発達しており、粘土化岩を主とし、小規模の珪化岩を伴うものである。またこの変質帯分布域内には定山溪鉱山の閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄銅鉱、石英脈鉱床が胚胎されている。したがって本変質帯の変質の大部分は鉱化作用に伴う変質と考えられるが、硫黄臭の強い部分があるので、鉱化変質と地熱変質とが一部で重複している可能性がある。

X線分析の結果では、本帯の変質岩から石英、絹雲母、緑泥石および黄鉄鉱が検出された。本変質帯は白水川層から滝ノ沢層にわたって形成されている。

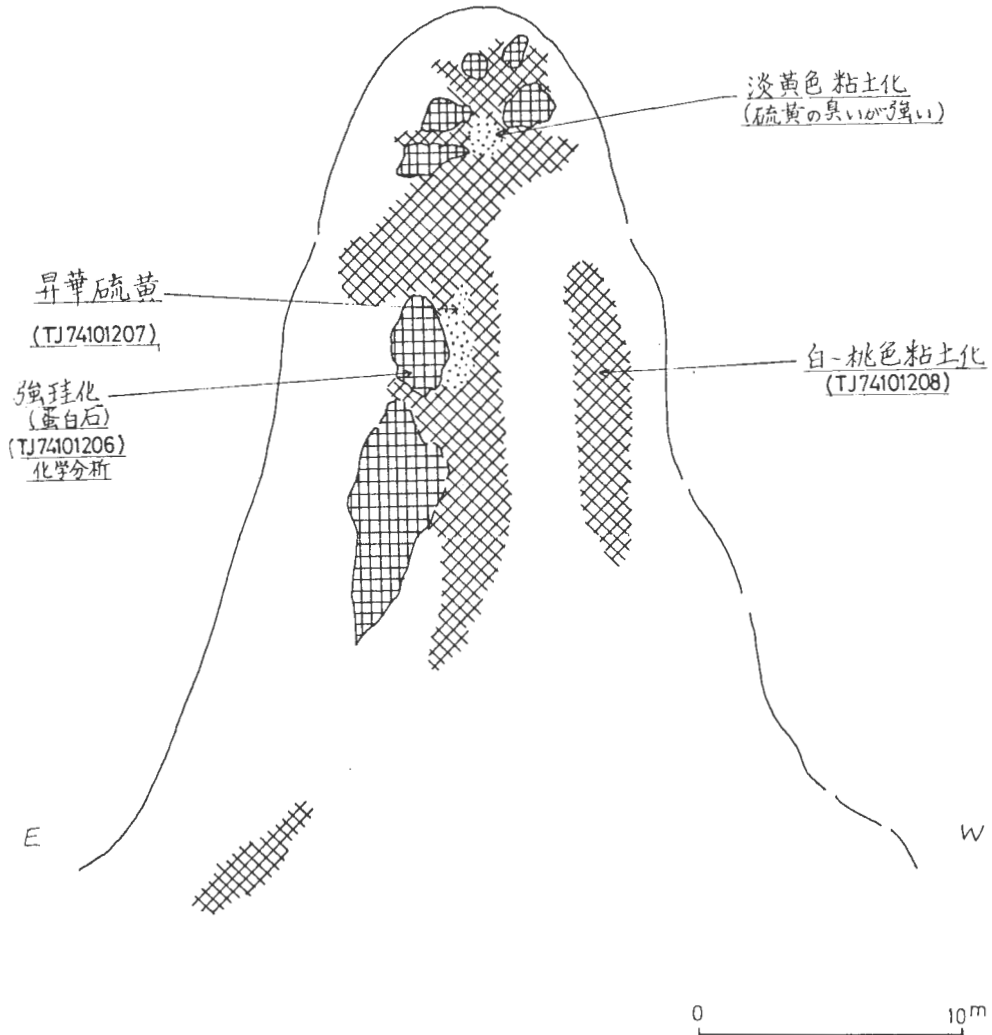
以上本地区に発達する主要変質帯のうち地熱徴候の認められるものは豊羽変質帯を除いた3地区の変質帯である。この地熱変質帯のうち最も規模が大きく、かつ、変質度の高いものは湯ノ沢地区変質帯である。

この湯ノ沢変質帯の位置的相互関係を検討してみると、湯ノ沢変質帯の南東方延長線上に、それぞれほぼ1~1.5 kmの間隔において、湯ノ沢左支流上流の粘土化帯、薄別川支流の小沢に認められる硫黄孔分布地、薄別温泉が分布する。

地熱変質帯と裂か糸との関係を考察してみると、空中写真観察では湯ノ沢変質帯およびこの西方に隣接する小柳沢変質帯については、それらの変質帯分布の伸びの方向にほぼ一致した線構造が各々の地区で認められる。一方、昭和46年度の広域調査ではこれらの線構造と一致する方向の構造線をこの地域内で行なわれた地塊運動に関連したものと考えている。以上のことから、これらの線構造と湯ノ沢および小柳沢変質帯の間には密接な関係があるものと推察される。

4.3 温泉沈殿物の産状

本地区には温泉作用によって生成された沈殿物は確認されなかった。



第8図 小柳沢地区変質帯昇華硫黄鉱露頭スケッチ

4.4 変質帯・温泉沈殿物と第四系との関係

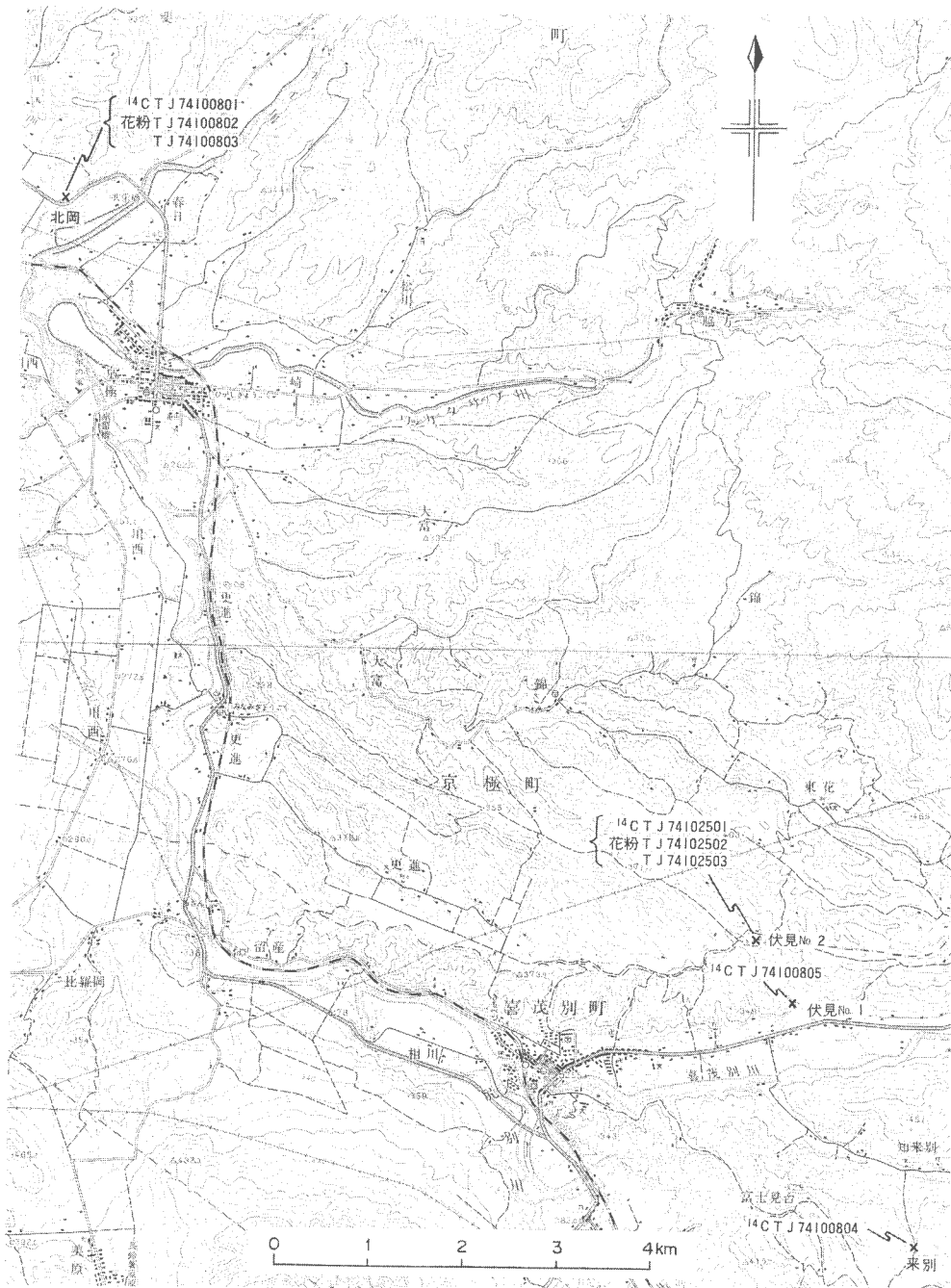
調査地域内には温泉沈殿物は認められないので、変質帯と第四系との関係について述べる。

調査地域内に発達する第四系は白井川流域の河成段丘堆積物のみである。この段丘堆積物と変質帯の関係は、(i)段丘堆積物中に変質がおよんでいないこと、(ii)変質帯を被覆して段丘堆積物が発達していること等の点からして、当地域の変質帯は第四紀の段丘形成以前に生成されたものと考えられる。

4.5 変質帯・温泉沈殿物と地熱微候との関係

当地域に見られる主要変質帯は西部から東部へ、(i)豊羽鉱山地区変質帯、(ii)湯ノ沢地区変質帯、(iii)小柳沢地区変質帯、(iv)滝ノ沢地区変質帯等があるが、このうち湯ノ沢変質帯と小柳沢変質帯には次のような地熱微候が認められる。すなわち湯ノ沢変質帯においては小規模の昇華硫黄鉱が形成されており、明ばん石および蛋白石が伴われる(第7図、図版2-2参照)。また小柳沢変質帯においても昇華硫黄鉱および蛋白石がみられる(第8図参照)。

これらの昇華硫黄鉱は、かつての硫気孔を中心に盛上って硫黄丘の産状を残しており、ごく最近まで



第9図 第四地質柱状図，C-14 測年用試料および花粉試料採取位置図

硫気活動がおこなわれたことを示している。

野村 (1973) によると、地下30m 深度の地温分布から湯ノ沢変質帯付近を中心とする半径数 kmの地域で地温の高異状がみられること、およびその付近には地温勾配が約 40°C/100 m を示す部分があり、これは日本における平均値の10数倍の値を示している。これらの事実から湯ノ沢変質帯、および小柳沢変質帯の一部（一部には鉱化変質作用をも受けている）は地熱変質作用により形成された変質帯と考えられる。

5. 放射年代測定

5.1 C-14 測年用試料採取

地質概説で述べたように調査地域内には第四系の分布がきわめて少なく、当該試料を得ることができなかった。しかし表層部には春日井ほか (1974) によって明らかにされている洪積世末期から沖積世にわたる、火山噴出物の存在が予想され、これと地熱変質作用の時代的關係を明らかにするために、上記火山噴出物の良好に発達する地域外南西方の羊蹄山東麓において4コの試料採取をおこなった。当該試料の採取地点は第1図および第9図を、また、その地質の詳細は第四系の地質柱状図 (第10図) に示す。

採取試料はいずれも炭化木片である。各試料の測年の目的は次の通りである。

¹⁴C-1 (TJ 74102501) : 羊蹄火山起源と考えられる軽石、スコリアからなる Ps-2直上のローム層中の炭化木片。この絶対年代を測定することにより、Ps-2の降下年代を明らかにする。

¹⁴C-2 (TJ 74100805) : 喜茂別溶結凝灰岩の上位にある軽石流堆積物中の炭化木片。この軽石流は支笏火山起源と考えられるが、年代測定によって、その関係を明らかにする。

¹⁴C-3 (TJ 74100804) : 喜茂別溶結凝灰岩の上位に発達する軽石流堆積物の二次堆積物と思われる火山灰質砂層中に含まれる炭化木片。この二次堆積物は支笏軽石流起源と推定されるので、この点を明らかにする。

¹⁴C-4 (TJ 74100801) : 羊蹄火山起源と考えられる、降下軽石、スコリアからなる Ps-1 の下位約3 mのローム層中の炭化木片。ここには多くの降下軽石、スコリア層が発達するが、Ps-2, Ps-3 に対比されるものが確認されていない。この年代測定によって、Ps-2, Ps-3 との対比を試みる。

第1表 豊羽地熱地域の ¹⁴C 年代

No.	Sample No.	Code No.	Formation	Sample	Age (years before 1950)
1	T J 74102501	GaK-5508		炭化木片	>33,000
2	T J 74100805	GaK-5509	支笏軽石流 支笏軽石流二次堆積物	炭化木片	33,530 ± 3,320
3	T J 74100804	GaK-5510		炭化木片	25,050 ± 990
4	T J 74100801	GaK-5511		炭化木片	27,480 ± 1,480

(測定 学習院大学 木越邦彦)

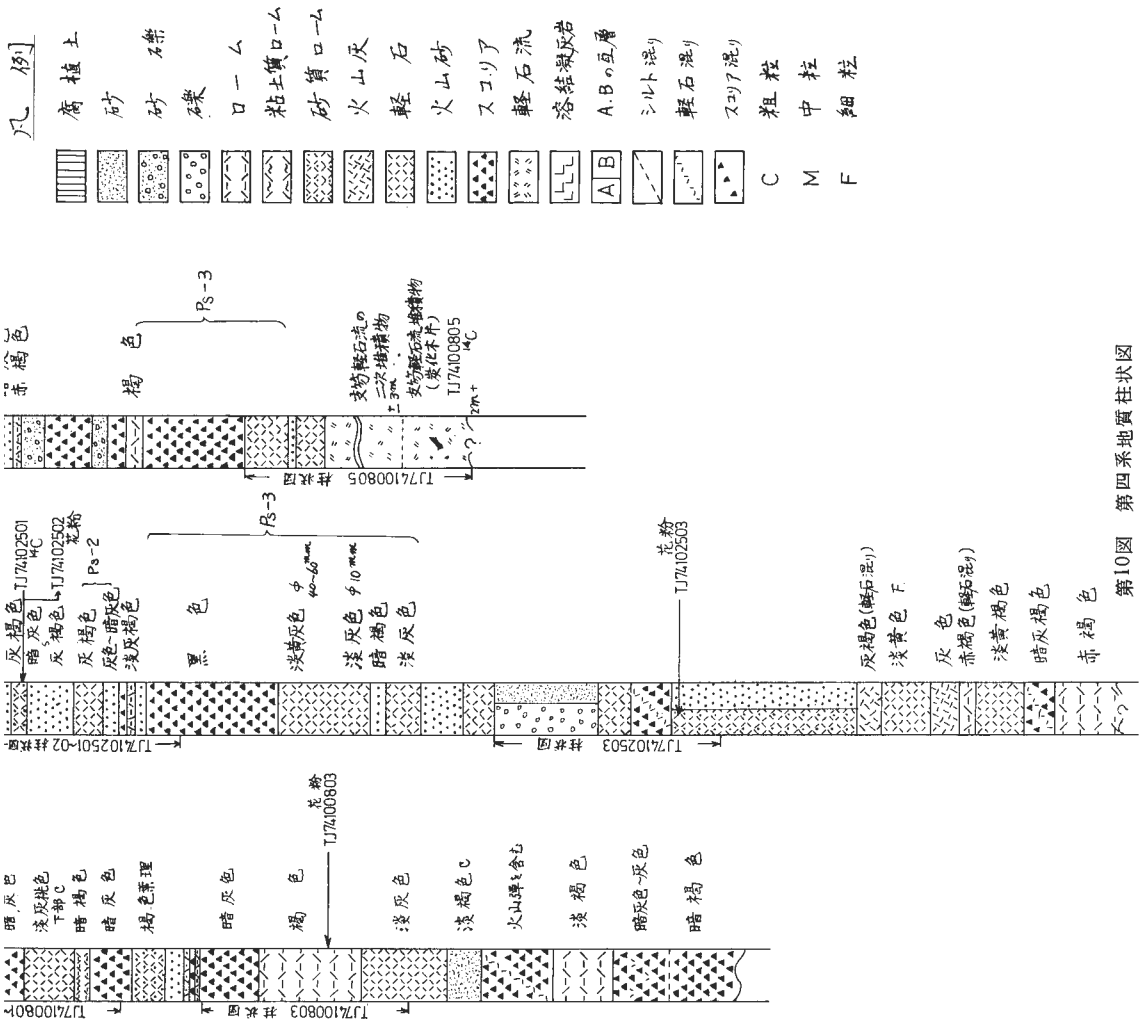
年代の算出には ¹⁴C の半減期として 5,570 年 (Libby の値) を用いてある。誤差は β 線計数値の標準偏差にもとずいて算出。

1 : 北海道喜茂別町伏見, 42°48'21"N, 140°58'04"E, 1974年10月25日, 古川雄也採取。

2 : 北海道喜茂別町伏見, 42°48'02"N, 140°58'16"E, 1974年10月8日, 古川雄也採取。

3 : 北海道喜茂別町知来別, 42°46'37"N, 140°59'18"E, 1974年10月8日, 古川雄也採取。

4 : 北海道京極町北岡, 42°52'34"N, 140°52'32"E, 1974年10月8日, 古川雄也採取。



第10図 第四系地質柱状図

5.2 C-14 測年結果およびその解釈

C-14 測年結果を第 1 表に示す。

TJ 74102501 は羊蹄火山起源と考えられる Ps-2 直上のローム層中の炭化木片であるが、 $>33,000$ 年 B.P. の結果がえられた。春日井ほか (1974) によれば、Ps-1 は石狩低地帯西縁地域との対比から $15,000 \pm 400$ 年 B.P.、Ps-3 は同じく $21,100 \pm 700$ 年 B.P. とされている。この試料はその間に降下堆積した Ps-2 直上の試料であり、この数値は推定と大きな差を生じた。春日井ほか (1974) によると Ps-1 ~ 3 は支笏軽石流堆積物の上位にあるとされているので今後、測定試料採取地点の層序について再検討が必要である。

TJ 74100805 は $33,500 \pm 3,330$ 年 B.P. で、試料を採取した軽石流は推定どおり支笏火山起源の軽石流と考えられる。

支笏軽石流の二次堆積物中の炭化木片と推定した TJ 74100804 は $25,050 \pm 990$ 年 B.P. で支笏軽石流としては、やや新しい数値がえられた。しかしこの試料は二次堆積物中の試料であり、二次堆積の過程が結果に反映されたものと思われる。

TJ 74100801 は羊蹄火山起源と考えられる Ps-1 下位のローム層中の試料で、この地点では確認されなかった Ps-2、Ps-3 の対比を試みようとした。結果は $27,480 \pm 1,480$ 年 B.P. で春日井ほか (1974) による Ps-3 が $21,100 \pm 700$ 年 B.P. であることを考えると、Ps-2、Ps-3 が、ここにははもとも存在しなかったのか、あるいは削剝消失したのか明らかではなく、今後の調査研究が必要である。

5.3 フィッション・トラック測年用試料採取および測定結果

採取地点は第 1 図、第 11 図および第 12 図に示す。

TJ 74101019……岩石名：長尾山安山岩溶岩、層準：鮮新世～更新世、変質作用との関係：変質作用は受けていない。変質帯と接しているところがなく直接の関係は不明。

TJ 74101020……岩石名：定山溪石英斑岩、層準：豊羽層群小樽内川層の安山岩質火山角礫岩層を貫き、朝里層群に対比される砥山層の基底礫岩に覆われている。採取地点における本岩は非変質である。変質帯との直接の関係は不明である。なお定山溪温泉は本岩を母岩とし、この割目から湧出している。また、豊羽鉾山の北方 13 km 付近に発達する本岩と同質の岩体には朝里川鉾化帯が胚胎されている。昭和 46 年度広域調査定山溪地域の報告書によると、本鉾化帯は明ばん石を伴った閃亜鉛鉾、方鉛鉾、石英脈である。また、本鉾化帯は朝里層群の山沢層堆積期以後の鉾化作用とされている。

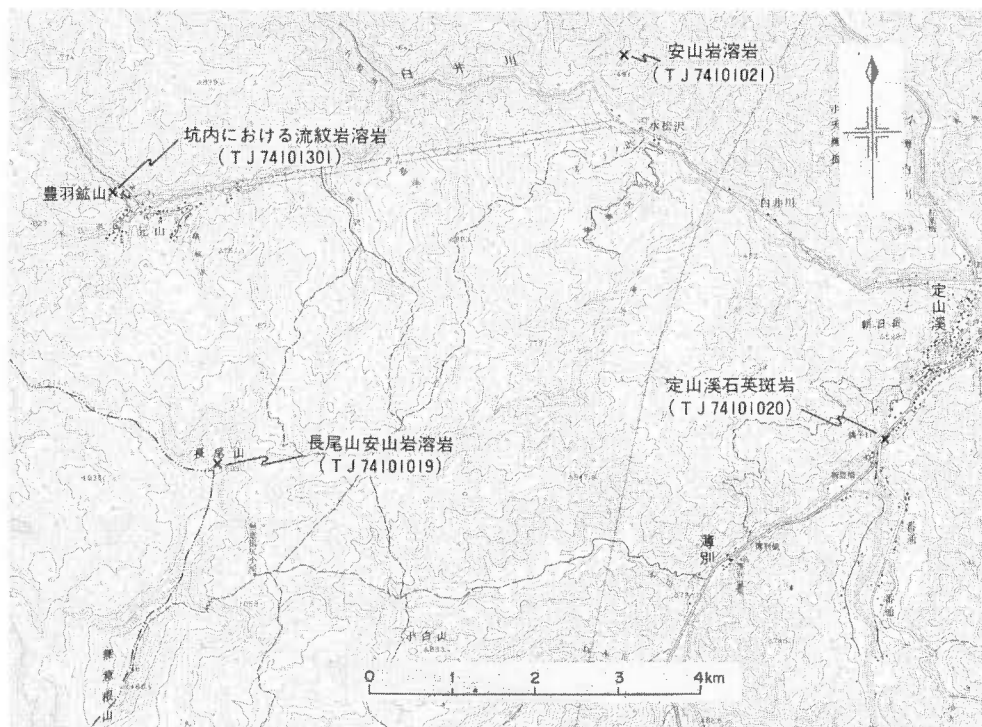
TJ 74101301……岩石名：流紋岩溶岩、層準：定山溪層群白水川層の最上部に位置する。本岩を母岩として豊羽鉾床の一部が発達している (但馬鍾一 300 ML)。

第 2 表 豊羽地熱地域フィッション・トラック測年用試料および測年結果

試料番号	試料	採集地
TJ 74101019	長尾山安山岩溶岩	長尾山山頂
TJ 74101020	定山溪石英斑岩	札幌市定山溪、定山溪の南西方 2 km、国道 230 号線道路沿いの崖
TJ 74101301	定山溪層群白水川層の流紋岩溶岩	豊羽鉾山坑内 300 mL、但馬鍾 TW24 号
TJ 74101021	朝里層群山沢層の安山岩溶岩	札幌市定山溪、定山溪の北西方 6 km、白井川左岸小沢

試料番号	ρ_s	ρ_i	ϕ	T.m.y.
TJ 74101019	2.3×10^6	7.5×10^6	1.01×10^{15}	1.9
TJ 74101020	1.1×10^6	8.0×10^6	1.01×10^{15}	8.5
TJ 74101301	1.5×10^6	6.3×10^6	1.05×10^{15}	15
TJ 74101021	6.4×10^5	8.2×10^6	1.05×10^{15}	5.0

註 $\lambda f = 6.85 \times 10^{-17} (\text{y}^{-1})$ を用いた。



第11図 フィッション・トラック試料採取位置図（豊羽鉾山坑内 300 mL, 但馬鍾 TW 24号）

TJ 74101021……岩石名：安山岩溶岩，層準：朝里層群山沢層の基底層，試料採取箇所付近では，本岩は白水川層の玄武岩質プロピライト溶岩を不整合に覆っており，また変質作用は認められない。

上記試料の測定結果を第2表に示す。第三紀末から第四紀初期に噴出したと考えられている長尾山溶岩は 1.9 m. y. で妥当な数値がえられた。また定山溪石英斑岩，朝里層群の安山岩溶岩とともに推定値に近い数値を示している。しかし豊羽鉾山の母岩の一部をなす流紋岩溶岩は，層序からみると新しい数値が示された。

6. 変質岩の化学分析

6.1 化学分析用試料採取

採取地点は第1図に示す。試料として原岩1コ(TJ 74101150)，強珪化岩2コ(TJ 74110602 TJ 74101206)，弱珪化岩1コ(TJ 74110601)，粘土化岩2コ(TJ 74110603, TJ 74101209)の計6コを採取した。

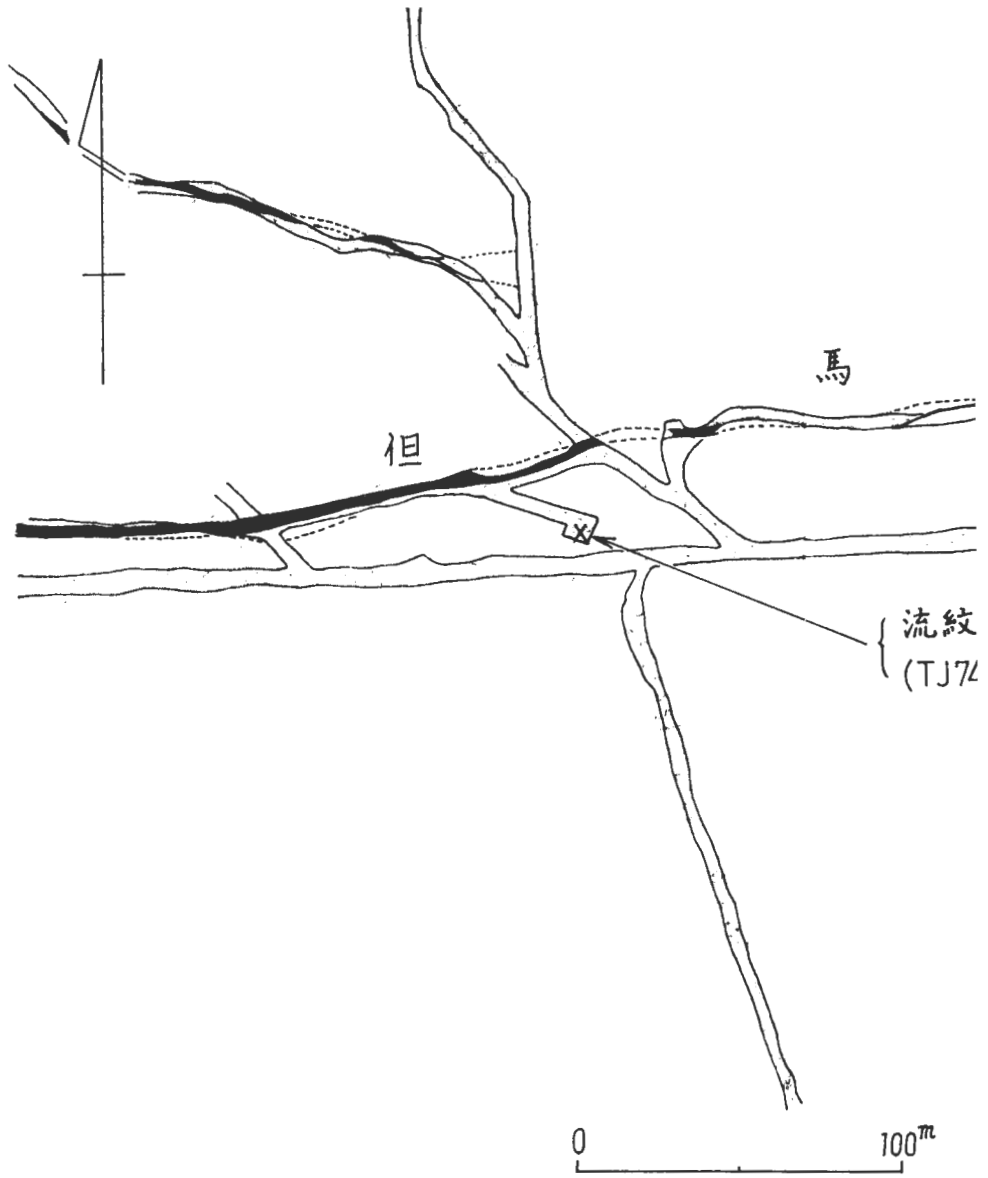
いずれも白水川層のプロピライトである。

(1) 原岩の TJ 74101150は白井川地区で採取した。これは，白水川層のプロピライト溶岩で湯ノ沢変質帯の北部に露出する粘土化岩と中珪化岩との間にはさまれた部分から採取したものである。

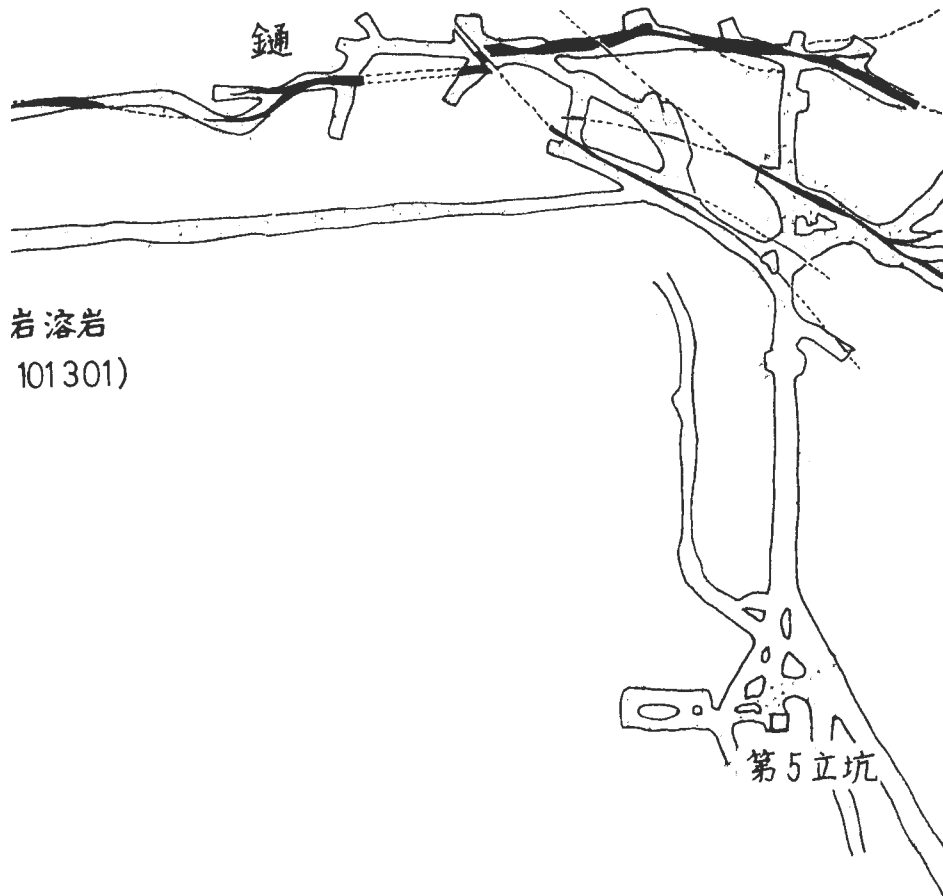
(2) 強珪化岩の TJ 74110602は白井川層のプロピライト溶岩である。採取位置は上記 TJ 74110601の上部3.5mに位置している。

強珪化岩の TJ 74101206は小柳沢地区で採取した。本岩は変質作用が著しく原岩が判然としないが，白水川層のプロピライトの可能性が高い。本岩は0.8m×2.1m大の強珪化岩塊の一部で蛋白石質である。周囲は温泉変質によると思われる白～桃色粘土で埋められている。

(3) 弱珪化岩の TJ 74110601は白井川地区で採取した。これも同じく白水川層のプロピライト溶岩で



第12図 フィッション・ト
(豊羽鉦山坑内, -300mL)



ラック測年試料採取位置図

ある。湯ノ沢変質帯の北部に位置する。また本岩採取地点の下位には幅0.6 mの青色粘土（モンモリロナイト？）を伴っている。

(4) 粘土化岩 TJ 74101209は小柳沢地区から採取したもので上記 TJ 74101206の下方35mに位置するものである。灰白～黄白色を呈する粘土で自然硫黄が付着している。本岩は著しい変質を受けており原岩不明であるが、白水川層のプロピライトであろうと考えられる。

粘土化岩の TJ 74110603は上記弱珪化岩の TJ 74110601の下方 0.5m 地点のもので珪化岩にはさまれた幅0.3～0.6mの青色粘土の薄層である。原岩は白水川層のプロピライトであると思われる。

6.2 化学分析結果

上記試料の化学分析結果を第3表に示す。

7. X線分析

7.1 方法

理学電気㈱のガイガーフレックス F X型を使用し分析を実施した。X線回折は試料を自然乾燥させた後、粉碎し200メッシュアンダーを分析した。この結果14Åにピークのあるものはエチレングリコール処理を、7Åと14Åにピークのあるものは HCl 処理をほどこし再度分析した。

回折条件は次のとおりである。

電極・フィルター	Cu-Ni
電圧・電流	30 kV, 16 mA
走査速度	2°/min

第3表 豊羽地熱地域変質岩の化学組成

No.	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	54.72	95.12	95.35	95.27	53.34	88.17
TiO ₂	0.89	0.71	1.65	0.16	0.87	0.79
Al ₂ O ₃	18.56	1.21	0.84	0.88	20.08	5.21
Fe ₂ O ₃	1.44	1.40	0.28	0.08	0.18	0.36
FeO	4.71	0.29	1.11	1.54	0.14	0.14
Fe	<0.01	<0.01	<0.01	0.39	7.86	<0.01
MnO	0.08	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
MgO	3.19	0.01	0.01	0.02	0.05	0.17
CaO	8.31	0.03	0.03	0.04	0.04	0.08
Na ₂ O	2.50	0.10	0.11	0.12	0.06	0.33
K ₂ O	0.41	0.09	0.14	0.14	0.15	0.37
P ₂ O ₅	0.20	0.03	0.05	0.04	0.09	0.05
S	<0.01	<0.01	<0.01	0.45	9.04	<0.01
SO ₃	<0.01	<0.01	<0.01	0.23	0.23	<0.01
CO ₂	1.97	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
H ₂ O ⁺	2.66	0.77	0.18	0.36	7.34	2.99
H ₂ O ⁻	0.24	0.02	<0.01	0.12	0.26	0.88
Total	99.88	99.79	99.76	99.85	99.74	99.56
Ap. G.*1	2.72	2.36	2.48	2.62	—	—
Tr. G.*2	2.86	2.63	2.70	2.65	2.78	2.41

*1 見かけ比重、 *2 真比重。

分析：東京石炭鉱物研究所

1：T J 74101150, 安山岩溶岩, 豊平川支流白井川右岸山腹。

2：T J 74110601, 珪化岩（やや粘土化）, 豊平川支流白井川右岸山腹。

3：T J 74110602, 強珪化岩, 豊平川支流白井川右岸山腹。

4：T J 74101206, 蛋白石化岩, 豊平川支流白井川右岸山腹。

5：T J 74110603, 強粘土化岩（カオリン化）, 豊平川支流白井川右岸山腹。

6：T J 74101209, 蛋白石質カオリン化岩, 豊平川支流白井川右岸山腹。

走査範囲	2°~40°
フルスケール	800 c. p. s
スリット	D. S. 1°, R. S. 3°, S. S. 1°
時定数	2 sec
記録紙速度	2 cm/min

7.2 結果

分析による産出鉱物一覧表は第4表の通りである。

分析に供した試料個数は85(第13図参照)である。分析結果を要約すると次の通りである。

7.2.1 湯ノ沢変質帯白井川北部地区

石英、黄鉄鉱が顕著でその他カオリン、混合層粘土鉱物が、また、まれに絹雲母、モンモリロナイトが認められる。

7.2.2 湯ノ沢変質帯白井川地区

石英および黄鉄鉱に富む点は他の変質帯のものとは変わらないが、本帯でもっとも特徴的な点はカオリンが非常に顕著であり、しかも一般に結晶度が高いことである。また絹雲母もかなり認められるが、それらの多くは $2\theta = 7.2^\circ \sim 8^\circ$ 付近でブロードな反射を示し、結晶度は良好ではない。なお混合層粘土鉱物もかなり認められ、一部は不規則型である。そのピークは $d = 27.6 \sim 28.5 \text{ \AA}$ 付近である。モンモリロナイトはきわめて稀である。緑泥石もときに認められるが、これは母岩のプロピライトに由来するものであろう。

7.2.3 湯ノ沢変質帯湯ノ沢地区

石英、黄鉄鉱および絹雲母に富んでいるほか、明ばん石および硫黄が認められるという特徴を示している。このことは本変質帯の一部が温泉変質作用によって形成されたことを示している。また本帯ではモンモリロナイトおよび混合層粘土鉱物は今回の分析では認められなかった。また前記の白井川変質帯で多く認められた結晶度の高いカオリンがきわめて少ない点は(2)帯と異なる。

7.2.4 小柳沢変質帯

本帯は試料が少なく(5コ)、その特徴をとらえることが難しいが、他の地域と同様に石英が多く認められ、蛋白石も一部に認められる。また硫黄も一部に認められ、温泉変質作用を受けていることが示唆されている。

カオリン、モンモリロナイト、混合層粘土、明ばん石等は認められなかった。

7.2.5 滝ノ沢変質帯

試料数が少ないが、分析結果では、石英、絹雲母が認められた。

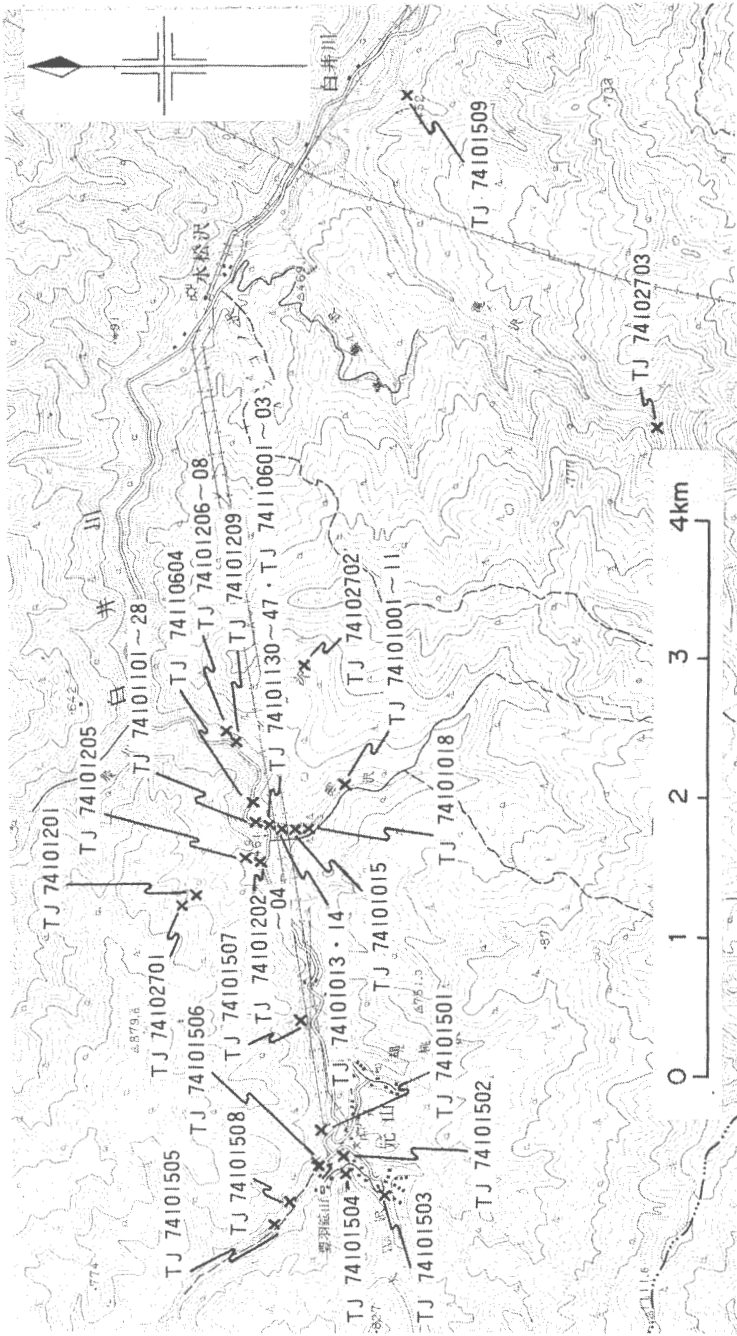
7.2.6 豊羽鉱山変質帯

石英、絹雲母、黄鉄鉱の組合せである。この他わずかにカオリン及び緑泥石が認められる。岡部(1963)による豊羽鉱床の変質作用の特徴は変質域の中心部で緑泥石—絹雲母—石英、外縁部でカオリンおよびモンモリロナイトの量を増すとされている。

8. 花粉分析

調査地域内には当該試料が見出されなかったため、C-14測年用試料と同一地点で4コの試料を採取した(第9図)。

花粉分析の結果、検出された花粉・胞子はきわめて少なく10個体前後しか見出せなかった(尾上ほか、1978)。したがってこの分析結果から古気候を推定することはむずかしい。



第13図 X線分析試料採取位置図

第4表 豊羽地熱地域の粉末X線回折による変質鉱物一覧表(つづき)

分 析 番 号	試 料 番 号	採 取 地 点	シリカ	粘 土 鉱 物					硫酸塩	酸化・硫			その他
			Q	Mt	Chl	Ser	C/M	K	Al	Gt	Mg	Py	S
			石	ト イ ナ イ ロ モ ン	石 泥	ト ロ モ ン 層 オ	リ モ ン 石 混 合 オ	ン リ オ	石	鉄 鉄 鉄	鉄 鉄 鉄	黄 黄 黄	硫 黄 硫
51	T J 74101002	湯ノ沢変質帯	○										
52	T J 74101003	(湯ノ沢地区)	○		○								
53	T J 74101004	"	○										
54	T J 74101005	"	○										
55	T J 74101006	"	○										
56	T J 74101007	"	○										
57	T J 41101008	"	○										
58	T J 74101009	"	○						○				
59	T J 74101010	"	○						○				
60	T J 74101011	"	○						○				
61	T J 74101013	"	○										
62	T J 74101014	"	○										
63	T J 74101015	"	○		○								
64	T J 74101018	"	○										
65	T J 74101201	(白井川北部地区)	○										
66	T J 74101202	"	○		○								
67	T J 74101203	"	○							○			
68	T J 74101204	"	○										
69	T J 74101205	"	○										
70	T J 74102701	"	○										
71	T J 74101206	小柳沢変質帯	○										
72	T J 74101207	"	○										
73	T J 74101208	"	○										
74	T J 74101209	"	○										
75	T J 74102702	"	○		○								
76	T J 74101509	滝ノ沢変質帯	○										
77	T J 74102703	"	○		○								
78	T J 74101501	豊羽鉱山変質帯	○										
79	T J 74101502	"	○										
80	T J 74101503	"	○										
81	T J 74101504	"	○										
82	T J 74101505	"	○		○								
83	T J 74101506	"	○										
84	T J 74101507	"	○										
85	T J 74101508	"	○										

9. まとめ

本地域には新第三紀に形成された銀鉛亜鉛を主とする豊羽鉱床がある。この豊羽鉱床東方の湯ノ沢沿いにNW-SE方向の構造線があり、構造線に沿って豊羽鉱床の鉱化変質帯とは質的に異なる変質帯が分布する。この変質帯には、ときに昇華硫黄鉱が伴われている。この湯ノ沢変質帯からさらに東方の定山溪にわたる地域にもいくつかの地熱変質帯が分布している。

今回の調査研究は、上記の地熱微候地を中心として、変質作用の生成時期、変質帯と地質構造との関係、変質帯の性状と規模などを明らかにすることを主眼におこなった。変質帯の生成時期を決定するに

は第四系と変質帯との関係を明らかにする必要があるが、本地域には第四系の分布が少ないので、第四系調査は隣接の喜茂別地域についてもおこなった。

変質作用の生成時期決定のための放射年代測定用試料としてC-14試料、フィッシュン・トラック試料を採取し測定した。C-14試料はいずれも隣接の羊蹄山東麓地域で採取したもので、支笏軽石流の33,530 ± 350 年 B.P. など推定の裏付けられたものもあるが、羊蹄火山起源と考えられる降下軽石については今後さらに検討が必要である。

フィッシュン・トラック試料については、長尾山安山岩溶岩(190万年前)、定山溪石英斑岩(850万年前前)、朝里層群の安山岩溶岩(500万年前)は推定値に近い数値がえられたが、豊羽鉱床母岩の流紋岩溶岩(1,500万年前)は層序からみて、新しい数値が示された。

本地区の地熱変質帯は、新第三紀中新世滝ノ沢層およびそれ以前の地層中に発達している。これらの変質帯をその分布の上から、湯ノ沢地区変質帯、小柳沢地区変質帯および滝ノ沢地区変質帯に区分した。上記変質帯の中で最も規模が大きく、かつ変質度の高いものは湯ノ沢地区変質帯である。本帯は沢沿いに発達するブロック化した珪化岩の周辺を粘土化岩がうめるもので、珪化岩には全般的に石英がみとめられ、部分的に明ばん石、蛋白石が伴われる。粘土化岩はカオリンを主とし、その一部には結晶度の高いものもみとめられるが、絹雲母やモンモリロナイトはきわめて少ないという特徴がある。

湯ノ沢地区変質帯および隣接する小柳沢地区変質帯の一部に小規模の昇華硫黄鉱がみられるが、明らかに生成時の産状を残しており、本変質帯がごく最近まで地熱活動をつづけていたことを示している。野村(1973)は、地下30m深度の地温分布から湯ノ沢地区変質帯付近を中心とする半径数kmの地域に地温の高異常がみられ、しかもその付近の地温勾配は約40°C/100mを示すとしている。このことは今回、全国地熱基礎調査の一環として同時におこなった放熱量調査の結果にも示されている。しかもこの変質帯は湯ノ沢沿いのNW-SE系の構造と密接な関係をもつものと考えられている。

以上の事実から推して湯ノ沢地区変質帯は地熱微候地として本地域の中で最も有望であるといえることができる。

文 献

- 阿古目邦夫・原口正敏(1963) 豊羽鉱山の地質及び鉱床。鉱山地質, vol. 13, p. 93-99.
- (1967) 豊羽鉱山における裂隙と鉱化作用の特徴について。鉱山地質, vol. 17, p. 93-100.
- ほか(1970) 豊羽鉱山の探鉱について。鉱山地質, vol. 20, p. 211-221.
- 地質調査所(1975) 豊羽・定山溪地域変質帯調査。全国地熱基礎調査報告書, no. 6, p. 11-48.
- 土居繁雄(1953) 5万分の1地質図幅「定山溪」および同説明書。北海道開発庁, 88p.
- 舟橋三男・吉村尚久(1966) グリーンタフ地域にあらわれる変質現象。地団研専報, no. 12 (東北日本のグリーンタフ変動), p. 147-164.
- (1966) グリーンタフ地域の火成活動。地団研専報, no. 12 (東北日本のグリーンタフ変動), p. 138-146.
- 秤 信男・粥川富貴雄(1971) 豊羽鉱山の地質と鉱床一特に火成活動と鉱化作用について一炭酸マンガネン・鉛・亜鉛鉱脈[F]。昭和46年度秋季北海道鉱業大会資料, p. 1-4.
- 橋本英雄・石坂武司・一ノ瀬孜(1977) 豊羽鉱山出雲鍾探査について。鉱山地質, vol. 27, p. 87-97.
- 原口正敏・田島義信(1969) 豊羽鉱床の鉱化作用、とくに閃亜鉛鉱の性質と銀の挙動。鉱山地質, vol. 19, p. 9-18.
- 北海道地下資源調査所(1977) 北海道の地熱・温泉(B)西南北海道北部。地下資源調査所調査研究報告, no. 4, 198p.
- 石川俊夫(1969) 豊羽鉱山の地熱。地熱, no. 22, p. 17-28.

- 春日井昭・石橋教子・大貫康行・柏原信・鈴木久恵・田中秀樹・松田紘一（1974）恵庭火山の降下軽石層一分布と層準についての改訂一。地球科学, vol. 28, p. 115-127.
- 熊野純男（1970）支笏溶結凝灰岩の年令。地球科学, vol. 24, p. 148-149.
- 松沢逸巳・小坂利幸（1972）恵庭b降下軽石堆積物直上の炭化細片の¹⁴C年代。地球科学, vol. 26, p. 84-85.
- 宮島建久・秤 信男・喜多正弘（1971）豊羽鉾山の地質構造と裂罅生成機構に関する最近の考え方。鉾山地質, vol. 21, p. 22-35.
- 日本地熱調査会（1976）昭和50年度地熱開発精密調査報告書, no. 1, 豊羽・定山溪. 145p.
- 野村孝一（1973）豊羽鉾山の熱源モデルについて。地熱, vol. 10, p. 13-26.
- 岡部賢一（1963）豊羽鉾山元山鉾床群にみられる母岩変質（演旨）。日鉾, vol. 80, p. 767.
- （1973）噴出岩の底面測定に基づく定山溪グリーンタフ地域の火山岩類に関する考察。地調月報, vol. 24, p. 555-562.
- ・番場猛夫（1976）豊羽鉾山のプロピライトとその鉾化変質。鉾山地質, vol. 26, p. 239-251.
- 尾上 亨・徳永重元・大島秀明・伊藤良永（1978）日本の地熱地域における花粉分析調査研究, その1。地調報告, no. 259, p. 579-624.
- 佐藤博之（1971）樽前火山灰d層の¹⁴C年代。地球科学, vol. 25, p. 185-186.
- 通商産業省（1972）昭和46年度広域調査報告書, 定山溪地域. 32p.
- （1973）昭和47年度広域調査報告書, 定山溪地域. 51p.
- （1974）昭和48年度広域調査報告書, 定山溪地域. 47p.
- （1975）昭和49年度広域調査報告書, 定山溪地域. 29p.
- （1976）昭和50年度広域調査報告書, 定山溪地域. 22p.
- 通商産業省工業技術院サンシャイン計画推進本部・地質調査所（1977）全国地熱基礎調査報告書（昭和48-50年度）, p. 21-26.
- 矢島淳吉・岡部賢二（1971）豊羽鉾山産鉾について。鉾山地質, vol. 21, p. 221-228.
- （1977）豊羽鉾山出雲鍾における錫鉾物の産状。鉾山地質, vol. 27, p. 23-30.
- 吉谷昭彦（1971）プロピライトおよびプロピライト化作用。地団研専報, no. 17（地質学と変質作用）, p. 41-53.

Geological Investigation of Hydrothermal Alteration Haloes in Toyoha Geothermal Field, Hokkaido

Teruaki IGARASHI, Yuya FURUKAWA, Kazuyasu SUGAWARA,
Susumu NISHIMURA and Kenji OKABE

Abstract

In Toyoha geothermal field, the altered haloes are mainly situated in a tectonic line extending in a NW-SE direction along the Yunosawa River, east of the Toyoha Mine, a well-known Neogene epithermal ore deposit.

The investigation are carried out to clarify the stage of alteration, based on the relation between the altered haloes and its geologic structure, nature and size, and the Quaternary distributed at the east foot of Mt. Yotei is also studied.

The field is covered by various kinds of Miocene sediments but the altered haloes are found only in an area covered by the Takinosawa Formation and its older formations.

Among Yunosawa, Koyanagizawa and Takinosawa alteration haloes the first is the most important, and it is composed of blocky silicified rock extending along a river and surrounding argillaceous rock.

The silicified rock is composed mainly of quartz and subordinate alunite and opal, while the argillaceous rock consists chiefly of kaolin and is characterized by the rare presence of sericite and montmorillonaceous.

For the determination of the stage of alteration, fission-track and ^{14}C methods have been employed to obtain unsatisfactory results.

The sublimation sulfur ore deposits in Yunosawa and Koyanagizawa areas are of comparatively small size, but their original depositional features remain as they were, indicating that the geothermal activity continued until recently.

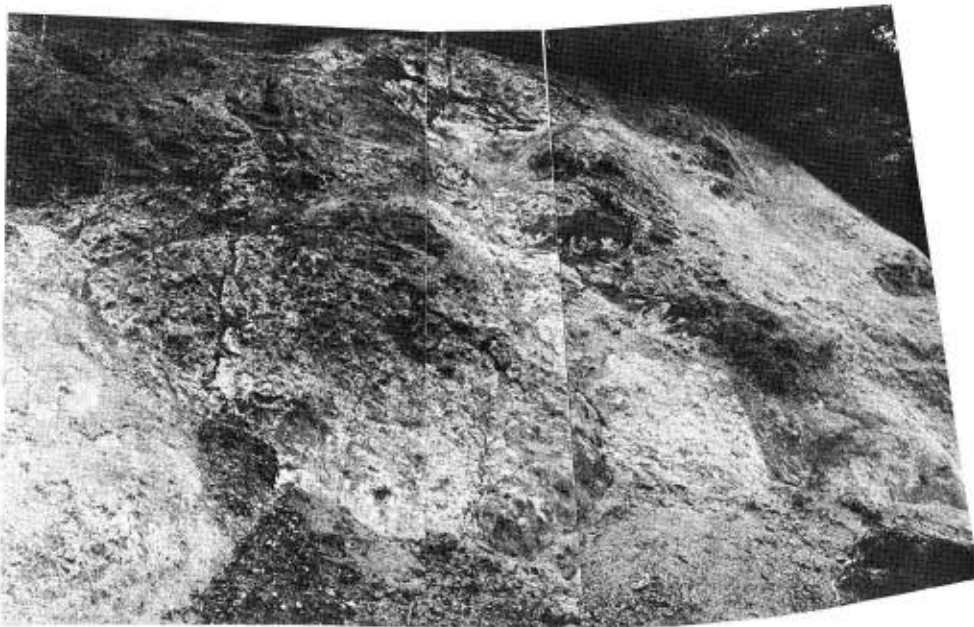
Yunosawa is the most promising area as it is closely related to a tectonic line extending in a NW-SE direction and also it has extraordinarily high ground-temperature which has been found by the recent heat flow survey.

(受付 : 1977年12月 1 日 ; 受理 : 1977年12月 6 日)

図 版 説 明

- 図版 1 湯ノ沢地区変質帯，湯ノ沢入口右岸，白井川沿いの道路切割りにみられる変質帯露頭，写真の右側は主として珪化帯，左側は粘土化帯からなる（第3図・第6図参照）。
- 図版 2-1 湯ノ沢地区変質帯，白井川右岸沿いの道路崖にみられる昇華硫黄鉱および粘土化変質（第3図参照）。
- 図版 2-2 湯ノ沢地区変質帯，湯ノ沢右岸山腹の小沢にみられる昇華硫黄鉱と変質帯，写真の下部の台地に丘状に盛上った若干の昇華硫黄鉱がみられる。
- 図版 2-3 豊羽鉱山坑内 300 mL，但馬鍾 TW 24号における流紋岩溶岩，定山溪層群白水川層の最上部に位置し，豊羽鉱床の母岩の一部をなす。ここからフィッシュン・トラック試料を採取した (TJ 74101301)。





1



2



3

551. 23 : 551. 25(524)

北海道有珠郡北湯沢地熱地域の熱水変質帯*1

山口昇一*2・五十嵐昭明*2・千葉義明*3・斉藤清次*3・西村 進*4

1. ま え が き

本調査研究は全国地熱基礎調査変質帯調査「支笏・洞爺」地域調査（昭和49年度）の一環として行われたものである。調査研究の目的は地熱変質帯の規模および生成年代を知ることによって地熱地域の探査ならびに評価に貢献することにある。

調査地域は北海道有珠郡大滝村（第1図参照）で、野外作業は昭和49年9月1日から10月2日の間に実施された。

調査研究の経緯、担当者等の細部については地質調査所（1975）に記載されている。

調査研究の実施にあたっては次の方がたの多大の御協力をいただいた。ここに厚く感謝の意を表する。

地質調査所：角 清愛・石田正夫

日本重化学工業㈱：井手俊夫・吉田 裕・中村久由

北海道教育大学：春日井昭

大滝村役場

2. 従 来 の 調 査

北湯沢温泉地域および周辺の地質、鉱物資源および温泉については古くから多くの研究、調査が行なわれている。

加藤（1910）、加藤ほか（1935）、清野（1919）、大日方（1915）、三崎（1937）の火山、地質および鉱産物関係の調査のほか、浦上ほか（1933）による表層土性調査が行なわれた。戦後いちはやく北海道立地下資源調査所による20万分の1北海道地質図が編集され（1953, 1954）また、斉藤ほか（1953）による5万分の1地質図幅「登別温泉」、太田（1954, 1956）による5万分の1地質図幅「徳舜誓」、藤原（1954）による5万分の1地質図幅「壮溪珠」がそれぞれ刊行された。

本調査地域周辺の硫黄鉱床、褐鉄鉱床については早瀬（1955, 1956, 1957）、太田（1950）、猪木（1950）、金子（1952）、朝日ほか（1953）、山口ほか（1954）、斉藤・五十嵐（1956, a, b, c）、藤木鉱業㈱（1959）、北海道商工部資源課（1960）、椎川（1960）、中原（1961）、信本（1965）、新関（1968）、荒金（1969）、斉藤ほか（1971）などにより種々の方面からの検討がなされた。これらの鉱床関係の調査はIGARASHI（1976）に総括されている。

本調査地域および周辺には火山噴出物を含む第四系が広く分布する。これらについては藤原（1954）、土居・小山内（1955）、斉藤ほか（1956）、山田（1958）、勝井（1959, 1963）、湊ほか（1959, 1969）、近堂（1963）、山田ほか（1963）、大場・近堂（1964）、湊（1966）、佐々木（1966, 1972）、瀬尾ほか（1968）、佐藤（1969）、佐々木ほか（1972）、春日井ほか（1974）による集大成がある。

温泉関係の調査として、香山ほか（1956）、中野ほか（1956, 1957）、小宮ほか（1959）、瀬川ほか（1959）、

*1 地質調査所報告, no. 259, 1978.

*2 北海道支所 *3 日本重化学工業(株) *4 京都大学教養部



第1図 調査地域位置図

岩倉 (1960), 河田ほか (1962), 多賀 (1962), 須川ほか (1965) などがある。

また、本地域の地熱については早川 (1974) の報告がある。さらに全国地熱基礎調査終了後精密調査 (ボーリングによる精査) がおこなわれ報告がなされている (日本地熱調査会1976)。

なお昭和48年度から50年度に実施した全国各地の調査結果は、全国地熱基礎調査報告書 (通商産業省工業技術院サンシャイン計画推進本部ほか編 1977) としてまとめられている。

なおまた、本地域を含む南北海道地域の地熱温泉については、北海道地下資源調査所によって概括的にまとめられ報告された (北海道地下資源調査所, 1977)。

3. 地質概説

本地域を構成する地質系統は第1表地質総括表に示した。先新第三紀の花崗閃緑岩は、地域北方の三階滝付近に露出し、それから北西部に延びて分布している。

新第三系は中新世訓縫期の長流川層と鮮新世の北湯沢層・昭園火山角礫岩層とに区分される。長流川層は安山岩質ないしデイサイト質の凝灰岩、凝灰角礫岩および同質の溶岩を主体とし、少量の砂岩、頁岩を挟在する。北湯沢層は長流川層を不整合に覆って発達し、軽石質凝灰岩とシルト岩を主とする。昭園火山角礫岩層は下位の地層を不整合に覆って地域全体に広く分布する。

新期安山岩類は、地域の東部ではホロホロ山を、南方では蟠溪火山・カルルス火山を、また、西方では倶知安別火山を構成するものである。これらの噴出時代については、太田 (1954) は後訓縫期～先第四紀としたが、ホロホロ山については溶岩流のつくる地形や火口地形から第四紀初期の可能性を指摘し

第1表 地質総括表

時代	地層名		岩質
第四紀 新第三紀	現世	沖積氾濫原堆積物	砂・礫
		崖錐堆積物	砂・礫
		河岸段丘礫層 III	砂・礫・粘土
	更新世	門前峠軽石流堆積物	デイサイト質軽石(炭化木片を含む)
		河岸段丘礫層 II	砂・礫
		支笏軽石流堆積物	流紋岩質軽石(炭化木片を含む)
		N-Uc 降下軽石堆積物	安山岩質軽石
		河岸段丘礫層 I	砂・礫
		徳舜瞥粘土層	シルト岩・砂岩・凝灰質砂岩(炭化木片・炭質物を含む)
		新期安山岩類	輝石安山岩質溶岩(ホロホロ溶岩ほか)
喜茂別溶結凝灰岩	デイサイト質溶結凝灰岩		
新第三紀	鮮新世	昭園火山角礫岩層	火山角礫岩・凝灰角礫岩・凝灰岩
		北湯沢層	砂岩・シルト岩・凝灰岩・軽石質凝灰岩
	中世新	長流川層	変質安山岩溶岩・砂岩・頁岩・凝灰岩
先第三紀		花崗閃緑岩	

ている。

第四系(ホロホロ溶岩を含む)は下記の地層から構成されている¹⁾。

3.1 喜茂別溶結凝灰岩

模式地は調査地域の北西方、喜茂別市街地の南側丘陵である。本地域においては大滝村本町周辺と徳舜瞥川上流において露出が確認された。産状は全体に塊状でところによって柱状節理が発達しており、石英と黒雲母の斑晶がめだつ灰白色粗しょうなデイサイト質溶結凝灰岩である。

3.2 ホロホロ溶岩

徳舜瞥川の中流～上流にかけての北方山地を構成する溶岩で、板状節理の発達する両輝石安山岩である。本溶岩の末端は国鉄胆振線の北湯沢駅東方、約3kmの円山付近にまで達している。

3.3 徳舜瞥粘土層

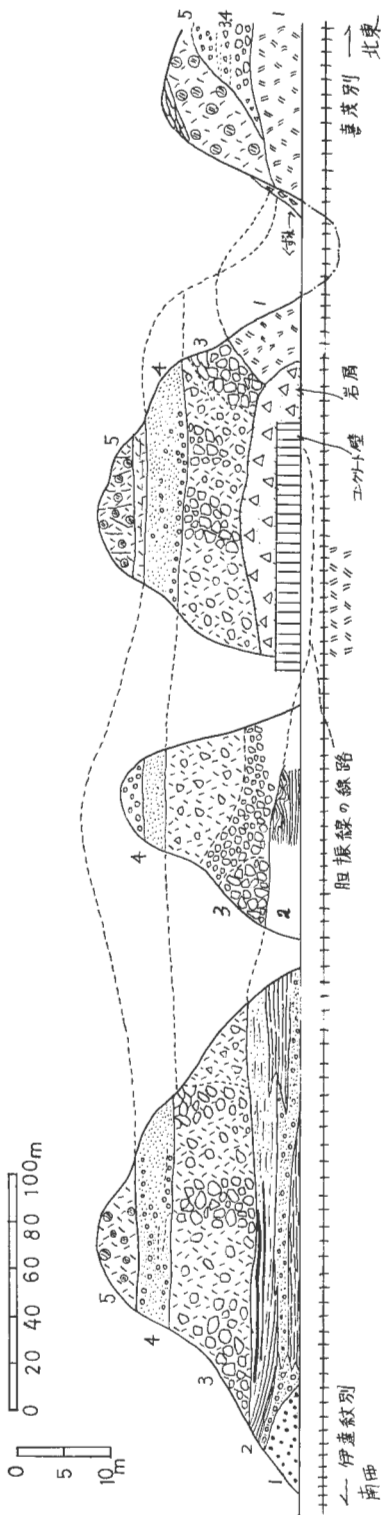
本層は大滝村本町から優徳にかけての長流川ぞいに良く露出するほか、徳舜瞥川中流においても分布が確認された。厚さは5～10数mの場合が多く、シルト岩、細～粗粒砂岩、凝灰質砂岩で構成され、しばしば炭化木片や炭質物を含んでいる(図版3-1)。

全体に未固結で、層理がよく発達し水平ないし緩傾斜構造をしめしている。長流川が一時的にせき止められ、堆積した湖沼堆積物と考えられている(太田, 1954)。

3.4 河岸段丘礫層 I

本層は層位的に徳舜瞥粘土層と支笏軽石流堆積物の間に位置する。新大滝駅北東方の崖(第2図)で

¹⁾ 喜茂別溶結凝灰岩、ホロホロ溶岩を除く第四系については、いくつかの地点において第17図に示す地質柱状図が得られた。



1. 淡黄灰色流紋岩質凝灰岩 (喜茂別溶結凝灰岩)
粗粒石英と砂石に富み、それらに主峰の砂塊状で成層理も示す。 (変質)
軽石やその他の岩片に多い。
能産粘土層
層厚 7-8m 以下
1名不整合面に近い。
色味粗粒砂岩(中部) 含重炭、砂岩、シルト岩互層(下部)
2. (粗粒)砂とシルトの互層
最上部にフランソワ層
3. 火山角礫岩
2つの岩相が並立
A: 本質火山角礫岩、空洞で基質が軟く加圧
質質岩片、シルト層。木片 欠如
B: フロックの割合 50% 以下のもの多し。礫は若干
円味を帯び、Aより小形で、大礫主
基質は砂質火山灰で、炭化して固く、木片
や腐葉の灰質、軟質、砂片も含ま
(木中堆積相)
4. 全作がくたば黄、反褶色の礫層 (7m)
支筋軽石流堆積物
弱く不規則な管理
下部 1-2-3m に成層みられる
5. 支筋軽石流堆積物
(5m+)
泥質性や不均質の軽石片
(径1-2cm)に富む

第2図 新大滝駅北東方の一露頭 (第四系の層序関係を示すスケッチ)
花粉分析試料は南西川露頭の徳舜暫粘土層(2)で採取。
P-1 および P-2 は含重炭の砂岩・シルト岩互層(上部)のそれぞれ上部および下部から、
P-3 は塊状シルト岩(下部)から採取。

は本層の下位に火山角礫岩層²⁾が発達する。本層の厚さは約3 mで、円磨された安山岩の巨礫からなるが少量の石英閃緑岩礫を含む。本層の基底面は多少凹凸をもち、下位の徳舜誓粘土層を不整合に覆っている(図版3-2)。

3.5 N-Uc 降下軽石堆積物

本層は支笏軽石流堆積物の下位を占めて、調査地域の南部に厚く発達する。北湯沢温泉付近では厚さ約6 mを有し、2層のフォールユニットに分けられる。輝石・角閃石斑晶の目立つ安山岩質軽石礫からなっている。本層の噴出源は明かでない。

3.6 支笏軽石流堆積物

本層は長流川にそって、北方の本町付近から南方の蟠溪付近にかけてほぼ連続的に分布する。桃灰色の軽石質火山灰と軽石塊からなり、一般に塊状ぜい弱であるがところにより溶結し、柱状節理が発達する。軽石塊の大きさは一般に1 cm以下で、きわめて発泡が良く絹糸状を呈する。中部には厚さ数10 cm くらいの安山岩礫の密集部がしばしば認められる。また、稀に炭化木片を含む。本層の厚さは数mから数10mにわたっている。本層は調査地域の北東方約30 kmに位置する支笏湖から支笏カルデラ形成に伴って噴出されたものである(湊ほか, 1959; 勝井ほか, 1974)(図版5-1)。

本層は徳舜誓川中流において河岸段丘礫層Ⅰを、新大滝駅北東方では火山角礫岩および河岸段丘礫層Ⅰをそれぞれ不整合に覆い、三階滝付近で河岸段丘礫層Ⅱに、円山付近で門前峠軽石流堆積物によって覆われている。

3.7 河岸段丘礫層Ⅱ

三階滝付近では支笏軽石流堆積物を覆い、火山灰やロームによって覆われている。長流川の河床からの比高は30~50 mにも達し、位置的に河岸段丘礫層Ⅰより高所に分布するが、時代は若いものである。円山から昭園にかけての台地では軽石まじりの腐植質粘土を含む。

3.8 門前峠軽石流堆積物

門前峠、円山、北湯沢温泉地域において分布が確認された軽石流堆積物に対する新称である。淡紅灰色、オレンジ色ないしくすんだ褐色軽石質火山灰で、支笏軽石流堆積物と岩質が似るが、やや軽石の量が多く、その大きさは一般には2~5 cm以下である。ただし門前峠では数~20数 cmに達する発泡の非常に良い軽石塊を含んでいる。また、しばしば本層上部には炭化木片を含み、長さ1 mにも及ぶものがある。本層の下位にはロームを挟んで2層の降下軽石層(N-Uc 降下軽石堆積物)が発達している。本層の噴出源は明かでない。

3.9 河岸段丘礫層Ⅲ

長流川や徳舜誓川およびそれらの支流にそって、現河床面から数m以下の段丘が発達している。本層はこれらの段丘面を構成している礫層で、有珠火山起源とみられるごく若い時代の火山灰に覆われ、その形成は現世と考えられる。

3.10 崖錐堆積物

山麓や崖の下方に堆積した岩屑で時代はごく新しいが、一部河岸段丘礫層Ⅲより古いものもある(新徳橋北西方)。

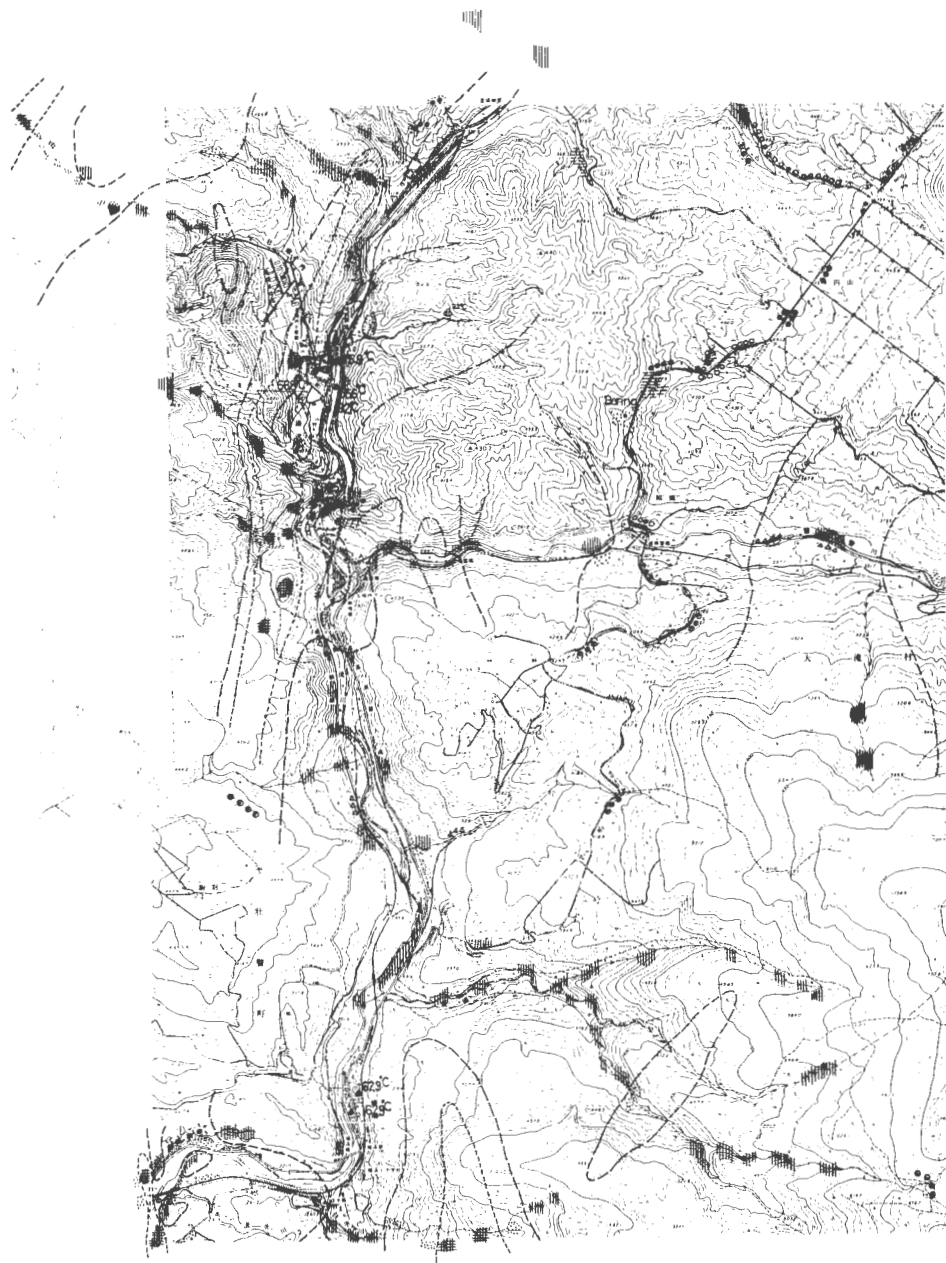
²⁾ 本層は、大滝村本町以北に分布するもので、従来藤原(1954)により段丘礫層として扱われていた。しかし岩相は河成礫層ではなく火山角礫岩である。層序的には河岸段丘礫層Ⅰと、徳舜誓粘土層の中間に位置するものである。第1表の地質総括表には地域外であるため記載していない。

3.11 沖積氾濫原堆積物

現河川の氾濫原に堆積している砂礫層である。

3.12 有珠・羊蹄降下火山灰層

本地域全体の表層部には，更新世末から現世にわたる火山噴出物が降下堆積している。北部地域では更新世末期に活動した羊蹄火山起源の Yo-a 降下火山灰が，また，南部地域には有史時代に活動した有



第3図 変質

珠火山起源の Us-c, Us-b, Us-a 層が腐植層を挟んで堆積分布している。

4. 変質帯の産状

4.1 変質帯の分布 (第3図)

調査範囲内の主要な河川、支沢および空中写真によって見出された大部分の露頭について実際に変



帯分布図

質の有無を確認し、変質部と非変質部に分け、両者の境界があらわれていない場合はその中間に境界を設けて変質帯を分帯した。

しかし本地域の特徴として、長流川兩岸の台地は第四紀の軽石流堆積物や砂礫層によって覆われ、また山地を構成している新期安山岩はほとんど露崖をもたない。このため変質作用を蒙っている新第三系は深く開析された数本の主要な河川に見出されるのみであるため変質帯の分布や規模を過少評価するおそれがある。したがって、変質岩のあらわれた各露頭間の地質的關係、変質作用と関係している断層や割れ目、さらには地域全体にわたる地質構造を考え合せて変質帯分布図を作成した。

温泉作用による白色変質帯は次の場所で認められた。長流川ぞいの北湯沢温泉一帯、その南南西方の蟠溪第四鉄橋付近、長流川の右岸側支流湯の沢⁹⁾の中流付近、同じく長流川の左岸側支流徳舜營川本流の中流付近と北側支流の上流付近および長流川の左岸側支流白水川下流付近である。さらに、台地や山地においては、軽石流堆積物の下位の第三系にも変質帯が発達しているものと考えられるが、その詳細は現在のところ明らかでない。

いずれの変質帯もその中心部に珪化帯が発達し、その周辺部に粘土化帯が形成されている。変質帯の形成は断層や褶曲などの地質構造に規制され、その構造方向に延びていることが多い。すなわち湯の沢においてはN E性の断層にそって変質帯が形成されており、特に中心部が珪化、強粘土化している。また、北湯沢温泉地域の変質帯はNNE性の断層に平行して延びており、蟠溪第四鉄橋付近の変質帯に連続する可能性がある。白水川下流の変質帯はNNW性の背斜構造の軸部に形成され、中心部には珪化帯が発達している。

4.2 変質帯の精査

次の6地域について1,000分の1ルートマップを作成し変質帯を調査した。

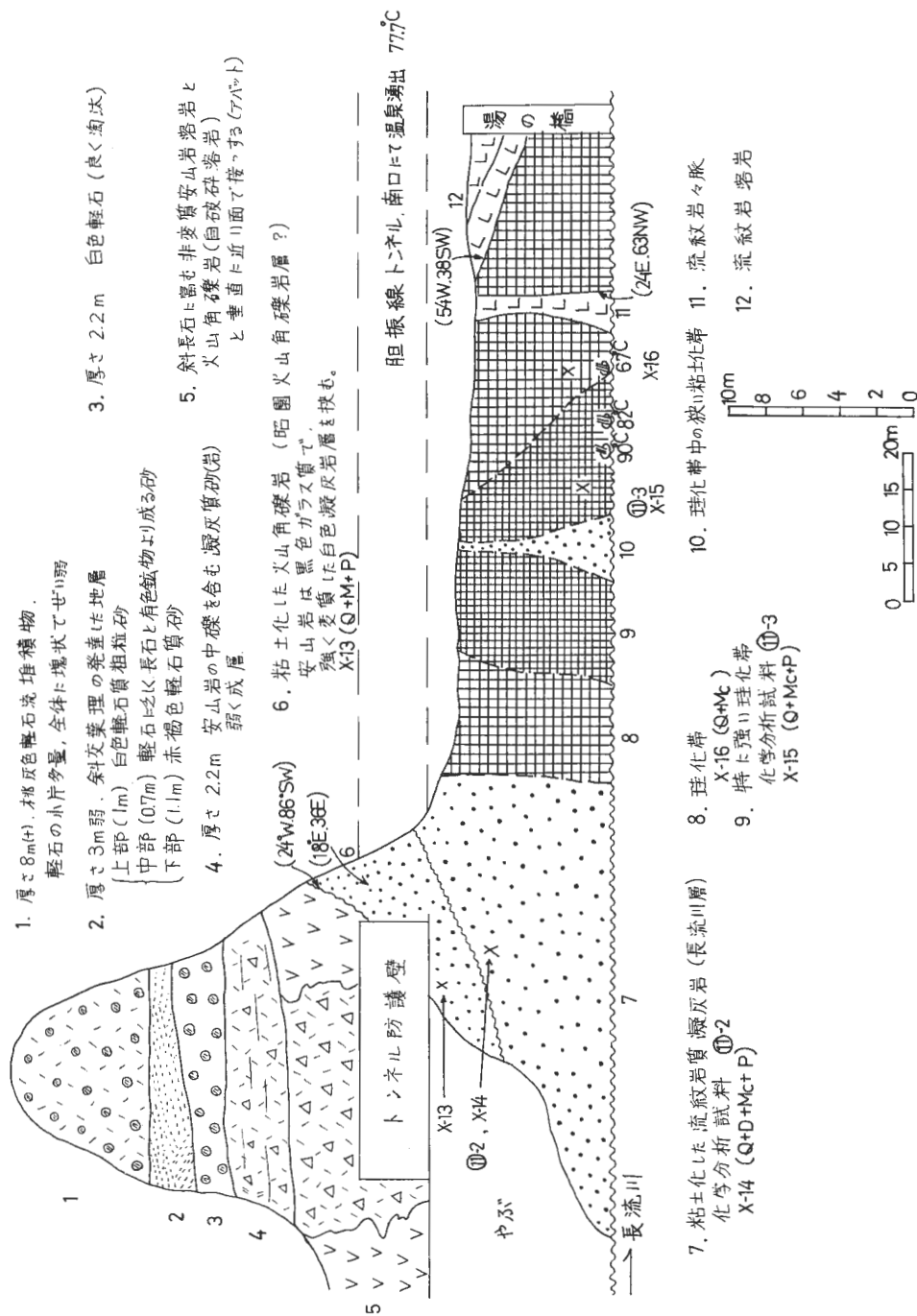
- ① 北湯沢駅～ダム取水口にかけての長流川ぞい
- ② 徳舜營川下流（長流川との合流点～優内橋）
- ③ 徳舜營川上流
- ④ 湯の沢中流
- ⑤ 白水川下流
- ⑥ 蟠溪第四鉄橋付近

本調査においては、変質岩をその色調、組織、鉱物およびその他肉眼的特徴によって多孔質珪化帯、粘土化帯および弱変質帯に区分した。さらに代表的な変質岩のサンプル42個についてX線分析を行ない変質鉱物を検出し、変質帯分帯図作成の資料とした。次に地域ごとの状況を述べる。

4.2.1 北湯沢温泉地域（第4, 5, 6図）

長流川にそって変質岩が露出しているが、変質帯の方向は長流川とほぼ同じくN S性に近い。変質帯の中心は湯の橋付近で、楕円形に近い形で珪化帯が発達し（図版5-2）、現在も2～3か所から高温の温泉が湧出している。その周囲を粘土化帯が取り囲んでいるが、珪化帯を中心として同心円状ないしは対称的な分布は示していない。珪化帯の南側ではほとんど変質が進んでいないが、北方の北湯沢橋に向かって細長く強粘土化帯（ディッカイトや石膏の形成）が延びている。この変質帯は北湯沢橋まで追跡されるが、それより以北では第四紀の軽石流堆積物に覆われて観察できない。この強粘土化帯の周辺にはモンモリロナイト化帯、さらに外側には局所的な小規模変質帯が散在する。北湯沢橋北方においては、長流川層の流紋岩は堅硬であり、緑色変質を受けているが、温泉作用による軟弱な粘土化は認められない。ただし、断層にそってカオリン化がみられる。この場所において長流川層を不整合に覆って発達している昭園火山角礫岩層（シルト岩、火山円礫岩を含む）中には硫化鉄鉱の鉱染した粘土化帯が発達している。これは緻密な流紋岩中の割れ目を通して温泉水が上昇し、上位のルーズで多孔質な火山角礫岩に弱い変質作用が及んだためと考えられる。この火山角礫岩層を不整合に覆って降下軽石、ロームおよ

⁹⁾ 第3図では旧名の壮珠内川を使用した。

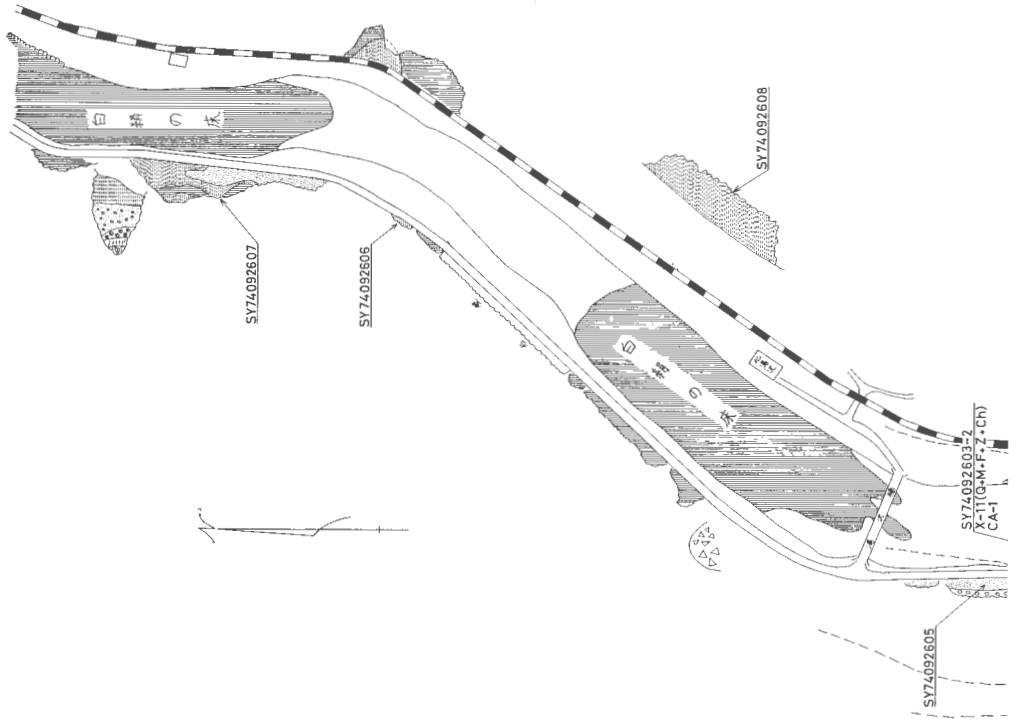


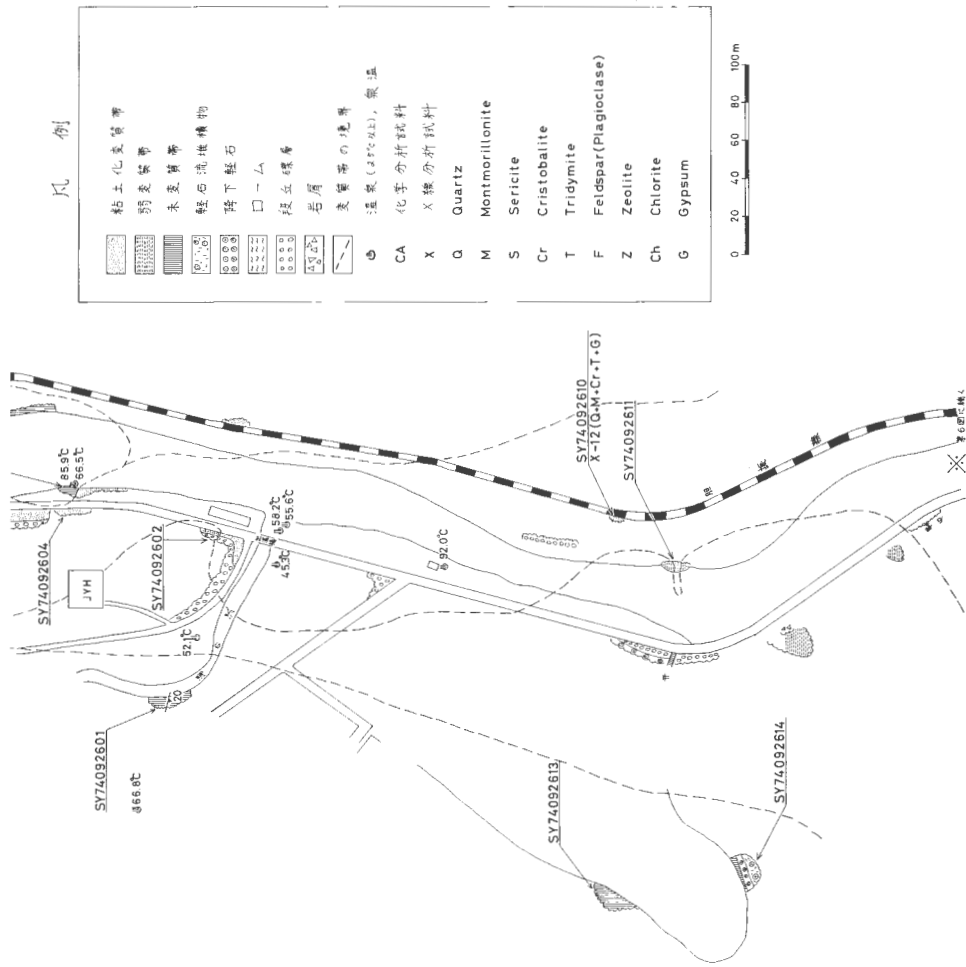
- 1. 厚さ8m(+). 桃灰色軽石流堆積物.
軽石の小片多量, 全体に塊状でせり野
- 2. 厚さ3m弱. 斜交葉理の発達した地層
{ 上部(1m) 白色軽石質粗粒砂
中部(0.7m) 軽石に之く長石と有色鉱物より成る砂
下部(1.1m) 赤褐色軽石質砂
- 3. 厚さ2.2m 白色軽石(良く淘汰)
- 4. 厚さ2.2m 安山岩の中礫を含む凝灰質(灰岩)弱く成層
- 5. 斜長石に富む非変質安山岩熔岩と火山角礫岩(自破砕落岩)と垂直に近り面で接する(アバウト)
- 6. 粘土化した火山角礫岩(昭園火山角礫岩層?)
安山岩は黒色ガラス質で.
強く変質した白色凝灰岩層を挟む.
X-13 (Q+M+P)

胆振線 トネル、南口にて温泉湧出 77°C

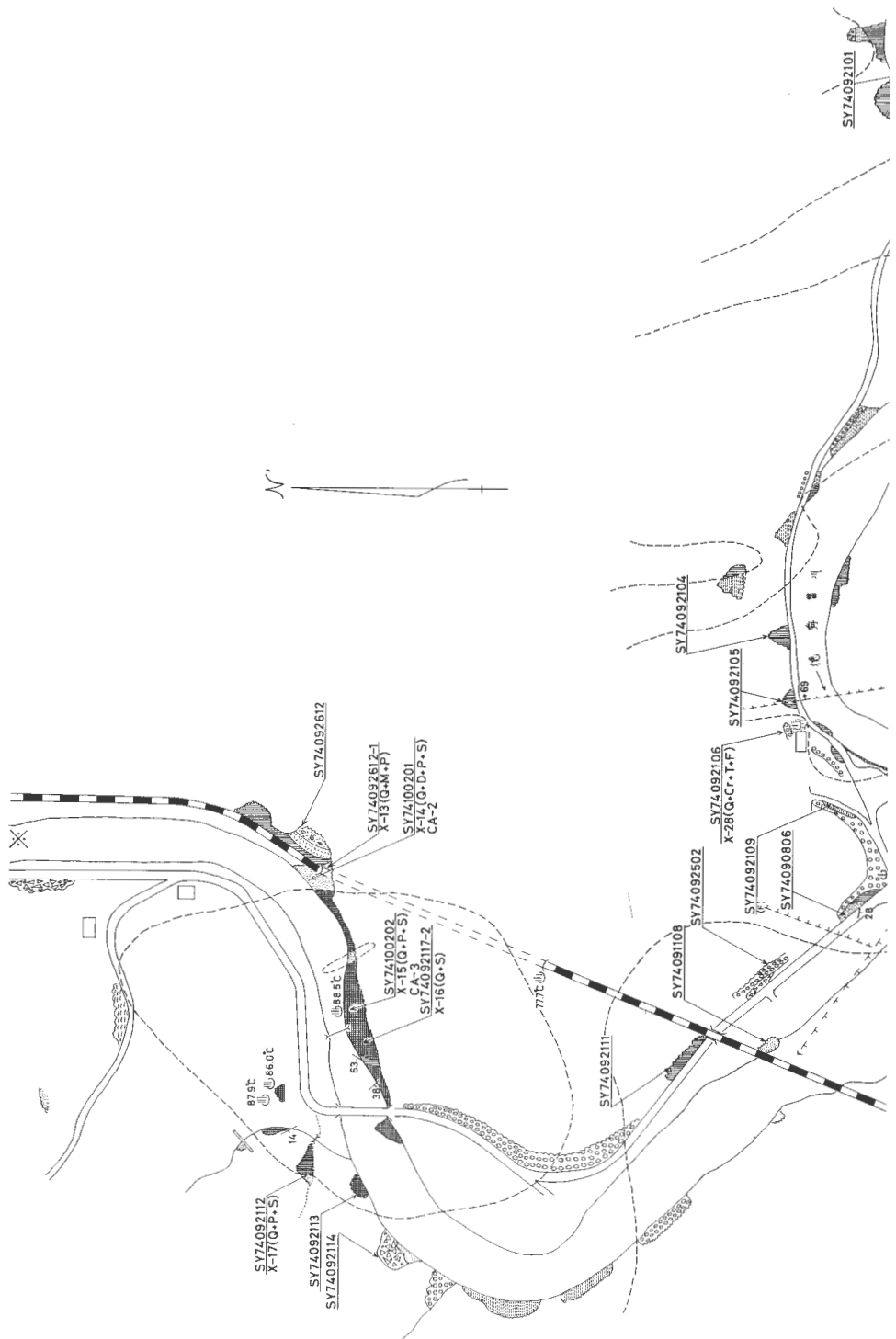
- 7. 粘土化した流紋岩質凝灰岩(長流川層)
化学分析試料 ㊦-2
X-14 (Q+D+Mct+P)
- 8. 珪化帯
X-16 (Q+Mc)
- 9. 特に強い珪化帯
化学分析試料 ㊦-3
X-15 (Q+Mc+P)
- 10. 珪化帯中の狭い粘土化帯
- 11. 流紋岩々脈
- 12. 流紋岩熔岩

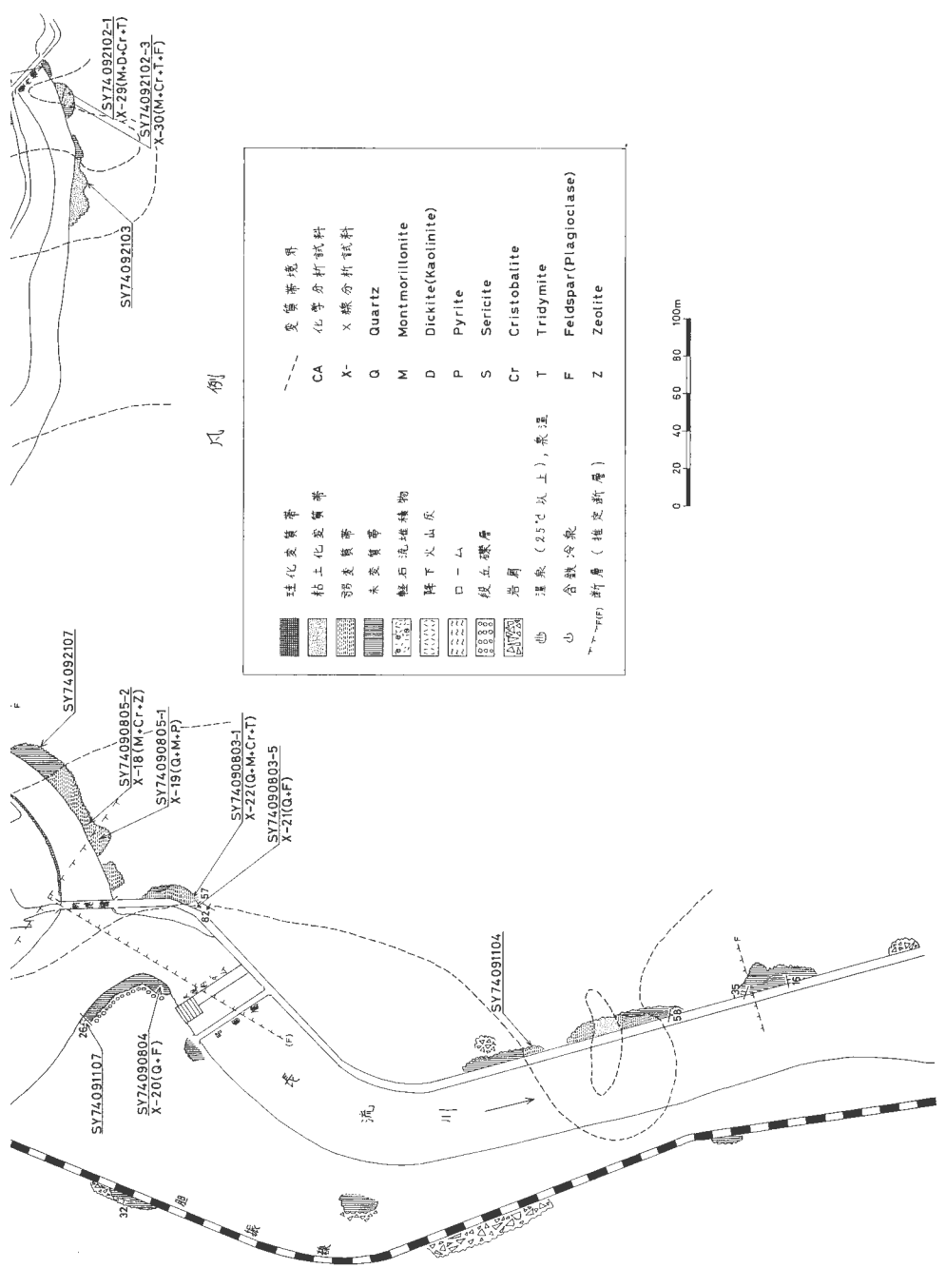
第4図 変質帯の露頭スケッチ(長流川横山温泉付近の河崖) ㊦-2, ㊦-3は化学分析試料番号(第5表参照).





第5図 変質帯の分布を示すルートマップ (長流川本流北湯沢駅—ダム取水口間)





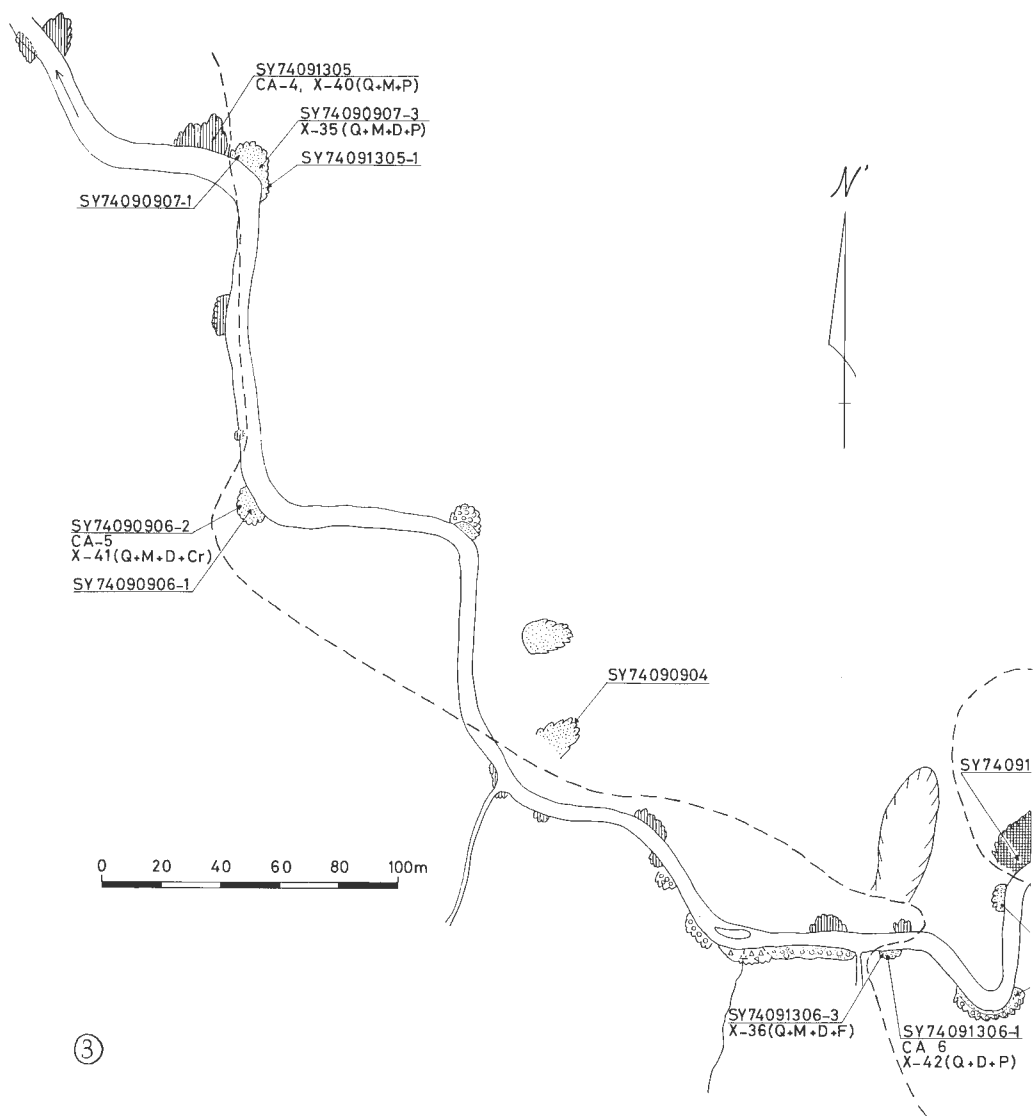
第6図 変質帯の分布を示すルートマップ（徳野賢川下流一長流川合流点付近）

び軽石流堆積物が発達するが、これらは全く変質作用を受けていない。この軽石流は炭化木片を含み、北湯沢スキー場において ^{14}C 測年用試料を採取した。

徳舜管川下流においては、昭園火山角礫岩層中に粘土化帯や赤ヤケ帯が発達している。赤ヤケ帯は割れ目にそった褐鉄鉱の鉱染部であり、初生的なものと思われる。長流川と徳舜管川の合流点付近はNNE性断層とEW性断層の交叉している場所である。このような地質構造と変質帯との具体的関係は明らかでないが、上述の湯の橋付近の珪化帯の南側に粘土化帯がほとんど発達していないのは、この断層と関係があるのかも知れない。

4.2.2 徳舜管川の北側支流の上流（第7図）

変質岩の原岩は大部分が長流川層に属するプロピライトであるが、一部に流紋岩質凝灰岩もある。変



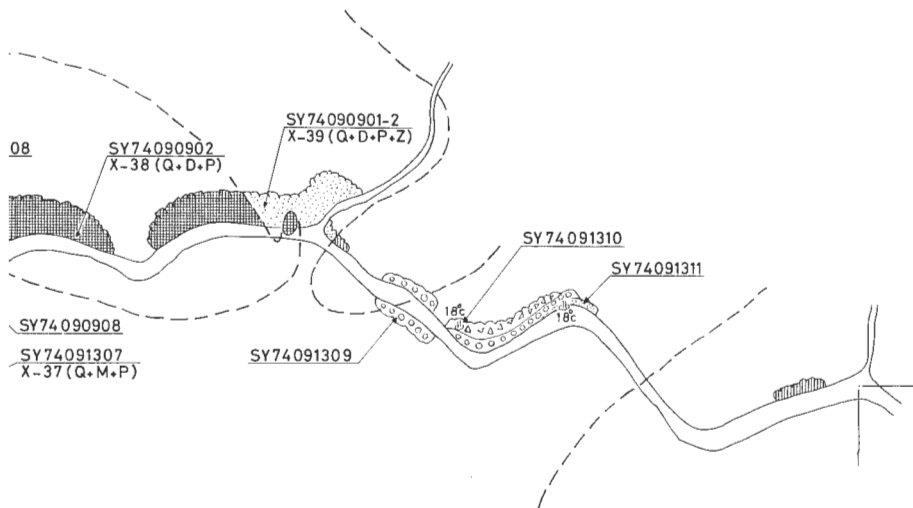
第7図 変質帯の分布を示すルート

質帯は徳舜瞥川の北側（右岸側）地域に発達している（図版4-1）（X線分析による変質帯の分帯ではディッカイト化帯，ディッカイト化+モンモリロナイト化帯およびモンモリロナイト化帯からなる．ディッカイト化帯は流紋岩質凝灰岩に，ディッカイト化+モンモリロナイト化帯はプロピライトに発達する．しかし，原岩とみられる緻密なプロピライトのX線分析によるとモンモリロナイトが検出されているので，モンモリロナイト化は温泉作用の以前にも行なわれた可能性がある．そうだとすると本地域の変質作用はディッカイト化を特徴とするものである．なお，この変質作用とは別に徳舜瞥川の両岸には河成礫層を褐鉄鉱が膠結した褐鉄鉱鉱床が数カ所に認められる．これらは現河床からの比高が1～3mの河岸段丘礫層Ⅲと同層準であり，生成時期は現世と考えられる．

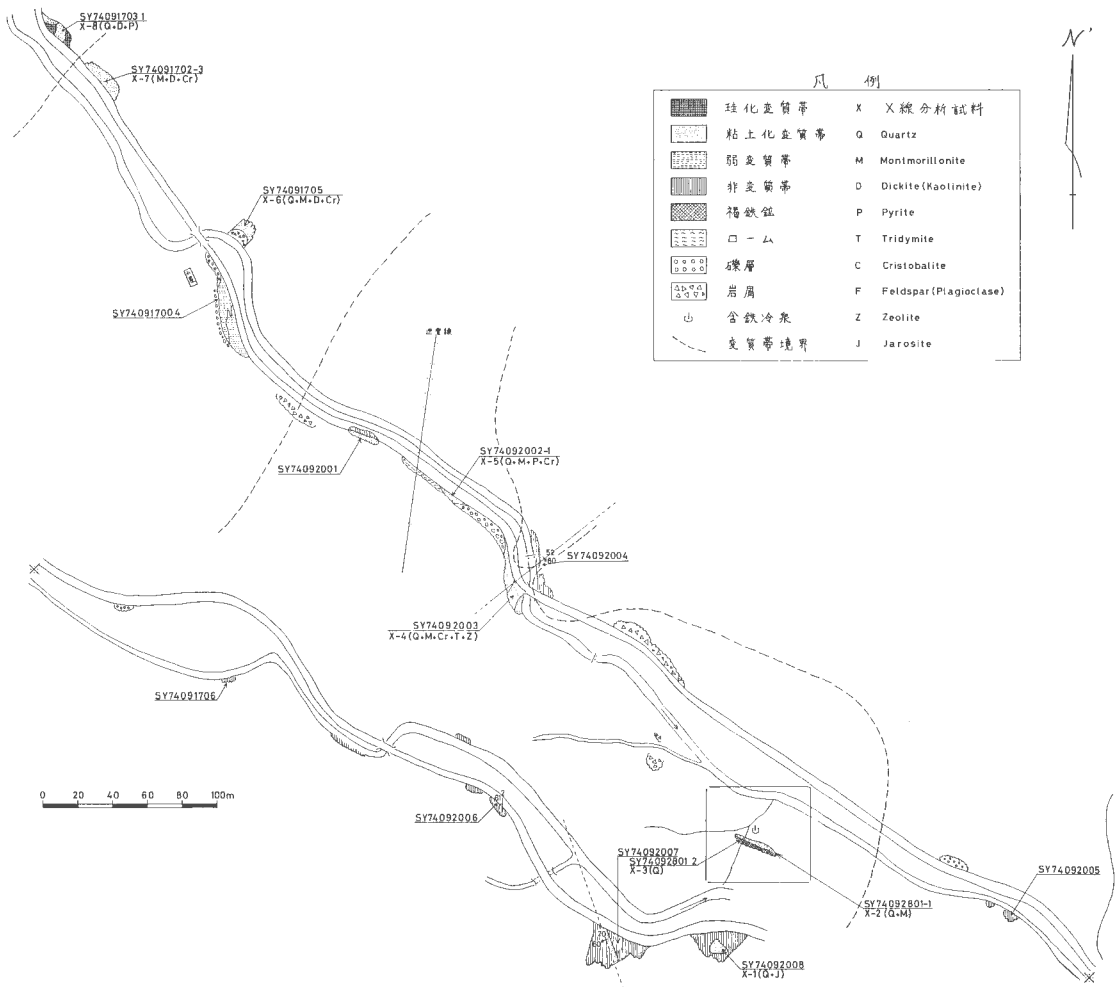
4.2.3 湯の沢中流（第8図）

凡 例

	珪化変質	X-	X線分析試料
	粘土化変質	CA	化学分析試料
	未変質	Q	Quartz
	段丘礫層	M	Montmorillonite
	岩屑	D	Dickite(Kaolinite)
	鉱泉(25℃以下)	P	Pyrite
	変質帯境界	Cr	Cristobalite
		F	Feldspar(Plagioclase)
		Z	Zeolite



マップ（徳舜瞥川の北側支流上流）



第8図 変質帯の分布を示すルートマップ(湯ノ沢中流)
右下正方形は第13図および第14図の範囲を示す。

変質作用を蒙っているのは、長流川層の石英安山岩質凝灰岩および安山岩質凝灰岩である。湯の沢林道の第4号橋付近が変質帯の中心であり、外側に向って順次、珪化+ディッカイト化帯→ディッカイト化+モンモリロナイト化帯→モンモリロナイト化帯→非変質帯へと移化している。これは湯の沢の下流へ向っての配列であるが、上流は露頭に乏しいため明らかでない。変質帯の全体的方向性と規模は把握ににくい。断層の走向、空中写真における線形方向がいずれもNE方向であり、かつ断層が変質作用に多大の影響を与えていると思われるので、全体としてNE方向に延びていると考えられる。

4.2.4 白水川下流から蟠溪第四鉄橋にかけての地域（第9、10図）

この地域では、他の地域の変質帯と比較して硫化鉄鉱染帯が発達しているのが特徴である。他地域の硫化鉄鉱染帯は黄鉄鉱の鉱染が主であるのに対して、ここでは黄鉄鉱と共に間隙にそって昇華硫黄の細脈や小塊が形成されている。変質帯の方向性や規模はその露出が長流川の河崖に限られているため明らかでない。しかし、硫化鉄鉱の鉱染を伴う粘土化帯の拡がり方から推定すると段丘礫層下の新第三系はかなりの範囲にわたって変質しているものと考えられる。また、変質帯の中心と思われる珪化帯の延びは、NNW方向であるが変質帯全体としてはNNE方向に延びて北湯沢温泉地域まで延びていると考えられる。本地域においては昭園火山角礫岩層と長流川層の流紋岩質凝灰岩のみが変質を蒙っており、それらを不整合に覆っている支笥軽石流堆積物や段丘礫層（長流川の河床より基底面までの比高10数m）は全く変質作用を蒙っていない。

4.3 温泉沈殿物の産状

調査地域において石灰華、珪華、硫黄丘などの温泉沈殿物は発達していないが、沈殿性の褐鉄鉱鉱床や鉱染型の褐鉄鉱鉱床・硫黄鉱床が数カ所認められる。

4.3.1 徳舜瞥川の褐鉄鉱

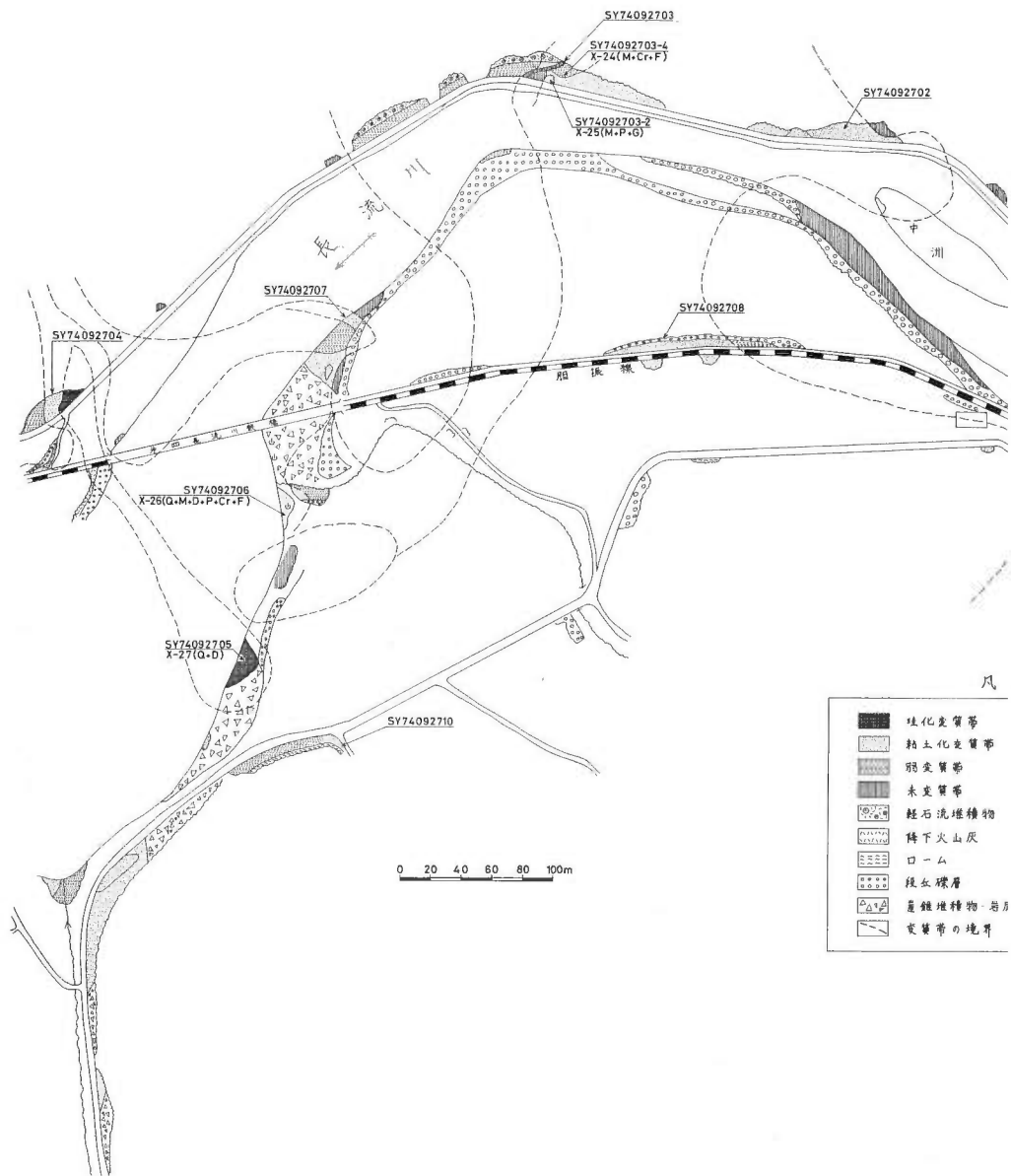
この褐鉄鉱は徳舜瞥川の北側支流の上流部に位置する。その分布図は第11図に、柱状図は第12図に示した。鉱量は800~900トンで、小規模である。鉱層の下盤はプロピライトである。また、第7図に示した変質帯はここまで及んでいない。褐鉄鉱は上下2層に分かれ、下部は河床礫層を褐鉄鉱が膠結したもので厚さは1~2mである。上部は厚さ約1m程度で礫などを含まない褐鉄鉱で、赤褐色を呈し、草木の葉、茎の印痕をとどめ多孔質で品位は良好である（鉄分はおおよそ50%以上と思われる。）。

下部の褐鉄鉱は上流側において比高1m前後の沖積礫層に移化しているので、この褐鉄鉱の形成時期も現世と考えられる。おそらく河床礫層中に鉄分に富んだ湧水がしみ込み、礫間を埋めつくした後に一帯が湿地化し、さらに草苔を交代しつつ褐鉄鉱が沈殿したものであろう。鉱層の上流部には含鉄冷泉が見られ、現在も少量の鉄分の沈殿がみられる。

4.3.2 湯の沢の褐鉄鉱

鉱層は沢の入口から約1kmの湯の沢右岸に分布している（図版4-2）。その分布図は第13図に、スケッチは第14図に示した。鉱層の下盤は粘土化（モンモリロナイト化）した岩石で、原岩は明らかでない。部分的に褐鉄鉱の沈殿や交代を受けている。褐鉄鉱層は上下二層に分けられる。下部層は品位の高い褐鉄鉱からなり、厚さは0.1~2mで中央部で厚く周辺で薄い。上部層は河成礫層を赤褐色の褐鉄鉱が膠結したもので厚さ2m前後を示し周辺で薄くなり、褐鉄鉱を含まぬ岩屑によって覆われている。この層序関係は徳舜瞥川の褐鉄鉱と比べて逆である。

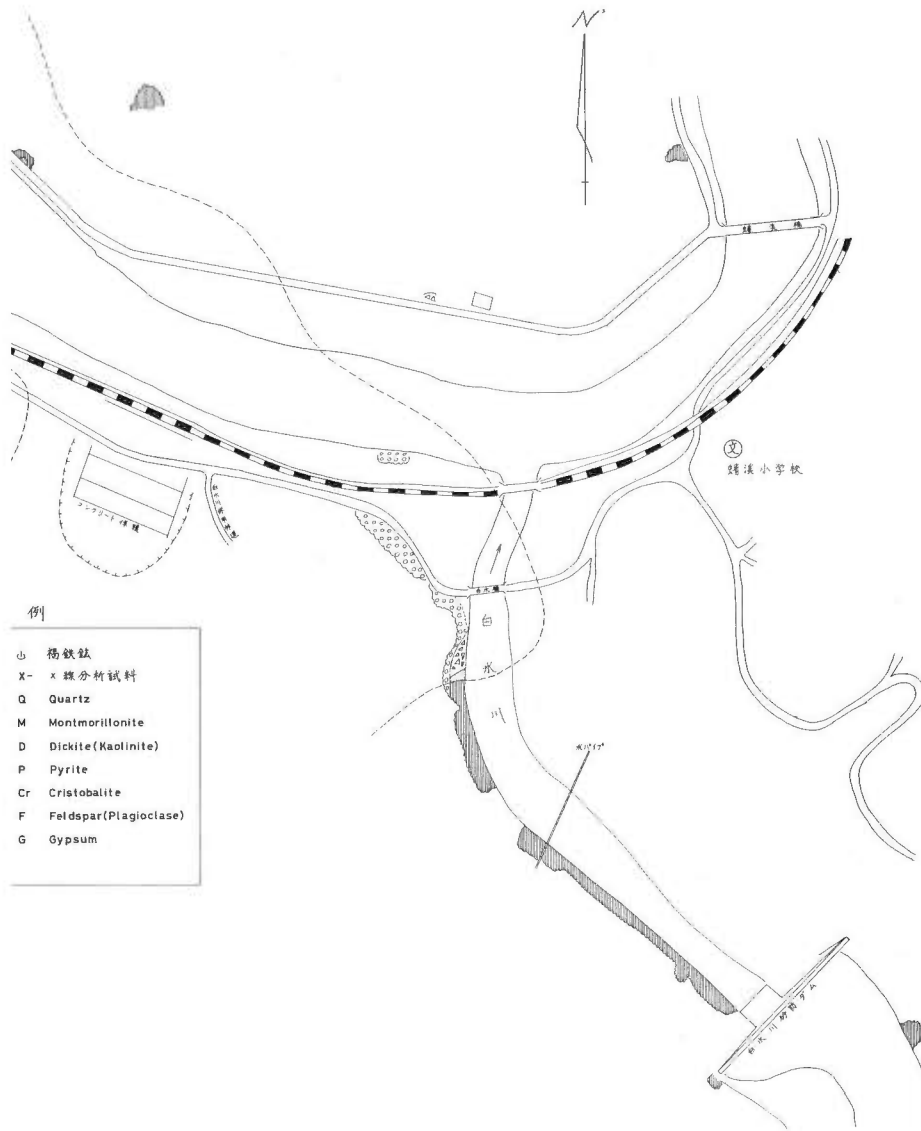
湯の沢には所々に現河床からの比高が4~5mの狭い平坦面と、比高が1~2mのやや広い平坦面が発達している。湯の沢の褐鉄鉱で膠結された河成礫層は前者の面形成の時期に対比される。それに対し、徳舜瞥川にみられるものは、後者の面形成の時期に対比される可能性がある。さらに湯の沢の褐鉄鉱の上位には厚く火山灰やロームが覆っていて、かつ鉱層も厚いことと考えると、湯の沢の褐鉄鉱層が徳舜瞥川のそれよりも若干古い時期に生成されたものと推測される。



第9図 変質帯の分布を示すルート

4.3.3 旧日鉄徳警舜鉱山

本地域はホロホロ火山の溶岩とその岩屑より構成されている。鉱石採掘跡では、下位のホロホロ溶岩と上位の徳舜警溶岩が累重しているのが観察される。岩質は共に両輝石安山岩で互いに酷似していて、一連の火山活動の産物と考えられる。しかし、ホロホロ溶岩には鉱染型褐鉄鉱が節理にそって網状に形成され、黄白色変質帯や硫黄鉱床が形成されているのに対して、ここでは徳舜警溶岩には鉱化作用が及

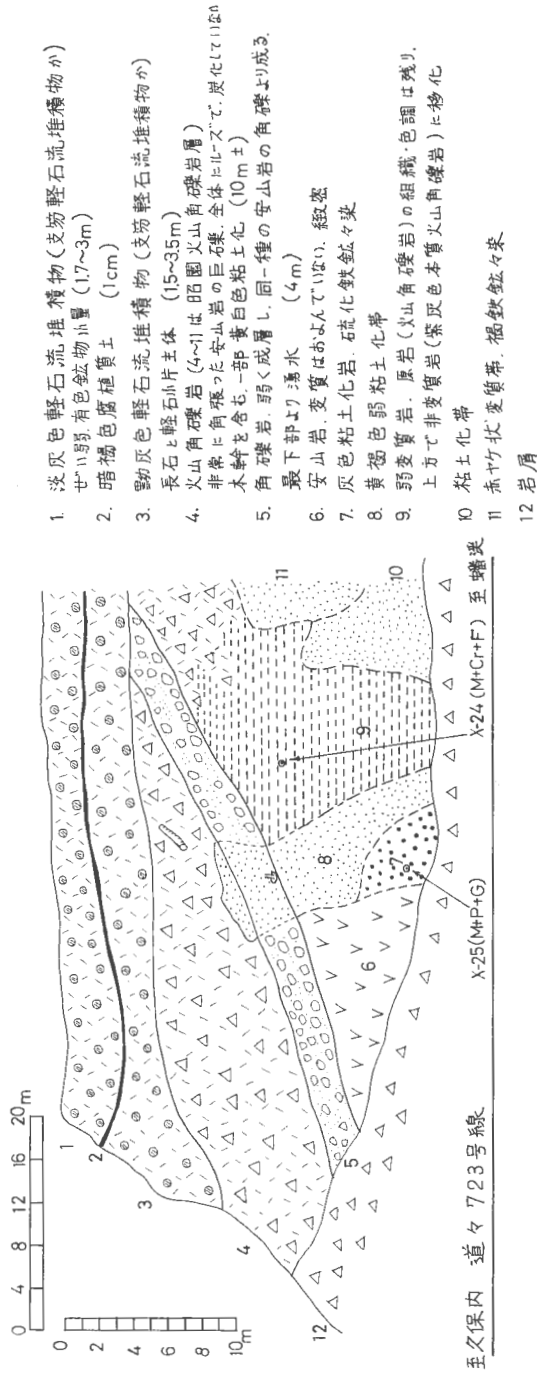


マップ (長流川下流—白水川間)

んでいない (第15図) (図版6-1)。しかし、別の場所では徳舜營溶岩にまで上記の作用が若干及んでいるとされている。この上下の安山岩溶岩より各々1個ずつフィッション・トラック測年用試料を採取した。

これら新期安山岩類は新第三紀末から第四紀初期の活動によるものと考えられている。

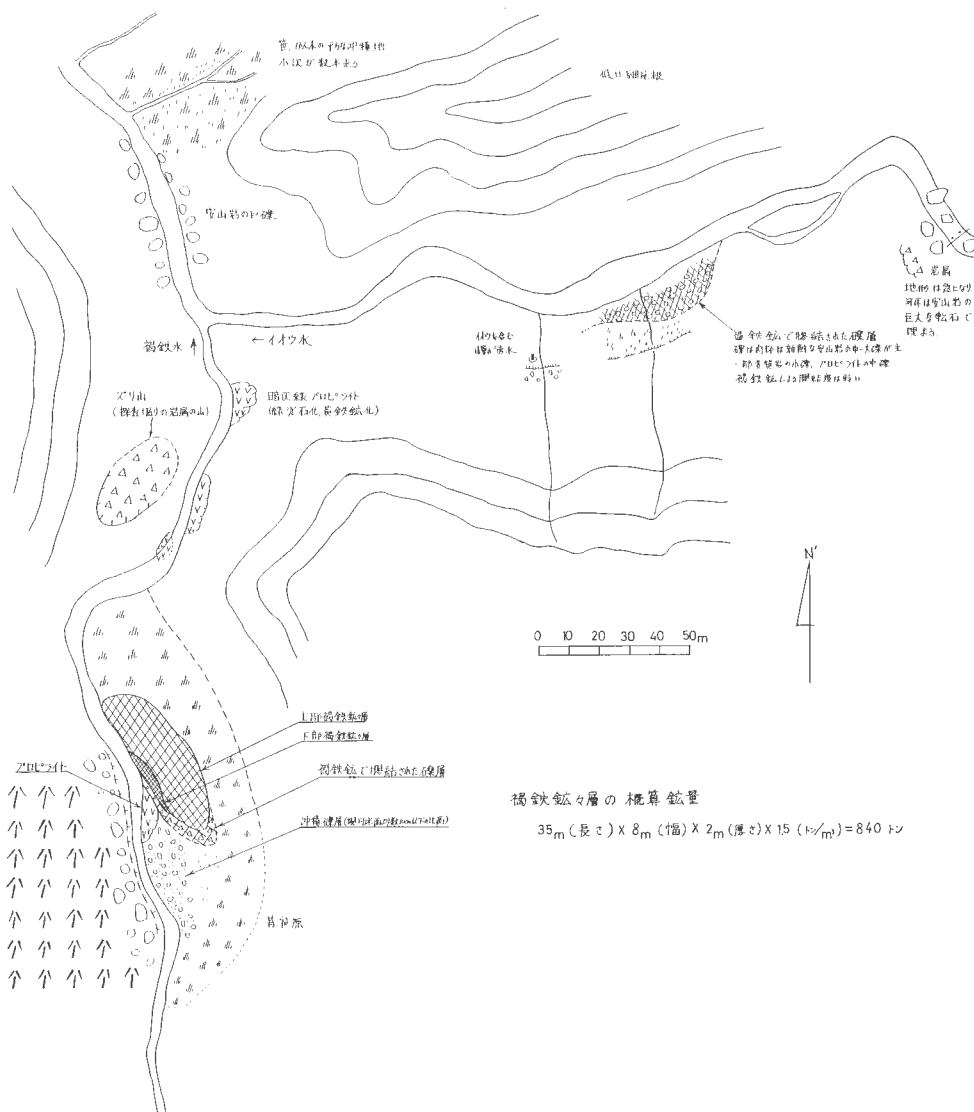
なお、この位置より標高の低い台地上に更新世に形成されたと考えられている沈殿性の褐鉄鉱床があり、140万トンの出鉱を見た。



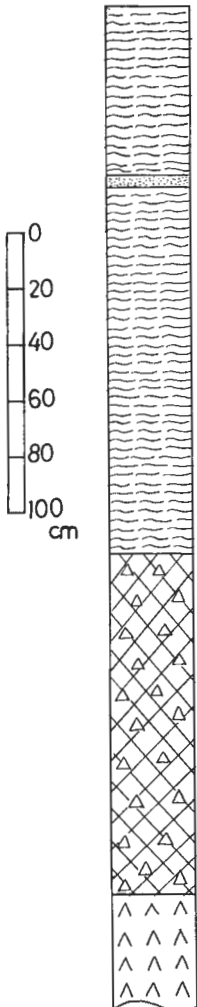
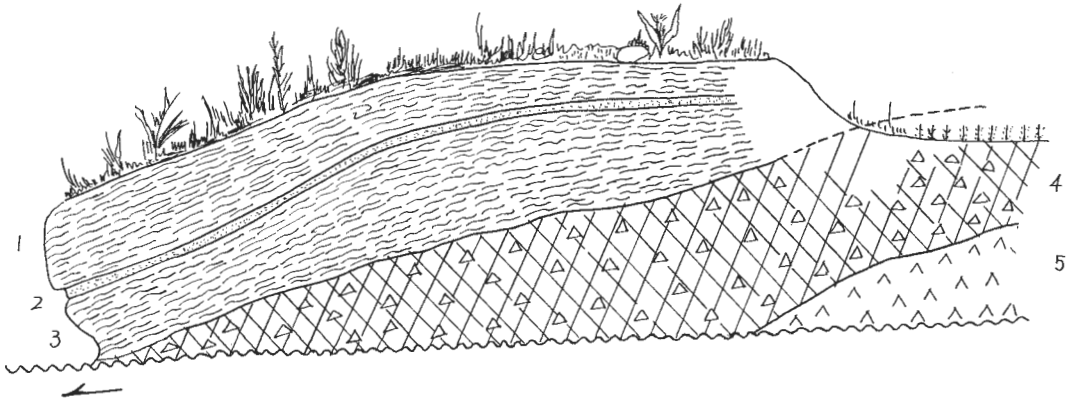
第10図 変質帯の露頭スケッチ (蟻沢西方道路の崖)

4.4 変質帯・温泉沈殿物と第四系との関係

変質作用の時代を考えるために第2表を作成した。北湯沢温泉地域から蟠溪温泉にかけての変質作用の層序的關係は、北湯沢駅北方の崖で標式的に代表される。ここでは鮮新統の昭園火山角礫岩層以下の北湯沢層および長流川層は粘土化、珪化等の変質作用を受けている。そして昭園火山角礫岩層の上位に一見、整合的に累重する火山砂礫層は変質作用を受けているか否か明らかでないがこれらの地層を不整合に覆う降下軽石層や軽石流堆積物は全く変質していない。また、本地域においては新期安山岩類や喜茂別溶結凝灰岩は分布していないので、それらの層準にまで変質作用が及んだか否か明らかでない。したがって、本地域の変質作用は昭園火山角礫岩層堆積後～支笏軽石流堆積物堆積前（ないし火山砂礫層堆積前の可能性もある）と考えられる。徳舜營橋付近の地熱探査ボーリングにおいても全く同様の結果

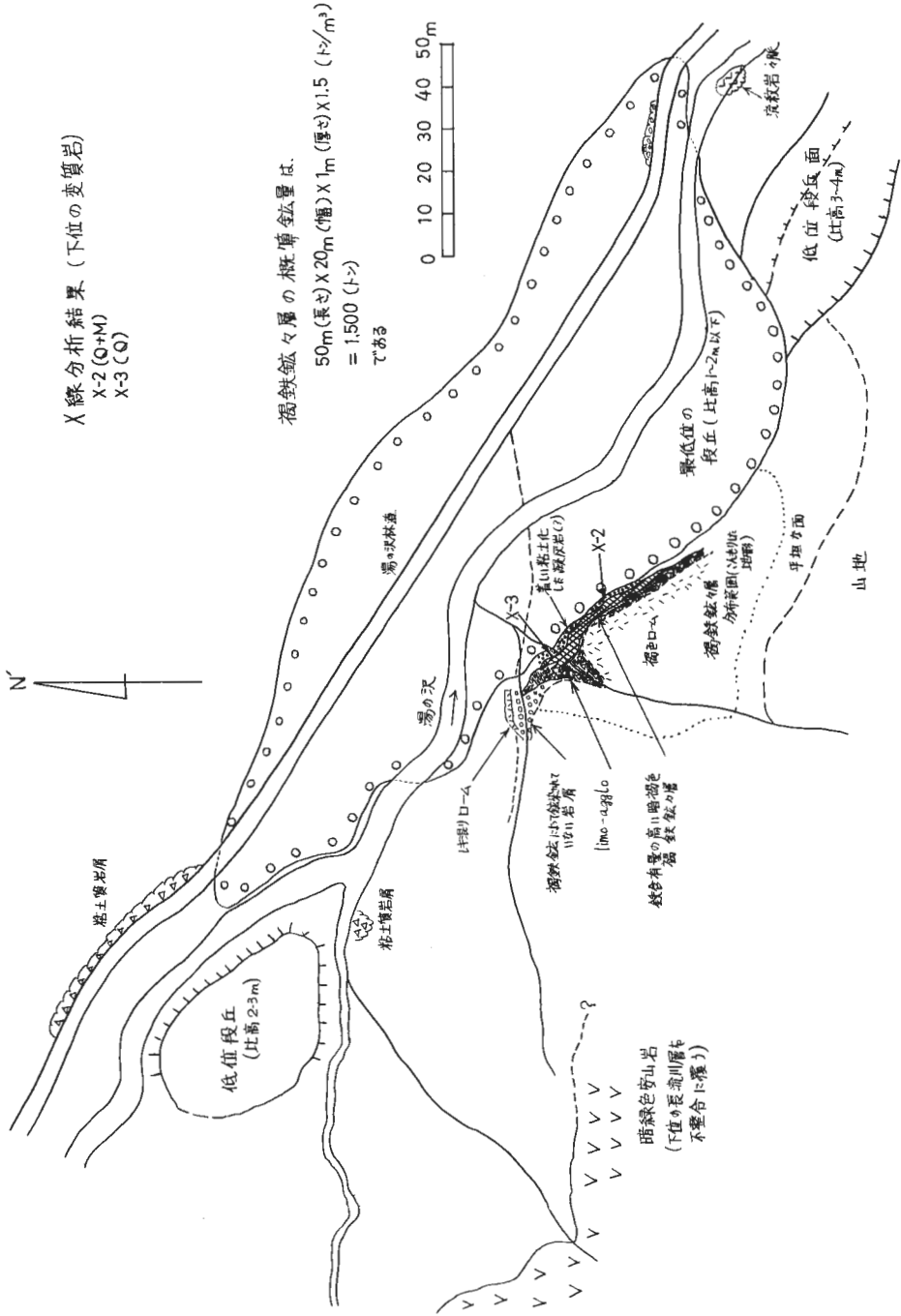


第11図 温泉沈殿物の分布を示すルートマップ（徳舜營川北側支流）

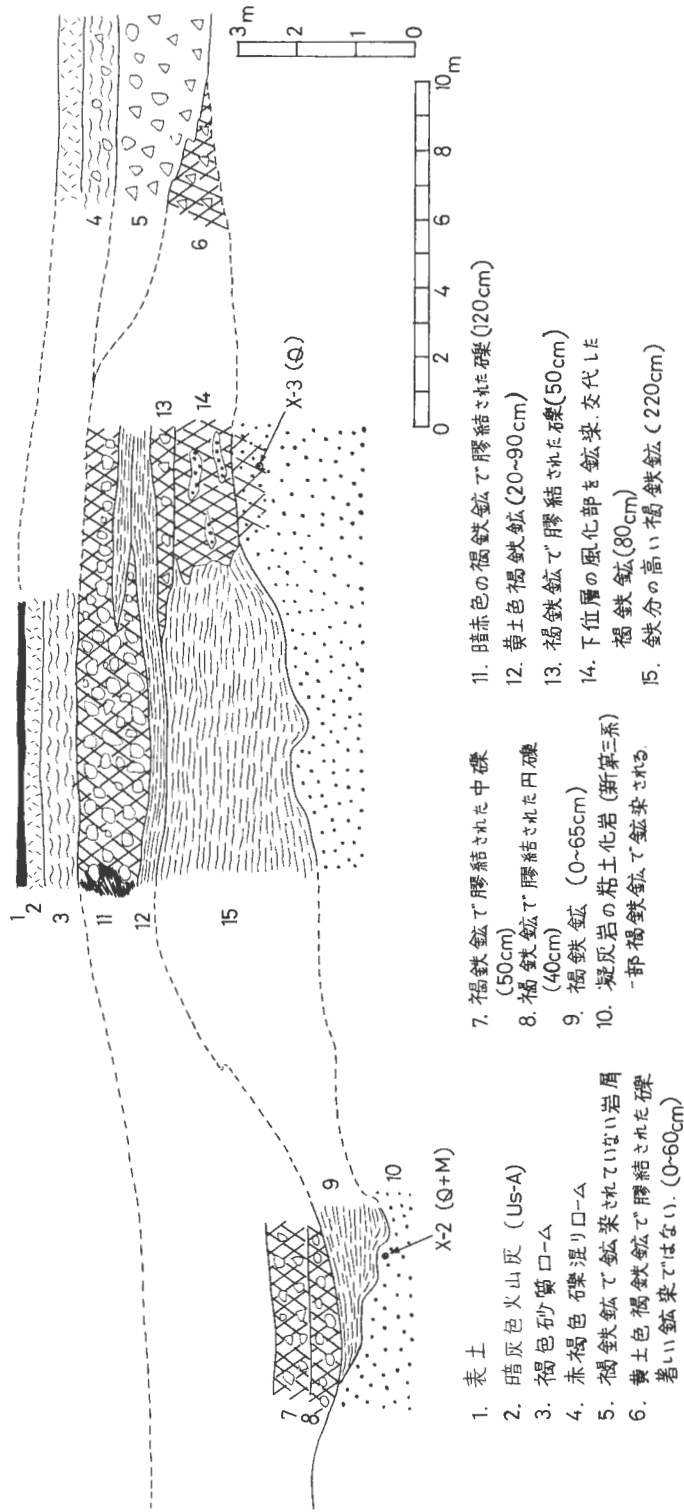


1. 暗赤褐色の褐鉄鉱 (厚さ 60cm)
下位にくらべてわずかにルーズ
2. 茶灰色の砂質薄層 (5~15cm)
粘土化し長石質火山灰で石英を少量含む、
河成砂層ではない。
3. 暗赤色の褐鉄鉱 (130cm以下)
不規則な板状にはがれやすい
固結、進んでいる
草葉、草莖を多数含む。褐鉄鉱で置換えられており
印象、空隙を残す。
鉄の含有量は 30~40% 以下と思われる。
4. 褐鉄鉱質礫層 (120cm)
安山岩 稀に緑色岩(プロピライト、変質岩)の中角礫を
褐鉄鉱で膠結したもので。
一部は礫中まで浸透し黄褐色化している。
5. 暗青褐色プロピライト (新第三紀、中新世)

第12図 温泉沈殿物の柱状図 (徳舜賢川北側支流)



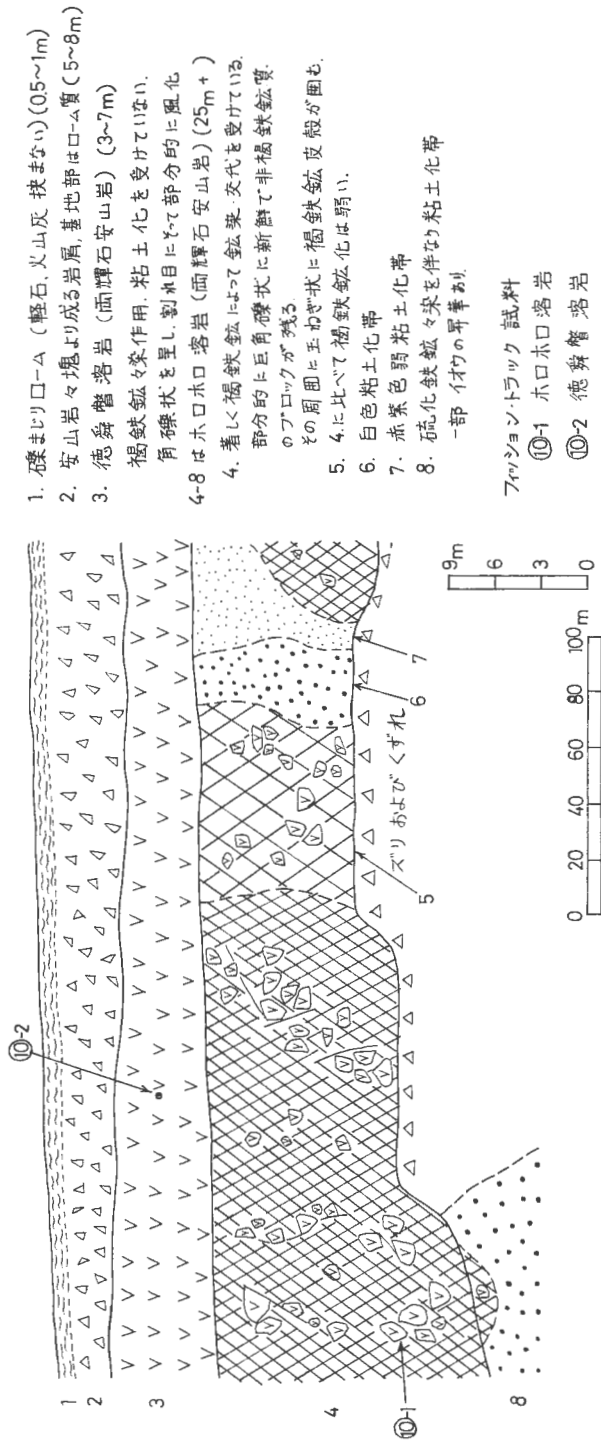
第13図 温泉沈殿物の分布を示すルートマップ (湯ノ沢)



第14図 温泉沈殿物の露頭スケッチ (湯ノ沢)

第13図の鉱層の東西断面。

X-3(Q) : X線分析試料。

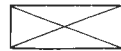


第15図 変質帯, 温泉沈殿物の露頭スケッチ (旧日鉄徳舜層鉄山)

⑩はフィッシュトン・トラッキング測年用試料。

第2表 変質作用と地質層序の関係

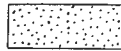
地域 層序	北湯沢駅付近	道立地下資源 ボーリング	徳舜別川中流	新大滝駅	旧日鉄 徳舜別鉱山
支笏軽石流堆積物					
河岸段丘礫層 I 火山角礫岩					
火山砂礫層 ? 徳舜管粘土層					
新期安山岩類 { 徳舜管溶岩 ホロホロ溶岩					
喜茂別溶結凝灰岩					
昭園火山角礫岩層					
北湯沢層					
長流川層					



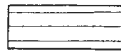
地層の存在しないこと



非変質



粘土化(温泉変質)



緑色変質

が得られている。また、徳舜管川中流～上流にかけては北湯沢層を不整合に覆う喜茂別溶結凝灰岩および徳舜管粘土層は全く変質を受けていない。徳舜管川流域の変質作用は北湯沢地域のそれと同一タイプのものであり、同一時期と推測される。したがって、変質作用は昭園火山角礫岩層堆積後～喜茂別溶結凝灰岩堆積前と考えられる。

調査地域からやや離れているが、大滝村本町地域においては喜茂別溶結凝灰岩は粘土化を受けているのに対し、これを不整合に覆う徳舜管粘土層は変質作用を受けていない。したがって、本地域の変質作用は喜茂別溶結凝灰岩堆積後～徳舜管粘土層堆積前に行なわれたと考えられる。

旧日鉄徳舜管鉱山においては、新期安山岩類のうち下位のホロホロ溶岩は著しい褐鉄鉱化作用を受け、かつ硫黄鉱床の母岩をなしているのに対し、上位の徳舜管溶岩は変質作用を受けていない。(一部では若干、蛋白石化作用が及んでいる。)したがって、鉱山地域の変質作用の主体はホロホロ溶岩堆積後～徳舜管溶岩堆積前に行なわれた。このように地域によって変質帯、温泉沈殿物の形成に差異がみとめられるが、本地域全般としてみると、主要な変質帯の形成は喜茂別溶結凝灰岩堆積後～徳舜管粘土層堆積前(更新世初期)であり、その後温泉沈殿物は更新世および現世に生成されたといえる。

4.5 変質帯・温泉沈殿物と地熱微候との関係

地熱微候としてあげられるものに、北湯沢地域と蟠溪地域における温泉の湧出がある。噴気やその他

の地熱微候は認められない。

4.5.1 北湯沢地域

温泉は長流川層の流紋岩から湧出するものが大部分である。温泉として用いられているものは10か所をこえ、泉温は数10~90数℃にわたる。自然湧出しているのも数カ所あるが、その周囲に温泉沈殿物の堆積は認められていない。これは比較的、泉質が単純のためと考えられる。本地域の変質作用の時期は昭園火山角礫岩層堆積後~喜茂別溶結凝灰岩堆積前と推定されている。したがって変質帯を形成した熱水活動と現在の温泉湧出が連続していたという積極的証拠はない。温泉湧出はほとんど変質帯の内部に位置し、特に珪化帯や強粘土化帯に近接しているので、両者ともに同一の割れ目（断裂）に規制されている可能性がある。

4.5.2 蟠溪地域

本地域の温泉は、長流川の河成砂礫層中に湧出している。これは下位の昭園火山角礫岩層および北湯沢層の軽石質凝灰岩中の割れ目にそって上昇してきた熱水が表層の砂礫層中に拡がって生じた温泉と考えられる。周辺が砂礫や岩屑に覆われているためこれらの新第三系の変質や地質構造が明らかでないで、温泉湧出との具体的関係は明らかでない。

しかし、地形的にみて、長流川は全般的に北東から南西方向に流れているが、蟠溪付近で流路を東西方向に変えている。これは地質的な構造線の伏在を予想させる。さらに蟠溪温泉下流には第9図に示すような顕著な変質帯が形成されており、蟠溪温泉付近の地下浅部に変質帯の存在が推定されるが、現在のところその詳細は明らかでない。

5. 放射年代測定

地熱変質の行なわれた絶対年代を推定するためには、 ^{14}C 法あるいはフィッション・トラック法などによる年代測定が有効である。そこで上述の変質作用の年代を決定しようとする地層中から ^{14}C 測定用試料およびフィッション・トラック測定用試料を採取した。

5.1 ^{14}C 測年用試料採取

^{14}C 測定用として試料3個を採取した。採取地点は第16図に、また、採取地点の柱状は第17図に示す。

^{14}C -1 (SY 74091002) は、本郷沢の支笏軽石流堆積物中の炭化木片で、徳舜營粘土層および喜茂別溶結凝灰岩を不整合におおっている。

支笏軽石流堆積物は、薄い腐植土層によって2つのcooling unitに分けられ、下部は薄く上部は厚い。そしてその中頃には溶結相が発達している。下位の徳舜營粘土層との間には場所によって火山角礫岩や段丘礫層を介在する。

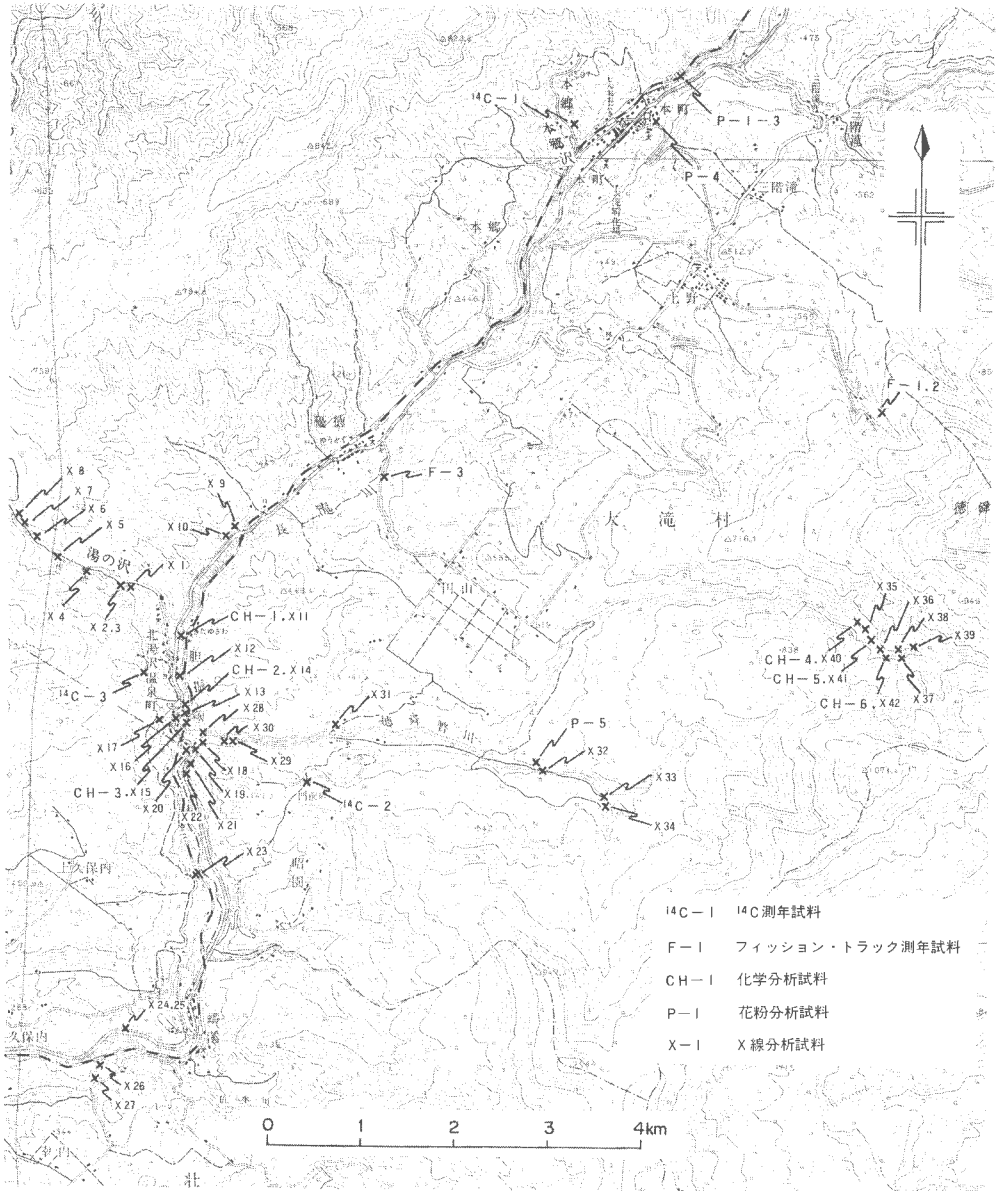
当地域の変質作用は、本層が不整合におおう徳舜營粘土層まで達していない。従ってこの年代測定によって変質作用の時代的上限を知ることができる。

^{14}C -2 (SY 74091808) は、昭園付近に分布する門前峠軽石流堆積物中の炭化木片で、本層は支笏軽石流堆積物より新しい時期の軽石流堆積物である。

変質作用は、ここでも軽石流堆積物までおよんでいず、この軽石流堆積物の年代を測定することによって、地熱変質作用の地質時代の上限の目安となる。

^{14}C -3 (SY 74092613) は、北湯沢スキー場の軽石流堆積物中の炭化木片で、変質作用のおよんでいる昭園火山角礫岩層および長流川層を不整合におおっている。

年代測定の目的は変質作用の時代的上限を知ることである。



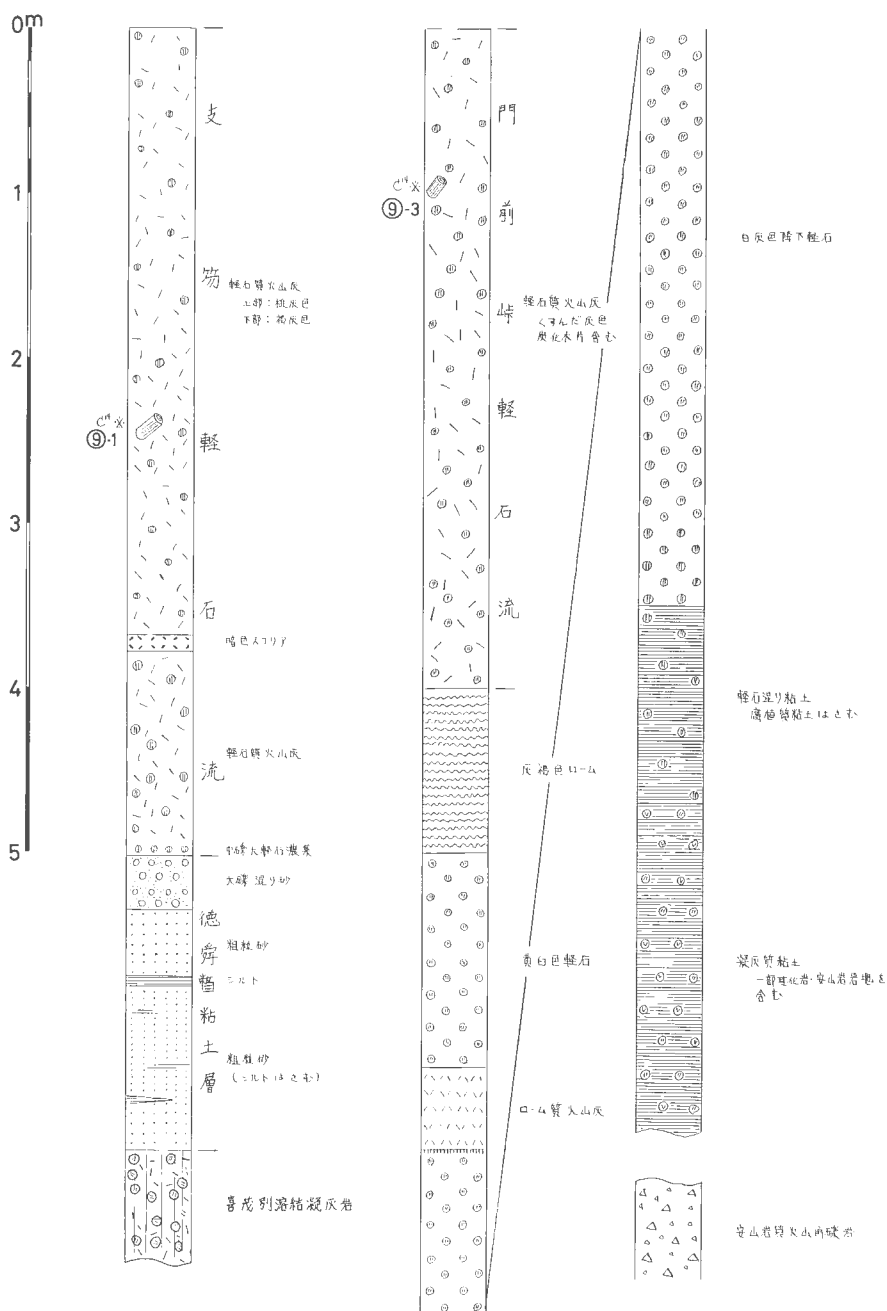
第16図 試料採取地点図

5.2 ^{14}C 測定結果およびその解釈

上記3試料の測定結果を第3表に示す。支笏軽石流堆積物中の炭化木片(SY 74091002)は $28,770 \pm 1,490$ years B.P. で、支笏軽石流堆積物の既知測定結果と合致している。今回の調査によって初めて確認された支笏軽石流堆積物の上位にあると考えられた門前峠軽石流堆積物中の炭化木片(SY 74091808)は $26,100 \pm 1,260$ years B.P. で、予測どおりの結果がえられた。さらに北湯沢スキー場の軽石流堆積物は $24,020 \pm 1,200$ years B.P. で支笏軽石流堆積物、門前峠軽石流堆積物より新しい値を示している。しかし、層序的および岩質的に門前峠軽石流堆積物に対比させる可能性が強く、この噴出源も含めて未解決

大発村水堀水際埋込場

丸湯沢入込場



第17-1図 第四系地質柱状図

¹⁴C 測年サンプル採取位置

⑨-1 : S Y74091002

⑨-2 : S Y74091808

第3表 北湯沢地熱地域の¹⁴C年代

No.	Sample No.	Code No.	Formation	Sample	Age (years before 1950)
1	S Y 74091002	GaK-5507	支笏軽石流	炭化木片	28,770 ± 1,480
2	S Y 74091808	GaK-5506	門前峠軽石流	炭化木片	26,100 ± 1,260
3	S Y 74092613	GaK-5505		炭化木片	24,020 ± 1,120

(測定 学習院大学 木越邦彦)

年代の算出には¹⁴Cの半減期として5,570年(Libbyの値)を用いてある。誤差はβ線計数値の標準偏差にもとずいて算出。

1:北海道有珠郡大滝村本郷, 42°39'15"N, 141°4'2"E, 1974年9月10日, 井出俊夫採取。

2:北海道有珠郡大滝村昭園, 42°36'23"N, 141°2'40"E, 1974年9月18日, 井出俊夫採取。

3:北海道有珠郡大滝村北湯沢温泉, 42°36'56"N, 141°1'29"E, 1974年9月26日, 井出俊夫採取。

の問題として今後に残される。

本地域の地熱変質は、前述のようにホロホロ溶岩噴出後～徳舜警粘土層堆積前であり、今回えられた¹⁴C測年結果で地熱変質の生成時期を論じることができないが、この測年結果による変質作用の上限は28,770 ± 1,480 years B.P.である。

5.3 フィッション・トラック測年用試料採取および測定結果

採取地点は第16図に示した。

フィッション・トラック F-1(SY 74091901-1)は、上野の旧日鉄徳舜警鉱山におけるホロホロ溶岩より採取。変質作用ならびに褐鉄鉱化作用の時代的下限を推定することを目的とする。

フィッション・トラック F-2(SY 74091901-2)は、F-1と同一露頭における徳舜警溶岩より採取。本地域の変質作用の時代的上限を推定することを目的とする。

フィッション・トラック F-3(SY 74091801)は、優徳の開拓橋付近において、北湯沢層の軽石質凝灰岩より採取(図版6-2)。本層は鮮新統とされており、調査地域の温泉変質作用は本層堆積後であることは確実である。

上記3試料の測年結果を第4表に示す。第四紀初期の生成と考えられているホロホロ溶岩とその上位にある徳舜警溶岩は、上下関係が逆になる数値を示したものの、概値としてはきわめて妥当な数値である。また北湯沢層の軽石質凝灰岩は4.2 m.y.を示した。

本地域の地熱変質は喜茂別溶結凝灰岩堆積後おこなわれているが、変質作用の下限としてこの数値を考えることはできよう。

なお、旧日鉄徳舜警鉱山の鉱染褐鉄鉱鉱床・硫黄鉱床はホロホロ溶岩中に形成され、鉱化作用に伴う変質帯も生成されている。しかし、ここではその上位の徳舜警溶岩には全く変質がみとめられない。したがって、今回えられた結果から、これらの鉱床の生成時期は約160～170万年前の更新世初期におこな

第4表 フィッション・トラック測年試料および測年結果

試料番号	試料	採集地
S Y 74091901-1	ホロホロ溶岩	旧日鉄徳舜警鉱山跡
S Y 74091901-2	徳舜警溶岩	"
S Y 74091801	北湯沢層の軽石質凝灰岩	優徳開拓橋付近

料番試号	ρ_s	ρ_t	ϕ	T.m.y.
S Y 74091901-1	3.2×10^5	6.3×10^6	0.50×10^{15}	1.6
S Y 74091901-2	3.2×10^5	5.8×10^6	0.50×10^{15}	1.7
S Y 74091801	9.5×10^5	7.2×10^6	0.52×10^{15}	4.2

われたといふことができる。

6. 変質岩の化学分析

6.1 化学分析用試料採取

化学分析用試料は1つの変質帯について原岩、弱変質岩ならびに強変質岩から1個ずつ選び、2つの変質帯から計6個の試料を採取した。採取地点は第5, 7, 8 および16図に示す。

6.1.1 北湯沢温泉地域の長流川層の流紋岩質凝灰岩における変質帯

化学分析 CH-1 (SY 74092603-2) は、北湯沢橋付近の原岩で、淡緑灰色緻密質。

化学分析 CH-2 (SY 74100201) は、湯の橋付近の粘土化岩で、白色で多少軟弱化。

化学分析 CH-3 (SY 74100202) は、湯の橋付近の珪化岩で、緻密で石英質。

6.1.2 徳舜警川上流部の長流川層のプロピライトにおける変質帯

化学分析 CH-4 (SY 74091305) は、原岩で暗灰緑色緻密質プロピライト。

化学分析 CH-5 (SY 74090906-2) は、弱粘土化岩である。

化学分析 CH-6 (SY 74091306-1) は、強粘土化岩で原岩の色調、組織は消失。

6.2 化学分析結果

化学分析の結果を第5表に示す。

第5表 北湯沢地熱地域変質岩の化学組成

No.	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	77.37	86.22	68.50	56.25	49.02	64.52
TiO ₂	0.13	0.15	0.54	0.47	0.43	0.35
Al ₂ O ₃	10.27	7.68	17.59	15.34	14.39	14.49
Fe ₂ O ₃	0.45	0.16	0.67	1.39	5.58	1.03
FeO	1.44	1.15	0.40	5.75	1.65	0.43
Fe	0.08	0.31	0.79	0.15	0.48	2.35
MnO	0.09	0.01	0.01	0.16	0.13	0.01
MgO	1.96	0.03	0.79	4.21	7.19	0.77
CaO	0.46	0.13	0.11	6.41	1.30	0.10
Na ₂ O	0.55	0.58	0.61	1.42	0.17	0.29
K ₂ O	1.91	0.94	2.71	1.03	0.60	0.53
P ₂ O ₅	0.05	0.06	0.04	0.10	0.09	0.07
S	0.09	0.36	0.91	0.17	0.55	2.70
SO ₃	0.02	0.20	0.21	0.08	0.45	1.51
CO ₂	0.06	<0.01	<0.01	1.64	<0.01	<0.01
H ₂ O ⁺	3.80	1.45	5.03	4.40	8.99	6.61
H ₂ O ⁻	0.96	0.12	0.84	0.60	8.68	4.07
Total	99.69	99.55	99.75	99.57	99.70	99.83
Ap. G.*1	2.52	2.68	—	2.64	—	—
Tr. G.*2	2.64	2.70	2.71	2.66	2.64	2.67

*1 見かけ比重。 *2 真比重。

分析：東京石炭鉱物研究所

1：S Y74092603-2, 流紋岩原岩, 北湯沢温泉付近 (長流川沿岸)。

2：S Y74100201, 流紋岩粘土化岩, 北湯沢温泉付近 (長流川沿岸)。

3：S Y74100202, 流紋岩珪化岩, 北湯沢温泉付近 (長流川沿岸)。

4：S Y74091305, プロピライト原岩, 北湯沢温泉付近 (長流川沿岸)。

5：S Y74090906-2, プロピライト弱粘土化岩, 北湯沢温泉付近 (長流川沿岸)。

6：S Y74091306-1, プロピライト強粘土化岩, 北湯沢温泉付近 (長流川沿岸)。

7. X線分析

変質岩および温泉沈殿物のうち、代表的な試料42個についてX線分析を行った。試料の採取位置は第16図ならびに第4, 5, 7, 8, 9図に示した。分析結果は第6表に示した。

まず、化学分析用試料6個について、X線分析を行なった結果を述べる。

7.1 北湯沢温泉地域

X線分析(CH-1)(原岩) ……X-11(石英+セリサイト+斜長石+沸石+緑泥石)

X線分析(CH-2)(粘土化岩) ……X-14(石英+カオリン+黄鉄鉱+セリサイト)

X線分析(CH-3)(珪化岩) ……X-15(石英+黄鉄鉱+セリサイト)

この結果によると石英+セリサイトは全ての岩石に共通している。原岩には斜長石が残っており、かつ沸石+緑泥石が認められる。これは珪化、粘土化をもたらした温泉作用以前の緑色変質の産物と考えられる。温泉作用が進むにしたがい、斜長石、沸石、緑泥石が消失し、粘土化帯ではカオリンが生成し、珪化帯では二次石英の量が増し緻密化している。

7.2 徳舜瞥川上流地域

X線分析(CH-4)(原岩) ……X-40(石英+モンモリロナイト+黄鉄鉱)

X線分析(CH-5)(弱粘土化岩) ……X-41(石英+モンモリロナイト+カオリン+クリストバライト)

X線分析①-6(強粘土化岩) ……X-42(石英+カオリン+黄鉄鉱)

本地域の原岩は暗灰緑色緻密なプロピライトで、安山岩溶岩がプロピライト化作用を受けたものである。北湯沢温泉地域の流紋岩質凝灰岩と若干層準は異なるが同じく長流川層に含められると考えられる。原岩においてモンモリロナイトの黄鉄鉱が検出されているが、これらの鉱物はプロピライト化作用の産物である可能性がある。その場合、温泉作用によってモンモリロナイトが消失し、カオリンが形成される傾向があったと考えられる。

次に地域と原岩と層準に注目して、X線分析の結果について若干考察する。

7.2.1 湯の沢地域

X-1は局部的に変質した流紋岩質凝灰岩であるが石英以外は検出されていない。また本地域で鉄明ばん石が検出されたのはこの試料のみである。X-2とX-3は褐鉄鉱の下盤をなす変質岩原岩は明らかでないがこの結果からX-1と同質の岩石と考えられる。X-4, X-5はモンモリロナイトで、X-6, 7, 8はカオリンで特徴づけられる。

本地域の変質岩は北湯沢温泉地域のそれと比べてセリサイトを含んでいない事が特色である。これは原岩が異なっているためかも知れない。

7.2.2 北湯沢温泉地域

長流川層の流紋岩質凝灰岩を原岩とするのはX-9, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 20, である。すべて石英およびセリサイトが検出されている。原岩に近いのはX-9, 11, 20で斜長石の残存が特徴である。粘土化はX-10のモンモリロナイト化、X-14のカオリン化がある。X-13とX-14は第6図に示したように互いに接近しているが、原岩が異なるために変質鉱物も異なっている例である。

北湯沢層の軽石質凝灰岩の変質岩はX-18, X-21である。

7.2.3 徳舜瞥川上流

本地域では2次石英の生成および黄鉄鉱鉱染は全ての岩石について共通している。流紋岩質凝灰岩に形成された変質帯の粘土鉱物はカオリンのみであるのに対し、プロピライトの原岩～粘土化岩は常にモンモリロナイトを伴う。北湯沢地域の流紋岩質凝灰岩が白雲母を伴うのに対して、それを含まない事は湯の沢地域の場合に似ている。

昭園火山角礫岩層を原岩とするのはX-13, 19, 28, 29, 30でモンモリロナイト化、一部変質の進ん

第6表 北湯沢地熱地域の粉末X線回折による変質鉱物一覧表

分 析 番 号	試 料 番 号	採 取 番 号	シリカ鉱物			粘土鉱物				硫酸塩物		酸化・硫	炭酸塩物
			Q	Tr	Cr	Mt	Chl	Ser	K	Jar	Gyp	Py	Ca
			石英 イ ケ ン 石 リ	ト バ ラ イ ト ス α		ト イ ナ ロ モ ン	石 泥 セ カ	ト イ イ リ オ		石 膏 ん 明 鉄 石		鉍 鉄 黄	
1	S Y 74092008	湯ノ沢	○						○				
2	S Y 74092801-1	"	○										
3	S Y 74092801-2	"	○										
4	S Y 74092003	"	○	○									
5	S Y 74092002-1	"	○	○									
6	S Y 74091705	"	○	○							○		
7	S Y 74091702-3	"	○	○									
8	S Y 74091703-1	"	○	○					○				
9	S Y 74091102	長流川(北湯沢温泉町付近)	○						○			○	
10	S Y 74091103-2	"	○						○				
11	S Y 74092603-2*	"	○	○									
12	S Y 74092610	"	○	○									
13	S Y 74092612-1	"	○	○						○			
14	S Y 74100201	"	○	○									
15	S Y 74100202	"	○	○								○	
16	S Y 74092117-2	"	○	○								○	
17	S Y 74092112-2	"	○	○								○	
18	S Y 74090805-2	"	○	○								○	
19	S Y 74090805-1	"	○	○								○	
20	S Y 74090804	"	○	○									
21	S Y 74090803-5	"	○	○									
22	S Y 74090803-1	長流川(蟠溪付近)	○	○									
23	S Y 74091106	"	○	○						○			
24	S Y 74092703-4	"	○	○									
25	S Y 74092703-2	"	○	○									
26	S Y 74092706	"	○	○						○			
27	S Y 74092705	"	○	○								○	
28	S Y 74092106	徳舜警川(下流)	○	○									
29	S Y 74092102-1	"	○	○									
30	S Y 74092102-3	"	○	○									
31	S Y 74092403	"	○										
32	S Y 74083105	"(中流)	○							○			
33	S Y 74083102-2	"	○									○	
34	S Y 74083102-3	"	○										
35	S Y 74090907-3	"	○										○
36	S Y 74091306-3	"(上流)	○										
37	S Y 74091307-1	"	○										
38	S Y 74090902	"	○									○	
39	S Y 74090901-2	"	○									○	
40	S Y 74091305	"	○									○	
41	S Y 74090906-2	"	○										
42	S Y 74091306-1	"	○									○	

*斜プロホリ沸石を含む

第7表 花粉化石一覽表

SAMPLE NUMBER GENUS NAME	P-1 SY74083001-a	P-2 SY74083001-b	P-3 SY74083001-c	P-4 SY74091202	P-5 SY74083105
Abies	0.5	3.1	4.3	15.8	5.1
Picea	1.5	1.0	1.5	6.3	23.1
Ves (Abies, Picea Type)		1.0	1.3	9.4	12.0
Pinus	2.5	5.4	3.3	0.9	3.2
Pinus (Haploxyton Type)		10.8	5.8		
Pinus (Diploxyton Type)		0.3			
Tsuga sieboldii		1.4	0.5		
Tsuga dlversifolia	0.5	1.3	4.3		
Larix		1.0	0.5	1.7	0.9
Taxodiaceae		0.5			
Cryptomeria		0.3		0.9	
Podocarpus	0.5	0.3			
Myrica				0.4	
Juglans			0.3		0.9
Pterocarya	1.5	0.3	1.8		
Salix	1.0	2.6	3.8	2.2	0.9
Alnus	47.8	19.0	9.8	19.2	21.4
Betula	3.9	8.7	7.3	4.9	5.1
Carpinus	8.9	1.8	1.0	0.9	2.6
Corylus	8.9	14.6	21.4	5.8	10.3
Castanea		1.0	1.5	1.3	
Fagus	0.5			0.9	
Quercus (ever green)	3.0	1.0	1.8		0.9
Quercus (deciduous)	1.0	0.5	0.3	1.3	
Ulmus	1.5	0.3		0.9	0.9
Celtis				0.9	0.9
Caryophyllaceae		0.3			
Chenopodiaceae		0.8			
Thalicttrum		1.8	2.0		
Patrinia	0.5				
cf. Aconitium		0.3			
Sanguisorba		0.3	0.3		
Circaea		0.3			
Corylopsis			0.5		
Geranium			0.3		
Acer		1.3	1.3	0.9	
Ilex	0.5		1.0		
Ericaceae	0.5	2.1	0.8		
Symplocos	0.5				
Weigeta			0.3		
cf. Fraxinus				3.1	
Umbliferac	1.0	2.6	1.0	1.7	2.6
Compositae	1.5	0.3	1.3	1.3	3.4
Artemisia	1.0	4.1	0.3	8.5	2.6
Gramineae	3.9	3.6	3.3	4.9	2.6
Cyperaceae	0.5	2.1	1.0	0.9	0.9
C ₁	0.5			2.2	0.9
C ₃		1.7	2.5		2.6
C ₃ P ₃	0.5	1.0	1.0	0.9	0.9
Inap	4.4	3.3	13.4	4.0	4.3
Total	100	100	100	100	100
Total number of Pollen grains	203	390	397	224	117
SPORE					
Polypodiaceae	4	6	18	10	7
Lycopodiaceae	13	13	23	16	1
Hymenophyllaceae		2		25	5
Monolete spore	1	4	24	87	16
Trilete spore			4	3	1
Cocentricysts				2	
Total number of grains.	221	415	466	367	147

注: 花粉の数値は総花粉数に関するパーセントである。
シダ胞子の数値は同定期に検出した個体数である。

だ場所ではカオリン化が主体である。X-28は赤ヤケ状変質であるが、粘土鉱物は見い出されない。

7.2.4 蟠溪第四鉄橋地域

X-24, 25は昭園火山角礫岩層の強変質部と弱変質部を代表している。両者ともモンモリロナイトが検出されたが、X-24には斜長石が残っているのに対してX-25はそれが消失し、石膏が生成し黄鉄鉱染を受けている。

7.2.5 徳舜瞥川中流

X-32, 33, 34の原岩は青灰色凝灰質砂岩で、モンモリロナイト化と黄鉄鉱染が特徴で、所々に石膏が認められる。

8. 花粉分析

花粉分析試料の採取地ならびに分析結果は、第2図、第16図および第7表に示される通りである。主として徳舜瞥粘土層の古気候変遷を検討し、同層が下部から上部に向って寒冷から温暖へと移行する気候変化を示すことが明らかとなった。このような古気候変化は、釧路地方の第四系にみられる更新世前期の後期の気候変化と一致し、徳舜瞥粘土層の地質時代を更新世前期とした考えを裏づけている。なお詳細は尾上ほか(1978)を参照されたい。

9. ま と め

支笏・洞爺地域には洞爺湖温泉、登別温泉および北湯沢温泉などの地熱微候地があるが、今回の調査研究は比較的高温の湧泉がみられる北湯沢地域を調査地に選定した。調査に当っては地熱変質作用と地質時代、変質帯と地質構造などの相互関係および変質の性質と規模を明らかにすることに努めた。

調査地域は長流川の河川流域で、ほぼその中流に位置する。本地域にはほとんど沖積氾濫原がなく、北湯沢温泉から上流域にかけて僅かに段丘地形が発達するほかは、新第三紀から第四紀にわたる火山性の岩石から構成される山稜からなっている。さらに調査地域の全域にわたって、洞爺、支笏および有珠火山などの軽石流堆積物および降下軽石堆積物が分布している。

地熱変質帯は、北湯沢温泉を中心とする長流川本流、蟠溪温泉下流の長流川から白水川下流、徳舜瞥川中～上流域および新大滝本郷沢下流域に発達する。これらの変質帯のうち前3者は、規模も大きく比較強い変質作用を受けている。一般に変質帯の中心部は珪化帯で周縁部に粘土化帯が発達することが多く、またその伸長方向はNEあるいはN-S～NNEを示す場合が多い。さらに変質作用の地質時代については、調査地域の大部分が火山性岩石で構成されるため、不明確な点が多いが、現世の温泉沈殿物を除くと、変質作用を明らかに受けているのは第三紀末～第四紀初期のものと考えられるホロホロ溶岩までで、それより上位の徳舜別粘土層以上の地層には変質作用はおよんでいない。なお旧日鉄徳舜瞥鉱山における鉱染交代硫黄および鉱染褐鉄鉱化変質作用は、第三紀末から第四紀にわたると考えられるホロホロ溶岩に顕著にみられるが、その上位にある徳舜瞥溶岩には、ほとんどおよんでいない。

変質帯の生成時期を明らかにする目的で¹⁴Cおよびフィッシュン・トラックによる放射年代測定をおこなった。¹⁴C 測年用試料は軽石流堆積物中の炭化木片を3コ採取した。得られた数値から変質帯生成時期の上限は支笏軽石流堆積物の28,770±3,488 B.P. (years before 1950) である。フィッシュン・トラック試料は3コ採取した。この結果による変質帯生成時期の下限は北湯沢層軽石質凝灰岩の4.2 m. y. といえることができる。さらに、旧日鉄徳舜瞥鉱山の鉱染褐鉄鉱床・硫黄鉱床の生成は約160～170万年前におこなわれたといえることができる。

今回の調査研究の結果から地熱開発地域として有望な地域を考察してみたい。選定するにあたっては、地熱流体を胚胎するのに都合の良い地質構造とそれを有する構造単元の大きさ、変質帯の形成時期および温泉、噴気、放熱などの現在の地熱現象などを考慮する必要がある。調査地域を概観すると第一に北湯沢温泉地域において変質帯と地熱微候が比較的是っきり関係し合っている。したがって、NNE

方向に延びるこの変質帯地域は、地熱地域として有望と推定される。

第二に、徳舜磐川中流においてNE方向に延びる変質帯については、地熱微候に乏しいが、変質鉱物の多様性や変質帯の規模および地質構造から考えて、地熱地域として期待できる。

第三に、徳舜磐橋付近で行なわれた北海道立地下資源調査所のボーリング結果にもとづくと、本地点の周辺は第四系に全面的に覆われていて、新第三系の変質状況や地質構造が明らかでないが、強い変質帯や断層構造などが推定されているので有望な地熱地域と考えられる。

文 献

- 荒金敏光 (1969) 幌別硫黄鉱床第三鉱体について. 北海道鉱山学会誌, vol. 25, p. 45-50.
- 朝日昇・五十嵐昭明・高昌彰(1953)北海道白老硫黄鉱床調査報告. 地調月報, vol. 4, p. 295-299.
- 土居繁雄・小山内熙 (1955) 北海道の熔結凝灰岩について. 地球科学, no. 23, p. 1-6.
- 藤木鉱業(株) (1959) カルルス鉱山. 未利鉄, no. 7, p. 43-46.
- 藤原哲夫 (1954) 喜茂別付近に発達する泥熔岩の新事実. 北海道地質要報, no. 27, p. 35-36.
- (1954) 5万分の1地質図幅「辻溪珠」および同説明書. 北海道開発庁, 82 p.
- 早川福利・国府谷盛明・横山英二・和気 徹・柿本勝重 (1974) 北海道北湯沢地域の地熱調査. 北海道立地下資源調査所, 64, p.
- 早瀬喜太郎 (1955) 幌別硫黄鉱床について. 鉱山地質, vol. 5, p. 60
- (1956) 鉱染硫黄鉱床の成因. 鉱山地質, vol. 6, p. 1-12.
- (1957) 幌別硫黄鉱床の成因. 鉱山地質, vol. 7, p. 174-187.
- 北海道地下資源調査所 (1953) 北海道地質図(1), 西部 (1:200,000).
- (1954) 北海道地質図(2), 中央南部 (1:200,000).
- (1977) 北海道の地熱温泉(B), 西北海道北部. 地下資源調査所調査研究報告, no. 4, 198 p.
- 北海道火山灰命名委員会 (1972) 北海道の火山灰分布図.
- 北海道商工部資源課 (1960) 道西地域鉱業開発振興計画 調査報告. 後志支庁, 小樽市, 胆振支庁 (勇払郡を除く).
- IGARASHI T (1976) Mineralization of late Neogene Tertiary to Quaternary period related to the formation of sulphur, iron-sulphide and limonite ores in Hokkaido, Japan. 地調月報, vol. 27, p. 379-415.
- 猪木幸男 (1950) 北海道白老鉱山の硫黄および鉄鉱床調査報告. 地調月報, vol. 1, p. 324.
- 岩倉誠一 (1960) カルルス温泉の現況と将来. 温泉研究, no. 19, p. 23-25
- 金子 純 (1952) 北海道白老郡白老硫黄鉱山電気探鉱調査報告. 地調月報, vol. 3, p. 215-219.
- 春日井昭・大貫康行・柏原 信・鈴木久恵・田中秀樹・松田絃一 (1974) 恵庭火山の降下軽石層一分布と層準についての改訂一. 地球科学, vol. 28, p. 115-127.
- 加藤武夫 (1910) 北海道有珠岳火山および洞爺湖地質調査報文. 震予報, no. 65, p. 1-72.
- ・渡辺武男・中本 明 (1935) 本邦新生代層中に発達する硫化鉄鉱中に随判する硫黄鉱床, 特に北海道幌別鉱山および岩手県松尾鉱山の鉱床について. 火山第1集, vol. 2, p. 107-122.
- 勝井義雄 (1959) 支笏降下軽石堆積物について—特に支笏カルデラ形成直前の活動について—. 火山, 第2集, vol. 4, p. 33-48.
- (1963) 北海道の第四紀火山砕屑流堆積物. 火山, 第2集, vol. 8, p. 120-122.
- ・大場与志男・市橋絃一 (1974) 地質巡検案内書「支笏湖と樽前山」. 地質学会北海道支部, 26 p.
- 河田 英・竹林 勇・二間瀬 冽・鈴木豊重 (1962) カルルス温泉のボーリング調査. 北海道地下

- 資源調査報告, no. 27, p. 68-76.
- 清野信雄 (1919) 胆振国鉄鉱調査報文. 鉱物調報, no. 29, p. 1-18.
- 小宮英太郎・瀬川良弘・吉田元郎・中野嘉弘 (1959) 北湯沢温泉の地球物理学的研究IV, 大地比抵抗, 表面電位および温泉水の電気伝導度の測定. 北学大紀要, II部, vol. 10, p. 85-98.
- 近堂祐弘 (1963) 北海道有珠火山周辺における第四紀火山砕屑物の粘土鉱物学的研究. 地質雑, vol. 69, p. 362-377.
- 香山 勲・池畑 昭・東野徳夫・猪狩淑将・横田陽子 (1956) 長流川流域の地球化学的研究(1), 長流川沿岸の温泉(1). 北学大紀要, II部, vol. 7, p. 85.
- 湊 正雄 (1966) 洞爺第2浮石流の噴出年代——日本の第四紀層の¹⁴C年代XXVII——. 地球科学, no. 82, p. 42-43.
- ・石井二郎・熊野純男 (1959) 本邦熔結凝灰岩の研究, 第2報, 支笏熔結凝灰岩について. 地質雑, vol. 65, p. 209-221.
- ・橋本誠二・藤原嘉樹・熊野純男 (1969) 北海道における鮮新—洪積世の火山活動の時代. 第四紀研究, vol. 9, p. 128-129.
- 三崎復造 (1937) 幌別鉱山の現況. 日鉱, vol. 53.
- 中原理秋 (1961) 北海道紫明川鉱山の地質鉱床と調査について (演旨). 鉱山地質, vol. 11, p. 522
- 中野嘉弘・瀬川良弘・小宮英太郎・吉田元郎 (1956) 北湯沢温泉の地球物理学的研究 (その1), 全地域の温泉分布について. 北学大紀要, II部, vol. 7, p. 74-84.
- ・———・———・——— (1957) 北湯沢温泉の地球物理学的研究 (その2), 温泉地帯の微細構造. 北学大紀要, II部, vol. 8, p. 49-64.
- 日本地熱調査会 (1976) 昭和50年度地熱開発精密調査報告書, no. 2「支笏・洞爺」. 131 p.
- 新関敦生 (1968) 幌別硫黄鉱山の地質と鉱床について. 北鉱誌, vol. 24, p. 14-22.
- 信本亮一 (1965) 日鉄北海道鉱業所における硫化, 硫黄鉱床の物理探鉱. 鉱山地質, vol. 15, p. 114-121.
- 大場与志男・近堂祐弘 (1964) 有珠火山の降下軽石堆積物について. 火山, 第2集, vol. 9, p. 75-86.
- 大日方順三 (1915) 胆振国幌別鉱山および白老鉱山調査報文. 鉱物調報, no. 22, p. 37-74.
- 尾上亨・徳永重元・大島秀明・伊藤良永 (1978) 日本の地熱地域における花粉分析調査研究, その1. 地調報告, no. 269, p. 579-624
- 太田良平 (1950) 北海道幌別硫黄鉱山報告. 地調月報, vol. 1, p. 12-17.
- (1954) 5万分の1地質図幅「徳舜誓」および同説明書. 地質調査所, 50 p.
- (1956) 5万分の1地質図幅「虻田」および同説明書. 地質調査所, 76 p.
- 斉藤正雄・五十嵐昭明 (1956 a) 胆振国仲洞爺, 久保内付近の鉄, 硫化鉄, 硫黄, 金, 銀, 銅, 耐火粘土鉱床調査報告. 北海道地下資源調査資料, no. 24, p. 1-19.
- ・——— (1956 b) 北海道幸内鉱山および大滝鉱山褐鉄鉱床調査報告. 地調月報, vol. 7, p. 437-448.
- ・——— (1956 c) 北海道有珠—白老地区硫黄鉱床調査報告. 地調月報, vol. 7, p. 507-512.
- ・番場猛夫・沢 俊明・成田英吉・五十嵐昭明・山田敬一・佐藤博之 (1967) 北海道金属非金属鉱床総覧. 地質調査所, 575 p.
- 斉藤昌之・小山内照・酒白純俊 (1953) 5万分の1地質図幅「登別温泉」および同説明書. 北海道地下資源調査所, 84 p.
- ・藤原哲夫 (1956) 洞爺カルデラの熔結凝灰岩. 岩鉱, vol. 40, p. 185-191.
- ・杉本良也・藤原哲夫・五十嵐昭明 (1971) 特定鉱床開発促進調査報告「洞爺湖東方地域」. 北海道開発局, p. 1-32.

- 佐々木竜男 (1966) 羊蹄山洞爺湖周辺の古期火山灰 (第1報) ——Key層としての浮石砂層について——. 日本土壌肥料学会講演要旨集, 第12集.
- (1972) 後志南部テフラについて. 北農試土性調査報告, 第21編, p. 113-119.
- ・片山雅弘・富岡悦郎・佐々木清一・矢沢正士・山田 忍・矢野義治・北山芳男 (1972) 北海道における腐植質火山灰の編年に関する研究. 第四紀研究, vol. 10, p. 117-123.
- 佐藤博之 (1969) 最近測定された北海道の火山活動に関連する ^{14}C 年代測定. 地質ニュース, no. 178, p. 30-35.
- 椎川 誠 (1960) 本邦の沈殿性褐鉄鉱床の研究 ——とくに成因と微量成分について——. 鉱山地質, vol. 10, p. 65-84.
- 須川 明・長崎紀昭・三好日出夫 (1965) 蟠溪温泉および弁景温泉の調査. 北大地球物報, no. 14, p. 1-6.
- 鈴木 守・松井公平・東 三郎・大場与志男 (1970) 伊達町の地質. 伊達町, 69 p.
- 瀬川良弘・小宮英太郎・吉田元郎・八木禎一郎・中野嘉弘 (1959) 北湯沢温泉の地球物理学的研究 III, 温泉地帯の微細構造, (附) 弁景温泉の地温測定. 北学大紀要, II部, vol. 10, p. 80-84.
- 瀬尾春雄・後藤計二・天野洋司・佐々木竜男・富岡悦郎 (1968) 胆振国土性調査報告, 胆振支庁管内 (市を含む). 北農試土性調査報告, 第18編, p. 1-294.
- 多賀光彦 (1962) 北海道の温泉成分の化学的研究 (第4報), 北湯沢温泉中の銅, 鉛, 亜鉛の地球化学的考察. 道立衛研報, no. 13, p. 203-212.
- 地質調査所 (1975) 支笏・洞爺地域変質帯調査. 全国地熱基礎調査報告書, no. 7, p. 10~66.
- 通商産業省工業技術院サンシャイン計画推進本部 (1977) 全国地熱基礎調検報告書 (昭和48-50年度). p. 27-29.
- 浦上啓太郎・長沼祐二郎・富樫利八 (1933) 北海道における火山灰に関する調査, 第2報, 中部胆振国における火山灰の分布について. 火山, vol. 1, p. 81-94.
- 山田 忍 (1958) 火山噴出物の堆積状態から見た沖積世における北海道火山の火山活動に関する研究. 地団研専報, no. 8, 40 p.
- ・勝井義雄・近堂祐弘 (1963) 北海道における第四紀火山砕屑物の分布とその編年. 第四紀研究, vol. 3, p. 80-87.
- 山口久之助・小原常弘 (1954) 白老硫黄鉱山電気探鉱報告. 北海道地下資源調査所報告, no. 13, p. 12-17.

**Geological Investigation of Hydrothermal
Alteration Haloes in Kitayuzawa Geothermal Field,
Usu-gun, Hokkaido**

Shōichi YAMAGUCHI, Teruaki IGARASHI, Yoshiaki CHIBA,
Seiji SAITO and Susumu NISHIMURA

In Shikotsu-Toya district, exist many geothermal indications such as hot springs of Toya-ko, Noboribetsu and Kitayuzawa and others. Among them the third area was selected for investigation, because its hot springs is of comparatively high temperature. Its geothermal alteration, geologic age, nature and size, and relation to geologic structure have been studied.

The geology is composed of the pre-Tertiary basement of granodiorite, "green tuff" of the Neogene Osarugawa Formation, pyroclastic rocks of the Neogene Kitayuzawa Formation and the Shoen Volcanic Breccia, the late Tertiary to Quaternary volcanic rocks, and the Quaternary terrace deposits and ejecta from Toya, Shikotsu and Usu volcanoes.

In the studied area exist four altered areas; and among them the three areas, including the one around Kitayuzawa, the one along a stream down from Bankei hot springs, and the one along middle to upper stream of the Tokushumbetsu river, have been extensively subjected to considerably intense alteration, while the other, namely, the altered area along down stream of the Hongo-zawa is rather small in size. In general, the mentioned altered areas extends in a nearly NNE to SSW direction and they are composed of silicified zone and surrounding argillized zone.

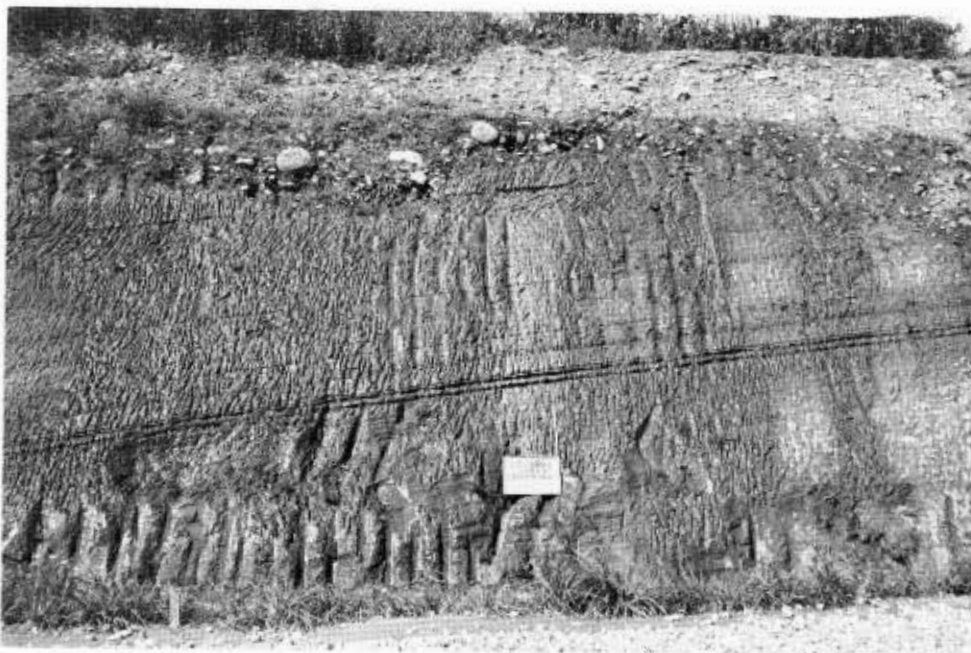
Stratigraphic indication for geologic age of geothermal alteration is rather poor, because the studied area is composed mainly of pyroclastic rocks, but it has become clear that there exist two alteration stages; one is the stage of main geothermal alteration which became active after flowing-out of the Horo horo lava and ended before the deposition of Tokushumbetsu clay, namely, about 1.6 to 1.7 m.y. B.P. determined by fission-track method, and the other is the recent as indicated by flowing-out of hot springs and piling-up of cinters.

From the results of investigation on geothermal phenomena, including stages of geothermal alteration, geologic structure, recent hot springs and fumaroles, it is concluded that the most promising area for geothermal exploitation is the one extending in a direction from Kitayuzawa hot spring to the mountainous area east of it.

(受付：1977年12月1日；受理：1977年12月6日)

図版説明

- 図版 3-1 層理の良く発達した徳舜瞥粘土層，上部は河岸段丘堆積物Ⅲにおおわれている（大滝村本町，清流橋付近）
- 図版 3-2 徳舜瞥粘土層，河岸段丘Ⅰおよび支笏軽石流堆積物の累重関係を示す露頭（徳舜瞥川中流右岸の崖 SY74083105）
- 図版 4-1 長流川層の流紋岩質凝灰岩にみられる強粘土化帯，白い部分が粘土化したところ（徳舜瞥川北側支流の上流 SY74091306）
- 図版 4-2 褐鉄鉱鉄床，下部は沈殿性の良質は褐鉄鉱からなるが上部は河成礫層を褐鉄鉱が膠結している（湯ノ沢下流右岸 SY74092801）
- 図版 5-1 溶結相を示す支笏軽石流堆積物，下部は非溶結の火山灰層をへだてて昭圃火山角礫岩層をおおっている（蟠溪西方道々の崖）
- 図版 5-2 長流川層にみられる珪化岩，釣橋のところには高温の温泉が湧出している（北湯沢温泉，横山旅館対岸）
- 図版 6-1 下部がホロホロ溶岩，上部が徳舜瞥溶岩，硫黄および褐鉄鉱の鉱化作用がここでは徳舜瞥溶岩におよんでいない（旧日鉄徳舜瞥鉱山跡）
- 図版 6-2 フィッション・トラック測年用試料を採取した北湯沢層の軽石質凝灰岩（大滝村優徳，開拓橋付近）



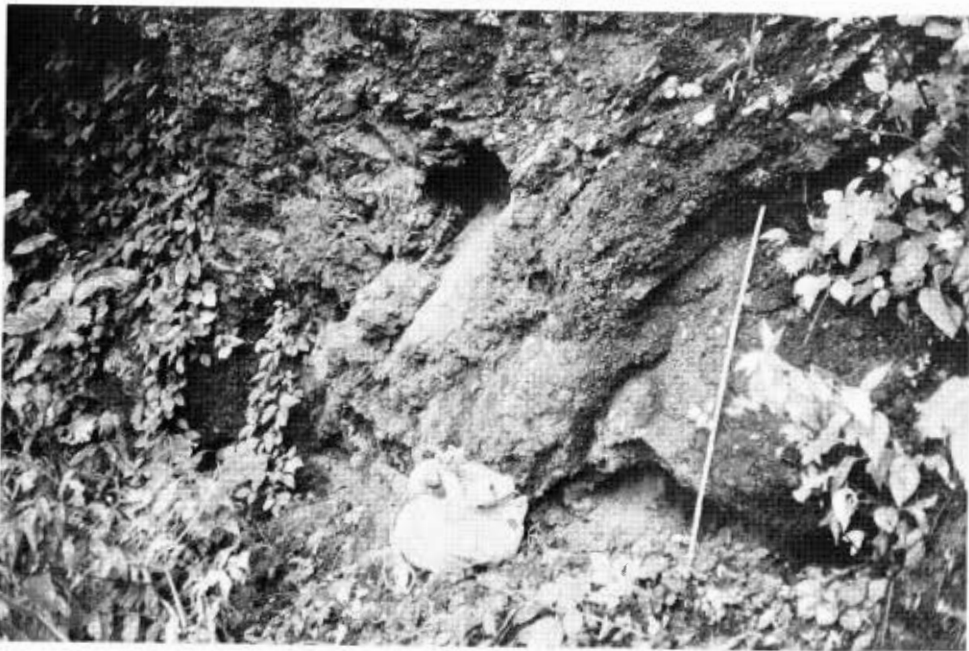
1



2



1



2



1



2



1



2

521. 23 : 551. 25(524)

北海道茅部郡濁川地熱地域の熱水変質帯*1

五十嵐昭明*2・佐藤 浩*3・井手俊夫*3・西村 進*4・角 清愛*5

1. ま え が き

本調査研究は全国地熱基礎調査変質帯調査「駒が岳北部」地域調査（昭和48年度）の一環として行われたものである。調査研究の目的は地熱変質帯の規模および生成年代を知ることによって地熱地域の探査ならびに評価に貢献することにある。

調査地域は北海道茅部郡森町（第1図参照）で、野外作業は昭和48年9月23日から10月22日の間に実施された。調査研究の経緯、担当者等の細部については地質調査所（1974）に記載されている。

調査研究の実施にあたっては次の方がたの多大の御協力をいただいた。ここに厚く感謝の意を表す。

地質調査所地質部：佐藤博之・坂本 亨 両課長

東北大学：竹内貞子氏（花粉分析）、宇都宮大学：阿久津純教授（珪藻分析）、学習院大学：木越邦彦教授（C-14年代測定）

日本重化学工業㈱地熱事業本部：中村久由副本部長・藤井幸夫課長・新井 節氏・明野利寛氏・出口俊光氏・猿舘正大氏

茅部郡森町役場

2. 従 来 の 調 査

濁川盆地とその周辺の地質、温泉および鉱物資源の調査は古くから行なわれており、小林（1911）、田中館（1930）、矢島（1934）、長尾ほか（1933～1934）および福富ほか（1935）の報告がある。戦後早坂ほか（編、1953）が本地域を含めて20万分の1北海道地質図を作成した。近年、太秦ほか（1959）、土居（1960）、福富ほか（1963）、北野（1964）および成田ほか（1964）がそれぞれの専門的な角度から本地域を研究対象としている。最近は、石田（1967）、佐藤（1968）および中谷ほか（1969）が濁川盆地の成因を含めた地熱開発を対象とする調査を行なっている。北海道火山灰命名委員会（1972）の火山灰分布図、松下ほか（1973）の地質図幅も刊行されている。

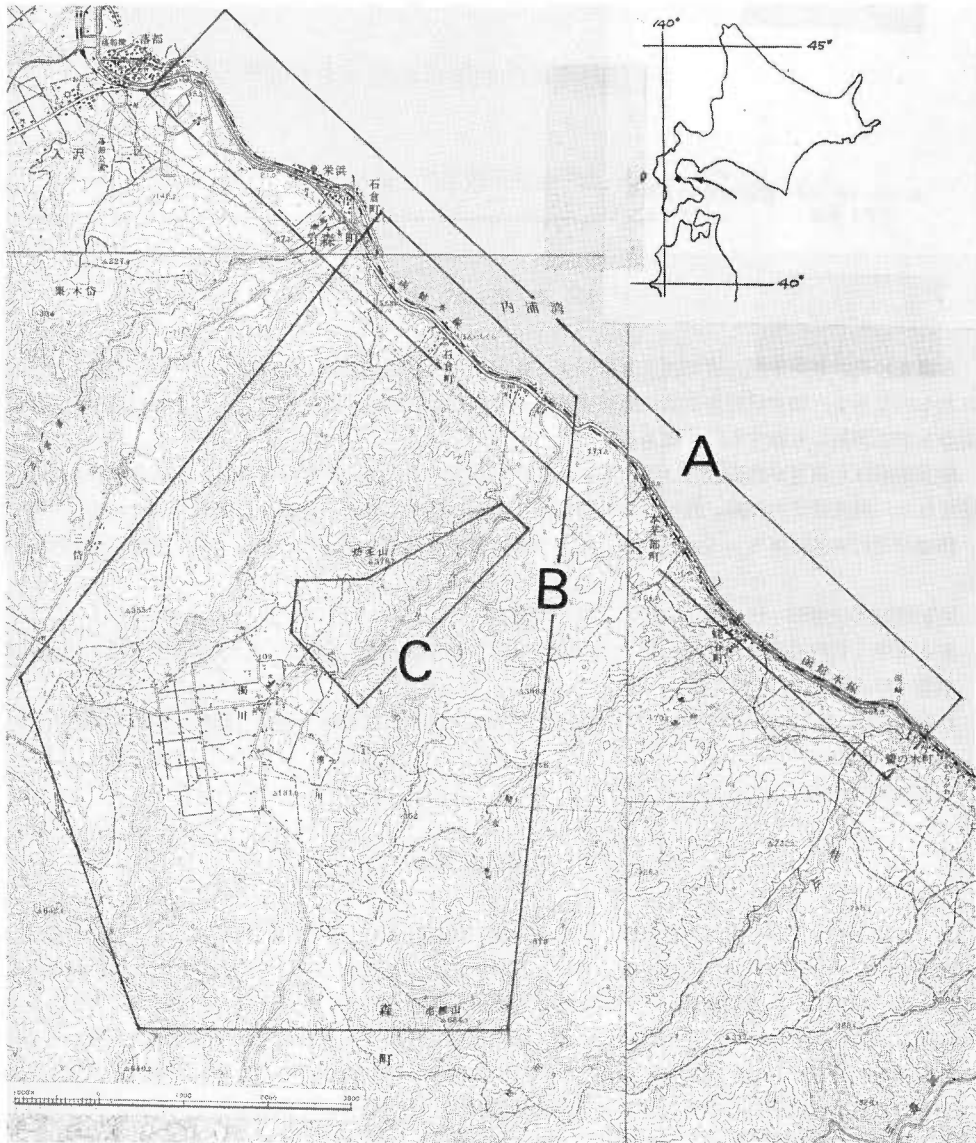
3. 地 質 概 説

本地域の基盤地質は新第三紀中新世八雲期に属する硬質頁岩（桂川頁岩層）で、濁川盆地の南部、東部に広く分布する。これを覆って中新世黒松内期に属する細粒砂岩、凝灰角礫岩・泥岩（鳥崎川凝灰岩層）および安山岩溶岩を挟在する集塊岩（狗神岳集塊岩層）が分布する。

内浦湾の海岸沿いや濁川川口付近には更新世の森川層、40m海岸段丘堆積物、20m海岸段丘堆積物が分布し、濁川中流には坊主山層が局部的に分布する。更新世末期には濁川盆地付近から石倉層の軽石流

*1 地質調査所報告, no. 259, 1978.

*2 北海道支所 *3 日本重化学工業株式会社 *4 京都大学教養部 *5 地殻熱部



第1図 調査地位置図

- A : 第四系柱状作製地域
- B : 10,000分の1変質帯分布調査地域
- C : 1,000分の1変質帯分布調査地域

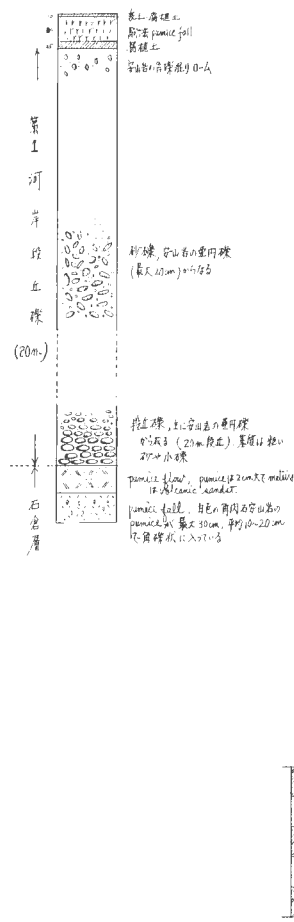
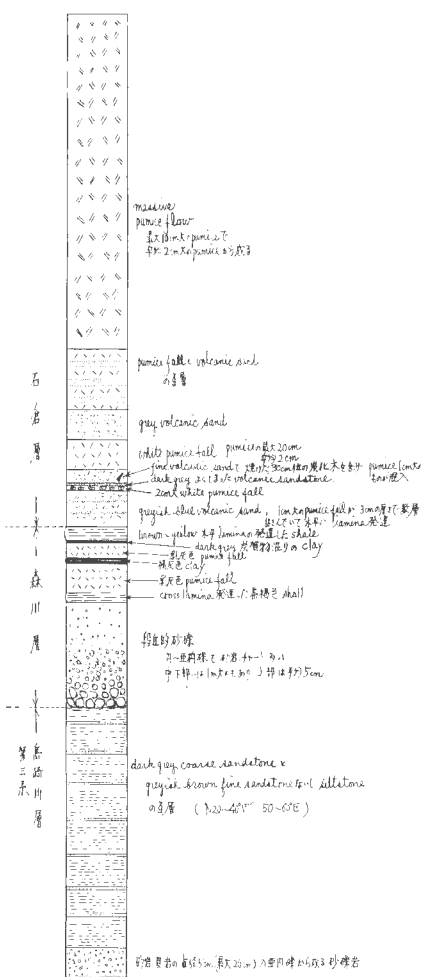
堆積物が噴出し、この噴出物は内浦湾海岸にわたる広い分布を占めて発達する。石倉層軽石流堆積物の噴出によって、濁川盆地が生じ、ここに湖沼堆積物が堆積した。さらにこれらを覆い地域全般に駒が岳噴出物の降下軽石が分布する。

以上の層序の総括表を第1表に示す。

第四系は下記の地層から構成されている。第四系の地質柱状図および模式断面図は第2-1図～第2-7図に示す。

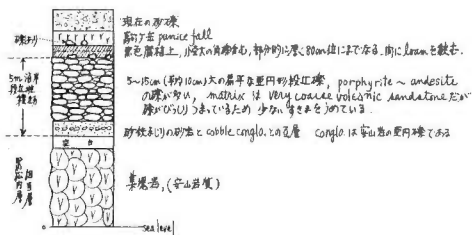
1 NG-73/005A0/
 桂川と国道5号の交点
 岩の断り及び河床の崖

2 NG-73/002A00~05
 碧谷川入口 石谷小学校への
 道路中継図 河床の崖

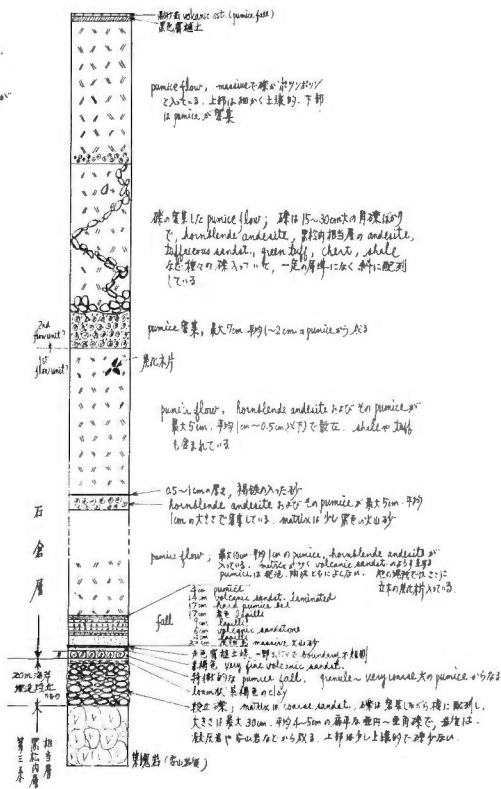


第2-1図 第四系地質柱状図 (その1)

5 NG73100304K
 赤石岩脈北側の海岸



6 NG73100302-03K
 石倉郵便局の南側の崖
 とその手前の沢の入口

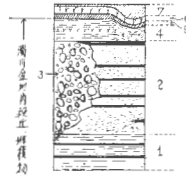


第 2-3 図 第四系地質柱状図 (その 3)

7 NG73103308K
 国道5号線沿、高野川河口300
 フラット手前、大正の遺跡



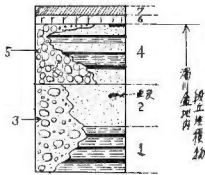
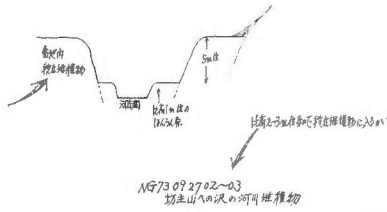
8 NG731006A01~07
 高野川北内河川橋附近
 高野川河口の柱状遺跡



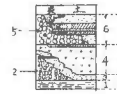
- 7 表土 (10cm厚)
- 6 灰川土 pumice fall
- 5 灰川土
- 4 黄褐色砂質凝灰岩。上部は比較的粗粒砂岩、中部は中等粒砂岩のpumice混入層、下部は細粒砂岩の河成堆積物。
- 3 河成堆積物(砂、礫、砂岩)。上部は粗粒砂岩、下部は細粒砂岩。
- 2 凝灰層。凝灰岩の砂岩、上部は黒色砂岩の層層を挟んで、褐色の凝灰岩 andesite、下部は灰色(灰色)の凝灰岩に色変化した、一部 laminar 凝灰岩(厚さ30cm)の凝灰岩(砂岩)がある。一部は cross laminar 凝灰岩(流線状の凝灰岩)。
- 1 凝灰岩(砂岩)粘土混入層(10cm厚)。

第 2-4-1 図 第四系地質柱状図 (その 4)

9 NG73 1003 03~07
瀬川盆地内 瀬川の兩岸
の柱状地質図



NG73 092702-03
瀬川盆地内の河川堆積物



6. 礫土層 6.11 5 赤褐色 sandst.
5. silt & sandstone 礫, 砂土層 6.11 5 赤褐色の礫層
4. coarse pebbles sandst.
3. 層理を有する 礫層 6.11 5 赤褐色の礫層
2. silt & fine sandstone 礫層 6.11 5 赤褐色の礫層
1. massive silt, siltst.

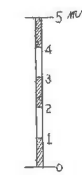
10 NG73 101507 & 101706 K
瀬川盆地内の道路
と沢

7. 表土
6. 礫層 礫層の礫は 5-15cm 径の礫が主で, 最大 20cm 径の礫もある。matrix は fine sandst. 一部礫層の matrix は siltst.
4. 砂質・粘土質の礫層; 砂質は暗褐色の砂質で, 礫層は赤い。一部は礫に siltst.
3. 礫層 礫層の礫は 5-15cm 径の礫が主で, 最大 20cm 径の礫もある。matrix は siltst. 一部は礫に siltst. andeolite の礫が散在する。matrix は siltst.
2. 礫層を有する 灰白色 coarse sandstone, 礫層を有する。礫は 5-15cm 径の礫が主で, 最大 20cm 径の礫もある。matrix は siltst.
1. 礫層を有する 礫層; 礫は 5-15cm 径の礫が主で, 最大 20cm 径の礫もある。matrix は siltst.

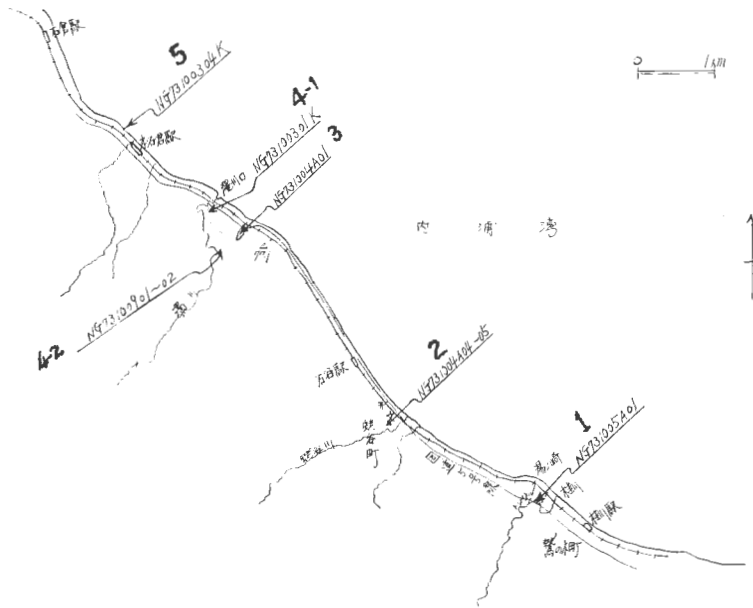


(Pumice) flow. 礫層は massive 礫層の礫層で, cobble 礫の礫層を有する。礫層は siltst. andeolite coarse siltst. andeolite の礫が主で, 最大 20cm 径の礫もある。matrix は siltst. 一部は礫に siltst.

16. massive laminated medium sandst.
15. 礫層 礫層の礫は 5-15cm 径の礫が主で, 最大 20cm 径の礫もある。matrix は siltst. 一部は礫に siltst. andeolite coarse siltst. andeolite の礫が散在する。matrix は siltst.
14. pebble conglomerate matrix は赤い砂
13. 礫層 礫層の礫は 5-15cm 径の礫が主で, 最大 20cm 径の礫もある。matrix は siltst.
12. pebble conglomerate
11. coarse sandst. (5cm)
10. pebble conglomerate
9. sandy siltst.
8. granular sandst. andeolite の礫層
7. laminated silty sandst. 礫層 礫層の礫は 5-15cm 径の礫が主で, 最大 20cm 径の礫もある。matrix は siltst.
6. { 1cm limonite soil
3cm brown siltst.
6cm buff part of silty granular stone
1cm limonite soil
5. coarse sandst. 礫層 礫層の礫は 5-15cm 径の礫が主で, 最大 20cm 径の礫もある。matrix は siltst.
4. silty siltst. 礫層 礫層の礫は 5-15cm 径の礫が主で, 最大 20cm 径の礫もある。matrix は siltst.
3. 礫層 礫層の礫は 5-15cm 径の礫が主で, 最大 20cm 径の礫もある。matrix は siltst.
2. buff siltst. or matrix is pumice sandst.
1. 5-10cm 径の礫を有する granular stone matrix is silty. 礫層 礫層の礫は 5-15cm 径の礫が主で, 最大 20cm 径の礫もある。matrix は siltst.



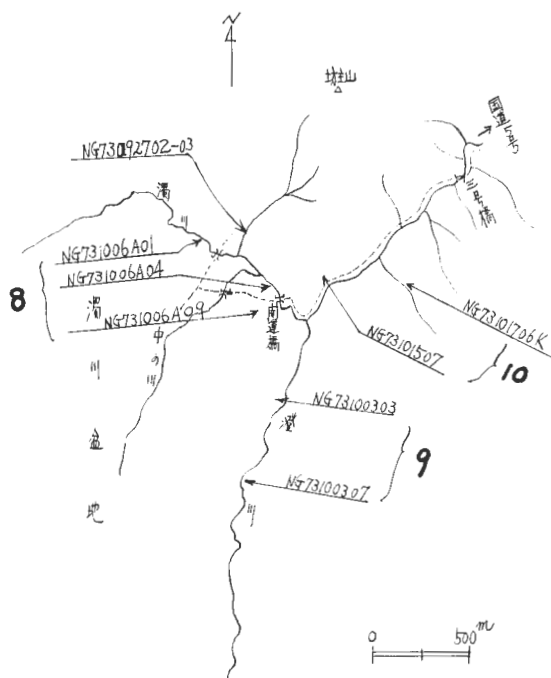
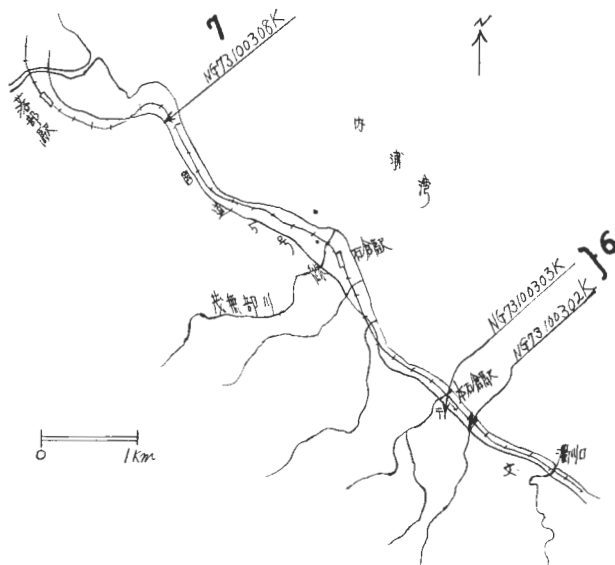
第 2-4-2 図 第四系地質柱状図 (その 5)



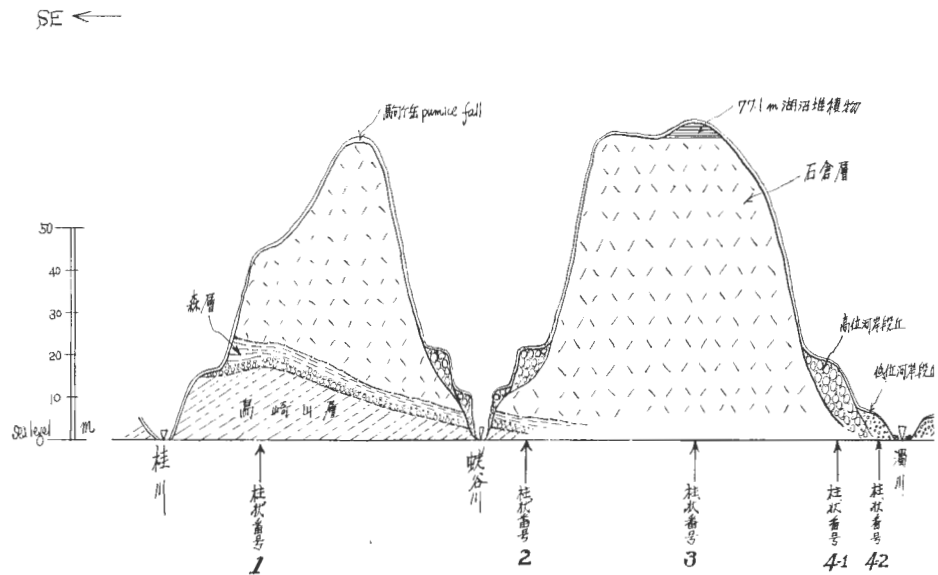
第2-5図 第四系地質柱状図(位置図, その1)

第1表 層序総括表

時代	地層名		絶対年代		
	濁川盆地	内浦湾岸	従来のC-14年代 (years B.P.)	今回のC-14年代 (years B.P.)	今回のフィッシュン・トラック年代 (years)
現世	現河床および崖錐堆積物		駒が岳火山噴出物		
			310(駒)	260(崖)	
			1,700(〃)	2,160(駒)	
			2,750(〃)		
第四世	第2河岸段丘堆積物	濁川盆地内段丘堆積物	5m海岸段丘堆積物		
	第1河岸段丘堆積物			3,250(盆)	4,110(〃)
	77.1m湖沼堆積物				
更新世	石倉層		12,900(石)	11,670(石)	2.0×10^4
	坊主山層	森川層		11,340(坊)	28,980(森)
			20m海岸段丘堆積物		
			40m海岸段丘堆積物		
第三紀	狗神岳集塊岩層				2.1×10^6
	鳥崎川凝灰岩層				
	桂川頁岩層				



第 2-6 図 第四系地質柱状図 (位置図, その 2)



第 2-7 図 海岸沿いの第四系模式断面

3.1 坊主山層

坊主山の周辺の濁川支沢や道路沿いの標高 100~150 m に、ごく局部的に点在する地層である。厚さはまちまちであるが最大 6 m は超えない【柱状番号 10 (第 2 図, 以下同様) 参照】下部は炭化木片を含む砂岩、礫岩およびシルト岩から成り、上部は細礫岩と赤色粗粒砂岩との互層から成っている。岩相並びに層位は一見森川層に似ているが空間的な連続性がないので別の地層として扱った。新第三系を不整合に覆い、石倉層の下位にあるので、おそらく、濁川盆地形成前(石倉層堆積前)の旧河川か旧湖沼の堆積物と思われる。

3.2 森川層

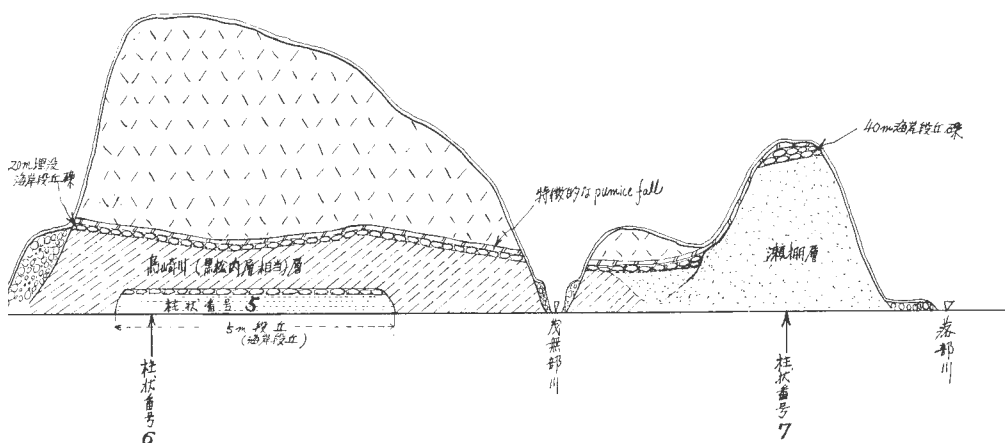
土居(1960)の森層であるが、森層という場合石倉層上位の層準の地層を示す場合もある(長尾ほか, 1934)ので、模式地の森町森川の地名をとって森川層とした。本地域内では桂川河口から叡谷川にかけて発達し、厚さは 6~10 m 位である。本層下部は主として段丘礫状の円形ないし亜円形の中礫・大礫から成り、上部は炭質物および亜炭混りの粘土、シルト岩・乳灰色軽石層から成っている。

礫は上位ほど礫径が小大く、チャートや砂岩の礫が多い。新第三系を不整合に覆い、石倉層に整合に覆われている。本層は局部的に分布する地層で比は難しいが、石倉層の下位にくる。おそらく、石倉層堆積前の陸水下の堆積物であろう。

3.3 40m 海岸段丘堆積物

本層は八雲町落部橋北方 500 m の国道 5 号線わきの崖と落部駅東方約 1 km の国道 5 号線沿い(柱状番号 7)に見られる。主として安山岩の亜円形の大礫から成る礫層で、厚さは 1.5~3.5 m である。礫

→NW



(横方向の縮尺は一定していない)

の大きさはそろっていないが上部ほど砂質で礫が少なくなる傾向にある。礫層の上には厚さ数 10 cm のローム層、さらにその上位には石倉層最下部の特徴的な軽石密集層がのる。礫層は下位の砂岩を主とする瀬棚層を不整合に覆っている。柱状番号 7 の地点の海拔高度は 35 m 位である。本層は更新世後期の海進による海岸段丘堆積物と考えられる。松下ほか (1973) は石谷小中学校付近にも本層を分布させているが、今回の調査では確認できなかった。

3.4 20m海岸段丘堆積物

本層は濁川川口から茂無部川口栄浜にかけての沢や海崖でよくみられる埋没した海岸段丘堆積物である。特に本石倉駅南方の沢 (柱状番号 6) では厚さ約 1.5 m で新第三系を覆い、その上位を石倉層が覆っているのが観察される。主として安山岩や凝灰岩の扁平な歪円ないし歪角礫から成り、明瞭な横への配列がみられる。平均 4 ~ 5 cm の大きさの礫が多いが、時には 30 cm 大のものもある。基質は粗粒砂岩で上部は土壌化している。

3.5 石倉層

長尾ほか (1934) の石倉層 (群) である。森町本石倉付近を模式地として北は茂無部川 ~ 三袋から南は桂川付近まで濁川盆地周辺に分布している。厚さは数 m ないし数 10 m に及ぶが正確な厚さは算出できない (柱状番号 1, 3, 6, 10)。最下部は立木の炭化片を含む軽石堆積物で始まるが、全体としては灰白色角閃石安山岩、同質軽石および同質火山灰からなる軽石流堆積物である。軽石は中礫大のものが多く発泡はあまりよくない。また、部分的に軽石の密集、異質礫 (新第三系の種々の岩片やスレート礫など) の密集および炭化木片がみられる。本層は濁川カルデラの直接の噴出物といわれる (佐藤, 1968)

が、上部では偽層の発達した部分がみられるので一部には二次堆積したところもある。前述の炭化木片のC-14法による年代測定では12,900±270年B.P. (佐藤, 1968) および11,670±220年B.P. (本報告)の値が出ているので、更新世末に堆積したものである。

3.6 77.1 m 湖沼堆積物

本層は濁川入口の東方 500 mの国道 5 号線沿いの崖 (77.1 m 三角点の 300 m 西方) にのみ分布する地層である。厚さは 3 ~ 4 m で、暗灰ないし暗青色の砂まじりシルト岩からなり、弱い層理がみられる。岩質や分布状況からしてきわめて局所的な水たまり的な堆積物と考えられる。褐鉄層を境にして石倉層の上に整合に重なっている。

3.7 第 1 河岸段丘堆積物

濁川付近および虻谷川口付近に発達している。現河床からの比高が 20 ~ 25 m の河岸段丘を形成する堆積物で石倉層を切っている。全体にわたる柱状は把握できなかったが (柱状番号 2, 4-1), 下部は主として安山岩の亜円礫からなる。上部は軽石まじりの砂と中礫の互層からなり、最上部には 50 cm の礫まじりロームがある。地域北方の落部川沿いにはさらに高位の河岸段丘がある。

3.8 第 2 河岸段丘堆積物

濁川川口付近、虻谷川口付近および茂無部川下流域には現河床からの比高が 3 ~ 10 m の河岸段丘を形成する堆積物がある。現在の河川の氾らん原より少し高い沖積段丘で、円磨された中礫 ~ 大礫と礫まじりのロームから成り、水平的に岩相が変化する (柱状番号 4-2)。

3.9 濁川盆地内段丘堆積物

濁川盆地内の濁川、中の川および澄川下流には現在の河川からの比高が約 5 m (海拔 120 m 位) の段丘が発達している。炭質物混りのシルト岩、亜炭を含む砂岩および礫岩からなり非常に岩相の水平変化が著しい (柱状番号 8, 9)。これは濁川カルデラ形成後の河川堆積物であるが、川口や海岸付近の段丘に連続していないので対比は難しい。かりに濁川川口付近の第 1 ないし第 2 河岸段丘堆積物に対比した。

3.10 5 m 海岸段丘堆積物

森町本石倉駅北方 500 m と八雲町町栄浜に 5 m 海岸段丘面を形成する堆積物がみられる (柱状番号 5)。砂鉄まじりの砂岩と大礫から成っていて、大礫は扁平で亜円形の安山岩礫が多い。完新世の高海面期の堆積物と推定される。

3.11 駒が岳火山噴出物

本地域全域にわたって、20 ~ 80 cm の軽石層が表土の下、腐植層の上に地形面に平行に分布する。厚さ、分布および岩相からして KO-d¹⁾ (1640年噴火) であると考えられる。また桂川東方から濁川川口付近にかけては腐植層を伴った火山灰が 2 枚薄層として存在する (柱状番号 4) これらはおそらく KO-e¹⁾ (1700年±130年 B.P.) と KO-f¹⁾ (2750±110年 B.P.) と考えられる。

4. 変質帯の産状

4.1 変質帯の分布

本地域の変質帯は濁川盆地の北東部山麓に分布する。調査にあたっては、主要な河川、沢および空中写真で見い出された大部分の露頭について 1/10,000 の地形図を利用して実際に変質の有無を確認し、変

¹⁾ 北海道火山灰命名委員会 (1972) による。以下同じ。

質した部分と新鮮な部分の両者が表われている露頭では、その中間に境界を設け、変質帯の分布を示した(第4-1図, 第4-2図, 第4-3図, 第4-4図, 第4-5図)。元素の溶脱による白色変質帯は非常に少なく、一つの露頭の内部においても局部的であることが多い。したがって、白色変質帯のほか軟らかい粘土化帯、場合によってはつよい風化による赤焼け部も含めて変質帯分布を定め、実線とハッチで本来の白色変質帯を区別した。変質帯の中心には珪化帯があり、その周辺に粘土化帯が分布する。

盆地北東側の山地には凹地や湿地が多く見られ、山麓には岩屑が押し出した緩斜面が発達しているが、白色変質帯は前述のようにこの部分に限られ、その南東延長部は濁川本流沿いにも続いているようである。変質帯はほぼNW~NWW性の方向性をもつが、この方向性は、安山岩の岩脈の走向(N70°W)や空中写真における地質線形の方角とほぼ一致する。しかし、変質帯周辺の地層の走向には、NS~N20°W系のものが多く、変質帯の方角とは斜交している。おそらく、変質帯は現在地表で見られる断層等よりはより深部の裂かを反映しているものと思われる。

上述の地域以外では変質帯は殆んど見られず、わずかに岩石の赤く焼けた風化とか断層に沿った粘土が見られるのみである。また、白色変質帯の延長上に当る北西壁にはやや白色化した小規模な変質帯があるがここではモンモリロナイト、セリサイトが検出されたのみである。岩質の差異および地層の走向、傾斜の変化から盆地北西壁と北東壁の間にはNS性の断層が推定されている。このような断層によって変質帯分布、形成が規制された可能性もある。また濁川本流の開運橋~三号橋の間の右岸側の支沢における変質帯は、盆地北東部変質帯の延長として把えるべきであろう。

分析用試料の採取地点図を第3-1図, 第3-2図に示す。

4.2 変質帯の精査

変質帯が発達している濁川盆地の北部(賽の河原)から北東部(神泉館付近)にわたる地域および濁川本流沿い(濁川一号橋~濁川開運橋)において1,000分の1ルート・マップによる調査をおこなった。この調査では変質岩を色調、粒度その他の肉眼的特徴によって、白色粗粒変質(珪化)部、白色細粒変質(粘化)部、暗濁灰色弱変質部、その他などに区分した。これらの野外調査に加えて、代表的な変質岩のサンプル62個についてX線分析を行ない変質鉱物を検討し、分布図作成の資料とした。

便宜的に変質帯を①賽の河原地域、②神泉館西方で坊主山への沢の流域、および③開運橋から一号橋間の濁川本流域とにわけて考察する。

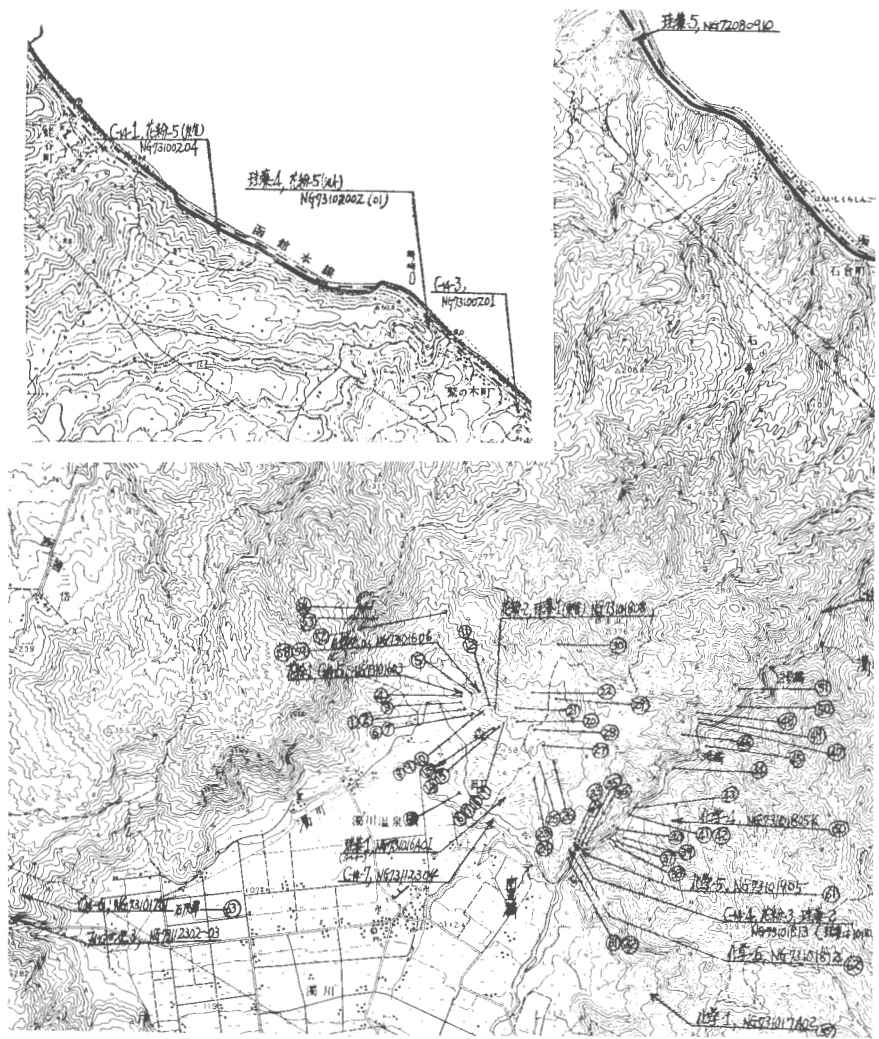
① 賽の河原地域では変質岩の露出がよくみられる。西端部・中央部および東端部の三地区にわけて述べる(第5-1図, 第5-2図参照)。

西端部では沢の下流部分に α -クリストパライト不定形シリカおよび石英から成る白色のオパール帯があり、これを不規則に取り巻く様な形で、モンモリロナイト、 α -クリストパライトおよび石英などから成る細粒黄白色の変質帯が存在する。前者に比して後者の変質帯の岩石は十分に成分の溶脱が行なわれていないものと思われる。このモンモリロナイトと α -クリストパライトを主とする変質帯は北方に続き滝の下にまで追跡できる滝の直下ではシルト岩が暗濁灰とに変質し、粘土化が著しい。ここではカオリン・黄鉄鉱・硫黄などがX線回析によって検出されている。前述のオパール帯の南方では岩石が浸食され、また、けずりとられているので変質帯の分帯は難しい。現在では砂地になっている多数の昇華硫黄丘²⁾とCO₂の噴気が存在している。オパール帯は滝の奥の平坦地で見られるほか、ほぼNWW性の方向性で点々と賽の河原に分布している(第5-1図および第5-2図参照)。

中央部では肉眼的黒色変質帯とその周囲の粘土化帯にモンモリロナイト-カオリンの共存が認められることが特徴的である。黒色の変質帯は下流域(第10図左側)では主として石英からなり、うすい層状を呈する。上流域(第10図右側)では石英のほか黄鉄鉱や硫黄を伴い不規則な形状を呈する。

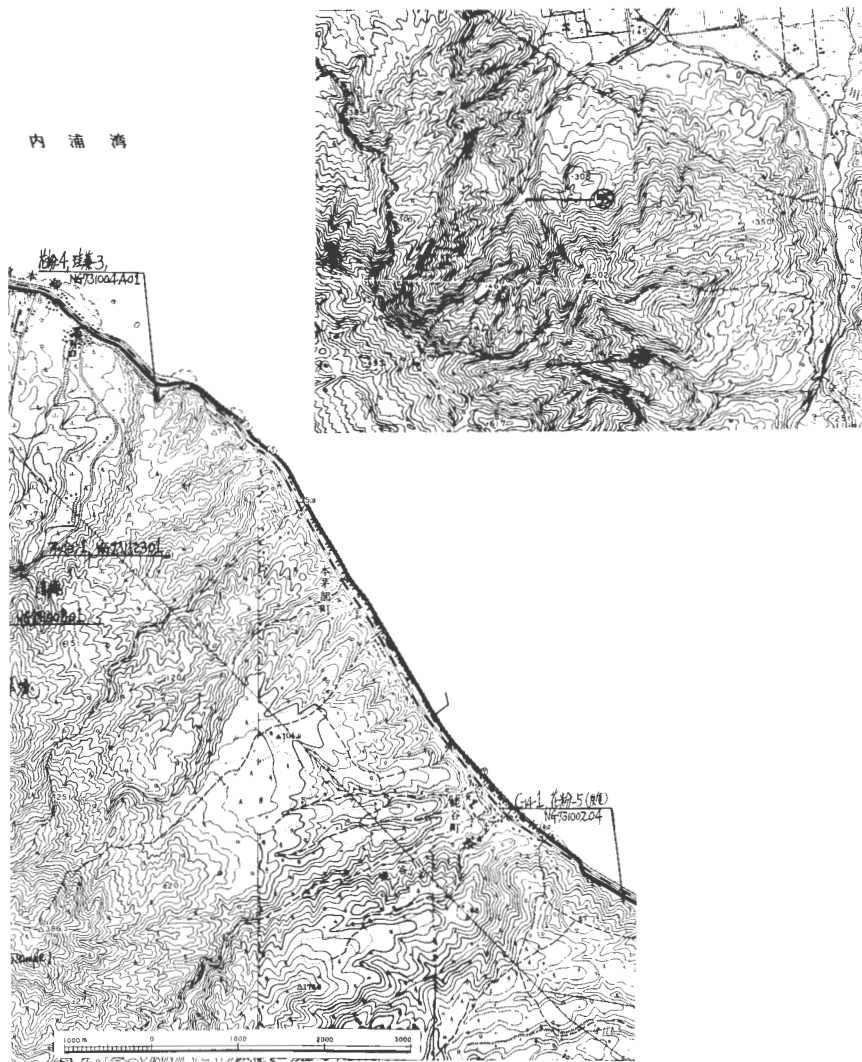
東端部では第11図に示されるようにモンモリロナイトを主とする白色変質帯が主であり、所々に前

²⁾ 硫黄孔を中心に昇華硫黄鉱が形成され、ひきつづく昇華作用によって丘状に盛上った昇華硫黄鉱を以下硫黄丘とよぶ。



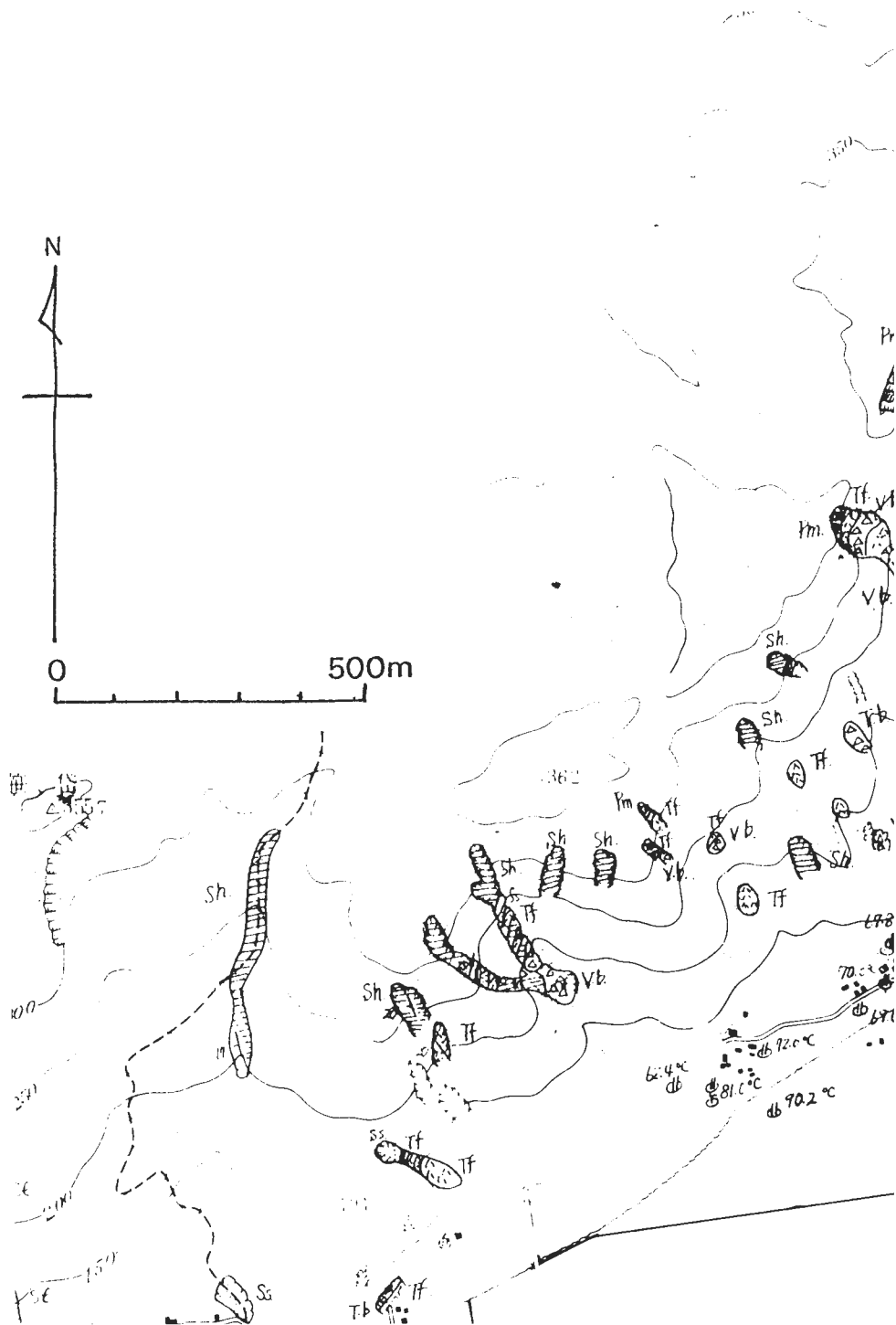
第3図 試料採

注1：図中の①～⑭はX線分析試料採取地点であり，番号はチャート，一覧表およびルートマップ図の番号と共通である．

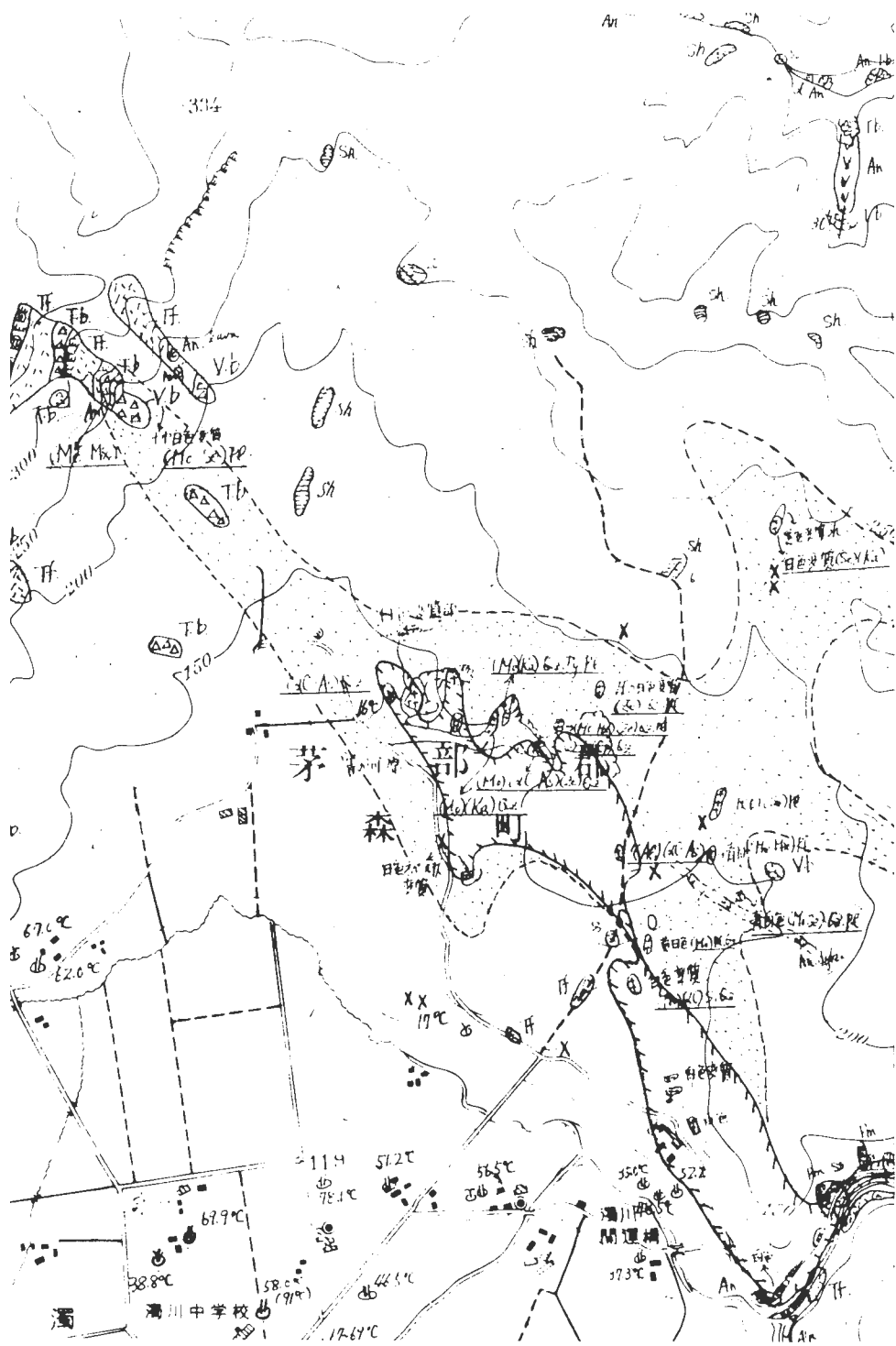


取地点図

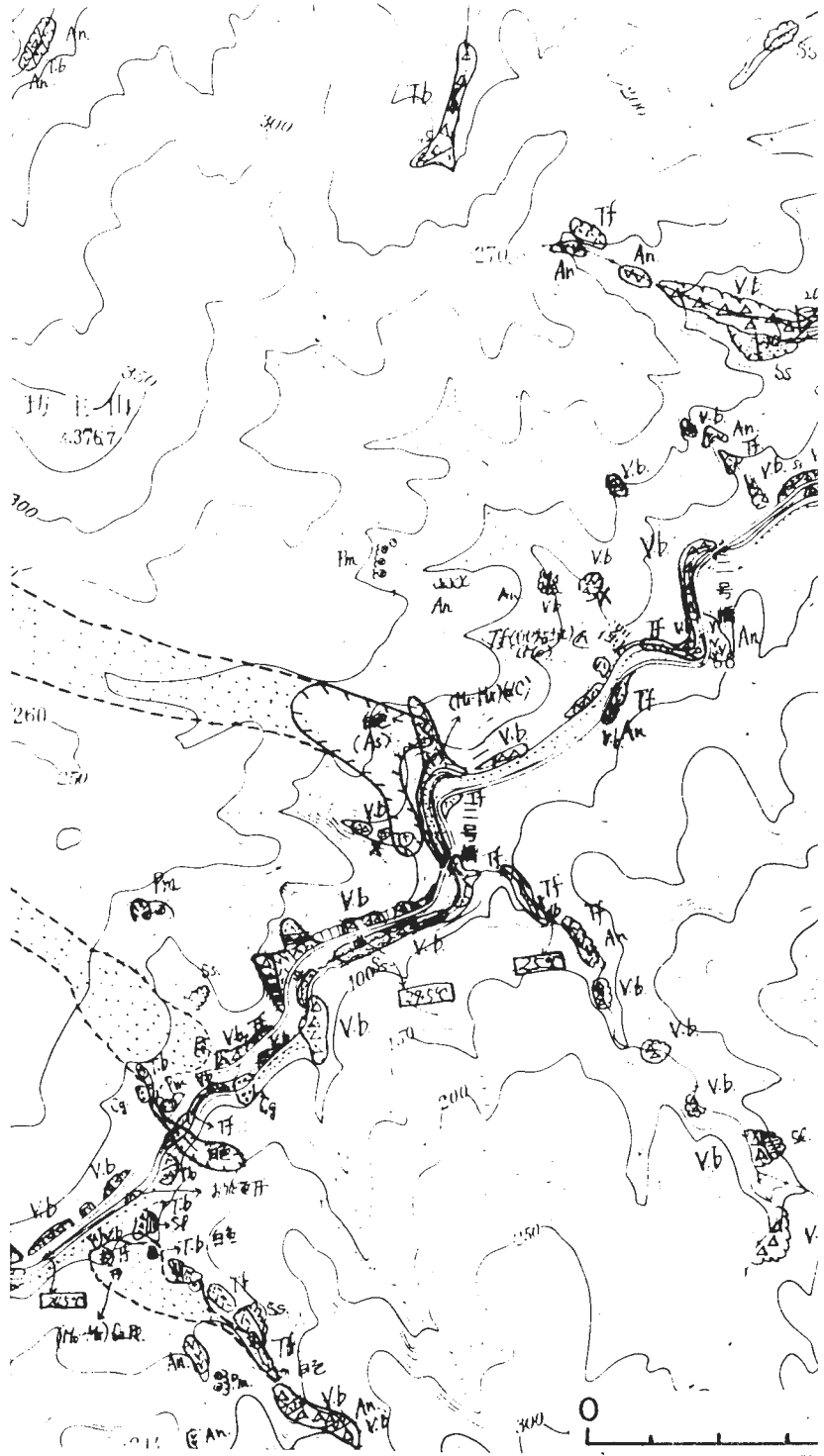
注2：アンダーラインで示した採取地点は、フィッシュン・トラック、C-14、花粉、珪藻、および化学分析のもので、番号は本文や表と一致している。花粉、珪藻で同じ番号のものは同一地層で岩質がちがうものである。



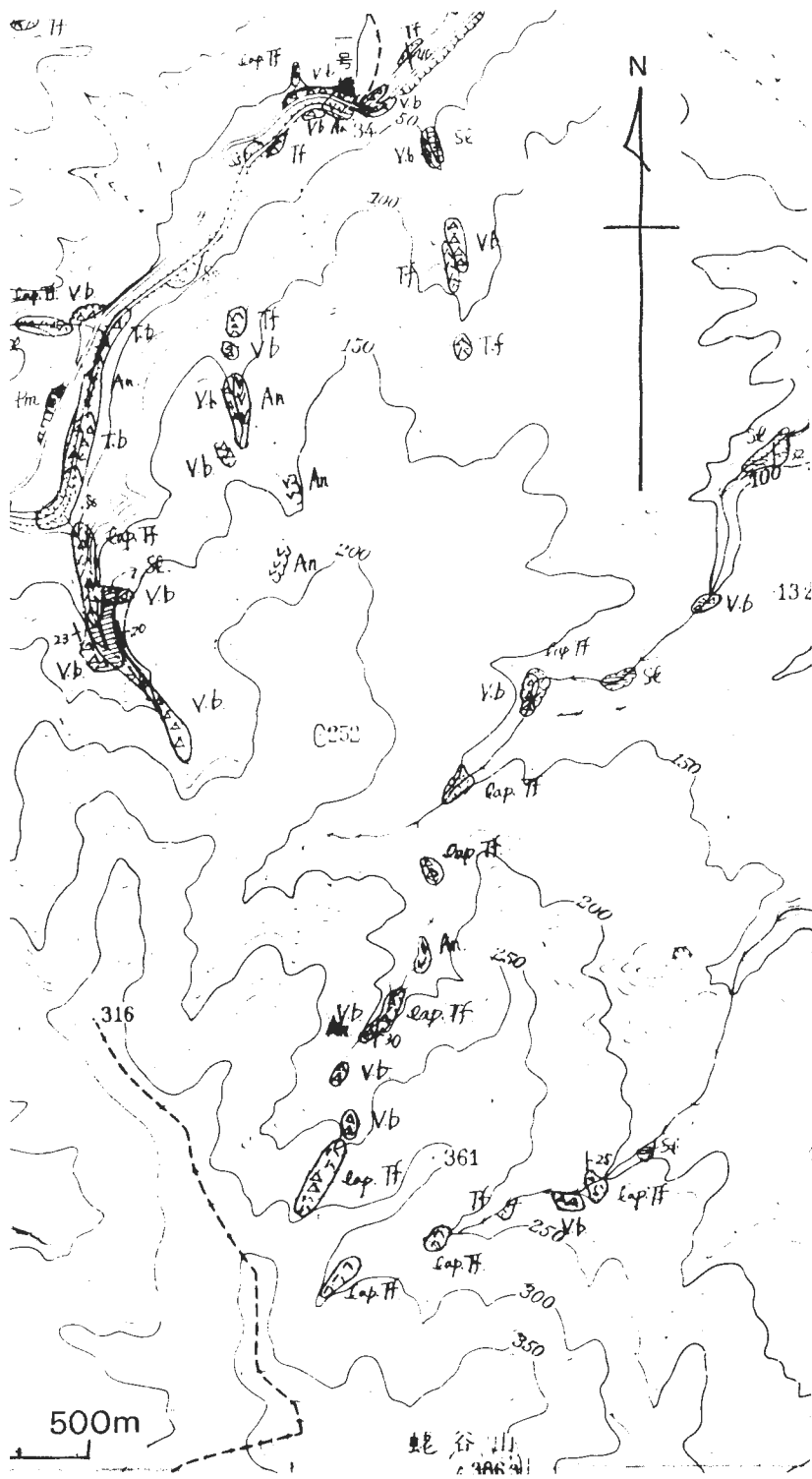
第4-I圖 濁川地熱地域變質帶分



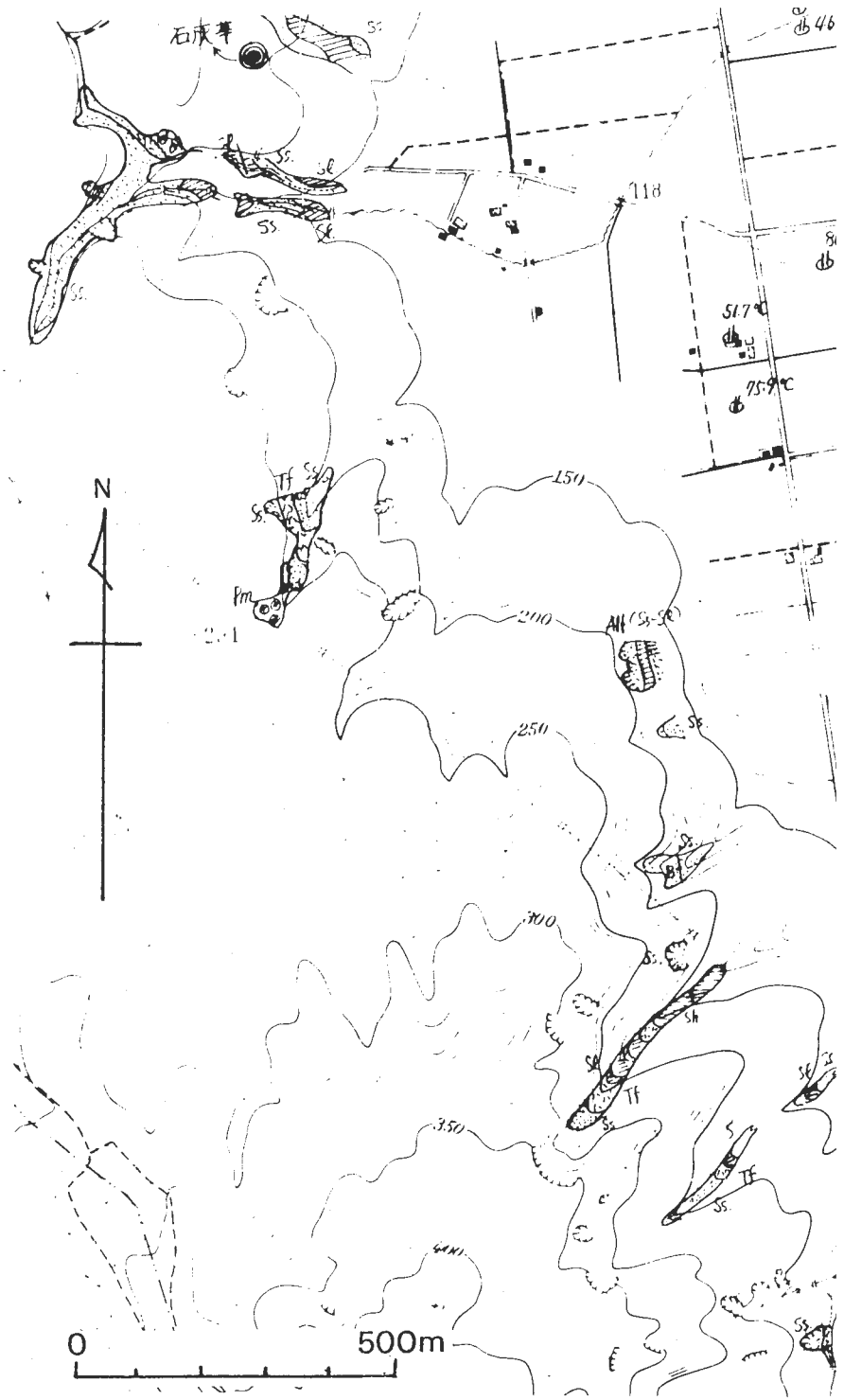
布図 (その1, 濁川盆地北東部)



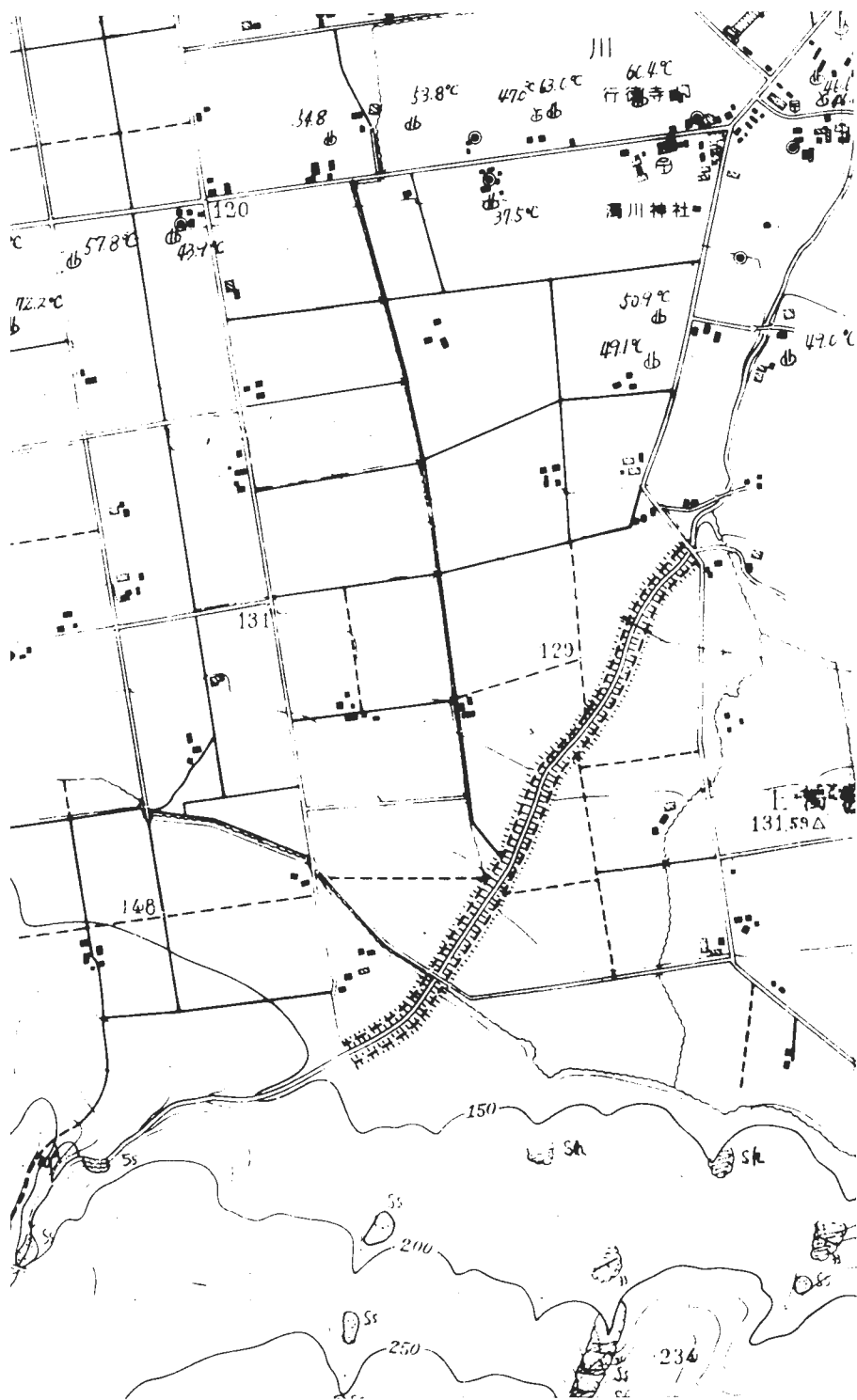
第4-2图 濁川地熱地域變質帶分



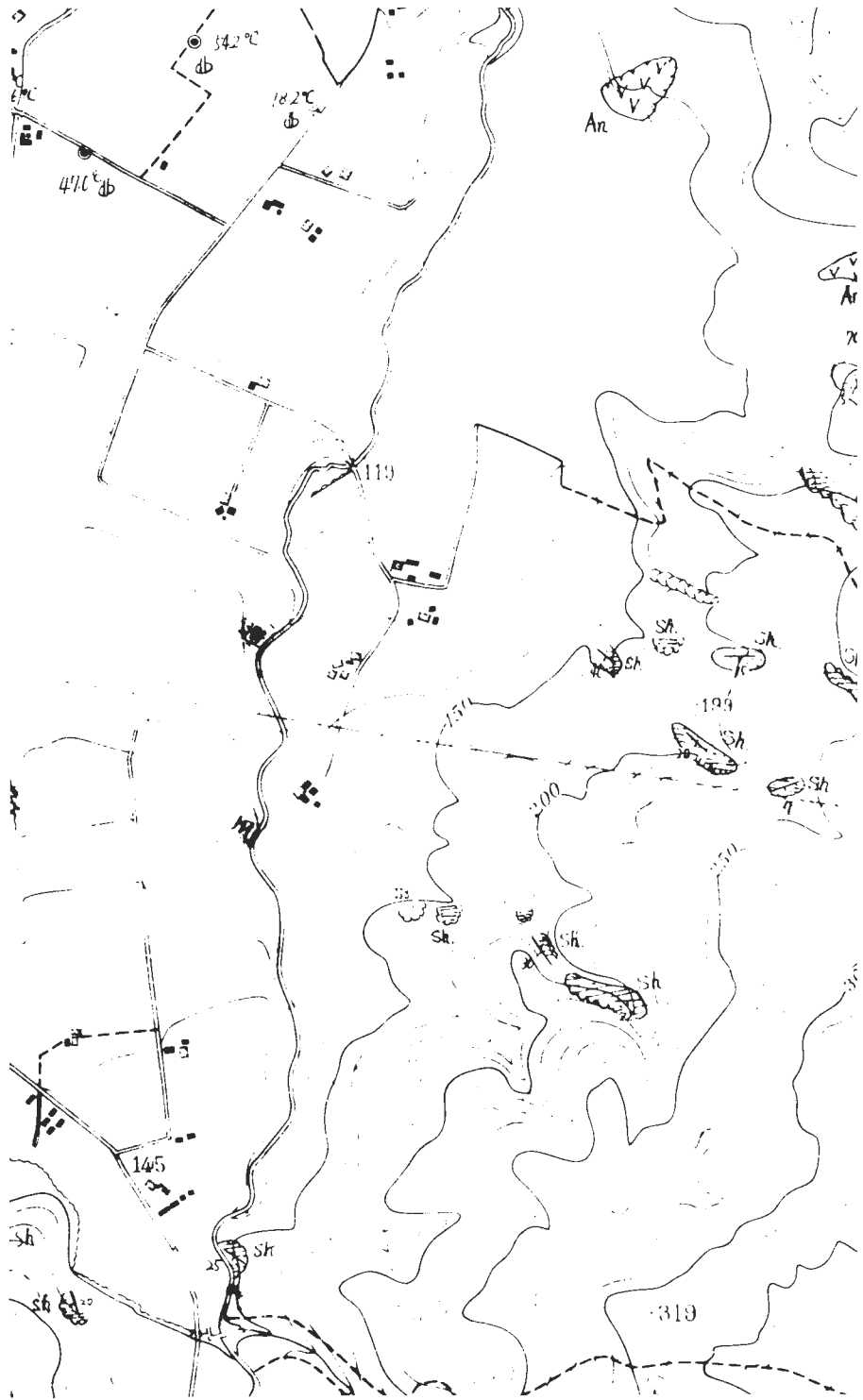
布図 (その2, 濁川本流地域)



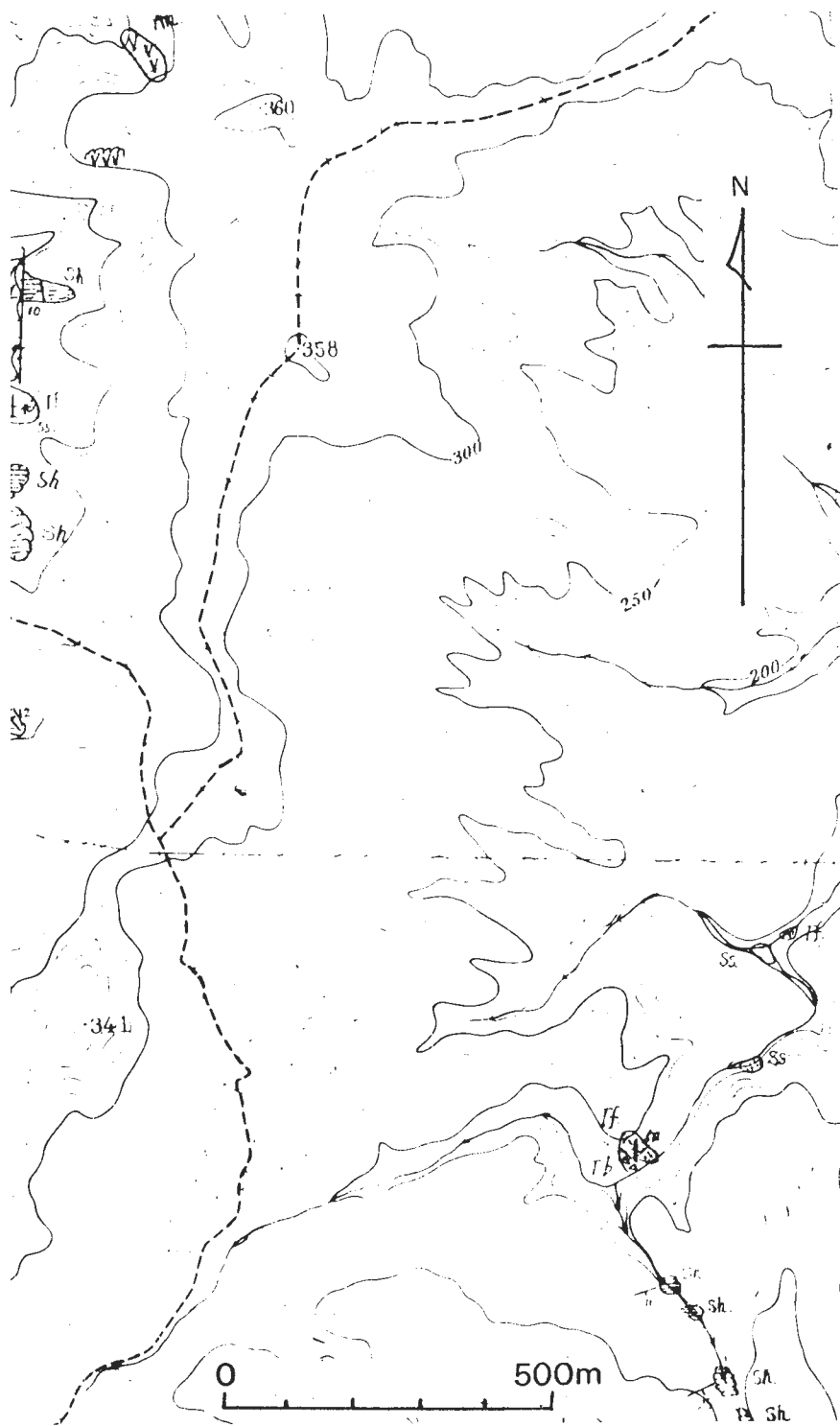
第4-3図 濁川地熱地域変質帯分



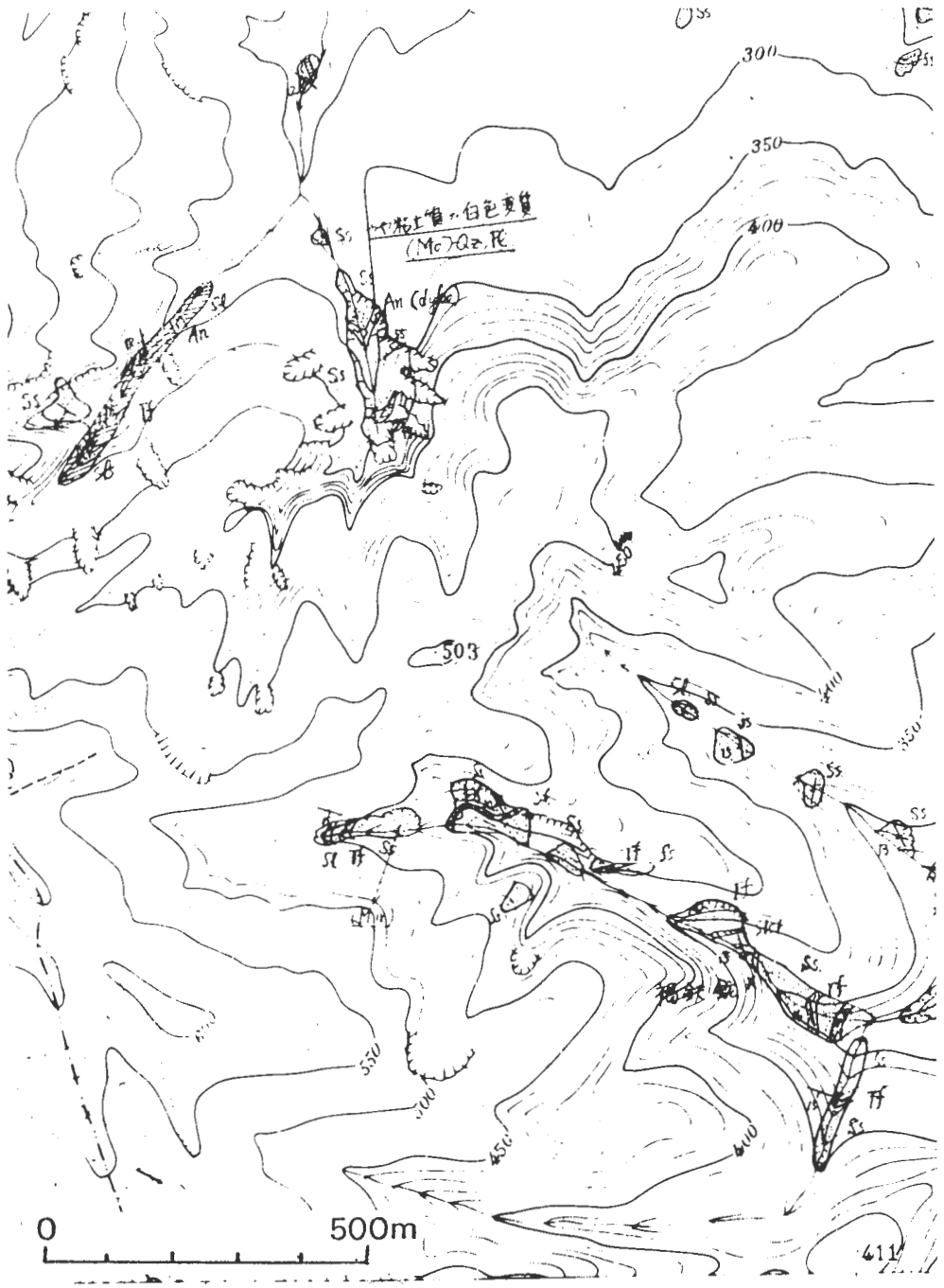
布図 (その3, 濁川盆地西部)



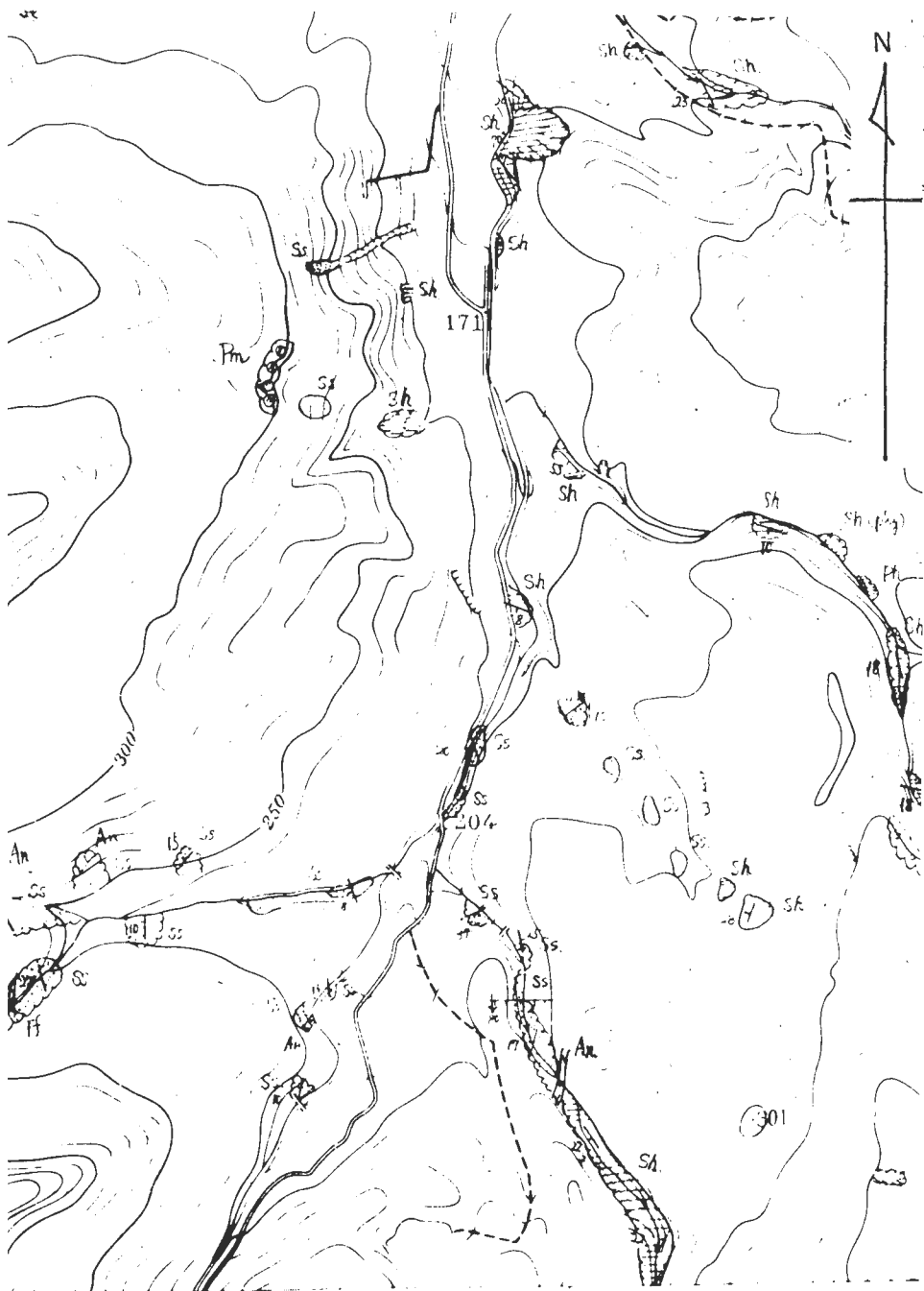
第4-4图 濁川地熱地域變質帶分



布図 (その4, 濁川盆地東部)























第 4-5 圖 濁川地熱地域變質帶分



布図 (その5, 濁川盆地南部)

凡 例
(第4-1図~第4-5図)

-  Sl シルト岩
 Sh 頁岩
-  Ss 砂岩
-  Cg 礫岩
-  Tf 凝灰岩
-  lap.Tf 火山礫凝灰岩
-  V.b 火山角礫岩
 T.b 凝灰角礫岩
 Agl 集塊岩
-  An 安山岩(熔岩, 脈岩)
-  Pm 浮石(流)堆積物(石倉岩)
-  Gr 礫層
-  白色粗粒状変質部
(オパール質変質)
-  白色変質部(細粒, 粉末状)
(主として Montmorillonite 等)
未変質部
-  地層面の走向, 傾斜
-  断層
-  温泉(温度)
-  噴気
-  (石灰)華
-  褐鉄鉱(層状鉱床とやや大きい滲出)

凡 例
(第5-1図～第8-3図)

- ① 白色粗粒状変質部 (主としてオパール化)
- ② 帯白色細粒～粉末状変質部 (モノモリロナトを含む)
- ③ くすんだ褐灰色変質部 (弱変質, 粘土化していることが多い)
- その他の変質部 (色調, 粒度, 軟弱, 鉱物など記載)
- ④ 昇華イオウ丘 (長径-短径-高さ, 厚さ)cm
- S イオウのしみ出し, 沈積
- ♁ 噴気 (温度, 主要なものを)
- ♁ 温泉 (温度)
- X 褐鉄鉱 (鉱床としみ出し)
- 油徴

X1~X30 X線分析試料採取地点 (検出鉱物を付記)

珪藻, 花粉, 化学分析, C14用試料採取地点

変質帯 (及びその層序関係を示す) 模式露頭記載位置

NG73101801 (地点番号)

✓ 地層の走向, 傾斜

✗ 断層 (→ 傾斜)

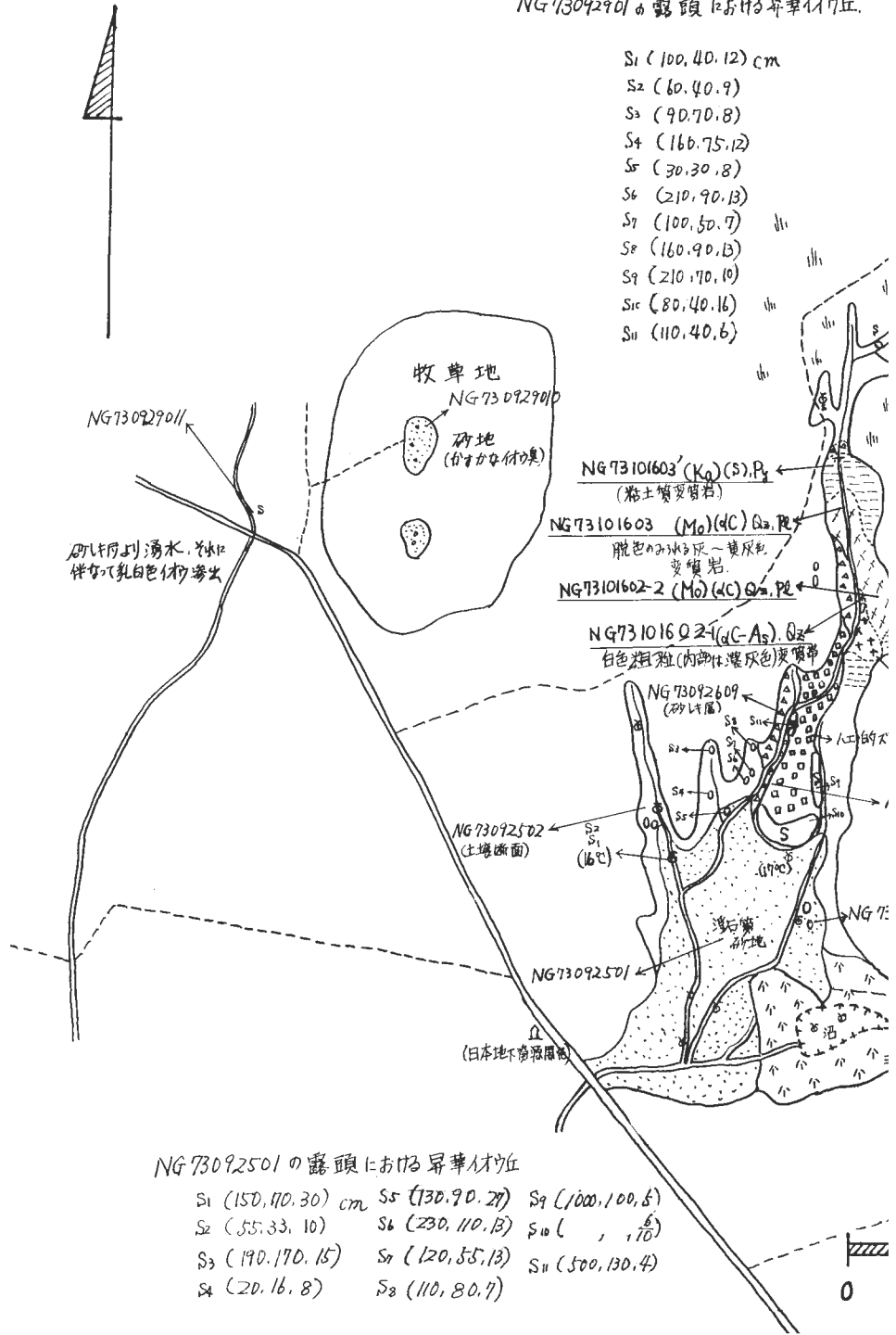
✗ 背斜軸

* 向斜軸

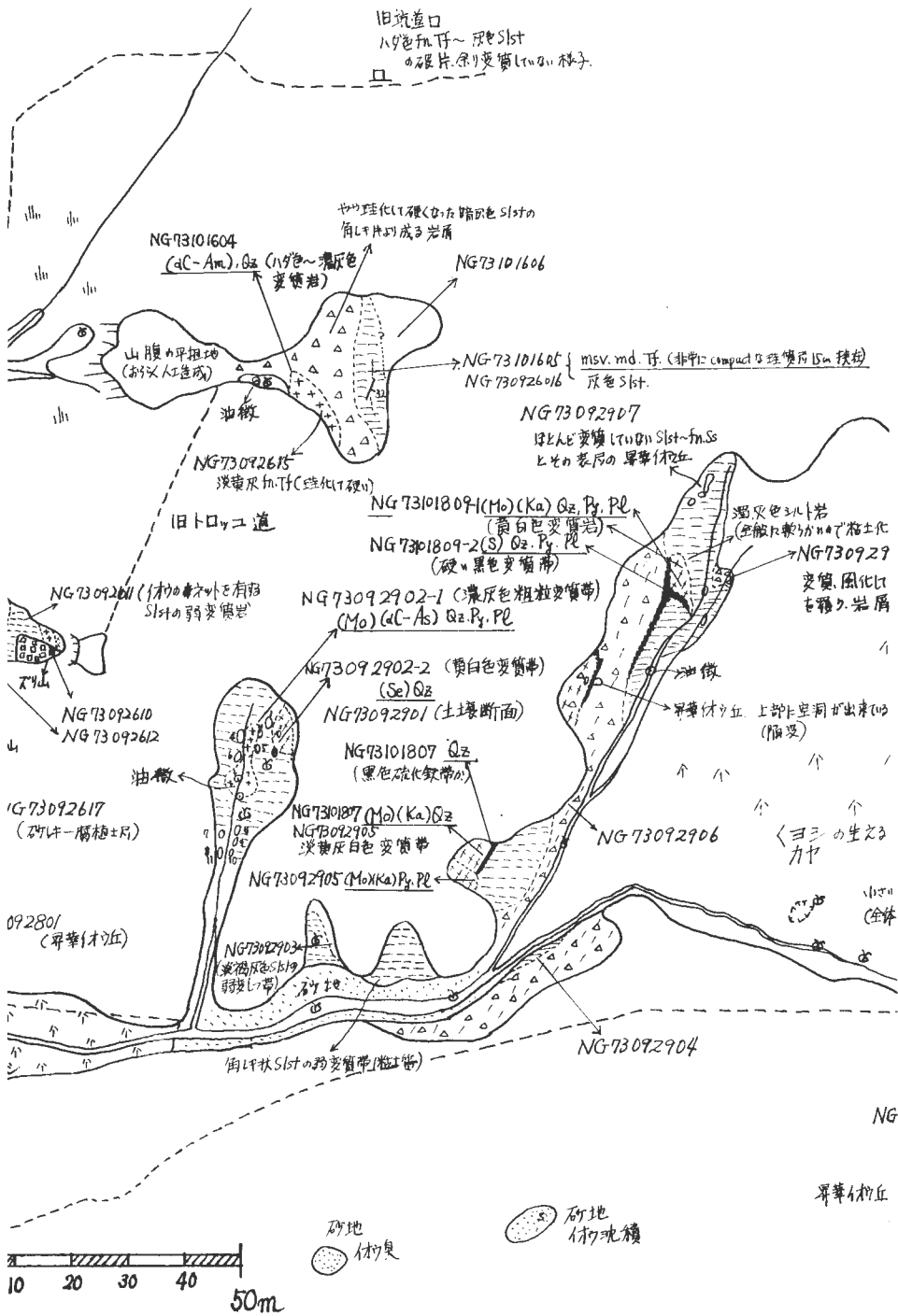
○ 岩質は主として記号で示す

- Sl シルト岩
- Sh 頁岩
- Ss 砂岩
- Cgl 礫岩
- Tf 凝灰岩 (lap. → 火山礫)
- Tb 凝灰角礫岩
- Vb 火山角礫岩
- AgI 集塊岩
- An 安山岩 (熔岩, 脈岩)
- et

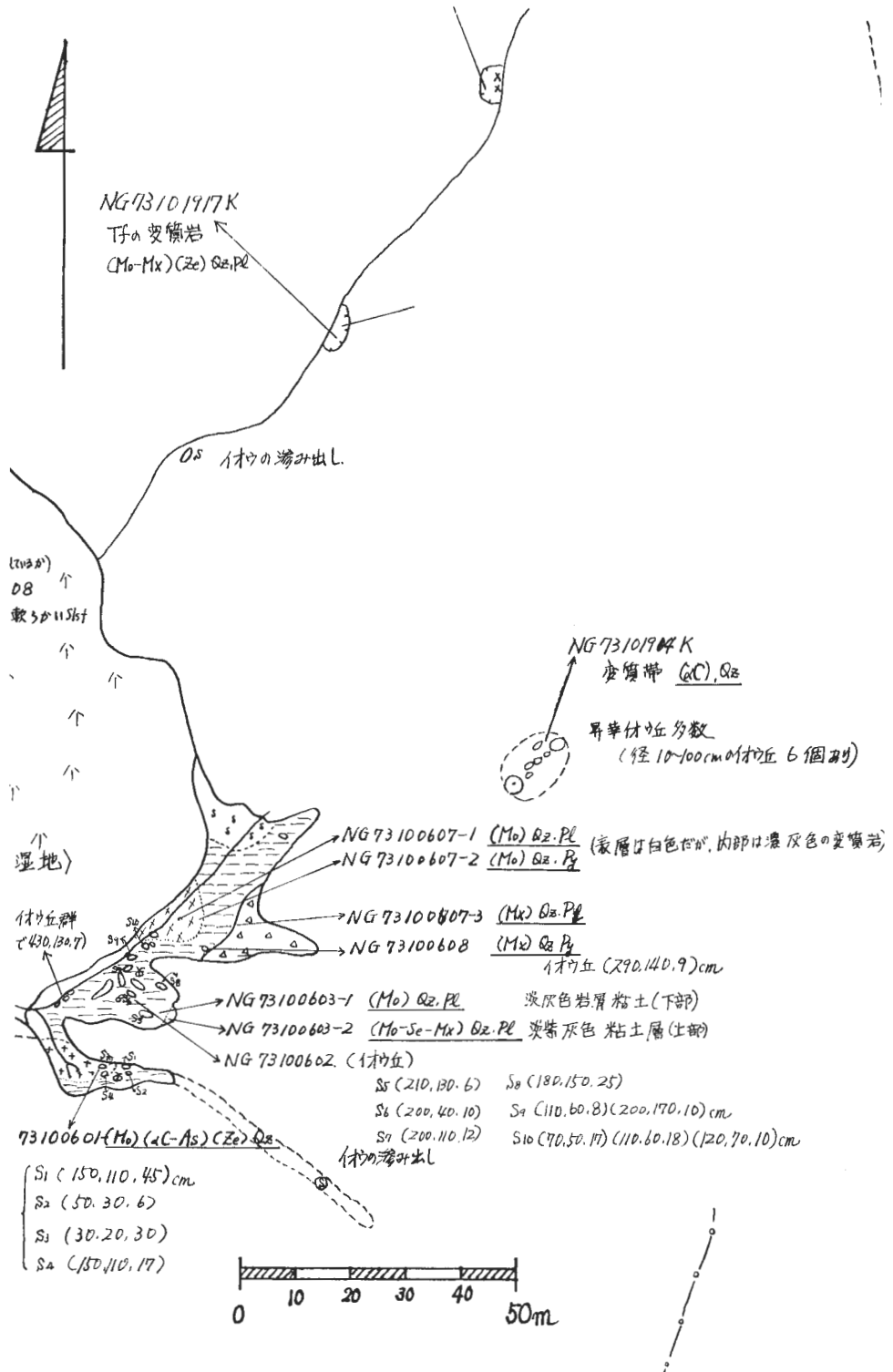
NG 73092901 の露頭における昇華硫黄丘.



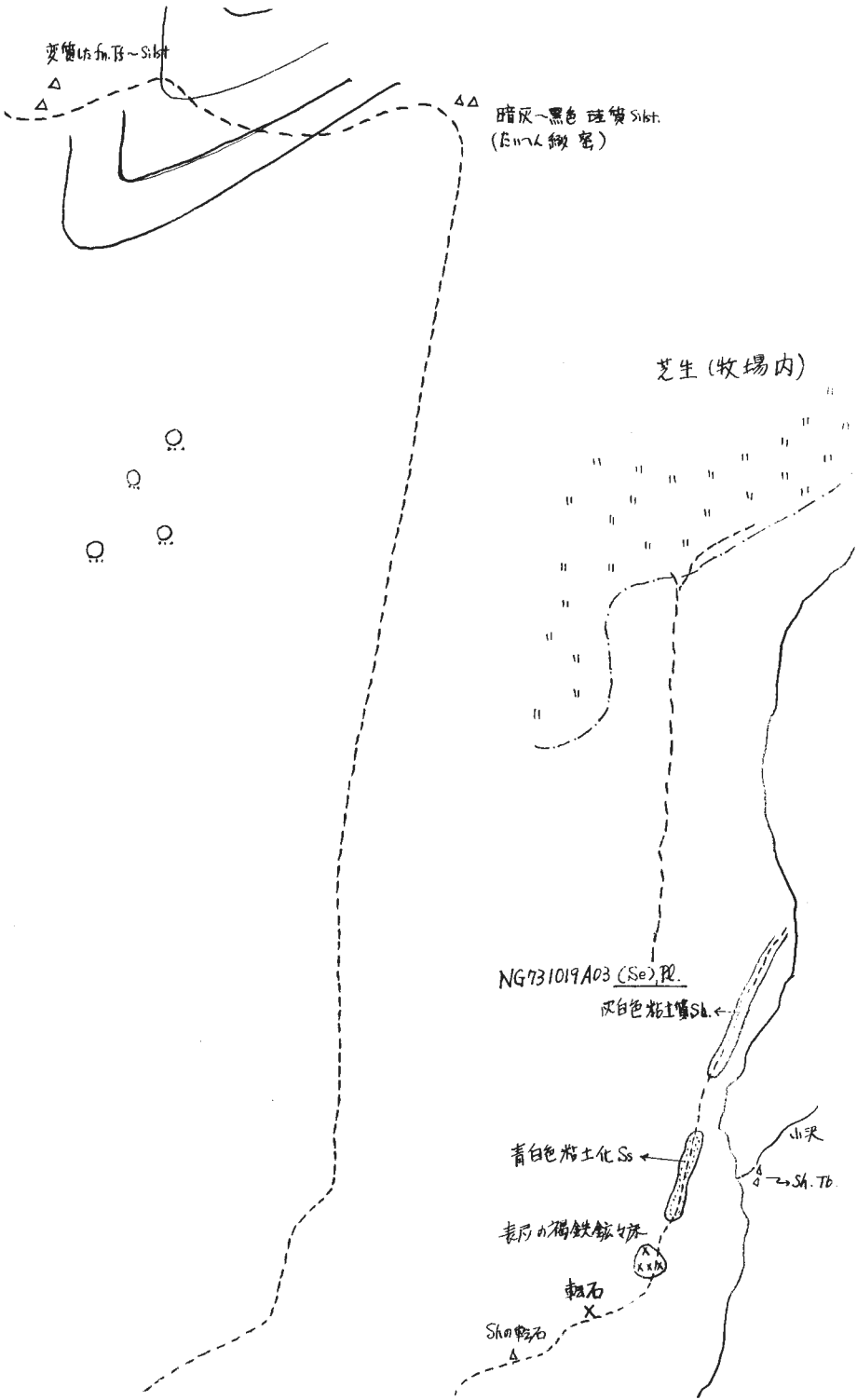
第 5-1 図 賽の河原付近変質帯見
 +印：白色粗粒状変質部 (主としてオパール化)。×印：帯白色細粒～粉末状変質部 (モンモ
 ◎：昇華硫黄丘 (長径, 短径, 高さ, 厚さcm)。S：硫黄の滲み出し・沈積。●：油徴。X-64
 その他は第 4 図に同じ。



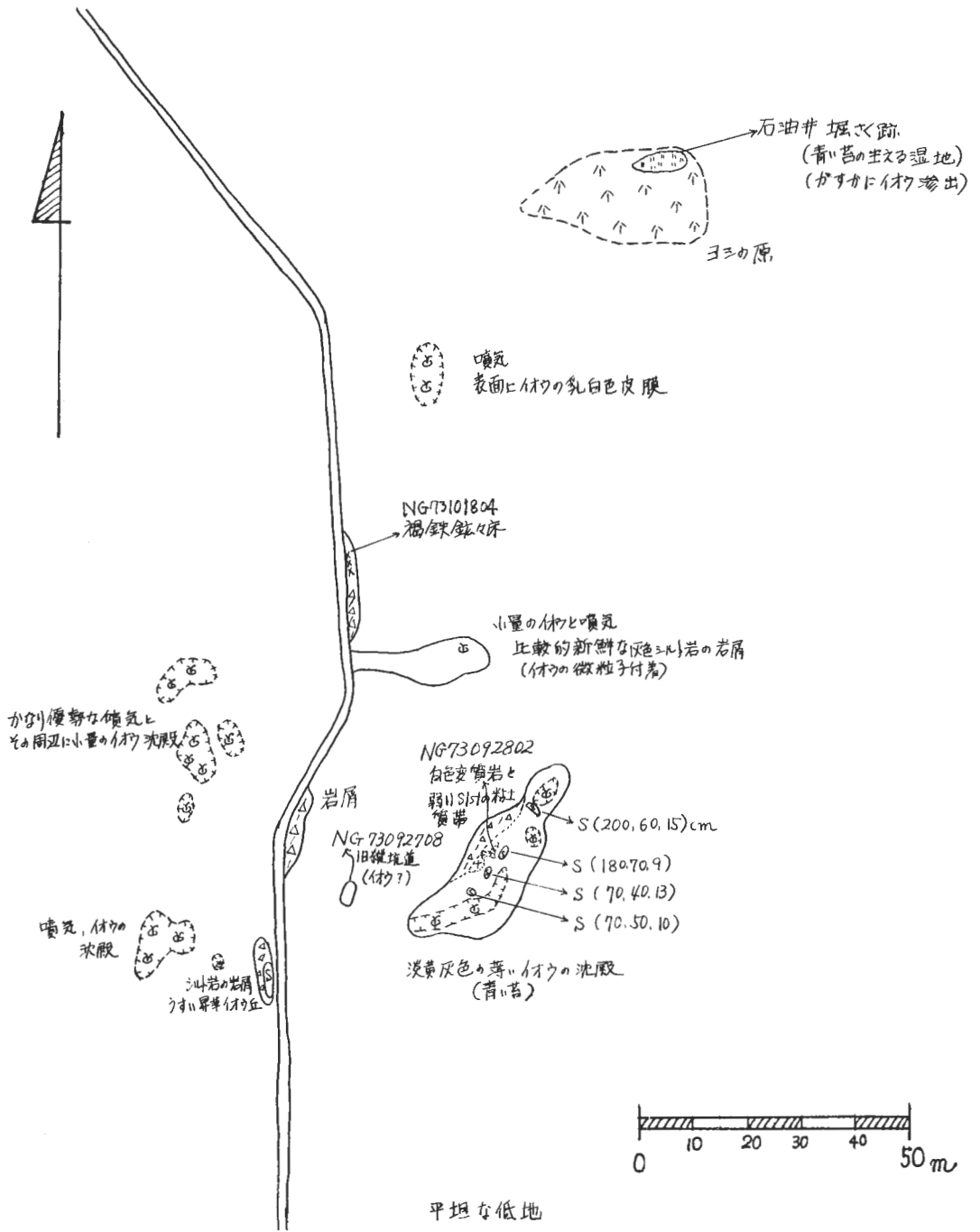
取図 (その1, 賽の河原下流部)
 リロナイトを含む。水平線ハッチ模様: くすんだ褐灰色変質部 (弱変質, しばしば粘土化)。
 : X線分析試料採取地点 (検出鉱物を付記)。NG 73101801: 地点番号。



第5-2図 賽の河原付近変質帯見



取図 (その2, 賽の河原上流部)



第5-3図 賽の河原付近変質帯見取図(その3, 賽の河原南方)

述のオパール帯や沸石帯がみられる。これらの変質岩を覆う堆積物についてもX線分析を行なった(X-14, X-15およびX-18)がモンモリロナイトとモンモリロナイト-セリサイト混合層粘土が検出されている。この堆積物は濁川盆地内段丘堆積物の一部であるが、新第三系の変質岩の碎屑性二次堆積物であるのでこれらの変質はそれが堆積した時代のものということとはできない。

② 神泉館西方の坊主山の沢の流域(第6-1図, 第6-2図, 第6-3図参照)には、小規模な変質帯が露出する。下流では α -クリストバライトとモンモリロナイトを主とし、上流部ではセリサイトが出現する。沢の中流から牧場に登る平坦地での小露头(X-28)の変質岩からは明ばん石、 α -クリストバライトおよび不定形シリカが検出された。明ばん石が発見されたのはこの場所のみである。孤立した小露头のため周辺との関係はわからないが、おそらく賽の河原におけるオパール帯の延長部と考えられる。なお、沢の最上流部の変質岩からはカオリナイトが検出されている。

③ 濁川本流沿いの変質帯(第7-1図, 第7-2図, 第7-3図, 第7-4図, 第7-5図, 第8図参照)は、賽の河原のそれとは若干様相が異なり、原岩はシルト岩～頁岩が少なく、凝灰岩質岩や安山岩熔岩である場合が多い。そして、昇華硫黄丘もほとんどみられず、石倉層や坊主山層に覆われている。

濁川と澄川の合流点から下流200mの道路沿いの崖の大きな変質帯を第12図に示した。ここでは下部の新第三系はほとんどが白色ないし濃灰色のオパール帯であり、X線回析では α -クリストバライトと不定形シリカが検出されている。化学分析試料 no. 6(火山礫凝灰岩の強変質岩)はこの露头の中央部から採ったもので、火山礫の組織を多少残しているものの、隠微晶質のシリカが一般的に形成されているのが肉眼的にもわかる。これら変質岩を覆う石倉層・坊主山層には全く変質が見られない。上記のオパール帯は道路沿いの露头で白色ないし黄灰色変質帯として追跡できるが(第13図, 第19図参照)局部的となり、ほとんどモンモリロナイトを主とした変質帯に移化する。

濁川本流沿いの兩岸の崖並びに支沢では岩石の焼けや褐鉄鉱の滲み出しが多いが、変質鉱物としては沸石を伴うモンモリロナイトが主である。ただ道路傍の釈迦如来像の上流30m付近の河岸の崖(X-41, X-42)では局部的にオパール帯がある。この崖には濁川沿いでは唯一の昇華硫黄丘が存在するし、水面から1～2mの部分でごく小さい油徴がある。

濁川道路沿い三号橋の100m下流の河岸には凝灰岩と火山角礫岩からなる大露头がある。この露头は全体が赤焼けしているが、局部的に白色変質部があり、不定形シリカが検出された。またこの露头の下部の黄鉄鉱の微粒子が付着している部分からは α -クリストバライト、この露头のすぐ傍の北にのびる支沢(X-46)からも同じ鉱物が検出された。小規模のオパール帯がこの部分にも存在している。

4.3 温泉沈殿物の産状

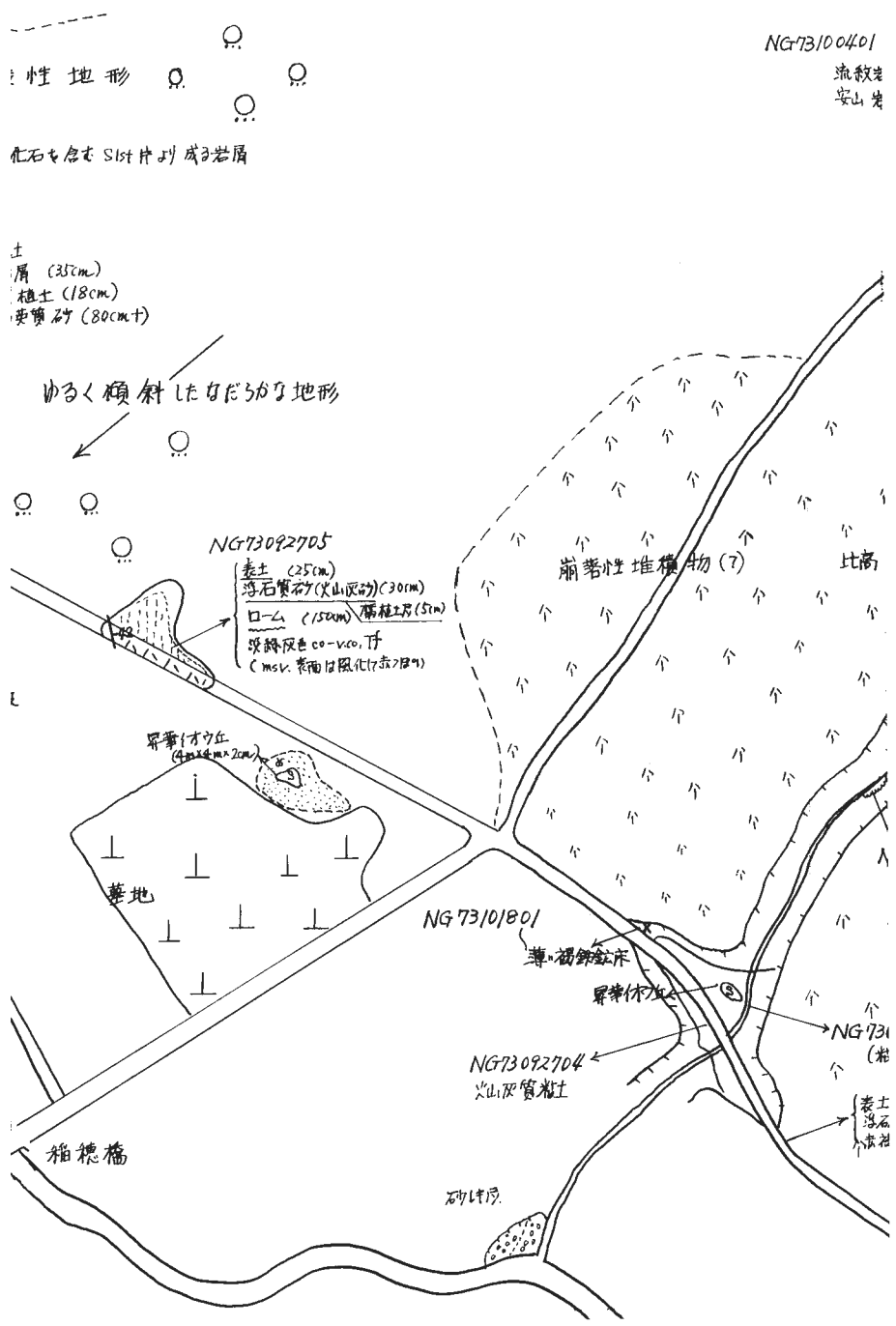
本地域内で確認された温泉沈殿物は石灰華、褐鉄鉱および硫黄である。

4.3.1 石灰華

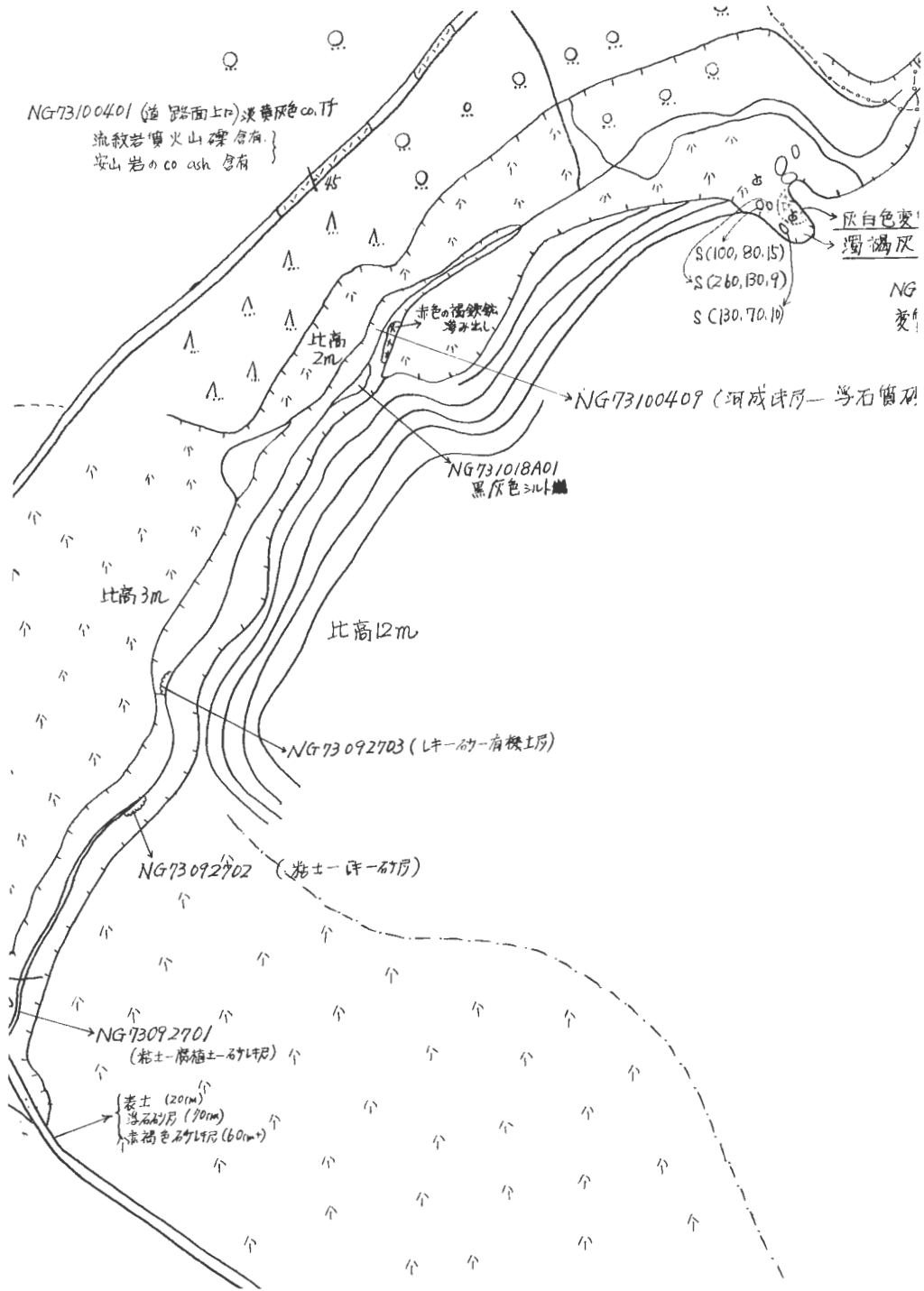
石灰華は上述の変質帯とは無関係に、濁川盆地西端の三岱への道路から入った砂防ダムの沢の上流にある。その分布を第14図に示した。また、詳しい露头記載図を第21-1図, 第21-2図, 第21-3図, 第21-4図に、柱状図は第15図に示した。この石灰華は非常に多孔質で、一般的に桃色がかった淡灰色を呈する。多数の木片や草茎を膠結しているが、C-14 試料として採取できた炭化木片はごくわずかの量であった。これらは含水炭酸カルシウムと炭酸ガスに富んだ温泉が地表で湧出して、炭酸カルシウムを沈殿する際にとりこまれたものと思われる。第14図, 第15図の柱状 no. 1の地点では基盤を形成する緑灰色凝灰質中粗砂岩の亀裂に沿って石灰質細脈が入りこんでおり、その上位2～3mは凝灰岩中に、鉢状あるいはフィルム状の石灰質部が形成され、さらにその上位に上述の純粋な石灰華が形成されている。この柱状 no. 1の地点においても柱状 no. 2の転石の所と同じように石灰華自体が少し移動しており、その原堆積地点はさらに上流に求められる。第21-1図に示すように、柱状 no. 1の上流をトレンチして、 $b_1 \sim b_6$ に示すような柱状を得た。しかし、 b_1 地点でしか石灰華は発見できず、その原位置は不明である。



第6-1図 賽の河原・開運橋間変質帯



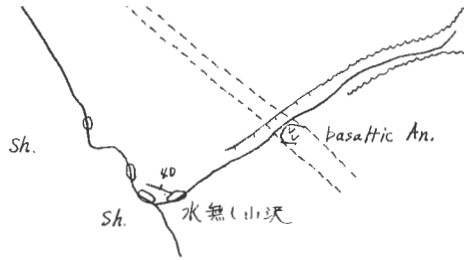
見取図 (その1, 坊主山の沢下流部)



第6-2図 賽の河原・開運橋間変質帯



水無川
小沢



岩 (オパール帯と黒巾石) (Mo)(aC) S, Qz
帯 (粘土質) (aC) Qz

100408

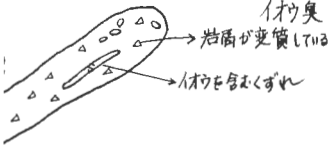
した岩屑、昇華体や丘と小沢の噴気



NG73100411

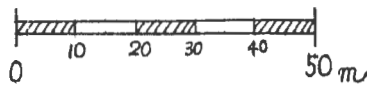
(桃白色~濃灰色変質岩より成る岩屑)

イナウ臭と小沢の噴気あり。NG73100408と同じ性質の変質
と考えられる)

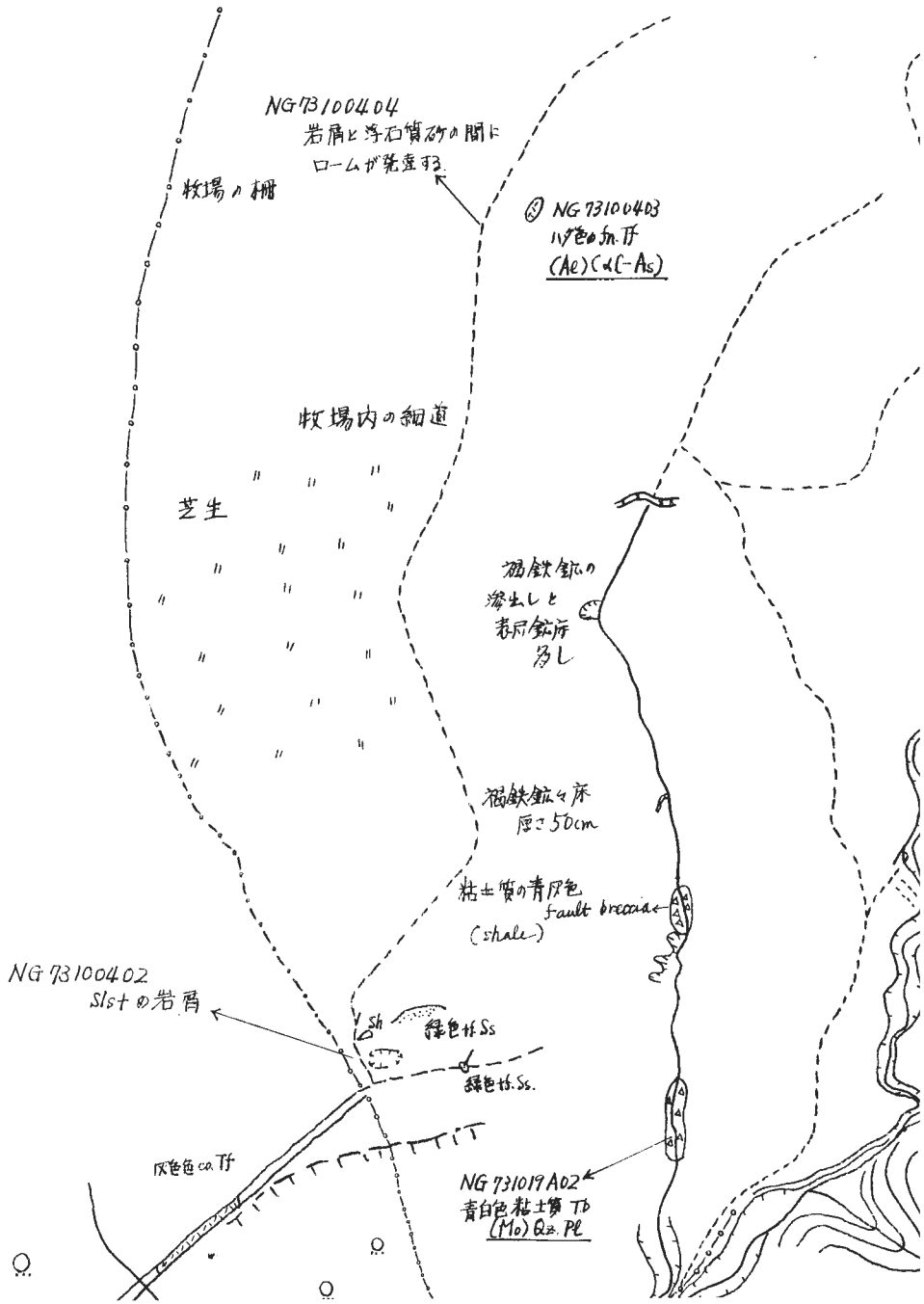


NG73100410

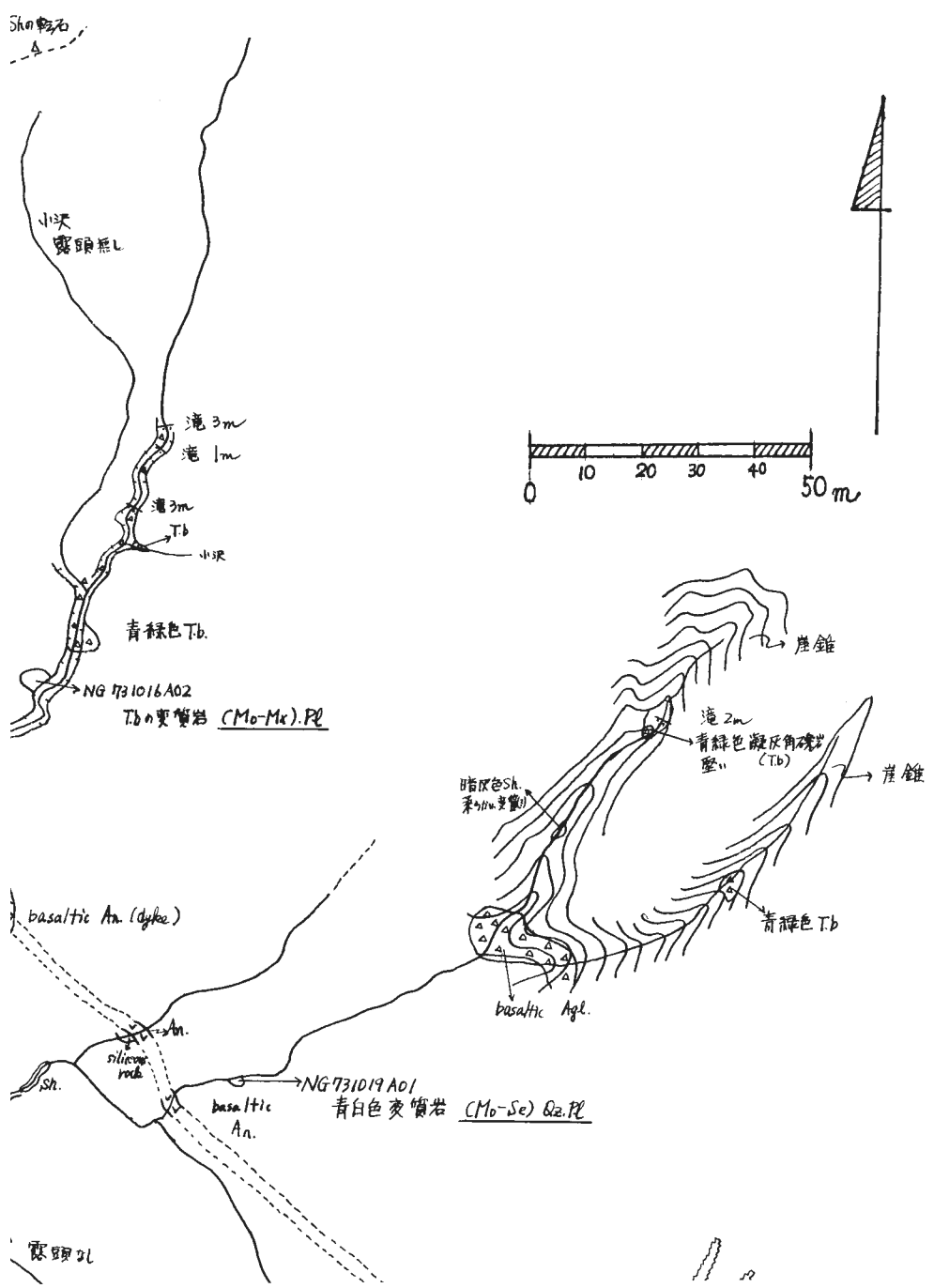
小規模のくずれの変質帯
割合 pure なイナウ丘。



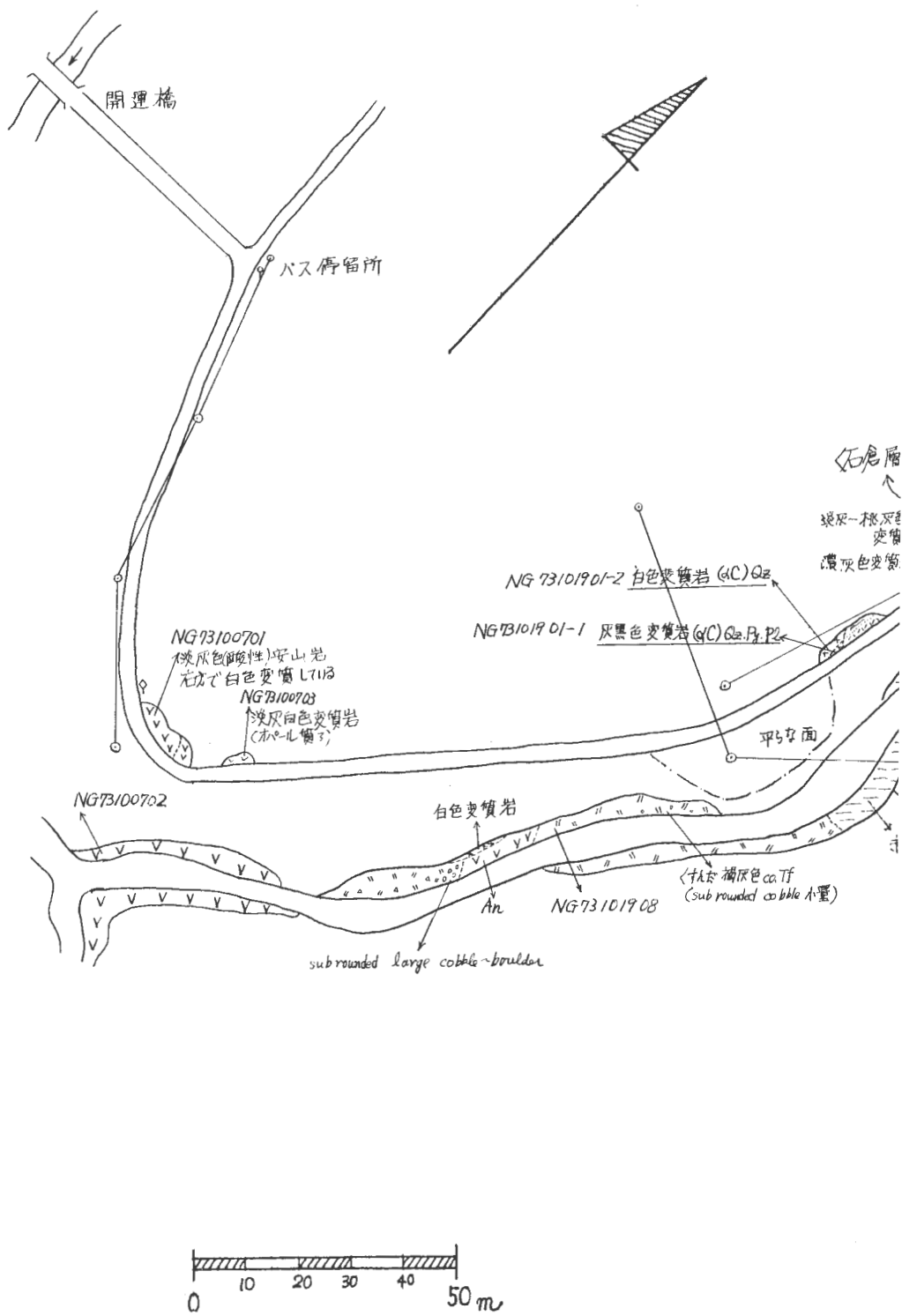
見取図 (その2, 坊主山の沢中流部)



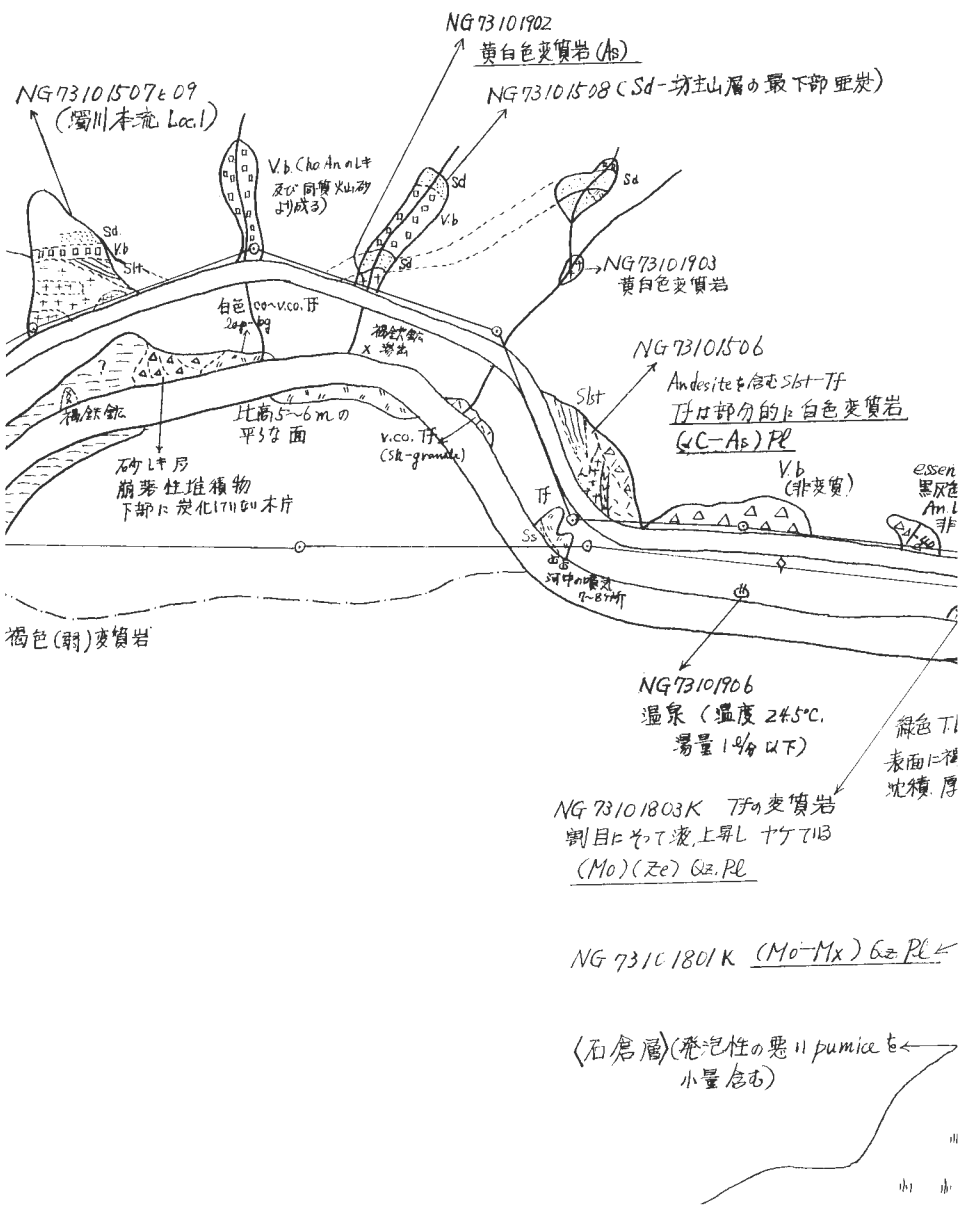
第6-3図 賽の河原・開運橋間変質帯



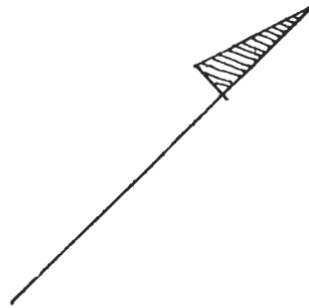
見取図 (その3, 坊主山の沢上流部)



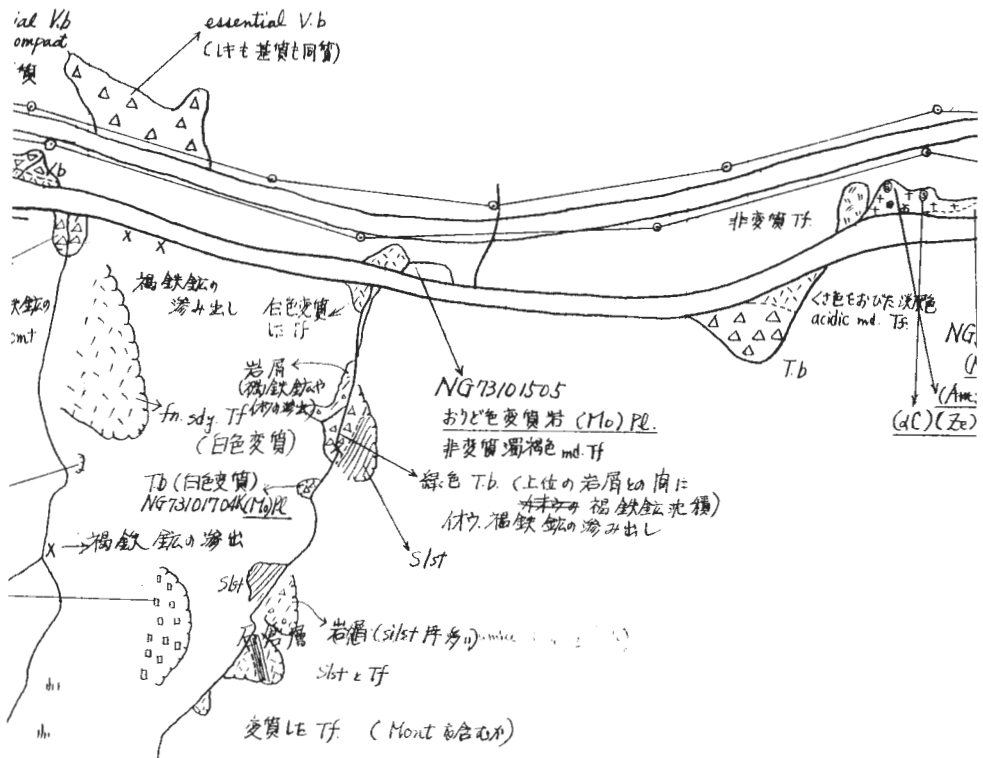
第7-1図 開運橋・濁川一号橋間変



質帯見取図 (その1, 開運橋下流)

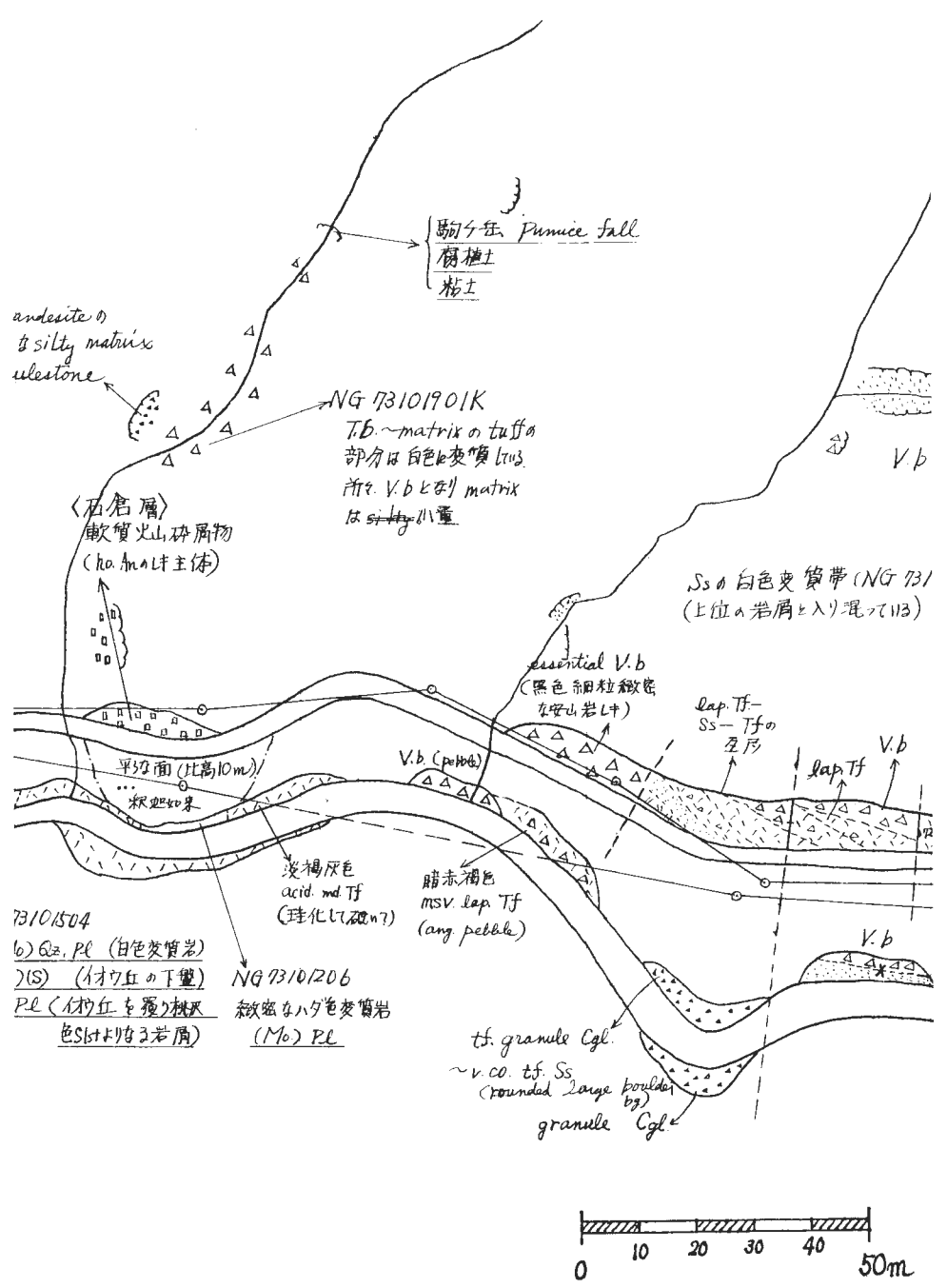


石層の下位層
shale, tuff.
granule-ric.
多量 → gra



5K
m<1> 緑片 Tf

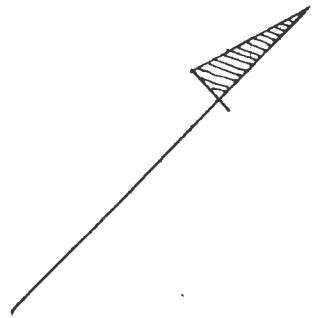
第 7-2 図 開運橋・濁川一号



橋間変質帯見取図 (その2)



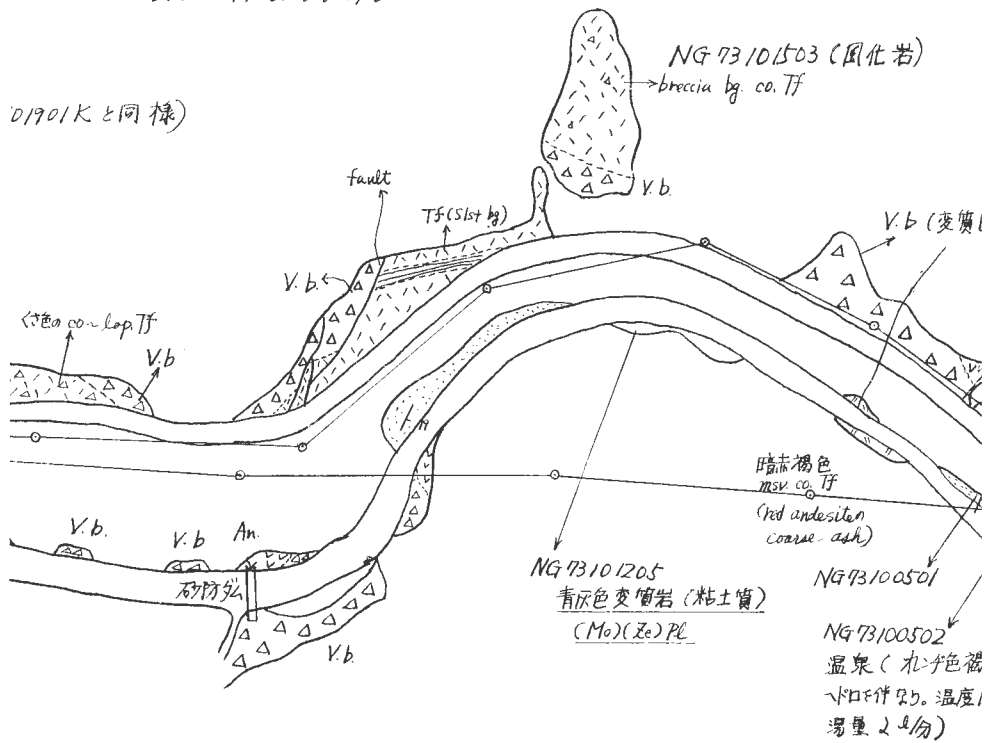
T. b.
breccia は fresh
matrix や 割れ目の部分
が 少しだけ 白色を呈していたりする



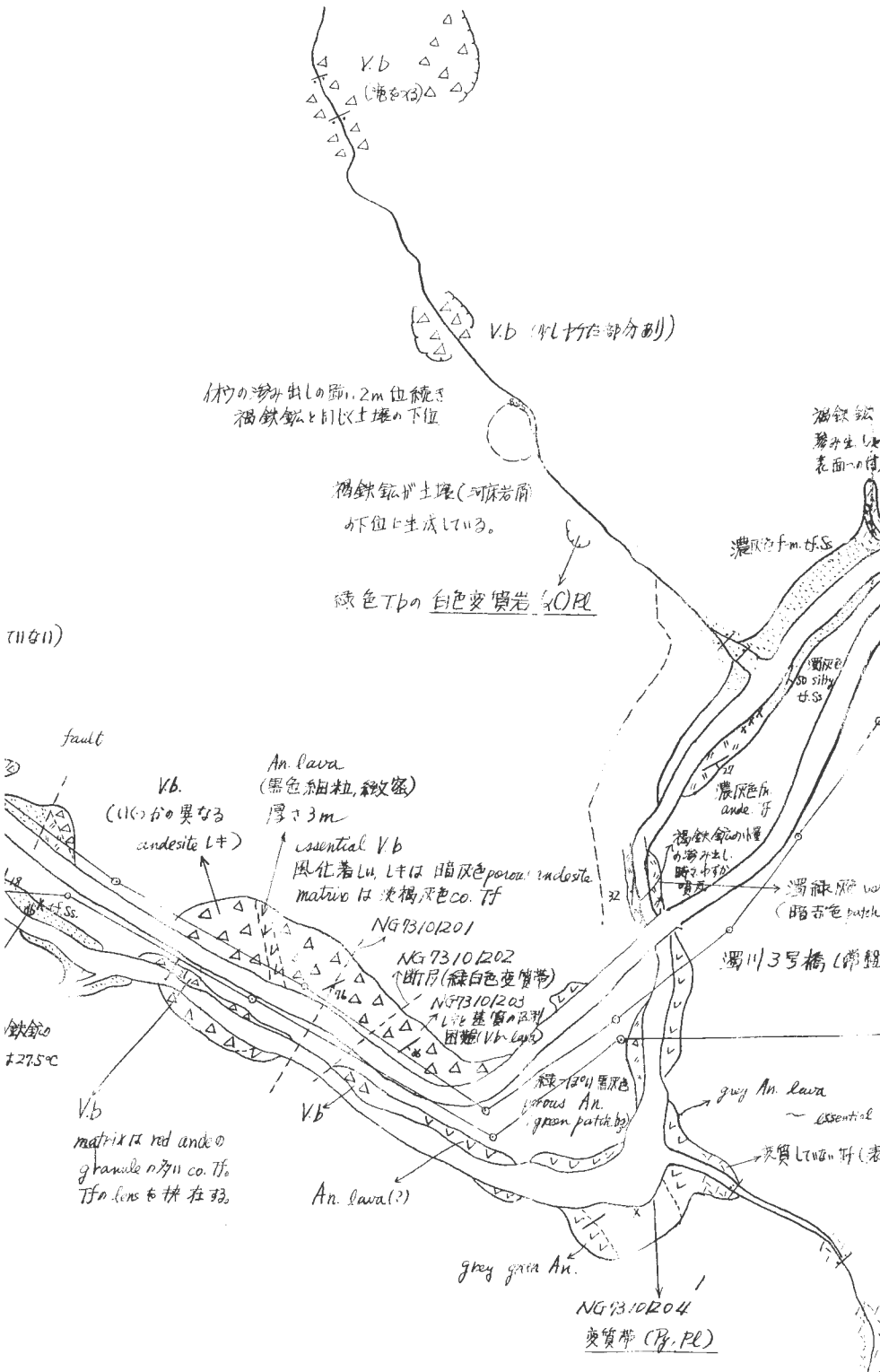
緑青色 cf. Ss
表面は多少変質して白色を呈する。

中の andesite は 赤や 緑のものが多し

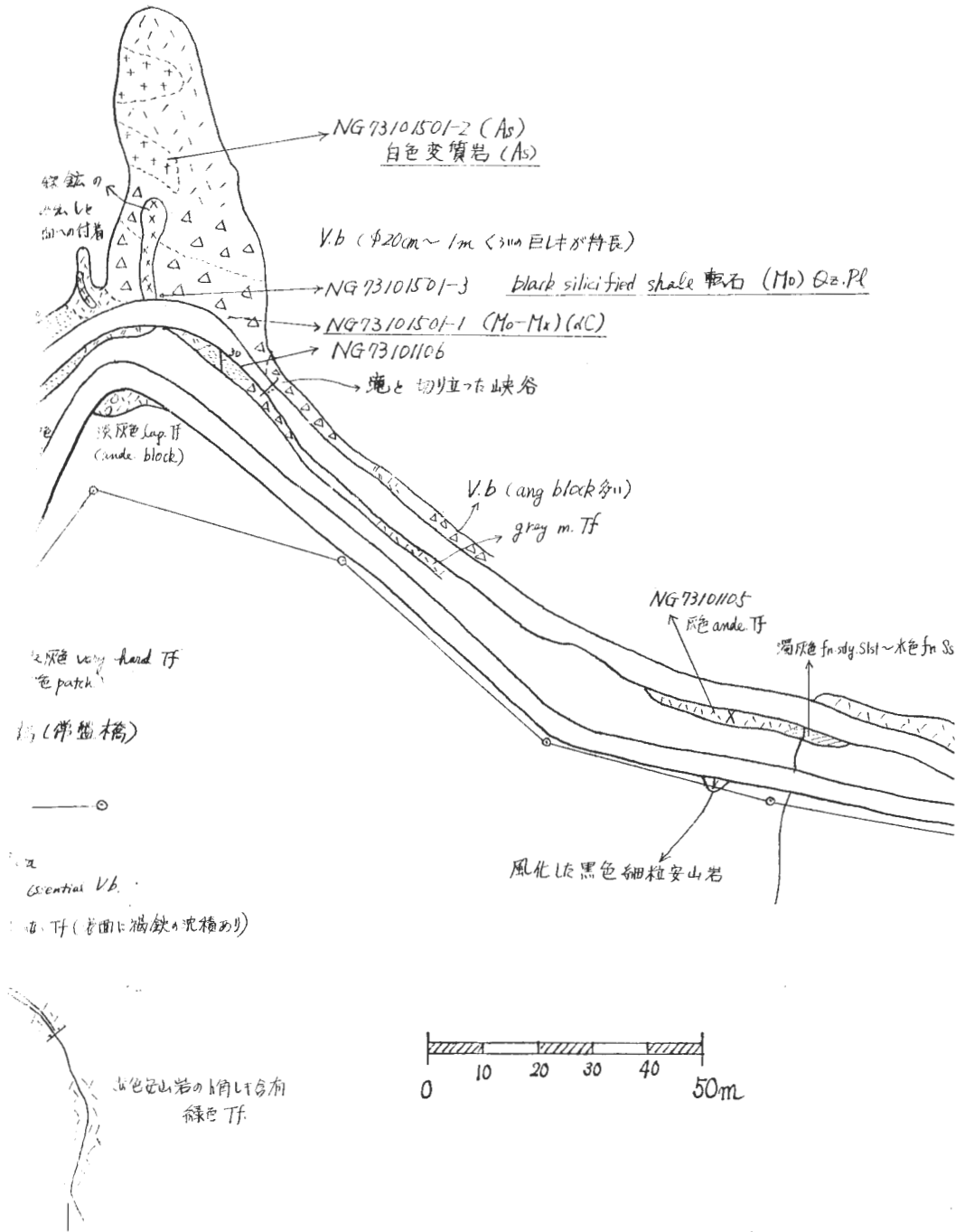
01901K と同様)



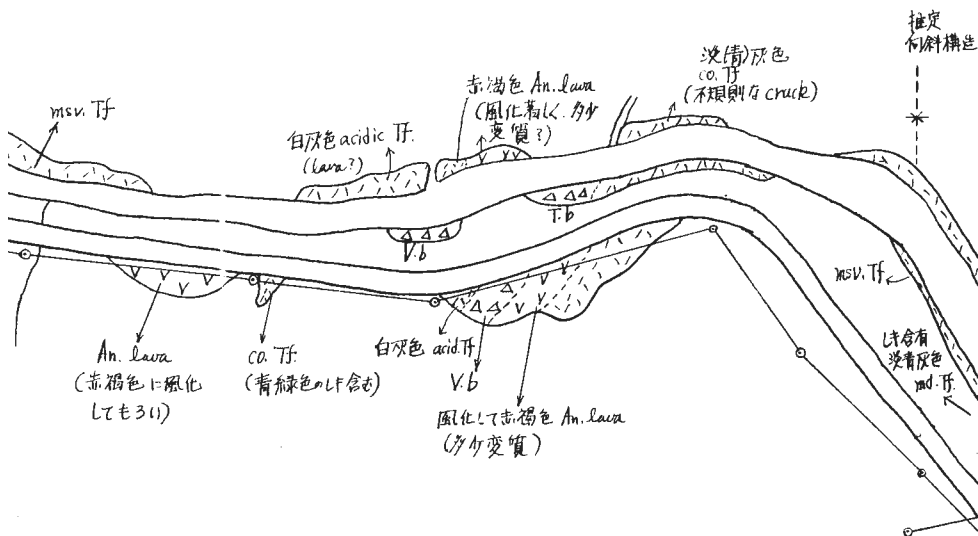
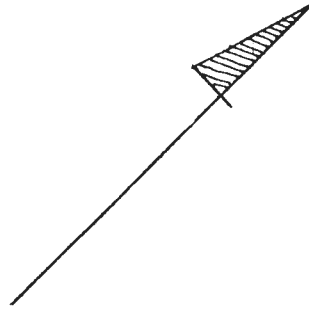
第 7-3 図 開運橋・濁川一号橋間変質



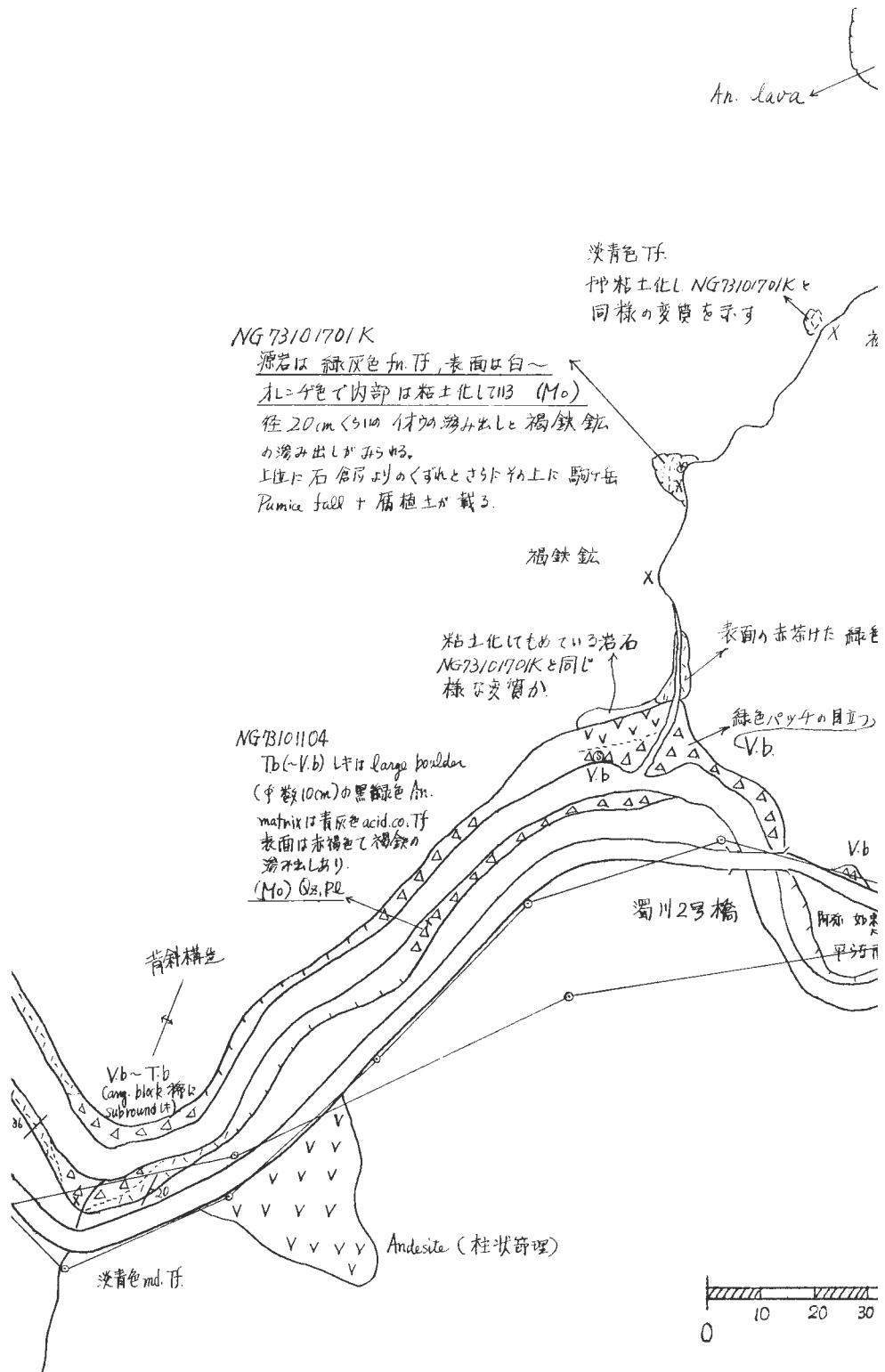
帯見取図 (その 3, 濁川三号橋上流)



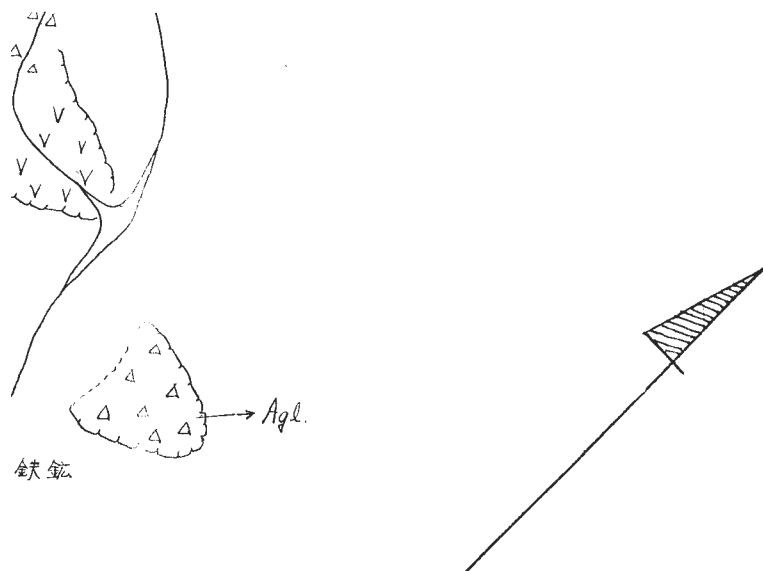
第7-4図 開運橋・濁川一号橋間変質



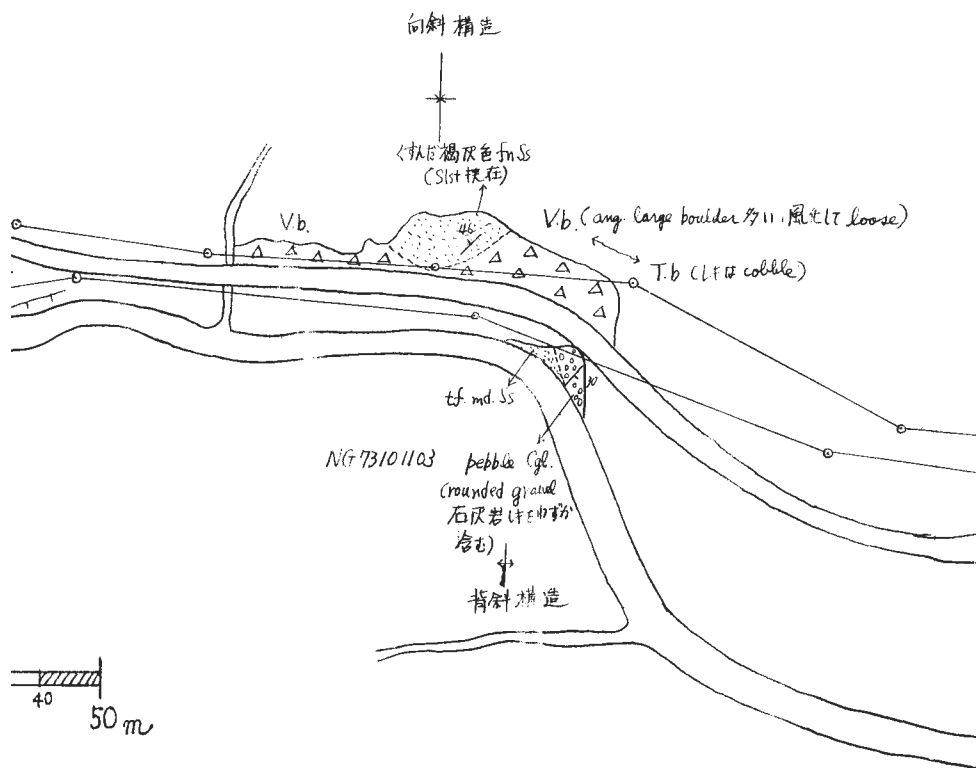
帯見取図 (その4, 濁川三号橋下流)



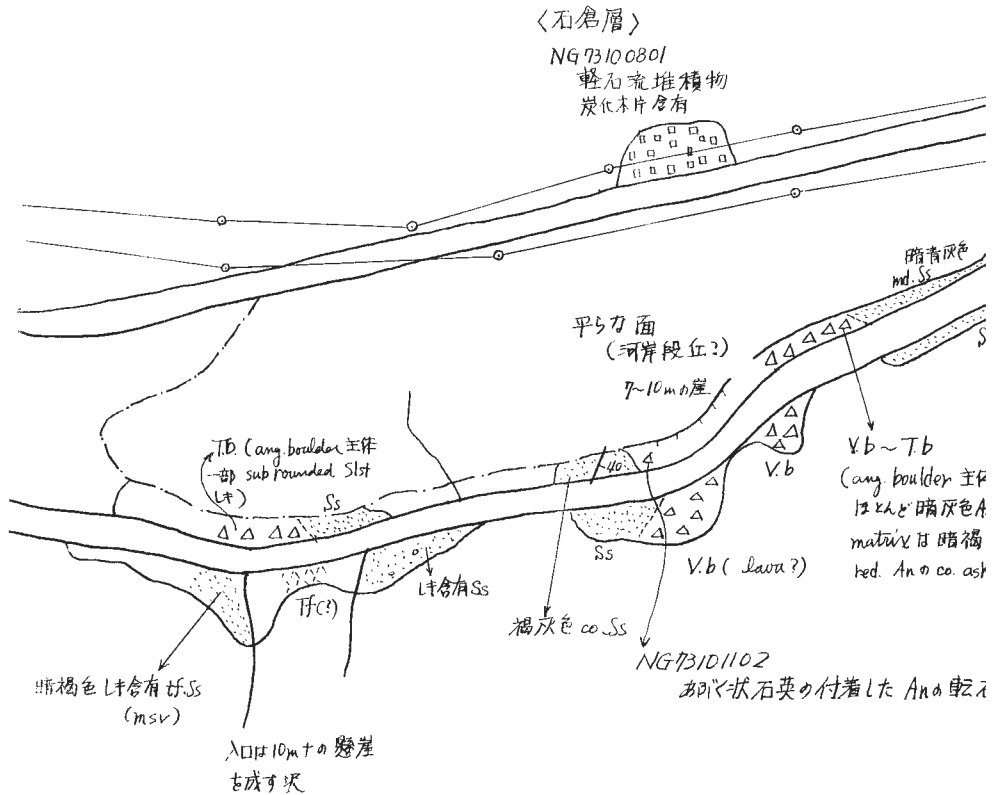
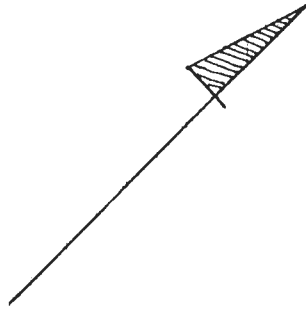
第7-5図 開運橋・濁川一号橋間変質



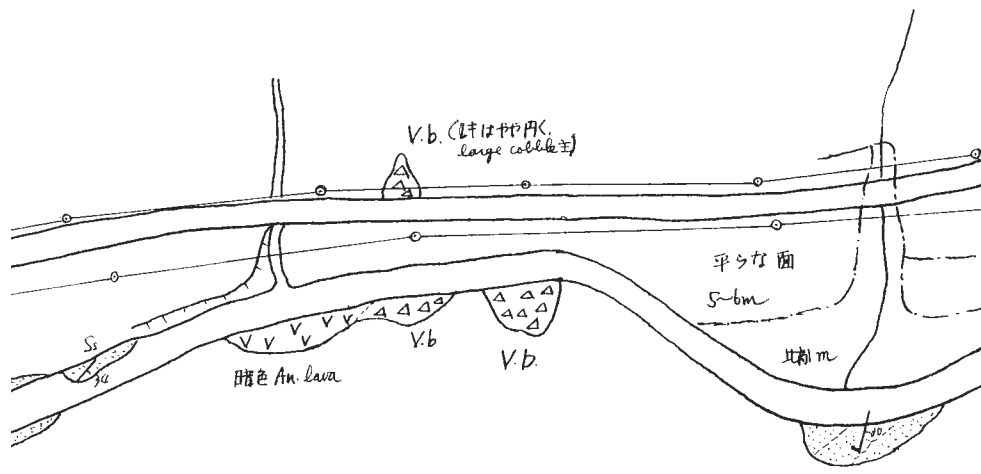
tf.



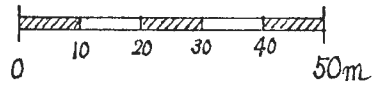
帯見取図 (その5, 濁川二号橋付近)



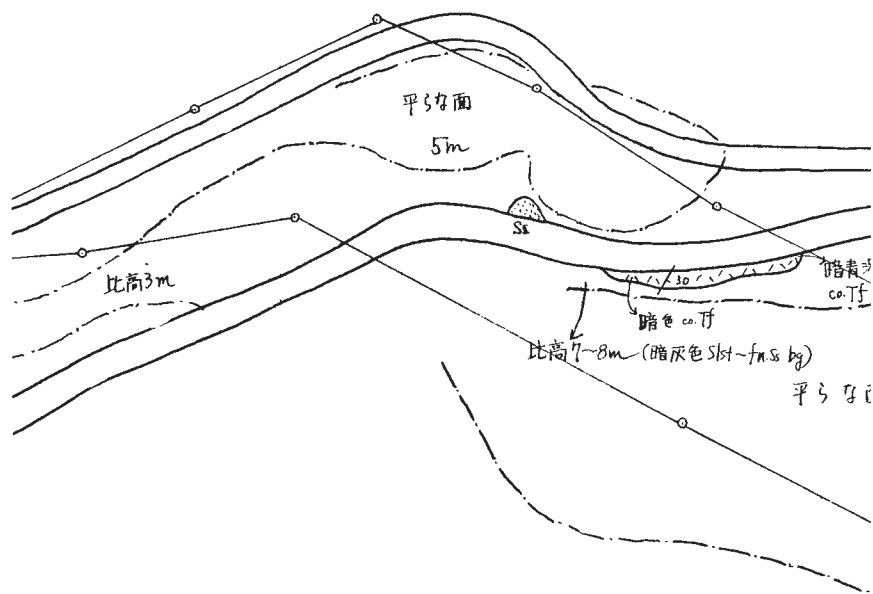
第7-6図 開運橋・濁川一号



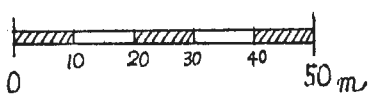
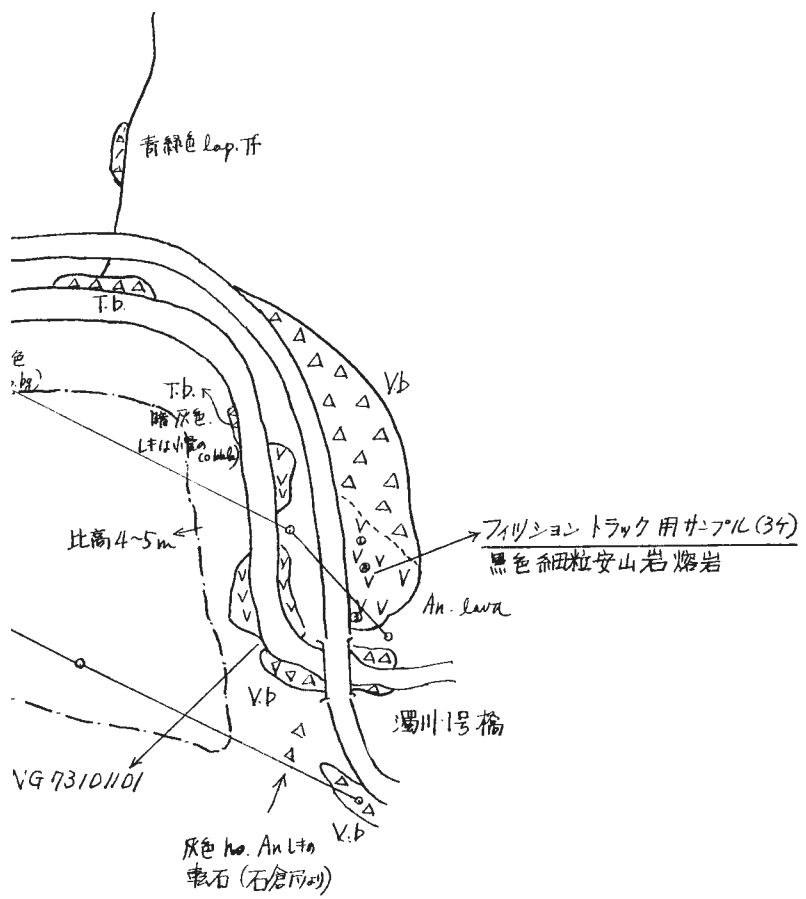
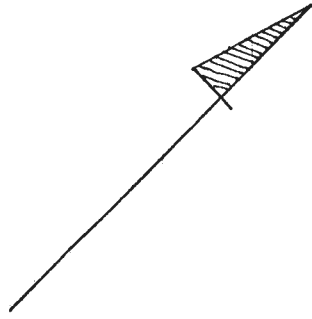
中のみ、
so. 互
目立



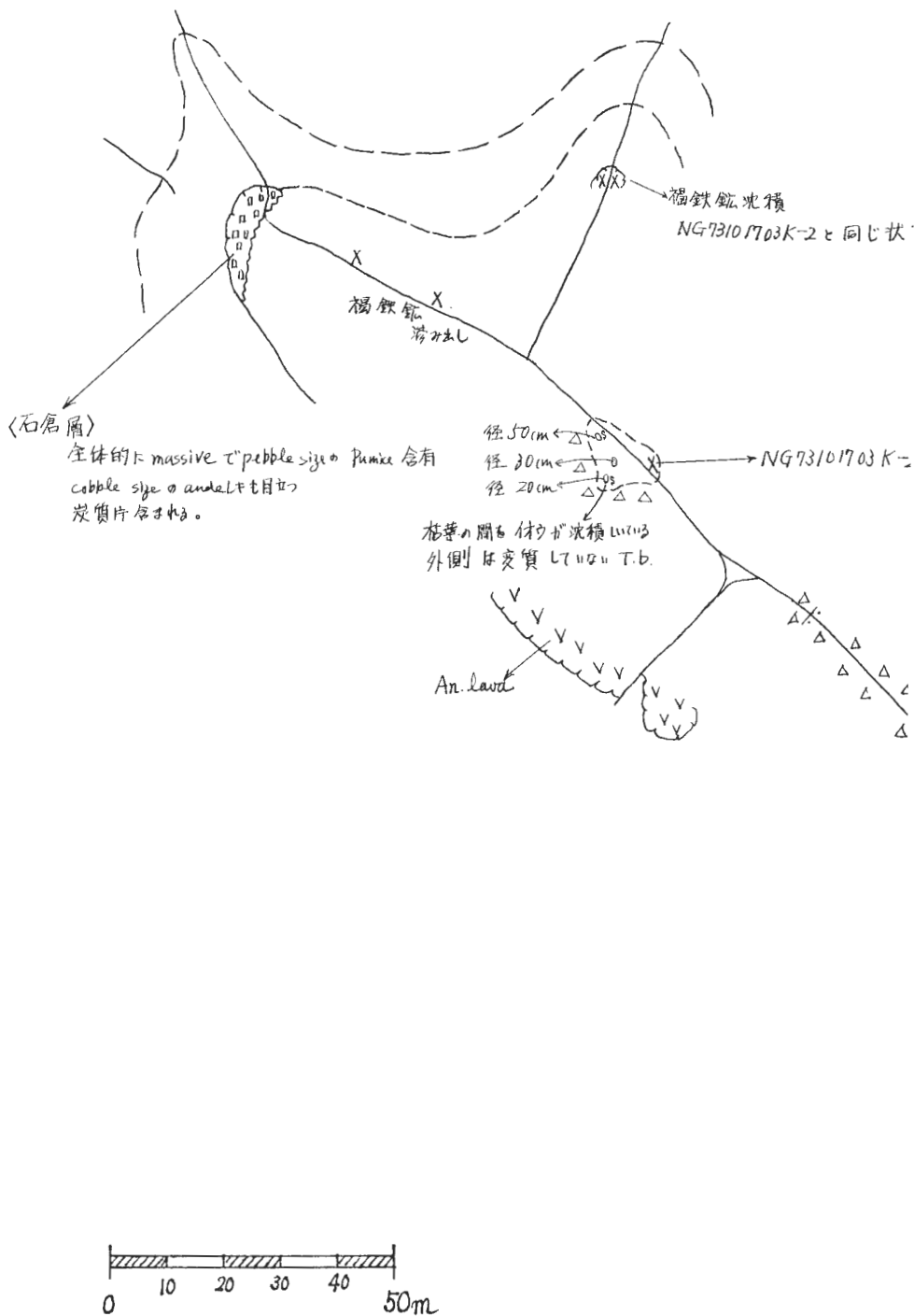
橋間変質帯見取図 (その6)



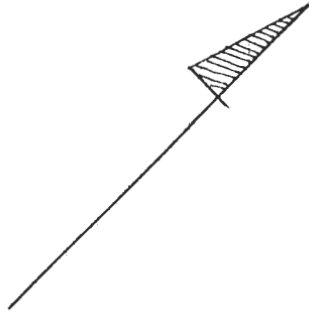
第7-7図 開運橋・濁川一号橋間変質



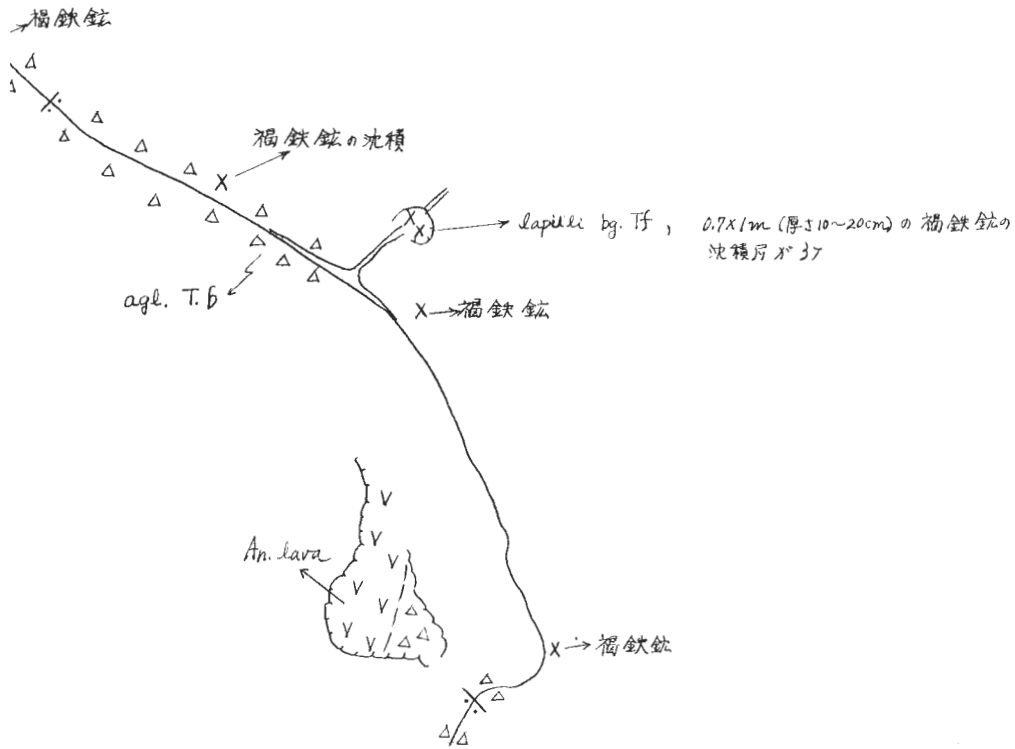
帯見取図 (その7, 濁川一号橋上流)



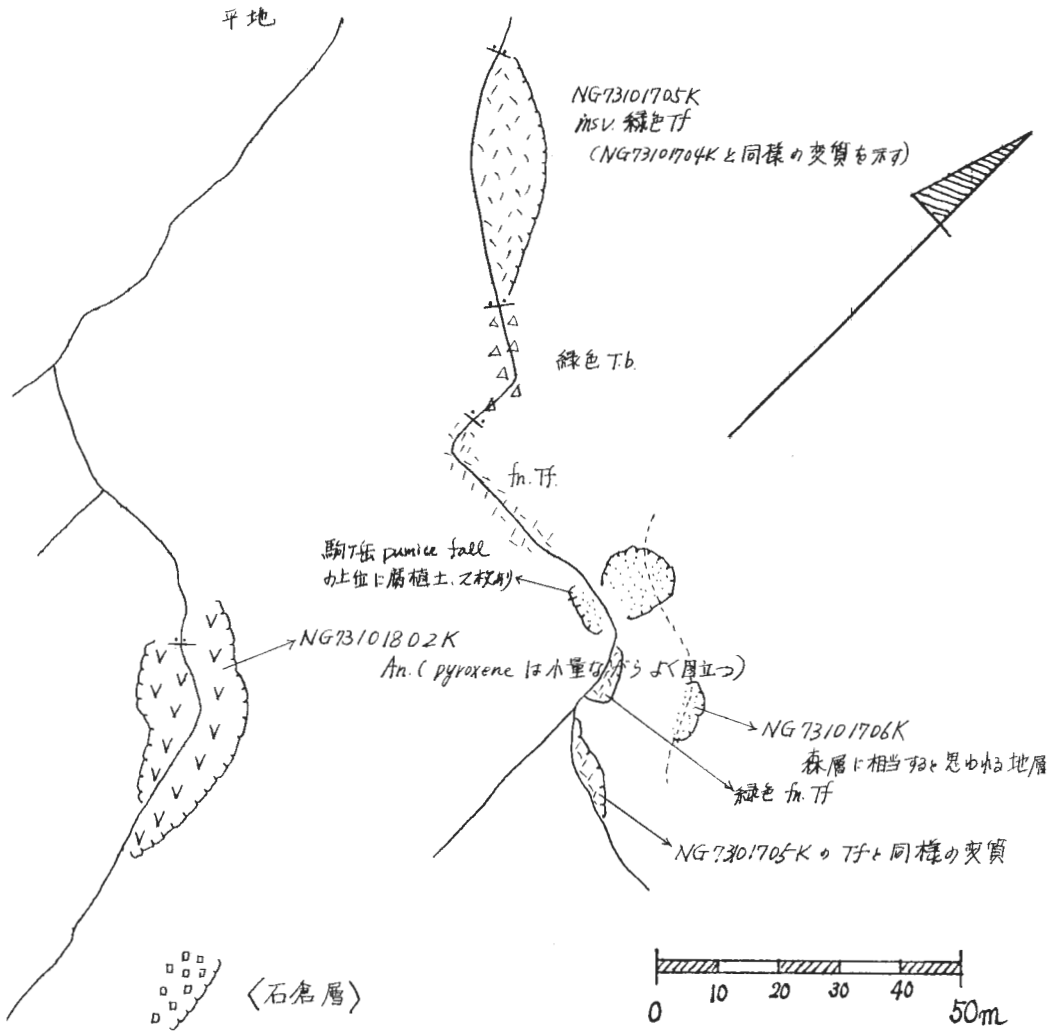
第 8-1 図 濁川支流変質帯見取図



現河床
20cmの褐鉄鉱の床 (Ssを膠結)
T.b.



(その1, 第7-5図の北側)



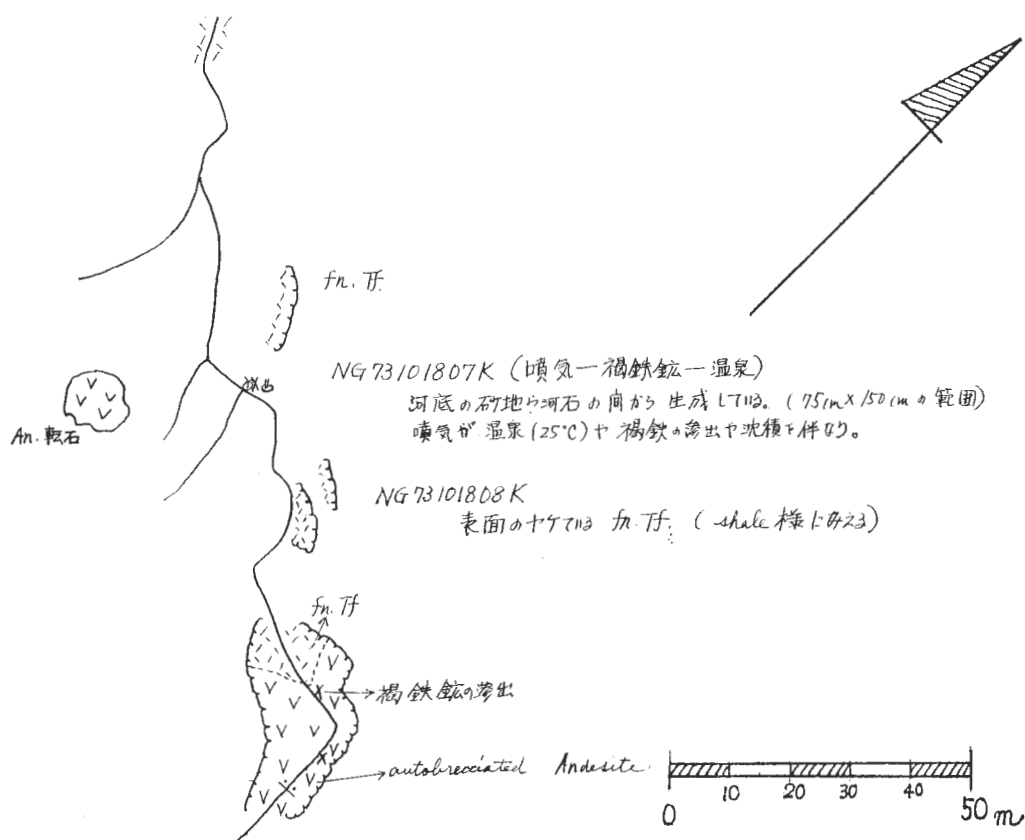
第8-2図 濁川支流変質帯見取図 (その2, 第7-2図の南側)

この石灰華は転石である可能性が多いため、はっきりした埋蔵量や層準は把握できないが、駒ヶ岳火山噴出物 (KO-d₂) の下位の土壌化した岩屑中にあるので、少なくとも駒ヶ岳火山噴出物 (KO-d₂) 堆積以前には形成されたことは推測できる。

この石灰華の分布地域の標高は、現在の濁川盆地平坦面に比して 100 m 高い位置にあり、当時の温泉活動が盆地内のみならず山地にまでおよんでいたのか、あるいは盆地平坦面がより高かったのかは今のところ明らかでない。この周辺を通る断層は未だ確認されていないが、濁川盆地を北半部と南半部にわけていと考えられる E-W 性の推定断層 (八雲町上の湯の方向に続く?) の延長上にこの石灰華は分布しており、地形的にも盆地の形をくずすような突出部に位置しているので、石灰華を形成する温泉活動に構造的な要素を加味することは許されるかもしれない。現在の温泉水の調査によると E-W 性の方向をもつ温泉群が濁川盆地内で存在するものと思われる。

4.3.2 褐鉄鉱

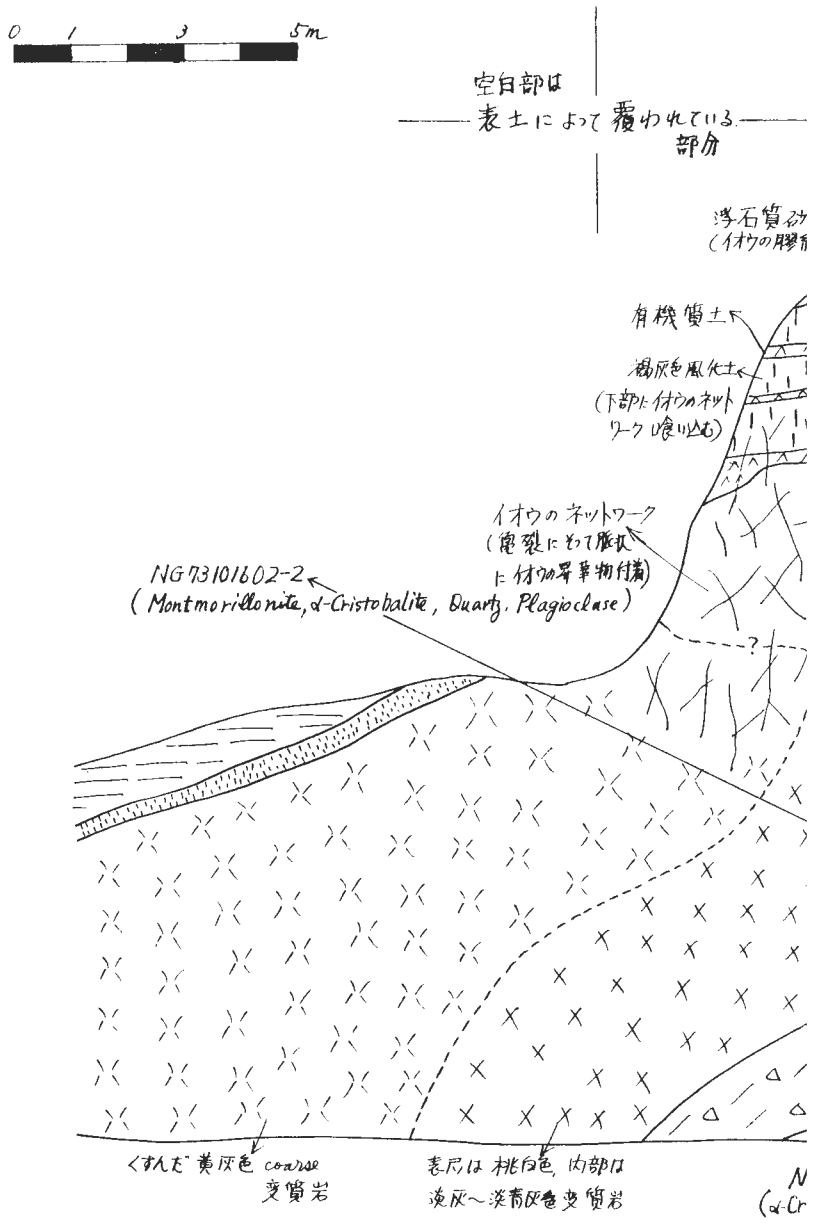
今回の調査によって神泉館から賽の河原へ向かう道路沿いの 3 カ所と坊主山の南西斜面に褐鉄鉱床が



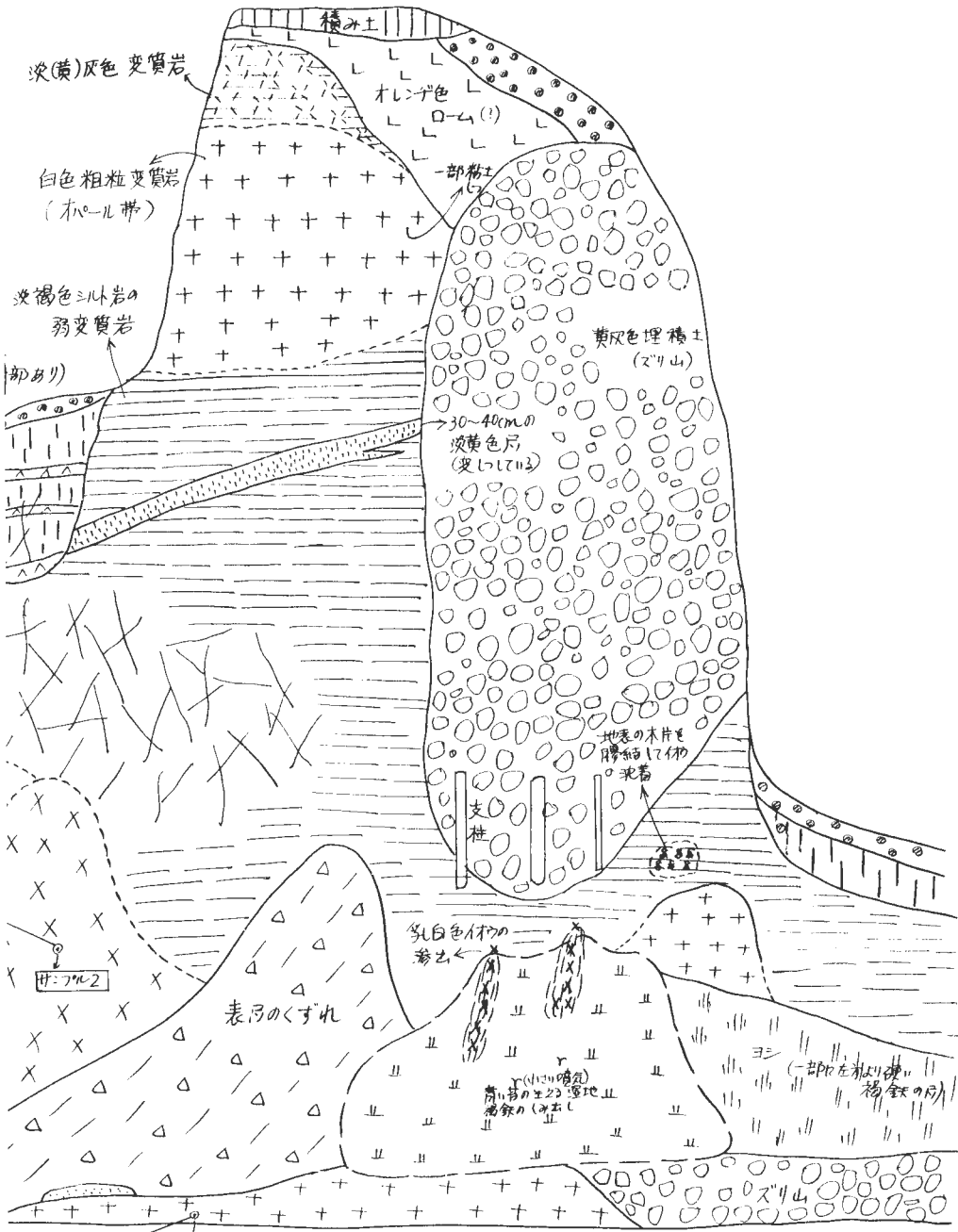
第8-3図 濁川支流変質帯見取図(その3, 第7-4図および第7-5図の南側)

確認された。ここでは、第16-1図、第16-2図および第20図に示した3カ所の褐鉄鉱床について述べる。

- ① NG7310180 (第6-2図および第16-1図参照)の褐鉄鉱は神泉館西方約200mの坊主山の沢の入口附近に位置し、暗赤褐色のやや純粋なものとレンガ色の不純なものから残っている。埋蔵量は5m³位と推定できるが明瞭ではない。この鉱床は駒が岳火山噴出物(KO-d₂)の下位にあって、この噴出物を鉱染していない。一部ではこの鉱床と駒が岳火山噴出物との間に腐植土層を狭在している。この腐植土(NG73112304)をC-14測年用試料として採取した。
- ② NG73101802(第6-2図および第20図参照)の褐鉄鉱は火葬場と濁川との間の開田した部分で発見されたが、暗赤褐色で鉄分に富み比重も大きい鉱床である。厚さは平均20cm位であるが、平面的な分布がわからないので埋蔵量は把握できない。鉱床は粗粒の軽石砂の粒間に沈積したもので、詳しくみると赤褐色の鉄分に富んだ部分とオレンジ色の不純な部分が区別できる。層位的な位置は、駒が岳火山噴出物と思われる軽石層が2枚あるので、正確なことは言えない。周辺では軽石層が2枚ある例はほとんどないので、おそらく上位の軽石層が二次堆積物で下位のそれがKO-d₂とすればKO-d₂堆積以後の褐鉄鉱といえるだろう。坊主山の南西斜面の褐鉄鉱床もKO-d₂の上位に存在する。
- ③ NG73101804(第5-2図および第16-2図参照)の褐鉄鉱床は火葬場の北方150mの道路ぎわの崖にあり、埋蔵量は約40m³である。①の褐鉄鉱に似て土状であり、層位的位置も①の褐鉄鉱と同じである。ただ、この鉱床の下位の岩相は濁川盆地内段丘堆積物に属する砂礫岩と思われるので、少なくとも石倉層堆積後、おそらく、濁川盆地内段丘堆積中かその後、駒が岳火山噴出物(KO-d₂)堆積前ということがわかる。



第9図 濁川盆地，賽の河原



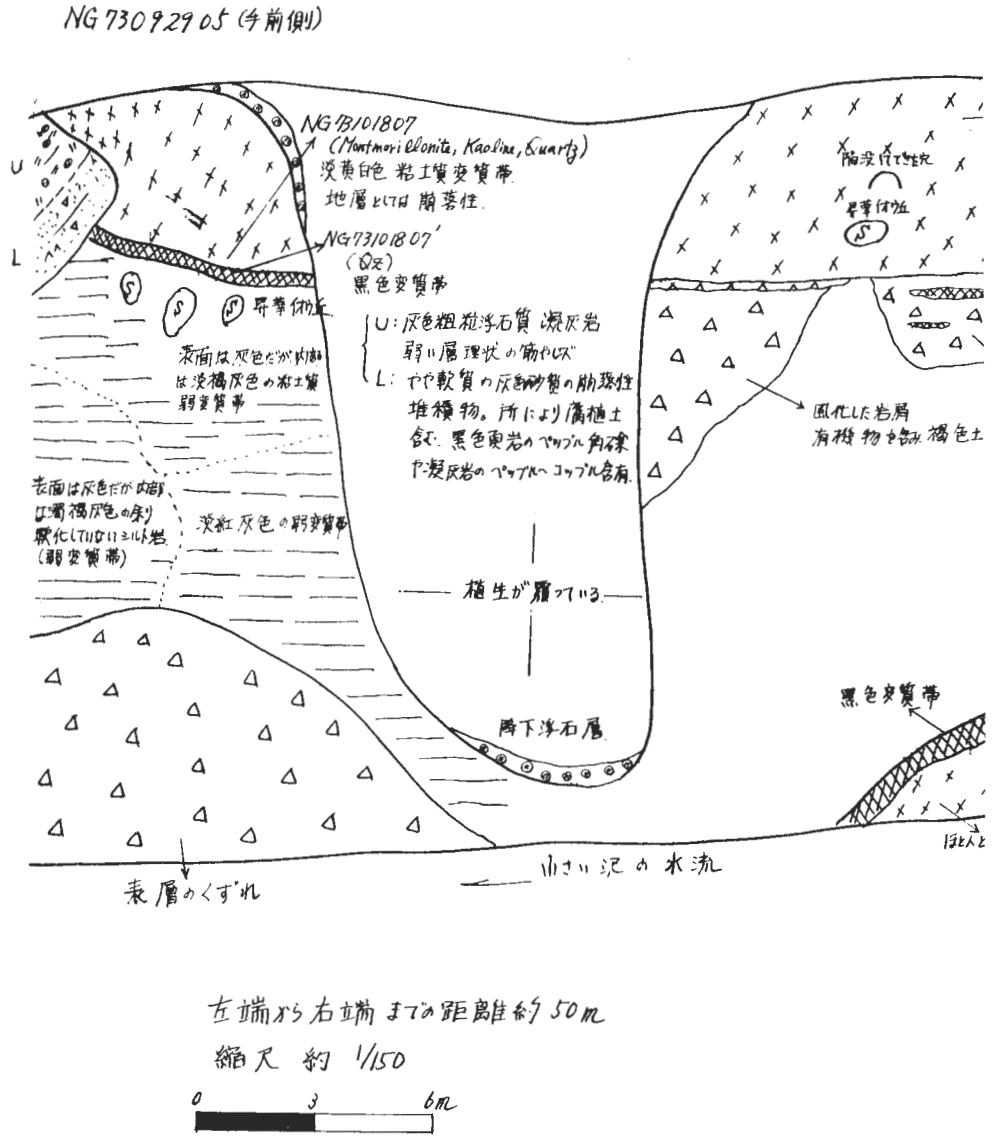
G 73101602-1-サ=70L1 白色粗粒変質帯 (オパール帯)
 istobalite, Amorphous-silica, Quartz (内部は濃灰色)

西端部 (NG73101602) における変質帯模式露頭

4.3.3 硫黄

本地域には水溶液の形で湧出し沈殿する本来の意味での温泉沈殿物である硫黄鉱と、硫黄孔口で昇華する噴気性の昇華硫黄鉱との2つがある。後者の方がよりその鉱量が大きく、かつ現象としても目ざましいものである。しかし、両者は互いに関連している場合が多いと考えられるので、噴気作用による昇華硫黄についてもこの項でのべることにする。

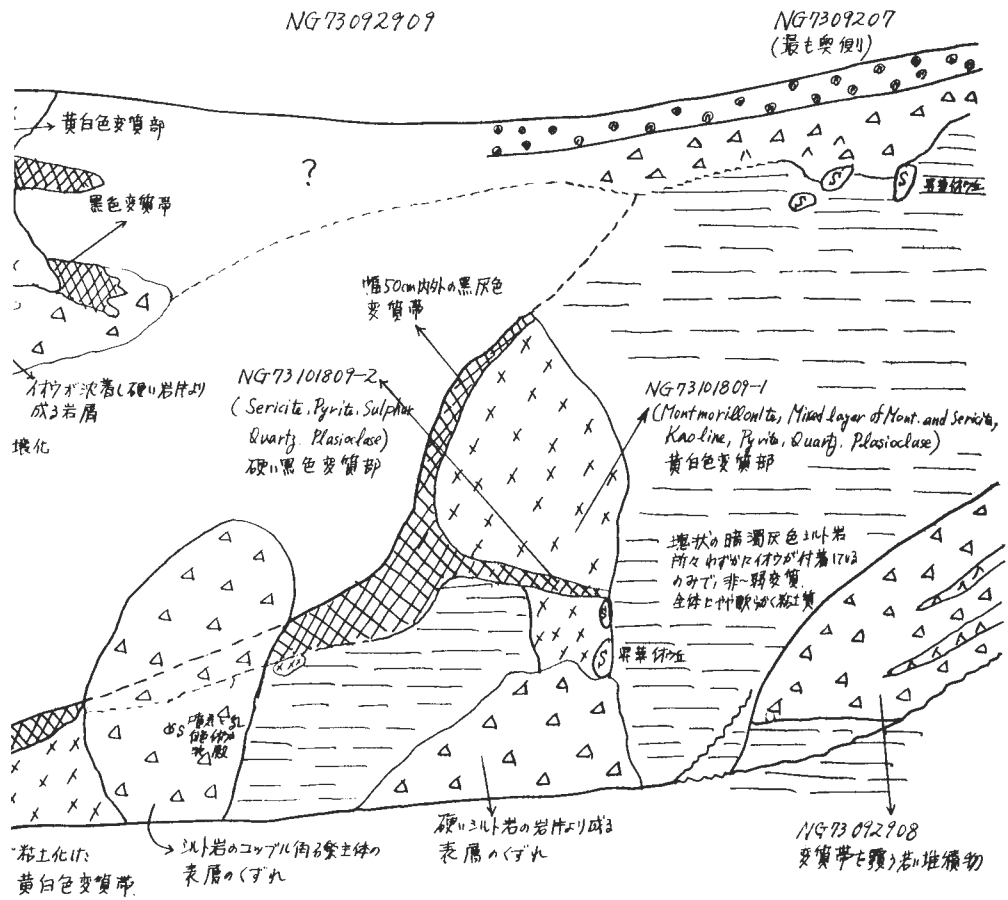
昇華硫黄鉱はほとんどが地表か表層で形成されるので、生成時に硫黄孔を中心に丘状に盛上った鉱体は、硫黄活動後崩壊し、溶解や酸化等によって破壊されていく。したがって現在地表において硫黄丘が保たれているという事は、現在をも含めてかなり若い時代にその硫黄丘をつくる硫黄活動があったと言



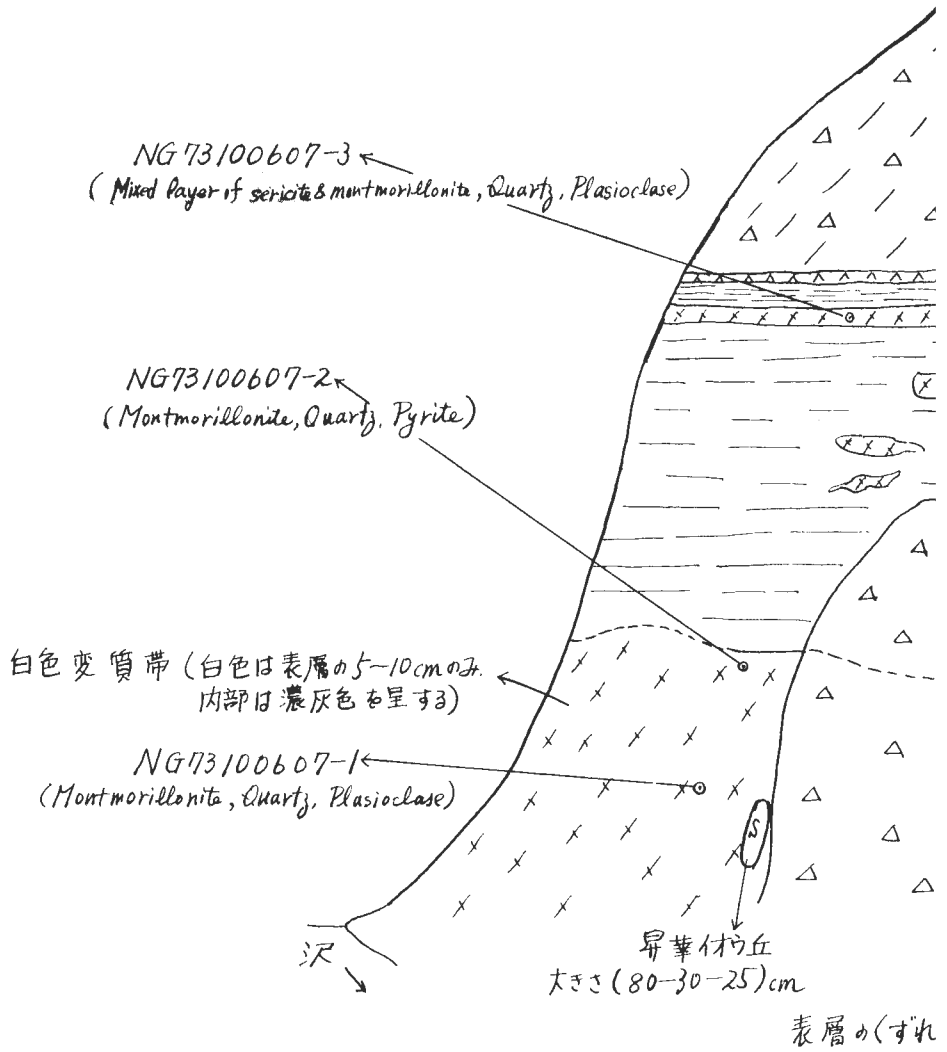
第10図 濁川盆地、賽の河原中採取試料：X-8, X-9, X-10,

える。硫黄丘は人間が捨てた材木の上やズリ山の表面、さらに駒が岳火山噴出物中にも形成されているので、地熱変質帯の形成時期よりは新しい活動であることが、より古い時代にもそれがおこなわれたかどうかは明かではない。賽の河原では硫黄丘はあちこちにみられる。その大きさや分布などを第5-1図および第5-2図に示した。硫黄丘はオパール帯のごく近傍に出現する傾向にあるが、オパール帯を中心とした対称的な分布はしていない。しかし、変質作用が活発であった時の熱水の通路が現在でも硫黄丘の形成に影響を与えているという推測はできるであろう。硫黄丘は多くの場合、砂地や岩屑の上に形成されるが、変質岩中に生じている場合は変質帯のつぎ目に形成されることが多い。

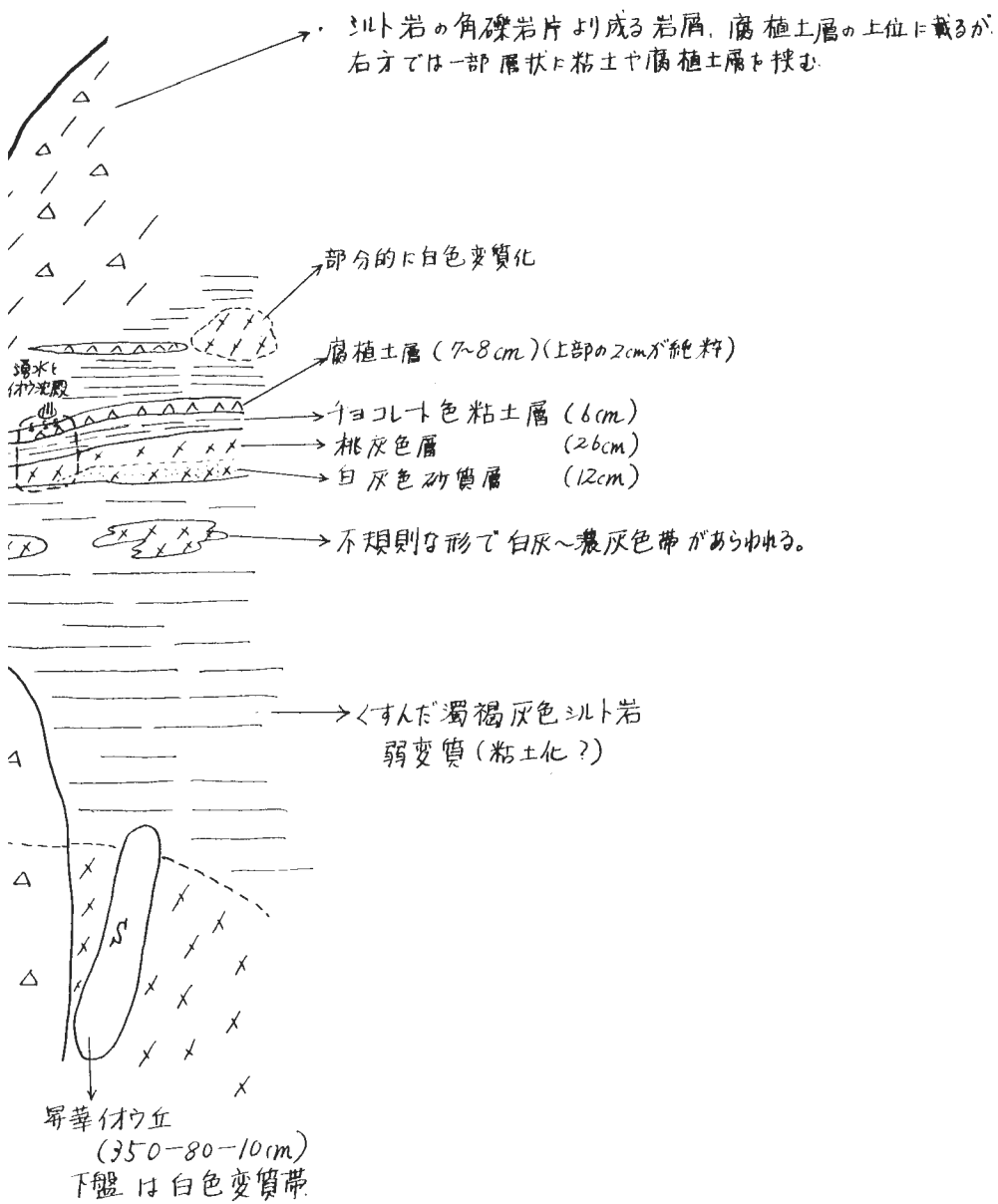
温泉沈殿物としての硫黄は随所において見られるがごく規模の小ないしみ出しに過ぎず、鉱層を形成



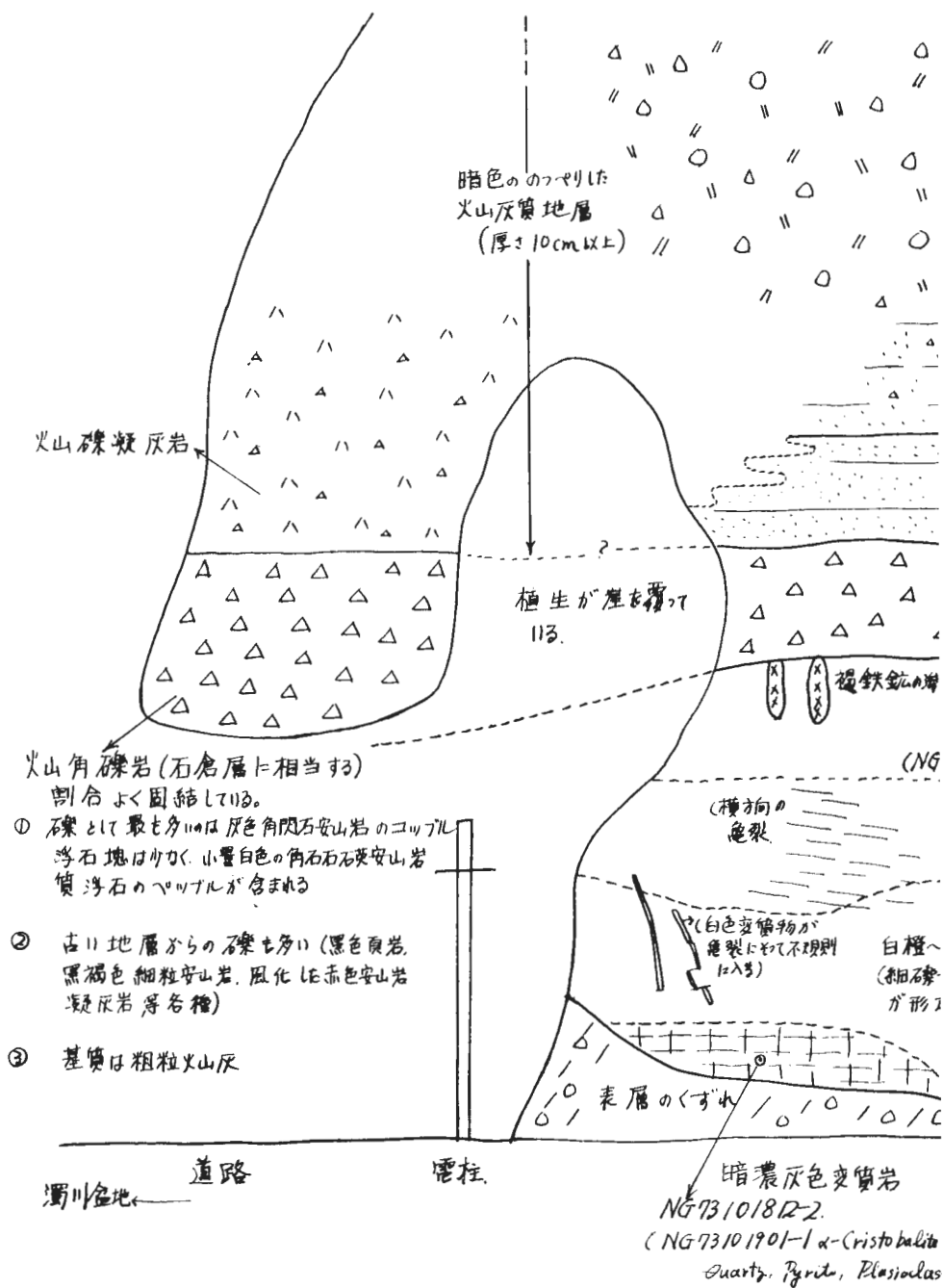
中央における変質帯模式露頭 X-11, X-12 (いずれも変質岩)



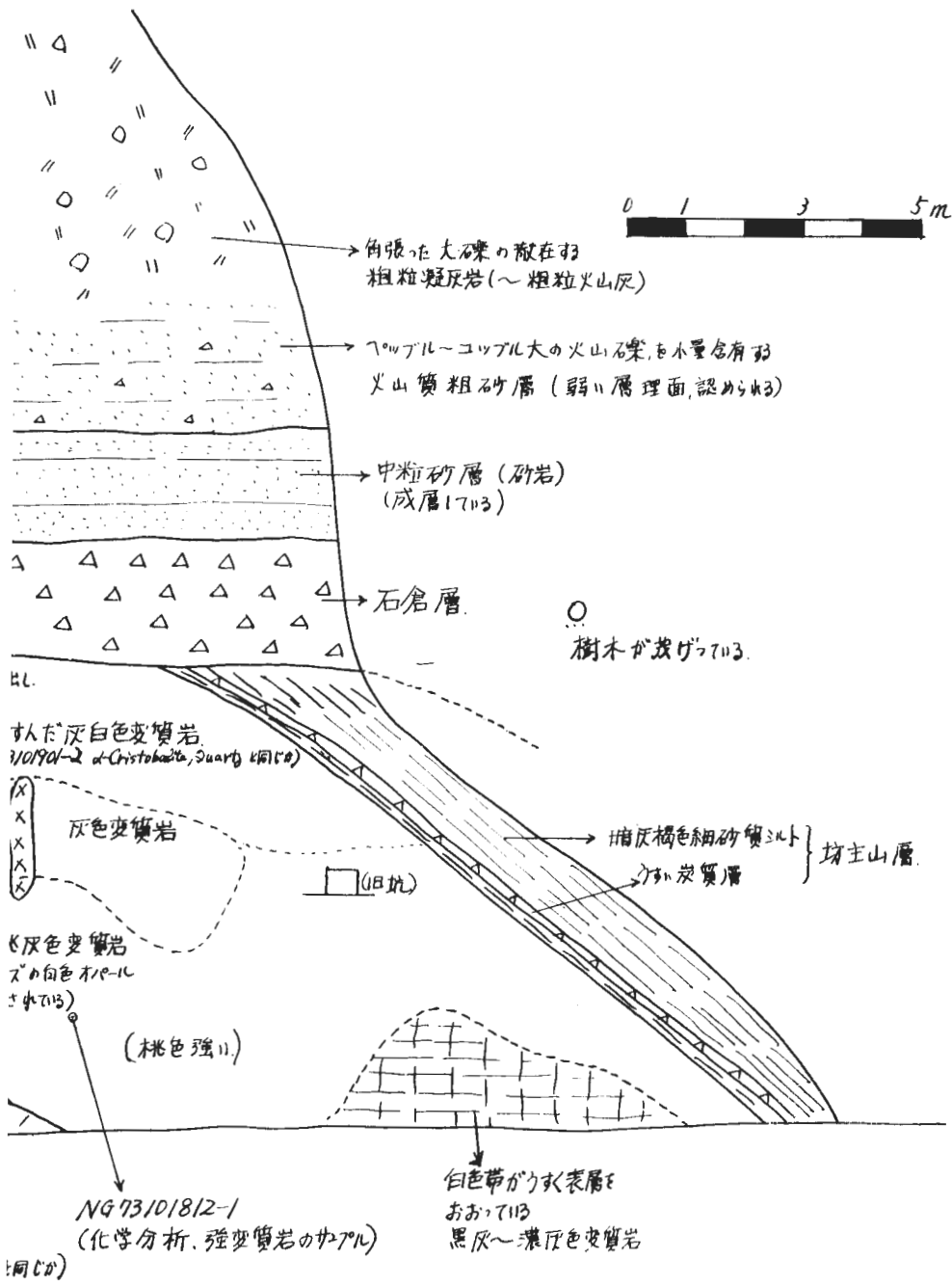
第11図 濁川盆地，賽の河原東端部 (NG
採取試料：X-16 (変質岩)，



73100607) における変質帯模式露頭
 X-17 (変質岩), X-18 (粘土)



第12図 濁川盆地，濁川本流と澄川の合流点より下流 200m

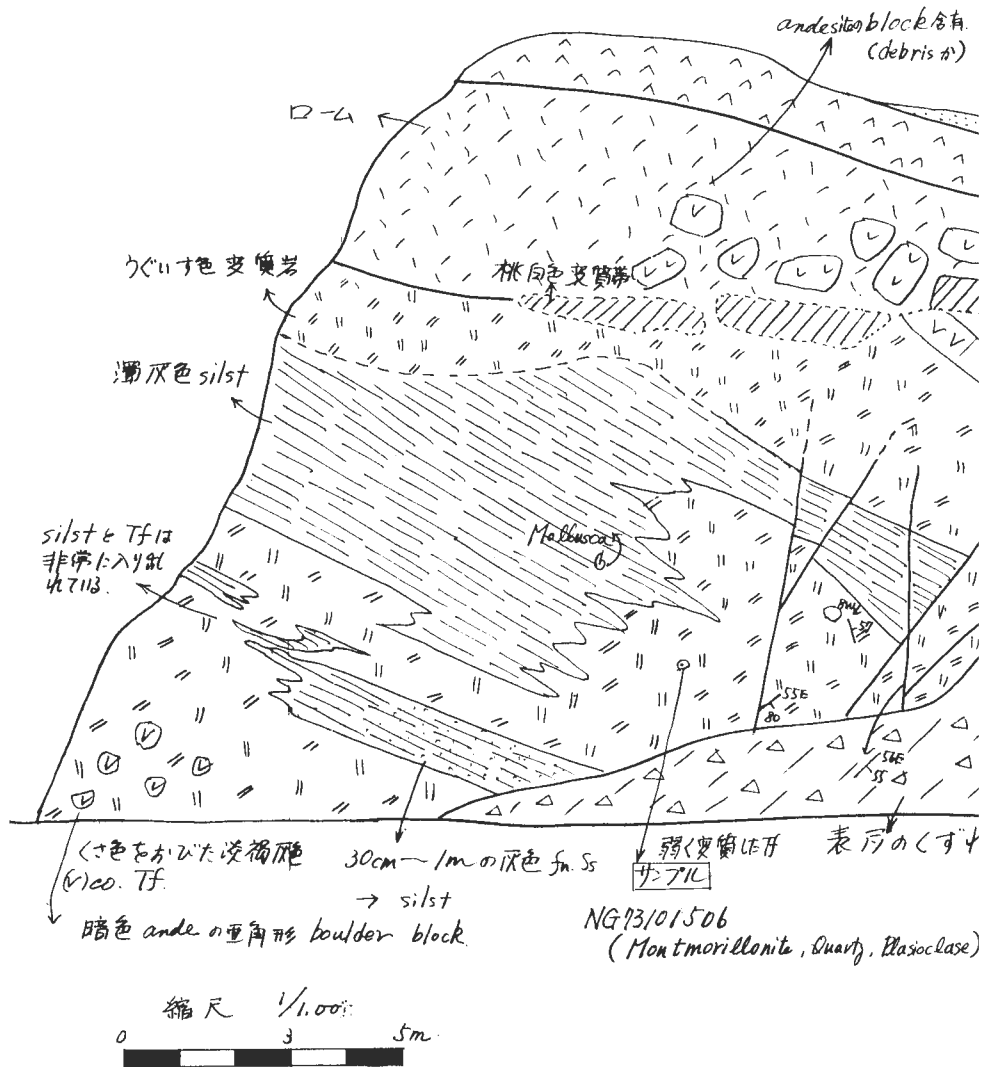


の道路崖 (NG73101507) における変質帯模式露頭

することはない。多くの場合湿地に湧水と共にわずかに乳白色硫黄の沈殿が見られる。これはこの地下の浅部で昇華した硫黄を地下水が溶かし込んで運び上げたものであろう。また沼などで小さい噴気孔があつてその周辺の水底に硫黄の沈殿が見られる事があるが、これは噴気ガス中の硫化水素が酸化されて沈殿したものと思われる。これらの沈殿硫黄も神泉館～賽の河原間に多い。

4.4 変質帯・温泉沈殿物と第四系との関係

本地域の地熱活動による変質帯ならびに温泉沈殿物の形成時期として(1) 坊主山層堆積以前, (2) 石

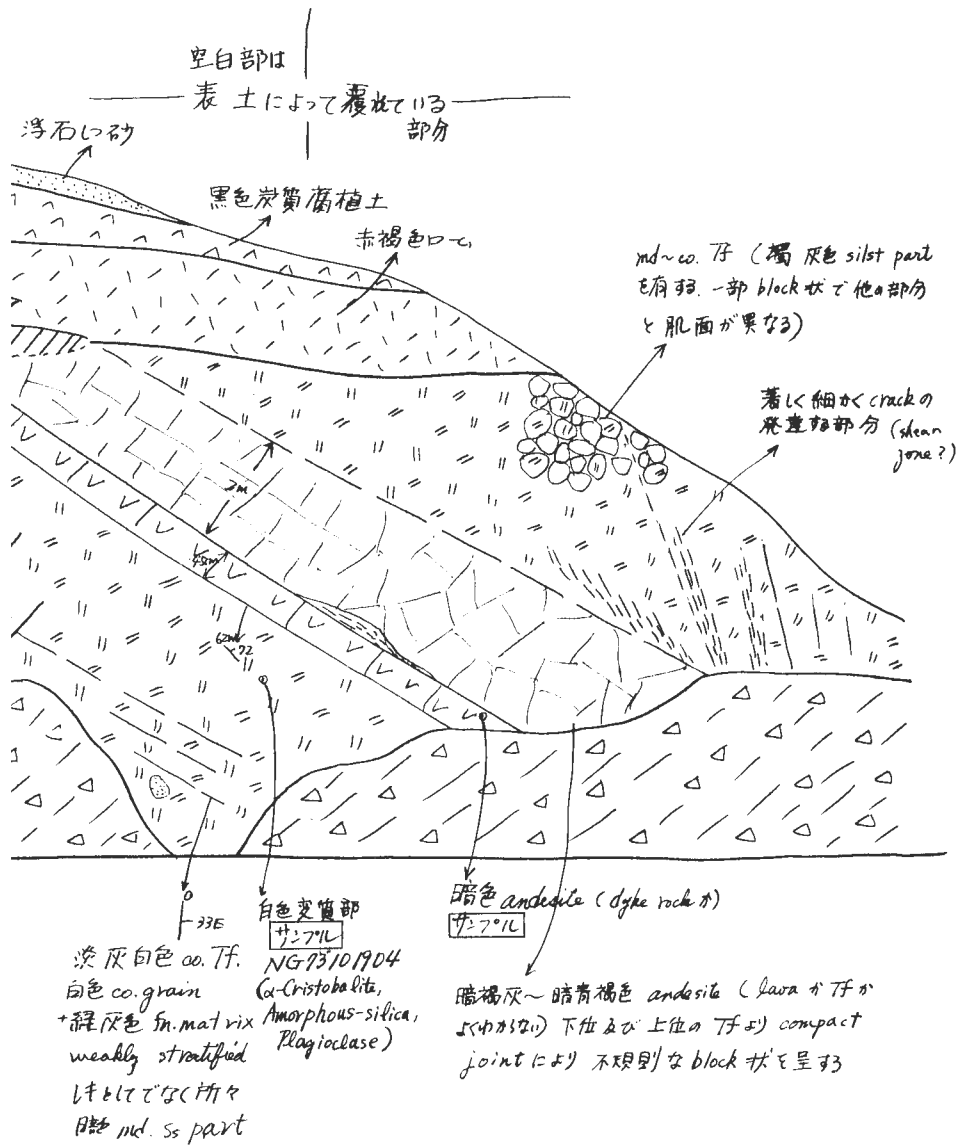


第13図 濁川盆地，濁川本流と澄川合流点より下流へ採取試料：X-35 (変質岩)，

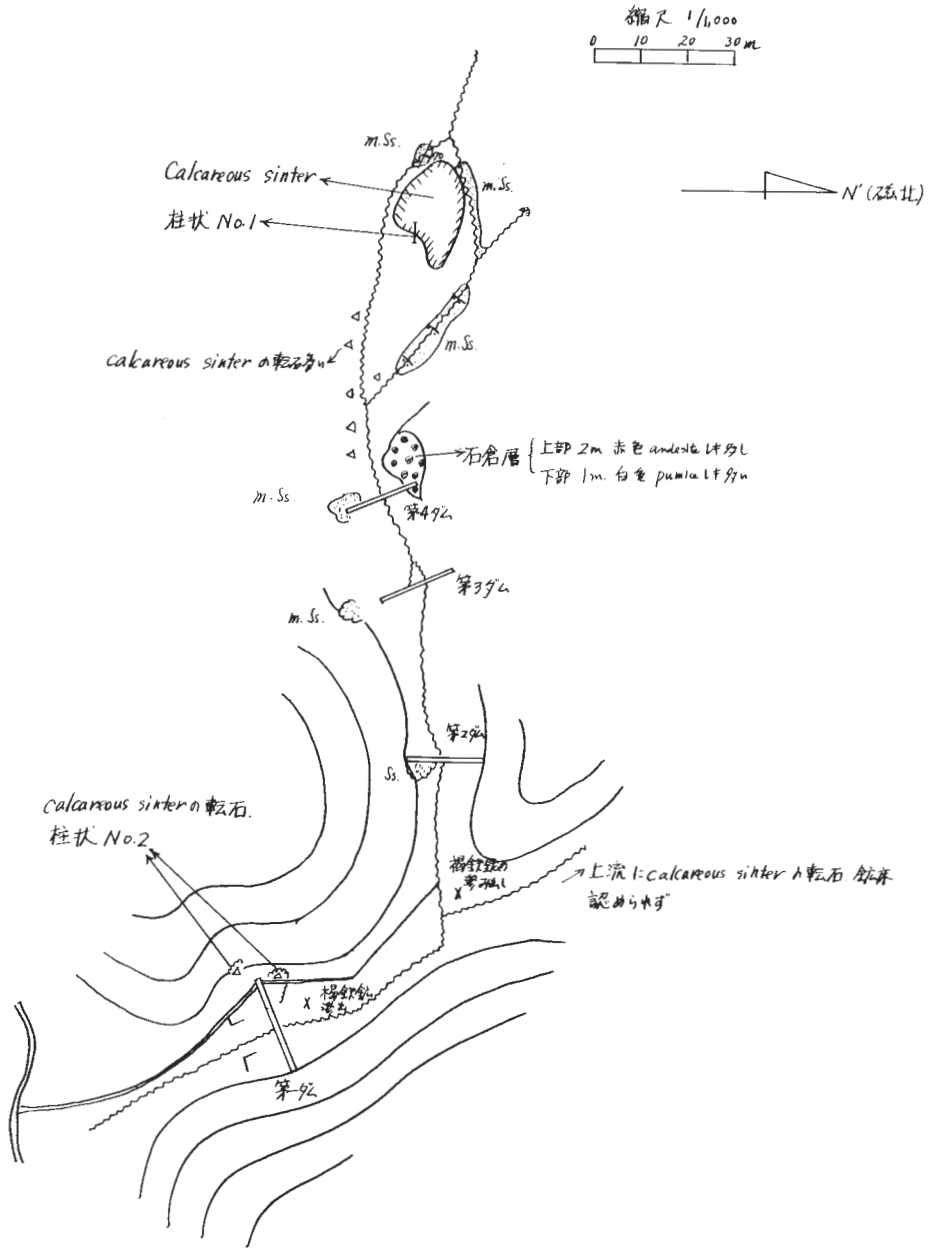
倉層堆積後、駒が岳火山噴出物 (KO-d₂) 堆積以前および(3) 駒が岳火山噴出物 (KO-d₂) 堆積後現在までの3つが考えられる。

以下に上記の推定の根拠についてのべる。

(1) 坊主山層堆積以前の変質作用：濁川本流の濁川と澄川合流点から下流側への道路沿いの崖では、第12図、第13図および第19図に示し、オパール帯などの変質部は新第三系にのみ形成されており、これを不整合に覆う坊主山層や石倉層には全く形成されていない。これらの層内には温泉沈殿物も認められない。したがって新第三系を変質せしめに地熱活動はこの坊主山層堆積以前ということになる。



200m地点 (NG73101506) の変質帯露頭 X-36 (変質岩)



第14図 濁川盆地，西方砂防ダムの沢（NG73100401K）における石灰華分布図

濁川盆地は近年までは断層による陥没地形と考えられてきたが、佐藤(1968)は石倉層を研究し、濁川盆地は小規模なクレーターレイク(クラカトウ)型カルデラであって、石倉層はその噴出物であると結論した。石倉層は降下軽石層で始まり、軽石流堆積物からなっているが、この層を切るような断層は少なくとも見あたらない。佐藤(1968)の説が受け入れられるものとすれば、石倉層堆積の頃には濁川盆地には旺盛な火山活西があったものと推定されるにもかかわらず、熱水変質作用はそれよりも古いことは注目される。

(2) 石倉層堆積後、駒が岳火山噴出物

(KO-d₂) 堆積以前の変質作用：前述の温泉沈殿物のうち、石灰華は駒が岳火山噴出物(KO-d₂)の下位にあるので明らかにそれ以前に形成されたものである。今回、石灰華から得られた炭化木片の測年結果(第2表)もこれを裏づけている。しかし、どの地層の堆積後に形成されたかは今回の調査では明らかにしなかった。石灰華の周辺では、この谷間を流れる細流が上端で2つに分流し、下端で再び合流しているが、これは石灰華の沈積によって流路が二分されたためであろう。石灰華のすぐ下流に石倉層が露出しているが、細流の流路形成には関与していない。石灰華の沈積はそう古いものではないものと思われる。褐鉄鉱のうちの一部は、4.3.2の①および③に記載したように、明らかに駒が岳火山噴出物(KO-d₂)堆積以前の生成で、石倉層堆積後のものであり、第2表に示したように褐鉄鉱直上の腐植土の測年結果は、3,250±90年 B.P.であった。いずれにせよ、これら温泉沈殿物の生成は濁川カルデラ形成後の後火山作用によるものと考えられる。

(3) 駒が岳火山噴出物(KO-d₂)堆積後現在までの変質作用：4.3.2の②で記載した褐鉄鉱並びに4.3(3)で記載した硫黄丘の生成は明らかに駒が岳火山噴出物(KO-d₂)堆積後で、現在の地熱活動に続くものである。

4.5 変質帯・温泉沈殿物と地熱微候との関係

現在の地熱微候としては温泉、噴気および褐鉄鉱や硫黄のしみ出しがある。温泉は濁川盆地内では現在37あるが、うち自然湧出は確実にわかっているのは8カ所である。その分布は第4-1、4-2図に示すように盆地北半部のみ限られている。温泉は盆地北壁に沿う温泉群、盆地中央部をE-Wの方向に配列する温泉群およびNE性の方向性をもつ温泉群とに分けられる。泉温は自然湧出泉で35°~70°Cであるが、中には70mのボーリングで90°Cを得ている温泉もある。温泉は前述の賽の河原から濁川本流にわたる変質帯の分布地域ではほとんどみられず、わずかに濁川本流沿いの3カ所に250°Cで毎分1~2lの温泉の湧出がみられたのみである。噴気は盆地北東部の賽の河原付近に密集し、ときに盆地北半部の温泉湧出付近にもみることができる。これらの噴気の主成分はCO₂で全体の96%以上にも及んでいる。温泉に伴う噴気の温度は高いが、賽の河原付近の自然噴気ガスの温度は低く16~38°Cである。

変質帯ならびに温泉沈殿物の分布と現在の地熱微候の関係の推定について盆地内部が現世の堆積物で覆われていて過去の証拠が観察できないという困難性はあるものの、次の3点が考えられる。

- ① 新第三系を変質せしめた坊主山層堆積以前の熱活動は、盆地北東部の賽の河原から濁川本流にわたる地域に限られ、NWW性の深部裂かあるいはNS系の断層に支配されたものと考えられる(4.1の項参照)が、現在の温泉微候とは分布上一致せず、噴気帯とは分布上ほぼ一致する。
- ② 石灰華は現在の地熱微候とは無関係に盆地北西部の高所に産する。この生成が、4.3.1で記載したように、E-W性の構造線に支配された温泉によるものか、現在のところ明らかではない。
- ③ 褐鉄鉱、硫黄および噴気の分布は変質帯にほぼ一致している。温泉はこれらに左右されずに盆地北半部に分布している。しかし温泉湧出は熱水の動きに左右されやすいので、福富ほか(1963)の言うように温泉湧出機構をさらに詳しく調べる必要がある。

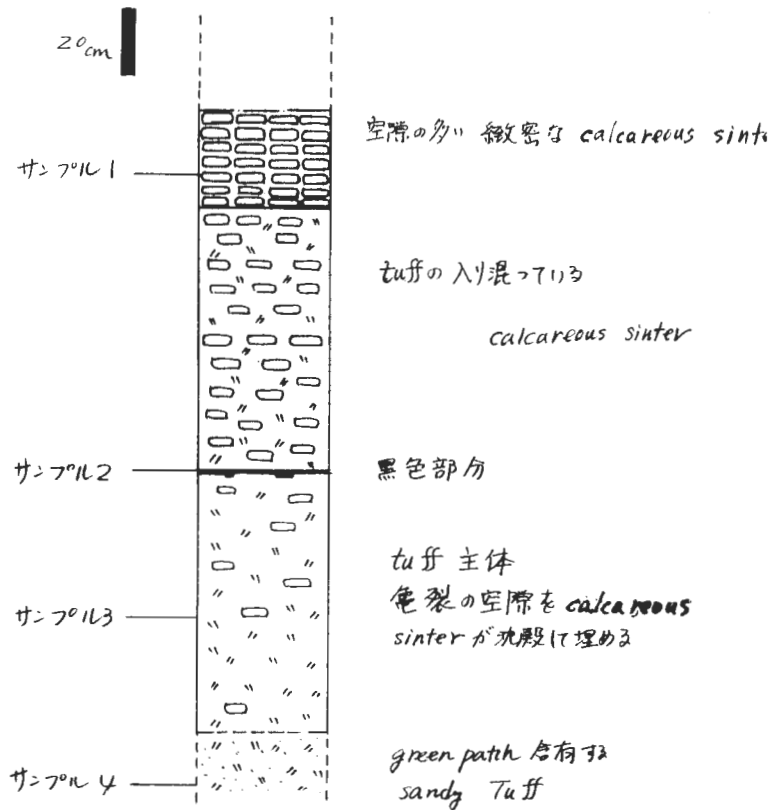
5. 放射年代測定

5.1 C-14測年用試料採取

C-14測年用試料としては7個採取した。採取地点の位置および層序関係はそれぞれ第3-1図、第3-2図および第22図に示した。

C-14-1 (NG73100204) は森川層の堆積年代の推定, C-14-2 (NG73100801) は石倉層の堆積年代の推定, C-14-3 (NG73100201) は駒が岳火山噴出物の年代推定で, これら3個の試料は層序関係の年代を調べる目的をもっている。

C-14-4 (NG73101813) は新第三系変質岩を覆う坊主山層中のものであり, C-14-5 (NG73101603)



第15図 濁川盆地西方砂防ダムの
左: no.1の柱状図,

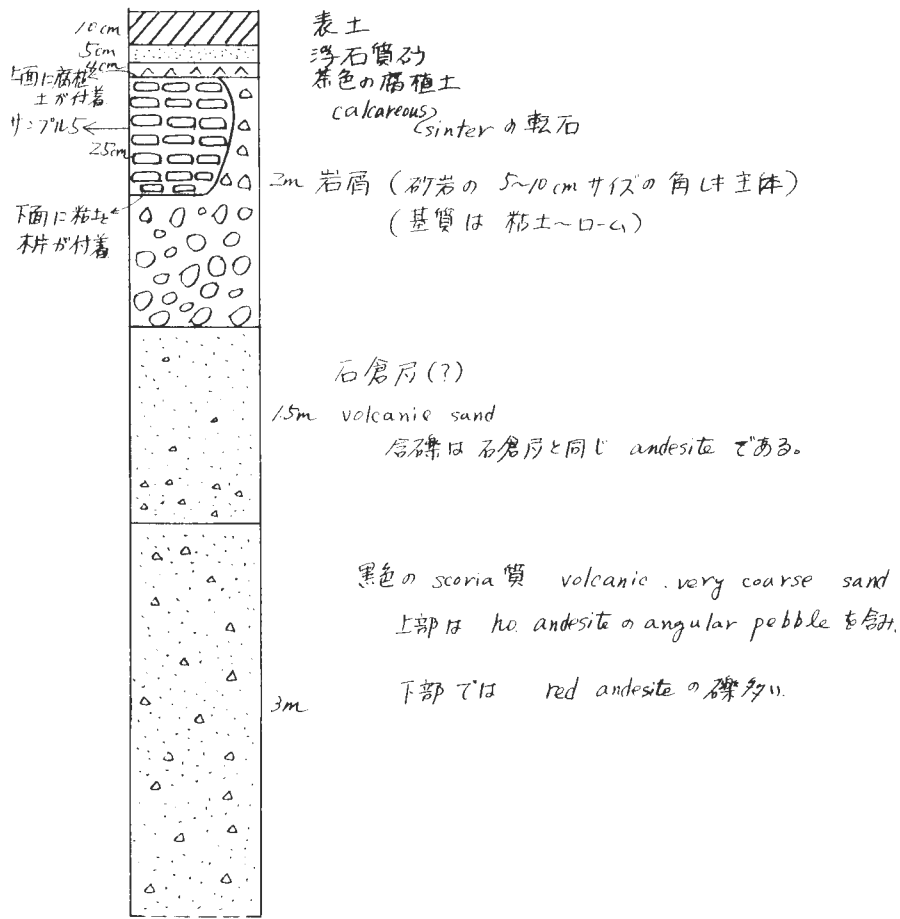
も同じく新第三系変質岩を覆う濁川盆地内段丘堆積物中のもので、いずれも変質作用の上限の時代を推定しようという目的がある。

C-14-6 (NG73101701) は石灰華中の炭質物であり、C-14-7 (NG73112304) は褐鉄鉱床直上のもので、いずれも温泉沈殿物の形成年代を推定しようとする目的がある。

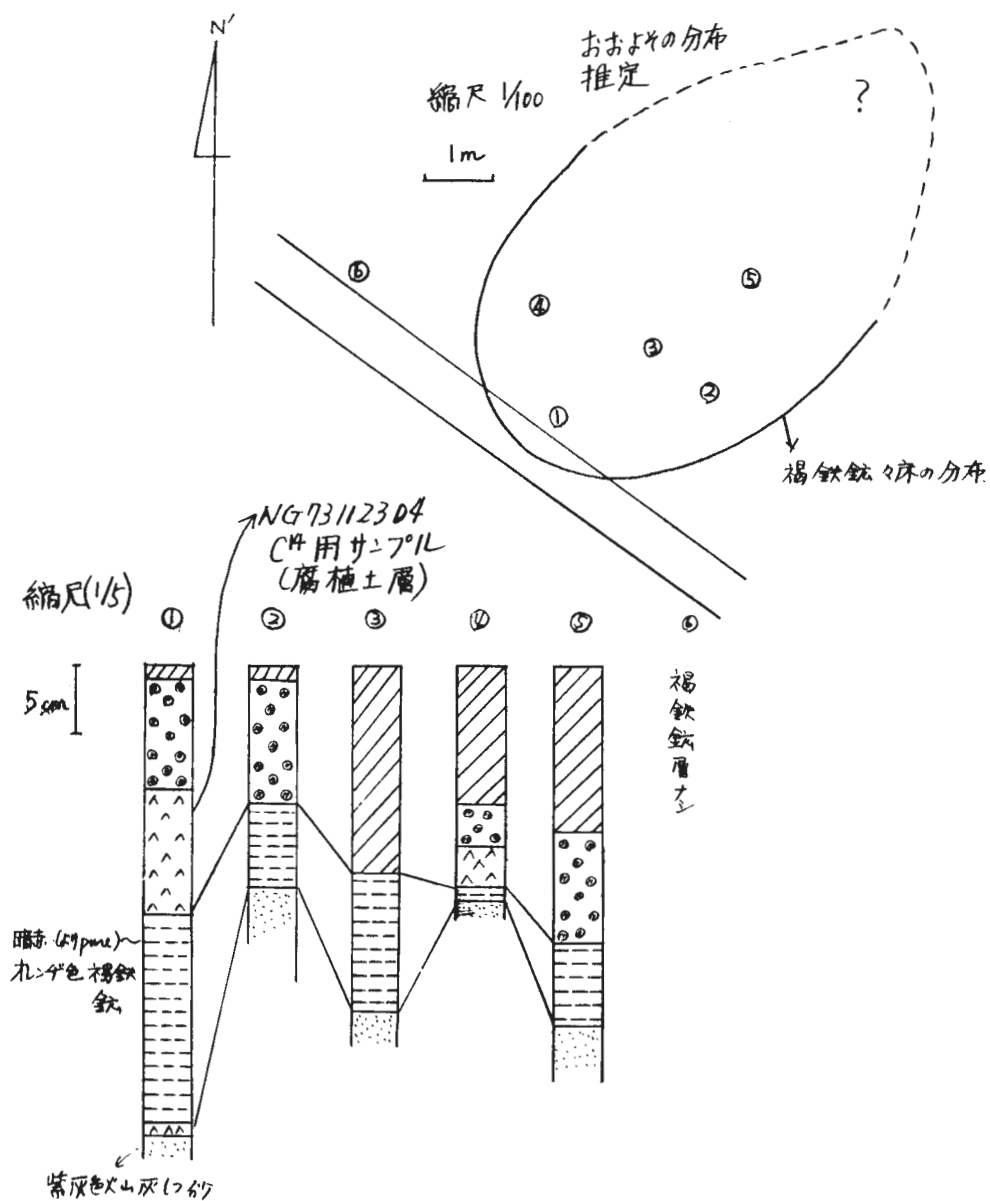
5.2 C-14測年結果およびその解釈

C-14 測年結果を第2表に示す。

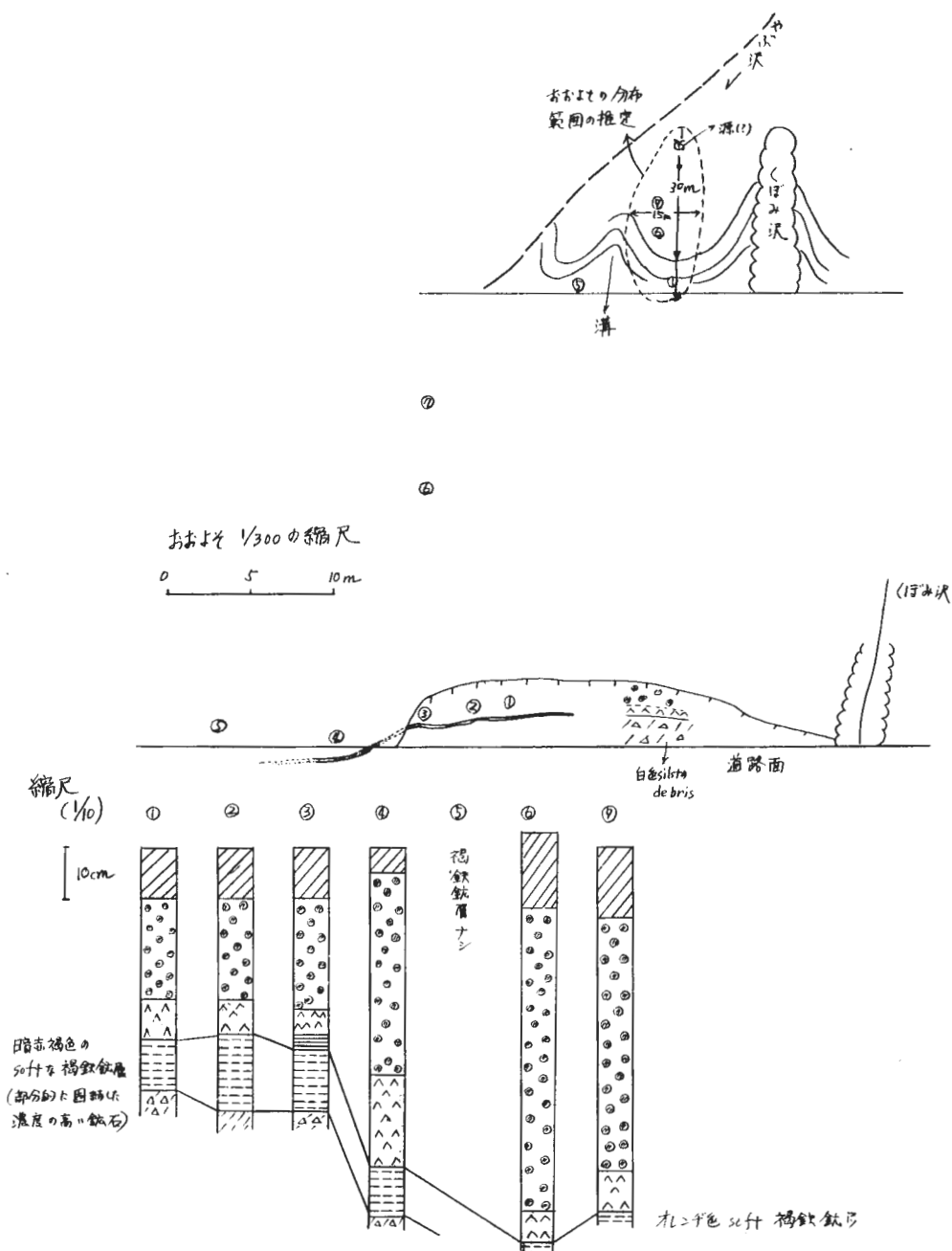
第四系層序の年代決定のためにおこなった森川層中の炭質土 (NG73100204) は 28,980 ± 1,760 年 B.P. で推定値よりやや古い結果が得られた。石倉層下位に局部的に分布する坊主山層下部の亜炭 (NG73101813) は 11,340 ± 220 年 B.P. で、石倉層中の炭化木片 (NG73100801) は 11,670 ± 220 年 B.P. で



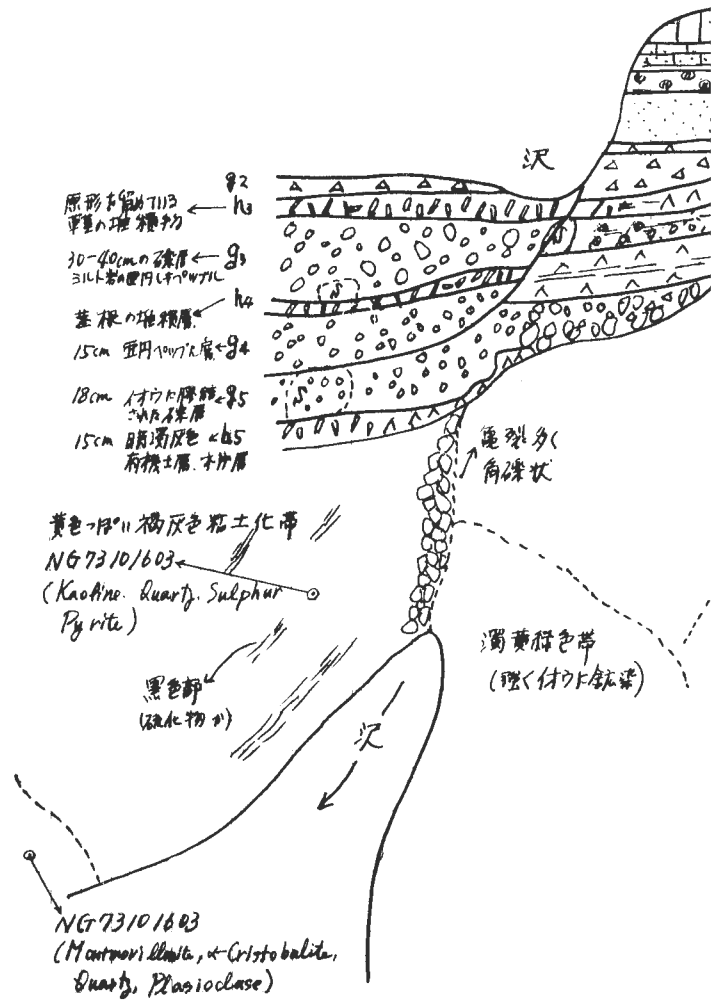
沢における石灰華の地質柱状図
右: no.2 の柱状図 (石灰華の転石の層序的位置)。



第 16-1 図 神泉館西方坊主山への沢の入口 (NG 73101801) における褐鉄鉱の分布と柱状図

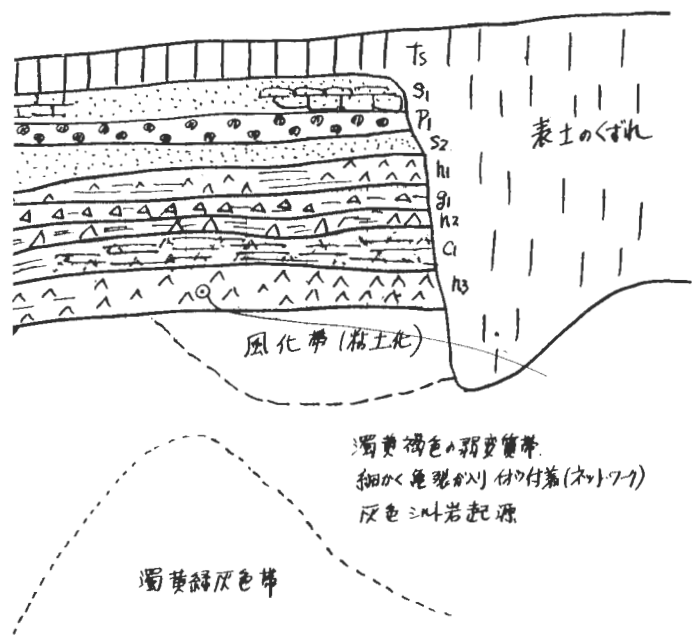


第 16-2 図 火葬場・賽の河原間の道路崖 (NG 73101804) における褐鉄鉱の分布と柱状図



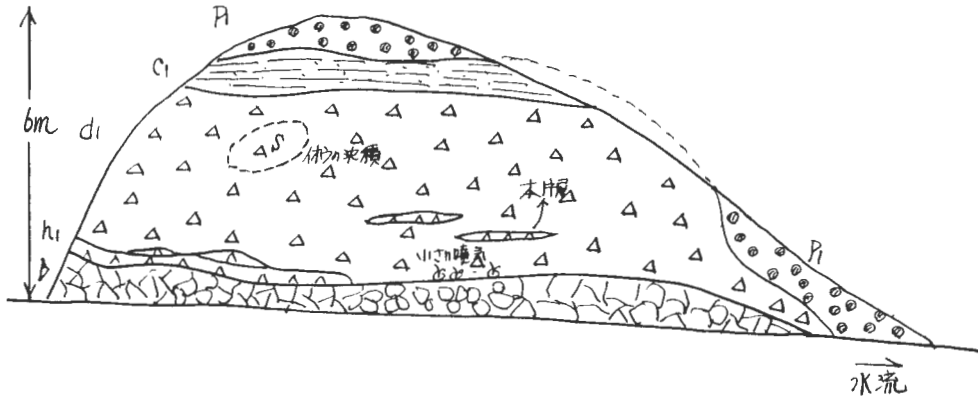
第17図 濁川盆地，賽の河原，西端部の北隅の滝の下の崖

T₁(30 cm) : 表土右方において垂れ下がっている． S₁(30 cm) : 橙灰色粗粒砂層 (軽石ころ，鉄によって固化され板状になっている)． P₁(8-10 cm) : 軽石砂一駒が岳降下軽石，レート色の含礫粗粒砂層，礫は2 cm 以内の角限った小ペップル白色珪質凝灰岩，シルトcm-右方で10 cm) : 礫層，凝灰岩やシルト岩の風化して軟らかくなった小ペップル角礫c₁(15 ~ 20 cm) : チョコレート色粘土層． h₃(20 cm) : 黒色岩質層．採取試料：花粉-1



(NG73101603')における変質帯の層序関係を示す露頭

砂質) 軽石, 石英, 有色鉱物より成る. 特に軽石の粗砂が風化して橙色を呈する. 所ど有色鉱物の中粒砂が10~20%含まれゴマ塩状. S₂: (左方で 30 cm—右方で 7 cm) チョコ岩. h₁(13 cm): 黒色淡質層の褐色粘土層および橙色粘土層. g₁(左方で 30~40 cm)を粘土が膠結, 右方では下部に 7 cm の粘土層. h₂(10~15 cm): 黒灰炭質粘土層. (h₃ の黒色炭質層), C-14-5 (h₃ の黒色炭質層), X-3 (変質岩), X-4 (変質岩)



第18-1図 賽の河原中央部 NG73092904 における変質帯の層序関係を示す露頭

- P₁ 白灰色軽石質砂層，粗粒の軽石砂主体で石英は比較的少ない．有色鉱物含有．
 C₁ (90～100 cm) 紫褐色～黄褐色砂質粘土層(風化によってできたものか)．
 d₁ (4～5 m) 径2～3 cm のベップル角礫を主とする岩層，礫は白灰色シルト岩とやや硬い暗灰色シルト岩，頁岩，上部に局部的にイオウ付着．
 h₁ 不規則な層状の有機物まじり粘土層，部分的にいまだ炭化していない木根や草茎含む．
 b 角礫化して風化して軟らかいシルト岩(一部崩落したものか)．

あった．石倉層は坊主山層の上位にありながら若干ではあるが逆の結果が示された．森町鷺の木町の国道沿いに分布する駒が岳噴出物下部の黒色炭質土 (NG73100201) は2,160±95年 B. P. であった．

また本地域の変質帯を直接覆う盆地内堆積物中の黒色粘土質炭質土 (NG73101603) は変質作用の上限決定のためおこなったが，4,110±100年 B. P. であった．濁川盆地北東部に分布する褐鉄鉱層には駒が岳火山噴出物 (KO-d₂) の下位にある古い時期のものがある．今回，古い生成時期の褐鉄鉱層の上位にある黒色腐植土 (NG73112304) について測定した結果は3,250±90年 B. P. であった．

なおまた KO-d₂ に覆われる石灰華の転石中にみられた炭化木片 (NG73101701) は260±70年 B. P. で，石灰華の生成は KO-d₂ 堆積直前までおこなわれていたことが裏付けられた．

5.3 フィッション・トラック測年用試料採取

フィッション-1 (NG73112301) は新第三系狗神岳集塊岩層中の両輝石安山岩で，鏡下では石基が弱い流状組織を示す潜晶質の岩石である．変質岩の原岩の絶対年代を推定しようという目的をもつ．濁川本流一号橋のそばの崖から採取．

フィッション-2 (NG73112302) は石倉層中の輝石角閃石安山岩の礫で，石倉層の噴出年代を推定しようという目的をもつ．濁川盆地西端の三袋へ行く道路ぎわの崖から採取した．

フィッション-3 (NG73112302) は石倉層中の礫の間を埋めている軽石混りの火山砂であり，目的・採取場所ともにフィッション-2 と同じである．

フィッション-2 および 3 の採取地点の説明を第23図に示す．

第2表 濁川地熱地域の¹⁴C年代

No.	Sample no.	Code no.	Formation	Sample	Age (years before 1950)
1	NG73100204	GaK-5173	森川層	炭質土	28,980±1,760
2	NG73100801	GaK-5172	石倉層	炭化木片	11,670± 220
3	NG73100201	GaK-5171	駒が岳火山噴出物	黒色炭質土	2,160± 95
4	NG73101813	GaK-5170	坊主山層	亜炭	11,340± 220
5	NG73101603	GaK-5169	濁川盆地内段丘堆積物	黒色粘土質炭質土	4,110± 100
6	NG73101701	GaK-5168	石灰華の中	炭化木片	260± 70
7	NG73112304	GaK-5167	褐鉄鉱直上	黒色腐植土	3,250± 90

(測定 学習院大学 木越邦彦)

年代の算出には¹⁴Cの半減期として5,570年(Libbyの値)を用いてある。誤差はβ線計数値の標準偏差にもとずいて算出。

- 1: 北海道茅部郡森町蛸谷町, 42°7'11"N, 140°31'51"E, 1973年10月2日, 佐藤浩採取。
- 2: 北海道茅部郡森町石倉町, 42°8'6"N, 140°28'40"E, 1973年10月8日, 井出俊夫採取。
- 3: 北海道茅部郡森町鷺の木町, 42°6'37"N, 140°33'1"E, 1973年10月2日, 佐藤浩採取。
- 4: 北海道茅部郡森町濁川, 42°7'22"N, 140°27'39"E, 1973年10月18日, 井出俊夫採取。
- 5: 北海道茅部郡森町濁川, 42°7'48"N, 140°27'11"E, 1973年10月16日, 井出俊夫採取。
- 6: 北海道茅部郡森町濁川, 42°7'11"N, 140°25'26"E, 1973年10月17日, 井出俊夫採取。
- 7: 北海道茅部郡森町濁川, 42°7'29"N, 140°27'19"E, 1973年11月23日, 井出俊夫採取。

第3表 濁川地熱地域の火山岩のフィッション・トラック年代

試料番号	岩石名	産地	自発核分裂片 $\rho_s(\text{cm}^{-2})$	誘導核分裂片 $\rho_i(\text{cm}^{-2})$	中性子束 $\phi(\text{cm}^{-2})$	年代 $T(y)$
NG73112301	輝石安山岩 (島崎川凝灰岩層)	北海道茅部郡森町濁川 一号橋わき	4.8×10^5	7.8×10^6	0.56×10^{15}	2.1×10^4
NG73112302	輝石角閃石安山岩 (石倉層中礫)	濁川盆地西端三俣行道 路ぎわ	7.0×10^9	1.2×10^7	0.56×10^{15}	2.0×10^4
NG73112303	軽石混りの火山砂 (石倉層)	森町石倉層中礫をうめ ているマトリックス	—	—	—	—

NG73112303については十分な鉱物の量が得られなかった。

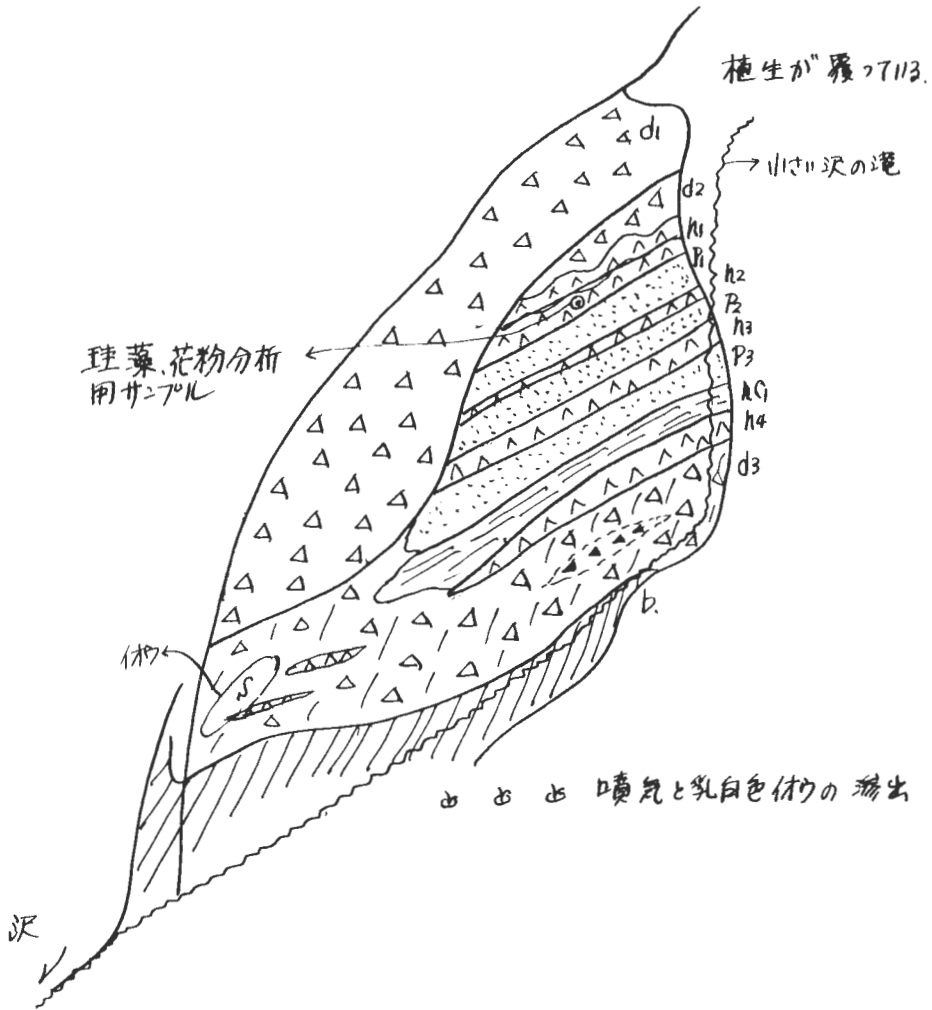
5.4 フィッション・トラック測年の方法

フィッション・トラック法の原理についてはすでに多くのべられているのでここではのべない³⁾。

今回は、年代が若いので、とくにジルコンを岩石中より選び高压ステンレス容器の内部にテフロン容器を用い、その容器に55%弗化水素酸、濃硫酸1:1を容積の $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{4}$ 入れ密封し、200°Cで2~4時間エッチングした。自発核分裂片の飛跡の表面密度 $\rho_s(\text{cm}^{-2})$ を求め、京都大学原子炉(KUR-1)気送管中30秒又は1分間照射し、誘導核分裂片の飛跡の表面密度、 $\rho_i(\text{cm}^{-2})$ を求めた。照射した中性子の線量 $\phi(\text{cm}^{-2})$ はフィッション・トラック法で求めた。

²³⁸Uの自発核分裂の壊変定数は現在少し問題があるが $6.85 \times 10^{-17}(\text{y}^{-1})$ を用いた⁴⁾。そのとき、フィッション・トラック年代、 $T(y)$ は次式で求められる。

³⁾ 例えば, FLEISCHER and PRICE, 1964 ⁴⁾ NISHIMURA, 1975



第18-2図 資の河原中央部 NG 73092908 (= NG73101808) における変質帯の層序関係を示す露頭。

珪藻-1, 花粉-2いずれも h_4 層から採取

d_1 白灰色岩層ガラガラ崩れる。

d_2 灰色岩層, やや粘性あり。

h_1 (30 cm+) 上部は d_2 と入り組んでおり, 一定しているのは下部 30 cm, 主体は炭質粘土層。右方で一部赤褐色草根質。

p_1 (10 ~ 17 cm) 黄褐灰色軽石質砂層, 有色鉱物粒をほとんど含まない(水であらわれたためか)。

h_2 (7 cm) 薄い木の皮のせんいがきっちり堆積した層。

p_2 (12 cm) 粗粒軽石砂層。

h_3 (19 cm) 暗赤褐色腐植土層, 草根に富む。

p_3 (34 cm) 黄灰色粗粒軽石質砂層, 有色鉱物やや多く, 最上部は 4 cm 赤っぽく風化している。

c_1 (18 cm) 灰色粘土層, 細かい草根や腐植土含む。

h_4 (24 cm) ほとんど炭化, 腐敗していない草根より成る層。

d_3 (1 m+) 暗灰色シルト岩の角礫より成る地層(岩層)。内部に凝灰岩やシルト岩の変質した礫より成るレンズあり。

b 暗褐灰色シルト岩。風化して軟らかい弱変質。

$$T = 6.12 \times 10^{-8} \phi \frac{\rho_s}{\rho_i}$$

5.5 フィッション・トラック測年結果およびその解釈

測定の結果を第3表に示す。NG73112301の狗神岳集塊岩層の輝石安山岩は 2.1×10^6 年を示し、変質作用がこれ以後に起ったことを示す。地質年代的にはこれは鮮新世末期にあたる。狗神岳集塊岩層は北海道道南地域の標準時階の黒松内期に対比されており、もし黒松内期が中新世後期ないし鮮新世であるとすれば、年代的に多少若すぎるといふ感否めない。今後の研究課題と思われる。

NG73112302の石倉層中の火山礫からは 2.0×10^4 years が得られた。石倉層のC-14年代としては従来の 1.29×10^4 years B.P., 今回の $1,167 \times 10^4$ years B.P. がこれに近い。しかしやや古い年代が得られたことは、産状からみて、それが類質 (accessory) 火山礫である可能性を示すもので、佐藤 (1968) の研究と関連して興味を持たれる。

6. 変質岩の化学分析

6.1 変質岩の化学分析

変質帯の2か所から原岩・弱変質岩・強変質岩を選んで計6個の化学分析を行なった。しかし、同じ変質帯の中で未変質の原岩を探すことは難しく他の場所から原岩と思われる岩石を選んだ。採取地点は第3-1図、第5-1図～第8-3図に示す。定められた成分以外に total C も分析した。SiO₂, TiO₂,

第4表 濁川地熱地域変質岩の化学組成

No.	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	86.58	81.20	77.00	57.58	57.60	90.60
TiO ₂	0.24	0.13	0.16	0.48	0.59	0.93
Al ₂ O ₃	5.43	8.95	11.32	18.70	18.54	1.28
Fe ₂ O ₃	0.07	0.02	0.14	2.17	3.82	0.24
FeO	0.67	0.60	0.14	2.96	1.12	0.17
Fe	Trace	Trace	Trace	0.19	0.57	Trace
MnO	0.006	0.012	0.006	0.057	0.044	0.006
MgO	0.44	0.41	0.64	1.40	0.28	0.06
CaO	0.29	0.15	0.11	5.90	3.98	0.12
Na ₂ O	0.44	0.35	0.47	2.82	3.02	0.03
K ₂ O	0.80	2.47	3.17	0.71	2.21	0.04
P ₂ O ₅	0.11	0.09	0.08	0.24	0.19	0.11
S	Trace	Trace	Trace	0.22	0.65	Trace
SO ₃	"	"	"	0.12	0.75	"
CO ₂	"	"	"	Trace	Trace	"
Total C	0.46	0.03	0.03	0.05	0.11	0.07
H ₂ O ⁺	2.77	2.74	2.74	2.86	5.69	3.90
H ₂ O ⁻	2.07	2.72	4.03	3.58	2.21	2.74
Total	100.38	99.87	100.04	100.04	101.37	100.30
Ap. G. *1	1.72	2.20	2.02	2.44	1.98	1.80
Tr. G. *2	2.47	2.68	2.72	2.79	3.04	2.31

*1 見かけ比重. *2 真比重.

(分析: 明野利寛・出口俊光・猿館正大)

1: NG731017A02, 頁岩 (原岩), 濁川開運橋南東1 km.

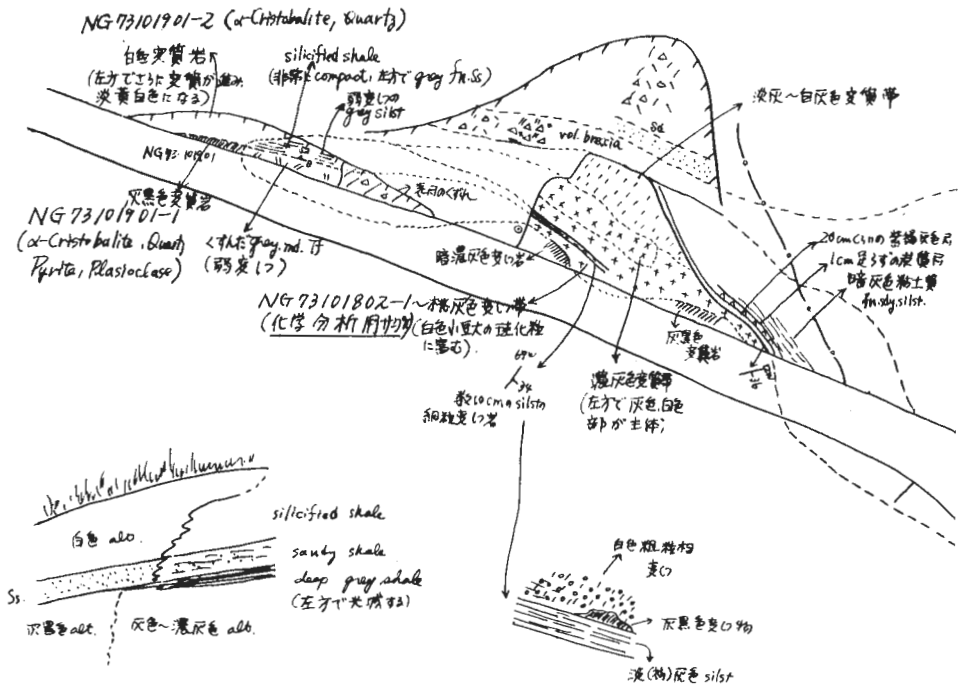
2: NG73101606a, 弱変質頁岩, 竈の河原滝の奥70m.

3: NG73101606b, 強変質頁岩, 竈の河原滝の奥70m.

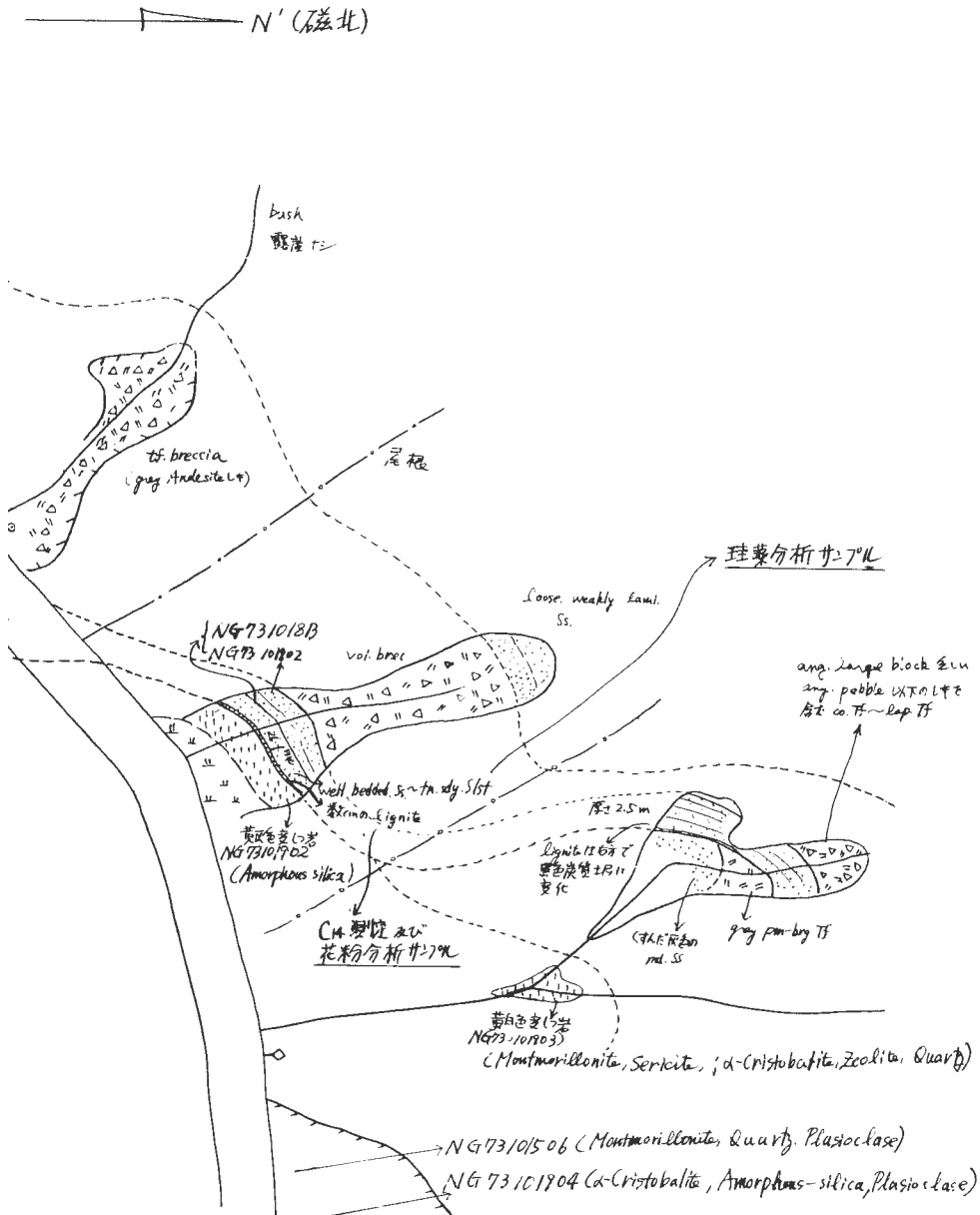
4: NG73101805K, 火山礫凝灰岩 (原岩), 三号橋西方250m.

5: NG73101905, 弱変質火山礫凝灰岩, 濁川澄川合流点東方230m.

6: NG73101812, 強変質火山礫凝灰岩, 濁川道路沿い5の東方50m.



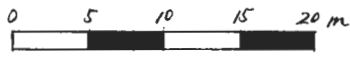
第19図 濁川本流と澄川との合流点より下流約200m
 採取試料: C-14-4, 花粉-3, 珪藻-2
 化学分析-6 (X-62) (強
 X-31, X-32, X-33,



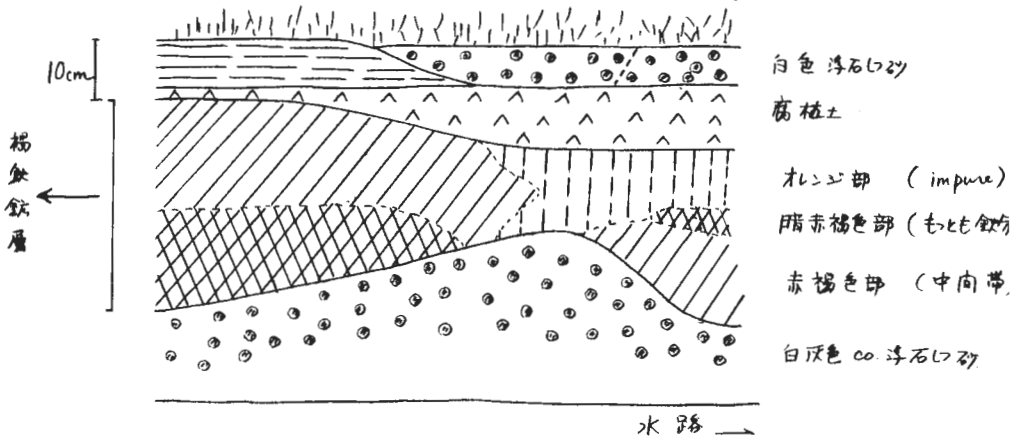
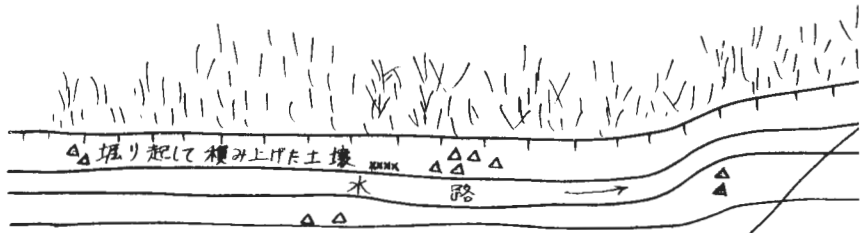
の道路沿いにおける変質帯の層序関係を示す露頭
(坊主山層基底の亜炭より)

変質岩)

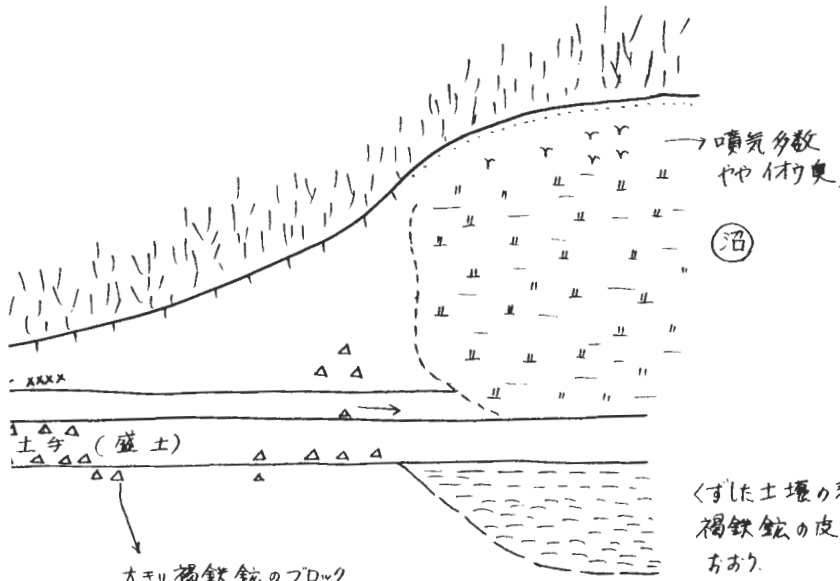
X-34, X-35, X-36 (いずれも変質岩)



白樺の木々の下に
ササとヨシの茂げる平地 (やや湿地性)

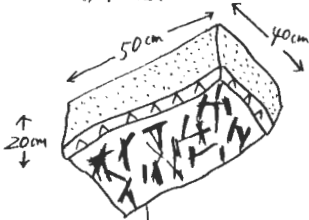


第20図 濁川盆地北部、火葬場南方の開田隅 (NG)



くすした土壤の表面に
褐鉄鉱の皮膚が
あり。

大シリ褐鉄鉱のブロック
の転石。



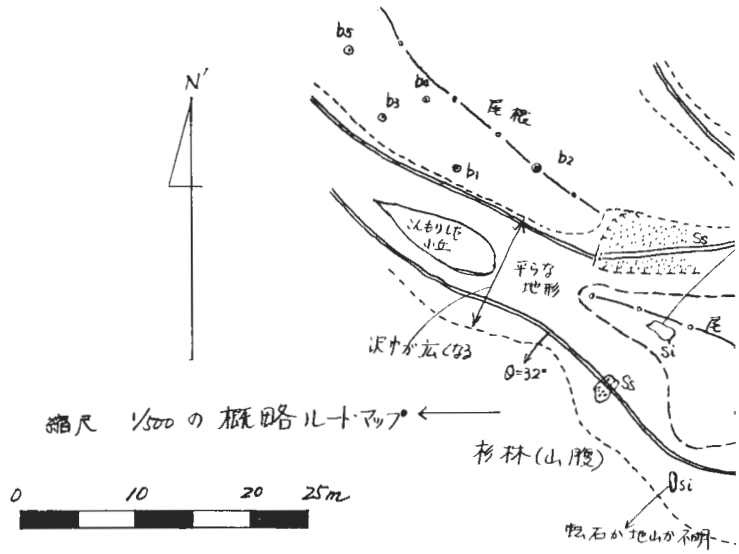
いが状のブロック
20cmは褐鉄鉱層の厚さを表わしている。

73010801及び4に比べて分布範囲も広く、
かつ厚さも厚い。又しっかり固結していて、比重
大きく、鉄分も高い。

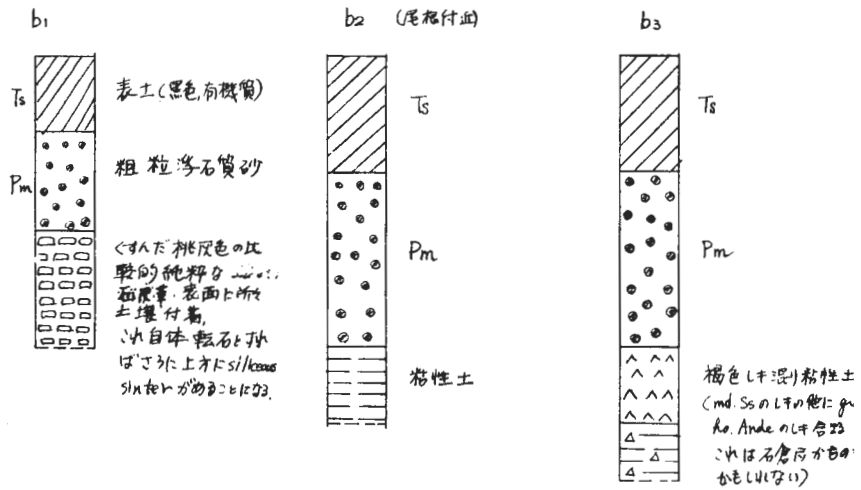
下面に炭化した木根や
草根の密集した層が付着している。

511

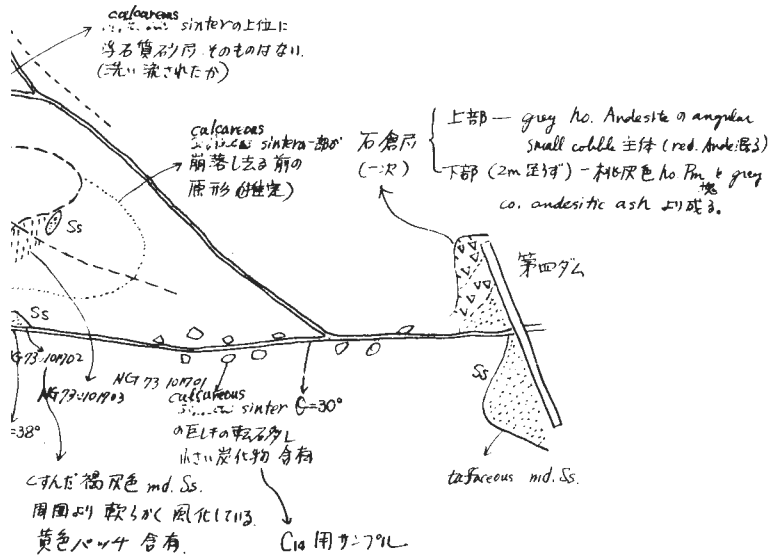
73101802) における褐鉄鉱の層序関係を示す露頭



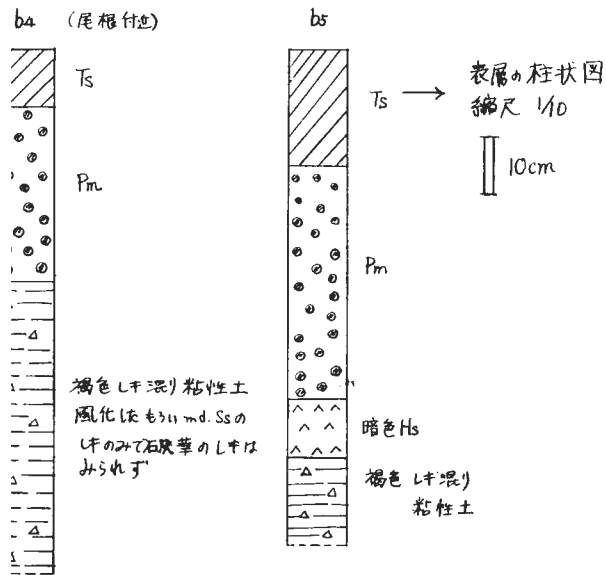
第21-1図 濁川盆地西方砂防ダムの沢上流
採取試料：石灰華
C-14-6



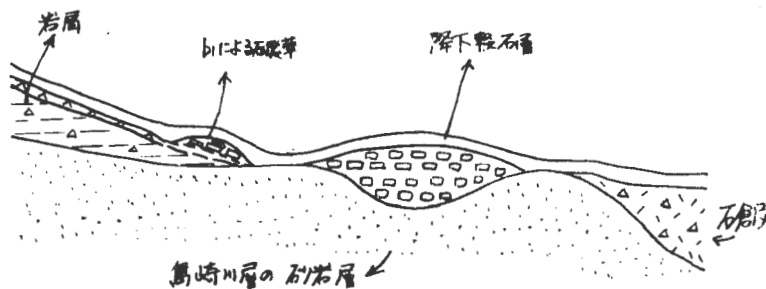
第21-2図 濁川盆地西方砂防ダムの沢 (NG)



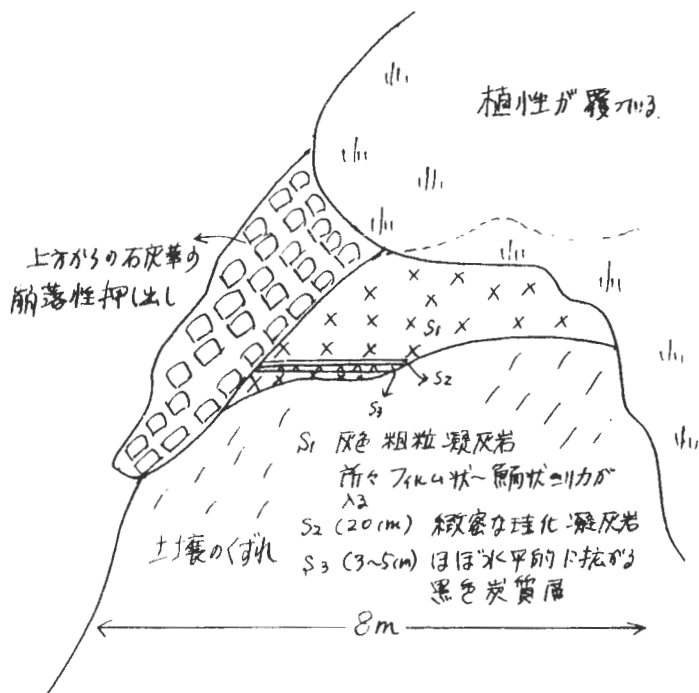
における石灰華の産状 (その1, 路線図)
 (b₁ および本体より)
 (転石中より)



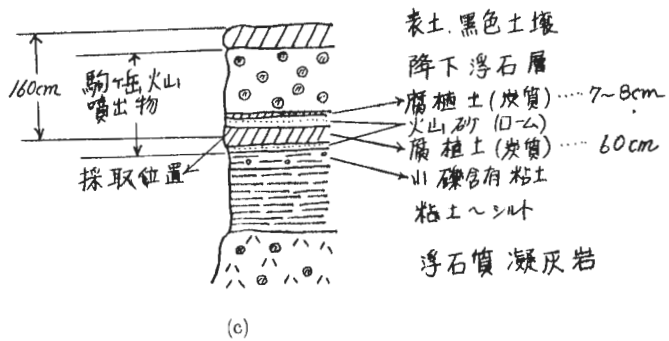
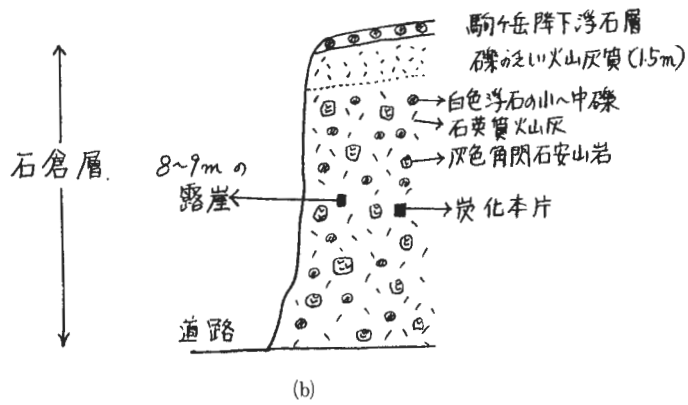
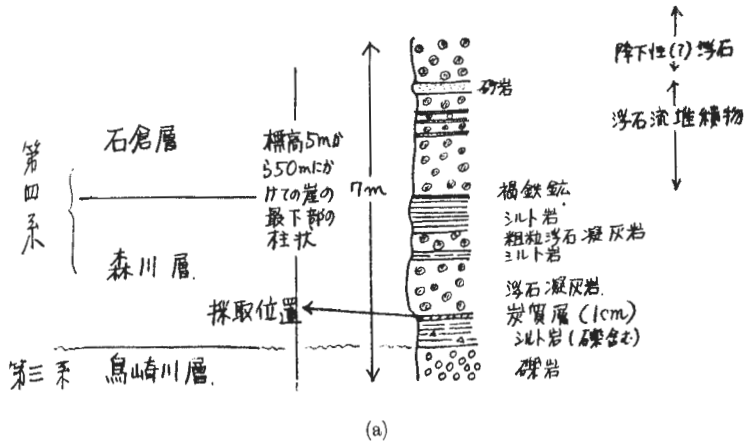
73101703) 上流における石灰華の産状 (その2, 柱状図)



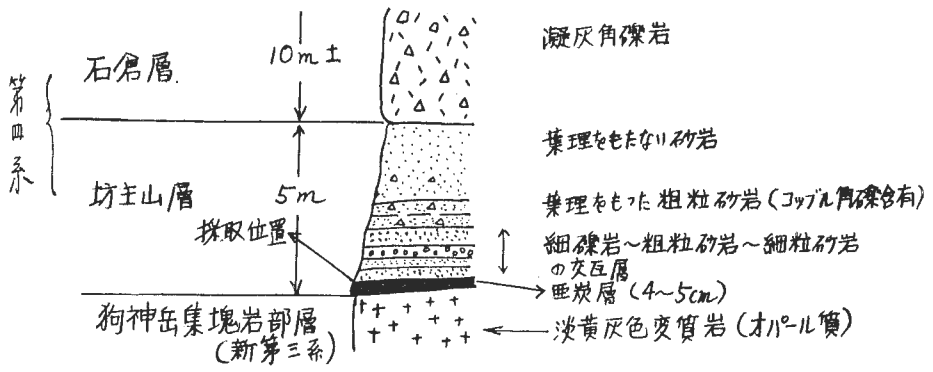
第21-3図 濁川盆地西方砂防ダムの沢上流における石灰華の産状 (その3, 概略的な石灰華の位置)



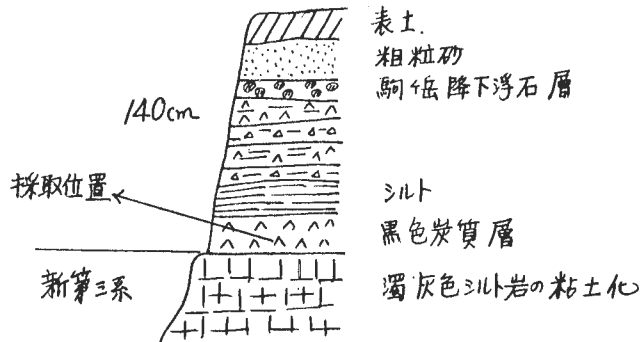
第21-4図 濁川盆地西方砂防ダムの沢上流における石灰華の産状 (その4, 柱状 no. 1, NG 7310703)



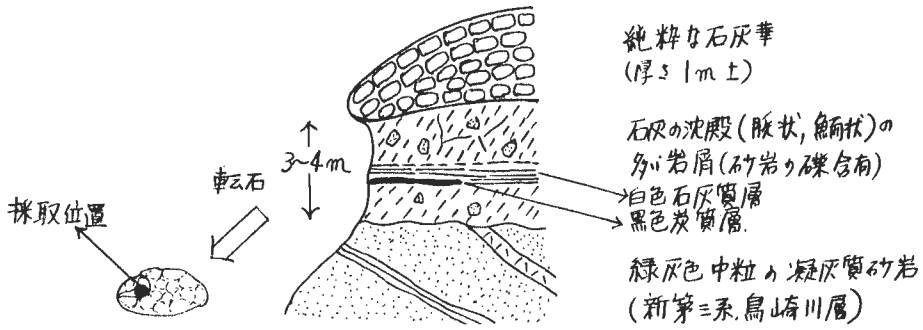
第22図 G-14測年用試
 a : NG73100204, b : NG73100801, c : NG73100201,



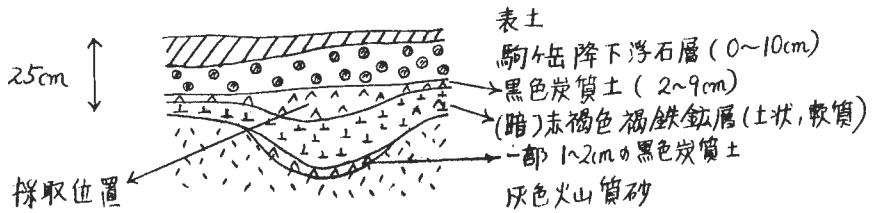
(d)



(e)

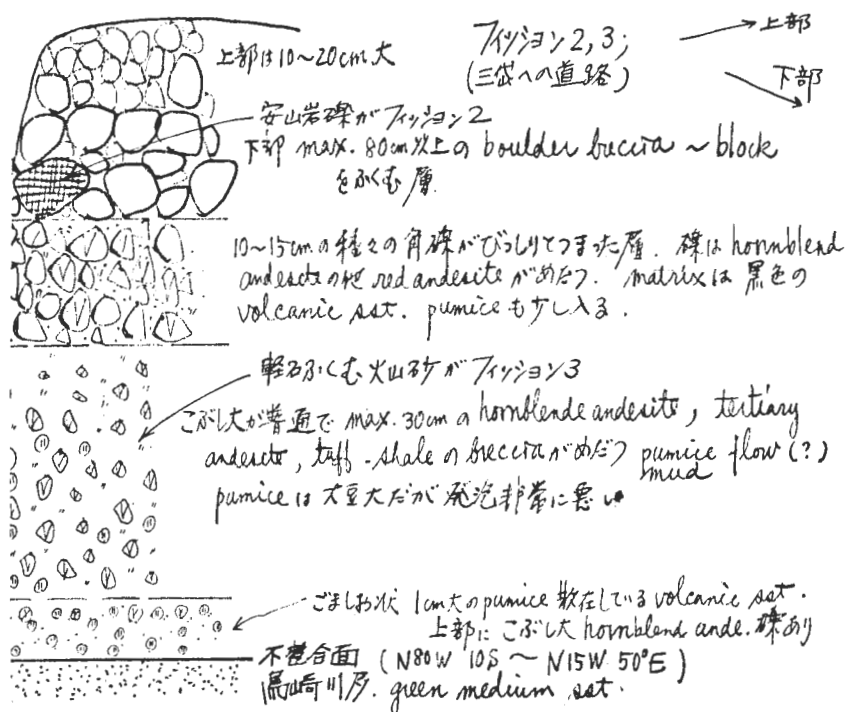


(f)



(g)

料採取地の地層の説明
 d : NG7310183, e : NG73101603, f : NG73101701



第23図 濁川盆地・三谷間道路の石倉層からのフィッシュン・トラック測年用試料採取位置図

Al_2O_3 , CaO , $-\text{H}_2\text{O}$ および FeO は「地質調査所化学分析法・けい酸塩岩中の完全分析法」通りに行ない、 Fe_2O_3 は O-フェナントロリン法、 Na_2O と K_2O は炎光光度法、 P_2O_5 はモリブデン黄法、 MnO は過マンガン酸カリウム法、 $+\text{H}_2\text{O}$ は五酸化リン吸収法、 S , SO_3 および Fe は硫酸バリウム法、 CO_2 はクーロメトリー、真比重と見掛比重は JIS Z 8807 に準じて実施した。

6.2 化学分析結果および解釈

前述の試料について化学分析をおこなった結果を第4表に示す。

変質帯における成分の移動は第4表の数字のみで論ずるわけにはいかない。移動しにくい難溶成分を見い出してそれを一定とし、他の成分の増減を調べる方法（阿部ほか、1973）か、増加した成分は他の成分の減少による見掛上の増加とみなし、閉じた系の中で相対的に計算する方法（山下、1971）などで論じなければならない。今、仮りに Al_2O_3 を一定として前者の方法で計算すれば試料1～3の頁岩の組では、 SiO_2 , TiO_2 , CaO , P_2O_5 , $+\text{H}_2\text{O}$ などが変質とともに減少し、 K_2O が増加する傾向にある。これは、モンモリロナイトなどの粘土鉱物類の形成によって相対的にこれらの成分が増減したか、岩石中の石英やガラスなどが溶脱して他の場所に移動したかが考えられる。X線回折による表（第5表）を見ると上述の両方が行なわれたようである。試料4～6の火山礫凝灰岩では試料1～3の場合と逆の現象が推定される。

7. X線分析

変質岩および温泉沈殿物のX線分析は64個の試料について実施した。試料採取地点は第3-1図、第5-1図～第8-3図に示した。X線試料番号11, 12および28の試料は、同じ地点から2個採取しX線分析をお

第5表 濁川地熱地域の粉末X線回折による変質鉱物一覧表(つづき)

分 析 番 号	試 料 番 号	採 取 地 点	シリカ鉱物			粘土鉱物				沸石	硫酸塩 鉱物	酸化・硫 化鉱物	その他
			G	Op	Cr	Mt	Ser	C/M	K	Cp	Al	Lim Py	Ca S
			英 石	石	石	ト	ト	ト	ン	石	石	鉱 鉄	石 黄
			白	ベ	ル	ナ	イ	イ	リ	沸	ん	鉄	解
			α-ク	リ	ス	ロ	モ	リ	リ	チ	ば	嵩	方
			石	石	石	ン	セ	緑	ナ	斜	明	黄	硫
			石	石	石	ン	セ	緑	ナ	斜	明	黄	硫
51	NG73101701A	二号橋、											
52	NG731012A01	牧地	○			○							
53	NG731012A02	三場北				○							
54	NG73100502K	壁				○							
55	NG731008A01	の川中	○			○							
56	NG73102229K	上流	○			○							
57	NG731017A02	化学	○		○								
58	NG73101606 _a	学	○			○							
59	NG73101606 _b	学	○			○							
60	NG73101805K	学	○			○							
61	NG73101905	化学											
62	NG73101812	学	○	○	○								
63	NG73101703	石											○
64	NG73101802	褐	○										

こなった。また試料番号57~62は化学分析試料をX線分析したものである。分析結果は第5表に示したが、番号の配列はほぼ地域毎にならべてある。本地域の変質帯は濁川盆地北東部と濁川本流道路沿いに限られるため、その部分に試料採取地点が集中している。

8. 花粉分析

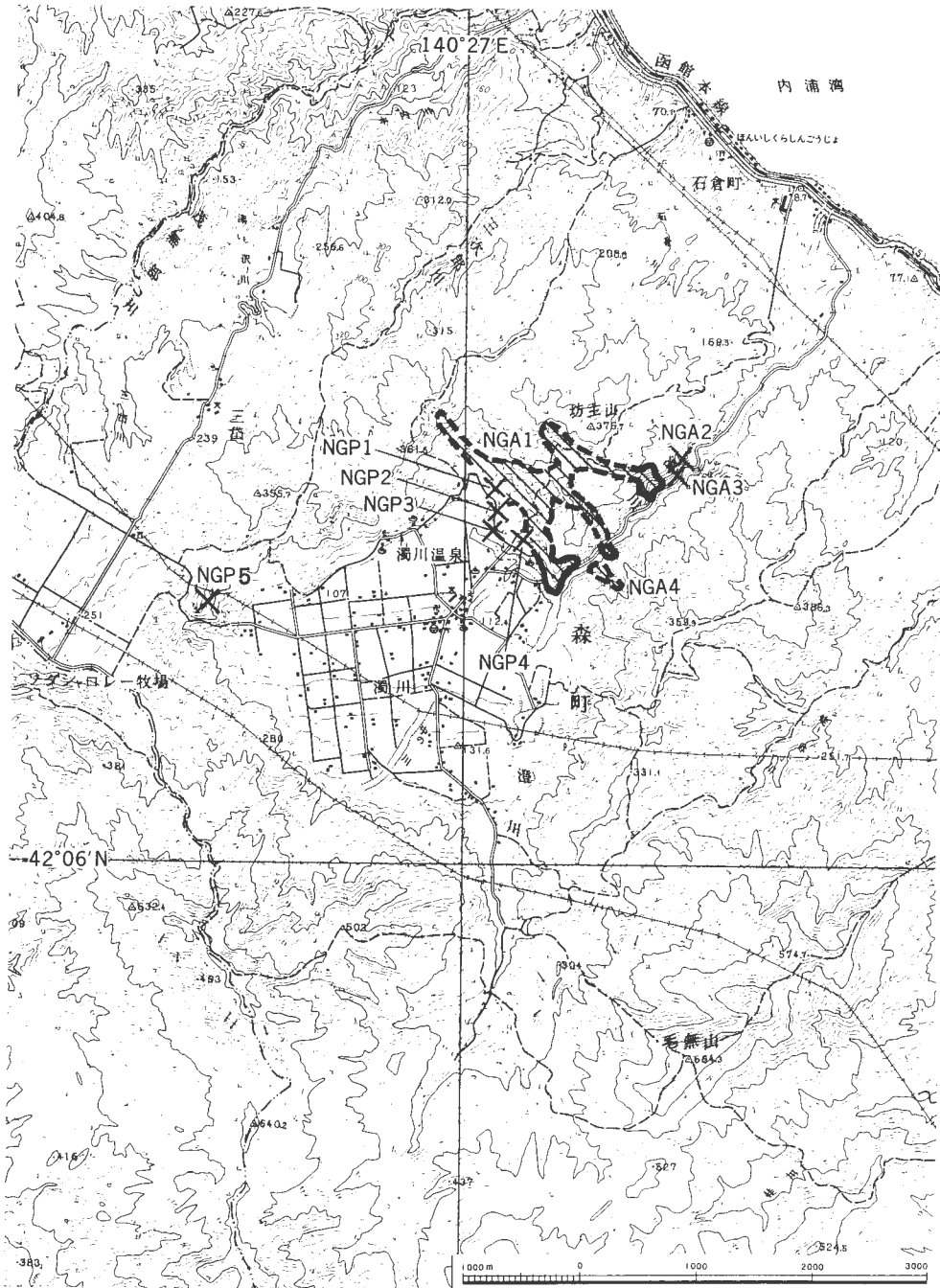
花粉分析は次の6試料を分析した。

- | | | |
|---------|--------------|------------|
| No. 1 | NG 73101603 | 濁川盆地内段丘堆積物 |
| No. 2 | NG 73101808 | 同上 |
| No. 3 | NG 73101813 | 坊主山層 |
| No. 4 | NG 731004A01 | 77.1m湖沼堆積物 |
| No. 5-1 | NG 73102002 | 森川層シルト質部 |
| No. 5-2 | NG 73100204 | 森川層炭質部 |

その結果、no. 4を除く5試料から花粉化石を検出した。その詳細は尾上ほか(1978)に述べられているが、次にその大要を略述する。

No. 1, no. 2の示す植生は *Quercus* (コナラ属), *Betula* (シラカンバ属) *Alnus* (ハンノキ属) などを主とし *Fagus* (ブナ属), *Carpinus* (クマシデ属) *Ulmus* (ニレ属) などを伴なう落葉広葉樹林をしめし、冷温帯の気候をあらわしている。現在の *Fagus crenata* (ブナ) の北限は試料採取地域よりやや北に位置しており、試料に含まれている花粉化石は *Fagus crenata* と考えられる。気候その他の環境は現在とあまり変わらないと推定される。

No. 5-1, no. 5-2およびno. 3ともに広葉樹の花粉に比して *Abies* (モミ属) *Picea* (トウヒ属), *Pinus* (マツ属) などの針葉樹の花粉が多く、広葉樹の花粉では *Alnus* (ハンノキ属), *Betula* (シラカンバ属), *Ulmus* (ニレ属) が多い。当時の森林は *Abies* (モミ属), *Picea* (トウヒ属) などの亜寒帯



第24図 濁川地熱地域の熱水変質帯総括図

第6表 濁川地熱地域地熱変質帯・温泉沈殿物一覽表

No.	名	称	母岩とその年代	関連火山	珪化帯	鉱物				地熱徴候およびその最高温度 (°C)		
						シリカ鉱物	粘土鉱物	沸石	硫酸塩鉱物		酸化、硫化物	その他
NGA 1	養の河原	原	凝灰岩・安山岩，中新世	濁川	有	Q, Cr	Ser, K, Mt, S/M		Al	Pr	S	昇華硫黄，褐鉄鉱， 臭気 (38°C)
NGA 2	2号橋上流	A	砂岩，中新世	"	無	Q	Mt					なし
NGA 3	"	B	凝灰岩，中新世	"	無	Q	Mt					なし
NGA 4	濁川右岸	岸	凝灰岩，中新世	"	無	Q	Mt					なし
NGP 1	養の河原	原									S	
NGP 2	火葬場	場								Lim		
NGP 3	火葬場	場								Lim		
NGP 4	神泉館	館								Lim		
NGP 5	濁川盆地	地									Cs	

針葉樹を主とし、*Alnus* (ハンノキ属)、*Betula* (シラカンパ属)などを伴う植生を示し、寒冷な気候が支配していたと推定される。no. 3, no. 5-1 および no. 5-2 での出現花粉の割合の違いは局部的な植生、堆積環境のちがいを表わしているにすぎない。

9. 珪藻分析

珪藻分析には次の8つの試料を供した。しかし、no. 1-1, no. 2-1 および no. 3 には珪藻が含まれていないか、保存が悪いので、分析の対象外とし、他の5試料の分析を行なった。

No. 1-2	NG 73101808	濁川盆地内段丘堆積物の黒色ピート層
No. 2-2	NG 73101813	坊主山層中の炭質岩
No. 4-1	NG 73102001	森川層中の砂質シルト岩
No. 4-2	NG 73102002	同上の炭質物
No. 5	NG 72080910	鳥崎川凝灰岩層中のシルト岩
No. 1-1	NG 731016A01	濁川盆地内段丘堆積物のシルト
No. 2-1	NG 73101812	No. 2-2 と同じ地点で上位のシルト岩
No. 3	NG 731004A01	7.1m湖沼堆積物

この結果は、別に詳細に報告の予定であるが、濁川盆地内段丘堆積物の no. 1-2, 坊主山層の no. 2-2, 森川層の no. 4-1, no. 4-2 からは淡水性珪藻、鳥崎川凝灰岩層の no. 5 からは海水性珪藻が多数発見されている。

10. まとめ

本地区の調査は濁川盆地を中心におこなった。濁川盆地は更新世末に生じた小規模なクラカタア型カルデラである。

濁川盆地には地熱徴候として、温泉、噴気、地熱変質帯のほか石灰華、褐鉄鉱、硫黄などの温泉沈殿物がある。温泉は盆地内に37あり、うち8は自然湧出である。これら温泉の分布は盆地北部に限られている。泉温は、35~70°Cで、深度70mのボーリングで90°Cを得ている温泉もある。

噴気は盆地北東部の賽の河原付近に密集してみられる。噴気の主体はCO₂で全体の96%を占める。自然噴気の高気圧の温度は16~38°C前後である。

変質帯は濁川盆地北東部に集中して分布する。新第三系の深部の構造を反映して分布の方向は北西-南東を示す。変質帯はα-クリストパライト、明ばん石などからなるオパール帯を中心にモンモリロナイトを主とする粘土化帯が広がり、局部的にゼオライト、カオリンなどが分布する。この変質作用は新第三系にのみおこなわれており、カルデラ形成に直接関係があるとされている石倉層(C-14法, B. P. 12,900±270年, 佐藤, 1768, C-14法 B. P. 11,670±220年, 第3表) およびその下位の坊主山層(C-14法, B. P. 11,340±220, 第3表)などの第四系にはおよんでいない。したがってこの変質帯の形成時期は石倉層堆積前ということが出来る。今回、変質帯の母岩をなす新第三紀狗神岳集塊岩層中の輝石安山岩を変質作用の下限決定のためフィッシュン・トラック法により測年したところ約200万年前という結果をえた。また、変質帯を直接覆う盆地内堆積物中の黒色粘土質炭質土について変質作用上限決定のためC-14法による測年をおこなったところ4,110±100年 B. P.の結果をえた。

その後の活動としては石灰華、褐鉄鉱、昇華・沈殿硫黄鉱などの温泉沈殿物の活動がある。これらは石倉層堆積後、駒が岳火山噴出物 KO-d₂ (1640年噴火)の堆積前および KO-d₂ 堆積後から現在までの2時期に分けられる。したがって濁川地域の地熱活動は以上の3時期に分けることができる。

現在も活動中の温泉、噴気などは、変質帯の分布とは必ずしも一致しない。とくに温泉は変質帯分布地域に近い位置にあることも多いが変質帯中にはみられない。温泉分布地域には変質帯をおおう湖成堆積物が分布するために両者の関係は充分明らかではないが、これらの活動は盆地内の構造線に支配され

た熱水の動きを反映しているものといえよう。

文 献

- 阿部 宏・青木守弘・今野 弘 (1973) NaOH・KOH 溶液による凝灰岩類の熱水変質作用，とくに化学組成変化について (鉱床母岩の熱水変質に関する実験的研究-3)。岩 鉱, vol. 68, no. 9, p. 269-276.
- 土居繁雄 (1960) 北海道渡島国森町の地質, 森町。(北海道地下資源調査所報告, no. 25 付録)。
- 福富孝治・藤木忠美・須川 明・大谷清隆・和田昭夫・徳永英二 (1963) 北海道濁川温泉の調査報告。北大地物研報, no. 10, p. 61-76.
- 福富忠男・茶木久芳 (1935) 北海道有用礦産物調査 (第五報) (丙) 渡島支庁管内芽部郡一部 (森・濁川・落部地域)。北海道工業試験場報告, no. 50, p. 103-147.
- 早坂一郎ほか編 (1953) 20万分の1北海道地質図(1)西部。北海道地下資源調査所。
- 北海道火山灰命名委員会 (1972) 北海道の火山灰分布図。
- 石田正夫 (1967) 北海道濁川盆地付近の地質について。地調月報, vol. 18, p. 281-288.
- 北野 康 (1964) 温泉に産出する炭酸カルシウム沈積物の化学 (その1)。温泉工学会誌, vol. 2, no. 1, p. 44-49.
- 小林儀一郎 (1911) 渡島国濁川油田調査報告。鉱物調査報告, no. 5, p. 45-56.
- 松下勝秀・鈴木 守・高橋功二 (1973) 5万分の1地質図幅「濁川」および同説明書。
- 長尾 巧・佐々保雄 (1933-1934) 北海道西南部の新生代層と最近の地史。地質学雑誌, vol. 40, no. 480, p. 555-575; vol. 41, no. 488, p. 211-260.
- 中谷省三・都築俊文・勝田也子ほか4名 (1967) 北海道の温泉成分の化学的研究 (第9報), 濁川温泉の湧出機構。北海道衛生研究所報, no. 19, p. 148-151.
- 成田康介・藤田定美・斎藤 紘 (1964) 落部地区。国内鉄鉱原料調査, 第3報, p. 42-45, 通産省。
- 尾上 亨・徳永重元・大島秀明・伊藤良永 (1978) 日本の地熱地域における花粉分析調査研究, その1。地調報告, no. 259, p.579~624.
- 佐藤博之 (1968) 西南北海道濁川カルデラとその噴出物について (要旨)。地質雑, vol. 4, no. 2, p. 104.
- 田中館秀三 (1930) 北海道濁川盆地に就きて。地学雑, vol. 42, no. 499, p. 400-411.
- 太秦康光・那須義和・瀬尾淑子 (1957) : 北海道西南部の諸温泉 (その3) 濁川温泉。日化, vol. 80, p. 866-871.
- 山下幸三郎 (1971) 九重火山地域における温泉の水系 (Ⅲ) 八丁原地熱地帯における地下岩石の化学成分の変化からみた温泉水の生成過程。大分県温泉調査研究会報告, no. 22, p. 1-12.
- 矢島澄策 (1934) 北海道濁川盆地に就て。地学雑, vol. 46, no. 548, p. 471-481.

Geological Investigation of Hydrothermal Alteration Haloes in Nigorikawa Geothermal Field, Southwestern Hokkaido

Teruaki IGARASHI, Ko SATO, Toshio IDE, Susumu NISHIMURA
and Kiyoshi SUMI

Abstract

The hydrothermal alteration haloes in Nigorikawa geothermal field, Hokkaido has been geologically investigated with special interests in their distribution, mineralogical compositions and radiometric ages.

The mentioned geothermal field is situated within late Pleistocene Nigorikawa caldera. There are 28 hot springs of 43 to 92°C and 7 fumaroles of 16 to 38°C.

Geothermal activity of this area is genetically related to the volcanism of Nigorikawa caldera. Immediately before the subsidence of the caldera, the Ishikura pumice was deposited (a pyroclastic flow deposit).

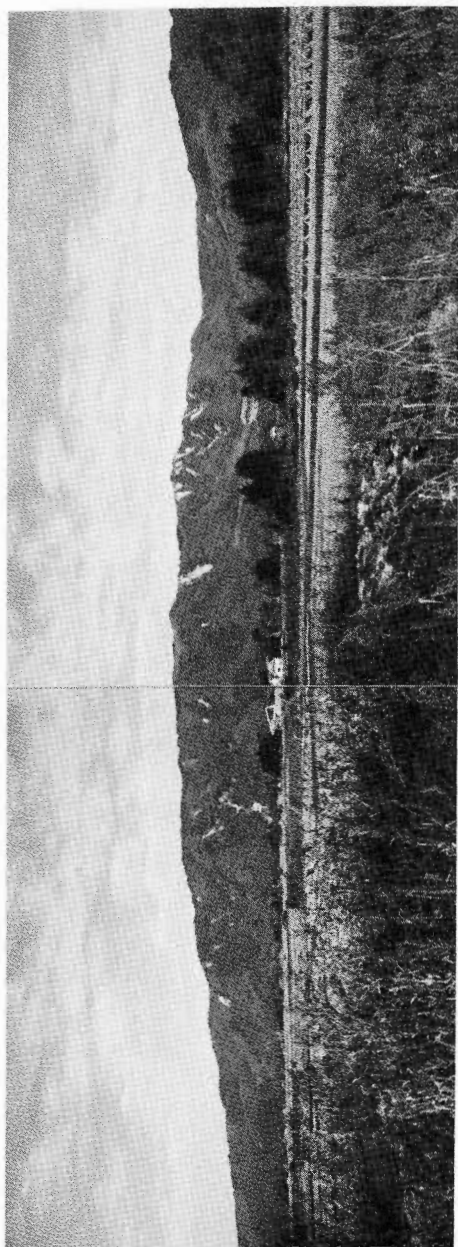
An alteration halo is found at a fumarolic area in the northwestern margin of the caldera. It is about 0.7 km² in area and classified into an inner siliceous part composed mainly of α -cristobalite, amorphous silica, and alunite, and an outer argillized part.

Altered volcanic rocks of the $2,100 \times 10^3$ year old Torisakigawa Formation is unconformably covered by the unaltered Bozuyama Formation of 11,340 years ago or the Ishikura Pumice Bed of 11,670 years ago. Limonite or travertine beds are intercalated in Holocene deposits. Therefore the main stage of hydrothermal alteration is older than about 11,000 years.

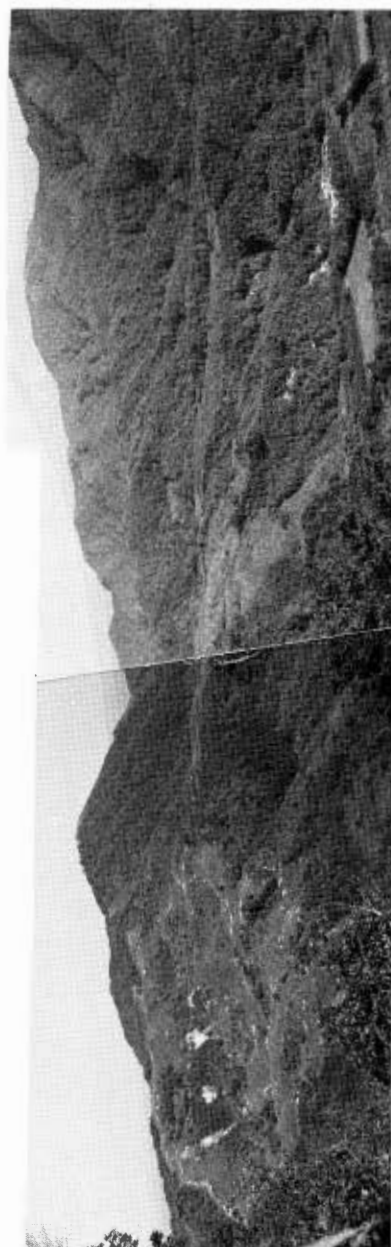
(受付: 1977年12月1日; 受理: 1977年12月6日)

図 版 説 明

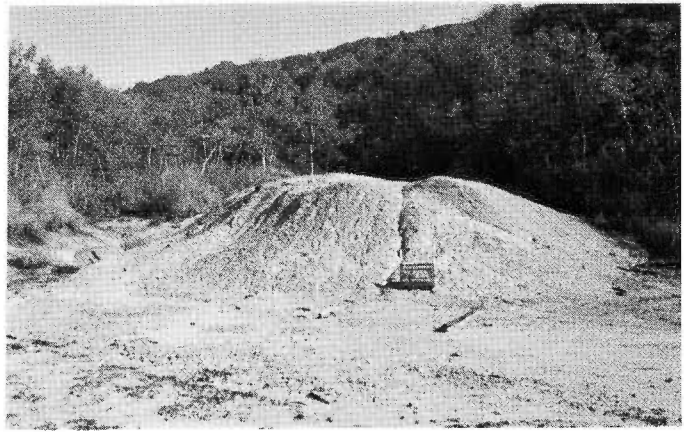
- 図版 7-1 濁川盆地北壁. この右端部に変質帯がある.
- 図版 7-2 濁川盆地北壁から東方の変質帯を望む. 左の山は坊主山. 右遠方は駒が岳火山.
- 図版 8-1 賽の河原西端部の変質岩 (第9図参照).
- 図版 8-2 賽の河原東端部の変質帯 (第11図参照).
- 図版 8-3 賽の河原西端部の昇華硫黄の小丘.
- 図版 8-4 火葬場南方の褐鉄鉱層 (第20図参照).
- 図版 9-1 濁川本流・澄川合流点から200m下流道路崖の変質帯. 右上に坊主山層が変質帯をおおっているのがみえる (第12図参照).
- 図版 9-2 濁川本流・澄川合流点から200m.
- 図版 9-3 濁川盆地西部砂防ダムの沢. 石灰華の産地.
- 図版10-1 内浦湾岸石倉郵便局南側崖における石倉層 (第2-2図, 柱状6参照).
- 図版10-2 濁川盆地・三岱間道路における石倉層 (フィッシュン・トラック測年用試料 no. 2 を採取した上部凝灰角礫岩, 第23図参照).
- 図版10-3 内浦湾岸石倉郵便局南側崖における20m段丘堆積物およびそれをおおう石倉層 (第2-2図, 柱状6参照).
- 図版10-4 内浦湾岸本石倉駅北方における5m海岸段丘堆積物 (第2-1図, 柱状5参照).



1



2







1



2



3



4

551.23 : 551.25(524)

北海道茅部郡鹿部・大船地熱地域の熱水変質帯*1

五十嵐昭明*2・石田正夫*2・岡村信行*3・青木謙治*3
山口昇一*2・西村 進*4

1. ま え が き

本調査研究は全国地熱基礎調査変質帯調査「駒が岳南部」地域調査（昭和49年度）の一環として行なわれたものである。調査研究の目的は、地熱変質帯の規模および生成年代を知ることによって、地熱地域の探査ならびに評価に貢献することにある。

調査地域は第1図に示すように、北海道茅部郡鹿部村精進川から南茅部町の大船川に至る地域で、野外作業は昭和49年9月18日から10月18日の間に実施された。

調査研究の経緯、担当者等の細部については、全国地熱基礎調査報告書No. 8 駒が岳南部（地質調査所, 1975）に記載されている。

調査研究の実施にあたっては、現地の鹿部村役場および南茅部町役場から、計画立案および総括的なまとめに際しては、角 清愛技官から多大の御協力をいただいた。ここに厚く感謝の意を表す。

2. 従 来 の 調 査

駒が岳南部地域の地質・鉱床および温泉については、従来から多くの研究および調査が行なわれている。

地質全般については、有用鉱産物調査報文（福富, 1933）, 5万分の1地質図幅「鹿部」（国府谷ほか, 1967）および「東海」（鈴木ほか, 1969）など広域的な調査が行なわれている。

第四系の駒が岳火山噴出物については、山田（1963）, 勝井（1963）および佐々木ほか（1970, 1972）などによって、層序・分布および岩質などについて研究されている。

硫黄・褐鉄鉱および砂鉄鉱床については、大日方（1911a, b）, 下斗米（1935）, 猪木（1950）, 室住（1950, 1951）, 高島（1951, 1952）, MUKAIYAMA（1959）, 山田（1959）, 成田（1962）, 齊藤ほか（1967）, 番場ほか（1956 a, b, 1958）, 北海道工業隊（1957）, 沢ほか（1957）などの報告がある。

温泉については、福富（1933）の研究がある。

3. 地 質 概 説

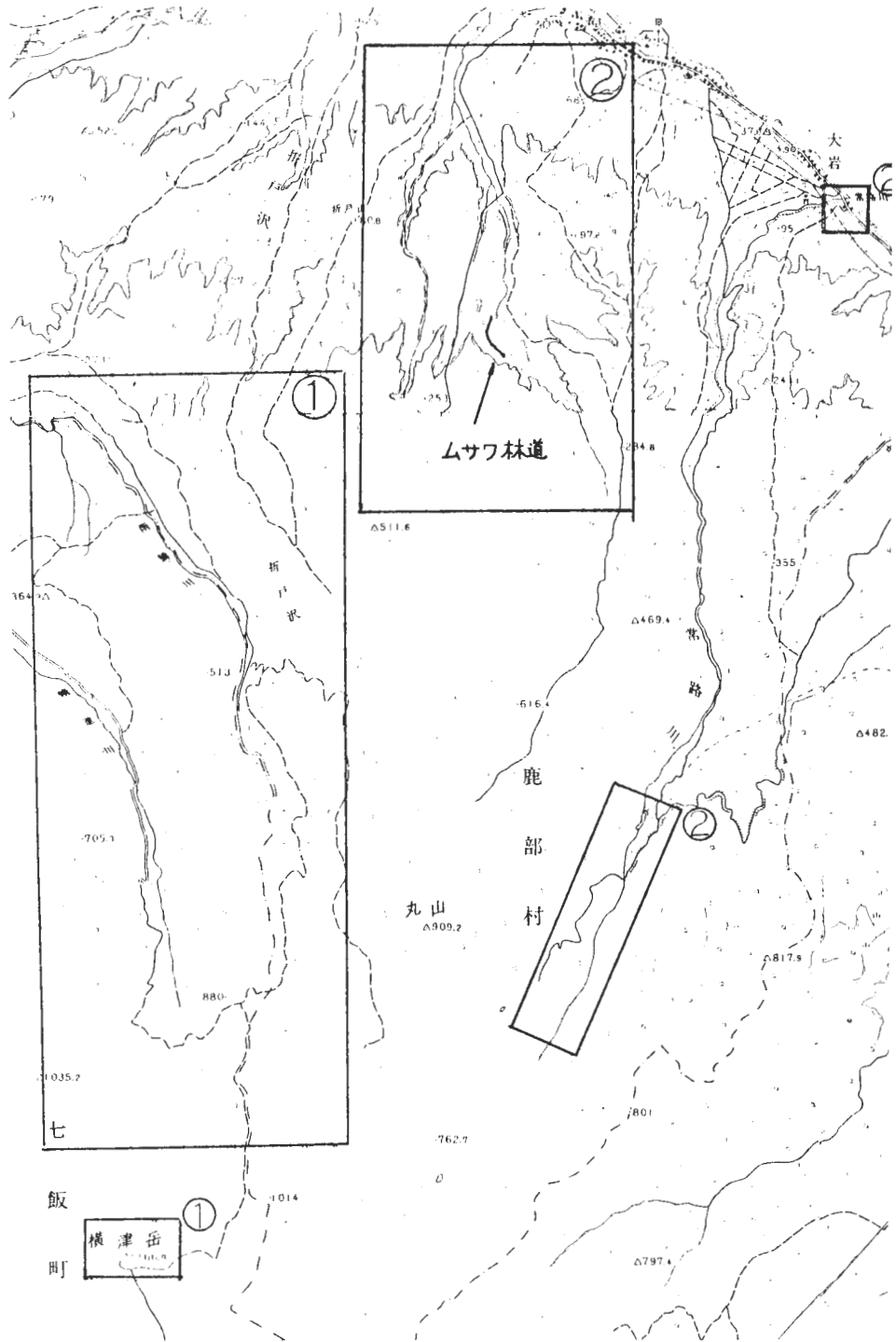
本地域の地質は、総括すると第1表の層序表に示すとおりで、新第三系を基盤として第四紀更新世の砂礫堆積層、段丘堆積物さらには駒が岳の活動による火山噴出物が広く分布している。

3.1 更新世堆積物

当調査地域では鹿部市街地の南西鹿部川中流域の標高100~300mの台地付近および大岩付近の海岸沿いに発達する標高30m段丘の下位に分布し、主として火山砕屑岩層・砂層・礫層・シルト層・山砂鉄層

*1 地質調査所報告, no, 259, 1978

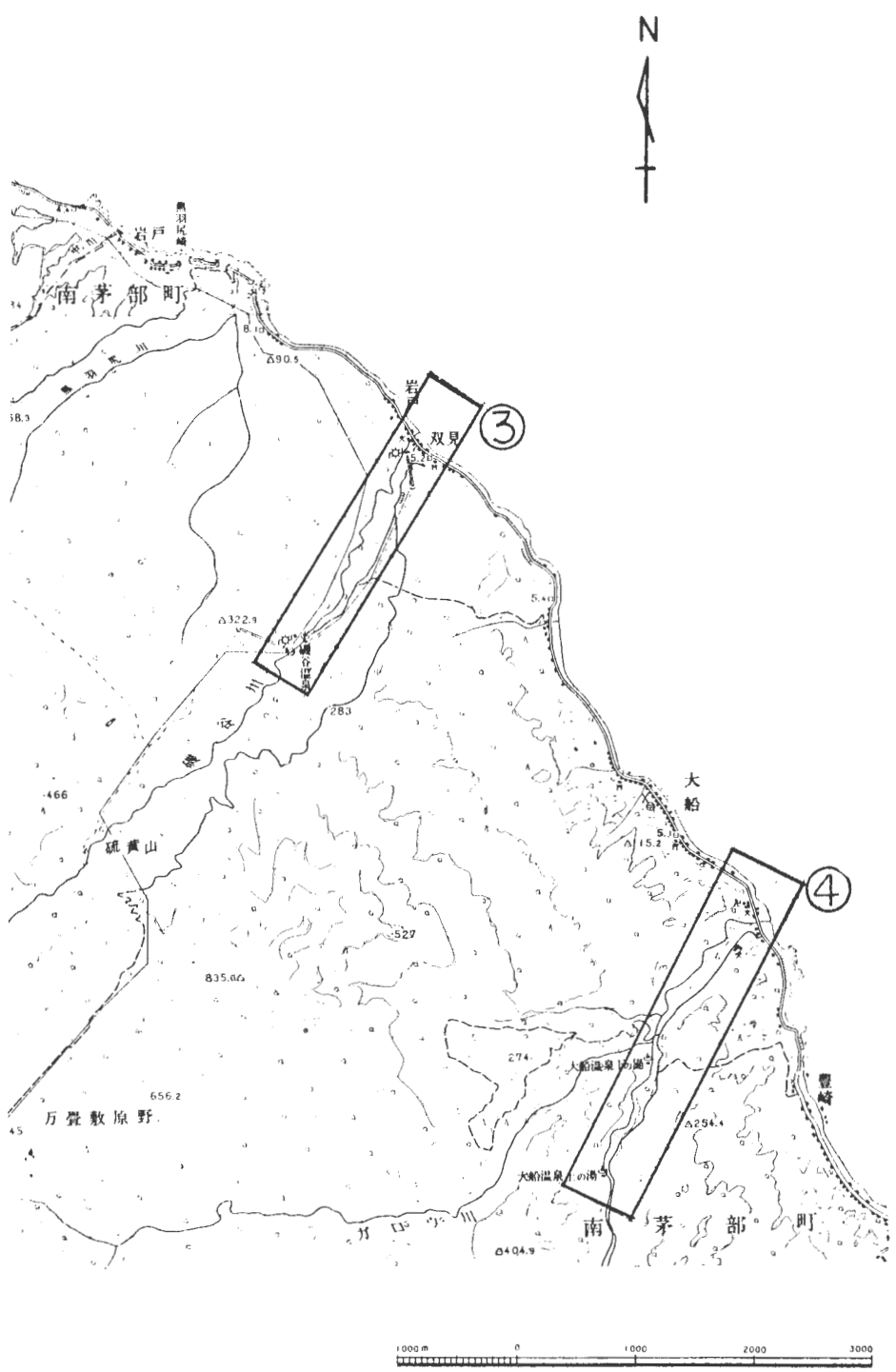
*2 北海道支所 *3 鹿島建設株式会社技術研究所 *4 京都大学教養部



第1図 調査地

①雨鱒川精進川地区 (折戸沢, 横津岳山頂を含む)

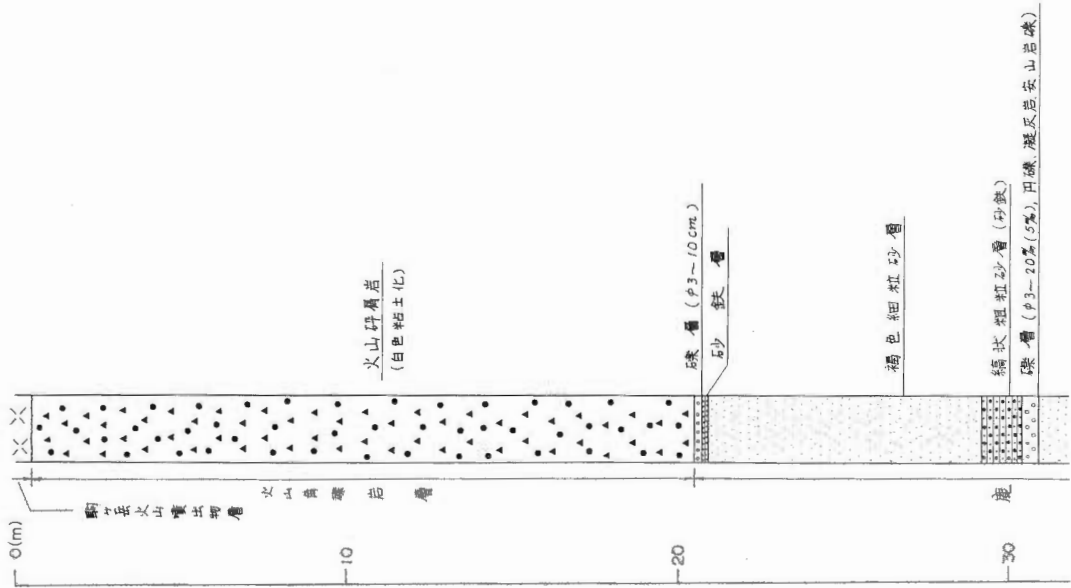
②鹿部地区 (大岩・常呂川上流・ムサワ)



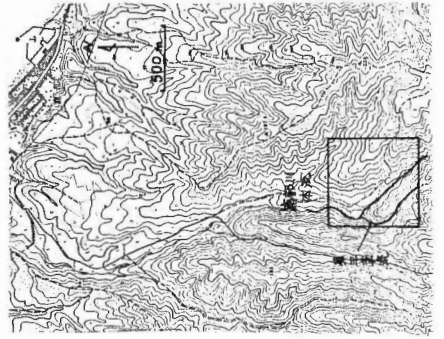
域位置図
林道を含む)

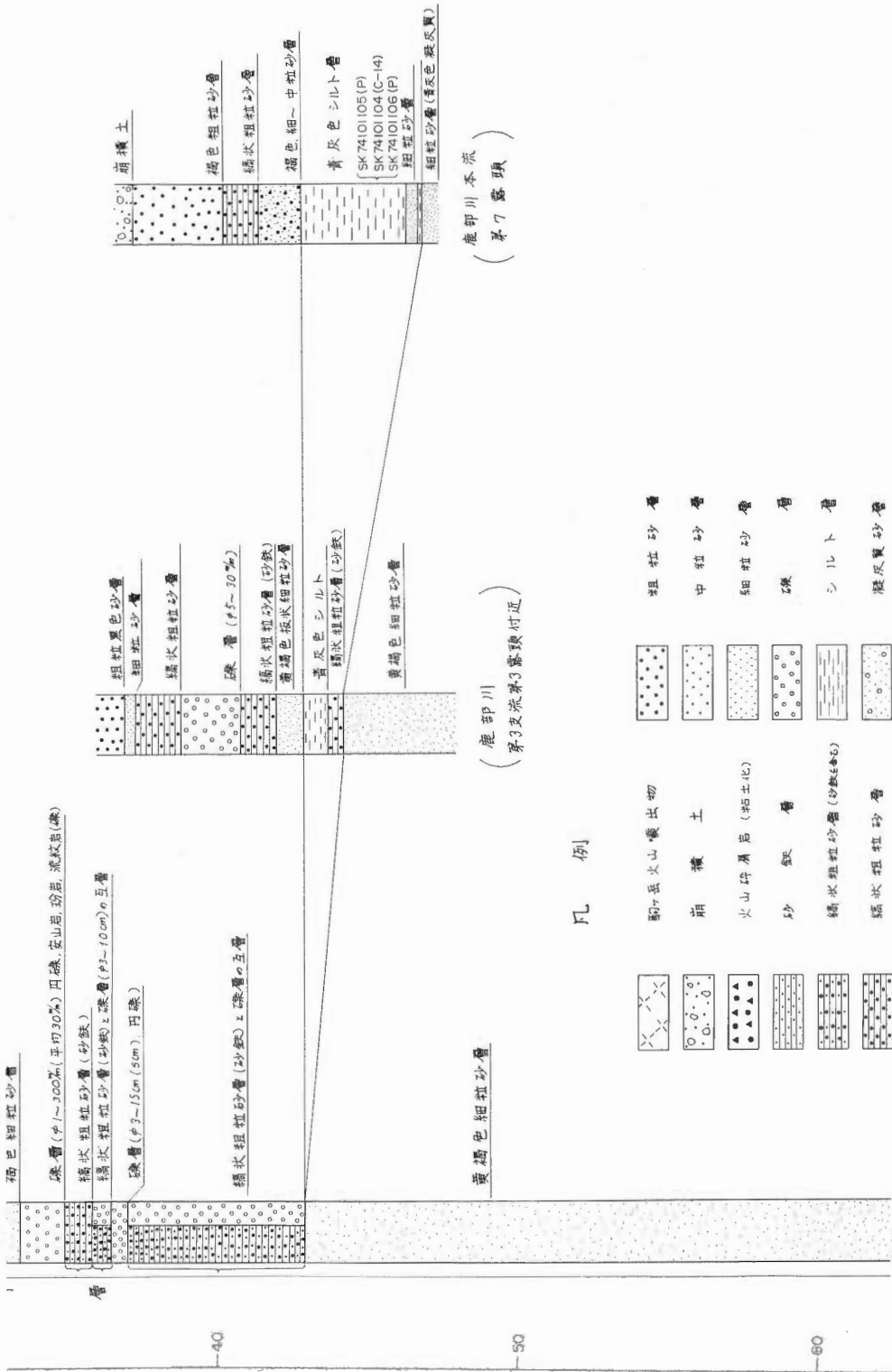
③磯谷川地区

④大船川地区



河在地點位置圖





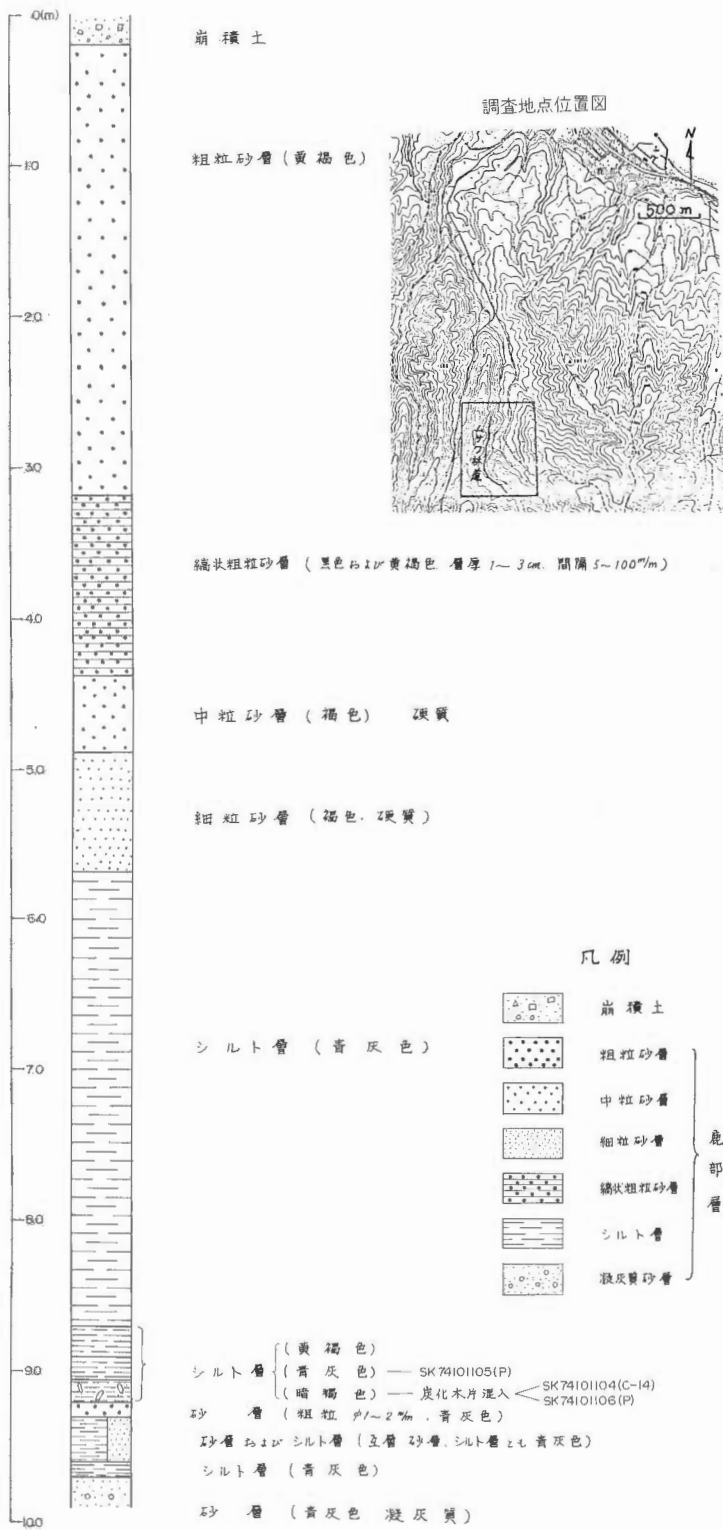
第2図 第四系柱状図 (鹿部川)

(鹿部川 第3支流下流分岐点)

第1表 鹿部・大船地城地質層序表

地域		精進川～雨鱒川・大船川地城				鹿部川・大岩地城			
時代	層	序	岩質	火成活動他	層	序	岩質	火成活動他	
第四紀	現世	河床堆積物	礫, 砂		河床堆積物	礫, 砂		駒が岳火山	
		駒が岳火山灰	火山灰, 軽石		駒が岳火山灰	火山灰, 軽石			
	更新世	崖錐堆積物	礫, 砂		崖錐堆積物	礫, 砂		古洪積火山	
		扇状地堆積物	礫, 砂		扇状地堆積物	礫, 砂			
新第三紀	鮮新世	礫谷	礫層, 砂層	常路川火砕層流 { 瀉面山溶岩 { 熊泊山溶岩	段丘堆積物	礫, 砂, 粘土	常路川火砕層積物	古洪積火山	
		双見	砂層, 礫層, 亜灰, 砂鉄 集塊岩, 凝灰角礫岩 凝灰岩, 溶結凝灰岩 木片		礫層, 砂層	段丘堆積物			礫, 砂, 粘土
	中新世	礫谷川火砕屑岩類	砂層, 礫層, 凝灰岩, 砂鉄 集塊岩, 凝灰角礫岩 凝灰岩, 溶結凝灰岩 木片	硫黄鉱床	横津岳上部溶岩 下部溶岩 "	松倉川層	泥岩, 凝灰岩	鹿部層	砂, 礫, 粘土, 砂鉄
		峠下火砕屑岩類	集塊岩, 凝灰角礫岩 凝灰岩			留ノ沢層	凝灰岩		
		砂泊川層	軽石質凝灰岩部 層			銅、鉛、亜鉛、鋳床	黒羽尻集塊岩		
先第三紀	先第三紀	砂泊川層	硬質頁岩・頁岩, 凝灰岩, 凝灰角礫岩 綠色凝灰岩部層	安山岩質プロロライト II 流紋岩 石英安山岩質プロロライト I 安山岩質プロロライト I 石英閃綠岩 粗粒玄武岩	中ノ川層	凝灰岩, 流紋岩質プロロライト 頁岩	安山岩 プロロライト		
		先第三紀	粘板岩		先第三紀	粘板岩			

(5万分の1地質図幅「鹿部」 「東海」および同説明書による。一部加筆)



第3図 第四系柱状図 (鹿部川本流)

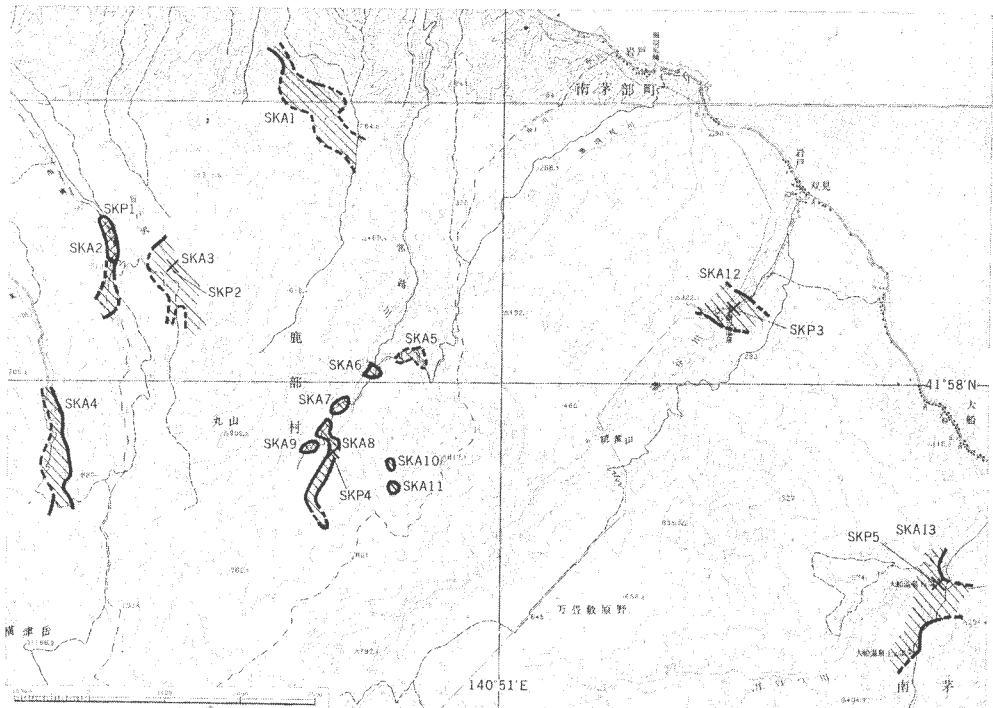
からなる鹿部層が分布する。また磯谷川地域では下流の標高 100m の段丘下に鹿部層とはほぼ同層準の堆積物が存在し、双見層としてあつかわれており、その層厚は最大約 100m と推定される。地層の走向傾斜は全体として $N20^{\circ} \sim 50^{\circ}W$, $5^{\circ} \sim 15^{\circ}NE$ を示している。鹿部川地域の鹿部層は、岩相によって、下部・中部および上部と 3 分される。すなわち下部と上部は火山碎屑岩からなり、中部は青灰色シルト層および砂鉄層を挟む砂層および砂礫層を主体とする正常堆積物で構成されている（図版 11-1）。これらの層相は堆積状態が不規則で水平的な岩相変化がみられる。第 2 図は鹿部川第三支流の分岐に近い露頭の柱状図で、下部の火山碎屑岩層はみられないが中部の黄褐色細粒砂層以上の岩相がよく観察できる。また、第 3 図は鹿部川本流における鹿部層の柱状図である。

鹿部川地域で砂鉄層は標高 30m, 標高 100~200m, 標高 220~300m, とそれぞれ異った高さに発達するが層序的には同一の層準に属するものと考えられる（番場・五十嵐, 1954）。

また、鹿部層に対比される双見層は大船温泉の南側の道路の切割り、および磯谷川下流で一部観察され、変質した集塊岩および頁岩を不整合に覆い、主として、砂層・シルト層・礫層・砂鉄層から構成されている。また、シルト層中には炭化木片が多く混入している。

なお、鹿部層中部の黄褐色凝灰質砂層と下部との関係を直接みることはできないが、ムサワ林道終点付近の沢（鹿部川第三支流）ではこの中部は約 1.0m 程度に薄くなり、下部の安山岩質碎屑岩さらに鹿部層上部の変質火山碎屑岩との間で一度尖滅し、上流の第四支流で再び発達している。しかし、本層下部と上流にみられる安山岩質集塊岩との関係については、同一の層準か、あるいは上下関係を有するかで不明な点もあり今後の検討課題として残される。

さらに注目すべきことは、この中部の砂鉄層を伴う正常堆積物には変質作用が見られないが、下部および上部の火山碎屑岩がいずれも強変質を受けていることで、この事実は変質のメカニズムを考える上で今後の検討が必要である（第 4 図、第 5 図および第 6 図）。



第 4 図 鹿部・大船地熱地域地熱変質帯分布総括図

3.2 段丘堆積物

この地域では、鹿部市街地から大岩にいたる海岸に沿って、標高30mの段丘地形がみられる段丘堆積層の厚さは厚い所で5m、平均2～3mで、よく円磨された安山岩礫層（径3～10cm）・シルト層・礫混りシルト層からなり水平方向への連続性に乏しい。第7図および第8図にみられるように常路川河口の大岩露頭では段丘礫層の上位に径30cm大の亜角礫からなる堆積物が30～40cmの厚さで堆積しておりこれは扇状地堆積物の疑いもある。

3.3 現世堆積物

現世堆積物としては扇状地堆積物・崖錐堆積物・駒が岳火山噴出物・氾濫原堆積物および海浜堆積物などがある。このうちとくに駒ヶ岳噴出物はこの地域のほぼ全域を覆って分布している。

駒が岳は有史以来現在に至るまで数度の噴火を繰返しているため、この噴出物は広域的に分布している。佐々木ら（1970, 1972）によればこれら噴出物は大略次のように区分されている。

駒が岳火山灰	a 層 (ko-a)	1929年 (昭和4年) 6月
	b 〃 (ko-b)	1905年 (明治38年) 8月
	c ₁ 〃 (ko-c ₁)	1856年 (明治3年) 8月
	c ₂ 〃 (ko-c ₂)	1767年 (昭和2年)
	d ₁ 〃 (ko-d ₁)	1640年 (寛永17年) 6月
	d ₂ 〃 (ko-d ₂)	
	e 〃 (ko-e)	1700±130 B.P. ※
	f 〃 (ko-f)	2750±110 〃
	g 〃 (ko-g)	4780±110 〃
	h 〃 (ko-h)	5750±110 〃

※¹⁴C法（腐植酸）による年代

これらの分布は第9図に示すとおりである。なお、本地域において駒が岳火山噴出物は温泉変質を受けていない。

4. 変質帯の産状

この地域の変質作用は鮮新世～更新世と考えられる硫黄および硫化鉄鉱化作用に伴う変質作用と、現世の温泉作用による変質作用とが重複して広範囲におよんでいる（第10図および第11図）。

これらの変質作用は駒ヶ岳火山噴出物、段丘堆積層におよんでいないが、鹿部層（双見層）・鹿部層下部の峠下火山砕屑岩類・汐泊川層（黒羽尻集塊岩・中ノ川層などはこれに対比されるものと思われる）は、著しい珪化および粘土化作用を受けている。このうち、鹿部層は鹿部川ムサワ林道・および第三支流にみられるように鹿部層上部層の火山砕屑岩が著しい強変質を受け、また鹿部層下部層の火山砕屑岩も著しい変質作用を受けているにもかかわらず、中部層（砂礫層）に変質作用が認められないのはきわめて興味ある事実である。

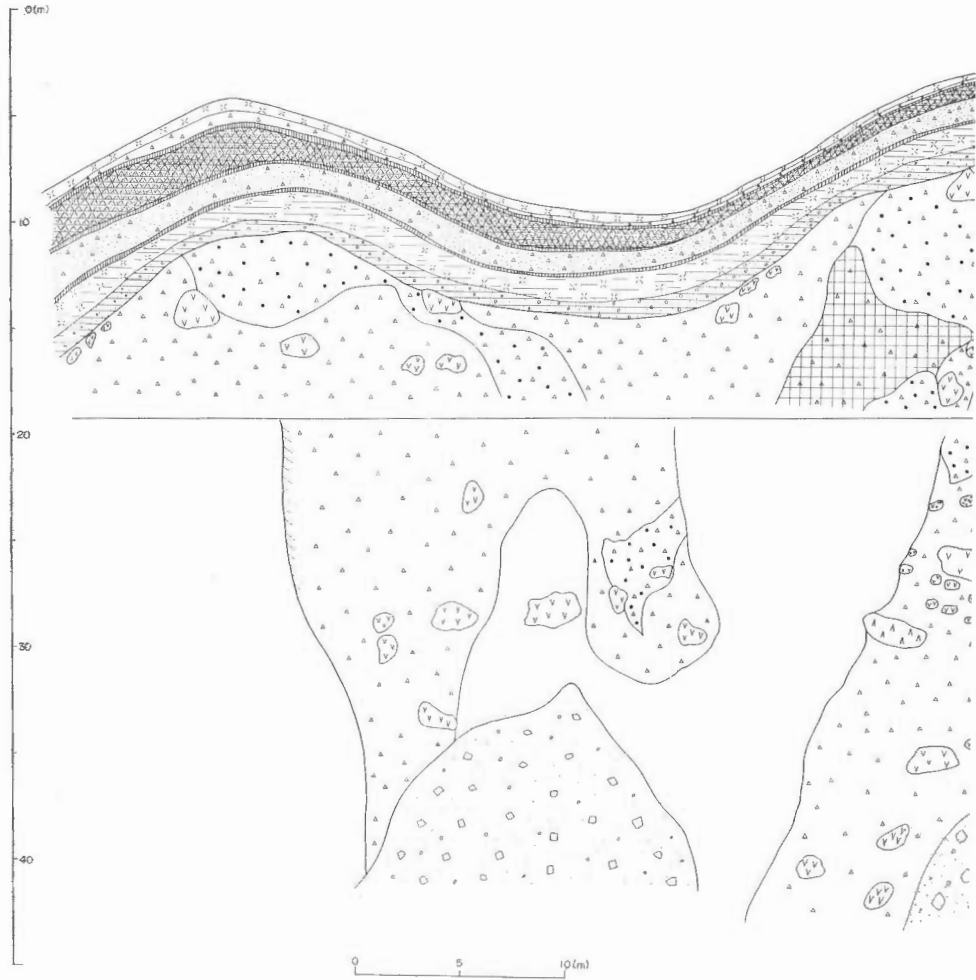
変質は珪化（石英・蛋白石からなり、多孔質・緻密質を呈する）・青灰色粘土化・および白色粘土化に大別され、幅広い変質帯を構成する。

以下調査地区の変質帯の分布・種類および母岩についてのべる。

4.1 変質帯の分布

調査地区内の変質帯は次のように分けられる。

- (1) 精進川変質帯
- (2) 雨鱒川変質帯



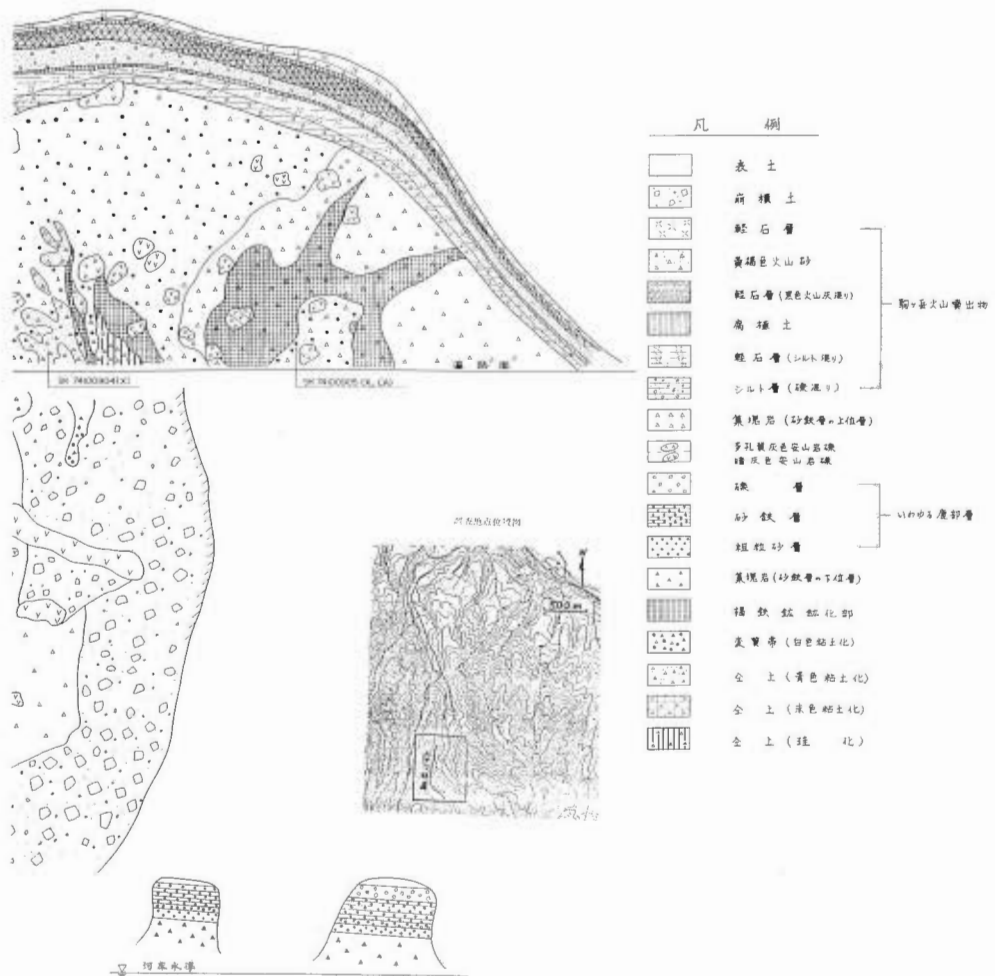
第6図 変質帯模式露頭

- (3) 折戸沢変質帯
- (4) 常路川変質帯
- (5) 鹿部川変質帯
- (6) 磯谷川変質帯
- (7) 大船川変質帯

4.2 変質帯の精査

4.2.1 精進川変質帯

第10図および第12図((1)~(3))の変質帯分布図にみられるように精進川上流の標高550mから700mにかけて延長1,500m以上、幅200~400mにわたって著しく変質した地帯が分布する。本地域の地質は、新第三紀峠下火山碎屑岩類に属する安山岩質集塊岩、紫蘇輝石普通輝石安山岩溶岩からなり、これを母

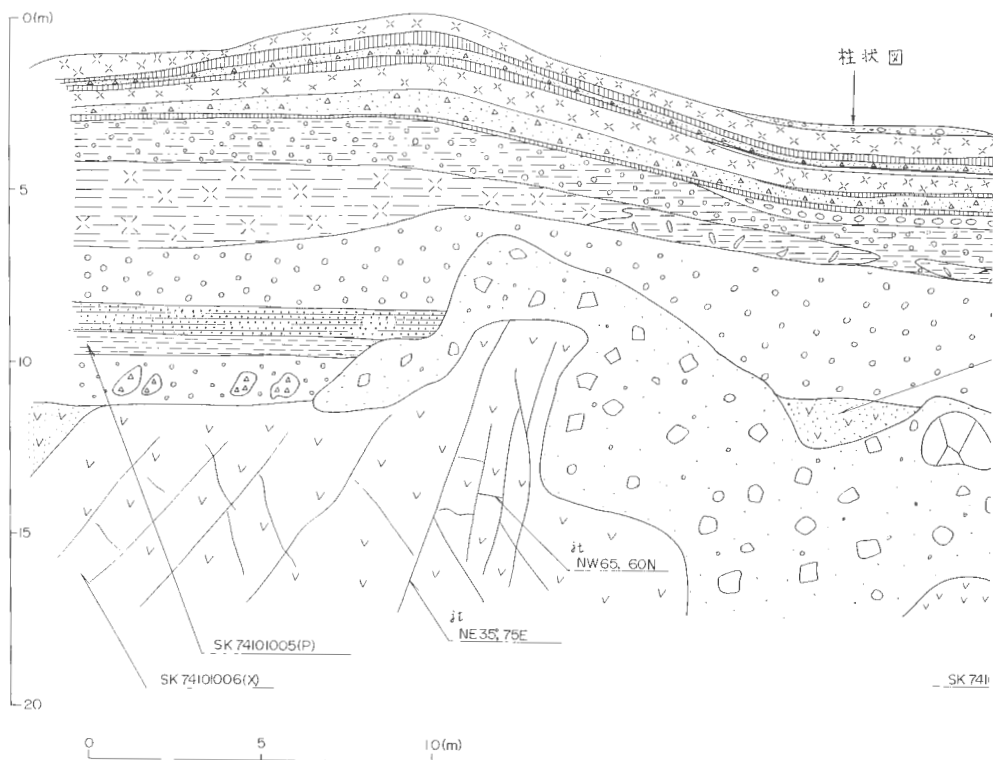


(鹿部川ムサワ林地)

岩として、鉄染交代型の硫黄・硫化鉄鉄鉱床が胎生する(図版11-2, 11-3, 12-1)。鉄体は標高 550m から600mにかけて賦存し、鉄体はほぼ南北方向にのび、延長約300m、幅50m程度の規模と推定される。現在はほとんど採掘し終っている。鉄床付近の母岩は著しい蛋白石化作用を受け、多孔質珪化帯からなる。X線の分析の結果によれば、リンケイ石・ α -クリストバライトおよび石英からなる。鉄床から南側に発達する変質帯は粘土化変質帯(青灰色粘土、白色粘土)に移行し、モンモリロナイト帯さらに以南ではカオリン帯が生成され、これにはいずれも明ばん石を伴っている。青灰色粘土にはいずれも黄鉄鉱を含んでいる。いずれの変質帯も駒ヶ岳火山噴出物に覆われている。

4.2.2 雨鱒川変質帯

第10図および第13図にみられるように、精進川変質帯の北東方 1.5 km の雨鱒川上流域に発達し、標高360mから550mにかけて延長900m以上、幅100~250mの変質帯がほぼ南北に分布する。この付近の地質は精進川地域と同様に、新第三紀峠下火山砕屑岩類に属する安山岩質集塊岩および安山岩溶岩から



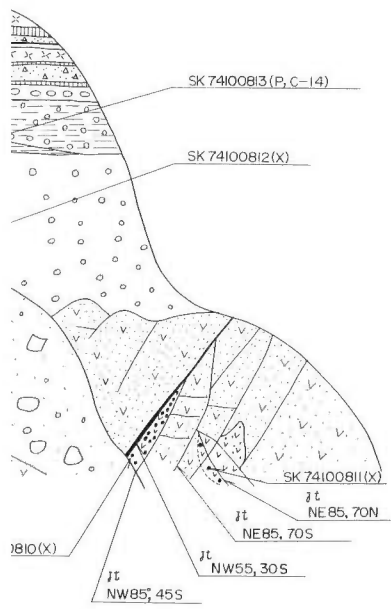
調査地点位置図

第7図 変質帯模式露頭

なり、著しい珪化・粘土化などの変質作用を受けている。これらを母岩として硫黄鉱床が胚胎し、さらに変質帯を下盤として褐鉄鉱鉱床が賦存する(図版12-2)。

褐鉄鉱鉱床は沈殿性の褐鉄鉱鉱層で、標高360m~440mにかけて賦存する。鉱床は植物の印痕をとどめる軟質の塊状鉱と、粘土状のはさみを有する軟質鉱、および変質岩あるいは火山灰を褐鉄鉱が膠結した角礫状鉱などから構成され、その規模は南北に延長約150m、幅50m、厚さ2~5mと推定される。硫黄および硫化鉄鉱床は褐鉄鉱鉱床の南側に隣接して賦存し、鉱体の延長は南北に400m、幅80m、厚さ30m程度と推定され、いずれも採掘済である。

母岩である変質岩についてX線分析の結果、硫黄鉱床の母岩は石英からなる珪化変質を受け、褐鉄鉱床下盤の変質岩は蛋白石からなる著しい珪化作用を受け、 α -クリストバライト、リンケイ石および明



凡 例	
	表土 (崩積土)
	軽石層
	腐植土
	火山砂 (黄褐色)
	礫層 (礫: 径自礫4.75cm+)
	礫混りシルト層
	軽石混りシルト層
	シルト層 (炭化物質含む)
	礫層 (φ3~10cm円礫)
	縞状砂鉄層
	シルト層
	黄褐色礫層 (基塊礫φ50~100mm 火山礫φ10~15cm)
	変質安山岩 (黄色粘土化, 珪理発達)
	全 上 (白色粘土化全上)
	全 上 (珪化)

駒ヶ岳火山噴出物

段丘堆積物

鹿部層

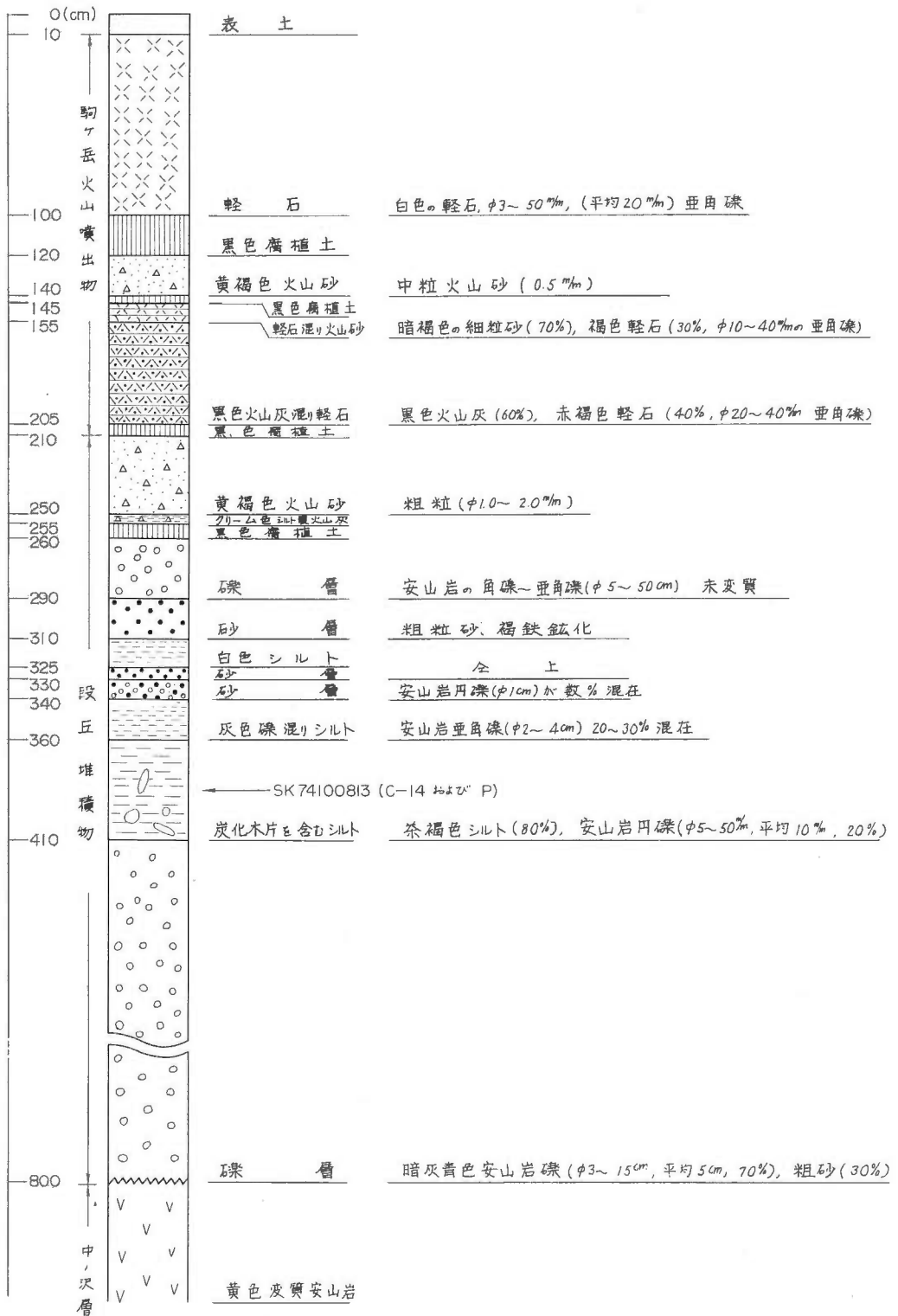
中ノ沢層

(滝ノ沢林道大岩露頭)

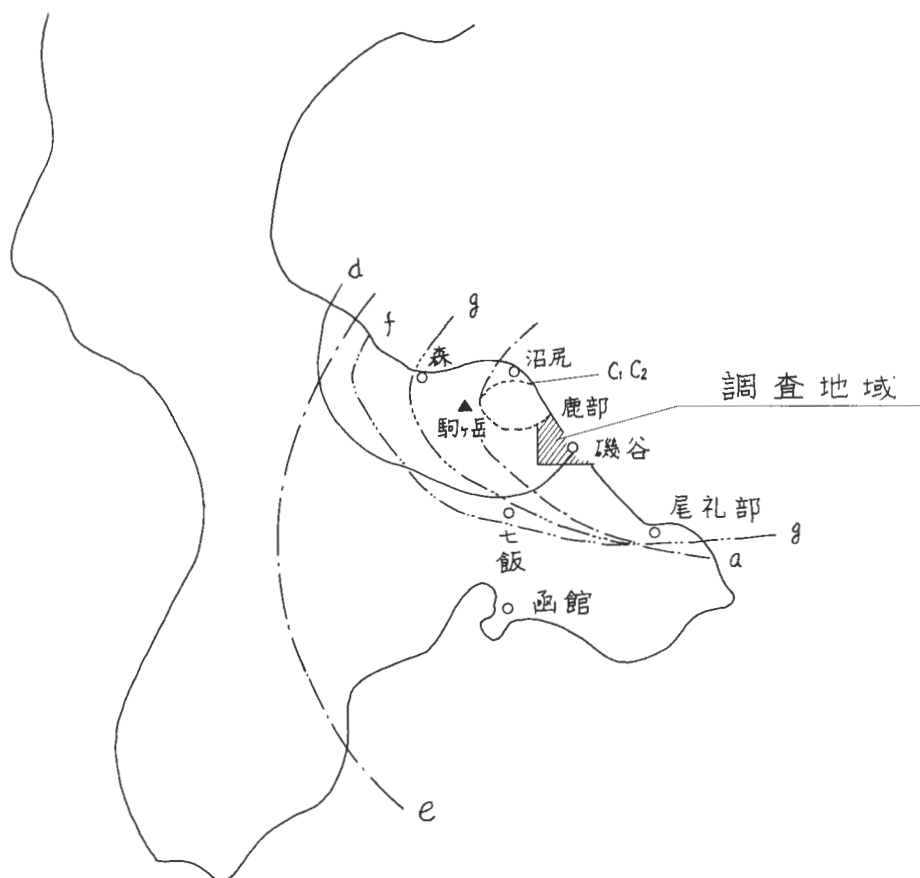
ばん石が伴われる。これらの鉱床から離れた北側では、珪化帯から粘土化帯に移化しカオリン帯となる。ここではカオリンのほかα-クリストパライト・リンケイ石・石英および鉄明ばん石がみられる。

4.2.3 折戸沢変質帯

雨鱒川変質帯の東側約1kmの折戸沢最上流部でNNW-SSE方向に分布するもので、延長1,200m以上、幅200m以上と考えられる。上流部の変質帯を下盤として褐鉄鉱層が賦存する。鉱層は延長70~80m、層厚最大4m程度であるが、幅は確認できなかった。この褐鉄鉱層は植物の印痕をとどめる塊状鉄と軟質鉄および変質岩を褐鉄鉱で膠結した角礫状鉄からなる。鉱床の下盤は安山岩の変質岩で、鉱層の上位は駒ヶ岳火山噴出物によって覆われている。



第8図 第四系柱状図 (滝ノ沢林道大岩露頭)



第9図 駒ヶ岳噴出物の分布図（佐々木ほか，1970による）

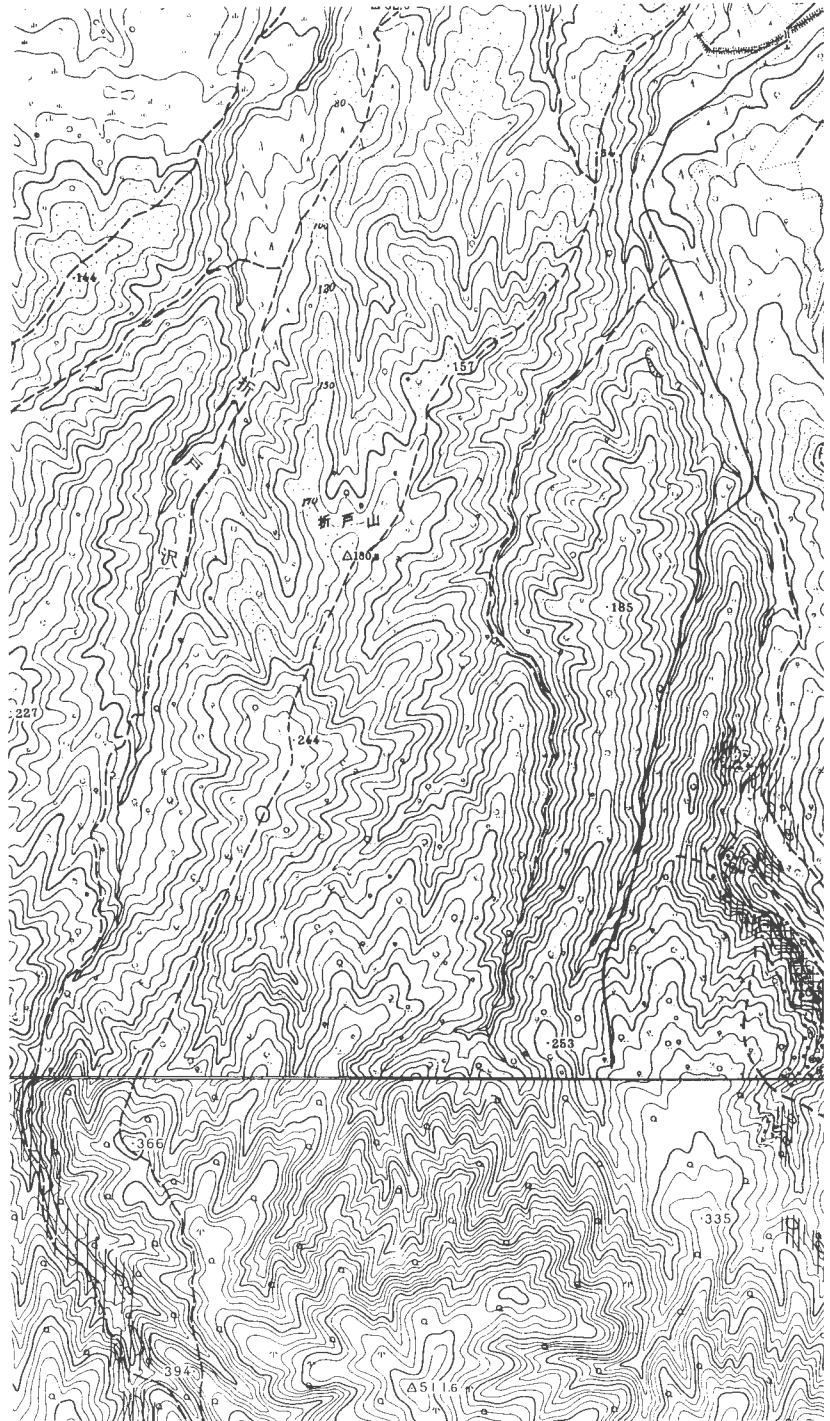
折戸沢の変質は青灰・白色粘土化を主とし、X線分析によれば、モンモリロナイト・ α -クリストバライト・リンケイ石および緑泥石からなっている。

4.2.4 常路川変質帯

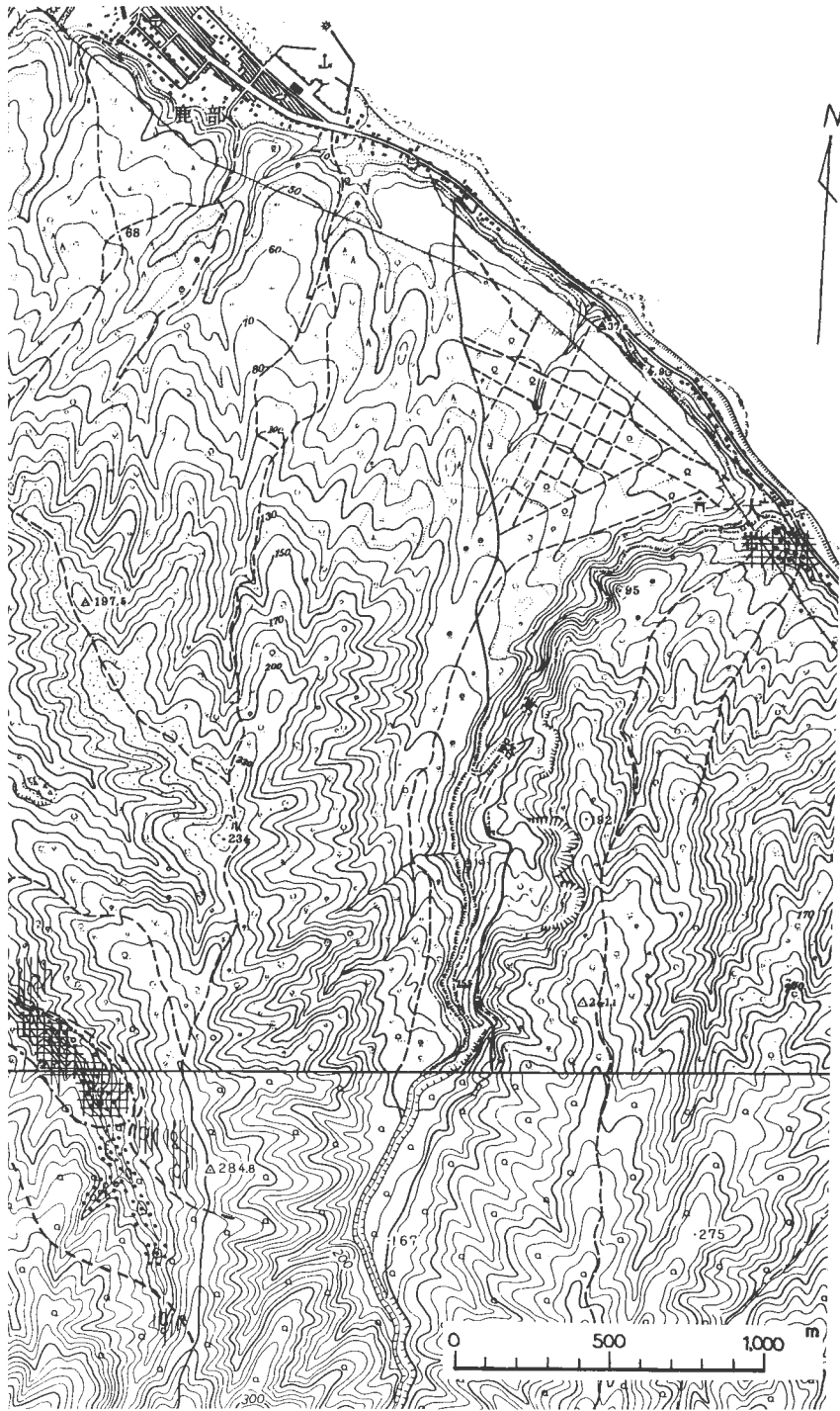
雨鱒川変質帯の南東方約4 km、常路川の中流部から上流部にかけて著しい粘土化変質帯が発達している。変質帯は標高400m付近からその延長は3 km以上に達し、幅は今回の調査では確認できなかったが優勢な変質帯である。

母岩は峠下火山碎屑岩類に属すると思われる安山岩質集岩で、一部緑色凝灰岩、安山岩溶岩を挟在する。この集塊岩を覆って広く横岳の安山岩溶岩（石英安山岩質）が分布する。集塊岩類は数 cm ないし10数 cm の紫蘇輝石普通輝石安山岩礫を主とし、淡茶褐色の安山岩質凝灰岩で固結されている。中流部の変質帯は標高400mから500mにかけてみられ、変質した母岩中に鉱染交代型の小規模な硫黄鉱床が点々と散在する。またこの硫黄鉱床の上流で熊泊山の南西方にある799m峰の西麓地帯には褐鉄鉱床が賦存する。褐鉄鉱床は変質集塊岩および表土中の植物に交代沈殿したもので、現在も湧出中の鉱泉によって沈殿しつつある。また集塊岩のマトリックスの一部を交代して角礫状鉱が生成されている。

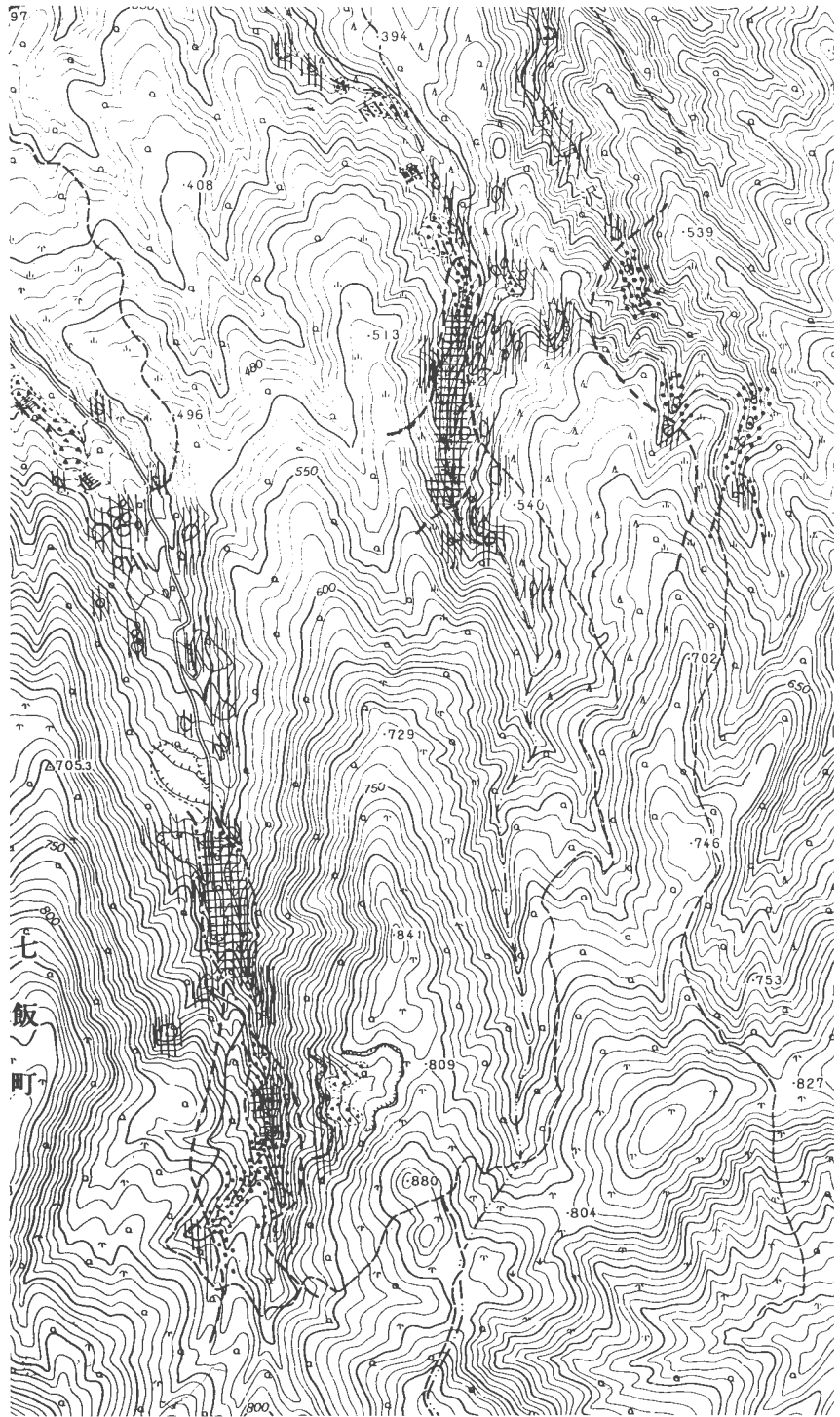
母岩（下盤）の変質はX線分析によれば、白色粘土は、モンモリロナイト・ α -クリストバライト・石英からなり、青灰色粘土は、カオリン・ α -クリストバライト・石英・明ばん石および黄鉄鉱からなっている。



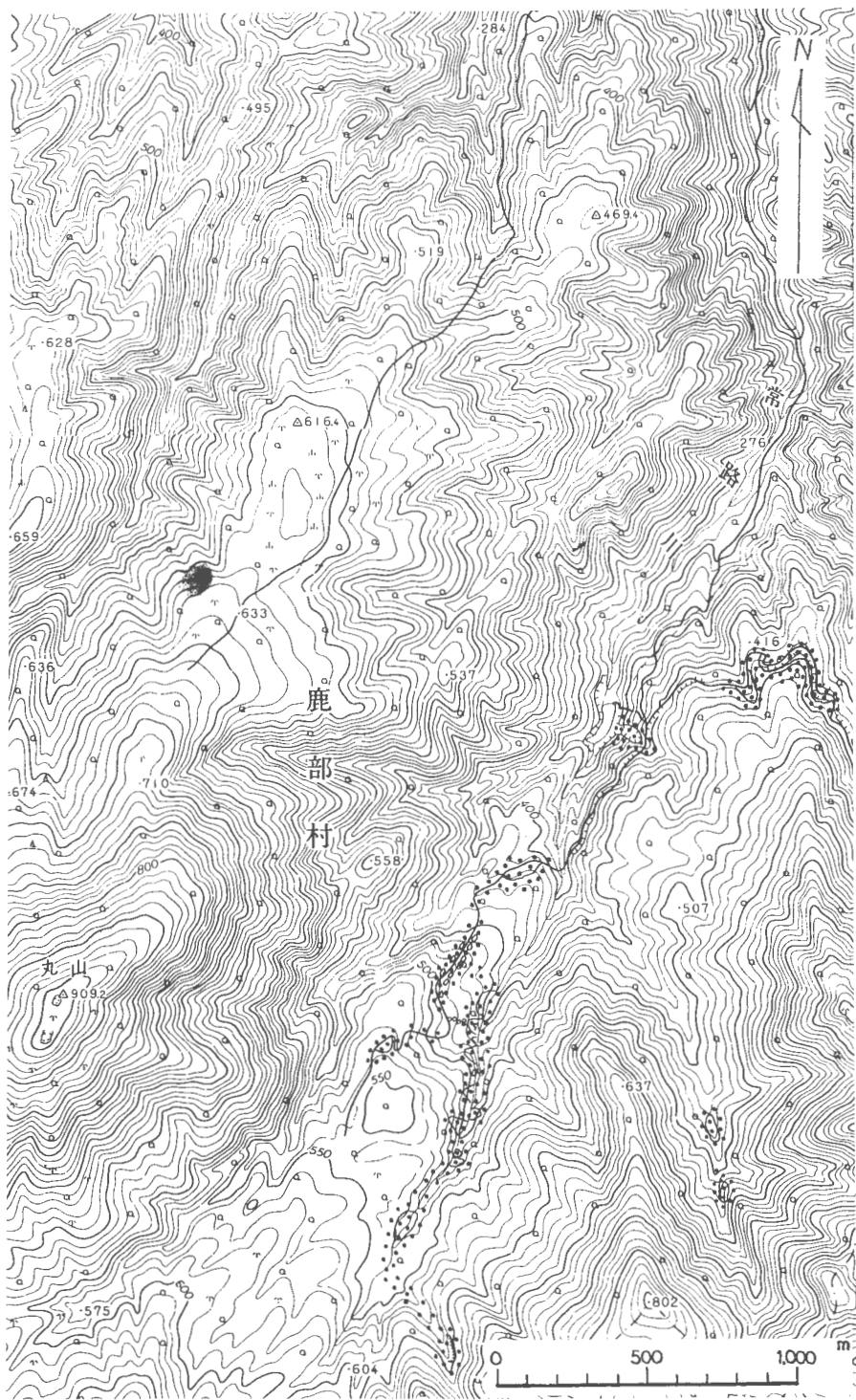
第10図 変質帯分布図（精進川、雨鱒）
（格子模様は珪化変質，打点部は粘

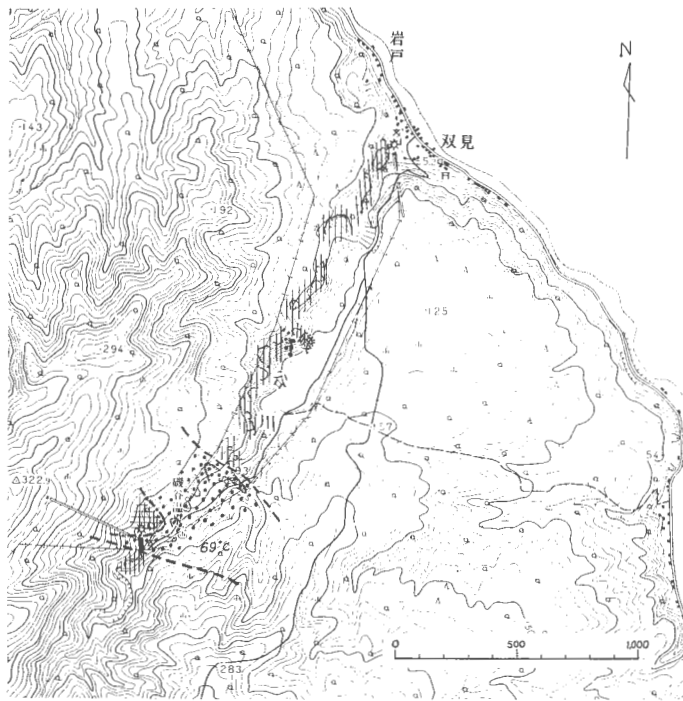


川・折戸沢・常路川, 鹿部川流域)
土化変質, 縦線は未変質を示す)



第10図 (つづき, 南部)





第11-1図 変質帯分布図（磯谷川流域）

第11図-1・2で格子模様は珪化変質，打点部は粘土化変質，縦線は未変質を示す。

4.2.5 鹿部川変質帯

鹿部川変質帯には鹿部川本流と第三支流・ムサワ林道および冷水沢（第1支流）を含めた変質帯と大岩付近の変質帯とがある。

鹿部川第3支流・ムサワ林道および冷水沢の変質帯はいずれも更新世鹿部層の上部層である火山砕屑岩が著しく変質したもので、珪化・粘土化を受けている。鹿部層中部の砂礫層と駒ヶ岳火山噴出物は変質をうけていない。

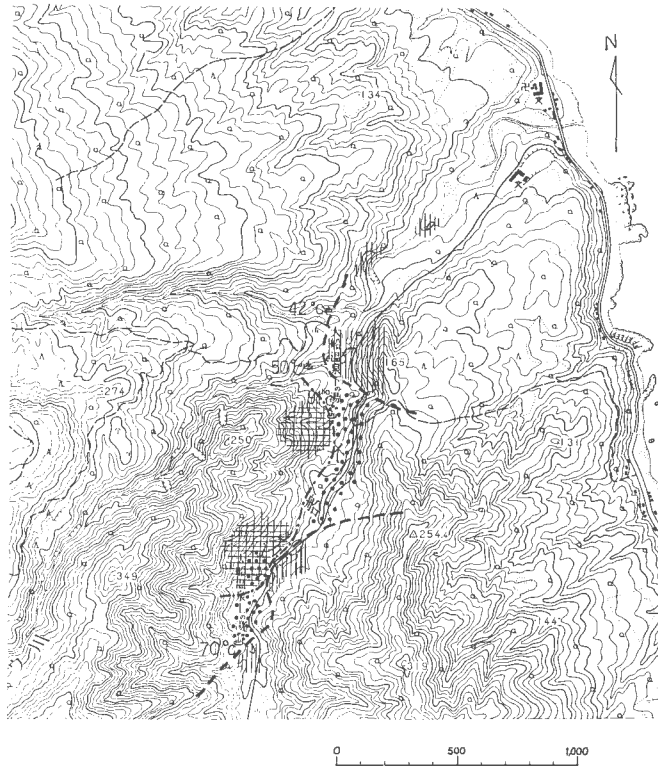
ムサワ林道の変質帯はNW-SE方向に延長300m以上にわたって分布する粘土化および珪化帯で、X線分析の結果、上部露頭の青灰色粘土には、モンモリロナイト・ α -クリストバライト・リンケイ石・モルデン沸石および黄鉄鉱がみられ、白色粘土にはモンモリロナイト・ α -クリストバライト・リンケイ石・石英および鉄明ばん石がみられる。また、中央露頭（ムサワ林道には主として3つの露頭からなる）の珪化岩には、 α -クリストバライト・リンケイ石・石英および明ばん石がみられ、最下流部の露頭の赤褐色粘土および白色粘土にはモンモリロナイト・ α -クリストバライト・リンケイ石・石英および明ばん石が認められる。

第三支流の鹿部層上部層の火山砕屑岩の変質粘土からは、モンモリロナイト・カオリン・ α -クリストバライト・石英および明ばん石がみられ、冷水沢の変質粘土はこれとほぼ同様の粘土鉱物が認められる。

大岩露頭では、新第三紀中新世と考えられる中ノ沢層に属する安山岩溶岩が節理に沿って粘土化し、これを不整合に覆って更新世の鹿部層および段丘堆積物、さらにはその上位の駒ヶ岳火山噴出物が厚く堆積している。変質作用は鹿部層およびその上位層にはおよんでいない。

X線分析の結果では、安山岩の節理に沿って分布する白色粘土はモンモリロナイト・ α -クリストバライト・石英・モルデン沸石・長石¹⁾および方解石からなり、黄褐色の変質粘土からはモンモリロナイト

¹⁾ 原岩石中の長石類が変質をまぬがれて検出されたものと考えられ、変質の程度が全般的に弱いことを示しているものと考えられる。以下長石については、同様に考えられる。



第11-2図 変質帯分布図（大船川流域）

・石英・モルデン沸石・長石（ほとんど斜長石，以下，長石とあるのはすべて同じ）および黄鉄鉱が検出され，珪化した安山岩には石英および長石がみられる。

4.2.6 磯谷川変質帯

温泉変質と考えられる変質帯は，磯谷川下流の磯谷温泉を中心とする地域に小規模に分布する。この地域の地質は新第三紀中新世の汐泊川層に属する黒色頁岩部層とその上位の集塊岩部層からなり，これを更新世双見層の砂礫層・段丘堆積物および駒が岳火山噴出物が厚く覆う。

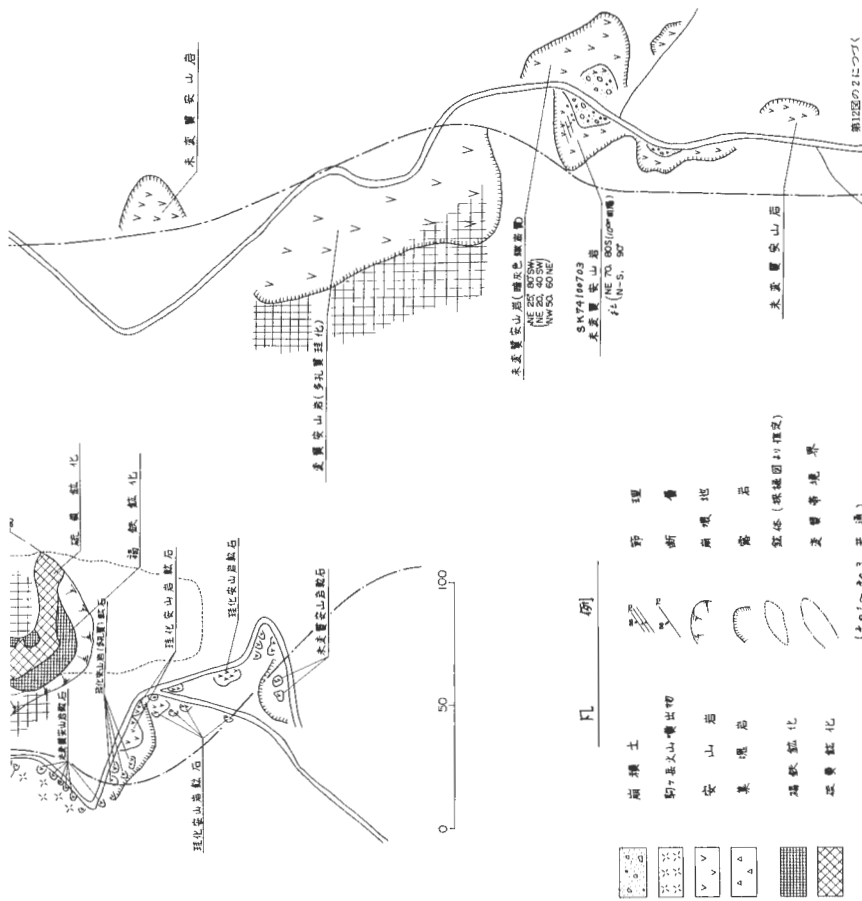
変質作用は双見層にはおよぼ基盤の頁岩～集塊岩層のみにみられる。変質帯は NEE-SWW 方向に幅400m以上，延長600m以上にわたってみられ，頁岩・集塊岩とも珪化および粘土化している（第11図および第14図）。

X線分析の結果では，泉源付近の変質粘土にはカオリン・リンケイ石・鉄明ばん石・ブルーカイトのほか，硫黄が検出される。また頁岩から生じた青灰色粘土変質部ではモンモリロナイト・カオリン・ α -クリストバライト・石英・明ばん石・長石・黄鉄鉱およびブルーカイトがみられる。集塊岩の白色粘土変質部では α -クリストバライト・石英・長石および硫黄が検出されている。

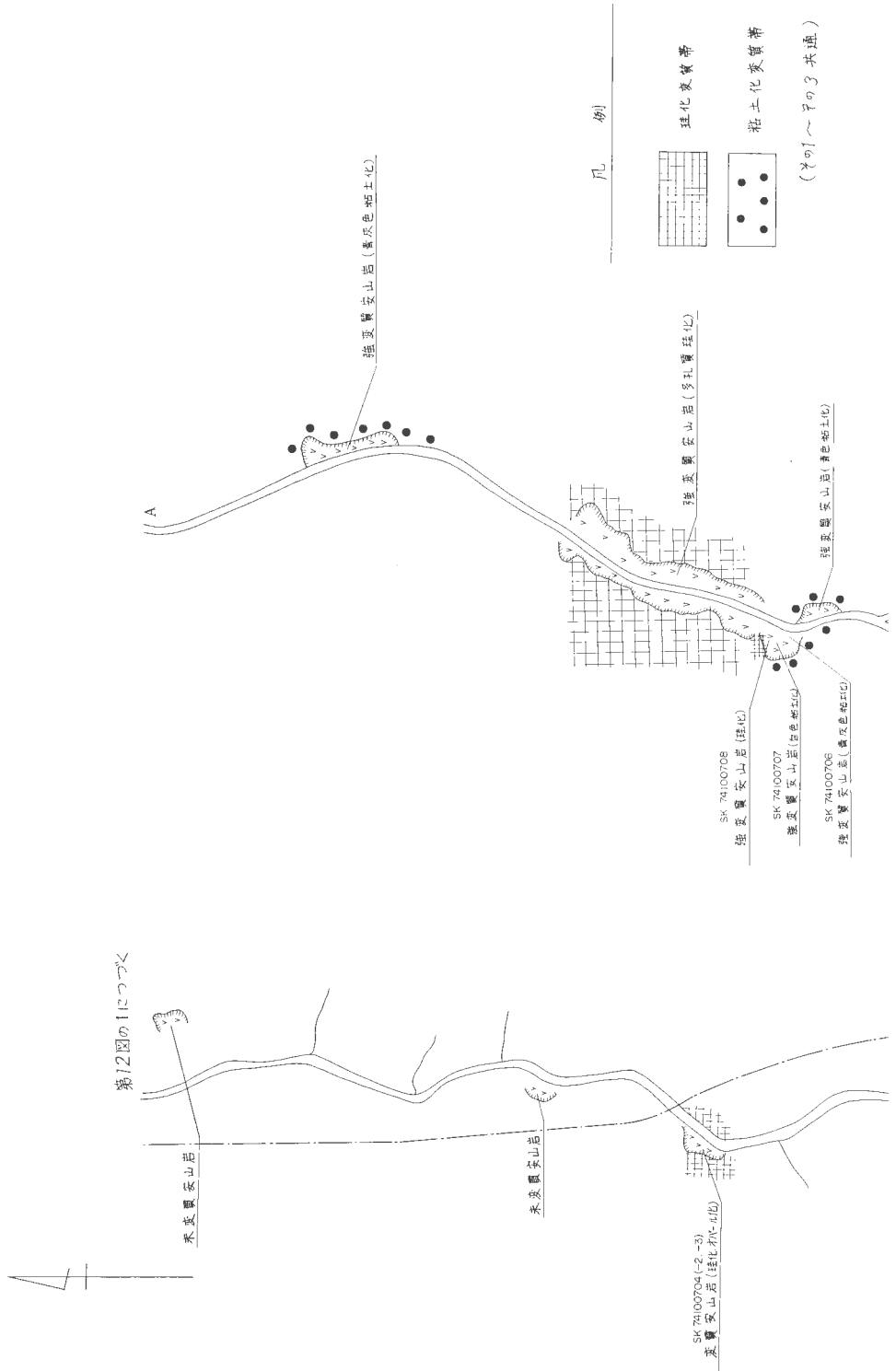
4.2.7 大船川変質帯

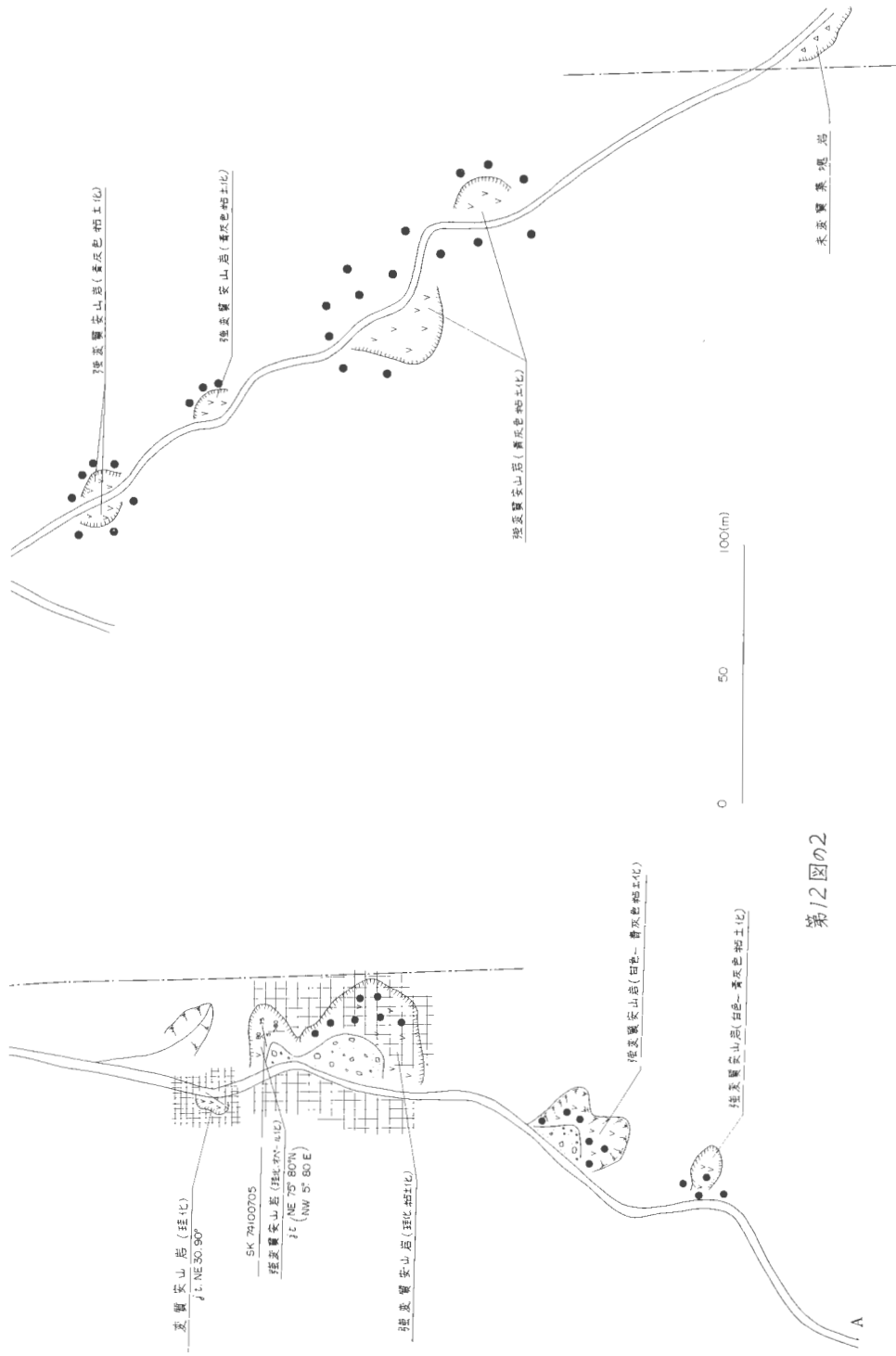
大船川に沿って，下の湯温泉から上の湯温泉にかけて温泉作用によると考えられる変質帯が分布している。変質帯は NE-SW 方向に幅400m以上，延長700m以上にわたって続き，著しい珪化変質および粘土化変質がみられる。

この地域の地質は河口から上の湯付近まで，新第三紀の集塊岩・安山岩および閃緑岩などが分布し，集塊岩は閃緑岩と断層で接している。暗緑色緻密質の安山岩は岩脈状に集塊岩と閃緑岩の接触部に沿って下の湯付近で数ヶ所存在する。閃緑岩は侵入岩状を呈し，下の湯付近では節理沿いに変質がみられる



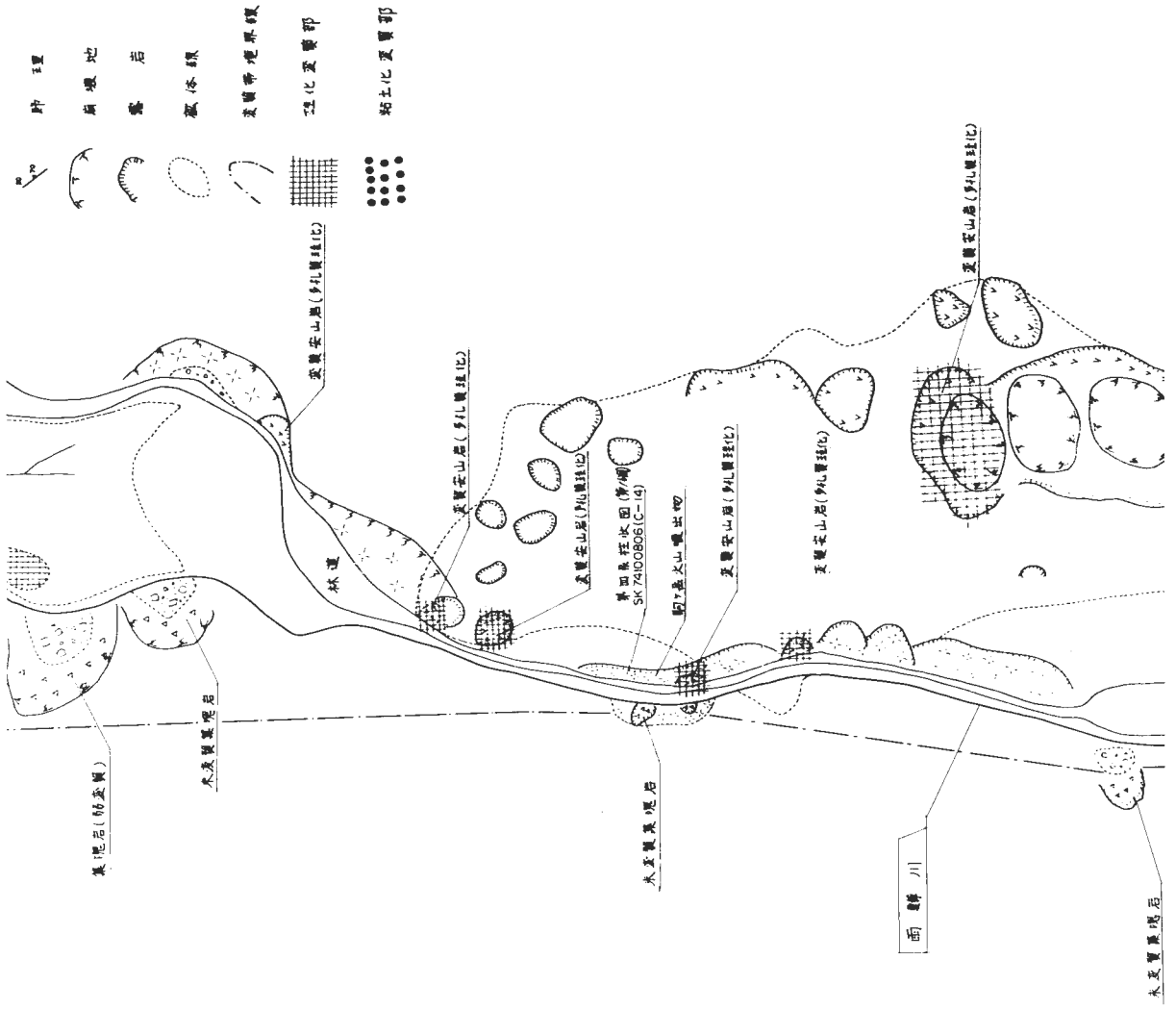
第12-1図 精進川変質帯分布図 (その1)





第12図の2

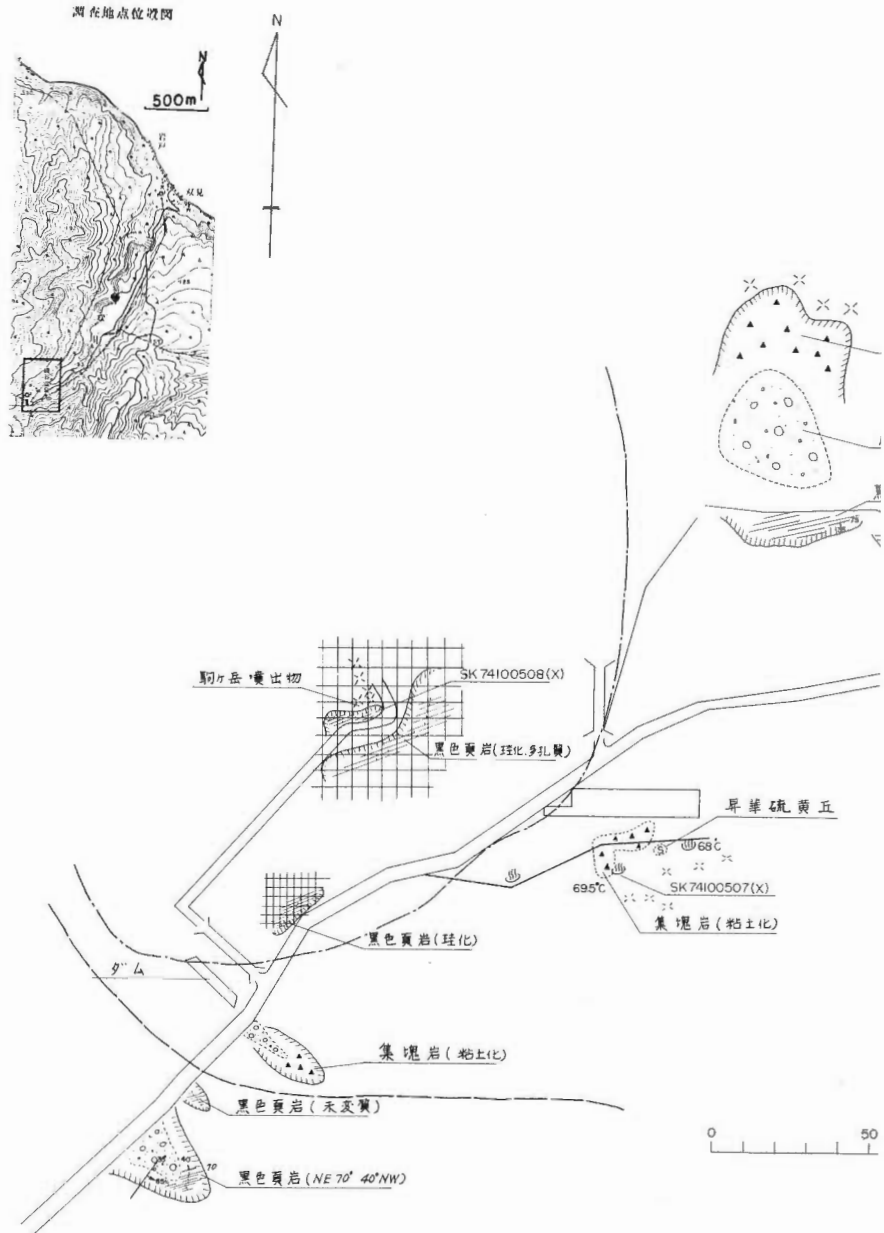
第12-2図 精進川変質帯分布図 (その2)



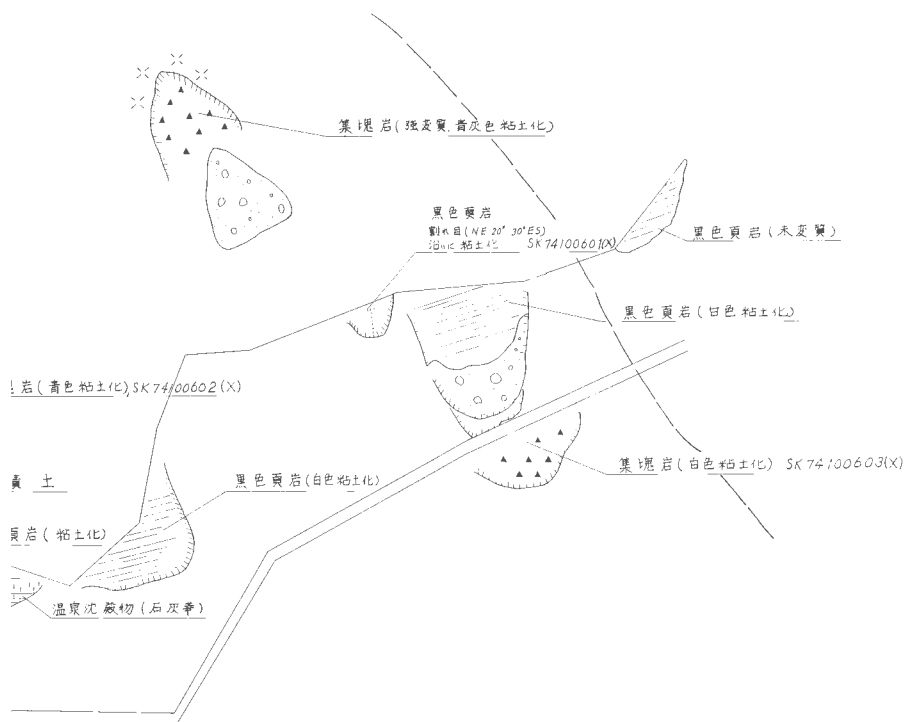
第13図 変質帯分布図(雨鱒川)

第2表 地熱変質帯・温泉沈殿物一覽表

No.	名	称	母岩とその年代	火	連	珪	鉱				物			地熱徴候およびその の最高温度 (°C)
							シリカ	粘土	沸石	硫酸塩	酸化	硫化	その他	
SKA 1	鹿	川	集塊岩, 更新世	横	津	有	Q, Cr, Tr	K, Mt	Md	Al, Jar	Pr	S	なし	
SKA 2	折	戸	安山岩, 中新世	"	"	無	Cr, Tr	Mt, Chl		Al, Jar	Pr, Lim, Mg	S, Ca	沈殿褐鉄鉱床	
SKA 3	雨	鱒	"	"	"	有	Op, Cr, Tr Q	K		Al	Pr	S, Ca	鉄染硫酸鉄床および 沈殿褐鉄鉱床	
SKA 4	精	進	"	"	"	有	Tr, Cr, Q	K, Mt		Al			鉄染硫酸鉄床	
SKA 5	常	路	集塊岩	"	"	無							なし	
SKA 6	"	B	"	"	"	"							なし	
SKA 7	"	C	"	"	"	"	Cr, Q	Mt, Chl			Pr		なし	
SKA 8	"	D	"	"	"	"	Cr, Q	K	Al				沈殿褐鉄鉱床および 鉄染硫酸鉄床	
SKA 9	"	E	"	"	"	"							なし	
SKA10	"	F	"	"	"	"							なし	
SKA11	"	G	"	"	"	"							なし	
SKA12	磯	谷	頁岩, 集塊岩, 中新世	"	"	有	Q, Tr, Cr	K, Mt	Al, Jar	Pr	Pr	S	石灰華, 昇華硫酸 温泉 (69.5°C)	
SKA13	大	船	集塊岩, 中新世	"	"	有	Q, Cr	Hall, Mt, Chl, Ser	Jar, Br	Pr	Pr		石灰華, 温泉 (91°C)	
SKP 1	雨	鱒	川						Jar	Lim	Lim			
SKP 2	折	戸	沢							Lim	Lim			
SKP 3	磯	谷	温泉							Pr	Pr	S, Cs		
SKP 4	常	路	川							Lim	Lim	S		
SKP 5	大	船	温泉下の湯							Pr, Lim	Pr, Lim	Cs, S		



第14図 変質帯分



凡 例



温泉沈殿物 (石灰華)



崩壊土



駒ヶ岳火山噴出物



集塊岩



黑色頁岩



崩壊地



泉源



地層の走向傾斜



断層の走向傾斜

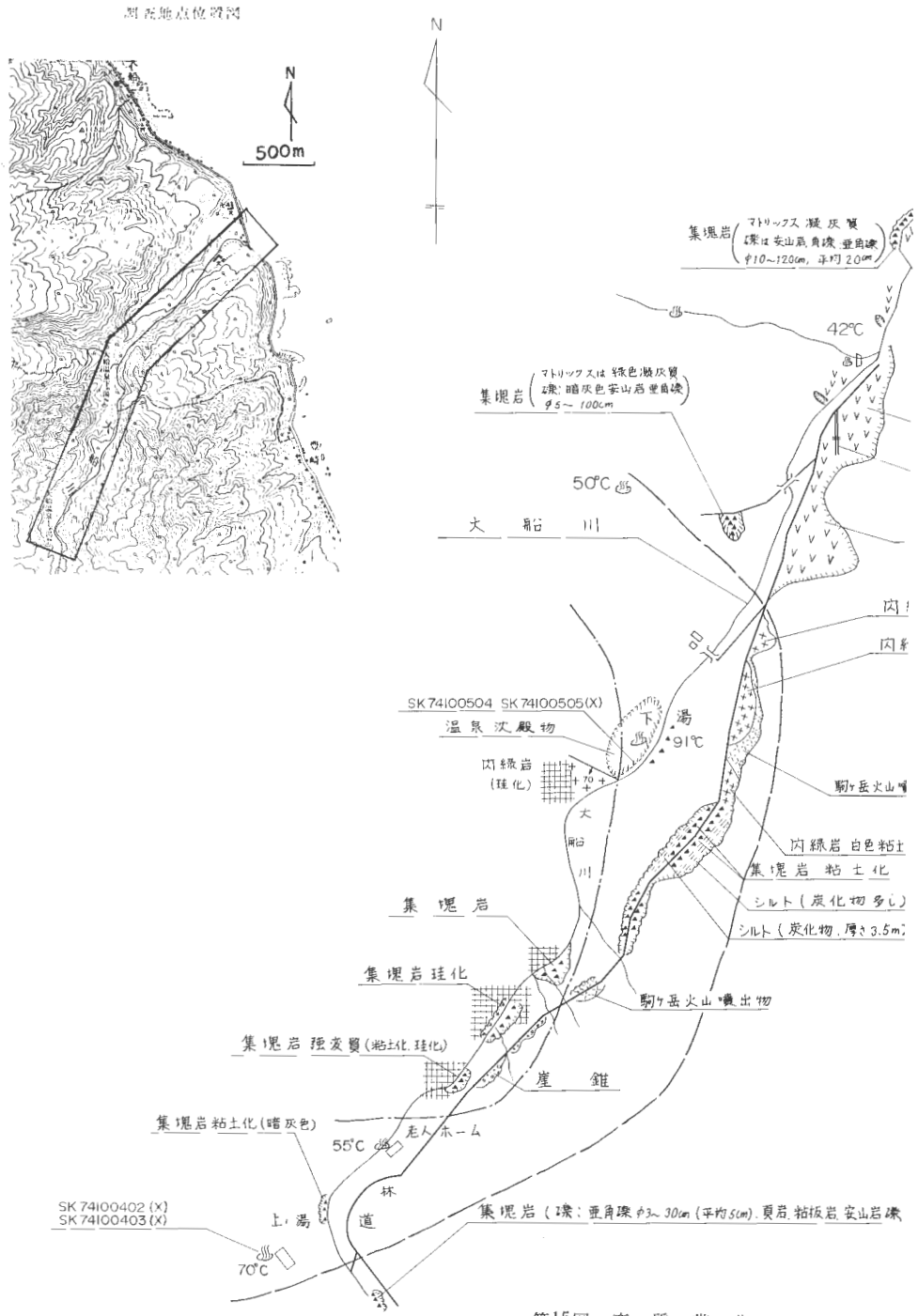


変質帯分布範囲 (珪化帯)

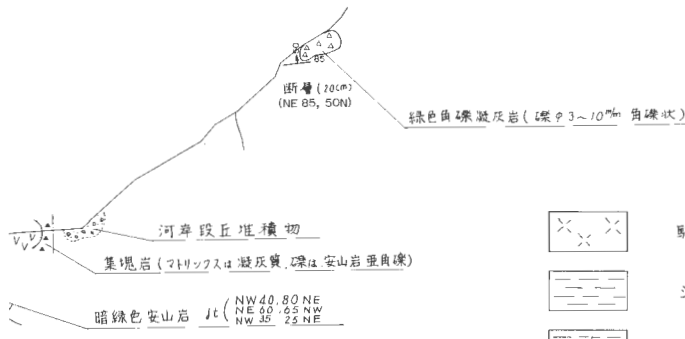


変質帯分布範囲 (粘土化帯 & 含C)

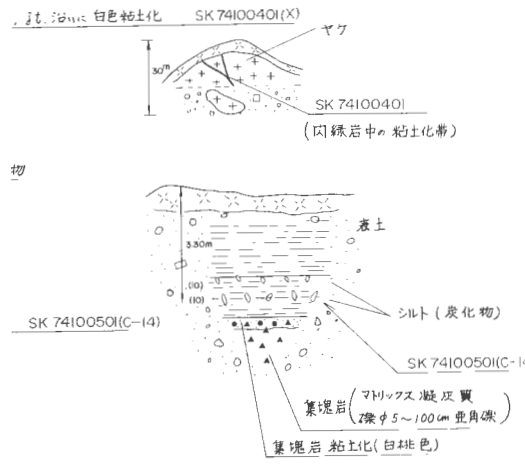
布 図 (磯谷川)



第15図 変質帯分



緑色安山岩
 断層粘土 N-5, 90° (傾 150cm)
 石 湯
 岩 断層 (NE 50°, 50'NW)



凡 例

- 駒ヶ岳火山噴出物
- シルト層
- シルト層 (炭化木片 & 含む)
- 集塊岩
- 粘土化集塊岩
- 段丘堆積物および崖錐
- 閃 緑 岩
- 安 山 岩
- 角礫凝灰岩
- 泉 源 (温泉湧出口)
- 珪化変質帯分布範囲
- 変質帯分布範囲 (粘土化帯を含む)
- 珪化変質部

布 図 (大船川)

(第11図および第15図)。

X線分析の結果では、この節理沿いに白色粘土はモンモリロナイト・石英・白雲母・ハロイサイトおよび黄鉄鉱を含み、上の湯の泉源付近の白色粘土からは石英・長石およびハロイサイトが、青灰色粘土からは α -クリストパライト・石英・長石・緑泥石・ハロイサイト・黄鉄鉱および重晶石が検出されている。また下の湯の泉源付近の白色粘土からは石英・明ばん石・長石および黄鉄鉱がそれぞれみられる。ここではハロイサイトが特徴的に含まれている。

4.3 温泉沈殿物の産状

本地域の温泉沈殿物としては氾濫原堆積物・第三紀層および表土中の植物などを膠結交代した沈殿褐鉄鉱層(雨鱒川、折戸沢上流、常路川上～中流など)と現在の温泉の泉源付近に沈殿している硫黄・褐鉄鉱および石灰華などの沈殿物(鹿部温泉・磯谷温泉・大船戸温泉など)がみられる(第2表)。

4.3.1 雨鱒川流域

雨鱒川の標高360mから440mにかけて褐鉄鉱層が賦存し、延長は南北に約150m、幅50m、厚さ2～5mで、そのほとんどは採掘済である。褐鉄鉱は鉱層をなし、植物の印痕をとどめる多孔質の塊状鉱と、軟質鉱および変質岩あるいは火山灰を褐鉄鉱が膠結した角礫状鉱からなり、黄色の鉄明ばん石を混じえている。この鉱層から下流側の両岸は数100mにわたって現河床の堆積物を膠結交代して厚さ20～30cmの褐鉄鉱が沈殿している。

第16図および第17図は雨鱒川の鉱体の一部を示し、著しく粘土化した集塊岩を下盤として厚さ70cmの塊状褐鉄鉱が沈殿し、木の葉の印痕をとどめている。その上位に厚さ10cmの腐植土がほぼ水平に堆積し、さらにその上位に駒が岳火山噴出物の一部の火山砂を膠結交代した粘土状の褐鉄鉱が沈殿している。褐鉄鉱層の上盤は駒が岳火山噴出物(灰白色軽石層)からなっている。

(2) 折戸沢流域

折戸沢流域の最上流部の変質帯に伴って褐鉄鉱が沈殿し、延長70～80m、層厚最大4mの鉱層を形成している。第18図にみられるように珪化した安山岩を下盤とし、その上位を占める段丘堆積物の一部を膠結沈殿した角礫状褐鉄鉱とその上位の植物の印痕をとどめる塊状多孔質の高品位鉱からなり、上盤は駒が岳火山噴出物(灰白色軽石層)からなっている。火山噴出物の一部が褐鉄鉱によって膠結され角礫状鉱をなすものがわずかながらみられる。

4.3.2 常路川流域

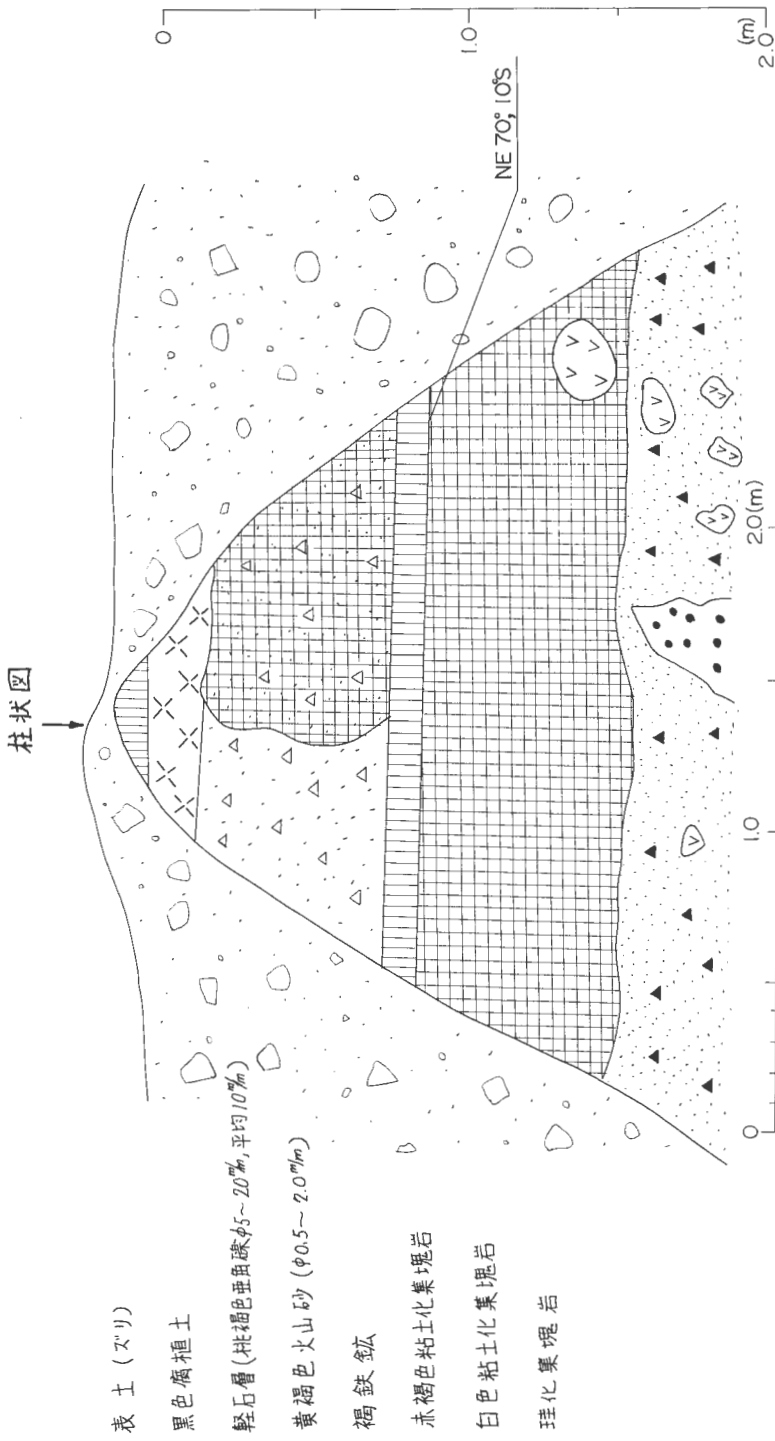
常路川支流では第19図に示すように中流部(標高450～530m)のほかに上流部(719m峰の西麓地帯)に褐鉄鉱層が賦存する。中流部では約500mにわたって小規模の褐鉄鉱層が点在し、変質集塊岩のマトリックスを膠結交代した褐鉄鉱と表土中の植物を交代沈殿した塊状の褐鉄鉱層がみられる(第20図)。標高450m付近の旧硫黄鉱山の崩落した坑口からは現在湧出している坑内水によって坑木、木片、木の葉を交代沈殿しつつあるものがみられ、幅4m、延長7m、厚さ20～30cmの褐鉄鉱層が形成される。そのとおり、坑口付近には硫黄華が沈積されつつある。第20図は標高530m付近の右岸の褐鉄鉱沈殿物の柱状図で現河床堆積物の一部および植物片を交代沈殿した多孔質の塊状高品位鉱が厚さ20cm沈殿している上位には駒が岳火山噴出物が覆っているが、これには褐鉄鉱の沈殿はみられない。

4.3.4 磯谷川流域

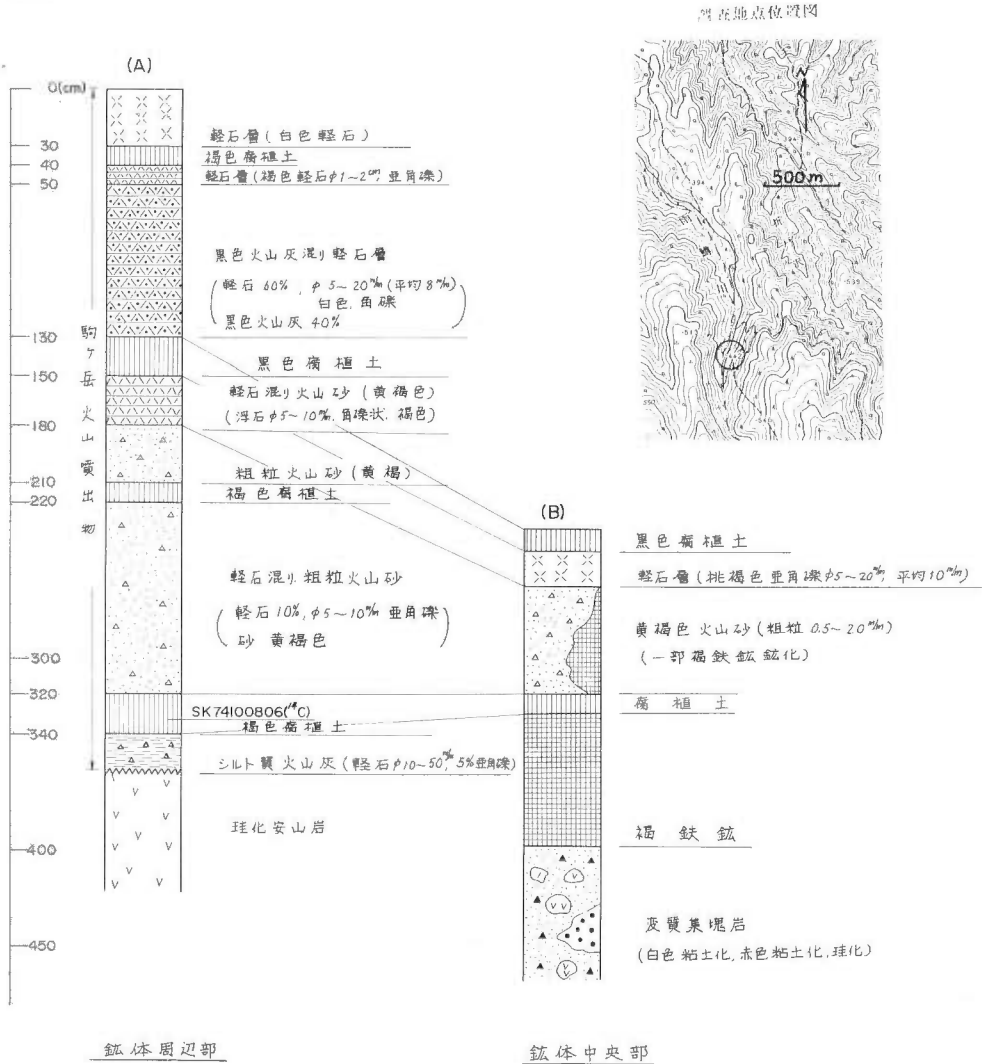
磯谷川下流の磯谷温泉の泉源は、地質的に汐泊川層の黒色頁岩層の上位の変質集塊岩部層中にみられ、ここでみられる4つの泉源はほぼE-W方向に50m区間にわたって配列している。これら泉源は黒色頁岩の向斜軸上に位置している。泉源付近では硫黄および硫化鉄が沈殿し、泉源からの排出溝口にあたる川床に優勢な石灰華が沈殿している。これら硫黄華および石灰華はともに駒が岳火山噴出物中にも沈殿している。

4.3.5 大船川流域

大船川の下湯温泉では20数ヶ所の泉源があり、ほぼNNE-SSW方向に60m区間にわたって密集して湧出している。これらはいずれも90℃前後の高温で、沈殿物も多量で優勢な温泉である。この地域は



第16図 変質帯および温泉沈殿物の層序関係を示す模式露頭記載 (雨降川)



第17図 第四系柱状図および温泉沈殿物柱状図(雨鯉川)

地質的に閃緑岩・安山岩・集塊岩などが複雑に断層によって接しており、これらの割れ目に関係した温泉湧出と考えられる。第21図および第22図にみられるように泉源付近には、石灰華が約60mにわたって数枚の薄い皮殻状沈殿物となって分布するほか、硫黄・硫化鉄鉱および褐鉄鉱が沈殿している。第23図の柱状図にみられるように表層部付近では石灰華は腐植土(厚さ数mm~1cm)と互層しており、また駒ヶ岳火山噴出物の火山砂および軽石層に覆われている。下の湯温泉の上流約1kmに位置する上の湯温泉では泉源は1か所で、温泉沈殿物の規模も小さい。ここでは硫黄および硫化物が現在湧出口付近に沈殿しているにすぎない。

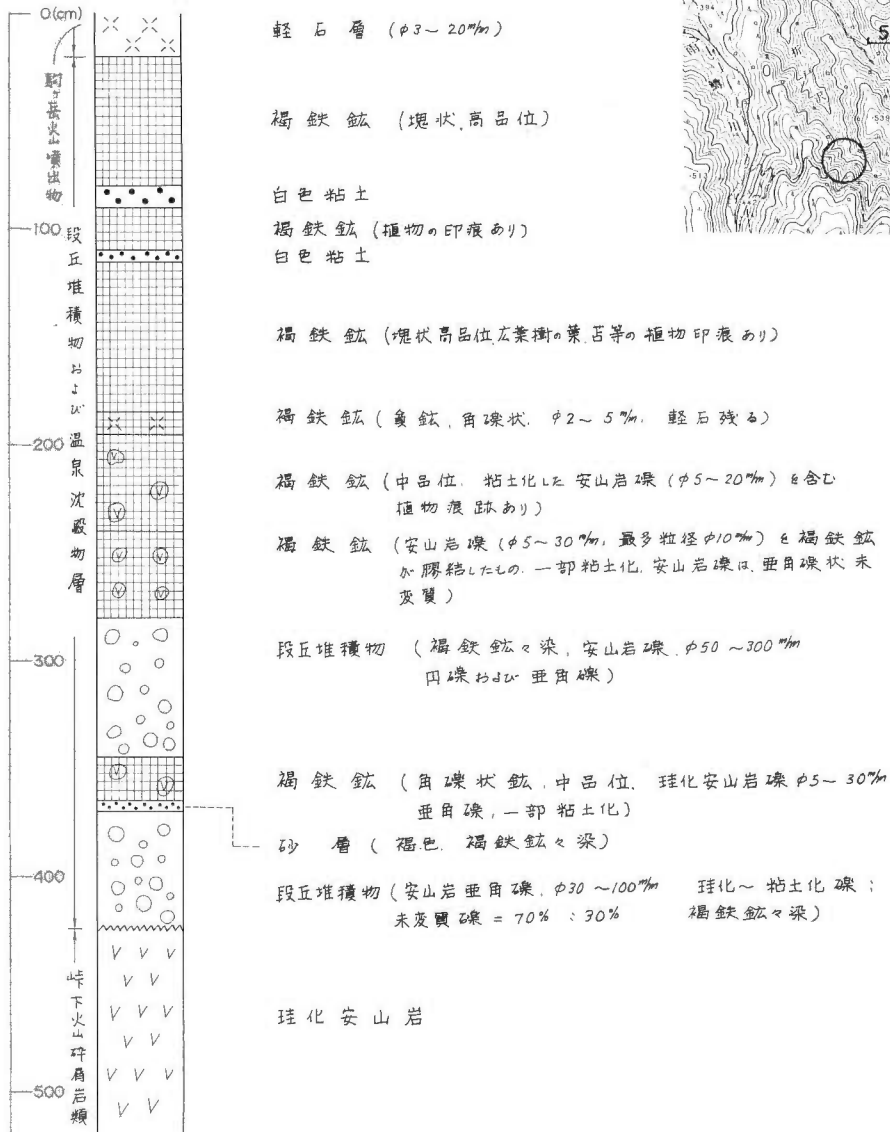
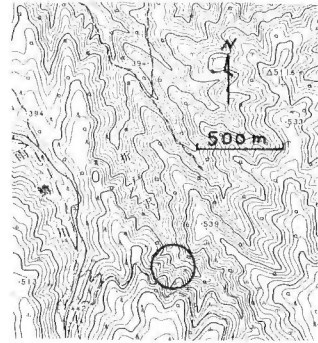
4.4 変質帯・温泉沈殿物と第四系との関係

本地域の変質作用は、上は第四系鹿部層(双見層)の上部層である火山砕屑岩から、下は新第三紀中新世と考えられる汐泊川層の黑色頁岩および中ノ沢層の凝灰岩および安山岩溶岩まで広くおよんでいる。これらのうち、鹿部層の中部層は変質を受けておらず、上部の変質した火山砕屑岩とともに未変質の段丘堆積物・崖錐堆積物および駒ヶ岳火山噴出物によって厚く覆われている。また横津岳上部溶岩は

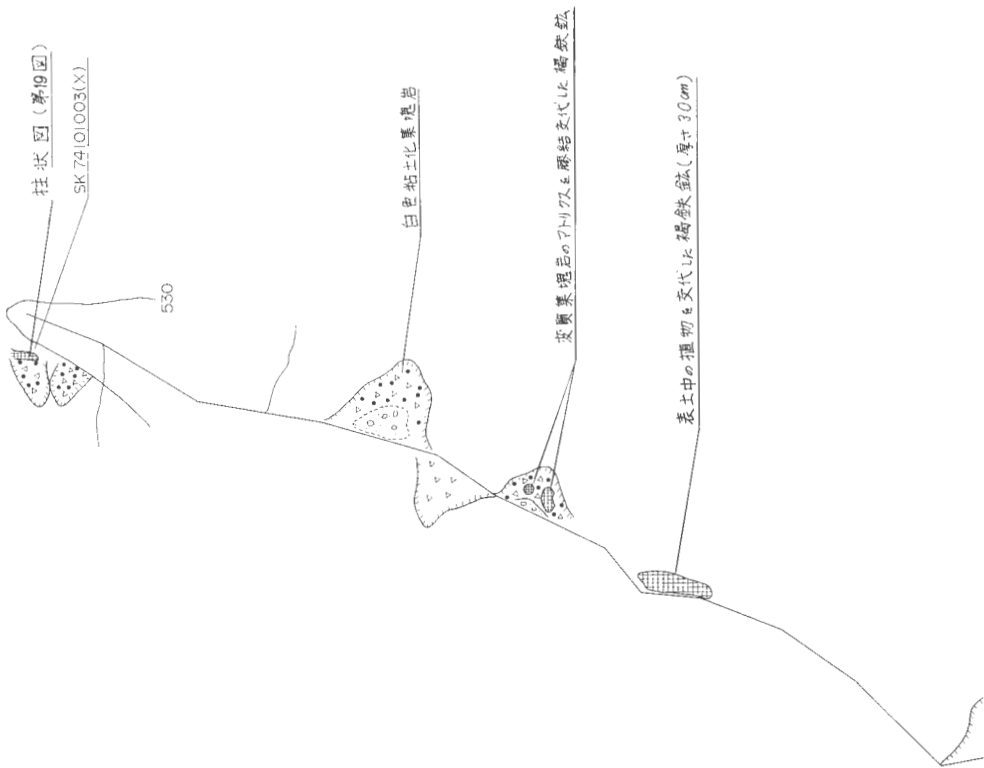
一応未変質と考えられる。これらの活動は従来から明らかでなく、鮮新世末もしくは更新世初期とされ、関係不明のまま双見層以前の活動によるものとされていた。しかるに鹿部層上部の火山砕屑岩に変質がおよんでいるという事実から、横津岳溶岩の噴出時期については鹿部層堆積後期である可能性がある。しかし、いずれにしてもこの地域では段丘堆積物中には変質作用はみとめられない。

また温泉沈殿物は、第四系の段丘堆積物および駒が岳火山噴出物の一部を交代沈殿した褐鉄 鈹 鈹 層と、ごく一部には現河床堆積物を交代沈殿した褐鉄鈹鈹層とがあり、これらの生成時期は異なっている。

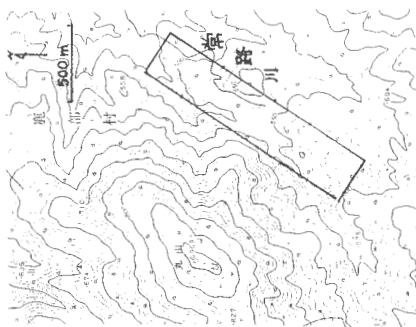
調査地点位置図

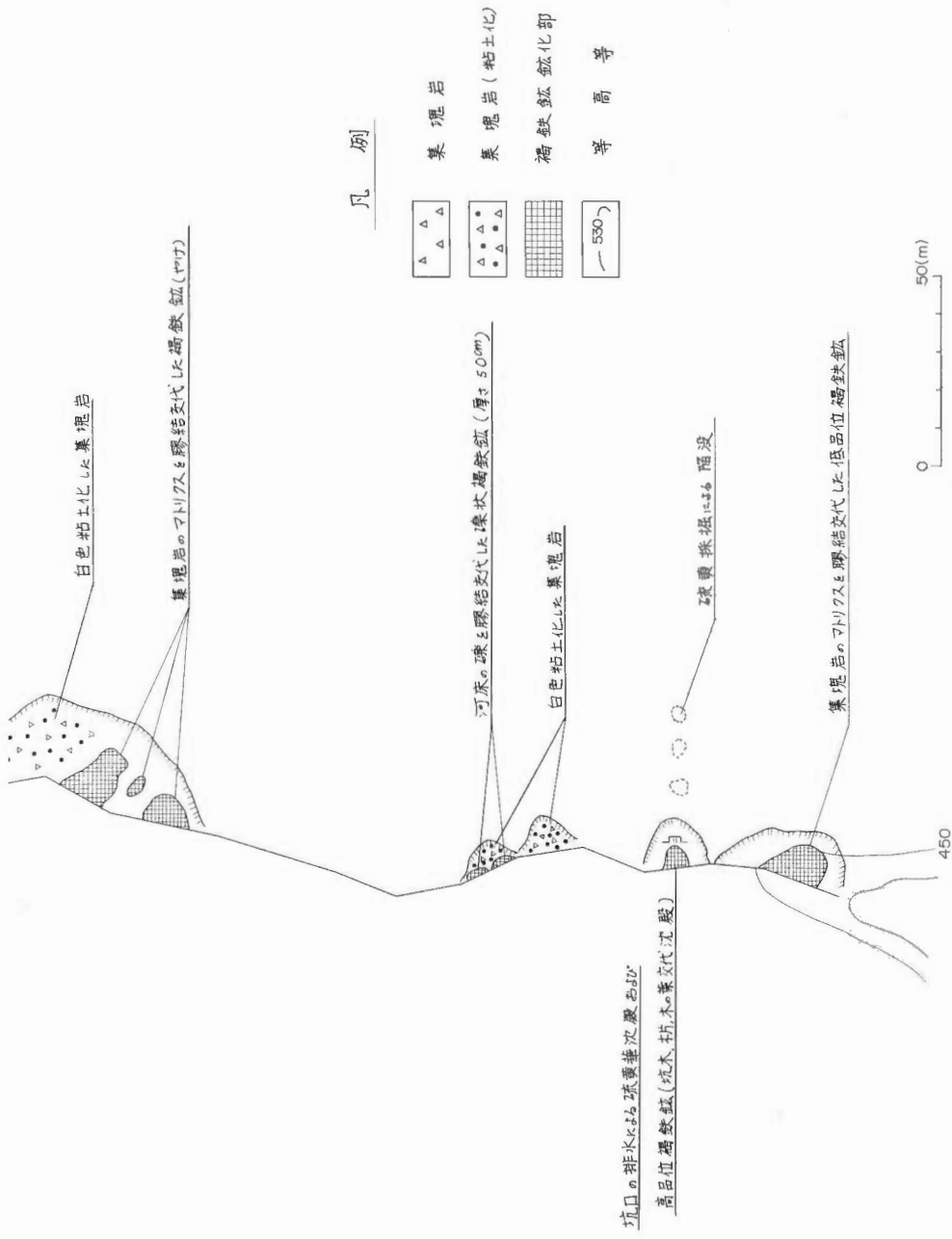


第18図 温泉沈殿物柱状図 (折戸沢上流)



調査地点位置図





凡例

- 集塊岩
- 集塊岩 (粘土化)
- 礫鉄鉱 鉄化部
- 等高

第19図 温泉沈殿物分布図 (常路川中流)

る。鹿部・磯谷および大船の各温泉地域では現在炭酸石灰・硫黄・硫化鉄鉱および褐鉄鉱が沈殿しつつある。

4.4.1 精進川・雨鱒川地区（折戸沢および横津岳を含む）

精進川・雨鱒川の流域では、新第三紀中新世～鮮新世と考えられる峠下火山砕屑岩類は著しい変質を受け、その上位を横津岳上部溶岩および駒が岳火山噴出物が覆っている。この溶岩および火山噴出物には変質はおよんでいない。ここでは、これら変質岩の一部と駒が岳火山噴出物の下部の火山砂を交代沈殿している褐鉄鉱層とは生成時期を異にする。

折戸沢では同様に峠下火山砕屑岩類に属する安山岩が珪化し、この上位に未変質の段丘堆積物および駒が岳火山噴出物が堆積している。ここでは褐鉄鉱が段丘堆積物および駒が岳火山噴出物の一部の火山砂を交代沈殿し、軽石層におおわれている。

4.4.2 鹿部地区（大岩、常路川上流を含む）

鹿部川第3支流、ムサワ林道の鹿部層下部層の火山砕屑岩および鹿部層上部層の火山砕屑岩は著しい珪化・粘土化を受けているが、鹿部層中部層は変質を受けていない。この変質をもたらした熱水の経路と地質構造との相関については今回の調査では明らかにできなかった。この変質帯を直接覆って未変質の駒が岳火山噴出物が堆積している。

大岩では同様に新第三紀中新世の中ノ沢層の安山岩溶岩が割れ目（主として N55°~80°W, 30°~60°SW, N35°~85°E, 70~75SE）に沿って珪化および粘土化し、この上位に鹿部層中部のシルト層および砂礫層さらに上位の段丘堆積物および駒が岳火山噴出物が堆積し、変質は鹿部層にはおよんでいない。

常路川中～上流では新第三紀峠下火山砕屑岩類の安山岩質集塊岩が広範囲に粘土化しており、これを覆って横津岳安山岩溶岩・現河床堆積物および駒が岳火山噴出物が分布している。これら横津岳上部溶岩・河床堆積物（変質安山岩の円礫が混入している）および駒が岳火山噴出物には変質はおよんでいない。変質は横津岳上部溶岩の活動期にはすでに終了していたものと考えられる。

また温泉沈殿物は、現河床堆積物の一部および植物片を交代沈殿して駒が岳火山噴出物におおわれるものと、現在鉱泉湧出口で硫黄および褐鉄鉱が沈殿しつつあるものとがみられる。

4.4.3 磯谷川地区

磯谷温泉の泉源付近にみられる変質作用は新第三紀中新世の汐泊川層の黒色頁岩とその上位の集塊岩にのみみられ、その上位の第四系の双見層にはおよんでいない。また温泉沈殿物としては泉源付近で現在は硫黄および炭酸石灰が沈殿しつつある。

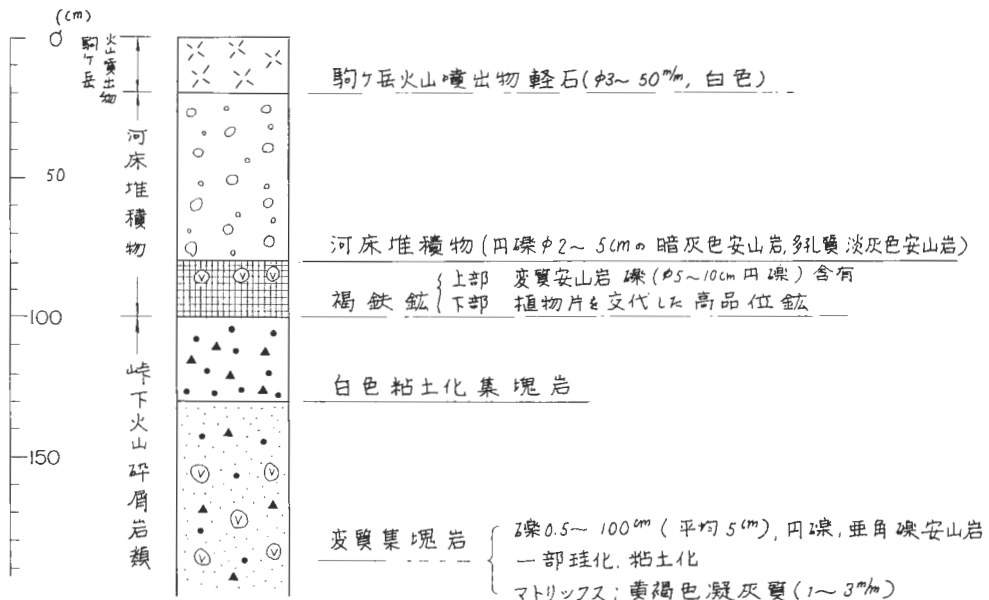
4.4.4 大船川地区

上の湯温泉から下の湯温泉の泉源付近を中心に著しい粘土化および珪化がみられ、新第三紀中新世の汐泊川層の集塊岩および凝灰岩が著しく変質している。また閃緑岩侵入岩体中の裂か(N50°E, 50°NW)に沿っても粘土化している。この変質帯を覆って双見層のシルト層および砂層が堆積しさらに上位に駒が岳火山噴出物が堆積している。双見層は変質していない。またこれら泉源では現在も炭酸石灰・硫黄および硫化鉄鉱が沈殿しつつあり、火山灰の一部をも交代沈殿している。

4.5 変質帯・温泉沈殿物と地熱微候との関係

当地域の地質構造は、鹿部市街から白尻に至る海岸線にほぼ平行した向斜構造に支配され、向斜軸は海岸線から約4km山側の地点をNNW-SSEの方向にのびている。精進川・雨鱒川・折戸沢および常路川はいずれも向斜軸の西翼に位置し、鹿部川・大岩・磯谷川および大船川は東翼に位置している。またこの地域の断裂系としては、N20°~40°W方向およびN20°~40°E方向の割れ目群が優勢で、両者は共役的にせん断帯をつくっていることが多く、とくに精進川の露天掘跡などでこの傾向が顕著である。

この地域には優勢な地熱微候、たとえば噴気孔などは見られず、温度40℃~90℃程度の温泉の湧水がみられるのみである。これは非常に透水性の高い大きい貯溜層に大量の地下水が流入していることを示すのかもしれない。いずれにしても駒が岳などの火山作用が地熱の熱源であることは間違いないと思われる。



第20図 温泉沈殿物柱状図 (常路川中流)

変質帯のうち粘土鉍質についていえば、精進川および雨鱒川については、珪化帯を中心にして外側に明ばん石化帯、モンモリロナイト-カオリン帯という累帯配列の傾向がうかがえる。この累帯配列は南北に長くのびた方向性を示している。これらの変質帯は、おそらく地表近くごく浅い場所で比較的低温で生成されたものと思われる。この精進川および雨鱒川の変質帯は珪化を特徴とし、その外側の常路川および鹿部川を結ぶ地域ではモンモリロナイトおよび明ばん石化を特徴とする。さらにその内側のムサワ林道および大岩を含む地域では沸石化作用が認められ、もっとも外側の磯谷川および大船川を結ぶ変質帯はハロイサイトと未変質の長石が特徴的である。これらの粘土鉍物の構成から考えると、変質帯にはほぼ NW-SE 方向に相を異にしているといえよう。

温泉沈殿物については、精進川・雨鱒川・折戸沢および常路川の優勢な褐鉄鉍層の沈殿と比較して、鹿部川・磯谷および大船の各温泉群では、泉源近くで現在の温泉作用に伴って、炭酸石灰および硫黄の沈殿が特徴的である。

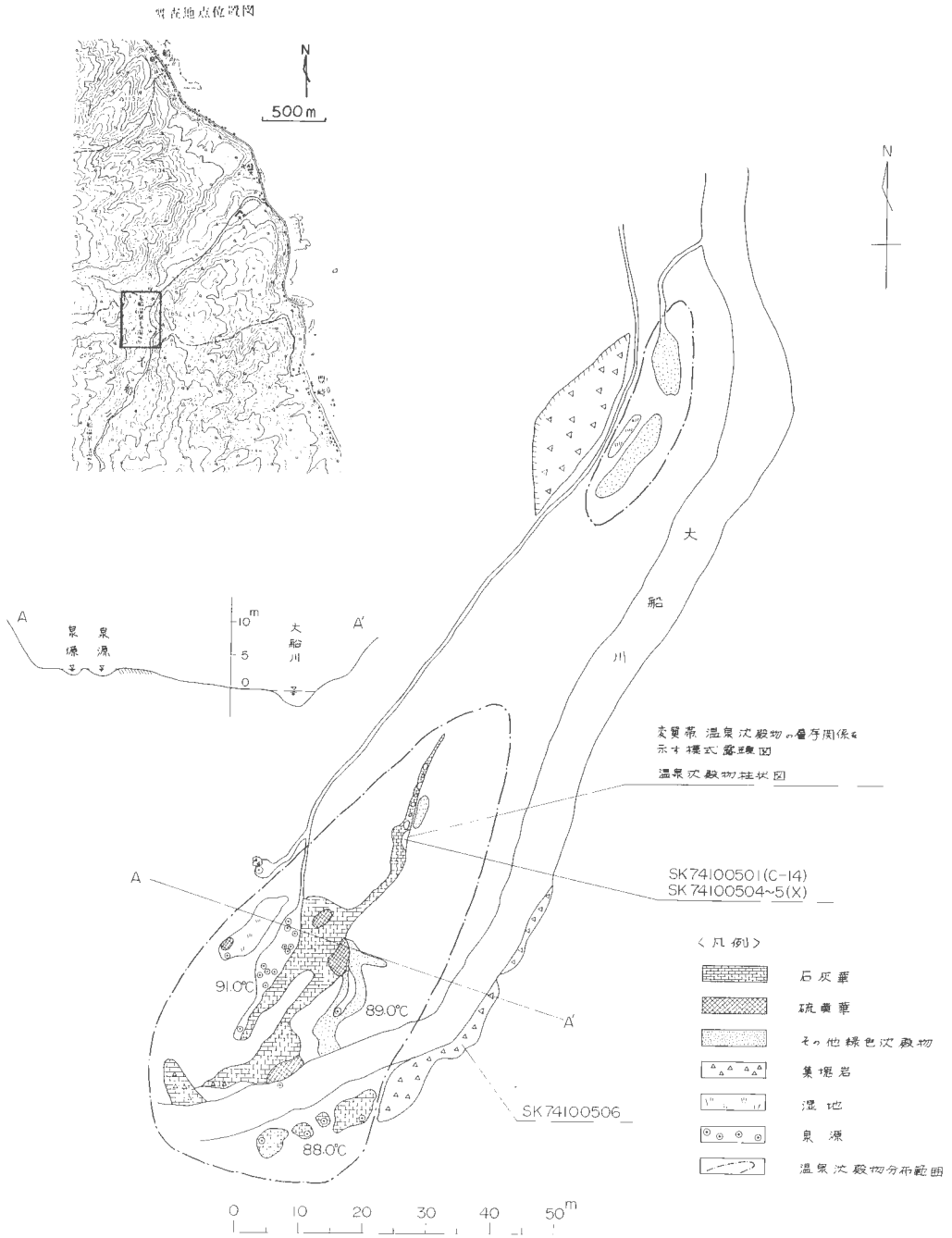
これら変質帯の分布ならびにその構成鉍物・温泉沈殿物の特徴および温泉源の分布などは地質構造によく規制されているようであり、過去の地熱活動の中心は精進川および雨鱒川地区にあったが次第に地熱活動は劣化しているものといえよう。現在の地熱徴候としては上記鹿部川～磯谷川～大船川を結ぶ NW～SE の線に沿ってみとめられるが、地熱徴候としては強いものではない。

5. 放射年代測定

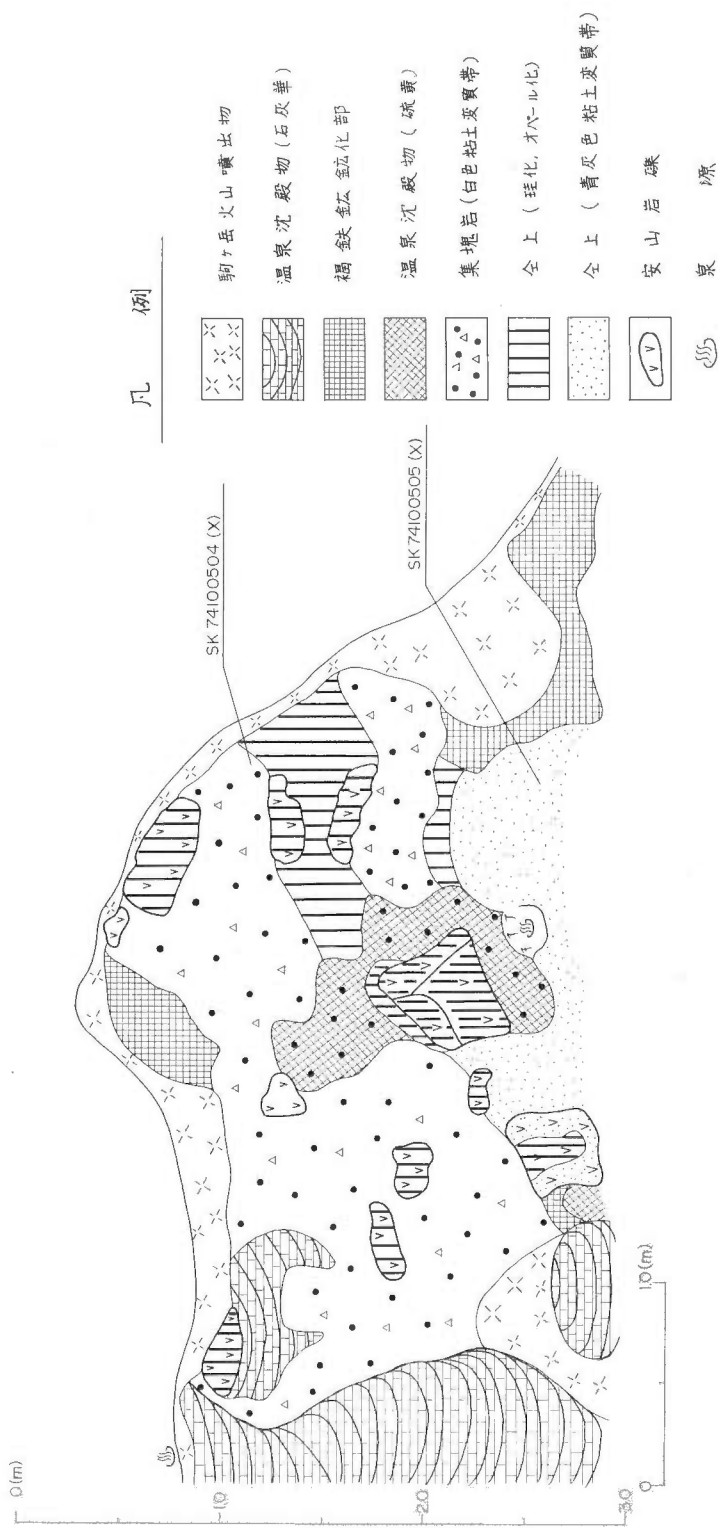
地熱変質の行なわれた絶対年代を推定するためには、放射性炭素法あるいはフィッション・トラック法などによる年代測定が必要となる。そこで上記の変質作用の年代を決定しようとする地層中から、 ^{14}C 測定用試料およびフィッション・トラック測定用試料を採取した。

5.1 ^{14}C 測定用試料採取および測定結果

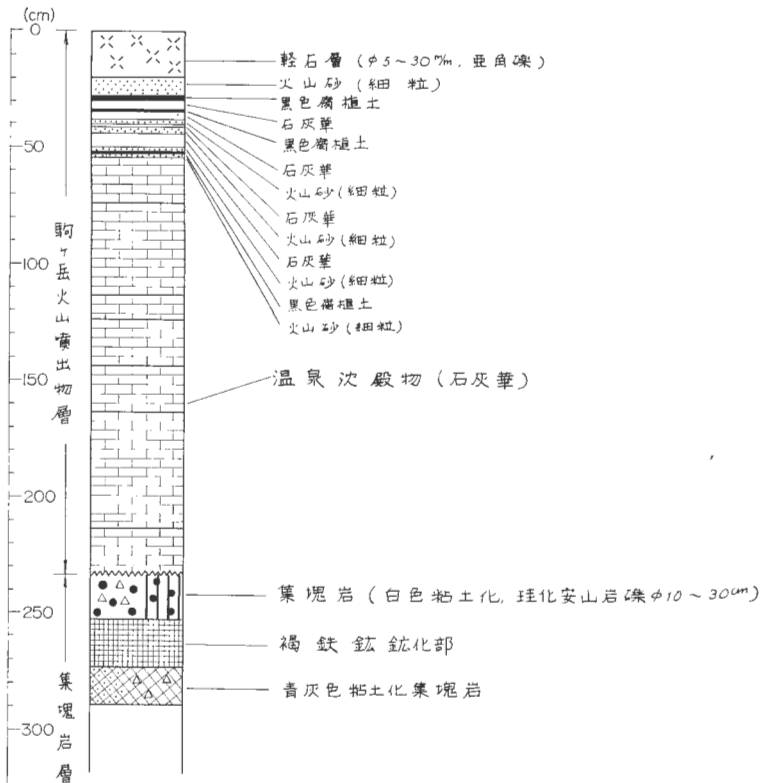
^{14}C 測定用試料は炭化木片・腐植土および炭化物を含むシルトなどを対象にし、生きている植物の根、



第21図 温泉沈殿物分布図（大船温泉下の湯）



第22図 変質帯および温泉沈殿物の層序関係を示す模式露頭記載(大粒温泉下の湯)



第23図 温泉沈殿物柱状図 (大船温泉下の湯)

および他の場所の死滅炭素などが混入しないようにして採取した。

この試料の年代測定意義は以下に述べるとおりで、試料の採取位置および形態は第24図および第25図、第3表に一括して示した。

- (1) SK ¹⁴C-1 (SK 74100501) : 大船温泉下の湯, 変質帯上位の炭化木片を含むシルト (第25図)

大船温泉下の湯付近の駒ヶ岳火山噴出物の下位にあるシルト層中の炭化木片を含む部分で、絶対年代測定によって、この付近にみられる珪化および粘土化変質作用の終了時期が推定できる。

- (2) SK ¹⁴C-2 (SK 74100806) : 雨鱒川鉍山の變質帯上位の腐植土

雨鱒川鉍山の硫黄および褐鉄鉍鉍化作用を受けた集塊岩 (峠下火山碎屑岩類) の上位に堆積する腐植土で、これの絶対年代を測定することにより、上記鉍化作用年代の上限が推定できる。またこの腐植土層は、上部の駒ヶ岳火山噴出物との層序関係から、ムサワ林道にみられる変質帯上位の腐植土層と同一層準に相当するものと考えられる。したがってこの絶対年代はムサワ林道の変質作用の上限の年代を推定するものでもある。

- (3) SK ¹⁴C-3 (SK 774100813) : 滝ノ沢林道大岩露頭, 鹿部層上位の段丘砂礫層中の亜炭質シルトおよび炭化木片

この試料は、砂層 (砂鉄層を含む) およびシルト層からなる鹿部層の上位の段丘砂礫層中に、レンズ状に存在する亜炭質シルトおよび炭化木片で、この試料による絶対年代は鹿部層の上限を示す。

- (4) SK ¹⁴C-4 (SK 74101104) : 鹿部川本流, 鹿部層中の炭化木片を含むシルト

この試料による絶対年代は、鹿部層の時代を明らかにするとともに、この地域ではムサワ林道に

第3表 採取試料一覧表

試料番号	採取地および試料の形態	採取目的
SK74100201	鹿部川 第3支流の白色粘土	X-1
SK74100903	冷水沢林道の白色粘土	X-2
SK74100904	ムサワ林道 中央の青灰色粘土	X-3
SK74100905	ムサワ林道 中央の白色粘土	X-4
SK74100906	ムサワ林道 下流側の白色珪化岩	X-5
SK74101101	ムサワ林道 下流側の黄褐色粘土	X-6
SK74101102	ムサワ林道 下流側の白色粘土	X-7
SK74100810	大岩 右側露頭のジョイント沿いの白色粘土	X-8
SK74100811	大岩 右側露頭下盤安山岩のジョイント沿い白色粘土	X-9
SK74100812—①	大岩 左側露頭中の黄褐色粘土	X-10
SK74101006	大岩 左側露頭下部の珪化安山岩	X-11
SK74100901	折戸沢 右支流の白色粘土	X-12
SK74100902	折戸沢 本流の白色粘土	X-13
SK74101001	常路川 7号橋上流の白色粘土	X-14
SK74101003	常路川 上流右岸青灰色粘土	X-15
SK74100701	精進川鉦山 2号坑跡の白色珪化岩(緻密質) 硫黄鉦染を伴う	X-16
SK74100103	精進川鉦山 露天堀奥	X-17
SK74100105	精進川鉦山 露天堀奥の黒灰色珪化岩	X-18
SK74100704—②	精進川上流 左岸変質露頭中の白色粘土	X-19
SK74100704—③	精進川上流 左岸変質露頭中の青灰色粘土	X-20
SK74100705	精進川上流 右岸の白色粘土	X-21
SK74100706	精進川上流 二股手前の青灰色粘土	X-22
SK74100707	精進川上流 二股手前の白色粘土	X-23
SK74100708	精進川上流 二股手前の白色珪化岩	X-24
SK74100801	雨鱒川下流 橋下の変質集塊岩中の白色粘土	X-25
SK74100802	雨鱒川下流の白色粘土	X-26
SK74100804	雨鱒川(旧鹿部鉦山) 坑口付近の白色珪化岩(緻密質)	X-27
SK74100805	雨鱒川(旧鹿部鉦山) 坑口付近の珪化集塊岩	X-28
SK74100807	雨鱒川(旧鹿部鉦山) 立坑奥の珪化岩(多孔質)	X-29
SK74100808	雨鱒川上流 右岸の珪化岩(多孔質)	X-30
SK74100507	磯谷温泉 泉源の白色粘土	X-31
SK74100508	磯谷温泉 発電所上部の白色珪化岩(多孔質)	X-32
SK74100601	磯谷川 右岸 頁岩中の変質部, 青灰色粘土	X-33
SK74100602	磯谷川 左岸 崩壊地中央部の青灰色粘土	X-34
SK74100603	磯谷温泉下流 道路上の白色粘土 SK74100601の上位	X-35
SK74100401	大船温泉下の湯 道路上の閃緑岩ジョイント沿いの白色粘土	X-36
SK74100402	大船温泉上の湯 泉源の白色粘土	X-37
SK74100403	大船温泉上の湯 泉源の青灰色粘土	X-38
SK74100504	大船温泉下の湯 泉源の白色粘土	X-39
SK74100505	大船温泉下の湯 泉源の青灰色粘土	X-40
SK74100703	精進川鉦山 鉦床母岩の安山岩	FT-1
SK74101201	横津岳山頂の安山岩	FT-2
SK74100501	大船温泉下の湯 変質帯上位の炭化木片をふくむシルト(黒褐色)	¹⁴ C-1
SK74100806	雨鱒川(旧鹿部鉦山) 変質帯上位の腐植土(褐色)	¹⁴ C-2
SK74100813	滝ノ沢林道 大岩露頭 鹿部層中の炭化木片をふくむ亜炭質シルト	¹⁴ C-3
SK74101104	鹿部川本流 鹿部層中の炭化片をふくむシルト(暗褐色)	¹⁴ C-4
SK74100813	滝ノ沢大岩露頭 段丘砂礫層中の炭化木片をふくむ亜炭質シルト	P-1
SK74101005	滝ノ沢林道 大岩露頭 鹿部層中の青灰色シルト	P-2
SK74101105	鹿部川本流 鹿部層中の青灰色シルト	P-3
SK74101106	鹿部川本流 鹿部層中の暗褐色シルト	P-4
SK74100907	ムサワ林道 上流側露頭中の未変質集塊岩	CA-1
SK74100906	ムサワ林道 下流側露頭中の白色珪化岩	CA-2
SK74100905	ムサワ林道 中央変質露頭中の白色粘土	CA-3

(注) 採取目的 X: X線分析用試料, FT: フィッション・トラック用試料, ¹⁴C: ¹⁴C測定用試料
P: 花粉分析用試料, CA: 化学分析用試料



第24図 試料採取位置および調査項目総括図

第4表 鹿部地熱地域の ^{14}C 年代

No.	Sample No.	Code No.	Formation	Sample	Age (years before 1950)
1	S K74100501	GaK-5500	双 見 層*	炭化木片をふくむシルト	29,110 ± 1,940
2	S K74100806	GaK-5503		腐植土 (黒褐色)	5,820 ± 210
3	S K74100813	GaK-5502	段丘砂礫層	亜炭および炭化木片	20,350 ± 710
4	S K74101104	GaK-5501	鹿 部 層	炭化木片を含む黒褐色シルト	>33,200

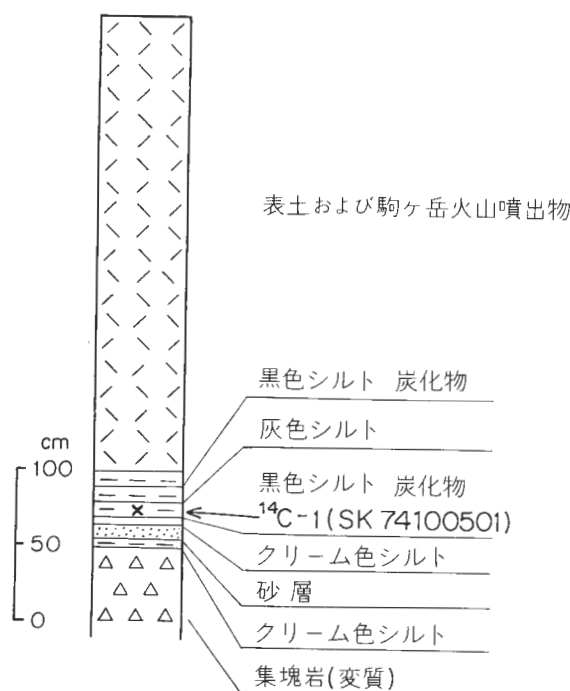
* 岩相から双見層として取扱ったが、測定年代から河岸段丘堆積物の可能性がある。

(測定 学習院大学 木越邦彦)

年代の算出には ^{14}C の半減期として 5,570 年 (Libby の値) を用いてある。

誤差は β 線計数値の標準偏差にもとづいて算出

- 1: 北海道茅部郡南茅部町大船 大船温泉下の湯, 41°56'33"N, 140°55'19"E, 1974年10月5日, 青木謙治採取。
- 2: 北海道茅部郡鹿部村雨鱒川上流 (旧鹿部鉱山) 立坑手前, 41°57'51"N, 140°47'20"E, 1974年10月8日, 青木謙治採取。
- 3: 北海道茅部郡鹿部村大岩 滝の沢林道入口, 42°00'10"N, 140°51'04"E, 1974年10月8日, 青木謙治採取。
- 4: 北海道茅部郡鹿部村 鹿部川本流⑦露頭, 41°59'08"N, 140°49'21"E, 1974年10月11日, 青木謙治採取。



第25図 ^{14}C 試料採取地点の柱状図 (大船温泉下の湯)

において鹿部層上位の火山碎屑岩が珪化および粘土化変質を受けているので、変質作用はこの年代より新しいことが判明する。

以上4地点で採取した試料の測定結果は第4表のとおりである。

^{14}C 年代測定の結果から、鹿部層の堆積時期は33,200年以前に始まり、約20,000年以前の堆積物で更新世に属することが明らかとなった。また、大船温泉下の湯付近の珪化および粘土化変質作用の終了時期は、29,000年以前である。さらに、雨鱒川鉱山の硫黄および褐鉄鉱化作用の時期およびムサワ林道でみられる変質作用の上限は5,820±210年以前であることが判明した。

5.2 フィッション・トラック測年用試料採取および測定結果

(1) SKFT-1 (SK 74100703) : 精進川上流、精進川鉱山鉱床母岩の安山岩

この試料は、精進川鉱山の硫黄鉱床の母岩である安山岩溶岩（峠下火山碎屑岩類）で、この放射年代により硫黄鉱床を形成した鉱化作用の年代が、これより新しいことを知る。

(2) SKFT-2 (SK 74101201) : 横津岳山頂の安山岩

当該試料の噴出時期については、鮮新世末期と考えられてるが、第四紀である疑いもあり放射年代の測定によりその時期が明らかになるほか、精進川鉱床をはじめとする硫黄鉱床の生成時期を推定するものである。

試料の採取位置は第24図に示すとおりである。

以上の2試料について測定を行なったが、第5表に示すように現在までに結果が判明したのは、(1)の精進川鉱山地域の峠下火山碎屑岩類の安山岩溶岩であり、2.0 m.y.である。このことから精進川鉱山の硫黄鉱床を形成した鉱化作用は2.0 m.y.よりも若く更新世の時期であることが明らかとなった。

第5表 フィッション・トラック測年試料および測年結果

試料番号	試料	採集地
S K74100703	峠下火山碎屑岩類の安山岩溶岩	精進川 鉢山
S K74101201	横津岳溶岩	横津岳 山頂

試料番号	ρ_s	ρ_i	ϕ	T.m.y.
S K74100703	5.0×10^5	8.0×10^6	0.52×10^{15}	2.0
* S K74101201				—

* S K74101201の試料については測定に十分な鉱物試料が得られなかった。
 $\lambda f = 6.85 \times 10^{-17} (y^{-1})$ を用いた。

6. 変質岩の化学分析

化学分析は、ムサワ林道の変質帯について未変質岩、珪化変質岩、粘土化変質岩の3種類の試料を採取した。

試料の採取目的は、岩石試料の化学組成と比重を求めることによって、未変質岩と弱変質岩、強変質岩それぞれの化学組成の変化を知り、変質に伴う元素の溶脱量を求めることにある。

以上の3試料の分析結果は、第6表のとおりである。

第6表 鹿部地熱地域変質岩の化学分析表

No.	1	2	3
SiO ₂	55.91	62.65	61.55
TiO ₂	0.61	0.71	0.82
Al ₂ O ₃	17.03	13.98	12.80
Fe ₂ O ₃	2.51	0.60	3.83
FeO	6.83	0.11	0.14
Fe	<0.01	<0.01	<0.01
MnO	0.18	0.01	0.02
MgO	4.42	0.01	2.01
CaO	7.91	0.27	1.14
Na ₂ O	2.46	1.25	0.53
K ₂ O	0.97	1.63	0.72
P ₂ O ₅	0.12	0.15	0.07
S	<0.01	<0.01	<0.01
SO ₃	<0.01	13.45	1.65
CO ₂	<0.01	0.01	0.01
H ₂ O ⁺	0.33	4.62	7.30
H ₂ O ⁻	0.26	0.12	7.16
Total	99.54	99.57	99.75
Ap. G.* ¹	2.71	2.24	—
Tr. G.* ²	2.71	2.47	2.49

*¹ 見かけ比重 *² 真比重 分析：東京石炭鉱物研究所

1. S K74100907, 原岩 (安山岩質集塊岩), 鹿部川第3支流(ムサワ林道)
2. S K74100906, 珪化岩 (安山岩質集塊岩), 鹿部川第3支流(")
3. S K97100905, 粘土化岩 (安山岩質集塊岩), 鹿部川第3支流(")

7. 変質岩のX線分析

調査地域から採取した40個の試料について、変質鉱物種の決定を行うためにX線粉末回折法による分析を行なった。試料の調製は、約72時間常温下で風乾した後、粉碎および磨砕を行ない分析試料とした。試料採取位置は第24図に示す。

分析に用いた装置および測定条件を第7表に示す。

また記録紙上で、 14A° の反射がみられるものについては、試料粉末にエチレングリコール処理を行ない、また 14A° および 7A° の反射がみられるものについては、塩酸処理を行なってピークの移動を調べた。分析結果は、第8表のとおりである。

X線分析の結果から明らかになった各変質帯の特徴は以下に述べるとおりである。

7.1 精進川地区

精進川鉱山2号坑跡の緻密質珪化岩 (SK 74100701) は、 α -クリストパライトおよびリンケイ石のみからなる。黒色珪化岩 (SK 74100105) は、リンケイ石および石英のほかは黄鉄鉱を伴う。精進川上流の白色珪化岩は、明ばん石特徴的でありほかに石英および α -クリストパライトをふくみ、少量のカオリンおよびモンモリロナイトがみられる。すなわち、硫黄鉱化作用の著しい変質帯の中央部付近では、珪化変質鉱物として α -クリストパライトおよびリンケイ石が特徴的であり、変質帯の周辺部に近づくると珪化作用は明ばん石によって特徴づけられる。

変質帯中央部の粘土化変質岩は、リンケイ石・石英および α -クリストパライトからなるもの (SK 74100103)、リンケイ石の他にモンモリロナイトを伴うもの (SK 74100704-②, ③, SK 74100705) があり、白色を呈する粘土 (SK 74100704-②) は緑泥石をふくんでいる。また青灰色を呈するもの (SK 74100704-③) は、黄鉄鉱および TiO_2 (ブルーカイト) によるもので、他に明ばん石を少量伴っている。変質帯周辺部では、リンケイ石およびモンモリロナイトにかわって、カオリンが主となり白色のもの (SK 74100707) は、 α -クリストパライトをふくみ、青灰色を呈するもの (SK 74100706) は黄鉄鉱を伴うものである。

以上の結果から、精進川の変質鉱物は中央部では α -クリストパライトおよびリンケイ石が特徴的であり、上流の未変質部に近づくると明ばん石およびカオリンによって特徴づけられる。

7.2 雨鱒川地区

雨鱒川の粘土化変質岩 (SK 74100802) は、カオリンのみからなり、変質集塊岩 (SK 74100801) は、カオリンの他に、 α -クリストパライト・リンケイ石・石英および少量の鉄明ばん石がみられる。

褐鉄鉱鉱床近辺の緻密質白色珪化岩 (SK 74100804~05) は、ほとんど明ばん石からなり、他に α -クリストパライトおよびリンケイ石をふくんでいる。一方、多孔質珪化岩 (SK 74100807~08) は、石英

第7表 X線分析装置および測定条件

測定装置：	理学電機ガイガーフレックス	2034型
測定条件：	ターゲット；Cu, フィルター；Ni	
電	圧；35KVp, 電流；10mA	
走査範	囲； $2\theta\text{CuK}\alpha = 2^\circ \sim 40^\circ$	
走査速	度； $2^\circ/\text{分}$	
記録紙速	度； $2\text{cm}/\text{分}$	
スケールファクター；	8	
時定	数；2秒	
スリット；	$1^\circ \sim 0.15\text{mm} - 1^\circ$	

第8表 鹿部・大船地熱地域の粉末X線回折による変質鉱物一覧表

分 析 番 号	試 料 番 号	採 取 地 点	シリカ鉱物			粘土鉱物					沸石	硫酸塩物		酸化・硫酸物			炭酸塩物	その他	
			Q	Cr	Tr	Mt	Chl	Ser	K	Hall	Md	Al	Jar	Bk	Gt	Mg	Py	Ca	S
			灰 石 α-ク リ	ト ライ イ ケ ン	石 イ イ ン	ト イ ナ ロ モ ン	石 泥 セ カ ハ	ト イ ナ リ オ ハ	ト イ リ オ ハ	ト イ サ イ ハ	ト イ サ イ ハ	石 沸 石 ン	石 ん ば	石 ん ば	ト イ カ ー ル ブ ン	ト イ カ ー ル ブ ン	ト イ カ ー ル ブ ン	石 解 方	黄 硫
1	S K 74100201	鹿部川 冷水水沢 ムサワエ林道	○	○	○	○						○	○						
2	S K 74100903		○	○	○	○						○	○						
3	S K 74100904		○	○	○	○						○	○						
4	S K 74100905		○	○	○	○						○	○						
5	S K 74100906		○	○	○	○						○	○						
6	S K 74101101		○	○	○	○						○	○						
7	S K 74101102		○	○	○	○						○	○						
3	S K 74100810		大岩	○	○	○	○						○	○					
9	S K 74100811			○	○	○	○						○	○					
10	S K 74100812-①			○	○	○	○						○	○					
11	S K 74101006	折戸川 常路川 精進川	○	○	○	○													
12	S K 74100901		○	○	○	○													
13	S K 74100902		○	○	○	○													
14	S K 74101001		○	○	○	○													
15	S K 74101003		○	○	○	○													
16	S K 74100701		○	○	○	○													
17	S K 74100103		○	○	○	○													
18	S K 74100105		○	○	○	○													
19	S K 74100704-②		○	○	○	○													
20	S K 74100704-③		○	○	○	○													
21	S K 74100705	雨鱒川	○	○	○	○													
22	S K 74100706		○	○	○	○													
23	S K 74100707		○	○	○	○													
24	S K 74100708		○	○	○	○													
25	S K 74100801		○	○	○	○													
26	S K 74100802		○	○	○	○													
27	S K 74100804		○	○	○	○													
28	S K 74100805		○	○	○	○													
29	S K 74100807		○	○	○	○													
30	S K 74100808		○	○	○	○													
31	S K 74100507	磯谷温泉 大船温泉	○	○	○	○													
32	S K 74100508		○	○	○	○													
33	S K 74100601		○	○	○	○													
34	S K 74100602		○	○	○	○													
35	S K 74100603		○	○	○	○													
36	S K 74100401		○	○	○	○													
37	S K 74100402		○	○	○	○													
38	S K 74100403*		○	○	○	○													
39	S K 74100504		○	○	○	○													
40	S K 74100505		○	○	○	○													

* 重晶石を伴なう。

が大部分で少量の黄鉄鉱および TiO_2 (ブルーカイト) を伴っている。

したがって当地域の変質鉱物は、粘土化変質岩はカオリナイト、緻密質珪化岩は明ばん石、多孔質珪化岩は石英によって明らかに特徴づけられている。

7.3 折戸沢

折戸沢の粘土化変質岩 (SK 74100901~02) は、モンモリロナイトおよび α -クリストパライトが主であり、リンケイ石および緑泥石を伴うもの (SK 74100901) がある。

7.4 鹿部地区

冷水沢林道の白色粘土 (SK 74100903) は、モンモリロナイト・リンケイ石および α -クリストパライトの他にカオリン・明ばん石および石英がみられる。

常路川上流の道路上の白色粘土 (SK 74101001) は、 α -クリストパライト・モンモリロナイトおよび緑泥石からなる。また青灰色粘土 (SK 74101003) は、 α -クリストパライトのほかに、カオリンおよび明ばん石が特徴的であり、ほかに黄鉄鉱および石英を伴うがモンモリロンはみられない。

鹿部川第3支流の粘土化変質岩 (SK 74100201) は、カオリンを主成分とし、ほかに α -クリストパライト・モンモリロナイト、少量の石英および明ばん石を伴う。

ムサウ林道の珪化変質岩 (SK 74100906) は、明ばん石が主であり、 α -クリストパライトおよび石英をふくむ。粘土化変質岩は、いずれも主としてモンモリロナイトおよびリンケイ石あるいは α -クリストパライトからなり、そのほかに明ばん石を若干伴うもの (SK 74101101~02)、モルデン沸石および黄鉄鉱を伴うもの (SK 74100904)、鉄明ばん石を伴うもの (SK 74100905) がある。

大岩の変質安山岩の節理沿いに脈状に産する粘土 (SK 741008~11~12-①) は、モルデン沸石が主成分でありそのほかにモンモリロナイト・斜長石・ α -クリストパライト・石英・方解石および黄鉄鉱などがみられる。珪化安山岩 (SK 74101006) は、石英および斜長石のみがみとめられる。本地域の変質鉱物としては、モルデン沸石が特徴的である。

7.5 磯谷地区

磯谷温泉泉源の白色粘土 (SK 74100507) は、石英およびカオリン・リンケイ石・鉄明ばん石・硫黄および TiO_2 (ブルーカイト) がみられる。珪化岩 (SK 74100508) は、リンケイ石が主でありほかに石英をふくむ。

頁岩中の変質部に産する青灰色粘土 (SK 74100601) は、モンモリロナイトを主とし、ほかに石英・カオリン・斜長石・黄鉄鉱・ α -クリストパライトおよび明ばん石をふくむが、その上位の白色粘土 (SK 74100603) には、モンモリロナイトはみられず、 α -クリストパライトおよび石英を主とし、斜長石を伴う。泉源から離れた左岸崩落地から採取した青灰色粘土は、斜長石が主であり、ほかに石英および黄鉄鉱を伴う。

以上の結果から、磯谷温泉の珪化変質岩は、リンケイ石で特徴づけられ、粘土化変質岩はモンモリロナイトまたは α -クリストパライトが主であり、黄鉄鉱の鉱染を伴うものが多い。

7.6 大船地区

大船温泉上の湯泉源の白色粘土 (SK 74100402) は、石英・斜長石およびハロイサイトからなり、青灰色粘土 (SK 74100403) はその他に黄鉄鉱および少量の緑泥石・重晶石および α -クリストパライトをふくんでいる。

下の湯泉源の白色粘土 (SK 74100504) は、石英および鉄明ばん石が主成分であり、青灰色粘土 (SK 74100505) は、このほかに黄鉄鉱をふくむ。一方、下の湯付近の閃緑岩中の変質部に産する粘土は、石英・白雲母・モンモリロナイトおよび黄鉄鉱からなり、明ばん石はみられない。

以上の結果から、大船温泉の変質帯の特徴は上の湯においては変質鉱物としてハロイサイトが特徴的

第9表 鹿部・大船地熱地域花粉分析一覽表

GENUS NAME	SAMPLE NUMBER	S K74100813	S K74101106	S K74101005	S K74101105
Abies		3.9	6.3	8	7
Larix		31.6	253		1
Picea		14.7	10.1	6	6
Pinus		7.8	2.5	11	3
Ves (Abies-Picea type)		4.7	2.5	4	3
Ves (Pinus type)		0.8		1	2
Tsuga sieboldii					5
Tsuga diversifolia					11
Sciadopitys					2
Juglans		0.8			
Salix			2.5		
Alnus 4孔		2.3			2
Alnus 5孔		3.9	2.5		1
Alnus 6孔		0.8			
Betula		2.3			5
Corylus		7.0	3.8		3
Fagus			1.3		
Quercus (ever green)		0.8			
Quercus (deciduous)		0.8	1.3		1
Leguminosae			1.3		
Acer					1
Umbelliferae			2.5		
Ericaceae		4.7			
C ₃		1.6	1.3		
C ₃ P ₃		0.8	1.3		
Inap		3.1	11.4		
Artemisia		2.3	3.8		1
Sanauisorba					1
Compositae		1.6		1	
Gramineae		0.8	13.9		2
Cyperaceae			6.3		
Potamogeton					2
Thalictrum		3.1			
Caryophyllaceae		1.6			
Total percentage		100	99.9	—	—
Total pollen grains		129	79	31	59
Polypodiaceae		5	10		3
Lycopodiaceae		94			
Selaginellaceae		45			
Monoletespore			7		3
Triletespore		2	3		
Total Spore grains		146	20		6
Total Pollen and Spores		275	99	31	65

註：試料ナンバー S K 74101005, S K 74101105は, 化石花粉産出量が少ないため個体数で表示した. また胞子化石についても産出個体数で表示した.

であり、下の湯においては鉄明ばん石が特徴的であるが、鉄明ばん石化作用の範囲は小規模であると思われる。

8. 花粉分析

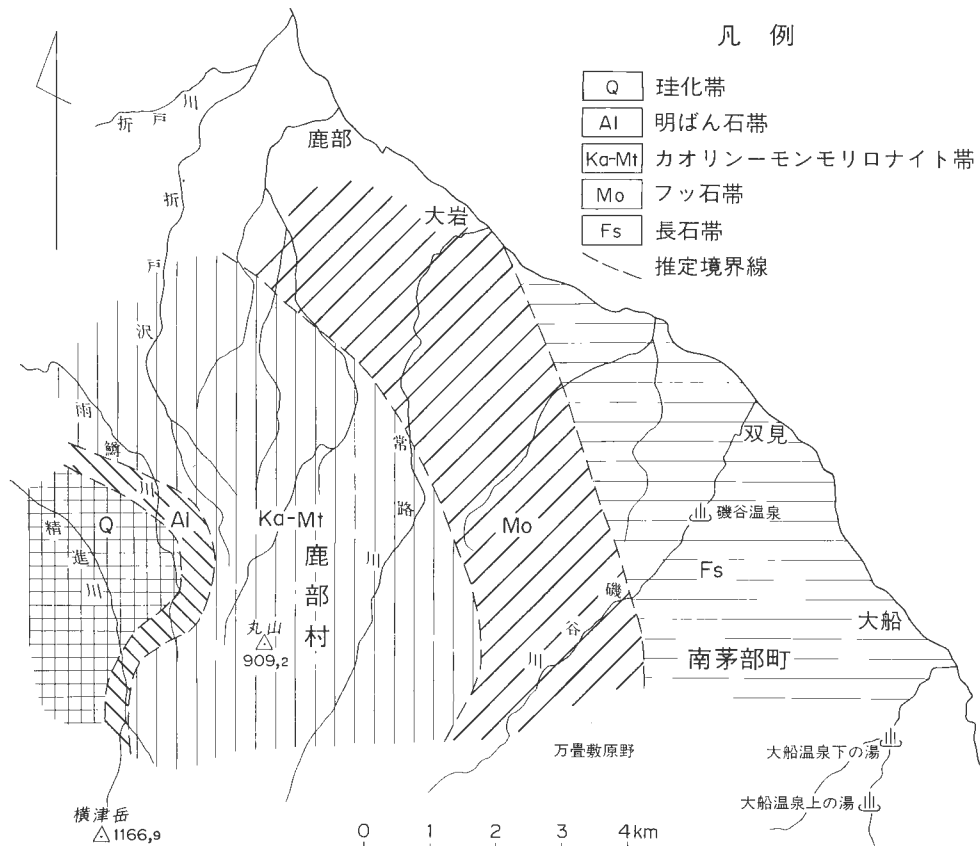
花粉分析試料採取地は、第24図および第3表に示すとおりである。また分析結果は第9表に示される。詳細については、尾上ほか(1978)を参照されたい。

9. 要約および考察

当地域の地質構造はNW-SE性の向斜構造で特徴づけられ、変質作用も構造規制を受けている。変質作用は第四系鹿部層上部の火山砕屑岩にまでおよんでいるが、段丘堆積物の堆積以前に終了しており、また横津岳上部溶岩の活動期には終了している。第四系の駒が岳火山噴出物が数次の活動によって調査域を広く覆い、変質帯を直接被覆することが多い。

変質帯は新第三紀の安山岩質集塊岩中の珪化帯(緻密質珪化, 多孔質珪化)および粘土化帯よりなり、X線分析の結果、内陸側から海側に向って、珪化帯・明ばん石帯・モンモリロナイト-カオリン帯・沸石化帯および長石帯というような累帯配列の傾向を示している(第26図)。

温泉沈殿物は内陸側の褐鉄鉱層沈殿物と海洋側の炭酸石灰および硫黄沈殿物とに大別され、海洋側



第26図 北海道鹿部・大船地域変質帯分布図

では現在の温泉作用に伴っている。

地熱徴候は優勢な噴気孔などは認められず、40℃～90℃の温泉が海岸側にみられるにすぎず、過去の地熱活動の中心は精進川・雨鱒川地区にあり、現在は活動が劣化しているものと思われる。

¹⁴C年代測定の結果から、鹿部層は20,000年以前の堆積物で明らかに更新世に属することが判明した。大船温泉下の湯付近の変質作用（硫化・粘土化）の上限は29110±1940年以前、それに比べ精進川鉱化作用（硫黄・褐鉄鉱化）の上限は5,820±210年よりも以前であることも明らかとなった。また、峠下火山碎屑岩類の安山岩溶岩はフィッシュン・トラック年代測定によってほぼ2.0 m.y.となり、前述の精進川鉱山の鉱化作用の下限は2.0 m.y.よりも新しく、更新世内にあることが判明した。

文 献

- 番場猛夫・五十嵐昭明（1954） 鹿部地区. 未利鉄, no. 1, p. 67-71.
 ———— (1956a) 北海道茅部郡鹿部村含チタン砂鉄鉱床調査報告. 地調月報, vol. 7, p. 417-422.
 ————・松村 明（1956） 鹿部地区. 未利鉄, no. 3, p. 19-24.
 ————・清滝昌三郎（1958） 鹿部地区（段丘）. 未利鉄, no. 5, p. 10-13.
 北海道工業圏（1957） 北工鹿部鉱山. 未利鉄, no. 4, p. 9-12.
 福富忠男（1933） 北海道有用鉱産物調査報文（第3報）, 渡島支庁管内亀田郡大部, 茅部郡一部. 北海道工業試験場報告, no. 39, 90p.
 猪木幸男（1950） 北海道精進川鉱山および雨鱒川鉱山の硫黄並びに褐鉄鉱床調査報告. 地調月報, vol. 1, no. 5, 63p.
 勝井義雄（1963） 北海道の第四紀火山碎屑流堆積物. 火山, ser. 2, vol. 8, p. 120-122.
 国府谷盛明・松井公平・小林武彦（1967） 5万分の1地質図幅「鹿部」および同説明書. 北海道開発庁, 30p.
 MUKAIYAMA, H. (1959) Genesis of sulphur deposits in Japan. *Jour Fac. Sci. Univ. Tokyo*, sec. II, vol. 11, p. 148.
 室住正義（1950） 北海道精進川鉱山の電気探鉱について. 物理探鉱, vol. 2, no. 7.
 ————（1951） 北海道精進川鉱山および雨鱒川鉱山電気探鉱調査報告. 地調月報, vol. 2, p. 317-325.
 成田康介ほか（1962） 雨鱒川地区. 鉄鋼原料, no. 1, p. 34-37.
 日本地熱資源開発促進センター（1976） 昭和50年度地熱開発精密調査報告書, no. 3, 駒が岳南部, 128p.
 大日方順三（1911a） 渡島国亀田半島鉱床調査報告. 鉱物調報, no. 2, p. 3-7.
 ————（1911b） 渡島国および後志国鉱床調査報文. 鉱物調報, no. 6, p. 1-18.
 尾上 亨・徳永重元・大島秀明・伊藤良永（1978）: 日本の地熱地域における花粉分析調査研究, その1. 地調報告, no. 259, p. 579-624
 斉藤正雄・番場猛夫・沢 俊明・成田英吉・五十嵐昭明・山田敬一・佐藤博之（1967） 北海道金属非金属鉱床総覧. 地質調査所, 575p.
 佐々木竜男・片山雅弘・音羽道三・天野洋司（1970） 渡島半島の火山灰について. 北海道農業試験場土性調査報告, 第20編, p. 255-286.
 ————・富岡悦郎・佐々木清一・矢沢正士・山田 忍・矢野義治・北川芳男（1972） 北海道における腐植質火山灰の編年に関する研究. 第四紀研究, vol. 10, no. 3, p. 117-123.
 沢 俊明・中川忠夫（1957） 鹿部地区. 未利鉄, no. 4, p. 4-6.
 下斗米俊夫・古館兼治（1935） 北海道有用鉱産物調査報文（第5報）, 渡島支庁管内, 亀田郡一部,

- 茅部郡一部. 北海道工業試験場報告, no. 54, p. 45-101.
- 鈴木 守・長谷川 潔・三谷勝利 (1969) 5万分の1地質図幅「東海」および同説明書. 北海道開発庁, 33p.
- 高島 彰・斉藤正雄 (1951) 亀田半島の硫黄鉱床. 北海道地下資源調査資料, no. 1, p. 1-22.
- (1952) 亀田半島南部の硫黄, 硫化鉄鉱調査報告. 地調月報, vol. 3, p. 142-152
- 通商産業省工業技術院 (1977) 全国地熱基礎調査報告書 (昭和48-50年度), 駒が岳南部. p. 41-46.
- 通商産業省工業技術院地質調査所 (1975) 全国地熱基礎調査報告書, no. 8, 駒が岳南部. 116p.
- 山田敬一・斉藤正雄・山屋政美 (1959) 常路川上流地区. 北海道地下資源調査資料, no. 47, 26p.
- 山田 忍・勝井義雄・近堂祐弘 (1963) 北海道における第四紀火山砕屑物の分布とその編年. 第四紀研究, vol. 3, no. 1-2, p. 80-87.

Geological Investigation of Hydrothermal Alteration Haloes in Shikabe and Ofuna Geothermal Fields, Southwestern Hokkaido

Teruaki IGARASHI, Masao ISHIDA, Nobuyuki OKABAYASHI, Kenji AOKI,
Shōichi YAMAGUCHI and Susumu NISHIMURA

Abstract

Surveys on metasomatized area of Shikabe-mura and its surroundings are carried out in order to clarify its alteration age and tectonic situation at southern Komagatake District. Its geology and scale are also investigated.

The geology is composed of late Cenozoic rocks; the Shiodomari Formation and the Togeshita Pyroclastic Rocks of Miocene to Pliocene in age and the early Quaternary Shikabe Formation. All of them scarcely show effects of mineralization or alteration and shearing stress.

The shearing stress resulted in many shear zones composed of conjugated cracks in the direction of N20° to 40°W and N20° to 40°E.

The Neogene rocks were subjected extensively by the alteration to produce silicified rocks and blue grayish or white argillite. The alteration affected the youngest rocks of the Neogene, but is unobservable in the Quaternary terrace deposits.

A zonal arrangement tends to have been formed clearly in an extensively altered area, in which a silicified zone situates in the center, successively surrounded by montmorillonite-alunite, zeolite, and halloysite-feldspar zones outwardly.

As for travertine, two types exist; one is characterized by the presence of limonite and the other by calcium-carbonate and sulfur. The former type is observable along the Shōzin-gawa and the Amemasu-gawa and the latter one around the Shikabe-gawa, Isoya and Ofuna hot springs in the area.

図 版 説 明

- 図版11-1 鹿部川本流に分布する鹿部層の成層状態
- 図版11-2 精進川上流安山岩溶岩の節理に沿って粘土化が行なわれている変質帯
- 図版11-3 精進川上流峠下火山碎屑岩類に形成された鉱染交代硫黄鉱床に伴う変質帯の全景
- 図版12-1 精進川上流鉱染交代硫黄鉱床の母岩である峠下火山碎屑岩類の安山岩溶岩（フィッシュン・トラック試料 SK74100703）
- 図版12-2 雨鱒川地域の温泉沈殿物である鉱染交代硫黄鉱床付近の沈殿褐鉄鉱層



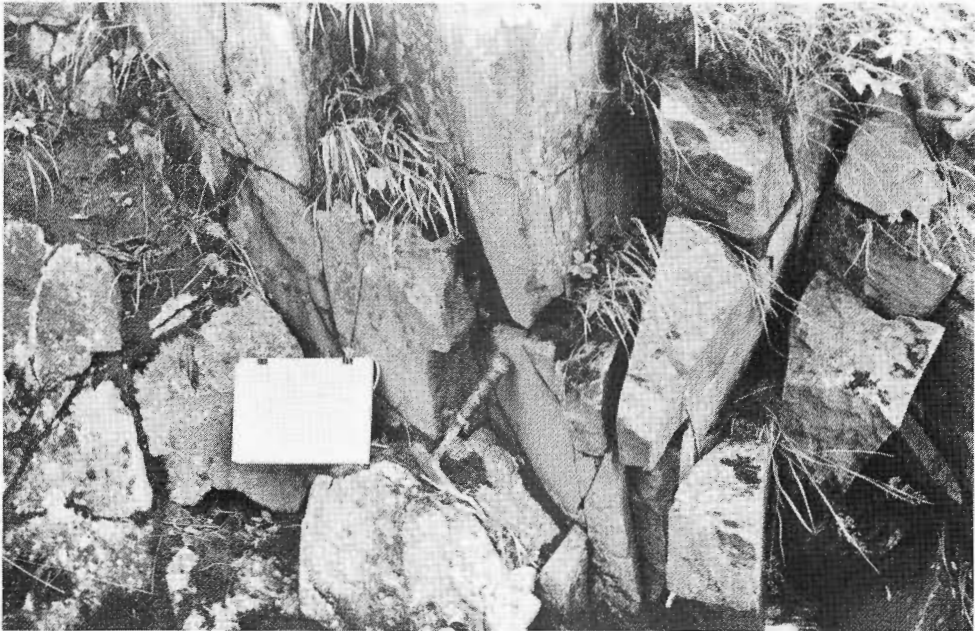
1



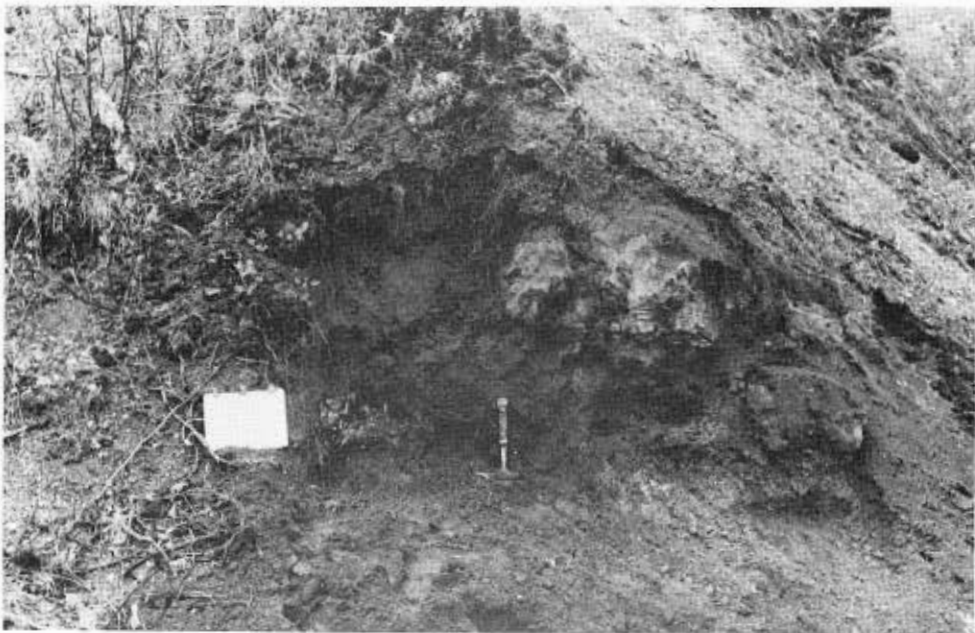
2



3



1



2

551.23 : 551.25(521.11)

青森県青森市酸ヶ湯地熱地域の熱水変質帯*1

佐藤博之*2・中川 進*3・桑畑和則*3・山田敬一*4・徳永重元*5

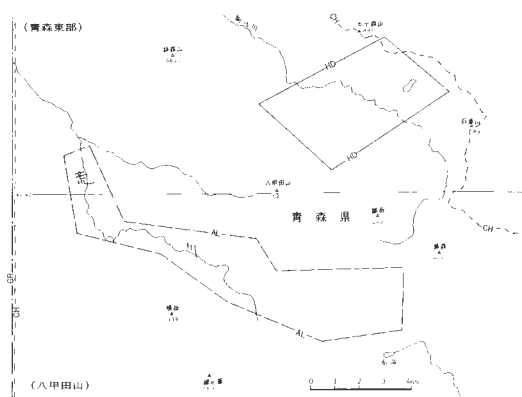
1. ま え が き

本調査は全国地熱基礎調査の一環としての「地熱変質帯の調査」によって、地熱地域の探査ならびに評価に資するために計画されたものである。

調査は青森県青森市八甲田山酸ヶ湯地域を中心として猿倉温泉にかけての約35 km²の地域について行なわれた。八甲田山地域にはこれらの外に東北部の田代平地域にも地熱兆候地が存在する。しかしながら田代平地域においては地熱包有岩体を覆って厚い湖成堆積物があり、さらに表面には湿原堆積物が覆っており、地形も平担であるために変質帯調査には不適當であるために物理探査の手法によることとし、変質帯調査から田代平地域を除外した。これは田代平地域が地熱利用の可能性が低いからではなく、まったく調査手法の条件によるものである。

調査は地質調査所の指導監督の下に、日鉄鉱コンサルタント株式会社が請負って実施した。

予察調査に際しては青森県水産商工部鉱政保安課にお世話になった。また北海道大学石川俊夫名誉教授および弘前大学岩井武彦教授には現地において御懇篤な助言をいただいた。また、学習院大学木越邦彦教授には¹⁴C年代測定を、京都大学西村進助教授にはフィッション・トラック年代測定をしていただいた。金属鉱業事業団から本地域の1万分の1地形図を提供していただいた。上記の諸機関および今回の調査に際して協力された干潟修一・丸章夫・寺園理・大島秀明・伊藤良永の方々に対してあつく御礼申し上げる。



第1図 変質帯調査位置図 () は5万分の1図幅名
AL: 変質帯調査範囲

*1 地質調査所報告, no. 259, 1978.

*2 地質部 *3 日鉄鉱コンサルタント株式会社 *4 鉱床部 *5 日本肥糧株式会社

2. 従来 of 調査

八甲田火山は青森県のほぼ中央部、東北地方脊梁部の北端に位置し、十和田火山とともにこの地方の那須火山帯に属する代表的火山である。しかし地形の高峻なことと火山構造の複雑さの故に、隣接する十和田火山にくらべて調査の時期も遅れ、また数も少ない。八甲田火山についてのまとまった調査は南部・谷田(1961)によるものであり、とくにくわしい岩石記載が行われている。その後、酒井ほか(1964)はこの地域の温泉群の研究を行い、八甲田火山についての記載を行った。しかし火山層序の点について両者は大きな喰い違いを示している。

喰い違いの主な点は八甲田カルデラの生成に関する溶結凝灰岩を間とする外輪山溶岩の位置に関して、前者は荒川溶岩・猿倉溶岩を下位とみなして外輪山溶岩としているのに反して、後者は溶結凝灰岩の下位の外輪山溶岩を認めず、溶結凝灰岩を覆う前岳および田茂范岳溶岩と南部・谷田(1961)の南八甲田連峰の乗鞍岳溶岩以下に対して外輪山溶岩の名称を使用し、猿倉溶岩を認めていない。カルデラ生成における外輪山溶岩→火砕流堆積物(溶結凝灰岩)→カルデラ形成→中央火口丘の一般例からみてカルデラ形成が前岳および田茂范岳溶岩の噴出後であるという明瞭な事実が認められない限り、後者の使用例は多少無理と考えられる。恐らく前岳および田茂范岳は北八甲田連峰中央火口丘に対して外輪山の位置を占めるのであろう。

両者の調査報告を総合すると鮮新世末期から更新世初期にかけて中新世の地層を基盤として主に安山岩溶岩からなる成層火山である八甲田火山が生成した。八甲田火山の基底直径は20 kmにも及ぶものであり、あるいは単一の成層火山ではなく、いくつかの集りだったかも知れない。更新世初期に八甲田火山は大量の火山砕屑物を噴出させ、その結果カルデラを形成した。カルデラはその後の侵食や中央火口丘溶岩の噴出により原形の大半を失ない、その片鱗が田代平付近にわずかに残されているに過ぎない。陥没したカルデラ底は湖水となり、やがて中央火口丘により埋め立てられ、その時の湖成堆積物が田代平の駒込川沿いや試錐試料で観察される。噴出した火砕流堆積物(八甲田溶結凝灰岩)は東方の十和田市付近で鮮新世の地層を不整合に覆う野佐掛層と一致しており、カルデラ形成の時代は一応更新世初期と考えられる。これが本地熱地域の地熱活動の時代の下限である。その後カルデラ内には多くの中央火口丘溶岩が噴出し北八甲田等の連峰を作った。

以上が一般的記述であるが、本地熱調査地域である下の湯一酸ヶ湯一猿倉温泉地域の調査については、前述の酒井ほか(1964)により地質・泉源・水質等について下記の事項が明らかにされた。

- 1) 八甲田火山は北八甲田と南八甲田に分轄され、温泉も8つの区域に分類される。
- 2) 北八甲田火山は大きくわけ3期の火山活動がある。第1期は更新世の初期に多量の火山噴出物を放出した後、大陥没をおこしてカルデラを形成した。第2期の活動は中央火口丘群の活動である。第3期は赤倉岳の山頂付近、酸ヶ湯温泉地区の地獄沼及び睡蓮沼付近に小爆裂を伴う噴気がおこり現在の温泉を誘発した。
- 3) 酸ヶ湯地区の地獄沼・新湯は東西に並ぶ中央火口丘群と共にで一種の断層的地質構造線上に位置している。
- 4) 北八甲田火山のカルデラの中心、すなわち第1期の火山活動の中心から外側に向って温泉群の泉質が強酸性から中性へと同心円的に配列している。

さらに酒井(1965・1966・1967・1968・1969)は八甲田酸ヶ湯温泉の研究を精力的に行い、この地区の総合的考察を行った。

地球化学的な考察としては、酒井・宮城(1967)が水質調査を行い、陰イオン・陽イオン及び同位元素を用いて火山活動と温泉の関係を考察している。それによると酸ヶ湯地区は八甲田火山の温泉活動の中心的位置にあると述べている。

酒井・宮城(1968)は青森県下の温泉中での八甲田地域温泉群の位置付けを行っている。

八甲田地域においては第四紀の火山活動に伴って硫黄・硫化鉄鉱・褐鉄鉱の諸鉱床が形成されている

が、これらについては竹内・阿部 (1959), 南部ほか (1960), 南部ほか (1961), 南部・谷田 (1961), 谷田・広島 (1962) 等の報告がある。特に南部・谷田 (1961) は前述のように火山層序, 岩石学的記載を行ったほかこの地域の地下資源をも詳しく調査した。

北村ほか (1972) は青森県下の地質的なとりまとめを行っているが, 本地域については主として南部・谷田 (1961) 等の報告に基づいて略述している。

この他に本地域の更新世末から現世にかけての地史に関連深い研究としては, 田代平地域をはじめとする湿原において行なわれた中村 (1942・1949), 相馬 (1955), 山中 (1963 a・1963 b・1964・1965) などの一連の花粉分析の研究がある。

中川・桑畑 (1973) は八甲田火山地域の地熱開発の目的のため, 噴気・温泉の測定, 温泉の水質分析等主として温泉地質学的な概査を行った。

3. 酸ヶ湯地域の地質

本地域の地質層序は第2図に示す通りである。

3.1 第三系

第三系は八甲田地域の基盤をなし, 主として荒川の沢沿いに露出している。

3.1.1 坪川層

八甲田地域の第三系の最下位の地層で, 荒川上流の沢沿いに露出し, 岩質は変朽安山岩及び同質緑色凝灰岩類である。

逆川山東北方荒川流域, 十和田鉦山付近で変質作用を受けており荒川では NE-SW 系, NW-SE 系の断層が目立ち, それに沿って粘土化されている。

酒井ほか (1964) は, 上北鉦山付近の坪川層より *Chlamys* sp., *Dosinia* sp., *Venus* (?) sp., *Natica* (*Tectonatica*) sp., を報告し門前層に相当すると考えている。

3.1.2 柴森山流紋岩

新湯から城ヶ倉溪谷の荒川沿いに露出し, 坪川層とは断層で接触しており, その噴出時期は明確ではないが, 城ヶ倉溪谷付近で本層の上に下湯層の硬質頁岩が見掛上整合で重なっている (第10図) ので下湯層よりは古く坪川層よりは新しいと考えた。

新鮮な岩石は石英の斑晶が目立つ暗灰色ないし暗緑色であるが, 熱水変質をうけたものは珪化し黄鉄鉱の鉱染が著しい。

また本岩は新湯地区で著しい変質作用をうけ中心部より珪化, 粘土化し, その外側は亀裂沿いに部分的に粘土化している (第12・13図)。

3.1.3 下湯層

下湯温泉付近の荒川流域に分布し, 柴森山流紋岩類に見掛上整合的に重なる。岩質は下位より変朽安山岩・緑色凝灰岩・粗粒玄武岩・硬質頁岩で一般的走行は NNW-SSE である。

下湯温泉地区では本岩中に温泉が湧出しており, EW 系の裂か沿いに湧出しているのが見られる。

3.2 第四系

3.2.1 先カルデラ火山噴出物

溶結凝灰岩に先行する噴出物として南部・谷田 (1961) により明らかにされた。

本調査地域では荒川沿いと猿倉温泉付近に一部観察される。荒川流域の Loc. 69 では第三紀坪川層の凝灰角礫岩の上に本岩類の集塊岩がのっており温泉変質作用をうけ粘土化している。

岩石学的には荒川付近のものは両輝石安山岩で斜長石の斑晶は An 64-65 で鉱物組み合わせは Vc 型である。(この記号は久野久の分類に従って記述している。以下同じ) 猿倉温泉付近のものは橄欖石・両輝石安山岩で斜長石の斑晶は An 45-72 であり Vc 型に属する。これらはいずれもソレイライト岩系であ

時代	地層名	柱状図	層厚	岩質	1/5万記号	時代決定	特記事項 A B C
現世	沖積層		2m 土				
更	軽石質堆積物		2m 土	軽石質火山砂, 1部ローム			
	新期火山泥流		5m 土	安山岩礫, 泥, 火山灰			
	湖成堆積物		2m 土	火山灰, 泥岩, 泥炭		①⑥	
	古期火山泥流		20m 土	安山岩礫, 泥, 火山灰	M		
	十和田軽石質火山灰		0~ 10m	火山灰	TW		
新	北八甲田連峰中央火口 丘溶岩類		0~ 500m	橄欖石 - 普通輝石 - 紫蘇輝石安山岩	C		
	南八甲田連峰溶岩類				SC		
	外輪山溶岩類		50m 土	橄欖石 - 普通輝石 - 紫蘇輝石安山岩	G		
世	溶結凝灰岩		50~ 100m	石英安山岩質火砕流	W	②③④⑤	
	先カルデラ火山噴出物		0~ 50m	普通輝石 - 紫蘇輝石 安山岩	Pc		
中 新 世	下湯層		50~ 100m	緑色凝灰岩 硬質頁岩 粗粒玄武岩 変朽安山岩	Sg Ss Sd Sp		
	柴森山流紋岩		100m +	石英の斑晶あり	R		黄鉄鉱 鉍染著
	坪川層		100m +	緑色凝灰岩 変朽安山岩	T		

第2図 地質総括図

る。

3.2.2 溶結凝灰岩

本岩は八甲田地域に広く分布し、八甲田溶結凝灰岩と呼ばれている (YAGI et al., 1963)。すなわち北部では青森市街地南の標高100~600mのなだらかな台地をつくり、青森平野の地下に及び南部では奥入瀬渓谷から十和田カルデラの南壁に及んでいる。東部では十和田市から七戸町にまで分布し、野佐掛層 (岩井・鈴木, 1957) と呼ばれて鮮新世の地層を不整合に覆っている。

その後各地の地質調査に際して、八甲田カルデラの溶結凝灰岩と記載されたものは数多く、青森平野

の地下にも広く分布することが知られている（青森県水道部，1963）．小高ほか（1970）は西方の黒石地域において，大部分が非溶結で一部に溶結相が示される火山灰流凝灰岩を長谷沢凝灰岩と称し，噴出源は田代平で奥入瀬渓谷において溶結しているものと同じものとしている．

北村ほか（1972）は八甲田溶結凝灰岩を総括した上で，その噴出時代は鮮新世最後期一更新世初期とみるのが当を得たものとしている．

本調査地域では城ヶ倉温泉から下湯温泉にかけて分布し，城ヶ倉西方鳥滝中流では比高50mもの大露頭が観察される．

また，Loc. 9 では本岩の上に，前岳溶岩等が不整合に重なり比高30mの断崖をなす露頭が観察される．一方下湯南方では比高5mの本岩と下湯層が断層で接している．

岩質は扁平な軽石片を含む石英安山岩質のもので，角閃石，輝石の斑晶が見られる．調査地域内の溶結凝灰岩は他の地域のもので較べて粗しう且つ脆弱であり，岩体の上部及び下部では凝灰岩に移行し，極めて弱溶結である．

本溶結凝灰岩は前述の通り鮮新世の市ノ渡層を不整合関係で覆うことによって，更新世初期に噴出したものとされており（北村ほか，1972），さらに酒井ほか（1964）も溶結凝灰岩の噴出時期を更新世の初期と考えてカルデラ形成に重要な役割を果たしたものと記している．南部・谷田（1961）は本岩の大量噴出につづいてカルデラの形成が行われたと考えている．

両者の根本的な違いはカルデラ形成の時期で，酒井ほか（1964）は本岩噴出の後，前岳及び田茂范岳を構成する外輪山溶岩の噴出後カルデラが形成されたとしている点である．

本岩のフィッション・トラック年代は西村ほか（1977）によって報告された．試料は当初4コ採取された．それらの位置は第3図のとおりである．

- No. 1 HK 74091501 青森市下湯温泉東側山道
- No. 2 HK 74091502 十和田町奥入瀬川とソスベ川合流点对岸の国道際
- No. 3 HK 74091503 十和田町子ノ口から奥入瀬川下流約1.5 kmの国道際
- No. 8 HK 74091504 青森市田代△715.2m地点北西約400mの国道際

これら4コのうち，No.1 HK74091501 と No.4 HK74091504の2コの試料について年代測定が出来た．試料はいずれも紫蘇輝石普通輝石石英安山岩であり，本質レンズはほとんど認められない．

フィッション・トラック年代測定については，すでに西村・笹島（1970・1973）において述べられ，西村ほか（1976）においても記載された方法にしたがっている．

測定された年代は次のようである．

Sample Number	Spontaneous fission-track density (cm ⁻²)	Induced fission-track density (cm ⁻²)	Thermal neutron dose (cm ⁻²)	Fission-track age (m. y.)
HK 74091501	5.6×10 ⁵	7.5×10 ⁶	0.44×10 ¹⁶	2.0
HK 74091504	6.3×10 ⁵	8.0×10 ⁶	0.44×10 ¹⁶	1.1

$\lambda_f(^{238}\text{U}$ 自発核分裂の壊変定数) = $6.85 \times 10^{-17}(\text{y}^{-1})$ を用いた．

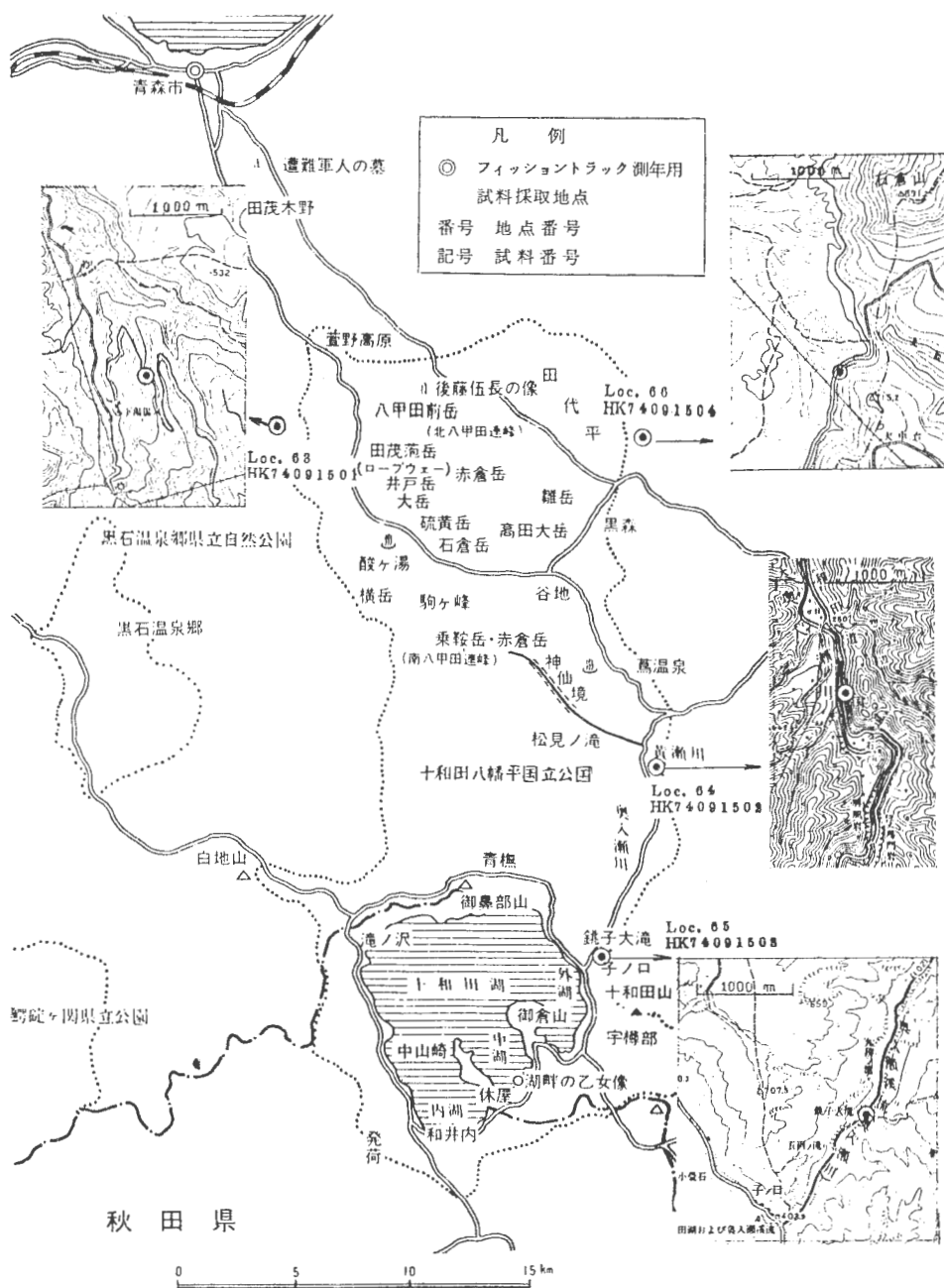
得られた2.0および2.1 m. y. の年代はまったく近接しており，広く分布する八甲田溶結凝灰岩の岩体の離れた箇所から数コの試料を採取して年代測定を行い，その結果を吟味しようとする当初の目的は一応達せられたといえよう．この結果をみると，従来地質層序にもとづいて鮮新世末一更新世初頭と考えられていた八甲田溶結凝灰岩の噴出年代はまったくその通りだったといえる．

さらにこの年代は本地域における大規模火成活動の開始した時期を示すものである．

3.2.3 前岳および田茂范岳溶岩

南部・谷田（1961）はこれを中央火口丘群の一連のものとしているが，酒井ほか（1964）はこれに対し中央火口丘群の溶岩と切り離して外輪山溶岩類の名称を使用した．

今回の調査では外輪山溶岩の名称使用を避けて，前岳および田茂范岳溶岩と称することにする．



第3図 フィッシュン・トラック年代測定用試料採取位置 (西村ほか, 1977)

本岩は溶結凝灰岩に引き続き噴出した安山岩溶岩および同質集塊岩で、前岳および田茂范岳等西方山麓一帯を構成している。

本調査地域では城ヶ倉溪谷付近で溶結凝灰岩を不整合に覆い、地獄湯ノ沢では第三紀の流紋岩を直接覆っている。酸ヶ湯沢の Loc. 59 付近では本岩類の集塊岩の上に、前岳溶岩等が整合でのっている露頭が観察される。安山岩溶岩はいずれもきれいな柱状節理をなしている。

岩質は灰黒色緻密で構成鉱物は斜長石・角閃石・輝石・橄欖石を含む Vd 型の岩石で、カルクアルカリ岩系に属する。

3.2.4 北八甲田連峰中央火口丘溶岩類

カルデラ陥没後中央火口丘群が噴出した。酒井ほか(1964)も指摘するとおり、南北方向と東西方向の構造線に沿って噴出したと思われる。南北方向のものは硫黄岳を除き火口を持ち、北から赤倉岳・井戸岳・大岳・硫黄岳であり、東西方向のものは火口を持たず西から小岳・高田大岳・雌岳である。

中央火口丘群を構成する溶岩および集塊岩の岩石学的記載は南部・谷田(1961)により詳細に報告されており、大部分は Vd 型のカルクアルカリ岩系の安山岩で一部 Vc 型のソレイアイト岩系に属している。

本調査地域では酸ヶ湯から大岳に向う沢沿いに溶岩と集塊岩からなる大岳溶岩と硫黄岳溶岩が観察される。大岳溶岩は Vd 型で斜長石の斑晶は An 45-78 であり、硫黄岳溶岩は Vd 型で An 50-80 である。

大岳南方山腹の硫黄鉱床、地熱変質帯はこれらの岩石が原岩となっている。

3.2.5 南八甲田連峰溶岩類

逆川山・横岳・櫛ヶ峯・駒ヶ峯・乗鞍岳・赤倉岳と連なる南八甲田連峰は北八甲田連峰中央火口丘群と対立する一大火山群で、噴出時期は多少早い時代のもので推定される。

南部・谷田(1961)によれば、岩質はほとんど輝石安山岩・玄武岩質安山岩で、Vc 型のソレイアイト質岩系のものであり、カルクアルカリ岩系を主とする北八甲田連峰中央火口丘群とはやや異なる。

本調査地域では十和田鉱山付近で褐鉄鉱床の母岩となっている駒ヶ峯溶岩、また猿倉温泉付近に分布する駒ヶ峯溶岩と乗鞍岳溶岩はいずれも温泉変質作用を受けている。

新鮮な岩石はいずれも灰黒色緻密な橄欖石普通輝石紫蘇輝石安山岩で Vc 型に属する。

3.2.6 十和田軽石質火山灰

本岩は本地域より十和田湖にかけて分布している軽石流堆積物であり、酒井ほか(1964)はこれを北八甲田中央火口丘群の噴出物としているが、本報告書ではその岩相、分布等から考えて、その由来を十和田カルデラとする。

本調査地域では城ヶ倉溪谷から開拓部落に向う道路沿いに厚さ 5 m の露出があるがこれ以外の露頭は観察されなかった。

岩質は灰白色を呈し未固結で、層理は認められず 3 ~ 5 cm の軽石片が細粒火山灰により膠結されている。

3.2.7 古期火山泥流

八甲田火山地域には大規模な火山泥流が発達している。これは北八甲田火山の中央火口丘形成後の活動で、火山爆裂により誘発された二次的な山津波式火山泥流と考えられる。

本調査地域では酸ヶ湯・地獄沼付近・谷地温泉付近に分布している。

酸ヶ湯温泉付近の火山泥流は地獄沼付近を中心とした爆裂とそれにひき続いて行われた噴気により、付近の溶岩および集塊岩が破壊され生成されたものとされている(酒井ほか, 1964)。

また酒井(1965)によると火山泥流は新期と古期の 2 回あるとされているが新期のものは地獄沼付近 Loc. 49 に一部分布するのみである。

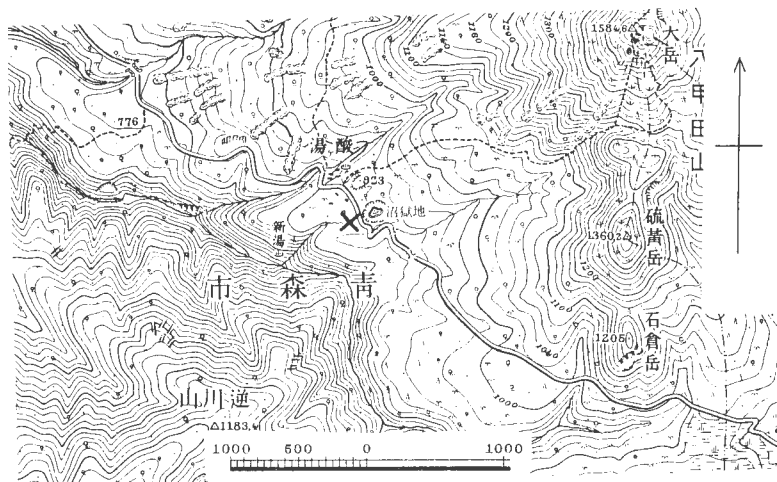
木岩は酸ヶ湯―地獄沼周辺変質帯の原岩であり、一部では安山岩礫の中央部が未変質のまま残り、火山灰質のマトリックスが粘土化している。

谷地温泉付近のものは湿帯に覆われている為その起源は明確でないが、外輪山の山腹に生じた爆裂か、高田大岳等の中央火口丘群の爆裂に伴われたものであろうと推察される。

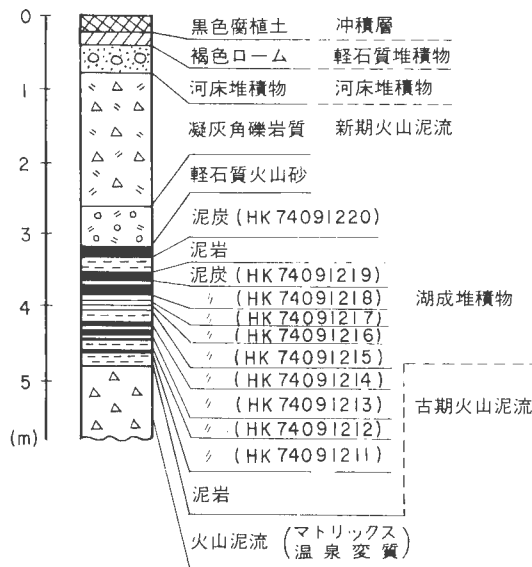
八甲田火山地域の温泉は火山泥流を生じさせる爆裂により誘発されたものが多く、またこの岩石は脆弱な為変質作用を容易に受け完全変質岩になっている場合が多い。

3.2.8 湖成堆積物

酸ヶ湯・地獄沼周辺に泥岩・シルト・粘土・泥炭等からなる湖成堆積物が分布している。



第4図 ^{14}C 年代測定および花粉分析用試料採取位置図 (X試料採取地点)
(佐藤・山田, 1975)



第5図 試料採取地点柱状図 (佐藤・山田, 1975)

地獄沼西方(第4図)では古期火山泥流を不整合に覆い10層の泥炭と泥岩からなる厚さ1.6mの湖成堆積物がある(第5図)。ほぼ水平な層理面のはっきりした堆積物で、かつて地獄沼付近を中心として局所的な湖沼があったのであろう。この堆積物は温泉変質をうけていないので、この地層が堆積する前に変質帯形成の活動は終わったと考えられ、堆積物の年代が重要な意味を有する。このために10コの泥炭の花粉分析試料と ^{14}C 年代測定試料1コを採取した。花粉分析の結果は以下の通りで、本堆積物の年代は中村(1952)のRI時代(約9,000~10,000年前の後氷期)より以前の寒冷期とされた。花粉分析は日本肥糧株式会社徳永重元・大島秀明・伊藤良永によって行われた。

3.2.8.1 花粉分析

第5図の試料の岩相と花粉化石の産出傾向を第1表に示す。

第1表 八甲田変質帯地域湖成堆積物の岩相と花粉化石産出傾向

(試料番号)	(岩相)	(花粉産出傾向)
HK 74091211	暗緑色粘土質腐泥	a (abundant)
KH 74091212	黒褐色火山灰質腐泥	c (common)
HK 74091213	黒褐色粘土質腐泥	a
HK 74091214	黒褐色粘土混り草炭	a
HK 74091215	黒褐色軽石混り腐泥	a
HK 74091216	黒色火山灰質泥炭	c
HK 74091217	暗灰色火山灰質粘土	a
HK 74091218	黒褐色泥炭	a
HK 74091219	黒褐色草炭	a
HK 74091220	黒褐色粘土質泥炭	a

分析方法

試料10g 上皿天秤で秤量し、100cc用ポリビーカーに入れ、10% KOH 溶液20cc加え1昼夜放置する。

↓

よくかくはんした後、50cc用遠沈管に移し、3,000 rpm で5分間遠心分離する。上澄み液を傾斜法によりすてる。

↓

遠沈管の中へ蒸留水を加え、よくかくはんした後、3,000 rpm で5分間水洗する。この操作を3回くり返す。

↓

上澄み液をすてた遠沈管に10% HClを10cc加え、よくかくはん後、3,000 rpm で5分間遠心分離する。上澄み液は傾斜法ですてる。

↓

その中に、比重2.0に合わせた重液 (ZnBr₂) を25cc加え、3,000 rpm で40分間遠心分離する。浮上した植物遺体、花粉をスポイトで吸い上げ別の遠心管に移し、蒸留水を加えて2回遠心分離によって水洗する。

↓

水洗された試料中に、99% CH₃COOH を5cc加え数分放置した後、遠心分離する。上澄み液はすてる。

↓

その中にアセトリシス溶液 (無水酢酸：濃硫酸=9：1の混液) を、ドラフト中にて、10cc加えた後、湯煎器中にて5～10分間湯煎する。

↓

放冷後、3,000 rpm で5分間遠心分離する。上澄み液を水気のないビーカーに入れ、10分間放置した後すてる。

↓

遠沈管の中に、99% CH₃COOH を5cc加え遠心分離した後、遠心分離によって水洗2回行なう。

↓

水洗された試料の中に、10% KOH 溶液10cc加え、1～2分湯煎する。

放冷後、遠心分離し、上澄み液をすて、その中に蒸留水を加え、4回以上遠心分離によって水洗する。

↓

水洗された試料をスポイトで取り、スライドガラス上に1滴たらし、グリセリンゼリーとよく混ぜ、カバーガラスをかけて封入を完了する。

↓

遠心管の残渣は、グリセリンゼリーとよく混ぜ、スクリー管に保存する。

第2表 花粉分析結果表

SAMPLE NUMBER	GENUS NAME										
	HK 74091211	HK 74091212	HK 74091213	HK 74091214	HK 74091215	HK 74091216	HK 74091217	HK 74091218	HK 74091219	HK 74091220	
Abies	6.0	15.2	6.4	4.9	8.2	15.6	4.3	9.3	11.3	12.1	
Picea	9.9	17.1	8.2	1.4	8.9	32.0	10.7	9.3	13.3	7.5	
Ves (abies, picea type)	2.4	0.8	1.3	1.7	0.6	2.9	0.6	2.0	1.3	2.3	
Pinus	6.0	19.5	9.0	3.5	8.9	15.3	8.4	4.8	15.7	17.7	
Ves (pinua type)		1.2	0.4			0.3	0.3	0.4	0.6	0.4	
Larix			0.4		0.3	0.7					
Tsuga (diversifolia)	0.8		1.3	0.7		1.5		2.4	0.3		
Myrica								0.4		0.2	
Salix				0.3		0.3	0.9		0.3	0.8	
Alnus		1.6		1.3	4.3	1.3	1.6	1.6	2.0	2.3	
Betula	2.8	3.9	2.6		1.7	3.3	1.2	3.2	3.3	4.2	
Carpinus	0.4	1.2	0.4		0.3	1.1			2.0	1.3	
Corylus				0.3	0.3	1.5			2.3	0.6	
Ulmus				0.3							
Quercus	4.4	1.6		1.0		0.7		0.4	0.6	0.8	
Celtis	4.4	0.4	0.4		0.6	0.3		1.2		0.4	
Rumex				0.7				0.8		0.4	
Caryophyllaceae	0.4	1.4			0.3		0.3		0.3	0.4	
Pleuropteropyrum					11.3						
Chenopodiaceae		1.2	0.4	0.3		0.3		0.4		0.2	
Thalictrum							0.3			0.4	
Corylopsis				0.3		1.5	0.6			0.2	
Prunus					0.3						
Acer	0.4				0.3		0.3	0.4	1.3		
Ilex							1.4				
Sapium	1.6										
Leguminosae								0.4			
Ericaceae	2.0	1.6	1.3	1.0	2.5	6.1	18.2		2.3	1.3	
Umbelliferae	1.6	0.8	2.6	1.4	2.8	2.5	8.2	7.3	4.3	5.4	
Valcianceae					0.3					0.2	
Campanulaceae		0.4					0.3		0.3		
Menyanthes					0.3		0.3				
Sanguisorba	7.5	2.3	0.4	1.0	1.6	0.7	0.3	1.6	2.3	3.3	
Compositae	0.8	0.4	0.4		1.3	1.1	0.6		0.3	1.0	
Artemisia	5.6	2.3	5.2	2.1	6.6	4.0	5.2	3.6	5.0	3.8	
Ostrya										0.6	
Rhus										0.8	
Parls										0.2	
cf. Ligustrum	0.4										
cf. Mallotus		0.4								0.2	
cf. Myriophyllum			0.9								
Labiatae						0.3				1.5	
Epilobium										0.2	
Araria										0.8	
Geraniaceae										0.2	
Gramineae	38.1	19.8	46.4	22.6	12.7	2.9	20.3	10.5	4.6	3.1	
Cyperaceae		3.1		9.0	8.9		0.9	0.4	0.3	3.5	
C ₁			0.8								
Inap.	2.8	3.1	9.9	45.1	20.6	8.0	8.4	36.7	20.3	19.6	
C ₃	11.2	1.2	0.9		1.3		6.2		2.3	0.4	
C ₃ P ₃		0.8	0.9	0.3	0.6	0.3	0.9	3.2	2.6	1.0	
P ₁	0.4				4.1						
Portulaca										0.4	
Total of pollens	25.2	25.7	23.3	28.8	31.6	27.5	34.6	24.8	30.0	47.9	
SPORE											
Selaginellaceae		3			5				1		
Lycopodiaceae	1	2									
Polypodiaceae										1	
Monolete spore				1	1	3		1	6	10	
Trilete spore	7	1	4	1	1	10		25		4	
Total of sporas	8	6	4	2	7	13	0	26	7	15	

NOTE: 花粉化石は、花粉出現率で表示し、孢子化石は、個体数で表示してある。

分析結果

花粉化石は、全試料を通じて非常に多く検出された。各試料についての大まかな産出傾向を多数 (abundant = a), 普通 (common = c), 少数 (rare = r) で示せば、HK 74091212 と HK 74091216 の c を除いて全て a であった。花粉、胞子化石の内容は、第 2 表のごとく表わされるが、以下全般的な産出傾向について述べてみる。

全試料にわたり針葉樹花粉の属のうち、*Abies* (モミ), *Picea* (トウヒ), *Pinus* (マツ) が高率で産出された。また、広葉樹花粉では、*Alnus* (ハンノキ), *Betula* (カンバ), *Carpinus* (シデ) の各属と、*Ericaceae* (ツツジ科) が産出された。草本類では、*Gramineae* (イネ科), *Cyperaceae* (カヤツリグサ科), *Umbelliferae* (セリ科), *Artemisia* (ヨモギ), *Sanguisorba* (ワレモコウ) 等の草本類が高率で産出された。胞子化石は、一般的に少ない傾向にある。

各試料の花粉学的特長

a : (HK 74091211)

出現率によれば、針葉樹が±24%、広葉樹が±14%、草本類が、52%を占めている。針葉樹のうち *Abies* (モミ属) + *Picea* (トウヒ属) が18%, *Pinus* (主に五葉松型) が6%であった。また、広葉樹では *Betula* (カンバ類), *Quercus* (コナラ属), *Celtis* (エノキ属) がそれぞれ4%前後で他の広葉樹花粉に比べて多い。さらに、*Sapium* (シラキ属), *Ligustrum* (イボタノキ属) が低率ながら出現するのは、この地域のみであった。また、草本類では *Gramineae* (イネ科) が±38% *Sanguisorba* (ワレモコウ) が±7%, *Artemisia* (ヨモギ) が±6%でほとんどがイネ科から成っている。以上の出現率から考えられることは HK 74091211 は、草原的環境が強くしかもワレモコウが高率で出現することから亜高山帯～高山帯で、しかも湿潤な高原が推定される。さらに、モミ、トウヒ属、五葉松型のマツが多いことから気候は、冷温帯～亜寒帯であり、それらの針葉樹林に、カンバ類、コナラ類を交えた森林帯が付近に存在したものと思われる。

b : (HK 74091212)

針葉樹、広葉樹、草本の出現率は、それぞれ±54%、±9%、±31%である。また、花粉の内わけは、モミ属+トウヒ属が33%、五葉松型のマツが±21%で、HK 74091212は、モミ、トウヒ、マツの常緑針葉樹林で大半を占める植生が推定される。また、広葉樹のカンバ類も混交するものと思われる。また気候も、冷温帯～亜寒帯であり、イネ科、カヤツリグサ科、アカザ科、ヨモギが出現することより、湿潤な環境が考えられる。さらに、ワレモコウ属が出現すること、針葉樹が5割以上占めることにより、亜高山帯～高山帯の要素が強い。

c : (HK 74091213)

針葉樹±27%、広葉樹±4%、草本53%で草本類が5割以上占めている。なかでも、イネ科が±46%でほとんどを占める。次いで、ヨモギ、セリ科、出現率は1%に満たなかったが水中植物である *Myriophyllum* (フモサ) が出現した。

以上のことから、HK 74091213は、水をかぶるような可成り湿潤な環境が存在するとみてまちがいないからう。また、針葉樹類では、モミ属+トウヒ属の割合が多く次いで五葉松型のマツ、*Tsuga* (主にコツメガ), 1%に満たなかったが *Larix* (カラマツ) が出現していることにより高度的にも可成り高く、亜高山帯～高山帯が推定されるが、採集地が青森県八甲田であることからそれらの森林帯が下降しているため、必ずしも高山帯に属するとは思われない。むしろ草本類の出現率から考えて、低地的な環境と考えた方がしっくりくるかと思われる。広葉樹類としては、カンバ類、ツツジ科の花粉が多い。

d : (HK 74091214)

針葉樹、広葉樹の出現割合は他の試料に比べて少ない。その反面草本類の割合が高い傾向にある。なかでも草本花粉と思われる無口型 (*Inaperturopollenites*) が45%を占めている。それに次いでイネ科、カヤツリグサ科、セリ科、ヨモギ、ワレモコウが出現している。反面キク科は全然出現していない。広葉樹類で1%以上に達した花粉はツツジ科の1科に過ぎない。とくに *Betula* (カンバ属) は全然出現していないのは他試料と異なる点である。

やはり湿地を好む草本類が優占する生態系が考えられる。

e : (HK 74091215)

針葉樹、広葉樹、草本の出現傾向は今までの試料と変わりはなく、針葉樹±27%、草本類28%が優占する。草本類のうちイネ科が多少減少し、ヨモギ、カヤツリグサ科、低率ではあるが、水生植物である *Menyanthes* (メツガシワ) が出現する。このミツガシワが存在することは、北方系で湿地であることはまちがいないようである。しかし、すぐれた気候の指標植物とはいえないようである。なぜなら気温よりも水温によけいに影響されるからである。よって、温度は低くなくても、冷たい湧水があればそこに生育することが考えられる。しかし *Larix* (カラマツ)、ワレモコウ、モミ、トウヒといった属が高率で出現することからみて、低温であることはまちがいない。

f : (HK 74091216)

1%以上の出現率をもった広葉樹の属の数が増し *Betula* (カンパ属) *Ericaceae* (ツツジ科) に加えて、*Alnus* (ハンノキ属)、*Carpinus* (シデ属)、*Corylus* (ハシバミ属)、*Corylopsis* (トサミズキ科) が低率ではあるが増加している。それに比べ、草本類は、前より少なく全体で11%前後である。針葉樹では、モミ、トウヒ、五葉松型のマツ、コメツガ、カラマツ等が検出された。

環境的には、今までの試料とほとんど変わりはないと思われるが、草本類の減少、広葉樹の増加には何らかの関係があると思われる。

g : (HK 74091217)

針葉樹±24%、広葉樹±21%、草本±33%で草本の要素が強い。

広葉樹花粉のうち *Ericaceae* (ツツジ科) の出現率が18%と高いことから HK 74091217ではかなりツツジ科の低木が生育したことが想像される。また *Ilex* (モチノキ属) の花粉が検出されたのはこの層準のみであった。草本類では *Umbelliferae* (セリ科) が他の試料より高率で出現している。また、*Thalictrum* (カラマツソウ)、*Menyanthes* (ミツガシワ)、*Campanulaceae* (キキョウ科) の花粉が低率ながら検出された。よって、これらから考えられる環境は、eと同様、冷温-湿潤な草原とともに、モミ、トウヒ、マツの針葉樹林が存在し、シャクナゲなども相当多く生育していたものと思われる。

h : (HK 74091218)

各植物の花粉出現率は、針葉樹±29%、広葉樹±5%、草本±21%で他の層準と大差はない。無口型の花粉が±37%で高率で出現するのは d と同じ傾向にある。云うまでもなくモミ、トウヒ、マツ (主に五葉松型) コメツガなどの針葉樹、セリ科、ワレモコウ、ヨモギ、イネ科などの草本を優占とする生態系を示している。

その他 *Leguminosae* (マメ科)、*Myrica* (ヤマモモ)、*Rumex* (スイバ)、*Acer* (カエデ) などが低率ながら検出された。反面 *Ericaceae* (ツツジ科)、*Compositae* (キク科) の花粉が検出されていない。

i : (HK 74091219)

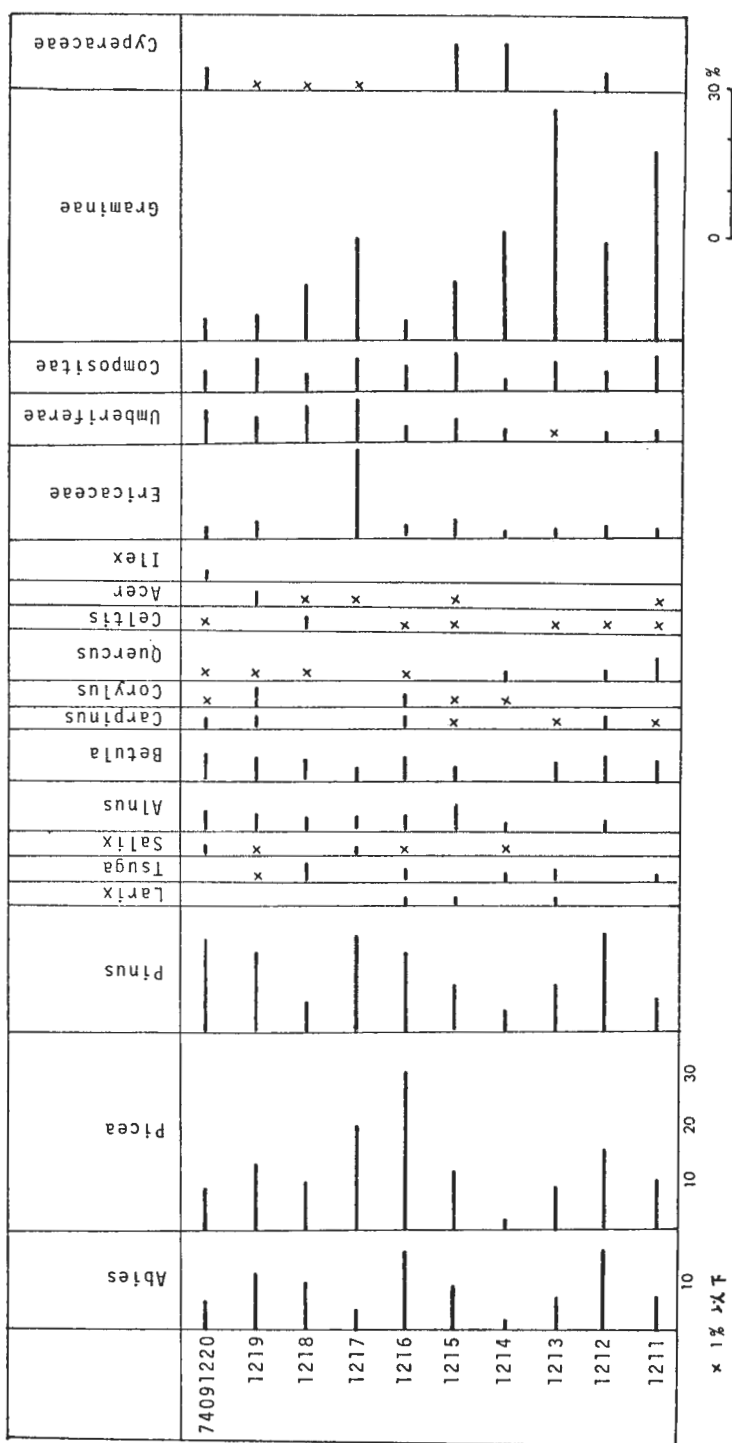
針葉樹±37%、広葉樹±15%、草本±16%であった。fと傾向が似ているように思える。

花粉構成から考えられることは、モミ、トウヒ、五葉松型マツを優占とし、カンパ類、ハシバミ、カエデなどの広葉樹を交えた亜高山帯針葉樹林の植生を示すものと思われる。さらに草本も低率ではあるが出現することから環境的にはあまり変化がないように思える。

j : (HK 74091220)

花粉分析結果表でも明らかのようにこの層準は他層準に比べ花粉の内容が非常に豊かであり、33属にものぼる。その主なものをあげると草本類では *Thalictrum* (カラマツソウ)、*Portulaca* (スベリヒユ)、*Mallotus* (アカメガシワ)、*Labiatae* (シソ科)、*Epilobium* (ヤナギラン)、*Geraniaceae* (フウロソウ科)、草本類では、*Ostrya* (アサダ)、*Rhus* (ウルシ) 等が加わる。

分析表から推定される環境はやはり他地域と同様、*Abies*、*Picea*、*Pinus* などの針葉樹が優占し、それに、*Betula* 等の広葉樹、*Umbelliferae* (セリ科)、*Sanguisorba* (ワレモコウ)、*Artemisia* (ヨモギ)、*Gramineae* (イネ科)、*Cyperaceae* (カヤツリグサ) 科等の草本類から成る植生が考えられ亜高山帯の冷温帯の気候が推定される。



第 6 图 主要20属花粉分布图

考 察

今まで取りあつかった試料は岩質的にも植物片を多数含んだ腐泥、泥炭、草炭質から成っていたため、花粉分析試料としては十分であり、花粉も十分検出された。それぞれの試料の花粉構成は、どの試料をとってみても大体同じであった。とくに、針葉樹、草本についてはその産出割合に変動があるのみであると言っても過言ではない。広葉樹については、多少の変動が認められたがそう大きな割合ではない。

これらの花粉構成から推定される環境は、前にも述べたように、冷温一湿潤な草原でありその付近には、モミ、トウヒ、五葉松型のマツ、コマツガの常緑針葉樹松森にカンバ類などの広葉樹が混交した森林帯が存在していた。

花粉図表(第2表および第6図)にもみられるように、全体的には針葉樹花粉(*Picea*, *Abies*, *Pinus* 等)が多く寒冷に近いと考えられ、とくに *Pinus haploxylon* type はハイマツの存在の可能性を示す。また草本類花粉中には *Sanguisorba* もあり全体として亜高山帯のものが多く、さらにそれを裏付けするものとして *Menyanthes* が HK74091215, 1217にみられる。

第6図における主要20属の花粉図表をみると、泥炭層中央部1215, 1217は針葉樹が最も多く寒冷気候を示す。八甲田周辺の湿原の花粉分析結果と比較すると大きな差は *Fagus* (ブナ) がこの分析にはみられないことである。

さらに八甲田山周辺の基本的分析結果からみると *Picea* の存在 *Fagus* の欠如から田代湿原における泥炭層中の下部泥炭層より下位に当る可能性が強い。

時代は第四紀更新世末の RI 以前の寒冷期に当ると考えられる。

また八甲田周辺の花粉分析との差は、今回の試料採取地の標高が高く、周辺の植生にも関連がある。

3.2.8.2 ¹⁴C 年代測定

前記10層の泥炭のうち、下位から第4層目の泥炭層(HK 74091214)について¹⁴C年代測定が行われ、佐藤・山田(1975)によって報告された。得られた値は下記のとおりである。

年 代 16,390±420年 B.P.

測定番号 Gak-5652

測定者 木越邦彦

測定試料 泥 炭

採 集 地 青森市酸ヶ湯(東経40°38'31", 北緯40°31'36") 地獄沼からフケの湯に向かって約30m坂を下った右手の露頭(第4図)

年代の算出には¹⁴Cの半減期として5,570年(Libbyの値)を用いてある。誤差β線計数値の標準は偏差にもとづいて算出している。

この地点は地獄沼から約100m西方にあたり、変質した基盤の上に未変質の湖成堆積物が覆っている。この堆積物の年代を測定することは、変質をもたらした地熱活動の終息年代の上限を示すものとして意義がある。

測定された16,390±420年 B.P. の年代は上記花粉分析の結果と矛盾しない。

3.2.9 新期火山泥流

Loc. 49 に厚さ1mの火山泥流が見られるのみで温泉変質はうけていない。

3.2.10 軽石質堆積物

北八甲田全域にわたり黄褐色の軽石質堆積物(一部ローム質)が分布している。本調査区域も全域にわたり分布している。

酸ヶ湯一地獄沼付近の湖成堆積物のあるところでは、その上に重なり、湖成堆積物の欠如しているところは火山泥流の上に重なっている。層厚は1~2mで、直径1~3cmの軽石を含み層理を示すところもある。

全体的に陶汰もよく降下火山灰層と思われる。酒井ほか(1964)はこの軽石質堆積物が赤倉岳・大岳等の南北に連なる中央火口丘群から噴出したもので、現在これらの火口丘群が大きな火口をもっている

のはこの降下軽石噴出後の一種のカルデラ的な陥没により形成されたものと考えている。

4. 変 質 帯

第7図および第8図に変質帯分布図を示す。第9図はこれを要約したものであり、変質帯は西から下湯・城ヶ倉溪谷・新湯・酸ヶ湯・地獄沼周辺・大沼南方山麓・青森鉾山下荒川流域—十和田鉾山付近荒川流域・睡蓮沼・乗鞍岳北方山麓・猿倉温泉・谷地温泉等がある。

既述のとおり、本地域では、南北性と東西性の構造線に沿い中央火口丘が噴出しているが、大岳南方山麓—酸ヶ湯・地獄沼周辺—新湯—城ヶ倉溪谷の変質帯はその分布状況からみて東西性の構造線に沿い噴気の上昇があった可能性が大である。

酸ヶ湯・地獄沼周辺は最も変質が著しく、八甲田地熱地帯の中心でその変質作用は古期火山泥流にまで及んでおりその上における湖成堆積物が変質していない事からして以下の事が明らかである。

変質帯形成は中央火口丘火口活動後の地獄沼等で代表される爆裂活動に始まり、古期火山泥流の堆積、変質帯の形成と続いた。その後地獄沼を中心として湖成堆積物が堆積したがこの時は既に温泉変質作用は終了していた。火山活動はその後も引き続き行われ軽石質堆積物の噴出を最後に活動が終る。現在は酸ヶ湯—地獄沼を中心に、噴気・温泉活動が続いている。

城ヶ倉溪谷、新湯の変質帯は第三紀の緑色凝灰岩・流紋岩中に変質帯を形成しているが、東側の地獄沼ノ沢では前岳溶岩等は未変質である。従って、変質帯は前岳溶岩等噴出以前に形成されたとも考えられるが、むしろこの付近の前岳溶岩等は変質作用の中心より離れているため未変質であるとした方が妥当で、城ヶ倉溪谷・新湯変質帯も酸ヶ湯・地獄沼周辺の変質帯と形成の時期は同じであると考えたい。

青森鉾山下荒川流域—十和田鉾山付近荒川流域では青森鉾山下荒川流域に温泉活動が認められるが、これらは第四紀以前に生じたNE-SW, NW-SE系の断層および裂かに規制された変質帯である。

睡蓮沼も爆裂火口の跡と思われるが、現在温泉活動は消滅し、変質帯も一部観察されるだけである。

乗鞍岳北方山麓から猿倉温泉にかけての変質帯は南八甲田連峰の火山活動によるもので、NE-SW系の構造線に沿う爆裂および噴気活動によって形成されたものと思われる。

谷地温泉は僅かに二次粘土が認められるが、湿地堆積物・軽石質堆積物にその大部分を覆われている為変質帯の分布は不明である。

下湯温泉は98℃の高温の温泉であるが中性で、酸ヶ湯温泉等とは異なり、玉髄脈が広範囲に見られ興味深い。

変質帯の大部分はクリストパライトを主とするもの（クリストパライト帯または珪化帯）、カオリンを主とするもの（カオリン帯）、モンモリロナイトを主とするもの（モンモリロナイト帯）に区分でき、一部の変質帯ではその外側に裂か沿いのみが粘土化した部分粘土化帯がある。これらはクリストパライト帯を中心に累帯配列している。なお鉾物の同定はX線回折と現地でベンチジンを使用して同定した。第3表にこれらを要約している。以下、各変質帯についてその概要を述べる。

4.1 変質帯の記載

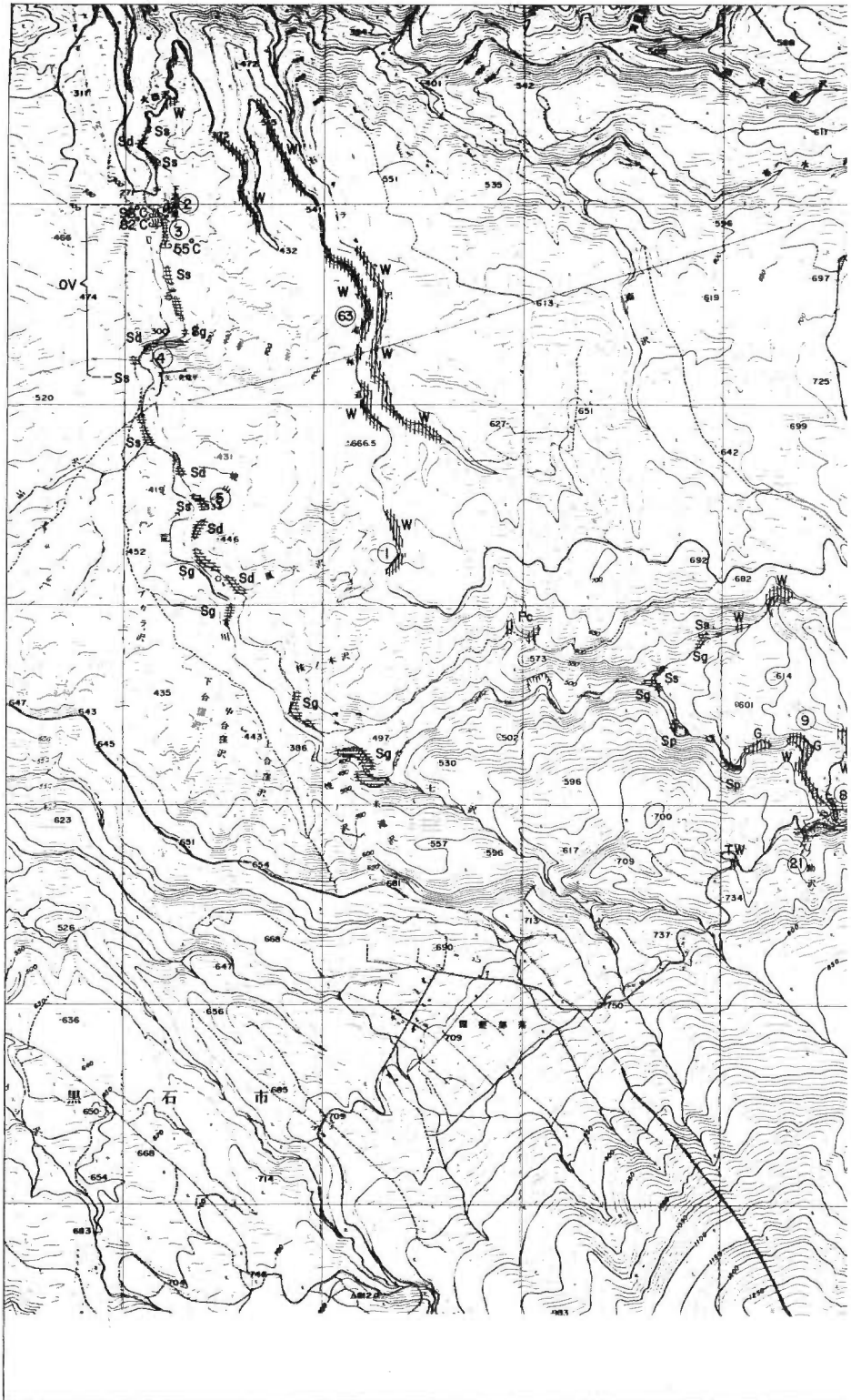
4.1.1 下湯温泉付近変質帯

下湯温泉は北八甲田カルデラの外輪山の外側に位置し、北八甲田中央火口丘との関係ははっきりしていない。

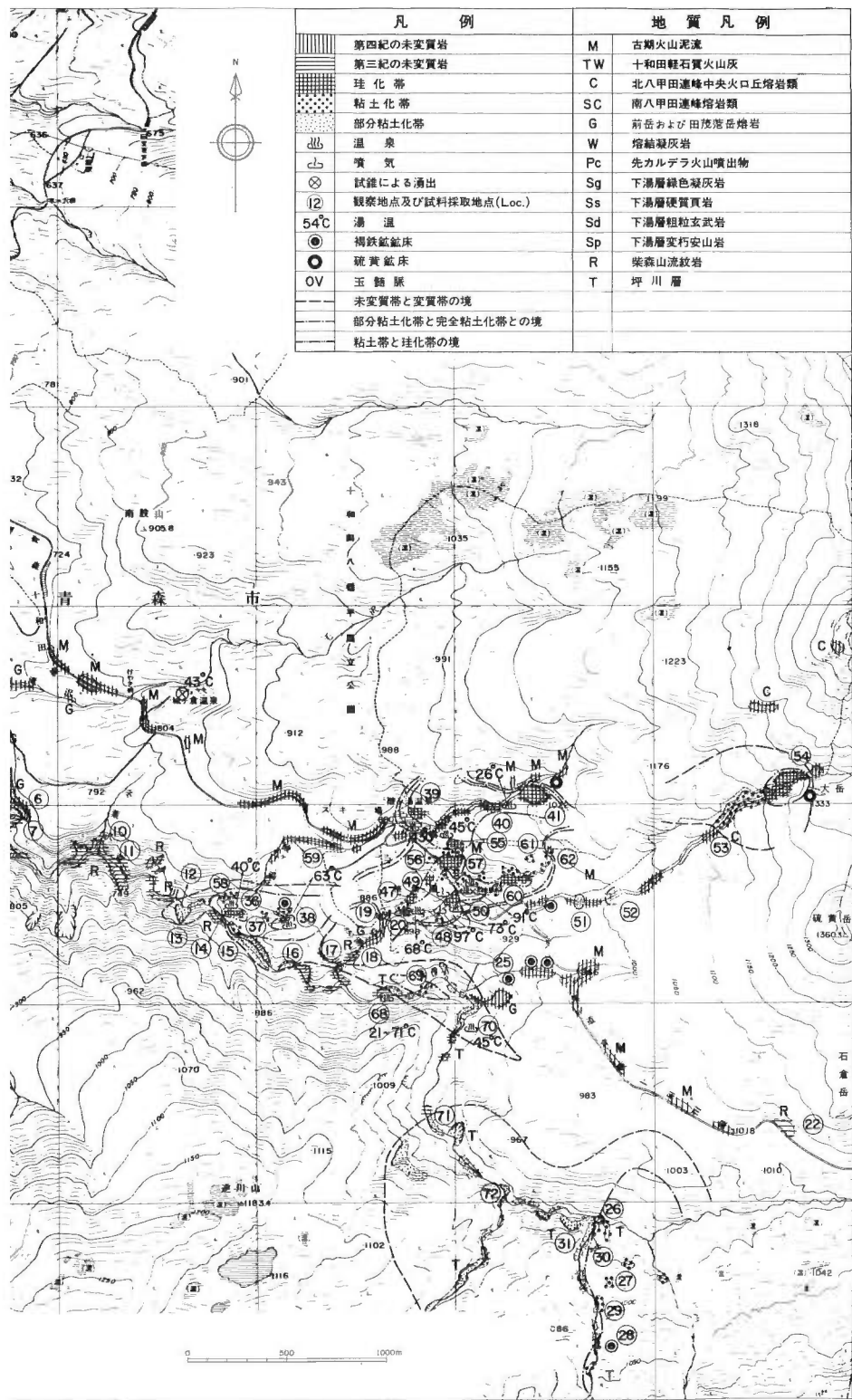
付近に分布する地層は第三紀下湯層とそれを不整合に覆う第四紀溶結凝灰岩である。pH 7.4の高温の熱湯（88～98℃）が荒川沿いに湧出しているが、変質帯は、Loc. 2でモンモリロナイトが検出されたのみである（HK 74090301）。

下湯温泉と東北電力柳矢川発電所間約1kmの荒川沿いにほぼEW系の裂かが多数あり、それに沿って幅1～5cmの玉髄脈が生じている。

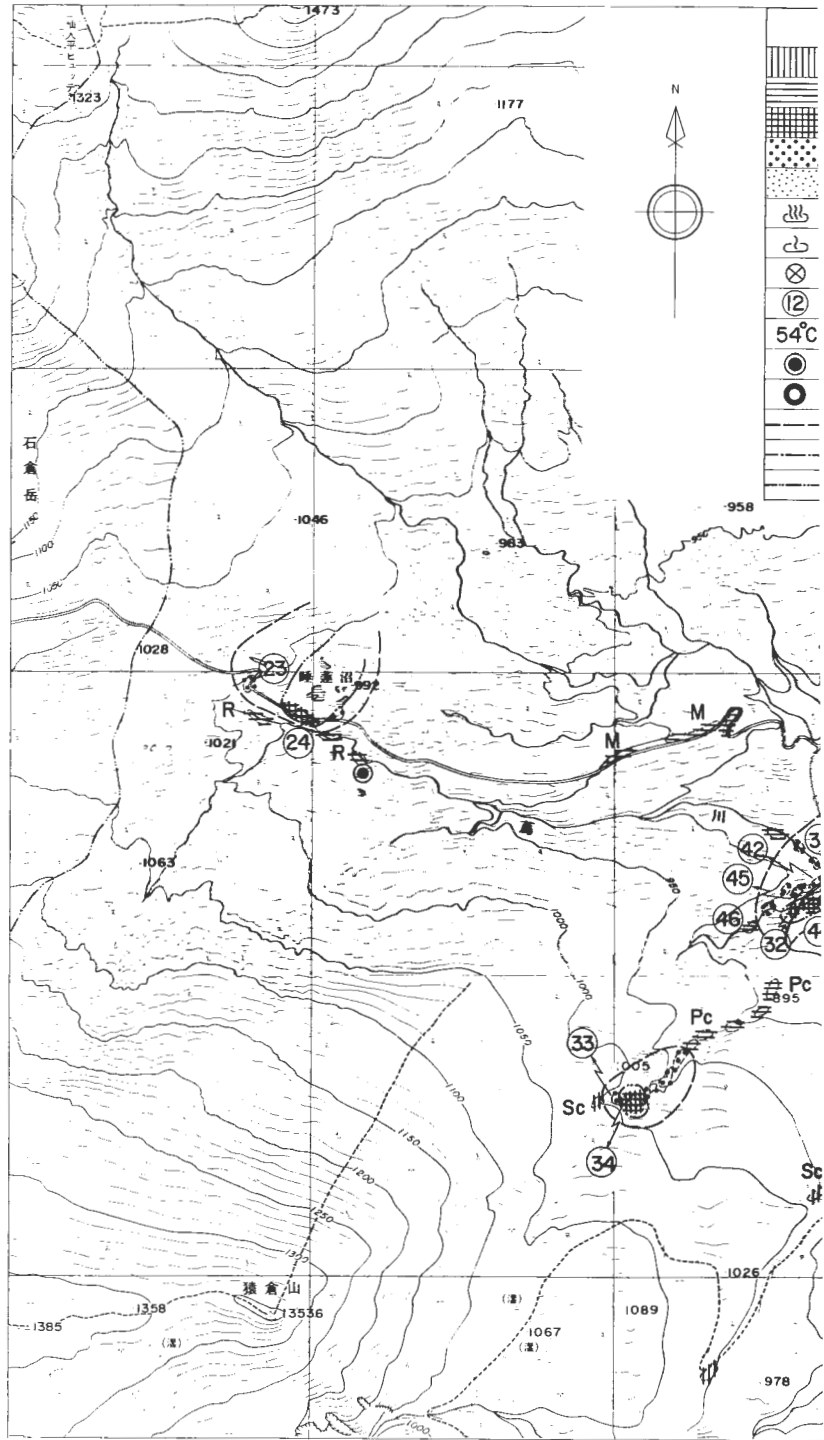
またLoc. 3に見られるように高温の熱湯（82℃）がEW系の裂か沿いに湧出している。SiO₂の溶解



第7図 八甲田地区変

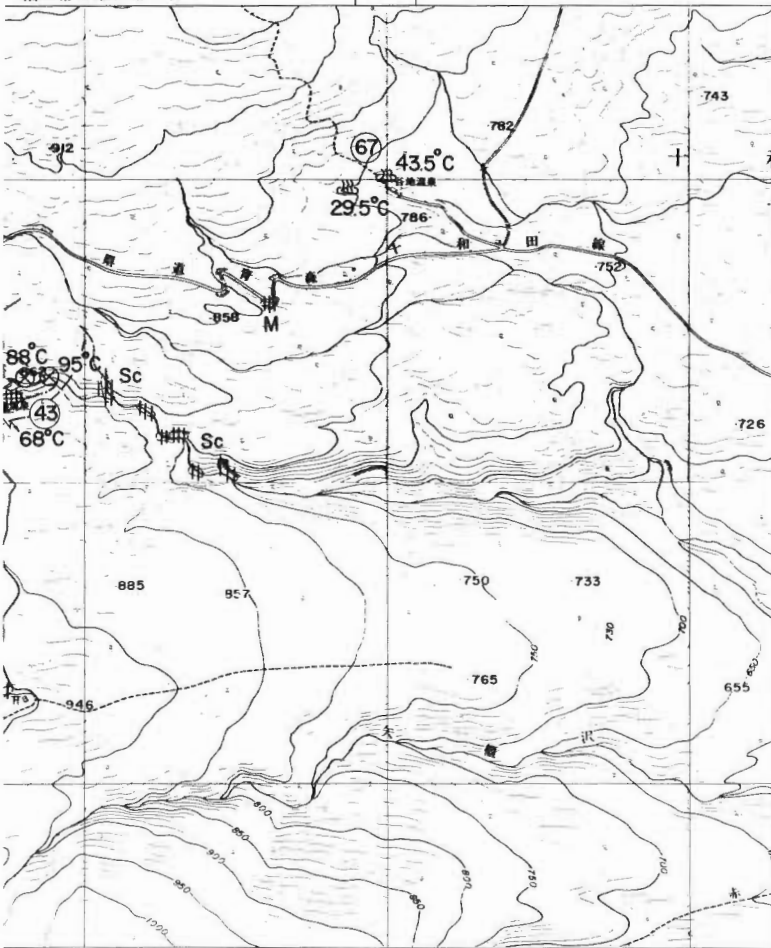


質帯分布図(その1)

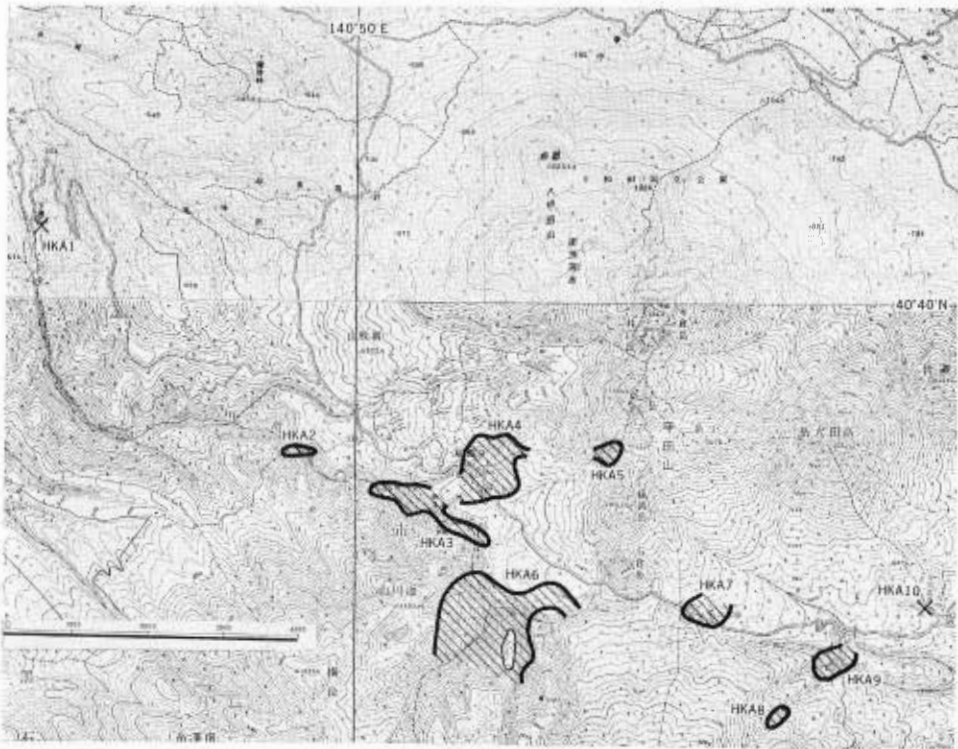


第8図 八甲田地区変

凡 例	地 質 凡 例	
第四紀の未変質岩	M	古期火山泥流
第三紀の未変質岩	TW	十和田軽石質火山灰
珪化帯	C	北八甲田連峰中央火口丘熔岩類
粘土化帯	SC	南八甲田連峰熔岩類
部分粘土化帯	G	前岳および田茂茂岳燄岩
温 泉	W	熔結凝灰岩
噴 気	Pc	先カルデラ火山噴出物
試錐による湧出	Sg	下湯層緑色凝灰岩
観察地点及び試料採取地点(Loc.)	Ss	下湯層硬質頁
湯 温	Sd	下湯層粗粒玄武岩
褐鉄鉱鉱床	Sp	下湯層変朽安山岩
硫黄鉱床	R	柴森山流紋岩
未変質帯と変質帯の境	T	坪川層
部分粘土帯と粘土帯との境		
粘土帯と珪化帯の境		



質帯分布図(その2)



第9図 変質帯分布要約図

度が温度に比例するのを考えると、玉髄脈からも昔は湧出があったもので、温度が下がった為玉髄が沈澱して裂かを充填し、温泉の湧出が止まったものと考えられる。

下湯温泉の位置付けは今後に残された問題であるが、酒井・宮城（1967）による陰イオンの分類では $\text{Cl-HCO}_3\text{-SO}_4^-$ 型の温泉であり、火山の中心と離れた型である。それにもかかわらず高温の熱湯のかなりの湧出量があるので地熱地帯としての可能性を秘め今後の検討を要するものとする。

4.1.2 城ヶ倉溪谷付近変質帯

荒川沿いの城ヶ倉溪谷付近に分布する変質帯で、現在噴気、温泉活動は見られない。

第10図に見られるように第三紀の流紋岩、硬質頁岩を原岩とする東西500m、幅100mの細長い変質帯である。

大岳南方山麓一酸ヶ湯・地獄沼周辺一新湯と伸びる変質帯の西端にあたり、変質鉱物はモンモリロナイトを主とし、裂か沿いの部分のみが粘土化変質している場合が多いことから、この変質帯は前記構造線上に伸びる温泉活動の末端付近にあたり最も活動の弱かった部分に相当するものと考えられる。

4.1.3 新湯変質帯（第11図参照）

酸ヶ湯温泉より荒川に通じる小道を比高で約150mおりたところに44～63℃の湧泉があり、なお20～30mおりると荒川沿いに31～40℃の湧水が数ヶ所ある。

酒井・宮城（1967）による陰イオン分類では $\text{SO}_4^{2-}\text{-Cl}^-$ 型の温泉であると記されている。

変質帯は延長1,000m、最大幅400mの規模で東西方向に細長く伸び、前記した東西の構造線に調和的である。

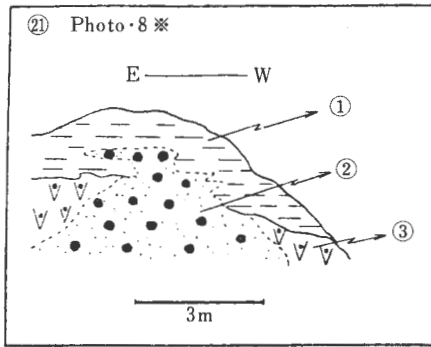
変質帯は流紋岩中に発達しており、変質の中心は Loc. 36 と Loc. 38 付近の2ヶ所にある。

この変質帯の中心は石英を主とする珪化帯であり、現在も44～63℃の温泉湧出が続いている。その

第3表 酸ヶ湯地域地熱帯変質帯の要約

No.	名称	面積 (km ²)	母岩とその年代	関連 火山	珪 化 帯	鉱				物			地熱微候およびそ の最高温度 (°C)
						シリカ鉱物	粘土鉱物	沸石	硫酸塩 鉱物	酸化, 硫化 鉱物	その他		
HK A 1	下湯温泉	—	硬質頁岩, 中新世	八甲田 火山群	無	Q	Mt	Md				熱湯 (98°C)	
HK A 2	城ヶ倉溪谷	0.07	流紋岩・硬質頁岩, 中新世	"	無	Q	Mt, K	Md	Al, Ah Jar	Pr, Lim		なし	
HK A 3	新湯	0.45	流紋岩, 中新世	"	有	Q, Tr	Mt, Ser, K	Md	Al	Pr		熱湯 (63°C)	
HK A 4	酸ヶ湯・地獄沼	0.75	泥流堆積物・更新世	"	有	Q, Tr, Cr	Mt, Hall, K	Md	Al	Pr		噴気 (97°C)	
HK A 5	大岳南方山麓	0.2	凝灰角礫岩・安山岩, 更新世	"	無	Q, Tr, Cr	Mt, Hall, K	Md	Al		S	なし	
HK A 6	青森山 十田山	1.5	変朽安山岩・安山岩, 中新世	"	無	Q	Mt, Ser, K Chl	Md	Ah	Pr, Lim		熱湯 (71°C)	
HK A 7	睡蓮沼	0.2	流紋岩, 更新世	"	無	Q, Cr	Mt, K, Chl	Md	Ah	Pr		なし	
HK A 8	乗鞍岳北方山麓	0.03	安山岩, 更新世	"	無	Q, Cr	Mt, K, Hall Ser	Md	Ah	Pr		なし	
HK A 9	猿倉温泉	0.12	安山岩, 更新世	"	無	Q, Cr		Md	Ah	Pr		熱湯 (95°C)	
HK A 10	谷地温泉	—	泥流堆積物, 更新世	"	有	Q		Md	Al			湯 (43.5°C)	
	小計	3.22											

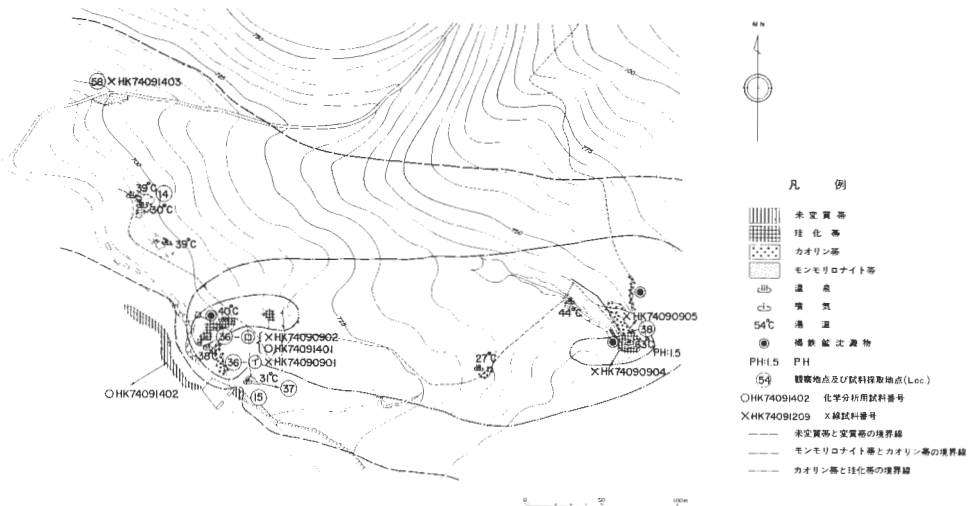
鉱物記号は第6表参照



- ① 下湯層の硬質頁岩
- ② カオリン・モンモリロナイトの変質帯
- ③ 柴森山流紋岩

※ 地質調査所所蔵の写真番号(以下同じ)

第10図 城ヶ倉溪谷付近の変質帯スケッチ



第11図 新潟付近変質帯分布図

外側にはカオリン帯とモンモリロナイト帯が累帯配列をしている。さらにその外側に割目沿いに粘土化した部分粘土化帯があり、モンモリロナイトを主とする粘土鉱物を生成している。

Loc. 38 では珪化帯 (HK 74090904) からカオリン帯 (HK 74090905) へと明瞭な累帯配列をなしている (第12図)。

また、鉄明ばん石、褐鉄鉱の沈澱物が付近に見られる (第13図)。

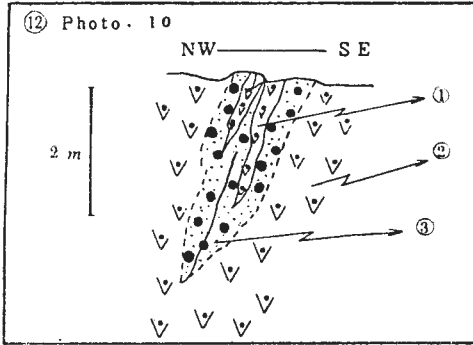
4.1.4 酸ヶ湯・地獄沼周辺変質帯 (第14図参照)。

八甲田火山地帯における最大の変質帯であり、1,000×700mの範囲に現在も温泉、噴気活動が盛んである。

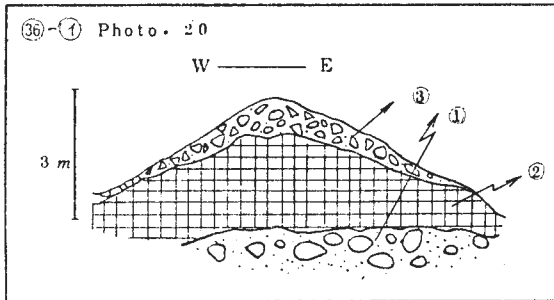
酒井・宮城 (1967) によると典型的な $SO_4^{2-}-Cl^-$ 型温泉で、また同位体研究によると D/H が低く火山活動の中心的位置にあると記されている。

古期火山泥流がこの地域のほぼ全面を覆っているが、ふかし湯付近、酸ヶ湯沢、地獄湯ノ沢付近では前岳溶岩等が露出しており、古期火山泥流は地表を薄く覆っているにすぎない。古期火山泥流の上には第14図に示すとおりその上に湖成堆積物が不整合にのり、さらにその後新期火山泥流が局部的に堆積している。

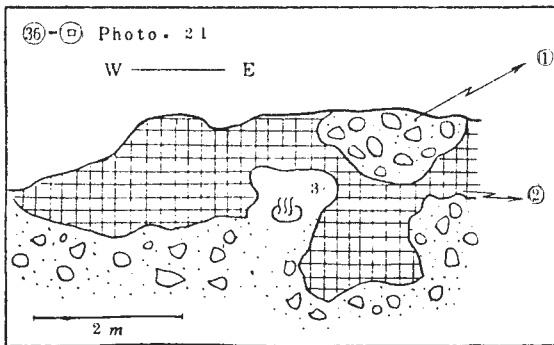
湖成堆積物は変質していないので、これが堆積する以前に変質帯の形成は終了していたことが明白で



- ① 流紋岩の喰い残し
- ② 柴森山流紋岩
- ③ 亀裂に沿う粘土化帯 (HK 74090503)
(モンモリロナイト生成)

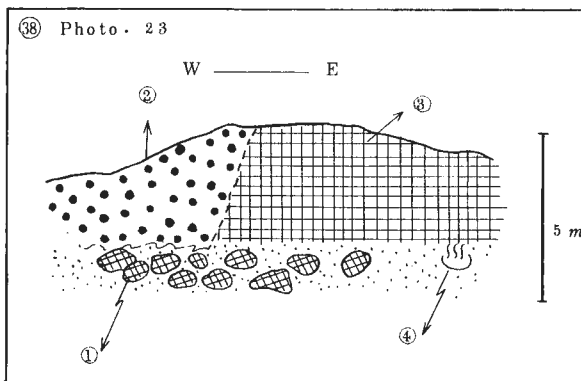


- ① 崩落土
- ② 流紋岩を原岩とする
橙白色軟質珪化岩 (HK 74090901)
(石英, カオリン生成)
- ③ 崖錐(径 20~50cmの角張った安山岩
礫を主とする)



- ① 崩落土
- ② 流紋岩を原岩とする
白色軟質珪化岩 (HK 74090902)
(石英, 生成)
- ③ 40℃の湧泉

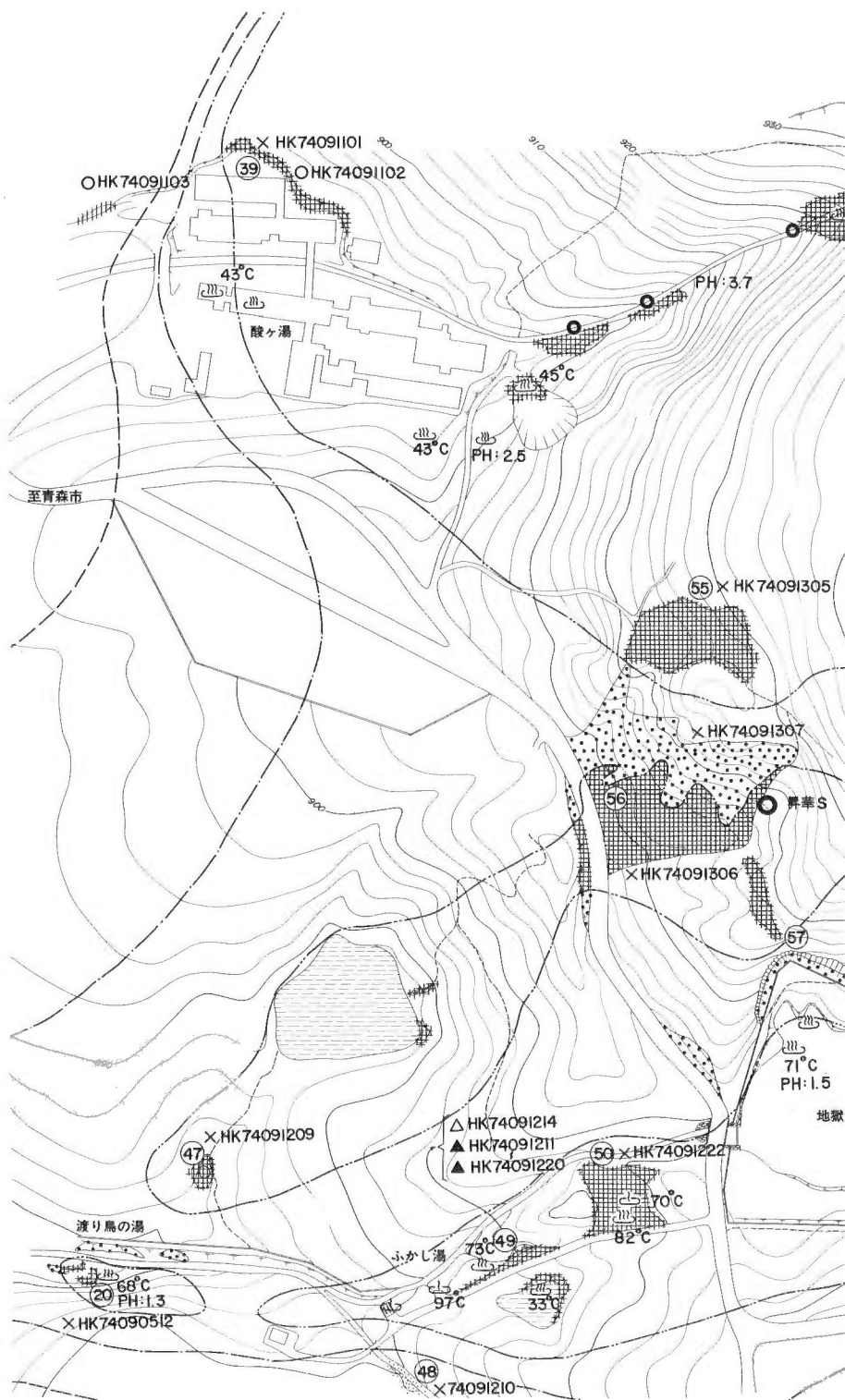
第12図 新湯付近変質部スケッチ (その1)



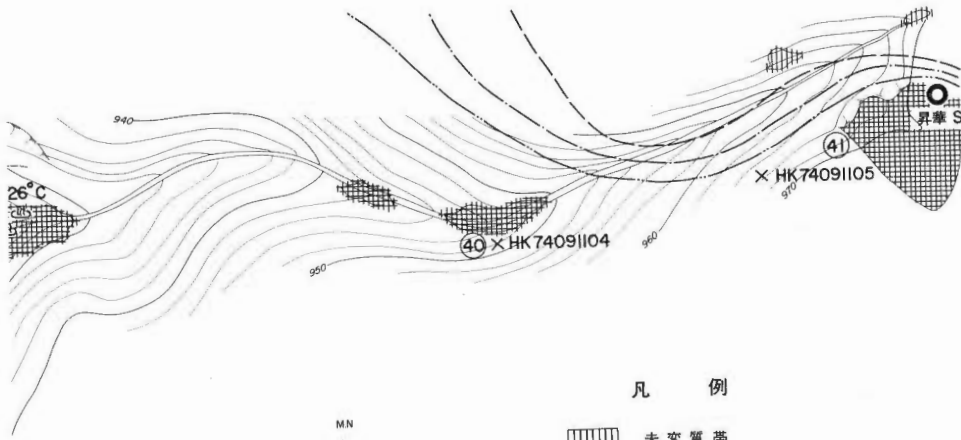
- ① 褐鉄鉱, ジャロサイト転石*
- ② Jarosite 鉱染赤色粘土化帯
(HK74090904)
(流紋岩, カオリン生成)
- ③ 白色軟質珪化帯 (HK74090904)
(流紋岩, 石英生成)
- ④ 63℃の湧泉

*露頭は Loc. 38 より 30 m 程上方にある。

第13図 新湯付近変質部スケッチ (その2)

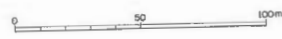
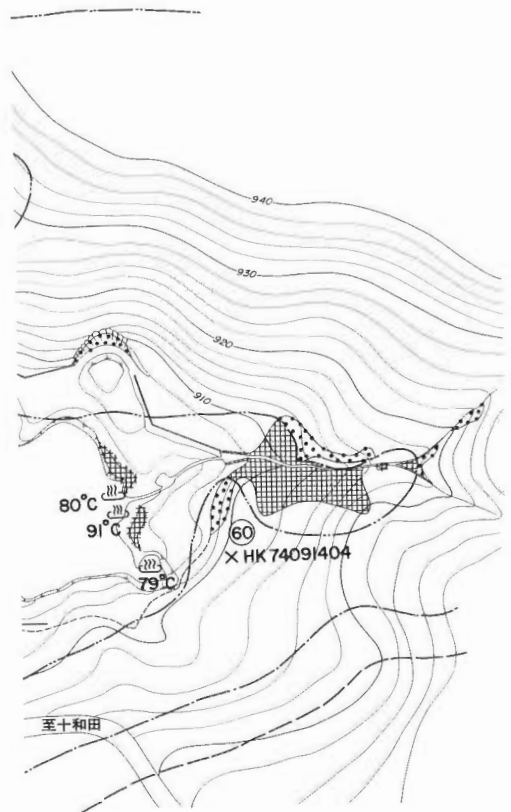


第14図 酸ヶ湯・地獄沼

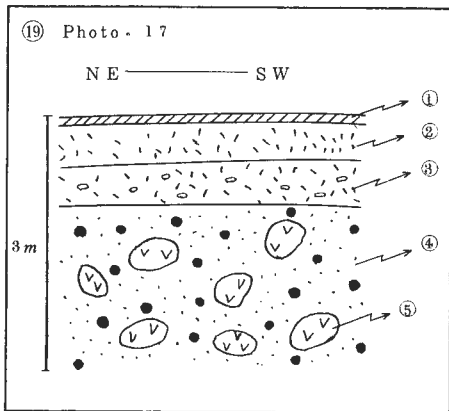


凡 例

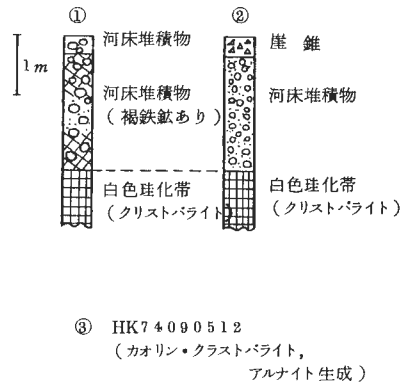
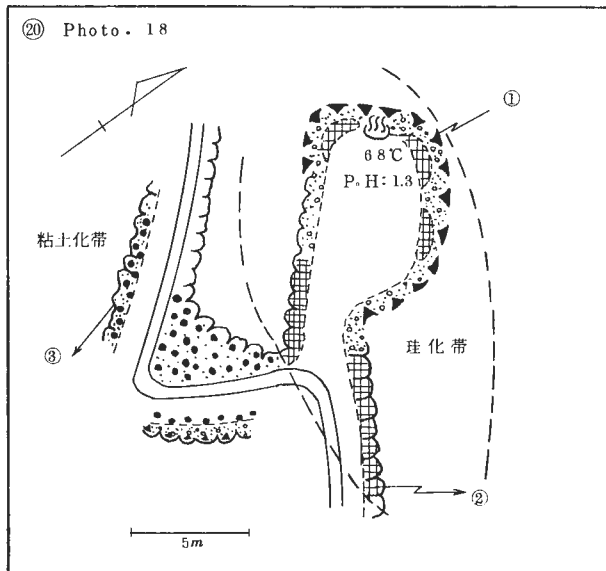
- 未 変 質 帯
- クリスタライト帯
- カオリン帯
- モンモロロナイト帯
- 温 泉
- 噴 気
- 硫 黄 沈 澱 物
- 54°C 湯 温
- PH:1.5 PH
- (54) 観 察 地 点 及 び 試 料 採 取 地 点 (Loc.)
- X HK74091209 X 線 試 料 番 号
- △ HK74091214 C-14 測 年 用 試 料 番 号
- ▲ HK74091211 花 粉 分 析 用 試 料 番 号
- HK74091102 化 学 分 析 用 試 料 番 号
- 未 変 質 帯 と 変 質 帯 の 境 界 線
- - - モンモロロナイト帯とカオリン帯の境界線
- — — カオリン帯とクリスタライト帯の境界線



周辺変質帯分布図



- ① 黒色ローム
 - ② 淡褐色火山砂
 - ③ 軽石を含む褐色火山砂
 - ④ 古期火山泥流原岩の灰色粘土化帯
(HK74090509
(モンモリロナイト生成))
 - ⑤ 火山泥流中の安山岩礫(灰色粘土化)
- 註) (Photo. 17では④, ⑤の部分のみ撮影)



第15図 酸ヶ湯・地獄沼周辺変質部スケッチ (その1)

ある。

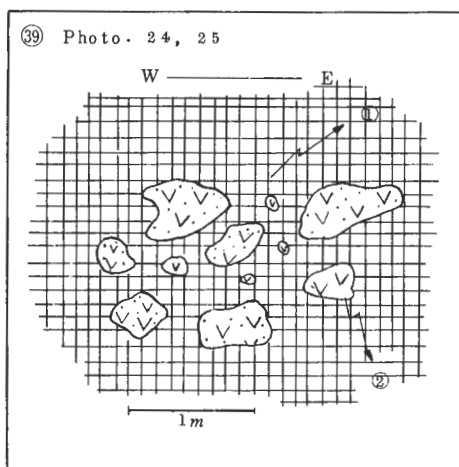
変質帯は第14図のとおりクリストバライト帯・カオリン帯・モンモリロナイト帯に分類できる。クリストバライト帯、カオリン帯の強変質帯が大部分を占め、モンモリロナイト帯はその外側に幅狭く露出しているのみである。現在、温泉・噴気活動のある酸ヶ湯温泉—酸ヶ湯沢上流付近、地獄沼—ふかし湯—渡り鳥の湯付近と、植物園北東部の3ヶ所にクリストバライトを主とした変質作用の中心部があり、夫々東西方向に配列する。これらを全て包含するような形でカオリン帯が存在する。

変質帯、温泉噴気活動の見られる所は1m地温も高いという密接な関係を示している。

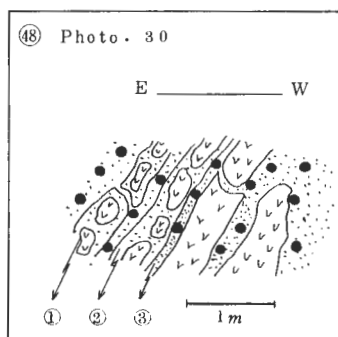
酸ヶ湯沢上流の Loc. 41 は旧爆裂火口であり、硫黄の採掘跡がある。

変質鉱物はクリストバライト・トリディマイトである (HK 74091105)。

Loc. 56 は大規模な変質帯で、100×10m の範囲に変質帯が露出している。南側の方はクリストバライト (HK 74091306)、北側はカオリン・クリストバライト・明ばん石からなり (HK 74091307) 累帯配列をしている。またこの変質帯のそばの Loc. 55 には残留珪酸皮殻の目立つクリストバライト帯が広がっている (HK 74091305)。



- ① 硫黄を伴うクリストバライト帯 (HK74091101)
 ② 弱変質安山岩塊



- ① 安山岩の喰い残り
 ② 弱変質岩
 ③ 粘土化帯 (HK74091210)
 モンモロロナイト, 加水ハロイサイト, ハロイサイト

第16図 酸ヶ湯・地獄沼周辺変質部スケッチ (その2)

東北大学植物園内は湿地堆積物に覆われている為、Loc. 47 等一部にクリストバライトを主とする変質帯が見られるだけである (HK 74091209)。また、ここは浴槽跡が残っているが、昭和42年に枯渇している。

地獄沼周辺—ふかし湯—渡り鳥の湯と伸びる地域は現在最も噴気活西の強いところで、地獄沼の泉源の温度は71~91℃である。地獄沼のそばのLoc. 50 はクリストバライト・トリディマイト (HK74091222) よりなり、70~82℃の噴気がある。

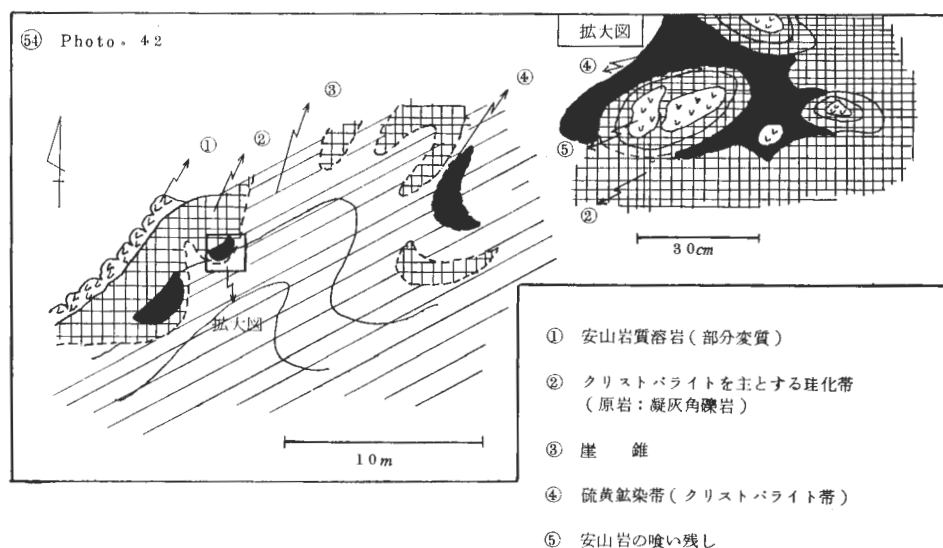
ふかし湯では試錐孔より97℃の蒸気が噴出しており地熱のポテンシャルが高いことを想像させる。

渡り鳥の湯では68℃の湯が横坑より多量 (290 l/min) 湧出しており、変質帯もクリストバライト帯を中心に累帯配列している。渡り鳥の湯から地獄湯ノ沢をおりていくと新鮮な前岳溶岩等が露出しており変質作用が、ここまで及んでいない事を示している。

変質帯はほとんどが古期火山泥流を交代したものであるが Loc. 48 では第16図に見られるように前岳溶岩等にまで変質作用が及び、割目沿いに変質している。ここの変質鉱物はクリストバライト・トリディマイト・モンモロロナイト・ハロイサイト・加水ハロイサイト (HK 74091210) と多種であるが、温泉水の上昇した中心より外側に狭い範囲で繰り返し変質作用が行われたものと考えられる。

4.1.5 大岳南方山麓変質帯

標高1,150~1,250mの間の爆裂火口跡と思われる凹地に変質帯が露出している。この付近には硫黄鉱床があり (第17図) 現在噴気活動は停止している。沢沿い約600m間に変質帯が見られ中央火口丘群の



第17図 大岳南方山麓スケッチ

安山岩質凝灰角礫岩と同質溶岩が変質を受けている。

凝灰角礫岩はスケッチ第17図に見られるように安山岩塊の喰い残しもあるところがあるが、ほとんどクリストバライト化し、一方、上部の溶岩は割目沿いの部分だけがカオリン・モンモリロナイト化している。Loc. 53ではカオリン変質しており(HK 74091303)この変質帯はLoc. 54の付近を中心に累帯配列していることがわかる。

Loc. 53より沢沿いに約1km南西方のLoc. 51, Loc. 52にも変質帯が見られる。

Loc. 52は部分変質帯でありクリストバライトも検出されるが、(HK 74091302), 原岩の長石も認められる。Loc. 51およびLoc. 52の変質帯はいずれも延長約100m以下の小規模のものである。

4.1.6 青森鉱山下荒川流域—十和田鉱山荒川流域(第18図参照)

Loc. 70とLoc. 71の間の未変質岩を境にして青森鉱山下荒川流域変質帯と十和田鉱山付近荒川流域変質帯の2つに区分できる。

露出する岩石は第三紀坪川層の変朽安山岩、緑色凝灰岩でNE-SW NW-SEの二方向の断層および裂かが目立ち、川の流路もこれに規制されている。

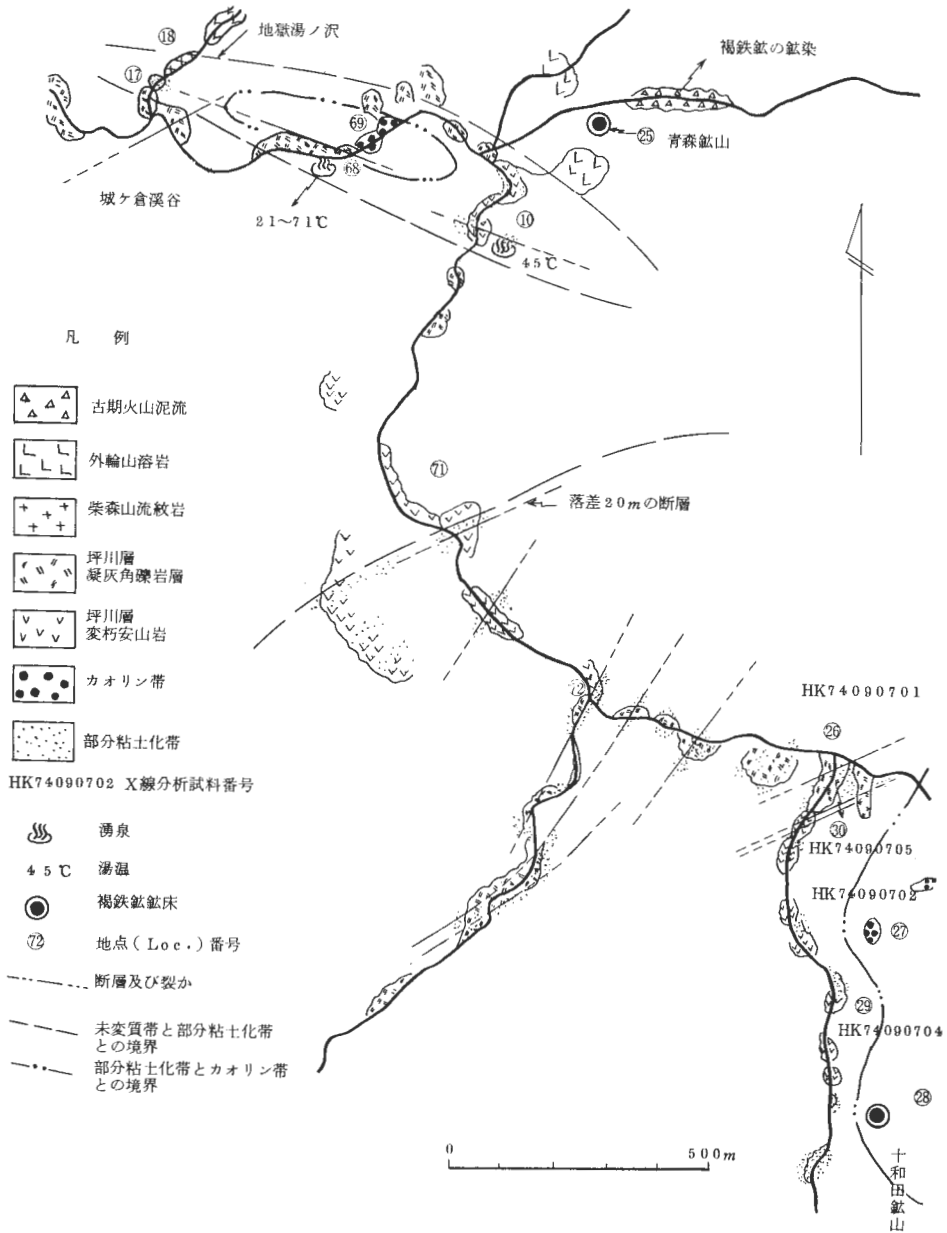
青森鉱山下荒川流域の変質帯は、延長1,000m、最大幅300mでN70~80°Wの断層・裂かに規制され、その方向に細長く伸びた変質帯である。

この変質帯ではLoc. 69付近を中心にカオリン帯が、さらにその周りはNW系の裂かに沿うモンモリロナイト部分変質帯が形成されている。Loc. 68には5箇所の湧泉があり、凝灰角礫岩中のN80°Wの裂か沿いに21~71°Cの温湯が湧出している。またLoc. 70でもN70°Wの断層沿いに45°Cの湧泉がある。また、この断層の延長はLoc. 17の変質帯まで伸び、さらに新湯の変質帯形成とも関連あるものと考えられる。これらの断層、裂かの傾斜はいずれも60~90°Cで急傾斜である。

この変質帯の位置付けは、酒井ほか(1964)の泉質調査によりとHCO₃⁻型で火山帯の中心より離れた所と考えられている。

十和田鉱山付近荒川流域の変質帯は荒川流沿いに約1,000m以上、また支流沿いにも1,000m前後に見られる広範囲のものである上、また支流沿いにも1,000m前後に見られる広範囲のものであるが、温泉活動は現在見られない。十和田鉱山を中心にしたカオリン帯とその周辺部のモンモリロナイトよりなる部分粘土化帯の二種の変質帯に区分できる。

カオリン帯はLoc. 27からLoc. 28の十和田鉱山にかけて分布し、十和田鉱山では南八甲田連峰の火



第18図 青森鉱山下荒川流域—十和田鉱山付近荒川流域ルートマップ

山活西の産物である凝灰角礫岩を交代し厚さ7m以上の露頭が観察される。部分粘土化帯は十和田鉱山の西方、荒川の本流および支流沿いに観察され NNE-SSW の裂か沿いに生成している。

強変質のクリストパライトが見られないことから、以上2地域は共に温泉活動の末端部に位置しているものと思われる。

4.1.7 睡蓮沼周辺変質帯

酒井ほか(1964)は、この沼が爆裂により生じたものと考えている。現在は沼地、野地になり八甲田を代表する観光地として賑っている。

変質帯は Loc. 23, Loc. 24 等の一部しか露出していない。

Loc. 23 では流紋岩を原石とし、変質鉱物はモンモリロナイトを主とする (HK 74090603) 弱変質帯である。変質帯の上には厚さ約 1 m の暗茶色火山灰質ロームが堆積し、未変質である。これは中央火口丘最後の活動の産物である軽石質堆積物に相当するもので、この堆積時には既に変質帯は形成されていた。

Loc. 24 は古期火山泥流を原岩としてクリストパライト・カオリンを主とする強変質帯である (HK 74090604) が、未変質の安山岩塊が残っている。変質帯より推定すると Loc. 24 付近を中心として変質作用を受けたものと考えられるが露出が悪く変質帯の規模は不明である。

4.1.8 乗鞍岳北方山麓

乗鞍岳 (1449.8m) から猿倉温泉にかけての I 支流沿いの標高 1,000m 付近に延長 300m にわたって変質帯が露出している。

この付近は先カルデラ火山噴出物の安山岩溶岩と火山砕屑岩で変質作用により、Loc. 34 ではクリストパライトよりなる強変質帯 (HK 74090803) となり、その周辺は粘土化帯となっている。

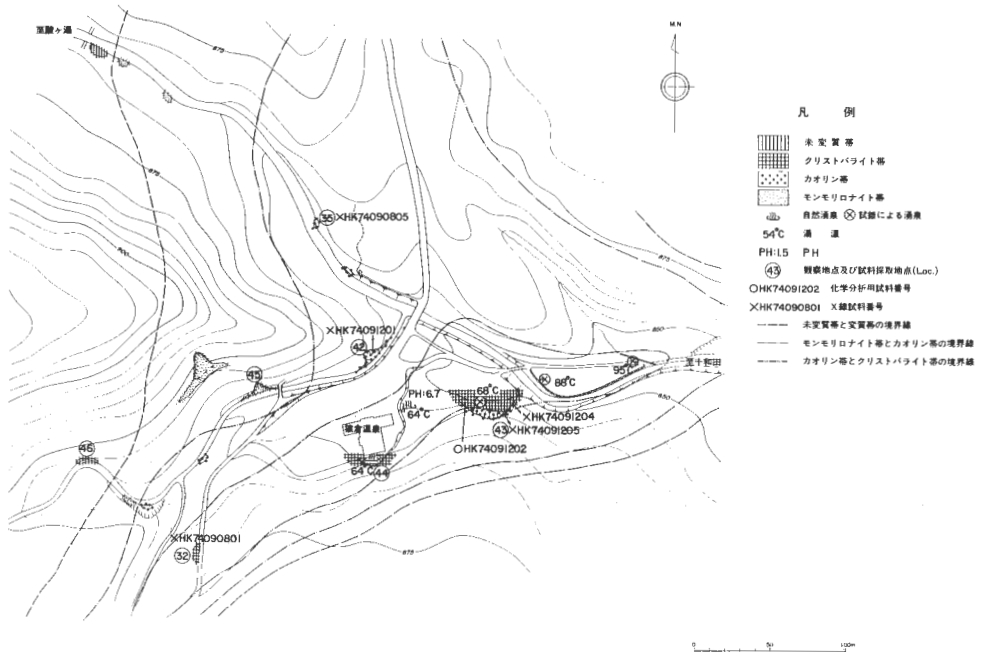
ここは爆裂火口跡と思われる地形を呈しているが、現在温泉活動は見られない。この変質帯と猿倉温泉の変質帯は沢沿い約 500m の未変質岩の露頭に隔されているが、この沢沿いの NE 方向に構造線が推定され南八甲田連峰形成後にこの構造線上にいくつかの小爆裂を生じたものと考えられる。

4.1.9 猿倉温泉付近変質帯 (第19図参照)

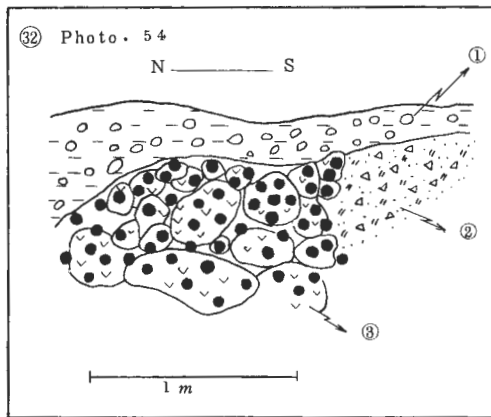
南八甲田連峰の北麓にあり、標高 800~900m に位置している。

前記したように乗鞍岳から猿倉温泉に向う沢沿いにあり温泉は NE 系の構造線に沿って湧出していると思われる。

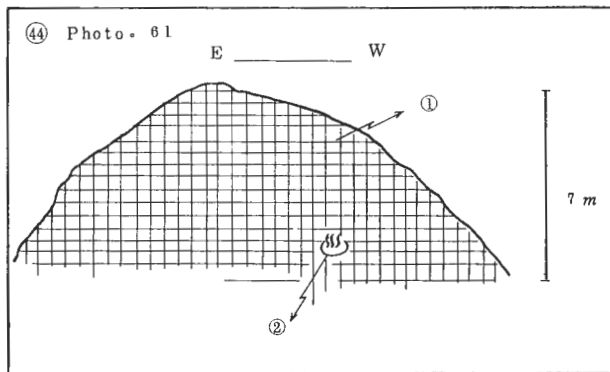
酒井・宮城 (1967) によると陰イオンは $SO_4^{2-}-Cl^-HCO_3^-$ 型であって、北八甲田の中心である酸ヶ湯・地獄沼周辺の典型的な $SO_4^{2-}-Cl^-$ 型温泉とは水質が異なる。水質・構造・地形等より考えて、ここの変質帯は乗鞍岳北方山麓変質帯と共に南八甲田連峰の火山活動に起因するものと考えられる。またこ



第19図 猿倉温泉付近変質帯分布図



- ① 崖 錐
 ② 第三紀凝灰角礫岩を原岩とする粘土
 ③ 先カルデラ火山噴出物（安山岩礫を主とし、粘土化する）
 灰黒色、黄鉄鉱鉱染、加水ハロサイト
 (HK74090801)



- ① クリストパライトを主とする珪化帯
 ② 100 mの水平ボーリングによる湧泉
 湯温 67°C
 湯量 8~9 l/min

第20図 猿倉温泉付近変質部のスケッチ

の温泉は問欠泉であり、湯温は64~95°Cと高温であるが、湯量が少なく現在盛んに温泉試錐が行われている（第20図）。

変質帯は東西400m、南北350mで、NNE-SSWに伸びており、前記構造線の方角と一致する。変質帯の中心にクリストパライト帯、その外側にカオリン帯、さらに外側にはモンモリロナイト帯へ累帯配列している。現在の温泉はすべてクリストパライト帯から湧出している。

Loc. 43は比高約15mの崖をなす変質帯がみられる。第21図の柱状図に示すように下から強変質帯のクリストパライト帯（HK 74091204）が4m、その上に黄鉄鉱の鉱染の著しいカオリン帯（HK 74091205）と安山岩塊の組織の残っているモンモリロナイト帯へと累帯配列しているのがわかる。

変質帯の上の灰色ローム、軽石質堆積物は未変質の為、これらの堆積する以前に変質帯形成は終了していたものと思われる。この近くの変質帯露頭のクリストパライト帯（Loc. 44）で100mの水平試錐が最近行われ67°Cの湯が湧出している。

4.1.10 谷地温泉付近変質帯

北八甲田火山群の南端にあり、第三紀流紋岩の巨礫を含む泥流とそれをほぼ全面に覆う軽石質堆積物が分布している。

温泉は、局部的に珪化、明ばん石化が著しい流紋岩礫を含むローム層から湧出しているが泉温は29.5~43.5°Cと低い。

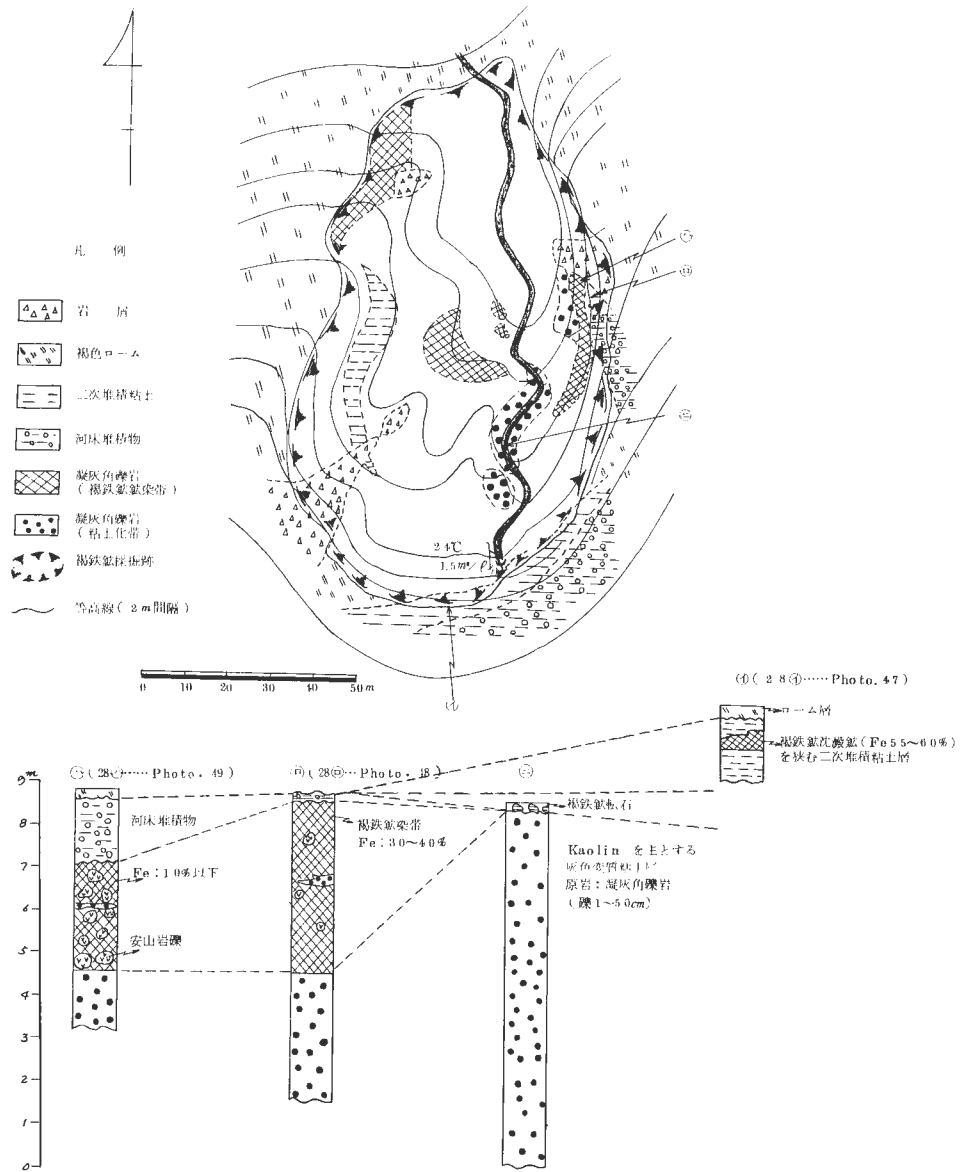
変質帯は軽石質堆積物に覆われているためほとんど見られず、僅かに二次堆積物の粘土が付近に見られるのみである。

酒井ほか(1964)によると典型的な SO_4^{2-} 型温泉である。

4.2 温泉沈殿物

八甲田火山地域は南部・谷田(1961)が報告しているとおり硫黄・硫化鉄鉱・褐鉄鉱の諸鉱床が昭和30年前後に採掘されたことがある。

本調査地区の鉱床は4.1の変質帯各論で記したとおり硫黄鉱床が酸ヶ湯沢上流と大岳南方山麓にあり、かつて露天掘りされた。これらの場所は爆裂火口の中心であり、火山性の硫黄ガスにより生成された交代鉱床である。



第21図 十和田鉱山の採掘跡スケッチと柱状図

硫化鉄鉱床としては睡蓮沼南方300m付近に駒ヶ峯火山噴出物を交代した露頭があると記載されているが(南部・谷田, 1961), 褐鉄鉱化の著しい露頭が見られるのみである。

褐鉄鉱床は Loc. 25 の青森鉱山, Loc. 28 の十和田鉱山が主なものであるが, Loc. 51 や新湯付近にも小規模がある。

中央火口丘を火山帯の中心とすると, 本調査区域も含めて, 北八甲田火山は中心側に硫黄, 外側に褐鉄鉱があり火山地域の一帯の一般累帯配列をなす。

今回は上記諸鉱床のうち十和田鉱山について記載する。

十和田鉱山

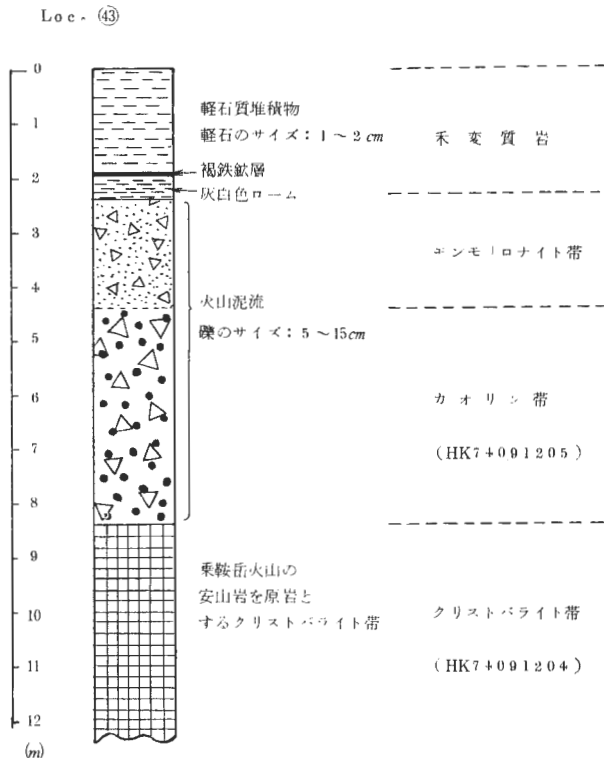
本鉱山は荒川とその支流赤水沢に挟まれた平担台地の北端部(海拔約1,030m)にあり, 東西50m, 南北100mの南北に細長い採掘跡が残っている。この付近の地質は第三紀坪川層の変朽安山岩を基盤としてその上に駒ヶ峯を構成する溶岩および集塊岩, 凝灰角礫岩がある。

本鉱山では第21図柱状図に示すとおり下から駒ヶ峯の凝灰角礫岩, 河床堆積物, 褐色ロームと重なる約8mの露頭が観察された。

鉱床は駒ヶ峯の凝灰角礫岩の上部を交代し, その上に沈澱した鉱床で, カオリンを主とする粘土の直上の凝灰角礫岩層に褐鉄鉱が鉱染し上部ほど鉱染が著しい。褐鉄鉱の鉱染帯上部には河床堆積物がのり, その上に南八甲田連峰最後の活動の産出と思われる褐色ローム層がある。また, ①地点では河床堆積物とローム層の中間にくるとと思われる二次堆積粘土中に Fe 品位55~60%の藻苔類を交代した沈澱鉱床があり, これも稼行対象となったものと思われる。

以上から生成期を推定すると褐鉄鉱床は, 駒ヶ峯の凝灰角礫岩の噴出後, 変質帯が形成され, それに引き続いて駒ヶ峯の後火山作用に由来する含鉄鉱泉よりもたらされたものであると推定される。

採掘跡には冷泉が存在し現在も褐鉄鉱の沈澱物を生成している。しかし南八甲田連峰最後の活動のロ



第22図 変質帯の層序を示す模式柱状図

ームが堆積する時までに鉱床を形成するほどの褐鉄鉱の生成は既に終了していたと思われる。なお南部・谷田(1961)によると昭和28年より31年迄、諏訪鉱業開発㈱により45,000 tの精鉱が出鉱されている。

4.3 変質帯と第四系との関係

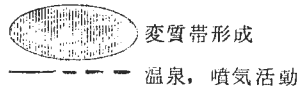
変質帯と第四系との関係は4.1項の変質帯各論で述べたとおりである。

第2図および第22図に変質帯の層序を示す模式柱状図を示した。之等の多くは下の第23図に示すように、現在まで噴気、温泉活動の続いているもの (type 1) と、全く消滅しているもの (type 2) の二種類に大別できる。

- type 1 : 酸ヶ湯・地獄沼周辺 (青森鉱山下荒川流域), 猿倉温泉付近, 谷地温泉付近
 - type 2 : 城ヶ倉溪谷付近 (十和田鉱山付近荒川流域), 睡蓮沼周辺 (乗鞍岳北方山麓)
- type 1, type 2 とも古期火山泥流の堆積後変質帯は形成された。

そして湖成堆積物の堆積と北八甲田火山の最後の火山活動である軽石質堆積物の噴出以前に主要な変質帯形成は終了している。

時期 型式	中央火口 山の 噴出時期	古期火山泥流 の堆積時期	湖成堆積物 の堆積時期	新期火山泥流 の堆積時期	浮石質堆積物 の堆積時期
Type 1					
Type 2			---		



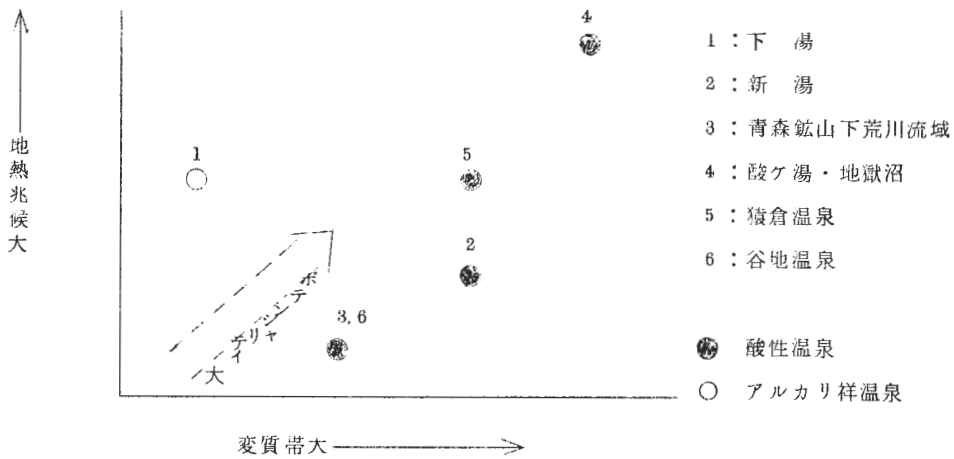
第23図 変質帯のパターン

4.4 変質帯と地熱徴候との関係

八甲田地区の地熱徴候と変質帯の関係を第4表に示した。

第4表 地熱徴候地の分類表

熱水の産状	随 伴 変 質 帯	実 例
試錐孔よりの 湧 泉	ク リ ス ト バ ラ イ ト 帯	猿倉温泉 (64~95°C)
	カ オ リ ン ・ モ ン モ リ ロ ナ イ ト 帯	な し
	変 質 帯 不 明	城ヶ倉温泉 (43°C)
自 然 湧 泉	ク リ ス ト バ ラ イ ト 帯	地獄沼周辺 (68~91°C), 新湯 (29~63°C) 猿倉温泉 (64°C), 酸ヶ湯 (21~50.5°C)
	カ オ リ ン ・ モ ン モ リ ロ ナ イ ト 帯	青森鉱山下荒川流域 (21~71°C)
	変 質 帯 不 明	下湯 (88~98°C), 谷地温泉 (29.5~43.5°C)
自 然 噴 気	ク リ ス ト バ ラ イ ト 帯	地獄沼周辺 (70~97°C)
	カ オ リ ン ・ モ ン モ リ ロ ナ イ ト 帯	な し
	変 質 帯 不 明	な し



第24図 変質帯—地熱微候図（アルカリ性はアルカリ性の誤り）

上の表を見ると変質帯中より湧出しているものは大部分強変質帯であるクリストバライトを主とする珪化帯より湧出していることがわかる。

また第24図を見ると下湯付近を除いて変質帯が大きいもの程地熱微候は強く、地熱地帯としてのポテンシャルが高いことがわかる。

下湯付近に変質帯が無いのは pH が高い為であり、地下において気相と液相が既に分離していたのかもしれないが、詳細については今後の検討を要する。

酸ヶ湯・地獄沼周辺は変質帯の規模は大きく、かつ地熱微候も高い。

酒井（1965）の泉温調査結果によると、地獄沼から NNW 乃至 NS の方向に温泉50℃以上の高温帯が存在し、その方向に一種の構造線を推測している。しかし今回の変質帯調査に平行して実施中の1 m地温によると酸ヶ湯温泉、Loc. 39 から Loc. 40 にかけての沢沿いの地区と、地獄沼から Loc. 49, Loc. 50, さらに渡り鳥の湯にかけての地区に地温の高い地区がある。これらの地区は現在最も温泉・噴気活動の盛んなところであり変質作用の中心部である。

これらはいずれも東西性のものである。

また前記した大岳南方山麓から城ヶ倉溪谷に伸びる構造線にも調和的であることは興味深い。

4.5 変質岩の化学組成

変質岩の化学分析は、岩石の変質過程で、どのような成分の移動が行われ、成分変化を生ずるかを知らるために、未～弱変質岩、強変質岩を次の3組、計6試料を採取した。

試料番号	採取位置	試料
HK74091402 HK74091401	新湯変質帯 Loc. 36	未変質流紋岩 白色多孔質変質流紋岩
HK74091103 HK74091102	酸ヶ湯・地獄沼周辺 変質帯 Loc. 39	未変質中央火口丘溶岩 白色多孔質安山岩
HK74091203 HK74091202	猿倉温泉付近変質帯 Loc. 43	未変質南八甲田連峰溶岩 白色多孔質安山岩

採取された岩石の化学組成を第5表に示す.

第5表 酸ヶ湯地熱地域変質岩の化学組成

No.	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	73.52	84.93	58.61	76.60	57.81	82.32
TiO ₂	0.42	0.47	0.74	1.05	0.74	0.20
Al ₂ O ₃	13.50	7.58	15.05	0.93	16.71	10.35
Fe ₂ O ₃	0.97	0.48	3.70	0.40	2.35	0.39
FeO	1.69	0.07	4.89	0.11	5.82	0.25
Fe	0.09	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.43
MnO	0.11	0.01	0.15	0.01	0.16	0.01
MgO	0.25	0.28	4.73	0.05	4.38	0.66
CaO	3.20	0.11	6.82	0.15	7.51	0.11
Na ₂ O	2.90	0.42	2.28	0.07	2.30	0.45
K ₂ O	1.56	1.31	1.08	0.09	1.24	1.12
P ₂ O ₅	0.11	0.07	0.12	0.05	0.11	0.06
S	0.10	<0.01	<0.01	3.59	<0.01	0.49
SO ₃	0.12	<0.01	<0.01	4.71	<0.01	0.20
CO ₂	<0.01	<0.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01
H ₂ O ⁺	0.87	1.54	1.32	3.59	0.43	2.22
H ₂ O ⁻	0.24	2.30	0.38	8.19	0.30	0.52
Total	99.65	99.57	99.91	99.59	99.86	99.78
Ap. G.* ¹	2.65	2.22	2.52	—	2.74	2.59
Tr. G.* ²	2.76	2.48	2.85	2.40	2.78	2.67

*¹ 見かけ比重. *² 真比重.

(分析: 東京石炭鉱物研究所)

- 1: HK 74091402, 酸ヶ湯新湯.
 2: HK 74091401, 酸ヶ湯新湯.
 3: HK 74091103, 猿倉温泉.
 4: HK 74091102, 猿倉温泉.
 5: HK 74091203, 酸ヶ湯.
 6: HK 74091202, 酸ヶ湯.

4.6 変質岩石の X 線回折による変質鉱物

X線分析は36試料について行った. 第6表にその結果を示す.

実験条件

走査範囲	2θ CuKα: 3 ~ 50°	} 走査範囲 2θ CuKα: 3 ~ 15°
走査速度	2°/min	
記録紙速度	2 cm/min	
エチレングリコール処理	14~15Å反射のあるもの	
塩酸処理	7Å反射のあるもの2	
100°C乾燥2時間	10Å反射のあるもの	

第6表で検出された鉱物はクリストバライト・トリディマイト・カオリン・モンモリロナイトの順に多く, 酸性溶脱帯に特徴的なものである.

石英は原岩が流紋岩の時に多く検出されたが, 原岩の構成鉱物を示すものと強変質帯に伴われるものがある.

強変質帯に伴われる石英は新湯変質帯で見られ, 明らかに温泉変質作用により生成したものである. 長石は原岩の構成鉱物を示すものでこれが多いほど変質の度が弱い. クリストバライト・トリディマイト・カオリン・モンモリロナイトは温泉変質作用により生成したものでクリストバライトとトリディマイトは密接に伴われる. ハロイサイトと加水ハロイサイトは共に同一試料に検出される事が多い. これらは変質帯に伴って検出されているが, 風化作用の生成物であるかもしれない. 明ばん石は強酸性溶

第6表 酸ヶ湯地熱地域の粉末X線回折による変質鉱物一覧表

分 析 番 号	試 料 番 号	採 取 地 点	シリカ鉱物				粘土鉱物				沸石	硫酸塩鉱物			硫化 鉱物	その 他
			Q	Op	Cr	Tr	Mt	Chl	K	Hall	Md	Al	Jar	Ah	Py	S
			石英 石	白 石 α-ク リス ト パ ラ イ ト	ト リ ヂ マ イ ト	ト ナ イ ロ モ ン テ リ オ ク サ イ ト	石 泥 オ カ ハ	石 リ オ ク サ イ ト	石 沸 石	石 ん ば 明 鉄 硬	石 ん ば 明 鉄 硬	石 ん ば 明 鉄 硬	石 ん ば 明 鉄 硬	石 ん ば 明 鉄 硬	鉄 黄 鉄 黄	鉄 黄 鉄 黄
1	HK 74090301	下湯温泉	○				○				○					
2	HK 74090402	城ヶ倉溪谷	○				○									
3	HK 74090405	〃	○				○									
4	HK 74090503	新湯	○				○				○					
5	HK 74090509	酸ヶ湯・地獄沼			○		○								○	○
6	HK 74090512	〃	○	○	○							○				
7	HK 74090603	睡蓮沼	○				○	○								
8	HK 74090604	〃	○		○		○								○	○
9	HK 74090701	青森鉱山	○				○	○								○
10	HK 74090602	〃	○				○							○		
11	HK 74090704	十和田鉱山	○				○				○					
12	HK 74090705	〃	○				○	○				○				○
13	HK 74090801	猿倉温泉			○										○	○
14	HK 74090803	乗鞍岳北方山麓	○	○	○											
15	HK 74090805	猿倉温泉	○							○				○	○	○
16	HK 74090901	新湯	○							○						
17	HK 74090902	〃	○													○
18	HK 74090904	〃	○	○										○		
19	HK 74090905	〃	○		○	○				○				○		
20	HK 74091101	酸ヶ湯・地獄沼		○	○											○
21	HK 74091104	〃		○	○											○
22	HK 74091105	〃	○	○	○	○										
23	HK 74091201	猿倉温泉	○							○						
24	HK 74091204	〃	○		○					○					○	
25	HK 74091205	〃	○				○			○						
26	HK 74091209	酸ヶ湯・地獄沼	○	○	○	○										
27	HK 74091210	〃	○		○	○	○				○					
28	HK 74091222	〃	○	○	○	○										
29	HK 74091302	大岳南方山麓	○		○	○						○				
30	HK 74091303	〃			○		○			○						
31	HK 74091305	酸ヶ湯・地獄沼			○	○										○
32	HK 74091306	〃	○		○											
33	HK 74091307	〃	○	○	○					○			○			
34	HK 74091403	新湯	○				○								○	
35	HK 74091404	酸ヶ湯・地獄沼	○		○	○	○			○			○			
36	HK 74091406	〃			○					○					○	

脱帯のカオリンに密接に伴う。HK 74090701等一部の試料に14 Åおよび7 Åのピークが見られるが考えられる鉱物として緑泥石とパーミュキライトがある。塩酸処理でピークが消えないが、200°Cで2時間加熱しても7 Åのピークが消えない事と600°Cで2時間加熱して緑泥石、14 Åのピークが強調される事によりこの鉱物は緑泥石とする。緑泥石・モルデン沸石・硬石膏は全て第三紀の岩石に伴われ、熱水変質の産物と考えられる。雲母は猿倉温泉付近の先カルデラ火山噴出物(HK 74090801)にも検出されたが全て第三紀の流紋岩にも検出された。その他の鉱物として鉄明ばん石・黄鉄鉱・硫黄が一部検出された。

5. ま と め

a. 第三系

本地域の基盤を構成し下位から坪川層・柴森山流紋岩・下湯層に分類できる。岩質は変朽安山岩・凝灰角礫岩・流紋岩・粗粒玄武岩・硬質頁岩等である。時代は中新世である。

b. 第四系

第四系の火山噴出物はカルデラ形成前の先カルデラ火山噴出物・溶結凝灰岩・前岳および田茂范岳溶岩とカルデラ形成後の中央火口丘溶岩類・南八甲田連峰溶岩類・十和田軽石質火山灰・火山泥流・軽石質堆積物に区分できる。なお地獄沼付近では古期火山泥流の上に局所的に湖成堆積物が堆積している。

c. 変質帯分布

変質帯は10か所あり、そのうち主要な変質帯3か所(新湯、酸ヶ湯・地獄沼周辺、猿倉温泉)について1/1,000変質帯分布図を作成した。

変質帯を大別すると北八甲田火山に伴われるものと南八甲田火山に伴われるものに分類できる。

北八甲田火山に伴われる変質帯の主要なものは東西に細長く分布している。また南八甲田火山に伴われるものはENE-WSWの方向に伸びている。

d. 変質帯の状況

変質帯は独側からモンモリロナイト帯ーカオリン帯ークリストパライト帯(珪化帯)に区分できる。一部の変質帯には最外殻に裂か沿いのみ粘土化した部分粘土化帯を伴う。温泉・噴気は変質帯の中心であるクリストパライト帯(珪化帯)から湧出する事が多い。

e. 地熱微候地の熱史

温泉変質帯の原岩は第三紀と第四紀の古期火山泥流が主なものである。温泉変質作用は中央火口丘形成後の爆裂活動に始まり、古期泥流堆積後に頂点に達する。そして主要な変質帯の形成はRI期以前の寒冷期、湖成堆積物の堆積以前に終了している。

f. 温泉沈殿物

本地域には、硫黄・褐鉄鉱床が多くあり、十和田鉱山の褐鉄鉱床について記載した。

g. 放射年代用試料採取

フィッシュン・トラック測年用として4コの溶結凝灰岩を採取した。そのうち2コについて2.0および2.1 m. y. の値を得た。湖成堆積物は変質帯を覆っており、泥炭について¹⁴C年代測定を行い、16,390 ± 420年 B. P. (Gak-5652)の値を得た。これはこの地域の地熱活動の最終時期を示している。

h. 花粉分析用試料採取

地獄沼周辺の湖成堆積物中より10コの泥炭試料を同一地点から採取した。結果は ^{14}C 年代と調和的である。

i. 化学分析用試料採取

未～弱変質一強変質の3組の試料計6コを採取分析した。

j. X線分析

変質岩36コについて実施した。その結果、酸性溶脱帯に特徴的な鉱物としてクリストバライト・トリディマイト・カオリン・モンモリロナイト・アルナイトの存在を確認した。その他緑泥石・雲母・モルデン沸石・硬石膏等も検出されたが、これらはもっと古い熱水変質の産物と思われる。

文 献

- 青森県商工課 (1956) 八甲田山麓地区試錐探鉱。未利用鉄資源, ser. 7, p. 72-76.
- 青森市水道部 (1963) 青森市管内さく井地質柱状図。27p.
- 地質調査所 (1975) 全国地熱基礎調査報告書, no. 9, 八甲田。124p.
- 岩井淳一・鈴木養身 (1957) 青森県油田調査報告, 東津軽郡東部及び上北郡北西部地区。青森県水産商工部商工課, p. 1-11.
- 北村 信・岩井武彦・多田元彦 (1972) 青森県の地質, 第一部, 青森県の新第三系。青森県, p. 1-70.
- 小高民夫・中川久夫・野田浩司・岩井武彦・早坂祥三 (1970) 黒石地域の地質について。青森県, 38p.
- 中村 純 (1942) 湿原の生態学的研究 (VII) 八甲田山二三の湿原の花粉学研究。生態学研究, vol. 8, p. 18-29.
- (1949) 同上 (XI) 八甲田山谷地湿原の花粉分析的研究。生態学研究, vol.12, p. 106-108.
- (1952) 花粉分析法よりみた本州, 四国, 九州に於ける比較的最近の樹種変化について。植物生態学会報, vol. 2, p. 18-29.
- 南部松夫・加藤清一・谷田勝俊・広島正五 (1960) 八甲田南部地区。未利用鉄資源, ser. 8, p. 72-78.
- ・谷田勝俊・加藤清一・岡田 久 (1961) 八甲田山北部地区。未利用鉄資源, ser. 9, p. 66-72.
- (1961) 青森市八甲田火山の地質および地下資源調査報告書。青森市総務部企画課, p. 1-29.
- 中川 進・桑畑和則 (1973) 八甲田地区地熱地質調査報告。日鉄鉱業㈱報告書, p. 1-10.
- 西村 進・笹島貞雄 (1970) Fission-Track 法による大阪層群とその相当層中の火山灰の年代測定。地球科学, vol. 24, p. 222-224.
- (1973) フィッション・トラック法による本邦新第三系の年代測定。地質学論集, vol. 8, p. 161-171, 日本地質学会.
- ・佐藤博之・山田敬一 (1977) 八甲田溶結凝灰岩のフィッション・トラック年代—日本の地熱活動に関連する火成岩のフィッション・トラック年代(2)—。地調月報, vol. 28, p. 593-595.
- ・谷口政碩・角 清愛 (1976) 秋田県南部小安温泉付近の火成岩類のフィッション・トラック年代—日本の地熱活動に関連する火山岩のフィッション・トラック年代(1)—。地調月報, vol. 27, p. 713-720.

- 酒井軍治郎 (1965) 八甲田酸ヶ湯温泉の研究 第1報. 弘前大学教育学部紀要, no. 14, p. 69-84.
- (1966) 八甲田酸ヶ湯温泉の研究 第2報. Ditto, no. 16, p. 17-27.
- (1967) 八甲田酸ヶ湯温泉の研究 第3報. Ditto, 別冊 no. 7, p. 1-16.
- (1968) 八甲田酸ヶ湯温泉の研究 第4報. Ditto, 別冊 no. 9, p. 1-17.
- (1969) 八甲田酸ヶ湯温泉の研究 第5報. Ditto, 別冊 no. 10, p. 1-13.
- ・宮城一男 (1967) 青森県における温泉の地化学的特性. Ditto, no. 18 B 別冊, p. 16-22.
- ・—— (1968) 青森県の温泉 (その1). 温泉工学会誌, vol. 16, p. 54-59.
- ・——・岩井武彦 (1964) 八甲田火山地域に於ける温泉群の研究. 弘前大学教育学部紀要, 別冊 no. 4, p. 1-58.
- 佐藤博之・山田敬一 (1975) 青森市酸ヶ湯地域地獄沼西方の湖成堆積物の ^{14}C 年代——日本の地熱活動に関連する第四紀層の ^{14}C 年代(1)——. 地調月報, vol. 26, p. 681-682.
- 竹内常彦・阿部 宏 (1959) 八甲田山麓地区 1, 地質鉍床概査. 未利用鉄資源, ser. 7, p. 68-72.
- 谷田勝俊・広島正五 (1963) 東北の鉄鉍原料調査 第1報, 酸ヶ湯温泉地区. 国内鉄鋼原料調査, ser. 1, p. 38-41.
- SOHMA, K. (1955) Pollendiagramme der Torfablagerungen von Hachimantai im Vergleich mit denen von Hakkoda. *Ecol. Rev.*, vol. 14, p. 11-17.
- YAGI, K., KAWANO, Y. and AOKI, K. (1961) Types of Quaternary volcanic activity in northeastern Japan. *Bull. Volc.*, vol. 26, p. 223-235.
- YAMANAKA, M. (1963 a) Ecological studies of the Tukadayachi Moor in the Hakkoda Mountains II. *Ecol. Rev.*, vol. 16, p. 27-32.
- 山中三男 (1963 b) 南八甲田山二三湿原の花粉分析学的研究. 日本生態学雑誌, vol. 13, p. 248-251.
- YAMANAKA, M. (1964) A preliminary pollen analytical study of the Tashiro Moor in the Hakkoda Mountain. *Ecol. Rev.*, vol. 16, p. 115-120.
- (1965) Pollen profiles of recent sediments from the Tashiro Moor, Hakkoda Mountains. *Ecol. Rev.*, vol. 16, p. 195-199.

**Geological Investigation of Hydrothermal Alteration
Haloes in Sugayu Geothermal Field,
Aomori Prefecture**

Hiroyuki SATOH, Susumu NAKAGAWA, Kazunori KUWAHATA,
Keiichi YAMADA and Shigemoto TOKUNAGA

Abstract

The hydrothermal alteration haloes in Sugayu Geothermal Field, Aomori Prefecture, has been studied geologically with special interests in their distribution, mineralogical compositions and radiometric ages related to pollen analyses.

Sugayu Geothermal Field is situated in the Hakkoda Volcanic Group at the northern end of Honshū. It was formed after the eruption of the Hakkoda Welded Tuff about 2 millions years ago. It has ten altered haloes and points and amounts to about 3.22 km² in total area. The original rocks of these alteration haloes are Miocene rhyolite, hard shale, and andesites and Pleistocene mudflow deposits. Therefore, the main alteration ceased about 16,000 years ago. Each halo is divided into montmorillonite, kaolin and cristobalite zones toward the interior. Each halo is surrounded by an argillized zone. Many hot springs and vapours issue from the central cristobalite zone.

(受付：1977年12月1日；受理：1977年12月6日)

図版説明

- 図版13-1 柴山流紋岩の上に下湯層が重なる (モンモリロナイト生成). Photo. 8, Loc. 21, 第10図.
 図版13-2 新湯付近珪化 (石英) 流紋岩 (付近一帯に湧泉 36~42°C がある). Photo. 20, Loc. 36-イ, 第12図.
 図版13-3 渡り鳥の湯 (68°C, pH 1.3, 290 l/min). Photo. 18, Loc. 20, 第15図.
 図版13-4 新湯付近珪化 (石英) 流紋岩 (40°Cの温泉). Photo. 21, Loc. 36-ロ, 第12図, 化学分析試料採取.
 図版13-5 地獄沼周辺. Photo. 25, Loc. 39, 第16図. 泥流の組織がよく保存されている.
 図版13-6 地獄沼周辺. Photo. 24, Loc. 39, 第16図. 泥にクリストバライト生成.
 図版14-1 大岳西南山腹の硫黄鉱石採掘跡. Photo. 42, Loc. 54, 第17図.
 図版14-2 猿倉温泉付近のカオリン帯. Photo. 59, Loc. 45.
 図版14-3 酸ヶ湯付近の安山岩沿い変質. Photo. 30, Loc. 48, 第16図.
 図版14-4 睡蓮沼—カオリン・クリストバライト変質を受けた泥流. Photo. 53, Loc. 24.
 図版14-5 地獄沼西方の湖成堆積物. Photo. 31, Loc. 49. 花粉分析および ¹⁴C 年代測定用試料採取.
 図版14-6 猿倉温泉100m水平坑より湧出 (64°C, 9 l/min). Photo. 61, Loc. 44.
 図版15-1 *Abies*. 15-2 *Picea*. 15-3 *P.* 15-4 *Pinus (haploxyylon type)*.
 15-5 *Larix*.

資料番号	写真番号
------	------

HK 74091211

3

HK 74091213

1

HK 74091220

2, 4, 5

- 図版16-6 *Alnus*. 16-7 *Betula*. 16-8 *Rhus*. 16-9 Ericaceae.
 16-10 Umbelliferae. 16-11 Sanguisorba. 16-12 *S.* 16-13 *Menyanthes*.
 16-14 Caryophyllaceae. 16-15 *Thalictrum*. 16-16 *Paris*.
 16-17 *Portulaca*. 16-18 *Artemisia*. 16-19 *A.*

資料番号	写真番号
------	------

HK 74091211

11

HK 74091214

10, 18, 19

HK 74091215

13

HK 74091220

6, 7, 8, 9, 12, 14, 15, 16, 17

- 図版17-20 Gramineae. 17-21 Inaperturopollenites. 17-22 *I.*
 17-23 Selaginellaceae. 17-24 *S.* 17-25 Lycopodiaceae.

資料番号	写真番号
------	------

HK 74091213

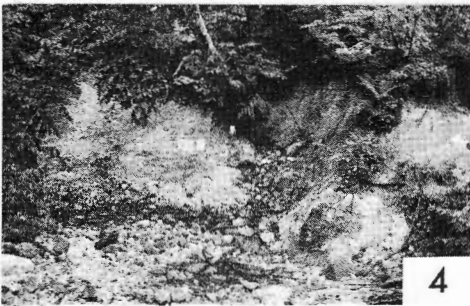
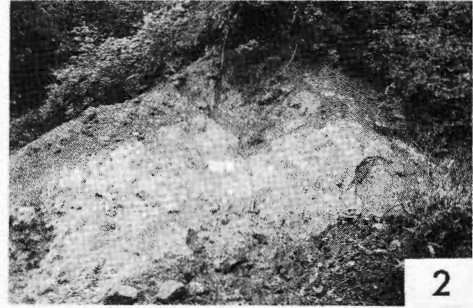
20

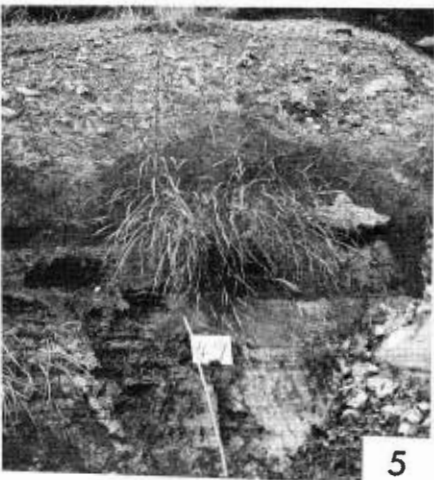
HK 74091214

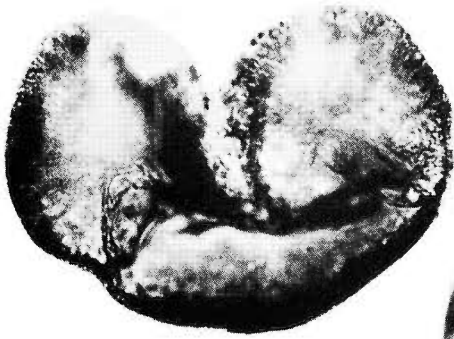
21

HK 74091220

22, 23, 24, 25



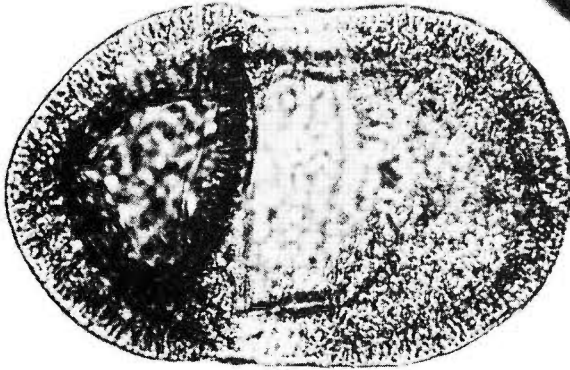




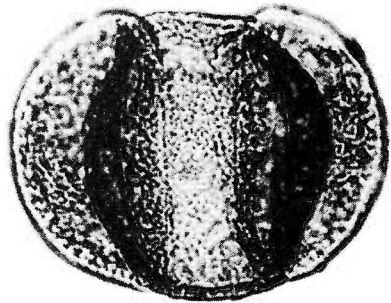
1



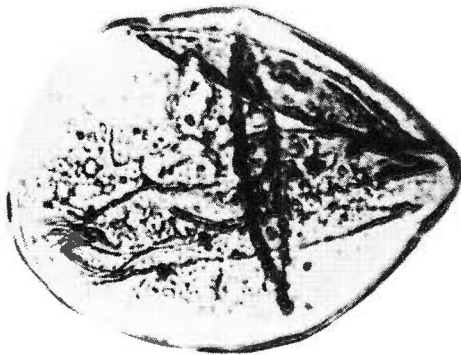
2



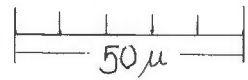
3

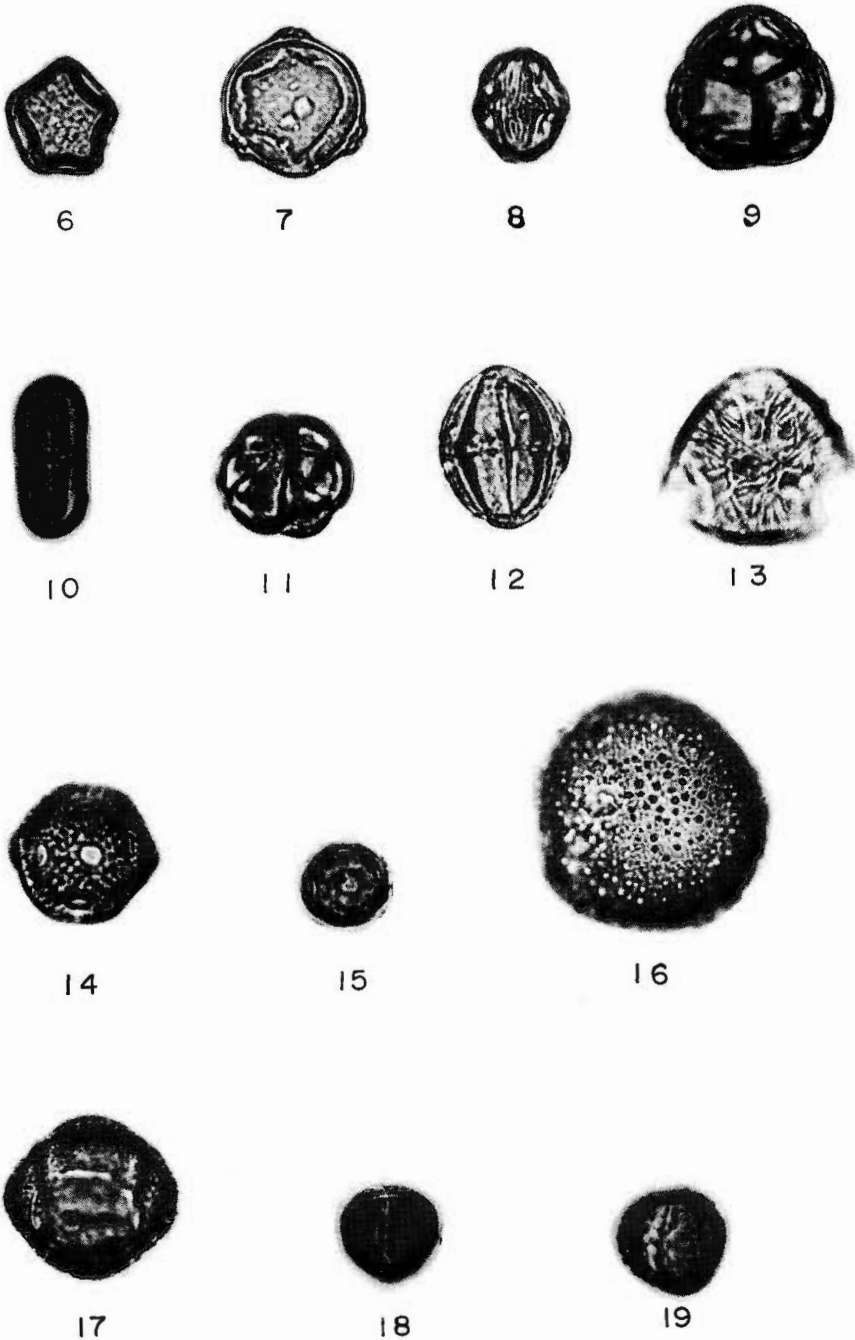


4

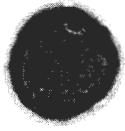


5

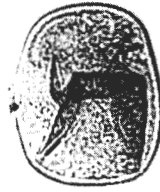




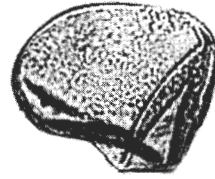
50 μ



20



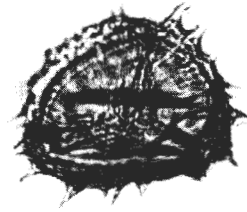
21



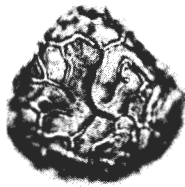
22



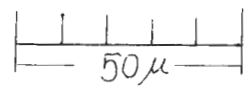
23



24



25



551.23 : 551.25(521.14)

秋田県鹿角市大沼地熱地域の熱水変質帯*1

高島 勲*2・測本 決*3・窪田康宏*3・林 育浩*3・西村 進*4

1. ま え が き

本報告は、地熱地域の探査ならびに評価に資するため、全国の主要地熱変質帯について調査を実施した全国地熱基礎調査¹⁾の一部であり、その成果は、放熱量や物理探査等の結果とあわせて、すでに報告済みである(地質調査所, 1975)。しかし、その時点では、化学分析や年代測定結果等が出ていなかったため、地熱変質帯の詳細を明らかにすることはできなかつた。最近、それらの結果が出されたので、ここに改めて報告を行うものである。本調査の位置を第1図に示す。

なお、調査項目のうち、花粉分析に関しては、尾上ほか(1978)によって取りまとめが行なわれたため、今回の報告からは除外した。

本調査では、現地において大手開発^株の重松喜一、斉藤稔、高堂一之の各氏にご討論いただいた。¹⁴C年代については学習院大学の木越邦彦教授に測定していただいた。また、地殻熱部の玉生志郎技官には、玉川溶結凝灰岩の年代についていろいろご教示いただいた。以上の各氏に深謝の意を表します。

2. 従来^の調査研究

2.1 地質および地質構造

先第四系および第四系の地質および地質構造については大沢・角(1957)の森吉山図幅、河野・上村(1964)の八幡平図幅に詳細に報告されている。



第1図 調査位置図

*1 地質調査所報告, no. 259, 1978

*2 地殻熱部 *3 大手開発(株) *4 京都大学教養部

1) 調査は請負いで行なわれ、地質調査所の作成した仕様にもとづいて大手開発(株)が実施した。この間の経緯、担当などは上述の報告書を参照されたい。

また花輪盆地を中心とした先第四系の南北系花輪断層については INOUE and UEDA (1965) の報告、第三紀貝化石群については水野 (1965) の詳しい報告がある。

折本ほか (1968, 1969) は玉川上流の玉川石英安山岩類について上部、中部、下部に分け、従来鮮新世、または鮮新世～洪積世と言われていた同岩類について中部、下部はその層準が後期中新世まで下る可能性があるとしている。角・高島 (1972) は玉川温泉地域の地質を下位から叫沢層、焼山火山噴出物、鹿湯層、地江り岩層および沖積層にわけ、¹⁴C 年代測定の結果からこの地区では33,000年以上にわたって地熱活動が続いていると述べている。

与良ほか (1973) は大沼を中心とした地域の地質を地表調査とボーリングおよび物理探査から検討し、先第四系の分布および構造を報告している。

2.2 第四紀の変質帯

安斉・井上 (1954) は本地域の硫黄鉱床を調査し、最も大きなものとして湯沼鉱山、次いで玉川鉱床、後生掛鉱床があると述べた。湯沼鉱床は焼山火山口底の沈殿硫黄、昇華硫黄の鉱床である。玉川鉱床も昇華硫黄と沈殿硫黄で、後生掛鉱床は昇華硫黄と黄鉄鉱を対象にしたものである。

中村・安藤 (1954) は後生掛、新山沢、蒸湯の3地区の調査を行ない、後生掛では珪質部分の分布と30℃以上の地温分布範囲がよく一致し、新山沢、蒸湯では噴気の分布に方向性がみられると報告している。

本多ほか (1964) は澄川温泉および赤川温泉の白土鉱床について述べ、鉱床は先第四系の大滝層の石英安山岩質凝灰岩の薄層を挟む火山礫凝灰岩が新时期火山活動に由来した熱水、蒸気によりカオリン化したものとしている。

第1表 地質総括表 (河野・上村, 1964)

時代		層	序	近隣地域との対比	
第四紀	現世	沖積層 (湿地堆積物を伴う)	焼山火山群		
	更新世	段丘堆積層	八焼平火山群 荷葉岳火山群 岩手火山群		
			安山岩および玄武岩		
新第三紀	鮮新世	玉川熔結凝灰岩類 (石英安山岩質および安山岩質熔結凝灰岩・凝灰岩)		田火沢山酸性類	
		北又川層	(白色凝灰岩・凝灰質泥岩)	橋場層	
	中新世	小志戸前層	?	(頁岩砂岩互層)	小志戸前層
		熊沢川層	?	(変朽安山岩・緑色凝灰岩) (頁岩・砂岩および礫岩)	坂ノ本と保内見層

(角大に由る
幅大に由る
森吉山図)

(平石盆地西縁部―早川・北村による)

第2表 八幡平・焼山火山岩類の噴出順序（河野・上村，1964）

八幡平火山	焼山	火山	火山
安比岳智恵の沢熔岩	黒石森熔岩	焼山鬼が城熔岩	梅森中央火口丘熔岩
源太森熔岩・安比岳熔岩			梅森外輪山熔岩
八幡平熔岩		焼山外輪山熔岩	
		蒸湯熔岩	
畚岳熔岩		玉川熔岩	
八幡平西下部熔岩			
倉形熔岩		曾利の滝熔岩	
湯田又川熔岩		澄川熔岩・澄川凝灰岩	
菫の森集塊岩			

3. 地質概要

今回の調査では、変質帯の分布地域と面積を求めるとともに、その変質作用がどの時代に生じたかを明らかにすることが主たる目的であったため、地質に関しては特定地点で変質帯と関係する地層の記載のみを行った。したがって、全体的な地質の状況は八幡平地質図幅（河野・上村，1964）と関連づけて簡単に述べるにとどめる。

3.1 先第四系

調査地域にみられる先第四系は熊沢川北部地域および赤川、澄川流域にみられる凝灰質、砂質、または礫混り泥岩、安山岩質溶岩および同質凝灰岩類で構成されている。また、又口小屋北部の伝左衛門沢付近には緑色凝灰岩がみられる。八幡平図幅の層序（第1表）によれば、これらは中新世の熊沢川層に属する。さらに湯田又川下流の又口小屋付近にみられる先第四系は主として玉川溶結凝灰岩類である。

3.2 第四系

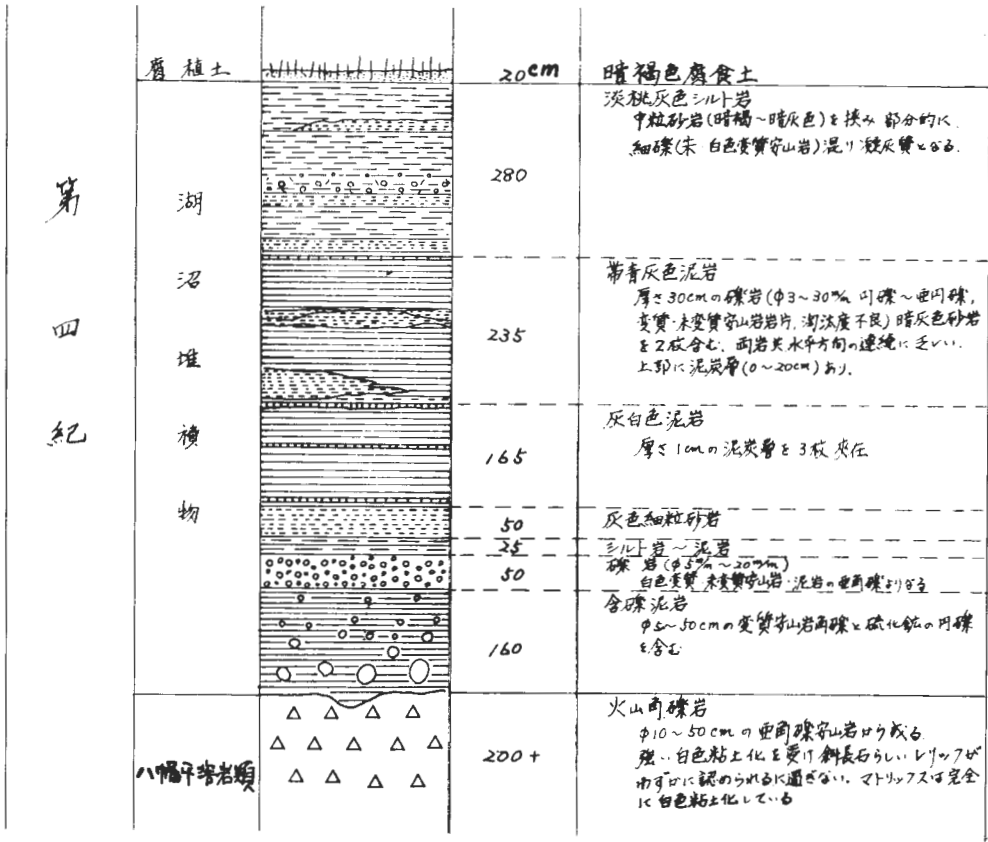
第四系は、八幡平地質図幅によれば下位より八幡平火山から噴出した八幡平溶岩類、焼山火山から噴出した焼山溶岩類および梅森火山から噴出した梅森溶岩類と沖積層から成る（第2表）とされているが、今回の調査で次のことが判明した。

(1) 調査地域内でみられる八幡平溶岩類の下部に扱われている菫森集塊岩は泥流堆積物で、この下位に赤川、澄川付近では石英安山岩、および安山岩溶岩がみられ、下部～中部焼山溶岩類と思われる安山岩礫を多量に含むことから少くとも焼山火山活動の中期以後に堆積したものである。

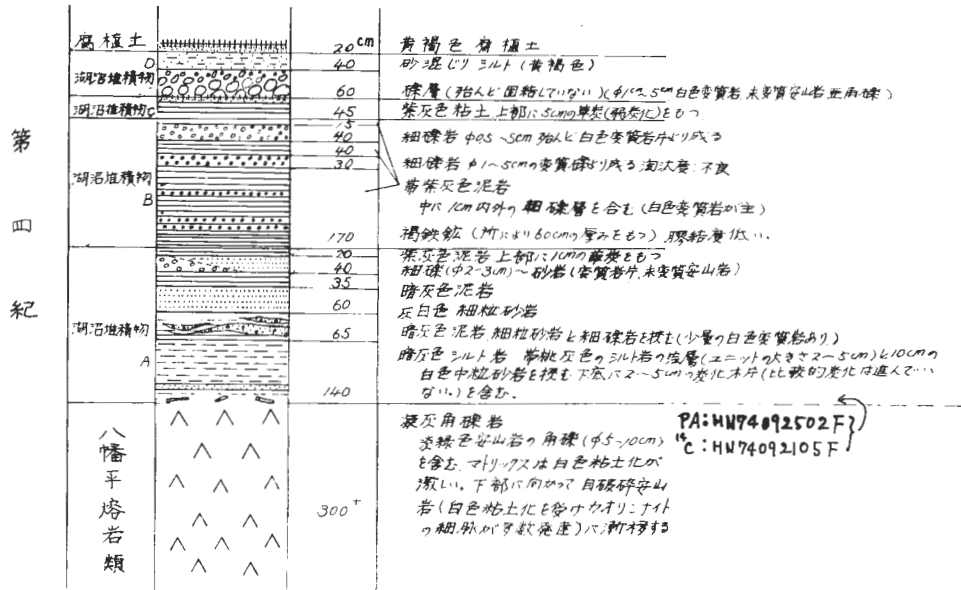
(2) 当地域にみられる湖成層は、下位から湖成層A、湖成層B、湖成層Cに3大別できる。

湖成層A：湯田川支流のC沢にみられるもので、上部は炭質泥岩、下部は淘汰の悪い礫岩で変質礫を含み小規模なものである。

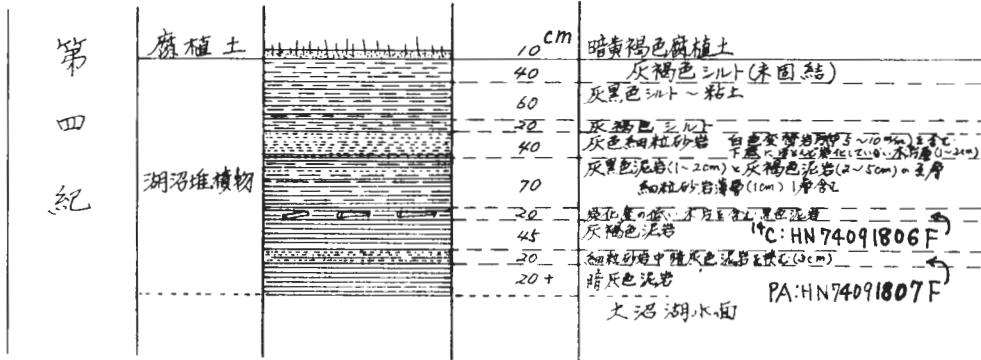
湖成層BおよびB'：この湖成層は湯田又川右岸の支流G、H、F、I沢にみられ、標高950m付近の平坦な地域に分布している。この湖成層の上部は凝灰質泥岩、凝灰質砂岩、下部は砂岩と礫岩（湖成層より下位の暗赤緑色安山岩の礫を含むが梅森安山岩類と判断出来る安山岩礫を含まぬ）で構成され、ほぼ水平に堆積している。したがって梅森溶岩より前に堆積したものである。これを湖成層Bとする。この湯田又川右岸の湖成層Bとほぼ同時期かややおくれて堆積したと思われる湖成層が、湯田又川左岸の支流A沢、B沢および湯田又川最上流の後生掛温泉と大深温泉の中間付近に分布している。この湖成層をB'とする。



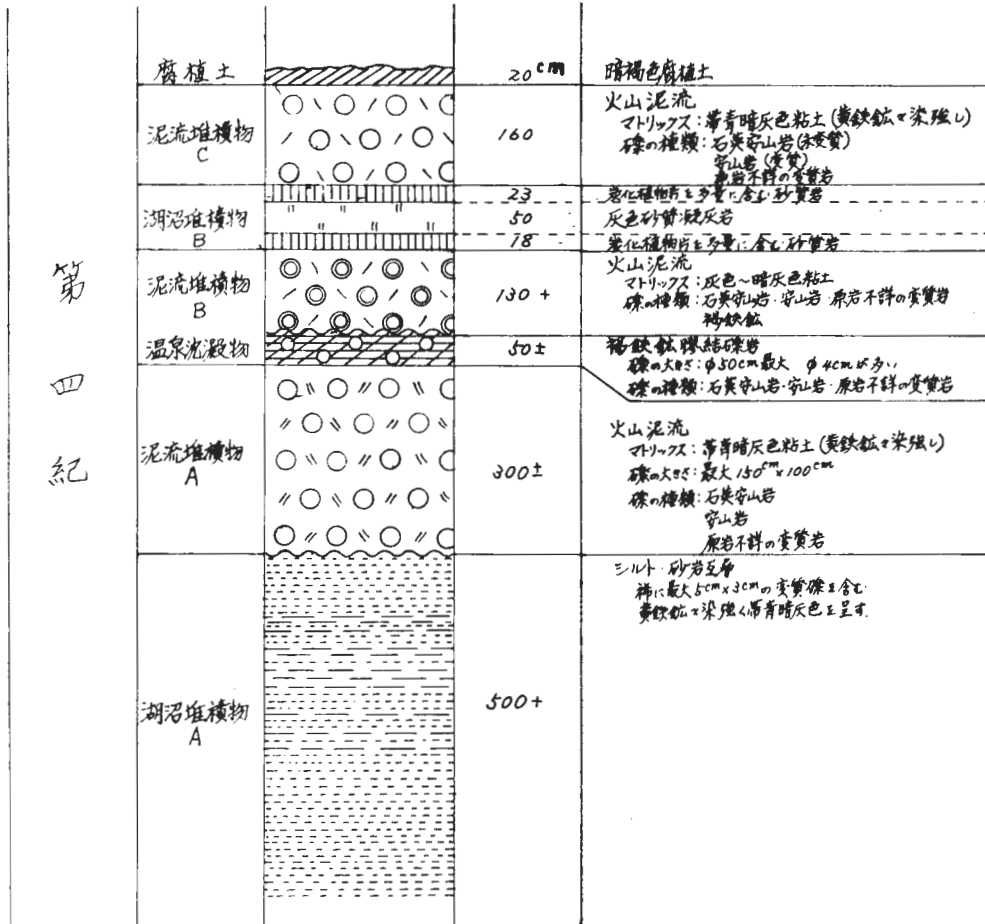
第2図 後生掛地区大湯沼東 (Loc. 1) の湖成層



第3図 蒸の湯地区蒸の湯 (Loc. 67) の湖成層

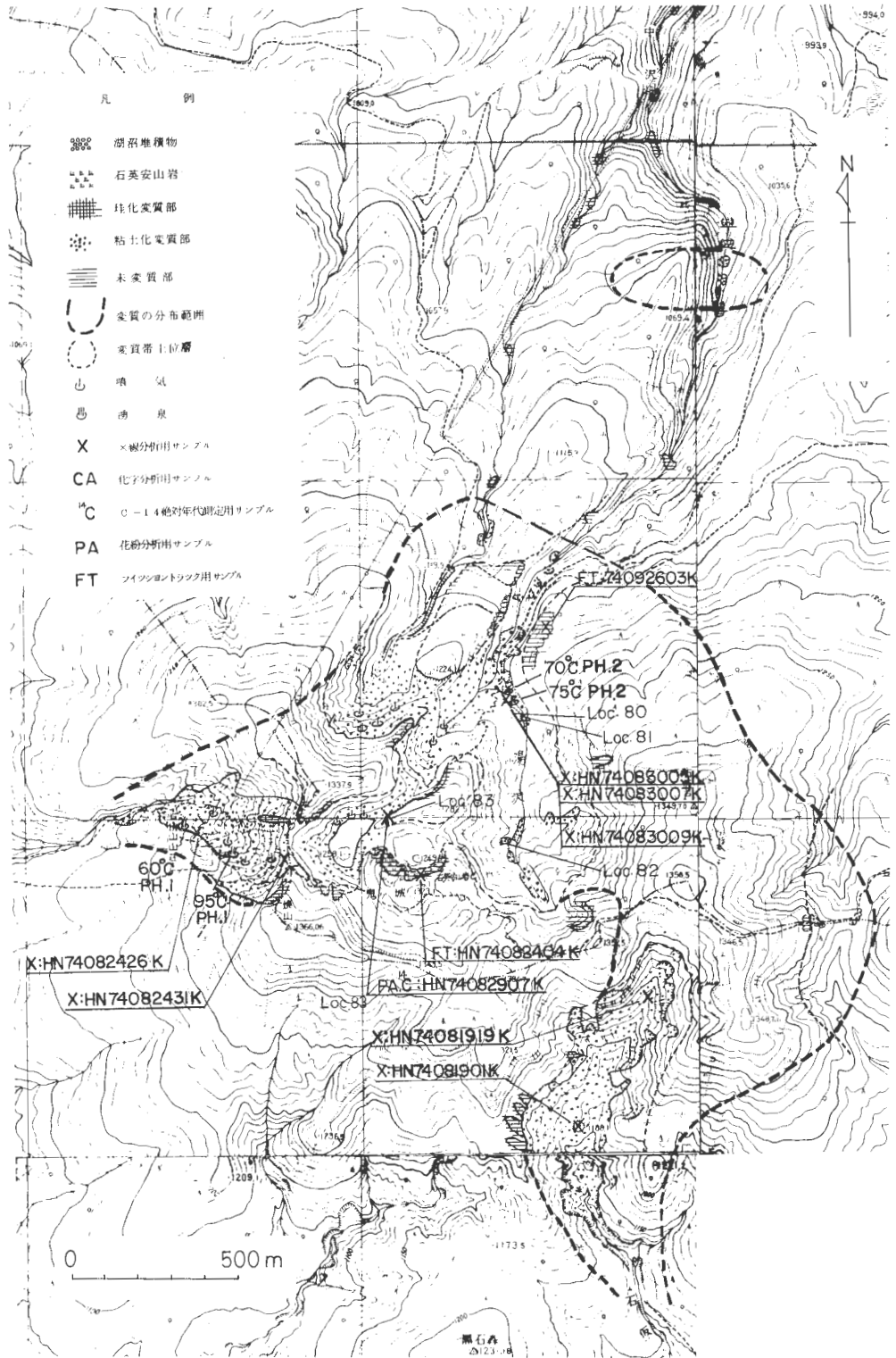


第4図 後生掛地区大沼 (Loc. 44) の湖成層



第5図 第4系地質柱状図焼山地区湯の沢 (Loc. 82)

湖成層C: 最も新しい時期に堆積した小規模な湖成層で、焼山火口底、後生掛変質帯、蒸湯温泉付近、および大沼等にみられるグループである。これらの湖成層のうち、代表的なものの柱状を第2図、第3図、第4図に示した。湖成層は、変質帯と火山岩との時代関係や古気候



第6図 変質帯分布図焼山地区

を知るうえで重要なものである。

(3) 中沢上流の湯の沢には泥流堆積物が見られ、その中に鬼が城石英安山岩と同質の石英安山岩礫が多量に含まれている。したがって、この泥流堆積物は焼山火山活動の末期～以後に堆積した最も新しいものである。その地質柱状図を第5図に示した。

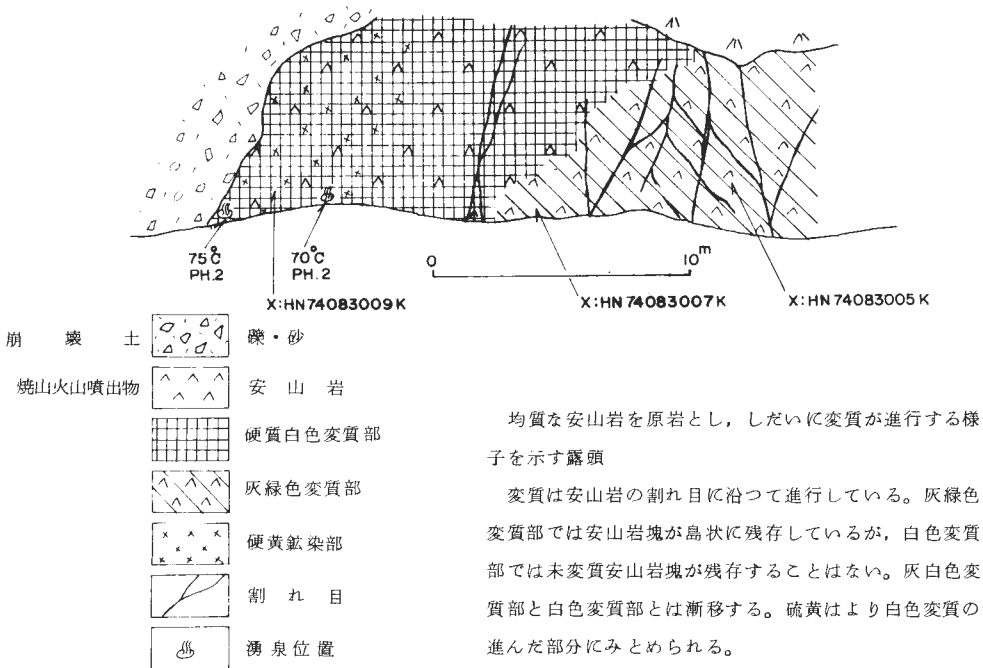
3.3 地質構造

空中写真解析では後生掛以北地域の東西系線構造、後生掛以南地域の東北東—西南西系の線構造、そして、澄川温泉西部地域の北東—南西の線構造が特徴的にみられるのに反して南北系の線構造は長沼付近のものを除いてまったくみられない。与良ほか(1973)によれば地表調査で熊沢川地区の先第四系中に、柳沢および赤川の東方を通る南北系の断層を観察し、大沼地域の物理探査で南北系、北東—南西系および北西—南東系の構造線を解析している。このような構造線は、後述の主要変質帯、噴気および温泉の分布と調和していることからみて、先第四系はもちろん第四系にも影響を与えているものと思われる。また、大沼付近の地表下1m地点の地温およびCO₂含有量を調査した結果も、澄川側は北西—南東、発電所付近は南北の構造と関連したパターンがみられる。

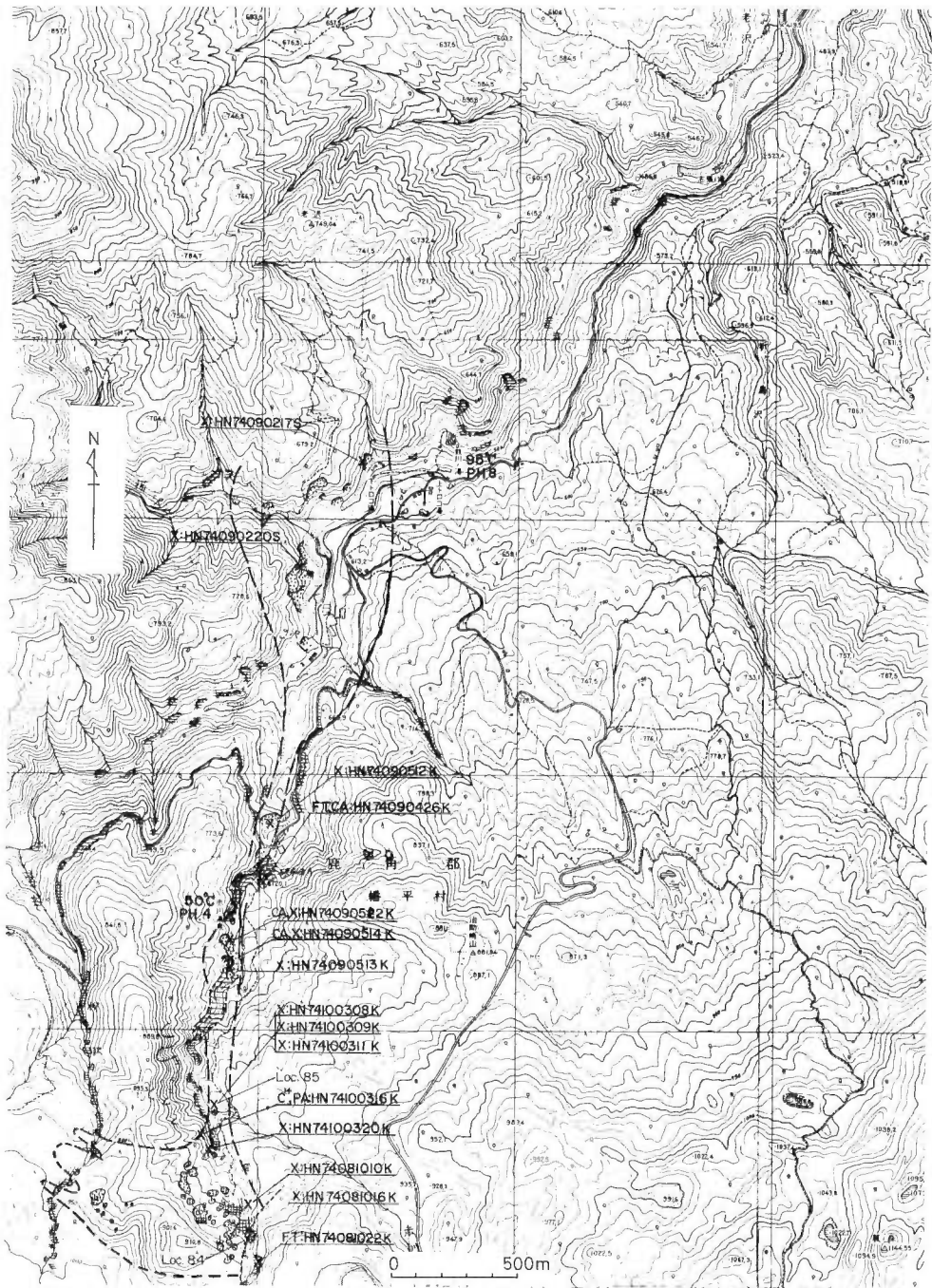
4. 変 質 帯

4.1 変質帯の分布および変質の状況

調査地域内にみられる変質帯は焼山変質帯、後生掛変質帯、蒸湯変質帯と東西に並び、噴気孔や温泉のみられる変質帯は銭川—大沼—後生掛—新山沢下流の変質帯—湯田又川下流の変質帯および志張—蒸湯—新山沢上流の変質帯—B沢上流の変質帯と南北に並んでいる。また、北西—南東に並ぶものに柳沢変質帯—澄川変質帯—大沼変質帯—蒸湯変質帯がみられる。変質の種類は比較的単純で、次に述べる基準により(1)珪化変質、(2)硬質白色変質、(3)白色変質、(4)灰緑変質に大別できる。



第7図 変質帯模式露頭焼山地区湯の沢 (Loc. 80)



第 8 図 変質帯分布図澄川・赤川・熊沢地区（凡例は第 6 図に同じ）

珪化変質：緻密堅固で灰色～帯褐灰色を呈し、貝殻状断口を示す岩石が多い。

硬質白色変質：白色～明灰色を呈し、やや硬くて、粉碎した場合白色変質した岩石よりザラザラした感触を与える。

白色変質：軟質～粘土質で白色～明灰色を呈し、粉碎した場合、スベスベした感触を与える。しかし、微粒の黄鉄鉱を含むものは帯青灰色を呈し、ややザラザラした感触を与える。

灰緑色変質：灰緑色の軟質～粘土質なもの

以下に各地区ごとの変質帯の状況を述べる。

4.1.1 焼山地区

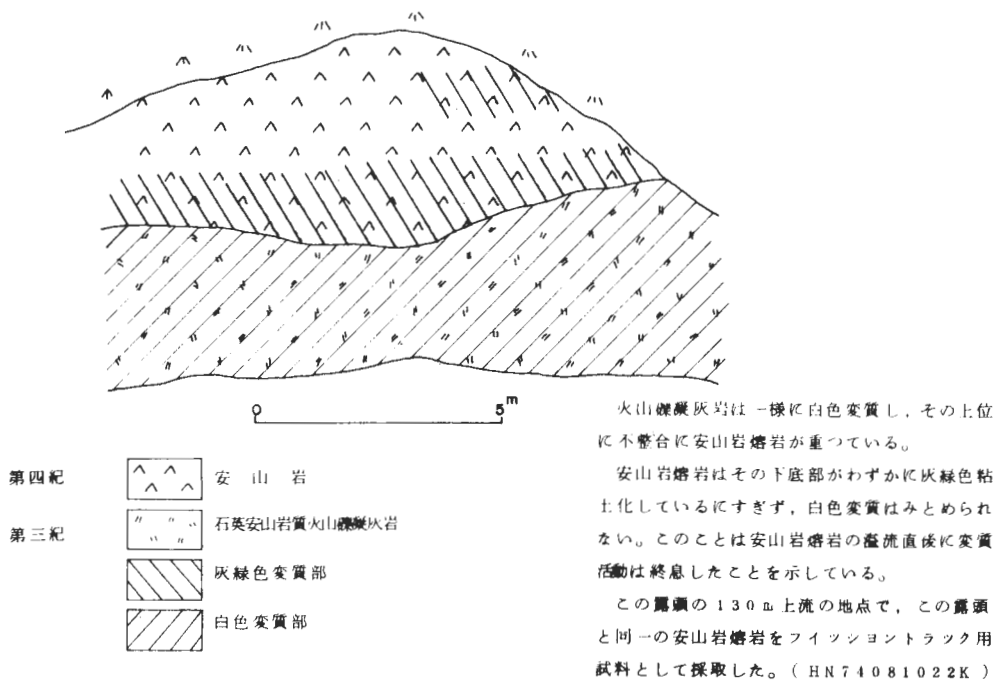
この地区の変質帯の分布は第6図に示した。

焼山山頂付近の変質露頭（第7図）では全般的にみて硬質白色変質が主体で、周縁部ではわずかに灰緑色となっている。中沢中流にみられる変質帯は規模が小さくかつ露出も少ないので変質帯の伸長方向や形態を明らかにすることはできなかった。

4.1.2 澄川・赤川・熊沢地区

この地区の変質帯の分布は第8図に示した。

澄川地区では、変質帯が崩積土に覆われているが、この崩積土も白色変質を受けている崩積土を除くと、一般に硬質白色変質が優勢で、わずかに澄川温泉の上流130m付近と下流150m付近に珪化変質部がみられる。この上流の珪化変質部は、ほぼ南北に伸長しているが、下流の珪化変質部は地すべりの影響を受けているので伸長方向を確認できなかった。また、澄川温泉南東の崖にみられる変質は安山岩溶岩下部の節理に沿って、わずかに灰緑色変質をしている程度で、安山岩の上部は全く変質をこうむっていない（第9図）。中沢と赤川の間にもみられる柳沢地区では幅数cm～数mの脈状の北西に伸びた硬質白色変質帯がみられる。また、この柳沢変質帯は澄川温泉付近にみられる変質帯の北西延長上に位置して



第9図 変質帯模式露頭澄川地区澄川温泉付近 (Loc. 84)

いる。

赤川温泉の変質帯は赤川沿いにみられるのみで伸長方向は明らかでないが白色変質が卓越し硬質白色変質はほとんどみられない。また赤川温泉の上流にみられる変質帯は白色変質をしているが、伸長方向は確認されなかった。

赤川と澄川の合流点付近にみられる変質は段丘堆積物下位の第三系が変質しているもので、珪化変質、白色変質、灰緑色変質の関係が良く観察される(第10図)。

4.1.3 後生掛・蒸湯地区

後生掛変質帯は澄川の上流から、湯田又川の上流にまたがる大規模な変質帯で南北800m、東西500mの広がりをもっている(第11図)。

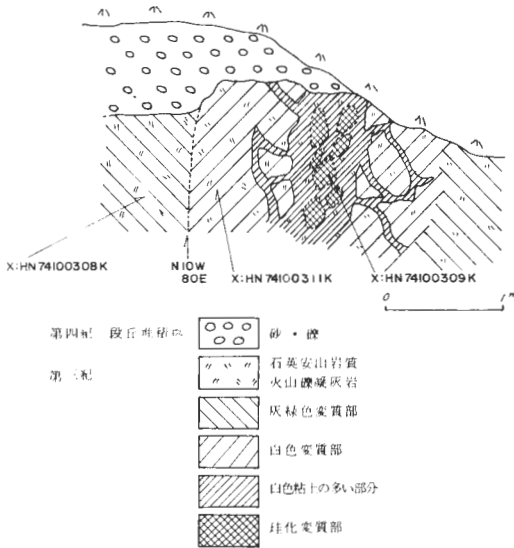
この変質帯についてはルートマッピングを行い詳細に調査を行った(第12図)。この変質帯は蒸湯溶岩(焼山火山群)の下部にみられる火山角礫岩を母岩としており、珪化変質(石英の細脈を伴っている)、硬質白色変質、強白色変質および弱白色変質に分類される。しかし、この変質帯の80%は白色変質で占められている。また、この変質帯の累帯配列からみて、多数の単元の変質帯が集合して、大規模な変質帯を形成しているものである。

全般的にみると、硬質白色変質部の形状や分布、噴気孔の分布や泥火山の形態、沈殿黄鉄鉱の分布に南北方向および東西方向に伸長する傾向がみられる。

珪化変質部は“おなめ・もとも”の標示点の淡黄色珪化岩(Loc. 63)、りんどう茶屋の南北西80m付近の灰白色脈状(幅0.5~2.0m)珪化岩、大湯沼の東側の白色脈状(幅0.5~2.0m)の珪化岩(Loc. 28)、大湯沼から泥火山に至る遊歩道と湯田又川の会合する付近の淡黄色珪化岩(Loc. 77)で、いずれもN10°~30°Eの方向に伸長しているが連続性に乏しい。

硬質白色変質の代表的なものはLoc. 33でみられ(第13図)、白色変質と珪化変質の間の変質状態を示し、帯桃白色~帯桃黄灰色を呈し、一般に粗鬆で、ハンマで圧すると容易に割れるものが多い。

白色変質を、原岩の構造が簡単に識別出来るものを弱白色変質、原岩の構造を識別し難いものを強白色変質に大別すると後生掛変質帯の累帯状況は、変質作用の中心部が強白色変質帯、その外側は弱白色変質帯または硬質白色変質帯、さらに外側は珪化帯を形成する傾向がみられる。白色変質の好例を示す



灰緑色変質部と白色変質部とはここでは明瞭な境をもつて接している

珪化変質部とその周辺は特に白色変質が強く、その周辺に白色の微細脈がみられる。

珪化部の形態は評らかでないが脈状珪化岩が角礫化しているかに観察される。

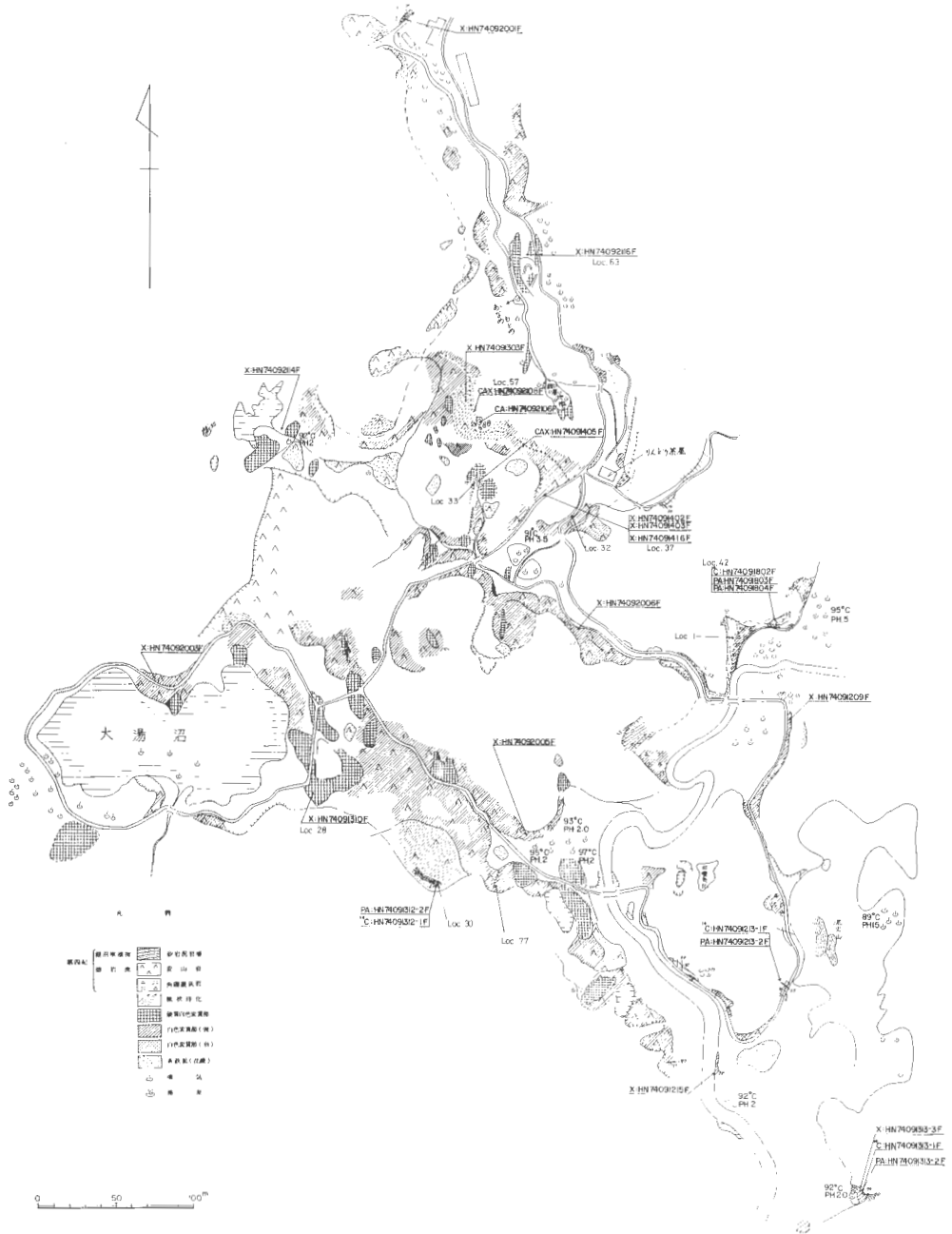
変質部の上位には不整合に段丘堆積物が重なっている。この地点では炭化木片は存在していないが、この地点より約200m 赤川沿いにさかのぼった地点に同一と考えられる段丘堆積物があり、そこで14用試料を採取した(図11 HN74100311B, 17)。

またここでは変質は段丘堆積物にまで及んでいない。

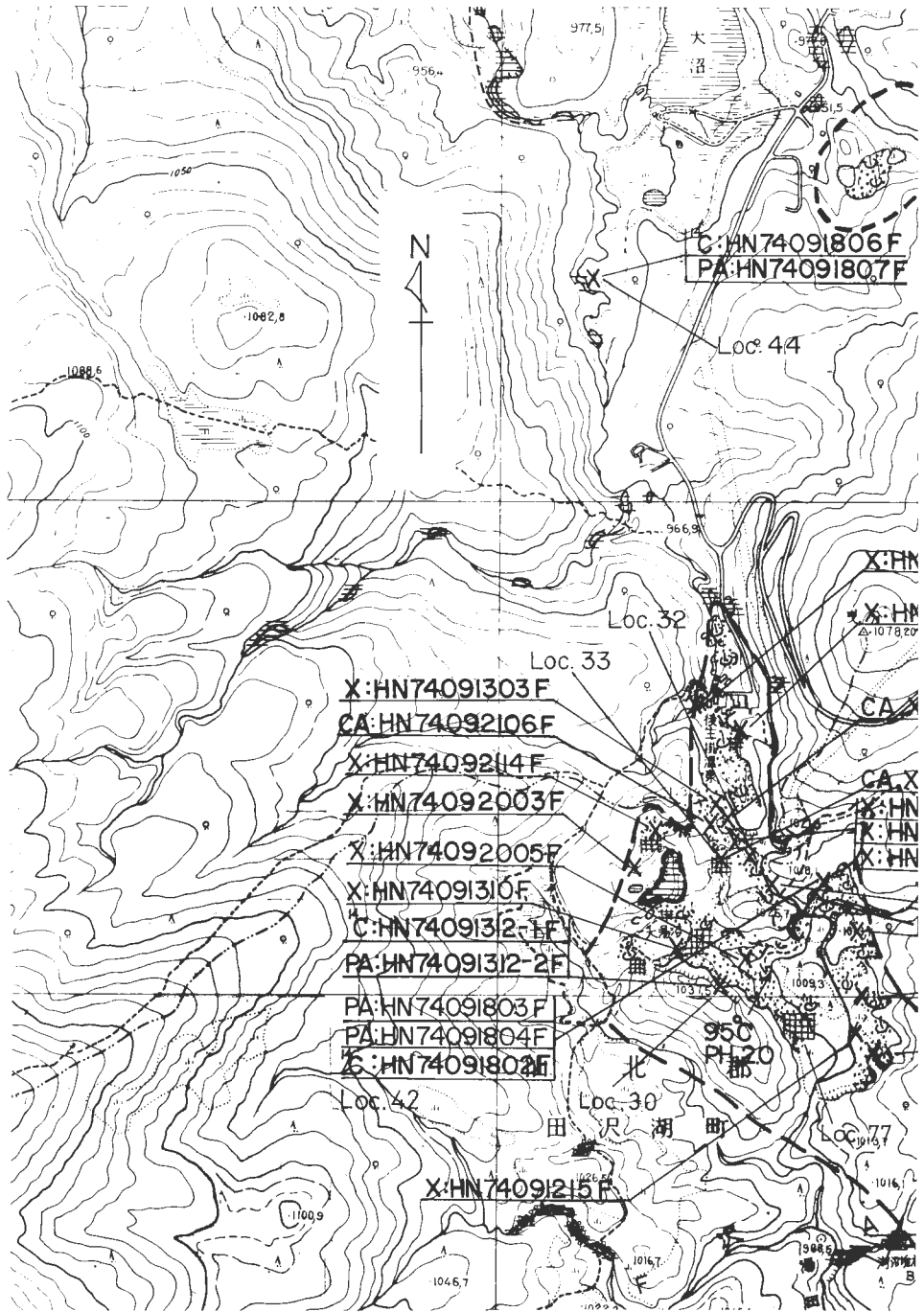
第10図 変質帯模式露頭澄川地区澄川温泉北 (Loc. 85)

と第14図のように火山礫凝灰岩はマトリックスから白色変質し、礫は割目および外殻から白色変質をしている。

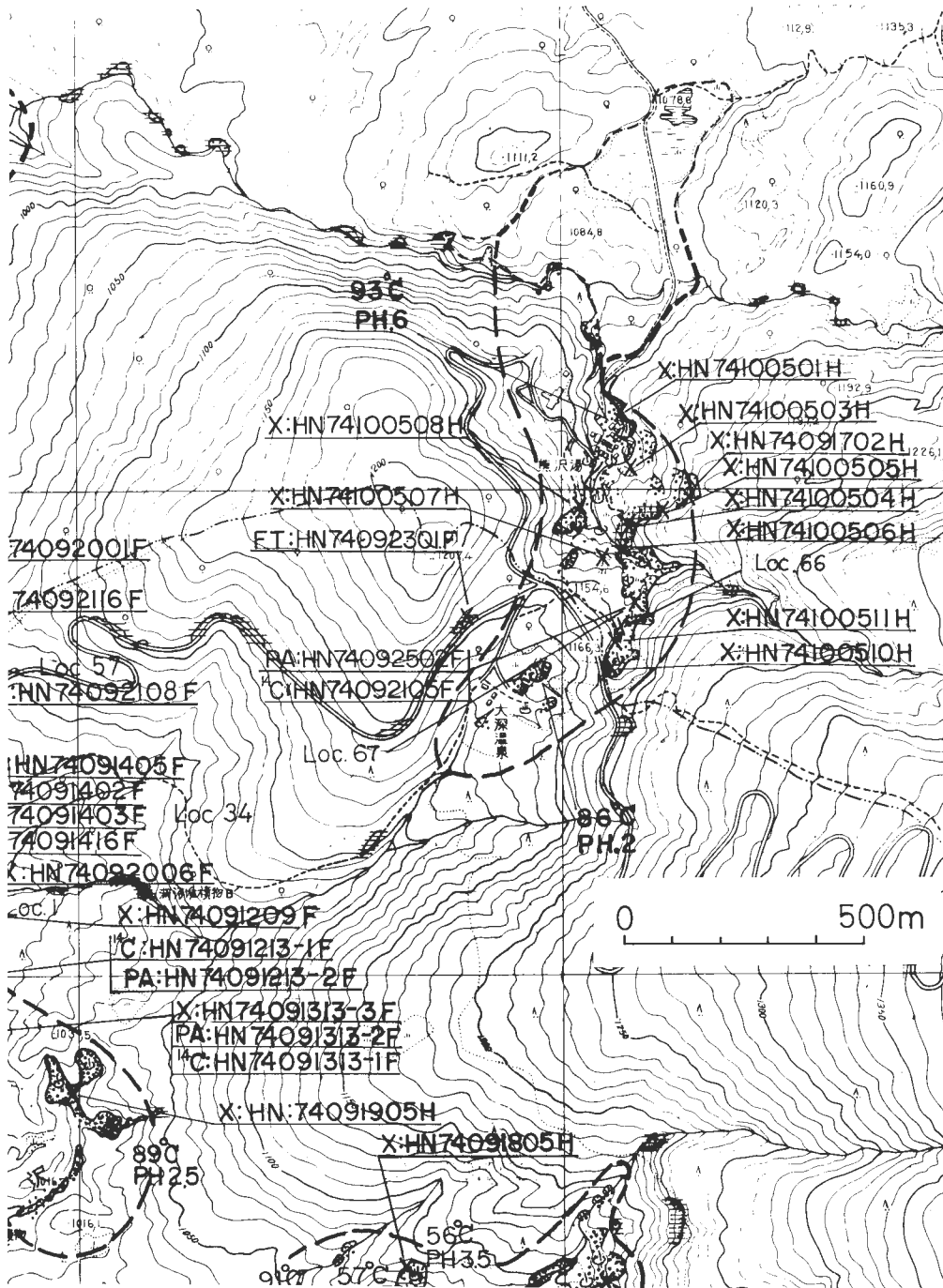
蒸湯変質帯は主要部が最近の地氈りで崩積土に埋まっているため、詳細は不明であるが変質の種類は後生掛に似て白色変質が主である。



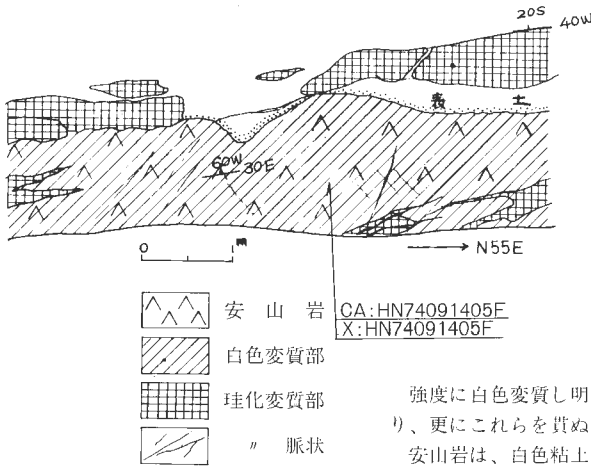
第12図 変質帯分布詳図後生掛付近



第11図 変質帯分布図後生掛・蒸

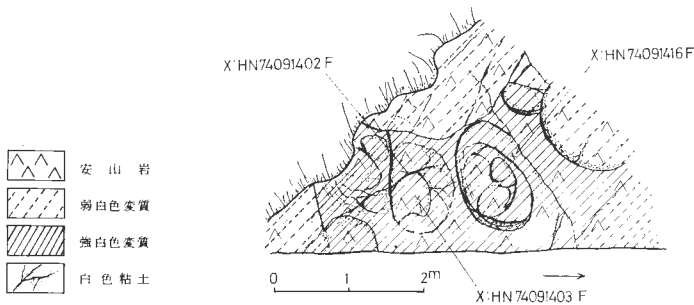


の湯地区 (凡例は第6図に同じ)



強度に白色変質し明 石化した安山岩を貫ぬいて珪化岩が2枚あり、更にこれらを貫ぬいて石英の細脈が数条認められる。
 安山岩は、白色粘土化し斜長石の斑晶が少量散在し、全体としては淡黄色を呈する。弱い黄鉄鉱化作用を受けているが、珪化作用は認められない。この岩石は、十字架のある山頂に露出し、この付近を構成すると考えられる安山岩が強度の白色変質を被ったものとみられる。

第13図 変質帯模式露頭後生掛地区りんどう茶屋付近 (Loc. 33)



第14図 変質帯模式露頭後生掛地区りんどう茶屋付近 (Loc. 34)

4.1.4 後生掛以南地区

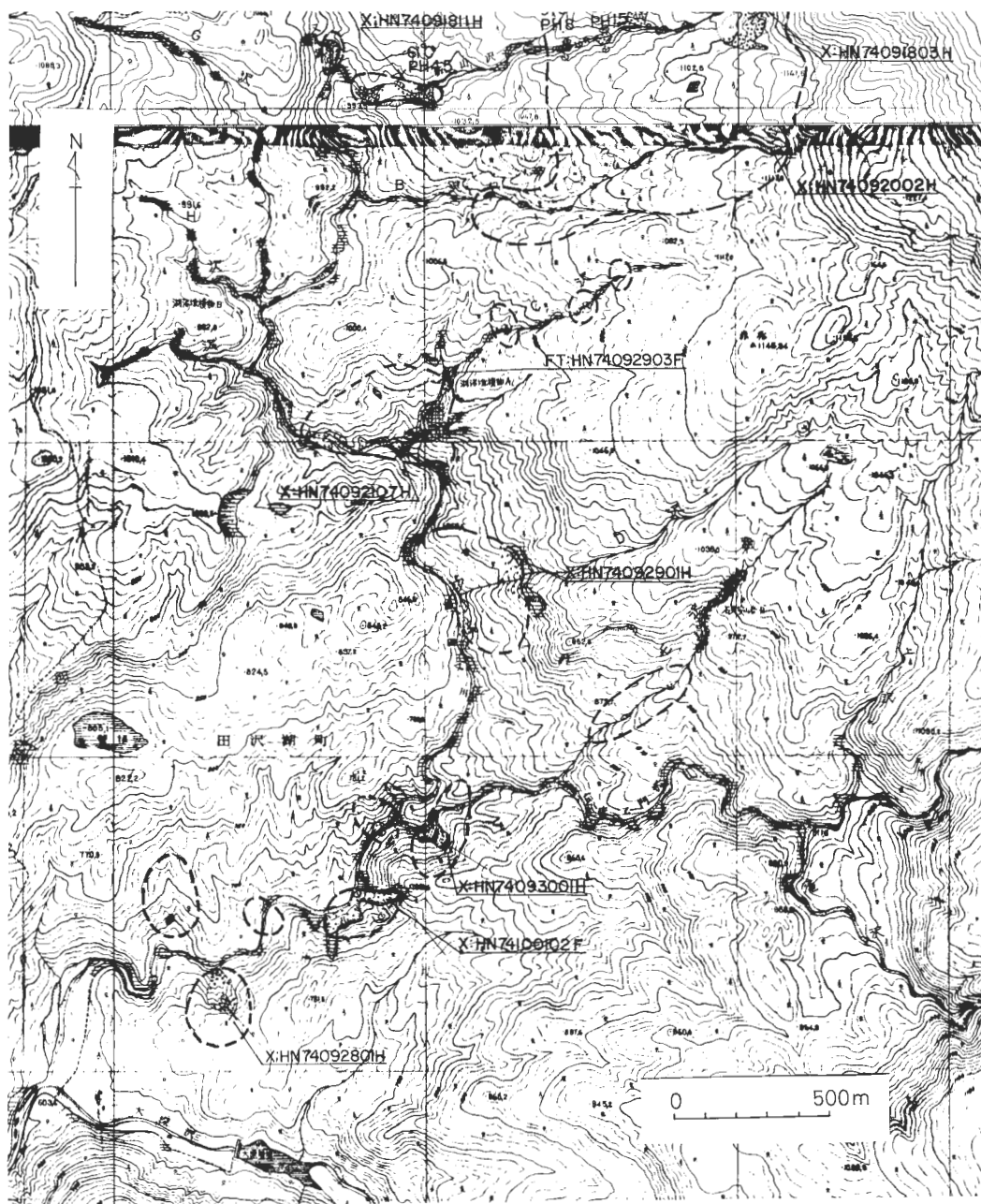
当地区の変質は第15図に見られるように沢沿いに点々と分布している。

湯田又川上流後生掛一大深温泉間では噴気および湧泉を伴う変質帯が、大深温泉の北側斜面にみられる。帯黄灰白色～帯桃白色の白色変質帯で、変質帯の不規則な割れ目に沿って褐鉄鉱を生じているところもある。また、湯田又川支流A沢上流には噴気孔が多く存在し、一部青灰色の部分を残す白色変質帯がみられる。噴気孔の付近では安山岩の細い割れ目に沿って昇華硫黄を生成し、場所によって帯桃白色の粘土細脈がみられる。中流付近も、比較的小規模な同様の変質帯がみられる。

新山沢上流では、噴気口付近は帯黄色の硬質白色変質～白色変質をしているが、噴気口を離れるに従って青灰色～帯黄白色になる。

B沢にも小規模な変質帯が沢沿いに点在し、多くの噴気や、小規模な泥火山もみられる。一般に青灰色～クリーム白色の白色変質帯を形成している。

C, D 沢では一般に黄白色～青灰色の白色変質帯が主体をなし、時に網状の石英-黄鉄鉱-粘土脈(幅数 cm)がみられる。



第15図 変質帯分布図後生掛以南地区 (凡例は第6図に同じ)

第3表 大沼地熱地域の粉末X線回折による変質鉱物一覧表

分 析 番 号	試 料 番 号	採 取 地 点	シリカ鉱物				粘土鉱物			沸石		硫酸 塩 鉱 物	酸化・ 鉄 ・ 錳 ・ 銅 ・ ニッケル ・ マンガン ・ コバルト ・ ニオブ ・ タングステン ・ モリブデン ・ セレン ・ カドミウム ・ ハロゲン			炭酸 塩 鉱 物
			Q	Op	Cr(β)	Tr	Mt	Ser	K	Hall	St	Lm	Al	Ht	Py	Mc
			石英	蛋白石	クリスト	リンスケ	モンモリロ	セロ	カハ	東濁	明	赤黄白	方			
1	HN74083005	焼山湯の沢	○	○	○											
2	HN74083007	〃	○	○	○		○									
3	HN74083009	〃	○	○	○											
4	HN74081901	石仮戸沢上流	○													
5	HN74081919	〃	○	○	○											
6	HN74082426	叫沢上流	○	○	○											
7	HN74082431	見返り峠	○	○	○											
8	HN74100308	赤川澄川分岐	○						○							
9	HN74100311	〃	○						○							
10	HN74100309	〃	○				○	○					○			
11	HN74081016	澄川上流砂防ダム	○									○				
12	HN74081010	澄川温泉上流	○					○	○				○			○
13	HN740905A	赤川温泉上流	○					○								
14	HN740905B	〃	○						○							
15	HN740905C	〃	○						○							○
16	HN74090512	玉川県道下流	○							○	○					
17	HN74100320	澄川温泉下流	○													
18	HN74090217 S	熊沢と猫沢分岐点付近	○	○												
19	HN74090220 S	〃	○													
20	HN74091209 F	後生掛泥火山の130m北方	○		○				○					○	○	
21	HN74091215 F	後生掛泥火山の100m南方	○		○				○							
22	HN74091303 F	後生掛紺屋地獄の50m西方	○		○				○							
23	HN74091416 F	後生掛茶店の40m西方	○		○				○			○				
24	HN74091313-3 F	後生掛泥火山の200m南方	○						○							
25	HN74091310 F	後生掛大湯沼南東	○	○	○	○										
26	HN74091405 F	後生掛茶店の120m西方	○	○	○	○										
27	HN74091402 F	後生掛茶店の40m西方	○	○					○	○		○				
28	HN74091403 F	〃	○													
29	HN74092114 F	後生掛茶店の200m西方	○	○												
30	HN74092001 F	後生掛宿舎近付	○		○				○	○			○			

第3表 (つづき)

分 析 番 号	試 料 番 号	採 取 地 点	シリカ鉱物			粘土鉱物			沸石		硫酸 物	酸化・硫 物			炭酸 物	
			Q	Op	Cr	Mt	Ser	K	Hall	St	Lm	Al	Ht	Py	Mc	Ca
			石 英	α-ク リ ス ト パ ラ イ ト	β-ク リ ス ト パ ラ イ ト	ト リ デ イ マ イ ト	ナ オ リ ソ イ ト	リ ソ イ ト	ハ ル リ ソ イ ト	石 綿	沸 石	沸 石	石	鉍 鉄	鉍 鉄	鉍 鉄
31	HN74092003 F	後生掛大湯沼北縁		○										○		
32	HN74092005 F	"	○	○							○					
33	HN74092006 F	後生掛茶店の100m南方		○										○	○	
34	HN74092109 F	"		○												
35	HN74092116 F	後生掛おなめの30m北方	○	○	○						○					
36	HN74100505 H	蒸の湯神社南方	○											○		
37	HN74100504 H	"	○													
38	HN74100511 H	蒸の湯有料道路下	○		○									○		
39	HN74100501 H	蒸の湯旧湯治場北部	○								○			○		
40	HN74100508 H	蒸の湯変質帯西縁	○		○											
41	HN74100506 H	蒸の湯変質帯中央部	○											○		
42	HN74100510 H	蒸の湯南部有料道路下	○	○										○		
43	HN74100507 H	蒸の湯変質帯中央部	○					○						○		
44	HN74091702 H	蒸の湯変質帯東縁湯田又川 の下流	○	○										○		
45	HN74100102 F	伝左エ門沢との分岐点付近	○								○					
46	HN74092801 H	湯田又川の下流 大深ダムの北方500m	○											○		
47	HN74092107 H	湯田又川のC沢分岐点付近	○											○		
48	HN74092002 H	湯田又川支流B沢上流	○		○											
49	HN74092901 H	湯田又川支流D沢下流	○	○							○					
50	HN74093001 H	伝左エ門沢下流	○											○		
51	HN74091811 H	新山沢下流	○											○		
52	HN74091803 H	新山沢上流	○		○							○				
53	HN74091905 H	湯田又川支流A沢上流							○	○				○		
54	HN74091805 H	新山沢上流	○						○	○					○	

4.2 変質鉱物の分布

採取した試料は、X線回折により変質鉱物の同定を行った。その結果を第3表に示した。

これによれば、焼山地区と後生掛地区はα-クリストパライト、β-クリストパライト、トリディマイトが特徴的で、後生掛地区では明ばん石が最も多く検出されている。また、カオリンは後生掛地区で普遍的なのに焼山地区ではわずかに1試料にしか検出されなかった。

蒸湯地区および澄川地区のものはα-クリストパライト、トリディマイトの検出されるものが少なく、石英を含むものが多い。特に澄川地区ではα-クリストパライト、トリディマイトが検出されていない。また非晶質シリカは焼山地区と後生掛地区にみられるが、焼山地区の石坂戸沢上流、焼山の湯沼付近のものにはみられない。

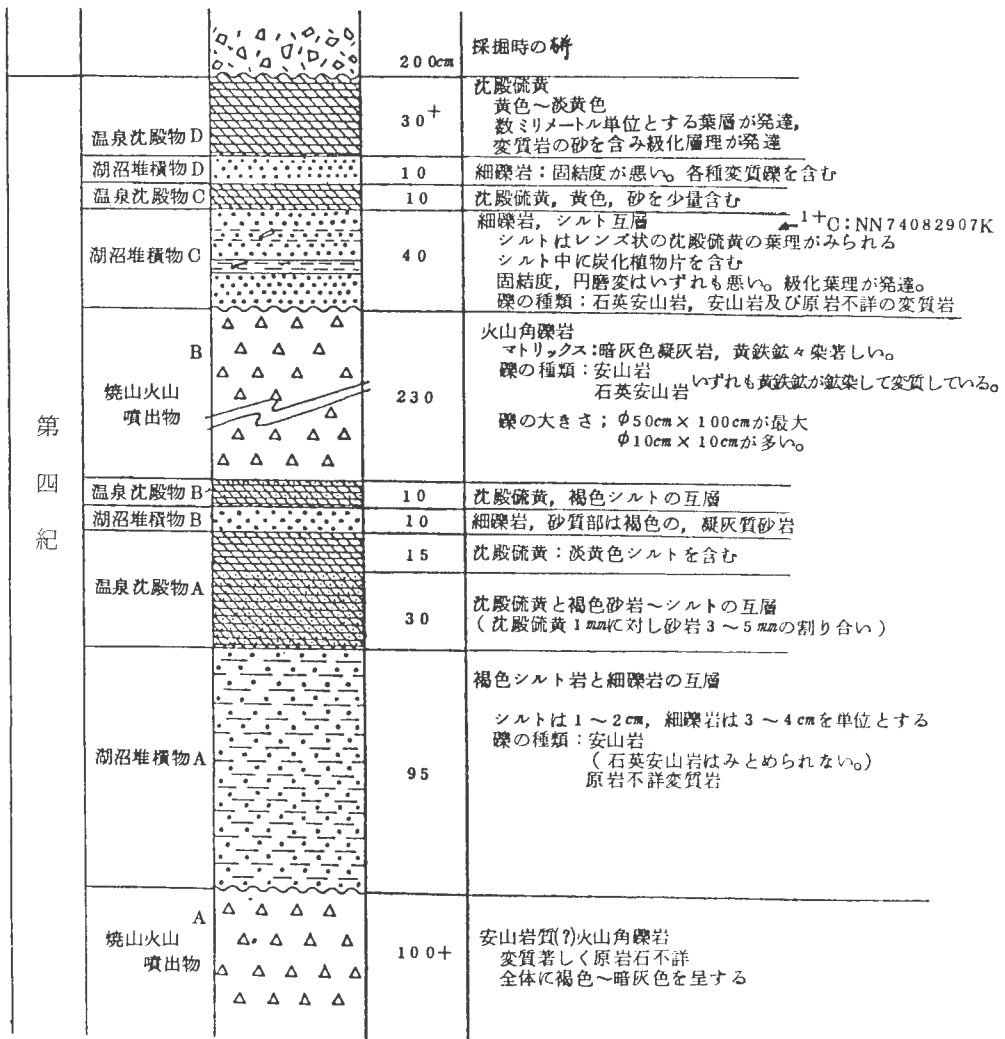
また、セリサイトは、澄川上流の石英安山岩質火山礫凝灰岩を原岩とする試料にのみみられる。
沸石類の産出も少なく、赤川温泉北側で濁沸石・東沸石が、湯田又川の支流で東沸石がみられるのみである。

5. 温泉沈殿物

調査地域でみられる温泉沈殿物は湯沼などで現在も沈殿を続けている沈殿硫黄、泥火山付近にみられる微粒黄鉄鉱および河床堆積物を膠結交代した褐鉄鉱々層がある。

5.1 焼山地区

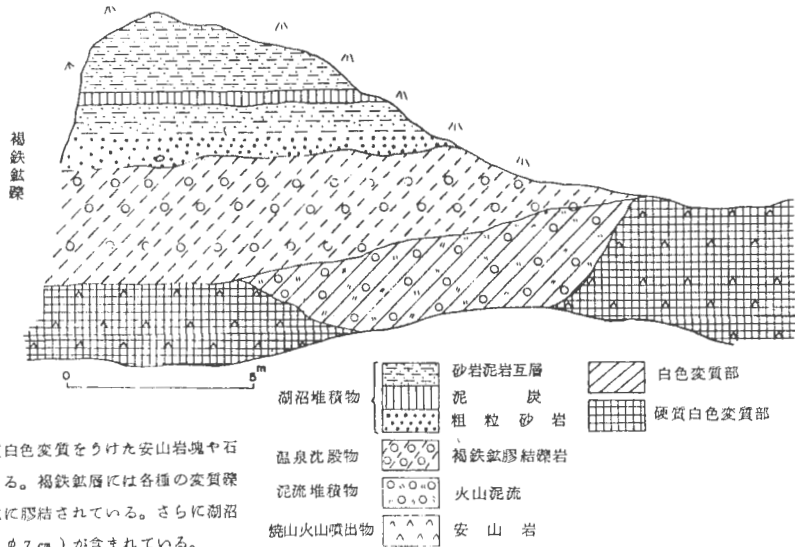
沈殿硫黄は焼山火口底湯沼、叫沢上流および石仮戸沢上流にみられるが、湯沼の沼底に、現在も沈殿している硫黄および、焼山の火口底で稼行された宮川硫黄鉱床跡の沈殿鉄床を除いては顕著なものはない。



第16図 温泉沈殿物柱状図焼山地区焼山湯沼付近 (Loc. 83)

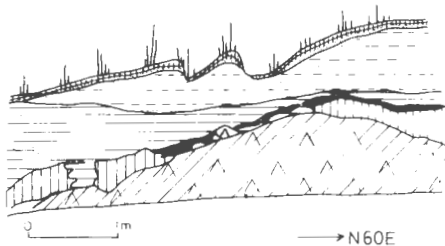
い。焼山火口の湯沼の東方の旧硫黄鉱床採掘跡にみられる沈殿硫黄の柱状図を第16図に示した。ここでは4層の沈殿硫黄がみられる。最下位の(A)層は、硫黄よりもシルトや砂の量が多く、厚さ1mmの硫黄と厚さ3~5mmの砂が互層している。上位層程沈殿硫黄の量が増加し、最上位の(D)層では厚さ1mm程の砂、シルトと厚さ数mm~1cm底沈殿硫黄が互層している。さらに(D)層の上にも硫黄の沈殿物が存在していたようであるが、昔採掘したズリが覆っているため詳細は不明である。

褐鉄鉱層は、中沢、湯の沢、小屋の沢の沢沿いに点在している。いずれも旧河床礫を褐鉄鉱が膠結しているもので、規模が小さく、それ等の内最大規模のものでも最大層厚1.5m位に過ぎない。このうち、湯の沢 (Loc. 81) の褐鉄鉱鉱床を第17図に示した。ここでは変質作用のおよんでいる範囲、温泉沈殿物そして焼山火山の溶岩の関係がよくみられる。調査地域で最大の褐鉄鉱層は中沢下流にみられる常盤鉱床であったが、完全に採掘つくしてしまっているため記載できるような露頭はみられない。



火山泥流には下位の硬質白色変質をうけ九安山岩塊や石英安山岩塊が含まれている。褐鉄鉱層には各種の変質礫が含まれそれから褐鉄鉱に膠結されている。さらに湖沼堆積物中には褐鉄鉱塊(φ7cm)が含まれている。

第17図 変質帯および温泉沈殿物の層序関係を示す模式露頭焼山地区湯の沢 (Loc. 81)



遊歩道のカッティングで褐鉄鉱層と湖成層が安山岩を不整合に覆っているのがみられる。

安山岩は白色粘土化変質が激しく、礫晶として含まれる斜長石も完全に粘土化している。褐鉄鉱は厚さが5~30cmあり、その大部分は泥岩が膠結したもので、僅く少量の中礫が含まれている。湖成層は上下2層があり、下位層は灰色泥岩、上位層は白色変質した安山岩の垂直細礫を層状に含むシルトから成っている。

変質作用は安山岩のみに限られている

第18図 変質帯および温泉沈殿物の層序関係を示す模式露頭後生掛地区りんどう茶屋付近 (Loc. 32)

5.2 後生掛・蒸湯地区

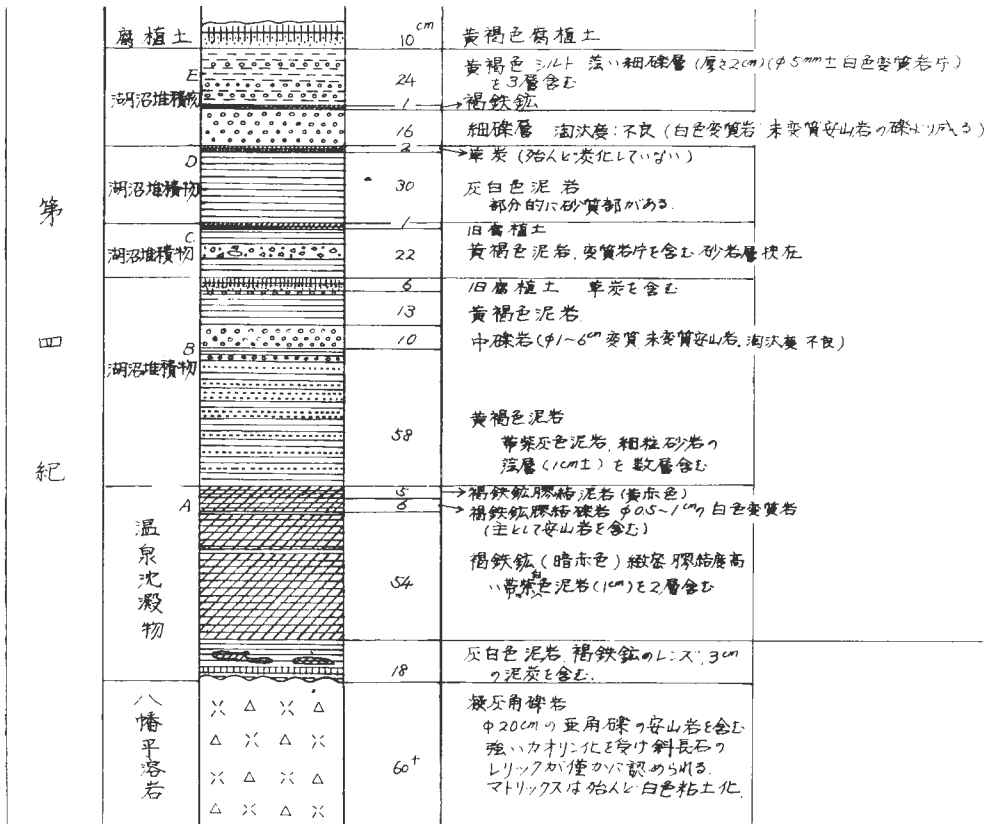
褐鉄鉱の鉱層は後生掛地区と蒸湯地区に1個所づつみられ、黄鉄鉱の沈殿は後生掛変質帯の各所にみられるが小規模なものである。

後生掛地区の褐鉄鉱はりんどう茶屋付近の遊歩道のカッテングで観察され、第18図に示すとおりである。ここでは褐鉄鉱々層は湖成層と下位の安山岩の境界に胚胎し、褐鉄鉱々層の上部5~30cm程度は硬質の暗赤褐色の褐鉄鉱を主とするものであるが、鉄層下部の大半は黄褐色の軟質土である。水平的には約7m程度追跡できる。

蒸湯地区の褐鉄鉱は蒸の湯でみられ、湖成層の最下部を形成している。この褐鉄鉱は赤褐色を呈し、第19図の柱状図に示すように主として安山岩礫を膠結している。また鉱層の厚さは10~30cm位で、岩相変化が著しく、水平に約10mしか追跡できない。黄鉄鉱の沈殿は現在および最近まで活動していたと思われる噴気口に関係深いように思われ、噴気口の周辺に噴出した泥と共に薄く広がっているが、量的にも少く、かつ沈殿範囲も狭い。また泥火山のように1mの高さまで黄緑黒色~暗青緑色の微粒黄鉄鉱を泥と共に沈積しているものもみられる。

5.3 後生掛以南地区

本地区では、湯田又川支流のA沢の湖成層の層理面に沿って厚さ0.5cm以下の薄い褐鉄鉱々層がみられるのみである。



第19図 温泉沈殿物柱状図蒸の湯地区蒸の湯 (Loc. 66)

6. 放射年代測定試料採取および測定結果

調査地域にみられる露出は、沢沿いに偏在し、かつ変質を強く受けているものが多いため、火山岩相互の層序的關係を観察できる露出は極めて少ない。また変質帯の形成時期を知るために利用される湖成層は、一般に規模が小さく、連続性に乏しいので湖成層相互の対比にも年代測定が必要である。特に、地熱微候と変質帯、温泉沈殿物の關係を追求するのに、年代測定は欠かせない手段である。

今回の調査で ^{14}C 測年用資料 8 個、フィッシュン・トラック測年用試料 3 個を採取した。以下に試料採取地点の簡単な記載と測定意義を述べる。

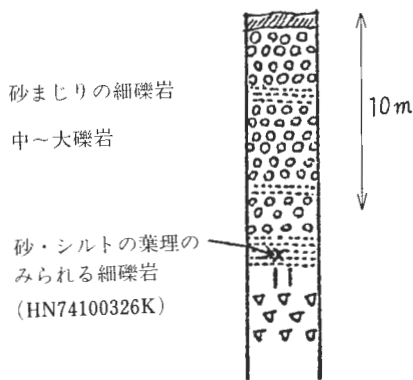
6.1 ^{14}C 測年用試料

HN74082907K：焼山湯沼北部の温泉沈殿物と互層する湖成層の中間に、焼山円頂丘を構成する石英安山岩の礫を含む火山角礫岩（層厚 2.3m）を挟んでいる。この上位湖成層の温泉沈殿物下底の堆積岩から採集した（第16図参照）。年代測定により温泉沈殿物の堆積年代と円頂丘の形成年代を推定できる。

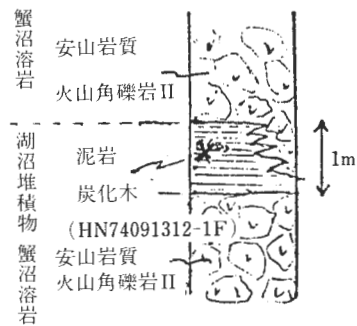
HN74100316K：澄川温泉北方（下流）約200m付近の南西に流れる小沢にみられる段丘堆積物から採取した（第20図-1）。

この段丘は付近に発達する北西—南東に配列する白色変質帯の変質礫を多く含んでいる。段丘堆積物と付近に分布する地層との模式的な關係を第21図に示した。したがって、この年代測定に

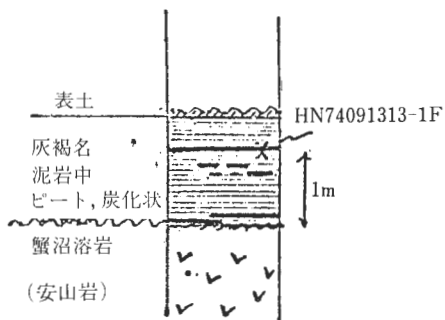
(1) 澄川温泉



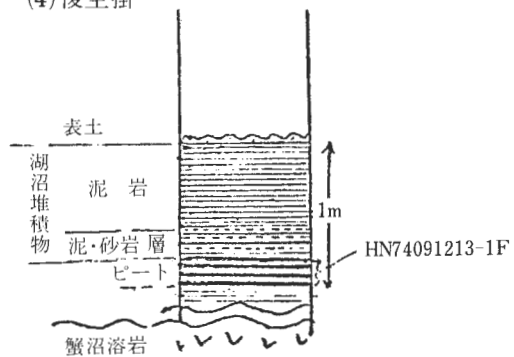
(2) 後生掛



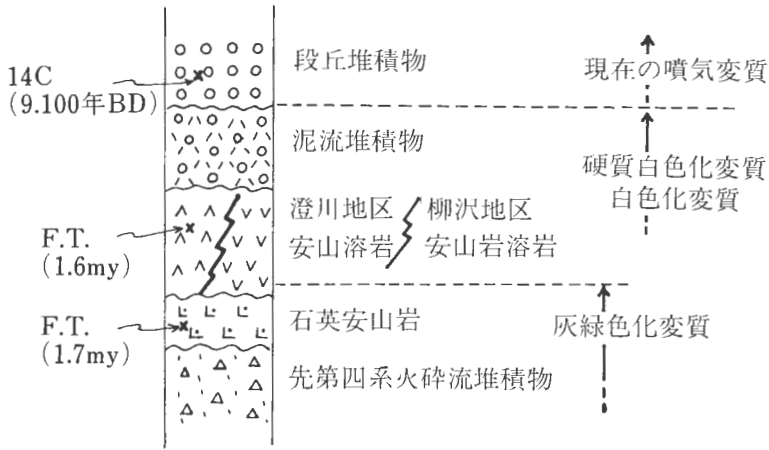
(3) 後生掛



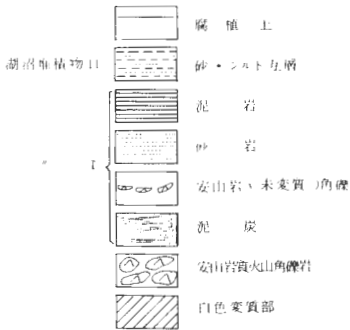
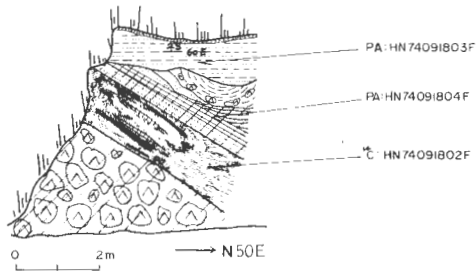
(4) 後生掛



第20図 ^{14}C 測年用試料採取地点の柱状図



第21図 変質帯と第四系の関係を示す模式図(澄川・赤川地区)



安山岩質火山角礫岩を湖沼堆積物1・2が不整合に覆っている。上位の湖沼堆積物1は、下位より泥炭の厚さ120cm、砂岩30cm、泥岩の各層から成り、泥岩層の上部にはスラック現象がみられる。上位の湖沼堆積物1は砂、シルトの互層で構成され、固結度は低い。露出する地点で1の厚さは10m以上あり、ここでは1がかなり削利された後に2が堆積したと考えられる。

第22図 後生掛地区大湯沼東 (Loc. 42) の ¹⁴C 測年用試料採取地点の模式露頭記載

より変質作用の継続年代を知ることができる。

HN74091312-1F：後生掛変質帯の2枚の安山岩質角礫岩中の湖成層から採取した(第20図-2)。変質作用は火山角礫岩、湖成層とも受けている。この年代測定により、後生掛変質帯の変質作用の行なわれた時期を推定することができる。

HN74092105F：蒸湯の火山角礫岩を覆う湖成層中の炭化木片を採取した。変質作用は火山角礫岩にまでおよんでいるが、湖成層には全くおよんでいない(第3図参照)。年代測定により、変質作用の時期が推定される。

HN74091806F：澄川に沿う大沼の湖成層で、固結度の低い泥岩砂岩の互層の中間部から採取した(第4図参照)。年代測定により、大沼変質帯の形成開始の時期が推定できる。

HN74091802F：後生掛変質帯中にみられる湖成層から採取したもので、下位の火山角礫岩を不整合に覆っている(第22図)。変質作用はこの湖成層の最下底にみられる泥炭層の直上0.5m位までの

湖成層にもおよんでいる。年代測定により、本地区の変質作用の始まりの年代を推定することができる。また、本試料を採取した地層は傾斜していることから、地盤変動の年代も推定することができる。

HN74091313-1F：後生掛変質帯の湖成層に含まれる泥炭および炭化木片を採取した（第20図-3）。

白色変質作用を受けた安山岩を不整合に覆う湖成層で、この湖成層は下位底白色変質礫を含んでいるが、白色変質作用を全く受けていない。したがって、変質作用終了の時期が判明する。

HN74091213-1F：後生掛変質帯中にみられる最上位の湖成層中の泥炭を採集した（第20図-4）。下位の安山岩とこの湖成層が直接接する所はみられないが、恐らく安山岩（白色変質作用を受けている）を不整合に覆うものと思われる。またこの湖成層は後生掛変質帯中で最も固結度が低い。測年により湖成層形成の時期が判明する。

以上8個の測定結果を第4表に示した。

第4表 大沼地熱地域の¹⁴C年代

No.	Sample No.	Code No.	Formation	Sample	Age (years before 1950)
1	HN74082907K	GaK-5519	焼山湯沼	炭化木片	980 ± 100
2	HN74100316K	GaK-5517	澄川温泉	炭化木片	9,100 ± 200
3	HN74091312-1F	GaK-5513	後生掛	炭化木片	28,420 ± 1,750
4	HN74092105F	GaK-5515	蒸の湯	炭化木片	690 ± 80
5	HN74091806F	GaK-5516	大沼	木片	4,590 ± 145
6	HN74091802F	GaK-5518	後生掛	泥炭	>32,000
7	HN74091313-1F	GaK-5514	後生掛	ピートおよび炭化木	25,690 ± 1,140
8	HN74091213-1F	GaK-5512	後生掛	ピート	2,520 ± 75

（測定 学習院大学 木越邦彦）

年代の算出には¹⁴Cの半減期として5,570年（Libbyの値）を用いてある。

誤差はβ線計数値の標準偏差にもとづいて算出

1. 秋田県鹿角市焼山湯沼, 39°57'51"N, 140°45'50"E, 1974年8月29日, 窪田康宏採取。
2. 秋田県鹿角市澄川温泉, 39°59'11"N, 140°47'43"E, 1974年10月3日, 窪田康宏採取。
3. 岩手県仙北郡田沢町後生掛温泉, 39°57'52"N, 140°47'11"E, 1974年9月13日, 測本決採取。
4. 秋田県鹿角市蒸の湯温泉, 39°48'14"N, 140°49'20"E, 1974年9月21日, 測本決採取。
5. 秋田県鹿角市大沼, 39°48'38"N, 140°48'09"E, 1974年9月18日, 測本決採取。
6. 岩手県仙北郡田沢町後生掛温泉, 39°48'10"N, 140°48'19"E, 1974年9月18日, 測本決採取。
7. 岩手県仙北郡田沢町後生掛温泉, 39°57'49"N, 140°47'17"E, 1974年9月13日, 測本決採取。
8. 岩手県仙北郡田沢町後生掛温泉, 39°57'52"N, 140°47'15"E, 1974年9月12日, 測本決採取。

6.2 フィッシュン・トラック測年用試料

HN74092903F：湯田又川中流C沢にみられる白色変質帯を覆う安山岩溶岩を採取した。

火山角礫岩の上に、層厚0.3mの湖成層がみられ、その上位に安山岩質凝灰岩（層厚20cm）、さらに板状節理の発達した安山溶岩がみられる。この湖成層は薄い火山角礫岩を介し、変質礫を含んでいる。また火山角礫岩および湖成層は白色変質作用を受けている。したがって白色変質作用の末期に湖成層が堆積し、安山岩の噴出時期には終息していたものと思われる。この安山岩の測年をすることにより変質帯の形成時期が判定できる。

HN74081022K：澄川温泉より澄川沿いに300m上流地点で、変質帯を覆う安山岩溶岩を採取した。

安山岩溶岩は変質帯に接する下底部で灰緑化変質を受けているが、大半は全く変質していない。岩質は暗灰色～灰色で斜長石および輝石の斑晶のみられる緻密なものである。年代測定によりこの付近の変質作用の年代が推定でき、安山岩噴出の時期も判明する。

HN74090426K：赤川温泉底北東方約200mの市道のCuttingにみられる石英安山岩を採取した。この石英安山岩は赤川温泉付近では原岩の判定が至難な程白色変質作用を受けている。この

石英安山岩は松野ほか(1969)によると第四系の最下部層(治助崎下部溶岩)とされており、与良ほか(1973)によると第三系に扱われている。年代測定によりこの石英安山岩の噴出時代が決定される。

以上の試料の測定結果を第5表に示した。

第5表 大沼地熱地域のフィッション・トラック年代

番号	自発核分裂片 $\rho_s(\text{cm}^{-2})$	誘導核分裂片 $\rho_i(\text{cm}^{-2})$	中性子束 $\phi(\text{cm}^{-2})$	年代 T(m.y.)	備考
1	1.7×10^6	7.5×10^7	0.50×10^{15}	0.07	ジルコンを測定
2	3.9×10^6	7.5×10^6	0.50×10^{15}	1.60	〃
3	3.4×10^6	6.0×10^6	0.52×10^{15}	1.70	〃

- HN74092903 F 八幡平火山上部安山岩 (八幡平図幅, 河野・上村, 1964の八幡平溶岩)
- HN74081022K 焼山火山最下部安山岩溶岩 (〃 の澄川溶岩)
- HN74090426K 時代不明の石英安山岩 (〃 では中新世の熊沢川層)
 $\lambda f = 6.85 \times 10^{17} (\text{y}^{-1})$ を用いた。

7. 変質岩および原岩の化学組成

変質作用を受けた場合、その程度によって、どのような化学成分の変化が生ずるかを定量的に知るために化学分析が必要である。この場合、分析される試料は均質な組成の岩石であることが重要な条件になる。この条件から赤川温泉付近の石英安山岩とその変質岩および後生掛のりんどう茶屋付近の安山岩とその変質岩を各々3個、合計6個採取した。

(1) 赤川温泉地区

HN74090426(D): 未変質石英安山岩

HN74090514(B): 原岩(石英安山岩)の構造を判断出来る程度に白色変質を被っている。

HN74090522(C): よく観察すると原岩の構造がわずかに残っている程度で、均質な白色変質を被っている。

(2) 後生掛温泉地区

HN74092106 F: 未変質の橄欖石安山岩で紺屋地獄の西方約50mの山頂部で採取した。1mm前後の斜長石が若干粘土化している部分もみられるが、ガラス質石基は変質を受けていない。

HN74092108 F: 橄欖石輝石安山岩の節理に沿って変質作用が進み、円形状に弱変質部が残っている。淡黄緑色を呈し、X線分析では α -クリストバライト、カオリンが検出されている。

HN74091405 F: 強変質岩で、未変質部より南方約40m離れた地点で採取した。全体に強く変質しているが、粘土化した長石の小斑晶が少量みられ、他の斑晶は不明である。また、10cm内外の板状節理構造が残存している。X線分析では石英、トリディマイト、 α -クリストバライトが検出されている。

以上の試料の分析結果を第6表に示す。

8. 考 察

8.1 変質帯の性質と地熱活動の関係

焼山火口の変質帯は硬質白色変質が主体である。また地熱活動としてはガス・蒸気の噴出が多く、その中心部では昇華硫黄や沈殿硫黄が多く、離れるにしたがって黄鉄鉱から褐鉄鉱の沈殿へと変ってゆく傾向がみられる。

後生掛変質帯は白色変質が主体であるが、硬質白色変質、弱白色変質、強白色変質と累帯配列をした

第6表 大沼地熱地域変質岩および原岩の化学組成

No.	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	66.40	77.80	70.32	60.40	46.85	92.73
TiO ₂	0.45	0.23	0.16	0.75	0.99	2.23
Al ₂ O ₃	14.28	12.44	17.51	15.35	23.46	0.95
Fe ₂ O ₃	1.84	0.32	0.53	0.92	5.59	0.24
FeO	3.56	0.68	0.36	3.84	0.32	0.04
Fe	<0.01	<0.01	<0.01	0.95	<0.01	<0.01
MnO	0.08	0.01	0.01	0.10	0.01	<0.01
MgO	1.36	0.28	0.28	2.61	0.21	0.05
CaO	4.58	0.20	0.17	4.14	0.08	0.07
Na ₂ O	2.91	0.74	0.54	2.14	0.12	0.12
K ₂ O	1.79	3.24	1.07	1.82	0.16	0.15
P ₂ O ₅	0.09	0.04	0.04	0.15	0.06	0.08
S	<0.01	<0.01	<0.01	1.09	<0.01	<0.01
SO ₃	<0.01	<0.01	<0.01	0.59	<0.01	<0.01
CO ₂	0.29	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01
H ₂ O ⁺	1.60	2.91	5.12	3.59	10.23	2.54
H ₂ O ⁻	0.36	0.74	3.44	1.38	11.82	0.36
Total	99.60	99.63	99.55	99.84	99.90	99.56
Ap. G. *1	2.66	2.45	2.55	2.54	—	—
Tr. G. *2	2.73	2.62	2.56	2.67	2.55	2.27

*1 見かけ比重.

*2 真比重

分析：東京石炭鉱物研究所

1：HN740904-26(D), 未変質石英安山岩, 赤川—澄川間.

2：HN740905-14(B), 弱変質岩, 赤川—澄川間.

3：HN740905-22(C), 強変質岩, 赤川—澄川間.

4：HN74092106 F, 安山岩, 後生掛温泉.

5：HN74092108 F, 弱変質岩, 後生掛温泉.

6：HN74091405 F, 強変質岩, 後生掛温泉.

いくつかの単元が重複して後生掛変質帯を形成している。すなわち、後生掛では地熱活動の中心部は強白色変質で離れるにしたがって弱白色変質や硬質白色変質になる傾向がみられる。昇華硫黄や沈殿硫黄が焼山変質帯のように多くみられないが、黄鉄鉱の鉱染や、沈殿が多い傾向を示し、褐鉄鉱も少ない。後生掛変質帯は焼山変質帯にくらべて熱水を多く湧出する型の地熱徴候を示しガスより熱水の方が多い。これは熱源の深度、規模および地下水の流入量等の相違によるものと思われ、白色変質や沈殿黄鉄鉱が多くみられるのも熱水系の相違によるものであろう。蒸湯変質帯は焼山変質帯と同様に、噴気が多い型の地熱徴候を示し、硬質白色変質が多い。

澄川・赤川地区の変質帯は噴気を伴っているが赤川変質帯には噴気がみられない。澄川変質帯は崩積土を除くと硬質白色変質が卓越しているとは言え、崩積土に与える変質は白色変質がやや優勢な傾向がみられるので、地熱活動が変化してきているように思われる。温泉沈殿物としては焼山変質帯のような沈殿硫黄はみられず、貧弱な褐鉄鉱のみみられるのみである。赤川は噴気もなく、白色変質が卓越した変質帯で、地熱徴候は澄川より弱くなっている。

8.2 変質帯、地熱徴候と地質構造の関係

調査地域には大小多くの変質帯および噴気口がみられる。これら多くの変質帯の中には、湯田又川支流のB沢以南地区の変質帯、石仮戸沢上流や叫沢上流の変質帯、澄川、赤川の下流に点在する一部の變質帯のように、地熱活動を終息しているものもあるが、現在も噴気や熱水の湧出を続けている活地熱地域も多い。これらは前に述べた地質構造と密接な関係をもっている。

変質帯の規模が大きく、噴気や熱水の湧出が密集している変質帯は焼山火口底、後生掛、蒸湯と主要東西構造線上に並んでいる。またこれらの変質帯個々については南北に伸長した形態を示し、たとえば

後生掛変質帯の中にみられる累帯配列も、ほぼ南北に伸長した傾向がみられる。また調査地域内で現在の地熱活動のみられる変質帯の分布をみると、銭川一大沼―後生掛―湯田又川流域に点在する噴気帯、および志張、蒸湯、湯田又川支流A沢、新山沢、B沢の上流にみられる噴気帯のごとく南北構造線に関連した傾向の配列もみられる。さらに、変質帯の項で述べたように、柳沢―澄川一大沼―蒸湯と結ぶ北西―南東の構造配列もみられる。一般的にいて、南北構造線と東西系構造線の交点付近に現在の噴気口や変質帯が形成されている傾向がみられる。

なお、噴気を伴う地熱活動が焼山、後生掛、蒸ノ湯と東西に、やや低温の温泉が銭川、赤川、湯田又川と南北に配列している。このことは、前述の¹⁴C、フィッシュン・トラック年代測定の結果をも加味して考えれば調和しており、新しい変質帯は東西の、古い変質帯は南北の方向性を持つということを示すものと思われる。また、これに関連してこの地域の重力動探査の結果が南北性の（与良ほか、1973）、磁力探査の結果が東西性の方向を持っている（地質構造解析小委員会、1977）ことも本地域の地熱を考える上で非常に興味あるものといえよう。

また湯田又川右岸の支流には全く変質帯や噴気、温泉の徴候がみられないが、このことは梅森火山の噴出物によって地熱徴候がおさえられている可能性もある。

8.3 地熱活動の年代

前述の¹⁴C、フィッシュン・トラック法による年代測定から本地域の地熱活動の歴史が推定される。この点の詳細については別に報告する予定であるが、要点のみを以下に述べる。

(1) ¹⁴C年代測定を行った地区はすべて現在も地熱活動を続けているところである。したがって、得られた年代の最も古い値が地熱活動の年代を示すことになる。この考え方を適用すると、後生掛地区は32,000年、澄川地区は9,100年、大沼地区は4,590年前から地熱活動があったことになる。

(2) 後生掛南部地区については、フィッシュン・トラック法の結果から7万年より前に終了した地熱活動があったことが判明した。

(3) 後生掛地区では、32,000年より古い時代に堆積した湖成層が周縁が30°以上の急傾斜を示すような半ドーム構造をなしている。したがって、この湖成層堆積以後に貫入岩の活動があったことが推定される。

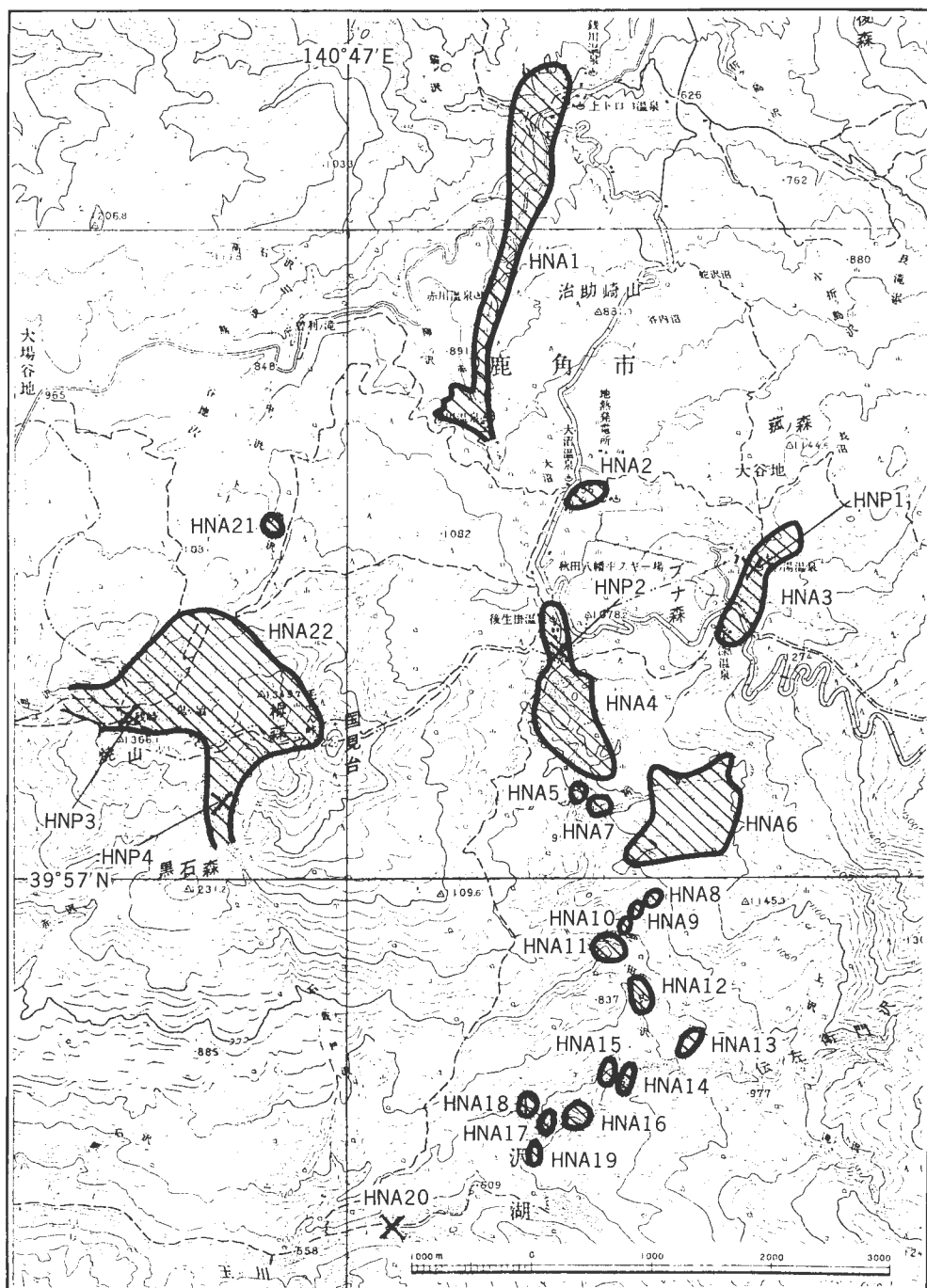
(4) 澄川付近では、変質帯をおおって未変質の焼山火山最下部の熔岩（フィッシュン・トラックによる測年結果では1.6 my）が分布する。このことからみると、この付近には160万年より前に活動した古い変質帯が存在することになる。

(5) 赤川温泉付近の石英安山岩は1.7 myの年代を示した。この年代は、第四紀の下部層に相当するものであり、最近行われた玉川溶結凝灰岩の測年結果（2.0～1.2 my、玉生志郎、口述）とほぼ一致する。

9. 要 約

調査地域には大小多くの変質帯がみられる。これらの変質帯は主として東西系および南北系の構造線に規制され、両構造線の交点付近に変質帯がみられる。特に焼山―梅森―後生掛―蒸ノ湯を結ぶ東西構造線上に、代表的な変質帯すなわち、焼山変質帯、後生掛変質帯―蒸ノ湯変質帯が並んでいる。湯田又川支流の新山沢には沢沿いに変質帯が東西に並んでいる。大沼を通る北西―南東の構造線上に柳沢変質帯―澄川変質帯―大沼変質帯―蒸ノ湯変質帯がみられる。これらの変質帯の分布は第23図に示すとうりであり、変質帯の総面積は5.37 km²である。

焼山変質帯は、硬質白色変質を主とし、後生掛変質帯は白色変質を主としている。両者共 α -クリストパライト、トリディマイトが特徴的であるが、焼山は噴気の多い型の地熱地帯であり、後生掛は熱水型の地熱地帯と思われる。蒸ノ湯は噴気の多い型の地熱地帯であるが α -クリストパライト、トリディマイトはほとんどみられず石英が特徴的である。また、熱水型と思われる澄川、赤川は蒸ノ湯と同様の鉱物組



第23図 大沼地熱地域変質帯分布要約図

成をもっている。

温泉沈殿物の分布では、焼山変質帯の地熱活動の中心部には昇華硫黄がみられるのみであるが、中心部を離れると沈殿硫黄、さらに離れて褐鉄鉱の沈殿が認められる。また後生掛では、硫黄の沈殿物は大湯沼などにみられるのみで一般にはほとんどなく、むしろ黄鉄鉱の沈殿堆積が多い。この黄鉄鉱の沈殿は泥火山のような状態で堆積したものが多く多いものと思われる。以上述べた各地区毎の変質鉱物、温泉沈殿物の特性およびその他の項目をまとめて第7表に示した。

年代測定の結果から、1.6 m. y. より古い変質帯と、現在も地熱活動を続けている新しい変質帯があることが判明した。そして、新しい変質帯は33,000年より古い時代から活動が始まっていたことも確認された。

古い変質帯と新しい変質帯は、前述の地質構造や変質鉱物の上でも特徴があり、前者は南北性の構造に規制されて南北性ののびを持ち、変質鉱物のうちシリカ鉱物では石英のみを産するに對し、後者は東西性で、変質鉱物としても α -クリストバライトやトリディマイトを生じている。

文 献

- 安斉俊男・井上秀雄 (1954) 秋田県八幡平西部硫黄鉱床概査報告。地調月報, vol. 5, p. 23-34.
 地質調査所 (1975) 全国地熱基礎調査報告書, no. 10, 八幡平北部。142p.
 地質構造解析小委員会 (1977) 東北地方におけるリニアメントと鉱床分布の關連について。地質ニュース, no. 274, p. 1-19.
 INOUE, T. and UEDA, R. (1965) On the Hanawa Fault, Akita, Japan. *J. Min. Coll. Akita Univ.*, ser. A, vol. III, no. 5, p. 15-29.
 本多朔郎・渡辺和矩 (1964) 秋田県八幡平村の白土。東北の工業用鉱物資源, no. 4, p. 48-53.
 河野義礼・上村不二雄 (1964) 5万分の1地質図幅「八幡平」および同説明書。地質調査所。
 松野久也・太田良平・西村嘉四郎・高島 勲 (1969) 秋田県鹿角郡大沼地区地熱開発地質調査報告。地質調査所資料, no. 1500.
 水野篤行 (1965) 花輪盆地周辺山地の第三紀貝化石群。地調月報, vol. 16, p. 329-334.
 中村久由・安藤 武 (1954) 秋田県後生掛地熱地帯調査報告。地調月報, vol. 5, p. 443-448.
 尾上 亨・徳永重元・大島秀明・伊藤良永 (1978) 日本の地熱地域における花粉分析調査研究その1。地調報告, no. 259, p. 579-624.
 大沢 穠・角 清愛 (1957) 5万分の1地質図幅「森吉山」および同説明書。地質調査所。
 折本左千夫・安田 正・村山正郎 (1968) 秋田県玉川上流のいわゆる玉川石英安山岩類について。地質雑, vol. 74, p. 112. (演旨)
 折本左千夫・安田 正 (1969) 秋田県玉川上流のいわゆる玉川石英安山岩類について。岩鉱, vol. 61, p. 194-202.
 角 清愛・高島 勲 (1972) 秋田県玉川温泉地域の第四系とその¹⁴C年代。地調月報, vol. 23, p. 157-168.
 与良三男・脇田健治・本多朔郎 (1973) 秋田県大沼地熱地帯の探査。地熱, vol. 10, no. 4, p. 27-44.

Hydrothermal Alteration of Onuma Geothermal Area, Akita Prefecture, Northeast Japan

Isao TAKASHIMA, Hiroshi FUCHIMOTO, Yasuhiro KUBOTA,
Ikuhiro HAYASHI and Susumu NISHIMURA

Abstract

Distribution and size of the altered area have been surveyed in order to estimate geothermal potential. Mineral occurrence, distribution of travertine, fission track and ^{14}C datings, pollen and chemical analyses have been performed for a speculation of geothermal sources.

The results are as follows.

- (1) Twenty two altered zones have been identified and amounts to 5.37 km² in total area.
- (2) Altered minerals occurred in each zone are summarized in Table 3.
- (3) ^{14}C and fission track datings show that the altered zones were formed at two different ages. One is older than 1.6 m.y. and the other is over 33,000 years B.P. to present.
- (4) Sulfur and limonite beds are recognizable and their distributions are plotted in Fig. 23.
- (5) The shapes of the altered zones are elongated in E-W and N-S directions. The former is assigned to younger altered zones and the later older ones.

(受付：1977年12月1日；受理1977年12月6日)

図 版 説 明

- 図版18-1 焼山火口湖の硫黄
火口湖は200×300mの大きさであり、硫黄が噴出し、硫黄が沈殿している。
- 図版18-2 焼山火口湖の沈殿硫黄層
過去にはこの沈殿硫黄の採掘が行なわれた。
- 図版18-3 焼山地区石仮戸沢の変質帯
やや古い変質帯とみられ、この変質帯の上に焼山火山噴出物が載っている。
- 図版18-4 澄川の変質露頭
白色の変質帯を未変質の焼山熔岩がおおっている。
- 図版18-5 大沼地区にみられる湖成層 (Loc. 44)
湖成層中には変質岩起源とみられる白色シルト層があり、それをおおって炭層が認められる。この炭層についての ^{14}C 年代の測定結果は4,570年 B.P.であった。
- 図版19 湯田又川とC沢の合流点にみられる大変質露頭。この地点には噴気はみられないが、付近には熱微候が存在する。



1



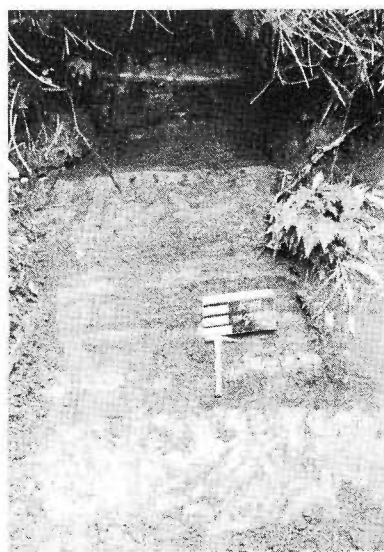
2



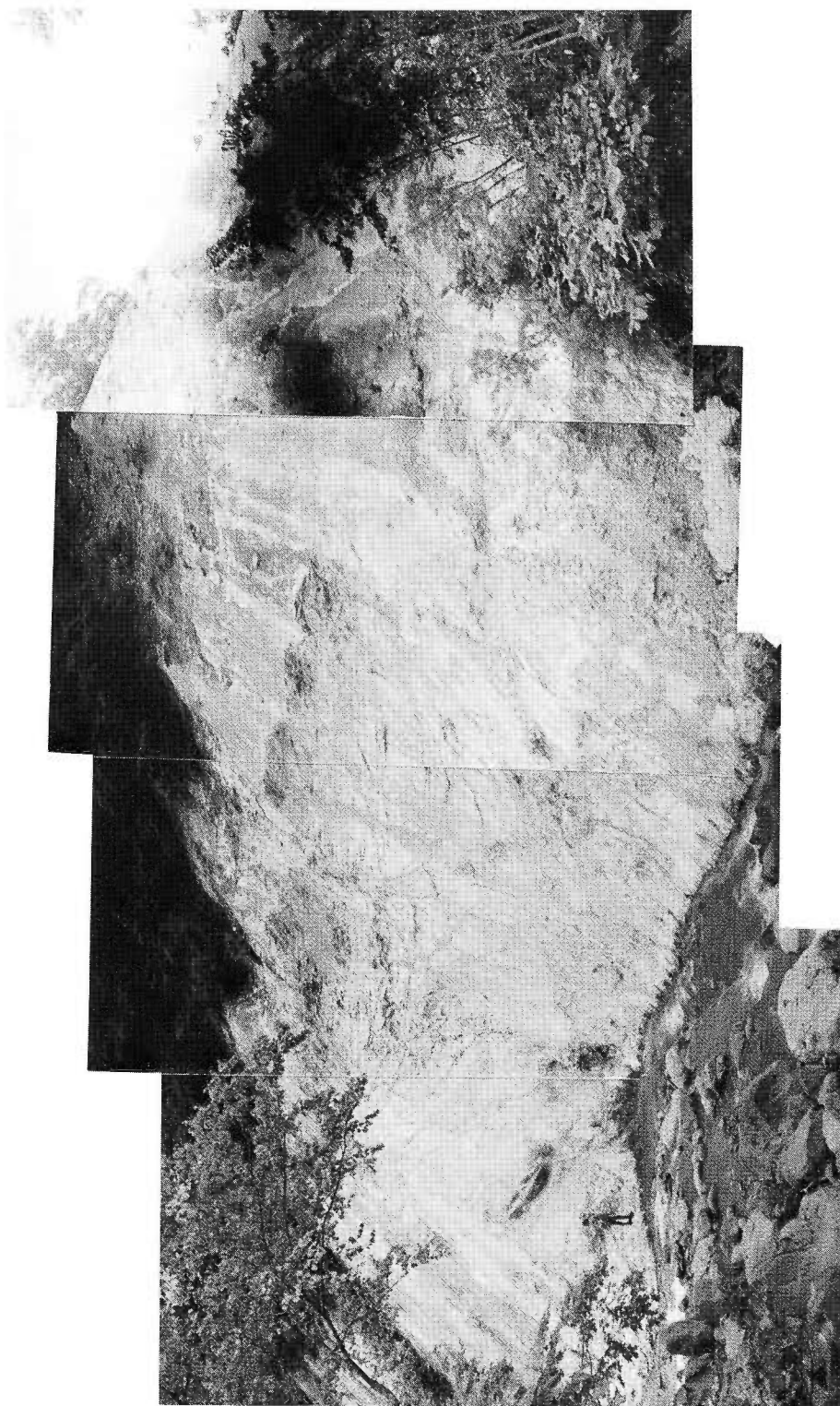
3



4



5



551.23 : 551.25(521.00)

秋田県湯沢市・雄勝郡川原毛地熱地域の熱水変質帯^{*1}谷口政碩^{*2}・岡田 博^{*3}・角 清愛^{*4}

1. ま え が き

本調査研究は全国地熱基礎調査変質帯調査「栗駒北部」地域調査（昭和48年度）の一環として行なわれたものである。調査研究の目的は地熱変質帯の規模および生成年代等を知ることによって地熱地域の探査ならびにその評価に貢献することにある。

調査研究の経緯、担当者等の細部については地質調査所（1974）に記載されている。

調査地域は秋田県湯沢市、雄勝郡皆瀬村および雄勝町（第1図参照）であり、野外作業は昭和48年9月20日～10月31日の間に実施された。

調査研究の実施にあたっては次の方々の多大の御協力をいただいた。ここに厚く感謝の意を表する。

地質調査所：阿部智彦技官

同和鉱業㈱：佐藤光之助博士，山田亮一氏，渡辺吉博氏

秋田大学：本多朔郎教授

湯沢市，雄勝町，皆瀬村，増田営林署および湯沢営林署。

2. 従来の調査研究

本地域の地質に関しては、加藤・島田（1953）と片山・梅沢（1956）および武藤（1965）の研究があり、加藤・島田と武藤は特に新第三紀層の層序問題を論じ、片山・梅沢は金属、非金属鉱床に言及した。第四系については加藤・島田（1953）、武藤（1965）などにより、兜山溶結凝灰岩と高松岳溶岩類が知られている。その後筆者らの1人岡田の研究により、第四系には更新世に対比される小安礫岩層の発達があること、兜山溶結凝灰岩は下部に降下軽石層、上部に溶岩流のあることなどが明らかにされつつある（岡田未公表資料）。

温泉に関しては、中村ほか（1955）の研究があり、特に温泉および噴気ガスの化学性を論じている。

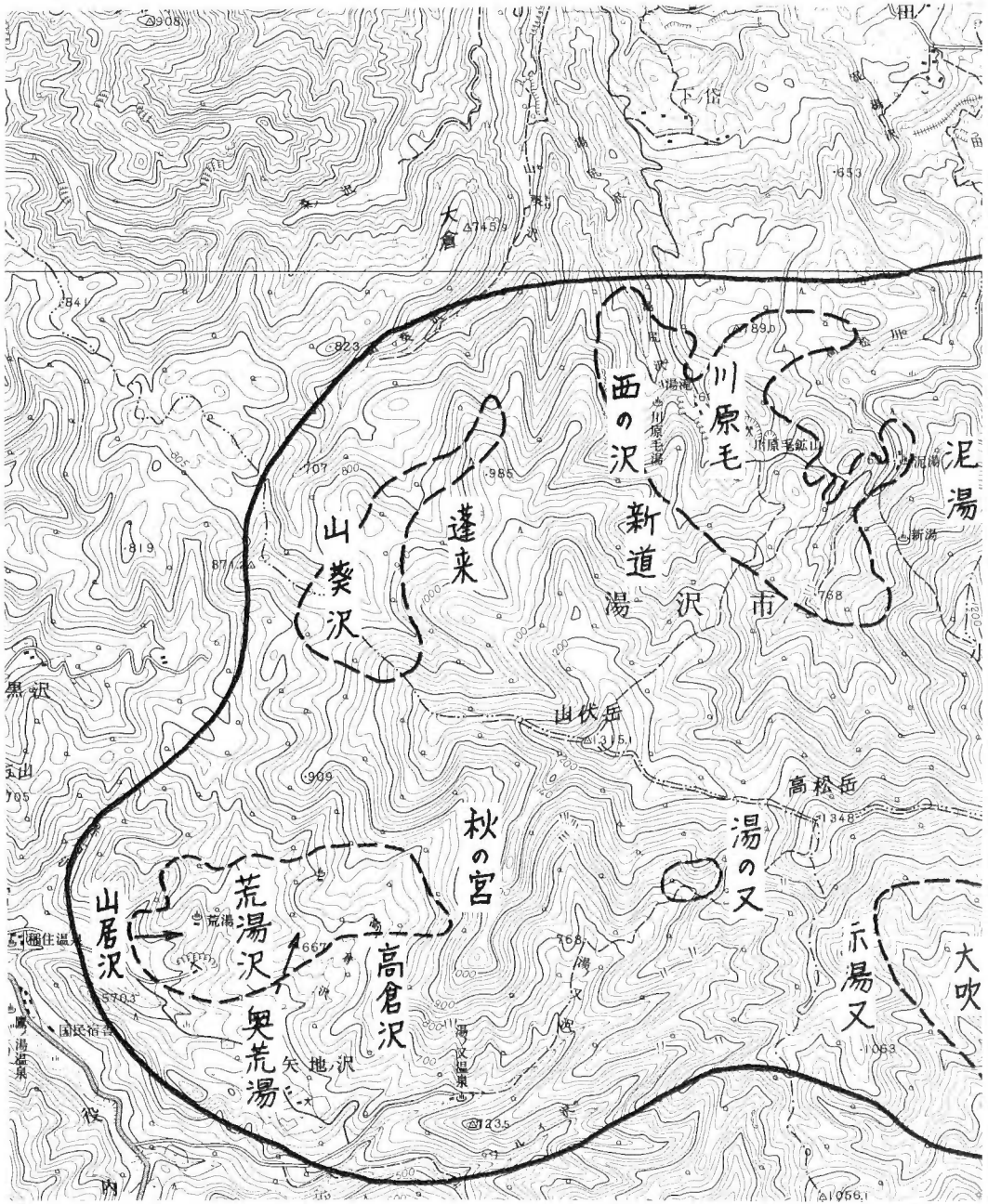
温泉沈殿物に関しては椎川・山口（1956）が褐鉄鉱、鉛重晶石を研究している。特に褐鉄鉱については硫化鉄鉱との関係、褐鉄鉱、黄土と含鉄鉱泉との成因的關係などを論じた。

粘土に関しては、本多（1961）が川原毛粘土、本多ほか（1966）が秋の宮粘土、増井ほか（1962、1963）が秋の宮、赤湯又沢、大湯および小安粘土、本多・渡辺（1965）が若畑粘土について、夫々未利用資源調査として主にカオリン粘土を研究している。その中で、本多（1961）は2組の粘土層と未変質岩の3者について、鉱物学的に論じ、第2層の粘土は硫黄鉱床に関連するものと推定している。本多（1966）は秋の宮の珪華を研究し3種類のタイプに分類した。

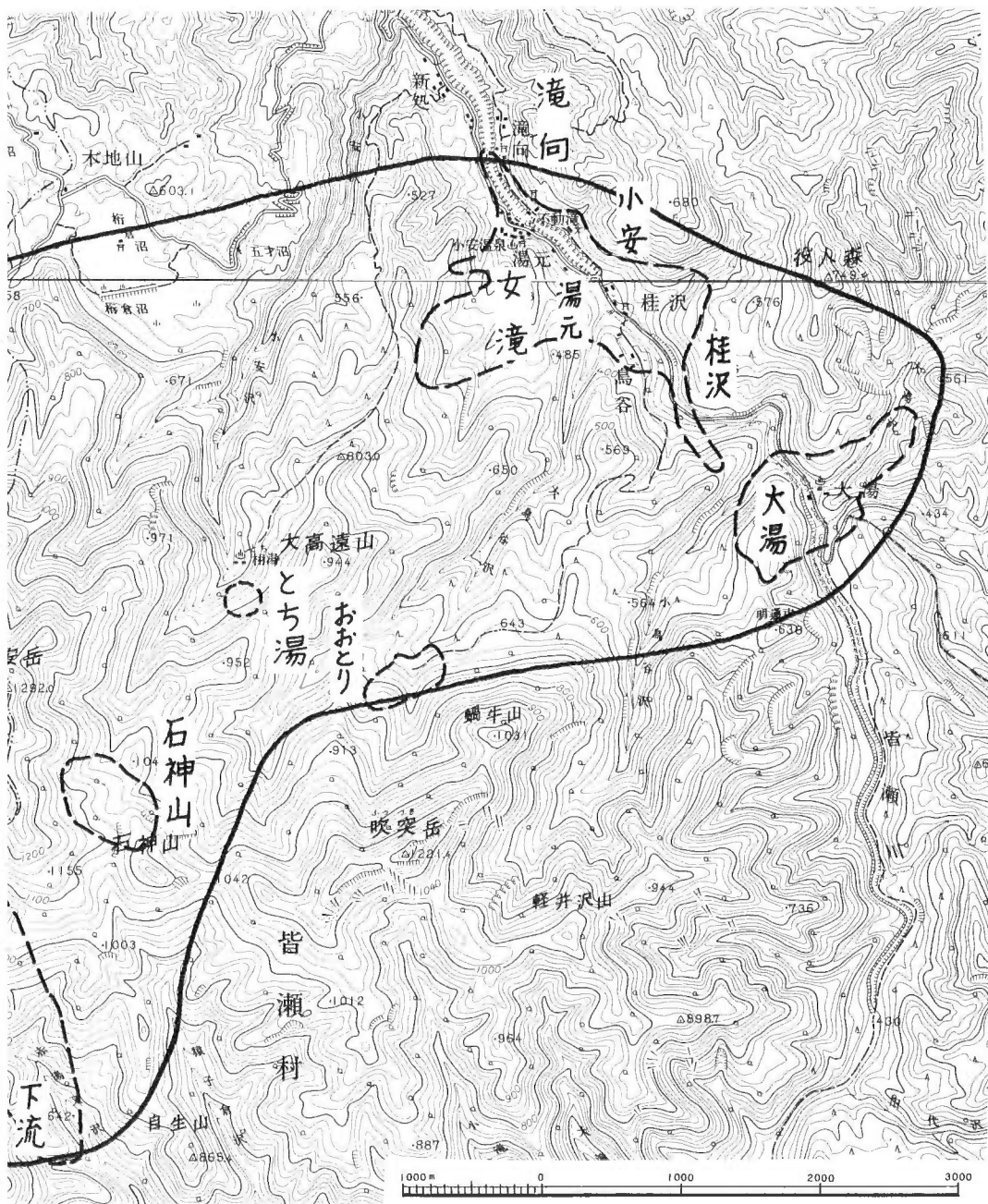
金属鉱床については早川・丹内（1960）の概報がある。

*1 地質調査所報告，no. 259，1978.

*2 東北出張所 *3 同和鉱業(株) *4 地殻熟部



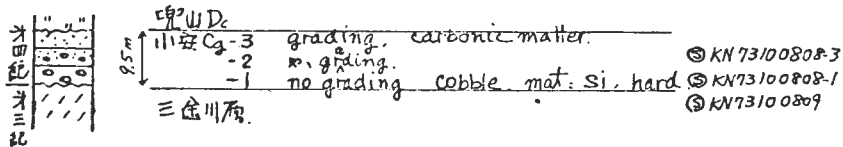
第1図 調査



範囲図

第1表 地質層序表

時代	地層名		放射年代 (years B.P.)	
第四紀	崩積層			
	高松岳火山岩類		200,000	
	兜山溶結凝灰岩類		320,000 340,000	
	小安礫岩層			
新第三紀	後期	三途川層		
	中期	板井沢層		
		虎毛山層	大湯層	
			唐松沢層	
		神室山層		
先新第三紀	花崗閃緑岩			



第2図 小安礫岩層の模式露頭の柱状図

3. 地質概説

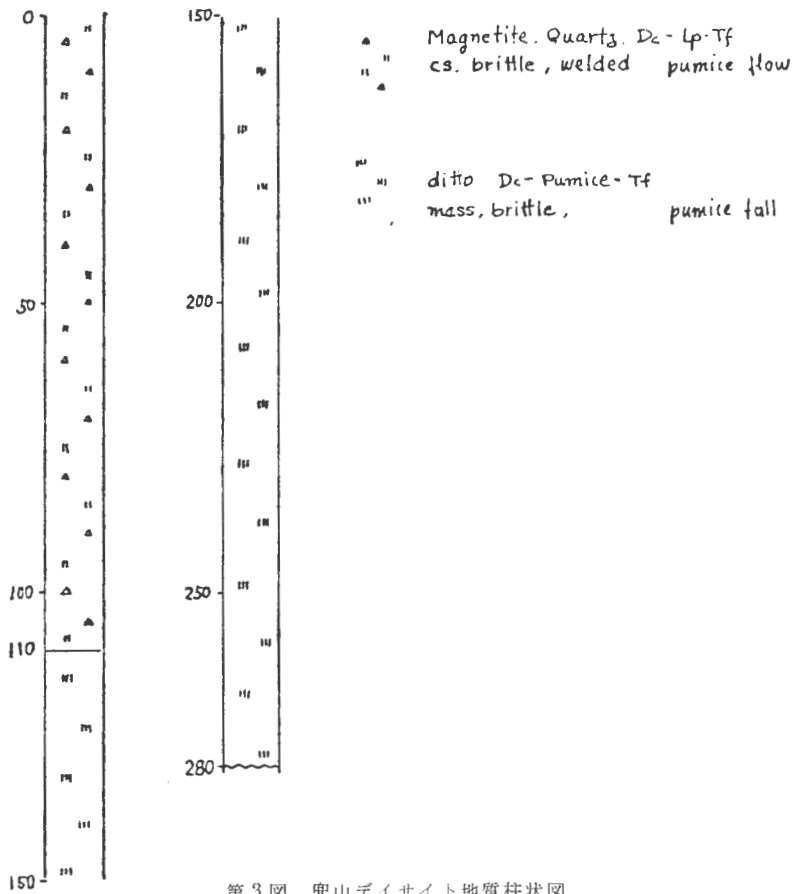
この地域の地質層序を主として加藤・島田 (1953), 武藤 (1965), 西村ほか (1976) および岡田 (未公表資料) によって編集するとほぼ第1表のようになる。

新第三系の神室山, 虎毛山, 唐松沢, 大湯, 板井沢の各層はそれぞれ, プロピライト・安山岩質緑色凝灰岩, デイサイト質緑色凝灰岩, 流紋岩質凝灰岩・凝灰角礫岩, デイサイト質軽石凝灰岩・溶結凝灰岩, 凝灰質砂岩・砂質凝灰岩で特徴づけられる。

第四系は小安礫岩層, 兜山溶結凝灰岩類, 高松岳溶岩類および崩積層に分けられる。以下に各層の記載を行なう。

1) 小安礫岩層: 本層は皆瀬村湯元から元小安, あるいは羽場から東方の丘陵にかけて主として皆瀬川河岸に分布する更新統で, 一部は大湯の沢にも認められる。標式地は湯元と滝向の間の県道の切り取り面である。

新第三紀層に不整合に累重し, 兜山溶結凝灰岩に不整合で被われる。標式地では3層に区分され, 下位から1, 2, 3層と仮称する。層厚は第1層が3m+, 第2層が3m, 第3層が3m+である(第2図)。第1層は他の2層に比し, 粒径大で, 数10cmの巨礫を含み, マトリックスを中心に変質が強く, 特に甚だ硬質であることが特徴である。角礫, 亜角礫, 円礫の溶結凝灰岩, 粗粒~細粒の輝石安山岩, 玄武岩, デイサイト, 黒色頁岩, 灰色泥岩, 花崗岩類などからなる。マトリックスは岩屑及び粗粒砂からなる。塊状で淘汰は認められず急激な堆積状態を示している。不動滝付近では炭化木(3×10cm, いずれも厚さ2~3mmを残す程度に削刺されている)の存在を認める。第2層は第1層に比し粒径が小さく(30cm)マトリックスは軟質でやや分級が良い。第1層との間に淡黄褐色の粘土をはさむところがある(厚さ15cm以下)。第3層は分級淘汰のよい砂礫層で第2層との間に厚さ約20cmの粘土層をは



第3図 兜山デイサイト地質柱状図

第2表 変質帯の分布

変質帯の名称	大きさ (km)	分布の伸び	変質型
大湯	0.4×1.6	NEE	粘土化*
小安・女滝 (女滝)	0.2×3.0 (0.6×1.4)	NW (NE)	粘土化* (粘土化)
川原毛・泥湯 (川原毛北) (泥湯)	0.7~1.0×3.0 (0.5×1.0) (0.2×0.8)	NW NE NE	珪石, 粘土 (粘土化) (粘土化*)
蓬来高松・山葵沢	0.2~1.0×2.0	NNE	粘土化, 珪化, 珪石
秋の宮	1.0×1.5	EW	粘土化
湯の又	0.3×0.5	NNE	粘土化
赤湯又沢	0.5~0.9×2.5	NW	粘土化*
石神山	0.5~0.8	NW	粘土化, 珪石
とち湯	0.1×0.2	NE	粘土化
おおとり	0.2×0.6	NE	粘土化

* 特に脈状の粘土帯も含むもの。

さむ。比較的下部に炭質物を介在する。

2) 兜山溶結凝灰岩類；本岩類は主として吹突岳連峰より北に広く分布し、兜山を模式地とする。層厚280m+で、岩質はデイサイトである。下部は塊状無層理、大型軽石をもった降下火山灰層で異質火山礫を含む。淡黄白色を呈し、脆弱である。下位の小安礫岩層とは不整合関係にある（小安礫岩層模式露頭および同和鉱業㈱測温孔S-18号）。上部は同質、淡灰色、異質火山礫に富む軽石流で、粗粒、粗鬆。溶結構造が顕著であり、しばしば柱状節理が発達し、底部近くに板状節理がみられる（第3図）。

3) 高松岳火山岩類；主として高松岳連峰から西に分布し、模式地は川原毛西の沢とする。岩質は磁鉄鉱・角閃石・石英含有デイサイトで、下部は火山礫凝灰岩、火山角礫岩、集塊岩等の火砕岩を主とし、上部は溶岩が発達する傾向を示す。溶岩は一般に暗灰～黝黒色を呈し、粗粒斑状、石基はかなりガラス質で堅硬である。

4) 崩積層；崩積層は崩落崖の麓に分布しているが、例えば皆瀬川の支沢では壮年期浸蝕が進行しているため、崩積土はほとんど流失している。一方、役内川右岸の地域では幼年期地形で、崩積土は比較的好く残存している。模式的露頭は役内川右岸では湯の又沢から矢地底沢部落へ至る路傍、皆瀬川では小湯の沢橋の切り面である（第6図）。

4. 変 質 帯

4.1 変質帯の分布

この地域には大湯、小安、とち湯、泥湯、川原毛、荒湯および奥荒湯等の多くの温泉が知られている。赤湯又沢では上流（大吹）と下流にも温泉があり、石神山には噴気帯、蓬来高松には温泉に伴う沈殿性褐鉄鉱が発達している。そのような所には温泉・噴気作用によって生成した変質岩が分布し、第2表に示す10か所におよぶ変質帯を形成している。各変質帯の分布図は第4図に示した。

各変質帯は珪化帯、珪石帯および粘土化帯に分類される。このうち珪化帯は脈状に変質しているものと均質に変質しているものに細分される。各変質帯の特徴は次の通りである。

1) 脈状珪化帯；緻密ないし多孔質、淡灰白色～白色の網状石英脈が発達するものである。この例は皆瀬川沿いで桂沢から小安湯元にかけて分布している。一般に岩石の成層面に沿って発達し、しばしば褐鉄鉱を伴って一般に黄褐色を呈することが多い。網状部を除いてはほとんど原岩の組織を残し顕著な溶脱は見られない。

2) 均質珪化帯；ほとんど、均質に珪化され、岩石は原岩の組織を留めて緻密硬化したものである。この例は小安滝向のいわゆる大噴湯付近で模式的に発達している（シルト岩～細粒凝灰岩）。ここでは成層面に直角な方向に珪化度が低下している。

3) 珪石帯；溶脱作用を受けたもので一般に多孔質で、均質に珪化され白色～淡灰色を呈する。この例は川原毛の露天掘附近に分布している。

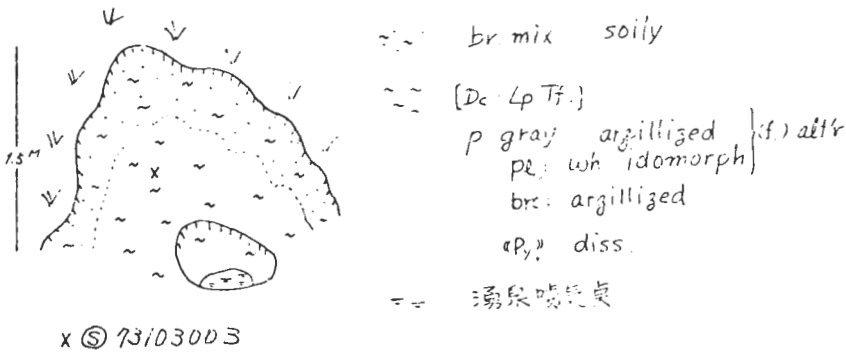
4) 粘土化帯；一般的に規模の大きいほぼ均質な粘土化であり、粘土化の強度から強変質、中変質および弱変質と3区分されるが、弱変質は風化変質と区分し難い点もあり、分布図では中変質以上を示してある。

〔強変質〕：礫混り凝灰岩の場合は、膠結部は勿論、岩石片でも粘土化しているものをいう。岩石片の外形は判明するが岩石片自体は粘土化しているものも含む。安山岩の場合は原岩の組織は残すが全体が粘土化しているものをいう。

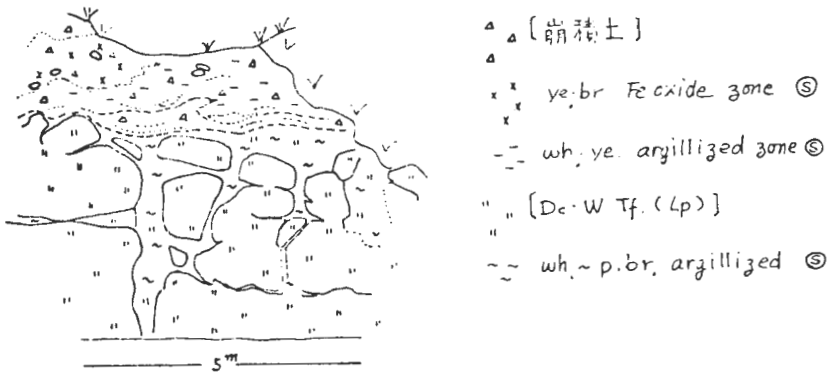
〔中変質〕：礫混り凝灰岩の場合には、膠結物は粘土化し、岩石片は原岩のまま残っているもの、また安山岩の場合は、オニオン状に表層部数cmが粘土化し、内部は原岩のまま残っているものをいう。

さらに粘土化帯には珪化帯と同様に岩石の亀裂に沿って局所的に変質している個所が認められるが分布図（第4図）ではこの点の区別は省略されている。

4.2 変質帯の産状



第5図 大湯変質帯の模式露頭



第6図 小湯が沢の脈状を示す粘土変質帯の模式露頭

1) 大湯変質帯; 大湯の沢, 皆瀬川および小湯が沢に温泉・噴気の露頭は多いが全般的に脈状の粘土化帯が多く, 均質な粘土化帯は大湯の車道傍を主とし (中村ほか, 1955 の変質帯に相当) その他2箇所大湯の沢沿いに小規模に点在する。大湯の車道傍は大噴気帯で強粘土化部分は全般的に灰白色・軟質・脆弱であり, 原岩の組織をかすかに留めている。原岩はいずれも新第三紀の溶結凝灰岩である。

大湯変質帯における粘土化強変質の模式露頭は車道傍の大噴気帯である。第5図はその1つの噴気孔で表土がえぐられた凹地の壁である (図の中央は青白色を呈し粘土化した岩石の新鮮な面である)。原岩はデイサイト質火山凝灰岩であり, 強粘土化部分でも岩石の構造は明瞭に残存している。全般的に淡灰色を帯び, 長石が白色自形で斑状を呈する。角礫岩片も完全に粘土化して, 軽量である。稀に細粒黄鉄鉱がある。X線分析 (KN-X-26) により粘土鉱物はカオリンだけであることが判明した。化学分析試料も同一場所から採取した。

第6図は小湯が沢橋の路傍である。図の上半部は崩積土であり, 下半部が脈状の粘土化帯の変質状態を示す模式的露頭である。原岩はデイサイト質溶結凝灰岩である。淡青緑色~黄褐色粘土化弱変質で, 原岩の組織が残存し顕著な溶脱はない。しかし亀裂に沿って粘土化が発達している。図では上下と水平の2方向があるが, 大湯の沢~小湯が沢では一般に30~40度の傾斜である。淡黄白色~淡緑褐色, 幅20~50 cm, しばしば空洞を伴い第6図の車道下約15mの皆瀬川河岸には0.5m×1mの大空洞がみられる。大湯の沢, 小湯が沢の温泉噴気は一般にこの種の亀裂に沿って噴出している。

上半部では崩積土がほぼ2枚にみえる。均質な粘土化型で中変質, 淡黄褐色を呈するが下部に白色帯, 上部に水酸化鉄帯がレンズ状に発達している。

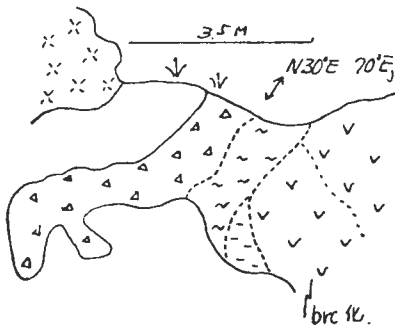
2) 小安・女滝変質帯; 皆瀬川沿いに桂沢から湯元の不動滝にかけては脈状珪化帯で, 桂沢のX線分



[石帯]

mass.
 [②Dc-4Tf]
 wh.~p.gray } (f) alt'r.
 porous. } leached.
 br: alt'r.
 mat: partly glassy.
 |||| : sulphur.

第7図 川原毛珪石帯の模式露頭



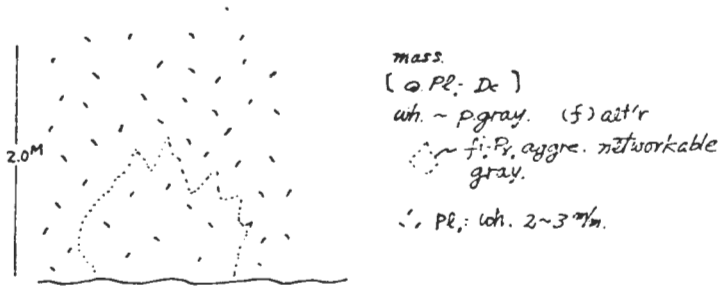
∨∨ d.grn.br. alt'r. Ad.
 - - gr. argillized Ad.
 ~ ~ p.ye.~orang argillized Ad.
 △△ wh.~p. purplish etc.
 sublimated sulphur.
 × p.gray porous

第8図 泥湯の変質帯の模式露頭

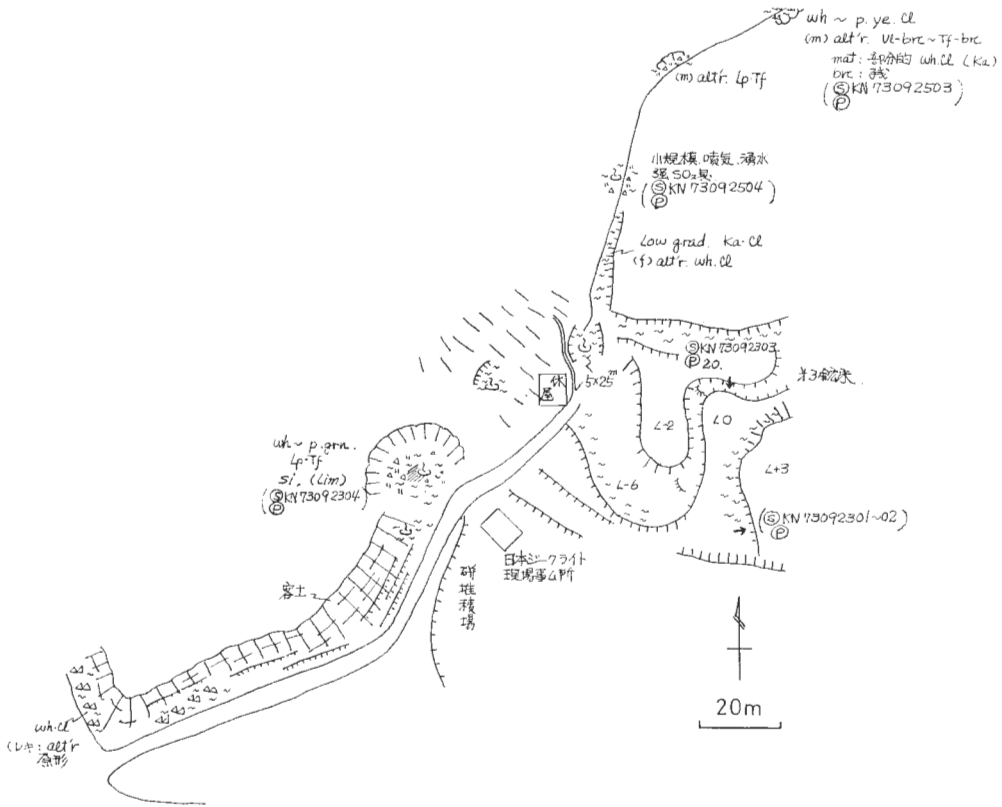
析試料から湯河原沸石を検出した。不動滝から滝向にかけては均質珪化帯である。原岩は前者では新第三紀の溶結凝灰岩であるが、後者では新第三紀の薄く成層したシルト岩～細粒凝灰岩および小安礫岩層の第1層である。一方湯元から女滝沢にかけての一带は、均質な粘土化帯で、その一部に小規模の均質珪化帯が分布する。この地帯は強粘土化の状態はNE性の分布傾向を示している。原岩はシルト岩もあるが、その下位の凝灰岩が主体となっている。

3) 川原毛・泥湯変質帯; 幅約0.7～1.0 kmでもってNW方向に約3 kmの広がりをもつが、川原毛露天掘と泥湯では、そこからNE方向に各々第1表に示す規模に変質帯が拡張している。この地区の原岩は新第三紀デイサイト質火山礫凝灰岩～凝灰岩を主とするが、川原毛鉱山の北方は、新第三紀の凝灰角礫岩～火山角礫岩であり、泥湯方面は新第三紀の輝石安山岩と第四紀の崩積土である。主体をなす変質帯は均質な粘土化帯の内側に珪石帯がNW方向に発達している。しかし泥湯方面は安山岩中に脈状の粘土化帯を示す個所が認められる。両者の関係は、後述の変質帯模式露頭の項でみれる。一方変質帯とその外側の未変質帯との一般的関係は、湯尻沢西の支沢を例とすれば、強粘土化帯から約5 m以内で急激に非変質帯になっている。また川原毛～秋の宮新道(建設中)においては、NW～SE方向性の亀裂帯を経て急激な変化で弱変質～未変質帯となっている。

川原毛珪石帯は川原毛・泥湯変質帯の中央部に発達し、模式露頭は露天掘の南側車道沿いに連続し、植生が全くない裸岩地帯であり、その一部を第7図に示す。原岩は塊状無層理のデイサイト質異質火山礫凝灰岩であり、全く白色～淡灰白色を呈し、一般に多孔質、粗鬆、軽量である。角礫岩片のうち黒色泥岩片はほとんど暗灰色で残るが、デイサイト質岩片のほとんどのものおよび軽石は白色である。斑晶は石英が多く、有色鉱物はほとんど残存していない、長石は完全に白色粉状化している。マトリックスは一般にガラス質である。所々に昇華硫黄が付着している。この変質作用は硫黄作用により溶脱したもの



第9図 蓬来高松, 渋留沢の粘土化帯の模式露頭



第10図 秋の宮荒湯沢のカオリン粘土採掘場一帯のルートマップ

と考えられる。ここから化学分析試料とX線分析試料(KN-X-8)を採取した。化学分析ではSiO₂ 92.63%, X線分析では石英だけが検出された。

泥湯地区は安山岩地帯で、変質岩はNE方向に広がっている。第8図はその状態を示す模式露頭である。ここではN30°E, 70°Eの走向をもって東側から西側へ変質の帯状分布を示している。すなわち暗緑褐色安山岩(水酸化鉄を網状に伴っている)→角礫化～粒状化暗青緑色安山岩→鮮緑色粘土化帯(内部は灰色, 黄鉄鉱を含む)→白色～淡黄紅色粘土化帯(角礫状の変質安山岩)→白色～淡紫色角礫化帯(昇華硫黄沈澱)→淡灰多孔質珪石帯となる。この累帯構造の幅は約3.5mであり、粘土化帯と珪石

帯との関係は不連続である。

4) 蓬来高松・山葵沢変質帯；一般的に均質な粘土化帯であるが、山葵沢上流において一部に珪石帯が分布する。それは粘土帯から均質珪化帯を経て、白色多孔質珪質帯（珪石帯）となり、再び粘土帯にれる。前者には黄鉄鉱が鉱染し、褐鉄鉱を伴ういわゆる焼けがあり、後者では全く黄鉄鉱も焼けも見られない。この地区の原岩は第四紀のデイサイト質塊状溶岩が主体で崩積土を伴う。

ここでの強変質粘土化帯の模式露頭は蓬来高松の渋留沢にある。原岩は石英斑晶を含むデイサイト質溶岩であり（椎川、1956の安山岩質基盤に相当する）。塊状、白色～淡灰色を呈し2～3mm大の白色粘土化した長石斑晶が多い。しばしば細粒黄鉄鉱が網状～蜂巣状に濃集している（第9図）。X線分析（KN-X-11）によれば粘土鉱物はカオリンである。

5) 秋の宮変質帯；均質な粘土化帯が広く分布している。一般に中変質であるが、荒湯沢の中心には0.4km×1.0kmの強変質帯があり、さらに奥荒湯、高倉沢にも強変質帯がみられる。原岩は一般にデイサイト質火山礫凝灰岩であるが、一部に安山岩が岩株状に分布している。いずれも新第三紀である。

第10図には日本ジークライト社カオリン粘土採掘場一帯の粘土化帯の産状を示した。

6) 湯の又変質帯；粘土化変質帯である。原岩は新第三紀のデイサイト溶岩である。

7) 赤湯又沢変質帯；上流と下流2個所に優勢な温泉・噴気帯があり、変質は均質な粘土化帯であるが一部に脈状の粘土化帯がある。原岩は一般に新第三紀のデイサイトであるが、一部は安山岩で暗灰～暗緑色堅硬な弱変質部が強粘土化帯の中に見島状に残存している。強変質から弱変質への変化は0.5m以内にある。

8) 石神山変質帯；均質な粘土化帯と珪石帯が分布している。いずれにも噴気と昇華硫黄の沈澱がある。原岩は、前者として異質礫凝灰角礫岩～火山角礫岩で一部にデイサイトがあり、後者は薄く成層するシルト岩～細粒凝灰岩である。いずれも新第三紀のものである。

9) とち湯変質帯；温泉の湧出個所周辺の変質帯は均質な粘土化帯で小範囲に分布する。この地区は新第三紀の安山岩地帯で、崩積土はその岩石片からなり、変質母岩は主として崩積土である。

10) おおとり（蝸牛山）変質帯；均質な粘土帯である。原岩は新第三紀の主として砂質凝灰岩をはさむ異質礫凝灰岩～火山角礫岩であり、一部にデイサイトがみられる。白色～淡灰色粘土化であるが礫部を残す中変質であり、一般に水酸化鉄が浸染し黄褐色を帯びている。

4.3 温泉沈殿物

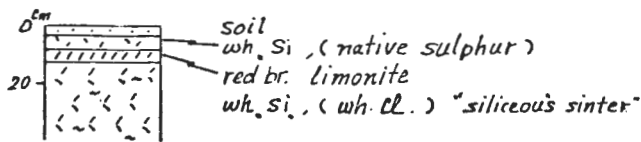
当地域に産する温泉沈殿物としては珪華、硫黄および褐鉄鉱等がある。その種類と分布は第3表にまとめた。

以下、地域別に温泉沈殿物の産状を述べる。

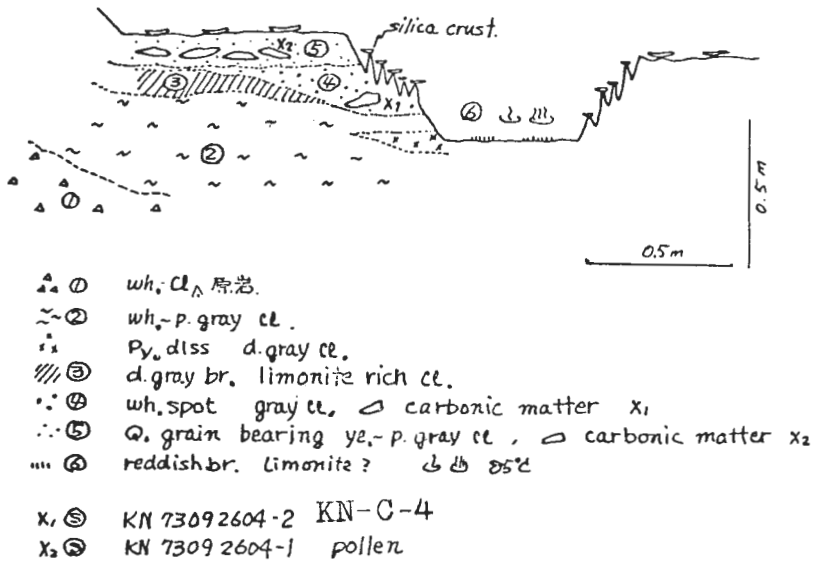
1) 西荒湯の珪華；西荒湯の山居沢には珪華の堆積があり、いわゆる噴石塔では魚卵状のものを鉢状珪石と呼び天然記念物に指定されている。珪華は沢の主として右岸で緩い斜面に沿い約250mにわたって分布し、厚さは2～数mである。新第三系の変質岩を基盤として、砂礫～粘土の上に堆積している。一般

第3表 温泉沈殿物の種類と分布

地 区	秋 の 宮	蓬来高松	川 原 毛	泥 湯	石 神 山	蝸 牛 山 (おおとり)
珪 華	○西荒湯					
硫 黄			○	○	○	
褐 鉄 鉱	○荒湯沢 ○奥荒湯 ○高倉沢 ○湯の又沢	○蓬来高松 ○山葵沢	○新道			○



第11図 秋の宮変質帯西荒湯（山居沢）の温泉沈殿物（珪華）の柱状図

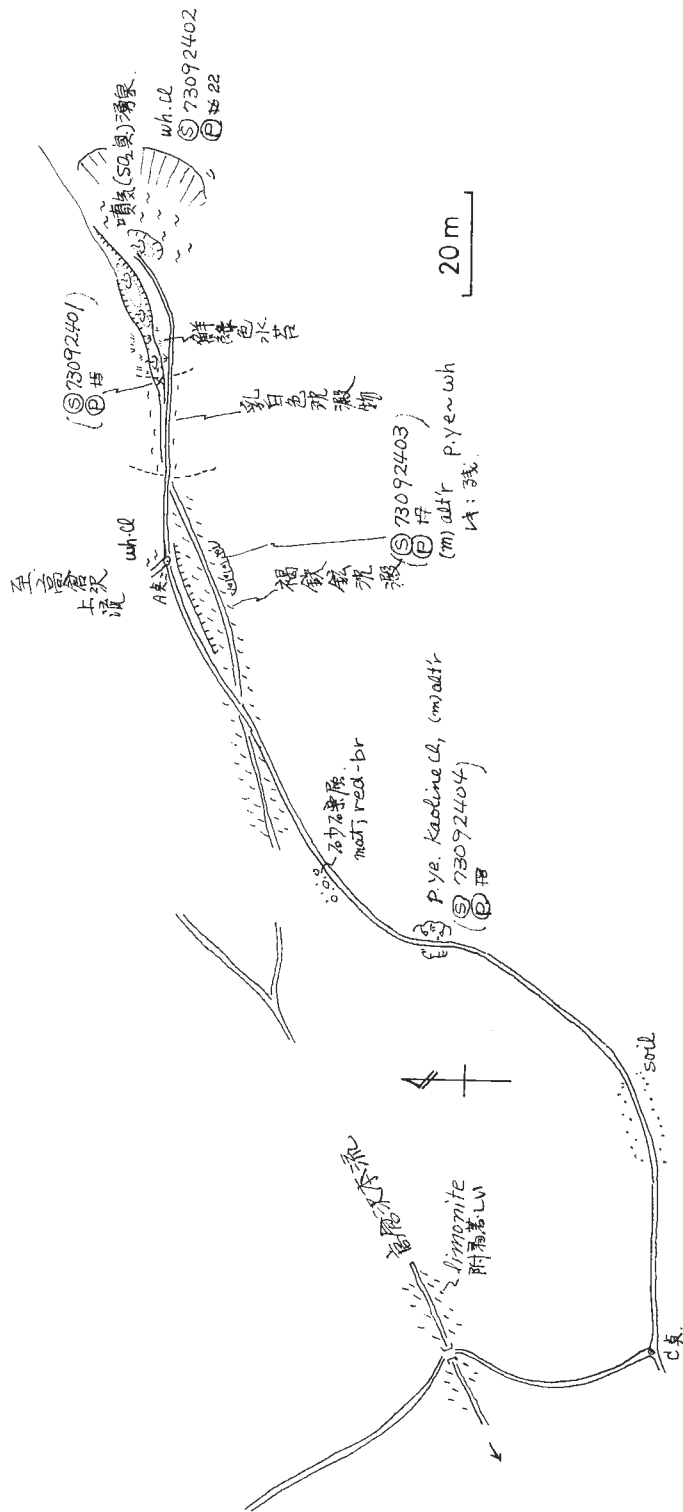


		cm	...	噴泉系
オ	10	●		ye. p. gray cl., carbonic matter
	15	●	△	wh. spot gray cl., carbonic matter
	10	///		limonite
四	35	~		py. diss. d. gray cl.,
		~		wh. p. gray cl.
オ		▲		argillized. Lp-Tf

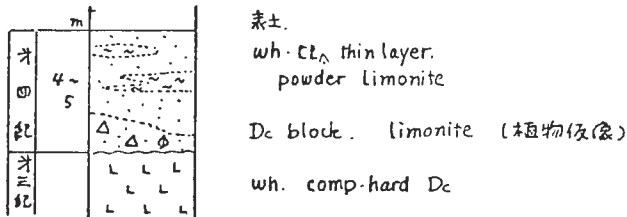
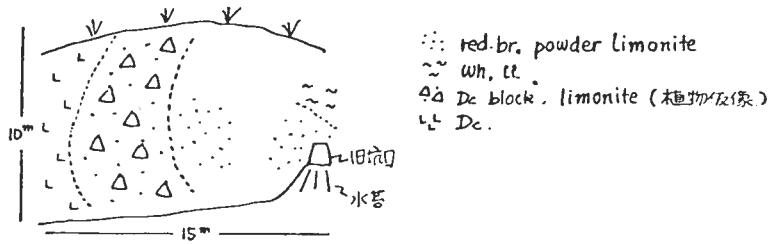
第12図 秋の宮変質帯奥荒湯における温泉沈殿物の模式露頭（上）およびその柱状図（下）

に白～淡黄白色，多孔質，脆弱な薄葉状珪質堆積物で，しばしば木の葉の仮像を鮮明に残す。軽量である（第11図参照）。

2) 荒湯沢の褐鉄鉱；椎川（1956）によれば当鉱層は1952年から約1年間採掘されたものである。その調査当時既に残鉱は無かったもようであるが，現在では植林されており，鉱床の状態は全く不明である。ただ植物仮像が保存された転石が見出され，また鉱床位置から約200m上流（海拔800m）附近に赤褐色を呈する水酸化鉄が認められた。

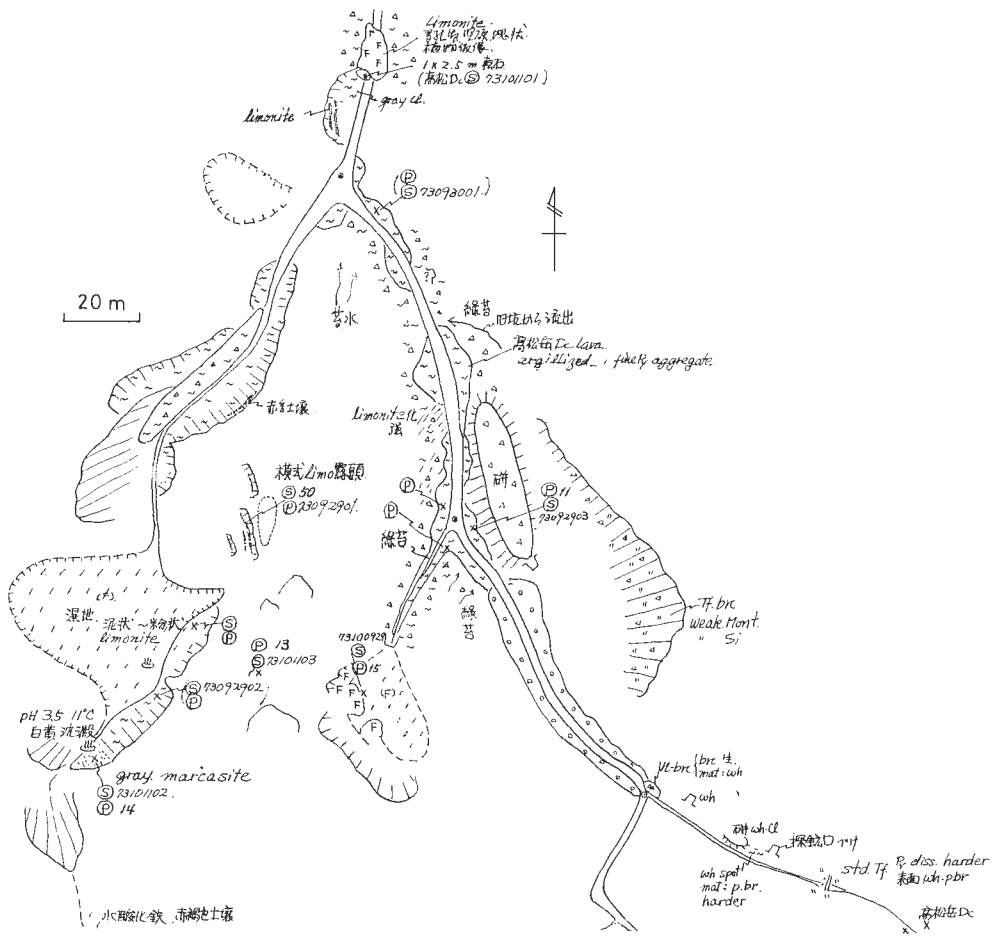


第13図 秋の宮地区高倉沢の温泉沈殿物分布図

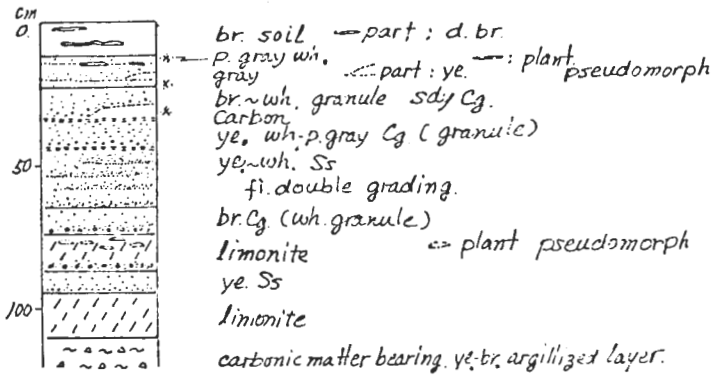


第14図 湯の又沢褐鉄鉱の模式露頭(上)およびその柱状図(下)

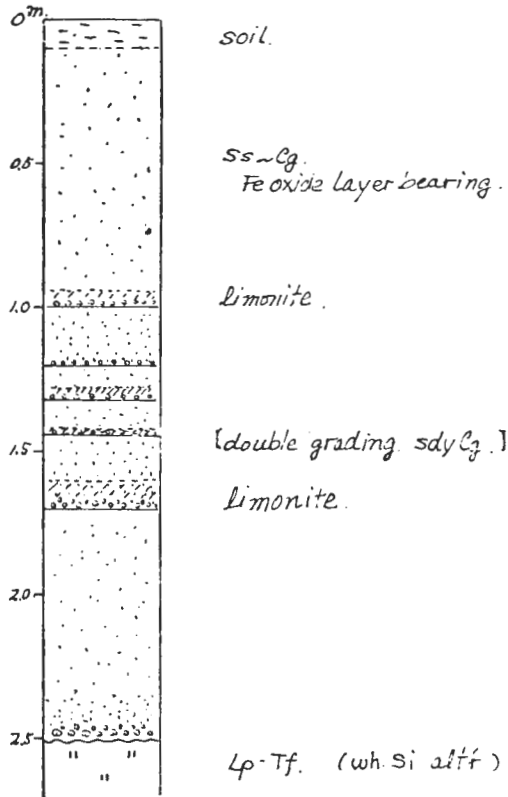
蓬来高松



第15図 蓬来高松の温泉沈殿物の分布図



第16図 蓬来高松の褐鉄鉱層の柱状図

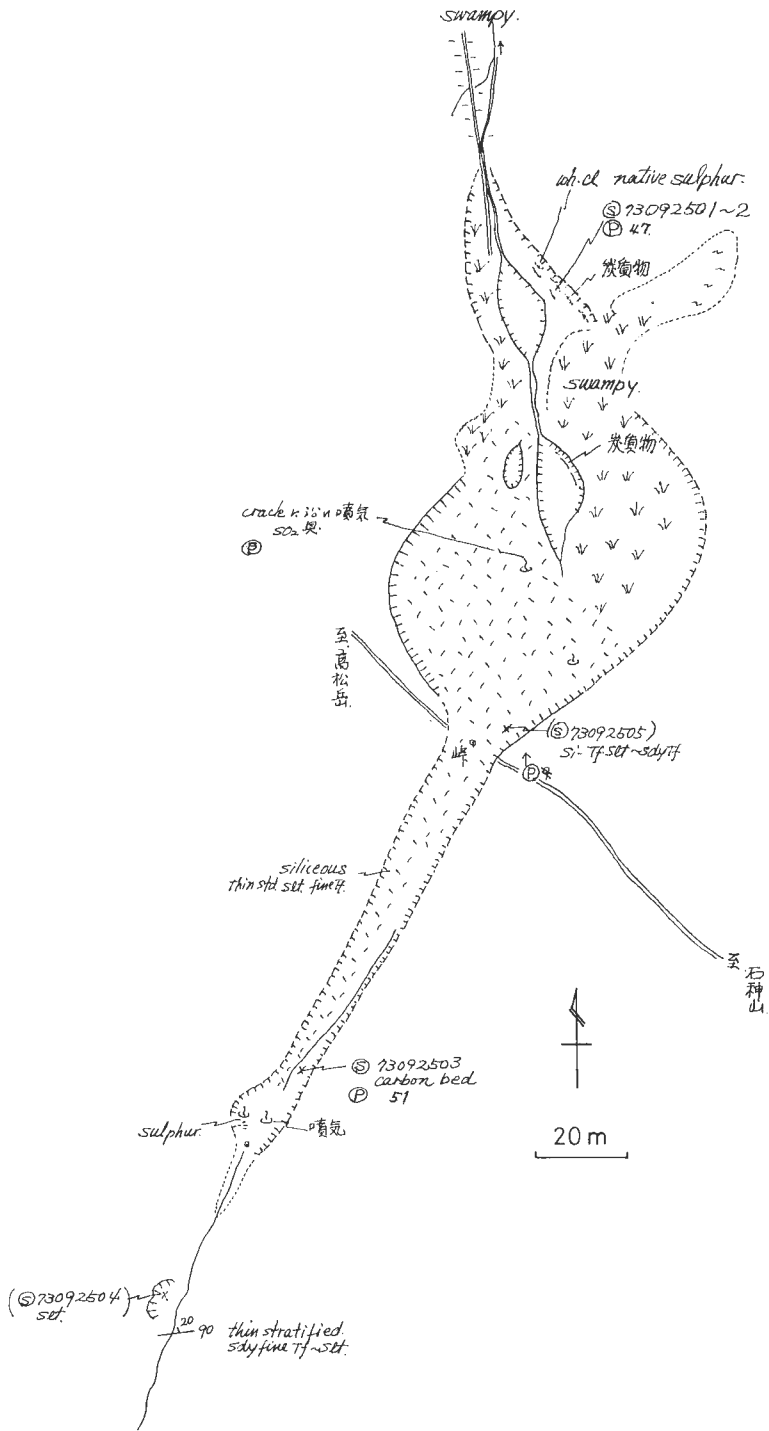


第17図 川原毛における褐鉄鉱層の柱状図

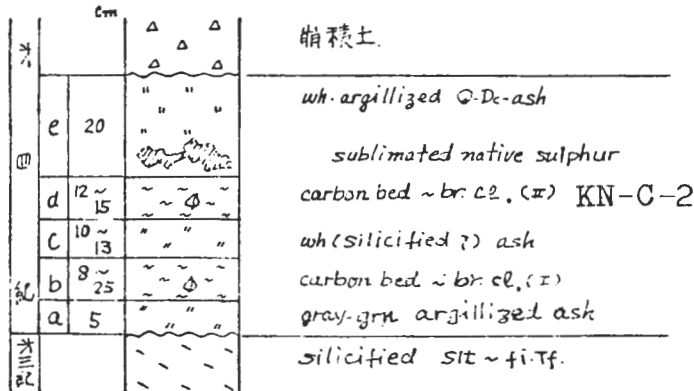
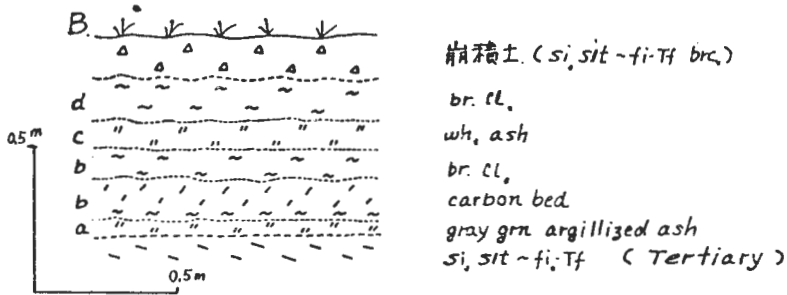
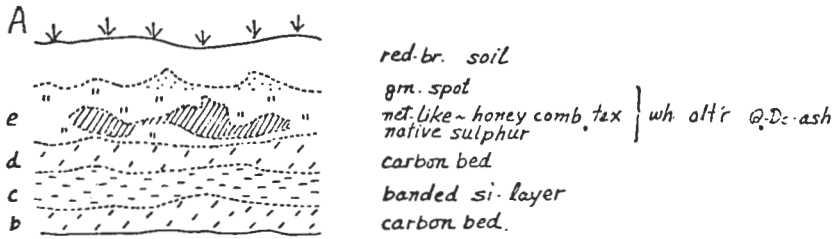
3) 奥荒湯の褐鉄鉱

奥荒湯では馬蹄型の滑落崖に囲まれた凹地に噴気帯があり、そこに褐鉄鉱の沈殿がみられる。噴気孔の側壁では、第12図に示すように、最下位に白色～淡灰色粘土（崩積土）があり、この中に細粒の黄鉄鉱が濃集する暗灰色粘土部が介在する。これより西方の露頭でこの粘土層の下位に新第三系が分布する。この粘土層の上位に褐鉄鉱層→暗灰・暗褐色粘土層→淡黄～淡灰、石英粒混り粘土層の順で堆積物が累重している。こうした露頭状態から、①新第三系の熱水変質、②地沁りによる崩積土の堆積および

石神山



第18図 石神山の温泉沈殿物分布図



第19図 石神山の温泉沈殿物および¹⁴C年代測定試料採集地点の層序関係を示す模式露頭およびその柱状図

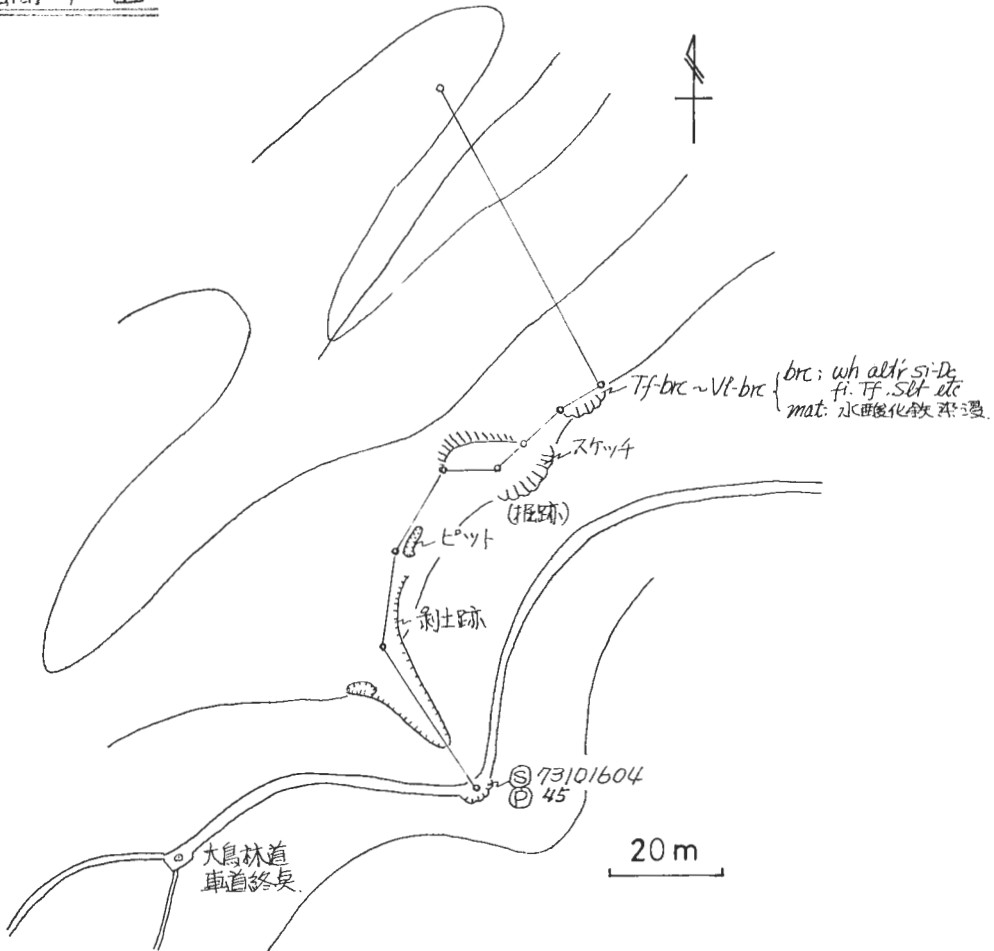
凹地の形成, ③熱水変質による黄鉄鉱の鉱染, ④温泉湧出による褐鉄鉱の沈殿, ⑤火山活動による火山灰の降下, ⑥噴気活動の継続という形成史が推定される。

4) 高倉沢の褐鉄鉱; 海拔705 mの位置に温泉噴気があり, それから下流に鮮緑色水苔帯→乳白色沈殿物帯→褐鉄鉱沈殿物帯という累帯配列の傾向がみられる(第13図)。椎川(1956)は蓬来高松では鮮緑色苔類の群落生育地区から下流では鉄の沈殿を全く認めていないと特記しているが, 上記の産状はそれと相違することが注目される。

5) 湯の又沢の褐鉄鉱; 湯の又沢の上流右岸海拔915 mにおいては第14図に示すように下位から新第三系→角礫岩片混り褐鉄鉱(植物仮像あり)→白色粘土層を挟む赤褐色粉状褐鉄鉱→土壌と累重するのがみられる。このことから, ①崩積土の堆積, ②温泉湧出による褐鉄鉱の生成, ③沼沢の形成および褐鉄鉱生成の継続(その間に火山灰が降下?), ④温泉作用の終息, という形成史が推察される。

6) 蓬来高松の褐鉄鉱; この褐鉄鉱層は変質岩→崩積土を基盤岩として発達している。採掘跡の残鉱

蝸牛山



第20図 蝸牛山の温泉沈殿物分布図

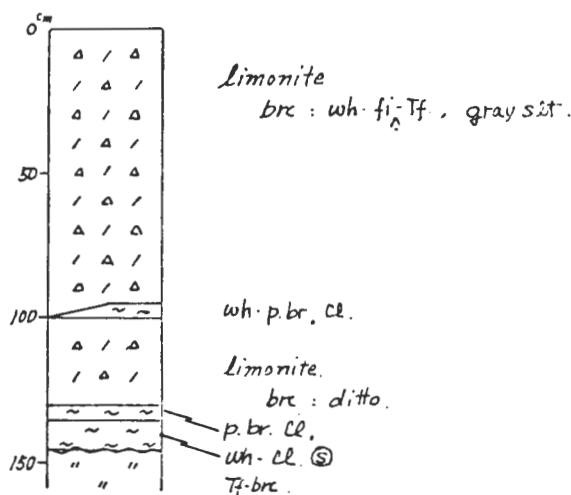
では植物仮像をもち多孔質であるが塊状堅硬であるものが主体をなしている。渋留沢の南の支沢上流には湿地帯があり、底部とその縁に赤褐色軟質泥状～粉状の褐鉄鉱が分布している。崩落崖の近くに、pH 3.5、水温11℃の冷泉が湧出しており、椎川(1956)はこの褐鉄鉱の成因を研究した。その崩落崖には白鉄鉱が2m×3mにわたり晶出している(X線分析 KN-X-15より検出)。その東の台地で崩積土を基盤とする褐鉄鉱層の沈積状態を第16図に示す。当地点から年代測定試料(KN 73092901-2)を採取したが充分量が得られず、年代測定はできなかった。なお附近に分布する赤色粉状の土壌はX線分析(KN-X-13)によればゲーサイトであった。第15図に本地域の温泉沈殿物の分布を示した。

7) 山葵沢の褐鉄鉱; 顕著な鉱層はない。沢沿いの海拔885mと885～890mの間にわずかに点在している。800m点の左岸では変質岩を下盤として高松岳溶岩々塊の転石層の膠結部に薄い沈殿がある。885m左岸の地点でも類似の状況であるが、褐鉄鉱がやや富化し、厚さ1.5m、幅2m程度露出している。

8) 川原毛(新道)の褐鉄鉱; 川原毛～秋の宮の新道に沿って薄い褐鉄鉱層の分布がある。これは分級のよい砂礫層の葉理に沿って発達し、砂礫を混じ脆弱である。その模式露頭の柱状図を第17図に示す。

9) 石神山の硫黄; ここでは噴気に伴って昇華硫黄の沈積がある(第18図)。

峠の北側の凹地では、第19図Aに示すように、最下位から第一炭質物層→白色板状珪質岩層→第二炭



第21図 蝸牛山の褐鉄鉱層の柱状図

質物層→白色変質火山灰の順序に累積している。さらに峠の南(第19図-B)は新第三系に不整合関係をもって灰緑色粘土化火山層が被覆し、その上に第一炭質物層が累積する。第一・第二炭質物層はいずれも植物仮像を含む。硫黄は白色変質火山灰層に網状～蜂巢状で全体として不規則なレンズ状集合体を示している。こうした露頭状態から、①新第三系の熱水変質、②地沁りによる凹地の形成、③凹地に植物の介入、④火山活動による火山灰の降下堆積、⑤植物の再介入、⑥火山活動の再発による火山灰の降下堆積、⑦噴気活動による昇華硫黄の析出、という形成史が推定される。

10) 蝸牛山の褐鉄鉱；皆瀬村大字川向のおおとり林道沿いの蝸牛山の北麓に第20図に示すように小規模に分布する。第2次大戦中に車道を設け採掘を試みたと云われる。崩積土に鉱染している低品位の褐鉄鉱々層である。その模式露頭の柱状図を第21図に示す。X線分析(KN-X-45)によればゲーサイトであった。

4.4 変質帯・温泉沈殿物と第四系との層序関係

変質帯および温泉沈殿物と第四系との層序関係について、前節に述べたことをまとめるとそれぞれ第4表および第5表となる。

変質帯と第四系との層序関係は第3表に示す通り、原岩の主体は新第三系で、第四系だけのものは蓬来高松・山葵沢変質帯のみである。しかし、大湯、小安・女滝、川原毛・泥湯、とち湯等の各変質帯では明らかに第四系にまで変質が及んでおり、第四紀生成の変質帯であることがわかる。またいくつかの変質帯では全面的あるいは局地的に未変質被覆層が存在する。

温泉沈殿物と第四系との関係は第4表に示す通り、かなりの地点で下位層、同生層および被覆層との関係がみられ、生成年代決定が可能な状態にある。

4.5 変質帯・温泉沈殿物と地熱微候との関係

当地域の変質帯・温泉沈殿物と地熱微候との関係については第6表のようにまとめることができる。この表から少なくとも本地域に関しては次のことが推論される。

- 1) 褐鉄鉱のない変質帯には必ず地熱微候がある。
- 2) 褐鉄鉱を伴う変質帯には地熱微候のある場合とない場合がある。
- 3) 褐鉄鉱のみで変質帯がない場合には地熱微候はない。

第4表 変質帯と第四系との層序関係

変質帯名	変質帯		の原岩		未変質被覆層		熱徴		候
	新	第三系	第四系	第四系	第四系	第四系	温泉・噴気	鉱泉	
大湯	溶結凝灰岩・シルト岩		崩積層				○		
小安・女滝	溶結凝灰岩・シルト岩・凝灰岩		礫岩(小安礫岩層)			崩積層・褐鉄鉱(局部的)	○		
川原毛・泥湯	凝灰角礫岩・安山岩		崩積層			砂礫層・褐鉄鉱(局部的)	○		
蓬来高松・山葵沢	—		デイサイト溶岩・崩積層			砂礫層・褐鉄鉱	○		
秋の宮	火山礫凝灰岩		—				○		
湯の又	デイサイト溶岩		—			崩積層・褐鉄鉱			○
赤湯又沢	デイサイト・安山岩		—				○		
石神山	凝灰角礫岩・シルト岩		—				○		
とち湯	安山岩		崩積層				○		
おおとり(編牛山)	凝灰角礫岩		—			崩積層・褐鉄鉱			○

第5表 温泉沈殿物と第四系との層序関係

温泉沈殿物	地 点	新第三系	第 四 系			¹⁴ C年代 (*印)
			下 位 層	同 生 層	被 覆 層	
珪 帶	西 荒 湯	変 質 岩	崩 積 層	—	—	7,350年 2,220年
硫 黄	石 神 山	〃	湖成層・火山灰層*	—	崩 積 土	
褐 鉄 鈹	奥 荒 湯	〃	崩 積 層*	—	火 山 灰 層	〃
〃	湯 の 又 沢	〃	—	崩 積 層	腐 触 土	
〃	蓬 来 高 松	—	変 質 岩・崩 積 層	崩 積 層	〃	〃
〃	山 葵 沢	—	〃 —	崩 積 層	〃	
〃	川 原 毛 新 道	変 質 岩	—	砂 礫 層	〃	〃
〃	荒 湯 沢	—	—	〃 ?	〃	
〃	高 倉 沢	—	—	—	—	〃
〃	蝸 牛 山	凝 灰 角 礫 岩	—	崩 積 層	腐 触 土	
〃	女 滝 沢	—	—	〃 *	〃	1,200年

第6表 変質帯・温泉沈殿物と地熱徴候との関係

地 熱 徴 候	変 質 帯				
	あ り				な し
	褐鉄鈹あり	硫黄あり	珪華あり	沈殿物ほとんどなし	褐鉄鈹あり
温泉噴気あり	奥 荒 湯 川 原 毛	川 原 毛 泥 湯 石 神 山	西 荒 湯	荒 湯 又 沢 赤 湯 大 小 湯 沢 湯 安	
冷 泉 あ り	蓬 来 高 松				
温 泉 噴 気 冷 泉 な し	山 葵 沢(?) 湯 の 又 沢(?)				荒 湯 沢 高 倉 沢 蝸 牛 山

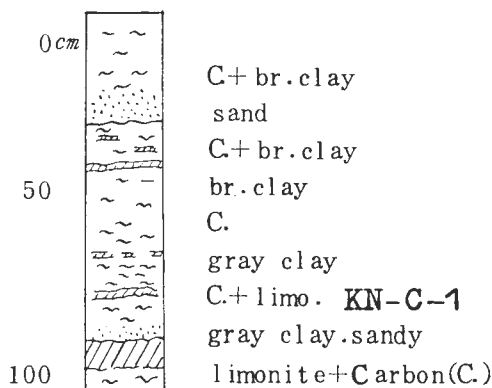
第7表 川原毛地熱地域の¹⁴C年代

No.	Sample no.	Code no.	Formation	Sample	Age (years before 1950)
KN-C-1	K N 73101703-2	GaK-5184	崩 積 層	炭 質 土	1,200 ± 80
〃 2	K N 73092502-2	GaK-5183	火 山 灰 層	炭 化 木 片	7,350 ± 140
〃 3	K N 73092906	GaK-5182	崩 積 層	炭 質 土 お よ び 木 片	1,050 ± 85
〃 4	K N 73092604-2	GaK-5181	崩 積 層	炭 質 土 お よ び 炭 化 木 片	2,220 ± 110

(測定 学習院大学 木越邦彦)

年代の算出には¹⁴Cの半減期として5,570年(Libbyの値)を用いてある。誤差はβ線計数値の標準偏差にもとづいて算出。

- 1: 秋田県雄勝郡皆瀬村川向女滝沢, 38°59'46"N, 140°39'54"E. 1973年10月17日, 岡田博採取.
- 2: 秋田県雄勝郡皆瀬村川向石神山, 38°57'53"N, 140°38'3"E. 1973年9月25日, 岡田博採取.
- 3: 秋田県湯沢市高松川原毛, 38°59'29"N, 140°35'41"E. 1973年9月29日, 岡田博採取.
- 4: 秋田県雄勝郡雄勝町秋の宮, 38°57'41"N, 140°34'9"E. 1973年9月26日, 岡田博採取.



第22図 女滝沢の崩積土の柱状図
(^{14}C 年代測定試料採取地)

5. 放射年代測定

変質帯は地下深部の地熱流体の存在を示す有力な示徴と考えることができる。ところが変質帯には温泉・噴気の見られる活性地熱帯や地熱微候の弱い潜頭性地熱帯あるいは現在微候の見られない消滅性地熱帯もあり、変質帯の年令を測定する必要がある。そこで変質帯と温泉沈殿物および第四系との層序学的関係にもとづいて、測定試料を採取し、測定した。

5.1 ^{14}C 年代

1) 試料

当地域の第四紀堆積物に含まれる、第7表に示す4個の炭質物について ^{14}C 同位体年代測定を実施した。産状および測定年代の地質学的意義について簡単に述べる。

a. KN-C-1

女滝沢において、粘土化変質を受けた新第三系を基盤とする崩積土が分布する。この崩積土は第22図に示したように粘土、砂、炭質物の互層からなり、一部に温泉沈殿物に相当する褐鉄鉱が含まれる。測年試料はその炭質物に相当する。

測定年代はこの崩積土の堆積時期を示すけれどもさらに温泉沈殿物の堆積年代をも示す。

したがって女滝沢一帯の地熱活動は少なくとも測定年代より今日まで継続していたことを示すことになる。

b. KN-C-2

石神山より北西約400~500mの位置に噴気を伴う湿地があり、その一帯に層厚約1mの火山灰層が分布する。基盤の新第三系は三途川層のシルトと細粒凝灰岩の互層からなり、地熱変質作用を受け珪化している。火山灰層には2枚の炭質物を含む粘土の薄層が挟在し、測年試料は第18図および第19図に示した層準から採取された。下盤の火山灰はあまり変質していないけれども上盤の硫黄を含む火山灰は著しく粘土化し、地熱変質作用を受けている。したがって測定年代はこの火山灰をもたらしした火山活動期を示しているが、測定年代より以前にも石神山一帯の地熱活動があったことを示す。

c. KN-C-3

旧川原毛硫黄鉱山の西方の西の沢に分布する崩積土に含まれる炭質土壌を測年試料とした。この崩積土は、その基盤に相当する大湯層(武藤, 1965)のデイサイト質火山礫凝灰岩が崩壊し西ノ沢に堆積したものであり、他の第四系に属する地層の岩片は含まれない。

第8表 フィッション・トラック時代

試料番号	試料	採集地	ρ_s	ρ_i	ϕ	$T_{m.y.}$
1(KN73101401)	デイサイト質溶結凝灰岩	大湯北, 路傍	8.6×10^4	2.5×10^6	1.05×10^{15}	2.1
2(KN73101402)	兜山溶結凝灰岩(脆弱)	木地山登り口, 路傍	1.0×10^5	2.0×10^7	1.05×10^{15}	0.32
3(KN73101403)	兜山溶結凝灰岩(模式地)	兜山崖の西				
4(KN73101701)	高松岳火山岩(脆弱)	川原毛新道, 路傍	3.4×10^4	1.1×10^7	1.05×10^{15}	0.20
5(KN73101702)	兜山軽石凝灰岩(脆弱)	五才沼北, 路傍	3.4×10^4	6.4×10^6	1.05×10^{15}	0.34

この内 no. 3 は十分な鉱物を得ることができなかった。

第9表 変質岩の化学分析値

No.	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	61.99	71.30	66.54	92.63	76.54	72.00
TiO ₂	0.46	0.32	0.42	0.31	0.23	0.28
Al ₂ O ₃	20.75	14.23	16.65	1.84	13.34	15.50
Fe ₂ O ₃	2.61	1.84	2.70	0.60	1.47	0.49
FeO	0.50	0.37	1.02	0.63	0.82	1.78
Fe	—	—	—	—	—	—
MnO	0.01	0.04	0.07	0.01	0.01	0.04
MgO	0.32	0.54	0.93	0.07	0.27	0.80
CaO	0.55	1.57	2.89	0.01	0.23	1.66
Na ₂ O	0.26	1.66	2.90	0.26	1.31	2.41
K ₂ O	0.46	1.78	1.72	0.26	1.35	1.82
P ₂ O ₅	0.30	0.40	0.78	0.01	0.09	0.02
S	2.55	0.06	0.21	1.32	0.76	0.26
SO ₃	0.21	0.06	0.07	0.08	0.11	0.02
CO ₂	0.03	0.02	0.02	0.01	0.04	0.36
H ₂ O ⁺	6.72	1.80	1.10	0.30	1.28	0.57
H ₂ O ⁻	2.34	2.56	1.60	0.53	0.91	0.45
真比重	2.16	2.29	2.52	2.43	2.65	2.73
見掛比重	2.15	1.83	2.21	1.76	2.28	2.37
Total	100.06	98.55	99.62	98.89	98.76	98.46

(注) S はすべて遊離硫黄として計算した。

(分析: 同和鉱業中央研究所)

- 1: KN73103003, 強変質デイサイト質火山礫凝灰岩(虎毛山層)大湯, 噴気帯.
- 2: KN73101608, 弱変質デイサイト質火山礫凝灰岩(虎毛山層)大湯, 吊橋の西.
- 3: KN73101612, デイサイト質火山礫凝灰岩(虎毛山層)(原岩)大湯, 車道.
- 4: KN73103002, 強変質デイサイト質火山礫凝灰岩(虎毛山層)川原毛, 露天掘.
- 5: KN73103002, 弱変質デイサイト質火山礫凝灰岩(虎毛山層)川原毛, 湯尻沢.
- 6: KN73110601, デイサイト質火山礫凝灰岩(虎毛山層)(原岩)川原毛, 新道.

付近一帯の大湯層は地熱変質作用を受けている。したがって測定年代は崩積土の堆積時代を示すが、さらにそれより以前にも、地熱活動があったことをも示す。

d. KN-C-4

秋の宮東方奥荒湯温泉に分布する滑落凹地に堆積した粘土層の中に温泉沈殿物とともに測年試料の炭化木片が挟在する。この産状は第12図に示されている。したがって測定年代はこの粘土層の堆積年代を示すが、同様に地熱活動は測定年代以前よりあったことを示す。

2) 結果および考察

第5表に示された測定値を得た。

石神山産の炭化木片の ¹⁴C 年代が最も古く、7,350 ± 140年 B.P. に相当した。他は皆有史後に相当する。石神山を除く他の地域の地熱活動が測定年代より更にどれくらい以前からあったかは不明である。

が、調査地域全体としては石神山産の炭化木片が示す年代より以前に地熱活動があったことは容易に想像できる。

5.2 フィッション・トラック年代

当地域の第四紀火山の層序に関係する、兜山溶結凝灰岩類と高松岳火山岩類から合計4個および第三系の中で大湯層（武藤，1965）に挟在するデイサイト質溶結凝灰岩より1個合計5個の試料について年代測定を実施した。

採取地点および測定結果は第8表に示す。

採取地点の詳細な記載事項、試料の顕微鏡下の性質、測年方法および結果の地質層序学的考察等については西村ほか（1976）においてすでに発表されている。

6. 変質岩の化学分析

6.1 試料採取

珪化変質帯と粘土化変質帯における化学成分の変化を調べるために、それぞれの代表的な変質帯に相当する。川原毛変質帯および大湯変質帯より、強変質、弱変質および未変質岩を1個ずつ、合計6個化学分析を実施した。試料については第9表に示した。

6.2 分析結果

第9表に示された16成分について、けい酸塩岩石分析法（地質調査所化学分析法 No. 42）に基づき、同和鉱業中央研究所によって実施された。その結果を第9表に示す。

7. X線分析

7.1 試料

川原毛・泥湯，秋の宮，蓬来高松・山葵沢，大湯および小安・女滝各変質帯の変質岩さらに蝸牛山の温泉沈殿物を加えた合計45個の試料についてX線法により変質鉱物等の同定を行った。X線分析番号，試料番号，採集地点については第10表および第23図に示した。

7.2 X線分析法

全岩粉末試料を下記のX線条件下においてX線回折し、鉱物同定を行った。

CuK α (Ni フィルター)，30 kV 15 mA，Slit 1°-0.15 mm-1°，Scan. speed 2°/min，Chart speed 2 cm/min，full scale 400 cps，Time constant 2 sec，Scan. range 2 ~ 40°/2 θ 。

上記の条件でピークが，scale out すれば 800 cps もしくは電流を 10 mA に落して実施した。

14 Å 付近に反射のみられるものにはエチレングリコール処理（エチレングリコール蒸気を1時間吸収させる）後，また7 Å に反射のみられるものには塩酸処理（6NHClを1時間反応させる）し充分乾燥の後再度X線回折し，粘土鉱物の同定を行った。

7.3 結果および考察

X線分析により同定された含有鉱物を第10表に示した。初生の斜長石，角閃石，輝石等は省略した。次に各変質帯における変質鉱物の分布についてその特徴を述べる。

a. 秋の宮変質帯

秋の宮温泉街の温泉は主として弱アルカリ（pH 6.6 ~ 8.3）を示すが，変質帯の温泉はいずれも酸性（pH 3.0 ~ 3.2）を示す。モンモリロナイト，カオリン鉱物，絹雲母，緑泥石，明ばん石，黄鉄鉱，石英， α - および β -クリストバル石，等の変質鉱物を産する。



第23图 試料採取地点图

第10表 川原毛地熱地域の粉末X線回折による変質鉱物一覧表

分 析 番 号	試 料 番 号	採 取 地 点	シリカ鉱物				粘土鉱物					沸石				硫酸 塩鉱物	酸化・硫 化鉱物			炭酸 塩鉱物
			Q	Cr	Cr(β)	Tr	Mt	V	Chl	Ser	K	Md	St	Lm	Yg	Al	Gt	Py	Mc	Ca
			英 石 石 石	石 石 石 石	石 石 石 石	石 石 石 石	ト ト 石 ト ン	ト ト 石 ト ン	ト ト 石 ト ン	ト ト 石 ト ン	ト ト 石 ト ン	石 石 石 石	石 石 石 石	石 石 石 石	石 石 石 石	ん ば 石	鉄 鉄 鉄	鉄 鉄 鉄	鉄 鉄 鉄	石 解 方
1	K N73092903	川原毛	○																	
2	K N73092908	〃	○																	
3	K N73093003	〃	○																	
4	K N73093001	〃	○																	
5	K N73092901-3	〃	○	○																
6	K N73100106	〃	○												○					
7	K N73100107	〃	○												○					
8	K N73103001	〃	○												○					
9	K N73103002	〃	○												○					
10	K N73110601	〃	○					○												○
11	K N48092903	蓬来高松	○	○																
12	K N73112904	・山茨沢*	○	○																
13	K N73101103	〃*	○																	
14	K N73101102	〃*	○																	
15	K N73100929	〃*	○																	
16	K N73092603	秋の宮	○	○																
17	K N73092601	〃	○																	
18	K N73092505	〃	○					○												
19	K N73092606	〃	○					○												
20	K N73092303	〃	○					○												
21	K N73092604-3	〃	○	○																
22	K N73092402	〃	○																	
23	K N73092202	〃*	○												○					
24	K N73092406-3	〃*	○	○																
25	K N73092506	〃	○																	
26	K N73103003	大湯	○																	
27	K N73101717	〃	○					○					○							
28	K N73101719	〃	○					○												
29	K N73101601	〃	○					○												
30	K N73101602	〃	○					○												
31	K N73101724	〃	○					○												
32	K N73101722	〃	○					○												
33	K N73101609	〃	○					○												
34	K N73101608	〃	○					○												
35	K N73101612	〃	○					○												
36	K N73101828	小安	○					○												
37	K N73100803	〃	○					○												
38	K N73100805	〃	○					○												
39	K N73100806	〃	○					○												
40	K N73100807	〃	○					○												
41	K N73100809	滝向	○					○												
42	K N73100808-1	〃	○					○												
43	K N73100808-3	〃	○					○												
44	K N73100801	桂沢	○					○												
45	K N73101604	蝸牛山*	○					○												

* 温泉沈殿物

b. 川原毛・泥湯変質帯

珪石帯における温泉水の pH は約 1 ~ 2 を示し、その化学的性質は塩酸・硫酸酸性である。

珪石帯に認められる変質鉱物は石英およびセリサイトが主体をなし、その弱変質部ではその他にモンモリロナイトと緑泥石が認められる。粘土化帯における温泉水の pH は一般的には珪石帯と同様に低く 2 ~ 4.5 の値を示す。(局所的には pH 約 6 を示す温泉もある。)温泉水の化学的性質は硫酸々性あるいは含食塩ないし含芒硝型の硫酸々性を示す。粘土化帯に産する変質鉱物はカオリン鉱物、セリサイト、緑泥石、モンモリロナイト、明ばん石、 α -クリストパル石、 α -リンケイ石、石英等であった。

c. 蓬来高松・山葵沢変質帯

当地域には、25℃以上の温度を示す温泉は認められない。わずかに 2, 3 の鉱泉を認めるのみであるが、割合広い粘土化帯が分布する。変質鉱物としてはカオリン鉱物、 α -クリストパル石、黄鉄鉱等が認められた。

d. 小安・女滝沢変質帯

当地域の温泉は食塩泉もしくは単純泉に相当し、その pH は 5.3 ~ 9.1 の値を示し、弱酸 ~ 弱アルカリ性までにおよぶ。変質鉱物は、珪化帯ではモンモリロナイト、東沸石、石英が粘土化帯ではカオリン鉱物、モンモリロナイト、セリサイト、黄鉄鉱、 α -クリストパル石、石英等が認められる。さらに脈状珪化帯に相当する桂沢付近では湯河原沸石脈が認められる。

e. 大湯変質帯

当変質帯の温泉水はアルカリ性を示し、その pH は 8 ~ 9 を示し、その化学的性質は食塩泉型に相当する。当変質帯の変質鉱物としてはモルデン沸石、濁沸石およびパーミキュライトを産するのが特徴であり、他にモンモリロナイト、カオリン鉱物、緑泥石、黄鉄鉱、方解石、石英等が認められる。

上記の変質帯の変質鉱物の産状と、変質帯の温泉水の pH との間には特徴的な相関性を認めることができる。川原毛・泥湯、秋の宮、両変質帯においては温泉水の pH は低く、一般的に硫酸々性に相当し、噴気活動の最もげしい川原毛一帯では、ほとんど石英のみからなる珪石帯を形成する。珪石帯の周縁では温泉水の pH はやや高くなり粘土化帯を形成し、カオリン鉱物、明ばん石などの特徴的な変質鉱物を産する。一方、大湯変質帯では温泉水はアルカリ性を示し、モルデン沸石、濁沸石、パーミキュライトなどを産するのが特徴である。

以上述べた 3 つの変質帯の変質鉱物の産状は、変質作用をおよぼす熱水溶液の性質に帰することが可能であろう。また小安・女滝沢の変質帯においては、今回の調査では明ばん石を検出できなかったが、温泉水の性質は、川原毛・泥湯変質帯と大湯変質帯の温泉水との中間的性質を示し、変質帯の産状および変質鉱物の産状も、両変質帯の性質を共有していると解釈できる。

さらに注目すべきことは、今回の地表における変質岩の X 線分析では、大湯変質帯でパーミキュライトを検出した以外は高温の変質環境を指示する変質鉱物は検出されなかったことである。大湯変質帯では地下浅所に高温流体の賦存の可能性が暗示される。

温泉沈殿物としては白鉄鉱、 α -クリストパル石、リンケイ石および褐鉄鉱が確認された。

8. ま と め

秋田県南部湯沢市川原毛一帯には地熱活動によって形成された変質帯が分布する。昭和 48 年度に実施された全国地熱基礎調査研究において、当地域の変質帯の分布および産状、変質岩を構成する変質鉱物、温泉沈殿物、および変質帯と地熱活動に関係する第四系に関するその地質層序および放射年代等について、下記に示すような、地質学的にまた地熱開発上有意義な知見を得た。

8.1 第四系

第四系是最下部に小安礫岩層が発達し、その上に兜山溶結凝灰岩類、高松岳火山岩類および崩積土等が累重する。小安礫岩層を除く第四系から第 7 表および第 8 表に示された ^{14}C 年代およびフィッシュン

・トラック年代が得られた。判明した同位体年代は野外調査により確立した層序関係と矛盾するものではない。

8.2 変質帯

当地域の変質帯は湯沢市川原毛を中心に、秋の宮、湯の又、蓬来高松、山葵沢、泥湯、小安温泉、女滝沢、大湯、おおとり、とち湯、石神山、赤湯又沢に分布し、第2表および第4図に示す規模と分布を確めた。このうち川原毛、泥湯、小安温泉、大湯、石神山、赤湯又沢では噴気活動を伴っており、有望な地熱開発の対象地域と目される。当地域の変質帯は、その産状により珪化帯、珪石帯および粘土化帯に細分され、珪化帯もしくは珪石帯は粘土化帯の中心に分布する。

川原毛変質帯は大規模な珪石帯を形成し、最も活発な噴気活動を伴っており、当地域全体の地熱活動の中心と思われる。

地表の変質帯より確認された変質鉱物は、モンモリロナイト、絹雲母、カオリン鉱物、緑泥石、パーミキュライト、モルデン沸石、濁沸石、東沸石、明ばん石、黄鉄鉱、 α -クリストバル石、リンケイ石、石英等であり、他に脈石中の鉱物に湯河原沸石が認められた。したがってパーミキュライトを除くと他に高温の熱水変質を暗示する鉱物は露頭では認められなかった。

上記の変質鉱物のうちあるものは、その産状からみて、変質帯を形成する熱水溶液の化学的性質に支配されると考えられる。すなわち川原毛・泥湯変質帯のごとく、硫酸酸性の熱水条件下では、変質帯の中心に珪石帯を形成し、その周縁の粘土化帯ではカオリン鉱物と明ばん石がしばしば認められるのに対して、大湯変質帯のようなアルカリ性の熱水条件下では、モルデン沸石、濁沸石およびパーミキュライト等が認められるのが特徴である。

8.3 温泉沈殿物

温泉沈殿物として、珪華 (α -クリストバル石およびリンケイ石からなる)、硫黄、白鉄鉱および褐鉄鉱が認められた。これらの分布箇所は第3表に示すように12箇所到達し、沈殿性褐鉄鉱はそのうちの8箇所から産する。これらの褐鉄鉱々床では開発可能な鉱量は賦存しない。温泉沈殿物の分布に関しては次の3つの特徴が認められた。

①大部分は崩積土の中に含まれる。

②主要変質帯には、硫黄、珪華などが分布するところもあるが、むしろ、変質規模の小さい、石神山、蝸牛山、湯の又変質帯などの方により顕著に分布する。

③褐鉄鉱は必ずしも変質帯に産するとはかぎらない。

以上の現象より、当地域では変質帯の中に温泉沈殿物があれば、褐鉄鉱を除き、必ず地熱徴候がみられるが、地熱徴候地は必ずしも顕著な温泉沈殿物を伴うとは限らないといえるであろう。

第四系に含まれる炭質物の¹⁴C年代から、当地域の地熱活動は約7,000年 B.P.にはあったと推察される。

以上の要約をさらに総合すると、当地域は秋の宮、川原毛、泥湯、小安、大湯など高温の温泉が湧出しているほか、比較的規模の大きい変質帯が形績され、活発な噴気活動を伴い、数多くの地熱徴候が認められることより、本邦では最も有望な地熱地帯として注目に値すると考えられる。

文 献

- 地質調査所 (1974) 全国地熱基礎調査報告書, no. 2, 「栗駒北部」.
 早川典久・丹内信夫 (1960) 雄勝地区. 未利用鉄資源, no. 8, p. 112-113, 通商産業省.
 本多朗郎 (1961) 川原毛粘土について. 粘土科学の進歩(3), p. 147-159, 技報堂.
 ———・渡辺和矩 (1965) 秋田県皆瀬村若畑の白土. 東北の工業用鉱物資源, no. 5, p. 35-39.
 ———・大平芳美・渡辺和矩 (1966) 秋の宮地区. 国内鉄鋼原料調査報告, no. 5, p. 342-344,

通商産業省.

- 片山信夫・梅沢邦臣 (1956) 7万5千分の1地質図幅「鬼首」および同説明書. 地質調査所.
- 加藤磐雄・島田昱郎 (1953) 栗駒火山西麓緑色凝灰岩相地域の地質及び特に三途川鬼首盆地の湖成堆積層について. 岩鉱, vol. 37, no. 5, p. 178-190.
- 前田憲二郎・大森江い・大森貞子 (1969) けい酸塩岩石の完全分析法. 地質調査所化学分析法, no. 42.
- 増井淳一・丹野晴夫・狩野豊太郎 (1962) 秋田県雄勝郡秋の宮, 赤湯又沢, 大湯および小安のカオリン粘土. 東北の工業用鉱物資源, no. 2, p. 79-95.
- ・阿部 宏・丹野晴夫・渡辺和矩 (1963) 秋田県赤湯又沢のカオリン粘土. 東北の鉱業用鉱物資源, no. 3, p. 60-69.
- 武藤 章 (1965) 秋田県東南部地域の新第三系の層序. 地質雑, vol. 71, p. 389-400.
- 中村久由・鈴木 孝・前田憲二郎 (1955) 秋田県秋の宮・皆瀬温泉調査報告. 地調月報, vol. 6, p. 627-638.
- 西村 進・谷口政碩・角 清愛 (1976) 秋田県南部小安温泉付近の火山岩類のフィッション・トラック年代——日本の地熱活動に関連する火山岩のフィッション・トラック年代(1)——. 地調月報, vol. 27, p. 713-720.
- 椎川 誠 (1956) 褐鉄鉱の鉱床学的研究 (第1報) —秋田県における褐鉄鉱鉱床—. 秋田大学学芸学部紀要, 自然科学, vol. 6, p. 45-74.
- ・山口良二 (1956) 秋田県川原毛産鉛重晶石について (第1報). 秋田大学学芸学部紀要, 自然科学, vol. 6, p. 75-85.

**Geological Study on Hydrothermal Rock-Alteration
in Kawarage Geothermal Field,
Akita Prefecture, Japan**

Masahiro TANIGUCHI, Hiroshi OKADA
and Kiyoshi SUMI

Abstract

Many hot springs well out in the studied field which is situated about 15 km northwest of Kurikoma volcano. They are accompanied by active fumaroles in surrounding altered areas, so that the field is under public attention as the largest scale geothermal area in our country.

The main altered areas are Akinomiya, Kawarage-Doroyu, Akayunomatazawa, Oyasu-Metaki and Ooyu. Among them, Kawarage altered area seems to be the center of the geothermal activity, in which the silicified zone is predominant and sublimated sulfur was once mined. The pH-values of the hydrothermal solutions in Kawarage hot springs are remarkably low and ranges from 1 to 2.

In Akinomiya, Oyasu-Metaki and Ooyu altered areas surrounding the above-mentioned area, clayey zones are widely distributed, in which clay minerals (kaolin, montmorillonite and sericite) and zeolite minerals (mordenite, stilbite, laumontite and yugawaralite) are predominant. The pH-values of their hydrothermal solutions are relatively high.

The bedded limonitic iron ore is conspicuous in Horaitakamatsu, Yunomata and Ootori (Kata-tsumuriyama) minor altered areas, where cold springs well out, in addition to the mentioned five main altered areas.

(受付：1977年12月1日；受理：1977年12月6日)

図 版 説 明

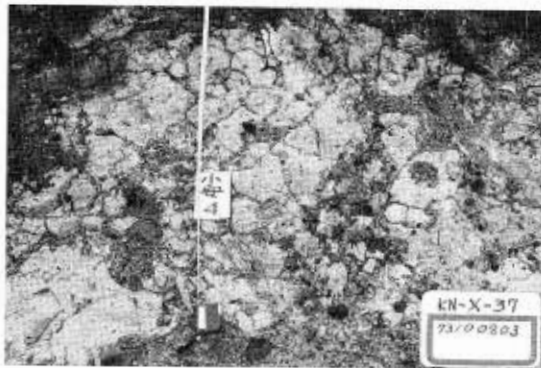
- 図版20-1 泥湯，新湯南方の噴気帯．右下の番号はX線分析番号，以下同様．
- 図版20-2 泥湯・旧川原毛鉱山間道路における変質帯．
- 図版20-3 小安，大噴湯階段の三途川層．
- 図版20-4 小安，湯元における変質帯．
- 図版21-1 蓬来高松の褐鉄鉱：渋留駅の南支沢上流の崩落崖の東の台地，崩積土を基盤とする褐鉄鉱層の沈積状態（第10図参照）．
- 図版21-2 奥荒沢噴気帯における褐鉄鉱の沈積状態（第15図参照）．
- 図版21-3 湯の又沢上流右岸海拔915mにみられる褐鉄鉱床（第16図参照）．
- 図版21-4 石神山峠北方の凹地における変質帯の断面（第14, 21図参照）．



1



2



4



3



1



2



3



4

551.23 : 551.25(521.00)

宮城県玉造郡片山・鳴子地熱地域の熱水変質帯*1

山田 営三*2・岡田 博*3・西村 進*4・谷口 政碩*5・名取 博夫*6

1. ま え が き

本調査研究は全国地熱基礎調査変質帯調査「栗駒南部」地域調査（昭和49年度）の一環として行なわれたものである。

調査地域は宮城県玉造郡鳴子町に属し、鳴子、中山平、川渡および鬼首などの温泉地熱地帯を含んでいる。野外作業は昭和49年9月16日から11月9日の間に実施された。

調査研究の経緯、担当者等の細部については今回の調査結果の一部を速報した地質調査所（1975）に記載されている。

本調査研究全般にわたって地質調査所の角清愛博士の御指導をあおいだ。粉末X線分析および変質鉱物の同定に関しては、秋田大学鉱山学部本多朔郎教授および地質調査所の金原啓司博士の御教示を得た。現地調査の一部は同和鉱業株式会社の増淵和芳氏および宮本博氏の御援助を得た。また、フィッショントラック測年用試料採取地点に関して、東北大学教養部の生出慶司教授の御教示を得た。上記の方々に厚く感謝の意を表す。

2. 従 来 の 調 査

調査地域の地質層序・岩石・構造、試錐岩芯の変質、温泉や蒸気の化学組成、およびその他の温泉・地熱に関する報文は数多く発表されているが、ここでは地表の地熱変質についての従来の調査報告についてのみ述べ、その他については必要に応じて本文中で引用するにとどめる。

2.1 鬼首地区

増井・野田（1961 a）は、吹上、赤沢、女釜男釜、および片山峠などの地域で粘土鉱床調査を行ない、その鉱物組成などについて報じている。山岡・宇津木（1973）は、赤沢の珪酸白土について、さらによくわしい報告をしている。その他に、片山・梅沢（1958）、中村（1959）、YAMADA（1975）などがこの地域の変質帯および温泉沈殿物の分布などについてふれている。片山附近の硫黄鉱床については、高橋（1953）、岡野（1967）などの簡単な報告がある。

2.2 鳴子地区

増井・野田（1961 b）は中山平の粘土鉱床を調査し、その鉱物組成などについて報じている。増井・野田（1961 c）は鳴子町田中温泉附近の明ばん石について報告している。鳴子の硫黄鉱床については、岡野（1962）の報告がある。

*1 地質調査所報告, no. 259, 1978

*2 地殻熱部 *3 同和鉱業株式会社 *4 京都大学教養部 *5 東北出張所 *6 燃料部

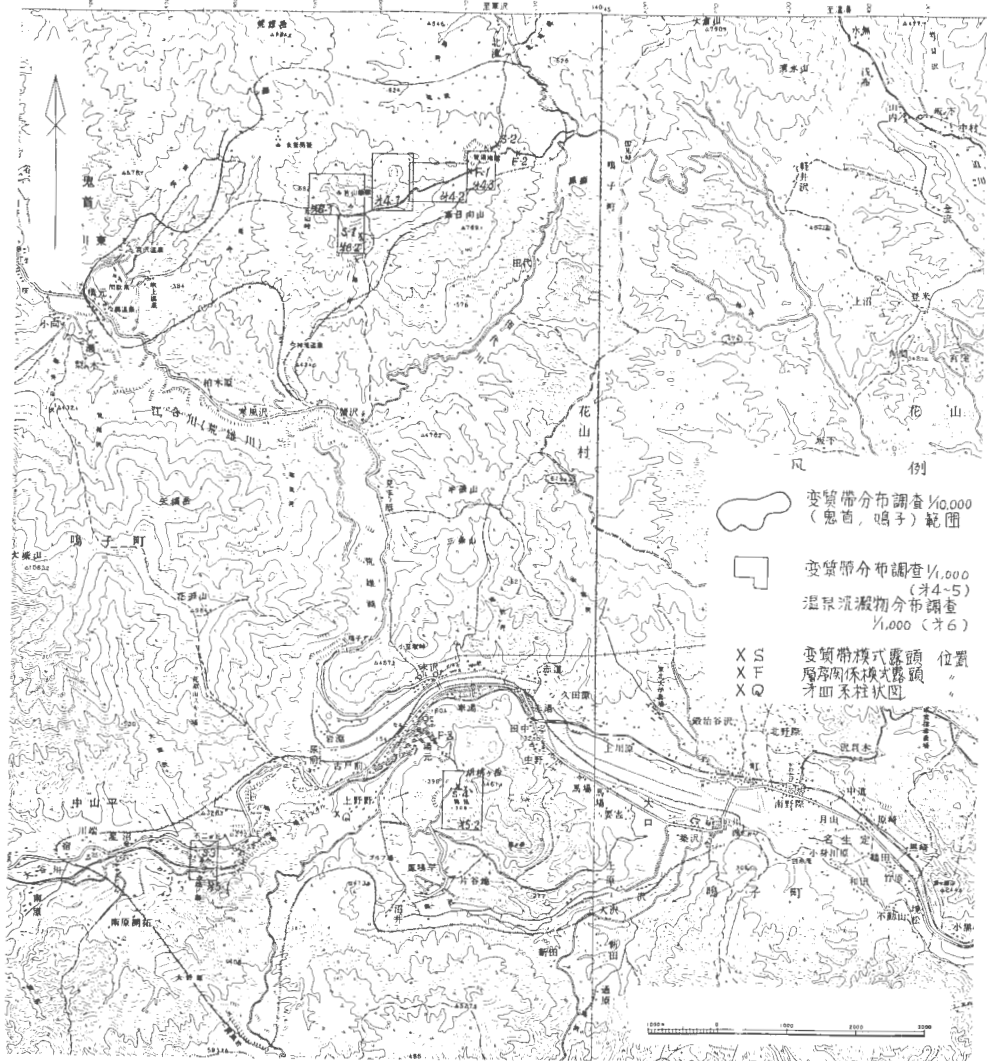
3. 地質概説

3.1 鬼首地区

調査地域は、先第三系の花崗閃緑岩および新第三系のいわゆるグリーンタフを基盤として、北川石英安山岩質溶結凝灰岩 (2.3 m. y.) の噴出に伴って生じた鬼首カルデラを埋立てた安山岩質および石英安山岩質熔岩類、火砕岩類、水中軽石流堆積物を主とし、砂礫層およびシルト層などの湖成堆積物を夾在する地層が厚く分布している。これらの堆積物の全層厚は 500 m~1,000 m に達する。これらの堆積物の層序・構造に関しては、すでに報告してきた (YAMADA, 1972 a および b)。

今回、片山一荒湯周辺を再調査し、YAMADA (1972 a および b) で報告した層序および地質図を若干修正する必要が生じたが、ここでは層序の概略と修正した点を述べるにとどめる。

鬼首カルデラ内の堆積物は、下位から赤沢層、宮沢層、高日向石英安山岩、河倉沢層および鬼首層に



第1図 位置図

区分出来る。また、片山および荒湯の凹地には、さらに新期の湖沼成堆積物が分布している。今回修正した重要な点は、河倉沢層の上部と鬼首層を指交関係としたことである。これは、片山地獄の北側山頂部には安山岩質火山噴出物を不整合におおって、河倉沢層に属する火山泥流堆積物が分布しており、この泥流堆積物はさらに北方で鬼首層と明らかに指交していること；同様の火山泥流堆積物は、水神峠および荒湯地獄東北方にも分布しており石英安山岩溶岩を不整合に薄く被っており、この泥流堆積物のさらに上位に砂礫層およびシルト層などからなる堆積物が薄く重なっていること；第5章で述べるようにこれらの堆積物中から採取した炭化木片の¹⁴C測年結果が鬼首層から採取したものとほぼ一致したこと、などの理由によっている。

また、高日向石英安山岩のフィッション・トラック年代は35万年前であったので、この岩体の層的位置も河倉沢層堆積以前とした。

3.2 鳴子地区

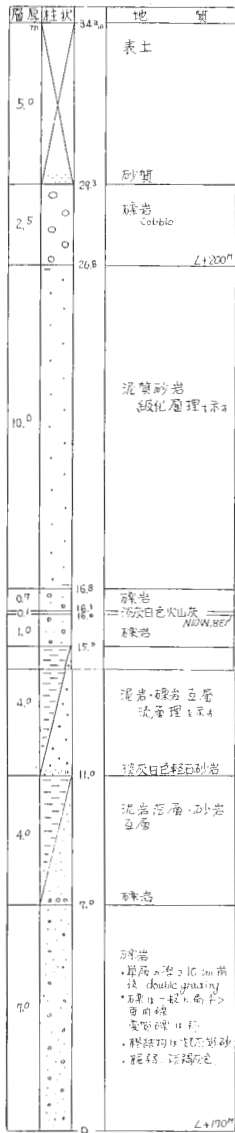
調査地域は、先第三紀の花崗閃緑岩類および新第三系のいわゆる緑色凝灰岩類を不整合におおって、安山岩溶岩・同質凝灰角礫岩・石英安山岩溶岩・同質凝灰角礫岩・浮石質凝灰岩などの火山噴出物および湖沼堆積の礫岩・砂岩・シルト岩などが複雑な分布をとっている。さらに、中山平においてシルト・礫および石英質砂層により構成される蛇の湯層（厚さ約100m）が、また、鳴子においては礫層を主とし、砂およびシルト層を夾在する鳴子層（厚さ約180m）が、それぞれ下位層に対し不整合に局部的陥没盆地を埋めて堆積している。鳴子においては、さらに鳴子層をおおって潟沼石英安山岩溶岩および同質火山砕屑物が分布しているほか、潟沼火口の形成に伴う噴出物および火口内堆積物（潟沼堆積物とよぶ）が潟沼を中心に狭く分布している（本地域の地質図および地質層序などについては、谷，編集，1968を参照されたい）。

今回、上野々部落西側の沢（第1図のQ点）で鳴子層の柱状図を作成し第2図に示した。

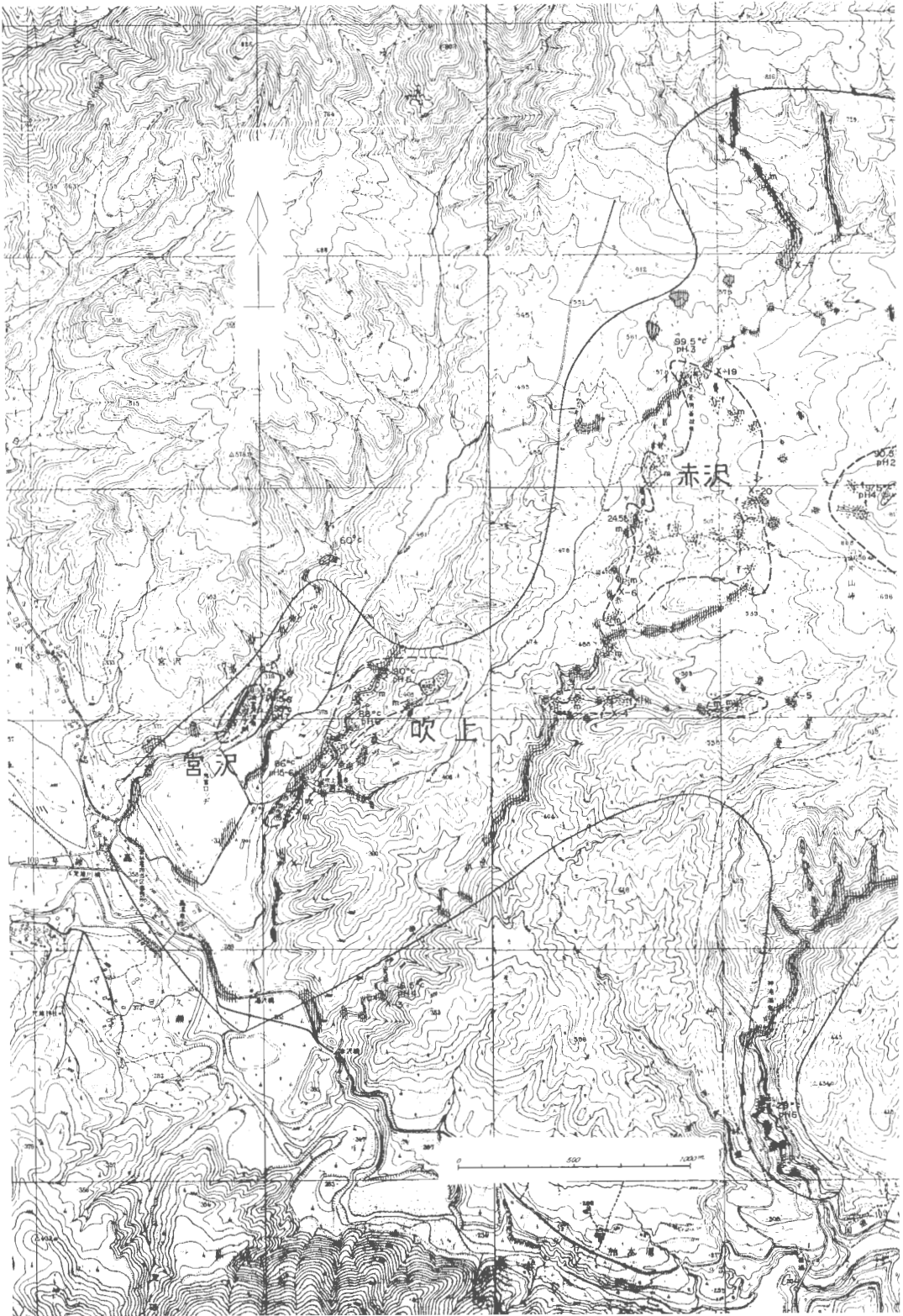
4. 変質帯

4.1 変質帯の分類

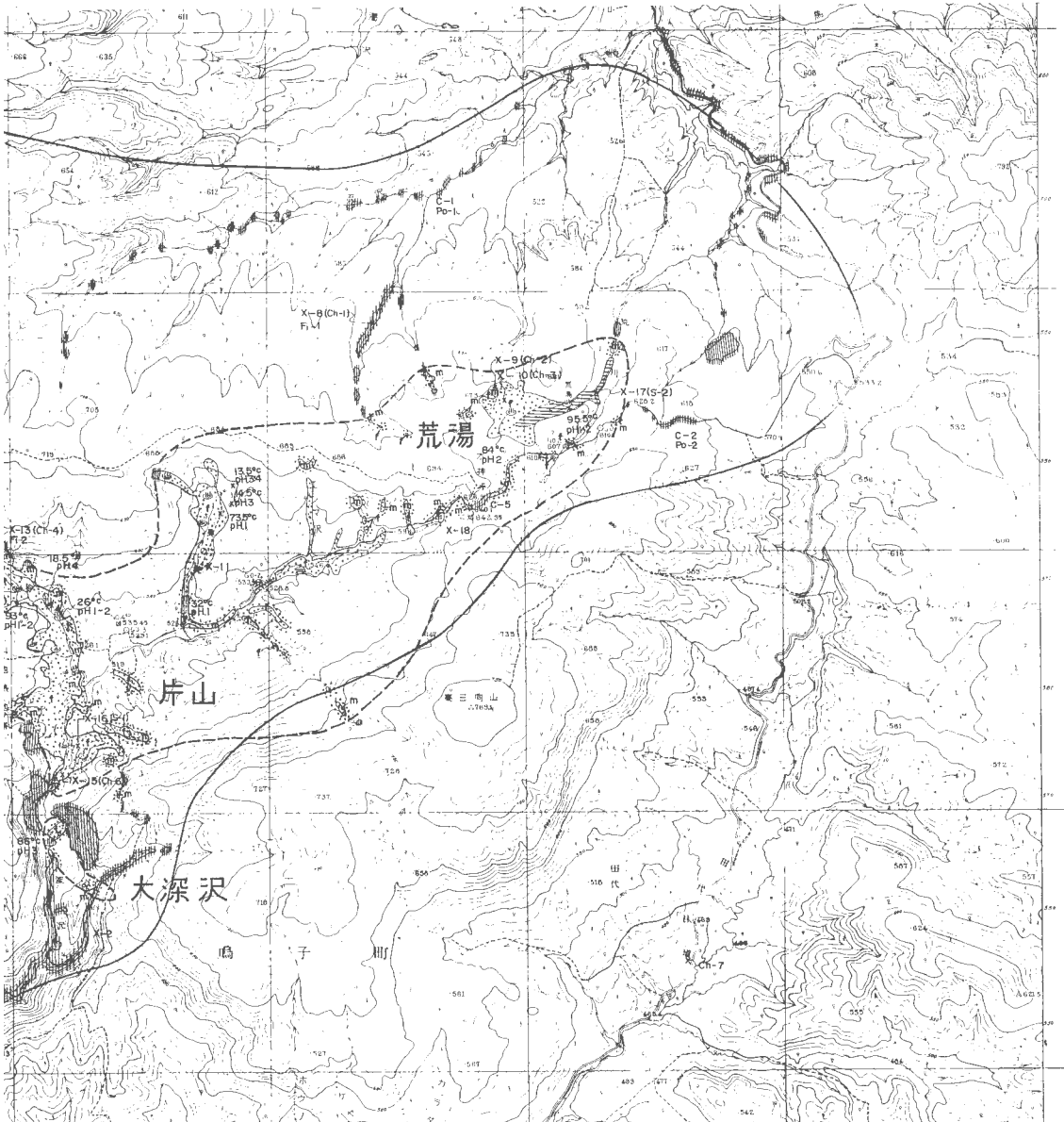
変質帯は野外で肉眼的に粘土化と珪化とに大別し、おのおの強・中および弱変質に3区分したが、変質帯分布図（第3図および4図）では強および中変質までを表示し、弱変質は確度に問題があるため未変質に含めて表示している。ここで粘土化とは、脆弱・軟質で粘土感（視覚あるいは触覚的に）があり、白色を呈するものをいう。これらの中には一部細粒のα-クリストパライトを主とする変質岩も含まれており、それは化学的には明らかに珪化作用の産物であるが、野外で肉眼的にその他の粘土化岩と区別が困難なことが多く、ここでは粘土化に含めてある。珪化とは、平行にあるいは網状に珪質脈（Vein）が発達するものや、礫質であってその基質（matrix）が珪質沈殿物で固められ緻密堅硬なもの、あるいは多孔質粗鬆なもので原岩の諸成分の溶脱により珪質となった岩石をいう。一般に灰白色を呈する。強変質は、粘土化および珪化ともに、みかけは変質が全般に及び、原岩の組織が不鮮明なものを指し、原岩が礫質の場合は礫までが変質しているものとする。中変質は、粘土化および珪化ともに、みかけは変質が部分的であり、原岩の組織が残るものを指し、原岩が礫質の場合は、未変質礫が残っているものをいう。わずかに変質部分があるという程度の変



第2図 鳴子層の柱状図
（上野々部落の西側の沢）

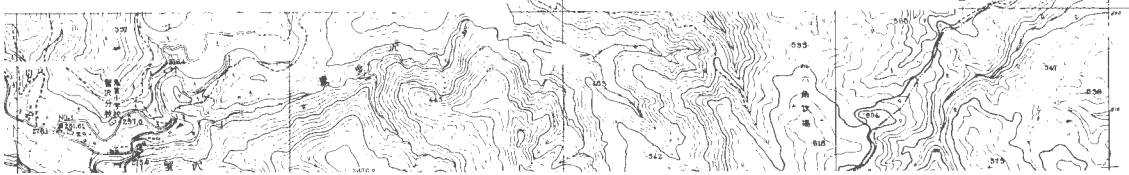


第3図 鬼首地域変



凡例

	新土化 強変質	X	サンプル位置
	中変質	X	X線分析
	弱変質	C	C14分析
	未変質	Fl	花粉分析
		Fl	石層分析
		(S)	変質帯境界線
			変質帯
			調査範囲



質帯分布図

質を弱変質とした。

4.2 変質帯の分布および母岩

A 首鬼地区

鬼首地区の変質帯は第1表および第3図に示す通り大小5変質帯に分けられる。

片山・荒湯変質帯（第5-1, -2および-3図）：

この変質帯は西から東に血の池一片山, 奥の院一水神峠および荒湯地獄の3区域に細分され, それぞれの間はほぼ一連の弱変質帯で連なっている。片山・荒湯変質帯の延びの方向は西から東へ向かってNNWからEW性に転じていく傾向をもちつつ一般的にはENE方向を示している。

血の池一片山区域での変質帯の伸びの方向は一般的にはNNWであるが, 区域の北西部と南東部においてはWNWの方向性を示している。変質は粘土化を主体とし, 一部に網状珪化が認められる。変質の

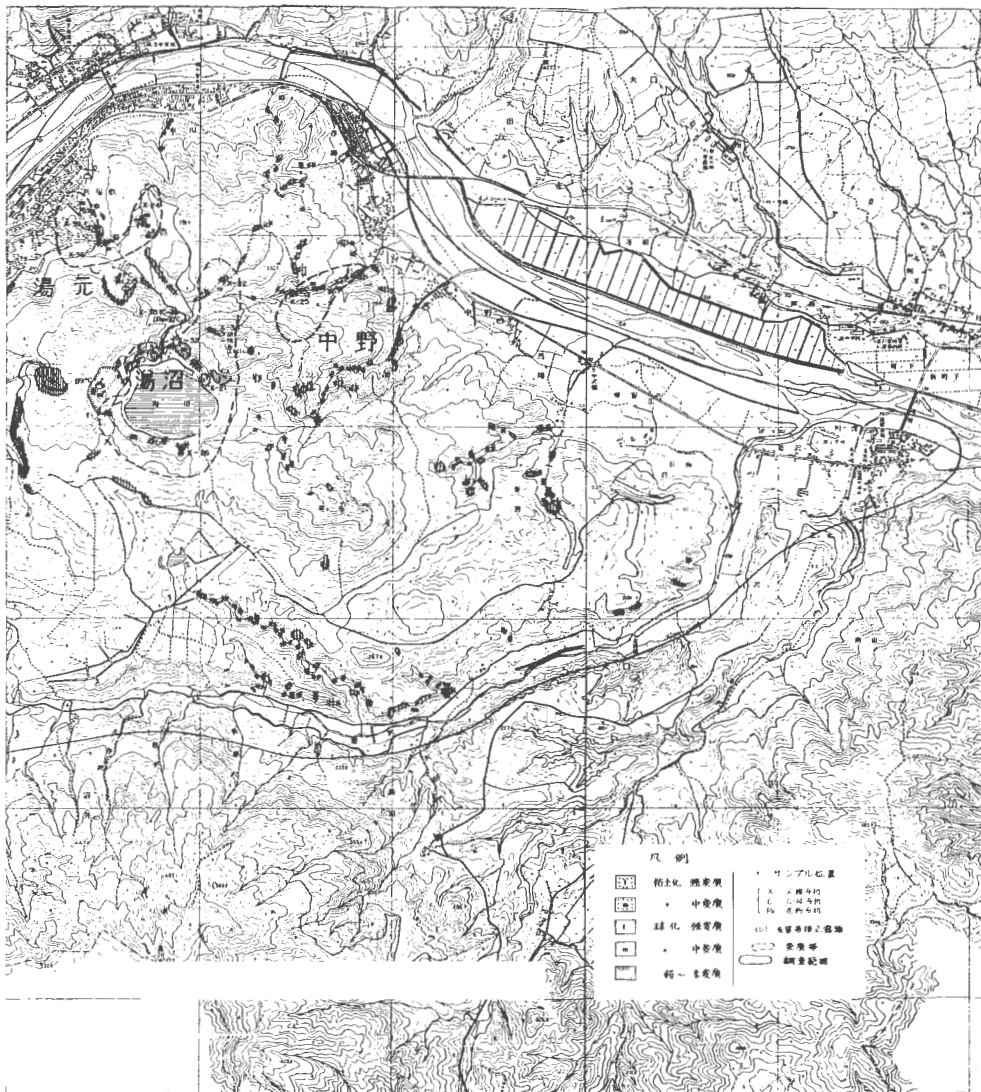


第4図 鳴子地域変

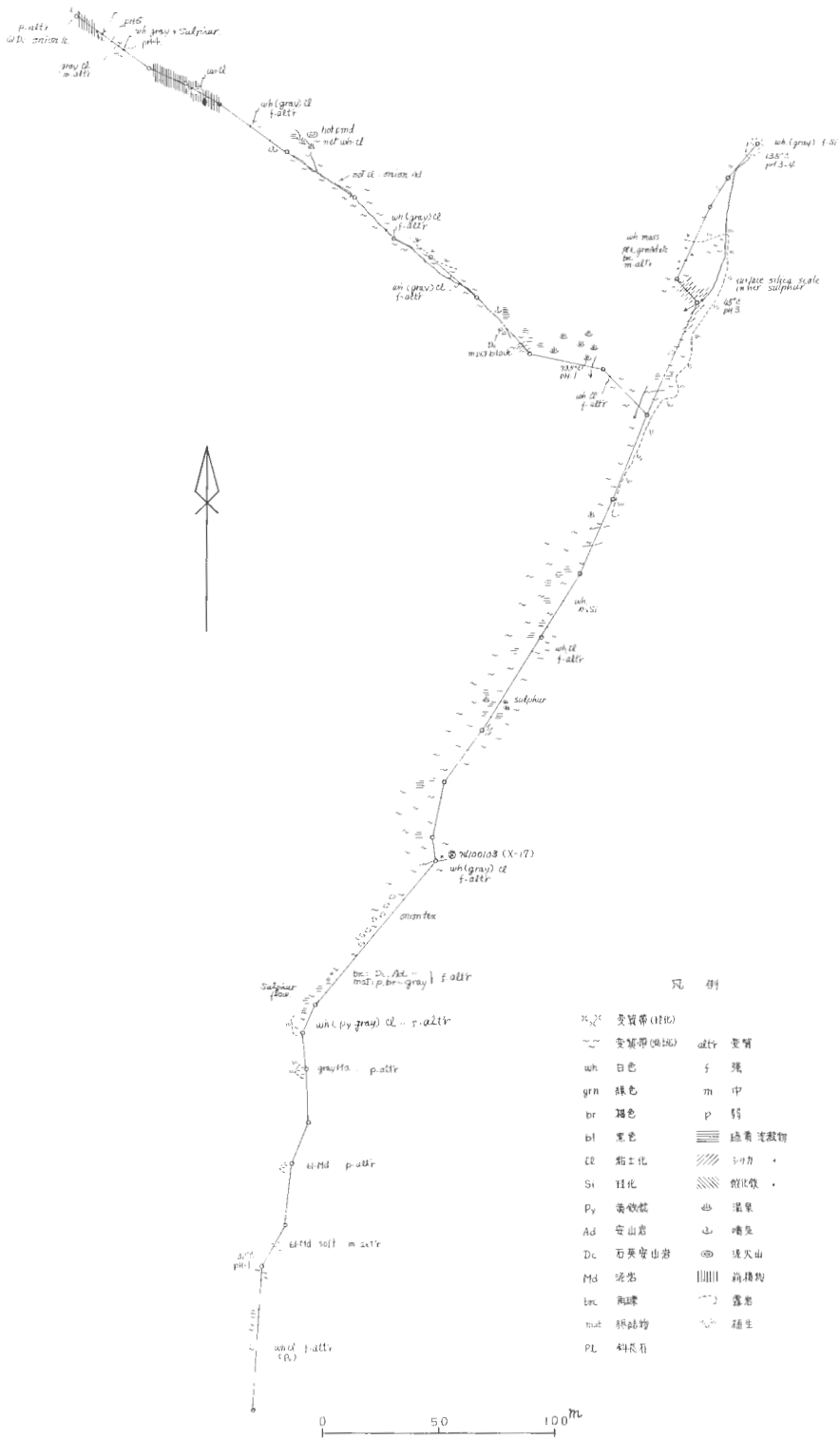
第1表 鬼首地区の変質帯一覧表

変質帯の名称	規模 (km)	面積 (km ²)	伸びの方向	変質型
片山・荒湯変質帯	1.3×2.8	2.34	E NE	粘・珪
大深沢	0.1×0.4	0.035	NNW	粘
赤沢	0.5×1.2	0.44	NNE	粘・珪
吹上	1.2×1.5	0.17	NE	粘
宮沢	0.1×0.3	0.025	NNE	粘
計		3.01km ²		

中心は幾つか識別でき南部のものほど規模が大きい。変質帯の母岩は主として複輝石安山岩溶岩および同質凝灰角礫岩であるが、片山凹地に堆積した湖成層の粘土および礫層の一部も変質している。



質帯分布図



第5-1図 片山・荒湯変質帯調査ルート図 (奥の院)

奥の院一水神峠区域の北部における中～強変質帯の分布は WNW の方向性を有し、その南では NS 方向に変わっている。この区域の変質は粘土化が主体であるが奥の院北東部（第 5-1 図）とエンマ沢入口の南側（第 5-2 図）には小規模の珪化変質が認められる。変質母岩は奥の院およびその西方地域では安山岩溶岩および同質凝灰角礫岩であるが、その東方地域では石英安山岩溶岩である。南側にはこれらを基盤として比較的変質度の低い湖成層がアバットしている。

荒湯地獄の変質帯の伸びの方向は一般に E-W である。変質は粘土化を主とするが東部においては石英安山岩溶岩の流理構造に沿って網状珪化が認められる。

大深沢変質帯（第 3 図）：

片山地獄の南側に隣接する小規模の粘土化変質帯で NNW の方向性を示し、血の池一片山変質帯とは雁行状に配列している。変質母岩は、おもに安山岩溶岩、安山岩質および石英安山岩質凝灰角礫岩からなる。

赤沢変質帯（第 3 図）：

この変質帯は南南西方向に流れる赤沢中流の東側に発達している。女釜男釜付近では変質は N32°W の亀裂帯に沿い、そのやや下流の白土鉾山の鉾床も坑内図（山岡・宇津木、1973）でみるとおもに NW 方向に伸びている。また、そのさらに下流においても局部的ではあるが変質帯の伸びは NNW 方向である。この変質帯は粘土化帯を主とし、一部に珪化帯を伴う。女釜男釜では噴気孔を中心に粘性の強い灰色粘土が発達しているが、部分的には灰色珪化岩も認められる。赤沢右岸には強珪化帯があり N32°W の亀裂帯に沿って発達している。片山峠の西側斜面の粘土化帯には局部的に硫黄鉱染がみられ、かつては硫黄鉾山として開発された。灰色ないし白色の粗粒砂状部においてカオリンも認められている（増井・野田、1961 a）。赤沢の酸性白土鉾山は主として非晶質珪酸からなる珪化帯であり、カオリン・明ばん石およびパイロフィライトなども認められている（山岡・宇津木、1973）。

変質母岩は、おもに泥岩、安山岩質および石英安山岩質凝灰角礫岩である。

吹上変質帯（第 3 図）

本変質帯は吹上沢に沿って NE 方向に狭長な伸びを示している。吹上間欠泉ほか多数の温泉・噴気が知られており、むらさき地獄から人追地獄にかけての粘土化が著しい。吹上粘土鉾山（休山中）は軟質の白色粘土でカオリンを主としている（増井・野田、1961 a）。

変質母岩は細粒酸性凝灰岩である。

宮沢変質帯（第 3 図）

本変質帯は中変質の極めて狭い粘土化帯で宮沢の左岸に認められる。変質母岩は細粒酸性凝灰岩である。

B 鳴子地区

潟沼変質帯（第 6 図）

潟沼北東の胡桃岳一帯は珪化を主とし、その崩積土に粘土化が認められる。潟沼東の胡桃岳崩積土は強く粘土化し灰色を呈する。一部は粗粒砂状を呈し、非晶質珪酸を伴うものと思われる。潟沼南の高さ 8 m の露頭も強度に粘土化し白色を呈する。一部に硫黄鉱染があり、硫化水素臭を伴う。潟沼の南西側露頭も粘土化変質を基調としている。変質母岩は石英安山岩溶岩、凝灰角礫岩とそれらに由来する崩積土および凝灰質湖成堆積物である。

湯元変質帯（第 4 図）

鳴子層の砂礫層と潟沼石英安山岩質火山砕屑物を母岩とする粘土化変質帯である。

中野変質帯（第 4 図）

胡桃岳東の沢沿いにみられ、鳴子層の細粒砂層を母岩とする粘土化変質帯である。一部に硫黄鉱染を伴い、採掘跡がみられる。

中山平変質帯（第 7 図）

蛇の湯から国道 47 号線に至る間に分布する。元蛇の湯裏の大谷川左岸においては、蛇の湯層の凝灰質砂層が粘土化変質を受け、狭い範囲で弱変質から中変質を経て強変質に変わっている。蛇の湯層のシルト

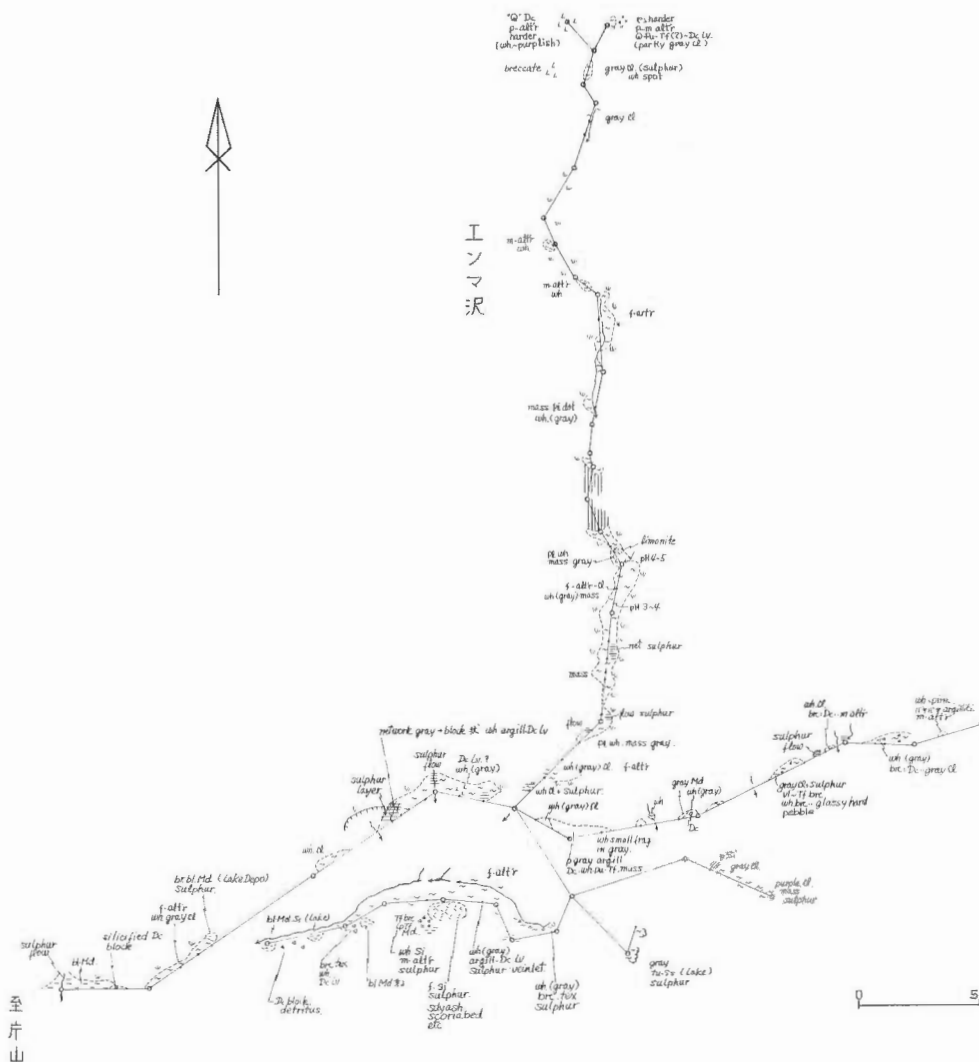
層の一部には強珪化変質を受けた部分などもあり局部的変化の激しい変質帯であると考えられる。増井・野田(1961b)によると、この変質帯はがいて珪化によって特徴づけられ、粘土化変質は細粒頁岩質の部分に限られると述べている、蛇の湯北方の新設道路沿いの露頭でみる限り、岩相と変質の種類とは関係は認めがたく、全般的には粘土化変質が優勢であるといえる。また変質度の局部的変化は激しいが、地層面に規制されつつ変質している傾向のあることを指摘することができる。

川端変質帯(第4図)

川端部落中の私道の傍と畑地の縁とにみられ、礫質堆積物を変質母岩とする粘土化強変質帯であり、その分布は狭い。

4.3 変質帯模式露頭記載

A 鬼首地区



第5-2図 片山・荒湯変質

片山模式露頭 (第9-1図, 図版22-2)

片山の南部における粘土化変質帯とした部分の一部であるが, 化学成分的には珪酸分の濃集による珪化変質と思われる。露頭は主として灰白色粘土で構成されるが, 原岩の安山岩質礫がわずかに残っている。個々の火山角礫はさらに細かく角礫化し, その周辺部から変質を受け玉ねぎ状構造を呈している。珪質網状脈および, 灰色粘土質脈が発達する。後者は角礫を被覆する特徴をもっている。この露頭の基質部から粉末X線分析によって α -クリストバライトが検出されているほか, $2\theta \approx 21^\circ$ (Cu) に頂点をもつ緩傾斜のブロードピークがみられることから非晶質珪酸も含んでいるものと考えられる。

荒湯模式露頭 (第9-2図, 図版22-1)

荒湯の東部の珪化変質を受けた石英安山岩溶岩と同質火山角礫岩とからなる露頭である。基質は中程度の珪化を受け, 角礫の中には既変質礫も含まれている。基質の粉末X線分析によって石英と α -クリストバライトが検出されたが, ここでも $2\theta \approx 21^\circ$ (Cu) 付近に頂点を持つ緩傾斜のブロードピークが認められることから非晶質珪酸も含むものと考えられる。

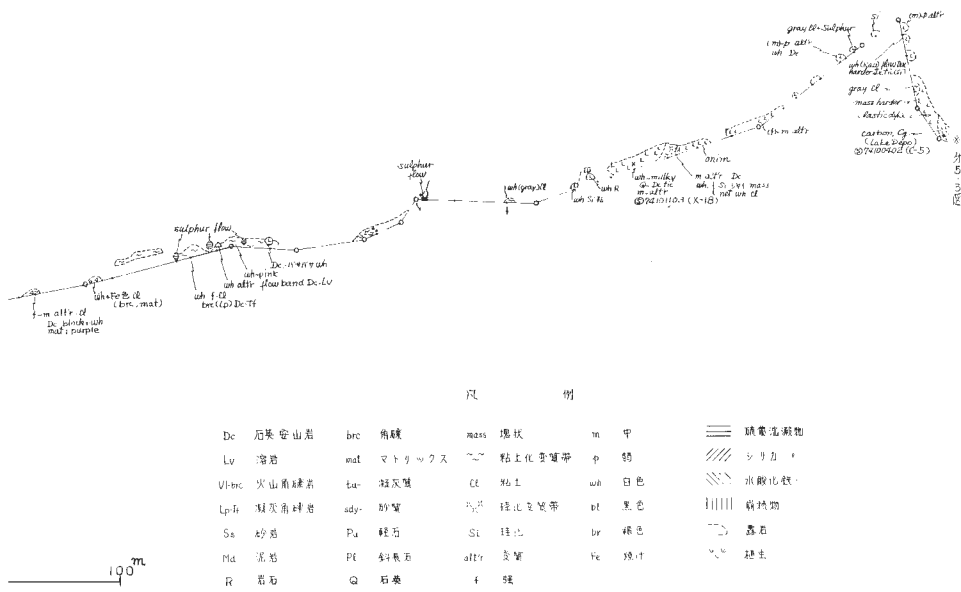
B 鳴子地区

中山平模式露頭 (第9-3図, 図版23-3)

蛇の湯北方の車道傍に位置する。蛇の湯層の異常堆積層が地層面に沿って粘土化変質を受けている状

第2表 鳴子地区の変質帯一覧表

変質帯の名称	規模 (km)	面積 (km ²)	伸びの方向	変質型
湯沼変質帯	0.6 × 1.1	0.48	NNE	粘・珪
湯元	0.1 × 0.6	0.14	(NNE)	粘
中野	0.2 × 0.6	0.09	NE	粘
中山平	0.4 × 0.8	0.25	"	粘
川端	0.15 × 0.3	0.035	NS	粘
計		0.995km ²		



帯調査ルート図

態を示す。この露頭から粉末X線分析により粘土鉱物としてカオリン鉱物、モンモリロナイト、および緑泥石が検出された。

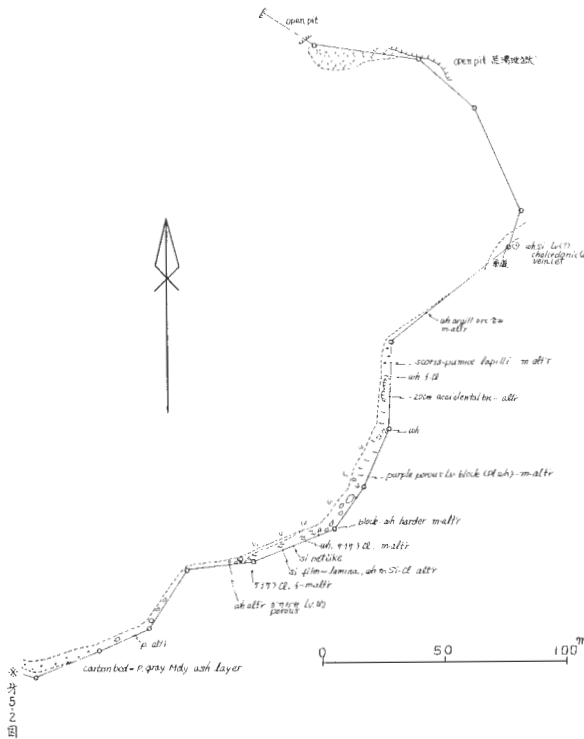
瀉沼模式露頭（第9-4図、図版23-2）

瀉沼北の車道傍における石英安山岩熔岩の珪化強変質状態を示す。柱状～板状節理に沿って溶脱化が進み、多孔質・脆弱になり、一部は白色粉状になっている。ここからX線分析によって α -クリストバライト、明ばん石および石英が検出された。

4.4 温泉沈殿物

鬼首地区の血の池一片山変質区域で温泉沈殿物分布調査を行った。（第8-1および-2図）。

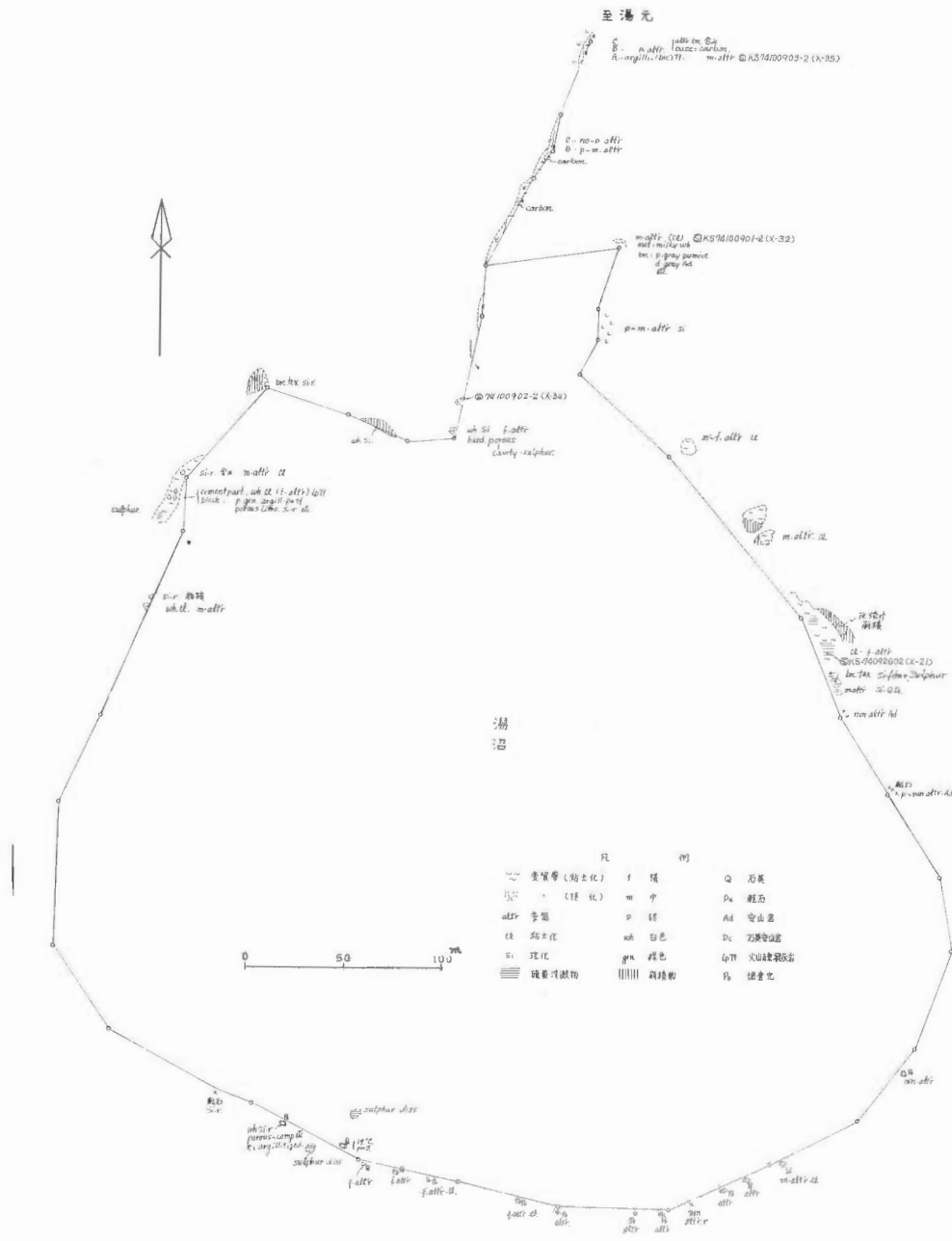
温泉沈殿物としては硫黄・シリカおよび水酸化鉄が認められる。このうち硫黄が最も普遍的に存在



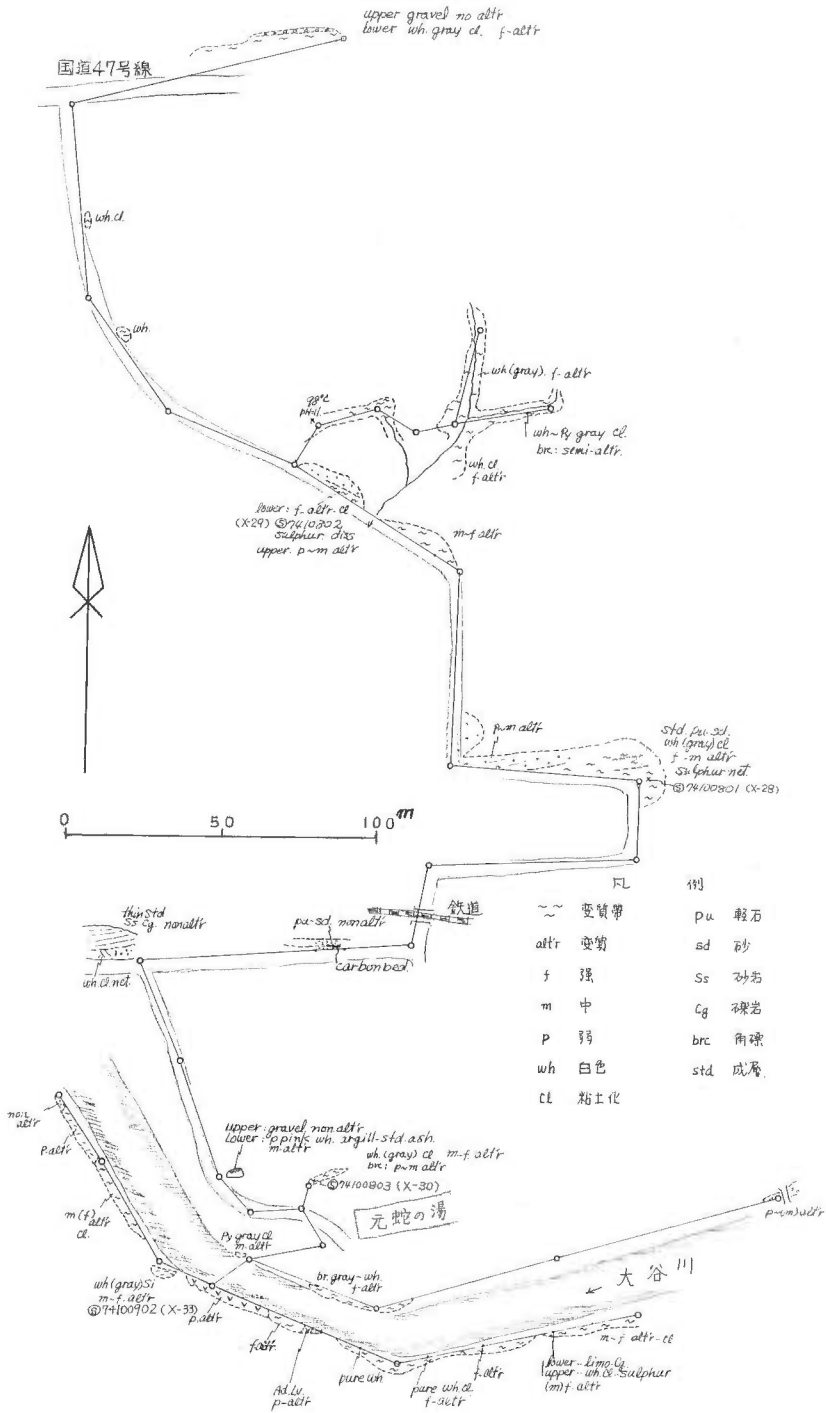
第5-3図 片山・荒湯変質帯調査ルート図

し、一般には変質帯中に不規則散点鉱染状に分布するが、層状を呈したり亀裂を網脈状に充填していることもある。また硫気孔および泉源付近には昇化硫黄、および未固結泥状硫黄としても見出される。シリカは多くの場合多孔質粗粒ないしおこし状を呈し、散点状または層状の硫黄鉱染露頭の表層部を被って、皮殻状に存在する。水酸化鉄鉱物はほとんど褐鉄鉱からなり、多くは露頭表層に皮殻状に存在するが、多孔質堅硬で塊状を呈するものもある。

鬼首地区のその他変質帯において硫黄およびシリカは共通してみられ、荒湯地獄および片山峠西には



第6図 湯沼変質帯調査ルート図



第7図 中山変質帯調査ルート図

第3表 鬼首地区の各変質帯の温泉沈殿物および地熱徴候

変質帯の名称	温泉沈殿物	地熱徴候	pH	温度(°C)*
片山—荒湯	硫黄・シリカ・褐鉄	噴気・温泉・泥火山	1~4	26~90.5
大深沢	硫黄・シリカ・褐鉄	— 温泉	3	86
赤沢	硫黄・シリカ・褐鉄	噴気・温泉	3	24.5~99.5
吹上	— シリカ —	噴気・温泉	5~6	86~90
宮沢	— シリカ —	温泉	5~7	55~95

* 温度は今回測定したもののみによる。

第4表 鳴子地区の各変質帯の温泉沈殿物および地熱徴候

変質帯の名称	温泉沈殿物	地熱徴候	pH	温度(°C)*
潟沼	硫黄 —	噴気		
湯元	硫黄 —	噴気		
中野	硫黄・褐鉄	—		
中山平	硫黄 —	温泉(大谷川)	8	83
川端	— 褐鉄	—		

* 温度は今回測定したもののみによる。

硫黄鉱山跡があり、片山地獄にも硫黄の採掘跡が残されている。

鳴子地区においても数箇所において硫黄を産する。潟沼には湖底に堆積した硫黄をかき揚げ、製錬を行った跡があり、中山平においても硫黄鉱山跡が認められている。

4.5 変質帯および温泉沈殿物と第四系との関係

A 鬼首地区

水神峠の層序関係(第10-1および11-2図)：

奥の院-水神峠変質区域の北東部には変質した石英安山岩熔岩が分布する。これは水神峠からその西側の車道に沿って、ほぼ連続的に露出し、水神峠においては上位層がそれにオーバーラップしている。第10-1図に示すように上位層は、砂礫からはじまり主として未固結の凝灰質火山礫および砂からなっている。泥質部に炭化木片を含み、その¹⁴C年代は、23,380±890年B.P.であった。火山礫層中には粘土化および珪化した変質礫を含み、本層自体も弱い粘土化作用を受けている。

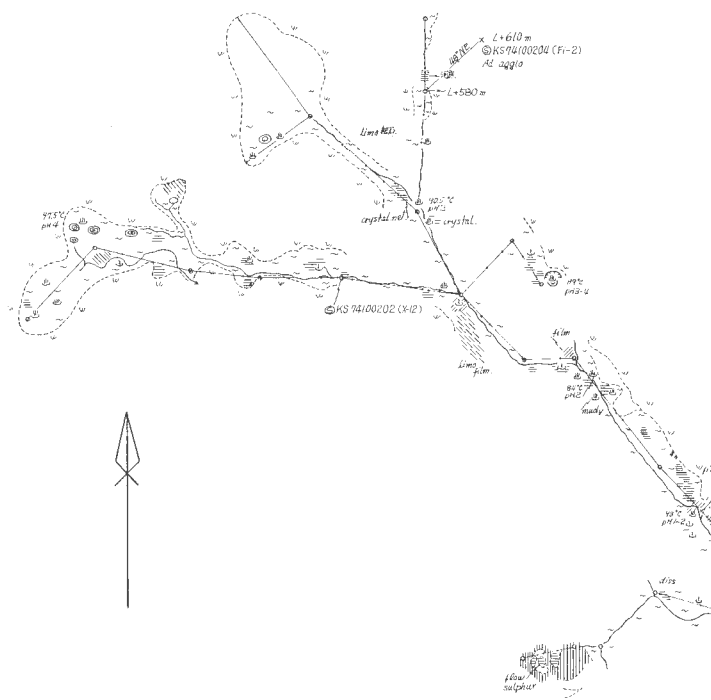
荒湯東の層序関係(第10-2図、図版22-6)：

荒湯地獄より東方の車道において、変質した石英安山岩質火山砕屑物がうすい基底礫岩に被われ、その上位には厚さ約3mの凝灰角礫層が発達している。この凝灰角礫層中には変質礫が含まれている。さらに上位には厚さ約2.4mの砂礫互層が発達しており、これに炭化木片が介在する。この炭化木片の¹⁴C年代は32,500年B.P.以前であった。さらに上位には未固結凝灰質砂層および泥質砂層などが累積している。

B 鳴子地区

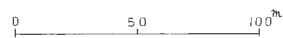
湯元の層序関係(第10-3図、図版23-5)：

図は湯元温泉南方山手車道傍の変質砂礫岩(鳴子層相当)とそれに不整合に累積する潟沼石英安山岩質火山砕屑物との関係を示す。後者には灰色粘土化し硫黄鉱染を伴う部分がみられる。両者の変質状態には相違があり、変質の年代が異なるのではないかと思われる。鳴子層砂礫部から粉末X線分析によって、石英・長石・緑泥石およびカオリン鉱物が検出され、潟沼火山砕屑物の白色粘土化部分からは石英・長石・α-クリストパライトおよびカオリン鉱物が検出された。

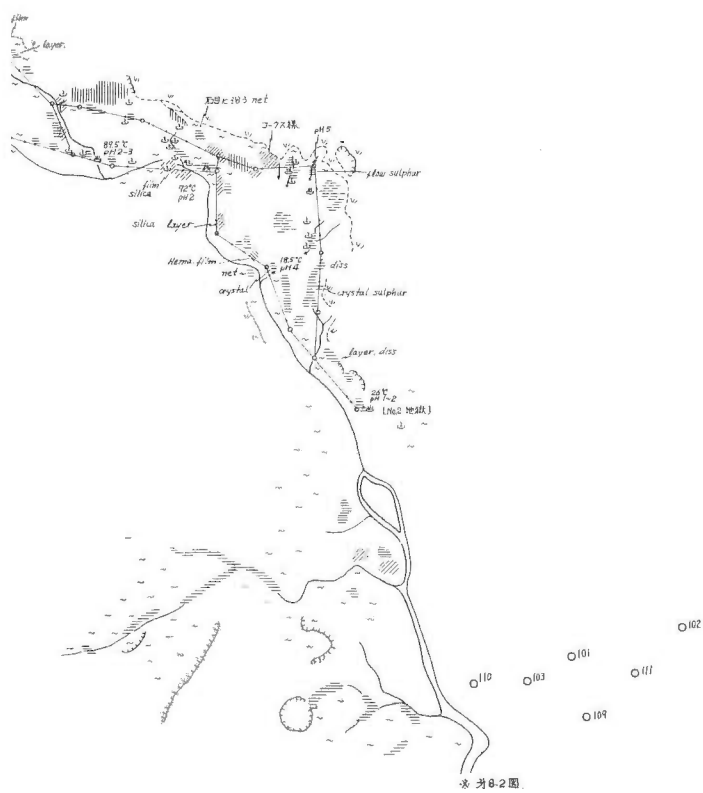


凡 例

- | | | | |
|--|--------|-------|-----|
| | 断崖 深痕跡 | And | 安山岩 |
| | シリカ | Heine | 赤鉄鉱 |
| | 断正鉄 | act | 絹状鉄 |
| | 温泉 | slm | 砂礫状 |
| | 噴泉 | | |
| | 活火山 | | |
| | 変質帯 | | |
| | 扇状地 | | |
| | 礫岩 | | |
| | 粘土 | | |
| | 板岩 | | |



第8-1図 血の池沢温泉沈



殿物調査ルート図

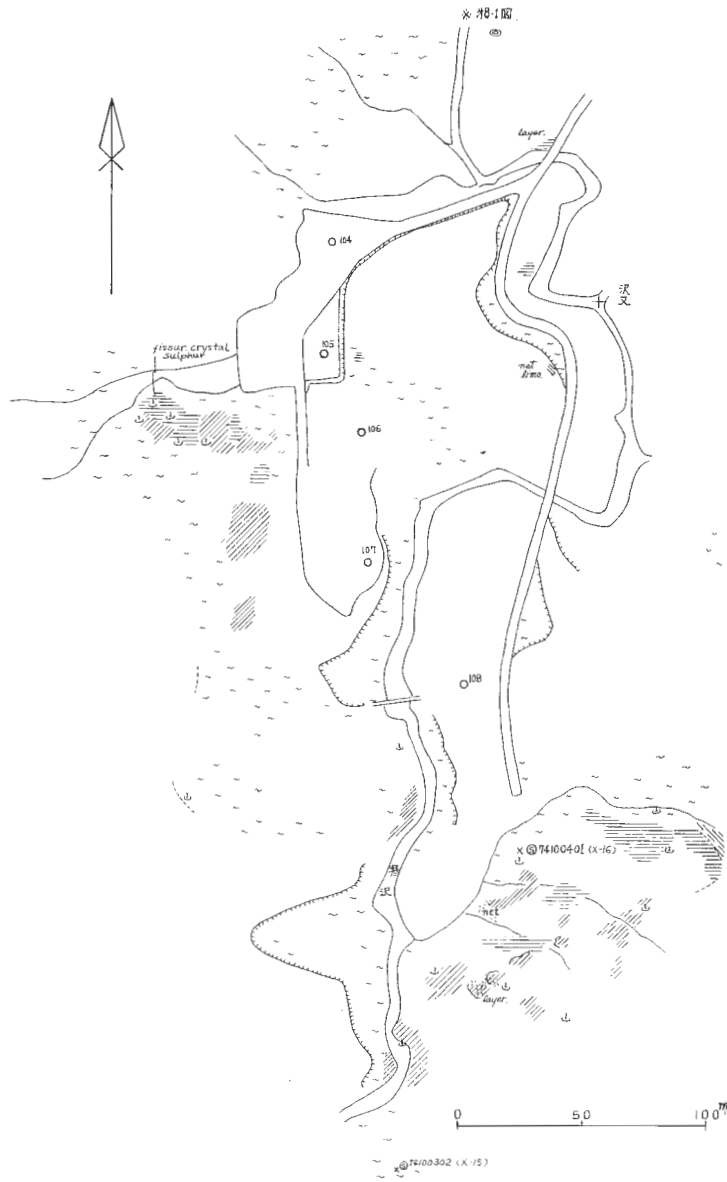
4.6 変質帯および温泉沈殿物と地熱微候との関係

A 鬼首地区

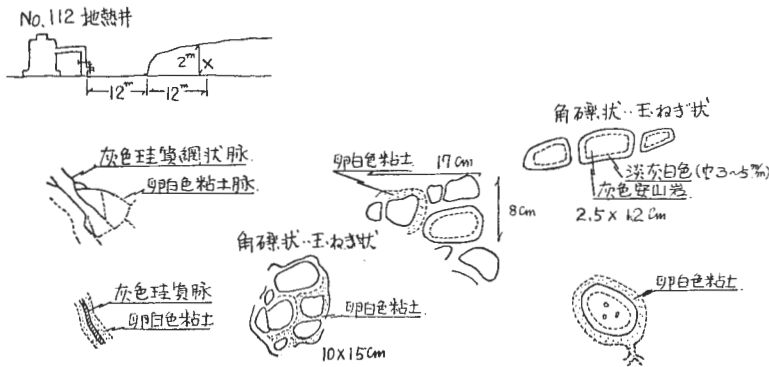
当地区の変質帯において最も大きな特徴の1つは、いずれも現在地表において地熱微候が認められることである。したがって、各々が活性の変質帯を包含しているものと思われる。

B 鳴子地区

当地区には、潟沼の東側に噴気帯があり、硫黄が晶出しつつある。潟沼南側の露頭には硫化水素臭がある。潟沼北側にも射撃場の崩落崖下に噴気がみられる。また、潟沼湖畔ではボーリング井から蒸気を

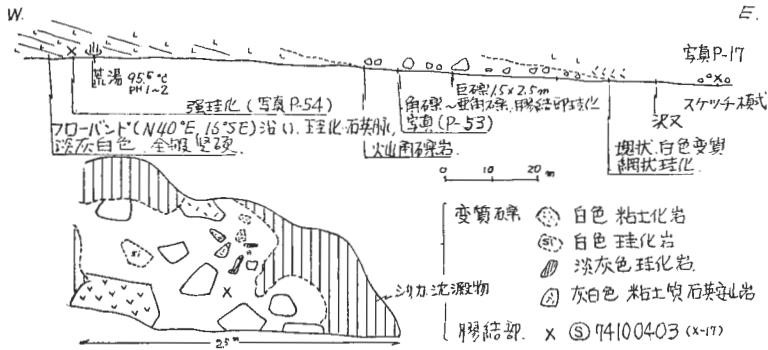


第8-2図 片山温泉沈殿物調査ルート図



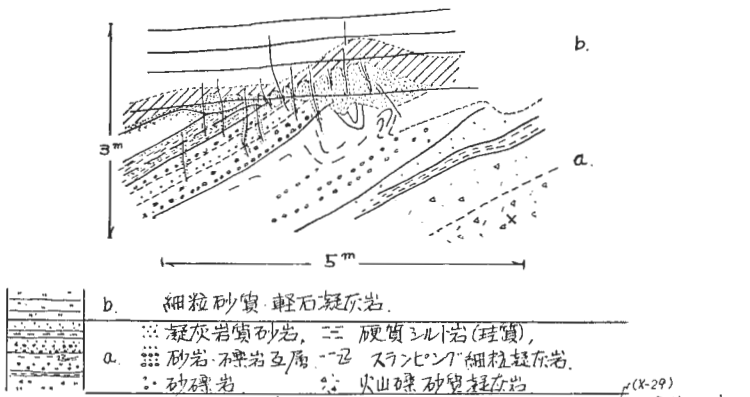
模式露頭は上図×印 写真(P-16)。粘土化…強変質帯、淡灰白色、全般的に角礫状…玉ねぎ状変質。灰色珪質網状脈…卵白色粘土脈を(半)う。卵白色粘土脈はまた角礫状を被覆する傾向あり。⑤74100401 (X-16)

第9-1図 片山変質帯の模式露頭



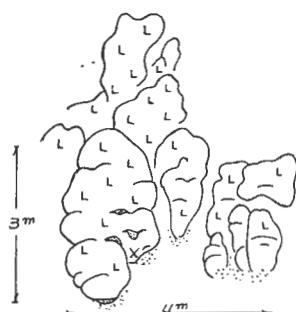
角礫〜重角礫〜円礫、火山角礫岩、玻璃質黑色溶岩 至2cm大まで一様分布、角礫; 類質、変質石英(粘土化、珪化)、用解結印-珪化(白色や坚硬) 写真P-17

第9-2図 荒湯変質帯の模式露頭



a; 全般的に粘土化変質, 強〜中変質, x印⑤74100802 (X-29) 硫黄結晶。
b; 弱変質。// 白色粘土脈 灰色粘土化(硫黄腐化) 亀裂。
変質作用は地層面に規制されて発達している。写真(P-52, P-29)

第9-3図 中山平変質帯の模式露頭



石英安山岩溶岩：均質珪化・強変質，堅硬，淡灰褐～淡灰白色。
柱状～板状節理におい，溶脱・多孔質，脆弱，空孔化，硫酸鉱床。
×印 ⑤ 74100902 (X-33) 写真 (P-34)

第9-4図 湯沼変質帯の模式露頭

得ている。湯元では南端の崩落崖下に温泉の湧出がみられるほか自然湧泉が4～5個所知られている。しかし谷・編集（1968）によれば湯元以北では水位が下がり，ボーリングによって蒸気や熱水を得ている。中山平区域においては硫黄沈殿物は認められるが，地熱徴候は少ない。主としてボーリングによって蒸気を得ている。

5. 放射年代測定

5.1 C-14測年用試料採取

採取点の位置は鬼首のもの（C-1・C-2 および C-5）は第3図に，鳴子のもの（C-3 および C-4）は第4図に示した。それぞれの地点の地質柱状図を第11-1～5図に示した。

5.2 C-14測年結果およびその解釈

測年結果は第7表のとおりである。

流沢附近の鬼首層の年代は， $24,970 \pm 1210$ 年B. P. であり，荒湯西方の水神峠に発達する凝灰質火山礫と砂層の年代は $23,380 \pm 890$ 年B. P. である。この結果，これらの地層はほぼ同時代のものと考えられ，地質概説の項で述べたとおりこれら兩層が指交関係にあることが裏づけられた。荒湯東方の凝灰質火山礫と砂層の年代は $32,500$ 年B. P. 以前であった。これは，この地層は上述の他の2地点の地層より，層位的にやや下位に相当するためと考えられる。

変質帯と第四系の関係の項で述べたとおり上述の3地点の地層中には著しく変質した礫を含んでいるが，本層自体は局所的に弱く変質しているのみである。したがって，本層堆積以前に片山・荒湯地域では著しい熱水変質作用があり，他の資料も考え合わせると多分本層堆積時およびそれ以後変質活動区域は縮小したものと考えられる。

鳴子の湯沼堆積物の年代は 2610 ± 100 年B. P. であることが判明した。また，蛇の湯層を不整合におおふ砂泥層の年代は 1890 ± 65 年B. P. であった。この砂泥層は未変質であり，蛇の湯附近の白色粘土化および珪化作用などの変質活動の主要時期は， 1890 ± 65 年B. P. 以前に終了していたことが分った。

5.3 フィッション・トラック測年法

フィッション・トラック年代の決定法については，すでに報告している（西村，1970および1975）のでここでは詳細は述べない。この地域の岩石はかなり年代の若いものが対象であるので，ウラン含有量の多いジルコンが適当と考えられる。したがって鳴子火山の流紋岩質溶岩を火山ガラスを用いて測年したほかは，すべてジルコンを用いて下記の方法で測年した。

試料を手で粉碎，60メッシュを通過し，200メッシュを通過しないものを水洗い，重液分離，磁選し，更に顕微鏡下で手選したジルコンを，50%弗酸と濃硫酸を体積比1:1で1mlをテフロンカプセル（内

容 4 ml) に入れ, ステンレスで作った対圧容器に入れ, 200°C, 1 ~ 4 時間でエッチングしたもので, この方法の主要な所は KRISHNASWAMI ら (1974) と同じである. その後, 自発核分裂の飛跡密度 ρ_s (cm⁻²) を計数し, これらの結晶を帝人ペンライトにうめ込んで熱中性子照射 (中性子束, ϕ cm⁻²) し生じた誘導核分裂片の飛跡を計数 (ρ_i cm⁻²) して, 次式により求めた.

$$T = 6.12 \times 10^{-8} \phi \frac{\rho_s}{\rho_i}$$

T はフィッション・トラック年代である. この式は²³⁸Uの自発核分裂の半減期として, 6.85×10^{-17} (y⁻¹) を用いた式である. この値の検討は別に報告した (西村, 1975).

5.4 フィッション・トラック測年用試料採取

試料採取点を第 1 図, 第 3 図および第 4 図に示した. また, 採取地点の地質および試料の岩質について以下に述べる.

Fi 1. KS-74093002-2

荒湯地獄北西約 500 m の地点で流沢の技沢の上流に露出している角閃石石英安山岩である. この岩石の粉末 X 線分析結果は第 9 表の番号 X-8 に化学分析結果は第 8 表 No. 1 に示したとおりである. この溶岩は YAMADA (1972a) の宮沢層の石英安山岩溶岩に該当する.

Fi 2. KS-74100204

片山地獄血の池沢上流東側に急崖を作って露出している集塊岩より採取した複輝石安山岩である. この岩石の粉末 X 線分析結果は第 9 表の番号 X-13 に化学分析結果は第 8 表 No. 4 に示したとおりである. この溶岩は YAMADA (1972a) の赤沢層の安山岩溶岩に該当する.

Fi 3. KS-73101506

片山地獄南方約 1 km, 大深沢の技沢の川床に転石として分布する人頭大より大きな石英安山岩礫である. 岩質は灰黒色を呈する粗粒角閃石石英安山岩であり, 肉眼的にはきわめて新鮮である. この転石試料は YAMADA (1972a) の高日向石英安山岩に相当する.

Fi 4. KS-73101507

花山村軽井沢部落南方約 0.7 km の地点, 草木川とその技沢の合流地点付近の道路に面する南西側露頭において, 付近一帯に分布する溶結凝灰岩を測定試料とした. 肉眼的には灰白 ~ 灰黒色を呈する石英安山岩質溶結凝灰岩であり, わずかに異質小円礫を含むことがある.

本岩は北川溶結凝灰岩と呼ばれ (TANIDA, 1961; 北村, 1967; YAMADA, 1972a) 層位的には鮮新世後期 ~ 更新世に対比されてきた.

Fi 5. KS-73101508

花山村国見峠東方約 1 km, 山道の北側露頭に分布する塊状緑色凝灰岩を測定試料とした.

その岩質は, 淡黄緑色を呈するパッチ (おそらく緑泥石からなる) を含み, マトリックスは黄白色を示す細粒凝灰岩であり, マトリックスの浮石片および残晶斜長石は絹雲母化している. また, 流紋岩質角礫片を含む. 上記の変質は鉍化変質あるいは続成変質によるのかは野外で不明であるが, 少なくとも鉍石鉱物の鉍染は認められない. 本岩は谷・編集 (1968) の北滝沢層あるいは早川ほか (1976) の細倉層上部に相当し, 時代は中新世前期ないし中期と考えられている.

Fi 6. KS-73101612

鳴子町沢目木部落北方には, 無数のレンズ状岩片を含む溶結凝灰岩層が広く分布する. 測定試料は沢目木北東約 0.8 km の道路の北側露頭において約人頭大程の大きさのレンズ状に産する石英安山岩質岩片を採取した. マトリックスの凝灰質な部分もガラス質であり露頭全体としての溶結性は高い. 測定試料は多少の風化変質のため黄褐色を呈する部分も認められるが, 肉眼で認められる斑晶鉱物 (輝石, 斜長石, 石英等) は新鮮であり, 地熱変質等は受けていない. 従来の研究では, 本岩は Fi-4 の試料と同様に北川溶結凝灰岩の一部とされている.

Fi 7. KS-73101615

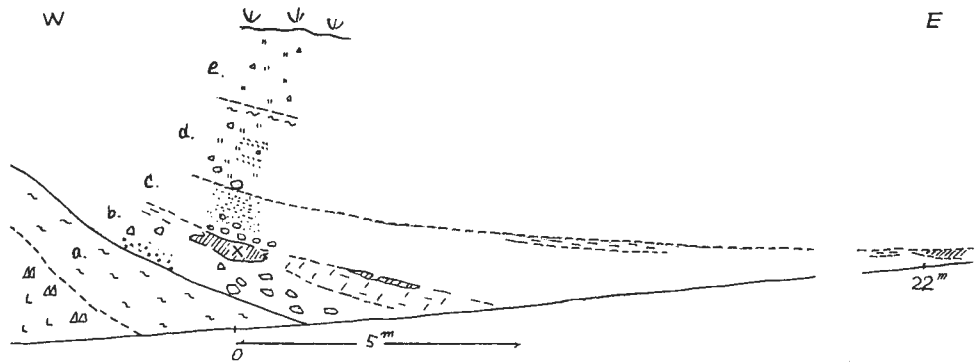
鳴子町上野々東方約 0.4 km の標高約 320 m に分布する。黒色を呈するガラス質流紋岩質溶岩流を測定試料とした。その岩質は斜長石斑晶が肉眼的に認められる両輝石斜長石流紋岩である。湯沼一帯の鳴子火山を形成する酸性火山岩類は地熱活動による変質を受け粘土化もしくは珪化しているが、測定試料は全くこのような変質は受けておらず、きわめて新鮮である。本岩は、谷・編集 (1968) および早川ほか (1976) により湯沼石英安山岩類とされているものである。

Fi 8. KS-73101615'

湯沼道路わきの強度に地熱変質を受けた、ソフトで白色な凝灰岩を測定試料とした。本岩の採集地点は、谷・編集 (1968) の湯沼石英安山岩類の碎屑物が分布する地域に位置するが、強度の変質をこうむり、原岩の岩質およびその層序関係が判然としなかった。

Fi 9. KS-73101616

鳴子温泉南西 5 km には屏風岩と称される、柱状節理の発達する溶結凝灰岩の大露頭がある。この溶結凝灰岩は Fi 4 および Fi 6 の試料と同様に北川溶結凝灰岩とされている。測定試料はその付近の道路沿



+	2.	e.	灰白色+黄褐色、火山石稜混り凝灰岩、脆弱。 角礫；石英安山岩、安山岩、および白色岩、珪岩或変質岩を含む。
	1.5	d.	灰白色粘土 淡紅～灰色 砂質凝灰岩、火山砂凝灰岩、角礫；安山岩、スプリットおよび、白色粘土噴石英安山岩、珪岩或変質岩を含む。
	1.2	c.	淡灰色シルト、炭化木片を伴う。 淡灰色 砂岩～礫岩。(褐鉄鱗片、炭化物あり)。
	0.3	b.	炭化木片、◎ 74100402 (C-5) 砂質～泥質 淡灰色 火山石稜岩、石英安山岩碎屑物。
	0.5	a.	灰色粘土、黄鉄鉱散見、硫黄鉱染。 石英安山岩、火山角礫岩～塊状溶岩、粘土化。

a. の石英安山岩々体(変質)に、b～e はオーバーラップ関係で発達している。写真(P-49)は当露頭を展望するが左方中位の紫黒色×印は、柱状図b層の炭化木片部にあたり、写真(P-48)は当々図の拡大である。そのサンプルカードの左下の紫青色部は、柱状図a層の灰色粘土部である。

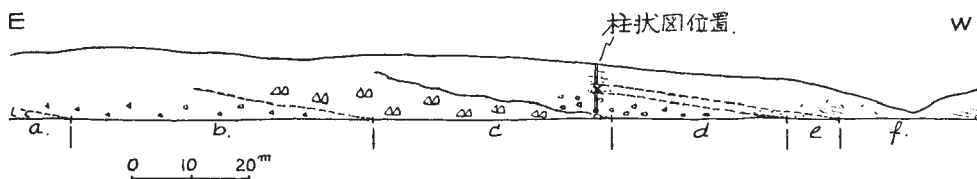
第10-1図 水神峠における変質帯と第四系の関係

の大きな転石群より採集した。採集した岩石は、溶結構造がはっきり認められる溶結凝灰岩である。

5.5 結果およびその解釈

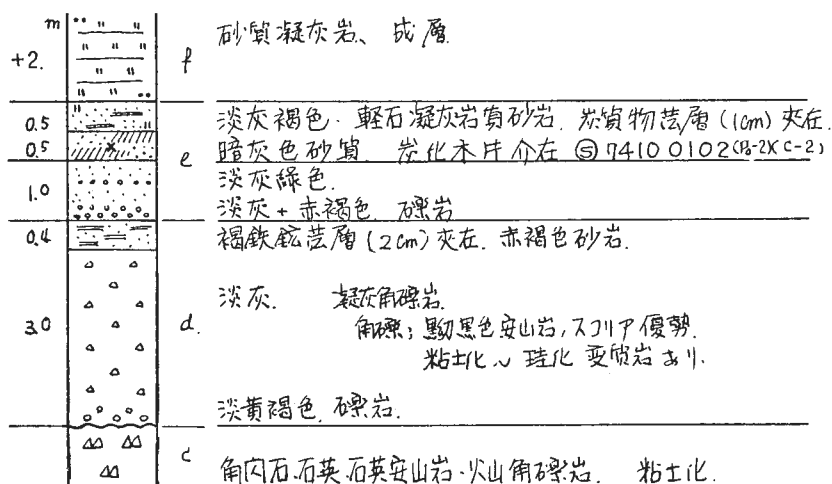
求めることのできた結果を第7表に示す。

以上の結果で誤差は次のものが考えられる、(1)熱による飛跡の減少、(2)結晶内のウランの不均一分布、(3)計数誤差と飛跡認定の誤差、(4)熱中性子照射によるウラン以外の核種による誤差、(5)中性子束測定誤差、(6)半減期の不確かさ、などである。



- a ; 角閃石・石英・石英安山岩、溶岩(?) 粘土質(風化?)
- b ; 火山礫凝灰岩(類質角礫、角~亜角礫・灰~白色変質礫あり、膠結部…や、粘土質、殆ど~あまり変質していない。
- c ; 全上石英安山岩・火山角礫岩、粘土化あり。
- d ; 礫岩質凝灰角礫岩(底部; 礫岩、頂部; 褐鉄鉱層)変質礫あり。
- e ; 凝灰質砂岩・礫岩、炭化木片を介在する。
- f ; 砂質凝灰岩・シルト、成層、脆弱

aからcまでは“高日向石英安山岩”の溶岩や火山碎屑物と思われる。dはそれに不整合関係で飛達している。上図中央部のXは炭化木片の介在する処である(写真P-42)。なお写真(P-50)はそれを中心に展望したもので、成層状態が見える。



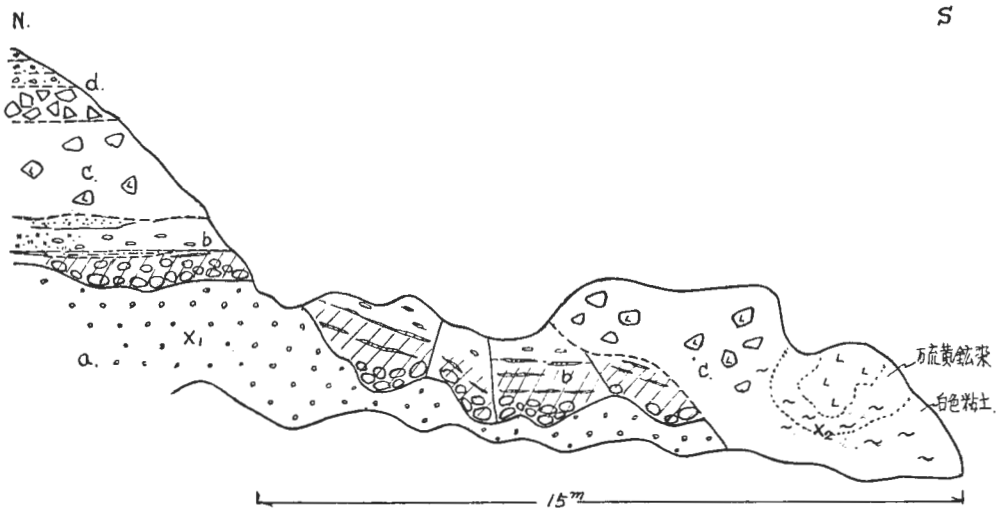
変質帯および温泉沈澱物の層序関係も示す F-2 荒湯東
模式露頭。

第10-2図 荒湯東における変質帯と第四系の関係

今回、同じ鳴子火山の噴出物にもかかわらず Fi7 と Fi8 の年代に非常な違いが出たがこれは、ガラス中の飛跡認定の誤りによるものと熱変質によるものと考えられる。また火山灰では(1)の誤差が、噴出時までの飛跡が消滅していないことと、後の変質作用などの熱によるフィッション・トラックの減少の両面がある。このチェックは困難で他の年代決定法や対比などによる検討が必要である。(2)のウランの不均一分布は飛跡分布でわかるので極端に不均一のものをさけた。(4)はトリウムがウランの10倍以上含有するときにやっと考慮する必要のあるもので、ジルコンでは考える必要がない。(5)の誤差はほぼ6%以下である。(6)は使用した半減期を明記しておけば、確定後再修正できる。

これらのことを考慮に入れ、Fi-7 の試料を除きほぼ20%以下の誤差とみられる。なおこれには結晶粒による誤差も含んでいる。

鬼首周辺に分布する塊状緑色凝灰岩のフィッション・トラック年代として 9.8 m. y. を得たが、これ



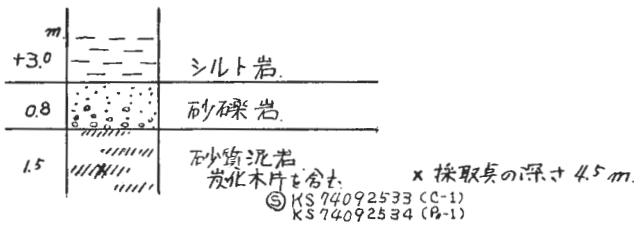
+3.		d.	黒色玻璃質、石英安山岩質角礫岩。マトリックスを砂状、淡灰色シルト岩円礫を含む。
		c.	同上噴 火山角礫岩。亜角礫。2m礫あり、スクリヤを含む。マトリックスは一般に黄褐色(風化)。露頭右端は白色粘土化。中変質で硫黄鉱床。X2 ⑤7410103、写真 P-36
3.		b.	最上部に砂岩層(淡紫色)。以下に砂質凝灰岩、白色凝灰岩、紫色~緑色安山岩礫を含む。黄緑色粘土...水酸化鉄が充填。(同上//印)
1~1.5		a.	砂岩礫岩 礫大以下。円礫>亜角礫。礫および凝灰質砂に変質あり。X1 ⑤74110701、写真 P-39。

a. は隠子層に相当する。b. はこれに不整合関係を示し、溶岩石英安山岩-火山活動の底部と思われる。写真 P-51 の(1) は 図の中央部から以南を示し、(2) はそれより以北の状態を示す。

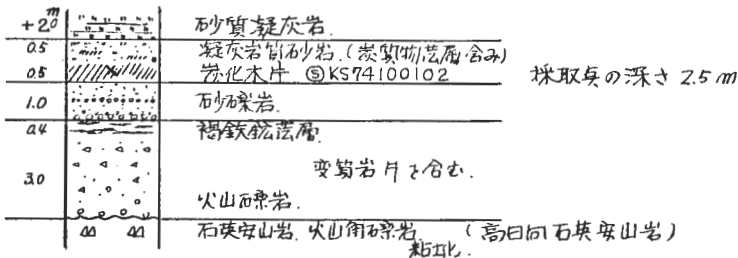


写真(2)において、左図に示すc層はその底部に紫色黒土を伴う。これは最も新しい堆積物である。

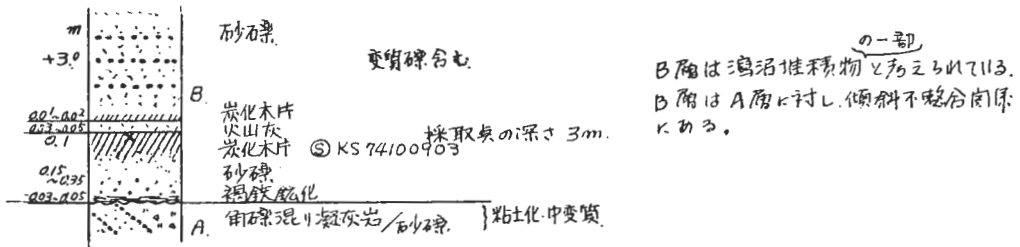
第10-3図 湯元における変質帯と第四系の関係



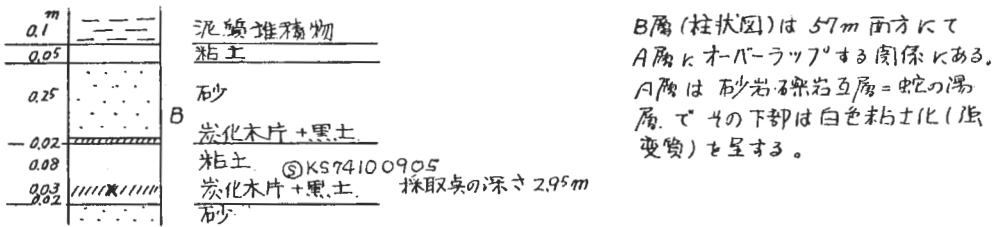
第11-1図 C-14測年用試料採取地点の地質柱状図 (鬼首・流沢)



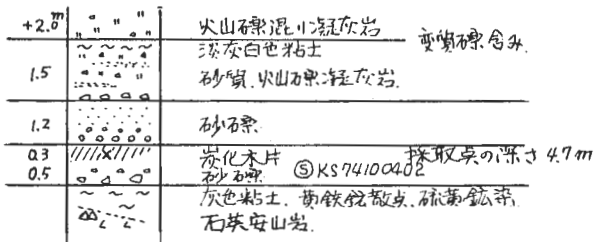
第11-2図 C-14測年用試料採取地点の地質柱状図 (荒湯地獄東)



第11-3図 C-14測年用試料採取地点の地質柱状図 (湯沼北方)



第11-4図 C-14測年用試料採取地点の地質柱状図 (中山平蛇の湯)



第11-5図 C-14測年用試料採取地点の地質柱状図 (荒湯地獄西)

第5表 片山・鳴子地熱地域の¹⁴C年代

No	Sample No.	Code No.	Locality	Sample	Age (years before 1950)	北緯	東経
1	K S 74092533	GaK-5524	鬼首・流沢 (荒湯北)	炭化木片	24,970 ± 1,210	38°49'25"	140°43'28"
2	K S 74100102-2	GaK-5522	荒湯地獄東 (荒湯東)	炭化木片	>32,500	38°48'55"	140°44'10"
3	K S 74100903	GaK-5523	湯沼北方 (湯沼)	炭化木片	2,610 ± 100	38°44'7"	140°43'36"
4	K S 74100905	GaK-5521	中山平蛇の湯 (蛇の湯)	炭化木片	1,890 ± 65	38°43'19"	140°40'59"
5	K S 74100402	GaK-5520	荒湯地獄西 (水神峠)	炭化木片	23,380 ± 890	38°48'43"	140°43'40"

(測定 学習院大学 木越邦彦)

年代の算出には¹⁴Cの半減期として5,570年(Libbyの値)を用いてある。

誤差はβ線計数値の標準偏差にもとづいて算出。

第6表 フィッション・トラック測年用試料採取地点一覧表

No.	サンプルNo.	採取地	岩石名	地層名
1	K S 74093002	荒湯地獄北西	石英安山岩溶岩	宮沢層
2	K S 74100204	片山地獄血の池	安山岩集塊岩	赤沢層
3	K S 73101506	大深沢上流	石英安山岩(軽石)	高日向石英安山岩
4	K S 73101507	花山村峠井沢部落南方	溶結凝灰岩	北川溶結凝灰岩
5	K S 73101508	〃 国見峠東方	塊状緑色凝灰岩	北滝沢層
6	K S 73101612	鳴子町沢目木部落北方	石英安山岩質溶結凝灰岩	北川溶結凝灰岩
7	K S 73101615	〃 上野々東方	流紋岩質溶岩流	湯沼石英安山岩
8	K S 73101615'	鳴子町湯沼畔	凝灰岩	同上
9	K S 73101616	鳴子町屏風岩	溶結凝灰岩	北川溶結凝灰岩

第7表 フィッション・トラック測年結果一覧表

	Spontaneous fission-track density (cm ⁻²)	Induced fission-track density (cm ⁻²)	Thermal neutron dose (cm ⁻²)	Fission-track age (m.y.)
1	1.9×10 ⁵	6.8×10 ⁶	0.88×10 ¹⁵	1.5
2	2.7×10 ⁵	8.2×10 ⁶	0.88×10 ¹⁵	1.8
3	3.2×10 ⁴	5.8×10 ⁶	1.05×10 ¹⁵	0.35
4	1.9×10 ⁵	4.9×10 ⁶	0.95×10 ¹⁵	2.3
5	5.4×10 ⁵	3.2×10 ⁶	0.95×10 ¹⁵	9.8
6	1.0×10 ⁵	2.7×10 ⁶	0.95×10 ¹⁵	2.2
7	1.3×10 ²	4.2×10 ⁷	1.05×10 ¹⁵	0.02
8	2.4×10 ⁶	3.8×10 ⁵	5.2×10 ¹⁵	0.2
9	1.3×10 ⁵	3.5×10 ⁶	1.05×10 ¹⁵	2.4

は従来中新前期ないし中期に考えられている地層であり、この岩石がやや変質していることを考えると、熱の影響によりフィッション・トラック年代がやや若返った可能性も検討する必要がある。従来北川石英安山岩質溶結凝灰岩と呼ばれ鬼首カルデラ周辺に広く分布している地層のフィッション・トラック年代として、2.2、2.3、および2.4 m.y. の3つの値を得たが、これらの年代の違いは測定誤差の範囲内で、ほぼ同年代とみなすことが出来る。赤沢層の安山岩の年代として1.8 m.y. を、宮沢層の石英安山岩の年代として1.5 m.y. を得た。また、高日向石英安山岩の時代として0.35 m.y. を得たが、これらの測年結果はすべてこれまでの層序関係から類推される年代関係と良く一致しており、そのままこ

第8表 片山・鳴子地熱地域変質岩の化学組成

No.	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	70.07	81.00	72.27	64.14	52.04	71.04
TiO ₂	0.33	0.42	0.39	0.53	0.66	0.86
Al ₂ O ₃	15.13	8.98	14.41	15.94	23.42	15.84
Fe ₂ O ₃	1.96	0.60	0.33	2.63	2.95	0.77
FeO	0.61	0.14	0.01	2.41	0.32	0.07
Fe	<0.01	<0.01	0.08	<0.01	<0.01	0.02
MnO	0.05	0.01	0.01	0.15	0.02	0.01
MgO	0.55	0.10	0.06	2.04	0.72	0.08
CaO	3.21	0.77	0.04	5.11	1.01	0.10
Na ₂ O	4.05	2.79	0.56	3.98	2.13	0.17
K ₂ O	1.35	1.59	0.58	1.50	0.81	0.23
P ₂ O ₅	0.07	0.06	0.11	0.12	0.09	0.06
S	<0.01	<0.01	0.09	<0.01	<0.01	0.02
SO ₃	<0.01	0.14	3.43	<0.01	<0.01	0.97
CO ₂	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
H ₂ O ⁺	1.51	2.10	6.45	0.83	7.78	8.46
H ₂ O ⁻	0.74	1.12	0.82	0.42	7.87	1.18
Total	99.63	99.82	99.64	99.80	99.82	99.88
Ap. G. *1	2.47	2.18	—	2.35	2.36	—
Tr. G. *2	2.50	2.38	2.47	2.70	2.56	2.36

*1 見かけ比重.

*2 真比重

分析：東京石炭鉱物研究所

1：K S 74093002, 未変質 デイサイト, 鬼首片山 (荒湯地獄北西).

2：K S 74093003, 弱変質 デイサイト, 鬼首片山 (荒湯地獄北端).

3：K S 74093004, 強変質 デイサイト, 鬼首片山 (荒湯地獄北).

4：K S 74100104, 未変質 安山岩, 鬼首片山 (片山地獄血の池東北).

5：K S 74100301, 弱変質 安山岩, 鬼首片山 (片山地獄南西).

6：K S 74100302, 強変質 安山岩, 鬼首片山 (片山地獄南東).

これらの火山岩の噴出時代を表わしていると解釈される。鳴子火山の流紋岩溶岩の年代として 0.2 m. y. を得たが、これはガラスを用いており、その気泡をフィッシュ・トラックのエッチングにより生じた Pit と区別出来ないため生じた誤差により、実際より古い年代になった可能性も考えられる。鳴子火山の上野々の凝灰岩層の年代として 0.02 m. y. を得たが、これは熱変質による飛跡の減少の影響があると考えられるので更に検討する必要がある。

6. 変質岩の化学分析

6.1 化学分析用試料採取

採取点の位置は第3図に示す。

6.2 化学分析結果

第8表に示したとおりである。

No. 1の石英安山岩は、YAMADA (1972a)の宮沢層の角閃石・石英安山岩溶岩の新鮮なものの化学組成を、No. 4の安山岩溶岩はYAMADA (1972a)の赤沢層の複輝石安山岩溶岩の新鮮なものの化学組成を示している。No. 2とNo. 5はともに中変質帯の岩石だが、化学組成は著しく異なっており、No. 2ではAl⁺⁺⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺などの溶脱が行なわれたのに対し、No. 5ではAl⁺⁺⁺, H₂O⁺, H₂O⁻が増加しておりまた、粉末X線分析結果も構成鉱物の違いを示している。No. 3とNo. 6は、ともに強変質帯とした部分から取ったものであり、原岩は石英安山岩と安山岩であるが、ともに似た化学組成および

第9表 粉末X線回折による変質鉱物一覧表

分 析 番 号	試 料 番 号	採 取 地 点	シリカ鉱物		粘土鉱物			沸石		硫酸 鉄	硫酸・ 硫化鉄	炭酸 鉄	その他							
			Q	Op	Cr	Tr	Mt	Chl	K	Hall	H	Mt	Z	Al	Jar	Py	Ca	F	Mt	S
			石英	石	石	石	ト	石	ント	石	石	他	石	石	鉄	石	石	石	石	石
1	K S 74091604	鬼首	○																◎◎	○
2	K S 74091910	"																	◎◎	○
3	K S 74092013	"	○																◎◎	○
4	K S 74092015	"	○																◎◎	○
5	K S 74092017	"	○																◎◎	○
6	K S 74092120	"	◎◎																◎◎	○
7	K S 74092636	"	◎◎																◎◎	○
8	K S 74093002	" Ch ₁ (p)	○																◎◎	○
9	K S 74093003	" Ch ₂ (m)	○																◎◎	○
10	K S 74093004	" Ch ₃ (f)	○											◎					◎◎	○
11	K S 74100103	"	○																◎◎	○
12	K S 74100202	"	○																◎◎	○
13	K S 74100204	" Ch ₄ (p)	○																◎◎	○
14	K S 74100301	" Ch ₅ (m)	○																◎◎	○
15	K S 74100302	" Ch ₆ (f)	○																◎◎	○
16	K S 74100401	" S ₁	○																◎◎	○
17	K S 74100403	" S ₂	○																◎◎	○
18	K S 74101103	"	◎◎											◎◎					◎◎	○
19	K S 74102202	"	◎◎											◎◎					◎◎	○
20	K S 74102203	"	◎																◎◎	○
21	K S 74092602	鳴子	◎◎																◎◎	○
22	K S 74092604	"	◎◎																◎◎	○
23	K S 74092901	"	◎◎																◎◎	○
24	K S 74092902	"	◎◎																◎◎	○
25	K S 74100204-2	"	◎◎											◎◎					◎◎	○
26	K S 74100205	"	◎◎											◎◎					◎◎	○
27	K S 74100601	"	◎◎																◎◎	○
28	K S 74100801	"	◎◎																◎◎	○
29	K S 74100802	" S ₃	◎◎																◎◎	○
30	K S 74100803	"	◎◎											◎					◎◎	○
31	K S 74100901	"	◎◎																◎◎	○
32	K S 74100901-2	"	◎◎																◎◎	○
33	K S 74100902	"	◎◎											◎					◎◎	○
34	K S 74100902-2	" S ₄	◎◎											◎					◎◎	○
35	K S 74100903-2	"	◎◎											◎					◎◎	○
36	K S 74101003	"	◎◎																◎◎	○
37	K S 74101201	"	◎◎																◎◎	○
38	K S 74101303	"	◎◎																◎◎	○
39	K S 74110701	"	◎◎											◎					◎◎	○
40	K S 74110702	"	◎◎											◎					◎◎	○

◎：多量に含む，○：含む，・：少量含む
 Ch₁₋₆：化学分析ナンバー
 (p)：未～弱変質，(m)：中変質，(f)：強変質
 S₁₋₄：変質帯模式露頭ナンバー

鉱物組成の変質岩に変化している。

7. 変質岩の粉末X線分析

7.1 粉末X線分析用試料採取および分析

粉末X線分析用試料は鬼首および鳴子地区ともに多数の採取試料の中から、下記のようにそれぞれ20個を抽出した。

鬼首地区	{	変質帯模式露頭から	2個
		化学分析用試料から	6個
		その他の露頭から	12個
鳴子地区	{	変質帯模式露頭から	2個
		その他の露頭から	18個

X線分析試料採取地点については鬼首地区は第3図に、鳴子地区は第4図に示した。

X線の使用条件

対陰極：Cu (Ni フィルター)，スリット幅：1°-0.15 mm-1°，チャート・フルスケール：1,000CPS，
電圧：30 kV，電流：15 mA，走査範囲： $2\theta=2^\circ\sim 40^\circ$ ，走査速度：2°/min.，記録紙速度：2 cm/min.，
エチレングリコール処理：14 A° 反射のあるもの，塩酸処理：14 A° および 7 A° 反射のあるもの，を
実施し，走査範囲： $2\theta=2^\circ\sim 15^\circ$ で再度粉末X線分析を行った。

7.2 粉末X線試料の分析結果と分類

粉末X線回折により同定された変質鉱物一覧表を第9表に示した。

分析結果を地域ごとにまとめ、母岩、変質状態、同定鉱物などを一覧表にして検討をおこなった。用いた記号の凡例は以下のとおりである。

凡例	母岩	Dc	………	石英安山岩溶岩		
		Dc-brc	………	同上火山砕屑岩		
		Ad	………	安山岩溶岩		
		Ad-brc	………	同上火山砕屑岩		
		S	………	凝灰質湖成堆積物		
変質	cl	………	粘土化	Si	………	珪化
	f	………	強変質	m	………	中変質
	p	………	弱変質	未	………	未変質

鉱物…X線分析による変質鉱物一覧表（第9表）に用いた記号と同じ。

No.	位 置	岩 石	変 質	鉱 物
8	荒 湯 西 方	Dc	未	Cr, F, Q, Mt, Mf
9	荒 湯 地 獄 北	〃	Cl-m	Cr, Q, F
10	荒 湯 地 獄 中	〃	Cl-f	Cr, Tr, K, Al, Q, F
17	荒 湯 地 獄 東	Dc-brc	Si-f	Q, Cr
18	水 神 峠 西 方	Dc	Cl-m	Cr, K, Al, Q

X-8 は、ほぼ未変質の石英安山岩の鉱物組成であるが、わずかにモンモリロナイト化している。
X-9 は有色鉱物の溶脱が行なわれたが、長石がまだ残存している。X-10 (図版22-3) は、荒湯地獄中央の標準的な強粘土化変質帯から採取されたものであり、カオリン鉱物、 α -クリストパライト、リンケイ石、明ばん石を主とするが、石英および長石も含んでいる。X-18 は粗鬆な触感のある変質した石英安山岩であるが、X-10と似かよった鉱物組成に変化している。X-17は、 α -クリストパライト、石英、

および非晶質シリカからなり、典型的な珪化岩と言える。

No.	位 置	岩 石	変 質	鉱 物
13	血の池北東	Ad-brc	未	Cr, F, Q
12	血の池中	Ad(?)	Cl-f	Q, Cr, Tr, F
11	奥の院下	Ad(?)	Cl-f	Tr, K, Q, Mt, F
16	片山中	Ad-brc	Cl-f	Cr
15	片山南	Ad	Cl-f	Cr, K
14	片山西	Ad	Cl-m	Cr, Hall, Q, Mt, F
2	大深沢	Ad-brc	Cl-p	Hall, F, Mt

X-12は灰白色、緻密塊状であり乳白色粘土質脈が発達している強変質岩から得た試料である。X-16は変質帯の模式露頭から採取した。X-15は強いカオリン変質を受けている(図版22-4)。

片山地域および大深沢地域には、 α -クリストバライト、カオリン鉱物、リンケイ石、などを含む珪化岩および粘土化岩が広く分布しているが、その周辺部にはモンモリロナイトおよびハロイサイトを含む弱変質岩が分布している。

No.	位 置	岩 石	変 質	鉱 物
7	赤沢北	S	Cl-p	Q, Cr, Mt, F
19	女釜男釜	S?	Cl-f	Q, K, Al
20	片山峠西	S	Cl-f	Cr,
6	赤沢西	S	Cl-m	Q, Md, F
4	赤沢南	S	Cl-m	Mt, H, Q
5	赤沢南東	S	Cl-p	Mt, H, Q

X-19は噴気を伴う軟弱な強粘土化変質岩(泥質岩)から得た。X-20は附近に硫黄採掘跡のある粘土化帯から得た。X-4およびX-5は赤沢変質帯(X-7・X-19およびX-20)から離れた軽石凝灰岩の小変質帯から採取した。

赤沢変質帯の北東部は、 α -クリストバライトおよび非晶質珪酸を含む珪化岩と、カオリン鉱物および明ばん石を含む粘土化岩が広く分布しているが、その南西部はモルデン沸石、輝沸石、などの沸石およびモンモリロナイトを含む変質岩が分布している。

No.	位 置	岩 石	変 質	鉱 物
1	吹上沢下流	S	未	F, Q, Mf
3	赤沢下流	S	未	Q, Hall, F, Mf

X-1およびX-3は一帯に淡灰白色を呈するが、未変質とした宮沢層軽石凝灰岩の中から採取した。

No.	位 置	岩 石	変 質	鉱 物
25	胡桃岳東	S	Cl-f	S, Q, K, Al, Py
22	" 北	Dc-brc	Si-m	Cr, Q
38	胡桃岳	Dc	Si-m	Q, Cr, Al, F
34	瀉沼北	Dc	Si-f	Cr, Q, Al
21	" 東	Dc-brc	Cl-f	Q, Cr, S
26	" 南	Dc	Cl-f	Q, S, Cr, Al, Py
32	" 北	S	Cl-m	Q, Cr, Al, F
35	" 北	S	Cl-p	Q, F, Mt

X-25は中野変質帯の粘土化強変質試料である。附近に硫黄沈澱物がみられる。X-34は珪化の模式露頭から採取した。X-26は硫化水素臭を伴う粘土露頭から採取した。X-35は湯元から瀉沼に至る道の峠の露頭で、炭化木片(C-3試料)の採取層準より下位から採取した。

瀉沼変質帯は、 α -クリストパライト、および石英を含む珪化岩が広く分布しており、明ばん石、硫黄および硫化鉄などもしばしば含まれる。

No.	位 置	岩 石	変 質	鉱 物
23	湯 元 東	Dc-brc	Cl-m	Q, Mt, Chl, Py, F
24	"	"	Cl-f	Q, Al, Cr
36	湯 元 西	"	Cl-m	Q, Cr, K, F
39	"	S	Cl-p	Q, Chl, K, F, Mt

X-36は瀉沼火山砕屑物の変質部分、X-39はその下位の鳴子層の砂礫層から採取した(第10-3図)。

湯元変質帯は、カオリン鉱物、緑泥石、モンモリロナイトなどの粘土鉱物が検出され、粘土化変質を主体としているが局部的に強く変質した部分には、 α -クリストパライト、石英および明ばん石などを含む珪化岩もある。

No.	位 置	岩 石	変 質	鉱 物
29	中 山 平 中	S	Cl-m	Q, Mt, Chl, K, F
28	"	S	Cl-f	Q, F, Cr, S
30	蛇 湯	S	Cl-m	Q, Mt, Py, F
31	"	S	Cl-f	Q, Mt, Cr, Z, Py, Ca, F
33	"	S	Si-f	Q, F, Mt, Jar
27	"	S	Cl-m	Q, Cr, Tr, Mt, F

X-29・X-28・X-30およびX-31は中山平変質帯の一般的試料であり、X-29は変質帯模式露頭から採取した。

中山平変質帯は、変質母岩が多様でありまた、変質の局部的変化が激しい。鉱物は、石英、長石、モンモリロナイト、緑泥石、カオリン鉱物、 α -クリストパライト、リンケイ石、硫黄、硫化鉄、鉄明ばん石、方解石および沸石と今回の調査では一番多様の鉱物が検出された変質帯である。

No.	位 置	岩 石	変 質	鉱 物
37	歩 道 橋	Dc-brc	Cl-m	Q, Md, F
40	川 端	S	Cl-f	Q, Mt, K

X-37は中山東方の大谷川歩道橋傍の温泉露頭附近から採取した。

8. ま と め

A. 鬼首地区

1) 当地区の変質帯は約 3.01 km² の面積をしめ現在高温熱水、ないし噴気活動の活発な地域の周辺に分布しており片山-荒湯、大深沢、赤沢、吹上、および宮沢の5変質帯に区分される。

2) そのうち片山-荒湯変質帯が最大の面積をしめ約 2.34 km² に達する。強い変質をこうむった岩石は、均質な α -クリストパライト および非晶質珪酸(石英を含むことがある)を主とする珪化岩となっている。また、強く粘土化した岩石はカオリン鉱物としばしば明ばん石を含んでおり、弱変質岩は、モンモリロナイトを含むほかにしばしばハロイサイトを含んでいる。片山-荒湯変質帯の試錐コアからは、種々の沸石を含む変質岩が報告されているが(Seki et al., 1969)、今回の調査では片山-荒湯地域の地表では沸石は検出されなかった。このことは、この変質帯の地表附近に酸性熱水、蒸気が卓越しているが

地下中深部には中性の熱水があるためによるのではないかと考えられる。

3) 赤沢変質帯は、約 0.44 km² の面積をしめ西南部は輝沸石、モルデナイトなどの沸石を含む変質岩が分布しており、北東部にはカオリン鉱物、 α -クリストパライト、非晶質珪酸などを含む、粘土化および珪化岩が分布している。

4) 荒湯周辺において石英安山岩類を不整合におおっている凝灰質火山礫および砂層などと、その北部に広く分布するシルト岩を主とする鬼首層は指交関係にあり、その ¹⁴C年代として、24,210年B.P.、23,380±890年B.P. および32,500年B.P. より以前の三つの結果を得た。これらの地層中には変質礫を含んでいるが、これらの地層自体はわずかに変質しているのみである。従って片山東部から荒湯にかけての変質は、2万数千年より以前に著しく行なわれたものと考えられる。

5) ジルコンを用いたフィッション・トラック測年法により、高日向石英安山岩は0.35 m.y.、宮沢層の石英安山岩は1.5 m.y.、赤沢層の安山岩は1.8 m.y.、北川石英安山岩質溶結凝灰岩は2.3 m.y. および2.2m.y.、の2つの値を得た。鬼首カルデラ周辺に分布する新第三系の塊状緑色凝灰岩は9.8 m.y. の値を得たがこの値は変質による若返りによる可能性もある。

B. 鳴子地区

1) 当地区の変質帯は、湯沼、湯元、中野、中山平および川端の5地域に区分される。総面積は、約1.0 km² であり鬼首地区に比べて小さい。

2) このうち湯沼変質帯が最大の規模で0.48 km² の面積を有し α -クリストパライト、石英および明ばん石などを含む珪化岩が広く分布している。その他の変質帯はカオリン鉱物、モンモリロナイトないし緑泥石を含む粘土化変質を主体としている。

3) 蛇の湯層を不整合におおう未変質の砂泥層の¹⁴C年代は1890±65年B.P.であった。したがって、中山平の主要変質時期はそれ以前と考えられる。湯沼堆積物の¹⁴C年代として2610±100年B.P.を得た。

4) ジルコンを用いたフィッション・トラック測年法により、鳴子南方の屏風岩を構成する溶結凝灰岩は2.4 m.y.を示し鬼首周辺に分布する北川石英安山岩質溶結凝灰とほぼ同一年代を示した。鳴子火山の溶岩については火山ガラスを用いて0.2 m.y.を得たが、一部気泡をフィッション・トラックのピットとしてカウントした可能性もあり、真の年代はこれより若いものと考えられる。また、鳴子火山の凝灰岩についてジルコンを用いて測年した結果は0.02 m.y.であった。これについては熱変質による若返りの可能性、および層序的位置にも若干問題がある。

文 献

- 地質調査所(1975) 全国地熱基礎調査報告書. no. 11, 栗駒南部. 169 p.
- 早川典久・鈴木舜一ほか6名(1976) 昭和50年度広域調査報告書一栗駒地域一, 通商産業省, 資源エネルギー庁, 52p.
- 片山信夫・梅沢邦臣(1958) 7万5千分の1地質図幅「鬼首」および同説明書. 地質調査所.
- 北村 信(1967) 宮城県の地質. 宮城県商工労働部中小企業課, 32p.
- KRISHNASWAMI, S., Lal, D., PRABHN, N. and MACDOUGALL, D. (1974) Characteristics of fission-tracks in zircon: Applications to geochronology and cosmology. *Earth Planet. Sci. Lett.*, vol. 22, p. 51-59.
- 増井淳一・野田素子(1961 a) 宮城県鳴子町鬼首のカオリン粘土および白土. 東北工業用鉱物資源, no. 1, p. 71~78.
- ・———(1961 b) 宮城県鳴子町中山平カオリン粘土. 東北工業用鉱物資源, no. 1, p. 79~84.
- ・———(1961 c) 宮城県鳴子町田中の明ばん石. 東北工業用鉱物資源, no. 1, p. 215

~278.

- 中村久由ほか(1959) 宮城県鬼首環状地内における地質構造と地熱との関係. 地調月報, vol. 10, p. 575~600.
- 西村 進(1970) 核分裂片の飛跡の計数に依る年代決定法. 岩鉱, vol. 64, p. 173~181.
- (1975) テフクロロジーへのフィッション・トラック法の適用. 九十九地学, vol. 10, p. 1~8.
- NISHIMURA, S. (1975) On the value of the decay constant for spontaneous fission of Uranium-238. *Mem. Coll. Sci., Kyoto Univ.*, ser. Geol. Min., vol. 41, p. 15-19.
- 西村 進(1975) 主として東北地方の fission-track age. マグマの発生の時空分布 (GDP), no. 3, p. 15~16.
- 岡野武雄(1962) 鳴子八幡の硫黄鉱床. 地調月報, vol. 13, p. 357~359.
- (1967) 2, 3の沈殿硫黄鉱床の産状について. 日本鉱業会誌. vol. 83, p. 431~432.
- SEKI, Y., ONUKI, H., OKUMURA, K. and TAKASHIMA, I. (1969) Zeolite distribution in the Katayama geothermal area, Onikobe, Japan. *Jap. Jour. Geol. Geogr.*, vol. 40, no. 2~4, p. 63-79.
- 高橋兵一(1953) 宮城県荒雄嶽硫黄鉱床概査報告. 地調月報, vol. 4, p. 653.
- 谷 正己編集(1968) 宮城県下における地熱・温泉地域の構造地質学的ならびに地球化学的調査研究—宮城県北部地域. 宮城県商工労働部中小企業課および東北経済開発センター, 41p.
- TANIDA, K. (1961) A study on salic effusive rocks. *Sci. Rep. Tohoku Univ.*, ser. 3, vol. 7, no. 1, p. 47-100.
- YAMADA, E. (1972a) A study on the stratigraphy of Onikobe area, Miyagi Prefecture Japan, with special reference to the development of the Onikobe Basin. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 23, p. 217-231.
- (1972b) Geological map of Onikobe, 1: 25,000. Geol. Survey of Japan.
- (1975) Geological development of the Onikobe Caldera and its hydrothermal system. *Proceedings of Second U. N. Symp. on the Development and Use of Geothermal Resources*, vol. 1, p. 665-672.
- 山岡一雄・宇津木弘(1973) 宮城県鬼首の非晶質けい酸鉱床. 岩鉱, vol. 68, no. 11, p. 346~352.

Hydrothermal Alterations of the Katayama and Narugo Geothermal Areas, Tamatsukuri-gun, Miyagi Prefecture

Eizo YAMADA, Hiroshi OKADA, Susumu NISHIMURA,
Masahiro TANIGUCHI and Hiro'o NATORI

Abstract

A. Onikobe District

In the Onikobe district the white hydrothermally altered areas amount to 3.01 km² in total. They are widely distributed around active hot springs and fumaroles of high temperature. They are grouped into the Katayama-Arayu, the Obukazawa, the Akazawa, the Fukiage, and the Miyazawa alteration zones.

Among them the first has the largest area of about 2.34 km². Intensely altered rocks have been changed into homogeneous siliceous rocks rich in α -cristobalite and amorphous silica. Intensely argillized rocks contain kaolin and often alunite. Weakly altered rocks contain montmorillonite and occasionally halloysite. The core materials from beneath the Katayama-Arayu alteration zone contain various kinds of zeolites (Seki et al., 1968), but no zeolite is detected in the rocks sampled from the ground surface of this zone during the present study. This fact may be due to a predominance of acid thermal water and steam at the shallow depth, while neutral thermal water predominates at the intermediate depth.

The Akazawa alteration zone occupies an area of about 0.44 km². The northeastern part of it consists of α -cristobalite or amorphous silica rich silicified rocks and kaolin bearing argillized rocks. While heulandite or mordenite containing zeolitized rocks are distributed in the southwestern part of it.

The tuffaceous volcanic conglomerate and sandstone, which unconformably overlie dacite lava and tuff-breccia around the Arayu area, are interdigitated with siltstone and sandstone beds of the Onikobe Formation towards the north. Three ¹⁴C ages of carbonized woods obtained from the above-mentioned strata are 24,970 \pm 1,210 years B.P., 23,380 \pm 890 years B.P. and older than 32,500 years B.P. The tuffaceous volcanic conglomerate and sandstone beds are mostly of mudflow origin and they contain white altered fragments of pebble- to cobble-size, while the strata themselves are only weakly altered. Therefore, the hydrothermal alteration in the eastern part of the Katayama-Arayu alteration zone took place probably before the above-mentioned ages.

The fission-track ages of Takahinata dacite, dacite lava of the Miyazawa Formation and andesitic agglomerate of the Akazawa Formation are 0.35 m.y., 1.5 m.y., and 1.8 m.y. respectively. Two samples of the Kitagawa Dacitic Welded Tuff shows 2.2 m.y. and 2.3 m.y. by fission-track method. The fission-track age of massive green tuff distributed around the Onikobe Caldera is 9.8 m.y. but this age may be due to the rejuvenation by later alteration.

B. Narugo District

In this district the white hydrothermally altered areas amount to about 1.0 km² in total and are narrower than those in the Onikobe district. They comprise the Katanuma, the Motoyu, the Nakano, the Nakayamadaira, and the Kawabata alteration zones.

Among them the first occupies the widest area of 0.48 km², where silicified rocks containing quartz, α -cristobalite, and often alunite are predominant. The others consist mainly of argillized rocks containing kaolin, montmorillonite and/or chlorite.

The ¹⁴C age of the unaltered sand and mud beds, which unconformably overlie the Hebinoyu Formation, is 1890 \pm 65 years B.P. Therefore, the hydrothermal alteration in the Nakayamadaira area took place mainly before the above-mentioned age. The ¹⁴C age of Katanuma deposits is 2610 \pm 100 years B.P.

The fission-track age of the welded tuff, which constitutes the Byobu-iwa cliff south of Narugo, is

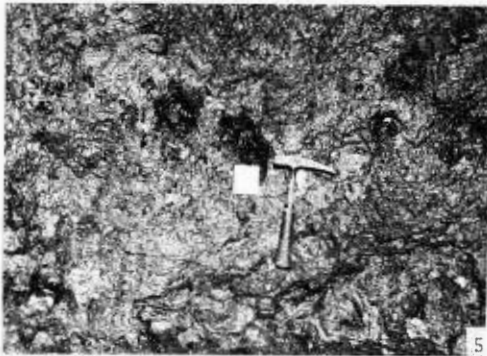
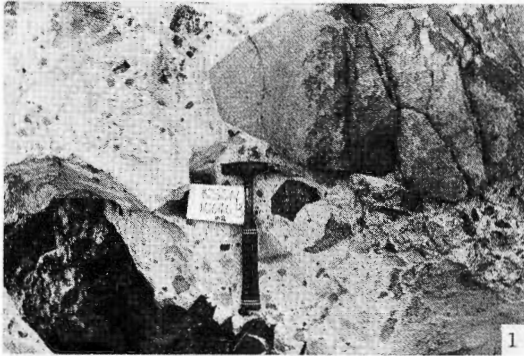
2.4 m.y. Thus the age of the welded tuff proved to be about the same as that of the Kitagawa Dacitic Welded Tuff, and therefore it is probably a part of the Kitagawa Dacitic Welded Tuff.

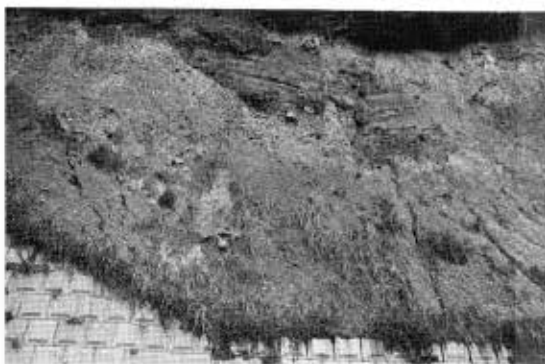
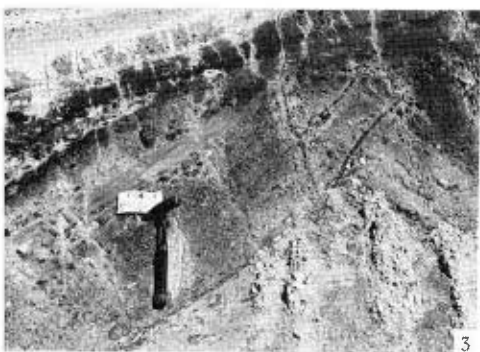
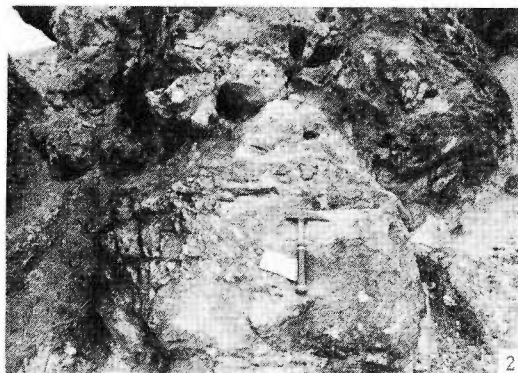
As to the fission-track age of Narugo Volcano the obsidian glass of dacite lava indicates 0.2 m.y. while zircon from the tuff indicates 0.02 m.y.

(受付1977年12月1日；受理：1977年12月6日)

図版説明

- 図版22-1 荒湯地獄東部の強く珪化した石英安山岩質凝灰角礫岩。本露頭は、荒湯模式露頭として第9-2図に記載した頭露のすぐ近くにある同様の露頭である。基質の部分は、おもに石英、 α -クリストバライトおよび非晶質珪酸からなるものと思われる。
- 図版22-2 片山変質帯南部に露出する強く変質した安山岩質凝灰角礫岩ないし安山岩溶岩。たまねぎ状に外から変質し、中心部に未変質安山岩がわずかに残っている。本露頭の記載は、片山模式露頭として第9-1図に示した。細粒白色変質した部分は、おもに α -クリストバライトおよび非晶質珪酸からなる。
- 図版22-3 荒湯地獄の北に分布する強く変質した石英安山岩。粉末X線分析では、カオリン鉱物、明ばん石、リンケイ石、 α -クリストバライト、石英および長石が検出された。化学分析結果は第8表のNo. 3とおりである。
- 図版22-4 片山変質帯の南端部に露出する強く変質した安山岩質凝灰角礫岩ないし安山岩溶岩。粉末X線分析では、カオリン、および α -クリストバライトが検出された。化学分析結果は第8表No. 6のとおりである。
- 図版22-5 荒湯北方の流沢に露出する鬼首層の砂質泥岩で、 ^{14}C 年代測定に供した黒色炭化木片を含んでいる。ここの露頭の柱状図を第11-1図に示した。
- 図版22-6 荒湯東方の道路わきの露頭で、この露頭の記載および柱状図は第10-2図のとおりである。本露頭の上部から ^{14}C 年代測定に供した炭化木片を採取した。
- 図版23-1 湯元から瀉沼に至る道路沿いの露頭である。ここの露頭の柱状図を第11-3図に示した。本露頭から ^{14}C 年代測定に供した炭化木片を採取した。
- 図版23-2 瀉沼の北縁の露頭。鳴子火山の石英安山岩溶岩の一部で、強く珪化変質している。本露頭のスケッチを瀉沼模式露頭として第9-4図に示した。 α -クリストバライト、石英のほかに明ばん石が検出された。
- 図版23-3 中山平における蛇の湯層の砂泥層の変質。本露頭のスケッチおよび柱状図は中山平模式露頭として第9-3図に示した。石英および長石のほかモンモリロナイト、カオリン鉱物および緑泥石などの粘土鉱物が検出された。
- 図版23-4 中山平・元蛇の湯裏における蛇の湯層シルト岩の強珪化変質部の露頭。軽石凝灰岩を夾み、成層面は硫黄色を呈する。石英および長石のほかモンモリロナイト、鉄明ばん石が検出された。本露頭位置を第7図に示した。
- 図版23-5 湯元から瀉沼に至る道路の切割りの露頭で鳴子層の砂礫層とそれを不整合におおう瀉沼石英安山岩質火山砕屑物の関係を示す。本露頭のスケッチおよび柱状図を第10-3図に示した。





551.23 : 551.25(521.15)

山形県最上郡肘折地熱地域の熱水変質帯*1

谷口政碩*2・巻田 公*3・河合芳樹*3

1. ま え が き

本調査研究は全国地熱基礎調査変質帯調査「肘折」地域調査（昭和49年度）の一環として行われたものである。調査研究の目的は地熱変質帯の規模および生成年代を知ることによって地熱地域の探査ならびに評価に貢献することにある。

調査地域は山形県最上郡大蔵村肘折温泉一帯および戸沢村今神温泉一帯であり（第1図）、野外作業は昭和49年9月9日から10月30日の間に実施された。

調査研究の経緯、担当者等の細部については地質調査所（1974）に記載されている。

調査研究の実施にあたっては次の方がたの多大の御協力をいただいた。ここに厚く感謝の意を表する。

地質調査所：西村嘉四郎・角 清愛・谷 正巳

(株)ダイヤコンサルタント：関 武夫・高野豊治

東京大学：湊 秀雄教授（X線分析）

山形県庁商工課、大蔵村役場、新庄営林署および井沢鉄男氏ほか肘折・金山両部落の諸氏。

2. 従 来 の 調 査

本地域の地形に関しては富田（1961）の研究があり、肘折カルデラについて全般的な記述が行われている。

地質に関しては杉村（1953）、田口（1954）、TAGUCHI（1962）、UI（1971）、田宮ほか（1973）、宇井ほか（1973）、今田（1974）の研究があり、特に肘折火砕流については杉村（1953）がその分布、総量および噴出位置について初めて記述し、肘折カルデラの存在を推定した。田口（1954）、TAGUCHI（1962）は新第三系について堆積盆を論じ、UI（1971）は火砕流堆積物について組成の決定とマグマ起源の考察を行い、また宇井ほか（1973）は肘折火砕流に含まれる炭化木の年代測定を行って約10,000年 B. P. の測定値を得た。田宮ほか（1973）は山形県が近年行った地熱調査について4本のボーリング調査、地温測定、電気探査の結果を基にして、肘折カルデラおよびその近傍の地質を論じ、地熱開発に関する問題点を指摘した。

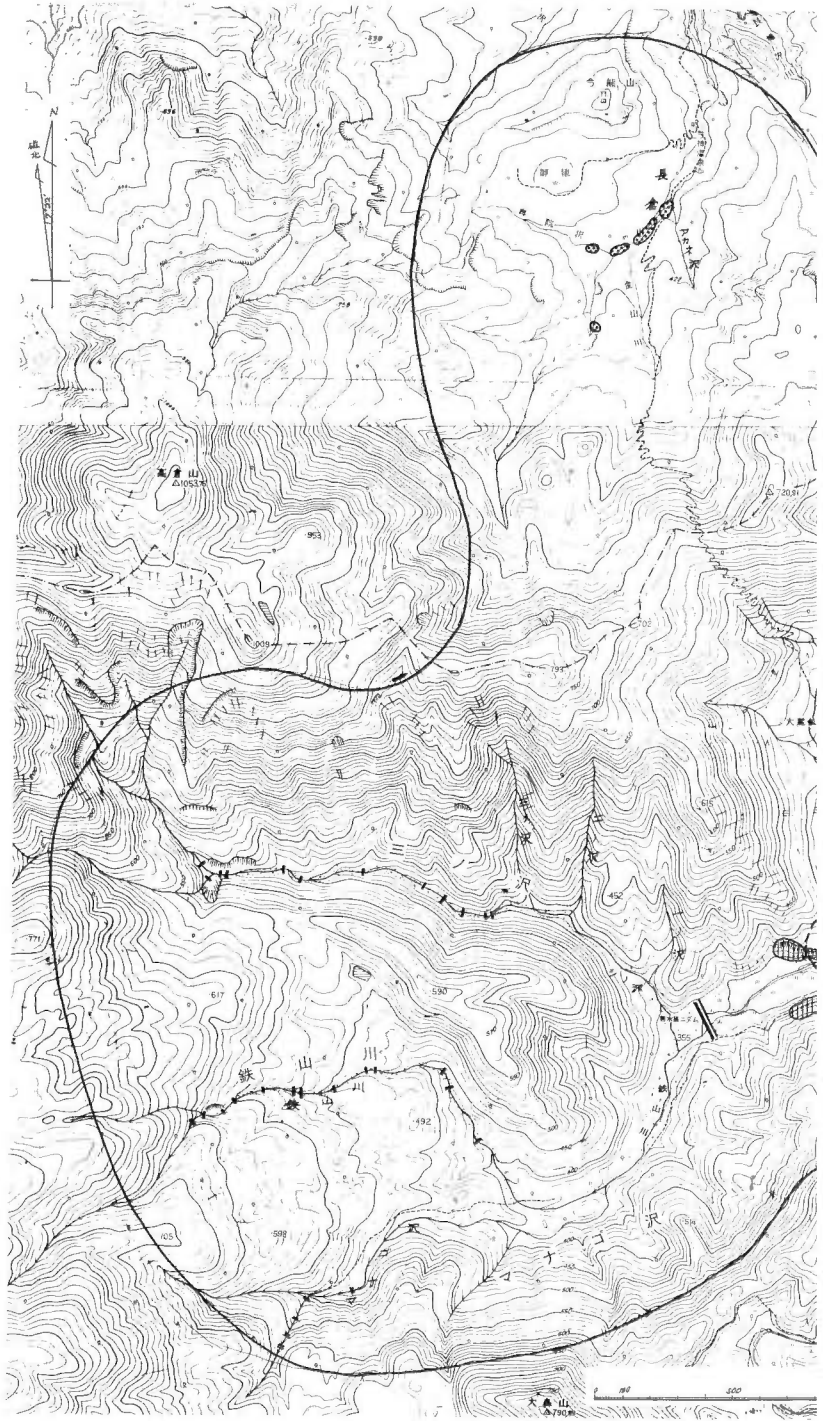
変質粘土については窯業原料として、粘土鉱床学的調査が上野（1950）、神保ほか（1961）等によって行われた。

温泉については山形県（1962）、杉山ほか（1973）が肘折温泉、金山温泉、今神温泉について詳細に論じた。

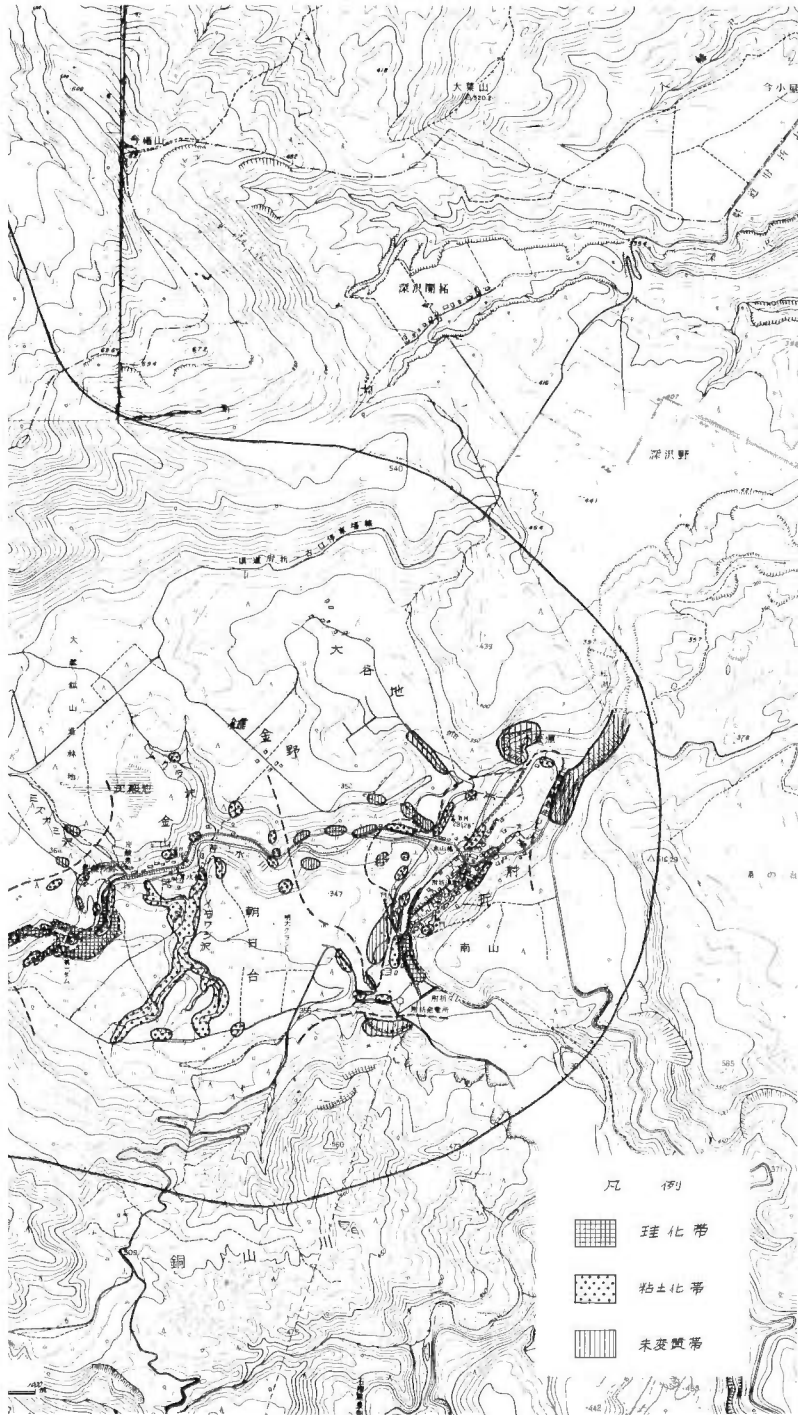
温泉沈殿物についての調査・研究は未だなされていない。わずかに肘折火砕流に含まれる水酸化鉄を含むディサイト質凝灰岩を、富田（1961）は停滞水中の鉄細菌による水酸化鉄の沈殿であると推察している。

*1 地質調査所報告, no. 259, 1978.

*2 東北出張所 *3 (株)ダイヤコンサルタント



第1圖 肘折變質



帶調查範圍

今田 (1974) は本調査地域について総合的な地質調査を行い、肘折カルデラの西方にカルデラの存在を認め、これを赤砂山カルデラと命名し、カルデラ内堆積物について論じた。また今神温泉については爆裂火口の存在を論じ、肘折カルデラの形成と相前後すると推定した。

3. 地質概説

本地域は約10,000年前に生成した肘折カルデラの生成に関連する第四系にひろくおおわれる。しかし、所々に基盤の新第三系の中小屋層が露出している。第四系は主として肘折カルデラ生成直前の噴出とみられる肘折火砕流と、カルデラ生成後にその中へ堆積した肘折カルデラ堆積物とから成る。また肘折火砕流と相前後して堆積したと考えられるシノ沢泥岩層、新期の崖錐堆積物が分物する。

新第三系中小屋層は黒色泥岩、緑色凝灰岩、緑色凝灰角礫岩、流紋岩、ドレライト等から成り、台島・西黒沢階に対比されている。

以下第四系を地域別に略述する。

3.1 肘折カルデラ地域

肘折カルデラは新第三系中小屋層の凝灰岩類および流紋岩類を基盤としており、ディサイト質の火砕流や溶岩の噴出の後にカルデラの形成が行われ、その凹地がカルデラ湖となったと考えられる。そのカルデラ湖に赤砂山地域や銅山川上流に堆積していた肘折火砕流堆積物が流入堆積し、これらはカルデラ内に台地として残っている。

肘折カルデラ堆積物は、肘折地区銅山川河床および苦水第一ダム上流の流紋岩の露頭付近での観察によれば、流紋岩質角礫岩層および円礫岩層に始まり、その上位に泥質堆積岩を挟在するディサイト質軽石および火山灰層が厚く堆積する。両層には閃緑岩や新第三系と思われる黒色頁岩の岩片と共に、肘折火砕流の溶岩に相当するディサイトの岩礫が含まれる。特に前者にこれが混在することは注目に値する。上位の軽石・火山灰層は淘汰作用を受けており、また斜交層理が発達している。この走向傾斜はカルデラ東部および西部では、NS-NWの走向を示し、その傾斜は 5° ~ 20° 東落ちであるが、中央部ではその走向はEW-NEであり、傾斜は 10° ~ 30° Nを示している。

泥質堆積物は苦水川河床および銅山川河床に数か所分布している。苦水川ではディサイト質堆積物と指交し、細砂、シルト、粘土の薄い互層からなり局所的に直径10~15 cmの炭化木片等の炭質物を挟在する。

銅山川では均質な層厚約1 mのシルトが層厚10 m+の無層理ディサイト質火山灰に挟在する。

イラワジ沢流域の朝日台では、これ等を覆って淘汰の良いディサイト質軽石と砂が、ほとんど水平のゆるい傾斜で薄く広がって分布している。

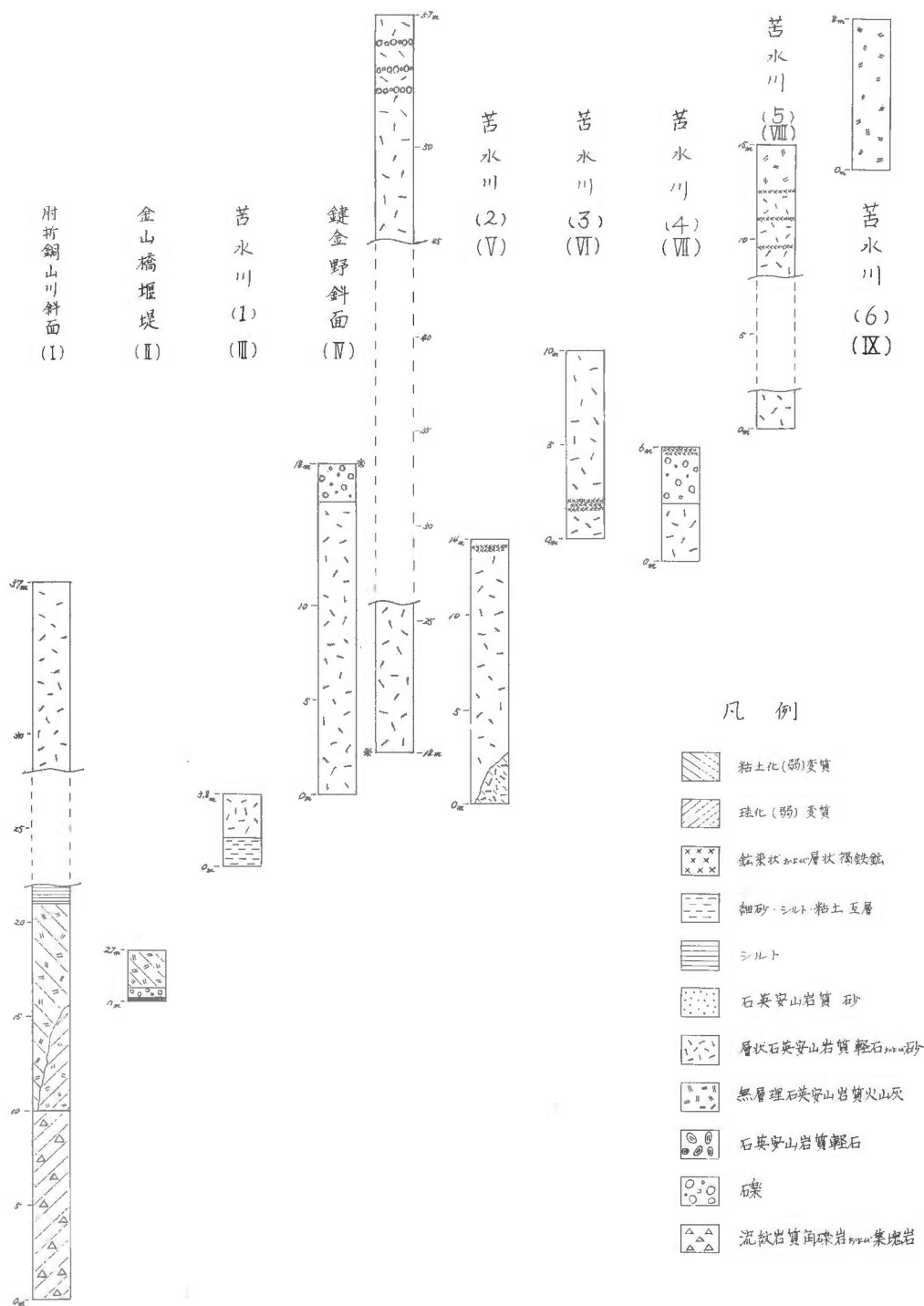
肘折カルデラ堆積物の層厚は、苦水川流域では約95 m+である。一方銅山川流域では約80 m+である(第2図、第3図)。

崖錐堆積物はムグラ沢の新第三系と考えられる非常に大きな角礫岩転石付近に部分的な露出があり、肘折カルデラを構成するディサイト質岩片を混在するが、その詳細な分布や層厚などは不明である。

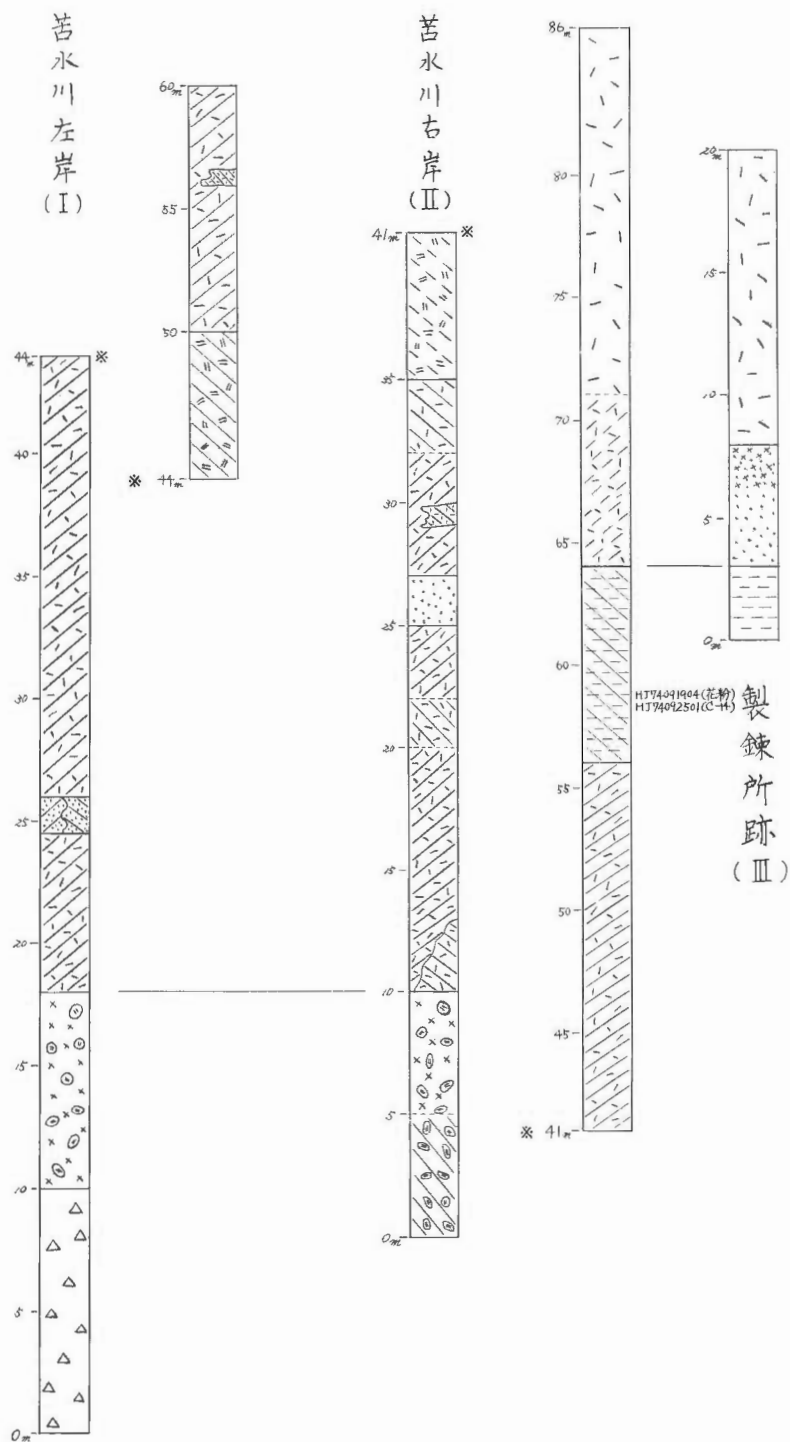
段丘堆積物は苦水川金山部落付近の、現河床面より約4~6 mの高い位置の段丘面で、礫層として観察される。その礫種は流紋岩、ディサイト等の直径約20~30 cmのものを主としており、より細粒の砂礫でマトリックスを埋めている。

湿地は朝日台の台地面に小規模のものが数多く分布する。これは台地の最上部に広がっている地熱変質による粘土層によって、地表水が浸透しにくいため形成されたと考えられる。

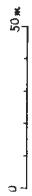
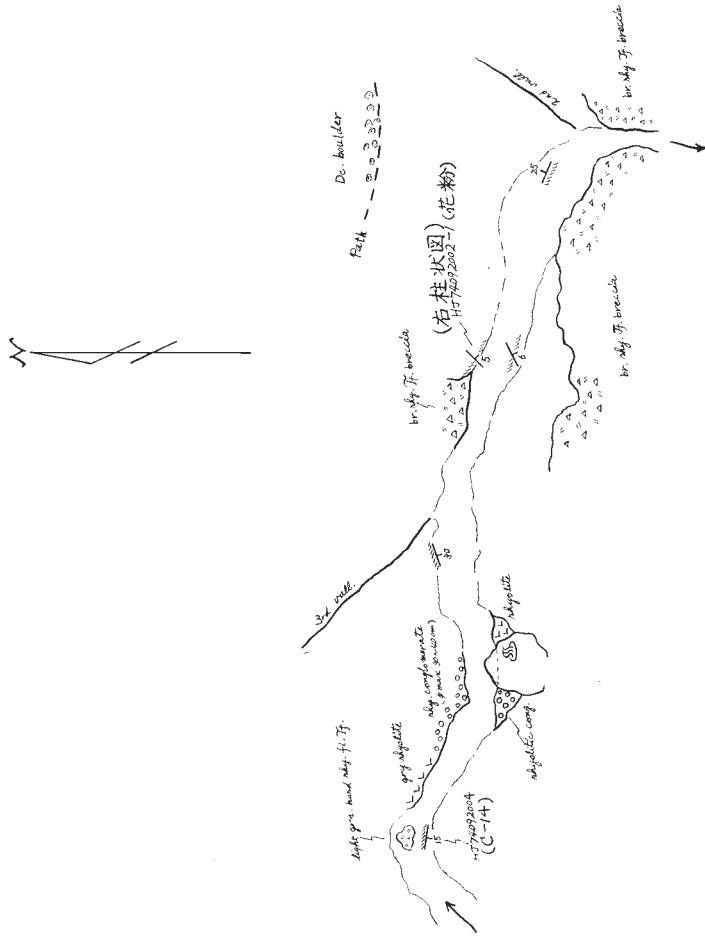
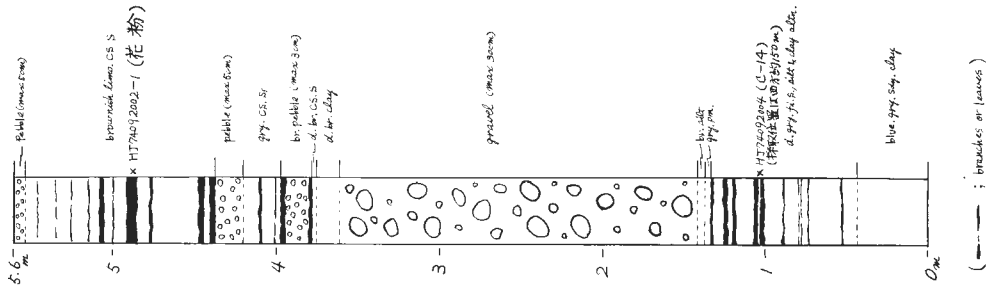
大谷地入口の直径約200 mの凹地および鍵金野をはさんで反対側の苦水川北岸の小さい凹地は田宮ほか(1973)、今田(1974)は火口として論じているが、著者等とはとくにこれを支持する証拠は見出し得なかった。



第2図 肘折地区第四系地質柱状図



第3図 金山地区第四系地質柱状図 (凡例は第2図参照)

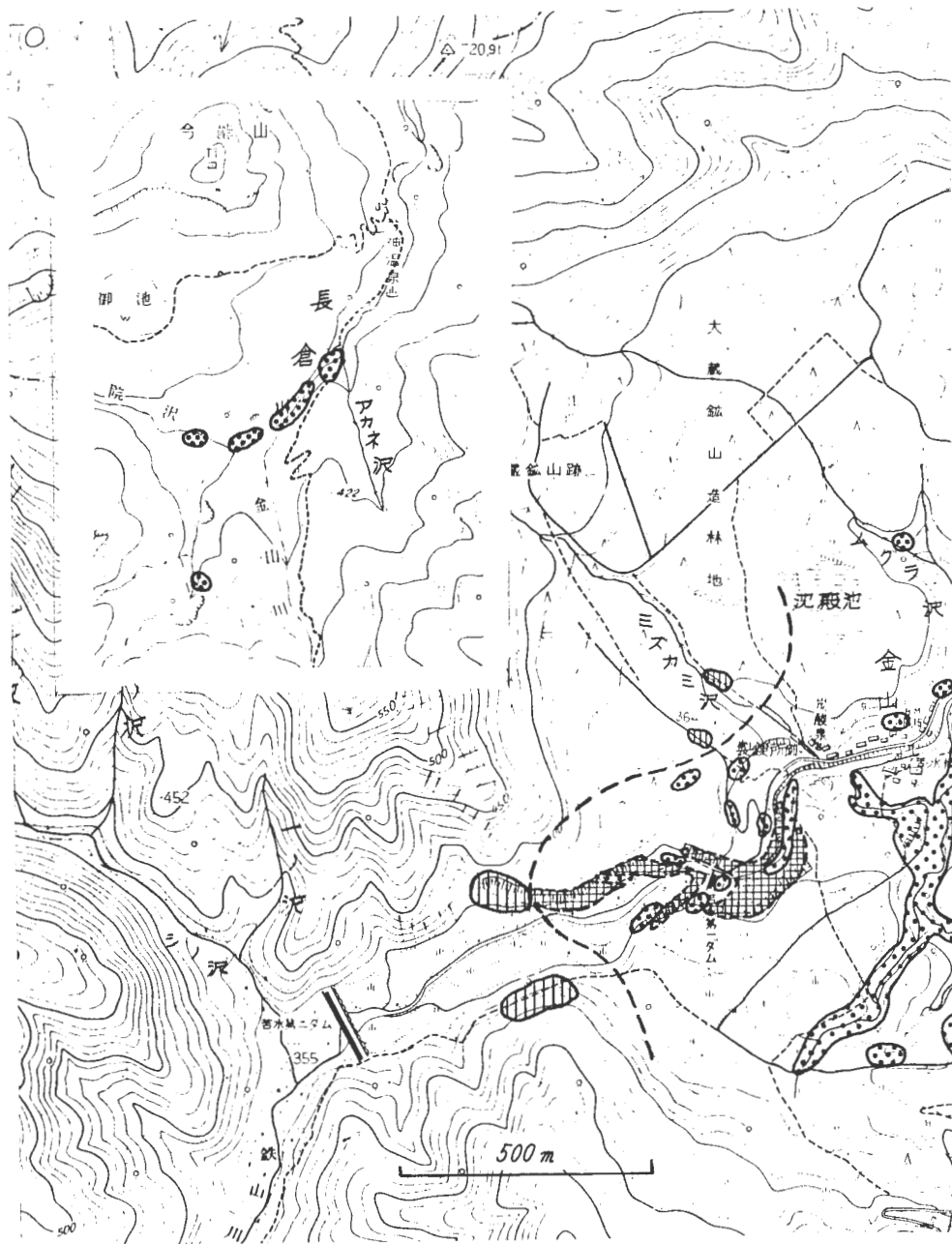


第4図 シノ沢泥岩層分布図および柱状図

3.2 赤砂山地域

赤砂山地域には苦水川支流として三本の沢があり、それぞれ北側よりシノ沢、鉄山川、マナゴ沢と呼称されている。

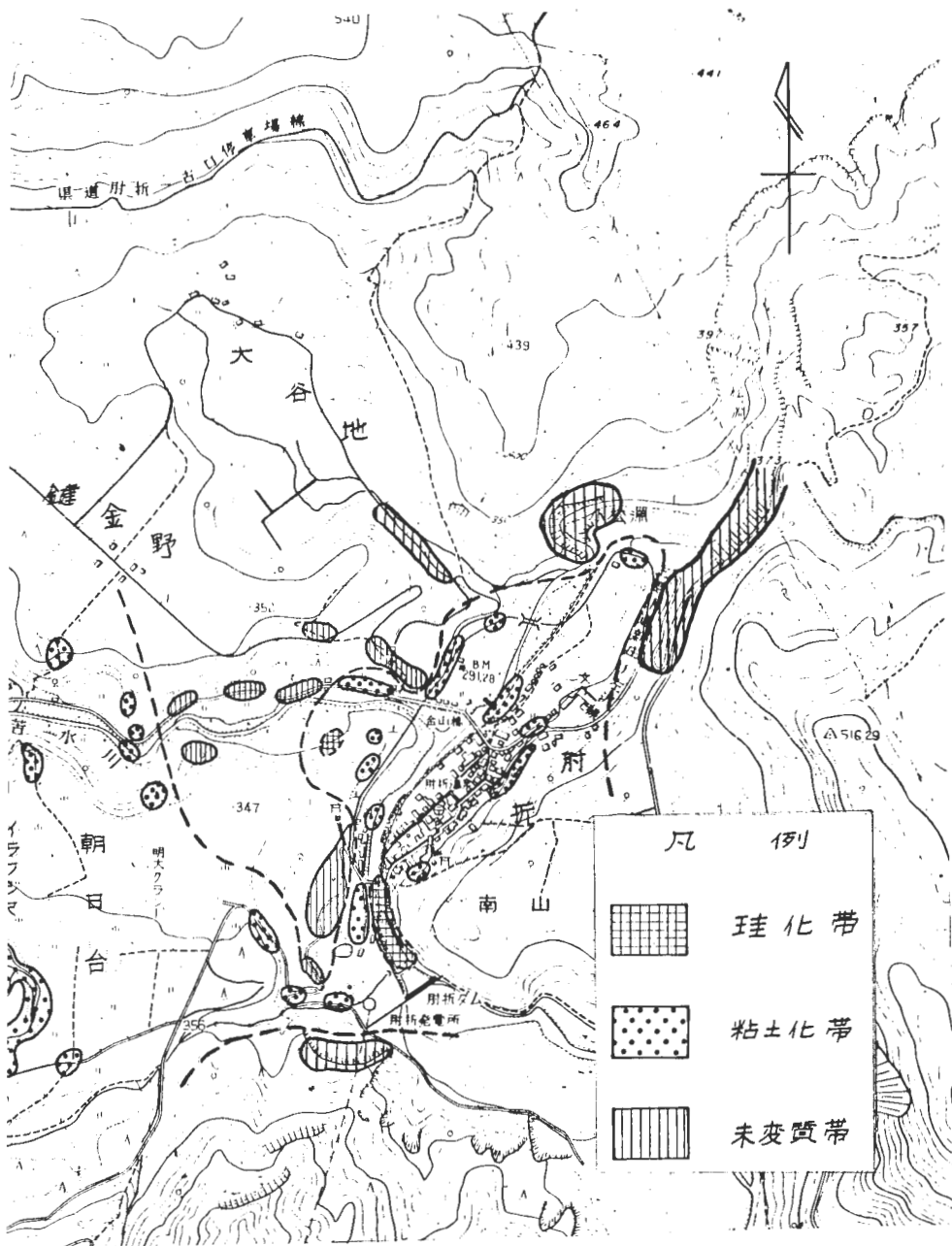
シノ沢には新第三紀火山礫凝灰岩に不整合の関係で、炭質物を挟む泥質堆積物のシノ沢泥岩層が局所的に分布する(第4図)。これは非常に狭い谷底で観察され、層厚は数mを超えないと考えられる。また苦水第二ダムのシノ沢と鉄山川の合流部斜面には、肘折火砕流と同質のディサイト質軽石流が観察さ



第5図 変質帯分布図

れ、シノ沢泥岩層の存在する谷の斜面上部にも、同質堆積物が広く分布する。これ等の点を考え合わせれば、肘折カルデラより噴出された肘折火砕流の一部が、苦水川上流の赤砂山地域にも堆積したことが推察される。

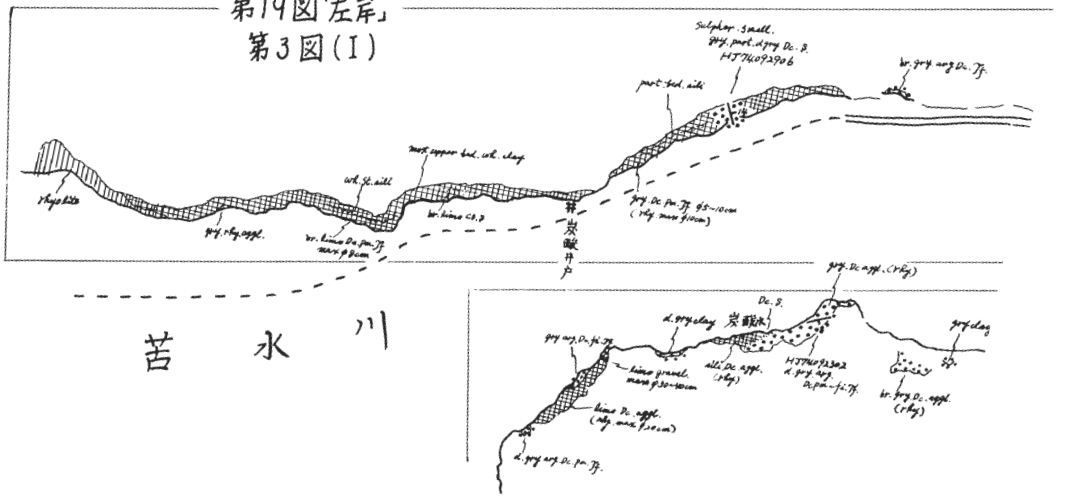
赤砂山地域中央部に広く分布する緩斜面をなす堆積物は、河床礫等で覆われているため、局所的な観察しか出来ないが、主として地すべりによる角礫土砂であると考えられる。鉄山川には1m×4m規模の茶褐色ロームの露頭および1m×2m規模の層状粘土類の露頭も観察されたがその広がり是不明であ



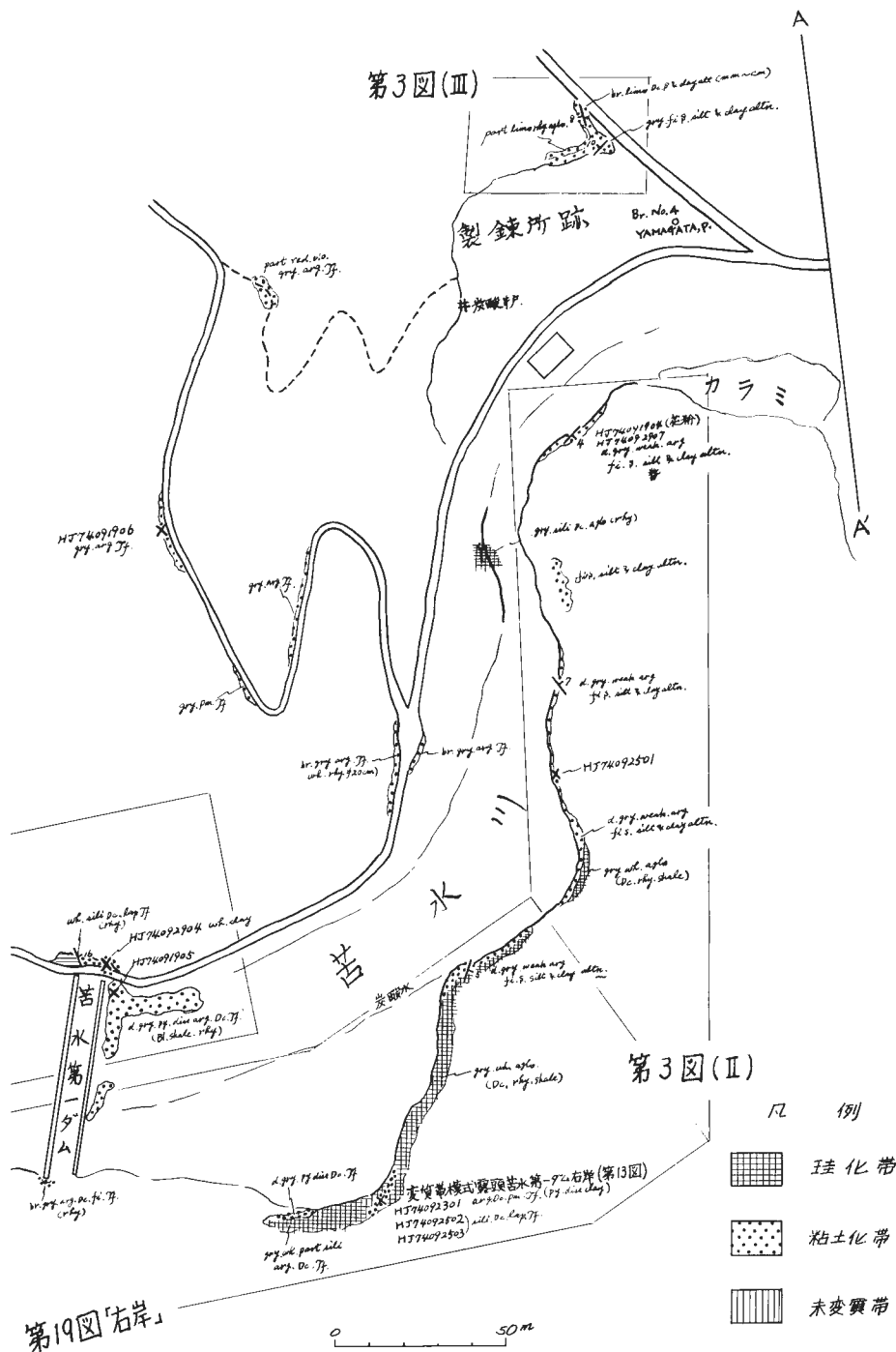
(左上は今神温泉地域)






第19圖「左岸」
第3圖(I)

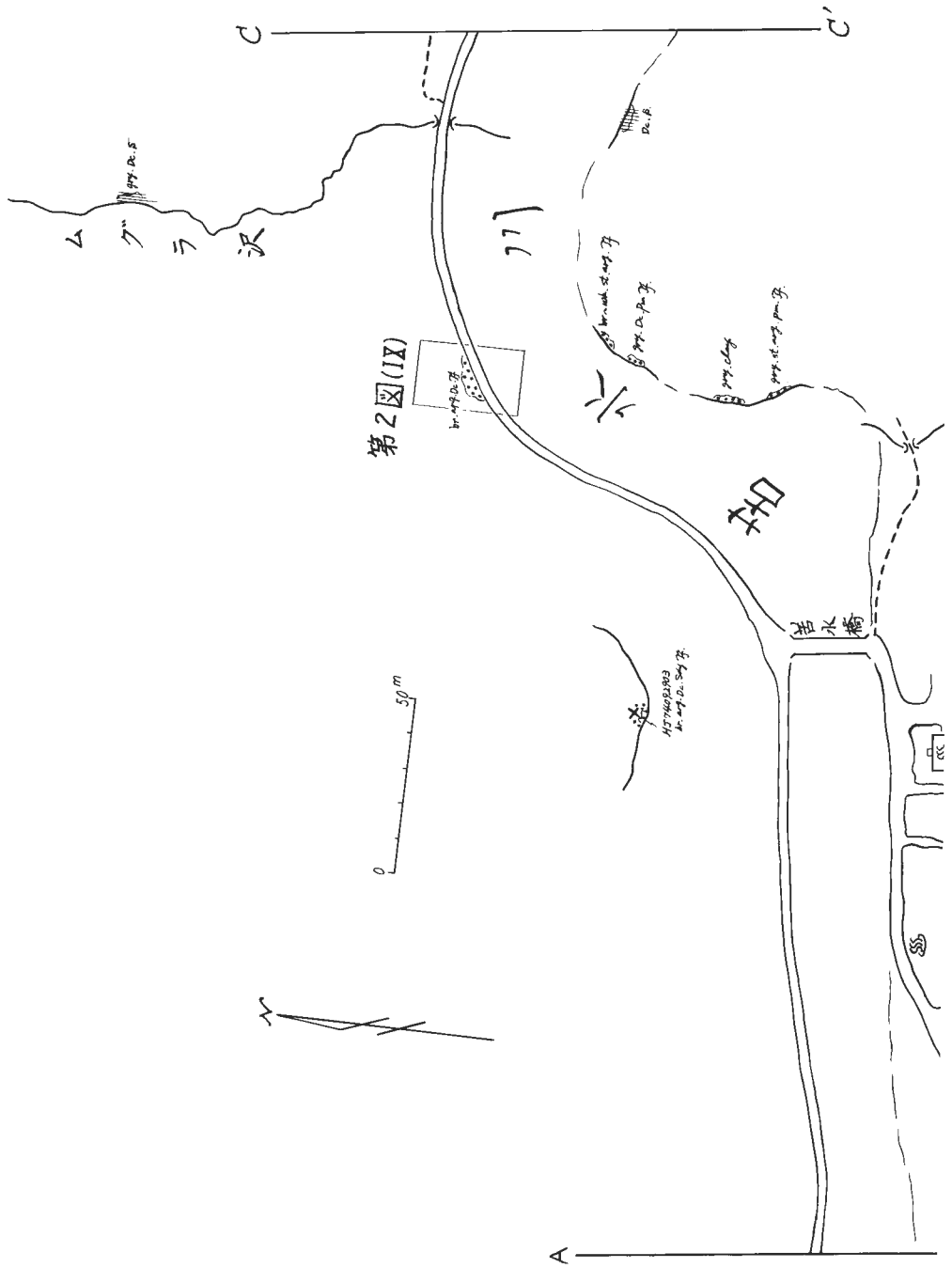


第6圖 變質帶

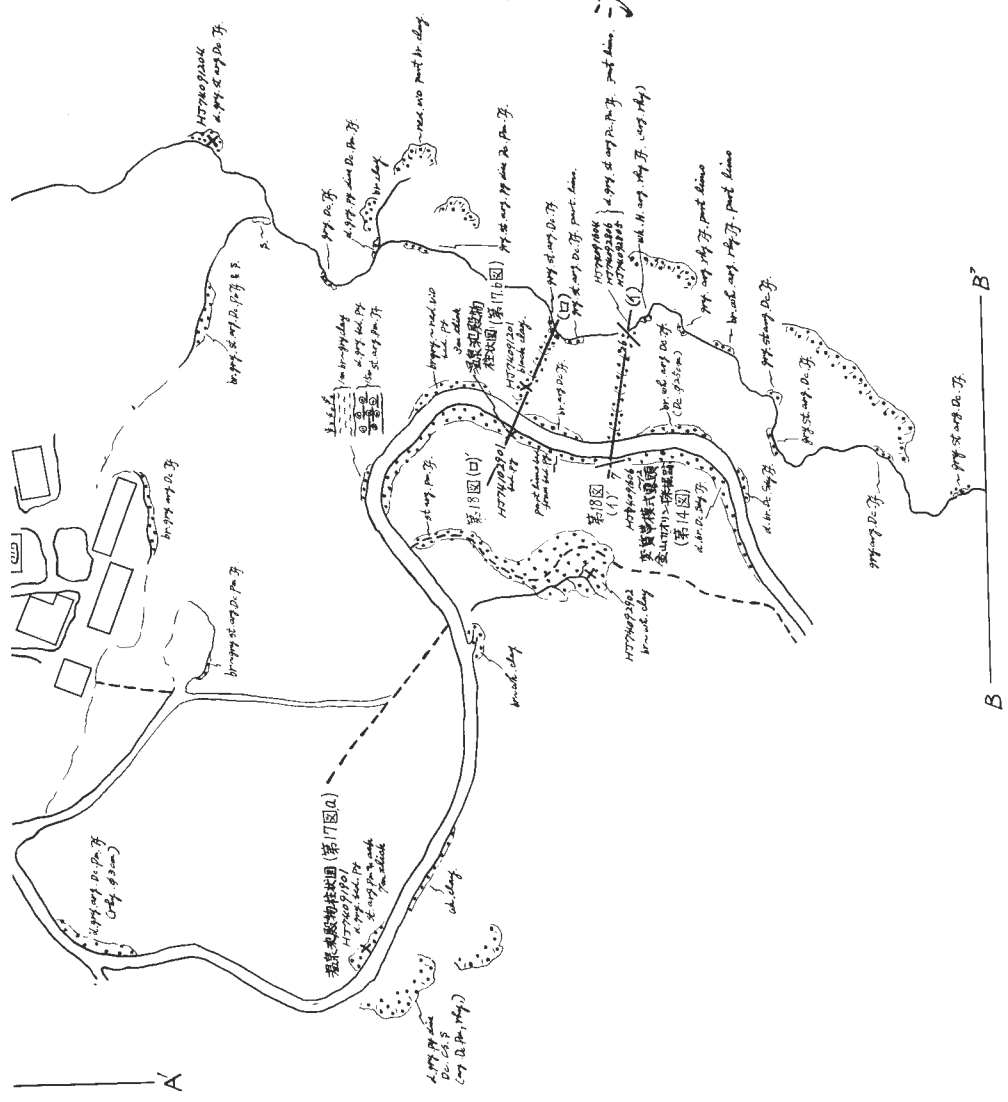


- 凡 例
-  珪化帯
 -  粘土化帯
 -  未変質帯

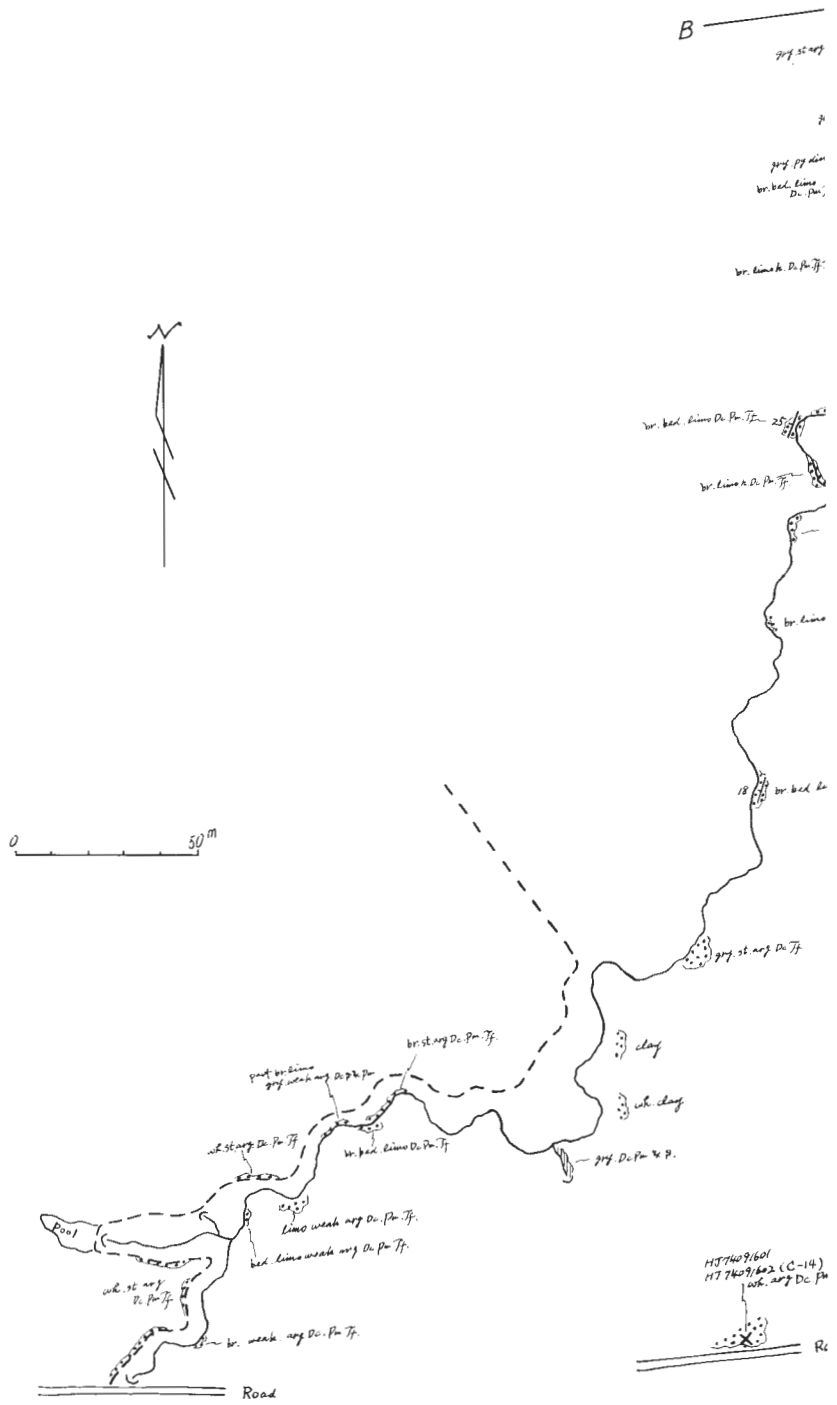
分布図「金山I」



イ ラ ワ ジ 沢



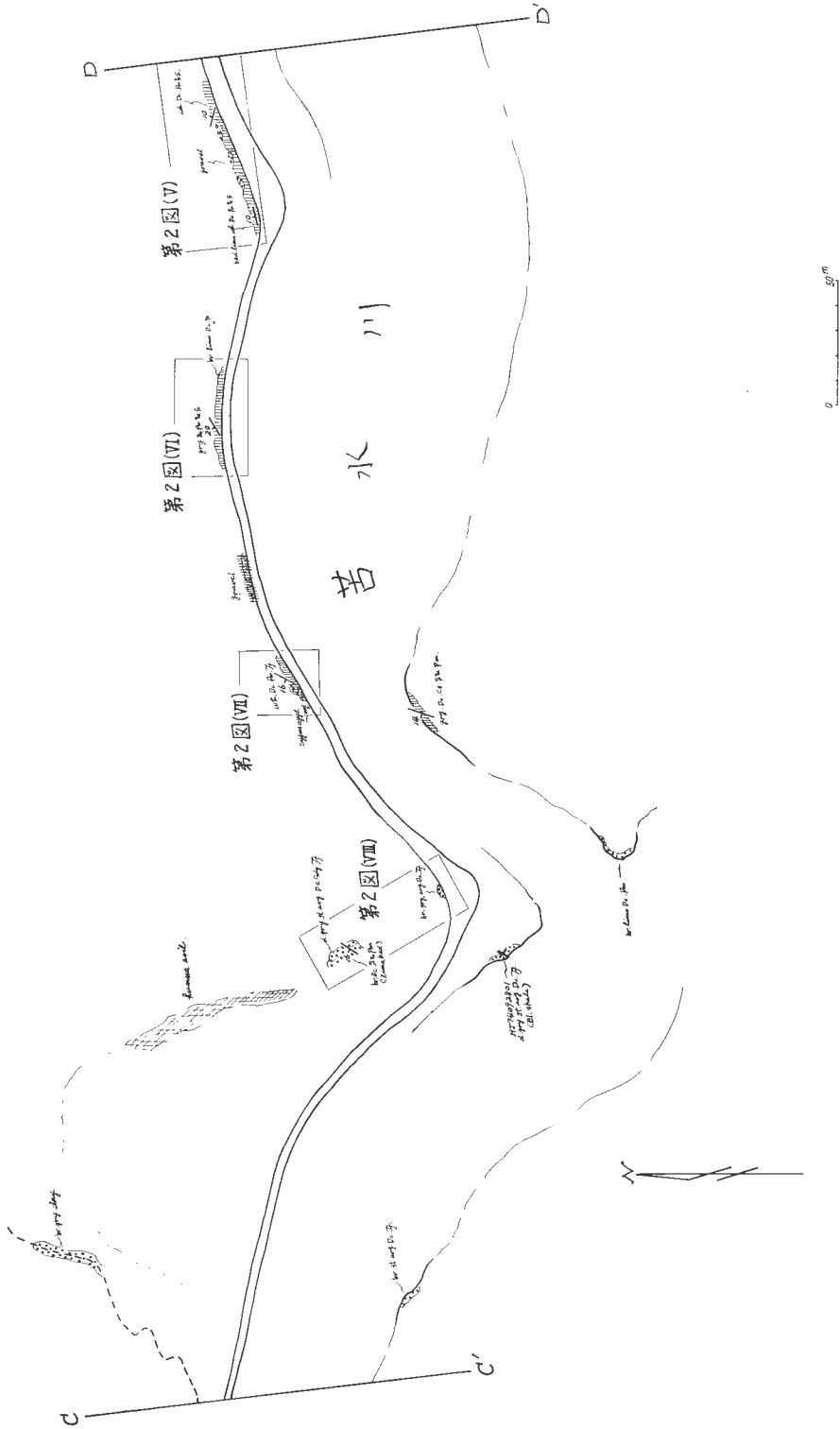
第7図 変質帯分布図「金山2」



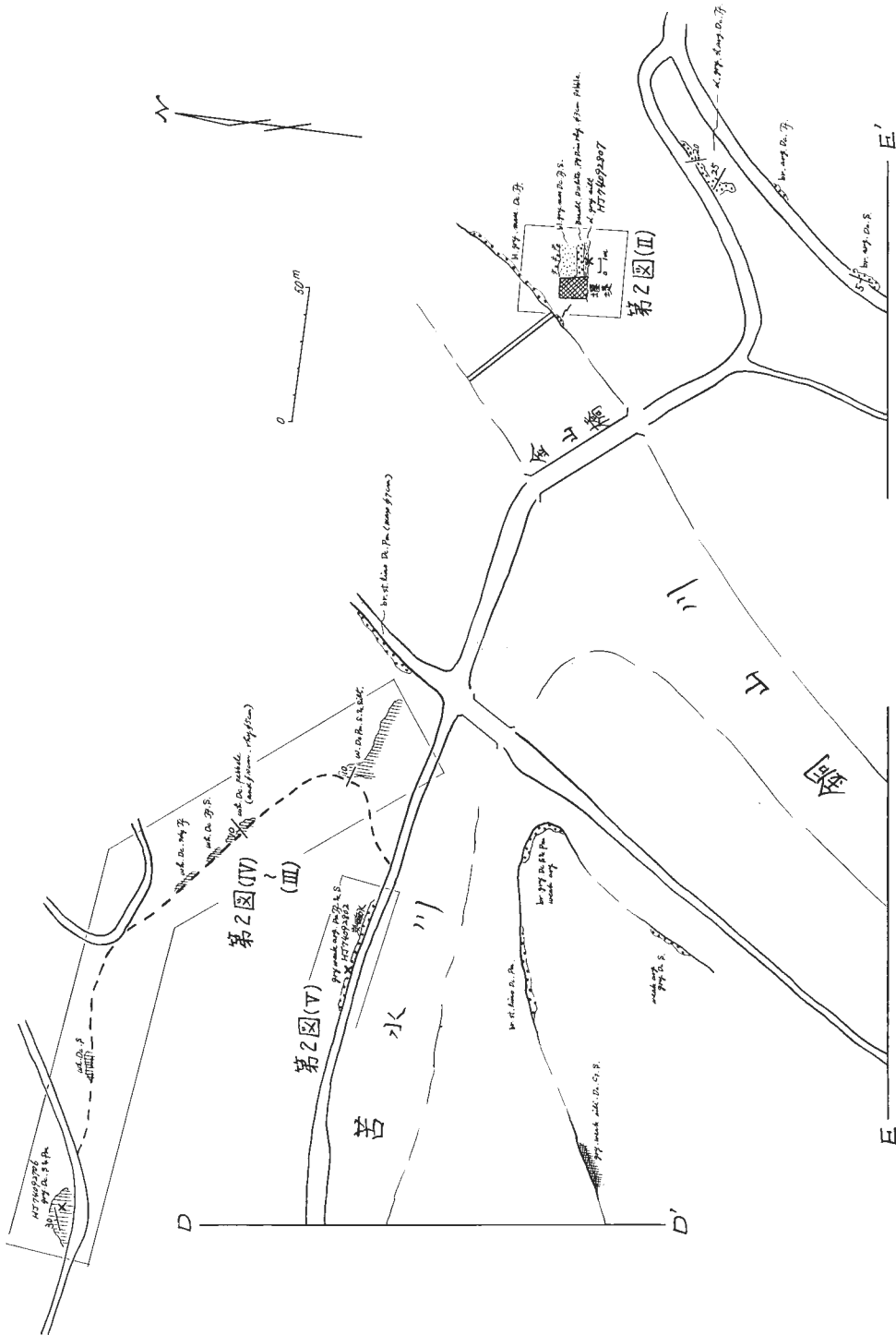
第 8 圖 變質帶



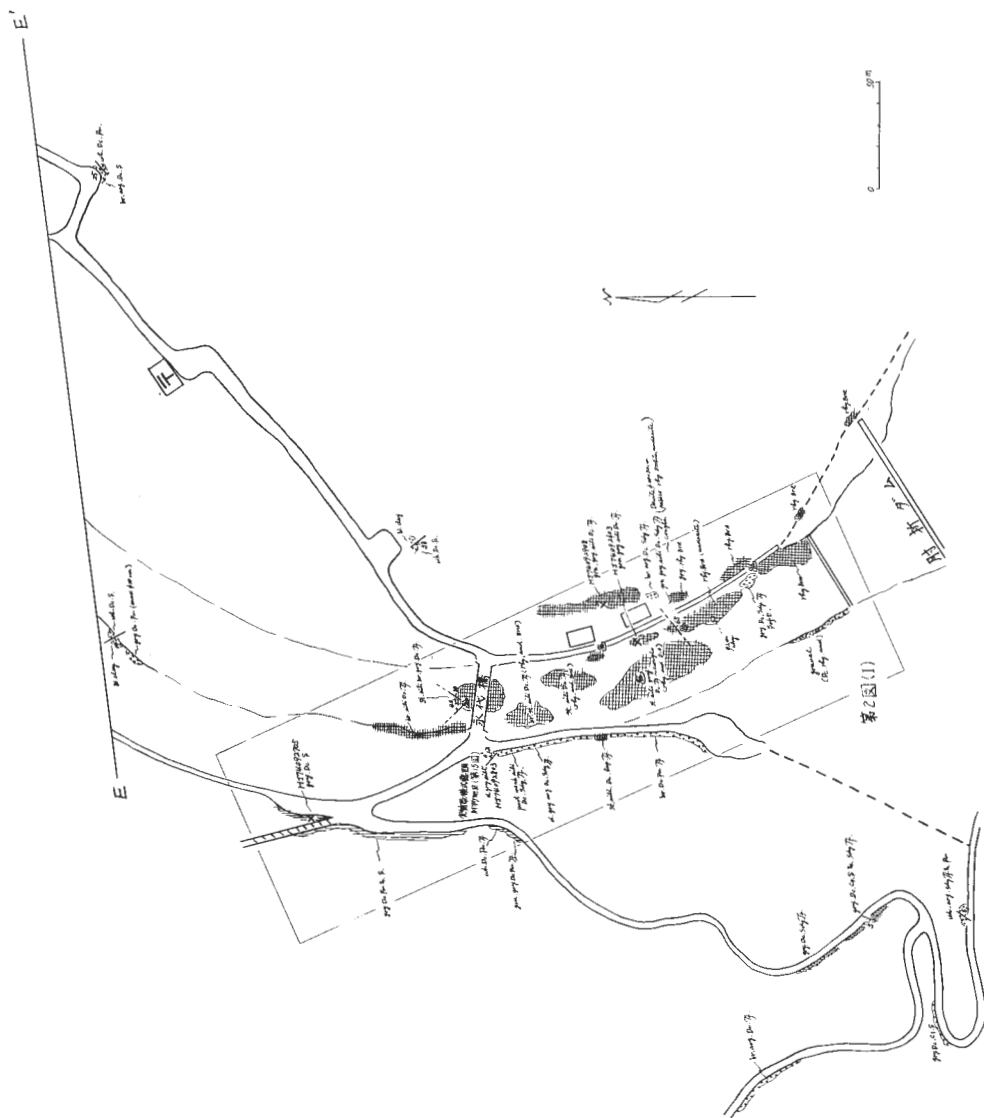
分布图「金山3」



第9図 変質帯分布図「金山4」



第10図 変質帯分布図「折川」



第11圖 變質帶分布圖「肘折2」

る。

これ等の堆積物は、赤砂山地域の西部急斜面から中央部緩斜面への境界付近に存在する。結局今回の調査では赤砂山カルデラ（今田，1974）の存在を肯定するまでには至らなかった。

3.3 今神温泉地域

本地域には新第三系中小屋層の流紋岩および流紋岩質凝灰岩が発達し、第四系は認められない。長倉川流域には流紋岩類の変質により生成したと考えられる白色粘土が分布する。カルデラおよび爆裂火口の存在は、泥石流等の噴出物も認められず、明らかには出来なかった。

4. 変 質 帯

本調査地域における変質帯は、肘折および金山変質帯と今神温泉地域の局所的な変質が認められる（第7図参照）。肘折および金山変質帯は珪化帯と粘土化帯に大別される。珪化帯と粘土化帯との関係は肘折地区と金山地区では異なっており、肘折地区では珪化帯の周辺部に粘土化帯が分布するが、金山地区では両者は互いに互層状の関係を示す（第2～3および5～11図）。

4.1 肘折地区の変質帯

珪化帯は変質帯の中央部にあり、それを取り巻く様に粘土化帯が存在する。銅山川肘折ダムより下流では、流紋岩質角礫岩および円礫岩とディサイト質軽石および火山灰層が珪化作用を受けており、ディサイト質堆積物は本来の灰白色から緑灰色に変色している部分も見られる。割れ目は余り多くは観察されないが、ほとんどのものから温泉が湧出する。永代橋付近で河床より朝日台へ到る斜面では、永代橋のたもとのディサイト質火山灰が粘土化しており、微細粒硫化鉄鉱の鉱染を同時に受けて黒灰色を呈する部分もある。その上位に層厚1 m以上のシルトが東北方向に約10°の傾斜を示し、露頭が不連続ではあるが未変質のディサイト質軽石と砂の互層がより上位に分布する。一方銅山川金山橋下流の堰堤の露頭では、下位のシルトは珪化を受けているが、上位のディサイト質火山灰は粘土化を受けて黒灰色を呈する。これ等のシルトは同一層準である可能性が高い。したがって珪化帯の規模は変質帯全体のほぼ20分の1と考えられる。

4.2 金山地区の変質帯

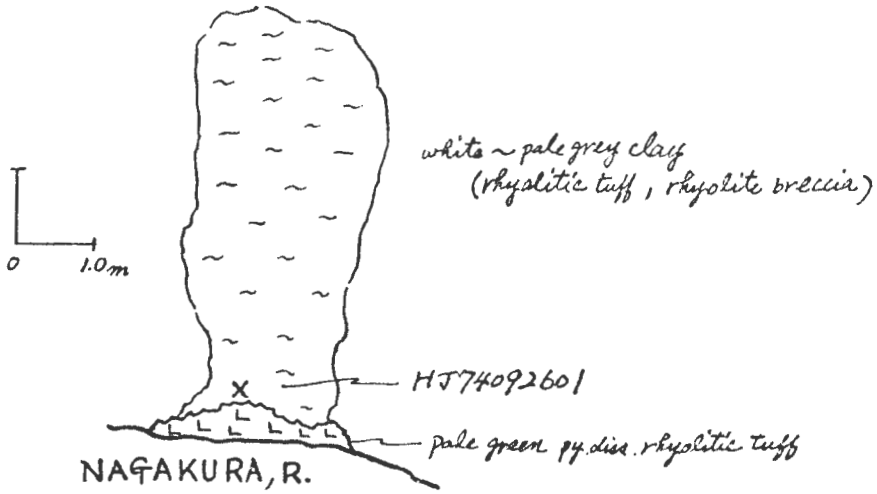
苦水川上流の流紋岩露頭より苦水第一ダムを経て製練所跡に至る露頭において良く観察される。すなわち堆積物の層理に対し、ほぼ平行に珪化帯と粘土化帯がくり返し分帯される（第3図）。珪化帯中にも温泉沈殿物を含む粘土化した地層が存在する。苦水川河床には炭化木を挟在する細砂、シルト、粘土の層厚約8 mの互層が発達する。この部分は著しい変質は受けていないが弱い粘土化を受けている。

金山部落南部のイラワジ沢地域では、珪化作用を蒙った部分は少なく、地表部に近いゆるい傾斜を示すディサイト質砂層の一部に認められるのみであり、地域全体としては粘土化帯に分帯される。特にこの地域は粘土化作用が著しく、原岩の組織は粗粒であるものも一部に観察されるが、多くは不明である。原岩はディサイト質であると考えられ、過去はカオリン鉱床として一部が稼行対象となっていたこともある。

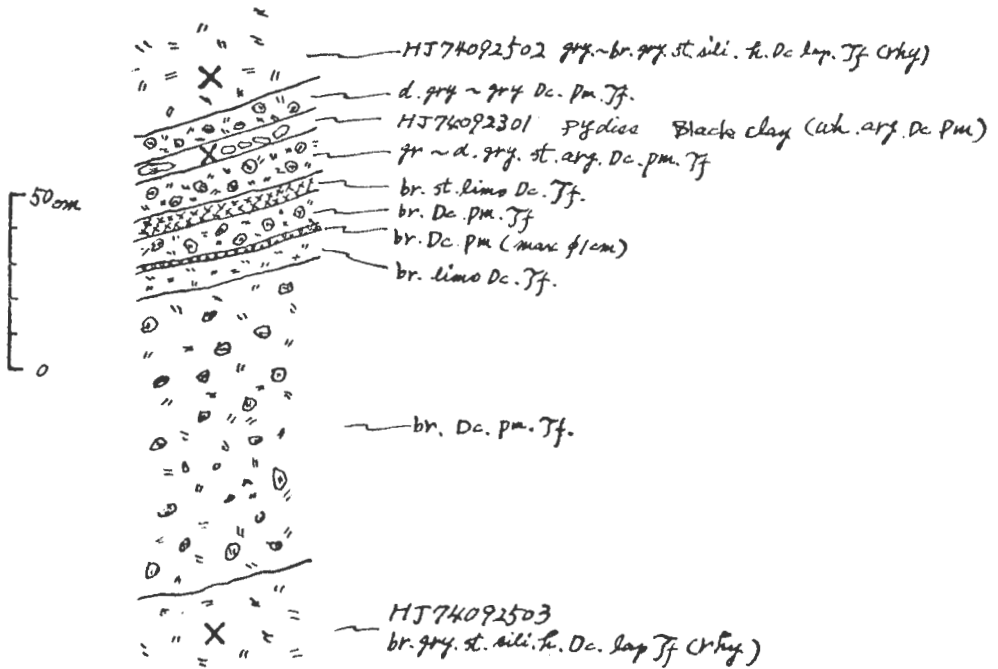
地表の変質帯の規模は金山地区では約 $8.1 \times 10^6 \text{m}^2$ 、肘折地区が約 $3.6 \times 10^6 \text{m}^2$ に達する。したがって金山地区では肘折地区のほぼ2倍の変質帯の広がり認められる。

4.3 今神温泉地域の変質帯

今神温泉地域における変質は、地熱・温泉による変質ではなく、新第三系の流紋岩類を原岩とする、恐らく当地域の熱水鉱床（旧大蔵鉱山）に関連した鉱化変質の粘土化であろう。その分布は長倉川沿いの今神温泉上流地域に限られており、数か所に小規模露頭が見られる。この粘土は青色～灰白色で著し

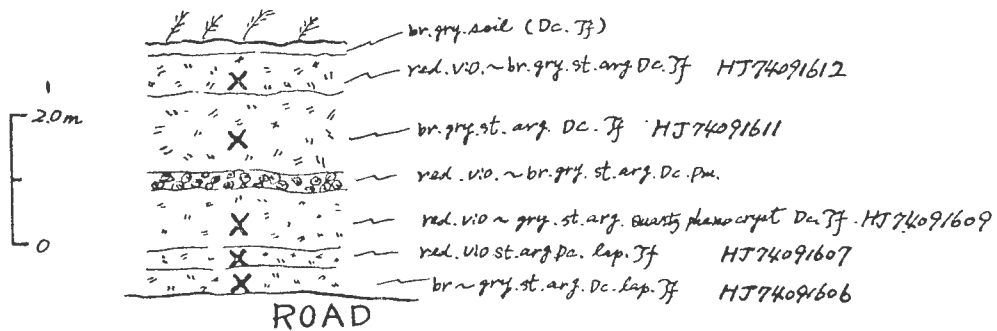


第12図 今神温泉地区における変質帯模式露頭
淡灰色流紋岩質凝灰岩が粘土化しており、原岩からの変化が観察される。



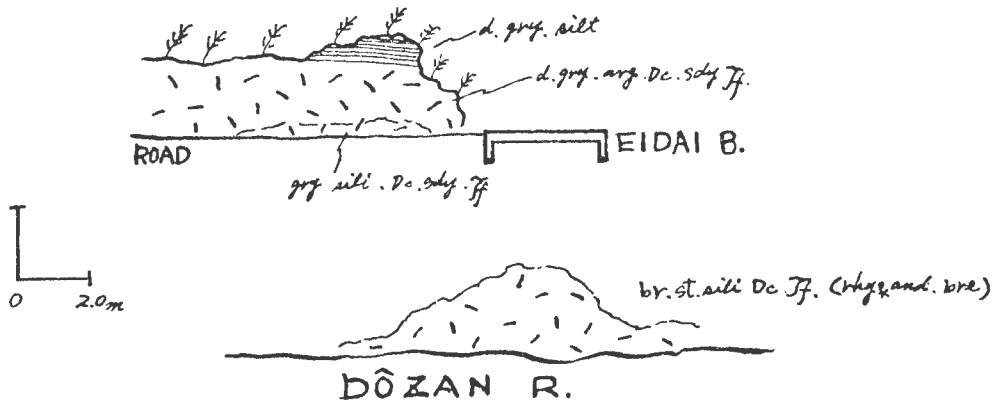
第13図 苦水第一ダム右岸における変質帯模式露頭
珪化したデイサイト質堆積物層の間に、黒色硫化鉄鉱染粘土、粘土化している同質軽石、褐鉄鉱染同質含軽石火山灰が挟まれる。

く流動性に富み柔かい。このために斜面崩壊の一原因となっている。露頭の規模は5m×5m以下である。そして温泉は今神温泉(泉温36.5°C)が知られているのみである。
変質帯の模式的露頭を第12図、第13図、第14図および第15図に示す。



第14図 金山カオリン採掘跡における変質帯模式露頭

イラワジ沢流域における変質は、下位より硫化鉄鉱鉍染ディサイト質軽石、褐鉄鉍染同質軽石、粘土化同質火山灰及び軽石であり、上部には一部、温泉沈殿物を挟在する。



第15図 肘折地区における変質帯模式露頭

珪化帯は銅山川河床に露出している。流紋岩類やディサイトの角礫を含むディサイト質凝灰岩が珪化変質を受けている。また上位のディサイト質火山灰が、硫化鉄鉍染と粘土化を受けている。

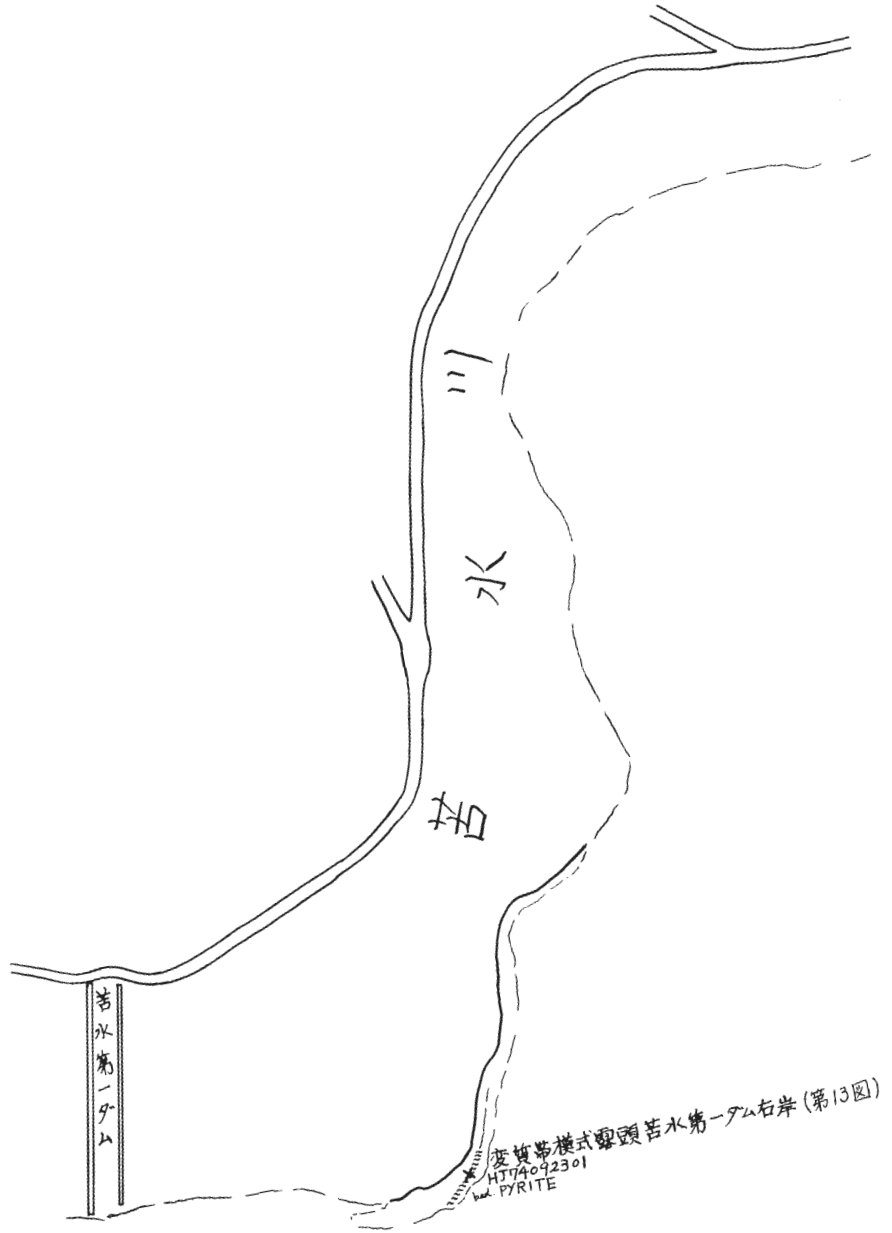
4.4 温泉沈殿物

温泉沈殿物としては、肘折地区・金山地区ともに褐鉄鉍染層あるいは数 mm の厚さの褐鉄鉍染層がカルデラ堆積物中に観察される。それ等の内で、ディサイト質軽石層に褐鉄鉍が鉍染しているものが、苦水第一ダム上流の左岸と、肘折金山橋より鍵金野へ通ずる道路の左側切通しに露出している。これ等は初生の褐鉄鉍沈殿によるものかも知れない。しかしながらその他の露頭で観察される褐鉄鉍染層および鉍層は、露頭表面を取り除くことにより、新鮮面である黒灰色を呈する硫化鉄鉍染部が観察される場合が多く、これ等は初生硫化鉄鉍の二次的な褐鉄鉍鉍化によるものと考えられる。

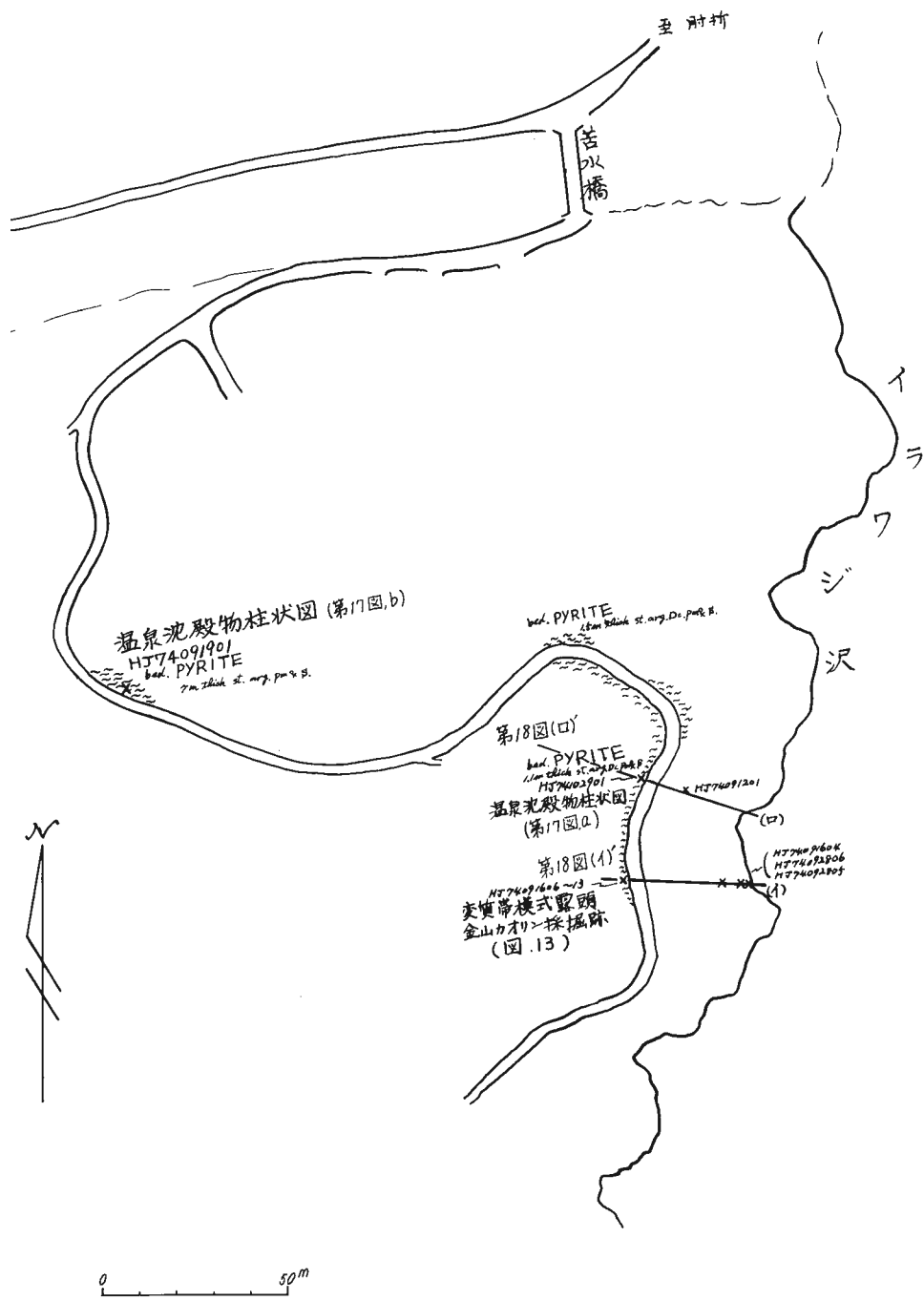
特に金山地区において模式的に、粘土化帯に数 mm の厚さを有する層状硫化鉄鉍鉍層が、ディサイト質堆積物中に挟在するのが観察される（第7図）。

4.5 変質帯、温泉沈殿物と第四系との関係

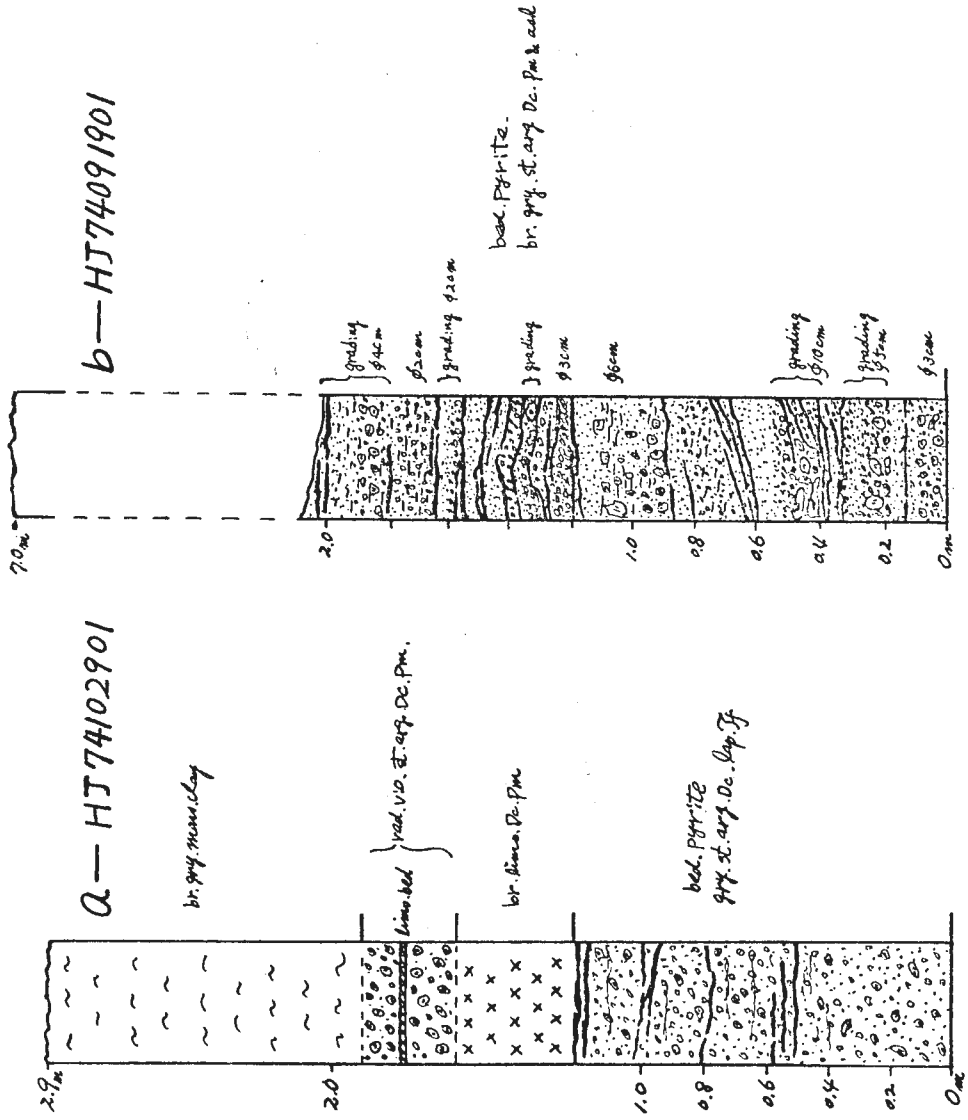
肘折カルデラ内に堆積する流紋岩質礫岩類を基底とするディサイト質堆積物は、Ur (1971) の肘折火砕流の二次的なカルデラ湖成堆積物（神保ほか1961；富田，1961；今田，1974なども湖成堆積物であるに相を指摘している）である。宇井ほか（1973）によれば肘折火砕流の火成活動期は約10,000年 B. P. に相当する。変質帯はこのカルデラ内の第四紀堆積物に限定され、基盤の新第三系では観察されない。



第16図 温泉沈



殿物分布図



第17图 温泉沈殿物柱状图

温泉沈殿物はイラワジ沢西側に観察されているが、これは第四系としては最上部のものに相当する（第18, 19, 20図）。

また苦水川上流の肘折カルデラ堆積物の基底部に近い層準に相当する珪化帯には微細粒硫化鉄鉱粘土が挟在し、温泉の湧出はディサイト質堆積物がカルデラ湖内に堆積する時にすでに存在していたと考えられ、温泉作用と同生的と考えられる。

4.6 変質帯・温泉沈殿物と地熱徴候との関係

1) 肘折地区

肘折温泉街としての源泉の位置および地層の割目から湧出する未利用の温泉湧出個所の分布と、変質帯の分布とはよく一致するので変質帯は地熱活動による熱水作用によって生成したものと考えられる。一方大谷地入口にガスの噴出孔が2か所存在する。ここは硫化水素臭が強いが、昇華鉱物等は観察されない。降雨後の噴出孔のたまり水の水温を測定した所19℃程度であり、この周辺部に変質帯は存在しておらず、このガス徴候は、現在地表で見られる肘折部落付近の変質帯とは直接関係はないと思われる。

2) 金山地区

金山部落イラワジ沢入口付近には共同浴場の泉源（62℃）があり、苦水橋の架け換え工事の際に橋脚部から新しく温泉が湧出した。これ等の温泉は現在見られる変質帯の最強変質部の分布によく一致する。

他方、苦水川流域に5～6箇所湧出する炭酸泉は、約7℃の低温を示すが、その分布は変質帯の中に見られる。これ等のことから当地域の変質帯は、地熱徴候と何らかの関連性があると考えられる。

5. C-14 年代測定（第21図、第22図）

5.1 試料採取

次の3箇所の第四紀堆積物から採取を行った。

1) イラワジ沢上流（HJ 74091602）、金山

金山地区変質帯の最上部の、ディサイト質軽石中に直径1～2cmの小さな炭化木片が挟在する。当該年代は肘折カルデラ堆積物のほぼ最新の年代を示す。

2) シノ沢（HJ 74092904、第4図）、苦水川上流

赤砂山地域シノ沢泥岩層中に、炭質物および木片が挟在する。シノ沢泥岩層の生成年代を示す。

3) 苦水川（HJ 74092501）、金山

金山地区苦水川河床に露出する、細砂、シルト、粘土の互層中に、直径約15cmの炭化木片が存在する。当該年代は肘折カルデラ堆積物の年代を示す。

5.2 測定結果

結果を第1表に示した。

6. 変質岩の化学分析（第21図）

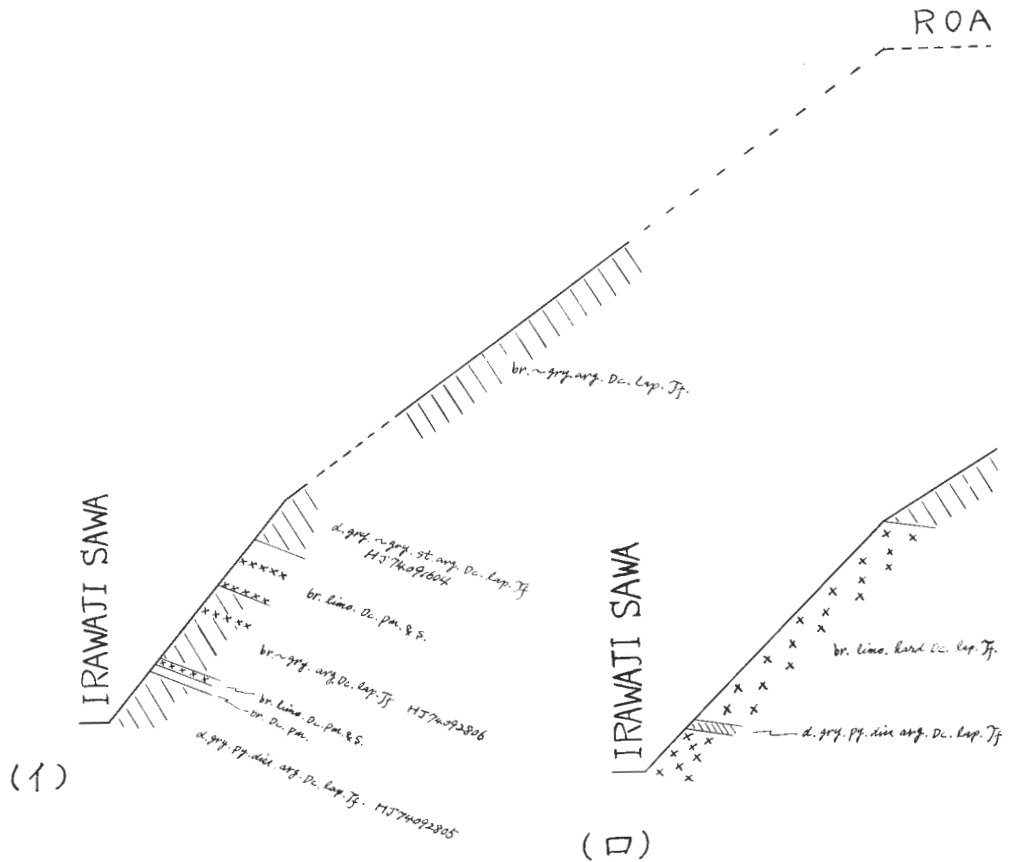
地熱変質による岩石の化学成分の移動を調べるために、強変質部、弱変質部、未変質部に分けて化学分析用試料の採取を行い分析した。

6.1 試料採取

1) 肘折地区

強変質部、弱変質部、未変質部はいずれも同質岩であり、ほぼ同一斜面上に分布し連続的な変質である。

強変質部（HJ 74092603）：銅山川河床に露出するディサイト質火山灰が、珪化変質を受け緑灰色を呈する。



第18図 イラワジ沢における変質帯およ

弱変質部 (HJ 74092803) : 永代橋たもとのシルトを挟在するディサイト質火山灰が、微細粒硫化鉄
 鉱染と共に粘土化変質を受け、黒灰色～灰白色を呈する。

未変質部 (HJ 74092705) : 当地区の最上部に未変質ディサイト質軽石および砂の互層が発達し、一
 部に褐鉄鉱化した部分も認められる。試料は未固結のディサイト質軽石を採取した。

2) 金山地区

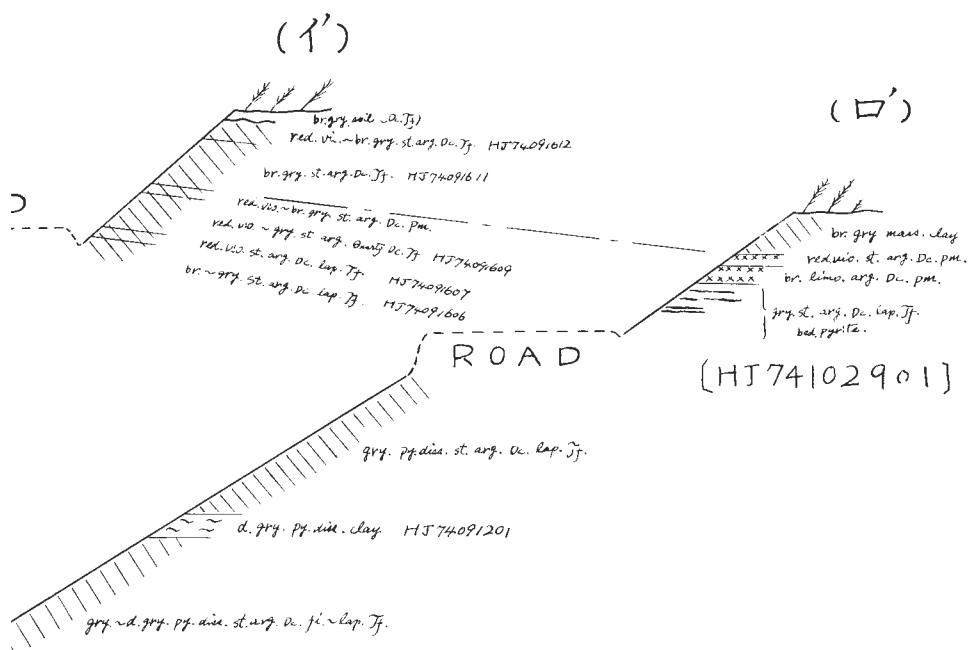
強変質部、弱変質部は同一斜面上にあり、より地表に近いものを弱変質とした。未変質部は、金山変
 質帯を覆う緩傾斜のディサイト質砂である。変質部は強い粘土化を受けている。

強変質部 (HJ 74091611) : イラワジ沢 (図18) の変質帯の中央部の粘土で褐灰色を呈する。

弱変質部 (HJ 74091612) : 強変質部の上位の赤紫色粘土である。

未変質部 (HJ 74092704) : イラワジ沢上流部の、北西に約25°の傾斜を示す変質部を覆う、緩傾斜
 の未変質ディサイト質凝灰岩である。

6.2 分析結果



び温泉沈殿物の層序関係を示す模式露頭

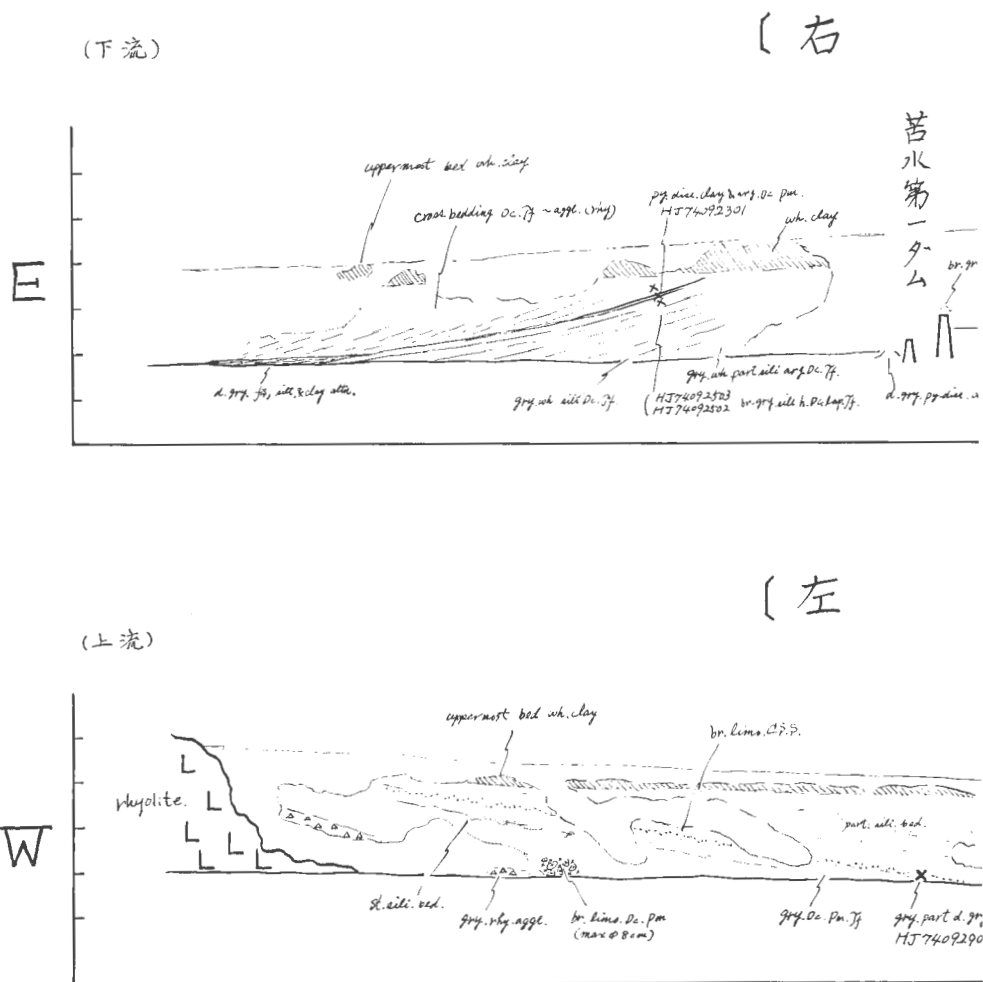
以上6試料の分析結果を第2表に示す。なお、分析方法は「地質調査所化学分析法, no. 42, けい酸塩岩石の完全分析法」によった。

7. X線分析

採取地点は第21図, 第22図に示してある。各サンプルの岩質等は第3表に示す。

変質岩, 未変質岩および温泉沈殿物について, 全量粉末試料にしてX線デフラクトメーターにより, 次の条件でX線回折分析を行った。

Cu-K α (Ni), 30 kV, 15 mA, slit system 1°—0.15 mm—1°, scan. speed 2°/min, full scale 400 cps, time const. 2 sec, chart speed 2 cm/min. この条件でピークが scale out するものは, full scale を 800 cps にするか, 電流を 10 mA にした。走査は 2 θ で 2° ~ 40° とした。なお 14 Å の反射のあるものは, エチレンジリコール蒸気を一時間試料に吸収させて, エチレンジリコール処理 (2 θ = 2° ~ 15°) を行った。7 Å の



第19図 苦水川における変質帯および

反射のあるものは6 N HCl を1時間作用させて塩酸処理 ($2\theta=2^{\circ}\sim 15^{\circ}$) を行い、粘土鉱物の同定を行った。

分析結果を第4表に示した。モンモリロン、カオリン (メタハロイサイトを含む)、緑泥石、セリサイト、束沸石、赤鉄鉱、黄鉄鉱、明ばん石、 α -クリストパル石、石英等が検出された。

8. まとめ

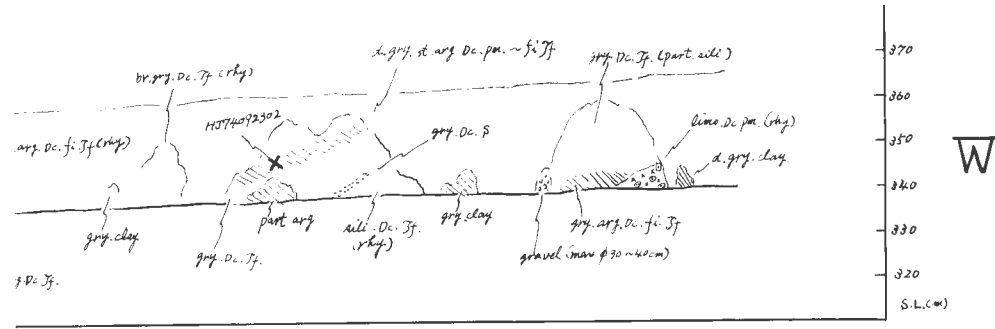
山形県最上郡大蔵村肘折カルデラ内の肘折温泉一帯には地熱変質帯が分布する。今回の調査により、第四系堆積物および変質帯に関し下記の知見を得た。

1) 第四紀堆積物

肘折カルデラ内には、U₁ (1971) などが指摘したように、肘折火砕堆積物 (U₁, 1971および宇井ほ

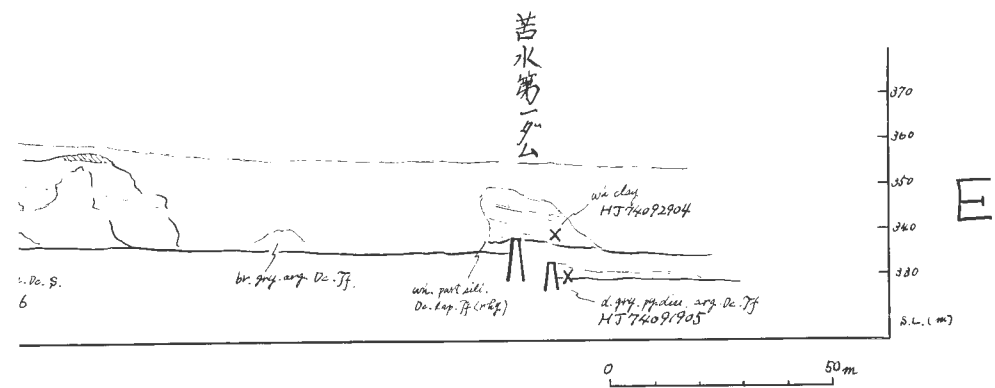
岸]

(上流)



岸]

(下流)



「苦水川」

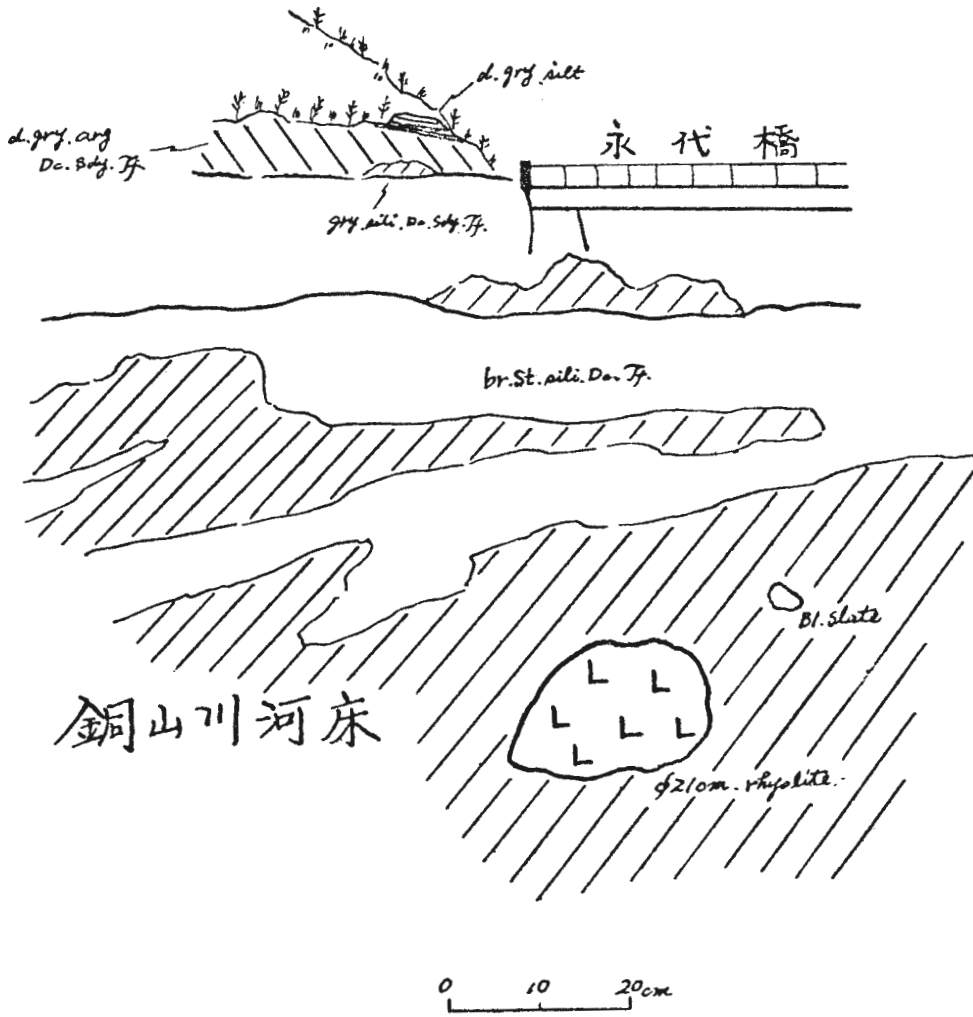
温泉沈殿物の層序関係を示す模式露頭

か、1973) の二次湖成堆積物からなる肘折カルデラ堆積物が広く分布している。その岩相は固結度の良くないデイサイト質凝灰岩、同質火山礫凝灰岩、ないし同質角礫凝灰岩、礫岩およびシルト岩を主体する泥質岩などである。

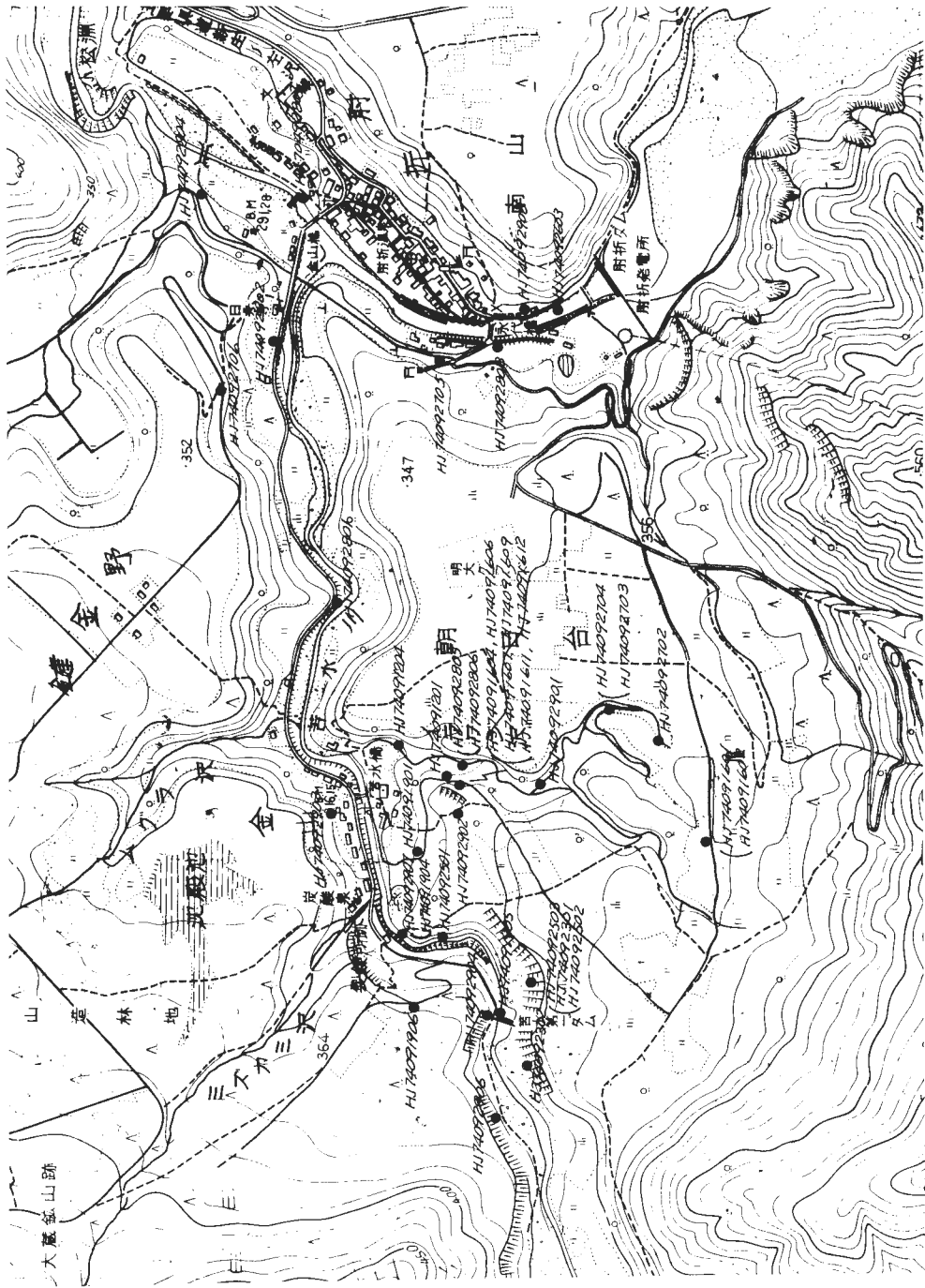
苦水川上流シノ沢には、弱炭化物を挟む泥質岩と礫との互層からなるシノ沢泥岩層が局部的に分布する。赤砂山地域にはシノ沢泥岩層のほかには顕著な第四紀堆積物は分布しない。鉄山川沿岸に局部的に分布する第四系は主として、崩積土である。今神温泉地域にも顕著な第四紀堆積物は分布しない。

2) 変質帯および温泉沈殿物

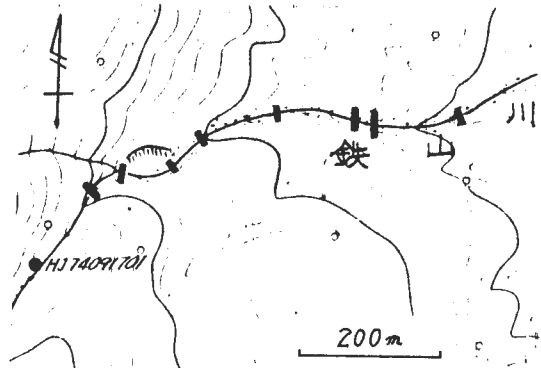
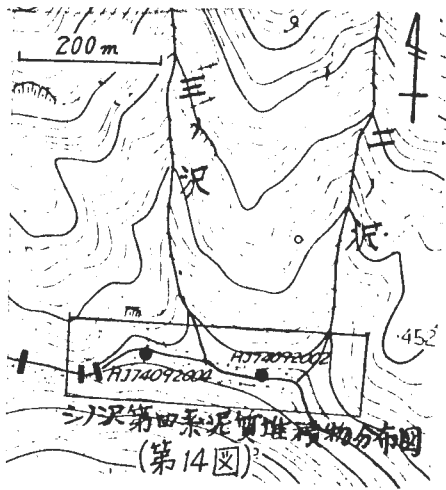
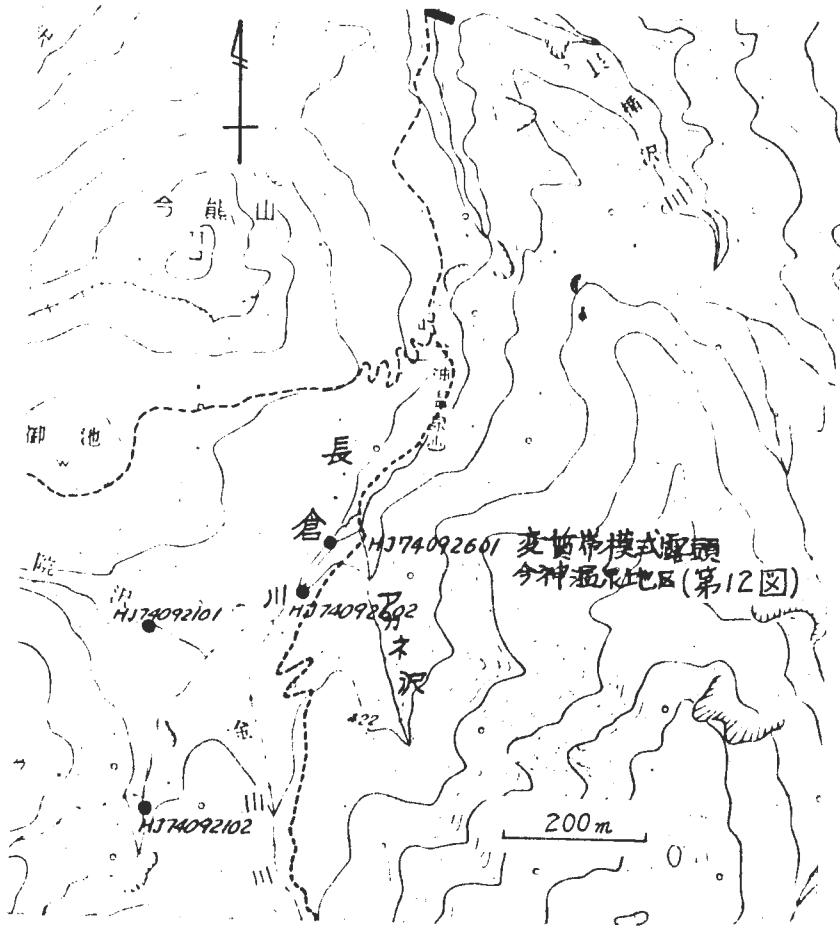
鉄山川一帯および長倉川上流今神温泉一帯に点在する変質帯はその規模が非常に小さく、地熱活動を暗示する変質鉱物は確認できなかった。両地域の変質帯は地熱活動によるとは考えにくく、特に長倉川の変質帯は当域の新第三系にみられる熱水鉱床（旧大蔵鉱山）に関連した鉱化変質作用によるものかも知れない。



第20図 永代橋付近における変質帯および温泉沈殿物の層序関係を示す模式露頭



第21図 試料採取地点図 (その1), 日折カルデラ内



第22図 試料採取地点図(その2)。上:今神温泉地域, 左下:シノ沢, 右下:鉄山川(赤砂山地区)

第1表 肘折地熱地域の¹⁴C年代

No.	Sample No.	Code No.	Formation	Sample	Age (years before 1950)
1	H J 74091602	GaK-5655	肘折カルデラ堆積物	炭化木片	9,360 ±190
2	H J 74092004	GaK-5653	シノ沢泥岩層	木片	19,670 ±200
3	H J 74092501	GaK-5654	肘折カルデラ堆積物	炭化木片	9,790 ±200

(測定 学習院大学 木越邦彦)

年代の算出には¹⁴Cの半減期として5,570年(Libbyの値)を用いてある。誤差はβ線計数値の標準偏差にもとづいて算出。

1: 山形県大蔵村金山, イラワジ沢上流, 38°55'58"N, 140°9'19"E, 1974年9月16日, 河合芳樹採取。

2: 山形県大蔵村苦水川上流シノ沢, 38°36'13"N, 140°8'15"E, 1974年9月20日, 河合芳樹採取。

3: 山形県大蔵村金山, 苦水川, 38°36'14"N, 140°9'20"E, 1974年9月25日, 河合芳樹採取。

第2表 肘折地熱地域の変質岩の化学組成

No.	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	63.86	60.19	62.47	57.75	48.91	66.52
TiO ₂	0.67	0.72	0.69	0.93	1.22	0.45
Al ₂ O ₃	15.26	20.47	17.01	25.46	26.04	16.66
Fe ₂ O ₃	2.85	1.31	2.56	0.48	3.23	1.06
FeO	2.34	0.36	2.30	0.11	0.18	1.44
Fe	0.39	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	<0.01
MnO	0.12	0.04	0.16	0.01	0.01	0.12
MgO	2.33	0.86	2.63	0.33	0.04	1.98
CaO	3.31	3.99	5.09	0.08	0.17	4.26
Na ₂ O	2.97	3.47	3.80	0.14	0.58	3.93
K ₂ O	3.14	0.61	1.14	0.50	1.17	0.96
P ₂ O ₅	0.18	0.03	0.10	0.13	0.32	0.05
S	0.45	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	<0.01
SO ₃	0.30	0.26	<0.01	3.47	7.55	<0.01
CO ₂	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
H ₂ O ⁺	1.21	3.30	1.50	9.40	9.41	1.74
H ₂ O ⁻	0.38	4.38	0.40	0.78	0.66	0.62
Total	99.76	99.99	99.85	99.57	99.55	99.79
Ap. G. *1	—	—	—	—	—	—
Tr. G. *2	2.67	2.50	2.61	2.57	2.60	2.57

*1 見かけ比重. *2 真比重.

(分析: 東京石炭鉱物研究所)

1: H J 74092603, 緑色凝灰岩(火砕流)(強変質), 山形県最上郡大蔵村肘折温泉。

2: H J 74092803, 黄白色粘土(弱変質), 山形県最上郡大蔵村肘折温泉。

3: H J 74092705, デイサイト質凝灰岩(未変質), 山形県最上郡大蔵村肘折温泉。

4: H J 74091611, 白色粘土(強変質), 山形県最上郡大蔵村肘折イラワジ沢。

5: H J 74091612, 赤紫色粘土(弱変質), 山形県最上郡大蔵村肘折イラワジ沢。

6: H J 74092704, デイサイト質凝灰岩(未変質), 山形最上郡大蔵村イラワジ沢上流。

肘折カルデラの南半分の地域の肘折カルデラ堆積物は地熱活動による熱水変質作用を受け変質帯を構成している。その分布と現在の温泉の分布とはほぼ調和的である。

カルデラ内の変質帯は、分布および変質帯の産状からみて、肘折地区と金山地区とに分けられる。

肘折地区(変質帯面積は約0.36 km²)ではほぼ中心に珪化帯があり、その周りを粘土化帯が囲んでいる。確認された変質鉱物はモンモリロナイト、セリサイト、緑泥石、黄鉄鉱、α-クリストバル石、石英等であった。

金山地区(約0.81 km²)では珪化帯と粘土化帯が、デイサイト質凝灰岩層の層理面にはほぼ平行にくり返すのが認められる。当地区ではモンモリロナイト、カオリン、セリサイト、明ばん石、黄鉄鉱、α-ク

第3表 X線分析試料一覧表

No.	サンプル no.	外観	採取地点		肉眼的特徴	
H J-X-1	H J 74092101	○	今 神 温 泉	奥院沢入口	灰白色 粘土	
" 2	H J 74092102	○		今神温泉より約900m上流	青白色 粘土	
" 3	H J 74092602	○		今神温泉より約500m上流	白色 粘土	
" 4	H J 74091701-2	○	鉄 山 川	鉄山川最上流地域	黒茶色 粘土	
" 5	H J 74091701-3	○			茶褐色 粘土	
" 6	H J 74091701-5	○			褐灰色 火山灰	
" 7	H J 74092603	△	肘 折	銅山川河床	緑灰色 珪化火山灰	
" 8	H J 74092807	△		金山橋下流堰堤	黒灰色 シルト	
" 9	H J 74092804	○		金山橋下流橋西側	灰色 火山灰	
" 10	H J 74092803-1	○		永代橋たもと	灰色 火山灰	
" 11	H J 74092803-2	△		永代橋たもと	黒灰色 シルト	
" 12	H J 74092802	○		口秀寺下炭酸泉	灰色 火山灰	
" 13	H J 74092908	△		東側斜面	緑灰色 珪化火山灰	
" 14	H J 74091601	△		イ ラ ワ ジ	イラワジ沢上流開田	白色 軽石
" 15	H J 74092703	△			イラワジ沢上流	白色 弱珪化火山灰
" 16	H J 74092901	○			イラワジ沢分枝付近	茶灰色 火山灰
" 17	H J 74092902	○			カオリン採掘跡	白色 粘土
" 18	H J 74092801	○			金山湿田下河床	黒灰色 火山灰
" 19	H J 74091204	○			イラワジ沢入口	白灰色 軽石
" 20	H J 74092903	○	金山北側斜面		茶褐色 砂質火山灰	
" 21	H J 74092906	○	苦 水 川		第一ダム上流炭酸井戸跡	褐色 細砂
" 22	H J 74092302	○		第一ダム上流右岸	黒灰色 粘土	
" 23	H J 74092904	○		第一ダム左岸	白色 火山灰	
" 24	H J 74091905	○		第一ダム下	黒灰色 含硫化鉄火山灰	
" 25	H J 74092502	△		第一ダム下流右岸斜面	茶灰色 珪化火山灰	
" 26	H J 74092301-1	○		同	黒灰色 含硫化鉄粘土	
" 27	H J 74092301-2	○		同	灰白色 火山灰	
" 28	H J 74092503	△		同	茶灰色 珪化火山灰	
" 29	H J 74092907	○		金山地区上流	黒灰色 シルト・粘土	
" 30	H J 74091906	○		第一ダム北岸台地面	白色 粘土	
" 31	H J 74092805	○	鉾 床 付 近	イラワジ沢西側斜面	黒灰色 軽石	
" 32	H J 74092806	○		同	茶褐色 火山灰	
" 33	H J 74091604	○		同	黒灰色 火山灰	
" 34	H J 74091606	○		同	茶灰色 軽石	
" 35	H J 74091607	○		同	赤紫色 火山灰	
" 36	H J 74091609	○		同	赤紫色 火山灰	
" 37	H J 74091611	○		同	褐灰色 火山灰	
" 38	H J 74091612	○		同	赤紫色 火山灰	
" 39	H J 74091901	○		鉾床道路	褐灰色 含硫化軽石	
" 40	H J 74091201	○		イラワジ沢西側斜面	黒色 シルト	
" 41	H J 74092704	○		イラワジ沢上流	灰白色 火山灰砂	

注) △……珪化あるいは硬い試料

○……粘土化試料

第4表 肘折地熱地域の粉末X線回折による変質鉱物一覧表

分 析 番 号	試 料 番 号	採 取 地 点	シリカ 鉱物	粘土 鉱物				沸石	硫酸 塩 鉱物	酸化・硫 化 鉱物	炭酸 塩 鉱物	
			Q Cr	Mt	Chl	Ser	K	St	Al	Ht	Py	Do
			石英 α-ク ースト 石	ト イ ナ ロ モ ン	石 泥 緑 セ	ト イ サ カ	ン リ オ	石 沸 東	石 ん ば 明	鉄 鉄 赤 黄	鉄 鉄 赤 黄	石 蜜 白
1	H J 74092101	今 神	○ ○	○								
2	H J 74092102	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○	○	○						
3	H J 74092602	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○								
4	H J 74091701-2	鉄 山 川	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○						○		
5	H J 74091701-3	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○								
6	H J 74091701-5	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○								
7	H J 74092603	肘 折	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○					○ ○			
8	H J 74092807	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○			○		○ ○			
9	H J 74092804	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○					○ ○			
10	H J 74092803-1	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○								
11	H J 74092803-2	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○			○						
12	H J 74092802	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○		○							
13	H J 74092908	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○			○						
14	H J 74091601	イ ラ フ ジ 沢	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○					○				
15	H J 74092703	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○									
16	H J 74092901	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○								
17	H J 74092902	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○				○ ○				
18	H J 74092801	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○					○ ○			
19	H J 74091204	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○				○ ○				
20	H J 74092903	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○				○ ○				
21	H J 74092906	苦 水 川	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○									
22	H J 74092302	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○									
23	H J 74092904	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○									
24	H J 74091905	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○								
25	H J 74092502	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○					○				
26	H J 74092301-1	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○									
27	H J 74092301-2	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○									
28	H J 74092503	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○									
29	H J 74092907	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○								
30	H J 74091906	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○					○				
31	H J 74092805	カオリン 鉱床	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○									
32	H J 74092806	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○									
33	H J 74091604	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○									
34	H J 74091606	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○									
35	H J 74091607	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○									
36	H J 74091609	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○									
37	H J 74091611	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○									
38	H J 74091612	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○									
39	H J 74091901	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○				○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○				
40	H J 74091201	〃	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○									
41	H J 74092704	〃	○									

リストバル石、石英等が変質鉱物として確認された。

温泉沈殿物は金山地区において、層状の硫化鉄鉱と褐鉄鉱等が認められた。これらの分布は現在の温泉の湧出個所および炭酸泉（未利用）の分布と位置的に近接しており、両者の関連性は深いと考えられる。

3) ^{14}C 年代測定

肘折カルデラ堆積物中の ^{14}C 年代はUi (1973) ほか報告した肘折火砕流堆積物中の ^{14}C 年代よりわずかに若くなっている。このわずかの相違は両堆積物の堆積時期の相違を反映していると考えられ、層位的に大きな矛盾は認められない。シノ泥岩層は肘折火砕流とはへだたった所に分布しているが、両者はほぼ同時期の堆積年代を示す。

文 献

- 地質調査所 (1974) 全国地熱基礎調査報告書, no. 12「肘折」。
- 神保 恵・島崎恵造 (1961) 山形県大蔵村肘折の カオリン粘土. 東北の工業用鉱物資源, vol. 1, p. 164-168.
- 今田 正 (1974) 5 万分の 1 地質図幅および説明書「月山」. 山形県商工労働部商工課。
- 前田憲二郎・大森江い・大森貞子 (1969) けい 酸塩岩石の完全分析法. 地質調査所化学分析法, no. 42.
- 杉村 新 (1953) 月山東北方の軽石流台地. 地質雑, vol. 59, p 89-91.
- 杉山 尚・皆川信彌・志田 勇・加藤武雄・佐藤晋三・東海林辰雄・桜井 守・鈴木生男・田宮良一 (1973) 山形県温泉誌. 山形県温泉協会。
- 田口一雄 (1954) 新庄盆地南縁部の堆積学的考察 (予報) —— 重鉱物分析の適用結果について ——. 岩鉱, vol. 38, p. 132-143.
- TAGUCHI, K. (1962) Basin architecture and its relation to the petroleum source rock development in the region bordering Akita and Yamagata Prefectures and the adjoining areas, with the special reference to the depositional environment of petroleum source rocks in Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ.*, ser. III, vol. 7, p. 293-342.
- 田宮良一・玉ノ井正俊・横山英雄・石山浩章・阿部健一・石田 恒・遠藤 清・丹治幸信 (1973) 山形県の地熱調査の概要(1)——肘折地区の調査概要一. 地 熱, vol. 10, no. 2, p. 7-13.
- 谷 正巳・阿部智彦・谷口政碩・舟山裕士・田口一雄 (1974) 山形県肘折温泉地域の地質構造ならびに地熱・温泉について. 昭和49年度三鉱学会秋季連合学術講演会講演要旨集, p. 67.
- 冨田芳郎 (1961) 肘折盆地とその付近の地形発達について. 辻村太郎先生古希記念地理学論文集, p. 27-38.
- 上野三義 (1950) 山形県“肘折カオリン” 鉱床調査. 地調月報, vol. 1, no. 2, p. 26-30.
- Ui, T. (1971) Genesis of magma and structure of magma chamber of several pyroclastic flows in Japan. *Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo*, ser. II, vol. 18 (no. 1), p. 53-127.
- 宇井忠英・杉村 新・柴橋敏一 (1973) 肘折火砕流堆積物の ^{14}C 年代. 火山, ser. 2, vol. 18 (no. 3), p. 171-172.
- 山形県衛生部 (1962) 山形県の温泉, 総合編。

**Geological Study on Hydrothermal Rock Alteration
in Hijiori Geothermal Area, Yamagata
Prefecture, Japan**

Masahiro TANIGUCHI, Tadashi MAKITA
and Yoshiki KAWAI

Abstract

The hydrothermally altered area is distributed in Hijiori caldera which is situated in Ookura village, Yamagata Prefecture, in which many hot springs well out (The Hijiori and Kanayama hot spring etc.). The authors have studied on the Quaternary sediments and the hydrothermal alternation in the caldera and its vicinity to obtain the following results.

(1) Quaternary Sediments

a. The Hijiori caldera deposits (95 m+) is extensively distributed within the mentioned caldera, which is composed of dacitic tuff, lapilli tuff, tuff breccia, muddy sediments and conglomerates. The dacitic sediments are of water-laid origin from Hijiori pyroclastic flow (U₁, 1971). The sequences of the strata has been clarified in detail.

b. The Shinosawa fluvial deposits, (10 m-) is locally distributed at the Shinosawa stream of the Nigamizugawa river. It is composed of alternating beds of mudstone, sand and conglomerate containing weekly carbonized materials.

c. In Akazunayama district, the Akazunayama Formation (KONDA, 1974) of volcanic origin is not remarkable as far as this investigation is concerned. The "Quaternary sediments" may be fault breccia around the Tetsuzangawa stream. The "pyroclastic flow and its related sediments," which is referred to have originated from Imagami explosion crater, can not be found out. Accordingly the possibility of two volcanic depressions remains questionable.

(2) Alteration Zones

a. The clayey zones, which are locally distributed along the Tetsuzangawa stream (in Akazunayama district) and the Nagakuragawa river (near Imagami hot spring), are of very small scale. No hydrothermal mineral indicating geothermal activity is recognizable in the two districts.

b. The Hijiori caldera deposits has been subjected to hydrothermal alteration by geothermal activity in the southern part of the caldera, in which the altered area is divided into the following two sub-areas.

The Hijiori sub-area covers an area of about 0.36 km² around the Dozangawa river, in which the clayey zone encloses the silicified zone, Montmorillonite, sericite, chlorite, pyrite, α -cristobalite and quartz are found in this sub-area.

The Kanayama sub-area covers an area of about 0.81 km² around the Irawajisawa stream and the Nigamizugawa river, in which the clayey zones and the silicified zones are repeatedly stratified parallel to the bedding plane. Montmorillonite, kaolin, sericite, alunite, pyrite, α -cristobalite and quartz are recognizable in this sub-area.

c. Iron sulfide and limonitic ore mineral are bedded in the dacitic sediments as sinter deposits in Kanayama sub-area.

(受付: 1977年12月1日; 受理: 1977年12月6日)

図版説明

- 図版24-1 金山地区（苦水川上流）の変質帯
肘折カルデラ堆積物の下部層準，デイサイト質凝灰岩（未固結）が変質し，珪化帯を形成する．X線分析（No. 21）の結果，石英が検出された．
- 図版24-2 肘折カルデラ堆積物の模式露頭（第3図および9図参照）
下部は緩い傾斜を示すシルト，細砂，泥岩の互層からなり上部は互層部よりやや急傾斜の偽層理を示す石英安山岩質凝灰砂岩（未固結）からなる．互層部は粘土化帯に，凝灰岩部は珪化帯に相当する．
- 図版25-1 肘折温泉地区の変質帯
銅山川々床に分布する珪化帯，X線分析（No. 7）によると石英，モンモリロナイト，黄鉄鉱等が含まれる．
- 図版25-2 シノ沢泥岩層の模式露頭
花粉分析試料（HJ 74092004）を採取（第4図参照）．
- 図版26-1 温泉沈殿物の模式露頭（第17-b図参照）
デイサイト質凝灰質砂ないし小円礫層（単層）に含まれる約0.5～2 cm 帯の沈殿性黄鉄鉱層．表面は酸化され黒灰色を呈するが，内部は微粒の黄鉄鉱の集合からなる．X線分析の結果では，モンモリロナイト，石英，黄鉄鉱， α -クリストバル石等が検出された．
- 図版26-2 イラワジ沢下流，金山カオリン採掘跡における化学分析試料採取地点
化学分析試料（HJ 74091611 および 1612）を採取した（第14および18図参照）．X線分析によれば両試料ともカオリン，明ばん石，石英， α -クリストバル石等を含む．
- 図版26-3 苦水川南岸におけるX線分析試料採取地点
黄鉄鉱により鉱染されたカオリン粘土．単層ごとの分級化がよく観察される．X線分析によりカオリン， α -クリストバル石，黄鉄鉱が検出された（第19図参照）
- 図版26-4 イラワジ沢上流のを ^{14}C 年代測定試料採取地点
朝日台を横断する道路脇にみられる肘折カルデラ堆積物のほぼ最上位相当層準の軽石質凝灰層に含まれる炭化木片（HJ 74091602）．一帯は粘土化帯で，X線分析により明ばん石，カオリン，石英等が含まれることが判明した．



1



2



1



2



1



2



3



4

551.23 : 551.25(521.15)

山形県米沢市姥湯地熱地域とその周辺における熱水変質帯*1

富樫幸雄*2・窪田康弘*3・山田菅三*4・西村 進*5

1. ま え が き

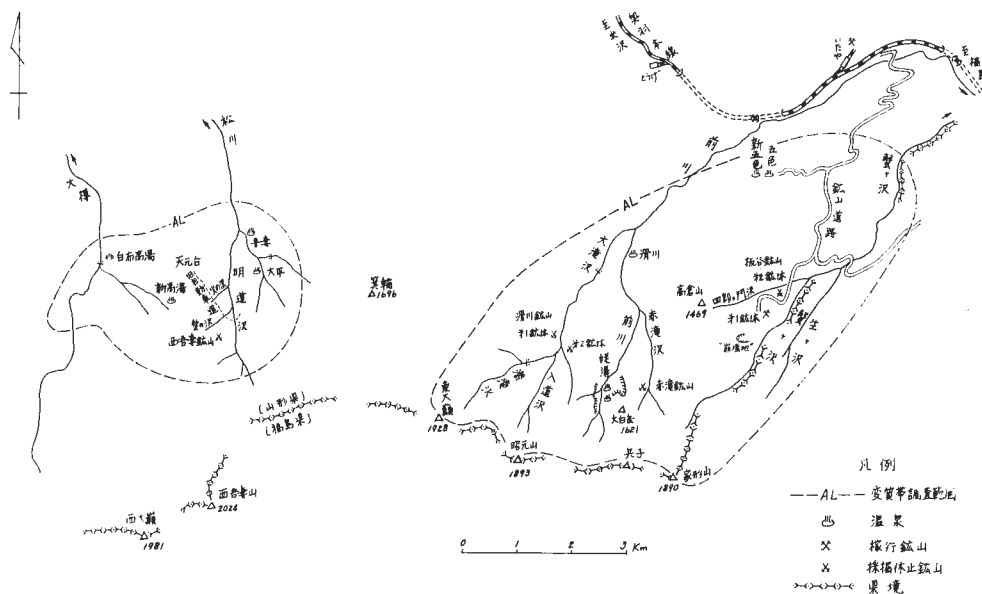
当報文は第1次全国地熱基礎調査の一環として昭和48年度に行われた吾妻北部地域変質帯調査の結果(地質調査所, 1974a)を総括したものである。

調査された地域は山形県と福島県の県境に位置する吾妻火山群の北側斜面(山形県側)一帯で、その面積は約44 km²である(第1図)。現地調査期間は昭和48年9~10月の約40日間であった。

調査地域内には、表記の姥湯温泉のほか五色・新五色・滑川・大平・新高湯・白布高湯などの温泉が分布するほか、板谷(カオリン)・滑川(褐鉄鉱)・西吾妻(硫黄)などの、火山活動に起源を有する各種の鉱床も分布する。

調査は地質調査所の指導のもとに、大手開発株式会社が請負い、実施した。

謝辞 当調査全般にわたる指導と文献調査は地質調査所地殻熱部角 清愛博士によるものであり、写



第1図 調査地域位置図
(図中大樽川は大樽川の誤り)

*1 地質調査所報告 259号, 1978

*2 鉱床部

*3 明延鉱業(株)

*4 地殻熱部

*5 京都大学教養部

真地質指導には同部西村嘉四郎氏（故人）に御協力をいただいた。また、当調査に用いた地形図の一部は東北地方建設局福島工事事務所および金属鉱業事業団より提供していただいたものである。さらに、現地予察調査には山形県庁商工課横山英夫・松田博之両氏にお世話になった。野外作業全体にわたっては大手開発榊重松喜一・新村辰雄両氏による多大の御協力をいただいた。以上の方々および諸機関に厚く御礼を申し上げる次第である。

2. 位置・地形および交通

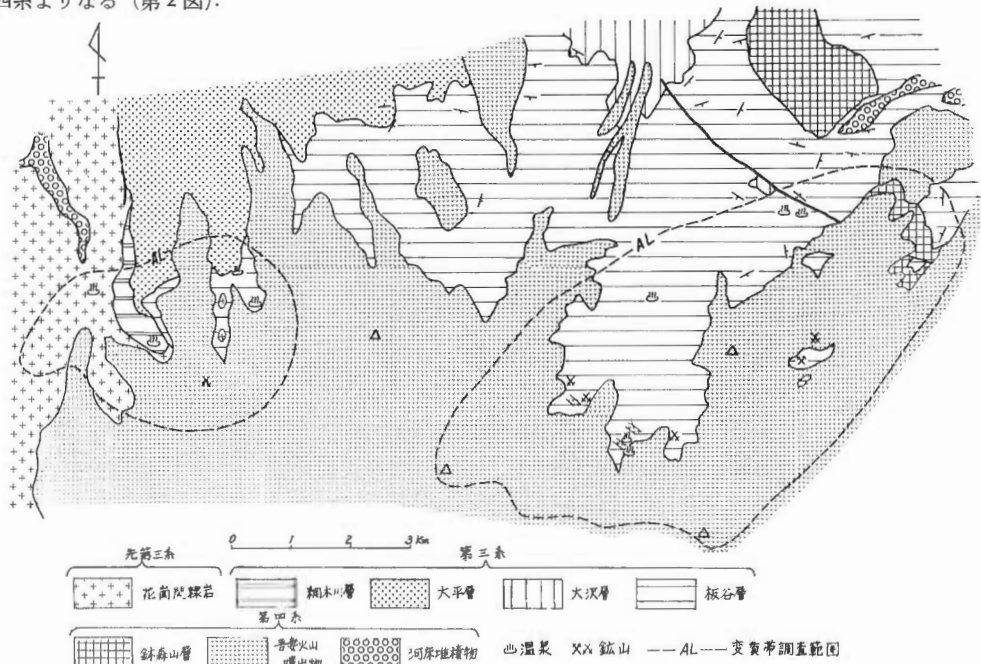
調査の対象となった地域は東西2つの区域に分けられる。東部の区域は山形県米沢市の前川・蟹ヶ沢両流域を含むもので約33 km²の広さを有し、西部の区域は同市天元台周辺の約11 km²の部分である（第1図）。

調査地域は全体としてなだらかな火山斜面の幼年期の地形をなすが、北流する前川・蟹ヶ沢などの河谷沿いは浸蝕が激しく急峻である。また、姥湯周辺一帯は浸蝕に抵抗力の大きい変質岩がそそり立ち、奇観を呈している。調査地域南縁には吾妻火山の峰々が東西に連なっている。その主なものは、東より、高倉山（1,469m）、家形山（1,890m）、昭元山（1,893m）、東大嶺（1,928m）、西吾妻山（2,024m）、西大嶺（1,981m）などである。

調査地域に達するには、その東部区域へは奥羽本線板谷駅一五色温泉、同本線峠駅一滑川温泉間に定期バスが運航されており、また、西部区域へは、米沢駅一白布高湯間に定期バスがある。いずれも所要時間は1時間以内である。

3. 地 質

調査地域とその周辺の地質は先第三系の基盤岩類と、それを覆う新第三系、およびその両者を覆う第四系よりなる（第2図）。



第2図 調査地域地質概略図

地質図は田宮ほか（1970）を簡略化したもの

3.1 先第三系

先第三系の基盤岩類は花崗閃緑岩を主とし、調査地域西端の白布高湯西方に広く露出している。また、西吾妻鉾山付近の明道沢にもその小露出が見られる。

3.2 新第三系

新第三系は中新統に相当するもので、酸性火砕岩類を主とし、一部に堆積岩類も認められる。田宮ら(1970)によれば、調査地域に分布する中新統は綱木川層(台島階)・大平層(西黒沢階)・板谷層(船川層)である。綱木川層は基盤の花崗閃緑岩を直接覆う砂岩・礫岩・黒色泥岩などで、新高湯付近に分布するが、露出範囲は狭い。大平層は酸性火山礫凝灰岩よりなり、調査地域内では、ごく一部が認められるのみである。板谷層は酸性火山礫凝灰岩・同質溶結凝灰岩などよりなり、調査地域全域にわたり広い露出が認められる。

3.3 第四系

第四系は鉢森山層と吾妻火山噴出物よりなる。

鉢森山層は酸性溶結凝灰岩よりなり、調査地域北東部で板谷層を不整合に覆って分布している。

吾妻火山噴出物は上記の岩層のすべてを覆い、調査地域の南半部以南に広く分布している。これは安山岩質の溶岩・火砕岩などを主とし、泥石流堆積物・湖沼堆積物・褐鉄鉱層なども挟在する。吾妻火山群の山頂部はすべてこの岩層で構成されるが、その基盤をなす新第三系はかなりの高度(最高海拔約1,400 m)まで露出している。

3.4 温泉

調査地域内には第1図に示すように数多くの温泉の湧出が認められる。

各温泉の代表的泉源の泉質と産状を第1表に総括する。これらの中で姥湯温泉のみは、他と泉質を大きく異にするのが特徴的である。すなわち、姥湯温泉は調査地域内で唯一の含硫化水素泉で、pHは2.4と強酸性を示し、 Mg^{2+} 、 $Fe^{2+}+Fe^{3+}$ 、 Al^{3+} 、 H_2S などの成分は他と比べて著しく多い。

3.5 火山活動起源の鉱床

調査地域内には過去の吾妻火山活動の産物としての各種鉱床が数多く分布する(第1図)。

カオリン鉱床としては、調査地域東部に位置する板谷鉾山(元山鉾床)の第2鉱体(採掘済み)がある。これは安山岩溶岩などの吾妻火山噴出物を交代して形成された熱水性塊状鉱体で、その形成時期約3万年前の洪積世末期と考えられている(富樫, 1969; 富樫・藤井, 1972)。また、同カオリン鉱床の第1鉱体の一部も洪積世末期以降の地熱変質帯に交代されていることが明らかにされている(富樫, 1977)。

褐鉄鉱鉱床としては、過去に採掘の対象となったものは滑川・赤滝・板谷などの鉱床(すべて採掘済み)である(広川, 1948; 椎川, 1958; 岡野, 1960)。それ以外には、かつて鉱床調査の対象となったことのある西吾妻硫黄鉱床付近のものがあり、規模不明ないしは小規模ながら今回の調査で存在が確認されたものとして蟹ヶ沢上流のものおよび姥湯付近のものなどがある。すべて層状をなし、吾妻火山噴出物中に挟在するか、まれに第三系を直接覆う。当報文では褐鉄鉱層は温泉沈澱物として後章に独立して述べられている。

硫黄鉱床としては調査地域西部の西吾妻鉾山(採掘済み)が最も大規模で、これまでの研究も最も進んでいる。MUKAIYAMA(1954; 1959)によれば、これは吾妻火山噴出物の安山岩溶岩および同質火山角礫岩を交代したもので、ほぼ塊状の形態をなしている。この鉱床のほか、現在の板谷カオリン鉱床採掘場西方にはかつて稼行された硫黄鉱床跡があるが、鉱床が安山岩質凝灰角礫岩を交代して形成していること以外は詳細は不明である。

泉源名	採水年	泉温 (°C)	T.S.M. ⁽¹⁾	PH(FD) ⁽²⁾	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺ + Fe ³⁺
五色 No. 1	1968	45.2	887	6.5	29.3	189.8	58.4	4.0	2.0
〃 No. 2	〃	40.5	799	6.6	27.8	173.0	53.1	4.3	0.6
新五色	〃	40.7	903	6.7	25.0	179.9	84.2	3.9	0.7
滑川・上の湯	〃	53.0	988	6.9	9.6	242.4	48.5	3.4	0.2
〃 下の湯	〃	48.0	886	6.9	8.2	207.5	45.7	3.9	0.1
姥湯(利用泉)	〃	51.5	795	2.4	20.5	57.5	53.6	15.1	30.8
白布高湯 No. 1	1967	57.7	1223	7.1	6.3	68.7	265.5	4.4	0.1
〃 No. 2	〃	59.6	1245	7.1	6.6	68.7	271.1	4.9	0.2
〃 No. 3	〃	61.3	1293	7.2	6.4	67.8	273.5	7.3	0.1
新高湯	〃	56.0	1403	6.9	6.5	65.4	301.6	7.8	0.1
大平	1968	52.7	1122	7.2	5.6	73.6	220.2	9.7	0.0

比留川ほか(1977)から比較的新しいデータのみ選んだもの。ただし姥湯の前川最上流泉源は、関

注 (1) Total Soluble Matter; 全溶解物質量。

(2) 野外における測定値。

(3) SO_4^{2-} , HSO_4^- , H_2SO_4 の総和。

4. 第四系層序

調査地域の第四系を、東より、(1)蟹ヶ沢区域、(2)姥湯一滑川鉦山区域、(3)西吾妻区域の3区域に分けて以下に述べる。

4.1 蟹ヶ沢区域

蟹ヶ沢下流域では板谷層を不整合に覆って鉢森山層が分布する。この地層は主に石英安山岩質溶結凝灰岩よりなり、内部は溶結し、柱状節理が発達する。厚さは100m内外である。板谷鉦山用道路沿いで採取した試料(AN 73101403)のフィッション・トラック年代は2.2 m. y. 前を示した(第3表)。

この溶結凝灰岩層の上位には安山岩質凝灰角礫岩および同質溶岩を主体とする100~200mの厚さの岩層が発達している。これより上位の安山岩質の岩層は吾妻火山噴出物とした。蟹ヶ沢および生ヶ沢の中流域には、上述の安山岩質火山噴出物の上位にガラス質溶結凝灰岩と考えられる、黒曜石質岩片を含む岩層が露出している。

さらに蟹ヶ沢上流には、安山岩礫多数を含む泥流堆積物を主体とし、場所により淘汰を受けた礫岩・砂岩・シルト岩・炭質物の薄層を挟む厚い地層などが広く分布している。これは前述の地層の上位に位置するものと考えられる。この火山泥流より採集した2個の炭化木片試料の¹⁴C年代は28,990±1,840年前(AN 73102111)および25,210±1,040年前(AN 73102018)であった。また、この泥流の上位に位置するシルト岩中の炭化木片(AN 73102107)の¹⁴C年代は11,650±230年前を示した(第2表)。

蟹ヶ沢の最上流部には安山岩溶岩を主体とする地層が分布している。

4.2 姥湯一滑川鉦山区域

姥湯周辺には第三系(板谷層)を貫いて、第四系に属すると考えられる安山岩岩脈が発達するほか、第三系を覆って第四系の安山岩溶岩が分布している。姥湯泉源付近で採集した安山岩試料(AN73102921)のフィッション・トラック年代は0.34 m. y. 前を示した(第3表)。

滑川鉦山付近では、第三系を不整合に覆い、礫岩を主体とし、砂岩・泥岩などを挟む地層が数mの厚さで分布する。この上位には、安山岩溶岩・同火山角礫岩を主体とし、まれに泥岩・砂岩などの薄層を

おける主な温泉の泉質

(ppm; 湧出量のみ l/min)

Mn ²⁺	Al ³⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁽³⁾	HCO ₃ ⁻	SiO ₂ ⁽⁴⁾	HBO ₂	CO ₂	H ₂ S ⁽⁵⁾	湧出量 (測定年)
0.4	0.4	170.2	51.4	398.5	54	61.7	306.5	—	36 (1951)
1.0	0.4	153.9	49.0	365.9	45	61.7	175.9	—	18.5 (1951)
2.3	0.5	156.0	48.6	485.7	57	56.0	292.0	—	73 (1951)
0.4	0.2	45.9	316.9	340.4	48	31.2	106.4	12.6	143 (1949)
0.3	1.0	41.1	296.3	276.5	60	28.4	86.4	6.1	44.4 (1949)
0.5	16.4	16.5	658.1	—	70	3.5	154.6	23.1	990 (1968)
0.7	0.5	11.3	718.5	115.5	67	7.8	22.2	4.3	950 (1967)
0.9	0.5	11.9	740.7	110.7	67	7.1	21.3	4.3	1040 (1967)
0.6	0.5	12.1	751.4	104.4	78	5.7	20.1	4.4	333 (1967)
0.7	0.6	11.1	823.0	97.0	64	4.3	30.3	5.5	144 (1973) ⁽⁶⁾
0.5	0.1	4.6	673.9	79.6	62	1.1	12.1	3.3	38.5 (1950)

岡 (1977) によれば, 泉温64°C, 湧出量 27 l/min.

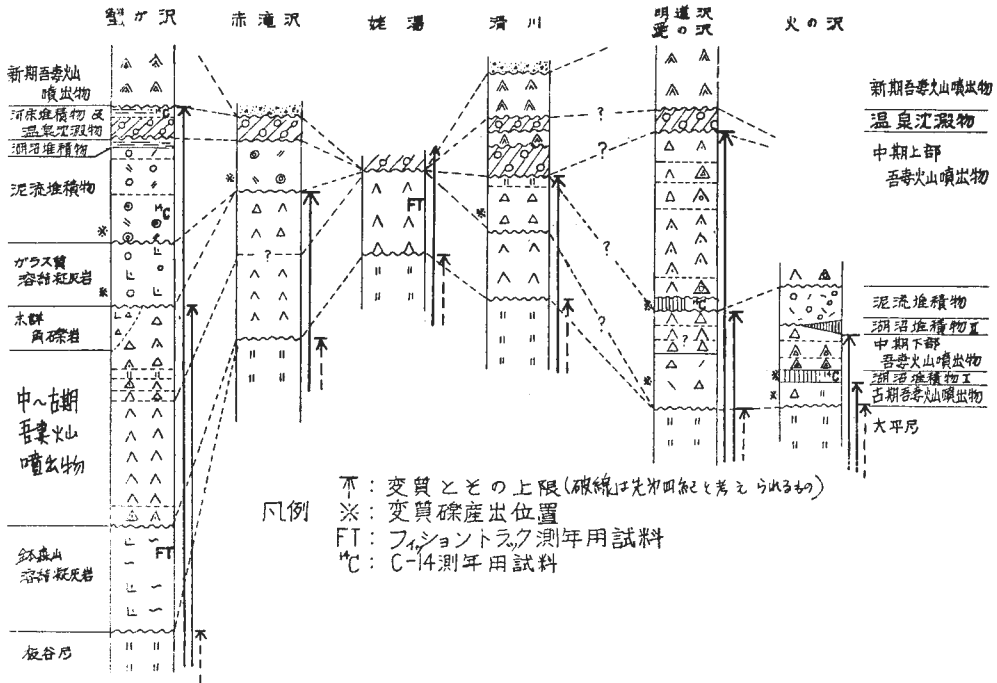
(4) H₂SiO₃, HSiO₃⁻, SiO₃²⁻ の総和.

(5) H₂S, HS⁻ の総和.

(6) 新高湯の湧出量のみ関岡 (1977) による.

挟む地層が数十mの厚さで発達する. 褐鉄鉱層はこの安山岩溶岩中に, 最大約 5 mの厚さで挟在している(第6図).

赤滝鉱山付近では第三系を不整合に覆って泥流堆積物・礫岩などが数mの厚さで分布する. 褐鉄鉱層はこの礫岩を交代して形成されている.



第3図 第四系模式柱状図

4.3 西吾妻区域

先第四系を不整合に覆い、厚さ10~20mの安山岩質火砕岩類を主体とする地層が分布する。この上位には、安山岩質凝灰角礫岩・安山岩溶岩・泥流堆積物よりなり、凝灰質砂岩・シルト岩および炭質物の薄層を挟む、厚さ約30mに達する地層が発達する。この泥流堆積物の直上に挟在するシルト岩と粗粒砂岩との互層中に含まれる炭化木片 (AN 73102705) の¹⁴C年代は 28,430±1,590年前であった。また、愛の沢の白色変質をこうむった安山岩質凝灰角礫岩および安山岩溶岩中に挟在する凝灰質砂岩中に含まれる炭質物 (AN 73092303) の¹⁴C測定結果は 18,470±490年であった(第2表)。

以上の岩層のさらに上位には、安山岩溶岩・同質凝灰角礫岩などからなる地層が厚く重なっている。以上の第四系の模式柱状図を第3図に示す。

5. ¹⁴C 測定およびフィッション・トラック測定

調査地域に分布する第四系の形成時期を明確にすること、および、温泉作用・変質作用などに示される地熱活動の時期と期間を知るための手段として、炭質物試料5個について¹⁴C測定を行い、安山岩溶岩など2個についてはフィッション・トラック測定を行った。

その結果は第四系層序との関連において、前節においてすでに述べたが、付随するデータとともに第2表および第3表に総括する。

また、¹⁴C測定用試料の採取地点の模式柱状スケッチを第4図に示す。

6. 熱水変質帯と温泉沈殿物

今回の調査で明らかになった白色変質帯(けい化帯および白色粘土化帯)の推定分布範囲は約11km²であった(第7図;第7表)。その北限の延長方向はほぼ現在の吾妻火山群の配列方向(E-W)に並行している。地域内の変質帯の北縁は弱変質帯を経て緑色変質岩(グリーンタフ)へと漸移している。しか

第2表 吾妻北部地域における¹⁴C測定結果

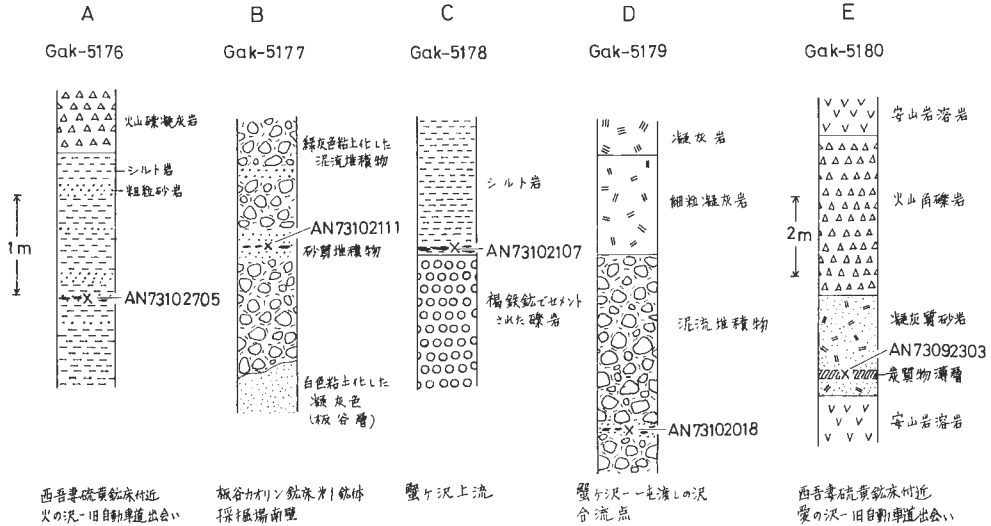
測定番号	試料番号	採取地点	試料	含まれる地層	測定結果
GaK-5176	AN73102705	西吾妻鉾山付近火の沢 -旧自動車道出会い	炭化 木片	第四系シルト-粗 粒砂岩互層	28,430±1,590年 B.P.
" 5177	AN73102111	板谷カオリン鉾床第1 鉾体探掘場南壁	同上	第四系泥流堆積物	28,990±1,840 "
" 5178	AN73102107	蟹ヶ沢上流"崩壊地" 付近	同上	第四系褐鉄鉾層を 覆うシルト岩	11,650± 230 "
" 5179	AN73102018	蟹ヶ沢一屯渡しの沢合 流点	同上	第四系泥流堆積物	25,210±1,040 "
" 5180	AN73092303	西吾妻鉾山付近愛の沢 -旧自動車道出会い	同上	第四系凝灰質砂岩	18,470± 490 "

(測定は学習院大学理学部木越研究室による。)

第3表 吾妻北部地域におけるフィッション・トラック測定結果

試料番号	岩石	地層名	採取地点	自発核分裂 片飛跡表面 密度 (cm ⁻²)	誘導核分裂 片飛跡表面 密度 (cm ⁻²)	全照射熱 中性子線 量 (cm ⁻²)	フィッショ ン・トラッ ク年代 (m.y.)
AN73101403	石英安山岩質 溶結凝灰岩	鉾森山層	板谷カオリ ン鉾山道路	3.0×10 ⁵	8.8×10 ⁶	1.05×10 ¹⁵	2.2
AN73102921	安山岩溶岩	吾妻火山 噴出物	姥湯泉源付 近	1.1×10 ⁵	8.8×10 ⁶	0.44×10 ¹⁵	0.34

(測定者:西村進;²³⁸Uの自発核分裂変数 $\lambda_f = 6.85 \times 10^{-17}(\text{y}^{-1})$)



A～D は同縮尺である

第4図 ^{14}C 測年用試料採取地点スケッチ

し、南側においては、より新期の吾妻火山噴出物（弱～未変質）に覆われて、真の南限は識別できない。

変質岩の鉱物組成の特徴は、先第四系の花崗閃緑岩や酸性火砕岩類を原岩とする場合には石英-セリサイト-緑泥石-モンモリロナイトなどの組合せが一般的であるのに対して、第四系の吾妻火山噴出物を原岩とする場合には、オパール- α -クリストバライト-石英-明ばん石-カオリナイト-パイロフィライトの組合せなどが普通である。前者の場合は、いわゆる地熱変質の産物であると断定できない場合が多い。

以下に、調査地域内の東部から西部へ、模式的な3区域について変質帯の産状・変質鉱物・温泉沈殿物などについて述べる。

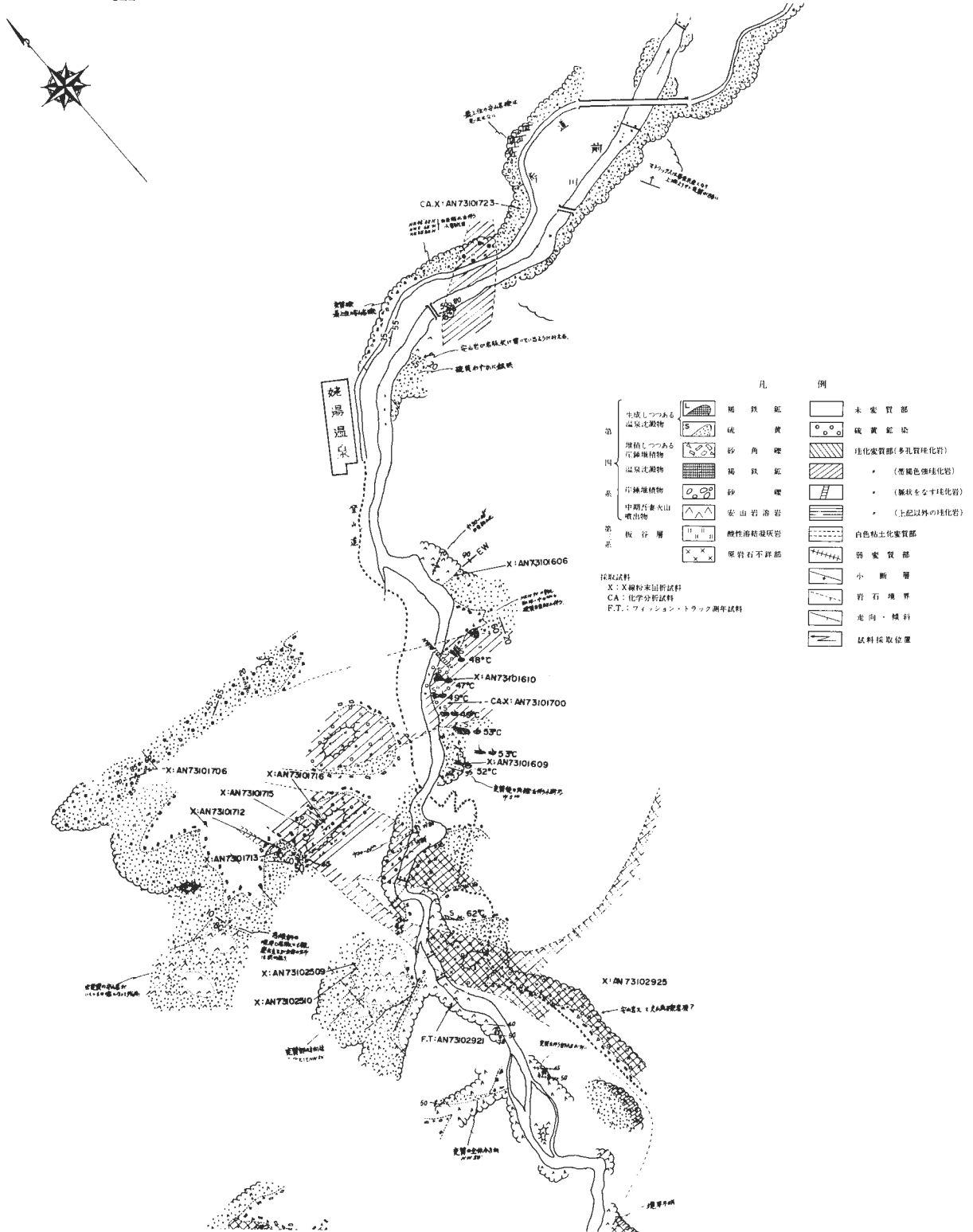
6.1 蟹ヶ沢区域

6.1.1 変質帯の産状

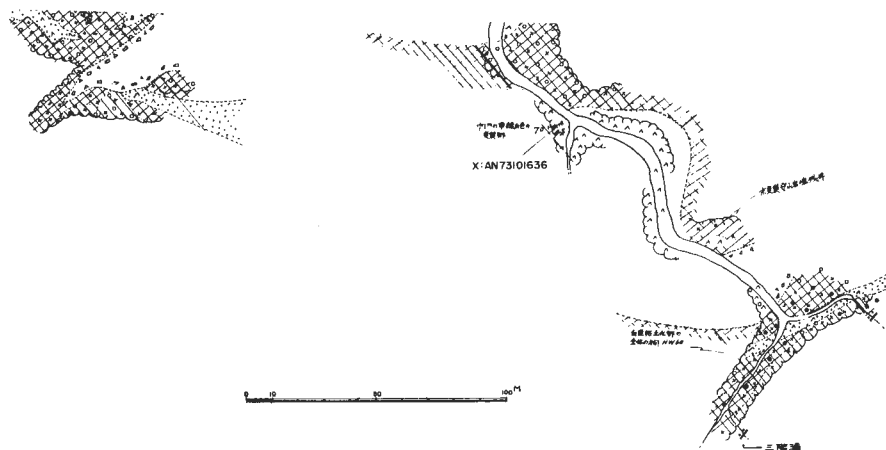
生ヶ沢との合流点付近より上流の蟹ヶ沢周辺一帯には広範囲の白色変質帯の露出が見られ、調査地域東部における変質帯の模式地となっている。これは安山岩質火砕岩と泥流堆積物を主とする吾妻火山噴出物を原岩とする白色粘土化帯で、一部にけい化帯を伴うことがある。しかし、以下に述べるように、新第三系を原岩とした白色変質帯の中には中新世に形成されたことが明らかなものも存在する。

蟹ヶ沢と二郎エ門沢との合流点付近には、すでに述べた板谷鉱山のカオリン露天採掘場がある。その大小2つの採掘場のうち、より小規模の第2鉱体（採掘ずみ）は多量のカオリナイト（またはディッカイト）を含み、明ばん石・オパール・黄鉄鉱などを伴う。そして、その原岩は吾妻火山噴出物の安山岩質火砕岩などである（富樫・藤井, 1972）。鉱体の形成時期はこの安山岩質火砕岩や、それを覆う泥流堆積物中に含まれる炭化木片の ^{14}C 年代から、洪積世末期（約30,000～25,000年前）と考えられている（富樫, 1969; TOGASHI, 1976）。一方、第1鉱体（稼行中）の主要な粘土の原岩は板谷層で、ほとんどつねにセリサイトを伴うことを特徴とする（富樫, 1977）。しかし、このセリサイト化作用の時期はK-Ar法により、約7.2 m. y. 前（中新世船川期）とされており¹⁾、明らかに、第四紀の地熱活動による産物ではない。

¹⁾ 地質調査所技術部柴田賢博士の私信による。



第5図 姥湯付近変質帯分布図(ルートマップ)



第5図(つづき)

このセリサイト化変質帯を覆う火山泥流堆積物は広汎に緑色粘土(モンモリロナイト)化をこうむっており(図版27-4), その一部は, セリサイト化岩の一部とともに, さらに, 第2鈹体と同様の鈹物組成に再変質されている(富樫, 1977).

以上のように, 板谷カオリン鈹床周辺における板谷層のセリサイト化を主とする粘土化作用は中新世に行われたものであることが明らかとなった. 凝灰質岩を原岩とした中新世変質帯の特徴は, 外観がきわめて均質であること, セリサイトをつねに伴うこと, 石英以外のシリカ鈹物を含まないこと, などである. 板谷カオリン鈹床周辺を除けば, 蟹ヶ沢上流流域において板谷層が地表に露出することはないが, 吾妻火山噴出物などに覆われて, その下部には広く第三系が分布していると考えられる(田宮ら, 1970; 村井, 1970)ので, それらが同様の新第三紀の変質作用をこうむっている可能性は否定できない.

なお, 五色・新五色両温泉源泉付近には白色変質帯の露出は認められない.

また, この区域の変質帯と, 次に述べる姥湯周辺の区域とは一つながりの変質域をなすものと推定される(第7図; 第7表, ANA 1).

6.1.2 変質鈹物

蟹ヶ沢流域に産する典型的な白色粘土化岩の鈹物組成は石英(または α -クリストバライト)・明ばん石・カオリナイト(またはディッカイト)・黄鉄鈹などよりなるもので, 軟質の部分には多量のカオリン鈹物を含むことが多い. けい化岩においては相対的に石英以外のシリカ鈹物が多くなり, 全体としてシリカ鈹物や明ばん石が増加する.

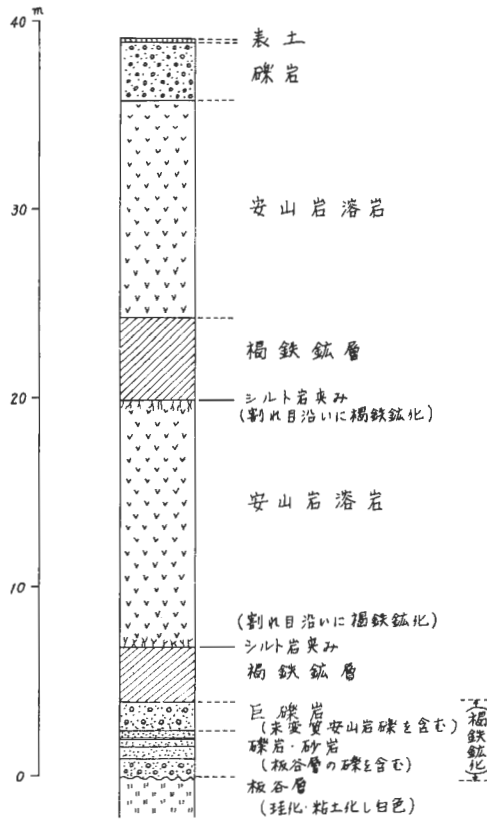
また, 中新世のセリサイト化をこうむった板谷層が再び第四紀の地熱変質をこうむった場合は, 境界部のごく限られた範囲を除き, セリサイトは例外なく分解しているのが確かめられている(富樫, 1977).

なお, カオリン採掘場の南西約500mの地表部に泥流堆積物を原岩として生成した地熱変質帯(“崩壊地”)からは, 本多ら(1964)がナクライトおよびディッカイトの産出を報告し, 富樫(未公表)はパイロフィライト(単斜)の産出を確認している.

6.1.3 温泉沈殿物

現在, この区域には大規模な温泉沈殿物の露出は認められない. ただし, 広川(1948)は, 現在の板谷カオリン鈹床採掘場の位置に褐鉄鈹鈹床が一時稼働されたと述べており, その鈹床は板谷層と, それを覆う安山岩質岩との境界付近に胚胎していたという. 現在はその痕跡は全く残されておらず, 正確な層序・規模・品位などは全く不明である.

また, 今回の調査では, カオリン採掘場南方の蟹ヶ沢において, 泥流堆積物の上位に厚さ8m+の褐鉄鈹層が確認された(第7図, 第7表; ANP 6). 上述の採掘場近辺の褐鉄鈹鈹床との関係は今のところ全く不明である.



第6図 滑川鉱山第1鉄体地質柱状図

6.2 姥湯—滑川鉱山区域

6.2.1 変質帯の産状

調査地域中央部で白色変質帯の発達が認められるのは姥湯温泉周辺のみである。

姥湯温泉は、すでに述べたとうり、調査地域内で唯一の含硫化水素酸性泉で、泉温も比較的高く、湧出量も多い(第1表)。そして、その周囲一帯は温泉変質をこうむったけい化岩を主とする変質岩類がそそり立ち、奇観を呈している。

この変質帯の特徴は、第1に、他の区域に較べてけい化帯の発達が著しいこと、第2に、変質産物としてパイロフィライトを多産することである。姥湯周辺の変質帯分布図(ルートマップ)を第5図に示す。

けい化帯の幅は20~40mで、その延長方向はNWW-SEEまたはNNW-SSEを示すことが多い。けい化帯は全体としてチミツ質であるが、その一部は小岩脈状ないしは細脈状に多孔質部が認められる(図版27-1および2)。現在湧出している泉源のほとんどはけい化帯に位置し、また、硫黄鉱染もけい化帯(とくにチミツ質の部分)に限られることが多い。

白色粘土化帯はけい化帯の周囲に広く分布しているが、前川の姥湯旅館より下流側では原岩の溶結凝灰岩(板谷層)の組織も肉眼的に次第に明瞭となり、弱変質帯へと漸移してゆく。しかし、安山岩を原岩とする場合には、けい化帯から弱~未変質部へはすみやかに移化することが多い。また、前川右岸の最上流側の泉源(64℃)付近では、未変質安山岩中に脈状の弱変質部がいくつか認められ、その延長方向はほぼNW-SEである。

姥湯周辺以外では、滑川鉱山周辺とその南にも白色粘土化帯が分布している。また、滑川鉱山から滑川温泉にかけて、NE-SW 方向に小規模の白色粘土化帯が点在している（第7図、第7表；ANA-3 および4）。これらの変質帯では、ごく限られた部分にけい化帯を伴うのみである。

6.2.2 変質鉱物

姥湯周辺で認められるけい化岩は、原岩の如何にかかわらず、石英・明ばん石（および少量の黄鉄鉱）を普遍的に含む。また、白色粘土化岩中には石英・明ばん石・パイロフィライト（単斜）が含まれることが多いが、とくに原岩が板谷層の場合には、粘土鉱物として、セオサイトとカオリナイトを含むことがある。6.1.1に述べた蟹ヶ沢区域の場合から類推して、このような部分も中新世における変質作用の影響をこうむっている可能性がある。また、安山岩源の弱変質岩はモンモリロナイト（および緑泥石？）を含み、残存鉱物として斜長石を伴う。

なお、姥湯周辺の熱水変質帯から採取された15個の試料中には石英以外のシリカ鉱物は全く見出されなかった。

6.2.3 温泉沈殿物

姥湯周辺で認められる温泉沈殿物は、ごく小規模の褐鉄鉱堆積物と、温泉湧出口周辺に沈殿する“湯花”のみである（第7図、第7表；ANP 3：図版27-3）。

しかし、この区域の滑川鉱山および赤滝鉱山（ともに採掘済み）では盛大な稼行の対象となるほどの大規模な褐鉄鉱鉱床が胚胎されていた。

滑川鉱山は調査地域内で最大の褐鉄鉱鉱床で、第1・第2の2つの鉱体よりなっている。両鉱体とも新第三系（板谷層）と吾妻火山噴出物の境界部に近い後者中に胚胎し、安山岩溶岩を挟ませ、また、それに被覆される（図版28-1）。第1鉱体における詳細な層序は第6図に示すとおりである。鉱床の規模（既採掘量と残存推定鉱量の合計）は、広川（1948）および岡野（1960）によれば、第1鉱体は約25万トン、第2鉱体は約19万トン（ともにFe量50~56%）である（第7図、第7表；ANP 1 および2）。

赤滝鉱山は広川（1948）の峠鉱床に相当すると考えられ、滑川鉱山と類似の産状と推定される。広川（1948）によれば、その規模は約5万トン程度（Fe量50%以上？）と推定される（第7図、第7表；ANP 4）。

6.3 西吾妻区域

6.3.1 変質帯の産状

調査地域西端のこの区域では西吾妻鉱山（採掘済み）の硫黄鉱床を中心として、けい化帯と白色粘土化帯とが発達しているが、その露出範囲は比較的狭い（第7図、第7表；ANA-2）。変質帯の北縁の延びはほぼNW-SEであるが、南限と東限はより新期の吾妻火山噴出物に被覆されて不明である。なお白色変質帯の分布は当区域西方の新高湯までは及んでいない。

けい化帯は西吾妻硫黄鉱床付近に最も広く分布するほか、旧自動車道と火の沢出合い付近の一部にも露出している。いずれも緻密質けい化帯で吾妻火山噴出物を原岩としている。

白色粘土化帯はけい化帯に比べると露出範囲は狭く、愛の沢一明道沢合流点付近に、けい化帯をとりまくように露出するのみである。これは弱変質帯（または緑灰色変質帯）への漸移帯を形成している。なお、愛の沢一旧自動車道出合い付近では、安山岩溶岩がクラック沿いに変質をこうむり、不規則細脈状に緑色粘土化しているのが観察される（図版28-2）。

西吾妻硫黄鉱床は、MUKAIYAMA（1954）によれば、安山岩溶岩と同質火砕岩よりなる吾妻火山噴出物を交代する偏平な塊状鉱床で、富鉱体は多孔質の火砕岩の部分を変換して形成され、その位置はE-W方向の破碎帯に規制されている。そして、鉱床周辺の変質帯ハーローは、中心より、硫黄帯→黄鉄鉱帯→オパール帯→明ばん石帯→カオリン帯→モンモリロナイト（サポナイト）帯→弱変質帯、のように配列しており、これは他の火山性硫黄鉱床にも普遍的に認められるものであるとしている。

今回の地表調査では上記の硫黄鉱床は観察できなかつた。地表部で観察できた変質帯は、その鉱物組成からみて、上の一連の変質帯のオパール帯より外側の部分に相当するものであろう。

なお、天元台付近の旧自動車道沿いには新第三系中に最大幅80cmの石英脈が幾つか認められる。そ

第4表 鹿湯地熱地域およびその周辺の粉末X線回折による変質鉱物一覽表

分析番号	試料番号	採取地点	産状	シリカ鉱物	粘土	土	緑泥石	パイロフィライト	硫酸塩鉱物	酸化・硫化・硫酸塩鉱物	その他	残存鉱物	備考
1	AN73092018	天	花崗閃緑岩 (先第三系) 中の脈状白色変質部	石英	モンモリロナイト	緑泥石	セリサイト	パイロフィライト	石膏	アスポア	方解石	輝石	
2	AN73092019	元	同 閃緑岩 (先第三系) 中の脈状白色変質部	α-クレーン	モンモリロナイト	緑泥石	セリサイト	パイロフィライト	石膏	アスポア	方解石	輝石	
3	AN73092103	元	同 閃緑岩 (先第三系) 中の脈状白色変質部	α-クレーン	モンモリロナイト	緑泥石	セリサイト	パイロフィライト	石膏	アスポア	方解石	輝石	
4	AN73092104	元	同 閃緑岩 (先第三系) 中の脈状白色変質部	α-クレーン	モンモリロナイト	緑泥石	セリサイト	パイロフィライト	石膏	アスポア	方解石	輝石	
5	AN73092105	元	同 閃緑岩 (先第三系) 中の脈状白色変質部	α-クレーン	モンモリロナイト	緑泥石	セリサイト	パイロフィライト	石膏	アスポア	方解石	輝石	
6	AN73092208	愛	同 閃緑岩 (先第三系) 中の脈状白色変質部	α-クレーン	モンモリロナイト	緑泥石	セリサイト	パイロフィライト	石膏	アスポア	方解石	輝石	
7	AN73092209	元	同 閃緑岩 (先第三系) 中の脈状白色変質部	α-クレーン	モンモリロナイト	緑泥石	セリサイト	パイロフィライト	石膏	アスポア	方解石	輝石	
8	AN73092215-1	元	同 閃緑岩 (先第三系) 中の脈状白色変質部	α-クレーン	モンモリロナイト	緑泥石	セリサイト	パイロフィライト	石膏	アスポア	方解石	輝石	
9	AN73092215-2	元	同 閃緑岩 (先第三系) 中の脈状白色変質部	α-クレーン	モンモリロナイト	緑泥石	セリサイト	パイロフィライト	石膏	アスポア	方解石	輝石	
10	AN73092215-3	元	同 閃緑岩 (先第三系) 中の脈状白色変質部	α-クレーン	モンモリロナイト	緑泥石	セリサイト	パイロフィライト	石膏	アスポア	方解石	輝石	
11	AN73092215-4	元	同 閃緑岩 (先第三系) 中の脈状白色変質部	α-クレーン	モンモリロナイト	緑泥石	セリサイト	パイロフィライト	石膏	アスポア	方解石	輝石	
12	AN73092309	元	同 閃緑岩 (先第三系) 中の脈状白色変質部	α-クレーン	モンモリロナイト	緑泥石	セリサイト	パイロフィライト	石膏	アスポア	方解石	輝石	
13	AN73092310	元	同 閃緑岩 (先第三系) 中の脈状白色変質部	α-クレーン	モンモリロナイト	緑泥石	セリサイト	パイロフィライト	石膏	アスポア	方解石	輝石	
14	AN73092357	新高湯温泉	同 閃緑岩 (先第三系) 中の脈状白色変質部	α-クレーン	モンモリロナイト	緑泥石	セリサイト	パイロフィライト	石膏	アスポア	方解石	輝石	
15	AN73102706	火	同 閃緑岩 (先第三系) 中の脈状白色変質部	α-クレーン	モンモリロナイト	緑泥石	セリサイト	パイロフィライト	石膏	アスポア	方解石	輝石	
16	AN73102707	火	同 閃緑岩 (先第三系) 中の脈状白色変質部	α-クレーン	モンモリロナイト	緑泥石	セリサイト	パイロフィライト	石膏	アスポア	方解石	輝石	
17	AN73092720	大平温泉	同 閃緑岩 (先第三系) 中の脈状白色変質部	α-クレーン	モンモリロナイト	緑泥石	セリサイト	パイロフィライト	石膏	アスポア	方解石	輝石	
18	AN73092727	滑川	同 閃緑岩 (先第三系) 中の脈状白色変質部	α-クレーン	モンモリロナイト	緑泥石	セリサイト	パイロフィライト	石膏	アスポア	方解石	輝石	
19	AN731011-B	滑川	同 閃緑岩 (先第三系) 中の脈状白色変質部	α-クレーン	モンモリロナイト	緑泥石	セリサイト	パイロフィライト	石膏	アスポア	方解石	輝石	
20	AN731011-C	滑川	同 閃緑岩 (先第三系) 中の脈状白色変質部	α-クレーン	モンモリロナイト	緑泥石	セリサイト	パイロフィライト	石膏	アスポア	方解石	輝石	

21	AN73101211	同	1 鈹	酸性溶結凝灰岩 (第三系) けい化部	A	D? C	A	B										
22	AN73101212	"	"	同上, 暗灰色粘土化部	A	A	A											
23	AN73101213	"	"	同上, 一部褐鉄鈹化したけい化部	A	A	D											
24	AN73101214	"	"	同上, 弱変質部	A	B												
25	AN73101661	人	沢	安山岩 (第四系) の白色粘土化部	A	C												
26	AN73101756	赤	滝	原岩未詳, 白色粘土化部	D	A												
27	AN73101912	赤	鈹	酸性凝灰岩 (第三系) の暗灰色粘土化部	D	BB	BA											
28	AN73101958	滝	沢	原岩未詳 (第四系) 源の白色粘土化部	C	B												
29	AN73101115	滑川鈹山第2鈹体		安山岩 (第四系) 溶岩の強い褐鉄鈹化部	D?	B	A											
30	AN73101116	"	"	同上, 褐鉄鈹化弱い部分														
31	AN73101117	"	"	同上, 未変質部	C													
32	AN73101606	姥	湯	原岩未詳, 白色粘土化部	A	BB												
33	AN73101609	"	"	酸性溶結凝灰岩 (第三系) 源のけい化岩	A	B												
34	AN73101610	"	"	原岩未詳, けい化岩	A	D?												
35	AN73101636	"	"	安山岩 (第四系) 中の緑灰色変質部	A	B												
36	AN73101706	"	"	酸性溶結凝灰岩 (第三系) 源けい質白色粘土化岩	A	D?												
37	AN73101712	"	"	酸性溶結凝灰岩 (第三系) 源けい質白色粘土化岩	A	B												
38	AN73101713	"	"	同上, けい化岩	A	BB												
39	AN73101715	"	"	同上, けい質白色粘土化岩	A	BB												
40	AN73101716	"	"	原岩未詳, 多孔質けい化岩	A	A												
41	AN73101700	"	"	酸性溶結凝灰岩 (第三系) 源けい化岩	A	D												
42	AN73101723	"	"	同上, 白色~灰緑色粘土化岩	A	D												
43	AN73101727	"	"	同上, 未変質岩	A	D												
44	AN73102509	"	"	安山岩 (第四系) 源白色粘土化岩	A	B												
45	AN73102510	"	"	酸性溶結凝灰岩 (第三系) 源白色粘土化岩	A	BB												
46	AN73102014	蟹	沢	原岩未詳, けい化岩	A	B												
47	AN73102071	"	"	安山岩 (第四系) 源白色粘土化岩	A	C												
48	AN73102169	生	沢	原岩未詳 (安山岩?), 白色粘土化岩	A	A												
49	AN73102906	板谷鈹山第1鈹体		火山泥流 (第四系) 基質の緑灰色変質部	A	D												
50	AN73102915	"	"	同上, 黄褐色および灰白色変質部	C	A												
51	AN73103010	蟹	沢	安山岩 (第四系) の青灰色粘土化部	A	C												
52	AN73103013	"	"	同上, けい化部	A	B												
53	AN73103106	"	"	同上, 灰色粘土化部	A	B												

おおよその量比: A—非常に多い; B—多い; C—少ない; D—非常に少ない; D?—存在の可能性はあるが未確認
 カリ長石が変質鈹物か残存鈹物かの判定は野外の産物の観察などから総合的に起こった。

化学分析試料
 (CA-6)
 同上 (CA-5)
 同上 (CA-4)

化学分析試料
 (CA-3)
 同上 (CA-2)
 同上 (CA-1)

の方向は E-W ないし NE-SW であるが、第四紀の地熱活動に直接の関連を有するものかどうかは不明である。

また、この区域周辺の各温泉泉源周辺には、いずれも白色変質帯の発達は認められなかった。

6.3.2 変質鉱物

西吾妻硫黄鉱床周辺の変質岩に含まれる変質鉱物の特徴は、姥湯付近と異なり、シリカ鉱物として、石英・ α -クリストバライト・ α -トリディマイト・オパール（出現頻度順）と多種にわたることである。また、採取した試料に関する限り、明ばん石の出現頻度は小さく、パイロフィライトは全く見出されなかった。

変質作用の進行に伴う鉱物組成の変化を、愛の沢一旧自動車道出会い付近に露出する安山岩溶岩 (AN 73092215-1~4) について検討した結果、弱変質部に含まれていた斜長石と輝石はすみやかに分解し、かわって明ばん石・黄鉄鉱が生じ、さらに変質が進むと、これらの鉱物も減少または消滅して、最終的には α -クリストバライト・石英などのシリカ鉱物のみを主とするけい化岩へと変化することが確かめられた。

なお、天元台周辺の、花崗閃緑岩または新第三系を原岩とする変質岩の鉱物組成は、石英・カリ長石・セリサイト・モンモリロナイト（および緑泥石）などよりなることが多い。また、大平・新高湯両温泉々源の変質部には石英・長石類のほか、比較的多量の緑泥石およびモンモリロナイトが見出された。

6.3.3 温泉沈殿物

この区域の温泉沈殿物としては、低品位の褐鉄鉱層（未採掘）がいくつか見られる以外は注目すべきものはない。これらの褐鉄鉱層は、岡田ら（1959）によれば、吾妻火山噴出物の安山岩溶岩と、それを覆う泥流堆積物の間に賦存する。その厚さは 0.5~12m で、粗鉱量は合計約 50 万トン（平均 Fe 量 26%）と推定されている（第 7 図、第 7 表、ANP 5）。

7. X線粉末回折による鉱物組成の決定

調査地域内で採取した 53 試料について、X線粉末回折により決定した鉱物組成を第 4 表に示す。測定条件は以下のとおりである。

使用機器：理学電機製ガイガーフレックス 2034 型

使用条件：CuK α (Ni フィルター)

30 kV, 15 mA; 1,000 cps—1 sec.; 1°—0.15 mm—1°; 2°・2 cm/分

試料の前処理：アルミホルダーにつめた半定方位試料として測定。エチレングリコール処理はその蒸気を 1 時間あてた。HCl 処理は 6 N のものの中で 1 時間処理した。

8. 変質岩の化学組成

調査地域内の姥湯温泉付近と滑川鉱山第 2 鉱体の 2 か所より、それぞれ 3 個ずつ、合計 6 個の試料について化学分析を行った（第 5 表）。また、みかけ比重をもとに各試料の単位容積当り化学成分量を計算し、変質作用に伴う化学成分の移動についても検討した（第 6 表）。

8.1 姥湯付近の溶結凝灰岩（板谷層）の化学組成

姥湯付近で採取した化学分析試料は板谷層の溶結凝灰岩で、変質程度の異なる 3 個の試料について、変質過程における新第三系凝灰岩類の化学組成の変化を知る目的で分析を行った。

試料は、肉眼的に未変質のもの (CA-1; AN 73101727)、弱い白色粘土化をこうむっているもの (CA-2; AN 73101723)、泉源付近でけい化をこうむったもの (CA-3; AN 73101700) の 3 個である。X線粉末回折によるこれらの試料の鉱物組成は第 4 表に示すとおりであるが、CA-3 には肉眼的に自然硫黄が散点する。

第5表 吾妻北部地域における化学分析結果

採取地点	姥 湯			滑川 鉾山第2 鉾体		
変質過程	第三系溶結凝灰岩の けい化・明ばん石化			第四系輝石安山岩の褐鉄鉾化		
分析番号	CA-1	CA-2	CA-3	CA-4	CA-5	CA-6
試料番号	AN73101727	AN73101723	AN73101700	AN73101117	AN73101116	AN73101115
	wt. %	wt. %	wt. %	wt. %	wt. %	wt. %
SiO ₂	76.72	77.32	68.88	55.84	55.79	18.42
TiO ₂	0.22	0.45	0.27	0.79	0.82	1.00
Al ₂ O ₃	13.43	12.47	10.15	15.98	16.42	1.61
Fe ₂ O ₃	1.39	1.27	1.44	2.28	1.72	62.60
FeO	0.25	0.36	0.25	5.55	5.69	1.08
MnO	0.02	0.01	0.00	0.14	0.14	0.03
MgO	0.16	0.27	0.08	4.86	4.79	0.07
CaO	0.10	0.00	0.10	7.84	7.75	0.00
Na ₂ O	1.76	0.32	0.71	3.61	3.72	0.28
K ₂ O	2.87	2.57	1.64	1.50	1.61	0.09
P ₂ O ₅	0.02	0.02	0.02	0.14	0.15	0.43
H ₂ O ⁺	2.28	2.32	(2.33)	0.02	0.02	10.19
H ₂ O ⁻	0.26	0.48	(1.48)	0.08	0.08	3.23
Total S	0.03	0.67	(2.91)	0.00	0.00	0.20
SO ₃	0.01	0.05	(7.14) ⁽¹⁾	0.00	0.00	0.01
CO ₂	0.00	0.02	(0.03)	0.00	0.00	0.11
Ig. loss	(2.86)	(3.63)	13.89	(0.11)	(0.10)	(14.02)
Total	99.52	98.60	97.43	98.63	98.70	99.35
真比重	2.66	2.73	2.70	2.85	2.78	3.45
みかけ比重	2.34	2.39	2.60	2.74	2.68	2.00
孔隙率 (%)	12.0	12.5	3.8	3.8	3.9	42.0

(分析および測定：三菱金属㈱分析センター)

() は Total の積算に加えなかったもの。

注(1) 直接の定量ができなかったので、Ig. loss 値から H₂O[±], Total S, CO₂ を差し引いて得られた計算値。

第6表 化学分析試料の単位容積当り化学成分量の変化

(mg/cc)

採取地点	姥 湯			滑川 鉾山第2 鉾体		
分析番号	CA-1	CA-2	CA-3	CA-4	CA-5	CA-6
SiO ₂	1795	1848	1791	1530	1495	368
TiO ₂	5	11	7	22	22	20
Al ₂ O ₃	314	298	264	438	440	32
Fe ₂ O ₃	33	30	37	62	46	1252
FeO	6	9	7	152	152	22
MnO	0	0	0	4	4	1
MgO	4	6	2	133	128	1
CaO	2	0	3	215	208	0
Na ₂ O	41	8	18	99	100	6
K ₂ O	67	61	43	41	43	2
P ₂ O ₅	0	0	1	4	4	9
H ₂ O ⁺	53	55	61	1	1	204
H ₂ O ⁻	6	11	38	2	2	65
Total S	1	16	76	0	0	4
SO ₃	0	1	186	0	0	0
CO ₂	0	0	1	0	0	2

単位容積当り化学成分量は第6表に示すとおりである。みかけ比重測定の見誤差は変質岩の場合是一般に大きいので、この場合、大よその傾向を知ることしかできないが、以下のことを知ることができる。すなわち、変質作用の進行とともに増加するものは、Total Sulfur・ H_2O +, そして、定量には成功しなかったが、おそらくは SO_3 などであり、逆に減少するものは、 Na_2O ・ K_2O ・ Al_2O_3 ・ H_2O -などである。また、とくに注目されることはFeOおよび Fe_2O_3 がともにほとんど変化を示さないことで、褐鉄鉱の生成に新第三系の凝灰岩類がほとんど寄与しないことを示唆していると考えられる。

8.2 滑川鉱山第2鉱体の安山岩溶岩

化学分析を行った第2のグループは標記のもの3個で、安山岩が褐鉄鉱に交代される過程での化学組成の変化を知る目的で行われたものである。

試料は同一の安山岩礫から採取した。礫の中心部の肉眼的には未変質の部分(CA-4; AN 73101117)、その外側の弱い褐鉄鉱染をこうむっている部分(CA-5; AN 73101116)、最外縁部の著しく褐鉄鉱化されて原岩の組織がわずかに肉眼で識別されるのみのもの(CA-6; AN 73101115)、の3個である。

鉱物組成は第4表に示すとおりで、原岩中の輝石および斜長石は最終的には針鉄鉱と α -クリストバライトに完全に交代されている。

化学成分の移動の傾向は第6表に示すとおりで、この褐鉄鉱化に伴って増加するものは Fe_2O_3 ・ H_2O ± P_2O_5 で、逆に減少するものは SiO_2 ・ Al_2O_3 ・FeO・CaO・ Na_2O ・ K_2O など多数にのぼっている。なお、このような中で TiO_2 がほとんど増減を示さないことは注目される。

9. 変質帯・温泉沈殿物と第四系の関係

調査地域内のいくつかの模式地における第四系層序は第3図として示してあるが、今回の調査で明らかにされた白色変質帯の層序の分布範囲を同図に付記する。

9.1 蟹ヶ沢区域

蟹ヶ沢流域における変質帯と第四系の関係は板谷カオオン採掘場周辺で最も明瞭に観察できる。すなわち、富樫(1977)に総括されているように、この区域ではセリサイト化を特徴とする中新世後期の変質作用をこうむった板谷層が広く分布する。そして、これを覆う安山岩質の吾妻火山噴出物は洪積世末期(約30,000~25,000年前)にカオリン化を主とする激しい地熱変質をこうむっている(例:板谷カオリン鉱床第2鉱体)。以上2つの岩層を覆う泥流堆積物(約25,000~28,000年前)は広汎に緑色粘土(モンモロロナイト)化をこうむっているが、その一部を交代して、その後も局所的な地熱変質帯が形成された(例:板谷カオリン鉱床第1鉱体北西部および“崩壊地”)。この変質帯は現在の地表部付近で上抜がりに抜がる断面を示すことなどから、その形成時期は比較的新しいものと推定される。上記の泥流堆積物の上位に褐鉄鉱層が認められ、それをさらに覆ってシルト層が分布する。このシルト岩中の炭化木片の ^{14}C 年代は約12,000年前の沖積世初期の年代を示すが、上記の局所的な地熱変質との関連は不明である。なお、当区域南部では、白色変質帯は新鮮な新期吾妻火山岩類に覆われている。

9.2 姥湯一滑川鉱山区域

姥湯付近に産する板谷層起源のセリサイト化岩も、蟹ヶ沢流域と同様に新第三紀の変質作用の産物である可能性がある。しかし、現在もなお活発な温泉作用により、この板谷層も、それを覆う第四系の安山岩類も、ともに激しい変質をこうむっていることはすでに述べたとおりである。この安山岩溶岩は0.34 m. y. のフィッシュン・トラック年代を示した(第3表)。姥湯南方では、蟹ヶ沢区域と同様に、白色変質帯は新期の安山岩類に覆われているので、この安山岩類の噴出以前に形成された変質帯の部分も存在すると考えられる。

この区域で最も注目されるのは膨大な量の温泉沈殿物としての滑川褐鉄鉱層の生成年代であるが、褐鉄鉱層中に挟在する安山岩溶岩のフィッシュン・トラック測年は成功しなかった。

9.3 西吾妻区域

先第三系の花崗岩類および新第三系の火砕岩類などの中に見られる石英脈の礫は第四系基底部に含まれることがある。一方、第四系中にはこのように石英脈を伴う変質帯は認められないことから、このタイプの変質作用は第四系の堆積前には終了していたものと考えられる。

火の沢付近では¹⁴C法により約28,000年前と測年された湖沼堆積物の上位の泥流堆積物および湖沼堆積物は、それ自体は変質をこうむらないが、逆に多数の変質岩の礫を含む。一方、明道沢に露出する未変質の湖沼堆積物(¹⁴C測年では約18,000年前に堆積)中には安山岩源と考えられる変質岩礫多数が含まれており、その堆積前に活動した一連の変質作用がその堆積時には終えんとしていたことを示す。

また、上述の泥流堆積物の上位に見られる火山角礫岩は火の沢では未変質であるが、明道沢および愛の沢では強度のけい化および白色粘土化をこうむっている。

これらの変質帯は新期の安山岩溶岩に広く厚く覆われている。

愛の沢下流と明道沢上流に分布する褐鉄鉱層は安山岩質凝灰角礫岩および同溶岩を覆って堆積し、岡田ら(1959)によれば新期の安山岩類に覆われている。

10. 変質帯と褐鉄鉱層の形成時期

以上に述べた変質帯および褐鉄鉱層の形成時期を第四系層序との関係から推定すると次のようになる。

吾妻火山噴出物を原岩とする第四紀の変質作用は多くの区域で2度以上にわたって行われたことが確認された(第3図)

調査地域東部の蟹ヶ沢区域では洪積世末期の火山泥流の堆積以前にかなり広範囲の変質帯の形成があり、泥流の堆積後も若干「余熱」を保っていた可能性がある。その後は局所的な小変質帯が断続的に最近まで続いていたようである。洪積世末期から沖積世初期へかけては褐鉄鉱層が形成された。

姥湯では現在もお活発な温泉湧出を伴う地熱活動が続いており、泉源周辺の変質帯も現在みられるものと一連の地熱活動の産物であろう。この活動がいつから続いているかについては確認されなかった。

滑川鉱山の大規模な褐鉄鉱層の下位の岩層には変質作用がおよんでいるが、これを覆う安山岩溶岩には変質作用はおよんでいない。ここでは主要な変質作用は褐鉄鉱層の形成時にはほぼ終えんしていたものと考えられる。

調査地域西部の西吾妻区域に分布する変質帯の大部分は、おそらく西吾妻硫黄鉱床が形成された際の産物と考えられる。洪積世最末期(約18,000年前)に堆積した地層はこの変質作用をこうむっていない。したがって、褐鉄鉱層堆積時には、この変質作用は終えんしていたものと考えられる。なお、この変質作用以前にも、洪積世末期(約28,000年前)の火山泥流の堆積時にはすでに終えんしていた別の変質作用の存在も考えられる。

以上を概括すると、調査地域全体にわたっては、洪積世末期の火山泥流の堆積前に広汎な変質帯の形成があったと推定され、その後は局所的に地熱変質帯が形成されるにとどまっているといえる。ただし、西吾妻区域では洪積世最末期にかけて西吾妻硫黄鉱床の生成とそれに伴う変質帯の形成があったものと考えられ、さらに姥湯周辺でも、現在なお活発な温泉活動が続いている。また、褐鉄鉱層は一般に変質をこうむった岩層の上限を示すものようである。また、姥湯周辺を除くすべての主要な変質帯の形成は、現在の吾妻火山の山頂部を構成する新期安山岩類が噴出した時にはすでに終えんしていたものと考えられる。

第7表 姥湯地熱地域変質帯・温泉沈殿物一覧表

No.	名	称	面積 (km ²)	母岩とその年代	関連火山	珪 化 帯	鉱 物				地熱微候およびそ の最高温度	
							シリカ鉱物	粘土鉱物	硫酸塩鉱物	酸化・硫酸 化 鉱物		その他
ANA 1	東	吾 妻	11.14	安山岩, 更新世 凝灰岩, 新第三紀	吾 妻	有	Q, Cr, Tr	Mt, K, Ser Pyro, Dc, Nc	Al, Gyp	Pr, Lim	Ca, Dp	64°C ¹⁾
ANA 2	西	吾 妻	0.16	安山岩, 更新世 凝灰岩, 新第三紀	吾 妻	有	Q, Cr, Tr	Mt, Ser, K		Pr		61.0°C ¹⁾
ANA 3	そ の 他	1	0.01	凝灰岩, 新第三紀	吾 妻	有						無
ANA 4	そ の 他	2	0.01	"	吾 妻	有						無
ANP 1	滑川	鉱山 1			吾 妻	無				Lim		無
ANP 2	滑川	鉱山 2			吾 妻	無				Lim		無
ANP 3	姥	湯			吾 妻	有				Lim	S	64°C ¹⁾
ANP 4	赤	滝 鉱山			吾 妻	無				Lim		無
ANP 5	西	吾 妻 鉱山			吾 妻	有				Lim	S	無
ANP 6	蟹	ヶ 沢			吾 妻	無				Lim		無
	合	計	11.32									

鉱物略号: Al 明ばん石; Ca 方解石; Cr α-クリストバライト; Dc デイツカイト; Dp ダイアスポア; Gyp 石膏; K カオリナイト; Lim 褐鉄
 鉱; Mt モンモロロナイト; Nc ナクアライト; Pr 黄鉄鉱; Pyro ペイロフライイト; Q 石英; S 硫黄; Ser セリサイト.

1) 関岡 (1977) による.

11. 地 熱 徴 候

調査地域内で認められる主な地熱徴候は白布高温と姥湯における温泉活動である。

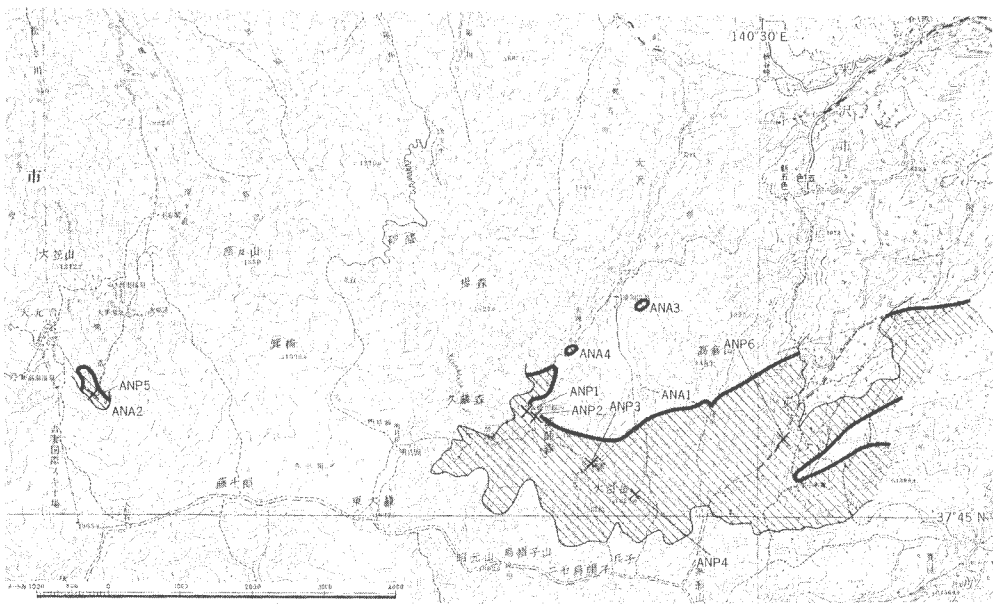
調査地域内の放熱量調査の結果は地熱調査所(1974b)および関岡(1977)に詳述されている。それによると、吾妻北部地区全体の放熱量値は 3.81×10^6 cal/sec. である。白布高湯(1~3号泉)の温泉湧出による放熱量は 2.15×10^6 cal/sec. で全体の56%を占め、調査地域内では最大の放熱量値を示す。一方、姥湯における温泉対流放熱量・伝導放熱量・表面放熱量の合計は 1.21×10^6 cal/sec. で、全体の約32%を占め、白布高湯に次いでおり、この2温泉周辺だけで全地域の88%の放熱量を示している。

このように、放熱量に関する限り、調査地域内では白布高湯周辺が最大の地熱徴候地であるが、すでに述べたようにその周辺では白色変質帯がほとんど認められず、著しい変質をこうむっている姥湯周辺とは好対照をなしている。

12. 結 論

今回の調査により、当調査地域における白色変質帯の分布は約 11.3 km^2 が確認された(第7図、第7表)。ただし、このうち、少なくとも調査地域東部の板谷カオリン鉱床付近では、第三系を原岩として中新世に形成された粘土化帯の部分も認められる。

第四紀における地熱変質帯の形成は、第四紀層序との対比から、一般には2度以上にわたって行われたと考えられる。すなわち、洪積世末期(約29,000~25,000年前)の火山泥流の広範囲にわたる堆積前に、調査地域全体にわたって広汎な変質帯の形成があり、その後は局所的な変質帯形成にとどまっているものと推定される。例えば、調査地域西部の西吾妻硫黄鉱床付近では、洪積世最末期(約18,000年前)以降にも地熱変質帯が形成され、また、上記の板谷カオリン鉱床周辺にも上述の火山泥流の堆積後に小規模な変質帯がいくつか形成されている。以上の変質帯のほとんどすべては、新期の安山岩類の噴出時(年代不明)には形成を終えていたものと推定される。



第7図 吾妻北部地域地熱変質帯分布図

調査地域内で現在も地熱変質帯が形成されている唯一の例は姥湯付近で、顕著なけい化を主とする白色変質帯が活発な温泉活動の産物として生成しつつあるのが観察される。

当地域の地熱変質帯における一般的な鉱物組成は、石英・ α -クリストバライト・オパールなどのシリカ鉱物、明ばん石、カオリナイトなどよりなるものである。しかし、姥湯周辺の変質帯のみは例外的で、石英以外のシリカ鉱物は認められず、また、粘土鉱物としてパイロフィライト（単斜）が多産した。

変質に伴う化学組成の変化については、姥湯付近の第三紀溶結凝灰岩（板谷層）と、滑川鉱山第2鉱体の第四紀安山岩礫とについて検討した。前者では変質過程でFeOおよびFe₂O₃の溶脱が顕著には認められなかった。このことから、第三系の凝灰岩類が褐鉄鉱層の形成にあまり寄与しなかったことが示唆される。後者の場合には、安山岩が褐鉄鉱にほぼ完全に交代される環境においても、TiO₂はほとんど移動しないことが確認された。

地熱徴候として放熱量値が調査地域内で最大の場所は白布高湯で、次いで姥湯であるが、前者には白色変質帯の発達がほとんど認められず、後者と対照的である。これは両者の泉質、とくにpH値の大きな差異（白布高湯6.8~7.2；姥湯2.3~2.4；比留川ほか、1977）によるものと考えられる。

文 献

- 地質調査所（1974a） 吾妻北部地域変質帯調査報告。昭和48年度全国地熱基礎調査報告書，no. 3，吾妻北部，p. 30-99。
- （1974b） 吾妻北部地域放熱量調査報告。昭和48年度全国地熱基礎調査報告書，no. 3，吾妻北部，p. 1-28。
- 広川 治（1948） 吾妻火山群北東周辺の褐鉄鉱床に伴う鉄明ばん石および黄土について。商工省地下資源調査所速報，no. 51，p. 1-19。
- 比留川貴・安藤直行・角 清愛（1977） 日本の主要地熱地域の熱水の化学組成。地調報告，no. 257，934p。
- 本多朔郎・三浦 徹・大平芳義・玉の井正俊（1964） 山形県米沢市高倉山のカオリン粘土。東北の工業用鉱物資源，第4輯，p. 87-95。
- MUKAIYAMA, H. (1954) Structural control and rock alteration at the Nishiazuma Mine, Yamagata Prefecture, Japan. *Jour. Fac. Sci., Univ. Tokyo, Sec. 2*, vol. 9, p. 271-286。
- (1959) Genesis of sulphur deposits in Japan. *Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo, Sec. 2*, vol. 11, p. 1-148。
- 村井貞允（1970） 山形県板谷ジークライト鉱山付近の地質。岩手大学工学部研究報告，vol. 22，p. 1-10。
- 岡田広吉・加藤清一・広島正五・清水貞雄（1959） 西吾妻周辺褐鉄鉱床調査報告。未利用鉄資源調査，第6輯，p. 126-131。
- 岡野武雄（1960） 滑川鉱山褐鉄鉱床調査報告。未利用鉄資源調査，第8輯，p. 127-130。
- 関岡 満（1977） 吾妻北部地域放熱量調査報告。地調月報，vol. 28，p. 21-31。
- 椎川 誠（1958） 山形県滑川鉱山の滑鉄鉱床について。鉱山地質，vol. 8，p. 12-17。
- 田宮良一・神保 恵・北 卓治・本田康夫・加藤 啓・佐藤康次郎・鈴木雅弘・高橋静夫・山田国洋・渡辺則道（1970） 5万分の1地質図幅「吾妻山・福島」および説明書。山形県，44 p。
- 富樫幸雄（1969） 山形県板谷カオリン鉱床産炭化木片の¹⁴C年代。鉱山地質，vol. 19，p. 256-259（誤172-175）。
- TOGASHI, Y. (1976) Clay deposit and hydrothermal alteration of the Itaya Kaolin Mine, Yamagata Prefecture, Japan. *Geology of the Seto, Shokozan and Itaya Kaolin Deposits—A Guide to the Field Investigation of the 7th Symposium on Genesis of Kaolin, Tokyo*, p. 16-31。

- 富樫幸雄 (1977) 山形県板谷カオリン鉱床第1鉱体における熱水変質作用の重複. 鉱山地質, vol. 27, p. 263-276.
- ・藤井紀之 (1972) 山形県板谷カオリン鉱床の研究—第1報, 第2鉱体の地質と変質作用—. 地調月報, vol. 23, p. 595-612.

Geothermal Rock Alteration at Ubayu Hot Springs and its Vicinity, Yamagata Prefecture, Japan

Yukio TOGASHI, Yasuhiro KUBOTA, Eizo YAMADA
and Susumu NISHIMURA

Abstract

White geothermal alteration areas composed of silicified and argillized zones, are estimated to crop out occupying an area of about 11 km² in northern Azuma district, Yamagata Prefecture, as one of the results of the Geothermal Basic Survey performed by the Geological Survey of Japan in 1973. The alteration areas, whose original rocks are composed of pre-Quaternary rocks, are thought to have partly resulted from pre-Quaternary argillizations, which have no significant relationship to the Quaternary geothermal activity.

Formation of the geothermal alteration areas in Quaternary times occurred more than twice in the volcanic mud flow deposits in latest Pleistocene time (about 25,000 to 29,000 years B.P.). After that, hydrothermal activity diverged to some local occurrences. The Quaternary geothermal activity produced such major economic mineral deposits as kaolin (Itaya Mine), limonite (Namekawa Mine), and native sulfur (Nishi-Azuma Mine).

The geothermal alteration area is now being formed only around Ubayu Hot Springs. Its thermal water shows strong acidity (pH = 2.3 to 2.4) and contains much more metal cations and H₂S than any other hot springs in the surveyed district.

The geology of the Ubayu geothermal area is composed of Miocene acid welded tuffs (Itaya Formation) and its overlying Quaternary andesitic rocks (Azuma Volcanic Rocks). The latter shows the fission track age of 0.34 million years. These rocks are intensely silicified and argillized. The silicified zone has a dike-like shape of 20 to 40 m in width and extends in a NWW-SEE or NNW-SSE direction. Almost all of the present hot-water discharge and native sulfur impregnation are limited within the silicified parts.

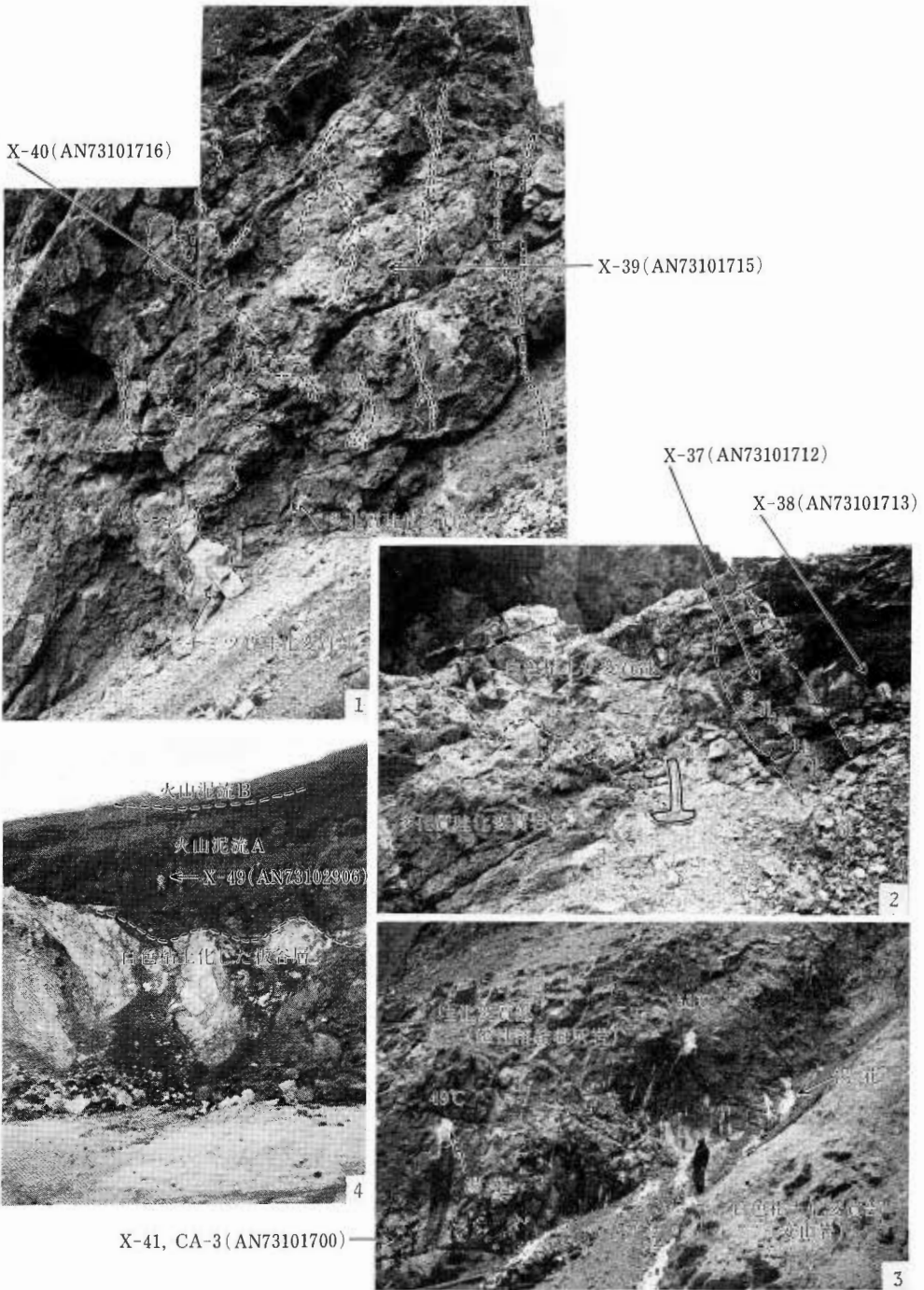
Mineral assemblages of the altered rocks from the Ubayu geothermal area show some characteristics, that is, no silica mineral other than quartz was found in the collected samples by means of X-ray powder diffraction method, and pyrophyllite (monoclinic) is the most abundant clay mineral in and around the area.

The results of the heat discharge survey for northern Azuma district indicate that Shirabu-Takayu Hot Springs (pH = 6.8 to 7.2), which is situated at the westernmost of the surveyed district, discharges about 56% of the total heat discharge of the surveyed area, and the Ubayu area is the second (32% of the total). But the former is not accompanied by any significant area of alteration. This is considered to depend mainly on many differences in chemical compositions of thermal waters, especially in pH, between the two areas.

(受付: 1977年12月1日; 受理: 1977年12月6日)

図版説明

- 図版27-1 姥湯付近の多孔質けい化帯。図版27-2の付近。多孔質けい化岩中に不規則細脈状の灰白色緻密けい化部が発達する。
- 図版27-2 姥湯付近前川左岸の変質帯。右下から中央上方へのびるのが岩脈状の多孔質けい化帯。その周囲は白色粘土化帯で、左下部にも多孔質けい化帯が見られる。
- 図版27-3 姥湯源泉（利用泉）。湯花が各所に見られる。温泉の湧出している部分は板谷層（第三系）の溶結凝灰岩。右手前は安山岩（第四系）。泉温は人物の上方の泉源が53°C。
- 図版27-4 板谷カオリン鉱床第1鉱体採掘場南壁。下部の白色部はセリサイト化した酸性凝灰岩（板谷層）。上部の暗色部はモンモリロナイト化した泥流堆積物（第四系）。両者の境界は完全に不連続である。
- 図版28-1 滑川鉱山第1鉱体全景。下部より、褐鉄鉱層—安山岩—褐鉄鉱層—安山岩溶岩の順に重なっている。この鉱体は約20万トンの褐鉄鉱（Fe 50～56%）を出鉱したが現在は採掘休止中。
- 図版28-2 西吾妻鉱山付近・愛の沢—旧自動車道出合い付近での安山岩溶岩の変質。熱水溶液の通路が各種の変質鉱物に交代されている。

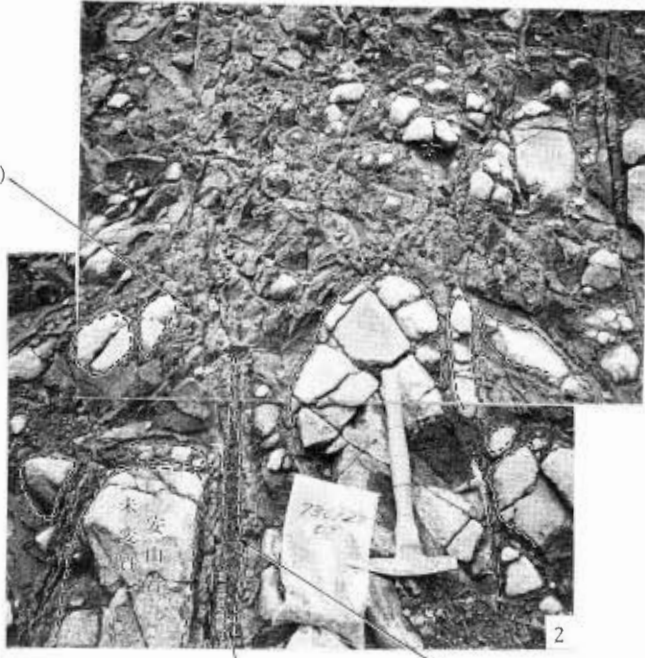


FT(AN7310207)

FT(AN73102600)



X-6(AN73092208)



帶灰綠色軟質粘土化部

X-7(AN73092209)

551.23 : 551.25(521.16)

福島市野地地熱地域の第四系層序と熱水変質帯*1

富樫幸雄*2・佐藤 浩*3・鷹嵩守彦*3・千葉義明*3・西村 進*4・鈴木敬治*5

1. ま え が き

野地地熱地域変質帯調査は全国地熱基礎調査の一環として、地熱変質帯の調査によって調査地域における地熱資源の探査ならびに評価に資するために計画されたもので、昭和49年度に行われた。

調査地域は福島市東南方約14 km に位置する土湯温泉を中心とした荒川流域と、同市東方約13 km に位置する高湯温泉を中心とする須川流域で、面積の合計約35 km²の地域である(第1図)。荒川流域は吾妻火山群と安達太良火山群のほぼ境界部に相当し、須川流域は吾妻火山群東端の活火山一切経山の東側斜面に位置している。調査地域内には上述の土湯・高湯両温泉の他に、鳩花・野地・幕川・新幕川・鷲倉(以上荒川流域)、微温湯(須川流域)など数多くの温泉が分布する他、野地温泉付近の地獄谷には広大な変質帯が露出している。また火山活動起源の鉱床としては信夫硫黄鉱床と高湯褐鉄鉱床群(ともに須川流域)が知られているが、現在とともに採掘済みである。

地熱探査としては、本地域はすでに昭和43~44年に福島温泉開発隊によって試みがなされている。すなわち、荒川流域の鳩花温泉付近および野地温泉付近(地獄谷)の2ヶ所におけるボーリング孔から蒸気の噴出が得られ、とくに後者からは現在もおお高温の蒸気の噴出が続いている。

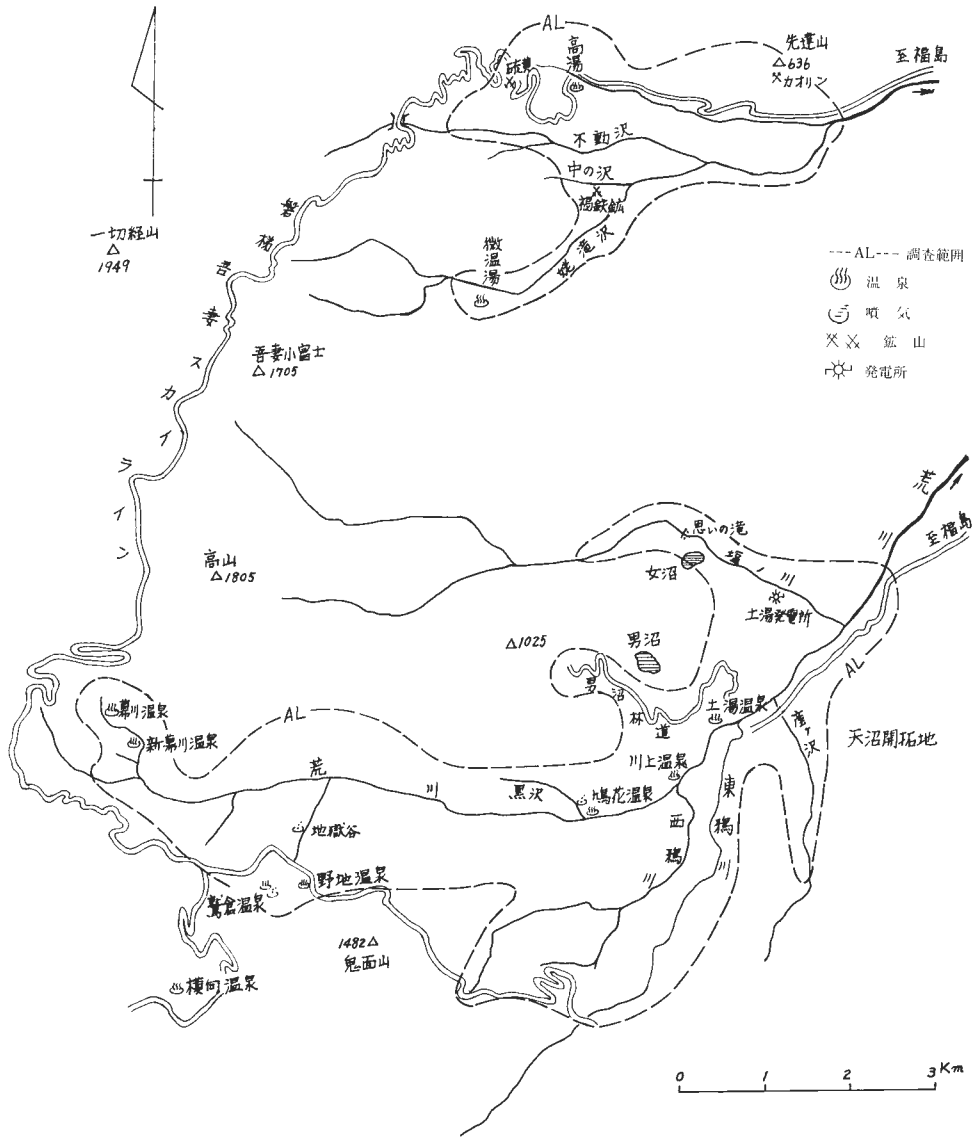
謝 辞 予察調査に際しては、福島温泉開発隊渡辺嘉一氏に現地案内の労をとっていただくとともに、福島県立安達高校教諭吉田義氏には第四系の層序について貴重な助言をいただいた。また、本調査に際しては、日本重化学工業の中村久由、藤井幸夫、出口俊光、猿舘正大の各氏の協力をいただいた。調査地域の1万分の1地形図は東北地方建設局福島工事事務所から提供していただいた。¹⁴C 測年は学習院大学の木越邦彦教授にお願いした。以上の方々および機関に厚く御礼申し上げる。

2. 従 来 の 調 査

吾妻火山群の周辺には多数の褐鉄鉱、鉄明ばん石および粘土鉱床の存在が知られ、古くから調査が行われた。広川(1948)、南部ほか(1958, 1959)はこれらの鉱床について、分布、産状、鉱量および鉱石の品位等を明らかにした。その後、中村ほか(1965)の地質調査所温泉グループは土湯温泉付近の地質構造、温泉水、放熱量等の調査を行い、当地域の地質構造と温泉活動との関係および熱的状态を明らかにした。また、同年福島県企画開発部は北村ほか(1965)による猪苗代湖東部地方の地質図幅を発行し、これにより本調査地域周辺の地質層序および地質構造が明らかになった。温泉の地球化学的研究については小山・千葉(1970)、小山ほか(1971)、千葉・草野(1972)の報告があり、高湯温泉のヒ素・マンガンの挙動および主成分元素の起源について考察している。鈴木・吉田(1972)は現在の盆地の形成に直接かかわる地殻の運動が、何時頃どのようにして開始され、どのように続いて現在に至っているかを焦点において考察している。

*1 地質調査所報告, no. 259, 1978.

*2 鉱床部 *3 日本重化学工業(株) *4 京大教養部 *5 福島大学教育学部



第1図 野地地熱地域概略図

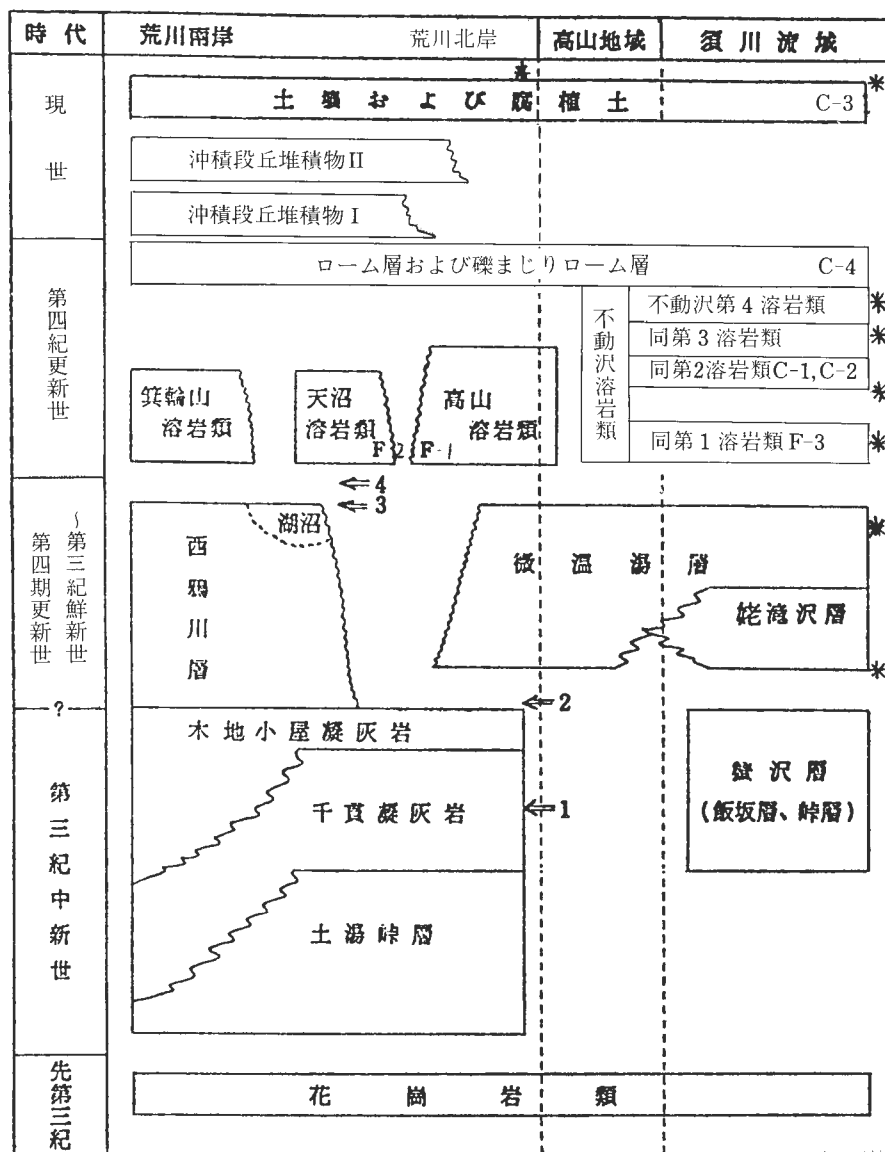
3. 地 質

変質帯の分布，露頭記載，温泉沈殿物調査，第四系地質柱状図作成および種々の試料採取は10,000分の1地形図と1,000分の1ルートマップを用いて行った。

3.1 概 説

本地域は南方，西方および北方を安達太良，吾妻の新期火山群によって囲まれた地域である。その周辺には基盤の花崗閃緑岩が露出している。第三系については花崗閃緑岩の分布，周囲の地質構造，地層

第1表 福島市荒川および須川流域の地質総括表



<番号, 記号の説明>

4; 碎屑岩脈形成

* 褐鉄鉄層のある部分

3; 安山岩岩床形成

C; ¹⁴C 測年用試料採集個所

2; 玢岩ないし閃緑岩貫入

F; フィッション・トラック測年用試料採集個所

1; 流紋岩および石英安山岩貫入(?)

なお, 第三紀中新世の地層については北村ほか(1956)からの引用による。

の発達状態などから, 秋元湖東部を中心とする堆積盆と, 松川~板谷の堆積盆が推定される。北村ほか(1965)によれば荒川沿岸には板状層理のよく発達した黒色頁岩および黒灰色シルト岩からなる土湯峠層, 淡緑灰色~淡緑色凝灰岩を主とした千貫凝灰岩, 石英安山岩質の灰色~淡緑色塊状凝灰岩を主とする木地小屋凝灰岩が分布し, 須川沿岸においては淡緑色凝灰岩, 軽石質凝灰岩, 角礫凝灰岩および黒色砂質頁岩からなる蟹沢層が分布する。そして, これらの第三系をつらぬいて, 玢岩ないし閃緑岩の貫入

がひんばんにみられる。第四系は第三系の堆積盆のちがいをよく反映し、荒川南岸、荒川北岸、須川流域では各々異なった層序を示す。これらの流域の第四系の対比の結果は第2図に示し、本地域の地質層序の総括は第1表に示す。なお、地層命名については公式の命名規約にはのっとっていない。

3.2 第四系

3.2.1 西鴉川層

西鴉川中流を模式地とし西鴉川中流～上流、東鴉川上流および荒川林道にかけて、広く分布するが、荒川南岸以外にはみられない。西鴉川中流において、本層と木地小屋凝灰岩との境が、滝を作る急崖でみられる。本層は安達太良火山群の基底をなすと考えられ、玄武岩質安山岩溶岩、同質凝灰岩、火山礫凝灰岩および火山角礫岩の互層よりなる。最上部には植物化石片をふくむ湖沼堆積物のシルト岩がみられる。本層は全般に緑泥石化作用を蒙り暗緑色を呈し、また温泉変質によりかなり強く粘土化している部分もあり、黄鉄鉱の鉱染も認められる。模式地において確認された厚さは50m程であるが、実際はそれ以上と推定される。

3.2.2 姥滝沢層

微温湯東方の通称姥滝沢を模式地として、中の沢、不動沢、須川にかけて分布する。層厚は現在の調査段階では不明である。本層は最下部に褐鉄鉱の薄層を伴い、軽石質火山泥流（軽石流？）、青灰色緻密質両輝石安山岩溶岩、軽石流およびシルト岩からなる。須川では安山岩溶岩は、一部本質火砕流堆積物となっている。

3.2.3 微温湯層

微温湯温泉にいたる道路沿いを模式地とし、姥滝沢、塩の川、土湯砕石場等に広く分布する。本層は本質火砕流堆積物の基質の少ない火山角礫岩を主体として構成されている。角礫は輝石と斜長石を多く含む安山岩からなり、基質の赤鉄鉱化が著しく赤茶けた外観を呈する。上部は一部炭質物を含む軽石質凝灰岩およびシルト岩からなり、須川では溶岩を挟む。姥滝沢では姥滝沢層の上に整合に重なるところが観察されるが全体的にみると両者は同時異相の関係にあると考えられる。

3.2.4 箕輪山溶岩類

西鴉川最上流の箕輪山北東斜面を模式地とし、^{きめん}鬼面山（1481.6m）の南方斜面から箕輪山（1718.5m）山麓にかけて分布する。暗灰色で輝石、斜長石の長柱状斑晶が観察される、やや多孔質の両輝石安山岩で、下部は同質のブロック状溶岩で構成される。

3.2.5 天沼溶岩類

土湯温泉街の東方に位置する天沼開拓付近の砕石場を模式地とし、調査地域東部の荒川南岸に分布する。模式地での層厚は約20mである。主として暗灰色で輝石、斜長石斑晶の著しい、やや多孔質の両輝石安山岩からなり、下部には板状節理が発達し、一部はブロック状溶岩となる。上部では火山砕屑物（泥流堆積物）から成る部分もあり、砕屑物は変質をうけている。砕石場では下位の微温湯層の上に不整合に重なるのが観察される。本層からはフィッシュン・トラック測年用試料 Fi-2 (TY 74091804) を採取した。この測年結果は0.81 m. y. 前であった（第3表）。

3.2.6 高山溶岩類

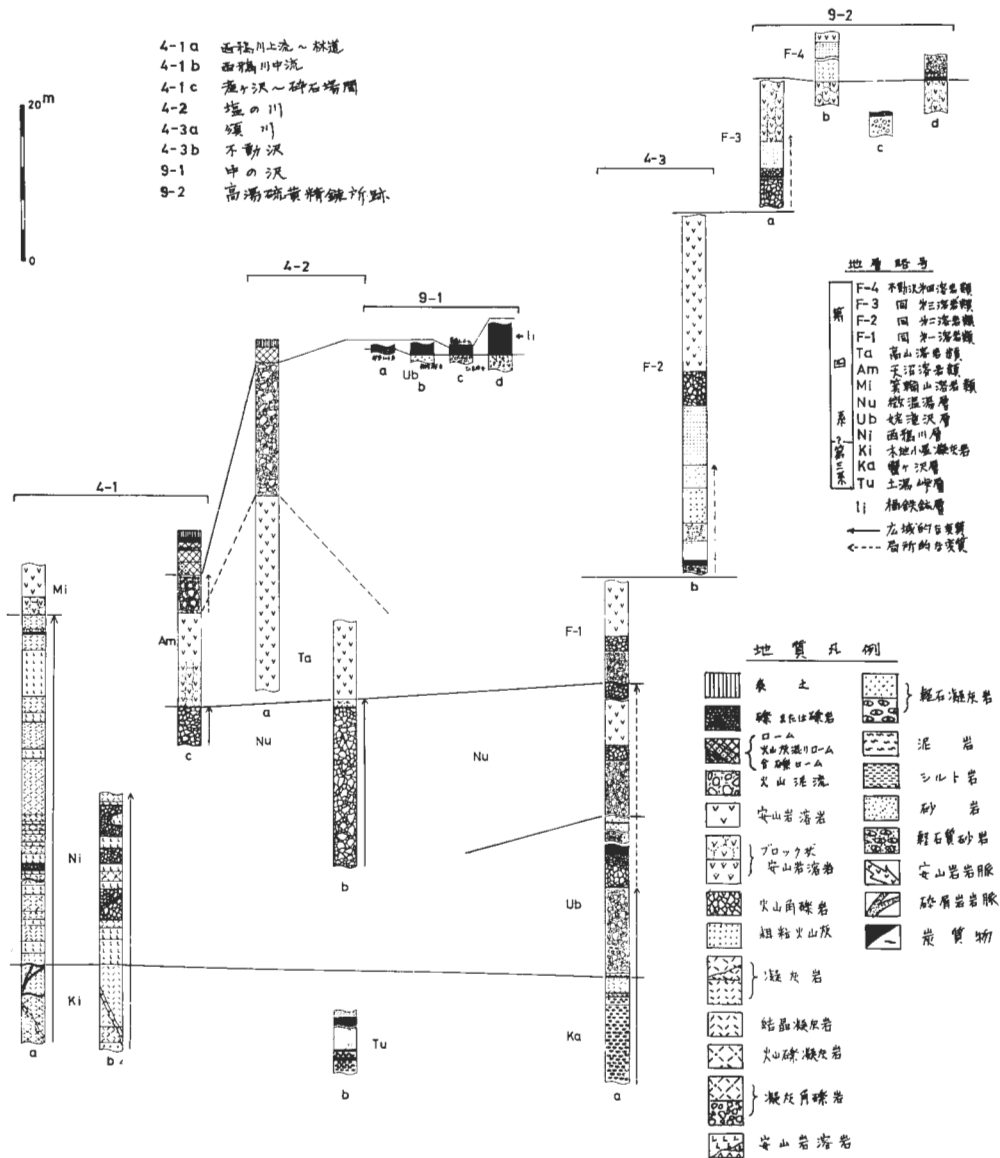
荒川北岸の塩の川を模式地とし、塩の川、男沼林道、女沼付近など荒川北岸に広く分布し、ゆるやかな斜面をつくっている。本層は攪上（1956）の高山第一溶岩に相当するもので、暗青灰色で多孔質の両輝石安山岩とその火山砕屑物からなる。塩の川下流では本層が微温湯層を不整合に覆い、微温湯層が広範囲の変質をうけている一方、本層は変質をうけていないのが観察される。塩の川における本層は約60mの層厚である。中流の通称思いの滝からはフィッシュン・トラック測年用試料 Fi-1 (TY 74091601) を採取した。この測年結果は0.82 m. y. 前であった（第3表）。

3.2.7 不動沢溶岩類

須川流域の不動沢を模式地とし、下位から第1～第4の溶岩流とその火山砕屑物からなり、不動沢および姥滝沢にかけて分布する。第1溶岩は攪上（1956）の中吾妻第一溶岩とされているもので、凝灰角

礫岩, 火山角礫岩, および斜長石が肉眼的に著しい両輝石安山岩溶岩からなる. 姥滝沢では広範囲に変質をうけた微温湯層を不整合に覆い, 第1溶岩は変質をうけていないのが観察される. 須川における第1溶岩からフィッシュン・トラック測年用試料 Fi-3 (TY 74092601) を採取した. その測年結果は0.81 m. y. であった (第3表).

第2・3・4溶岩は攪上 (1956) の前一切経第1・2溶岩に相当するもので, 不動沢や微温湯にかけて分布する. 第2溶岩は花月ホテル下の崖でよく観察され, 下部から火山泥流・軽石質凝灰岩, 凝灰角礫岩, 火山凝灰岩, 凝灰岩, 粗粒火山灰, 火山角礫岩および青灰色で斜長石, 輝石の顕著な両輝石安山岩溶岩などによって構成されている. 凝灰岩類は弱い変質をこうむり, 炭化木片を含む. これを ^{14}C 測年用試料 $^{14}\text{C}-1$ (TY 74101051) および $^{14}\text{C}-2$ (TY 74101153) として採取した. 測年結果は前者が25,870



第2図 第四系地質柱状対比図

±1,180年前を、後者が23,250±700年前を、それぞれ示した(第2表)。火山灰および火山角礫岩は酸化により赤茶けている。第3・4溶岩類は不動滝の上流に分布する。第3溶岩は火山角礫岩、凝灰岩およびブロック状溶岩からなり、信夫鉦山高湯硫黄精錬所跡および高湯温泉源泉付近に分布する。第4溶岩は軽石質凝灰岩、凝灰岩、火山灰および安山岩溶岩からなり軽石質凝灰岩には若干の炭質物が含まれ褐鉄鉦が沈積している。本層の層厚は現段階では不明であるが、模式地での厚さは第1溶岩は15m+, 第2溶岩は50m+, 第3溶岩は15m+である。第4溶岩については上限を確認していない。

当岩層はこの報文では野外名として一括して扱われているが、上述のフィッシュン・トラックおよび¹⁴C 測年結果から、第1溶岩と第2溶岩類の間には大きな時間間隙のあることが明らかになった。

3.2.8 ローム層および土壌

本地域全域にわたって、広く分布する安達太良山や吾妻火山起源のローム層および土壌で、下部より、礫まじりローム、ローム、黒色腐植土、砂質ロームおよび火山灰起源の腐植した土壌からなる。下部のロームは約1m、上部のロームは約60cmの厚さをもつ。上部のロームからは¹⁴C 測年用炭化木片¹⁴C-4 (AZS-7)を、また、黒色腐植土からは¹⁴C 測年用試料¹⁴C-3 (TY 74091501)をそれぞれ採取した。測年結果は前者が23,830±800年前、後者が6,990±150年前であった(第2表)。高湯平にいたる道路沿い、および土湯碎石場付近では、ローム層および土壌がそれぞれ下位の不動沢溶岩類、天沼溶岩類を覆っている所がよく観察される。

3.2.9 沖積段丘堆積物 I

荒川中流および上流部に分布し、1~2mの厚さをもち分級がよく細粒砂~大礫からなる段丘堆積物である。部分的に葉理が発達し、基質は褐鉄鉦により膠結されて固化している。礫は安山岩が多く、最上部には1~2cmの炭化腐植土をもつ。

3.2.10 沖積段丘堆積物 II

荒川流域や須川流域に全般的に分布する。荒川では沖積段丘 I を覆う。約2mの厚さをもち、変質した礫を多く含む各種の礫からなる。基質の砂は赤褐色で細礫~巨礫の角礫が多い。

3.2.11 安山岩岩床

西鴉川では西鴉川層に、石基が潜晶質で斑晶があまり顕著でない安山岩の薄い(5cm程)岩床が貫入しているのが認められる。

3.2.12 碎屑岩脈

本地域の特に荒川流域では第三系および第四系を貫く碎屑岩脈が頻繁に認められる。これらは荒川本流沿いでは凝灰角礫岩および上記の安山岩岩床をも貫くほか、西鴉川中流~上流でも西鴉川層の火山角礫岩に貫入している。本岩脈は一般に幅数cm~数十cmの小規模なものであるが、鳩花温泉上流約800m付近で約5mの幅を有するものも認められる。これら灰白色凝灰岩を基質とし、頁岩、安山岩、白色凝灰岩等の数cm~30cmの角礫を多含有する。角礫の種類は貫入をうけている層のすぐ下位の層準の岩質に支配されている。当地域全域の第四系柱状対比図を第2図に示す。

4. 放射年代測定

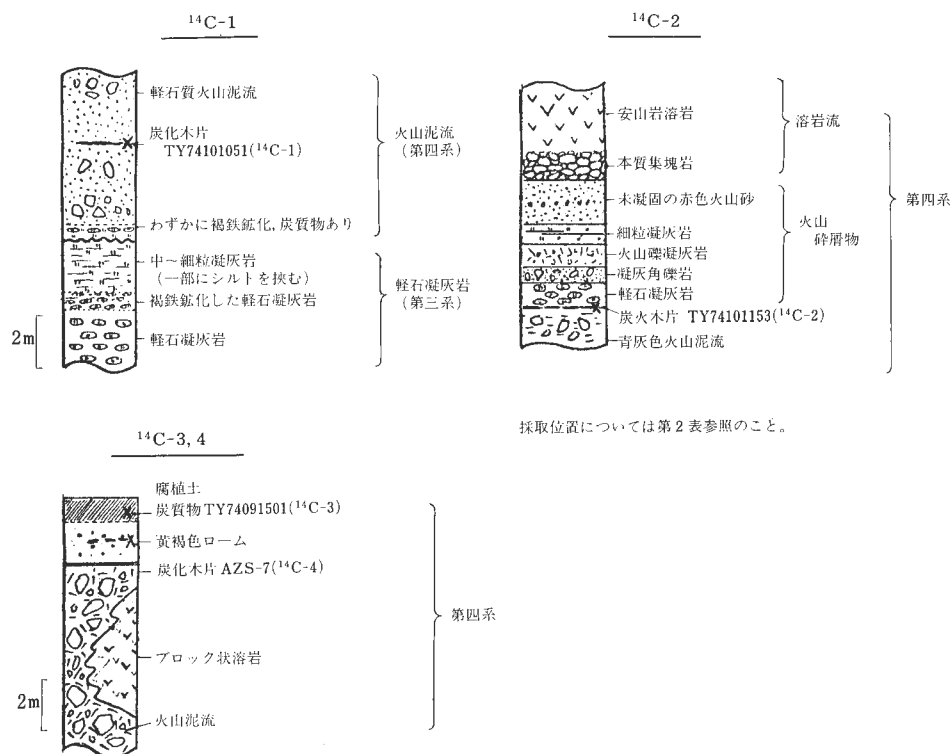
4.1 ¹⁴C 測年

4.1.1 試料採取

¹⁴C-1 (TY 74101051) 不動沢第2溶岩類下部の軽石質火山泥流に含まれる炭化木片で、須川流域において採取した。褐鉄鉦鉦床を直接覆っており、泥流の堆積時期および鉦床の形成時期の推定を目的とする。

¹⁴C-2 (TY 74101153) 不動沢第2溶岩類中の火山噴出物中に含まれる炭化木片で、不動沢において採取した。同層の堆積時期および局部的変質の始まる時期を推定する目的をもつ。

¹⁴C-3 (TY 74091501) 褐鉄鉦層およびローム層を覆う腐植土で、褐鉄鉦の生成ならびにローム層堆積時期を推定する目的をもつ。塩の川左岸の土湯発電所付近の道路沿いにおいて採取した。

第3図 ^{14}C 測年用試料採取地点模式柱状図第2表 野地地熱地域の ^{14}C 年代

No.	Sample No.	Code No.	Formation	Sample	Age (years before 1950)
^{14}C -1	T Y 74101051	GaK-5660	不動沢第2溶岩類	炭化木片	25,870 \pm 1,180
^{14}C -2	T Y 74101153	GaK-5661	不動沢第2溶岩類	炭化木片	23,250 \pm 700
^{14}C -3	T Y 74091501	GaK-5659	ローム層を覆う腐植土	炭質物	6,990 \pm 150
^{14}C -4	A Z S -7	GaK-5656	ローム層	炭化木片	23,830 \pm 800

(測定：学習院大学 木越邦彦)
年代の算出には ^{14}C の半減期として5,570年 (Libby の値) を用いてある。誤差は β 線計数値の標準偏差にもとづいて算出。

1：須川流域須川，37°44'46"N，140°19'21"E，1974年10月9日，鷹齋守彦採取。

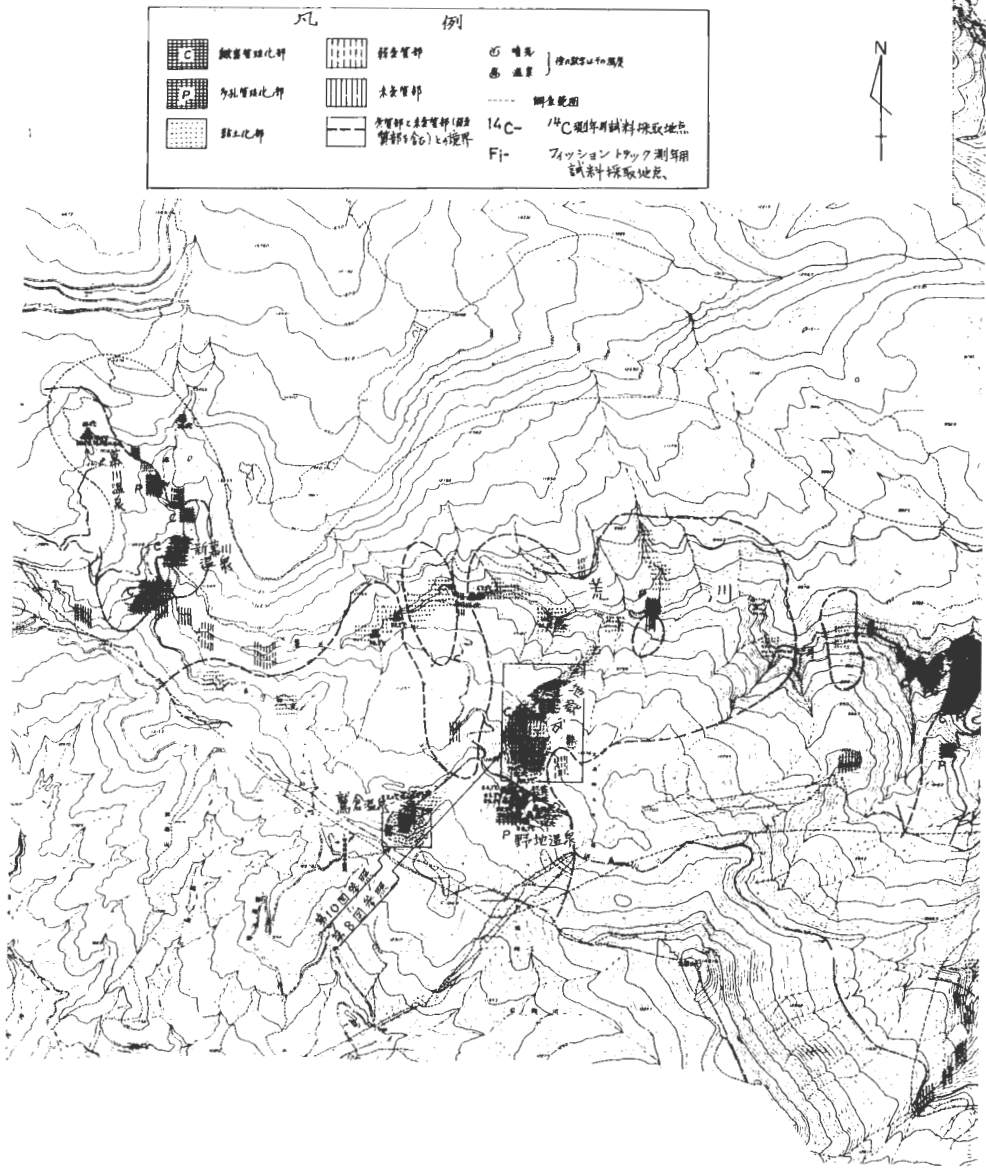
2：須川流域不動沢，37°44'39"N，140°18'9"E，1974年10月11日，鷹齋守彦採取。

3：荒川流域塩の川発電所付近の道路，37°41'47"N，140°20'6"E，1974年9月15日，鷹齋守彦採取。

4：荒川流域塩ノ川発電所付近，37°41'42"N，140°20'38"E，1974年6月23日，富樫幸雄採取。

^{14}C -4 (AZS-7) 塩の川発電所付近に分布する白色変質した凝灰質岩 (ローム層) 中に挟在する炭化木片。この凝灰岩の変質時期を知ることを目的とする。

以上4個の採取地点における模式柱状図は第3図に示した。また、以上の試料の層序的位置は第1表、第4表に示した。なお、以上4個のほか、西鴉川層中の炭質物と微温湯層中の炭質物を測定に供したが、ともに試料中の炭素濃度が小さすぎ、測定値を得られなかった。



第4図 荒川流域白色

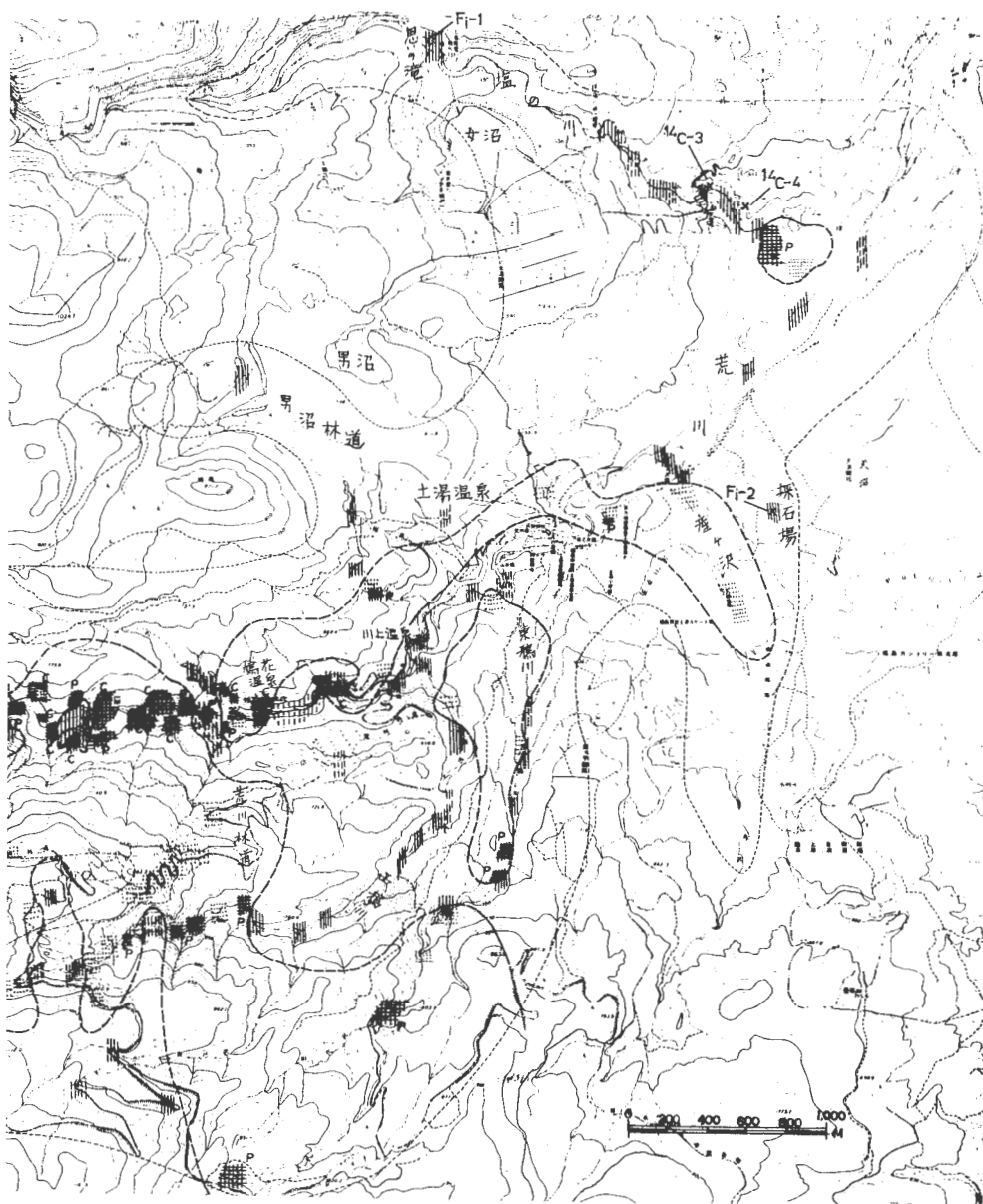
4.1.2 測年結果

得られた4つの測年結果を第2表に示す.

4.2 フィッション・トラック測年

4.2.1 試料採取

Fi-1 (TY 74091601) 第四紀の高山溶岩類中の溶岩流で撈上(1956)による高山第1溶岩である. 広域的な変質の終了時期の絶対年代を推定する目的をもつ, 塩の川流域の思いの滝より採取した. 岩質はやや多孔質で, 黒~暗灰色を呈し, 斜長石の斑晶が顕著な両輝石安山岩である(図版30-3).



変質帯分布図

Fi-2 (TY 74091804) 土湯東方の砕石場で良好に観察される天沼溶岩類中の溶岩流で、やや多孔質の暗灰色両輝石安山岩で輝石と斜長石の斑晶が顕著である。広域的な変質の終了および局所的な変質の始まりの絶対年代を推定する目的をもつ。上記の砕石場より採取した。

Fi-3 (TY 74092601) 不動沢第1溶岩類中の溶岩流で、攪上(1956)による中吾妻第1溶岩とされているものである。高湯の自動車道路沿いにて採取した。やや風化して黄褐色を呈し斜長石のめだつ両輝石安山岩である。広域的な変質は、この溶岩堆積前に完全に終わっており、この絶対年代の推定を目的とする。

第3表 野地地熱地域のフィッション・トラック測年結果

	Fi-1	Fi-2	Fi-3
試料番号	TY74091601	TY74091804	TY74092601
岩石名	輝石安山岩	輝石安山岩	輝石安山岩
地層名	高山溶岩	天沼溶岩	不動沢第1溶岩
採取地	塩の川・思いの滝	土湯東方採石場	高湯付近自動車道沿い
採取者	鷹齋守彦	鷹齋守彦	鷹齋守彦
自発核分裂片飛跡表面密度 (ρ_s) (cm ⁻²)	2.1×10^5	2.0×10^5	1.8×10^5
誘導核分裂片飛跡表面密度 (ρ_i) (cm ⁻²)	8.0×10^6	7.7×10^6	6.8×10^6
熱中性子束 (ϕ) (cm ⁻²)	0.51×10^{15}	0.51×10^{15}	0.50×10^{15}
フィッション・トラック年代 (m.y.)	0.82	0.81	0.81

²³⁸U の自発核分裂の壊変定数: $\lambda_f = 6.85 \times 10^{-17}(\text{y}^{-1})$ とする.

以上, 3 試料の層序的位置は第1表および第4表に示した. なお, 以上のほかに, 西鴉川層中の輝石安山岩溶岩をも測定に供したが成功しなかった.

4.2.2 測年結果

得られた3つのフィッション・トラック年代を第3表に示す.

5. 変質帯

指定された調査範囲において, 主要な河川, 支沢および空中写真予察によって見いだされた大部分の露頭について実際に未変質部と, 変質部を確認して10,000分の1変質帯分布図を作成した. また, 鳩花温泉付近荒川および黒沢の約2.5 km, 野地温泉地獄谷~荒川合流点間の約1.0 km, 鷺倉温泉付近の約0.5 km については1,000分の1ルートマップを作成して変質帯を精査し, 1,000分の1の変質帯分布図を作成した.

5.1 10,000分の1変質帯分布調査

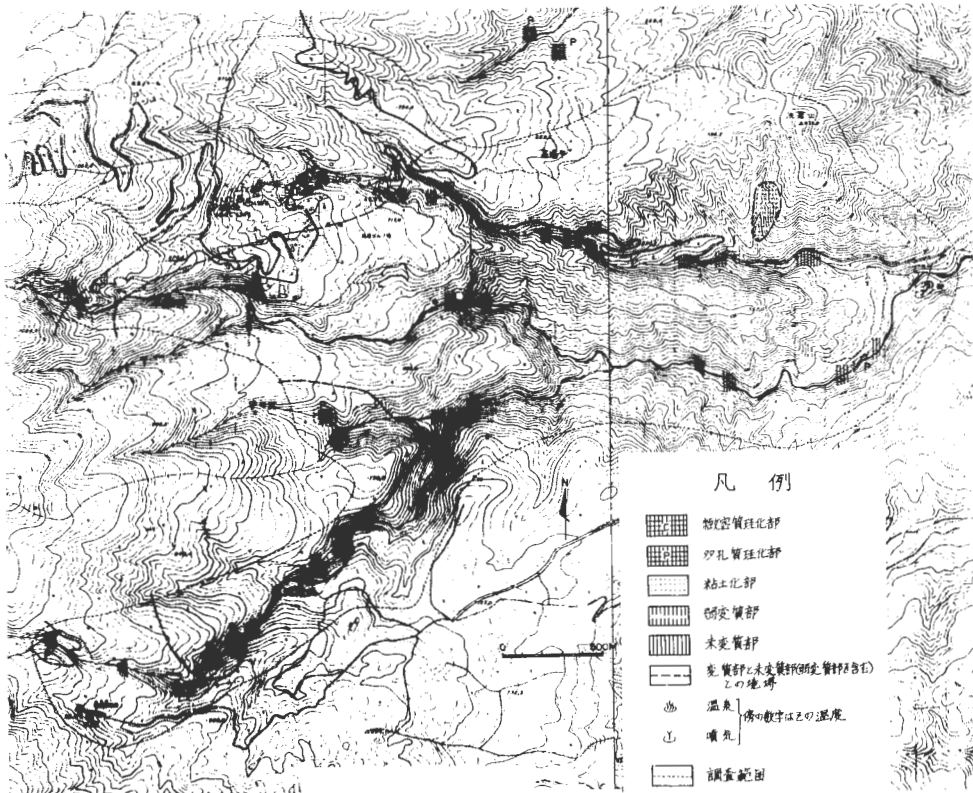
変質部と未変質部の境界が露出していない場合は, その中間に境界を設けて変質部を分帯した. さらに変質部を粘土化帯, 緻密珪化帯, 多孔質珪化帯に区分して変質帯分布図を作成した. なお, 弱変質部は未変質部に含めた. この結果, 本調査範囲内においては9つの変質地域が認められた. すなわち, ①幕川温泉変質地域, ②地獄谷-鷺倉温泉変質地域, ③荒川中流-荒川林道変質地域, ④土湯温泉変質地域, ⑤鴉川変質地域, ⑥塩の川下流変質地域 (以上, 荒川流域), ⑦姥滝沢変質地域, ⑧高湯温泉変質地域, ⑨先達山^{せんだつ}変質地域 (以上, 須川流域), である. 以下これらについて述べる.

5.1.1 荒川流域 (第4図)

① 幕川温泉変質地域は幕川温泉を中心とする珪化帯から成り, 中心が緻密質珪化, 周辺が多孔質珪化である. その変質部は0.5 km² の広さを持ち, 未変質部とは明確に区別される. また, 変質地域内の温泉は70~80°Cと高温である (AZS-1; 第13図, 第7表).

② 地獄谷-鷺倉温泉変質地域は地獄谷, 野地温泉および鷺倉温泉を中心とし, 荒川上流にかけて分布し, 調査範囲内での広さは4.0 km² におよぶ. 変質地域の中心部は珪化帯より成り, 噴気や高温 (60~90°C) の温泉が湧出している. その周辺は粘土化帯を形成し (図版29-1, 2), 湧出する温泉も30°C前後である (AZS-2; 第13図, 第7表).

③ 荒川中流-荒川林道変質地域は荒川中流を中心として荒川林道, 西鴉川中流~上流および東鴉川上流にかけて分布し, 調査範囲内での広さは3.8 km² である. 中心部は珪化帯が発達し多孔質, 緻密質のものが入り乱れて存在し, 未変質 (弱変質も含む) 部との境界は明確である. 未変質部は貫入岩である珩岩あるいは閃緑岩の部分で, 変質部は貫入をうけた第三系の凝灰岩類であることが多い. 周辺の荒川林道から西鴉川にかけては粘土化帯が発達する (AZS-3; 第13図, 第7表).



第5図 須川流域白色変質帯分布図

④ 土湯温泉変質地域は土湯温泉源泉を中心とし、NE方向ののびをもち、土湯温泉街付近ではNW方向にまがって産ヶ沢にかけて分布する。粘土化帯を主とする変質地域である(図版30-1)。中村久由ほか(1965)によれば、土湯温泉付近の温泉の湧出が背斜構造と断層に関係があることを指摘しているが、当変質地域もこれらの構造に由来する可能性がある。広さは1.3 km²である(AZS-4; 第13図, 第7表)。

⑤ 鴉川変質地域は東鴉川および西鴉川の中流に小規模に露出し、地熱微候は認められない。中新統の凝灰岩類と第四系の安山岩類がともに変質をこうむり、下流側では白色粘土化帯、上流側では多孔質珪化帯が形成されている。広さは0.2 km²と狭い(AZS-5; 第13図, 第7表)。

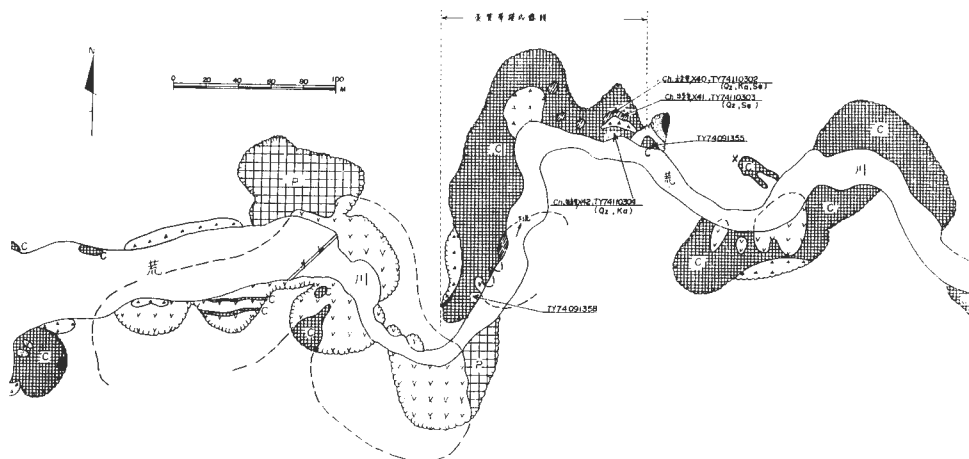
⑥ 塩の川下流変質地域は塩の川に局地的に見いだされ、周辺の未変質部とは明確に区別される。広さは0.1 km²とせまく、変質は珪化と粘土化である(AZS-6; 第13図, 第7表)。

5.1.2 須川流域(第5図)

① 姥滝沢変質地域は須川支流の姥滝沢から中の沢にかけて分布し、多孔質珪化帯からなり、その広さは0.6 km²である(AZS-7; 第13図, 第7表)。

② 高湯温泉変質地域は高湯温泉を中心とし、高湯硫黄精錬所跡、不動沢上流、須川上流にかけて分布し、主として粘土化変質帯からなる変質地域である。不動沢溶岩類のうち凝灰岩類は選択的に変質を蒙っているが、溶岩は新鮮である。高湯温泉の泉源はすべて、この変質地域内に存在し40~45°Cのものが多い(図版30-6)。本地域の広さは、1.1 km²である(AZS-8; 第13図, 第7表)。

③ 先達山変質地域は先達山の南西斜面に分布し、第三系の凝灰質岩を原岩としている。0.03 km²の



第6図 鳩花温泉～荒川中流変

広さをもち粘土化が優勢であり、本調査時は旭鉱山K. K. が製紙用カオリンを採掘している。

以上、変質の形態は多種多様であるが、概略的にみると次の3つの結論としてまとめられる。

(i) 変質帯分布の規則性は、中心となる所は珪化帯が発達し、粘土化帯はその周辺に形成されている。(ii) 変質帯の形成は褶曲、断層などの地質構造に規制される場合が多いと考えられる。(iii) 同じ地層内でも火山碎屑物が選択的に変質をうけ、溶岩は新鮮であるなど原岩の性質（この場合は孔隙率）が局部的な変質を規制している例が多くみられる。

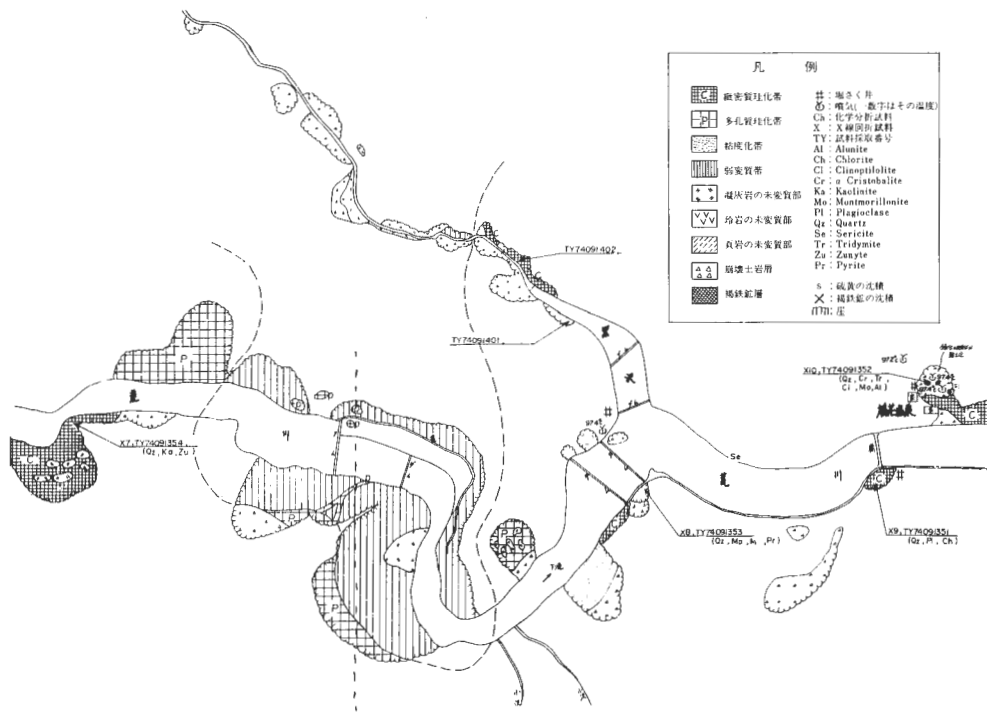
5.2 1,000分の1変質帯分布精査

本調査では前述の3地域について、変質岩をその色調、組織、構成鉱物およびその他の肉眼的特徴によって緻密質珪化帯、多孔質珪化帯、粘土化帯、弱変質帯および未変質帯に区分して変質帯の産状についてとくに精査を行った。これらの野外調査に加えて、代表的な変質岩のサンプルのX線分析を行い変質鉱物の組成を決定し（第6表参照）、分布図作成の資料とした。以下、地域毎に状況を述べる。

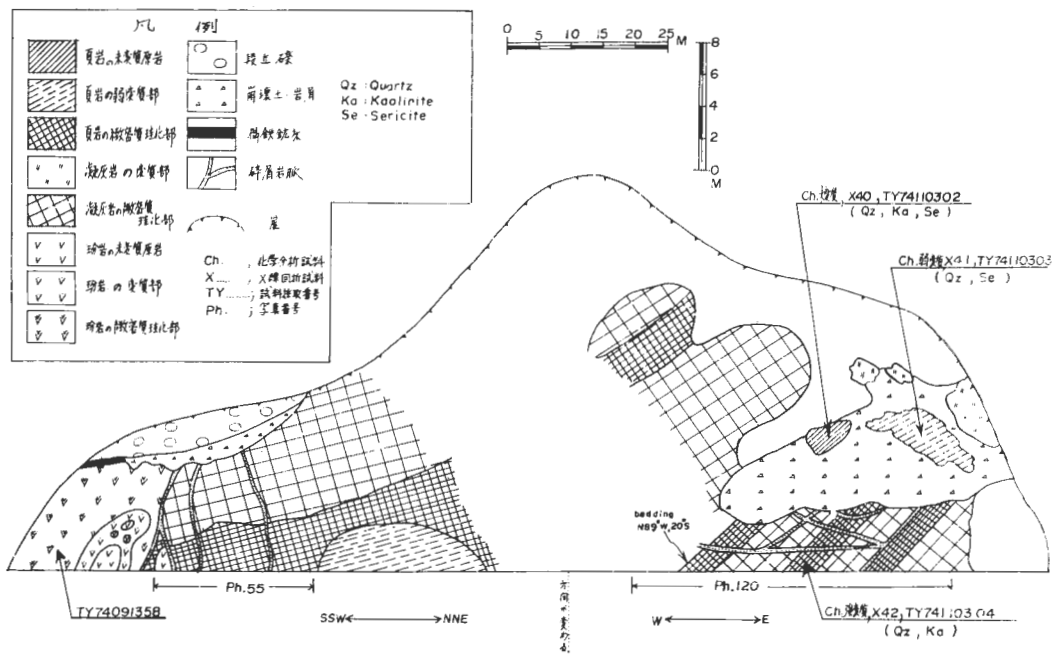
5.2.1 “荒川沿い”の地域（鳩花温泉付近荒川および黒沢地域；第6図）

本地域は5.1.1に述べた荒川流域の変質帯のうちの③荒川中流—荒川林道変質地域の中心部をなすもので、主として珪化帯から成る。多孔質珪化帯と緻密質珪化帯の分布は狭い範囲においても錯綜しており、珪化帯内の分布上の一定の規則性は認められない。粘土化帯は極めて小規模で、上記の珪化帯の中に不規則な形態で分布している。そして、変質部と未変質部（弱変質帯も含む）とは明瞭に区別できる（第7図）。

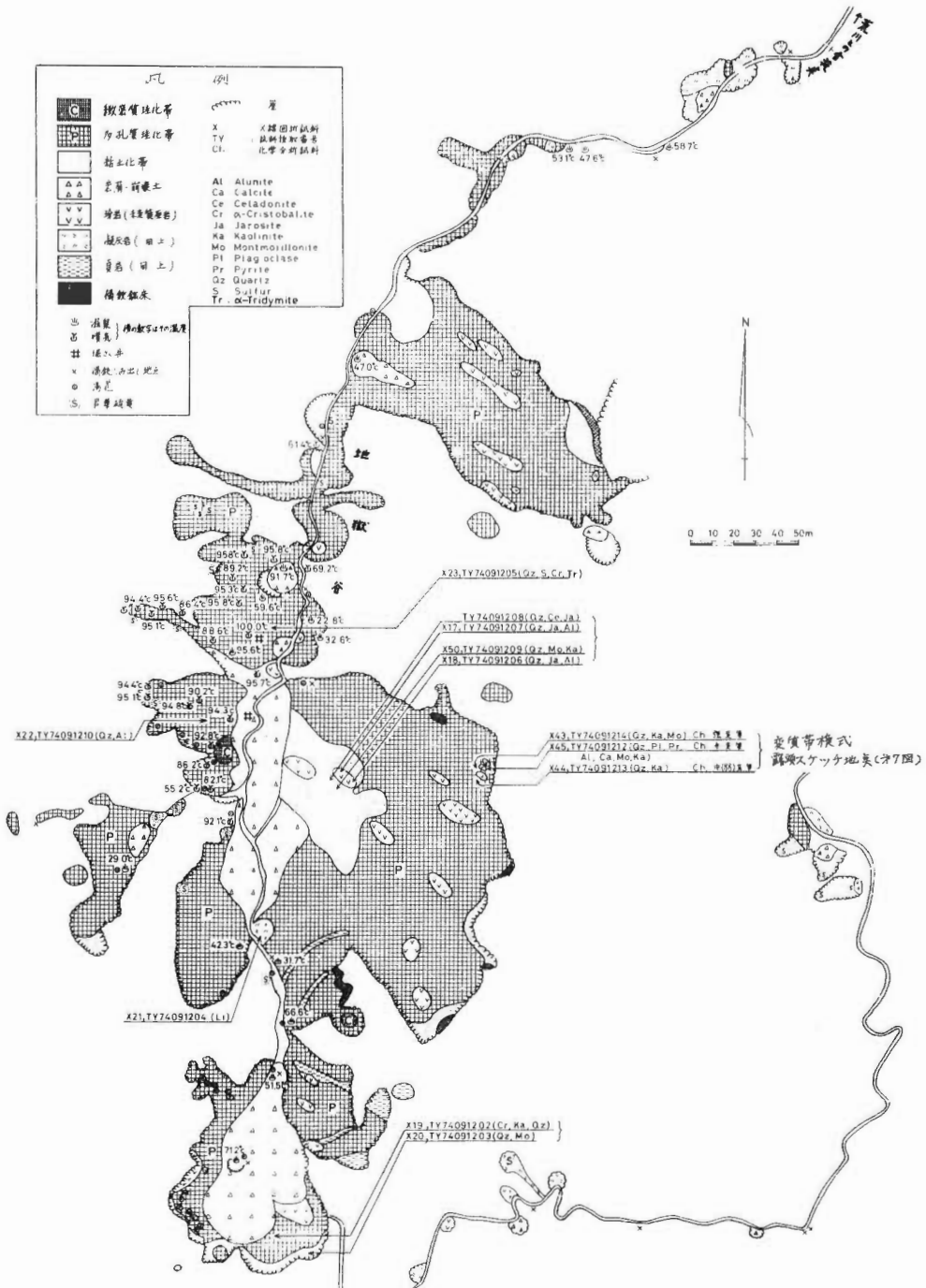
本地域の地質は第三系木地小屋凝灰岩の石英安山岩質凝灰岩と、それを貫く玢岩岩脈あるいは閃緑岩岩株などの貫入岩類から成っている。貫入岩類が新鮮であるのに対し、それらの周辺の凝灰岩が変質していることが多いが、これは変質程度が原岩の性質に左右されている好例である。また、変質は岩石の



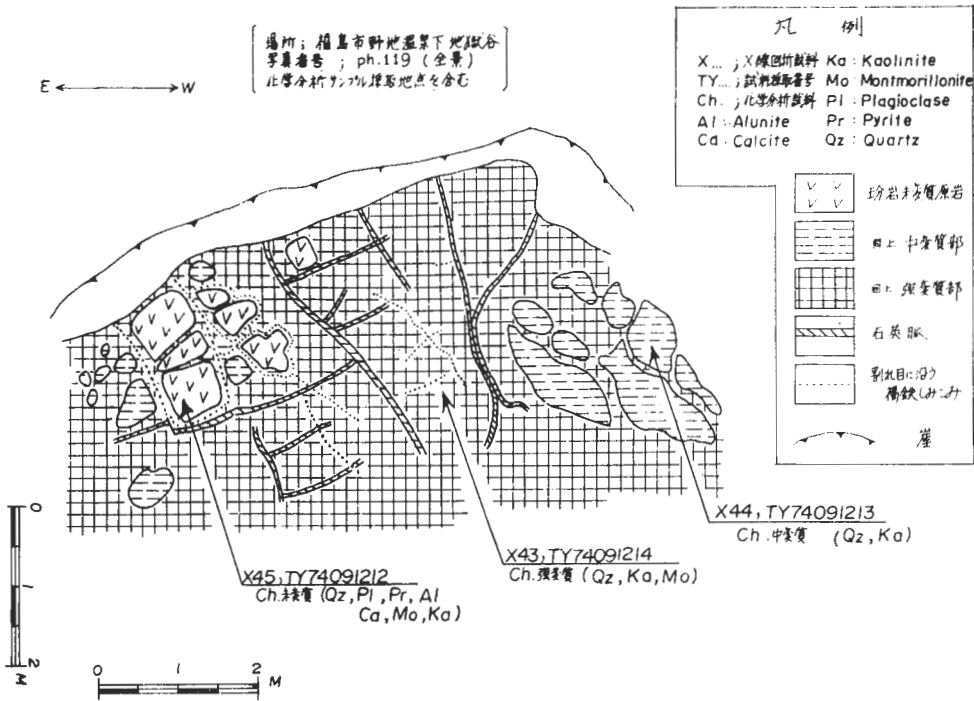
質帯精査図（ルートマップ）（凡例中粘度化帯は粘土化帯の誤り）



第7図 荒川中流変質帯模式露頭スケッチ



第8図 野地温泉地獄谷変質帯精査図(ルートマップ)



第9図 野地温泉地獄谷変質帯模式露頭スケッチ

割れ目に沿って進んでいることが多い。荒川中流では珩岩岩脈の割れ目に沿って緻密珩珩化帯が分布しているのが観察できる。

鳩花温泉付近には97℃程の噴気が4箇所あり(図版29-3), この温泉の下流200m付近に62.3℃の温泉, 荒川中流に30℃の温泉がそれぞれ湧出している。本地域では上記以外に噴気や温泉は認められないが, 鳩花温泉から下流に向かって福島温泉開発公社が6本のボーリング(深度不明)を行って温泉をとり出している。鳩花温泉付近は緻密珩珩化帯から成るが, その周辺には弱変質帯が広く分布し, 変質の程度により強い場所はむしろ鳩花温泉から上流域にある(第6図)。このことはX線分析によっても明らかである。すなわち, 荒川と黒沢の合流点から約300m上流の緻密珩珩化帯は, 石英+カオリン+ズニアイトの鉱物組合せから成るが, 荒川下流へむけてカオリン+セリサイト→セリサイト+混合層鉱物(12Å)の順に変質帯の鉱物組合せが変化している。

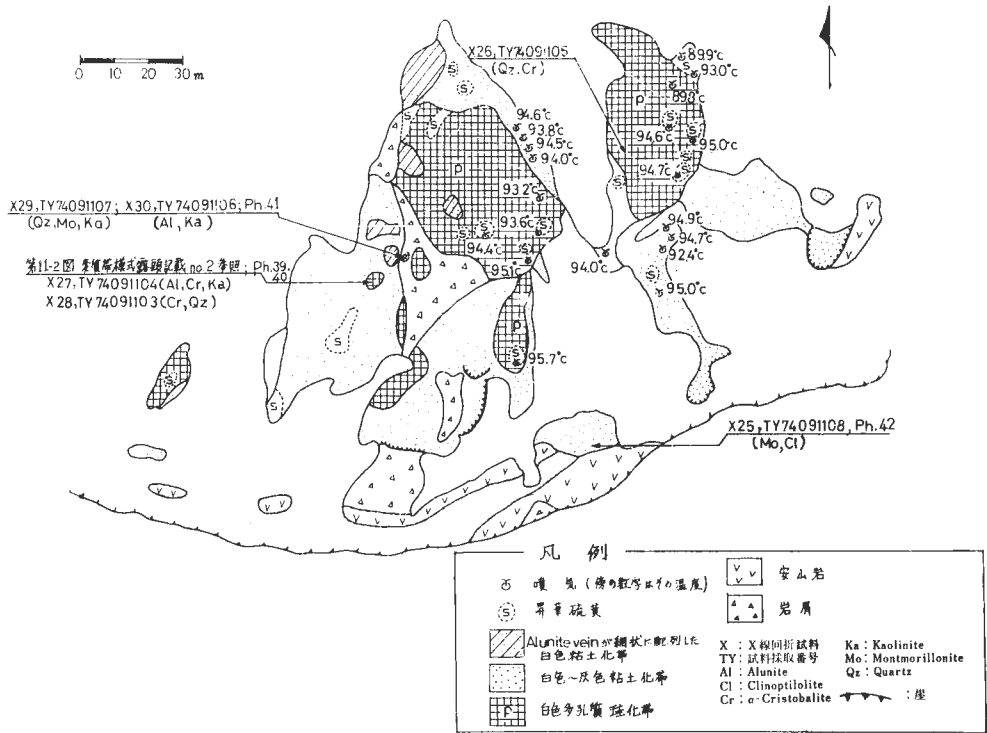
5.2.2 野地温泉地獄谷地域(第8図)

本地域は5.1.1に述べた荒川流域変質帯のうちの②地獄谷一鷲倉温泉変質地域の中心部をなすもので, 肉眼的には多孔珩珩化帯が優勢である。原岩は第三系の木地小屋凝灰岩の石英安山岩質凝灰岩とそれを貫く珩岩岩脈であるが, 原岩の種類と変質の程度には明らかな相関関係は認められない。

地獄谷左岸には2本の蒸気井(注)があり, 95~100℃の蒸気が噴出している。この付近の現在の地熱微候は著しく, 85~95℃の噴気が22箇所認められる。温泉は主に蒸気井より下流の沢沿いに認められ, 約50~60℃のことが多い。また, 沢には現在も褐鉄鉱が沈積しており, (図版29-1), 噴気の周辺には硫黄が沈積している。

X線分析によると, 珩岩を原岩とする変質岩は変質が進むにつれて, 石英+斜長石+黄鉄鉱+モンモリロナイト+カオリン+明ばん石+方解石→石英+カオリン+モンモリロナイト→石英+カオリナイトのように変質鉱物の組合せが変化する(第9図)。石英安山岩質凝灰岩を原岩とする変質については, 珩

(注) 福島温泉開発(株)の掘削による。



第10図 鶯倉温泉変質帯精査図 (ルートマップ)

化帯では石英+ α -クリストバライト+ α -トリディマイト, 粘土化帯ではカオリン+モンモリロナイト+明ばん石の組合せが認められる。なお, 割れ目に沿っては明ばん石, 鉄明ばん石が沈殿している。

5.2.3 鶯倉温泉地域 (第10図)

本地域は地獄谷の南側に隣接しており, 変質の様相は上述した野地温泉地獄谷~荒川合流点地域と類似する点が多い。変質は多孔質珪化帯が中心部に分布し, その周辺部に粘土化帯が形成されている。変質岩の原岩は第三系木小屋凝灰岩の石英安山岩質凝灰岩と軽石質火山礫凝灰岩である。本地域の南部には, これらの岩石の上位に西鶯川層中の安山岩があり, 変質を受けていない。しかし, 本地域から東方に移るにつれて, この安山岩は変質を受けるようになる。

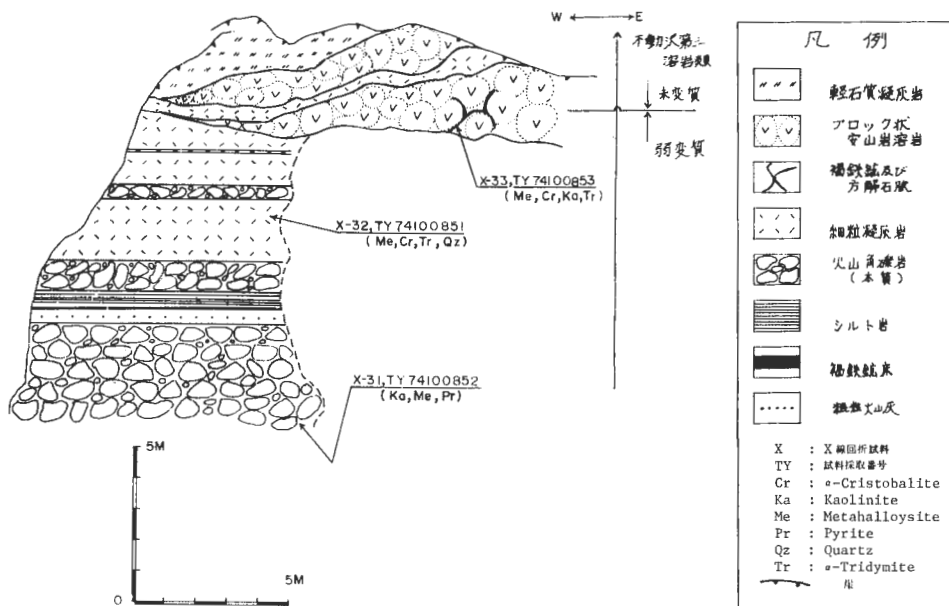
上記の多孔質珪化帯付近では現在も地熱徴候が最も著しく, 90~95°Cの噴気が20箇所認められる。

珪化帯は石英+ α -クリストバライトの鉱物組合せによって特徴づけられる。しかし, 原岩も一般に石英を含む岩石なので, 変質岩に含まれる石英の一部は原岩に由来するものであろう。

粘土化帯はカオリン+明ばん石の鉱物組合せによって特徴づけられ, モンモリロナイト+斜プチロル沸石の鉱物組合せも認められる。また, 割れ目に沿って明ばん石が網状に生成している箇所もある (図版29-2)。

6. 温泉沈殿物

本調査地域内においては温泉沈殿物としては硫黄と褐鉄鉱が存在する。とくに須川流域においては, これらは鉱床を形成し, かつては大規模に採掘された。



第11図 信夫高湯硫黄鉄床における層序と変質帯との関係

6.1 硫黄

6.1.1 荒川流域

地獄谷および鷲倉温泉のうらの崖において、昇華硫黄が噴気口の周辺に直径3~5m、高さ30~60cm程度の規模で丘状の形態をもって存在するのが認められる。

6.1.2 須川流域

高湯西方約1kmには、かつて盛大に稼行された硫黄鉄床が分布しているが、現在は精錬所跡とズリが残るのみで、鉄床の詳細は確認できない。この鉄床の名称は信夫鉄床で、福島県鉄産誌(福島県、1964, p. 181)によれば、第四系の安山岩質溶岩の間に挟在する角礫凝灰岩中の沈殿鉄床と、その下部の安山岩質溶岩を鉄染交代した鉄床よりなる。当調査地域内で稼行の対象となる程の規模の大きさをもち硫黄鉄床はこの鉄床のみである(第11図)。

高湯温泉の源泉にも昇華硫黄が認められ、礫の間を充填して沈積している(図版30-2)。また、この温泉水中には乳白色の硫黄沈殿(湯花)がみられる。

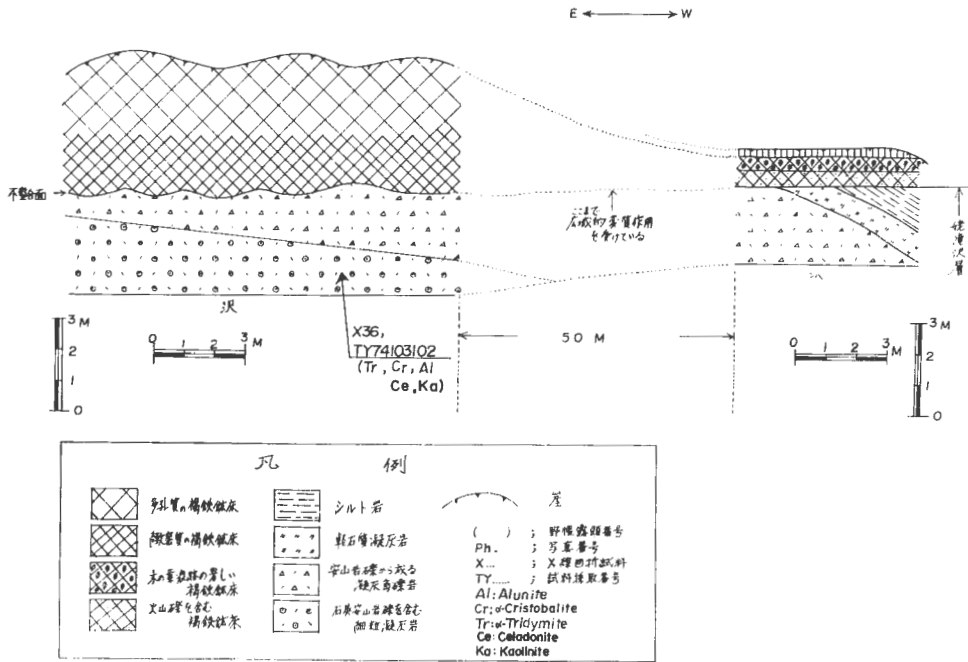
6.2 褐鉄鉱

当地域では褐鉄鉱の形成はしばしば行われたと考えられ、その時期は①姥滝沢層堆積の初期、②微温湯層堆積時、③不動沢第2溶岩類堆積前、④不動沢第3溶岩類堆積時、⑤不動沢第4溶岩類堆積時、⑥姥滝沢層堆積後ローム層堆積前、⑦高山溶岩類堆積後ローム層堆積前、⑧土壌およびローム層堆積後、の8回と考えられる。このうち⑥と⑦は褐鉄鉄床の上位と下位の地層の時代差が大きいので、形成時期は他ほど明確でない(第1表、第4表)。

6.2.1 荒川流域

荒川支流塩の川の発電所付近の崖において、高山溶岩類の上位でローム層の下位に、厚さ8cmの褐鉄鉄層が認められる。

野地温泉地獄谷では沢の露岩の急な部分にへばりつくように沈積した褐鉄鉄層があり、発達の良いものは10cm程の厚さをもつ。また、微温湯北東約500mの姥滝沢において、31.0℃の温泉が湧出する地



第12図 中の沢褐鉄鉱床における褐鉄鉱層の層序

点では、周辺に褐鉄鉱の沈積がみられる。この褐鉄鉱層の厚さは平均30 cm であるが、80 cm にも達する部分があり、多孔質で木の葉痕がよく認められる。これらの褐鉄鉱は現在形成されつつあるものである。

6.2.2 須川流域

須川において姥滝沢層最下部に厚さが約20 cm の褐鉄鉱層が観察される。この鉱層は下位の蟹沢層の上限にそって沈積し、その境界は明確である。

また、微温湯層中の泥流堆積物の中には約4 m の厚さの褐鉄鉱層がみられる。この鉱層は角礫の間を充填して存在し、一部には植物仮像が認められる。鉱層の上部および下部には褐鉄鉱がしみ込み、泥流堆積物の基質が赤褐色を呈する。

高湯硫黄精錬所跡の西南西約200mに位置する不動沢左岸の崖においては、不動沢第3溶岩類下部の火山角礫岩の間に、厚さ数 cm の薄い褐鉄鉱層が認められる。さらに、高湯硫黄精錬所跡の西方約70m の道路沿いにおいて、不動沢第4溶岩類の下部の軽石質凝灰岩の上部と下部に、各々数 cm の厚さの薄い褐鉄鉱が2枚分布する。

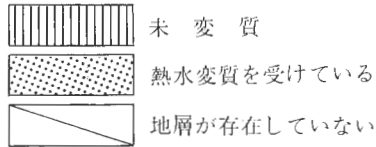
一方、不動沢支流の中の沢左岸において、姥滝沢層の凝灰角礫岩、軽石質凝灰岩およびシルト岩を不整合に覆い、ローム層に直接覆われている平均の厚さが4 m程の褐鉄鉱床が認められる。南部ほか(1958, 1959)によると本鉱床は高湯鉄床群に属する中の沢鉄床で、高湯にはこの鉄床のほかにも中の堂および烏川に鉄床が存在し、昭和10~20年代にかけて日鉄鉱業、上岡鉱業などにより約19万 t の精鉱が採掘された。現在はすべての鉄床が採掘され尽し、閉山後の地表部の地形変化も激しいため、今回の調査で褐鉄鉱床の詳細を観察できたのは中の沢鉄床だけであった。本鉄床は南部ほか(1958, 1959)によると鉄泉沈殿型の褐鉄鉱・鉄明ばん明鉄床で、褐鉄鉱の品位は50%前後であり、約1万 t の鉄量を有した。今回の調査で観察された厚さは最大約5 mである。鉄床の厚い部分では下部2 m が緻密質となり、上部はやや多孔質となる。薄い部分では火山礫などを含むことが多い。一部には植物仮像の著しい部分も認められる(第12図)。

第4表 野地地熱地域の地質と変質との関係を示す表

時代	地層名	地域	荒川南岸	荒川北岸	須川地域	
第四紀	V	土壌および沖積段丘	*	* C-3	*	
		ローム層	*	* C-4	*	
	IV	不動沢第四溶岩類			*	
		” 第三 ”	-----	-----	*	
		” 第二 ”	-----	-----	*	
		” 第一 ”	-----	-----	*	
	III	箕輪山溶岩類				
		天沼溶岩類	F-2			
		高山溶岩類		F-1		
	II	微温湯層***	
		姥滝沢層***	
		西鴉川層	
	第三紀	I	木地小屋凝灰岩
			千貫凝灰岩
蟹沢層			
土湯峠層			

〈表の記号の説明〉

- I ~ V : 地層の大まかな区分
- * : 褐鉄鉱層のある部分
- C : ¹⁴C 測年用試料採集箇所
- F : フィッシュントラック測年用試料採集箇所



以上、8 時期の褐鉄鉱床のほか、沖積段丘の基質を充填している褐鉄鉱やローム層下にある褐鉄鉱層があるが、どの時期に形成されたかは今回の調査で明らかにできなかった。いずれにせよ、規模の大きい褐鉄鉱床は中の沢周辺のもののみである。

7. 変質帯・温泉沈殿物と第四系との関係

本地域の変質帯ならびに温泉沈殿物の形成時期を考えていく上で、地層の大まかな区分も考え、福島市荒川および須川流域の地質と変質との関係を示す表（第4表）を作成した。

地層の大まかな区分は次の5つである。すなわち、(I)第三系中新統の土湯峠層、蟹沢層、千貫凝灰岩、木地小屋凝灰岩、(II)第四系と思われる西鴉川層、姥滝沢層、微温湯層、(III)第四紀古～中期洪積世の火山噴出物の高山溶岩類、天沼溶岩類、箕輪山溶岩類、不動沢最下部溶岩類（今回のフィッシュン

・トラック測年によれば81~82万年前)、(IV)不動沢中~上部溶岩類およびローム層(今回の¹⁴C測年によ約26,000~23,000年前の洪積世末期)、(V)土壌および沖積段丘である。第4表に示すように、これらのうちIおよびIIの各層はすべて変質を蒙っており、IIIおよびIVの地層は部分的に変質している。

IおよびIIの各層が変質を受け、IIIの地層が変質を受けていない例は次のようである。

(i)微温湯北東方約1.5 kmの姥滝沢の大崖では、姥滝沢層と微温湯層が変質を受けているのに対し、不動沢第1溶岩類の安山岩および同質の火山角礫岩が変質を受けていない。(ii)西鴉川上流においては、西鴉川層の安山岩や凝灰岩は変質を受けているのに対し、上位に重なる箕輪山溶岩類は全く変質していない。(iii)同じ西鴉川では、西鴉川層を貫く安山岩岩床、そしてそれを貫く碎屑岩脈が観察されるが、岩床・岩脈ともに変質を受けている。(iv)塩の川下流において、微温湯層の火山角礫岩と軽石質凝灰岩が変質しているのに対し、上位に重なる高山溶岩類は変質していない。(v)土湯碎石場においても同様に微温湯層の火山角礫岩が変質し、天沼溶岩類の安山岩は変質していない。

以上のような野外の事実と、IIIの地層のフィッション・トラック年代から、約80万年程度前の洪積世古~中期に大規模な安山岩質火山活動があり、それ以前に調査地域全体にわたる広汎な変質帯の形成があったということが明らかである。すなわち、本調査地域内における広範囲の変質作用はIIとIIIの間、詳しく言えば、碎屑岩脈形成後IIIの各溶岩類堆積以前となる。

次にIVの地層の部分的変質について述べる。(i)天沼溶岩類の部分的変質は土湯碎石場においてよく観察される。新鮮な溶岩の上位の泥流堆積物が青灰色~白色を呈する粘土化変質を受けている。角礫は弱変質で基質が主に変質し、黒色~赤色の褐鉄鉱が生じている。この上位には礫まじりローム層が堆積しており変質はを受けていない。(ii)不動沢上流左岸の花月ホテル下の崖においては、不動沢第2溶岩類中の凝灰岩類が変質しているのが観察される。これらと溶岩は連続的に堆積している。そして、この近辺に変質帯はほとんどみられない。(iii)不動沢のさらに上流の左岸の崖には、不動沢第3溶岩類が分布し、このうちの細粒凝灰岩灰火山角礫岩およびブロック状溶岩の下部1 mほどが熱水変質を蒙っているのが認められる。

このように、IVの地層は¹⁴C測年から洪積世末期に生成したことが明らかであるが、その初期には、少なくとも須川流域においては、変質帯の形成を伴う地熱活動が存在したものと考えられる。

一方、変質帯の項に述べたように、地獄谷・鷲倉温泉付近をはじめとする多くの地域に現在もなお変質帯が形成されつつあることは明らかである。

温泉沈殿物についてその胚胎層準、上位および下位との関係および形成時期についてはすでに6.2で述べた。それによると今回の調査で形成時期が明らかになったものは前述した8回である。ただし、これらのうち特に大規模な中の沢鉱床の形成時期は、地層欠除のため不動沢溶岩類および高山溶岩類との関係が確認できなかったが、姥滝沢層堆積後ローム層堆積前にできたほかの鉱床と同一時期である可能性が大きい。また、同様のことが高山溶岩類堆積後ローム層堆積前の鉱床についても言うことができる。さらに前者については、南部ほか(1959)によれば、鉱泉沈殿物鉱床であることから、その規模からして、かなり大きな火成活動が関係していることが考えられる。また、次項で述べるように、当地域内の各温泉の周辺には現在もなお温泉沈殿物が形成されつつあることは明らかである。

以上のことをまとめると当地域での変質帯の形成時期は少なくとも次の5回、温泉沈殿物の形成時期は少なくとも8回が認められることになる。

(1) 変質帯の形成時期

- ① 西鴉川層、姥滝沢層および微温湯層堆積後、天沼溶岩類、箕輪山溶岩類、高山溶岩類および不動沢第1溶岩類堆積前。
- ② 天沼溶岩類中の安山岩堆積後、ローム層堆積前。
- ③ 不動沢第1溶岩類堆積後、同第2溶岩類のうち安山岩堆積前。
- ④ 不動沢第3溶岩類堆積後、同第4溶岩類堆積前。
- ⑤ 現 在

(2) 温泉沈殿物の形成時期

- ① 姥滝沢層堆積の初期.
- ② 微温湯層堆積時.
- ③ 不動沢第3溶岩類堆積時.
- ④ 不動沢第4溶岩類堆積時.
- ⑤ 姥滝沢層堆積後, ローム層堆積前.
- ⑥ 高山溶岩類堆積後, ローム層堆積前.
- ⑦ ローム層堆積後.
- ⑧ 現 在

8. 変質帯・温泉沈殿物と地熱微候との関係

現在の地熱微候としては、噴気、温泉の湧出および褐鉄鉱や硫黄の沈殿がある。調査地域内で特にそれが著しい個所は、荒川流域では、幕川温泉地域、野地温泉地獄谷～鷺倉温泉地域、鳩花温泉地域の3個所、須川流域では高湯温泉地域の1個所、合計4個所である。

8.1 荒川流域

8.1.1 幕川温泉地域

同地域は60～80℃の比較的高温の温泉が湧出し、硫黄の沈殿が著しく、沢水が白濁している。また、褐鉄鉱が沈殿して沢沿いの岩石が赤くやけている所もみられる。この地域の変質は珪化帯から成り、その中心部に地熱微候が著しい。

8.1.2 地獄谷～鷺倉温泉地域（第8, 9, 10図）

本地域は噴気等の地熱微候が当調査地域内で最も著しい地域である。変質についてはすでに5.2.2および5.2.3で述べたが、当地域の分布をみると石英および α -クリストパライトの生成している珪化帯が中心部に位置し、その付近に地熱微候も著しい。変質帯のちがいと温泉の温度との相関関係は認められない。また、温泉・噴気の位置配列の規則性をみいだすのは困難である。現在の温泉沈殿のうち昇華硫黄は噴気の周辺に沈殿しており、硫黄の沈殿（湯花）および酸化鉄の黒色沈殿は沢のよどみのいたる所に存在する。本地域の変質作用が始まった時期は西鴉川層堆積後と推定されるが、おそらく、この地域に変質をもたらした熱水活動と現在の地熱微候とは一連のものであると考えられる。

8.1.3 鳩花温泉地域

鳩花温泉付近では昭和49年9月現在（調査時）97℃の噴気が4個所みられ、その周辺には石英、 α -クリストパライト、 α -トリディマイト、斜プテロル沸石およびモンモリロナイトの組合せからなる緻密質珪化帯が分布する。温泉沈殿物は主に噴気の周辺にみられる昇華硫黄のみで褐鉄鉱はみられない。現在の噴気および温泉の湧出は未変質部にも認められる。5.2.1で述べたように、変質の程度の強い部分と現在の地熱微候の位置は必ずしも一致していない。この付近では玢岩岩脈および閃緑岩岩株の貫入が著しく、これが過去の変質帯の形成、あるいは現在の噴気・温泉の湧出に関係があるかもしれないが、今回の調査では明らかにすることはできなかった。

8.2 須川流域

8.2.1 高湯温泉地域

高湯温泉地域には40～45℃の温泉が10個所確認され、いずれも変質地域内に分布する。温泉沈殿物としては変質母岩の凝灰角礫岩の角礫の周辺などに昇華硫黄がみられる程度である。また、高湯温泉付近には湯花が認められる。

以上を総括すると、現在の地熱微候のある地域と過去に形成された変質帯の分布地域はほぼ一致しているが、鳩花温泉でみられるように局部的には必ずしも一致しない場合がある。このことは地熱水の化

学組成にもよるものと考えられるほか、変質帯を形成する地熱活動の中心が時代とともに移動することを示していると考えられる。

9. 化学分析

化学分析用試料は野地温泉地獄谷における第三系の玢岩岩脈の原岩および変質岩を3個 (X-43, TY 74091214; X-44, TY 74091213; X-45, TY 74091212), 同じく荒川中流における第三系の頁岩の原岩および変質岩を3個 (X-40, TY 74110302; X-41, TY 74110303; X-42, TY 74110304) 採取した。位置の詳細は、前者は第8図に、後者は第6図に、それぞれ示した。

9.1 野地温泉地獄谷の玢岩岩脈

この最も変質程度の弱い部分は、その表面が酸化鉄により赤褐色を呈するが、内部は暗灰色を呈しかなり硬い。中変質のものは原岩の組織をかなりよく残しているが脆弱となり、強変質のものはほとんど原岩の組織を残さない程変質している。X線分析によると、原岩は石英+斜長石+黄鉄鉱+モンモリロナイト+カオリン+明ばん石+方解石の鉱物組合せからなり、中変質岩は石英+カオリナイト、強変質岩は石英+カオリン+モンモリロナイトの組合せからなる (第6表)。X-43, X-44の強変質岩および中変質岩の試料については、肉眼観察では前者がより強変質を蒙っているが、X線分析の結果では前者には多量のモンモリロナイトが含まれ、むしろ変質の程度は弱いものと考えられる。このように肉眼による変質程度の変質程度にはある程度限界があると考えられる。露頭スケッチは第9図に示した。

第5表 変質岩の化学分析結果および比重測定結果

	(wt. %)					
	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	56.48	69.07	68.25	78.90	81.26	75.82
TiO ₂	0.54	0.62	0.59	0.39	0.27	0.30
Al ₂ O ₃	14.93	18.19	17.28	10.62	10.98	15.35
Fe ₂ O ₃	6.37	0.40	1.18	0.55	0.35	0.14
FeO	0.93	0.14	0.11	0.32	0.14	0.07
Fe	0.10	1.23	0.10	0.79	0.12	0.85
MnO	0.07	0.01	0.01	0.03	0.04	0.01
MgO	3.18	0.20	1.06	0.46	0.51	0.04
CaO	0.45	0.10	0.02	0.11	0.07	0.07
Na ₂ O	0.42	0.28	1.41	1.40	1.47	0.67
K ₂ O	0.79	0.12	0.84	1.39	1.72	0.08
P ₂ O ₅	0.14	0.02	0.04	0.01	0.03	0.03
S	0.12	1.41	0.11	0.91	0.14	0.98
SO ₃	1.00	0.47	0.72	0.47	0.14	0.12
CO ₂	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
H ₂ O+	6.02	6.65	5.48	2.45	2.11	5.19
H ₂ O-	8.24	0.90	2.72	0.76	0.52	0.06
真 比 重	2.77	2.62	2.88	2.71	2.66	2.72
み かけ 比 重 (15°C)	—	2.36	—	2.47	2.31	2.38
Total	99.78	99.81	99.92	99.56	99.87	99.78

分析：東京石炭鉱物研究所

- 試料：1. 玢岩 (第三系) 弱変質部 (TY 74091212)
 2. " " 中変質部 (TY 74091213)
 3. " " 強変質部 (TY 74091214)
 4. 頁岩 (第三系) 弱変質部 (TY 74110302)
 5. " " 中変質部 (TY 74110303)
 6. " " 強変質部 (TY 74110304)

採取位置は1～3：野地温泉地獄谷

4～6：鳩花温泉付近荒川中流

9.2 荒川中流の第三系頁岩

荒川中流の変質帯は第三系の木地小屋凝灰岩中の頁岩を原岩とする緻密珪化帯である。原岩は暗灰色であるが、変質が進むにつれて白色を呈する（図版30-4）。X線分析によると原岩は石英+セリサイト+カオリンの鉱物組合せからなり、中（弱）変質岩は石英+セリサイト、強変質岩は石英+カオリンの組合せがみられる。強変質部の X-22 の試料にはカオリンが卓越している。露頭での採取位置は第7図に示されている。

化学分析は東京石炭鉱物研究所に依頼した。その結果を比重測定結果とともに第5表に示す。

10. X線分析

採取した変質岩と温泉沈殿物のうち、代表的な試料50個についてX線分析を行った。分析結果は第6表に示した。ここでは各変質地域についてX線分析の結果を述べる。

10.1 荒川流域

10.1.1 幕川温泉変質地域

本地域は α -クリストパライト、 α -トリディマイトを含む珪化帯を中心として、幕川下流から上流にかけて、カオリンを主要粘土鉱物とする粘土化帯が分布している。

10.1.2 地獄谷—鷺倉温泉変質地域

本地域の地獄谷には石英安山岩質凝灰岩と、それを貫く玢岩岩脈を原岩とする変質帯が分布する。石英安山岩質凝灰岩部では石英+ α -クリストパライト+ α -トリディマイトからなる多孔質珪化帯と、カオリナイトおよびモンモリロナイトが産する粘土化帯が錯綜した様相を呈する。また、玢岩部は石英および α -クリストパライトで特徴づけられる多孔質珪化帯からなるが、極めて少量のカオリナイト、モンモリロナイト、明ばん石などが含まれる部分もある。粘土化帯に相当する部分はほとんど認められない。さらに、これらの珪化帯の周辺では変質が著しく原岩は不明であるが、モンモリロナイトの卓越した粘土化帯が分布する。なお、その他の変質鉱物として鉄明ばん石が認められた。

鷺倉温泉付近では凝灰岩を原岩とし、石英+ α -クリストパライトでの組合せを示す多孔質珪化帯が認められ、その周辺にカオリン+明ばん石およびモンモリロナイト+斜ブチロル沸石（輝沸石の可能性もある）よりなる粘土化帯が分布している（図版29-2）。

10.1.3 荒川中流—荒川林道変質帯

本地域の中心部の荒川中流においては、緻密珪化帯と多孔質珪化帯とが交互に配在し、その中に粘土化帯が点在している。鉱物組成の上では石英が卓越し、それ以外には少量のカオリナイト、ズニアイトが生成している。また、モンモリロナイト、セリサイトも珪化帯、粘土化帯の両方に少量生成している。鴉川上流にみられる多孔質珪化帯では石英よりも、 α -クリストパライト、 α -トリディマイトが優勢。東が、カオリン、モンモリロナイトも若干含まれる。西鴉川上流から荒川林道にかけては粘土化帯が優勢であるが、石英+モンモリロナイト+黄鉄鉱の組合せを特徴としている。弱変質岩からは一般に斜長石が検出される。その他の変質鉱物として斜ブチロル沸石（X-10）も認められた（図版29-3）。

10.1.4 土湯温泉変質地域

本地域では肉眼的に粘土化帯が優勢である。X線分析によると、石英+ α -クリストパライト+ α -トリディマイト+石膏の鉱物組合せがみられる。土湯碎石場の局所的な変質部からはメタハロイサイト、黄鉄鉱、明ばん石が認められた。

10.1.5 塩の川下流変質地域

本地域の変質は珪化および粘土化の変質からなり、珪化の優勢な部分には α -クリストパライト、 α -トリディマイト、石英が卓越しているが、モンモリロン、カオリン、明ばん石もわずかに産する。また、黄鉄鉱、斜長石も認められる。肉眼的には変質の程度は弱い。

第6表 野地地熱地域のX線粉末回折による変質鉱物一覽表

分析番号	試料番号	採取地点	産状	シリカ物 鉍	粘土 物	沸石 物	硫酸 物	酸化・ 硫化 物	炭酸 物	その他	残留 物
				Tr Cr Op Q	Ser Cn Chl Mt	Cp	Gyp Jar Al	Py Lim	Ca	S Zn	Pl
				α-トリ α-クリ 蛋石	セリ セラ 緑泥 モンモ リロ ナイ ト混 合層	斜 ブチ ロル 沸石	石 鉄明 ばん ん石	黄 褐 鉄 鉄 鉍 鉍	方 解 石	自 然 二 硫 黄 石	斜 長 石
1	T Y 74091605	温泉	土湯峠層中の軽石質凝灰岩の白色粘土化部分	○				△			△
2	T Y 74092304	川上	木地小の凝灰岩の大きな凝灰岩の弱変質部分	○							
3	T Y 74092301	荒	木地小の凝灰岩の粘土化ないし多孔隙珪化部分	○							
4	T Y 74110203	荒	粉岩の緻密質珪化部分	○							
5	T Y 74091455	荒	沖積段丘最下部中の凝灰岩の粘土化ないし珪化部分	○							
6	T Y 74091451	荒	木地小の凝灰岩の粘土化ないし弱変質部分	○							
7	T Y 74091354	荒	千貫凝灰岩中の火山角礫岩の珪化ないし弱変質部分	○							
8	T Y 74091353	荒	千貫凝灰岩中の凝灰岩の珪化ないし弱変質部分	○							
9	T Y 74091351	荒	千貫凝灰岩中の凝灰岩の珪化ないし弱変質部分	○							
10	T Y 74091352	荒	千貫凝灰岩中の凝灰岩の珪化ないし弱変質部分	○							
11	T Y 74092932	温泉	土湯峠層中の砂質凝灰岩の粘土化ないし弱変質部分、方解石脈伴なう	○							
12	T Y 74092931	川上	微温湯層中の頁岩の白色粘土化部分	○							
13	T Y 74092854	西	西鴉川層中の火山角礫岩の白色粘土化部分	○							
14	T Y 74092254	鴉川	西鴉川層中の凝灰岩の粘土化部分	○							
15	T Y 74092251	鴉川	西鴉川層中の凝灰岩の粘土化部分	○							
16	T Y 74091903	鴉川	西鴉川層中の凝灰岩の粘土化部分	○							
17	T Y 74091207	鴉川	西鴉川層中の凝灰岩の粘土化部分	○							
18	T Y 74091206	鴉川	西鴉川層中の凝灰岩の粘土化部分	○							
19	T Y 74091202	鴉川	西鴉川層中の凝灰岩の粘土化部分	○							
20	T Y 74091203	鴉川	西鴉川層中の凝灰岩の粘土化部分	○							

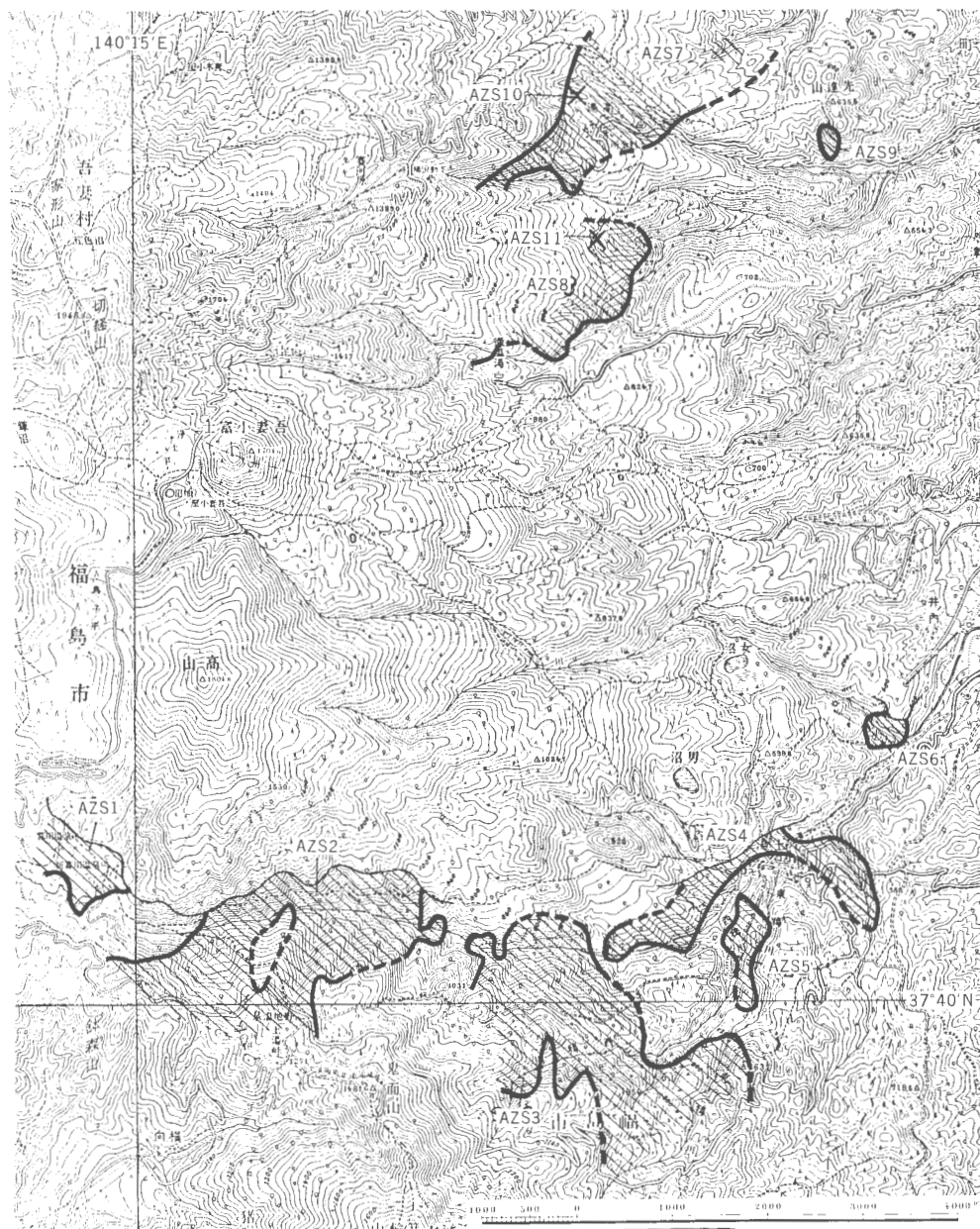
21	T Y 74091204	" " " " " " " " " " " " " " " " " "	楲鉄鉱沈積部分	◎ ◎ △	◎					
22	T Y 74091210	" " " " " " " " " " " " " " " " " "	現在の珉化しない粘土	◎ ◎ △	◎		○			
23	T Y 74091205	野 鷹 倉 " " " " " " " " " " " " " " " " " "	木地小屋凝灰岩中の	◎ ◎ △		△	◎			○
24	T Y 74110401	" " " " " " " " " " " " " " " " " "	の榎石質凝灰岩の	◎ ◎ △				△		
25	T Y 74091108	" " " " " " " " " " " " " " " " " "	" " " " " " " " " " " " " " " " " "	◎ ◎ △			◎			
26	T Y 74091105	" " " " " " " " " " " " " " " " " "	" " " " " " " " " " " " " " " " " "	◎ ◎ △			◎			
27	T Y 74091104	" " " " " " " " " " " " " " " " " "	山岩の粘土化部分	◎ ◎ △		△				
28	T Y 74091103	" " " " " " " " " " " " " " " " " "	の多孔隙珉化部分	◎ ◎ △			◎			
29	T Y 74091107	" " " " " " " " " " " " " " " " " "	の粘土化部分、中心が未変質で周辺が変質している好例	◎ ◎ △			◎		△	
30	T Y 74091106	" " " " " " " " " " " " " " " " " "	網目状の節理を充填した脈	◎ ◎ △			◎			
31	T Y 74100852	硫黄精錬所	不動沢第3溶岩類中の本質	× △ ◎		◎ ◎ ◎		△		
32	T Y 74100851	" " " " " " " " " " " " " " " " " "	火砕岩 (安山岩質) の弱変質部分	× △ ◎		◎ ◎ ◎		△		
33	T Y 74100853	" " " " " " " " " " " " " " " " " "	の細粒凝灰岩の珉化しない弱変質部分	× △ ◎		◎ ◎ ◎			◎	
34	T Y 74101255	高湯源	のブロック状安山岩溶岩の弱変質部分	× △ ◎		◎ ◎ ◎				
35	T Y 74101254	先達の	の凝灰岩の白色粘土化部分	◎ △		△ ×				
36	T Y 74103102	山 鉾 沢	の石英安山岩中の凝灰岩の珉化しない粘土化部分	◎ △			△			
37	T Y 74103101	中 流	の微細鉄鉱層下の凝灰岩の白色粘土化部分	◎ △		◎ ◎				
38	T Y 74103002	微温湯	中の安山岩の多孔隙珉化部分	◎ △		◎ ◎				
39	T Y 74103104	" " " " " " " " " " " " " " " " " "	不動沢溶岩類中の水角岩の弱変質部分	◎ △		◎ ×				
40	T Y 74110302	荒川	中の小屋凝灰岩の弱変質部分 (化学分析用サンプル)	◎		△			×	
41	T Y 74110303	" " " " " " " " " " " " " " " " " "	" " " " " " " " " " " " " " " " " "	◎ ◎ ◎		○				
42	T Y 74110304	" " " " " " " " " " " " " " " " " "	" " " " " " " " " " " " " " " " " "	◎ ◎ ◎						○
43	T Y 74091214	地 獄	の強変質部分 (化学分析用サンプル)	◎ ◎ ◎		○				
44	T Y 74091213	" " " " " " " " " " " " " " " " " "	の化学分析用サンプル	◎ ◎ ◎		○				
45	T Y 74091212	" " " " " " " " " " " " " " " " " "	の弱変質部分 (化学分析用サンプル)	◎ ◎ ◎		○				
46	T Y 74092853	産ヶ沢石場	の赤色珉化した部分	◎ △		△ ?				
47	T Y 74091553	塩	中の水角岩質凝灰岩の赤色珉化した部分	◎ △		◎ ◎				
48	T Y 74091551	東鶴川	中の水角岩質凝灰岩の弱変質部分	◎ △		◎ ×				○
49	T Y 74091705	中流	中の小屋凝灰岩の多孔隙珉化部分	◎ △		◎ ×				○
50	T Y 74091209	地 獄	の粘土化部分	◎		△			△ ×	

○おおよその量比；◎非常に多い；△少ない×非常に少ない？存在の可能性はあるが確認されていないもの。

第7表 野地地熱地域地熱変質帯・温泉沈殿物一覽表

No.	名称	面積 (km ²)	母岩とその年代	関連火山	珪 化 帯	鉱 物					地熱 微 候 お よ び そ の 最 高 温 度	
						シリカ鉱物	粘土鉱物	沸石	硫酸塩鉱物	酸化・泥 化 鉱物		その他
変質帯 AZS 1	幕川温泉	0.5	凝灰岩, 中新世	安達太郎	有	Q	K, Mt Pyro				Pr	温泉 (80°C)
AZS 2	地獄谷	4.0	凝灰岩・玢岩 中新世	"	有	Q, Cr, Tr Op	K, Mt	Cp	Al, Jar		Pr, Lim	噴気 (100°C以上) (ボーリングによる) 温泉 (約60°C)
AZS 3	荒川中流	3.8	"	"	有	Q, Cr	K, Mt, Ser				Pr	温泉 (30°C)
AZS 4	土湯	1.3	凝灰岩・頁岩 中新世	"	有	Q, Cr, Tr	Mt, Ser	Cp	Gyp, Al			噴気 (97°C) (ボーリングによる) 温泉 (62°C)
AZS 5	鴉川	0.2	凝灰岩, 中新世 安山岩質火砕岩 洪積世	"	有	Q, Cr, Tr	Mt, K				Pr	なし
AZS 6	塩の川	0.1	安山岩質火砕岩 洪積世	"	有	Q, Cr, Tr	K, Mt		Al		Pr	なし
AZS 7	姥滝沢	0.6	安山岩, 洪積世	吾妻	有	Q, Cr, Tr Op	K		Al		Lim	温泉 (31°C)
AZS 8	高山湯	1.1	"	"	有	Q, Cr, Tr	K, Hall				Pr	温泉 (49°C)
AZS 9	先達山	0.03	凝灰岩, 中新世	"	有	Q	Ser, K					なし
小計		11.6										
温泉沈殿物 AZS 10	信夫硫黄鉱床		安山岩, 洪積世~現世	"	有	Q, Cr, Tr	K, Hall				Pr	なし
AZS 11	中の沢褐鉄鉱床		安山岩質火砕岩 (洪積世)の中に鉄在	"	無	Q, Cr, Tr	K		Al		Lim	なし
(温泉沈殿物分布域は変質帯の中に含まれる)												
合計		11.6										

鉱物名略号: Al 明ばん石; Cn セラドナイト; Cp 斜プロテロ沸石; Cr α-クリストパライト; Gyp 石膏; Hall ハロワサイト; Jar 鉄明ばん石;
K カオリン; Lim 褐鉄鉱; Mt モンモリロナイト; Op 蛋白石; Pr 黄鉄鉱; Pyro パイロフライイト; Q 石英; S 自然硫黄; Ser
セリサイト (又はセリサイト/モンモリロナイト混合層鉱物); Tr α-トリディマイト.



第13図 吾妻南部地区地熱変質帯分布総括図

10.2 須川流域

10.2.1 姥滝沢変質地域

本地域は α -トリディマイト、 α -クリストバライトの卓越している多孔質珪化帯よりなる。石英は若干認められる程度である。そのほか、明ばん石の明確なピークも認められ、セラドナイト、カオリン少量認められた。微温湯付近ではオパール（非晶質シリカ）が認められ、わずかに α -クリストバライトの

産出がみられる。

10.2.2 高湯温泉変質地域

本地域は粘土化変質帯を中心とし、ハロイサイトおよびカオリンが優勢である。多孔質珪化帯中にも、ハロイサイト+ α -クリストパライト+カオリン+ α -トリディマイトのような組合せがみられる。

10.2.3 先達山変質地域

本地域ではカオリンが採掘・稼行されているが、その組合せは石英+セリサイト+カオリンが一般的である。肉眼的には粘土化が著しいが、一部に珪化帯も認められる。

なお、この変質地域には第三系（凝灰岩）のみが分布しており、第四系の地熱変質の産物であるという証拠はない。むしろ、この地点より西方約7 kmに位置する板谷カオリン鉱床がきわめて類似した産状を示し、かつ、そのセリサイト化岩のK-Ar年代が中新世末期の値を示した（富樫，1977）ことから、この先達山周辺の変質帯も第三紀に形成された可能性が大きい。

11. 結 論

(1) 本調査地域に分布する第四系は、下位より、(a)西鴉川層、姥滝沢層、微温湯層、などの安山岩溶岩・同質火砕岩・火山泥流など（一部に湖沼堆積物を挟む）、(b)箕輪山溶岩類・天沼溶岩類・高山溶岩類・不動沢第1溶岩類などの安山岩溶岩、(c)不動沢第2～4溶岩類の安山岩溶岩および同質火砕岩、(d)ローム層、(e)沖積段丘堆積物および火山灰起源土壌、などである。

(2) 前項(b)の安山岩溶岩類はフィッション・トラック測年により81～82万年前の、ほぼ同時期に噴出したものであることがわかった。また、前項(c)および(d)の岩層は¹⁴C測年により、約26,000～23,000年前の洪積世末期に堆積または噴出したものであることがわかった。さらに、前項(e)の土壌が由来する火山灰は約7,000年前に堆積したものであることがわかった。

(4) 本地域には少なくとも9個所に白色変質域が認められた。その面積は荒川流域において9.9 km²、須川流域において1.7 km²、合計11.6 km²と推定された。ただし、須川流域先達山周辺の変質域については第三系の熱水変質作用の産物である可能性がある。

(5) 一般に変質帯の中心は石英、 α -クリストパライト、 α -トリディマイトよりなる珪化帯が分布し、その周囲には明ばん石・カオリン・モンモリロナイトなどからなる粘土化帯が形成されている。

(6) 変質帯の形成時期は、第四系層序との比較から、現在を含めて少なくとも5回にわたって行われたものと推定される。その中では、約81～82万年前の大規模な安山岩溶岩の噴出に先立つものが最も大規模であったと考えられ、調査地域全体に及んでいる。

(7) 現在の地熱微候としては、調査地域内に分布する各温泉において湧泉が認められる。このうちとくに野地温泉・鷲倉温泉・暮川温泉・鳩花温泉（以上荒川流域）、高湯温泉（須川流域）などにおいて温泉活動が活発である。なかでも、野地温泉地獄谷および鳩花温泉においてはすでに地熱のための予察的テストボーリングが掘られ、とくに地獄谷においては現在なお高温の蒸気の噴出が続いている。

文 献

- 福島県 (1964) 福島県鉱産誌. 福島県企画開発部, 296p.
- 広川 治 (1948) 吾妻火山群北東周辺の褐鉄鉱床に伴う鉄明ばん石および黄土について. 地調速報, no. 51, 19p.
- 攪上忠佑 (1956) 吾妻火山群の地質および岩石. 東北大学, 岩鉱教室卒論.
- 北村 信・鈴木敬治・小泉 格・小林良明・和久紀生・大山広喜・新妻信明・白田雅郎・小原繁夫 (1965) 福島県5万分の1地質図幅「猪苗代湖東部地方」および同説明書. 福島県企画開発部, 66p.

- 中村久由・地質調査所温泉グループ (1965) 福島県の温泉調査報告, no. 4, 土湯温泉報告, 14p.
- 南部松夫・岡田広吉・大堀 晋 (1958) 吾妻火山群および安達太良火山周辺の褐鉄鉱, 黄土および鉄明ばん石鉱床調査報告. 福島県地下資源調査報告, p. 35-56.
- ・谷田勝俊・荒井癸酉郎・山梨晃一 (1959) 福島県吾妻盤梯地区. 未利鉄, no. 7, p. 132-143.
- 小山 侃・千葉 茂 (1970) 福島県信夫高湯温泉の成因に関する地球化学的研究. 福島大学教育学部理科報告, no. 20, p. 53-64.
- ・———・佐藤典夫・遠藤正子・阿部房子 (1971) 福島県信夫高湯温泉の微量元素—ヒ素・マンガン・亜鉛. 福島大学教育学部理科報告, no. 21, p. 9-16.
- 鈴木敬治・吉田 義 (1972) 福島盆地の形成史について. 地質学論集, no. 7, p. 285-295.
- 富樫幸雄 (1977) 山形県板谷カオリン鉱床第1鉱体における熱水変質作用の重複. 鉱山地質, vol. 27, p. 263-276.

Quaternary Stratigraphy and Hydrothermal Alteration of Noji Geothermal Area, Fukushima Prefecture, Japan

Yukio TOGASHI, Ko SATO, Morihiko TAKANOHASHI, Yoshiaki CHIBA,
Susumu NISHIMURA and Keiji SUZUKI

Abstract

This report summarizes the results of alteration zone survey for southern Azuma District, Fukushima Prefecture, performed in 1974 taking a part of the National Geothermal Resources Survey.

The alteration zone survey includes the ones for: (1) the Quaternary stratigraphy; (2) distribution of the white alteration zones (silicified and argillized zones); (3) determination of the period of geothermal activity by means of fission-track and ^{14}C age determination methods.

The surveyed area is composed of the Arakawa River area, southeast of Fukushima City, and the Sukawa River area, east of the same city. The former is situated at the boundary between Adataro and Azuma Volcanoes and the latter at the easternmost part of Azuma Volcano. Points of thermal water discharge are scattered within the surveyed area.

The Quaternary stratigraphy is as follows: (1) andesitic pyroclastic rocks and mud flow deposits, inferred to be of Plio-Pleistocene age, crop out extensively in and around the surveyed area, overlying the Miocene formations; (2) andesitic lavas, estimated to have erupted 0.81 to 0.82 million years ago, by means of the fission-track age determination, cover the above-mentioned andesitic rocks; (3) No evidence of later volcanic activity is found at the Arakawa River area, while andesitic lavas and pyroclastics deposited during Late Pleistocene (about 26,000 to 23,000 years ago, by means of the ^{14}C method) at the Sukawa River area; (4) loam was deposited throughout the surveyed area at almost the same period; (5) as the Recent formations, some river terrace deposits and soil derived from volcanic ash (about 7,000 years ago by ^{14}C method) are observed.

The white alteration zone is estimated to cover an area of 11.6 km² in the surveyed area. The center of the alteration zone is generally occupied by the silicified zone composed of quartz, α -cristobalite and α -tridymite, surrounded by the argillized zone composed mainly of alunite, kaolinite and montmorillonite. The Miocene tuff is partly sericitized, probably as a result of Miocene argillization at the Sukawa River area.

Formation of the alteration zones, including the present geothermal activity is considered to have occurred five times at least from the relation between the hydrothermal alteration and the stratigraphy. Among them, the first, which preceded the andesitic eruption about 0.81 to 0.82 million years ago, is

thought to be the largest in scale.

Active geothermal activity is observable at Noji, Washikura, Makukawa, Hatohana and Takayu Hot Springs, mainly as discharges of thermal water and vapor. Some test drilling for power production has been performed at Jigokudani Valley near Noji Hot Spring.

(受付：1977年12月1日；受理：1977年12月6日)

図版説明

- 図版29-1 野地温泉地獄谷近景。手前は白色粘土化した第三系凝灰岩。遠景は褐鉄鉱層で、鉄明ばん石、明ばん石、石英などをも含む (X-18)。
- 図版29-2 鶯倉温泉変質帯において粘土化した第三系凝灰岩中に見られる明ばん石の白色網状細脈。少量のカオリンを伴う (X-30)。周囲の灰色部には石英・モンモリロナイト・カオリンなどが含まれる (X-29)。
- 図版29-3 鳩花温泉における噴気。地表での温度は97°C。中央の岩屑の充填部は石英・モンモリロナイト・斜プロチル沸石・ α -クリストパライトなどが含まれ (X-10)、変質はあまり進んでいない。
- 図版29-4 高湯平付近の自動車道脇に露出する白色粘土化したローム層。
- 図版30-1 土湯温泉泉源付近。荒川左岸一帯に露出する白色粘土化した第三系凝灰岩類。ここで採取した一試料は石英とセリサイト／モンモリロナイト混合層鉱物よりなり、方解石の細脈を伴っていた (X-11)。
- 図版30-2 高湯温泉泉源付近。岩屑の基質部は自然硫黄に交代されている (X-34)。
- 図版30-3 塩の川・思いの滝。この滝を作る高山安山岩溶岩のフィッシュン・トラック年代は約82万年前であった (Fi-1)。
- 図版30-4 荒川中流左岸に露出する白色粘土化した第三系頁岩-凝灰岩互層。この地点の頁岩の部分のみについて、化学分析試料を採取した。



3



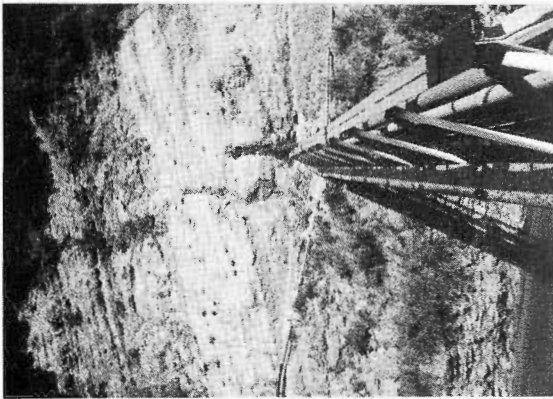
4



1



2



1



2



3



4

551.23 : 551.25(521.24)

群馬県吾妻郡草津白根・花敷地熱地域の熱水変質帯*1

上野三義*2・間遠治孝*3・金原啓司*4・西村 進*5

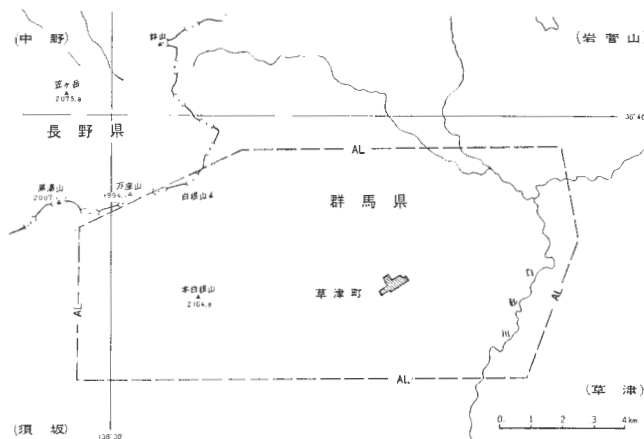
要 約

当地域は草津白根火山の主要部分を占め、現在も火山ガス、蒸気の噴出と熱水、温泉の湧出が豊富な地域である。変質地帯と熱放出地点の分布、火山岩類の累重関係と第四系の層序、変質鉱物と変質岩の化学組成等の研究のためX線粉末回折、C-14およびフィッシュン・トラック法による岩石の年代測定等が実施された。調査研究の結果を要約すると、

1) 地熱の有望な精密探査地区は白根山山頂付近北斜面と万座温泉ーカラブキー帯の噴気地区、殺生河原と近くの旧火口地区が示され、次いで亜硫酸ガスを噴出した振子沢上流および断層帯に沿った早蕨温泉地区等が注目される。

2) 当地域には白根、白嶺鉱山等大規模な既成の鉱染交代型硫黄鉱床が多いが、フィッシュン・トラック測年によると鉱床母岩の松尾沢熔岩が約80万年になり、これに伴う鉱化作用の時期は更新世中期以降と推定され、現在行われている硫黄活動とは直接関連がない状態にある。

3) 変質帯に生成された鉱物は一般に珪化帯では α -クリストパライト、石英、トリディマイトであり、粘土化帯はカオリン、ハロイサイト、モンモロロナイト、明ばん石等からなり稀にパイロフィライトがある。これらの変質鉱物は鉱染交代型硫黄鉱床を取りまく変質帯と大差はないが、現在放熱している地区の変質帯は範囲が狭く蛋白石等の含水珪酸鉱物と硫化鉄鉱の生成が少ない。当地域の熱活動史を大別すると既成の硫黄鉱床に関連して3～4回の放熱時期が考えられる。



第1図 変質帯調査位置図
AL: 変質帯調査範囲, (): 5万分の1図幅名

*1 地質調査所報告, no. 259, 1978.

*2 鉱床部 *3 株式会社アイ・エヌ・エー新土木研究所 *4 地殻熱部 *5 京都大学教養部

1. ま え が き

本調査は全国地熱基本調査「白根南部」地域調査（昭和49年度）の一環として行われた。変質帯調査研究の主目的は地熱地帯の規模および生成年代を知ることによって地熱地域の探査および熱エネルギー資源の評価に資する基礎資料を提供することにある。

調査地域は群馬区吾妻郡草津白根火山を中心とした地域で東側は花敷地区に及んでおり、外業作業は昭和49年8月7日から同年10月15日の間に行われた。調査研究の経緯、担当等の細部については地質調査所、全国地熱基礎調査報告書 No. 14 (1975) に記載されている。

本調査研究に当り、企画、指導を受けた地質調査所の角 清愛地殻熱資源課長、¹⁴C年代の測定を引き受けられた学習院大学の木越邦彦教授、調査に多大の御協力を頂いた群馬県企業局関口課長、倉沢辰巳参事等の各位並びに株式会社アイ・エヌ・エー新土木研究所の市川仁夫、沢田臣哲両氏に深謝の意を表する次第である。

2. 従 来 の 調 査

調査地域の地質や岩石に関する調査研究は大橋（1914）を始め、多くの貴重な研究がある。これらの研究結果は太田・片田（1955）、太田（1957）に総括されている。その後、群馬県企業局では活火山体内部に蓄積されている熱エネルギー資源に着目して地熱調査を行い、太田・松野（1968）および前田・阿部（1969）が火山体の構造や、噴気、温泉地帯と地質構造との関係、現在各所から噴出している熱水や噴気ガスの化学成分の特徴等について新しい資料を提示している。

長谷・西村（1973）は期を同じくして赤外線空中映像による放熱量の調査等を行い、その一部は地質ニュースにも解説されている。

この地域の地熱に関する主な探査としては東京電力㈱・中部電力㈱（1957）が行った殺生河原地区のボーリングによる共同調査がある。その結果の一部は安藤（1957）の報文に記せられている。

また、万座噴気温泉地域の調査研究としては、中村・比留川（1957）による変質帯と噴気、温泉との関係についての研究報文、小坂（1968）による火山温泉地域岩石の変質現象に関する研究等があり、草津温泉地域の酸性条件下での変質過程を論説している。このほか木崎（1965）による山体周辺の変質帯における変質鉱物の研究があり、草津温泉については温泉水の成分、温泉の湧出機構、温泉成分の変化に関する研究は数多くの研究者によって古くから行われている。

本地域の多くの硫黄鉱床については早瀬（1949, 1950）、草津鉱業所（1957）の草津鉱山の報告、石津硫黄鉱床の報文（間遠, 1965・1967）等があり、白根山頂の湯釜の活動と湖底泥に関しては平林ほか（1968）、南ほか（1969）などがある。

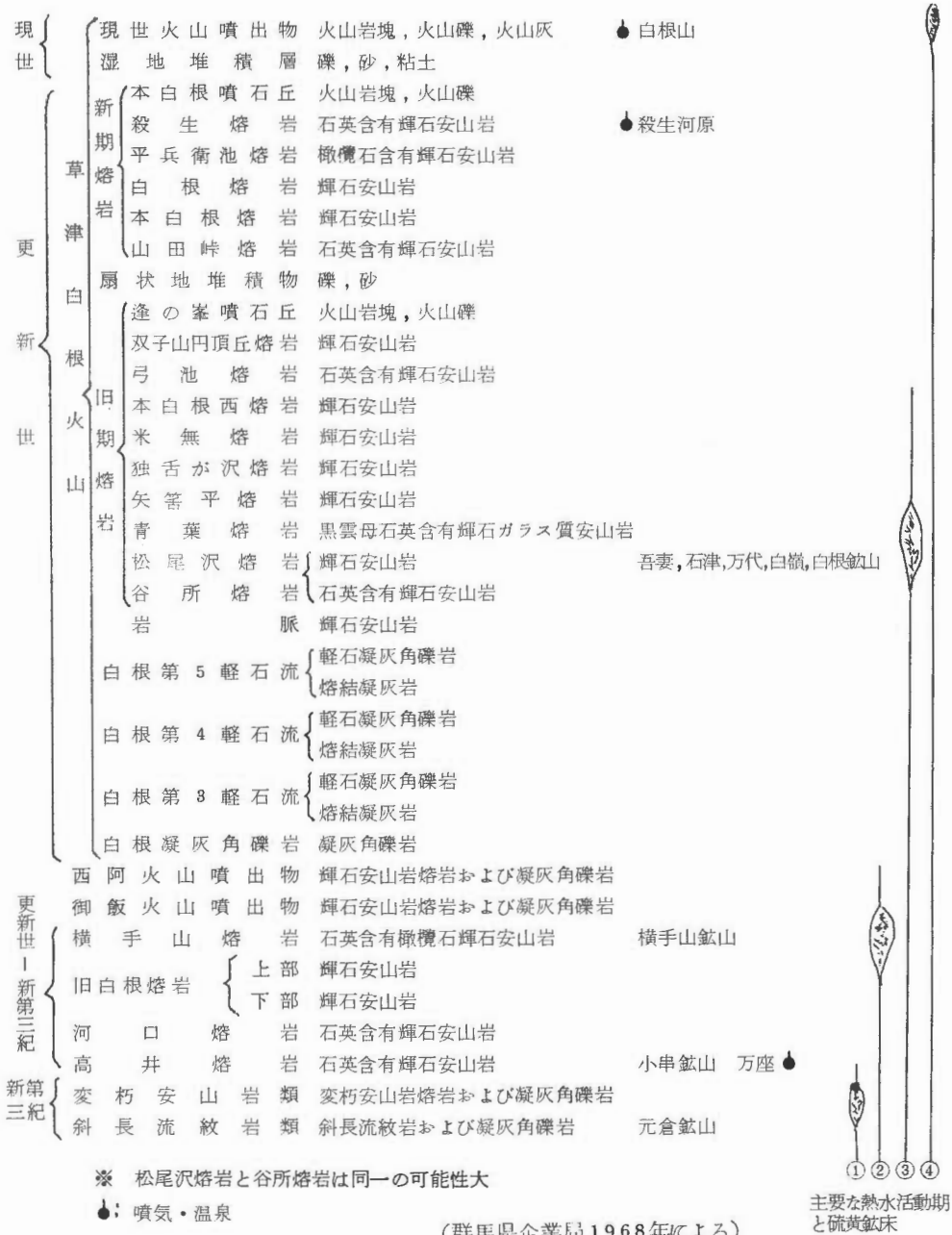
また温泉沈澱物の一種と考えられている鉄明ばん石褐鉄鉱については齊藤（1947）の報文に詳述されている。

3. 地 質 概 説

本調査区域における第四系および先第四系は草津白根火山の形成に関係した火山噴岩類、砕屑岩類および火山性堆積岩類が多い。当地域の第四系と層序関係の概要は太田・松野（1968）、太田（1957）の報文を基にしている。

草津白根火山の基盤岩を構成する岩石は新第三紀の斜長流紋岩および同質凝灰角礫岩、変朽安山岩とこれらを貫く石英閃緑岩があり、新第三紀～更新世にかけて大規模に噴出した輝石安山岩がある。これらの基盤岩類はその後に起った多くの大規模な断層運動により地塊化されている。当地域の岩石層序を第1表に表わし、硫黄鉱床の生成推定期を示した。

第1表 草津白根火山の層序表



※ 松尾沢熔岩と谷所熔岩は同一の可能性大

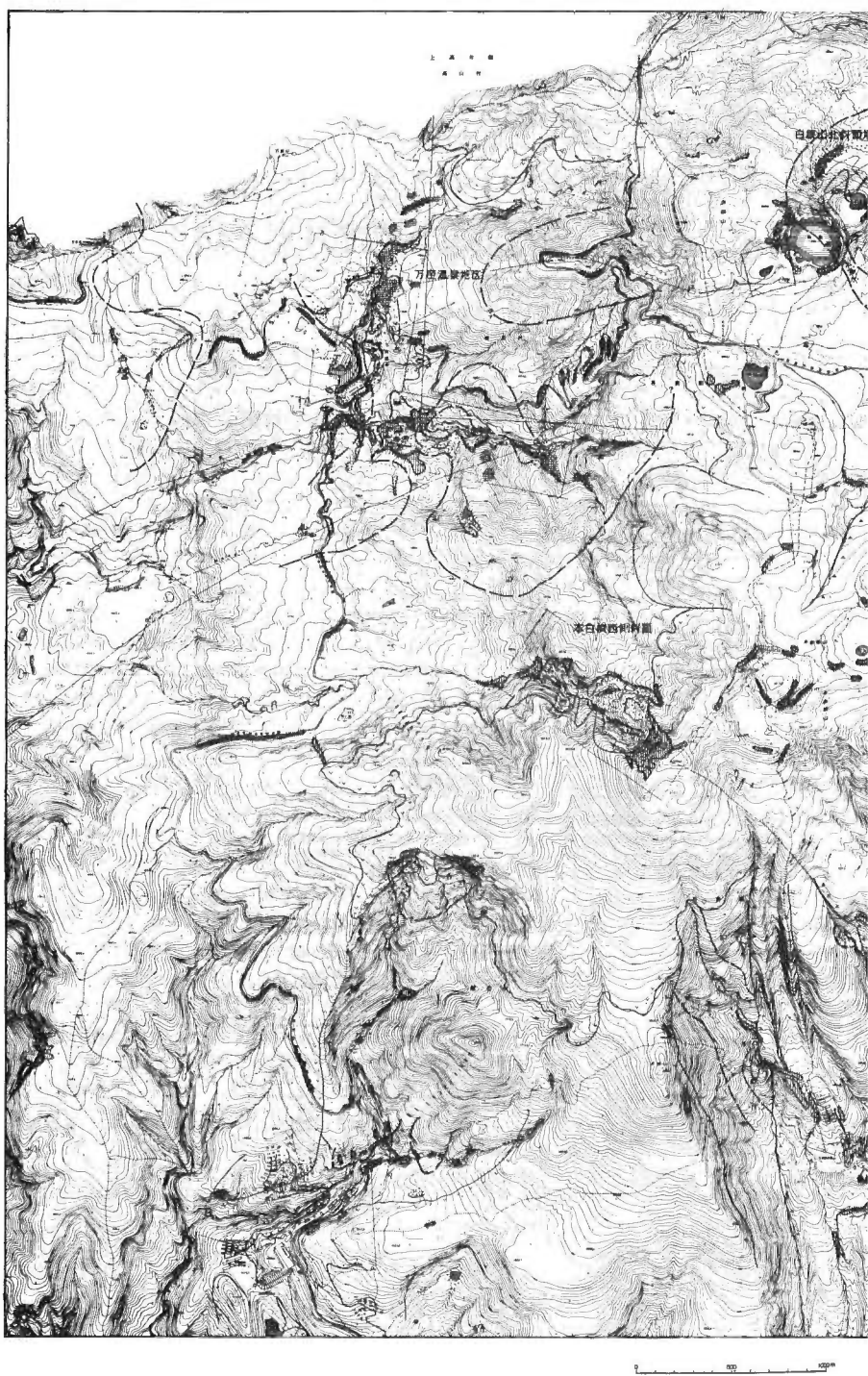
●: 噴気・温泉

(群馬県企業局1968年による)

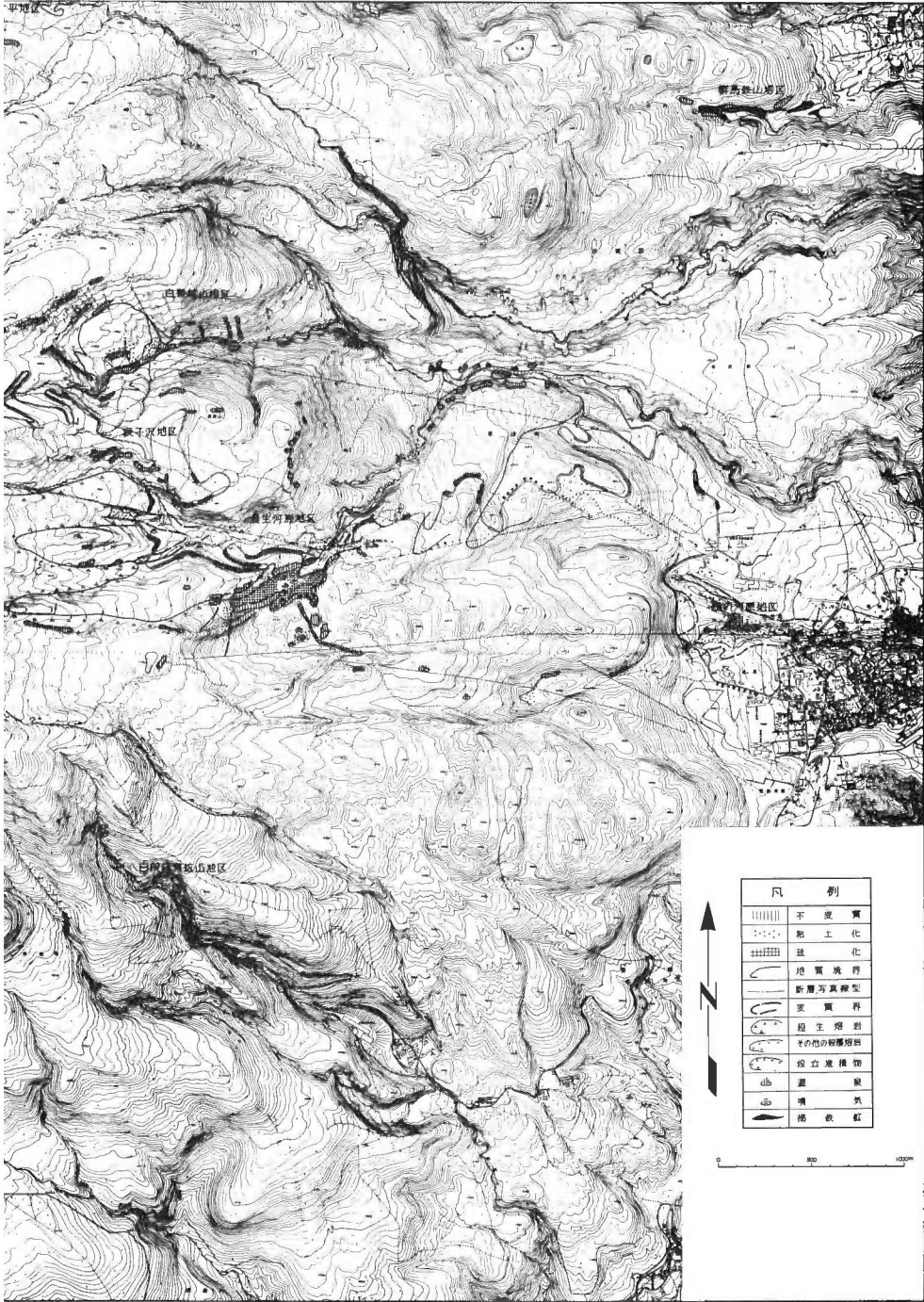
基盤岩の分布高度を白根火山群の周辺部と比較すると、北西部では基盤岩が山頂近くの海拔1,900m~2,200mまで分布しているのに反し、南東部では海拔700~900mにあり、火山体は南東部では広く展開しているが北西部では基盤岩に遮られている。

またこの基盤岩は多くの断層によって分断され、これらの断層系と噴気、温泉や変質帯との間には密接な関係があることも知られている。

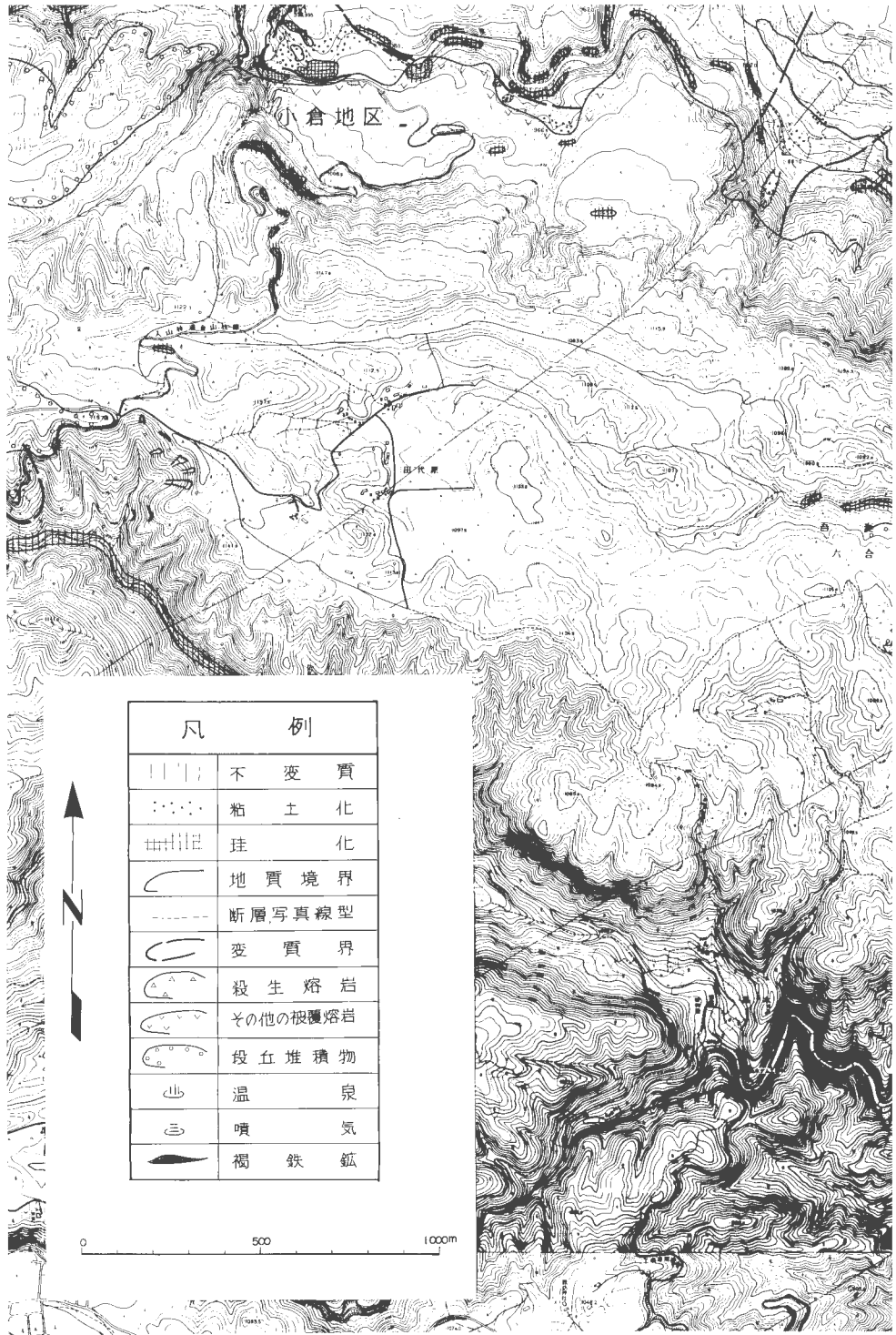
第四紀に形成された草津白根火山体の下部は南東部の海拔1,500m以下の地域に現われ、同火山の最初



第2図 草津白根・花敷地域変質帯分布図



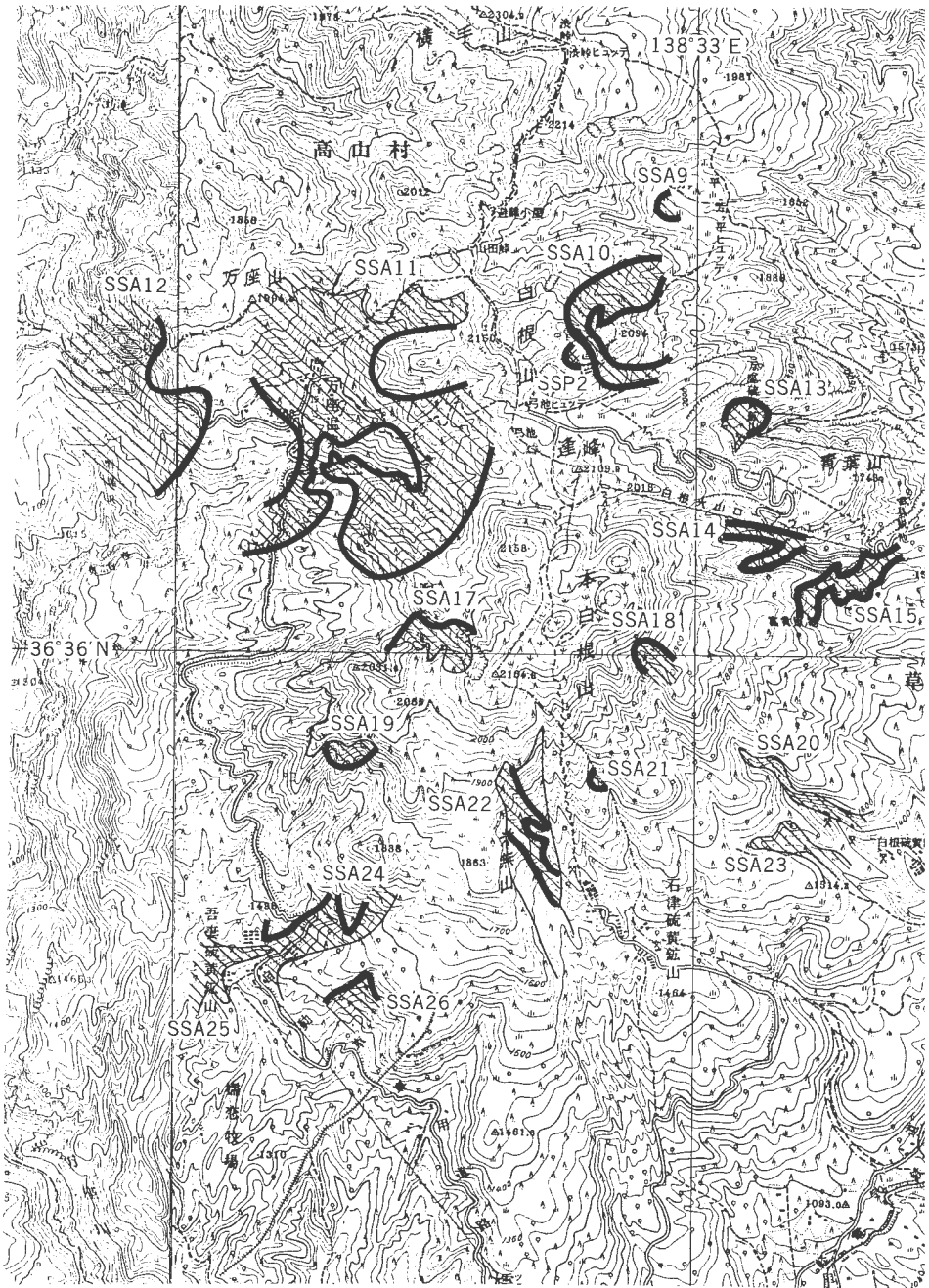
(その1：白根・万座地区)



第3図 草津白根・花敷地域変質帯分布図



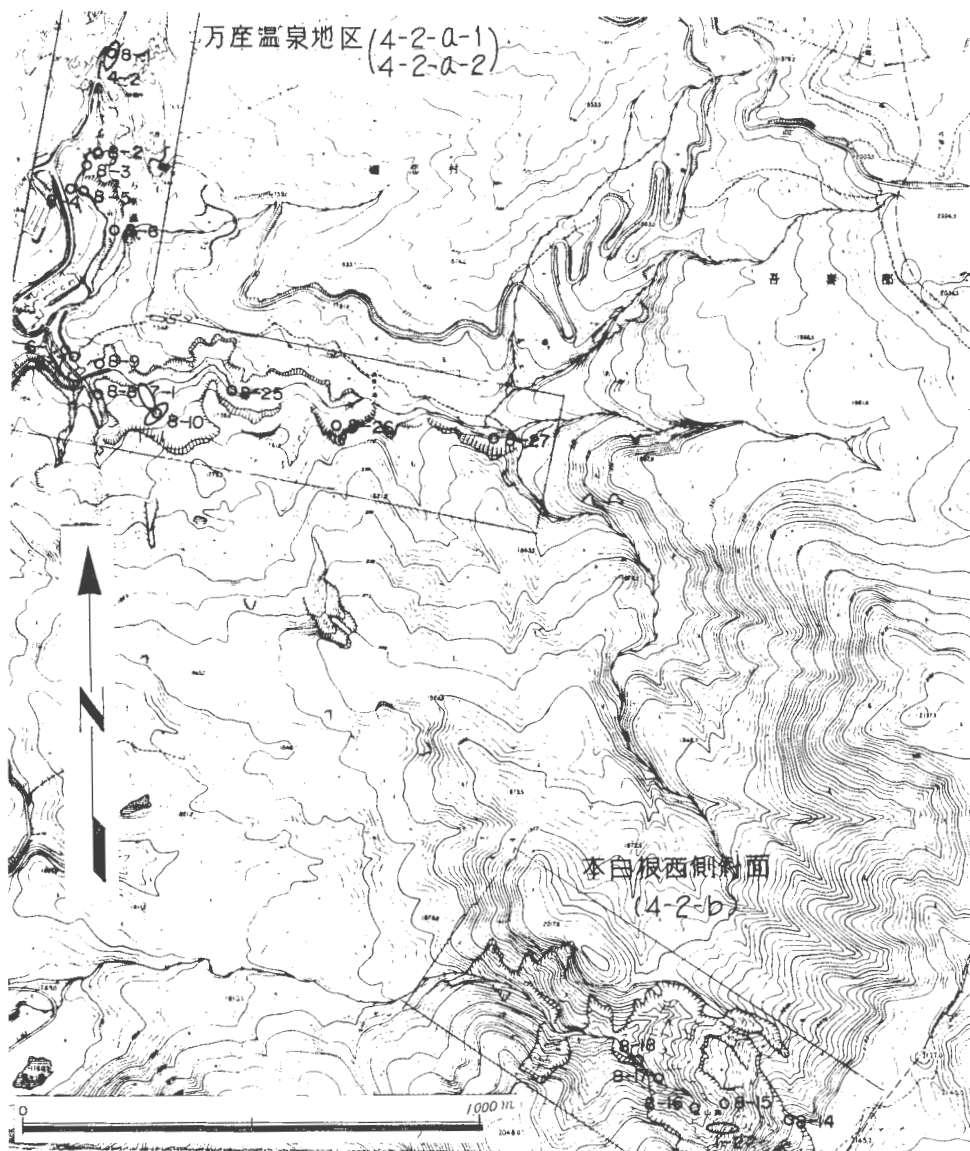
(その2：花敷・小倉地区)



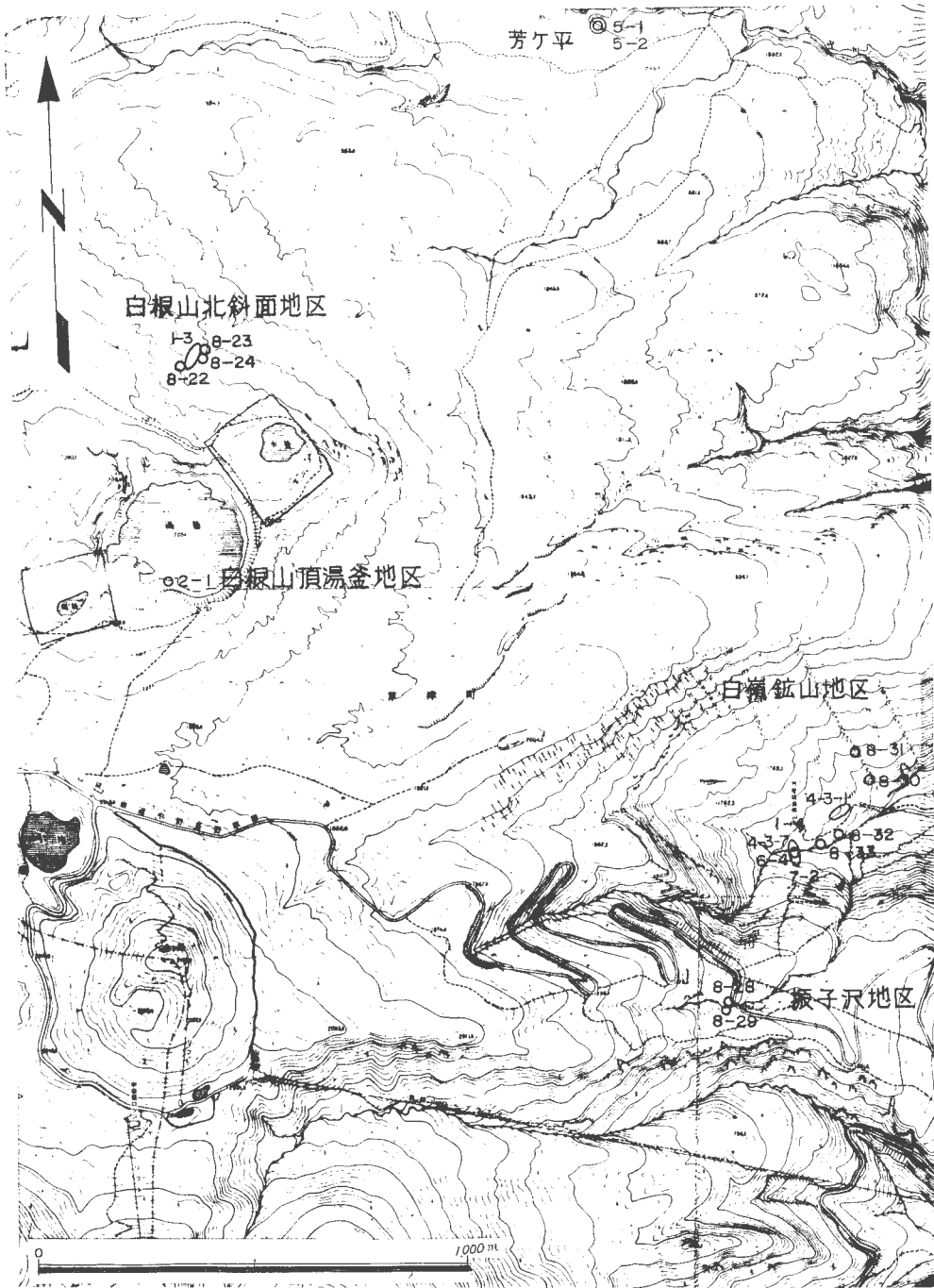
第4図 草津白根・南部地域の



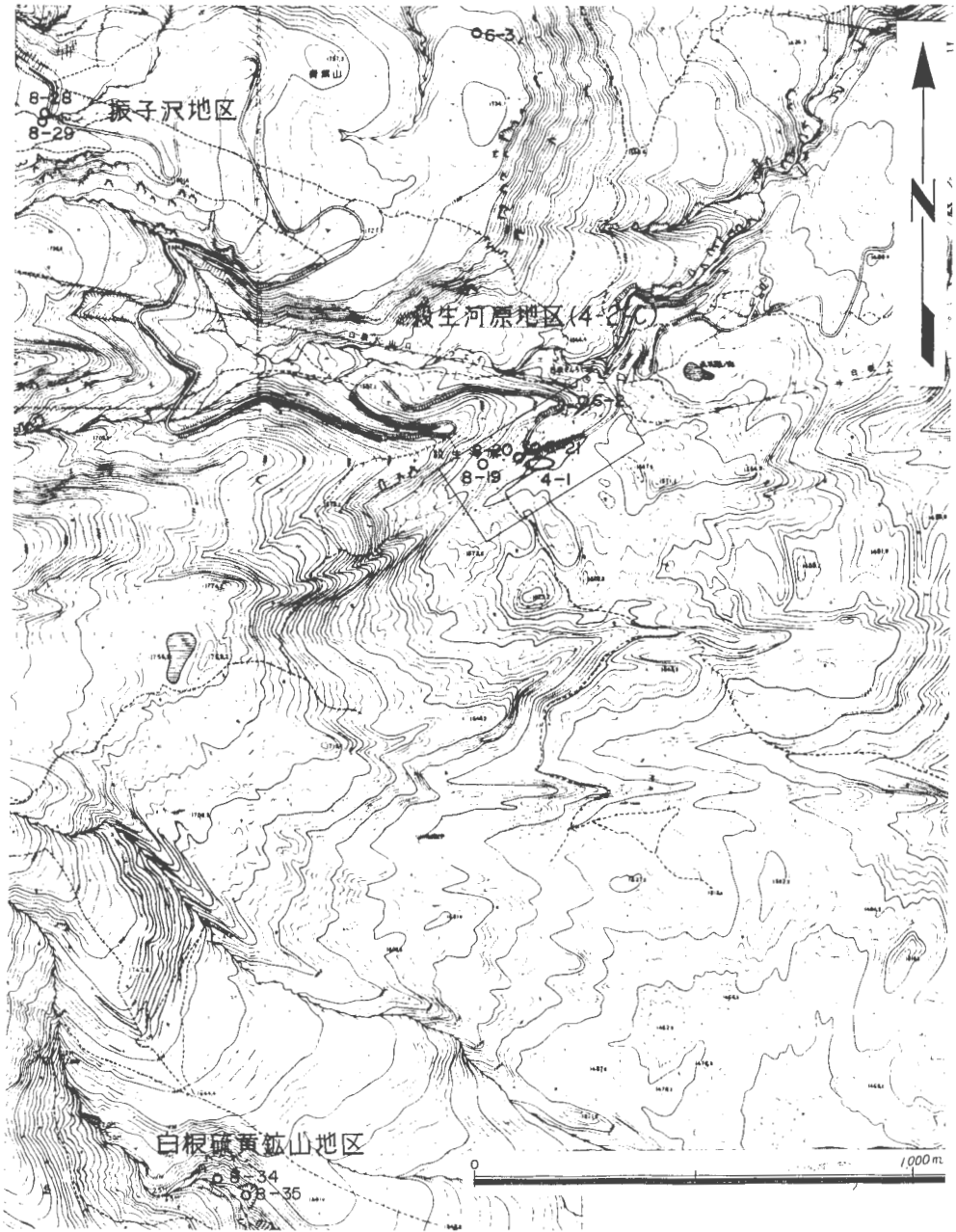
地熱変質帯分布要約図



第5-1図 万座・本白根西側斜面地区試料採取位置図



第5-2図 白根山頂・振子沢地区試料採取位置図



第5-3図 殺生河原・白根硫黄鉱山地区試料採取位置図

の噴出物である凝灰角礫岩と白根軽石流である。白根軽石流は5枚の軽石層に細分され、第4と第5の軽石層の間に厚さ2~3m程度の水成ローム層を夾むことがある。また各層の基底部は熔結して白根軽石流全体の厚さは200~400m程度と推定される。この白根軽石流の上部にはカルデラ形成後に流出したと考えられる熔岩がのっておりこれは旧期熔岩として区別されている。旧期熔岩はいずれも若干の火山砕屑岩類を伴い、とくに最初に噴出した谷所熔岩および松尾沢熔岩は凝灰角礫岩層の発達が顕著で、主な鉱染交代型硫黄鉱床の母岩となっている。

旧期熔岩流出後、本白根山体の南東部に馬蹄形カルデラが形成され、一旦火山活動は休止し、その後山体は侵食作用により各所に放射谷が形成されるとともに山麓には扇状地ができています。また浅間火山の活火山灰を主とするローム層によって覆われ、現在の高位段丘堆積層はほぼこの時期の河床堆積物と考えられる。また崖錐性の堆積物もしばしばこの時代の河岸の近くにみられる。

上記のローム層は荒牧(1969)によると燻恋降下軽石と呼ばれるもので、¹⁴C年代測定によると10,650±250年 B.P. および11,800±400年 B.P. が示され、浅間火山第2軽石流の流出前に噴出したものと思われる。

長い休止期を経て活動が再開され殺生熔岩その他の新期熔岩がカルデラ内や放射谷に流入している。その後次第に火山活動が本白根から白根火山へと北東方向に移り主に爆裂活動を行っている。最近の活動は1939年に記録があるほかは平穏状態が保たれ、現在、山腹の各所から噴気活動を行っている程度である。放出岩塊の集積からなる本白根噴石丘は本白根山頂の噴火口周辺地だけに見られ、芳ヶ平の窪地を埋める湿地堆積層中には炭化した木片類が含まれている。白根山頂の水釜、湯釜、空釜の3爆裂火口の付近には現地火山放出物と考えられる径1~2m程の安山岩塊が火山礫、火山灰とともに散在している。この地区には植物が全く生えず荒涼としているが処々に立枯れた樹木が残っているのは最も新しい3つの爆裂火口の生成時期の間にも草木の繁茂したことがあり火山活動の繰り返しがあったように推測される。有史以来の最も古い活動は1805年で長野県方面に降灰したため松川上流には100年以上の樹令のものが少ないと言われる。それ以後、爆発はほとんど湯釜内またはこれに近接した範囲内に起り9回の活動記録はあるが熔岩は流出していない。

地入り地形は顕著なものは見られないが長笹川右岸の長平部落の小規模なもの、白嶺鉱山付近には地入りを伴う崩壊地形等があり、調査地域外の小半鉱山でも地入りで多くの犠牲者を出したことがある。小規模な崩壊や地入り地形は須川、万座川等の主要河川の流域の変質帯付近に部分的にみられる程度である。

4. 変 質 帯

4.1 変質帯の産状と分布

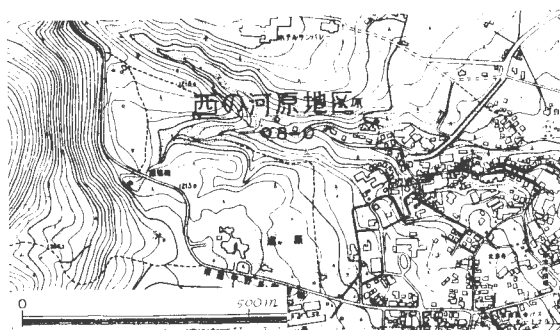
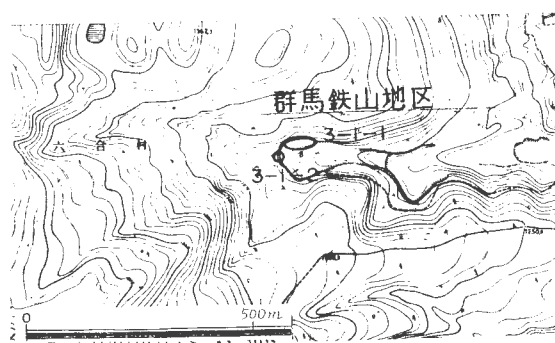
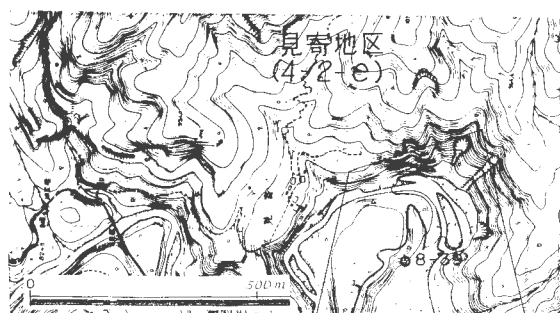
本地域の変質帯の概要は変質帯分布図(第2図、第3図、第4図)に示したとおりであり、主な変質帯は万座温泉付近、本白根西側斜面沿い、殺生河原、小倉(元山)地区長笹川流域、見寄地区須川流域の5地区と白根山の南斜面の一部に生成されている。このほか地表に見られる変質帯は比較的小さいが地熱徴候地帯として数ヶ所を挙げることができる(採取試料番号および位置は第5-1、第5-2図、第5-3図、第6-1図および第6-2図参照)。

変質帯を産状で大別すると次のように区分される。

- (1) 現在なお噴気が続けているもの
万座温泉付近、殺生河原、白根山北斜面等、小殺生の爆裂火口跡(白根湯釜)
- (2) 噴気は見られないが地表で著しいH₂Sガスの放出、温泉、昇華硫黄等が見られるもの
本白根西斜面、西の河原、本白根南東斜面
- (3) 現在は著しい地熱の徴候は見られないが多くの硫黄鉱床を胚胎し、また温泉地帯となっているもの
小倉地区、白嶺、石津、白根等の硫黄鉱床、見寄地区、花敷、新花敷温泉、群馬鉄山



第6-1図 花敷・小倉地区試料採取位置図



第6-2図 見寄(上)・群馬鉄山(中)・西の河原(下)地区試料採取位置図

試料名	試料番号	試料名	試料番号
○変質帯(模式露頭)		○X線分析 X-0	SS74092701
カラフキ		X-1	2802
本白根		X-2	3
白根山		X-3	4
万座		X-4	5
小倉		X-5	6
		X-6	7
		X-7	8
		X-8	9
		X-9	10
○温泉沉澱物		X-10	11
白根山頂湯釜		X-11	12
		X-12	13
○変質帯 (温泉沉澱物と第4系)		X-13	14
群馬鉦山周辺		X-14	092901
		X-15	2
		X-16	3
○変質帯 (第4系地質柱状図)		X-17	4
殺生		X-18	5
万座		X-19	093004
白根		X-20	5
		X-21	6
◎C 14	SS74093004	X-22	100101
		X-23	2
◎花粉分析	SS74093005	X-24	3
		X-25	4
○フィッシュトラック 1	SS74092814	X-26	5
2	74100207	X-27	6
3	74100208	X-28	7
4	74100209	X-29	8
		X-30	100203
		X-31	4
		X-32	5
○化学分析 1-1	SS74092906	X-33	6
1-2	092907	X-34	7
1-3	092908	X-35	8
2-1	100210	X-36	100301
2-2	100211	X-37	2
2-3	100212	X-38	3
		X-39	100401
		X-40	2
		X-41	3

凡例

(第5-1図, 第5-2図, 第5-3図, 第6-1図および第6-2図)

(3)の場合、硫黄鉱床と変質帯の規模は大きいが硫黄の露頭あるいは変質帯の地表に覆われる部分はわずかで、大部分はその後に流出した新しい熔岩類によって被覆されていることが多い。

既成硫黄鉱床の下部にはモンモリロナイト化帯が発達していることが最近明らかにされ、またボーリング探査によれば弱い変質帯から中性の温泉が湧出する模様である（白嶺、石津、吾妻硫黄鉱山）。

殺生河原に近い小殺生付近には塊状の殺生熔岩（ブロックラバ）中にはほぼ円形の爆裂火口があり現在なお噴気している。この地区の南東部にある潜頭鉱床万代硫黄鉱床の開発当時、坑口より約300mの地点から大量の熱水を伴う蒸気が噴出し今日まで続いている。

白根鉱業事務所の上流約3kmにある本白根山の南東斜面の変質帯は、わずかな噴気活動が認められると言われるが(2)の分類に入れてある。

これらのうち代表的な変質帯の規模、母岩、組成鉱物等は第2表に総括して示されている。

変質帯の構成鉱物には石英、リンケイ石、クリストパル石、カオリン、ハロサイト、モンモリロナイト、パイロフィライト、明ばん石、硫黄、沸石鉱物、黄鉄鉱、未変質長石類等がある。

このうち、パイロフィライトは万座川沿いの高井熔岩を母岩とする変質帯に、沸石鉱物は同岩に対比される花敷温泉付近の基盤岩の温泉変質帯に認められた。

また噴気による変質作用の強いところや硫黄鉱床の周辺には明ばん石、蛋白石化および黄鉄鉱化作用が強くなる傾向が認められる。粘土化帯における主要粘土鉱物はカオリン、ハロサイトがあり万座温泉付近「カラ吹」噴気帯の変質帯中には結晶度の高いカオリナイトが多く生成されている。珪化帯には石英、クリストパル石およびリンケイ石が混在することがあり、相互共生関係は明らかにされなかった。

また、これら変質帯内部の変質状況と母岩および被覆岩との関係、すなわち各熔岩類の変質状況と熔岩噴出時期との相互関係から考察すると当地域における変質帯形成の時期は第三紀～更新世末から第四紀全般にかけて少なくとも3～4回に亘ってあったように思われる。この考えかたを第1表に示しておいた。

4.1.1 万座温泉付近の変質帯（第7図、第8図参照）

万座温泉付近は高井熔岩が広く分布し、ところどころに硫気孔や温泉の湧出口が見られ、広い変質帯内は珪化、粘土化および黄鉄鉱化作用が進んでいる。しかし変質帯の周辺部には未変質～弱変質の原岩もかなり明瞭に残されている。

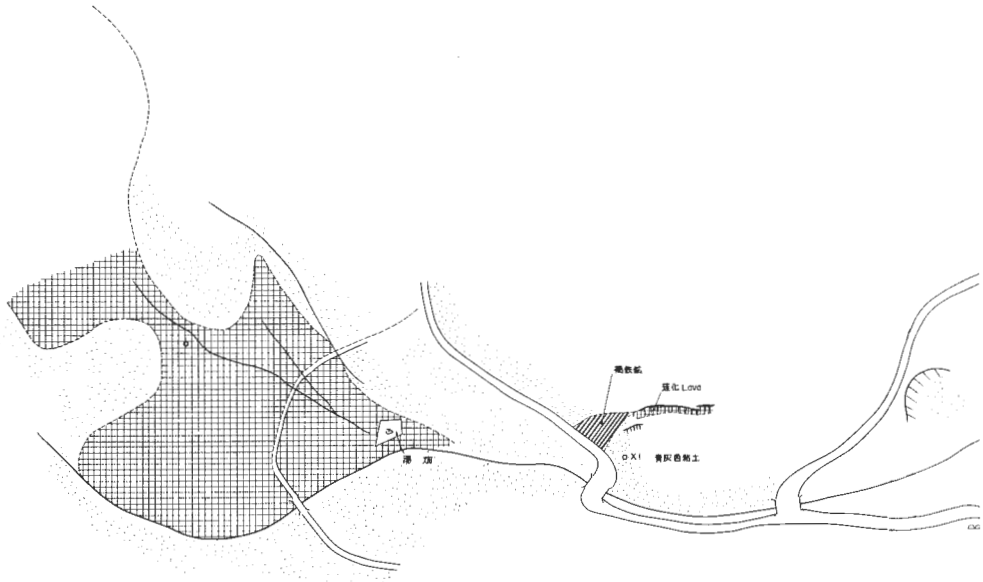
万座川は上流の豊国館付近で本流と法性沢の2つに分れ、本流は北へ日進館の方向（第7図）に向い、支流法性沢は「吹き上げ」変質帯を経て「法性の滝」へと東側に延びている（第3-2図）。分岐点付近には未変質の堅硬な熔岩が現われている。

この付近の変質帯は一般に地形的に高い位置に珪化された部分が露出し、低い位置に粘土化帯が発達している。この状態は変質帯中で広範に生成された粘土化帯の比較的上位に局所的な珪化帯が生じ、さらにその上位には褐鉄鉱層が分布する一般的な上下関係が示されている。また法性沢に沿った変質帯の表層部には褐鉄鉱層が発達し鉄明ばん石を伴うものがある。

強烈に噴出している硫気孔の周辺には局部的に著しい珪化帯が生成され特に「吹き上げ」地区では石英を主とする珪化と明ばん石化が顕著であり、硫気孔近くには明ばん石が細脈状に生成されているところがある（第8図）。広い粘土化帯中では石英・モンモリロナイトを主とする変質部分と石英・カオリンを主とする変質部分が鎖綜しており、微細な黄鉄鉱を含んで青灰色を呈するところが見られる（X線分析サンプル番号1～13および25～27参照）。

4.1.2 本白根西側斜面沿い変質帯（第9図参照）

この変質帯は本白根山（2,164.8m）山頂直下から西流する万座川の支流に沿って約700mの間に露出する変質帯であり、沢の最上部は本白根爆裂火口から流出した本白根熔岩に覆われ、沢の上部は崖崩れと侵食が著しい（第4図）。交代作用の進んだ変質帯は爆裂火口壁より約400m下流域にあり、両側尾根の高さまで白色の変質帯が露出している。変質帯全般に亘り粘土化および珪化が強くと、現在噴気活動は停止状態にあるが、硫化水素ガス臭が非常に強いところがある。また沢の下流部では所々に珪質な部分



第7図 万座温泉地区万座

を伴う粘土化帯が広がり冷泉の湧出箇所がある。

この付近の地質は安山岩質熔岩，凝灰角礫岩，凝灰岩等よりなる。本白根爆裂火口壁より約450 mの沢の中に旧坑道跡があり，流水面以上の変質帯中から硫黄が採掘された形跡があるが鉱床の規模等詳しくは明らかでない。

珪化帯中に含まれる鉱物は石英，クリストパル石およびリンケイ石があり，白色粘土は主にカオリン，青黄色粘土にはモンモリロナイト，未変質斜長石等が認められる。本地区の変質帯中にはリンケイ石の生成が著しく昇華硫黄の付着も多い（X線分析サンプル番号参照）。

4.1.3 殺生河原変質帯（第10図参照）

殺生河原付近では白根熔岩とこれを覆う殺生熔岩に変質作用が及んでいる。著しい変質部は硫気孔と昇華硫黄を伴う殺生熔岩中および殺生溶岩の破片をコーティングして沈澱した二次的硫黄沈澱物が分布していることである。殺生熔岩は地形的に馬の背状に延びた高い処が変質帯の縁辺にみられ，多くの硫気孔や温泉の湧出跡が残されている。

変質帯の露出範囲は NEN-SWS 方向の長径約500m～短径約150m，240 m にわたって広がっている



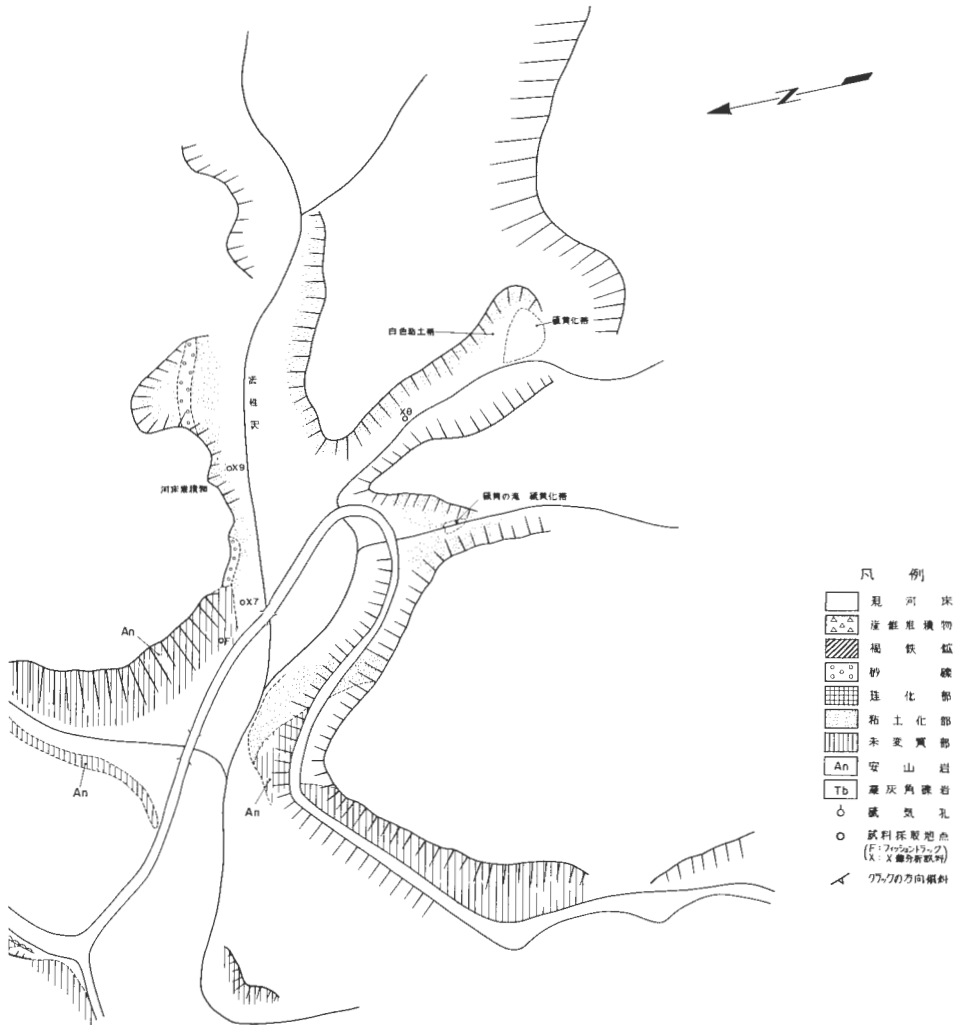
川上流変質帯分布図

が、この中心地区で長さ 300m、幅最大 60m の間に小噴気孔が密集し顕著な地熱発散地区を形成している。現在殺生河原変質帯には地表水に乏しく水蒸気の放出を認めたいが低い地区には被膜状の沈澱硫黄が付着しており、かつて小規模な湯沼状態にあったものと推定される。殺生河原地区で東京電力㈱が行った試錐深度 138m と 150m のボーリング結果については含硫化鉄鋳珪化帯で中止されているので更に深度を下げれば下部地温あるいは蒸気温度が探知されるとの見解が安藤（1957）によって述べられている。

4.1.4 小倉地区（元山）長笹川流域変質帯（第11図参照）

長笹川流域に見られる変質帯は、小倉橋から東約 100m の地点から下流に向かって約 350m の間で長笹川兩岸に露出しているが各所で河床礫、崖錐、低位段丘堆積物におおわれているため変質帯の地表下の広がり等は明らかでない。

小倉地区変質帯の原岩は白根火山の基盤岩をなす斜長流紋岩質熔岩であり、この変質帯の一部には蛋白石化帯を伴う硫黄鋳床が生成され、かつて探査された形跡がある。変質帯は主に粘土化作用、珪化作用、黄鉄鋳化作用等を蒙っており、X線分析サンプル（番号 36～38）によれば石英、クリストバル石、



第7図 (つづき)

カオリン，黄鉄鉱と明ばん石が認められる。また，明ばん石を伴い珪化の著しいところはクリストパル石の生成が特徴的で侵食に耐えて河岸に突出し，N70°W，約60°S方向の小断層が認められた。

かつて当地区は噴気を伴う地熱地帯を形成していたものと推測されるがこの付近の白根軽石流層が変質していないこと，この変質帯中の硫黄鉱床が既成硫黄鉱床群のなかで相対的に標高の最も低いところに生成されていること，鉱床の母岩が斜長流紋岩類であることなどから変質帯の生成時期は白根軽石流層の堆積期以前であったものとも推定される。現在変質帯地区には噴気活動は全く認められず，温泉の湧出地も近くには見当たらない。

4.1.5 見寄地区須川（白砂川）流域変質帯（第12図参照）

須川流域には草津白根火山の基盤岩である堅硬な変朽安山岩が分布し，須川に沿って約250mの地区が著しい粘土化作用と珪化作用を蒙っている。当地域では第12図に示されるようにNE-SW方向と，これに斜交する構造線が推定され，多くの節理やき裂が発達している。この内N60°W～N80°E方向の割

れ目に沿って 20 cm 前後の幅で変質作用が進んでいる。

これらの変質状況は花敷・新花敷温泉地区に見られるものと酷似しており温泉作用による影響と考えられる。須川は見寄部落の南部で急に川幅を広げ、右岸の変質帯を大きくえぐって広い河川低地帯を作っているが、現在この付近には噴気や温泉の湧出は見られない。X線分析サンプル(39)によると変質帯を構成する主な鉱物は石英、モンモリロナイトなどであり、原岩中の未変質長石類がかなり残されている。

4.2 変質帯の精査

4.2.1 「カラ吹き」噴気帯 (第13図参照)

「カラ吹き」または「吹き上げ」の噴気帯とも呼ばれ万座温泉付近の変質帯中に含まれている。万座地区で現在見られる噴気帯は法性沢の下流で東西約50m、南北約40mの範囲に強裂な硫黄と蒸気の噴出孔が密集した放熱地区があり測定温度94℃の高温湧泉孔もある。

この変質帯の母岩は高井熔岩であり広範な変質帯の周辺および上部に未変質～弱変質部を各所に残しているが変質帯の中心部はカオリン化、明ばん石化、蛋白化作用が進んでいる。硫黄孔は20以上が確認され、この硫黄孔群のほぼ中央部で多量の熱水を噴出し、温泉となって流れ出ている。温泉湧出量は絶えず増減し、降雨量、気候等に関係がある模様である。

かつて活動した数多くの硫黄孔跡の周辺は珪化して「流れ盤」と言われる硫黄を流出し、表面に黒褐色の被膜を作っているところがある。現在噴出中の硫黄孔の周辺には黄色の昇華硫黄が付着している所が多い。

噴気孔群を取り囲む粘土化帯は薄く地表に広がっているためか一部が剝脱されて弱～未変質母岩が現われる所があり、強い硫黄作用で変質した処には網脈状に明ばん石が生成されている。変質帯中の局部的現象として見れば硫黄、温泉作用の中心部から珪化-明ばん石化-カオリン化-弱変質岩とほぼ帯状の配列を示しているようである。X線粉末回折により同定された変質帯の鉱物は石英、明ばん石、黄鉄鉱のほかモンモリロナイト、ハロイサイトがあり、「吹き上げ」変質帯中には特に明ばん石が多いのが特徴である(X線分析サンプル8～13)。

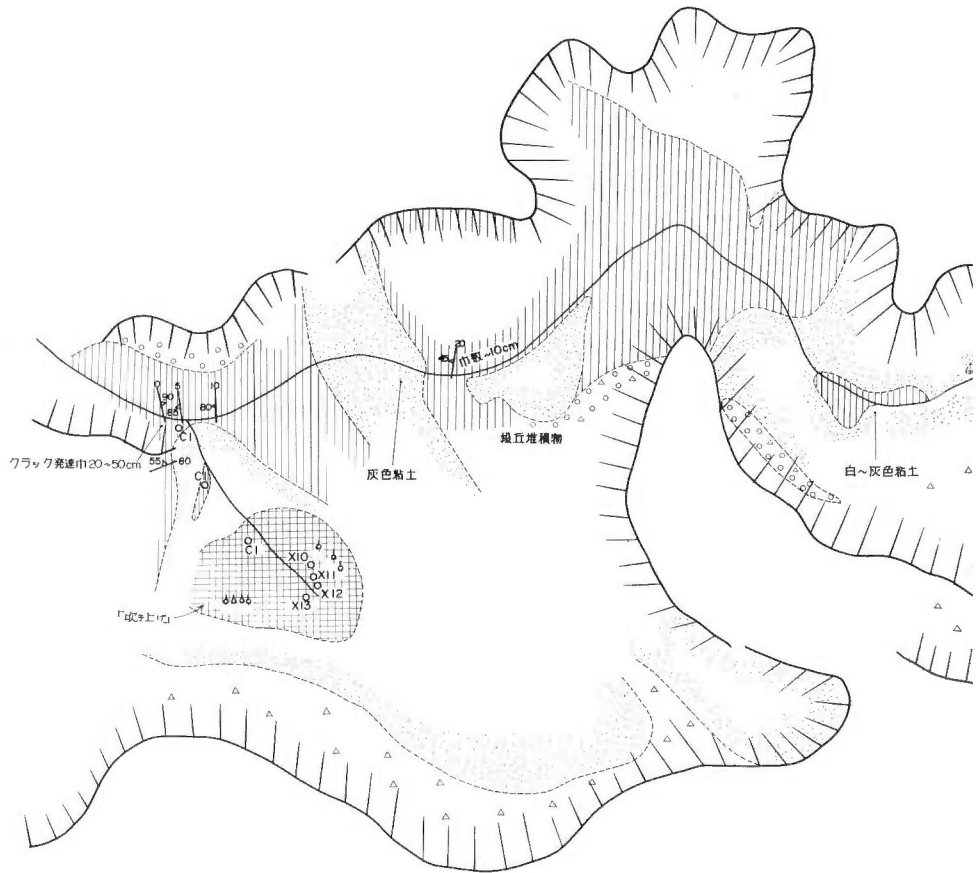
4.2.2 本白根西側斜面変質帯 (第14図参照)

本白根火口壁の西側は傾斜20°以上の急斜面で火口壁と変質帯の一部が現在なお崩壊しつつある。凝灰角礫岩と熔岩の累層で構成されるこの地区では解析された沢の中に顕著な変質帯が生成されている。この変質帯は旧火口中内にある比較的規模の大きい粘土化作用を主とする変質帯で露出範囲は南北100m～150m、沢沿いに300m以上続いている。変質帯の上限は両側尾根のレベル近くまで広がり頂上の火口壁より約130m下の解析された沢面に露出する変質帯には微細な硫化鉄や昇華硫黄が付着し、局部的に珪化作用の強い部分が認められる。この変質帯の流水面付近にはかつて硫黄を採掘した跡があり、これより約50m下流には坑口跡がみられた。現在なお変質帯の各所に硫化水素臭の激しい処がある。

4.2.3 白根山北斜面噴気帯 (第15図参照)

白根山北斜面噴気帯地区の変質帯は主に粘土化作用の強い変質帯であるが噴気孔周辺部、地形が突出している部分や小沢間の小さな背の部分等では珪化された処が多い。傾斜面に沿って約700m北へ断続する変質帯の中で主な硫黄孔は沢の方向や弱線の方向と思われる部分に数ヶ所見られる。小沢沿いでは熱水を噴出している所もあるが湧出量は一般に少ない。活動中の硫黄孔がある主な珪化帯は2ヶ所に見られこの周辺部は粘土化帯が浅く広がっている。この変質帯全体の分布は当地域変質帯中で最も高い位置にあり、NE-SW方向の構造線に関連するもので湯釜を囲む最も新しい変質帯の一部と考えられる。この付近は火山岩塊、火山礫、火山灰等最近の火山放出物が主体であるが下位には白根山壁および基盤をなす輝石安山岩の白根熔岩(新期熔岩)が分布している。地表に現われたやや多孔質珪化岩の試料はX線回折試験によると石英、 α -クリストバル石からなるもの、リンケイ石が含まれるものがあり、リンケイ石は低温型の α -リンケイ石に同定される(X線分析試料22-24)。

4.2.4 万座硫黄、白嶺鉱山付近変質帯 (第16図参照)



第8図 万座温泉地区法性

白嶺鉱山付近の変質帯は明らかに鉱染交代型の白嶺硫黄鉱床に関連して生成されたものであり、現在活動している硫黄作用等は認められない。硫黄鉱床は松尾沢熔岩類中の凝灰角礫岩を鉱染交代して生成されたもので硫黄鉱床の上部にある青葉熔岩はほとんど変質作用を蒙っていない。坑内採掘当時の坑内平面図で示される地質・鉱床図によれば青葉熔岩下の硫黄鉱床を含む変質帯の広がり約200m×約700mの範囲と推定される。

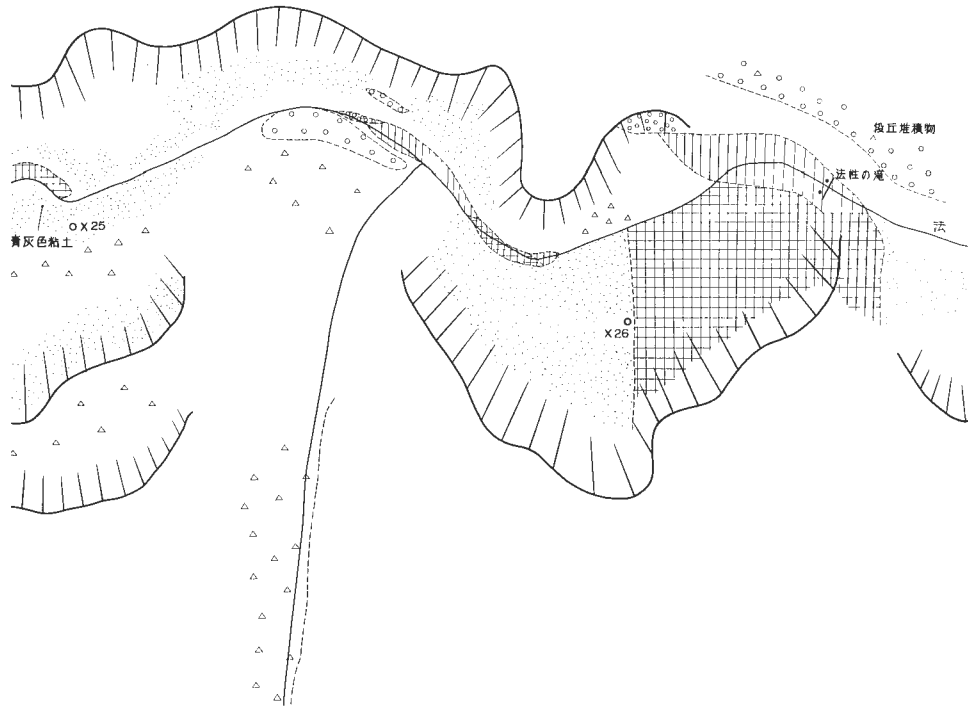
松尾沢熔岩は沢沿いの露頭で珪化作用、粘土化作用、黄鉄鉱化作用等の変質作用を強く受けているが各所に弱変質～未変質の部分も残されている。沢沿いの変質帯と鉱床上部は崩壊した青葉熔岩の崖錐堆積物によっておおわれている。

硫黄鉱床を取りまく変質帯内には主として粘土化、珪化、蛋白石化、明ばん石化帯が形成されており、坑内ザリ等を検討すると粘土化帯にはハロイサイト系カオリン鉱物の場合が多く、明ばん石はカオリンと共生している。

珪化帯の試料からは α -クリストバル石の多いもの、リンケイ石を主とするものがあり何れも若干のモンモリロナイトが含まれている(X線分析試料30~34参照)。硫黄鉱床の下盤に対する探鉱試錐の結果によると変質帯の下部からpH6程度の中性温泉が湧出したと言われている。

また稼行当時、硫黄鉱床の一部から炭化木片が発見されているが現在休山中でこの試料を採取し得なかった。

4.2.5 小倉地区(元山)長笹川流域変質帯(第17図参照)



沢沿い変質帯分布図

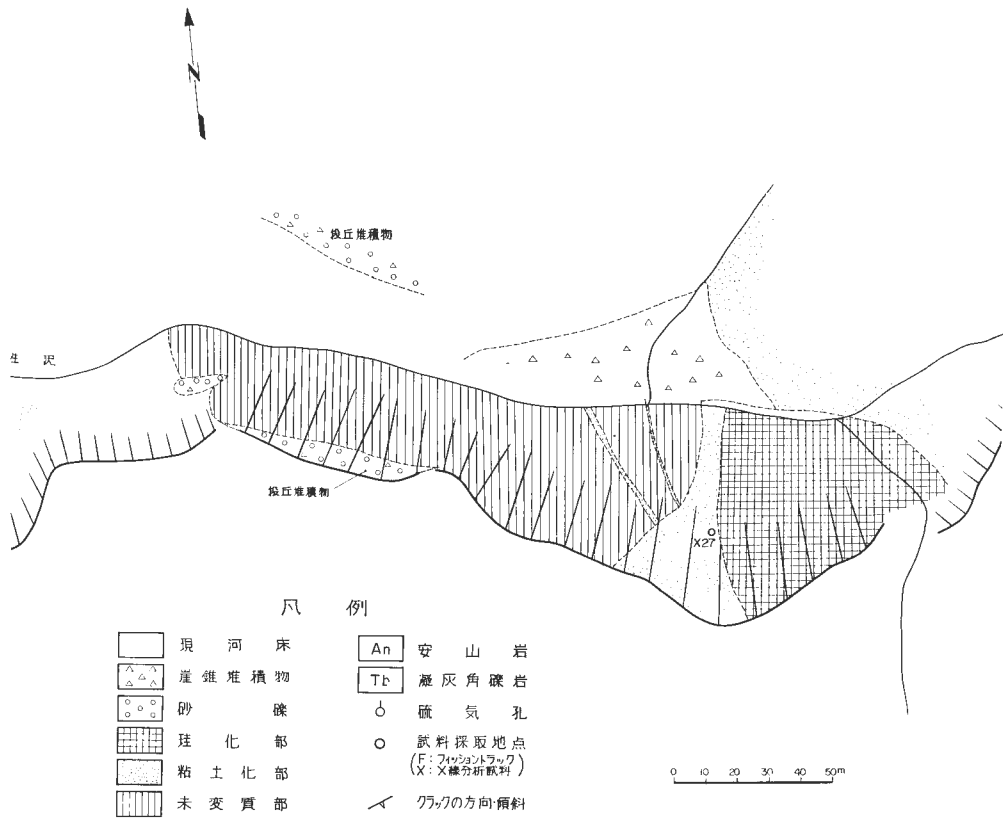
長笹川沿岸変質帯のうち最も珪化作用が顕著な部分での変質状態を示したのが第17図である。この珪化帯はカオリン化帯中に生成されたもので詳しく観察すると蛋白石の部分、硫化鉄の鉱染する部分および網脈状の明ばん石等が錯綜している。変質状況についてはすでに変質帯の項(4.1.4)で述べたとおりであり、主要変質帯の東部は林道に沿って粘土化帯の一部が転々と露出しているの、これら一連の変質帯は崖錐堆積物や河川堆積物の下に広がっている模様である。当地区では地熱の徴候を示す所は認められない。

4.3 温泉沈殿物の産状

白根山頂湯釜周辺の温泉沈殿物の分布状態を第18図に、その層序関係を現わす柱状図を第19図に示した。最近白根火山の火山活動はいずれも白根山頂部で起っており、多数の爆裂火口が明瞭に保存されている。

このうち最も大きい湯釜の火口底には青緑白色の水をたたえている。この火口湖は直径約250m、深さ最深33mが記録されている。湯釜をはさんで、その北東部には水深1mほどの溜水がある水釜、南西部には滞水することが希な空釜という火口湖が連なっている。

湯釜は幾度も爆発により火口の形状が変わって行き火口中の沈殿物の堆積状態も変化している。岡野(1967)によれば湯釜中の沈殿物は下部より黒色砂層、淡灰紫色粘土層、硫黄層、黒色粘土層、崖錐堆積物等に区分され、かつて品位S:63%前後の硫黄鉱が硫黄層から採掘されたことがある。現在では台



第 8 図 (つづき)

風等の影響で湖水面が上って硫黄層は水浸し，調査当時の水面は1967年前後より 5 m～10m程度上位にあるものと推定される。したがって調査期間中にみられた火口内の堆積物は前記の黒色粘土層以上のものに相当すると考えられ，湯釜中の硫黄は現在，湖水中より析出浮遊して岸边に付着した昇華硫黄の他は見られない。黒色粘土層は，凝灰角礫岩質の部分が大半を占めシルトおよび凝灰岩，火山礫層等からなるもので全般的に粘性の強い暗色の粘土状になっており，その一部には角礫状の硫黄鉱を含んでいる。現在湖中より析出している硫黄は単に湖底にある硫黄孔の存在を推定させるにすぎない。湖底の硫黄孔推定地と湖岸の変質帯を結ぶとほぼ NW-SE 方向であり，当地域の弱線帯方向と併走することになり構造線との因果関係が注目される。

4.4 変質帯温泉沈殿物と第四系との関係 (第20図参照)

調査地域内で変質帯および温泉沈殿物の層序関係が明瞭に現われているのは群馬鉱山の露天採掘跡地である。

群馬鉱山の褐鉄鉱床は一種の鉱泉沈殿物で生成された層状鉱床で下部には鉄明ばん石を伴う所がある。鉱床の表面は一般に傾斜の緩い平坦な地形を示しているが 8ヶ所に急斜面があって鉱層全体は階段状を呈する。また上流部に当る一段目には安山岩熔岩，二段目には凝灰角礫岩と石英斑晶の大きな石英安山岩とが分布し，これらが鉱床の基盤になっている。鉱床の主要部分は現在ほとんど採掘されて原形を止めない状態になっているが，上流より二段目のところを模式的に示したのが第20図である。一段目

は最上端部近くに沈殿褐鉄鉱層の源泉を示すものと考えられる「穴地獄」があり、二段目とは小さな滝で接している。この滝の部分で沈殿物の上下関係を見ると下位の白色凝灰角礫岩の上には葉状構造が発達した白色の珪ソウ土が層状に堆積しており、さらにこの上には最近沈殿した褐鉄鉱層が生成されている。上記の階段状構造は褐鉄鉱層が沈殿する以前にできていた地形であり、この地形に鉱床の厚さが支配されて形成されているように観察された。

「穴地獄」付近からは約26°C中性温泉が湧出しているが、著しい地熱徴候は認められない。

当地域の地熱変質帯と母岩・温泉沈殿物等を総括して表示したのが第2表であり、群馬鉱山の全貌は斉藤（1947）による鉄明ばん石褐鉄鉱床調査報告に詳述されている。

4.5 変質帯、温泉沈殿物と地熱徴候との関係（第21図参照）

4.5.1 殺生河原付近

殺生河原地区の変質した殺生熔岩の背部には炭化植物が沈殿硫黄によってコーティングされ、地熱の徴候としては今なお数多くの硫気孔が活動しているが、ほとんど“カラ吹き”状態にある。かつての温泉湧出口と推測される箇所と地形的に低い部分は沈殿硫黄を伴う極めて底の浅い湯沼であったと思われる処がある。変質作用は主として殺生熔岩のき裂に沿って行われており、NE-SW 方向に延びる地形上の背部が弱線帯になっているものと思われる硫気孔の配列や珪化された部分もその背部の延長方向に列んでいる。また本白根熔岩と殺生熔岩とが同時期の変質作用を蒙っている所があり、この変質部分は幾回か繰り返された当地域の変質作用のうち最も新しい時期の変質帯に属している。

4.5.2 万座温泉地区

万座温泉地区の地熱徴候地は非常に広く、温泉硫気活動も極めて活発である。高湯の泉源地である日進館裏山の湯畑、これより約500m下流の万座川流域の一部、「法性沢」の入口付近にある「カラ吹き」および「法性の滝」の上流約50mの奥万座付近等は硫気、噴気、熱水の活動が激しい。本地区の変質帯の上部には被覆熔岩がみられず広範囲に広がった高井熔岩を原岩とする変質帯の範囲は確認されるだけでも南北約1.5 km に及んでいる。この変質帯では一般に未変質岩と粘土化岩が明瞭に境して漸移的に粘土化した所が少なく、珪化された部分は変質帯の中の比較的上部または中心部に生成されている。

当地区変質帯の比較的上部地表付近の温泉沈殿物としては褐鉄鉱が「法性沢」の北壁で珪化岩の上部、万座温泉湯畑付近の粘土化帯の斜面上等に認められ、法性沢流域の褐鉄鉱中には鉄明ばん石を伴うものがある。この地区における硫気孔、湧泉孔等の熱活動が行われている場所の配列を地質構造上から解析すると、草津、万座温泉地区を通る E-W 系、NE-SW 系の断層系列に關係するもので特に法性沢流域は両系断層が斜交する構造弱線帯に当る地区と推定される。

4.5.3 白嶺鉱山地区

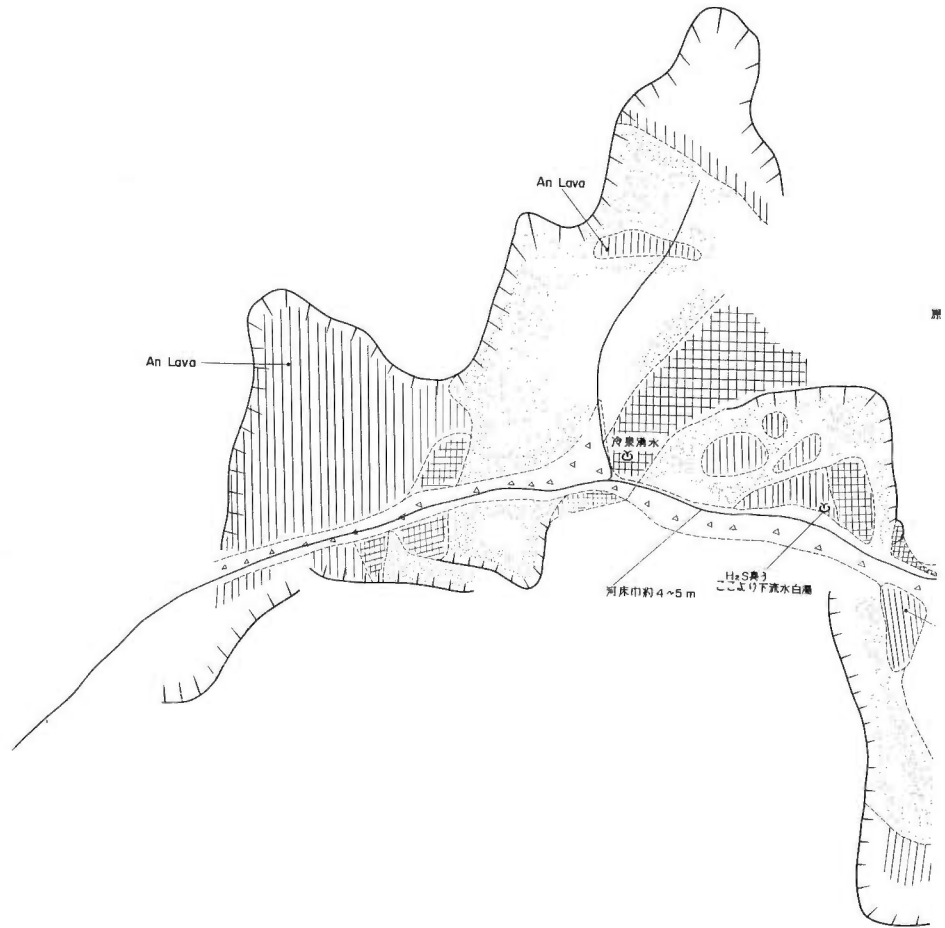
白嶺鉱山付近の変質帯は白嶺硫黄鉱床の生成に関連して生成されたもので硫黄鉱床は主に松尾沢熔岩中の凝灰角礫岩層を鉱染交代している。この変質帯の生成は吾妻・石津等当地域の主な硫黄鉱床とほぼ同時期のものと考えられ、変質作用は上位の青葉熔岩下部まで及んでいる。

地表近くに著しい温泉沈殿物や地熱徴候等は見られないが鉱床の下盤に対する坑内試錐によって湧出した中性温泉（pH 6.05、温度50.2°C）が知られている。既成硫黄鉱床と現在の温泉湧出との因果關係は詳らかではないが石津・白根鉱山等でも同様の現象があると言われている。

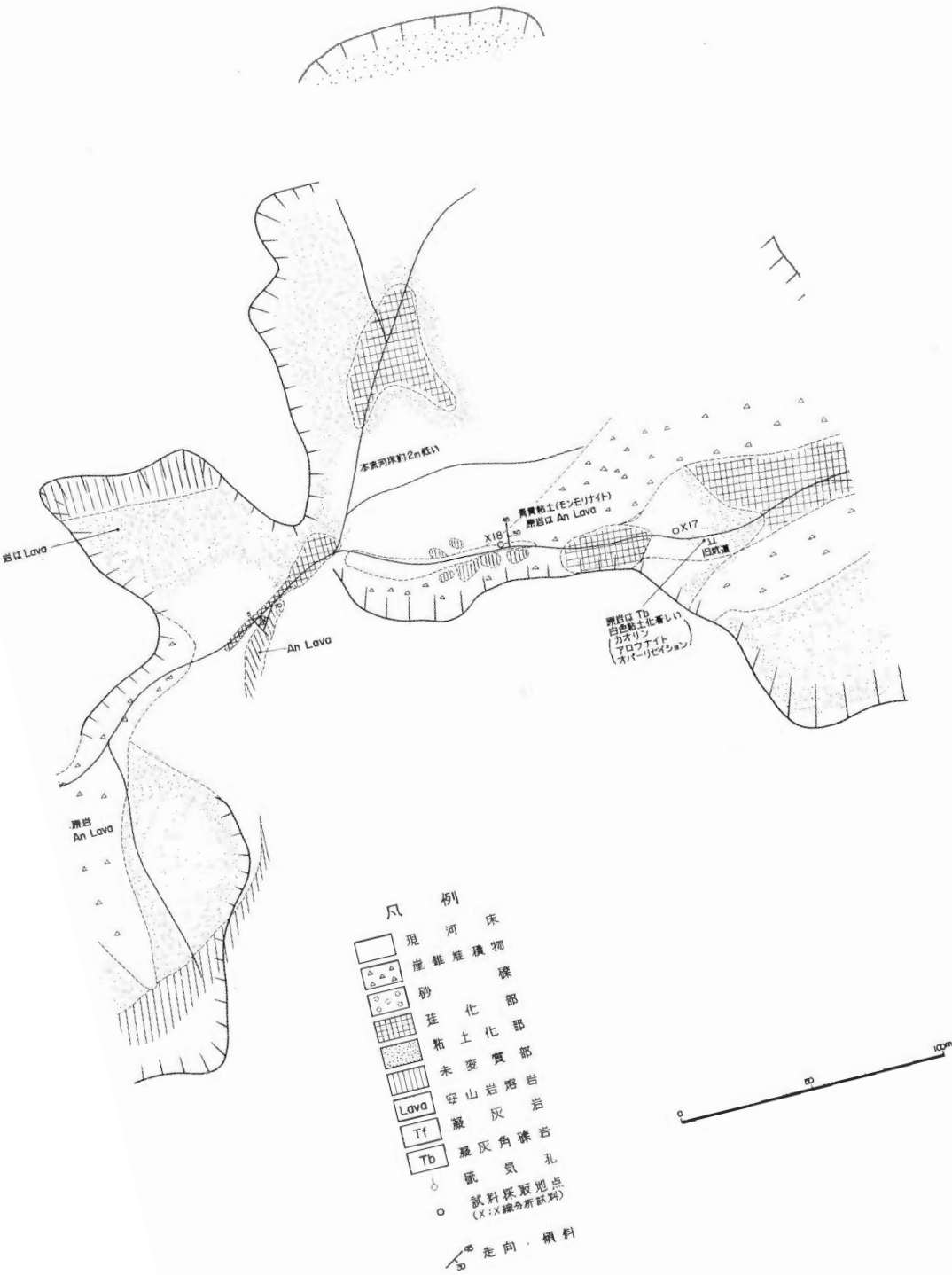
既に述べたとおり鉱床母岩の凝灰角礫岩中に含まれている炭化木の試料を採取し得ないため¹⁴C 測年による鉱床生成期の推定ができなかったが白根山噴出岩類の層序と変質作用の推定時期との關係を第16図に示した。

5. 放射年代測定

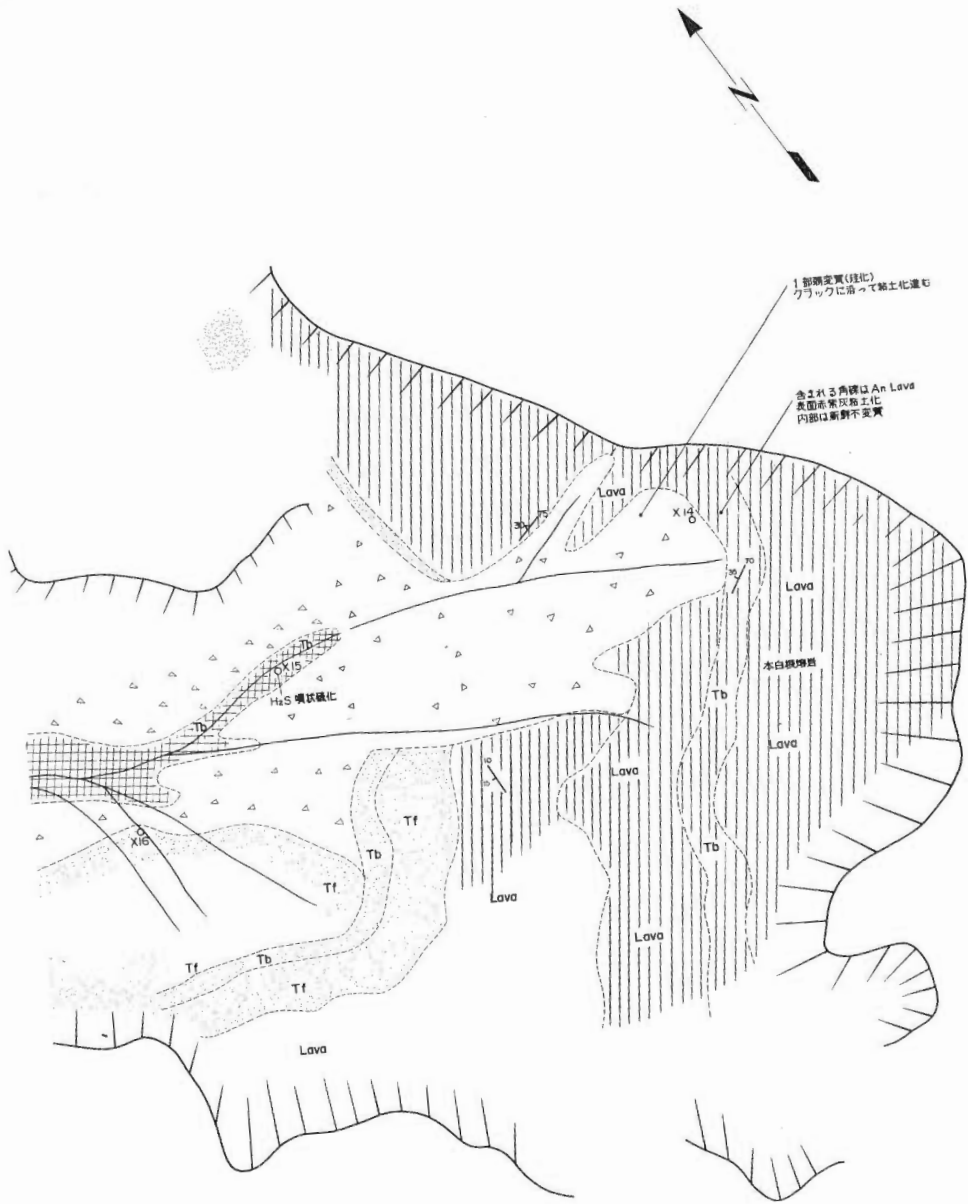
5.1 ¹⁴C 測年用試料採取



第9図 本白根西側斜面



沿い変質帯分布図



第9図 (つづき)

当地域で¹⁴C測年に供する最適の試料としては白嶺硫黄鉱床中の炭化木、石津硫黄鉱山地区の殺生熔岩と本白根熔岩との不整合面付近から産出する炭化されていない木片等であるが何れも坑道閉鎖のためサンプルの採取ができなかった。従って¹⁴C測年に供したサンプルは芳ヶ平平坦地の基盤岩上を流れている大沢川の上流域で礫層と腐植土層が互層する堆積層中から得たやや炭化した木片である。この試料を測定することによって湿地帯形成の時期が明かになり、芳ヶ平旧火口の形成時期および旧火口付近の熔岩の変質時期等の推定に役立つ資料になると考えられる。

試料

芳ヶ平湿地帯で採取した弱炭化木片の採取地点の深さ地層の説明等は第22図に示されている。¹⁴C測年試料は地表下約3mの腐植土層中に含まれる炭化木片である。

試料番号 (SS 74093004)

形態および名称 腐植土中の木片(炭化程度は弱く内部はほとんど炭化していない。)

採取地点 群馬県吾妻郡草津町芳ヶ平(北緯 36°39'03", 東経 138°33'00")

採取点の地層 湿地帯の下部は明瞭でないが、付近に珪化変質帯の露頭が見られる。この湿地帯は泥状の黒色土を混えた植物性腐植土および粘土、砂礫層の互層であり、旧火口の中央を流れる大沢川上流の河岸崖面に露われている。

5.2 ¹⁴C測年結果およびその解釈

試料番号 SS 74093004 の¹⁴C測年結果は次のとおりである。

Code No.	Formation	Sample	Age (years before 1950)
GaK-5662	腐植土中の木片	1,420±90	

測定者：学習院大学 木越邦彦

¹⁴Cの算出には¹⁴Cの半減期として5570年(Libby)を用い、誤差はβ線計数値の標準偏差に基いて算出している。

測年の結果、火山地形地質学上から芳ヶ平平坦地は旧火口と推定される地域でこの中に分布する湿地帯堆積物は約1400年前後に堆積したものと解釈される。炭質物を伴う湿地帯堆積物は白根火山の基盤をなす高井熔岩上にあり、旧火口の北側は横手熔岩に、東側は青葉熔岩に覆われ火口地形が著しく壊されている。芳ヶ平旧火口の形成が白根火山噴出以前であるにもかかわらず表層堆積層の年代が極めて若いのは旧火口跡の規模が非常に大きいこと、下底の高井熔岩が各所で変質していること、火口地形の変形が著しいこと等から芳ヶ平旧火口地形は最近まで後火山作用の影響を受け変質した部分が崩壊し平坦化されたように思われる。

5.3 フィッション・トラック測年用試料採取

殺生熔岩は本白根山に現在火口を残す最も新しい熔岩と考えられているものでこの測年は白根火山における最終熔岩の流出時期を知ることができる。青葉熔岩は主として当地域の主要な硫黄鉱床の母岩である松尾沢熔岩を覆っており、青葉熔岩と松尾沢熔岩を測年することにより硫黄鉱床形成前後の年代推定と熔岩類の相互関係が明らかになる。また高井熔岩は白根火山の最下位にあり、膨大な噴出量をみた基盤岩としての同熔岩は従来第三紀後期もしくは第四紀初めと考えられているが確かな資料によるものではない。フィッション・トラック測年を行うことによって基盤岩類の絶対年代、白根火山の形成時期、主な既成硫黄鉱床の生成時期等の推定に役立つものと考え次の試料をフィッション・トラック測年に供した。

試料番号	岩石名
(i) SS 74100207	殺生熔岩(殺生河原付近)
(ii) SS 74100209	松尾沢熔岩(白嶺鉱山上流地)
(iii) SS 74100208	青葉熔岩(青葉山一帯)
(iv) SS 74092814	高井熔岩(万座地区)

ガラス質輝石, 安山岩

複輝石安山岩

含石英ガラス質, 複輝石安山岩

輝石安山岩



第10図 殺生河原地区

以上のうち、本白根熔岩は白嶺鉱山上流には分布してないので、この地点では下位の熔岩である松尾沢熔岩を採取した。採取地区の松尾沢熔岩は白嶺鉱山の硫黄鉱床の母岩をなしているため全く新鮮なものではなく黄鉄鉱化作用等の弱い変質作用を蒙っている。

また、高井熔岩は調査区内では珪化等の変質作用が著しいため万座川下流で比較的新鮮な岩石を採取した。

5.4 フィッション・トラック測年結果およびその解釈

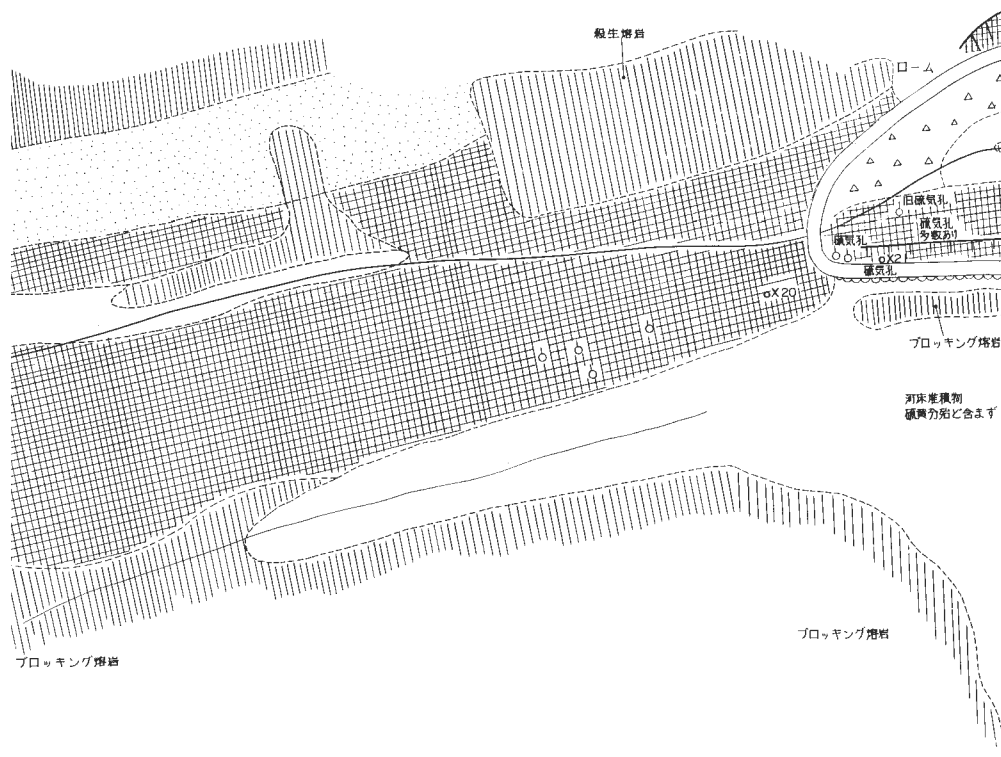
提出試料のうち都合により青葉熔岩（試料番号 SS 74100208）が測年されなかった。

フィッション・トラック測年結果は次の通りである。

試料番号		ρ_s	ρ_t	ϕ	T (m.y.)
S S 74100207	殺生溶岩	3.3×10^4	2.0×10^7	0.50×10^{15}	0.05
S S 74100209	松尾沢溶岩	2.1×10^5	8.2×10^8	0.51×10^{15}	0.80
S S 74092814	高井溶岩	4.0×10^5	7.0×10^8	0.52×10^{15}	1.80

以上の結果は測定試料の不均一性や熱中性子束の測定誤差を加えて計数誤差は約5%以下におさえられているが全体の誤差は20%以下になる見込みとされている。

測定方法：可成り若い年代の溶岩と思われるのでウラン含有量の多いジルコンを測定試料にした。微



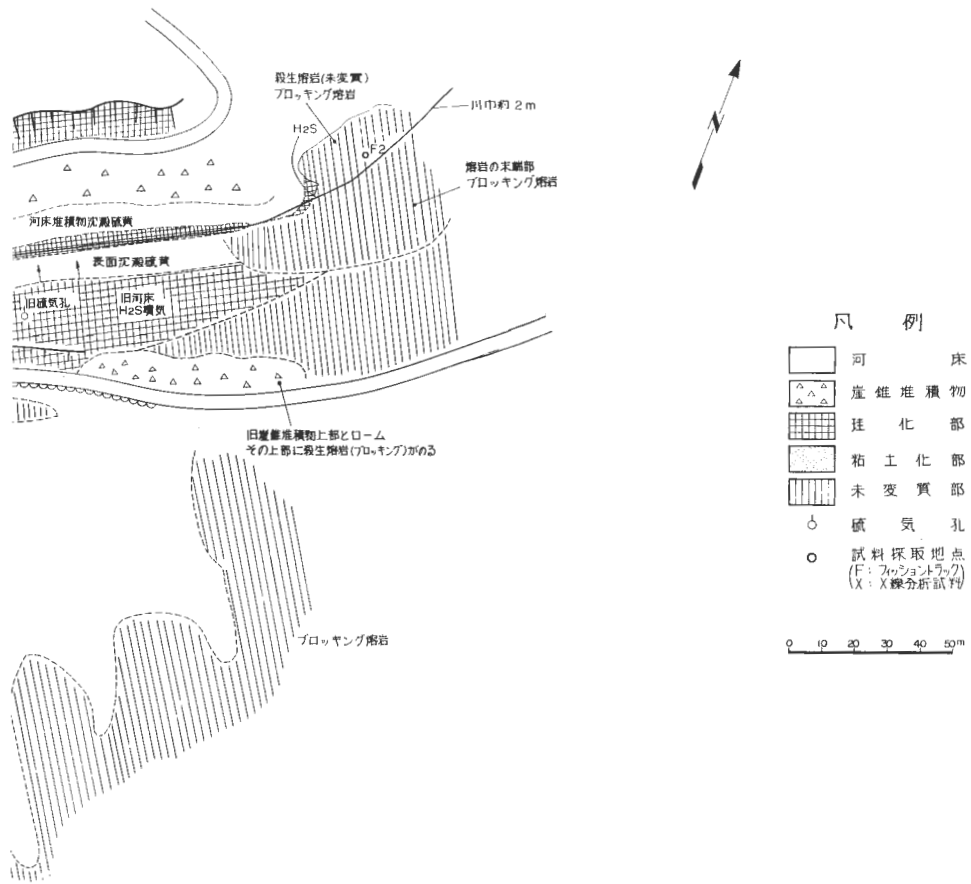
変質帯分布図

粉碎した熔岩を水洗-重液分離-アイソダイナミック・セパレータによる磁選を経てジルコンを抽出する。ステンレス容器で保護されたテフロン容器中にジルコンを入れ 1 : 1 の 50% HF、濃硫酸をテフロン内容積の $\frac{1}{4}$ 加えて密封し、180°C 温度でトラック密度に応じて 2 時間 ~ 4 時間保ちエッチングを行う。この中から適当なジルコンを選んで自発核分裂片の飛跡の表面密度 ρ_s (cm⁻²) を求める。更に ρ_s を計数したジルコンをプラスチック容器に入れ、原子炉 (KRU-1) 気送管あるいは黒鉛照射孔に入れて中性子照射 [熱中性子束 ϕ (cm⁻²)] を行い、更にエッチングして誘導核分裂片の飛跡の表面密度 ρ_i (cm⁻²) を求めている。

²³⁸U の自発核分裂の壊変定数を $\lambda_f = 6.85 \times 10^{-17}$ (y⁻¹) (NISHIMURA, 1975) とするとフィッション・トラック年代は次の式で求められる。

$$T = 6.12 \times 10^{-8} \phi \frac{\rho_i}{\rho_s}$$

フィッション・トラックに示される各熔岩の年代は白根火山噴出岩類の層序関係が明確にされたもので従来の地質学的見解を概ね裏付けている。しかし高井熔岩が約 180 万年前とすれば洪積世初期に属し火山地質による推定年代よりも白根火山の活動期がやや若くなる。また当地域の主な既成硫黄鉱床の生成時期が今より約 80 万年以降であったものと考えられ、新期熔岩類に属する殺生熔岩等の熔岩類は洪積世末期の火山活動によるものになる。フィッション・トラック年代によれば白根火山の基盤をなす高井熔岩の噴出時期は新第三紀以後であり、白根火山の活動は下底部の白根凝灰角礫岩・白根軽石流を除



第10図 (つづき)

いた旧期熔岩類が洪積世の後半に出流して現在の白根山および本白根山の概形を造り、洪積世末頃までに新期熔岩類が噴出して主な熔岩類の流出は約5万年前後に終わっているものと解釈される。また、沖積世より現在に至る間白根火山は火口の爆裂による火山抛出物の堆積と後火山作用の硫気、熱水、温泉の湧出を続けているに止まっているものと言えよう。

6. 化学分析

6.1 化学分析用試料採取

(i) 「カラ吹き」変質帯地区は硫気、蒸気、熱水、温泉等が極めて強烈に噴出して今日なお変質作用が行われている処で変質帯は今後更に広がって行く状況にある。この新しい変質帯と原岩との相互関係を化学成分上の変化から検討すれば変質作用による元素の挙動状態の概要が知られる。

(ii) 白嶺鉱山付近の変質帯は既成硫黄鉱床の生成に伴うもので数10万年前の硫黄鉱化作用に関連した変質帯に属している。この変質帯の化学成分を知ることにより既成の変質帯と現在進行している変質帯との比較検討が可能である。

化学分析を行ったのは万座温泉地区「カラ吹き」変質帯から3個、白嶺鉱山地区で松尾沢熔岩を母岩とする硫黄鉱床に伴う変質帯から3個を採取したものである。

6.2 化学分析結果

6.1項に示した試料の化学分析結果は第3表に示されている。

ほとんど新鮮と思われる安山岩(第3表1)から変質の著しい強変質帯(第3表3)に変るための主要元素の挙動は当地域粘土化帯ではカオリン系粘土鉱物化が多いため Al_2O_3 , H_2O ± 成分が増え, アルカリ, CaO , MgO , 鉄成分が溶脱している。一方珪化作用の顕著な処は SiO_2 と若干の H_2O ± が主成分をなし他の成分は溶脱されているのが一般的傾向である。交代作用の不十分な弱変質帯(第3表2,5)では熔岩中の未変質の組成鉱物成分として若干のアルカリ, MgO , CaO が残されていることを示している。弱変質帯および強変質帯中に含まれる K_2O , SO_3 成分は明ばん石に, Fe , S 成分は硫化鉄鉱, 硫黄等に由来していることが多い。

7. 変質岩のX線分析

サンプル42個を, X線粉末回折線で同定した結果を鉱物一覧表(第4表)に示した(第2-1図, 第2-2図参照)。X線分析は群馬大学工学部松田研究室が実施した。

8. 花粉分析

当地域における花粉分析の詳細は, 尾上ほか(1978)に述べられているが, 白根山の北東側芳ヶ平平坦地で得た湿地帯堆積物中の腐植について行われた花粉分析結果は次のとおりである。

針葉樹の花粉は *Abies* (モミ属) + *Picea* (トウヒ属) が約3%, *Pinus* (マツ属) 4.5%, *Tsuga* (コマツガ) 3%, *Larix* (カラマツ) 0.2%, *Sciadopitys* (コウヤマキ) 0.2% と少なく, 針葉樹全体で総花粉数の約11%である。

広葉樹は *Alnus* (ハンノキ属) 6.4%, *Betula* (カンバ属) 6.6%, *Fagus* (ブナ) 7.7%, *Quercus* (ナラ属) 17.6% 等がおもに出現し, その他の樹木としては *Myrica* (ヤチヤナギ), *Juglans* (オニグルミ), *Pterocarys* (サワグルミ), *Carpinus* (シデ属), *Corylus* (ハシバミ属), *Castanea* (クリ属), *Celtis* (エノキ属), *Zelkova* (ケヤキ), *Ericaceae* (ツツジ科) 等が約1~5%の範囲内で出現し, さらに1%以下ではあるが *Acer* (カエデ属), *Ilex* (モチノキ), *Tilia* (シナノキ), *Aesculus* (トチノキ), *Fraxinus* (トネリコ) 等が出現した。

これら広葉樹全体で総花粉数の63%をしめている。

草本類は *Gramineae* (イネ科) が14%で主体をなし, その他に *Caryophyllaceae* (ナデシコ科), *Thalictrum* (カラマツソウ), *Drosera* (モウセンゴケ) 等の花粉が1%以下であるが出現した。草本類全体で総花粉数の約16%をしめている。

以上の花粉化石の傾向から古環境を推定すると次のように考えられる。

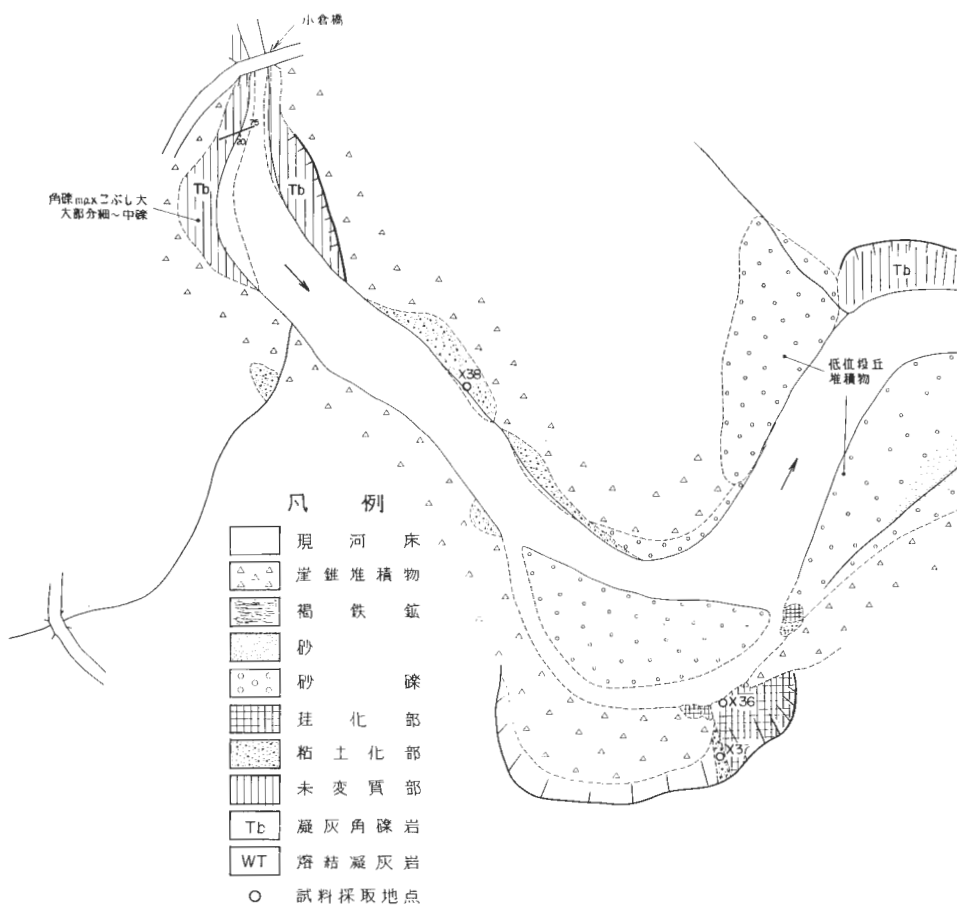
針葉樹の花粉は約11%でそれぞれの種属に分けるとさらに少なくなることから遠方からの飛来の可能性が大きい。従って針葉樹が生育していたとしてもごく僅かである。

広葉樹は約63%と過半数を占めており, その種類も高木は *Quercus*, *Alnus*, *Betula*, *Fagus* を主体として低木性の *Myrica*, *Ericaceae* など数多くの樹種に富んでいる。また草本類は *Gramineae* を主体に *Chenopodiaceae*, *Caryophyllaceae*, *Thalictrum*, *Drosera* 等が生育していたと考えられる。とくに *Drosera* は湿地で陽の当る野原に生育する食虫植物である。

古環境は *Gramineae* 生育を主体とした湿地帯でありそこには低木性の *Myrica*, *Ericaceae* などが生育していたものと考えられる。さらに高木性の *Quercus*, *Betula*, *Alnus* によって侵入されつつあるかもしくは湿地帯の周辺に *Quercus* を主体とした落葉広葉樹林帯が存在していたと推定される。

以上の結果から古気候は冷温帯気候と推定される。

花粉分析の試料は白根火山の北斜面から連続する低湿地帯の堆積物の腐食土層より採取したものであり, 過去の堆積時代の環境も現在の状況とは大差がないものと推定される。



第11図 小倉（元山）地区長

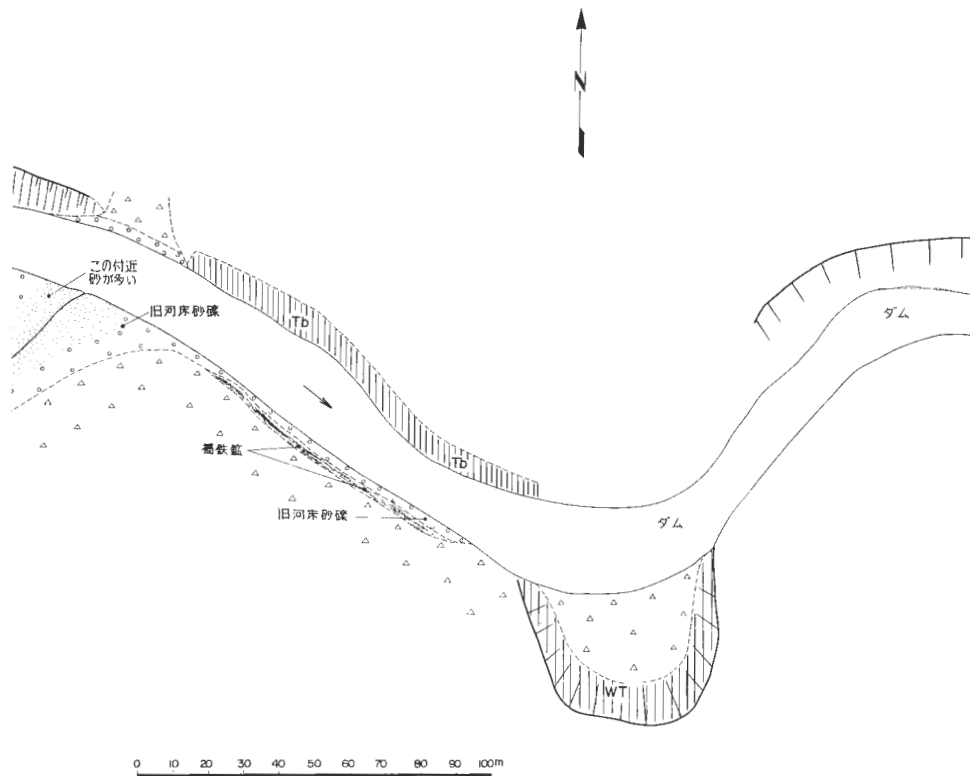
9. 要約および考察

草津白根火山南部地域の変質帯について、その分布・変質の状況、鉱物組成、地質構造との関係、硫黄鉱床、褐鉄鉱床とその生成環境、温泉の状況と温泉沈殿物、地熱の包蔵等について現地調査研究の結果を述べたが、ここに当地域の変質帯、地熱と地質環境等を要約して今後の精密調査の有望地について触れる。

草津白根火山の基盤をなす高井熔岩の噴出時期はフィッション・トラック測年によるとほぼ更新世初期になり、白根火山の活動は洪積世中期～後期頃活発に行われて白根山、本白根山両山体を造り終っていることになる。フィッション・トラック測年結果は高井熔岩の噴出、白根火山の形成時期が火山地学上から推定されたものよりやや新しくなり、既成の硫黄硫化鉄鉱床を伴う大規模変質帯の生成は洪積世後半に行われたものと考えられる。

I 草津白根火山は初期には現在の本白根付近が活動の中心地であったがその後火山活動は次第に北に移り、現世に入ってからには主に白根山山頂付近の湯釜や弓池付近が盛んに活動している。

草津白根火山における地熱活動については基盤岩をも含めて少なくとも3回～4回の熱水活動期があって大規模の変質帯を形成したものと思われ、その後地熱活動の余波が温泉作用、硫黄作用等として現



笹川流域変質帯分布図

在にまで続いている。

地質構造、火山岩類の層序、硫黄鉱床の生成期等から総合的に考察すると熱水活動により変質作用が行われた時期は次のように区分される。

基盤岩類

① 鮮新世—更新世初期

斜長流紋岩流出後—高井熔岩類の流出以前。この間に酸性深成岩の貫入があり、基盤岩に地塊運動が行われている。

② 更新世初期～中期

高井熔岩流出後—御飯熔岩流出以前

草津白根火山

③ 更新世後半

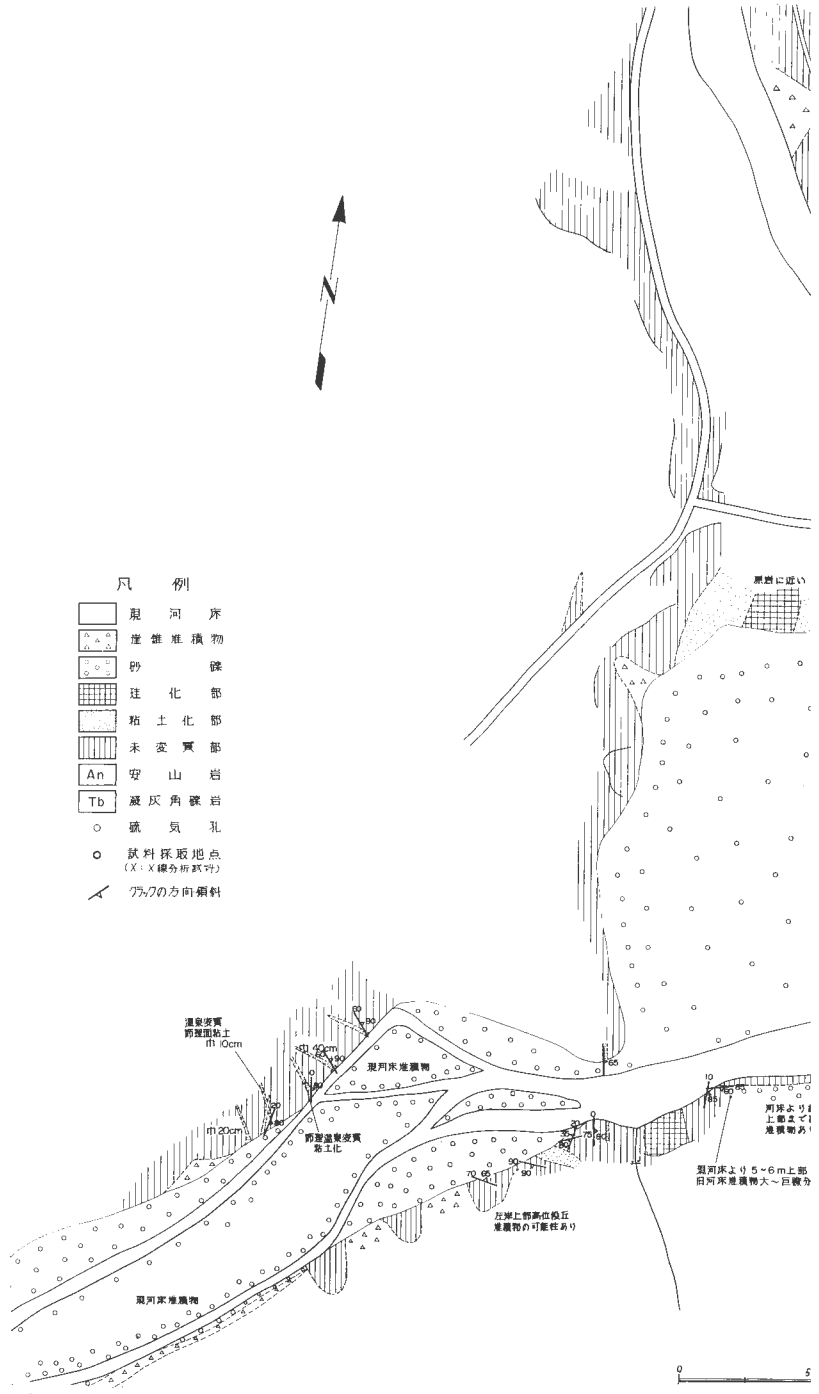
松尾沢熔岩流出後—青葉熔岩流出以前

④ (更新世後期～現世)

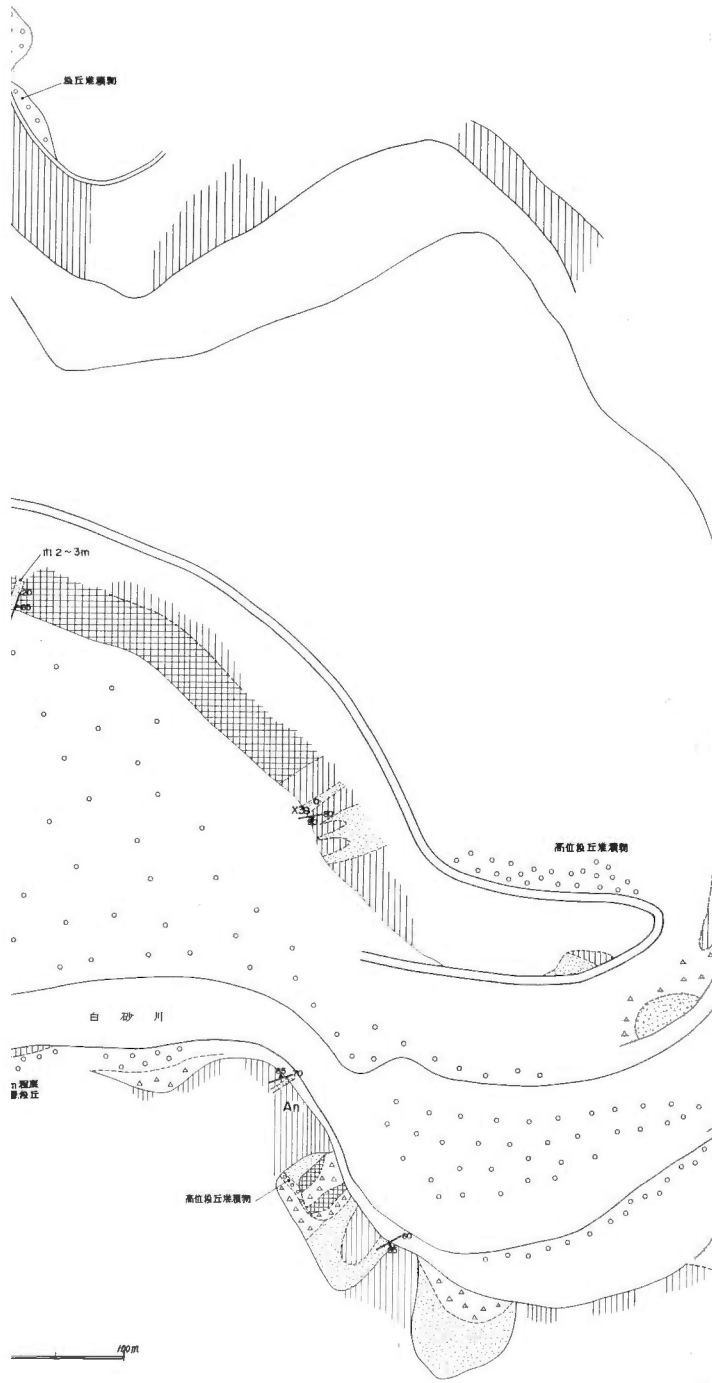
殺生熔岩流出後—現在

調査地域と周辺地における変質帯と火山岩類との関係は次のとおりである。

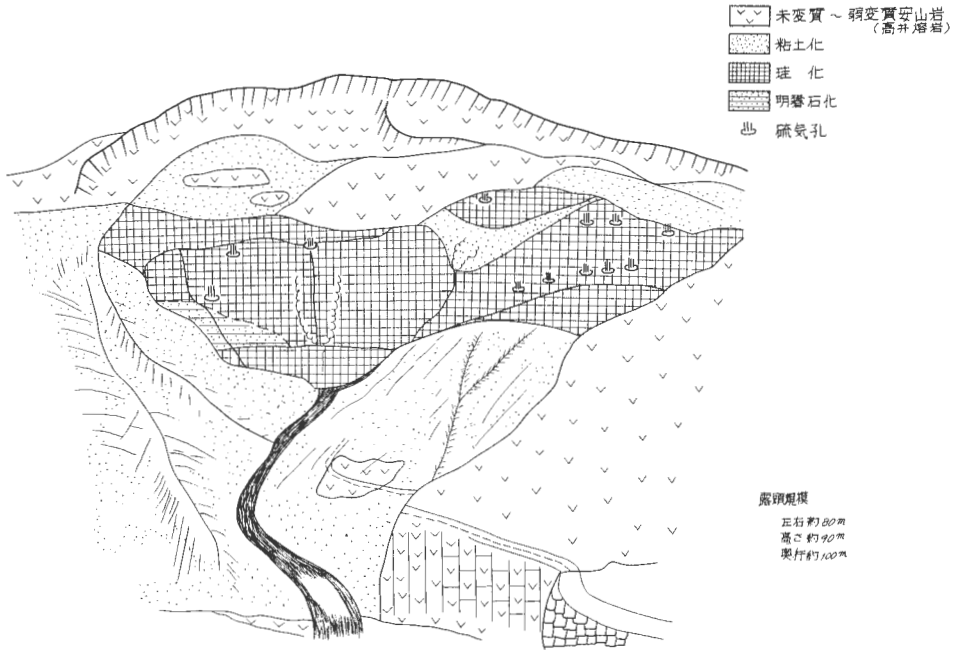
(1)：群馬県「中の条」の西北部沢田村付近に広大かつ顕著な変質帯があり、この地区では下部の斜長



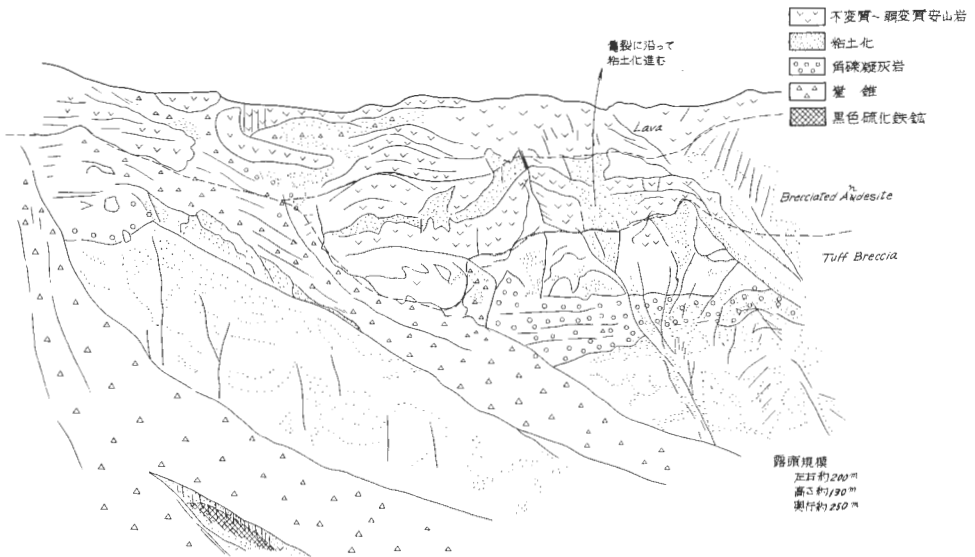
第12図 見寄地区変



質帯分布図



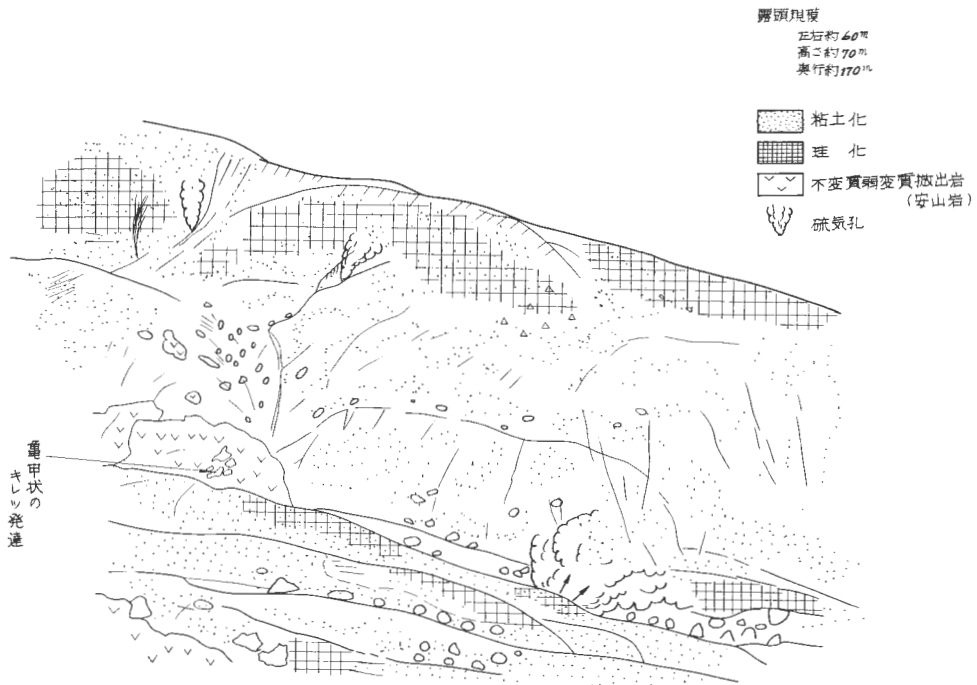
第13図 カラフキ噴気帯模式露頭



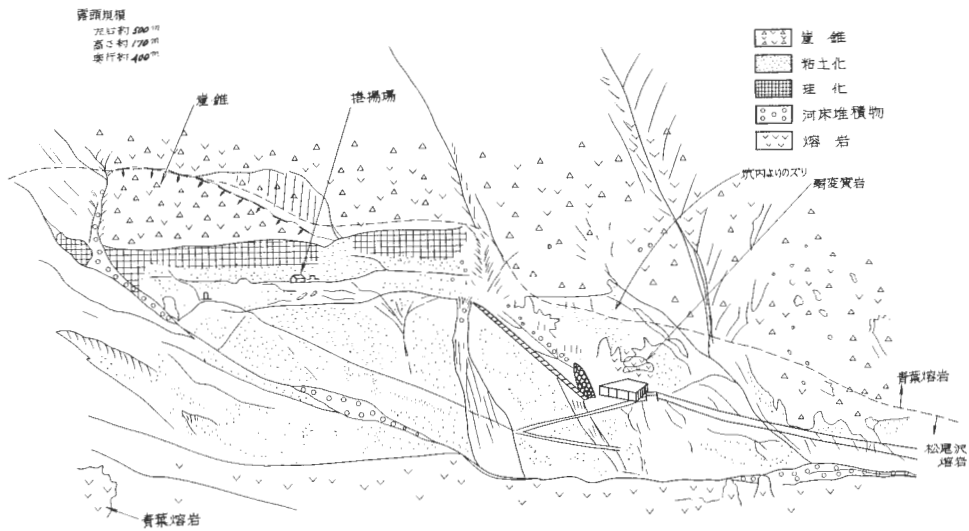
第14図 本白根西側斜面変質帯模式露頭

流紋岩が変質作用を蒙っているが上部の高井熔岩類と類似の暮坂熔岩類は変質していない。

(2)：長野県黒湯山，小串鉱山付近等では高井熔岩以下は岩石が著しい変質作用を受け，この変質帯形成に伴って若干の硫黄鉱床（小串硫黄鉱床等）が生成されている。また草津町北東約4.5 kmの小倉地



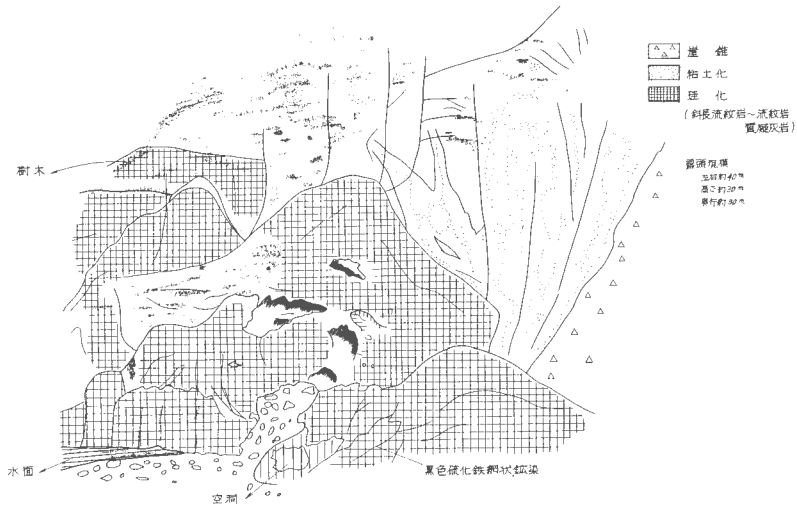
第15図 白根山北斜面噴気帯模式露頭



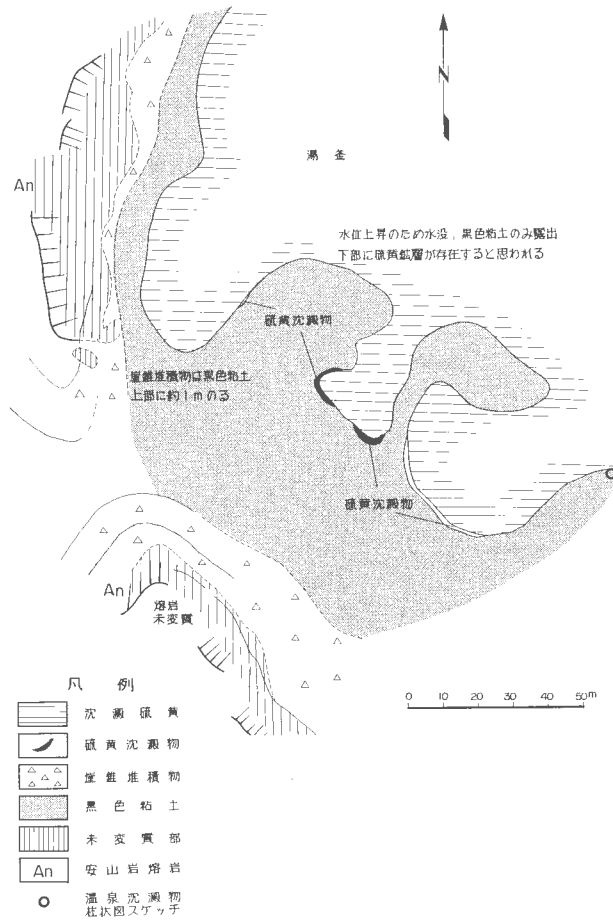
第16図 白嶺鉱山付近の変質帯模式露頭

区には斜長流紋岩が変質作用を受け、硫黄鉱床を伴う変質帯があるが草津白根火山の最初の噴出物である白根軽石層には変質が及んでいない。

(3)：松尾沢熔岩類を母岩として吾妻，石津，万代，白根，白嶺等の主な硫黄鉱床の生成に関係する変

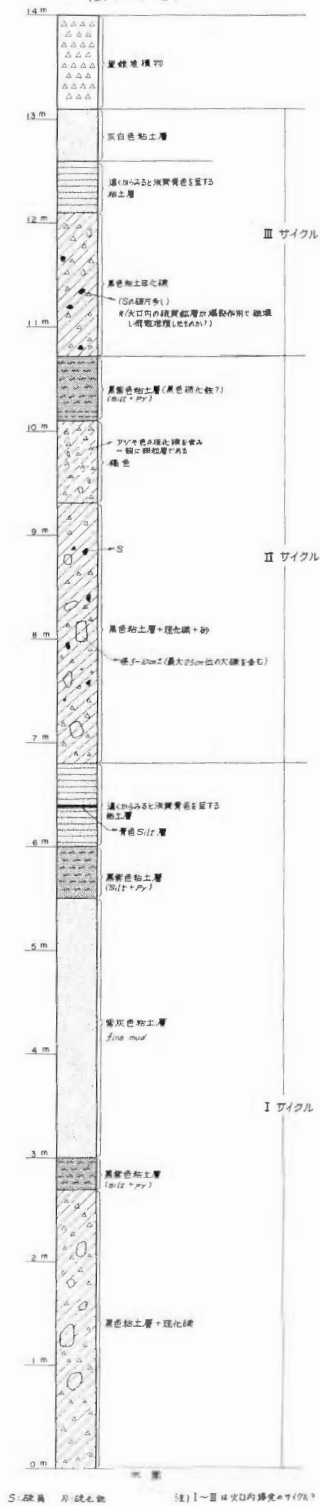


第17図 小倉（元山）地区長笹川流域変質帯

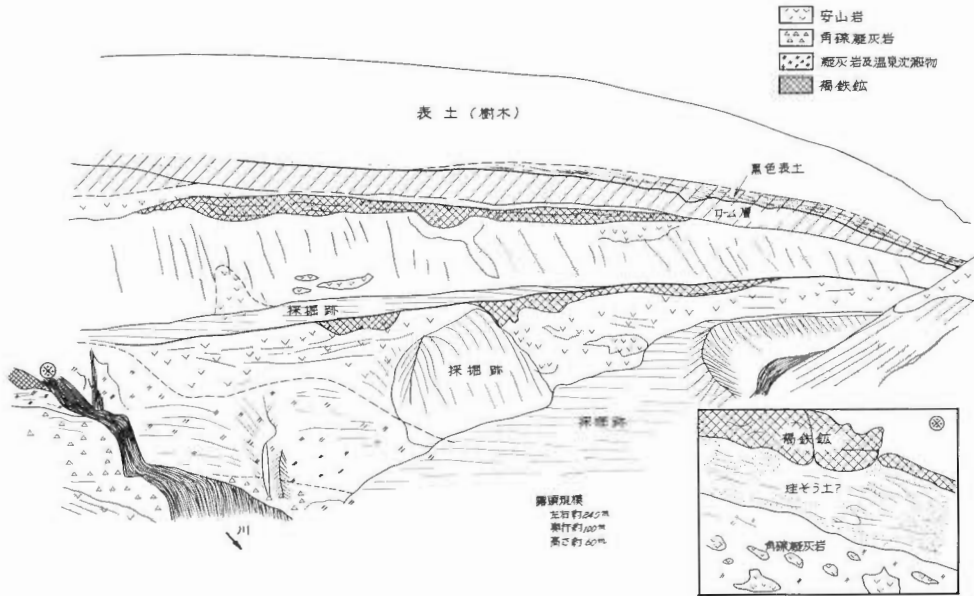


第18図 白根山湯釜（火口湖）の温泉沈澱物分布図

(2.4-4-2)



第19図 湯釜付近の温泉沈殿物柱状図



第20図 群馬鉄山の褐鉄鉱鉱床と層序関係図

質帯があり、これらは何れも青葉熔岩以後の火山岩類にはほとんど顕著な変質作用が及んでいない。

(4)：殺生熔岩以後の新しい噴出物中にも現在噴気や硫気活動が弱線や断層に沿って変質作用が局部的に激しく行われ、変質帯が形成されつつある。

II 変質帯における変質鉱物の組み合わせ、変質状況等はそれぞれ変質作用の時期を異にする場合でも著しい相違は認め難く、変質帯の規模の大小は当時の熱水作用の強弱にほぼ比例しているようである。

一般に当地域の残存地熱の包蔵量はたとえ他の地質的条件が満たされたとしても、①～③の時期に形成された変質帯では地下の浅い処から温泉以外の大規模な地熱徴候を見出しにくいものと考えられ、新しい変質帯ほど包蔵量が大きいように推察される。

結論的には噴気活動、熱水、温泉の湧出が顕著な新期の比較的大規模な変質帯、および噴出、湧出に直接関係の深い断層が存在する地区が地熱探査の有望地区と考えられる。

III 精密調査の候補地について

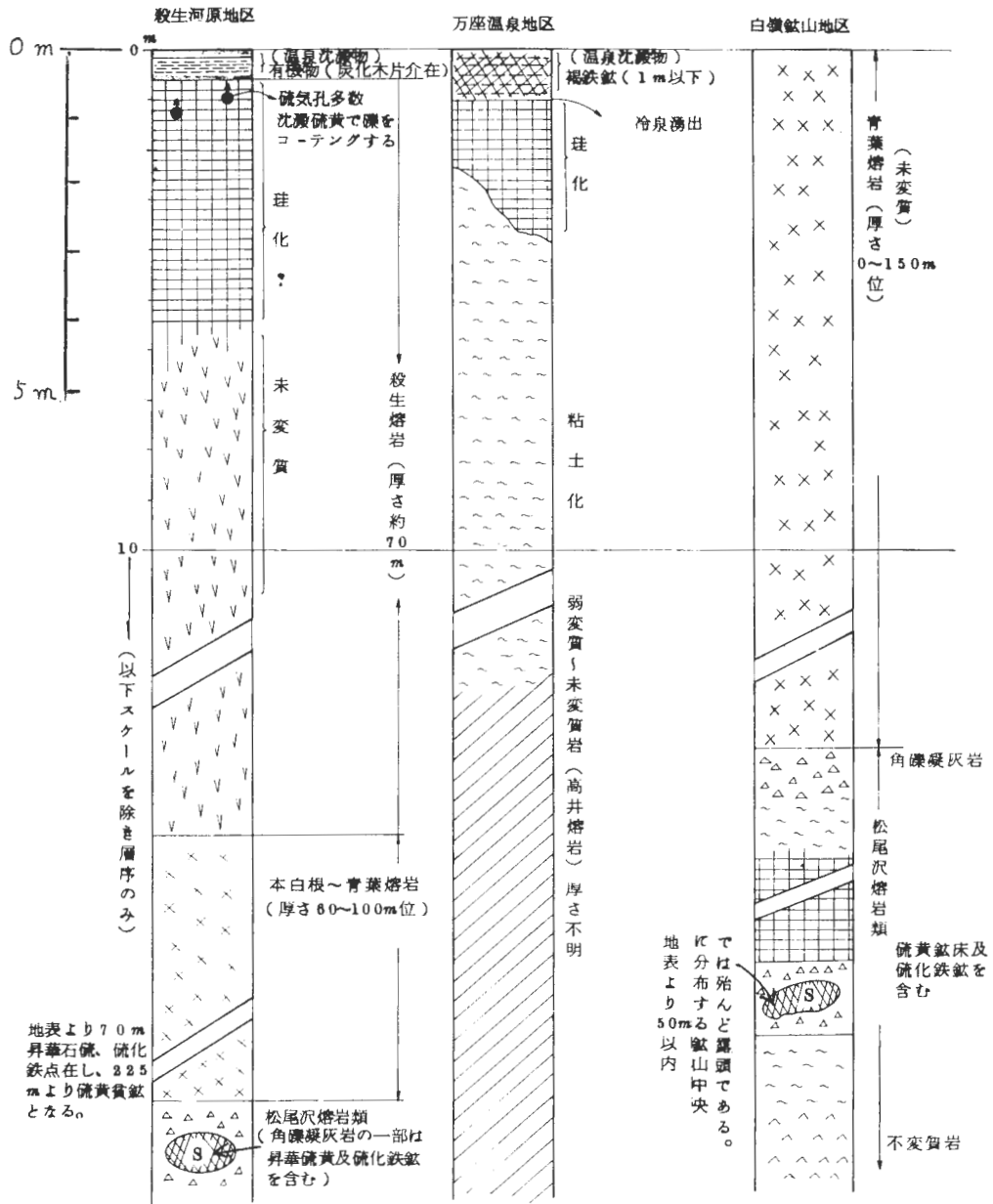
地熱探査の観点から、まず当地域で注目されるのは殺生河原と万座温泉の2ヶ所であって、殺生河原から西の振子沢一帯、奥万座から「カラ吹き」地区、早蕨温泉一帯等の地区が地熱探査の有力な候補地と考えられる。

(1) 殺生河原

青葉熔岩（一部本白根熔岩）分布地区の凹地に殺生熔岩が流入し、その周縁部が馬背状に延びている。その窪みの部分が殺生河原であり、一部ではかつて湯沼状を呈していたと考えられる徴候がある。この部分では背の部分に弱線帯が延び鞍部に硫黄分を含む熱水を湧出した形跡がみられる。

現在なお、多数の硫気孔が活動し付近一帯は硫気的作用によって白色の変質帯を形成している。過去の調査資料から推察すると推定厚さ約70mの殺生熔岩の下部には青葉熔岩類と松尾沢熔岩類等の累層が分布しさらにその下部には白根軽石流の存在が推定される。東京電力㈱によって行われた第1号試錐（深度246.5m）、第2試錐（深度150m）ではまだ白根軽石流の深度に到達していない模様である。

地熱包蔵地と思われる白根軽石流は5枚に分けられ、それぞれの軽石流が熔結部と非熔結部とからな



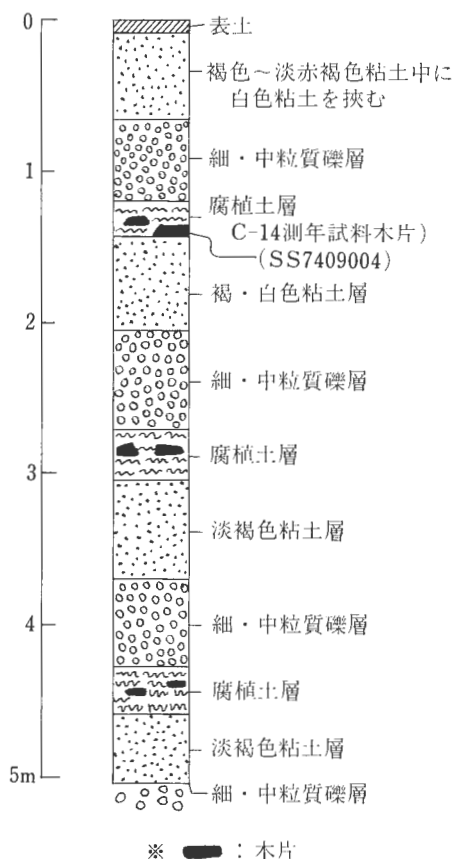
第21図 第四系地質柱状図

っており、白根軽石流の下部には白根凝灰角礫岩層が分布する可能性がある。

また軽石流の熔結部と青葉熔岩はさらにその上位にあって全体のキャップロックをなすことも考えられ、草津断層がこのやや南部を走っていること等から精密な地質調査と地熱探査を要する地区と言える。

(2) 万座付近

万座温泉付近には基盤岩である高井熔岩や一部旧白根熔岩等が分布し、これらを切って万座断層、奥



第22図 C¹⁴ 測年用試料採取地の柱状図 (SS7409004はSS74093004の誤り)

万座断層、早蕨断層などが走っている。この付近一帯の噴気、温泉、変質帯などは断層と密接な関係があり最も重要な探査地区である。

「カラ吹き」噴気帯もほぼこの断層線上にあって高井熔岩を変質させており、万座温泉一帯は当地随一の硫黄、噴気活動地区である。また北海道硫黄帯の探査試錐によれば高井熔岩の下位には変朽安山岩があり、さらに地下深所には酸性深成岩類の存在も考えられる。石英安山岩質の高井熔岩は一部に火山砕屑岩を伴い、また変朽安山岩の下部は凝灰角礫岩を主とするものようであるから地熱を溜めている可能性がある。

蒸気貯溜層としては節理を有する熔岩類に注目されるが熔岩中の火山砕屑岩の存在に期待することもできよう。万座温泉―「カラ吹き」地区は地表に見られる変質帯の分布範囲が調査地域で最も大きく、地質構造と地熱放出地点との関係にある程度の規則性が見られるので基盤岩中の蒸気貯溜層の探査を目した構造試錐等が望まれる区域である。

本調査の結果を総括して有望な地熱包蔵地区を考えると今後さらに注目すべき次の地点がある。

(1) 小殺生付近、(2) 吹き上げ」付近、(3) 本白根山西斜面、(4) 白根山北斜面と芳ヶ平の中間付近等が挙げられる。

第3表 草津白根・花敷地熱地域変質岩の化学組成

No.	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	57.04	62.43	62.98	64.70	63.02	46.59
TiO ₂	0.64	0.72	0.71	0.53	0.48	0.79
Al ₂ O ₃	16.64	15.25	19.56	14.47	15.26	12.42
Fe ₂ O ₃	2.81	1.95	0.68	0.56	0.57	5.26
FeO	4.24	0.93	0.11	2.73	2.66	0.22
Fe	0.10	1.03	0.17	0.84	1.11	0.01<
MnO	0.20	0.07	0.01	0.11	0.11	0.01
MgO	4.23	1.13	0.37	2.39	2.56	0.11
CaO	7.57	2.00	0.11	3.64	4.22	0.36
Na ₂ O	2.32	1.21	0.21	2.31	2.38	1.21
K ₂ O	1.40	1.58	0.17	2.12	2.13	1.31
P ₂ O ₅	0.16	0.15	0.09	0.13	0.11	0.36
S	0.12	0.04	0.19	0.97	1.28	0.01<
SO ₃	0.09	5.04	0.98	0.39	0.49	9.32
CO ₂	0.05	0.01<	0.01<	0.01<	0.01<	0.01<
H ₂ O ⁺	1.00	5.17	7.59	2.73	2.43	9.92
H ₂ O ⁻	1.22	2.10	5.78	0.92	0.86	1.78
Total	99.83	99.80	99.71	99.54	99.67	99.66

(分析：東京石炭鉱物研究所)

- 1 : S S 74092906 : 暗緑気味，緻密堅硬の未変質安山岩，万座温泉付近（法性沢沿岸）。
- 2 : S S 74092907 : 淡灰色硬質塊状の弱変質安山岩，珪化，長石斑晶はカオリン化又は珪化，万座温泉付近（法性沢沿岸）。
- 4 : S S 74092908 : 淡灰色の強粘土化安山岩，粘性に乏しく，白色粘土部を斑点状に含む。万座温泉付近（法性沢沿岸）。
- 3 : S S 74100200 : 鼠色多孔質石基・斑晶長石と輝石類を含む未変質安山岩，白嶺硫黄鉱山の東流小沢沿岸。
- 5 : S S 74100211 : 灰白色弱変質安山岩，斑晶長石がやや粘土化，白嶺硫黄鉱山の東流小沢沿岸。
- 6 : S S 74100212 : 水酸化鉄の多い強粘土化安山岩，僅かに明ばん石と白色粘土を混える，白嶺硫黄鉱山の東流小沢沿岸。

第4表 草津白根・花敷地熱地域のX線粉末回折による変質鉱物一覧表

分 析 番 号	試 料 番 号	採 取 地 点	シリカ鉱物			粘土鉱物				沸石	硫酸塩	硫化	その他
			Q	Cr	Tr	Mt	K	Hall	Pyro	Z	Al	Py	S
			石英	石 ス ル ベ ト ス ク リ 石	石 イ ケ ン リ	ト イ ナ ロ オ モ ン カ	ン リ オ ロ ハ	ト イ サ イ ロ フ イ パイ	ト イ ラ イ フ イ パイ	定 同	石 ん ぼ	鉱 鉄 黄	黄 硫
0	S S 74092701	西河原	○	○	○								
1	S S 74092801	万座川(本流)	○			○						○	
2	S S 74092802	"	◎										
3	S S 74092803	"	○			○							
4	S S 74092804	"	○	○	○								
5	S S 74092805	"	○						○			○	
6	S S 74092806	"	◎			○							
7	S S 74092807	"	◎			○							
8	S S 74092808	吹き上げ(支流)	◎			○					◎		
9	S S 74092809	"	○			○							
10	S S 74092810	"	○			○		○				○	
11	S S 74092811	"	○										
12	S S 74092812	"	○									○	
13	S S 74092813	"	○								○		
14	S S 74092901	白根西斜面		◎							○		
15	S S 74092902	"		○		○					○		○
16	S S 74092903	"	○	○			○				○		
17	S S 74092904	"					○						
18	S S 74092905	"				○							○
19	S S 74093001	殺生	○	○									○
20	S S 74093002	"		◎									○
21	S S 74093003	"		◎									○
22	S S 74100101	白根北斜面	○	○				○					○
23	S S 74100102	"	○	○									○
24	S S 74100103	"	○	○	○								○
25	S S 74100104	万座川(支流)		○								○	
26	S S 74100105	"	○					◎				○	
27	S S 74100106	"	◎			○		○					
28	S S 74100107	振子沢	○	○									
29	S S 74100108	"	○	○	○								
30	S S 74100201	白嶺鉱山		○					○				
31	S S 74100202	"							◎				
32	S S 74100203	"	○					○			○		
33	S S 74100204	"		○									
34	S S 74100205	白根鉱山			◎								
35	S S 74100206	"			○								
36	S S 74100301	小倉		○				○					
37	S S 74100302	"		○							○		
38	S S 74100303	"	○	○				○			○		
39	S S 74100401	見花	○	○									
40	S S 74100402	"	○	○						○			
41	S S 74100403	"	○	○						○			

文 献

第四紀地質に関する文献

- 平林順一・南 英一・小坂丈予 (1968) 草津白根山山頂付近の湖沼と湖底泥 (演旨). 地球化学, vol. 2, no. 1, p. 39.
- 南 英一・小坂丈予・平林順一・新倉正治 (1969) 草津白根火山湯釜の湖底における火山活動について (演旨). 火山, ser. 2, vol. 14, no. 3, p. 153.
- 大橋良一 (1914) 草津白根火山地質調査報告. 震災予調報告, no. 78, p. 1-47.
- 太田良平 (1957) 5万分の1地質図幅「草津」および説明書. 地質調査所.
- ・片田正人 (1955) 5万分の1地質図幅「須坂」および同説明書. 地質調査所.
- ・松野久也 (1968) 草津白根火山地質調査報告. 群馬県草津白根火山地熱基礎調査報告書, 群馬企業局, p. 1-25.

変質帯に関する文献

- 安藤 武 (1957) 草津殺生河原地熱地帯調査報告, “特に内部変質帯の性質について. 地調月報, vol. 8, p. 131-137.
- 長谷紘和・西村嘉四郎 (1973) 熱赤外線利用の地熱探査—草津白根~万座地域を例として—. 地質ニュース, no. 232, p. 1-11.
- 木崎喜雄 (1965) 草津白根火山周辺地域の長周期粘土鉱物 (演旨). 鉱物雑, vol. 7, no. 5, p. 371.
- 前田憲二郎・阿部喜久男 (1969) 草津万座地域地熱調査報告. 群馬県企業局.
- 中村久由・比留川貴 (1957) 群馬県万座温泉調査報告, 特に変質帯と噴気・温泉との関係. 地調月報, vol. 8, p. 1-14.
- 小坂丈予 (1968) 火山温泉地域における岩石の変質現象について. 地熱, no. 17, p. 65-79.
- 東京電力㈱・中部電力㈱ (1957) 殺生河原地熱地帯共同調査研究報告.

粘土, 褐鉄鉱, 硫黄鉱床に関する文献

- 早瀬喜太郎 (1949) 石津硫黄鉱床について. 日鉱, vol. 65, no. 730, p. 1-6.
- (1950) 谷所硫黄鉱床について. 日鉱, vol. 66, no. 740, p. 20-24.
- 草津鉱業所 (1957) 草津鉱山の概況. 早大鉱山学研報, 「硫黄特集号」6.
- 間遠治孝 (1965) 群馬県北硫石津鉱山の地質および鉱床—草津白根地区の硫黄鉱床の研究—. 鉱山地質, vol. 15, no. 69, p. 12-25.
- (1967) 群馬県石津鉱山の探査 (特に城山鉱床の現況について). 鉱山地質, vol. 17, no. 84, p. 180-199.
- 岡野武雄 (1967) 2, 3の沈殿硫黄鉱床の産状について. 日鉱, vol. 83, no. 947, p. 431-432.
- 斉藤正次 (1947) 群馬県鉱山の鉄明ばん石褐鉄鉱床調査報告. 地調報告, no. 129, 24p.

その他の文献

- 荒牧重雄・中村一明 (1969) 浅間火山前掛山1281年の噴出物のC-14年代, 地球科学, vol. 23, no. 4, p. 141.
- 尾上 亨・徳永重元・大島秀明・伊藤良永 (1978) 日本の地熱地域における花粉分析調査研究, その1. 地調報告, no. 259, p. 579-624.

**Zonal Arrangement of Hydrothermal Rock Alteration
of Kusatsu-Shirane-Hanashiki Geothermal Area,
Gumma Prefecture**

Mitsuyoshi UENO, Harutaka MADO, Keiji KIMBARA and Susumu NISHIMURA

Abstract

Hydrothermally altered rocks resulted from geothermal action are widely distributed in the volcanic rock area around Mts. Motoshirane and Shirane.

The hydrothermally altered rocks are genetically classified into following four types.

- (1) A type related to sulfur and iron sulfide ore deposits of impregnation and replacement types
- (2) A type along tectonic or fault lines
- (3) A type in old craters or around active craters
- (4) A type accompanied by hot springs

Mineralogical replacement in the types of (1) to (3) consists mainly of argillization (kaolinite, halloysite) and silicification (quartz, α -cristobalite, tridymite).

Each of them is occasionally accompanied by alunization, opalization and pyritization.

Distribution of the hydrothermally altered rocks is presumably related to lithologically weak zones. Accordingly, active solfataric and fumarolic zones near the craters should be selected for the sites for geothermal exploration.

(受付：1977年12月1日；受理：1977年12月6日)

図版説明

- 図版31-1 白根山北東麓の茅ヶ平旧火口跡低地帯を望む。
- 図版31-2 殺生河原変質帯（白く見える部分に噴気孔と硫気孔跡が多い）。
- 図版32-1 白根北斜面変質帯（窪地に噴気孔，小沢沿いに温泉湧出地がある）。
- 図版32-2 カラ吹き地区変質帯（法性沢下流，熱水，硫気，噴気活動が当地域で最も激しい変質帯）。
- 図版32-3 万代坑蒸気自噴現場。万代硫黄鉱床開発途上，坑口から300m地点より大量の熱水を伴う蒸気の噴出があり，現在その一部を坑口に導いて放出している。



1



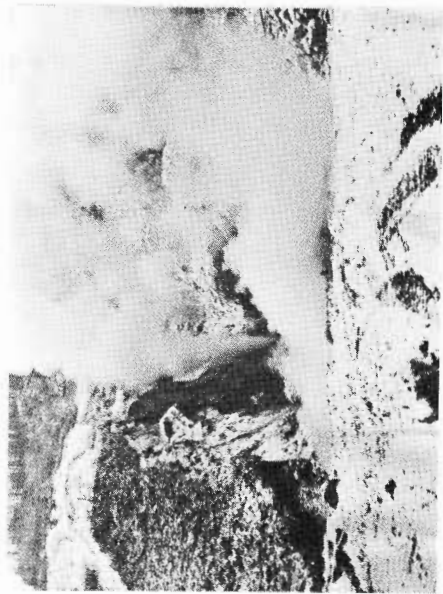
2



2



1



3

静岡県賀茂郡河津・下賀茂地熱地域の熱水変質帯*1

高島 勲*2・茂木 睦*3・西村 進*4

1. ま え が き

本報告は、地熱地域の探査ならびに評価に資するため、全国の主要地熱変質帯について調査を実施した全国地熱基礎調査¹⁾の一部であり、その成果は、放熱量や物理探査等の結果とあわせて、中間的に報告されている(地質調査所, 1974)。最近、化学分析や年代測定等の結果が出されたので、ここに報告を行う。本調査の位置を第1図に示す。

なお、調査項目のうち、花粉分析に関しては、尾上ほか(1978)によって取りまとめが行われているため、今回の報告からは除外した。

謝辞 本調査を行うにあたって、現地においては、三井金属エンジニアリング(株)の寺津陽次、河野愛、二村英吉、吉村文孝の各氏にご協力をいただいた。¹⁴Cについては学習院大学の木越邦彦教授に測定していただいた。また、静岡県庁企画調整課、下田市、賀茂郡南伊豆町、河津町の担当者の方々には、資料・地形図などの利用にあたってご便宜をはかっていただいた。ここに、深謝の意を表します。

2. 従来 of 調査研究

調査地域の地質に関する従来 of 調査は、地質調査所の5万分の1地質図幅(地域地質研究報告)神子元島(角, 1958)・下田(沢村ほか, 1970)の両図幅に総括されているが、主要なものを年代順に記すと次のとおりである。

田山・新野(1931)の調査により層序の大意が明らかにされた。その後、部分的な修正はあったが層序に対する基本的な理解はそのままだけつがれている。

下田図幅では、第三系中新統を下から湯ヶ島層群と白浜層群に二分した。今回の調査で変質帯との密接な関係が推定された流紋岩・石英安山岩類は白浜層群の下部とされている。このうち、下田付近の流紋岩についてはMIKAMI(1952)による研究がある。

一方、鉱床については川崎(1903)が始めて研究を行って以来、多くの報告がなされているが、研究者の興味は多く鉱物に注がれた。

坪谷(1937)は南伊豆の鉱床を総合的に論じ、成因的に流紋岩と関係ありとした。また、非金属鉱床については、HASHIMOTO(1952)や上野ほか(1961)などの研究がある。

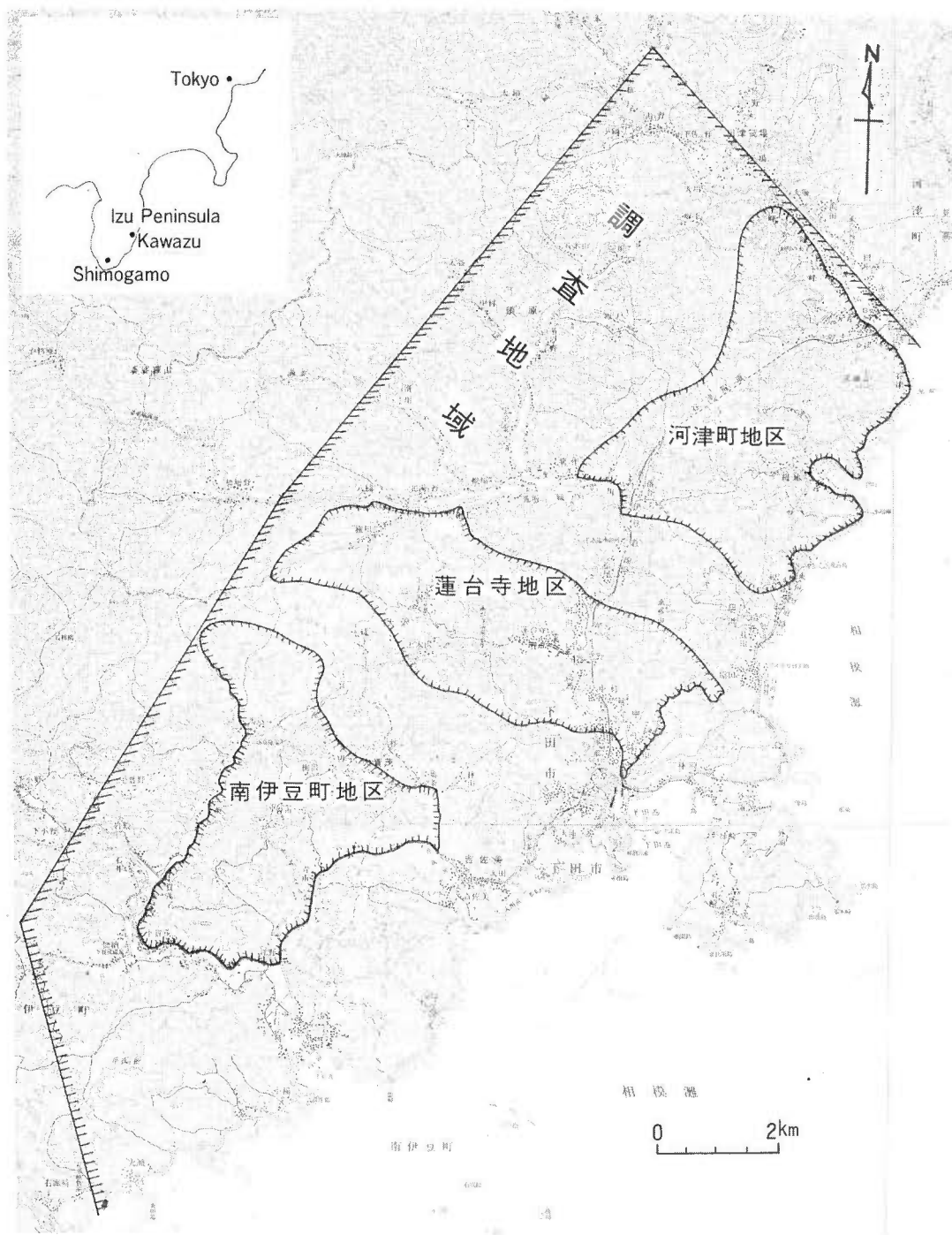
また、温泉については近年いくつかの総括的報告がなされている(例えば鮫島ほか(1968)、大木・平野(1972)など)。

さらに、下賀茂温泉については、その高い温度と高い塩分濃度のために、化学的研究(例えば水谷・浜砂(1972))があり、最近では鉱化作用をもたらした熱水に近いものとして注目されている。

*1 地質調査所報告, no. 259, 1978

*2 地熱熱部 *3 三井金属エンジニアリング(株) *4 京都大学教養部

1) 調査の経緯, 担当などは上述の中間報告書を参照。



第1図 調査位置図

3. 第四系の地質概要

今回の調査では、変質帯の形成年代を知るために変質帯と関連する第四系の調査のみを行った。以下にその概要を述べる。

3.1 段丘

当調査地域では段丘の発達が悪く、わずかに河津川流域の湯ヶ野にみられるのみである。ここでも段丘上には家が立ち並び、段丘を切る小川では洗い出された巨礫が谷を埋めており、露出はみられない。

3.2 泥流

泥流は河津町地区の峰の西側にみられる。

最も古い泥流は標高90~120mに分布しており、かなり解析が進んでいる。岩質は安山岩の中礫ないし巨礫をまれに含む泥流堆積物であるが、基質中の細礫や火山灰は風化して褐色粘土になっている。この泥流は中部に細粒相をはさみ、その中に1cm~10cmの二酸化マンガンの薄層をはさんでいる。

その下位（標高90m前後）に安山岩礫のほかに流紋岩礫を含む泥流が厚さ約10m程度あるが、上下の境界は露出がなく、正確な厚さ、上下層との関係は不明である。

その下位には最大直径4~5mの安山岩巨礫を含む泥流堆積物が厚さ約30mにわたって発達している（下峰南の別荘地入口）。この泥流の最上位には厚さ約3mにおよぶ細粒相がある。

最下位の泥流は現在の水田面から上約10mまでの範囲にみられるが、露出は下峰南部の別荘地の上り口付近にのみ限られている。この泥流の下半部は安山岩巨礫が覆瓦構造をなし、西から東への流水の影響下に堆積した地層である事を示している。上半部では、ゴマ塩状の砂、シルト、安山岩巨礫などを含む乱堆積がみられる。

3.3 地回り

地回りは河津町地区の上峰、天川の2ヶ所で顕著にみられる。上峰の地回り地は、家が立ち並んでおり観察できない。

4. 変質帯

4.1 南伊豆町地区の変質帯

この地区は、空中写真から読みとれた地質線形のうち、WNW系の構造線がきわめて顕著である。変質帯として第2図に示されるような7か所の変質帯が識別される。

Aは馬込部落北方に幅約150mで、WNWの伸長方向をもって分布し、面積は0.036 km²である。これは、安山岩が裂か（断層）沿いに変質をうけたものと推定される。

変質は白色粘土化を主とし、東端部では黄鉄鉱を含む。

Bは下田市大賀茂と南伊豆町馬込の境界付近にあり、面積は0.232 km²である。この変質帯は含石英安山岩を貫ぬく流紋岩中のもので、流紋岩体の大部分は白色変質をこうむり、新鮮な部分はきわめて少ない。

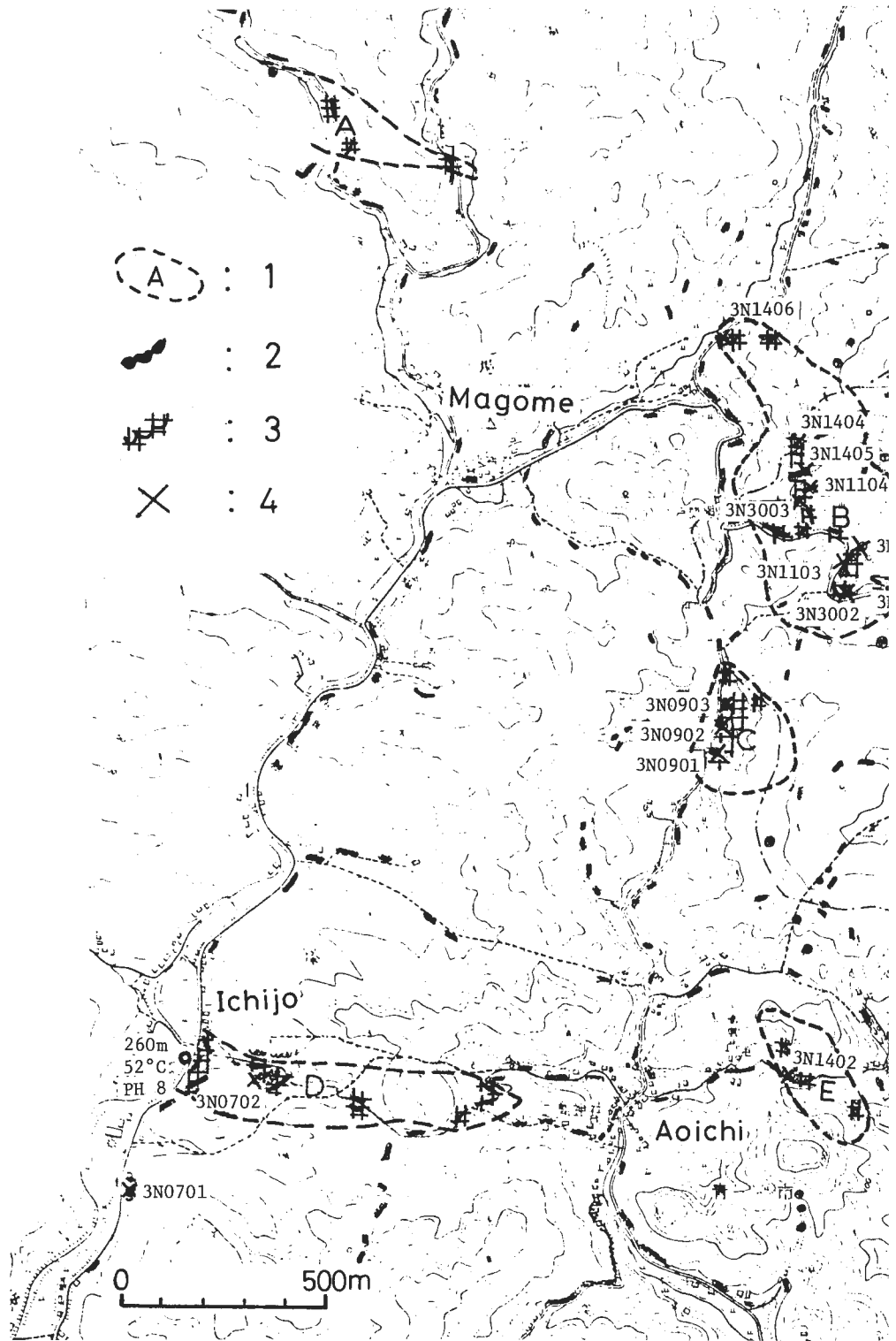
変質は珪化および粘土化である。珪化帯は北部の尾根付近と大曲りの2か所にみられる。

北部は江戸時代に、大曲りでは昭和初期にそれぞれ金鉱山として稼行された。珪化帯の外側には粘土化帯があり、黄鉄鉱を含む。

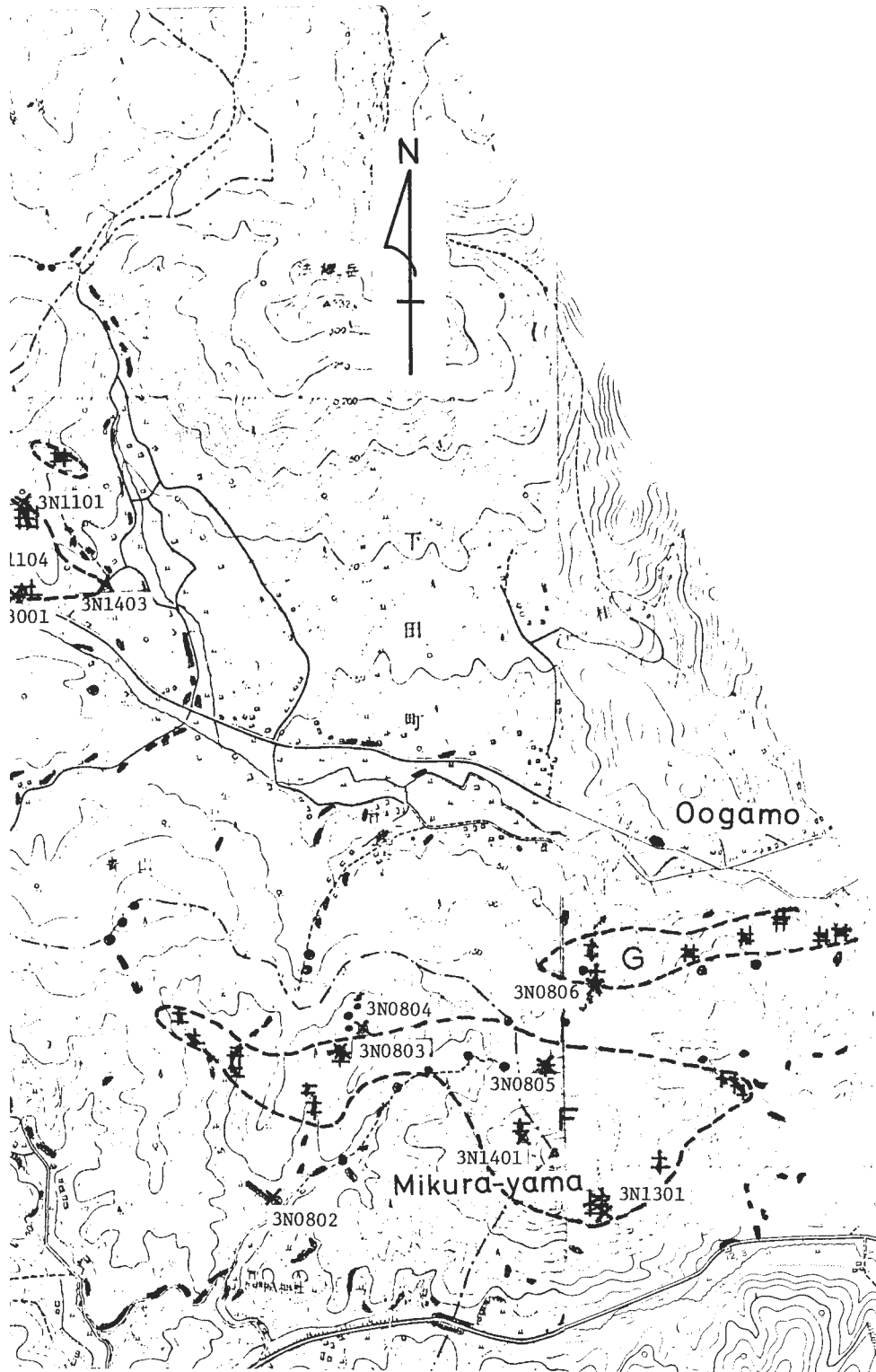
Cは青市北方にあり、面積は0.055 km²である。この変質帯は石英安山岩中の変質帯で、粘土化を主とする。

Dは一条セリサイト鉱山を含む変質帯で、安山岩を貫く流紋岩岩脈が変質したものである。面積は0.16 km²である。変質は白色粘土化であるが、採掘場の下部には新鮮な流紋岩が出現している。

Eは青市の旧鉱山を含む変質帯で、小規模流紋岩脈が変質したものである。面積は0.044 km²で、変

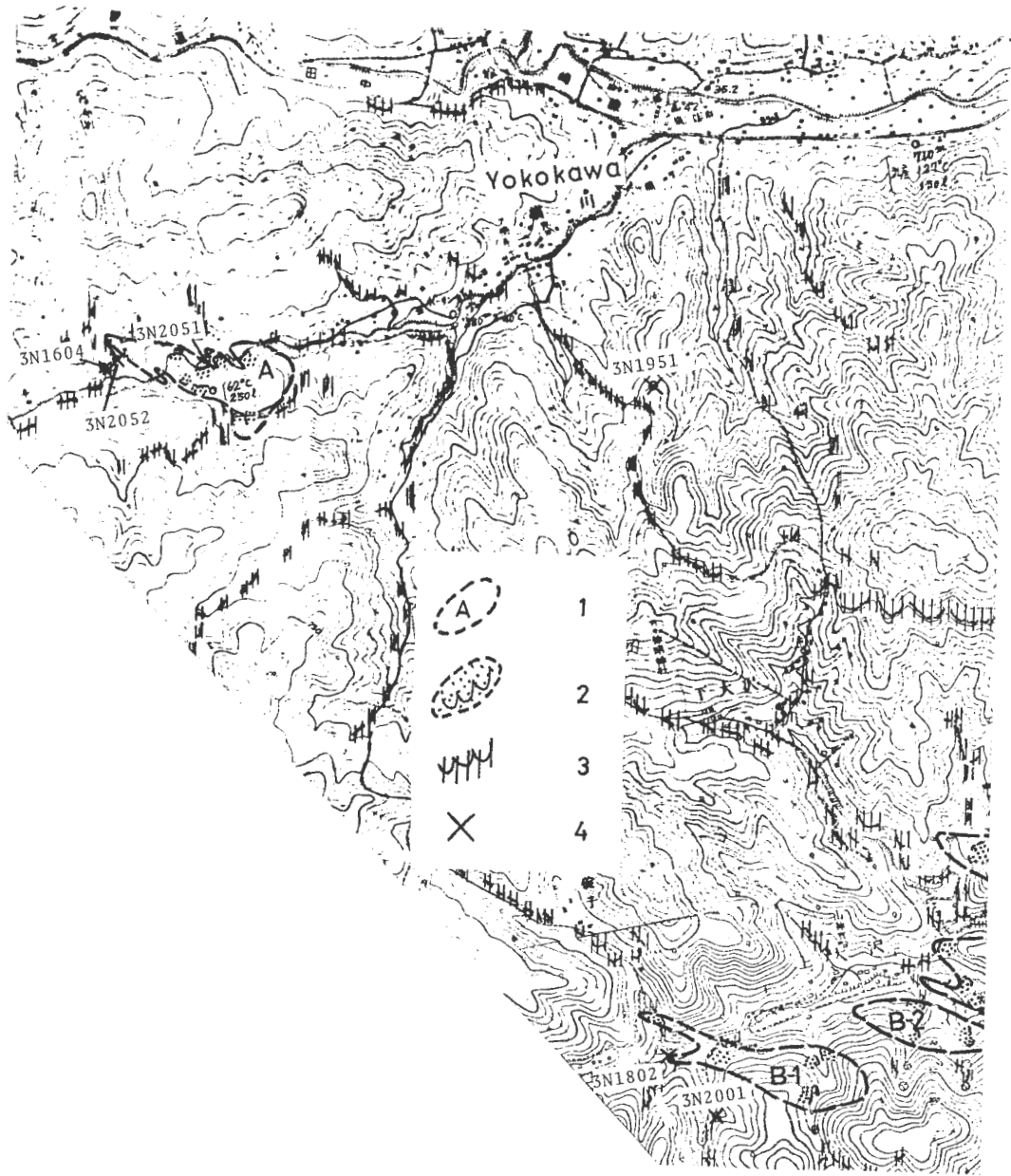


第2図 南伊豆町地区
1 : 変質帯 2 : 未変質岩露頭

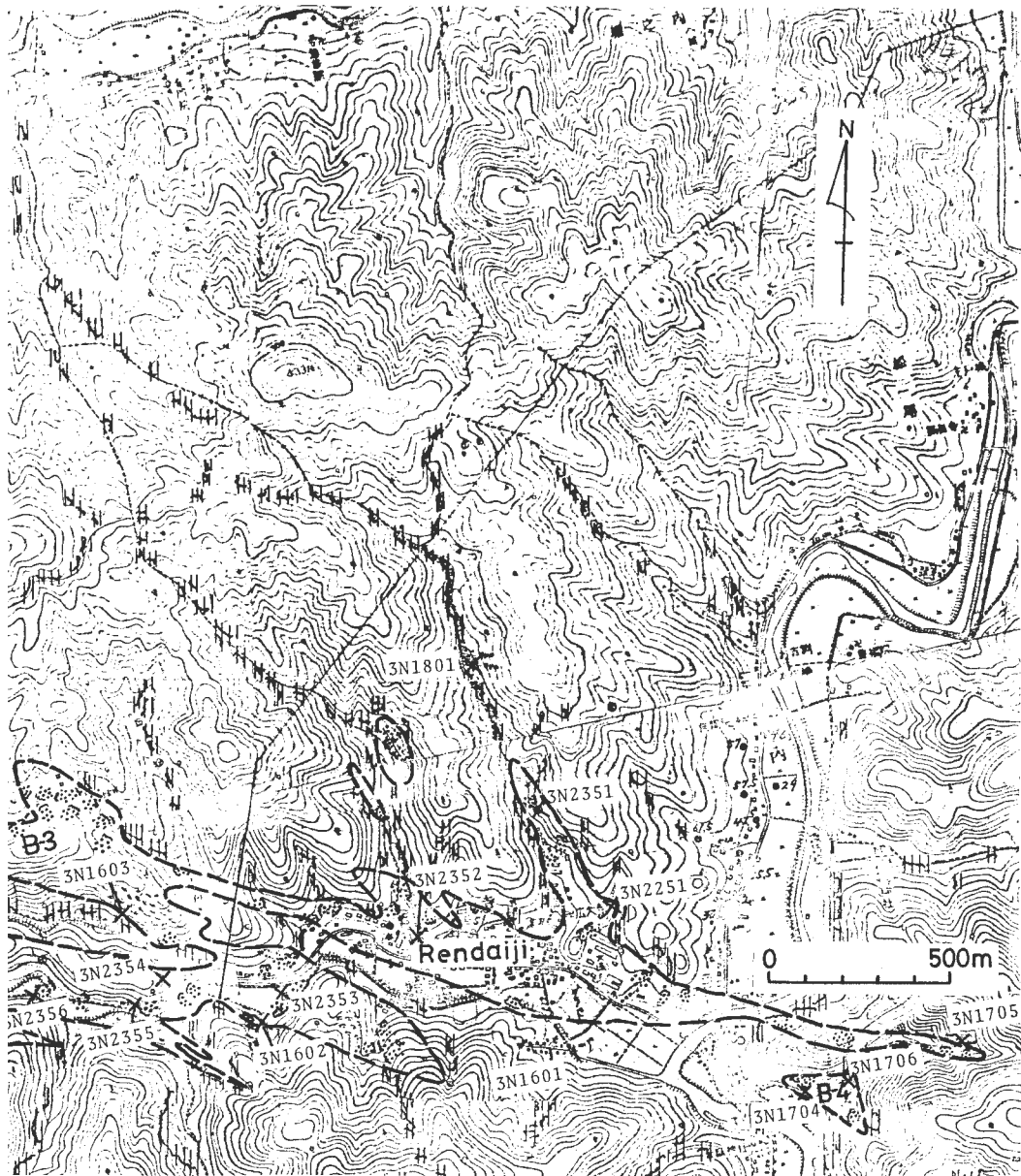


変質帯分布図

3 : 変質岩露頭 4 : X線試料採取地点

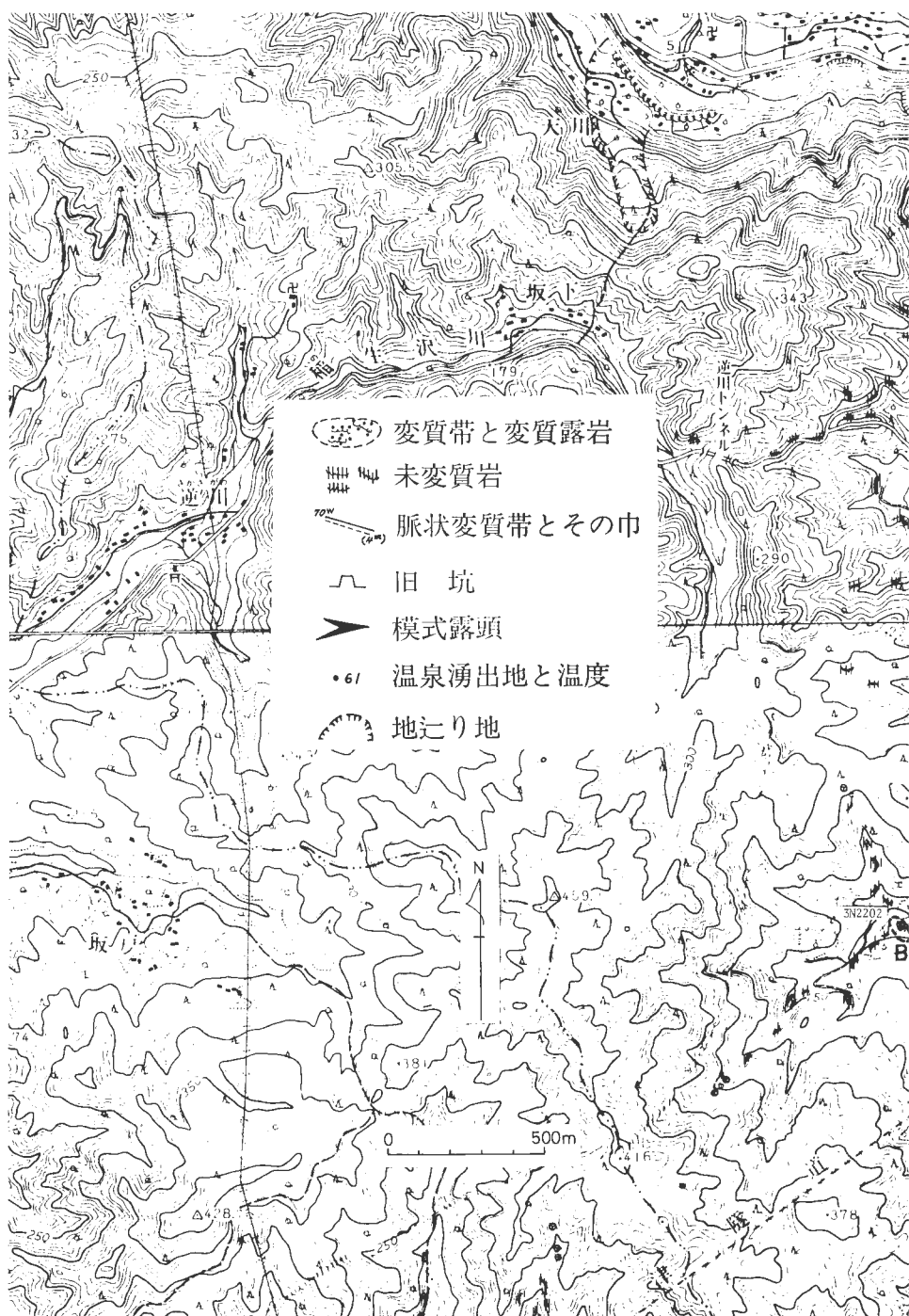


第3図 蓮台寺地区
1: 変質帯 2: 変質露岩

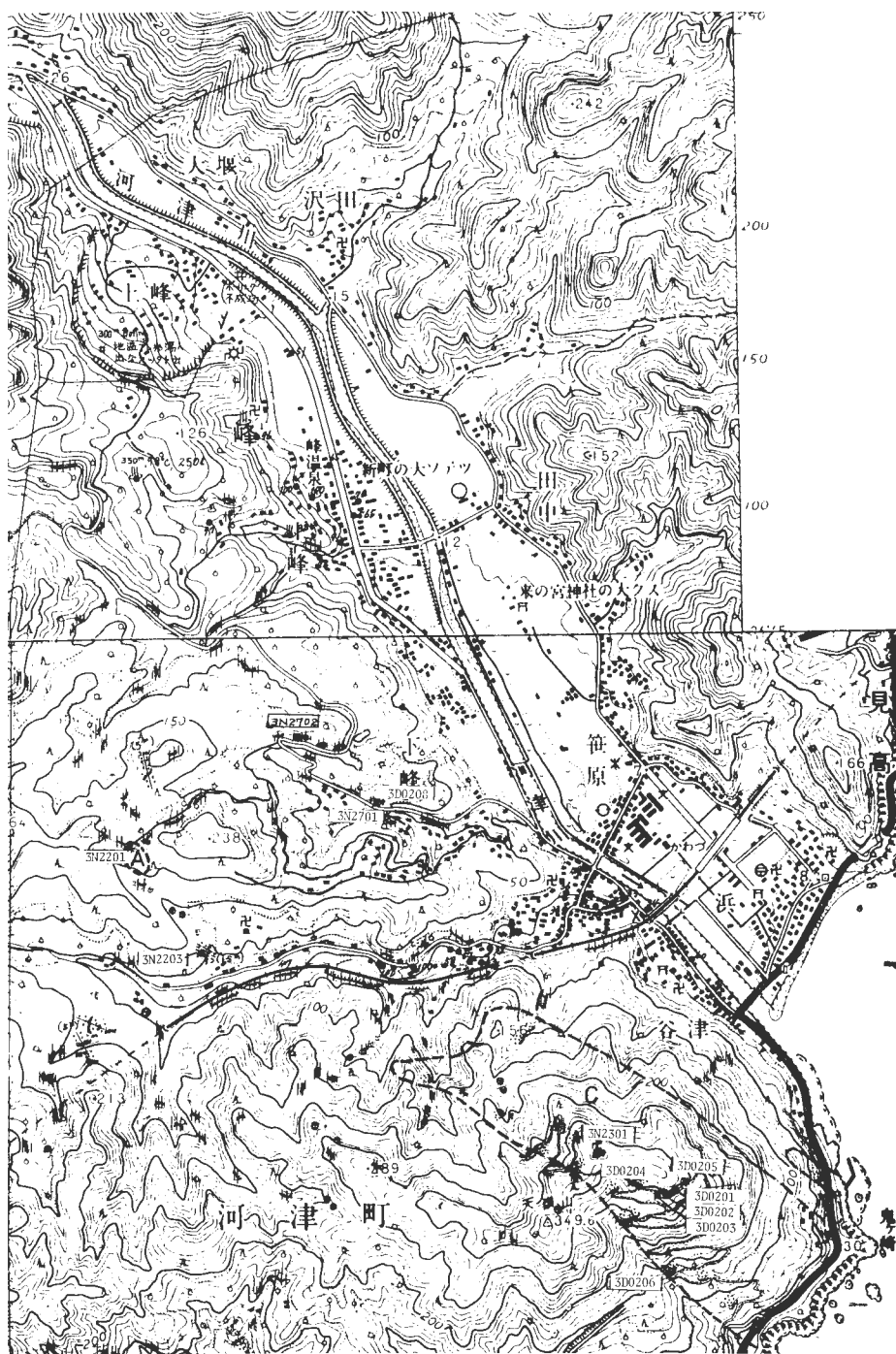


変質帯分布図

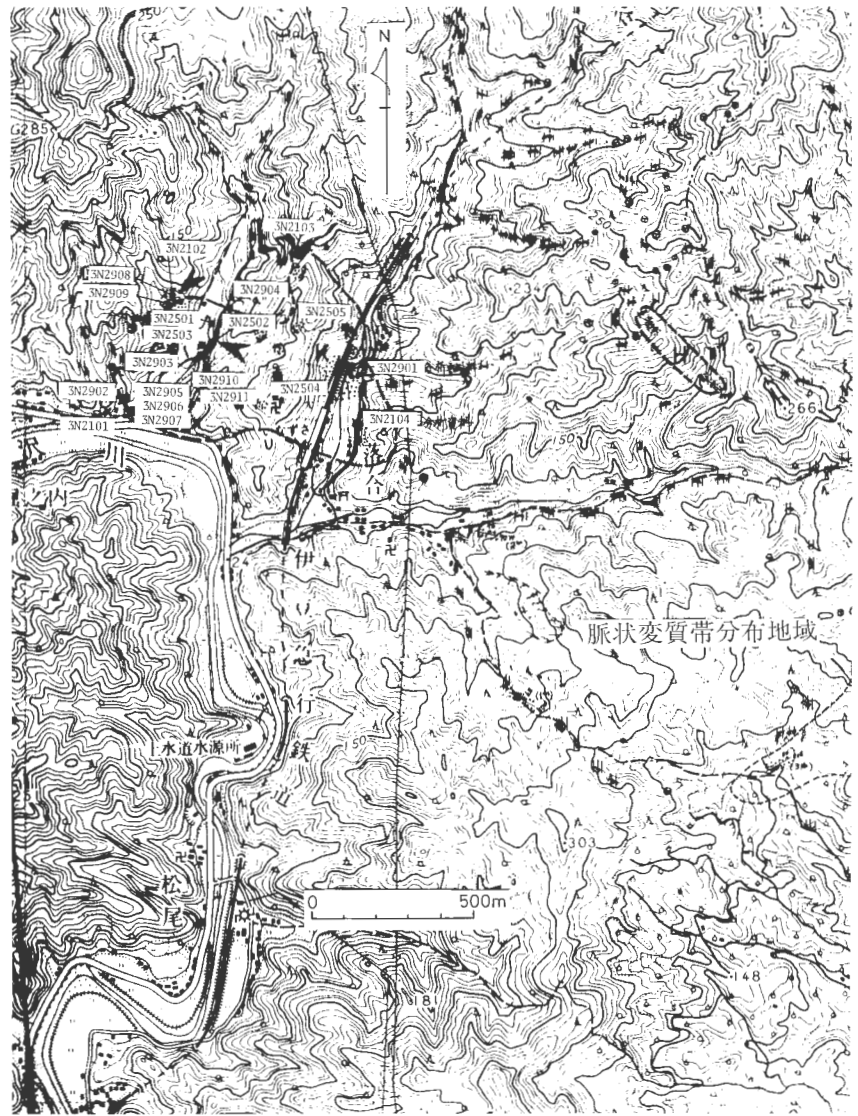
3 : 未変質露岩 4 : X線試料採取地点



第4-1図 河津町地区



質帯分布図, その1



第4-2図 河津町地区

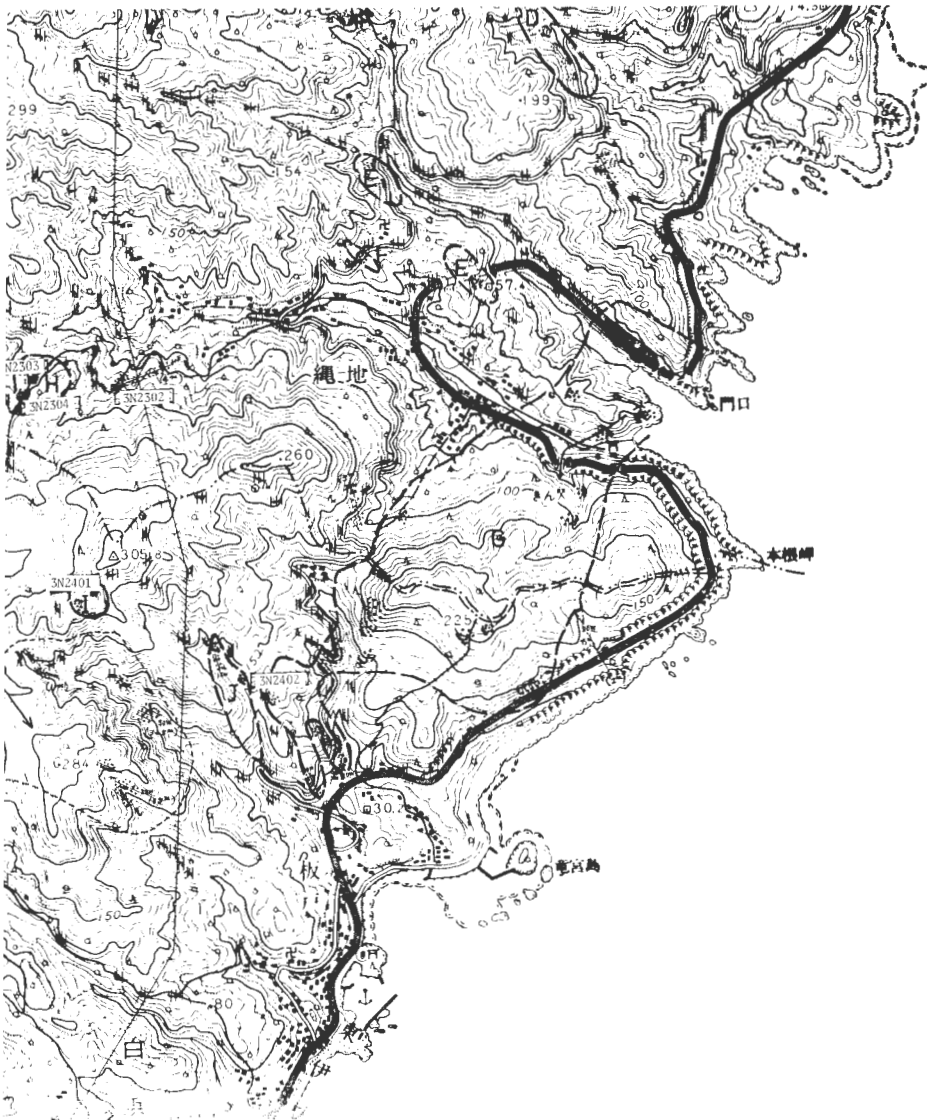
質は珪化を主とする。

Fはみくら山から西方に延びる変質帯で、 0.294 km^2 の面積を有する。この変質帯はみくら山流紋岩体中のもので、西端部には旧坑がある。みくら山では戦時中カリの多い流紋岩が肥料用に採掘された。変質は白色珪化である。

Gはみくら山東北部にあり、東西に伸長変質する帯で 0.068 km^2 の面積を有する。Fと同じく、みくら山流紋岩が変質したものとみられ、西端部には旧坑があり、東端部は断層によって切られている。変質は珪化、粘土化を主としている。

4.2 蓮台寺地区の変質帯

当地区の変質帯は、蓮台寺鉢山周辺の主として珪化帯から成る変質帯Bと、その北西方の横川地区Aの主として粘土化より成る変質帯の2つのグループに分けられる(第3図)。



変質帯分布図，その2(凡例は第4-1図に同じ)

Aは横川にあり，WNWの伸長方向を示している。面積は 0.055 km^2 である。この変質帯は安山岩質火砕岩がNW系裂かに沿って変質したもので，変質は粘土化を主とする。

B-1は調査地区西部の上大沢にある変質帯で，面積は 0.061 km^2 である。この変質帯は安山岩がWNW系の方向に珪化したもので，周辺に粘土化を伴う。

B-2は蓮台寺鉱山の檜沢鍾に相当するもので面積は 0.04 km^2 である。黄鉄鉱を含む珪化帯を主とし，伸長方向はWNWである。

B-3は蓮台寺鉱山の主要鉱脈の露頭部を占める珪化帯で， $N50^\circ W$ および $N20^\circ W$ に顕著な伸長を示している。

この変質帯は原岩の構造をまったく残さない強度の珪化岩を主とし，面積は 0.708 km^2 である。

B-4はB-3の東南端にある変質帯で，強度の珪化をうけており， 0.019 km^2 の面積を有する。

第1表 (つづき)

分 析 番 号	試 料 番 号	採 取 地 点	シリカ鉱物		粘 土 鉱 物				酸 化・ 硫化鉱物		炭酸塩 鉱 物
			Q	Cr	Mt	Ser	K	Pyro	Py	Dp	Ca
			英 石	石 炭 石 α-ク リス トバ ス 石	モ ン モ リ セ カ パイ ロ フ イ ライ ト	ト イ イ リ オ フ イ ライ ト	ン	ト	鉍 鉄 黄	ア ボ ス ア イ ダ	石 解 方
51	I S 73 N2402	Kz-G	○								
52	I S 73 N2902	Kz-K	○								
53	I S 73 N2903	"	○								
54	I S 73 N2907	"	○								
55	I S 73 N2908	"	○								
56	I S 73 N2910	"	○								
57	I S 73 N3003	Mi-B	○								
58	I S 73 N2251	Rn-B-3	○								
59	I S 73 N2501	Kz-K	○								
60	I S 73 N2503	"	○								
61	I S 73 N2504	"	○								
62	I S 73 N2901	"	○								
63	I S 73 N2906	"	○								
64	I S 73 N2911	"	○								
65	I S 73 N3001	Mi-B	○								
66	I S 73 N3002	"	○								
67	I S 73 D0206	Kz-C	○								
68	I S 73 D0205	"	○								
69	I S 73 D0203	"	○								

注) 採取地点は変質帯の記号を示し, Mi は南伊豆町地区, Rn は蓮台寺地区, Kz は河津町地区を表わす。

4.3 河津町地区の変質帯

当地区の変質帯は第4-1図, 第4-2図に示すとおりであるが, 流紋岩に伴うものと, 石英安山岩に伴うものが顕著である。前者は著しい粘土化帯を伴い, 後者は珪化を主とする。

Aは谷津温泉西方の尾根にある小規模変質帯で, 面積は0.004 km²である。この変質帯は安山岩が変質したものであるが, 露出不良のため, 変質帯の境界はやや不正確である。

Bは谷津温泉の奥にあり, 規模・内容共にAと同様な変質帯で面積は0.003 km²である。

Cは天嶺山の石英安山岩に伴う変質帯で, 0.521 km²の面積を占める。この岩体はNW系, 幅約300m~400mの岩脈で, 海岸近く(標高100m以下)ではゼノリスは少ないが天嶺山の山頂付近では巨大なゼノリスを含んでいる。また, この岩体は天嶺山以南ではほとんどすべてが変質しているが, 北西部では未変質部や緑色変質部がある。なお, 谷津温泉はこの岩体の北西部から湧出している。

DはCと同様, 石英安山岩の岩脈が強度に珪化しているもので, 付近に日本鉱業がかつて稼行した旧坑がある。面積は0.032 km²である。

E・E'およびFは安山岩質火砕岩が粘土化を主とする白色変質をうけたもので, 面積はそれぞれ0.014 km², 0.016 km², 0.04 km²である。

F, Gは縄地鉱山地区にあり, 0.742 km²の面積を有する。この変質帯はCと同じく石英安山岩がNW~NNW系およびNE系に強度の珪化をうけたもので, 粘土化としては顕著なものはない。

Hは縄地西方の峠付近, 標高150m前後に分布し, 面積は0.023 km²である。この変質帯は安山岩質火砕岩が粘土化をうけたもので, 西方226m標高点および南方305.8m三角点周辺に分布する流紋岩に関係ある変質帯とみられる。

Iは305.8m三角点南方にある変質帯で、0.011 km²の面積を有する。この変質帯は、流紋岩が白色・珪化をうけたものである。

Jは前記G帯の西側に近接し、G帯の南西縁と平行に NNW方向にのびた細長い珪化帯である。安山岩質火砕岩が裂か沿いに珪化をうけたものと考えられ、北端部では方向 N15°W の垂直の黄鉄鉱脈がある。

Jの西部に脈状変質帯の分布する範囲がある。これは N30°~50°W と N70°E の両系統の裂かに沿う幅0.5~5 mの白色変質帯が各所に分布するもので、同様な変質帯は226m、標高点西側にもある。これらのいずれもが流紋岩に接しており、流紋岩の活動になんらかの関係があるものと推定される。

Kは伊豆急いなづさ駅西方にあり、0.3 km² の面積を有する。この変質帯は流紋岩が全面的に粘土化・珪化をうけたものでその形態から流紋岩は貫入岩体と推定される。変質帯の西部にはパイロフィライト、ダイアスポアを伴うものがみられることから、本変質帯は他の変質帯にくらべて高温の環境で形成されたものとみられる。

第2表 河津・下賀茂地熱地域の ¹⁴C 年代

No.	Sample No.	Code No.	Formation	Sample	Age (years before 1950)
1	I S 73D0401	GaK-5174	地すべり堆積物	埋れ木	2,140 ±90
2	I S 73D0402	GaK-4175	〃	埋れ木	2,390 ±85

(測定：学習院大学 木越邦彦)

年代の算出には ¹⁴C の半減期として5,570年 (Libbyの値) を用いてある。誤差はβ線計数値の標準偏差にもとづいて算出。

1. 静岡県賀茂郡河津町天川, 34°45'50"N, 130°58'00"E, 1973年12月4日, 茂木睦採取。
2. 静岡県賀茂郡河津町天川, 34°45'50"N, 138°58'00"E, 1973年12月4日, 茂木睦採取。

第3表 河津・下賀茂地熱地域の変質岩および原岩の化学組成

No.	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	76.30	66.90	87.45	70.00	78.60	76.35
TiO ₂	0.08	0.46	0.36	0.41	0.23	0.21
Al ₂ O ₃	12.85	12.40	6.15	15.20	13.25	12.90
Fe ₂ O ₃	0.26	0.23	<0.10	0.47	0.26	0.36
FeO	0.21	0.14	0.28	1.35	<0.10	0.28
Fe	<0.10	0.11	<0.10	0.35	<0.10	0.24
MnO	0.02	0.01	<0.01	0.15	<0.01	0.06
MgO	0.16	0.79	0.16	0.63	0.05	0.41
CaO	0.28	<0.01	0.01	3.05	<0.01	0.48
Na ₂ O	3.90	0.04	0.02	4.30	0.39	1.06
K ₂ O	3.52	3.40	1.37	1.40	2.76	2.41
P ₂ O ₅	0.02	0.01	<0.01	0.12	0.05	0.02
S	0.01	0.13	0.05	0.40	<0.01	0.27
SO ₃	<0.01	0.08	0.05	0.04	<0.01	0.05
CO ₂	<0.10	<0.10	<0.10	0.50	<0.10	0.30
H ₂ O ⁺	1.40	3.20	1.80	1.00	2.20	3.00
H ₂ O ⁻	0.80	12.00	2.20	0.40	2.14	1.44
Total	99.81	99.90	99.90	99.77	99.93	99.84
Ap. G. *1	2.50	1.80	2.50	2.50	2.50	2.50
Tr. G. *2	2.57	2.27	2.64	2.64	2.69	2.68

*1 見かけ比重。 *2 真比重

- 1: 73N3001, 新鮮な流紋岩, 静岡県賀茂郡南伊豆町大賀茂。
- 2: 73N1102, 粘土化岩, 静岡県賀茂郡南伊豆町大賀茂。
- 3: 73N1103, 珪化岩, 静岡県賀茂郡南伊豆町大賀茂。
- 4: 73N2901, 弱黄鉄鉱化流紋岩, 静岡県賀茂郡河津町落合。
- 5: 73N2501, 粘土化・珪化岩, 静岡県賀茂郡河津町落合。
- 6: 73N2104, 珪化岩, 静岡県賀茂郡河津町落合。

以上の各変質帯から得られた69個の試料についてX線回折を行った。その結果を第1表に示す。

5. 放射年代測定試料の採取および測年結果

フィッション・トラック測年用試料は蓮台寺地区の高根山東面から採取した。この岩体は、白浜層中の石英安山岩で周辺の石英安山岩類よりもやや新期の活動に係るものと考えられている。

この岩石中のジルコンについて行った測定の結果は、自然核分裂片が $6.4 \times 10^6 \text{ cm}^{-2}$ 、誘導核分裂片が $8.5 \times 10^6 \text{ cm}^{-2}$ 、中性子束が $1.10 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ となっており、それから求められる年代は5.1 m. y.である。

C-14測年試料は、河津町地区の天川の地すべりから採取した。

天川では河津川岸に図版33-1に示されるような崖があり、新旧2回の地辻りとこれを覆う崖錐が認められる。古い地辻りには小規模な温泉湧出の跡があるが、新しい地辻りは白～青灰色粘土から成り温泉湧出の跡は認められない。この測年により付近の温泉湧出の年代が推定される。

測年結果は第2表に示したが、約2000年前に地すべりがあり、その結果温泉湧出地点が埋められたことがわかる。

6. 化学分析

化学分析は南伊豆町地区B帯（大賀茂～馬込間トンネル付近）と河津町地区K帯からそれぞれ未変質岩、粘土化岩、珪化岩の三種について試料を採取し分析した。その結果を第3表に示した。

7. 考察

7.1 変質帯と火山岩の関係

主要変質帯と変質をもたらした火山岩との関係は次のように要約される。

(1) 流紋岩の活動に伴う変質帯

南伊豆町地区 B, D, E, F, G

河津町地区 H, , K

(2) 石英安山岩の貫入に伴う変質帯

南伊豆町地区 C

河津町地区 C, D, G

(3) 関係する火成活動が明らかでないもの

蓮台寺地区 A, B₁~B₄

7.2.1 変質帯と第四系との関係

第四系は分布もせまく、変質帯との直接的関係を観察できる地点は河津町地区の天川のみであった。この地点では¹⁴C測年試料を採取しており、詳細はすでに述べた。

7.3 変質帯と地熱微候との関係

7.3.1 南伊豆町地区

A：試錐跡はあるが湯は出なかった。

B, C, E, F, G,：微候なし、試錐を実施したことはない。

D：一条バス停留所と青野川の間で500 mの試錐が行なわれた。深度260 mの点から52℃、毎分60 lの湯揚が可能である。アルカリ性。

下賀茂温泉は約20か所の沸騰自噴井があるにもかかわらず、よく知られているように白色変質帯を伴

ならず、緑色化のみが観察される。

7.3.2 蓮台寺地区

Aでは深度600mの試錐により65°C、250 l/分の温泉が湧出している（湧出深度不明）。

この上流約1 km のところでも600mの試錐を実施し63°C、300 l/分が揚湯可能である。そのほか、横川でも試錐実施中であり、深度280mで地温40°Cであった。

これらの試錐地点は、変質帯Aの中で実施したものを除きほかはすべてわずかに緑色化をうけた安山岩である。A変質帯の東約2 km のところで行なわれている試錐も同様に未変質地域で行なわれたが、710 mの孔底で127°Cであった。

BではB-3の西半の旧蓮台寺鉱山猿橋鍾、掛橋鍾から5～6 t/minの温泉が湧出している。

これは鉱脈を胚胎する珪化帯から湧出しているもので、従来から第三紀鉱化作用と温泉（地熱）との関係が注目されているものである。

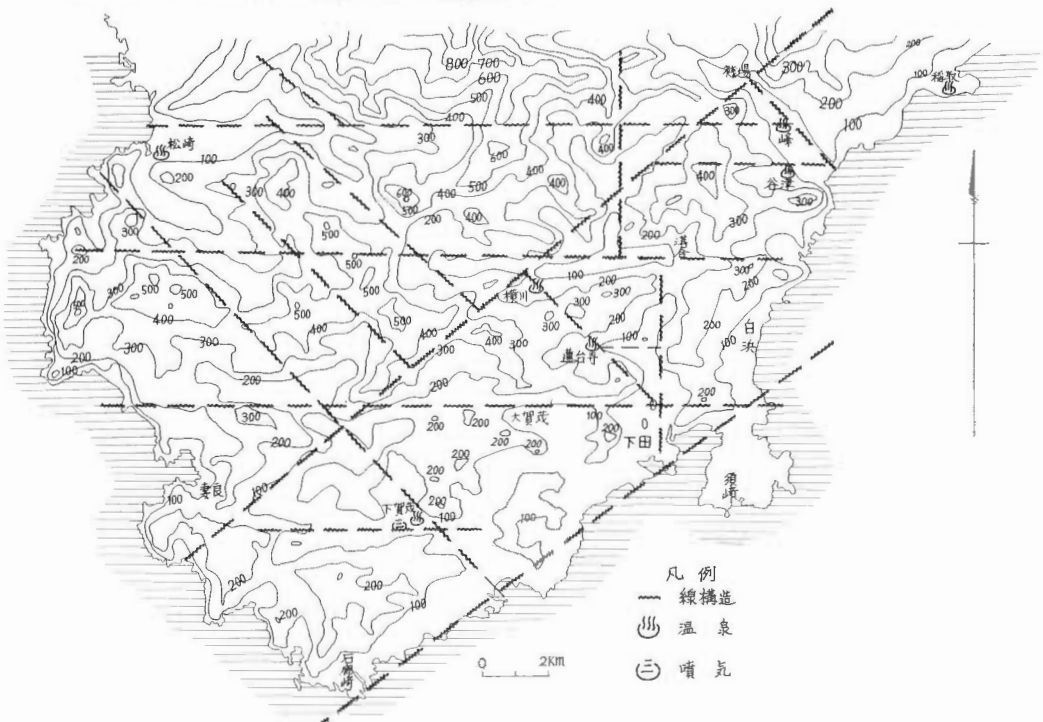
7.3.3 河津町地区

谷津温泉が変質帯Cの北西端に位置する。この変質帯はネパダイト質岩の岩脈が珪化されているものであるが、岩脈の東南部の温泉は低温で、加熱を要する。このことから、変質帯（または岩脈）の西北側が高温で、東南部は低温であるとも考えられる。本地区ではこのほかに地熱徴候は認められない。

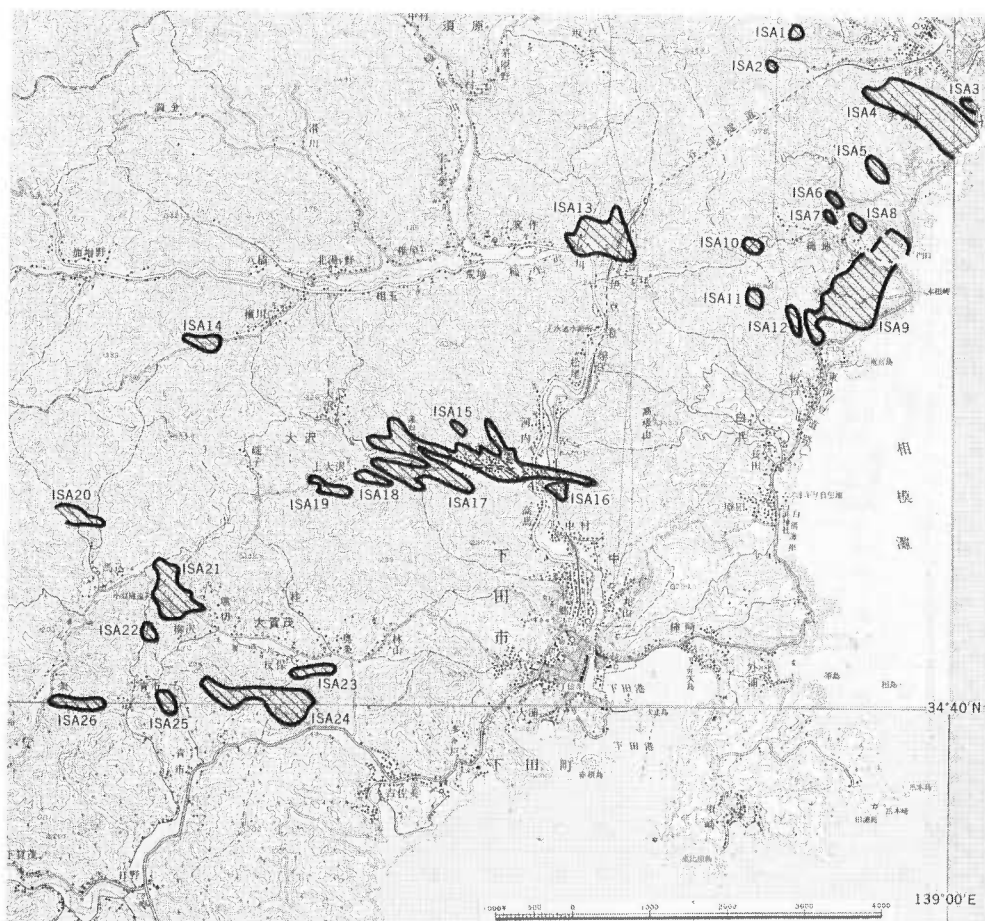
7.4 接峰面図により解析された地形と地熱との関係

接峰面図（第5図）から求められる地形的特徴として最も顕著なものは、妻良から横川、河津筏場を通り熱川の西方に続くNE系の線である。同系統の線は石廊崎から須崎半島のつけ根を通るものが推定されるが、このほとんどが海中を通るため性格はあまり明瞭でない。

妻良—河津筏場線はその西北側のブロックの標高が高くなっている事で容易に識別される。また筏場において、河津川の流路が数百mずれている。これらの特徴から、この地形が表すものは西北側ブロックの上昇を伴った左ずれの断層であると推定される。



第5図 接峰面図による地形の特徴と温泉の分布



第6図 河津・下賀茂地熱地域変質帯分布要約図

次に明瞭な線は、下賀茂、大賀茂、落合、谷津、峰の各地で観察されるEW系のものである。この線の性格は地形的にはあまり明瞭に読みとれないが、大賀茂と下賀茂の間のブロックにおいては北側に最高標高点がある。また下賀茂と石廊崎の間のブロックでも同様な傾向が認められるので、各ブロックの傾動運動をもたらした断層かもしれない。

さらに、NW系およびNSの線も認められるが、これらは延長が短くその分布は前記のNEおよびEW両系の線によって限られていることが多い。

注目すべきことは、下賀茂、蓮台寺、峯、谷津等の高温の温泉が妻良一筏場線の東南側1 kmから3.5 kmの幅2.5 kmの部分に、それと平行して分布している事である。さらに、これらの温泉はいずれもEW系の線との交点に位置している。

このような地形上の線が地質学的な構造とどの程度関連するのかは明らかでないが、上述のような関係は、伊豆の地熱の成因を考える上で注目すべき事項の一つといえよう。

8. ま と め

調査地域内に分布する変質帯は第6図に示すとおりであり、その総面積は3.47 km²である。

変質帯のほとんどは白浜層群の流紋岩・石英安山岩に関係しており、したがって変質帯の多くは第三

第4表 河津・下賀茂地域地熱変質帯・温泉沈殿物一覧表

No.	名 称	面積 (km ²)	母岩とその年代	関連火山	珪化帯	鉱 物				地熱微候およびその最高温度 (°C)
						シリカ鉱物	粘土鉱物	沸石	硫酸塩 硫酸鉱物	
A I S 1	谷	0.004	安山岩, 第三紀	無		Q	Ser			なし
A I S 2	津	0.003	山岩, " 第三紀	"	有	Q	Ser			隣接して峰, 谷
A I S 3	天	0.004	" " " 第三紀	"						津 (噴とう泉)
A I S 4	天	0.517	ネバダイト 第三紀	"		Q	Ser, K			あり
A I S 5	細	0.032	" " " 第三紀	"	有					なし
A I S 6	細	0.014	安山岩火砕岩 第三紀	"	無					なし
A I S 7	細	0.004	" " " 第三紀	"	無					なし
A I S 8	細	0.016	" " " 第三紀	"	無					なし
A I S 9	細	0.742	ネバダイト 第三紀	"	有	Q				なし
A I S 10	細	0.023	安山岩火砕岩 第三紀	"	無	Q	Ser			なし
A I S 11	板	0.011	流紋岩, 第三紀	"	有	Q		Pr		なし
A I S 12	板	0.010	安山岩火砕岩 第三紀	"	有	Q	Ser, pyro K, Mt			なし
A I S 13	落	0.300	流紋岩, 第三紀	"	有	Q, Cr				なし
A I S 14	横	0.055	安山岩火砕岩 第三紀	"	無					なし
A I S 15	蓮	0.017	不明	"	有	Q	Ser			連台寺温泉
A I S 16	立	0.019	不明	"	有	Q	Ser			(72.5°C)
A I S 17	台	0.708	不明	"	有	Q	Ser			なし
A I S 18	上	0.040	不明	"	有	Q	Ser			なし
A I S 19	上	0.061	安山岩, 第三紀	"	有	Q	Ser			なし
A I S 20	上	0.036	山岩, 第三紀	"	有	Q	Ser, K, Mt			なし
A I S 21	馬	0.232	流紋岩, 第三紀	"	無	Q	Ser, K			なし
A I S 22	堀	0.055	合石英安山岩, 第三紀	"	無	Q	Ser, Mt			旧坑あり
A I S 23	大	0.068	流紋岩, 第三紀	"	有	Q	Ser, Mt			旧 鉱 山
A I S 24	大	0.294	" " " 第三紀	"	有	Q				(Sphalerite-Barite)
A I S 25	青	0.044	流紋岩岩脈 第三紀,	"	有	Q	Ser			菫雲寺東の旧鉱山
A I S 26	一	0.160	" " " 第三紀	"	無	Q				一條セリサイト鉱山 52°C (深度260m)

紀の鉱化作用に関係していると考えられる。

一方、地熱徴候としての温泉のうち、明らかに変質帯の中から湧出しているものは蓮台寺の温泉のみで、下賀茂温泉は緑色化安山岩質岩から、谷津温泉は変質帯外縁からそれぞれ湧出している。なお、峰温泉は沖積層から湧出しているので変質との関係は不明である。この事は第三紀鉱化作用によって形成された変質帯と、現在の地熱とが同一熱源に起因するものではない可能性を示すものと考えられる。

一方、高温泉の分布は接峰面図に示した NE 系にのびる直線（断層？）に平行である事から、この線と温泉湧出との間になんらかの関係があるのではないかと考えられる。

変質鉱物からみると、ほとんどの変質帯は石英、セリサイトから成っている。ただ、河津町地区 K のみを変質帯の西端部で、パロイフィライト、ダイアスポアの高温鉱物を産出した。これらの変質鉱物の各変質帯ごとの分布およびそのほかの項目をまとめて第 4 表に示した。

第四系の調査は変質帯が第三紀に形成されたと推定されるものであり、変質作用との直接的な時代関係はないが、温泉湧出との関連では、上峰・天川の地すべりが約 2000 年前に発生しており、これによって温泉の湧出状態に変化があったことが推定される。

文 献

- 地質調査所 (1974) 全国地熱基礎調査報告書, no. 4, 伊豆南部.
- HASHIMOTO, S. (1952) On the clay deposit of Ichijo, Studies on the rock alteration in ore deposits no. 3. *Misc. Rep. Ins. Nat. Res.*, no. 28, p. 70-77.
- 川崎繁太郎 (1903) 伊豆の鉱山の地質および鉱脈. *地質雑*, vol. 10, p. 150-160, 193-206, 231-238.
- MIKAMI, K. (1952) On the so-called potashliparite from Manzoyama, Shimoda, Izu Peninsula. *Sci. Rep. Yokoham Nat. Univ.*, ser. 2, no. 1, p. 55-67.
- 水谷義彦・浜砂武聖 (1972) 伊豆・下賀茂温泉水の起源. *火山*, 第 2 集, vol. 17, no. 3, p. 123-134.
- 大木靖衛・平野富雄 (1972) 伊豆・箱根の温泉. 伊豆半島, 東海大出版会.
- 尾上 亨・徳永重元・大島秀明・伊藤良永 (1978) 日本の地熱地域における花粉分析調査研究, その 1. *地調報告*, no. 259, p. 579-624.
- 鮫島輝彦・岩橋 徹・黒田 直 (1968) 伊豆半島の地熱開発に関する基礎調査報告書, 静岡県.
- 沢村孝之助・角 清愛・小野晃司・盛谷智之 (1970) 下田地域の地質. *地域地質研究報告*, 地質調査所.
- 角 清愛 (1958) 5 万分の 1 地質図幅「神子元島」. 地質調査所.
- 田山利三郎・新野 弘 (1931) 伊豆半島地質概報. 齊藤報恩会報告, no. 13, p. 1-30.
- 坪谷幸六 (1937) 南伊豆の地質および鉱床. *地質雑*, vol. 44, p. 545-547.
- 上野三義・武司秀夫・河田茂磨・大森江い・山田貞子 (1961) 静岡県伊豆下田地区のカリ石英粗面岩について. *地調月報*, vol. 12, p. 839-850.

**Hydrothermal Alteration of Kawazu-Shimogamo
Geothermal Area, Shizuoka Prefecture,
Central Japan**

Isao TAKASHIMA, Mutsumi MOTEGI and Susumu NISHIMURA

Abstract

Distribution and size of the altered area have been surveyed in order to estimate geothermal potential. Its mineral occurrence, distribution of travertine, fission-track and ^{14}C datings, pollen and chemical analyses have been performed for a speculation of geothermal sources.

The results are as follows.

- (1) Twenty six altered zones amounting to 3.47 km² in total have been identified.
- (2) The altered minerals occurred in each zone are summarized in Table 1. Pyrophyllite and Diaspore indicating high temperature are found only in Kawazu K zone.
- (3) The altered zones are mostly related to the Tertiary rhyolite and dacite intrusions. The zones seem to have nothing to do with the present-day thermal manifestations.
- (4) The hot springs are mostly situated at the intersections of NE-SW and E-W topographic lineations.

(受付：1977年12月1日；受理1977年12月6日)

図 版 説 明

図版33-1 全体的に粘土化変質した露頭（南伊豆町地区D帯）ここでは流紋岩がセリサイト化しており、鉱床として採掘されている。

図版33-2 河津町天川にみられる地すべり堆積物。この地すべり堆積物中には温泉沈殿物がみられることから、この地点では過去に温泉の湧出があり、それが地すべりのために埋められたと考えられる。なお中の木片から求めた地すべり年代は約2,000年 B. P. である。



1



2

551. 23 : 551. 25(522. 8)

鹿児島県指宿市・揖宿郡指宿地熱地域の熱水変質帯^{*1}神谷雅晴^{*2}・中川 進^{*3}・西村 進^{*4}・角 清愛^{*5}

1. ま え が き

本調査研究は全国地熱基礎調査変質帯調査「薩南」地域調査（昭和48年度）の一環として行われたものである。調査研究の目的は地熱変質帯の規模および生成年代を知ることによって地熱地域の探査ならびに評価に貢献することにある。

調査地域は鹿児島県指宿市から同揖宿郡山川町にかけての地域（第1図）で、野外作業は昭和49年9月1日から10月2日の間に実施された。

調査研究の経緯、担当者等の細部については地質調査所（1974）に記載されている。

調査研究の実施にあたっては次の方がたの多大の御協力をいただいた。ここに厚く感謝の意を表する。

日鉄鉱コンサルタント(株)：志賀 訓・竜神正夫・細野 実、日鉄鉱業(株)三鷹研究所：浜東一郎・丸章夫、寺園 理、鹿児島県庁企画部、指宿市役所、山川町役場、開聞町役場

2. 従 来 の 調 査

調査地域は、鹿児島県薩摩半島の東南に位置し、MATUMOTO (1943, 1963) により、阿多カルデラの内の指宿カルデラと考えられた地域に相当する。

荒牧 (1964) は、MATUMOTO (1943, 1963) が、阿多カルデラの「外輪山」の一部と考えた赤水岳を構成する岩石について検討を行い赤水岳火山の噴出物が、阿多火砕流ではなくむしろ局部的な火山活動の産物であることを明らかにした。荒牧・宇井 (1966) は阿多火砕流堆積物の分布、その活動の時期、噴火の型式を究明し、指宿地方が、阿多火砕流の噴出後に生じた構造的な陥没地形であって現在露出している各種の火山噴出物はすべて阿多火砕流の噴出した後に生じたものである可能性が大きいとした。太田 (1966) は地熱資源調査を目的として、指宿地方全域に亘って地質調査を行った。また瀬谷 (1966) は、当地域の重力の測定を行って、地下構造を推定した。ついで、宇井 (1967) は当地の火砕流について検討し、特に池田火砕流の時期とその分布および噴出口を推定した。

当地域は、高温の自噴温泉が広範囲に分布していることが古くから知られており、鹿児島県により温泉の沿革と現況の報告、温泉観測と地球化学的な考察、温泉地質の検討と考察が行われている（波多江ほか、1965；露木ほか、1971）。

さらに、温泉作用により生成した変質岩が粘土鉱床を形成し、鉱物資源として活用されている。すなわち河野 (1945) は、指宿市および山川町のカオリン鉱床について初めて記載を行った。ついで村岡・種村 (1950) および村岡 (1951) は、指宿粘土鉱床（本報告の指宿粘土変質帯下部切羽に相当する）のハンド・オーガーによる探鉱調査を行い、鉱量を算定するとともに、鉱石の鉱物組成および化学組成を

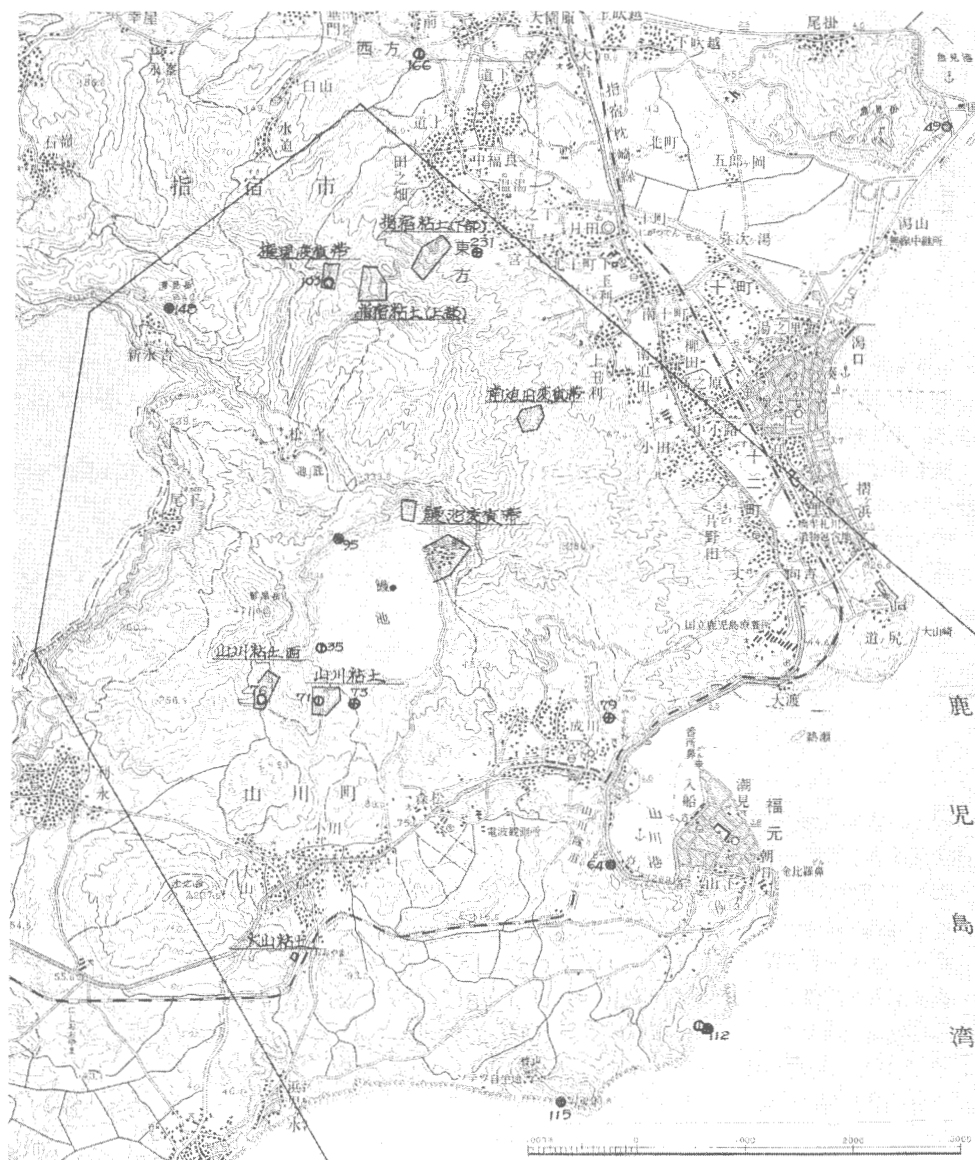
*1 地質調査所報告, no. 259, 1978.







*2 中国出張所

*3 日鉄鉱コンサルタント(株)

*4 京都大学教養部

*5 地熱熱部



- | | | | |
|---|--------|---|---------------------------------|
|  | 現地調査地域 |  | 試料調査地矣 (ファッショントラック用)
(測年用試料) |
|  | 測量調査地域 |  | 全上 (C14測年用試料)
(及び花粉分析用試料) |
| | |  | 全上 (珪藻分析用試料) |
| | |  | 全上 (化学分析用試料) |

第1図 調査地域、調査地点および試料採取地点図 (X線分析試料を除く)

第1表 地質層序表

地域	北 東 部	中 央 山 地	南 部 平 野 部	放 射 年 代
時代区分				
現	開聞岳スコリア層			
		鰻池湖岸堆積層 ⁺		湖岸堆積層1, 190年
世	始良・池田二次堆積層 ⁺			池 田 <4, 640年 ^{*1} 二次堆積層6, 290年 8, 280年
		池田火砕流		始 良 16, 350年 ^{*2} (入戸)
更	清見岳溶岩*, 上玉利火山岩類			清見岳 25, 000年
	唐山火山岩類	山川火砕流		
新	池底溶岩*	竹山溶岩*, 山川溶岩*, 辻ノ岳溶岩		竹 山 26, 000年 山 川 27, 000年
	鰻池火山岩類			
世	阿多火砕流			阿 多 24, 500年 ^{*2}
	魚見岳溶岩*			魚見岳 30, 000年

* ……今回の調査でフィッション・トラック測年用試料を採取したもの。

+ …… " ¹⁴C 測年用試料を採取したもの。

*1 宇井 (1967), *2 荒牧・宇井 (1966)。

検討した。

原田 (1960) は、指宿市二月田附近の平地下に賦存する砂鉄の調査を行った。鹿児島県 (1965) には本地域を含む県内の工業用鉱物資源がまとめられている。また、山川鉱山についての試錐探鉱の結果と、鉱石のX線回折および示差熱分析結果が坪内ほか (1976) により報告されている。

3. 地 質 概 要

本地域の地質層序を主として太田 (1966) および宇井 (1967) を参考としてまとめると第1表のようになる。以下各火山岩類について略説する。

3.1 魚見岳溶岩

従来の調査報文でも、すべて阿多火砕流より古いと考えられ、その活動の時期は第三紀¹⁾とされている。魚見岳の南側および東側に比高100~150mの断崖として露出し、弱い流理構造を示している。一般に弱い風化作用を受けて褐色を帯びているが、新鮮な部分は灰黒色緻密な石基と1mm前後の斜長石斑晶からなる。細粒の輝石類が少量存在する。細粒の石英斑晶が部分的に認められる。

3.2 阿多火砕流

魚見岳の山頂部を構成し、見かけ上、魚見岳溶岩を被覆する。長さ50cm以下の長く延びた黒色ガラ

1) 今回のフィッション・トラック測年結果は30,000年であり、更新世後期のものである。

ス質部を多く含有する溶結凝灰岩である。MATUMOTO (1943, 1963) および太田 (1966) は、この溶結凝灰岩を阿多火砕流にしており、一方荒牧 (1964) および荒牧・宇井 (1966) は、これを局所的な降下火砕堆積物として阿多火砕流とは区別しているが、ここでは一応、阿多火砕流の溶結凝灰岩とした。

3.3 鰻池火山岩類

鰻池附近を中心として、中央山地地域に広く分布し、各所で変質帯の母岩となっている。鰻池北部および東部に模式的に露出し、鰻池から池底に登る山道では、海水面よりの比高 120 m に達する箇所にも分布している。5～50m大の安山岩角礫を含み、凝灰角礫岩質のものが多いが、一部は、角礫が少なくなり凝灰岩質となっている。

鰻部落北東部の沢28地点では厚さ 5 m の安山岩溶岩（黒灰色の斜長石の少ない安山岩）がはさまれており、鷲尾岳より尾下部落に降りる道路沿いの26地点では、発泡度の低い黄灰色軽石質安山岩礫が含まれている。

3.4 池底溶岩

鰻池、池底附近から鷲尾岳にかけて広く分布し、斜長石の比較的大きな（1～3mm）斑晶を多量含有し、流理構造が比較的良く発達している。鰻池西北湖畔で約100mの厚さが確認され、新永吉部落南方では比高50m以上の懸崖が見られる。岩相は、新永吉部落南方では黒色ガラス質の部分が多く、鰻池東南湖畔では、流理構造に沿って、黒色ガラスの部分と斜長石に富む部分とが、互層状に配列しているのが見られる。また利永北方の17地点では、ガラス質でかつ多孔質スコリア状のものが見られる。

3.5 竹山溶岩

山川町南海岸の竹山を構成する輝石安山岩で、東側は120地点で、池田軽石層と断層で接している。西側では、上位に始良・池田二次堆積層が堆積している。海岸に面した崖では、本岩は一般に新鮮であり、黒灰色緻密な石基に1～2mmの斜長石斑晶が多量に、そして1mm以下の輝石が少量認められる。115地点の西側では、変質によりモンモリロナイトが部分的に生じている。

3.6 山川溶岩

山川港の湾岸に懸崖を作り、成川盆地の東側で最高60mの懸崖をなして露出している。本岩は、淡灰色緻密な石基に1mm以下の斜長石斑晶が散在する。一般に、短柱状、まれに長柱状の輝石の斑晶を認める。山川東方の79地点の旧石切場では、本岩は変質により緑色鉱物を生じ、プロピライト様の外観を示す。また78地点では、3～5mの砂礫層をはさむ厚さ10mの凝灰岩層（後述、始良・池田二次堆積層の項参照）が山川溶岩をおおう。

3.7 辻の岳溶岩

独立峯をなす辻の岳を構成し、大山部落の西方216地点で小露頭が見られる。ここでは本岩は不明瞭な板状節理を示す。本岩は輝石安山岩で灰紫色を呈する。

3.8 山川火砕流

地域南部の平野部では、山川溶岩の上位に山川火砕流がのる。山川火砕流は、山川町の市街地の南方の山地から竹山東部まで分布し、各所の石材採掘の切羽および海岸で好露頭が見られる。本岩は石英粒を含む、ディサイト～流紋岩質の岩石である。東北部の109、113地点や西南部の120-121地点間では、灰黄～黄白色の本質凝灰岩を主とし、5～10mmの軽石を含む。中央部110-118地点間は、10～30mmのディサイト質の岩片、5～10mmの灰～黒色ガラス質の軽石や異質岩片を多数含む。

3.9 唐山火山岩類

中央山地部の松が窪から新永吉に通ずる道路沿いで好露出のスコリヤ層が見られる。本層は清見岳北東約1kmの202地点および、清見岳の山麓部にも分布する。

新永吉部落南西部の153, 154地点では、赤黒色スコリヤ（径2～3cmのものが多く、ときに5～20cmに達するものがある。）と黒色緻密堅硬の輝石安山岩が、互層状に存在する。154地点では、2枚の溶岩が観察され、厚さ4mのスコリヤ層をはさみ、上部の厚さは1.5m、下部溶岩流は厚さ3mである。池底溶岩との上下関係は不明であるが、松が窪から新永吉に通ずる道路沿い127地点で、前記集塊岩層の上に不整合でなる。168地点では、始良・池田二次堆積層が本岩中に砂岩脈状の産状を呈して見られることがある。

3.10 清見岳溶岩

清見岳では唐山火山岩類に本溶岩がのり、清見岳の南側に50m程度の懸崖を作って露出する。本岩は淡灰色緻密な石基に1～3mm大の多量の斜長石斑晶と、細粒の輝石類が少量認められる。

3.11 上玉利火山岩類

中央山地の東方上玉利の西南方に分布する溶岩流とスコリヤの互層で、42地点の旧石切場では4～5mの厚さの黒色輝石安山岩が露出し、52, 58地点では小さな滝を作っている。198地点では、5～10cm大の黒色スコリヤが、高さ約10mの滝をなしている。本岩類は鰻池火山岩類を覆うものである。

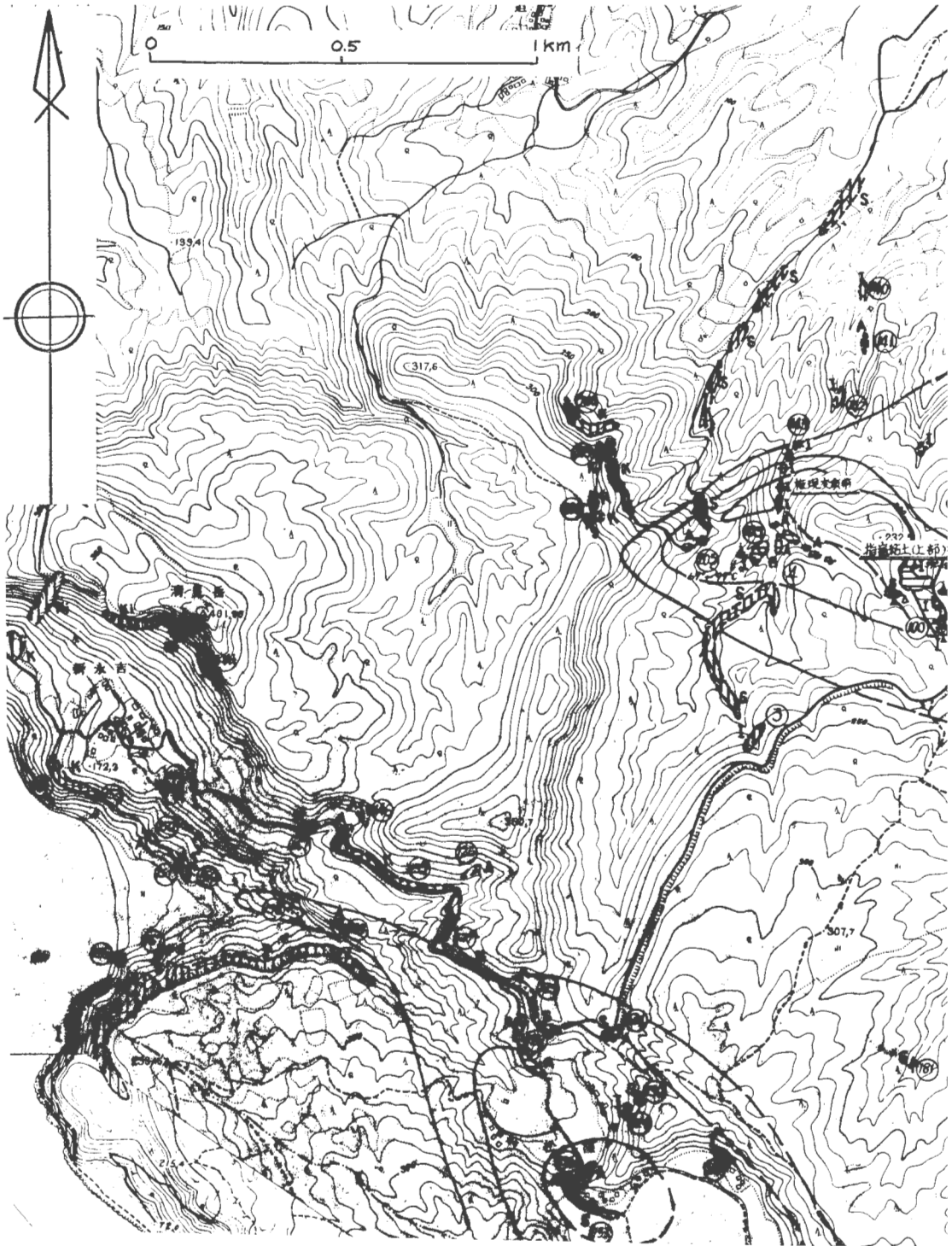
3.12 池田火砕流

上述の火山岩類を覆って広く分布していたものと思われ、各地で二次堆積層を作っている。区域内での好露出は、山川町の南側海岸一帯にみられ各所で低い懸崖をなしている。本岩は白色の2～10cm大の石英斑晶を含む軽石が多量に入る凝灰質岩である。この上に不整合で二次堆積の凝灰質シルトおよび凝灰質砂がのる。

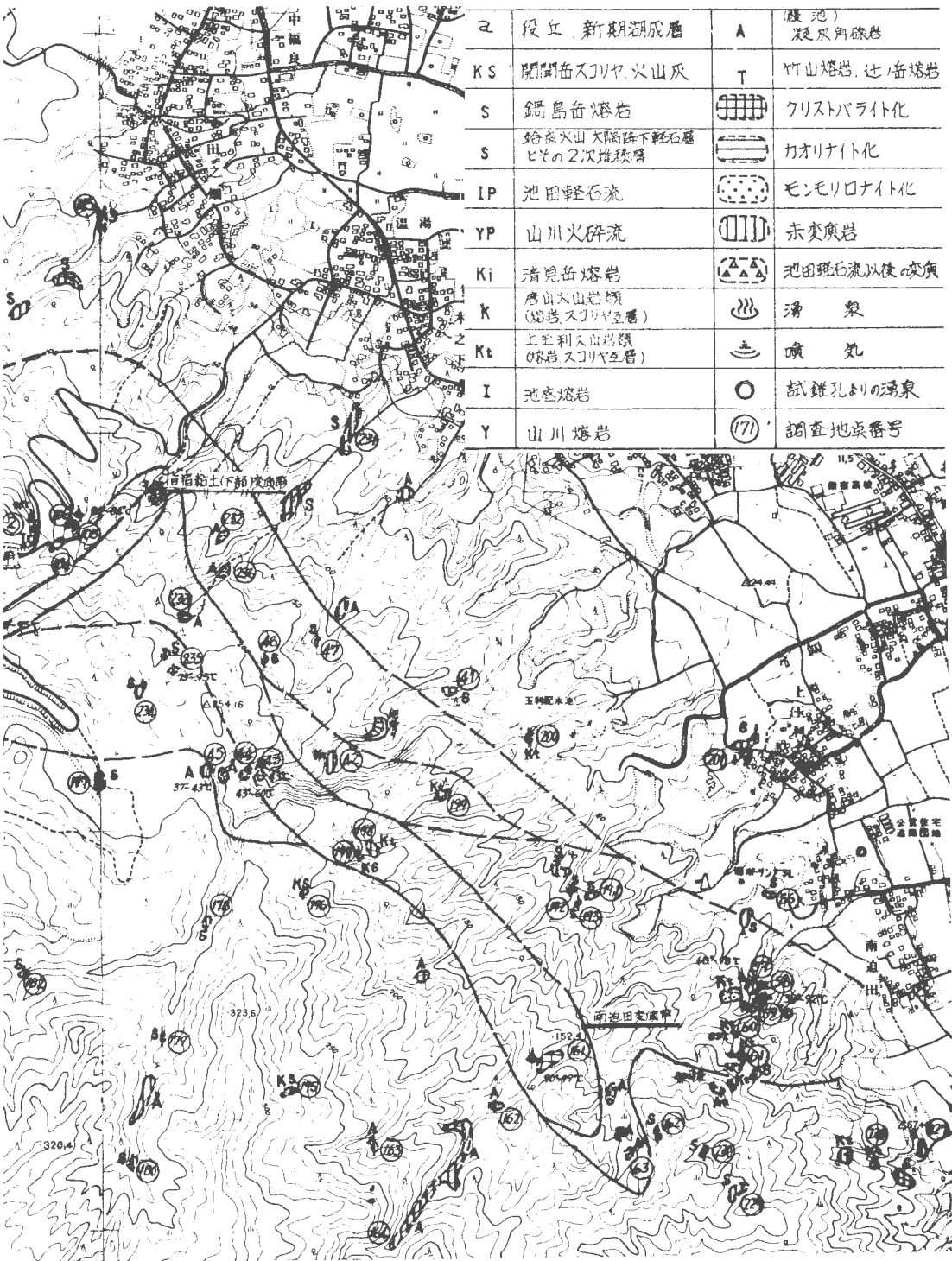
3.13 始良・池田二次堆積層

調査地域全域にわたって広く分布する。太田（1966）は、①池田軽石流の二次堆積層、②始良火山大隅降下軽石層およびその二次堆積層と、③指宿層の3つに区分した。宇井（1967）は特に二次堆積層には触れていないが、開開岳の東方一帯から中央山地の東側一帯にかけて新时期（後池田）の降下火山碎屑物の分布を記載している。また、宇井（1967）は、当調査地域北方に分布する火砕流堆積物について、その層序を下位から①今和泉火砕流、②入戸火砕流、③幸屋火砕流、④池田火砕流の4つに区分している。MATUMOTO（1943, 1963）は、④以外はすべて始良火砕流と考えた。太田（1966）は①と④を池田火砕流として、②を始良火山噴出物の最後の活動のものとしている点で異なる。宇井は“北部鹿兒島湾における始良カルデラの形成に伴って、大隅降下軽石および入戸火砕流が噴出した”と考えているので、入戸火砕流の噴出源は別として、噴出時期については、太田（1966）と同じように考えていることとなるが、両者の違いは、始良と池田の噴出時期が逆である事である。今回の調査地域には、前記、火砕流の分布地域が含まれていないので、この点の検討は行っていないが、調査地域内に広く分布する二次堆積層がいずれのものであるかが問題となってくる。今回調査した範囲では、二次堆積層中の白色軽石層の軽石および凝灰質砂、シルト層中に含まれる軽石は例外なく非常に発泡度が良く、斑晶として石英、斜長石のほか少量の輝石、場合によっては角閃石を含んでいる。しかし、調査範囲内ではこれらを細分することができなかった。宇井（1967）の記載では、このような軽石を含むものとしては、入戸火砕流と池田火砕流があり、両者の識別は野外では困難のようである。したがって、本報告では始良・池田二次堆積層としてこれらを一括した。

本層は、わずかに成層した灰黄～灰白色の凝灰質砂およびシルトを主とし、白色の軽石層が挟在する。軽石層は移動し易いので、層序的な位置の決定はかなりの困難を伴う。山川町海岸の119地点では、池田軽石流の不整合面より、8m上位附近に1.2mの厚さの白色軽石層があり、そのほかにも10～30

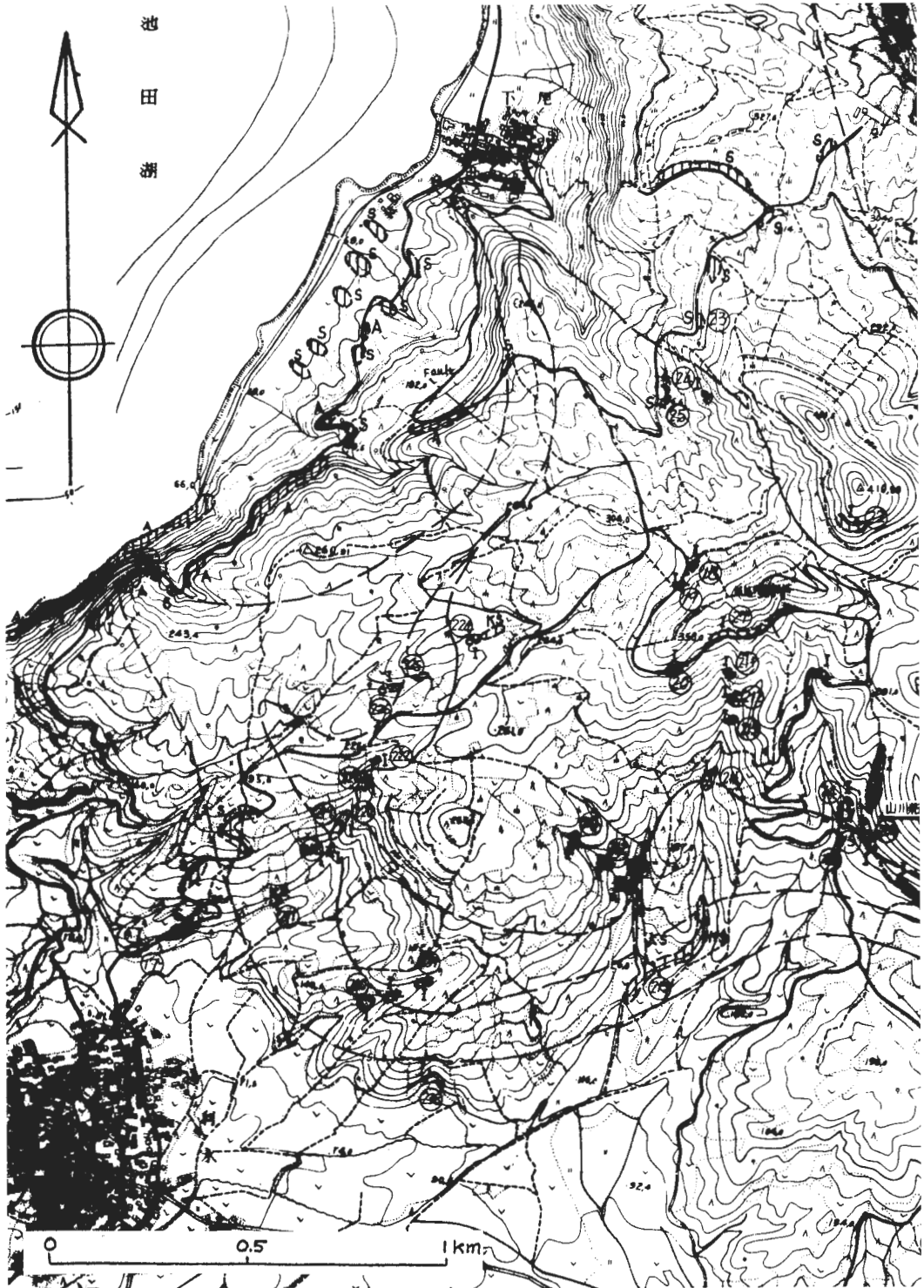


第2圖 指宿地熱地域變質

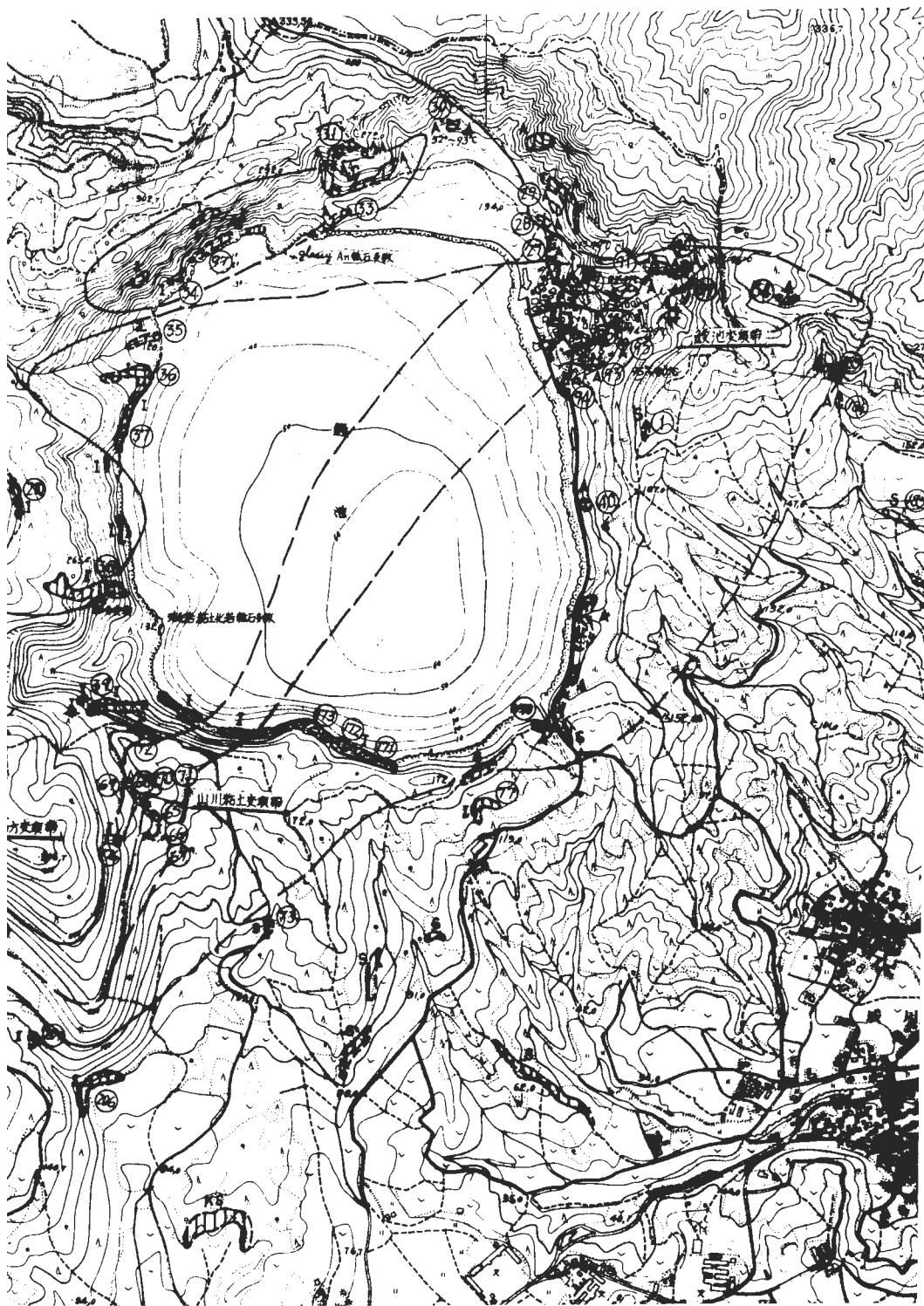


2	段丘、新期湖成層	A	(澁池) 凝灰角礫岩
KS	開闢岳スコリア火山灰	T	竹山熔岩、辻岳熔岩
S	鋸島岳熔岩		クリストバライト化
S	鈴長入山、大隅降下軽石層 とその2次堆積層		カオリナイト化
IP	池田軽石流		モンモリロナイト化
YP	山川火砕流		赤変灰岩
Ki	清見岳熔岩		池田軽石流以後の変質
K	唐山火山岩類 (熔岩スコリア互層)		湧泉
Kt	工王利久山岩類 (熔岩スコリア互層)		噴気
I	池壑熔岩		試錐孔よりの湧泉
Y	山川熔岩		調査地点番号

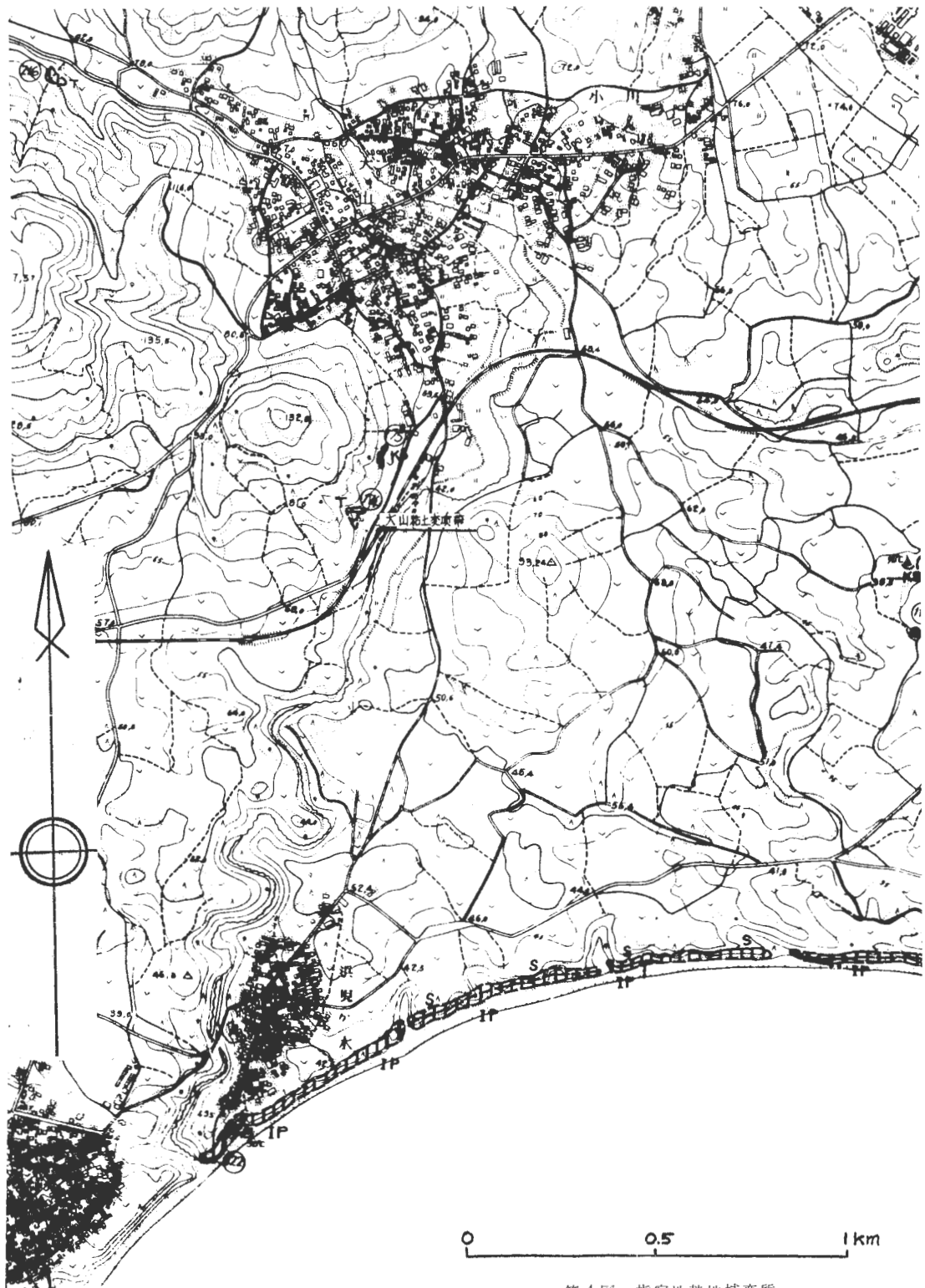
帯分布図 (その1, 北部)



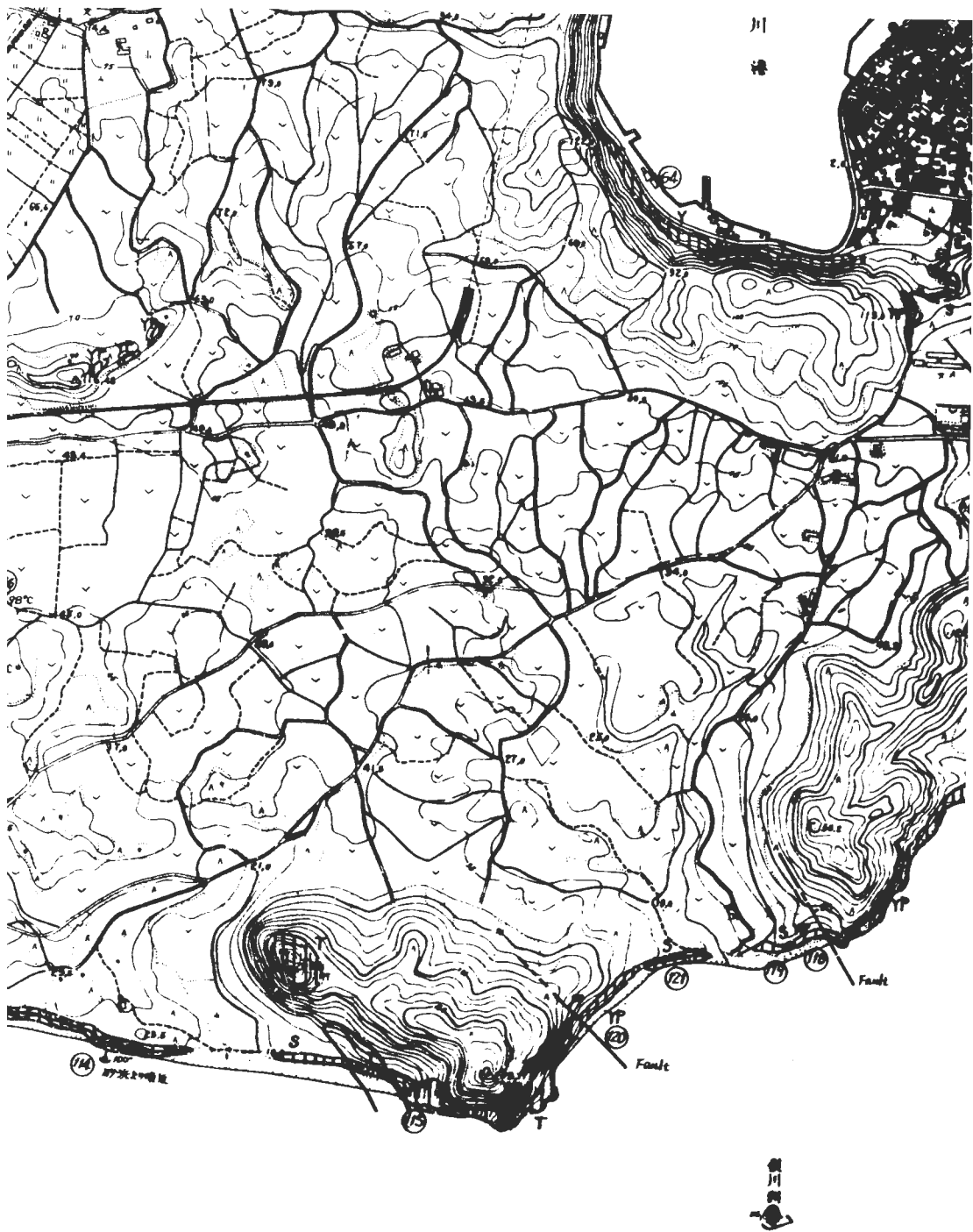
第3圖 指宿地熱地域變質



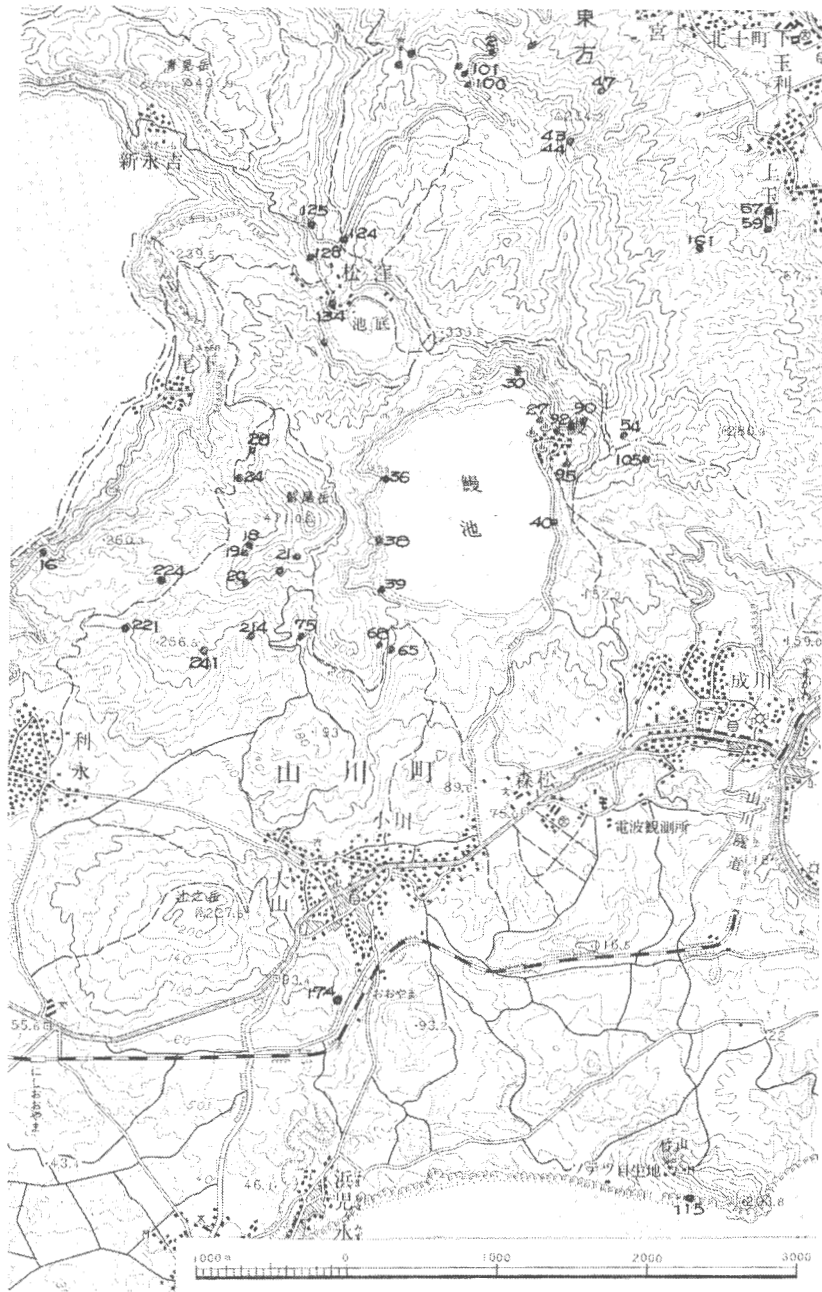
帯分布図 (その2, 中部)



第4図 指宿地熱地域変質



帯分布図（その3，南部）

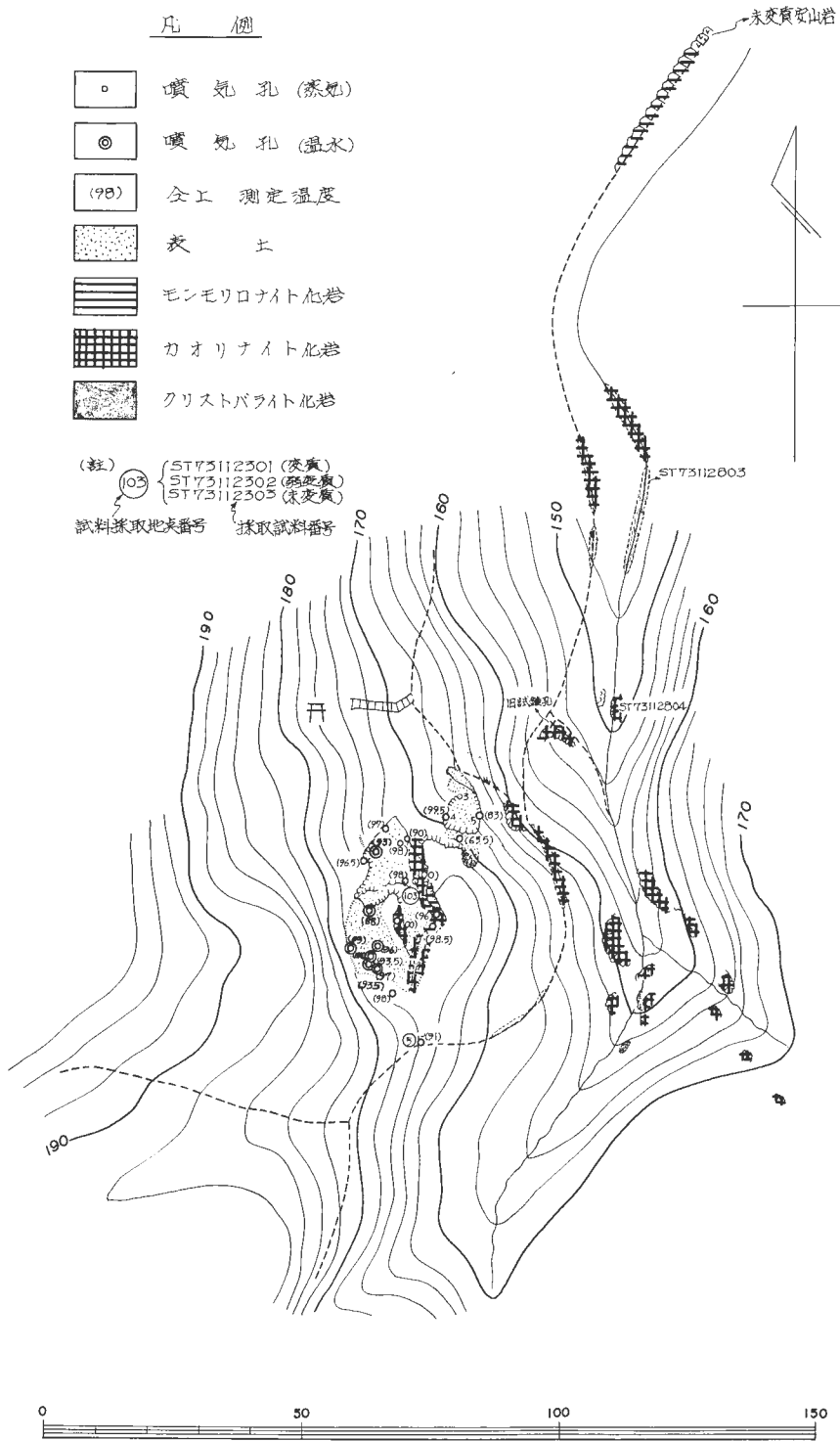


第5図 指宿地熱地域X線分析試料採取地点図

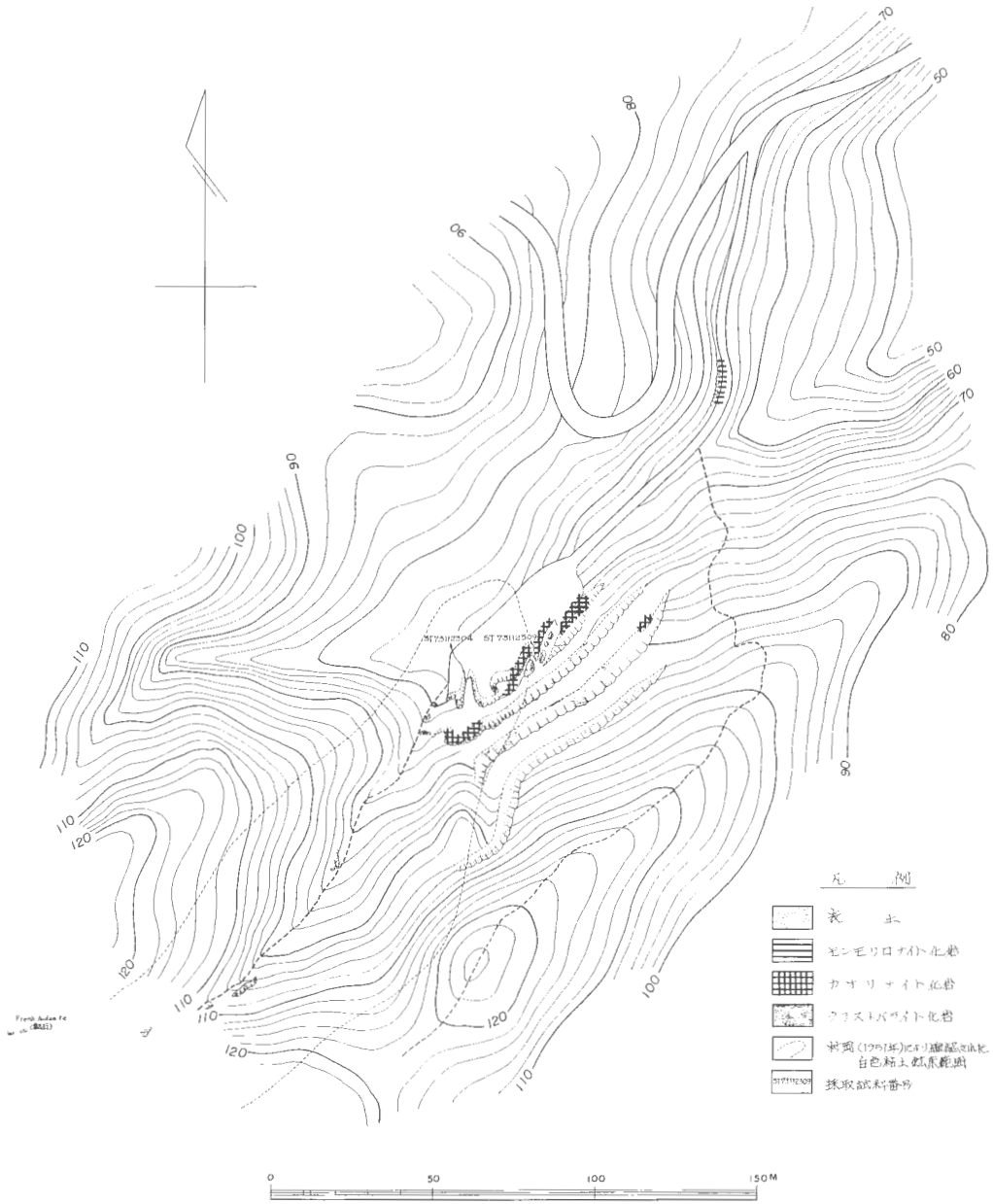
cm の薄い軽石層が数枚見られる。

このほか、成川部落より指宿に通じる道路沿いや、山川鉱山附近、尾下部落南方などで、好露出が見られる。これらの地区のうち、成川附近と尾下南方では、始良・池田二次堆積層の下に良く成層した淡緑ないしは淡黄色の凝灰岩が見られ、両者は見かけ上整合関係にある。特に成川のものは、淡緑色凝灰岩層の上部附近で、白色軽石を多量含むシルトと指交する。

中央山地では、一般に傾斜面に沿って、特に尾根の材木搬出に利用した山道で、しばしば太田(1966)



第 6 図 鹿 児 島 県 指 宿 市 権 現 変 質 帯 分 布 図



第7図 鹿児島県指宿市 指宿粘土(下部切羽)変質帯分布図

および、宇井(1967)による池田火砕流の好露頭が見られるが、始良・池田二次堆積層との識別が困難なために始良・池田二次堆積層として一括した。

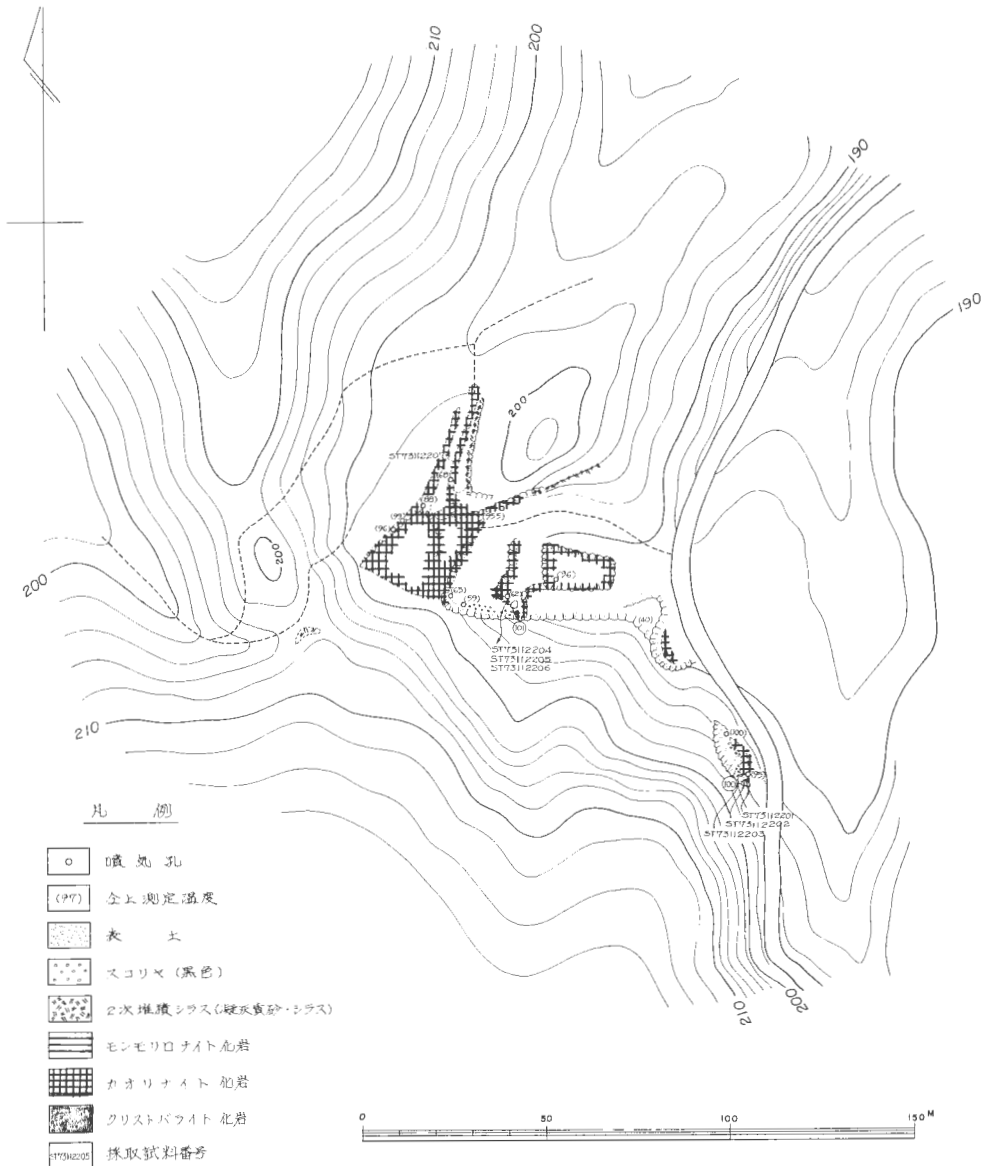
東方字田畑部落に見られる137地点の地層は、白色で発泡度のあまりよくない米粒大(2~4mm)の軽石を含む点で、ほかの二次堆積層と異なる。このような軽石は、太田(1966)に記載による大隅降下軽石層、宇井(1967)による入戸火砕流の軽石の記載の特徴に一致する。しかしここでは区別せず、始良・池田二次堆積層とした。

3.14 鰻池湖岸堆積層

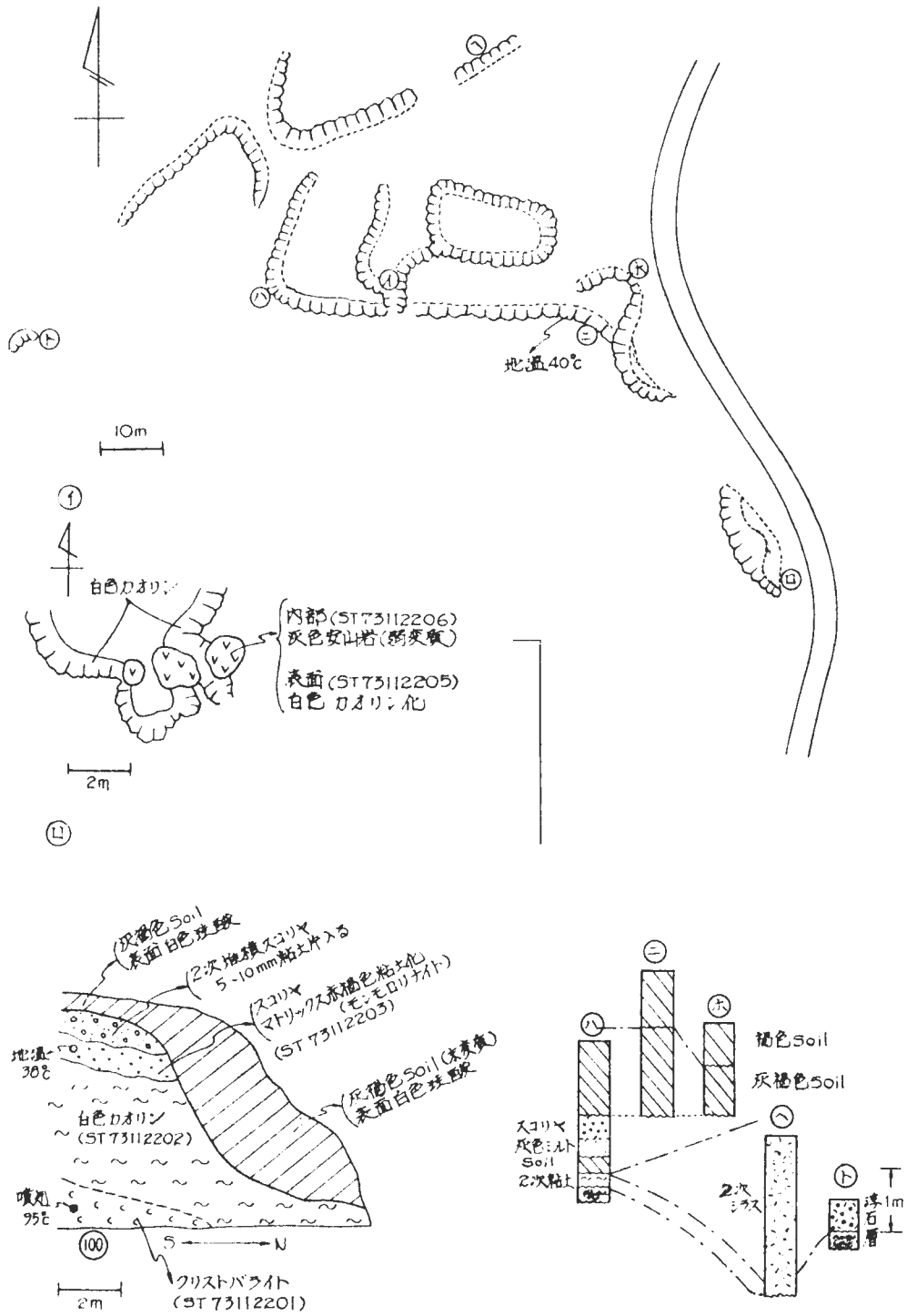
鰻池の東岸35地点附近に局所的に分布する。図版37-12に見られるように砂層を主とし、炭質物に富む黒色腐泥を挟む厚さ5～6mの地層である。

3.15 開聞岳スコリア層

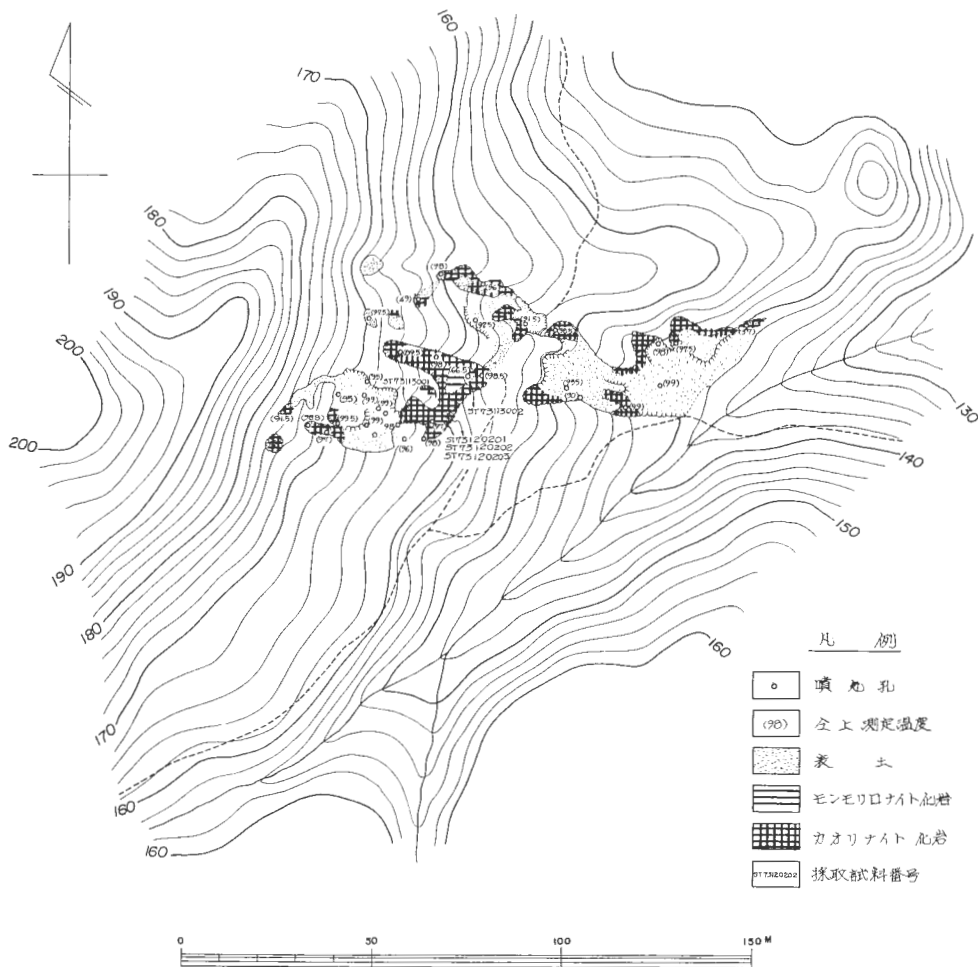
調査地域全域にわたって分布する。ローム層を主とし、薄いスコリア層、スコリア砂層をはさむ。発泡度の低い黒色スコリアが多い。開聞岳東方の山川町南部平野部では、厚さ3.5mに達し、堆積状況から推定して少くとも6回の活動期があったと思われる。鷲尾岳や中央山地部では、厚さ30cm程度のものである。



第8図 鹿児島県指宿市 指宿粘土 (上部切羽) 変質帯分布図



第 9 図 指宿粘土変質帯上部切羽見取図



第10図 鹿児島県指宿市 南迫田変質帯分布図

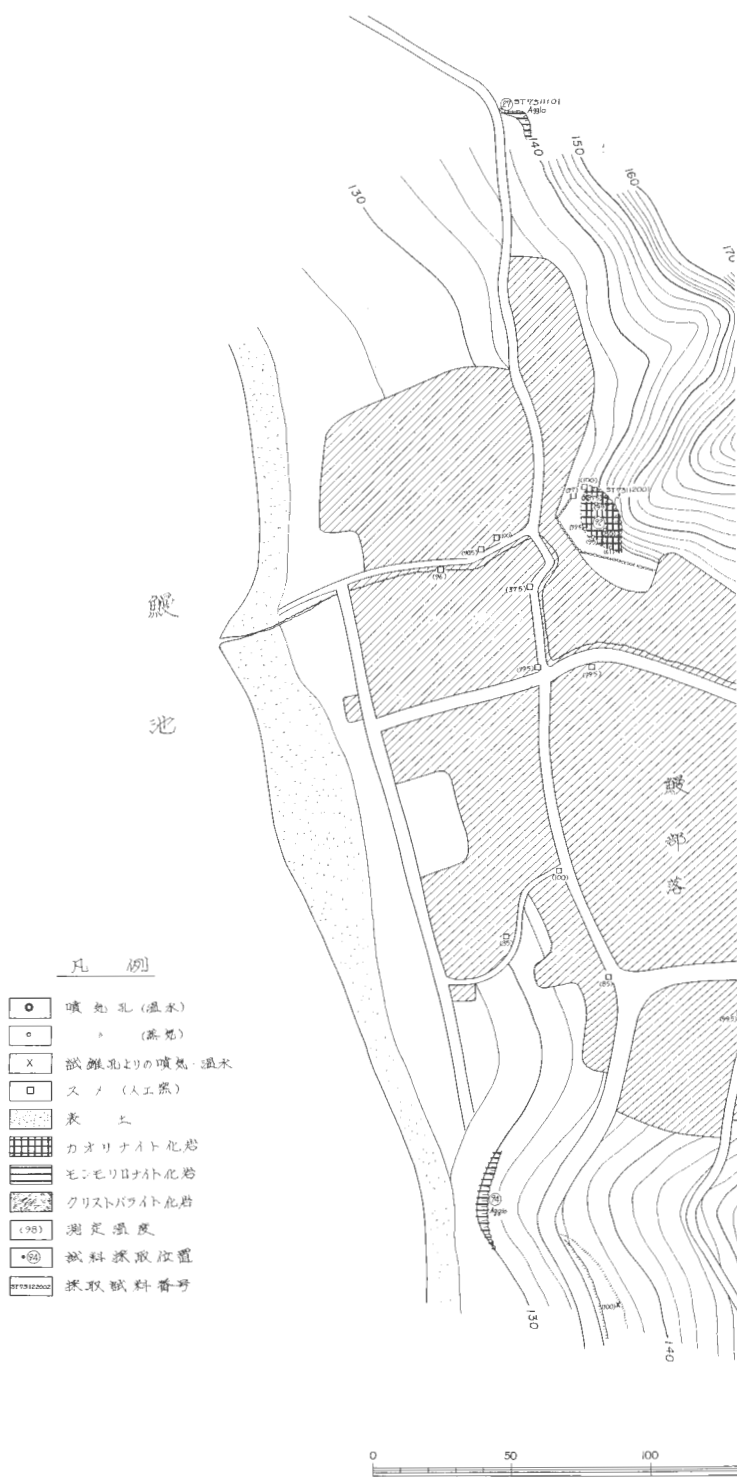
4. 変質帯の産状

4.1 変質帯の分布

変質帯は、北より、権現、指宿粘土、南迫田、上玉利、松が窪一池底附近、鰻池周辺、山川粘土、山川粘土西方、鷲尾岳西南部一帯、大山粘土、竹山南部と多数存在するが、その母岩は、主として鰻池火山岩類である。その後噴出した池田火砕流や始良・池田二次堆積層はほとんど変質していないことから、これらの変質作用は、阿多カルデラ生成後に始まり、池田火砕流の噴出期前にその主要な活動を終了したと考えられる。その後は、権現、指宿粘土、南迫田、上玉利、鰻部落附近で局地的な噴気活動が現在まで続いている。これらの変質帯の分布を第2図、第3図および第4図に示す。

地域的には、権現より指宿粘土を経て南迫田噴気帯につらなる北々西～南々東方向のものが現在まで噴気活動を続けている。鰻池の変質帯は、池底・松が窪を連ねる北西-南東方向に分岐しているが、主要部は、むしろ、東北東-西南西方向の鷲尾岳西南部一帯に延びている。大山粘土は、伏目附近を通って竹山南部まで連続している可能性があるが開聞岳スコリア層に厚く覆われているので不明である。

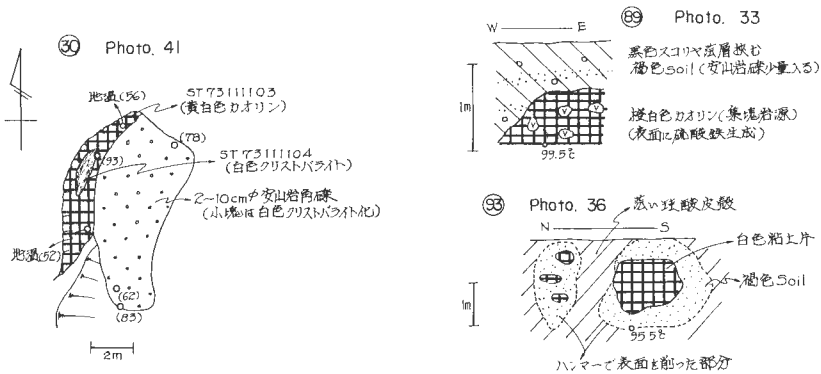
以下、各変質帯についてその概要を述べる。なおX線分析試料の採取地点を第5図に示す。



第11図 鹿児島県揖宿郡山



川町 鰻池変質帯分布図



第12図 鯉池変質帯見取図

4.1.1 権現変質帯 (第6図および図版34-2参照)

指宿市東方田之畑部落から南々西方向に約2km、標高160~180m附近に位置する。噴気帯は、東向き斜面にあり、南北に約45m、東西の幅最大20m、平均幅10m程度の範囲を占め、多数の噴気孔が見られる。中央部より谷側では、噴気、山側の西部では、沸騰泉が多く、温度は、90~100°Cのものが多い。噴気帯は地肌が露出し、表面は薄い残留珪酸皮殻で覆われているが、その下は大部分褐色の表土である。しかし、周縁部、特に東側で変質岩が良く露出し、カオリン帯と接して、数mの規模で強変質(クリストパル石化)一弱変質一未変質と変化する。また、これにより田之畑部落に通じる山道および沢沿いに変質帯が露出し、未変質帯一モンモロロナイト帯一カオリン帯一クリストパル石帯の累帯配列が観察される。

この変質帯では、母岩の安山岩溶岩を直接表土が覆っているため、ほかの第四系との層序関係は不明である。噴気帯最南端の一部に二次堆積の凝灰質砂層らしいものが、珪酸皮殻の下に見られるが、ほとんど未変質であり、先に述べた褐色土も未変質であるので、主要な変質帯形成の時期は、始良・池田二次堆積層の堆積前と推定される。

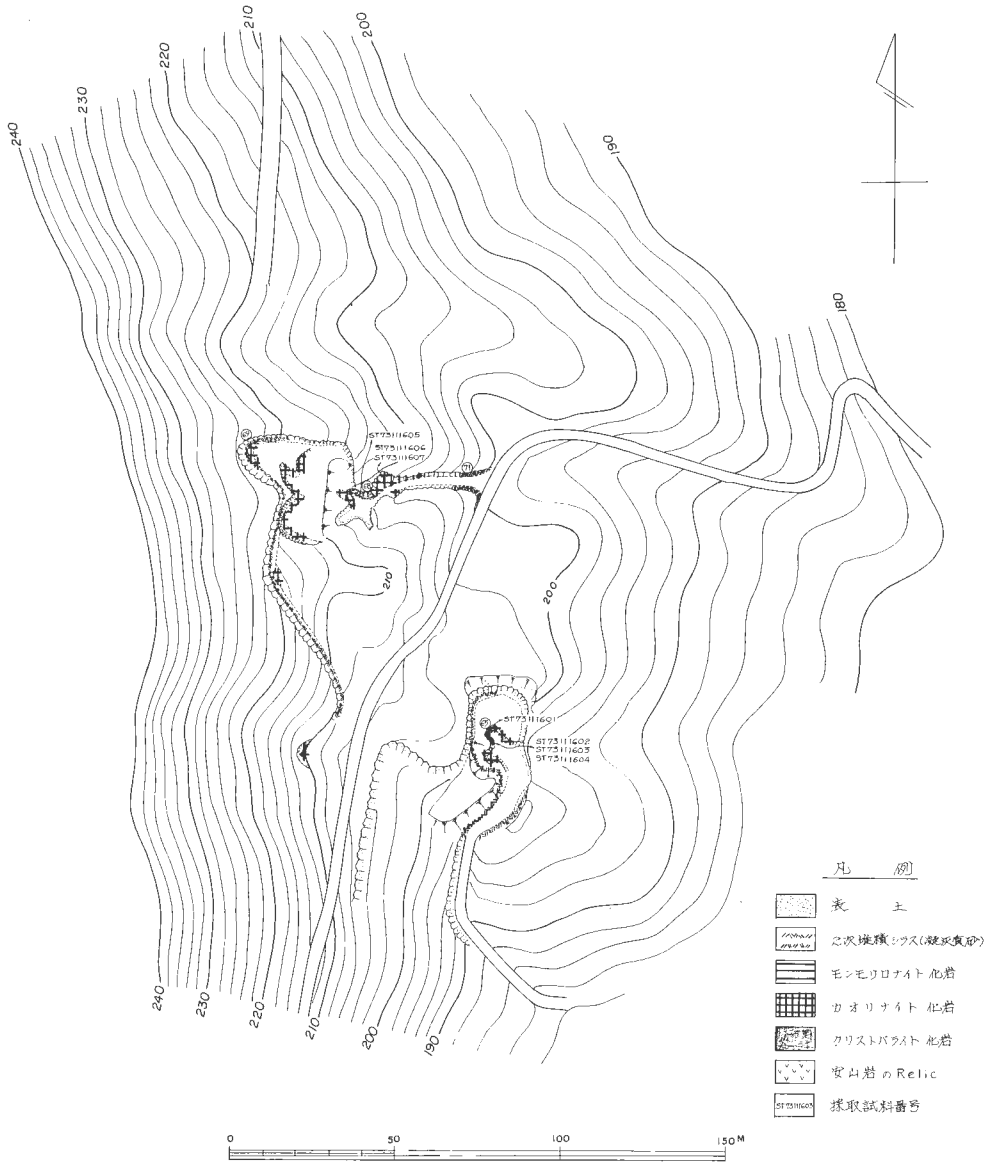
4.1.2 指宿粘土変質帯 (第7, 8および9図)

指宿粘土は、約10年前に岩崎氏により探掘(カオリン)が行われた。上部と下部に当時の切羽の跡が見られる。いずれも、指宿市東方温湯部落より池底部落に通じる通称「岩崎道路」沿いにあり、上部切羽は標高180~200m、下部切羽は標高70~90m附近にある。村岡(1951)により報告された指宿粘土鉱床の北端部を採掘した跡が下部切羽に相当する。

下部切羽は、第7図に見られるように、淡紅~白色の比較的軟質のカオリン(若干のクリストパル石を含む)と硬質の白~橙白色クリストパル石化岩(若干のカオリンを含む)からなる。

ここでは褐色の表土が直接変質岩を覆っているので、ほかの第四系との関係が不明である。この切羽では噴気活動は見られない。上部切羽は、肉眼的には、白色良質のカオリンを主とするが、局部的に多量の明ばん石を伴う。

上部切羽は第8図および図版35-1にその全貌を示した。第9図の見取図に示すように未変質~弱変質の安山岩塊が見られるので原岩は安山岩溶岩と推定される。また変質岩ではクリストパル石一カオリン一モンモロロナイトの累帯配列が、切羽南部の道路際の100地点で見られる。上部切羽は、開聞岳の黒色スコリア層と思われる堆積物のマトリックスがモンモロロナイト化しており、また、切羽西部の①地点でも池田白色軽石層(二次堆積層)のマトリックスが同様にモンモロロナイト化しているのが見られる。しかしスコリアや軽石そのものは未変質であることから、変質帯形成の主要な時期は、始良・池田の二次堆積前に終了したと思われる。上部切羽地点では、各所に噴気が見られ、その温度は、59~99°Cである。また上部切羽と下部切羽の間附近105および106地点に80~84°Cの弱い噴気が見られるが、表面に白色珪酸皮殻があるだけで変質岩は認められない。



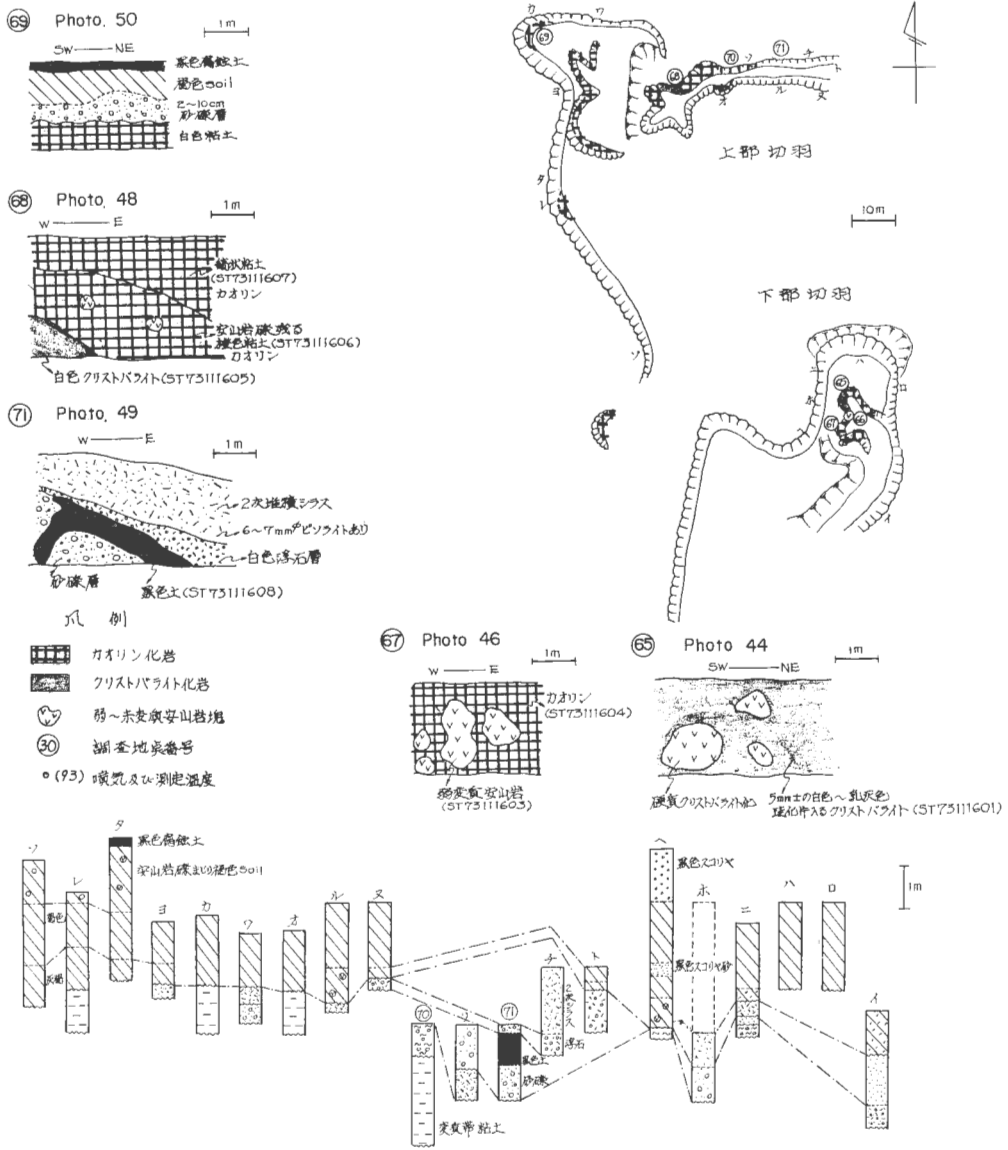
第13図 鹿児島県指宿郡山川町 山川粘土質帯分布図

4.1.3 南迫田変質帯

指宿市東方、南迫田部落の南々西1.3 km、標高140~180mの所に噴気帯が見られる。この噴気帯は本地域最大の規模をもち、東西約120m、南北の幅約20~30mの範囲に露出している。図版34-1に見られるように、噴気帯中に安山岩が散在する。噴気活動の部分は全面珪酸皮殻で覆われている。珪酸皮殻の下は、新期崩積の黒褐色土が厚く堆積しているが、第10図に見られるように、一部では粘土（カオリン、モンモリロナイト）が露出している。噴気孔はほとんどが蒸気のみで温度は、91~99℃である。ここでは、ほかの第四系との関係は不明であるが、未変質安山岩の組織が残っていることから、母岩は安山岩溶岩と思われる。

4.1.4 鰻池変質帯（第11および12図）

山川町鰻部落附近では、第11図に見られるように、広範囲にわたって、噴気孔や、変質帯が存在す

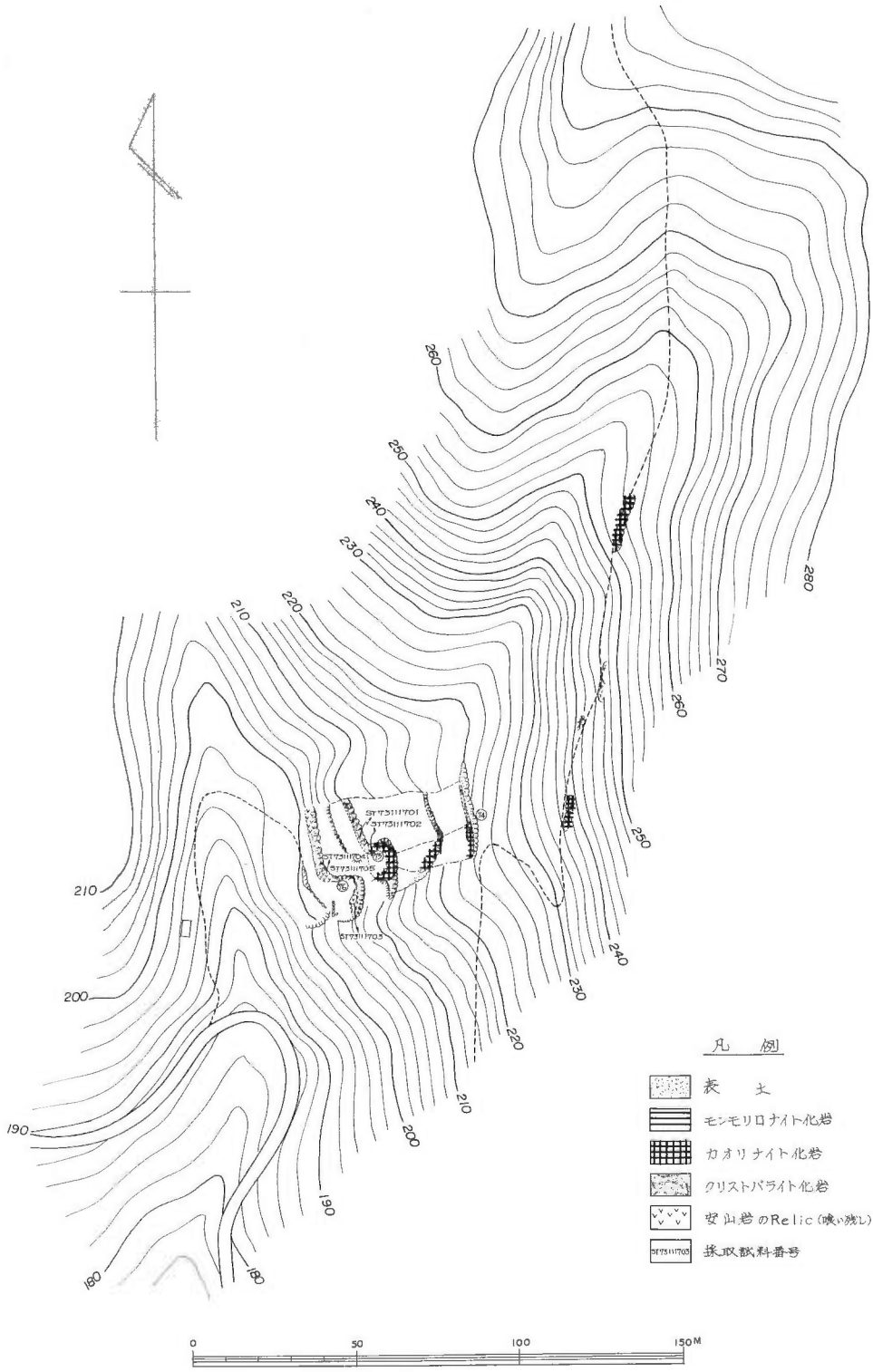


第14図 山川粘土変質帯見取図

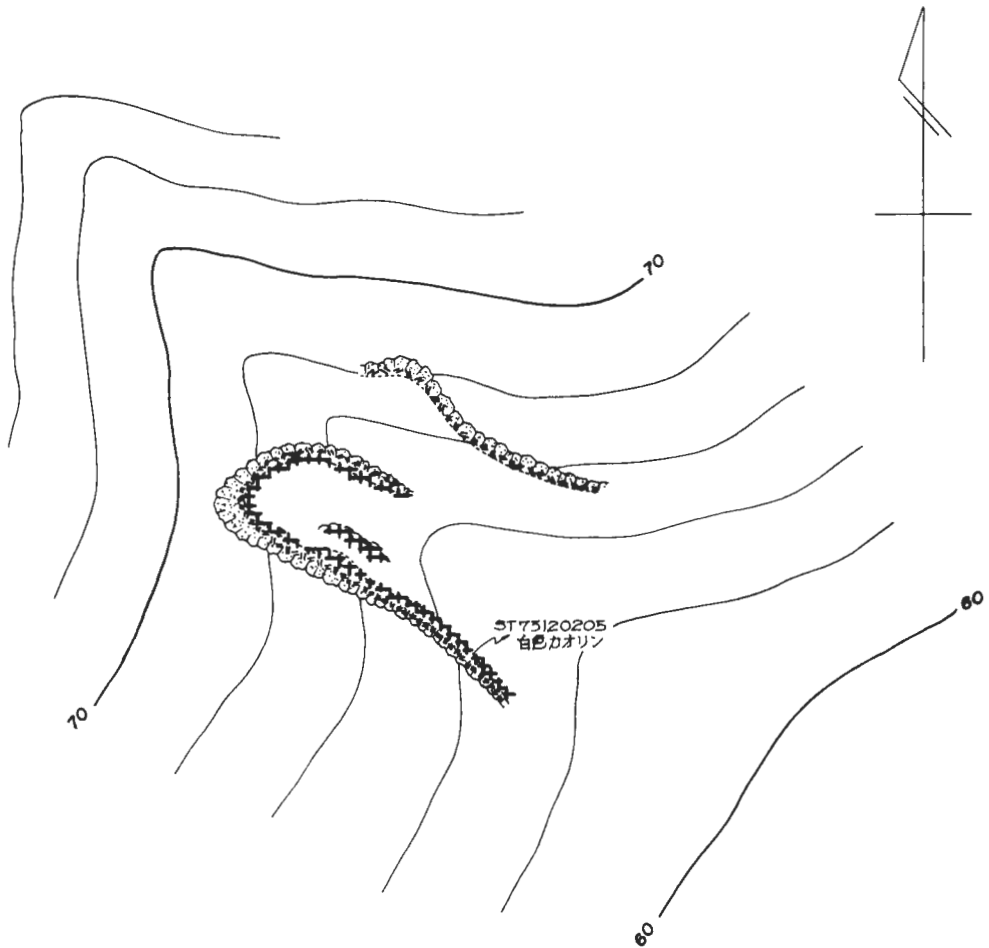
る。鰻部落北東部の噴気が最も優勢で、85~95℃の噴気孔がカオリン化した集塊岩の周辺に分布している。図版35-2に亜熱帯植物研究所横の地獄を示した。第四系との関係は、89地点の見取図(第12図)に見られるように、変質作用は集塊岩だけに及んで、新期の土壌にまで及んでいない。

部落内ではスメと称する噴気を利用した窯が多数見られる(図版35-3)。これは、地下1.5m程度掘り下げたのち粘土で内張り、噴気が上方だけに抜けるようにした人工窯であって、その温度は、96~100℃である。また、沢水を引いて地熱で沸かし、浴用に使用したり、温室用にも利用している。





浴場裏の変質帯では表面は珪酸皮殻で覆われているが、内部は、明ばん石、クリスタル石を含むカオリン粘土からなる。その原岩は安山岩質集塊岩と考えられる。部落の南東部にも、小噴気帯(93および96地点)やカオリン粘土の小変質帯(95地点)が見られる。93地点では、褐色土壌中に白色粘土塊が



第15図 鹿児島県掛宿郡山川町 山川粘土西方変質帯分布図



凡 例

-  表 土
-  二次堆積シルス(凝灰質,砂)
-  カオリナイト化岩
-  ST73120205 採取試料番号

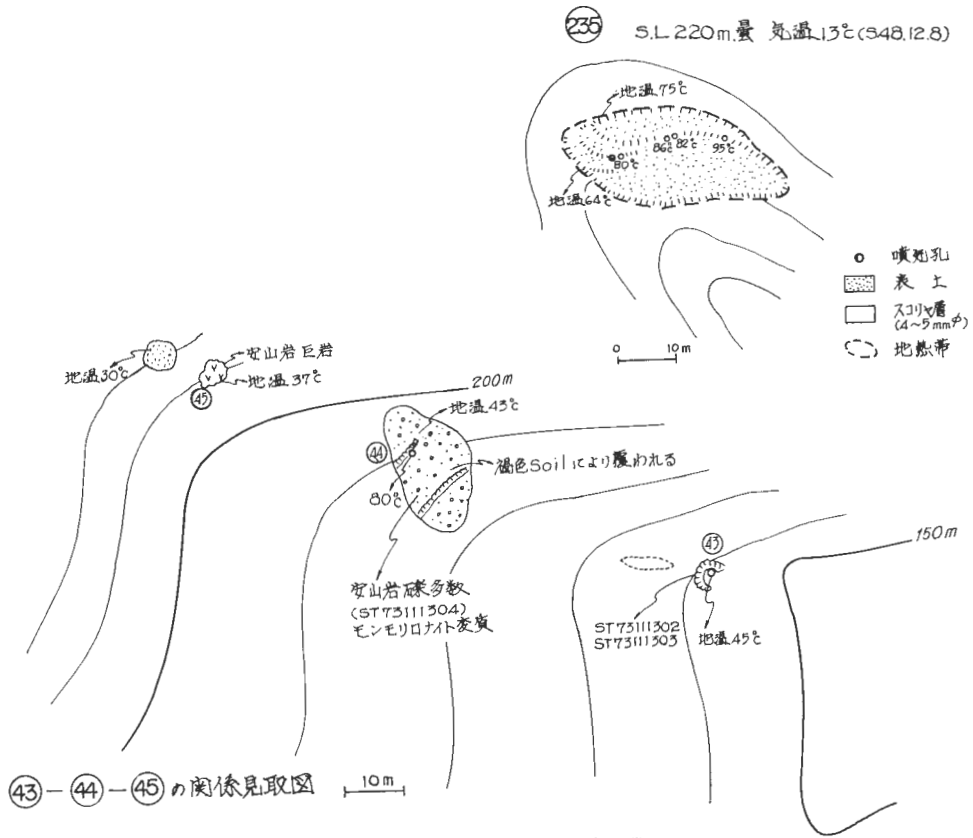


第16図 鹿児島県揖宿郡山川町 大山粘土質帯分布図

含まれており、表面だけが薄い珪酸皮殻で覆われている（第12図93地点見取図参照）。

部落の北側の27地点で、モンモリロナイト化した集塊岩の露出が見られる。さらに北方の30地点では、小噴気帯がある。ここは第12図に見られるようにクリストバル石-カオリンからなる。

また、部落南側の道路際94地点では、5～10 cm 大の安山岩角礫を多数含む凝灰角礫岩が淡緑色のモンモリロナイトに変質している。



第17-1図 宮部落南西方の変質帯・噴気帯見取図

4.1.5 山川粘土変質帯 (第13および14図)

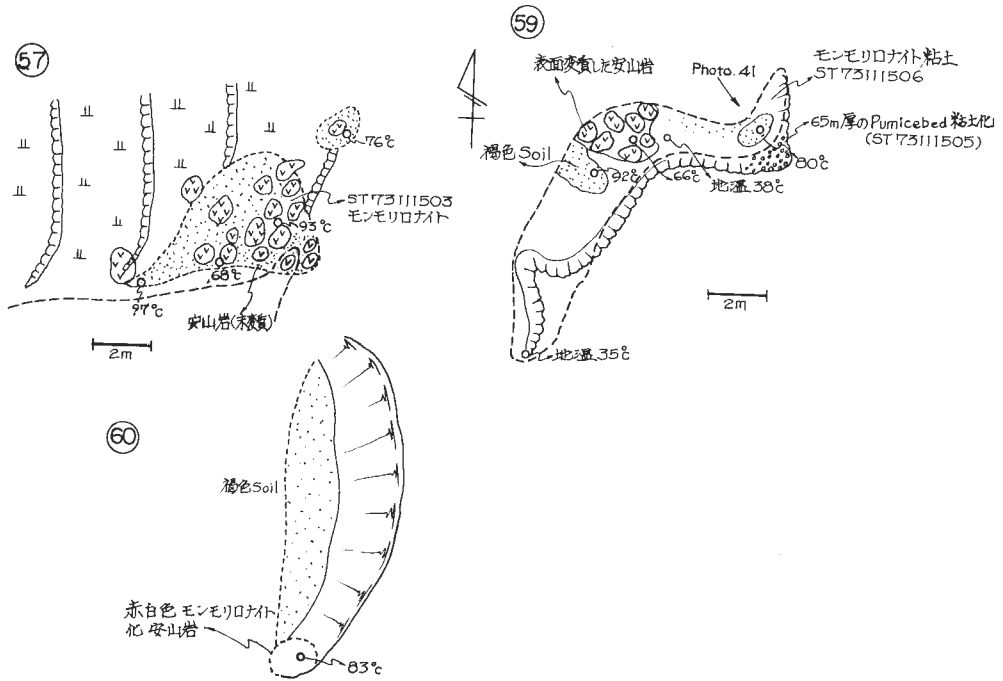
山川町成川字小川の部落有地内で、小川部落より北方約1.4 km、標高200~220mの位置にある。10数年前にカオリン鉱床として採掘したもので、標高200m附近に下部切羽、標高200~220mに上部切羽がある。カオリンを含む粘土は厚い表土のため、切羽の一部に露出しているだけである。下部切羽の全貌は図版36-2に示すとおりであり、変質帯は中央部に露出する。第14図に示すように、未変質~弱変質安山岩が多い。カオリンを含む粘土は、橙白色で、明ばん石やクリストバル石を多量含有している。クリストバル石に富む部分は純白で、少量のカオリンと明ばん石を伴う。

上部切羽は、第14図に示すように、白色のクリストバル石帯を中央にして両側にカオリン帯が生成しているが、ここでも、カオリン帯に多数のクリストバル石が伴われる。原岩は弱~未変質部の組織の特徴から安山岩と考えられる。

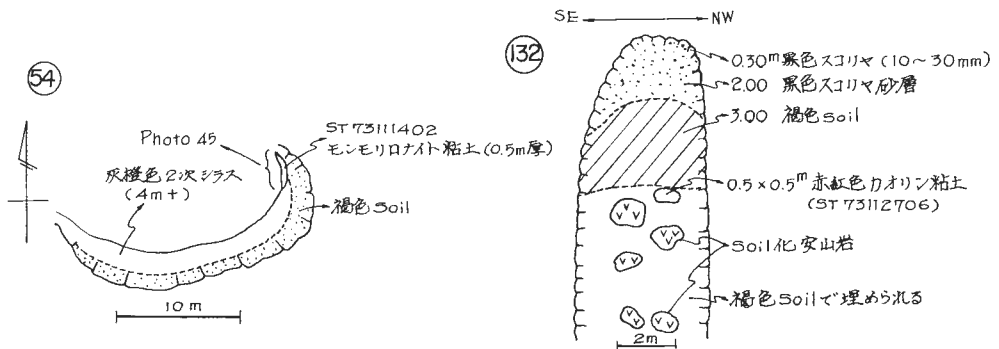
第四系との関係は、変質帯の上位に砂礫層や二次粘土層を挟んで、始良・池田二次堆積層や、開聞岳スコリア層が覆っており、これらの岩石が全く変質していないことなどから、変質帯の形成は始良・池田二次堆積層の時期にはすでに終わっていることが明白である。また、北方72地点では変質岩の礫層の上に始良・池田二次堆積層がのっている。

4.1.6 山川粘土西方変質帯 (第15図)

山川町成川字大山部落の北約1.5 km、標高200~220mの位置に粘土の採掘跡がある (図版36-3にその遠景を示す)。約10年前に採掘したといわれるが、鉱山名は不明であるので、ここでは一応、山川粘土西方変質帯と仮称する。採掘跡は東西50 m、南北30 mの規模である。クリストバル石帯、カオリン帯を主とする変質帯が露出するほか東側の山腹にも点々と変質岩の露頭が見られる。いずれも安山岩を原



第17-2図 南迫田変質帯・上玉利部落間の噴気帯・変質帯見取図



第17-3図 鰻池東方 (54地点) および池底 (132地点) における変質帯見取図

岩とするものである。

切羽では純軟質のカオリンを囲むようにして、多孔質の白色クリストパル石岩が発達している。変質帯の上には不整合で新しい堆積物がのっており、変質作用は、その堆積の前に終了したものと考えられる。

4.1.7 大山粘土変質帯 (第16図)

山川町成川字大山にあり、国鉄枕崎線大山駅の西側山麓に位置する。174地点の大山粘土には小規模な切羽跡があり、クリストパル石に富む白色カオリン帯が露出している。ここでは不整合に始良・池田二次堆積層が覆う。変質作用は、この堆積前に終了している。175地点では、図版36-4に見られるよう

に、変質帯（橙白色カオリン）の上に直接、スコリア層が堆積している。

4.1.8 指宿市東方宮～南迫田の変質帯

宮部落の南西約0.9 kmの所、標高220 m附近に小規模の噴気帯がある（235地点、第17.1図）。大きさは北々西一南々東に40 m、幅15 m程度のもので、75～95℃の噴気がある。ここでは径4～5 mmのスコリア層と褐色土壌は、表面だけが珪酸皮殻に覆われており、変質帯の露出を見ないが、比高約20 m下の斜面にモンモリロナイト帯が点々と見出される。

これより254 m三角点をはさんで対称的な位置に小噴気帯（44地点）、小変質帯（43地点）がある。43地点ではカオリンおよびモンモリロナイトからなる粘土が露出し、地温45℃が観測された。44地点では200 m³の範囲が褐色土壌に覆われているため変質帯は直接見えないが、地表の安山岩礫は、モンモリロナイト化を受けており、80℃の噴気が見られた。さらにこの上方にも、30～37℃地温の高い所が存在する。この地域の南東約1 kmの所に、南迫田噴気帯があり、その間には変質帯や噴気帯は見当らない。

南迫田噴気帯より南迫田、上玉利の部落にかけて、小規模の噴気帯、変質帯が3箇所ある。すなわち、57地点、59地点、60地点でそれぞれ第17.2図に示すように、いずれも、モンモリロナイト帯が主で、その内側に多数の安山岩塊が存在することから、原岩は安山岩溶岩が集塊岩と考えられる。59地点では、上部の軽石層まで、変質が及んでいる。なお、61地点でも1 m×0.6 mの小規模な高温地帯（53℃）がある。この地域では多数の試錐が行われており、現在2地点で優勢な蒸気混じりの温泉が得られている。98地点の温泉は部落に配湯され浴用に利用されている。165地点のものは、温室栽培用に利用されている。

4.1.9 鰻池周辺の変質帯

鰻池部落の真東、直線距離にして0.8 km附近の54地点（第17.3図）に始良・池田二次堆積層の下位にモンモリロナイト帯の小露頭が見られる。また、成川盆地に下る途中、185地点でもモンモリロナイト帯の小露頭（0.5×0.5 m）が見られる。

鰻池湖畔では広範囲な変質帯が見られる。東側では集塊岩がモンモリロナイト化し、40地点では、集塊岩の安山岩の礫まで、完全にモンモリロナイト化している。湖畔南では、池底溶岩が露出しているが、節理および流理に平行な小裂隙沿いに部分的に変質し、粘土化している。173地点の破碎帯の方向はN60°W方向であった。同じく湖畔南では、カオリン化部分をはさんで、西側では、クリストバル石化している。39地点では、白色硬質のクリストバル石化岩が連続する崖となって露出している。湖畔西では、38地点の地すべり斜面で、湖面より約20 mまでの間、クリストバル石化（モンモリロナイトを伴う）を受けた安山岩が露出し、これより上は部分的に変質した安山岩が見られる。中央部でも、36～37地点でクリストバル石化した安山岩が、33地点上部でモンモリロナイト化した集塊岩が、池底方面へ登る山道の途中（標高165 m附近）では白色モンモリロナイトに変質した集塊岩が見られる。

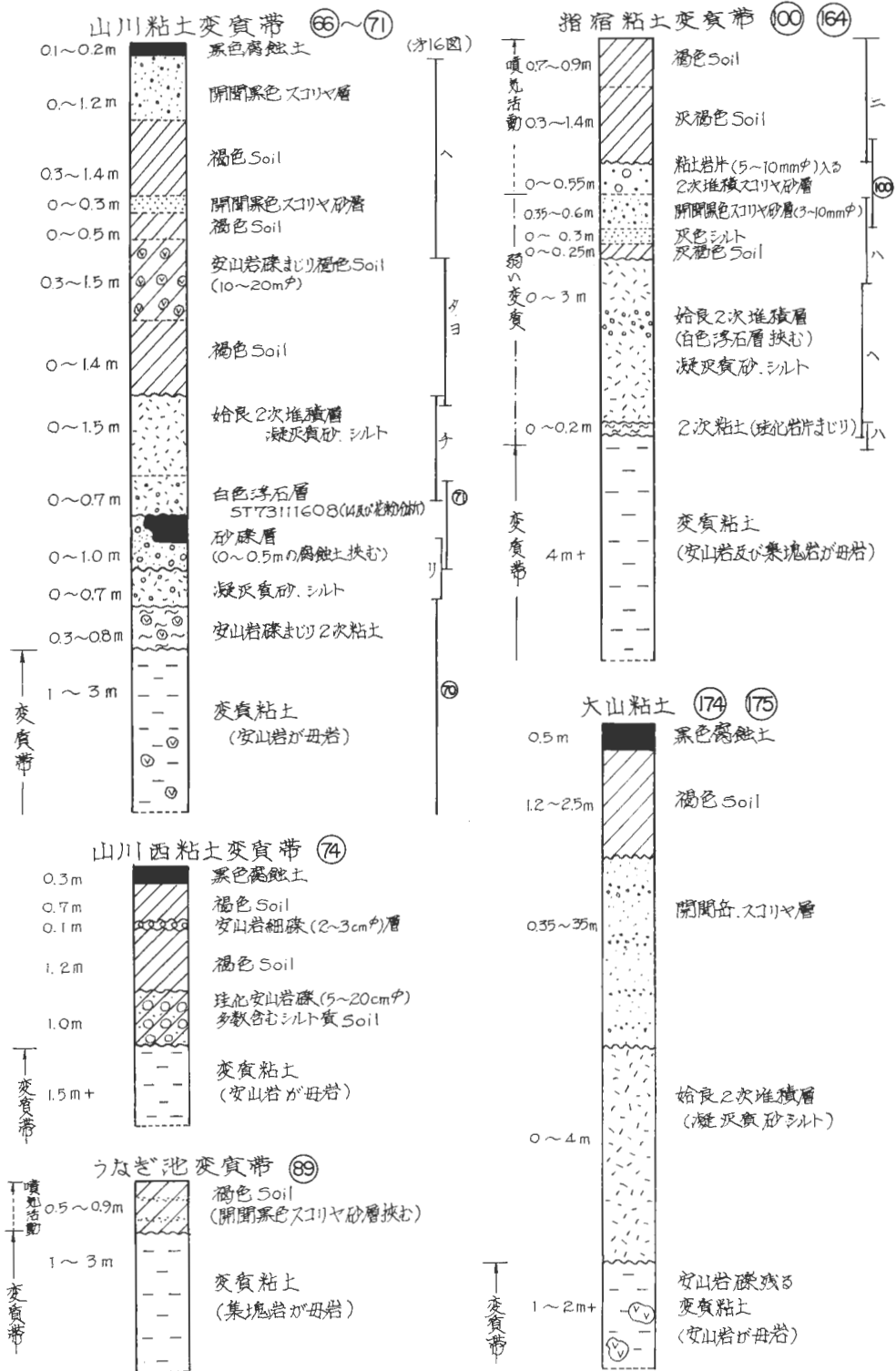
4.1.10 池底一松が窪附近の変質帯

池底カルデラの凹地は、二次堆積シラスおよび開開岳の黒色スコリア層で埋められ、全く露出が見られない。急斜面の内壁も安山岩の転石が散在するのみであるが、132地点の地すべり跡では、池底のレベルより約60 m上の地点で、0.5×0.5 mの範囲にわずかに赤紅色のカオリン粘土の露出が見られる（第17.3図）。池底より松が窪に通ずる道路の134地点では、クリストバル石化した集塊岩に不整合で始良・池田二次堆積層がのっている。さらに松が窪より岩崎道路に抜ける道路沿いの128地点には、モンモリロナイト変質帯（局部的に灰色～橙色のカオリンが点在する、ST 73112704）があり、125地点までほぼ連続している。124地点でのカオリン化した部分（ST 73112701）は安山岩の組織を残している。

4.1.11 鷲尾岳西方より南方にかけて見られる変質帯

鷲尾岳東方の尾下部落との中間の24地点では、緑白色のクリストバル石化した安山岩が露出し、これより鷲尾岳南西麓の標高210 m附近の新道にも点々とクリストバル石化した安山岩の露出が見られる。また、256.5 m三角点山の各沢でも、クリストバル石化した安山岩や一部カオリン化した安山岩が認められる。

山川粘土附近では、調査終了後鰻池有料道路の建設が始まり、このための切り土部（176地点）には白



第18図 変質帯の層序的位置を示す模式柱状図

色のカオリン化した安山岩が露出しており、さらに広範囲に変質帯の存在することが予想される。

4.1.12 利永および尾下附近の変質帯

利永より尾下陥落に通ずる道路沿いでは集塊岩の露頭が見られるが、16地点で、二次堆積シラス層の下にモンモリロナイト帯が存在する。白色軽石層が一部でモンモリロナイトに変化しているが、露出不良でその連続性は確認されない。

4.1.13 伏目―竹山附近の変質帯

伏目の116地点では、かつて、優勢な噴気があったとのことであるが、116および117地点で5～6年前実施した試錐孔から温泉を汲み上げたためほとんど涸渇し、現在は径60 cmのドラム缶を設置した場所より98℃の蒸気がわずかに出ているだけである。試錐孔からは、高濃度の食塩泉が出て来るため、附近の畑作に塩害を与えるので、溜池を作って、パイプで海岸まで送湯し廃棄している。

竹山の南側の115地点の西方で約50m間にわたって、安山岩が節理沿って部分的に変質している（ST 73112407、モンモリロナイト含有）。また、114地点では、4×15mの範囲の砂浜が、100℃の温度を示し、附近の砂浜には食塩の白色結晶が晶出している。

4.2 温泉沈殿物




波多江ほか（1965, p. 4, 21）によれば、指宿、湯之里温泉地区で“地表下1～2 mの「パン」と呼ばれる堅い温泉沈殿物の層を掘開することによって容易に高湯の温泉が得られた”とある。これは珪華の存在を暗示するのかもしれない。調査地域内の地表調査では温泉沈殿物は認められない。

4.3 変質帯と第四系との関係

各変質帯で見られる、変質帯と第四系の関係は、前項で述べたとおりで、第18図に変質帯の層序的位置を示す模式柱状図を示す。

多くの変質帯は、第19図に示すように、現在まで噴気活動が続いているものと、現在は噴気活動が見られないものとの2種類に大別できる。前者はさらに、開聞岳スコリア層まで、微弱な変質作用を受けている部分が見られるものと、全く見られないものがある。

どのタイプの変質作用も、池田火砕流の噴出以前に終了している。

時期 型式	中央火口 丘火山の 噴出時期	変質帯の 生成	池田火砕 流の噴出 時期	池田・始 良の二次 堆積時期	開聞岳ス コリア層の 形成時期	現在の 噴気活動
タイプ I			—————			
タイプ I'			-----			
タイプ II			-----?			

タイプ I …指宿粘土，宮～南迫田間小噴気帯

タイプ I' …権現，南迫田，鰻部落

タイプ II …山川粘土，山川粘土西方，大山粘土，鰻池周辺，池底―松ヶ
窪，鷲尾岳西南方，竹山南部

第19図 変質作用と第四系との関係図

4.4 変質帯と地熱微候との関係

試錐孔より湧出するものを除外すれば、地熱微候としては第2表のものがある。

第2表 地熱徴候表

地 熱 徴 候		場 所
自 然 湧 泉		柴立温泉 (6~10月:40°C), 浜児が水122 (50°C)
自然噴気	変質帯不明のもの	摺ヶ浜 (80°C), 山川港169 (85°C), 伏目116 (98°C), 竹山南114 (100°C)
	変質帯に伴うもの	権現 (90~100°C), 指宿粘土 (上部) (59~99°C), 南迫田 (91~99°C), 鰻池 (85~99°C), 指宿市宮~南迫田間の小噴気帯 (235...80~95°C, 44...80°C, 57...68~97°C, 59...66~92°C, 60...83°C)

注: 数字は地点番号を示す。

このほかに、噴気は見られないが、南迫田付近で地温の高い (30~60°C) 個所が認められる (43~45地点)。恐らく、変質帯の上に新しい堆積物が覆い、噴気の通路がふさがれたためと考えられる。

第2表で、砂浜に出る噴気を除けば、高温のものは、全て変質帯を伴う。

変質帯の種類では高温噴気は変質の中心部にクリスタル石帯やカオリン帯を伴うことが多い。

5. 放射年代測定

5.1 C-14 測年用試料採取

¹⁴C 測年用試料として、次に述べる3個を採取した。採取地点の状況は次のとおりである (第20図参照)。

ST 73111205 (35地点, 図版37-3): 鰻池湖畔の砂礫層を主とする湖岸堆積層中の黒色腐蝕土である。柱状図を第20図⑥に示す。採取にあたっては露頭の表面を厚さ約20 cm 除去して採取した。この地層は鰻池が陥没生成したのちに堆積したものであるから、鰻池の生成時期の上限を知ることができる。砂礫層中に鰻池変質帯の変質岩の礫が入るので、同変質帯生成時期の上限も知ることができる。

ST 3111608 (71地点, 図版37-1): 山川粘土変質帯上部切羽で、変質帯に不整合で入る砂礫層中の黒色腐蝕土で、この上位に始良・池田の二次堆積層がのる。柱状図は第20図、見取図は第16図に示した。採取にあたっては露頭の表面を厚さ約20 cm 除去して採取した。この試料は、山川粘土変質帯生成時期の上限を知るとともに、始良・池田二次堆積層の堆積時期の下限を知るためのものである。

ST 73112405 (112地点, 図版37-2): 山川町南東海岸の崖で、山川火砕流の上に不整合でおおう始良・池田二次堆積層中のものである。採取にあたっては露頭の表面を厚さ約10 cm 除去して採取した。この試料は山川火砕流の上限および始良・池田二次堆積層の年代を知るためのものである。

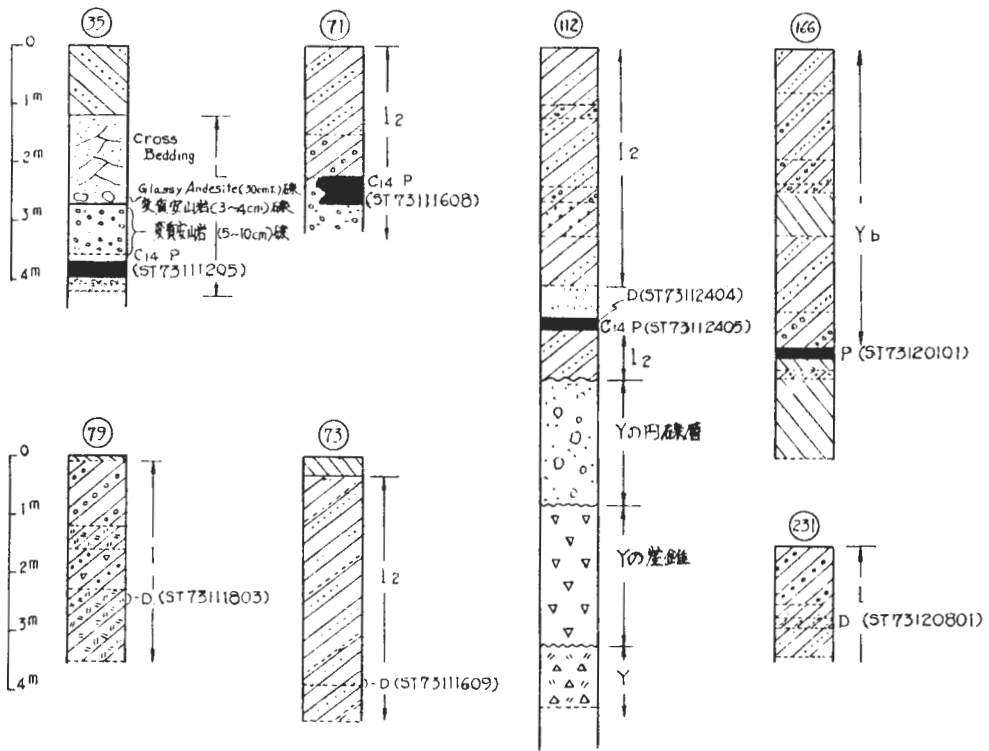
5.2 C-14 測年結果およびその解釈

前節に述べる3個の試料を学習院大学木越研究室に依頼して ¹⁴C 年代を測定したところ、第3表の結果を得た。

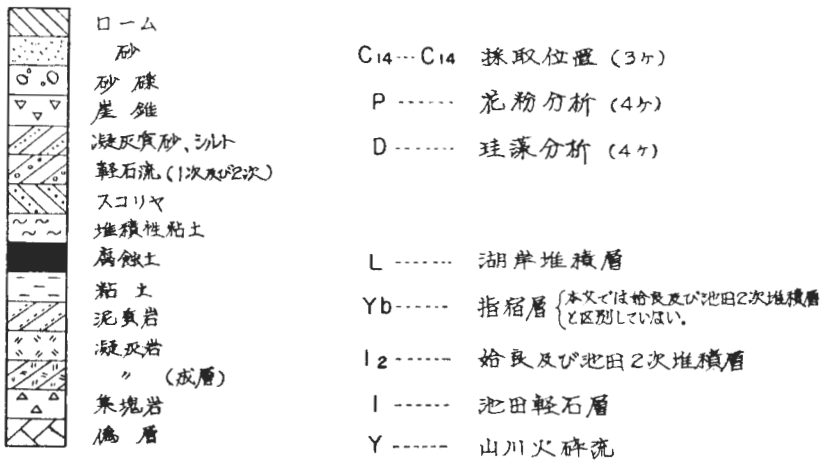
まず鰻池湖岸堆積層の年代1,190年はその中に鰻池変質帯の礫が含まれることから、同変質帯の地熱活動は、少なくとも1,190年は持続していることになる。また、鰻池の生成は、この年代より古いことになる。

次に山川粘土変質帯の上位の砂礫層から得られた年代8,280年は、同変質帯がこの年代以前に、生成を終了していたことを示す。

また山川町南東海岸の始良・池田二次堆積層の年代6,290年は、同堆積層の年代を示すとともに、山川火砕流がこれより古いことを示す。



凡例



第20図 ¹⁴C 測年, 花粉および珪藻分析試料の採取位置を示す柱状図

第3表 指宿地熱地域の¹⁴C年代

No.	Sample No.	Code No.	Formation	Sample	Age (years before 1950)
1	S T 73111205	GaK-5165	鰻池湖岸堆積層	黒色腐蝕土	1,190 ± 85
2	S T 73111608	GaK-5164	始良・池田二次堆積層	黒色腐蝕土	8,280 ± 160
3	S T 73112405	GaK-5166	〃	黒色腐蝕土	6,290 ± 170

(測定：学習院大学・木越邦彦)

年代の算出には¹⁴Cの半減期として5,570年(Libbyの値)を用いてある。誤差はβ線計数値の標準偏差にもとづいて算出。

- 1：鹿児島県揖宿郡山川町鰻池北西湖畔(35地点)，31°13'21"N，130°36'9"E，1973年11月12日，中川進採取。
- 2：鹿児島県揖宿郡山川町山川粘土鉱床(71地点)，31°12'45"N，130°36'10"E，1973年11月16日，中川進採取。
- 3：鹿児島県揖宿郡山川町南東海岸(112地点)，31°11'16"N，130°38'23"E，1973年11月24日，中川進採取。

5.3 フィッション・トラック測年用試料採取，測年結果およびその解釈

フィッション・トラック測年用試料として，第4表の5個を採取した。その層準は第4表のとおりで，測年の目的は各溶岩の絶対年代を知り，この地域の火山層序を明確にするとともに，変質岩の母岩となっている鰻池火山岩類の時代—変質の時期—を知ろうとするものである。

5.4 フィッション・トラック測年の方法

フィッション・トラック法の原理についてはすでに多くのべられている(例えば，FLEISCHER and PRICE, 1964)のでここではのべない。

今回は，年代が若いので，とくにジルコン岩石中より選び高压ステンレス容器の内部にテフロン容器を用い，その容器に5%弗化水素酸，濃硫酸1:1を容積の $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{4}$ 入れ密封し，200°Cで2~4時間エッチングした。自発核分裂片の飛跡の表面密度 $\rho_s(\text{cm}^{-2})$ を求め，京都大学原子炉(KUR-1)気送管中30秒又は1分間照射し，誘導核分裂片の飛跡の表面密度 $\rho_i(\text{cm}^{-2})$ を求めた。照射した中性子の線量 $\phi(\text{cm}^{-2})$ はフィッション・トラック法で求めた。

²³⁸Uの自発核分裂の壊変定数は現在少し問題があるが(NISHIMURA, 1975) $6.85 \times 10^{-17}(\text{y}^{-1})$ を用いた。そのとき，フィッション・トラック年代， $T(\text{y})$ は次式で求められる。

$$T = 6.12 \times 10^{-8} \phi \frac{\rho_s}{\rho_i}$$

5.5 フィッション・トラック測年結果およびその解釈

測年結果は第4表のとおりで池底溶岩を除く4試料から年代が得られた。これらは，30,000年から25,000年の間にあり，いずれも阿多火砕流の¹⁴C年代24,500年よりわずかに古い値を示している。魚見岳溶岩は阿多火砕流以前とされており，その値30,000年は妥当な値である。しかし山川，竹山および清見岳の各溶岩は阿多カルデラの中央火口岳とされており，矛盾がある。この矛盾は，測定誤差に起因するものかも知れない。もしそうであるとしても，今回得られた20,000年台の値は，これらの中央火口岳が，阿多火砕流の流出，阿多カルデラの陥没の後，それほど長い時間間隙を経ずして生成されたことを示すものであろう。

したがって，阿多カルデラの後カルデラ火山噴出物を原岩とする当地域の変質帯の最大年令は約25,000年ということになる。また山川粘土変質帯についていえば，その上位を未変質の始良・池田二次堆積層がおおい，その年代は8,280年であるから，この変質帯の持続期間は27,000年—8,280年=18,720年を超えないこととなる。

第4表 指宿地熱地城の火山岩のフィッシュン・トラック年代

試料番号	岩層名	産地	(地点番号)	$\rho_s(\text{cm}^{-2})$	$\rho_i(\text{cm}^{-2})$	$\phi(\text{cm}^{-2})$	$T(y)$
ST73111311	魚見岳熔岩	鹿児島県指宿市	(49)	7.1×10^3	8.2×10^6	0.56×10^{15}	3.0×10^4
ST73111507	山川熔岩	鹿児島県山川町	(64)	9.5×10^3	1.2×10^7	0.56×10^{15}	2.7×10^4
ST73112004	池底熔岩	鹿児島県山川町	(97)	—	—	—	—
ST73112406	竹山熔岩	鹿児島県山川町	(115)	6.1×10^3	8.1×10^6	0.56×10^{15}	2.6×10^4
ST73112901	清見岳熔岩	鹿児島県指宿市	(148)	9.5×10^3	1.3×10^7	0.56×10^{15}	2.5×10^4

ST73112004は十分な鉱物を得ることができなかった。

6. 変質岩の化学分析

岩石の変質過程における成分の移動と成分変化を知るために、未変質岩、弱変質岩、強変質岩を分析した。

権現変質帯の103地点および山川粘土西方変質帯の76地点から採取した。いずれも原岩は池底溶岩である。

化学分析法はは5表に示した方法で実施した。

真比重は容積40ccのピクノメーターを使用し、ウォーターバス中で加熱し、エヤーパージを行い測定した。

上表以外の Al_2O_3 、 H_2O^+ および H_2O^- の分析法は、地質調査所化学分析法「けい酸塩岩石の完全分析法」(1969)に従って行った。

分析結果は第6表に示す。試料no.5は見掛上、弱変質岩と思われたが、分析の結果では試料no.6と同程度の強変質岩であり、成分の移動を知るためには、最適とはいえなかった。

変質の過程で容積変化がなかったものとして、単位体積あたりの成分量を計算し第7表および第21図に示した。非変質岩を100とした場合のその相対値を求め第8表に示した。

各成分の変化の傾向を分類すると次のとおりである。

第5表 変質岩の化学分析法

成分	分析法
SiO_2	Na_2CO_3 融解, 溶出, HClO 脱水, 重量法; 濾液は Mo 青法, 比色法にて補正
TiO_2	比色法 (ジアンチプリルメタン発色)
全 Fe	重クロム酸カリウム滴定法
FeO	$\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{HF}$ 分解, 重クロム酸カリウム滴定法
MnO	過沃素酸カリウム発色比色法
$\text{CaO} \cdot \text{MgO}$	原子吸光法
$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{K}_2\text{O}$	炎光法
P_2O_5	$\text{HF} + \text{H}_2\text{SO}_4$ 分解後, モリブデン黄比色法, 低いものは MIBK で抽出比色
全 S	熱分解法 (沃素酸カリウム滴定法)
SO_3	HCl (1+2) 分解重量法
CO_2	HCl 分解発生, 吸収滴定法
見掛比重	塊試料をパラフィンで包み水中重量測定

第6表 指宿地熱地域変質岩の化学組成

No.	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	58.83	75.50	87.53	57.60	92.13	93.90
TiO ₂	0.90	0.69	0.63	0.74	0.61	0.61
Al ₂ O ₃	16.75	15.54	4.62	16.99	1.41	1.72
Fe ₂ O ₃	2.43	0.41	0.15	4.03	0.86	0.30
FeO	4.53	0.03	0.02	3.89	0.10	0.03
Fe	0.01	—	—	0.06	—	—
MnO	0.11	0.00	0.00	0.09	0.01	0.00
MgO	3.14	0.03	0.02	2.86	0.03	0.02
CaO	7.37	0.11	0.15	7.66	0.14	0.12
Na ₂ O	2.50	0.06	0.05	2.45	0.28	0.32
K ₂ O	1.18	0.12	0.15	1.16	0.18	0.16
P ₂ O ₅	0.106	0.125	0.153	0.120	0.019	0.016
S	0.012	0.128	0.180	0.073	0.106	0.033
SO ₃	0.16	0.54	1.22	0.13	0.23	0.24
CO ₂	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
H ₂ O ⁺	1.29	4.79	1.54	0.14	1.06	1.72
H ₂ O ⁻	0.84	2.21	3.30	1.78	2.58	1.40
Total	100.16	100.30	99.71	99.77	99.75	100.59
Ap. G.	2.68	1.81	1.66	2.63	1.77	1.40
Tr. G.	2.61	2.14	2.04	2.68	2.45	2.10

*1 見かけ比重. *2 真比重. (分析: 日鉄鉱業(株)三鷹研究所 浜東一郎ほか)

1: S T 73112303, 未変質安山岩, 指宿市権現変質帯 (103地点).

2: S T 73112302, 灰色弱変質安山岩, 同上.

3: S T 73112301, 強変質 (白色多孔質) 安山岩, 同上.

4: S T 73111703, 未変質安山岩, 山川町山川粘土変質帯 (76地点).

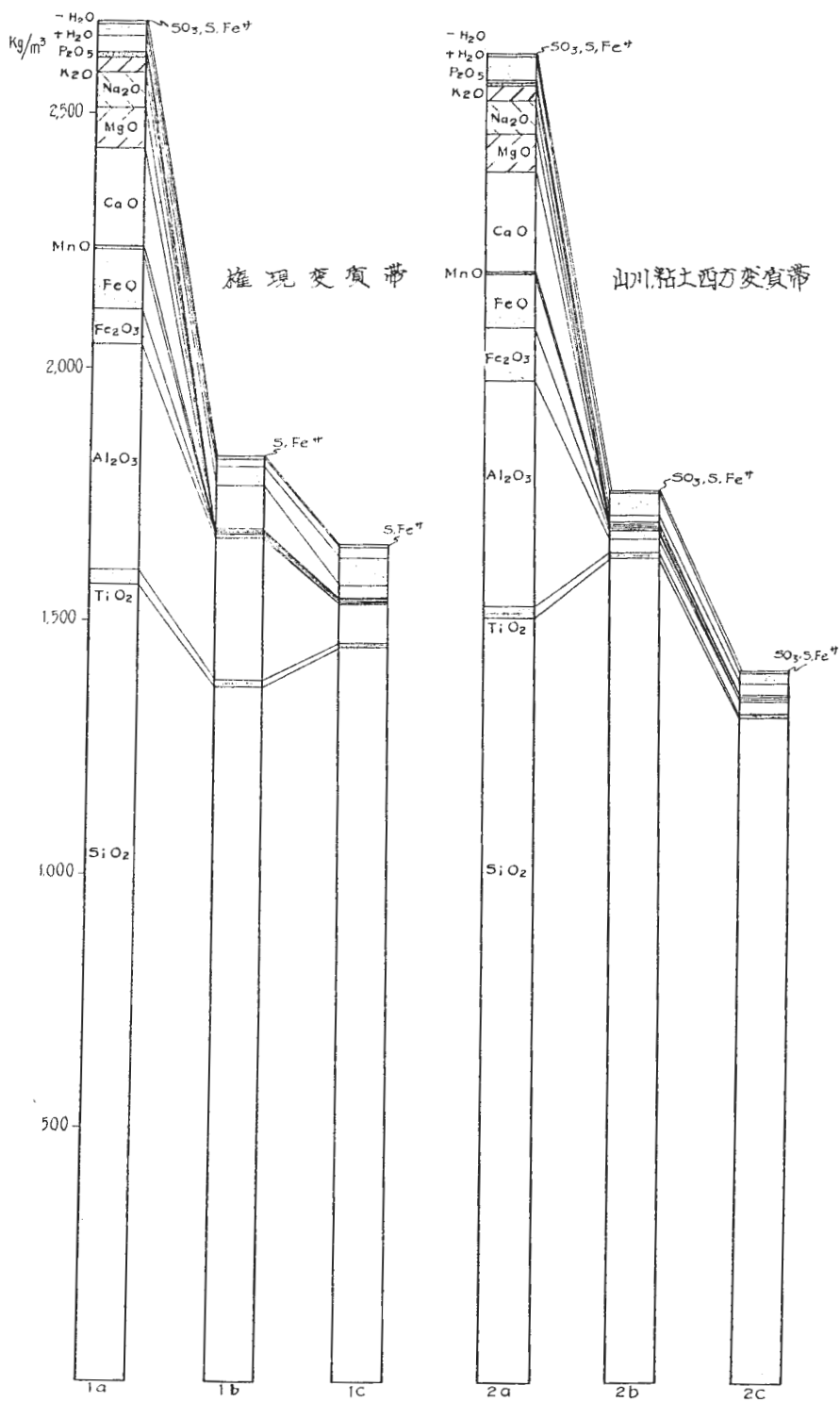
5: S T 73111704, 灰色弱変質安山岩, 同上.

6: S T 73111705, 強変質 (白色多孔質) 安山岩, 同上.

第7表 指宿地熱地域変質岩の単位体積中の成分量 (kg/m³)

No.	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	1576.6	1366.6	1453.0	1514.9	1630.7	1314.6
TiO ₂	24.1	12.5	10.5	19.5	10.8	8.5
Al ₂ O ₃	448.9	281.3	77.0	446.8	25.0	24.1
Fe ₂ O ₃	65.1	7.4	2.5	106.0	15.2	4.2
FeO	121.4	0.5	0.3	102.3	1.8	0.4
Fe	0.3	—	—	1.6	—	—
MnO	2.9	0	0	2.4	0.2	0
MgO	84.2	0.5	0.3	75.2	0.5	0.3
CaO	197.5	2.0	2.5	201.5	2.5	1.7
Na ₂ O	67.0	1.1	0.8	64.4	5.0	4.5
K ₂ O	31.6	2.2	2.5	30.5	3.2	2.2
P ₂ O ₅	2.8	2.3	2.5	3.2	0.3	0.2
S	0.3	2.3	3.0	2.0	1.9	0.5
SO ₃	4.3	9.8	20.3	3.4	4.1	3.4
CO ₂	—	—	—	—	—	—
H ₂ O ⁺	34.6	86.7	25.6	3.7	18.8	24.1
H ₂ O ⁻	22.5	40.0	54.8	46.8	45.7	19.6
Total	2684.1	1815.6	1655.6	2624.2	1765.7	1408.3

試料番号は第6表に同じ.



第21図 成分変化図

第8表 指宿地熱地域変質岩の単位体積中の成分の相対量
(未変質岩 no. 1 および no. 4 を100として)

No.	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	100	86.7	92.2	100	107.6	86.8
TiO ₂	100	51.9	43.6	100	55.4	43.6
Al ₂ O ₃	100	62.7	17.2	100	5.6	5.4
Fe ₂ O ₃	100	11.4	3.8	100	14.3	4.0
FeO	100	0.4	0.2	100	1.8	0.4
Fe	100	0	0	100	0	0
MnO	100	0	0	100	8.3	0
MgO	100	0.6	0.4	100	0.7	0.4
CaO	100	1.0	1.3	100	1.2	0.8
Na ₂ O	100	1.6	1.2	100	7.8	7.0
K ₂ O	100	7.0	7.9	100	10.5	7.2
P ₂ O ₅	100	82.1	89.3	100	9.4	6.3
S	100	766.7	1,000	100	95.0	25.0
SO ₃	100	227.9	472.1	100	120.6	100
CO ₂	—	—	—	—	—	—
H ₂ O ⁺	100	250.6	74.0	100	508.1	651.4
H ₂ O ⁻	100	177.8	243.6	100	97.6	41.9
Total	100	67.6	61.7	100	67.3	53.7

試料番号は第6表に同じ。

Type 1 ……酸性溶脱により、急激に減少するもの。

1-1 (弱変質の段階で既に急激に減少する) …Fe₂O₃, FeO, MnO, MgO, CaO, Na₂O および K₂O。

1-2 (弱変質ではやや減少し、強変質で急激に減少する) …Al₂O₃。

Type 2 ……酸性溶脱により、やや減少の傾向にあるもの…SiO₂ および TiO₂。

Type 3 ……特に傾向の認められないもの…H₂O⁺, H₂O⁻, SO₃, S, Fe, CO₂ および P₂O₅。

Type 3 の内、H₂O⁺, H₂O⁻ は増加するものと減少するものがあるが、増加するものは含水珪酸塩 鉱物 (粘土鉱物) の生成によるものである。

同じ Type 1-1 でも、アルカリとアルカリ土類では、前者が7~10%程度残留するのに対し、後者は1%程度しか残留していないが、これは明ばん石の生成により、アルカリが一部固定されたためである。

全体的には、50~40%の成分が酸性溶液で溶脱されたことを示している。

7. X 線 分 析

X線分析は、68試料について行った。第8表にX線分析の結果を示す。また試料採取地点は第2図に示した。

第8表の結果から考察すれば、酸性溶脱帯およびその周辺部ではモンモリロナイト、カオリン、明ばん石、クリстал石が多量に生成している。クリстал石化の進んだ変質帯 (カオリンの少ない部分) でレンケイ石が認められた。黄鉄鉱および針鉄鉱はごく一部の試料に認められるのみである。加水ハロイサイトは26地点の ST 73111000 に多量認められたが、この試料は地熱変質帯からのものではなく、集塊岩と断層で接する二次堆積粘土である。一方、明らかに変質帯の試料である 16地点の ST の73110905 から少量の加水ハロイサイトおよびハロイサイトが認められる。ST 73111011のほか、変質帯でない試料は、23地点の ST 73111009で、これは軽石を含む二次粘土で、非晶質珪酸を主とする。4.07Å 附近、3.04Å あるいは 4.68Å 附近のピークはいずれも不明瞭であるが、束沸石と判定した。Ca に富む束沸石は4.06Å 附近に最強線があるので、このことから Na に富むものかも知れない。このよう

第9表 指宿地熱地域の粉末X線回折による変質鉱物一覧表

分 析 番 号	試 料 番 号	採 取 地 点	シリカ鉱物			粘土鉱物			そ の 他			
			Q	Cr	Tr	Mt	K	Hall	St	Al	Gt	Py
			炭 石	石 α-ク リ ス ト ル 石	石 イ ケ ン リ	ト イ ナ ロ モ ン キ ン	ン リ オ カ	ト イ サ イ ロ ハ	石 沸 灰	石 ん ば 明	鉱 鉄 針	鉱 鉄 黄
1	S T 73110701	2		○		◎◎◎			○			
2	S T 73110702	"		○		◎◎◎						○
3	S T 73110905	16				◎◎◎		○				
4	S T 73110906	"				◎◎◎						
5	S T 73110907	"	○	○		◎◎◎						
6	S T 73111002	18		◎◎◎	○			○				
7	S T 73111003	"		◎◎◎	○			○				
8	S T 73111004	19		◎◎◎	○			○				
9	S T 73111005	20		◎◎◎	○			○				
10	S T 73111006	20~21		◎◎◎	○			○				
11	S T 73111007	21		◎				○				
12	S T 73111009	23		◎◎◎								
13	S T 73111010	24		◎◎◎	○							
14	S T 73111011	26	○	◎◎◎								
15	S T 73111101	27		◎◎◎	○	○						
16	S T 73111103	30	○	◎◎◎	○			○				
17	S T 73111104	"	○	◎◎◎	○			○				
18	S T 73111206	36		◎◎◎	○	○		○				
19	S T 73111208	38		◎◎◎	○	○		○				
20	S T 73111209	39		◎◎◎	○			○				
21	S T 73111210	40	○			○			○			
22	S T 73111302	43		○		○		○				
23	S T 73111303	"	○	○	○	○		○				
24	S T 73111304	44	○	○		○		○				○
25	S T 73111307	47		○	○	○		○		○		
26	S T 73111402	54	○			○		○				
27	S T 73111502	57	○			○		○				
28	S T 73111503	"		○		○		○				
29	S T 73111505	59				○		○			○	
30	S T 73111506	"				○		○				
31	S T 73111601	65		◎				○				
32	S T 73111604	67		◎◎◎				○				
33	S T 73111605	68		◎◎◎				○				
34	S T 73111606	"		◎◎◎				○				
35	S T 73111607	"		◎◎◎				○				
36	S T 73111701	75		◎◎◎				○				
37	S T 73111702	"		◎◎◎				○				
38	S T 73111705	76		◎◎◎				○				
39	S T 73111901	90	○	○		○		○				
40	S T 73111902	"	○	○		○		○				○
41	S T 73111903	"	○	○	○	○						
42	S T 73112001	92	○	○				○				
43	S T 73112002	95		○				○				
44	S T 73112201	100	○	◎	○			○				
45	S T 73112202	"	○	○				○				
46	S T 73112203	"	○	○				○			○	
47	S T 73112204	101		○				○				
48	S T 73112205	"	○	○				○				
49	S T 73112207	101~101	○	○				○				
50	S T 73112209	102	○	○				○				

第9表 (つづき)

分 析 番 号	試 料 番 号	採 取 地 点	シリカ鉱物			粘土鉱物			そ の 他											
			Q	Cr	Tr	Mt	K	Hall	St	Al	Gt	Py								
			炭 石	石 α-ク リ ス ト パ ル 石	石 リ ン ケ イ 石	ト イ ナ イ ロ モ リ ロ ナ イ ト	ン リ オ カ	ト イ サ イ ロ ハ	石 沸 石	石 ん ば 明	鉱 鉄 針	鉱 鉄 黄								
51	S T 73112304	〃		○			○													
52	S T 73112407	115																		
53	S T 73112701	124		◎		○○○	○													
54	S T 73112702	125				○						○								
55	S T 73112704	128																		
56	S T 73112706	132	○																	
57	S T 73112707	134		◎	○															
58	S T 73112803	144		◎	○															
59	S T 73113001	161	○																	
60	S T 73113002	〃	○			○														
61	S T 73120201	〃																		
62	S T 73120204	〃	○			○		○												
63	S T 73120205	〃		◎	○			○												
64	S T 73120401	185				○						○		○						
65	S T 73120701	214		◎	○															
66	S T 73120703	221		◎	○															
67	S T 73120704	224		◎	○															
68	S T 73120901	241		○	○									○						

◎は多量を示す。

な試料は、いずれも変質帯の中心部からはずれて産し、組成的にはモンモリロナイトを主とし、クリストバル石は全く無いか、あるいは少量しか存在しないような試料に限られていることが特徴的である。

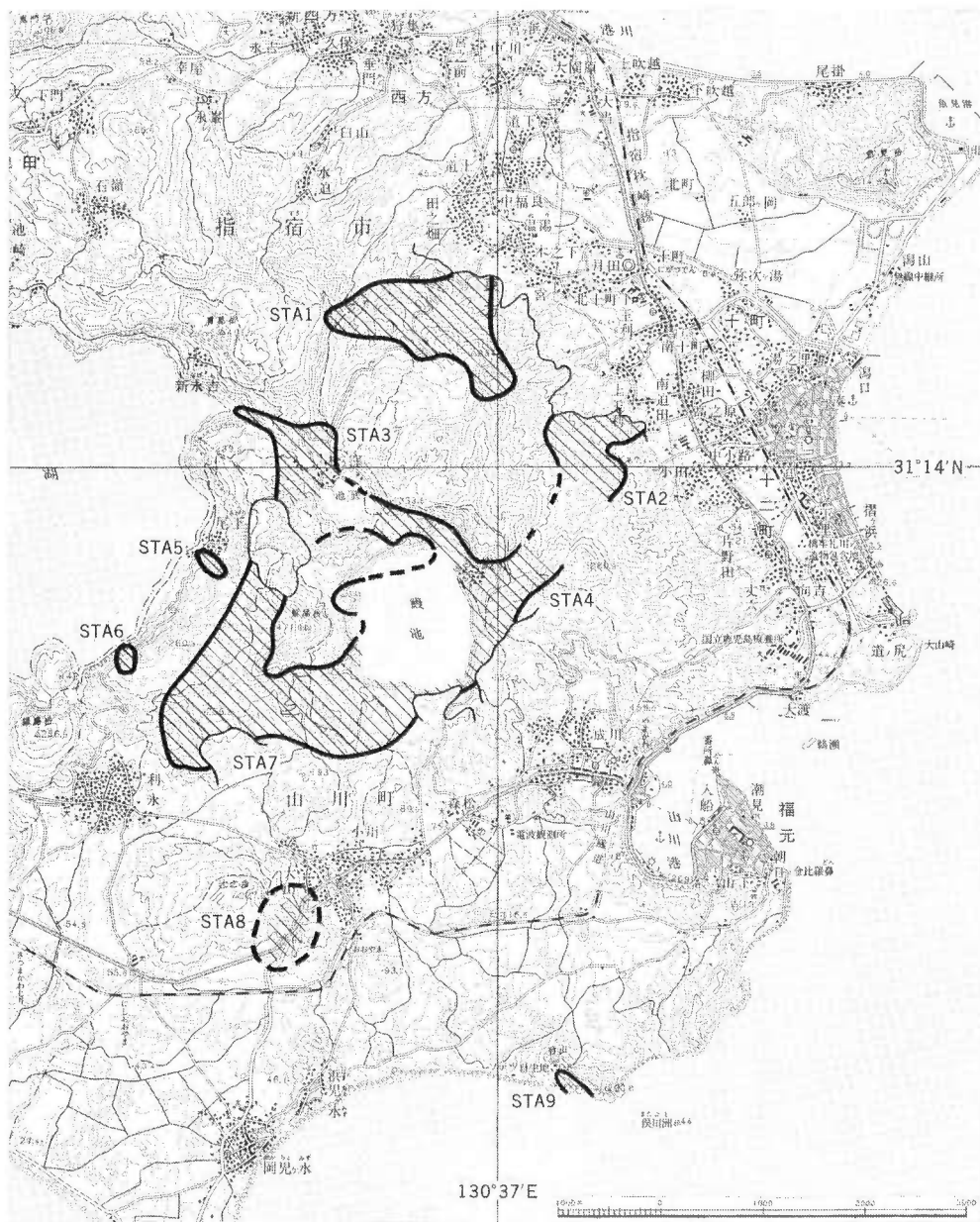
8. まとめ

(1) 今回の調査地は更新世の阿多火山のカルデラ内にあり、カルデラ生成(約24,500年前)後、これを埋めた安山岩質の溶岩および火山砕屑岩から成っている。

(2) 変質帯は9か所あり(第22図、第9表)、総面積6.12 km²である。そのうちの主なものは権現(1.15km²)、南迫田(0.5 km²)、鱒池(0.78 km²)および山川(3.03 km²)で、このうち前3者には噴気露頭が伴われる。

(3) 変質鉱物はクリストバル石・リンケイ石・明ばん石・カオリン・モンモリロナイト・東沸石などであり、これらの組合せによって変質帯の分帯ができる。すなわち、変質作用の中心から、クリストバル石帯→カオリン帯→モンモリロナイト帯の累帯配列のパターンを示す。

(4) 変質帯の母岩は、ほとんど後阿多火砕流(24,500年)、先池田火砕流(4,640年)の火山岩類で後池田火砕流の岩石の変質は、局所的に軽微なものが見られるだけである。したがって主要な変質帯の形成時期は後阿多火砕流の火山岩類の噴出期以降で池田火砕流の噴出時期以前である。



第22図 指宿地域地熱変質帯分布図

文 献

- 荒牧重雄 (1964) 鹿児島県赤水岳の地質と溶結火砕岩. 地質雑, vol. 72, p. 554-565.
 ———・宇井忠英 (1966) 阿多火砕流と阿多カルデラ. 地質雑, vol. 72, 337-349.
 地質調査所 (1974) 全国地熱基礎調査報告書, no. 5 「薩南」.
 波多江信広・黒川達爾雄・鎌田政明・露木利貞 (1965) 鹿児島県の温泉 (指宿地区の温泉), その
 1, 指宿温泉. 70p. 鹿児島県.
 原田種成 (1960) 「指宿地区」—未利用鉄資源調査報告書. vol. 8, p. 430-431.
 鹿児島県 (1965) 鹿児島県の工業鉱物資源概要.
 河野義礼 (1945) 鹿児島県指宿郡指宿町および山川町附近の高陵土調査報告 (原稿). 地質調査所
 鉱床部鉱山別資料, no. 1081, p. 1-6.
 MATUMOTO, T. (1943) The four gigantic caldera volcanoes of Kyushu. *Jap. Jour. Geol. Geogr.*,
 vol. 19, p. 1-57.
 ——— (1963) Caldera volcanoes and pyroclastic flows of Kyushu. *Bull. Volcanologique*, vol. 26,
 p. 401-413.
 村岡 誠・種村光郎 (1950) 指宿白粘土調査概報 (原稿). 地質調査所鉱床部鉱山別資料, no. 214,
 p. 1-7.
 ——— (1951) 鹿児島県指宿粘土報告. 地調月報, vol. 2, p. 74-84.
 尾上 亨・徳永重元・大島秀明・伊藤良永 (1978) 日本の地熱地域における花粉分析調査研究,
 その1. 地調報告, no. 259. p. 579-624.
 太田良平 (1966) 鹿児島県指宿地方地質調査報告. 地調月報, vol. 10, p. 129-139.
 瀬谷 清 (1966) 鹿児島県指宿地熱地帯の重力分布ならびにその地下構造について. 地調月報,
 vol. 17, p. 140-152.
 露木利貞・鎌田政明・黒川達爾雄 (1971) 鹿児島県の温泉, 指宿地区の温泉 (その2), 山川町,
 開聞町の諸温泉. 42p. 鹿児島県.
 坪内和正ほか (1967) 「山川鉱山」. 国内鉄鋼原料調査報告, vol. 6, p. 189-194.
 宇井忠英 (1967) 鹿児島県指宿地方の地質. 地質雑, vol. 73, p. 477-490.

**Geological Investigation of Hydrothermal
 Alteration Haloes in Ibusuki Geothermal Field,
 Kagoshima Prefecture**

Masaharu KAMITANI, Susumu NAKAGAWA,
 Susumu NISHIMURA and Kiyoshi SUMI

Abstract

The hydrothermal alteration haloes in Ibusuki geothermal field, Kagoshima Prefecture, have been studied geologically with special interests in their distribution, mineralogical compositions and radiometric ages.

The Ibusuki geothermal field is situated within Ata caldera at the southern end of Kyushu. It was formed immediately after the eruption of Ata pumice flow 24,500 years ago. The caldera is about 13 km in diameter and filled by post-caldera volcanic rocks intercalated with lake deposits. A row of younger calderas or craters (Ikeda, Ikesoko, Unagi, Narikawa, and Yamakawa) runs in a northwest-southeast direction crossing Ata caldera. Ikeda caldera, one of the younger calderas, erupted Ikeda

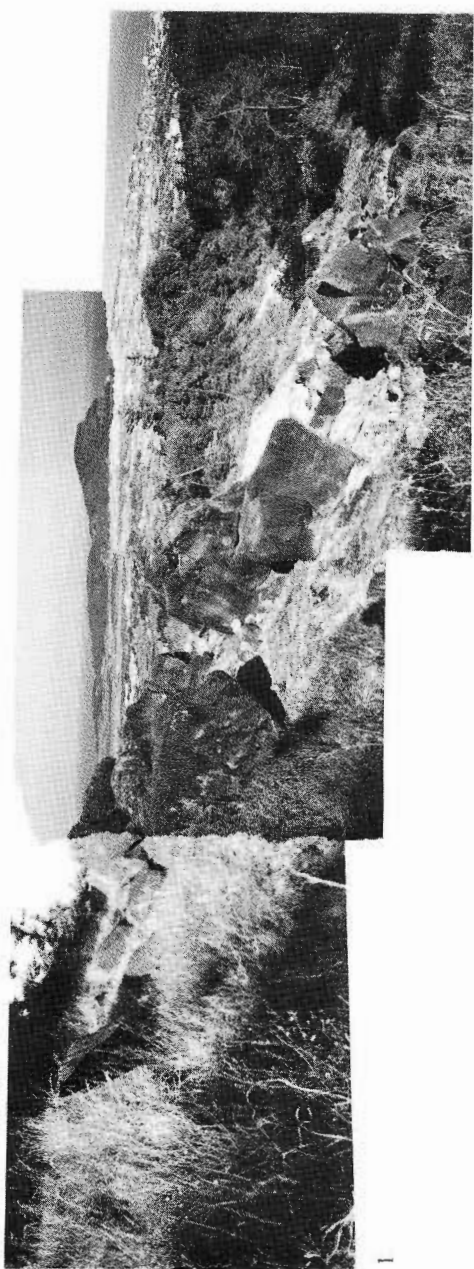
pumice flow immediately before its depression 4,640 years ago. There are five altered haloes: Gongen-Minamisakoda, Matsugakubo-Ikesoko, Unagi, Washiodake, and Fushime. Their total area is about 6.1 km². The original rocks of these alteration haloes are caldera-filling rocks, whose radiometric ages are 25,000 and 27,000 years B.P. Therefore, the formation of the haloes is younger than 25,000 years. Each halo is divided into an inner silicified zone characterized by the presence of α -cristobalite, kaolin, and alunite, and an outer argillized zone characterized by kaolin and montmorillonite.

Matsugakubo-Ikesoko and Washiodake altered haloes, which have no steaming grounds, are covered by unaltered lake deposits of 8,280 years ago. Gongen-Minamisakoda, Unagi, and Fushime haloes, which have steaming grounds, are covered by unaltered Ikeda pumice flow deposits of 4,640 years ago. Ikeda pumice flow deposits and Kaimon ash, however, are sporadically altered to some extent.

(受付：1977年12月1日；受理：1977年12月6日)

図版説明

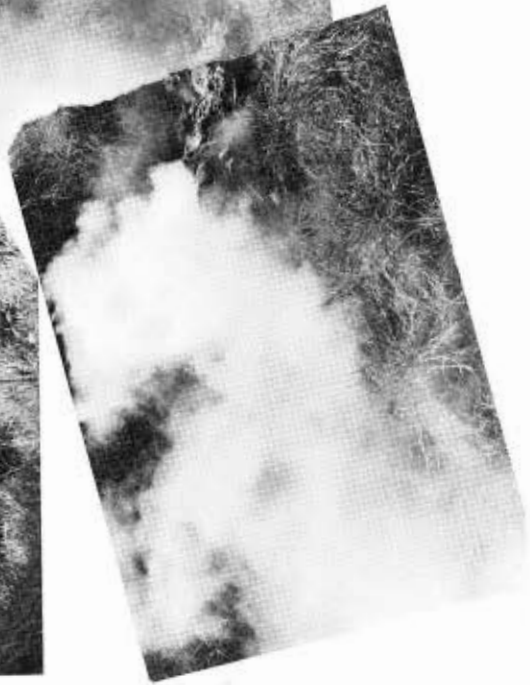
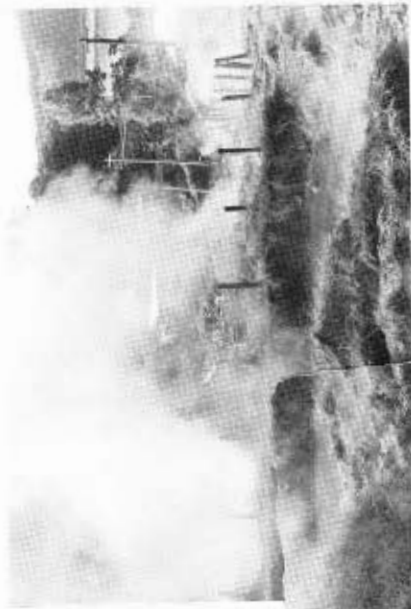
- 図版34-1 南迫田変質帯西部，前方右は指宿市街．前方中央は魚見岳．魚見岳の向うに鹿児島湾を隔てて，噴煙を上げる桜島が望まれる．
- 図版34-2 権現変質帯全景．左手下方に電源開発㈱のGI-1井（深度500m，1963年掘削）跡がある．
- 図版35-1 指宿粘土上部切羽変質帯全景．
- 図版35-2 鰻池亜熱帯植物研究所の噴気．
- 図版35-3 鰻池部落の“スメ”（天然噴気の直上に構築された人工かまど）．
- 図版36-1 山川粘土変質帯の遠望．
- 図版36-2 山川粘土変質帯下部切羽全景．
- 図版36-3 山川粘土西方変質帯全景．遠方は竹山および鹿児島湾．
- 図版36-4 大山粘土変質帯全景．上部は開聞岳スコリア層．
- 図版37-1 山川粘土変質帯上部切羽（71地点）のC-14測年試料（S T 73111608）採取地点（×印）における始良・池田二次堆積層．
- 図版37-2 山川町竹山北東海岸（112地点）のC-14測年試料（S T 73112405）採取地点（×印）における始良・池田二次堆積層．
- 図版37-3 鰻池北西湖畔（35地点）のC-14測年試料（S T 73111205）採取地点における鰻池湖岸堆積層．



1



2



1

3

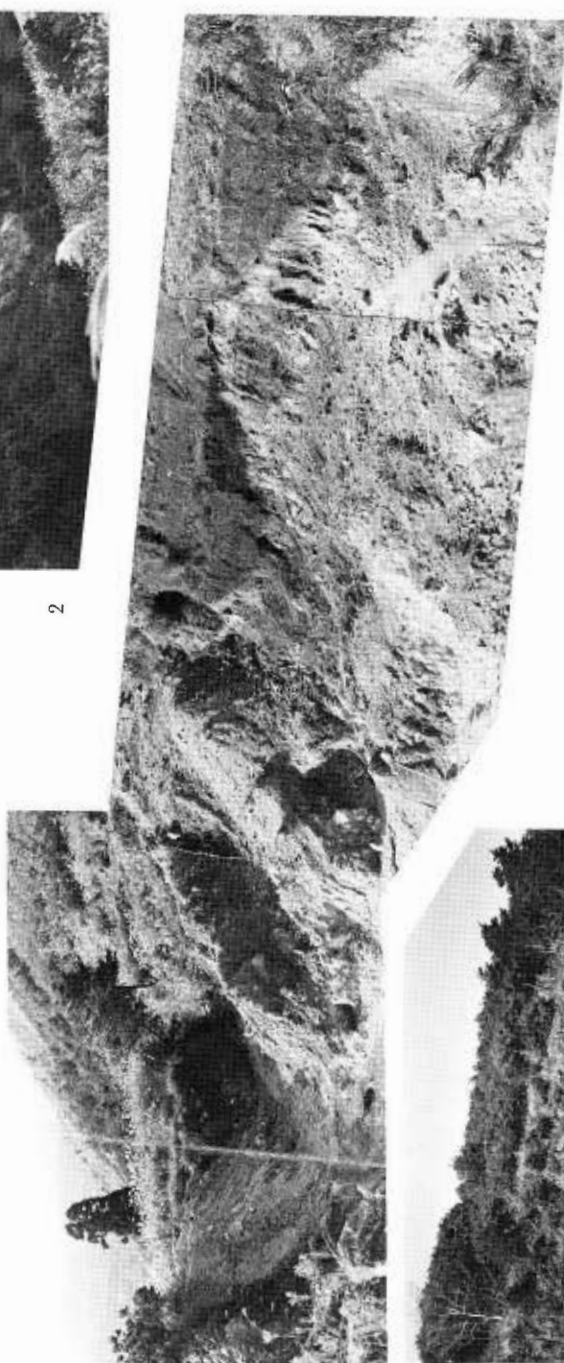
2



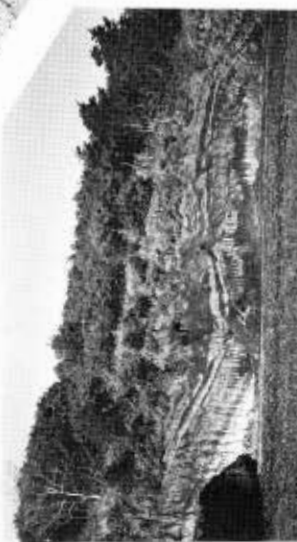
1



2



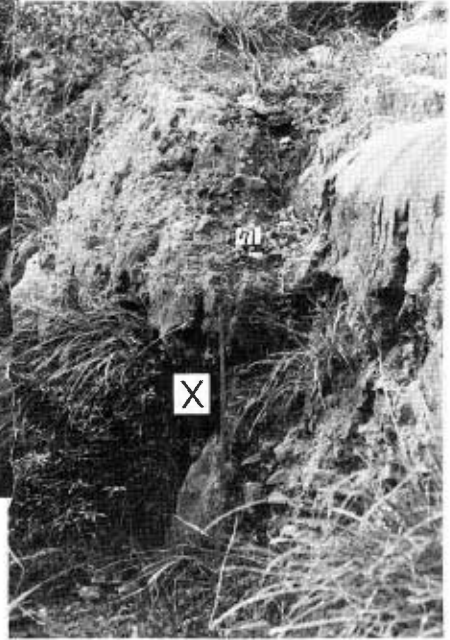
3



4



1



2



3

551. 23(52) : 550. 86 : 56 : 581. 33

日本の地熱地域における花粉分析調査研究, その 1^{*1}尾上 亨^{*2}・徳永重元^{*3}・大島秀明^{*3}・伊藤良永^{*3}

まえがき

昭和48年から49年にわたって行われた全国地熱基礎調査において、各調査地から花粉分析試料が採取され、この面からの堆積環境の考察が行なわれた。

その目的とするところは、地熱地帯における火成活動の実態と変遷を明らかにするための地史の解明に役立たせようとするものであった。

花粉分析した試料は各調査地で数個ずつであり多いとは言えないが、新第三紀の後期より第四紀後期にわたっており、とくに洪積世以後のものが多い。また北海道より九州に及んでいるので、これらの成果をまとめ今後の研究の資料とすることは、有益と考えるのでその要点をここに記述する。

花粉分析の作業は一部は宇都宮大学・東北大学で行われたが、大半は日本肥糧株式会社で行われた。産出した化石の主要なものについては図版としてまとめ添付した。

試料採取に当っては、各地域を調査された関係各会社調査員諸氏の労力に負うところが多く深謝する次第である。

1. 花粉分析調査研究の目的・試料

地熱地帯における全国地熱基礎調査は、放熱量調査・変質帯調査・地化学・物理探査等にわたって

	地 域 名	試料数
1	豊 羽	4
2	北 湯 沢	5
3	濁 川	6
4	鹿 部 大 船	4
5	酸 ケ 湯	10
6	大 沼	9
7	川 原 毛	5
8	片 山 ・ 鳴 子	4
9	肘 折	3
10	姥 湯	8
11	野 地	5
12	草津白根 ・ 花 敷	1
13	福 地	4
14	伊 東 ・ 熱 川	3
15	河 津 ・ 下 賀 茂	2
16	湯 の 谷	1
17	手 洗	2
18	指 宿	4

*1 地質調査所報告, no. 259, 1978

*2 燃料部 *3 日本肥糧(株)

るが、地熱の実態を明らかにするため、地質調査に伴って多面的な研究が行われている。

花粉分析調査研究もその一部をなすもので、堆積岩（頁岩・泥岩・泥炭等を含む）中より花粉・孢子化石を検出し、これらの構成内容から堆積時の古環境とくに当時の植生を復元考察し、さらに良好な試料については古気候の判定を行った。分析後 ^{14}C 分析が行われ、その結果をもって花粉分析結果の再整理を行い、時代的植生変化を明らかにできた。

その結果洪積世の寒冷期や、沖積世の古環境も明らかにできた。

調査当時試料相互間の上下関係が明確になっていないものがあつたので、それらについては花粉分析の結果から判定したものもある。

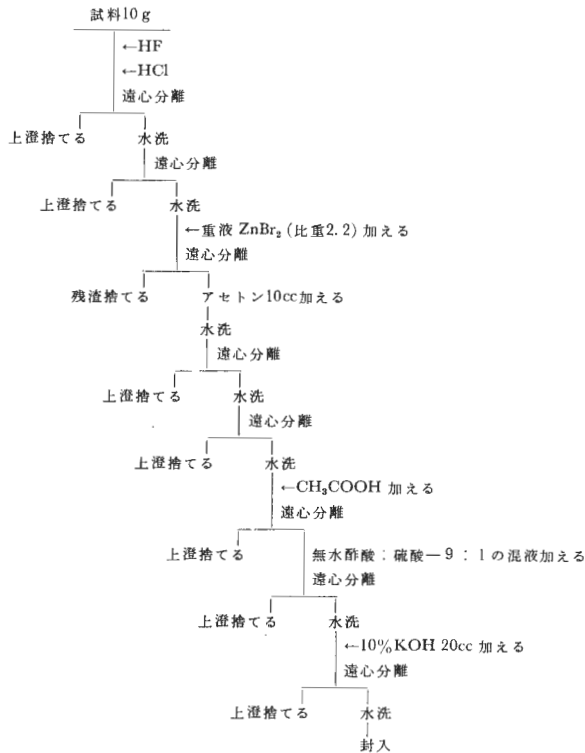
調査報告の個所と花粉分析試料数は前ページの一覧表のとおりである。

2. 分 析 法

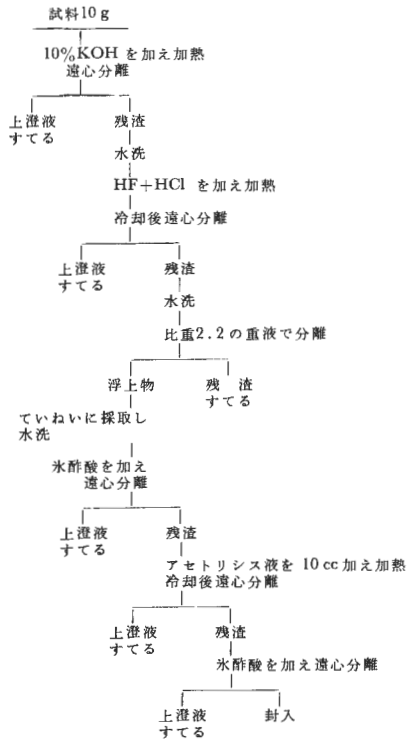
花粉分析の対象とした試料は、土壤・泥炭・シルト・泥岩・頁岩等であつたが、全般として堅いものではなかつた。

酸およびアルカリでこれら試料をとかすのが主な方法であるが、岩質により若干方法をかえ、ここに A・B・C の 3 法を代表的なものとして示した。

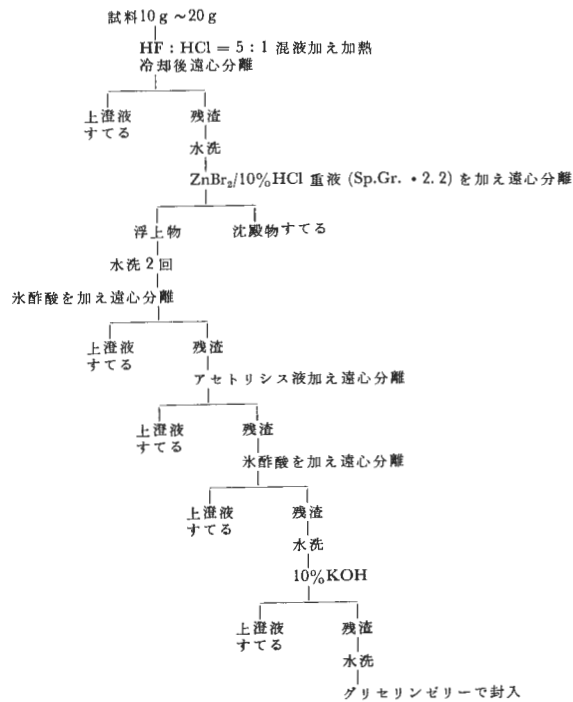
分 析 法 A



分析法 B



分析法 C



3. 成 果

3.1 北海道地域

3.1.1 豊羽（北海道札幌市京極町喜茂別町）

本地域において花粉分析を行った試料は下記のとおりである（五十嵐ほか，1978）。

試料番号	岩質	採取地点	花粉産出傾向
T J 74100802	粘土	北海道京極町北岡 (北緯42°52'34" 東経140°52'32")	r
T J 74100803	シルト	北海道京極町北岡 (北緯42°51'34" 東経140°52'32")	r
T J 74102502	砂岩	北海道喜茂別町伏見 (北緯42°48'21" 東経140°58'04")	r
T J 74102503	砂岩	北海道喜茂別町伏見 (北緯42°48'21" 東経140°58'04")	r

r：少数

分析法は前掲のA法を用いた。

花粉分析結果の考察

試料表に示してあるように全般的に花粉化石の含有は少なかった。これは試料が主として砂岩であったことによる。

前記4試料を通じて針葉樹としては、Cryptomeria（スギ属）、Pinus（マツ属）（五葉松型）、広葉樹としては Corylus（ハシバミ属）、Alnus（ハンノキ属）など、わずかに Quercus（コナラ属）、Salix（ヤナギ属）、Betula（カバノキ属）などが見られる。孢子では Monolete（単条型）や Fungi（菌類）などがある。

第1表 豊羽地域化石産出表

SAMPLE NUMBER	T J 74100802	T J 74100803	T J 74102502	T J 74102503
	T	T	T	T
GENUS NAME				
Pinus (haploxyton type)	1		1	
Cryptomeria	1			1
Salix				1
Alnus 4孔	2		1	2
A. 5孔				1
Betula				1
Corylus	1			2
Quercus (deciduous)			1	
Gramineae			1	
Lycopodiaceae				2
Monolete spore	1			1
Trilete spore			1	
Fungi spore	9			

（産出数少かったので産出個数で示した）

その後 ^{14}C 測定値がわかり、上記4試料と層序上近接するものは、 $25050 \pm 990 \sim 33530 \pm \begin{matrix} 3270 \\ 2320 \end{matrix}$ という値が示されている。これは一般的にウエルム氷期最盛期より少し前の間氷期に当りこれら試料中に寒冷を示す *Picea* (トウヒ属)、*Abies* (モミ属) が存在しなかったことは注目すべきであろう。

3.1.2 北湯沢 (北海道有珠郡)

本地域において花粉分析を行った試料は下記のものである(山口ほか, 1978)。

試料番号	推定地質年代	採取地点	北緯	東経	岩質	花粉産出傾向
SY74083001-a	前更新世	北海道有珠郡大滝村本町	42°40'31"	141°5'27"	腐植質土	c
SY74083001-b	同上	同上	同上	同上	シルト	a
SY74083001-c	同上	同上	同上	同上	シルト	a
SY74091202	同上	同上	40°40'13"	141°5'15"	腐植質シルト	a
SY74083105	同上	有珠郡大滝村徳舜賢川中流	42°36'30"	141°4'31"	腐植質シルト	r

a : 多, c : 普通, r : 少数.

分析法はA法を用いた, 岩質は腐植質土およびシルトであった.

花粉分析結果の考察

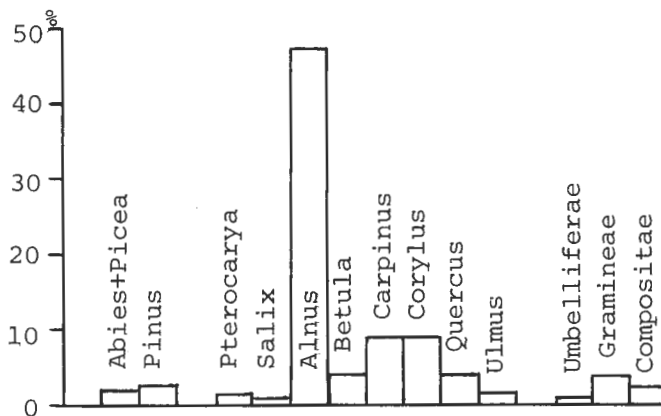
全般として試料中に花粉・胞子化石がよく含まれていた。各試料間の上下関係が74083001をのぞいた他は、調査当時必ずしも明確でなかったので試料各個の花粉図表を作成し、関連の表は作成しなかった。

74083001は a ~ c の一連のセクションで採取されている。この内容では下位から上位へと *Abies*, *Picea* などが減少し、その反面 *Alnus* の顕著な増加がみられる (a : 上位, c : 下位)。

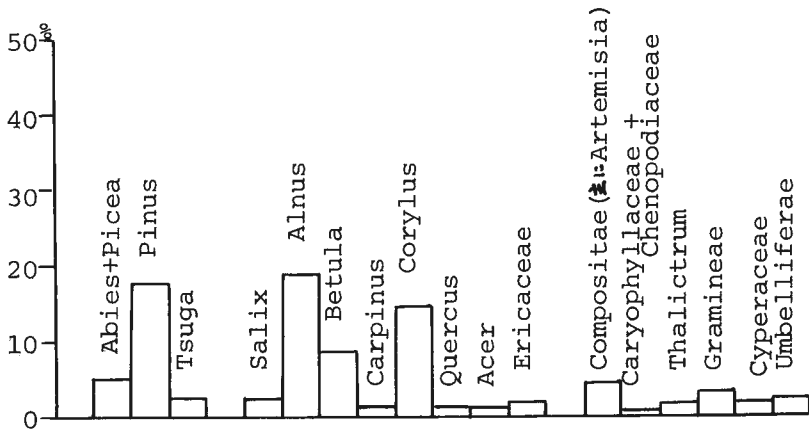
これら試料中の *Pinus* は haploxyton type でハイマツまたはキタゴヨウと推定される。草本類花粉の中に *Thalictrum* (カラマツソウ属)、*Sanguisorba* (ワレモコウ属)、*Circaea* (ミズタマソウ属) がみられ、これらと落葉広葉樹林との共存の環境が推定される。

SY 74091202 および 74083105 はとくに *Abies*, *Picea* の割合が多く、両者を加えれば花粉総数の約30%に達する。また前者には *Larix* (カラマツ属) 2%を含み、*Picea* はアカエゾマツまたはエゾマツと推定され、両者はそれぞれ寒冷の気候を示している。

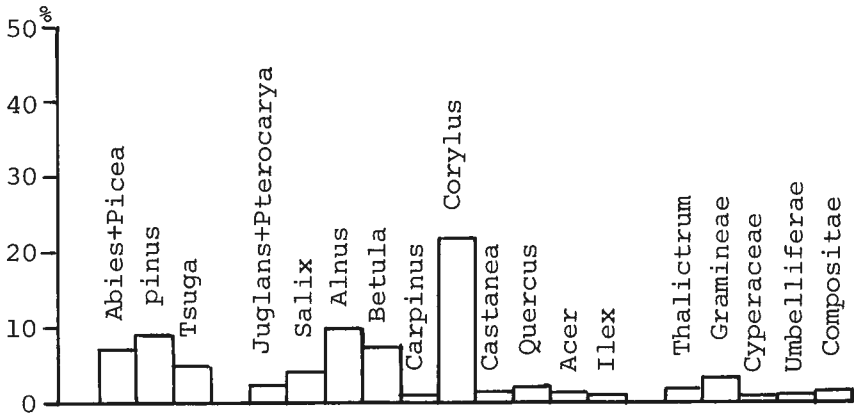
上記5試料は、層位的差が小さいにも拘らず構成内容がかなり異なっており、地域的な変化を示しているのかもしれない。



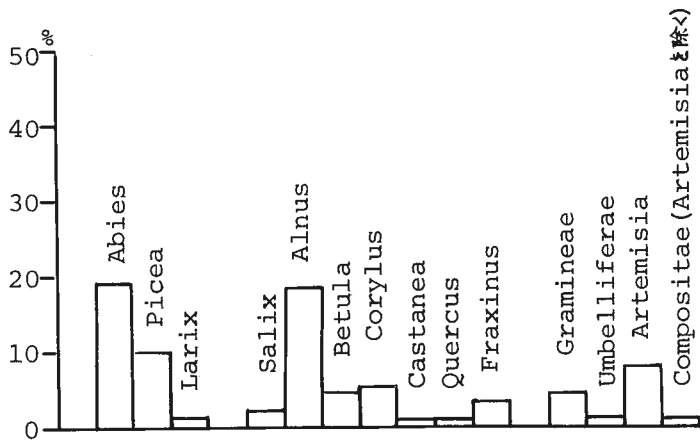
第1図 SY74083001-aの花粉構成 (北湯沢)



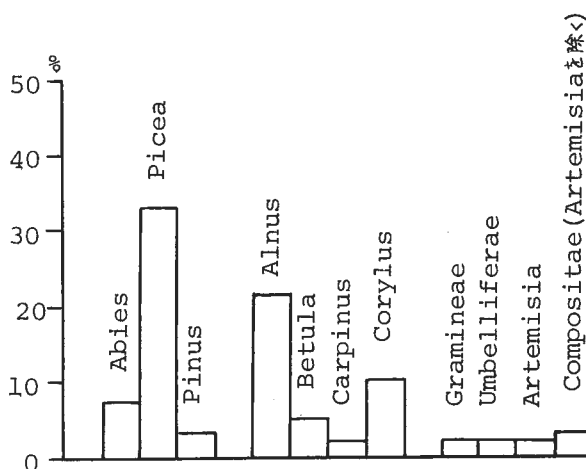
第2図 S Y 74083001-bの花粉構成 (北湯沢)



第3図 S Y 74083001-cの花粉構成 (北湯沢)



第4図 S Y 74091202の花粉構成 (北湯沢)



第5図 SY74083105の花粉構成(北湯沢)

なお表中にある *Concentricystes* は、淡水性の藻類の胞子とも考えられているものである。

3.1.3 濁川(北海道茅部郡)

本地域においては下記の試料の花粉分析が行われた(五十嵐ほか, 1978)(東北大・竹内貞子氏分析)。

	試料番号	岩質
1	NG73101603	濁川盆地内段丘堆積物
2	NG73101808	濁川盆地内段丘堆積物
3	NG73101813	坊主山層
4	NG731004A01	77.1m湖沼堆積物
5-1	NG73102002	森川層
5-2	NG73100204	森川層

花粉分析結果の考察

73101603, 73101808 の示す植生は *Quercus*, *Betula*, *Alnus* などの広葉樹を主とし, *Fagus* (ブナ属), *Carpinus* (クマシデ属), *Ulmus* (ニレ属) などの落葉広葉樹も伴ない, 冷温帯の気候をあらわす. *Fagus* は *F. crenata* (ブナ) とみられ, 気候も現在とあまり変らない. その後前者の ^{14}C 値が 4110 ± 100 と示されたが, これは試料中で最も新しい. 73101813 は化石の変形大きく, 731004A01 は化石がほとんど含まれていなかった.

73102002, 73100204 では広葉樹に比べて針葉樹が多く, *Picea* 13%, *Abies* 12.5%, *Pinus* 9.5% などがあり, 寒冷の気候が推定される.

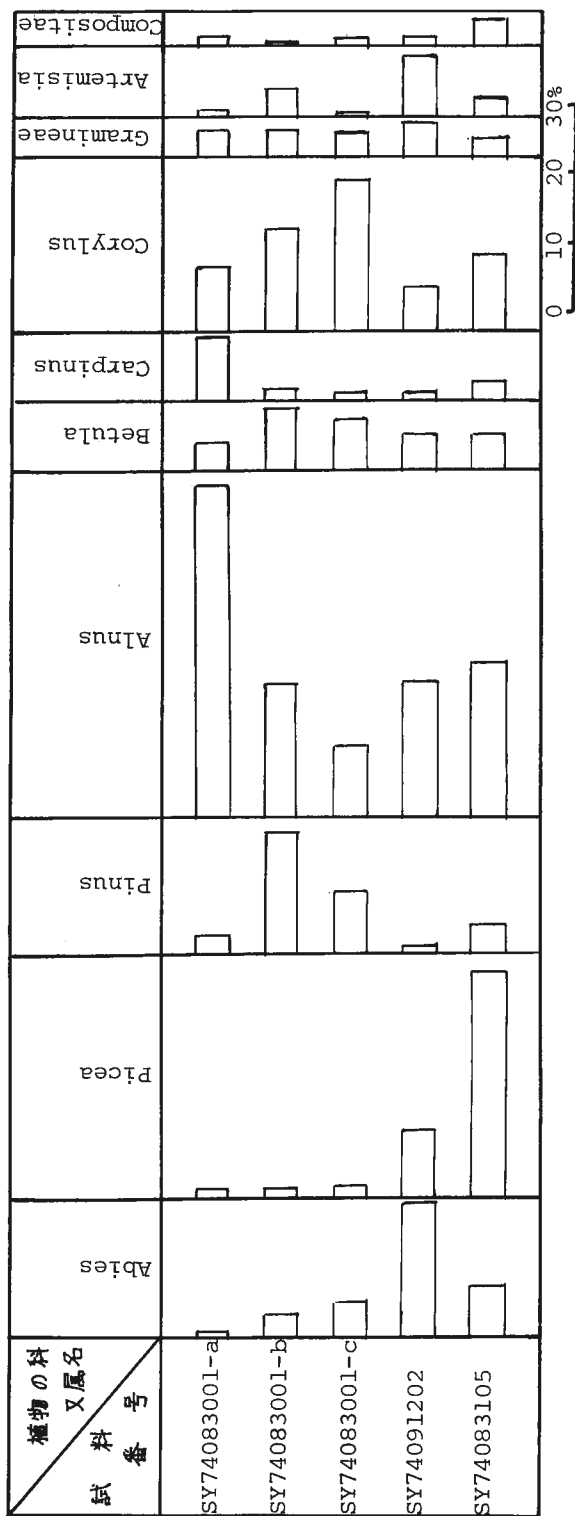
73101813 でも針葉樹中 *Picea* が13%と次第に多くなっており, その後 ^{14}C 測定値をみると73101813は 11340 ± 220 , 73100204 は 28980 ± 1760 であり, 次第に寒期になるにつれて植生が変化する様相をよく示している.

3.1.4 鹿部・大船(北海道茅部郡)

本地域において花粉分析を行った試料は下記のものである(岡村ほか, 1978).

試料番号	推定地質年代	採取地点	北緯	東経	岩質	花粉産出傾向
SK74101106	洪積世	北海道茅部郡鹿部村	41°59'08"	140°49'21"	シルト	rr
SK74100813	同上	北海道茅部郡鹿部村大岩	42°00'10"	140°51'04"	同上	c
SK74101005	同上	同上	同上	同上	同上	rr
SK74101105	同上	北海道茅部郡鹿部村	41°59'08"	140°49'21"	同上	rr

c: 普通, rr: 極めて少ない.



第6図 北湯沢試料花粉図表

第2表 北湯沢地域化石産出表

SAMPLE NUMBER GENUS NAME	SY74083001-a	SY74083001-b	SY74083001-c	SY74091202	SY74083105
	S	S	S	S	S
Abies	+	+	+	△	△
Picea	+	+	+	△	●
Ves. (Abies, Picea type)		+	+	△	△
Pinus	+	△	+	+	+
Pinus (haploxyton type)		△	△		
Pinus (diploxyton type)		+			
Tsuga sieboldii		+	+		
Tsuga diversifolia	+	+	+		
Larix		+		+	+
Taxodiaceae		+			
Cryptomeria		+		+	
Podocarpus	+	+			
Myrica			+	+	
Juglans			+		+
Pterocarya	+	+	+		
Salix	+	+	+	+	+
Alnus	●	△	△	△	●
Betula	+	△	△	+	△
Carpinus	△	+	+	+	△
Corylus	△	△	●	△	△
Castanea		+	+	+	
Fagus	+			+	
Quercus (evergreen)	+	+	+		+
Quercus (deciduous)	+	+	+	+	
Ulmus	+	+		+	+
Celtis				+	+
Caryophyllaceae		+			
Chenopodiaceae		+			
Thalictrum		+	+		
Patrinia	+				
Cf. Aconitium		+			
Sanguisorba		+	+		
Circaea		+			
Corylopsis			+		
Geranium			+		
Acer		+	+	+	
Ilex	+		+		
Ericaceae	+	+	+		
Symplocos	+				
Weigela			+		
Cf. Fraxinus				+	
Umbelliferae	+	+	+	+	+
Compositae	+	+	+	+	+
Artemisia	+	+	+	△	+
Gramineae	+	+	+	+	+
Cyperaceae	+	+	+	+	+
SPORE					
Polypodiaceae	+	+	+	△	+
Lycopodiaceae	△	△	+	△	+
Hymenophyllaceae		+		△	+
Monolete spore	+	+	△	●	△
Trilete spore			+	+	+
Concentricystss				+	

○ 50%以上 (50%を含む)

● 50~20% (20%を含む)

△ 20~5% (5%を含む)

+ 5%以下

(この凡例は以下の各表に共通)

試料は主としてシルトであったので、分析法はA法を用いた。

花粉分析結果の考察

鹿部層のシルト部分より採取された試料のうち74100813以外は花粉・胞子の産出きわめて少ないが、この試料においては *Abies* 5%, *Picea* 19%, *Pinus* 9%, *Larix* 22% など針葉樹花粉が総数の約64%を占め、広葉樹は *Alnus*, *Corylus*, *Betula* など23%である。

74101106 においては、数少ない化石の中で、*Abies*, *Picea*, *Larix* のしめる割合は大きい。

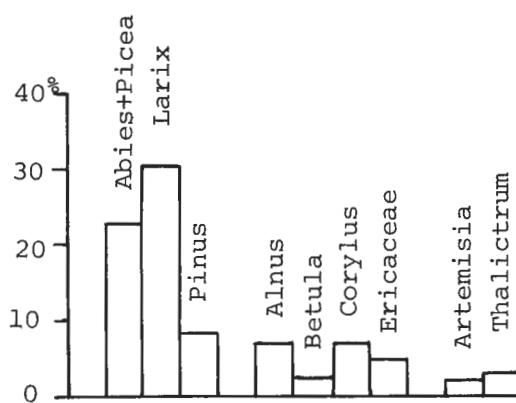
従ってこれらの試料により、亜寒帯の樹林が推定され、気候も寒冷と考えられる。

その後 74100813 の ^{14}C 値が 20350 ± 710 と判明したのでウエルム氷期最盛期と合致し、花粉分析の結果とも一致した。

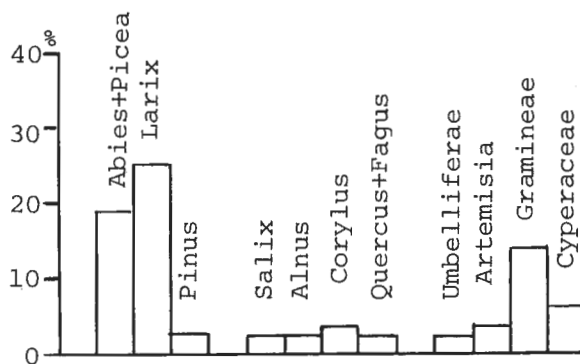
第3表 鹿部・大船地域化石産出表

SAMPLE NUMBER		S K 74100813	S K 74101106	S K 74101005	S K 74101105
GENUS NAME					
<i>Abies</i>		+	△	△	△
<i>Larix</i>		●	●		+
<i>Picea</i>		△	△	△	△
<i>Pinus</i>		△	+	△	+
Ves. (<i>Abies-Picea</i> type)		+	+	△	+
Ves. (<i>Pinus</i> type)		+		+	+
<i>Tsuga sieboldii</i>					△
<i>Tsuga diversifolia</i>					△
<i>Sciadopitys</i>					+
<i>Juglans</i>		+			
<i>Salix</i>			+		
<i>Alnus</i>	4 孔	+			+
<i>Alnus</i>	5 孔	+	+		+
<i>Alnus</i>	6 孔	+			
<i>Betula</i>		+			△
<i>Corylus</i>		△	+		+
<i>Fagus</i>			+		
<i>Quercus</i> (ever green)		+			
<i>Quercus</i> (deciduous)		+	+		+
Leguminosae			+		
<i>Acer</i>					+
Umbelliferae			+		
Ericaceae		+			
Artemisia		+	+		+
<i>Sanguisorba</i>					+
Compositae		+		+	
Gramineae		+			+
Cyperaceae			△		
<i>Potamogeton</i>			△		+
<i>Thalictrum</i>		+			
Caryophyllaceae		+			
Lycopodiaceae		94			
Selaginellaceae		45			
Monolete spore			7		3
Trilete spore		2	3		

胞子は数で表現してある。



第7図 SK74100813の花粉構成 (鹿部・大船)



第8図 SK74101106の花粉構成 (鹿部・大船)

3.2 本州地域

3.2.1 酸ヶ湯 (青森県青森市)

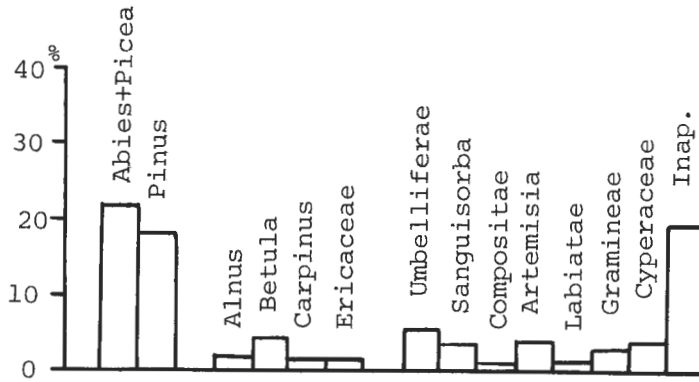
花粉分析を行った本地域の試料は下表のとおりである(佐藤ほか, 1978)。

試料番号	岩質	花粉産出傾向
HK74091211	暗緑色粘土質腐泥	a
HK74091212	黒褐色火山灰質腐泥	c
HK74091213	黒褐色粘土質腐泥	a
HK74091214	黒褐色粘土混り草炭	a
HK74091215	黒褐色軽石混り腐泥	a
HK74091216	黒色火山灰質泥炭	c
HK74091217	暗灰色火山灰質粘土	a
HK74091218	黒褐色泥炭	a
HK74091219	黒褐色草炭	a
HK74091220	黒褐色粘土質泥炭	a

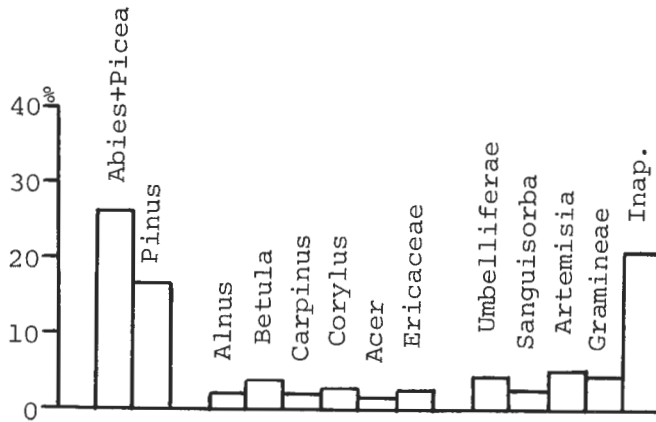
試料は主として泥炭質のものであったので、B方法を一部省略(弗化水素酸処理など省く)して行った。試料はすべて一連のものである。

花粉分析結果の考察

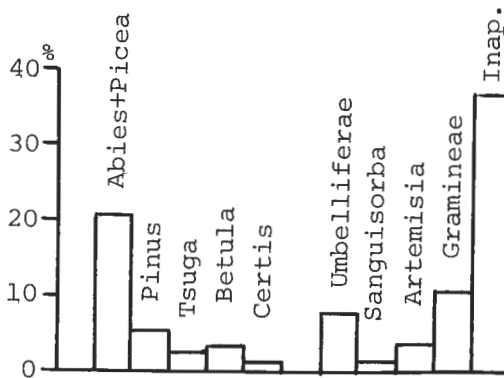
花粉図表に示されているように、最下位の 74091211 より最上位の 74091220 に至るまで一連の断面において、各試料の花粉構成上の共通点は *Abies*, *Picea* が多く含まれており、74091216 において最大値に達していることである。



第9図 HK74091220の花粉構成(酸ヶ湯)



第10図 HK74091219の花粉構成(酸ヶ湯)

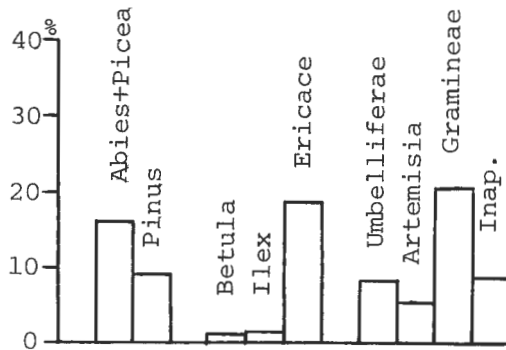


第11図 HK74091218の花粉構成(酸ヶ湯)

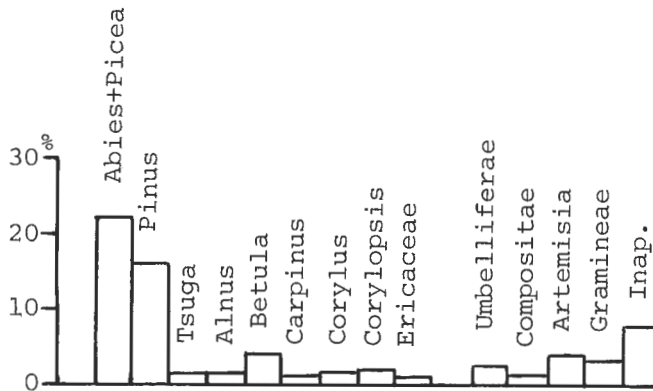
この他落葉広葉樹である *Alnus*, *Betula* 等は10%以下で、各試料中にみられるが、とくに 74091217については *Ericaceae* (シャクナゲ科)、と *Gramineae* (イネ科) など草本類の花粉が多産するという特長がある。このような環境は湿潤な高原のような場が想定できる。

下位から上位へ移行するにつれ、*Picea*, *Abies*, *Gramineae* 等の減少が目立ち次第に寒冷期より温暖期へ移行していった状況が示されているといえそうである。

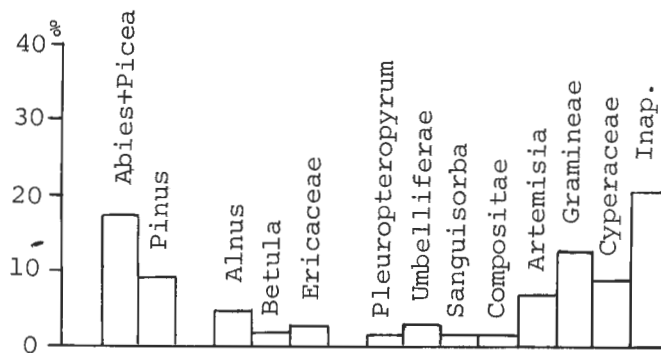
^{14}C 値は 74091214 において 16390 ± 420 で、この時期は一般的にウエルム氷期最盛期の末期に当たるが、それより新时期では *Picea* の減少など温冷期に向うと思われる植生が示されているので大体一致する



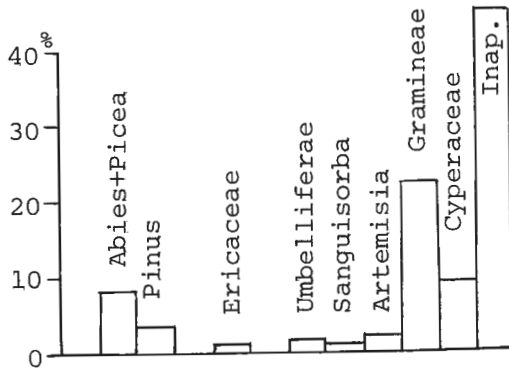
第12図 HK 74091217の花粉構成 (酸ヶ湯)



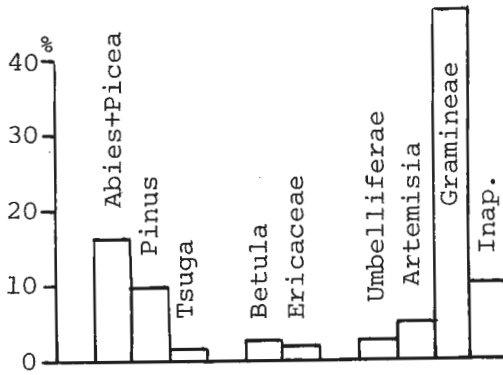
第13図 HK 74091216の花粉構成 (酸ヶ湯)



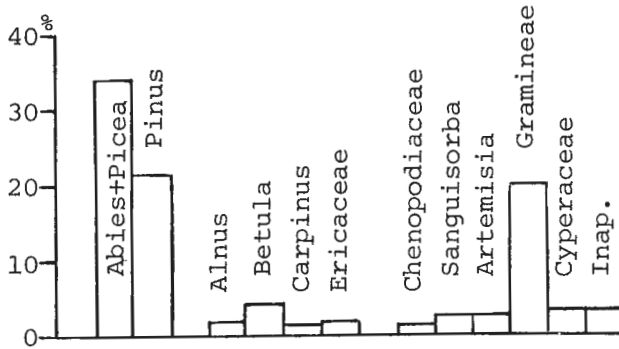
第14図 HK 74091215の花粉構成 (酸ヶ湯)



第15図 HK74091214の花粉構成 (酸ヶ湯)



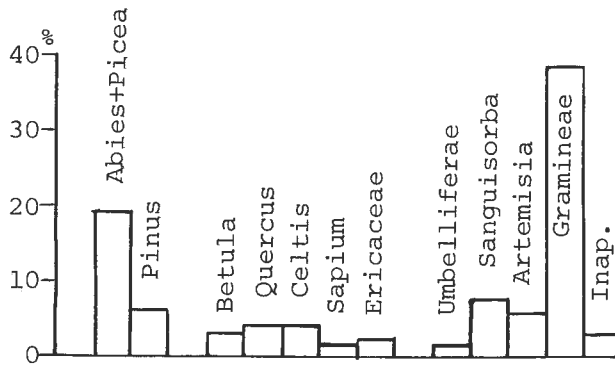
第16図 HK74091213の花粉構成 (酸ヶ湯)



第17図 HK74091212の花粉構成 (酸ヶ湯)

第4表 酸ヶ湯地域化石産出表

SAMPLE NUMBER GENUS NAME	HK74091211	HK74091212	HK74091213	HK74091214	HK74091215	HK74091216	HK74091217	HK74091218	HK74091219	HK74091220
	Abies	△	△	△	+	△	△	+	△	△
Picea	△	△	△	+	△	●	△	△	△	△
Ves. (Abies, picea type)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Pinus	△	△	△	+	△	△	△	+	△	△
Ves. (Pinus type)		+	+			+	+	+	+	+
Larix			+		+	+				
Tsuga diversifolia	+		+	+		+		+	+	
Myrica								+		+
Salix				+		+	+	+	+	+
Alnus		+		+	+	+	+	+	+	+
Betula	+	+	+		+	+	+	+	+	+
Carpinus	+	+	+		+	+			+	+
Corylus				+	+	+			+	+
Ulmus				+						
Quercus	+	+	+			+		+	+	+
Celtis	+	+	+		+	+		+		+
Rumex				+				+		+
Caryophyllaceae	+	+			+		+	+	+	+
Pleuropteropyrum					+					
Chenopodiaceae		+	+	+		+		+		+
Thalictrum							+			+
Corylopsis				+		+	+			+
Prunus					+					
Acer	+				+		+	+	+	
Ilex							+			
Sapium	+									
Leguminosae								+		
Ericaceae	+	+	+	+	+	+	△		+	+
Umbelliferae	+	+	+	+	+	+	△	△	+	△
Valeianaceae					+					+
Campanulaceae		+					+		+	
Menyanthes					+		+			
Sanguisorba	△	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Compositae	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Artemisia	△	+	△	+	△	+	△	+	△	+
Ostrya										+
Rhus										+
Paris										+
Cf. Ligustrum	+									
Cf. Mallotus		+								+
Cf. Myriophyllum			+							
Labiatae						+				+
Epilobium										+
Araria										+
Geraniaceae										+
Gramineae	●	△	●	●	△	+	●	△	+	+
Cyperaceae		+		△	△		+	+	+	+
Portulaca										+
SPORE										
Selaginellaceae		3			5				1	
Lycopodiaceae		2								
Polypodiaceae										1
Monolete spore				1	1	3		1	6	10
Trilete spore	7	1	4	1	1	10		25	6	4



第18図 HK74091211の花粉構成(酸ヶ湯)

といえよう。

3.2.2 大沼(秋田県鹿角市)

花粉分析を行った本地域の試料は下表のとおりである(高島ほか, 1978)。

試料番号	岩質	試料採取地点	花粉産出傾向
HN74091804	泥質頁岩	八幡平北部後生掛 (北緯39°48'10" 東経140°48'19")	a
HN74091213-2	泥質頁岩	八幡平北部後生掛 (北緯39°57'52" 東経140°47'15")	c
HN74091312-2	泥質頁岩	八幡平北部後生掛 (北緯39°57'52" 東経140°47'11")	a
HN74091331-2	泥質頁岩	八幡平北部後生掛 (北緯39°57'49" 東経140°47'17")	c
HN74091803	泥質頁岩	八幡平北部後生掛 (北緯39°48'10" 東経140°48'19")	a
HN74092502	泥質頁岩	八幡平北部蒸の湯 (北緯39°48'14" 東経140°49'20")	a
HN74082907	泥質シルト	焼山湯沼 (北緯39°57'51" 東経140°45'50")	c
HN74091807	泥質頁岩	八幡平北部大沼 (北緯39°48'38" 東経140°48'09")	a
HN740100316	泥質シルト	澄川温泉付近 (北緯39°59'11" 東経140°47'43")	r

試料の岩質がシルト・頁岩などであったので、分析法Aを用いた。全般的に化石はよく含まれており、よい成果がえられた。

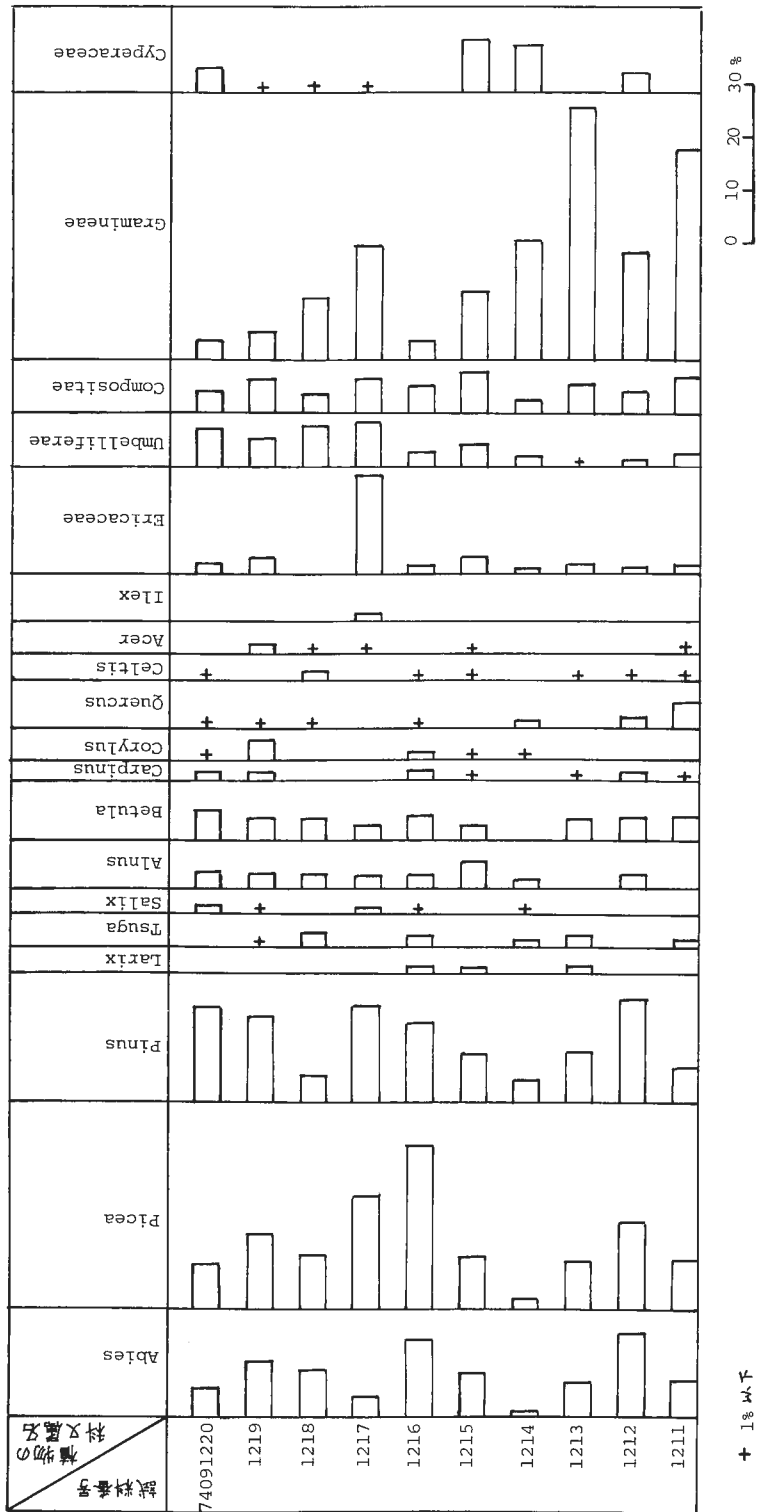
花粉分析結果の考察

上記9試料については分析当時相互の層位関係は不詳であった。その後これらについて¹⁴C分析が行われ、その結果に従って下位から上位へ考察を行う。

74091312-2は¹⁴C値 28420±1750である。

化石の変質が最も大きく、花粉群の構成内容を見ると *Alnus* が42%を占さ著しい。針葉樹としては *Abies*, *Picea*, *Pinus*, *Tsuga* 等が低率ではあるが現れる。草本類としては *Sanguisorba* (ワレモコウ属) が高率で、その他の植生からみても亜高山または高山帯の環境が推定される。

74091313-2は¹⁴C値 25190±1140を示す。



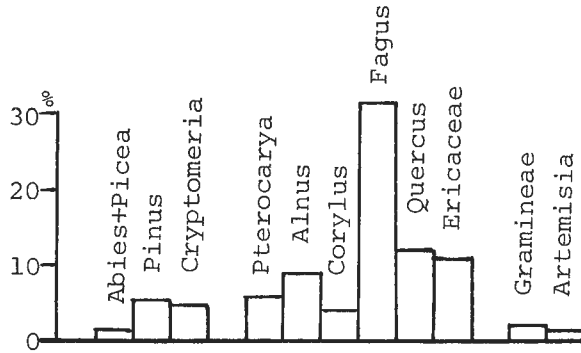
第19図 酸ヶ湯ヶ試料花粉図表

+ 1%以下

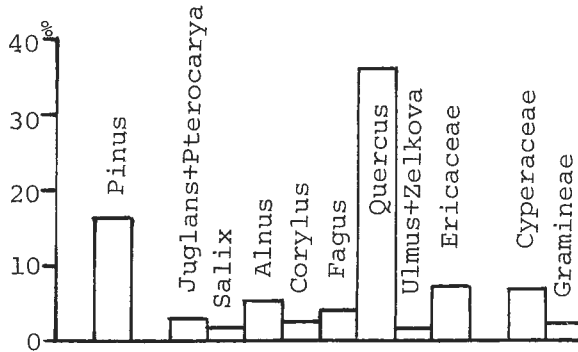
この試料では *Cryptomeria* (スギ属) が64.5%と高率で、ついで *Fagus* (ブナ属) が9.5%と顕著である。

740100316 は ^{14}C 値 9100 ± 200 を示す。この試料には化石が少なく *Alnus*, *Castanea* (クルミ属) が見られたのみである。

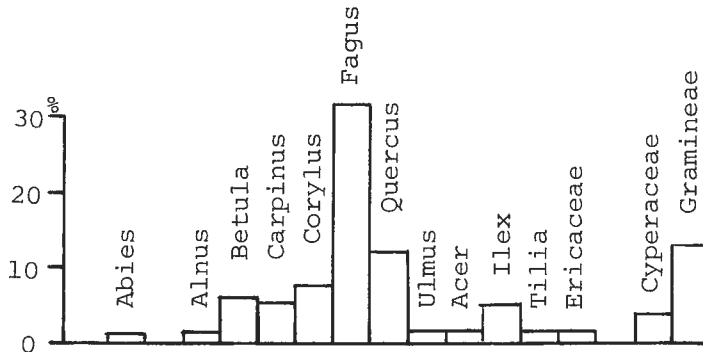
74091804, 74091803等においては広葉樹花粉の含有率は60%を示し、両者共広葉樹が優占し74091803は化石の変形がやや多い。



第20図 HN74082907の花粉構成 (大沼)



第21図 HN74091213-2の花粉構成 (大沼)

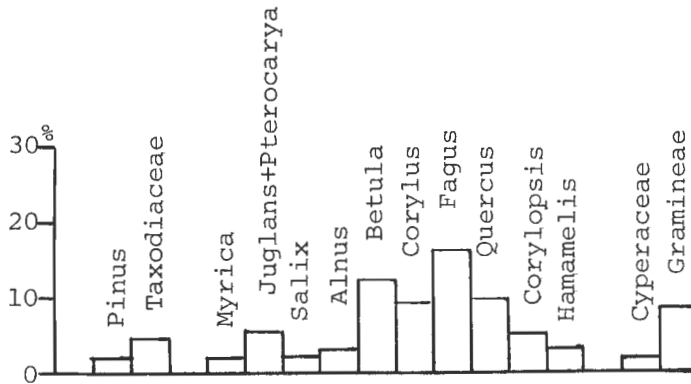


第22図 HN74091807の花粉構成 (大沼)

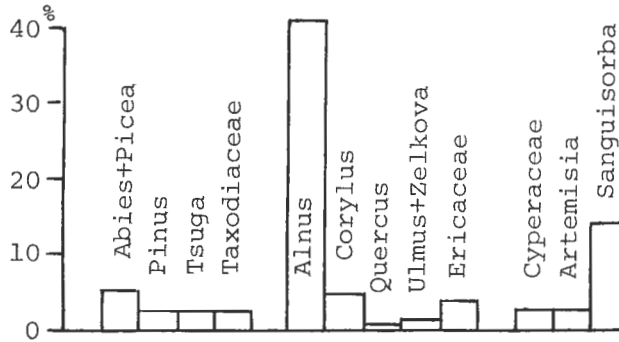
74091213-2 は ^{14}C 値 2520 ± 75 を示している。花粉群の内容は *Pinus*, *Quercus* などが著しく増加し、その他 *Juglans* (クルミ属), *Pterocarya* (サハグルミ属), *Alnus*, *Corylus* などがみられる。全般的に花粉の変形が著しい。74082907は ^{14}C 値 980 ± 100 を示している。

この試料の花粉構成の特長は *Fagus* の占める割合が著しく多いことである。この試料の古環境をブナ林と推定できる程著しいこれらの結果を年代的に配列してみると、下位より寒帯～亜寒帯～冷温と変化している。

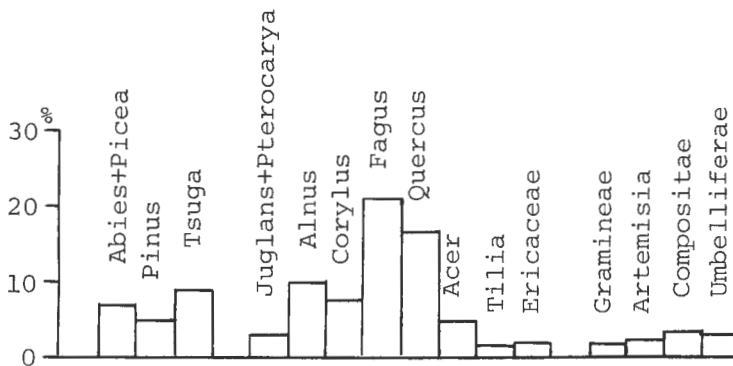
しかし 74091313 のみは *Cryptomeria* の多産により他のものとは異なる。また試料中最も新しいものにブナ、ナラ等現在の植生に近い花粉構成を示すものがある。



第23図 HN74092502の花粉構成 (大沼)



第24図 HN74091312-2の花粉構成 (大沼)



第25図 HN74091803の花粉構成 (大沼)

第5表 大沼地城化石産出表

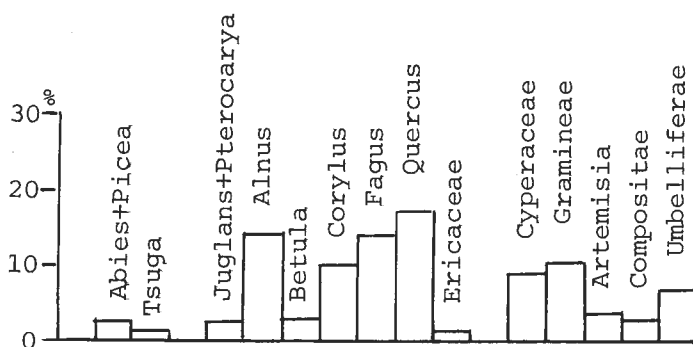
SAMPLE NUMBER		HN74091804	HN74091213-2	HN74091312-2	HN74091313-2	HN74091803	HN74092502	HN74082907	HN74091807	HN740100316*
GENUS NAME										
Abies		+		+		+	+	+	+	
Larix		+								
Picea		+			+	+				
Pinus			△	+	+	+	+	△	+	
Vcs. (Abies-Picea)		+	+	+		+		+		
Ves. (Pinus)			+			+				
Tsuga sieboldii		+		+		△	+			
Tsuga diversifolia		+		+		+			+	
Cryptomeria				+	○		+	+		
Taxodiaceae				+			+		+	
Podocarpus								+		
Sciadopitys			+	+		+				
Myrica			+				+	+	+	
Juglans		+	+			+	+	+	+	
Pterocarya		+	+			+	+	△	+	
Salix			+		+		+	+	+	1
Alnus	4 孔	+	+	△	+	+	+	+	+	
Alnus	5 孔	△	+	●	+	△	+	△	+	3
Alnus	6 孔	+		+		+	+			
Betula		+				+	△	+	△	
Carpinus						+			△	
Corylus		△	+	+		△	△	+	△	
Castanea		+			+	+				2
Castanopsis							+		+	
Fagus		△	+		△	●	△	●	●	2
Quercus (evergreen)		+			+	+	+		+	
Quercus (deciduous)		△	●	+		△	△	△	△	1
Aphananthe			+							
Celtis			+	+			+	+		
Ulmus		+		+		+	+		+	
Zelkova			+	+	+		+	+		
Cf. Nandina			+							
Corylopsis					+				+	
Hamamelis							+			1
Sapium		+					+		+	
Acer		+			+	+	+		+	
Aesculus					+		+	+		
Ilex		+					+	+	+	
Tilia		+		+			+		+	
Cf. Edgeworthia		+							+	
Ericaceae		+	△	+		+	+	△	+	
Osmanthus			+							
Sabiaceae					+					
Araliaceae						+	+	+		
Rhamnaceae									+	
Weigela							+			
Rhus								+		
Rumex							+	+		
Chenopodiaceae		+					+		+	
Cyperaceae		△		+			+	+	+	

第5表 (つづき)

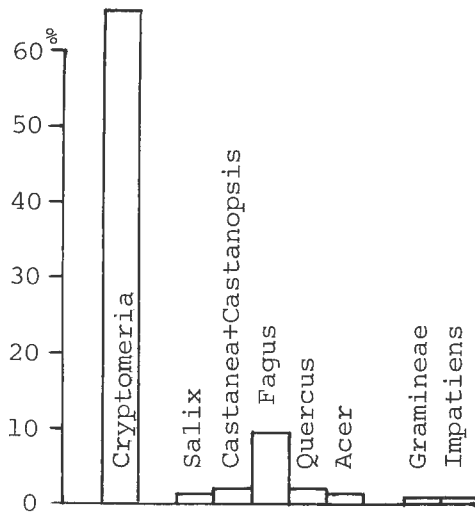
SAMPLE NUMBER	HN74091804	HN74091213-2	HN74091312-2	HN74091313-2	HN74091803	HN74092502	HN74082907	HN74091807	HN740100316
	GENUS NAME								
Gramineae	△	+	+	+	+	△	+	△	
Artemisia	+		+	+	+	+	+		
Compositae (Carduoideae)	+		+		+			+	
Compositae (Cichorioideae)	+								
Umbelliferae	△				+	+		+	
Thalictrum	+				+				
Adenophora	+							+	
Potamogeton	+								
Sparganium		+							
Sanguisorba				△			+		
Cf. Prunella				+					
Caryophyllaceae				+					
Cf. Commelina					+				
Impatiens					+				
Geranium					+				
Hymenophyllaceae						1		1	
Polypodiaceae	4		1		5	12		6	1
Lycopodiaceae	6		1		3	2			
Selaginellaceae	24		9		32				
Monolete spore	2		11			1			
Triletes pore			18		1	9		8	

胞子は数で示してある。

* 花粉産出量が少ないため産出数で示した。



第26図 HN74091804の花粉構成 (大沼)



第27図 HN74091313-2の花粉構成 (大沼)

3.2.3 川原毛 (秋田県湯沢市・雄勝郡)

本地域において花粉分析を行なったのは下表の通りである (地質調査所, 1974) (宇都宮大教養部, 阿久津純博士鑑定)。

	試料番号	試料採取地	産出傾向
1	KN73101703	小安女滝	a
2	KN73092503	石神山峠の南	a
3	KN73092901-1	蓬来高松 渋留沢	c
4	KN73100101	山葵沢	r
5	KN73092604-1	秋の宮 奥荒湯	c

分析法はAに準じた方法を用いている。

分析結果の考察

73101703では *Cryptomeria*, *Alnus*, *Quercus*, *Fagus* など多く含み, 現在の東北裏日本型の古気候が推定できる。 ^{14}C 値は 1200 ± 80 という。

73092503は花粉組成の内容は前記試料と類似する。73092901-1ではとくに *Fagus* が多く, *Fagus crenata* (ブナ) 林周辺の堆積物とも推定される。73100101は *Pinus*, *Cryptomeria*, *Fagus* が優勢であり, *Fagus* は60%をしめ, *Pinus* も高率である。

73092604-1では *Cryptomeria*, *Quercus*, *Fagus*, *Acer* (カエデ属), *Aesculus* (トチノキ属) が高率で出現することが特長的である。

3.2.4 片山・鳴子 (宮城県玉造郡)

本地域において花粉分析を行ったのは下表のものである (山田ほか, 1978)。

試料番号	採取地点	北緯	東経	岩質	花粉と胞子産出傾向
K S 74092534	宮城県鳴子町流沢	38°49'25"	140°43'28"	泥質岩	a
K S 74100102	同 県鳴子町荒湯地獄東方	38°48'55"	140°44'10"	同上	a
K S 74100903	同 県鳴子町濁沼北方	38°44'07"	140°43'36"	同上	a
K S 74100905	同 県鳴子町中山平蛇の湯北方	38°43'19"	140°40'59"	同上	a

第6表 川原毛地域化石産出表

GENUS NAME	SAMPLE NUMBER				
	K N73101703	K N73092503	K N73092901-1	K N73100101	K N73098604-1
Pinus	△	+	+	△	+
Cryptomeria	●	●	△	△	△
Myrica		+	+		
Juglans	+		+	+	+
Pterocarya		+		+	
Betula	+	+	+		+
Alnus	△	△	△	+	+
Corylus		△	+	+	
Castanea	+	+	+		
Quercus	△	△	△	+	△
Fagus	△	△	○	○	△
Zelkova		+			
Moraceae	+				
Hydrangea			+		
Rhus				+	+
Ilex	+	+	+		
Acer	+	+	+		△
Aesculus	+	+	+		●
Ericaceae	+	+	+		
Myrsinaceae	+				+
Fraxinus	+	+		+	+
Weigela					+
Caryophyllaceae	+				
Ranunculaceae			+		
Sapindaceae	+				+
Umbelliferae	+				+
Menyanthes				+	+
Compositae	+				
Artemisia	+	+	+		+
Gramineae	+	+	△	+	△
Cyperaceae	△	+	+	△	+
Liliaceae					++
Polypodiaceae	△	+	+	○	+
Osmundaceae	△	+	+	△	
Lycopodiaceae	+				
Selaginellaceae					+
Fungi spore	△	+	●	△	

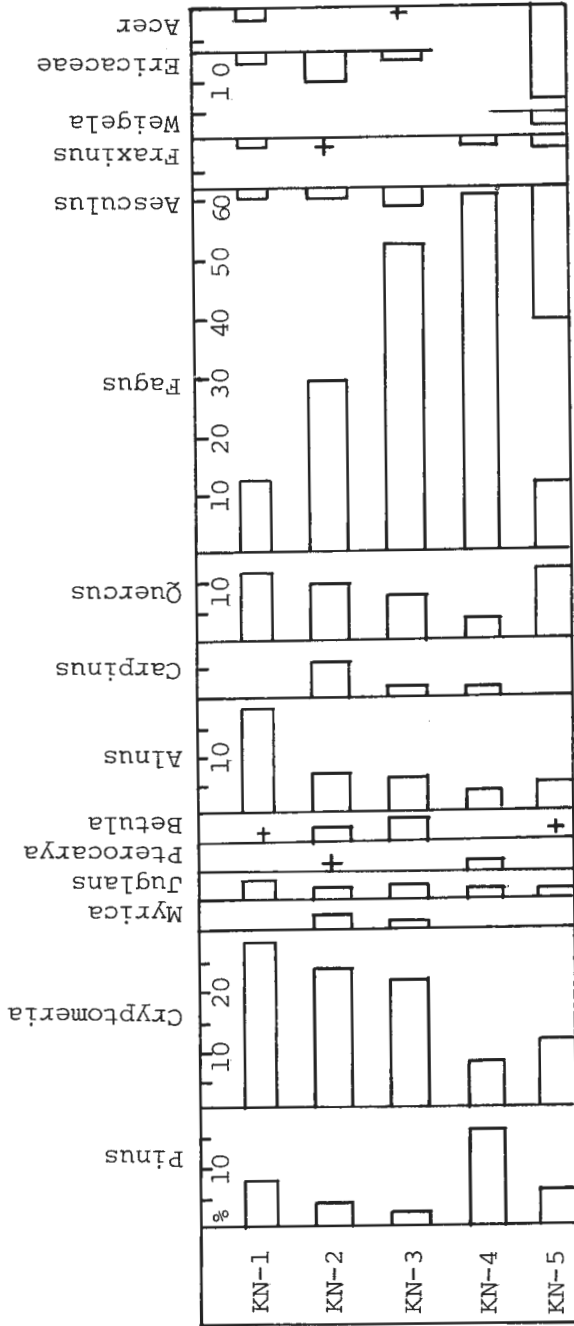
試料は主として泥岩類であったので、分析法Aを採用した。

花粉分析結果の考察

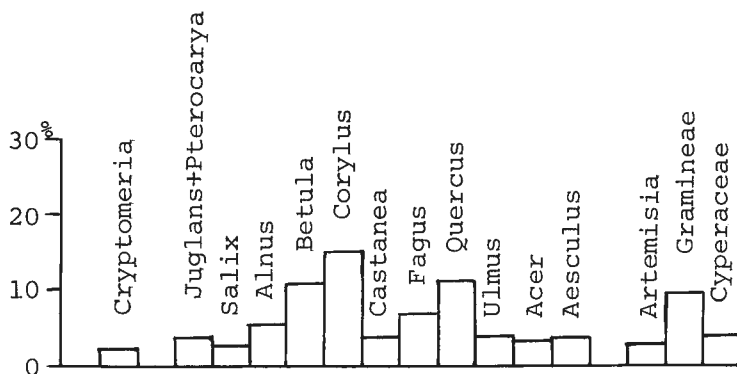
試料の花粉分析後、同一試料の¹⁴C値が示されたので、それに従って上下関係を整理した。最下位の74092534は、針葉樹花粉として、Adies 5%、Picea 1%、Tsuga 8%などを含むが、草本類の花粉も26%を含むので、草原的環境が推定できる。

74100102は3000年以上と測定されているが、同様にAbies、Picea、Tsugaその他の針葉樹類が65%もしめている。これに比較して広葉樹は少ない。草本類の中にSanguisorba、Thalictrum(カラマツソウ属)、Lysichiton?(ミズバショウ属)などの花粉があるので、高山帯に近い湿原環境が推定され周辺には常緑針葉樹林があり、亜寒帯程度の寒冷環境が示される。

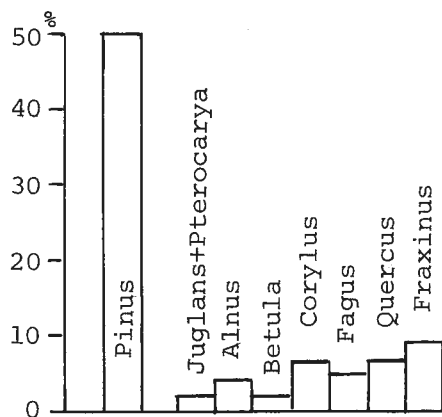
74100903は¹⁴Cの測定では2610±100という値がえられているが、花粉群の内容も著しく前2者とは



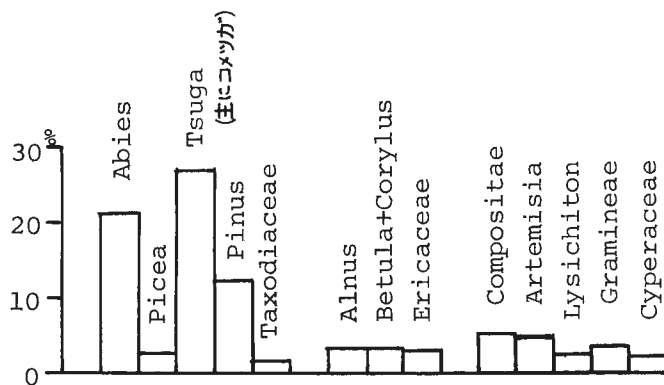
第28圖 川原毛試料花粉圖表



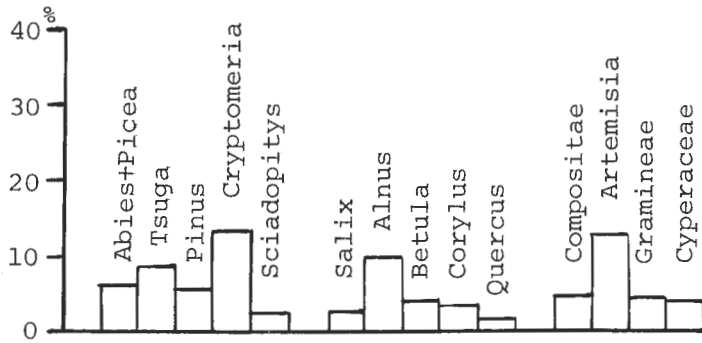
第29図 K S 74100905の花粉構成 (片山・鳴子)



第30図 K S 74100903の花粉構成 (片山・鳴子)



第31図 K S 74100102の花粉構成 (片山・鳴子)



第32図 K S 74092534の花粉構成 (片山・鳴子)

異なっている。最も優勢なのは Pinus (五葉型) で約51%に達し、この他に Larix, Cryptomeria が1%以下で出現し、広葉樹花粉も種類が多く、Alnus, Corylus (ハシバミ属), Fagus, Quercus, Fraxinus (トネリコ属) など各々5~9%を示し、その他をあわせ44%に達する。

74100905においては、とくに顕著な花粉はなく広葉樹花粉は多種となり、Corylus 15%をはじめ Quercus 9%, Betule 11%, Fagus 7%など74%に達する。草本類も16%なり現在の植生に近づいているといえよう。

3.2.5 肘折 (山形県最上郡)

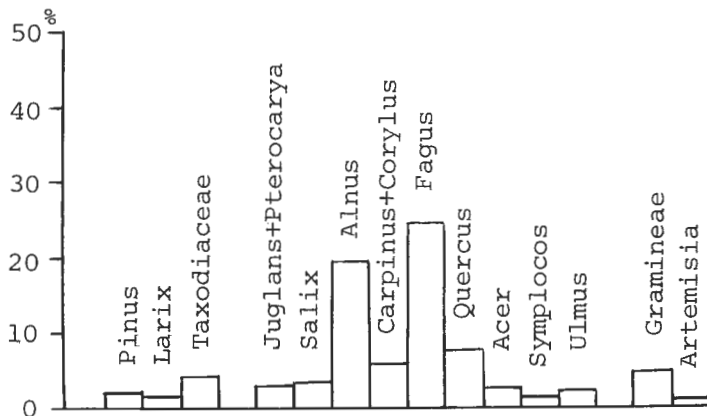
本地域において花粉分析を行ったのは次のとおりである (谷口ほか, 1978)。

サンプル番号	推定地質年代	採取地点	北緯	東経	岩質	花粉産出傾向
H J 74092702	10,000	山形県大蔵村金山イラワジ沢	38°36'01"	140°9'35"	凝灰質砂	n
H J 74091904	10,000	山形県大蔵村苦水川第1ダム付近	38°36'11"	140°9'20"	凝灰質シルト粘土	n
H J 74092002-1	10,000	山形県大蔵村苦水川上流シノ沢	38°36'13"	140°8'31"	腐植質粘土	c

n : 化石なし

試料は砂および粘土であったので、Cの方法を用いた。しかし凝灰質が多く、74092702, 7491904は化石をえることができなかった。

花粉分析結果の考察



第33図 H J 74092002-1の花粉構成 (肘折)

第7表 片山・鳴子地域化石産出表

SAMPLE NUMBER		K S 74092534	K S 74100102	K S 74100903	K S 74100905
GENUS NAME		K	K	K	K
Abies		+	△		
Picea		+	+		
Ves. (Abies-Picea type)		+	+		
Tsuga sieboldii		+	+		
Tsuga diversifolia		+	●		
Pinus (haploxylon)		△	△	○	+
Larix				+	
Taxodiaceae			+		+
Cryptomeria		△	+	+	+
Sciadopitys		+	+		
Juglans		+		+	+
Pterocarya			+	+	+
Salix		+	+	+	+
Alnus	4孔	+	+	+	+
A.	5孔	+	+	+	+
A.	6孔	+	+		
Betula		+	+	+	△
Corylus		+	+	△	△
Carpinus		+		+	+
Castanea		+		+	+
Fagus				+	△
Quercus (ever green)		+		+	+
Q. (deciduous)		+	+	△	△
Celtis					+
Ulmus		+		+	+
Zelkova				+	
Ericaceae		+	+	+	
Hamamelis		+			
Acer		+	+	+	+
Ilex				+	+
Araliaceae				+	
Fraxinus			+	△	
Aesculus					+
Weigela					+
Rhus					+
Tilia					+
Corylopsis					+
Sanguisorba			+		
Thalictrum			+		
Umbelliferae			+		
Caryophyllaceae			+		
Compositae		+	△	+	
Artemisia		△	+	+	+
Campanulaceae		+			
Haloragis		+			
Geranium			+		
Persicaria		+			
Lysichiton			+		
Gramineae		+	+	+	△
Cyperaceae		+	+	+	+
Spore					
Polypodiaceae		42	9		1
Hymenophyllaceae					1
Lycopodiaceae			1		
Trilete spore		3	8		1

74092002 に相当する ^{14}C の値はないが, 74092004 およびその他の試料の値が9000~10000年間にあるので, 大体沖積世初期と考えてもよいであろう。

針葉樹は合計7.9%, うち *Taxodiaceae* (スギ科) が最も多く4%である。広葉樹は *Fagus* 24.9%, *Alnus* 19.3%, *Quercus* 7.4% が目立つもので, その他で合計72.9%にも達する。

草本類花粉も少ないので, 花粉構成からは落葉広葉樹林の存在が推定され, 古気候は冷温と考えたい。ただブナの優占という点からみれば, 日本の後氷期花粉帯区分の R I から R II にわたる間に相当すると思われる。

第8表 肘折地域化石産出表

GENUS NAME	SAMPLE NUMBER	H J 74092002-1
Abies		+
Pinus		+
Pinus (haploxylon type)		+
Pinus (diploxylon type)		+
Larix		+
Taxodiaceae		+
Cryptomeria		+
Juglans		+
Pterocarya		+
Salix		+
Alnus		△
Corylus		+
Carpinus		+
Fagus		●
Quercus (evergreen)		+
Quercus (deciduous)		△
Ulmus		+
Celtis		+
Corylopsis		+
Acer		+
Ilex		+
Symplocos		+
Weigela		+
Sapium		+
Fraxinus		+
Umbelliferae		+
Artemisia		+
Gramineae		+
SPORE		
Polypodiaceae		5
Monolete spore		4
Trilete spore		1

3.2.6 姥湯（山形県米沢市）

本地域において花粉分析を行った試料は下表のようである（富樫ほか，1978）。

	試料番号	岩質	採取箇所	産出傾向
1	AN730923-03	黒色土	愛の沢の湖沼堆積物	c
2	AN730924-11	黒色炭質物	明道沢の湖沼堆積物	r
3	AN731019-03	黒褐色土植物組織多し	赤滝鉱山褐鉄鉱上の腐植土	a
4	AN731020-10	黒褐色炭質物植物組織多し	蟹ノ沢下流，火山泥流の上位の河床堆積物	a
5	AN731020-18	黒色炭質物	蟹ヶ沢の火山泥流	r
6	AN731021-11	黒褐色炭質土植物片多し	蟹ヶ沢上流の火山泥流中	r
7	AN731027-04	暗黄色土植物片多し	火の沢—自動車道出会い付近湖沼堆積物	c
8	AN731021-07	黒褐色炭質物木片混在	蟹ヶ沢上流褐鉄鉱上位のシルト岩	a

試料は主として炭質物であったので，Bの方法を用いた。

花粉分析結果と考察

8試料中4試料について， ^{14}C 分析値が明らかになったので，これに基づいて年代的に考察する。

731021-11は測定された試料のうち年代的に最も古い，花粉は検出されたものが少なく，その中でも針葉樹花粉は多く，*Picea*が存在するのでやや寒冷の環境を考えたい。 ^{14}C 値は 28990 ± 1840 なので，ウルム氷期最盛期に近い時期として花粉内容と一致する。

731027-04も針葉樹花粉が多く，*Picea*，*Abies*などがあり，*Pinus*は*P. densiflora*（アカマツ）に近似する。

730923-03は ^{14}C 値で 18470 ± 490 であるが，針葉樹は少なく，広葉樹が大半をしめている。

広葉樹中では*Betula*，*Corylus*，*Carpinus*など落葉樹が多い。

731021-07は ^{14}C 値 16650 ± 230 を示す。この試料の花粉構成は多くの花粉が産出する中で，31027-04と同じく針葉樹花粉27%を含んでいる。孢子化石の中に特長的なPteridaceae（ワラビ科）のものが見出される。

上記731021-11，731027-04，731021-07は寒冷環境を示す共通性が示されている。

3.2.7 野地（福島県福島市）

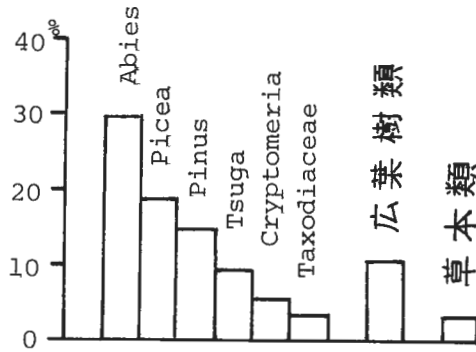
本地域において花粉分析を行った試料は下表のとおりである（富樫ほか，1978）。

試料番号	岩質	北緯 東経	地質時代	採取地点	花粉，孢子化石 産出傾向
TY74101051	炭植物木片入	37°44'46" 140°19'21"	第四紀	吾妻南部 高湯付近	rr
TY74101153	炭質物木片入	37°44'39" 140°18'9"	第四紀	吾妻南部不動沢 花月ホテル下の崖	c
TY74091501	腐植土	37°41'47" 140°20'6"	第四紀	吾妻南部塩の川 土湯発電所付近	r
TY74092703	炭質物	37°39'31" 140°17'51"	第四紀	吾妻南部 西鴉川林道沿い	r
TY74092752	シルト	37°39'18" 140°17'33"	第四紀	吾妻南部 西鴉川上流	rr

試料は炭質物を主とするも，鉱物質も混入していたので分析法Aを用いた。

花粉分析結果の考察

全般的に含有化石は少なかったが， ^{14}C 値と対照して古い方より考察すると次のとおりである。



第34図 T Y 74101153の花粉構成 (野地)

第9表 野地地域産出化石表

GENUS NAME	SAMPLE NUMBER				
	T Y 74101153	T Y 74092703	T Y 74091501	T Y 74092752	T Y 74101051
Abies	●		2		
Picea	△				
Pinus (haploxylon type)	△	4	1	1	
Ves (Abies, Picea type)	△				1
Ves (Pinus type)					
Larix		1		1	
Tsuga sieboldii	△		4		
T. diversifolia	×		3		
Cryptomeria	△		1		
Taxodiaceae	+				
Sciadopitys	+				
Pterocarya	++	4			
Alnus 4孔	+		2		
A. 5孔		5	1		
A. 7孔		1			
Betula		7			
Corylus	+	4			
Fagus		8			
Quercus (deciduous)	+	1	1		
Ulmus	+				
Tilia		2			
Cf. Euonymus			3		
Ericaceae	+				
Potamogeton			1		
Artemisia			8		
Compositae	+	1	3		
Cyperaceae		1	1		
Gramineae	+		3	1	
Thalictrum			2		
Polypodiaceae	1	15	2		
Lycopodiaceae	2	1			1
Monolete spore		2			
Trilete spore				1	
Concentricystes			1		

T Y 74101153以外は化石の数が少いので個体数で表示してある。

74101051 はほとんど化石なく、花粉ではわずかに *Pinus* 1 個のみ認められた。

74101153 には化石が多く含まれており、針葉樹花粉は約80%を示す。その内容は *Abies* 25%, *Picea* 15.6%, *Pinus* 14.7%, *Tsuga* (ツガ)5.5%, コメツガ3.7%, *Cryptomeria* 5.5%, *Taxodiaceae* 3.7%, *Sciadopitys* 0.9% 等となっている。

広葉樹では *Ulmus* (ニレ属), *Alnus*, *Corylus*, *Pterocarya* など各々数パーセントの割合で含まれている。

全般的にみると 74101153 は亜寒帯針葉樹が主となっており、寒い環境を示しており、この試料の¹⁴C年代が 23250±700 と示されウルム氷期最盛期とよく一致している。

3.2.8 草津白根・花敷 (群馬県吾妻郡)

本地域において花粉分析を行ったのは下表の試料である(上野ほか, 1978)。

試料番号	採取地点	北緯	東経	岩質	花粉産出傾向
S S 74093001	群馬県吾妻郡草津町芳ヶ平	36°39'3"	130°33'00"	腐植土	a

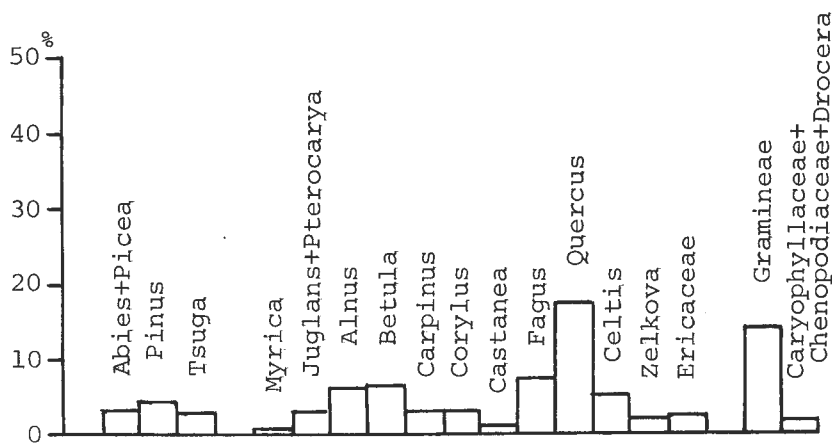
試料は腐植土が主な構成物であったが、鉱物質も混入していたので、分析法Aを用いた。

花粉分析結果の考察

74093003 の¹⁴C測定値は 1420±90 となっている。今回花粉分析した 74093001 との層位関係は未詳であるが、両者は層位上あまり隔りが無いものと推定している。

74093001 では、広葉樹花粉が全体の63%を示している。主なものは *Quercus*, *Betula*, *Alnus*, *Fagus* 等である。針葉樹は *Abies* と *Picea* 3%, *Pinus* 4.5%, *Tsuga* (コメツガ) 3% などで少ない。

また量は少ないが *Acer*, *Aquifoliaceae* (モチノキ科), *Tilia* (シナノキ属), *Aesculus* (トチノキ属), *Fraxinus* (トネリコ属) が含まれている。草本類の花粉もかなりある所から、湿地帯に高木の *Quercus*, *Betula*, *Alnus* などが生育し、低木の *Myrica* (ヤマモモ属), *Ericaceae* (シャクナゲ科) などが混在している環境が推定される。気候としては冷温を考えたい。



第35図 S S 74093001の花粉構成 (草津・花敷)

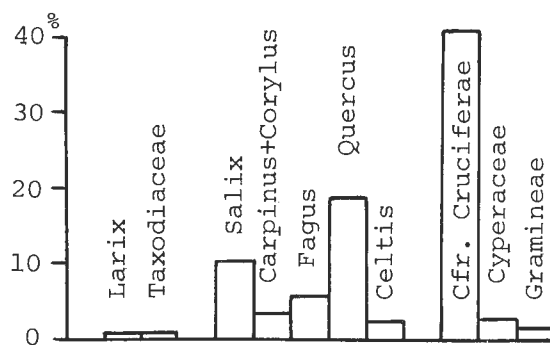
第10表 草津白根・花敷地域化石産出表

SAMPLE NUMBER	74093001
GENUS NAME	SS
Abies	+
Picea	+
Ves. (Abies, Picea type)	+
Pinus	+
Pinus (haploxylon type)	+
Larix	+
Tsuga diversifolia	+
Sciadopitys	+
Myrica	+
Juglans	+
Pterocarya	+
Alnus	△
Betula	△
Carpinus	+
Corylus	+
Castanea	+
Fagus	△
Quercus (evergreen)	+
Quercus (desiduous)	△
Celtis	△
Zelkova	+
Caryophyllaceae	+
Chenopodiaceae	+
Thalictrum	+
Acer	+
Ilex	+
Aesculus	+
Tilia	+
Ericaceae	+
Cf. Fraxinus	+
Cf. Distylium	+
Cf. Numdina	+
Drosera	+
Gramineae	△
SPORE	
Polypodiaceae	2
Lycopodiaceae	5
Hymenophyllaceae	1
Monolete spore	3

3.2.9 福地 (岐阜県吉城郡・長野県南安曇郡)

本地域において花粉分析を行った試料は次のようである(地質調査所, 1975).

試料番号	推定地質年代	採取地点	北緯	東経	岩質	花粉・孢子産出傾向
Y K 74091502	4,000年以上	岐阜県吉城郡上宝村平湯山伏の湯国道がけ	36°11'55"	137°32'41"	泥質粘土	c
Y K 74092906	同上	岐阜県吉城郡上宝村福地	36°13'46"	137°31'53"	同上	rr
Y K 74100403-A	同上	岐阜県吉城郡上宝村安房平	36°11'16"	137°33'43"	腐植質粘土	rr
Y K 74091922	同上	長野県南安曇郡安曇村中の湯	36°12'47"	137°35'14"	凝灰質シルト	rr



第36図 YK 74091502の花粉構成 (福地)

第11表 福地地域化石産出表

SAMPLE NUMBER	GENUS NAME			
	YK 74092906	YK 74100403-A	YK 74091502	YK 74091922
Abies			+	
Larix		3	+	
Ves. (Abis-Picea type)				2
V. (Pinus type)				1
Cryptomeria				1
Taxodiaceae	1		+	
Sciadopitys			+	
Pterocarya		1		
Salix			△	
Alnus 4孔				1
A. 5孔		1		1
A. 6孔		1		
Carpinus			+	1
Corylus		3	+	
Castanea		1	+	
Fagus			△	
Betula				2
Quercus (deciduous)		1	△	3
Celtis			+	2
Ulmus		1	+	
Magnolia			+	
Cf. Cruciferae		1	●	
Corylopsis		3		
Hamamelis			+	
Acer		3		
Araliaceae		2		
Potamogeton			+	
Gramineae			+	2
Cyperaceae		1	+	
Umbelliferae			+	
Compositae			+	
Lycopodiaceae	2	160		
Polypodiaceae	170	3		21
Trilete spore		1		

試料は粘土およびシルトを主体としたものであるので、分析法Aを採用した。

花粉分析結果の考察

この地域の試料について ^{14}C 値はあるが、いずれも花粉分析を行ったものとは異なるので、上記4試料の層位関係は不詳である。従って調査にもとづく層位関係に従い記述する。

74091922 の中の湯砂岩中のもは化石産出が少なく、僅かに *Abies*, *Picea*, *Cryptomeria* などがみられただけである。

74091502 は花粉化石がかなり入っており、内容を検討すると、針葉樹花粉では *Abies*, *Larix*, *Taxodiaceae*, *Sciadopitys* (カウヤマキ) などがあるが少なく、広葉樹花粉は総数の43%をしめている。とくに注目されるのは草本類の中で *Cruciferae* (アブラナ科) と思われる花粉が著しく多く、その他 *Potamogeton*, *Gramineae* (イネ科) など、草本類が47%をしめている。

このような花粉構成から古気候は温暖に近い冷温で、湿地的な環境を示しているのではなからうか。

3.2.10 伊東・熱川 (静岡県伊東市・賀茂郡)

本地域において花粉分析を行った試料は次のようである(地質調査所, 1975)。

試料番号	推定地質年代	採取地点	北緯	東緯	岩質	化石・花粉・胞子産出傾向
I N74102103	更新世	静岡県東伊豆町白田天城ハイランド	34°49'17"	139°0'19"	砂質シルト	r
I N74102109	同上	同県同町片瀬	34°49'44"	131°01'21"	岩質物含む腐植土	c
I N74102205	同上	同県伊東市十足	34°54'38"	139°04'59"	礫入腐植土	a

一般的に腐植質が多かったが、鉱物質も含まれていたので分析法Aを用いた。

花粉分析結果の考察

花粉分析後この地域からの木片試料について ^{14}C 測定が行われたが、分析した試料とは同一でなかったため、各試料間の相互関係も不明確である。従って個々の試料について内容を記述する。

74102103 においては *Pinus*, *Taxodiaceae*, *Cryptomeria* など針葉樹類は24%を示し、一方、広葉樹では *Alnus* 11%, *Corylus* 8%, *Castanopsis* 4% の他 *Quercus*, *Zelkova* (ケヤキ属), *Mallotus* (アカメガシハ属), *Carpinus* など多種であり計45%を示す。

草本類は *Compositae* (キク科) など20%含まれている。

広葉樹林と共に草原的な古環境が推定でき、気候も温暖から冷温程度であろう。

74102109 はほとんど樹木種の花粉のみが見出され、その中でも針葉樹は41%をしめる。

広葉樹は比較的種類が少なく常緑 *Quercus* 5%, 落葉 *Quercus* 20% など顕著であり、計25%を占める。この試料は凝灰角礫岩中のローム部分ということであり、74102205 も同様にローム層中のものである。

74102205 も前者と同様 *Cryptomeria* が最も多く、花粉構成はほぼ同じで岩相上も層序上も一致している。

3.2.11 河津・下賀茂 (静岡県賀茂郡)

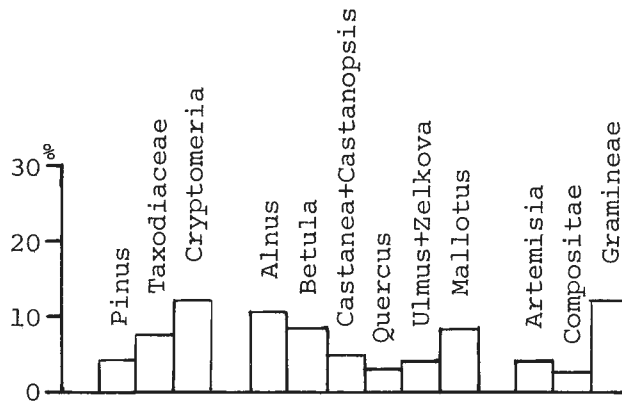
本地域において花粉分析を行った試料は、73N2701 と 73N2702 である(高島ほか, 1978) (東北大・竹内貞子氏分析)。

分析法としてはAに準じた方法が用いてある。

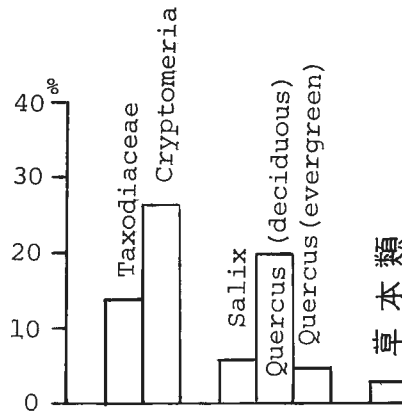
73N2702 からは花粉は検出されず、2701からは針葉樹として *Pinus*, *Cryptomeria* などあり、広葉樹としては *Alnus*, *Quercus*, *Castanopsis*, *Salix*, *Weigela* (タニウツギ属) などが認められた。

その他の花粉では *Leguminosae* (マメ科), *Gramineae* などが多い。

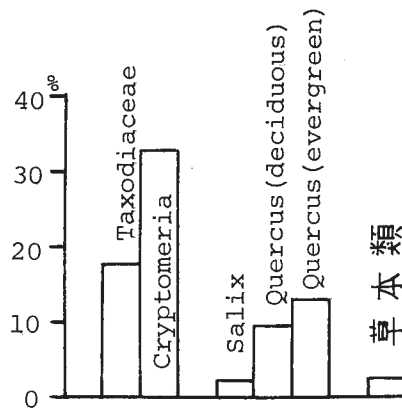
一般的には樹木花粉が少なく、花粉構成から見ると裸地に近い荒地というような環境が推定される。



第37図 I N74102109の花粉構成 (伊東・熱川)



第38図 I N74102109の花粉構成 (伊東・熱川)



第39図 I N74102205の花粉構成 (伊東・熱川)

第12表 伊東・熱川地域化石産出表

SAMPLE NUMBER	74102103	74102109	74102205
	I N	I N	I N
GENUS NAME			
Larix		+	+
Picea			+
Pinus (diploxylon type)	+		+
P. (haploxylon type)	+	+	
Taxodiaceae	△	△	△
Cryptomeria	△	●	●
Pterocarya		+	+
Salix		△	+
Alnus 4孔	+	+	
A. 5孔	△		
A. 6孔	+		
A. 7孔	+	+	
Carpinus	+	+	
Corylus	△	+	
Castanea	+		
Castanopsis	+		
Fagus	+		
Quercus (evergreen)	+	+	△
Q. (deciduous)	+	△	△
Celtis		+	
Ulmus	+	+	
Zelkova	+		+
Moraceae	+		
Corylopsis	+		
Mallotus	△		
Celastraceae		+	
Artemisia	+	+	+
Compositae (Carduoideae)	+		+
C. (Cichorioideae)	+		
Cyperaceae	+	+	
Gramineae	△	+	+
Chropodiaceae			+
Polypodiaceae	1	25	
Ophioglossaceae		2	
Monolete spore		10	
Trilete spore	1	4	

3.3 九州地域

3.3.1 湯の谷（熊本市・阿蘇郡）

本地域において花粉分析を行った試料は下表のとおりである（地質調査所，1975）。

試料番号	推定地質年代	採取地点	北緯	東経	岩質	花粉・孢子・化石産出傾向
A S 74101705	第四紀	熊本県阿蘇郡長陽村 地獄温泉	32°51'24"	131°02'25"	泥質	rr

試料の岩質が泥質であったので、分析法はA法を用いた。

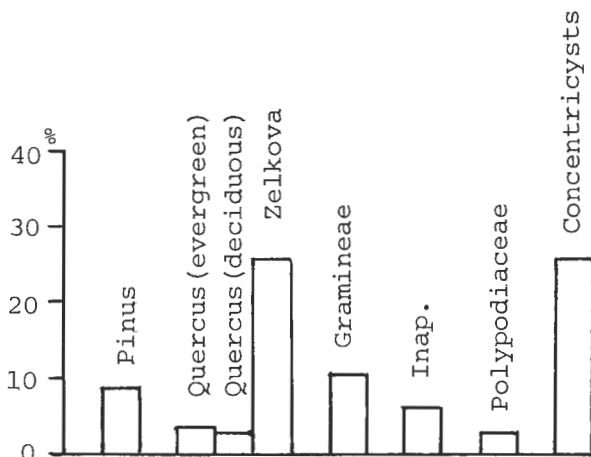
花粉分析結果の考察

試料中の花粉化石は比較的少なかったが、中でも最も多いのは広葉樹で、Zelkova 26%をはじめ Quercus, Salix など34%, 針葉樹は12%にすぎなかった。

この試料に特長的なことは、粒の表面に同心円状の彫刻のある Concentricystesが多数含まれており、総数の26%にも達し、この地層が淡水成層であることを示している。

^{14}C 分析値もあり 970 ± 70 であるが、これは花粉分析した試料とは異なったものである。

一般的に温暖環境の存在が推定され、淡水の湿潤な環境が考えられる。



第40図 A S 74101705の花粉構成 (湯の谷)

第13表 湯の谷地城化石産出表

GENUS NAME	SAMPLE NUMBER	A S 74101705
Ves. (Abies & Picea)		+
Pinus (diploxyton)		△
Cryptomeria		+
Salix		+
Quercus (evergreen)		+
Quercus (deciduous)		+
Zelkova		●
Compositae		+
Artemisia		+
Chenopodiaceae		+
Gramineae		△
Polypodiaceae		+
Concentricystes		●

3.2.2 手洗（鹿児島県始良郡）

本地域において花粉分析を行った試料は下表のとおりである（地質調査所，1975）。

試料番号	地質年代 (推定)	採取地点	北緯	東経	岩質	花粉・孢子・ 化石産出傾向
K R 74101005	洪積世	鹿児島県西霧島牧園，手洗	31°54'36"	130°48'50"	腐植質シルト	a
K R 74101105	同上	同上	31°54'51"	130°49'18"	凝灰質シルト	a

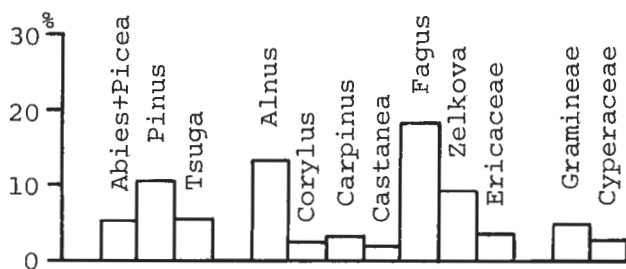
試料はシルト質であったので，分析法Aを用いた。

花粉分析結果の考察

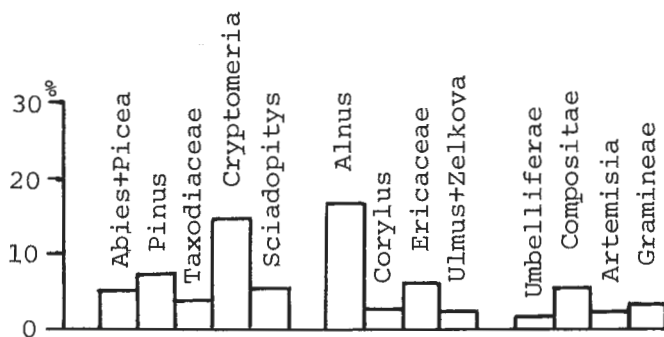
2試料相互の層位関係は不明であるが，試料採取地点が近接し，共に湖成堆積物であるので，ほぼ同層位と考えてもよいであろう。

^{14}C 値も両試料のものではないが，74101106 が 28570 ± 1370 と示され，その他のものも20000年台であるので，湖成層は洪積世のものであることが裏付けされている。

74101005 では広葉樹花粉が顕著であり，*Alnus* 13.6%，*Fagus* 18.4%，*Zelkova* 9.2%などがある。



第41図 KR 74101005の花粉構成（手洗）



第42図 KR 74101105の花粉構成（手洗）

針葉樹においては *Pinus* (haploxyton 型) は 10.3% であり，*Abies* または *Picea* は 5.2% にすぎない，やや冷温環境といえよう。

74101105 は，前者に比べて花粉群の内容が多彩となっている．内容的には針葉樹が広葉樹よりも多く，*Cryptomeria* 14.6%，*Pinus* 7.1%，広葉樹では *Alnus* 16.2%，その他 *Ericaceae* (シャクナゲ科)，*Corylus*，*Ulmus*，*Zelkova* などがある。

とくに草本類として *Compositae* 5.3%，*Gramineae* 3.2%，*Artemisia* (ヨモギ属) 2.1%，*Umbelli-*

ferac (セリ科) 1.8%などを含む。

その他羊歯類の胞子を考えあわせ、湿潤温帯的な古環境を推定する。

第14表 手洗地域化石産出表

SAMPLE NUMBER GENUS NAME	K-R74101005	K-R74101105
	Abies	+
Picea	+	+
Ves. (Abies-Picea. type)	+	+
Pinus	△	△
Larix	+	
Tsuga sieboldii	+	+
Tsuga diversifolia	+	+
Taxodiaceae	+	+
Cryptomeria	+	△
Sciadopitys		+
Juglans		+
Pterocarya	+	+
Alnus 4孔	+	+
A. 5孔	△	△
A. 6孔	+	+
Corylus	+	+
Carpinus	+	+
Betula	+	+
Castanea	+	
Fagus	△	
Quercus (ever green)	+	
Q. (deciduous)	+	+
Zelkva	△	+
Ulmus	+	+
Ericaceae	+	△
Moraceae		+
Symplocos	+	
Ilex	+	+
Acer	+	
Tilia	+	
Lonicera		+
Weigela		+
Hamamelis		+
Caryophyllaceae	+	
Umbelliferae		+
Compositae		△
Artemisia	+	+
Valerianaceae		+
Cf. Potamogeton		+
Gramineae	+	+
Cyperaceae	+	+
Commelianaceae		+
Eriocaulon		+
SPORE		
Polypodiaceae	7	9
Lycopodiaceae		1
Hymenophyllaceae		1
Concentricystes		1

3.3.3 指宿（鹿児島県指宿市・揖宿郡）

本地域において花粉分析を行った試料は下記のとおりである（神谷ほか，1978）。

	試料番号	岩質	産出傾向
1	ST73111205	砂まじり黒色土壌	c
2	ST73111608	砂まじり茶褐色土	rr
3	ST73112405	砂まじり灰褐色土	rr
4	ST73120101	砂まじり浮石質土	rr

試料はほとんど砂まじりであったので，分析法はAを採用した。

花粉分析結果の考察

3試料のうち，花粉群として記載できるほどの数の化石の入っているのは73111205のみであった。内容としては *Abies*, *Picea* などの針葉樹類が5%，*Alnus*, *Quercus*, *Zelkova*などの広葉樹類が18%，それらに比較して多いのは草本類で *Compositae*, *Ottelia*?（*ミズオホバコ*属）など単子葉類が若干ある。

またこの試料には菌類の孢子が48%含まれているのが特長的である。内容的にも古環境的には現在の気候と大差ないものとする。

第15表 指宿地域化石産出表

	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
<i>Abies</i>	+			+
<i>Pinus</i>	+		+	
Fagaceae			+	
<i>Alnus</i>	+			
<i>Quercus</i> (evergreen & deciduous)	●	+		
<i>Castanea</i>	+			
<i>Zelkova</i>	+			
<i>Hamamelis</i>	+			
Aquifoliaceae	+			
<i>Compositae</i>	+			
<i>Nymphaeaceae</i>	+			
<i>Ottelia</i> ?	+			
<i>Lygodium</i>	+			
Polypodiaceae				
Trilete spore	+			
Monolete spore	+			
Monoporisporites	+			
Inapertisporites	○			
Dyadosporites	+			
Multiporisporites	+			

4. 花粉分析による古環境の総括

前記18箇所における80個の試料を花粉分析し，それぞれの地域において，各層位における古植生あるいは古環境の内容を明らかにした。

しかし，各地域ごとに数個の試料では花粉層位的にも，また古気候を論ずるにも資料不足である。

その後これら試料のうち約3分の1は¹⁴Cによる年代測定が行われた。従ってその時代的新旧も明らかになり，さらに同時代の試料の花粉学的内容を比較すると種々の点が明らかになった。

第16表 時代別古植生変化図

指	宿	手	洗	伊豆・熱川	福地	地	野	地	姥	湯	肘	折	時代
コナラハハノキ ケヤキ(T)							コナラハハノキ 草津白根・花敷 キ(C.T)						R _{mb}
(不明)					(不明)								R _{ma}
(不明)								(不明)					R _{II}
													R _I
									針葉樹(C)			ブナハハノキ スギ科(C.T)	L
									針葉樹(C.T) カバノキハハシ バミ				最盛期 ウエルム
								モミトウヒ マツツガ (不明)					主期 ウエルム
									針葉樹トウヒ				間期 ウエルム
													トワイ ゲル 期

C:寒 CT:冷温 T:温

第16表は ^{14}C 値に従って一部の試料の花粉群の構成を配列したもので、最も多い属から数属を示してあり、いわば試料中の花粉の優占属である。

地熱地帯において花粉分析した試料は、約 30000年以後のものに大半属しているの、その間における花粉構成を年代的に比較する。

30000年前後における試料では、濁川・鹿部・大船ではカラマツ属・トウヒ属(エゾマツ・トドマツと推定)、モミ属等が優占し、東北地方鳴子・片山においてもモミ属・ツガ(コメツガ)・マツ属・トウヒ属などが優占し、明らかに寒冷気候を示している。

しかし、九州の手洗試料においては、この時代でもブナ・ハンノキ・ツガなどがみられ、北海道とは著しく構成をこととしている。

1.5~3万年の間における諸試料では、東北地方酸ヶ湯試料以北におけるものは、カラマツ・トウヒ・モミ・ツガなどが優占しているが、大沼試料のみはスギ・ブナ・ヤナギなど特長ある構成を示している。

1.5万年以降については、すでにLおよびRI~RⅢbという花粉帯による区分が立てられている。

それに従い花粉構成の内容と比較してみると、1万年前後で北海道北湯沢・東北地方大沼にブナが顕著にみられるようになる。

さらに4000年以降になるとコナラ属・ハンノキ属・カバノキ属など広葉樹の増加著しく、これに加えて、東北地方川原毛におけるようにスギ属、片山・鳴子におけるようにマツ属などが顕著である。

各時代別にみると、九州および北海道両地間における花粉構成は若干こととなり、現在みられる気候差とおなじように、3万年前後よりすでにその差が明らかである。

以上の試料により、3万年より以降のいわゆる晩氷期から後氷期にかけての植生の変化・古環境の変化が明らかになっている。

文 献

地質調査所 (1974) 全国地熱基礎調査報告書, no. 2「栗駒北部」, 104 p.

——— (1975) 同 上, no. 15「焼岳」, 170 p.

——— (1975) 同 上, no. 16「伊豆北部」, 228 p.

——— (1975) 同 上, no. 19「阿蘇」, 115 p.

——— (1975) 同 上, no. 20「霧島」, 225 p.

第四紀研究グループ (1973) 日本におけるウルム氷期の植生の変遷と気候変動(予報). 第四紀研究, vol. 12, no. 4, p. 161-125.

五十嵐昭明・古川雄也・菅原一安・西村 進・岡部賢二 (1978) 北海道札幌市豊羽地熱地域の熱水変質帯. 地調報告, no. 259, p. 9-42.

———・佐藤 浩・井手俊夫・西村 進・角 清愛 (1978) 北海道茅部郡濁川地熱地域の熱水変質帯. 地調報告, no. 259, p. 85-180.

———・石田正夫・岡村信行・青木謙治・山口昇一・西村 進 (1978) 北海道茅部郡鹿部大船地熱地域の熱水変質帯. 地調報告, no. 259, p. 181-238.

神谷雅晴・中川 進・西村 進・角 清愛 (1978) 鹿児島県指宿市・揖宿郡指宿地熱地域の熱水変質帯. 地調報告, no. 259, p. 537-578.

三浦 修 他 (1975) 八甲田山地における第四紀堆積物の花粉分析生態学研究, vol. 18, no. 2.

湊 正雄・井尻正二 (1966) 日本列島. 岩波新書, no. 589, p. 1-221.

新潟花粉グループ (1971) 妙高火山山麓の麻生田泥炭層の花粉分析, 地球科学, vol. 25, no. 5, p. 191-200.

岡崎由夫・佐藤博之 (1965) 秋田県十和田カルデラ付近における上部洪積層の花粉分析と年代. 第四紀研究, vol. 4, no. 3-4, p. 161-171.

- 佐藤博之・中川 進・桑畑和則・山田敬一・徳永重元 (1978) 青森県青森市酸ヶ湯地熱地域の熱水変質帯. 地調報告, no. 259, p. 239-280.
- 高島 勲・淵本 決・窪田康宏・林 育浩・西村 進 (1978) 秋田県鹿角市大沼地熱地域の熱水変質帯. 地調報告, no. 259, p. 281-310.
- 茂木 陸・西村 進 (1978) 静岡県賀茂郡河津・下賀茂地熱地域の熱水変質帯・地調報告, no. 259, p. 517-536.
- 竹内貞子 (1976) Palynological studies on the Zao lake deposits of Togatta, Miyagi prefecture. 齊藤報恩会研究報告, no. 44, p. 23-28.
- (1970) 青森県上北地域および秋田県米代川流域の上部洪積層の花粉分析. 地質学雑誌, vol. 76, no. 3, p. 151-158.
- 谷口政碩・巻田 公・河合芳樹 (1978) 山形県最上郡肘折地熱地域の熱水変質帯. 地調報告, no. 259, p. 377-414.
- 富樫幸雄・窪田康弘・山田營三・西村 進 (1978) 山形県米沢市姥湯地熱地域とその周辺における熱水変質帯. 地調報告, no. 256, p. 415-436.
- 鷹齋守彦・千葉義明・西村 進・鈴木敬治 (1978) 福島市野地地熱地域の第四系層序と熱水変質帯. 地調報告, no. 259, p. 437-466.
- 塚田松雄 (1967) 過去一万二千年間: 日本の植生変遷史 I. *Bot. Mag. Tokyo.*, no. 8, p. 323-336.
- (1967) Vegetation and climate around 10,000 B.P. in Central Japan. *Amer. Jour. Sci.* vol. 265, no. 7, p. 562-585.
- (1974) 古生態学Ⅱ (生態学講座15). 共立出版, p. 1-231.
- 上野三義・間遠治孝・金原啓司・西村 進 (1978) 群馬県吾妻郡草津白根・花敷地熱地域の熱水変質帯. 地調報告, no. 259, p. 467-516.
- 山田營三・岡田 博・西村 進・谷口政碩・名取博夫 (1978) 宮城県玉造郡片山・鳴子地熱地域の熱水変質帯. 地調報告, no. 259, p. 341-376.
- 山口昇一・五十嵐昭明・千葉義明・齊藤清次・西村 進 (1978) 北海道有珠郡北湯沢地熱地域の熱水変質帯. 地調報告, no. 259, p. 43-84.
- 山中三男 (1963) 南八甲田山二, 三湿原の花粉学的研究. 日本生態学会報, vol. 13, no. 2, p. 248-251.
- 安田喜憲 (1973) 東北地方における後氷期後半の気候変化. 地理学詳論, vol. 46, p. 107-115.

Pollen Analyses in Geothermal Fields in Japan (part 1)

TORU ONOUE, Shigemoto TOKUNAGA
Hideaki OSHIMA and YOSHINAGA ITO

Abstract

This report deals with the results of pollen analyses of samples from the geothermal fields throughout Japan.

Eighty samples from 18 localities are analysed. These samples range in age mostly from Pleistocene to Holocene and the pollen assemblages show a regional difference.

The conifers of around 30,000 years ago, such as *Larix*, *Abies* and *Picea* indicating a cool or cold climate, are found in Hokkaido. *Abies* and *Pinus* of the same age are found dominantly in mountain areas of the Tohoku district Honshu.

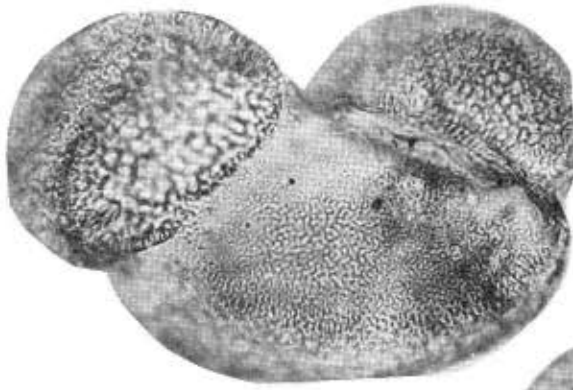
Cryptomeria, *Fagus* and *Salix* of 15,000 to 30,000 years ago are found in southern areas in Honshu. The palynological division in this study corresponds to the standard division after the ice age, established by J. Nakamura and M. Tsukada. But there are a little difference in pollen diagrams in Kyushu.

These results of pollen analyses are available for establishment of the Quaternary stratigraphy in the geothermal fields as well.

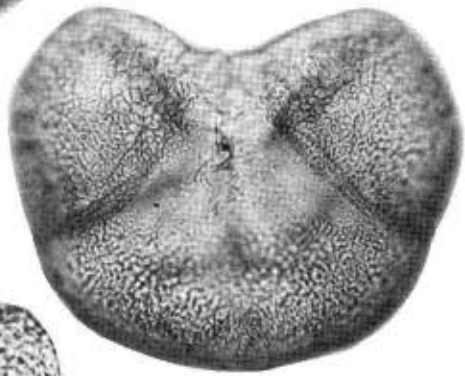
(受付：1977年12月1日；受理：1977年12月6日)

图版38

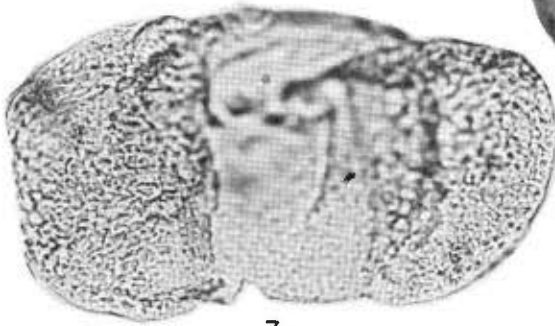
1. *Abies*
- 2, 3. *Picea*
4. *Pinus*
5. *Tsuga diversifolia*
6. *Cryptomeria*



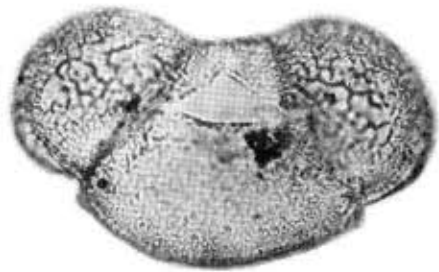
1



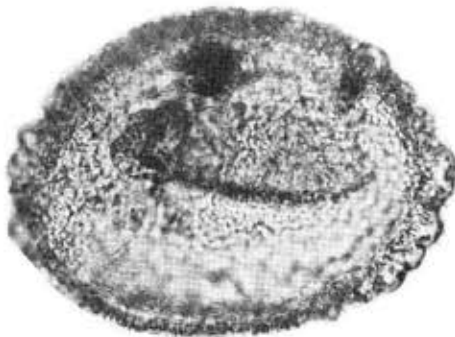
2



3



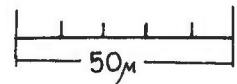
4



5

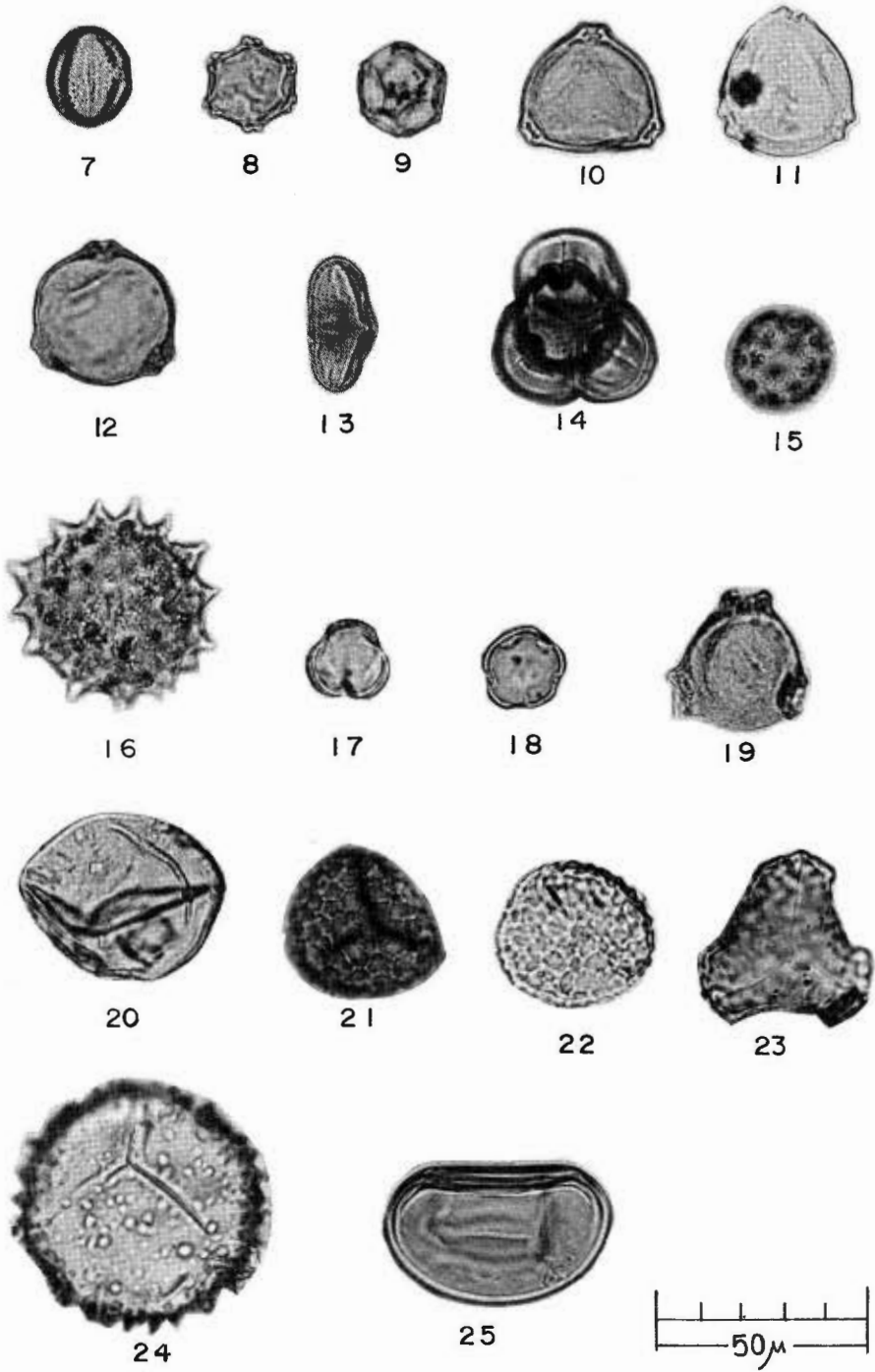


6



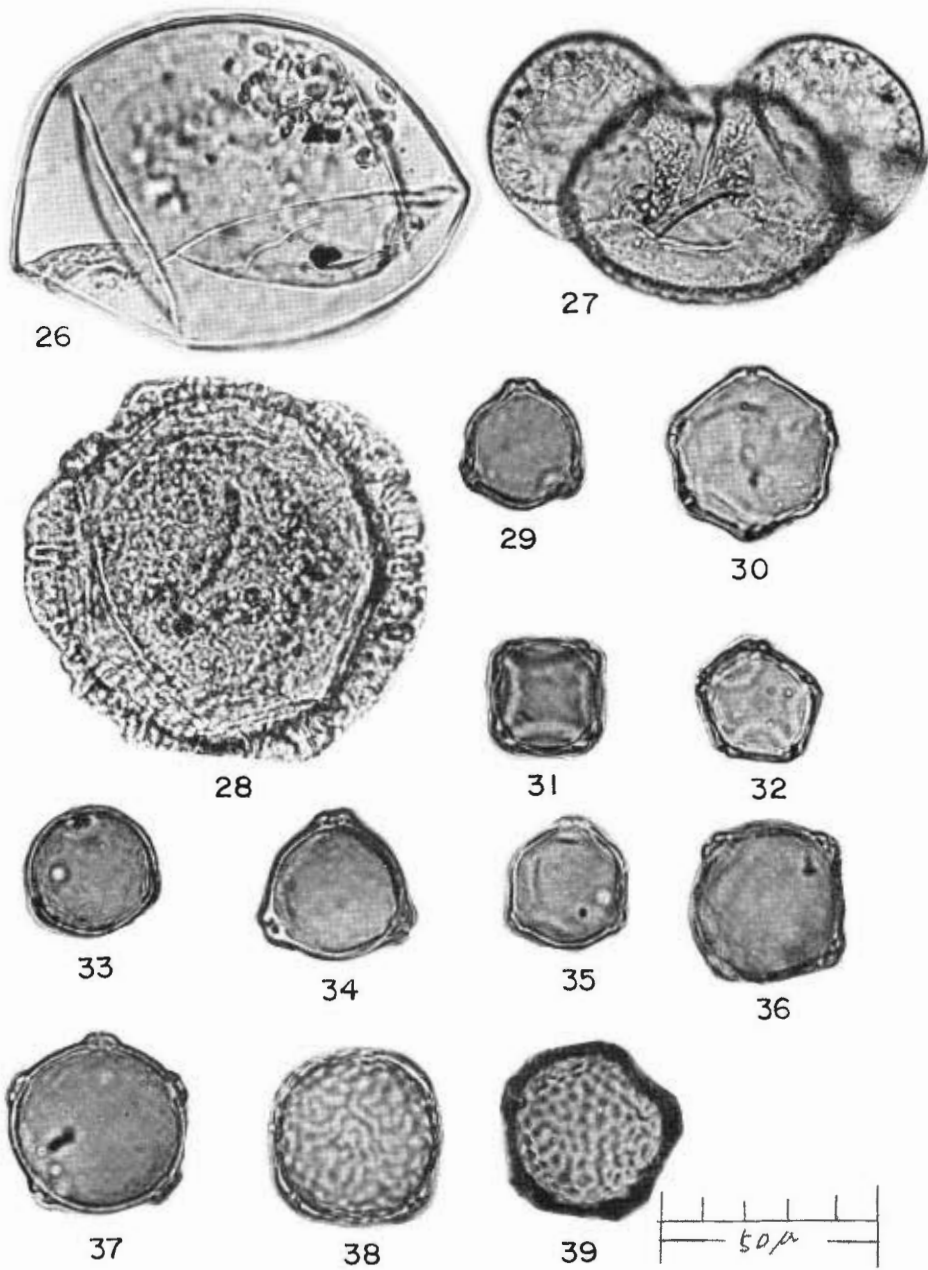
図版39

7. *Salix*
- 8, 9. *Alnus*
10. *Betula*
11. *Corylus*
12. *Carpinus*
13. Umbelliferae
14. Ericaceae
15. *Chenopodium*
16. Compositae
17. *Artemisia*
18. *Thalictrum*
19. *Circaea*
20. Gramineae
- 21~23. Lycopodiaceae
24. Hymenophyllaceae
25. Monolete spore



図版40

26. *Larix*
27. *Pinus*
28. *Tsuga diversifolia*
29. *Myrica*
30. *Pterocarya*
- 31, 32. *Alnus*
33. *Celtis*
34. *Betula*
35. *Corylus*
- 36, 37. *Carpinus*
- 38, 39. *Zelkova*



图版41

40. *Fagus*
- 41, 42. *Quercus*
43. *Castanea*
44. *Acer*
45. *Ilex*
46. *Ericaceae*
47. *Artemisia*
48. *Drosera*
- 49, 50. *Gramineae*
51. *Inaperturopollenites*
52. *Lycopodiaceae*



40



41



42



43



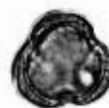
44



45



46



47



48



49



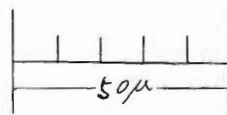
50



51



52



補遺 1. 全国地熱基礎調査変質帯調査仕様書（抄）

1. 目 的

本仕様書は昭和48年度から50年度にかけて工業技術院地質調査所が実施する全国地熱基礎調査のうちの変質帯調査に関し仕様を定めるもので、調査の目的は地熱変質帯・第四紀層の調査、試料の採取・分析を行い、地熱の探査・評価のための基礎資料を得ることにある。

2. 調 査 の 内 容

調査項目の調査内容について述べる。各項目の記述の中の細部については、日本地熱調査会刊「地熱調査ハンドブック」地熱別冊 no. 6, 236p.（以下単に「ハンドブック」という）の該当ページを参照し、その基準を順守する。

① 10,000分の1空中写真予察

既存の空中写真を用いて、「ハンドブック」p. 165-166 に述べられている予察を行う。空中写真への記入は朱墨汁またはダーマトグラフを使用し、色鉛筆は使用しない。

② 10,000分の1変質帯分布図作成

「ハンドブック」p. 166-167に述べられている調査を行う。

③ 1,000分の1変質帯分布図作成

クリノメーターおよび歩測（または間縄）によってルートマップを作成し、②の作業を行う。

④ 変質帯模式露頭記載

スケッチおよび写真（カラー）をもとに記載する。

⑤ 1,000分の1温泉沈殿物分布図作成

珪華、石灰華、硫黄、褐鉄鉱、鉄明ばん石、マンガンなどの鉱層について、③に準ずる作業を行う。

⑥ 20分の1温泉沈殿物柱状図作成

写真（カラー）を添付する。

⑦ 変質帯および温泉沈殿物の層序関係を示す模式露頭記載

湖沼堆積物、河床堆積物、崩積層、火山灰層、腐蝕土層などの第四系と変質帯・温泉沈殿物との層序関係について「ハンドブック」p. 167-168に定められた調査を行う。写真（カラー）を添付する。

⑧ 第四系地質柱状図作成

第四系の模式地において柱状図を作成する。写真（カラー）を添付する。柱状図の縮尺は原則として100分の1とし、必要に応じ縮尺を変更する。

⑨ ^{14}C 測年用サンプル採取

上記⑥、⑦および⑧の地点から炭質物を採取する。採取要領は「ハンドブック」p. 170 に示す。

⑩ フィッション・トラック測年用サンプル採取および前処理

ア 採 取

「ハンドブック」p. 170に示す要領で作業を行う。採取場所は交通不便でない大露頭でなければならない。採取地点の写真（カラー）を添付する。

イ 前処原の手順

a サンプルをハンマーあるいは適当なクラッシャーで5 cm 角以下の小片にする。

b 小片になったサンプルを約50~200 gづつとり、スタンプミルで微粉砕する。このとき、粉碎約5分間毎に上60メッシュ、下150メッシュのふるいでふるい、60~150メッシュの間の試料を得

る。この操作をくり返して、最初に約50～200 g 取ったサンプルが全部なくなるまで行う。

c b のの操作をくり返し、処理すべきサンプルがなくなるまで行う。

d b～cの操作で得られた60～150メッシュの試料を適量ピーカーに取り、超音波洗浄を行うか、または5回以上水洗いを行う。この操作をくり返し、全部の粉末試料を水洗いする。

e d で得られた粉末試料を湯溶上で乾燥させ、適当なプラスチック容器に入れ分析試料とする。

⑪ 花粉分析サンプル採取

上記⑥, ⑦, ⑧の地点から採取する。採取要領はハンドブック p. 168-170 による。ただし平均化採取法 (p. 169, 13-15行) は今回は採用しない。採取地点の写真 (カラー) を添加する。試料は同試料を2袋ずつ採取し試料カードとともに提出する。

⑫ 変質岩の化学分析

ア ④の露頭を含む模式露頭から採取する。採取場所は交通不便でない大露頭でなければならない。採取地点の写真 (カラー) を添付する。

イ 試料数3個の場合は1つの変質帯について、原岩、弱変質部、強変質部から1個ずつ選ぶ。6個の場合は2つの変質帯から同様にそれぞれ3個ずつ選ぶ。

ウ 試料は風化 (熱水変質ではなく、大気・浅所冷地下水の影響による加水、酸化、溶脱などの作用) の影響のないものを選ばなければならない。もし標本の一部にこのような風化部がある場合はカッターによって切断除去しなければならない。

地下水面上の熱水変質岩では、変質と風化との区別が実際上困難な場合もあるが、原岩の場合は容易であるから、厳密にこのことを考慮しなければならない。

試料は1個につき同質標本 (大きさは手標本の大きさ) を2個ずつ採取し、うち1個を分析試料とする。

エ 分析試料の粉碎は150～200メッシュ以下とすること。

オ 分析法は地質調査所化学分析法 no. 42, 301(3)「けい酸塩 岩石の完全分析法」(1969)による。

カ 分析成分は SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , Fe , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 , S , SO_3 , CO_2 , H_2O^+ , H_2O^- 計17成分と真比重および見掛比重とする。

キ 粉碎前の原試料と分析試料 (磨砕試料の残) は提出する。

⑬ X線分析 (サンプル採取も含む)

サンプル採取および分析の要領は「ハンドブック」p. 173-174 によること。ただし採取間隔 20 m (p. 172) は今回はとくにこだわらない。

サンプル採取は④, ⑥を含む変質岩・温泉沈殿物の露頭から採取。採取地点の写真 (カラー) を添付する。

分析は全量試料で行い、鉱物分離は不要である。

3. 調査内容についての特記事項

(1) 担当官から提示される調査地域に関する文献表を検討し、調査能率の向上をはかるとともに、報告書にその内容を引用する際はその旨明記する。

(2) 写真撮影にあたっては、スケールを指示する物体および地点番号を示す紙片 (または緑板) を被写体に必ず入れる。

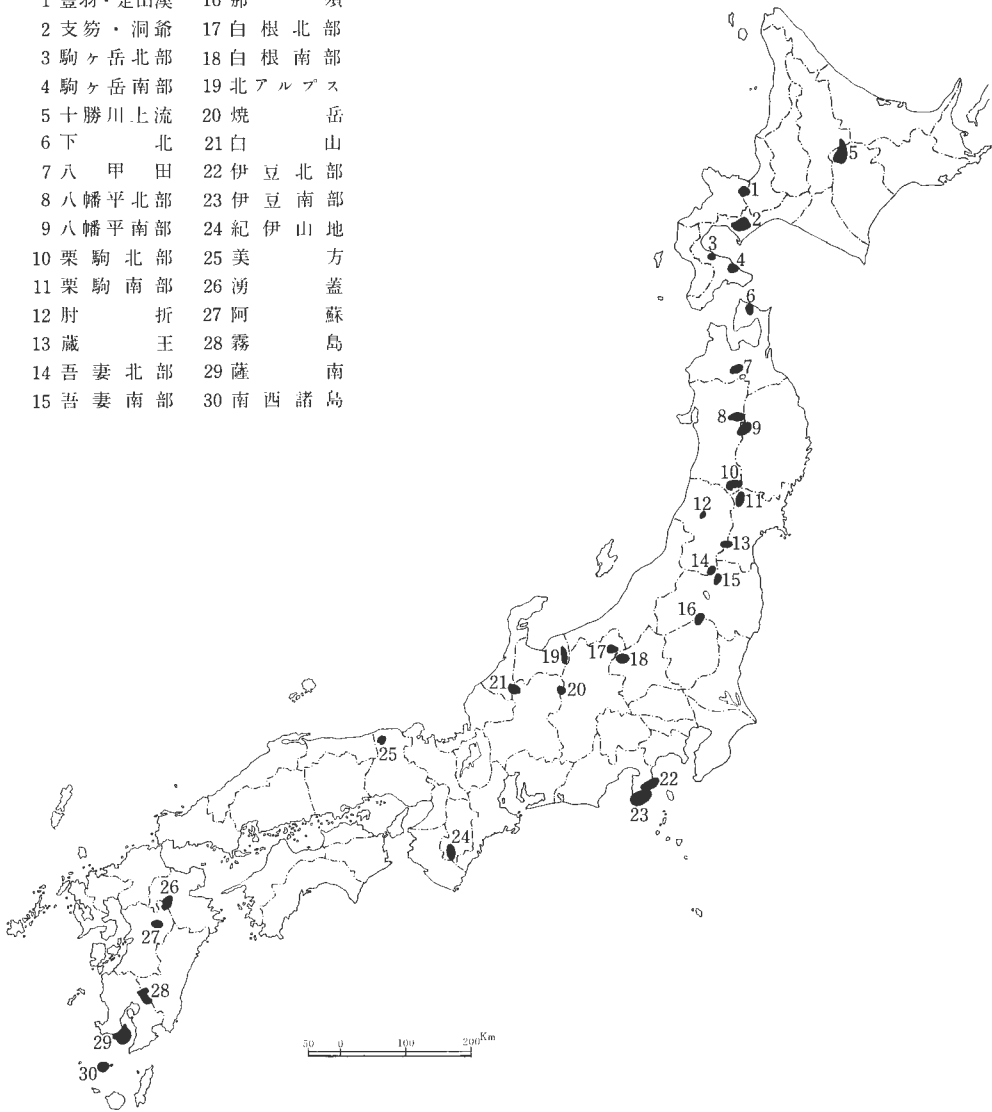
(3) 分析等の試料番号は次のとおりとする。

T J	74	09	27	12
地略	年	月	日	その
域	号			番
名号				日号

補遺 2. 全国地熱基礎調査変質帯調査 (1973—1975年) 調査地および調査内容

No.	地域名	地名	地域名	地方名	調査年度	調査面積 (km ²)	C-14 (個)	フィッシュン ・トフラック (個)	化学分析 (個)	X線分析 (個)	花粉分析 (個)
1	豊北	羽湯	羽湯	豊羽・志山	1974	35	4	4	6	40	4
2	瀨鹿	沢川	沢川	志山	"	24	3	3	6	40	5
3	瀨鹿	大ウ	大ウ	洞部	1973	35	5	3	6	40	5
4	ト	部	部	南	1974	12	4	2	3	40	4
5		船	船	上	1975	20	4	4	3	40	5
6	下	山	山	北	"	19	4	4	3	40	7
7	酸	ケ	ケ	田	1974	32	0	4	6	30	10
8	大	恐	恐	部	"	34	4	3	6	40	4
9	荷	蕪	蕪	南	1975	22	3	4	3	40	4
10	川	原	原	部	1973	40	7	3	3	45	3
11	片	山	山	栗	1974	37	4	2	6	40	4
12	時	鳴	鳴	栗	"	16	3	0	6	40	3
13	熊	野	野	野	1975	20	1	3	3	40	1
14	野			妻	1973	40	4	5	6	45	5
15				妻	1974	35	2	3	6	50	2
16	郡	須	須	那	1975	17	1	2	3	40	1
17	山	内	内	那	"	19	2	7	3	40	2
18	草	の	の	須	1974	30	1	4	6	40	1
19	鐘	花	花	部	1975	20	0	0	3	41	0
20	福	釣	釣	ス	1974	30	3	3	6	40	4
21	中	宮	宮	岳	1975	38	0	2	3	5	0
22	伊	川	川	山	1974	27	3	3	6	40	3
23	河	熱	熱	部	1973	40	2	1	6	45	2
24	紀	下	下	地	1974	500	0	3	0	0	0
25	鹿	山	山	取	"	85	0	0	6	40	0
26	野	伊	伊	蓋	1975	31	4	3	3	40	4
27	湯	野	野	蘇	1974	4	1	3	3	20	1
28	手	の	の	島	"	26	4	4	6	50	1
29	指	界	界	南	1973	35	5	5	6	45	4
30	鬼	が	が	諸	1975	13	1	4	0	70	0
				計		1,336	79	91	135	1,051	90

- | No. | 地域名 | No. | 地域名 |
|-----|---------|-----|---------|
| 1 | 豊羽・定山溪 | 16 | 那 須 |
| 2 | 支笏・洞爺 | 17 | 白 根 北 部 |
| 3 | 駒ヶ岳北部 | 18 | 白 根 南 部 |
| 4 | 駒ヶ岳南部 | 19 | 北アルプス |
| 5 | 十勝川上流 | 20 | 焼 岳 |
| 6 | 下 北 | 21 | 白 山 |
| 7 | 八 甲 田 | 22 | 伊 豆 北 部 |
| 8 | 八幡平北部 | 23 | 伊 豆 南 部 |
| 9 | 八幡平南部 | 24 | 紀伊山地 |
| 10 | 栗 駒 北 部 | 25 | 美 方 |
| 11 | 栗 駒 南 部 | 26 | 湧 蓋 |
| 12 | 肘 折 | 27 | 阿 蘇 |
| 13 | 蔵 王 | 28 | 霧 島 |
| 14 | 吾 妻 北 部 | 29 | 薩 南 |
| 15 | 吾 妻 南 部 | 30 | 南 西 諸 島 |



全国地熱基礎調査（1973—1975年）調査地位置図

補遺 3. 全国地熱基礎調査（1973～1975年）中間速報報告書一覧表

地質調査所（1974）	： 全国地熱基礎調査報告書	No. 1「駒が岳北部」	192 p.
同（1974）	： 同上	No. 2「栗駒北部」	102 p.
同（1974）	： 同上	No. 3「吾妻北部」	99 p.
同（1974）	： 同上	No. 4「伊豆南部」	112 p.
同（1974）	： 同上	No. 5「薩南」	203 p.
同（1975）	： 同上	No. 6「豊羽・定山溪」	57 p.
同（1975）	： 同上	No. 7「支笏・洞爺」	169 p.
同（1975）	： 同上	No. 8「駒が岳南部」	116 p.
同（1975）	： 同上	No. 9「八甲田」	138 p.
同（1975）	： 同上	No. 10「八幡平北部」	142 p.
同（1975）	： 同上	No. 11「栗駒南部」	169 p.
同（1975）	： 同上	No. 12「肘折」	117 p.
同（1975）	： 同上	No. 13「吾妻南部」	108 p.
同（1975）	： 同上	No. 14「白根南部」	164 p.
同（1975）	： 同上	No. 15「焼岳」	170 p.
同（1975）	： 同上	No. 16「伊豆北部」	228 p.
同（1975）	： 同上	No. 17「紀伊山地」	79 p.
同（1975）	： 同上	No. 18「美方・鳥取」	121 p.
同（1975）	： 同上	No. 19「阿蘇」	115 p.
同（1975）	： 同上	No. 20「霧島」	225 p.
同（1976）	： 同上	No. 21「十勝川上流」	156 p.
同（1976）	： 同上	No. 22「下北」	143 p.
同（1976）	： 同上	No. 23「八幡平南部」	184 p.
同（1976）	： 同上	No. 24「蔵王」	180 p.
同（1976）	： 同上	No. 25「那須」	136 p.
同（1976）	： 同上	No. 26「白根北部」	135 p.
同（1976）	： 同上	No. 27「北アルプス」	91 p.
同（1976）	： 同上	No. 28「白山」	118 p.
同（1976）	： 同上	No. 29「湧蓋」	116 p.
同（1976）	： 同上	No. 30「南西諸島」	88 p.

工業技術院サンシャイン計画推進本部・地質調査所・(財)日本産業技術振興協会（1977）：同上（昭和48～50年度），209 p.

補遺 4. 構成鉱物略号表

(シリカ鉱物)

Q : 石英
 Qp : 蛋白石
 Cr : α -クリストバル石
 Cr(β) : β -クリストバル石
 Tr : リンケイ石

(粘土鉱物)

Mt : モンモリロナイト
 V : パーミキュライト
 Sap : サポナイト
 Chl : 緑泥石
 Cn : セラドナイト
 Ser : セリサイト
 C/M : 緑泥石モンモリロナイト混合層鉱物
 S/M : セリサイトモンモリロナイト混合層鉱物
 K : カオリン
 Hall : ハロイサイト
 Pyro : パイロフィライト

(沸石)

Z : 沸石
 Cp : クリノプチロル沸石
 H : 輝沸石
 Md : モルデン沸石
 St : 束沸石
 Ana : 方沸石
 Lm : 濁沸石
 W : ワイラケイ沸石
 Yg : 湯河原沸石

(硫酸塩鉱物)

Al : 明ばん石
 Jar : 鉄明ばん石
 Gyp : 石膏
 Ah : 硬石膏

(酸化・硫化鉱物)

Ht : 赤鉄鉱
 Lim : 褐鉄鉱
 Gt : 針鉄鉱
 Mg : 磁鉄鉱
 Py : 黄鉄鉱
 Mc : 白鉄鉱
 Cd : コランダム
 Dp : ダイアスポア

(その他の鉱物)

Ca : 方解石
 Arg : 霏石
 Do : 白雲石
 Sd : 菱鉄鉱
 S : 硫黄
 Pl : 斜長石
 Ad : 氷長石・カリ長石
 Tb : トバーモライト
 Rd : ロゼライト
 Mo : モリブデンブルー

(沈殿物)

Ss : 珪華
 Cs : 石灰華

Appendices

1. Selected Specifications for field and laboratory works.
2. Location, area, numbers of analysed specimens in each area.
3. List of published preliminary reports.
4. Abbreviations for the alteration minerals.

(受付：1977年12月1日；受理：1977年12月6日)

地質調査所報告は1報文について報告1冊を原則とし、その分類の便宜のために、次のようにアルファベットによる略号をつける。

- A. 地質およびその基礎科学に関するもの
 - a. 地質
 - b. 岩石・鉱物
 - c. 古生物
 - d. 火山・温泉
 - e. 地球物理
 - f. 地球化学
- B. 応用地質に関するもの
 - a. 鉱床
 - b. 石炭
 - c. 石油・天然ガス
 - d. 地下水
 - e. 農林地質・土木地質
 - f. 物理探鉱・化学探鉱および試錐
- C. その他
- D. 事業報告

As a general rule, each issue of the Report, Geological Survey of Japan will have one number, and for convenience's sake, the following classification according to the field of interest will be indicated on each Report.

- A. Geological & allied sciences
 - a. Geology
 - b. Petrology and Mineralogy
 - c. Paleontology
 - d. Volcanology and Hot spring
 - e. Geophysics
 - f. Geochemistry
- B. Applied geology
 - a. Ore deposits
 - b. Coal
 - c. Petroleum and Natural gas
 - d. Underground water
 - e. Agricultural geology and Engineering geology
 - f. Physical prospecting, Chemical prospecting & Boring
- C. Miscellaneous
- D. Annual Report of Progress

地 質 調 査 所 報 告

第 254 号

地震波速度変化研究グループ：爆破地震による地震波速度の時間的变化に関する研究，第 1 部 観測報告，第 2 部 走時の解析結果，1975

第 255 号

SUZUKI, T.: Heavy mineral composition of the recent marine sediments in three different environment, 1975

第 256 号

広川 治：北部九州の地質構造—長崎三角地域にまつわる問題—，1976

第 257 号

比留川 貴・安藤直行・角 清愛編：日本の主要地熱地域の熱水の化学組成，1977

第 258 号

The Carboniferous Lexicon of Japan, 1978

REPORT, GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

No. 254

RESEARCH GROUP for SEISMIC WAVE VELOCITY: Precise measurements of changes in seismic wave velocities by means of explosion-seismic method, 1975 (in Japanese with English abstract)

No. 255

SUZUKI, T.: Heavy mineral composition of the recent marine sediments in three different environment, 1975 (in English)

No. 256

HIROKAWA, O.: Geotectonics of Northern Kyushu—Problems concerning the “Nagasaki Dreiecke”—, 1976 (in Japanese with English abstract)

No. 257

HIRUKAWA, T., ANDO, N. and SUMI, K. ed.: Chemical composition of the thermal waters from thirty main Japanese geothermal fields, 1977 (in Japanese with English abstract)

No. 258

The Carboniferous Lexicon of Japan, 1978 (in English)

昭和 53 年 3 月 15 日 印刷

昭和 53 年 3 月 25 日 発行

工業技術院地質調査所

川崎市高津区久本135

印刷者 小宮山 一 雄

印刷所 小宮山印刷工業株式会社

© 1978 Geological Survey of Japan

「日本の地熱地域の熱水変質帯の地質学的研究」の編集にあたって、一研究のねらいと内容—

角 清愛・五十嵐昭明・高島 勲・金原啓司・西村 進
地質調査所報告, no. 259, p. 1~7, 1978
2 illus.,

SUMI, K.
IGARASHI, T.
TAKASHIMA, I.
KIMBARA, K.
NISHIMURA, S.

今回、日本の地熱地域の熱水変質帯の地質学的研究, その1, として、豊羽, 北湯沢, 濁川, 鹿部・大船, 酸ヶ湯, 大沼, 川原毛, 片山・鳴子, 肘折, 姥湯, 野地, 草津白根・花敷, 河津・下賀茂および指宿の計14地熱地域の熱水変質帯の研究およびこれらの地域の花粉分析研究の15論文を編集した。この研究は1973年および1974年に地質調査所によって行われた「全国地熱基礎調査」の中で行われた。研究のねらいは、過去の地熱活動の化石である地熱変質帯の分布, 鉱物組成および生成年代測定を行なうことによって、地熱地帯の熱史を明らかにし、地熱資源の探査・評価に有益なデータを提出することにある。

551.23 : 551.25(52)

北海道札幌市豊羽地熱地域の熱水変質帯

五十嵐昭明・古川雄也・菅原一安・西村 進・岡部賢二
地質調査所報告, no. 259, p. 9~42, 1978
13 illus., 2 pl., 4 tab.

IGARASHI, T.
FURUKAWA, Y.
SUGAWARA, K.
NISHIMURA, S.
OKABE, K.

豊羽地域の地熱変質帯は豊羽鉾山東方の3地区に分布し、新第三紀中新世の地層中に発達する。主要な変質帯は湯ノ沢にみられ、珪化岩の周辺に粘土化岩が分布する。珪化岩は石英を主とし、明ばん石、蛋白石を伴う。粘土化岩はカオリンを主とし、絹雲母やモンモリロナイトはきわめて少ない。変質帯の生成時期は明らかではないが、湯ノ沢地区変質帯の一部に生成時の産状を残す小規模の昇華硫黄鉱体がみられ、最近まで地熱活動がつづいていたことを示している。この変質帯は湯ノ沢沿いのNW-S-E方向の構造と密接な関係をもっており、本地域の地熱変質帯の中で最も有望である。

551.23 : 551.25(524)

北海道有珠郡北湯沢地熱地域の熱水変質帯

山口昇一・五十嵐昭明・千葉義明・斉藤清次・西村 進
地質調査所報告, no. 259, p. 43~84, 1978
17 illus., 4 pl., 7 tab.

YAMAGUCHI, S.
IGARASHI, T.
CHIBA, Y.
SAITO, S.
NISHIMURA, S.

北湯沢地域の地熱変質帯は、主として長流川本流の北湯沢温泉付近、蟠溪温泉下流および徳舜嘗川中流から上流地域に認められる。これらの変質帯は、いずれも中心部に珪化帯があり、周縁部に粘土化帯が発達し、その伸長方向はNEあるいはN-SからNNEを示す場合が多い。地熱変質作用の時期は、地質層序と変質帯の関係および放射年代測定から、その主たる形成時期は、おおよそ160~170万年前と推定される。また、本地域で地熱開発地域として期待できるのは、北湯沢温泉地域から東方の山岳地帯にかけての地域である。

551.23 : 551.25(524)

北海道茅部郡濁川地熱地域の熱水変質帯

五十嵐昭明・佐藤 浩・井手俊夫・西村 進・角 清愛
地質調査所報告, no. 259, p. 85~180, 1978
24 illus., 4 pl., 6 tab.

濁川盆地は更新世末に生じた小規模なクラカトウ型カルデラである。変質帯は濁川盆地北東部に集中して分布し、 α -クリストバル石、明ばん石などからなるオパール帯を中心に、モンモリロナイトを主とする粘土化帯、局部的にゼオライト、カオリンなどが分布する。この変質作用は新第三系にのみ及んでおり、カルデラ形成に直接関係があるとされている石倉層(12,900年 B. P.)およびその下位の坊主山層などの第四系にはおよんでいない。したがってこの変質帯の形成時期は坊主山層堆積前ということが出来る。その後の活動としては石灰華、褐鉄鉱、昇華・沈殿硫黄鉄などの温泉沈殿物の堆積がある。

551.23 : 551.25(524)

IGARASHI, T.
SATO, K.
IDE, T.
NISHIMURA, S.
SUMI, K.

北海道茅部郡鹿部・大船地熱地域の熱水変質帯

五十嵐昭明・石田正夫・岡村信行・青木謙治・山口昇一
・西村 進
地質調査所報告, no. 259, p. 181~238, 1978
26 illus., 2 pl., 9 tab.

本地域は新第三紀中新世から鮮新世にかけての汐泊川層・峠下火山砕層岩類および第四紀の鹿野層が分布し、いずれも鉱化作用あるいは変質作用を受けている。変質帯は珪化・青灰色粘土化帯などからなり、珪化帯を中心に順次外側へモンモリロナイト・明ばん石化帯、沸石化帯、ハロイサイト・長石帯となる特徴を有し、累帯配列の傾向を示している。温泉沈殿物は、精進川・雨鱒川地域で褐鉄鉱、鹿野川・磯谷・大船の各温泉では炭酸石灰および硫黄の沈殿が特徴的にみられる。

551.23 : 551.25(524)

IGARASHI, T.
ISHIDA, M.
OKAMURA, N.
AOKI, K.
YAMAGUCHI, S.
NISHIMURA, S.

青森県青森市酸ヶ湯地熱地域の熱水変質帯

佐藤博之・中川 進・桑畑和則・山田敬一・徳永重元
地質調査所報告, no. 259, p. 239~280, 1978
24 illus., 5 pl., 6 tab.

変質帯は10カ所あり、主要な3カ所について1:1,000変質帯分布図を作成した。変質帯は北八甲田・南八甲田火山に伴われるものに大別され、前者はほぼE-W方向に、後者はENE-W-SW方向に延びている。変質帯は外側からモンモリロナイト帯-カオリン帯-クリストバル石帯に区別出来る。温泉・噴気は変質帯の中心であるクリストバル石帯から湧出することが多い。温泉変質帯の原岩は新第三紀層と、第四紀古期火山泥流が主なものである。変質作用は中央火口丘形成後に始まり、古期火山泥流堆積後頂点に達する。そして主要変質帯の形成は、湖成堆積物の堆積(R1期以前の寒冷期、約16,000年前)以前に終了している。

551.23 : 551.25(521.1)

SATO, H.
NAKAGAWA, S.
KUWAHATA, K.
YAMADA, K.
TOKUNAGA, S.

秋田県鹿角市大沼地熱地域の熱水変質帯

高島 勲・淵本 決・窪田康宏・林 育浩・西村 進
地質調査所報告, no. 259, p. 281~310, 1978
23 illus., 2 pl., 7 tab.

地熱地域の探査ならびに評価に資するため、標記の地域について、変質帯の分布を調査し、得られた試料についてX線回折を行なった。また、化学分析、¹⁴Cおよびフィッショソ・トラック年代測定なども実施した。この結果、変質帯の総面積として 25.37 km²、変質鉱物として石英、α-クリストバル石、カオリン、セリサイトなどが認められた。また、変質帯の年代としては 1.6 my より古いものと現在に引続く新しいものがあることがあり、一般的にみて、前者は東西性、後者は東西性ののびを持っている。

551. 23 : 551. 25(521. 14)

TAKASHIMA, I.
FUCHIMOTO, H.
KUBOTA, Y.
HAYASHI, I.
NISHIMURA, S.

秋田県湯沢市・雄勝郡川原毛地熱地域の熱水変質帯

谷口政碩・岡田 博・角 清愛
地質調査所報告, no. 259, p. 311~340, 1978
23 illus., 2 pl., 10 tab.

秋田県南部、湯沢市川原毛一帯には地熱活動により形成された変質帯が、西より秋の宮、川原毛、泥湯、赤湯又沢、小安、女滝、大湯等に分布している。これらの主要変質帯には高温の温泉が湧出し、現在でも噴気活動が著しい。特に川原毛は本地域の地熱活動の中心地と考えられ、大規模な珪石帯が発達している。川原毛をとりまく秋の宮、小安、女滝、大湯の各変質帯では、沸石(モルデン沸石、東沸石、濁沸石等)および粘土鉱物(カオリン、セリサイト、モンモリロナイト等)によって特徴づけられる粘土化変質帯が形成されている。

551. 23 : 551. 25(521. 14)

TANIGUCHI, M.
OKADA, H.
SUMI, K.

宮城県玉造郡片山・鳴子地熱地域の熱水変質帯

山田宮三・岡田 博・西村 進・谷口政碩・名取博夫
地質調査所報告, no. 259, p. 341~376, 1978
11 illus., 2 pl., 9 tab.

宮城県玉造郡に分布する片山・荒湯・赤沢・吹上・宮沢などの鬼首地熱地域および鳴子・中山平などの鳴子地熱地域周辺の熱水変質帯について、その分布・変質鉱物・変質時代の調査を行なった。鬼首地域の白色変質帯は総計 3.01 km² に達し、一部では変質活動が2万数千年より以前から行なわれていることがわかった。鳴子地域の白色変質帯は総計 1.0 km² あり、濁沼地域が珪化を中山平地域が粘土化を主体としており、特に中山平では変質鉱物の種類が多様であった。調査地域および周辺の第四紀火山岩を中心に9個のサンプルについてフィッショソ・トラック測年を行い、それらの時代を明らかにした。

551. 23 : 551. 25(521. 13)

YAMADA, E.
OKADA, H.
NISHIMURA, S.
TANIGUCHI, M.
NATORI, H.

山形県最上郡肘折地熱地域の熱水変質帯

谷口政碩・巻田 公・河合芳樹

地質調査所報告, no. 259, p. 377~414, 1978

22 illus., 3 pl., 4 tab.

山形県大蔵村肘折温泉一帯の地熱活動に関連する第四系および熱水変質帯について研究した。第四系は肘折火砕流の他に、肘折カルデラには主として肘折火砕流の再堆積物から構成される肘折カルデラ堆積物が、また苦水川上流地域にシノ沢湖成堆積物が分布することが判明し、両者の層序が確立された。挟在する炭化木片の¹⁴C年代はそれぞれ9,360~9,790年B.P.および10,670年B.P.である。顕著な地熱活動は肘折カルデラ内に認められ、変質帯は肘折地区(0.36 km²)と金山地区(0.81 km²)とに分布し、温泉の分布と調和的である。変質帯に含まれる変質鉱物は、 α -クリストパル石、モンモリロナイト、カオリン鉱物、明ばん石等であった。

551.23 : 551.25 (521.15)

TANIGUCHI, M.

MAKITA, T.

KAWAI, Y.

山形県米沢市姥湯地熱地域とその周辺における熱水変質帯

富樫幸雄・窪田康弘・山田菅三・西村 進

地質調査所報告, no., 259, p. 415~436, 1978

7 illus., 2 pl., 7 tab.

全国地熱基礎調査吾妻北部地区変質帯調査(昭和48年度)の成果を、最も地熱変質帯の発達が著しい姥湯温泉周辺を中心に総括した。調査地域全体で確認された白色変質帯の露出面積は約11 km²。しかし、この一部には第三紀に形成されたものも含まれる。第四紀の地熱活動としては、洪積世末期に調査地域全体にわたる広汎なものがあつたと推定されるが、それ以後は局部的なものにとどまっている。姥湯では強酸性の活発な温泉活動に伴って、珪化帯を主とする変質帯(パイロフィライトをしばしば伴う)が形成されている。姥湯より大きい放熱量値を示すがpH値が中性の白布高湯には変質帯の露出は全く認められない。

551.23 : 551.25 (521.15)

TOGASHI, Y.

KUBOTA, Y.

YAMADA, E.

NISHIMURA, S.

福島市野地地熱地域における第四系層序と熱水変質帯

富樫幸雄・佐藤 浩・鷹嘴守彦・千葉義明・西村 進
鈴木敬治

地質調査所報告, no. 259, p. 437~466, 1978

13 illus., 2 pl., 7 tab.

全国地熱基礎調査吾妻南部地区変質帯調査(昭和49年度)の成果を、現在の地熱微候が最も著しい野地温泉を中心に総括した。調査地域内に露出する白色変質帯の面積は11.6 km²。ただし、その一部には新第三紀の変質作用の産物も含まれるものと推定される。フィッシュ・トラック法により測年された輝石安山岩試料の噴出年代は、すべて81~82万年前を示し、この時期に大規模な火山活動が調査地域全体で行われたことを示している。しかし、これと地熱活動との関係は不明である。現在の地熱微候としては、各所に温泉の湧出が認められるが、中でも野地温泉地獄谷では活発な噴気活動が認められる。

551.23 : 551.25 (521.16)

TOGASHI, Y.

SATO, K.

TAKANOHASHI, M.

CHIBA, Y.

NISHIMURA, S.

SUZUKI, K.

群馬県吾妻郡草津白根・花敷地熱地域の熱水変質帯

上野三義・間遠治孝・金原啓司・西村 進
地質調査所報告, no. 259, p. 467~516, 1978
22 illus., 2 pl., 4 tab.

草津白根火山地域はガス, 蒸気, 熱水および高温の温泉が各地に噴出し, 我が国の主要地熱地域として知られている。当地域には既成の鉱染交代型硫黄, 硫化鉄鉱床に伴う熱水変質帯と現在活動が続いている後火山作用による変質帯が各地に生成されている。当地域火山岩類の噴出時期, 変質帯の組成鉱物と変質帯の化学組成, 地質構造と地熱地帯との関連性等を解明するためフィッシュン・トラックおよび C-14 測年, X線粉末回折, 化学分析, 花粉分析等を実施した。

551.23 : 551.25(521.24)

UENO, M.
MADO, H.
KIMBARA, K.
NISHIMURA, S.

静岡県賀茂郡河津・下賀茂地熱地域の熱水変質帯

高島 勲・茂木 睦・西村 進
地質調査所報告, no. 259, p. 517~536, 1978
6 illus., 1 pl., 4 tab.

地熱地域の探査ならびに評価に資するため, 標記の地域について, 変質帯の分布を調査し, 得られた試料についてX線回折を行なった。また, 化学分析, ¹⁴Cおよびフィッシュン・トラック年代測定なども実施した。この結果, 変質帯の総面積 (23.47 km²), と変質鉱物として石英, α-クリストバライト, セリサイト, パイロフィライト, ダイアスポアなどが認められた。本地域の変質帯はほとんどが第三紀に形成されたとみられており, 変質帯と温泉分布との間の関連は少ない。温泉の分布という面では, 断層あるいは空中写真にみられるリニアメントと密接な関係があるように思われる。

551.23 : 551.25(521.61)

TAKASHIMA, I.
MOTEGI, M.
NISHIMURA, S.

鹿児島県指宿市・揖宿郡指宿地熱地域の熱水変質帯

神谷雅晴・中川 進・西村 進・角 清愛
地質調査所報告, no. 259, p. 537~578, 1978
22 illus., 4 pl., 10 tab.

指宿地熱地域は更新世の阿多火山のカルデラ内にあり, カルデラ生成後, これを埋めた安山岩質の溶岩および火山砕屑岩から成っている。変質帯は9カ所あり, 総面積 6.12 km²である。そのうち主なものは権現, 南迫田, 鰻池および山川で, このうち前3者には噴気が伴われる。変質鉱物はクリストバル石・リンケイ石・明ばん石・カオリン・モンモリロナイト・束沸石などで, クリストバル石帯→カオリン帯→モンモリロナイト帯の累帯配列を示す。変質帯の母岩は, ほとんど後阿多火砕流 (24,500年), 先池田火砕流 (4,640年) の火山岩類で, 池田火砕流の岩石の変質は, 局地的に軽微なものが見られるだけである。

551.23 : 551.25(522.8)

KAMITANI, M.
NAKAGAWA, S.
NISHIMURA, S.
SUMI, K.

日本の地熱地域における花粉分析調査研究, その 1

尾上 亨・徳永重元・大島秀明・伊藤良永
地質調査所報告, no. 259, p. 579~623, 1978
42 illus., 4 pl., 16 tab.

昭和48年・49年にわたり行なわれた地熱調査に伴ない花粉分析が行なわれたが, その結果を
まとめ報告する. 内容は各地域における分析結果を整理し, 時代別に古気候の変化を明らか
にしてある. とくに地熱の機構解明の基礎資料としての地史のくみ立てにこの資料が加わっ
ている.

ONOE, T.
TOKUNAGA, S.
OSHIMA, H.
ITO, Y.

551.23(52) : 550.86 : 56 : 581.33

A. d. IV.

REPORT No. 259

GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Shigeru SATŌ, Director

**GEOLOGICAL INVESTIGATION OF
HYDROTHERMAL ALTERATION HALOES
IN JAPANESE GEOTHERMAL FIELDS**

Part 1

Edited by

Kiyoshi SUMI, Teruaki IGARASHI, Isao TAKASHIMA,
Keiji KIMBARA and Susumu NISHIMURA

GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Hisamoto, Takatsu-ku, Kawasaki-shi, Japan

1978

地 調 報 告
Rept. Geol. Surv. Japan
No. 259, 1978