

奥会津地熱地域の層序と熱水変質

—坑井データに基づく検討—

関 陽児* 安達 正敏**

Yoji SEKI and Masaho ADACHI (1997) Stratigraphy and hydrothermal alteration based on well data from the Oku-aizu geothermal system, Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 48 (7), p. 365-412, 15 figs.

Abstract: The stratigraphy and hydrothermal alteration around the Okuaizu geothermal system were studied in core and cuttings from geothermal wells drilled by NEDO and Okuaizu Geothermal Co., Ltd.

The basement is thought to be composed of a pre-Tertiary granodiorite and/or sedimentary rocks. Early to middle Miocene formations (Oh-hizawa, Takizawagawa, Ogino and Urushikubo Formation) consist mainly of rhyolitic to dacitic lavas, pyroclastic rocks intercalated with clastic rocks, and minor basaltic rocks, which are considered to unconformably overlie the basement. The late Miocene caldera-related formation (Iriyamazawa Formation) consisting of dacitic ash flow tuffs, debris avalanche deposits and lake sediments, unconformably overlies the early to middle Miocene formations. Pleistocene lacustrine sediments and rhyolitic lava domes (Sunagohara Formation), formed in a caldera environment, unconformably cover the Miocene formations.

Five alteration zones can be distinguished using clay minerals assemblages: chlorite+sericite zone (PR), chlorite/smectite or sericite/smectite mixed clay zone (ML), smectite+/-zeolite zone (SZ), kaolinite+/-sericite zone (K) and sericite zone (S).

Based on the stratigraphy, present temperature and the spatial distribution of each alteration zone, three stages of hydrothermal alteration can be recognized in the Okuaizu geothermal district: 1) middle Miocene submarine hydrothermal alteration, 2) late Miocene caldera related hydrothermal alteration, and 3) hydrothermal alteration associated with the present geothermal system. 1) is characterized by a widespread PR zone in the early Miocene formations. 2) is limited to the Iriyamazawa Formation deposited in a 7 Ma caldera. The PR and ML zones are seen in the lower part, and the SZ zone in the upper part of the caldera, separated spatially from similar alteration zones in the early Miocene formations. 3) has a spatially zoned distribution of the alteration zones depending on the present temperature in addition to some other alteration zones. A zonal distribution of the SZ zone in the upper low-temperature portion, the PR zone in the lower high-temperature portion and the ML zone in the intermediate portion is observed. In addition, the sporadic K zone, which was probably formed by acidic fluids generated by the interaction of oxidized underground water with H₂S and CO₂ gases released from the geothermal fluid during boiling, and the S zone around a high-temperature reservoir and adjacent to the K zone are observed. Anhydrite is found in the high-temperature portion (>100 to 150 °C) and various carbonate minerals are also common within the system.

要 旨

福島県奥会津地熱地域で掘削されたほぼ全ての坑井の資試料に基づいて坑井地質を記載し、同地域の層序を再検討した。またそれらの坑井から得られたコア、カッティ

ングスを用いて主としてX線粉末回折により母岩中の変質鉱物を同定し、地熱地域周辺の変質帯を区分した。さらに、層序と変質帯との関連、現在の地温構造と変質帯との関連などについて検討することにより、同地域で生じた3回の熱水変質イベントを識別し、それぞれの形成環境を考察した。

奥会津地熱地域の層序は、下位より、下部中新統大桧沢層、下部中新統滝沢川層、中部中新統茨野層、中部中新統漆窪層、上部中新統入山沢層、鮮新統藤峠層、更新

Keywords: Oku-aizu geothermal system, Stratigraphy, Hydrothermal alteration, Well logging

*資源エネルギー地質部 (Mineral and Fuel Resources Department, GSJ)

**三井金属鉱業(株)資源開発部 (Mineral and Energy Resources Department, Mitsui Mining and Smelting Co., Ltd; 2-1-1 Nihonbashi-Muromachi, Chuo-ku, Tokyo 103 Japan)

統砂子原層からなる。地熱流体の貯留深度には大検沢層と滝沢川層が、地熱系の上部地表付近には砂子原カルデラを埋積する砂子原層が、また、地熱系の南に隣接して入山沢カルデラを埋積する入山沢層が分布する。

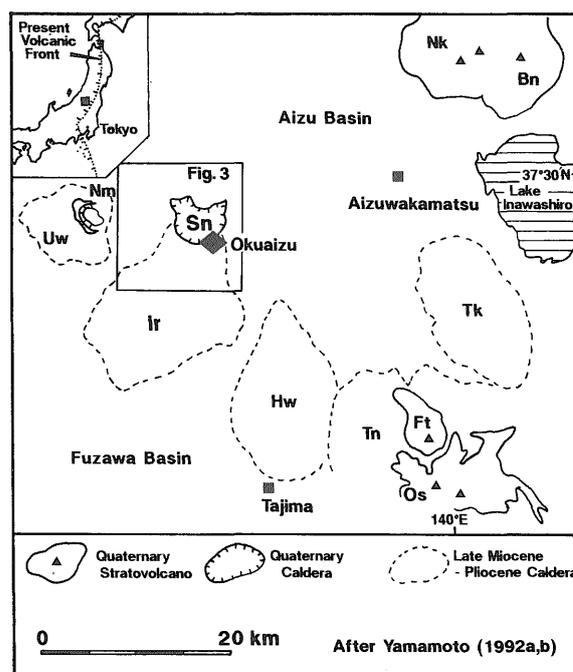
地熱地域近辺では、様々な熱水変質が認められ、粘土鉱物に着目すると以下のとおり分帯できる。SZ帯：スメクタイトを特徴とし、モルデナイトないし斜ブチロ沸石を伴う“スメクタイト・沸石帯”，ML帯：緑泥石-スメクタイト混合層鉱物、またはセリサイト-スメクタイト混合層鉱物を特徴とする“混合層粘土鉱物帯”，PR帯：緑泥石とセリサイトを特徴とする“プロピライト帯”，S帯：セリサイトを特徴とする“セリサイト帯”，K帯：カオリナイトを特徴とする“カオリナイト帯”。

層序と変質帯との関連ならびに現在の地温構造と変質帯との関連に基づくと、奥会津地熱地域で見られる変質は、少なくとも以下の3回の異なる熱水活動によって形成されたと考えられる。1) 滝沢川層堆積時の前期中新世(16-17Ma)の広範囲な海底熱水活動と引き続き続成作用による、滝沢川層中に普遍的なプロピライト帯と荻野層、漆屋層などに見られるスメクタイト帯。2) 入山沢カルデラ形成後の後期中新世(7Ma)のカルデラ内熱水活動による、入山沢層上部のスメクタイト帯と同層下部のプロピライト帯。および3) 砂子原カルデラ形成(0.3Ma)から現在にいたる熱水活動による、深部の高温領域でのプロピライト帯、地表付近の低温部でのスメクタイト帯、それらの中間部での混合層粘土鉱物帯。この時期の変質帯にはまた、地熱流体が温度低下しつつ母岩中を浸透することにより生じたと考えられるセリサイト帯や、沸騰で分離した気相が酸化的な地下水に吹き込むことによって生じた酸性流体により形成されたと考えられるカオリナイト帯が、地表から地下1000mに達する広い深度範囲で局所的に認められる。さらに、貯留層周辺の高温度部では硬石膏化変質が生じているほか、マンガん炭酸塩鉱物を含む種々の炭酸塩鉱物が広範囲に見られる。

1. はじめに

福島県河沼郡柳津町西山に位置する奥会津地熱地域では、1970年半ばに地熱資源調査が開始されて以来約20年にわたる探査・開発期間を経て、1995年5月にわが国有数の規模である65000kWの電気出力を擁する柳津西山地熱発電所が運転を開始した(新田ほか, 1995)。同地域は新第三系を主体とする会津盆地南縁山地の西方に位置し、周辺には新第三紀以降に形成されたカルデラ火山や成層火山が点在する(第1図)。

会津盆地南縁山地では、鈴木ほか(1951)の層位学的研究を端緒として、北村ほか(1968)、通商産業省(1969, 1970, 1972)、小室(1978)、新エネルギー総合開発機構(NEDO)(1985)、鈴木ほか(1977, 1986)、新田ほか



第1図 広域地質図(山元(1992a)による)

Bn: 磐梯火山, Nk: 猫魔火山, Uw: 上井草カルデラ, Nm: 沼沢火山, Sn: 砂子原カルデラ, Ir: 入山沢カルデラ, Hw: 檜和田カルデラ, Tk: 高川カルデラ, Tn: 塔ノカルデラ, Ft: 二岐火山, Os: 大白森火山

Fig. 1 Regional location map (after Yamamoto, 1992a).

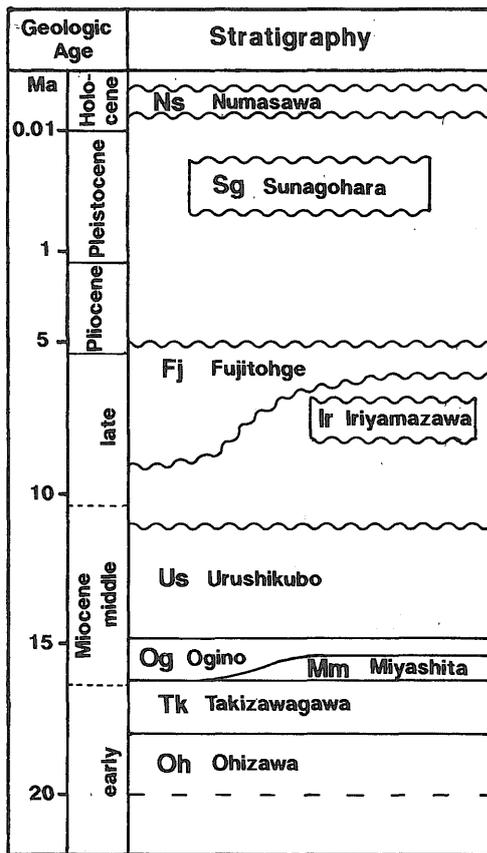
Bn: Bandai volcano, Nk: Nekoma volcano, Uw: Uwaigusa caldera, Nm: Numazawa volcano, Sn: Sunagohara caldera, Ir: Iriyamazawa caldera, Hw: Hiwada caldera, Tk: Takagawa caldera, Tn: Tonohetsuri caldera, Ft: Futamata volcano, Os: Oshiramori volcano.

(1987) などにより先第三系基盤から第四系に至る層序がたてられてきた(第2図)。一方、近年、山元(1992a)による本地域の南に隣接する入山沢カルデラ(7Ma)の記載、水垣(1993)による砂子原層の再検討および砂子原カルデラの火道の提唱など、当地域の地質に関する新たな知見が加えられているが、これらの新しい研究成果を踏まえた当地熱地域の層序全般の見直しは、今までのところなされていない。また、深度1,000m以上のものだけでも30本以上も掘削された地熱探査・開発のための坑井(大賀, 1992)からは、大量の地下の地質・変質に関するデータが得られており、これらのデータの総括が待たれていた。

本報では、これらの新知見を参考にしつつ、未公表のものを含む坑井データの全体を検討し、当地熱地域の層序と変質の見直しを行った。

2. 従来の調査および問題点

奥会津地熱地域周辺の層序研究は、鈴木(1951)、鈴木・



第2図 奥会津地域の層序 (鈴木ほか (1986), 新田ほか (1987), 山元 (1992a) による)
 Fig. 2 Stratigraphy of the Okuaizu area (after Suzuki et al., 1986; Nitta et al., 1987; Yamamoto, 1992a).

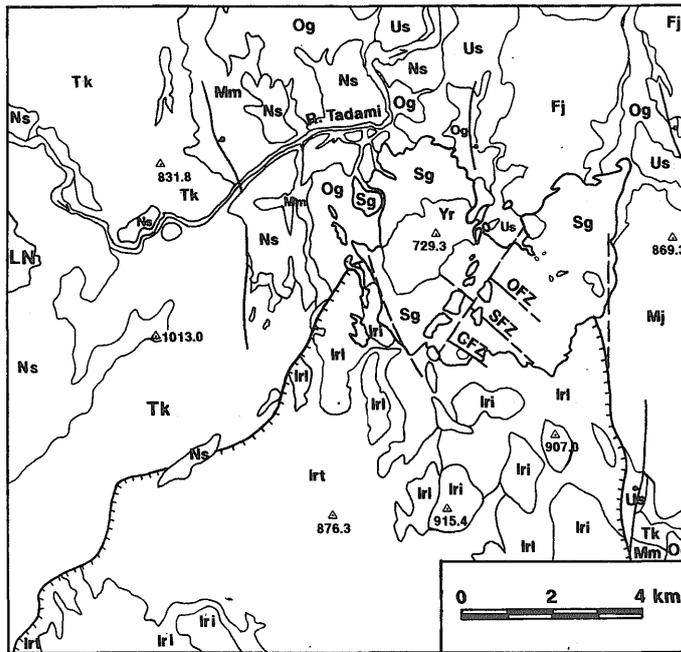
吉田 (1956) の会津盆地南西地域を対象とした研究により本格的に始められた。北村ほか (1968) は、“宮下地域地質図幅”の中で砂子原を取り囲む直径約7 kmの範囲内に淘汰不良のレキ岩をもつ小野川原層下部層凝灰岩 (中新世) を、またその南南西近傍に緑色凝灰角レキ岩からなり泥岩岩塊を含む入山沢凝灰岩 (中新世) を記載した。通商産業省 (1969, 1970, 1972, 1973) は、会津盆地周辺地域の広域地質調査の中で、砂子原周辺に分布し下位層に著しい不整合で重なる湖成層の性格をもつ地層を砂子原層 (中新世) とした。小室 (1978) は、この砂子原層が全体として多角形の輪郭をもつこと、分布の縁辺では基底レキ岩を伴って下位層に高角不整合で重なることを示し、その成因としてマグマ性のドーム状隆起とそれに引き続く陥没・火山活動を考えた。また小室 (1984) は、北村ほか (1968) の入山沢凝灰岩が、縁辺部に下位層由来の不淘汰角レキ岩を含み下位層に不整合で重なることから、陥没盆地を埋積した地層であるとした。新エネルギー総合開発機構 (以下“NEDO”) (1985) は、測年データに基づいて砂子原層を更新統としたが、陥没地形の成因については地塊運動による差別的な沈降

の可能性を示した。新田他 (1987) は、地熱開発途上のボーリング結果を取り入れた本地域の層序を記載し、中新世最下部の大検沢層が地下に存在すること、宮下泥岩が鍵層として有効であることなどを示した。山元 (1992a, b, 1996) は、会津盆地南方域のカルデラ火山群を記載する中で、砂子原層が30-20万年前にかけて火砕流を噴出した砂子原カルデラ火山を埋積した地層であること、また同カルデラ火山の南南西側に隣接して、7 Ma頃に活動した入山沢カルデラを埋積する、火砕流堆積物と岩屑なだれ堆積物および湖成堆積物からなる入山沢層が分布することを示した。水垣 (1993) は砂子原層が、火山噴出物で充填された火道をもつ、じょうご型カルデラと、それを取り囲む断層運動により沈降したブロックを埋積する湖成堆積物からなると考えた。NEDO (1985), 山元 (1992a) および水垣 (1993) より編集した奥会津地熱地域周辺の地表地質図を第3図に示す。

これら既往の調査により奥会津地熱地域の層序の大意は分かってきたが、なおいくつかの再検討あるいは整理すべき点が残されている。例えば、1) 新田他 (1987), Seki (1991) により鍵層として扱われてきた宮下泥岩部層は分布深度、層厚、岩相の変化が大きいが、その理由や地質構造との関連が明解でない、2) 水垣 (1993) による坑井層序の見直しは、砂子原層に限られており、地熱系の貯留層の主体をなす新第三系の層序が検討されていない、3) 山元 (1992a) の入山沢カルデラの地表分布域の北端は奥会津地熱地域に達しているが、地表と坑井間での対比がなされていない、などである。

一方、熱水変質については、通商産業省 (1968, 1969, 1970, 1971, 1972, 1973, 1974) による西会津・東会津地域広域地質調査および早川他 (1977) により、会津地域全体にわたる広域的な続成および熱水変質の特徴が、また、金属鉱物探鉱促進事業団 (1970, 1971, 1972, 1974, 1975, 1976) による西会津・東会津地域精密調査および歌田・石川 (1973), 歌田他 (1978) により会津地域の黒鉱床を主とする金属鉱床周辺での熱水変質の特徴がまとめられた。その後、奥会津地域での地熱資源探査の進展に伴って、資源エネルギー庁 (1978) により主として砂子原層分布域内の地表の変質が、また、NEDO (1985) により地熱開発促進調査で掘削された坑井試料の変質が、さらに新田他 (1987) により奥会津地熱(株)が掘削した坑井のデータを含めた地熱地域の地下の熱水変質の概要が報告されている。

これらによれば、奥会津地熱地域周辺では、中新統滝沢川層の広範囲にわたる熱水変質、荻野層以降の中新統の続成変質、地熱系地表部の粘土化変質や地下の硬石膏化・カオリン化変質など、様々な変質が認められている。しかしながら、それらの変質の時代や変質の生じた環境、変質を生じる原因となった地質的なイベントについての統一的な説明はなされておらず、観察される種々の変質



第3図 地表地質図 (NEDO (1985), 山元 (1992a), 水垣 (1993) より編図)

CFZ: 血の池沢断層, SFZ: 猿倉沢断層, OFZ: 老沢断層, LN: 沼沢湖, Tk: 滝沢川層, Og: 荻野層 (Mm: 宮下泥岩部層, Mj: 明神ヶ岳安山岩), Us: 漆窪層, Ir: 入山沢層 (Iri: 湖成層, Irt: 火砕流および岩屑流堆積物, Iri: 貫入岩), Fj: 藤峠層, Sg: 砂子原層 (Yr: 湯の岳流紋岩), Ns: 沼沢火砕流堆積物

Fig. 3 Geologic map of Okuaizu and the surrounding area (compiled from NEDO, 1985; Yamamoto, 1992a; Mizugaki, 1993).

Tk: Takizawagawa Formation, Og: Ogino Fm. (Mm: Miyashita mudstone member, Mj: Myojingatake Andesite), Us: Urushikubo Fm., Ir: Iriyamazawa Fm. (Irt: ash flow tuff and debris avalanche deposit, Iri: lake sediment, Iri: intrusions), Sg: Sunagohara Fm. (Yr: Yunotake Rhyolite), Ns: Numazawa ash flow tuff, LN: Lake Numazawa, CFZ: Chinoikezawa fracture zone, SFZ: Sarukurazawa f. z., OFZ: Oizawa f. z.

と現在の地熱系との関連, 火成活動や熱水系の発達史の
中でのそれらの位置付けなどを検討する必要がある。

3. 坑井地質

3.1 調査方法

奥会津地熱地域でNEDOおよび奥会津地熱(株)により掘削された42本の坑井を検討対象とし, コア, カッティングスの記載の再検討, 連続写真の観察, 重要部分の肉眼観察および鏡下観察を行った。各坑井の地質記載を巻末資料に記す。

NEDOが掘削した坑井と地質断面図作成に用いた坑井の坑口位置, 地質断面線, および砂子原層の分布範囲を第4図に, 地熱地域近傍の全ての坑井の坑口位置と坑跡を第5図に, 坑井地質対比図を第6図に, 坑井地質に基づく断面図を第7図に, 代表的な岩相のコア写真を第8図にそれぞれ示す。

なお, 以下で述べる“本地域”とは, 第4図に示す約6×5kmの長方形の範囲を指す。

3.2 坑井地質の層序

本地域の坑井では, 新第三系中新統大検沢層, 滝沢川層, 荻野層, 入山沢層, 漆窪層, 第四系更新統砂子原層が認められる。それらの層序は以下のとおりである。

大検沢層:

地層名 鈴木 (1964) による。

模式地 耶麻郡熱塩加納村三河沢上流。

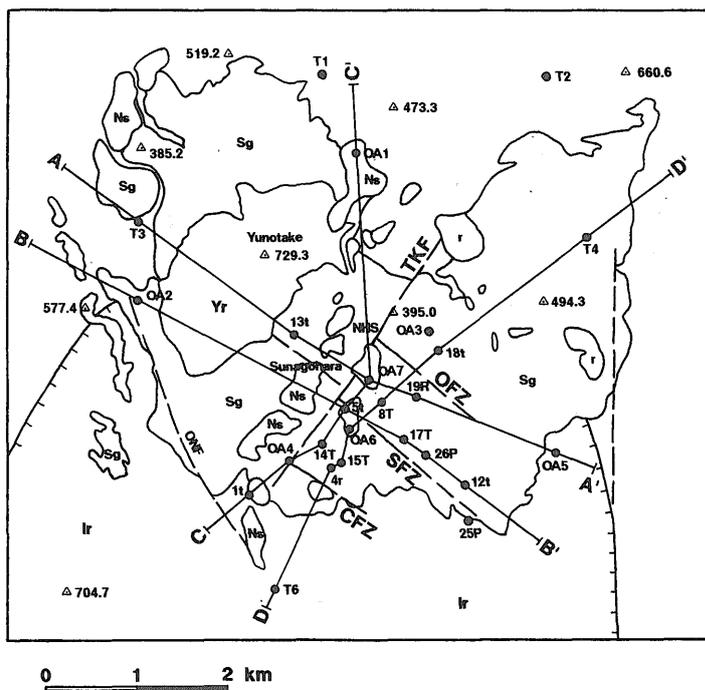
分布 三河沢, 大検沢, 小検沢など会津盆地北縁地域。本地域では地表には分布せず, 標高約-1200m以深の坑井で確認される。

層序関係 模式地付近では基底レキ岩をもって白亜紀花こう岩の上に不整合に重なる(鈴木, 1964)。本地域では, いずれの坑井も下限に達していないため不明。

岩相 模式地の本層は, 固結度の高いレキ岩と粗粒砂岩を主とし, 上部には緑色安山岩質凝灰岩と安山岩溶岩を伴う(鈴木, 1964)。

本地域の坑井では, 下部に砂岩, 火山レキ凝灰岩が, 上部に安山岩溶岩が見られる(84N-3t)。

砂岩は, 緑色を帯びているものが多く, 一部は桃白色を呈する。一般に粗粒だが, 一部は細粒であり, アルコー



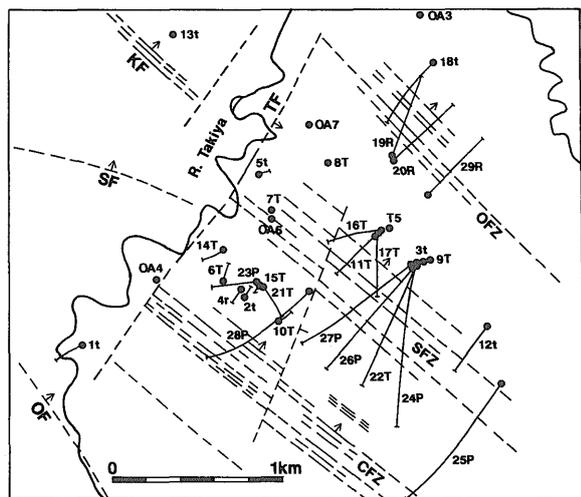
第4図 砂子原層の分布範囲と主要坑井の位置 (砂子原層の地質は水垣 (1993) による)

TKF: 滝谷川断層, ONF: 小野川原断層, r: 流紋岩, NHS: 西山温泉, その他の記号は第3図と同じ。

AA', BB', CC', DD'は第7図に示す断面線。

Fig. 4 Map showing the distribution of the Sunagohara Formation and location of wells (Geology of the Sunagohara Fm. after Mizugaki, 1993).

TKF: Takiyagawa Fault, ONF: Onogawara Fault, NHS: Nishiyama hot spring, r: rhyolite, AA', BB', CC' and DD': Cross-section lines shown in Figs. 7-1 to 7-4. The other abbreviations are the same as in Fig. 3.



第5図 奥会津地熱地域近傍の坑井位置および坑跡

TF: 滝谷川断層, OF: 小野川原断層, SF: 簾沢断層, KF: 北の沢断層, その他の記号は第3図と同じ。

Fig. 5 Map showing well head locations and traces of the geothermal exploration, production and reinjection wells around the productive area of the Okuaizu geothermal system.

TF: Takiyagawa Fault, KF: Kitanosawa Fault, SF: Sudaresawa Fault, OF: Onogawara fault. The other abbreviations are the same as in Fig. 3.

ス質で堅硬である。

火山レキ凝灰岩は堅硬で、数cm単位で不規則に混在する緑色部と白色部からなる。火山レキは流紋岩質で径は5mm前後のものが多い。

安山岩溶岩は、暗緑色で自破碎しており、一部に杏仁状構造をもつ。

本層のカッティングスは、暗い緑色を帯び安山岩片を含む(89N-22T, 90N-24P, 90N-25P, 92N-26P, 92N-27P, 92N-28P)。

層厚 模式地付近では600m以上(鈴木, 1964)。本地域ではいずれの坑井も本層下面に達していない。確認された層厚は最大で約500m(89N-22P, 90N-25P)。

化石 広葉樹の植物化石を産する(鈴木ほか, 1986)。年代・対比 中新世前期。奥羽脊梁山脈西部域に分布する闇川(くらがわ)層と対比される(鈴木ほか, 1986)。

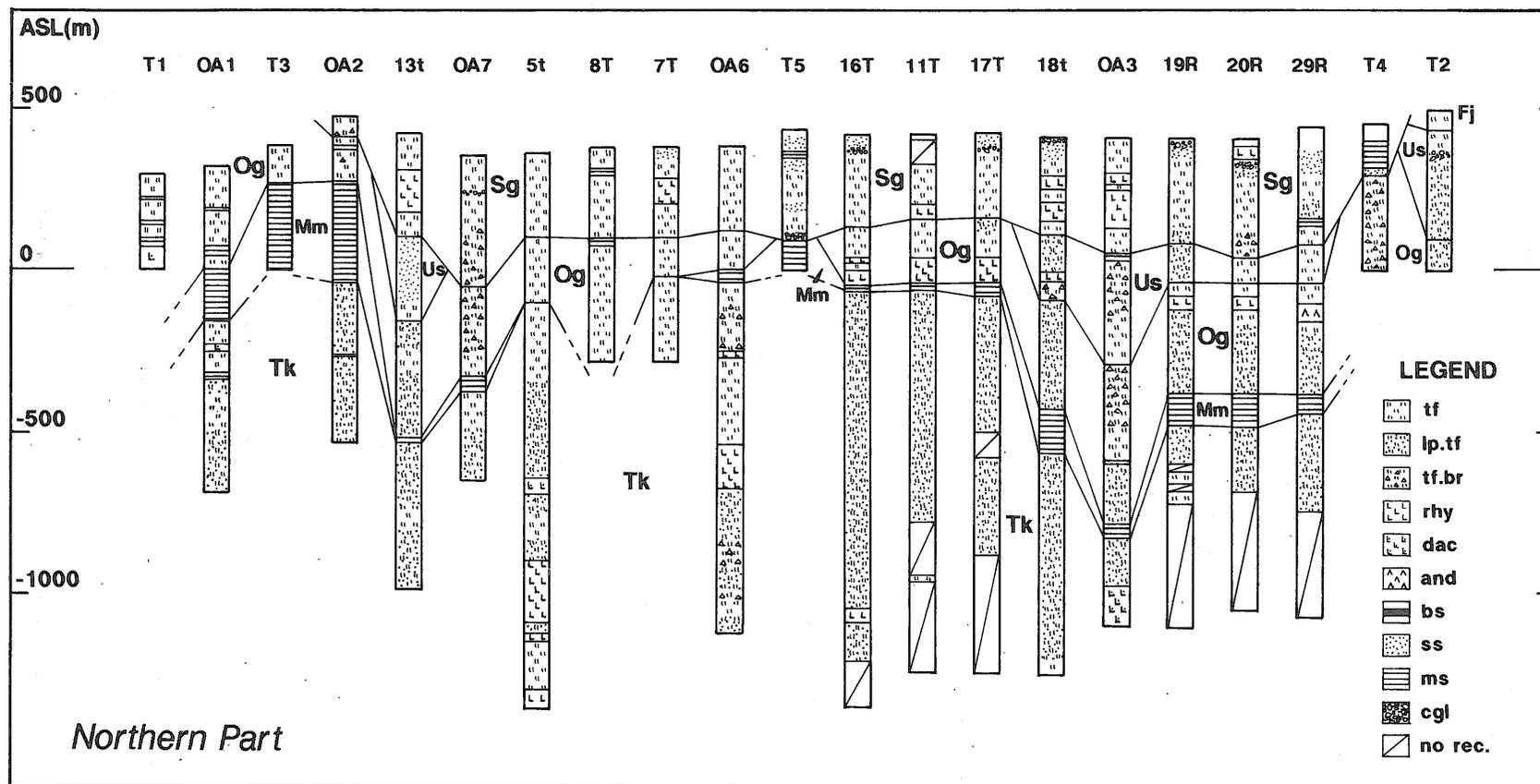
滝沢川層:

地層名 平林(1966), 通産省(1967)による。

模式地 大沼郡金山町滝沢より上流の滝沢川流域。

分布 野沢盆地の南西側から会津盆地の南西縁にかけて広く分布。本地域の地下では連続して分布し、35の坑井が本層に達している。地域内の地表には分布しない。

層序関係 大検沢層に整合に重なる(84N-3t)。

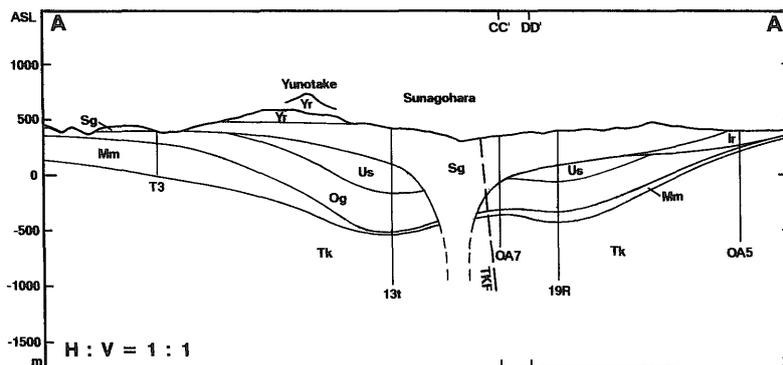


第6-1図 坑井地質柱状図 (北半部)

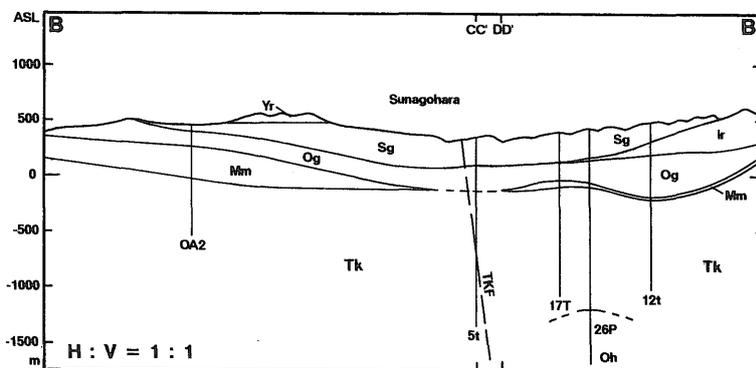
tf: 凝灰岩・軽石凝灰岩, lp.tf: 火山レキ凝灰岩, tf.br: 凝灰角レキ岩・火山角レキ岩, rhy: 流紋岩, dac: 石英安山岩, and: 安山岩, bs: 玄武岩, ss: 砂岩・シルト岩, ms: 泥岩, cgl: レキ岩, no rec.: 試料未回収区間, その他の記号は第3図と同じ。

Fig.6-1 Columnar sections of geothermal wells in the Okuaizu area (northern part).

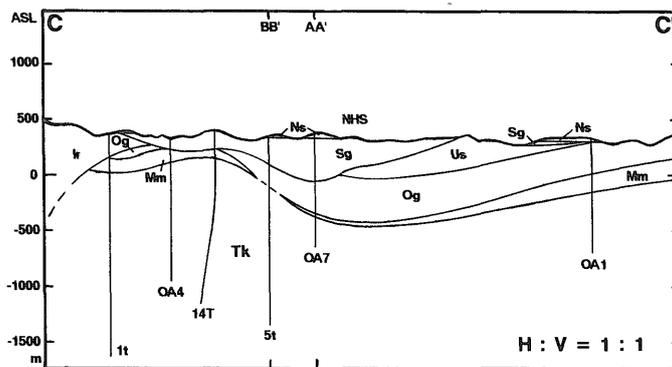
tf: tuff, pumice tuff, lp.tf: lapilli tuff, tf.br: tuff breccia, volcanic breccia, rhy: rhyolite, dac: dacite, and: andesite, bs: basalt, ss: sandstone, siltstone, ms: mudstone, cgl: conglomerate, no rec.: no sample recovered. The other abbreviations are the same as in Fig. 3.



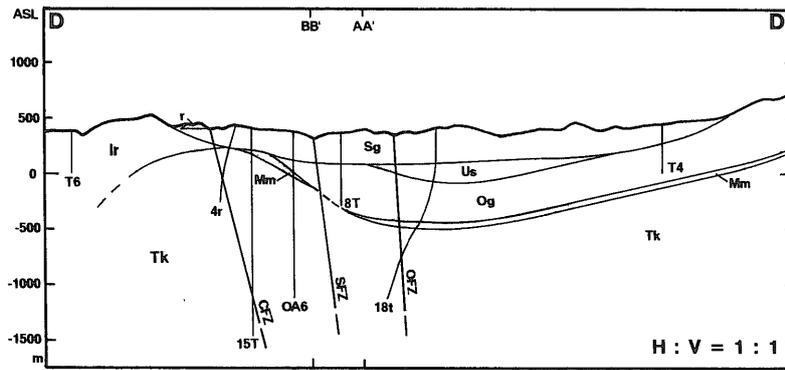
第7-1図 地質断面図 (A-A'断面) 断面線は第4図。記号は第3図と同じ。
 Fig. 7-1 Geologic cross-section along line AA' shown in Fig. 4.
 Abbreviations are the same as in Fig. 3.



第7-2図 地質断面図 (B-B'断面) 断面線は第4図。記号は第3図と同じ。
 Fig. 7-2 Geologic cross-section along line BB' shown in Fig. 4.
 Abbreviations are the same as in Fig. 3.



第7-3図 地質断面図 (C-C'断面) 断面線は第4図。記号は第3図と同じ。
 Fig. 7-3 Geologic cross-section along line CC' shown in Fig. 4.
 Abbreviations are the same as in Fig. 3.



第7-4図 地質断面図 (D-D'断面) 断面線は第4図。記号は第3図と同じ。
 Fig. 7-4 Geologic cross-section along line DD' shown in Fig. 4.
 Abbreviations are the same as in Fig. 3.

岩相 模式地の本層は、流紋岩および石英安山岩の溶岩、緑色の凝灰角レキ岩、火山レキ凝灰岩、軽石質凝灰岩などからなる (鈴木ほか, 1986)。

本地域では流紋岩質火砕岩を主とし流紋岩を挟在し、まれに泥岩を挟む (84N-5 t)。南西部 (84N-1 t) では流紋岩を主とする。

流紋岩質火砕岩類は、火山レキ凝灰岩と軽石質凝灰岩を主とし、凝灰岩と少量の凝灰角レキ岩、火山角レキ岩を伴う。いずれも大部分は緑色を帯びているが、後述する地熱水による変質を強く受けた部分は灰白-白色となっている。

火山レキ凝灰岩は、一般に塊状で基質の量が多く、緑白-淡緑灰色を呈する。レキは同質のものが多く、少量の暗灰色頁岩片も含まれる。レキ径は5 mm前後が多く、数cmまでである (第8図a)。

軽石質凝灰岩は、緑白-淡緑灰色で、径数mm-1 cm程度の偏平ないし不規則な形の圧密された軽石が、緑色パッチ状に多数含まれる (第8図b)。一般に塊状だが、一部で弱い層理をもち、厚さ1 cm前後の緑色薄層を挟むことが多い。

凝灰岩は、緑白-淡緑灰色を呈し、細粒を主とするが、一部は中粒ないし粗粒である。斜交・平行葉理、綫化構造をもつことが多く、流紋岩の近くではしばしば堆積構造が乱されている。細粒凝灰岩は、厚さ1 cm前後の緑色薄層を挟むことが多い (第8図c)。

凝灰角レキ岩、火山角レキ岩中のレキは、同質を主とし、少量の暗灰色頁岩片を含むことがあるほか、本層基底付近では最大で約40%の花こう岩質岩を含む (84N-3 t)。凝灰角レキ岩に始まり、上方に向かい火山レキ凝灰岩、細粒凝灰岩へと漸移する数10mを超えるサイクルが多数認められる。

流紋岩は、斜長石斑晶をもつ淡紫褐色の塊状流紋岩が最も普通に見られる。その他にも、リパライト質、無斑晶質、石英と斜長石の斑晶を多量に含むネバダイト質お

よび真珠岩質などの岩質と、塊状、自破碎、流理、球顆、杏仁状などの組織・構造が組合わさり、多様な岩相をもつ (第8図d,e)。また色調も白、桃、灰、暗青、淡緑色など変化が大きい。

泥岩はまれに凝灰岩中に挟在されるが、厚さ50mを超えることはない。灰、暗灰色を呈し、細粒凝灰岩と互層したり、平行葉理をもつことが多い (84N-5 t)。

本層のカッティングスは、淡緑-緑灰色で流紋岩、緑色凝灰岩の岩片を含む (89N-22T, 90N-24P, 90N-25P, 92N-26P, 92N-27P, 92N-28P)。

層厚 鈴木ほか (1986) による本層の一般的な層厚は1000-1300m。本地域では、猿倉沢断層および血の池沢断層周辺の複数の坑井 (84N-3 t, 89N-22T, 90N-24P, 90N-25P, 92N-26P, 92N-27P, 92N-28P) が本層下底に到達している。それらより確認される層厚は900-1300 mで、東方に向かい小さくなる。

化石 最上部に挟まれる砂質凝灰岩より海成貝類化石を産する (島田ほか, 1969)。

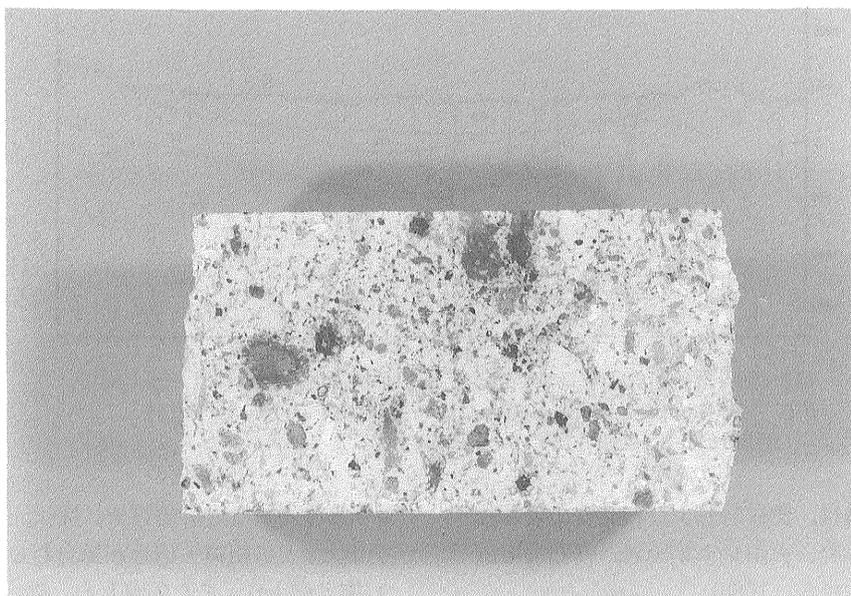
年代・対比 中新世前期。

宮下泥岩部層:

地層名 北村ほか (1968)、通産省 (1969) による。荻野層 (後述) の最下部。

模式地 大沼郡三島町宮下付近の只見川周辺。

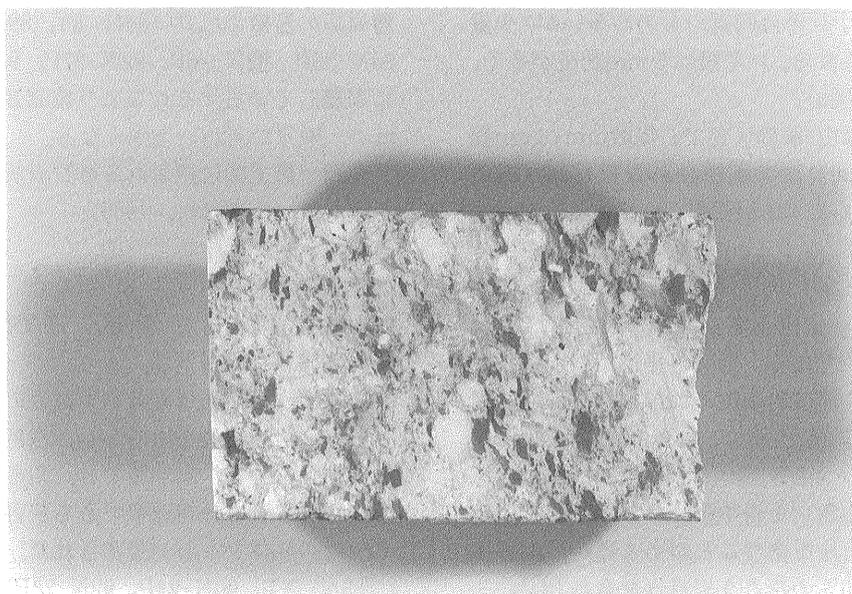
分布 宮下周辺を中心とし、白沢山、四ツ谷高森付近にも小分布する。本地域では、南部中央の一部を除く34の坑井が本層の分布層準である荻野層最下部に達し、そのうち30坑井で本層が確認された。残り4坑井 (84N-5 t, 85N-7 T, 90N-24P, 92N-28P) の本層層準付近の深度からの回収試料はいずれもカッティングスなので、本層がないのか、あっても薄いために確認できないのか不明である。岩相と層厚の側方変化は激しいが、部層そのものの連続性はよく、本地域での鍵層となる。地域内の地表には露出しない。荻野層中には本部層のほかにも何枚かの泥岩層が挟まれるが、本部層がきわだって側方連



第8a図 滝沢川層の流紋岩質火山レキ凝灰岩 (84N-2t, 深度1346.0-1346.1m)

コア断面の幅は5.5cm。火山レキは径数mm-1cmの緑泥石化した火山ガラス, 白色流紋岩からなり, 異質岩片をほとんど含まない。基質はセリサイト化し, 少量の自形黄鉄鉱を鉱染する。

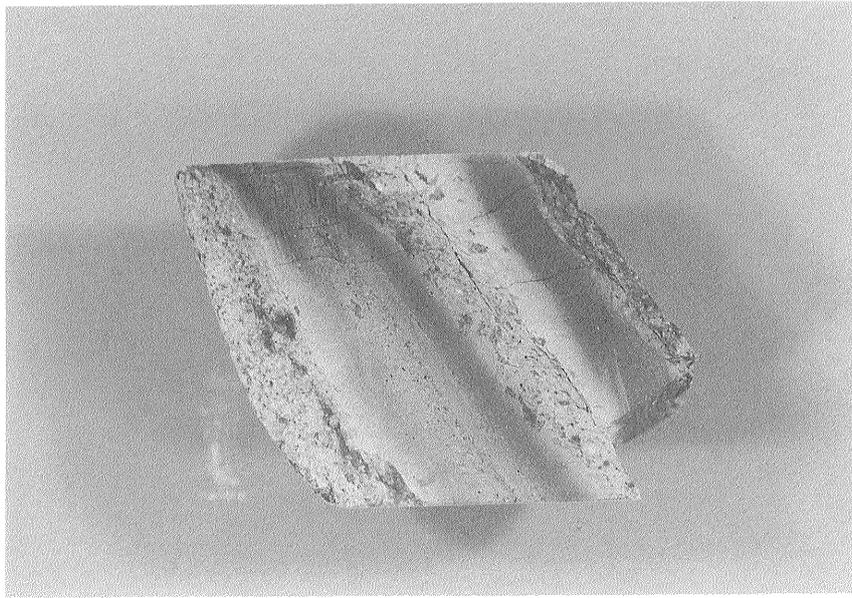
Fig. 8a Rhyolitic lapilli tuff. Takizawagawa Formation (84N-2t, depth 1346.0-1346.1m).



第8b図 滝沢川層の流紋岩質軽石凝灰岩 (N57-OA4, 深度707.1-707.2m)

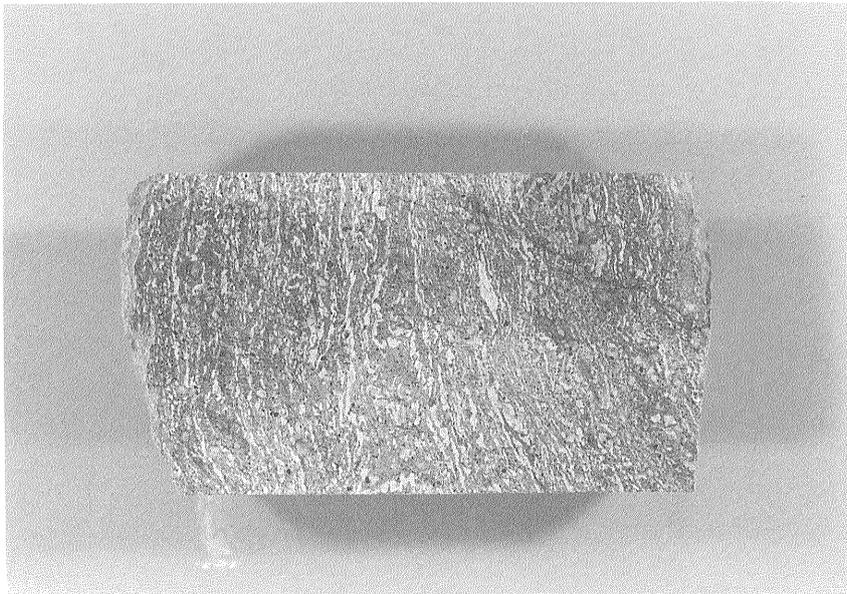
コア断面の幅は5.5cm。緑泥石・セリサイト化した軽石と少量の流紋岩火山レキからなる。

Fig. 8B Rhyolitic pumice tuff. Takizawagawa Formation (N57-OA4, depth 707.1-707.2m).



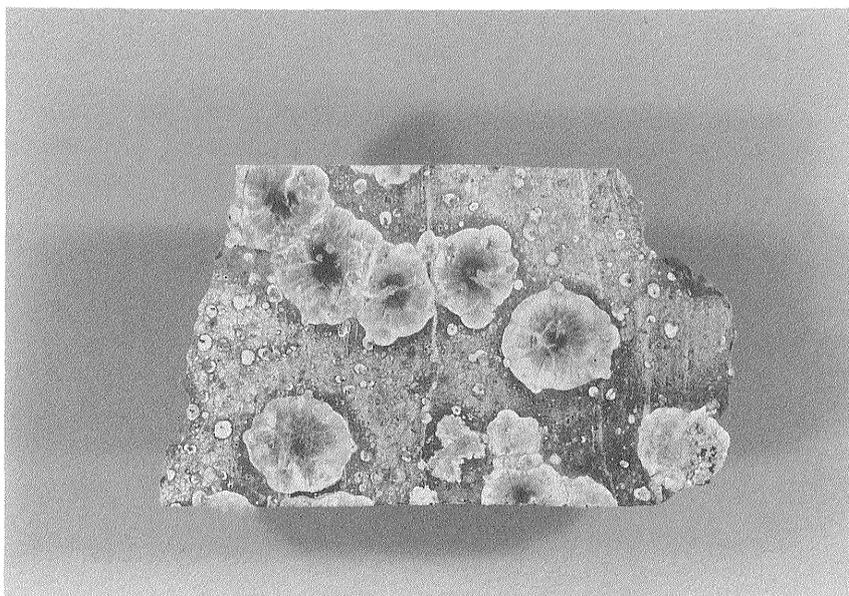
第8c図 滝沢川層の流紋岩質凝灰岩 (N57-OA 4, 深度884.4-884.5m)

コア断面の幅は5.5cm。細粒と中粒の凝灰岩が2-3cm単位で互層する。細粒部は強く緑泥石化する。
Fig. 8c Fine to medium grain rhyolitic tuff. Takizawagawa Formation (N57-OA4, depth 884.4-884.5m).



第8d図 滝沢川層の流紋岩 (86N-12t, 深度1532.4-1532.5m)

コア断面の幅は5.5cm。流理構造をもつ流紋岩溶岩。
Fig. 8d Rhyolite with fluidal structures. Takizawagawa Formation (86N-12t, depth 1532.4-1532.5m).



第8e図 滝沢川層の流紋岩 (86N-12t, 深度1560.4-1560.5m)

コア断面の幅は5.5cm。径数mm-2cmの球顆構造をもつ流紋岩溶岩。

Fig. 8e Rhyolite with spherulitic texture. Takizawagawa Formation (86N-12t, depth 1560.4-1560.5m).



第8f図 宮下泥岩部層 (N57-OA 1, 深度460.0-460.1m)

コア断面の幅は5.5cm。葉理の発達する泥質部と凝灰質シルト質部からなる。

Fig. 8f Alternation of mudstone and tuffaceous siltstone. Miyashita mudstone member (N57-OA1, depth 460.0-460.1m).

続性がよい。

層序関係 滝沢川層に整合に重なる (N57-OA 2, N57-OA 3, N57-OA 4, 87N-18t)。

岩相 模式地では、主として泥岩およびシルト岩からなり、まれに砂岩や凝灰岩を挟むこともある。

本地域では、主として泥岩からなる場合 (T 3, N57-OA 1, N57-OA 2 など) と、泥質岩と火砕岩の互層からなる場合 (N57-OA 3, 87N-18t など) とがある。

泥岩を主とする場合は、灰、暗灰、茶灰、紫灰ないし黒色を呈する泥岩または凝灰質泥岩が数10m以上にわたって連続し、少量の凝灰岩薄層を挟む。多くは塊状だが、明瞭な層理やスランプ構造をもつこともある (第8図f, g)。

泥岩と凝灰岩が互層するN57-OA 3では、泥岩は暗灰-黒灰色を呈し凝灰質で堆積構造が乱されている。87N-18tでは、砂岩、流紋岩、緑色凝灰岩の角レキを含む黒色泥岩と、緑色凝灰岩、火山角レキ岩とが数m-25m程度の間隔で互層し、その間は固結度が低下している。

一般に、厚層部では正常堆積の泥岩が卓越するのに対し、層厚の減少とともに凝灰分の増加、堆積構造の擾乱を伴うことが多い。

本層のカッティングスは、灰、黄灰、緑灰ないし暗灰色で泥岩片を主体とする (88N-19R, 88N-20R, 89N-22T, 92N-26P, 92N-27P など)。

層厚 模式地では最大300m (北村ほか, 1968)。本地域では数mから300m以上に達する部分もある。局地的変化もあるが、全体としては西側で厚く、東に向かい薄化する。

化石 下部より、N 8 帯の浮遊性有孔虫や底生有孔虫を、また上部より、N 9 帯の有孔虫化石を産出する (鈴木ほか, 1986)。本地域の坑井からは、Sagarites を産する (N57-OA 2)。

年代・対比 中新世前期-中期。

荻野層:

地層名 鈴木 (1951) による。ここでは宮下泥岩 (前述) を除く。

模式地 耶麻郡高郷村荻野付近。

分布 三島町から柳津町にかけて広く分布。本地域では北西縁と東縁の地表に分布し、南部中央の一部を除く32の坑井で認められる。

層序関係 本層下部層である宮下泥岩部層から整合一連 (T 3, N57-OA 1, N57-OA 2 など)。

岩相 模式地周辺では、軽石質凝灰岩、凝灰角レキ岩を主とし、流紋岩や安山岩の溶岩、火砕岩と泥岩を挟む (鈴木ほか, 1986)。

本地域の坑井では、流紋岩質火砕岩を主とし、少量の泥岩を挟む。

流紋岩質火砕岩は、凝灰角レキ岩、火山レキ凝灰岩、軽石質凝灰岩、細粒-粗粒凝灰岩からなる。青-緑色を帯

びた灰色を呈し、塊状ないし成層し、スランプ構造をもつこともある。凝灰角レキ岩、火山レキ凝灰岩のレキは、流紋岩、緑色凝灰岩、安山岩、砂岩からなる。軽石質凝灰岩の一部では、軽石が完全に圧密されておらず、繊維状組織が残っているものがある。

泥岩は、しばしば凝灰岩と数m-数10m単位で互層する。灰-茶灰色の凝灰質泥岩と暗灰色の泥岩があり、塊状のものが多いが、層理や角レキ状構造をもつものもある。

本層のカッティングスは、灰、黄灰、茶灰、緑灰、暗灰色で泥岩、流紋岩、緑色凝灰岩の岩片を含む。

層厚 模式地では、本層下部の宮下泥岩部層を含めた層厚は200-500m。本地域の北東部 (N57-OA 3, 87N-18t など) では、宮下泥岩部層を含めた全層厚は400-500m。本地域の北西部 (86N-13t) では、約400m。

化石 凝灰質レキ質砂岩より浅海性二枚貝、腕足貝を産する (Masuda, 1962)。

年代 中新世前-中期。

漆窪層:

地層名 鈴木 (1951) による。

模式地 高郷村漆窪。

分布 会津盆地の北西縁を除く広範囲に分布。本地域では北部中央の地表に分布し、北部の7坑井で認められる。

層序関係 荻野層下部に整合に重なるか、同層上部と指交する (鈴木ほか, 1986)。

岩相 模式地では、下部は凝灰角レキ岩、火山レキ凝灰岩、細粒凝灰質を主とし、レキ岩や砂岩を挟み、貝殻石灰岩を伴う。上部は、軽石質凝灰岩と泥岩の互層および細粒凝灰岩からなる。

本地域では、火山レキ凝灰岩、凝灰質砂岩を主とし、泥岩、凝灰岩を伴う。

火山レキ凝灰岩は、灰色で塊状、一部成層する。安山岩、デイサイト、泥岩岩片を含む。

凝灰質砂岩、凝灰岩は、灰ないし淡緑灰色塊状で、一部成層する。径1cm弱のピソライトを含むことがある (N57-OA 3, 第8図h)。

泥岩は、本層上部に見られ、暗灰色で凝灰岩を挟み、斜交葉理をもつことがある。

本層のカッティングスは、白、灰白、灰、暗灰、明緑灰色で安山岩、デイサイト、泥岩の岩片を含む。

層厚 宮下-西山地域では400-600m、会津盆地西縁-野沢盆地にかけては約200m。本地域では、約450m。

化石 下部よりN10-12帯の浮遊性・底生有孔虫や貝類が、上部より底生有孔虫化石を産出する (鈴木ほか, 1986)。本地域では、T 2 の火山レキ凝灰岩から小型貝化石を産する。

年代・対比 中新世中期-後期。

入山沢層:

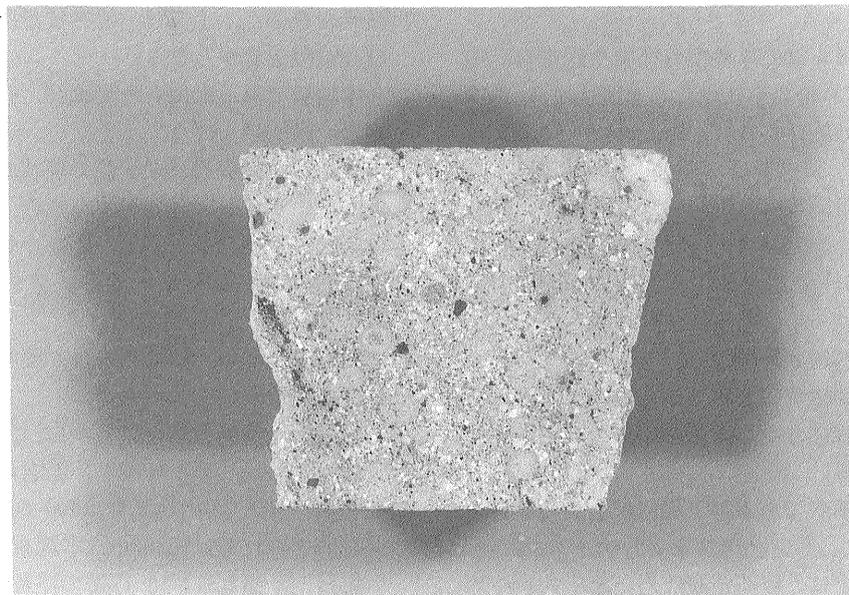
地層名 山元 (1992a) が再定義した“入山沢層”によ



第8g図 宮下泥岩部層 (N57-OA 4, 深度247.2-247.3m)

コア断面の幅は5.5cm. 灰色泥質部が明灰色凝灰質シルト部にスランピングする。ポケット状の方解石と黄鉄鉱染が認められる。

Fig. 8g Mudstone with slump structures. Miyashita mudstone member (N57-OA4, depth 247.2-247.3m).



第8h図 漆窪層の砂質凝灰岩 (N57-OA 3, 深度685.0-685.1m)

コア断面の幅は5.5cm. 径5mm前後のピソライトを含む。

Fig. 8h Sandy tuff with accretionary lapilli. Usushikubo Formation (N57-OA3, depth 685.0-685.1m).

る。北村ほか (1968) の入山沢凝灰岩とこれを整合に覆う下中津川層にほぼ相当する。

模式地 大沼郡三島町浅岐から南に入る入山沢。

分布 岩淵山, 志津倉山, 大辺峠, 琵琶首, 高館山を含む径20x15kmの大型カルデラを埋積する。本地域では南部の地表に分布し, 南部の6坑井で認められる。

層序関係 不淘汰角レキ岩をもって下位層に対し高角でアバットする (小室, 1984)。本地域では, いずれの坑井も本層下限に達しておらず, 下位層との関係は不明。

岩相 模式地では, デイサイト質火砕岩, これと指交する下位層由来の種々の岩石を含む不淘汰角レキ岩, それらの上位に重なるシルト岩・砂岩・レキ岩および流紋岩・デイサイト・安山岩の貫入岩からなり, それぞれカルデラ形成期の火砕流堆積物, それに挟まれる岩屑なだれ堆積物, それらに重なる湖成堆積物および後カルデラ期の貫入岩と考えられている (山元, 1992a)。

本地域の坑井では, 凝灰岩と凝灰角レキ岩を主とし, 泥岩を伴う (T6)。

凝灰岩は, 灰-灰白色を呈し粗粒で火山レキを混じえることが多い。泥岩や凝灰岩の角レキを混じえ, 角レキの量は凝灰角レキ岩まで様々に変化する。平行葉理, 級化構造, 強いスランプ構造 (第8図i) など, 種々の堆積構造をもつ。しばしば炭化植物片を含む (第8図j)。

泥岩は灰-暗灰色で, 凝灰質砂岩中に数m-10数mの厚さでブロック状に産する。

本層のカッティングスは, 灰白, 灰, 暗オリーブ, 緑灰色でデイサイト, 緑色凝灰岩, 泥岩の岩片を含む。

層厚 中央部では1000m以上に達する (山元, 1992a)。本地域ではいずれの坑井も本層下面に達していない。確認された層厚は最大で360m (T6)。

化石 岩屑なだれ堆積物中に含まれるの基盤のブロックから後期中新世の貝化石を産する (水戸ほか, 1978; 山元, 1992a)。

年代 中新世後期。山元 (1992a) は, カルデラ形成期の火砕流堆積物のFT測年値として, 7.1 ± 1.0 Ma を報告している。

砂子原層:

地層名 鈴木 (1951), 小室 (1978) による。

模式地 河沼郡柳津町砂子原。

分布 砂子原付近を中心とする径約5kmの多角形のカルデラを埋積して分布する。本層の地表分布の範囲の全てが本地域に含まれる。34の坑井で本層基底まで掘削された。本層分布域内の西側には長径約2km, 比高約300mのパーライト質流紋岩ドーム (湯の岳流紋岩: 通産省, 1970) が露出するほか, より小規模な同質流紋岩体が数ヶ所でみられる (第4図)。

層序関係 下位層に不整合に重なる。分布の縁辺では不淘汰角レキ岩をもって下位層に高角度でアバットする。坑井では, 不整合面に基底レキ岩を伴うことが多い

(T5, N57-OA3, 84N-4r)。また, 分布の中心付近 (N58-OA7) では砂子原カルデラの火道充填物が下位層にアバットする (水垣, 1993)。

岩相 流紋岩質火砕岩, 流紋岩, 砂岩・シルト岩・泥岩, 不淘汰角レキ岩からなり, それぞれ流紋岩質カルデラ火山活動に伴って形成された火砕流堆積物と降下堆積物, 浅所貫入-噴出岩, 湖成層, 縁辺部の崖錐堆積物と考えられている (小室, 1978; 山元, 1992a; 水垣, 1993)。

水垣 (1993) によれば, 本層は以下の湖成堆積物, 火砕流堆積物, 流紋岩溶岩および火道充填堆積物からなる。

湖成堆積物は下部層, 中部層, 上部層からなる。下部層は, 灰色の細粒凝灰岩を主とし, 縁辺の基底部には壁岩由来の小レキ-巨レキを多量に含む不淘汰角レキ岩 (第8図k) が分布する。中部層は, 淡褐-白色の層理の発達する砂岩・シルト岩を主とし, 粗粒部に含まれる金色の黒雲母片, 細粒部で見られる微細な平行葉理, 火炎状構造や炭化植物片を特徴とする。上部層は, レキ質泥岩・砂岩レキ岩互層などからなり, 中下部層と比べて火山源碎屑物が少ない。また, 岩相変化が激しく固結度が低い。

火砕流堆積物は, 火砕流堆積物Iと火砕流堆積物IIに区分される。火砕流堆積物Iは, 少量の異質岩片を含む黒雲母流紋岩質の非溶結の塊状火山レキ凝灰岩からなり, その層準は湖成堆積物下部層と中部層との境界に相当する。火砕流堆積物IIは, 異質岩片を含まない黒雲母流紋岩質の非溶結の塊状火山レキ凝灰岩からなり, その層準は湖成堆積物上部層に相当する。

流紋岩溶岩は, 黒雲母角閃石流紋岩ないし角閃石流紋岩で, 多くはガラス質の石基をもち真珠状割れ目がある。湯の岳流紋岩を含めカルデラ内-縁辺で4個の溶岩ドームを形成しているほか, 小規模な貫入岩体ないし溶岩流として湖成堆積物に貫入または挟在される。

火道充填堆積物は灰色のレキ質細粒凝灰岩で, 下位層のレキの他に本質岩片と思われる多量の白色のデイサイト-流紋岩質岩片をもつ (第8図l)。

層厚 湖成層の層厚は約400m。

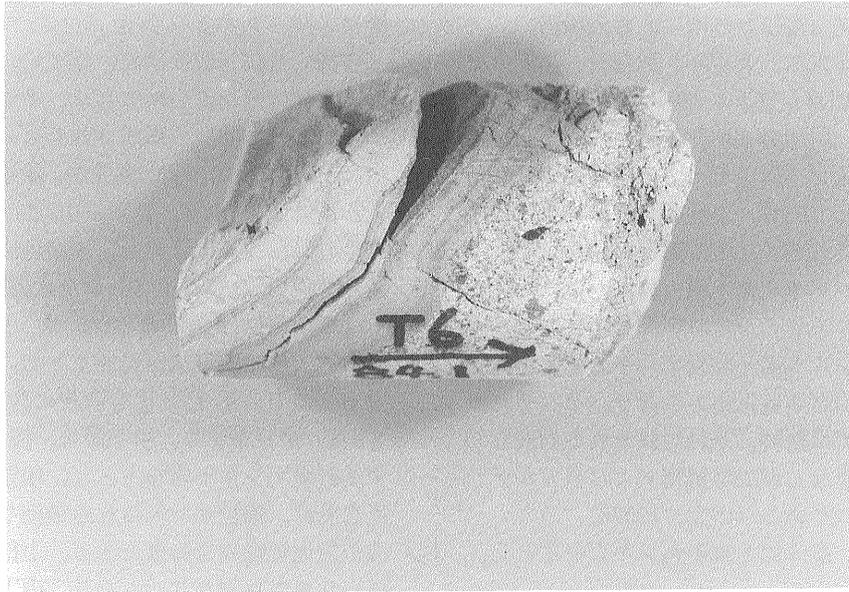
化石 下部更新世を示す花粉化石を産する (鈴木ほか, 1986)。

年代・対比 更新世中期。流紋岩より20-60万年のK-Ar年代値が得られているが (NEDO, 1985), 古い年代値はいずれも誤差が大きく, カルデラ形成は20-40万年と考えられる (水垣, 1993; 山元, 1996)。

本層のカッティングスは, 灰白, 灰, 黄白, 暗灰, 黒, 緑灰, 暗青, 淡褐, 褐色など種々の色調を呈し, 一般にガラス質で, しばしばパーライト質流紋岩片, 金色黒雲母, 両錐石英などを含むことを特徴とする。

貫入岩類:

見かけの厚さ約10mの玄武岩岩脈 (N57-OA2), 見かけの厚さ数m-20mの安山岩岩脈 (84N-2t, 84N-4r), 見かけの厚さ120mに達するデイサイト貫入岩 (N57-OA



第8i図 入山沢層の湖成堆積物 (T-6, 深度84.1-84.2m)

コアの直径6cm, 平行葉理をもつ泥質部が, 凝灰質粗粒砂岩中にスランピングする。

Fig. 8i Lake sediment with slumped mudstone. Iriyamazawa Formation (T6, depth 84.1-84.2m).



第8j図 入山沢層の湖成堆積物 (T6, 深度217.6-217.7m)

コアの直径4.5cm, レキ質凝灰質粗粒砂岩中に木質組織を残す黒色炭化植物片(幅3cm, 長さ5cm)が含まれる。

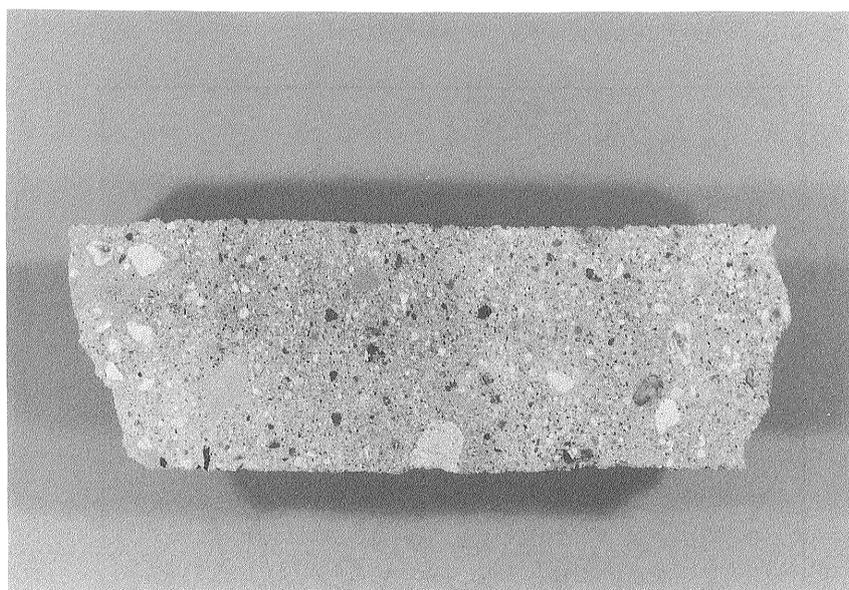
Fig. 8j Lake sediment with carbonized fossil plant. Iriyamazawa Formation (T6, depth 217.6-217.7m).



第8k図 砂子原層基底の不淘汰角レキ岩 (T5, 深度334.5-336.0m付近)

コアの直径4.5cm, 径数cm-数10cmの淘汰の悪い角レキと粘土化変質した細粒の明灰色凝灰質基質からなる基質支持構造をもつ角レキ岩。レキ種は流紋岩, 凝灰質シルト岩, 灰-暗灰色泥岩, 緑色凝灰岩など。

Fig. 8k Poorly sorted basal breccia. Sunagohara Formation (T5, depth 334.5-336.0m).



第8l図 砂子原層の細レキ質凝灰岩 (N58-OA7, 深度371.0-371.15m)

コア断面の幅は5.5cm, 径数mm-1cmの細角レキと明灰色細粒凝灰質の基質からなる。レキ種は流紋岩, 灰-暗灰色泥岩, 緑色凝灰岩など。水垣 (1993) による砂子原カルデラの火道充填物。

Fig. 8l Lithic tuff filling the eruption vent of the Sunagohara caldera volcano. Sunagohara Formation (N58-OA7, depth 371.0-371.15m).

3) が認められる。いずれも滝沢川層中に貫入する。

3.3 地質構造

本地域の地質は、先第三系基盤を不整合に覆う下部-上部中新統と、それらにアバットする後期中新世形成の入山沢カルデラおよび中期更新世形成の砂子原カルデラを埋積する地層群からなる。地質構造上これらの地質単元間に大きな不連続があるため、以下では、これらの地質単元ごとにその構造を述べる。

先第三系基盤

垂直深度約2,000m(海面下約1,600m)に達する坑井でも先第三系基盤には到達していないので、本地域における先第三系基盤の分布深度は2000m以深と考えられる。奥会津地熱地域の中心付近の先第三系基盤深度が2,000m以上であることは、基盤に花こう岩質岩の密度を仮定して計算した重力基盤深度(新田ほか, 1987)と矛盾しない。

下部中新統-上部中新統下部の地質構造

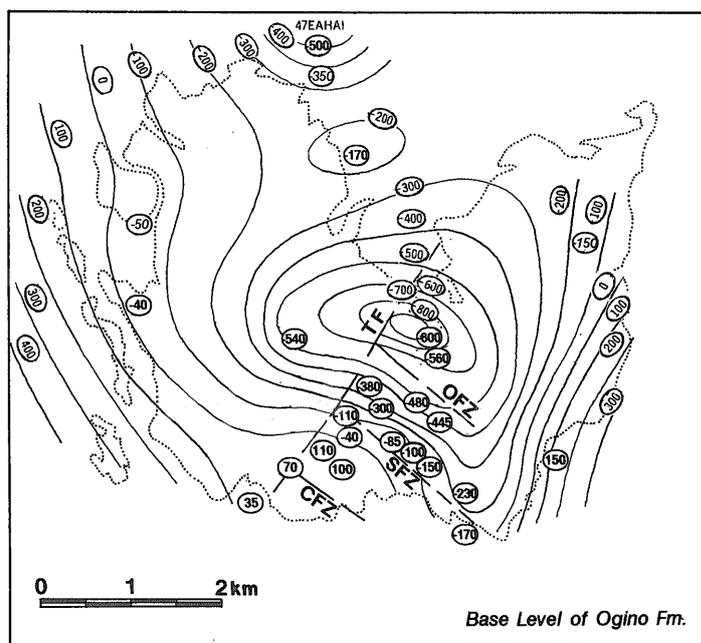
下部中新統大桧沢層は、海面下1,200m-1,300m以深に分布することが本地域南部の血の池沢断層に沿って掘削された坑井により確認された。大桧沢層と先第三系とは不整合か断層で接していると考えられるが、本地域では確認されていない。

下部-上部中新統下部の滝沢川層、荻野層および漆窪層は整合一連に堆積している。ここでは、荻野層の下面に

注目して構造の大局を見てみる。荻野層の下面は、実際には本地域の地下にほぼ連続して分布する同層最下部の宮下泥岩部層の下面である。第9図は、各坑井データおよび地表調査結果(NEDO, 1985)に基づいて宮下泥岩部層下面の深度を結んだ等高線図である。第9図から、1) 砂子原カルデラ中心付近を通るほぼ南北方向の軸をもつ向斜構造と、2) 砂子原カルデラの中央付近を中心とする直径3 km以上、比高500m以上に及ぶ凹部が認められる。1)の向斜構造は、宮下-砂子原ベースン(Hayakawa *et al.*, 1974)に相当し、その東翼は赤羽-軽井沢隆起帯(Hayakawa *et al.*, 1974)へ、西翼は本名-玉梨隆起帯(Hayakawa *et al.*, 1974)へ連なる。2)の凹構造は、砂子原層底部の構造(第10図)とほぼ調和している。水垣(1993)は、砂子原カルデラを形成した噴火と同時またはそれ以後に、現在の砂子原層分布域の東縁部および西縁部に挟まれたブロックが断層運動によって沈降し、地形的カルデラを形成したと推定した。今回認められた新第三系の凹構造は、この断層運動を反映したものと考えられる。

上部中新統入山沢層の構造

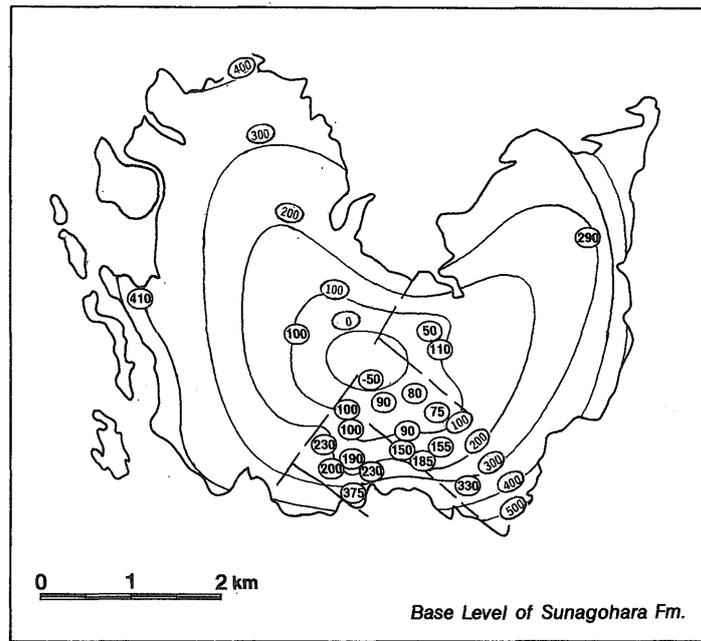
地熱地域南部のT6を除く坑井では、深度200m前後で入山沢層の下限に達している。入山沢層の地表での分布外縁からそれらの坑井までの距離は、0.5-2 kmである。したがって、本地域の入山沢層は、その分布外縁から少なくとも2 km以内では基底面の傾斜が緩く、10度前後



第9図 荻野層(宮下泥岩部層)基底面の深度(海拔標高)分布

楕円とその中の数値は、作図に用いた坑井の位置とその場所での荻野層(宮下泥岩部層)の基底面の深度(海拔標高)。

Fig. 9 Contour map showing the base level of the Ogino Formation.



第10図 砂子原層基底面の深度(海拔標高)分布

楕円とその中の数値は、作図に用いた坑井の位置とその場所での砂子原層の基底面の深度(海拔標高)。

Fig. 10 Contour map showing the base level of the Sunagohara Formation.

と結論される。入山沢カルデラを埋積する堆積物の厚さは坑井により1000m以上と確認されているので(山元, 1992a), その基底面の傾斜は奥会津地熱地域付近の同カルデラ縁辺では緩く, 内側に向かって急激に斜度を増すものと考えられる。

中部更新統砂子原層の構造

第10図は, 各坑井データおよび地表調査結果(NEDO, 1985; 水垣, 1993)に基づいて砂子原層基底面の高度を示した等高線図である。第10図と断面図(第7図)より, 砂子原カルデラが, 相対的に小さな中心火道をもち浅部で側方に大きく広がる, じょうご型の構造をもつことが分かる。じょうごの内部の多くはほぼ水平に堆積した流紋岩質火砕岩と湖成層で埋積される。

砂子原層の基底面深度は坑井N58-OA7で最も深く, その標高は海面下50mである。砂子原層の基底面には, しばしばカルデラ壁の崩壊により形成されたと考えられる不淘汰角レキ岩が見られるが, N58-OA7にはそれが認められず, かわりに厚さ約200mにおよぶレキ質細粒凝灰岩があり火道を充填する噴出物と考えられている(水垣, 1993)。基底面の深度はN58-OA7の北200-300mで最も深くなっており(第10図), 砂子原カルデラを形成した噴火の火道は, その付近に位置すると考えられる。N58-OA7以外の坑井では火道充填噴出物は認められず, 火道の直径はおそらく数100m前後と思われる。

カルデラ内には数ヶ所で流紋岩の溶岩ドームが噴出, あるいは浅所貫入しているが, それらの火道はカルデラ

を形成した噴火の火道とは独立して, それぞれの岩体の下部に存在すると思われる。また, それら流紋岩ドーム群の配列は, 中心噴火の火道を取りまいて環状に分布するように見える。

断層・裂か系

本地域の断層・裂か系は, 北西-南東系, 北東-南西系, 南北ないし北北西-南南東系に大別される。

北西-南東系の断層・裂か系には, 地熱流体の生産ゾーンである血の池沢断層および猿倉沢断層, 還元ゾーンである老沢断層, 地熱地域の北西に延びる北の沢断層がある(第4図)。血の池沢断層は76°, 猿倉沢断層は83°, 老沢断層は87°, 北の沢断層は82°でそれぞれ北東に傾斜する(新田ほか, 1987; 新田ほか, 1995)。坑井がこれらの断層を貫く箇所では, 一般に多量の逸水を伴ない, また熱水性鉱物の自形結晶が成長した開放割れ目が認められることが多く(例えば84N-2t), それらの断層が地下では開放空間を伴っていることを示している。また, 血の池沢断層を斜めに貫く87N-14Tでは, 断層との会合深度である深度1,100-1,561mの間で10t/h以上の逸水が16箇所も認められ, 同断層が多数の開放裂か群からなることを示している。同様の現象は猿倉沢断層や老沢断層でも普通に認められる。なお, これらの北西-南東系の断層・裂かに伴う変移はほとんど知られていない。

北東-南西系の断層・裂か系には, 地熱地域西部を通り南東に82°傾斜する滝谷川断層がある(第4図)。坑井84N-5tが同断層を貫いた深度1,095mの破碎部では, 8t/h

の全量逸水があった(新田ほか, 1987)。

南北ないし北北西-南南東系の断層・裂かには, 砂子原層の分布西縁付近を通り東に72°傾斜する小野川原断層がある(第4図)。坑井84N-1tが同断層を貫いた深度831mでは, 炭酸ガスの突出が報告されている(新田ほか, 1987)。また, 砂子原層の分布東縁付近には南北性の断層が推定されている(新田ほか, 1987; 水垣, 1993)。水垣(1993)は, 砂子原カルデラの噴火後にこれらの南北性の断層に挟まれたブロックが沈降し, それにより生じた凹地に砂子原層が堆積したと考えた。

4. 熱水変質作用

4.1 試料および研究方法

変質作用の検討のための試料は, 層序の検討対象と同じ42の坑井から得たコア・カッティングスから, 平均20-50m間隔, 重要部分では2-10m間隔で採取された。対象試料の総数は約1,500個であり, うち地質調査所実施分が約500個, 奥会津地熱(株)実施分が約1,000個である。これらに加えてNEDO(1985)の調査結果も検討の対象とした。

変質鉱物の同定は主としてX線粉末回折法(Cu管球)により行い, 代表的な試料については鏡下で観察した。また, 粘土鉱物や沸石鉱物の同定に際しては, 代表的な試料にエチレングリコール, 塩酸等の前処理を行った。コア試料は鉱物細脈を除いた母岩を, カッティングスは全岩を対象とした。

4.2 坑井試料に見られる変質鉱物

X線回折の結果, 同定された変質鉱物は以下のとおりである。

シリカ鉱物: 石英, クリストバライト

長石: 斜長石, カリ長石

粘土鉱物: スメクタイト, カオリナイト, セリサイト, 緑泥石, セリサイト・スメクタイト(S/S)混合層鉱物, 緑泥石・スメクタイト(C/S)混合層鉱物

沸石鉱物: 斜プチロル沸石, 束沸石, モルデン沸石, 方沸石, 輝沸石, ワイラケ沸石

炭酸塩鉱物: 方解石, 苦灰石, クトナホライト, 菱鉄鉱, 菱苦土石, 菱マンガン鉱

硫酸塩鉱物: 硬石膏, 石膏

硫化鉱物: 黄鉄鉱, 閃亜鉛鉱, 方鉛鉱

これらの変質鉱物の分布の概要は, 以下のとおりである。地熱系の内外を問わず深度数100mを超える中-深所では緑泥石, セリサイトが卓越する。地熱系周辺の地表-浅所(約300m以浅)では, 沸石, スメクタイト, カリ長石が特徴的に出現する。両者の中間にC/S, S/S混合層鉱物とスメクタイトが認められることが多い。貯留層近傍の高温部では広範囲に多量の硬石膏が認められ, 一部は

珪化も伴う。また, 閃亜鉛鉱, 方鉛鉱が見られることもある。貯留槽に連続する裂かの周辺では, 局所的にカオリナイトまたはセリサイトが卓越する部分がある。カオリナイトの出現は地表付近-深度数100mの間にほぼ限られる。深度にかかわらず, 苦灰石, 方解石, 菱鉄鉱などの炭酸塩鉱物が普通に現われるが, それらの消長に規則性は見い出せない。

地質断面図(第7図)に示したものと同一の主要な坑井における変質鉱物の分布を, 鉱物群ごとに第11図に示す。

4.3 変質鉱物組合せ

奥会津地熱地域の母岩の変質は, 粘土鉱物と沸石鉱物を指標として, 以下の5帯に分けることができる(第12図)。

1) スメクタイト・沸石(SZ)帯: スメクタイトにより特徴づけられ, モルデン沸石または斜プチロル沸石を伴うことが多い。クリストバライト, カリ長石を伴うことがある。

2) 混合層粘土鉱物(ML)帯: S/S混合層鉱物またはC/S混合層鉱物により特徴づけられ, 石英を伴う。クリストバライト, カリ長石, 少量のセリサイト, 沸石を伴うことがある。

3) プロピライト(PR)帯: 緑泥石とセリサイトにより特徴づけられ, 石英を伴う。カリ長石を伴うことがある。

4) セリサイト(S)帯: セリサイトにより特徴づけられ, 石英を伴う。S/S混合層鉱物, C/S混合層鉱物を伴うことがある。

5) カオリナイト(K)帯: カオリナイトにより特徴づけられ, 石英を伴う。セリサイト, カリ長石, スメクタイトを伴うことがある。

上に述べた鉱物のほかに, 黄鉄鉱, 方解石, 苦灰石が各帯に, 菱鉄鉱, 菱マンガン鉱, アンケライト, クトナホライトが混合層粘土鉱物帯, プロピライト帯, セリサイト帯, カオリナイト帯に, 硬石膏がプロピライト帯, セリサイト帯, カオリナイト帯にそれぞれ現れることがある。

各坑井における変質帯の分布を, 後述する解釈地層温度とともに第13図に示す。

4.4 層序と変質帯分布との関係

大検沢層と滝沢川層ではプロピライト帯が卓越する。地熱系内部の滝沢川層の一部では, 猿倉沢断層や老沢断層など地熱流体の貯留部との会合部付近で, カオリナイト帯が認められる(86N-12t, 92N-26Pなど)。その場合, カオリナイト帯とプロピライト帯の間にセリサイト帯を挟むことがある(84N-3t, 90N-25P, 92N-27Pなど)。また, プロピライト帯の中にセリサイト帯が単独で現わ

れる場合もある(84N-2t, 84N-3t, 92N-26Pなど)。

荻野層と漆窪層では、深度と場所により異なる変質帯が現れる。標高約-200m以深でこれらの地層が見られるのは、坑跡と地質構造との関係から、地熱系高温部の北側近傍に限られる。そこでは、滝沢川層と同様にプロピライト帯が卓越し、一部にカオリナイト帯とセリサイト帯が現われる(N57-OA3, 92N-29Rなど)。標高0m付近になると、猿倉沢断層や老沢断層付近ではカオリナイト帯とセリサイト帯を主とし混合層粘土鉱物帯とプロピライト帯を伴うが、地熱地域から離れるにしたがい、これらにスメクタイト帯が加わる(T2, T4など)。標高約200m以浅では、スメクタイト帯が卓越する(T1, T2, N57-OA1など)。

入山沢層については、地表から最大約400mまでのデータが6坑井から得られている。それらによれば、猿倉沢断層や老沢断層付近でプロピライト帯が卓越する一方(86N-12t, 90N-25Pなど)、地熱系から離れる南西方ではスメクタイト帯が卓越する(T6, 84N-1t)。

砂子原層では、スメクタイト帯が卓越し(86N-13t, 88N-20R, 92N-26Pなど)、下部に混合層粘土鉱物帯を伴い(87N-15T, 90N-23Pなど)、一部にセリサイト帯とカオリナイト帯が現われる(85N-8T, 87N-18tなど)。カオリナイト帯は老沢断層の地表部にも分布する(新田ほか, 1987)。

4.5 地温構造と変質帯分布との関係

現在の地温構造と変質帯の分布との関係を見るために、“解釈地層温度”と変質帯分布とを対比する。解釈地層温度とは、坑井の温度回復試験や安定時温度検層結果に基づいて、以下の現象を考慮して推定した地下の地層温度である(奥会津地熱(未公表データ)。泥水循環時の伝導による冷却、逸水に起因する冷却、冷水注入に起因する冷却、二相流体ゾーンからの生産によって生じる圧力降下に起因する冷却、生産に起因する坑井上部の加熱、低温の天水の下降流による浅部の冷却、異なる深度で坑井に流入する複数の異なる温度の地熱流体の影響、など。解釈地層温度は、結果的には、開発初期の坑井ではほぼ最終安定温度に等しく、特定の生産ゾーンに集中する生産井では最終安定温度からの補正量が大きくなる。深度別の解釈地層温度(以下、本節では単に“地層温度”という)の分布を、変質帯分布とあわせて第13, 14図に示す。

地層温度が250°C以上の分布域は、血の池沢断層北西部の標高-500m付近を最高点とし(85N-6T, 87N-15Tなど)血の池沢断層に沿って西北西-東南東方向に伸びる、半紡錘形をなす。この温度領域で認められる変質は、84N-2tの血の池沢断層会合部付近で局所的に見られるセリサイト帯を除いて、全てプロピライト帯である(89N-22T, 90N-24P, 92N-28Pなど)。また、多量の硬石膏を伴うことが多い。

地層温度が150-250°Cの分布域は、猿倉沢断層北西部で最も地表に近づき、標高-0m付近に達する(84N-5t)。それ以深では、温度250°C以上の領域を取り囲んで分布する。この温度領域の変質もプロピライト帯が卓越する(N58-OA6, 85N-6T, 92N-28Pなど)、猿倉沢断層や血の池沢断層との会合部の一部では、局所的にカオリナイト帯とセリサイト帯が発達する部分がある(84N-3t, 86N-12t, 92N-27Pなど)。この温度領域でも硬石膏を伴うことが多い。

地層温度が150°Cの等温線は、老沢断層と猿倉沢断層の北西部で最も地表に近づき(N58-OA7)、地熱系の周辺に向かって急激に深度を増す。地層温度が150°C以下の温度領域では、スメクタイト-沸石帯、混合層粘土鉱物帯、セリサイト帯、カオリナイト帯、プロピライト帯の全てが認められる。地表より、スメクタイト-沸石帯、混合層粘土鉱物帯、プロピライト帯の順に現れ、局所的にカオリナイト帯を挟むことが多いが(85N-8T, 87N-17T, 89N-21Tなど)、混合層粘土鉱物帯を欠く場合(88N-20R, 92N-26P, 92N-29Rなど)、セリサイト帯が発達する場合(N57-OA4, 85N-7Tなど)、スメクタイト-沸石帯を欠く場合(N57-OA3)もある。

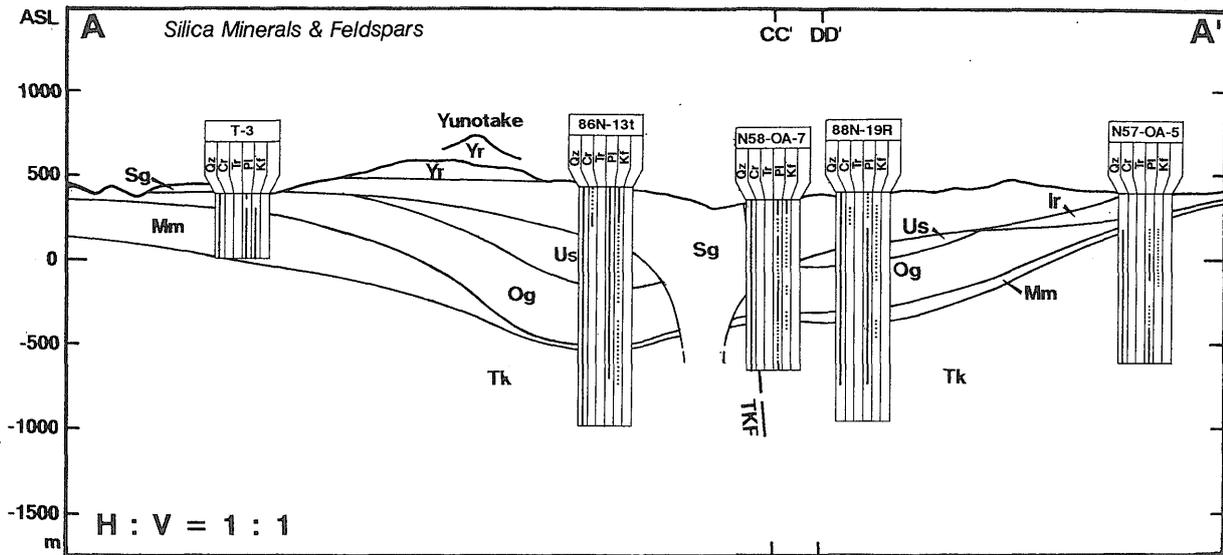
4.6 硫酸塩、炭酸塩、硫化鉱物の分布

前述のように、現在の温度が100-150°C以上の領域では、硬石膏が見られることが多い。硬石膏は、ある深度以下に連続して出現する場合(84N-2t, 87N-15T, 92N-28Pなど)、断続して出現する場合(N57-OA4, 84N-1t, 86N-13tなど)、一定の深度範囲のみに現れる場合(84N-5t, 87N-17Tなど)があり、必ずしも高温領域全体に普遍的に現れるわけではない。母岩中に浸透沈殿することが多いが、地熱流体の貯留槽をなす開放裂かか表面に、石英、閃亜鉛鉱、菱マンガン鉱、黄鉄鉱などとともに自形をなして晶出することや、硬石膏のみあるいは石英とともに厚さ数mm-数cmの細脈として産することも多い(関, 1993)。

苦灰石、方解石、クトナホライト、菱鉄鉱などの炭酸塩鉱物は、様々な深度に現れるが、それらの分布に規則性は見い出せない。

5. 変質帯分布の特徴と形成史

奥会津地熱地域の層序と、地温構造および変質帯分布との関係は、以下のようにまとめられる(第15図)。1) 地層温度の高低に関わらず、層準の規制を受けて現われる変質帯、2) 地層温度と調和した累帯分布を示す変質帯、3) 層序とも現在の地温分布とも非調和的な累帯分布を示す変質帯、4) 層序とも現在の地温分布とも非調和的で局所的に出現する変質帯、5) 現在の高温の地熱流体貯留部付近にのみ現われる変質帯。

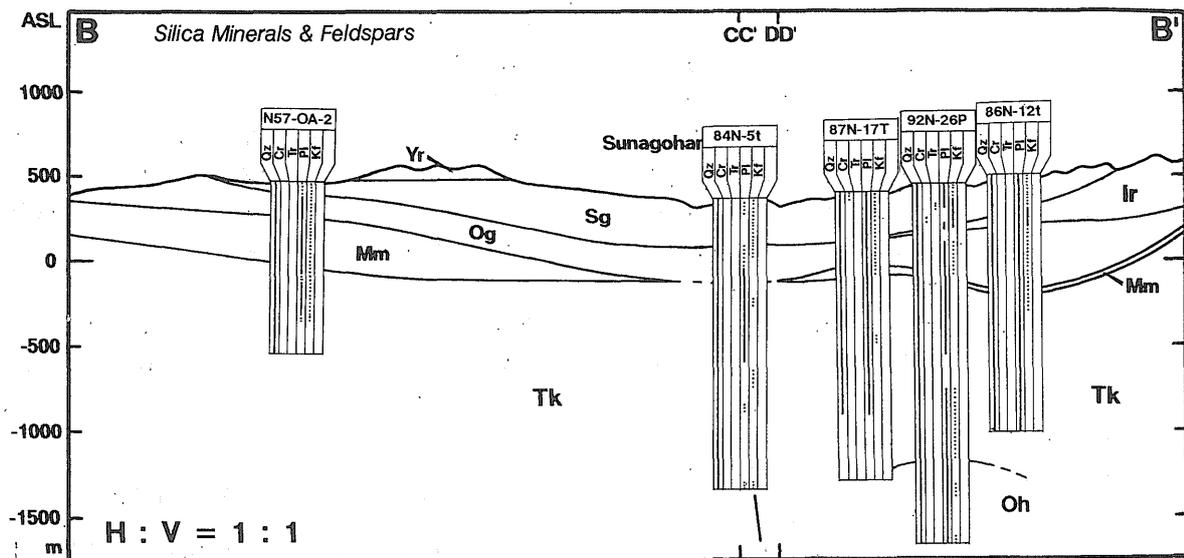


第11-1図 シリカ鉱物および長石分布断面図 (A-A'断面)

Qz: 石英, Cr: クリソバライト, Tr: トリディマイト, Pl: 斜長石, Kf: カリ長石. 多量の産出は実線で少量-微量は破線で示す. その他の記号は第3図と同じ.

Fig. 11-1 Cross-section showing the distribution of silica and feldspar minerals along line AA' shown in Fig. 4.

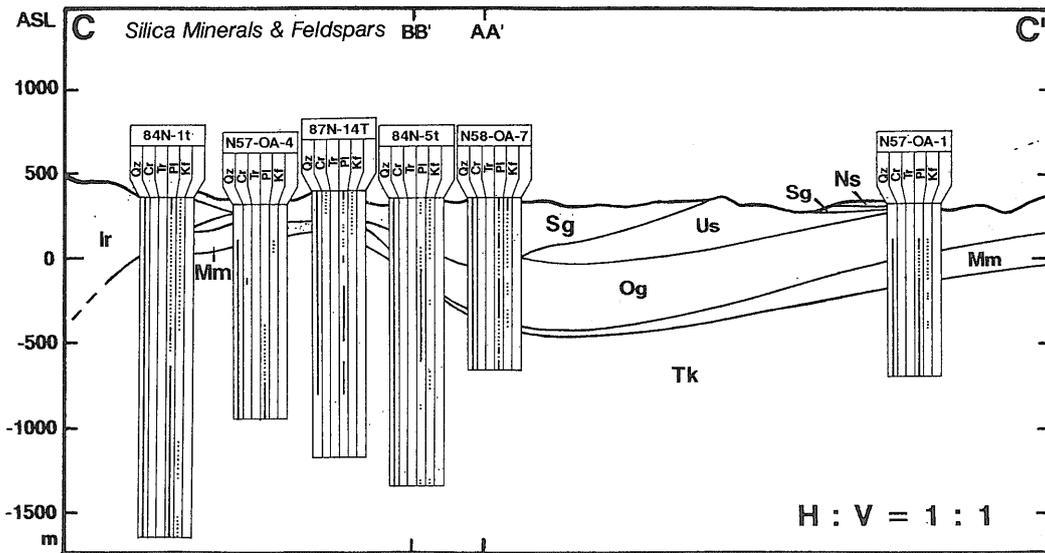
Qz: quartz, Cr: cristobalite, Tr: tridymite, Pl: plagioclase, Kf: K-feldspar. The other abbreviations are the same as in Fig. 3.



第11-2図 シリカ鉱物および長石分布断面図 (B-B'断面)

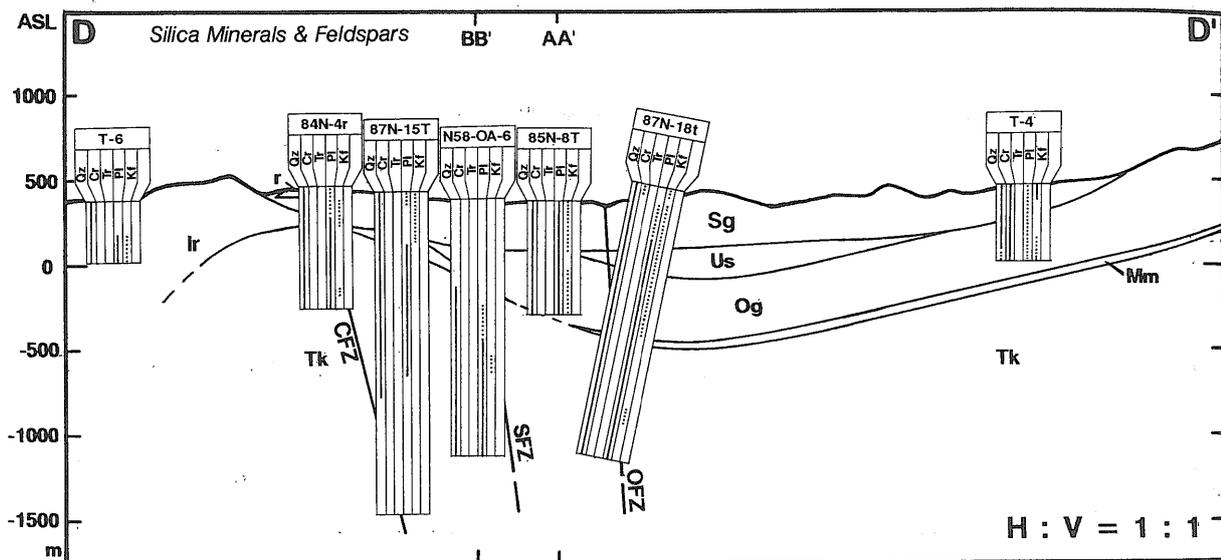
記号は第11-1図と同じ.

Fig. 11-2 Cross-section showing the distribution of silica and feldspar minerals along line BB' shown in Fig. 4. Abbreviations are the same as in Fig. 11-1.



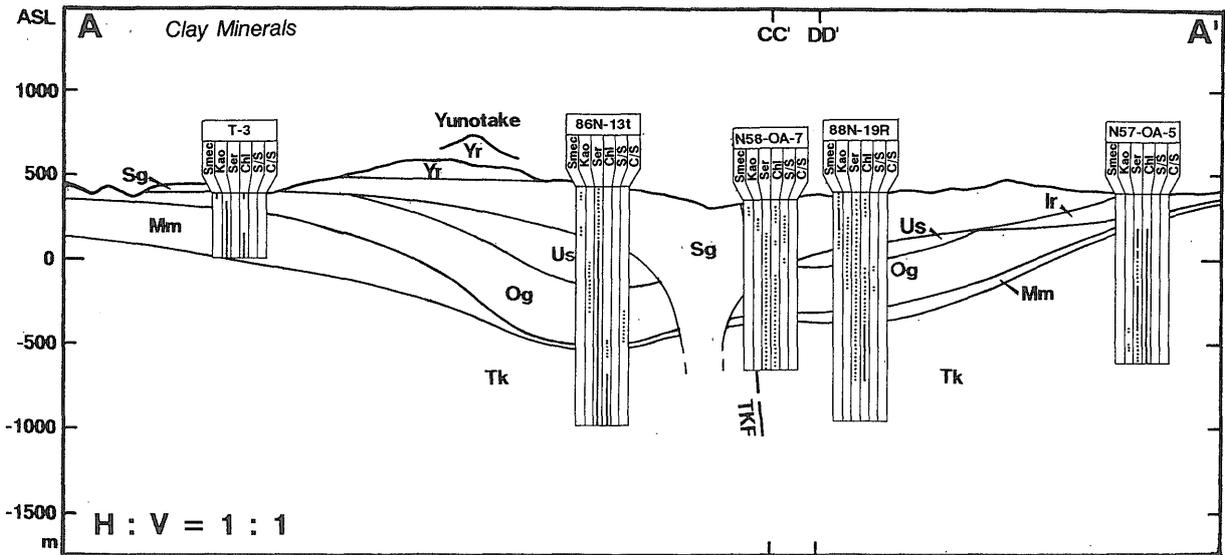
第11-3図 シリカ鉱物および長石分布断面図 (C-C'断面)
記号は第11-1図と同じ。

Fig. 11-3 Cross-section showing the distribution of silica and feldspar minerals along line CC' shown in Fig. 4. Abbreviations are the same as in Fig. 11-1.



第11-4図 シリカ鉱物および長石分布断面図 (D-D'断面)
記号は第11-1図と同じ。

Fig. 11-4 Cross-section showing the distribution of silica and feldspar minerals along line DD' shown in Fig. 4. Abbreviations are the same as in Fig. 11-1.

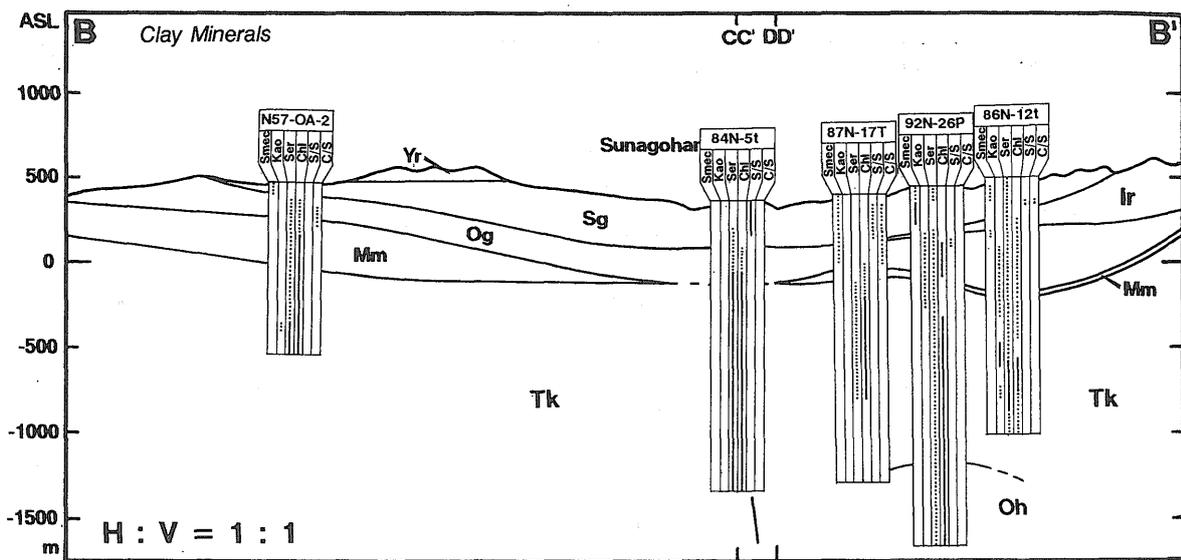


第11-5図 粘土鉱物分布断面図 (A-A'断面)

Smec: スメクタイト, Kao: カオリナイト, Ser: セリサイト, Chl: 緑泥石, S/S: セリサイト/スメクタイト混合層鉱物, C/S: 緑泥石/スメクタイト混合層鉱物。多量の産出は実線で少量-微量は破線で示す。その他の記号は第3図と同じ。

Fig. 11-5 Cross-section showing the distribution of clay minerals along line AA' shown in Fig. 4.

Smec: smectite, Kao: kaolinite, Ser: sericite, Chl: chlorite, S/S: interlayered sericite and smectite, C/S: interlayered chlorite and smectite. The other abbreviations are the same as in Fig. 3.

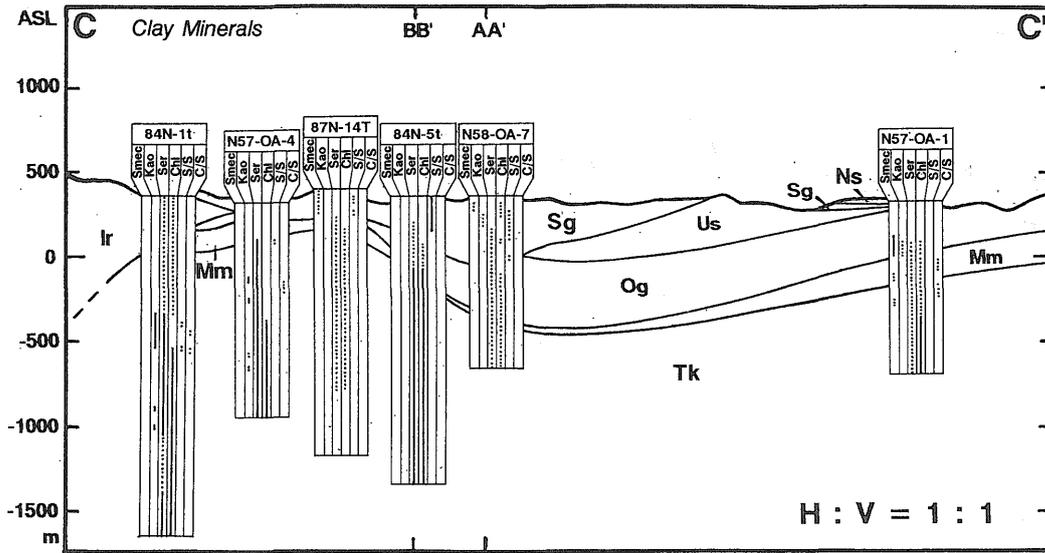


第11-6図 粘土鉱物分布断面図 (B-B'断面)

記号は第11-5図と同じ。

Fig. 11-6 Cross-section showing the distribution of clay minerals along line BB' shown in Fig. 4.

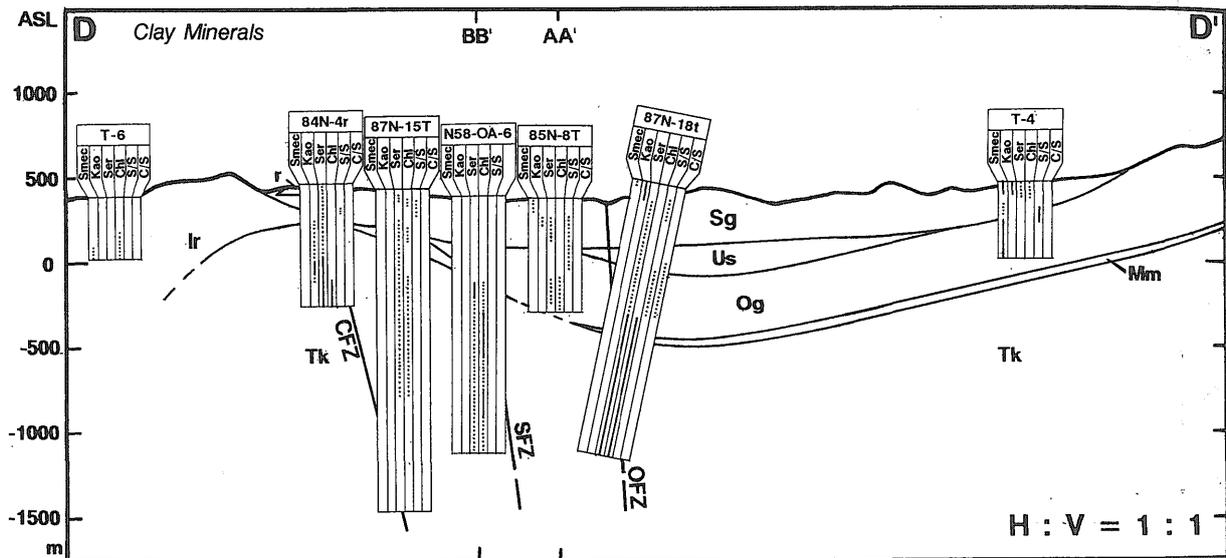
Abbreviations are the same as in Fig. 11-5.



第11-7図 粘土鉱物分布断面図 (C-C'断面)

記号は第11-5図と同じ。

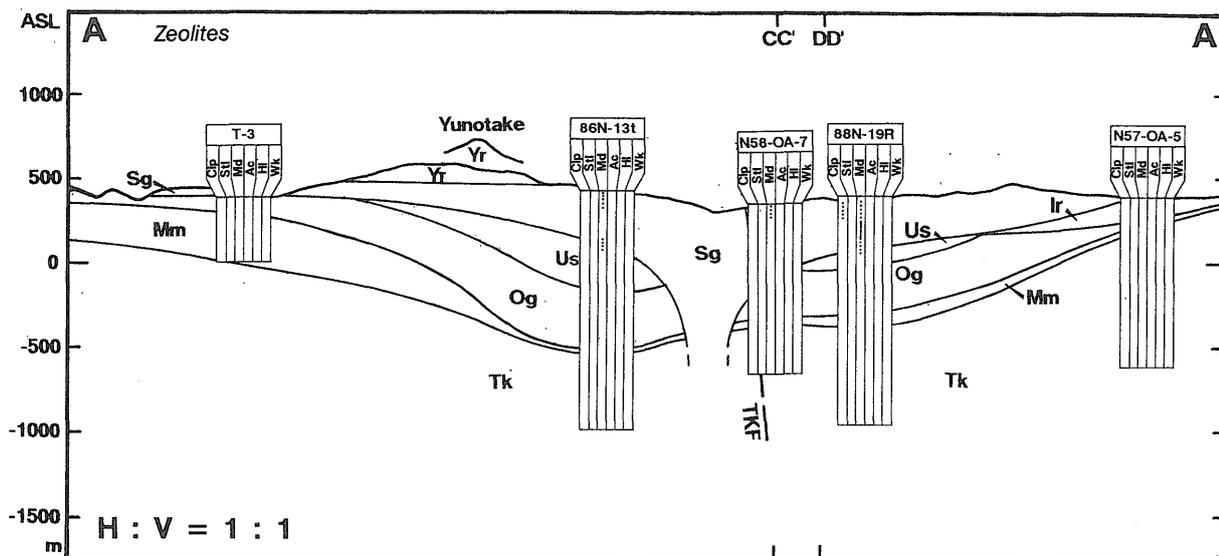
Fig. 11-7 Cross-section showing the distribution of clay minerals along line CC' shown in Fig. 4. Abbreviations are the same as in Fig. 11-5.



第11-8図 粘土鉱物分布断面図 (D-D'断面)

記号は第11-5図と同じ。

Fig. 11-8 Cross-section showing the distribution of clay minerals along line DD' shown in Fig. 4. Abbreviations are the same as in Fig. 11-5.

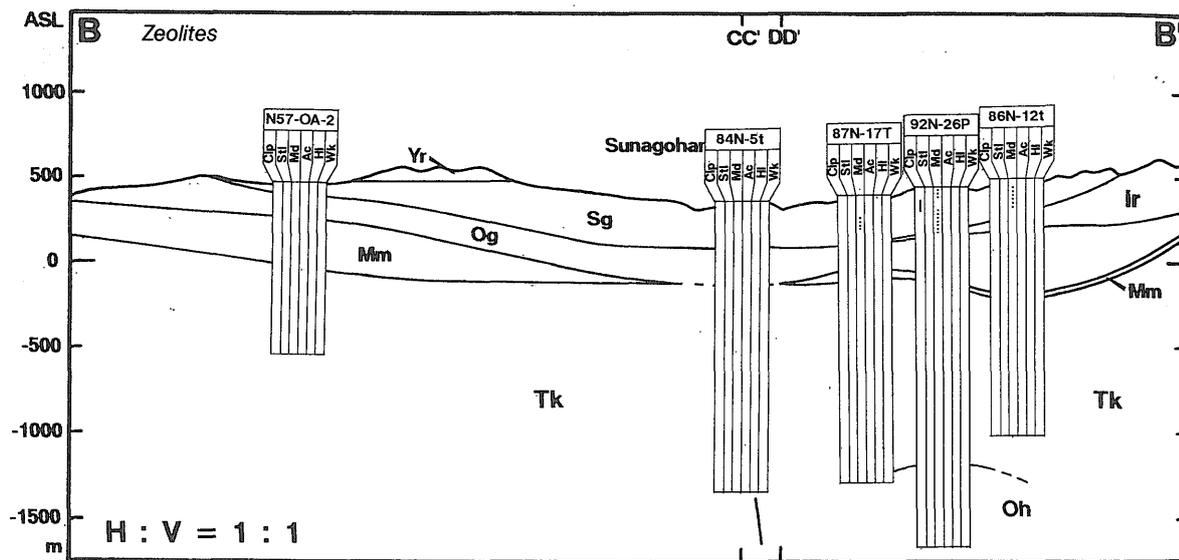


第11-9図 沸石族鉱物分布断面図 (A-A'断面)

Clp: 斜ブチロル沸石, Stl: 束沸石, Md: モルデン沸石, Ac: 方沸石, Hl: 輝沸石, Wk: ワイラケ沸石. 多量の産出は実線で少量-微量は破線で示す. その他の記号は第3図と同じ.

Fig. 11-9 Cross-section showing the distribution of zeolite minerals along line AA' shown in Fig. 4.

Clp: clinoptilolite, Stl: stilbite, Md: mordenite, Ac: analcime, Hl: heulandite, Wk: wairakite. The other abbreviations are the same as in Fig. 3.

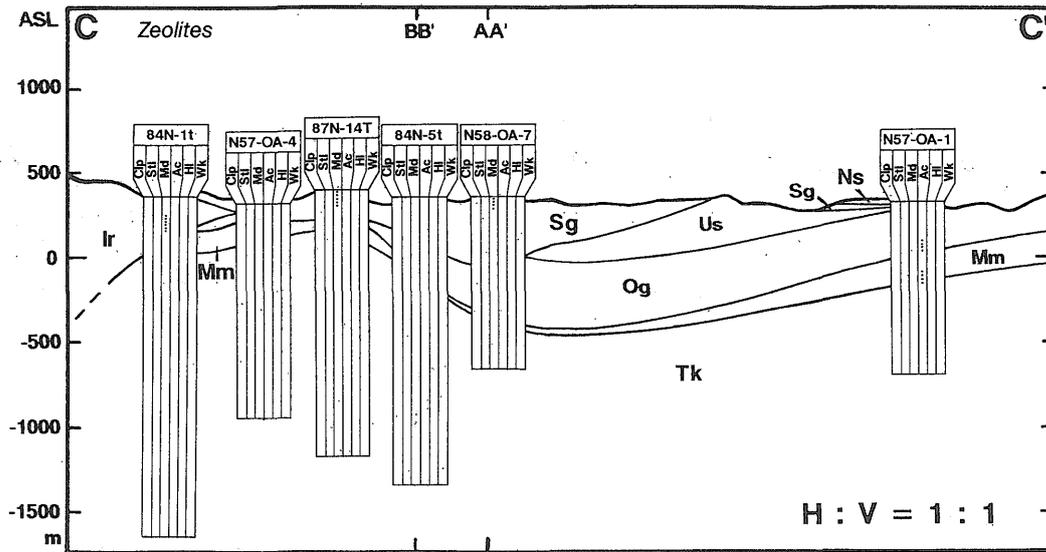


第11-10図 沸石族鉱物分布断面図 (B-B'断面)

記号は第11-9図と同じ.

Fig. 11-10 Cross-section showing the distribution of zeolite minerals along line BB' shown in Fig. 4.

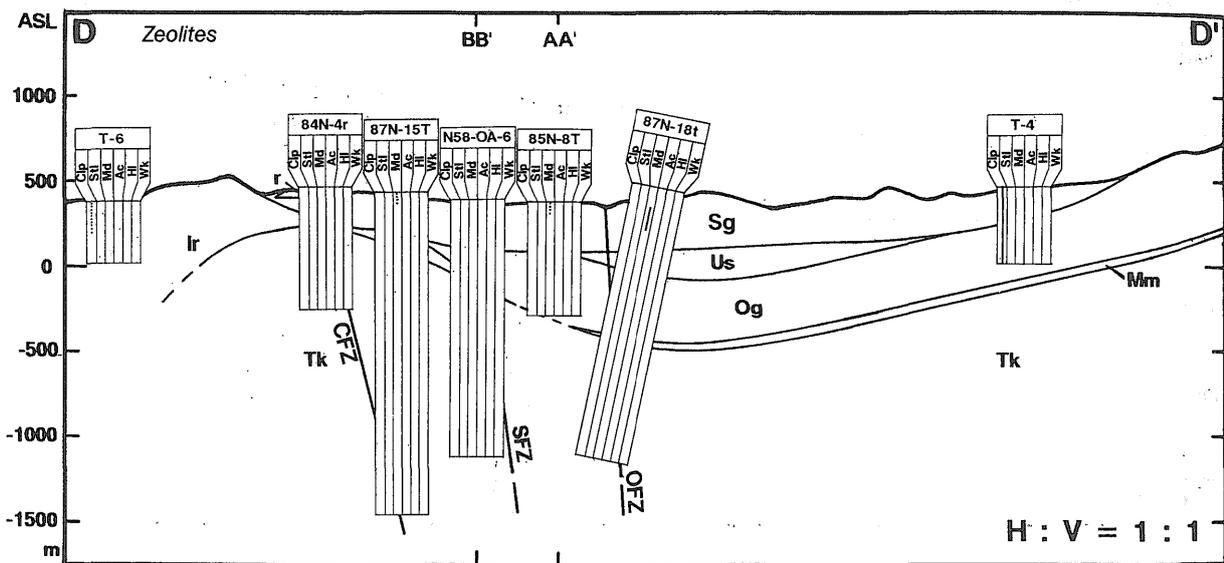
Abbreviations are the same as in Fig. 11-9.



第11-11図 沸石族鉱物分布断面図 (C-C'断面)

記号は第11-9図と同じ。

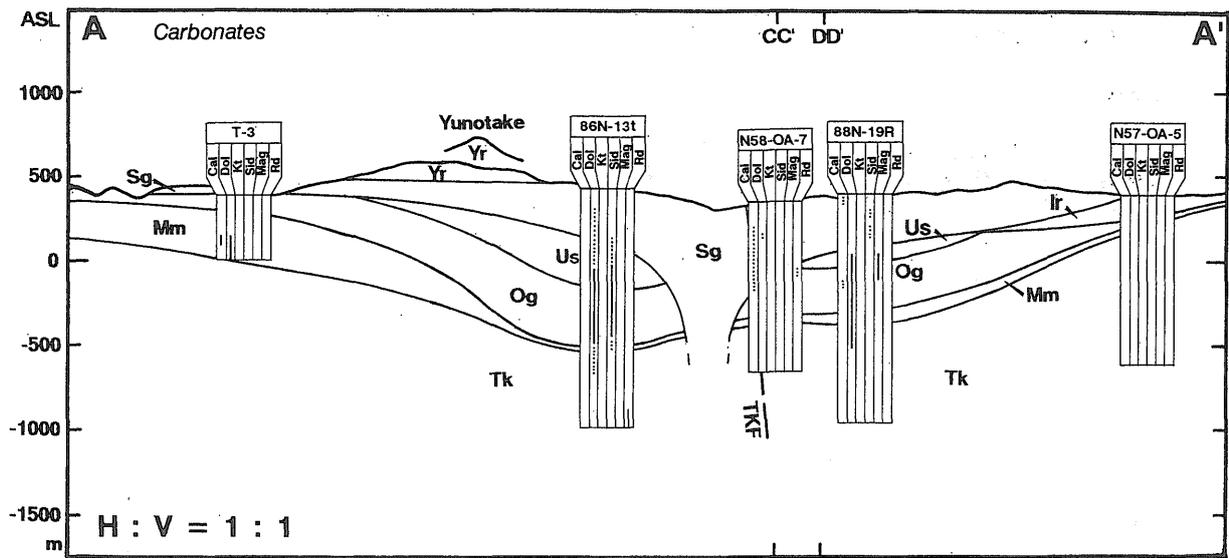
Fig. 11-11 Cross-section showing the distribution of zeolite minerals along line CC' shown in Fig. 4. Abbreviations are the same as in Fig. 11-9.



第11-12図 沸石族鉱物分布断面図 (D-D'断面)

記号は第11-9図と同じ。

Fig. 11-12 Cross-section showing the distribution of zeolite minerals along line DD' shown in Fig. 4. Abbreviations are the same as in Fig. 11-9.

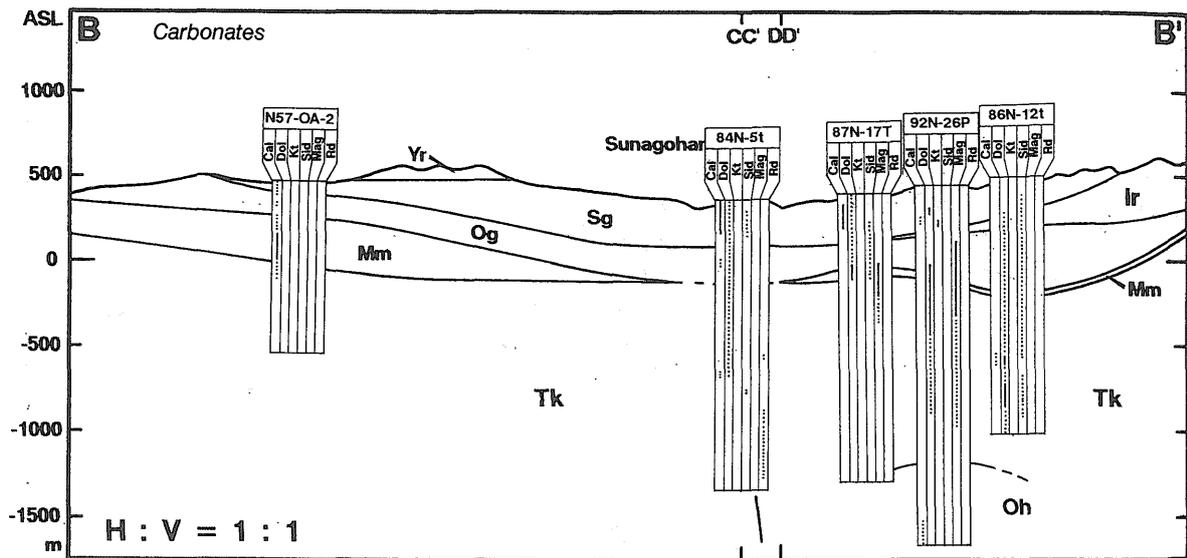


第11-13図 炭酸塩鉱物分布断面図 (A-A'断面)

Cal: 方解石, Dol: 苦灰石, Kt: クトナホライト, Sid: 菱鉄鉱, Mag: 菱苦土石, Rd: 菱マンガン鉱。多量の産出は実線で少量-微量は破線で示す。その他の記号は第3図と同じ。

Fig. 11-13 Cross-section showing the distribution of carbonate minerals along line AA' shown in Fig. 4.

Cal: calcite, Dol: dolomite, Kt: kutnohorite, Sid: siderite, Mag: magnesite, Rd: rhodochrosite. The other abbreviations are the same as in Fig. 3.

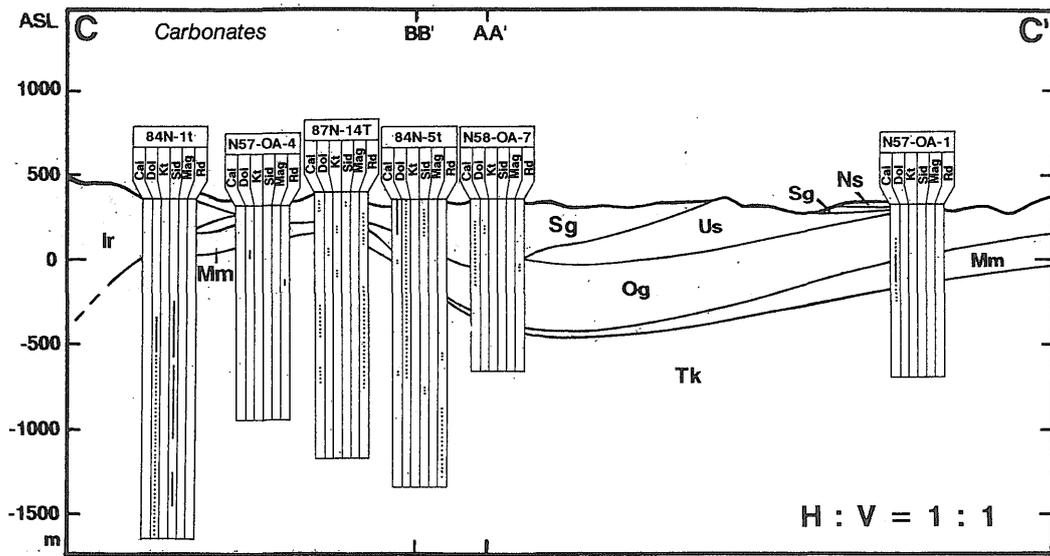


第11-14図 炭酸塩鉱物分布断面図 (B-B'断面)

記号は第11-13図と同じ。

Fig. 11-14 Cross-section showing the distribution of carbonate minerals along line BB' shown in Fig. 4.

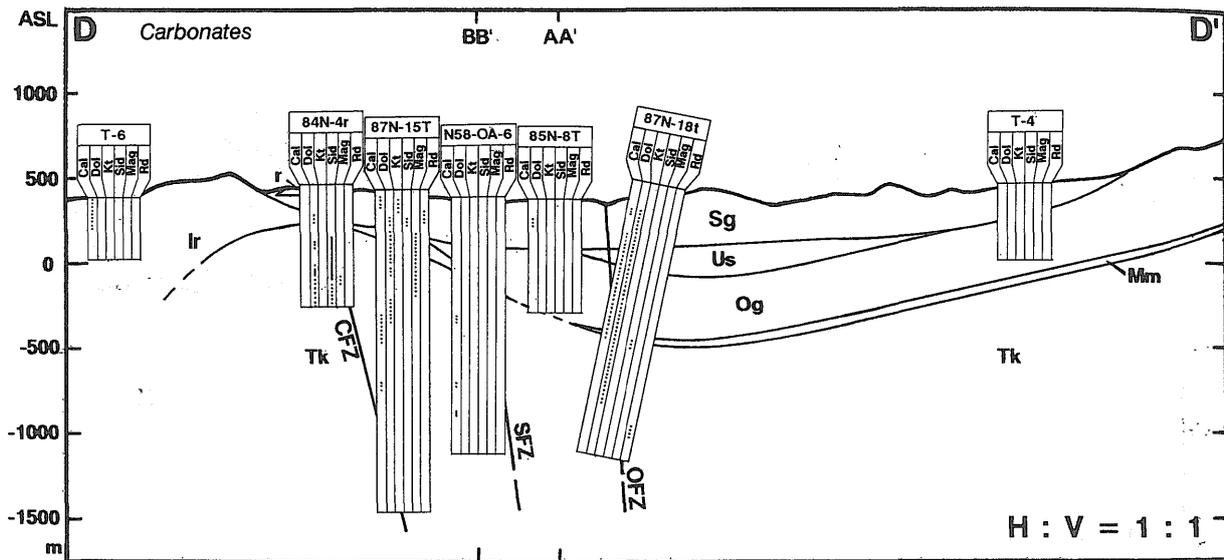
Abbreviations are the same as in Fig. 11-13.



第11-15図 炭酸塩鉱物分布断面図 (C-C'断面)

記号は第11-13図と同じ。

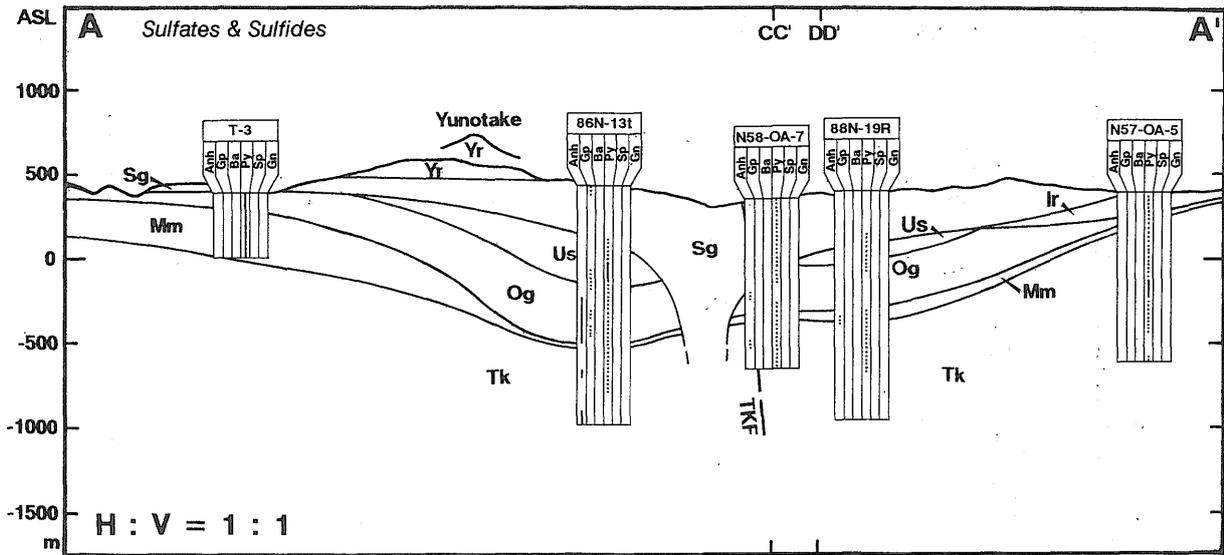
Fig. 11-15 Cross-section showing the distribution of carbonate minerals along line CC' shown in Fig. 4. Abbreviations are the same as in Fig. 11-13.



第11-16図 炭酸塩鉱物分布断面図 (D-D'断面)

記号は第11-13図と同じ。

Fig. 11-16 Cross-section showing the distribution of carbonate minerals along line DD' shown in Fig. 4. Abbreviations are the same as in Fig. 11-12.

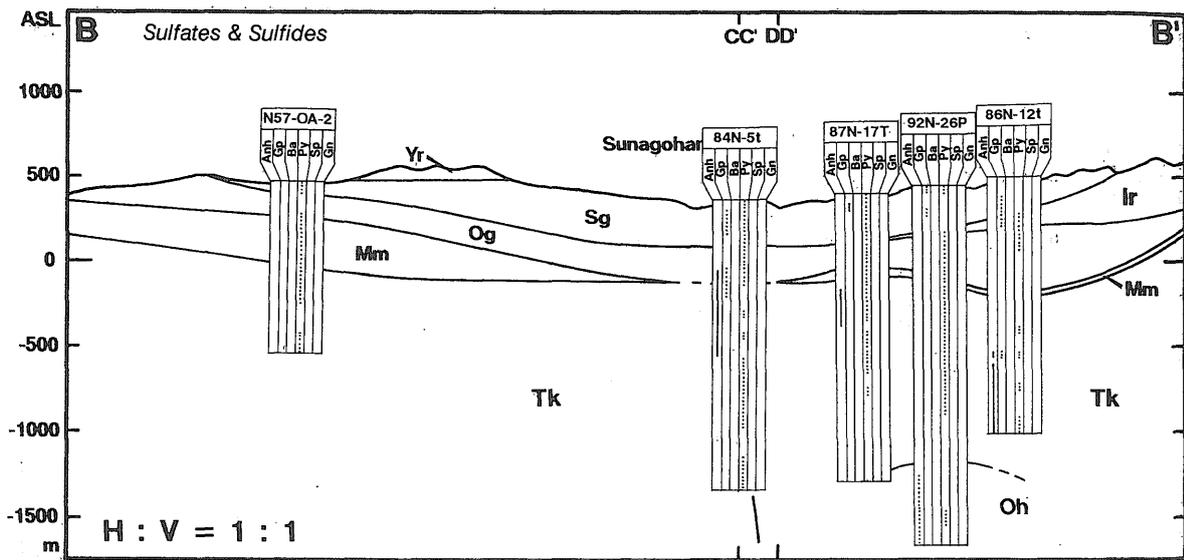


第11-17図 硫酸塩鉱物および硫化鉱物分布断面図 (A-A'断面)

Anh : 硬石膏, Gp : 石膏, Ba : 重晶石, Py : 黄鉄鉱, Sp : 閃亜鉛鉱, Gn : 方鉛鉱. 多量の産出は実線で少量-微量は破線で示す. その他の記号は第3図と同じ.

Fig. 11-17 Cross-section showing the distribution of sulfate and sulfide minerals along line AA' shown in Fig. 4.

Anh: anhydrite, Gp: gypsum, Ba: barite, Py: pyrite, Sp: sphalerite, Gn: Galena. The other abbreviations are the same as in Fig. 3.

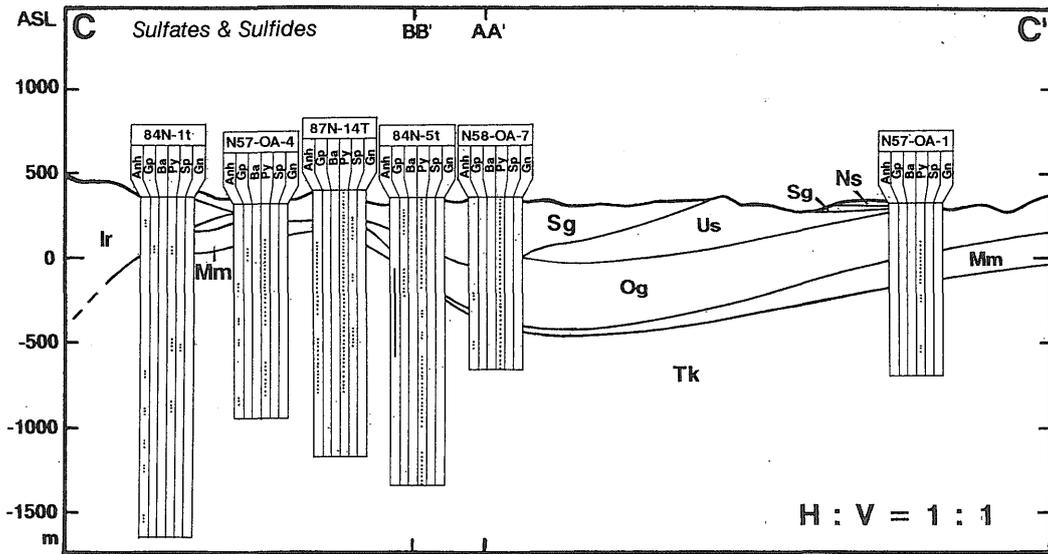


第11-18図 硫酸塩鉱物および硫化鉱物分布断面図 (B-B'断面)

記号は第11-17図と同じ.

Fig. 11-18 Cross-section showing the distribution of sulfate and sulfide minerals along line BB' shown in Fig. 4.

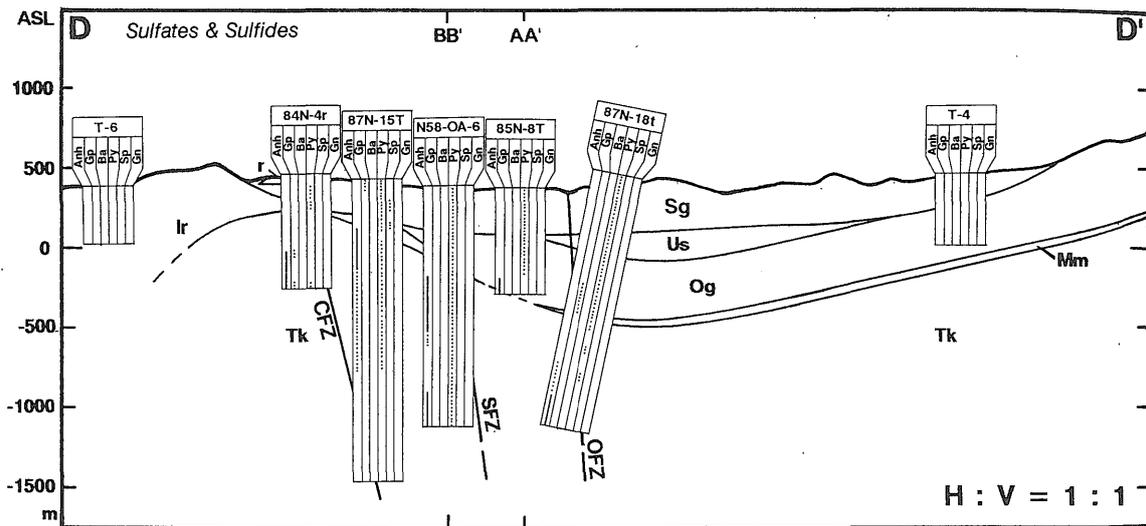
Abbreviations are the same as in Fig. 11-17.



第11-19図 硫酸塩鉱物および硫化鉱物分布断面図 (C-C'断面)

記号は第11-17図と同じ。

Fig. 11-19 Cross-section showing the distribution of sulfate and sulfide minerals along line CC' shown in Fig. 4. Abbreviations are the same as in Fig. 11-17.



第11-20図 硫酸塩鉱物および硫化鉱物分布断面図 (D-D'断面)

記号は第11-17図と同じ。

Fig. 11-20 Cross-section showing the distribution of sulfate and sulfide minerals along line DD' shown in Fig. 4. Abbreviations are the same as in Fig. 11-17.

Hydrothermal mineral	Increasing depth -->			Sporadic	
	SZ	ML	PR	S	K
Quartz	----				
Cristobalite	----	----			
Plagioclase	----	----	----	----	----
K-feldspar	----	----	----	----	----
Kaolinite					
Smectite		--			----
Chl./Smec.				----	
Ser./Smec.				----	
Sericite		--			----
Chlorite					
Mordenite	----				
Clinoptilolite	----				
Anhydrite			----	----	----
Calcite	----			----	----
Dolomite	----			----	----
Siderite	----			----	----
Rhodocrosite	----			----	----
Ankerite	----			----	----
Kutnahorite	----			----	----
Pyrite	----			----	----

第12図 変質鉱物組合せ

SZ: スメクタイト-ゼオライト帯, ML: 混合層粘土鉱物帯, P: プロピライト帯, S: セリサイト帯, K: カオリナイト帯.

Fig. 12 Mineral assemblages for the alteration zones.

SZ: smectite-zeolite zone, ML: mixed layered clay mineral zone, PR: propylite zone, S: sericite zone, K: kaolinite zone.

滝沢川層中に広く認められるプロピライト変質は、1) に相当する。滝沢川層は、調査地域内の奥会津地熱系高温部の内外でプロピライト変質するだけでなく、会津横田周辺を除く同層分布域の大部分で、広範囲にわたり緑泥石-セリサイトの組合せを含む変質を被っている(通商産業省, 1969, 1970, 1972, 1973; 早川ほか, 1977)。流紋岩と同質火砕岩を主とする滝沢川層の主部は、横田鉱床(平林, 1966, 1972)に代表される黒鉱鉱床を伴う海底火山活動により形成されている。現在の地温構造とは無関係に、層準に規制される滝沢川層のプロピライト変質は、同層の堆積時に活動していた大規模な海底熱水系で形成されたものと考えられる。

2) 地層温度と調和した累帯分布を示す変質帯は、主として砂子原層で認められる。同層では、地表から地下の高温部に向かって、スメクタイト-沸石帯、混合層粘土鉱物帯、プロピライト帯の順に変質帯が累帯分布する。地熱系近辺の漆窪層と荻野層も同様の傾向をもつ。

砂子原層では、地表から地下100-300mの間の、地層温度約100°C以下の領域でスメクタイト帯が卓越する。その

下位には混合層粘土鉱物帯を伴うことが多く、120-130°Cより高温の領域の一部では緑泥石が現われる。地層温度と調和した累帯分布を示すこれらの変質帯は、基本的には現在の地熱活動により形成されたものと考えられる。しかし、より詳しく見ると、現在の地温が80°C程度であるにもかかわらずプロピライト変質が認められる場合や(T5)、120°C前後に達するにもかかわらずスメクタイト-沸石変質が現われる場合(N57-OA3)もあり、必ずしも地温構造と変質帯分布とが正確に対応しているわけではない。本地域で観察される変質帯分布に対応する現在の地温は、全体的には、主要な活動的熱水系における同様な変質帯で観測された値(Brown, 1978; Henley and Ellis, 1983など)と比べてやや低い。このことは、地温と調和した累帯分布を示す変質帯が、現在よりも全体的にやや高い地温分布の下で生成したことを示唆している。

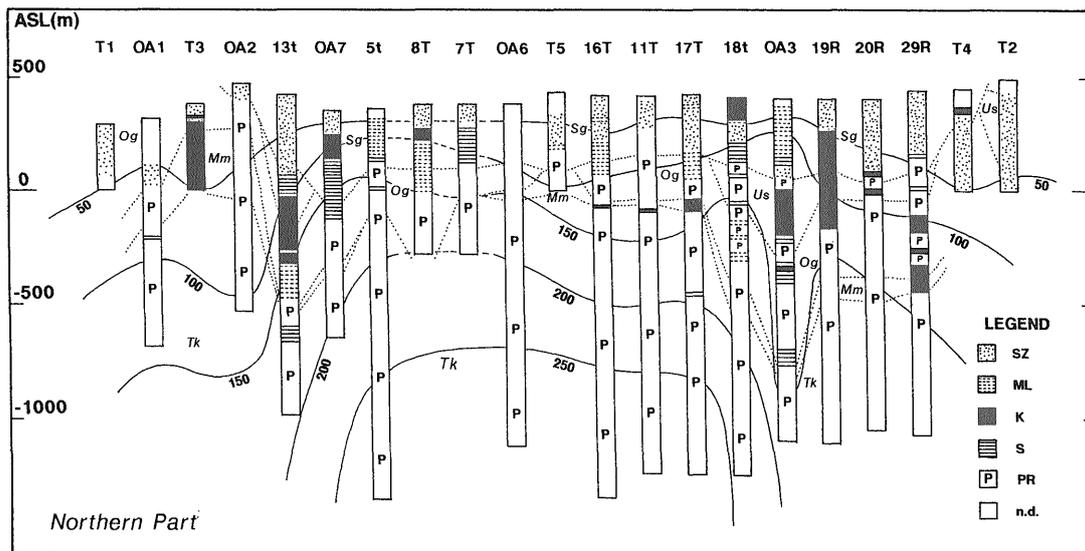
漆窪層と荻野層では、現在の地温が150°Cに満たない場所に混合層粘土鉱物帯ないしプロピライト帯が現われるが、150°Cを超える領域ではほとんどがプロピライト帯となっている。広域調査の結果によれば(通商産業省, 1969, 1970, 1972, 1973; 早川ほか, 1977)、これらの地層は斜プロピライト沸石やモルデン沸石を特徴とする広域変質を受けている。本地域ではそれより高温を指示する変質鉱物組合せとなっており、現在の地熱系の影響が明らかである。

3) 層序とも現在の地温分布とも調和しない累帯分布を示す変質帯は、入山沢層で認められる。入山沢層の最上位の湖成層を貫いた坑井T6では、現在の地温が最高で約60°Cであり、スメクタイト-沸石帯の変質が見られる。しかしながら、地熱系から離れた、より南方のカブ中、芋小屋、前田の地表で見られる同層のデイサイト質火砕岩は、混合層粘土鉱物帯ないしプロピライト帯に相当する変質を被っており(関, 未公表データ)、変質帯の分布は明らかに現在の地熱系の地温構造とは調和しない。入山沢層は後期中新世のデイサイト質の火砕流噴火により生じた直径20x15kmの大型カルデラを埋積する地層であり(山元, 1992a)、同層に見られる熱水変質の多くは、入山沢カルデラ形成後に同カルデラ内に生じた熱水系の中で形成されたものと考えるのが妥当であろう。

4) 前述の層序に規制された変質帯や現在あるいは過去の温度構造を反映した変質累帯を切って、しばしば局所的なカオリナイト帯およびセリサイト帯が現れる。

カオリナイト帯の出現は、地熱系近辺の地表から深度数100mの間にほぼ限られる。現在の地熱活動領域の比較的浅所に現れることから、カオリナイト帯は地熱流体の沸騰により生じたCO₂、H₂Sなどが酸化的な地下水に遭遇して生じた酸性地下水により形成されたものと考えられる。

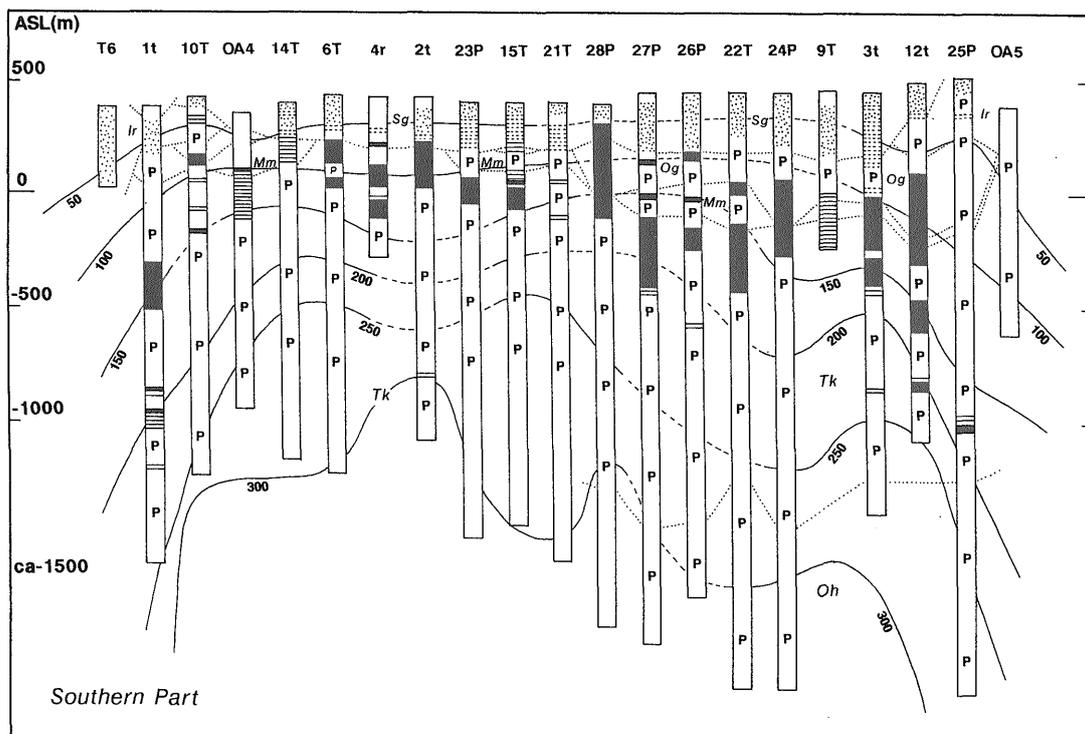
セリサイト帯は、深度と無関係に局所的に出現するが、浅所でより大規模になる傾向が認められる。カオリナイ



第13-1図 各坑井の変質帯分布と現在の地層温度 (北半部)

等温線はNEDO (1985) と奥会津地熱(株)未公表データに基づく。坑井間の縮尺は任意。記号は第2図, 第12図と同じ。

Fig. 13-1 Distribution of alteration mineral zones and present underground temperatures in geothermal wells in the Okuaizu area (northern part). Thermal contours are based on NEDO (1985) and unpublished data from Okuaizu Geothermal Co., Ltd. Abbreviations are the same as in Figs. 2 and 12.

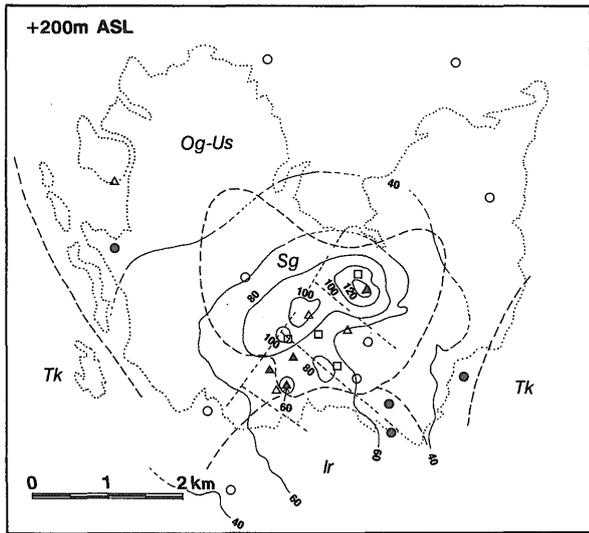


第13-2図 各坑井の変質帯分布と現在の地層温度 (南半部)

等温線はNEDO (1985) と奥会津地熱(株)未公表データに基づく。坑井間の縮尺は任意。記号は第2図, 第12図と同じ。

Fig. 13-2 Distribution of alteration mineral zones and present underground temperatures in geothermal wells in the Okuaizu area (southern part).

Abbreviations are the same as in Figs. 2 and 12.



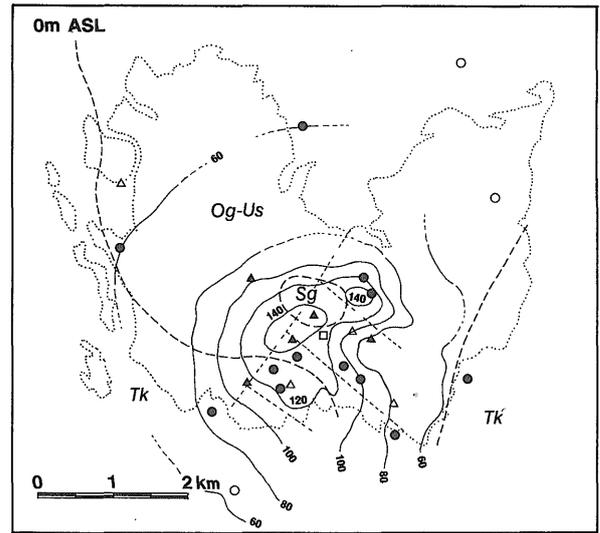
第14-1図 地下の変質帯分布(海拔標高+200m)
 ○:スメクタイト帯, □:混合層粘土鉱物帯, ●:プロピライト帯, ▲:セリサイト帯, △:カオリナイト帯。実線(一部破線)は等温線, 破線は地層境界, 点線は地表での砂子原層の分布域を示す。その他の記号は第2図, 第3図と同じ。等温線はNEDO(1985)と奥会津地熱(未公表データ)に基づく。
 Fig.14-1 Distribution of alteration mineral zones and present underground temperatures at depth (ASL+200m).

○: Smectite-Zeolite zone, □: Mixed-layered clay zone, ●: Propylite zone, ▲: Sericite zone, △: Kaolinite zone. Solid lines, broken lines and dotted lines indicate thermal contours, formation borders and surface distribution of the Sunagohara Formation, respectively. The other abbreviations are the same as in Figs. 2 and 3. Thermal contours are based on NEDO (1985) and unpublished data from Okuaizu Geothermal Co., Ltd.

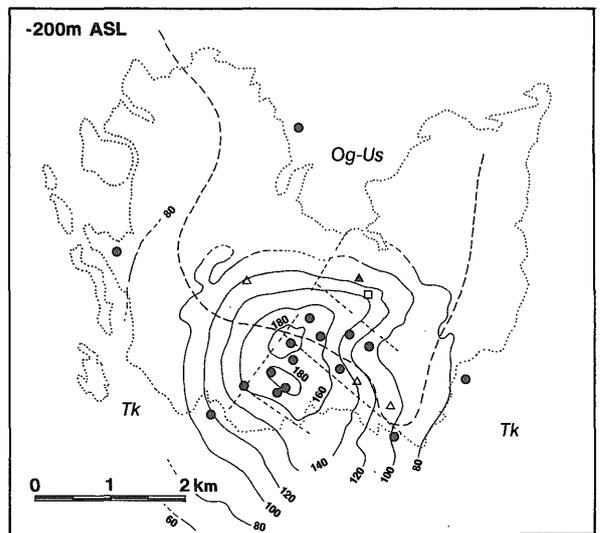
ト帯と隣接して分布するものと(N58-OA7, 87N-15Tなど), カオリナイト帯を伴わずに現われるものがある(N57-OA3の深部, 87N-18tの深部など)。前者は, カオリナイト帯との関係から, カオリナイト帯と周囲の変質帯との漸移帯と考えられる。カオリナイト帯を伴わずに現われるセリサイト帯は, 地熱流体が温度低下しつつ母岩と反応して生じた変質帯(Takeno, 1989)に相当するものかもしれない。

5) 高温の地熱流体貯留部付近にのみ現われる変質として, 硬石膏がある。地層温度が100-150°C以上の領域で見られる多量の硬石膏は, 現在の地熱系を循環する地熱流体から沈殿したものである。地熱流体を貯留する開放裂かか表面に自形晶出する石英, 閃亜鉛鉱, 方鉛鉱, 菱マンガン鉱, 黄鉄鉱など(今井ほか, 1988)も同様と考えられる。地層温度が高温であるにもかかわらず, 硬石膏の認められない領域は, 硬石膏を沈殿させる地熱流体の浸透量が相対的に少なかったことを意味するのかもしれない。

上述した層序, 地質構造, 地温分布と変質帯分布との関係から, 奥会津地熱系の周辺では, 少なくとも以下の



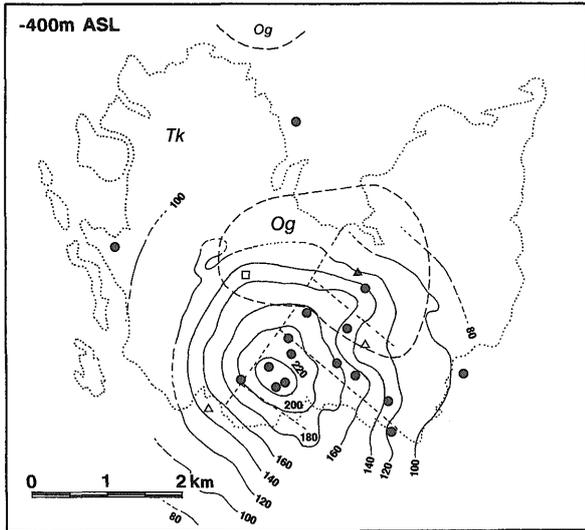
第14-2図 地下の変質帯分布(海拔標高0m)
 記号は第14-1図と同じ。
 Fig. 14-2 Distribution of alteration mineral zones and present underground temperatures at depth (ASL 0m). Abbreviations are the same as in Figs. 14-1.



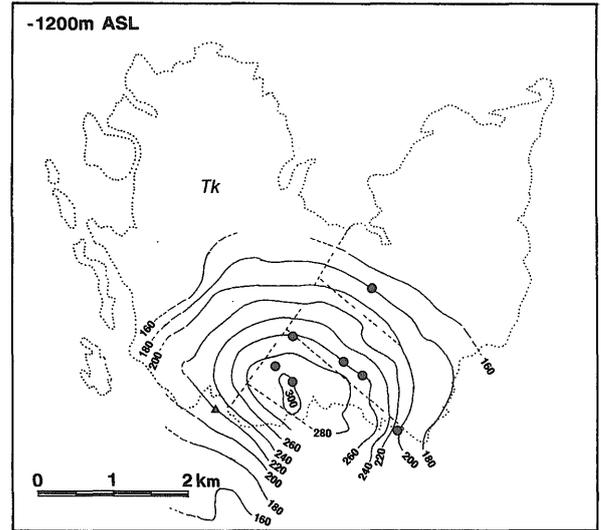
第14-3図 地下の変質帯分布(海拔標高-200m)
 記号は第14-1図と同じ。
 Fig. 14-3 Distribution of alteration mineral zones and present underground temperatures at depth (ASL-200m). Abbreviations are the same as in Figs. 14-1.

3回にわたる変質イベントが生じてきたと考えられる。
 I) 滝沢川層堆積中ないし堆積後(前期中新世)の海底熱水変質と引き続く続成作用, II) 入山沢カルデラ形成後(後期中新世)のカルデラ環境下での熱水変質, III) 砂子原カルデラの形成(更新世)から現在までの熱水変質。それぞれの変質および変質をもたらした熱水系の特徴は, 以下のようにまとめられる。

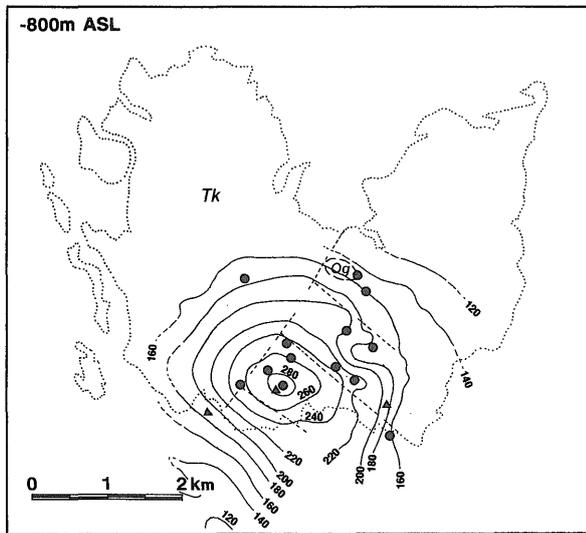
I) 滝沢川層堆積中ないし後(前期中新世)の熱水変質: 流紋岩質火砕岩と流紋岩溶岩を主とする滝沢川層



第14-4図 地下の変質帯分布 (海拔標高-400m)
記号は第14-1図と同じ。
Fig. 14-4 Distribution of alteration mineral zones and present underground temperatures at depth (ASL-400m). Abbreviations are the same as in Figs. 14-1.



第14-6図 地下の変質帯分布 (海拔標高-1200m)
記号は第14-1図と同じ。
Fig. 14-6 Distribution of alteration mineral zones and present underground temperatures at depth (ASL-1,200m). Abbreviations are the same as in Figs. 14-1.



第14-5図 地下の変質帯分布 (海拔標高-800m)
記号は第14-1図と同じ。
Fig. 14-5 Distribution of alteration mineral zones and present underground temperatures at depth (ASL-800m). Abbreviations are the same as in Figs. 14-1.

の分布域では、同層の堆積中から堆積後にかけて、大量の火砕岩をもたらしたマグマにより駆動された熱水系が存在したと考えられる。滝沢川層中には緑泥石、セリサイトを特徴鉱物とするプロピライト変質が生じていることから、約150°C以上の中性熱水による変質であろう。滝沢川層の上位の荻野層は、この熱水系の浅所の低温部であったか、またはこの熱水系の活動終了後に堆積したために、その変質を被らずに続成変質のみを被ったのであ

ろう。

II) 入山沢カルデラ形成後 (後期中新世) の熱水変質: 100km³以上のデイサイト質火砕流の噴出(山元, 1992a)に伴う入山沢カルデラの形成後に、同カルデラ火山活動をもたらしたマグマにより駆動された熱水系が存在したと考えられる。入山沢層の中-深所では混合層粘土鉱物帯ないしプロピライト帯の変質が生じていることから、約150°C前後の中性熱水による変質と考えられる。また、浅所の湖成堆積物中ではスメクタイト・沸石変質が生じていることから、カルデラ湖の環境下でより低温の中性-アルカリ性熱水が関与したのであろう。

III) 砂子原カルデラ形成 (更新世) から現在までの熱水変質: 約30万年前の砂子原カルデラ形成後に活動を開始した熱水系では、様々なタイプの変質帯が形成された。このステージの熱水変質は、地熱系近傍の大桧沢層から砂子原層にいたる層準に、大局的には現在の温度構造に調和して、以下のように分布する。A) 地表付近の地温約100°C以下の領域でのスメクタイトを特徴としモルデン沸石または斜プチロル沸石を伴う変質、B) その下位の混合層粘土鉱物を特徴とする変質、C) 深所の約150°C以上の中性地熱流体による緑泥石・セリサイトを特徴とするプロピライト変質、D) 地表-地熱流体の貯留深度に至る区間で局所的に見られる、地熱流体が温度低下しつつ母岩中を浸透流動する過程で生じたと考えられるセリサイト変質と、沸騰後の分離気相の吹き込みにより生じた酸性地下水により形成されたと考えられるカオリナイト変質、およびE) 地熱流体から直接沈殿したと考えられる、貯留槽周辺の母岩の硬石膏化、珪化変質、貯留槽の開放裂ツカ表面への硬石膏、石英、黄鉄鉱、閃亜鉛鉱、その

Formation	Age	Alteration Zoning			
		T < 50°C	50 < T < 150°C	150 < T < 250°C	T > 250°C
Sunagohara	Pleistocene (0.3 Ma)	SZ (sporadic K)	SZ - ML (sporadic S, K)		
Iriyamazawa	late Miocene (7 Ma)	SZ - ML - PR (sporadic S, K)	SZ - ML - PR (sporadic S, K)	ML - PR (sporadic S, K)	
Urushikubo	mid. Miocene	SZ	SZ - ML - PR (sporadic S, K)		
Ogino	mid. Miocene	SZ - ML	SZ - ML - PR (sporadic S, K)	PR (sporadic S, K)	
Takizawagawa	early Miocene	PR	PR (sporadic S, K)	PR (sporadic S, K)	PR

第15図 層序、地層温度および変質帯分布との関係
記号は第12図と同じ。T：現在の地温。

Fig. 15 Relationship between stratigraphy, present underground temperature and alteration mineral zones.
T: present underground temperature (°C). Abbreviations are the same as in Figs. 2 and 12.

他の硫化鉱物など。

この変質は砂子原カルデラの構造を切って分布することから、砂子原カルデラ形成後に生じたものと言える。しかしながら、このことはその変質をもたらした熱水系が、砂子原カルデラを形成した火山活動と直接に関係することを必ずしも意味するものではない。奥会津地熱系では、地熱流体の貯留部は、砂子原カルデラに対する基盤の第三系中に発達しており、カルデラ内部やカルデラ壁周辺には優勢な地熱流体の貯留部は認められない。この点で、砂子原カルデラとほぼ同規模の小型カルデラでありながらカルデラ壁やその近辺に地熱流体の貯留部をもつ濁川カルデラ(Yoshida, 1991)とは、大きく異なっている。カルデラの形成年代の点でも、濁川カルデラが約13000年前であるのに対し、砂子原カルデラは約30万年前とはるかに古い。このようなカルデラの規模やカルデラと熱水系との空間的・時間的關係から考えると、奥会津地熱系ではこの変質がさらに、Ⅲ-1)砂子原カルデラの形成後、比較的短期間のうちに形成された、同カルデラの火山活動と密接に関連する熱水変質と、Ⅲ-2)現在活動中の熱水系の中で、浅所から貯留槽深度に至る大きな深度範囲内で生じている最も新しい変質、の二つに分けられる可能性がある。その場合、砂子原層の湖成堆積物中のスメクタイト-沸石変質が、前者の例として理解できる。また、現在の熱水系が、必ずしも約30万年前に噴火した砂子原カルデラ火山の給源マグマにより駆動されていると考える理由はない。むしろ、砂子原カルデラの規模が比較的小さいことを考えると、それとは別の新たなマグマの貫入に関係している可能性もある。

謝辞：本論文のまとめに際し、奥会津地熱株式会社および三井金属鉱業株式会社の関係各位には種々の便宜を計って頂くとともに、未公表資料の使用を許可して頂い

た。また、三井金属資源開発株式会社山田直利博士、当所鉱物資源部J.W.Hedenquist博士、青木正博博士および地質部山元孝広博士からは多くの御教示を頂いた。以上の方々には深く感謝申し上げる。

(受付：1997年5月12日；受理：1997年7月9日)

文 献

- Browne, P. R. L. (1978) Hydrothermal alteration in active geothermal field. *Ann. Rev. Earth & Planet. Sci.*, 6, 229-250
- Hayakawa, N., Shimada, I., Shibata, T. and Suzuki, S. (1974) Geology of the Aizu metalliferous district, northeast Japan. *Mining Geology, Spec. Issue*, 6, 19-28
- 早川典久・鈴木舜一・小田幸人(1977) 会津地方新第三系の続成および熱水変質。鉱山地質, 27, 367-378
- Henley, R. W. and Ellis, A. J. (1983) Geothermal systems, Ancient and Modern: a geochemical review. *Earth Sci. Rev.*, 19, 1-50
- 平林武雄(1966) 横田鉱山の内部構造とくに本山鉱床について。鉱山地質, 16, 46-55, 76-77
- 平林武雄(1972) 横田鉱山深部鉱床の探査について。鉱山地質, 22, 283-302
- 今井秀喜・安達正敏・高橋幹男・山口光男・家城康二(1988) 福島県奥会津地熱試錐井における地熱流体より沈澱した硫化鉱物ならびにその浅成金鉱脈との関連。鉱山地質, 38, 291-301
- 金属鉱物探鉱促進事業団(1970) 昭和43年度精密調査報告書, 西会津地域

- 金属鉱物探鉱促進事業団(1971) 昭和44年度精密調査報告書, 西会津地域
- 金属鉱物探鉱促進事業団(1972) 昭和45年度精密調査報告書, 西会津地域
- 金属鉱物探鉱促進事業団(1974) 昭和47年度精密調査報告書, 東会津地域
- 金属鉱物探鉱促進事業団(1975) 昭和48年度精密調査報告書, 東会津地域
- 金属鉱物探鉱促進事業団(1976) 昭和49年度精密調査報告書, 東会津地域
- 北村 信・菅原祐輔・鈴木養身・藤井敬三・伊藤 修・高橋清治(1968) 福島県地質調査報告, 1: 50,000地質図幅, 宮下地域の地質. 福島県. 21 p
- 小室裕明(1978) 会津柳津地方における後期中新世陥没盆地の形成について. 地球科学, 32, 68-83
- 小室裕明(1984) 福島県会津宮下地域における中-後期中新世の隆起運動と陥没構造. 地質学雑誌, 90, 441-454
- Masuda, K. (1962) Tertiary Pectinidae of Japan. Tohoku Univ., Sci. Rep. 2nd ser. (Geol.), 33, 117-238
- 水戸研一, 原 坦, 根田武二郎(1978) 福島県地質調査報告“針生地域の地質”. 福島県, 33p.
- 水垣桂子(1993) 砂子原カルデラの構造と火山活動史. 地質学雑誌, 99, 721-737
- NEDO(新エネルギー総合開発機構)(1985) 地熱開発促進調査報告書. no. 8, 奥会津地域, 81p
- 新田富也・寿賀祥五・塚越重明・安達正敏(1987) 福島県奥会津地域の地熱資源について. 地熱, 24, 340-370
- 新田富也・塚越重明・安達正敏・瀬尾邦夫(1995) 福島県, 奥会津地熱地帯の探査とその開発. 資源地質, 45, 201-212
- 大賀啓行(1992) 奥会津地域における地熱井掘削実績. 地熱, 29, 203-221
- Seki, Y. (1991) The physical and chemical structure of the Oku-aizu geothermal system, Japan. Geochem. Jour., 25, 245-265
- 関 陽児(1993) 奥会津地熱系の地球化学と金属鉱化作用の特徴. 資源地質, 43, 21
- 島田 郎・伊沢寿昭(1969) 福島県地質調査報告 一只見地域の地質一. 福島県. 39p.
- 鈴木敬治(1951) 会津盆地西方地域の地質その1 中央地区. 地質学雑誌, 57, 379-386, 449, 456
- 鈴木敬治(1964) 福島県5万分の1地質図“会津地方”および説明書. 福島県
- 鈴木敬治, 吉田 義(1956) 会津盆地西南縁地域の第三系・第四系について. 地質学雑誌, 62, 161-176
- 鈴木敬治・真鍋健一・吉田 義(1977) 会津盆地における後期新生代層の層位学的研究と会津盆地の発達史. 地質学論集, 14, 17-44
- 鈴木敬治・島津光夫・島田 朗・真鍋健一(1986) 北村信編“新生代東北本州弧地質資料集”第3巻, 島弧横断ルートno.28(柏崎-守門岳-只見-会津若松-郡山), 宝文堂
- Takeno, N. (1989) The effect of temperature gradient on the interaction between geothermal water and rock - An approach by numerical simulation. Mining Geol., 39, 295-304
- 通商産業省(1967) 昭和41年度広域調査報告書, 西会津地域
- 通商産業省(1968) 昭和42年度広域調査報告書, 西会津地域
- 通商産業省(1969) 昭和43年度広域調査報告書, 西会津地域
- 通商産業省(1970) 昭和44年度広域調査報告書, 西会津地域
- 通商産業省(1971) 昭和45年度広域調査報告書, 西会津地域
- 通商産業省(1972) 昭和46年度広域調査報告書, 東会津地域
- 通商産業省(1973) 昭和47年度広域調査報告書, 東会津地域
- 通商産業省(1974) 昭和48年度広域調査報告書, 東会津地域
- 通商産業省資源エネルギー庁・工業技術院地質調査所(1978) 地熱開発基礎調査報告書, No. 5, 西山そのI(昭和51年度)
- 歌田 実, 石川 翼(1973) 西会津黒鉱鉱床地域に見られる変質帯, とくに方沸石帯とその探鉱への応用. 鉱山地質, 23, 213-226
- 歌田 実, 下田哲夫・伊藤 正(1978) 東会津鉱床地域にみられる変質作用. 鉱山地質, 28, 83-97
- 山元孝広(1992a) 会津地域の後期中新世-更新世カルデラ火山群. 地質学雑誌, 98, 21-38
- 山元孝広(1992b) 会津盆地, 塔寺層の火山性碎屑物堆積相から見た砂子原カルデラ火山の中期更新世火山活動. 地質学雑誌, 98, 855-866
- 山元孝広(1996) テフラ層序からみた磐梯火山の噴火活動史. 地質調査所月報, 47, 335-359
- Yoshida, Y. (1991) Geochemistry of the Nigorikawa geothermal system, southwest Hokkaido, Japan. Geochemical Jour., 25, 203-222
(受付: 1997年5月12日; 受理1997年7月9日)

坑井地質の記載

各坑井の属性として、坑井名、坑口の位置と標高、坑底深度と垂直/傾斜の別(傾斜掘りの方位は真北基準で右回り(°)), コア/カッティングスの別、坑井と主要な地質事象との位置関係等を記す。坑井地質は主要な岩相單元ごとに、岩相、堆積構造、鉱物細脈、鉱化作用等の概略を述べる。各地層が出現する深度に、< >書きで地層名を記す。細脈に関しては、当該区間に数条以上認められる場合に記す。閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄銅鉱等の鉱石鉱物を含む細脈、ポケット等については、それらの多寡にかかわらず記述する。

T-1: 湯八木沢北、滝谷川沿いの標高290m地点より、垂直に深度290mまで全長コアボーリング。坑口位置は砂子原カルデラの北方外側。

0-32m コアなし。

<荻野層>

32-196.2m 淡灰-緑灰-灰色凝灰岩, 白灰-淡灰色砂質凝灰岩, 灰-褐灰色凝灰質泥岩, 淡緑-暗緑-灰色軽石凝灰岩。葉理発達。方解石細脈。

196.2-224.7m 褐灰色凝灰質泥岩。葉理発達。方解石細脈。

224.7-290.2m 灰-暗緑色デイサイト岩脈。

T-2: 大峯の標高490m地点より、垂直に深度490mまで全長コアボーリング。坑口位置は砂子原カルデラの北方外側。

0-59.0m コアなし。

<漆窪層>

59.0-398.7m 淡緑-灰-暗灰色火山レキ凝灰岩, 淡緑-灰-暗灰色砂質火山レキ凝灰岩, 灰色砂質凝灰岩, 灰色軽石凝灰岩, 暗灰色凝灰質レキ岩。一部葉理発達。

<荻野層>

398.7-490.9m 淡緑色軽石凝灰岩, 淡緑色火山レキ凝灰岩, 淡緑色凝灰角レキ岩。

T-3: 川井, 大石沢上流の標高380m地点より、垂直に深度380mまで全長コアボーリング。坑口位置は砂子原カルデラの北西縁辺部で小野川原断層と北の沢断層の交會部に近い。

0-20.0m コアなし。

<荻野層>

20.0-111.7m 灰白色凝灰岩, 同凝灰質泥岩, 同軽石凝灰岩。一部葉理発達。黄鉄鉱染。

<宮下泥岩部層>

111.7-380.6m 暗灰色凝灰質泥岩, 黒色泥岩。方解石細脈。282.6mと322.0mに黄銅鉱・閃亜鉛鉱を伴う方解石細脈。

T-4: 久保田の標高450m地点より、垂直に深度450mまで全長コアボーリング。坑口位置は砂子原カルデラの北東縁辺部。

0-48.5m コアなし。

<砂子原層>

48.5-156.5m 淡灰色凝灰質泥岩, 同凝灰質シルト岩, 同泥質凝灰岩。炭化植物片。

<荻野層>

156.5-450.5m 淡緑-緑灰-灰色凝灰角レキ岩, 淡緑色軽石凝灰角レキ岩。

T-5: 砂子原の神の湯南東方の標高430m地点より、垂直に深度430mまで全長コアボーリング。坑口位置は砂子原カルデラ内、猿倉沢断層北側。

0-40m コアなし。

<砂子原層>

40-340.4m 暗灰-灰色凝灰質泥岩, 灰白色凝灰質シルト岩, 淡灰色凝灰質砂岩, 灰白色砂質凝灰岩, 灰-灰白色凝灰岩, 灰白色-白色パーライト, 淡灰色凝灰角レキ岩, 淡灰色火山レキ凝灰岩-レキ岩。一部葉理発達。基底付近には角レキ, ブロック混じる。

<宮下泥岩部層>

340.4-430.5m 暗灰-淡灰色凝灰質泥岩。葉理発達。方解石細脈。

T-6: カブ中の標高380m地点より、垂直に深度361mまで全長コアボーリング。坑口位置は砂子原カルデラの南方外側で入山沢カルデラ北部。

0-32.0m コアなし。

<入山沢層>

32.0-68.2m 灰色凝灰角レキ岩。

68.2-189.0m 淡灰色火山レキ凝灰岩, 暗灰色泥岩, 同凝灰質泥岩, 全体に破碎・粘土化激しい。

189.0-361.0m 淡灰-灰色火山レキ凝灰岩, 炭質物・泥岩片含む。

N57-OA-1: 湯八木沢の北方, 標高320m地点より、垂直に深度1,005mまで掘削。深度0-207.5mまでノンコアボーリング, 207.5mより坑底までコアボーリング。坑口位置は砂子原カルデラの北方外側。

<荻野層>

0-124m 凝灰質岩。

124-135m 泥質岩。

134-207.5m 凝灰質岩。

207.5-316.9m 淡緑色軽石凝灰岩, 灰白色粗粒凝灰岩, 灰色火山レキ凝灰岩, 暗灰色-淡緑色泥岩。方解石細脈。

<宮下泥岩部層>

316.9-482.2m 暗灰-暗緑-帯茶灰色泥岩。方解石細脈。

482.2-487.7m 暗緑灰色粗粒玄武岩。杏仁状構造。方解石細脈。

<滝沢川層>

487.7-545.1m 緑灰色凝灰角レキ岩, 淡緑灰色軽石凝灰岩, 同粗粒凝灰岩, 緑灰色火山角レキ岩。

545.1-564.5m 帯茶緑色流紋岩。自破碎構造。

564.5-1,005.0m 淡緑灰-淡緑-灰白色軽石凝灰岩, 同火山レキ凝灰岩, 同細粒-粗粒凝灰岩, 暗灰色泥岩。

N57-OA-2: 小野川原の標高475m地点より, 垂直に深度1,004.5mまで掘削。深度0-32mまでノンコアボーリング, 32mより坑底までコアボーリング。坑口位置は砂子原カルデラの西縁辺部, 小野川原断層直近。

<砂子原層>

32-61.8m 黄褐色レキ質-砂質凝灰岩。炭化植物片。

61.8-76.9m 淡緑灰色凝灰角レキ岩。

<荻野層>

76.9-196.5m 暗灰-灰白-淡緑灰色凝灰角レキ岩, 淡緑-灰白-暗灰色細粒-粗粒凝灰岩, 灰白色砂質凝灰岩, 暗灰色泥岩。

<宮下泥岩部層>

196.5-513.0m 暗灰-灰色泥岩, 灰白色細粒凝灰岩。成層ないし塊状。方解石細脈。

<滝沢川層>

513.0-790.3m 緑灰-淡緑灰色軽石凝灰岩, 同火山レキ凝灰岩。515.8mに黄銅鉱・閃亜鉛鉱・方解石細脈。595.0mの亀裂部に黄銅鉱。

790.3-799.4m 暗緑色玄武岩 (貫入岩)。

799.4-1004.5m 淡緑灰色軽石凝灰岩, 同軽石質火山レキ凝灰岩。一部鉄石英・黄鉄鉱鉱染。887.2mに黄銅鉱伴う方解石細脈。

N57-OA-3: 五畳敷の標高400m地点より, 垂直に深度1500mまで掘削。深度0-45mまでノンコアボーリング, 45mより坑底までコアボーリング。坑口位置は砂子原カルデラ内, 老沢断層の北, 西山温泉の東。

<砂子原層>

45-99.0m 灰白色軽石凝灰岩, 灰-灰白色細-粗粒凝灰岩。

99.0-126.4m 灰白色流紋岩自破碎溶岩。

126.4-157.0m 暗灰色泥岩, 暗黒灰色火山レキ凝灰岩, 暗灰色凝灰角レキ岩。

157.0-270.3m 灰-灰白色流紋岩。真珠岩質, 一部球顆状。

270.3-312.6m 灰白色レキ質凝灰岩, 灰-灰白色火山レキ凝灰岩。

312.6-351.5m 灰白色流紋岩。多孔質, 一部黒色真珠岩質。

351.5-366.5m 灰白色火山レキ凝灰岩, 暗褐色安山岩質角レキ凝灰岩, 暗灰色凝灰質泥岩。

<漆窪層>

366.5-552.0m 灰色レキ質凝灰岩・砂質凝灰岩互層。

552.0-677.4m 灰色砂質凝灰岩。一部成層。

677.4-699.2m 灰色レキ質凝灰岩, 灰色砂質凝灰岩。砂質部にピソライト。

<荻野層>

699.2-859.1m 灰色レキ質凝灰岩。

859.1-869.6m 淡緑灰白色流紋岩自破碎溶岩。

869.6-984.5m 灰-淡緑灰色レキ質凝灰岩, 淡緑灰-緑灰色砂質凝灰岩, 緑灰色火山角レキ岩, 淡緑灰色火山レキ凝灰岩。

984.5-996.3m 帯茶暗灰色泥岩。

996.3-1,004.1m 青白色石英安山岩。

1,004.1-1,165.3m 淡緑-淡緑灰色火山レキ凝灰岩, 淡緑灰-淡緑色軽石凝灰岩, 帯茶暗灰色細粒凝灰岩, 帯茶暗灰色泥岩。

1,165.3-1,170.1m 白色流紋岩自破碎溶岩。

1,170.1-1,189.9m 灰白-黒灰-帯茶暗灰色凝灰角レキ岩。

<宮下泥岩部層>

1,189.9-1,229.2m 暗灰-黒灰色泥岩, 緑灰色凝灰岩。

<滝沢川層>

1,229.2-1,231.9m 白色流紋岩。

1,231.9-1,374.7m 淡緑-緑色火山レキ凝灰岩, 灰白-帯茶灰色凝灰角レキ岩, 淡緑-灰白色凝灰岩, 淡緑色軽石凝灰岩, 黒灰-暗灰色泥岩。1,343.5mに方鉛鉱の弱い鉱染。

1,374.7-1,500.0m 灰白色デイサイト (貫入岩)。接触部は細粒非晶質。

N57-OA-4: 黒沢の東, 標高350m地点より, 垂直に深度1,305.3mまで掘削。深度0-210mまでノンコアボーリング, 210mより坑底までコアボーリング。坑口位置は砂子原カルデラ内, 血の池沢断層と滝谷川断層との交会部直近。

<砂子原層>

0-130m 凝灰質岩。

<宮下泥岩部層>

130-210m 暗灰-赤紫-黒灰色泥質岩 (カッティングス)。

210-277.8m 暗灰色泥岩。一部葉理。方解石細脈。

<滝沢川層>

277.8-496.1m 淡緑灰-灰白色軽石凝灰岩, 同火山レキ凝灰岩。284.9-285.7m, 358.2m, 370.4-370.9m, 433.7m, 445.2m, 450.1m, 474.7m, 495.6-496.2mに閃亜鉛鉱, 一部方鉛鉱伴う細脈。

496.1-507.0m 流紋岩自破碎溶岩。

507.0-620.0m 淡緑灰-灰白色軽石凝灰岩, 同火山レキ凝灰岩, 同火山角レキ岩。522.2m, 536.5-536.7m, 574.2m, 576.0-576.5m, 579.5-580.5m, 582.5m, 609.6m, 609.9mに閃亜鉛鉱細脈。

620.0-969.9m 淡緑灰-淡緑色火山レキ凝灰岩, 灰白色細粒凝灰岩。

969.9-990.7m 流紋岩自破碎溶岩。方解石細脈。

990.7-1204.1m 淡緑色火山レキ凝灰岩。

1204.1-1305.3m 青白-紫色流紋岩溶岩。一部自破碎状。方解石細脈。

N57-OA-5 : 牧沢の標高380m地点より、垂直に深度1006.8mまで掘削。深度0-200mまでノンコアボーリング、200mより坑底までコアボーリング。坑口位置は砂子原カルデラの東方外側で老沢断層に近い。

<入山沢層>

0-200m 灰-灰緑色凝灰質岩。

<宮下泥岩部層>

200-204.0m 暗灰色泥岩。塊状。

<滝沢川層>

204.0-280.0m 緑灰-灰緑色細粒-粗粒凝灰岩、淡緑灰色軽石凝灰岩、灰白色火山レキ凝灰岩。

280.0-540.8m 灰-灰白-淡緑色細粒凝灰岩。塊状、一部成層。方解石細脈。

540.8-545.0m 緑灰色流紋岩。塊状。黄鉄鉱鉍染。

545.0-646.0m 灰白-淡緑灰色細粒凝灰岩。粘土帯、破砕部多い。

646.0-806.7m 緑灰色軽石凝灰岩、火山レキ凝灰岩、白色細粒凝灰岩。760.6-761.6m、763.0-763.4mに方鉛鉱・黄鉄鉱・方解石細脈。

806.7-837.8m 安山岩、安山岩質火山レキ凝灰岩。安山岩中に亀裂、気孔発達。

837.8-906.0m 灰白-淡緑色軽石凝灰岩、灰白色細粒凝灰岩。

906.0-908.0m 安山岩。

908.0-1006.8m 淡緑色軽石凝灰岩。

N57-OA-6 : 黒沢東方の標高380m地点より、垂直に深度1500mまで掘削。深度0-505mまでノンコアボーリング、505mより坑底までコアボーリング。坑口位置は砂子原カルデラ内の猿倉沢断層直近。

<砂子原層>

0-25m 灰色砂レキ質岩。

25-150m 灰-灰褐-褐色凝灰質岩。

150-260m 灰-灰褐-褐色レキ質凝灰質岩。

<荻野層>

260-380m 灰-灰褐色凝灰質岩。

<宮下泥岩部層>

380-420m 褐色泥質岩。

<滝沢川層>

420-505.0m 灰緑-灰褐色凝灰質岩。

505.0-636.8m 淡緑-緑灰-淡灰色凝灰角レキ岩、同火山レキ凝灰岩、同細粒凝灰岩、同砂質-泥質凝灰岩。硬石膏細脈。一部に層理、級化構造。

636.8-650.2m 流紋岩自破砕溶岩。硬石膏ネットワーク。

650.2-908.4m 淡緑-淡灰-緑色凝灰角レキ岩、緑灰-淡緑色火山レキ凝灰岩、同細粒凝灰岩、同軽石凝灰岩。硬石膏細脈。

908.4-1051.4m 灰白-灰色流紋岩。硬石膏細脈、黄鉄鉱鉍細脈。1026.2m、1048.2mに閃亜鉛鉱。

1,051.4-1,215.7m 淡緑色火山レキ凝灰岩、同細粒凝灰岩。一部、級化構造。

1,215.7-1,225.0m 淡灰色流紋岩自破砕溶岩。

1,225.0-1,500.0m 淡緑-淡緑灰色火山レキ凝灰岩、灰緑色凝灰角レキ岩、同細粒凝灰岩。細粒凝灰岩の一部に層理、級化構造。硬石膏細脈、黄鉄鉱晶洞脈。1467.8mに閃亜鉛・黄鉄鉱・硬石膏細脈。

N57-OA-7 : 砂子原東方の標高350m地点より、垂直に深度1,004.5mまで掘削。深度0-37mまでノンコアボーリング、37mより坑底までコアボーリング。坑口位置は砂子原カルデラの中央付近、老沢断層と猿倉沢断層の間に挟まれ滝谷川断層近く。

<砂子原層>

37-214.8m 灰色細粒凝灰岩、レキ質凝灰岩、黒色泥岩(ブロック状)。

214.8-403.1m 灰-暗灰色レキ質凝灰岩。黄鉄鉱鉍染。

<荻野層>

403.1-418.9m 灰色凝灰岩、同泥岩。破砕。

418.9-682.0m 淡灰-淡緑色レキ質凝灰岩、同凝灰角レキ岩。マンガン炭酸塩細脈多し。

<宮下泥岩部層>

682.0-734.0m 淡灰-灰色凝灰質泥岩、淡緑色細粒凝灰岩泥岩互層。マンガン炭酸塩細脈多し。

<滝沢川層>

734.0-1,004.5m 緑灰-淡緑-灰緑-緑色軽石凝灰岩、同火山レキ凝灰岩、同細粒凝灰岩、同砂質凝灰岩、灰白色凝灰質泥岩。細粒凝灰岩の一部に級化構造。硬石膏、黄鉄鉱細脈多し。928.8-929.7mに閃亜鉛鉍を鉍染する塊状黄鉄鉱。929.7-930.0mに方鉛鉱・閃亜鉛鉍・黄銅鉍・黄鉄鉍脈。948.9mに閃亜鉛鉍細脈2条。

84N-1t : 黒沢南方の標高376m地点より、垂直に深度2,003mまで掘削。深度0-699mおよび1,045.4-1,200mはノンコアボーリングで、残りの区間はコアボーリング。坑口位置は砂子原カルデラと入山沢カルデラの境界付近で滝谷川断層に近い。

<沼沢火砕流堆積物>

0-50m 褐色凝灰質岩。

<入山沢層>

50-180m 淡緑-灰-緑色凝灰質岩。

<宮下泥岩部層>

180-340m 灰-緑-黒色泥質岩。

<滝沢川層>

340-699.0m 淡緑-灰白-灰色凝灰質岩。

699.0-831.8m 灰-緑灰-灰白色火山レキ凝灰岩、同細粒凝灰岩、灰白-白色球類流紋岩。凝灰岩の一部に葉理、斜交葉理。

831.8-878.5m 白色粗面岩、流紋岩。塊状、一部自破砕状。873.1m、838.9mに黄鉄鉱・黄銅鉍細脈。871.6-872.5mに閃亜鉛鉍・黄銅鉍細脈。

878.5-1,045.4m 淡緑-緑色火山レキ凝灰岩, 同細粒凝灰岩。一部平行葉理。917.6-927.7mに破砕部。

1,045.4-1,200.0m 灰緑-淡緑色凝灰質岩。

1,200.0-1,244.1m 白-灰-淡緑-緑色細粒-粗粒凝灰岩, 緑色凝灰質レキ岩。凝灰岩の一部に弱い葉理, 乱堆積構造。1,230.3mに閃亜鉛鉱・方鉛鉱パッチ。硬石膏細脈。

1,244.1-1,307.8m 桃-白色流紋岩溶岩。塊状, 流理発達。

1,307.8-1,334.7m 灰-緑-淡緑色粗粒凝灰岩。乱堆積構造。硬石膏細脈多い。

1,334.7-1,749.8m 灰白-白-暗青-暗灰色流紋岩。ちりめん状流理発達部多い。一部破砕, 球顆構造。苦灰石, 硬石膏細脈多い。1,389.1mに閃亜鉛鉱・黄鉄鉱パッチ。1,411.0m, 1,417.0m, 1,528.6mに黄銅鉱パッチ。

1,749.8-1,800.5m 淡緑-緑色細粒-粗粒凝灰岩。一部級化。硬石膏細脈。

1,800.5-1,840.7m 暗青色デイサイト。硬石膏細脈。

1,840.7-2,003.0m 淡緑-緑色細粒-粗粒凝灰岩, 淡緑色石英安山岩溶岩。凝灰岩には葉理発達。石英安山岩の一部に杏仁状構造。1935.9mに閃亜鉛鉱・黄鉄鉱パッチ。1941.0m, 1941.3mに黄銅鉱・閃亜鉛鉱細脈。

84N-2t: 黒沢東方の標高422m地点より, ほぼ垂直に深度1507mまで掘削。深度0-1000mはノンコア, 以深はコアボーリング。坑口位置は砂子原カルデラ内で, 猿倉沢断層と血の池沢断層の間。

<砂子原層>

0-220m 白-灰-緑-褐-黒-淡緑色凝灰質岩。

<滝沢川層>

220-1,000m 淡緑-緑-灰-鮮緑色凝灰質岩。

1,000-1,048.1m 淡緑-緑色細-粗粒凝灰岩。方解石, 硬石膏細脈。

1,048.1-1,052.0m 暗緑色安山岩(貫入岩)。杏仁状構造。硬石膏細脈。

1,052.0-1,065.5m 緑色粗粒凝灰岩。セラドナイトフィルム。1,065.5-1,067.0m 暗緑色安山岩貫入岩。硬石膏細脈。

1,067.0-1,070.6m 緑色粗粒凝灰岩。硬石膏細脈。

1,070.6-1,074.5m 暗緑色安山岩(貫入岩)。硬石膏細脈。

1,074.5-1,079.0m 淡緑色火山レキ凝灰岩。弱珪化。硬石膏細脈。

1,079.0-1,246.7m 白-灰-緑色弱-強珪化岩(凝灰岩)。硬石膏, 黄鉄鉱細脈。: 112.4m, 1,113.2m, 1,113.6m, 1,113.9m, 1,114.0m, 1,114.6m, 1,115.3m, 1,133.9m, 1,140.5m, 1,150.5m, 1,167.5m, 1,169.4m, 1,169.7m, 1,185m, 1,189.9m, 1,190.1m, 1,193.2m, 1,194.3m, 1,195.3m, 1,203.5m, 1,204.6m, 1,206.4m, 1,211.2m, 1,215.2m, 1,215.4m, 1,218.9m, 1,220.0m, 1,232.0

m, 1,232.4m, 1,232.9m, 1,233.4m, 1,234.8m, 1,240.6m, 1,241.6m, 1,243.1mに閃亜鉛鉱・黄鉄鉱・方鉛鉱細脈。

1,246.7-1,288.1m 緑-白色変質火山レキ凝灰岩。弱級化構造。

1,288.1-1,354.7m 白-緑-淡緑色弱-強珪化岩(細-粗粒凝灰岩)。一部に葉理発達。硬石膏細脈。1,292.0m, 1,293.0m, 1,294.9m, 1,295.5m, 1,295.9m, 1,296.1m, 1,296.2m, 1,296.4mに閃亜鉛鉱・黄鉄鉱・方鉛鉱・硬石膏細脈。

1,354.7-1,507.0m 灰-緑-暗緑-淡緑色火山レキ凝灰岩, 淡緑-白-緑色細-粗粒凝灰岩。一部に級化, 葉理発達。硬石膏, マンガン炭酸塩細脈。

84N-3t: 神の湯南東方の標高446m地点より, 垂直掘りにより深度1,845mまで掘削。坑口より深度1,200mまではノンコア, 以深はコアボーリング。坑口位置は砂子原カルデラ内猿倉沢断層と老沢断層の間。

<砂子原層>

0-280m 白-灰-黒-淡緑-鮮緑色凝灰質岩。一部粘土質。

<荻野層>

280-480m 灰-淡緑-緑色凝灰質岩。

<宮下泥岩部層>

480-540m 白-灰色凝灰質岩。

<滝沢川層>

540-1,200.0m 白-灰-淡緑-鮮緑-緑色凝灰質岩。

1,200.0-1,428.2m 灰緑-緑-淡緑色火山レキ凝灰岩, 緑-淡緑色凝灰角レキ岩, 淡緑-緑-赤紫色中-粗粒凝灰岩。凝灰岩の一部に葉理。セラドナイト。硬石膏細脈。

1,428.2-1,758.2m 灰-淡緑色火山角レキ岩, 淡緑色凝灰角レキ岩, 灰-淡緑色火山レキ凝灰岩, 淡緑色中-粗粒凝灰岩。花こう岩レキ含む。凝灰岩の一部に葉理。セラドナイトフィルム。黄鉄鉱, 方解石細脈多い。1,673.1mに黄鉄鉱・方鉛鉱細脈。1,712.4mに方鉛鉱・閃亜鉛鉱・黄鉄鉱・石英細脈。

<大検沢層>

1,758.2-1,789.0m 暗緑色安山岩溶岩。一部自破砕構造。硬石膏, 方解石細脈多い。

1,789.0-1,845.1m 灰-灰白-淡緑-暗緑色細-粗粒砂岩, 灰-淡緑-暗緑色シルト岩, 緑-淡緑-白色凝灰質レキ岩。方解石, 硬石膏細脈多い。

84N-4r: 黒沢東方の標高422m地点より, 傾斜掘りにより深度712.2mまでコアボーリング。坑口直下は垂直, 坑底付近では傾斜70°(方位214°)。坑口位置は砂子原カルデラ内で, 猿倉沢断層と血の池沢断層の間。

<砂子原層>

31-103.8m 白-灰白色凝灰角レキ岩, 同軽石凝灰岩。一部に葉理, 火炎構造。

103.8-187.3m 白色細粒凝灰岩。塊状, 一部に弱い平

行葉理。

187.3-223.6m 白-灰-緑灰色凝灰角レキ岩,同火山角レキ岩,灰色中粒凝灰岩。不淘汰。

<滝沢川層>

223.6-331.3m 白-淡緑色火山レキ凝灰岩。セラドナイトフィルム。粘土化。

331.3-411.4m 白-灰色流紋岩溶岩。自破碎,球顆,流理構造。粘土化。

411.4-499.5m 灰白-淡緑灰-淡緑色火山レキ凝灰岩,同凝灰角レキ岩,同火山角レキ岩。沸石細脈,滑り面多い。一部粘土化。

499.5-531.8m 淡緑色火山レキ凝灰岩,同軽石質火山レキ凝灰岩。凝灰岩の一部に級化,葉理。セラドナイトフィルム。

531.8-533.5m 青緑色安山岩(貫入岩)。杏仁状構造。

533.5-537.8m 白灰-淡緑色火山レキ凝灰岩。

537.8-563.7m 暗緑色安山岩(貫入岩)。緻密,塊状。

563.7-628.2m 淡緑色火山レキ凝灰岩。一部に葉理。

セラドナイトフィルム。

628.2-629.5m 暗緑色安山岩(貫入岩)。

629.5-634.2m 淡緑色火山レキ凝灰岩。

634.2-637.9m 暗緑色安山岩(貫入岩)。

637.9-712.2m 淡緑色火山レキ凝灰岩,同細粒凝灰岩。一部に級化。硬石膏細脈。

84N-5t: 神の湯南西方の標高358m地点より,垂直に深度1,707.2mまで掘削。坑口より深度700mまではノンコア,それより坑底まではコアボーリング。坑口位置は砂子原カルデラ内の猿倉沢断層と滝谷川断層との交会部付近。

<沼沢火砕流堆積物・段丘堆積物>

0-40m 褐色砂質岩。レキ質岩。

<砂子原層>

40-260m 灰-暗灰-淡褐色凝灰質岩。

<荻野層>

260-360m 白-黒-褐-淡緑色凝灰質岩。

360-460m 緑色凝灰質岩。

<滝沢川層>

460-700m 淡緑-灰-白色凝灰質岩。

700-705.0m コアなし。

705.0-919.4m 淡緑-白-緑色火山レキ凝灰岩,同細粒-粗粒凝灰岩。一部に平行-斜交葉理。セラドナイトフィルム-レンズ。硬石膏・黄鉄鉱細脈多い。黄鉄鉱鉱染。

919.4-950.8m 暗灰色泥岩,灰色細粒凝灰岩。一部に葉理発達。

950.8-996.0m 細粒-粗粒凝灰岩。不規則-ちりめん状葉理。硬石膏,黄鉄鉱細脈多い。985.8mに閃亜鉛鉱・硬石膏細脈。一部珪化。一部黄鉄鉱鉱染。

996.0-1045.1m 淡緑-灰色流紋岩溶岩。弱い平行流理。硬石膏,黄鉄鉱細脈。998.1-998.3mに閃亜鉛鉱・黄

鉄鉱・石英細脈4条。999.6mに黄銅鉱・黄鉄鉱・閃亜鉛鉱・硬石膏細脈。

1,045.1-1,253.3m 淡緑-緑色細粒凝灰岩,同火山レキ凝灰岩。黄鉄鉱,硬石膏細脈多い。1,056.0mに黄銅鉱-レンズ,黄鉄鉱・閃亜鉛鉱細脈。1,060m付近に黄鉄鉱・閃亜鉛鉱細脈多数。1,072.5-1073.5mに閃亜鉛鉱鉱染。1,090m付近に黄鉄鉱・閃亜鉛鉱細脈,鉱染。1,095m付近に黄鉄鉱・方鉛鉱鉱染。1,100.9-1,103.7mに方鉛鉱鉱染。1,105.7-1,106.1mに珪化,粘土化変質部に黄鉄鉱・閃亜鉛鉱鉱染。1,152.5m,1,175.9mに黄鉄鉱・閃亜鉛鉱細脈。1,195.2-1,196.0mに閃亜鉛鉱・黄鉄鉱・硬石膏細脈。黄鉄鉱鉱染。

1,253.3-1,437.2m 淡灰色流紋岩溶岩。塊状,均質。一部に自破碎構造。マンガン炭酸塩,黄鉄鉱,硬石膏細脈多い。石英・黄鉄鉱細脈。1402.2m,1402.4m,1404.5m,1409.6m,1410.9mに閃亜鉛鉱・黄鉄鉱・石英細脈。

1,437.2-1,475.2m 緑-淡緑色火山レキ凝灰岩,同細粒-粗粒凝灰岩。石英,黄鉄鉱細脈。硬石膏細脈。

1,475.2-1,498.0m 灰色石英粗面岩溶岩。黄鉄鉱・硬石膏細脈。

1,498.0-1,649.1m 緑-淡緑色細粒-粗粒凝灰岩,同火山レキ凝灰岩。凝灰岩の一部に葉理,級化,乱堆積構造。一部珪化。黄鉄鉱,方解石細脈。1,548.6m,1,588.2mに黄鉄鉱・石英・閃亜鉛鉱細脈。1,607.2m,1,631.1mに黄鉄鉱・閃亜鉛鉱・方解石細脈。一部黄鉄鉱鉱染。

1,649.1-1,707.2m 淡緑-緑色球顆流紋岩。同粗粒凝灰岩を挟む。凝灰岩に平行葉理。黄鉄鉱,硬石膏細脈多い。1,669.2m,1,677.9m,1,678.0mに黄鉄鉱・硬石膏・閃亜鉛鉱・石英細脈。

85N-6T: 黒沢東方の標高428m地点より,ほぼ垂直に深度1,655mまでノンコアボーリング。坑口位置は砂子原カルデラ内で,猿倉沢断層と血の池沢断層の間。

<砂子原層>

0-60m 淡灰-暗灰-白-青緑色砂質岩。

60-200m 白-淡灰-暗灰-灰色凝灰質-砂質岩。

<滝沢川層>

200-400m 淡灰-暗灰-白-青緑色凝灰質岩。

400-440m 淡灰色流紋岩。

440-900m 淡灰-暗灰-暗緑-青緑色凝灰質岩。一部黄鉄鉱鉱染。

900-1,000m 未回収。

1,000-1,220m 青緑-淡灰-暗灰-灰-白-淡緑色凝灰質岩。黄鉄鉱鉱染。

1,220-1,655m 未回収。

85N-7t: 黒沢東方の標高376m地点より,垂直に深度659mまでノンコアボーリング。坑口位置は砂子原カルデラ中の猿倉沢断層直近。

<砂子原層>

0-40m 灰-白-黒-淡緑-褐色砂質岩。

40-100m 暗灰-褐色凝灰質岩。一部黄鉄鉱鉱染。
 100-180m 暗灰-白-黒-褐色流紋岩。
 180-280m 白-灰-暗灰-緑-淡緑-褐色凝灰質岩。黄鉄鉱鉱染。
 <荻野層>
 280-290m 黒-灰-淡緑色泥質岩。黄鉄鉱鉱染。
 290-400m 淡緑-緑色凝灰質岩。黄鉄鉱鉱染。
 <滝沢川層>
 400-659m 淡緑-緑色凝灰質岩。黄鉄鉱鉱染。
 85N-8T: 神の湯南東方の標高370m地点より、垂直に深度659.5mまでノンコアボーリング。坑口位置は砂子原カルデラ内の老沢断層と猿倉沢断層との間。
 <砂子原層>
 0-60m 褐-暗灰色凝灰質岩。
 60-80m 暗灰色泥質岩。黄鉄鉱鉱染。
 80-280m 暗灰-淡灰色凝灰質岩。黄鉄鉱鉱染。
 <荻野層>
 280-300m 暗灰色泥質岩。黄鉄鉱鉱染。
 300-659.5m 淡緑-緑色凝灰質岩。黄鉄鉱鉱染。
 85N-9T: 神の湯南東方の標高456m地点より、垂直掘りにより深度701mまでノンコアボーリング。坑口位置は砂子原カルデラ内、猿倉沢断層と老沢断層の間。
 <砂子原層>
 0-20m 褐色砂質岩。
 20-120m 未回収。
 120-140m 緑色凝灰質岩。
 140-180m 暗灰-黒色泥質岩。
 180-300m 緑灰-黒色凝灰質岩。
 <荻野層>
 300-360m 黒色泥質岩。
 360-430m 暗緑色安山岩。
 430-480m 淡灰-暗灰色凝灰質岩。黄鉄鉱鉱染。
 <宮下泥岩部層>
 480-560m 暗灰色泥質岩。黄鉄鉱鉱染。
 <滝沢川層>
 560-701m 淡灰色凝灰質岩。黄鉄鉱鉱染。
 86N-10T: 黒沢東方の標高425m地点より、ほぼ垂直に深度1,660mまでノンコアボーリング。坑口位置は砂子原カルデラ内で、猿倉沢断層と血の池沢断層の間。
 <砂子原層>
 0-50m 砂質岩。
 <入山沢層>
 50-200m 凝灰質岩。
 <荻野層>
 200-280m 黄白-暗灰色凝灰質岩。
 <宮下泥岩部層>
 280-320m 白-暗灰-淡褐色泥質岩。
 <滝沢川層>
 320-680m 白-淡緑-褐色凝灰質岩。

680-720m 暗灰色泥質岩。
 720-1,660m 白-淡緑-灰-濃緑-鮮緑色凝灰質岩。
 86N-11T: 神の湯南東方の標高414.5m地点より、傾斜掘りにより深度1655mまでノンコアボーリング。坑口直下は垂直、下部での最大傾斜は約70°(方位220°)。坑口位置は砂子原カルデラ内、猿倉沢断層北側。
 <砂子原層>
 0-20m 砂レキ。
 20-90m 未回収。
 90-220m 凝灰質岩。
 220-260m 白-灰-暗灰色流紋岩。
 <荻野層>
 260-380m 灰-暗灰色凝灰質岩。
 380-460m 緑-暗緑-暗灰色ダイサイト。
 <宮下泥岩部層>
 460-480m 暗灰-灰色泥質岩。
 <滝沢川層>
 480-1,200m 灰-白-淡褐-淡緑-鮮緑色凝灰質岩。
 1,200-1,360m 未回収。
 1,360-1,380m 鮮緑色凝灰質岩。
 1,380-1,655m 未回収。
 86N-12t: 牧沢南西方の標高489.5m地点より、傾斜掘りにより深度1,574mまで掘削。坑口直下は垂直、坑底付近の傾斜は68°(方位218°)。坑口より深度955mまではノンコア、それより坑底まではコアボーリング。坑口位置は砂子原カルデラの南東縁辺部、猿倉沢断層と老沢断層との間。
 <砂子原層>
 0-120m 黄褐-褐-暗灰色凝灰質岩。一部流紋岩質。
 120-160m 暗灰色泥質岩。
 <入山沢層>
 160-200m 淡緑-灰色凝灰質岩。
 200-320m 暗灰色泥質岩。
 <荻野層>
 320-420m 暗緑色安山岩。
 420-500m 灰-帯緑暗灰色泥質岩。
 500-560m 白-灰色流紋岩質-凝灰質岩。
 560-580m 淡緑色凝灰質岩。
 580-590m 暗緑色安山岩。
 590-680m 白-灰-淡緑色凝灰質岩。
 <宮下泥岩部層>
 680-720m 暗灰色泥質岩。
 <滝沢川層>
 720-940m 白-灰-淡緑-緑色凝灰質岩。
 940-955.0m 未回収。
 955.0-1,044.7m 白-緑-淡緑色凝灰角レキ岩、同火山レキ凝灰岩、同凝灰岩。珪化、一部粘土化。滑り面多い。
 1,044.7-1,131.0m 淡緑-緑-褐色凝灰角レキ岩、同火山角レキ岩。一部滑り面発達。一部は級化成層。硬石膏

細脈。1,114.8mに閃亜鉛鉱スポット。

1,131.0-1,416.7m 緑-灰-淡緑色火山レキ凝灰岩,同凝灰角レキ岩,同火山角レキ岩。一部成層。

1,416.7-1,421.6m 暗紫褐-赤褐-緑色流紋岩溶岩。球類。

1,421.6-1,500.2m 緑-灰-淡緑色火山レキ凝灰岩,同凝灰角レキ岩,同火山角レキ岩。一部級化成層。セラドナイト。

1,500.2-1,563.0m 赤紫-褐-淡褐-緑色流紋岩溶岩。流理発達。一部球類。

1,563.0-1,574.0m 緑色凝灰角レキ岩。セラドナイトパッチ。

86N-13t: 砂子原西山小学校北方の標高418m地点より,垂直に深度1,406mまで掘削。坑口より深度953mまではノンコア,それより坑底まではコアボーリング。坑口位置は砂子原カルデラ内,湯の岳流紋岩の南東側,北の沢断層近く。

<砂子原層>

0-110m 淡黄灰-淡灰-灰色凝灰質岩。

110-240m 白色流紋岩。

240-250m 粘土。

250-320m 暗灰-淡灰-黒-白-緑色レキ質凝灰質岩。

<漆窪層>

320-580m 暗灰-灰-暗褐色細粒-粗粒砂質岩。520-580mに黄鉄鉱。

<荻野層>

580-660m 灰-暗灰-淡緑色レキ質凝灰質岩。

660-740m 淡緑色凝灰質岩。

740-940m 灰-暗灰-淡緑色レキ質凝灰質岩。

<宮下泥岩部層>

940-953.0m 暗灰-灰-黒色泥質岩。

<滝沢川層>

953.0-1,146.8m 淡緑-白-緑色凝灰角レキ岩,同火山レキ凝灰岩,同火山角レキ岩。硬石膏細脈。1,034.6mに閃亜鉛鉱・黄銅鉱染。1,095.2m, 1,096.4m, 1,098.7m, 1,099.3m, 1,100.0m, 1,104.3-1,105.0m, 1,105.1m, 1,118.5mに閃亜鉛鉱・黄鉄鉱+/-硬石膏+/-石英細脈。

1,146.8-1,406.0m 淡緑-白-緑色火山レキ凝灰岩と同細粒-粗粒凝灰岩の互層。級化部多い。黄鉄鉱,硬石膏細脈多い。1,294.5mに菱マンガン鉱・方鉛鉱・黄鉄鉱・閃亜鉛鉱細脈。1,349.0mに黄銅鉱・黄鉄鉱・方鉛鉱細脈。

87N-14T: 黒沢東方の標高392m地点より,傾斜掘りにより深度1560.5mまでノンコアボーリング。坑口直下は垂直,下部での最大傾斜は約80°(方位231°)。坑口位置は砂子原カルデラ内,猿倉沢断層と血の池沢断層との間,滝谷川断層近く。

<砂子原層>

0-160m 白-灰白-灰-暗灰色シルト-砂質岩。

<宮下泥岩部層>

160-280m 灰-暗灰-淡緑灰色泥質凝灰質岩。

<滝沢川層>

280-1160m 淡緑灰-淡緑-白色レキ質凝灰質岩。

1160-1560.5m 未回収。

87N-15T: 黒沢東方の標高400.4m地点より,垂直に深度1860mまで,ノンコアボーリング。坑口位置は砂子原カルデラ内,血の池沢断層と猿倉沢断層との間。

<砂子原層>

0-200m 灰-灰白-暗灰-白-淡緑色凝灰質-砂質岩。

<荻野層>

200-220m 灰白-灰色凝灰質岩。

<宮下泥岩部層>

220-300m 暗灰-灰白-灰色泥質凝灰質岩。

<滝沢川層>

300-1,200m 灰白-白-明灰-淡緑灰-緑灰色レキ質凝灰質岩。

1,200-1,860.3m 未回収。

87N-16T: 神の湯南東方の標高414.5m地点より,傾斜掘りにより深度1,758mまでノンコアボーリング。坑口直下は垂直,下部での最大傾斜は約70°(方位256°)。坑口位置は砂子原カルデラ内,猿倉沢断層北側。

<砂子原層>

0-60m 黒-黒褐-灰-黄褐-灰白-緑灰色レキ質-砂質岩。

60-280m 灰-灰白-白-黄褐-暗灰-緑灰色凝灰質岩。

<荻野層>

280-380m 暗灰-白-緑灰-灰白色凝灰質-凝灰質泥質岩。

380-400m 暗緑灰-暗灰色デイサイト。

400-420m 紫黒-暗灰色凝灰質岩。

420-460m 暗緑灰-灰白-白色デイサイト。

<宮下泥岩部層>

460-480m 灰-緑灰色泥質凝灰質岩。

<滝沢川層>

480-1,460m 緑灰-明緑灰-灰白-白-灰-暗緑灰-暗灰色レキ質凝灰質岩。

1,460-1,500m 暗青灰色デイサイト質岩。

1,500-1,620m 明緑灰-緑灰-灰白色レキ質凝灰質岩。

1,620-1,758.0m 未回収。

87N-17T: 神の湯南東方の標高414.5m地点より,傾斜掘りにより深度1662mまでノンコアボーリング。坑口直下は垂直,下部での最大傾斜は約70°(方位186°)。坑口位置は砂子原カルデラ内,猿倉沢断層北側。

<砂子原層>

0-80m 暗青灰-灰-白-淡黄粘土-レキ質-砂質岩。

80-260m 灰-灰白-白-緑灰色凝灰質岩。

<荻野層>

260-280m 黒色泥質岩。

280-300m 灰白-白-淡緑-黒色凝灰質岩。
 300-380m 灰白-淡緑-暗灰-黒色泥質凝灰質岩。
 380-460m 緑黒色デイスait。

<宮下泥岩部層>

460-500m 黒-灰色泥質凝灰質岩。

<滝沢川層>

500-920m 淡緑-灰白色レキ質凝灰質岩。黄鉄鉱染。
 920-1,000m カッティングス未回収。
 1,000-1,300m 淡緑-灰白色レキ質凝灰質岩。黄鉄鉱染。
 1,300-1,662.0m カッティングス未回収。

87N-18t: 五畳敷南東方の標高412.7m地点より、傾斜掘りにより深度1,654.9mまで掘削。坑口直下は垂直、下部での最大傾斜は約70°(方位220°)。坑口より深度906mまでノンコア、それより坑底までコアボーリング。坑口位置は砂子原カルデラ内、老沢断層の北側。

<砂子原層>

0-20m 白-灰白-灰色レキ層。
 20-120m 灰白-白-灰色凝灰質岩。
 120-160m 白-灰白-灰色流紋岩。
 160-200m 灰-灰白色凝灰質岩。
 200-260m 灰-灰白色ガラス質流紋岩。
 260-280m 暗灰-白色泥質凝灰質岩。
 280-300m 白-灰白-灰色凝灰質岩。

<漆窪層>

300-340m 白-灰白-灰-暗灰色凝灰質岩。
 340-420m 灰白-暗灰-灰-緑灰色レキ質凝灰質岩。
 420-440m 暗緑灰色デイスait。
 440-500m 灰白-暗灰-灰-緑灰色レキ質凝灰質岩。

<荻野層>

500-840m 灰-灰白-暗灰-緑灰色レキ質凝灰質岩。
 840-906m 暗灰-灰白-緑灰色凝灰質泥質岩。
 906-975.2m 黒色泥質レキ岩、淡緑-濃緑色火山角レキ岩、黒色レキ質凝灰質泥岩。滑り面多し。946.6-947.5mに断層角レキ。一部珪化、硬石膏化。硬石膏細脈。泥岩には乱堆積構造。

975.2-1,654.9m 灰白-暗緑-淡緑-緑色凝灰角レキ岩、同火山レキ凝灰岩、同火山角レキ岩、同細粒凝灰岩。一部に平行葉理。滑り面多し。菱マンガン鉱、硬石膏、黄鉄鉱細脈多し。1,082.0-1,082.5mは弱珪化。1,083.2-1,084.0mは強珪化。1,075.8m, 1,082.2m, 1,083.6m, 1,083.8m, 1,083.9m, 1,243.7-1,244.0mに閃亜鉛鉱・黄鉄鉱+/-菱マンガン鉱+/-硬石膏+/-石英細脈。1,177.1mに方解石・硬石膏・方鉛鉱・閃亜鉛鉱・黄鉄鉱細脈。1,331.1mに方鉛鉱・黄銅鉱・黄鉄鉱細脈。

88N-19R: 神の湯東方の標高401m地点より、傾斜掘りにより深度1,505.5mまでノンコアボーリング。坑口直下は垂直、下部での最大傾斜は約60°(方位18°)。坑口位置は砂子原カルデラ内、老沢断層南側。

<砂子原層>

0-60m 白-灰白色シルト質-レキ質-砂質岩。炭質物含む。

60-260m 白-灰白-灰-淡緑色ガラス質凝灰質岩。

260-300m 灰白-淡緑-灰色レキ質凝灰質岩。

300-320m 暗灰-白-淡緑灰色泥質凝灰質岩。

<漆窪層>

320-440m 灰白-灰-暗灰-淡緑灰色レキ質凝灰質岩。

<荻野層>

440-480m 褐灰-暗灰-明緑灰色泥質凝灰質岩。

480-520m 緑色石英安山岩。黄鉄鉱。

520-540m 淡緑灰-暗灰色泥質凝灰質岩。

540-740m 淡緑灰-暗灰-灰白-灰色レキ質凝灰質岩。

740-760m 淡緑灰色泥質凝灰質岩。

760-780m 淡緑灰-灰白色レキ質凝灰質岩。

<宮下泥岩部層>

780-880m 淡緑灰-暗灰色凝灰質泥質岩。

<滝沢川層>

880-1,000m 淡緑灰-灰白色レキ質凝灰質岩。黄鉄鉱。

1,000-1,020m カッティングス未回収。

1,020-1,060m 淡緑灰-灰白色レキ質-細粒凝灰質岩。

1,060-1,080m カッティングス未回収。

1,080-1,120m 淡緑灰-淡青灰色レキ質-細粒凝灰質岩。

1,120-1,505.5m 未回収。

88N-20R: 神の湯東方の標高401m地点より、傾斜掘りにより深度1,460mまでノンコアボーリング。坑口直下は垂直、下部での最大傾斜は約60°(方位47°)。坑口位置は砂子原カルデラ内、老沢断層南側。

<砂子原層>

0-20m オリーブ黒色粘土。

20-60m 灰白-白色流紋岩。

60-120m 灰-灰白-灰オリーブ色レキ質-砂質-シルト質岩。

120-240m 明緑灰-暗緑灰-灰白色凝灰質岩。ガラス質。

240-360m 暗灰-灰-灰白-明緑灰-青緑色レキ質凝灰質岩。

<漆窪層>

360-440m 灰-灰白-暗灰-明緑灰-青緑色凝灰質-泥質凝灰質岩、レキ質凝灰質岩。一部に黄鉄鉱少量。一部に炭質物含む。

<荻野層>

440-480m 暗灰-褐灰-灰-灰白色凝灰質泥質岩。

480-520m 緑-暗緑色デイスait岩。

520-560m 暗緑灰-明緑灰-暗灰-灰白色凝灰質岩。

560-780m 暗緑灰-明緑灰-暗灰-灰-青緑色レキ質凝灰質岩。

<宮下泥岩部層>

780-880m 暗灰-灰白-明緑灰色凝灰質泥質岩。
 880-1,080m 明緑灰-緑灰-灰白色レキ質凝灰質岩。
 1,080-1,460m 未回収。
 89N-21T: 黒沢東方の標高400.4m地点より、傾斜掘りにより深度2,011mまで、ノンコアボーリング。坑口直下は垂直、下部での最大傾斜は約60°。坑口位置は砂子原カルデラ内、血の池沢断層と猿倉沢断層との間。
 <砂子原層>
 0-210m 白-灰白-灰-暗灰色砂質岩、同凝灰質岩。
 <宮下泥岩部層>
 210-280m 暗灰-灰白色泥質岩。
 <滝沢川層>
 280-300m 灰白-灰色泥質凝灰質岩。
 300-1,260m 灰白-灰-明緑灰-緑灰-白色レキ質凝灰質岩。黄鉄鉱。
 1,260-2,011m 未回収。
 89N-22T: 神の湯南東方の標高443m地点より、傾斜掘りにより深度2,610mまでノンコアボーリング。坑口直下は垂直、下部での最大傾斜は約60°(方位207°)。坑口位置は砂子原カルデラ内、猿倉沢断層と老沢断層の間。深部で血の池沢断層を貫く。
 <砂子原層>
 0-20m 表土。
 20-60m 灰白-灰-暗灰色レキ質砂質岩。
 60-140m 緑-淡緑-黄灰-灰白-明緑灰色凝灰質岩。ガラス質。
 140-160m 灰-黒褐色泥質砂質岩。
 160-260m 灰白-灰-黒褐色泥質凝灰質岩-凝灰質岩。
 <荻野層>
 260-300m 暗緑灰色安山岩。方解石少量。
 300-340m 暗灰色凝灰質岩。黄鉄鉱。
 340-380m 暗緑灰色安山岩。
 <宮下泥岩部層>
 380-480m 灰白-黄灰色泥質岩。
 480-520m 明緑灰色安山岩。
 520-540m 黄灰色泥質岩。
 540-600m 明緑灰-暗緑灰色安山岩。
 <滝沢川層>
 600-880m 灰白-黄灰-明緑灰色凝灰質岩。黄鉄鉱。
 880-1,420m 明緑灰色レキ質凝灰質岩。黄鉄鉱。
 1,420-1,440m 灰白-灰褐-緑灰色角レキ質凝灰質岩。
 1,440-1,700m 緑灰-明緑灰-灰白-鮮緑色凝灰質岩。黄鉄鉱。
 1,700-1,740m 灰-緑灰色凝灰質岩。安山岩片含む。
 1,740-1,780m 未回収。
 <大桧沢層>
 1,780-1,840m 明緑灰-灰白色凝灰質砂質岩。
 1,840-1,880m 未回収。
 1,880-1,945m 暗緑色安山岩。

1,945-1,980m 灰-緑灰-灰白色凝灰質砂質岩。
 1,980-2,000m 暗緑色安山岩。
 2,000-2,060m 緑灰-明緑灰-灰白色凝灰質岩。
 2,060-2,100m 暗緑色安山岩。
 2,100-2,160m 緑灰色凝灰質岩。
 2,160-2,240m 暗緑灰-暗緑色安山岩。
 2,240-2,306m 未回収。
 2,306-2,315m 灰色凝灰質砂質岩。
 2,315-2,416m 未回収。
 2,416-2,418m 暗灰色凝灰質砂質岩。
 2,418-2,610m 未回収。
 90N-23P: 黒沢東方の標高400.4m地点より、傾斜掘りにより深度1,910mまで、ノンコアボーリング。坑口直下は垂直、下部での最大傾斜は約60°(方位263°)。坑口位置は砂子原カルデラ内、血の池沢断層と猿倉沢断層との間。深部で血の池沢断層を貫く。
 <砂子原層>
 0-100m 灰-灰白-暗灰-緑色シルト質-砂質岩。
 100-220m 灰白-灰-暗灰-緑色凝灰質-凝灰質砂質岩。
 <宮下泥岩部層>
 220-300m 暗灰-灰白色泥質岩。
 <滝沢川層>
 300-1,280m 灰白-灰-暗灰-明緑灰-緑灰色レキ質凝灰質岩。一部凝灰質岩。黄鉄鉱。一部白色珪化。
 1,280-1,910m 未回収。
 90N-24P: 神の湯南東方の標高443m地点より、傾斜掘りにより深度2,610mまでノンコアボーリング。坑口直下は垂直、下部での最大傾斜は約60°(方位192°)。坑口位置は砂子原カルデラ内、猿倉沢断層と老沢断層の間。深部で血の池沢断層を貫く。
 <砂子原層>
 0-20m 表土。
 20-260m 暗灰-灰-灰白-黒褐色シルト質-砂質岩、灰-灰白-明緑灰-暗灰-茶褐色泥質凝灰質岩-凝灰質岩。
 <荻野層>
 260-280m 暗緑灰-灰色凝灰質岩。黄鉄鉱。
 280-300m 暗緑灰色安山岩。
 300-320m 暗緑灰-灰色凝灰質岩。
 320-580m 暗緑灰-灰-灰白色安山岩。
 <滝沢川層>
 580-880m 灰白-灰-灰褐色凝灰質岩。
 880-1,620m 明緑灰-緑灰-灰褐-灰色レキ質凝灰質岩。一部黄鉄鉱。
 1,620-1,640m 暗緑灰-緑灰色安山岩。
 1,640-1,910m 明緑灰-緑灰-灰褐色レキ質凝灰質岩。
 <大桧沢層>
 1,910-1,980m 暗緑灰-灰褐色安山岩。
 1,980-2,190m 明緑灰-灰白色レキ質凝灰質岩。一部リモナイト化。

- 2,190-2,280m 暗緑灰-緑黒-灰白色安山岩。黄鉄鉱。
 2,280-2,320m 明赤褐-灰褐-灰白色凝灰質砂質岩。
 2,320-2,340m 黒褐色安山岩。
 2340-2,400m 緑灰-灰白-明緑灰色凝灰質砂質岩。黄鉄鉱。一部リモナイト化。
 2,400-2,500m 暗緑灰-灰白色安山岩。一部リモナイト化。
 2,500-2,540m 明緑灰色凝灰質砂質岩。一部リモナイト化。
 2,540-2,560m 暗緑灰色安山岩。黄鉄鉱。
 2,560-2,580m 緑灰色凝灰質岩。一部リモナイト化。
 2,580-2,610m 暗緑灰色安山岩。一部リモナイト化。

90N-25P：牧沢南西方の標高508.0m地点より、傾斜掘りにより深度2,700mまでノンコアボーリング。坑口直下は垂直、坑底付近の傾斜は60°(方位216°)。坑口位置は砂子原カルデラの南東外側、猿倉沢断層上。深部で血の池沢断層を貫く。

<入山沢層>

- 0-20m 表土。
 20-100m 淡黄-黄褐-黄灰-灰白-明緑灰色砂質岩。
 100-140m 明緑灰-灰白色凝灰質岩。
 140-260m オリーブ黒-暗オリーブ灰色泥質岩。

<荻野層>

- 260-380m 緑灰-暗緑灰-暗青灰色安山岩。
 380-440m 黒褐-灰-緑灰色凝灰質岩。
 440-460m 暗灰色安山岩。
 460-480m 明緑灰-暗灰色凝灰質岩。
 480-490m 明緑灰色安山岩。
 490-640m 明緑灰-緑灰-灰白-灰色凝灰質岩。

<宮下泥岩部層>

- 640-680m オリーブ黒-灰白-灰色泥質岩。

<滝沢川層>

- 680-740m 暗緑灰-緑灰-明緑灰-暗灰色レキ質凝灰質岩。一部黄鉄鉱。一部リモナイト化。
 740-760m 暗灰色安山岩。
 760-1,460m 明緑灰-緑灰-暗緑灰-灰白-灰-暗灰-灰褐色レキ質凝灰質岩。一部黄鉄鉱。一部リモナイト化。
 1,460-1,560m 灰褐色流紋岩。黄鉄鉱。
 1,560-1,620m 暗オリーブ灰-緑灰色安山岩。一部リモナイト化。
 1,620-1,700m 明緑灰色レキ質凝灰質岩。一部リモナイト化。
 1,700-1,740m 暗緑灰色安山岩。一部リモナイト化。
 1740-1760m 明緑灰色レキ質凝灰質岩。黄鉄鉱少量。一部リモナイト化。

<大檜沢層>

- 1,760-1,880m 灰-灰白-緑灰-明緑灰色レキ質凝灰質岩。黄鉄鉱。
 1,880-1,900m 暗緑灰色安山岩。黄鉄鉱。

- 1,900-1,980m 明緑灰-緑灰色レキ質凝灰質岩。黄鉄鉱少量。
 1,980-2,120m オリーブ灰-明緑灰色砂質岩。黄鉄鉱。
 2,120-2,380m 明緑灰-緑灰色砂質凝灰質岩。
 2,380-2,400m 暗緑灰色安山岩。黄鉄鉱。
 2,400-2,420m 緑灰色砂質凝灰質岩。
 2,420-2,460m 暗緑灰色安山岩。黄鉄鉱。
 2,460-2,500m 明緑灰-緑灰色レキ質凝灰質岩。黄鉄鉱。

- 2,500-2,520m 暗緑灰色安山岩。黄鉄鉱。
 2,520-2,600m 明緑灰-緑灰色レキ質凝灰質岩。黄鉄鉱。
 2,600-2,660m 暗緑灰色安山岩。黄鉄鉱。
 2,660-2,680m 緑灰色レキ質凝灰質岩。黄鉄鉱。
 2,680-2,700m 暗青灰色安山岩。黄鉄鉱。

92N-26P：神の湯南東方の標高443m地点より傾斜掘りにより2210.7mまでノンコアボーリング。坑口直下は垂直、下部での最大傾斜は約60°(方位221°)。坑口位置は砂子原カルデラ内、猿倉沢断層北側。深部で血の池沢断層を貫く。

<砂子原層>

- 0-260m 灰-灰白-淡緑灰色凝灰質岩。

<荻野層>

- 260-280m 暗灰-黒色泥質岩。
 280-340m 緑灰色安山岩。
 340-360m 灰白-淡緑灰色凝灰質岩。
 360-400m 緑灰色安山岩。

<宮下泥岩部層>

- 400-480m 黄灰-灰色泥質岩。
 480-520m 緑灰色安山岩。
 520-540m 黒褐-灰白色泥質岩。

<滝沢川層>

- 540-880m 灰白-淡緑灰色凝灰質岩。
 880-1,880m 淡緑灰-灰-灰白-緑灰色レキ質凝灰質岩。

<大檜沢層>

- 1,880-2,060m 灰-淡緑灰-緑灰-灰白色砂質凝灰質岩。
 2,060-2,140m 緑灰-淡緑灰-暗緑灰-灰白色レキ質凝灰質岩。
 2,140-2,210.7m 灰白-黒褐色泥質凝灰質岩。

92N-27P：神の湯南東方の標高443m地点より、傾斜掘りにより深度2,411.7mまでノンコアボーリング。坑口直下は垂直、下部での最大傾斜は約60°(方位236°)。坑口位置は砂子原カルデラ内、猿倉沢断層北側。深部で血の池沢断層を貫く。

<砂子原層>

- 0-20m 表土。
 20-80m 灰-オリーブ灰色凝灰質シルト質岩。

80-260m 灰白-灰-明緑灰-暗灰色凝灰質岩, 黒褐色泥質凝灰質岩, オリーブ灰-灰-暗灰色レキ質凝灰質岩。

<荻野層>

260-280m 明緑灰-灰-灰白色凝灰質岩, 黄鉄鉱少量。

280-300m 暗緑灰-灰白色安山岩。

300-320m 明オリーブ色凝灰質岩, 黄鉄鉱。

320-380m 緑灰-灰色安山岩, 黄鉄鉱少量。

380-420m 明緑灰-緑灰-灰色凝灰質岩, 黄鉄鉱少量。

<宮下泥岩部層>

420-480m 灰-灰白色泥質凝灰質岩。

480-540m 灰-暗緑灰-暗オリーブ灰色安山岩。

<滝沢川層>

540-920m 灰白-灰-緑灰-明緑灰色凝灰質岩, 黄鉄鉱少量。

920-1,540m 明緑灰-灰白-緑灰-灰色レキ質凝灰質岩, 一部黄鉄鉱。

1,540-1,560m 灰-灰白色凝灰質岩。

1,560-1,720m 緑灰-明緑灰-灰-灰白色レキ質凝灰質岩。

1,720-1,740m 暗緑色安山岩。

1,740-1,760m 灰-緑灰-灰白色凝灰質岩。

1,760-1,900m 明緑灰-緑灰-灰-灰白色レキ質凝灰質岩。

<大檜沢層>

1,900-1,940m 明オリーブ灰-明緑灰色凝灰質砂質岩。

1,940-2,300m 明緑灰-緑灰-灰白-オリーブ灰-灰色レキ質凝灰質岩。

2,300-2,360m 褐灰-灰色安山岩。

2,360-2,411.7m 未回収。

92N-28P: 黒沢東方の標高390m地点より, 傾斜掘りにより深度2284.7mまで, ノンコアボーリング。坑口直下は垂直, 下部での最大傾斜は約60°(方位236°)。坑口位置は砂子原カルデラ内, 猿倉沢断層上。深部で血の池沢断層を貫く。

<砂子原層>

0-20m 表土。

20-160m 灰-灰白色凝灰質砂質岩, 灰白-明緑灰-灰色砂質凝灰質岩。

<荻野層>

160-400m 明緑灰-灰白-灰色凝灰質岩。

<滝沢川層>

400-620m 凝灰質岩, 灰-灰白-明緑灰色, 黄鉄鉱。

620-680m 灰黄褐-灰白-明緑灰-灰色泥質凝灰質岩。

黄鉄鉱少量。

680-1,680m 緑灰-明緑灰-灰白-暗緑灰-暗青灰-青灰色レキ質凝灰質岩, 黄鉄鉱。

<大檜沢層>

1,680-1,720m オリーブ灰-灰色凝灰質砂質岩。

1,720-1,760m 明緑灰-灰白色レキ質凝灰質岩, 黄鉄鉱少量。

1,760-1,780m 灰-灰白色凝灰質砂質岩, 黄鉄鉱少量。

1,780-1,880m 明緑灰-灰白色レキ質凝灰質岩, 黄鉄鉱少量。

1,880-1,900m 暗灰黄-灰色砂質岩。

1,900-2,284.7m 未回収。

92N-29R: 神の湯東方の標高435m地点より, 傾斜掘りにより深度1,510.1mまでノンコアボーリング。坑口直下は垂直, 下部での最大傾斜は約60°(方位46°)。坑口位置は砂子原カルデラ内, 老沢断層南側。

<砂子原層>

0-40m 表土。

40-60m 褐灰-灰白-灰色レキ質砂質岩。

60-80m 未回収。

80-160m 灰-灰白-灰オリーブ-暗灰黄色凝灰質シルト質岩, 一部レキ質, 黒色泥岩片含む。

160-280m 灰黄-灰白色凝灰質岩, 灰白-明青緑-灰-暗オリーブ色レキ質凝灰質岩。

280-300m 黒-灰-緑灰色泥質岩。

300-360m 灰-オリーブ黒色凝灰質岩, 灰白-緑灰色レキ質凝灰質岩。

<漆窪層>

360-380m 灰白-明緑灰色泥質凝灰質岩, 黄鉄鉱少量。

380-480m 灰-灰白-オリーブ黒色凝灰質泥質岩-泥質凝灰質岩。

<荻野層>

480-540m 灰-灰白-青緑色凝灰質泥質岩-凝灰質岩。

540-600m 青緑-灰色安山岩。

600-620m 灰-灰白色泥質凝灰質岩。

620-820m 明緑灰-緑灰-灰-灰白色レキ質凝灰質岩。

<宮下泥岩部層>

820-880m 灰-オリーブ黒-明緑灰色凝灰質泥質岩, 黄鉄鉱少量。

<滝沢川層>

880-1,180m 明緑灰-緑灰-灰白-灰色レキ質凝灰質岩, 黄鉄鉱。

1,180-1,510m 未回収。