

岩手県松川地熱地帯の温泉地質学的研究

中村 久由* 角 清愛*

Geothermal Investigations of Matsukawa Hotspring Area, Iwate Prefecture

by

Hisayoshi Nakamura & Kiyoshi Sumi

Abstract

Matsukawa hotspring area situated on the northwestern foot of Mt. Iwate is covered by Quaternary Matsukawa andesites and lavas and debris of Marumori volcano. Tertiary formation grouped into dacite and marine sediments, which consist of sandstone, mudstone and conglomerate in descending order, is overlain by Matsukawa andesites.

Along Matsukawa valley, Matsukawa andesites and Marumori lavas suffered from fumarolic and hot spring actions, and are altered to silica stone, and clay-stone which is composed of kaolin and/or montmorillonite, and silicified rocks. The upperstream area of Matsukawa produces silica stone and kaolin, and the area along Sumikawa, a tributary of Matsukawa is characterized by the occurrence of montmorillonite and then, the lowerstream area consists of altered rocks containing kaolin and gypsum. Judging from the properties of the altered products and the topographical feature, the upper- and lowerstream areas are regarded as older fumarolic areas, while the area along Sumikawa seems to be the place where natural steam was confined and reserved.

A few hot springs are distributed in the altered rock areas; the higher ones in temperature issue from the crossing area of Matsukawa and Sumikawa, the lower ones occur from the upperstream areas of Matsukawa and Sumikawa.

By means of the drilling operated by Matsuo Sulphur Mine from 1952 to 1956 at the crossing area of Matsukawa and Sumikawa, natural steam was emitted from four bore-holes at the depth of 169~327 m. The maximum temperature measured in drilling reached to 189°C.

According to the core samples obtained from the above-mentioned drilling, it becomes clear that altered Tertiary dacite tuff is overlain by weakly altered Matsukawa andesites at the depth of 120~200 m. This means that natural steam is confined in Tertiary dacite tuff covered by compact Matsukawa andesites. From these facts, the writers know that the occurrence of natural steam in Matsukawa hot spring area relates to characteristic geothermal conditions in the Quaternary volcanic region.

要 旨

岩手県松川温泉地域は、第四紀の松川安山岩類、丸森火山の熔岩および岩屑によって覆われる。松川安山岩類の下部には第三紀の石英安山岩、砂岩・泥岩・礫岩層が

潜在する。松川に沿って広大な変質帯が発達するが、上・下流域域はかつて噴気地帯であったように思われ、この間に挟まれる現松川温泉付近は直接噴気ガスが地表に達せず、深部に閉ざされ、貯溜されていた場所のようである。現在噴気・温泉徴候にきわめて乏しいが、1952~56年に行なわれたボーリングの結果によると、優秀な天然

* 地質部

蒸気が噴出した。地表地質調査およびコアの観察から、この地域の天然蒸気は第三紀石炭安山岩凝灰岩中に貯溜されていることが明らかになった。

1. ま え が き

地熱開発が、適当な地質構造のもとで、いかに有利に進展するかという例は、すでにイタリア、トスカーナ地方のラルデレロにおいて立証されている。この例を挙げるまでもなく、地熱地帯の構造的条件という問題は、熱源の規模という要素と併わせて、地熱開発の将来性を左右するほどの重要な内容を含むといつてよい。

わが国においても、地熱調査地域の取り上げ方を、より深部の構造的条件を考慮に入れるという方針に切り換え、まずその候補地域として、宮城県鳴子町の鬼首盆地において調査を進めていた折柄、たまたま、同じ東北地方の第四紀火山地域のなかに、やはり地熱の存在状態が深部の地質構造と密接な関係にあるといわれる地熱地帯の存在が知られるに至り、にわかに注目を浴びるに至った。岩手県松尾村の松川地熱地帯がこれである。

こゝで松川地熱地帯と称した地域は、松尾鉱山鉄道の終点屋敷台駅から松川沿いに約 8 km 遡った場所に位置し、南東方 7 km の距離に岩手山がある。こゝは、かつて僻地の湯治場にすぎなかったが、1953年、松尾村当局が、温泉を得る目的で、松尾鉱山に依頼し、ボーリングを行なうことになり、以来、約 4年にわたり、最深深度 330m に達する 7本の井戸を掘さくした。この地域の温泉徴候は僅かに数地点に存在するにすぎなかったが、ボーリングを行なったところ、意外に優秀な天然蒸気が噴出し、温度も孔底で約 190°C、孔口で 150°C という高温に達した。しかし、村当局の希望はあくまで温泉であり、天然蒸気の利用は差し当り考慮に入れなかったため、その後約 60 m という浅所から温泉を求め、これを村営の保養所に利用し、現在に至っている。一方、7本の井戸はいずれも崩壊し、1本のみ僅かに蒸気を噴出していたが、これもやがて休止するという状態におかれた。

しかし、この結果については、東化工株式会社が注目するところとなり、昭和 32年、まず、天然蒸気の特徴を知るため、第 7号井を増掘し^{註1)}、噴出した天然蒸気について温度、蒸気圧、流量等の継続観測を行なった。この第 7号井の天然蒸気は現在なお噴出中であり、峽雲荘の暖房用熱源に利用されている。

このように、松川温泉地域の地熱は、他の第四紀火山

地方のものと、かなり趣きが異なり、その存在状態と地質構造との間に密接な関連があるようにみえる。また、数本の試錐の結果から、すでに天然蒸気の潜在が確認されており、採取可能の規模いかんによっては、当然、開発の対象となりうる地域でもある。

地熱グループは、松川地熱地帯の性状を知り、地熱探査および開発に有効な基礎資料を得るため、昭和 33年以降、この地域を調査の対象として取り上げ、現在、調査を続行中である。

この報告は、まずその第 1段階として松川温泉を含む岩手山北西山麓一帯の地表地質調査および松川温泉周辺の変質帯調査の結果をとりまとめ、松川地熱地帯の構造的特徴について、2, 3の点を述べたものである。

本文を述べるに先立ち、調査のため種々の便宜を与えられた松尾村役場、東化工株式会社の関係諸氏をはじめ、種々御教示を賜った松尾鉱山探査課の方々、東北大学河野義礼教授、早川典久助教授に対して深甚の謝意を表す。また、所内の地熱グループの諸氏からも有益な意見をいただいたことも附記して、謝意を表する次第である。

2. 地 質

この地域は、1892年、三浦宗次郎による 20万分の 1地質図幅「秋田」の調査以後、急峻な地形と交通の不便がわざわいして、長く調査から取り残されていたが、1954年、早川典久による葛根田川流域の地質調査、河野義礼・上村不二雄による松川・北の又川流域の地質調査が相次いで行なわれ、次第に地質の詳細が明らかにされてきた。

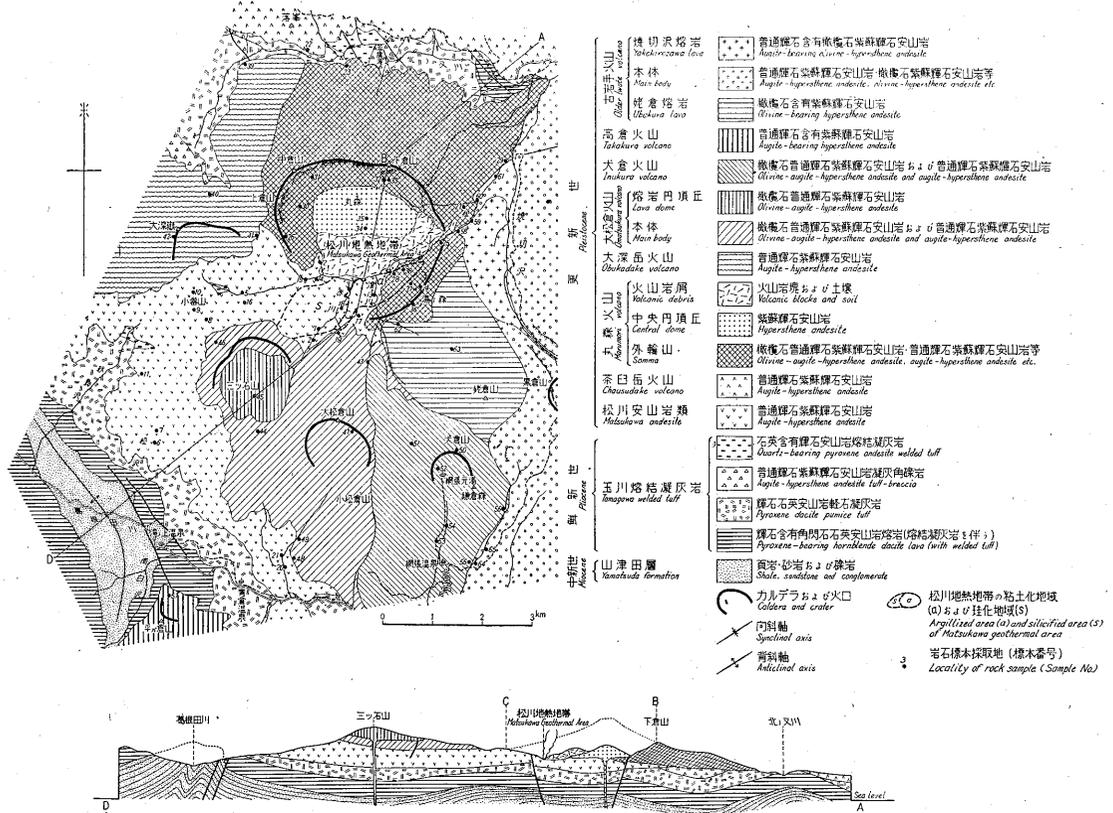
今回の調査は、前年行なった葛根田川流域の調査結果を参考とし、主として松川温泉周辺の地質構造、各岩層の厚さ、噴気・温泉作用による変質帯の分布とその性状等を知ること重点を置き、今後行なわれる予定の各種の調査計画に対して基礎的な資料を提供することに努めた。なお、これと平行して、先年行なった試錐から得られたコアについて鏡下の観察を行ない、地質構造を知るうえの有効な参考資料とした。

2.1 概 説

調査地域は、第 1図の地質図に示すように、中新世の山津田層、鮮新世の玉川熔結凝灰岩および第四紀火山によって構成される。

山津田層は葛根田川流域の滝の上温泉付近に露出し、黒色頁岩・砂岩・礫岩等からなり、上部中新世の海棲貝化石を産する。本層の模式地は岩手県雫石盆地であるが、同様の地層は、秋田県側の黒湯温泉および大深沢上

註1) 第 7号井は以前 160m まで掘さくしたが、さらに 223 m まで増掘した。



第1図 松川地熱地帯およびその周辺地質図
Geologic map of Matsukawa geothermal area and its environs

流にも露出しており、調査地域の地下に広く分布する地層である。

玉川熔結凝灰岩は、おもに葛根田川流域および北の又川流域に露出し、ネバダイト質の石英安山岩および輝石安山岩の熔岩・熔結凝灰岩・凝灰岩等からなる厚い火山岩の累層である。同様の岩層はこの地方の第四紀火山の下位に広く発達しており、その噴出時期は鮮新世とされている。

第四紀火山の噴出物は、山津田層および玉川熔結凝灰岩を覆って広く分布し、松川地熱地帯もそのなかに含まれる。これらの火山は、安山岩の熔岩および碎屑岩からなる成層火山、楯状火山、熔岩円頂丘等の集合体であって、岩手火山群の一部を構成するものである。

このように、この地域一帯は第四紀火山に広く覆われるが、次に、第四紀火山の基盤をなす山津田層および玉川熔結凝灰岩の地質構造について、その概要を述べると次のとおりである。

葛根田川の本流に沿う地域では、北西—南東方向に軸をもつ背斜構造があり、その北東翼には、これと平行の逆断層を伴う。地層の傾斜は10~70°にわたるが、褶曲

軸および断層の近くでは直立し、一部では逆転するところがある。北の又川流域では、地層の傾斜は10~30°で、北西—南東方向の軸をもつ波状の褶曲を繰り返す、これと平行する断層を伴う。このように、調査地域内の山津田層および玉川熔結凝灰岩の地質構造は、北西—南東方向の褶曲軸、断層で特徴づけられる。しかし、葛根田川支流の秋鳥沢上流および松川最上流では、玉川熔結凝灰岩の走向が北東—南西方向を示し、南東に10~30°傾斜する。この傾向から判断すると、調査地域内の構造的特徴は、北西—南東および北東—南西の2方向の組合わせに支配されるとみることができる。

2.2 山津田層

山津田層は、岩手県葛根田川流域の麓の上温泉付近に露出する。この地層は、下から砂岩・硬質頁岩部層(厚さ250m以上)、砂岩部層(80m)、黒色頁岩部層(250~300m)、礫岩部層(250m)、石英質砂岩部層(150m)、砂質頁岩部層(120m)の順に累重し、厚さは全体で1,100mに達する。

2.3 玉川熔結凝灰岩

玉川熔結凝灰岩は、葛根田川・北の又川および松川下

流流域に露出する。下から、石英安山岩熔岩・石英安山岩凝灰岩・安山岩凝灰角礫岩・輝石安山岩熔結凝灰岩の順に累重する。葛根田川流域にはおもに下部が、北の又川にはおもに上部が露出するが、松川下流流域では、下部および上部の一部が僅かに露出するにすぎない。

葛根田川流域における観察によれば、本岩と山津田層とは傾斜不整合の関係にあり、局部的に平行不整合の関係を示す。

石英安山岩熔岩は、おもに葛根田川流域、一部は北の又川流域に分布する。葛根田川では基盤の山津田層を不整合に覆う。一般に節理が発達した堅硬な熔岩であるが、ときに自破砕熔岩あるいは凝灰角礫岩の岩相を呈する。北の又川下流および南白沢支流奥では熔結凝灰岩となっている。岩石は斜長石および石英の斑晶に富むネバダイト質輝石含有角閃石石英安山岩で、輝石石英安山岩～輝石石英含有安山岩を伴なう。厚さは松沢で約400m、秋鳥沢で約200mである。

石英安山岩凝灰岩は石英安山岩熔岩を整合に覆い、葛根田川流域の北東側および北の又川に広く分布する。石英安山岩の軽石凝灰岩を主とし、安山岩・凝灰岩およびシルト岩を挟む。石英安山岩軽石凝灰岩は黄白色、多孔質で、塊状の感を与えるが、一般に不明瞭な層理が認められる。岩石は斜長石・石英の大型の斑晶および紫蘇輝石に富むネバダイト質の輝石石英安山岩である。安山岩質凝灰岩は葛根田川流域に発達し、輝石橄欖石安山岩の凝灰角礫岩・火山礫凝灰岩等からなり熔岩を伴なう。シ

ルト岩は北の又川流域に多くみられ、黄色でよく成層し、砂質の部分は石英安山岩質凝灰岩で石英粒に富む。石英安山岩凝灰岩の厚さは秋鳥沢で少なくとも300m、北の又川では200mと推定される。

安山岩凝灰角礫岩は、石英安山岩凝灰岩を整合に覆い北の又川流域に沿って分布する。おもに凝灰角礫岩～火山角礫岩からなるが、角礫は黒色ガラス質の安山岩で、ときに放射状の割れ目をもつ直径10cmに及ぶ火山弾状の岩塊を含み、基質は黄色の凝灰質物質からなる。岩石は普通輝石紫蘇輝石安山岩であるが、若旗滝上流に露出する本岩の最下部には、橄欖石の斑晶が含まれる。本岩の厚さは北の又川中流で約200mを示す。

安山岩熔結凝灰岩は北の又川中流に標式的に発達し、一部は秋鳥沢上流および松川上流に露出する。北の又川中流では薄い泥岩を介して安山岩凝灰角礫岩を整合に覆う。全体が多孔質で著しく流理様構造が発達し、また、柱状節理の発達も著しい。岩石は石英含有輝石安山岩である。厚さは北の又川中流で約80mである。

2.4 第四紀火山

第四紀火山の噴出物は、調査地域の全域にわたり広く分布している。そのおもなものは、下位から松川安山岩類、丸森火山・大深岳火山・大松倉火山・犬倉火山等の諸火山の噴出物である。このほか、調査地域の周縁部に茶臼火山および高倉火山の噴出物がある。松川地熱地帯は、松川安山岩類および丸森火山噴出物の分布地域にある。

これらの諸火山を構成する岩石の鉱物組合わせを第1

第1表 松川地熱地帯周辺の第四紀火山岩の鉱物組合わせ
Mineral assemblage of Quaternary volcanic rocks from environs of the Matsukawa geothermal area

| 岩系 | 石基 斑晶 | ピジョン輝石質岩系 | | | | 紫蘇輝石質岩系 | | |
|---------|----------|-----------|----|--------|--------------------------------------|---------|------------|--|
| | | b→c | c | | | d→c | | d |
| 鉱物組合わせ* | | V | I | II | V | II | V | V |
| 古岩手火山 | | | | 63, 64 | 62 | | 58 | 59, 60, 61, 65 |
| 高倉火山 | | | | | 57 | | | |
| 犬倉火山 | | | | | 54 | | 51, 52, 55 | 50, 53, 56 |
| 大松倉火山 | | | | | 45, 46 | | 48, 49 | 43, 44, 47 |
| 大深岳火山 | | | | | 39, 42 | | | 40, 41 |
| 丸森火山 | 26 | 35 | 28 | | 23, 24, 25, 29, 31 32, 34, 36, 38 | 30 | 37 | 27, 33 |
| 茶臼岳火山 | | | | | | | | 22? |
| 松川安山岩類 | | | | | 6, 7, 13, 20 | | 3, 11, 19 | 1?, 2?, 4, 5, 8, 9, 10, 12, 14? 15, 16, 17, 18, 21 |

* 記号は久野久の火山および火山岩, 岩波書店, 1954 による

表に示す。これによれば、初期に噴出した松川安山岩類および茶臼岳火山熔岩には紫蘇輝石質岩系の岩石が多く、次の丸森火山はビジョン輝石質岩系の岩石が優勢で、後期の他の諸火山では、この両岩系がほぼ等量に出現している。松川地熱地帯には温泉変質帯が著しく発達し、松川安山岩類と丸森火山噴出物との境界がしばしば不明瞭となるが、こゝで述べたような岩質上の差異を利用すると、これを決定することが可能である。

松川安山岩類 松川の upstream から葛根田川の北東側山地に広く分布し、丸森火山その他の火山原形を留める諸火山の下位を占める。この岩類は、多くの安山岩熔岩からなる累層であって、まれに凝灰角礫岩・凝灰岩等を伴うことがある。安山岩熔岩は一般に数 10m (ときに 50m 以上) の厚いもので、堅硬で節理がよく発達し、自破砕熔岩の部分は少ない。本岩類をもたらしした火山の原形は現在みることはできないが、熔岩の分布および傾斜の方向ならびに松川最上流におけるカルデラ状地形の存在等から推定すると、本岩類は、おそらく松川の上流付近を中心とする楯状火山を形づくっていたものと思われる。岩石はほとんど普通輝石紫蘇輝石安山岩で、橄欖石の斑晶をもつ場合はきわめてまれである。

丸森火山の主体 松川の北岸から北の又川にわたり、一部松川の南岸にも分布する。この火山は中央に、上倉山・中倉山・下倉山および湯の森を結ぶほぼ円形のカルデラ (径約 3 km) を有し、外輪山、中央円頂丘および火山岩屑に分けられる。

外輪山は安山岩の熔岩と火山碎屑岩との互層からなる成層火山であるが、山体の南西部は侵蝕しつくされて、下位の松川安山岩類が露出している。山体の東部の下倉山・湯の森等ではそれぞれ 5~20 m の厚さの 10 数枚の熔岩が火山碎屑岩とともに累重しているが、西部の中倉山付近では火山碎屑岩を主としている。岩石は橄欖石普通輝石紫蘇輝石安山岩および普通輝石紫蘇輝石安山岩を主とするが、一般に基性の安山岩に属する。

中央円頂丘は、カルデラの中央に位置する丸森を構成するもので、紫蘇輝石安山岩あるいは普通輝石紫蘇輝石安山岩の熔岩からなる。この丸森は、全山が樹木に覆われているためその性質を明らかにすることが困難であるが、山頂付近に僅かに露出がみいだされた。この露出は岩滓状の部分が全くなく、板状節理のよく発達した堅硬な熔岩である。

火山岩屑は松川の北岸から丸森の南斜面にかけて分布する。この岩屑は、径 2~3 m、ときに 10 m に達する火山岩塊が累積したもので、岩塊の間は土壌で充填されている場合もあるが、一般に空洞の場合が多い。岩塊は

おもに松川安山岩類および外輪山の安山岩であり、丸森の近くでは、中央円頂丘の安山岩も含まれる。この岩屑の表面には小さな起伏が松川と平行して走り、その間に青沼その他の小さな沼がある。航空写真によって観察すると、この地形は、丸森と湯の森との間の凹地を、松川に沿い東北東に向かって流れた土石流の表面に形成されたものようである。

大深岳火山 丸森火山の西方の大深岳を中心とする安山岩の楯状火山である。岩石は普通輝石紫蘇輝石安山岩であり、しばしば多量の同源捕獲岩片を含む。丸森火山との上下関係は明らかでない。

大松倉火山 丸森火山の南西方に位置し、本体と熔岩円頂丘とからなる。本体は、大松倉山山頂の火口を中心とする成層火山であるが、三つ石山の付近にも別の噴出中心があり、この付近の熔岩は、こゝから噴出したものようである。熔岩円頂丘は、三つ石山を構成するもので、これは、西側の噴出中心の周りに小さなカルデラが生じ、その中に噴出したものと考えられる。岩石は、本体は橄欖石普通輝石紫蘇輝石安山岩および普通輝石紫蘇輝石安山岩からなり、熔岩円頂丘は橄欖石普通輝石紫蘇輝石安山岩からなる。

犬倉火山 大松倉火山の東側に位置し、それを覆うようである。犬倉山の山頂にある火口を中心とする成層火山 (火山碎屑岩は少ない) がその主体であるが、そのほかにこの西方、大松倉との中間にあたる山稜から噴出して北方に流れた熔岩も存在する。岩石は大部分橄欖石普通輝石紫蘇輝石安山岩であるが、犬倉山の山頂を構成するものは普通輝石紫蘇輝石安山岩である。

古岩手火山 犬倉火山の東、丸森火山の南東に位置し、姥倉熔岩、本体および焼切沢熔岩からなる。姥倉熔岩は本体に先立って噴出した熔岩とみられ、その噴出中心はおそらく姥倉山付近と考えられる。本体は、安山岩の熔岩および火山碎屑岩からなる成層火山で山頂に東西 3 km、南北 1.5 km のカルデラを有する。焼切沢熔岩は、山頂カルデラの中の中央火口丘から焼切沢に沿って流出したもので、松川の川岸にまで達している。岩石は、姥倉熔岩は橄欖石含有紫蘇輝石安山岩・橄欖石普通輝石紫蘇輝石安山岩などであり、本体は普通輝石紫蘇輝石安山岩・橄欖石紫蘇輝石安山岩・橄欖石普通輝石紫蘇輝石安山岩・紫蘇輝石安山岩等であり、焼切沢熔岩は普通輝石含有橄欖石紫蘇輝石安山岩である。

茶臼火山の熔岩 北の又川の北岸に僅かに分布しているが、この熔岩は河野・上村によれば調査地域北方の茶臼岳を中心とする茶臼火山の最下部をなすもので、大長根下部熔岩と呼ばれている。時代はおそらく松川安山岩

類とは同時期であろう。岩石は普通輝石紫蘇輝石安山岩である。

高倉火山の熔岩 葛根田川の南岸に僅かに分布するが、この熔岩は早川 (1952) によれば、調査地域南方の高倉山を中心とする高倉火山の中央火口丘をなすもので、高倉火山第三熔岩と呼ばれている。岩石は普通輝石含有紫蘇輝石安山岩である。

3. 温泉変質帯

松川地熱地帯の周辺には、噴気・温泉作用によって生成された変質岩石が広く分布する。このほか、葛根田川流域の滝の上温泉付近および北の又川の支流赤川の支流にも変質地域があるが、松川地域のものに比較すると、その規模は小さい。

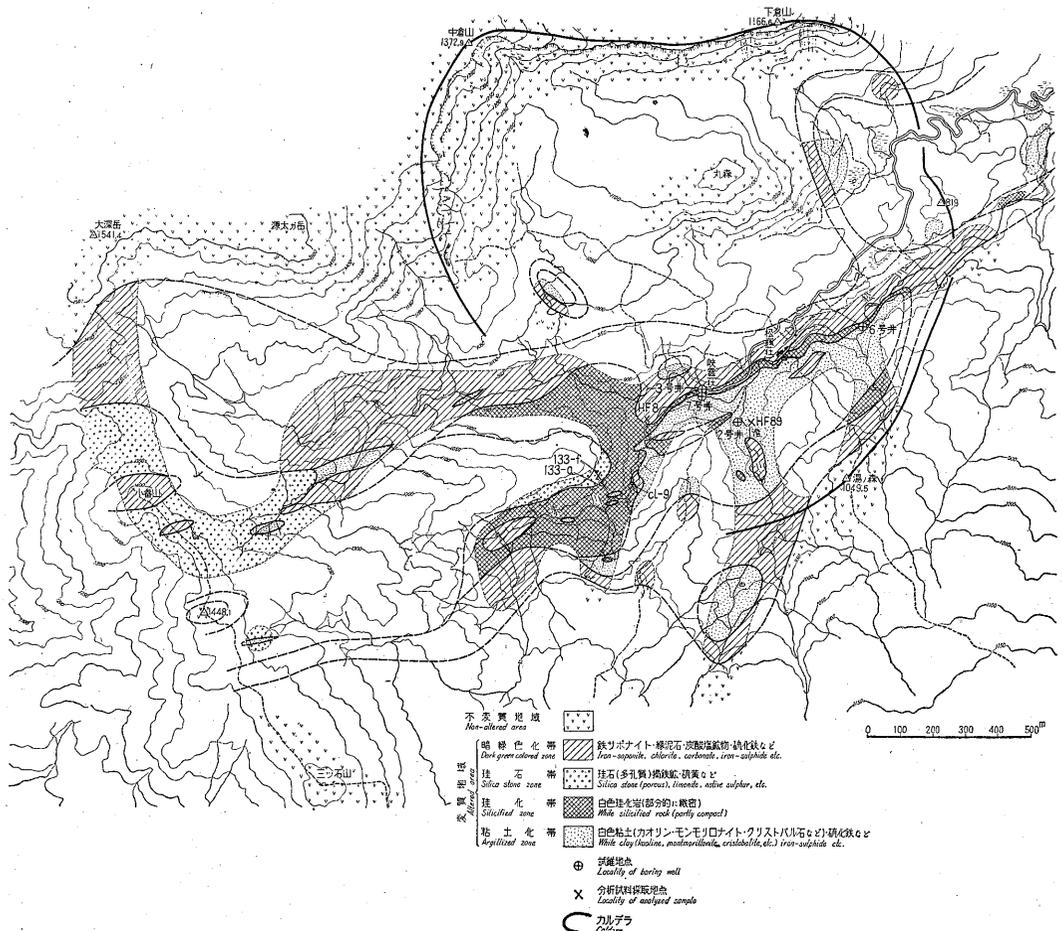
松川地域の変質帯は、松川に沿い、1~1.5kmの幅をもち、ENE-WSWの方向に約7kmの伸びをもって

広がる(第2図)。この地域はほとんど松川安山岩類および丸森火山の熔岩からなり、これらの火山岩類を構成する輝石安山岩・橄欖石輝石安山岩等の中性ないし基性の安山岩を原岩とする。

変質帯は不変質地域の中に外側から暗緑色化帯・珪化帯および粘土化帯、珪石帯の順に分布するが、これらは帯状の配列を示すようにみえる。次に、各帯について簡単な説明を加えると次のとおりである。

不変質地域: この地帯は変質地域の外側に広く分布する。岩石は肉眼的に灰白色を呈し鏡下では斑晶鉱物・石基鉱物ともに新鮮で、石基の空隙も保存されており、特に変質鉱物はみあたらない。

暗緑色化帯: この帯は変質地域の最外側に構成するものである。岩石は肉眼的に暗灰色~暗緑色を呈し堅い。鏡下では、斑晶鉱物の紫蘇輝石が最もよく変質し、普通輝石・斜長石の順に変質の程度が低くなる。石基鉱物は



第2図 松川地熱地帯付近温泉変質帯分布図
Distribution map of altered rocks in Matsukawa geothermal area

さらに変質の程度が進み、その空隙はほとんど変質鉱物で埋められている。変質鉱物は、鉄サポナイト様鉱物・緑泥石様鉱物・炭酸塩鉱物・硫化鉄鉱等である。

この暗緑色化帯は、珪石帯・珪化帯・粘土化帯等と不変質地域との間に常に存在し、またこれらの変質地域の中に島状に残ることがある。不変質地域には数m～数10mの距離で、かなり急激に移り変わる。

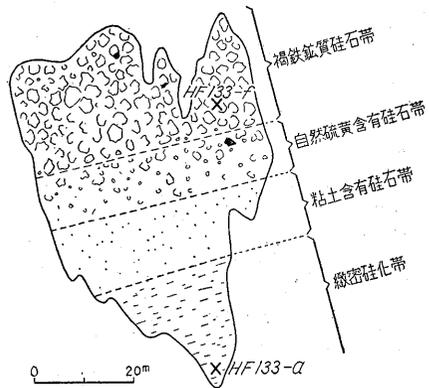
粘土化帯：この帯は変質地域の各所でみられるが、特に澄川下流を中心とし、ENE—WSW 方向に延びるものが著しく、次いで丸森東方に発達するものがある。本帯は主として白色の粘土からなるが、ときに硫化鉄の微粒を含むため青黒色を呈することがある。

現地における着色反応試験および持ち帰った試料について計数管X線スペクトロメータによる解析結果によれば、粘土化帯を構成する粘土鉱物はカオリンおよびモンモリロナイトからなる。このうち、カオリンはおもに珪石帯のなか、あるいは近くに発達する粘土化帯に含まれモンモリロナイトは、珪石帯から離れた澄川・赤川合流点付近の粘土化帯に含まれる傾向がある。

珪化帯：この帯はおもに松川変質地域の西部に発達し、珪石帯の下位を占めてかなり広く分布する。堅硬緻密な岩石で場所により暗灰色化帯と粘土化帯との間に数m～数10mの幅で介在することがある。原岩は灰白色～白色の変質岩の場合が多いが、この種の岩石は、おそ

らく、二次的な珪化作用によって生成されたものと思われる。粘土化帯へはかなり急激に移化し、漸移帯では両帯の岩石が入り混っている。

珪石帯：この帯はおもに西側の高所に発達する。岩石は灰白色～白色を呈し、多孔質の珪石であるが、一般に褐鉄鉱を含むため褐色を呈することが多い。赤川中流では、褐鉄鉱質の珪石の下位に自然硫黄を含むところがある(第3図)。この帯は、原地表面に近い浅い場所で、酸性の温泉水による溶脱作用で生成されたものと考えられる。



第3図 赤川中流北岸でみられる珪石帯と珪化帯との関係
X: 分析試料採取地

第2表 変質岩石化学成分表
Chemical composition of altered rocks

| | HF-8 赤川下流暗緑色化帯 | HF-133-a 赤川中流珪石帯 | HF-133-f 赤川中流珪化帯 | CI-9 赤川中流合カ オリン粘土化帯 | HF-89 澄川下流含モンモ ロナイト粘土化帯 |
|--------------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|-------------------------------|
| SiO ₂ | 58.86 | 90.84 | 81.16 | 55.28 | 73.56 |
| TiO ₂ | 0.63 | 0.35 | 0.50 | 1.33 | 1.15 |
| Al ₂ O ₃ | 15.67 | 3.30 | 6.96 | 29.47 | 8.27 |
| Fe ₂ O ₃ | 4.93 | 0.21 | 0.08 | 0.53 | 0.82 |
| FeO | 2.75 | 0.11 | 0.07 | 0.11 | 0.11 |
| MnO | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02 |
| MgO | 3.95 | 0.03 | 0.03 | 0.01 | 1.16 |
| CaO | 7.38 | 0.04 | 0.47 | 0.01 | 0.01 |
| Na ₂ O | 2.24 | 0.15 | 0.31 | 0.01 | 0.00 |
| K ₂ O | 0.79 | 0.14 | 0.46 | 0.01 | 0.03 |
| H ₂ O+ | 1.24 | 1.59 | 2.74 | 10.78 | 2.79 |
| H ₂ O- | 1.10 | 0.10 | 0.14 | 0.52 | 11.68 |
| P ₂ O ₅ | 0.01 | 0.00 | 0.04 | 0.07 | 0.00 |
| SO ₃ | 0.02 | 2.87 | 6.71 | 1.58 | 0.29 |
| Total | 99.69 | 99.73 | 99.67 | 99.80 | 99.89 |

分析：川野昌樹(単位：%)

これらの変質帯の中から、代表的な試料をえらび、その分析結果を示すと第2表のとおりである。

4. 噴気および温泉

冒頭でも述べたように、松川温泉付近には顕著な噴気露頭がなく、僅かに数地点から温泉水が湧出するにすぎない。しかも、これら温泉の分布は散点的で、松楓荘源泉(松川右岸)のほか、澄川・赤川上流に各1カ所ずつ微温泉が存在するだけである。なお、峽雲荘の源泉は約60m掘さくして得たものであるが、水温は比較的低温で43°C程度である。

温泉水の化学成分は第3表に掲げたが、いずれも硫酸酸性で特徴づけられ、Cl⁻含量に乏しいことが注目を引く。おそらく、変質帯中に浸透した地下水が地熱によって温められたものであろう。

5. 試錐孔より得られた資料

前述のように、松川温泉付近では、昭和27年から31年にわたり、松尾鉱業所の手により7本の試錐孔がおろされた。こゝでは、この試錐孔により得られた資料のなかか

らおもだったことがらを2, 3述べることにする。

5.1 孔底温度

7本の試錐孔のうち、1号井、2号井、3号井、6号井について孔底温度が測定されている。これらのおおのについて、深度—温度曲線を示したのが第4図である。この図をみると、120~180mの間で温度が急激に上昇する部分があることを知る。後でも述べるように、この部分が松川安山岩と玉川熔結凝灰岩との境界付近に相当することから判断すると、松川安山岩が天然蒸気の状態に大きな影響を与え、いわば帽岩 (cap rock) の役割を果しているように思われる。

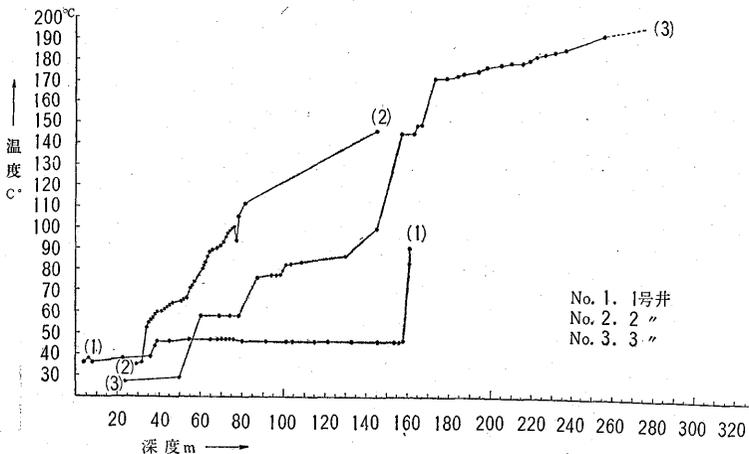
5.2 コーア

試錐によって得られたコアは、2号井、3号井、6号井、7号井からのものであるが、これらは現在松尾鉱業所に保存されているので、その一部をゆずりうけ、検鏡する機会を得た。以下その結果を述べると次のとおりである。なお、このうち、6号井は蒸気存在地域よりやや遠ざかっているため除外した。また、7号井は193m掘さくしたが、昭和32年、東化工株式会社がかさらに223mまで増掘りしたので、増掘分のコアについても

第3表 松川温泉化学成分表
Chemical composition of thermal water in Matsukawa hot spring area

| | 水温 (°C) | pH | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | Na ⁺ | K ⁺ | Al ³⁺ | Fe ²⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | NH ₄ ⁺ | HBO ₂ | H ₂ S | H ₂ SiO ₃ | T.S.M. |
|-------|---------|-----|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------------------|------------------|------------------|---------------------------------|--------|
| 赤川上流 | 31.6 | 3.9 | 1.0 | 229.6 | 0.0 | 20.8 | 10.0 | 5.3 | 0.7 | 48.2 | 8.7 | 1.5 | 2.2 | 14.9 | 36.4 | 413 |
| 澄川上流 | 44.4 | 5.8 | 1.5 | 306.2 | 198.3 | 70.3 | 17.6 | 2.1 | 1.4 | 76.9 | 24.2 | 2.0 | 19.9 | 62.7 | 49.4 | 734 |
| 松楓荘源泉 | 78.5 | 3.1 | 3.0 | 315.2 | 0.0 | 40.0 | 9.6 | 11.5 | 8.6 | 31.8 | 8.2 | 2.5 | 13.3 | 5.0 | 88.4 | 670 |
| 峽雲荘源泉 | 44.6 | 3.2 | 3.0 | 94.6 | 0.0 | 14.0 | 7.3 | 5.3 | 0.7 | 8.2 | 2.1 | 2.0 | 11.1 | 44.6 | 29.9 | 250 |

分析: 前田憲二郎 (単位: Cl⁻ 以下 mg/l)



第4図 深度—孔底温度相関図
Depth—temperature curve of bore-holes in Matsukawa geothermal area

併わせて観察した。

これらのコアはいずれも灰白色～暗緑色を呈し、検鏡の結果から原岩を推定すれば、火山岩屑、輝石安山岩および石英安山岩の3種類に大別できる。これらはそれぞれ丸森火山、松川安山岩類および玉川熔結凝灰岩を構成するものであることは、岩石の性質からみてまず間違いない。石英安山岩には、凝灰岩のほかに熔岩あるいは熔結凝灰岩も含まれるようであるが、その詳細は明らかでない。しかし、原岩は多孔質と思われるものが多く、おそらくこれは、玉川熔結凝灰岩中の中部の石英安山岩凝灰岩に相当するものと思われる。

火山岩屑は3号井の深度0～22mから得られたもののみである。この下位に輝石安山岩、さらにその下位に石英安山岩があり、両者の境界は正確ではないが、7号井では深度160～195m、3号井では170～200m、2号井では100～120mの間と推定される(第5図)。これらの深度を標高に換算すると、7号井、3号井は海拔650～680mでほぼ同じ高度にあるのに対して、2号井は海拔720～740mとなり、この間に40～90m程度のずれがある。

変質作用は粘土化、珪化および暗緑色化作用に大別される。粘土化の部分は、7号井において深度10～20m、3号井において30～55mという比較的地表下浅所でみられるにすぎない。珪化した岩石はほとんど各深度のものについてみられ、暗緑色の部分は、この中に部分的に介在するが、著しい発達は7号井の深度55～160m、3号井の55～170mの部分でみられる。

5.3 噴気ガスの凝縮水

7号井から噴出する噴気ガスは、現在、峽雲荘の暖房用熱源に利用されている。この噴気ガスが、末端のパイプから排出されるとき、滴下する湯滴は、いわば噴気ガスの凝縮水に相当するとみなされる。この凝縮水を2度にわたって採取し、その化学成分を示したのが第4表である。

この分析結果をみると、同じ7号井の噴気ガス凝縮水でありながら、両者の間にかなり成分上の差異が認められる。1つは、含量がきわめて稀薄で、いわゆる天然蒸気の凝縮水の性質を示すのに対して、他の1つは SO_4^{2-} 、

Fe^{2+} 、 Na^+ 、 K^+ 、 HBO_2 、 H_2SiO_3 に富み、この地域から湧出する酸性の温泉水にきわめて類似の性質を示す。

この結果から判断すると、7号井の噴気ガスは、常時一定の状態で噴出しているのではなく、間欠的に浅部の温泉水(地下水)を混入していることを知る。もちろん、混入の深さは明らかでないが、峽雲荘の源泉の化学成分と比較すると、一般に含量がかなり高いので、必ずしも同じ温泉水が混入しているとは思われない。いずれにしても、浅部はかなり地下水で飽和されている状態にあるように推定される。

6. 考 察

以上述べた調査結果に基づき、松川地熱地帯の問題点とみなされることがらについて、2, 3検討してみることにする。

6.1 天然蒸気と変質帯との関係

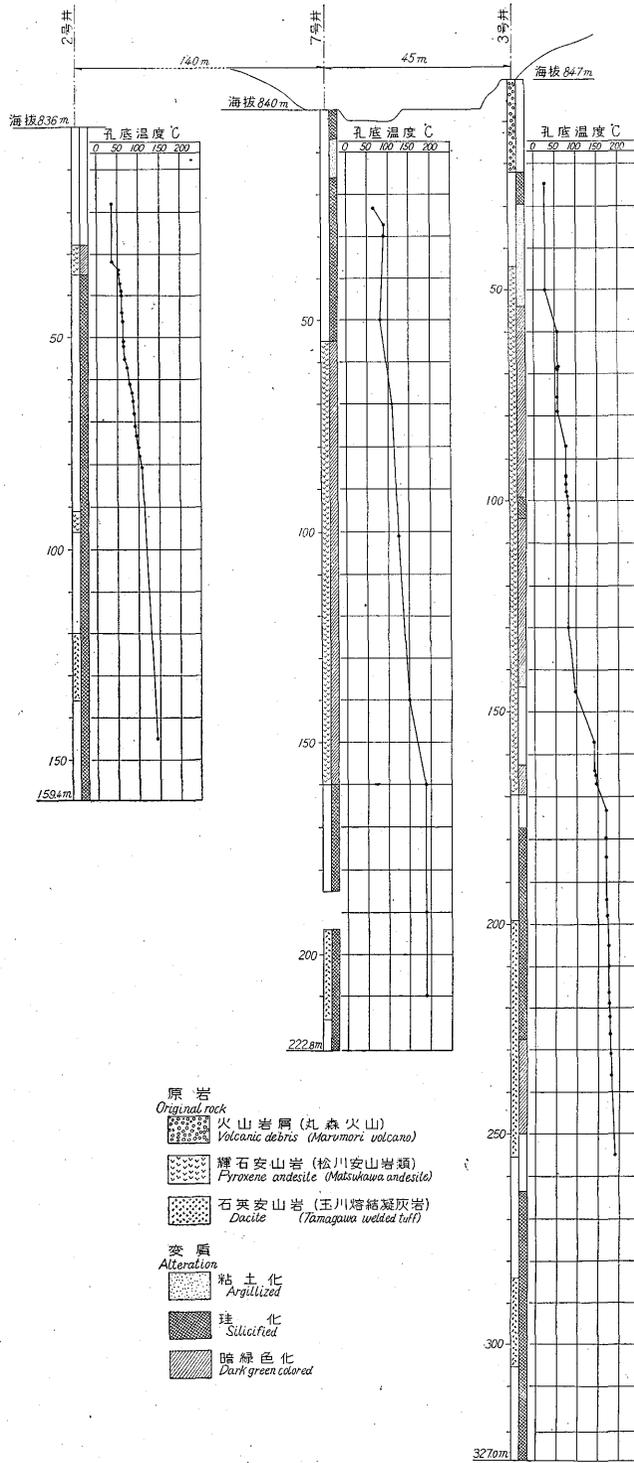
松川地熱地帯の周辺には広大な変質帯が発達する。この変質帯の生成が、直接、この地域の下部に潜在する天然蒸気と関係があるかどうかは、今後の開発問題に関連して重要な課題の1つといつてよい。

この地域の変質帯は、珪石帯・粘土化帯・珪化帯を主体とするが、このうち、珪化帯は二次的に珪酸の附加によって生成されたと考えられるので、変質地域の単元はむしろ珪石帯・粘土化帯で代表されると考えられる。このような見方で変質帯を概観すると、この変質帯は次の3地域からなることがわかる。すなわち、赤川上流地域・赤川・澄川合流点付近一帯、松川下流地域の3地域である。これらの3地域はおのおの特徴があり、赤川上流地域は珪石帯とカオリンを含む粘土化帯からなり、赤川・澄川合流点付近一帯はモンモリロナイトからなる粘土化帯を主体とし、松川下流地域はカオリンを含む粘土化帯で構成される。赤川上流地域は珪石帯の存在等からみて過去の噴気地帯にあたることは疑いないが、下流2地域には珪石帯の発達が認められない。このうち、松川下流の粘土化帯は、火山岩屑に覆われるため、地表における露頭の範囲は少ないが、変質帯のなかに石膏が含まれる点、粘土鉱物がカオリンからなることなどを併わせ考えると、この地域も過去においては噴気地帯であり、現在そ

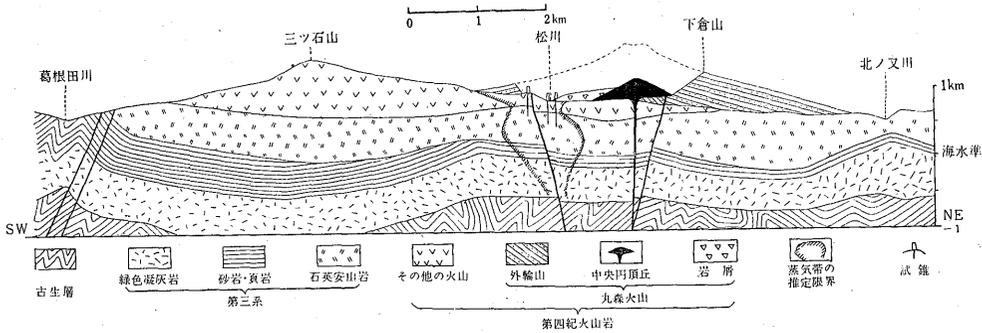
第4表 7号井噴気ガス凝縮水化学成分表
Chemical composition of condensed water of steam from bore hole

| | 水温 ($^{\circ}\text{C}$) | pH | Cl^- | SO_4^{2-} | HCO_3^- | Na^+ | K^+ | Al^{3+} | Fe^{2+} | Ca^{2+} | Mg^{2+} | NH_4^+ | HBO_2 | H_2S | H_2SiO_3 | T.S.M. |
|----|------------------------------|-----|---------------|--------------------|------------------|---------------|--------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|----------------------|--------------------------|--------|
| I | 58 | 3.8 | 1.0 | 374.5 | 0.0 | 57.3 | 22.8 | 4.7 | 65.8 | 15.4 | 15.5 | 1.5 | 15.5 | 11.6 | 201.5 | 818 |
| II | 未測定 | 5.3 | 0.5 | 4.9 | 6.1 | 0.5 | 1.3 | 2.1 | 1.4 | 1.5 | 0.4 | 1.5 | 2.2 | 1.7 | 3.9 | 11 |

分析: 前田憲二郎(単位: Cl^- 以下 mg/l)



第 5 図 松川地熱地帯試錐柱状図
Columnar section of boring well



第 6 図 松川地熱地帯の推定地下構造図
Schematic profile of Matsukawa geothermal area

の上部が削剝され、地表近くの一部が露出しているものと推定される。一方、澄川・赤川合流点付近一帯の変質帯は、前記 2 地域と異なり、モンモロロナイトを含む粘土化帯からなる。モンモロロナイトを含む粘土化帯が、噴気地帯の表面あるいは表面近くの酸性の環境で生成される例は少なく、むしろ、中性ないしアルカリ性の下で生成される可能性が強く考えられるので、この地域は、もともと地表に噴気現象を伴なぬ場所であり、その後地表が削剝された結果、天然蒸気がより地表に接近すると同時に、この天然蒸気によって生成された粘土化帯が地表に露出するに至ったとみなされるのである。いずれにしても、上記 3 地域は原型のまま保存されたものでなく、かなり侵蝕された状態にあると考えられる。とくに松川中・下流の変質地域は上流のものに比べ、より深くまで削剝されたとみられる可能性が強い。

以上の変質地域に伴なう噴気・温泉活動をみると、前述のように、赤川・澄川合流点付近一帯に比較的高温の温泉が存在するだけで、上流および下流の変質地域には活発な噴気・温泉活動がほとんどみられない。いゝかえると、これら 2 地域における噴気・温泉活動はほとんど衰微し、現在、澄川・赤川合流点付近一帯の地域にのみ活動が残存すると思われるのである。もちろんこの理由も決定的ではないが、粘土化帯の性質からみると、もともと天然蒸気が深部に閉ざされていた状態にあったと考えられるので、比較的前記 2 地域に比べ、活動が永續するのは熱の放散が少なかったためであろう。この状態は同時に地質構造と密接な関係にあることをも暗示している。

6.2 地下構造

松川地熱地帯は第四紀火山岩類に広く覆われ、直接第三紀層の露出は認められないが、試錐孔から得られたコアの観察結果によれば、地下 120~200 m 付近から少

なくとも 330 m 付近まで玉川熔結凝灰岩が存在することが明らかになった。この結果から、おそらく松川地熱地帯の地下には、第四紀火山岩類の下位に 200~300 m の厚さの石英安山岩凝灰岩が、さらにその下位に 200~400 m の石英安山岩熔岩が存在するものと推定される。これらの下位には、第三紀中新世の山津田層が存在すると考えられるが、その厚さについては現在明らかでない。

上記の玉川熔結凝灰岩はおそらく北西-南東方向に軸をもつ、緩い波状の褶曲を繰り返しているものと推定されるが、試錐孔から得られたコアの検鏡結果によると、松川安山岩類と玉川熔結凝灰岩との境界が、7号井、3号井(赤川の峽雲荘傍)と3号井(赤川・澄川合流点)との間で垂直的に 40~90 m のずれがあることが知られた。これはおそらく、丸森火山のカルデラに関連する断層の存在によるものであろう。

変質帯は地表においては東北東-西南西の伸びをもっており、当然この方向に構造線の存在が予測される。第 5 図および第 6 図は、この地域の模式断面図を示したものであるが、さらに、コアの観察結果と孔底温度の変化を比較してみると、上位に暗緑色化の岩石があり、下位に珪化した岩石があるような場所で急激に温度が上昇する傾向がある。たとえば 7号井の 130~160 m 付近、3号井の 150~170 m 付近、2号井の 50~60 m 付近である。このことは暗緑色化岩(松川安山岩類)が割れ目の多い珪化岩(玉川熔結凝灰岩)に対して帽岩(cap rock)の役割を果たしていることを意味するようにみえる。このように、松川地熱地帯の地下で、天然蒸気の貯溜層となりうるところは、暗緑色化岩の下位にある珪化岩、いゝかえると松川安山岩類の下位の玉川熔結凝灰岩であると考えられ、天然蒸気の状態がこのような地下構造に支配されることにより、天然蒸気が直接、地表

地質調査所月報 (第12巻 第2号)

から発散されることなく、現在まで保持されたとみなされるのである。

(昭和33年8月調査)

文 献

- 1) 東化工株式会社地熱開発部：松川地区の地熱地帯，1957
- 2) 早川典久：岩手県西山御明神地区硫黄および硫化鉄鉱床地帯地質調査報告，地質調査所月報，Vol. 3, No. 2, 1952
- 3) 早川典久・北村信：雫石盆地西縁部の地質，岩石鉱物鉱床学会誌，Vol. 37, No. 1, 1953
- 4) 河野義礼・上村不二雄：松尾・八幡平硫黄・硫化鉄鉱床地帯地質調査報告，地質調査所報告，No. 158, 1954
- 5) 河野義礼・上村不二雄：5万分の1地質図幅「八幡平」および同説明書，地質調査所，未発表
- 6) 三浦宗次郎：20万分の1地質図幅「秋田」および同説明書，1892
- 7) 中村久由・安藤武・鈴木孝：秋田県先達川流域地熱調査報告，地質調査所月報，Vol. 11, No. 2, 1960
- 8) 中村久由・角清愛外：岩手県滝の上地熱地帯調査報告，地質調査所月報，Vol. 11, No. 2, 1960