

松川地熱地帯の変質帯

角 清 愛

1. はじめに

松川地熱地帯を訪れた人が一様におどろくことの一つは 全山ブナ林におおわれた地熱地帯の景観である(写真1)。ふつう地熱地帯といえば 箱根の大涌谷でみられるような もうもうと立上る噴気 荒涼とした変質帯 いわゆる地獄などを連想しがちであるが これらがまったくといってよいほどみられないのである。熱徴候といえば わずかに川岸やがけくずれのあとなどに点々とみられる変質帯 50℃前後の小規模の温泉などがあるに過ぎない。

このような一見生きた地熱地帯とは考えられない場所で わが国最初の工業的地熱発電が始ったことは まことに興味深いことである。このことはいいかえれば 松川は地下の比較的浅所まで達した高温流体が帽岩にさえぎられて地表に到達できない“潜頭性地熱地帯”であることを意味する。それならば変質帯の分布がせまくても不自然ではない。しかし調査が進むにつれ ブナ

林の下には一大変質帯がかくされていることがわかってきた。つまり松川は昔から潜頭性地熱地帯であったのではなく 過去には活発な噴気地帯だったのである。

このような特異な地熱構造の中での変質帯の時間的空間的位置づけはどのようなものであろうか。これを少し考えてみたい。なお話を簡単にするため 明らかに過去の生成とわかる地表変質帯に焦点をしばってみた。

2. 松川の地表変質帯

松川における地熱プロジェクトが始った1957年から翌1958年にかけて 筆者はまず変質帯の子察調査を行ない おおよその分布と野外の特徴にもとづく 変質帯の分類をおこなった。この結果が第1図である。これによると 変質帯は弱変質帯 粘土化帯 珪化帯および多孔質珪石帯に分類され 弱変質帯を除く他の3帯は 松川に沿って 東北東から西南西に向かって 幅1~1.5kmで 7kmも続いており 面積は4.6km²にもおよぶことがわかった。4つの帯のうち 多孔質珪石帯は 現在の“噴気性地熱地帯”の地表でふつうに見られる珪酸残留帯の岩石に非常によく似ているところから 多孔質珪石帯の分布地域は過去の噴気地帯の地表に近い場所であったろうことは推定がつく。しかしその他の部分については変質帯の帯状分布がはっきりしないから 変質帯生成当時の熱水系 すなわちどのような性質の流体がどこへ上昇し それがどの方向に拡散して行ったかをうかがい知ることができない。このような変質帯の成因を明らかにする目的をもって あらためて変質鉱物の組成をもとに分類を試みたところ 変質帯は第2図のような明瞭な帯状分布を示すことがわかった。第1表はこの分類の基礎となった各帯の変質鉱物の組み合わせである。

さて第2図にあらわれた変質岩の帯状分布をみると 中心部に明ばん石帯があり その周りにカオリン帯 モンモロナイト帯およびサポーナイト帯が この順に帯状に配列している。またこれらとは別にパイロフィライト帯が識別され これは変質地域の中心部に点々と分布する。パイロフィライト帯を除く他の4帯は 帯の境界線が互に交ることがないから 時間的・空間的に一つづきの変質過程によって生じたもので 時代あるいは場所を異にする2つ以上の熱水活動の産物ではないと

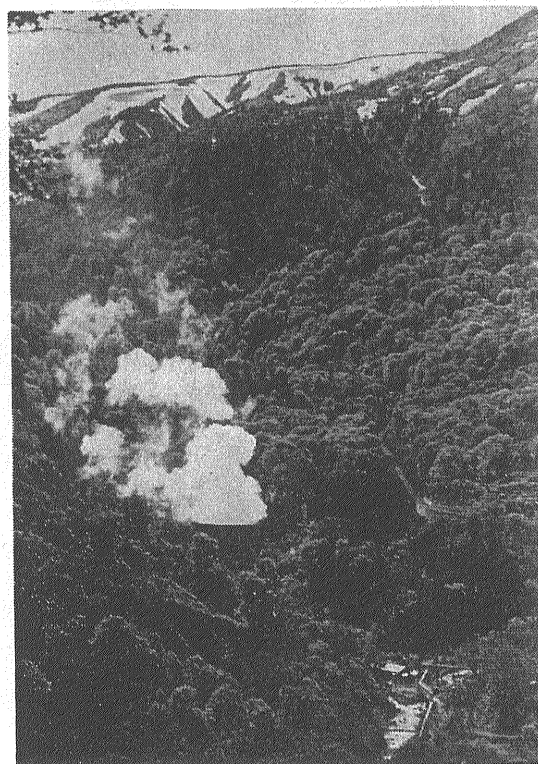
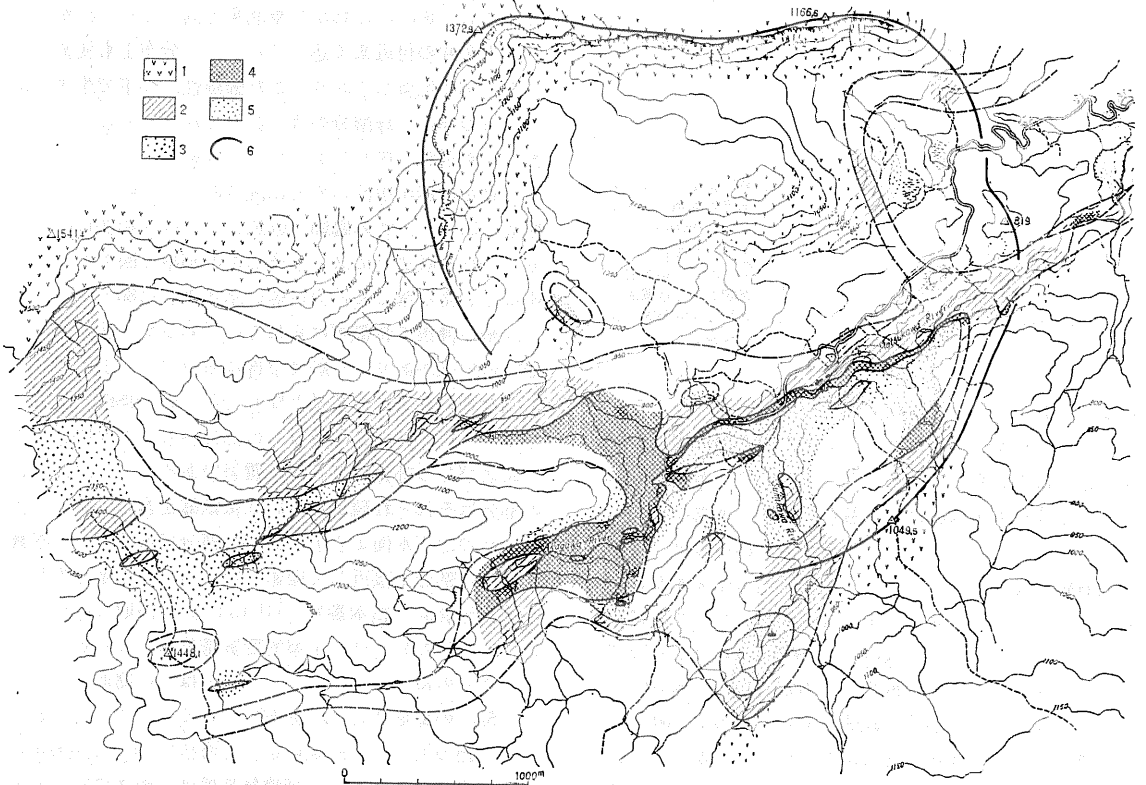


写真1 ブナ林におおわれた松川地熱地帯 地熱発電所の冷却塔の白煙だけが地下にひそむ熱エネルギーを物語っている

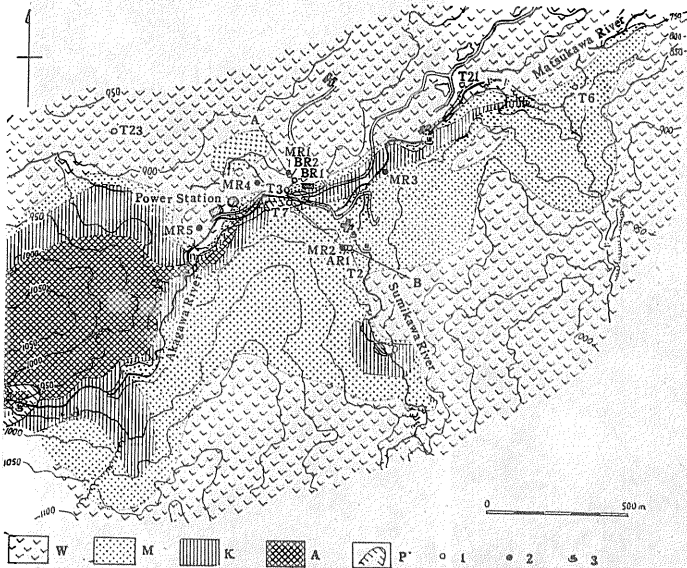


第1図 松川における予察的変質帯分布図(中村・角 1961) 1:非変質帯 2:弱変質帯 3:粘土化帯 4:珪化帯 5:多孔質珪石帯 6:カルデラ

みなされる。

明ばん石の生成には ある温度圧力条件において一定値以上の硫酸イオンおよび水素イオンの濃度が必要であるから (HEMLEY 1969) 地下から上昇した最初の流

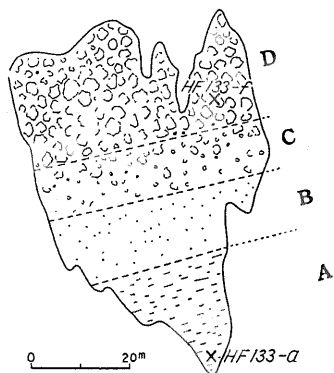
体は硫酸酸性の熱水であったろう。そして明ばん石帯のまわりに帯状に分布しているカオリン帯・モンモリロナイト帯の構成鉱物からみて 熱水は明ばん石帯から周囲に拡散するにつれ 岩石と反応しながら 酸性から中



第2図 松川における変質帯分布図(SUMI 1969) W:サポーナイト帯 M:モンモリロナイト帯 K:カオリン帯 A:明ばん石帯 P:パイロフィライト帯 1:蒸気生産井 2:試験井 3:温泉

第1表 変質帯の鉱物組み合わせ

Minerals	Saponite zone	Montmorillonite zone	Kaolin zone	Alunite zone	Pyrophyllite zone
Saponite	■				
Sericite		---			
Montmorillonite		■			
Calcite			---		
Kaolin			■		
Alunite				---	
Pyrophyllite					■
Andalusite					---
Diaspore					---
Zunyite					---
α-Cristobalite					---
Quartz					---
Pyrite					---



第3図
赤川西方山地における明
ばん石帯の露頭のスケッ
チ(SUMI 1968a)
A: ちみつな珪質岩
B: 粘土を含む珪質岩
C: 硫黄を含む珪質岩
D: 褐鉄鉱を含む多孔質
の珪質岩

性ないシアルカリ性に変化していったのであろう。

パイロフィライト帯はカオリン帯の中心部に明ばん石帯と相伴って分布していることが多いので あたかもパイロフィライト帯は明ばん石帯の一部で 独立の帯ではないようにみえる。しかし分布に限られること 地下の変質帯ではパイロフィライトは明ばん石やカオリンはもちろん モンモリロナイト・加水雲母とも さらに緑泥石とさえ共生すること (SUMI 1968a) などからみてこの帯は独立の帯として取扱った方がよい。ALTHAUS (1966) やそのほか多くの鉱物学者たちが275～575℃の範囲でパイロフィライトを合成していることからわかるように パイロフィライトは比較的高温で生成する鉱物である。おそらく明ばん石帯が生成した時期より以前に 高温の(多分過熱蒸気の)活動期があって その時にパイロフィライト帯は生成したのではなからうか。分布が明ばん石帯の近くに限られるのは 熱水の上昇通路がたまたま一致したためと思われる。

以下に各帯の岩相上の特徴についてのべよう。

明ばん石帯：—明ばん石帯は赤川西方の山地に広く分布し さらにこれから東北東方向に細長い枝が分かれ T7井の付近まで達している。分布上も変質地域の中心部に位置しており また強酸性条件下で生ずる明ばん石の存在 珪酸分の高い濃集度などからみて この帯が熱水活動の中心であったことは疑いない。

写真2は赤川中流の西方山地でみられる明ばん石帯の露頭である。この露頭は幅約45m 高さ約70mほどあり これを模式的にスケッチしたのが第3図である。明ばん石帯は第2表の分析値が示すように80～90%の高い珪酸の濃集で特徴づけられるのであるが 孔隙率にかなりの変化があり 一般に下部はちみつで 上部にゆくにしたがい次第に多孔質となり かつ破碎構造が顕著になる。第3図の露頭ではAの部分がちみつな珪質岩で CおよびDの部分が多孔質珪質岩である。CおよびDの部分はそれぞれ硫黄あるいは褐鉄鉱を含んでおり 多分当時の地下水面より上にあつた部分であろう。写真3はDの部分を接近して撮影したもので 化学分析した多孔質珪質岩(標本番号 HF133-f)を採取した場所である。Dの岩相は 予察的変質帯分類で多孔質珪石帯としたものに相当する。この岩相はこの露頭の西方1～1.5kmの地域にも広く分布している。これらはおそらく一連のもので 両地域を含む海拔1,100～1,300mの比較的平坦な地域が ほぼ噴気最盛時の表面にあたるものと思われる。

カオリン帯：—カオリン帯は明ばん石帯をとりまいて それと似た分布を示している。この帯の変質岩



写真2 赤川西方山地の明ばん石帯の露頭



写真3 赤川西方山地の明ばん石帯の露頭における多孔質珪質岩の部分

第2表 松川の地表変質帯の変質岩の化学組成 (中村・角 1961)

Sample no.	1	2	3	4	5	6
Wt (%)	HF 8	HF89	Cl-9	HF133a	HF133f	Cl-13
SiO ₂	58.86	73.56	55.28	90.84	81.16	59.28
TiO ₂	0.63	1.15	1.33	0.35	0.50	0.48
Al ₂ O ₃	15.67	8.27	26.47	3.30	6.96	31.81
Fe ₂ O ₃	4.93	0.82	0.53	0.21	0.08	tr.
FeO	2.75	0.11	0.11	0.11	0.07	0.48
Fe	—	—	—	—	—	0.53
MnO	0.12	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	3.95	1.16	0.01	0.03	0.03	tr.
CaO	7.38	0.01	0.01	0.04	0.47	tr.
Na ₂ O	2.24	0.00	0.01	0.15	0.31	0.14
K ₂ O	0.79	0.03	0.01	0.14	0.46	0.08
P ₂ O ₅	0.01	0.00	0.07	0.00	0.04	0.05
S	—	—	—	—	—	0.61
SO ₃	0.02	0.29	1.58	2.87	6.71	0.03
CO ₂	—	—	—	—	—	0.07
H ₂ O ⁺	1.24	2.79	10.78	1.59	2.74	5.46
H ₂ O ⁻	1.10	11.68	0.52	0.10	0.14	0.09
Total	99.69	99.89	99.80	99.73	99.67	99.11

(分析 川野昌樹技官)

1: 弱変質安山岩 (サポナイト帯) 2: モンモロロナイト・石英粘土 (モンモロロナイト帯) 3: カオリン・石英粘土 (カオリン帯) 4: ちみつ質珪質岩 (明ばん石帯) 5: 多孔質珪質岩 (明ばん石帯) 6: ダイアスポア・ズニアイト・パイロフィライト岩 (パイロフィライト帯)

は白色または青黒色で、珪質のものと粘土質のものがあ
る。青黒色を呈するのは黄鉄鉱の微粒を含むためである。
この黄鉄鉱を含むことはこの帯の著しい特徴で、この帯
のとくにモンモロロナイト帯に近い部分に多産する。
写真4は発電所のわきの粘土化した部分で黄鉄鉱・石英・
カオリン粘土を産する。写真5は赤川中流の珪化した

部分で、第2表の分析試料 (カオリン・石英粘土 標本
番号 Cl-9) はこの露頭の比較的粘土に富む部分から採
取したものである。写真では原岩の安山岩溶岩の板状
節理がそのまま残っているのが観察される。

モンモロロナイト帯:—モンモロロナイト帯はカ
オリン帯をとりかこんで分布する。しかしその形は非
対称で、カオリン帯の北側には発達がよくないが、南側
にあたる赤川東方山地から澄川を経てT6井に至る地域
にはとくに広く分布している。この帯はほとんど大部
分がわずかに黄色味を帯びた白色の粘土化帯で、一見ベン
トナイトのようである。このため水を含んで地すべり
を起こしやすい(写真6)。第2表のモンモロロナイト・
石英粘土 (標本番号HF89) が73.56%の珪酸を含むよう
に、粘土とはいいながら、かなり珪酸が濃集している。
珪酸鉱物はふつう石英であるが、東部のグンダリ川流域
ではα-クリストパライトである。

パイロフィライト帯:—パイロフィライト帯は赤
川の上流 T7井付近および澄川中流の3カ所に分布し
ている。写真7は赤川上流のパイロフィライト帯の露
頭である。約100mの高さのこの崖の少なくとも下半
分はパイロフィライト帯である。上半分は急峻なため
到達できないのでよくわからないが、転石から察すると
明ばん石帯の多孔質珪質部のようなものである。この露頭は
ダイアスポア・ズニアイト・パイロフィライト岩 (標本

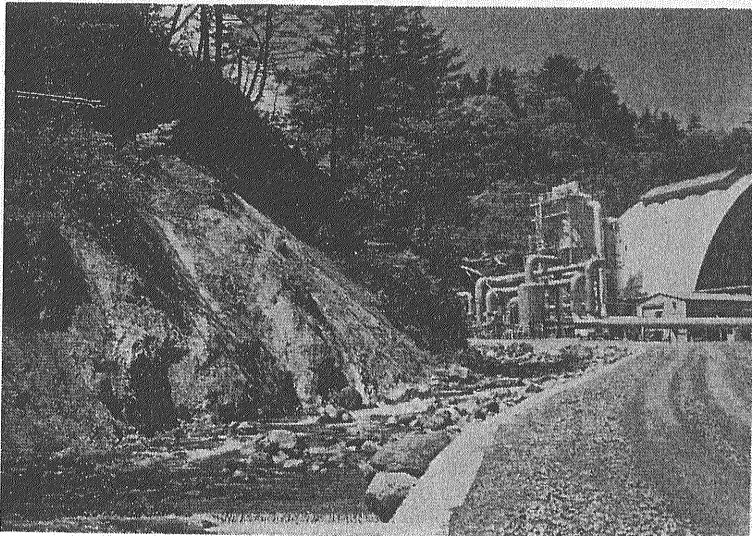


写真4 地熱発電所わきのカオリン帯(粘土質)の露頭

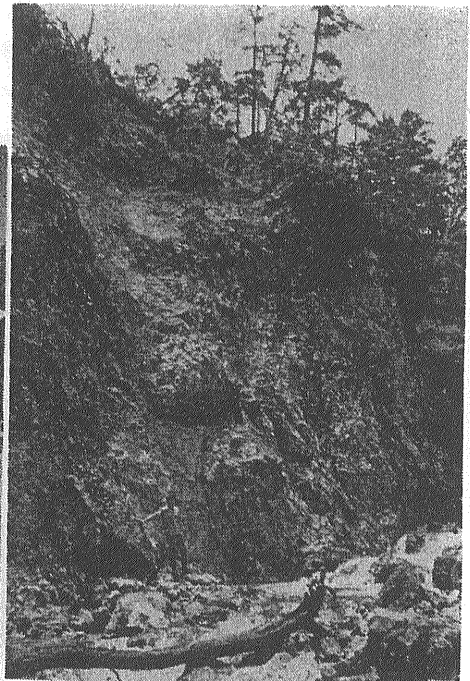
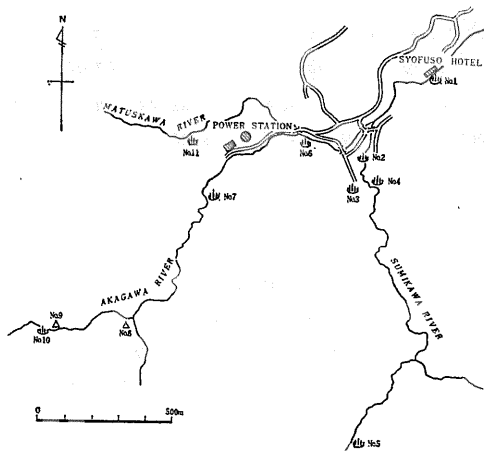


写真5 赤川中流のカオリン帯(珪質)の露頭



第4図 松川における温泉・冷泉の分布図 三角印は冷泉

番号 Cl-13) を採取した場所である。この岩石は白色でわずかに桃色を帯び塊状軟質である。顕微鏡下でみると写真8のようにパイロフィライトからなる白い基底の中に柱状のダイアスポアと正四面体のズニイトとが散らばっている。石英はない。写真9はこの岩石から分離したパイロフィライトの電子顕微鏡写真である。アルミナは31.81%で松川ではもっとも高い濃集を示している。ズニイトは $Al_{13}O_4(OH F Cl)_{19}Si_5O_{16}$ の化学組成をもつ鉱物でこのようなハロゲンを含む鉱物が含まれることは注目し値する。なぜならこの鉱物は HCl や HF の存在下で生ずるのであって (ALTHAUS 1966) 第3表のような現在の地表温泉水はもちろん蒸気井から産する熱水 (NAKAMURA & SUMI 1967) のように SO_4^{2-} に富み Cl^- が著しく乏しい熱水によって示されるような化学的環境のもとでは生成し得ないから

である。おそらくパイロフィライト帯生成期の高温地熱活動が多量のハロゲンを含む熱流体の活動で特徴づけられるものであったのであろう。

3. 松川における地表熱徴候

松川で地熱開発が始まるより以前から存在した地表熱徴候は第4図に示したような温泉9カ所および冷泉2カ所である。沸とう泉はなくもちろん蒸気孔はまったくみられなかった。9カ所の温泉で採取された温泉水の温度・化学組成でこれまでに報告されているものをまとめてみると第3表のようになる。

No.1の温泉は古くから湯治場として利用されて来た松楓荘の源泉で多分松川を通じてもっとも顕著な熱徴候であったとみられるものである。現在のこの温泉は深度約30mの試錐孔から湧出している。この試錐についての記録はないけれども安藤技官によれば同技官および渡辺技官が調査された1955年をさかのぼる2〜3年前に掘さくされたものらしい。

No.6の温泉の地点は1952年から1954年にかけて3本の試錐 (T1 T4およびT5井) が実施された場所であるがここでも試錐が行なわれる以前に小規模の温泉があったといわれている。しかしそれについての記録はまったくない。第3表のデータは1952年に掘さくされた深度164mのT1井の55m深から湧出した熱水 (表の8) と1953年から1954年にかけて掘さくされた深度80mのT4井の55m深付近から湧出した熱水 (表の7および9) とのものである。

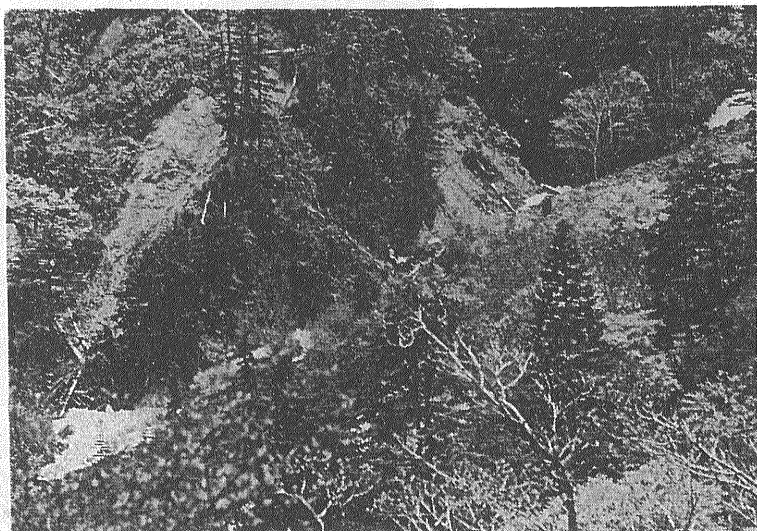


写真6 赤川東岸のモンモロロナイト帯の露頭。この帯はこのように地すべりを起こしやすい



写真7 赤川上流のパイロフィライト帯の露頭

第3表 松川の地表あるいは深度100m以浅から湧出する熱水の化学組成

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
地点番号 採取年月	No. 1 June 1955	No. 1 1959	No. 2 June 1955	No. 3 June 1955	No. 4 June 1955	No. 5 1959	No. 6 June 1955	No. 6 June 1955	No. 6 1959	No. 7 1960	No. 10 1959	No. 11 Oct. 1963
温度(°C)	64.0	78.5	41.8	29.5	27.5	44.4	43.8	35.5	44.6	52	31.6	50
pH	2.7	3.1	2.5	3.2	5.6	5.8	3.3	2.8	3.2	5.4	3.9	3.8
acidity(m ⁺ eq/l)	4.20	3.95	3.90	1.70	0.20	9.52	1.25	2.15	5.06	6.06	—	—
HCO ₃ (mg/l)	—	0.0	—	—	—	198.3	—	—	0.0	91.5	0.0	257.8
SO ₄ ²⁻	431	315.2	319	108	18	306.2	118	176	94.6	120.2	229.6	105.0
H ₂ S	20.3	5.2	59.5	19.6	1.1	65.2	61.5	45.4	44.6	95.7	15.5	19.3
Cl ⁻	3.4	3.0	2.8	4.1	1.4	1.5	1.4	4.1	3.0	1.0	1.0	3.5
Fe ²⁺	5.2	8.6	tr.	tr.	tr.	1.4	tr.	3.1	0.7	2.8	0.7	1.2
Al ³⁺	—	11.5	—	—	—	2.1	—	—	5.3	1.6	5.3	2.2
Mg ²⁺	6.4	8.2	8.6	3.9	1.2	24.2	1.6	2.1	2.1	7.9	8.7	24.9
Ca ²⁺	32.4	31.8	16.6	12.0	18.6	76.9	11.0	12.0	8.2	22.2	48.2	30.0
Na ⁺	—	40.0	—	—	—	70.3	—	—	14.0	48.0	20.8	75.0
K ⁺	—	9.6	—	—	—	17.6	—	—	7.3	15.8	10.0	2.0
NH ₄ ⁺	2.44	2.5	1.52	2.26	1.80	2.0	1.48	1.94	2.0	—	1.5	—
HBO ₂	—	13.3	—	—	—	19.9	—	—	11.1	10.1	2.2	—
SiO ₂	74	64.2	24	18	14	35.9	38	30	21.7	39.2	26.4	348.8
T.S.M.	804	670.0	378	288	86	734	212	274	250	496	413	—

1 3 4 5 7および8は安藤・渡辺(1957) 2 6 9および11は中村・角(1961) 10は中村・小林(1961) 12は宮守(1968)による

No. 7の温泉の地点は 温度24~36°Cの微温湯が少量湧出しているところである。しかし第3表にかかげた熱水は1960年に掘さくされた深度51mのG S 3井の31m以浅から湧出したものである。

No. 2 3 4 5 10および11の温泉は自然湧出泉である。2つの冷泉はいずれも硫化水素臭を発する水が湧出しているもので 1957年8月に筆者が測定した温度はNo. 8および9がそれぞれ13°および19°Cであり 沢水の温度と大差ないものであった。

結局 No. 1 No. 6およびNo. 7の地点は元来は自然の温泉があったのであるが 後で人工的に浅い試錐が行なわれ そこから温泉が湧出しているのであるから 第3表

にかかげたこれらの地点のデータは 近いではあろうが純粋な意味での地表徴候のデータとはいえない。とすると純粋な地表湧出の熱水の温度は大たい30~50°Cであって 松川における地表熱徴候がいかに弱いものであるかを理解することができよう。熱水の化学組成はいずれも硫酸酸性で かつCl⁻含量に乏しいことが著しい特徴である。

4. 松川の地下浅所の地温分布

赤川・松川の合流点付近および澄川下流において行なわれた試錐孔における温度測定その他の観測結果から 深度160m付近までの岩層が熱水に対して一つの帽岩の

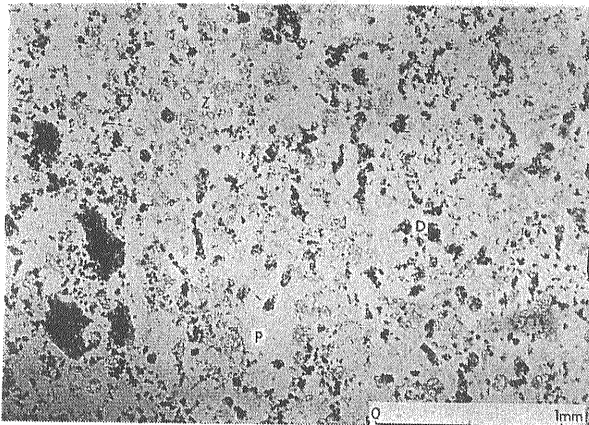


写真8 赤川上流のパイロフィライト帯露頭で採取した ダイアスポア・ズニイト・パイロフィライト岩の顕微鏡写真 Z:ズニイト P:パイロフィライト

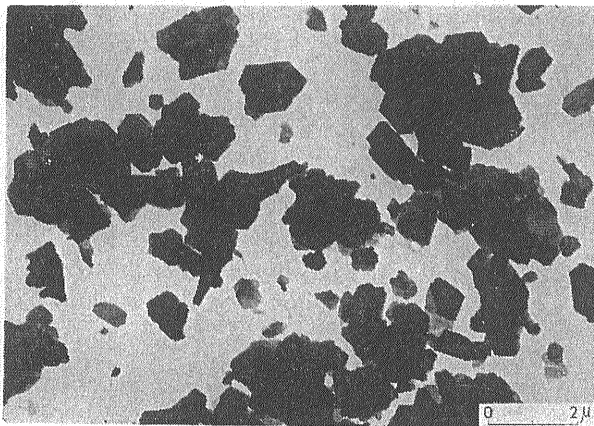
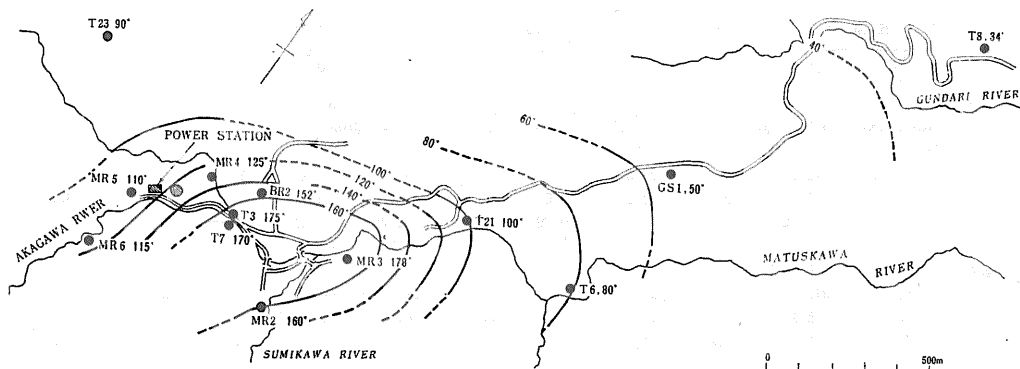


写真9 写真8のダイアスポア・ズニイト・パイロフィライト岩から分離したパイロフィライトの電子顕微鏡写真



第5図 松川の200m深地温分布図

役割を果たしていることがわかっている(中村・角 1961)。したがって深度200m付近の地温分布は現在の地熱構造をかなり忠実に示すものと考えてよいであろう。この考えから第5図の200m深地下温度分布図を作った。データの出所は森(1967) 中島(1969) 中村・角(1961) 中村(1961) および高木・田中(1968)の諸氏の報告である。

図の中でT2 T3 T6 T7 T8およびBR2の各孔井のデータは孔底温度であり ほぼ真の地温を示すものと考えられる。しかし他の孔井の値は掘さく終了後 数日ないし1カ月放置した後 測定したものであるから孔内の温度が完全に回復しておらず 真の地温とは若干のずれがあるであろう。このようなわけで 第5図の地温分布曲線の形を議論する場合 その細部の形にまで立入ることは危険である。しかしこのことを考慮に入れても 高温区域は澄川入口を中心に北東-南西の延びを示しており かつ北東にいくにしたがい 次第に低温となるという一般傾向は動かすことはできない。

この地温分布は前節にのべた熱微候の分布ときわめてよく一致している。このことは潜頭性地熱地帯においては 地表熱微候はたとえそれが微弱のものであっても 探査上は大きく評価すべきであることを示している。

5. 地表変質帯と現在の地温分布との関係

はじめにのべたように 松川の地表変質帯は厚い植生におおわれ 侵蝕が進み しかも地表にそれに相応する熱水活動がないから 過去に生成したものであることはたしかである。一方原岩の大部分は第四紀と考えられる松川安山岩であり 一部は第四紀の丸森火山の溶岩であるから 第四紀の変質であることはほぼまちがいない。そこで問題は地表変質帯を作った熱水活動が ①—たん終息して その後 熱源を異にするあらたな熱水活動が始まったのか あるいは ②初めの活動は現在連続してお

り ただその勢力が減退したにすぎないのかという問題である。このいずれかによって松川の地熱活動史に対する考え方は大きい影響をうけるし また地熱探査上の変質帯研究の評価も異なってくるわけである。

ここでこの問題に対する一つの目安となるのは現在の地温分布である。変質帯は明ばん石帯を中心に帯状分布を示しており 地下から供給された硫酸酸性の熱水が周囲に向かって拡散したものである。するとこの拡散の方向にはpH勾配とともに温度勾配もあるはずである。したがって現在の地温分布と変質帯のパターンとの間に相関があれば ②に有利となろう。

前節にのべたように潜頭性地熱貯溜槽の上部に相当する 200m深地温分布図(第5図)のパターンは澄川下流を中心に北東-南西方向に伸びており これは松川に沿って東北東-西南西方向に伸びる変質帯分布のパターンとよく調和する。赤川の中・上流地域はもっとも変質が進んでいる場所であり ここでも高温が期待される。しかしここではまだ試錐が実施されていないのでよくわからない。将来のこの地域の試錐結果はこの問題についての有力なデータとなろう。

本文ではふれなかったが 変質帯パターンと地温分布との相関は地下でもよく認められる(角 1968b)。このように今のところ①よりも②の可能性の方が大きいのであるが この問題については今後絶対年代測定を併用した層序学的調査が大きく貢献するであろう。

6. 日本のほかの地熱地帯との比較

わが国の既知の地熱地帯の中で 変質帯は分布しているのに地表熱微候が顕著でない所として 大分県野矢地熱地帯(地熱調査班 1955a) 大分県大岳地熱地帯の一部ひぜん湯・筋湯地区(中村・安藤 1954) 鹿児島県霧島地熱地帯内之野地区(地熱調査班 1955b) および同丸尾地区(地熱調査班 1955b)がある。

野矢では変質帯と面積7,500m²の高温異常地(1.5m深 20℃以上 最高30℃)があるのみで 噴気・温泉の露頭はまったくなかったが 38m深および132.5m深の試錐から蒸気を噴出した。

大岳地熱地帯のひぜん湯・筋湯地区では変質帯の中に温泉(温度57.3℃ 60.0℃ 81.0℃など)の湧出はあるが噴気の露頭はない。この変質帯は未変質の火山灰層でおおわれているが この火山灰層を南方の小松地区(現在の噴気地帯)へ追跡してゆくと この火山灰層も次第に変質してくるようになる。すなわち ひぜん湯・筋湯地区は小松地区より古い時代の噴気地帯なのである。

霧島地熱地帯の内之野地区は広い白色変質帯が発達しまた珪華の沈澱もみられる。しかし蒸気あるいは熱水の露頭はまったくない。また丸尾地区では蒸気露頭をとまらな変質帯が分布する。しかし 沢村孝之助技官の調査によれば この変質帯の一部はやや古い時代に生成されたもので 全体として噴気活動はおとろえつつあるらしい。なぜなら この地区の変質帯は変質粘土が再堆積した地層によっておおわれ さらにその上位に未変質の関平溶岩(霧島火山旧期火山群の一つで この地区の北東方に位置する林田地区の変質帯の原岩をなすもの)が重っているからである。

以上のべた4地区は比較的古い時期の変質帯を有する点で松川と共通の問題点をもっており 比較研究が望まれる。次に 松川の地表変質帯の面積が4.6km²に達することはすでにのべたが この数字が実際にどの程度のものであるかを ほかの地熱地帯と比較してみた。

第4表 は日本の地熱地帯でこれまでに報告された地表変質帯の面積を計算してみたものである。これによれば地熱地帯の変質帯面積はふつう1km²以下であり 2~3km²のものはまれである。松川の変質帯は日本でも最大級のものであるらしい。ただしここで注意が必要なのは第4表の数字の中には植生や新しい堆積層にはばまれて実際よりは過小評価されているものがあるらしいことである。この点は今後の調査にまたねばならない。

7. おわりに

変質帯の調査によって 松川は現在では 潜頭性地熱地帯であるけれども 過去にはわが国でも一級の大噴気地帯であり 現在の地熱活動はその当時の活動の続きらしいことがわかった。このように帽岩のある地質構造をもった1つの地域に 噴気性的地熱活動と潜頭性地熱活動との2つの異なる活動型式が 時代を異にして現われるのはなぜであろうか。ここで興味あるのは厚い帽

第4表 日本の地熱地帯の変質帯の面積

地 域	変質帯の面積(km ²)
登 別(鈴木ほか 1958)	0.02
玉 川(河野ほか 1957)	0.13
後生掛(中村・安藤 1954)	0.14
松 川(中村・角 1961)	4.64
鬼 首(松野・西村 1965)	2.56
野 地(角 未発表資料)	0.33
万 座(中村・比留川 1957)	0.21
箱根大湧谷(藤井ほか 1960)	0.31
野 矢(地熱調査班 1955 a)	0.56
大 岳(中村・安藤 1954)	0.80
岳 の 湯(蘭部 1963)	0.12
雲 仙(地熱調査班 1955 c)	0.06
阿 蘇(露木 1961)	0.37
霧 島(地熱調査班 1955 b)	1.96
指 宿(露木 1961)	0.43

岩の存在で著名なイタリアのラルデロ地熱地帯である。そこでは現在は地表の噴気はほとんどないが 地熱が開発される以前は大噴気地帯であったといわれる(湯原 1963)。すなわち帽岩は地下から地表に向かう熱流体の移動に対して あくまでも受動的役割を果たすにすぎない。地下からの熱エネルギーの供給が大であれば 熱水は帽岩中の乏しい割れ目を通じて上昇し 地表に何らかの熱水変質の痕跡を残すにちがいない。この意味においても 変質帯は地熱探査における熱徴候の一つとして あらためて評価されるべきであろう。

また実際に変質帯を調査するにあたっては 古い時代の変質帯をいかに取扱うかが問題となる。このために変質帯の層序学的調査と絶対年代測定とがどうしても必要となってくる。この種のデータは地熱探査の上だけでなく 火山学上も大きな貢献となるう。

最後に 本文のために写真撮影に努力していただいた正井義郎技官 熱構造について討論していただいた馬場健三技官ならびに資料を提供された日本重化学工業KKに対し厚くお礼申上げる。

(筆者は 地質部)

引用文献

- ALTHAUS, E. (1966): Der Stabilitätsbereich der Pyrophyllite unter dem Einfluss von Säuren 1 Mitteilung: Experimentelle Untersuchungen. Contribution Mineral. Petrol. 13 31—50.
- 安藤武・渡辺和衛(1957): 岩手県松川温泉地熱調査報告 地質調月 8 579—582.
- 地熱調査班(1955 a): 大分県野矢地熱地帯調査報告 地質調月 6 551—560.
- 地熱調査班(1955 b): 鹿児島県霧島地熱地帯調査報告 地質調月 6 579—604.

地熱調査班(1955c):長崎県雲仙地熱地帯調査報告 地質調月 6 605—626.

藤井紀之・大八木規夫・武司秀夫・小泉久直・大久保太治(1960):箱根大湧谷変質帯の産状および性質 防災科学技術総合研究報告 7 7—18.

HEMLEY, J. J., HOSTETLER, P. B. & MOUNTJOY, W. T. (1969): Some Stability Relations of Alunite. *Econ. Geology* 64 599—612.

河野義礼・早川正巳・佐野渡一・角清愛(1957):秋田県玉川温泉地質調査および放射能探査報告 地質調月 8 361—374.

松野久也・西村嘉四郎(1965):宮城県鬼首地区の地質ならびに地質構造について 地質調月 16 353—363.

宮守孝全(1968):松川地熱地域の噴出蒸気・熱水の化学的特性 地熱 16 15—24.

森芳太郎(1967):松川地熱地域開発上の諸問題 地熱 10 52—64.

中島洋二(1969):松川6号井の掘削状況 地熱 20 6—8.

中村久由・安藤武(1954):秋田県後生掛地熱地帯調査報告 地質調月 5 443—448.

中村久由・安藤武(1954):大分県大岳地熱地帯調査報告——特に変質帯と噴気・温泉との関係について—— 地質調月 5 15—22.

中村久由・比留川貴(1957):群馬県万座温泉調査報告——特に変質帯と噴気・温泉との関係2—— 地質調月 8 1—14.

中村久由(1961):地熱開発調査について——岩手県松川地熱地帯の一年間の成果—— 地質ニュース 80 4—7.

中村久由・角清愛(1961):岩手県松川地熱地帯の温泉地質学的

研究 地質調月 12 73—84.

中村久由・小林竹雄(1961):岩手県松川温泉調査報告 地質調査所資料 115.

NAKAMURA, H. & SUMI, K. (1967): Geological Study of Matsukawa Geothermal Area, Northeast Japan. 18 132—146.

蘭部竜一(1963):熊本県阿蘇郡小国町岳湯地域地熱調査報告 1—106 八幡製鉄株式会社

角清愛(1966):岩手県松川地熱地帯における岩石の熱水変質——その1:地表から深度400mまでの変質 鉱山地質 16 261—271.

SUMI, K. (1968a): Hydrothermal Rock Alteration of the Matsukawa Geothermal Area, Northeast Japan. 225 1—42.

角清愛(1968b):松川地熱地帯における岩石変質の構造規制と生成順序 特にファイラケイとの比較 地熱 17 80—92.

SUMI, K. (1969): Zonal Distribution of Clay Minerals in the Matsukawa Geothermal Area, Japan. Proc. Int. Clay Conf. Tokyo 1969 1 501—512.

鈴木醇・石川俊夫・鈴木淑夫・勝井義雄(1958):登別温泉地質班調査報告 北海道温泉調査報告 VI 北海道衛生部

高木慎一郎・田中信一(1968):松川地熱坑井の電気検層(第一報) 地質調月 19 507—518.

露木利貞(1961):九州地方における温泉の地質学的研究(第二報)いわゆる“火山性温泉” 鹿児島大理報 10 65—84.

湯原浩三(1963):イタリアの地熱開発 地熱 2 4—19.

新刊紹介

ポーフィリー・銅床入門〔II〕——総括編——
理博 石原舜三著 新書判 各¥600

昨年3月に刊行された〔I〕実例編で紹介されたアメリカの25箇所のポーフィリー・銅床とそれらに関連する地質現象の総括的な解説が、最近(1969年中頃)まで公表された各種の資料に基づいて述べてある。

ポーフィリー・銅床は日本およびその周辺には知られていないため、それに関する知識が探査地質家の一部に偏在している傾向があるが、本書はこの銅床に対する正しい知識を地質・鉱業関係者に普及させるためには格好の書である。

〔主要内容〕

1. ポーフィリー・銅床の定義
2. ポーフィリー・銅床の重要性
3. アメリカ合衆国南西部の地質
4. 銅床と貫入岩の地質的位置(広域構造的背景/局地的な構造的背景/被貫入岩の種類)
5. 貫入岩の諸性質(露出規模/組織と貫入形式/花崗岩類の分類/鉱物組成/化学成分/形成時期)
6. 初生銅化作用(被貫入岩の種類/規模と形態/銅化規制/角礫パイプの種類と成因)
7. 熱水変質作用(変質分帯/累帯分布/成分の移動/化学的反応/ $^{18}O/^{16}O$ 同位体)
8. 二次富化作用(一般的性格/規制要素/化学的反応)
9. 起源物質(Sr初生比/シセラ・ネパダ底盤/金属元素の起源)

10. 形成過程(初期段階/マグマの末期段階/銅床の形成/形成のモデル)
11. 地質探査法(広域的な探査基準/局所的な探査基準/探査の初期段階/組織的探査)

日本列島の生い立ちをさぐる〔I〕〔II〕
理博 河合正虎著 新書判 各¥480

日本列島が現在の姿になるまでには何億年もの大昔から各種の地質現象があり、その総和として風光明媚な日本の山野が現われた。古い地層や岩石のなかに過去の秘密がかくされている。

本書では、筆者自身が歩いて調査した地域を中心として、『日本列島のできかた』について各種の論文、見解などを豊富な図版を駆使してわかりやすく解説している。

〔主要内容〕

- I 日本列島の地体構造
 - II 古生界(古生界の岩石/古生代の地史と古生代末期の大変動)
 - III 中生界(三畳系/ジュラ系/白亜系)
 - IV 後期中生代の地殻変動(中生代末期の深成活動/領家三波川両変成岩/後期中生代の変動に対する各種の見解)
 - V 新生代の地殻変動(古第三紀の地殻変動/中新世初期の地殻変動/鮮新世以降の地殻変動)
 - V むすび
- 発行 (株)ラテイス
東京都新宿区弘方町15 Tel(03)267—2561
発売元 丸 善