

講演要旨*

松川地熱地帯における蒸気生産層の熱水変質

角 清愛 前田 憲二郎

松川の蒸気生産層(深度 700~1,200m)には変質鉱物としてカオリン、モンモリロナイト、絹雲母、緑泥石のほかにパイロフィライトおよび混合層鉱物がひろく分布する。各鉱物の分布・共生ひん度からみて混合層鉱物は緑泥石あるいは絹雲母からモンモリロナイトに至る中間段階の鉱物として扱うことができる(ただし絹雲母から由来した混合層は1:1規則性混合層に達した後、一たん非晶質物質となるらしい)。したがって混合層帯は浅所の変質系列;モンモリロナイト→カオリン→明ばん石(角, 1968の系列C)の最外側の変質帯とみなされる。一方パイロフィライトは同じく分布・共生ひん度からみて系列Cとは独立のもの(系列B)であり、この系列の内側にはさらにディッカイト帯が存在する。なお変質ポディーの中における温度分布、化学的環境の変異は系列Bよりも系列Cに調和的である。

松川の浅所においては元素の移動が化学的条件と独立に水理学的条件に大きく支配されることはすでに述べた(角, 1966)。同様のことは蒸気生産層にも成立し、ここにおける元素移動量は非常に小さい。それは変質系内の移動については浅所の1/2.5, 系外への溶脱については1/5にすぎない。(地質部・技術部)

八幡平の Cl, HBO₂ の分布状態ならびに HBO₂ の分析法について

前田 憲二郎 阿部 喜久男

研究目的

焼山火山を中心として周辺に分布する温泉あるいは噴気の化学成分を明らかにし地質との関連を考察し将来の開発の資料とする考えで31カ所の試料を採取した。これらの試料について完全分析を行ない、地下深部との関連性がある HBO₂, Cl を取り上げ報告するものである。

地質概略

この地域の地質は第三紀中新世の緑色凝灰岩類を基盤とし、この緑色凝灰岩類を不整合に覆って玉川石英安山岩類があり、さらにそのうえを八幡平と焼山の火山熔岩が覆っている。

温泉の分布

この地域の温泉群は、1)玉川石英安山岩を欠き緑色凝灰岩類が直接八幡平熔岩に覆われている東北地域の志張、銭川、トロコ、赤川の諸温泉、2)緑色凝灰岩類と焼山熔岩との間に玉川石英安山岩が介在している地域に湧出している蒸の湯、後生掛、湯田又川の諸温泉、3)西方地域における叫沢、玉川の直接深部からの割れ目を通じて湧出している、噴気型温泉群の3つの温泉型に分けられる。

温泉の貯留層と HBO₂, Cl の分布

志張、銭川、トロコ、赤川の諸温泉の貯留層は基盤の緑色凝灰岩類であって、この一帯の地質構成を見ると熊沢川に緑色凝灰岩があり、その上を火山泥流が数10m堆積している。物理探査試験でも第二比抵抗がこの熔岩の下にあり、温泉貯留層はあまり深くないと想定されている。これら化学分析は pH 8.00 Cl⁻30.0~300 mg/l, HBO₂ 30.0~300.0 mg/l の値であり、この化学分析結果から推察するに地下深部から上昇した熱水が緑色凝灰岩に入りあまり侵食せず噴出するものと解釈される。澄川、蒸の湯、後生掛、湯田又川一帯の諸温泉の分布する地域は緑色凝灰岩類と焼山熔岩との間に玉川石英安山岩が介在していることが確認されているが下位の緑色凝灰岩類の厚さは全く不明である。電気探査の結果第二比抵抗層の層厚は150~200m以上となっており、場所によっては500mに達するところもある。これらの温泉の化学分析の結果は pH 2.00~7.00, Cl⁻ 1.0~12.0mg, HBO₂ 0.5~5.1 mg/l (大部分は 1.0 mg/l である)であって、地下深部からの熱水が厚層である緑色凝灰岩類を相当に侵食し噴出するものと解釈される。西側地域にある叫沢、玉川の噴気型温泉は地下深部から直接割れ目を通して、噴出されたものと解釈されているが、今回の化学分析上から検討するに、地下深部からの上昇経路は必ずしも同じではないと思われる。

	pH	Cl ⁻	HBO ₂ mg/l
叫沢	2.10	11.5	0.7
玉川	1.15	3,315.6	135.2

HBO₂ の定量法

従来厚生省編纂の鉱泉分析法によって、当所あるいは地方衛生研究所で行なってきたところでは、HBO₂ が 5 mg/l 含有されれば、鉱泉規定の限界値とされている。しかしながら 0.0~1.0 mg/l 程度の HBO₂ を定量するに、その値のバラツキが多く分析は困難であった。このバラツキの原因についての究明を行なった。温泉水 100

* 昭和46年2月12日本所において開催

～200 ml 採取し不純物を除いた溶液を中和し、マンニットとフェノールフタレン指示薬を添加し、アルカリ標準溶液で定滴し、フェノールフタレンの赤色味を帯びる所を終点としたところ、大きな誤差の生ずることが明らかになった。また HBO_2 を強い一塩基酸のように反応させるため 1g/100 ml のマンニットを添加しているが、7g/100 ml の添加によらなければ、その効果の平衡に達することができないことも明らかにされた。以上の結果からしてフェノールフタレンを用いず、pH メーターを用い滴定の始めの pH と終点の pH を一致することによって良好結果を得られた。

分析実例

No	HBO_2 Taken mg/100 ml	HBO_2 Found mg/l
1	1.09	0.07
2	0.55	0.55
3	0.44	0.45
4	0.22	0.20
5	0.00	0.00 (Blank test)

(技術部)

鬼首盆地の成因および構造発達史について

山田 營三

鬼首盆地の成因、時代および構造発達史に関しては、従来数多くの地質家がいろいろな仮説を述べているが、いまだ定説がないのが現状であろう。これは鬼首盆地内の湖成層と盆地外の他の地層との対比が十分な資料に基づいて行なわれていないこと、盆地内の湖成層および火山噴出物の層序関係などに関し見解の相違があることがおもな原因と考えられる。演者の調査結果を要約すると

1) 山王沢の従来、加藤・島田 (1953) により赤沢層とされた地層、また、中村ら (1959) により基底礫岩と呼ばれた地層、すなわち、鬼首盆地内に発達する湖成層の最下部礫岩層の一部に、北川石英安山岩質熔結凝灰岩と考えられる熔結凝灰岩の大礫 (径 20 cm) が多数含まれている。したがって北川石英安山岩質熔結凝灰岩の噴出後に湖成層の堆積が始まったものと考えられる。

2) 盆地内の湖成層および火山噴出物は、下位から上位に向かって赤沢層、宮沢層、河倉沢層、鬼首層および高日向石英安山岩に区分され、赤沢層と宮沢層は整合関係であるが、他はすべて不整合関係と考えられる。

3) 盆地北西部には、花崗閃緑岩および緑色凝灰岩類からなる一辺約 3 km のブロックが露出しており、赤沢層と宮沢層はそのブロックを取り巻いて急傾斜しており、ブロックから遠ざかると、ほぼ、水平となっている。

4) 赤沢層は、安山岩質火山噴出物、礫岩、シルト岩などからなり、上述のブロックを取り巻いて露出している。片山地獄付近は、地表から地下約 900m までおもに、本層の安山岩質火山噴出物からなっている。

5) 宮沢層は、おもに、石英安山岩質凝灰角礫岩、シルト岩、2枚の厚い軽石流などからなり、また、最上部には、スランプ構造や礫岩の夾みが見られ、これは、前述のブロックの上昇開始および、それに伴った湖盆の消滅時期の堆積物とみなされる。

6) 河倉沢層は、安山岩質火山噴出物・泥流・礫岩などからなり、前述のブロックの激しい上昇に伴って堆積した地層と考えられる。宮沢層と本層の安山岩熔岩との明らかな不整合関係は、赤沢上流東側の枝沢において観察される。

7) 鬼首層は、礫岩・砂岩・シルト岩などからなり、火山噴出物を含まない。本層と下位の宮沢層との不整合関係は、岩魚沢北方の沢で明らかに観察される。

8) 調査結果を、問題点はあるが、一応、1万分の1の地質図および、断面図として示した。

以上の調査結果により、鬼首盆地の構造発達史を7つの段階に分けて考察した。

イ) 北川石英安山岩噴出以前

この時期には、本地域は、まだ、緑色凝灰岩および花崗閃緑岩などからなる山地、ないし、丘陵地であったものと考えられるが、片山地獄付近には、すでに、安山岩質火山噴出物からなる火山があった可能性がある。

ロ) 北川石英安山岩質熔結凝灰岩の噴出

北村 (1956) によれば、鮮新-更新世である。噴出源は、明らかではないが、一応、鬼首盆地内とも考えられる。

ハ) 鬼首盆地の陥没

この陥没により、ほぼ、現在の鬼首盆地の輪郭が定まった。

ニ) 赤沢層、宮沢層の堆積

陥没地の大部分は、湖盆となり、そこに前述の赤沢層、宮沢層が堆積した。

ホ) 盆地北西部の花崗閃緑岩・緑色凝灰岩からなるブロックの上昇

この上昇は、宮沢層堆積の末期に始まり、河倉層堆積時期を通じて行なわれた。

ヘ) 鬼首層の堆積

盆地周辺に沿って侵食が行なわれ、多分、南東部の上昇により、その侵食部分に湖盆が形成され、鬼首層が堆積した。

ト) 高日向石英安山岩噴出

高日向付近に熔岩円頂丘が形成された。

講演では触れなかったが、以上の構造発達史は SMITH & BAILEY (1968) の Resurgent cauldron に似ている。しかし、細部における違いも重要である。

地熱、すなわち、地下における天然蒸気の賦存状況に関しては、まだ、十分検討していないが、湖成層中の礫岩などには、盆地周辺からの冷たい地下水の流入が考えられる。また、塩分濃度の高い高温の温泉は、花崗閃緑岩や緑色凝灰岩の割れ目を通して、湖成層や火山噴出物中の割れ目および、一部は、透水性のやや高い地層中にたくわえられているものと考えられる。また、熱源としては、盆地南東部が、常に、火山噴火の中心と考えられるので、その地下に、マグマ溜りによる熱異常が考えられるほか、盆地北西部のブロックの上昇も、地下のマグマ溜りによるものと考えられ、時代が更新世にかかっている可能性があり、その地下に、熱異常が想定される。鬼首盆地の陥没地域全体に、なんらかの異常が生じたものと考えられ、弱い熱異常は、一応、盆地全体におよんでいるものと思われる。(応用地質部)

滝ノ上地熱地域の温泉流出量

阿部 喜久男

近年、個々の温泉地域から発散する自然熱量について多くの関心もたれるようになってきた。この熱流量は地熱地域の開発にきわめて有用なパラメーターであって、熱水または蒸気の形でとり出さる熱エネルギーの最小限の見積りを与えるものであり、ボーリングを行なう前の熱流量の値も重要な意味をもち、その後地熱井から噴出する量を推定する場合の手掛りとなるものである。以上から岩手県雫石町滝ノ上地熱地域において調査を行ない、この地熱地域を流れる葛根田川に流入する温泉流出量から熱流量の推算を試みた。熱流量を計る化学成分として、普通地下水にわずかしき含まれない塩素イオン、ホウ素イオンは火山活動から導かれないいわゆる温泉成分としての特徴を有するものであり、湧出の途中、沈殿、塩基交換等の化学反応による影響をうけにくい成分である。

温泉成分に含まれている塩素イオン量と葛根田川の流量から熱流量を算出した。この地熱地域を流れる葛根田川に流入する河川水を対象に約 6 km の間に 29カ所の試料を採取して、温度、pH、塩素イオンの分析をし、同時に地域内の 6カ所において河川の流速測定を行ない、個々の流量値を求めた。この結果を温泉水の上昇に直接影響をうけない河川水のそれと比較すると、温度は 8.0

～12.0°C 高く、pH は 6.0～7.5 でほぼ同じ範囲、塩素イオンは 7.0～65.0 mg/l 高い含有値を示した。またこの地熱地域にあるボーリング井 G S R-2 号井の塩素イオン量は 670 mg/l を含有し、温度は 190°C という数値を基礎にして、葛根田川に混入している塩素イオン量と流量から全熱流量を算出すると、606,000 cal/min という数値を得た。(技術部)

天然蒸気井の坑底圧上昇現象

馬場 健三

岩手県滝ノ上地熱地域に地質調査所が掘さくした地熱調査井 GSR-2 号井(深度約 400m)について坑底圧上昇現象を観測した。この坑井は 230m まで止水管が入れられてありそれ以深が孔明管で仕上げられてある。数 t / 時間の湿り蒸気の噴出がみられる。

講演にてはまずこの坑井の静的状態における坑井内温度および圧力分布の観測結果を説明する。次に地質学的データにもとづき噴出箇所を 310m 深度付近と仮定したことを説明する。この坑井の噴気がある期間継続し次に孔口のバルブを閉じてその噴出を止める。そして前記の 310m にての圧力上昇を観測した。

熱水の貯留層についてのこの坑底圧上昇現象に関する理論を説明し、観測結果を理論値と比較説明する。

次にその結果今回の測定結果には地質調査によって知られている近くの断層によって対象とする熱水の貯留層がと切れていると解釈すると合理的であることを説明する。貯留層の性質として可能なケースは例えば厚さ 0.5 m、孔隙率 0.2、浸透率 88 md 程度が考えられる。

地熱流体の地下における賦存状態についての知識が今日まだまだ乏しいのが現状であるがこの種の観測がその解明に一つの有力な手段となるものであろうことを結論とする。(物理探査部)

地熱坑井における物理検層について

高木 慎一郎

現在地熱坑井内での物理的な測定は高温、高圧下における測定という悪条件のため、技術的に多くの制限をうけ、通常電気検層、温度、坑底圧の測定が行なわれているにすぎない。

通常電気検層は地熱坑井内地層の電気比抵抗値、S. P. 値より岩質の垂直的な変化、変質の程度、破さい帯の推定、坑井地質の対比等を目的として行なわれ、温度測定その他の結果とともに地熱地域の地質構造解明に利用

されている。

地熱坑井内での蒸気産出層の探査と評価については電気検層、温度測定のほか注1) 別項の坑底圧測定による研究が行なわれているが産出深度の適確な把握のために噴気中の坑井内流量測定を目的とするスピナー型流量計を試作し現在実験を行なっている。

坑内温度の測定については掘さく終了から噴気開始までの間に数回行ない、その時間的な変化よりその深度の地温推定を行なった。また、噴気中の坑井内での温度分布、あるいは温度測定より得られる地温勾配等はなほだ興味ある結果が得られた。(物理探査部)

岳の湯地熱地帯の岩石の変質 (中間発表)

高 島 勲

岳の湯地熱地帯について、地表および 300 m 1 本 (GSR-3)、100 m 2 本 (K1, K2) のボーリングコア試料による変質分帯を行ない、(1) Laumontite 帯、(2) Kaolinite 帯、(3) Montmorillonite 帯の 3 帯に分帯できることを明らかにした。これら各帯はおのおの個々の温度、圧力等で形成されたものであるが、一般的にいわれる変質強度という面では、(1)→(3)の順に変質が弱くなっている。そしてこれらの分布は、現在地表でみられる噴気と調和している。

次に、この分帯および地質構造にもとづいて予察的に本地熱地帯の発達史について考察を行なった。

本地域の地質は、下部が緻密な輝石安山岩を主とする豊肥火山岩類で、その上に多孔質の角閃石安山岩を主とする山川凝灰角礫岩がのっている。この変質帯の中央を西北西-東南東に岳の湯断層が走り、断層の北側では豊

肥火山岩類が地表に露出し、南側では約 200 m 以深に存在する (ボーリング結果より)。このような地質構造、岩相を反映して、200 m 以深の豊肥火山岩類は Laumontite-Chlorite を含む埋没変成的な鉱物組合せとなり、その上の山川凝灰角礫岩では熱水との直接的な作用による粘土化を示している。これら鉱物組合せの特徴から、水との相互作用という観点で変質の機構、環境として次の 3 形式を想定した。

1) Laumontite 帯にみられる変質で、原岩にもともと含まれていた $H_2O \cdot OH^-$ が地熱の影響による新鉱物生成のため放出され、以後 H_2O についてはやや閉じた系と考えられる変質帯。

2) Kaolinite 帯・Montmorillonite 帯にみられる変質で、熱水により全体的にひたされたものと思われ、粘土化が著しい。ここでは熱水との間に一応の化学平衡の成立しているものと考えられる。

3) 地表に近いところで、熱水の酸性化により $Al_2O_3 \cdot$ アルカリ金属がほとんど流出した酸性溶脱帯。

これらのうち、2) の変質帯は、ある程度定常的に熱水と平衡にあると思われるが、その平衡が過去の条件に対する平衡の可能性も考えられる。そこで、この部分の変質について温度-pH-活動度の図を描き、そこから理論的に求められる鉱物共生 (鉱物共生転換点) と観測された温度、pH、熱水成分との比較により、岳の湯が地熱地帯としてどのような発達段階にあるものかを知る方法について述べた。

もちろん、これら理論値は理想的な液相-固相 2 相平衡に対して求められたものであり、実際の地層中の状態とはさまざまな点で相違している。しかし、定性的な傾向をつかむ意味で、岳の湯について検討し、近々発表の予定である。(応用地質部)

注1) 物理探査部馬場健三発表「天然蒸気井の坑底圧上昇現象」