

## 講演要旨\*

### 地熱地帯の熱史と変質

角 清 愛

研究の目的は地熱活動の温度・化学性などの多様性を時間的な尺度でみてゆくことにある。

松川地熱地帯の現在の地表下1mの地温は10~20℃で、自然湧出温泉は温度50℃以下であり硫酸酸性である。また付近には褐鉄鉱層が沈積している。しかし地表にはカオリン・明ばん石・石英で特徴づけられる変質帯が4.5 km<sup>2</sup>にわたって広く分布しており、過去にここが硫酸酸性の噴気あるいは高温泉の活動の場であったことを示している。さらに一部ではパイロフィライト・ダイアスポア・ズニアイト・紅柱石で特徴づけられる変質岩が分布しており、さらに高温でかつハロゲンガスに富む噴気(多分過熱蒸気)の活動もあったことになる。

一方地下には250~300℃の硫酸酸性の熱水が存在し、そこに広く発達するカオリン・明ばん石・石英で特徴づけられる変質帯はこれと平衡にあって、この種の変質は現在も進行しつつあるだろう。しかしここにはこれと独立にパイロフィライト・ディッカイト・ダイアスポアで特徴づけられる変質帯も広く発達する。これは高温・アルミナ濃集で特徴づけられる変質であり、浅所と同様ハロゲンガスに富む過熱蒸気時代の所産であろう。ただ変質体の大きさの規模から考えて深所の方がより長い期間にわたって過熱蒸気時代を経験したと考えられる。

このような深さによる変質時期のずれは熱源からの距離を考えれば当然予想されることである。硫酸酸性時代の成分溶脱量のハロゲン酸性時代の成分溶脱量に対する比は浅所で15.4、深所で1.15であり、これはそれぞれの時代の持続期間の長さの比に相応するものと考えてよからう。また松川の地熱活動全期間にわたる成分溶脱量の総計は340×10<sup>6</sup> tと見積られるが、これから室住(1960)またはIwao(1963)の方法によって年数を算出すると340,000年または7,000年となる。したがって持続期間は数万年ないし数10万年のオーダーのものと考えてよい。

地表の硫酸酸性変質帯をおおむね未変質の現世堆積物から得られた最古の<sup>14</sup>C年代は4,850 yrs. B.P.である。この堆積物の中には褐鉄鉱層も挟在しているので、硫酸酸性高温泉活動が終息し含鉄鉱泉時代に入ったのは5,000

年より以前ということになる。地熱活動の持続期間に関するこれまでのデータは大体数万年のオーダーである。上に述べた松川のデータもそれと大きくは矛盾しない。

(応用地質部)

### カルデラ内地下の熱水系について 鬼首カルデラを中心として

山 田 營 三

わが国のクラカトア型(広義の)カルデラで地下の熱水系について比較的資料があるものとして、箱根・阿蘇・屈斜路・加久藤などのカルデラがあげられる。鬼首カルデラもこの型のものに含まれるが、形成後その内部に基盤のブロックの上昇があった点で、異なっている。鬼首では、かつて中村らがその熱水系を論じているが、その後、電源開発(株)の地熱開発を目的とした多くの試錐資料が得られるにいたった。これらの資料と演者の地質調査結果とを併せて、鬼首カルデラの熱水系について考察を行ない、下記の結論を得た。

1) 片山の地下には、Cl<sup>-</sup>に富む酸性の熱水があるにもかかわらず、地表付近には、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>に富む熱水のみが分布していること、および、同地域の浅い試錐井は自噴による湧出や自然噴気を行なうが、深い試錐井の水位は地下60~100 m付近にある。このような事実は、片山付近の地下浅部に、天然蒸気ないし vapordominated hydrothermal system があると仮定すると良く説明できる。

2) GS-1号井などカルデラ南西部に位置する試錐井は、自噴により大量の低温地下水を湧出させている。したがって、同地域には、カルデラ周辺から透水層に沿って地下水の流入があると考えられる。

3) Cl<sup>-</sup>に富む熱水のうち、Cl<sup>-</sup>/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>が大きなものは、片山地下のCl<sup>-</sup>に富む酸性の熱水に似ている。このような熱水は、NE-SW方向に帯状分布している。一方、本地域に卓越している断層も、NE-SW方向であり、また、神滝温泉は同方向の割れ目より湧出している。したがって、鬼首の熱水系は、カルデラ地下の同方向の断裂に支配されているものと考えられる。

4) Cl<sup>-</sup>に富みCl<sup>-</sup>/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>が大きな温泉が高日向山の近くに分布し、高日向山から遠く離れた温泉は、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>に富み、低温のものが多い。このことは、カルデラ内の温泉が、カルデラ内の新しい火山活動にも関係が深いことを示している。

\* 昭和46年10月8日日本所において開催

5) 片山の地下の熱水は、 $\text{Cl}^-$ に富み、 $\text{SO}_4^{2-}$ に乏しく、酸性である。したがって、片山付近の地表近くに分布する  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ に富む熱水は、 $\text{H}_2\text{S}$ ガスおよび変質帯内の硫黄化合物の酸化により、地表付近で生じたものと考えられる。

カルデラの発展段階およびその堆積物の特性により、多少の差はあるが、基本的には、ここで述べた結論の多くは、前記の日本のクラカトア型カルデラの場合にもなりたつ。

(応用地質部)

### 地熱異常地における自然放熱パターンと地質構造との関連

長谷 紘和

溶融マグマが直接地表に到達する火山活動などの場合を除いて、地熱地帯の熱源は地表から地下およそ数 km までの間に存在するものと考えられる。そしてその熱源は、マグマ留り自体であることもあるが、熱源として存在する固結化した貫入岩体、あるいはそれらから派生した二次的な地熱留りなどである。ここでいう二次的な地熱留りとは、マグマから分離した高温の蒸気・ガス体およびそれらによって熱せられた高温の地下水の卓越体を考える。

熱源から地表への多量の熱エネルギー運搬には、垂直方向に発達する断層等の地殻弱線が主要な役割を果たしているであろう。そして主要な地殻弱線の形成は当該地域における広域的な応力場に支配される。しかしながら地殻弱線が一旦形成されても、その後長期にわたる造構的な運動がそこに働かなければ、地熱エネルギーの運搬経路としての地殻弱線は地熱留り中の熱水に含まれる溶解成分の析出あるいは熱水による粘土鉱物の膨潤による自閉作用によってやがては地熱エネルギーの運搬通路としての機能を失うであろう。したがって今日、地表で地熱異常が見られるような地域では地殻弱線が形成されて間もないか、あるいは自閉作用を上まわる活構造がそこに想定されなければならない。このような観点から地熱異常および地熱機構を考えるならば、少なくとも広域的な単元では地熱機構が地質構造に支配される、ということは全く正当である。しかし観点をせばめて、広域的な地熱地帯中に含まれる噴気や地温異常を伴う地域的な地熱現象がどの程度地質構造に支配されるかという点についてはこれまでほとんど論及されていない。小単元で地熱異常を考えると、それは地表付近に発達する割れ目に大きく影響される。ただし地熱異常地周辺の地下水位が

高い場合には地表の地熱異常は温泉として現出し、湧泉箇所は割れ目のほかに、地形が地下水位面を切る地点にも分布・配列する。そこでここでは地下水位が比較的低いか、あるいは透水性無水地帯での高地温異常について考察する。このような地点での地表面温度異常は割れ目に沿って運搬される地熱エネルギーの面的拡がりをよく反映するだろう。

地表付近の割れ目の発達には露頭観察によれば非常に複雑で生成要因も多様である。加えて地熱地域のような、主として火山源物質で覆われる地表では火山放出物の累重による網目状空隙も発達する。もし地表でみられる高地温異常が、風化等による崩壊性破断裂カや上記のような空隙によって大きく支配されるならば、地表における地熱異常の分布・配列を把握することは地熱機構解明のためには余り意義のないことになろうと考えられる。

しかし、筆者の、これまでの地表面高地温異常地における地温異常を面的に把える実験調査結果から、地表で観察される地熱異常は地域的な小単元で見た場合でも、断層等の規則的方向性を持った割れ目に沿って分布・配列するであろうとの結論を得た。研究発表会では那須殺生石および伊豆大島三原山山頂付近における赤外線映像例、および草津白根火山殺生河原における積雪を利用した放熱量測定結果をもとに結論の根拠を示した。

上記の調査手段はいずれも地表面における地熱を対象にしたもので、そこでは従来考慮の対象からはずされていた新しい要素—太陽エネルギーと地熱エネルギーの地表面における相互作用—が不可欠の要素として取り入れられなければならない。とくに地熱異常の分布・配列を的確におさえるためには地表面から放出される微弱な地熱放出パターン（この放熱量の値は地殻平均熱流量値と比較するとはるかに高いものではあるが）を把握することが必要である。このため微弱な地温異常地（地熱異常地）地表面における熱収支方程式を立てて、いかなる条件下にあるとき地表の温度分布が地熱エネルギーの影響によって支えられるかについての説明を行なった。

(応用地質部)

### 五島・対馬海域の地質

地質部 磯見 博

### 上麻生礫岩中の片麻岩礫の同位体年代

柴田 賢

日本の古生層中には花崗岩礫をもつ礫岩が各地に存在している。これらの礫岩は日本列島の基盤問題と関係づ

けられ、重要視されてきた。薄衣型礫岩はその代表的なものの一つである。

最近、岐阜県加茂郡七宗町上麻生にて、足立(1970)によって発見された下部二疊系と推定される、furbidite層中に挟在する上麻生礫岩は、orthoquartziteや高変成度の珪線石片麻岩などの円礫を含んでいる点で、従来報告されている薄衣型礫岩と異なっている。礫層は4層存在し、最大のもは厚さ約10mに達する。

この礫岩中の5コの珪線石片麻岩礫と1コのザクロ石片麻岩礫から分離した7コの雲母試料について、K-Ar法およびRb-Sr法により同位体年代を測定した。その結果、K-Ar法で950-1,660 m.y., Rb-Sr法で1,470-1,680 m.y. ( $^{87}\text{Rb}/\lambda\beta = 1.47 \times 10^{-11}/\text{yr}$ ) という明らかに先カンブリア時代を示す年代を得た。K-Ar年代の中に950-1,290 m.y. という若い年代を示すものがあるのは、新しい時代の地質学的変動によるものか、あるいは風化・変質に伴うArの逸散によるものか、のいずれかであろう。しかしRb-Sr年代は影響を受けていないことなどから判断して、後者による年代の低下の可能性の方が大きい。従って麻生礫岩中の片麻岩は1,500-1,700 m.y.の時期の変成作用で生成したものと推定される。年代測定の結果から、この片麻岩は先カンブリア時代の変成年代を明確に示している岩石としては、わが国最初のものであり、また、現在までに知られている日本列島最古の岩石である。

上麻生礫岩をはさむ上下のfurbidite層にみられる堆積構造から推定した古流系、礫岩の構成物、および同位体年代の結果から考えて、これら先カンブリア時代の変成岩類は、現在の飛騨変成岩類の少なくとも一部を含む北方の大陸に由来するものと推定される。この先カンブリア時代の大陸は古生代地向斜に多量の碎屑物を供給したばかりでなく、その基盤を形成して南方あるいは東方にひろがっていたであろう。

上麻生礫岩中の片麻岩礫の同位体年代結果は、日本列島の基盤問題、あるいは古生代地向斜の生成・発展の歴史を考えるうえで、重要な意味をもつものである。

(技術部)

#### 秋田県北部平野および周辺海域の物理探査

小川 克郎・陶山 淳治

秋田県北部の八郎瀧～能代の平野部とその周辺海域では、地震反射法、重力、空中磁気、坑井などの多くの資料があり、堆積盆地の物理探査結果相互の、また地質との対比には適切なフィールドである。本講演ではそのうち、八郎瀧および能代沖海域とをとりあげて、このような対比の結果について論じた。以下はその要約である。

#### 1. 八郎瀧地域

a) 磁気異常を解析するための構造模型としては、ある層序中の磁化の横方向の変化—例えば貫入火成岩—に着目するIntra Isupra Basement模型が、地質、重力とのよい対応を与える。

b) この地域の磁気基盤(Magnetic Basement)は、西黒沢中の凝灰集塊岩に対応すると推定される。

c) 重力異常は西黒沢層の上限深度の変化とよく対応している。

d) この地域ではNE方向に伸びる多数の弱磁気異常が分布するが、これらは油田褶曲の背斜軸にほぼ対応する。この磁気異常に対応する岩体は、女川～船川層中のシート状の貫入火成岩体であると推定される。

#### 2. 能代沖海域

地震反射法および空中磁気記録を詳細に対比した結果次のようなことが解った。

e) 反射法による構造と磁気による構造は一般に、位置、深度、形態(背斜、向斜、断層、貫入岩体等)ともよく一致する。従って、測線間隔の粗い反射法構造は、その密な磁気構造によって、反射法測線をコントロールポイントとして内挿することが可能である。

f) e)の結果、本地域の磁気構造は大部分、台島層中の磁化の強い部分に対応すると推定される。

g) 本地域の磁気図から① E-W ② NE-SW ③ N-S ④ NW-SEの4つの顕著な方向をもった磁気異常系列が解析される。これらのうち、④は基盤構造線の方向、③は油田褶曲の方向に対応するが、①、②はいずれも、地質的に明らかな対応する方向性をもたない。①については、これがこの地域を支配する大きく、深く、かつ顕著な構造であるにもかかわらず、本地域の反射法、重力にも全くあらわれていないことから、われわれはこれを基盤内部の潜在構造方向であると推定した。また②については、その構造が浅所にある噴出岩の連なりと解析されることと、この地域の自然地震の震央分布の方向性とほぼ一致することから、これを新しい構造線の方向ではないかと考えた。これについては今後、試料の採取と年代測定、熱流量測定等の調査を行なうことが望ましい。

h) g)で述べたことは、物理探査により解析された構造(位置、深度、形態、物性等)の対応する層序をみいだす、いいかえれば構造の時代性を弁別する、一つの試みである。地質学的手法の限定された海域の調査にあつては、こうしたことは、物理探査に果せられた重要な課題の一つであろう。(物理探査部)