

鬼首地熱地帯の構造的特性

福留高明*

Tectonic Features of the Onikobe Geothermal Area

Takaaki FUKUDOME*

Abstract

The Onikobe basin, which is considered to be caldera origin and is drained by the Arao River, is a circular depression of diameter 7.5 x 10 km on the central part in the Backbone Range of Northeast Japan. The caldera was formed by the eruption of the Kitagawa Dacitic Welded Tuff of Plio-Pleistocene age. The caldera wall and floor and the upheaved block in the central part of the basin are composed of Cretaceous granodiorite and Lower Miocene rocks. The caldera is filled by various kinds of volcanic products and lake deposits. The geothermal activities in the basin are concentrated in the Katayama fumarole and the hot spring area along the Arao River and its tributaries. The altitude of the Katayama fumarole is 550 m above sea level and that of the hot springs is about 300 m. The larger half of the hot springs lines up in circular arrangement. This fact indicates the presence of concealed ring fractures in the basement. In the southwestern sector, the thermal waters gush out from fissures of NW-SE trend which coincides well with the general structural trend inferred from joints, minor faults and the elongation of the hydrothermal alteration zone. The direction is parallel to that of the caldera wall in this area. Many minor faults having perpendicular strikes to the wall are found in the margin of the basin. It seems that these geologic features resulted from fracturing due to the intrusion of a vertically elongated prolate magma cupola.

1. まえがき

鬼首盆地は我が国でも有数の地熱地帯のひとつで、1955年以来通産省をはじめとする諸機関によって、地熱開発を目的とした調査が進められてきた。すでに、片山地域においては電源開発株式会社により地熱発電所の運転がはじめられており、最大12,000KWの出力が得られるに至っている。鬼首盆地は地形図にも明瞭に表われる様に、約7.5km×10kmの径をもつ顕著な環状凹地構造の地形が古くから注目されてきた。この地形の成因に関し、いくつかの説が提案されているが、現在の所では、クレーターレーク型ないしバイアス型の陥没カルデラとする説が最も

有力である。本稿では、このカルデラ説を支持する地質構造、および地熱活動との関連について考察する。なお、野外調査には、文部省科研費(課題番号56045021;代表者 松葉谷 治)の一部を使用した。

2. 地史的背景

鬼首地域に分布する地層は、白亜紀花崗閃緑岩および下部中新世蟹沢層などの基盤岩類と、鮮新～更新世のカルデラ湖成盆地堆積物とから構成される。盆地堆積物は、下位より北川デイサイト質熔結凝灰岩・赤沢層・宮沢層・河倉沢層・鬼首層・高日向デイサイトに区分される。基盤岩類と盆地堆積物とは時間間隙の大きい不整合関係にあるが、構造的にも両者の間には著しい差がある。この地域の地熱活動は後者の地史に深い関連をもつ。

鮮新世末から更新世にかけて起こった大規模なデ

1982年8月27日受理

*秋田大学鉱山学部地下資源研究施設。
Research Institute of Underground Resources, Mining
College, Akita University.

イサイト質火砕流の噴出（北川デイサイト質熔結凝灰岩）は、基盤に断裂を生じ陥没によるカルデラを形成した。このカルデラの形成にともない湖沼が誕生した。陥没後も、盆地内では引き続き輝石安山岩質ないしデイサイト質の火山活動が起こり、火山噴出物や泥質の細粒堆積物が盆地内を埋積していった。火山活動の一部は水中でも行なわれたであろう。火山活動と基盤の変動にともなう湖沼環境の変遷は、赤沢層および宮沢層の著しい層相の側方変化によって読みとることができる。宮沢層堆積後になって、盆地中央やや北西よりの部分に隆起地塊が出現し、隆起地塊と盆地堆積物とは落差の大きい断層で画された。この隆起にともない、地形は不安定化し、広範囲にわたる土石流～泥流の発生を引き起こした。土石流～泥流は、下位の各地層を大きく削りつつ流下し、地形的凹地に堆積した（河倉沢層）。その後、堆積の中心は主として盆地外縁部に移り、火山活動をともなわない静穏な堆積環境に転化した。この堆積物（鬼首層）はシルトと細粒砂の互層によって特徴づけられるが、局部的に後背地をなすカルデラ壁から流入する河川に由来する崖錐ないし扇状地堆積物の厚い礫層が発達している。最末期に、盆地南東部に高日向デイサイトの熔岩ドームが形成された後、この地域における火山活動は終息した。現在は後火山作用としての噴気・温泉などの地熱活動が続いている。

3. 地熱活動と構造的特性

鬼首盆地は周囲を1,000m級の高い山に囲まれ、その綫線はほぼ環状に連なる。一方、盆地の外縁部は低地帯となっており、主流の荒雄川およびその支流の田代川は盆地の外縁に沿って環状の流路をとり、これに合流する各支沢は放射状の流路をとるといった、きわめて特異な水系パターンを示している。これらの地形的特徴は、以下に述べる本地域の構造的特性を反映したものである。

鬼首盆地の地質構造は、環状の陥没構造と盆地中央部の小さな隆起構造によって特徴づけられる。現在の所、厚い被覆層の存在のために、陥没面に相当する環状正断層を直接確認することはできない。しかしながら、盆地堆積物中には落差の小さい正断層や節理が発達する。例えば盆地南西地域においては、図1に示される様に、NW-SE系のものが卓越する。また、宮沢層基底の不整合面の走向もNW-SEである。これらの方向は、盆地南西部分の環状地形の輪

郭と平行である。宮沢層基底の不整合面は緩い角度（約30°）で北東側に傾斜する。その面は直線的で、また最下位の赤沢層を欠いて高角でアバットすることからみて、かつて断層崖をなしていたものと考えられる。

小断層は盆地外縁部に分布する鬼首層中にも発達する。図1に示す様に、南西地域では環状輪郭と直交するNE-SW系のものが優勢である。

基盤岩類によって構成される盆地中央部の隆起地塊は、周囲の盆地堆積物と断層によってしきられ、この断層関係は処々で確認されるが、いずれの場所でも比高10m以上の断層崖や滝をなしており、破碎帯内の岩石は著しく角礫化、粘土化している。盆地堆積物の各層の傾斜は、隆起地塊の近傍では盆地外縁に向かって40°～60°に急傾斜する。隆起地塊から離れるにしたがって傾斜は緩やかとなり、吹上、宮沢温泉付近ではほとんど水平層となる。しかし、草木沢の入口付近では、地層は再び盆地外縁に向かって急傾斜となり、直立さらには逆転している部分もある。

以上の様な構造は、後にも述べる様に、カルデラ形成時に基盤に生じた同心円状裂罅が、後に再活動することによって被覆層中に印刻されたものであろう。

盆地内の地熱活動は、大別して、片山の噴気地帯と吹上・宮沢等の温泉地帯とに分けることができる。片山噴気地帯が標高約550mの高地に位置するのに対し、温泉地帯は標高300m付近に分布する。我が国の火山性温泉水は、マグマ発散物と地表水との混合にその起源をもとめられる。したがって、噴気現象と温泉現象との差は、地下水位に対する位置関係に起因するものと考えられる。すなわち、地下水位より下位にある部分では温泉地帯が形成されるのに対し、上位にある部分では噴気地帯が形成される。片山付近に分布する赤沢層は、火山噴出物の分布ならびに地形的な特徴から判断して、カルデラ形成後生まれた中央火口丘で、片山噴気地帯はその爆裂火口とみなされる。火山体の中心部に噴気帯が発達し、山麓部には温泉が発達するといった例は各地で見られる。この様に、本地域における地熱活動の様式は、大きくは地形的要素によって決定づけられている。

鬼首盆地には20個所以上の源泉が存在するが、このうち約半数は盆地外縁に沿って環状の流路をとる荒雄川の河岸沿いに分布する（図1）。このことは、盆地の環状輪郭と平行な同心円状の構造的弱線が基盤内に伏在し、温泉の湧出もこの同心円状裂罅に支

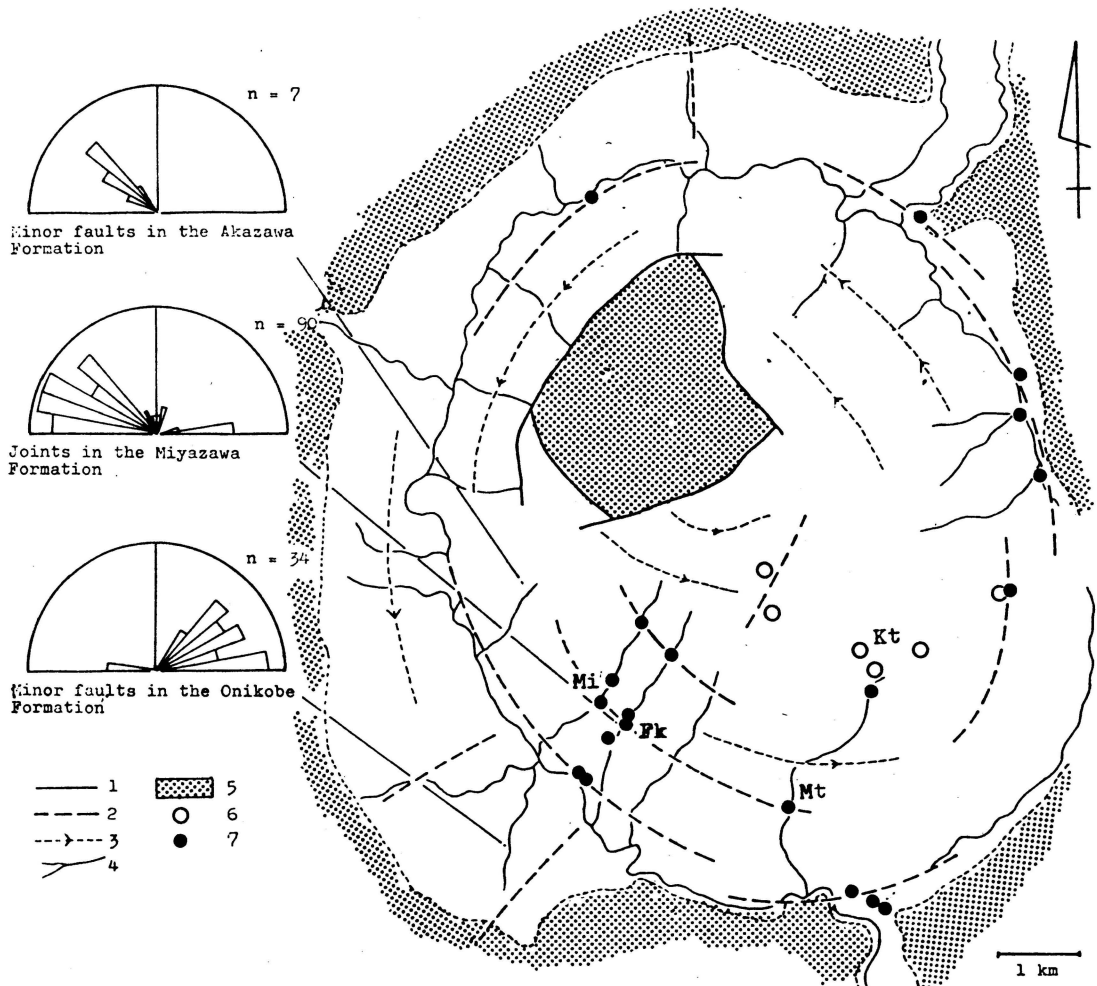


Fig. 1 Structural map of the Onikobe basin.

1: Fault, 2: Concealed fault (inferred), 3: Strike line, 4: Drainage system, 5: Basement, 6: Fumarole, 7: Hot springs, Mi: Miyazawa, Fk: Fukiage, Mt: Mitaki, Kt: Katayama.

配されていることを暗示する。さらに、盆地南西地域における温泉の分布をみると、宮沢・吹上・神滝の各温泉はほぼNW-SE方向に並び、先に述べた様に、この方向は小断層や節理などの小構造から導かれるこの地域の構造トレンドに一致する。特に、吹上沢に沿う湧泉帯では、明らかにNW-SE系の節理から高温の湯が湧出しているのが観察される。したがって、この地域に発達するNW-SE系構造も同心円状構造の一部とみなすことができ、宮沢・吹上・神滝の各温泉は、上述の荒雄川流路よりさらに内側に潜在する環状裂隙に沿って湧出している可能性が

強い、山田ほか(1978)は、片山地嶽や大深沢上流部における変質帯がNNW-SSEの延びを示すということ、また赤沢中流の“珪酸白土鉱床”の延びがやはりNW-SEを示すということを報告しているが、これらの事実は上記の解釈を支持する。

では、このような地質構造は、いったいどの様な深部過程によって説明されうるであろうか。KOIDE and BHATTACHARJI (1975)は、マグマ溜りを偏長回転楕円体に近似し、これを様な無限弾性体内に貫入させた場合に生じる応力場の乱れと、誘起される引張り割れ目の方向について検討し解析解をもとめた。その

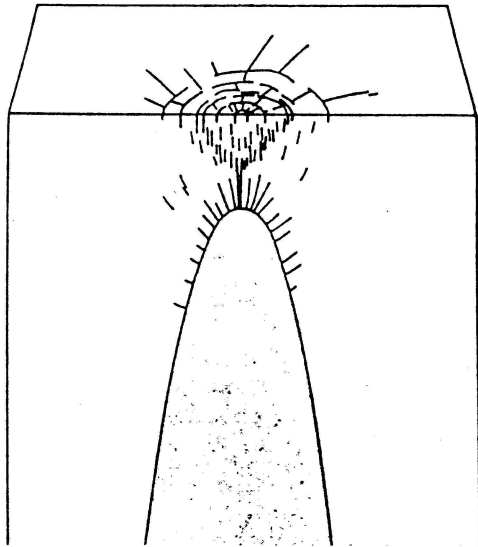


Fig. 2 Development of predominant concentric and peripheral fracture patterns due to the intrusion of a vertically elongated prolate magma reservoir after KOIDE and BHATTACHARJ (1975).

結果、マグマ溜り上方に発生する割れ目は、マグマ溜りの軸比を大きく変えることにより、異なったパターンを示すことを明らかにした。すなわち、軸比が2~3の球に近いマグマ溜りの場合には、放射状の割れ目が生じ、直上はドーム状に隆起する。これに対し、軸比が100の縦長針状のマグマ溜りの場合には、直上にじょうご状の正断層ができ、その内側では環状または弧状のほぼ鉛直な引っ張り割れ目と正断層が生じ、環状割れ目の内側はやや陥没する。環状割れ目の外側は放射状の割れ目が優勢となり、緩く隆起する(図2)。前節までに記した、1)陥没カルデラの形成、2)カルデラ内側の赤沢層および宮沢層中に発達する同心円状節理・小断層群、3)温泉の分布より推定される基盤の円心円状裂罅、4)カルデラ外縁部の鬼首層中に発達する放射状小断層群、5)内側にゆるく傾斜するアバット不整合面(断層崖)、などの構造的特徴は、この縦長針状のマグマ溜りモデルによって合理的に説明される。また、本地域の噴出岩にみられるデイサイト質から塩基性安山岩までの幅広い成分変化や、高い水蒸気圧条件を示す北川デイサイト質熔結凝石岩の噴火様式は、十分な重力分

化作用と揮発分の頂部への濃集が、縦に細長いマグマ溜りの中で行なわれたことを示唆する。さらに、カルデラ中央部の隆起構造も、径の大きいマグマ溜りによる広域的な隆起でなく、細長いマグマ溜りのピストン運動によって再び押し上げられたことによるとみなした方がよい。

4.むすび

鬼首盆地の地質構造と地熱活動との関連について検討を加えた結果、次の様な結論を得た。

1. 鬼首盆地の地熱活動の様式は、大きくは地形的要因によって決定される。すなわち、噴気地帯は標高約550mの高所に発達するのに対し、温泉地帯は標高300m付近に発達する。
2. 温泉は、カルデラ形成に関与したと考えられる基盤岩中の同心円状裂罅から湧出しているものと推察される。
3. 同心円状裂罅をはじめとする各地質構造は、縦長針状のマグマ溜りモデルによって説明することができる。

文 献

- KOIDE, H. and BHATTACHARJ, S. (1975): Formation of fractures around magmatic intrusions and their role in ore localization. *Economic Geology*, **70**, p. 781-799.
- 山田宮三・岡田 博・西村 進・谷口政視・名取博夫 (1978): 宮城県玉造郡片山・鳴子地熱地域の熱水変質帯。地調報告, No. 259, p.341-376.