

北海道胆振地方の地熱地域における変質鉱物の分析

藤原奈々*・後藤忠徳*・近藤力領**・萩谷健治*・柏谷公希***・久保大樹***・小池克明***

Altered mineral analysis in a geothermal area in Iburi district, Hokkaido, Japan

Nana Fujiwara*, Tada-nori Goto*, Riki Kondo*, Kenji Hagiya*,
Koki Kashiwaya**, Taiki Kubo**, and Katsuaki Koike**

* 兵庫県立大学大学院理学研究科 Graduate School of Science, Univ. Hyogo, Koto 3-2-1, Kamigori, Hyogo, 678-1297, Japan. E-mail: fujiwara@earth-univ-hyogo.jp

** 兵庫県立大学理学部 Faculty of Science, Univ. Hyogo, 2167, Shosha, Himeji, Hyogo, 671-2280, Japan.

*** 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻 Department of Urban Management, Graduate School of Engineering, Kyoto University, Katsura C1-2, Kyoto 615-8540, Japan.

キーワード：地熱地域, 変質鉱物, X線回折分析

Key words: geothermal area, Altered mineral, X-ray diffraction(XRD)

1. はじめに

地下の温度情報は、活火山の活動履歴の理解や地熱資源開発における熱源の特定などに利用されている。特に、地熱変質によって生じる粘土鉱物などは、地下深くから上がってきた熱水と岩石の化学反応の際の温度を反映することが分かっている(Hedenquist et al., 2000)。従って地熱変質で生じる鉱物の組み合わせを調べれば、その地質体の経験温度の把握やそれらの形成過程の議論が可能となる。

本研究では、多数のカルデラが存在する北海道胆振地域に注目した(第1図)。一般に、地熱地域では様々なタイプの地熱系が発達していることが知られているが、日本の地熱開発有望地の多くは第四紀の火山、大・小カルデラ、あるいは火山性陥没地帯内にある(金原, 1999)。特にカルデラでは、その形成時の陥没に伴う断層系の発達が認められ、それは地熱流体の流動経路や貯留層となりうることで期待されているが、カルデラでの一般的な透水構造モデルや熱水循環モデルの確立には至っていない。そこで本研究ではケーススタディーとして、北海道胆振地方の小規模なカルデラでの地熱構造を研究対象とした。まず、調査地域で採取した試料のXRD分析を行い、得られた鉱物種(特に粘土鉱物)の組み合わせに基づいて、その地点の温度情報を得た。これらと既往の掘削調査との総合的解釈を行うことにより、熱水上昇域の存在について議論を行った。

2. 手法

2.1 試料

2023年11月に北海道南西部の地熱地域内(約5km四方)の12地点で分析試料の採取を行った。研究対象とした試料は肉眼観察の上、変質がみとめられた岩石や地層から採取した。風乾後、粉砕機により粉末試料を作製した。

2.2 X線回折分析

XRD装置を用いた鉱物組成分析は測定条件および測定装置を変えて2回行った(第2図)。ここでは、Rigaku製の全自動多目的X線回折装置SmartLab、および同SmartLab

SEを用いてXRD分析データを取得した。その際、二種類の異なる検出器をそれぞれ使用した(シンチレーションカウンタおよび1次元検出器DteX/Ultra)。その後、SmartLab Studio IIによりデータ解析を行った。測定条件は、入射X線CuK α 、管電圧40kV、管電流40mA、スキャン速度1.00°/min、ステップ間隔0.01°として2°から90°または5°から90°において測定を行った。

3. 結果と考察

XRDで同定された鉱物種について、石英をのぞくすべての鉱物が熱水変質により生じたものと仮定し、吉村(2001)に基づき、その生成温度を推定した(第3図)。調査地域の北西部の試料においては、高温で生成するとされているイライトを含有していることから300°C以上の高温を経験していると推定される地点が複数見つかった(第4図)。また、カオリナイトを含む試料についてはその生成温度から、100°C以上300°C未満の中温が最終的な経験温度だと推定される。調査地域の南東部の試料においては、主に100°C以下で生成することが分かっているクリストバライトとモンモリロナイトなどを含有することから比較的低温の経験をしたとみなされる。一方、イライトが含まれているサンプルも存在した。300°C程度の高温または中温を経験していることの要因として既往調査で推定されているカルデラの存在が挙げられる。本調査地域付近に点在する掘削孔(NEDO, 1983; NEDO, 1991)と比較したところ、地域の一部に熱水の上昇路となるような断層が存在する可能性が考えられた。高温を経験したと考えられる地点はいずれも推定カルデラのリム上に存在するためである。これらは、カルデラの発達に伴って生成した断層や断層帯に沿って地熱流体が上昇しているため、地下温度の上昇が起こったことが示唆される。

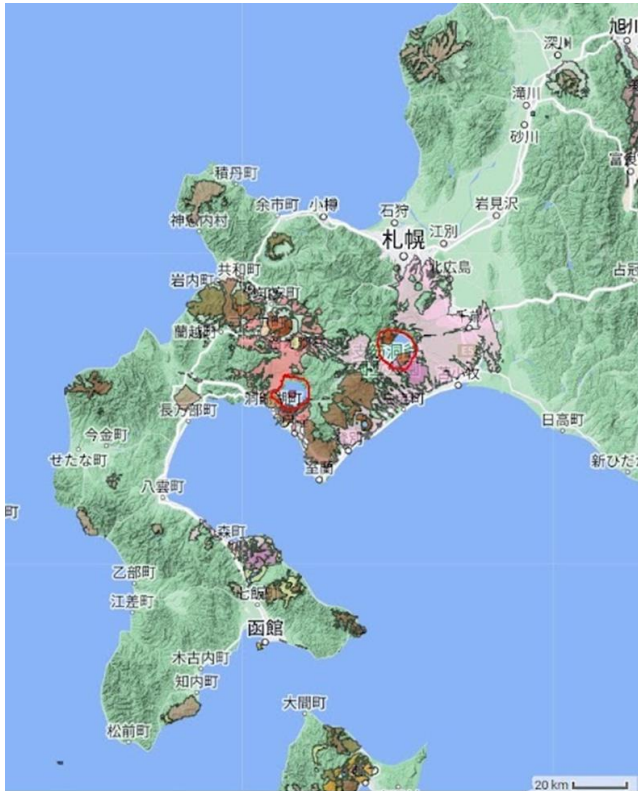
4. まとめ

北海道南西部に位置する胆振地方のカルデラ地域におけ

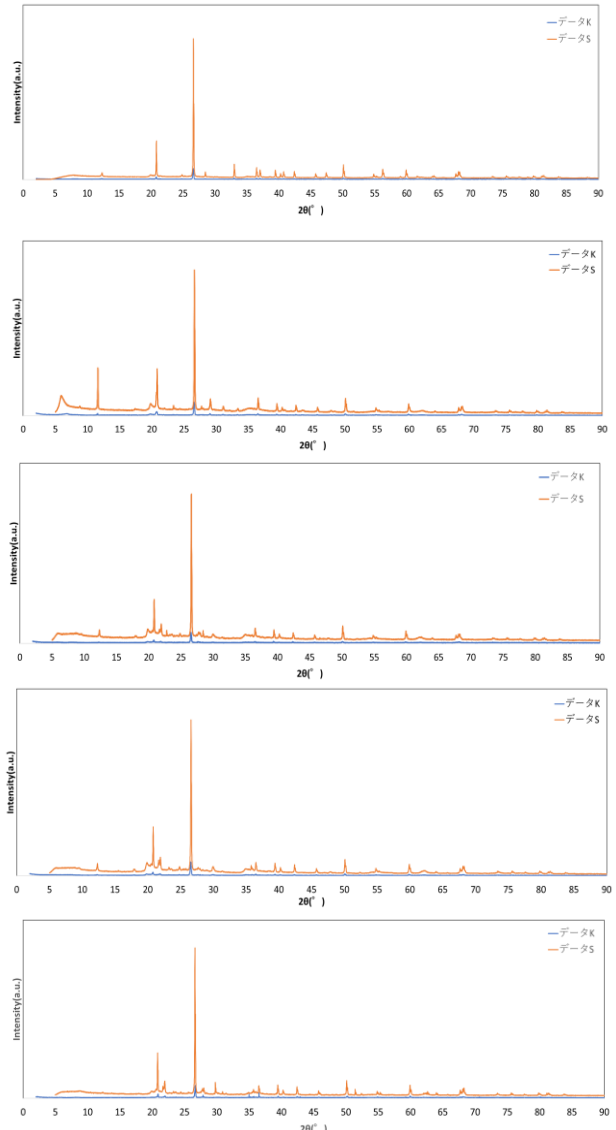
る変質鉱物の調査によって、検出された鉱物種の経験温度の差異から、約 300 °C を境に高温経験地点、低温経験地点が存在することが明らかとなった。また既往の調査との対比から高温経験地点はカルデラのリム上に存在することにより、断層または断裂帯に沿った熱水上昇の影響を受けたことが原因であると推定された。以上から地表での試料採取・分析は、地熱地域の過去の経験温度を明らかにし、電磁探査や地下掘削などの地質調査との統合解析を行うことによる構造推定に有効であると考えられる。より正確な構造推定を行い断層位置の妥当性を証明するには、堆積物の年代測定などのさらなる調査が必要である。また今回分析した試料の一部には堆積物が含まれているため、それらの供給源の議論なども必要である。

文 献

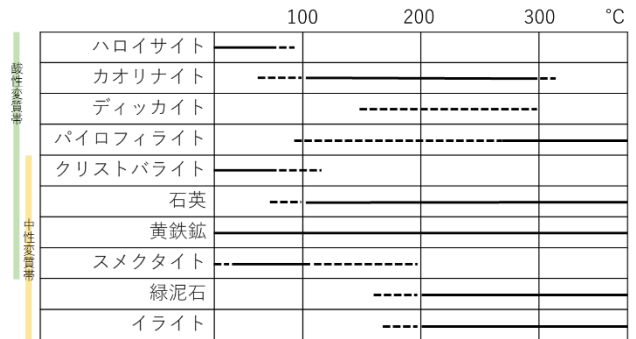
金原啓司(1999)日本の火山地帯における地熱資源調査:レビュー. 地球科学, vol. 53(5), pp.325-339.
 Hedenquist, J., Arribas, A., and Eliseo Gonzalez-Urien, E. (2000)Exploration for epithermal gold deposits. *Rev. Econ. Geol.*, vol.13, pp.245-277.
 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (1983)地熱開発促進調査報告書 No.4 胆振地域.
 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (1991)地熱開発促進調査報告書 No.22 登別地域.
 産業技術総合研究所地質調査総合センター(編). (2020)20 万分の1 日本火山図 (ver. 1.0d).
 吉村尚久(2001)粘土鉱物と変質作用. 地学団体研究会, pp.208-217



第1図 調査地域広域図(産業技術総合研究所地質調査総合センター, 2020).



第2図 XRD パターンの例。データ K はシンチレーションカウンター、データ S は 1 次元検出器 DteX/Ultra を検出器として用いた。



第3図 変質鉱物と生成温度範囲(吉村, 2001 を一部抜粋・加筆)。

	Quartz	Pyrite	Kaolinite	Cristobalite	Tridymite	Montmorillonite	Anorthite	Halloysite	Gypsum	Illite
101-1	◎	○	○			△				△
102-1	◎	△	○			△				
105-1	◎					△			○	△
110-1	◎			○	○	△				
110-2	◎			△	○	○				
110-3	◎			○		△				
112-1	◎						△	○		△

第4図 XRD による鉱物組成分析結果。