

水同位体分析による北海道知床硫黄山温泉水の涵養域推定と TEM 探査を使った帯水層推定による 溶融硫黄噴火メカニズムの解釈

山本 睦徳*・柏谷 公希**・多田 洋平**・後藤 忠徳***・小池 克明**

Recharge area specification for hot springs in Shiretokoiozan Volcano, Hokkaido, by water isotope analysis with application to process interpretation of melted sulfur eruption

Mutsunori Yamamoto*, Koki Kashiwaya**, Yohei Tada**, Tada-nori Goto*** and Katsuaki Koike**

*大阪市立自然史博物館 Osaka Museum of Natural History, E-mail: yamamoto@earthscience.jp

**京都大学大学院工学研究科 都市社会工学専攻地球資源学講座地殻環境工学分野

Laboratory of Environmental Geosphere Engineering,

Department of Urban Management Graduate School of Engineering, Kyoto University

***兵庫県立大学 大学院理学研究科 地球科学講座

Earth-Science Laboratory, Graduate School of Science, University of Hyogo

キーワード：知床硫黄山，水同位体分析，カムイワッカ温泉，TEM 探査，溶融硫黄噴火

Key words : Shiretokoiozan Volcano, Water Isotope ratio, Kamuiwakka Hot Spring,
TEM Exploration, Molten Sulfur Eruption

1. はじめに

知床硫黄山は、北海道知床半島の中央部に位置する活火山で、大量の溶融硫黄を噴出することで知られている。同山の北西中腹標高 600 m に位置する 1 号火口（新噴火口）においては、江戸時代末期から 4 回の溶融硫黄噴火が記録されてきた。特に 1936 年の最後の噴火では、1936 年から 1943 年までの 8 年間に粗鉱量 116,523 トン、硫黄含有量に換算して 96,208 トンもの生産実績をあげたとされる（工業技術院地質調査所，1967）。これまでの研究で火口周辺の自然電位探査を行い（第 1 図）、火山活動が活発な地域を特定した（Yamamoto et al., 2017）。また電気探査・現地踏査の結果、および渡邊・下斗米（1937）の記述との照合に

より、硫黄生成に地下水が関わっていることを明らかにした。しかしながら、地下水の経路についてはこれまで十分に明らかになっておらず、1 号火口やカムイワッカ川で温泉の湧出が確認されているのみである。そこで、本研究では採取した水試料の地化学分析により、溶融硫黄噴火のメカニズムに関わる地下水の分布と流動形態を明らかにする。

2. 水試料採取と TEM 探査の手法

火口周辺における地下水の起源や帯水層の分布を明らかにし、硫黄生成に関する仮説との整合性を検討するためこれらの調査を行った。

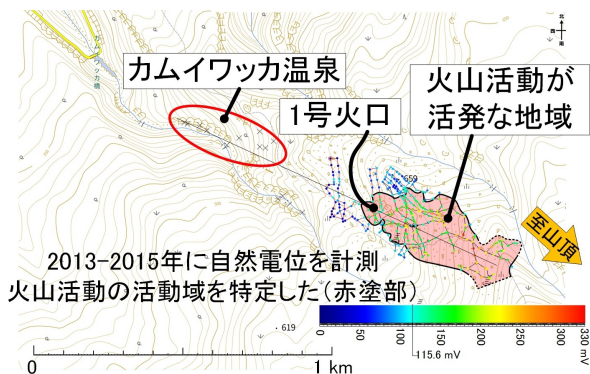
2.1 水試料のサンプリングと分析

カムイワッカ温泉水、通常の河川水、その他の温泉水の 3 種類の水試料を採取した。カムイワッカ温泉は、1 号火口地下帯水層に安山岩水（マグマ性揮発性成分）の混入と涵養地域を特定するために採取した。通常の河川水は、この地域の水同位体比の標高効果を明らかにするために採取した。その他の温泉水は、カムイワッカ温泉水と比較するために採取した。

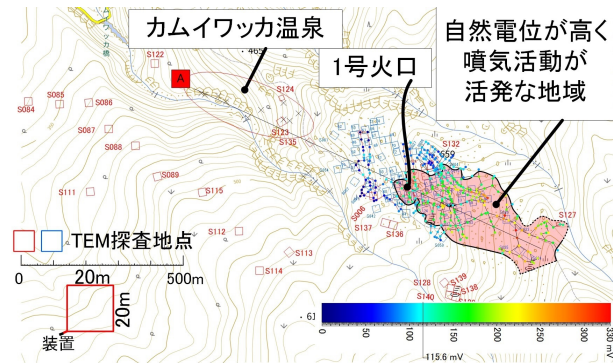
採取した水は、キャビティリングダウン分光法（水同位体分析）により水素・酸素同位体比を、イオンクロマトグラフィーにより、 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 F^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} などの主要イオン濃度を明らかにした。

2.2 TEM 装置による帯水層の探査

火口周辺で帯水層の位置を把握するために、TEM 探査（Transient Electro Magnetic Survey）によって地下の比抵抗を求めた。そのために、20m×20m の正方形コイルを敷



第 1 図 1 号火口とカムイワッカ温泉の位置と自然電位



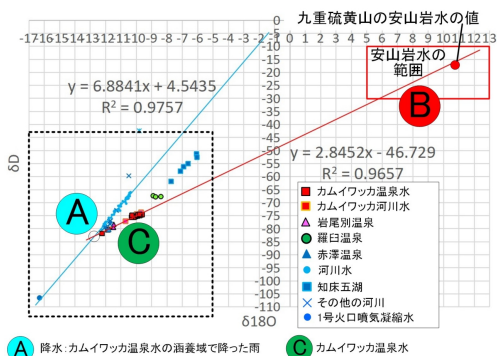
第2図 TEM 探査 (Transient Electro Magnetic Survey) 実施地点

設し、1号火口とその周辺を4Aの電流で、TEM-FAST 48を用いて探査した。

3. 結果と考察

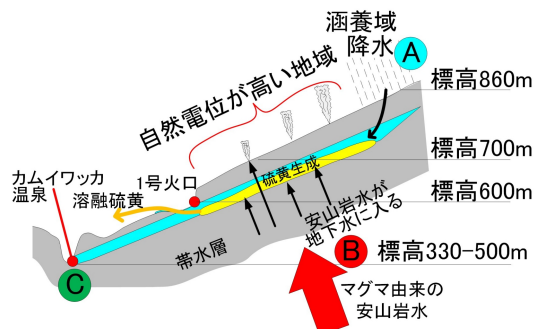
3.1 水同位体分析の結果と考察

酸素・水素同位体比をデルタダイアグラムにプロットした(第3図)。カムイワッカ温泉水の同位体比Cの近似線(赤直線)は、安山岩水の範囲Bに達し、また天水線とAで交差する。つまり、CはAとBの混合である。この結果から1号火口の東方にある自然電位が高い地域の帯水層で安山岩水Bが天水起源の地下水Aと混じってCが作られたと考えられる。

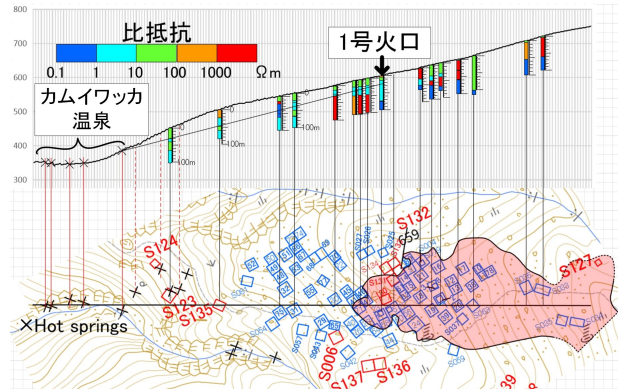


第3図 知床硫黄山の周辺の河川水と温泉水の水同位体比

また、 δD 値、 $\delta^{18}O$ 値と標高との関係から、水同位体比標高効果によりカムイワッカ温泉水の涵養域の標高を算出したところ、平均標高860mであることが判明した。自然電位探査により標高700m前後で安山岩水が地下水に入っていることが判明しているため、それより高い標高に涵養域があることが確かめられた(第4図)。



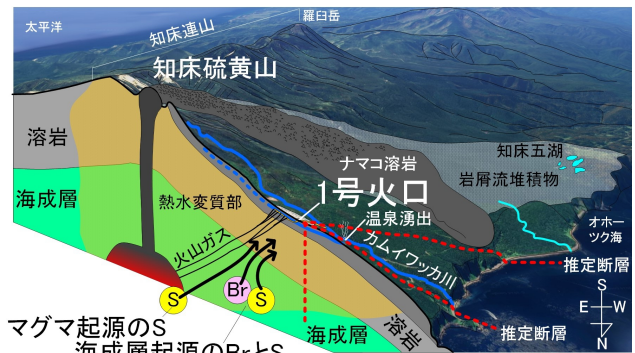
第4図 1号火口周辺の断面模式図



第5図 TEM 探査結果による地下構造の推定

3.2 TEM 探査の結果と考察

TEM 探査により、1号火口周辺の比抵抗分布を推定した(第5図)。温泉水の比抵抗は $1\Omega m$ 前後と低く、柱状図では青と水色で示している。図から深度数十mに温泉の帯水層が存在し、カムイワッカ川右岸に繋がっていると考えられる。



第6図 知床硫黄山の断面

4. まとめ

本研究でTEM 探査により帯水層が火口周辺に存在し、カムイワッカ川に続いている地下水の分布を明らかにした。また水同位体分析により、自然電位が高い地域の帯水層で安山岩水が混入していることとそれより高い標高で地下水が涵養されている流動形態が判明し、硫黄が生成するための地下の構造が存在することが確かめられた。

カムイワッカ温泉水は、海水より高いBr/Cl比を示すことが判明し、山体の下にある海成層に含まれる生物起源の物質がマグマ揮発性成分と共に上がってきている可能性がある。生物の体には硫黄が含まれているとされ、知床硫黄山の硫黄は、マグマ起源の硫黄に加えて海成層起源の硫黄も含まれている可能性がある。今後は硫黄同位体比、ボーリングの調査も踏まえて知床硫黄山を俯瞰的にとらえたい。

文 献

- 工業技術院地質調査所(1967)北海道金属非金属鉱床総覧。
渡辺武男・下斗米俊夫(1937)北海道地質調査会報告9 北見国知床硫黄山昭和11年の活動:1-91。
Yamamoto, M., Goto, T-N., Kiji, M., (2017) Possible mechanism of molten sulfur eruption around of a crater on a flank of Mt. Shiretokoiozan, Hokkaido, Japan. J. Volcanol. Geoth. Res., vol. 346, pp. 212-222.