

白山火山帯から湧出する温鉱泉水の起源と成因

富田純平¹、坂口 綾¹、佐竹 洋²、中村俊夫³、山本政儀¹

¹〒923-1224 石川県能美市 金沢大学自然計測応用研究センター・低レベル放射能実験施設、²〒930-8555 富山県富山市 富山大学理学部生物圏環境科学科、³〒464-8602 愛知県名古屋市 名古屋大学年代測定総合研究センター

J.Tomita¹, A.Sakaguchi¹, H.Satake², T.Nakamura³ and M.Yamamoto¹: The origins and the formation mechanisms of hot and mineral spring waters discharged from the Hakusan Volcanic area

1. はじめに

白山は石川県と岐阜県の県境に位置する第四紀、安山岩質の成層火山である。火山層序学および歴史資料研究の観点から白山の火山活動には活動期 100–150 年、休止期 300 年からなる 450 年周期があり、1659 年の最終噴火から既に 340 年以上経過している。地震学の研究結果からも白山の地下 2 km 以深にマグマの存在が確認されている。白山において、微小地震は観測されているものの、マグマ活動に関連した火山性微動や浅部での低周波地震は現在まで観測されていない。しかしながら、将来懸念される火山活動も含めて、白山の「地下」に関する基礎研究が重要となっている。

温鉱泉水は地下において熱・物質を供給され物理的・化学的変化を受け地表に現れる地下水であるため、火山ガスと比べ間接的ではあるが地下の情報を知ることが可能であると考えられる。白山周辺地域には多数の温鉱泉が点在しているが、それら温鉱泉について幾つかの研究報告例はあるものの起源・成因まで踏み込んだ考察は皆無に等しい。本研究では、新たに同位体水文学的手法を導入し、白山周辺地域に点在する温鉱泉、特に白山火山帯地域（便宜的に白山頂上から 20 km 圏内の地域を示す）に湧出する Na-Cl・HCO₃ 型の温鉱泉について水・溶存成分の起源およびその成因について考察した。

2. 実験方法

試料採取地点を Fig. 1 に示す。温泉水試料は白山火山帯地域を中心に、その周辺地域を含めた計 57 地点において行った。また、比較のため 10 地点で河川水採取も行った。泉温・pH・酸化還元電位・電気伝導度測定は現地において行った。主要溶存成分はイオンクロマトグラフにより測定した。炭酸成分は alkalinity 測定により定量した。水素同位体比 (δD) は白金触媒を用いた水素ガス平衡法、炭素同位体比 ($\delta^{13}C$) および ^{14}C 濃度は Nakamura et al. (1998)、酸素同位体比 ($\delta^{18}O$) は CO₂ ガス平衡法、硫黄同位体比 ($\delta^{34}S$) は Yanagisawa and Sakai (1983) にそれぞれに従い、 $\delta D \cdot \delta^{13}C \cdot \delta^{18}O \cdot \delta^{34}S$ は同位体比用質

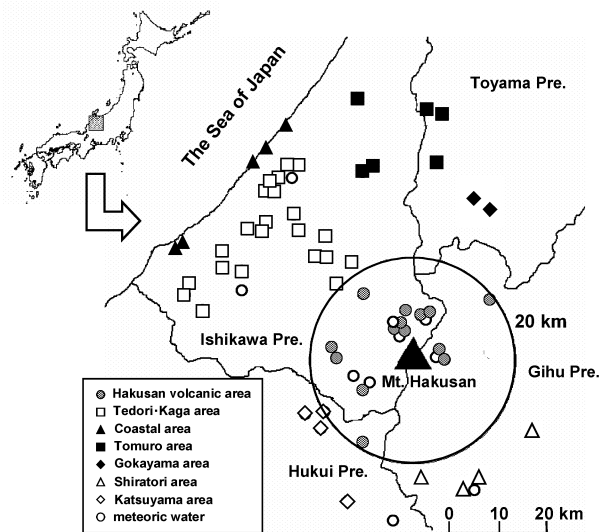


Fig.1. Map of the Hakusan volcano area and locations of spring waters studied.

量分析計で、 ^{14}C 濃度はタンデム型加速器質量分析計でそれぞれ測定した。

3. 結果・考察

採取した温鉱泉水は全てほぼ中性であった。温鉱泉水は種々の化学組成を示したが、白山火山帯地域は $\text{Na-Cl}\cdot\text{HCO}_3$ 型（一部は Na-HCO_3 型）、手取・加賀地域および五箇山地域は $\text{Na}\cdot\text{Ca-SO}_4$ 型、海岸地域は Na-Cl 型、戸室地域は $\text{Na-Cl}\cdot\text{SO}_4$ 型、白鳥地域は Na-HCO_3 型、勝山地域は $\text{Na-HCO}_3\cdot\text{Cl}$ 型と大局的に地域の特徴が見られた。白山火山帯地域の $\text{Na-Cl}\cdot\text{HCO}_3$ 型の温鉱泉の成因について詳細に議論する。Fig. 2. に $\delta\text{D-Cl}$ および $\delta^{18}\text{O-Cl}$ の関係を示す。 $\delta^{18}\text{O-Cl}$ 間では天水を一方の端として正の相関を示すが、 δD は Cl 濃度に無関係で天水とほぼ同じ値の範囲をとる。これらの温鉱泉水の一部が $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$ の関係において $\delta^{18}\text{O}$ のみが世界の天水線から正の方向にシフトしていることを考慮すると、白山火山帯地域の温鉱泉は熱水-岩石反応により $\delta^{18}\text{O}$ のみ高い側にシフトした天水起源の Na-Cl 型熱水と天水起源の浅層地下水との混合によって形成されていることを示唆している。Fig. 3. に $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}-\text{DIC}$ および $^{14}\text{C}-\text{DIC}$ の関係を示す。 $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}-\text{DIC}$ の関係において、白山火山帯地域の $\text{Na-Cl}\cdot\text{HCO}_3$ 型の温鉱泉は、理論的な混合線に沿って分布する。これは白山火山地域の $\text{Na-Cl}\cdot\text{HCO}_3$ 型の温鉱泉が土壌 CO_2 ガスを溶かした地下水と火山ガス起源 CO_2 を溶かした地下水の混合により形成されていることを示唆する。 $^{14}\text{C}-\text{DIC}$ の関係からも同様の傾向が見られ、火山ガス起源 CO_2 を含んでいることが明らかである。理論的な混合線よりもやや上方にプロットされるのは湧出時の脱ガスにより同位体比の重い CO_2 が液相へ濃集した結果である。 $^{14}\text{C}-\text{DIC}$ の関係からも同様の傾向が見られ、火山ガス起源 CO_2 を含んでいることが明らかである。白山周辺地域は典型的な Green-tuff 地域であるため海成炭酸塩の溶解も当然考えられが、火山ガス起源 CO_2 の寄与に比べるとわずかであろう。したがって、白山火山帯地域の温鉱泉水は火山地域や地熱地域に見られる Na-Cl 型熱水に火山ガス

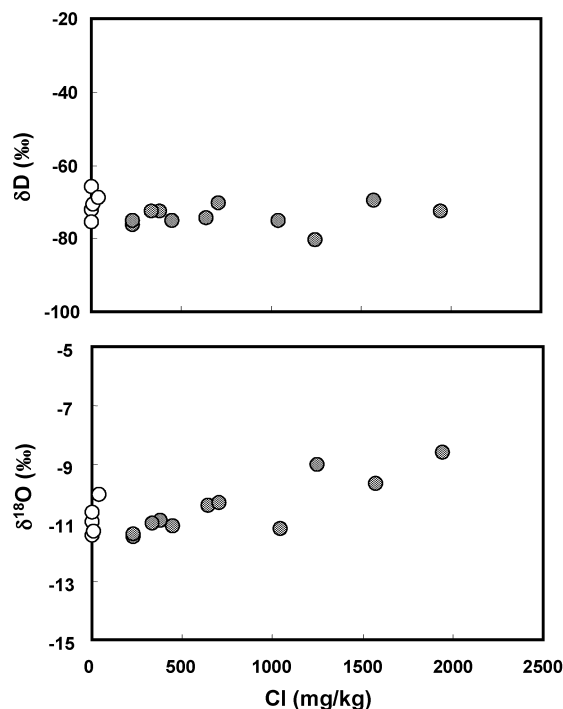


Fig. 2. Plots of δD vs. Cl and $\delta^{18}\text{O}$ vs. Cl concentration for $\text{Na-Cl}\cdot\text{HCO}_3$ type spring waters in the Hakusan volcanic area.

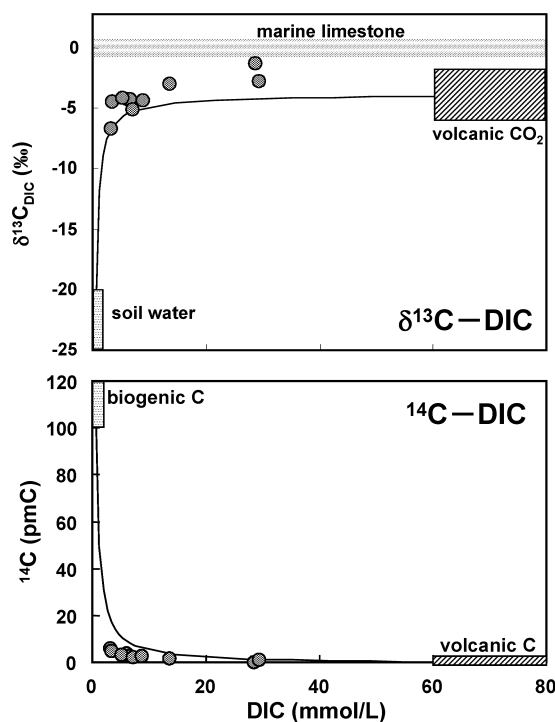


Fig. 3. Plots of $\delta^{13}\text{C}$ vs. DIC and ^{14}C vs. DIC concentration for $\text{Na-Cl}\cdot\text{HCO}_3$ type spring waters in the Hakusan volcanic area.

起源 CO_2 由来の炭酸成分が加わった $\text{Na-Cl}\cdot\text{HCO}_3$ 型であることが明らかとなった。この考察の妥当性をさらに検証するために、今後温泉附随ガスの He 同位体測定を予定している。