

有馬型深部上昇熱水についての同位体地球化学的考察

Study of isotopic geochemical analysis for Arima-type deep crustal fluid

高橋 浩[1], 森川 徳敏[2], 稲村 明彦[3], 高橋 正明[4], 風早 康平[5], 安原 正也[3], Beatrice E. Ritchie[6], 大和田 道子[7], 中村 俊夫[8], 佐藤 努[3]

Hiroshi Takahashi[1], Noritoshi Morikawa[2], Akihiko Inamura[3], Masaaki Takahashi[4], Kohei Kazahaya[5], Masaya Yasuhara[6], Beatrice E. Ritchie[7], Michiko Ohwada[8], Toshio Nakamura[9], Tsutomu Sato[4]

[1] 産総研・深部地質センター, [2] 産総研・深部地質, [3] 産総研, [4] 産総研・深部センター, [5] 産総研地調, [6] 米国地調・カスケード, [7] 東工大・火山流体研究センター, [8] 名古屋大・年測セ

[1] Res. Center for Deep Geol. Environ., GSJ, AIST, [2] Deep Geol. Environ., AIST, [3] Geol. Surv. J., [4] GSJ, AIST, [5] Geol. Surv. Japan, AIST, [6] Geol. Surv. J., [7] USGS CVO, [8] Volcanic Fluid Research Center, Tokyo Inst. Tech., [9] CCR, Nagoya Univ.

はじめに

有馬型温泉は Na-Cl・HCO₃ 型の高塩濃度泉であり、六甲断層に沿う有馬・宝塚、中央構造線に沿う石仏（天見）、長野県伊那山地鹿塩で発見されている。この中で有馬地域は非常に高温であるが、石仏などでは低温の湧水として認められている。これらの温泉や湧水と中央構造線沿いの地下水試料の HCO₃ 濃度と Cl 濃度には正の相関が見られることから、かなり広範囲にわたって有馬型の高塩濃度深部熱水と地下水等との混合が起きていると考えられる。本研究では、有馬温泉と石仏地域から採取した水やガス試料について、同位体を用いた解析から熱水とそこに溶存する気相成分の起源についての検討と中央構造線沿いや紀伊半島における地下水や温泉への有馬型熱水の混入についての考察を報告する。

有馬型熱水を同位体的に見れば、水素-酸素同位体の関係が天水線から大きく外れる ($dD=-35\%$, $d18O=6\%$)。希ガス同位体については $3He/4He$ が 1.1×10^{-5} であり、ヘリウムはマントル由来であることを示している。炭素同位体は $d13C$ がおよそ $-6 \sim -3\%$ であり、これも上部マントルの炭素の $d13C$ とほぼ一致した値である。このような炭素には放射性炭素 (^{14}C) が含まれていないため、 $d14C$ は -1000% と予想される。

調査

大阪府河内長野市に湧出する石仏とその周辺と有馬温泉において、温泉・湧水・地下水・河川水の調査を行った。現地にて導電率、pH、水温を測定し、水試料を採取した。有馬温泉の泉源と石仏地域の井戸、自然湧出している河床（石仏周辺）では、ガス試料も採取した。有馬温泉では、虫地獄や鳥地獄と呼ばれる高濃度の CO₂ が土壌ガスとして検出される場所があり、そのような地点では、土壌ガスを採取した。また、紀伊半島の西側を中心として広範囲にわたり水試料を採取した（温泉泉源ではガス試料も含む）。本研究の調査により採取した試料はおよそ 160 カ所におよび、それらの主成分化学組成、水の水素-酸素同位体組成の分析を行い、一部については、炭素同位体やヘリウム同位体の測定を行った。

結果・考察

石仏地域周辺と中央構造線沿いに分布するいくつかの温泉水や地下水などの水素-酸素同位体組成は、天水に有馬型熱水が混入していることを示す結果となった。その混入率はまちまちであるが、水素-酸素同位体の関係だけではなく Cl 濃度との関係を見ても、混合の端成分は有馬型熱水の特徴を示す。このように近畿地方の多くの温泉水に対して有馬型熱水の寄与が認められる。さらに、ガス成分の炭素やヘリウム同位体の測定からも、深部熱水の影響があることがうかがえる。特に、有馬温泉の温泉ガスや石仏の遊離ガスには放射性炭素がほとんど含まれておらず、地上の炭素循環系とは隔離された炭素プールからの二酸化炭素が、ふんだんに供給され、その寄与は 100% に近いものもあることがわかった。温泉ガスのヘリウム同位体の測定結果からも、深部熱水の寄与が数 10%以上に及ぶことが導き出された。

それぞれの同位体から導き出される深部熱水の寄与については、水や二酸化炭素、ヘリウムといった様々の成分ごとに求められている。地上付近での循環量の違いや二酸化炭素やヘリウムといったガス成分では深部熱水に含まれる濃度の違いに大きく影響される。しかし、それぞれの同位体トレーサーから得られる結果が、共通して深部熱水の上昇を示している。また、温泉水と温泉ガス（遊離ガス）の両方に、深部熱水の寄与が現れているということは、その上昇の過程の一部（あるいは大部分）で同一の挙動をしていたと考えられるし、二酸化炭素とヘリウムといったガス成分は、一緒に動いているものと考えられる。今後、熱水中におけるガス成分の濃度が明らかになるに従い、熱水自体の上昇量などについても明らかになっていくと期待される。