

有馬及び紀伊半島に湧出する温泉の水質形成機構に関する同位体地球化学的研究

Studies on isotope geochemistry related to chemical evolution of the hot springs in Arima region and Kii Peninsula, SW Japan

森川 徳敏[1]; 風早 康平[2]; 高橋 浩[3]; 稲村 明彦[4]; 大和田 道子[3]; 安原 正也[5]; 高橋 正明[6]; Ritchie Beatrice E. [7]; 長尾 敬介[8]; 角野 浩史[8]

Noritoshi Morikawa[1]; Kohei Kazahaya[2]; Hiroshi Takahashi[3]; Akihiko Inamura[4]; Michiko Ohwada[3]; Masaya Yasuhara[5]; Masaaki Takahashi[6]; Beatrice E. Ritchie[7]; Keisuke Nagao[8]; Hirochika Sumino[8]

[1] 産総研・深部地質; [2] 産総研地調; [3] 産総研・深部地質センター; [4] 産総研; [5] 産総研; [6] 産総研・深部センター; [7] 米国地調・カスケード; [8] 東大・院理・地殻化学

[1] Deep Geol. Environ., AIST; [2] Geol. Surv. Japan, AIST; [3] Res. Center for Deep Geol. Environ., GSJ, AIST; [4] Geol. Surv. J.; [5] Geol. Surv. J.; [6] GSJ, AIST; [7] USGS CVO; [8] Lab. Earthquake Chem., Univ. Tokyo

はじめに

神戸市有馬地域より紀伊半島にかけての地域は、西南日本の前弧域に属し、第四紀以降の火山活動がないにもかかわらず、高温高塩濃度の温泉が多数湧出している。この地域に湧出する温泉の化学的特徴を列挙すると以下のようになる。(1)有馬温泉及び有馬高槻構造線沿いに湧出する温泉及び、大阪府河内長野市石仏地域では、水素 - 酸素同位体が天水線からマグマ水の方向に向かってシフトしている。水素 - 酸素同位体のシフトの程度と溶存塩化物イオン濃度とは明瞭な正の相関が見られる。(2)温泉水・温泉ガスのヘリウム同位体比は大気と比べて高いものが多い。溶存炭酸は、同位体的に重い炭素を多く含む。

この地域の温泉の起源として、スラブ脱水起源の流体が上昇し、表層付近の天水起源の地下水と混ざったことが指摘されている。固体地球における水循環の研究より、前弧域においてかなりの水が脱水していることが示唆される。近畿地方に湧出する温泉が、このスラブ起源流体を含んでいるとすれば、その上昇量・上昇地域等を明らかにすることは重要であろう。本講演ではその一環として、この地域に湧出する温泉の泉質（ここではナトリウム塩化物泉とナトリウム炭酸水素塩泉）と溶存ガス濃度・同位体組成の関連性から、それぞれの泉質を持つ温泉の起源・泉質間での関連性について議論する。

結果

有馬 - 紀伊半島に湧出する温泉の同位体化学的特徴は以下のようになった。

(1) ナトリウム塩化物泉は水素 - 酸素同位体組成は天水とマグマ水に似た組成の混合線上に分布する。ヘリウム同位体比は上部マントル起源成分の混入が顕著である。

(2) ナトリウム炭酸水素塩泉は、水素 - 酸素同位体組成から天水起源であることが示される。しかし、ヘリウム同位体比は、ナトリウム塩化物泉のそれと同様の傾向を示す。

(3) ナトリウム塩化物泉は ^{20}Ne 濃度が大気と平衡にある水よりも低く、ナトリウム炭酸水素塩泉は高いものが多い。

(4) ^{20}Ne 濃度とヘリウム同位体比との相関はない。

考察

ナトリウム塩化物泉は、天水と深層起源の塩水が混ざったものであるのに対し、ナトリウム炭酸水素塩泉は、水の化学組成のみでは表層を循環する天水として解釈される。しかし、ナトリウム塩化物泉・ナトリウム炭酸水素塩泉ともヘリウム同位体比は明らかに上部マントルに由来する値を示し、深部より上昇した成分を付加していることがわかる。一方、ヘリウムとは異なり、地下で生成される ^{20}Ne 量はほとんどわずかであるので、地下水中の ^{20}Ne 濃度は涵養時の情報を保持しているはずである。ところが、そのナトリウム塩化物泉で ^{20}Ne 濃度が溶解度平衡値に比べてはるかに低い。このことは、地下において水とガスの分離が起こり、高温の状態の水が沸騰しガスが抜けたことが考えられる。逆にナトリウム炭酸水素塩泉では、何らかの ^{20}Ne -rich な成分が混入する必要がある。ヘリウム同位体比の高さから考えて、この成分は、ナトリウム塩化物泉に付加された流体中のガス成分或いは、そこから分離したガス成分であることが考え得る。

以上のことから、有馬 - 紀伊半島に湧出する温泉のナトリウム塩化物泉とナトリウム炭酸水素塩泉の化学組成は、天水起源の地下水に、上部マントルに由来する流体相の付加といった共通のプロセスを反映している可能性が考えられる。このことは、ナトリウム塩化物泉に限定されず、他の泉質の温泉においても深層起源の流体の付加が見られることを意味し、スラブ脱水起源と考えられる流体の上昇量・上昇地域を明らかにする上で重要な知見となりうる。