

大分平野の温泉に含まれる深部由来塩水の起源に関する研究

Origin of deep thermal water from hot spring wells in Oita plain, eastern Kyushu, Japan

網田 和宏 [1]; 大沢 信二 [1]; 山田 誠 [2]; 風早 康平 [3]; 森川 徳敏 [4]; 大和田 道子 [5]

Kazuhiro Amita[1]; Shinji Ohsawa[1]; Makoto Yamada[2]; Kohei Kazahaya[3]; Noritoshi Morikawa[4]; Michiko Ohwada[5]

[1] 京大・理; [2] 岡山理大; [3] 産総研地調; [4] 産総研・深部地質; [5] 産総研・深部地質

[1] BGRL; [2] none; [3] Geol. Surv. Japan, AIST; [4] Res. Center for Deep Geol. Environ., GSJ, AIST; [5] Res. Center for Deep Geol. Environ., GSJ, AIST

Na - Cl 型水質は日本各地に湧出する火山性温泉の起源熱水に共通する水質として広く知られているが、火山前線より海溝側（前弧側）の非火山地域にも Na - Cl 型の高塩分泉は存在している。これら非火山地域に湧出する高塩分泉の多くは、その化学・同位体組成がもつ特徴から地質時代の海侵期に地層中に取り込まれた化石海水や、現在の海水を起源とする水であると考えられている。ところが中には、水の水素・酸素安定同位体比（ D , $18O$ ）が天水性地下水の値より大きくプラス側にずれていたり、あるいは水素安定同位体比と塩化物イオン濃度の関係から推定される端成分の D 値が海水と大きく異なっていたりするような温泉水が見られることもある（松葉谷, 1991; 酒井・松久, 1996）。「有馬型温泉」として分類されるこれらの水の起源水は、塩化物イオン濃度が海水の約 2 倍（約 50 g/l）、 D 値が - 30 ‰、 $18O$ 値が + 8.0 ‰ 程度の値を持つ流体であると推定されており、火山性温泉や化石海水型温泉と同様の機構によって形成された水であるとは考え難い。また、一部の付随ガスについて He 同位体比（ $3He/4He$ ）を測定した結果からは、マントル物質の関与を示唆するような高い値が示されていた（たとえば Wakita et al., 1987）。

最近、西村（2000）は紀伊半島や四国北部に分布する温泉の成因を、沈み込むプレートの脱水過程に関連づけて説明するモデルを提案した。このモデルでは沈み込むスラブが 60~50km 深で脱水することによって発生した熱水流体がマントルの部分融解を伴わずに前弧側に上昇してくる。我々はこのような成因を持つ熱水流体こそが深部起源塩水の正体なのではないかと考え、西南日本の前弧側に位置する非火山地域の一つである大分平野において調査研究を行った。

大分平野には 1960 年代以降に比較的深い（600~800m）掘削によって開発された Na - Cl, HCO₃ 型の高塩濃度泉が多数存在している。これらの熱水は典型的な深層熱水の特徴を有しているため（北岡・川野, 1991）、化石海水起源の熱水であるとされてきた。泉温 30 ~ 55 °C の水は、数 g/l にも達する多量の炭酸成分を含んでおり、その中のいくつかは炭酸ガス（CO₂）を主成分とするガスを伴い自噴している（野田・北岡, 1981）。大分平野では古くから塚野鉱泉や妙見泉など、炭酸成分に富んだ自然湧出の冷鉱泉の存在が知られており、炭酸成分はこの地域に産する温泉・鉱泉水に共通する特徴的な化学成分である。また、本地域では過去に行われた調査により（NEDO, 1989） $3He/4He$ 比が比較的高い値（ 8.7×10^{-6} , 8.0×10^{-6} ）を示す付随ガスを伴った温泉の存在も報告されている。

大沢（2001）は大分平野の深層熱水に含まれる溶存全炭酸の炭素安定同位体組成と濃度および水質のデータを用いた研究から、深層熱水の炭酸成分は火山性の CO₂ が堆積性有機物起源の CO₂ と様々な割合で混ざったものであり、さらに高塩分型の深層熱水については炭酸成分の大半が火山性（または深部由来）CO₂ であることを明らかにした。この結果を受けて本研究でも、特に高塩分の Na - Cl, HCO₃ 型熱水に焦点を絞って調査を行うこととした。試料の採取は 2003 年 11 月に大分平野に分布する高塩分泉と冷鉱泉、合計 11ヶ所で行った。同時に水素・酸素同位体比の参照試料として採水点近傍の河川水も採水した。電気伝導度、pH、泉温は現地で測定し、主要化学組成、溶存全炭酸濃度、水の水素・酸素同位体比と溶存炭酸の炭素安定同位体比の測定を行った。

熱水・鉱泉水試料の水素・酸素同位体比（ D , $18O$ ）の多くは天水線（MWL）付近にプロットされ、水の起源が主に地域の天水にあることを示していたが、特に高塩濃度であった 2 つの深層熱水は同位体比が天水線から大きく外れ、地域天水と比較して有意に高い値を示した。さらにこの 2 試料の炭素安定同位体比の値は上部マントルの CO₂ と同程度の値を示した。そこで、2005 年 2 月に塩化物イオン濃度と水素・酸素同位体比が最も高い値を示した深層熱水の付随ガスを採取し、その $3He/4He$ 比を測定した。その結果、ガスの $3He/4He$ 比は 6.4×10^{-6} と高い値であることが示された。これらの結果は、大分平野の深層熱水の形成に、地球内部に起源を持つ熱水流体が深く関わっていることを示唆している。本公演では、さらに Li, B などを用いて行った解析の結果を示し、深部由来塩水の起源に関する考察を行う。