

関東山地北縁地域における高塩濃度地下水の起源

Origin of saline groundwater around the north margin of Kanto Mountains

鈴木 秀和^{1*}, 安原 正也¹, 稲村 明彦¹, 高橋 正明¹, 高橋 浩¹, 大和田 道子¹, 森川 徳敏¹, 風早 康平¹

Hidekazu Suzuki^{1*}, Masaya Yasuhara¹, Akihiko Inamura¹, Masaaki Takahashi¹, Hiroshi Takahashi¹, Michiko Ohwada¹, Noritoshi Morikawa¹, Kohei Kazahaya¹

¹産総研・地質調査総合センター

¹Geological survey of Japan, AIST

群馬県南西部から埼玉県北西部の関東山地北縁地域には、礫部温泉や八塩鉱泉など比較的浅層や自然湧出の高塩濃度地下水の存在が以前より知られており、主要溶存成分や酸素・水素同位体比から、天水と第三紀層中の化石海水が混合したものであると考えられてきた(松葉谷ほか, 1985)。対象地域では、近年温泉開発を目的に深度数100~2000mにおよぶ掘削が行なわれており、これらの大深度掘削井から得られる深層地下水の多くも、Na-Cl型で塩分濃度が高いという特徴を有している。本研究では、新たに開発された深層地下水を含め、対象地域に分布する高塩濃度地下水(塩水)の起源について、主に水素・酸素同位体比およびリチウムイオン(Li⁺)濃度を指標に用いて検討を試みた。

本研究では、2009年6月に行った現地調査結果に加え、産業技術総合研究所所蔵の未公表データを使用し、塩化物イオン濃度が1000mg/L以上の温・鉱泉水を対象に解析を行なった。デルタダイアグラム上において、シフトの傾向が多岐にわたっていることから、本地域の塩水は天水と典型的な化石海水との混合によって形成されているものではないことがわかる。その分布傾向からみると、同位体比が高く塩化物イオン濃度も高い4つのエンドメンバーとなる高濃度塩水(A・B・C・D)と天水が混合することによって形成されたものと考えられる。どのタイプの塩水も δD 値は-20‰程度である一方、 $\delta^{18}O$ 値が大きな変動幅を持つことにより区分が可能となっている。

高濃度塩水A(東松山温泉)は、天水線($\delta D=8 \cdot \delta^{18}O+10$)上にプロットされており、 $\delta^{18}O$ 値が-3.9‰と他の高濃度塩水に比べ低い値を示す。平野部に存在する1000m級の深層地下水は、デルタダイアグラム上において塩水Aに向かい天水線に沿うようにプロットされている。このような傾向は、Li⁺濃度が低く、古海水を起源とする南関東や新潟の水溶性ガス田の付随水にもみられる特徴であることから(中井ほか1973)、塩水Aは関東平野を構成する海成堆積物中にトラップされた化石海水を起源とするものと考えられる。

高濃度塩水B(妙義温泉長寿の湯および神川温泉)は、塩水Aに比べ高い $\delta^{18}O$ 値(-1.0~0.0‰)を示す一方で、塩化物イオン濃度が約6000ppmと低く、他の高濃度塩水の濃度の半分程度となっている。また、塩水Bは同位体比とCl濃度の関係を示した図において、海水-天水混合線から大きく外れてプロットされる。このような特徴(塩化物イオン濃度が低いにもかかわらず、同位体比が高い方へ大きくシフトする)は、新潟県や宮崎県に分布する第三紀層中における1000m級の深層地下水でも確認されており、海成堆積物の埋没続成過程においてスメクタイト層間から放出される水であることが指摘されている(伊藤ほか, 2004; 大沢ほか, 2006)。

高濃度塩水C（八塩・神流川・山名川・鮎川・神泉・西下仁田温泉）は、 $\delta^{18}\text{O}$ 値が $+5.1\sim+6.4\%$ と本地域の塩水の中では最も高い値を示す。このように海水に比べ ^{18}O -enriched、D-depletedの塩水とし知られているのは、火山性熱水と前弧非火山地域に湧出するいわゆる「有馬型塩水（ $\delta\text{D}:-35\sim-20\%$, $\delta^{18}\text{O}:+5.0\sim+8.\%$ ）」である。塩水Cもその範囲内に収まることや、 Li^+ とホウ素濃度が高く、同じような深部塩水が中央構造線沿いに多数確認されていることから、中央構造線およびそれから派生した出牛-黒谷断層沿いに湧出する塩水Cは、沈み込むスラブから含水鉱物の脱水反応により放出された「スラブ起源深部流体」を含んでいる可能性が高い。

高濃度塩水D（磯部・甘楽温泉）は、 Cl と Li^+ 濃度の関係から、塩水AもしくはBと塩水Cの混合によって形成されているものと推定されるが、端成分として塩水A・Bどちらが寄与しているのか、現段階では明らかでない。また、塩水の寄与が少なく同位体比のシフトが小さい試料については、デルタダイヤグラムのみでその起源を判断することは難しい。しかし、地理的位置や微量成分（ Li^+ やホウ素など）を指標に用いることで、起源塩水のある程度は特定することも可能である。

キーワード:塩水, Na-Cl型地下水,非火山性温泉,深部流体,水素・酸素同位体,リチウムイオン

Keywords: saline water, Na-Cl type groundwater, non-volcanic hot spring, deep-crustal fluid, hydrogen and oxygen isotopes, lithium ion