

## 関東平野東部における化石海水に富む温泉の地球化学的特性 Hydrochemistry and isotopic composition of fossil seawater rich hot springs in the eastern Kanto Plain, Central Japan

村松 容一<sup>1</sup>, 山野 恭<sup>1\*</sup>, 千葉 仁<sup>2</sup>, 奥村文章<sup>3</sup>

Yoichi Muramatsu<sup>1</sup>, takashi yamano<sup>1\*</sup>, Hitoshi Chiba<sup>2</sup>, Fumiaki Okumura<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東京理科大学理工学部, <sup>2</sup> 岡山大学理学部, <sup>3</sup> 石油資源開発株式会社技術研究所

<sup>1</sup>Faculty of Science and Technology, Tokyo, <sup>2</sup>Faculty of Science, Okayama University, <sup>3</sup>Japan Petroleum Exploration Co.,Ltd.

【目的】関東平野東部に分布する非火山性温泉の多くはNa-Cl型であり、高塩化物泉も多数存在する。本研究では、茨城・千葉両県に分布する海水に近い高塩化物泉を対象に主化学成分、酸素・水素安定同位体比 ( $D \cdot 18O$ )、硫黄安定同位体比 ( $34S$ ) を分析するとともに、水-鉱物相互作用の化学平衡計算を実施し、水質形成機構を考察する。

【方法】高塩化物泉を有する温泉施設6箇所にて2010年7月に採水を行った。pH、電気伝導度、温度は現地にて測定した。主要な陽・陰イオン分析にはイオンクロマトグラフ、Siはモリブデン黄法、AlはECR法、Bはカルミン法、FeとK<sup>+</sup>は原子吸光光度法をそれぞれ使用し、また  $D$ 、 $18O$ 、 $34S$  分析には安定同位体質量分析計を使用した。さらに、大洗温泉の掘削時に回収された岩石片の構成鉱物を、X線粉末回析法(XRD)で同定した。

【結果・考察】温泉水の温度は17.2~29.3℃、pHは6.4~8.5である。温泉水のNa<sup>+</sup>とCl<sup>-</sup>濃度の関係は降水と海水を結ぶ混合線上にあり、温泉水は両者の混合によって形成されたものである。その海水混合比は0.8~0.9と大きく、海水に極めて卓越する。 $18O$ と  $D$  値の関係によれば、殆どの高塩化物泉は天水線 ( $D=8 \cdot 18O+10$ ) に沿って分布する。本地域の高塩化物泉は海水と降水が混合したものと考えられるが、 $18O$  値とCl濃度の関係によれば、海水と降水の混合線上にプロットされず、 $18O$  値は若干軽い側へシフトする。このような例は新潟水溶性ガス田(加藤・梶原, 1986)で認められており、温泉貯留層周辺の岩石の変質によってもたらされたと考えられる。 $18O$ と  $D$  値の関係において、天水線 ( $D=8 \cdot 18O+10$ ) にのらない例外として、犬吠崎温泉の  $18O$  値は天水線のプラス側にシフトしており、同位体交換反応が進んでいる。

高塩化物泉はMg<sup>2+</sup>とSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度が現海水と比べ著しく少なく、化石海水の特徴をよく表している。その原因を以下に考察する。温泉水に含まれる化学成分のうち海水起源の成分量を差し引いた値をとすると、Mg<sup>2+</sup>とNa<sup>+</sup>+Ca<sup>2+</sup>間に負の相関が認められる。したがって、海水中のMg<sup>2+</sup>と(Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>)モンモリロナイト間でイオン交換反応が起こり、温泉中のMg<sup>2+</sup>濃度が減少したことが示唆される。この推論は、大洗温泉の地下にモンモリロナイトが広く分布していること、及び温泉水のこの鉱物に対する飽和指数が過飽和を示すことと整合する。 $34S$  値は+16.1~+51.2‰であり、大きな変動幅をもつ。硬石膏の  $34S$  値は+20‰程度であることから、 $34S$  値の軽い(+16.1~+23.4‰)温泉水のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は硬石膏の溶解によってもたらされたと判断される。 $34S$  値の重い温泉においては、温泉井の掘削深度が深くなるに伴って  $34S$  値は重くなり、 $34S$  値とSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度間に負の相関が認められる。この結果は、硫酸態硫黄濃度が硫酸還元菌による硫酸還元反応に支配されていることを示唆する。

キーワード: 化石海水, 関東平野東部, 温泉水

Keywords: fossil seawater, eastern Kanto Plain, hot springs