

糸魚川 静岡構造線活断層系・松本盆地東断層周辺に分布する温泉の水質形成機構の解明

Hydrochemistry and isotopic composition of hot springs the East Matsumoto Basin Faults, Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line

村松 容一¹, 山野 恭^{1*}, 千葉 仁², 奥村 文章³

MURAMATSU, Yoichi¹, YAMANO, takashi^{1*}, CHIBA, Hitoshi², Okumura fumiaki³

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

¹Faculty of Science and Technology, ²Faculty of Science, Okayama, ³Japan Petroleum Exploration Co.,Ltd.

【目的】東日本大震災後に活発化したとされる長野県松本西縁部に位置する牛伏寺断層に着目した。本研究では、糸魚川静岡構造線断層帯に沿って存在する温泉と牛伏寺断層に周辺に存在する温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】長野県松本市西部、諏訪湖周辺、牛伏寺断層周辺の温泉施設 11 箇所で 2011 年 9 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+ は原子吸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, 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 12.5 ~ 59.5 °C, pH は 2.53 ~ 9.02 である。温泉水の Na^+ と Cl^- 濃度の関係は降水と海水を結ぶ混合線上のほぼ Na -rich であるものの, 温泉水及び湧水は両者の混合によって形成されたと考えられる。その海水混合比は 0.1 程度であり, 天水に極めて卓越する。 $18O$ と D 値の関係によれば, 殆どの温泉水は天水線 ($D=8 \cdot 18O+10$) に沿って分布する。本地域の温泉水は降水と化石海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, 毒沢鉱泉の $18O$ 値は天水線のプラス側にシフトしており, 鉱物との同位体交換反応が進んでいると考えられる。

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, Na^+ と HCO_3^- 間に正の相関が認められる。これらの温泉水のカオリナイトに対する活動度積を計算した結果によれば, この鉱物に対して過飽和状態にあることから, Na に富む斜長石 ($NaAlSi_3O_8$) の風化に伴ってカオリナイトが生成することによって Na^+ と HCO_3^- 濃度が規制されている。この推論は, 天徳温泉の地下に斜長石, 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 - 7.1 ~ + 19.6 % であり, 大きな変動幅をもつ。硬石膏の $34S$ 値は + 10 ~ + 20 % 程度とされていることから, $34S$ 値が + 11.9 ~ + 19.6 % である温泉水の SO_4^{2-} は硬石膏の溶解によってもたらされたと判断される。黄鉄鉱 $34S$ 値は 10 % 以下であることから, $34S$ 値が + 1.2 ~ 3.0 % である温泉においては, 黄鉄鉱の溶解によって持たされたと考えられる。以上の結果から, 泉質の形成には, 主として黄鉄鉱, 硬石膏の溶解, 斜長石の風化がそれぞれ寄与している。

キーワード: 糸魚川 - 静岡構造線断層系, 温泉水

Keywords: Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line Active Fault System, hot springs