

山梨県に分布する非火山性温泉の形成機構 Hydrochemistry of non-volcanic springs, Yamanashi Prefecture, Japan

谷口 無我^{1*}, 村松 容一², 千葉 仁³, 奥村 文章⁴
Muga Yaguchi^{1*}, Yoichi Muramatsu², Hitoshi Chiba³, Fumiaki Okumura⁴

¹ 東理大・科教研, ² 東理大・理工, ³ 岡山大・理, ⁴ 石油資源開発

¹Gra.Sch.Sci.Edu., Tokyo Univ.Sci., ²Fac.Sci and Tech., Tokyo Univ.Sci., ³Fac.Sci., Okayama Univ., ⁴Japex

【目的】温泉は地域振興や福祉など重要な役割を果たしている。山梨県内には現在 431 本の源泉が広く分布しており、これまでに地域別の泉質の特徴などについて多くの研究がなされている（例えば、相川、1995）。新たな温泉の開発には降水の地下浸透機構や流動機構を解明することが不可欠である。本研究では非火山性の温泉水（地下水、湧水等含む）を採取し分析するとともに、水-鉱物相互作用の化学平衡論によって検証し、温泉水の起源、涵養機構・形成機構を考察することを目的とした。

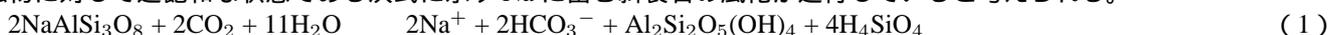
【方法】試料は 0~1500m の温泉水 22ヶ所、地下水 2ヶ所、湧水 4ヶ所、河川水 1ヶ所の全 29ヶ所、さらに県中央から北部を中心に 10ヶ所（標高 330~2360m）で降水の採取を実施した。pH、電気伝導度、温度は現地にて測定した。主要な陰イオン・陽イオンの分析にはイオンクロマトグラフ法、Si はモリブデン黄法、Al は ECR 法、Fe は原子吸光度計、また HCO_3^- の分析には pH4.8 アルカリ度を使用し、水素同位体比（ D ）と酸素同位体比（ ^{18}O ）及び硫黄同位体比（ ^{34}S ）の測定には安定同位体分析計を使用した。温泉井掘削時の岩石片の分析には XRD を使用し、鉱物の飽和指数は水-鉱物平衡計算プログラム SOLVEQ（Reed, 1982）を用いた。

【結果と考察】温泉水の温度は 5.9~48.8、pH は 6.40~10.19 であり、泉質は Na-Cl 型（12ヶ所）、Na- HCO_3 型（6ヶ所）、Ca・Na- HCO_3 型（2ヶ所）、Ca- HCO_3 型（5ヶ所）、Ca- SO_4 型（3ヶ所）、Ca-Cl 型（1ヶ所）に属する。

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にあることから、温泉水は両者の混合によって形成されたと考えられ、海水混合比は降水に極めて卓越する温泉水が殆どであることを示唆する。北杜市（No.15）の Cl^- 濃度は 19230mg/L とほぼ海水と同程度である一方、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 濃度は海水に比べ著しく乏しい。従ってこの海水は化石海水であることが示唆され、 D 、 ^{18}O はそれぞれ -51.9‰、-4.67‰ である。この 1ヶ所を除く温泉水の D と ^{18}O の関係は、 $\text{D} = 8 \text{ }^{18}\text{O} + 10$ で示される世界の天水線（Craig, 1961）上にあることも、温泉水の起源が降水であることを支持している。

降水の同位体組成は 100m につき ^{18}O で -0.41‰、 D で -3.7‰ の高度効果を示した。この結果を基に温泉の起源となった降水の涵養源を推定した結果、県中央の甲府盆地を囲む高標高地での降水が地下へ浸透し盆地側へと移流することで多くの温泉が形成されたと考えられる。

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ると、 Na^+ と HCO_3^- の関係 $\text{Na}^+ = \text{HCO}_3^-$ に沿って分布するものがあり、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、この鉱物に対して過飽和な状態である次式に示す Na に富む斜長石の風化が進行していると考えられる。



また一部の Ca^{2+} と SO_4^{2-} が $\text{Ca}^{2+} = \text{SO}_4^{2-}$ の相関を示す温泉水は、硬石膏に対して不飽和の状態であり、さらに ^{34}S の値は 20‰前後と硬石膏に由来する硫黄同位体組成に近いことから、硬石膏の溶解が Ca^{2+} と SO_4^{2-} の濃度を規制していると考えられる。



この他、湧水、河川水、浅深度掘削泉など中心に $\text{Ca}^{2+} = \text{HCO}_3^-$ の関係が認められ、これらの温泉水では方解石に対して過飽和な状態であること、さらにこのうち一部の湧水地点で採取した岩石片に塩酸を滴下すると発泡することなどから、方解石の溶解が温泉水の泉質獲得に関与していると考えられた。