

群馬県榛名山周辺に分布する温泉の流動機構と水質形成機構 Flow system and hydrochemistry of hot springs around Mt.Haruna, Central Japan.

片山 秀雄^{1*}, 村松 容一², 千葉 仁³, 奥村 文章⁴

KATAYAMA, Hideo^{1*}, MURAMATSU, Yoichi², CHIBA, Hitoshi³, OKUMURA, Fumiaki⁴

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

1. 目的 温泉は地域振興など重要な役割を果たしている。温泉の新規開発、維持・管理を行う上で、温泉水の流動機構、水質形成機構を解明することは不可欠である。群馬県の北部には火山性温泉が多数存在する。このうち、武尊山や草津白根山周辺の温泉(谷川、水上、草津など)を対象とした成因的研究は多数報告されているが(酒井,1989)、榛名山周辺の温泉については研究数も少なく、化学的特徴(群馬県温泉協会,2008)に止まっている。本研究では、この地域を対象に温泉水及び湧水を採水・分析し、得られた結果をもとに温泉水の流動機構、水質形成機構を解明する。さらに、水-鉱物相互作用の化学平衡論によって検証する。

2. 研究方法 温泉水(深度200~1400m)16カ所、湧水7カ所の計23カ所を採水した。pH、電気伝導度、温度を現地にて測定した後、ポリエチレン容器に採水し実験室に持ち帰り分析を行った。主成分の測定は、イオンクロマトグラフィー(Na⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, F⁻, Cl⁻, Br⁻, NO₂⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻)、原子吸光光度法(K⁺, Fe)、分光光度法(Al³⁺, Si⁴⁺, B)、硫酸酸性標準溶液の滴定(HCO₃⁻)を使用した。また、質量分析計を使用し、水素・酸素安定同位体比(δ D, δ 18O)を全試料、硫黄安定同位体比(δ 34S)を10試料測定した。さらに、鉱物の飽和指数の計算は、水-鉱物平衡計算プログラム SOLVEQ(Reed, 1982)を用いた。

3. 結果と考察 水温は13.1~56.6℃、pHは5.8~8.3である。Na⁺とCl⁻濃度の関係は海水と天水を結ぶ混合線上にあることから、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、海水混合比は殆どが天水に極めて卓越することを示唆する。この地域で最もCl⁻濃度(13393mg/L)の高い相間川温泉は、現海水に比べMg²⁺、SO₄²⁻の濃度に著しく乏しいことより、この海水は化石海水である。温泉水の δ Dと δ 18Oの関係は、世界の天水線(δ D=8‰ δ 18O+101‰)上に分布することから、水の起源は天水であることがわかる。ただし、相間川温泉の δ 18O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行われたことを示唆する。

温泉水の大部分は天水に起源を持つことから、同位体の高度効果を利用して天水の涵養標高を推定した。高度効果の算出には標高368~1096mで採取した湧水7カ所における δ 18O値を使用した。この結果、7カ所中6カ所で相関が認められ、標高と δ 18Oの関係は式(1)に示す通りである。

$$\text{標高 (m)} = -80.8 \times \delta 18\text{O}(\text{‰}) - 4432.9(\text{m}) \quad (1)$$

ここで、海水混合比0.00から海水の影響を全く受けていないと思われる温泉水の δ 18Oを式(1)に代入すると、涵養標高はほとんどが750m以上となった。これより、榛名山周辺の温泉水は榛名山の上部で涵養した天水により構成されていると考えられる。

温泉水に含まれるSO₄²⁻の δ 34Sは10カ所中8カ所で+17.1‰~+25.8‰を示し、硬石膏(CaSO₄, 約+20.0‰)に近いことから、Ca²⁺とSO₄²⁻の濃度は硬石膏の溶解に規制される。他の2カ所では+11.1‰、+12.4‰と低い値を示した。これについては、火山ガスの影響が考えられるが、詳しくは今後の課題である。

参考文献

- 1) 松葉谷ほか、温泉科学、第36巻、第1号、1-11(1985)

キーワード: 榛名山, 温泉, 水-鉱物相互作用

Keywords: Mt.Haruna, hot spring, water-rock interaction