

## 山梨県における非火山性温泉の形成機構

## Hydrochemical study of non-volcanic hot springs in Yamanashi Prefecture, Central Japan.

谷口 無我<sup>1\*</sup>, 村松 容一<sup>2</sup>, 千葉 仁<sup>3</sup>, 奥村 文章<sup>4</sup>MUGA, YAGUCHI,<sup>1\*</sup> MURAMATSU, Yoichi<sup>2</sup>, CHIBA, Hitoshi<sup>3</sup>, OKUMURA, Fumiaki<sup>4</sup><sup>1</sup> 東理大・科教研, <sup>2</sup> 東理大・理工, <sup>3</sup> 岡山大・理, <sup>4</sup> 石油資源開発<sup>1</sup>Gra.Sch.Sci.Edu., Tokyo Univ.Sci., <sup>2</sup>Fac.Sci.and Tech., Tokyo Univ.Sci., <sup>3</sup>Fac.Sci., Okayama Univ., <sup>4</sup>Japex

[目的] 我が国における温泉は、地域振興や福祉など重要な役割を果たしている。近年、掘削技術の進歩に伴って非火山性地域での温泉開発が容易になったことも一因となり、1890年頃には数カ所とかつて温泉資源に乏しいとされてきた山梨県下にも、現在では431本の源泉が広く分布するようになった。これらの温泉については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)が、泉質形成機構や流動機構を詳細に検討した例は少ない。温泉資源の保護や環境保全、新たな温泉の開発には降水の涵養機構や温泉水の泉質形成機構の解明が不可欠である。そこで本研究では非火山性の温泉水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、泉質形成機構を考察することを目的とした。

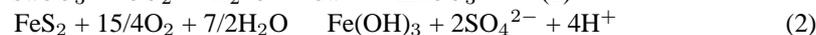
[方法] 試料水の採取は地下水・湧水を含め60カ所で行われ、温度、pH、電気伝導度は現地にて測定した。主要な陰イオン・陽イオンの分析にはイオンクロマトグラフ法、Siはモリブデン黄法、AlはECR法、Feは原子吸光光度法、またHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度はpH4.8アルカリ度から換算した。水素安定同位体比(<sup>2</sup>D)、酸素安定同位体比(<sup>18</sup>O)、硫黄安定同位体比(<sup>34</sup>S)の測定には安定同位体質量分析計を使用した。岩石片の分析にはXRD法、方解石の同定には塩酸添加を使用し、鉱物の飽和指数は水-鉱物平衡計算プログラムSOLVEQ(Reed,1982)を用いた。

[結果・考察] 温泉水(地下水等含む)の温度は、5.9~48.8℃、pHは6.4~10.2であった。泉質は浅部では殆どがCa-HCO<sub>3</sub>-型に属す。深部の温泉水は対象地域を甲府盆地囲む山系に基づき3分割すると、関東山地南部にあたる山梨県東部ではNa-HCO<sub>3</sub>-型、富士山北麓にあたる県南部でCa-SO<sub>4</sub>-型、糸魚川-静岡構造線に近い西部(盆地部を含む)でNa-Cl型が特徴的な泉質であった。

温泉水のNa<sup>+</sup>とCl<sup>-</sup>濃度の関係は降水と海水を結び混合線上にあることから、温泉水は降水と海水を端成分とする両者の混合によって形成され、Cl<sup>-</sup>イオンを指標とした海水混合比は殆どの温泉水で降水に卓越することを示唆する。高塩化物泉は現在の海水と比較して著しくMg<sup>2+</sup>とSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>を欠き、Ca<sup>2+</sup>に富むことから、化石海水であることが示唆され、これらを除く殆どの温泉水の<sup>2</sup>D値、<sup>18</sup>O値が天水線(Craig, 1961)付近に分布する。

県東部では<sup>18</sup>Oの高度効果を利用して降水の涵養標高を見積もった結果、当該地域では標高1000m程度の花崗岩類の縁辺部で涵養されたと予想された。

温泉水に含まれる各種成分のうち海水起源の成分量を差し引いた過剰な成分量を値とすると、浅部のCa-HCO<sub>3</sub>型泉では地域に関らずCa<sup>2+</sup>とHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>に正相関が認められる。これらの温泉水の方解石に対する飽和指数を計算した結果、温泉水はこの鉱物に対して不飽和ないし飽和な状態であることから、方解石の溶解(式(1))が泉質形成の主因となったと考えられる。このうち、-14.4~-4.1‰と比較的軽い<sup>34</sup>S値を示す温泉水が湧出する周辺地層にはいずれも黄鉄鉱が存在しており、地表近くでの酸素の供給が黄鉄鉱の酸化を進行させていると考えられる(式(2))。



深部の温泉水の泉質形成機構を検討すると、Na-HCO<sub>3</sub>型泉(一部のNa-Cl型泉、Ca-SO<sub>4</sub>型泉を含む)では、Na<sup>+</sup>=HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>の関係にある。これらの温泉水はカオリナイトに対して飽和ないし過飽和な状態であったことから、Naに富む斜長石の風化(式(3))の進行が温泉水の過剰なNa<sup>+</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>をもたらしたと考えられる。



Ca-SO<sub>4</sub>型泉(一部のNa-Cl型泉を含む)ではCa<sup>2+</sup>=SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の関係にあること、硬石膏に対して不飽和であることから、硬石膏の溶解が温泉水の泉質形成の主因になっていると考えられる。これらの温泉水の<sup>34</sup>S値は8.2~20.7‰であり、高い<sup>34</sup>S値は丹沢山地のグリーンタフ中の硬石膏(20.0‰; 村松, 2010)と同程度であった。<sup>34</sup>S値は富士山に近いほど低い値を示す傾向があり、富士山近傍ではH<sub>2</sub>Sガスの酸化に由来する軽い<sup>34</sup>S値を持つSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>が硬石膏の生成に関与したと考えられる。

Na-Cl型泉の形成には化石海水が寄与していると考えられるが、Mg<sup>2+</sup>の減少量と(Ca<sup>2+</sup>+SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)増加量に明瞭な相関があることから、ここでの化石海水は、玄武岩質母岩の熱水変質に伴うMg<sup>2+</sup>の固定とCa<sup>2+</sup>の溶出、硬石膏の沈殿によるSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の固定などによって現在の海水と異なる組成へと変化したと考えられる。

キーワード: 山梨, 温泉, 非火山性, 水-鉱物相互作用

# Japan Geoscience Union Meeting 2012

(May 20-25 2012 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2012. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



AHW29-P14

会場:コンベンションホール

時間:5月21日 13:45-15:15

Keywords: Yamanashi, hot spring, non-volcanic, water-rock interaction