

鳥取県環境学術研究等振興事業費補助金研究実績報告書（環境創造部門）

研究期間（ 1年目/ 3年間）

研究者 又は 研究代表者	氏名	(ふりがな) なかむら えいぞう 中村 栄三
	所属研究機関 部局・職	岡山大学惑星物質研究所・教授 電話番号 0858-43-1215 (代表) 電子メール eizonak@misasa.okayama-u.ac.jp
研究課題名	総合惑星物質解析システムによる温泉の起源と医学的効能の解明	
研究結果	<p>①分析手法の最適化：温泉水を物質科学的指標に基づき理解すべく、より多くの元素をより正確に分析するための分析手法を開発した。凍結乾燥法により温泉水の化学的特徴を変質させることなく濃縮する技術を確立し、従来に比して分析精度を約5- 25倍向上させることに成功した。</p> <p>②現地調査と試料採取：泉質を支配するメカニズムを理解すべく、温泉の現地調査を行い、立地の背景となる地質の検討と試料採取、温度、pH、電気伝導度、溶存酸素濃度の測定を実施した。これにより県内全域 177 源泉の試料採取を完了するとともに、温泉の基礎パラメータとして特に重要な温度・pH 分布を把握した。</p>	
研究成果	<p>①多元素高精度分析手法の確立：凍結乾燥法による温泉水の濃縮技術と誘導結合プラズマ質量分析法を融合し、ppt レベルのマルチ元素定量分析の立ち上げを実施した。その手法の有用性を国際会議（Goldschmidt 2017）で発表した（添付資料1）。また、本手法を国際学術誌に発表準備中である。</p> <p>②県内の温泉の現地調査と化学分析の実施：県内全域の177源泉から温泉水の採取と温度・pHの計測を実施し広域変化を俯瞰する泉質マップを作成した（添付資料2）。また鳥取県中部（羽合，東郷，三朝，関金）の源泉を先行的に分析し、pHが高い温泉水に特定の元素（バナジウム，ウラン）が多く含まれる傾向を認めた。予察的ではあるが、この結果はpHに依存した溶イオンの形態や析出物への吸着度合いの変化によると解釈できる。</p>	
次年度研究計画	基盤地質との関係をより詳細に検討するため、温泉の産状並びに地質試料の化学組成との対比を実施する。特に源岩の特徴を鋭敏に反映する同位体分析（ストロンチウム，鉛）を実施する。	
報告責任者	所属・職 氏名	岡山大学惑星物質研究所事務部庶務担当 佐々木 隆也 電話番号 0858-43-3702(内線3703) 電子メール sasaki-t@adm.okayama-u.ac.jp

注1) 表題には、環境創造部門、地域振興部門、北東アジア学術交流部門のいずれかを記載すること。

2) 「研究期間（ 年目/ 年間）」及び「次年度研究計画」は、環境創造部門及び地域振興部門において記載すること。

3) 研究者の知的財産権などに関する内容等で、非公開としたい部分は、罫線で囲うなど明確にし、その理由を記すこと。

4) 研究実績のサマリー及び図表資料を併せて提出すること。

## A freeze-drying technique applied to the analysis of hot- spring waters: Implications for the origin of hot-spring waters from SW Japan

Q.D. HOANG, C. SAKAGUCHI, H. KITAGAWA,  
AND E. NAKAMURA

Institute for Study of the Earth's Interior, Okayama  
University at Misasa, Japan  
(pnew2j24@s.okayama-u.ac.jp)

Trace elements are usually very low abundances in natural waters, especially hot-spring water (HSW), resulting into difficulty in precise determination. To discuss about origin of HSW in SW Japan, we have developed highly precise analytical technique for determination of very low abundances of multi-elements in HSW with preconcentration using freeze-drying. The result showed recoveries of twenty-eight trace elements in the tested standard solution were  $\sim 100 \pm 5\%$ . ICP-MS analyses on the reference material of Ottawa River water (SLRS-5) showed a good agreement with the reference values [1]. Compared with direct measurements, the method showed about 5 and 25 times improvement of the precision and detection limit for most trace elements, respectively. The blank contributions are typically low,  $< 1\%$  for most elements. Only 4% of the sample solution is consumed for forty-three elements, remaining 96% was used for Sr isotopic analyses. The method was applied to Misasa HSW collected from central part of Tottori, SW Japan. Based on the newly obtained data, Misasa HSW is compared with those of basement rocks and the other fluids. Major element compositions are distinct from the brine and volcanic waters, but is similar to the other hot-springs from granitic terrance in Tottori [2]. Misasa HSW showed extremely low REE abundances,  $10^6$  to  $10^7$  times lower than those of basement rocks, and LREEs were strong depletion relative to HREEs. The REE pattern of Misasa HSW showed no correlation to that of basement rocks. In the unfiltered HSW, significant amounts of REE ( $\sim 80\%$ ) are hosted by the suspended particles, which are identified as Fe oxyhydroxide aggregates coating by minor black Mn oxide. The  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratio of Misasa HSW was  $0.7061 \pm 1$  ( $n=9$ ,  $2\sigma$ ), which is slightly higher than basement andesite (0.7041-0.7056), but is much lower than that of granite (0.7125, [3]). The Sr isotopic composition is distinct from the brine and volcanic waters (0.7078-0.7106), but is associated with the other hot-spring from granitic region (0.7065) [4].

[1] Yeghicheyan et al. (2013) *Geostand. Geoanal. Res.* **37**, 449–467. [2] Matsubaya et al. (1973) *GJ*, **7**, 123-151. [3] Feineman et al. (2013) *Geochem. Geophys. Geosyst.*, **14**, 3009-3031. [4] Notsu et al. (1982) *Appl. Geochem.*, **6**, 543-551.

岡山大学惑星物質研究所で開発した総合惑星物質解析システムを利用し、鳥取県内の18の温泉地、177の源泉から採取した温泉水の温度、pH、化学組成を精密に決定する。基盤地質との対比に基づき温泉の発生に関する地質学的理解を深めるとともに、医学的効能の科学的実証や温泉資源の開発・有効利用に資する基礎データの分析を実施する。

### 研究目的

①背景：鳥取県には多くの温泉地があり、観光資源として重要な役割を果たしている。温泉の効能と泉質の関係を明らかにし、医学的利用と観光資源の開発に資するべく本研究では温泉水の総合的な化学分析を実施する。

②何を明らかにするのか：個々の温泉の特徴は、(1) 温度、湧水量などの物理的指標と(2) pH、元素組成などの化学的指標で定量化できる。本研究では県内の18の温泉地、177の源泉を対象に温泉水の温度・pHの測定、元素・同位体組成の分析実施し、個々の温泉を化学的に特徴付けする。また基盤地質との対比から温泉の起源について地質学的制約を与える。

③本研究の特徴：本研究の特徴は、温泉水の物質としての特徴を定量的に明らかにし、医学的効能の検証や温泉資源の開発に資する学術的基礎データの獲得を行う点にある。特にこれまで分析が困難であった低濃度元素について、真空凍結濃縮技術を開発・適用することで超低濃度(1兆文の1グラムレベル)の元素濃度の定量を可能にした。

### 本年度の研究実施状況

#### ①温泉温度・pHマップの作成

温度、pHの指標に基づき、県内の温泉の概観を把握するマップを作成した(図1)。温度の高い(> 60 °C)は県内の中部と皆生温泉に限られる。

#### ②県中部(三朝・関金・羽合・東郷)の化学組成分析

県中部の温泉ではpHが高くなるにつれ、析出する鉄水酸化物の量が増えることが分かった。また、ウランやバナジウムはpHが高い源泉に多く含まれる傾向を示した。このような傾向は温泉に溶存する様々なイオンの相互作用によると考えられる。

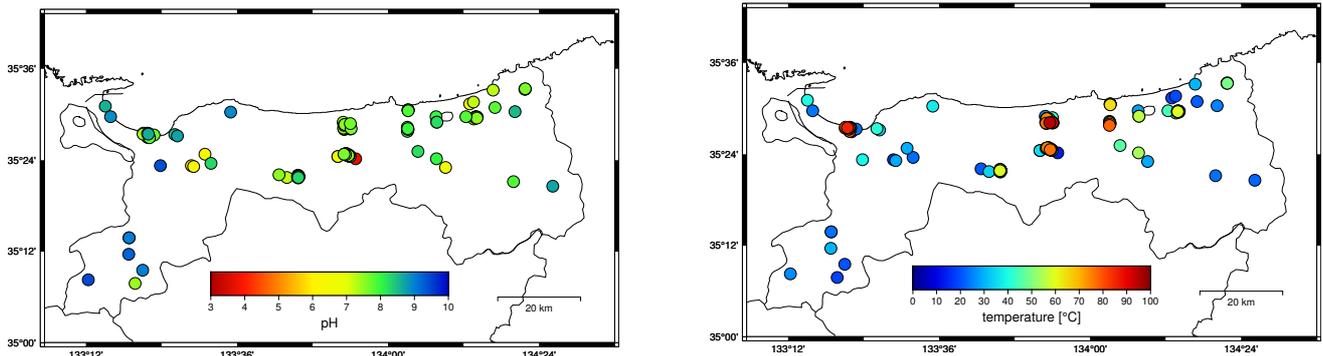


図1: 県内温泉の温度・pHマップ