

## 笛吹川における河川水の安定同位体比について

On stable isotope ratios of water in the Fuefuki River,  
Yamanashi Prefecture, Japan

\*笹岡 亮裕<sup>1</sup>、中村 高志<sup>2</sup>、中西 玄樹<sup>3</sup>

\*Akihiro Sasaoka<sup>1</sup>, Takashi Nakamura<sup>2</sup>, Genki Nakanishi<sup>3</sup>

1.立正大学地球環境科学部環境システム学科、2.山梨大学大学院・国際流域環境研究センター、3.山梨大学大学院医学工学総合教育部国際流域環境科学特別教育プログラム

1.Department of Environment Systems, Faculty of Geo-environmental Science, Rissho University,  
2.International Research Center for River Basin Environment, University of YAMANASHI, 3.Special Master Course Program on International River Basin Environmental Science The University of Yamanashi

本研究では、甲府盆地を流れる笛吹川の上流から下流にかけての河川水の安定同位体比の変化の調査を行った。その結果、河川水の同位体比に影響を及ぼす合流河川と地下水の流入の存在が明らかとなった。甲府盆地の北東部から盆地南東縁に沿って流れる笛吹川には、いくつもの合流する河川が存在している。また、盆地中央部から南部にかけては扇状地性の堆積物で覆われ、その一帯に自噴帯が存在している(高橋, 1970)。湖沼であった時期に堆積した粘土層が加圧層の役割を果たしているものと考えられる。また、地形や地質構造を考えると、盆地内で涵養された水の流出口は、釜無川と笛吹川の2つの河川が合流する場所でもある盆地南部の一か所しかないと考えられる。そのために、南アルプス・八ヶ岳・御坂山地からの表流水、地下水が集まってくる場所であると考えられる。

盆地南東縁部の自噴井の一般水質の明らかにされているものの、酸素・水素安定同位体比についての検討は行われていない。特に笛吹川左岸・下流域においては過去の文献からも水理地質を含む地下の情報も乏しく、一般水質などの研究も行われていない。そのことを念頭に置きながら、笛吹川上流域から下流域を主な調査対象地域とした。2015年11月に、河川水の採水を含む現地調査を実施し、同位体比の空間分布の把握を行った。その結果、以下のことが明らかとなった。

笛吹川の河川水は降水の高度効果に影響を受け、 $\delta D$ は上流で軽く、下流に向かうにつれて重くなる傾向がみられた。しかし、山間部を抜けて盆地に入った直後の所で $\delta D$ は軽くなる傾向が認められた(上流域 $\delta D$ ;  $-72.3\text{‰}$   $\rightarrow$   $-75.3\text{‰}$ )。そして、釜無川との合流前の地点(下流域 $\delta D$ ;  $-73.3\text{‰}$   $\rightarrow$   $-74.7\text{‰}$ )においても $\delta D$ が軽くなる傾向がみられ、高度効果では説明できない現象が確認された。また、 $\delta D$ が軽くなった上流域区間においては $\text{SiO}_2$ 濃度が他地点よりも低い値( $20.6\text{ mg/L}$   $\rightarrow$   $18.0\text{ mg/L}$ )を示した。これは、上流域ではより軽い同位体比を有した合流河川(琴川)の水が笛吹川に流入したものとする考え方と一致する。

下流域では、笛吹川( $\delta D$ ;  $-74.7\text{‰}$ )よりも合流河川の芦川( $\delta D$ ;  $-70.0\text{‰}$ )が重い値を示し、笛吹川左岸・下流域における扇状地地下水( $\delta D$ ;  $-77.9\text{‰}$   $\sim$   $-76.9\text{‰}$ )は笛吹川の $-74.7\text{‰}$   $\delta D$ よりも軽い値を示している。このことから、御坂山地からの河川による影響は認められないが、より標高の高い周辺山間部で涵養され、広域流動系に従って流動する釜無川扇状地および芦川扇状地の地下水が笛吹川に流入し、その同位体比に影響を及ぼしている可能性も考えられる。

すなわち、笛吹川の流下に伴う河川水中の $\delta D$ の変化をみると、標高が低くなるにもかかわらず、下流に行くにしたがって軽くなる現象が認められた。その原因として、笛吹川上流域における合流河川による影響、そして下流域においては芦川扇状地および釜無川から扇状地を経由した地下水の流れの影響を考察することができる。

キーワード：笛吹川、安定同位体、河川涵養

Keywords: Fuefuki River, stable isotopes, rivers recharge

## 水文モデルのための甲府盆地の地下水涵養源の推定

## Investigation of the groundwater source estimation in Kofu Basin for hydrological model

\*中西 玄樹<sup>1,2</sup>、西田 継<sup>2</sup>、中村 高志<sup>2</sup>、浅井 和由<sup>3</sup>

\*Genki Nakanishi<sup>1,2</sup>, Nishida Kei<sup>2</sup>, Takashi Nakamura<sup>2</sup>, Kazuyoshi Asai<sup>3</sup>

1.山梨大学大学院医学工学総合教育部国際流域環境科学特別教育プログラム、2.山梨大学国際流域環境研究センター、3.株式会社地球科学研究所

1.Special Master Course Program on International River Basin Environmental Science The University of Yamanashi, 2.Interdisciplinary Centre for River Basin Environment, University of Yamanshi, 3.Geo science Laboratory

The end member mixing analysis using hydrological tracers have been applied to identify the groundwater recharge sources in local area, such as scale of alluvial fan. However, it is difficult to apply to large scale, due to the wide values of temporal and special for the hydrological tracers. Objective of this study is investigating the groundwater recharge identification using hydrological tracers to adapt for the hydrological model for basin scale.

Groundwater samples were collected once a year from November 2010 to October 2012. Altogether 12 river water samples were collected in 2003, 2004 and 2006 from main rivers in Kofu basin. Rain water samples were collected once a month since 2008. All groundwater samples (n=50) are classified into three types based on recharge sources. Among them 20% of groundwater are mainly recharged by river water. Other 50% samples are river water mixed with local precipitation and 25% are river water mixed with mountain groundwater.

キーワード：地下水、甲府盆地、水の水素・酸素同位体比

Keywords: Geoundwater, Kofu Basin, Water Stable Isotopes

## 里山湧水における年代トレーサーの挙動

## Behavior of the age dating tracers in Satoyama-spring

\*浅井 和由<sup>1</sup>、加藤 勇治<sup>1</sup>、辻村 真貴<sup>2</sup>

\*Kazuyoshi Asai<sup>1</sup>, yuji KATO<sup>1</sup>, Maki Tsujimura<sup>2</sup>

1.株式会社 地球科学研究所、2.筑波大学

1.Geo Science Laboratory, 2.University of Tsukuba

滞留時間60年未満の若い地下水の年代推定には、CFCs（クロロフルオロカーボン類）やSF<sub>6</sub>（六フッ化硫黄）などの温暖化ガストレーサーが利用されるようになってきた。日本国内での事例も増えており、CFCsについては数十年オーダーの比較的長い滞留時間を有する火山山麓湧水に対して非常に有効であること、SF<sub>6</sub>についてはインプット濃度の補正の必要はあるが、年代情報を得られる確率はCFCsよりも高いことが経験的に分かってきた。一方、CFCsやSF<sub>6</sub>についての基礎的データの蓄積は不足しており、例えばトレーサー濃度の時間変動特性については良くわかっていない。本研究では名古屋市の東山公園地区に位置する小規模な里山湧水を対象として、2015年2月から2016年1月までの1年間にわたって週1回のサンプリングを実施した。湧水の水温は10.4~19.9°C、湧出量は0.02~1.33 L/sの範囲で大きく変動した。一方、pHは4.73~5.15、電気伝導度（EC）は2.77~3.72 ms/mの範囲にあり、比較的安定していた。発表では、温度環境や湧出環境が季節的に変化する湧水における溶存化学成分や年代トレーサーの変動特性や変動要因について報告する予定である。

キーワード：年代トレーサー、里山湧水、安定同位体、CFCs、SF6

Keywords: age dating tracer, Satoyama-spring, stable isotope, CFCs, SF6

マルチアイソトープ手法に基づく摩周湖からの漏水と周辺地下水の交流に関する研究  
A study on caldera lake-groundwater system based on a multiple isotope approach

\*安原 正也<sup>1</sup>、稲村 明彦<sup>2</sup>、森川 徳敏<sup>2</sup>、高橋 浩<sup>2</sup>、高橋 正明<sup>2</sup>、大和田 道子<sup>2</sup>、風早 康平<sup>2</sup>、Gingerich Stephen<sup>4</sup>、尾山 洋一<sup>3</sup>

\*Masaya Yasuhara<sup>1</sup>, Akihiko Inamura<sup>2</sup>, Noritoshi Morikawa<sup>2</sup>, Hiroshi Takahashi<sup>2</sup>, Masaaki Takahashi<sup>2</sup>, Michiko Ohwada<sup>2</sup>, Kohei Kazahaya<sup>2</sup>, Stephen Gingerich<sup>4</sup>, Yoichi Oyama<sup>3</sup>

1.立正大学地球環境科学部、2.(国)産業技術総合研究所、3.釧路市教育委員会、4.USGS

1.Rissho Univ., 2.Geological Survey of Japan, AIST, 3.Kushiro Board of Education, 4.USGS

Lake Masyu (212 m deep; 19.6 km<sup>2</sup> in area; water surface at 352 m a.m.s.l.), eastern Hokkaido, Japan, is a seepage caldera lake with no surface outflow and inflow. The caldera lake-groundwater system was investigated to elucidate the effect of lake-water seepage from Lake Masyu on the hydrology and hydrogeochemistry of Masyu volcano and its adjacent areas. Previous studies on the lake indicated that, on the basis of a conventional water balance method, there is a large amount of seepage of some 65,000 km<sup>3</sup>/day to the surrounding volcanic aquifers.

The analyses of <sup>2</sup>H, <sup>18</sup>O, <sup>13</sup>C, <sup>3</sup>He and water chemistry for samples from rivers, springs, and bores in 2009 and 2010 are reevaluated in detail to quantify the lake-water contribution to river and spring discharges and to the downgradient groundwater field. The water samples from Lake Masyu are markedly enriched in heavy isotopes and fall on a line with a slope of 5.0 in the  $\delta D$  vs.  $\delta^{18}O$  diagram, which is characteristic of open-water bodies subject to evaporation. The lake water is also enriched in carbon isotope and in the range between 4 and 5‰  $\delta^{13}C$ . The mixing proportion of lake water was calculated on the basis of  $\delta D$  and  $\delta^{18}O$  by applying a simple two end-member mixing model. As a result, the lake-water contribution proved to be significant for the huge springs on the southeastern flank (Nishibetsu-Gawa Headwater Springs) and those on the southwestern flank (Biruwa Springs), consisting of 30% of their discharges. Taking into account their total daily discharge of 140,000 m<sup>3</sup> measured in July 2009, some 65% of the lake-water seepage from Lake Masyu, that is 42,000 m<sup>3</sup>/day, is estimated to concentrate in these springs. In contrast, the Kaminoko-Ike Spring on the northern flank with a discharge of some 15,000 m<sup>3</sup>/day, water of which has long been considered to be of Lake Masyu origin, isotopically showed no evidence of lake water. It is also the case in the other medium-sized springs located on the northern and eastern flanks. The analyses of stable carbon isotope, high isotopic values of -9 to -7‰  $\delta^{13}C$  for Nishibetsu-Gawa Headwater Springs and of -9 to -8‰  $\delta^{13}C$  for Biruwa Springs, and a low value of -21‰  $\delta^{13}C$  for Kaminoko-Ike Spring, are consistent with these estimates. It is also the case with <sup>3</sup>He: Nishibetsu-Gawa Headwater Springs and Biruwa Springs had a high content of <sup>3</sup>He of magmatic origin, whereas there was no <sup>3</sup>He of magmatic origin in Kaminoko-Ike Spring. Rivers that originate in the flanks of Masyu volcano showed little or no isotopic evidence of lake water. An overall estimate, therefore, is that approximately 23,000 m<sup>3</sup>/day of seepage from Lake Masyu is still unaccounted for. The hydraulic connection of volcanic aquifers to Lake Masyu is likely to account for this. The isotopic analyses show some hot springs and groundwaters from the 100-350m deep bores in the southern and southwestern flanks contain substantial proportions of lake water, indicating seepage water from Lake Masyu plays an important role in forming hydrothermal and groundwater system. A schematic diagram for the caldera lake-groundwater system in and around Masyu volcano is depicted on the basis of these data.

キーワード：地下水システム、カルデラ湖、漏水、湧水、マルチアイソトープ

Keywords: groundwater system, caldera lake, lake-water seepage , spring, multiple isotope approach

## 枚方市の地下水中水銀の起源

## Origin of mercury in the groundwater in Hirakata City, northeastern Osaka Prefecture

\*坂本 裕介<sup>1</sup>、益田 晴恵<sup>1</sup>、武内 章記<sup>2</sup>、新谷 毅<sup>1</sup>\*Yusuke Sakamoto<sup>1</sup>, Harue Masuda<sup>1</sup>, Akinori Takeuchi<sup>2</sup>, Tsuyoshi Shintani<sup>1</sup>

1.大阪市立大学理学研究科生物地球専攻、2.国立研究開発法人国立環境研究所

1.Department of Geosciences, Faculty of Science, Osaka City University, 2.National Institute for Environmental studies

水銀は毒性があるために国際的に規制されている。日本国内では水質汚濁防止法第15条により、水道や河川水では総水銀として $0.0005\text{mg/L}$  ( $0.5\text{ppb}$ )、環境基本法第16条により、土壤中では $15\text{mg/kg}$  ( $15000\text{ppb}$ )と定め、規制されている。大阪府域では水質汚濁防止法に基づいて4513点で行われた地下水質調査により、総水銀が環境基準値 ( $0.5\text{ppb}$ ) を超えたものが31地点で検出されている。地質や周辺の状況から汚染は自然由来のものであると推定された。また、その水銀の多くは大阪府北河内地区に出現しており、活断層である生駒断層系に沿って上昇していると考えられた(大阪府 2009)。しかし、水銀の起源は不明である。水銀の起源を明確にすることを目的として本研究を計画した。

先行研究で比較的高濃度の水銀が検出された大阪府枚方市で2015年7月~11月に15地点から地下水を採取し、主成分と水銀濃度を分析した。その中から、水銀濃度が高い試料を選び、水銀同位体比を測定した。地下水はすべて民家の丸井戸またはチューブ井戸で、井戸深度は10m以下、水位は1~2m程度であった。総水銀濃度測定は冷蒸気還元原子蛍光法(CVAFS)、メチル水銀の濃度測定はガスクロマトグラフィー原子蛍光法(GC-AFS)、水銀同位体比の測定は還元気化法により濃縮した後で還元気化試料導入系を備えた多重検出型ICP質量分析装置(MC-ICP/MS)により行った。

調査地域の地下水の主成分化学は( $\text{Ca}^{2+}-\text{HCO}_3^-$ 型)と( $\text{Na}-\text{Cl}-\text{SO}_4+\text{NO}_3$ )に大別される。水銀濃度に関して、規制値 ( $0.5\text{ppb}$ ) を超える試料はなかったが、最も総水銀濃度が高い試料で133pptであった。同一井戸から採取した水試料では水銀濃度が採水時期によって大きく変動する。しかし、変動には季節や降水量などと直接の関係は見られない。ある井戸の地下水には水銀含有量が低い(90ppt)試料では、高い試料(133ppt)よりも人為由来の $\text{SO}_4^{2-}$ が多く含まれていた。また、別の試料では、同じ $\text{Ca}^{2+}-\text{HCO}_3^-$ 型の水質ではあるが、水銀濃度の高い(86ppt)試料の方が低い(59ppt)試料よりもこれら2成分の濃度が高かった。また同一日に約20m離れた同じ敷地内の井戸2ヶ所から採水した試料では深さは5m以上の井戸水の水銀濃度が55pptであるのに対し、2~3mの深度の井戸水は2.0pptであった。これらのことは、水銀が井戸周辺の表層から浸透する水に希釈されている、すなわち水銀の起源は地表にないことを示している。また、水銀の大部分は無機水銀であり、モノメチル水銀は総水銀濃度が極めて低い1試料を除いて1%以下であった。このことは、水銀の起源は人為的作用や生物化学作用によるものではないことを示唆する。

水銀同位体比は水銀の起源を推定するために有効である。水銀同位体比は生物化学作用による分別が比較的大きいことが知られており、生物濃縮過程や有機水銀形成過程の追跡に関する研究は比較的進んでいる(たとえば, Blum, 2013)。しかし、地殻内での水銀の挙動に関して同位体比を用いた研究は少ない。本研究では2地点の地下水について $\delta^{202}\text{Hg}$ が $-0.65\sim-0.85\%$ の値を得ている。これは熱水を除く地下水中水銀の同位体比としては初めての報告である。紀伊半島から四国にかけて多くの水銀鉱山が知られている。武内(2011)は、辰砂の水銀同位体比を分析し、丹生鉱山から得られたものを $\delta^{202}\text{Hg}$ を $-0.68\pm 0.12(\%)$ 、大和水銀鉱山のものを $-0.19\pm 0.36(\%)$ 、水井鉱山のものを $-0.51\pm 0.47(\%)$ と報告している。本研究で得られた地下水の $\delta^{202}\text{Hg}$ はこれらに近い数値を与える。すなわち、本研究の水銀は地質体由来の可能性が高い。辰砂のわずかに大きい $\delta^{202}\text{Hg}$ は熱水から沈殿する際に重い水銀を濃縮した結果であると説明できる。本研究の地下水中の $\delta^{202}\text{Hg}$ はそれよりわずかに小さいことから、分別を受ける前の流体の値を保持している可能性がある。

大阪平野周辺には活断層に沿って時おり、地下水中に水銀が検出されることがある。紀伊半島~四国に分布する水銀鉱床などと合わせると、水銀は地殻深部に由来する流体との関連が疑われる。今後、水銀同位体比を系統的に分析することで、水銀の起源とテクトニクスとの関連が明らかにできる可能性がある。

キーワード：水銀、地下水、同位体

Keywords: mercury, groundwater, isotope

Systematic estimation and correction of Ba induced interference in ICP-MS for direct and quick analysis of REEs in geothermal waters

Systematic estimation and correction of Ba induced interference in ICP-MS for direct and quick analysis of REEs in geothermal waters

\*常 青<sup>1</sup>、中村 仁美<sup>1,2</sup>、千葉 紀奈<sup>1</sup>、岩森 光<sup>1,2</sup>

\*Qing CHANG<sup>1</sup>, Hitomi Nakamura<sup>1,2</sup>, Kotona Chiba<sup>1</sup>, Hikaru Iwamori<sup>1,2</sup>

1.独立行政法人海洋研究開発機構、2.東京工業大学・地球惑星

1.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2.Tokyo Institute of Technology

High barium concentration and Ba/REE ratios are commonly observed in geothermal waters such as Arima-type brines, making it difficult to precisely determine REE characteristics, e.g., Eu, Ce anomalies and REE patterns of this kind of high matrix (major solutes) and ultra-low REE waters. We systematically evaluated Ba induced molecular ions in ICP-MS operated at solution mode and established a new correction method for direct determination of REE in high salinity geothermal waters.

Ba has seven isotopes from <sup>130</sup>Ba to <sup>138</sup>Ba with natural abundance of 0.1% to 71.7%, each of them will produce molecular ions in forms of oxide, hydroxide, hydride and argide in argon plasma. These molecular ions cover a mass range from 139 (<sup>138</sup>BaH) to 178 (<sup>138</sup>BaAr), theoretically overlapping with most of REE isotopes in complicated combinations. For example, both BaO and BaOH overlap the masses of light to middle REE isotopes, especially Eu. Conventional correction method simply considers that bulk interfering on Eu is contributed by BaO, and may result in large uncertainty or erroneous of REE anomalies and patterns. In this work we separately evaluated production rates of Ba oxide, hydroxide, hydride and argide for each of Ba isotopes in solution mode ICP-MS. Our data show that BaOH and BaO are major interfering species over Nd, Sm, Eu and Gd peaks. BaH and <sup>138</sup>Ba peak tailing seriously overlap with La and Ce signals. Argides are ignorable. Heavy REEs and Pr are free from a significant overlapping with any of the Ba induced interference. All the interference can be quantitatively estimated and reliably corrected for REE analysis.

We demonstrated the correction strategy by analysis of reference riverine water (SLRS-4) doped with Ba to Ba/Eu=125,000 similar to Arima-type brines. Determined REE data of Ba-doped SLRS-4 agrees very well with certified values. The method was also applied to determine REE compositions of various spring waters including Arima-type brine of the Arima area in southwest Japan (Nakamura et al, 2015). In this case, Ba induced interferences contributed to La, Ce, Nd, Sm, Eu and Gd raw signals for 92%, 24%, 48%, 78%, 96% and 75%, respectively. The intra REE interferences, e.g., PrO, NdO and SmO overlapping over middle and heavy REE signals, were less than 2.7% (mostly <1%), thus ignorable for discussion.

キーワード : Ba-induced interference、REE、geothermal waters、ICP-MS

Keywords: Ba-induced interference, REE, geothermal waters, ICP-MS



## 神奈川県西部におけるイベント降水の酸素同位体比特性

Characteristics of event-based oxygen isotopic composition in precipitation at western part of Kanagawa prefecture

\*杉本 惇<sup>1</sup>、鈴木 秀和<sup>2</sup>、宮下 雄次<sup>3</sup>

\*Jun SUGIMOTO<sup>1</sup>, Hidekazu Suzuki<sup>2</sup>, Yuji Miyashita<sup>3</sup>

1.駒澤大学大学院人文科学研究科地理学専攻、2.駒澤大学文学部地理学科、3.神奈川県温泉地学研究所  
1.Graduate Division of Arts and Sciences, Komazawa Univ., 2.Dep. of Geography, Komazawa Univ.,  
3.HSRI, Kanagawa Pref.

水循環を説明する有効なツールとして広く知られているのが、降水の同位体比である。神奈川県西部箱根山東麓に位置する神奈川県温泉地学研究所では、降水イベントごとに採水を行い、同位体分析を行っている。本研究では、神奈川県西部における降水の同位体比の変動要因について明らかにするため、温泉地学研究所の2012年12月から2013年11月までの計79回の降水イベントの酸素同位体比データ及び、降水量データを使用し解析を行った。2013年の酸素同位体比の年間加重平均値は、-7.62%であった。1年を6つの季節に分け、各季節の加重平均値を求めたところ、冬に-11.10%、春に-5.76%、梅雨季に-8.52%、夏に-6.63%、秋霖季に-7.02%、秋に-5.81%を示した。これらの値は、年間加重平均値からみると、冬と梅雨季に低く、それ以外の季節に高い値を示し、明らかな季節変化が認められた。本研究では、同位体比の季節変化の要因を解明する手始めとして、冬と梅雨季に同位体比が低くなる要因について検討を行った。最も同位体比が低い値を示した冬は、低気圧による降水が多かった。勢力の強い南岸低気圧が通過するとき、-10%以下の非常に低い同位体比を示す傾向がみられた。冬季の同位体比低下要因として、温度効果の影響が考えられる。次に低い値を示した梅雨季は、そのほとんどが梅雨前線による降水で降水強度が強かった。そのため、雨量効果が大きく影響したと考えられる。降水量と酸素同位体比の関係には、全てのイベントを対象とすると、明瞭な相関関係 ( $R^2=0.83$ ) がみられ、雨量効果が明瞭に認められた。しかし、秋霖季の台風の際の、降水量100mm以上3回のイベントにおいては、それらの同位体比がそれぞれ-5.2%、-6.5%、-9.3%と必ずしも低い値を示さない例が認められた。降水量が多いにも関わらず、同位体比は低くなっていないことから、台風時の同位体比の形成プロセスは他の原因とは異なることが予想される。

キーワード：箱根山、酸素同位体比、雨量効果、降水イベント

Keywords: Mt. Hakone, oxygen isotope, amount effect, precipitation event