

## 断層周辺の地下水ラドン濃度の特徴 Radon Concentration around Tachikawa Active Fault

角森 史昭<sup>1\*</sup>  
TSUNOMORI, Fumiaki<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 東京大学理学系研究科  
<sup>1</sup> Graduate School of Science, University of Tokyo

本講演では、立川断層周辺の地下水（湧水・温泉水）のラドン濃度の特徴について報告する。

立川断層帯における30年以内の地震発生確率が、東北地方太平洋沖地震の後、0.5%から0.9%に上昇した（地震調査研究推進本部、[http://www.jishin.go.jp/main/p\\_hyoka02.htm](http://www.jishin.go.jp/main/p_hyoka02.htm)）。立川断層帯は、北西部の名栗断層と南東部の立川断層とが、東京都青梅市小木曾で接続して構成されている。われわれは、人口密集地を貫く立川断層に注目し、地下水溶存物質の観測によって断層断層の状態を監視したいと考えている。これまでに、断層周辺の地下水（湧水・温泉水）の水質の現状を把握するための調査を行ってきた。本講演では、地下水を涵養している帯水層内の空隙や亀裂の状態を検知すると考えられるラドン濃度について、立川断層との関係を議論したい。

2012年は、主に不圧帯水層からもたらされる湧水を重点的に調査した。2012年の表層湧水のラドン濃度の分布は、齋藤らによって調査された20年前のラドン濃度の分布と異なっていた。これは、多摩北西部の土地利用の形態の変化や大きな影響を与えていると推測された。結果として、表層湧水のラドン濃度の計測では、立川断層に関係した情報を得ることは難しいことが確認された（井出他 2013）。

2013年は、主に1500m以深の被圧帯水層からもたらされる温泉水を重点的に調査した。反射法による調査の結果（山口他 1998）によれば、多摩北西部の基盤の深さは、起点の瑞穂で250m、終点の府中で2000mであり、ほぼ直線的に深くなっていくと見られる。1500m以深の温泉水のラドン濃度の分布の調査はこれが初めてである。詳細は、下館らが「断層帯の化学」のセッションで報告するが、断層に近い温泉からは高いラドン濃度が検出され、断層から距離が離れるとラドン濃度が低くなることが観測された。これは、立川断層の構造と関係していると推測される。

なお、温泉の調査には、多くの方々に協力を頂いた。とりわけ、株式会社スパサンフジ様には、多大なるご協力を頂いた。ここに記して感謝を申し上げます。

キーワード: 地下水, 温泉, ラドン, 断層  
Keywords: Grounwater, Hot Spring, Radon, Active Fault

## 年輪酸素同位体比による過去2千年間の本州中部における夏季降水量の年々変動の復元—歴史水文学への展開— Reconstruction of summer precipitation during last two millennia in central Japan by tree-ring oxygen isotope ratios

中塚 武<sup>1\*</sup>; 佐野 雅規<sup>1</sup>; 許 晨曦<sup>1</sup>; 大石 恭平<sup>2</sup>; 坂本 稔<sup>3</sup>; 中尾 七重<sup>4</sup>; 横山 操<sup>5</sup>; 樋上 昇<sup>6</sup>; 光谷 拓実<sup>7</sup>  
NAKATSUKA, Takeshi<sup>1\*</sup>; SANNO, Masaki<sup>1</sup>; XU, Chenxi<sup>1</sup>; OHISHI, Kyohei<sup>2</sup>; SAKAMOTO, Minoru<sup>3</sup>; NAKAO, Nanae<sup>4</sup>; YOKOYAMA, Misao<sup>5</sup>; HIGAMI, Noboru<sup>6</sup>; MITSUTANI, Takumi<sup>7</sup>

<sup>1</sup> 総合地球環境学研究所, <sup>2</sup> 名古屋大学環境学研究科, <sup>3</sup> 国立歴史民俗博物館, <sup>4</sup> 武蔵大学, <sup>5</sup> 京都大学農学研究科, <sup>6</sup> 愛知県埋蔵文化財センター, <sup>7</sup> 奈良文化財研究所

<sup>1</sup>Research Institute for Humanity and Nature, <sup>2</sup>Grad. Sch. Env. Studies, Nagoya Univ., <sup>3</sup>National Museum of Japanese History, <sup>4</sup>Musashi University, <sup>5</sup>Grad. Sch. Agriculture, Kyoto Univ., <sup>6</sup>Aichi Pref. Center for Archaeol. Operations, <sup>7</sup>Nara Nat. Res. Inst. Cultural Properties

### ●はじめに

ダム建設や河川改修など、治水・利水の計画を立てていくためには、地球温暖化等に伴う将来の降水量の変動を的確に予測して行くことが必要である。一方で、降水量は人為的な影響がなくても、さまざまな時間スケールで自然変動するため、100年に一度、1000年に一度の大洪水の発生の可能性を、統計的に理解しておくことも重要である。近代的な気象・水文観測のデータは過去100年余りの長さしかなく、それ以前については古文書などが唯一の情報源であるが、古日記の天候記録から、降水量がある程度復元可能な江戸時代よりも以前の時代については、統計的な降水量変動の理解には、大きな制約があった。近年、日本や東南アジアなどの温暖湿潤地域において、樹木年輪のセルロース酸素同位体比が、当年の夏季降水量の変動を正確に記録していることが明らかとなり、アジアモンスーンの影響下にある各地で、長期に亘る降水量変動の年単位での復元が行われている。本研究では、中部地方と近畿地方から得られた、さまざまな時代の多数の木材年輪試料の酸素同位体比を元にして、過去2千年以上に亘る夏季降水量の年々変動を復元し、その歴史的・水文学的意味について考察した。

### ●年輪酸素同位体比による降水量復元の原理

セルロースは、樹木の葉内で光合成された糖類を元に作られるため、その酸素同位体比は、葉内水の酸素同位体比の変動を記録している。葉内水の酸素同位体比は、「降水の酸素同位体比」と「相対湿度」の線形結合で示されるが、降水同位体比とは正の相関、相対湿度とは気孔からの軽い酸素原子の水蒸気の優先的蒸散を介して負の相関がある。日本のような中・低緯度の湿潤地域では、降水量が少ない時には、降水の酸素同位体比は高くなり（雨量効果）、相対湿度は低くなるので、両因子を介して、葉内水の酸素同位体比は高くなる。つまり葉内水、更には年輪セルロースの酸素同位体比は、降水量と強い負の相関を持ち、過去数千年に亘って、光合成が生じた夏季の降水量の変動を記録している訳である。

### ●降水量復元に用いた年輪試料と分析方法

樹木の樹齢は、一般に数百年以下であるため、過去2千年を越える信頼できる年輪酸素同位体比の時系列データを構築するためには、現生木だけでなく、古い建築物の用材や、遺跡からの発掘材、土砂崩れなどによる埋没木など、さまざまな時代の多様な木材からデータを集める必要がある。本研究では、長野、岐阜、愛知、滋賀、奈良などの酸素同位体比の変動パターンがよく一致する本州中央部の各地から、多数の樹試料を得て、年輪セルロースの酸素同位体比を測定し、酸素同位体時系列のパターンマッチングにより、それらのデータを相互に接続し、統計的にも信頼できる2千年を越える酸素同位体比の連続時系列データを得た。分析に際しては、木材から木口面に平行に厚さ1mmの薄板を切り出し、板のままセルロース抽出に供して、セルロース繊維の集合体となった板から年層を1枚ずつ切り出して、熱分解元素分析計と同位体比質量分析計のオンライン装置を用いて、その酸素同位体比を測定した。

### ●復元の信頼性と歴史水文学への応用

得られた年輪セルロースの酸素同位体比時系列は、近代の気象観測データや、近世の古日記から推定された梅雨期降水量、中世の洪水や干ばつの記録、古代の低地集落における竪穴住居数の変遷など、さまざまな降水量に関連した気象学的・歴史的・考古学的記録とよく一致しており、セルロース酸素同位体比が、過去の夏季降水量変動の記録として、時代を越えて有効であることが明らかになった。一方で、残念ながら樹齢には、その生育期間中、年輪酸素同位体比が、平均的に低下し続けるという樹齢効果が認められ、その補正を行った結果、200年以下の変動周期のデータは得られても、数百年以上の長周期の変動を、ヒノキの酸素同位体比を使って議論することは難しいことも分った。復元された夏季降水量の変動を、古文書に書かれている近畿各地における河川の洪水記録等と比較してみると、平安時代には、鴨

AHW25-02

会場:414

時間:5月2日 09:15-09:30

川や桂川の洪水発生頻度と年輪酸素同位体比の関係が10年スケールで良く合致するのに対して、江戸時代になると、木津川では良く合致する反面、集水域が狭く開発が進んだ鴨川では一致が見られず、上流の琵琶湖の影響を受ける宇治川ではその中間の傾向があるなど、人為的な治水や利水への取り組み、或いは集水域での森林伐採などが、降水量と洪水の因果関係に深く影響していることが見て取れた。今後、日本各地の過去数千年に亘る降水量の変動を年単位で詳しく復元していくことで、その変動の周期性を詳しく解析できると共に、洪水や干ばつへの人間社会の応答について、歴史的・考古学的な詳細な解析が可能になって行くものと思われる。

キーワード: 過去2千年, 夏季降水量, 中部日本, 樹木年輪, 酸素同位体比  
Keywords: two millennia, precipitation, central Japan, tree ring d18O

## 同位体領域モデルによって推定された冬季日本列島における水蒸気の起源 Water vapor origins in all over Japan in winter simulated by the regional isotope circulation model

田上 雅浩<sup>1\*</sup>; 一柳 錦平<sup>1</sup>; 芳村 圭<sup>2</sup>; 嶋田 純<sup>1</sup>  
TANOUE, Masahiro<sup>1\*</sup>; ICHIYANAGI, Kimpei<sup>1</sup>; YOSHIMURA, Kei<sup>2</sup>; SHIMADA, Jun<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 熊本大学大学院自然科学研究科, <sup>2</sup> 東京大学大気海洋研究所

<sup>1</sup>Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, <sup>2</sup>Atmosphere and Sea Research Institute and Institute of Industrial Science, University of Tokyo

本研究では、水の安定同位体 ( $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta\text{D}$ ) を導入した領域モデルを用いて冬季日本列島における水蒸気の起源を推定した。計算期間は 2000 年から 2010 年までで行った。モデルは冬季の降水量および安定同位体比の空間分布を良く再現していた。計算された海面気圧は冬季モンスーン型 (WM型) と低気圧型 (EC型) の 2 つに分けた。WM型では、降水量は日本海側で多く、太平洋側で少なかった。降水  $\delta^{18}\text{O}$  の空間分布は、太平洋と日本海では緯度が高いほど  $\delta^{18}\text{O}$  が低かった。降水と蒸発水の d-excess の空間分布は、日本周辺域で 16 ‰以上で、特に太平洋と日本海では 22 ‰を超えていた。WM型では、日本海起源の水蒸気は沖縄を除く日本列島における主な水蒸気の起源であった。興味深いことに、その水蒸気の一部は太平洋まで輸送されていたが、太平洋側では降水量が少ないため、日本海起源の水蒸気は太平洋側の降水としてほとんど寄与していなかった。その一方、EC型における降水量は日本全国で多かった。降水  $\delta^{18}\text{O}$  の空間分布は、太平洋と日本海では緯度が高いほど  $\delta^{18}\text{O}$  が低く、日本列島では降水量が多いため同緯度の海上の降水より低かった。降水と蒸発水の d-excess の空間分布は、東シナ海西部を除いて 14 ‰以下であった。EC型では、太平洋起源の水蒸気が日本全国に卓越していた。WM型とEC型とで降水  $\delta^{18}\text{O}$  と d-excess を比較したところ、日本海側ではWM型に降水  $\delta^{18}\text{O}$  が 2 ‰以上、降水 d-excess が 8 ‰以上高いことがわかった。

キーワード: 降水の安定同位体比, 水蒸気の起源, 同位体領域モデル, 日本全国

Keywords: stable isotopes in precipitation, water vapor origins, regional isotope circulation model, in all over Japan

## 2013年に観測した日本全国の降水安定同位体比の初期解析の結果 Preliminary results of the stable isotopes in precipitation throughout Japan observed in 2013

一柳 錦平<sup>1\*</sup>; 田上 雅浩<sup>2</sup>

ICHIYANAGI, Kimpei<sup>1\*</sup>; TANOUE, Masahiro<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 日本水文学会同位体マッピングワーキンググループ, <sup>2</sup> 熊本大学

<sup>1</sup> Isotope Mapping Working Group, JAHS, <sup>2</sup> Kumamoto University

Stable isotopes in precipitation are used for a proxy of climate change, which is related with temperature or precipitation amount. By using the atmospheric general circulation model with stable isotopes in water, water vapor origins (where the water vapor evaporated from?) can be estimated to determine the air mass transportation process. There are a lot of studies to observe stable isotopes in precipitation at only one or a few places in Japan. Tanoue et al. (2013) revealed seasonal variation and spatial distribution of stable isotopes in precipitation over Japan from the previous observational data at about 50 stations. However, spatial and temporal variations of stable isotopes in precipitation across Japan are still unknown, because a specific site and an observation period are different among the previous studies. Intensive observation of stable isotopes in precipitation over the whole Japan is required during the same period.

The Isotope Mapping Working Group of Japanese Society of Hydrological Sciences was conducted intensive observation of stable isotopes in precipitation throughout the year in 2013 (IOP2013). More than 2,000 precipitation samples are already collected at about 50 stations, and are analyzing its stable isotopic ratios by the Isotope Ratio Mass Spectrometer (Delta-V, Thermo Scientific) in Kumamoto University. Stable isotopic ratios in precipitation across Japan will be considered the relationships with locations (i.e. latitude, altitude, and distance from the coastline) and meteorological elements (i.e. temperature, precipitation amount, winds, specific humidity). Also, water vapor origins are estimated by using atmospheric general circulation model with stable water isotopes. Finally, the equations to reproduce stable isotopic ratios in precipitation at a specific place in Japan will be determined by its location and/or meteorological elements. It's a useful for the paleo-climate change as a proxy data of temperature and/or precipitation amount in the past.

In this study, we present the preliminary result of the IOP2013.

Keywords: Stable isotopes in precipitation, d-excess, Japan, IOP2013

## Tracking phosphorus sources and cycling in freshwater: stable isotope approach Tracking phosphorus sources and cycling in freshwater: stable isotope approach

CID, Abigail<sup>1\*</sup>; SONG, Uhran<sup>1</sup>; TAYASU, Ichiro<sup>1</sup>; OKANO, Jun-ichi<sup>1</sup>; TOGASHI, Hiroyuki<sup>2</sup>; ISHIKAWA, Naoto F.<sup>5</sup>; MURAKAMI, Aya<sup>1</sup>; HAYASHI, Takuya<sup>4</sup>; IWATA, Tomoya<sup>4</sup>; OSAKA, Ken-ichi<sup>3</sup>; NAKANO, Shin-ichi<sup>1</sup>; OKUDA, Noboru<sup>1</sup>; CID, Abigail<sup>1\*</sup>; SONG, Uhran<sup>1</sup>; TAYASU, Ichiro<sup>1</sup>; OKANO, Jun-ichi<sup>1</sup>; TOGASHI, Hiroyuki<sup>2</sup>; ISHIKAWA, Naoto F.<sup>5</sup>; MURAKAMI, Aya<sup>1</sup>; HAYASHI, Takuya<sup>4</sup>; IWATA, Tomoya<sup>4</sup>; OSAKA, Ken-ichi<sup>3</sup>; NAKANO, Shin-ichi<sup>1</sup>; OKUDA, Noboru<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ctr Ecol Res, Kyoto Univ, <sup>2</sup>Field Sci Educ Res Ctr, Kyoto Univ, <sup>3</sup>Univ Shiga Pref, <sup>4</sup>Dept Ecol Syst Engineer, Univ Yamanashi, <sup>5</sup>JAMSTEC

<sup>1</sup>Ctr Ecol Res, Kyoto Univ, <sup>2</sup>Field Sci Educ Res Ctr, Kyoto Univ, <sup>3</sup>Univ Shiga Pref, <sup>4</sup>Dept Ecol Syst Engineer, Univ Yamanashi, <sup>5</sup>JAMSTEC

Stable isotope technique is increasingly used to provide ecological information to understand biological cycling and tracking environmental pollutants. The technique used for tracing phosphorus (P) in water is primarily based on the possibility of distinguishing the different P inorganic sources by phosphate oxygen isotopic signatures ( $\delta^{18}\text{O}_p$ ) [1]. To date, there are only few studies to examine P cycling on watershed scales using the phosphate oxygen isotope analysis.

Here we aim to characterize individual  $\delta^{18}\text{O}_p$  signatures of water, natural sources and potential anthropogenic sources in the Yasu River, the largest tributary river in the Lake Biwa Watershed. Special attention was paid to identify primary sources of P loadings in the Yasu River, associating with the land use pattern in its each catchment.

### Materials & Methods

We collected river waters from 19 sites across the mainstream of Yasu River and its branches, whose catchment areas greatly vary in land use pattern. We also gathered water samples from 8 sewage treatment plants, 2 agricultural waste water plants and one livestock farm as point sources of anthropogenic P. We regarded phosphate fertilizers and sewage treatment plant waste waters as indicators for agricultural and domestic non-point P sources, respectively. We also collected sand from the riverbed of 5 headwaters as natural P sources. The sand samples were acid extracted to desorb dissolved inorganic phosphates [2]. These samples were treated with magnesium-induced coprecipitation (MagIC) method for phosphate extraction and then converted to silver phosphate after purification through the sequence of resin separation and precipitation [1,3]. We determined  $\delta^{18}\text{O}_p$  for each of these silver phosphate samples using a thermal conversion elemental analyzer coupled to a continuous flow isotope ratio mass spectrometer via a helium stream.

We constructed an isotopic mixing model to estimate the relative contribution of individual P sources in each catchment.

### Results & Discussion

A wide range of  $\delta^{18}\text{O}_p$  in river water was detected. This indicates that this technique is a promising tool to trace P sources in the watershed ecosystems.

The isotopic mixing model showed that urban land use accounted for spatial variation in the relative contribution of domestic P loadings though there were some uncertainty in the model simulation.

[1] Young et al. (2009) Environ. Sci. Technol, 43:14, 5190-5196

[2] Tamburini et al. ni et al. (2010) Eur J Soil Sci, 61, 1025-1032

[3] McLaughlin et al. (2004) Limnol. Oceanogr. : Methods 2, 204-212

キーワード: Biological recycling, Eutrophication, Land use, Non-point phosphorus loading, Phosphate oxygen isotope analysis  
Keywords: Biological recycling, Eutrophication, Land use, Non-point phosphorus loading, Phosphate oxygen isotope analysis

## 白神山地における河川水、湧水の安定同位体マップ Stable isotopic map of spring water and surface water in the Shirakami Mountains, Japan

網田 和宏<sup>1\*</sup>; 三浦 巧也<sup>1</sup>; 林 武司<sup>2</sup>  
AMITA, Kazuhiro<sup>1\*</sup>; MIURA, Takuya<sup>1</sup>; HAYASHI, Takeshi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 秋田大学大学院工学資源学研究科地球資源学専攻, <sup>2</sup> 秋田大学教育文化学部

<sup>1</sup>Department of Earth Science & Technology Faculty of Engineering and Resource Science Akita University, <sup>2</sup>Faculty of Education and Human Studies, Akita University

白神山地は青森県南西部と秋田県北西部にまたがる山岳地帯の総称である。本山岳地域における純度の高い原生的なブナ林を主体とする独自の生態系が高く評価され、1993年12月には世界遺産（自然遺産）に登録された。また、1995年に策定された「白神山地世界遺産地域管理計画」によって核心地域（面積10,139 ha）は原則として入山が禁止されており、現在は人間活動による直接的な影響を受けていない状況にある。

しかしその一方で、近年では酸性雨による生態系への影響等が懸念されるなど、大気降下物中に含まれる人為起源物質による山地・森林環境中への窒素付加量の増加が問題となりつつある。我々は、2011年より白神山地の渓流水、湧水を主な対象として、水の主要化学組成および水素・酸素安定同位体比測定を行い、水の起源や涵養プロセスに関する検討を進めてきた。現在までに白神山地南部域の49地点、北西地域の20地点において採水し、各種水質項目の分析を行っている。

採取した水試料の  $\delta\text{-}^{18}\text{O}$  および  $\delta\text{-}^2\text{H}$  は  $-8.2\text{‰} \sim -11.5\text{‰}$ 、 $-48.8\text{‰} \sim -64.8\text{‰}$  の範囲の値をとっており、現在までに得られている全てのデータを用いて求めた回帰直線は  $\delta\text{-}^2\text{H} = 5.7\delta\text{-}^{18}\text{O} + 1.7$  ( $R^2 = 0.88$ ) となった。これに対して白神山地西部（日本海側）の試料のみを用いて求めた場合には  $\delta\text{-}^2\text{H} = 6.0\delta\text{-}^{18}\text{O} + 0.5$  ( $R^2 = 0.98$ ) の関係が示され、山地の西部や東部など採水地域の違いにより、それぞれ高度効果の影響が異なっている可能性が示唆された。また、同一地点で複数回の採水を実施して得た試料では、春季・秋季（6月・11月）の  $\delta\text{-}^2\text{H} \cdot \delta\text{-}^{18}\text{O}$  値に比べて夏季（8月、9月）の方が低い値をとっており、採水時期の違いによっても同位体比が異なることが確認された。

キーワード: 白神山地, 安定同位体マップ

Keywords: The Shirakami Mountains, Stable isotope map

## 富士北麓の湧水と硝酸イオンの起源の検討 Source of spring water and nitrate in northern foot of Mt.Fuji

中村 高志<sup>1\*</sup>; 長谷川 達也<sup>2</sup>; 山本 真也<sup>2</sup>; 内山 高<sup>2</sup>  
NAKAMURA, Takashi<sup>1\*</sup>; HASEGAWA, Tatsuya<sup>2</sup>; YAMAMOTO, Shinya<sup>2</sup>; UCHIYAMA, Takashi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 山梨大学・国際流域環境研究センター, <sup>2</sup> 山梨県環境科学研究所

<sup>1</sup>ICRE, University of Yamanashi, <sup>2</sup>Yamanashi institute of environmental Sciences

Water chemistry of spring water in Northern foot of Mt. Fuji is discussed with special reference to its source of water and nitrate. Monthly spring water and river water samples were collected from 8 springs and 7 locations of the 3 rivers, from June 2013 to January 2014. Land use of the study area are urban located about <1000m, forest distributed >1000m and forest limit is about 2500m. The oxygen isotope range of all spring water samples shows temporal variation (>1.0 permil), which suggests the possibility of the water changes of groundwater water recharge elevation. The nitrate-nitrogen concentration ranges from 0.2 to 1.8 mg/L and from 0.1 to 2.2 mg/L in river water and spring water samples respectively. Similarly, nitrate-nitrogen isotope values ranges from 2.7 to 9.9 permil and 1.4 to 10.4 permil in river water samples and spring water samples respectively. Although nitrate concentration was low, nitrogen isotope values overlaps with forest soil nitrogen and sewage or manure nitrogen. This trend suggests that the recharge elevation of the spring water might spread across a wide area. This presentation will discuss about recharge processes of the spring water including temporal variation of the isotopic values and water quality.

キーワード: 富士山, 湧水, 水の酸素・酸素安定同位体, 硝酸イオンの窒素・酸素安定同位体

Keywords: Mt.Fuji, spring water, oxygen and hydrogen isotopes in water, nitrogen and oxygen isotopes in nitrate



## 河口湖の湖底直上水の安定同位体比とバナジウム濃度の空間分布 Spatial distribution of vanadium concentrations and water isotopes in lake bottom water from Lake Kawaguchi

山本 真也<sup>1\*</sup>; 長谷川 達也<sup>1</sup>; 吉澤 一家<sup>2</sup>; 中村 高志<sup>3</sup>; 内山 高<sup>1</sup>  
YAMAMOTO, Shinya<sup>1\*</sup>; HASEGAWA, Tatsuya<sup>1</sup>; YOSHIZAWA, Kazuya<sup>2</sup>; NAKAMURA, Takashi<sup>3</sup>; UCHIYAMA, Takashi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 山梨県環境科学研究所, <sup>2</sup> 山梨県衛生環境研究所, <sup>3</sup> 山梨大学国際流域環境研究センター

<sup>1</sup>Yamanashi Institute of Environmental Sciences, <sup>2</sup>Yamanashi Institute for Public Health, <sup>3</sup>International Research Center for River Basin Environment, University of Yamanashi

Spatial distribution of vanadium concentrations was examined in bottom water from Lake Kawaguchi, on the northern foot of Mt. Fuji, in order to test the hypothesis that the water outflow from underwater springs in Lake Kawaguchi could affect the vanadium concentrations of lake water. The samples were collected from the east lake basin and the Funatsu lake basin on July 14-August 2, 2005, and from the west lake basin on November 1 and October 31, 2013. Vanadium concentrations in the bottom water from Lake Kawaguchi range from 0.66  $\mu\text{g/L}$  to 3.18  $\mu\text{g/L}$ . Because vanadium concentration in precipitation is generally  $<0.1 \mu\text{g/L}$ , the variations are most likely attributed to the dilution of the lake water due to precipitation, and/or the input of water masses with high vanadium content. Although the concentrations of vanadium are significantly lower than those in the groundwater of the Mount Fuji, we found a relatively vanadium-enriched water mass along the southern coast of the west lake basin, off coast of Higashiken lava flow from Mount Fuji. The area matches well with the potential location of underwater springs in Lake Kawaguchi, and the lack of any riverine input around the area suggests that a water mass with relatively high vanadium concentration is likely provided from underwater springs that are located in off coast of the basaltic lava flow of Mount Fuji. We also plan to discuss the source of underwater springs based on stable water isotope ratios in the presentation.

キーワード: 河口湖, バナジウム, 水安定同位体比, 富士山

Keywords: Kawaguchiko, vanadium, stable water isotopes, Mount Fuji

## 羊蹄山麓湧水への火山ガスの寄与に関する検討 Contribution of volcanic gas to spring waters in the Mt. Yotei.

草野 由貴子<sup>1\*</sup>; 安原 正也<sup>2</sup>; 浅井 和由<sup>3</sup>; 稲村 明彦<sup>2</sup>; 高橋 浩<sup>2</sup>; 森川 徳敏<sup>2</sup>  
KUSANO, Yukiko<sup>1\*</sup>; YASUHARA, Masaya<sup>2</sup>; ASAI, Kazuyoshi<sup>3</sup>; INAMURA, Akihiko<sup>2</sup>; TAKAHASHI, A., Hiroshi<sup>2</sup>; MORIKAWA, Noritoshi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京大学, <sup>2</sup> 産業技術総合研究所, <sup>3</sup> 株式会社地球科学研究所

<sup>1</sup>The University of Tokyo, <sup>2</sup>Geological Survey of Japan, AIST, <sup>3</sup>Geo science Laboratory Co. Ltd.

羊蹄山は西南北海道に位置する標高約 1893m の成層火山であり、山麓部には多くの湧水が存在している。これらの多くの湧水は標高 200~260m に分布し、羊蹄山の火山噴出物とその基盤を成す留寿都層との境界部から湧出している(山口・佐藤, 1971)。北~東~南麓側は羊蹄山から噴出された火山降下物及びその再堆積物に広く覆われている一方、西麓側には複数の寄生火山が存在し、その活動に伴って噴出した溶岩流が分布している(勝井, 1956)。羊蹄山麓湧水に関しては、既往研究によりその水質組成や流量の特性について議論がなされてきている。それらの研究によると、東~南麓には湧出量の多い湧水が分布し、それらの溶存成分が低い一方で、西麓には湧出量の少なく、溶存成分の多い湧水が分布し、湧水の流量、水質組成の分布に特徴がみられることが明らかにされている(山口・佐藤, 1971; 山口, 1972; 鶴巻, 1989)。また、西麓側の湧水では  $\text{HCO}_3^-$  濃度および遊離  $\text{CO}_2$  濃度の高い湧水がみられ、水温も高い傾向にあることから、西麓側の湧水への火山ガスの影響が指摘されている(山口・佐藤, 1971; 鶴巻, 1989)。しかし、山麓湧水への火山ガスの寄与の有無や実態は明らかにされていない。本研究では 2013 年 8 月の現地調査にて山麓湧水を採水し、それらの主要溶存成分、酸素・水素安定同位体比 ( $\delta^{18}\text{O}$ ・ $\delta\text{D}$ )、炭素安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ )、ヘリウム濃度、ヘリウム安定同位体比 ( $^3\text{He}/^4\text{He}$ ) の分析を行った。今回の発表では、羊蹄山麓に湧出する湧水への火山ガスの寄与について、過去の研究との結果の比較に加え、同位体組成をもとに検討を行った結果について報告する。

本研究で採取した湧水の溶存成分濃度は、山口・佐藤 (1971) や鶴巻 (1989) によって得られた結果とほぼ同様であり、多くの湧水は  $\text{Ca-HCO}_3$  型、もしくは  $\text{Na-HCO}_3$  型を示した。また、東~南麓側の湧水の主要溶存成分濃度は低く、西麓側では高い傾向にあり、西麓側では  $\text{HCO}_3^-$  濃度および遊離  $\text{CO}_2$  濃度が高い傾向も一致していた。無機溶存炭素の  $\delta^{13}\text{C}$  は東~南麓で約 -21.7~-17.7‰であったのに対し、西麓側の湧水では約 -18.1~-3.0‰を示し、湧水的全炭素濃度が高いほど、無機溶存炭素の  $\delta^{13}\text{C}$  が高くなる傾向が見られた。この結果は、起源の異なる無機溶存炭素が混入していることを示唆している。湧水は羊蹄山の火山噴出物中を流動してきた地下水であると考えられるため、地下水中への海成炭酸塩の寄与は考えにくい。 $\delta^{13}\text{C}$  と全炭酸濃度の逆数の関係を見ると、湧水の値は土壌起源  $\text{CO}_2$  と火山ガス起源  $\text{CO}_2$  との混合を示す範囲内の値を示し、 $\delta^{13}\text{C}$  および全炭酸濃度が高い湧水ほど火山ガス起源  $\text{CO}_2$  の寄与が高くなる傾向が見られた。これらの結果から、湧水は火山ガス起源の  $\text{CO}_2$  の混入により高い全炭素濃度および  $\delta^{13}\text{C}$  を示したことが示唆された。一方で、湧水の水素・酸素安定同位体比は全て天水線に沿った値をとるため(産総研未公表データ)、水そのものは天水起源であり、マグマ水は殆ど混入していないと考えられる。西側の湧水への火山ガスの混入がより強く示唆された要因については現時点では明らかではないが、西麓側には寄生火山が分布しており、山口・佐藤 (1971) では寄生火山の影響を指摘している。今後は、ヘリウム安定同位体比、および地下水年代指標等を用いて、地下水流動系の相異と火山ガスの寄与の関係についても検討していく予定である。

### 引用文献

勝井義雄, 1956. 5 万分の 1 地質図幅説明書, 留寿都, 付録. 北海道開発庁, p14.

鶴巻道二, 1989. 地下水学会誌, 31, 3, 165-173.

山口久之助・佐藤巖, 1971. 羊蹄山麓湧泉調査報告, 北海道立地下資源調査所, 27p.

山下久之助, 1972. 地学雑誌, 81, 4-20.

## 羊蹄山の山麓湧水の涵養標高と滞留時間 Estimation of recharge elevation and residence time for springs in Mt. Yotei

浅井 和由<sup>1\*</sup>; 安原 正也<sup>2</sup>; 草野 由貴子<sup>3</sup>; 稲村 明彦<sup>2</sup>; 森川 徳敏<sup>2</sup>; 高橋 浩<sup>2</sup>  
ASAI, Kazuyoshi<sup>1\*</sup>; YASUHARA, Masaya<sup>2</sup>; KUSANO, Yukiko<sup>3</sup>; INAMURA, Akihiko<sup>2</sup>; MORIKAWA, Noritoshi<sup>2</sup>; TAKA-  
HASHI, Hiroshi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 地球科学研究所, <sup>2</sup> 産業技術総合研究所, <sup>3</sup> 東京大学

<sup>1</sup>Geo science laboratory, <sup>2</sup>AIST, <sup>3</sup>University of Tokyo

羊蹄山は、北海道後志地方南部に位置する標高 1,898m の第四紀成層火山である。成層火山らしい見事な円錐形の山体形状を有し、蝦夷富士と形容される。本家富士山と同じく、火山体の透水性は非常に高く、山体地下水の大部分は、標高 250m 付近の山麓部から湧水として流出する。山麓湧水については古くから水文化化学的な調査が行われており、山体の東側と西側では湧水の流量・水温・水質の分布に顕著な違いがあり、東側の湧水を形成する地下水流動系の規模が相対的に大きいと推察されている (山口, 1972)。本研究では、湧水の涵養標高や滞留時間を見積もり、地下水流動系の規模を定量的に明らかにすることを目的としている。2013 年 8 月に山麓湧水 14 地点において採水を実施し、酸素・水素安定同位体比と年代トレーサー (<sup>3</sup>H, CFCs, SF<sub>6</sub>) 濃度を測定した。湧水の水素同位体比は、-80~-72 ‰の範囲にある。この地域の地下水涵養線 (産総研未公表データ) を利用すると、湧水の平均涵養標高は 500m~1000m と見積もられる。地域的にみると、北麓や南麓の湧水において涵養標高が高い傾向 (750m 以上) が認められる。湧水の CFCs, SF<sub>6</sub> 濃度は、いずれも大気溶解によって説明できる範囲内にあり、全地点で CFCs, SF<sub>6</sub> に基づく年代推定が可能であった。トレーサープロット (CFC-12 vs CFC-11, CFC-12 vs SF<sub>6</sub>) によって地下水の流動様式を検討した結果、ピストン流モデルよりも指数関数モデルの方が適していると判断された。指数関数モデルによって得られた山麓湧水の平均滞留時間は 11 年~35 年の範囲にあり、平均涵養標高が高く、地下水の平均流動距離が長い湧水において、平均滞留時間が長い傾向が認められた。発表ではトリチウムの結果を加えた総合的な地下水年代に加え、山体内の地下水貯留量と水理地質特性との関係について検討した結果を紹介する予定である。

キーワード: 羊蹄山, 湧水, 涵養標高, 滞留時間, 年代トレーサー

Keywords: Mt. Yotei, spring, recharge elevation, residence time, transient tracer

## 三瓶山とその周辺の地下水の同位体的特徴

### Isotope characteristics of groundwater in and around Mt. Sambe, an active volcano in western Japan

安原 正也<sup>1\*</sup>; 鈴木 秀和<sup>2</sup>; 浅井 和由<sup>3</sup>; 稲村 明彦<sup>1</sup>; 山本 純之<sup>4</sup>; 森川 徳敏<sup>1</sup>; 高橋 浩<sup>1</sup>; 高橋 正明<sup>1</sup>; 風早 康平<sup>1</sup>; 北岡 豪<sup>5</sup>

YASUHARA, Masaya<sup>1\*</sup>; SUZUKI, Hidekazu<sup>2</sup>; ASAI, Kazuyoshi<sup>3</sup>; INAMURA, Akihiko<sup>1</sup>; YAMAMOTO, Atsushi<sup>4</sup>; MORIKAWA, Noritoshi<sup>1</sup>; TAKAHASHI, Hiroshi<sup>1</sup>; TAKAHASHI, Masaaki<sup>1</sup>; KAZAHAYA, Kohei<sup>1</sup>; KITAOKA, Koichi<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所, <sup>2</sup> 駒澤大学, <sup>3</sup> 地球科学研究所, <sup>4</sup> 近畿大学, <sup>5</sup> 岡山理科大

<sup>1</sup> Geological Survey of Japan, AIST, <sup>2</sup> Komazawa University, <sup>3</sup> Geo Science Laboratory, <sup>4</sup> Kinki University, <sup>5</sup> Okayama University of Science

島根県東部に位置する三瓶山は主にデイサイトから構成される活火山であり、4 × 6km 程度の大きさのカルデラを有する。カルデラ内には標高 1126m の男三瓶や孫三瓶山をはじめとする中央火口丘（溶岩円頂丘）と、それらを取り巻く崖錐や火砕流堆積物が広がる。カルデラ外部には、早水川、角井川、伊比谷川、伊佐川、三瓶川、大江川等のカルデラからの流出河川によって開析された花崗岩類からなる低い山地が続いている。このような三瓶山と周辺域において、水源井（もっとも深い井戸で深度 70m 程度）、湧水、温泉井を対象とした水文調査を 2012 年と 2013 年に実施し、地下水の一般水質、酸素・水素同位体、炭素同位体、ヘリウム同位体の測定を行った。その結果、地下水の水質・同位体的な特徴と地域性が明らかになった。また、中央火口丘群の南麓と東麓では、浅層地下水系への火山性流体の活発な混入が生じている可能性が示唆された。これらの内容について報告する。

一般水質からは、中央火口丘群の南麓と東麓にあたる志学、東の原、角井地区の地下水は Na-Cl 型もしくは Na-HCO<sub>3</sub>・Cl 型の組成を示し（カルデラ内の他の地域は Ca-HCO<sub>3</sub> 型か Na-HCO<sub>3</sub> 型）、さらに溶存成分濃度も顕著に高いという地域性が明らかになった。

酸素同位体比と水素同位体比はそれぞれ -8.9 - -8.1 ‰ δ<sup>18</sup>O, -51 - -46 ‰ δD と非常に狭い範囲の値を示し、カルデラ内の地下水に明確な地域差は認められなかった。この結果は、三瓶山の中央火口丘群では地下水の主涵養標高には山麓毎に大きな差はなく、それぞれの山麓の地下水の流動距離が似通っていることを示唆していると考えられる。

一方で志学、東の原、角井地区の地下水は炭素同位体比が -9 - -5 ‰ δ<sup>13</sup>C と、他の地域と比べて高い値を有することがわかった。同時に全炭酸濃度も明らかに高く、炭素同位体比と全炭酸濃度プロットにおいて地下水は火山性流体（-5 ‰ δ<sup>13</sup>C 前後）と降水浸透水（-21 - -19 ‰ δ<sup>13</sup>C）を結ぶ混合ライン上に分布する。このことから、中央火口丘群の南麓から東麓にかけての地下水には火山性流体の混入が生じているものと判断された。これは、地下水が Na-Cl 型もしくは Na-HCO<sub>3</sub>・Cl 型という塩化物イオンに富んだ水質を呈する（前述）こととも整合的である。同地域は地質的には中央火口丘群の中でもっとも形成時期の古い日景山溶岩の分布域とほぼ重なる。当日は、温泉水の分析データや現在測定を進めているヘリウム同位体の結果を加味することによって、三瓶山と周辺の地下水の流動系や水質形成プロセスについて地質学的な側面も含めて議論したい。

キーワード: 活火山, 地下水, 水質, 同位体, 火山性流体

Keywords: active volcano, groundwater, water chemistry, isotopes, volcanic fluid

## 希ガス水文学的な見地から見た関東平野高塩濃度地下水の起源について Origin of the high-chloride groundwater in the central part of the Kanto Plain from the viewpoint of noble gas hydrology

森川 徳敏<sup>1\*</sup>; 安原 正也<sup>1</sup>; 林 武司<sup>2</sup>; 宮越 昭暢<sup>1</sup>; 稲村 明彦<sup>1</sup>; 高橋 正明<sup>1</sup>; 仲間 純子<sup>1</sup>  
MORIKAWA, Noritoshi<sup>1\*</sup>; YASUHARA, Masaya<sup>1</sup>; HAYASHI, Takeshi<sup>2</sup>; MIYAKOSHI, Akinobu<sup>1</sup>; INAMURA, Akihiko<sup>1</sup>;  
TAKAKASHI, Masaaki<sup>1</sup>; NAKAMA, Atsuko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所, <sup>2</sup> 秋田大学

<sup>1</sup> Geological Survey of Japan, AIST, <sup>2</sup> Akita University

関東平野には、高塩化物イオン濃度 ( $\text{Cl}^-$ ; 最大で 450mg/l 程度) によって特徴づけられる被圧地下水が、主に 1) 埼玉県東部の平野部 (関東平野中央域)、2) 群馬県南東部の太田市から館林市にかけての地域、3) 茨城県南部から千葉県北部にかけての小貝川・利根川沿いの地域などにおいて認められ、水温、水質、各種同位体の分布、成因に関する研究が進められている (たとえば、林, 2003; 2004; 宮越ほか, 2003; Yasuhara et al., 2007; 安原ほか, 2011; 宮越・林, 2012)

このうち、関東平野中央域の高  $\text{Cl}$  濃度地下水は、分布域の南西端を綾瀬川断層付近とし、幅約 10km 長さ約 35km (北西~南東方向) のいわゆる元荒川構造帯 (清水・堀口, 1981) とほぼその分布域が重なる。構造帯内部の上部-中部上総層群相当層 (深さ 200m-430m 付近) に最大で 216mg/l の  $\text{Cl}$  濃度を有する被圧地下水が認められ、 $\text{Cl}$  濃度が概ね数 10mg/l 以下の構造帯外部の地下水とは対照的な特徴を有する。 $\text{Cl}$  の起源は、放射性塩素同位体 ( $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ ) の結果より上総層群堆積時に地層中に取り込まれた海水ではなく、より新しい時代の海水にその起源がある可能性が示唆されている (安原ほか, 2011)。一方、溶存希ガスに関する研究からも、元荒川構造帯内の地下水はヘリウム濃度 ( $^4\text{He}$ ) が高いことで周囲の地下水と大きく異なり、 $^4\text{He}$  濃度と  $\text{Cl}$  濃度により正の相関が見られている。 $^4\text{He}$ - $\text{Cl}$  濃度の相関および、ヘリウム同位体比 ( $^3\text{He}/^4\text{He}$ ) の特徴より、この元荒川構造帯内の地下水は、a)  $^4\text{He}$  濃度が低く、 $\text{Cl}$  濃度が数 mg/l 程度の地下水と、b)  $^3\text{He}/^4\text{He}$  が帯水層より生成されるヘリウムに比べて明らかに高いヘリウムを多く含む高  $\text{Cl}$  濃度成分との混合であることが示されている (森川ほか, 2006)。

本研究では、関東平野中央域の上部-中部上総層群相当層に賦存する高  $\text{Cl}$  濃度地下水の  $\text{Cl}$  と水の起源をはじめとする地下水システムをさらに詳細に明らかにすることを目的に、群馬県南東部の高  $\text{Cl}$  濃度地下水および、関東平野深層地下水 (温泉) の希ガス組成分布を明らかにした。その結果、元荒川構造帯周辺の温泉の  $^3\text{He}/^4\text{He}$  は、上位に位置する上部-中部上総層群相当層に賦存する高  $\text{Cl}$  濃度地下水に比べて低い結果が得られた。このことは、関東平野中央域において、高  $\text{Cl}$  濃度地下水胚胎層と温泉胚胎層間の鉛直方向の交流の可能性が低いことを示している。一方、群馬県南東部の高  $\text{Cl}$  濃度地下水は、 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 、 $^4\text{He}$ - $\text{Cl}$  濃度の相関ともに元荒川構造帯内の高  $\text{Cl}$  濃度地下水に近い傾向を示す地点が見られた。このことは、両地域の地下水の間に水平方向の水文学的連続性が存在することを示唆しているものと考えられる。

【引用文献】 林 (2003) 日本水文科学会誌, 33, 53-70; 林 (2004) 日本水文科学会誌, 34, 217-226; 清水・堀口 (1981) 地質学論集, 20, 95-102; 宮越ほか (2003) 日本水文科学会誌, 33, 137-148; 森川ほか (2006) JPGU; Yasuhara et al. (2007); 安原ほか (2011) JPGU, AHW023-P10, 宮越・林 (2012) JPGU, AHW27-P07

キーワード: 関東平野, 地下水, 塩化物イオン, 希ガス, ヘリウム同位体

Keywords: Kanto Plain, groundwater, chloride ion, Noble Gas, Helium isotope

## 定山溪温泉とその周辺地域から得られた深層地下水、ガスの地球化学的研究 Geochemical study of hot spring waters and gases in Jozankei area, Hokkaido, northern Japan

高橋 正明<sup>1\*</sup>; 風早 康平<sup>1</sup>; 佐々木 宗建<sup>1</sup>; 森川 徳敏<sup>1</sup>; 高橋 浩<sup>1</sup>  
TAKAHASHI, Masaaki<sup>1\*</sup>; KAZAHAYA, Kohei<sup>1</sup>; SASAKI, Munetake<sup>1</sup>; MORIKAWA, Noritoshi<sup>1</sup>; TAKAHASHI, Hiroshi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所・地質調査総合センター

<sup>1</sup> Geological Survey of Japan, AIST

札幌市西部に位置する定山溪温泉では、豊平川の川床一帯から 85℃を越える温泉水が約 10t/min 自然湧出している。温泉の熱階級は V と北海道の登別地獄谷や川湯温泉並の大きさである (Fukutomi, 1961) が、近傍に活動している第四紀火山はない。また温泉水の水素・酸素同位体比からその起源の大部分は天水である (松葉谷ほか, 1978) と考えられている。

本研究では、定山溪温泉水の別の起源を解明するため、定山溪温泉とその周辺の温泉、噴気地帯、坑井等から深層地下水およびガス試料を採取し、化学組成、同位体組成等の分析を行った。その結果、定山溪温泉水の塩化物イオン濃度と水素・酸素同位体比には非常に良い相関が見られることがわかり、定山溪温泉水の端成分の一つは地殻下部のマグマから供給された熱水をもう 1 つの起源とし、その熱水は NaCl 濃度で 3-5wt% 程度の可能性が考えられた。

本研究で用いた試料の採取にご協力頂いた定山溪温泉および周辺の温泉の源泉所有者の方々、また試料採取をしてくださった JX 日鉱日石金属グループの方々に謝意を表します。

【引用文献】 Fukutomi(1961)J.Fac.Sci.Hokkaido Univ.Ser.VII, 315-330; 松葉谷ほか (1978) 岡山大学温研報, 47, 55-67.

キーワード: 定山溪, マグマ水, 水素・酸素同位体比

Keywords: Jozankei, magmatic fluid, hydrogen and oxygen isotopic ratio

## 鹿塩塩水の起源：スラブ流体 Genesis of Kashio brine: slab-derived fluid

風早 康平<sup>1\*</sup>; 高橋 浩<sup>1</sup>; 森川 徳敏<sup>1</sup>; 大和田 道子<sup>1</sup>; 稲村 明彦<sup>1</sup>; 安原 正也<sup>1</sup>; 高橋 正明<sup>1</sup>  
KAZAHAYA, Kohei<sup>1\*</sup>; TAKAHASHI, Hiroshi<sup>1</sup>; MORIKAWA, Noritoshi<sup>1</sup>; OHWADA, Michiko<sup>1</sup>; INAMURA, Akihiko<sup>1</sup>;  
YASUHARA, Masaya<sup>1</sup>; TAKAHASHI, Masaaki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所

<sup>1</sup> Geological survey of Japan, AIST

In this study, we investigated a very saline spring named Kashio brine, central Japan. The brine water is spouting out through the cracks of metamorphic rocks close to Median Tectonic Line (MTL) at 700m asl. The Cl concentration of water is almost twice greater than that of the seawater with 18O-shifted isotopic composition.

キーワード: 鹿塩塩水, 同位体比, 流量, スラブ起源流体

Keywords: Kashio brine, isotopic ratio, flow rate, slab-derived fluid