

## 降水の安定同位体比の長期変動特性 - 6地点で実施した観測結果を元にして - Variability of stable isotopes in precipitation based on the result which observed at 6 sites for long period

藪崎 志穂<sup>1\*</sup>, 島野 安雄<sup>2</sup>

Shiho Yabusaki<sup>1\*</sup>, Yasuo Shimano<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 福島大学共生システム理工学類, <sup>2</sup> 文星芸術大学美術学部

<sup>1</sup>Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University, <sup>2</sup>Department of Art, Bunsei University of Art

降水は地下水や湧水の源であり、地下水流動や水循環を考える際に降水の担う役割は大きい。酸素や水素の安定同位体は一般条件下では岩石と反応しないため値は変化せず、時間が経過しても値は一定であり、水そのものの挙動を追えるという利点があるため、水循環研究において一般的によく用いられている。降水の安定同位体比は標高や緯度、海岸からの距離、気温などの影響を受けて値が変化するため、場所によって異なる値を持つ。加えて、季節変化も一定でなく、同じ月でも年によって異なるという特徴がある。よって、ある地域の調査を行う場合には、できるだけ長期間の降水データを用いることが望ましい。また、近年、世界的な気温の上昇や降水量（降雨強度）の変化などが生じており、降水の同位体比にも変化が表れていることが考えられる。本発表では、複数地点で観測した結果を元に、降水の安定同位体比の長期変動特性を示し、気温や降水量との比較や複数地点の同位体比の特徴について考察した結果を報告する。

観測を実施したのは、つくば市（1992～2006年）、小川町（1993年～）、宇都宮市（1998年～）、熊谷市（2007年～）、松本市（2009年～）、京都市（2009～2010年）である。このうち、松本市と京都市では標高の異なる地点においても採水を行い、高度効果について考察した。

降水の同位体比はいずれの地点においても季節的な変動は明瞭にはあらわれておらず、降雪のある1～2月や、台風、秋雨前線による降水量の多いときに同位体比が相対的に低くなることが認められる。藪崎・田瀬（2005）の結果からも、降水の同位体比は冬季には気温の影響が、夏季～秋季には降水量の影響が強く及んでいると考えられる。また、標高の高い松本市では同位体比は相対的に低くなっており、高度効果や内陸効果が認められる。一方、同位体比の変動パターンに関しては、各地点でほぼ同様の傾向が認められる。これは少なくとも関東～中部地方では、降水をもたらす気団（水蒸気）が同一である場合が多いことを示唆している。安定同位体比の長期変動をみると、変動幅が他の期間よりも相対的に小さくなっている期間がある（たとえば、1998年4月～2000年1月、2007年9月～2011年11月）。これは降水量や気温の変化とも関連があると考えられる。地点ごとの変動幅に着目すると、宇都宮市<小川町<熊谷市、つくば市<松本市となっている。観測を行った地点の中でも松本市は冬季の気温が低く、降雪もあるため、降水の同位体比の年変化は大きくなるのがこの要因と思われる。d-excess値の変化はいずれの地点も、夏季に低く、冬季に高いという季節変化が明瞭にあらわれていることから、卓越する気団は、夏季には太平洋側、冬季には日本海側で、いずれの地点でも同じであることを示唆している。しかしながら、この季節変化が乱れている時期が稀にあり（1999年10月、2002年3月、10月、2004年4月、2006年1月、10月、2010年1月、2月、10月、2011年4月など）、1月と10月に多くあらわれている。この要因として、降雪の影響や、秋雨前線や台風による多量の降水の影響などが考えられる。同位体比の長期変動と、気温、降水量の関係についてみると、気温は徐々に上昇する傾向が認められる一方で、同位体比は徐々に低くなる傾向があらわれていた。これは、降雨強度の変化（降雨強度の強い雨が増えている）などが関係していると考えられる。現在も数地点で観測を継続し、また東北地方でも新たに観測を開始しており、気温や降雨強度の変化と同位体比の変動の特徴について、更に考察を進める予定である。

キーワード: 降水, 安定同位体, 同位体の長期変動

Keywords: precipitation, stable isotopes, long term variation of stable isotopes

## 立山の降水の酸素安定同位体比と化学成分に見られる高度効果

## Altitude effect of isotope ratio of oxygen and chemical constituents of precipitation collected on the Mt. Tateyama

朴木 英治<sup>1\*</sup>, 檜山 哲也<sup>2</sup>, 渡辺 幸一<sup>3</sup>, 上田 晃<sup>4</sup>Hideharu Honoki<sup>1\*</sup>, HIYAMA, Tetsuya<sup>2</sup>, WATANABE, Koichi<sup>3</sup>, UEDA, Akira<sup>4</sup><sup>1</sup> 富山市科学博物館, <sup>2</sup> 総合地球環境学研究所, <sup>3</sup> 富山県立大学, <sup>4</sup> 富山大学<sup>1</sup> Toyama Science Museum, <sup>2</sup> Research Institute for Humanity and Nature, <sup>3</sup> Toyama Prefectural University, <sup>4</sup> Toyama University

上層大気中の水や物質の動態を検討するための手法の一つとして、山岳斜面の利用が考えられる。本報告では、富山県の立山の西側に広がる弥陀ヶ原台地上の標高 970m から 2,450m の 9 カ所と台地の北側を流れる称名溪谷内に位置する桂台 (標高 650m)、および、富山市市街地で同時に採取した降水について、観測点標高に対する酸素安定同位体比や化学成分濃度の月平均値 (降水量で加重平均) の変化を検討する。

弥陀ヶ原台地の斜面の最大の特徴は、ほぼ一様な傾斜の斜面が西端の美女平 (標高 970m) から東端の室堂平 (標高 2,450m) まで 13km 程も連続している点にある。この斜面上の標高が異なる複数箇所で採取した降水の酸素安定同位体比や化学成分で観測される高度効果の特徴を解析することにより上空の大気環境を検討できる可能性がある。

各観測点での降水量は、基本的には、観測点標高が高くなるにつれて降水量が増加する高度効果が観測されたが、気象状況によっては標高よる降水量変化が少ない月や逆に標高が高くなるにつれて降水量が減少する月が見られた。しかし、このような場合でも降水の酸素安定同位体比には標高が高くなるにつれて  $^{18}\text{O}$  値が低下する高度効果が見られた。2003 年から 2008 年の観測データの場合、観測点標高に対する  $^{18}\text{O}$  値の変化は一次式で回帰できた。回帰式の傾きとして得られた  $^{18}\text{O}$  の標高 1m あたりの変化は  $-0.0013\text{‰/m} \sim -0.0025\text{‰/m}$  (標高 13m から 2,450m) であった。また、観測地点数が多い 2005 年から 2008 年のデータを使用して計算した各観測点の天水線の傾きは  $8.205$  (標高 2450m)  $\sim 8.875$  (標高 13m) となり、観測点標高が高くなるにつれて 8 に近づく傾向が見られた。

これらに対し、降水に含まれる海塩起源の  $\text{Na}^+$ 、酸性雨原因物質である  $\text{NO}_3^-$  や  $\text{nssSO}_4^{2-}$  などの物質も観測点標高に対して濃度が低下する高度効果が見られ、観測点標高に対する濃度の回帰式の計算も可能であった。 $\text{Na}^+$  に関しては、標高が低い観測点では気象状況によって濃度が大きく変動したが、標高 2,000m 以上の観測点では濃度変動がかなり小さくなる現象が認められた。一方、 $\text{NO}_3^-$  に関しては、観測点標高が高くなるにつれて濃度が比較的大きく減少する高度効果が見られた。これは、起源物質である窒素酸化物の発生源が観測点付近の平野にあり、上空の  $\text{NO}_3^-$  は比較的少ないためと考えられた。これに対して、 $\text{nssSO}_4^{2-}$  では標高 2,450m 地点でも比較的高い濃度があり、しかも、立山の観測点では、観測点標高が低下しても濃度の増加は比較的小さかった。 $\text{NO}_3^-$  とは異なり、降水中の  $\text{nssSO}_4^{2-}$  は域外から輸送されてきた物が降水中の濃度に大きく寄与している可能性がある。

キーワード: 高度効果, 酸素同位体比, ナトリウムイオン, 硝酸イオン, 非海塩性硫酸イオン, 立山

Keywords: altitude effect, oxygen isotope ratio, sodium ion, nitrate ion, non sea-salt sulfate ion, Mt. Tateyama

## 長崎県大村湾における大気中鉛の起源 Origin of atmospheric lead around Omura Bay, Nagasaki, Japan

齋藤 有<sup>1\*</sup>, 梅澤 有<sup>2</sup>, 河本和明<sup>2</sup>, 谷水 雅治<sup>3</sup>, 石川 剛志<sup>3</sup>

Yu Saitoh<sup>1\*</sup>, Yu Umezawa<sup>2</sup>, Kazuaki Kawamoto<sup>2</sup>, Masaharu Tanimizu<sup>3</sup>, Tsuyoshi Ishikawa<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 高知大学海洋コア総合研究センター, <sup>2</sup> 長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科, <sup>3</sup> 海洋研究開発機構高知コア研究所  
<sup>1</sup>Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, <sup>2</sup>Graduate School of Fisheries Science and Environmental Studies, Nagasaki University, <sup>3</sup>Kochi Institute for Core Sample Research, JAMSTEC

日本の大気質は中国をはじめとする他国からの越境汚染の影響を強く受けている。大気中の鉛等の重金属も一部は他国から飛来したものであることが明らかになっている(例えば向井ほか 1999)。ユーラシア大陸に近い九州北部は、そのような越境汚染の実態を直接捉えるのに適した地域である。2011年5月から2012年8月にかけて、長崎県大村湾東部の丘陵上において2~8日おきの高頻度でエアロゾル粒子が吸引採取された。この地域の大気中の人為起源金属元素に対する越境汚染の寄与を明らかにするため、それら試料の1M-HCl溶出成分とその残存成分について、微量元素含有量とSr-Pb同位体比を測定した。難溶の残存成分は地質由来のケイ酸塩粒子、HCl溶出成分はケイ酸塩粒子への吸着体やフューム、ミスト、海塩等の可溶成分を代表するものとみなすことができる。重金属のうちZn, Cd, Pbは、HCl溶出成分中にケイ酸塩中の8-18倍の量が含まれ、これらの元素が地質由来ではなく人為起源であることが示唆される。

ケイ酸塩成分のSr同位体比 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は、冬から春に高く(0.712-0.714)、夏に低い(0.706)傾向を示す。高いSr同位体比はユーラシア大陸に由来する黄砂に特徴的な値であり、低い値は日本の地質に典型的な値である。冬型と夏型の気圧配置による風向きの変化を反映したものと考えられる。HCl溶出成分中の人為起源元素のうち、Znの含有量と $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ との相関は弱い( $r=0.28$ )、PbとCdは正の相関( $r>0.7$ )を示す。このことから大村湾付近における大気中のPb, Cd量が、ケイ酸塩粒子に占める大陸由来成分の比率が高いほど多くなることが読み取れる。しかしながら、可溶成分の鉛同位体比は、黄砂量の最も多い3, 4月の鉛は日本由来で( $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ : 1.16,  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ : 2.44)、逆にケイ酸塩の大陸由来成分の比率がそれほど高くない9月から12月に、北京、極東ロシアあるいは中央アジアからの寄与が高いことを示唆する( $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ : 1.13-1.15,  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ : 2.42-2.43)。このことは、大気中鉛に限れば、越境汚染が発生するのは黄砂の飛来する春ではなく秋から冬であることを意味する。暖房による石炭の燃焼量の増加と冬型の気圧配置が相乗的に作用したことが考えられる。一方、黄砂の時期の鉛が現地性でかつ量が最も多いことの原因としては、まず黄砂の飛行高度が非常に高いことで中国都市部の大気の影響を受けなかったこと、そしてそれが、日本海を渡り、大村湾に降下するまでに海塩起源や現地性の大気中鉛を吸着して濃縮したことが考えられる。

本研究では大陸由来の鉛の起源に関して、中国、極東ロシア、中央アジアのどれが最も重要かを突き止めることはできなかった。大気中鉛の起源推定には鉛同位体比が広く用いられているが、分析には主に四重極型 ICP-MS が用いられているためか、公表されている鉛同位体比のデータは $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ,  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ , あるいは $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ,  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  が主で、 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ,  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ,  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  の精度の高いデータは稀である。今後大気中鉛の起源推定の精度を高めるためには、汚染源地域の $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ,  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ,  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  データの整備が不可欠と考える。

キーワード: エアロゾル, 人為起源鉛, Sr-Pb 同位体比, 越境汚染

Keywords: aerosol, anthropogenic lead, Sr-Pb isotope ratios, cross-border pollution

## 能登スーパーサイトにおける大気モニタリング研究 Ongoing atmospheric monitoring activities at Noto peninsula

松木 篤<sup>1\*</sup>

Atsushi Matsuki<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 金沢大学 環日本海域環境研究センター

<sup>1</sup>Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University

Anthropogenic emissions are now perturbing biogeochemistry and climate, and it is particularly actualized in the parts of East Asia. The long-range transport of atmospheric pollutants is increasingly recognized in the downwind regions of rapidly growing industry and urban activities. There is a growing concern on the environmental consequences. Currently, there is an urgent need for high quality observational data to be collected and shared, in order to accurately estimate the health and climate impacts of the East Asian aerosols and trace gases, and eventually have the assessed impact reflected into the regional environmental policies.

Noto peninsula stems from the western coast of mainland Japan and extends approximately 150 km into the Japan Sea. Long-term record of polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) concentrations (Yang et al., 2007) has proven that geographical location of Noto peninsula is ideal for a baseline atmospheric monitoring station in East Asia, since it is surrounded by the sea and isolated from any neighboring major city or other pollution sources.

In order to reinforce the aerosol monitoring capabilities at Noto peninsula, the NOTOGRO (acronym for NOTO Ground-based Research Observatory) station was established in Suzu city (37.45°N, 137.36°E) at the tip of the peninsula. The instruments are housed in a room on the top level of a 3-storey building facing the eastern coast of Suzu city. The PM10 inlet located directly above the room provides sample air into the room for the aerosol in-situ measurements. The sample air is then shared by various instruments via an isokinetic flow splitter. The core instruments deployed at the station for long-term aerosol monitoring consist of those endorsed by the Global Atmospheric Watch Network (GAW/WMO) including e.g. aerosol chemical speciation monitor (ACSM). In addition to the aerosol in-situ measurements, atmospheric trace gas measurements (CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>) as well as column aerosol optical depth measurements are being conducted at the station in collaboration with domestic partner institutions.

The growing long-term record has revealed, for example, periodic transport of atmospheric pollutants characterized by increased levels and variable fractions of elemental carbon, sulfate, and organics within fine particles, especially in spring and autumn. Air-mass trajectory calculations suggested distinct transport patterns depending on the seasons, and often associating the major pollution sources to be within the continent. However, such analysis remains rather inconclusive when identifying the exact emission source. Therefore, expectations are high for the finger-printing aspect of the related elements using isotope ratios for the more precise source apportionment.

キーワード: 大気エアロゾル, 越境汚染, 地上連続観測

Keywords: atmospheric aerosols, trans-boundary pollution, ground-based observation

## 白神山地・日本海沿岸部の水・同位体環境に関する予察的検討 Preliminary study on hydrological and isotope environment of coastal area of Shirakami Mountains

林 武司<sup>1\*</sup>, 網田 和宏<sup>2</sup>, 三浦 巧也<sup>2</sup>  
Takeshi Hayashi<sup>1\*</sup>, Kazuhiro Amita<sup>2</sup>, Takuya Miura<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 秋田大学教育文化学部, <sup>2</sup> 秋田大学工学資源学研究科

<sup>1</sup>Faculty of Education and Human Studies, Akita University, <sup>2</sup>Graduate School of Engineering and Resource Science, Akita University

秋田県と青森県の県境に位置する白神山地は、構造山地として隆起・浸食の活発な地域であるが、豊富な降水によって支えられた豊かな森林生態系を有し、山地の中央部は1993年に世界自然遺産地域に登録されている。その一方で、白神山地では長きにわたって酸性雨が観測されており、水環境や森林生態系への影響が懸念されている。酸性雨や大気降下物が水環境に与える影響の実態については不明な点が多いが、環境省の調査によれば、酸性雨の要因となる物質の多くは国外から供給されていることから、酸性雨の影響は、白神山地の中でも日本海沿岸部において顕著であることが推察される。そこで本研究では、白神山地の日本海沿岸部を対象に、水環境の特徴および物質循環機構の解明ならびに酸性雨・大気降下物の影響評価を目的として、地表水、湧水の水質・同位体調査を実施した。発表では、採取した水試料の水質組成ならびに同位体性状について報告する。

キーワード: 白神山地, 水環境, 環境同位体

Keywords: Shirakami Mountains, water environment, environmental isotope

## 四国における河川の水・物質マップの作成 Map of the river materials in the northern part of Shikoku Island, Japan

山田 佳裕<sup>1\*</sup>, 福田 竜也<sup>2</sup>, 中野 孝教<sup>3</sup>  
Yoshihiro Yamada<sup>1\*</sup>, Tatsuya Fukuda<sup>2</sup>, Takanori Nakano<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 香川大学農学部, <sup>2</sup> 愛媛大学大学院連合農学研究科, <sup>3</sup> 総合地球環境学研究所

<sup>1</sup>Faculty of Agriculture of Kagawa University, <sup>2</sup>The United Graduate School of Agricultural Sciences, Ehime University, <sup>3</sup>Research Institute for Humanity and Nature

降水量の少ない香川県では、農業や生活に利用できる河川水は限られており、河川水が汚染されることは重大な問題になる。実際に生物化学的酸素要求量 (BOD) の環境基準達成率は全国平均を大きく下回っており、河川下流では、富栄養湖に匹敵する高い有機物濃度が観測されている。有機物汚染の原因解明には、その起源と負荷過程を明らかにすることが重要である。そのためには河川水や有機物の起源を流域の水利用の特徴と関連づけて解析することが必要になってくる。そこで、本研究では、基礎的なデータベースを構築する目的で四国北域における水・物質マップを作成した。これにより、多様な物質の情報を重ねあわせて解析出来るようになり、河川水質形成メカニズムについて定性的・定量的に示すことが可能になる。本発表では、河川水中の水の安定同位体比と各種物質の化学マップから、香川県の河川水質の現状を解析し、河川水質と流域環境の関係を考察する。

上流では、降水量と水の濃縮率 (渓流水中の  $\text{Cl}^-$  / 降水中の  $\text{Cl}^-$ ) とは負の相関を示した ( $r=-0.726$ ,  $<0.01$ )。さらに、水中の全イオン濃度と濃縮率とは正の相関を示した ( $r=0.797$ ,  $<0.001$ )。特に降水量が多い加茂川流域では渓流水中の全イオン濃度が  $0.47\text{meq/L}$  と香川県の渓流水の平均  $0.94\text{meq/L}$  や愛媛県の他の水系の渓流水の平均  $0.75\text{meq/L}$  と比較して低い値を示しており、瀬戸内地域において、渓流水中の主要イオン濃度には山岳域における水の濃縮率が強い影響を与えていることが分かった。

中下流では都市域の人口密度が高いところで、全イオン濃度や有機物濃度が高くなった。また、重回帰分析の結果、人口密度が低い地域でも、流域のため池密度が高い地点で、クロロフィル a やフェオ色素量が高くなっていることがわかった。これは、ため池で生産された有機物が河川水中の有機物の増加の要因となっていることを示している。

$^{18}\text{O}$  は河川の上流で低く、中下流で 3% 程度高くなる傾向を示した。源流域と平野部の雨の  $^{18}\text{O}$  の差は 1% 以下である。香川県の河川の延長は 20?50km と短く、上流の河川水は平水時でも 1 日程度で海に到達すると考えられるため、河川内での蒸発の影響は考えにくい。一方で、水資源を効率的に利用するため、河川流域には多くのため池が存在し、それらの  $^{18}\text{O}$  は河川水より数% 高い。流域では、河川水はため池に貯水され、ため池の水は河川を通して、水田に分配される。このような水利用が中流から下流で繰り返行われていることから、河川中下流の高い  $^{18}\text{O}$  は、河川水の多くが、ため池から流入した水によって占められているためだと考えられる。先の統計解析の結果と合わせ、河川中下流では、河川水へのため池の寄与が大きく、富栄養化したため池の有機物が河川の有機物汚濁の要因になっているといえる。

キーワード: 四国, 河川水, 水質,  $^{18}\text{O}$ , 香川

Keywords: Shikoku Island, River water, Water quality, delta $^{18}\text{O}$ , Kagawa Prefecture

## 地球化学的手法を用いた岡山県旭川・吉井川水系の水質研究 Geochemical and isotopic map of Asahi and Yoshii Rivers, Okayama Prefecture

山下 勝行<sup>1\*</sup>, 大西彩月<sup>2</sup>, 亀井隆博<sup>2</sup>, 栗原洋子<sup>2</sup>, 千葉仁<sup>1</sup>

Katsuyuki Yamashita<sup>1\*</sup>, Ayaka Onishi<sup>2</sup>, Takahiro Kamei<sup>2</sup>, Yoko Kurihara<sup>2</sup>, Hitoshi Chiba<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 岡山大学 大学院自然科学研究科, <sup>2</sup> 岡山大学 理学部 地球科学科

<sup>1</sup>Graduate School of Natural Science and Technology, <sup>2</sup>Department of Earth Sciences, Okayama University

旭川と吉井川は、岡山県の中央と東部をほぼ南北方向に流れる一級河川であり、その河川水は工業や農業などに広く活用されている。これらの河川とその流域の持続的な水利用に資する情報を得るために、2011年春から2012冬にかけて、本流および支流において表流水を採取し、主要溶存成分、微量元素、O-H-S-Sr同位体比の測定を行った。全てのサンプルは、0.2ミクロンのフィルターで濾過した後分析を行った。

(O-H同位体)

旭川および吉井川の表流水の重水素過剰値(d値)は、上流の中国山地付近で $>20$ と最も高く、下流の瀬戸内海側に向かうにつれて、支流から低いd値( $<12$ )を示す水が本流に流れ込むことで、本流のd値は単調に減少している。これは高いd値をもたらす日本海で急速に蒸発した水蒸気に由来する降雪の寄与が、上流の山地域では大きいことを示唆している。また、いくつかの調査地点では定期的に河川水の採取を行い、組成の季節変動についても調べてみた。その結果、同一地点でのd値の変動は5%以下であり、地理的な変動に比べて小さいことが明らかになった。

(Ca, Mg, Sr, Ba)

Ca, Mgなどの主要溶存イオンやSr, Baなどの微量元素は、上流から下流に向かって濃度が増加する。同様に、Sr同位体比も、局所的な例外を除けば、上流から下流に向かって増加(0.705から0.7085)した。旭川・吉井川の上流域には主に第四紀から第三紀の火成岩類が分布しているのに対し、中流から下流域には主に古生代の堆積岩類や火成岩類が多く分布している。流域内の地層の年代が古くなるにつれてSrの同位体比も変化していることから、下流ほど岩石の化学風化の影響が強いと考えられる。

(NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>)

NO<sub>3</sub>およびSO<sub>4</sub>濃度は、いずれの河川についても上流から下流に向かって上昇する傾向を示す。特に人口密度の高い津山盆地で顕著に上昇しており、人間活動との密接な関係を示唆している。また、S同位体は上流域では $^{34}\text{S}>10$ と高く、下流に進むに従って低くなる傾向を示す( $^{34}\text{S}<0$ )。Nakano et al. (2008)による琵琶湖周辺の河川の調査でも同様の傾向が報告されており、農業に用いられている肥料の影響が下流に行くほど強く出ている可能性がある。

キーワード: 水質マップ, 旭川, 吉井川, 岡山県, 微量元素, 同位体

Keywords: Geochemical map, Asahi River, Yoshii River, Okayama Prefecture, Trace element, Isotope

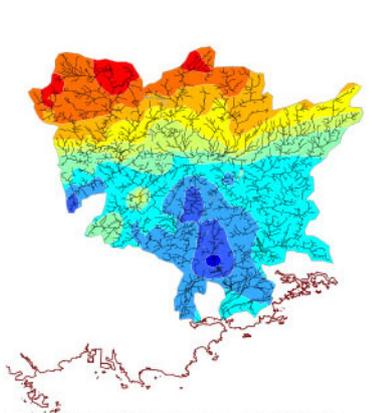


図1 旭川・吉井川支流のd値。赤い領域は高いd値を示す。

## 島根県東部斐伊川・神戸川の水質とその違い

## Water quality of Hiikawa and Kandogawa rivers in the eastern Shimane and its difference

酒井 哲弥<sup>1\*</sup>, 池田友里恵<sup>1</sup>, 内田千智<sup>1</sup>

Tetsuya Sakai<sup>1\*</sup>, IKEDA, Yurie<sup>1</sup>, UCHIDA, Chisato<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 島根大学総合理工学研究科

<sup>1</sup>Department of Geoscience, Shimane University

ここでは島根県東部の斐伊川とその東を流れる神戸川の水質の評価を行った。2009～2011年の4月～11月にかけて、基底流出時の河川水を採水し、多項目について水質分析を行い、水質の違いとその要因について検討した。神戸川流域の西部に広がる三瓶山を除けば、斐伊川と神戸川の流域の地質は基本的に同じである。たたら製鉄に伴って地形の人為的改変が行われたことも共通している。よって、2つの河川水質を比較することで地形や人為的作用といった、地質以外の要素が水質にどう影響するかを知ることができる。

(1)Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> 濃度については、島根半島での濃度が著しく高い。斐伊川とその流域では上流ほど濃度が減少する傾向がある。神戸川の濃度は斐伊川のものに比べると著しく低い値を示す。神戸川では平野域から山間域にさしかかる部分で、立久恵峡と呼ばれる地形の急な領域がある。これが上流域への海塩輸送をブロックする役割を果たしていると推定される。斐伊川の中流域にも比較的急な地形があるが、谷は広い。この影響で、斐伊川沿いでは上流域へもある程度海塩の移送が起きていると思われる。

(2)斐伊川では、Sr<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> は最上流域であっても高い濃度を示す場所がある。これに対し、神戸川ではこれらイオン濃度が低い傾向にある。斐伊川も神戸川も上流域ではゆるい地形勾配を示すが、斐伊川上流域のイオン濃度の高い河川の周辺は地形がたいへん緩い。すなわち、神戸川と斐伊川の間で地形の緩さの違いが水質に反映されている可能性がある。

(3)SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> やNO<sub>3</sub><sup>-</sup> といった人間活動の影響に左右されうるイオンの濃度は三瓶山の周辺と出雲市を通過する最下流域を除いて、神戸川の方が低い値を示す。これは神戸川の中・上流域に比較的大きな市町村がないことが反映されていると思われる。三瓶山で高い値が得られたのは中腹に牧草地が広がることが影響していると思定される。

全般的に、斐伊川の方がより溶存物質の濃度が高い結果が得られた。その原因としては、上流域での地形の緩さの違いや、中流域でのより急な地形の有無が影響していると思われる。神戸川の中流域で急な峡谷が存在するのは、中新世に形成された厚い安山岩の碎屑岩によるものである。すなわち、地質にコントロールされた地形の影響が、島根県東部の水質に反映されている可能性がこれまでの結果から示唆される。

キーワード: 水質, Sr 同位体比, ヘキサダイアグラム, 斐伊川, 神戸川

Keywords: Water quality, Sr isotope ratio, Hexa diagram, Hiikawa River, Kandogawa River

## 山形県遊佐町の湧水と表流水の水質マップ

### Geochemical and isotopic map of spring water and surface water in Yuza town of Yamagata prefecture

中野 孝教<sup>1\*</sup>, 申キチヨル<sup>1</sup>, 山田佳裕<sup>2</sup>

Takanori Nakano<sup>1\*</sup>, Shin Kichoel<sup>1</sup>, Yoshihiro Yamada<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 総合地球環境学研究所, <sup>2</sup> 香川大学農学部

<sup>1</sup>Research Institute for Humanity and Nature, <sup>2</sup>Faculty of Agriculture, Kagawa University

遊佐町は、山形県北西部に発達する庄内平野の北部に位置し、西部は日本海に面し、北部には標高 2236m の火山、鳥海山が聳えている。鳥海山は、頂上付近の年降水量が 12000mm に達するとの見積もりがあるほど、雨と雪が多いことで知られる。この大量の降水により、山体や山麓だけでなく、平野や沿岸、海底の様々な地点に地下水が湧きだしている。平野の湧水周辺では絶滅危惧種のイバラトミヨが、海底湧水周辺では名産の岩ガキが見られる。鳥海山や平野の地下を流れる水は、飲用のほか農業やサケ養殖に利用され、遊佐町の人々の生活と産業を支えている。したがって、鳥海山とその流域全体にわたる水環境の保全と維持は、同町だけでなく周辺地域にとっても重要である。遊佐町では湧水条例の策定に向けた検討を行っており、その基礎情報として、同町全体の地下水（湧水）と地表水について、多項目にわたって水質成分を分析した。降水については、高度の異なる三地点において、毎月採水し分析した。

降水の水質は時間的変化が大きい。冬季の降水は塩素やナトリウムなど日本海からの海塩粒子成分のほか、鉛やカドミウム、亜鉛などに富んでいる。これら重金属元素の大半は、アジア大陸からの越境性と考えられる。これに対して水同位体比の季節変化や高度変化は不明瞭であるが、 $d$  値は地点による変化が小さく、冬季は高く夏季は低いという明瞭な季節変化を示す。

湧水や表流水の水質成分は季節変化が小さく、その特徴から大きく 8 地域に区分できる。水同位体比は高度効果が見られるが、遊佐町の中心部の地下水は低い値を示す。この地下水は主に山麓から平野を流れる月光川の伏流水と考えられるが、鳥海山の山麓地帯からも涵養されている。塩素やナトリウムなどの海水に富む成分も、高度と共に減少する傾向を示す。しかし北部の岩礁地域の水は、南部の海岸平野に比べて、塩素や臭素、ナトリウムなどが高濃度であり、海水飛沫が生まれやすいことを示している。

鳥海山山頂近くや東部に位置する吉出山山頂近くの湿地の水は、低い  $d$  値を示しており、夏季の降水の影響が見られる。しかしこれらの例外を除くと、東麓部の湧水や地表水の  $d$  値は高く、降雪の寄与が大きいことを示している。このことは、同地域が降雪量に富むことと良い一致を示す。湧水は鉛やカドミウムなどの重金属元素が低濃度であるが、山頂部付近の雪解け水や湿地水は高く、降水の影響が見られる。これら水は Sr 同位体比が特異的に高い（ $\sim 0.707$ ）。安山岩が卓越する鳥海山や、それらの碎屑物からなる平野の水の Sr 同位体比は低く、岩石由来の Sr に富んでいる。したがって、高い Sr 同位体比は降水由来の Sr に由来すると考えられる。山麓や平野の地下水や湧水の重金属元素は非常に低濃度であることから、大気起源の重金属元素の多くは土壌物質などに吸着されていると考えられる。

沿岸の丘陵地帯の地下水は農業肥料の影響が強く見られ、水質基準値を超える地下水は少ないものの、窒素だけでなくマグネシウム、ホウ素、ヒ素などの濃度が高い。水同位体比から、これら水は丘陵地域の降水を起源としている。

キーワード: 地下水, 地球化学マップ, ストロンチウム同位体, 水同位体, 硝酸汚染, 重金属

Keywords: groundwater, geochemical map, strontium isotope, water isotope, nitric pollution, heavy metals

## 秋田県の河川水の化学組成と同位体比の特徴

### Characteristic features of chemical compositions and isotopic ratios of river water in Akita Prefecture

石山 大三<sup>1\*</sup>, 川原谷浩<sup>1</sup>, 佐藤祐美<sup>1</sup>, 佐藤比奈子<sup>1</sup>, 張 建東<sup>1</sup>, ファム ノック カン<sup>1</sup>

Daizo Ishiyama<sup>1\*</sup>, KAWARAYA, Hiroshi<sup>1</sup>, SATO, Yumi<sup>1</sup>, SATO, Hinako<sup>1</sup>, ZHZNG, Jiandong<sup>1</sup>, PHAM, Can N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 秋田大学 大学院 工学資源学研究所

<sup>1</sup> Graduate School of Engineering and Resource Science, Akita University

Chemical compositions and isotopic ratios of river water in Akita Prefecture were examined for samples collected in the base-flow period from October to December in 2011 at 125 sites. All water samples were filtered through disposable cellulose acetate filters with a pore size of 0.2 micrometer. Chemical analyses were performed at the Research Institute for Humanity and Nature. The concentrations of dissolved components in the water were determined by means of inductively plasma mass spectrometry (Agilent 7500cx) and an ion chromatograph (Dionex ICS3000), respectively. We determined H and O isotope ratios using Cavity Ringdown Spectrometer (Picarro L2120-i), and Sr isotope ratios by using a thermal ionization mass spectrometer (Thermo Fisher TRITON). The geographical distribution of water quality component was analyzed using Arc-GIS of EERI.

Geology of Akita Prefecture mainly consists of Neogene and Quaternary strata. Quaternary volcanic rocks cover the Neogene strata in the eastern part of Akita Prefecture along Ou Mountains. Sedimentary strata in Neogene tend to be distributed in the western part of the prefecture.

Acidic river waters are distributed in areas in the eastern part of Akita Prefecture in which there are Quaternary volcanoes and acidic hot springs with magmatic components. Acidic river waters characterized by occurrence of abundant mines are also distributed in the central part of the prefecture.  $\text{Cl}^-$  and  $\text{SO}_4^{2-}$  concentrations are high in river water in areas along Ou Mountains consisting of Quaternary volcanic rocks and along the coast of the Sea of Japan (coast of Akita Prefecture). The high concentrations of  $\text{Cl}^-$  and  $\text{SO}_4^{2-}$  are due to effects of acidic thermal water and sea salt particles.  $\text{F}^-$  concentration is high in river flowing from Hachimantai and Kurikoma areas of Ou Mountains. The high  $\text{F}^-$  concentration is traced from Ou Mountains to the Sea of Japan for over 100 km along the Omono river system.  $\text{NO}_3^-$  concentration is high in river water in flat plains for agriculture in Akita Prefecture.

Na and K concentrations are high in rivers along the coast of Akita Prefecture, Kurikoma area in the southeastern part of the prefecture and Ohdate area in the northeastern part of the prefecture. The high Na and K concentrations in rivers along the coast of Akita Prefecture and Kurikoma area are caused by sea salt particles and acidic thermal water, respectively. River water having high Na and K concentrations in Ohdate area is characterized by high Mg,  $\text{Cl}^-$  and  $\text{SO}_4^{2-}$  concentrations. These facts suggest that fossil seawater from hot springs was mixed with normal river water. The distribution of river water having a high Ca content overlaps with the distribution of river water having a high  $\text{SO}_4^{2-}$  content in the area of Quaternary volcanic rocks along Ou Mountains. The high Ca content is thought to be a result of water/rock interaction between volcanic rocks and  $\text{SO}_4^{2-}$ -bearing ground water formed by oxidation of sulfide minerals in volcanic rocks.

Hydrogen and oxygen isotopic ratios of river water in Akita Prefecture tend to be heavier in the coastal area of the prefecture and lighter in the eastern part of the prefecture along the Ou Mountains. Hydrogen and oxygen isotopic ratios of river water are also heavier in the area from Yokote to Daisen Cities with a northwest to southeast direction. The d-values of hydrogen and oxygen isotopic ratios are higher in river water in Hachimantai-Moriyoshi and Kurikoma areas, which have large annual snow accumulation.

The effects of sea salt particles, thermal water, mine drainage water, and water/rock interaction between Neogene and Quaternary strata and ground water control the chemical compositions of river water in Akita Prefecture.

キーワード: 水質, 地球化学図, 秋田, 鉱山, 温泉, 河川水

Keywords: water quality, geochemical map, Akita, mine, hot spring, river water

## 北部関東における河川水硫黄同位体地図

### Sulfur isotope map of surface water in northeastern Kanto, central Japan

伊藤 孝<sup>1\*</sup>

Takashi Ito<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 茨城大学教育学部

<sup>1</sup> Faculty of Education, Ibaraki University

栃木・茨城の北部を主な流域とする那珂川、久慈川の支流を研究対象として、河川水の硫酸イオン濃度および硫黄同位体組成の地理的分布、および後背地の地質との関連について検討した。その結果、以下のような特徴が明らかとなった。

花崗岩類からなる阿武隈山地南部を流れる支流、および第四系を流れる台地上の河川の硫黄同位体比は $2 \sim 8 \text{‰}$ であった。これは岩石中硫黄の同位体と異なり、むしろこの地域の天水の値に近い。これらことは、硫黄含有量が低い地質体を後背地とする場合、河川水中硫酸イオンが基本的に天水起源であることを示唆している。

中生界の堆積岩類からなる八溝山塊を流れる支流の河川水硫黄同位体比は、ほとんどが $-2 \sim 6 \text{‰}$ の範囲に入る。この値は、岩石中の硫化物硫黄の同位体比に近く、これらの河川水中の硫酸イオンが、基本的に岩石中の硫黄に起源をもつことを示している。

新第三系中新統を後背地とする河川の硫黄同位体比は、最もバリエーションに富み、 $-8 \sim 18 \text{‰}$ の幅を持つ。軽い同位体のものについては、堆積岩中に含まれる硫酸還元菌起源の軽い硫化物の影響が考えられる。重い同位体のものに関しては、二つの起源が考えられる。一つは、堆積時の海水硫酸イオンが硫酸塩鉱物として後背地に露出している可能性、もう一つは地下水・温泉水中で硫酸還元が現在進行形で起こっており、そこで生じた重い同位体からなる硫酸イオンが湧水・温泉水として地表に流出している可能性である。なお、現時点では、どちらの作用によるものであるか、特定できていない。

キーワード: 硫黄同位体, 河川水, 関東

Keywords: sulfur isotope, river water, Kanto

## アジア, アラスカ, グリーンランドの氷河上クリオコナイトの Sr, Nd 同位体比 Variations in Sr and Nd isotopic ratios in cryoconite on glaciers in Asia, Alaska, and Greenland

永塚 尚子<sup>1\*</sup>, 中野 孝教<sup>2</sup>, 竹内 望<sup>3</sup>Naoko Nagatsuka<sup>1\*</sup>, Takanori Nakano<sup>2</sup>, Nozomu Takeuchi<sup>3</sup><sup>1</sup> 国立極地研究所, <sup>2</sup> 総合地球環境学研究所, <sup>3</sup> 千葉大学<sup>1</sup>National Institute of Polar Research, <sup>2</sup>Research Institute for Humanity and Nature, <sup>3</sup>Chiba University

近年, 地球温暖化による氷河の後退が著しく懸念されているが, 今後の氷河変動にはこのような気候的要因だけではなく, 氷河上に堆積するクリオコナイトの存在も大きく影響している可能性がある。クリオコナイトは, 雪氷微生物が自身の生物活動に由来する有機物とともに氷河表面に堆積する鉱物粒子を取りこんで形成した泥状の粒子で, 氷河上に蓄積すると表面を黒く汚し, アルベドを下げて氷河の融解を促進させる効果がある。したがって, その成分や供給源を明らかにすることは, 氷河変動を考える上で非常に重要である。

クリオコナイトは世界各地の氷河に堆積しているが, 氷河によってその量や色が異なる。たとえば, アジアの氷河では大量のクリオコナイトが堆積し表面を黒く汚しているのに対し, 極域のアラスカの氷河では堆積するクリオコナイトの量は少なく, 氷河の表面は比較的綺麗である。このように, クリオコナイトの特徴の違いは各氷河表面のアルベド, さらには氷河の融解に大きく影響していると考えられるが, クリオコナイトの形成過程, とくにクリオコナイトを構成する鉱物粒子の起源や有機物の生産過程などの詳しいことはまだわかっていない。本研究では, 物質循環をトレースする有効な手法である Sr, Nd の安定同位体比を用いてアジアと極域の氷河の表面に堆積するクリオコナイトを分析し, 各地域の氷河のクリオコナイトの特徴を明らかにすることを目的とした。分析はクリオコナイトの鉱物成分と有機物成分について行い, 鉱物成分の同位体比からはクリオコナイト中の鉱物粒子の起源を, 有機物成分の同位体比からは微生物が繁殖の際に取り込んだ栄養塩源となる鉱物の種類を特定して, その生物活動を明らかにすることを試みた。

分析を行ったのは, 地理的に離れたアジアの複数の氷河および極域のアラスカ, グリーンランドの氷河表面で採取されたクリオコナイトである。クリオコナイトの構成成分ごとの同位体比を明らかにするため, 酸性度の異なる4つの溶液を用いてクリオコナイトを化学的に5つの成分(有機物, 塩類鉱物, 炭酸塩鉱物, リン酸塩鉱物, ケイ酸塩鉱物)に分離し, それぞれの Sr, Nd 同位体比を測定した。鉱物成分の同位体比については, 先行研究で報告されている各氷河周辺の堆積物の値と比較し, クリオコナイト中の鉱物の起源を特定した。有機物成分については, 各鉱物成分の同位体比と比較し, 微生物の栄養塩源となる鉱物の種類を特定した。分析は総合地球環境学研究所の表面電離型質量分析計(TIMS)を用いて行った。

クリオコナイトの鉱物成分の Sr, Nd 同位体比は, 各氷河で大きく異なり, とくに鉱物粒子のほとんどを占めるケイ酸塩鉱物の同位体比は地域ごとにはっきり異なる傾向を示した。アジアの氷河は緯度が高い氷河ほど Sr が低くて Nd が高い傾向を示し, また, 1つの氷河内での値の変動が比較的小さかった。一方, アラスカの氷河は Sr 比が低く, 1つの氷河でも標高によって Nd 比が大きく変動する傾向を示した。グリーンランドの氷河は, これらの氷河よりもさらに高い Sr 比と低い Nd 比を示した。このことは, 各氷河上のケイ酸塩鉱物の供給源が氷河によって大きく異なることを示している。この同位体比を先行研究で報告されている各氷河周辺の堆積物の値と比較すると, アジアの同位体比は各氷河周辺の砂漠の砂に, アラスカの同位体比は隣接するモレーンや周辺のレスに, グリーンランドの同位体比は周辺モレーンに近くなった。つまり, クリオコナイトの同位体比はそれぞれの氷河周辺の地質の値を反映しており, この結果から, 各氷河のケイ酸塩鉱物はそれぞれの氷河周辺から供給されたものであることがわかった。一方, 塩類, 炭酸塩およびリン酸塩鉱物は, どの地域の氷河においてもケイ酸塩鉱物とは異なる低い Sr 同位体比を示していたことから, 単に周辺地質に由来するものではないと考えられる。先行研究との比較から, アジアの氷河のクリオコナイト中のこれら3つの鉱物は, アジアの乾燥域で生成された蒸発岩やリン灰石に由来するものであることがわかった。

クリオコナイトの有機物成分の Sr 同位体比を, 各鉱物成分の値と比較した結果, 中国の天山, 祁連山脈の氷河では, 塩類鉱物と炭酸塩鉱物に近い低い値を取ったのに対し, その他のアジアの氷河, およびアラスカの氷河では, 塩類・炭酸塩とリン酸塩鉱物との中間の値を示した。有機物成分の Sr 同位体比は, 各氷河での雪氷微生物群集による栄養塩の違いを反映すると考えられることから, この中国の2つの氷河では, それは塩類鉱物と炭酸塩鉱物であり, それ以外の氷河では, それに加えてさらにリン酸塩鉱物に由来する栄養塩も利用していると考えられる。したがって, クリオコナイトの有機物成分の Sr 同位体比は, それぞれの氷河で微生物が利用する栄養塩が異なること, その違いは単純に地域に対応しているわけではないことが明らかになった。

キーワード: Sr-Nd 同位体比, クリオコナイト, 氷河上微生物

Keywords: Sr-Nd isotope ratio, cryoconite, microbes on glaciers

## Sr 同位体分析による京田辺市と西宮市の降水への黄砂、海塩および土壌の影響評価 Strontium isotope constraints on the provenance of dissolved cations in rain at Kyotanabe and Nishinomiya, western Japan

横尾 頼子<sup>1\*</sup>, 佐々木 亮介<sup>1</sup>

Yoriko Yokoo<sup>1\*</sup>, SASAKI, Ryosuke<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 同志社大学理工学部

<sup>1</sup> Faculty of Science and Engineering, Doshisha University

日本の降水は黄砂、海塩、人為起源物質などの影響を受けている。本研究では、都市域の降水の Sr 安定同位体比 ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) の時期的と地域的变化を調べ、降水への黄砂や海塩粒子、土壌粒子の影響を考察した。

京都府京田辺市と兵庫県西宮市で 2007 年と 2008 年に 1 ヶ月毎に採取した降水を 0.2  $\mu\text{m}$  メンブランフィルターでろ過し、陽イオン交換樹脂を充填したガラス製ミニカラムを用いて、Sr を抽出した。 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比は、総合地球環境研究所に設置されている表面電離型質量分析計で測定した。元素濃度は、同志社大学理工学部設置されている ICP 質量分析計およびイオンクロマトグラフィーで測定した。

京田辺市、西宮市とも降水の  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比は、春季に高く、夏季から冬季に低い傾向がみられ、2007 年の方が 2008 年より春季の  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比が高かった。その時期の  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比は黄砂起源物質に含まれる可溶性鉱物の  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比に近く、2008 年より 2007 年に黄砂観測日数も多いことから、降水への黄砂の影響が明らかである。黄砂の観測されていない 1 月と 6~12 月の  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比は、2 地点ごとで違いが少ない。夏から冬にかけての  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比は地域的な要因である海塩や土壌粒子の寄与を示していると考えられる。1 月と 6~12 月の  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比の平均値を非黄砂起源物質の混合物の  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比とすると、2~5 月の降水への黄砂の寄与は京田辺市で 16~60%、西宮市で 4~36% であることがわかった。京田辺市は西宮市よりも、黄砂の影響をみる事ができた。

降水中の Sr イオンの起源は、海塩由来と非海塩由来に分けられ、非海塩由来成分には黄砂や土壌粒子、人為起源物質などが含まれる。海塩および非海塩由来成分の割合は、降水中の  $\text{Na}^+$  がすべて海塩由来成分であるとして、海水のイオン組成比から求めた。2 年間平均の海塩由来成分の割合は、西宮市では 15%、京田辺市では 23% となり、西宮市は非海塩由来成分の割合が高く、土壌の舞い上がりや人為起源物質の影響が大きいと考えられる。京田辺市より西宮市で  $\text{NO}_3^-$  や  $\text{nssSO}_4^{2-}$  濃度は大きく、人為起源物質が多かったため、京田辺市の方が海塩粒子の影響を明瞭にみる事ができたと考えられる。

海塩由来成分の割合、非海塩由来成分の割合および海水の  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比を用いて、非海塩由来の混合物の同位体比を算出した。非海塩由来の混合物の  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比は、京田辺市と西宮市でそれぞれ異なり、地点ごとに 2007 年と 2008 年は、ほぼ同じ値になった。京田辺市では大阪層群の可溶性物質、西宮市では六甲花崗岩の値に近く、降水への土壌粒子の流入の影響がみられた。京田辺市、西宮市ともさらに低い  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比を持つ人為起源物質の流入も考えられた。

キーワード: 降水, Sr 同位体比, 黄砂

Keywords: precipitation, Sr isotope, Asian dust

## 立山高山帯のハイマツ植生における Sr 同位体の分布

### Distribution of Sr isotope ratios in the vegetation of Siberian dwarf pine at Mt. Tateyama

上原 佳敏<sup>1</sup>, 久米 篤<sup>1\*</sup>, 中野 孝教<sup>2</sup>

Yoshitoshi Uehara<sup>1</sup>, Atsushi Kume<sup>1\*</sup>, Takanori Nakano<sup>2</sup>

<sup>1</sup>九州大学農学部, <sup>2</sup>総合地球環境学研究所

<sup>1</sup>Faculty of Agriculture, Kyushu University, <sup>2</sup>Research Institute for Humanity and Nature

日本の本州中部山岳地域は標高 2500 m を超える山々が連なり、山頂部では年平均気温が低く、積雪に覆われる期間も長い。そのため生物の活動期間が短く、土壌微生物の活動も不活発である。そのため、バイオマスの分解速度が低く、有機物中の栄養塩類も可溶化せず、物質循環が抑制されていると推測される。山岳域では、湿性及び乾性沈着からの栄養塩供給は重要であり (Mladenov, 2012)、山岳地帯の稜線付近における主な物質流入源は、高山植物の枯死・落葉・落枝と湿性・乾性沈着に限られ、それらの評価を行うことによって、高山生態系における物質循環の実態を把握できると考えられる。

森林生態系の樹冠上に降った雨は、一部は樹冠の葉や枝に付着し、降雨遮断によって蒸発し大気中へ戻る。また、捕捉されずに枝や葉を通過した雨の一部は、樹冠を通過する際には、樹冠や幹に付着していた乾性沈着物を洗脱し、また葉や枝、幹から物質を溶脱するため、樹体起源の物質や、人為起源の酸性物質を含んでいる。一方、樹冠によって吸収される物質もある (G. Parker, 1983)。山岳地域は人為による局地的汚染の影響が小さく、広域輸送による大気汚染物質の影響を把握しやすいなど、生態系物質循環において様々な特徴を持った場所であるにもかかわらず、これまで系統的な観測活動はほとんど行われてこなかった。

そこで本研究では、日本の代表的な山岳域である中部山岳国立公園の立山において、夏季における立山の浄土付近の渓流水、地下水、林内雨、降水、霧水、降雪の汚れ層中の Sr 同位体比 ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) を測定し、陽イオン成分の起源を解析することで、大気沈着と、植物中の元素を識別し、ハイマツ植生への栄養塩類の大気沈着の影響評価を行う事を目的とした。

Sr 同位体比 ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) の値はそれぞれ、渓流水 (0.7070)、地下水 (0.7068)、岩石 (花崗岩: 0.707)、土壌 (0.707) となり、降水 (0.7091)、霧水 (0.7090)、積雪中の汚れ層 (0.7198 - 0.7095)、林内雨 (0.7094) となった。林内雨中には、大気由来の乾性沈着に加え、根から吸収され樹体から溶脱した成分が含まれているが、林内雨の同位体比は大気沈着の値や、海塩の値 (0.709) に非常に近い値となった。また、ハイマツ樹体中の値もそれぞれ葉 (0.7099)、枝 (0.7099)、リター (0.7097) となり、大気沈着や黄砂の値に近いものとなった。周囲の高山植物の値も (0.7095 - 0.708: シラタマノキの実は 0.707) となり、多くの場合、岩石の値よりも、大気沈着の値に近い値を示した。浄土のハイマツ群落や周囲の高山植物の栄養塩供給には、基岩や地下水よりも、海塩や黄砂などの大気沈着のほうが大きく寄与していることが示唆された。

キーワード: 黄砂, ハイマツ, 植物生理生態, ストロンチウム同位体, 山岳, 森林水文

Keywords: Asian dust, Pinus pumila, plant ecophysiology, Sr isotope, Alpine, Forest hydrology

## 硫黄安定同位体比を用いた森林土壌における硫黄動態変化の評価 Evaluation of the sulfur dynamics change in Japanese forest soils using sulfur isotope ratios

石田 卓也<sup>1\*</sup>, 陀安 一郎<sup>2</sup>, 竹中 千里<sup>1</sup>  
Takuya Ishida<sup>1\*</sup>, Ichiro Tayasu<sup>2</sup>, Chisato Takenaka<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学大学院生命農学研究科, <sup>2</sup> 京都大学生態学研究センター

<sup>1</sup>Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University, <sup>2</sup>Center for Ecological Research, Kyoto University

Anthropogenic sulfur emissions have been increased with human activities and affected sulfur dynamics in forest ecosystems. Since the stable sulfur isotope ratios ( $\delta^{34}\text{S}$ ) of various origins have specific values, the values of various environmental samples from forest ecosystems have been used for evaluation on the effect of increased sulfur deposition. In Japan, some studies showed that much more sulfate ions have been adsorbed in soils compared with North America and Europe [1, 2]. The effect of sulfur deposition may be larger in the soils with higher adsorption capability than a lower one, but little data is available.

To understand the effect of sulfur deposition on soils with high adsorption capability, we measured depth distributions of  $\delta^{34}\text{S}$  and the adsorption equilibrium of sulfate concentrations between soil particles and soil water, which are influenced by sulfur deposition.

The investigation was carried out at three study sites, Yokkaichi (YOK), Inabu (INA), and Ijira (IJR), in central Japan. These study sites have different history of sulfur deposition. YOK had been affected by quite high sulfur deposition on 1960's. IJR has relatively received high sulfur deposition recently. INA is located about 60 km NE of main urban area (Nagoya City). Two soil pits were excavated in each site and mineral soil samples were obtained at each depth.

The  $\delta^{34}\text{S}$  were measured for total sulfur and phosphate-extractable sulfur including mainly adsorbed and water soluble sulfate. The sulfate concentrations in adsorption equilibria were obtained by adsorption isotherms.

Although the phosphate-extractable  $\delta^{34}\text{S}$  ( $\delta^{34}\text{S}_{\text{phos}}$ ) values showed the same range (2.4-6.6 per mil) in all sites, the depth distributions were different among the sites. The  $\delta^{34}\text{S}_{\text{phos}}$  values in INA and IJR were similar in depth of 20-80 cm or increased with depth. On the other hand, those in YOK had the lowest values (2.4 and 2.9 per mil in YOK-1 and YOK-2, respectively) in depths of 40-80 cm in each soil pits. In addition, the equilibrium sulfate concentration curve in YOK-1 was higher position in depth of 40-50 cm where showed the lowest  $\delta^{34}\text{S}_{\text{phos}}$  value. These results indicated that in YOK anthropogenic sulfur with lower  $\delta^{34}\text{S}$  values deposited in the past existed in a certain depth of forest soil, and sulfate adsorptions on soil had increased in the range of those depths.

### References

[1] Mitchell MJ, David MB, and Harrison RB (1992) Sulphur dynamics of forest ecosystems. In: Howarth RW, Stewart JW, Ivanov MV (eds) Sulphur cycling on the continents. John Wiley and Sons, New York, pp215-254

[2] Tanikawa T, Ishizuka K, Imaya A (1999) Extractable sulfate content in Japanese forest soils. Journal of Forest Research 4:191-194

キーワード: 硫黄安定同位体比, 硫酸イオン吸着, 硫黄沈着

Keywords: sulfur isotope, sulfate ion adsorption, sulfur deposition

## C-N-S 安定同位体システマティクスの帯水層中微生物還元プロセス研究への応用 Carbon-nitrogen-sulfur isotopic tracing method to understand different anaerobic bacterial processes in aquifer systems

細野 高啓<sup>1\*</sup>, 徳永貴大<sup>2</sup>, 對馬あかね<sup>3</sup>, 嶋田純<sup>4</sup>

Takahiro Hosono<sup>1\*</sup>, Takahiro Tokunaga<sup>2</sup>, Akane Tsushima<sup>3</sup>, Jun Shimada<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 熊本大学大学院先導機構, <sup>2</sup> 熊本大学自然科学研究科, <sup>3</sup> 北海道大学低温科学研究所, <sup>4</sup> 熊本大学自然科学研究科

<sup>1</sup>Priority Organization for Innovation and Excellence, Kumamoto University, <sup>2</sup>Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, <sup>3</sup>Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, <sup>4</sup>Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University

脱窒は地下水硝酸汚染に対する自然浄化機能となる観点から、そのプロセス研究が重要なトピックとなっている。本研究では、脱窒やその他の嫌気性生物化学反応に関与する主要元素である炭素、窒素、硫黄の安定同位体比 ( $^{13}\text{C-DIC}$ 、 $^{15}\text{N-NO}_3$ 、 $^{34}\text{S-SO}_4$ ) を微生物反応履歴のネットレコーダーとして用いる方法を提案する。我々は上記三つの同位体比を組み合わせたトレーサー法 (carbon-nitrogen-sulfur isotopic tracing method: CNS-IT 法) の有効性をテストするため、 $^{15}\text{N-NO}_3$  により脱窒特性が良く理解されている熊本地下水流動系において、新たに  $^{13}\text{C-DIC}$  と  $^{34}\text{S-SO}_4$  の分析を行った。その結果、本地域では流動に伴う脱窒の進行 (最大 38% の  $^{15}\text{N-NO}_3$  上昇) に追従し、顕著な硫酸還元 (最大 55% の  $^{34}\text{S-SO}_4$  上昇) が認められた。脱窒に伴う  $^{34}\text{S-SO}_4$  の減少が見られた地域は (最大 8% の  $^{34}\text{S-SO}_4$  減少) 局所的であった。したがって、脱窒についても従属栄養的なプロセスが卓越しており、逆に独立栄養脱窒は局所的に起こっているのみである可能性が高いと解釈された。加えて、地下水流動系の始まりである涵養域において帯水層地下水の  $^{13}\text{C-DIC}$  は既に -21 ~ -17% と低く、脱窒以外の微生物有機物分解等により既に有機物由来の DIC に富んでいる実態が明らかとなった。しかし、脱窒ホットスポットでは顕著な  $^{13}\text{C-DIC}$  の上昇 (最大 8% の  $^{13}\text{C-DIC}$  上昇) が確認され、これはメタン発酵の痕跡であると解釈された。

本研究の結果より、 $^{15}\text{N-NO}_3$  に加えて  $^{34}\text{S-SO}_4$  と  $^{13}\text{C-DIC}$  が heterotrophic な硫酸還元とメタン発酵反応進行のシグナルとみなせる性質を利用し、対象地域で起こった脱窒が従属栄養的か独立栄養的かどちらのプロセスで進行する可能性が高いかを評価するというアイデアが提案できる。また、本地域では CNS-IT 法が脱窒タイプの区別を含め、その他のメジャーな生化学還元反応プロセスを総合的に理解するツールとして上手く機能しているように見受けられる。系のより詳細な理解には有機炭素濃度、メタン濃度、 $^{13}\text{C-CH}_4$ 、微生物種の解析をあわせ、更に検証・確認する必要があるかと思う。それでもなお、同位体比は還元微生物反応の履歴を刻んだ貴重な証人であり、その重要性は際立っている。地下水環境の還元化に伴うメジャーな微生物反応系列の基礎を念頭に置いて CNS-IT 法を活用するコンセプトは今まで強調されることはあまりなかったが、新しい重要な研究アプローチになると期待できる。今後更なる研究例が付け加わることで CNS-IT 法の改良と脱窒を含めた帯水層中での嫌気微生物プロセス研究の進展が望まれる。

キーワード: 安定同位体比, 地下水, 熊本, 脱窒, 独立栄養型, 従属栄養型

Keywords: isotope ratios, groundwater, Kumamoto, denitrification, heterotrophic, autotrophic

## Sr,Nd 同位体比を用いた琵琶湖古環境復元 Paleoenvironment reconstruction from Sr,Nd isotopic ratio, Lake Biwa

内藤 慶一<sup>1\*</sup>, 横山 祐典<sup>1</sup>, 宮入 陽介<sup>1</sup>, 中野 孝教<sup>2</sup>, 宮川 千絵<sup>2</sup>  
Keiichi Naito<sup>1\*</sup>, Yusuke Yokoyama<sup>1</sup>, Yosuke Miyairi<sup>1</sup>, Takanori Nakano<sup>2</sup>, Chie Miyakawa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大気海洋研究所, <sup>2</sup> 総合地球環境学研究所

<sup>1</sup> Atmosphere and Ocean Research Institute University of Tokyo, <sup>2</sup> Research Institute for Humanity and Nature

Climate changes during last Pleistocene to Holocene are characterized by Glacial-Interglacial Cycle, or more shortly, Dansgaard-Oeschger Cycle, and so on (Dansgaard et al., 1993). To reconstruct these millennial scale climate change, it is necessary to analyze high resolution geological records.

Lake sediment is one of geological records that can be analyzed high resolution because of their high accumulation rates. Thus, we can reconstruct paleoenvironments in high precision by analyzing lake sediments (Yancheva et al., 2007; Nakagawa et al., 2006).

In Asian region, climate is largely controlled by East Asian Monsoon (EAM). In summer, EASM (East Asian Summer Monsoon) brings moist and warm climate in the region, whereas EAWM (East Asian Winter Monsoon) is characterized as cold and relatively dry air originated from Siberian High, which intensified in boreal winter. According to paleoclimate archives, it has been said that EAM intensity are related to global climate change (Wang et al., 2001; Katsuta et al., 2007), thus it is important to reconstruct behavior of EAM.

As, Fe/Mn ratio, and Mass Accumulation Rate (MAR) in the sediment of lake Biwa show clear decrease of lake level in 30ka, which has lowest level in past 50kyrs. In same age, there is positive and negative peak in Sr and Nd isotope data respectively. These isotopic data indicates source materials and their contribution rates to sediment. The peak of isotopic data shows greater contribution of dusts from Taklimakan desert, which indicates either stronger Winter Monsoon, or southern shift of Westerly Jet. However, our data set requires higher resolution, so that we can separate source areas of sediment in detail. Furthermore we can reconstruct climate changes that occur in short time scale.

キーワード: Sr 同位体, Nd 同位体, 古環境

Keywords: Sr isotope, Nd isotope, Paleoenvironment

## 多元素分析及び同位体比分析が明らかにする近過去における国内湖沼の環境変動 Recent anthropogenic environmental change in domestic lakes revealed by multi-elements and isotope analyses

大元 皓平<sup>1</sup>, 千葉 仁<sup>1\*</sup>, 兵藤 不二夫<sup>2</sup>, 中野 孝教<sup>3</sup>, 占部 城太郎<sup>4</sup>

OHOMOTO, Kohei<sup>1</sup>, Hitoshi CHIBA<sup>1\*</sup>, HYODO, Fujio<sup>2</sup>, NAKANO, Takanori<sup>3</sup>, URABE, Jotaro<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 岡山大学大学院自然科学研究科, <sup>2</sup> 岡山大学異分野融合先端研究コア, <sup>3</sup> 総合地球環境学研究所, <sup>4</sup> 東北大学大学院生命科学研究所

<sup>1</sup>Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, <sup>2</sup>Research Core for Interdisciplinary Sciences, Okayama University, <sup>3</sup>Research Institute for Humanity and Nature, <sup>4</sup>Graduate School of Life Sciences, Tohoku University

### 1. はじめに

世界的に人為的起源による環境汚染が顕在化・深刻化するなか、河川・湖沼において水質・底質の分析が各地で行われている。しかし、過去のデータが存在しない場合、環境変動を知るためには何を分析すべきか判断することは難しい。世界的には、過去の環境変動を知ることのできる湖沼堆積物を用いた古環境復元研究が進められている。しかし、これらの手法が国内の湖沼に対して適用された例はほとんど存在しない。本研究では、古環境復元のために世界的に行われている多元素分析及び同位体比分析が日本国内の湖沼においても適用可能であることを検証することを目的とした。

### 2. 研究手法

高山湖沼の北海道の羅臼湖やニセコ大沼、富山県のみくりが池、長野県の木崎湖、並びに低地湖沼である琵琶湖や阿寒湖、渡島大沼の計7湖沼の湖底堆積物コアサンプルのCa, Na, Mgをはじめとした主成分元素, Mn, Asといった酸化還元状態に敏感に反応する元素, Pb, Znといった人為由来重金属元素, および希土類元素の濃度を深度(年代)ごとにICP-MSで測定した。また、湖沼堆積物中の碎屑性成分の起源を推定することを目的として、堆積物のSr同位体比をTIMSで測定した。

### 3. 結果と考察

琵琶湖では、湖底堆積物最上部においてMn, Asの急激な濃度増加が見られ、堆積物下部から輸送された還元態のMn, Asが堆積物表層で酸化・固定されたものと考えられる。阿寒湖でもMn, As, Cu, Znの大きな変動が測定された。しかし、琵琶湖とは異なりこれらの元素に富む物質の外部からの流入が示唆される。また、渡島大沼やみくりが池ではPb濃度などの重金属濃度の変動が確認され、大気降下物の負荷や無鉛ガソリンの普及・排出規制の影響が現れていると考えられる。一方、ニセコ大沼においては、20世紀に入ると同時にPb, Znの濃度増加が確認できた。この傾向は堆積速度の増加とも一致しており、特定元素に富む土砂の供給量の増加を示唆する。また、Sr同位体比から、Sr同位体比の異なる二成分の混合が明かである。羅臼湖では、過去100年間で主成分元素や微量元素濃度に大きな変化は見られなかった。

さらに、それぞれの湖沼で、堆積物サンプルの堆積年代別の化学組成データに対して、多変量解析の一手法である主成分分析を行なった。その結果、木崎湖では碎屑性堆積物から供給されると考えられる元素と人為起源を有する可能性がある元素の流入の挙動が区別できる可能性が示唆された。

キーワード: 湖沼堆積物, 多元素分析, Sr同位体, 人為起源環境変動

Keywords: lake sediment, multi-element analysis, Sr isotope, anthropogenic environmental change

## 生元素安定同位体比解析からみた国後島および択捉島のヒグマの食生態 Feeding ecology of brown bears of the Southern Kurils revealed by multi-stable isotope analysis

中下 留美子<sup>1\*</sup>, 鈴木 彌生子<sup>2</sup>, 小林 喬子<sup>3</sup>, 伊藤 哲治<sup>4</sup>, 中村 秀次<sup>4</sup>, 増田 泰<sup>5</sup>, LONGUNTSEV, Andrey<sup>6</sup>, 大泰司 紀之<sup>7</sup>, 佐藤 喜和<sup>4</sup>

Rumiko Nakashita<sup>1\*</sup>, Yaeko Suzuki<sup>2</sup>, KOBAYASHI Kyoko<sup>3</sup>, ITO Tetsuji<sup>4</sup>, NAKAMURA, Hidetsugu<sup>4</sup>, MASUDA, Yasushi<sup>5</sup>, LONGUNTSEV, Andrey<sup>6</sup>, OHTAISHI, Noriyuki<sup>7</sup>, YOSHIKAZU, Sato<sup>4</sup>

<sup>1</sup>(独) 森林総合研究所, <sup>2</sup>(独) 食品総合研究所, <sup>3</sup> 東京農工大学, <sup>4</sup> 日本大学, <sup>5</sup> 知床財団, <sup>6</sup> 露クリリスキー保護区, <sup>7</sup> 北海道大学

<sup>1</sup>Forestry and Forest Products Research Institute, <sup>2</sup>National Food Research Institute, <sup>3</sup>Tokyo University of Agriculture and Technology, <sup>4</sup>Nihon University, <sup>5</sup>Shiretoko Nature Foundation, <sup>6</sup>Nature Reserve Kurilsky, <sup>7</sup>Hokkaido University

北方領土である国後・択捉島にはヒグマが生息しているが、その生態はほとんど知られていない。一方で隣接する知床半島にもたくさんのヒグマが生息しており、その生態研究は盛んに行われている。本研究では、生元素安定同位体比分析による食性解析を行い、知床半島のヒグマと比較することで、国後島のヒグマの食生態を明らかにすることを目的とした。

調査は2010年9月11日から18日までの8日間、国後島北東部でヒグマの痕跡調査を行い、樹木等に付着したヒグマの体毛を収集した。これらの体毛はi) 異なる個体の体毛を1本ずつ錫箔に封入したもの(個体毎の平均的食性を推定), ii) 毛根側から毛先に向かって5mmずつ細断し、その画分毎に錫箔に封入したもの(個体毎の食性履歴を推定)を試料として、炭素・窒素・硫黄安定同位体比を測定した。

体毛を1本ずつ分析した結果、国後島のヒグマは窒素・炭素・硫黄同位体比間に強い正の相関がみられ、食物資源のバリエーションが小さいことが示唆された。また、個体毎の食性履歴を推定した結果、どの個体も春の植物食から夏秋はサケマスに移行しており、同様の食性履歴パターンを示した。知床半島のヒグマが植物、サケマス、シカ、農作物を利用することから様々な食性履歴パターンを示すことと比較すると、国後島のヒグマは、人間活動の影響が全くない環境下で豊富なサケマス資源に強く依存して生息していると特徴付けられた。現在、択捉島のヒグマの体毛についても分析中であり、詳細を報告予定である。

キーワード: ヒグマ, 国後島, 択捉島, 安定同位体比分析

Keywords: brown bears, Kunashiri, Etorofu, stable isotope analysis

## 動物遺存体のストロンチウム同位体分析による人の移動・狩猟域の解明 - 房総半島における縄文時代の遺跡による検討 - Identifying human migration and hunting area revealed through Strontium isotope analysis of mammal remains

石丸 恵利子<sup>1\*</sup>, 覚張 隆史<sup>2</sup>, 中野 孝教<sup>3</sup>

Eriko ISHIMARU<sup>1\*</sup>, GAKUHARI, Takashi<sup>2</sup>, NAKANO, Takanori<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 熊本大学埋蔵文化財調査センター, <sup>2</sup> 東京大学総合研究博物館, <sup>3</sup> 総合地球環境学研究所

<sup>1</sup> Kumamoto University research Center for Buried Cultural Properties, <sup>2</sup> The University Museum, The University of Tokyo,

<sup>3</sup> Research Institute for Humanity and Nature

Human migration, exchange and distribution spread the culture and technology and produces regionality and change of the Japanese archipelago.

Cultural transmission of Jomon period revealed by finding evidence that the human movement. In order to clarify aspects of use of animal resources, we are working to clarify the distribution area and hunting and fishing area using stable isotope analysis. In this paper, we report on the study area in the region of the Boso Peninsula Jomon hunting using strontium isotope ratios.

For this study, we used samples from the 55 tooth enamel of deer (*Cervus nippon*) and wild boar (*Sus scrofa*) excavated from 12 sites which located on the Boso Peninsula during the late and final Jomon period. We collected plant samples from 32 locations in the Boso Peninsula and evaluated regional differences in environmental Strontium isotope ratios by these plant samples.

The strontium isotope analyses, including the pretreatment steps, were performed at the Research Institute for Humanity and Nature. Strontium isotope ratios were measured with a TRITON thermal ionization mass spectrometer (Thermo Fisher Scientific). Sample  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  data was normalized to the standard reference material of the NIST SRM 987 (0.710250). Internal precision based on ion counting 100 times was  $\pm 0.000004\text{--}0.000006$  (=1 standard error).

We created the map of a geographic  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  distribution of plants. The graphic representation was performed with ArcGIS (ESRI, Inc.) software by using the kriging calculation method.  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  ratio showed different range, with high ratios (up to 0.7090) dominating the tip area of the peninsula and low ratios (low as 0.7056) occurring in the base and central area. In addition, Strontium isotope ratios in plants from the river basin had intermediate values. We can distinguish  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  ratio of plants in the tip of Boso Peninsula from the value of base and central areas.

The strontium isotope ratio in the mammal tooth enamel was varied in the range of 0.7056-0.7075. The isotope ratio of A site mammal showed the value from 0.7056 to 0.7059, and B site showed 0.7069 to 0.7075. The strontium isotope ratio of A site and B site showed clearly different value.

The strontium isotope ratio of C site showed from 0.7062 to 0.7068 and was intermediate value of A and B site. Thus, we can determine that the mammal carried to these sites inhabited the different area respectively.

In this announcement, we point out that the evidence that strontium isotope ratio to identify the hunting area.

キーワード: 動物遺存体, 狩猟域, ストロンチウム同位体比, 縄文時代, 房総半島

Keywords: animal remains, hunting area, strontium isotope ratio, Jomon period, Boso peninsula

## 古墳時代における家畜馬の移動復元

## Reconstruction of horse movement and management in the Kofun period

覚張 隆史<sup>1\*</sup>, 丸山真史<sup>2</sup>, 申 基<sup>3</sup>, 中野 孝教<sup>3</sup>

Takashi Gakuhari<sup>1\*</sup>, Masashi Maruyama<sup>2</sup>, Kichoel Shin<sup>3</sup>, Takanori Nakano<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 北里大学医学部, <sup>2</sup> 奈良文化財研究所, <sup>3</sup> 総合地球環境学研究所

<sup>1</sup> Kitasato University School of Medicine, <sup>2</sup> Nara National Research Institute for Cultural Properties, <sup>3</sup> Research Institute for Humanity and Nature

### Introduction

The horse management was fundamental steps, contributing to great civilizations. In Japanese archipelago, the founder population of horse was introduced from Continental region during the Kofun period (3th-7th). A number of the Kofun, the large tomb in Japanese archipelago, was constructed by numerous people, and it is possible that the early great civilization started from the Kofun period. On the archaeological contexts in this period, it is thought that the horse management was similar to Continental region, and horses were generally supplied to the urban area from the outer suburb. This relocation system is crucial to establish the large government and nation in Japan.

Recently, the isotope analysis was applied to number of archaeological researches. Especially, the isotope analysis of heavy elements could provide zooarchaeological remains with the information about habitation area and movement history. As effective technique to the reconstruction of mammal habitation area, strontium isotope analysis of hard tissue (tooth enamel) was applied to a number of archaeological researches. In archaeological researches, the strontium isotope ratio has been used for information to distinguish local individual and non-local individual based on the archaeological hypothesis such as introduction and movement of mammals. In this study, we tried to reconstruct the horse movement using stable isotope analysis, and demonstrated the horse management in the Kofun period.

### Materials and Methods

To reconstruct the movement pattern of horses in the Kofun period, the mammal remains excavated from Saragunjori site in Osaka Prefecture was analyzed using strontium isotope analysis. The sample powder was sampled from nine horse enamels, two dog enamels and two wild boar enamels using tungsten bur drill. The local range of bio-available strontium isotope ratio was defined on dog and wild boar remains, to detect the introduction of the horse from outside regions to this site. Mammal enamels were purified by the pretreatment with 0.1N acetic acid buffer and the column extraction which filled a cation exchange resin. The strontium isotope ratio of sample was measured using thermal ionization mass spectrometer (TRITON, Thermo Fisher Scientific). The strontium isotope ratio ( $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ ) was normalized by  $88\text{Sr}/86\text{Sr}$  to natural abundance, and  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  was corrected by NBS987 (certified value;  $87\text{Sr}/86\text{Sr}=0.710250$ ). The internal measurement error (standard error) was 3.66 ppm (0.000005).

### Results and Discussion

The mean of the strontium isotope ratio in the horse enamel from the Saragunjori site showed 0.708911, the standard deviation 0.000897, maximum 0.710968 and minimum 0.707903 (Figure). The mean of the strontium isotope ratio in the dog and wild boar enamel from the same site showed 0.708929, standard deviation 0.000787, maximum 0.709644, and minimum 0.708245.

To identify the outlier of horse from the Saragunjori site, the strontium isotope ratio of the horse enamel was compared with the local mammals from the same site. If the strontium of the enamel was more various than the local, it indicate that the individual was introduced from the other regions. To test statistically the difference between the variation of horse enamel and dog and boar from the site, F-test was carried out by dividing two groups (the horse group and the dog group). As a result, the variation of the horse enamel was insignificantly higher than the local mammal ( $P>0.05$ ). Therefore, it was indicated that the Saragunjori horse was not supplied from the larger habitat than the dog and wild boar. Since the range of strontium isotope ratio is 0.708-0.713 based on geochemical background around this site, the population was managed in a local area. This result indicates that there was not yet relocation system in this region for Kofun period.

キーワード: ストロンチウム同位体, 家畜馬, 移動性

Keywords: Strontium isotope analysis, Horse, Mobility

HTT32-P21

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 18:15-19:30

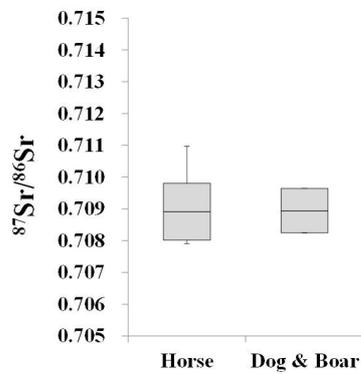


Figure 1. the strontium isotope ratio of mammal remains in Saragunjori site

## 山陽地域と東海地域における縄文時代人骨のSr同位体分析 Strontium isotope analysis on human skeletal remains of the Jomon period from Tokai and Sanyo regions in Japan.

日下 宗一郎<sup>1\*</sup>

Soichiro Kusaka<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 総合地球環境学研究所

<sup>1</sup> Research Institute for Humanity and Nature

風習抜歯は、縄文時代後・晩期の人骨に高頻度で認められ、その型式は、上顎の犬歯と下顎の切歯を抜く4I系と上下顎の犬歯を抜く2C系に大別される。しかしながら、抜歯を行った意味、型式の違いの意味は解明されていない。本研究は、縄文人骨を対象として、ストロンチウム同位体分析による移入者の判別を行うことで、この問題の解明を試みた。陸水や植物に含まれているストロンチウムの安定同位体比 ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) は、流域の地質に対応した地理的变化を示す。人体に含まれているストロンチウムは飲食物に由来するので、その安定同位体比から、居住地域やさらにヒトの移動なども推定できる。本研究では、山陽地方(大田貝塚、津雲貝塚)と東海地方(吉胡貝塚、稲荷山貝塚)の遺跡から出土した、縄文時代中期から晩期(約5000-2300年前)に属する人骨を対象にした。ストロンチウム同位体比の違いによって、人骨集団の中の「移入者」を判別し、「移入者」と性別や抜歯型式との関係を検討した。山陽地方の大田貝塚集団と津雲貝塚集団では、それぞれ1個体の「移入者」を判別することができた。しかし、山陽地方では遺跡周辺の植物のストロンチウム同位体比の変動が大きく、明瞭な地域差が見られなかった。よって「移入者」と判別されなかった中に、実際の移入者が含まれている可能性は否定できない。一方、東海地方では、植物の値に顕著な地域差が見られ、ストロンチウム同位体分析が集団間移動の解明手段として有効であることが明らかとなった。吉胡人骨では、36%の個体が「移入者」と判別され、女性よりも男性において「移入者」の割合が高かった。稲荷山人骨では、24%の個体が「移入者」と判別された。4I系人骨と2C系人骨は「移入者」と「在来者」をどちらも含み、4I系人骨が在来者で2C系人骨が移入者を意味するという従来の仮説を否定する結果が得られた。本研究の結果、縄文時代に抜歯風習や性別が、食性や集団間のヒトの移動に関連していたことが明らかとなった。

キーワード: ストロンチウム同位体比, 人骨, 歯, エナメル質, 同位体地図

Keywords: strontium isotope ratio, human bone, tooth, enamel, isoscape

## 標準岩石試料と環境標準試料の安定同位体比 Stable isotope ratios of rock and environmental standards

SHIN Kicheol<sup>1\*</sup>, 多田 洋平<sup>1</sup>, 日下 宗一郎<sup>1</sup>, 宮川 千絵<sup>1</sup>  
Kicheol Shin<sup>1\*</sup>, Yohei Tada<sup>1</sup>, Soichiro Kusaka<sup>1</sup>, Chie Miyakawa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 総合地球環境学研究所

<sup>1</sup> Research Institute for Humanity and Nature

地球環境研究で対象になる試料は、大気、水、生物、土壌、岩石などの天然物から農産物、食品、工業製品などの人工物まで多種多様であるが、それらの連環を明らかにするためには、できる限り多くの元素について、その濃度と安定同位体比を高い精度と確度、迅速かつ簡便に分析することが望まれる。さらに生物は部位によって、土壌や岩石は構成要素によって異なる元素組成と安定同位体比を示すように、試料の処理方法による分析精度の検討も欠かせない。同位体環境研究の促進には、分析機器を保有する各研究機関が連携し、各種の環境試料について、その元素・安定同位体比分析を実施する分析ネットワークを構築する必要がある。その第一歩に向けて、産業技術総合研究所 (AIST) が作成した標準岩石試料について Sr, Nd, Pb 安定同位体比を、また重金属元素分析用に作成された生物試料について炭素・窒素同位体比を測定した。

標準岩石試料はマイルストーン社製のマイクロ波試料分解装置 ETHOS One を使用し、テフロン容器に高純度酸を用いて完全分解した。Sr と Pb は Sr スペック樹脂を用いて、Nd は陽イオン交換法と Ln 樹脂を用いて分離・抽出した。表面電離型質量分析装置 TRITON による標準岩石試料のストロンチウム安定同位体比分析の外部分析精度 (10ppm) は、内部分析精度 (4 - 5ppm) の 2 倍程度であった。二重収束型高分解能 ICP 質量分析装置 (NEPTUNE) においても同様な傾向が見られた。このことから、外部精度は試料の不均質性や試料処理の段階での Sr 汚染ではなく、機器測定に伴う変動と考えられる。

4 種類のコメ標準試料に対して、窒素、炭素の安定同位体比を測定した結果によれば、<sup>13</sup>C 値は  $-25.7 \pm 0.3$  ‰ の範囲に入るのに対して、<sup>15</sup>N 値は分析誤差をはるかに超える変動 (1.2 to 5.6 ‰) を示した。このことは、人為由来の窒素の寄与を示唆している。同様に 3 種類の魚肉試料は、互いに異なる炭素・窒素の安定同位体比を示した。東京湾のスズキ魚肉試料の <sup>15</sup>N 値は、日本近海産のタラやメカジキ魚肉試料に比べて 5 ‰ ほど高く、東京湾への人為起源窒素の寄与を示唆している。

キーワード: 安定同位体, 環境標準, 分析精度, 試料不均質性

Keywords: stable isotope, environmental standard, analytical precision, sample heterogeneity