

## トレーサビリティ基盤情報としての環境水の多元素同位体比マップ：東北日本の例 Geochemical and isotopic map of stream water as a basis of environmental traceability an example of northeastern Japan

中野 孝教<sup>1\*</sup>; 申 基澈<sup>1</sup>; 陀安 一郎<sup>1</sup>; 由水 千景<sup>1</sup>; 奥田 昇<sup>1</sup>; 加藤 義和<sup>2</sup>; 神松 幸弘<sup>2</sup>; 栗田 豊<sup>3</sup>;  
天野 洋典<sup>3</sup>; 富樫 博幸<sup>3</sup>; 石山 大三<sup>4</sup>  
NAKANO, Takanori<sup>1\*</sup>; SHIN, Kichioel<sup>1</sup>; TAYASU, Ichiro<sup>1</sup>; YOSHIMIZU, Chikage<sup>1</sup>; OKUDA, Noboru<sup>1</sup>;  
KATO, Yoshikazu<sup>2</sup>; KOHMATSU, Yukihiko<sup>2</sup>; KURITA, Yutaka<sup>3</sup>; AMANO, Yosuke<sup>3</sup>; TOGASHI, Hiroyuki<sup>3</sup>;  
ISHIYAMA, Daizo<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 総合地球環境学研究所, <sup>2</sup> 京都大学生態学研究センター, <sup>3</sup> 東北区水産研究所, <sup>4</sup> 秋田大学国際資源学部  
<sup>1</sup>Research Institute for Humanity and Nature, <sup>2</sup>Ecological Research Center, Kyoto University, <sup>3</sup>Tohoku National Fisheries Research Institute, <sup>4</sup>Faculty of International Resource Sciences, Akita University

複雑化する地球環境変化に対応するには、予防原則に立ち、環境に存在する様々な物質について、その発生源にまでさかのぼって追跡可能なトレーサビリティ手法の確立とその社会実装が不可欠である。地球上の物質は92種類の元素で構成されるが、そのうち半数程度の元素に安定同位体が存在する。元素の安定同位体比は、元素組成以上に物質の発生源に関するトレーサビリティ情報となりうることから、総合地球環境学研究所（地球研）では、各種元素分析装置や安定同位体比分析装置を整備すると共に、大学共同利用機関法人として、その広範な利活用を図るために、同位体環境学共同研究事業を公募し実施している。

この事業の一つとして、環境水の元素組成や安定同位体比の分布を明らかにする水質マップ研究を実施している。これは、動植物や農水産物に含まれる諸元素が、基本的に地表水や地下水、土壌水などの環境水に由来すること、またそれらの組成が、時間的変化に比べて地理的変化の方がはるかに大きいことに基づいている。地域レベルで得られた環境水マップに関するデータを集積し、日本、アジア、さらに世界へと展開できれば、水物質循環、生物多様性、気候変動などの地球環境研究だけでなく、農水産物や食品なども含めたトレーサビリティ研究の基盤情報となる。

本研究では、東北地方の約1000地点で採取した環境水について、主要元素と微量元素の濃度および水素・酸素・ストロンチウムの同位体比を測定し、地質図や河川堆積物の地球化学マップ（産業技術総合研究所）と比較検討した。平野部の河川の硝酸イオン濃度の多くは $3\text{mgL}^{-1}$ 以下であったが、山地域（ $<1\text{mgL}^{-1}$ ）に比べて有意に高く人為由来の窒素の寄与が認められる。

塩素イオンや硫酸イオンも熱水地域で高いが、それを除くと秋田・宮城両県の平野域で高く、人為由来の塩素や硫黄の寄与が認められる。水の水素と酸素の安定同位体比は、緯度効果や高度効果が認められる。重水素過剰値は日本海側で特徴的に高く、とくに山地域で高いことは、降雪の寄与が強いことを示している。

河川水のストロンチウムの安定同位体比（ $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ）は、火山岩や花崗岩の分布域（0.704~0.706）に比べてグリーンタフ地域（0.706~0.707）で高い。堆積岩類も南部北上帯（0.7065~0.708）に比べて北部北上帯（0.709~0.712）は高く、基盤地質の違いを反映している。しかし、火成岩地域の河川水の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は岩石に比べて高いのに対して、堆積岩地域の河川水は低く、降水の寄与あるいは構成鉱物の選択的風化を示唆している。

地球化学的挙動が似ているSrとCaは、河川水も河川堆積物も互いに似た濃度分布を示すが、両者の分布パターンは一致しない。風化しにくいカリウム系元素のK、Rb、Csなどのアルカリ元素も互いに似た分布パターンを示すが、河川水の分布パターンは河川堆積物のそれと異なる。他の主要陽イオンについても同様な分布の不一致が見られることは、岩石風化過程での元素分別が大きいことを示している。いっぽう、河川水のSr/Caは花崗岩や火山岩地域で高く、地質との対応が認められる。この原因としては、風化する鉱物のSr/Caを反映している可能性がある。

レアアース元素も北部北上地域の河川水で低いが、同地域の河川堆積物は高い。河川堆積物の重金属元素は鉱山地域で高いことが知られているが、熱水および鉱山地域を除くと、河川水との間で顕著な正の相関は見られない。これら元素は堆積物への吸着性が強いことが知られているが、河川堆積物の飽和吸着量が一定の場合、溶存元素濃度が高くなるほど、吸着量は低下する。河川堆積物への吸着・脱着反応は、河川水の水質に大きな影響を与えていると考えられる。

キーワード: 地球化学マップ, 同位体マップ, 河川水, トレーサビリティ, 東北日本  
Keywords: geochemical map, isotopic map, stream water, traceability, northeastern Japan

エアロゾル粒子のHCl可溶Pbと残渣Sr-Ndの同位体比から推定される大気中鉛の起源  
Sources of atmospheric lead inferred from isotope ratios of HCl-soluble Pb and the residual Sr-Nd of aerosol particles

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>  
SAITOH, Yu<sup>1\*</sup>; UMEZAWA, Yu<sup>2</sup>; KAWAMOTO, Kazuaki<sup>2</sup>; TANIMIZU, Masaharu<sup>3</sup>; ISHIKAWA, Tsuyoshi<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, <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>Nagasaki University, <sup>3</sup>Kochi Institute for Core Sample Research, JAMSTEC

Lead is one of the major pollutants of atmospheric environment. Around the East Asia, China is known as the major emission source of atmospheric lead. It is obvious that the influence reaches Japan across the sea. However, it is not clear which part of China is the major pollutant source of Japanese air and if there is seasonal change of sources. In order to reveal these, we conducted Pb isotope analysis of HCl-soluble component of aerosol particles sampled with high temporal resolution from August 2011 to August 2012 at the Omura City, north Kyushu. In association with Sr-Nd isotope ratios of HCl-insoluble component and air-mass back trajectory analysis, the four regions, the north, inland, south China, and Korea, were recognized as the discrete sources of atmospheric lead. Among the four areas, the north China is important in amount of lead. Atmospheric lead in the Omura City is mainly derived from the north and inland China during fall and winter. On the other hand, it is transported from Korea during a few days in fall, and from the south China during a few days in summer.

キーワード: エアロゾル, 大気鉛, 越境汚染

Keywords: Aerosol, Atmospheric lead, cross-border pollution

## マルチ・トレーサーによる地下水—地表水循環系の推定 —福井県大野盆地の事例— Multi-tracers approaching to groundwater and surface water interaction in Ono basin surrounded by steep mountains, Japan

池田 浩一<sup>1\*</sup>; 辻村 真貴<sup>2</sup>; 中野 孝教<sup>3</sup>; 帰山 寿章<sup>4</sup>

IKEDA, Koichi<sup>1\*</sup>; TSUJIMURA, Maki<sup>2</sup>; NAKANO, Takanori<sup>3</sup>; KAERIYAMA, Toshiaki<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 筑波大学大学院 生命環境科学研究科, <sup>2</sup> 筑波大学 生命環境系, <sup>3</sup> 総合地球環境学研究所 研究高度化支援センター, <sup>4</sup> 大野市役所 産経建設部

<sup>1</sup>Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Ibaraki, Japan, <sup>2</sup>Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Ibaraki, Japan, <sup>3</sup>Center for Research Promotion, Research Institute for Humanity and Nature, Kyoto, Japan, <sup>4</sup>Industrial Economics and Construction Department, Ono city office, Fukui, Japan

山地源流域と下流に位置する沖積平野は、地下水流動系の観点からそれぞれ水の涵養域、流出域として重要である。特に、地下水と地表水の交流関係は、山地から沖積平野に至る地下水流動系を理解するための最も重要なプロセスの一つである。

流域面積が 948 平方キロメートル、標高が 250 メートルから 2060 メートルを示す急峻な山地に囲まれた流域を対象に水文調査を行い、盆地内の地下水を対象に 258 地点、流下する 4 河川沿いに 112 地点の地表水を対象に採水を行った。また、すべての水試料に対して酸素安定同位体比 ( $\delta^{18}\text{O}$ ) と水素安定同位体比 ( $\delta\text{D}$ ) およびストロンチウム同位体組成 ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) を測定した。

酸素安定同位体比 ( $\delta^{18}\text{O}$ ) と水素安定同位体比 ( $\delta\text{D}$ ) は支川小流域毎に異なる値を示し、4 流域の平均涵養標高の違いによる影響について示している。また、ストロンチウム同位体組成 ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) も同様に支川小流域毎に異なる値を示し、4 流域の地質の占める割合の違いによる影響を示している。

流域内を流動する地下水の酸素安定同位体比 ( $\delta^{18}\text{O}$ )、水素安定同位体比 ( $\delta\text{D}$ ) およびストロンチウム同位体組成 ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) は、近隣を流下する河川水に近い値を示しており、該当地域における浅層地下水は河川水からの涵養が支配的であることを示唆している。また、流量観測により示された河川流量の減少傾向の結果は、トレーサーにより示唆された地下水と地表水の交流関係について支持する結果である。

キーワード: 地下水流動系, 地下水—河川水循環系, 水素・酸素安定同位体比, ストロンチウム同位体組成, マルチ・トレーサー手法

Keywords: Groundwater flow system, Circulatory system of groundwater and surface water, Hydrogen and oxygen isotope ratio, Sr isotopic composition, Multi tracers approach

## スギの植林が環境中の金属元素動態を変える Plantation of *Cryptomeria japonica* might alter dynamics of metal element

太田 民久<sup>1\*</sup>; 申 基澈<sup>1</sup>; 日浦 勉<sup>2</sup>  
OHTA, Tamihisa<sup>1\*</sup>; SHIN, Ki-cheol<sup>1</sup>; HIURA, Tsutomu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 総合地球環境学研究所, <sup>2</sup> 北海道大学 苫小牧研究林

<sup>1</sup>Research Institute for Humanity and Nature, <sup>2</sup>Tomakomai Research Station, Hokkaido University

In this study, we found dynamics of many metallic elements in catchment areas may be altered by plantation of *Cryptomeria japonica*.

Organisms can alter nutrient dynamics in ecosystems via physiological results such as respiration, decomposition and excretory processes. Many studies have established importance of the alteration of nutrient dynamics by organisms in ecosystems. Especially, dynamics of carbon, nitrogen and phosphorus can be altered by physiological responses of organisms. However, there are few studies that focused on effects of organisms on dynamics of metallic elements in ecosystems.

Our previous studies showed that the vegetation in catchment area might alter calcium concentration in the soils and water of streams, and affect the community structure of invertebrates in soils and streams. In these studies, we observed that concentration of exchangeable calcium in the Japanese cedar (*C. japonica*) plantations is about three times higher than in the evergreen broad-leaved forests. This might indicate *C. japonica* has characteristics that alter dynamics of metallic elements in soil. We focused on organic acids extracted from roots of tree because some studies showed root exudation of organic acids could elute materials in soil particles and base-rocks.

We conducted field survey and a pot experiment in Wayakama Experimental Forest of Hokkaido University. And we determined the reason why the elevation of calcium concentration in plantation of *C. japonica* occurs. In consequences, our results showed plantation of *C. japonica* might increase exchangeable metallic ion in soils through increased supply of organic acids to soil systems. And the some eluted metallic ions might be supplied to streams.

キーワード: 河川, 土壌, 金属イオン, スギの植林, 有機酸

Keywords: stream, soil, metallic ion, plantation of *Cryptomeria japonica*, organic acids

## ストロンチウム同位体比によるワサビ産地判別の有用性 Usefulness of strontium isotope composition for determining the geographical origin of Japanese horseradish

神谷 貴文<sup>1\*</sup>; 中村 佐知子<sup>1</sup>; 伊藤 彰<sup>1</sup>; 大山 康一<sup>1</sup>; 西島 卓也<sup>2</sup>; SHIN Kicheol<sup>3</sup>  
KAMITANI, Takafumi<sup>1\*</sup>; NAKAMURA, Sachiko<sup>1</sup>; ITO, Akira<sup>1</sup>; OHYAMA, Koichi<sup>1</sup>; NISHIJIMA, Takuya<sup>2</sup>;  
SHIN, Kicheol<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 静岡県環境衛生科学研究所, <sup>2</sup> 静岡県農林技術研究所, <sup>3</sup> 総合地球環境学研究所

<sup>1</sup>Shizuoka Institute of Environment and Hygiene, <sup>2</sup>Shizuoka Prefectural Research Institute of Agriculture and Forestry, <sup>3</sup>Research Institute for Humanity and Nature

静岡県の地質は東部の新しい火山岩から西部の古い堆積岩や変成岩まで多岐にわたっており、大気降水物や人為的な影響が少ない河川最上流部の湧水の水質は、各地の地質を反映した元素・同位体組成になると考えられる。このような湧水地で栽培されるワサビを対象として、産地判別におけるストロンチウム同位体比 ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) の有用性を評価した。21地点においてワサビ 59 サンプルおよびその生育地である湧水 58 サンプルを採取し、微量元素・ $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  を測定した。その結果、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  は地質の特徴によって異なる値となり、同地点のワサビと湧水の値がほぼ一致することを確認した。バナジウムなどの微量元素と  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  の値を組み合わせることで比較することにより、地質の異なるワサビ産地を特定できることが明らかになった。

キーワード: 地理的起源, ワサビ, ストロンチウム同位体比, 微量元素, 静岡県

Keywords: geographical origin, Japanese horseradish (*Wasabia japonica*), strontium isotopic composition, trace element, Shizuoka prefecture



## 鉛安定同位体比分析による近世以前の日本の金属製錬技術解明の可能性 A possibility of the elucidation of smelting process in pre-modern Japan by stable lead isotope ratio analysis

中西 哲也<sup>1\*</sup>; 申 基澈<sup>2</sup>; 井澤 英二<sup>3</sup>  
NAKANISHI, Tetsuya<sup>1\*</sup>; SHIN, Ki-cheol<sup>2</sup>; IZAWA, Eiji<sup>3</sup>

<sup>1</sup>九州大学総合研究博物館, <sup>2</sup>総合地球環境学研究所, <sup>3</sup>九州大学

<sup>1</sup>The Kyushu University Museum, <sup>2</sup>The Research Institute for Humanity and Nature, <sup>3</sup>Kyushu University

日本における非鉄金属の生産は 674 年の対馬における銀の生産が始まりと言われている。以来、日本では国内各地で鉱山開発が積極的に行われてきた。また、新しい製錬技術の導入により金属生産量が増加し、金・銀・銅の輸出は近代日本における資本の蓄積に繋がってきた。

鉛は近世以前の金属製錬には不可欠な金属であり、16 世紀の石見銀山では、銀鉱石に鉛を加えて製錬を行う事で、銀を効率よく生産した。また銅の精錬で用いられた南蛮吹では、銅に鉛を加える事で、金銀等の不純物の分離を行ってきた。

本研究では、石見銀山における銀製錬に用いられた鉛の産地を同定する目的で、西日本の鉱山（石見銀山、磯竹鉛山、久喜鉛山、長登銅山、多田銀銅山、小泉鉛山、佐野鉛山）の鉱石および製錬滓（スラグ）試料 47 点について、総合地球環境学研究所に設置されている二重収束型 MC-ICP-MS(NEPTUNE PLUS) を用いて、鉛安定同位体比の分析を行った。

分析試料の作成は以下の手順に従った。粉末試料約 0.1g をフッ酸、過塩素酸、硝酸を用いて酸分解後、蒸発乾固し 3.5N HNO<sub>3</sub> で溶解。Pb 濃度約 1000ng/ml に調製した溶液試料 0.3ml を用い、2 ml テフロンカラムにて Spec resin (Sr) および MGI gel (Pb) を用いて Pb を分離。6N HCl(3ml) にて回収し、7ml テフロン容器にて 95 °C で蒸発乾固。さらに 3 % HNO<sub>3</sub>(4ml) を加えて溶解。この内 1.5ml を測定用の 2ml 容器に移し、Tl 標準液 (920ng/ml) 0.13ml を添加し、分析試料とした。

分析時は鉛同位体比標準試料として NBS SRM981 を用いて分析値を補正した。分析の際の標準誤差 (2σ) は、NBS SRM981 の繰り返し測定により、<sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb(± 0.002)、<sup>207</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb(± 0.002)、<sup>208</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb(± 0.005) であった。

得られた分析値は、各鉱山毎にまとまった分布を示し、特に山陰帯の花崗岩分布域の石見銀山、磯竹鉛山と山陽帯のその他の鉱山では、明瞭に分布が分かれた。石見銀山のスラグの鉛同位体比は、石見銀山の鉱石と近隣の磯竹鉛山の鉱石の値との中間に分布し、製錬の際に磯竹の鉛が使われていた事を裏付けるデータを得た。一方、当初石見銀山の銀製錬に用いた鉛の産地として想定していた久喜鉛山の鉛同位体比の値は、今回分析した石見銀山のスラグ試料の値とは大きく離れ、久喜鉛山の鉛の使用を確認するには至らなかった。最後に、今回の分析の結果では、非常に精度の良い鉛同位体比得られており、今後分析数を増やす事により、スラグ試料毎に原料鉱石や添加した鉛の産地を推定できる可能性が示唆される。

キーワード: 鉛安定同位体, 近世日本, 製錬技術

Keywords: stable lead isotope ratio, pre-modern Japan, smelting process

## ICP 質量分析法を用いた安定同位体地球化学の現状と将来 Recent progresses in the ICP-mass spectrometry as rapid, accurate and flexible analytical tool for isotopes geosciences

平田 岳史<sup>1\*</sup>; 山方 優子<sup>1</sup>; 田中 佑樹<sup>1</sup>; 坂田 周平<sup>1</sup>; 服部 健太郎<sup>1</sup>; 宗林 由樹<sup>1</sup>  
HIRATA, Takafumi<sup>1\*</sup>; YAMAGATA, Yuko<sup>1</sup>; TANAKA, Yu-ki<sup>1</sup>; SAKATA, Shuhei<sup>1</sup>; HATTORI, Kentaro<sup>1</sup>; SOHRIN, Yoshiki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 国立大学法人京都大学

<sup>1</sup> Kyoto University

Rapid and unremitting developments in inorganic mass spectrometry, including a multiple collector-ICP-mass spectrometry (MC-ICPMS), have revolutionized the precision of the isotopic ratio measurements, and the applications of the inorganic mass spectrometry in geochemistry, metrology and biochemistry were beginning to appear over the horizon. Analytical community is actively solving problems, such as spectral interference, mass discrimination drift, high-yield chemical separation and purification processes, or reduction of the contamination of analytes. The variations in isotopic ratios of the heavy elements can provide new insights into past and present geochemical and biochemical processes.

Stable isotope tracers are now increasingly being used in studies of elemental metabolism, bioavailability or toxicity of nutrients, as well as evaluating the elemental turnover time. Besides an absence of harmful radiation, this approach has the further advantage of enabling multi-element studies, in which different isotopes can be added to the same meal. The metabolism of higher organisms can be transcribed as stable supply of the most essential elements through transfer, absorption, and storing processes, which form the basis of homeostasis function. Because of the homeostasis control, fluctuations or changes in the concentration of the essential nutrients would be highly restricted to maintain the biochemical functions. This suggests that the impairments in the metabolism or nutritional status of both the essential and toxic metal elements could not be evaluated only by the concentration of the elements in fluids. Variations in the isotopic composition of the elements induced through dietary or metabolism processes have potential to become novel biochemical markers for assessing impairments in metal metabolism or nutritional status of the elements.

Iron is one of the most important inorganic nutrients for all terrestrial plants and animals, and the natural variations in isotope ratio of Fe have been used to trace the food chain. For land organisms, it is widely recognized that the Fe isotope ratios ( $^{56}\text{Fe}/^{54}\text{Fe}$  and  $^{57}\text{Fe}/^{54}\text{Fe}$ ) changes by 0.1% with increase the trophic level (Walczyk and Blankenburg, 2002, 2005). In contrast, the Fe isotope data for marine organism of lower trophic levels (plankton, shrimp and tuna) did not vary significantly from the Fe isotope ratio for the seawater. The small variations in the Fe isotope ratios for marine organisms could be explained either by higher intake efficiency of Fe from the dietary foods, or by the smaller isotope fractionation due to intake of hemo-Fe (Fe(II)). However, it should be noted that the reported Fe isotope ratios for marine organisms were very limited, and therefore, possible link between the  $^{56}\text{Fe}/^{54}\text{Fe}$  and  $^{57}\text{Fe}/^{54}\text{Fe}$  ratios and the trophic level was not clearly demonstrated. To investigate this, we have measured the  $^{56}\text{Fe}/^{54}\text{Fe}$  and  $^{57}\text{Fe}/^{54}\text{Fe}$  for series of marine creatures of various trophic levels using multiple collector-ICP-mass spectrometer (MC-ICPMS). The measured  $^{56}\text{Fe}/^{54}\text{Fe}$  isotopes for marine organisms of higher trophic levels became significantly lower than those for lower trophic levels animals. Several important features of the Fe isotopes for marine creatures could be derived from the present results. The obvious changes in the Fe isotope ratios could be due to different Fe biocycling for higher trophic level animals. Another important feature obtained from the Fe isotopes was that the definition of the trophic level, based on the  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  and  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  isotope, would not reflect the food chain for inorganic nutrients including Fe. The details of the mechanism in the variation of the  $^{56}\text{Fe}/^{54}\text{Fe}$  ratios for both the marine and land organisms will be discussed in this presentation.

Keywords: stable isotope, isotope signature, MC-ICP mass spectrometry, Fe biocycle, trophic level

## 沿岸生態系研究手法としての多元素同位体の利用 Use of multiple isotope tracers to study coastal ecosystem

陀安 一郎<sup>1\*</sup>; 中野 孝教<sup>1</sup>; 栗田 豊<sup>2</sup>  
TAYASU, Ichiro<sup>1\*</sup>; NAKANO, Takanori<sup>1</sup>; KURITA, Yutaka<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 総合地球環境学研究所, <sup>2</sup> 水産総合研究センター 東北区水産研究所  
<sup>1</sup>Research Institute for Humanity and Nature, <sup>2</sup>Tohoku National Fisheries Research Institute

環境トレーサビリティ手法は物質循環過程に立脚するため、環境科学にかかわるさまざまな事象の研究において利用することができる。特に、人為影響下における環境変化が生態系に及ぼす影響を評価する上では、幅広い応用範囲が想定されるが、体系的な利用にはまだ至っていない。本研究においては、陸域由来元素の安定同位体比と沿岸域で循環する元素の安定同位体比を利用し、海洋沿岸域生態系の研究に環境トレーサビリティ手法がどのように利用可能かという観点について検討する。

生物を構成する元素は環境から取り込まれる。生態学的側面から見れば、環境中の物質の元素組成およびその同位体組成からなる環境情報を生物体に取り込むと考えることができる。一方、環境科学的側面から見れば、生物体を構成する元素組成およびその同位体組成は、生息している環境を表す指標とも解釈できる。生物体への元素の取り込まれ方については、貝殻や耳石のように代謝せず履歴を記録する部位と、臓器や筋肉のように絶えず代謝を行い入れ替わっていく部位がある。取り込まれる過程を考えると、環境水と平衡状態となって取り込まれる元素と、食物から取り込まれる元素がある。これらの元素の動態を考慮すると、生物体の元素組成およびその同位体組成は多くの情報を含んでいると考えられる。

本発表においては、JST-CREST 研究領域「海洋生物多様性および生態系の保全・再生に資する基盤技術の創出」において行っている「沿岸生態系の多様性機能評価のための多元素同位体トレーサー技術の開発」の研究例を示し、多元素安定同位体比を用いた環境トレーサビリティ研究の可能性について議論する。

キーワード: 安定同位体, トレーサビリティ, 沿岸生態系  
Keywords: Stable isotope, Traceability, Coastal ecosystem



## 仙台湾における底生魚類の栄養段階—アミノ酸窒素安定同位体比による推定— Stable nitrogen isotope ratios of amino acids reveal the differences in trophic position of benthic fishes in Sendai Bay

加藤 義和<sup>1\*</sup>; 由水 千景<sup>1</sup>; 神松 幸弘<sup>2</sup>; 富樫 博幸<sup>3</sup>; 天野 洋典<sup>3</sup>; 栗田 豊<sup>3</sup>; 陀安 一郎<sup>1</sup>

KATO, Yoshikazu<sup>1\*</sup>; YOSHIMIZU, Chikage<sup>1</sup>; KOHMATSU, Yukihiko<sup>2</sup>; TOGASHI, Hiroyuki<sup>3</sup>; AMANO, Yosuke<sup>3</sup>; KURITA, Yutaka<sup>3</sup>; TAYASU, Ichiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 総合地球環境学研究所, <sup>2</sup> 京大・生態研, <sup>3</sup> 東北水研

<sup>1</sup>RIHN, <sup>2</sup>CER, Kyoto Univ., <sup>3</sup>FRA

沿岸域は、漁業資源をはじめとするさまざまな生態系サービスを人類にもたらす一方、乱獲や汚染、開発といった人間活動の影響を受けやすい生態系の一つである。適切な保全管理策を策定する上では、食物網構造およびその動態の正確な把握が不可欠である。しかし、沿岸域に生息する魚類には、生活史に応じて生息場所を大きく変える魚種や広域を回遊する魚種などが含まれているため、それらの時空間スケールを考慮することが、食物網の動態を明らかにするためには重要な課題となる。

食物網研究においては、安定同位体比を用いた栄養段階の推定、特に、バルク（生物体全体）の炭素および窒素安定同位体比（ $\delta^{13}\text{C}_{bulk}$  および  $\delta^{15}\text{N}_{bulk}$ ）による推定手法が広く用いられ、食物網構造の解明に大きく貢献してきた。また、漁業資源管理といった応用面においても、安定同位体比を用いて推定された栄養段階は、漁獲資源の指標として重要視されている。

近年の分析技術の発達に伴い、生物組織に含まれる個々のアミノ酸の窒素安定同位体比（ $\delta^{15}\text{N}_{AA}$ ）が栄養段階の推定手法として活用できることが明らかになってきた。生体に含まれるアミノ酸の代謝過程において、代謝の主反応にアミノ基が関わらないアミノ酸（例：フェニルアラニン）では、代謝されるアミノ酸と体組織になるアミノ酸の間で同位体分別が起こらないため、食物連鎖に伴って代謝されても  $\delta^{15}\text{N}$  がほとんど変化しない。そのため、このようなアミノ酸では、高次捕食者であっても、一次生産者が持っていた  $\delta^{15}\text{N}$  とほとんど変わらない値を示す。一方、代謝の主反応がアミノ基の脱離反応であるアミノ酸（例：グルタミン酸）では、被食-捕食の関係において同位体分別が起こるため、食物連鎖に伴って  $\delta^{15}\text{N}$  が 3~8% 上昇する。この推定手法では、動物のグルタミン酸とフェニルアラニンの窒素同位体比の差を計算することによって、一次生産者の値が不明であっても絶対的な栄養段階を以下の式を用いて示すことができる。

$$TL = (\delta^{15}\text{N}_{Glu} - \delta^{15}\text{N}_{Phe} + \beta) / 7.6 + 1$$

ここで、TL は栄養段階、 $\delta^{15}\text{N}_{Glu} \cdot \delta^{15}\text{N}_{Phe}$  はそれぞれグルタミン酸・フェニルアラニンの窒素安定同位体比を表す。 $\beta$  は一次生産者のグルタミン酸・フェニルアラニン同位体比の差を表し、水域生産者では-3.4‰、陸上 C3 植物では+8.4‰を用いることで、高い精度で栄養段階が推定できるとされている。

本研究では、仙台湾に生息するヒラメおよびイシガレイについて、 $\delta^{15}\text{N}_{AA}$  に基づく栄養段階推定を行った。これらの魚種は、孵化・着底後、水深の浅い沿岸域（浅場）で稚魚期から幼魚期を過ごし、成長に伴って水深の深い沖合へと移動する。しかし、浅場においても大型の成魚が採集されることがある。魚の成長に伴う栄養段階の変化、および環境条件の異なる地点間で見られたパターンの違いを明らかにするために、2012年から2014年にかけて、湾内の多地点において季節ごとに採集を行った。採集した魚の筋組織から、Nピバロイル/イソプロピル誘導体化法によってアミノ酸を抽出した後、ガスクロマトグラフ/燃焼/同位体比質量分析計を用いて各アミノ酸の窒素安定同位体比を測定し、栄養段階を推定した。

解析の結果、稚魚から成魚にかけて、栄養段階が上昇する過程が明らかになった。また、同等の大型個体であっても、浅場と沖合で採集された個体では栄養段階が異なっていた。このことから、大型個体の中にも長期にわたり浅場に留まっている個体がいる可能性が示唆された。水深の深い沖合でも、地点間や季節間で栄養段階の差が見られ、餌生物が変化することが示唆された。さらに、こうした栄養段階の差を用いることにより、アミノ酸同位体情報を用いた個体の移動追跡の可能性についても検討を行った。

キーワード: 沿岸生態系, 食物網, 漁業資源, 移動追跡

Keywords: coastal ecosystem, food web, fishery resources, migration tracing

## 安定同位体比を用いた食性解析における mixing problem の影響とその解消方法について The effects and solution of "mixing problem" in the dietary analysis using stable isotopes

松林 順<sup>1\*</sup>; 陀安 一郎<sup>2</sup>  
MATSUBAYASHI, Jun<sup>1\*</sup>; TAYASU, Ichiro<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 京都大学生態学研究センター, <sup>2</sup> 総合地球環境学研究所

<sup>1</sup>Center for Ecological Research, Kyoto University, <sup>2</sup>Research Institute for Humanity and Nature

動物の組織を構成する安定同位体の存在比は、その生物が利用した食物源の安定同位体比で決まる。従って、動物の組織とその餌資源の安定同位体比を測定することで、対象動物の食性推定を行うことができる。安定同位体を用いた食性分析研究は、個体ごとに長期間の食性を推定できる点や、過去の試料などにも応用可能であることから、人類学、生態学、考古学など様々な分野で有用なツールとして使用されている。そして、現在最も広く利用されているのが炭素 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) と窒素 ( $\delta^{15}\text{N}$ ) の安定同位体比を用いた食性分析手法である。 $\delta^{13}\text{C}$  値は  $\text{C}_3$  植物と  $\text{C}_4$  植物で顕著に異なる値を示すことから、それぞれの植物が基盤となる生態系への寄与率を調べることができる。また、 $\delta^{15}\text{N}$  値は生物の栄養段階に従って値が上昇することから、対象動物がどの栄養段階の食物源により依存したかを推定することが可能である。さらに、近年では食物資源と対象動物の同位体比値から各食物資源の寄与率を推定する、混合モデルによる解析を行う研究も見られるようになった。

しかしながら、安定同位体分析による結果の解釈を行う上では、いくつかの留意点が存在する。そして、食物資源と組織の同位体比の分布によって生じる mixing problem もその一つである。これは、多くの食物資源 (e.g. 4種類以上) を利用する動物の食性解析でしばしば生じる問題であり、動物の同位体比値を説明し得る各食物の寄与率が大きな幅を持つ場合に、混合モデルなどの推定結果にバイアスが生じる現象を意味する。このような分布が見られる場合には、混合モデルの使用の有無に関わらず同位体分析の結果の解釈が困難となるが、現在でもこの問題は十分に認識されていない。

本研究では、北海道のヒグマ (*Ursus arctos*) を例として mixing problem の実例とその解消方法を、実際のデータを用いて示すことを目的とする。雑食動物であるヒグマは、 $\text{C}_3$  植物や陸上動物、サケ、農作物 ( $\text{C}_4$  植物を含む) など様々な食物資源を利用する。そして、 $\text{C}_3$  植物と陸上動物及びサケの炭素・窒素同位体比値は、二次元プロット上でほぼ一直線上に分布し、ヒグマの同位体比値はその中間付近に分布する。このような状況では、中間付近の食物の利用割合が高いと考えられがちだが、実際には両端の食物のみの混合でもヒグマの同位体比値を説明することができる。この状況を解消するためには、一直線上に位置する食物のいずれかを明確に分離できる同位体元素を追加する必要がある。本研究では、海由来の資源と陸域の資源を明確に分離できるイオウの安定同位体を追加することで、北海道のヒグマにおける mixing problem の解消を試みた。

北海道の北東端に位置する知床半島のヒグマ 190 個体の骨コラーゲンとその食物資源 ( $\text{C}_3$  草本類、 $\text{C}_3$  果実類、コーン、陸上動物類、サケ) のサンプリングを行い、炭素・窒素・イオウ安定同位体比値を測定した。続いて、炭素・窒素のみの場合 (2種) と炭素・窒素・イオウを用いた場合 (3種) で、混合モデル (SIAR) を用いて個体ごとに各食物の利用割合を推定した。そして、推定された事後分布の中央値と 95%信頼区間の範囲を、2種の同位体を用いた場合と 3種の場合とで比較した。

食物資源の炭素・窒素同位体比値は、 $\text{C}_3$  草本類、 $\text{C}_3$  果実類、陸上動物類、サケがほぼ一直線上に分布しており、陸上動物類が直線の中間に位置していた。ヒグマの値は、多くがこの4種の食物が形成する直線状に分布していた。2種安定同位体で推定した各食物資源 ( $\text{C}_3$  草本類、 $\text{C}_3$  果実類、コーン、陸上動物類、サケ) の寄与率の平均値は、それぞれ 33.2%, 28.1%, 8.4%, 19.0%, 6.4% であり、3種の場合はそれぞれ 36.5%, 28.3%, 6.8%, 11.4%, 10.5% となった。2種と3種の場合での推定値の差は、陸上動物類で 12.0% と最も大きく、次いで  $\text{C}_3$  草本類 (5.3%)、サケ (5.1%) であった。3種の場合に比べて2種の場合では陸上動物の寄与率が過大評価 (最大 53.3%) され、サケ及び  $\text{C}_3$  草本類の寄与率が過小評価される傾向にあった。

本研究では、mixing problem によって食性推定の結果にバイアスが生じることを実際のデータを用いて示すことに成功した。仮設の通り、食物が形成する直線の真ん中に位置する陸上動物類の寄与率が過大評価され、両端の資源 ( $\text{C}_3$  草本類とサケ) の寄与率が過小評価されていた。これらの結果から、mixing problem が想定される状況では同位体データを正確に解釈することが困難であることが示唆された。従って、このような場合には新たな同位体元素の追加や生じるバイアスに関する議論を行うことが重要だと考えられる。

キーワード: 安定同位体, 炭素, 窒素, イオウ, 混合モデル, ヒグマ

Keywords: stable isotope, carbon, nitrogen, sulfur, mixing model, brown bear

## 極微量長半減期同位体を用いた海洋生態系・物質動態解明 Marine ecological study using long-lived radionuclides

横山 祐典<sup>1\*</sup>; 宮入 陽介<sup>1</sup>; 大河内 直彦<sup>2</sup>; 小川 奈々子<sup>2</sup>; 松崎 浩之<sup>3</sup>; 楠野 葉瑠香<sup>3</sup>; 永田 俊<sup>1</sup>  
YOKOYAMA, Yusuke<sup>1\*</sup>; MIYAIRI, Yosuke<sup>1</sup>; OHKOUCHI, Naohiko<sup>2</sup>; OGAWA, Nanako<sup>2</sup>; MATSUZAKI, Hiroyuki<sup>3</sup>; KUSUNO, Haruka<sup>3</sup>; NAGATA, Toshi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学 大気海洋研究所, <sup>2</sup> 海洋研究開発機構 生物地球化学研究分野, <sup>3</sup> 東京大学 総合研究博物館  
<sup>1</sup> Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, <sup>2</sup> Department of Biogeosciences, Japan Agency for Marine-Earth Sciences, <sup>3</sup> University Museum, University of Tokyo

海洋生態系および物質循環についての知見の深化は、環境および生態系保全などと密接に関連した重要な課題である。近年の計測機器の小型化などにより、ロガーを用いた魚類や海洋ほ乳類の移動に関する情報が蓄積され、生物の行動様式などについての理解が進展してきた。しかしこの方法では、ロガーの装着には適していない小型の生物やロガーを装着する前の情報の抽出ができないなどの問題点があった。そこで我々は天然に存在する放射性同位体の分布の不均一性を用いて、近年開発されつつある微量の質量分析技術を用いて、海洋生態系の解明を進めてきている。

本講演では特に、2013年に東京大学大気海洋研究所の高解像度センターに導入された、シングルステージ加速器質量分析装置を用いた放射性炭素の分析結果などを中心にこれまで明らかになりつつある知見などを紹介する。

キーワード: 同位体, 放射性炭素, 加速器, 生態学

Keywords: isotope, radionuclides, accelerator mass spectrometry, ecology



東大柏キャンパスに新設の加速器実験棟(左)とシングルステージ加速器質量分析装置の検出器部分(右)



## 愛媛県西条市の降水の微量元素濃度と Sr・Pb 同位体比の時空間変化 Chemical compositions and Sr-Pb isotope ratios of precipitation of Saijo city in Ehime prefecture

横尾 頼子<sup>1\*</sup>; 亀山 拓哉<sup>1</sup>; 申 基澈<sup>2</sup>; 加藤 祥生<sup>3</sup>; 徳増 実<sup>4</sup>; 中野 孝教<sup>2</sup>  
YOKOO, Yoriko<sup>1\*</sup>; KAMEYAMA, Takuya<sup>1</sup>; SHIN, Kicheol<sup>2</sup>; KATO, Shota<sup>3</sup>; TOKUMASU, Minoru<sup>4</sup>;  
NAKANO, Takanori<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 同志社大学理工学部, <sup>2</sup> 総合地球環境学研究所, <sup>3</sup> 金沢大学大学院自然科学研究科, <sup>4</sup> 西条市生活環境部  
<sup>1</sup>Faculty of Science and Engineering, Doshisha University, <sup>2</sup>Research Institute for Humanity and Nature, <sup>3</sup>Kanazawa University,  
<sup>4</sup>Saijo City

四国最高峰の石鎚山地を有する愛媛県西条市において、2008年から2012年までの5年間にわたり、高度の異なる2地点(市役所屋上:標高20m, 成就社:標高1280m)で月別降水を採取し、微量元素濃度およびSrとPbの安定同位体比を測定した。採取した降水を0.2 $\mu$ mメンブランフィルターでろ過し、SrとPbの安定同位体比は総合地球環境研究所に設置されている二重収束型高分解能ICPマルチコレクタ質量分析装置で、微量元素濃度(Al, Si, Mn, Fe, Zn, Li, Ti, V, Cr, Co, Ni, Cu, Ga, Ge, As, Rb, Sr, Zr, Mo, Cd, Sn, Sb, Cs, Ba, W, Pb, U)は同志社大学理工学部を設置されているICP質量分析計で測定した。

石鎚山中腹の成就社の降水では、Al, Mn, Fe, Zn, V, Cu, Ga, As, Rb, Sr, Mo, Cd, Sb, Cs, Ba, Pbの濃度が冬から春にかけて高かった。これらの元素は、春に多い黄砂の観察頻度に対応した濃度変化がみられる。またSrとRbは、市街地の中心部に位置する市役所においても、冬から春にかけて濃度が高くなる季節変化が見られた。成就社の降水のSr同位体比も春季に高く、Srの濃度と同位体比が高い黄砂の可溶性鉱物が溶解しているという考えを支持する。

市街地の中心部に位置する市役所の降水では成就社のような明瞭な季節変化がみられず、Fe, Ti, Cr, Ge, Zr, Sn以外の21元素の濃度は、年間を通して成就社よりも高い傾向がみられた。市役所の降水の微量元素濃度は、成就社に比べてNi, U, Pb, Cs, Sr, Li, Rb, V, Sb, Al, Mn, Coが1.3~3.0倍、Ga, As, W, Cd, Zn, Ba, Si, Moは3.7~6.5倍、Cuは17倍高かった。冬期に高濃度になるのは、季節風によるアジア大陸からの越境汚染物質の流入によると考えられるが、市役所で高濃度を示す元素には、瀬戸内など国内の平野域で発生する人為由来成分の影響が大きいことを示唆する。成就社の降水のPb同位体比は日本の環境鉛に似ており、このような考えと矛盾しない。

キーワード: 降水, 微量元素, Sr 同位体比, Pb 同位体比  
Keywords: precipitation, trace element, Sr isotope, Pb isotope

## 愛媛県西条市の降水の水素・酸素同位体比の時空間変動 Spatiotemporal variations in isotopes of oxygen and hydrogen of precipitation at Saijo city in Ehime prefecture

伊藤 周平<sup>1\*</sup>; 横尾 頼子<sup>1</sup>; 中野 孝教<sup>2</sup>; 徳増 実<sup>3</sup>  
ITO, Syuhei<sup>1\*</sup>; YOKOO, Yoriko<sup>1</sup>; NAKANO, Takanori<sup>2</sup>; TOKUMASU, Minoru<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 同志社大学大学院理工学研究科, <sup>2</sup> 総合地球環境学研究所, <sup>3</sup> 西条市生活環境部

<sup>1</sup>Graduate School of Science and Engineering, Doshisha University, <sup>2</sup>Research Institute for Humanity and Nature, <sup>3</sup>Saijo City

降水の水素同位体比 ( $\delta D$ ) と酸素同位体比 ( $\delta^{18}O$ ) は大気水循環の基盤情報となるため、国際原子力機関などによって  $\delta D$ ,  $\delta^{18}O$  値のグローバル変化や広域的变化、またそれらと気象要素 (気温や降水量など) の間での有意な関係が報告されている。流域スケールでの大気水循環の実態を明らかにするためには、異なる地点で降水の両同位体比の時空間情報が不可欠であるが、降水試料を継続的に採取することが難しいこともあって研究事例がほとんどない。

流域における降雨過程の実態解明に向けて、四国最高峰の石鎚山地を有する愛媛県西条市において、6 地点で月別降水を採取し  $\delta D$ ,  $\delta^{18}O$  値を測定した。その結果、数  $100\text{km}^2$  の範囲でも、降水同位体比が不均質であることが明らかとなった。この不均質性は、雨をもたらす雲の起源や発生のプロセスのほか、雲内部や雲から降水として地表に落下するプロセスも関与している可能性がある。これらの点を明らかにするため、月別降水の両同位体比の経年変化を標高の異なる地点で比較した。

各月の降水の両同位体比の傾きは、各地点とも 8 前後で一定している。一方、重水素過剰値 (d 値) は、日本の他地域の降水と同じ様に、冬季 (11 月~2 月) は高く (20~30 ‰)、夏季は低い (3~10 ‰)。昨年度も報告したが、成就社 (標高 1280m) は他地点に比べて d 値が高く、とくに春から秋にかけて 3~10 ‰ほど高い。河川水の d 値も成就社南東部の山地域で高く、降水の不均質性が存在する可能性を支持する。詳細に検討した結果、もっとも標高が低い市役所 (20m) の降水に比べて、成就社の春 (4 月~5 月) の降水は高い d 値と共に、 $\delta^{18}O$  値は 3 ‰程度、 $\delta D$  値は 20 ‰程度低い。これに対して、夏から初秋にかけては、 $\delta^{18}O$  値の低下は 1 ‰程度、 $\delta D$  値は 10 ‰以下と小さく、季節による明瞭な違いが認められる。再蒸発した水蒸気が寄与した場合には、d 値が高い降水が生ずる。したがって、成就社の春の雨の特徴は、植物から蒸散した水蒸気の影響が考えられるが、両地点の降水量の違いと有意な差は認められず、さらなる検討が必要である。一方、冬季の市役所の降水は、低い d 値、高い  $\delta D \cdot \delta^{18}O$  値を示し、雲から雨滴が落下する過程での再蒸発による可能性が考えられる。

キーワード: 降水, 酸素同位体比, 水素同位体比

Keywords: precipitation, oxygen isotope ratio, hydrogen isotope ratio



## ストロンチウム-鉛同位体比を用いた能登半島に飛来する大気エアロゾルの起源推定 Estimating source of atmospheric aerosols by Sr and Pb isotopes in Noto peninsula, Japan

加藤 祥生<sup>1\*</sup>; 松木 篤<sup>2</sup>; 申 基澈<sup>3</sup>; 中野 孝教<sup>3</sup>  
KATO, Shota<sup>1\*</sup>; MATSUKI, Atsushi<sup>2</sup>; SHIN, Ki-cheol<sup>3</sup>; NAKANO, Takanori<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 金沢大学大学院 自然科学研究科, <sup>2</sup> 金沢大学 環日本海域環境研究センター, <sup>3</sup> 大学共同利用機関法人 人間文化研究機構 総合地球環境学研究所

<sup>1</sup>Graduate School of Natural Science & Technology Kanazawa University, <sup>2</sup>Institute of Nature and Environmental Technology Kanazawa University, <sup>3</sup>The Research Institute for Humanity and Nature

一般的に夏季の日本における地上付近の大気質は、太平洋高気圧の影響等により大陸からの長距離輸送による影響が相対的に弱まると考えられてきた。しかし、近年、夏季においても比較的高い PM<sub>2.5</sub> 濃度が報告される事例が増えている。こうした高濃度エアロゾルの起源については、夏季でも一定の気圧配置の下で大陸から汚染空気塊が流入する可能性が指摘される一方、近年活発化している桜島など国内の火山起源物質の寄与についても無視できず、未だ議論の余地が残されている。

岩石や鉱物中の Sr、Pb 同位体比は、その形成年代などによって変化するため、大気エアロゾルの起源推定にも利用されている。本研究では、発生源地域により異なる Sr や Pb の同位体比の特性を利用して、2014年6月26日~7月30日に能登半島に飛来した大気エアロゾルの起源推定を行った。

大気エアロゾルの採取は、石川県能登半島の先端に位置する金沢大学大気観測スーパーサイト (NOTOGRO: NOTO Ground-based Research Observatory, 北緯 37.45 度、東経 137.46 度) で行った。大気エアロゾルの採取は、建物の屋上に設置したハイボリュームエアサンプラー (AH-600F, SHIBATA) を使用し流量 700L/min で行った。インパクターを用いて直径 2.5 $\mu$ m 以上の粗大粒子のみを 12.6 × 16.6cm の石英フィルター上に採集し、1週間ごとに交換した。サンプルは採集後のフィルターに 5%酢酸溶液を 10cc 加え、12時間反応させた溶液と、残りを硝酸-塩酸-フッ化水素酸で分解させたものに分けた。Sr-Pb 同位体比測定には二重収束型マルチコレクタ ICP-MS (NEPTUNE, Thermo Scientific) を使用した。

採集地点が沿岸域であることから、弱酸可溶性物質 (5%酢酸溶液に溶解したもの) は海塩の Sr 同位体比の 0.70918 に近い値をとった。一方で、難溶性物質の Sr 同位体比は弱酸可溶性物質よりも高く、特に、7月16日のサンプルについては期間中最も値が高かった (<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr = 0.712779)。先行研究との比較から、中国北部の難溶性の土壌の Sr 同位体比の影響を受けていると考えられる。ちょうどこの期間、同地点では高濃度の PM<sub>2.5</sub> が観測されており、この高濃度エアロゾルの事例に関しては、夏季の中部地域においても大陸から汚染物質を含む気塊が輸送されていることを裏付ける結果となった。

キーワード: Sr-Pb 同位体, 桜島噴火, 越境汚染, 夏季における汚染大気

Keywords: Sr-Pb isotopes, Sakurajima volcanic eruption, Transboundary air pollution, Air pollution in summer

## 同位体比測定を用いた森林小集水域における硫黄動態の推定 Estimation of sulfur dynamics in a small forest catchment by isotopic ratio analysis

齋藤 辰善<sup>1\*</sup>; 山下 尚之<sup>1</sup>; 猪股 弥生<sup>1</sup>; 内山 重輝<sup>2</sup>; 中田 誠<sup>3</sup>; 大泉 毅<sup>1</sup>; 佐瀬 裕之<sup>1</sup>  
SAITO, Tatsuyoshi<sup>1\*</sup>; YAMASHITA, Naoyuki<sup>1</sup>; INOMATA, Yayoi<sup>1</sup>; UCHIYAMA, Shigeki<sup>2</sup>; NAKATA, Makoto<sup>3</sup>; OHIZUMI, Tsuyoshi<sup>1</sup>; SASE, Hiroyuki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> アジア大気汚染研究センター, <sup>2</sup> 新潟県環境衛生研究所, <sup>3</sup> 新潟大学農学部

<sup>1</sup> Asia Center for Air Pollution Research, <sup>2</sup> Environmental Science Research Niigata, <sup>3</sup> Faculty of Agriculture, Niigata University

本研究では、森林生態系における大気沈着由来の硫黄の動態、例えば土壌や植物を介した循環過程、その時間スケールを明らかにすることを目的とし、硫黄同位体比の変動について調査を行った。

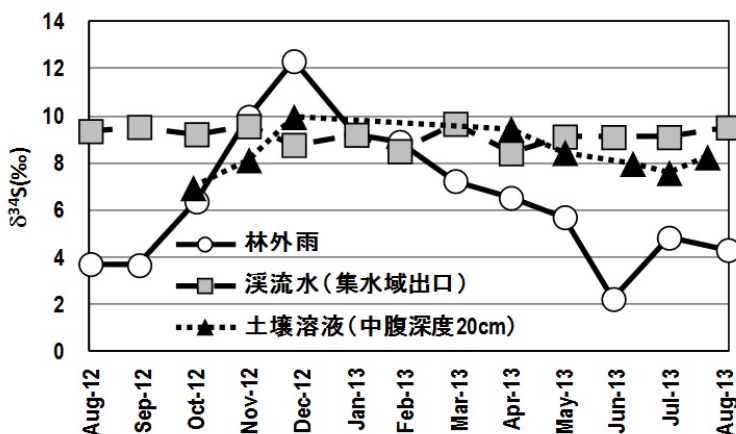
新潟県新発田市内の40年生スギ人工林に3.84haの小集水域を設定し、2012年8月より調査を行った。対象は林外雨、林内雨、樹幹流、渓流水及び土壌溶液とし、硫黄同位体比( $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ )のほか、pH、電気伝導率、主要イオン濃度、雨量及び流量の測定を行った。硫黄同位体比はサーモフィッシャー社製質量分析計(NCS2500, Conflo II, Delta-Plus)を用いて測定し、標準物質としてCanyon Diablo Troiliteを用いて算出した $\delta^{34}\text{S}$ (‰)として示す。

図に2012年8月から2013年8月までの $\delta^{34}\text{S}$ の年間変動を示す。林外雨では季節風の影響による海塩寄与率の上昇とともに、夏季から冬季にかけて $\delta^{34}\text{S}$ が上昇するという明確な季節変動が確認できる。一方、渓流水では年間を通して9‰前後で安定していた。このことから、林外雨の $\delta^{34}\text{S}$ にみられる年間変動は、樹木吸収あるいは土壌保持などの過程を経て、9‰付近までならされたのち、溪流へ到達しているものと考えられる。また、土壌溶液の $\delta^{34}\text{S}$ は、斜面中腹深度20cmの時点で、ほぼ渓流水に近い値となっている。斜面上部からの側方流の寄与を考慮する必要があるが、 $\delta^{34}\text{S}$ の変動の大部分は土壌表面への沈着直後に生じている可能性が高いと考えられる。

本研究はアジア太平洋地球変動研究ネットワーク(Asia Pacific Network on Global change Research, APN: ARCP2013-13CMY-Sase)の支援により実施した。また、調査地の設定・利用に関し、新潟県林業振興課、県行造林地管理者の船山鋼平氏、船山武雄氏のご協力をいただいた。ここに感謝いたします。

キーワード: 硫黄同位体比, 降水, 渓流水, 土壌水

Keywords: sulphur isotopic ratio, rainfall, stream water, soil water



## 福岡市都市近郊の窒素飽和が下流域の河川水質に及ぼす影響評価 Effects of nitrogen-saturated forests on downstream water quality in Fukuoka City

篠塚 賢一<sup>1\*</sup>; 智和 正明<sup>1</sup>; 陀安 一郎<sup>2</sup>; 由水 千景<sup>2</sup>; 久米 篤<sup>1</sup>  
SHINOZUKA, Kenichi<sup>1\*</sup>; CHIWA, Masaaki<sup>1</sup>; TAYASU, Ichiro<sup>2</sup>; YOSHIMIZU, Chikage<sup>2</sup>; KUME, Atsushi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>九州大学大学院農学研究院, <sup>2</sup>総合地球環境学研究所

<sup>1</sup>Department of Agro-environmental Sciences, Faculty of Agriculture, Kyushu University, <sup>2</sup>Research Institute for Humanity and Nature

Nitrogen is often limiting nutrient for plant growth and is mainly supplied from atmosphere. Forests can act as a filter for atmospherically deposited nitrogen and maintain background concentration levels of nitrogen in streams. However, recent increases in atmospheric nitrogen deposition have resulted in a shift from net-nitrogen retention to high levels of net-nitrogen loss from forested, resulting in high nitrogen concentration stream water.

In the Tataru River Basin, Fukuoka City, nitrogen retention capacity of upland forests has decreased and nitrate concentrations in downstream water have been increasing (Chiwa et al., 2012). This study analyzed  $\text{NO}_3^- - \delta^{15}\text{N}$ ,  $\text{NO}_3^- - \delta^{18}\text{O}$  in addition to  $\text{NO}_3^-$  concentrations in stream water in the Tataru River Basin to assess the impact of nitrogen saturation forest on downstream water quality.

In northern part of the basin,  $\text{NO}_3^-$  concentrations of upstream were lower than downstream. In contrast, in southern part of the basin,  $\text{NO}_3^-$  concentrations in upstream were lower than downstream.  $\text{NO}_3^- - \delta^{15}\text{N}$  in upstream was significantly lower than downstream in both northern and southern parts of the basin. In contrast, little difference of  $\text{NO}_3^- - \delta^{18}\text{O}$  was observed between upstream and downstream in both parts. It has been known that the value of  $\delta^{15}\text{N}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  ratio due to human wastewater is 10 to 20 ‰ and -5 to 7 ‰, respectively (Kendall and others, 1995). Therefore, the different trends in  $\text{NO}_3^-$  concentrations from upstream to downstream between two parts could be caused by different amounts of human sewage to the downstream between two parts.

キーワード: 窒素飽和, 河川水質, 窒素同位体, 土地利用

Keywords: nitrogen saturation, stream water quality, nitrogen isotope, land use

## 立山山岳域の高山植生への大気沈着の影響 Effect of atmospheric deposition to alpine ecosystem in Mt. Tateyama

上原 佳敏<sup>1\*</sup>; 久米 篤<sup>1</sup>; 中野 孝教<sup>2</sup>; SHIN Kicheol<sup>2</sup>; 渡辺 幸一<sup>3</sup>; 中島 春樹<sup>4</sup>; 朴木 英治<sup>5</sup>  
UEHARA, Yoshitoshi<sup>1\*</sup>; KUME, Atsushi<sup>1</sup>; NAKANO, Takanori<sup>2</sup>; SHIN, Kicheol<sup>2</sup>; WATANABE, Koichi<sup>3</sup>;  
NAKAJIMA, Haruki<sup>4</sup>; HONOKI, Hideharu<sup>5</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>3</sup>富山県立大学, <sup>4</sup>富山県農林水産総合技術センター, <sup>5</sup>富山市科学博物館  
<sup>1</sup>Faculty of Agriculture, Kyushu University, <sup>2</sup>Research Institute for Humanity and Nature, <sup>3</sup>Toyama Prefectural University,  
<sup>4</sup>Toyama Prefectural Agricultural, Forestry and Fisheries Research Center, <sup>5</sup>Toyama Science Museum

森林土壌は、森林から供給されるリターと基岩の風化産物によって生成されることが多いが、その際大気沈着による物質供給の影響はあまり考慮されていない。しかし、日本のようにモンスーンの影響を受け、多雨・多雪な地域においては、植物体や土壌からの溶脱が卓越する傾向がある。そのため、基岩の影響が直接的に観察されるのは蛇紋岩や石灰岩が卓越した地域に限られ、むしろ、斜面方位や斜度、斜面上の位置など、地形要素の方が植物の成長や分布に大きな影響を与えている。このことは、上部から土砂が供給される谷部や平野部以外の場所では、大気からの物質沈着が栄養塩循環に大きな影響を及ぼしていることを示唆している。特に、山岳地帯の稜線付近における主な物質流入源は湿性・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。

日本の代表的な山岳域である中部山岳国立公園の立山・浄土平（標高 2839m）において、ハイマツ林冠の物質動態を測定した結果、ハイマツは針葉表面に付着した無機窒素成分の 70 % を吸収していた。一方、多量のカリウムイオン ( $K^+$ ) やマグネシウムイオン ( $Mg^{2+}$ ) が針葉表面から溶脱していた。ハイマツ林内雨の  $^{87}Sr/^{86}Sr$  は、大気沈着の値や海塩の値と非常に近い値となった。ハイマツの葉と枝、リターの  $^{87}Sr/^{86}Sr$  は、渓流水や基岩である花崗岩の値とは異なり、黄砂の値に近いものとなった。周囲の高山植物の値はおおよそ大気沈着の値に近かった。

次に、立山の標高別に成立する各森林ではどのように物質循環が変化するかを調べるために、美女平のスギ林（標高 977m）、ブナ平のブナ林（1200m）、弥陀ヶ原のオオシラビソ林（1930m）で林内雨の観測及び、葉、枝、リター、土壌中の  $^{87}Sr/^{86}Sr$  を測定した。その結果、スギとオオシラビソの葉・枝・リター及び林内雨の  $^{87}Sr/^{86}Sr$  は、いずれも大気沈着の値に近かったが、ブナの葉や林内雨の値は、黄砂の値とほぼ一致した。イオンクロマトグラフィーによる分析結果は、いずれの林冠においても活発な樹冠との相互作用が確認され、オオシラビソ林ではカルシウムイオン ( $Ca^{2+}$ )、ブナ林では大量の  $K^+$  が樹冠から溶脱していた。また、どの森林においても、土壌中の  $^{87}Sr/^{86}Sr$  値は黄砂の値に近くなっていた。

これらの結果は、立山ではいずれの森林地帯でも大気からのイオン供給が物質循環の主体をなしており、基岩の影響は非常に小さいこと、また、黄砂が重要な陽イオン供給源になっており、林床に供給された  $Ca^{2+}$  などの栄養塩類は、リターを含む根域に栄養塩プールを形成しそれが根から再吸収されることで、循環して利用されている事が示唆された。

キーワード: 黄砂, 山岳, ストロニウム同位体, 植物生理生態, 森林水文, 物質循環

Keywords: Asian dust, Alpine, Sr isotope, plant ecophysiology, Forest hydrology, material cycle



## 岩手県大槌町の河川水の水質成分と安定同位体比の分布 Distribution of chemical and isotopic components in the stream water of Otsuchi town, northeastern Japan

SHIN Kicheol<sup>1\*</sup>; 中野 孝教<sup>1</sup>; 森 誠一<sup>2</sup>; 池田 浩一<sup>3</sup>  
SHIN, Kicheol<sup>1\*</sup>; NAKANO, Takanori<sup>1</sup>; MORI, Seiichi<sup>2</sup>; IKEDA, Koichi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 総合地球環境学研究所, <sup>2</sup> 岐阜経済大, <sup>3</sup> 筑波大学

<sup>1</sup>Research Institute for Humanity and Nature, <sup>2</sup>Gifu Keizai University, <sup>3</sup>University of Tsukuba

岩手県大槌町は2011年3月1日の巨大津波により壊滅的な被害を受けた。この町は大槌湾に面し、大槌川、小鏡川、鶴住居川の三河川が流入している。狭い沿岸平野には良質な地下水が豊富で、生活や日本酒、豆腐、サケ養殖などの産業に利用されてきた。町の復興に向けて、この地下水の賢明な利用が期待されている。地下水の涵養域や流動に関する基盤情報を得るため、三河川の支流および本流の約200地点において採水し、それらの化学組成と安定同位体比を分析した。それらの分布をARC-GISソフトウェアを用いて解析した。

水の水素と酸素の安定同位体比は日本の河川水に見られる一般的な傾向を示し、沿岸からの距離・高度と共に減少するが、重水素過剰値(d値)は山地域に向かって増加している。このことは、山地域では降雪あるいは降水の再蒸発による寄与が大きい可能性を示唆する。ナトリウムやホウ素、マグネシウムの濃度も海岸から山地域に向かって単調に減少しており、海塩粒子の寄与が水蒸気輸送と関連していることを示唆する。

本地域には、白亜紀の花崗岩および古生代の海成堆積岩類が小鏡川・鶴住居川の上流域に分布する。その他の地域はジュラ紀の付加コンプレックスで構成されるが、上流域では玄武岩や超苦鉄質岩、下流域ではチャートが卓越する。ストロンチウムの安定同位体比(<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr)は地質と良い対応があり、花崗岩地域で低く(0.705-0.706)。チャートが存在する中流～下流域で高い(0.709-0.712)。地球化学的分布が似ているSrとCaの割合(Sr/Ca)が花崗岩地域の河川で高い。これらのことはCaとSrが主に流域の岩石の化学風化に由来することを示している。しかし両元素をはじめ、多くの溶解元素の濃度は地質と良い一致を示さないことは、風化過程での元素分別などの他の要因が大きいことを示唆している。

北上地域には金鉱床が多く硫と鉄鉱を伴っているが、本地域の河川水にもヒ素が2mgL<sup>-1</sup>以上の地点が局所的に分布しており、金鉱床による可能性が高い。いっぽう鉛やカドミウムなどは沿岸域で高いが、濃度は極めて低く、人為影響による可能性は低い。本流河川は上流の影響が強く、支流河川と異なる水質を示す。このことは水質マップの作成においては流域単位が同程度の河川で作成することが望ましいことを示している。沿岸の平野域の地下水は、大槌川、小鏡川、城山の三流域に識別できたが、今回の河川水の水質マップはこの可能性と整合している。とくにSr同位体比は三種類の地下水の識別に有効であり、本沿岸域地下水の涵養域の良いトレーサーとして利用できる。

キーワード: 大槌町, 河川水, 地下水, 化学組成, 安定同位体比

Keywords: Otsuchi town, groundwater, chemical compositions, stable isotopic ratios, Sr isotope



## 窒素・酸素安定同位体比からみた東北域河川水の硝酸イオンの起源 The origin of nitrate in river water in Tohoku region based on the nitrogen and oxygen stable isotope ratios

由水 千景<sup>1\*</sup>; SHIN Kicheol<sup>1</sup>; 中野 孝教<sup>1</sup>; 奥田 昇<sup>1</sup>; 加藤 義和<sup>1</sup>; 神松 幸弘<sup>2</sup>; 栗田 豊<sup>3</sup>;  
富樫 博幸<sup>3</sup>; 天野 洋典<sup>3</sup>; 陀安 一郎<sup>1</sup>  
YOSHIMIZU, Chikage<sup>1\*</sup>; SHIN, Kicheol<sup>1</sup>; NAKANO, Takanori<sup>1</sup>; OKUDA, Noboru<sup>1</sup>; KATO, Yoshikazu<sup>1</sup>;  
KOHMATSU, Yukihiko<sup>2</sup>; KURITA, Yutaka<sup>3</sup>; TOGASHI, Hiroyuki<sup>3</sup>; AMANO, Yosuke<sup>3</sup>; TAYASU, Ichiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 総合地球環境学研究所, <sup>2</sup> 京都大学生態学研究センター, <sup>3</sup> 東北区水産研究所  
<sup>1</sup>RIHN, <sup>2</sup>CER, Kyoto Univ., <sup>3</sup>FRA

窒素は生物生産の制限因子となりやすい生元素であり、水質汚濁の主要因の一つとされている。そのため、従来から窒素濃度は監視の対象となってきたが、これらの成分は環境中で非保存的に振る舞うため、濃度の変動のみから起源や循環過程を評価することは困難であることが多い。一方、窒素安定同位体比は、その化合物の起源に関する情報を持つと共に、取り込みや窒素固定、硝化、脱窒といった生物駆動の物質代謝を反映することから、窒素動態を明らかにする上で有益な情報を与える。

下水処理された生活排水や肥料の窒素安定同位体比が特徴的な値を持つことや、脱窒などの窒素除去過程により系に残留する窒素の安定同位体比が上昇することから、近年、安定同位体手法を用いた窒素汚染の環境診断が注目され始めている。そこで本研究では、岩手・宮城県の372地点で河川水から得られた硝酸イオンの窒素・酸素安定同位体比情報を用いて、河川水の窒素起源や環境について考察を行った。

硝酸イオンの窒素安定同位体比の分布を見ると、都市部や農地で高く、山地で低い傾向にあった。このことは、人為影響の増大とともに窒素同位体比が上昇するという経験則と矛盾しない。まれに山間部でも高い同位体比が認められたが、その上流には畜産場があり、そこから排出される水の、河川水への影響の大きさが示唆された。

硝酸イオンの酸素安定同位体比は、早池峰や栗駒等の山地で高い値が見られ、これらの地域での主要な窒素負荷源が大気降水物（降雪）由来であることが示唆された。また一部の農地では、酸素・窒素ともに同位体比が高く、脱窒が起こっていることが示唆された。

## 富山県河川水の地球化学図：主成分，微量元素，Sr同位体比の分布 Geochemical maps of river waters in Toyama Prefecture: major and trace element distributions and Sr isotope signatures

堀川 恵司<sup>1\*</sup>; 水畑 和子<sup>3</sup>; 中野 孝教<sup>2</sup>; 申 基澈<sup>2</sup>; 張 勁<sup>1</sup>

HORIKAWA, Keiji<sup>1\*</sup>; MIZUHATA, Nagiko<sup>3</sup>; NAKANO, Takanori<sup>2</sup>; SHIN, Kicheol<sup>2</sup>; ZHANG, Jing<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 富山大学工学研究部 (理学), <sup>2</sup> 総合地球環境学研究所, <sup>3</sup> 富山大学工学教育部

<sup>1</sup>Graduate school of Science and Engineering for Research, Univ. of Toyama, <sup>2</sup>Research Institute for Humanity and Nature,

<sup>3</sup>Graduate school of Science and Engineering for Education, Univ. of Toyama

Toyama is located central Japan, and abundant in water resources. To understand river and groundwater quality, water circulation patterns recharged from high-altitude areas, and anthropogenic nitrogen fertilization, major ion chemistry, oxygen and hydrogen isotopes, and nitrogen isotopes of nitrate in river and groundwater have been studied so far. However, trace elements and Sr isotope ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratio) data, that can be used as hydrological tracers, have not yet been studied although such hydrological tracers will provide insight into our comprehensive understanding of (1) water circulation patterns recharged from high-altitude areas and (2) anthropogenic and geological influence on water quality. In this study, we aim to comprehend geographical distributions of major and trace elements and Sr isotopes in river waters through geochemical maps and statistical analysis. River water samples were collected at 76 sites in September-November 2013. The major elements, trace elements, oxygen isotopes of water ( $\delta^{18}\text{O}$ ) and  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  were measured by ion chromatograph, sector-field ICP-MS, IR-MS, and TIMS, respectively.

The  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratios of river waters varied from 0.70594 to 0.70989. The highest value was obtained in the upper stream of Shogawa, and the lowest value was found in a Tateyama stream. The relatively lower  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratios were found in the eastern part of the studied area, Kurobegawa and Jyogannjigawa, where there are input of hot spring waters to rivers. In the western part of the studied area, we found strong correlations between  $\text{Na}^+$  and  $\text{Cl}^-$  and between  $\text{Cl}^-$  and  $\delta^{18}\text{O}$ , suggesting the influence of the sea salt on river water quality. However, such influence of the sea salt on river water quality cannot be identified from  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratio. We will present geochemical maps on 7 major elements, 15 trace elements, DIC,  $\delta^{18}\text{O}$ , and Sr isotopes in a poster session, and discuss water circulation patterns recharged from high-altitude areas and anthropogenic and geologic influence on water quality based on these data set.

Keywords: geochemical map, Sr isotope, trace metal, Toyama, oxygen isotope, river water

## 地化学特性から推定された京都盆地の地下水流動状態 Groundwater flow regime in Kyoto basin estimated from hydrogeochemical characteristics

文田了介<sup>1\*</sup>; 柏谷公希<sup>1</sup>; 小池克明<sup>1</sup>; 多田洋平<sup>2</sup>; 申基澈<sup>2</sup>; 谷口真人<sup>2</sup>; 中野孝教<sup>2</sup>  
FUMITA, Ryosuke<sup>1\*</sup>; KASHIWAYA, Koki<sup>1</sup>; KOIKE, Katsuaki<sup>1</sup>; TADA, Yohei<sup>2</sup>; SHIN, Ki-cheol<sup>2</sup>;  
TANIGUCHI, Makoto<sup>2</sup>; NAKANO, Takanori<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 文田了介, <sup>2</sup> 柏谷公希, <sup>3</sup> 小池克明, <sup>4</sup> 多田洋平, <sup>5</sup> 申ギチヨル, <sup>6</sup> 谷口真人, <sup>7</sup> 中野孝教

<sup>1</sup>Ryosuke Fumita, <sup>2</sup>Koki Kashiwaya, <sup>3</sup>Katsuaki Koike, <sup>4</sup>Yohei Tada, <sup>5</sup>Ki-Cheol Shin, <sup>6</sup>Makoto Taniguchi, <sup>7</sup>Takanori Nakano

地下水は一般に表流水よりも水質が良好であり、その資源量も豊富であることから、多岐の用途で使用されている貴重な水資源である。表流水に比べて地下水の流速は緩慢で、滞留時間が長いことから、一度汚染や水位低下等が生じると元の状態に回復するまでに極めて長い時間を要する。地下水資源の質と量を良好な状態に維持し、持続的に利用するために、適切な地下水利用を可能とする管理方法が必要となっている。本研究では、地下水の流動・流出状態及び表流水との交流状態を把握し、地下水流動の高精度な将来予測を可能とする水文地質モデルを作成することを最終目的としており、京都盆地をモデルケースとして研究を進めている。

本年度は、桂川、宇治川、木津川流域の19地点の井戸において、原位置でpH、酸化還元電位(ORP)、電気伝導度(EC)、溶存酸素濃度(DO)を測定した。また、地下水試料を採取し、文田ほか(2014)により京都盆地北東部の鴨川・高野川流域の井戸で採取された28試料とあわせて主要溶存イオン濃度、水素酸素同位体比、ストロンチウム同位体比などを分析し、地下水流動状態を推定した。

分析結果より、主要溶存イオン濃度は、京都盆地北部から南部にかけて増加する傾向が見られた。主要溶存イオン濃度とpH、ORP、EC、DO、水素酸素同位体比を指標として主成分分析を適用した結果、第一主成分はORP、DO、硫酸イオンを除いて他の成分が正の負荷量を取り、第二主成分は硫酸イオン、カリウムイオン、ECが正の負荷量、pHが負の負荷量を取ることが明らかとなった。また、第一主成分と第二主成分の散布図において、各河川流域の井戸は異なる領域に分布した。これは、各流域における地質と水質形成メカニズムの違いを反映しているものと推測される。鴨川流域において、盆地内には第四系が分布するが、原流域である盆地周辺の山地では、北部には中生代ジュラ紀の付加体で、主に砂岩、頁岩、チャートなどからなる丹波層群が、東部には花崗岩体が分布し、水質は流動性の高い地下水で一般的なCa-HCO<sub>3</sub>型であり、地下水は河川水と類似した特性を持つ。また、流域南東部の丘陵には大阪層群が露出しており、近傍の井戸では硫酸イオン濃度が高い。桂川流域の上流にも丹波層群が分布しており、塩化物イオン濃度、ナトリウムイオン濃度が高い。宇治川、木津川流域において巨椋池周辺は干拓地であるほか、沖積層が優勢であり、滞留的な環境の地下水に多いNa-HCO<sub>3</sub>型の水質であった。

鴨川、高野川流域では文田ほか(2014)により比較的多くの井戸の調査が行われており、鴨川と高野川の合流点付近で河川水に地下水が35%程度混合していることや、合流点下流では鴨川周辺に伏流水が分布していることが指摘されている。そこで、鴨川、高野川流域で採取された地下水試料を中心にストロンチウム同位体比の分析を行った。その結果、ストロンチウム同位体比は、調査を行った中で最も北側に位置する井戸で最大で0.715であり、花崗岩体に近い東側の井戸では0.712程度となった。これらの値は、それぞれ丹波層群分布域と花崗岩分布域を流下する河川水のストロンチウム同位体比と同程度であり(和田・神松, 2010)、地下水の涵養域と流動経路の違いを反映しているものと考えられる。また、下流域の地下水ではストロンチウム同位体比が0.708~0.709程度となった。これらの井戸は、文田ほか(2014)により伏流水の存在が指摘された領域より更に南部に位置している。ストロンチウム同位体比が小さい井戸の分布域では、東部の山地より地下水が流入していると考えられており(京都新聞社, 1983)、ストロンチウム同位体比により鴨川流域北側の地下水とは起源が異なる地下水が分布していることが裏付けられた。

今後は杉村ほか(2013)の水文地質モデルを基礎モデルとして地下水流動と物質移行に関するシミュレーションを行い、地下水流動状態と環境トレーサーの空間分布を推定する。シミュレーション結果を本研究の結果と比較することでモデルの検証、改良を進めていく予定である。

### 引用文献

文田了介・柏谷公希・小池克明・多田洋平・谷口真人・中野孝教(2014) マルチ環境トレーサー分析とクリギングにより推定された河川水と地下水の交流状態, 日本情報地質学会 Vol.25, No.2, pp.062-063.

杉村美緒(2013) 京都盆地の水理地質構造の三次元モデリング, 京都大学工学研究科修士論文.

和田英太郎・神松幸弘(2010) 安定同位体というメガネ, 昭和堂, p.74.

京都新聞社(1983) 京都いのちの水, 京都新聞社, p.57.

キーワード: 地下水流動, 地球化学, 主成分分析, 同位体

HTT31-P10

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 18:15-19:30

キーワード: 地下水流動, 地球化学, 主成分分析, 同位体

Keywords: groundwater flow, geochemistry, principal component analysis, isotope

大槌域における河川水と淡水型イトヨのストロンチウム同位体比：現在の生息域と過去の移動の推定法として  
 **$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  of threespine sticklebacks and water in Otsuchi: Implications for the current habitat range and past movement**

札本 果<sup>1\*</sup>; 申 基澈<sup>2</sup>; 中野 孝教<sup>2</sup>; 森 誠一<sup>3</sup>; 陀安 一郎<sup>2</sup>

FUDAMOTO, Konomi<sup>1\*</sup>; SHIN, Ki-cheol<sup>2</sup>; NAKANO, Takanori<sup>2</sup>; MORI, Seiichi<sup>3</sup>; TAYASU, Ichiro<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 京都大学大学院理学研究科, <sup>2</sup> 総合地球環境学研究所, <sup>3</sup> 岐阜経済大学

<sup>1</sup>Graduate School of Science, Kyoto University, <sup>2</sup>Research Institute for Humanity and Nature, <sup>3</sup>Gifu Keizai University

All living organisms have various interactions with surrounding organisms and their physical environment. For conservation and management purposes, it is important to understand the environmental condition not only in the present but also in the past. Strontium isotope ratio ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ), often measured in otoliths of a fish, has been used as an indicator to estimate current habitat range and past movement of the fish. The method is based on two assumptions. 1,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  of a fish is almost the same as that of the ambient water. 2,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  of river water is characterized by the underlying bedrock geology. If there are significant differences among  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  of the habitats in the study area, it is possible to estimate the past movement of a fish. However, the method cannot be used when there are no significant differences within the area. Wide study area potentially provides high probability that there are significant differences of  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  among the habitats, so that most studies using this method subjected fishes that move widely. In this study, we propose to develop the  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  method to reconstruct the movements of a small fish, threespine stickleback (*Gasterosteus aculeatus*). Japanese marine threespine sticklebacks can be classified into two genetically divergent groups, the Pacific Ocean anadromous form and the Japan Sea anadromous form. In Otsuchi area, Iwate Prefecture, both the Pacific resident freshwater form and the Japan Sea anadromous form of threespine sticklebacks occur, and there are many freshwater habitats including new coastal habitats that were made by a natural disaster of tsunami in 2011. For conservation and ecological understanding of threespine sticklebacks, it is important to know the past movement of the individual fish.

In this study, we analyzed  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  of back bones of the freshwater form threespine sticklebacks and compared with that of ambient water in order to estimate the current habitat range and the past movement. Results and discussions are shown as follows.

1.  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  of ambient water can be grouped into three regions (more than 0.709156, 0.708165~0.709156, and less than 0.708165). The result suggests that there are significant differences among the habitat of threespine sticklebacks in Otsuchi area.
2. There was a significant correlation between  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  of threespine sticklebacks and that of environmental water in each sampling point. The result indicates that Sr of threespine sticklebacks mainly derived from the environmental water.
3.  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  of threespine sticklebacks can be grouped into three regions as well as the ambient water. The result suggests that threespine sticklebacks moved only within each region.
4. There were significant differences between  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  of threespine sticklebacks and that of the ambient water in each sampling point. The result implies that threespine sticklebacks moved among sampling points within each region. However, the detected differences were small, and the temporal changes of water  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  need to be studied.
5. In the coastal area,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  of threespine sticklebacks was higher than that of the ambient water, probably because the water was affected by the sea water ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.70918$ ) at high tide. However, there was a significant positive correlation between them. The result suggests that although these sampling points were expected to have connected with each other at the flood, threespine sticklebacks did not move among the points frequently.



## 西部北太平洋亜寒帯及び亜熱帯海域における低次生態系の動態解析 Stable isotope analysis of food-web system in subarctic to subtropical region of western North Pacific

野口 真希<sup>1\*</sup>; 石井 励一郎<sup>2</sup>; 和田 英太郎<sup>1</sup>  
NOGUCHI, Maki<sup>1\*</sup>; ISHII, Reiichiro<sup>2</sup>; WADA, Eitaro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 独立行政法人 海洋研究開発機構, <sup>2</sup> 大学共同利用機関法人 人間文化研究機構 総合地球環境学研究所  
<sup>1</sup>Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), <sup>2</sup>Research Institute for Humanity and Nature (RIHN)

生物の安定同位体比は、捕食者自身の代謝系の駆動様式や行動変化に起因するものと、食物網が存在する地域性に起因するものの2つの要因によって決定される。そこで本研究では栄養塩や水温などの海洋環境の違いによって、低次生態系における食物網にどのような違いがあるのかを見るために、西部北太平洋亜寒帯海域及び亜熱帯海域において、動物プランクトン及び海水試料を季節及び鉛直層別に採集を行い比較検証した。本研究では、特にメソ動物プランクトン群集を中心に群集構造と栄養動態について時空間的にどのように変動をするのか同位体比から検証を行った。

2010年2月から2011年7月まで、海洋研究開発機構(JAMSTEC)の観測点K2(47°N, 160°E)及びS1(30°N, 145°E)において動物プランクトン試料の採集及び採水を行った。試料は多段開閉式ネットIONESSを用いて0-50, 50-100, 100-150, 150-200, 200-300, 300-500, 500-750, 750-1000mの計8層の曳行採集し、船上にて凍結保存した。またネット曳行時に動物プランクトンと一緒に採取された魚類も合わせて凍結保管した。凍結試料は解凍後、速やかに種別ソーティングを実施し、1日間の乾燥と脱脂処理を施した後、SIサイエンス(株)及び総合地球環境学研究所にて窒素、炭素安定同位体比( $\delta^{15}\text{N}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$ )の測定を行った。更に、食物連鎖のベースラインを理解するために、海水の硝酸イオン中( $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ )の窒素安定同位体比について脱窒菌法(Casciotti et al., 2002; Sigman et al., 2001)を用いて東京農工大学、カリフォルニア大学デービス校にて測定した。

同位体比を使った動物プランクトン群集の栄養動態と時空間分布の変動解析では、K2において表層付近の端脚類やカイアシ類(雑食性)の $\delta^{15}\text{N}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$ が季節に伴って大きく変動していた。一方、S1における動物プランクトンの $\delta^{15}\text{N}$ の値、及び硝酸塩濃度に対するS1の $^{15}\text{NO}_3^- + ^{15}\text{NO}_2^-$ の値がK2と比べ低い傾向が見られた。動物プランクトンを含め全体的に $^{15}\text{N}$ が低くなっていることから、窒素固定の影響により食物連鎖に大きく影響していることが示唆された。

本研究で得られたK2及びS1の結果に、南極海、アラスカ湾、親潮水塊、黒潮系暖水塊の4海域における生物の同位体比データを合わせ、食物連鎖全体が持つ $\Delta\delta^{15}\text{N}/\Delta\delta^{13}\text{C}$ について統計的な比較を行った。その結果、海域間に有意な差が無く、一定の共通式で表せる事が分かった。我々がこれまで調べた限られた食物連鎖の範囲では、生態系や生物種によらず $\Delta\delta^{15}\text{N}/\Delta\delta^{13}\text{C}$ に大きな差が見られないことから、自然界の食物連鎖中の摂餌プロセスの同位体分別( $\Delta\delta^{15}\text{N}/\Delta\delta^{13}\text{C}$ )は、共通のアミノ酸代謝や脱炭酸を中心とするエネルギー代謝によって決定されることにより、統一的な規則性が低次から高次まで維持されていることが強く示唆された。

キーワード: 窒素安定同位体比, 炭素安定同位体比, 食物連鎖, 同位体分別

Keywords: nitrogen stable isotope, carbon stable isotope, food web, isotope fractionation

## 縄文時代人骨の歯のエナメル質を用いた炭素同位体分析 Carbon isotope ratios of human tooth enamel record the evidence of terrestrial resource diet during the Jomon period

日下 宗一郎<sup>1\*</sup>; UNO Kevin T.<sup>2</sup>; 中野 孝教<sup>3</sup>; 中務 真人<sup>4</sup>; CERLING Thure E.<sup>5</sup>

KUSAKA, Soichiro<sup>1\*</sup>; UNO, Kevin T.<sup>2</sup>; NAKANO, Takanori<sup>3</sup>; NAKATSUKASA, Masato<sup>4</sup>; CERLING, Thure E.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> ふじのくに地球環境史ミュージアム, <sup>2</sup> 総合地球環境学研究所, <sup>3</sup> ラモント=ドハティ・アース・オブザバトリー, コロンビア大学, <sup>4</sup> 京都大学大学院理学研究科, <sup>5</sup> 地質学・地球物理学研究科, ユタ大学

<sup>1</sup>Museum of Natural and Environmental History, Shizuoka, <sup>2</sup>Research Institute for Humanity and Nature, <sup>3</sup>Lamont Doherty Earth Observatory, Columbia University, <sup>4</sup>Graduate School of Science, Kyoto University, <sup>5</sup>Department of Geology and Geophysics, University of Utah

考古学の証拠によると、縄文時代人は陸上の植物資源を主要な食物としていたことが示唆されている。しかし、縄文時代人骨の骨コラーゲンの安定同位体分析によると、陸上資源だけでなく海産資源も多く摂取されていたことが示唆されている。この違いは、骨コラーゲンが食物タンパク質由来のアミノ酸から合成されること、また骨コラーゲン合成に炭水化物に由来する炭素がほとんど寄与していないことに原因がある可能性がある。本研究では、歯のエナメル質の炭素同位体比は炭水化物を含む食物エネルギー源に由来し、植物質食料の摂取の証拠を記録しているとの仮説を立てて分析した。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）の人骨について、歯のエナメル質の炭素同位体比を測定した。その結果、陸上哺乳類と海産魚類は大きく異なる炭素同位体比を示し、縄文時代人の値はニホンジカの値に近く多くのエネルギーが陸上資源に由来していることが示唆された。歯のエナメル質炭素同位体比より計算した海産物依存度は、骨コラーゲンの炭素同位体比より計算した値に比べて、著しく低かった。またエナメル質と骨コラーゲンの炭素同位体比の差は、骨コラーゲンの窒素同位体比と負の相関を示した。この点は、陸上資源と海産資源の摂取割合に集団間・集団内の変動を示唆した。本研究は先史時代の人類の食性を復元する上で、骨コラーゲンだけでなく歯のエナメル質の炭素同位体比の分析が有効であることを示した。

キーワード: 食性, コラーゲン, エナメル質, ヒト, 完新世

Keywords: diet, collagen, enamel, human, Holocene

## 安定同位体を利用した裏磐梯地域の地下水流動の推定 Estimation of groundwater flow at northern part of Mt. Bandai using the stable isotopes

藪崎 志穂<sup>1\*</sup>  
YABUSAKI, Shiho<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 福島大学 共生システム理工学類  
<sup>1</sup> Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University

福島県会津地域に位置する磐梯山の北部斜面(裏磐梯地域)の地下水流動を把握するため、2014年6~8月にかけて、湧水、地下水、湖沼水、渓流水等の調査、採水を実施し、一般水質、安定同位体の分析を実施した。現地調査(EC, pH, 水温, ORP)や水質分析の結果から、磐梯山北側斜面の湧水、湖沼水等では以下の特徴を把握することができた。1) ECとpHには負の相関が認められる。2) 銅沼やその周辺の湖沼・湧水のように、ECが高く、pHが低い地点では火山ガスの影響を受けていると考えられる。3) 五色沼湖沼群はEC, pHなどの違いにより、幾つかのグループに分類することができる。4) 弁天沼に流入している湧水には、標高の高い地点で涵養され、火山ガスの影響を受けたと考えられる水が存在している。5) 銅沼とその周辺の湧水や湖沼の水質組成はCa-SO<sub>4</sub>型を示し、溶存分量は非常に多い。6) 五色沼周辺の湖沼群の多くはCa-(Cl+SO<sub>4</sub>)型を示しており、ECやpHで示されたような区分は、本調査の水質組成の結果においては明瞭には認められなかった。7) 銅沼の $\delta^{18}\text{O}$ 値は-10.9‰で、銅沼の下流側に位置する湧水では-11.2‰であった。五色沼周辺に位置する弁天沼に流入する湧出する湧水の $\delta^{18}\text{O}$ 値は-10.8‰を示している。このような同位体や水質の結果から、銅沼周辺で涵養された水が湧水として湧出していることが考えられる。8) 銅沼と五色沼の中間付近に設置された地下水観測井で複数回採取した地下水の $\delta^{18}\text{O}$ 値は-11.2‰でほぼ一定しており、磐梯山北側の地下水は銅沼から下流側の五色沼方面にかけて同一の地下水流動の存在が示唆された。

今後、湧水や湖沼水の<sup>3</sup>Hや、観測井のCFCs等の分析を行うことにより、地下水流動についてより詳細に把握することができると期待される。

キーワード: 裏磐梯, 地下水流動, 安定同位体

Keywords: northern part of Me. Bandai, groundwater flow, stable isotopes

秋田県渋黒川・玉川水系におけるストロンチウムおよび硫黄同位体を用いた酸性温泉水と河川水の混合過程の解明  
Mixing processes between river water and acidic hot spring water in Shibukuro-Tama river

若狭 幸<sup>1\*</sup>; 申 基澈<sup>2</sup>; 石山 大三<sup>1</sup>  
WAKASA, Sachi<sup>1\*</sup>; SHIN, Kichole<sup>2</sup>; ISHIYAMA, Daizo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 秋田大学国際資源学部, <sup>2</sup> 総合地球環境学研究所

<sup>1</sup>Faculty of International Resource Sciences, <sup>2</sup>Research Institute for Humanity and Nature

In the Shibukuro and Tama River system, Akita, river water is acidified by inflow of acidic hot spring water (pH=1.2, T=98 °C). 80% of hot spring water is fed into a neutralization plant and neutralized with limestone. The effluent is released into the Shibukuro River. Sulfur isotopic ratio of Tamagawa hot spring water is 31.8 ‰, and Sr isotopic ratio of the neutralized effluent is 0.7068. These higher isotopic ratios and lower ratio of river water as well as the chemical composition of dissolved components lead to understanding of mixing process of confluent river water. The mixing ratio of waste water with Shibukuro River water was estimated 1 to 1, and at the confluence of Shibukuro and Tama Rivers the mixing ratio of these two was estimated 3 to 7 or 4 to 6. These mixing ratios were consistent with those obtained from the concentrations of dissolved chemical components. These consistent mixing ratios suggest that the chemical composition of river water was mainly controlled by the mixing of the waste water and the tributary river waters, and the influence of precipitation of insoluble salts was negligible. The contribution of the waste water was about 10% at Tose located down the confluence of Shibukuro and Tama Rivers.



## 中国地方の降水の硫黄、水素、酸素、ストロンチウム同位体比から見る越境汚染の 地域的影響と季節・経年変化 S, H, O and Sr isotopic Study of precipitation in Chugoku district

塚田 快<sup>1</sup>; 淀瀬 達也<sup>1</sup>; 中野 孝教<sup>2</sup>; 山下 勝行<sup>1</sup>; 千葉 仁<sup>1\*</sup>

TSUKADA, Kai<sup>1</sup>; YODOSE, Tatsuya<sup>1</sup>; NAKANO, Takanori<sup>2</sup>; YAMASHITA, Katsuyuki<sup>1</sup>; CHIBA, Hitoshi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 岡山大学大学院自然科学研究科, <sup>2</sup> 総合地球環境学研究所

<sup>1</sup> Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, <sup>2</sup> Research Institute for Humanity and Nature

中国大陸からの越境汚染の地域的影響と季節・経年変化を明らかにするために、中国地方を南北に縦断する鳥取と岡山の7か所において1か月間隔で降水を採取して観測を継続している。2011年1月~2014年8月の試料について結果を報告する。降水試料は、0.45umのメンブランフィルターでろ過した後、溶存イオン濃度、水の水素・酸素同位体比、硫酸イオンの硫黄同位体比、Sr同位体比を測定した。

日本海側において、非海塩性硫酸イオンの硫黄同位体比は、冬季に高く、夏季に低い季節変化が見られた。高い硫黄同位体比は中国北部の硫黄酸化物の飛来(越境汚染)を示している。この硫黄同位体比の値に経年変化がないことから、供給源にも変化がないことが示唆される。なお、2013年は夏季においても高い値を示した。これは、例年にない大雨の影響から高い硫黄同位体比をもった大気中の硫黄酸化物が多く洗い流されたローカルな現象の結果と考えられる。

瀬戸内側では、非海塩性硫酸の硫黄同位体比に明瞭な季節変化が見られず、一年を通して日本海側より低い硫黄同位体比を示している。このことは、中国由来の高い硫黄同位体比を持った硫黄酸化物は、中国山地を越える前に日本海側で大部分が取り除かれていることを示す。

降水のd値は、日本海側、瀬戸内側共に冬季に高く、夏季に低い季節変化がみられた。このことは、日本海側も瀬戸内側も、冬季には日本海から、夏季には太平洋から降水のもととなる水蒸気が供給されていることを示す。瀬戸内側で冬季に日本海から供給された水蒸気による降水が起きているにもかかわらず、中国由来の高い同位体比を持った硫黄酸化物の影響がみられないことは、日本海側での降水(降雪)の過程で中国由来の硫黄酸化物の大部分の除去が行われていることを示す。

日本海に近い湯梨浜において測定したSr同位体比も明瞭な季節変動を示す。Sr同位体比は4, 5, 6月に海水のSr同位体比より高く、7, 8月には海水のSr同位体比より低い。それ以外の月では海水のSr同位体比に近い値を示す。春季に見られる高いSr同位体比は大陸から飛来する黄砂の可溶性成分が溶解している影響を受けており、秋季・冬季の海水に近いSr同位体比は海塩粒子の影響が大きいことを反映していると考えられる。非海塩性硫酸の硫黄同位体比とSr同位体比の変動の周期がずれていることから、中国大陸からの硫黄酸化物と黄砂の輸送過程は互いに独立であると推測される。

キーワード: 越境汚染, 降水, 硫黄同位体比, 水素同位体比, 酸素同位体比, ストロンチウム同位体比

Keywords: cross- border pollution, precipitation, sulfur isotope ratio, hydrogen isotope ratio, oxygen isotope ratio, strontium isotope ratio

## メソポタミア粘土板胎土の組成と原産地特定の試み Compositions of Mesopotamian tablet clay for identification of source area

安間 了<sup>1\*</sup>; 渡辺 千香子<sup>2</sup>; 申 基澈<sup>3</sup>; 昆 慶明<sup>4</sup>; 辻 彰洋<sup>5</sup>; 中野 孝教<sup>3</sup>; 横尾 頼子<sup>6</sup>  
ANMA, Ryo<sup>1\*</sup>; WATANABE, Chikako<sup>2</sup>; SHIN, Kicheol<sup>3</sup>; KON, Yoshiaki<sup>4</sup>; TSUJI, Akihiro<sup>5</sup>;  
NAKANO, Takanori<sup>3</sup>; YOKOO, Yoriko<sup>6</sup>

<sup>1</sup> 筑波大学, <sup>2</sup> 大阪学院大学, <sup>3</sup> 総合地球環境学研究所, <sup>4</sup> 産業技術総合研究所, <sup>5</sup> 国立科学博物館, <sup>6</sup> 同志社大学

<sup>1</sup>University of Tsukuba, <sup>2</sup>Osaka Gakuin University, <sup>3</sup>RIHN, <sup>4</sup>AIST, <sup>5</sup>National Museum of Nature and Science, <sup>6</sup>Doshisha University

メソポタミア各地から出土する楔形文字粘土板には日付が記されている経済文書が含まれており、その胎土に含まれる粒子や微化石から当時の環境が高精度で復元できる可能性を秘めている。いっぽう、最近の中東の政治的混乱により多くの粘土板が出所も明らかでないままに現地の博物館に収蔵されている。そこで粘土板の原産地を特定するための試みとして、スレイマニヤ考古博物館に収蔵されている31点の粘土板から数十mgの試料（これらを粘土板試料とする）を採取し、微量元素の組成およびNd同位体比を測定した。また、原形をとどめない粘土板16点からは10g程度の試料（これらを胎土試料とする）を採取し、薄片観察を行ったうえ、粒径分布、主要・微量元素組成およびNd同位体比を測定した。

胎土試料の顕微鏡観察と粒度分析の結果、いわゆる粘土板は粘土主体の基質をもつもの（タイプ1）、シルト主体の基質をもつもの（タイプ2）、粘土質の基質に火山ガラスや微化石を含むもの（タイプ3）の三種類に区分される。それぞれシルトから砂サイズの珪質碎屑粒子を含んでおり、その主要鉱物は長石や石英で微量の白雲母などを含む。これらフェルシクな鉱物のほかに輝石を微量に含む試料もある。タイプ3には保存の良い底棲有孔虫や円石藻の殻も見られる。したがって、タイプ3の粘土板は海成粘土を材料とし、そこに花崗岩質の堆積物を補強材として混ぜた可能性がある。Na濃度は1%程度であるのに対して、Ca濃度は10%に達しており、Ca炭酸塩が母材堆積物中にセメント物質として存在していたか、粘土板の保存中に析出したことを示唆する。薄片では炭酸塩粒子が空隙を埋めているようである。

いっぽう胎土試料のREE組成はタイプにかかわらずほとんど一致する。粘土板試料は、胎土試料と同じく軽希土類に富み、負の弱いEu異常をもつ共通したパターンを示すが、濃度には2倍程度の違いがあつてばらつきが大きい。Nd同位体比は試料に関わらず非常に狭い範囲に入り、eNdは $-4.7 \pm 0.6$ であつた。これまでに得られた結果は粘土板の母材が同じ地層であつたことを示唆するようである。YとZr、AlとFeは良い相関を示し、母材の堆積物は異なる地球化学的な特徴を持つ岩石に起源をもつ粒子の混合物であることを示す。TiO<sub>2</sub>濃度（およそ0.6%）は珪長質岩としてはやや高く、クロムやニッケルを100ppm以上含んでおり苦鉄質岩的な特徴も見られる。これらのことは、粘土板の母材である堆積物の後背地に花崗岩質およびオフィオライト的な地質があつた可能性を示唆する。ストロンチウムや鉛の安定同位体比を測定することで、粘土板の母材の特徴をより詳細に明らかにできると考えられる。

キーワード: 粘土板, 組成, 同位体

Keywords: clay tablet, composition, isotope

## 水質マップから見た岡山県の河川水の特徴 Geochemical and isotopic characteristics of river waters from the Okayama Prefecture, Japan

亀井 隆博<sup>1\*</sup>; 大井 あや<sup>2</sup>; 大西 彩月<sup>2</sup>; 栗原 洋子<sup>2</sup>; 千葉 仁<sup>1</sup>; SHIN Kicheol<sup>3</sup>; 山下 勝行<sup>1</sup>  
KAMEI, Takahiro<sup>1\*</sup>; OOI, Aya<sup>2</sup>; ONISHI, Ayaka<sup>2</sup>; KURIHARA, Yoko<sup>2</sup>; CHIBA, Hitoshi<sup>1</sup>; SHIN, Kicheol<sup>3</sup>;  
YAMASHITA, Katsuyuki<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, <sup>3</sup> 総合地球環境学研究所

<sup>1</sup>Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, <sup>2</sup>Faculty of Science, Okayama University, <sup>3</sup>Research Institute for Humanity and Nature

岡山県の一級水系(吉井川水系、旭川水系、高梁川水系)の流域面積は岡山県の面積の9割以上を占めている。本研究では、旭川水系で140地点197試料、吉井川水系で118地点180試料、高梁川水系で62地点62試料、比較対象として鳥取県側で17地点17試料を採水した。これらの試料は0.2 $\mu$ mのセルロースアセテート製フィルターでろ過した後、主要溶存成分と微量元素の組成、O-H-S-Sr同位体比を測定した。

水素と酸素の安定同位体比は、沿岸からの距離や標高と共に低下するが、重水素過剰値(d値)は増加するという傾向を示す。d値は源流域である中国山地で20以上の値をとり、それぞれの流域内で最も高い。下流域に向かうにつれてd値は低く(<12)なり、それが本流に流れ込むことによって本流のd値も低下している。d値の同一地点における季節変動は数%程度であり、地理的変動よりも小さいことが確認された。

Sr同位体比は、旭川源流域の火山岩地域で最も低く、山陰帯花崗岩地域、山陽帯の花崗岩・流紋岩および石灰岩地域、さらに丹波帯の堆積岩地域の順に高くなり、流域地質と対応した地理的変化が認められる。河川堆積物の交換性成分は河川水とほとんど同じSr同位体比を示すが、堆積物はそれより高い値を示す。このことから河川水の水質は交換性成分の影響を強く受けており、岩石からCaやSrに富む風化しやすい鉱物が選択的に溶解し、その残留鉱物が河床堆積物となっていることを示す。

主要陰イオンであるSO<sub>4</sub>やClは上流域から下流域に向かって増加する。一方、 $\delta^{34}\text{S}$ はSO<sub>4</sub>の増加とともに0%付近に収束する傾向がみられた。これは生活排水による流入に加えて農業肥料を起源とする、 $\delta^{34}\text{S}$ が0%付近の硫黄が河川に流入していることが原因であると考えられる。

キーワード: 水質マップ, 同位体, 微量元素, 岡山県

Keywords: Geochemical map, Okayama Prefecture

## 東北地方の河川堆積物の吸着元素と河川水の水質成分の比較検討 Geochemical comparison of adsorped elements on sediments with dissolved ones in the river waters of Tohoku area

古川 智慧<sup>1</sup>; 山下 美沙<sup>2</sup>; SHIN Kicheol<sup>3</sup>; 山下 勝行<sup>2\*</sup>; 中野 孝教<sup>3</sup>; 陀安 一郎<sup>3</sup>  
FURUKAWA, Chie<sup>1</sup>; YAMASHITA, Misa<sup>2</sup>; SHIN, Kicheol<sup>3</sup>; YAMASHITA, Katsuyuki<sup>2\*</sup>; NAKANO, Takanori<sup>3</sup>;  
TAYASU, Ichiro<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 岡山大学理学部, <sup>2</sup> 岡山大学大学院自然科学研究科, <sup>3</sup> 総合地球環境学研究所

<sup>1</sup>Faculty of Science, Okayama University, <sup>2</sup>Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, <sup>3</sup>Research Institute for Humanity and Nature

### 1. はじめに

河川堆積物には様々な元素が吸着しており、河川水の溶存元素組成に影響を与えているが、両者の関係を詳細に検討した事例は少ない。岩手県および宮城県で採取した河川堆積物の交換性・吸着性成分の元素組成を測定し、河川水のデータと比較することで、河川の水質形成に及ぼす堆積物の役割を検討した。

### 2. 実験方法

上記地域の346地点で採取した河川堆積物について、粒径2mm以下にふるい分けした粒子(約10g)に、2mol/Lの酢酸アンモニウム溶液を約50ml加え、2時間反応させた。反応溶液をろ過し、1%硝酸で25倍に希釈したものを吸着体溶液とし、ICP-MS装置(Agilent7500cx)を用いて51元素を定量分析した。各元素について河川水の水質と比較し、分配係数(吸着体/河川水)を求めた。

### 3. 結果と考察

吸着体溶液に含まれる元素の多くは、河川水の元素濃度と共に増加するが、分配係数は減少する傾向を示した。このことは、堆積物の吸着量に限度(飽和吸着量)があることを示す。いっぽう、陽イオンとして存在する多くの元素の分配係数は1以上であり、とくに重金属元素やレアアースは高い。これに対して、陰イオンとして存在するBやVの分配係数は低く、モノケイ酸として存在するSiはもっとも低い。1価の陽イオンではNaの分配係数がもっとも低くK, Rb, Csの順序で高くなる。また二価陽イオンでもMg, Ca, Sr, Baと原子量と共に分配係数は高くなる。希土類は重金属元素と同様非常に高い分配係数を示すが、軽希土類ほど高く弱いW型テトラド効果が見られる一方で、Ceは正の異常、Euは負の異常を示し、酸化環境での分配を示している。

本地域の地質は火山岩、深成岩、変成岩、堆積岩と多様な岩石で構成されており、得られた結果は地質体の特異性によるものではない。飽和吸着量や高い分配係数の存在は、河川水の溶存元素組成が河川堆積物との吸着・脱着反応によって強くコントロールされていることを示唆する。いっぽう分配係数が高い元素は、溶存体として存在する可能性が低いことを示唆しており、ろ過するフィルターの影響を受けやすいことを示唆している。

キーワード: 河川水, 堆積物, 地球化学

Keywords: river water, sediment, geochemistry



水安定同位体比と植物プランクトン種を指標とした水資源に乏しい流域の河川水質汚濁の解析  
Analysis of river organic pollution in a low precipitation region based on water isotopes and phytoplankton species

山田 佳裕<sup>1\*</sup>; 福田 竜也<sup>1</sup>  
YAMADA, Yoshihiro<sup>1\*</sup>; FUKUDA, Tatsuya<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 香川大学農学部  
<sup>1</sup>Faculty of Agriculture, Kagawa University

The river organic pollution was studied in the Shin River in Kagawa Prefecture, Japan. In Kagawa Prefecture, where water resources are scarce, the use of water is efficient and a large proportion of water is retained within the river basin. The retention time of water within the river basin becomes longer and algae increase in water areas represented by irrigation ponds. The dynamics of particulate organic matter (POM) in the Shin River was significantly influenced by the natural and artificial hydrological environment in the river basin. The degree of organic pollution in the Shin River was high and most of the organic matter was algae.

$\delta^{18}\text{O}$  of water of the middle and lower reaches of the Shin River was high, and it was found that water subjected to evaporation for a long time in the basin flows in the river. The concentration of organic matter in the Shin River increased along with the rise of  $\delta^{18}\text{O}$ , and it was found that algae increased in the stay waters in the basin of the middle/lower reaches and flows in the Shin River. It was thought that the irrigation ponds in the basin were the main sources of water and organic matter for the river. This tendency was notable during the non-irrigation season in that the volume of water in the basin decreased. On the other hand, the proportion of algae in the organic matter in the river decreased when there was much precipitation.

During the non-irrigation season, the number of algal cells increased to  $2.3 \times 10^4$ - $7.8 \times 10^4$  cells  $\text{mL}^{-1}$  in accordance with the increase in the concentration in irrigation ponds, and species composition changed to *Pseudanabaena* sp. as well as irrigation pond. Although *Microcystis* sp. was also dominant in the middle/lower reaches as well as the irrigation ponds during the irrigation season, cell numbers were lower than in October. In addition, the number of algal cells in the river correlated well with  $\delta^{18}\text{O}$  in the river water; irrigation pond phytoplankton is supplied to rivers when water flows from irrigation ponds to the river. The influence of irrigation ponds on rivers was found to increase during non-irrigation seasons when irrigation water is scarce and precipitation is low, and so the quantity of river water decreases.

This study found that water supplied from such areas accounted for a large proportion of river water, causing organic pollution of the river by algae. It also found that this trend became stronger during the non-irrigation season when the amount of water in the river basin declined, while the trend became less obvious when precipitation was high. Therefore, to improve the state of organic pollution in the river, the inflow from irrigation ponds must be controlled. It is important to develop a method to reduce the concentration of organic matter in the river by establishing a well-planned water utilization system at a river-basin level with climate conditions and the amount of river water as underlying factors.

Keywords: Water isotopes, Phytoplankton, Organic pollution, River, Kagawa Prefecture

## 多重検出器型 ICP 質量分析計によるホウ素同位体比測定 of 検討 Measurement of stable boron isotopic composition by MC-ICP-MS

齋藤 健志<sup>1\*</sup>; 申 基澈<sup>2</sup>; 中野 孝教<sup>2</sup>; 小松 登志子<sup>1</sup>  
SAITO, Takeshi<sup>1\*</sup>; SHIN, Ki-cheol<sup>2</sup>; NAKANO, Takanori<sup>2</sup>; KOMATSU, Toshiko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 埼玉大学, <sup>2</sup> 総合地球環境学研究所

<sup>1</sup>Saitama University, <sup>2</sup>Research Institute for Humanity and Nature

ホウ素 (Boron : B) には, <sup>10</sup>B と <sup>11</sup>B の 2 つの安定同位体が存在し, その存在比はそれぞれ約 19% と 81% である。これら安定同位体の質量数の差は約 10% と大きく, 同位体効果も大きいことが知られているため, 非常に有用なトレーサーになることが期待されている。従来, ホウ素の安定同位体比 (<sup>11</sup>B/<sup>10</sup>B) は, 表面電離型質量分析計 (TIMS) によって測定がなされてきた。近年では, 分析機器や技術などの向上に伴い, 多重検出器型 ICP 質量分析計 (MC-ICP-MS) を用いることで, 低濃度サンプルに対してもより簡便にその同位体比を測定できるようになってきた。しかしながら, 現状で分析方法に関する文献も出されていることから, まだ一般的に広く普及した手法であるとは言えない。そこで本研究では, 標準物質 (NIST SRM 951) を用いて, MC-ICP-MS によるホウ素同位体測定について検討を行った。特に, 測定サンプル濃度や測定時間等, 分析条件の最適化を試みた。

キーワード: ホウ素同位体, 多重検出器型 ICP 質量分析計

Keywords: boron isotopes, MC-ICP-MS