

環境研究における多元素同位体マップ手法 Multi-Isoscape approach to environmental studies

*陀安 一郎¹、SHIN Ki-Cheol¹、中野 孝教¹

*Ichiro Tayasu¹, Ki-Cheol Shin¹, Takanori Nakano¹

1. 総合地球環境学研究所

1. Research Institute for Humanity and Nature

水循環・物質循環過程を示す元素組成や同位体組成情報を用いた環境トレーサビリティ手法は、その中に生息する生物の動態や食物網構造を解明するために活用することができる。人間社会はこれらの循環の中に生きているため、環境トレーサビリティ情報を利用することによって、多様な課題についての環境研究を行うことができる。元素それぞれの循環を理解する基礎的研究と、時空間的な元素分布を明らかにする記述的研究は、発展的研究を行う上で必要である。

総合地球環境学研究所（地球研）が行っている同位体環境学共同研究事業は、環境トレーサビリティに着目した多元素分析および多元素同位体分析を活用し、全国の研究者と共同研究を行っている。多元素同位体マップ手法を用いた環境特性を明らかにすることによって、生態系の関係性の理解することができる。さらに、地球環境問題の複雑化から、環境研究においては現場の住民や行政機関、または学校教育と連携した取り組みが必要であるという考え方が生まれてきている。本発表においては、環境トレーサビリティの考え方をもとに、同位体手法をもとにした大学・研究機関連携について検討する。

キーワード：安定同位体、環境トレーサビリティ

Keywords: Stable isotopes, Environmental traceability

山梨県忍野村の地下水流動調査－第1報 忍野村の浅層および深層地下水の水質と安定同位体の特徴について－

Study on groundwater flow system at Oshino Village in Yamanashi Prefecture –Report 1. Characteristics of water quality and stable isotopes of shallow and deep groundwater at Oshino Village.

*藪崎 志穂^{1,3}、谷口 真人¹、陀安 一郎¹、秋道 智彌¹、大森 昇²、後藤 健²、古谷 修一²、渡邊 宗一郎²
 *Shiho Yabusaki^{1,3}, Makoto Taniguchi¹, Ichiro Tayasu¹, Tomoya Akimichi¹, Noboru Ohomori², Ken Gotou², Syuichi Furuya², Souichirou Watanabe²

1. 総合地球環境学研究所、2. 忍野村役場、3. 福島大学

1. Research Institute for Humanity and Nature, 2. Oshino Village, 3. Fukushima University

山梨県南部に位置する忍野村は標高約936 mに位置し、東西約8 km、南北約4 kmで、村内には世界文化遺産の構成資産の一つでもある忍野八海があり、四季を通じて多くの観光客が訪れている。忍野八海についてはこれまで複数の調査が行われており、水質の特徴から富士山で涵養された湧水であることが示されている。しかし忍野八海の中でも水質が異なる湧水があり、地下水流動系の違いを反映している可能性が指摘されている。また、村内の地形の状況から、富士山周辺で涵養された地下水と、東の山地で涵養された地下水の存在が考えられるが、詳細な地下水流動調査は実施されておらず、涵養域や滞留時間については明らかとなっていない。こうしたことから、本研究では、忍野村にある忍野八海を含めた湧水、および民家や自治体の井戸水の調査・採水を実施し、水質の特徴を明らかにしたうえで村内の詳細な地下水流動、涵養域の把握ならびに滞留時間を推定することを目的とした。本発表では、1回目の調査の結果、明らかとなった地下水および湧水の水質の特徴を中心に報告する。

調査は2017年1月18～19日に実施した。調査地点はできるだけ広範囲に及ぶように選択し、忍野八海、自治体の観測井や水源井、民家の井戸など、併せて72地点を対象とした。現地ではEC（電気伝導率）、pH、水温、ORP、地下水位（可能な地点）を測定し、同時に水質分析用の採水も行った。水試料は採取後、速やかに0.20 μmのシリンジフィルターを用いてろ過を行い、微量元素分析およびSr同位体分析用の試料には濃硝酸を少量添加した。水質測定項目は、溶存無機イオン（ICS-3000）、 HCO_3^- （pH4.8アルカリ度滴定法）、酸素・水素安定同位体比（L2130-i）、微量元素（Agilent 7500cx）、Sr同位体比（MC-ICPMS予定）である。現地調査および水質測定の結果、以下の特徴を把握できた。

1) 忍野八海の水質は、お釜池、銚子池、濁池、湧池、鏡池、菖蒲池、底抜池の力所の湧水池はほぼ同様の水質を示しているが（EC：20～23 mS/m）、出口池ではやや低く（約16 mS/m）、 $\delta^{18}\text{O}$ ・ δD も相対的に低くなっている。またSi、P、V、Srなどの微量元素の濃度にも若干の違いが認められる。出口池は他の湧水群から南方に約離れた標高がやや高い場所に位置しており、異なった地下水流動系である可能性が高い。今後、³H等の分析を行うことにより、流動系や年代の違いなどを検討する。

2) 地下水の水質組成は、基本的にはCa-HCO₃型を示しているが、細かく見ると、Caが多いタイプと、NaあるいはMgが多いタイプが存在している。また溶存成分量が多い地点と少ない地点が混在しており、傾向として村の中央では相対的に少なく、西部と東部の一部地域で多くなっている。溶存成分量は深度による違いよりも、場所による違いのほうが大きく、このことから異なる地下水流動系の存在が予想される。

3) 浅井戸の一部地点ではNO₃⁻を比較的多く含んでおり、地表面の土地利用の影響（農地への施肥の影響など）が表れていると考えられる。また、FeやMn等が多く含まれている地下水があり、地質起源と考えられる。

4) 深さ100 mの深井戸や、浅井戸の一部地点では、pHが8.2以上のアルカリ性を示し、VやP濃度が相対的に高く、 $\delta^{18}\text{O}$ ・ δD が相対的に低い値を示している。これらは富士山で涵養された地下水である可能性が高い。富士山起源とそれ以外の山地で涵養された地下水では地質の違いにより同位体比が異なることが予想され

る。今後、Sr同位体比の測定を行った後、更に検討を進める。

5) 地下水および湧水の $\delta^{18}\text{O}$ は $-12\sim-7\%$ 、 δD は $-80\sim-50\%$ と範囲が広がっており、涵養域の違いを反映していると考えられる。ECと $\delta^{18}\text{O}$ の関係をプロットした図より、大きく3つに区分できた。今後、この区分と水質、微量元素等を併せて考察し、地下水流動系の把握に活用してゆく。また、 δ ダイアグラムの回帰線は $\delta\text{D}=6.2\delta^{18}\text{O}-5.0$ ($r^2=0.969$) である。

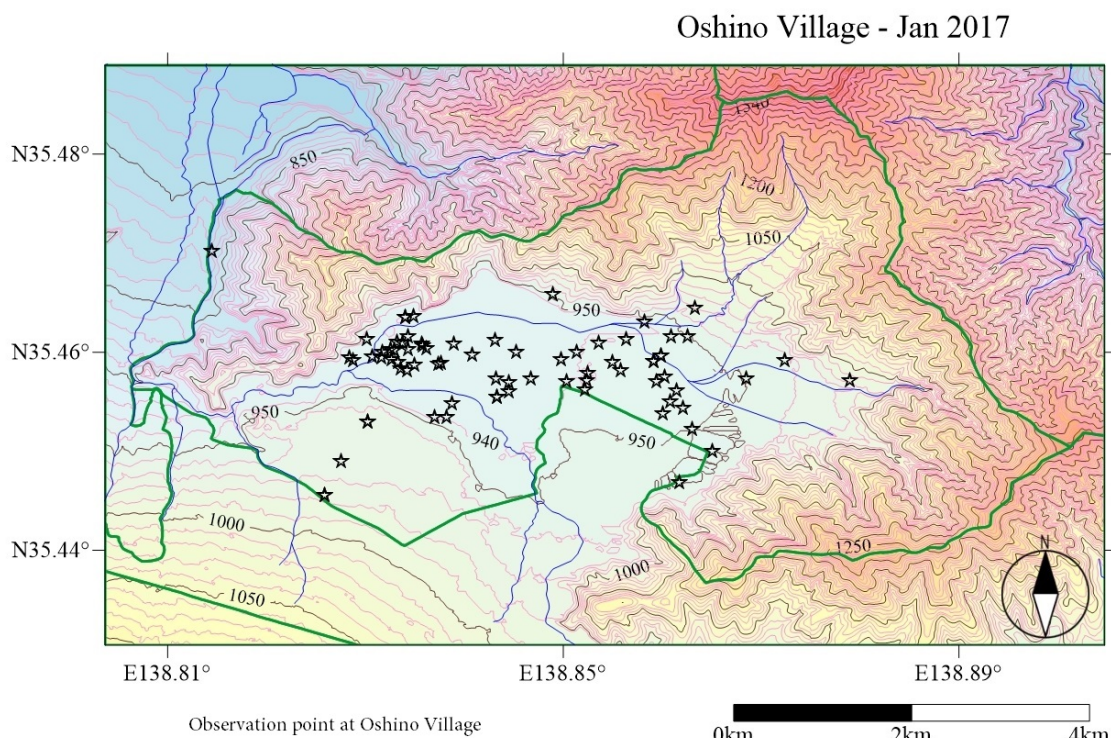
6) 村の北西部でNa- SO_4 型を示す自噴井があり、この水温は約 19°C と相対的に高い。 $\delta^{18}\text{O}$ 、 δD は相対的に低く、Vも殆ど含まれておらず、周囲の地下水とは明らかに異なる特徴を有している。地下深部起源の鉱泉の可能性も考えられ、今後、微量元素や同位体等の結果から起源について更に検討を進める。

7) 地下水位を測定できた地点の地下水面等高線図を作成したところ、地下水位は村内の東側で相対的に高く、西にゆくに従い低くなる傾向が認められ、地下水の流線は東部と西部で独立した結果となった。東部では南東から北西方向に流下しており、東側の山地(杓子山や石割山方面)からの地下水流動系の存在が示唆された。一方、中央部と西部では南から北に流下する流れが確認され、富士山方面からの地下水流動系であることが考えられる。地下水位は年春および秋にも観測し、季節変化を確認する。

今回の結果について引き続き考察・検討を行い、忍野村の詳細な地下水流動の解明に努めてゆく。

キーワード：忍野村、忍野八海、地下水流動、水質、安定同位体、微量元素

Keywords: Oshino Village, Oshino Hakkai, groundwater flow, water quality, stable isotope, trace element



Estimation of the groundwater recharge processes using end-member mixing analysis in a paddy-dominated alluvial fan, Japan

*吉岡 有美¹、伊藤 真帆²、中村 公人²、瀧本 裕士³、土原 健雄⁴

*Yumi Yoshioka¹, Maho Ito², Kimihito Nakamura², Hiroshi Takimoto³, Takeo Tsuchihara⁴

1. 鳥取大学、2. 京都大学、3. 石川県立大学、4. 農研機構

1. Tottori University, 2. Kyoto University, 3. Ishikawa Prefecture University, 4. National Agriculture and Food Research Organization

The Tedori River Alluvial fan in central Japan has abundant groundwater resources, serving as sources of the regional drinking and industrial water. The study area is bounded by the Kakehashi River to the south, the Sai River to the north, the Japan of sea to the west, and the mountains to the east. The rice paddy and crop-rotated paddy fields occupy 45% of its total area (170 km²). The paddy plots are irrigated from the early of May to end of August. Highly turbid water was observed in early of May 2015 and has been continued for a while. This is due to a large-scale landslide occurred at 60 km upper mountainous area from the river outlet. The landslide area has 150 m length 300 m width. Decrements of groundwater level occurred in both 2015 and 2016. The durations with the low groundwater levels were about 6 months in 2015 (from the early of May to the early of November) and 2016 (from the middle of March to the middle of September). Large decrements was observed in the middle section along the Tedori River. From the non-irrigation period, groundwater level raise up to the previous water level before the turbidity accident. Mechanisms of these groundwater fluctuations and the relationship between the groundwater decrements and turbid river water were absolutely not clear. Our study objective is to identify the mechanisms of the changes by the observations of spatial distributions and its temporal changes of groundwater qualities.

We collected 57 water samples including 33 shallow groundwater, 1 deep groundwater, 1 spring water, 11 river water along three rivers, 1 precipitation, and both of paddy irrigation water and standing water at 6 paddy plots during the irrigation period. Water sampling has been conducted with 2 months interval from April 2016. We analyzed stable isotope ratios of hydrogen, oxygen, and strontium and concentrations of major dissolved ions. We had carried out similar water samplings and analysis 4 times from 2008 to 2011. In this area, water samples from the Tedori River show the lowest oxygen and hydrogen isotope ratios and precipitation water samples show the highest. The paddy infiltration water samples show the influence of evaporation. Then, end-member mixing analysis (EMMA) were performed to estimate the contributions of each groundwater source for oxygen and hydrogen isotope ratios of shallow groundwater samples. We compared the EMMA results from the view point of temporal changes in contributions rates.

During the irrigation and non-irrigation period in 2016, groundwater recharge from the Tedori River contributed water balance of the shallow groundwater throughout the alluvial fan. In 3 km buffer area along the river, contributions of the river water ranged from 18% to 97%. Large contributions (over 60%) were calculated around the lower part of the fan. From the comparison between June in 2011 and June in 2016, contributions of river water decreased at the left side of the river, but did not significantly change at the right side. At near the right bank of the Tedori River, contributions of infiltration water from the irrigated paddy fields decreased and contributions of precipitation increased to compensate for it. Turbid water might cause siltation at paddy fields because the irrigation water is derived from the Tedori River. Groundwater recharge from the irrigated paddy fields would be reduced due to the siltation. Future work of this study is quantitative evaluations of groundwater recharge processes by a transient groundwater modeling.

キーワード：浅層地下水、沖積河川、酸素・水素安定同位体比、地下水位

Keywords: shallow groundwater, alluvial river, oxygen and hydrogen isotopes, groundwater level

天山山脈ウルムチNo.1氷河表面の化学成分の空間分布

Spatial variation in chemical soluble ions of the surface ice of the Urumqi No.1 Glacier, Tien Shan Mountains, China

*杉山 涼¹、竹内 望¹、堀 耀一郎¹、Li Zhongqin²

*sugiyama ryo¹, Nozomu Takeuchi¹, Yoichiro Hori¹, Zhongqin Li²

1. 千葉大学大学院理学研究科、2. 中国科学院

1. Chiba University Graduate School of sciences, 2. Chinese Academy of science

氷河の雪氷中には、大気エアロゾル等に由来する様々な化学成分が含まれている。雪氷中の化学成分は、氷河上に生息する微生物群集への影響や、融解水の供給による氷河下流域環境への影響を考える上で重要である。氷河表面の化学成分は、下流から上流にかけて高度によって濃度に変化し、またその変化は化学成分によって大きく異なることが明らかになっている。しかしながら、その高度変化は限られた地点を基にしたもので、氷河表面の空間的な化学成分の分布について調査された例はほとんどない。そこで本研究では、中国、天山山脈ウルムチNo.1氷河の表面氷の化学成分について、裸氷域全域の多数の地点で試料を採取、分析を行い、GISを用いて各化学成分の空間分布を明らかにし、その空間分布を決める要因について考察した。

2016年8月の融解期の氷河の末端から雪線付近まで、流動方向と横断方向にできるだけ等間隔に選んだ地点から採取した氷河表面の氷について、水の安定同位体比および化学成分濃度の分析を行い、GISを用いて空間分布図を作成した。その結果、水の安定同位体比は左岸側で平均より高く、中央から左岸側で低い分布があることが明らかになった。右岸側と左岸側で安定同位体比が異なったのは、氷が形成された年代が異なるためと考えられる。氷河周辺の地形と氷河の流動方向から判断すると、右岸側の氷は右岸の尾根の降雪に由来する比較的新しい氷であるのに対し、左岸側の氷は南部稜線の降雪に由来する比較的古い氷と考えられる。化学成分の空間分布も標高または流線方向とは単純な関係はみられず、氷河の右岸側で濃度が高くなる傾向を示した。この分布も、氷の年代による化学成分の供給量の違いを反映しているものと考えられる。一方、 $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ の空間分布を求めたところ、標高と有意な負の相関があった。標高が低いほど融解期間が長いことを考慮すると、氷河表面でのダストから溶出した成分が下流部ほど表面の氷に混入しているものと考えられる。以上の結果から、ウルムチNo.1氷河の表面氷の化学成分は、単に標高によって決まるのではなく、氷の年代と当時の成分供給量、さらにダストからの溶出成分の混入の影響を受けた空間分布を持つことが示唆された。

キーワード：山岳氷河、化学成分、空間分布

Keywords: mountsin glacier, chemical soluble ion, spatial variation

地球化学的手法を用いた岡山県・鳥取県一級水系の水質解析 Geochemical and isotopic analyses of river waters from the Okayama and Tottori Prefectures, Japan

*山下 勝行¹、亀井 隆博¹、岸本 悠河¹、大井 あや²、大西 彩月²、栗原 洋子²、千葉 仁¹、SHIN Ki-Cheol³

*Katsuyuki Yamashita¹, Takahiro Kamei¹, Yuga Kishimoto¹, Aya Ooi², Ayaka Onishi², Yoko Kurihara², Hitoshi CHIBA¹, Ki-Cheol Shin³

1. 岡山大学大学院自然科学研究科、2. 岡山大学理学部、3. 総合地球環境学研究所

1. Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, 2. Faculty of Science, Okayama University, 3. Research Institute for Humanity and Nature

岡山県および鳥取県の一級水系の水は、地域の工業・農業活動をはじめとする人間活動を維持するためには欠かせない資源である。本研究グループは、岡山県の詳細な水質マップの作成を目的とした河川水の調査を2011年に開始し、2015年までに岡山県および、広島県の隣接した地域から河川水試料を採取し、主要溶存成分、微量元素組成、O-H安定同位体比の分析を進めてきた。2016年はさらに調査範囲を広げ、鳥取県の千代川および天神川流域から採取した試料の分析を行った。これまでに分析を終えた540試料（地点数=379）のデータをもとに、岡山県全域と鳥取県の東部をカバーする水質マップの作成を行った。また、一部の試料についてはSとSrの同位体分析も進めている。その結果の一部を以下に報告する。

水素と酸素の安定同位体比は地域によって大きく異なる。酸素同位体比は、標高の低い地域で高く、標高が高くなるにつれて低くなる高度効果が見られた。一方、d値は鳥取県と岡山県北部の中国山地で20を超える高い値を示し、岡山県の南部に向かって5~15程度まで下がる傾向が見られた。また、一部の採水地点では、水質の季節変動を調べるために3~4ヶ月ごとに採水を行ったが、d値の季節変動幅は数パーミル程度であった。

主要陰イオンの一つであるSO₄の濃度は、鳥取県北東部の一部の地域を除いて、岡山県北部から鳥取県で5ppm以下と低く、岡山県南部に向かって数10ppmまで上昇する傾向が見られた。一方、硫黄同位体比はSO₄濃度の低い地域で高く、SO₄濃度の増加とともに~0に収束する傾向を示した。この原因としては、人間活動による、低い同位体比をもつ硫黄が河川に流入していることが考えられる。

Ca, Mg, Na, Kなどの陽イオンや微量元素(47元素)の濃度も地域によって大きく異なる。これら全ての元素について水質マップを作成した結果、いくつかのグループに分類できることが明らかになった。地質図との比較から、一部の元素については、降水（地下水）と周辺地質との反応が、河川水の水質形成に大きく影響していることが明らかになった。その一方で、As, Cd, Znなどの微量元素については、周辺地質の影響に加え、鉱山排水などの混入による局所的な変化も重要であることが明らかになった。

キーワード：岡山県、鳥取県、河川水

Keywords: Okayama Prefecture, Tottori Prefecture, River Water

市民参加による多元素同位体景観マッピングのための情報可視化手法の検討

Information visualization for participatory multi-isoscape mapping

*近藤 康久¹、熊澤 輝一¹、陀安 一郎¹、中野 孝教^{1,2,3}

*Yasuhisa Kondo¹, Terukazu Kumazawa¹, Ichiro Tayasu¹, Takanori Nakano^{1,2,3}

1. 総合地球環境学研究所、2. 香川大学、3. 早稲田大学

1. Research Institute for Humanity and Nature, 2. Kagawa University, 3. Waseda University

地域において持続的な環境モニタリングを行なうためには、研究者が行政・NPO・住民等のアクターと協働する体制を構築する必要がある。その際には、アクターごとに問題意識や価値観、インセンティブが異なるため、共通の上位目標としてのバウンダリオブジェクトを設定する必要がある。

水質モニタリングにおいては、湧水マップ・名水マップなどの地図を研究者が市民と協働で制作することが、バウンダリオブジェクトになりうると期待される。その際、研究者は多元素同位体景観

(multi-isoscape) のような新しい科学知をインプットし、それを地域の地下水の特徴など、市民の持つ在来-伝統知と照らし合わせ、相互に学び合うことによって、モニタリングを継続的に実施するためのコミュニティを形成することができる。

このような市民参加型科学 (participatory citizen science) を実現するために、研究者が提供できる手法として、オントロジー工学に基づく語彙体系の可視化と、参加型GIS (地理情報システム) を提案する。本発表では、それらの有効性を、前者は市民セミナーの講演録に基づく研究者の知識体系の可視化、後者は福井県大野市の地下水の多元素測定結果の空間主成分分析の事例から具体的に検討した結果を報告する。

キーワード：多元素同位体景観、情報可視化、オントロジー工学、参加型GIS、空間主成分分析、市民科学
Keywords: Multi-isocpaces, Information visualization, Ontology engineering, Participatory GIS, Spatial principal component analysis, Citizen science

Measurement technique of the nitrogen isotope ratio of NO_x collected by the filter-pack method and its application.

村田 恵理子²、*木庭 啓介¹、渡邊 未来³、矢野 翠¹、高橋 晃子³、仁科 一哉³、高津 文人³、眞壁 明子⁴、竹中 千里⁵、楊 宗興²

Eriko Murata², *Keisuke Koba¹, Mirai Watanabe³, Midori Yano¹, Akiko Takahashi³, Kazuya Nishina³, Ayato Kohzu³, Akiko Makabe⁴, Chisato Takenaka⁵, Muneoki Yoh²

1. 京都大学生態学研究センター、2. 東京農工大学、3. 国立環境研究所、4. 海洋研究開発機構、5. 名古屋大学

1. Center for Ecological Research, Kyoto University, 2. Tokyo University of Agriculture and Technology, 3. National Institute of Environmental Studies, 4. JAMSTEC, 5. Nagoya University

NO_x (NO and NO₂) is quite important in atmospheric chemistry as well as in the biogeochemistry. Although natural abundance of stable nitrogen isotope is a promising tool for the investigation of NO_x dynamics in the environments, nitrogen isotopic measurement of NO_x is quite difficult due to its high reactivity. We combine the filter-pack method (Watanabe et al. 2006) to capture NO_x with the denitrifier method (Sigman et al. 2001) to measure nitrogen isotopic signature of NO_x in the actual environments. We found that the filter-pack method can be applied for atmospheric NO_x samples including the soil-emitted NO_x. We present our preliminary data obtained from the field and discuss the limitation and possibility of our filter-pack method in the presentation.

キーワード：窒素同位体比、NOガス、脱窒菌法

Keywords: d15N, NO gas, denitrifier method

環境トレーサーを用いた日本海側成層火山地域における大気沈着窒素の動態評価

Using environmental tracers to evaluate dynamics of nitrate sink in Japan Sea stratovolcano areas.

*平井 タケル¹、浅井 和由²、藤田 素子³、渡邊 裕美子⁴、山田 誠⁵、杉本 亮¹

*Takeru Hirai¹, Kazuyoshi Asai², Motoko Fujita³, Yumiko Watanabe⁴, Makoto Yamada⁵, Ryo Sugimoto¹

1. 福井県立大学、2. 株式会社地球科学研究所、3. 京都大学東南アジア研究所、4. 京都大学理学研究科、5. 総合地球環境学研究所

1. Fukui Prefectural University, 2. Geo Science CO.,Ltd., 3. Center for Southeast Asian Studies, Kyoto University, 4. Graduate School of Science, Kyoto University, 5. Research Institute for Humanity and Nature

深刻化する東アジア地域の大気汚染が我が国の生態系を著しくかく乱している。特に日本海側では大量に沈着する窒素化合物が森林の窒素飽和を引き起こし、一部の河川水の硝酸イオン濃度が上昇していることが報告されている。しかし、大気沈着窒素が森林から流出する硝酸イオンにどの程度寄与しているのか、その長期的な傾向を捉えることができるデータはほとんどない。本研究では湧水・地下水が過去の環境情報を保有していることに着目し、湧水・地下水が豊富な日本海側の成層火山を対象として、硝酸酸素安定同位体比の三酸素同位体比異常と不活性化ガス六フッ化硫黄(SF₆)を環境トレーサーとして、過去から現在にわたる長期的な森林生態系における大気沈着窒素の動態を評価することを研究目的とした。大山・鳥海山流域の涵養標高が高い地点では硝酸イオンの大気寄与率が増加傾向であることがわかった。涵養標高が低い地点では大気寄与率に経年的な変化は見られなかったが、活発な硝化反応が大気寄与率を大きく変化させていることが示唆されたため、窒素動態の評価が困難であった。一方、白山流域では涵養標高によって窒素動態の傾向が分別されず、大気寄与率は経年的にわずかな増加傾向を示し、流域全体の平均的な窒素動態を示すことが示唆された。

キーワード：窒素沈着、富栄養化、三酸素同位体、日本海

Keywords: nitrogen deposition, eutrophication, triple oxygen isotope, Sea of Japan

日本海側の森林集水域における硫黄沈着量の低下と酸性化からの回復 Recovery of stream water from acidification due to declining atmospheric sulfur deposition in a Japanese cedar forest near the Sea of Japan

*佐瀬 裕之¹、齋藤 辰善^{1,2}、大泉 毅³、山下 尚之⁴、猪股 弥生⁵、諸橋 将雪¹、武 直子³、高橋 昌臣¹
、上迫 正人¹、小林 亮¹、内山 重輝¹、陀安 一郎⁶、SHIN Ki-Cheol⁶、中野 孝教⁶、中田 誠²
*Hiroyuki Sase¹, Tatsuyoshi Saito^{1,2}, Tsuyoshi Ohizumi³, Naoyuki Yamashita⁴, Yayoi Inomata⁵,
Masayuki Morohashi¹, Naoko Take³, Akiomi Takahashi¹, Masato Kamisako¹, Ryo Kobayashi¹,
Shigeki Uchiyama¹, Ichiro Tayasu⁶, Ki-Cheol Shin⁶, Takanori Nakano⁶, Makoto Nakata²

1. 日本環境衛生センターアジア大気汚染研究センター、2. 新潟大学、3. 新潟県保健環境科学研究所、4. 森林総合研究所、5. 金沢大学、6. 総合地球環境学研究所

1. Asia Center for Air Pollution Research, Japan Environmental Sanitation Center, 2. Niigata University, 3. Niigata Prefectural Institute of Public Health and Environmental Sciences, 4. Forestry and Forest Products Research Institute, 5. Kanazawa University, 6. Research Institute for Humanity and Nature

[緒言]

わが国を含む北東アジアにおける大気環境は日々変動している。最大の排出国である中国における硫黄酸化物の排出量は、2006年をピークにその後は漸減している一方で、窒素化合物や関連汚染物質の排出量はまだ増大を続けている。欧米の事例からも明らかのように、硫黄酸化物の大気沈着量の低下は生態系の酸性化からの回復を促す可能性はあるものの、その過程は一様ではない。近年、沈着量が低下し始めたばかりのアジア地域において、今後生態系がどのように応答するかは、生物地球化学の今日的課題の一つと言える。本講演では、新潟県の日本海側に設定した森林集水域試験地における長期モニタリングデータに同位体化学の手法を適用することにより、硫黄沈着量の低下に伴う生態系の酸性化からの回復プロセスを解明することを試みる。

[方法]

新潟県新発田市（旧加治川村）のスギ植林地内の小集水域に加治川試験地（3.84 ha）を設定し、林外雨、林内雨・樹幹流、及び渓流水を2002年1月から2週間毎または月毎に捕集・採取した。渓流水の流量は流出口に設置した量水堰において連続測定を実施した。得られた降水・渓流水試料は、pH、電気伝導率、アルカリ度（渓流水のみ）、及び主要なイオン濃度の測定に供した。2012年からは、土壌溶液も採取し、これら試料の硫黄同位体比（ $\delta^{34}\text{S}$ ）の測定を実施した。また、一部試料については、ストロンチウム、鉛、及び水の酸素と水素の同位体比を測定した。なお、本集水域での水年は、降水・流出季節性を考慮し、6月から翌年5月までとした。

[結果及び考察]

加治川試験地における林外雨及び林内雨・樹幹流による SO_4^{2-} の沈着量は、夏季に低く、冬季に海塩由来の Cl^- や Na^+ のそれとともに急激に上昇する明確な季節性を示した。冬季に日本海を渡ってくる北西季節風により大陸から長距離輸送される汚染物質の影響を大きく受けていることが示唆される。2002年から10年以上に渡る長期データは、林内雨・樹幹流による非海塩性 SO_4^{2-} の年沈着量は2006/2007水年をピークに低下傾向にあり、中国における排出量を反映しているように見受けられた。それに伴い渓流水の SO_4^{2-} 濃度も低下し、pHやアルカリ度の上昇傾向が示された。過去に生じた酸性化からの回復プロセスが見られているものと考えられる。降水試料の $\delta^{34}\text{S}$ 値も夏季に低く（4%付近）冬季に高い（12%付近）明確な季節性を示し、冬季は海塩成分（20.3%）及び高い同位体比を持つ中国の石炭（6.6%：Ohizumi et al. 2016）の影響を受けていると考えられた。一方で、渓流水の $\delta^{34}\text{S}$ 値は濃度に関わらず、ほぼ一定値（9%付近）を示した。年沈着量で加重平均した降水試料の $\delta^{34}\text{S}$ 値も9%付近であった。2013/2014水年までの硫黄の流入・流出収支では、大気から流入した硫黄の約76%が流出していると考えられたが、上記の $\delta^{34}\text{S}$ 値から、大気沈着由来の硫黄は土壌・植物系で一旦循環・保持され、均質化されてから流出しているものと考えられた。よって、回復プロセスで見られ

た渓流水の SO_4^{2-} 濃度の低下も、循環・保持されずにそのまま流出する量が単に低下したのではなく、土壌・植生系における循環・保持機能が鋭敏に応答した結果であると考えられた。また、国内で環境省がモニタリングしている9湖沼のうち7湖沼において、同様に湖沼水中の SO_4^{2-} 濃度が2006-2008年をピークに低下しており、 $\delta^{34}\text{S}$ 値は季節性を見せず安定であったため、同様の大気への応答はわが国の陸水で広く生じている可能性があった。講演においては、他の同位体分析の結果も踏まえ、さらに考察する。

[謝辞]

県行造林地である加治川試験地における調査は、新潟県の許可を得て森林管理者の船山孝紀氏のご支援をいただいた。本報告における陸水モニタリング結果及び同位体分析の一部は環境省越境大気汚染・酸性雨長期モニタリングの一環として実施されたものである。また、硫黄同位体以外の同位体測定は、総合地球環境学研究所の同位体環境学共同研究事業により実施した。関係機関の方々に謝意を表します。

[文献]

Ohizumi, T. et al. 2016. Long-term variation of the source of sulfate deposition in a leeward area of Asian continent in view of sulfur isotopic composition. *Atmospheric Environment* 140, 42-51.

キーワード：硫黄、酸性化、回復

Keywords: sulfur, acidification, recovery

硫黄同位体比と酸素同位体比を用いた中国地方の降水中の硫酸イオンの起源の推定

Origin of Sulfate Ion in Precipitation of Chugoku District Estimated by Sulfur and Oxygen Isotope Ratios

藤池 達也¹、毛 恵星¹、*千葉 仁¹

Tatsuya Fujii¹, Huixing Mao¹, *Hitoshi CHIBA¹

1. 岡山大学大学院自然科学研究科

1. Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

中国大陸からの越境汚染の季節・経年変動を見るために、鳥取県と岡山県を縦断する6地点で月毎の降水の採取を行っている。これまで、降水の化学組成と水素・酸素同位体比、およびストロンチウム同位体比、硫酸イオンの硫黄同位体比を測定して、越境汚染を調査してきた。硫酸イオンの起源と季節によるその寄与の変動は、硫黄同位体比を用いて評価してきたが、硫酸イオンの起源にさらなる束縛を加えることを意図して、硫酸イオンの酸素同位体比の測定を行った。本講演では、硫酸イオンの酸素同位体比測定の結果を、他成分の測定結果と比べて議論する。

硫酸イオンの酸素同位体比は、TC/EA-IRMSで測定した。降水から沈殿させた硫酸バリウムは、硝酸が共沈しているため酸素同位体比が正確に測定できないので、キレート剤（DPTA）で溶解・再沈殿することにより精製した。さらに残存するDPTAを除くために、450°Cで三時間加熱し測定に用いた。

測定された結果は、海塩起源の硫酸の同位体比と化石燃料（中国大陸で石炭燃焼により発生するもの、日本国内で石油燃焼によって発生するもの）起源の硫酸などの同位体比が混合した結果である。塩化物イオンの濃度と海水硫酸の同位体比を用いて、非海塩性硫酸の酸素および硫黄同位体比を求めた。非海塩性硫酸の酸素同位体比に対して硫黄同位体比をプロットすると、測定値は季節によって3つのグループに分かれる。冬期の中国の石炭燃焼に影響を受けている $\delta^{34}\text{S}$ の高い硫酸のグループA（ $\delta^{18}\text{O}$ =約7‰, $\delta^{34}\text{S}$ =約7‰）、夏期の主に国内の石油燃焼の影響を受けている $\delta^{34}\text{S}$ の低い硫酸のグループB（ $\delta^{18}\text{O}$ =約7‰, $\delta^{34}\text{S}$ =2‰）、3月の測定結果に見られるこれら2つのグループの中間的な $\delta^{34}\text{S}$ の値を持ち明らかに高い $\delta^{18}\text{O}$ を持つ硫酸のグループC（ $\delta^{18}\text{O}$ =約15‰, $\delta^{34}\text{S}$ =約4‰）である。同じサンプルに対して測定しているSr同位体比を見るとグループCでは、他のグループに比べて非海塩性のSr同位体比が最も高くなっている。このことは、降水の非海塩性Sr同位体比に黄砂からの溶解成分が寄与していることを示唆しており、グループCの硫酸イオンにも黄砂からの溶解成分が寄与している可能性がある。今後、黄砂の溶解性成分の酸素同位体比の測定をして検討する必要がある。なお、残念ながら、硫酸イオンの酸素同位体比は、中国大陸の石炭燃焼起源の硫酸イオンと日本国内の石油燃焼起源の硫酸イオンを区別する指標にはならないことが明らかになった。

キーワード：降水、中国地方、硫酸イオン、硫黄同位体比、酸素同位体比

Keywords: precipitation, Chugoku district, Sulfate ion, S isotope ratio, O isotope ratio

スギの地理変異が土壌生態系に与える影響は大きく異なる

Geographic variation of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) may have a different effect on soil ecosystem

*太田 民久¹、日浦 勉²

*Tamihisa Ohta¹, Tsutomu Hiura²

1. 総合地球環境学研究所、2. 北海道大学

1. Research Institute for Humanity and Nature, 2. Hokkaido University

Soil organisms can be affected by differences in aboveground vegetation, often driven by the chemical quality of the soil and litter. *C. japonica* is the most popular plantation tree species in Japan, and plantations of *C. japonica* account for 12% of the total land area in Japan. *C. japonica* has many geographic variations such as Yakusugi and Yoshinosugi, and has been planted at each provinces. Our previous studies showed plantation of *C. japonica* affect community structure of soil invertebrate by altering calcium availability in soil. However, we have not estimated whether the effects of plantation on soil organisms vary depend on the geographic variation. In Wakayama Experimental Forest, Hokkaido University, there are common gardens that planted various provenances of *C. japonica*. We investigated the soil solution and leaf litter chemistry, root exudation rates of organic acids and soil invertebrate community, and we compared between plots that planted a different provenances of *C. japonica* (Yakusugi, Yanasesugi, Yoshinosugi and Itoshirosugi). Our results showed the diversity of soil invertebrate and concentrations of essential nutrients (calcium and phosphorus) in soil and litter significantly higher at the plot where native provenance, Yoshinosugi, was planted. Furthermore, root exudation rates of organic acids were also significantly higher at the plot where Yoshinosugi was planted. Supply of the organic acids from root systems of tree can alter dynamics of soil nutrients. Therefore, variation of rhizosphere environment might create differences in soil nutrients availability and soil invertebrate community.

キーワード : *Cryptomeria japonica*, Rhizosphere

Keywords: Soil invertebrate, Calcium availability

山形県月山の樹林帯の積雪中で活動するトビムシの生態

Ecology of collembola (springtails) living on seasonal snow in the deciduous forest in Yamagata Prefecture, Japan

*石渡 晃起¹、竹内 望¹、太田 民久²、陀安 一郎²

*Ishiwatari Koki¹, Nozomu Takeuchi¹, Tamihisa Ohta², Ichiro Tayasu²

1. 千葉大学、2. 総合地球環境学研究所

1. Chiba University, 2. Research Institute for Humanity and Nature

雪氷環境には、赤雪現象を引き起こす雪氷藻類、クマムシ、ワムシなどの微生物のほか、トビムシやセッケイカワゲラをはじめとする昆虫も生息することが知られている。これらの生物は低温環境に適応した独特の生態をもち、雪氷圏という寒冷な環境で特有の生態系を形成している。トビムシは腹部に叉状器という器官をもち、叉状器で地面をはじき跳び上がることが名前の由来となっている。トビムシは、一般に世界中の森林土壌に生息している土壌昆虫であるが、南極をはじめとする氷河や寒冷地の積雪上でも広く生息していることが知られている。積雪上で活動するトビムシは雪の上で主に何を餌としているのか、雪氷生態系でどのような役割を担っているのか、わかっていないことが多い。雪氷圏における生態系、物質循環の評価をするためにトビムシの生態を明らかにすることは重要である。そこで本研究では、日本の山形県月山の雪上に生息するトビムシの個体密度、各個体の体長測定、CN安定同位体比分析から、積雪上で活動するトビムシの生態を明らかにすることを目的とした。

積雪期（2016/4/11, 4/25, 5/9）及び無雪期（10/11）の4回に渡り積雪表面、樹皮、倒木、土壌で活動するトビムシの個体数計測、採集を行った。また、トビムシの食物の可能性のある積雪上に落ちていた地衣類、葉、コケなども採集した。採取したトビムシは顕微鏡観察、体長測定をしたのち、総合地球環境学研究所にて炭素・窒素安定同位体比を測定した。

調査の結果、月山の積雪期の雪上では、ツチトビムシ科のクロユキノミ (*Desoria yukinomi*) とマルトビムシ科のコシジマルトビムシ (*Dicyrtomina Leptothrix*) が活動していることがわかった。無雪期には、クロユキノミの幼体が倒木や樹皮上で活動していた。クロユキノミの形態および体長分布は、積雪期の個体は体色が黒紫色で比較的大きい成体がほとんどなのに対し、無雪期の個体は薄紫色で体長の小さな幼体であることが明らかとなった。このことは、積雪期から無雪期にかけて、ツチトビムシの成体は死滅し、世代交代が起きたことを示唆している。炭素・窒素同位体の分析の結果、 $\delta^{13}\text{C}$ が $-26.7 \pm 0.4\%$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ が $-3.2 \pm 0.2\%$ となった。比較的ばらつきが小さかったことは、この雪上のトビムシの食物は特定のものであることを示唆している。無雪期に採取した土壌中のトビムシの同位体比と比較した結果、特に窒素同位体比が土壌のトビムシよりも低く、雪上のトビムシが土壌中のトビムシとは異なる食物を食べていることがわかった。地衣類、落ち葉、苔の安定同位体比と比較した結果、樹皮に繁殖する地衣類2種(アンチゴケ属, カラタチゴケ属)のみが雪上のトビムシの食物である可能性が高いことがわかった。

キーワード：雪氷生物、土壌生物、炭素安定同位体比、窒素安定同位体比

Keywords: Snow and ice organisms, soil organisms, carbon stable isotope, nitrogen stable isotope

環境トレーサビリティ指標としてSr-Nd-Pbの安定同位体

Stable isotope ratios of Sr, Nd and Pb as environmental traceability index

*中野 孝教¹

*Takanori Nakano¹

1. 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

1. Research Institute for Humanity and Nature, Inter-University Research Institute Corporation National Institutes for the Humanities

環境試料に含まれているSr、Nd、Pbの安定同位体比は、それらの起源物質である岩石鉱物や鉱石の地域的変化を反映する。本発表では、地質学分野で利用されてきたSr-Nd-Pb安定同位体を大気環境や陸域生態系に適用した最近の事例を紹介する。

黄砂のSr-Nd-Pb同位体比は粒度や鉱物によって異なり、石炭灰や道路ダストとも異なることが知られている。日本の湿性降水物のSr-Nd-Pb同位体比は、地域的にも時間的にも異なること、また大気エアロゾルの弱酸溶出成分のSr-Nd-Pb同位体比は降水の溶存成分と類似した値を示すのに対して、酸不溶物質は全く異なる値を示すことが明らかになりつつある。これらの情報から、日本の大気には、上記した大陸からの各種越境物質の寄与と共に、国内から発生するエアロゾル物質の寄与も無視できないこと、また大気降水物のSr-Nd-Pb同位体比の変化は硫黄同位体と異なることから、Sr-Nd-Pbを含む一次粒子は硫黄のような二次粒子とは大気環境での動態が異なることが示唆される。

大気降水物のSr-Nd-Pb同位体比は、土壌の起源物質である基盤岩、黄砂、火山灰の識別に有効であり、その定量的評価も期待できる。河川水や植物のSr-Nd同位体比は基盤地質と対応した変化が見られるのに対して、Pb同位体比は大気降水物の値を反映しており、Sr-Nd-Pb同位体比は環境物質と共に農産物の産地指標として利用できる。日本の野菜のSr同位体比を用いた研究によれば、火山物質の多い東北日本や九州の中部と南部で低く、近畿地方を中心にジュラ紀から古第三紀の付加体堆積物や白亜紀花崗岩の多い西南日本では高い(>0.708)傾向が見られる。しかし野菜には肥料由来のSrの寄与が明らかに見られる。Sr-Nd同位体はPb同位体と同じように人為インパクト評価に利用できる可能性があるが、そのためには、地質の寄与が最も強い河川水や地下水についてSr-Nd-Pb同位体比の分布情報が不可欠である。

キーワード : Sr, Nd, Pb安定同位体、トレーサビリティ指標、大気環境、土壌植物生態系、野菜の産地判別

Keywords: Stable isotopes of Sr, Nd and Pb, traceability index, atmospheric environment, soil and vegetation ecosystem, product area identification of vegetables

Nd isotopic variation of seawater along the Pacific coast of Tohoku district and its causal factor

*齋藤 有¹、松林 順¹、富樫 博幸³、天川 裕史²、申 基澈¹、中野 孝教⁴、陀安 一郎¹

*Yu Saitoh¹, Jun Matsubayashi¹, Hiroyuki Togashi³, Hiroshi Amakawa², Ki-Cheol Shin¹, Takanori Nakano⁴, Ichiro Tayasu¹

1. 総合地球環境学研究所、2. 東北区水産研究所、3. 海洋研究開発機構、4. 早稲田大学

1. Research Institute for Humanity and Nature, 2. Tohoku National Fisheries Research Institute, 3. JAMSTEC, 4. Waseda University

Nd isotope ratio of seawater is known to vary between regions or water masses in the ocean. This contrasts to the fact that Sr isotope ratio of seawater is quite homogeneous. Therefore, Nd isotope ratio has the potential to become an effective tracker of marine animals or marine products. However, Nd isotopic variation in coastal sea region is not investigated well compared to that in global scale. In this study, we investigate the alongshore variation of the Nd isotope ratio of seawater and its causal factor at the Pacific coast of Tohoku district, northeast Japan, of which hinterland is composed of varied geology.

The Nd isotope ratios of seawater samples, which were taken from 14 coastal sites located between 38.17N and 40.55N, vary from -8 to +1 in ϵ_{Nd} . These values are well correlated ($r=0.72$) with Nd isotope ratios of river water samples taken from the adjacent river of each coastal site, which ranges from -8 to 2 in ϵ_{Nd} . This indicates that the ϵ_{Nd} of coastal seawater is largely defined by the value of land water. On the other hand, the range of Sr isotope ratios of seawater samples is quite narrow and high (0.70916 to 0.70919) despite that the value of river water ranges widely from 0.7055 to 0.7085. The Nd isotope ratios of seawater and water of the adjacent river differ from each other in most sites although they are correlated significantly. Nd contribution from offshore seawater should be considerable. Mixing of river water and offshore seawater of Tohoku district (-4 to -3 in ϵ_{Nd} ; Amakawa et al., 2004) is consistent with the linear regression expression of ϵ_{Nd} of seawater to that of river water ($y=0.65x-0.83$).

Contribution of land water is suggested to be limited to nearshore regions. Surface seawater samples were taken along an offshore-directed line from the Abukuma River mouth in December 2015 (winter) and July 2016 (summer). Nd isotope ratios in summer were almost uniform around -9 in ϵ_{Nd} in the interval between 2km and 60km from the shore, whereas in winter it increases offshore from -6 to -2 in the interval between 35 km to 60 km from the shore. The ϵ_{Nd} of about -9 is considered to be that of the Kuroshio Current (Amakawa et al., 2004), which dominates in summer at the region, whereas that of -2 is consistent with the value of the Oyashio Current (Amakawa et al., 2004). On the other hand, the ϵ_{Nd} of the Abukuma River water (-2.9) is not reflected even at the site only 2 km apart from the shore. In spite of this regional limitation, Nd isotope ratio can newly provide a tool to trace animals and products at least in coastal seas.

キーワード：Nd同位体比、海水

Keywords: Nd isotope ratio, seawater

森林土壌のカルシウム供給能に対する火山灰の寄与評価 -チャートが分布する栃木県雨巻山地域における渓流水の予備調査-

Using Sr isotopes to determine the contribution of volcanic ash to Sr and Ca in stream waters, a preliminary study in a chert watershed.

*越川 昌美¹、渡邊 未来¹、高松 武次郎¹、三浦 真吾²、申 基澈³、中野 孝教³

*Masami Koshikawa¹, Mirai Watanabe¹, Takejiro Takamatsu¹, Shingo Miura², Ki-Cheol Shin³, Takanori Nakano³

1. 独立行政法人国立環境研究所、2. 武揚堂、3. 総合地球環境学研究所

1. National Institute for Environmental Studies, 2. Buyodo, 3. Research Institute for Humanity and Nature

日本の森林におけるCaの供給源としては、海塩、母岩、および黄砂の寄与が指摘されてきた。それに加えて、過去の大規模な火山活動により広域に降下した火山灰も、植物や渓流水へのCa供給に大きな影響を与えていると考えられるが、その影響は定量的に評価されてこなかった。我々は既報 (Koshikawa et al., 2016) において、花崗岩が分布する筑波山の渓流水中のSrおよびCaに対する火山灰の寄与解析を試みた。まず、Sr/Cl比を指標として、渓流水中Srのうち大気降下物由来の割合を評価し、次いでSr同位体比を用いて花崗岩と火山灰に由来する割合を評価した。その結果、Sr同位体比は火山灰と母岩風化由来成分を含む複雑な系においても、SrおよびCaの寄与解析に有用であることが確認できた。現在、我々はこの方法を様々な地域に適用することにより、火山灰の持つCa供給機能がどのような地域で重要かを確かめたいと考えている。本研究では、チャートが存在し、かつ赤城山に由来する火山灰が分布する栃木県雨巻山地域において、渓流水中Srの起源解析を試みた結果を報告する。

キーワード：火山灰、Sr同位体、渓流水、Ca供給源、チャート

Keywords: Volcanic ash, Sr isotopes, Stream water, Ca sources, Chert

縄文時代人の食性と移動の解析のためのSr混合モデルの検討

Assessing strontium isotope mixing model to reveal human diet and migration of the Jomon period

*日下 宗一郎¹、SHIN Ki-Cheol²

*Soichiro Kusaka¹, Ki-Cheol Shin²

1. ふじのくに地球環境史ミュージアム、2. 総合地球環境学研究所

1. Museum of Natural and Environmental History, Shizuoka, 2. Research Institute for Humanity and Nature

Strontium isotopes are a useful tool to reveal past human migration directly from the skeletal tissues of human. Although strontium isotope ratios of skeletal remains from Yoshigo and Inariyama shell mound of the Jomon period were revealed, the concentrations of strontium and its relationship with the isotope ratios were still unclear. This study investigated the concentrations of Sr against Ca of teeth and bones from the Yoshigo and Inariyama shell mound. The concentration of Sr were highly varied in enamels and bones, and the relationship between the concentrations and Sr isotope ratios in enamels suggested several sources of Sr. The concentrations of Sr were high and showed small variation of Sr isotope ratios, suggesting significant diagenetic alteration. The results of this study indicated that the utility of measuring strontium concentrations in addition to strontium isotope ratios is important to reveal past human diet and identify migrants in human population.

キーワード：同位体、ストロンチウム、骨

Keywords: Isotope, Strontium, Bone

富山湾の食物網解析と動物プランクトンの経年変動 ～炭素・窒素安定同位体比からのアプローチ

Food web analysis of Toyama Bay and seasonal changes of zooplankton: Using stable carbon and nitrogen isotopic ratios

*大塚 朋貴¹、張 勁²、稲村 修³

*Tomoki Otsuka¹, JING ZHANG², Osamu Inamura³

1. 富山大学大学院理工学教育部、2. 富山大学大学院理工学研究部、3. 魚津水族館

1. Graduate School of Science and Engineering for Education, University of Toyama, 2. Graduate School of Science and Engineering for Resurch, University of Toyama, 3. Uozu aquarium

海水温の上昇等の環境変化が海洋食物網に与える影響を明らかにするためには、食物網の現状把握が必要である。本研究では、水深約200mを境に異なる水塊構造をもつ富山湾における食物網の現状把握と、動物プランクトンを用いた基礎生産者のモニタリングを目的とした。富山湾沖合で、200m以浅の表層と200m以深の深層に生息する魚類・動物プランクトンの生物試料と、沈降粒子・海底堆積物・POM（懸濁態有機物）の採取を行った。また、日本海中央部の大和海盆で動物プランクトンの採取を、入善町で深層水中の動物プランクトンの経年採取を行い、炭素・窒素安定同位体比解析を行った結果、以下の知見が得られた。

1、富山湾の水生生物は、表層・深層ともPOMを起点とする食物連鎖上に位置し、植物プランクトンが表層・深層生物の基礎生産者であると考えられた。

2、富山湾の動物プランクトンの $\delta^{13}\text{C}$ 値は大和海盆に比べ高い値を示し、クロロフィルa濃度も富山湾は大和海盆に比べて高かった。これは、基礎生産者である植物プランクトンの増殖速度が大和海盆に比べ富山湾の方が速いためと考えられた。

3、動物プランクトンの $\delta^{15}\text{N}$ 値は表層海水中の硝酸塩濃度上昇と共に低下し、 $\delta^{13}\text{C}$ 値は表層海水中のクロロフィルa濃度の上昇と共に上昇した。また深層の硝酸塩の $\delta^{15}\text{N}$ 値は低いと考えられた。以上の結果から、 $\delta^{15}\text{N}$ 値は硝酸塩の供給状況を、 $\delta^{13}\text{C}$ 値は植物プランクトンの増殖速度を反映していると考えられた。

キーワード：安定同位体比、富山湾、動物プランクトン

Keywords: Stable isotope ratio, Toyama Bay, Zooplankton

骨の分析による、同位体の履歴情報の復元

Reconstruction of stable isotope chronology by asegmental analysis of bone.

*松林 順¹

*Jun Matsubayashi¹

1. 総合地球環境学研究所

1. Research Institute for Humanity and Nature

炭素や窒素などの軽元素の安定同位体比を用いた分析は、過去から現在までの生物の食性や移動、食物網構造などの生態を調べるうえで重要なツールとなっている。生物の体の安定同位体に記録されている食性や周辺環境の情報は、使う組織によって反映される時間スケールが異なることが分かっている。動物では、血液の血漿成分であれば多くの生物で1～2週間の間の情報が記録されており、筋肉組織であれば1～数ヶ月程度とされている。これまでの同位体分析研究では、単一の組織に着目して同一の時間スケールで複数の個体やグループで同位体比を比較する場合がほとんどであった。しかし、単一の組織から複数の生活ステージの同位体情報（例えば、1歳、5歳、10歳時の同位体比など）を復元することができれば、同位体分析の応用幅を大きく広げることができるだろう。

本発表では、硬骨魚類と哺乳類において、骨の安定同位体分析により複数の時間スケールの履歴情報を得る手法の解説を行う。一般的に、骨のタンパク質成分であるコラーゲンには、数年以上の長期間の同位体情報が保存されている。従って、骨を成長方向に合わせて切り分けてから分析を行うことで、同位体比の時系列情報が得ることができる。この手法の妥当性を示すために、魚類では遡河性魚類であるサクラマス(*Oncorhynchus masou*)のイオウ安定同位体比、哺乳類では20世紀後半に生きていたヒグマなどの大腿骨の放射性炭素同位体比分析を行い、それぞれ過去の同位体比のシグナルが検出されるかを検証した。

分析の結果、サクラマスでは脊椎骨の中心部では陸域のシグナルである低いイオウ安定同位体比が検出され、辺縁部では海のシグナルである高いイオウ安定同位体比が検出された。従って、硬骨魚類の脊椎骨の分析によって、稚魚期から成魚になるまでの同位体比の履歴情報が得られることが示された。哺乳類では、大腿骨の最も中心に近い部位と、最も外側に近い部位において、より後の時期の放射性炭素同位体比が検出された。しかし、最も中心に近い部位以外では、より古い時代の放射性炭素同位体比となっていた。これは、大腿骨では骨の代謝による同位体比の置換が影響したためだと考えられる。ただし、骨代謝の影響が見られるのは最も中心に近い限られた範囲のみであり、それ以外の部位ではほとんど骨代謝の影響が現れないことも明らかになった。従って、本分析から骨代謝による影響が若干見られるものの、骨の分析からある程度の同位体比の履歴情報を復元できることが示された。

キーワード：安定同位体、骨、履歴

Keywords: stable isotope, bone, chronology