

平成 22 年 6 月 15 日現在

研究種目：基盤研究 A
 研究期間：2006～2009
 課題番号：18201004
 研究課題名（和文）環境同位体トレーサビリティ法を用いた陸域-淡水域生態系変化の原因解明
 研究課題名（英文）Study on the change of terrestrial and freshwater ecosystems using environmental isotope traceability method
 研究代表者
 中野 孝教（NAKANO TAKANORI）
 総合地球環境学研究所・研究推進戦略センター・教授
 研究者番号：20155782

研究成果の概要（和文）：

本研究は、生物に含まれる物質の発生源が大気と岩石にあること、また生物に含まれる元素が周囲の水からもたらされることから、水を主な対象とし、各種安定同位体手法の生態系への適用を試みた。様々な地域で研究を実施したが、どの地域においても岩石、水、堆積物、生物試料をセットとして試料採取を行い、それらの分析と解析を行った。その結果、元素追跡というトレーサビリティの考えに立つ本手法が、生物とその周囲の地質、水、大気環境との相互作用の解明に有効であることが実証され、書籍や講演などを通してアウトリーチを図った。

研究成果の概要（英文）：

This study aims to apply multiple stable isotope methods to the aquatic and terrestrial ecosystem based on the isotopic information of geological and atmospheric studies, since material in biota are derived essentially from the atmosphere and lithosphere through water. We collected a set of water, biota, sediment, soil, and rock at most sites and analyzed their elemental and stable isotopic data. New findings based on multiple stable-isotopes demonstrate the usefulness of the environmental traceability method as an environmental diagnosis in elucidating interactions of geology, water, and atmosphere. To appeal this method to general society, the research results have been opened on seminars for citizens and published books.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	22,600,000	6,780,000	29,380,000
2007年度	8,000,000	2,400,000	10,400,000
2008年度	5,800,000	1,740,000	7,540,000
2009年度	3,100,000	930,000	4,030,000
年度			
総計	39,500,000	11,850,000	51,350,000

研究分野：同位体環境学、資源地質学

科研費の分科・細目：環境学、環境動態解析

キーワード：安定同位体、トレーサビリティ、物質循環

1. 研究開始当初の背景

安定同位体は、気体-液体-固体と物質的に全く異なる相の間での元素分別を定量的に評価できるので、大気、水、生物、土壌、地質といった生態系を構成する元素のトレーサビリティー情報をもたらしてくれる。安定同位体のうち、水素、酸素、炭素、窒素、硫黄などの生元素（軽元素）の安定同位体比は、生態系の食物網解析や化石燃料起源の物質動態研究に広く利用されてきた。これに対して、放射性起源の安定同位体は地質環境に応じてその組成が大きく変動するため、環境や生態系の改変に対して強力なトレーサビリティー情報をもたらしてくれる。しかしながら、両安定同位体の地球環境での挙動や測定方法は全く異なるために、二つの同位体研究グループの交流はなされておらず、両者を合わせた物質動態研究は少ない。とくに後者の安定同位体は、固体地球科学分野の水物質循環研究においても適用は少なく、まして生態系や環境診断研究のツールとしての試みはほとんどなされていないのが現状である。

2. 研究の目的

上記した背景を考え、本研究は、淡水域および陸域を専門とする生態学者との情報交換をもとに、二種類の安定同位体を環境研究に横断的に適用しながら生態系の物質動態を解明することを目的としている。とくに地質の安定同位体が地球表層での物質動態への積極的な展開を試みる。それを通して生態系の持続性を視野に入れた「環境同位体トレーサビリティー法」の創出につなげることを、最終的な目的としている。

3. 研究の方法

総合地球環境学研究所および京都大学生態学研究センターに設置されている安定同位体機器を用いて、簡便な分析法の開発を行った。生態系は生物だけでなく、大気、水、地質などその周辺環境要素との総体を言う。いっぽう陸域も淡水域も、流域の人間活動の影響が小さい山地域もあれば、農業地域や都市域のように人為負荷の大きい生態系もある。手法の確立と並行して、これら多様な生態系や環境改変が顕在化している日本各地において、環境同位体トレーサビリティー手法の適用を図った。

4. 研究成果

(1) 本研究により、表面電離型質量分析装置を利用した Sr-Nd-Pb の分析システムを完成した。また四重型 ICP-MS 分析装置による多元分析システムについても基本的な手法を確立し、水については 56 元素の同時定量が可能となった。これらと軽元素安定同位体と併用して環境トレーサビリティー手法の確立の基盤を作ることができた。

(2) トレーサビリティー手法の地下生態系への応用を図るため、地下水や地下熱水系に環境同位体を適用し、それらは論文として報告した。大阪平野の地下水系では、陽イオン交換反応と同時に硫酸還元が生じていることを、ストロンチウムと硫黄同位体を用いて明らかにし報告した。

(3) 琵琶湖流域の水生態系に適用し、農業影響が河川および湖水の水質と同時に生物の質を変えていることを、ストロンチウムや硫黄の同位体を用いて明らかにし報告した。

(4) 鳥海山や愛媛県西条市の湧水および河川-地下水系に適用し、淡水魚の生息範囲や行動の追跡、海底湧水の生物影響評価できることを明らかにした。とくに、淡水保全の象徴であるイバラトミヨに適用した結果、その生息域が非常に狭い範囲に限定されていることを明らかにし、生物の縄張り域の評価に適用可能なことを示し報告した。

(5) 魚に含まれるカルシウムに対する餌の影響評価に Sr 同位体が利用できることを明らかにした。また地質時代の海洋環境の復元にもこの手法を適用し報告した。

(6) 土壌系では、長野県八ヶ岳地域の汽車ヤスデに Sr 同位体手法の応用を図り、ヤスデの Sr 同位体組成が生態学的観察と良い一致を示すことを確認した。

(7) 中国からの越境汚染の影響を強く受けている屋久島や対馬において研究を行った。対馬については、基盤の岩石の安定同位体情報を専門誌にまとめたが、その結果を踏まえて水と生き物の関係を検討している。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 18 件)
(国際誌、査読付)

1. Nakano, T. and 5 others (2010) Ratio of Sr isotopes in water as an index of habitat and foraging sites of aquatic organisms in press of Earth, Life and Isotopes by Kyoto University Press (in press)

2. Kume, T., Akca, E., Nakano, T., and 3 others. (2010) Seasonal changes of fertilizer impacts on agricultural drainage in a salmized area in Adama, Turkey, *Science of the Total Environment* (in press).
 3. Ando, A., Nakano, T., and 4 others (2009) Onset of seawater $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ excursion prior to Cenomanian-Turonian oceanic anoxic event? new Cretaceous strontium isotope curve from the central Pacific ocean.. *Journal of Foraminiferal Research* 39(no. 4) :322-334..
 4. Nakano-Ohta, N., Kubota, T, Ando, A., Fujii, T, Fukutani, S, Nakata, E, Nakano, T., and Mahara, Y. (2009) Isotopic investigations for the origin of relic from the Matsusaki site, Japan. *Applied Radiation and isotopes* 67 :1479-1483.
 5. Kusaka S, Ando A, Nakano, T., Yumoto T., Ishimaru E., Yoneda M., Hyodo, F., Katayama, K. 2009 A strontium isotope analysis on the relationship between ritual tooth ablation and migration among the Jomon people in Japan.. *Journal of Archaeological Science* 36 :2289-2297.
 6. Hosono, T., Ikawa, R., Shimada, J., Nakano, T., and 4 others (2009) Human impacts on groundwater flow and contamination deduced by multiple isotopes in Seoul City, South Korea.. *Science of the total Environment* 407 :3189-3197.
 7. Kohzu, A., Tayasu, I., Yoshimizu, C., Maruyama, A., Kohmatsu, Y., Hyodo, F., Onoda, Y., Igeta, A., Matsui, K., Nakano, T., Wada, E., Nagata, T. and Takemon, Y. (2009) Nitrogen stable isotopic signatures of basal food items, primary consumers and omnivores in rivers with different levels of human impact.. *Ecological Research* 24 :127-136. DOI 10.1008-0489-x.
 8. Shin, K., Kurosawa, M., Anma, R. and Nakano, T. (2009) The genesis and mixing/mingling of mafic and felsic magmas of a back-arc granite pluton: the Miocene Tsushima pluton, southwestern Japan.. *Resource Geology* 59 :25-50.
 9. Morishita Y., Nakano, T. (2008) Role of basement in epithermal deposits: the Kushikino and Hishikari gold deposits, southwestern Japan. . *Ore Geology Reviews* 34 :597-609.
 10. Kohzu, A., Miyajima, T., Tayasu, I., Yoshimizu, C., Hyodo, F., Matsui, K., Nakano, T., Wada, E., Fujita, N. and Nagata, T. (2008) Use of Stable Nitrogen Isotope Signatures of Riparian Macrophytes As an Indicator of Anthropogenic N Inputs to River Ecosystems. *Environmental Science & Technology* 42 (21) :7837-7841.
 11. Hosono, T., Nakano, T., Shin K. and Murakami, H. (2008) Assimilation of lower to middle crust by high alumina basalt magma as an explanation for the origin of medium-K volcanic rocks in southern Kyushu, Japan.. *Lithos* 105 :51-62.
 12. Kitano, J., Bolnick, D., Beauchamp, D.A., Mazur, M. M., Mori, S. and Nakano, T. (2008) Reverse Evolution of Armor Plates in the Threespine Stickleback. *Current Biology*, v. 18, 769-774,
 13. Nakano, T., and 10 others (2008) Effect of agriculture on water quality of Lake Biwa tributaries, Japan, *Science of the Total Environment*, v. 389, 132-148.
 14. Yamanaka, M., Nakano, T. and Tase, N. (2007) Sulfate reduction and sulfide oxidation in anoxic confined aquifers in the northeastern Osaka Basin, Japan. *Journal of Hydrology*, v. 335-, 55-67.
 15. Hosono, T., Nakano, T., and 4 others (2007) mpact of fertilizer on a small watershed of Lake Biwa: Use of sulfur and strontium isotopes in environmental diagnosis, *Science of the Total Environment*, 384, 342-354.
 16. Nakano, T., and 12 others (2006) Determination of seasonal and regional variation in the provenance of dissolved cations in rain in Japan based on Sr and Pb isotopes. *Atmospheric Environment*, v.40, 7409-7420.
- (国内誌、査読付)
- (1) 谷内茂雄、田中拓弥、中野孝教、陀安一郎、脇田健一、原雄一、和田英太郎、(2007) 総合地球環境学研究所の琵琶湖—淀川水系への取り組み：農業濁水問題を事例にして。 *環境科学会誌*、20、207-214.
 - (2) 山中勝、奥村維男、中野孝教 (2007) 屋久島河川水にあらわれる同位体高度効果と流出特性。 *日本水文科学会誌* 37、(2)、41-54.
 - (3) 鹿園直建、岩井修平、石原与四郎、中野孝教、五十嵐智秋 (2006) タービダイトシーケンスの地球化学的研究による古海洋環境推定：千葉県房総半島安房層群安野層の例、 *地学研究*、115、669-690.
- (その他)
1. Nakano, T. and 7 others (2010) Evaluation of airborne materials from Asian continent on the forested Yakushima Island ecosystem, a world natural heritage site in Japan. *Science of the Total Environment* (submitted、査読付)
 2. Kusaka, S. Nakano, T. and two others

strontium isotope evidence of migration and diet in relation to ritual tooth ablation : A case study from the Inariyama Jomon site, Japan, Journal of Archaeological Science (submitted、査読付)

[学会発表] (計 10 件)

1. 中野孝教 安定同位体マップによる環境のトレーサビリティー診断について. プラズマ分光分析研究会 第78回講演会(招待講演), 2010年03月26日(京都大学宇治キャンパスおうばくプラザ).
2. 石丸恵利子・申基澈・寺村裕史・中野孝教・湯本貴和 「ストロンチウム同位体分析による狩猟採集域の読み解き」. 第13回動物考古学研究集会, 2009年12月19日-20日(茨城県自然博物館)
3. 石丸恵利子・申基澈・寺村裕史・中野孝教・湯本貴和 「縄文時代の狩猟域を明らかにすることはできるのか?—ストロンチウム(Sr)同位体によるアプローチ」. 第10回関西縄文文化研究会, 2009年12月12日-13日, (滋賀県立安土城考古博物館).
4. 中野孝教 「環日本海生態系の安定同位体トレーサビリティー診断」. 第3回環日本海域環境シンポジウム(招待講演), 2009年10月29日, 金沢市(第4高等学校記念文化交流館).
5. 西本聡志、勝山正則、斎藤有、中野孝教 花崗岩森林流域におけるSr同位体比を用いた地下水浸透・流出過程の解析. 水資源学会, 2009年8月20日(石川県文教会館)
6. 中野孝教 Use of geological isotopes in ecology, 第56回生態学会招待講演、2009年3月19日(岩手県立大学)、
7. 中野孝教 Geological and human impacts on the aquifer system of the Saijo basin, western Japan International symposium of IAH, 2008年10月18日(富山国際会議場).
8. 中野孝教 岩石由来の安定同位体を用いた氷床コア研究: 現状と可能性、2008年9月26日、雪氷学会(招待講演)、(東京大学)
9. 中野孝教 岩石由来の安定同位体を用いた氷床コア研究、地球惑星科学会(招待講演)、2008年5月29日、幕張国際会議場.
10. 菱田達也・陀安一郎・苅部甚一・中野孝教・川端善一郎・岡田直紀・奥田昇 「耳石の生元素安定同位体分析を用いた魚類の生息環境履歴推定」2008年3月14日~17日、日本生態学会第55回大会(福岡国際会議場)

[図書] (計 14 件)

1. 中野孝教、斎藤有、小林俊則 (2010) 鳥海山の湧水に見る雨と地質と生き物のつながり、70-101. 秋道智彌編 鳥海山の水と暮らし. 東北出版企画, pp.70-101.
2. 中野孝教 (2010) 地球環境のトレーサビリティー. 和田英太郎・神松幸弘編 安定同位体というメガネ. 地球研叢書. 昭和堂, pp.59-100.
3. 中野孝教 (2010) 地球環境とともに生きる水. 秋道智彌・小松和彦・中村康夫編 水と環境. 人と水, 1. 勉誠出版,
4. 力武常次、家正則、小川勇二郎、永田豊、中野孝教、日江井栄二郎、平野正道、本蔵義守、浅野俊雄、池田宣弘、清水政義. (2006-2010) 高校教科書「地学I」と「地学I教科書ガイド」. 数研出版, pp.383.
5. 力武常次、家正則、小川勇二郎、永田豊、中野孝教、日江井栄二郎、平野正道、本蔵義守、浅野俊雄、池田宣弘、清水政義 (2006-2010) 高校教科書「地学II」と「地学II教科書ガイド」. 数研出版, pp.394.
6. 中野孝教 (2009) 流域環境学. 谷内茂雄、脇田健一、中野孝教、陀安一郎、田中拓弥編 流域環境学. 京都大学出版会, pp.564. 和田英太郎監修 pp.3-34..
7. 山中勝、奥村維男、中野孝教、島野安雄 (2009) 鹿児島県、屋久島の名水、新・名水を科学する、日本地下水学会編、博報堂出版、179-184.
8. 中野孝教 (2008) 水と地球環境 責任編集、「人と水」第四号、昭和堂 32 p
9. 中野孝教 (2008) 廃鉱山の枯れ葉に学ぶ. 地球の処方箋、昭和堂総合地球環境学研究所編、152-155.
10. 中野孝教 (2008) 地球規模の物質循環を追跡する. 地球の処方箋、昭和堂総合地球環境学研究所編、148-151
11. 中野孝教 (2006) ミネラル循環を屋久島に見る. 京都大学フィールド科学教育センター編「森里海連関学」、京都大学出版会. 81-98.
12. 中野孝教 (2006) 水の量と質. 連携研究 人と水 第0号、10-11. 昭和堂
13. 中野孝教 (2006) 砂漠化は地球環境に何をもたらすのか? 日高敏隆、中尾正義編、地球研叢書、シルクロードの水と緑はどこへ消えたか?、昭和堂、131-162.
14. 中野孝教 (2006) 土壌環境研究におけるSr同位体とPb同位体.. 日本化学会編「実験化学講座 20-2: 環境化学」、

丸善、416-422.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中野 孝教 (ナカノ タカノリ)

総合地球環境学研究所・教授

研究者番号：20155782

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

湯本 貴和 (ユモト タカカズ)

総合地球環境学研究所・教授

研究者番号：70192804

川端 善一郎 (カワバタ ゼンイチロウ)

総合地球環境学研究所・教授

研究者番号：20108456

陀安 一郎 (タヤス イチロウ)

京都大学 准教授

研究者番号：80353449