

環日本海域から解明する地球環境システム —自然計測領域地球環境計測研究部門—

長尾誠也^{1*}・長谷部徳子²・福士圭介²・井上睦夫¹・濱島靖典¹・山本政儀¹

2013年11月7日受理, Accepted 7 November 2013

Revealing the Earth and Environmental Systems from Studies in and around the Circum-Sea of Japan Region —Division of Global Dynamics, Department of Natural Science and Measurement—

Seiya NAGAO^{1*}, Noriko HASEBE², Keisuke FUKUSHI², Mutsuo INOUE¹
Yasunori HAMAJIMA¹ and Masayoshi YAMAMOTO¹

Abstract

The Division of Earth Dynamics at the Institute of Nature and Environmental Technology at Kanazawa University focuses on physical and chemical analyses of terrestrial materials to understand the structure and evolution of the Earth's environmental systems. Modern high-resolution, high-precision equipment is used to acquire analytical results of high quality including the measurement of isotopic ratios and radioactivity, even at very low concentration levels. The results are further examined for the purpose of future predictions, and for the development of new research endeavours in the fields of environmental science and geochemistry. This paper has reported the results of field and laboratory experiments at the Division of Earth Dynamics over the last 10 years.

Key Words: radioisotope, Earth surface process
キーワード: 放射性同位体, 地球表層環境

1. はじめに

地球環境計測研究部門は,地球環境システムの構造や変化を明らかにするために,陸域堆積物(風成堆積物・湖沼堆積物)などを対象とした物理・化学測定および解析を行うとともに,極低レベルの放射

能測定及び同位体比の測定を含む最新の高感度・高精度分析測定技術に基づく測定・解析を進めている。その成果を予知・予測に生かすとともに,地球環境科学,地球化学の新研究領域の開拓を目指すことが当研究部門の目的である。最近では,研究分野間の連携を深め,環日本海域内の共通のフィールドでの

¹金沢大学環日本海域環境研究センター 自然計測領域地球環境計測研究部門 低レベル放射能実験施設 〒923-1224 石川県能美市和気町オ24 (Low Level Radioactivity Laboratory, Division of Earth Dynamics, Department of Natural Science and Measurement, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, 24 O, Wake-machi, Nomi, 923-1224 Japan)

²金沢大学環日本海域環境研究センター 自然計測領域地球環境計測研究部門 〒920-1192 石川県金沢市角間町 (Division of Earth Dynamics, Department of Natural Science and Measurement, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan)

*連絡著者 (Author for correspondence)

調査を行いながら、関連するフィールドとの連携を通して環境変遷や物質動態を詳細に解明する検討を進めている。本報告では、最近10年間に実施した研究成果のトピックスを紹介する。

II. 極低レベル放射能計測システム開発

環境中に存在する極微量な放射性核種は、環境中における微量元素のトレーサーとして利用できるとともに、地球圏外物質である隕石の履歴解明、深海水中での人工放射性核種の動態等、地球科学・環境科学・宇宙科学等の広範な研究領域に適用可能である。低レベル放射能実験施設では、従来の1/10以下の試料でも高い精度で測定可能な尾小屋地下実験施設を整備し、極低レベルの放射能測定法の開発を継続している。

最近の成果としては、首都大学東京や京都大学等との共同研究で「小惑星いとかわ」の全岩元素分析を実施し、尾小屋地下実験室の極低バックグラウンド井戸型Ge検出器を用いて、Sc, Fe, Ni, Co, Zn, Irの定量分析を行った。その結果は、Ebihara *et al.* (2011)によりScience誌に掲載された。

III. 同位体地球科学研究：福島第一原子力発電所事故の影響評価研究

2011年3月に発生した東京電力福島第一原子力発電所事故（FDNPP）から約3年が経過し、文部科学省のモニタリング調査から放射性核種の土壌への沈着状況が把握され、放射線防護・除染対策が進められている。その一方で、中長期の環境への影響評価を考えた場合、沈着した土壌から河川を経由した放射性核種の移行を検討する必要がある。以下に実施した調査研究の成果を紹介する。

1) 大気

石川県能美市の当実験施設と輪島市において、ハイボリュームエアサンプラーにより1週間毎に大気エアロゾルを採取してGe検出器で測定し、FDNPP由来の放射性核種の拡散状況を検討した。その結果、事故後10～20日後に¹³⁴Cs, ¹³⁷Csが検出され、その放射能濃度比がほぼ1であった。このことからFDNPP由来の放射性物質が気象条件により西方へも拡散し

ている状況が明らかとなった。

2) 土壌

他大学との共同で20-30km圏内や汚染の高い飯館村とその周辺域、原発近傍の大熊町一円で採取した土壌について、早期の放射能汚染調査、特に測定が困難なプルトニウム(Pu)などの精密測定を実施した。その結果、FDNPP近傍の大熊町や飯館村の限られた地域の表層土壌でプルトニウムが検出され、FDNPP由来のプルトニウムは2～44%であった(Yamamoto *et al.*, 2012)。

3) 河川・湖沼

福島県内の河川について、空間線量のデータを基に阿武隈川上流(白河市)、下流(伊達市)、宇多川、新田川を調査対象として選定し、2011年5月20日に観測を開始した。2011年7月には、夏井川と鮫川においてアクアマリンふくしまとの共同調査を開始した。分布の特徴としては、上流の流域に飯館村が存在する新田川で他の観測点に比べて1桁高い¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs放射能濃度であり、阿武隈川上流では最も低い値であった。これらの結果は、福島県内表層土壌の¹³⁷Csの沈着状況と一致していた。2011年7月12-13日の河川水の測定結果は、¹³⁷Csの放射能濃度が0.064-1.54Bq/L、2011年9月12-13日では0.019-0.79Bq/Lと、徐々に減少する傾向を示した(長尾, 2013; Nagao *et al.*, 2013)。この結果は、河川流域から河川への放射性セシウムの供給量が減少していることを示唆している。

4) 海洋環境

2011年6月の北海道大学おしよろ丸調査航海に参加し、日本海表層における2011年3月のFDNPP事故に起因する¹³⁴Cs, および¹³⁷Csの汚染レベル、さらにそれらの移行メカニズムを調査した。その結果、秋田～北海道沖合にこれら放射性セシウムの存在が認められたが、原発事故による負荷分は¹³⁴Cs, ¹³⁷Csともに～1mBq/Lと著しく低いことが明らかになった。また、2011年10月の調査では、本州に沿って北上する対馬暖流の循環によりその形跡は検出されなかった(Inoue *et al.*, 2012)。

IV. 長期環境変動解明の取組

1) モンゴルでの研究例

現在の地球環境システムを理解し将来予測につなげる際に必要になるのが、過去の変動記録の読み取りと変動メカニズムの解明である。汎地球的な変動を見るだけでなく、それが地域環境にどう現れるかを理解するために、異なる環境下で汎地球変動の影響がどのように発現するかの研究を進めている。アジア大陸内部における過去の気候については、地形的な特徴に加え、人間による人為的な改変が行われていない点で、モンゴル北部の湖沼堆積物を利用して調査している。ロシア・バイカル湖に続く世界第2位の大きさを持つ淡水湖・フブスグル湖は、バイカル湖と同様、バイカルリフト帯に属す構造湖である。フブスグル湖の西隣には3,000m級の山地を挟んでダルハド盆地が広がっている。地形図で見るとダルハド盆地はフブスグル湖と同じくらいの大きさを持っており、地形や盆地に分布する堆積物の調査から、かつては湖であった事が分かっている (Krivonogov *et al.*, 2005)。現在、ダルハド盆地は冬の寒さが厳しい事で有名であり、冬になると遊牧民はフブスグル湖湖畔地域へ移動する。この寒さの違いはフブスグル湖という大きな水塊のおかげと考えられている。フブスグル湖では過去の気候の変動は水位の変動として現れ、そのことは後背地からの供給鉱物や水質（塩濃度）の変化による自生鉱物の出現によりひもとかれている (Kashiwaya *et al.*, 2010; Hasebe *et al.*, 2012; Nishiyama *et al.*, 2013)。一方、ダルハド盆地では北西部の山岳氷河の消長による流出河川のせき止めが湖の形成に大きく関わっていると考えられており、汎地球変動に対してフブスグル湖とは異なった応答を示す事が示唆されている。古ダルハド湖でも自生鉱物の晶出が明らかになっており、水位の変動があったと考えているが、その原因がなによってもたらされたか、今後の研究を待つ必要がある。

2) 北海道・大沼での研究例

長期環境変動の地域間差を明らかにするためには、変動プロキシに共通の年代軸を入れて比較を可能にする事が重要である。年代測定は試料が何で構成されているか、状態はどのようなものであるかによつ

て、適した方法で行う必要があり簡単ではない。火山地域にある湖の堆積物は、周期的な火山活動が記録されている事がありよい時間指標となる。日中韓による共同プロジェクトの一環として北海道・大沼から採取した湖沼堆積物は、北にある北海道駒ヶ岳の火山噴火の影響を受けている (勝井ほか, 1989)。火山噴出物が堆積した層は含水率が特徴的に低くよい指標となっている。これを火山噴火史と照らし合わせる事によって堆積年代を暦年代として推定する事ができた。また、火山噴火史として文献ではあまいである噴火活動に関しても堆積物の記録から言及する事が可能であった。

V. 今後の展開

地球環境計測研究部門の今後の展開としては、福島周辺の森林・農地を含む河川流域における微量放射能汚染の実態調査、海洋環境を含めた時系列の放射能拡散分布状況を把握し、各種の対策に寄与する環境動態基礎データの蓄積を進めることが重要である。また、東アジアの環日本海域諸国 (韓国, 中国, 台湾, モンゴル, ロシアなど) との連携を進展させ、共同研究や研究交流を実施し、東アジアの環境研究の拠点として国際環境ネットワークを展開する。さらに、予知・予測の観点から陸域の環境アーカイブとして試料・情報のデータベース化を進め、各地域の環境システムの環境動態を解明し、全地球システムの中で自然災害や環境変動の予知予測に発展させる予定である。

文 献

- Ebihara, E., Sekimoto, S., Shirai, N., Hamajima, Y., Yamamoto, M., Kumagai, K., Oura, Y., Ireland, T. H., Kitagawa, F., Nagao, K., Nakamura, T., Naraoka, H., Noguchi, T., Okazaki, R., Tsuchiyama, A., Uesugi, M., Yurimoto, H., Zolensky, M. Z., Abe, A., Fujimura, A., Mukai, T. and Yada, Y., 2011: Neutron Activation analysis of a particle returned from asteroid Itokawa. *Science*, **333**, 1119-1121.
- Inoue, M., Kofuji, H., Nagao S., Yamamoto, M., Hamajima, Y., Fujimoto, K., Yoshida, K., Hayakawa, K., Suzuki, A., Takashiro, H. and Minakawa, M., 2012: Low levels of ¹³⁴Cs and ¹³⁷Cs in surface sweaters around the Japanese

- Archipelago after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident in 2011. *Geochemical Journal*, **46**, 311-320.
- Hasebe, N., Inagaki, A., Endo, N., Fukushi, K., Ito, K. and Kashiwaya, K., 2012: Thermoluminescence color image analysis of sediments from Lake Khuvsgul, Mongolia, and its potential to investigate paleoenvironmental change. *Quaternary Geochronology*, **10**, 156-159.
- 勝井義雄・鈴木建夫・曾屋龍典・吉久泰樹, 1989: 北海道駒ヶ岳火山地質図, 地質調査所.
- Kashiwaya, K., Ochiai, S., Sumino, G., Tsukamoto, T., Szyniszewska, A., Yamamoto, M., Sakaguchi, A., Hasebe, N., Sakai, H., Watanabe, T. and Kawai, T., 2010: Climato-hydrological fluctuations printed in long lacustrine records in Lake Hovsgol, Mongolia. *Quaternary International*, **219**, 178-187.
- Krивonogov, S. K., Sheinkman, V. S. and Mistryukov, A. A., 2005: Stages in the development of the Darhad dammed lake (Northern Mongolia) during the Late Pleistocene and Holocene. *Quaternary International*, **136**, 83-94.
- 長尾誠也, 2013: 河川環境への影響と課題. 水環境学会誌, **36**, 91-94.
- Nagao, S., Kanamori, M., Ochiai, S., Tomihara, S., Fukushi, K. and Yamamoto, M., 2013: Export of ^{134}Cs and ^{137}Cs in the Fukushima river systems at heavy rains by Typhoon Roke in September 2011. *Biogeosciences*, **10**, 6215-6223.
- Nishiyama, R., Munemoto, T. and Fukushi, K., 2013: Formation condition of monohydrocalcite from $\text{CaCl}_2\text{-MgCl}_2\text{-Na}_2\text{CO}_3$ solutions. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **100**, 217-231.
- Yamamoto, M., Tanaka, T., Nagao, S., Koike, T., Shimada, K., Hoshi, M., Zhumadiov, K., Shima, T., Fukuoka, M., Imanaka, T., Endo, S., Sakaguchi, A. and Kimura, S., 2012: An early survey of the radioactive contamination of soil due to the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident, with emphasis on plutonium analysis. *Geochemical Journal*, **46**, 341-353.