

金沢大学環日本海域環境研究センター

# 低レベル放射能実験施設 研究概要・年次報告 2017.4 ~ 2018.3



蒼鷹丸（中央水産研究所）調査航海でのORIネットによるプランクトン採取風景

# 目次

1. 構成員	2
2. 活動報告	
2-1. 研究概況	3
2-2. 研究業績	4
2-3. 研究費	14
2-4. 研究指導	16
2-5. その他	16
3. 研究報告	
福島沿岸域海底堆積物における放射性セシウム存在形態の時空間変動解析	18
能登半島九十九湾における 2014-2017 年の海水中 PAHs 変動	20
<sup>222</sup> Rn を用いた七尾西湾における海底湧水の探索	22
大気由来放射性核種を用いた貯水池-流域系における地表物質の流出挙動	24
大気由来放射性核種と炭素・窒素同位体比を利用した熊木川河川水懸濁粒子の動態解析	26
4. 記録	
平成 29 年度見学来訪・出張の記録	28

## 1. 構成員

### 職員

- ・教授 長尾 誠也 (nagao37@staff.kanazawa-u.ac.jp)  
博士 (水産学) 専攻 地球化学・環境放射化学
- ・准教授 井上 睦夫 (i247811@staff.kanazawa-u.ac.jp)  
博士 (理学) 専攻 海洋化学
- ・准教授 浜島 靖典 (hamajima@se.kanazawa-u.ac.jp)  
博士 (理学) 専攻 核放射化学・放射線計測
- ・助教 落合 伸也 (sochiai@se.kanazawa-u.ac.jp)  
博士 (理学) 専攻 水文地形環境学・環境動態解析
- ・助教 松中 哲也 (matsunaka@se.kanazawa-u.ac.jp)  
博士 (理学) 専攻 地球化学
- ・事務補佐員 茶木 春奈 (chaki@staff.kanazawa-u.ac.jp)

### 学生

- ・博士後期課程 社会人選抜 小藤 久毅
- ・博士前期課程 2年 寺崎 聡一郎
- ・博士前期課程 2年 山下 詩央里
- ・博士前期課程 1年 田原 龍之介
- ・博士前期課程 1年 宮坂 將平
- ・博士前期課程 1年 諸角 季生
- ・化学科 4年生 藤田 充司
- ・化学科 4年生 佐々木 一樹
- ・化学科 4年生 山岸 栄太
- ・化学科 4年生 坂口 航平

## 2. 活動報告

### 2-1. 研究概要

当実験施設では、低バックグラウンドガンマ線測定法などの適用により、放射性核種を精密に測定し、物質の時間的・空間的分布や移行挙動の環境・地球科学的解析を行うほか、放射性同位体をトレーサーとする研究領域の開拓を目指すことを目的としている。本年度は、福島第一原発事故関連も含めて以下の研究を実施した。

#### 2-1-1. 地球・環境化学的研究

##### 1) 能登半島における統合環境研究

最近の環境汚染物質の中には大気・海洋・陸域環境を広範囲に移動して、ヒトの健康や生態系に影響を及ぼすものがある。このような多様な環境問題の原因を明らかにして有効な対策を講じるためには、従来の大気環境、海洋環境、陸域環境といった個別研究では限界がある。これらの枠を超えて総合する「統合環境」の概念を導入して取り組む必要がある。環日本海域環境研究センターでは、センターの研究施設が集中し、少子高齢化に関係した社会・自然環境問題が発生している能登半島において、大気-陸域-沿岸海洋を繋ぐ観測を珠洲市と七尾市旧中島町の熊木川-七尾西湾での観測を開始した。中島地域の熊木川では、平成 28 年度に引き続き毎月 1 回の観測を実施し、河川水中の懸濁粒子の起源を推定するため、大気フォールアウト由来の  $^7\text{Be}$ 、 $^{210}\text{Pb}$  と有機物の  $^{14}\text{C}$  と炭素・窒素安定同位体比を測定した。その結果、冬季に河川流量が増加し、 $^7\text{Be}$ 、 $^{210}\text{Pb}$  の流出フラックスも増加した。この結果は、降った雪が徐々に融けて河川への物質の移動が生じていることを示している。

珠洲市の新池ではセディメントトラップによる沈降粒子採取と水盤による大気降下物採取を同時に行い、大気降下物中の放射性核種 ( $^{210}\text{Pb}$ 、 $^7\text{Be}$  等) を用いて流域における地表物質の流出挙動の解明を試みた。その結果、貯水池での  $^{210}\text{Pb}$  堆積フラックスは同期間の降水量に比べて数十倍高い値を示し、堆積する  $^{210}\text{Pb}$  の大部分が流域起源であることを示唆していた。一方、 $^7\text{Be}$  の堆積フラックスは降水量とほぼ同程度の値を示し、流域からの寄与は少なく、湖面への直接沈着によるものが主と考えられた。これらの流域からの寄与における核種間の相違は、地表物質の流出の時間スケールとそれぞれの半減期の違いに起因している可能性が考えられた。

##### 2) 日本海における水塊移動・物質循環研究

日本海における水塊流動と物質循環像を把握するために、島根県水産試験場・石川県水産総合研究センターの協力による浜田沖と能登半島沖測線観測時の表層水採取、中央水産研究所の蒼鷹丸、長崎大学の長崎丸調査航海における海水を採取し、放射性核種 ( $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$  比、 $^{228}\text{Th}/^{228}\text{Ra}$  比および  $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  濃度) の多地点測定を実施した。粒子吸着性  $^{234}\text{Th}$  とその親核種の溶存性  $^{238}\text{U}$  濃度の比較 ( $^{234}\text{Th}/^{238}\text{U}$  比) より、粒子吸着性成分、及び粒子そのものの挙動を探る。PAHs 濃度の測定を実施した。本測定結果については、現在、解析中である。

有害有機物の 1 つである多環芳香族炭化水素 (Polycyclic aromatic hydrocarbons: PAHs) は、主として化石燃料やバイオマスの不完全燃焼および原油を起源にもち、発癌性と変異原性に関連した影響をおよぼすことが知られている。東アジアからの PAHs の越境汚染を把握するため、対馬海流の流軸付近に位置する隠岐、九十九湾、七尾湾、および佐渡の 4 地点において、2014 年以降毎月タイミングを合わせて海水のサンプリングを実施し PAHs 分析を行った。各地点における全 PAHs (溶存態 PAHs + 懸濁態 PAHs) は 2014 年から 2017 年にかけて  $0.7$  から  $3.0 \text{ ng L}^{-1}$  の間で変動した。2017 年 1 月から 3 月

にわたる全 PAHs の平均濃度は、隠岐で  $1.0 \text{ ng L}^{-1}$ 、九十九湾で  $0.9 \text{ ng L}^{-1}$ 、七尾湾で  $1.6 \text{ ng L}^{-1}$ 、および佐渡で  $1.5 \text{ ng L}^{-1}$  あった。これらの値は、2008 年に観測された日本海の南西域から北東域にわたる全 PAHs の平均濃度 ( $9.4 \text{ ng L}^{-1}$ ) と比べて 1/10 から 1/6 程度であった。4 環の成分組成を示す[BaA]/[BaA + Chr]比をを基にすると、各地点における溶存態 PAHs の主な起源は燃焼生成物であると考えられた。燃焼生成物由来の溶存態 PAHs の主な供給源の推定を含めて今後の更なる継続観測が必要である。

## 2-1-2. 福島第一原発事故に絡む放射能汚染の調査・研究

### 1) 福島県内河川と海岸域

福島県内の阿武隈川・夏井川・新田川，群馬県内の利根川上流では福島海洋科学館・群馬水試の協力の下に継続した調査を行った。河川水中の放射能濃度は平成 28 年度からほぼ横ばいで推移していた。また，2017 年 6 月 28-29 日と 7 月 4-5 日に福島県浜通り地域の新田川，岩沢川，夏井川，阿武隈川で河川水中の溶存態と懸濁態の放射性セシウムの存在形態を比較検討した。その結果，昨年度と同様に電気伝導度が他の河川に比べて 1～2 桁高い岩沢川 ( $141 \text{ mS/m}$ ) において  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度は  $59 \text{ mBq/L}$  と比較的高く，懸濁態の割合が 2.3%とかなり低い値を示した。岩沢川の懸濁粒子重量あたりの  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度は  $557 \text{ Bq/kg-ss}$  乾土と，平成 28 年度の結果と大きな変動は認められなかった。また，河川懸濁粒子の起源と考えられる流域の表層土壌と河床堆積物の値は  $1400\sim 5800 \text{ Bq/kg}$  であった。溶存態放射性セシウムの起源を推定するため，流域土壌表層のリター層を採取し，ミリ Q 水への溶出性を振とう実験により調査した。その結果，固液比 1:10 の条件では  $0.9\sim 6.4 \text{ Bq/L}$  と溶存態放射性セシウムのソースとしての可能性が示唆された。阿武隈川上流から下流にかけて 7 測点で河川水を採取し，放射性セシウム濃度を計測した。懸濁態放射性セシウム濃度は全濃度の 73～87%とこれまでと同様に高い存在割合を示したが，放射性セシウム濃度は上流の白河から下流の伊達まで増加傾向，伊達-丸森-岩沼間においては流下方向で減少傾向を示した。流下方向の変動の違いは，流域の放射性セシウムの沈着量の分布と粒子の供給量の違いが反映した結果と捉えることが出来る。米国ウッズホール海洋研究所と共同で福島県いわき市の四ツ倉海岸において平成 26-28 年度に実施した地下水観測結果を取りまとめ，事故初期に進入した海水が地下水として保持されている可能性が示唆された。

### 2) 日本海表層海水における $^{134}\text{Cs}$ の経時変動

日本海表層海水の 2013～2016 年にわたる  $^{134}\text{Cs}$  の経時変動とその要因をまとめた (海水試料は海洋生物環境研究所のご厚意で測定)。2011 年 6 月には，福島原子力発電所からの放射性降下物の影響で， $^{134}\text{Cs}$  が不均一 ( $< 0.1\sim 1 \text{ mBq/L}$ ) に検出されたが，2012 年には検出限界以下が日本海全域で確認されていた。本研究の結果，2013 年に微弱レベルで検出された後 ( $\sim 0.4 \text{ mBq/L}$ )，2014～2017 年においては  $\sim 0.7 \text{ mBq/L}$  (事故時補正值) とほぼ一定の値が得られた。 $^{134}\text{Cs}$  が太平洋側から黒潮海水とともに日本海にもたらされてきたものと理解された。今後も測定を続行する予定である。

## 2-2. 研究業績

### (1) 学術論文

- 1) Aoyama, M., Hamajima, Y., Inomata, Y., Kumamoto, Y., Oka, E., Tsubono, T., Tsumune, D., 2018, Radiocaesium derived from the TEPCO Fukushima accident in the North Pacific Ocean: Surface transport processes until 2017, *Journal of environmental radioactivity*, **189**, 93-102,

DOI:10.1016/j.jenvrad.2018.03.014.

- 2) Aoyama, M., Hamajima, Y., Inomata, Y., Oka, E., 2017, Recirculation of FNPP1-derived radiocaesium observed in winter 2015/2016 in coastal regions of Japan, *Applied Radiation and Isotopes* **126**, 83-87, DOI: 10.1016/j.apradiso.2016.12.003.
- 3) Horiguchi, T., Kodama, K., Aramaki, T., Miyata, Y., Nagao, S., 2018. Radiocesium in seawater, sediments, and marine megabenthic species in coastal waters off Fukushima in 2012–2016, after the 2011 nuclear disaster. *Journal of Marine Environmental Research* (in print).
- 4) Suzuki, K., Watanabe, S., Yuasa, Y., Yamashita, Y., Arai, H., Tanaka, H., Kuge, T., Mori, M., Tsunoda, K., Nohara, S., Iwasaki, Y., Minai, Y., Okada, Y., Nagao, S., 2018. Radiocesium dynamics in the aquatic ecosystem of Lake Onuma on Mt. Akagi following the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. *Science of the Total Environment*, **622-623**, 1153-1164.
- 5) Sanial, V., Busseler, K. O., Charette, M. A., S. Nagao, S., 2017. Unexpected source of Fukushima derived radiocesium to the coastal ocean of Japan, *Proceeding of National Academy of Science*, [www.onas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1708659114](http://www.onas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1708659114).
- 6) Onodera, M., Kirishima, A., Nagao, S., Takamiya, K., Ohtsuki, T., Akiyama, D., Sato, N., 2017. Desorption of radioactive cesium by seawater from the suspended particles in river water. *Chemosphere*, **185**, 806-815.
- 7) Kimuro, S., Kirishima, A., Nagao, S., Saito, T., Amano, Y., Miyakawa, K., Akiyama, D., Sato, N., 2017. Characterization and thermodynamic study of humic acid in deep groundwater at Horonobe, Japan. *Journal of Nuclear Science and Technology*. <https://doi.org/10.1080/00223131.2017.1416690>
- 8) Hosoya, S., Sasa, K., Matsunaka, T., Takahashi, T., Matsumura, M., Matsumura, H., Sundquist, M., Stadola, M. and Sueki, K., 2017, Optimization of a  $\Delta E$ -E detector for  $^{41}\text{Ca}$  AMS using PHITS code simulation. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B*, **406**, 268-271.
- 9) Inoue, M., Uemura, H., Kofuji, H., Fujimoto, K., Takata, H., Shirotani, Y., Kudo, N., Nagao, S., 2017. Spatial variation of low-level  $^{134}\text{Cs}$  in the coastal sediments off central Honshu in the Sea of Japan: Implications for delivery, migration, and redistribution patterns. *Journal of Oceanography*. **73**, 571-584.
- 10) Inoue, M., Shirotani, Y., Yamashita, S., Takata, H., Kofuji, H., Ambe, D., Honda, N., Yagi, Y., Nagao, S., 2018. Temporal and spatial variations of  $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$  levels in the Sea of Japan and Pacific coastal region: Implications for dispersion of FDNPP-derived radiocesium. *Journal of Environmental Radioactivity* **182**, 142-150.
- 11) Inoue, M., Shirotani, Y., Nagao, S., Aramaki, T., Kim, Y.I., Hayakawa, K., 2018. Spatial variations of  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ , and  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in western and southern waters off the Korean Peninsula in July 2014. *Journal of Environmental Radioactivity* **182**, 151-156.
- 12) Inoue, M., Yoneoka, S., Ochiai, S., Morokado, T., Uemura, H., Nagao, S. (2018) Low levels of  $^{134}\text{Cs}$  in suspended solids in rivers discharging into the Sea of Japan. *Journal of Radioanalytical Nuclear Chemistry* (accepted).
- 13) Inoue, M., Y. Shirotani, Furusawa, Y., Fujimoto, K., Kofuji, H., Yoshida, K., Nagao, S., Yamamoto, M., Hamajima, Y., Honda, N., Morimoto, A., Takikawa, T., Shiimoto, A., Isoda, Y. and Minakawa, M., 2017. Migration area of the Tsushima Warm Current Branches within the Sea of Japan: Implications from transport of  $^{228}\text{Ra}$ . *Continental Shelf Research*, **143**, 167-174.
- 14) Katsuta, N., Ikeda, H., Shibata, K., Saito-Kokubu, Y., Murakami, T., Tani, Y., Takano, M., Nakamura, T., Tanaka, A., Naito, S., Ochiai, S., Shichi, K., Kawakami, S., Kawai, T., 2018. Hydrological and climate

changes in southeast Siberia over the last 33 kyr. *Global and Planetary Change*, **164**, 11-26.

- 15) Kitamura, M., Honda, M. C., Hamajima, Y., Kumamoto, Y., Aoyama, M., Kawakami, H., Aono, T., Fukuda, M., Mino, Y., 2017, Temporal changes in radiocesium contamination derived from the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident in oceanic zooplankton in the western North Pacific, *Journal of Environmental Radioactivity*, **172**, 163-172, DOI: 10.1016/j.jenvrad.2017.03.024.
- 16) Kumamoto, Y., Aoyama, M., Hamajima, Y., Nishino, S., Murata, A., Kikuchi, T., 2017, Radiocesium in the western subarctic area of the North Pacific Ocean, Bering Sea, and Arctic Ocean in 2013 and 2014, *Applied Radiation and Isotopes*, **126**, 83-87, DOI: 10.1016/j.apradiso.2017.02.036.
- 17) Kumamoto, Y., Aoyama, M., Hamajima, Y., Nagai, H., Yamagata, T., Murata, A., 2017, Spreading of Fukushima-derived Radiocesium in the Western North Pacific Ocean by the End of 2014, *Analytical Sciences*, **33**, 137-148, DOI: 10.2116/analsci.33.40.
- 18) Matsumura, M., Sasa, K., Matsunaka, T., Sueki, K., Takahashi, T. and Matsuzaki, H., 2018, Temporal variation of iodine-129 in rainwater at Tsukuba before and after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. *Geochemical Journal*, **52** • **2**, 155-162.
- 19) Wang, J.B., Zhu, L.P., Wang, Y., Peng, P., Ma, Q.F., Haberzettl, T., Kasper, T., Matsunaka, T. and Nakamura, T., 2017, Variability of the <sup>14</sup>C reservoir effects in Lake Tangra Yumco, Central Tibet (China), determined from recent sedimentation rates and dating of plant fossils. *Quaternary International*, **430**, 3-11.

## (2) 本・総説・資料・報告書

- 1) Honda, M., Sasa, K., Takahashi, T., Matsunaka, T., Hosoya, S., Matsumura, M. and Sueki, K. (2017) Preparation of a <sup>129</sup>I standard solution for ICP-MS/MS. *UTTAC ANNUAL REPORT 2016*, 24-24.
- 2) Hosoya, S., Sasa, K., Takahashi, T., Matsunaka, T., Matsumura, M., Shen, H. and Sueki, K. (2017) <sup>36</sup>Cl AMS measurements with the 6 MV tandem accelerator. *UTTAC ANNUAL REPORT 2016*, 18-19.
- 3) 細谷青児・笹 公和・高橋 努・松中哲也・松村万寿美・Shen, H.・末木啓介 (2017) 長寿命放射性核種 <sup>36</sup>Cl の加速器質量分析法による超高感度測定. *Proceedings of the 18th Workshop on Environmental Radioactivity*, 299-304.
- 4) 細谷青児・笹 公和・高橋 努・松中哲也・松村万寿美・Shen, H.・末木啓介 (2017) <sup>41</sup>Ca-AMS の実用化に向けた技術開発と測定評価. *第19回AMS シンポジウム報告集*, 49-52.
- 5) 細谷青児・笹 公和・高橋 努・松中哲也・松村万寿美・末木啓介 (2017) <sup>36</sup>Cl-AMS 測定に向けた妨害核種 <sup>36</sup>S 除去の検討. *第29回タンデム加速器及びその周辺技術の研究会報告集*, 146-149.
- 6) Inaba, R., Sakaguchi, A., Nomura, T., Yamano, H., Sasaki, K., Watanabe, T., Honda, M., Sasa, K., Matsunaka, T., Hosoya, S., Takahashi, T., Matsumura, M. and Sueki, K. (2017) Reconstruction of temporal variation for anthropogenic radionuclides in the Japan Sea using a coral core sample. *UTTAC ANNUAL REPORT 2016*, 27-27.
- 7) 稲葉留衣・坂口 綾・野村知哉・山野博哉・佐々木圭一・渡邊 剛・本多真紀・笹 公和・松中哲也・細谷青児・高橋 努・松村万寿美・末木啓介 (2017) サンゴコア分析による長寿命放射性核種の日本海導入履歴復元の試み. *第19回AMS シンポジウム報告集*, 98-101.
- 8) Matsumura, M., Sasa, K., Matsunaka, T., Takahashi, T., Hosoya, S., Satou, Y. and Sueki, K. (2017) Performance evaluation of the AMS-measurement of iodine-129 by the 6 MV tandem accelerator at

University of Tsukuba. *UTTAC ANNUAL REPORT 2016*, 25-26.

- 9) 松村万寿美・笹 公和・松中哲也・高橋 努・細谷青児・佐藤志彦 (2017) 福島事故由来の放射性物質における長寿命核種の AMS 測定. *第19回AMS シンポジウム報告集*, 110-113.
- 10) 松村万寿美・笹 公和・松中哲也・高橋 努・細谷青児・末木啓介 (2017) 筑波大学 6MV タンデム加速器による I-129 測定の性能評価-TSUKUBA\_I-129 STD 作製に向けて-. *第29回タンデム加速器及びその周辺技術の研究会報告集*, 142-145.
- 11) Matsunaka, T., Sasa, K., Takahashi, T., Hosoya, S., Matsumura, M., Sueki, K. and Satou, Y. (2017) Radiocarbon variations since 1960 in tree rings near the Tokai nuclear facilities in Japan. *UTTAC ANNUAL REPORT 2016*, 28-29.
- 12) 松中哲也・笹 公和・細谷青児・高橋 努・松村万寿美・末木啓介・佐藤志彦 (2017) 東日本原子力施設周辺の年輪内における 1960 年以降の炭素 14 濃度変動. *第19回AMS シンポジウム報告集*, 76-79.
- 13) 松中哲也・笹 公和・細谷青児・高橋 努・松村万寿美・末木啓介 (2017) ガスイオン源を用いた迅速  $^{14}\text{C}$  測定法の検討. *第29回タンデム加速器及びその周辺技術の研究会報告集*, 150-153.
- 14) Matsuo, K., Sueki, K., Matsunaka, T., Matsumura, M., Sasa, K., Takahashi, T., Hosoya, S., Sakaguchi, A., Honda, M., Inaba, R. and Satou, Y. (2017) Determination of I-129 in radioactive particles by AMS. *UTTAC ANNUAL REPORT 2016*, 22-23.
- 15) Sasa, K., Takahashi, T., Matsunaka, T., Hosoya, S., Matsumura, M., Shen, H., Honda, M., Ota, Y., Matsuo, K., Sakaguchi, A. and Sueki, K. (2017) Operation of the Tsukuba 6 MV multi-nuclide AMS system for the year 2016. *UTTAC ANNUAL REPORT 2016*, 16-17.
- 16) 笹 公和・石井 聡・大島弘行・高橋 努・田島義一・大和良広・関場大一郎・森口哲朗・左高正雄・檜本 洋・工藤 博・松村万寿美・山崎明義・松中哲也・喜多英治・上殿明良 (2017) 筑波大学タンデム加速器施設 UTTAC の現状(2015 年度)-稼働を開始した 6 MV タンデム加速器によるイオンビーム利用研究の展望-. *第29回タンデム加速器及びその周辺技術の研究会報告集*, 19-22.
- 17) 末木啓介・松尾一樹・太田裕貴・本多真紀・坂口 綾・笹 公和・松中哲也・高橋 努・細谷青児・松村万寿美・佐藤志彦 (2017) 福島事故由来の放射性物質における長寿命核種の AMS 測定. *第19回AMS シンポジウム報告集*, 80-81.
- 18) 新井肇, 渡辺峻, 湯浅由美, 鈴木究真, 田中英樹, 久下敏宏, 森勝伸, 角田欣一, 野原精一, 岡田往子, 葉袋佳孝, 長尾誠也 (2017) 赤城大沼の水圏生態系における放射性セシウム動態. *Proceedings of the 18<sup>th</sup> Workshop on Environmental Radioactivity*, 239-245.

### (3) 学会発表など

- 1) Nagao, S., Inoue, M., Ochiai, S., Matsunaka, T., Hayakawa, K., Water mass movement and dynamics of trace elements in the Japan Sea. *Symposium on collaboration research between POI of FEBRUS and INET of Kanazawa University: Behavior of organic pollutants and radionuclides in the Japan Sea*, Kanazawa Univ., (2017.5.15).
- 2) Nagao, S., Suzuki, T., Ochiai, S., Goto, A., Hasegawa, T., Relationship between carbon isotope composition and land-use of watershed in a small river system, Kumaki River in Japan. 11<sup>th</sup> International Conference on Humic Substances in Ecosystems (HSE11), Kudowa Zdroj, Poland (2017.5.29-6.1).
- 3) Nagao, S., Inoue, M., Morokado, T., Shirohani, Y., Chizova, T., Lobanov, V. B., Tentative results of Ra



isotopes in sea waters collected from the 2016 research expedition. *Japan-Russia Workshop “Study on dynamics of radioactive compounds and polycyclic aromatic hydrocarbons in the Japan Sea area”*, Vladivostok, Russia (2017.9.29).

- 4) Nagao, S., Terasaki, S., Odano, N., Asami, M., Fate of particulate radiocesium ( $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) in coastal marine environment off Fukushima Prefecture, Japan. *Japan-Russia workshop on state of radionuclides in marine environment*, Vladivostok, Russia (2017.11.3).
- 5) Terasaki, S., Nagao, S., Odano, N., Asami, M., Existence forms and distribution of radiocesium in marine sediments in the coastal area off Fukushima and Miyagi Prefecture. *Japan-Russia workshop on state of radionuclides in marine environment*, Vladivostok, Russia (2017.11.3).
- 6) Nagao, S., Morokado, T., Tadou, S., Suzuki, K., Ochiai, S., Effects of snow melt and rain event on transport of radiocesium in the Tone River after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. *6th Asia-Pacific Symposium on Radiochemistry*. Jeju Island, Korea (2017.9.17-22).
- 7) Terasaki, S., Nagao, S., Odano, N., Asami, M., Existence forms and distribution characteristics of radiocesium in marine sediments in the cpastal area off Fukushima Prefecture. *6th Asia-Pacific Symposium on Radiochemistry*. Jeju Island, Korea (2017.9.17-22).
- 8) Morokado, T., Nagao, S., Tomihara, S., Ochiai, S., Radioactivity variation and transport behaviour of radiocesium in the Natsui River after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant scident. *6th Asia-Pacific Symposium on Radiochemistry*. Jeju Island, Korea (2017.9.17-22).
- 9) Nagao, S., Terasaki, S., Miyata, Y., Odano, N., Variations in  $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$  radioactivity of coastal marine sediment off the Abukuma River in Japan during 2013-2015. Division of Science Presenta. Yale-NUS college, Singapore (2017.11.14).
- 10) 長尾誠也, 日本海でのプロジェクト研究とその連携の可能性について. 金沢大学・環日本海域環境研究センター共同利用シンポジウム 海流が繋ぐ日本海—オホーツク海の海洋循環・物質循環の変動機構, 金沢 (2017.12.13).
- 11) 宮坂将平, 長尾誠也, 落合伸也, 鈴木究真, 森勝伸, 群馬県山岳湖沼における放射性セシウムの移行挙動. 赤城大沼における放射性セシウム研究に関する検討会・合同調査会, 赤城大沼, 青木旅館 (2017.8.24-25)
- 12) 長尾誠也, 諸角季生, 田堂修, 島村陽恵, 上村宙輝, 金森正樹, 鈴木究真, 原発事故後の 2012～2016 年の利根川における放射性セシウムの移行挙動. 赤城大沼における放射性セシウム研究に関する検討会・合同調査会, 赤城大沼, 青木旅館 (2017.8.24-25)
- 13) 長尾誠也, 寺崎聡一郎, 小田野直光, 浅見光史, セジメントトラップ実験によって観測された粒子態放射性セシウムの移行特性. 2017 日本放射化学会年会・第 61 回放射化学討論会, つくば, 筑波大学 (2017.9.6-8).
- 14) 寺崎聡一郎, 長尾誠也, 小田野直光, 浅見光史, 福島沿岸域堆積物中放射性セシウムの存在形態と分布特性. 2017 日本放射化学会年会・第 61 回放射化学討論会, つくば, 筑波大学 (2017.9.6-8).
- 15) 栗原雄一, 三浦輝, 桧垣正吾, 坂口綾, 田中万也, 長尾誠也, 山本政儀, 高橋嘉夫, 黒い物質中の放射性セシウム含有微粒子について. 2017 日本放射化学会年会・第 61 回放射化学討論会, つくば, 筑波大学 (2017.9.6-8).
- 16) 三浦輝, 栗原雄一, 坂口綾, 長尾誠也, 田中万也, 山口紀子, 桧垣正吾, 高橋嘉夫, 福島地域河川水において, セシウムの含有微粒子がセシウムの固液分配に与える影響. 2017 日本放射化学会年会・

第 61 回放射化学討論会, つくば, 筑波大学 (2017.9.6-8).

- 17) 田原龍之介, 長尾誠也, 落合伸也, 長谷川卓, 後藤晶子, 大気由来放射性核種と炭素・窒素同位体比を利用した熊木川河川水懸濁粒子の動態解析. 2017 日本放射化学学会年会・第 61 回放射化学討論会, つくば, 筑波大学 (2017.9.6-8).
- 18) 入野智久, 中田雅史, 池原研, 山下洋平, 関宰, 長尾誠也, 北海道沙流川における洪水時懸濁物鉍物組成の制御要因. 日本地質学会愛媛大会, 愛媛 (2018.9.16-18) .
- 19) 宮坂將平, 長尾誠也, 落合伸也, 鈴木究真, 森勝伸, 群馬県山岳湖沼における放射性セシウムの堆積課程. 2017 日本放射化学学会年会・第 61 回放射化学討論会, つくば, 筑波大学 (2017.9.6-8).
- 20) 長尾誠也, 鈴木智代, 落合伸也, 関宰, 放射性炭素による汽水域での懸濁態有機物の動態研究. 平成 29 年度日本海洋学会年会, 仙台, 東北大学 (2017.10.14-16)
- 21) 長尾誠也, 宮坂將平, 赤城大沼堆積物の解析結果, 赤城大沼における放射性セシウム研究に関する検討会・合同調査会, 赤城大沼, 青木旅館 (2018.3.22-23)
- 22) 長尾誠也, 寺崎聡一郎, 落合伸也, 鎌田創, 浅見光史, 福島沿岸に設置したセジメントトラップに捕集された沈降粒子中の放射性セシウム濃度. 環境放射能研究会, つくば, KEK (2018.3.13-15)
- 23) 後藤章夫・土屋範芳・平野伸夫・松中哲也・久利美和, 蔵王山現地調査報告 (2012-2017). 日本火山学会 2017 年秋季大会, 熊本 (2017.9.21-2017.9.23).
- 24) Goto, A., Tuchiya, N., Hirano, N., Matsunaka, T. and Kuri, M., Field survey report on Zao Volcano (2012-2017). *15th International Workshop on WATER DYNAMICS*, Sendai, Japan (2018.3.13-2018.3.15).
- 25) Hirano, N., Goto, A., Tuchiya, N., Matsunaka, T. and Kuri, M., Depth profile of “Okama” crater Lake of Mt. Zao, *15th International Workshop on WATER DYNAMICS*, Sendai, Japan (2018.3.13-2018.3.15).
- 26) Hosoya, S., Sasa, K., Takahashi, T., Matsunaka, T., Matsumura, M., Shen, H. and Sueki, K., Isobar suppression for  $^{36}\text{Cl}$ -AMS with the 6 MV tandem accelerator. *The Fourteenth International AMS Conference*, Ottawa, Canada (2017.8.14-2017.8.18).
- 27) Inoue, M., Yoneoka, S. Ochiai, S., Morokado, T., Uemura, H., Nagao, S., Low-levels of  $^{134}\text{Cs}$  in riverine suspended solids discharged to coastal areas off central Honshu in the Sea of Japan. *6th Asia - Pacific Symposium on Radiochemistry*. Jeju Island, Korea (2017.9.17-22).
- 28) Inoue, M., Morokado, T., Fujimoto, K., Miki, S., Kofuji, H., Isoda, Y., Nagao, S., Vertical profiles of FDNPP-derived radiocesium concentrations in southwestern Okhotsk Sea waters. *6th Asia - Pacific Symposium on Radiochemistry*. Jeju Island, Korea (2017.8.14-2017.9.17-22).
- 29) 井上睦夫, 日本海の放射性セシウム. 金沢大学・環日本海域環境研究センター共同利用シンポジウム 海流が繋ぐ日本海—オホーツク海の海洋循環・物質循環の変動機構, 金沢 (2017.12.13).
- 30) 松尾一樹・末木啓介・佐藤志彦・吉川英樹・箕輪はるか・笹 公和・松中哲也・松村万寿美・高橋 努・坂口 綾, 福島原発事故由来の放射性粒子に含まれる  $^{125}\text{Sb}$  と  $^{129}\text{I}$  の定量. 2017 年放射化学学会年会・第 61 回放射化学討論会, つくば (2017.9.6-2017.9.9).
- 31) 松中哲也・笹 公和・末木啓介・恩田裕一・谷口圭輔・脇山義史, 陸水域における  $^{129}\text{I}/^{137}\text{Cs}$  比を用いた放射性ヨウ素と放射性セシウムの動態解析. 放射性物質環境動態・環境および生物への影響に関する国際共同研究キックオフ・シンポジウム, 弘前 (2017.6.5).
- 32) Matsunaka, T., Sasa, K., Hosoya, S., Shen, H., Takahashi, T., Matsumura, M. and Sueki, K., Radiocarbon measurement system using gas ion source and automatic sample preparation system at the University of Tsukuba. *The Fourteenth International AMS Conference*, Ottawa, Canada (2017.8.14-2017.8.18).

- 33) Matsunaka, T., Sasa, K., Takahashi, T., Hosoya, S., Matsumura, M., Sueki, K. and Satou, Y, Radiocarbon variations since 1960 in tree rings near the Tokai nuclear facilities in Japan. *The Fourteenth International AMS Conference*, Ottawa, Canada (2017.8.14-2017.8.18).
- 34) 松中哲也・笹 公和・高橋 努・恩田裕一・谷口圭輔・脇山義史・末木啓介, 福島の河川における 2013 年から 4 年間にわたる粒子状ヨウ素 129 のフラックス. 2017 年放射化学学会年会・第 61 回放射化学討論会, つくば (2017.9.6-2017.9.9).
- 35) 松中哲也・長尾誠也・井上睦夫・落合伸也・森田貴己・三木志津帆・笹 公和・本多真紀・末木啓介, 放射性ヨウ素 129 を用いた日本海における海洋循環に関する研究. 金沢大学・環日本海域環境研究センター共同利用シンポジウム・海流が繋ぐ日本海-オホーツク海の海洋循環・物質循環の変動機構, 金沢 (2017.12.13).
- 36) 松中哲也・笹 公和・高橋 努・恩田裕一・谷口圭輔・脇山義史・末木啓介, 河川における懸濁物質の I-129/Cs-137 比と濁度の関連性. 放射性物質環境動態・環境および生物への影響に関する国際共同研究平成 29 年度最終報告会, つくば (2018.2.22-2018.2.23) .
- 37) Matsunaka, T., Nagao, S., Inoue, M., Ochiai, S., Hayakawa, K., Tang, N., Suzuki, N., Ogiso, S., Ando, H., Shimotani, T., Hirohashi, N., Nishizaki, M., Morita, T., Miki, S., Aramaki, T., Kudo, I., Honda, N., Takikawa, T., Sasa, K., Honda, M. and Sueki, K., Anthropogenic iodine-129 and PAHs in seawater from the Japan Sea and the southern Okhotsk Sea. *International Symposium "Environmental researches in northern Japan Sea and related regions: Renewed horizon of Japan-Russia scientific partnership"*, Kanazawa, Japan (2018.3.3-2018.3.4)
- 38) Matsunaka, T., Sasa, K., Hosoya, S., Shen, H. and Sueki, K., Development of gas ion source and automated sample preparation system for rapid C-14 measurement. *International Symposium "Environmental researches in northern Japan Sea and related regions: Renewed horizon of Japan-Russia scientific partnership"*, Kanazawa, Japan (2018.3.3-2018.3.4)
- 39) Matsunaka, T., Sasa, K., Sueki, K., Goto, A., Watanabe, T., Tuchiya, N., Hirano, N., Kuri, M., Takahashi, M., Kazahaya, K., Miyagi, I. and Matsuzaki, M., Iodine isotopic composition in water from the crater lake and fumarolic area at Zao volcano. *15th International Workshop on WATER DYNAMICS*, Sendai, Japan (2018.3.13-2018.3.15).
- 40) Matsumura, M., Sasa, K., Matsunaka, T., Takahashi, T., Hosoya, S., Sueki, K., Satou, Y. and Matsuzaki, H., Contamination assessment of chemical preparation rooms for I-129 AMS. *The Fourteenth International AMS Conference*, Ottawa, Canada (2017.8.14-2017.8.18).
- 41) 松中哲也, 放射性ヨウ素 129 を用いた日本海における海洋循環に関する研究. 金沢大学・環日本海域環境研究センター共同利用シンポジウム 海流が繋ぐ日本海—オホーツク海の海洋循環・物質循環の変動機構, 金沢 (2017.12.13).
- 42) Meng, Q., Shen, H., He, M. Sasa, K. Prof. Baojian, H., Matsumura, M., Matsunaka, T., Zhao, Q. Dong, K., Wang, X., Pang, Y., Yang, X., Xiangdong, R. and Jiang, S., TianKeng Sample Preparation for <sup>36</sup>Cl-AMS. *The Fourteenth International AMS Conference*, Ottawa, Canada (2017.8.14-2017.8.18).
- 43) 落合伸也・宮田佳樹・長尾誠也・松木篤・宇都宮大輔, 大気降下物中の放射性核種を用いた貯水池-流域系における地表物質の流出挙動の解明, 2017 日本放射化学学会年会・第 61 回放射化学討論会, つくば (2017.9.8).
- 44) 諸角季生, <sup>228</sup>Th/<sup>228</sup>Ra 比および <sup>234</sup>Th/<sup>238</sup>U 比の空間分布および季節変動からみた東シナ海・日本

海・オホーツク海における粒子吸着性成分の循環．金沢大学・環日本海域環境研究センター共同利用シンポジウム 海流が繋ぐ日本海—オホーツク海の海洋循環・物質循環の変動機構，金沢 (2017.12.13).

- 45) Ochiai, S., Lin, J. C, Jen, C. H., Nagao, S., Kashiwaya, K., Sedimentation environmental changes inferred from fallout radionuclides and physical properties of Sun Moon Lake sediment in Taiwan. *6th Asia-Pacific Symposium on Radiochemistry*, Jeju, Korea (2017.9.18).
- 46) 落合伸也，大沼の湖沼堆積物情報と最近の環境変動の推移公開シンポジウム 大沼の湖底に刻まれた地球環境変動『火山活動による堰止湖の形成とその後の環境変動』，函館 (2017.10.28).
- 47) 落合伸也・宮田佳樹・長尾誠也・松木篤・宇都宮大輔，大気由来放射性核種を用いた貯水池-流域系における地表物質の流出挙動，金沢大学・環日本海域環境研究センター共同利用シンポジウム 海流が繋ぐ日本海—オホーツク海の海洋循環・物質循環の変動機構，金沢 (2017.12.13).
- 48) 太田祐貴・末木啓介・笹 公和・高橋 努・松中哲也・松村万寿美・戸崎裕貴・細谷青児・高野健太・落合悠太・佐藤志彦・吉川英樹・中間茂雄・箕輪はるか，AMS を用いた福島原発周辺土壌の  $^{36}\text{Cl}$  の定量．2017年放射化学学会年会・第61回放射化学討論会，つくば (2017.9.6-2017.9.9).
- 49) 太田祐貴・末木啓介・笹 公和・高橋 努・松中哲也・松村万寿美・戸崎裕貴・本多真紀・細谷青児・高野健太・落合悠太・佐藤志彦・吉川英樹・中間茂雄・箕輪はるか，福島原発周辺土壌中の  $^{36}\text{Cl}$  の深度・蓄積量分布．第20回 AMS シンポジウム，土岐 (2017.12.14-2017.12.15) .
- 50) 笹 公和・高橋 努・細谷青児・高野健太・落合悠太・松中哲也・末木啓介，極微量放射性核種を超高感度で検出可能な 6 MV タンデム加速器質量分析装置の開発．第14回日本加速器学会年会，札幌 (2017.8.1-2017.8.3) .
- 51) Sasa, K., Hosoya, S., Matsunaka, T., Takahashi, T., Matsumura, M., Shen, H., Oura, Y. and Sueki, K., Isobar separation techniques of  $^{41}\text{Ca}$  AMS with the 6 MV tandem accelerator. *The Fourteenth International AMS Conference*, Ottawa, Canada (2017.8.14-2017.8.18).
- 52) Sasa, K., Takahashi, T., Matsunaka, T., Hosoya, S., Matsumura, M., Honda, M., Shen, H., Sakaguchi, A., Sueki, K., Stodola, M. and Sundquist, M., Performance of the 6MV multi-nuclide AMS system at the University of Tsukuba. *The Fourteenth International AMS Conference*, Ottawa, Canada (2017.8.14-2017.8.18).
- 53) 笹 公和・高橋 努・細谷青児・高野健太・落合悠太・本多真紀・太田祐貴・松尾一樹・松中哲也・坂口 綾・末木啓介，6 MV タンデム加速器質量分析装置を用いた長半減期放射性核種の超高感度検出．2017年放射化学学会年会・第61回放射化学討論会，つくば (2017.9.6-2017.9.9).
- 54) Sasa, K., Takahashi, T., Hosoya, S., Takano, K., Ochiai, Y., Honda, M., Ohta, Y., Sakaguchi, A., Masunaka, T., Shen, H. and Sueki, K., Progress in Multi-nuclide AMS Techniques for the 6 MV AMS System at the University of Tsukuba. *The 7th East Asia Accelerator Mass Spectrometry Symposium*, Guilin, China (2017.11.20-2017.11.24).
- 55) 笹 公和・高橋 努・松中哲也・細谷青児・太田祐貴・高野健太・落合悠太・本多真紀・末木啓介，筑波大学 6 MV タンデム加速器質量分析装置による多核種 AMS と応用研究の現状．第20回 AMS シンポジウム，土岐 (2017.12.14-2017.12.15) .
- 56) Shen, H., Sasa, K., He, M., Huang, B. Matsumura, M., Hosoya, S., Matsunaka, T., Takahashi, T., Honda, M., Sueki, K., Zhao, Q., Meng, Q., Dong, K., Wang, X., Pang, Y., Yang, X., Ruan, X. and Jiang, S., Study on Multiple radionuclides for Exposure Age Dating of Chinese Tiankeng. *The Fourteenth International AMS*

Conference, Ottawa, Canada (2017.8.14-2017.8.18).

- 57) Takata, H., Inoue, M., Shirotani, Y., Kudo, N., Radiocesium in the swash zones off the west coast of Honshu Island, Japan. *6th Asia - Pacific Symposium on Radiochemistry*. Jeju Island, Korea (2017.8.14-2017.9.17-22).
- 58) Yamashita, S., Inoue, M., Fujimoto, K., Miki, S., Nagao, S., Low-level of the FDNPP-derived radiocesium in marine products around the western Japanese Archipelago. *6th Asia - Pacific Symposium on Radiochemistry*. Jeju Island, Korea (2017.8.14-2017.9.17-22).

#### (4) 研究交流

- 共同研究

- 1) 松中哲也, 筑波大学「陸水域における  $^{129}\text{I}/^{137}\text{Cs}$  比を用いた放射性ヨウ素と放射性セシウムの動態解析」
- 2) 松中哲也, 東北大学「蔵王火山の活動の熱的・地球化学的モニタリング」
- 3) 松中哲也, 東京大学「石英中炭素 14 の超高感度測定法の開発と氷河地形編年への応用」

- 共同利用・共同研究（文科省）

- 1) 長尾誠也：白神山地真瀬川流域における物質循環・移行に関する研究（一般研究），秋田大学（林武司）
- 2) 長尾誠也：山地河川における融雪・降雨時における懸濁物質・腐植物質の流出プロセス解明（一般研究），北海道大学（白岩孝行）
- 3) 長尾誠也：木場潟の滞留時間制御による水質改善効果の評価と予測（一般研究），岐阜大学（大西健夫）
- 4) 長尾誠也：化学トレーサーを用いた東シナ海の水塊形成と日本海への物質輸送過程の把握（若手研究），富山大学（神林翔太）
- 5) 長尾誠也：海流が繋ぐ日本海－オホーツク海の海洋循環・物質循環の変動機構（研究集会），北海道大学（西岡 純）
- 1) 井上睦夫：日本海沿岸における東電福島第一原発由来放射性 Cs の動態把握（一般研究），海洋生物環境研究所（高田兵衛）
- 2) 落合伸也：湖底・浅海底堆積物の磁化研究および低レベル放射能測定（一般研究），富山大学（酒井英男）

- 海外渡航

- 1) 長尾誠也, ポーランド, 「11th International Conference on Humic Substances in Ecosystems (HSE11)」出席 (2017.5.27-6.3)
- 2) 長尾誠也, オークランド (ニュージーランド), 頭脳循環を加速する戦略的国際研究ネットワーク推進プログラム (2017.8.6-9)
- 3) 長尾誠也, ウラジオストク (ロシア), 共同研究打ち合わせ (2017.9.28-30)
- 4) 長尾誠也, ウラジオストク (ロシア), 二国間交流事業での共同研究打ち合わせ (2017.10.31-11.4)
- 5) 長尾誠也, シンガポール, 共同研究打ち合わせ (2017.11.12-15)

- 6) 長尾誠也, ウラジオストク (ロシア), 大学の世界展力強化事業 (2017.12.21-27)
  - 7) 長尾誠也, 北京 (中国), 共同研究打ち合わせ (2018.1.22-24)
  - 8) 長尾誠也・井上睦夫・落合伸也, 済州島 (韓国), 「6th Asia-Pacific Symposium on Radiochemistry」 (2017.9.16-23)
  - 9) 井上睦夫, オークランド (ニュージーランド), 頭脳循環を加速する戦略的国際研究ネットワーク推進プログラム (2017.5.9-7.7)
  - 10) 井上睦夫, オークランド (ニュージーランド), 頭脳循環を加速する戦略的国際研究ネットワーク推進プログラム (2017.10.4-12.6)
  - 11) 井上睦夫, オークランド (ニュージーランド), 頭脳循環を加速する戦略的国際研究ネットワーク推進プログラム (2018.1.11-3.31)
  - 12) 浜島靖典, リトアニア, 「4<sup>th</sup> International Conference on Environmental Radioactivity」出席 (2017.5.27-6.3)
  - 13) 松中哲也, オタワ (カナダ), 14th International Conference on Accelerator Mass Spectrometry (2017.8.12-20)
  - 14) 松中哲也, 桂林 (中国), 7th East Asia Accelerator Mass Spectrometry Symposium (2017.11.19-26)
- 訪問外国人研究者
    - 1) T. Chizhova, Y. Kudryashova, ロシア科学アカデミー極東支部太平洋海洋研究所 (ロシア), 二国間交流事業での研究打ち合わせ, 長尾誠也 (2017.4.26)

## (5) 各種活動

- 学会活動
  - 1) 浜島靖典: 日本アイソトープ協会 第25期理工学部会専門委員会委員, 2015-現在.
  - 2) 長尾誠也: 日本原子力学会代議員, 2013-2017
  - 3) 長尾誠也: 日本放射化学会理事, 2015-2017
  - 4) 長尾誠也: 日本腐植物質学会理事, 2015-現在
  - 5) 長尾誠也: 日本腐植物質学会編集委員, 2011-現在
  - 6) 長尾誠也: 国際腐植物質学会日本支部長, 2012-現在
  - 7) 長尾誠也: 日本地球惑星連合同大会「水循環・水環境」セッションコンビーナー, 2008-現在
- 社会活動
  - 1) 長尾誠也: 小松高校 SSH 運営委員会委員 2011-現在
  - 2) 長尾誠也: 環境技術研究所排出放射能環境動態調査検討委員会委員, 2013-現在
  - 3) 長尾誠也: 海洋生物環境研究所データ解析専門部会委員, 2014-現在
  - 4) 長尾誠也: 日本原子力研究開発機構研究嘱託, 2009-現在
  - 5) 長尾誠也: 大学連携ネットワーク連携協力推進協議会委員, 2016-現在
  - 6) 長尾誠也: 木場潟浮島プロジェクト推進委員会委員, 2016-2017
  - 7) 長尾誠也: 木場潟浮島プロジェクト WG 座長, 2016-2017
- 招待講演および特別講演, 依頼講演

- 1) Hamajima, Y., Low-Level Gamma-ray Counting in Ogoya Underground Laboratory, 4<sup>th</sup> *International Conference on Environmental Radioactivity*, Vilnius, Lithuania (2017.5.27-2017.6.3)
- 2) 井上睦夫, 根上隕石講演会 隕石トリヴィア-2(雑学的豆知識), 能美市根上中学校 (2017.12.11) .
- 3) 井上睦夫, 根上隕石講演会 隕石トリヴィア-2(雑学的豆知識), 能美市寺井中学校 (2017.12.19) .
- 4) Matsunaka, T., Sasa, K., Hosoya, S., Shen, H., Takahashi, T., Matsumura, M., Sueki, K., Satou, Y., Rapid C-14 measurement system at the University of Tsukuba and application for nuclear safety. *The 7th East Asia Accelerator Mass Spectrometry Symposium*, Guilin, China (2017.11.20-2017.11.24).
- 5) 長尾誠也, 福島沿岸域堆積物における放射性セシウムの移行挙動, 日本地質学会愛媛大会,愛媛 (2018.9.16-18) .
- 6) 長尾誠也, 能登半島の熊木川流域における有機物の動態, 石川県立大学研究会, 金沢 (2018.3.3)
- 7) 長尾誠也, 熊木川一七尾西湾を流域圏とした陸海統合システムの検討, 第2回富山湾研究会, 金沢 (2018.3.5-6)

### 2-3. 研究費

#### (1) 科学研究費等

- 1) 山本政儀, 科学研究費補助金：基盤研究（A）, カザフ核実験場周辺住民の放射性降下物被曝の実態解明－線量評価及び健康影響解析－, 分担者, 平成26年～29年度, 50千円.
- 2) 山本政儀, 科学研究費基金：基盤研究（C）, 複数の放射性核種の高分解能空間分布からみた日本列島周辺海域の物質循環, 分担者, 平成27年～29年度, 100千円.
- 3) 長尾誠也, 科学研究費補助金：基盤研究（B）, 永久凍土の変動がアムール川流域の溶存鉄流出に果たす影響の解明, 分担者, 平成27年～29年度, 140千円.
- 4) 長尾誠也, 科学研究費基金：基盤研究（C）, 複数の放射性核種の高分解能空間分布からみた日本列島周辺海域の物質循環, 分担者, 平成27年～29年度, 100千円.
- 5) 井上睦夫, 科学研究費補助金：新学術領域研究, 超新星背景ニュートリノ観測による星形成の歴史の研究, 分担者, 平成27年～30年度, 500千円.
- 6) 井上睦夫, 科学研究費基金：基盤研究（C）, 複数の放射性核種の高分解能空間分布からみた日本列島周辺海域の物質循環, 代表者, 平成27年～29年度, 500千円.
- 7) 濱島靖典, 科学研究費基金：基盤研究（C）, 福島県沖生物中の微弱放射性銀/セシウム比精密定量法開発と移行過程解明への応用, 代表者, 平成27年～29年度, 414千円.
- 8) 濱島靖典, 科学研究費基金：基盤研究（C）, 複数の放射性核種の高分解能空間分布からみた日本列島周辺海域の物質循環, 分担者, 平成27年～29年度, 100千円.
- 9) 松中哲也, 科学研究費基金：若手研究（B）, 石英中炭素14の超高感度測定法の開発と氷河地形編年への応用, 代表者, 平成28年～30年度, 1,300千円.

#### (2) 研究助成金等

- 1) 長尾誠也, 寄附金（研究助成金）：公益財団法人住友財団2017年度環境研究助成, 少子高齢化に対応した里山里海の流域管理の提言と実践, 期間（平成29年11月～平成31年10月）, 9,800千円

### (3) 共同研究費

- 1) 濱島靖典，共同研究：福島大学，環境試料中の極低レベル放射性セシウムの測定，平成 26 年～29 年度，50 千円。
- 2) 濱島靖典，共同研究：(株)環境総合テクノス，微弱放射能測定のための試薬開発と遮蔽体材料開発および環境試料測定，平成 29 年～31 年度，600 千円。
- 3) 松中哲也，筑波大学・弘前大学放射性物質環境動態・環境および生物への影響に関する学際共同研究，陸水域における  $^{129}\text{I}/^{137}\text{Cs}$  比を用いた放射性ヨウ素と放射性セシウムの動態解析，平成 29 年度，230 千円

### (4) 受託研究費

- 1) 長尾誠也，受託研究：国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所，海底近傍における海底土及び放射性物質移動の調査業務，平成 29 年度，3,240 千円。
- 2) 長尾誠也，受託研究：小松市，木場潟の水質改善調査，平成 29 年度，1,238 千円。

### (5) 奨学寄附金

- 1) 濱島靖典，(株)環境総合テクノス，7,827 千円

### (6) その他

- 1) 長尾誠也，JSPS：二国間交流事業，東アジアにおける大気と海洋における多環芳香族炭化水素と放射性物質の動態解析，平成 29 年度，2,400 千円。
- 2) 長尾誠也，北海道大学低温科学研究所公募研究 開拓型研究，陸海結合システムの解明-マルチスケール研究と統合的理解-，平成 29-31 年度（平成 29 年度，972 千円）
- 3) 長尾誠也，機能強化経費：共通政策課題分，平成 29 年度，東アジアの大気・陸域・海域の国際統合環境共同研究拠点の充実，低レベル放射能実験施設，1,000 千円。
- 4) 長尾誠也，環日本海域環境研究センター共通政策課題分：越境汚染・共同研究 29（重点：Matthew），平成 29 年度，能登半島における海底湧水の存在と生物生産性への影響について，800 遅延。
- 5) 長尾誠也，環日本海域環境研究センター共通政策課題分：越境汚染・共同研究 29（一般：林），平成 29 年度，白神山地真瀬川流域における物質循環・移行に関する研究，210 千円。
- 6) 長尾誠也，環日本海域環境研究センター共通政策課題分：越境汚染・共同研究 29（一般：白岩），平成 29 年度，山地河川における融雪・降雨時における懸濁物質・腐植物質の流出プロセス解明，136 千円。
- 7) 長尾誠也，環日本海域環境研究センター共通政策課題分：越境汚染・共同研究 29（一般：大西），平成 29 年度，木場潟の滞留時間制御による水質改善効果の評価と予測，240 千円。
- 8) 長尾誠也，環日本海域環境研究センター共通政策課題分：越境汚染・共同研究 29（若手：神林），平成 29 年度，化学トレーサーを用いた東シナ海の水塊形成と日本海への物質輸送過程の把握，240 千円。
- 9) 長尾誠也，環日本海域環境研究センター共通政策課題分：越境汚染・共同研究 29（研究集会：西岡），平成 29 年度，海流が繋ぐ日本海-オホーツク海の海洋循環・物質循環の変動機構，570 千円。
- 10) 井上睦夫，環日本海域環境研究センター共通政策課題分：越境汚染・共同研究 29（一般：高田），



平成 29 年度，日本海沿岸における放射性 Cs の経年的な動態把握，204 千円。

- 11) 落合伸也，環日本海域環境研究センター共通政策課題分：越境汚染・共同研究 29（一般：酒井），平成 29 年度，湖底・浅海底堆積物の磁化研究および低レベル放射能測定，240 千円。

## 2-4. 研究指導

### (1) 修士論文

- 1) 寺崎聡一郎，福島沿岸域海底堆積物における放射性セシウム存在形態の時空間変動解析．自然科学研究科物質化学専攻，修士（理学），長尾誠也
- 2) 山下詩央里，魚類および海水からみた日本海における低レベル放射性セシウムの影響．自然科学研究科物質化学専攻，修士（理学），井上睦夫

### (2) 卒業研究

- 1) 藤田充司， $^{222}\text{Rn}$  を用いた七尾西湾における海底湧水の探索．理工学域物質化学類化学コース，学士（理学），長尾誠也
- 2) 佐々木 一樹， $^{210}\text{Pb}$  を用いた厚岸湖・厚岸湾堆積環境の検討．理工学域物質化学類化学コース，学士（理学），長尾誠也
- 3) 山岸 栄太，河川水中放射性セシウムの濃度・存在形態と流域環境との関係．理工学域物質化学類化学コース，学士（理学），長尾誠也
- 4) 坂口航平，木場潟における有機汚濁の原因解明研究 -湖内生産と流入有機物の影響評価-．理工学域物質化学類応用化学コース，学士（理学），長尾誠也

## 2-5. その他

### (1) 新聞等報道

- 1) 長尾誠也，環日本海域環境研究センター市民講演会を開催，北國新聞朝刊，平成 29 年 10 月 25 日．
- 2) 長尾誠也，環日本海域環境研究センター市民講演会を開催，北陸中日新聞朝刊，平成 29 年 10 月 26 日．
- 3) 長尾誠也，流域環境カキ養殖に影響？，北陸中日新聞朝刊，平成 30 年 3 月 3 日．
- 4) 長尾誠也，環日本海域環境研究センター国際シンポジウムを開催，北國新聞朝刊，平成 30 年 3 月 3 日．
- 5) 長尾誠也，木場潟プロジェクト実験成果報告，北陸中日新聞朝刊，平成 30 年 3 月 30 日．

# 3. 研究報告

## 福島沿岸域海底堆積物における放射性セシウム存在形態の時空間変動解析

寺崎聡一郎<sup>1</sup>、長尾誠也<sup>1</sup>、小田野直光<sup>2</sup>、浅見光史<sup>2</sup>

<sup>1</sup>〒923-1224 石川県能美市和気オ 24 金沢大学 環日本海域環境研究センター 低レベル放射能実験施設

<sup>2</sup>〒181-0004 東京都三鷹市新川 6 丁目 38 番 1 号 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所

### 【緒言】

2011 年 3 月の東日本大震災に伴う津波により発生した福島第一原子力発電所事故は大量の放射性セシウムを環境中に放出した。海洋への放射性セシウムの流入は、原子力発電所からの直接流入や大気からのフォールアウトによる経路が存在する。流入した放射性セシウムの一部は海底堆積物に収着し、粒子の懸濁、移動や放射性セシウムの海水への溶出、さらには河川から粒子に吸着した形態で流入することによる濃度変動の可能性が考えられる。本研究では、海底堆積物の放射性セシウム濃度の変動要因を明らかにすることを目的とする。そのために、福島原発事故由来の放射性セシウムが沈着する 3 つの沿岸域で採取した海底堆積物の放射性セシウム濃度を測定するとともに、人工海水・1M 酢酸アンモニウム溶液・10%過酸化水素を用いた抽出実験を行い、放射性セシウムの存在形態について検討した。

### 【実験】

2014、2015 年度に宮城県阿武隈川河口沖、福島県新田川沖、福島第一原発沖で海底堆積物を採取した。調査海域の地図を Fig. 1 に示す。堆積物コアを採取後、深さ 0-3 cm、3-10 cm、以降 10 cm 間隔でカッティングした。乾燥後に不純物を除いて 2 mm メッシュのふるいを通し、均一化してから容器にパッキングして Ge 半導体検出器により  $^{134}\text{Cs}$  と  $^{137}\text{Cs}$  の放射能濃度を測定した。また、固液比 1:10 で 2 日間、回転数 60 rpm の条件で人工海水による溶出実験をそれぞれ 2 回ずつ行い、その溶出液中の放射性セシウムの測定結果から溶出率を計算した。さらにその残渣の一部を用いて 1M 酢酸アンモニウム溶液と 10%過酸化水素による抽出実験を行い、それぞれの抽出率を計算した。

### 【結果と議論】

Fig. 2 には本研究で採取した海底堆積物の  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度と含水率の関係を示した。含水率は粒子の物理的特性を間接的に表し、微細粒子を多く含むほど含水率は高く、粒子が粗い堆積物ほど含水率が低くなる。深さ 0-20 cm 層について、 $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度と含水率の間に正の相

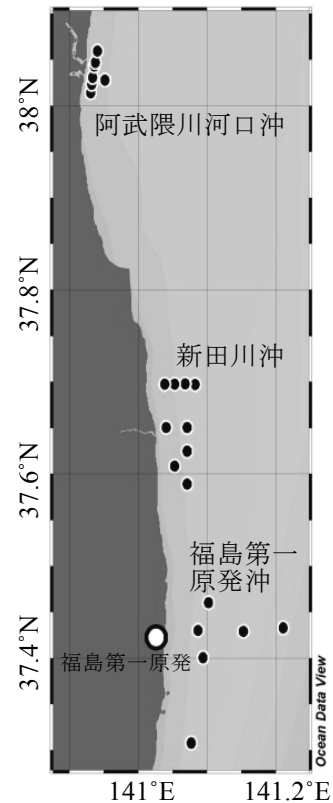


Fig. 1 本研究で対象とした調査海域。黒丸は調査地点を表している。

関性があることから、粒子の物理的特性が堆積物中  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度に影響する可能性が考えられる。

Fig. 3(a)には人工海水による溶出実験の結果を示した。河川粒子が多く供給される阿武隈川河口沖堆積物の  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度は 460~3810 Bq/kg-dry と比較的高い値だが、 $^{137}\text{Cs}$  は人工海水にほとんど溶出しなかった。また、 $^{137}\text{Cs}$  の溶出率が 10%前後の福島原発沖の堆積物は  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度が低く、海水への溶出は海底堆積物中  $^{137}\text{Cs}$  の放射能濃度変動にほとんど影響しないと考えられる。Fig. 3(b)には 1M 酢酸アンモニウム溶液による抽出実験の結果を示した。アンモニウムイオンとセシウムイオンの置換反応により堆積物粒子表面に結合したセシウムイオンが抽出される。抽出率は 0.38~28%で、人工海水への溶出実験の結果と同様、大部分の  $^{137}\text{Cs}$  が堆積物に残存した。また、Fig. 3(c)に 10%過酸化水素による抽出実験の結果を示し、有機物に結合した  $^{137}\text{Cs}$  の割合を検討した。抽出率は 0.91%以下で、有機物に  $^{137}\text{Cs}$  は微量にしか存在しなかった。そのため、 $^{137}\text{Cs}$  は層状粘土鉱物の層間に強く吸着した形態で存在することが考えられる。

以上より、福島第一原発事故 3~4 年後に採取した海底堆積物では、放射性セシウムの大部分が堆積物の微細粒子に強く吸着した形態で存在し、海水への溶出は  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の変動にあまり影響しない。堆積物粒子の物理的特性が堆積物中  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度に強く影響することから、放射性セシウムが吸着した堆積物粒子の巻き上がりや移動が主要な濃度変動要因であると考えられる。

#### 【謝辞】

本研究の多くの部分は、平成 26、27 年度原子力規制庁放射性物質測定調査委託費(海域における放射性物質の分布状況の把握等に関する調査研究)事業において実施された。ここに記して深く感謝する。

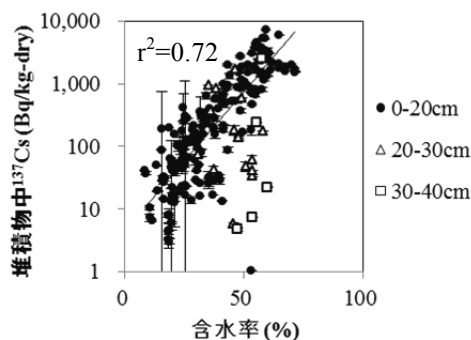


Fig. 2 含水率と  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度

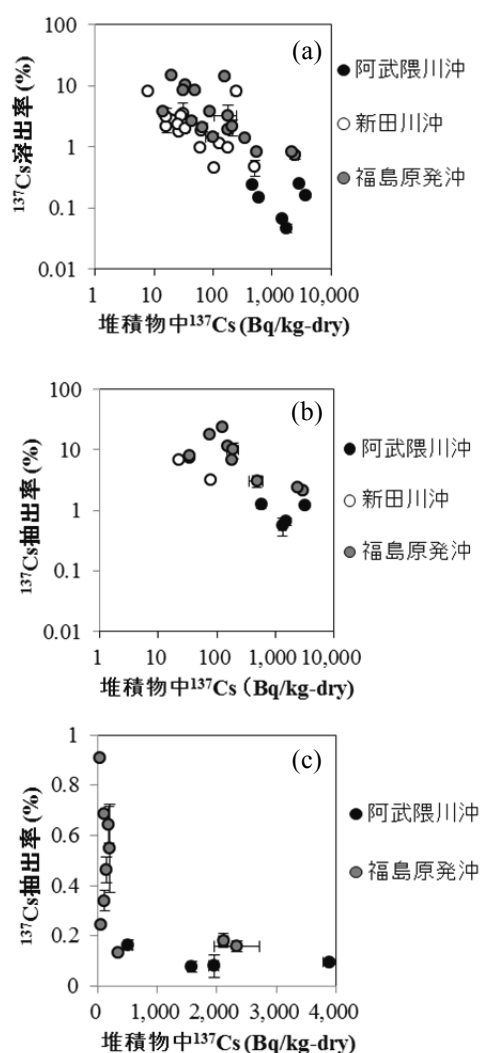


Fig. 3 表層堆積物から人工海水への  $^{137}\text{Cs}$  溶出率(a)、1M 酢酸アンモニウム溶液による  $^{137}\text{Cs}$  抽出率(b)、10% 過酸化水素による  $^{137}\text{Cs}$  抽出率(c)。

## 能登半島九十九湾における 2014-2017 年の海水中 PAHs 変動

松中哲也<sup>1</sup>・長尾誠也<sup>1</sup>・唐 寧<sup>1</sup>・井上睦夫<sup>1</sup>・鈴木信雄<sup>1</sup>・小木曾正造<sup>1</sup>・早川和一<sup>1</sup>

<sup>1</sup>〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学環日本海域環境研究センター

Matsunaka, T.<sup>1</sup>, Nagao, S.<sup>1</sup>, Tang, N.<sup>1</sup>, Inoue, M.<sup>1</sup>, Suzuki, N.<sup>1</sup>, Ogiso, S.<sup>1</sup> and Hayakawa, K.<sup>1</sup>: Temporal variations in PAHs at Tsukumo Bay of Noto Peninsula during 2014–2017

### Introduction

The Japan Sea is semi-enclosed marginal sea and plays an important role in a monitor for anthropogenic pollutants from East Asia. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) are one of the hazardous organics, and mainly originate from imperfect combustion of fossil fuels and biomass, and petroleum (Yunker et al., 2002). Hayakawa et al. (2016) revealed that the total PAHs in the southeastern Japan Sea in 2008 (9.4 ng L<sup>-1</sup>) was higher than that of the northwestern region. The important pathway of the PAHs reach the Japan Sea are interpreted to be the Tsushima Current and atmospheric transport. Little is known about the behavior of PAHs in the coastal area of Japan Sea. The main objective is to illuminate the PAHs migration along the Tsushima Current in the Japan Sea. We monitored the PAHs at Tsukumo Bay of Noto Peninsula.

### Material and Methods

Surface water samples were collected on a monthly basis at Tsukumo Bay in the southern Japan Sea during 2014–2017. Water temperature and salinity were observed at the coastal site of the bay. Water sample of 10 L was separated to dissolved and particulate phases using 0.5 μm filter. After absorption of dissolved organics in the C18 disk, dissolved and particulate PAHs were extracted and analyzed by the HPLC. Ra-226 and Ra-228 in water sample of 20 L were measured by γ-spectrometry to estimate the contribution of seawater from the Tsushima Current.

### Results and discussion

The total PAHs in the surface water from the Tsukumo Bay varied from 0.68 to 2.95 ng L<sup>-1</sup> between 2014 and 2017, with the maximum value occurring in March 2015 (Figure 1.1). There is no seasonal variations which were observed in the atmospheric PAHs at Noto Peninsula (Tang et al., 2015). The 65% of total PAHs were composed of dissolved PAHs on average (Table 1.1). The mean total PAHs in 2017 was 1.20 ng L<sup>-1</sup>, which increased by 1.2 times in comparison to that in 2014 and 2015. These values were lower in comparison to the mean total PAHs at the Japan Sea of 9.4 ng L<sup>-1</sup> in 2008 (Hayakawa et al., 2016) and 8.5 ng L<sup>-1</sup> in 2010 (Chizhova et al., 2013).

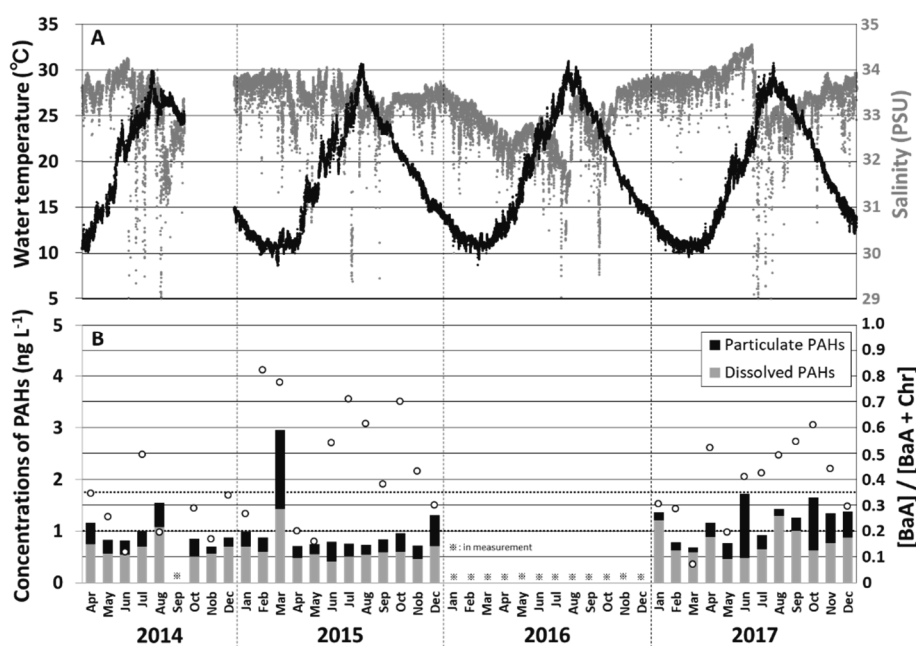
The isomer pairs ratio of benz[*a*]anthracene (B[*a*]A) and chrysene (Chr) with 4 rings can be used as the parameter for source estimation of the PAHs (Yunker et al., 2002). The ratios of (B[*a*]A)/(B[*a*]A+Chr) for the dissolved PAHs in 2014, 2015, and 2017 were usually over 0.2 (Figure 1.1). The sources of dissolved PAHs in were consider to be combustion products of biomass, coal, and petroleum, based on the isomer composition. We will discuss the relation between the PAHs variations at Tsukumo Bay and contribution of seawater from the Tsushima Current.

## Conclusions

This study establishes the environmental behavior of PAHs in coastal area of the Japan Sea by monitoring the dissolved and particulate PAHs at Tsukumo Bay of Noto Peninsula in Japan. The mean total PAHs in 2016 was  $1.20 \text{ ng L}^{-1}$ , which increased by 1.2 times in comparison to that in 2014 and 2015. The main sources of dissolved PAHs were considered to be combustion products based on the isomer composition.

**Table 1.1** Concentrations of PAHs in surface water at the Tsukumo Bay during 2014–2017.

		2014		2015		2017		2014–2017	
		Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean
PAHs ( $\text{ng L}^{-1}$ )	Dissolved phase	0.50–1.08	0.67	0.41–1.43	0.63	0.46–1.29	0.79	0.41–1.43	0.70
	Particulate phase	0.13–0.47	0.30	0.18–1.52	0.40	0.10–1.24	0.42	0.10–1.52	0.38
	Total	0.69–1.55	0.97	0.70–2.95	1.03	0.68–1.72	1.20	0.68–2.95	1.08



**Figure 1.1** A: Temporal variations of surface water temperature (black circles) and salinity (gray circles) observed every hour in the depth of 0.5 m at the coastal site of Tsukumo Bay during 2014–2017. B: The variations in concentrations of PAHs and isomer pairs ratio of  $(\text{B}[a]A)/(\text{B}[a]A + \text{Chr})$  (white circles) for dissolved PAHs in surface water collected on a monthly basis at the Tsukumo Bay during 2014–2017. The ratio of  $(\text{B}[a]A)/(\text{B}[a]A + \text{Chr}) < 0.2$  implies petroleum leakage, while 0.2 to 0.35 implies petroleum combustion, and  $> 0.35$  implies biomass or coal combustion for the PAHs source (Yunker et al., 2002).

## References

- Chizhova, T., Hayakawa, K., Tishchenko, P., Nakase, H., and Koudryashova, Y. (2013), Distribution of PAHs in the northwestern part of the Japan Sea, *Deep Sea Research Part II*, **86–87**, 19–24.
- Hayakawa, K., Makino, F., Yasuma, M., Yoshida, S., Chondo, Y., Toriba, A., Kameda, T., Tang, N., Kunugi, M., Nakase, H., Kinoshita, C., Kawanishi, T., Zhou, Z., Qing, W., Mishukov, V., Tishchenko, P., Lobanov, V. B., Chizhova, T., and Koudryashova, Y. (2016), Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Surface Water of the Southeastern Japan Sea, *Chem. Pharm. Bull.*, **64**, 625–631.
- Tang, N., Hakamata, M., Sato, K., Okada, Y., Yang, X., Tatematsu, M., Toriba, A., Kameda, T., Hayakawa, K. (2015), Atmospheric behaviors of polycyclic aromatic hydrocarbons at a Japanese remote background site, Noto peninsula, from 2004 to 2014, *Atmos. Environ.*, **120**, 144–151.
- Yunker, M.B., Macdonald, R.W., Vingarzan, R., Mitchell, R.H., Goyette, D., and Sylvestre, S., PAHs in the Fraser River basin: a critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition (2002), *Org. Geochem.*, **33**, 489–515.

## $^{222}\text{Rn}$ を用いた七尾西湾における海底湧水の探索

藤田充司<sup>1</sup>、長尾誠也<sup>1</sup>、落合伸也<sup>1</sup>、杉本亮<sup>2</sup>、M. Charette<sup>3</sup>、P. Henderson<sup>3</sup>

<sup>1</sup>〒923-1224 石川県能美市和気オ 24 金沢大学環日本海域環境研究センター 低レベル放射能実験施設

<sup>2</sup>〒917-0116 福井県小浜市堅海 49-8-2 福井県立大学海洋生物資源臨海研究センター

<sup>3</sup> 360 Woods Hole Road Woods Hole, MA 02543, USA Woods Hole Oceanographic Institution, Department of Marine Chemistry and Geochemistry

A. Fujita, S. Nagao, S. Ochiai, R. Sugimoto, M. Charette, P. Henderson : Research of Submarine Groundwater Discharge using  $^{222}\text{Rn}$  in Nanao West Bay in Ishikawa Prefecture , Japan

### [はじめに]

陸域由来の豊富な栄養塩が供給されるため、沿岸域は高い生物生産性がある。栄養塩供給源として河川水と地下水（海底湧水）の2つの経路が考えられる。河川と異なり、流出場所・状態の特定が困難な地下水の寄与を特定する有効なトレーサーとして  $^{222}\text{Rn}$  が多くの研究で用いられている。 $^{222}\text{Rn}$  はウラン系列に含まれ、水溶性で不活性な希ガスである。地殻中にはウラン系列である  $^{238}\text{U}$  や  $^{226}\text{Ra}$  が多く含まれており、地殻中を流れる地下水中には高濃度の  $^{222}\text{Rn}$  が含まれている一方、地表水中の  $^{222}\text{Rn}$  は大気への拡散や放射壊変により失われる。また、 $^{222}\text{Rn}$  の半減期は約 3.8 日と短いため、リアルタイムで地下水の寄与を調査する指標として用いることが出来る。本研究では、石川県能登半島の半閉鎖的な海域である七尾西湾（図 1）において海水と周辺の流入河川水・地下水の  $^{222}\text{Rn}$  濃度を測定し海底湧水の実態を把握することを試みた。

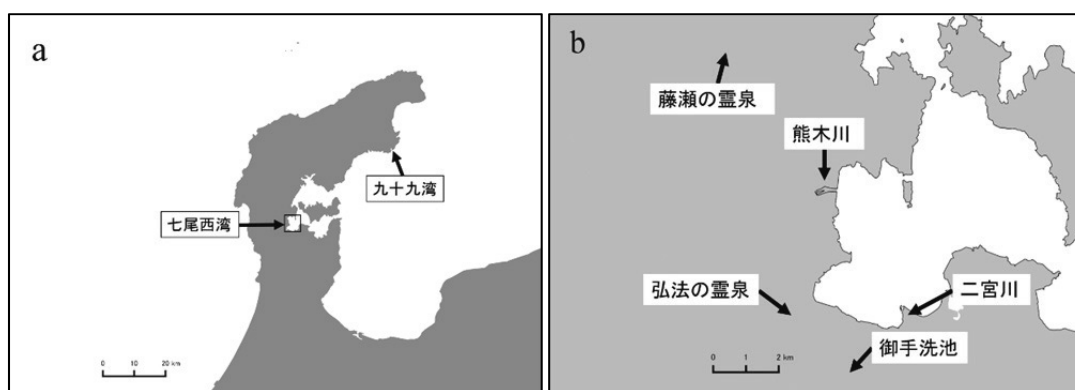


図 1 調査地点 a : 能登半島全体図 b : 七尾西湾全体図

### [測定]

2017 年 11 月 15 日に石川県の七尾西湾において採取した試料中の  $^{222}\text{Rn}$  濃度を、採取

後すぐに静電捕集型ラドン測定器 RAD7 を用いて測定した。また、試料採取地点で直読式総合水質計（CTD）を用いて観測地点の塩分・水温・DO 等を鉛直的に観測した。

### [結果と考察]

2017年11月での調査において、七尾西湾中央部～東部(測点 NW-3,6,A2)で高い $^{222}\text{Rn}$ 濃度が検出された(図2)。また、地下水中の $^{222}\text{Rn}$ 濃度は海水中と比べ約1000倍、河川水中は約15倍となった。このように、地下水だけでなく河川水も海水への $^{222}\text{Rn}$ 供給源となりえることから、両者を区分するために地下水と海水、河川水と海水の塩分勾配に対応した $^{222}\text{Rn}$ の保存的混合曲線(図3)を用いた。実線は河川水と湾外海水中の $^{222}\text{Rn}$ が保存的に混合した場合の曲線であり、河川水の $^{222}\text{Rn}$ エンドメンバー値は七尾西湾へ流入する二つの河川(熊木川・二宮川)の $^{222}\text{Rn}$ 濃度の平均値を用いた。破線は地下水と湾外海水中の $^{222}\text{Rn}$ が保存的に混合した場合の曲線であり、地下水の $^{222}\text{Rn}$ エンドメンバー値は七尾西湾周辺の3つの地下水(藤瀬の霊泉・弘法の霊泉・御手洗池)の $^{222}\text{Rn}$ 濃度の平均値を用いた。また、湾外海水の $^{222}\text{Rn}$ エンドメンバー値として同じ能登半島の九十九湾沖の表層海水の $^{222}\text{Rn}$ 濃度を用いた。多くの地点が河川水と湾外海水の保存的混合曲線(実線)上にプロットされたため、それらの地点の $^{222}\text{Rn}$ は河川由来であると考えられた。一方で、底層水 $^{222}\text{Rn}$ 濃度が高くなった七尾西湾中央部～東部の地点(測点 NW-3,6,A2)は地下水と湾外海水の保存的混合曲線(破線)近くにプロットされた。したがって、これらの地点では地下水の寄与が高いと示唆された。

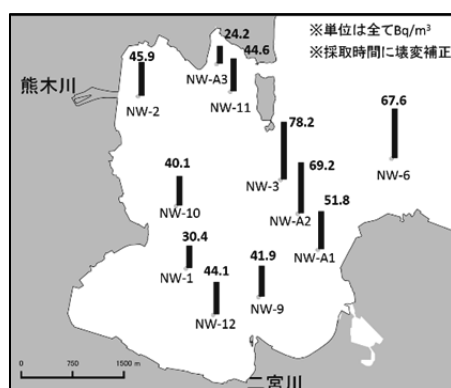


図2 底層水 $^{222}\text{Rn}$ 濃度

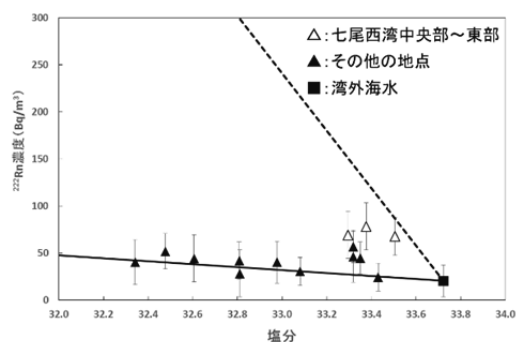


図3  $^{222}\text{Rn}$ の保存的混合曲線

### [参考文献]

杉本亮・本田尚美・鈴木智代・落合伸也・谷口真人・長尾誠也 (2014) 夏季の七尾湾西湾における地下水流出が底層水中の栄養塩濃度に及ぼす影響. 水産海洋研究, **78(2)**, 114-119.



## 大気由来放射性核種を用いた貯水池-流域系における地表物質の流出挙動

落合伸也<sup>1</sup>・長尾誠也<sup>1</sup>・宮田佳樹<sup>2</sup>・松木篤<sup>2</sup>

<sup>1</sup>〒923-1224 能美市和気町オ24 金沢大学環日本海域環境研究センター低レベル放射能実験施設

<sup>2</sup>〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学先端科学・イノベーション推進機構

<sup>3</sup>〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学環日本海域環境研究センター

Shinya Ochiai<sup>1</sup>, Seiya Nagao<sup>1</sup>, Yoshiki Miyata<sup>2</sup> and Atsushi Matsuki<sup>3</sup>: Transport processes of earth surface materials in a reservoir-catchment system based on the atmospheric radionuclides

### 【はじめに】

河川流域を構成する土砂・有機物など地表物質の流水による侵食・運搬作用は、流域の地形発達に関与するプロセスであるとともに、陸域から海洋への主要な物質流出プロセスでもある。流域における様々な環境変動が海洋への物質流出に影響を及ぼすことが考えられ、その影響評価や将来予測のためには、地表物質の流出挙動の把握が必要不可欠である。しかしながら大規模な河川流域では、種々のプロセスが複合しており、個々のプロセスを識別可能なアプローチとの連携が必要である。一方で、河川流域中に存在する貯水池には周囲の小流域から流出する地表物質や大気降下物等が集積するため、流域での物質流出プロセスの解明に適している。そこで本研究では貯水池とその流域（貯水池—流域系）に注目し、セディメントトラップによる沈降粒子採取と水盤による大気降下物採取を同時に行い、大気降下物中の放射性核種 ( $^7\text{Be}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ ) を用いて流域における地表物質の流出挙動の解明を試みた。

### 【手法】

石川県珠洲市に位置する農業用貯水池（新池）を調査対象地とし、沈降粒子の観測を行った（図1）。湖底にセディメントトラップ（開口部面積：0.13 m<sup>2</sup>）を2か所設置し、2016年6月から毎月1回沈降粒子を回収した。得られた沈降粒子は凍結乾燥の後重量を測定し、堆積速度を見積もった。大気降下物の採取は、珠洲市に位置する金沢大学環日本海域環境研究センターの能登大気観測スーパーサイト（能登学舎）屋上に水盤を設置し（開口部面積：0.18 m<sup>2</sup>）、毎月セディメントトラップと同じタイミングで行った。降水試料は陰イオン交換樹脂と陽イオン交換樹脂を混合して充填したカラムを通し、放射性核種を吸着させた。乾燥後の沈降粒子試料およびイオン交換樹脂は均一化の後、プラスチック容器に封入し、Ge半導体検出器によって $^7\text{Be}$  および $^{210}\text{Pb}$  の測定を行った。

### 【結果と考察】

$^7\text{Be}$  および $^{210}\text{Pb}$  の降下フラックスは、2016年6月から2017年12月にかけて、それぞれ3.1~30 Bq m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>、0.5~6.1 Bq m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>の値を示し、夏季に小さく、冬季に大きい経時変動を示した（図2）。貯水池での $^7\text{Be}$  の堆積フラックスは同期間の降下量とほぼ同程度の値を示していた。このことは堆積する $^7\text{Be}$  は湖面への直接沈着によるものが主であり、流域からの寄与は少ないと考えられた。一方、 $^{210}\text{Pb}$  堆積フラックスは降下量に比べて数十倍高い値を示していた。このことは堆積する $^{210}\text{Pb}$  の大部分が流域起源であり、湖面への直接沈着の寄与は小さいことを示唆している。これらの流域からの寄与における核種間の相違は、地表物質の流出の時間スケールとそれぞれの半減期の違いに起因している可能性が考えられる。

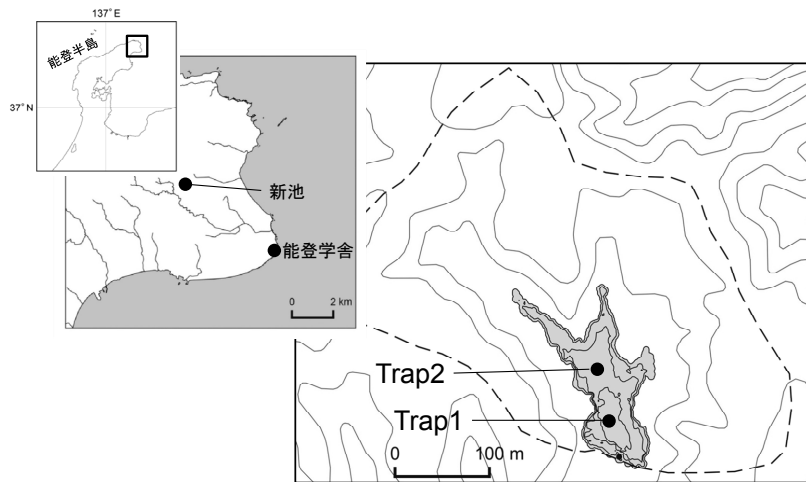


図1 新池および能登大気観測スーパーサイト（能登学舎）の位置と新池でのセディメントトラップ採取位置

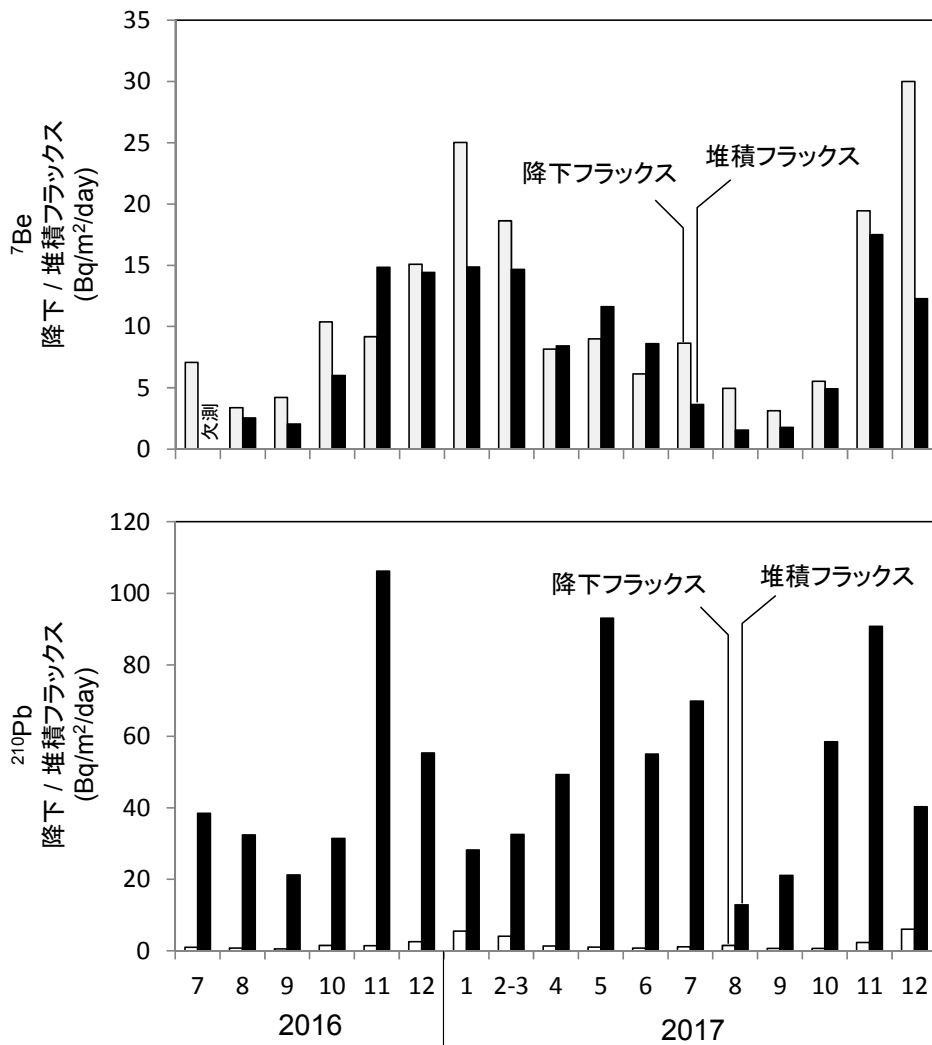


図2  $^7\text{Be}$  および  $^{210}\text{Pb}$  の大気からの降下フラックスと貯水池への堆積フラックスの経時変動

## 大気由来放射性核種と炭素・窒素同位体比を利用した 熊木川河川水懸濁粒子の動態解析

田原 龍之介<sup>1</sup>, 長尾 誠也<sup>1</sup>, 落合 伸也<sup>1</sup>, 長谷川 卓<sup>2</sup>, 後藤 晶子<sup>2</sup>

<sup>1</sup>〒923-1224 石川県能美市和気オ 24 金沢大学環日本海域環境研究センター  
低レベル放射能実験施設

<sup>2</sup>〒920-1192 石川県金沢市角間町 金沢大学理工研究域地球社会基盤学類  
Study on Migration Behavior of Suspended Solids in the Kumaki River Using  
Carbon-Nitrogen Isotope Ratio and Radionuclides

### 【緒言】

日本では全国的に里山の荒廃が進行中で農林業者の過疎高齢化、採算性の低下等による人手不足から農林業の衰退が深刻化している。その結果、水田の放棄や荒地化が進み農地からの土壌流出が増加し土地の生産性低下とともに、人工林の荒廃による土壌表層の裸地化、流出の可能性が指摘されている。一方、流出した土壌は河口付近の生態系に影響を及ぼすため、流域内の土壌粒子の流出挙動を知ることは里山里海環境の保全につながる。本研究では大気から供給されている  $^7\text{Be}$  ( $T_{1/2}=53\text{d}$ )、 $^{137}\text{Cs}$  ( $T_{1/2}=30.1\text{y}$ )、 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$  ( $T_{1/2}=22.3\text{y}$ )と有機物の炭素・窒素同位体比から、過疎高齢化、耕作・森林管理放棄地が増加している石川県七尾市にある熊木川における懸濁粒子の流出挙動を調査した。

### 【実験】

河川調査は図1に示した石川県七尾市にある熊木川で、2016年4月から2017年3月まで毎月実施した。熊木川流域は上流の森林、中流から下流にかけての水田地帯、住宅地が分布し、土地利用に明確な違いが認められる。熊木川の上流、中流、下流に観測点を設定した。観測毎に水質・流速を測定し、採水した河川水から連続遠心法により懸濁粒子を回収した。凍結乾燥後にGe半導体検出器による $\gamma$ 線測定を行い、 $^7\text{Be}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ を測定した。測定終了後に1M HClで炭酸塩を除去した後にTOC、TNを元素分析計により、 $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ は質量分析計、 $\Delta^{14}\text{C}$ は加速器質量分析計により測定した。

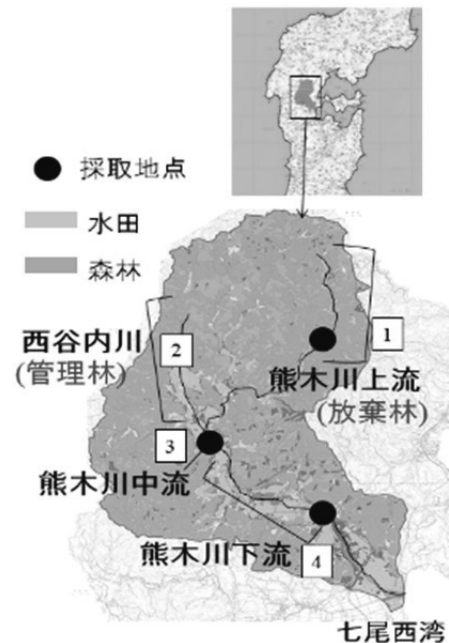


図1 熊木川流域の土地利用形態と

調査地点

1：熊木川上流域 2：西谷地川流域

3：熊木川中流域 4：熊木川下流域

### 【結果と考察】

懸濁粒子の濃度と粒子流出量を計算し、放射能濃度と炭素・窒素同位体比分析から粒子の流出挙動を検討した。図2には月ごとの河川水中の懸濁粒子濃度と懸濁粒子中の $^{137}\text{Cs}/^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 放射能濃度比を示した。時間降水量25 mm以上の激しい降雨の影響がある2016年9月の熊木川では、河川水中の粒子濃度が他の調査時に比べて2~4倍高い濃度であった。また、全体を通して中流と下流の $^{137}\text{Cs}/^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 比は月ごとの増減傾向が異なる。この結果から下流では中流一下流間の集水域からの懸濁粒子の流入が支配的であることが示唆される。

2017年1~3月は降雪の影響で降水量が恒常的に高くなり、 $^{137}\text{Cs}/^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 比は2016年4~12月に比べ2倍程度の変動幅がある。このことから降雪により流出する懸濁粒子の起源が変化すると考えられる。

有機物について、図3には懸濁粒子のC/N比と $\delta^{13}\text{C}$ 値、 $\delta^{15}\text{N}$ 値の時系列変化を示す。森林域の上流では水田域の中流や下流と比較してC/N比では13~17程度と高い値を、 $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ ではそれぞれ-27.5~-28‰、1~2‰と低い値を取っていた。採取前日に降雨があった7月と9月には中流と下流それぞれの有機物に関する値が上流側へとシフトしていることが分かった。このことから降雨時には上流の粒子が中流、下流まで到達していると考えられる。

### 参考文献

1. 石川県土木部河川課 雨量月報
2. 国土交通省 気象庁ホームページ

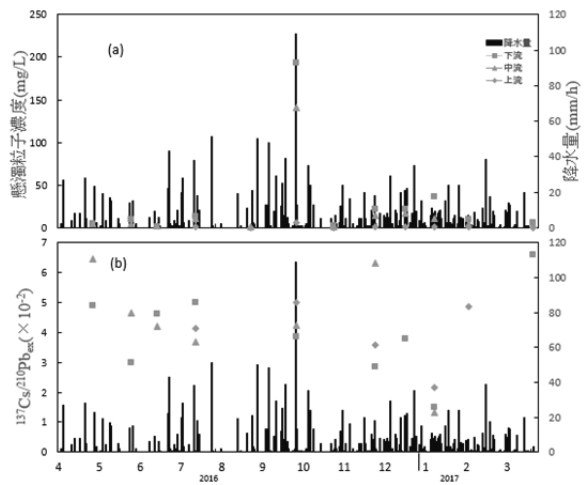


図2 懸濁粒子濃度(a)と懸濁粒子の $^{137}\text{Cs}/^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 放射能濃度比(b)  
棒グラフは日ごとの降水量を表す  
降水量は石川県土木部河川課 雨量月報(2016年4月~2017年1月)と  
国土交通省 気象庁ホームページ  
(2017年2月~2017年3月)より引用

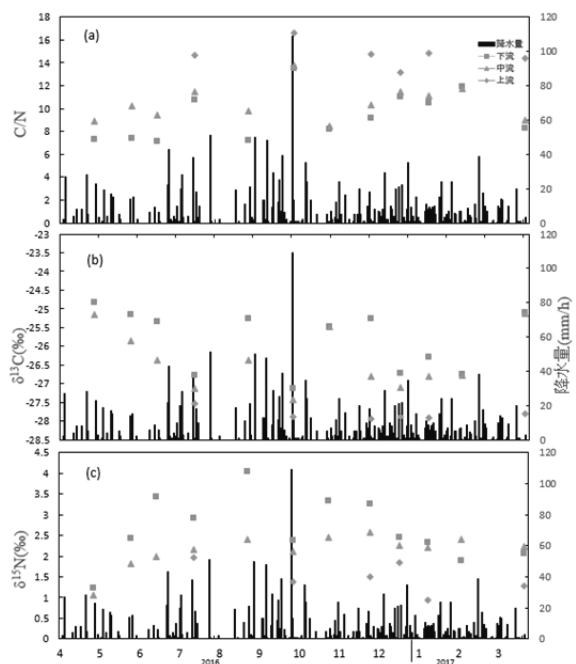


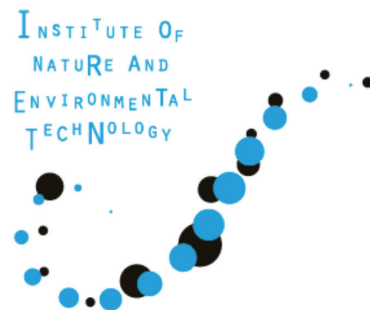
図3 懸濁粒子のC/N比(a)と $\delta^{13}\text{C}$ 値(b)、 $\delta^{15}\text{N}$ 値(c)

<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>

平成 29 年度見学来訪・出張の記録

- 平成 29. 4. 11 公益財団法人 海洋生物環境研究所 高田 兵衛 氏 共同利用研究打ち合わせ  
4. 24 茨城大学 准教授 畠田 敏行 氏 共同利用研究打ち合わせ  
4. 26 ロシア科学アカデミー極東支部太平洋海洋研究所のT. Chizhova氏とY. Kudryashova  
氏, JSPS二国間交流事業での研究打ち合わせのため来所  
5. 9-7. 7 井上准教授「頭脳循環を加速する戦略的国際研究ネットワーク推進プログラム」  
のためニュージーランド（オークランド）へ出張  
5. 27-6. 3 長尾教授「11th International Conference on Humic Substances in Ecosystems  
(HSE11)」出席のためポーランドへ出張  
5. 27-6. 3 濱島准教授「4th International Conference on Environmental Radioactivity」  
出席のためリトアニアへ出張  
6. 9 福井県立大学 准教授 杉本 亮 氏, 共同利用研究打ち合わせのため来所  
6. 12 石川県立大学 講師 勝見 尚也 氏, 研究打ち合わせのため来所  
6. 23 岐阜大学 准教授 大西 健夫 氏, 共同利用研究打ち合わせのため来所  
7. 13 学校法人 芝学園 4 4 名, 尾小屋地下測定室見学  
7. 25 理工学域物質化学系 3 年生 4 7 名実習, 尾小屋地下測定室見学  
7. 31 公益財団法人 海洋生物環境研究所 高田 兵衛 氏 共同利用研究打ち合わせのため来  
所  
6. 13 東京大学大学院理学系研究科修士課程 2 年 三浦 輝氏 研究打ち合わせのため来  
所  
8. 6-9 長尾教授「頭脳循環を加速する戦略的国際研究ネットワーク推進プログラム」のた  
めニュージーランド（オークランド）へ出張  
8. 7-10 公益財団法人 海洋生物環境研究所 高田 兵衛 氏, 城谷 勇陸 氏, 共同利用研  
究のため来所  
8. 12-20 松中助教「14 t h International Conference on Accelerator Mass Spectrometry」  
出席のためカナダ（オタワ）へ出張  
9. 16-23 長尾教授, 井上准教授, 落合助教「6th Asia-Pacific Symposium on Radiochemistry」  
に出席のため韓国へ出張  
9. 28-30 長尾教授 共同研究打ち合わせのためロシア（ウラジオストク）へ出張  
10. 4-12. 6 井上准教授「頭脳循環を加速する戦略的国際研究ネットワーク推進プログラム」  
のためニュージーランド（オークランド）へ出張  
10. 19 富山大学 理学部 地球科学科 4 年 竹川 美星 氏, 共同利用研究のため来所  
10.20 福井県立大学 准教授 杉本 亮 氏, 九十九湾調査打ち合わせのため来所  
10.27 金沢大学新入職員初任者研修 新入職員 1 5 名と引率職員 3 名 低レベル放射能  
実験施設を見学  
10.31-11.4 長尾教授 二国間交流事業での共同研究打ち合わせのためロシア（ウラジオス  
トク）へ出張  
11.12-15 長尾教授 共同研究打ち合わせのためシンガポールへ出張  
11.15-16 富山大学 大学院理工学研究部教授 酒井 英男 氏, 富山大学 理学部 地球科学科  
4 年 竹川 美星 氏, 共同利用研究のため来所

- 11.16 海上技術安全研究所 浅見 光史 氏 研究打ち合わせ
11. 16 北陸原子力懇談会 2 5 名, 尾小屋地下測定室見学
11. 17 富山大学大学院 理工学教育部 地球生命環境科学専攻博士課程 神林 翔太 氏, 共同  
利用研究打ち合わせのため来所 (角間)
11. 19-26 松中助教「7th East Asia Accelerator Mass Spectrometry Symposium」に  
出席のため中国 (桂林) へ出張
12. 15 富山大学 博士 3 年 神林 翔太 氏, 共同利用研究のため来所
12. 21-27 長尾教授 大学の世界展力強化事業のためロシア (ウラジオストク) へ出張
- 平成 30. 1. 10 富山大学 理学部 地球科学科 4 年 樽松 宏征 氏, 共同利用研究のため来所 (角間)
1. 11-3. 31 井上准教授「頭脳循環を加速する戦略的国際研究ネットワーク推進プログラム」  
のためニュージーランド (オークランド) へ出張
1. 22-24 長尾教授 共同研究打ち合わせのため中国 (北京) へ出張
1. 25-26 茨城大学 准教授 畠田 敏行 氏 共同利用研究打ち合わせ
- (3. 2-3 富山大学大学院 理工学教育部 地球生命環境科学専攻博士課程 神林 翔太 氏, 共  
同利用研究成果報告及び国際シンポジウム (角間) 出席)
- (3. 2-4 岐阜大学 応用生物科学部 准教授 大西 健夫 氏, 共同利用研究成果報告及び国際  
シンポジウム (角間) 出席)



環日本海域環境研究センター 低レベル放射能実験施設

〒923-1224 石川県能美市和気

TEL (0761) 51 - 4440 FAX (0761) 51 - 5528

尾小屋測定室 TEL, FAX (0761) 67 - 1740

Low Level Radioactivity Laboratory, Kanazawa University, Wake, Nomi, Ishikawa 923-1224, JAPAN