

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 2020.4～2021.3



どじょう
秋の泥鰌池（立山カルデラ内の湖沼）

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	5
2-3. 研究費	12
2-4. 研究指導	13
2-5. その他	14
3. 研究報告	
^{134}Cs 濃度の空間分布からみた北海道東部太平洋海域における海水循環	16
ラジウム同位体からみた日本列島をとりまく表層海水循環	18
流域環境が異なる陸域から海洋への溶存有機物の動態研究	20
放射性核種・物理特性を用いた貯水池-集水域系における地表物質の 侵食・運搬プロセスの解明	22
4. 記録	
令和二年度見学来訪・出張の記録	24

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
- ・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
- ・博士研究員 岩井 久典 (h-iwai@se.kanazawa-u.ac.jp)
博士 (工学) 専攻 環境化学
- ・研究員 浜島 靖典 (hamajima@se.kanazawa-u.ac.jp)
- ・研究員 西川 方敏
- ・事務補佐員 茶木 春奈 (chaki@staff.kanazawa-u.ac.jp)

学生

- ・博士後期課程 2 年 Baterdene Ariunsanaa
- ・博士前期課程 2 年 竹原 亮成
- ・博士前期課程 2 年 鶴岡 幹矢
- ・博士前期課程 2 年 花木 祥太朗
- ・博士前期課程 2 年 宮川 和大
- ・博士前期課程 1 年 亀山 紘旭
- ・博士前期課程 1 年 Rodrigo Jose Mundo Duenas
- ・化学科 4 年生 田中 さき

2. 研究活動

2-1. 研究概要

本低レベル放射能実験実験施設では、環日本海域の大気—海洋—陸域を連結した統合環境において、有害化学物質等の動態・移行プロセスを検討する。同位体・放射性核種を活用した物質動態トレーサーを開発し、その支配要因を明らかにする。さらに、モデルシミュレーションと組み合わせ、環日本海域における有害化学物質等の総合的な物質動態解析と将来予測を実施する。

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」の概念を導入して研究に取り組む必要がある。以下には、令和2年度の活動により、それぞれの調査研究で得られた成果を紹介する。

2-1-1. 能登半島における統合環境研究

本施設の所属する環日本海域環境研究センターでは、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州市と七尾市旧中島町の熊本川—七尾西湾での観測を実施している。中島地域の熊本川の上流・中流・下流の観測点で採取した河川懸濁粒子の有機物の炭素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$)、放射性炭素 ($\Delta^{14}\text{C}$) を測定した結果を解析した。その結果、流下方向では、上流から下流に向けて懸濁粒子の有機物の $\delta^{13}\text{C}$ は増加し、 $\Delta^{14}\text{C}$ は減少した。また、河川流量の増加に対しては、有機物の $\delta^{13}\text{C}$ は減少し、 $\Delta^{14}\text{C}$ は増加した。この結果より、七尾湾への懸濁態有機物の供給は、平水時には中流から下流域に広がる水田、降雨時には主に下流域の森林土壌の寄与が増加する事を示唆している。

一方、能登半島に位置する貯水池（珠州市）とその集水域を対象に、大気由来放射性核種 ^7Be 、 ^{210}Pb の流出挙動の検討を行った。セディメントトラップによる沈降粒子と水盤による大気降下物の採取を同時に行い、貯水池—集水域系内における ^7Be と $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ の収支に基づいて集水域からの流入量を推定した。その結果、 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ は通年で集水域からの運搬がみられたのに対し、 ^7Be は冬季にのみ運搬がみられた。この ^7Be と $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ の挙動の違いは、1) 夏季には降下量の減少と樹冠による遮断効果により集水域土壌の ^7Be 存在量が減少したこと、2) 運搬中の土壌粒子に落葉から放射性核種が供給されるプロセスがあることの2つに起因していることが推定された。集水域から貯水池への ^7Be と $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ の運搬量は冬季に増加する変動を示し、これは冬季の月間降雨日数および湖水流出量（≒集水域からの水の流出量）の変動傾向に概ね対応していた。このことから、この地域では冬季の降雨頻度の増加が、集水域の水の流出、および大気由来放射性核種の流出挙動に大きく影響していることが示唆された。

2-1-2. 小松市木場潟における有機汚濁の原因解明研究

本研究では、コロナ禍の影響により、2020年6月から2021年3月まで1ヶ月に1回の水質観測を5測点で実施し、2020年1月から3月までの観測データも加えて湖内の有機物濃度の変動とその動態について流入河川の測定結果と比較検討した。その結果、木場潟の湖内生産に及ぼす集水域からの有機物の供給は降雨時を除くと限定的であると考えられる。また、湖内表層と底層では、溶存態と懸濁態の有機炭素濃度は2020年9月から10月で高く、表層では有機炭素含有量と $\delta^{13}\text{C}$ 値に正の相関性が認められることから、湖内の植物プランクトンの増殖による有機物の負荷、供給が起きていることを示唆している。

2-1-3. 東アジアにおける有害化学物質の動態解析研究

1) 日本近海における多環芳香族炭化水素類の水平分布と経年変動解析

本研究は、2019 年と 2020 年における日本近海を中心とした北太平洋における有害有機物（多環芳香族炭化水素, polycyclic aromatic hydrocarbons: PAHs）の越境汚染の実態を把握した。8 海域（①西部北太平洋熱帯域、②南シナ海、③東シナ海、④日本海、⑤北太平洋日本近海、⑥オホーツク海、⑦ベーリング海、⑧北極海）における全 PAHs（粒子態＋溶存態）は、中緯度域で高く、高緯度域で低くなる傾向を示したことから、東アジアの PAHs 排出が低・中緯度域の海水中 PAHs に大きく寄与していたことが分かった。一方、2020 年における日本海的全 PAHs は、2019 年と比べ有意に低下し、PAHs 濃度の高い浅層海水の寄与低下と東シナ海における黒潮系海水の PAHs 濃度低下によって引き起こされた可能性が示唆された。

2) 河川水中の多環芳香族炭化水素類の溶存形態別分離手法の開発

本研究では、環境水中の PAHs の溶存形態の把握を目的とし、カチオン性ポリマーコーティング濾紙（PcGF）を用いて親水性画分としてふるまう PAHs の分離手法を開発した。七尾近辺の河川（熊木川、二宮川、及び大津川）を対象として、粒子態（ $> 0.5 \mu\text{m}$ ）、溶存態（Empore C18 disk 吸着画分）及び親水性溶存種（PcGF 吸着画分）の PAHs を分析した。3 河川水中の PAHs 濃度は、粒子態及び溶存態がそれぞれ約 5 ng L^{-1} 及び $10\text{-}15 \text{ ng L}^{-1}$ であり、親水性溶存種は約 $5\text{-}8 \text{ ng L}^{-1}$ であることが分かった。従来手法（Empore C18 disk）で検出されなかった溶存態 5 環 PAHs が、PcGF 法では検出されており、環境水中における PAHs の存在形態に共存する親水性溶存有機物が影響を及ぼすことが示された。

2-1-4. 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での放射生セシウムの動態

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。

2) ^{134}Cs 濃度からみた東シナ海東部の海水循環

長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科の協力により、2019 年 6-12 月の 4 度にわたる調査航海東シナ海東部で海水試料（特に九州沖合の鉛直採水）を採取した。極低バックグラウンド γ 線測定法の適用により、低レベル ^{134}Cs 濃度の鉛直分布を求めた。その結果、2019 年に東シナ海東部においては、水深 200 m 付近で ^{134}Cs 濃度が、極大値を示すことが明らかになった。太平洋側から東シナ海への ^{134}Cs の流入にはこの垂表層海水の寄与が大きいと推測された。来年度はより広範囲の調査、研究を行う予定である。本成果は、日本海の海水の由来、例えば太平洋から日本海への流入メカニズムを探るうえで重要な知見をもたらす。

3) ^{134}Cs 濃度からみた北海道道東沖の海水循環

水産資源研究所（釧路分室）の協力により、2018-2019 年に採取した表層海水の ^{134}Cs 濃度分布を求めた。 ^{134}Cs 濃度は本採取期間に増加傾向がみられた ($0.5\text{-}1 \text{ mBq/L}$)。これは、FDNPP から直接流出した放射性セシウムが亜寒帯循環によって道東海域に再流入したことを意味する。道東海域の海水はカムチャツカ海流水、宗谷暖流水、オホーツク表層海水の影響を受けている。3 つの水塊の塩分、 ^{134}Cs 濃度のエンドメンバーを設定することによって、秋季の道東海域における各水塊の混合比を見積もった。道東海域沿岸域には宗谷暖流変質水が分布する一方、沖合における親潮水の寄与率は 30 %を超えていることが示された。

4) 福島原発付近の沿岸域における放射生セシウムの動態研究

本研究では、東京電力株式会社福島第一原子力発電所から放出された放射性物質について、河口・沿岸域における動態を把握するため、昨年度に引き続き3地点で時系列式セジメントトラップを設置し、7期間（1期間は1日間）の沈降粒子を捕集し、懸濁物質の放射性セシウムのフラックス、有機物の同位体比等の分析を行った。その結果、沈降粒子の起源(河川懸濁粒子と海底土)とその移動方向、南北の海流の動き等が密接に関与し、令和元年度・2年度の2年間の観測から、6月から12月までの期間では同じ支配要因が作用していることが明らかとなった。本研究はJAEAからの受託研究として実施した。

2-2. 研究業績

(1) 学術論文

- 1) Inoue, M., Takehara, R., Hanaki, S., Kameyama, H., Nishioka, J. and Nagao, S., 2020. Distributions of radiocesium and radium isotopes in the western Bering Sea in 2018. *Marine Chemistry*, **225**, 103843.
- 2) Inoue, M., Takehara, R., Takikawa, T., Shirotani, Y., Morita, T., Honda, N. and Nagao, S., 2020. Circulation paths of ^{134}Cs in seawater southwest of Japan in 2018 and 2019. *Journal of Environmental Radioactivity*, **223-224**, 106382.
- 3) Inoue, M., Shirotani, Y., Morokado, T., Hanaki, S., Ito, M., Kameyama, H., Kofuji, H., Okino, A., Shikata, T., Yoshida, M. and Nagao, S., 2021, Kuroshio fractions in the southwestern Sea of Japan; implications from radium isotopes. *Continental Shelf Research*, **214**, 104328.
- 4) Itono, T., Kashiwaya, K. and Ochiai, S., 2020, A Study of Sedimentary Environments Based on Long-term Observation in a Small Lake-catchment System in Central Japan. *Environmental Processes*, **7**, 615-630.
- 5) Iwai, H., Yamamoto, M., Matsuo, M., Liu, D. and Fukushima, M., 2021, Biodegradation and structural modification of humic acids in a compost induced by fertilization with steelmaking slag under coastal seawater, as detected by TMAH-py-GC/MS, EEM and HPSEC analyses. *Analytical Sciences*, in press.
- 6) Kaeriyama, H., Fujimoto, K., Inoue, M. and Minakawa, M., 2020, Radiocesium in Japan Sea associated with sinking particles from Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. *Journal of Environmental Radioactivity*, **222**, 106348.
- 7) Katsumi, N., Kusube, T., Nagao, S. and Okochi, H., 2020, The role of coated fertilizer used in paddy fields as a source of microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, **161**, 111727.
- 8) Katsumi, N., Kusube, T., Nagao, S. and Okochi, H., 2021, Accumulation of microcapsules derived from coated fertilizer in paddy fields. *Chemosphere*, **267**, 129185.
- 9) Katsuta, N., Naito, S., Ikeda, H., Tanaka, K., Murakami, T., Ochiai, S., Miyata, Y., Shimizu, M., Hayano, A., Fukui, K., Hasegawa, H., Nagao, S., Nakagawa, M., Nagashima, K., Niwa, M., Murayamai, M., Kagawa, M. and Kawakami, S., 2020, Sedimentary rhythm of Mn-carbonate laminae induced by East Asian summer monsoon variability and human activity in Lake Ohnuma, southwest Hokkaido, northern Japan, *Quaternary Science Reviews*, **248**, 106576.
- 10) Matsumura, M., Sasa, K., Matsunaka, T., Sueki, K., Takahashi, T. and Matsuzaki, H., 2020, Contamination assessment of chemical preparation rooms for I-129 AMS, *Analytical Science*, **36**, 631-636.

- 11) Munemoto, T., Solongo, T., Okuyama, A., Fukushi, K., Yunden, A., Batbold, T., Altansukh, O., Takahashi, Y., Iwai, H. and Nagao, S., 2020, Rare earth element distributions in rivers and sediments from the Erdenet Cu–Mo mining area, Mongolia. *Applied Geochemistry*, **123**, 104800.
- 12) Nagao, S., Terasaki, S., Ochiai, S., Fukushi, K., Tomihara, S., Charette, M.A. and Buesseler, K.O., 2020, Desorption behavior of Fukushima-derived radiocesium in sand collected from Yotsukura beach in Fukushima Prefecture. *Analytical Sciences*, **36**, 569-575.
- 13) 長尾誠也・金森正樹・落合伸也, 2020, 九頭竜川水系河川水における九頭竜川水系河川水における懸濁態有機物の炭素同位体組成とその変動要因. *分析化学*, **69**, 707-714.
- 14) Nishimura, M., Matsunaka, T., Wang, J., Matoba, S., Tsushima, A., Zhu, L. and Izutsu, Y., 2020, Sources and behavior of monsoon air masses in the lowest-latitude region on the Tibetan Plateau, and their paleoclimatic implications, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **554**, 109750.
- 15) Ochiai, S., Tokunari, T., Suzuki, T. and Nagao, S., 2020, Transport processes of suspended and riverbed sediments inferred from atmospheric radionuclides in the Kumaki River, *Transactions, Japanese Geomorphological Union*, **41**, 313-326.
- 16) Takata, H., Aono, T., Aoyama, M., Inoue, M., Kaeriyama, H., Suzuki, S., Tsuruta, T., Wada, T. and Wakiyama, Y., 2020, Suspended Particle–Water Interactions Increase Dissolved ¹³⁷Cs Activities in the Nearshore Seawater during Typhoon Hagibis. *Environmental Science and Technology*. in press.
- 17) Yamamoto, S., Hubert-Ferrari, A., Lamair, L., Miyata, Y., Ochiai, S., Nagao, S., Miyauchi, N., Yoshida, K., Fujiwara, O., Yokoyama, Y., Heyvaert, V.M.A., De Batist, M. and the QuakeRecNankai Team, 2020, Organic carbon accumulation and productivity over the past 130 years in Lake Kawaguchi (central Japan) reconstructed using organic geochemical proxies, *Journal of Paleolimnology*, **64**, 365-377.
- 18) Yamamoto, M., Iwai, H., Matsuo, M., Liu, D. and Fukushima, M., 2020, Mechanism of the elution of iron from a slag-compost fertilizer for restoring seaweed beds in coastal areas — Characteristic changes of steelmaking slag and humic acids derived from the fertilizer during the elution process. *Analytical Sciences*, **36**, 545-551.

(2) 本・総説・資料・報告書

- 1) Matsumura, M., Sasa, K., Takahashi, T., Ochiai, Y., Matsunaka, T., Yokoyama, Y., Gao, Y., Hashimoto, M., Sakaguchi, A. and Sueki, K., 2020, The Performance of Iodine-129 AMS measurements at the University of Tsukuba in FY 2019. *UTTAC ANNUAL REPORT 2019*, **UTTAC-89**, 16-17.
- 2) Matsunaka, T., Nagao, S., Ochiai, S., Takahashi, T., Matsumura, M., Sueki, K. and Sasa, K., 2020, Anthropogenic iodine-129 depositions at the Japan Sea and Pacific sides of the archipelago, during 2017-2018. *UTTAC ANNUAL REPORT 2019*, **UTTAC-89**, 18-19.
- 3) 長尾誠也・唐 寧, 2021, 先端技術による環日本海域の環境解析：地域初の分析化学. *ぶんせき*, **2**, 64-65.
- 4) 長尾誠也, 2020, 分光学的指標による溶存腐植物質の起源推定. *日本水環境学会誌*, **43** (9), 317-320.
- 5) Ochiai, Y., Sasa, K., Tosaki, Y., Matsunaka, T., Takahashi, T., Matsumura, M. and Sueki, K., 2020, Regional dependences of ¹⁰Be and ³⁶Cl concentrations in rainwater. *UTTAC ANNUAL REPORT 2019*, **UTTAC-89**, 14-15.

- 6) 落合伸也・酒井英男・柏谷健二・長尾誠也・丹保俊哉・飯田 肇, 2020, 堆積物の放射性核種・磁化特性・物理特性に基づく過去の洪水イベント推定の試み. 富山県立山カルデラ研究紀要, **17**, 7-12.

(3) 学会発表

- 1) Bat-Erdene Ariunsanaa, Nagao, S., Fukushi, K., Sakaguchi, K., Matsunaka, T., Seasonal variation of dissolved trace elements in Lake Kiba-gata. *The JpGU-AGU Joint Meeting 2020, On-line meeting* (2020.7.16).
- 2) 花木祥太郎・井上睦夫・竹原亮成・諸角季生・城谷勇陸・滝川哲太郎・吉田真明・沖野 晃・三木志津帆・長尾誠也, Ra-228/Ra-226 比と Cs-134 濃度からみた日本海南西域表層の物質動態, 日本放射化学会第 64 回討論会, 大阪, オンライン (2020.9.9-11) .
- 3) Inoue, M., Migration of Cs-134 in the northwestern North Pacific Ocean; implications for water circulations. Joint International Symposium: Challenging the Research Development and Collaboration, Kanazawa (2020.11.30-12.3).
- 4) 岩井久典・山本光夫・松尾基之・劉 丹, 海水中施肥による製鋼スラグ堆肥混合物中の腐植酸の構造変化: EEM 及び蛍光検出 HPSEC による検討. 日本分析化学会第 69 年会, 名古屋, オンライン (2020.9-16-18) .
- 5) 岩井久典, 逐次抽出された堆肥の海水可溶有機物分画の蛍光特性及び分子量特性の変化. 日本分析化学会第 69 年会, 名古屋, オンライン (2020.9-16-18)
- 6) 岩井久典, アルギン酸コーティング GF/F を用いた溶存鉄の膜分離と褐藻成熟における鉄生物利用性. 日本分析化学会第 69 年会, 名古屋, オンライン (2020.9-16-18) .
- 7) 岩井久典・山本光夫・松尾基之・劉 丹, 製鋼スラグ混合による堆肥由来腐植酸の海水浸漬に伴う蛍光特性変化. 日本腐植物質学会, 大阪, オンライン (2020.11.28) .
- 8) 岩井久典・Rodrigo Mundo・長尾誠也, 河川水中の多環芳香族炭化水素類 (PAHs) の存在状態に及ぼす溶存有機物の影響. 日本腐植物質学会, 大阪, オンライン (2020.11.28).
- 9) Iwai, H., Separation of polycyclic aromatic hydrocarbon associated with humic substances. "Chozen International Symposium on Understanding the Transboundary Pollution along North-South Transect in western Pacific region", Kanazawa, Japan (2020.12.2-3).
- 10) 岩井久典, 鉄酸化物からの鉄還元溶出における腐植酸の効果. 日本鉄鋼協会第 181 回春季講演大会, オンライン (2021.3.17-19) .
- 11) 岩井久典・山本光夫・松尾基之・劉 丹, 製鋼スラグと堆肥を利用した藻場再生技術ー堆肥腐植酸の変化からみえる製鋼スラグの機能と鉄溶出ー. 日本鉄鋼協会シンポジウム: 評価・分析・解析部会「化学的または生物学的処理によるスラグの機能変化とその評価・分析」, オンライン (2021.3.18) .
- 12) 亀山紘旭・井上睦夫・花木祥太郎・諸角季生・城谷勇陸・竹原亮成・森田貴己・三木志津帆・本多直人・長尾誠也, $^{234}\text{Th}/^{238}\text{U}$ 比の空間分布からみた日本海の粒子除去. 日本放射化学会第 64 回討論会, 大阪, オンライン (2020.9.9-11) .
- 13) 加藤寛己・芳村 毅・伊佐田智規・黒田 寛・白岩孝行・長尾誠也・西岡 純・杉山愛子・山下洋平, 湿原起源の鉄の海洋への輸送プロセスの解明. 2020 年日本海洋学会, オンライン (2020.11.27) .
- 14) 加藤寛己・芳村 毅・伊佐田智規・黒田 寛・白岩孝行・長尾誠也・西岡 純・村山愛子・山下洋平, 湿原起源の鉄の海水接触による挙動. 金沢大学共同研究集会「陸起源物質が沿岸海洋に及ぼ

す影響評価（その2）」北海道大学，オンライン（2021.1.18）.

- 15) Matsunaka, T., Temporal and spatial distributions of polycyclic aromatic hydrocarbons in the Sea of Japan. "Kick-off for opening for Alumni Association & Japan-Russia Joint Symposium 2020: Inter-University Exchange Project", Kanazawa, Online (2020.9.29).
- 16) Matsunaka, T., Nagao, S., Mundo, R., Tanaka, S., Inoue, M., Tang, N., Suzuki, N., Ogiso, S., Yoshida, M., Hirohashi, N., Ando, H., Morita, M., Hayakawa, K., Environmental behavior of polycyclic aromatic hydrocarbons in the East Asian marginal seas. "Chozen International Symposium on Understanding the Transboundary Pollution along North-South Transect in western Pacific region", Kanazawa, Online (2020.12.2-3).
- 17) Matsunaka, T., Seasonal variations of PAHs in the coastal region on the Japanese side of Japan Sea. "Understanding Present Environmental Situation of Marginal Sea (III)", Kanazawa, Online (2021.3.10).
- 18) 松中哲也・平尾茂一・脇山義史・笹 公和・末木啓介，年輪中の原発事故由来 C-14 の分布範囲と実効線量評価．放射能環境動態・影響評価ネットワーク共同研究拠点 2020 年度オンライン年次報告会，つくば，オンライン（2021.3.15）.
- 19) 宮川和大・長尾誠也・芳村 毅・加藤寛巳・伊佐田智規，河川・汽水・沿岸域における溶存有機物の特性，2020 年日本地球化学会，オンライン（2020.11.20）.
- 20) Mundo, R., Matsunaka, T., Iwai, H., Inoue, M., Morita, T., Nagao, S., Surface distribution of dissolved polycyclic aromatic hydrocarbons along northeastern Japan Sea and Okhotsk Sea. 日本地球化学会第 67 回オンライン年会，オンライン(2020.11.12-21).
- 21) Mundo, R., Matsunaka, T., Iwai, H., Ochiai, S., Nagao, S., Spatial-temporal distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in seawater at West Nanao Bay, Noto Peninsula. 日本地球化学会第 67 回オンライン年会，オンライン(2020.11.12-21).
- 22) Mundo, R., Matsunaka, T., Iwai, H., Ochiai, S., Nagao, S., Spatial-temporal distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in seawater at West Nanao Bay, Noto Peninsula. 日本化学会近畿支部 2020 年度北陸地区講演会と研究発表会，オンライン(2020.11.20).
- 23) Mundo, R., Matsunaka, T., Iwai, H., Inoue, M., Morita, T., Nagao, S., Oceanic currents driven PAHs surface distribution differences in 2017 and 2019 at northeast Japan Sea. "Chozen International Symposium on Understanding the Transboundary Pollution along North-South Transect in western Pacific region", Kanazawa, Online (2020.12.2-3).
- 24) Mundo, R., Matsunaka, T., Iwai, H., Ochiai, S., Nagao, S., Spatial-temporal distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in surface water at West Nanao Bay, Noto Peninsula, during 2019–2020. "Chozen International Symposium on Understanding the Transboundary Pollution along North-South Transect in western Pacific region", Kanazawa, Online (2020.12.2-3).
- 25) Nagao, S., Tahara, R., Goto, A., Hasegawa, T., Ochiai, S., Downward variation of $\delta^{13}\text{C}$ and $\Delta^{14}\text{C}$ in riverine particulate organic matter at Kumaki River, a small river in Noto Peninsula. *The JpGU-AGU Joint Meeting 2020*, Online (2020.7.14).
- 26) Nagao, S., Sakaguchi, K., Matsunaka, T., Ochiai, S., Katsumi, N., Variation of carbon isotope ($\delta^{13}\text{C}$ and $\Delta^{14}\text{C}$) of organic matter in suspended solids at Lake Kiba-gata. *The JpGU-AGU Joint Meeting 2020*, Online (2020.7.16).
- 27) 長尾誠也，能登半島の小河川における懸濁態有機物の移行挙動．日本土壌肥料学会中部支部第 100

回例会及び中部土壌肥料研究会第 110 回例会 (2020.11.16). (招待講演)

- 28) Nagao, S., The outline of chozen project and science under the COVID-19 pandemic. Joint International Symposium: Challenging the Research Development and Collaboration, Kanazawa (2020.11.30-12.3).
- 29) 長尾誠也・田原龍之介・後藤晶子・長谷川卓・落合伸也, 能登半島小河川の懸濁態有機物の流出挙動. 金沢大学共同研究集会「陸起源物質が沿岸海洋に及ぼす影響評価 (その 2)」北海道大学, オンライン (2021.1.18).
- 30) 長尾誠也・宮川和大・岩井久則・芳村 毅・伊佐田智規, 河川流域—海洋沿岸域を流域圏とした物質動態研究. 研究集会「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」, 北海道大学低温科学研究所, オンライン (2021.1.26).
- 31) 長尾誠也, 七尾湾で検出される地球温暖化シグナル. 第 4 回富山湾研究会, 金沢大学 (2021.3.2). (特別講演)
- 32) Nagao, S., Charkin, A., Semkin, P., Tischenko, T., Lobanov, V., Fujita, A., Sugimoto, R., Ochiai, S., Sunmarine groundwater at Nanao Bay: Field research results during 2018-2020. "Understanding Present Environmental Situation of Marginal Sea (III)", Kanazawa, Japan (2021.3.10).
- 33) Nagao, S., Research activities of Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University. "Workshop on Environmental Issues: Latest Advances on Public health and Environmental Pollution", Kanazawa, Japan (2021.3.29).
- 34) 落合伸也・酒井英男・ト部厚志・丹保俊哉・飯田 肇・鶴岡幹矢・長尾誠也, 堆積物の放射性核種・磁化特性を用いた洪水イベント履歴の復元, 2020 年度 新潟大学災害・復興科学研究所 共同研究成果報告会, オンライン (2021.2.27).
- 35) 落合伸也・長尾誠也・中西貴宏・鶴田忠彦・御園生敏治・渡辺 峻・鈴木究真・富原聖一, 福島県および周辺地域の河川水系における放射性セシウムの移行動態. 放射能環境動態・影響評価ネットワーク共同研究拠点 2020 年度オンライン年次報告会, オンライン (2021.3.15).
- 36) 岡田往子・熊谷尚人・松浦治明・渡辺 俊・野原精一・木川田喜一・森 勝伸・葉袋佳孝・長尾誠也, 赤城大沼における放射性セシウムの動態解明. 日本原子力学会 2021 年春の年会, オンライン開催 (2021.3.19).
- 37) 竹原亮成・井上睦夫・花木祥太郎・松中哲也・森田貴己・三木志津帆・黒田 寛・谷内由貴子・葛西広海・長尾誠也, ^{134}Cs の空間分布からみた北太平洋北西部における海水循環. 日本放射化学会第 64 回討論会, 大阪, オンライン (2020.9.9-11).
- 38) 竹原亮成・井上睦夫・松中哲也・長尾誠也・黒田 寛・谷内由貴・葛西広海・森田 貴・三木志津帆・西岡 純, Cs-134 の水平分布からみた北海道東部太平洋海域における海水循環. 日本海洋学会秋季大会, 東京, オンライン (2020.11.27-29).
- 39) 鶴岡幹矢・落合伸也・松木 篤・長尾誠也, 大気由来放射性核種 ^7Be と ^{210}Pb を用いた貯水池-集水域系における土壌粒子の動態把握. 日本放射化学会第 64 回討論会, オンライン (2020.9.9-11).

(4) 研究交流

- 共同研究

- 1) 長尾誠也: 機能強化事業支援経費: 共通政策課題分, 令和元年度, 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.

- 2) 長尾誠也, 井上睦夫: 日本近海における低レベルセシウムの汚染調査および汚染物質循環の解析.
水産研究・教育機構
 - 3) 井上睦夫: 放射性核種からみた日本海の物質循環. 水産研究・教育機構 (本多直人)
 - 4) 松中哲也: 年輪中の原発事故由来 C-14 の分布範囲と実効線量評価. 筑波大学 (末木啓介)
 - 5) 松中哲也: 日本海と太平洋における ^{129}I 降下量の変動. 筑波大学 (笹 公和)
 - 6) 松中哲也: 出水時の河川水の Cs-137 および I-129 濃度の時系列変化. 福島大学 (脇山義史)
 - 7) 松中哲也: 蔵王山・御釜火口の活動調査. 東北大学 (後藤章夫)
- 共同研究・共同利用 (文科省)
 - 1) 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 02 (重点: ロシア科学アカデミー極東支部, A. Charkin), 令和 2 年度, 環日本海域沿岸域における海底湧水の実態把握. 1,190 千円.
 - 2) 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 02 (一般: ロシア極東連邦大学, Olga. V. Nesterova), 令和 2 年度, 環日本海域海底堆積物における重金属の分布状況. 210 千円.
 - 3) 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 02 (一般: Quaid-i-Azam University, Riffat N. Malik), 令和 2 年度, パキスタンのヒマラヤ地域の湖沼堆積物における残留有機汚染物質(POPs)の歴史的再建. 210 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 02 (一般: モンゴル国立大学, Ochir Altansukh), 令和 2 年度, 流域の人間活動がモンゴル湖沼水質へ及ぼす影響評価. 210 千円.
 - 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 02 (一般: 石川県立大学, 勝見尚也), 令和 2 年度, 農耕地におけるマイクロプラスチックの分析方法の確立と動態把握. 200 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 02 (一般: 東京大学, 乙坂重嘉), 令和 2 年度, 天然放射性核種を用いた海洋における粒子フラックス分布解明. 200 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 02 (一般: 富山大学, 張 勁), 令和 2 年度, 複数の化学トレーサーを用いた東シナ海の水塊形成と物質輸送過程の把握. 200 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 02 (一般: 中央大学, 山村 寛), 令和 2 年度, NOM の固体励起-蛍光スペクトルデータベースの拡充. 190 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 02 (若手: 広島大学, 辻 浩明), 令和 2 年度, 瀬戸内海・伊勢湾の海底堆積物中多環芳香族炭化水素(PAH)の分布. 140 千円.
 - 10) 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 02 (研究集会: ロシア科学アカデミー極東支部, V. B. Lobanov), 令和 2 年度, 日本海における越境汚染の実態把握. 540 千円.

- 11) 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 02（研究集会：北海道大学，白岩孝行），令和 2 年度，陸起源物質が沿岸海洋に及ぼす影響評価（その 2）. 540 千円.
- 12) 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 02（一般：Auckland University of Technology, Stephen Archer），令和 2 年度，放射性核種からみた日本海—ニュージーランド沖合域の物質循環. 210 千円.
- 13) 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 02（一般：福島大学，高田兵衛），令和 2 年度，日本の東西沿岸海水における放射性 Cs 濃度を支配する要因の定量的評価. 200 千円.
- 14) 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 02（一般：岐阜大学，中村 琢），令和 2 年度，南極におけるベリリウム 7 の観測と日本海域との比較研究. 200 千円.
- 15) 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 02（一般：国立研究開発法人海洋研究開発機構，熊本雄一郎），令和 2 年度，セシウム 137 を用いた日本海深層水の循環に関する研究. 200 千円
- 16) 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 02（一般：公益財団法人海洋生物環境研究所，城谷勇陸），令和 2 年度，襟裳岬周辺海域において検出された福島第一原発事故由来放射性セシウムの日本海及び太平洋からの寄与の推定. 99 千円.
- 17) 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 02（一般：国立台湾大学，黄 誌川），令和 2 年度，台湾と日本の山地小河川における地表水と地下水の相互作用と溶存有機物の流出挙動. 210 千円.
- 18) 松中哲也：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 02（一般：筑波大学，笹 公和），令和 2 年度，能登半島における 1950 年以降の原子力施設由来放射性ヨウ素 129 の沈着量変動. 200 千円.
- 19) 松中哲也：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 02（一般：中京大学，奈良郁子），令和 2 年度，湖底堆積物中の微量元素分布に基づく 1950 年以降の能登周辺における重金属汚染と黄砂の影響評価. 200 千円.

- 研究集会

- 1) 環日本海域環境研究センター2020 年度研究集会（ロシア科学アカデミー極東支部 V.I.II'ichev 太平洋海洋研究所・V. Lobanov 所長）「Understanding Present Environmental Situation of Marginal Sea (III)」，2021 年 3 月 10 日，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 (Online) 13 人

(5) 各種活動

- 学会活動

- 1) 長尾誠也：日本腐植物質学会理事（2015～現在）
- 2) 長尾誠也：日本腐植物質学会編集委員（2011～現在）
- 3) 長尾誠也：国際腐植物質学会日本支部長（2012-現在）

- 4) 長尾誠也：日本放射化学会「Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences」編集委員（2016～現在）
- 5) 井上睦夫：日本放射化学会「放射化学」編集委員（2019～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海洋放射能検討委員会委員（2019～現在）
- 4) 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）
- 5) 長尾誠也：弘前大学被ばく医療総合研究所戦略会議委員（2019～現在）
- 6) 長尾誠也：東京大学大気海洋研究所協議会委員（2019～現在）
- 7) 長尾誠也：島根大学海洋科学部門隠岐臨海実験書共同利用運営委員会委員（2019～現在）
- 8) 長尾誠也：筑波大学放射能環境動態・影響評価ネットワーク共同拠点運営委員会委員（2019～現在）
- 9) 長尾誠也：新潟大学佐渡自然共生科学センター アドバイザリーボード委員（2019～現在）
- 10) 長尾誠也：東京大学大気海洋研究所 運営委員会委員（2019～現在）
- 11) 長尾誠也：北海道大学大学院地球環境科学研究院・大学院環境科学院外部評価委員会委員
- 12) 長尾誠也：総合地球環境学研究所 運営委員会委員
- 13) 長尾誠也：総合地球環境学研究所 人事委員会委員
- 14) 長尾誠也：石川県原子力環境安全管理協議会委員
- 15) 長尾誠也：石川県環境放射線測定技術委員会委員
- 16) 長尾誠也：石川県温排水影響検討委員会委員
- 17) 井上睦夫：石川県「環境中の放射性物質の実態及び挙動調査研究検討会」（2018～現在）

- 招待講演および特別講演，依頼講演

- 1) 能登半島の小河川における懸濁態有機物の移行挙動，長尾誠也，日本土壤肥料学会中部支部第 100 回例会及び中部土壤肥料研究会第 110 回例会，2020 年 11 月 16 日
- 2) 長尾誠也：特別講演「七尾湾で検出される地球温暖化シグナル」第 4 回富山湾研究会，金沢大学（2021.3.2）

2-3. 研究費

(1) 科学研究費等

- 1) 長尾誠也，基盤研究（C）（基金），赤城大沼における放射性セシウムのスペシエーション分析による動態解明（代表：岡田往子），分担者，平成 30～令和 2 年度，20 千円。
- 2) 長尾誠也，基盤研究（C）（基金），溶存性および吸着性放射性核種を利用した日本列島近海の汚染物質循環の解析（代表：井上睦夫），分担者，平成 30～令和 2 年度，100 千円。
- 3) 井上睦夫，基盤研究（C）（基金），溶存性および吸着性放射性核種を利用した日本列島近海の汚染物質循環の解析，代表者，平成 30～令和 2 年度，1,136 千円。
- 4) 落合伸也，基盤研究（C）（基金），堆積物の放射性核種・磁化特性による河川流域の土砂流出イベント履歴復元手法の開発，代表者，平成 31～令和 3 年度，1,123 千円。

- 5) 落合伸也，基盤研究（B）（補助金），南北両半球の堆積物を用いた年レベルの偏西風経路復元と地球温暖化影響の検出（代表：長島佳菜），分担者，平成 30～令和 3 年度，600 千円。
- 6) 松中哲也，若手研究（基金），地球温暖化に応答する日本海深層循環の評価法：放射性ヨウ素 129 をトレーサーとして，代表者，令和 2～5 年度，1,200 千円。
- 7) 岩井久典，若手研究（基金），褐藻に対する鉄の細胞壁吸着性及び生物利用性への腐植物質の寄与，代表者，平成 30～令和 2 年度，1,167 千円。

(2) 共同研究費

- 1) 長尾誠也，(株)KANSO 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，令和 2～4 年度，300 千円。

(3) 受託研究費

- 1) 長尾誠也，国立研究開発法人日本原子力研究開発機構，福島沿岸域における放射性セシウムの移動挙動の解明を目的とした係留調査試料の分析及び動態研究，令和 2 年度，4,075 千円。
- 2) 長尾誠也，(株)KANSO テクノス，極微量放射能の分布に関する研究，令和 2 年度，2,730 千円。
- 3) 長尾誠也，小松市，木場潟の水質改善調査，令和 2 年度，1,800 千円。

(4) その他

- 1) 長尾誠也，機能強化経費：共通政策課題分，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，令和 2 年度，1,000 千円。
- 2) 松中哲也，放射能環境動態・影響評価ネットワーク共同研究拠点（重点共同研究），令和 2 年度，年輪中の原発事故由来 C-14 の分布範囲と実効線量評価，2020 年度，150 千円。
- 3) 松中哲也，ジョイントシンポジウム等発表，DDP 留学生受入に伴う国際共同研究スプラウティング支援，日本海における多環芳香族炭化水素類の供給経路に関する研究，令和 2 年度，500 千円。
- 4) 落合伸也，2020 年度 新潟大学災害・復興科学研究所共同研究，堆積物の放射性核種・磁化特性を用いた洪水イベント履歴の復元，令和 2 年度，300 千円。
- 5) 落合伸也，放射能環境動態・影響評価ネットワーク共同研究拠点（重点共同研究），令和 2 年度，福島県および周辺地域の河川水系における放射性セシウムの移行動態，2020 年度，150 千円。

2-4. 研究指導

(1) 修士論文

- 1) 竹原亮成， ^{134}Cs 濃度の空間分布からみた北海道東部太平洋海域における海水循環．自然科学研究科物質化学専攻，修士（理学），井上睦夫
- 2) 花木祥太郎，ラジウム同位体からみた日本列島をとりまく表層海水循環．自然科学研究科物質化学専攻，修士（理学），井上睦夫
- 3) 鶴岡幹矢，放射性核種・物理特性を用いた貯水池-集水域系における地表物質の侵食・運搬プロセスの解明．自然科学研究科物質化学専攻，修士（理学），落合伸也
- 4) 宮川和大，流域環境が異なる陸域から海洋への溶存有機物の動態研究．自然科学研究科物質化学専攻，修士（理学），長尾誠也

(2) 卒業研究

- 1) 田中さき，西部北太平洋および北極海における多環芳香族炭化水素類の水平分布．理工学域物質化学類化学コース，学士（理学），長尾誠也

2-5. その他

(1) 新聞等報道

- 1) 長尾誠也，2020 年 12 月 1 日（北國新聞朝刊 28 面），国際シンポ始まる 金大のセンター
- 2) 長尾誠也，2021 年 3 月 12 日（北國新聞朝刊 36 面），環日本海の環境共同研究を報告

3. 研究報告

¹³⁴Cs 濃度の空間分布からみた北海道東部太平洋海域における海水循環

竹原亮成¹、井上睦夫¹、松中哲也¹、黒田寛²、谷内由貴子²、葛西広海²、西岡純³、森田貴己²、三木志津帆²、長尾誠也¹

¹〒923-1224 石川県能美市宇気オ 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

²〒236-8648 神奈川県横浜市金沢区福浦 2-12-4 水産機構・資源研

³〒060-0819 北海道札幌市北区北 19 条西 8 丁目 北海道大学 低温科学研究所
環オホーツク観測研究センター

【はじめに】北海道東部太平洋海域（以下、道東海域と記す）では生物生産性が非常に高く、世界でも有数の漁場が形成される。それら水産資源は海域の水塊分布に大きく影響を受けるため、それら海水循環を明らかにすることは重要である。しかし、一般的に用いられる水温、塩分による水塊の区分は難しく、それを行うためには、観測が行われた時期の海洋学的な情報を頼りにする方法、ほかのパラメーターを用いた分類を行う方法が有効であると考えられる [1]。

¹³⁴Cs は 2011 年 3 月の福島第一原子力発電所事故（以下、FDNPP と記す）により海洋環境中に放出された溶存性の人工放射性核種である。これは半減期が 2.06 年と短いことから現在海水中で検出されるものはすべて FDNPP 事故由来のものであり、海洋環境中の物質循環の化学的トレーサーとして非常に優れている。

本研究では尾小屋地下測定室を用いた極低バックグラウンド γ 線測定法を適用することで、道東海域のみならず、東日本近海、ベーリング海における ¹³⁴Cs、¹³⁷Cs 濃度を測定した。そして、¹³⁴Cs を環境トレーサーとして利用することで道東海域の水塊構造を調べた。

【実験】2018-2020 年の蒼鷹丸、若鷹丸、北光丸、うしお丸、R/V *Multanovsky* による調査航海において、道東海域を含む東日本近海とベーリング海で表層海水試料を 15-120 L 採取した。本研究で適用した実験スキームを図 1 に示す。リンモリブデン酸アンモニウム (AMP) 沈殿により Cs を回収した。すべての AMP/Cs 試料は石川県小松市の尾小屋地下測定室に設置されたゲルマニウム半導体検出器を用いた、極低バックグラウンド γ 線測定を利用し、¹³⁴Cs、¹³⁷Cs 濃度を測定した。

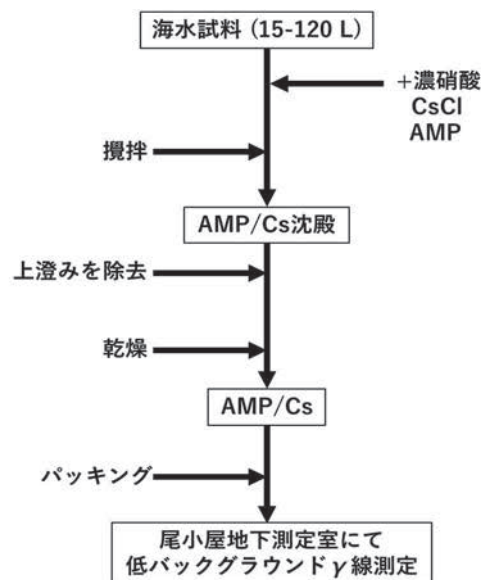


図 1 実験スキーム

【結果と考察】 本研究では放射性セシウム濃度を事故日に壊変補正して議論を進める。2018-2020 年の日本海北東域、太平洋側沿岸域、オホーツク海南西域、道東海域の ^{134}Cs 濃度の平均値はそれぞれ 0.68 ± 0.17 , 0.88 ± 0.13 , 0.42 ± 0.17 , 0.67 ± 0.16 mBq/L であり、海域ごとに異なる濃度を示した。また 2018 年のベーリング海における ^{134}Cs 濃度の平均値は 1.43 ± 0.41 mBq/L と、東日本近海と比較して高い値を示した。これは FDNPP から直接流出した放射性セシウムがベーリング海に到達したことを示している[2]。

道東海域における表層海水試料中の ^{134}Cs 濃度の経時変動を図 2 に示す。 ^{134}Cs 濃度は 2018 年から 2020 年にかけて増加傾向にある。この原因として、東カムチャツカ海流水中の放射性セシウム濃度が増加した可能性が挙げられる。これは、FDNPP から直接流出した放射性セシウムが亜寒帯循環によって道東海域に再流入したことを意味する。

道東海域の海水は、東カムチャツカ海流水、宗谷暖流水、オホーツク表層海水の影響を受けている。3 つの水塊の塩分、 ^{134}Cs 濃度のエンドメンバーとすることにより、2018-2019 年秋季の道東海域における各水塊の混合比を見積もった。道東海域における東カムチャツカ海流水の混合比を図 3 に示す。道東海域沿岸域には宗谷暖流変質水が分布する一方、沖合における親潮水の寄与率は少なくとも 30 %を超えていることが示された。

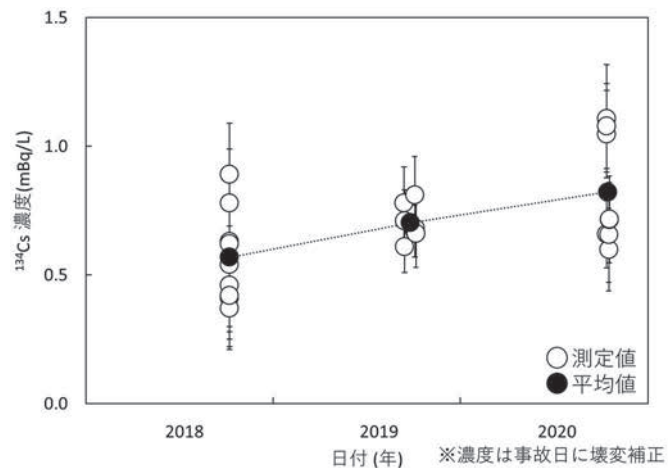


図 2 道東海域における ^{134}Cs 濃度の経時変動

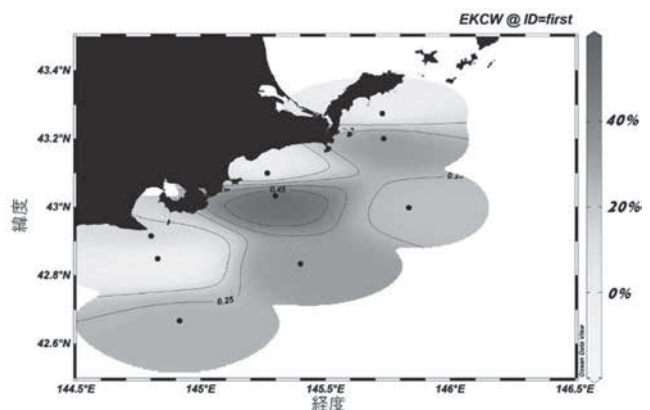


図 3 道東海域における東カムチャツカ海流水の混合比

【参考文献】

- [1] Kusaka, A., Azumaya, T., Kawasaki, Y., 2013. *Journal of Oceanography*. **69**, 295-312
- [2] Kumamoto, Y., Aoyama, M., Hamajima, Y., Nishino, S., Murata, A., Kikuchi, T., 2019. *Polar Science*. **21**, 228-232

【謝辞】

海水試料採取にご協力いただいた、蒼鷹丸、北光丸、うしお丸、若鷹丸、R/V *Multanovskiy* の船長、乗組員、および同乗研究者の皆様に感謝いたします。

ラジウム同位体からみた日本列島をとりまく表層海水循環

花木祥太朗¹、井上睦夫¹、諸角季生¹、城谷勇陸¹、亀山紘旭¹、吉田真明²、
沖野晃³、長尾誠也¹

¹〒923-1224 石川県能美市和気町オ 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

²〒685-0024 島根県隠岐郡隠岐の島町加茂 194 島根大学生物資源科学部附属 生物資源教育研究センター 海洋生物科学部門(隠岐臨海実験所)

³〒697-0051 浜田市瀬戸ヶ島町 25-1 島根県水産技術センター

Hanaki, S., Inoue, M., Morokado, T., Shirotani, Y., Kameyama, H., Yoshida, M., Okino, A., Nagao, S.

【はじめに】

ラジウム同位体 (^{226}Ra , 半減期 1600 年: ^{228}Ra , 半減期 5.75 年) は海洋環境において溶存性核種であり、海水と共に循環している。主な供給源は沿岸堆積物や浅層大陸棚で、 ^{228}Ra の短い半減期を反映して、沿岸域の表層海水では、 $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比が高くなる。世界最大級の大陸棚を有する東シナ海では、 $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比が ~ 4 と高いが、長期間の循環によって大部分の ^{228}Ra が壊変した黒潮海水では 0.1-0.4 と低い [1]。これらが混合して対馬海峡から日本海へ流入するため、海水循環の指標として $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比を用いることができる [2]。東シナ海東部においては、夏期に $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比が上昇し、冬期に減少する季節変動が報告されている [3]。対馬東水道を通過した海流は対馬暖流第一分枝として日本列島の沿岸を流れ、対馬西水道を通過した海流は朝鮮半島に沿って北上したのち第二分枝と第三分枝に分岐する [4]。第二分枝を含む日本海南西域表層の海水循環は未だ明らかではない。さらに、2011 年 3 月に福島第一原子力発電所事故由来の放射性セシウムの循環に関する最近の研究では、2016 年 7 月と 2018 年 7 月の日本海南西部表層水は、他の対馬暖流域に比べて低い放射性セシウム濃度を示すなど、海流の特異性が示唆された [5, 6]。

本研究では、ラジウム同位体をトレーサーとし、対馬暖流第二分枝の流路と、日本海南西部における溶存性物質の動態について議論した。また、日本海南西部対馬暖流第二分枝域における $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比と放射性セシウムの移動パターンを比較した。

【試料と処理】

2015–2019 年に季節変動の観測定点として、島根県浜田沿岸から沖合にかけての 4 地点 (HM 1-4) と隠岐島沿岸 (OK) で、1-2 か月

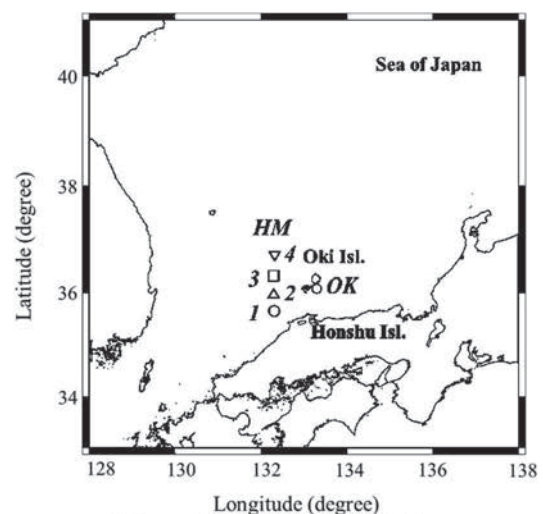


図 1. 海水試料採取地点

に一度の頻度で表層海水 20 L をバケツ採水した。BaSO₄ 共沈法により、海水から ²²⁸Ra および ²²⁶Ra を分離・回収した。すべての試料に尾小屋地下測定室に設置したゲルマニウム半導体検出器を用いた低バックグラウンド γ 線測定法を適用し、²²⁸Ra 及び ²²⁶Ra の放射能濃度を計測した。

【結果と考察】

塩分は冬から春に 34-35 と高く、夏から秋にかけて 32-33 と低いという明瞭な季節変動を示した (図. 3 a)。これは、夏に低塩分の大陸側浅層海水および長江河川水の寄与が大きいことが要因である [7]。 ²²⁸Ra/²²⁶Ra 放射能比は、塩分とは逆の傾向を示し、冬から春に比が 0.5 - 1.5 と低く、夏から秋に 1.5 - 2.5 と高い。(図. 3b)。さらに HM 試料では OK 試料と比較して、6-8 月に ²²⁸Ra/²²⁶Ra 比が高くなる。これは HM 地点への浅層海水の寄与が大きい対馬第二分枝の影響によると推測される。

日本海における ¹³⁴Cs の供給源は、黒潮海水と考えられる。部分的 (HM2 と HM3 の中間地点) な ¹³⁴Cs 濃度の低減は、この対馬第二分枝の流入を反映する。 ²²⁸Ra/²²⁶Ra 放射能比は、日本海表層の溶存汚染物質循環に重要な知見をもたらす。

【参考文献】

- [1] M. Inoue *et al.*, *Cont. Shelf. Res.* **143**. 167-174 (2017)
- [2] Y. Nozaki *et al.*, *Geochim. Cosmochim. Acta.* **55**. 1265-1272 (1991)
- [3] M. Inoue *et al.*, *Geochem. J.* **46**. 429-441 (2012)
- [4] M. Ito *et al.*, *Prog. Oceanogr.* **121**. 83-93 (2014)
- [5] M. Inoue *et al.*, *J. Environ. Radioact.* **182**. 151-156 (2018a)
- [6] M. Inoue *et al.*, *Mar. Chem.* **214**. 103661 (2019)
- [7] T. Senjyu *et al.*, *J. Oceanogr.* **62**. 681-692 (2006)

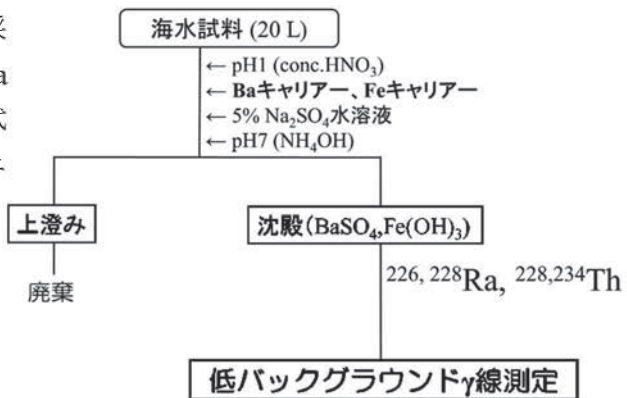


図 2. 実験スキーム

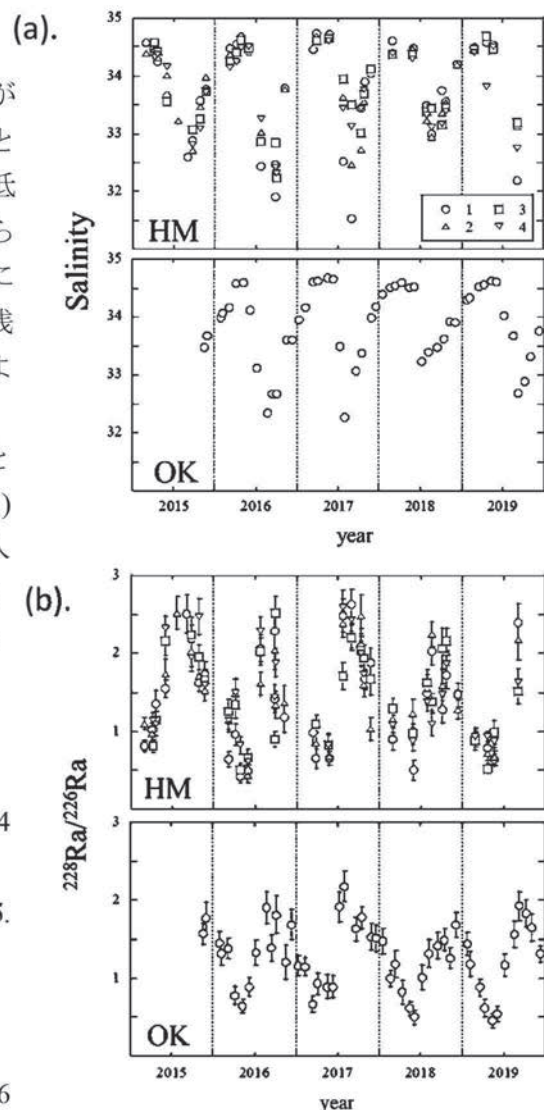


図 3. (a). 塩分

(b). ²²⁸Ra/²²⁶Ra 放射能比の季節変動

流域環境が異なる陸域から海洋への溶存有機物の動態研究

宮川和大¹・長尾誠也¹・岩井久典¹・芳村毅²・加藤寛己²・伊佐田智規³

¹〒923-1224 石川県能美市和気町オ 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

²〒060-0810 北海道札幌市北区北 10 条西 5 丁目 北海道大学大学院環境科学院

³〒088-1113 北海道厚岸郡厚岸町愛冠 1 番地 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター 厚岸臨海実験所

【はじめに】

腐植物質は溶存態有機物(DOM)の主要成分であり、複雑で化学構造が特定できない高分子有機化合物の総称である。腐植物質は鉄との錯形成や有害有機物との疎水性相互作用によって、河川から沿岸海洋への様々な化学成分の輸送に重要な役割を果たしている。河川水中の腐植物質の特性はその供給源と考えられる湿原や森林といった河川流域の違いが関係し、河口域における凝集沈殿により変化することが明らかになっている。そのため、陸域から海洋への物質移動を理解するには、腐植物質の供給源と特性との関係、河口域・海洋沿岸域における濃度と特性の変化を理解することが重要である。本研究では水田や森林を流れる熊木川と熊木川が流入する七尾湾、および、湿原を流れる別寒辺牛川と別寒辺牛川が流入する厚岸湖、隣接する厚岸湾を対象に、異なる流域特性を持つ河川水中の腐植物質の河口から沿岸域までの動態を検討した。

【実験】

熊木川の河川水は 2017 年 12 月から 2019 年 8 月の月 1 回の調査と 2020 年 9 月、2020 年 10 月の調査を行い、上流から下流にかけての 3 地点で採水した。2020 年 9 月には熊木川河口と七尾湾でも採水を行った(Fig. 1)。別寒辺牛川と厚岸湖・厚岸湾の採水は 2017 年 10 月、2018 年 10 月、2019 年 9 月の 3 回行った(Fig. 2)。毎回の調査で多項目水質計もしくは CTD を用いて観測時に水質を測定した。試水は加熱処理した WhatmanGF/F ガラス繊維濾紙で濾過したのち、褐色瓶に入れて-30℃で冷凍保存した。日立 F-7100 蛍光分光光度計により三次元蛍光ス

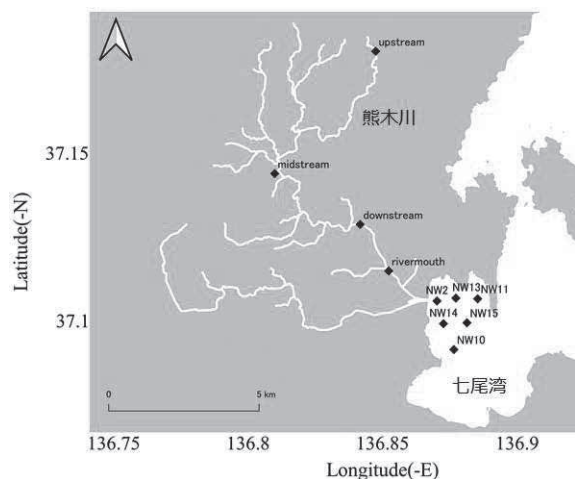


Fig. 1 熊木川と七尾湾の調査地点

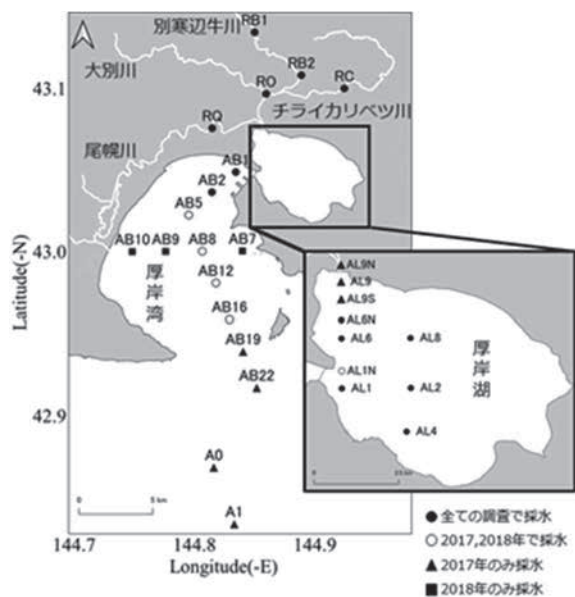


Fig. 2 別寒辺牛川・厚岸湖・厚岸湾の調査地点

ペクトル測定で検出される腐植物質の蛍光成分の波長位置、励起波長:Ex(nm)と蛍光波長:Em(nm)を特定し、各ピークについて 10 µg/L の硫酸キニーネ溶液を基準とした相対蛍光強度を求めた。分子量分布は日立 GL-W530(サイズ排除限界分子量:50,000Da)GPC カラムを用いた高速サイズ排除クロマトグラフィー(HPSEC)蛍光検出(河川:Ex/Em=320nm/430nm、湖水・海水:Ex/Em=300nm/430nm)と紫外(280nm)検出で計測した。

【結果と考察】

Fig.3 には塩分と腐植物質の相対蛍光強度の関係を示した。相対蛍光強度の変動は、別寒辺牛川から厚岸湖、厚岸湾にかけて 2 段階の単純 2 成分混合を示している。1 段階目は河川水と厚岸湖水の混合、2 段階目は河川水・厚岸湖水と厚岸湾の海水の混合と考えられる。また、厚岸湖内の混合の変換点は、上げ潮で海水が流入した 2017 年で河口に近く、下げ潮と降雨で河川の流入が強い 2019 年には河口から遠い地点となった。HPSEC の結果より、採水日前に降雨が観測された 2017 年と 2019 年では、塩分の上昇に伴う高分子画分の優先的な除去が、塩分 5.0 以下の低塩分の領域からみられた。これは、降雨によって湿原から高分子量の腐植物質が流出することと関係している。

三次元蛍光スペクトルで検出された腐植物質のピークは熊木川から七尾湾にかけて短波長側へシフトし、同様の結果が別寒辺牛川から厚岸湖でも認められた(Fig.4)。塩分 15.0 であった熊木川河口では河川に近い波長位置に腐植物質のピークが検出されたが、塩分 11.8 であった厚岸湖では腐植物質のピークが河川よりも短波長側へシフトした。これらの結果は、別寒辺牛川河川水の腐植物質が熊木川と比べて高分子であり、厚岸湖に流入した際の高分子画分の凝集沈殿により全体的な特性がより大きく変化したためと考えられる。

以上の結果より、河川流域から供給される腐植物質の濃度と特性の違いが熊木川と別寒辺牛川汽水域での腐植物質の動態の違いに反映したことを示唆している。また、河川から沿岸にかけての腐植物質の動態には、河川水や海水の流動と河川流域における降雨状況が関与していると考えられる。今後の研究ではそれらの状況を総合的に判断し、考慮する必要がある。

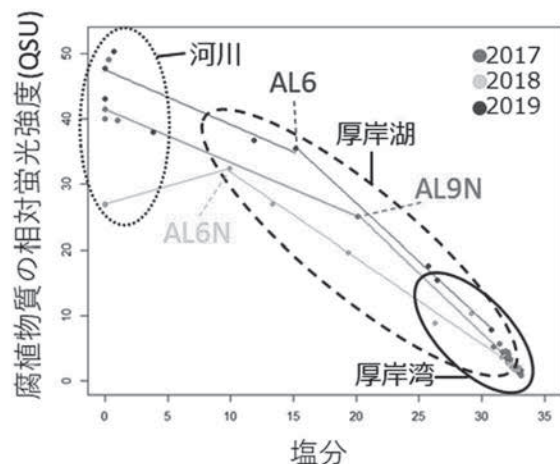


Fig. 3 塩分と腐植物質の相対蛍光強度の変動

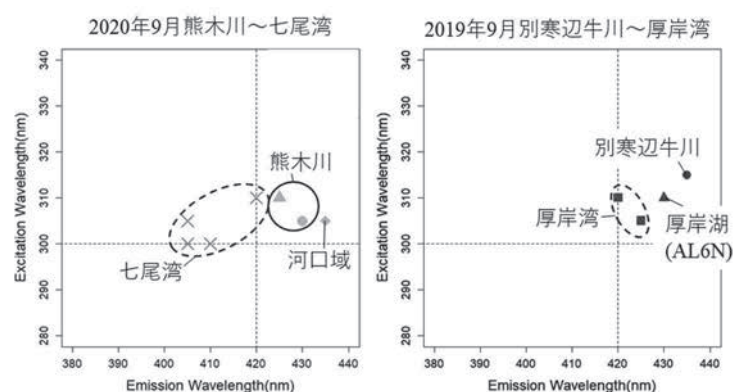


Fig. 4 三次元蛍光スペクトルで検出された腐植物質のピークの波長位置

放射性核種・物理特性を用いた貯水池-集水域系における 地表物質の侵食・運搬プロセスの解明

鶴岡幹矢¹・落合伸也¹・酒井英男²・松木 篤³・長尾誠也¹

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

²〒930-8555 富山市五福 3190 富山大学理工学部

³〒920-1192 石川県金沢市角間町 金沢大学環日本海域環境研究センター

M. Tsuruoka¹, S. Ochiai¹, H. Sakai², A. Matsuki³, S. Nagao¹: Erosion and transport processes of earth surface materials in the reservoir-catchment system revealed by using fallout radionuclides and physical properties

【はじめに】

河川流域における土壌粒子の侵食・運搬作用は、流域における地形の形成や陸域から海域への物質の流出に関係しており、流域の環境変動の予測や影響評価には土壌粒子の流出挙動の把握が必要である。大気由来天然放射性核種の ^7Be （半減期：53 日）と $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ （半減期：22.3 年）は、土壌粒子のトレーサーとして広く用いられてきたが、植生の多い大規模な河川流域では、植生による遮断効果などの課題点が指摘されている。本研究ではこの問題点を克服するために、物質の収支を把握しやすい貯水池－集水域系に着目した。貯水池－集水域系における ^7Be と $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ の収支から、集水域における土壌粒子の侵食・運搬プロセスを解明することを目的とした。また、侵食・運搬力の強さを反映するパラメータの一種である沈降粒子の粒径・帯磁率を測定し、収支計算で得られた結果と比較した。

【実験】

2016 年 6 月から毎月 1 回、石川県珠洲市に位置する金沢大学能登学舎の屋上に水盤を設置し ^7Be と $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ の降下量を観測した。2018 年 5 月から近傍の貯水池である新池にセディメントトラップを 1 箇所設置し、降水試料と同じタイミングで沈降粒子を採取して ^7Be と $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ の堆積量を求めた。また、池の流出口に設置した水位計による水の流量と、水中の ^7Be と $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ の濃度から ^7Be と $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ の流出量を求めた。 ^7Be と $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ の貯水池への堆積量と系外への流出量と壊変量の合計は、貯水池への降下量と集水域からの運搬量の合計と等しいと仮定し、収支計算に基づいて集水域からの運搬量を求めた。また、沈降粒子の帯磁率を測定するとともに、沈降粒子中の鉍物成分の粒径測定を行った。

【結果と考察】

貯水池内における ^7Be と $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ の期間中の収支から、集水域からの運搬量を推定したところ、 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ は通年で運搬がみられたのに対し、 ^7Be は冬季にのみ運搬がみられた。 ^7Be と $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ の挙動の違いは、1) 夏季は ^7Be の降下量が減少し、樹冠による遮断効果を受け、集水域土壌の ^7Be 存在量が極端に減少したこと 2) 運搬中の土壌粒子に落葉から放射性核種が供給されるプロセスがあることの 2 つに起因していることが推定された。集水域から貯水池への ^7Be と $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ の運搬量は冬季に増加する変動を示した。このことは、地表物質の運搬力が冬季に大きくなったことを示す。また、 ^7Be と $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ の運搬量の変動は、

月間降雨日数および湖水流出量（≡集水域からの水の流出量）の変動傾向に概ね対応していた。このことから、この地域では、系内における水の動きが降雨頻度に影響されており、その増大によって冬季の地表物質の運搬力が大きくなったと考えられる。沈降粒子中の鉍物成分の粒径は冬季に大きくなる傾向がみられた。このことは、冬季は集水域から貯水池への地表物質の侵食・運搬力が大きいことを示しており、放射性核種で示された結果と整合的であった。一方で、帯磁率は冬季よりも夏季のほうが高い傾向がみられた。このことから、強磁性鉍物（磁鉄鉍等）は主に細粒粒子に多く含まれており、冬季には粒径の大きい常磁性や反磁性の物質が集水域から貯水池へ運搬された結果、強磁性鉍物の含有率が低下した可能性が示された。

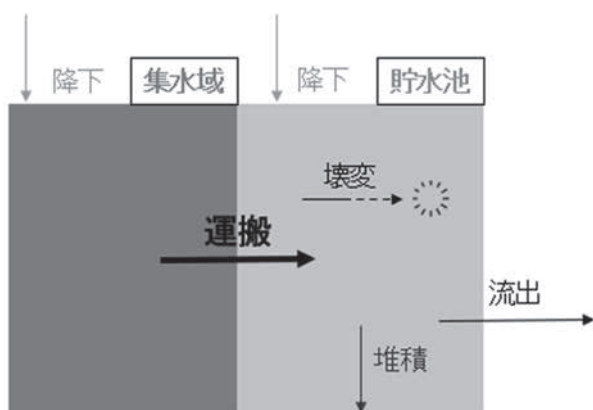


Fig. 1 貯水池-集水域系における放射性核種の動きの模式図

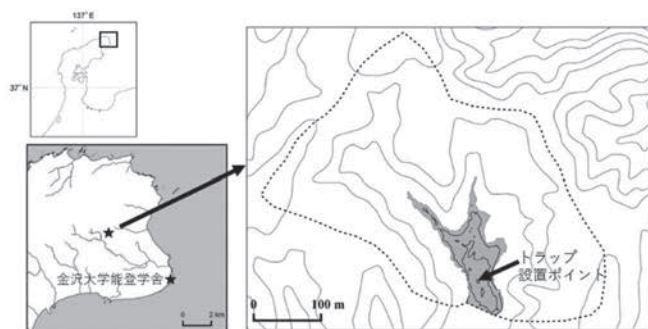


Fig. 2 新池の位置と試料採取地点

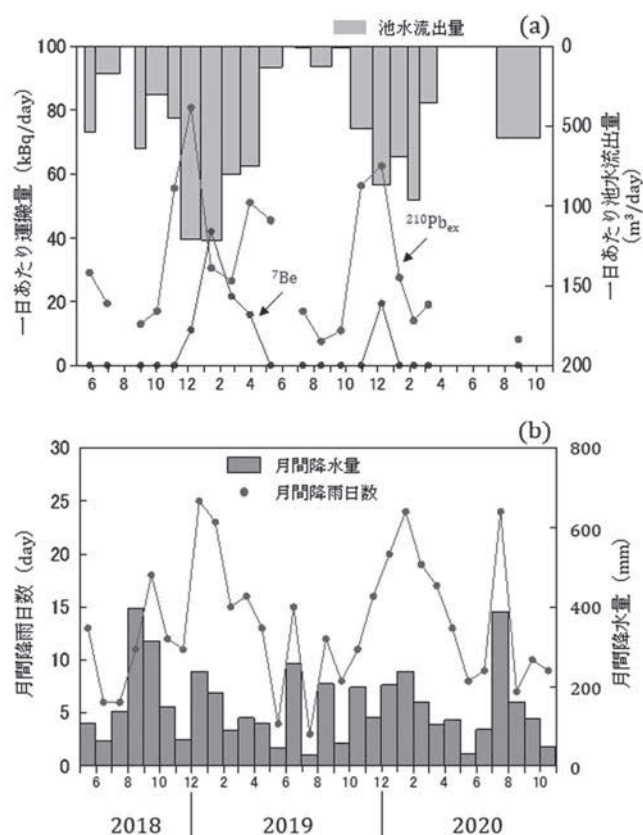


Fig. 3 (a) 集水域からの ^7Be と $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ の運搬量と湖水流出量の経時変動 (b) 月間の降雨日数と月間降水量の経時変動

令和2年度見学来訪・出張の記録

- 4.9 金沢大学 教授 福士 圭介 氏,木場潟研究打ち合わせのため来所
- 6.23 岐阜大学 准教授 勝田 長貴 氏,堆積物コア分取法について研究打ち合わせ
- (6.29 小松市役所エコロジー推進課 参事 嘉官 功賀 氏, 課長 山口 和博 氏, 木場潟水質浄化 打合せ)
- (7.1 石川県工業試験場 宗本 隆志 博士,モンゴルの環境水調査に関する共同研究打ち合わせおよび化学分析のため来所)
- 7.1 金沢大学 教授 福士 圭介 氏,共同研究打ち合わせのため来所
- 7.31 理工学域物質化学系3年生33名実習、低レベル放射能実験施設、尾小屋地下実験室見学
- (8.5 ハーバード大学 大学院生 徳成 武勇 氏, 明和工業株式会社 社員 ソブダ 氏,木酢液の分析のため来所)
- 8.13 金沢大学 助教 本田 匡人 氏, PAH 分析の打ち合わせ等のため来所
- 9.14 金沢大学 助教 本田 匡人 氏, PAH 分析の打ち合わせ等のため来所
- 9.17 富山大学 教授 張 勁 氏, 博士課程3年 片境 紗希 氏, 全国共同利用研究 打合せ
- 9.18 島根大学 助教 長門 豪 氏, PAH 分析および研究打ち合わせのため来所
- (10.12 石川県保健環境センター 主任研究員 内田 賢吾 氏,能登半島の放射能分布に関する研究打ち合わせ)
- 10.19 茨城大学 准教授 鷲田 敏行 氏, 全国共同利用研究 研究打ち合わせ
- 11.18-11.19 筑波大学 技術職員 松村 万寿美 氏, 全国共同利用研究に際した実験のため来所
- 12.9-12.10 岐阜大学 准教授 中村 琢 氏,全国共同利用研究に際した実験および研究打ち合わせのため来所
- 12.14 金沢大学 助教 本田 匡人 氏, PAH 分析等の研究打ち合わせのため来所
- 12.16 東北大学ニュートリノ科学研究センター 助教 市村 晃一 氏,助教 池田 晴雄 氏, 低レベル放射能実験施設、尾小屋地下実験室見学
- 12.17 株式会社 KANSO テクノス 計測分析所 先進領域グループ チーフマネージャー 富田 正利 氏, 執行役員 東京支店長 後藤 浩一 氏, 計測分析所長 北尾 隆 氏, 東京支店 顧問 原田 晃 氏, 東京支店 事業開発グループ マネージャー 山野 伸一 氏, 低レベル放射能実験施設、尾小屋地下実験室見学
- 12.17 岐阜大学 准教授 中村 琢 氏,全国共同利用研究に際した実験のため来所
- 1.6 金沢大学 助教 本田 匡人 氏, PAH 分析等の研究打ち合わせのため来所
- 3.22-3.23 岐阜大学 准教授 中村 琢 氏,学部3年 安田 悠人 氏,全国共同利用研究に際した打ち合わせのため来所
- 3.22 国立極地研究所 助教 平沢 尚彦 氏,研究打ち合わせのため来所
- 3.30 金沢大学 教授 福士 圭介 氏,木場潟研究打ち合わせのため来所



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