

LLRL-AR-40
ISSN 1883-7255

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
2015.4 ~ 2016.3



七尾西湾の牡蠣棚と朝日

Annual Report of Low Level Radioactivity Laboratory
Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University

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	11
2-4. 研究指導	12
3. 研究報告	
北太平洋北西部表層における FDNPP 起源の放射性セシウムの分布	16
福島沿岸域海底堆積物中の放射性セシウムの存在形態と分布特性	18
Transport of ¹³⁴ Cs and ¹³⁷ Cs in the lower Abukuma River after the Fukushima nuclear accident	20
Seasonal variations of particulate organic matter in Lake Kiba, Japan during 2015-2016	22
4. 記録	
平成 25 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 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
- 博士研究員 宮田 佳樹 (yoshikimiyata@staff.kanazawa-u.ac.jp)
博士 (理学) 専攻 同位体地球化学
- 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
- 博士後期課程 2年 Bui Tuoi Hong
- 博士前期課程 2年 上村 宙輝
- 博士前期課程 2年 川村 皓一
- 博士前期課程 2年 馬場 北透
- 博士前期課程 1年 城谷 勇陞
- 化学科 4年生 島村 陽恵
- 化学科 4年生 寺崎 聡一郎
- 化学科 4年生 山下 詩央里

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) 木場潟の有機汚濁の変遷

湖沼における有機汚濁の指標として、化学的酸素要求量 (COD) が用いられている。湖沼での有機汚濁は、流域から流入する直接負荷に加え、植物プランクトンによる湖内生産および底泥からの栄養塩類溶出の水域内部で発生する間接負荷と関係する。そのため、湖沼の水質改善を推進するためには、湖沼の有機物の特性、起源を把握することが重要である。本研究では、現在もCOD値が高い木場潟を対象に、有機汚濁の原因について、湖水有機物（溶存態および懸濁態有機物）、湖底堆積物有機物の分析結果より検討した。

木場潟湖水のCOD値の年間での変動要因を検討するため、平成27年4月から平成28年3月まで、木場潟中央部表層水と底層水の懸濁粒子を採取し、有機炭素濃度と炭素安定度同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) を測定した。その結果、懸濁態有機炭素濃度は表層水で3倍、底層水では5倍増加した。しかし、 $\delta^{13}\text{C}$ は表層水で -30‰ から -26‰ まで減少したが、底層水では、 -25‰ ～ -26‰ 程度であった。このことは、底層水と表層水で懸濁態有機物の起源が異なることを示唆している。

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

福島原発事故により環境中に放出された放射性核種の陸域と沿岸域での放射能の影響評価を行うために、福島県浜通りを主な調査地域に設定し、沈着した放射性セシウムの土壌から河川への移行動態と河川から沿岸域への移行量を把握するとともに、沿岸域での放射性セシウムの挙動を解明することを目的に研究を継続している。

平成27年度は阿武隈川、新田川、夏井川、の3河川で2～3ヶ月毎に河川調査を継続して実施した。採取した河川水試料は、定量濾紙（東洋濾紙 No.5A）及びメンブレンフィルター（ $0.45\mu\text{m}$ ）を用いて濾過後、濾液からリンモリブデン酸アンモニウム沈殿法によりCsを分離、Ge半導体検出器を用いた γ 線測定により河川水中の溶存態 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs の放射能濃度を測定した。フィルター及び懸濁粒子を回収し粒子態放射性セシウムの割合を見積もった。

調査した福島県内の河川水中の放射性セシウム濃度は、福島原発事故後の2011年の観測データも加えて解析すると、指数関数的に時間の経過とともに減少する傾向が認められた。阿武隈川では、懸濁態放射性セシウムは濁度と正の相関関係を示し、懸濁粒子の流出機構が懸濁態放射性セシウム濃度変動を支配していることが明らかとなった。一方、新田川と夏井川では、平成27年からその関係から外れる傾向が認められた。このことは、河川流域からのソースの変化、流出挙動の違い等が考えられる。

2) 福島沿岸域海水

本研究では、2012年8月（KT-12-22）および2013年1月（KT-13-01）に福島県沿岸域で行われた東京大学大気海洋研究所所属淡青丸調査航海及びびくしま海洋科学館での定期サンプリングにより採

取された海水試料の放射性セシウム濃度を測定し、その経時変動を調べ、福島沿岸海域における放射性セシウムの拡散挙動を検討した。

KT-12-22 表層海水の放射性セシウム濃度は、各測線で沖合よりも沿岸側で高い値を示した。例えば、同じ測線上の沿岸側の測点 O01 と外洋側の測点 O04 では、 ^{134}Cs 放射能濃度がそれぞれ 9.4 ± 0.43 mBq/kg と 0.82 ± 0.25 mBq/kg を示し、約 10 倍の放射能濃度の違いが認められた。KT-13-01 表層海水の放射性セシウム濃度は夏場の KT-12-22 航海に比べて、全体的に高い放射能濃度であった。水塊の特性を塩分と水温から見積もった密度で調べた結果、水塊が夏季と冬季で異なっていた。また、冬季には密度 σ_t が 26.0 前後の水塊で高い放射性セシウム濃度が観測された。このことは、黒潮を起源とする水塊の流入が関与している可能性が考えられる。

ふくしま海洋科学館の定点観測により得られた表層海水の ^{134}Cs 放射能濃度は、2011 年 9 月から 2012 年 2 月にかけて 40.7 ± 1.7 mBq/kg まで減少したが、2012 年 3 月から 6 月にかけて 156.7 ± 5.4 mBq/kg まで増加した。一方、2012 年 7 月には 12.9 ± 0.60 mBq/kg まで減少し、それ以降は冬季を除いて約 26 mBq/kg 以下の値を示した。

3) 福島沿岸堆積物

沿岸域における放射性物質の動態を把握する場合、陸域から流入した土砂や浮遊砂が海底堆積物へ蓄積する経路及び再懸濁による再移動を検討する必要がある。本研究では、阿武隈川沖の海域で平成 25 年 10 月から平成 26 年度 1 月、平成 26 年 8 月から平成 27 年 1 月まで毎月 1 回程度、沿岸域の 3～7 地点において海底堆積物を採取し、水平分布の変動とともに時系列変動を調査した。その結果、泥質表層堆積物の ^{137}Cs 放射能存在量が平成 25 年 10 月の 36.9 Bq/cm² から平成 26 年 1 月には 1/4 まで減少した。一方、その下層の砂質堆積物は平均値 8.8 ± 2.1 Bq/cm² であった。また、人工海水による溶出実験の結果から求めた深さ 0-3cm, 3-10cm, 10-20cm における溶出率は、1 回目は 0.024-0.071%, 0.065-0.182%, 0.344-0.398%, 2 回目は 0.023-0.089%, 0.052-0.133%, 0.294-0.408% と低い値を示した。以上の結果は、阿武隈川沖の海域では、泥質堆積物の再移動が生じ、 ^{137}Cs 放射能濃度が変動していることが示唆される。

4) 新潟県沿岸～沖合域

日本海側では、原発からの汚染水の直接流入、大気からのフォールアウトによる影響も極めて小さい。その一方で、上流を福島県 (猪苗代湖) にもつ阿賀野川の河川水粒子中の ^{134}Cs が河口域を中心に影響を与えている。2014 年の調査に引き続き、2015 年 7 月の中央水産研究所の蒼鷹丸調査航海において、新潟県沿岸～沖合、および佐渡海盆の合計 22 地点で堆積物コア試料を採取、低バックグラウンドガンマ線測定の実用により、 ^{134}Cs の分布を調べた。新潟沿岸～沖合の海底堆積物の ^{134}Cs 濃度は、河口に近いほど高濃度を示した (7 Bq/kg-dry)。海底堆積物の空間分布、 ^{134}Cs の分布を調べることで、阿賀野川河川粒子が河川から海底に堆積するまでのプロセスおよびその移動範囲を議論した。特に河川粒子が海底へもたらされた後、その供給後にも再分配を受けていることが分かった。

2-1-3. 海洋環境における放射性核種の長期挙動に関する研究

海水中に震災前から存在する極微量の人工放射性核種 ^{137}Cs (30.17 年) に加え、震災以降放出された ^{137}Cs 及び ^{134}Cs (2.06 年) 測定に基づく海水循環の研究で、総計 746 の北太平洋全域の表層海水試料、67 の海生生物試料を尾小屋地下実験室の Ge 検出器を用い、十分な統計で測定した。広範囲の北太平洋表層海水、及び、統計 165 度、149 度、北緯 50 度から南緯 10 度の海洋断面の深度分布測定から太平洋の海水循環の経時変化が明らかになり、加えて震災により放出された放射性物質の移流拡散

状況が明らかになった。表層の放射性セシウム濃度極大は亜熱帯循環、亜寒帯循環経路をたどり、2016年1月時点でアメリカ大陸東海岸の東部北太平洋へ到達、今後はどちらも西方向へ移動すると予想される。中層以下では北太平洋中央から東部に移動した。また、深度分布から中央モード水、亜熱帯モード水の循環・移動経路が明らかになった。さらに、最近、日本近海の放射性セシウム濃度が、上昇傾向にあり、再循環が確認されたため、東シナ海、日本海、日本沿岸の太平洋海水の測定を行い、黒潮及びその続流から分岐した早い南下する海流の存在が強く示唆され、その後亜熱帯循環経路をたどり、事故後5年で放射性セシウムが東シナ海、日本近海に到達したと考えられる。これら結果は、他の分析結果とともに海水大循環予測のデータとして提供し、海洋物理学モデルの検証が行われている。また生物への移行過程が解明されつつある。

2-1-4. 北太平洋北西部表層における FDNPP 起源の放射性セシウムの分布

2011年3月のFDNPP事故により、北太平洋西部を中心とした海洋環境へ多量の放射性セシウムが放出された。これら汚染の寄与が大きい海域を中心に多くの ^{134}Cs 、 ^{137}Cs の分布が報告されてきた。一方、事故の影響の少ない北太平洋北西域では、FDNPP起源のセシウム循環の報告例は、わずかである。さらに本研究海域には複数の海流が存在することから、水塊ごとの分布や循環を議論する必要がある。本研究では、Mulanovskiy 調査航海(2014年6月)において採取された表層海水に低バックグラウンド γ 線測定を適用し ^{226}Ra 、 ^{228}Ra の水平分布から水塊を分類したうえで、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs の供給・循環パターンを議論する。 ^{226}Ra および ^{228}Ra 濃度より、本海域の表層水をオホーツク海海水、親潮海水、カムチャッカ沿岸海水3つの水塊に明らかに分類された。親潮海水でのみ、低レベルの ^{134}Cs が検出された。これは表層海水循環による、親潮流域へのFDNPP起源の低レベル放射性セシウムの供給を示した。

2-1-5. 海産物の微弱放射性セシウム測定のための簡便な ^{40}K 除去法の開発

^{137}Cs 、 $^{108\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{54}Mn および ^{60}Co といった微弱人工放射性核種は、大気圏内核実験、原発事故や原子力施設からの漏洩の指標として、海産物を中心に、多くの報告がなされてきた。通常の γ 線測定では、 ^{40}K がもたらすコンプトン効果の寄与が、これら微弱核種の測定を妨げる大きな要因となる。2011年の福島第一原発事故によって大量の放射性セシウムが海洋環境中へも放出されたことから、海産物のモニタリング調査がこれまでにない頻度で行われている。しかし事故後5年が経過した現在では、その濃度も減少を続けている。

本研究では、 ^{40}K 浸出除去法を魚介類の微弱 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 濃度測定用に改良し、ヒラメ灰試料に適用した。地上レベルの γ 線測定では、処理前に γ 線のベースラインに埋もれていた ^{134}Cs のピークが明らかになった。さらに低バックグラウンド γ 線測定を組み合わせさせた結果、海産物試料の γ 線ベースラインが処理前の $\sim 3/100$ (610-650 keV)に低減し、さらなる測定誤差の向上、検出限界値の改善が得られた。

2-2. 研究業績

1) 学術論文

- (1) Aoyama, M., Hamajima, Y., Hult, M., Uematsu, M., Oka, E., Tsumune, D., Kumamoto, Y., 2016, ^{134}Cs and ^{137}Cs in the North Pacific Ocean derived from the March 2011 TEPCO Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident, Japan. Part one: surface pathway and vertical distributions. *Journal of Oceanography*, **72**,

- (2) Aoyama, M., Kajino, M., Taichu Y. Tanaka, T., Sekiyama, T., Tsumune, D., Tsubono, T., Hamajima, Y., Inomata, Y., Gamo, T., ^{134}Cs and ^{137}Cs in the North Pacific Ocean derived from the March 2011 TEPCO Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident, Japan: Part Two - Estimation of ^{134}Cs and ^{137}Cs inventories in the North Pacific Ocean. *Journal of Oceanography*, **72**, 67-76.
- (3) Aoyama, M. Hultb, M., Hamajima, Y., Lutterb, G Marissensb, G., Strohb, H., Tzikab, F., 2016, Tracing radioactivity from Fukushima in the Northern Pacific Ocean. *Applied Radiation and Isotopes*, **109**, 435–440.
- (4) Breier, R., Hamajima, Y., Povinec, P.P., 2016, Simulations of background characteristics of HPGe detectors operating underground using the Monte Carlo method. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **307**, 1957-1960, doi: 10.1007/s10967-015-4460-3.
- (5) Kumamoto, Y., Aoyama, M., Hamajima, Y., Nishino, S., Murata, A., Kikuchi, T., 2016, Meridional distribution of Fukushima-derived radiocesium in surface seawater along a trans-Pacific line from the Arctic to Southern Oceans in summer 2012. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **307**, 1703–1710, doi 10.1007/s10967-015-4439-0.
- (6) Lutter, G., Tzika, F., Hult, M., Aoyama, M., Hamajima, Y., Marissens, G., Stroh, H., 2015, Measurement of anthropogenic radionuclides in post-Fukushima Pacific seawater samples. *Nukleonika* **60**, 545-550,
- (7) 長尾誠也・久米川雅志・児玉宏樹・寺島元基, 2016, 北海道東部の湿原を流れる別寒辺牛川における溶存有機物と溶存鉄の流出挙動. 低温科学, 北海道大学低温科学研究所 (印刷中) .
- (8) Ochiai, S., Nagao, S., Yonebayashi, K., Fukuyama, T., Suzuki, T., Yamamoto, M., Kashiwaya, K., Nakamura, K., 2015, Effects of deforestation on the transport of particulate organic matter inferred from the geochemical properties of reservoir sediments in the Noto Peninsula, Japan. *Geochemical J.*, **49**, 513-522.
- (9) Ochiai, S., Miyata, Y., Nagao, S., Yamamoto, M., Murakami, T., Nishimura, S., Itono, T., Suzuki, T., Hamataka, K., Kawano, Y., Hamajima, Y., Kashiwaya, K., 2015, Accumulation of accident-derived radiocesium in lake and coastal sediments at 300-700 km distance from Fukuhsima area. *Radat. Prot. Dosimetry*, 1-5. doi:10.1093/rpd/nev280.
- (10) Povinec, P.P., Mai K. Pham, M.K., Busto, J., Cerna, C., Degering, D., Hamajima, Y., Holý, K., Hult, M., Jeřkovský, M., Köhler, M., Kováčik, A., Laubenstein, M., Loaiza, P., Mamedov, F., Mott, J., Müllerová, M., Perrot, F., Piquemal, F., Reyss, J-L., Saakyan, R., Simgen, H., Staníček, J., Sýkora, I., Štekl, I., 2015, Reference material for natural radionuclides in glass designed for underground experiments. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **307**, 619-626. doi: 10.1007/s10967-015-4202-6.
- (11) Povinec, P.P., Pham, M.K., Busto, J., Cerna, C., Degering, D., Hamajima, Y., Holý, K., Hult, M., Jeřkovský, M., Köhler, M., Kováčik, A., Laubenstein, M., Loaiza, P., Mamedov, F., Marquet, C., Mott, J., Müllerová, M., Perrot, F., Piquemal, F., Reyss, J-L., Saakyan, R., Simgen, H., Soulé, B., Staníček, J., Sýkora, I., Štekl, I., 2016, Reference material for natural radionuclides in glass designed for underground experiments. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **307**, 619-626.
- (12) Saito, T., Terashima, M., Aoyagi, N., Nagao, S., Fujitake, N., Ohnili, T., 2015, Physicochemical and ion-binding properties of highly aliphatic humic substances extracted from deep sedimentary groundwater. *Environ. Sci.: Process and Impacts*, **17**, 1386-1395.

2) 本・総説・資料・報告書

- (1) 長尾誠也, 福島第一原子力発電所事故後の河川水系における放射性セシウムの移行特性(総説). 地球化学, 49, 217-226.
- (2) Nagao, S., 2015, Radionuclides released from nuclear accident: distribution and dynamics in soil. In: *Environmental Remediation Technologies for Meta-Contaminated Soils* (eds., H. Hasegawa, I. M. D. Mofizur Rahman, M. A. Rahman), Springer, 43-65.
- (3) Ochiai, S., Nagao S., Itono T., Suzuki T., Kashiwaya K., Yonebayashi K., Okazaki M., Kaeriyama M., Qin Y., Hasegawa T., Yamamoto M., 2015, Recent eutrophication and environmental changes in the catchment inferred from geochemical properties of Lake Onuma sediments in Japan. In: *Earth Surface Processes and Environmental Changes in East Asia- Records from Lake Catchment Systems* (eds. Kashiwaya, K., Shen, J., Kim, J.Y.), Springer, 257-268.
- (4) 角田欣一・相澤省一・森勝 伸・齋藤陽一・小崎大輔・小池優子・阿部隼司・鈴木究真・久下敏宏・泉庄太郎・田中英樹・小野関由美・野原精一・葉袋佳孝・岡田往子・長尾誠也, 2015, 福島第一原子力発電所事故による赤城大沼を中心とする群馬県の放射性セシウム汚染について II. KEK, 第16回環境放射能研究会 Proceedings 集

3) 学会発表など

- (1) Aoi, Y., Fukushi, K., Tomihara, S., Yoshida, K., Asahi, K., Itono, T., Kashiwaya, K., Nagao, S., Sedimentation processes of radioactive Cs contaminated soil in storage reservoirs in Iwaki, Fukushima prefecture. *12th East Eurasia International Workshop: Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Eurasia*, Taipei, Taiwan (2015.9.5).
- (2) Aoyama, M., Tsumune, D., Tsubono, T., Hamajima, Y., Kumamoto, Y., Long term behavior of radioactive plume of TEPCO FNPP1 released ¹³⁴Cs and ¹³⁷Cs in the North Pacific Ocean through the end of 2014. *European Geosciences Union General Assembly Conference*, Vienna (2015.4.17).
- (3) 青山道夫・津旨大輔・坪野考樹・浜島靖典・猪股弥生・熊本雄一郎, 東電福島第一原発事故により北太平洋に放出された放射性セシウムの長期挙動. 第2回 IER 成果報告会, コラッセ福島, 福島 (2016.3.7).
- (4) 青山道夫・芳村 毅・津旨大輔・浜島靖典, 東電福島第一原発事故起源の放射性セシウムの日本沿岸での長期挙動と微細構造. 日本海洋学会 2016 年度春季大会, 東京大学本郷キャンパス, 東京 (2016.3.16).
- (5) 青山道夫・浜島靖典・Mikael Hult・津旨大輔・坪野考樹・蒲生俊敬・植松光夫・岡英太郎・熊本雄一郎・梶野瑞王・関山 剛・田中泰宙・猪股弥生, 東電福島第一原発事故起源の放射性セシウムの長期広域挙動と事故による放出総量の推定結果とその検証. 2016年度春季日本海洋学会, 東京大学 (2016.3.17).
- (6) 馬場北透・長尾誠也・宮田佳樹・井上睦夫・富原聖一・田中 潔・乙坂重嘉, 福島第一原発事故由来放射性セシウムの福島沿岸海域での拡散挙動. 第59回放射化学討論会, 仙台 (2015.9.26).
- (7) Breier, R., Povinec, P.P., Hamajima, Y., Simulations of Background Characteristics of HPGe Detectors Operating Underground Using The Monte Carlo Method. *the 10th International Conference on Methods and Applications of Radioanalytical Chemistry*, Sheraton Kona Resort & Spa at Keauhou Bay, Hawaii,

USA (2015.4.15).

- (8) Bui, H. T., Nagao, S., Suzuki, T., Kawano, Y., Fukushi, K., Hashi, K., Ochiai, S., Yamamoto, M., Temporal variations of COD concentration in Lake Kiba, Japan during 2013-2014. *12th East Eurasia International Workshop: Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Eurasia*, Taipei, Taiwan (2015.9.5).
- (9) Hamajima, Y., Low Level Gamma-ray Counting in Ogoya Underground Laboratory, OUL. *the 10th International Conference on Methods and Applications of Radioanalytical Chemistry*, Sheraton Kona Resort & Spa at Keauhou Bay, Hawaii, USA (2015.4.15).
- (10) Inoue, M., Shirofuchi, Y., Furusawa, Y., Fujimoto, K., Kofuji, H., Yoshida, K., Nagao, S., Yamamoto, M., Hamajima, Y., Honda, N., Minakawa, M., Shiimoto, A., Isoda, Y., Hayakawa, K.; Migration pattern of the Tsushima Warm Current within/around the Sea of Japan: Implications from transport of ^{228}Ra . *18th Pacific-Asian Marginal Seas Meeting*, Naha, Okinawa (2015.4.21).
- (11) 井上睦夫・城谷勇陸・古澤佑一・藤本 賢・吉田圭佑・小藤久毅・長尾誠也・山本政儀・浜島靖典・皆川昌幸, $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比からみた対馬暖流の循環パターン. 研究会「宗谷暖流を始めとした対馬暖流系の変動メカニズム」, 北海道大学 (2015.7.9).
- (12) 井上睦夫・城谷勇陸・長尾誠也・小藤久毅・西岡純, 北太平洋北西域表層における FDNPP 起源の放射性セシウムの分布. 共同研究シンポジウム「千島海峡および東カムチャツカ海流域における海洋物理と生物地球化学」, 北海道大学 (2015.12.10).
- (13) 井上睦夫・上村宙輝・長尾誠也・米岡修一郎・濱島靖典・落合伸也・城谷勇陸・糸野妙子・山本政儀・藤本 賢, 新潟沿岸～沖合堆積物における福島原子力発電所事故由来 ^{134}Cs の空間分布. 2016 年度春季日本海洋学会, 東京大学 (2016.3.17).
- (14) 熊本雄一郎・山田正俊・青山道夫・浜島靖典・村田昌彦・河野 健, 2011 年の海域モニタリングで採取された予備海水試料中に含まれる放射性セシウム濃度の測定, 2015 年度日本地球惑星科学連合大会, 幕張メッセ (2015.5.26).
- (15) 熊本雄一郎・山田正俊・帰山秀樹・青山道夫・浜島靖典・村田昌彦・河野 健, 2011 年度海域モニタリングで得られた福島第一原子力発電所から約 300km 圏内の放射性セシウムの拡がり, 2015 年度秋季日本海洋学会, 愛媛大学 (2015.9.27).
- (16) 熊本雄一郎・青山道夫・浜島靖典・佐々木建一・村田昌彦, 南極海オーストラリア-南極海盆における放射性炭素 (^{14}C) と放射性セシウム (^{137}Cs) の鉛直分布, 第 18 回 AMS シンポジウム, 東京大学 (2016.3.4).
- (17) 熊本雄一郎, 東北地方沿岸 50km 圏内における 2011 年 4-7 月の福島事故由来放射性セシウムの動態 (レビュー), 2016 年春季日本海洋学会シンポジウム「震災復興に対する沿岸海洋学の貢献」2016 年度春季日本海洋学会, 東京大学 (2016.3.14).
- (18) 熊本雄一郎・青山道夫・浜島靖典・永井尚生・川合義美・岡英太郎・山口 篤・今井圭理・村田昌彦, 福島原発事故起源の放射性セシウムは事故から約 4 年間に北太平洋のどこまで拡がったのか? 2016 年度春季日本海洋学会, 東京大学 (2016.3.15).
- (19) Kumamoto, Y., Aoyama, M., Hamajima, Y., Murata, A., Meridional distribution of Fukushima-derived radiocesium in surface seawaters along a trans-Pacific line from the Arctic Sea to Southern Ocean in summer 2012. *the 10th International Conference on Methods and Applications of Radioanalytical Chemistry*, Sheraton Kona Resort & Spa at Keauhou Bay, Hawaii, USA (2015/04/15).

- (20)長尾誠也・島村陽恵・田堂 修・上村宙輝・金森正樹・宮田佳樹・落合伸也・桐島 陽, 福島原発事故後の阿武隈川下流における放射性セシウムの流出挙動解析. 第 59 回放射化学討論会, 仙台 (2015.9.25).
- (21)Nagao, S., Tado, O., Uemura, T., Kanemori, M., Miyata, Y., Ochiai, S., Yamamoto, M., Transport of ^{134}Cs and ^{137}Cs in the lower Abukuma River after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. *13th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements*, Fukuoka (2015.7.15).
- (22)Nagao, S., Transport of particulate organic radiocarbon in the northwest Pacific region. *The 18th Pacific-Asian Marginal Seas Meeting at Naha, Okinawa* (2015.4.21).
- (23)長尾誠也・田堂 修・上村宙輝・金森正樹・桐島 陽・宮田佳樹・落合伸也・山本政儀, 2011-2014 年の福島県内の新田川における放射性セシウムの移行挙動. 地球惑星連合大会, 幕張 (2015.5.26).
- (24)Nagao, S., Tado, O., Uemura, T., Kanemori, M., Kirishima, A., Miyata, Y., Ochiai, S., Yamamoto, M., Transport of ^{134}Cs and ^{137}Cs in the lower Niida River in Fukushima Prefecture, Japan after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. *International Union for Quaternary Research 2015*, Nagoya (2015.7.28).
- (25)長尾誠也・関 幸・宮田佳樹・落合伸也, 別寒辺牛川-厚岸湖における粒子態有機物の移行挙動. 平成 27 年度日本腐植物質学会講演会 (2015.11.20).
- (26)長尾誠也, 縁辺海環境学の展開について: 有害化学物質の越境汚染に対する影響評価と統合環境の創成, 萌芽研究「陸域と大洋間における縁辺海の自然科学的な機能と人間活動への役割」シンポジウム, 北大低温研 (2015.12.18).
- (27)長尾誠也・宮田佳樹・福士圭介・井上睦夫・小田野直光, 福島沿岸域堆積物中の放射性セシウムの移行動態. 2016 年日本海洋学会春季大会, 東京 (2016.3.17).
- (28)野村律夫・辻本 彰・井上睦夫・小藤久毅, 汽水湖・中海における $^{224}\text{Ra}/^{228}\text{Ra}$ 比 ; $^{224}\text{Ra}/^{228}\text{Th}$ 比の分布特性と湖水の動き. 地質学会・信州大学 (2015.9.11-13).
- (29)城谷勇陞・井上睦夫・長尾誠也・山本政儀・浜島靖典・古澤佑一・小藤久毅・本多直人・森本明彦・滝川哲太郎・藤本 賢・早川和一, 東シナ海から日本海表層における $^{228}\text{Th}/^{228}\text{Ra}$ 比の水平分布および季節変動. 第 59 回放射化学討論会, 仙台 (2015.9.26).
- (30)城谷勇陞・井上睦夫・長尾誠也・小藤久毅・西岡 純: 北太平洋北西部表層における FDNPP 起源の放射性セシウムの分布. 2016 年度春季日本海洋学会, 東京大学 (2015.3.17).
- (31)寺崎聡一郎・長尾誠也・宮田佳樹・小田麻衣子, 福島沿岸域堆積物中の放射性 Cs の存在形態. 2016 年日本海洋学会春季大会, 東京 (2016.3.17).
- (32)上村宙輝・井上睦夫・藤本 賢・米岡修一郎・長尾誠也・濱島靖典・落合伸也・糸野妙子・山本政儀, 新潟沿岸～沖合堆積物における福島原発事故由来 ^{134}Cs の空間分布. 第 59 回放射化学討論会, 仙台 (2015.9.25).
- (33)山下詩央里・井上睦夫・藤本 賢・長尾誠也・小藤久毅・浜島靖典・山本政儀, 簡便な ^{40}K 浸出除去法を利用した海産物試料の低レベル ^{134}Cs , ^{137}Cs 濃度の測定. 第 59 回放射化学討論会, 仙台 (2015.9.26).

4) 研究交流

・共同研究

- (1) 濱島靖典: 環境試料中の極低レベル放射性セシウムの測定, 福島大学.

- (2) 濱島靖典：微量放射能測定のための前処理方法および試薬開発と環境試料測定，(株)環境総合テクノス。
- (3) 長尾誠也：越境汚染により増大する陸域からの窒素流入負荷が沿岸生態系に及ぼす影響の評価，福井県立大学，杉本 亮。
- (4) 長尾誠也・勝田長貴（岐阜大学）： ^{210}Pb ex・ ^{137}Cs 測定による大沼湖底堆積物の年代と放射性降下物履歴の復元，福井県立大学，杉本 亮。
- (5) 長尾誠也・山本真也（山梨県富士山科学研究所）：環境汚染や環境変化の検知とその要因に関する研究，福井県立大学，杉本 亮。
- (6) 長尾誠也・堀口敏宏（国立環境研究所）：福島第一原発事故による日本海域への放射能影響の評価，福井県立大学，杉本 亮。
- (7) 長尾誠也・紀室辰伍（東北大学）：深部地下水中の溶存有機物の錯生成機構に関する研究，福井県立大学，杉本 亮。
- (8) 長尾誠也（代表）：陸域と大洋間における縁辺海の自然科学的な機能と人間活動への役割，平成 27 年度北海道大学低温科学研究所共同研究，萌芽研究。

5) 各種活動

・学会活動

- (1) 濱島靖典，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。
- (2) 長尾誠也，日本原子力学会代議員，2013.6-。
- (3) 長尾誠也，日本腐植物質学会評議委員，2015.1-。
- (4) 長尾誠也，日本腐植物質学会編集委員，2011.1-。
- (5) 長尾誠也，国際腐植物質学会日本支部長，2011.1-。
- (6) 長尾誠也，日本放射化学会評議委員，2014.9-。
- (7) 長尾誠也，地球惑星連合大会共同コンベンナー（水循環・水環境セッション），2009-。

・社会活動

- (1) 長尾誠也，小松高校 SSH 運営委員・評価委員，2011-。
- (2) 長尾誠也，日本原子力研究開発機構研究嘱託，2009-。
- (3) 長尾誠也，環境技術研究所 排出放射能環境移行調査検討委員会委員，2013-。
- (4) 長尾誠也，日本海洋生物環境研究所データ解析部会委員，2014-。

・招待講演および特別講演，依頼講演

- (1) 井上睦夫，福島第一原子力発電所 (FDNPP) 事故の日本海への寄与，公開臨海演習，金沢大学臨海実験施設，2015.11.21。
- (2) 井上睦夫，根上隕石講演会 隕石トリヴィア (雑学的豆知識)，能美市辰口中学校，2015.12.3。
- (3) 井上睦夫，根上隕石講演会 隕石トリヴィア (雑学的豆知識)，能美市寺井中学校，2015.12.15。
- (4) 長尾誠也，福島原発事故により放出された放射性セシウムの大気・陸域・沿岸海洋での移行動態。環境放射能研究会，高エネルギー研究所，つくば，2016.3.10。(招待講演)
- (5) 長尾誠也，木場潟湖水中に存在する有機物の特徴と濃度変動との関係，木場潟環境フォーラム，小松ドーム，小松市，2016.2.14。(特別講演)

- (6) 長尾誠也, 福島県内の河川水系と沿岸域における放射性セシウムの移行挙動, 環境科学セミナー, 環境科学技術研究所, 2016.1.8. (招待講演)
- (7) 長尾誠也, 中海小学校第2回環境セミナー, 小松市立中海小学校, 2015.11.30.
- (8) 長尾誠也, 別寒辺牛川の色のお宝, 環境講演会「厚岸湖・別寒辺牛湿原の水環境」, 別寒辺牛川・ホンマカイ川流域環境保全協議会, 厚岸町, 2015.10.10. (招待講演)
- (9) 長尾誠也, 中海小学校環境セミナー, 小松市立中海小学校, 2015.6.26.

2-3. 研究費

1) 科学研究費等

- (1) 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, 964 千円.
- (2) 濱島靖典, 科学研究費補助金: 新学術領域研究, 海洋および海洋底における放射性物質の分布状況要因把握, 分担者, 平成 24 年~28 年度, 360 千円.
- (3) 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.
- (4) 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, 1,300 千円.
- (5) 井上睦夫, 科学研究費一部基金: 基盤研究 (B), 堆積速度の低下による汽水域底質の酸性化問題の提起とその解決へ向けた基礎研究, 分担者, 平成 25 年~28 年度, 100 千円.
- (6) 宮田佳樹, 科学研究費一部基金: 基盤研究 (B), 有機地球化学的分析手法を用いた先史時代の食性復元, 代表者, 平成 25 年~28 年度, 132 千円.
- (7) 宮田佳樹, 科学研究費補助金: 新学術領域研究, 高精度年代測定および稲作農耕文化の食生活・健康への影響評価, 分担者, 平成 27 年~31 年度, 1,150 千円.
- (8) 宮田佳樹, 科学研究費補助金: 基盤研究 (B), 縄文土器で煮炊きしたものと土器の使い分けについての研究, 分担者, 平成 27 年~30 年度, 1,000 千円.
- (9) 宮田佳樹, 科学研究費一部基金: 基盤研究 (B), ユーラシア古代遊牧社会形成の企画考古学, 分担者, 平成 25 年~28 年度, 100 千円.
- (10) 長尾誠也, 科学研究費補助金: 新学術領域研究, 移行に伴う放射性物質の化学形態と微量分析技術の開発, 分担者, 平成 24 年~28 年度, 3,000 千円.
- (11) 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, 570 千円.
- (12) 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.
- (13) 長尾誠也, 科学研究費基金: 萌芽研究, 森は海の恋人か? 土地利用変化と河川流量及び海域変化の統合研究スキームの開発, 分担者, 平成 26 年~28 年度, 300 千円.
- (14) 山本政儀, 科学研究費補助金: 新学術領域研究, 移行に伴う放射性物質の化学形態と微量分析技術の開発, 代表者, 平成 24 年~28 年度, (総額 95,000 千円) 2,600 千円.
- (15) 山本政儀, 科学研究費補助金: 新学術領域研究, 福島原発事故により放出された放射性核種の環境動態に関する学際的研究: 総括班, 分担者, 平成 24 年~28 年度, 100 千円.
- (16) 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，100 千円。

(17)山本政儀，科学研究費一部基金：基盤研究（B），セミパラチンスク旧核実験場近郊住民を対象とした疫学解析用統一データベース構築，分担者，平成 25 年～27 年度，200 千円。

(18)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。

2) 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～28 年度，2,607 千円。

(2) 濱島靖典，共同研究：(株)環境総合テクノス，微量放射能測定のための前処理方法および試薬開発と環境試料測定，平成 26 年～28 年度，600 千円。

(3) 長尾誠也，共同研究：小松精錬受託研究費，発泡セラミックスを活用した浮島式水質浄化システムの開発，平成 27 年度，206 千円。

3) 受託研究費

(1) 長尾誠也，受託研究：海上技術安全研究所，放射性セシウムの変動要因に関する調査業務，平成 27 年度，27,049 千円。

(2) 長尾誠也，受託事業：国立環境研究所，海水試料のセシウム同位体極微量分析業務，平成 27 年度，702 千円。

(3) 長尾誠也，受託研究：小松市，木場潟の水質改善調査，平成 27 年度，1,238 千円。

(4) 長尾誠也，受託研究：七尾市，平成 27 年度産業・地域活性化懇話会に係る事業課調査研究業務委託，分担者，平成 27 年度，95 千円。

4) 奨学寄附金

(1) 濱島靖典，(株)環境総合テクノス，11,462 千円。

5) その他

(1) 長尾誠也，戦略的研究推進プログラム：科研費採択支援，福島県内の流域圏における放射性セシウムの長期影響評価，平成 27 年度，1,000 千円。

(2) 長尾誠也，戦略的研究推進プログラム：先魁プロジェクト，東アジアの大気・海洋における有害化学物質の影響評価と統合環境の創成，平成 27 年～28 年度，5,000 千円。

2-4. 研究指導

1) 修論研究

(1) 馬場北透，福島第一原発事故由来放射性セシウムの福島沿岸海域での拡散挙動。自然科学研究科物質化学専攻，修士（理学），長尾誠也

(2) 上村宙輝，新潟沿岸～沖合堆積物における福島原子力由来 ^{134}Cs の空間分布。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) 島村陽恵, 福島県内河川水中の ^{134}Cs , ^{137}Cs 放射能濃度の時系列変動. 理工学域物質化学類化学コース, 学士 (理学), 長尾誠也
- (2) 寺崎聡一郎, 福島沿岸域海底堆積物の放射性セシウムの存在形態と分布特性. 理工学域物質化学類化学コース, 学士 (理学), 長尾誠也
- (3) 山下詩央里, 簡便な温水浸出 ^{40}K 除去法を利用した海産物試料の低レベル ^{134}Cs , ^{137}Cs 濃度の測定. 理工学域物質化学類化学コース, 学士 (理学), 長尾誠也

3. 研究報告

北太平洋北西部表層における FDNPP 起源の放射性セシウムの分布

城谷勇陸¹・井上睦夫¹・長尾誠也¹・小藤久毅¹・西岡純²

¹〒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

²〒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

Shirotni, Y., Inoue, M., Nagao, S., Kofuji, H., Nishioka, J.: Distribution of the FDNPP-derived radiocesium at the surface in the northwestern North Pacific Ocean

1. はじめに

2011 年 3 月の福島第一原子力発電所事故 (FDNPP) 事故により、北太平洋西部を中心とした海洋環境へ多量の放射性セシウムが放出された。これら汚染の寄与が大きい海域を中心に、多くの ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs の分布が報告されてきた (Buesseler *et al.*, 2012; Honda *et al.*, 2012; Aoyama *et al.*, 2015)。一方、事故の影響の少ない北太平洋北西域では、FDNPP 起源のセシウム循環の報告例は少ない (Ramzaev *et al.*, 2014; Budyansky *et al.*, 2015; Kumamoto *et al.*, 2015)。さらに本研究海域には複数の海流が存在することから、水塊ごとの分布や循環を議論する必要がある。本研究では、これら海域の表層における ²²⁶Ra, ²²⁸Ra の水平分布から水塊を分類したうえで、¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs の濃度よりそれらの供給・循環パターンを議論する。

2. 試料と実験

Multanovskiy 調査航海 (2014 年 6 月 8-28 日) において、表層海水 20L を 11 地点で採取した (図 1)。採取された海水試料より、リンモリブデン酸アンモニウム (AMP) 法を用いて ¹³⁴Cs および ¹³⁷Cs を回収した。さらに上澄みから BaSO₄ 共沈法を用いて ²²⁶Ra および ²²⁸Ra を回収した。尾小屋地下測定室に設置した Ge 検出器を使用した低バックグラウンド γ 線法の適用により、²²⁶Ra、²²⁸Ra、¹³⁴Cs、および ¹³⁷Cs の放射能濃度を測定した。各核種濃度は、海水試料採取時に壊変補正をおこなった。

3. 結果・考察

²²⁶Ra および ²²⁸Ra 濃度より、本海域の表層水をオホーツク海海水 (低塩分-高 ²²⁶Ra-高 ²²⁸Ra)、親潮海水 (高塩分-高 ²²⁶Ra-低 ²²⁸Ra)、およびカムチャッカ沿岸海水 (低塩分-低 ²²⁶Ra-低 ²²⁸Ra) の 3 つの水塊に分類した (図 2)。親潮海水において塩分や ²²⁶Ra 濃度の変動が小さいことから、表層ではオホーツク海海水との混合は顕著ではないと考えられる。千島列島近辺の B6 地点のみオホーツク海海水との混合による ²²⁸Ra の増加がみられた。¹³⁴Cs および ¹³⁷Cs 濃度を図 3 に示す。親潮海水でのみ、低レベルの ¹³⁴Cs (0.1-0.35 mBq/L) が検出された。これら結果は親潮流域への FDNPP 起源の低レベル放射性セシウムの不均一な供給を示した。一方で、周辺の海流への放射性セシウムの拡散は、みられなかった。北太平洋北西部表層における FDNPP 起源の放射性セシウム分布は、親潮海水の循環に基づくことが明らかになった。

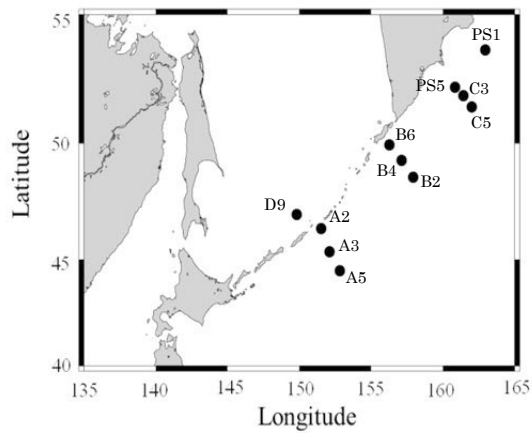


図 1: 表層海水採取地点

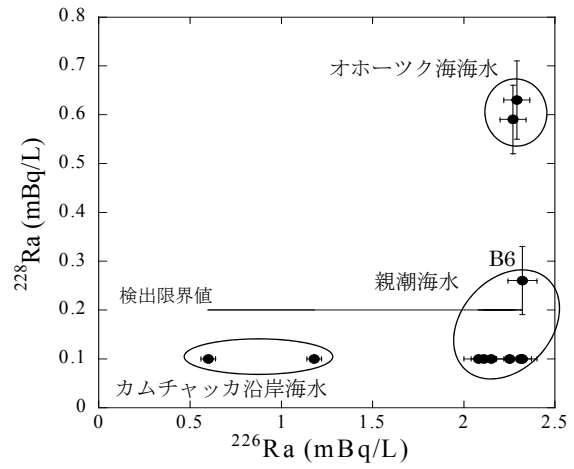


図 2: 北太平洋北西部表層の ^{226}Ra , ^{228}Ra 濃度

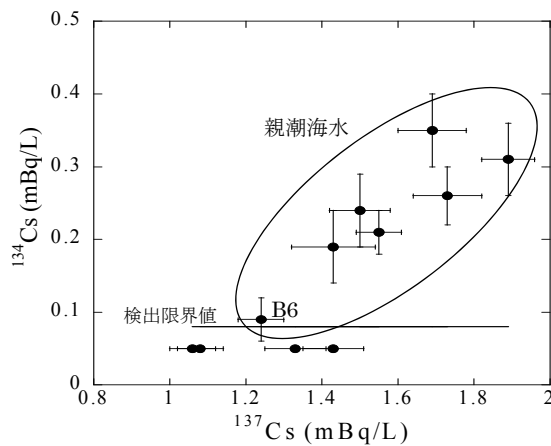


図 3: 北太平洋北西部表層の ^{134}Cs , ^{137}Cs 濃度

謝辞

海水試料採取にご協力いただいた、Multanovskiy の乗船研究者、船長および乗組員の皆様に感謝いたします。

参考文献

Buesseler *et al.* (2012) *PNAS*, doi: 10.1073/pnas.1120794109; Honda *et al.* (2012) *Geochem. J.* **46**, e1-e9; Aoyama *et al.* (2015) *Biogeosciences* **10**, 3067-3078; Ramzaev *et al.*, (2014) *J. Environ. Radioactivity* **135**, 13-24; Budyansky *et al.*, (2015) *Deep-Sea Res. I* **96**, 15-27; Kumamoto *et al.* (2015) *Radioanal. Nucl. Chem.* doi: 10.1007/s10967-015-4439-0

福島沿岸域海底堆積物中の放射性セシウムの存在形態と分布特性

寺崎聡一郎¹、長尾誠也¹、宮田佳樹¹、小田野直光²

¹〒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

²〒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

2011 年 3 月 11 日の東日本大震災に伴う津波により発生した東京電力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するが、堆積物粒子の懸濁、移動や放射性セシウムの海水への溶出、生物への取り込みによる放射性セシウム濃度の変動が考えられる。また、河川から粒子の形態で海底堆積物へ負荷される可能性も考えられる。本研究では、海底堆積物で観測されている放射性セシウム濃度分布の変動要因を解明し、放射性セシウム濃度変動に関して信頼性の高い将来予測に寄与することを目的とする。宮城県阿武隈川河口沖、福島県新田川沖、福島第一原子力発電所沖沿岸域の海底堆積物を 2014 年 8 月から 2015 年 1 月まで 1 ヶ月に 1 回採取し、放射性セシウム濃度の水平鉛直分布の変動を調べた。また、人工海水、1M 酢酸アンモニウムを用いた溶出実験による放射性セシウムの存在形態について検討を行い、放射性セシウム濃度を変動させる要因について検討した。

採取した宮城県阿武隈川河口沖と福島県新田川沖の海底堆積物は深さ 0-3、3-10cm、10cm 以降は 10 cm 間隔でカットし、福島第一原子力発電所沖沿岸域の海底堆積物は深さ 0-1、1-2、2-4、4-6、6-10、10-14、14-20、20-26 cm 間隔でカットした。乾燥後に 2 mm メッシュのふるいを通し、均一化を行ってから容器にパッキングして Ge 半導体検出器により ¹³⁴Cs と ¹³⁷Cs の放射能濃度を測定した。また、人工海水による溶出実験を 2 回ずつ行い、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 酢酸アンモニウムによる溶出実験を行い、溶出率を計算した。

表層 0-3cm 堆積物中の ¹³⁷Cs の放射能濃度は 3-5876Bq/kg-dry の変動幅を示し(Fig. 1)、堆積物の含水率と正の相関関係が存在した(Fig. 2)。人工海水、1M 酢酸アンモニウム溶液による溶出実験で得られた溶出率はそれぞれ最大で約 5%、7%と低い値で、含水率の高い粘土質の堆積物は特に低い値を示した(Fig. 3a, 3b)。

以上の結果より、本研究で用いた堆積物中の放射性セシウムはほとんど溶出せずに大半が粒子に強く吸着した形態をとり、放射性セシウムの変動は堆積物粒子の移動が寄与している可能性が考えられる。

謝辞

本研究のデータの大部分は、平成 26 年度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)事業の報告書の中で取得したものである。ここに記して感謝する。

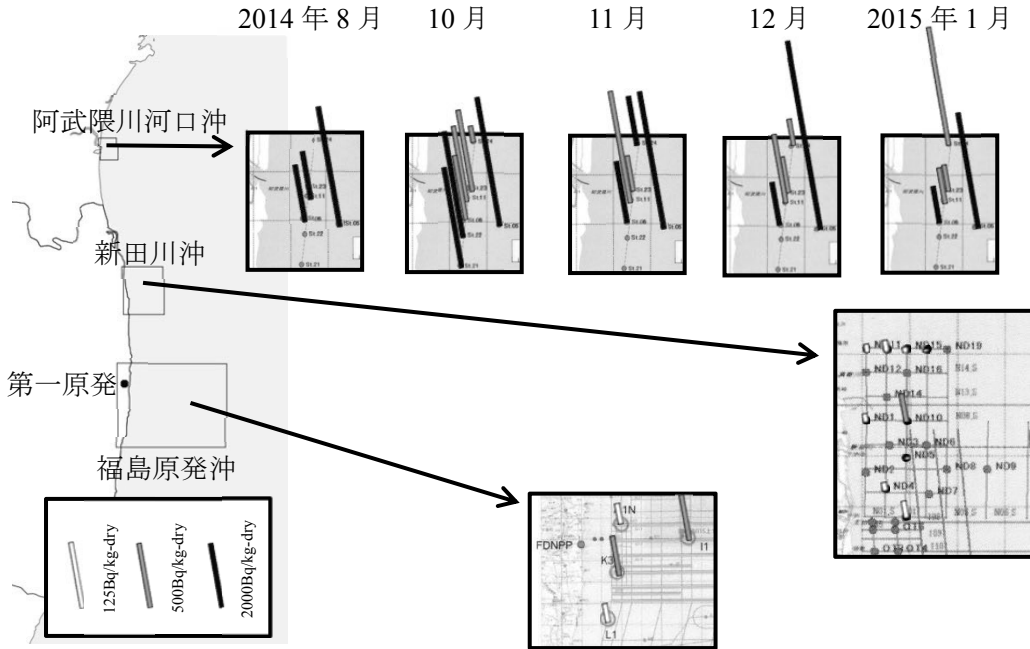


Fig. 1: 表層 0-3cm 堆積物中の ^{137}Cs 放射能濃度

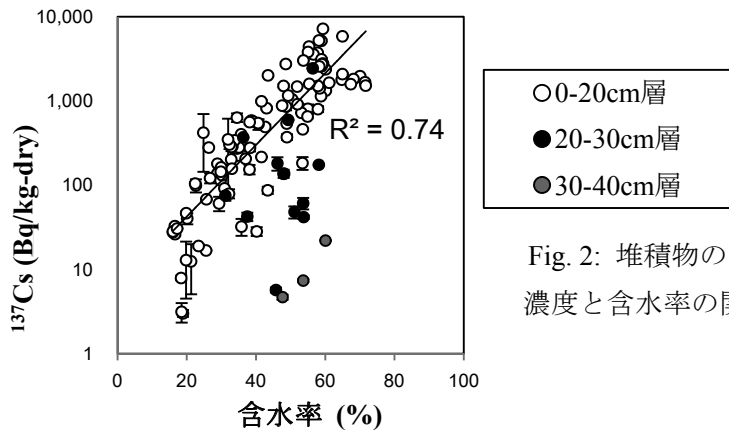


Fig. 2: 堆積物の ^{137}Cs 放射能濃度と含水率の関係

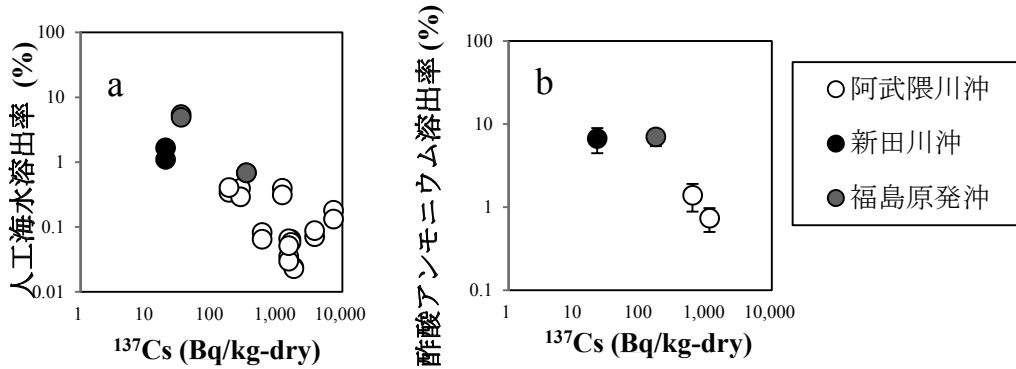


Fig. 3: 堆積物中の ^{137}Cs 放射能濃度と人工海水による溶出率(a)、1M 酢酸アンモニウムによる溶出率との ^{137}Cs 放射能濃度の関係(b)

Transport of ^{134}Cs and ^{137}Cs in the lower Abukuma River after the Fukushima nuclear accident

S. Nagao¹, S. Tado², H. Uemura², M. Kanamori³, S. Ochiai¹, Y. Miyata¹ and M. Yamamoto¹

¹Low Level Radioactivity Laboratory, Kanazawa University, Nomi, Ishikawa, Japan

²College of Science and Engineering, Kanazawa University, Kanazawa, Ishikawa, Japan

³Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, Kanazawa, Ishikawa, Japan

The surface deposition of ^{134}Cs and ^{137}Cs is above 3000k Bq/m² in a zone extending northwest from the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant (NPP) accident. It is important to elucidate the short-term to long-term impacts of the accident on ecosystems of river watershed catchments. This study investigated the transport of ^{134}Cs and ^{137}Cs in the Abukuma River running through the Naka-dori in Fukushima Prefecture, Japan under normal and high flow conditions during 2011-2015.

Field experiments were conducted at a fixed station in the lower Abukuma River during the period of May 2011-February 2015. The twenty L of surface river water samples were collected at the station using buckets. In normal flow conditions, the ^{134}Cs and ^{137}Cs activity concentration in the river waters before and after the filtration was measured with gamma-ray spectrometry using the ammonium molybdophosphate (AMP)/Cs compound method. Decay correction for ^{134}Cs and ^{137}Cs was carried out for each sampling date. In river waters after rain event, particles were separated using centrifugation and filtration with No. 5A (approx. pore size of 7 μm) filters and 0.45 μm pore size membrane filters. The deposited solids and suspended solids on the filters were also measured using gamma-ray spectrometry after drying them at room temperature. The ^{134}Cs and ^{137}Cs



Fig. 1. Sampling locations of the Abukuma River.

present was therefore estimated for the suspended solids and filtered river waters.

The total ^{134}Cs and ^{137}Cs in the river waters ranged from 0.003 Bq/L to 2.57 Bq/L and from 0.005 Bq/L to 3.83 Bq/L, respectively during May 2011-February 2015. The highest value was found in June 2012 at high flow condition after Typhoon Guchol. The radiocesium activity concentration had a decreasing trend with increasing time after the Fukushima Dai-ichi NPP accident, though the highest radiocesium activity concentrations were observed in July 2011, March, June 2012 and July-September 2013 after rain events.

The percentage of ^{134}Cs and ^{137}Cs associated with riverine suspended solids was 44-90% at normal flow condition, but ranged from 84 to 99% and at high flow condition due to rain events. These results indicate that rain events are a main factor controlling the transport flux of radiocesium associated with suspended solids in river waters from the Abukuma River system.

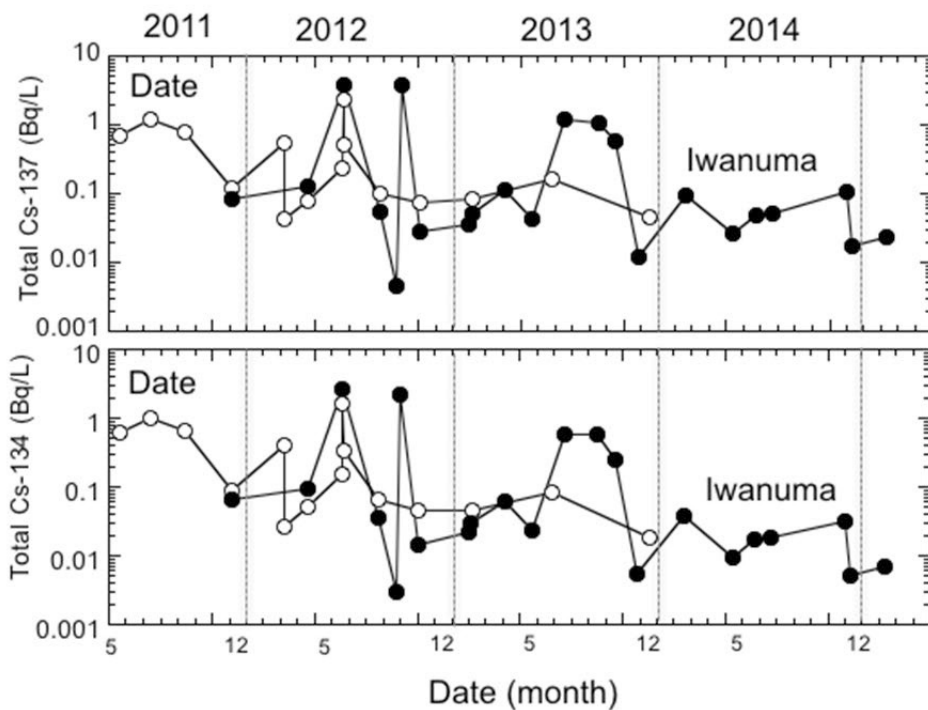


Fig. 2. ^{134}Cs and ^{137}Cs radioactivity in river waters from the Lower Abukuma River.

Seasonal variations of particulate organic matter in Lake Kiba, Japan during 2015-2016

Hong Tuoi Bui¹, Seiya Nagao¹, Tomoyo Suzuki¹, Yuriko Kawano¹, Keisuke Fukushi², Kouichi Hashi³, Shinya Ochiai¹, Mosayoshi Yamamoto¹

²Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, Japan, Kakuma, Kanazawa, Japan

¹Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, Wake, Nomi, Ishikawa, Japan

³Komatsu city Government, Komatsu, Japan

Abstract Lake Kiba has been facing with organic pollution for long time. This study aims to elucidate dynamics of particulate organic carbon (POC) and its composition changes in the lake through a year because POC is one of source of organic pollution. Suspended solid samples were collected monthly from the central lake and analyzed for carbon and nitrogen concentrations and their isotopic composition during February 2015 to March 2016. Concentrations of POC and particulate nitrogen (PN) are similar variation trend during the year. POC concentration reaches at maximum in summer and minimum during winter period. $\delta^{13}\text{C}$ also increases from 29.4‰ to -24.6‰ during summer season whereas $\delta^{15}\text{N}$ -values ranged from 2.3 to 7.0 ‰ during the year. The results indicate that phytoplankton activity is a main factor driving seasonal variation of POC concentration in Lake Kiba.

Introduction

Lake Kiba is located in the central Komatsu city, Ishikawa Prefecture, Japan. Concentrations of Chemical oxygen demand and total nitrogen were two-fold higher than the standard level of class A (Environmental quality standard for conservation of the living environment in Japan). A few studies were carried out for water quality in Lake Kiba, but there is no research for seasonal dynamics of POC concentration. Thus, the aim of this study is to understand variation trends of particulate organic matter concentration and its characteristics in Lake Kiba through a year.

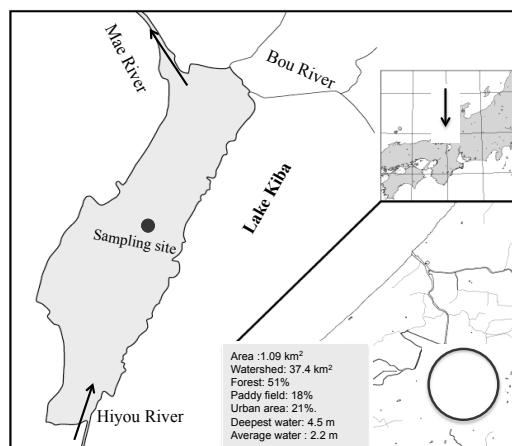


Fig. 1 Study site

Materials and methods

Water samples were monthly collected at a site of the central lake from February 2015 to March 2016. Suspended solids (SS) were collected from approximately 60 liters of a water sample by using continuous flow centrifugation. Inorganic carbon was removed with 0.1N HCl before measuring of C and N content. Carbon and nitrogen stable isotopes were analyzed by using the Thermo Scientific DELTA V Advantage mass spectrometer. $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ values were expressed in per mil relative to VPDB and atmospheric N_2 , respectively. The stable isotope compositions are expressed

$\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N} = (R_{\text{sample}}/R_{\text{standard}} - 1) \times 1000$
 which $R_{\text{sample}}/R_{\text{standard}}$ is the ratio of sample and international standard (L-Alanine, ANU-sucrose, IAEA-N1, and IAEA-N2) $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ and $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$, respectively.

Results and Discussion

Figure 2a shows seasonal changes of particulate organic carbon (POC) concentration at the central Lake Kiba, which is characterized by higher values in summer and lower one during winter season. The concentration ranged from 0.53 mg/L to 5.39 mg/L. The highest value was detected in July 2015. POC concentration was 0.53 mg/L in February 2015, gradually increase in April and May, and highest in July. The POC concentration significantly decreased in December 2015 and then gradually increased in the period of February and March 2016. Variation of particulate nitrogen (PN) concentration was almost similar with POC-variation pattern (Fig. 2b). The value ranged from 0.47 mg/L to 0.83 mg/L. C/N ratio shows 5.0 - 8.3 (Fig. 2c). The $\delta^{13}\text{C}$ -value ranged from -29.4‰ to -24.6‰ and observed higher value during June and September (around -25.5‰), but lower value during October to March 2016 (Fig. 2d). The $\delta^{15}\text{N}$ -value was generally over 4.0‰, except for August 2015 and January 2016 (Fig. 2e).

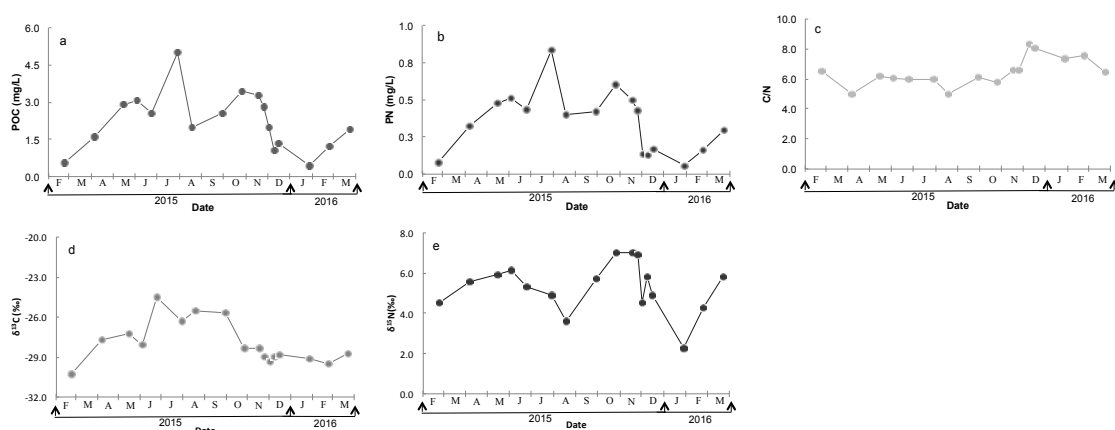


Fig. 2 Seasonal variation trend for concentrations of particulate organic carbon (a), and particulate nitrogen (b), C/N ratios (c), carbon isotope (d) and nitrogen isotope (e) from suspended solid at the water surface central Lake Kiba from February 2015 to March 2016.

There is a good relationship between POC and pH with correlation factor of 0.64 (Fig. 3a), POC and WT with 0.72 (Fig. 3b), and POC and SS) with 0.71 (Fig. 3c). The higher POC concentration was in summer season, corresponding to maximum WT, pH and SS. The $\delta^{13}\text{C}$ -value of POC shifts from forest soil origin in spring to phytoplankton in summer. Therefore, phytoplankton is a dominant source contributing to POC component in summer season in Lake Kiba during 2015-2016.

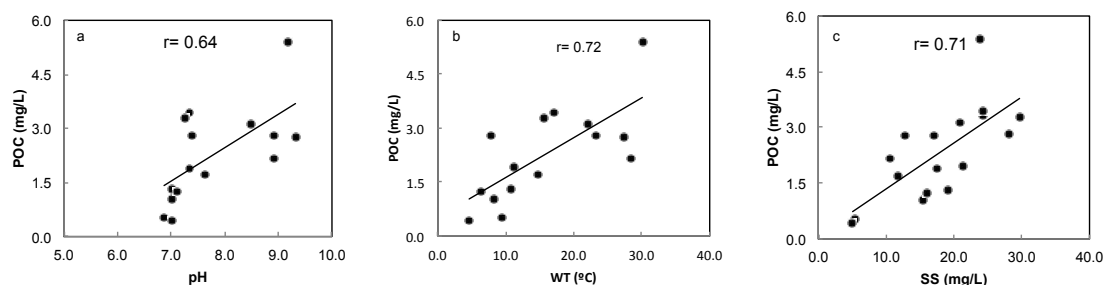


Fig. 3 Relationships between particulate organic carbon concentration and pH (a), POC-water temperature (b), POC-suspended solid (SS) (c) from February 2015 to March 2016.

平成 27 年度見学来訪・出張の記録

平成 27. 4.13-18 濱島助教「American Nuclear Society International Topical Conference」

出席のためハワイへ出張

- 5.1 むつ海洋研究所 小藤 久毅 氏,研究打ち合わせ
 - 5.20 福井県立大学 講師 杉本 亮 氏,研究打ち合わせ
 - 5.21 福島大学教授 青山 道夫 氏、環境テクノス 富田 正利 氏、上田 哲大 氏研究打ち合わせ
 - 6.1 群馬県水産試験場 湯浅 由美 氏 研究打ち合わせ
 - 6.2 教育学部 井原研究室 1 2 名、尾小屋見学
 - 6.4 公益財団法人 海洋生物環境研究所 高田 兵衛 氏,工藤 なつみ 氏 研究打ち合わせ
 - 6.4 福島大学教授 青山 道夫 氏, 海洋研究開発機構 熊本 雄一郎 氏、環境テクノス 富田 正利 氏, 北尾 隆 氏 研究打ち合わせ
 - 6.31 福井県立大学 講師 杉本 亮 氏,調査打ち合わせ
 - 7.6 理工学域物質化学系 3 年生 3 4 名実習、尾小屋地下測定室見学
 - 7.11 広島大学名誉教授 星 正治 氏 研究打ち合わせ
 - 7.17 サイエンスヒルズこまつ 桜井 勝 氏,企画・展示等の打ち合わせ
 - 8.4-6 公益財団法人 海洋生物環境研究所 工藤 なつみ 氏 研究打ち合わせ
 - 9.4 小松精練 会長 中山 賢一 氏,富樫 宏介 氏 研究打ち合わせ
 - 9.11 総合地球環境学研究所 谷口 真人 氏,陀安 一郎 氏,近藤 康久 氏 研究打ち合わせ,尾小屋地下測定室見学
 - 9.15 三洋テクノマリン 丹羽 宏之 氏,岡部 克顕 氏 研究打ち合わせ
 - 9.15 環境テクノス 富田 正利 氏 尾小屋地下測定室見学
 - 9.16 環境テクノス 社長 中山 崇 氏,富田 正利 氏, LLRL・尾小屋地下測定室見学
 - 9.18 海上技術安全研究所 鎌田 創 氏,浅見 光史 氏 研究打ち合わせ,尾小屋地下測定室見学
 - 10.16 福井県立大学 講師 杉本 亮 氏,研究打ち合わせ
 - 11.9-12 東北大学 博士 1 年 紀室 辰伍 氏,全国共同利用研究のため来所
 - 12.2-3 富士山科学研究所 山本 真也 氏,全国共同利用研究のため来所
 - 12.24 公益財団法人 海洋生物環境研究所 高田 兵衛 氏,研究打ち合わせ
- 平成 28.1.4 東京大学宇宙線研究所 准教授 関谷 洋之 氏ほか 4 名,研究打ち合わせ
- 1.13-14 岐阜大学 准教授 勝田 長貴 氏,全国共同利用研究のため来所
 - 1.20-22 日本原子力開発機構 富田 純平 氏,研究打ち合わせ
 - 2.1-2.5 国立環境研究所 主任研究員 荒巻 能史 氏,全国共同利用研究のため来所
 - 2.19 岐阜大学 准教授 大西 健夫 氏, 木場潟現地視察と湖水流動解析打ち合わせ
 - 2.19-20 神戸大学 名誉教授 中村 昇 氏,研究打ち合わせ
 - 2.26 中央水産研究所 藤本 賢 氏,研究打ち合わせ
 - 3.9 福井県立大学 講師 杉本 亮 氏,東北大学 博士 1 年 紀室 辰伍 氏 全国共同利用研究成果報告 (角間)
 - 3.9 富山大学 劉茜 氏,米ウッズホール海洋研究所 Matthew Adam Charette 氏, 施設見学
 - 3.24 環境テクノス 生野 元昭 氏, 研究打ち合わせ



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