

令和4年度 研究船共同利用研究申込書

令和3年 8月18日

研究船共同利用運営委員会 委員長 殿

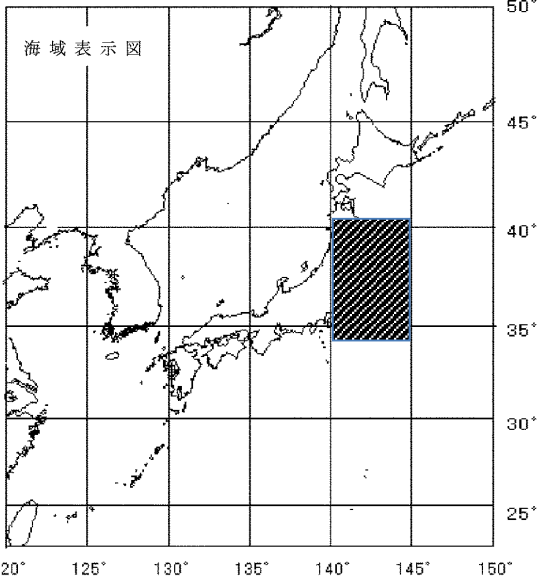
所属機関 福島大学 環境放射能研究所
職名 特任准教授
氏名 高田 兵衛

研究船を利用した研究を下記のとおり申し込みます。

研究課題		福島沿岸海域における放射性核種の動態および生態系の環境応答				
	氏名	所属機関・職名	研究分担内容	旅費負担	乗船・非乗船	期間及び海域等
研究者 ・ 分担者	高田 兵衛 (未定)	福島大学・特任准教授	統括、海水採取	不可	○	1. 必要観測日数 9日間 2. 観測希望時期 9月～11月（10月の 第3週を除く） 3. 観測海域 常磐沖海域、黒潮続流域・黒 潮フロント域、混合域 4. 希望船舶（○で囲む） 5. 乗合航海の可否 否（乗船者多数のため） 6. 震災関連研究航海 (該当する場合は○で囲む)
	(未定)	福島大学 共生システム理工 研究科 博士1年	海水採取・分析	不可	○	
	乙坂 重嘉 (未定)	福島大学 共生システム理工 研究科 修士1年	生物採集	不可	○	
	西川 淳	東大気海洋研・准教授	現場ろ過	不可	○	
	剣持 瑛行	東大気海洋研・ 修士1年	間隙水採集分析	不可	○	
	山田 萌々加	東海大学海洋学部・教授	海底堆積物採 取・分析	不可	○	
	未定	東海大学生物科学研究科・ 博士3年	生物採集・分析	不可	○	
	青野 辰雄	東海大学海洋学研究科・ 修士1年	生物採集・分析	不可	○	
	鄭 建	東海大学海洋学研究科・ 修士1年	生物採集・分析	不可	○	
	立田 穰	量子科学技術研究開発機構・ グループリーダー	海水採取・分析	可	○	
	三浦 輝	量子科学技術研究開発機構・ 上席研究員	長半減期核種の 解析	可	非乗船	
	中西 貴宏	電力中央研究所・客員研究員	底生生物採取・ 分析	可	○	
御園生 敏治	電力中央研究所・研究員	高線量粒子採 集・分析	可	○		
渡辺 勇輔	日本原子力研究開発機構・グ ープリーダー	堆積物採集・分 析	可	○		
森 愛理	日本原子力研究開発機構・研 究員	堆積物採集・分 析	可	○		

* 受付年月日		* 採 否		* 整理番号	
---------	--	-------	--	--------	--

*印欄は記入しないでください。

<p>震災との関連、国連海洋科学の10年との関連</p>	<p>本課題は、東京電力福島第一原子力発電所（以下、福島第一原発）事故後の福島周辺海域における放射能レベルの現状把握としてのフォローモニタリングの役割とその放射能動態の科学的理解を深めることを目的としており、震災と直接関連するものである。これまでの行政によるモニタリングでは実施されていない領域を包括しているだけでなく学際性も極めて高く、過去に積み上げてきた観測結果と合わせることによって人為起源放射性核種の挙動を長期的に把握することで、新規性の高い研究成果も積み上げることができる。加えて人為的な海洋汚染の削減や今後の予測に資する科学的知見の蓄積にも繋がる。</p> <p>さらに、本課題は福島第一原発のALPS処理水の海洋放出の具体的な計画が進む中で、国際的にも関心が非常に高い。調査には海外からも研究者が参画する可能性もあるため、国際科学協力の推進を加速度的に強固にすることはもちろんのこと、研究者自らの情報発信によって国際社会に対する福島近傍の風評や不安の払拭にも大きく貢献することになる。上記は、国連海洋科学の10年が掲げる目標の「健全で回復力のある海」、「予測できる海」、「安全な海」の達成に向けた取り組みとなる。</p>	
<p>観測希望時期等</p>	<p>先行航海との結果の継続性や機材繰り等を考慮し、10月の第3週を除く（申請者らの入試の関係上）、9月～12月の観測を希望する。希望時期に航海が組めない場合は、一部の観測項目が実行できない場合があるが、可能な限り対応する。</p> <p>CTD 観測時の装置のオペレーションに関して技術支援を希望する。</p>	
<p>使用観測設備・機器</p>	<p>申込者が持込む観測機器（名称・数量・重量）</p> <p>現場式ろ過装置・4台・重量：51 kg（空中）34kg（水中）</p> <p>搭載を希望する可搬型機器（添付「利用の手引き」参照） （大型の可搬型機器の搬入搬出には、多額の経費を必要とするため、採択後の運航計画作成に当りご相談させていただく場合があります。）</p>	<p>観測海域（枠で囲んでハッチをつけてください。）</p> <p>（この地図からはみ出す場合は、適宜別の地図と入れ替えてもかまいません。）</p>  <p>海域表示図</p>
	<p>搭載を希望する共同利用観測機器</p> <ul style="list-style-type: none"> NORPAC ネット ORI ネット IKMT ネット 生物ドレッジ マルチプルコアラー 濾水計 濾水計キャリブレーション枠 CTD キャローセル 採水器 (12L) 小型メモリ式水深・水温計（ネット用） 	<p>研究代表者の連絡先</p> <p>所属機関 福島大学 環境放射能研究所 職名 特任准教授 氏名 高田 兵衛</p> <p>住所 〒960-1296 福島県福島市金谷川1番地 福島大学 環境放射能研究所</p> <p>TEL : 024-504-2882 FAX : 024-504-2882</p> <p>e-mail : h.takata@ier.fukushima-u.ac.jp</p>

本申請は、2011年3月に発生した福島第一原発事故後の福島周辺海域における海水、懸濁物、堆積物、そして生物中の放射性核種データ濃度の変化の傾向を明らかにし、放射能レベルの現状を把握するためのフォローモニタリングと放射性核種の海洋における動態や生態系の環境応答にたいする科学的理解を深めることの二点を目的としている。

フォローモニタリングの役割：第一に、これまでの調査航海で得られた観測結果の継続性を踏まえた、海水、海底堆積物、生物、懸濁粒子等の採取・分析を行う。継続的な観測結果と組みあわせて、長期スケールでのこれらの輸送・移行履歴を把握し、同時に必要な物質輸送量・速度等の情報を取得する。第二に、ALPS処理水の海洋放出の影響解明のための事前調査を行う。福島第一原発では、発生した汚染水を多核種除去設備等で浄化した処理水、いわゆるALPS処理水をその敷地内で保管しており、日本政府は、2023年をめどにこれらを海洋放出する方針を決定している。適切な濃度管理が大前提であるとはいえ、多様な放射性核種の海洋拡散を中立的な立場から適切に監視し、科学的な根拠に基づいてその結果を提示することは、日本の科学者の責務である。しかしながら、その実行のための科学者を中心とした研究体制は整っていないのが現状であり、本課題はその役割の一端を担うものである。ALPS処理水には、主要な含有核種であるトリチウム以外にも、中～長寿命核分裂生成物等の放射性核種 (^{14}C , ^{54}Mn , ^{99}Tc , ^{125}Sb , ^{144}Ce , ^{129}I , ^{135}Cs など) が含まれており、これらの放射性核種の海洋への蓄積量や生態系への影響については十分な評価がなされていない。例えば ^{129}I の場合、放出時の濃度基準をクリアした場合でも、事故前に比べて数倍 (局所的には数百倍) の濃度で海底堆積物から検出される可能性があるとして申請者らは試算している。更に、事故から約10年以上が経過した現在、これらの海水や海底付近でのこれらの放射性核種濃度は極めて低いレベルであるが、通常のモニタリングではほとんどが検出下限値未満である。放出後の影響を明示するために、低レベルかつ信頼できる検出値を示す必要がある。本申請者らが有する先端的な観測・計測技術により、通常のモニタリング調査では検出が困難なレベルの放射性核種の濃度や蓄積量について、高精度に把握できる。これらの数値を速報するとともに、その履歴を正確に追跡することは、誤解や風評を生じさせないためにも必要不可欠である。

放射性核種動態と生態系の環境応答に対する科学的理解の深化：本申請の分担者らは、事故以降、福島周辺海域における放射性核種の分布の独自の調査を実施し、海洋学的な根拠に基づいた初期分布要因を明らかにしてきた (Buesseler et al., 2012; Otsuka and Kato 2014 他)。その後の継続的な調査から、放射性核種の水産生物への移行 (文献 2, 4, 6, 他)、沿岸海水中の放射性核種濃度及び組成の変動要因 (文献 3 他)、沖合海域への放射性核種の再移動機構 (文献 1, 5 他)、海底堆積物中での放射性核種の濃度変動 (文献 3, 8, 9 他) といった、数年規模での放射性核種の動態解明と新たな知見の蓄積を着実に進めている。

これまでの新青丸による共同利用航海で分担者らが得た成果の一例として、事故直後の早い段階で沿岸海底に沈着した放射性セシウム (特に主要な事故由来の放射性核種) が時間とともに緩やかに減少しているばかりでなく、その減少速度が鈍化していることが浮き彫りとなった。福島第一原発からの直接流出が減少している現在 (文献 7 他)、その鈍化の主因子として、(i) 堆積物-間隙水間での放射性セシウムの交換と底層水への移行 (文献 9 他)、(ii) 陸域の溶存態・懸濁態放射性セシウムの流入 (文献 10 他) により、沿岸海水および堆積物中の放射性セシウムの減少速度が鈍化したことなどがあげられる。これらは、新青丸をはじめとした研究船による継続的かつ精密な調査結果に基づいて推測することが可能となった過程であり、放射性セシウム濃度が劇的に変化した事故直後では検出が困難だったものである。いずれの過程も、放射性核種が福島沿岸域での生物や生物学的要素 (プランクトン、底生生物や懸濁態有機物) へ数十年の規模で影響を及ぼすことが予想され、我が国を含む環北太平洋諸国の関心を集めている。

また、極めて高い濃度の放射性核種を含む微粒子 (高濃度放射性 Cs 含有微粒子) の存在が福島沿岸を中心に検出されている。海域ごとの出現頻度や海水中での挙動に関する知見が蓄積されており、陸域で発見された Cs 含有微粒子の河川を介した流入や施設からの直接沈着など起源が異なることもわかっている (文献 11)。この微粒子の分布や特性は、事故による海洋環境への影響を評価するのみならず、事故発生時の海洋での初期履歴を解析するうえでも貴重な情報となる。

更に、天然放射性核種や事故由来の人工放射性核種の陸域から海域へのトレーシング結果の可視化や、災害の影響評価のための新しい指標の提示といった様々なアウトプットは、国際社会共通の環境目標である Sustainable Development Goals、なかでも 2021 年より始まった国連海洋科学の 10 年に向けた取り組みに直結するものである。

本申請の目的を達成するために、主に下記の調査項目を実施する。

- [1] 沿岸域における溶存態放射性核種のバックグラウンド把握：ALPS 処理水の海洋放出の影響が及ぶ海域を中心に CTD 観測と放射性核種 (セシウム、トリチウム、 ^{129}I や Pu などの中～長半減期核分裂生成物等) 濃度分布の詳細観測を実施する。
- [2] 海底堆積物の間隙水中からのフラックス推定：間隙水中の放射性セシウム、放射性ヨウ素等の濃度を計測する。これらの核種の海底からのフラックスを、同時に観測する海水中の天然放射性核種である Ra 同位体データに基づく海水交換率を用いた間接推定法によって見積もる。
- [3] 沿岸—沖合間での懸濁物輸送フラックスの高分解能分析：福島沿岸における沿岸—沖合間での懸濁物輸送フラックスを空間的に高い分解能で観測する。特に海底付近での懸濁粒子の滞留時間やフラックスの分布を、 ^{234}Th 等の天然放射性核種濃度を用いて定量し、最新の物質輸送モデルに導入する。
- [4] 粒子態放射性核種及びその安定元素の詳細分析：これまでのデータを基に、福島第一原発近傍や河川を介して陸域から放出された粒子態放射性核種の拡散方向を把握する。さらにこれらの安定同位体による物理的・化学的特性を明らかにし、起源や沿岸での蓄積量を把握する。放射線計測の他に、電子顕微鏡類や、放射光を用いた X 線分析等の先端的な分析手法も活用する。
- [5] 福島第一原発施設近傍における放射性核種の生物利用性の把握：浅海域や海底付近の生物網への放射性核種の濃縮機構解明、更には ALPS 処理水放出後の生態系への影響評価のため、海水、海底堆積物、間隙水試料と併せて、プランクトンやベントス等の生物試料中の放射性核種を分析する。

●研究計画

1. 観測の概要

福島県および茨城県の沿岸域（北緯 35 度から 38 度、東経 140.5 度から 142.5 度で囲まれる海域内）において、2011 年から 2018 年、2020 年にかけて実施した調査航海と 2021 年の実施予定の内容を考慮しつつ、最近の調査結果も踏まえて 34 観測点（右図○印）を精選し、次項に示す項目を観測する。試料採取時は、空間線量や観測機器・試料の表面汚染密度を適宜計測し、乗船者の安全を確保する。

2. 観測項目及び所要時間

下記の表に示す観測を実施する。観測項目は、水深、福島第一原発や河口からの距離、海底堆積物の特性、作業時間等を考慮して必要項目を実施するため、観測点によって異なる。なお、本航海の乗船予定者が多く、観測項目間での試料の相互汚染防止の観点から、調査を前半・後半に分けて実施予定である。乗船者交代は小名浜港（福島県いわき市）を予定し、これに伴う観測期間の損失を最小限とするため、乗船者の交代には作業艇の使用を希望する。

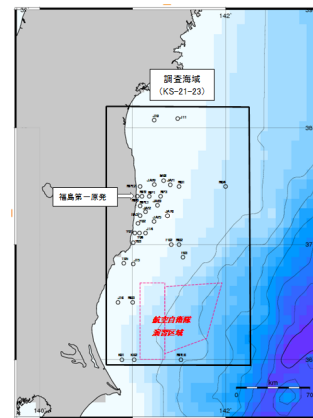


図 KS21-23 を参考とした本調査での観測予定測点

観測項目	使用する観測機器	採集方法など	平均所要時間 (観測点あたり)
海水の事故由来放射性核種濃度 水温・塩分・DO・濁度分布	CTD-CMS 各種センサー	0m—海底付近での各層採水 各観測点で数キャスト	1.1 時間
プランクトン・マイクロネクトンの 生物量・群集構造 プランクトン・魚類の安定同位体比、 放射性核種濃度	NORPAC ネット, ORI ネット, IKMT ネット, 釣り竿	0m—<100m 鉛直曳 (NORPAC) , 0m—>100m 傾斜曳 (ORI, IKMT) , 各観測点で数キャスト, 魚類採取は可能な範囲で実施	4.2 時間
底生生物の放射性核種濃度	生物ドレージ	海底、数キャスト	0.8 時間
高線量微粒子の分布・存在度定量	現場式ろ過装置	表層—海底上 10 m の間で最大 3 層	3.5 時間
短半減期ラジウム同位体分析による 陸水滞留時間推定	表層ポンプ、船上放 射線計測装置	デッキから水面にポンプを投入し、1 測 点当たり 600L 採水。船上で濃縮・計測	0.4 時間
海底堆積物・間隙水・海底直上水中の 放射性核種濃度	マルチプルコアラー	堆積物は船上で適宜切断、直上水・間隙 水試料は採取後サイズ分画	0.9 時間

3. 観測日数算出根拠：

- ・観測点における平均所要時間 3 時間 ×34 測点 = 102 時間
- ・乗船者交代のための所要時間 4 時間
- ・測点間の航走時間 100 時間
- 合計 206 時間（約 9 日）（回航を含まない）

●他航海への応募 最近の航海採択・不採択状況

過去 5 年間の採択状況を以下に記す。本応募課題の関連航海は、2011 年から 2014 年以前は年に複数回実施してきたが、対象海域の放射性核種濃度の変動幅減少により、2015～2018、2020 年は年 1 回。2015～2020 年は新青丸航海（乙坂）航海 KS-15-13, KS-16-19, KS-17-11, KS-18-12, KS-20-17 として実施済。また、高田が KS-21-23 航海実施予定。

乙坂は、白鳳丸の GEOTRACES 航海（7/1-9/20、代表：小畑 元）に参加予定。泥火山調査（代表：井尻 暁）、黒潮域の凝集態調査（代表：福田秀樹）のための新青丸航海に研究分担者として応募中。いずれも本課題とは目的が異なる。

●研究業績

- [11] Miura, H., Ishimaru, T., Ito, Y., Kurihara, Y., Otsuka, S., Sakaguchi, A., Misumi, K., Tsumune, D., Kubo, A., Higaki, S., Kanda, J., Takahashi, Y. First isolation and analysis of caesium-bearing microparticles from marine samples in the Pacific coastal area near Fukushima Prefecture. *Sci. Rep.* 11, 5664 (2021).
- [10] Takata, H., Wakiyama, Y., Niida, T., Konoplev, A., Igarashi, Y., Inatomi, N. particles in increasing dissolved ¹³⁷Cs in coastal water during river-flood caused by typhoons. *Chemosphere* 281 130751 (2021) (2021.8.4 プレス発表).
- [9] Otsuka, S., Kambayashi, S., Fukuda, M., Tsuruta, T., Misonou, T., Suzuki, T., Aono, T. Behavior of Radiocesium in sediments in Fukushima coastal waters: verification of desorption potential through pore water. *Environ. Sci. Technol.* 54, 13778-13785 (2020). (S15-18)
- [8] Fan, Y., Hou, X., Fukuda, M., Zheng, J., Aono, T., Zhang, L., Zhou, W. ¹²⁹I in sediment core offshore Fukushima: distribution, source and its implication. *Chemosphere*, 252, 126524 (2020).
- [7] Kenyon, J., K. Buesseler, N. Casacuberta, M. Castrillejo, S. Otsuka, P. Masqué, J. Drysdale, S. Pike, V. Sanial: Distribution and evolution of Fukushima Dai-ichi derived ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr, and ¹²⁹I in surface seawater off the coast of Japan. *Environ. Sci. Technol.* 54, 15066 (2020). (S16-18)
- [6] Takata, H., Johansen, M., Kusakabe, M., Ikenoue, T., Yokota, M., Takaku, H. A 30-year record reveals re-equilibration rates of Cs-137 in marine organisms after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident: concentration ratios in pre- and post-event conditions. *Sci. Total Environ.* 675, 694-704 (2019). (H11, Y11, R11)
- [5] Otsuka, S., Y. Satoh, T. Suzuki, J. Kuwabara, T. Nakanishi: Distribution and fate of ¹²⁹I in the seabed sediment off Fukushima. *J. Environ. Radioact.* 192, 208-218 (2018). (H11, T11, KK13, S14)
- [4] Vives, J., M. Aoyama, C. Bradshaw, J. Brown, K. Buesseler, N. Casacuberta Arola, M. Christl, C. Duffa, N. Impens, M. Iosjpe, P. Masqué, J. Nishikawa. Marine radioecology after the Fukushima Dai-ichi nuclear accident: are we better positioned to understand the impact of radionuclides in marine ecosystems? *Sci. Total Environ.* 618, 80-92 (2018) (T12, S14-16)
- [3] Otsuka, S. Processes affecting long term changes in ¹³⁷Cs concentration in surface sediments off Fukushima. *J. Oceanogr.* 73, 539-570 (2017) (T13, S14, S15)
- [2] Tateda, Y., D. Tsumune, K. Misumi, T. Aono, J. Kanda, T. Ishimaru. Biokinetics of radiocesium depuration in marine fish inhabiting the vicinity of the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant. *J. Environ. Radioact.* 166, 67-73 (2017)
- [1] Buesseler, K.O., C.R. German, M.C. Honda, S. Otsuka, E.E. Black, H. Kawakami, S.J. Mangani, S.M. Pike. Tracking the fate of particle associated Fukushima cesium in the ocean off Japan. *Environ. Sci. Technol.*, 49, 9807-9816 (2015). (S14, S15, T11, T13, H11) (2015.8.17 プレス発表)