

研究課題名 生態特性に応じた蓄積過程の解明
小課題名 生態特性に応じた蓄積過程の解明
研究期間 2018年～2023年

遠藤雅宗・渡部 翔・榎本昌宏

目 的

本県沿岸の魚介類の放射性セシウム (^{137}Cs) 濃度は全体的に低下傾向にあるが、極稀に比較的高濃度の検体が確認されている。魚介類の放射性物質蓄積のメカニズムについて未だ解明されていない部分があり、漁業者や消費者の不安につながる懸念される。そこで本試験では、魚類の生態特性や年齢の違いと放射性物質濃度の傾向との関係を検討することで、放射性物質蓄積過程の一端を明らかにすることを目的とする。

方 法

1 生物学的情報の収集及び放射性物質濃度・安定同位体比の分析

2023年1月～2024年3月までに福島県沿岸において、緊急時環境放射線モニタリングにおける漁船及び調査指導船いわき丸等の調査により採取された魚種のうち5魚種(クロソイ (n=270)、ヒラメ (n=275)、マダラ (n=71)、マコガレイ (n=133)、シロメバル (n=50))を対象とした。調査船みさきの広田式ソリネットを用いた調査により採取した餌生物 (n=43) を試料として用いた。採取された試料は、個体毎に全長や体重、性別、生殖腺重量、生殖腺熟度、胃内容物種類、胃内容物重量等を測定するとともに、耳石を採取し年齢査定を行った。

2022年9月～2024年1月に採集された対象5魚種269試料について、 ^{137}Cs 濃度分析を行った。 ^{137}Cs 濃度分析では、採取された供試魚の筋肉部位を用いて、凍結乾燥処理または灰化処理を行った後、ゲルマニウム半導体検出器によって測定を行った。

2023年11月～12月に採集されたヒラメ9試料について、放射性Sr (^{90}Sr)濃度分析を行った。 ^{90}Sr 濃度分析では、放射能測定シリーズ2「放射性ストロンチウム測定法」(文部科学省2023年改訂)に従い行った。

2023年7月～12月に採集されたヒラメ4試料(うち2試料は、2個体をプールして1試料とした。)についてTFWT(組織内自由水)濃度及びOBT(有機結合型トリチウム)濃度分析を行った。また、ヒラメと同時期、同地点で採集された表層の海水4試料、底層の海水1試料についてトリチウム濃度分析を行った。

また、 ^{137}Cs 濃度の分析を完了した対象5魚種158試料及び餌生物23種40試料について、炭素・窒素安定同位体比(CN比)を測定した。CN比は、魚類の場合は筋肉部位、その他の試料は試料全体を凍結乾燥、脱脂処理した後、安定同位体比質量分析計を用いて測定を行った。魚類を除くその他の試料については、測定前に脱炭酸処理も実施した。

2 対象5魚種の ^{137}Cs 濃度の推移

2020～2023年における対象5魚種の ^{137}Cs 濃度の推移を確認した。

結 果

1 生物学的情報の収集及び放射性物質濃度・安定同位体比の分析

耳石による年齢査定は対象4魚種(クロソイ、ヒラメ、マコガレイ、シロメバル)158試料の査定が終了した(表1)。

^{137}Cs 濃度は対象5魚種で0.085～5.33 Bq/kgであった(表2)。

^{90}Sr 濃度はヒラメで検出下限値(0.017 Bq/kg)未満～0.030 Bq/kgを示した(表3)。

ヒラメのTFWT濃度は0.031～0.060 Bq/kg-wet、OBT濃度はすべて検出下限値未満(検出下限値:0.042～0.057 Bq/kg-wet)、表層の海水のトリチウム濃度は0.047～0.056 Bq/L、底層の海水のトリチウム濃度は0.068 Bq/Lであった(表4)。ヒラメのTFWT濃度は海水のトリチウム濃度と同等の値であった。

CN比は対象5種で、 $\delta^{15}\text{N}$ が6.8～15.4‰、 $\delta^{13}\text{C}$ が-18.6～-14.4‰であった(表5)。また、その餌生物23種で、 $\delta^{15}\text{N}$ が4.5～15.2‰、 $\delta^{13}\text{C}$ が-19.4～-14.6‰であった(表6)。

各魚種の生物学的情報と ^{137}Cs 濃度、 ^{90}Sr 濃度、トリチウム濃度、CN比等をデータベースにまとめた。

2 対象5魚種の ^{137}Cs 濃度の推移

クロソイ、シロメバル、ヒラメ、マコガレイで低下傾向がみられ、震災以前の北日本太平洋沿岸域における魚介類の ^{137}Cs 濃度の平均値0.25 Bq/kg¹⁾に近づいていた(表7)。また、マダラの ^{137}Cs 濃度の平均値(検出下限値0.24 Bq/kg未満のデータ(85検体中4検体)を除く。)は当該期間において全ての年で0.25 Bq/kg未満であった(表7)。

表1 年齢査定の結果

魚種	個体数(n)	全長(mm)	年齢
クロソイ	77(オス:35、メス:42)	320～544	2～19歳
ヒラメ	29(オス:14、メス:13、不明:2)	333～880	1～14歳
マコガレイ	29(オス:10、メス:18、不明:1)	222～440	1～11歳
シロメバル	23(オス:14、メス:9)	165～311	1～12歳

表2 ^{137}Cs 濃度の分析結果

魚種	分析個体数(n)	全長(mm)	濃度(Bq/kg)
クロソイ	90(オス:46、メス:44)	320～544	0.199～1.48
ヒラメ	83(オス:35、メス:47、不明:1)	190～840	0.092～5.33
マコガレイ	48(オス:16、メス:30、不明:2)	171～459	0.168～1.49
シロメバル	30(オス:15、メス:13、不明:2)	208～502	0.137～1.34
マダラ	18(オス:2、メス:10、不明:6)	208～502	0.085～0.267

表3 ^{90}Sr 濃度の分析結果

魚種	分析個体数(n)	全長(mm)	濃度(Bq/kg)
ヒラメ	9(オス:3、メス:6)	566～741	検出下限値(0.017 Bq/kg)未満～0.030

表4 トリチウム濃度の分析結果

検体名	分析数(n)	TFWT濃度(Bq/kg-wet)	OBT濃度(Bq/kg-wet)	トリチウム濃度(Bq/L)
ヒラメ	6(オス;2、メス;4)	0.031~0.060	検出下限値未満 (検出下限値:0.042~0.057)	—
表層の海水	4	—	—	0.047~0.056
底層の海水	1	—	—	0.068

表5 対象5魚種におけるCN比の分析結果

魚種	分析個体数(n)	全長(mm)	$\delta^{15}\text{N}(\text{‰})$	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$
クロソイ	26(オス;14、メス;12)	347~535	13.0~15.4	-17.2~-15.6
ヒラメ	50(オス;16、メス;30、不明;4)	152~880	12.3~13.6	-17.6~-16.1
マコガレイ	40(オス;13、メス;24、不明;3)	155~449	11.0~13.8	-16.4~-14.4
シロメバル	13(オス;5、メス;6、不明;2)	165~295	12.4~14.4	-17.2~-15.2
マダラ	29(オス;6、メス;15、不明;8)	208~502	6.8~13.4	-18.6~-17.0

表6 餌生物におけるCN比の分析結果

魚種	検体数(n)	$\delta^{15}\text{N}(\text{‰})$	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$
アミ類	3	8.3~10.3	-19.4~-16.4
カニ・ヤドカリ類	15	5.9~11.5	-17.6~-16.0
エビ類	7	8.9~11.0	-18.8~-15.8
多毛類	3	10.3~15.2	-17.5~-14.6
貝類	4	11.3~12.7	-17.6~-15.5
魚類(イワシ類、稚魚等)	5	7.6~12.7	-18.8~-15.5
イカ類	1	9.8	-16.9
クモヒトデ	1	9.8	-17.4
端脚類	1	4.5	-19.1

表7 対象5魚種における各年毎の¹³⁷Cs濃度

ヒラメ

採捕した年	分析個体数(n)	全長(mm)	濃度(Bq/kg)	最大濃度	最小濃度
2020	88(オス;29、メス;59)	299~895	0.803±0.493	2.77	ND
2021	67(オス;29、メス;38)	343~813	1.18±3.63	23.5	0.148
2022	31(オス;12、メス;18、不明;1)	180~880	0.467±0.267	1.16	0.133
2023	61(オス;25、メス;35、不明;1)	190~840	0.356±0.206	0.0922	LTD

クロソイ

採捕した年	分析個体数(n)	全長(mm)	濃度(Bq/kg)	最大濃度	最小濃度
2021	277(オス;126、メス;150、不明)	283~570	2.38±19.6	14.1	0.174
2022	163(オス;71、メス;91、不明;1)	291~576	0.708±0.421	2.46	0.116
2023	86(オス;43、メス;43)	320~544	0.579±0.268	1.48	LTD

シロメバル

採捕した年	分析個体数(n)	全長(mm)	濃度(Bq/kg)	最大濃度	最小濃度
2020	58(オス;26、メス;31、不明;1)	216~323	1.14±0.455	2.88	0.573
2021	76(オス;38、メス;38)	196~410	0.935±0.540	4.09	0.271
2022	76(オス;39、メス;34、不明;3)	192~315	0.826±0.330	2.29	0.293
2023	39(オス;24、メス;13、不明;2)	165~311	0.470±0.223	1.34	LTD

マコガレイ

採捕した年	分析個体数(n)	全長(mm)	濃度(Bq/kg)	最大濃度	最小濃度
2020	88(オス;33、メス;54、不明;1)	221~507	0.911±0.530	3.20	0.120
2021	37(オス;14、メス;23)	175~470	1.01±0.448	2.04	0.366
2022	36(オス;18、メス;18)	191~469	0.772±0.430	1.70	0.180
2023	38(オス;10、メス;26、不明;2)	171~459	0.561±0.323	1.49	LTD

マダラ

採捕した年	分析個体数(n)	全長(mm)	濃度(Bq/kg)	最大濃度	最小濃度
2020	92(オス;46、メス;44)	320~544	0.214±0.117	1.49	0.199
2021	83(オス;35、メス;47、不明;1)	190~840	0.209±0.0755	5.34	0.092~5.35
2022	48(オス;16、メス;30、不明;2)	171~459	0.204±0.118	1.5	0.168~1.51
2023	18(オス;2、メス;10、不明;6)	208~502	0.1143±0.0481	0.085~0.268	0.085~0.269

文 献

- 1) Hyoe T., Mathew P.Johansen., Masashi K., Takahito I., Mizuro Y., Hiroshi T.: A 30-year record reveals re-equilibration rates of ¹³⁷Cs in marine biota after the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant accident: Concentration ratios in pre- and post-event conditions, Science of The Total Environment., 675, 694–704 (2019)

結果の発表等 なし

登録データ 23-03-001 「生態特性に応じた蓄積過程の解明」 (10-69-1823)

研究課題名 生態特性に応じた蓄積過程の解明
 小課題名 海産魚介類の緊急時モニタリング及び自主検査支援
 研究期間 2011年～2023年

鷹崎和義・榎本昌宏・渡部 翔
 ・遠藤雅宗

目 的

福島県は、2011年4月から、ゲルマニウム半導体検出器（以下、Ge 検出器）を用いて、海産魚介類の緊急時環境放射線モニタリング（以下、モニタリング）を開始した¹⁾。また、福島県漁業協同組合連合会（以下、県漁連）は、2012年6月の試験操業開始以降、NaI または CsI シンチレーションカウンター用いて、海産魚介類の自主検査を開始した²⁾。ここで、放射性Cs濃度（¹³⁴Cs と ¹³⁷Cs の合算値）の基準値は、国は100Bq/kg、県漁連は50Bq/kg であり、県は国の基準値に基づいてモニタリングを実施している。

福島県産水産物の安全性を示す基礎資料とするために、モニタリングと自主検査の結果を、2023年を中心に整理した。

方 法

モニタリング及び自主検査の方法は、根本ら(2013)¹⁾の及び根本ら(2018)²⁾のとおりである。2023年12月末までのモニタリング及び自主検査の結果を整理した。

結 果

1 モニタリング（表1、図1）

福島県で水揚げされた魚種は全てモニタリングを行い、2012年以降、年間約4～9戦検体を検査した。そのうち、不検出（検出下限値は概ね15～20Bq/kg 前後）の検体の割合は、2011年は14.9%であったが、その後上昇し、2018年以降は99%以上で推移している。2023年の不検出割合は99.4%であり、放射性Csが検出された検体（n=23）は、2月20日～3月23日採捕のスズキ（n=22、8.7～33 Bq/kg）と12月14日採捕のマコガレイ（n=1、13 Bq/kg）であった。

100 Bq/kg を超過した検体の割合は、2011年は39.9%であったが、その後低下し、2014年以降は1%未満で推移している。

2023年12月末現在、出荷制限指示の対象種はクロソイのみである（2022年1月26日採捕の検体の自主検査で1,400Bq/kg 検出、出荷制限指示は2022年2月8日発出）。

クロソイの出荷制限解除に向けたモニタリングの検体数は、2023年は277検体、累計で703検体となり、全て不検出であった。

表1 モニタリングの検体数の推移

年	月	全検体数	不検出		～100Bq/kg以下		*公表日で集計 100Bq/kg超過	
			検体数	%	検体数	%	検体数	%
2011		1,952	290	14.9	884	45.3	778	39.9
2012		5,578	2,278	40.8	2,376	42.6	924	16.6
2013		7,549	5,127	67.9	2,139	28.3	283	3.7
2014		8,706	7,234	83.1	1,396	16.0	76	0.9
2015		8,577	7,675	89.5	898	10.5	4	0.05
2016		8,594	8,166	95.0	428	5.0	0	0.0
2017		8,707	8,540	98.1	167	1.9	0	0.0
2018		6,481	6,436	99.3	45	0.7	0	0.0
2019		5,970	5,958	99.8	12	0.2	0	0.0
2020		4,261	4,256	99.9	5	0.1	0	0.0
2021		3,753	3,745	99.8	7	0.2	1	0.03
2022		3,946	3,944	99.9	2	0.1	0	0.0
2023	1	167	167	100.0	0	0.0	0	0.0
	2	383	383	100.0	0	0.0	0	0.0
	3	693	671	96.8	22	3.2	0	0.0
	4	340	340	100.0	0	0.0	0	0.0
	5	248	248	100.0	0	0.0	0	0.0
	6	436	436	100.0	0	0.0	0	0.0
	7	208	208	100.0	0	0.0	0	0.0
	8	162	162	100.0	0	0.0	0	0.0
	9	274	274	100.0	0	0.0	0	0.0
	10	325	325	100.0	0	0.0	0	0.0
	11	406	406	100.0	0	0.0	0	0.0
	12	352	351	99.7	1	0.3	0	0.0
計		3,994	3,971	99.4	23	0.6	0	0.0
合計		78,068	67,269	86.2	8,733	11.2	2,066	2.6

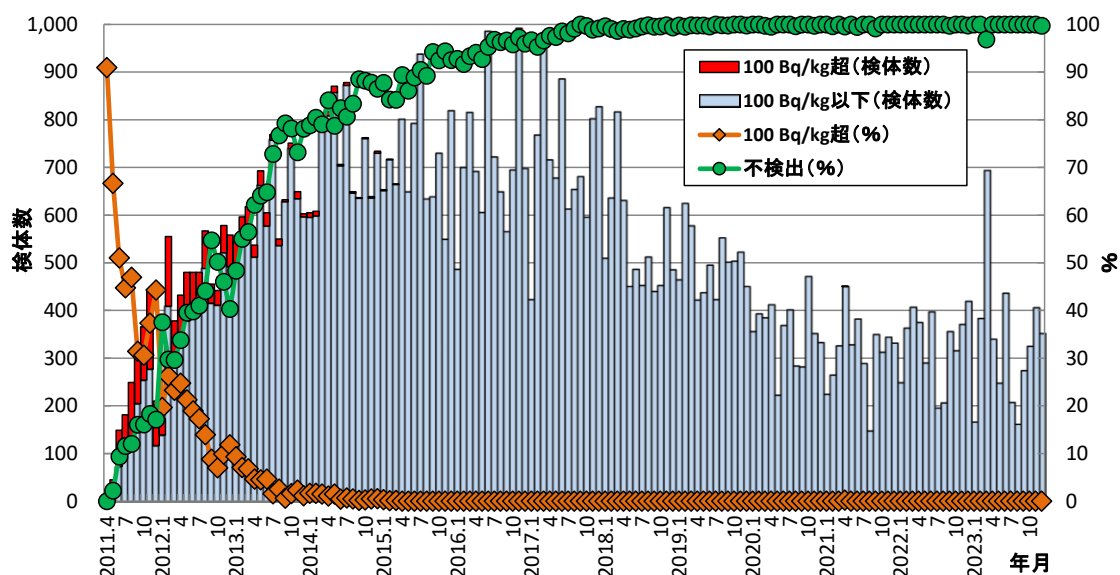


図1 モニタリングの月別検体数、100 Bq/kg 超過及び不検出の割合の推移

2 自主検査 (表2、図2)

試験操業では安全性が高い魚種のみを対象としたため、自主検査開始直後から、ほとんどの検体が不検出（検出下限値 12.5 Bq/kg 未満）となっている。これまでに 50 Bq/kg を超過した検体（その後、出荷自粛）は 8 検体、25 Bq/kg を超過した検体（出荷一時停止）は 20 検体であった。このうち 2023 年の 50 Bq/kg 超過事例は、2 月 7 日採捕のスズキ（自主検査で 94 Bq/kg、精密検査で 85 Bq/kg）であり、同日、県漁連はスズキの出荷を自粛した。出荷自粛解除のためのモニタリングで安全性が確認されたことから（表3）、県漁連は福島県地域漁業復興協議会及び県下漁業協同組合長会での承認を得たうえで、3 月 30 日に出荷自粛を解除した。

表2 自主検査の検体数の推移

年	月	全検体数	不検出		～25以下		25超過50以下		50超過100以下		*単位 Bq/kg 100超過	
			検体数	%	検体数	%	検体数	%	検体数	%	検体数	%
2012		433	432	99.77	1	0.23	0	0.0	0	0.0	0	0.0
2013		620	613	98.87	6	0.97	1	0.16	0	0.0	0	0.0
2014		1,672	1,639	98.03	31	1.85	0	0.0	1	0.06	1	0.06
2015		2,778	2,743	98.74	33	1.19	2	0.07	0	0.0	0	0.0
2016		4,288	4,268	99.53	19	0.44	1	0.02	0	0.0	0	0.0
2017		8,919	8,903	99.82	14	0.16	2	0.02	0	0.0	0	0.0
2018		12,350	12,334	99.87	11	0.09	4	0.03	1	0.01	0	0.0
2019		14,229	14,220	99.94	5	0.04	2	0.01	1	0.01	1	0.01
2020		17,700	17,696	99.98	3	0.02	1	0.01	0	0.0	0	0.0
2021		17,925	17,913	99.93	6	0.03	5	0.03	0	0.0	1	0.01
2022		18,809	18,805	99.98	1	0.01	2	0.01	0	0.0	1	0.01
2023	1	1,516	1,515	99.93	1	0.07	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	2	1,589	1,588	99.94	0	0.0	0	0.0	1	0.06	0	0.0
	3	1,823	1,823	100.00	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	4	1,631	1,631	100.00	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	5	1,536	1,536	100.00	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	6	1,885	1,885	100.00	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	7	1,202	1,202	100.00	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	8	868	868	100.00	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	9	2,039	2,039	100.00	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	10	1,986	1,986	100.00	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	11	2,106	2,106	100.00	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	12	1,956	1,956	100.00	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	計	20,137	20,135	99.99	1	0.00	0	0.0	1	0.00	0	0.0
合計		119,860	119,701	99.87	131	0.11	20	0.02	4	0.00	4	0.00

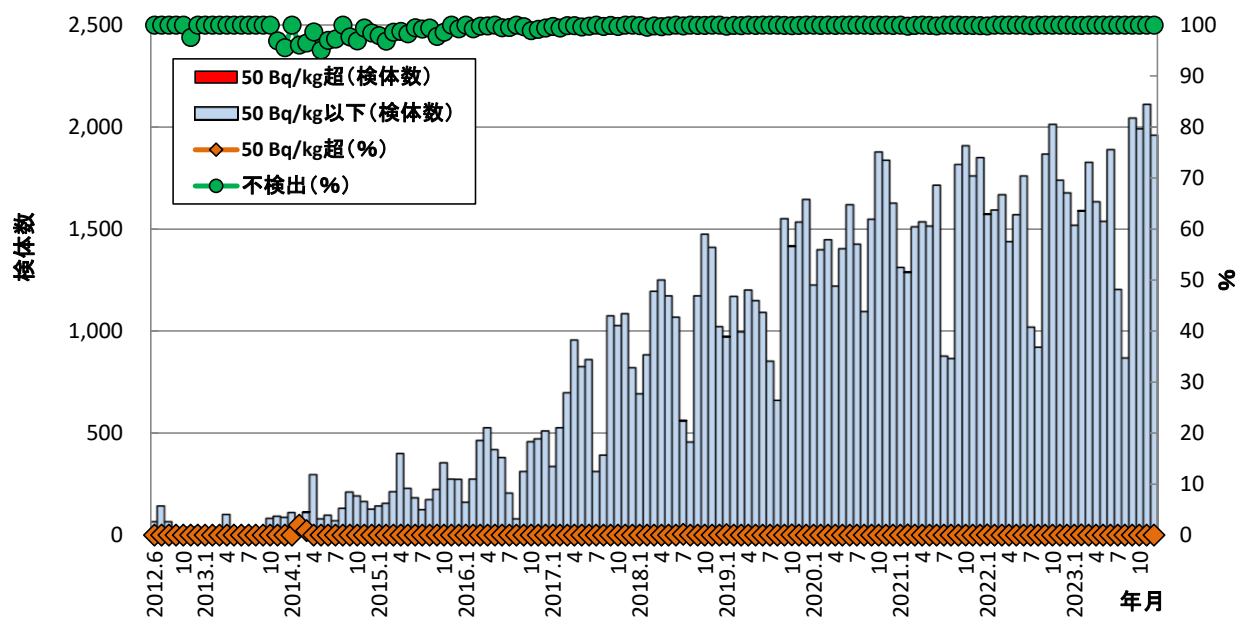


図2 自主検査の月別検体数、50 Bq/kg 超過及び不検出の割合の推移

表3 スズキの出荷自粛解除のためのモニタリング結果

項目	検査期間 (2023年)	検体数			検出された検体の放射性 Cs濃度 (Bq/kg)
		合計	うち不検出	うち検出	
結果	2/9～3/17	261	246	15	8.7～33

文 献

- 1) 根本芳春・早乙女忠弘・佐藤美智男・藤田恒雄・神山享一・島村信也：福島県海域における海産魚介類への放射性物質の影響、福島水試研報、16、63-89 (2013)
- 2) 根本芳春・吉田哲也・藤田恒雄・渋谷武久：福島県における試験操業の取り組み、福島水試研報、18、23-36 (2018)

結果の発表等 なし

登録データ 23-03-002 「緊急時モニタリング及び自主検査」 (10-69-1123)

研究課題名 沿岸性資源解析
 小課題名 ALPS 処理水海洋放出に係る風評影響調査
 研究期間 2023 年

鷹崎和義

目 的

東京電力福島第一原子力発電所からの ALPS 処理水海洋放出（以下、海洋放出）の開始（2023 年 8 月 24 日）による風評影響の基礎資料を収集することを目的として、主要な福島県産水産物の単価（産地市場、消費地市場）を調査した。

方 法

1 産地市場の調査

2022 年の属地水揚金額が 1 億円を超えた 11 種類（ヒラメ、シラス、ヤナギダコ、サバ類、スズキ、カツオ、オキナマコ、タチウオ、トラフグ、キアンコウ）を対象に、県内産地市場の属地水揚データを用いて 2023 年 8 月 25 日（海洋放出後の初水揚日）～11 月 30 日（3 回目の海洋放出の終了月）の水揚量と単価を整理して、前年同期と比較した。

2 消費地市場の調査

東京都中央卸売市場のホームページ（「市場取引情報」－「市場統計情報(月報・年報)」－「統計情報検索(魚種：水産、検索方法：出荷地検索)」から表 1 のデータを抽出して、2023 年 9 月～11 月に全市場（豊洲・築地・足立・大田市場の合計）に出荷された福島県を出荷地とする水産物（以下、福島県産水産物）の取扱量及び単価を整理して、前年同期と比較した。ここで、ヒラメ、スズキ、マアナゴの取扱量は鮮魚と活魚類の合算値を、単価は鮮魚と活魚類の取扱金額の合算値を取扱量の合算値で除した値を整理した。

表 1 消費地市場の調査の対象種及びホームページ上の種類名

No.	対象種	大分類	中分類	小分類
1	ヒラメ	鮮魚	その他鮮魚類	ひらめ（国内）
		活魚類	活魚類	活ひらめ
2	シラス	加工品	煮干製品類	しらす干
3	ヤナギダコ	加工品	湯煮品類	煮たこ
4	サバ類	鮮魚	その他鮮魚類	さば
		活魚類	活魚類	活さば
5	スズキ	鮮魚	その他鮮魚類	すずき
		活魚類	活魚類	活すずき
6	カツオ	鮮魚	かつお類	かつお
7	オキナマコ	データなし		
8	タチウオ	鮮魚	その他鮮魚類	たちうお（国内）
9	マアナゴ	鮮魚	あなご類	まあなご
		活魚類	活魚類	活あなご
10	トラフグ	鮮魚	ふぐ類	とらふぐ
11	キアンコウ	鮮魚	その他鮮魚類	あんこう

結 果

1 産地市場の調査

単価が前年同期より 10%以上増加した魚種は、オキナマコ（前年同期比 46%）、カツオ（同 59%）、シラス（同 81%）であった(表 2)。これら 3 魚種の水揚量の前年同期比はそれぞれ 65、129、75%であり、カツオの単価の低下は水揚量の増加が一因であると考えられた。シラスの単価が前年同期より大きく低下した一因として、2022 年 11 月のシラスの単価が 1,383 円/kg と特異的に高かったことが挙げられる(図 1)。産地市場におけるナマコ類の単価が海洋放出後に前年同期よりも低下した事例は、紋別（北海道）、石巻（宮城）でも確認された(図 2)。

2 消費地市場の調査

単価が前年同期比より 10%以上低下した魚種は、カツオ（同 75%）のみであった(表 3)。カツ

オの取扱量の前年同期比は 175%であり、カツオの単価の低下は取扱量の増加が一因であると考
えられた。

表 2 県内産地市場における主要水産物の単価及び水揚量 (8/25～11/30)

No.	対象種 * () は2022年 水揚金額 (百万円)	2023年		2022年		前年同期比	
		単価	水揚量	単価	水揚量	単価	水揚量
		(円/kg)	(トン)	(円/kg)	(トン)	(%)	(%)
		(a)	(b)	(c)	(d)	(a/c×100)	(b/d×100)
1	ヒラメ (689)	1,941	86.9	1,618	97.4	120	89
2	シラス (495)	615	312.7	763	416.1	81	75
3	ヤナギダコ (210)	511	87.4	551	224.8	93	39
4	サバ類 (198)	110	812.1	63	191.2	176	425
5	スズキ (191)	1,147	13.9	970	35.9	118	39
6	カツオ (159)	341	29.2	582	22.7	59	129
7	オキナマコ (137)	769	2.4	1,689	3.6	46	65
8	タチウオ (129)	1,862	11.5	1,736	15.8	107	73
9	マアナゴ (127)	1,604	8.3	1,719	5.9	93	142
10	トラフグ (124)	4,092	15.7	2,886	29.0	142	54
11	キアンコウ (100)	547	52.3	539	75.8	102	69

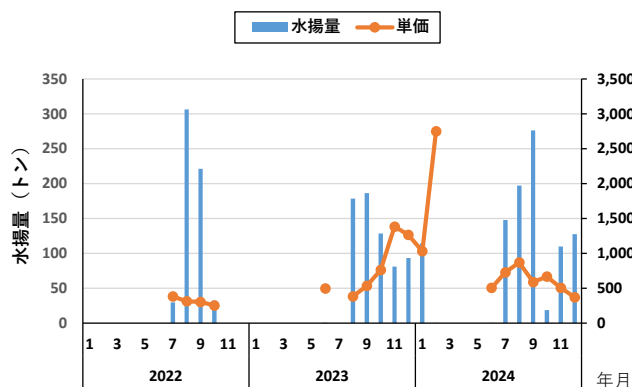


図 1 福島県におけるシラスの水揚量及び単価の推移

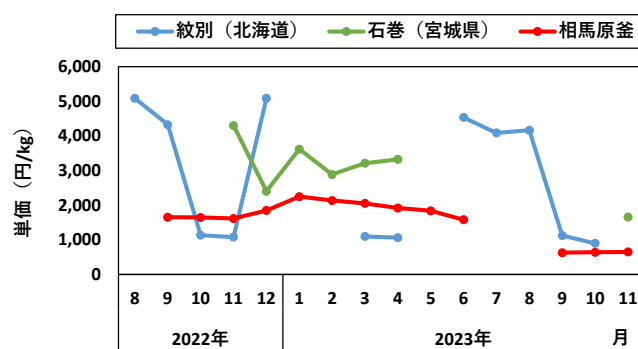


図 2 産地市場におけるナマコ類の単価の推移

※ (一社) 漁業情報サービスセンターのホームページ
「おさかなひろば」の「月報」－「産地市場」－
「中分類 貝類」－「小分類 なまこ類」のデータ

表3 東京都中央卸売市場における福島県産水産物の単価及び取扱量

No.	対象種	2023年		2022年		前年同期比	
		単価	取扱量	単価	取扱量	単価	取扱量
		(円/kg)	(kg)	(円/kg)	(kg)	(%)	(%)
		(a)	(b)	(c)	(d)	(a/c×100)	(b/d×100)
1	ヒラメ	2,338	341.0	2,406	314.8	97	108
2	シラス	1,901	1,656.0	1,936	1,148.8	98	144
3	ヤナギダコ	2,518	189.5	2,488	223.6	101	85
4	サバ類	580	1,473.5	565	1,580.1	103	93
5	スズキ	1,099	292.5	1,105	297.1	99	98
6	カツオ	747	1,795.5	993	1,028.7	75	175
7	オキナマコ	データなし					
8	タチウオ	1,818	128.3	1,562	194.7		
9	マアナゴ	2,155	334.9	2,300	310.6	94	108
10	トラフグ	2,654	39.5	2,435	40.8	109	97
11	キアンコウ	1,174	118.2	889	167.0	132	71

文 献

なし

結果の発表等 令和5年度参考に供する成果「ALPS処理水海洋放出後の福島県産水産物の単価」
 登録データ 23-03-003 「風評影響調査」(10-69-2223)

研究課題名 海水・海底土における放射性物質の動態の把握と汚染源の特定
小課題名 福島県沿岸の海水・海底土における放射性物質の経時的変化と局所的分布
研究期間 2011年～2023年

渡部 翔・榎本昌宏・遠藤雅宗
瓜生純也*

目 的

2011年3月に発生した東日本大震災に伴う東京電力福島第一原子力発電所（以下、1F）の事故により、海洋環境に放射性物質が放出された。本調査では、環境中（海水・海底土）の放射性セシウム（以下、放射性Cs）濃度の経時的な変動を把握し、放射性Csの漁場環境への影響を明らかにすることを目的とする。

方 法

1 海水・海底土の放射性Cs濃度の把握

（1）海水・海底土モニタリング（緊急時環境放射線モニタリング）

福島県では、2011年5月から海水及び海底土の緊急時環境放射線モニタリングを実施している。海水モニタリングの2023年度調査地点は、港湾・漁港13地点、浅海漁場6地点及び松川浦1地点の合計20地点であり、月1回検体を採取した（図1、表1）。港湾・漁港では岸壁から、浅海漁場では調査指導船いわき丸または調査指導船拓水から、松川浦では調査船かろうねから採水バケツを用いて表層の海水を採取した。採取した検体は、福島県水産海洋研究センターまたは福島県水産資源研究所において、沈殿によりゴミを取り除き、2Lペットボトル容器に移した。海底土モニタリングの2023年度調査地点は、浅海漁場39地点及び松川浦3地点の合計42地点であり、うち32地点は月1回検体を採取し、残り10地点は7月と1月の年2回検体を採取した（図2、表1）。浅海漁場では調査指導船いわき丸または調査指導船拓水からスミス-マッキンタイヤ採泥器を用い、松川浦では調査船かろうねからエクマンバージ採泥器を用いて検体を採取した。採取した検体は、福島県水産海洋研究センターまたは福島県水産資源研究所において、吸引ろ過により脱水し、U-8容器へ約100g程度移した。

前処理した各検体を福島県環境創造センターに移送し、ゲルマニウム半導体検出器（以下、Ge検出器）により放射性物質濃度を測定した。放射性Cs濃度の検出下限値は、測定条件等により変動するものの、海水では約1 Bq/L、海底土では約10 Bq/kg-dry となっている。また、海底土では検体を別途乾燥させて乾土率を算出し、乾重量あたりの放射性Cs濃度に換算した。

*福島県水産資源研究所

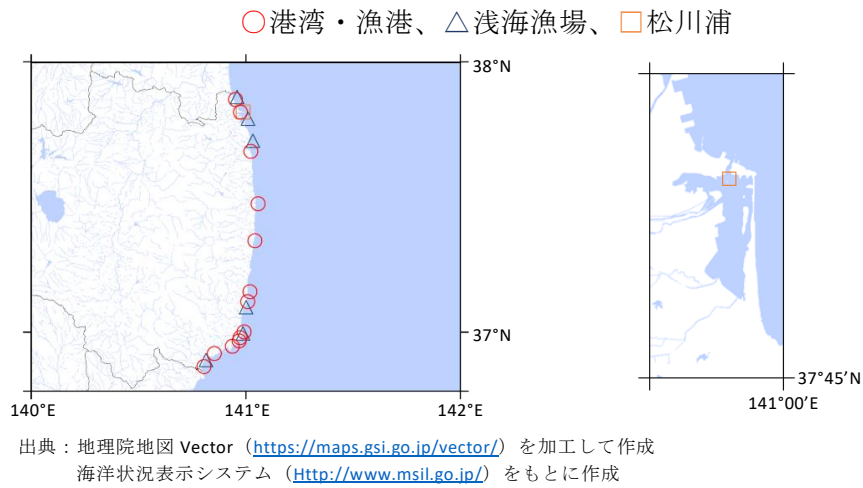


図1 海水の緊急時環境放射線モニタリング地点図（左：福島県全体、右：松川浦）

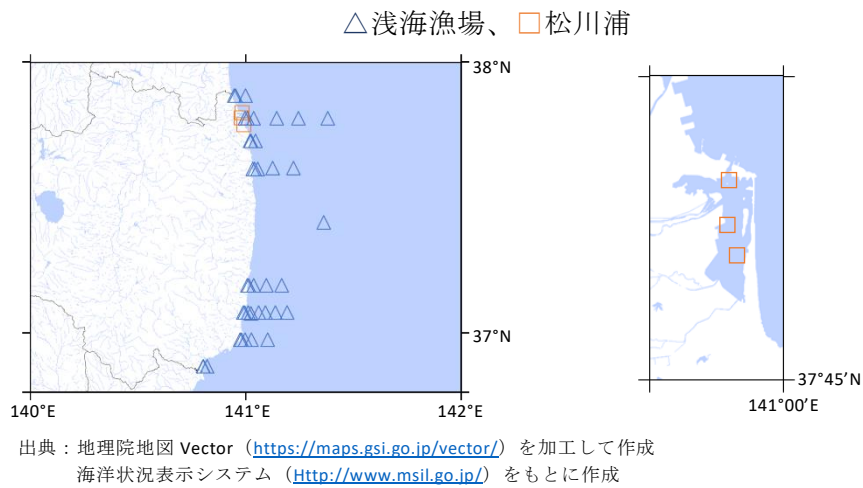


図2 海底土の緊急時環境放射線モニタリング地点図（左：福島県全体、右：松川浦）

表1 緊急時環境放射線モニタリング地点一覧

区分	地点	位置		海水		海底土	頻度	
		北緯(°)	東経(°)	水深(m)	採取量(L)	水深(m)		
港湾・漁港	釣師浜漁港	37.874	140.936	○	2	2	毎月	
	松川浦漁港	37.822	140.970	○	2	2	毎月	
	真野川漁港	37.681	141.008	○	8	2	毎月	
	請戸漁港	37.481	141.041	○	1.5	2	毎月	
	富岡漁港	37.336	141.027	○	2	2	毎月	
	久之浜漁港	37.148	141.001	○	3	2	毎月	
	四倉漁港	37.106	140.995	○	3	2	毎月	
	豊間漁港(沼之内)	36.992	140.977	○	2	2	毎月	
	江名港	36.967	140.959	○	3	2	毎月	
	中之作港	36.958	140.950	○	2	2	毎月	
	小名浜港	36.934	140.922	○	5	2	毎月	
	小浜漁港	36.910	140.836	○	2	2	毎月	
勿来漁港	36.860	140.790	○	2	2	毎月		
浅海漁場	釣師浜沖1.5km	37.883	140.945	○	表層	8	○ 7	毎月
	釣師浜沖2km	37.883	140.951				○ 10	毎月
	釣師浜沖6km	37.883	140.998				○ 20	毎月
	磯部沖0.8km	37.800	140.996	○	表層	8	○ 7	毎月
	磯部沖1.8km	37.800	141.006				○ 10	毎月
	磯部沖4.5km	37.800	141.036				○ 20	毎月
	磯部沖9km	37.800	141.142				○ 30	年2回
	磯部沖22.6km	37.800	141.243				○ 50	年2回
	磯部沖34.8km	37.800	141.380				○ 100	年2回
	鹿島沖0.6km	37.717	141.018	○	表層	8	○ 7	毎月
	鹿島沖2.6km	37.717	141.023				○ 10	毎月
	鹿島沖3km	37.717	141.044				○ 20	毎月
	原町沖0.7km	37.613	141.031				○ 7	毎月
	原町沖1.5km	37.613	141.039				○ 10	毎月
	原町沖2.6km	37.613	141.053				○ 20	毎月
	原町沖9.3km	37.617	141.124				○ 30	年2回
	原町沖17.8km	37.617	141.220				○ 50	年2回
	1F沖28.9km	37.417	141.360				○ 130	年2回
	久之浜沖0.5km	37.183	141.007				○ 7	毎月
	久之浜沖0.9km	37.183	141.011				○ 10	毎月
	久之浜沖3km	37.183	141.035				○ 20	毎月
	久之浜沖8.3km	37.183	141.095				○ 50	年2回
	久之浜沖14.6km	37.183	141.166				○ 100	年2回
	四倉沖0.5km	37.083	140.986	○	表層	8	○ 7	毎月
	四倉沖1km	37.083	140.993				○ 10	毎月
	四倉沖1.7km	37.083	141.010				○ 20	毎月
	四倉沖3.7km	37.080	141.022				○ 30	毎月
	四倉沖6.5km	37.083	141.057				○ 50	毎月
	四倉沖10km	37.083	141.090				○ 75	毎月
	四倉沖13.6km	37.083	141.135				○ 100	毎月
	四倉沖20.2km	37.083	141.191				○ 125	毎月
	江名沖0.5km	36.983	140.973	○	表層	8	○ 7	毎月
江名沖1km	36.983	140.979				○ 10	毎月	
江名沖2.6km	36.983	140.995				○ 20	毎月	
江名沖4.8km	36.983	141.024				○ 50	年2回	
江名沖11.8km	36.983	141.101				○ 100	年2回	
勿来沖0.5km	36.883	140.800	○	表層	8	○ 7	毎月	
勿来沖0.8km	36.883	140.803				○ 10	毎月	
勿来沖5km	36.883	140.820				○ 20	毎月	
松川浦	湾口部	37.823	140.973	○	表層	2	○	毎月
	岩子	37.805	140.969				○	毎月
	磯部	37.780	140.982				○	毎月

(2) 高感度分析手法を用いた海水中の放射性 Cs 濃度の把握

海水における放射性 Cs 濃度を 1 mBq/L 未満の低濃度まで測定し把握するため、2012 年 5 月から極沿岸域 16 地点において岸壁より採水バケツを用いて年 2 回検体を採取し、加えていわき市小名浜地先から揚水し福島県水産海洋研究センターで使用している海水を週 1 回採取した(図 3、表 2)。採取した検体は、0.45 μm カートリッジフィルターでろ過して通過したものを溶存態として分離した後、リンモリブデン酸アンモニウム(以下、AMP)濃縮法により処理し、Ge 検出器により溶存態の ^{134}Cs 及び ^{137}Cs 濃度を測定した。なお、本研究は国立研究開発法人水産研究・教育機構(以下、水産機構)との共同研究として実施した。

また、2012 年 1 月から外海 4 地点において、調査指導船いわき丸により採水バケツを用いて月 1 回検体を採取した(図 3、表 2)。採取した検体は、0.45 μm フィルターでろ過して通過したものを溶存態として分離した後、AMP 濃縮法により処理し、Ge 検出器により溶存態の ^{134}Cs 及び ^{137}Cs 濃度を測定した。近年、鵜ノ尾埼沖の海水において ^{137}Cs 濃度の検出下限値(1 mBq/L)以下が続いたため、低バックグラウンド井戸型ゲルマニウム半導体検出器(以下、井戸型 Ge 検出器)により 2022 年 2 月から 2023 年 3 月までの試料の再測定を行なった。なお、本研究は福島国際研究教育機構(以下、F-REI)との共同研究として実施した。

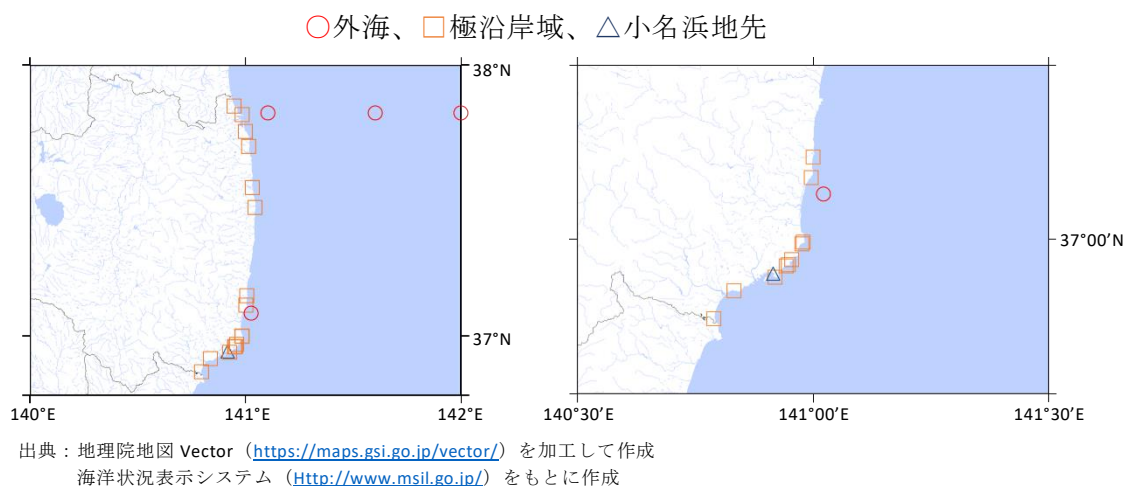


図 3 共同研究における海水検体採取地点図(左：福島県全体、右：いわき市)

表 2 共同研究における海水検体採取地点一覧

区分	地点	位置		海水		頻度	共同研究 機関
		北緯(°)	東経(°)	採取層	採取量(L)		
外海	鵜ノ尾埼沖	37.833	141.100	表層	40	毎月	F-REI
		37.833	141.600	表層	20	毎月	F-REI
		37.833	142.000	表層	20	毎月	F-REI
	四倉沖	37.080	141.022	表層	40	毎月	F-REI
極沿岸域	新地	37.858	140.943	表層	20	年2回	水産機構
	原釜	37.826	140.981	表層	20	年2回	水産機構
	磯部	37.763	140.997	表層	20	年2回	水産機構
	鹿島	37.706	141.011	表層	20	年2回	水産機構
	小高	37.552	141.028	表層	20	年2回	水産機構
	請戸	37.478	141.041	表層	20	年2回	水産機構
	久之浜	37.146	141.003	表層	20	年2回	水産機構
	四倉	37.110	140.999	表層	20	年2回	水産機構
	薄磯	36.996	140.982	表層	20	年2回	水産機構
	豊間	36.993	140.979	表層	20	年2回	水産機構
	江名	36.965	140.957	表層	20	年2回	水産機構
	中之作	36.956	140.950	表層	20	年2回	水産機構
	永崎	36.954	140.946	表層	20	年2回	水産機構
	下神白	36.934	140.922	表層	20	年2回	水産機構
	小浜	36.910	140.835	表層	20	年2回	水産機構
勿来	36.861	140.792	表層	20	年2回	水産機構	
いわき市 小名浜地先		36.933	140.919		20	毎週	水産機構

2 海底土中の放射性 Cs の局所的分布メカニズムの解明

(1) 曳航式ガンマ線計測法 (RESQ) による調査

海底土における放射性 Cs の一部海域での局所的分布の状況及び経時的変動を把握するため、2014 年度からガンマ線検出器 (NaI シンチレーションカウンター) を搭載した計測装置を調査指導船いわき丸により約 2kt で曳航し、連続的に海底土の放射性物質濃度を測定する曳航式ガンマ線計測法 (以下、RESQ) を用いて調査していた (図 4)。2023 年度は 5 月 30 日に 1F 沖の 2 定線で調査を計画していたが (図 5)、調査開始直後に海底地形の影響により機器に接続したワイヤーに異常が発生したため急遽中止した。引き上げ後の機器の外観及び挙動に異常がみられなかったことから 7 月 20 日に改めて調査を行ったが、得られたデータに異常がみられたため、機器メーカーに確認したところ内部機構の故障が発生していることが判明した。

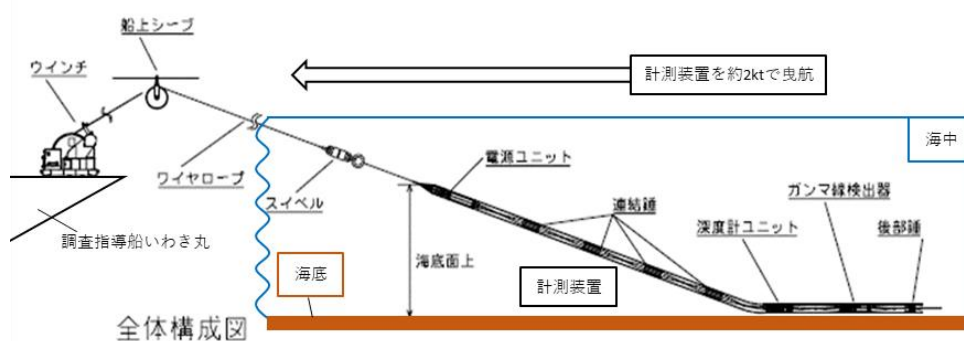


図 4 RESQ 調査方法

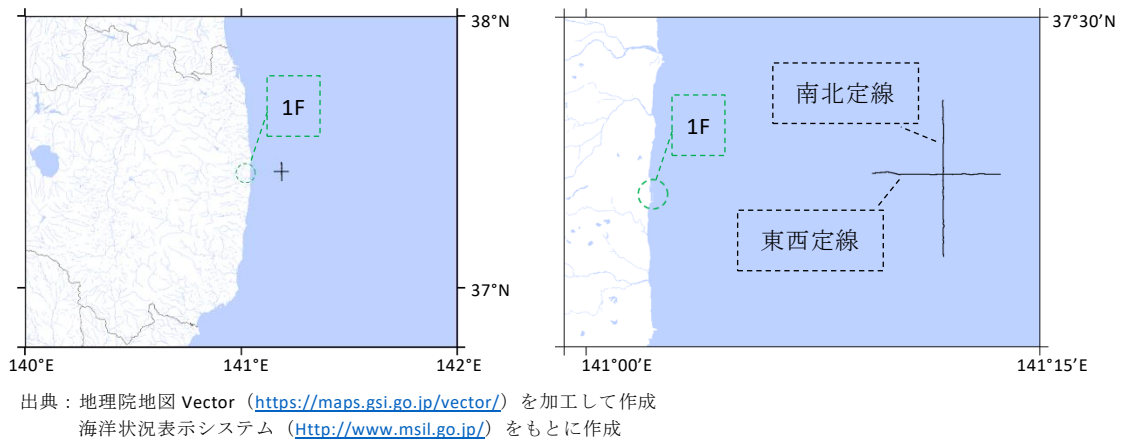


図 5 RESQ 定線図 (左：福島県沖地図、右：1F 沖地図)

(2) 水中テレビロボットカメラ (ROV) を用いた調査

海底土の採泥と併せて海底観察を行い、海底土の放射性 Cs 濃度と海底性状の関係について検討するため、図 6 に示す採泥器を搭載した水中テレビロボットカメラ (以下、ROV) 及びスミスマッキンタイヤ採泥器 (以下、SM) を用いて調査した。経時的な放射性 Cs 濃度の変動について検討するため例年実施している 1F 沖水深 70m 地点を中心とした 9 地点において 2023 年 6 月に調査した。また、福島県沿岸における南北方向での放射性 Cs 濃度の変動及び河川・汽水域での放射性 Cs 濃度との比較を行うため、四倉沖水深 30m 地点を中心とした 11 地点において 2023 年 7 月に、1F 沖水深 30m 地点を中心とした 11 地点において 2023 年 9 月に、磯部沖水深 30m 地点を中心とした 11 地点において 2024 年 2 月にそれぞれ調査した (図 7、表 3)

ROV 及び SM で採取した検体は、吸引ろ過により脱水し、U-8 容器へ約 100g 程度移した後、Ge 検出器により ^{137}Cs 濃度を測定した。また、検体を別途乾燥させて乾土率を算出し、乾重量あたりの ^{137}Cs 濃度に換算した。

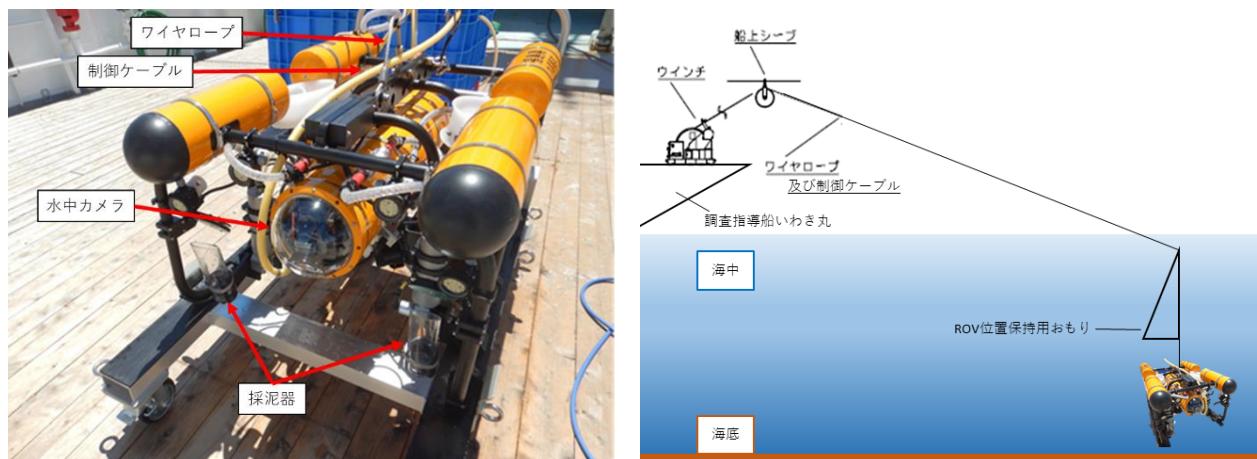
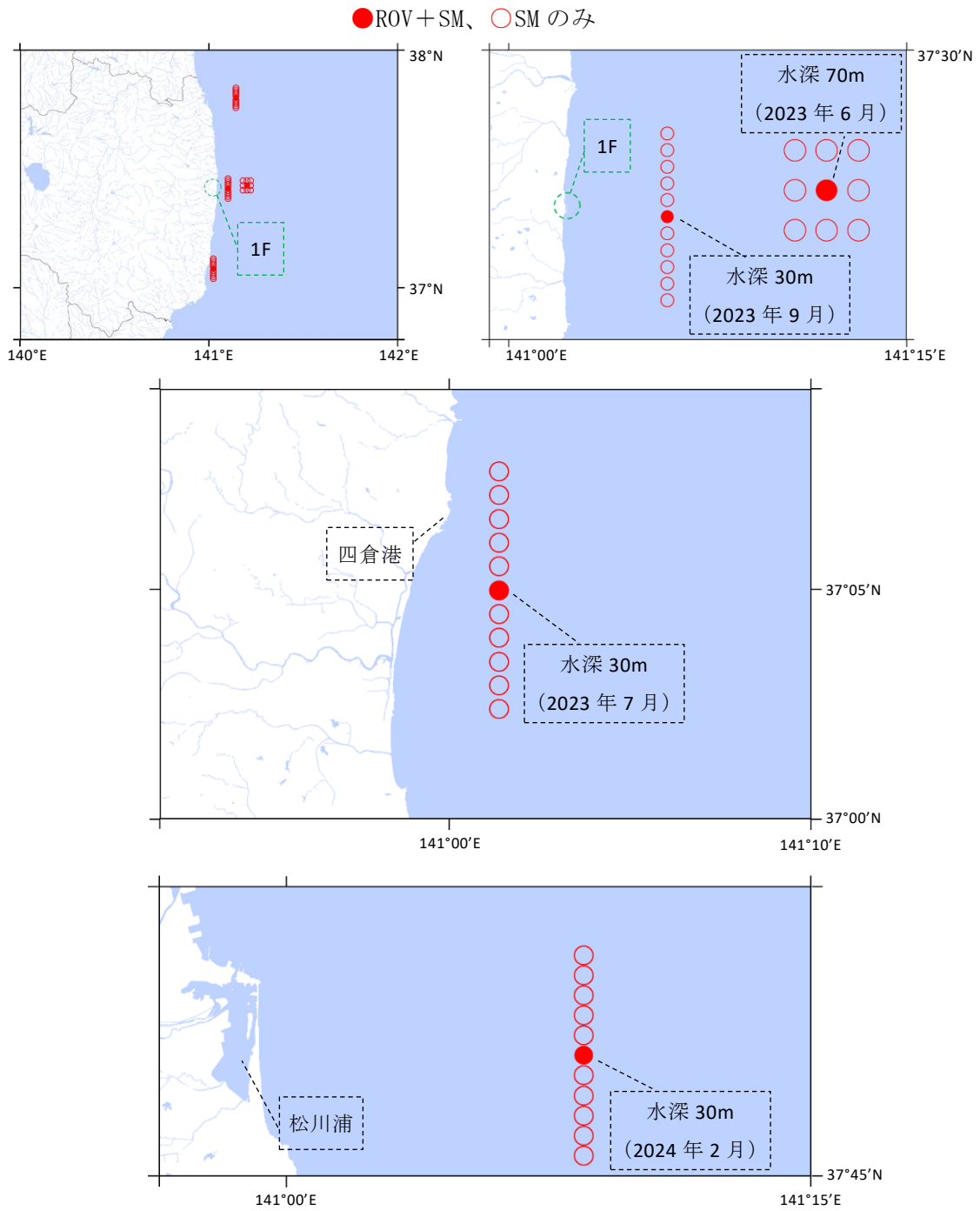


図 6 ROV 概要図 (左：ROV 写真、右：ROV 調査方法)



出典：地理院地図 Vector (<https://maps.gsi.go.jp/vector/>) を加工して作成
 海洋状況表示システム (<http://www.msil.go.jp/>) をもとに作成

図7 ROV調査地点図（左上：福島県沖、右上：1F沖、中：磯部沖、下：四倉沖）

表3 ROV 調査地点一覧

調査地点	位置		水深 (m)	調査内容	採取 検体数
	北緯(°)	東経(°)			
1F沖 (2023年6月)	37.450	141.180	50	SM	1
	37.450	141.200	60	SM	1
	37.450	141.220	70	SM	1
	37.430	141.180	50	SM	1
	37.430	141.200	70	ROV	4
			SM	1	
	37.430	141.220	80	SM	1
	37.410	141.180	60	SM	1
	37.410	141.200	70	SM	1
37.410	141.220	80	SM	1	
四倉沖 (2023年7月)	37.122	141.022	–	SM	欠測
	37.113	141.022	–	SM	欠測
	37.105	141.022	–	SM	欠測
	37.097	141.022	20	SM	1
	37.088	141.022	–	SM	欠測
	37.080	141.022	30	ROV	6
			SM	1	
	37.072	141.022	30	SM	1
	37.063	141.022	30	SM	1
	37.055	141.022	30	SM	1
	37.047	141.022	30	SM	1
37.038	141.022	30	SM	1	
1F沖 (2023年9月)	37.458	141.100	–	SM	欠測
	37.450	141.100	30	SM	1
	37.442	141.100	20	SM	1
	37.433	141.100	20	SM	1
	37.425	141.100	20	SM	1
	37.417	141.100	30	ROV	6
			SM	1	
	37.408	141.100	30	SM	1
	37.400	141.100	20	SM	1
	37.392	141.100	30	SM	1
	37.383	141.100	30	SM	1
37.375	141.100	30	SM	1	
磯部沖 (2024年2月)	37.842	141.142	–	SM	欠測
	37.833	141.142	30	SM	1
	37.825	141.142	30	SM	1
	37.817	141.142	30	SM	1
	37.808	141.142	30	SM	1
	37.800	141.142	30	ROV	6
			SM	1	
	37.792	141.142	30	SM	1
	37.783	141.142	–	SM	欠測
	37.775	141.142	40	SM	1
	37.767	141.142	40	SM	1
37.758	141.142	40	SM	1	

結 果

1 海水・海底土の放射性 Cs 濃度の把握

(1) 海水・海底土モニタリング（緊急時環境放射線モニタリング）

海水の $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$ 濃度は、2012 年 4 月以降は検出下限値未満（以下、ND）で推移しており、公表されている 2023 年 4 月～2024 年 3 月においてもすべての地点で ND であった（図 8）。

海底土の $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$ 濃度は、公表されている 2023 年 4 月～2024 年 3 月において ND～193 Bq/kg-dry であり（図 9、表 4）、2018 年度以降は 100 Bq/kg-dry 未満となる地点が全体の 90% 以上で推移しており、2023 年 4 月～2024 年 3 月においても同様の傾向がみられた（図 10）。

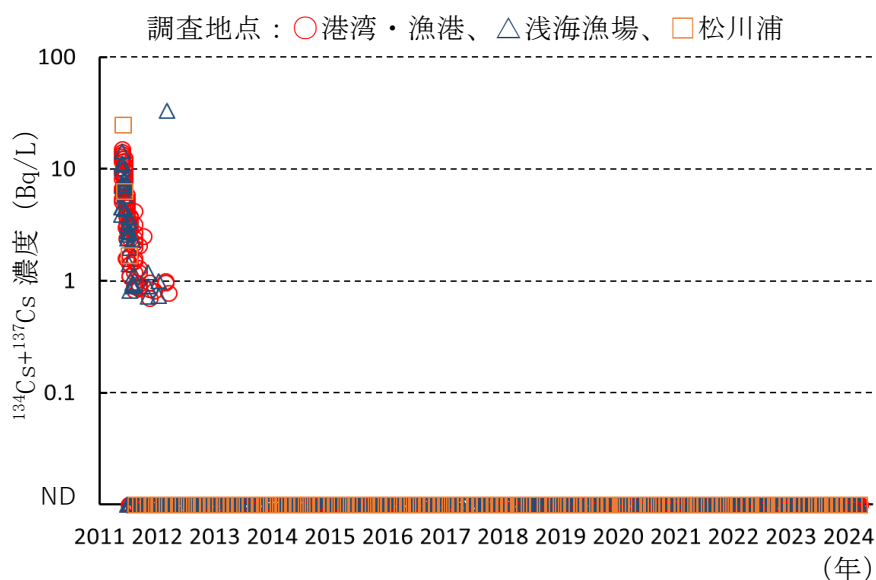


図 8 海水の $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$ 濃度の推移（緊急時環境放射線モニタリング）

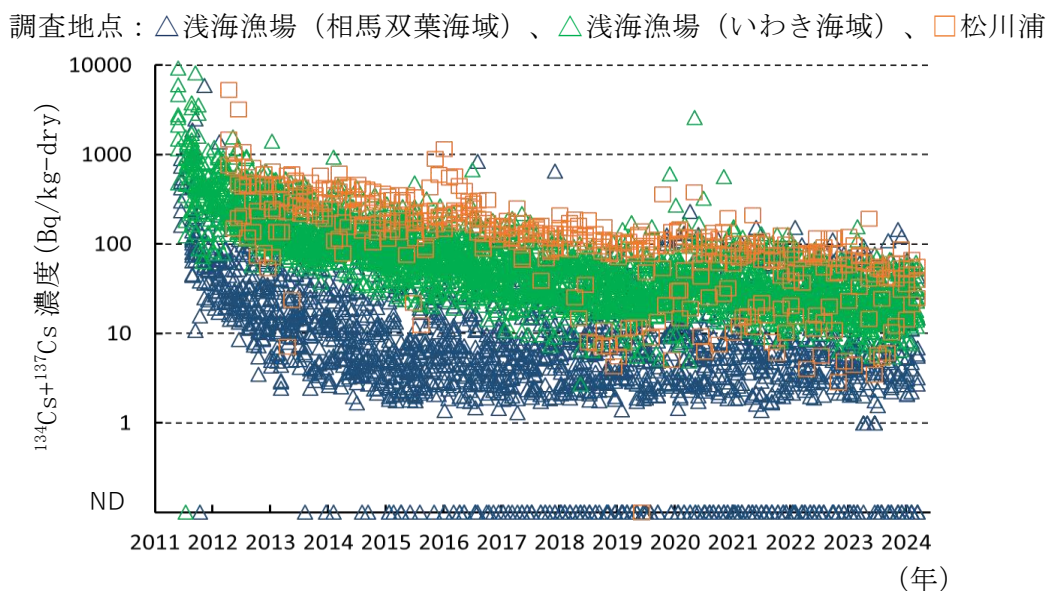


図 9 海底土の $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$ 濃度の推移（緊急時環境放射線モニタリング）

表4 2023年4月～2024年3月の海底土中の¹³⁴Cs+¹³⁷Cs濃度
(緊急時環境放射線モニタリング)

海域	検体数		¹³⁴ Cs+ ¹³⁷ Cs濃度(Bq/kg-dry)			
	小計	うちND	最小値	最大値	平均値	標準偏差
浅海漁場 (相馬双葉海域)	154	57	ND	145	18.1	±27.9
浅海漁場 (いわき海域)	212	0	5.43	70.4	25.7	±14.7
松川浦	36	0	3.46	193	44.6	±33.4

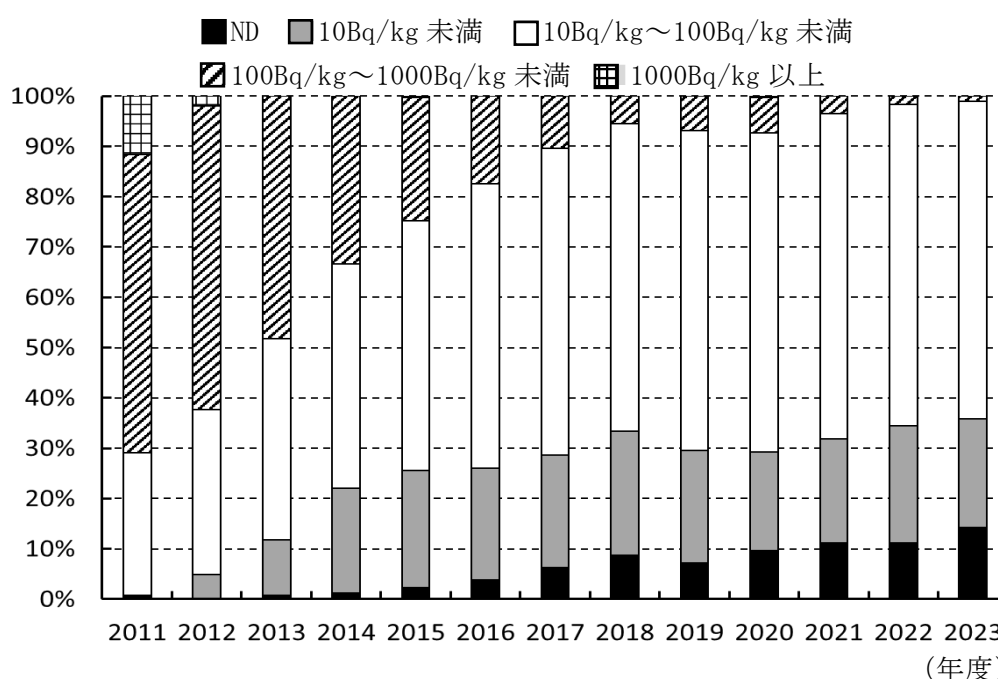


図10 海底土の¹³⁴Cs+¹³⁷Cs濃度の割合 (緊急時環境放射線モニタリング)

(2) 高感度分析手法を用いた海水中の放射性Cs濃度の把握

ア AMP濃縮法を用いた海水中の放射性Cs濃度の把握

極沿岸域16地点において2023年9月、2024年3月に32検体を採取し、うち2023年9月の16検体について放射性Cs濃度の測定を完了した。¹³⁴Cs濃度はすべての地点でNDであり、¹³⁷Cs濃度は2.93～11.2 mBq/Lであった(図11)。

いわき市小名浜地先において2023年4月3日～2024年3月25日に52検体を採取し、うち2023年11月20日までの34検体について放射性Cs濃度の測定を完了した。¹³⁴Cs濃度はすべての月でNDであり、¹³⁷Cs濃度は2.06～6.17 mBq/Lであった(図11)。

四倉沖1地点において2023年1月～2023年12月までに12検体を採取し、放射性Cs濃度の測定を完了した。¹³⁴Cs濃度はすべての月で検出下限値以下であり、¹³⁷Cs濃度は検出下限値以下～2.17 mBq/Lであった(図12)。

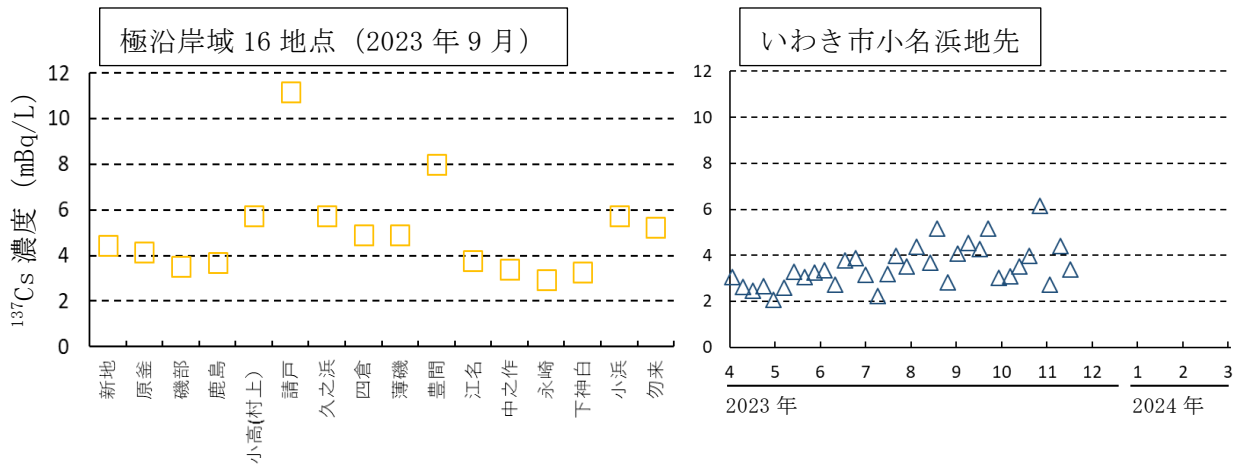


図 11 極沿岸域及びいわき市小名浜地先における海水の ^{137}Cs 濃度

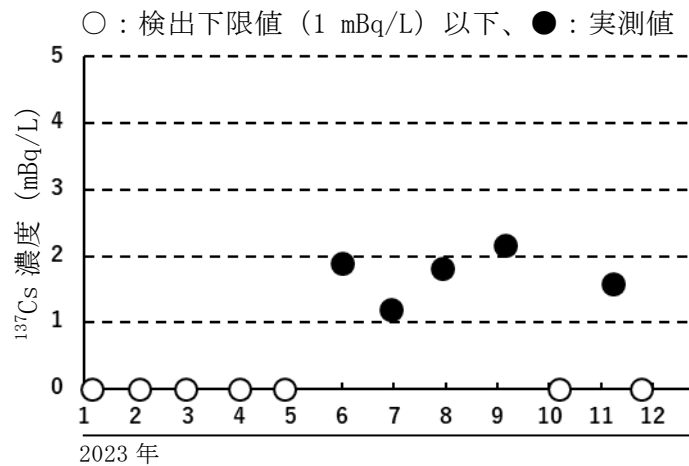


図 12 四倉沖における海水の ^{137}Cs 濃度

イ 低バックグラウンド井戸型ゲルマニウム半導体検出器を用いた鵜ノ尾埼沖の海水中の ^{137}Cs 濃度の把握

鵜ノ尾埼沖 3 地点において 2022 年 2 月～2023 年 3 月までに 39 検体を採取し、井戸型 Ge 検出器により ^{137}Cs 濃度の再測定を行った。なお、2022 年 9 月については全地点で欠測となっている。 ^{137}Cs 濃度は鵜ノ尾埼沖東経 141.000° 地点で 1.16～1.96 mBq/L、鵜ノ尾埼沖東経 141.600° 地点で 0.876～1.48 mBq/L、鵜ノ尾埼沖東経 142.000° 地点で 0.804～1.27 mBq/L であった（図 13）。鵜ノ尾埼沖の海水中の ^{137}Cs 濃度は、2023 年には沖合に近似する傾向にあった。

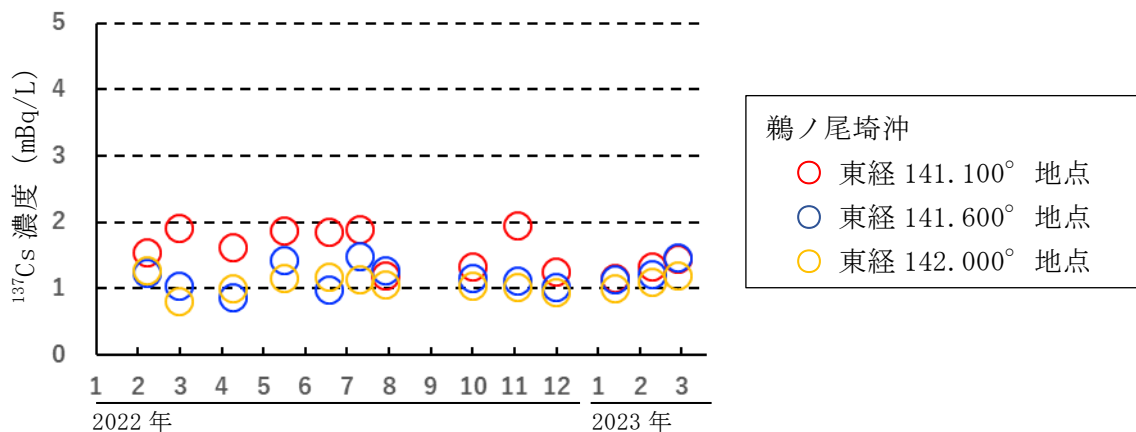
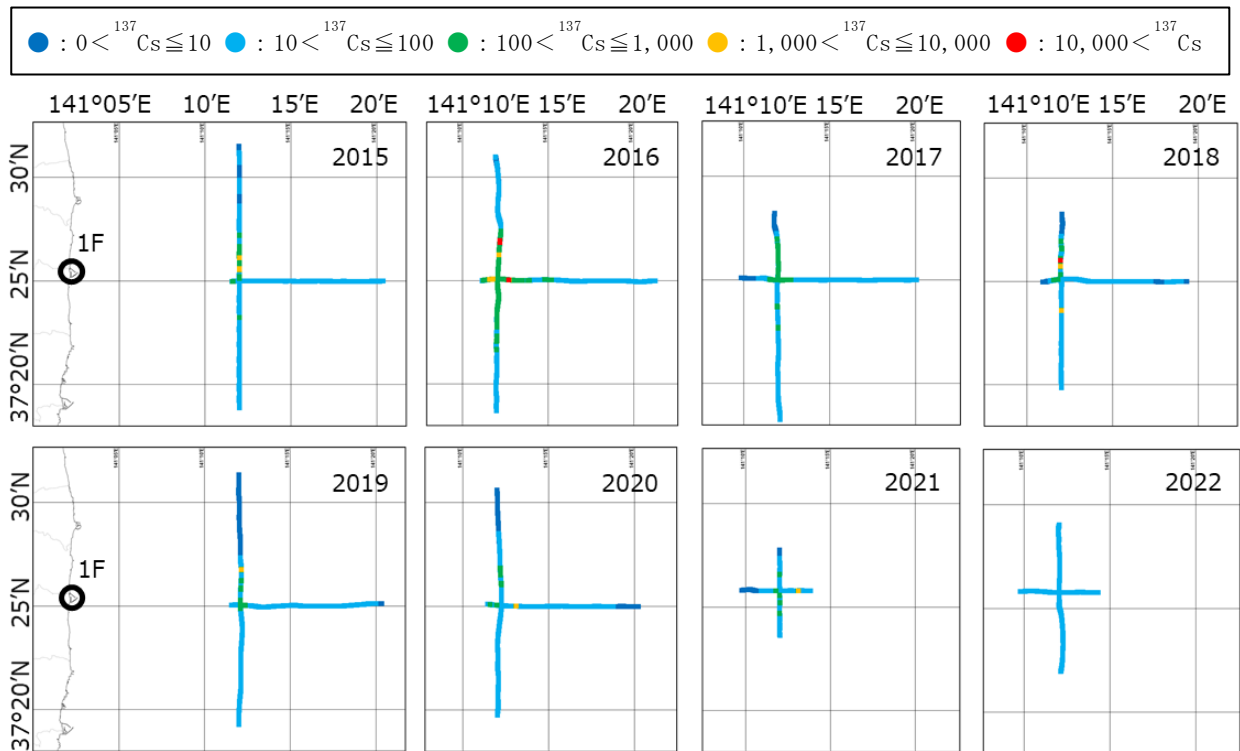


図 13 鵜ノ尾埼沖における海水の ^{137}Cs 濃度

2 海底土中の放射性 Cs の局所的分布メカニズムの解明

(1) 曳航式ガンマ線計測法 (RESQ) による調査

1F 沖南北定線においては 2014 年度から、1F 沖東西定線においては 2015 年度から RESQ 調査を開始し、2021 年度までの調査では曳航区間の一部で 100 Bq/kg-wet を超える ^{137}Cs 濃度が検出されていたが、その検出範囲には経時的な減少がみられ、2022 年度においては 100 Bq/kg-wet を超える局所的に高い ^{137}Cs 濃度は確認されなかった (図 14)。海底地形や潮流等による ^{137}Cs の蓄積・移動の影響が考えられた。



出典：海洋状況表示システム (<http://www.msil.go.jp/>) をもとに作成

図 14 RESQ 調査における ^{137}Cs 濃度の経時的変動

(2) 水中テレビロボットカメラ (ROV) を用いた調査

1F 沖 (水深 70m) で 2023 年 6 月に採取した海底土の ^{137}Cs 濃度は、ROV で 11.5~14.0 Bq/kg-dry、SM で 2.11~54.1 Bq/kg-dry であった (表 5)。

四倉沖 (水深 30m) で 2023 年 7 月に採取した海底土の ^{137}Cs 濃度は、ROV で 13.1~18.9 Bq/kg-dry、SM で 14.1~52.2 Bq/kg-dry であった (表 5)。

1F 沖 (水深 30m) で 2023 年 9 月に採取した海底土の ^{137}Cs 濃度は、ROV で 3.39~7.47 Bq/kg-dry、SM で 1.06~13.9 Bq/kg-dry であった (表 5)。

磯部沖 (水深 30m) で 2024 年 2 月に採取した海底土の ^{137}Cs 濃度は順次測定中。

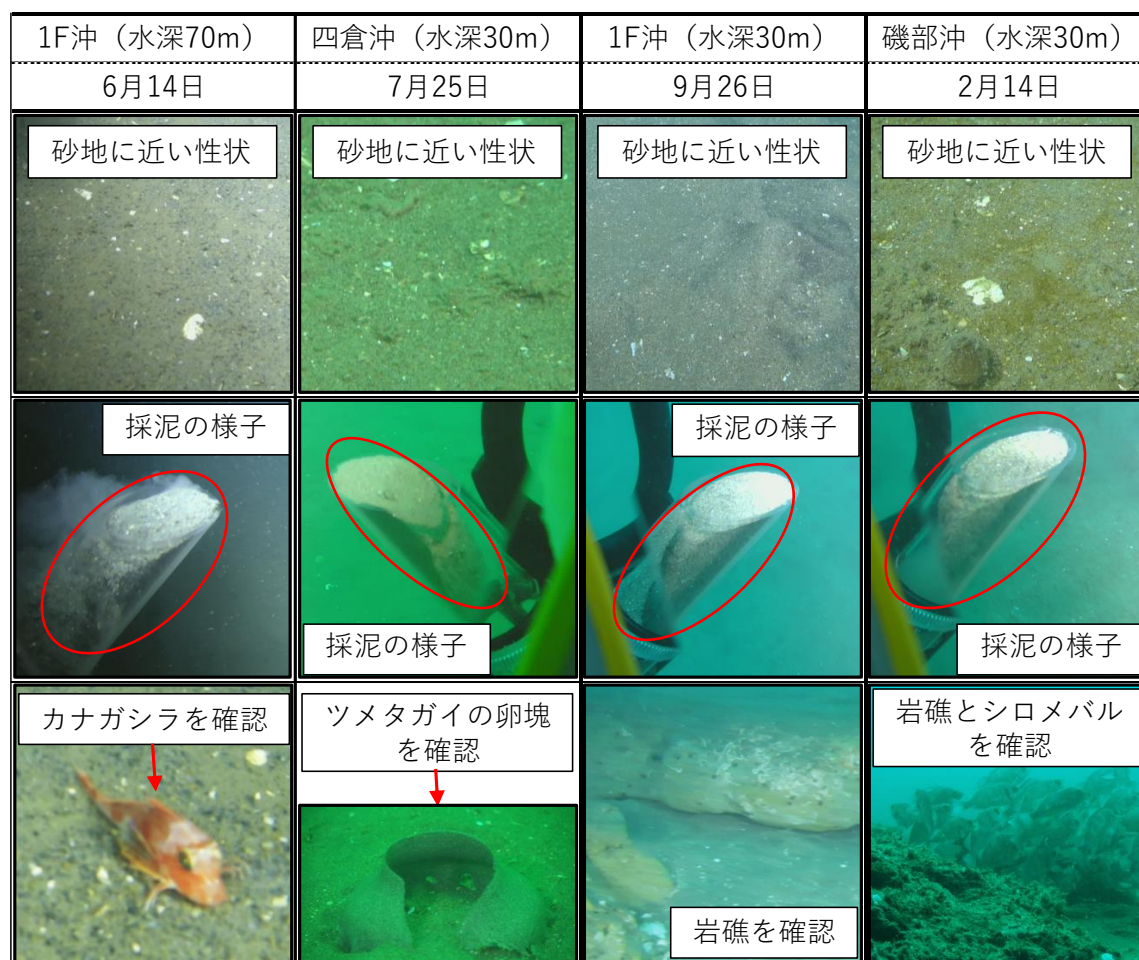
1F 沖の調査地点を比較すると、水深 70m より浅海の水深 30m で ^{137}Cs 濃度が低い傾向がみられた。また同水深で比較すると、1F 沖より南側の四倉沖で ^{137}Cs 濃度が高い傾向がみられた。

ROV による海底観察結果の一例を図 15 に示す。

表 5 ROV 及び SM で採取した海底土の ^{137}Cs 濃度 (2023 年度)

海域	調査月日	調査内容	採取 検体数	^{137}Cs 濃度 (Bq/kg-dry)			
				最小値	最大値	平均値	標準偏差
1F沖 (水深70m)	6月14日	ROV	4	11.5	14.0	12.8	±1.34
		SM	9	2.11	54.1	17.3	±15.9
四倉沖 (水深30m)	7月25日	ROV	6	13.1	18.9	15.4	±2.56
	7月24日	SM	7	14.1	52.2	26.7	±13.2
1F沖 (水深30m)	9月26日	ROV	6	3.39	7.47	5.25	±1.58
		SM	10	1.06	13.9	5.71	±3.48
磯部沖 (水深30m)	2月14日	ROV	6	測定中			
		SM	9				

図 15 ROV による海底土性状の観察



文 献

なし

結果の発表等 なし

登録データ 23-03-004「海水・海底土における放射性物質の動態の把握と汚染源の特定」(10-69-2323)

研究課題名 陸域から河川を通じた海域への放射性物質輸送及び魚介類、漁場への影響解明
小課題名 福島県汽水域を中心とした環境水・堆積物における放射性物質の動態把握
研究期間 2021年～2023年

渡部 翔・榎本昌宏・遠藤雅宗
瓜生純也*・鈴木翔太郎**

目 的

陸域に沈着した放射性セシウム（以下、放射性 Cs）の一部は河川を通じて海域に流入するが、詳細な動態には不明な部分がある。本研究では、河川の影響を受ける汽水域を中心に、放射性 Cs の分布状況を把握することで、その動態メカニズムについて検討し、魚介類の食の安心・安全を担保する知見の集積につなげる。

方 法

1 環境水及び堆積物中の放射性 Cs 濃度の把握

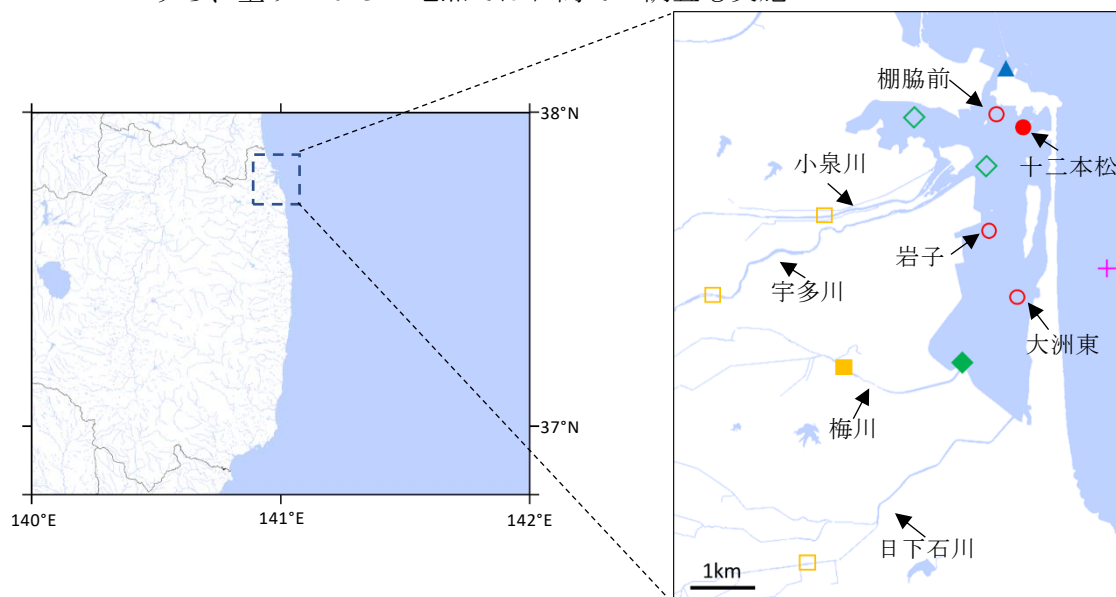
本研究は、農林水産分野の先端技術展開事業のうち現地実証研究委託事業である「ICT インフラを用いた効果的な種苗放流による資源の安定化」の中課題「河口域等における放射性物質の分布状況の把握」の一環として、2021年度から開始したものである。環境中の年間での放射性 Cs 濃度変動を調査するため、松川浦 4 地点、松川浦湾口 1 地点、流入河川 4 地点、河口 3 地点及び外海 1 地点の 5 群 13 地点において（図 1、表 1）、2023 年 6 月、8 月、10 月、2024 年 2 月及び 3 月に、それぞれ環境水及び堆積物を採取した。検体量は環境水においては 40L、堆積物においては 200g 以上とし、松川浦湾口 1 地点、河口 1 地点及び流入河川 4 地点では岸壁から採水バケツ及びエクマンバージ採泥器により検体を採取し、松川浦 4 地点及び河口 2 地点では調査船から採水バケツ及びエクマンバージ採泥器により検体を採取し、外海 1 地点では調査指導船拓水から採水バケツ及びスミス-マッキンタイヤ採泥器により検体を採取した。また、潮汐等の影響による日間での放射性 Cs 濃度変動を調査するため、松川浦 1 地点、松川浦湾口 1 地点、流入河川 1 地点及び河口 1 地点の 4 群 4 地点において（図 1、表 1）、2023 年 8 月調査と同日の 14 時から 4 時間おきに 6 回（24 時間）、連続的に環境水を採取した。検体量は 40L とし、日間調査の 4 地点では岸壁から採水バケツにより検体を採取した。

採取した検体のうち環境水は、本事業コンソーシアムメンバーである国立大学法人福島大学及び株式会社 KANSO テクノスにおいて、0.45 μ m フィルターでろ過してフィルターを通過したものを溶存態、フィルター上に残留したものを懸濁態として分離した後、溶存態はリンモリブデン酸アンモニウム（以下、AMP）濃縮法により処理し、ゲルマニウム半導体検出器（以下、Ge 検出器）により溶存態及び懸濁態の ^{137}Cs 濃度を測定した。

採取した検体のうち堆積物は、福島県水産海洋研究センターにおいて吸引ろ過により脱水した後、U-8 容器に 100g 程度を移し、Ge 検出器により ^{137}Cs 濃度を測定した。堆積物は検体を別途乾燥させて乾土率を算出し、乾重量あたりの ^{137}Cs 濃度に換算した。また、2021 年度～2022 年度までに採取した堆積物について、レーザー回析/散乱式粒子径分布測定装置により粒度を計測し、その組成から比表面積（単位質量あたりの表面積）を算出し、He and Walling¹⁾ を参考に比表面積と ^{137}Cs 濃度の関係について検討した。加えて、Yoshimura et al.,²⁾ を参考に各検体から粒度の影響を除いた補正 ^{137}Cs 濃度を算出し、群ごとに比較した。

*福島県水産資源研究所 **福島県農林水産部水産課

調査地点：○松川浦、△松川浦湾口、□流入河川、◇河口、+外海
うち、塗りつぶしの地点では日間での調査も実施



出典：地理院地図 Vector (<https://maps.gsi.go.jp/vector/>) を加工して作成
海洋状況表示システム (<http://www.msil.go.jp/>) をもとに作成

図 1 環境水・堆積物採取地点図（左：福島県全体、右：松川浦）

表 1 環境水・堆積物採取地点

群	地点	位置		実施地点	月間調査			日間調査
		北緯 (°)	東経 (°)		検体採取方法			実施地点
					岸壁	かろうね	拓水	
松川浦	棚脇前	37.822	140.976	○		○		
	十二本松	37.820	140.981	○	○		○	
	岩子	37.805	140.975	○		○		
	大洲東	37.797	140.979	○		○		
松川浦湾口	新港	37.828	140.977	○		○	○	
流入河川	小泉川	37.808	140.927	○	○			
	宇多川	37.790	140.913	○	○			
	梅川	37.784	140.955	○	○		○	
	日下石川	37.759	140.943	○	○			
河口	小泉川河口	37.821	140.962	○		○		
	宇多川河口	37.813	140.974	○		○		
	梅川河口	37.787	140.970	○	○		○	
外海	磯部沖約0.8km	37.800	141.004	○			○	

2 表面マイクロ層 (SML) の放射性 Cs 動態解明

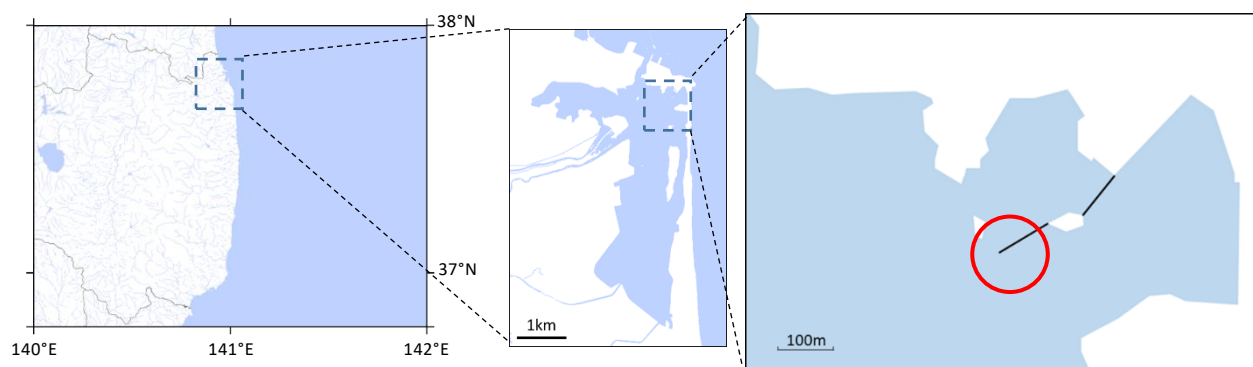
松川浦における環境水中の放射性 Cs 動態を解明する端緒とするため、同地点鉛直方向での環境水中の放射性 Cs 濃度変動について検討した。調査地点は松川浦 1 地点とし (図 2)、2023 年 10 月、11 月及び 2024 年 2 月に環境水及び堆積物を採取した。調査は表面マイクロ層 (以下、SML) と表現される水面の厚さ 1mm 層の環境水を図 3 に示す SML 採水器により採取するとともに、SML 検体採取の前後で同地点水深約 0.5m の環境水 (以下、直下水) を横型採水器により 40L 採取し、すべての環境水検体採取が完了したのちに同地点の堆積物をエクマンバージ採泥器により 200g

以上採取することで行った。SML 検体については 2023 年 10 月及び 11 月は約 360 分かけて採取し、2024 年 2 月は約 120 分かけて採取した。SML 検体採取の開始時、採取終了時及び 2023 年 10 月及び 11 月調査では約 180 分経過時に各 100ml を塩分濃度測定に、採取開始時及び採取終了時に各 300ml をクロロフィル a 濃度測定 (Holm-Hansen 法) に供するため別容器に取り分け、直下水については採取時に各 100ml を塩分濃度測定に、各 300ml をクロロフィル a 濃度測定に供するため別容器に取り分けた。

採取した検体のうち環境水は、0.45 μ m フィルターでろ過してフィルターを通過したものを溶存態、フィルター上に残留したものを懸濁態として分離した後、溶存態は AMP 濃縮法により処理し、Ge 検出器により溶存態及び懸濁態の ^{137}Cs 濃度を測定した。

採取した検体のうち堆積物は、福島県水産海洋研究センターにおいて吸引ろ過により脱水した後、U-8 容器に 100g 程度を移し、Ge 検出器により ^{137}Cs 濃度を測定した。堆積物は検体を別途乾燥させて乾土率を算出し、乾重量あたりの ^{137}Cs 濃度に換算した。

加えて周辺環境情報を把握するため、SML 検体採取中に 30 分おきに SML 採水器周辺の風速を記録するとともに、検体採取の前後に直読式総合水質計 (AAQ-RINKO) を用いて検体採取地点の表層から底層までの深度、水温、塩分、pH 及び DO 等を測定した。



出典：地理院地図 Vector (<https://maps.gsi.go.jp/vector/>) を加工して作成
海洋状況表示システム (<http://www.msil.go.jp/>) をもとに作成

図 2 SML 環境水・直下水採取地点図 (左：福島県全体、中：松川浦、右：調査地点)

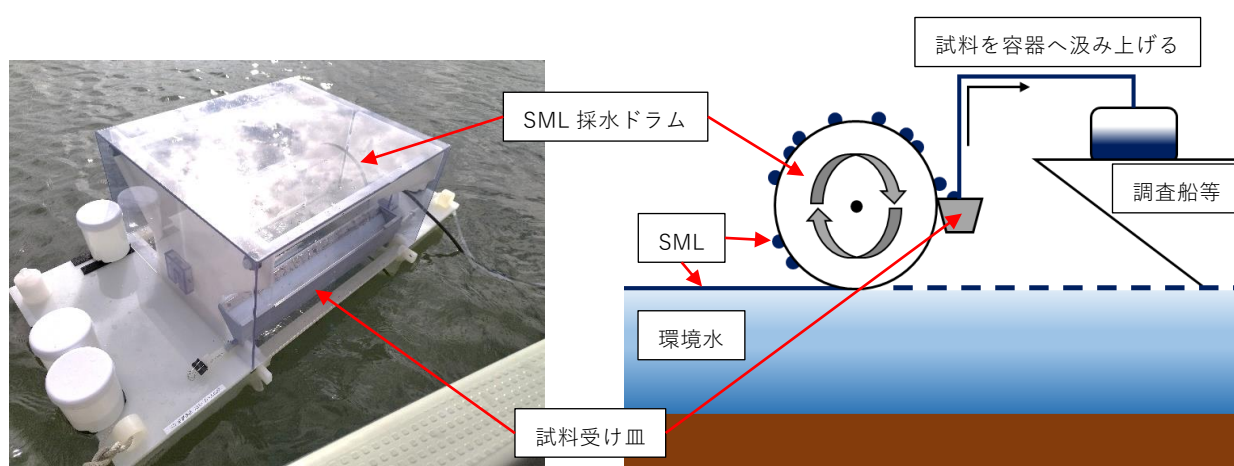


図 3 SML 採水器概要図 (左：SML 採水器写真、右：調査方法)

結 果

1 環境水及び堆積物中の放射性 Cs 濃度の把握

環境水の溶存態及び懸濁態 ^{137}Cs 濃度の年間推移を図 4 に示す。松川浦 4 地点では溶存態 ^{137}Cs 濃度は 4.24~16.8 mBq/L、懸濁態 ^{137}Cs 濃度は検出下限値未満 (ND) ~11.8 mBq/L であり、松川浦湾口 1 地点では溶存態 ^{137}Cs 濃度は 5.69~9.22 mBq/L、懸濁態 ^{137}Cs 濃度は 0.221~1.84 mBq/L であり、流入河川 4 地点では溶存態 ^{137}Cs 濃度は 0.805~3.06 mBq/L、懸濁態 ^{137}Cs 濃度は 0.659~34.2 mBq/L であり、河口 3 地点では溶存態 ^{137}Cs 濃度は 4.25~23.3 mBq/L、懸濁態 ^{137}Cs 濃度は ND~69.3 mBq/L であり、外海 1 地点では溶存態 ^{137}Cs 濃度は 2.74~4.52 mBq/L、懸濁態 ^{137}Cs 濃度は 0.163~1.22 mBq/L であった。溶存態 ^{137}Cs 濃度では年間を通して大きな変動はみられなかったが、懸濁態 ^{137}Cs 濃度では流入河川及び河口の一部で数十 mBq/L 程度の変動がみられた。また、環境水の溶存態及び懸濁態の ^{137}Cs 濃度の日間推移を図 5 に示す。松川浦 1 地点では溶存態 ^{137}Cs 濃度は 4.96~13.2 mBq/L、懸濁態 ^{137}Cs 濃度は 0.697~2.65 mBq/L であり、松川浦湾口 1 地点では溶存態 ^{137}Cs 濃度は 5.25~11.3 mBq/L、懸濁態 ^{137}Cs 濃度は 0.128~0.921 mBq/L であり、流入河川 1 地点では溶存態 ^{137}Cs 濃度は 1.47~2.48 mBq/L、懸濁態 ^{137}Cs 濃度は 7.80~14.4 mBq/L であり、河口 1 地点では溶存態 ^{137}Cs 濃度は 17.2~23.8 mBq/L、懸濁態 ^{137}Cs 濃度は 6.34~29.4 mBq/L であった。溶存態 ^{137}Cs 濃度では日間を通して地点ごとに大きな変動はみられなかったが、懸濁態 ^{137}Cs 濃度では河口では数十 mBq/L 程度の変動がみられた。

堆積物の ^{137}Cs 濃度の年間推移を図 6 に示す。松川浦 4 地点では 12.8~49.8 Bq/kg-dry であり、松川浦湾口 1 地点では 61.2~407 Bq/kg-dry であり、流入河川 4 地点では 0.778~90.0 Bq/kg-dry であり、河口 3 地点では 35.7~209 Bq/kg-dry であり、外海 1 地点では 1.60~3.46 Bq/kg-dry であった。2021 年度~2022 年度までの堆積物検体の比表面積と ^{137}Cs 濃度との関係を図 7 に示す。Spearman の順位相関係数を群ごとに求めたところ、流入河川、河口及び松川浦で有意な正の相関がみられたことから、堆積物 ^{137}Cs 濃度のばらつきは比表面積の違いが要因の一つと考えられた。2021 年度~2022 年度までの堆積物検体の実測の ^{137}Cs 濃度と補正 ^{137}Cs 濃度との関係を図 8 に示す。堆積物の実測の ^{137}Cs 濃度は流入河川>河口>松川浦>外海 (松川浦湾口は例外的に高い値) のように、段階的に減少する傾向がみられたが、補正 ^{137}Cs 濃度は流入河川>河口≒松川浦≒松川浦湾口>外海となり 2 段階で減少する傾向となることが明らかとなった。また、実測の ^{137}Cs 濃度においてみられた松川浦湾口の例外的に高い値は粒度の影響によるものと考えられた。

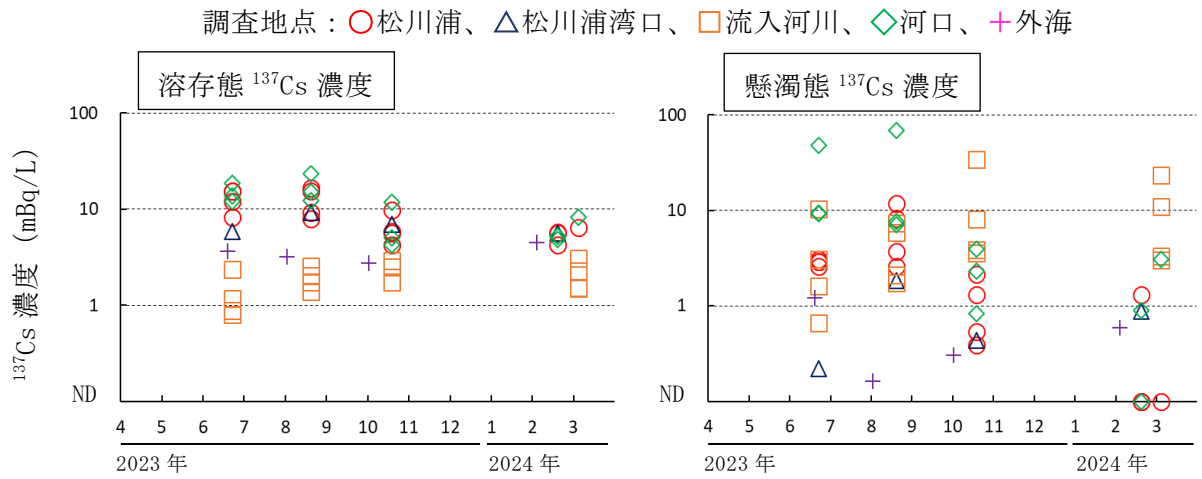


図4 環境水の ^{137}Cs 濃度の年間推移 (左：溶存態 ^{137}Cs 濃度、右：懸濁態 ^{137}Cs 濃度)

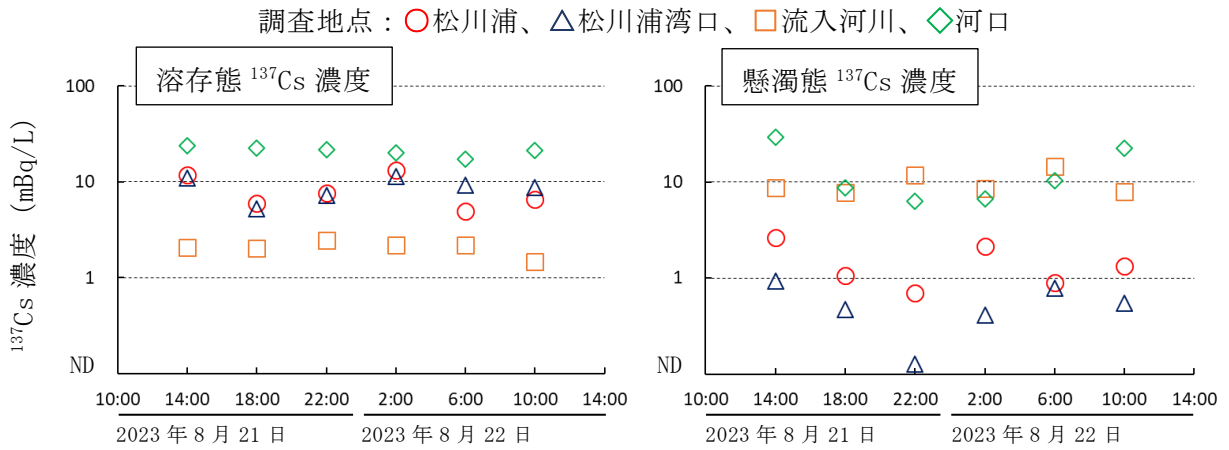


図5 環境水の ^{137}Cs 濃度の日間推移 (左：溶存態 ^{137}Cs 濃度、右：懸濁態 ^{137}Cs 濃度)

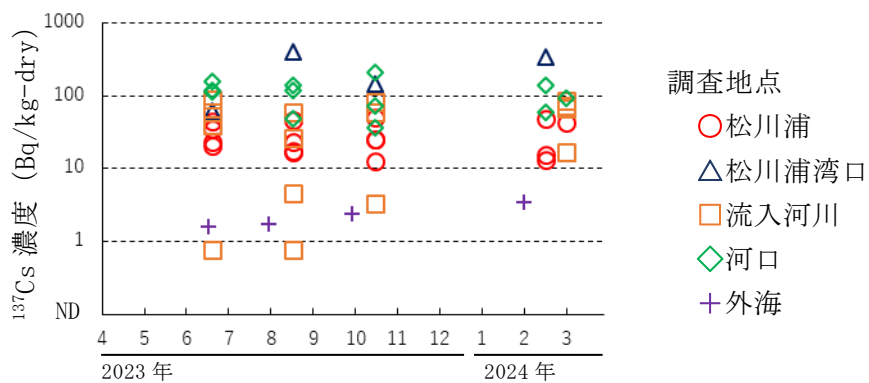


図6 堆積物の ^{137}Cs 濃度の年間推移

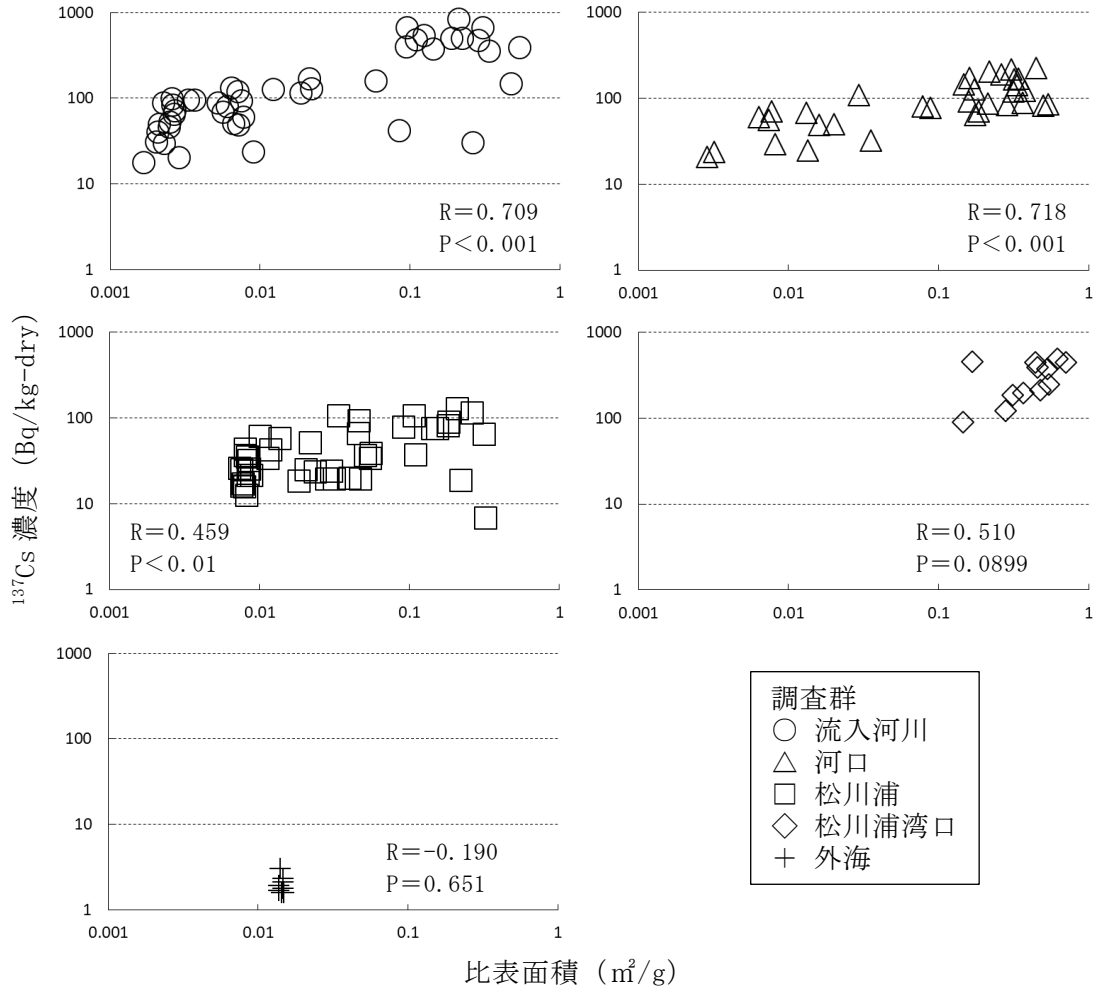


図7 堆積物の比表面積と¹³⁷Cs濃度との関係

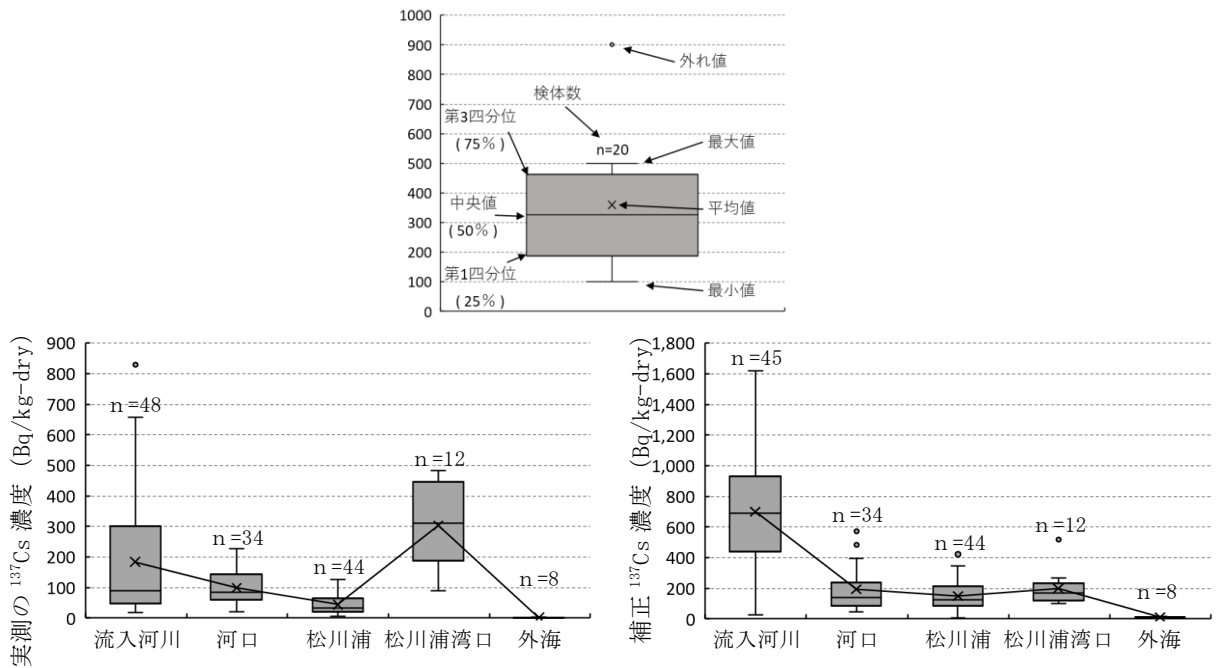


図8 堆積物の実測の¹³⁷Cs濃度と補正¹³⁷Cs濃度との関係
(上：箱ひげ図の説明、左：実測の¹³⁷Cs濃度、右：補正¹³⁷Cs濃度)

2 表面マイクロ層 (SML) の放射性 Cs 動態解明

SML 検体は 10 月調査では 359 分かけて 19.8L 採取し、11 月調査では 360 分かけて 22.5L 採取し、2 月調査では 119 分かけて 10.4L 採取した。SML 及び直下水の溶存態及び懸濁態の容積あたりの ^{137}Cs 濃度を図 9 に、懸濁態の重量あたりの ^{137}Cs 濃度を図 10 に示す。なお、10 月調査のうち SML 採取前の直下水については、潮位の影響により水深約 0.3m での採取となった。また、濃縮係数 (SML/直下水) を算出して比較した。容積あたりの ^{137}Cs 濃度は、10 月調査では溶存態：5.33～11.3 mBq/L、懸濁態：3.22～13.3 mBq/L であり、11 月調査では溶存態：6.47～6.81 mBq/L、懸濁態：0.748～25.5 mBq/L であり、2 月調査では溶存態：6.46～7.56 mBq/L、懸濁態：2.00～49.7 mBq/L であった。濃縮係数は、10 月調査では溶存態：平均 1.57、懸濁態：平均 3.29 であり、11 月調査では溶存態：平均 0.940、懸濁態：平均 31.9 であり、2 月調査では溶存態：平均 0.889、懸濁態：平均 21.0 であった。溶存態は 10 月調査のうち SML 採水後に採取した直下水において SML より ^{137}Cs 濃度が低い傾向がみられたが、SML 採水前に採取した直下水においては SML と同程度の ^{137}Cs 濃度であった。11 月及び 2 月調査では直下水において SML より ^{137}Cs 濃度が若干高い傾向がみられた。懸濁態の重量あたりの ^{137}Cs 濃度は、10 月調査では 423～513 Bq/kg であり、11 月調査では 176～529 Bq/kg であり、2 月調査では 363～795 Bq/kg であった。濃縮係数は、10 月調査では平均 1.18 であり、11 月調査では平均 1.97 であり、2 月調査では平均 0.669 であった。10 月調査の直下水及び 11 月調査のうち SML 採水前に採取した直下水において SML より ^{137}Cs 濃度が低い傾向がみられたが、11 月調査のうち SML 採水後に採取した直下水においては SML と同程度の ^{137}Cs 濃度であった。2 月調査では直下水において SML より ^{137}Cs 濃度が高い傾向がみられた。また、堆積物の ^{137}Cs 濃度は 10 月調査で 18.3 Bq/kg、11 月調査で 17.1 Bq/kg、2 月調査で 35.4 Bq/kg であり、懸濁態の重量あたりの ^{137}Cs 濃度より明らかに低い値であることが確認された。

風速及び検体採取地点近傍における調査同日の 1 時間毎の潮位を図 11 に示す。風速は、10 月調査では 0.5～2.0 m/s であり、11 月調査では 0.0～1.3 m/s であり、2 月調査では 0.0～1.1 m/s であった。概ね弱い風速で推移していたが、10 月調査においては時間経過と共に風速が強まる傾向がみられた。潮位は、10 月調査では 1.18～1.99 m であり、11 月調査では 0.739～2.25 m であり、2 月調査では 1.26～2.14 m であった。10 月調査では満ち潮、11 月調査では引き潮から満ち潮、2 月調査では引き潮での調査となっており、塩分濃度の値との整合性がみられた。

SML 及び直下水検体の塩分濃度を図 12 に、クロロフィル a 濃度を図 13 に示す。塩分濃度は、10 月調査では時間経過とともに値の増加がみられ、11 月調査では調査中に値の変動はみられず、2 月調査では時間経過とともに値の減少がみられた。クロロフィル a 濃度は、いずれの調査日も SML 採取開始時の値が他と比較して高く、特に 11 月調査において顕著であった。

検体採取前後に取得した直読式総合水質計による環境データを表 2 に示す。なお、機器が縦方向に長い構造であるため、一部深度データにおいて直下水の採取深度より浅い値となっている。いずれの調査月も、深度ごとの環境データの大きな変動はみられなかった。水温は、10 月及び 11 月調査では検体採取前後で約 2.5℃の変動がみられ、2 月調査では約 0.4℃の変動にとどまっていた。塩分濃度は、10 月調査では検体採取前より検体採取後に高い値であり、11 月調査では検体採取前後で大きな変動がみられず、2 月調査では検体採取前より検体採取後に低い値であり、検体の塩分濃度と同様の傾向がみられた。pH は、ほとんどの調査において約 8 前後となっていたが、2 月調査のうち検体採取後においてのみ約 6.8 の低い値がみられた。DO は最も大きな変動がみられ、調査月ごと、検体採取前後においてそれぞれ異なる値がみられた。

□溶存態 ^{137}Cs 濃度、■懸濁態 ^{137}Cs 濃度

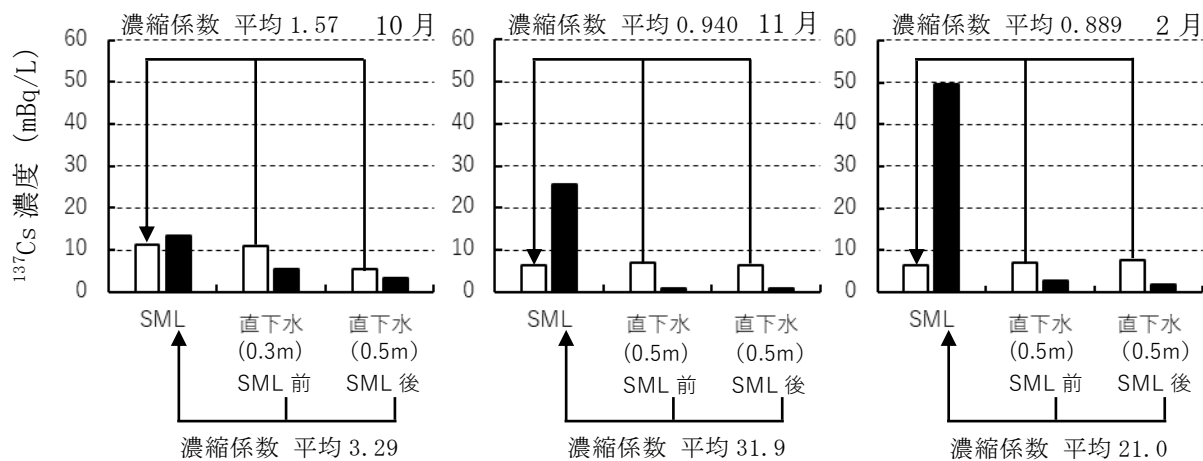


図9 SML及び直下水の容積あたりの ^{137}Cs 濃度

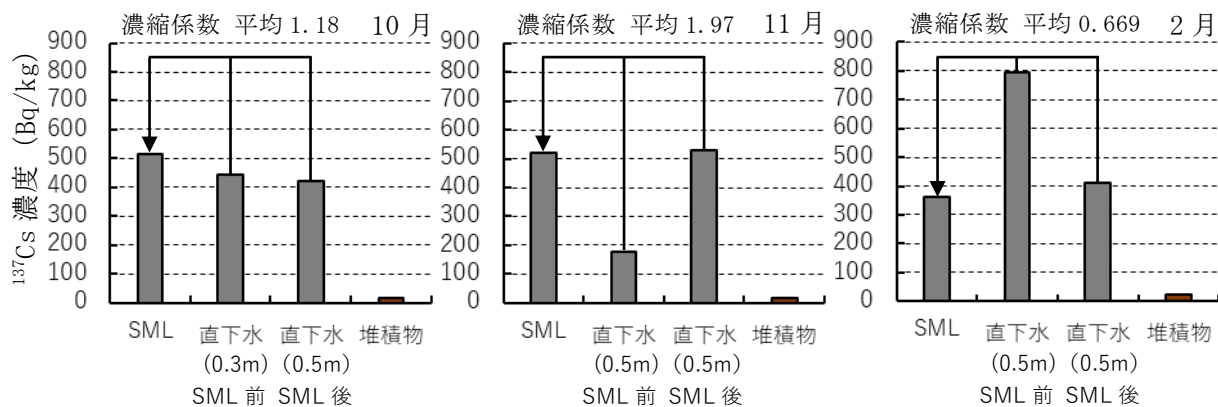


図10 懸濁態におけるSML及び直下水の重量あたりの ^{137}Cs 濃度

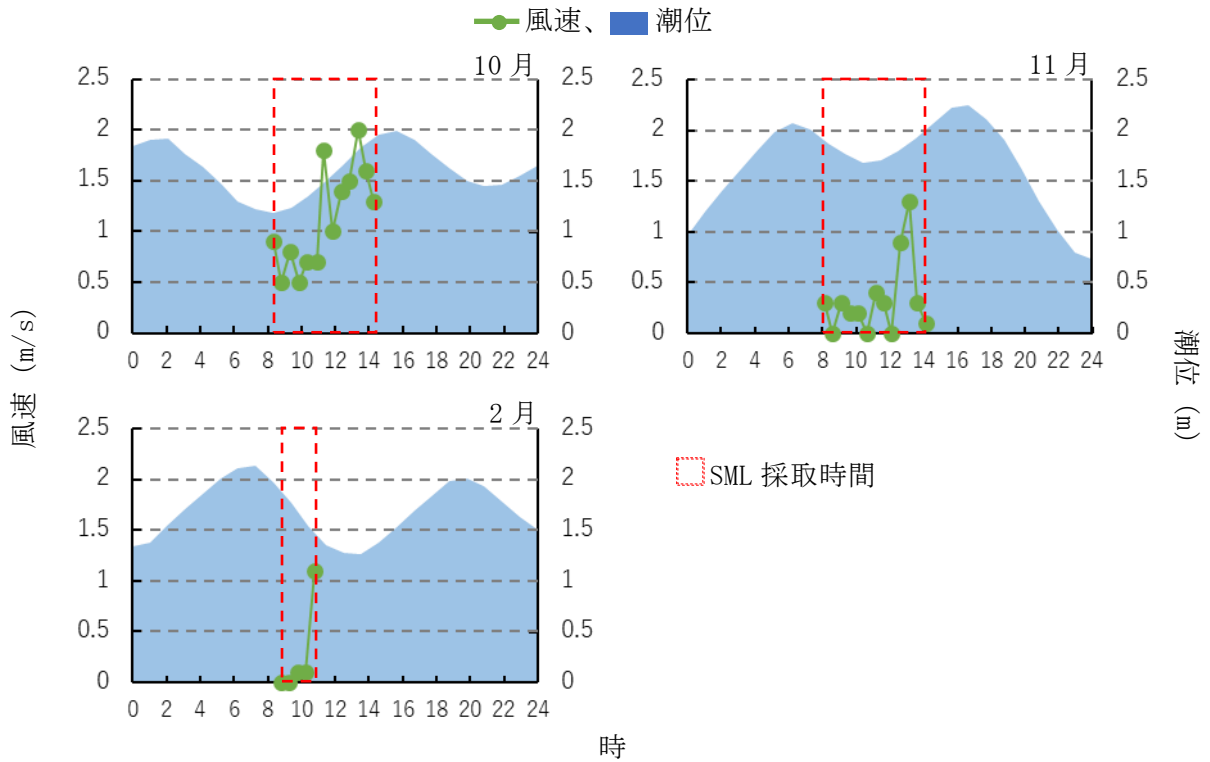


図 11 SML 採取時の風速及び潮位

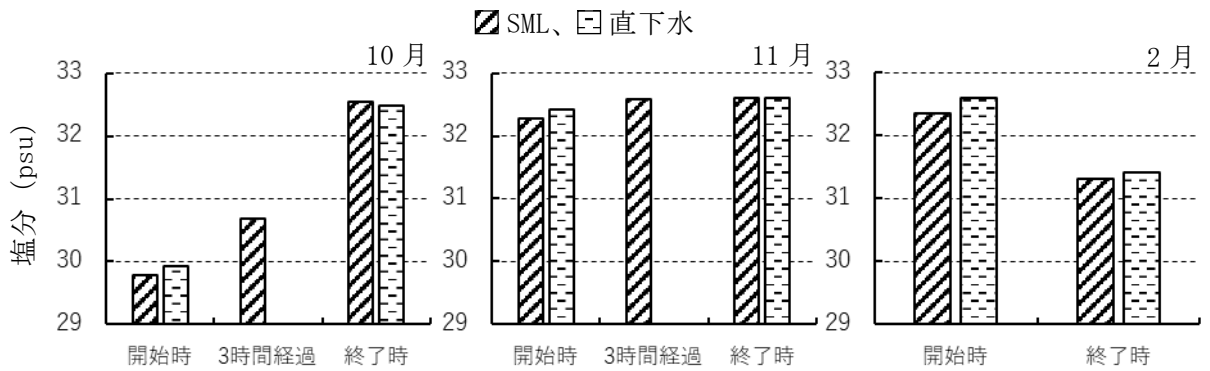


図 12 SML 採取経過時間ごと及び直下水採取時の検体の塩分濃度

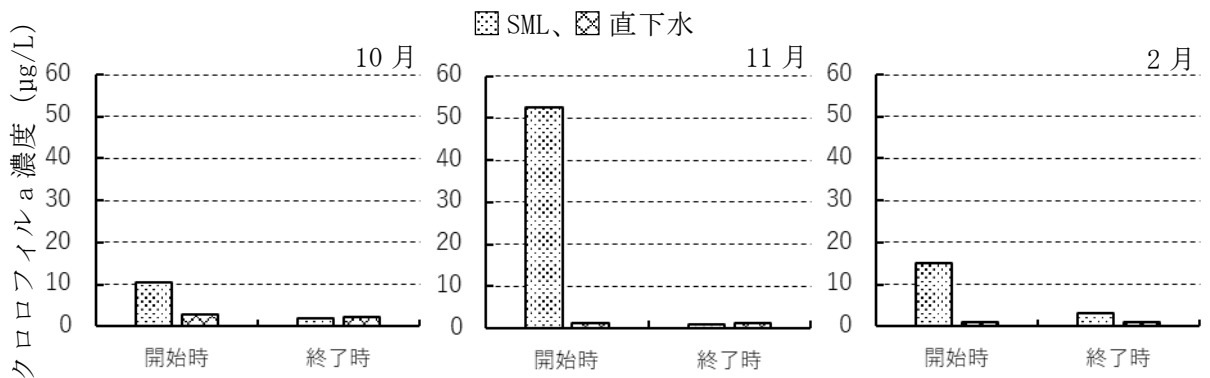


図 13 SML 採取経過時間ごと及び直下水採取時のクロロフィル a 濃度

表 2 環境水検体採取前後の表層から底層までの環境情報

調査月日	環境情報 取得時間	深度 (m)	水温 (°C)	塩分 (‰)	pH	DO (%)
10月11日	7:51	0	18.811	29.836	7.922	89.975
		0	21.347	32.399	8.064	97.586
	14:35	0.1	21.328	32.422	8.057	97.821
		0.2	21.317	32.424	8.060	97.605
		0.3	21.318	32.423	8.060	97.584
		0.4	21.299	32.441	8.061	97.437
		0.5	21.300	32.442	8.062	97.487
		0.6	21.300	32.443	8.063	97.414
0.7	21.303	32.443	8.063	97.285		
<hr/>						
調査月日	環境情報 取得時間	深度 (m)	水温 (°C)	塩分 (‰)	pH	DO (%)
11月15日	7:53	0	12.917	32.110	8.079	90.524
		0.1	13.057	32.053	8.095	90.233
		0.2	13.018	32.017	8.086	90.150
		0.3	13.061	32.049	8.088	90.074
		0.4	13.113	32.070	8.090	90.133
		0.5	13.122	32.048	8.090	90.232
		0.6	13.121	32.055	8.092	90.256
	14:23	0	15.526	32.500	8.165	105.413
		0.1	15.534	32.464	8.164	105.905
		0.2	15.526	32.477	8.163	105.892
		0.3	15.553	32.489	8.163	105.602
		0.4	15.546	32.476	8.163	105.558
		0.5	15.551	32.485	8.163	105.464
		0.6	15.610	32.496	8.164	105.588
0.7	15.630	32.535	8.163	105.631		
<hr/>						
調査月日	環境情報 取得時間	深度 (m)	水温 (°C)	塩分 (‰)	pH	DO (%)
2月29日	8:30	0	8.614	32.731	8.133	103.645
		0.1	8.604	32.837	8.087	104.806
		0.2	8.593	32.791	8.139	103.066
		0.3	8.595	32.887	8.105	104.633
	10:48	0	8.235	31.126	6.848	109.485

文 献

- 1) Q. He and D.E. Walling, Interpreting particle size effects in the adsorption of ^{137}Cs and unsupported ^{210}Pb by mineral soils and sediments, J. Environ. Radioact., 30(2), 117-137(1996).

- 2) Yoshimura et al., An extensive study of the concentrations of particulate/dissolved radiocaesium derived from the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident in various river systems and their relationship with catchment inventory, J. Environ. Radioact., 139, 370-378(2015).

結果の発表等 放射線関連支援技術情報「松川浦近傍の堆積物 ^{137}Cs 濃度の群間差異と粒度の影響」

登録データ 23-03-005「陸域から河川を通した海域への放射性物質輸送及び魚介類、漁場への影響解明」 (10-69-2323)

研究課題名 環境から魚介類へ取り込まれる放射性物質の動態把握

小課題名 飼料の組成から影響を受ける魚体の ^{137}Cs 濃度と炭素・窒素安定同位体比の変化

研究期間 2021年～2022年

榎本昌宏

目 的

福島県沿岸域における魚介類の放射性セシウム濃度は近年、全体的に低下傾向にあるが、その蓄積メカニズムには未だ不明な点が残されている。魚体内の放射性セシウム濃度は海水や餌生物等の複数の要因により影響を受けるため、自然環境での調査から検証することは困難である場合が多い。そこで本研究では、魚介類の放射性物質蓄積メカニズムを解明するために飼育試験による放射性セシウム (^{137}Cs) の動態把握を行う。

本報告では、 ^{137}Cs を含む飼育水からの取り込みについて実施した 2022 年度飼育試験の結果と、2023 年度に実施した飼育試験について報告する。

方 法

1 2022 年度飼育試験

飼育設定を表 1 に示す。飼育試験はホシガレイ 1 歳魚 6 尾を用いて無給餌で実施した。飼育水槽には市販の 60cm ガラス水槽を用い、各水槽にホシガレイ 1 尾を収容した。試験区の飼育水は、県内で採取した森林土壌を材料として酸抽出法により得られた ^{137}Cs 含有水 5L を、当センターで揚水している自然海水を 0.45 μm フィルターでろ過した海水で約 1Bq/L となるよう希釈して用

表 1 2022 年度飼育試験における飼育条件

項目	内容
供試魚	ホシガレイ 2 歳魚 × 6 尾
飼育期間	2023 年 1 月 24 日～2 月 21 日 (28 日間)
水槽	60cm ガラス水槽 × 5 面
容量	50L
飼育水	対照区 (0, 28 日区) : 自然海水 試験区 (7, 14, 21, 28 日区) : Cs 含有海水 (濃度約 1Bq/L)
収容尾数	各区 1 尾 / 面
給餌	無給餌

いた。対照区の飼育水は、希釈に使用したろ過海水を用いた。飼育条件は閉鎖循環とし、物理ろ過を目的としてろ過槽内部に市販のポリエステル製マットを設置した。試験中は水温維持のため、自然海水を用いたウォーターバスで管理した。試験期間は 4 週間とし、試験区は 7、14、21、28 日目、対照区では 0、28 日目に供試魚を取上げ、全長、体長、体重を測定した後、 ^{137}Cs 濃度の測定を行った。 ^{137}Cs 濃度は、供試魚から筋肉を採取し測定に供した。また、海水の ^{137}Cs 濃度は対照区では 0 日目の自然海水と 28 日目の飼育水を採水して測定に供した。試験区では 0、7、14、21、28 日目に各水槽の飼育水を採水しゲルマニウム半導体検出器を用いて測定した。

2 2023 年度飼育試験

飼育設定を表 2 に示す。飼育試験はホシガレイ 2 歳魚を用いて、飼育水槽に FRP500L 円形水槽を用い、対照区に 18 尾、試験区に 27 尾を収容した。試験区の飼育水は、2022 年度飼育試験と同様に森林土壌を材料として酸抽出法により得られた ^{137}Cs 含有水 8L を、当センターで揚水している自然海水を 0.45 μm フィルターでろ過した海水で約 1Bq/L となるよう希釈して用いた。対照区の飼育水は、希釈に使用したろ過海水を用いた。

飼育条件は閉鎖循環とし、75L プラスティックコンテナをろ過槽、市販のプラスチック系ろ材を使用した。飼育期間中の水温管理は行わなかった。給餌は市販の配合餌料を用い、摂餌を確認しながら手撒きで行った。試験区は0、7、14、28、42、56、70、84日目、対照区では0、7、14、42、84日目に供試魚を取上げ、全長、体長、体重を測定した後、供試魚から筋肉を採取した。また、海水の¹³⁷Cs濃度は対照区では0日目と84日目の飼育水を採水し0.45μmフィルターでろ過後、リンモリブデン酸アンモニウム（AMP）濃縮法による測定に供した。

試験区では¹³⁷Csのろ材への吸着を確認するため、供試魚を收容する2週間前から飼育水を循環させ、-13、-6日に放射性Cs濃度の変化を確認した。その後、0、7、14、28、42、56、70、84日目に飼育水2Lを採水しマリネリ容器でゲルマニウム半導体検出器を用いて測定した。

結 果

1 2022年度飼育試験

試験期間中、飼育水温は各区とも同じような変動を示し10.9℃から13.6℃の範囲で推移した。また、供試魚に異常は認められず、体重に大きな変動はなかった。

期間中の試験区における飼育水の¹³⁷Cs濃度の推移を図2に示す。¹³⁷Cs濃度は0.63Bq/Lから1.62Bq/Lの間で推移した。なお、各試験区とも毎週飼育水の¹³⁷Cs濃度を測定したが、28日目の21日目はゲルマニウム半導体検出器の点検と重なったことから欠測とした。

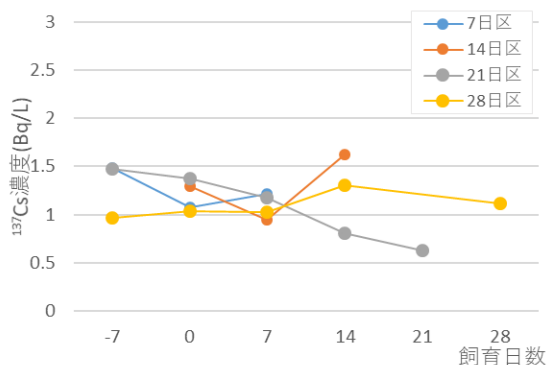


図2 飼育水の¹³⁷Cs濃度の推移

表2 2023年度飼育試験における飼育条件

項目	内容
供試魚	ホシガレイ2歳魚
飼育期間	2023/12/12-2024/3/5(84日間)
水槽	FRP500L円形水槽
実水量	400L
飼育水	試験区：Cs含有海水(濃度約1Bq/L) 対照区：自然海水
飼育尾数	試験区：27尾 対照区：18尾
給餌	手撒き給餌

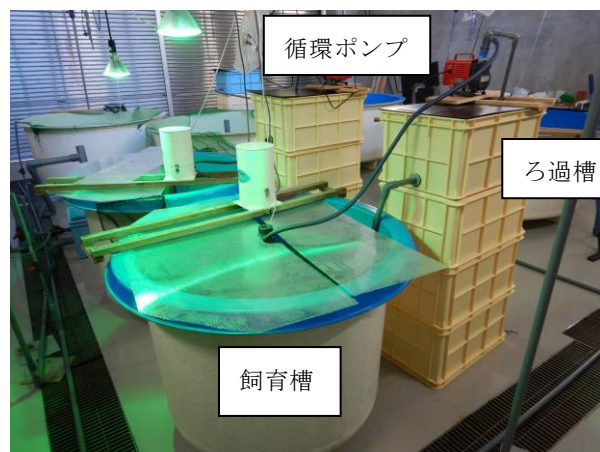


図1 飼育水槽全景

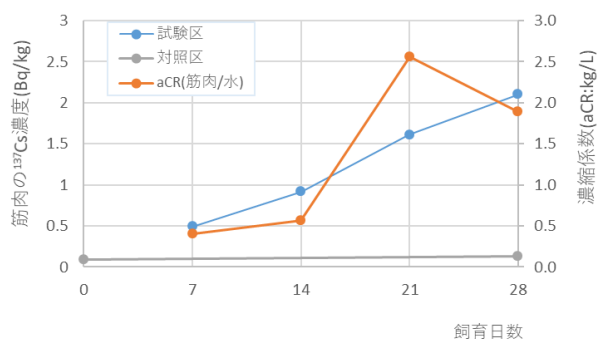


図3 筋肉の¹³⁷Cs濃度とaCRの推移

筋肉の ^{137}Cs 濃度と見かけ上の濃縮係数(aCR: (筋肉の ^{137}Cs 濃度)/(飼育水の ^{137}Cs 濃度))の推移を図3に示す。21日区の飼育水の ^{137}Cs 濃度が0.63Bq/Lと低い値だったことから、aCRは2.6kg/Lに上昇したが、28日目では1.9kg/Lであった。筋肉の ^{137}Cs 濃度は28日目で2.1Bq/kgで上昇傾向であった。一方、対照区は0.09Bq/kgから0.13Bq/kgで推移した。

28日間の飼育期間でも筋肉の ^{137}Cs 濃度は上昇傾向であり、平衡状態に達するまでは更に時間がかかると考えられたことから、更に長期間の飼育試験が必要と考えられた。

2 2023年度飼育試験

試験開始時に試験区27尾、対照区18尾を收容したが、試験区で斃死があり当初予定していたサンプリングが困難となったことから、1回あたりのサンプリング尾数を3尾から1尾に変更して試験を継続した。

飼育期間中の ^{137}Cs 濃度の推移を図4に示す。飼育水中の ^{137}Cs 濃度は0.80~1.67Bq/Lで大きな変動はなかったことから、ろ材への吸着の影響は少なかったと考えられた。今後、試料の ^{137}Cs 濃度の分析を行い、飼育試験結果の解析を行う予定である。

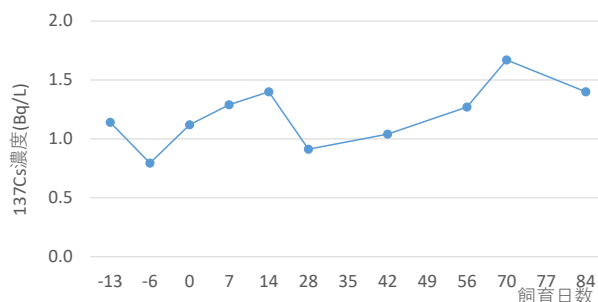


図4 飼育水の ^{137}Cs 濃度の推移

文 献

なし

結果の発表等 なし

登録データ 23-03-006 「放射性物質移行排出試験」 (10-69-2223)