

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～2024年

遠藤雅宗・渡部 翔

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

2024年1月～2025年3月までに福島県沿岸において、緊急時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=210)、ヒラメ (n=152)、マコガレイ (n=101)、シロメバル (n=54)、マダラ (n=26)) を対象とし、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。また、調査船みさきにより、広田式ソリネットを用いて採取した餌生物 (n=6) を試料として用いた。

2024年1月～12月に採取された対象5魚種試料および2023年6月～2024年11月に採取された餌生物について、 ^{137}Cs 濃度分析を行った。対象5魚種については採取された供試魚の筋肉部位、餌生物については試料全体を用いて、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。

2024年10月～12月に採取されたヒラメ2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) に従って行った。

2024年に採取されたヒラメ1試料(検体重量確保のため2尾使用、それぞれの全長は348mm、480mm)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、同地点で採取された表層の海水2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240試料及び餌生物6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魚種および餌生物のCN比の関係

2022～2024年における対象5魚種及び餌生物のCN比を整理した。

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

^{137}Cs 濃度は対象5魚種で0.060～5.33 Bq/kg-wet、餌生物でND(検出下限値0.144～1.25 Bq/kg-wet)～0.615 Bq/kg-wetであった(表1、2)。

^{90}Sr 濃度は 2 試料とも ND (検出下限値: どちらも 0.014 Bq/kg-wet) であった (表 3)。

ヒラメの TFWT 濃度は 0.053 Bq/kg-wet、OBT 濃度は ND であった (検出下限値: 0.35 Bq/kg-wet)、ヒラメを採取した地点の表層海水のトリチウム濃度は 0.066~0.072 Bq/L であった (表 4)。ヒラメの TFWT 濃度と海水のトリチウム濃度は同等の値であった。

CN 比は対象 5 魚種で、 $\delta^{13}\text{C}$ が -18.6~-12.5 ‰、 $\delta^{15}\text{N}$ が 6.8~15.6 ‰ であった。また、餌生物は $\delta^{13}\text{C}$ が -19.4~-14.6 ‰、 $\delta^{15}\text{N}$ が 5.9~15.2 ‰ であった (表 5)。

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 魚種及び餌生物の CN 比の関係

クロソイの $\delta^{13}\text{C}$ は他の魚種及び餌生物よりもばらつきが大きかった。また、クロソイの $\delta^{13}\text{C}$ 及び $\delta^{15}\text{N}$ の値最大値は他の魚種及び餌生物よりも大きかった (図 1)。

$\delta^{13}\text{C}$ 及び $\delta^{15}\text{N}$ の平均値は餌生物よりもマダラを除く対象 4 魚種で大きい傾向があった (図 1)。

$\delta^{15}\text{N}$ の平均値が高いほど、 ^{137}Cs の平均値も高い傾向を示した。しかし、カニ・ヤドカリ類 (^{137}Cs を測定したのはカニの仲間 1 検体のみ) の ^{137}Cs 濃度は $\delta^{15}\text{N}$ の平均値に対して、高い値を示した (図 2)。

表 1 ^{137}Cs 濃度の分析結果 (対象 5 魚種)

魚種	分析個体数(n)	全長(mm)	濃度(Bq/kg)
クロソイ	91(オス:44、メス:47)	283~590	0.13~5.28
ヒラメ	73(オス:31、メス:42)	316~852	0.090~5.33
マコガレイ	59(オス:21、メス:38)	171~459	0.10~2.16
シロメバル	38(オス:22、メス:12、不明:4)	187~317	0.29~1.28
マダラ	20(オス:6、メス:11、不明:3)	245~472	0.06~0.27

表 2 ^{137}Cs 濃度の分析結果 (餌生物)

分類	分析検体数(n)	濃度(Bq/kg)
アミ類	3	ND(検出下限値0.163~0.808)~0.163
エビ類	4	ND(検出下限値0.151~1.25)~0.239
カニ・ヤドカリ類	4	ND(検出下限値0.144~0.955)~0.615
多毛類	1	ND(検出下限値0.638)
棘皮動物	1	LTD(検出下限値0.214)
小型魚類	2	LTD(検出下限値0.212~0.228)~0.215

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	2(メス:2)	518~638	ND(検出下限値:0.014 Bq/kg)未満)

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	1(メス:1)	0.053	検出下限値未満 (検出下限値:0.35)	—
表層の海水	2	—	—	—

表5 対象5魚種及び餌生物のCN比

区分	魚種名	n	13C			15N		
			平均	最小	最大	平均	最小	最大
対象	クロソイ	94	-16.3	-17.7	-12.5	13.8	12.3	15.6
5魚種	ヒラメ	111	-16.8	-17.5	-15.7	12.8	11.7	13.8
	マコガレイ	98	-15.5	-17.0	-13.4	12.2	10.3	13.8
	シロメバル	47	-16.5	-17.2	-15.2	12.8	11.8	14.4
	マダラ	28	-17.8	-18.6	-17.0	12.2	6.8	13.4
	餌生物	アミ類	5	-17.9	-19.3	-16.4	8.9	7.1
	エビ類	9	-17.3	-18.8	-15.8	10.3	8.9	11.7
	カニ・ヤドカリ類	15	-18.0	-19.4	-16.0	9.1	5.9	11.5
	多毛類	3	-16.1	-17.5	-14.6	12.1	10.3	15.2
	クモヒトデ	1	-17.4	-17.4	-17.4	9.8	9.8	9.8
	イワシ類	4	-17.8	-17.8	-17.7	12.7	12.6	12.7
	シラス	1	-18.8	-18.8	-18.8	7.6	7.6	7.6
	貝類	4	-16.6	-17.6	-15.5	12.2	11.3	12.7
	イカ類	1	-16.9	-16.9	-16.9	11.1	11.1	11.1

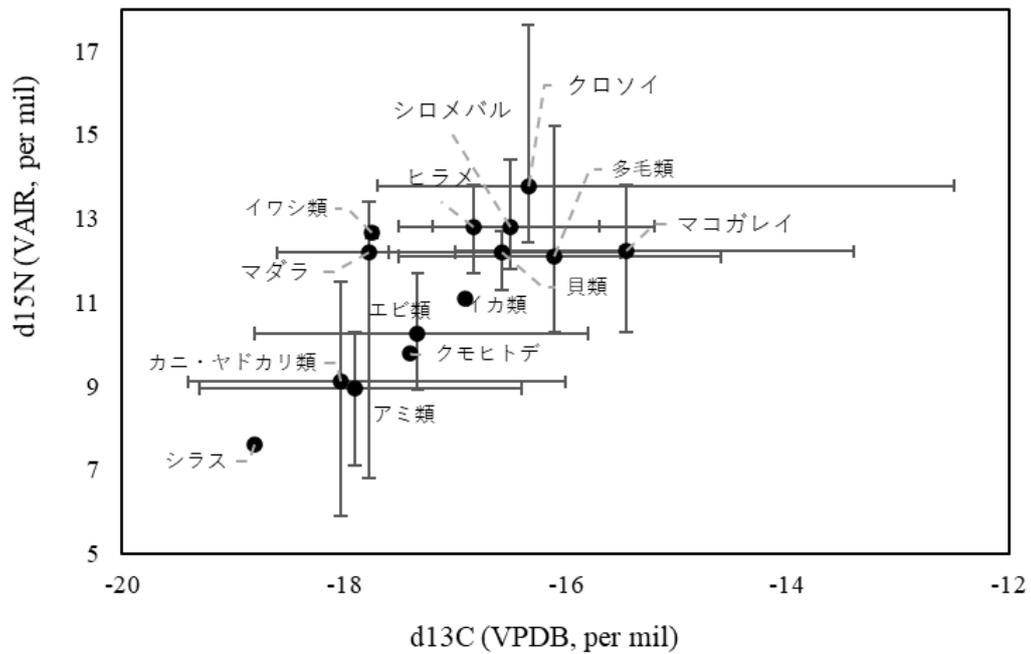


図1 対象5魚種及び餌生物のCN比の関係

※プロットは平均値。誤差バーは最大値と最小値。

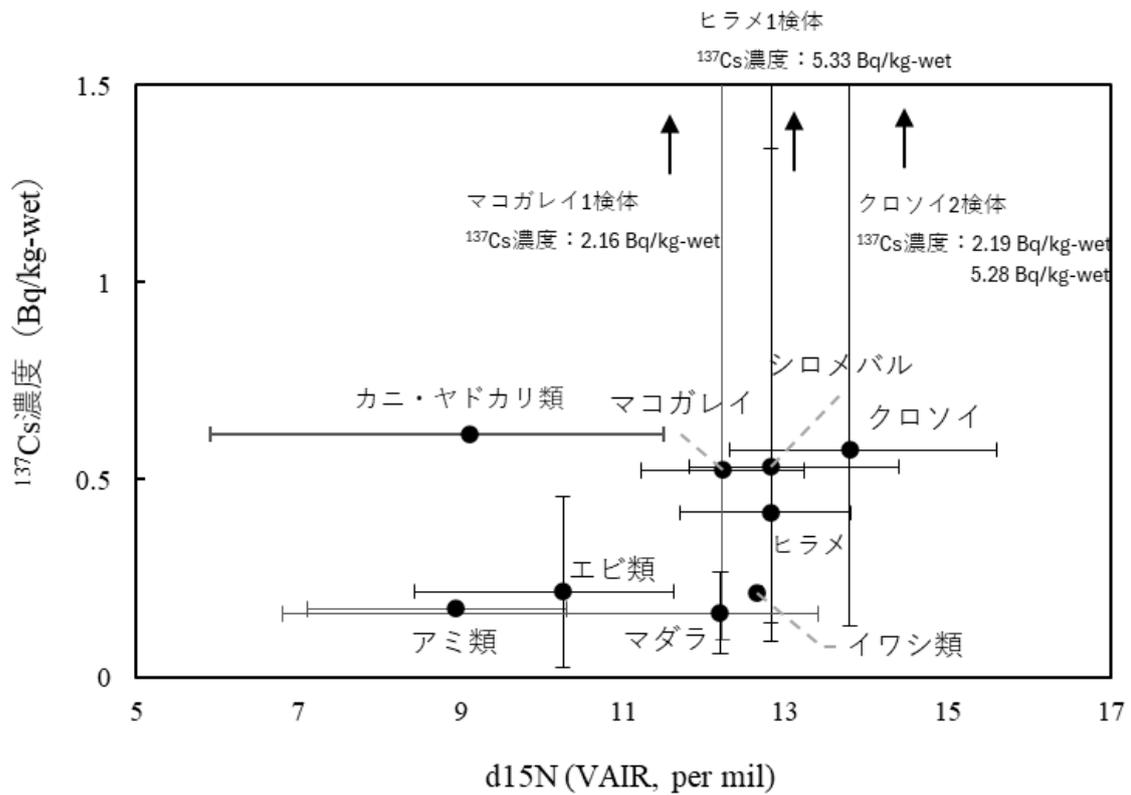


図2 対象5魚種及び餌生物の ^{137}Cs 濃度と $\delta^{15}\text{N}$ の関係

※プロットは平均値。誤差バーは最大値と最小値。

結果の発表等 なし

登録データ 24-03-001 「生態特性に応じた蓄積過程の解明」 (10-69-2425)

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～2024年

鷹崎和義・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を用いて、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、2024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⁾及び根本ら(2018)²⁾のとおりである。2024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）

モニタリングにおいては、2012年以降、年間約4～9千検体を検査した。そのうち、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%未満となり、2022年以降は 0%で推移している。一方、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。2024年の不検出割合は 99.8%であり、放射性 Cs が検出された検体（n=6）は、2月25日採捕のスズキ（14 Bq/kg）、3月17日、9月14日採捕のクロソイ（11、40 Bq/kg）、4月3日採捕のヒトエグサ（養殖）（5.0 Bq/kg）、12月13日採捕のシラス（11 Bq/kg）及び12月15日採捕のマコガレイ（9.6 Bq/kg）であった。

2024年10月18日にクロソイの出荷制限が解除され、福島県海域で出荷制限対象種はゼロとなった。

表1 モニタリングの検体数の推移

年	月	全検体数	100Bq/kg超		*公表日で集計 不検出	
			検体数	%	検体数	%
2011		1,952	778	39.9	290	14.9
2012		5,578	924	16.6	2,278	40.8
2013		7,549	283	3.7	5,127	67.9
2014		8,706	76	0.9	7,234	83.1
2015		8,577	4	0.0	7,675	89.5
2016		8,594	0	0.0	8,166	95.0
2017		8,707	0	0.0	8,540	98.1
2018		6,481	0	0.0	6,436	99.3
2019		5,970	0	0.0	5,958	99.8
2020		4,261	0	0.0	4,256	99.9
2021		3,753	1	0.0	3,745	99.8
2022		3,946	0	0.0	3,944	99.9
2023		3,994	0	0.0	3,971	99.4
2024	1	118	0	0.0	118	100.0
	2	438	0	0.0	438	100.0
	3	314	0	0.0	312	99.4
	4	401	0	0.0	400	99.8
	5	338	0	0.0	338	100.0
	6	354	0	0.0	354	100.0
	7	195	0	0.0	195	100.0
	8	152	0	0.0	152	100.0
	9	227	0	0.0	226	99.6
	10	363	0	0.0	363	100.0
	11	332	0	0.0	332	100.0
	12	284	0	0.0	282	99.3
	計		3,516	0	0.0	3,510
合計		81,584	2,066	2.5	71,130	87.2

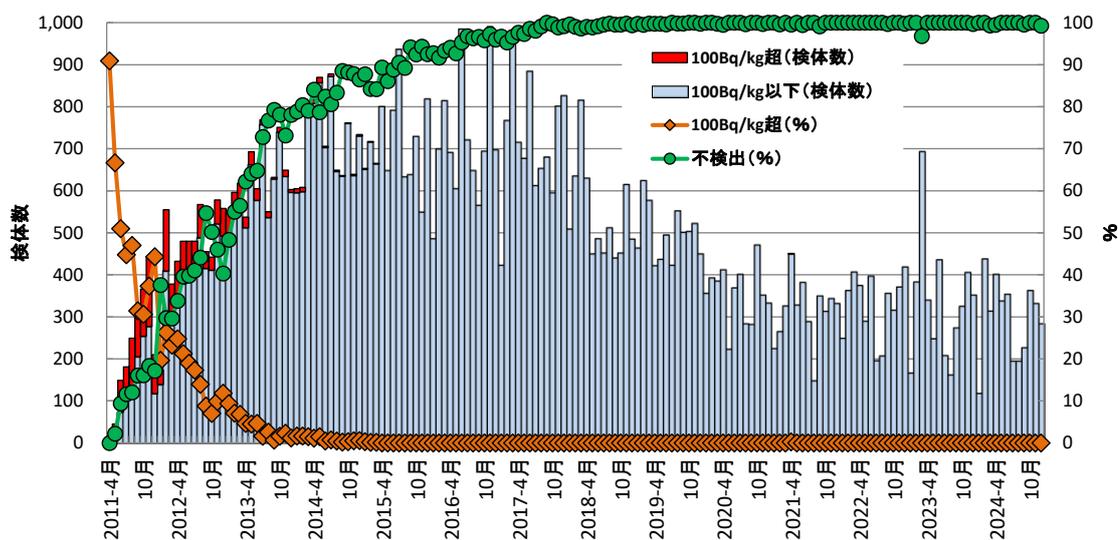


図1 モニタリングの月別検体数、100 Bq/kg 超過及び不検出の割合の推移

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水揚げ対象としたため、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³⁾。2024年の不検出割合は99.98%であり、放射性Csが検出された検体(n=4)は、3月11日、3月28日採捕のスズキ(16、13 Bq/kg)、9月17日採捕のトラフグ(自主検査で45 Bq/kg、精密検査で28 Bq/kg)、11月11日採捕のシロサバフグ(自主検査で39 Bq/kg、精密検査で49 Bq/kg)であった。

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		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	0.00	0	0.00	0	0.00
2013		620	613	98.87	6	0.97	1	0.16	0	0.00	0	0.00
2014		1,672	1,639	98.03	31	1.85	0	0.00	1	0.06	1	0.06
2015		2,778	2,743	98.74	33	1.19	2	0.07	0	0.00	0	0.00
2016		4,288	4,268	99.53	19	0.44	1	0.02	0	0.00	0	0.00
2017		8,919	8,903	99.82	14	0.16	2	0.02	0	0.00	0	0.00
2018		12,350	12,334	99.87	11	0.09	4	0.03	1	0.01	0	0.00
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	0.00	0	0.00
2021		17,925	17,913	99.93	6	0.03	5	0.03	0	0.00	1	0.01
2022		18,809	18,805	99.98	1	0.01	2	0.01	0	0.00	1	0.01
2023		20,137	20,135	99.99	1	0.00	0	0.00	1	0.00	0	0.00
2024	1	1,723	1,723	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	2	1,840	1,840	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	3	1,888	1,886	99.89	2	0.11	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	4	2,385	2,385	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	5	2,027	2,027	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	6	2,362	2,362	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	7	1,400	1,400	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	8	835	835	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	9	2,220	2,219	99.95	0	0.00	1	0.05	0	0.00	0	0.00
	10	2,363	2,363	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	11	2,354	2,353	99.96	0	0.00	1	0.04	0	0.00	0	0.00
	12	2,327	2,327	100.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	計	23,724	23,720	99.98	2	0.01	2	0.01	0	0.00	0	0.00
合計		143,584	143,421	99.89	133	0.09	22	0.02	4	0.00	4	0.00

* 単位 Bq/kg

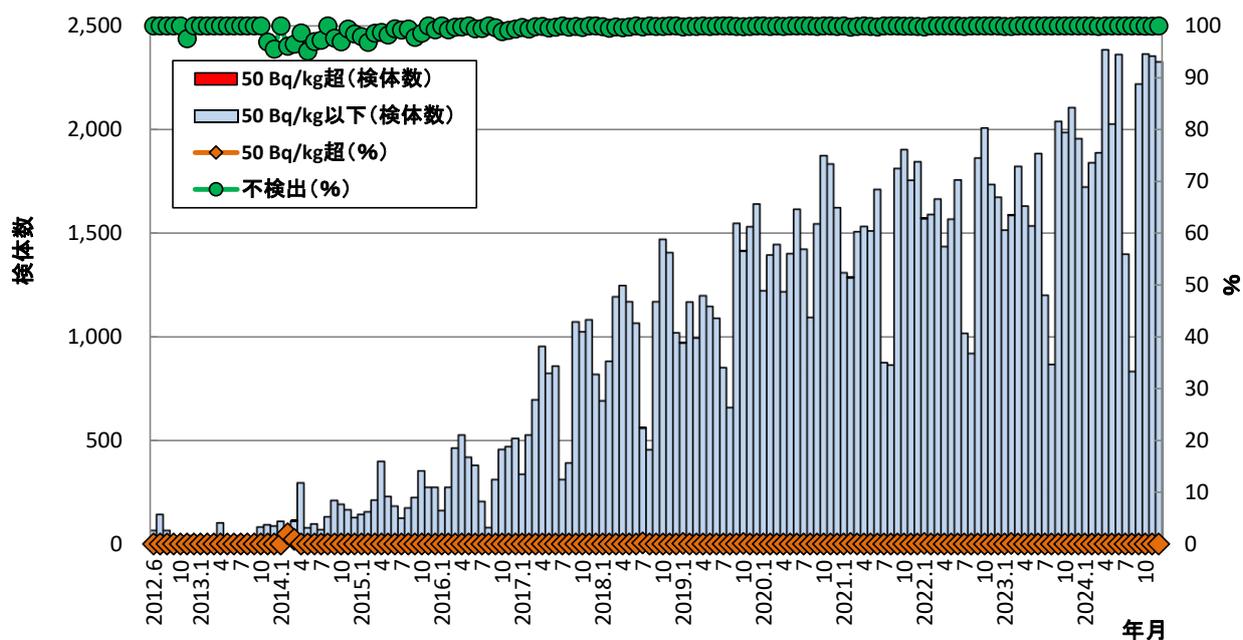


図2 自主検査の月別検体数、50 Bq/kg 超過及び不検出の割合の推移

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）
- 3) 鷹崎和義・榎本昌宏・鈴木翔太郎・森下大悟・渡邊昌人・神山享一・根本芳春：福島県漁業協同組合連合会による放射性セシウムの自主検査及び出荷自粛等事例の経過について、福島水海研報、2、1-12（2024）

結果の発表等 なし

登録データ 24-03-002 「緊急時モニタリング及び自主検査」（10-69-1124）

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 2023～2024 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 12 種類を対象として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

調査対象とした 12 種類は、2022 年の属地水揚金額が 1 億円を超えたヒラメ、シラス、ヤナギダコ、サバ類、スズキ、マイワシ、カツオ、オキナマコ、タチウオ、マアナゴ、トラフグ、キアンコウである。なお、調査対象 12 種類の水揚金額の合計は県全体の 67% を占めた（図 1）。福島県内の産地市場における 12 種類の属地水揚データを用いて、2023 年 9 月～2024 年 8 月（以下、放出開始年）の単価・水揚量を整理し、2018～2022 年（期間は 9 月～翌年 8 月）の単価・水揚量と比較した。ここで、2018 年は福島県の全ての産地市場で入札が周年実施された年である（2012 年（試験操業開始）～2017 年は相対取引の実施例あり）。

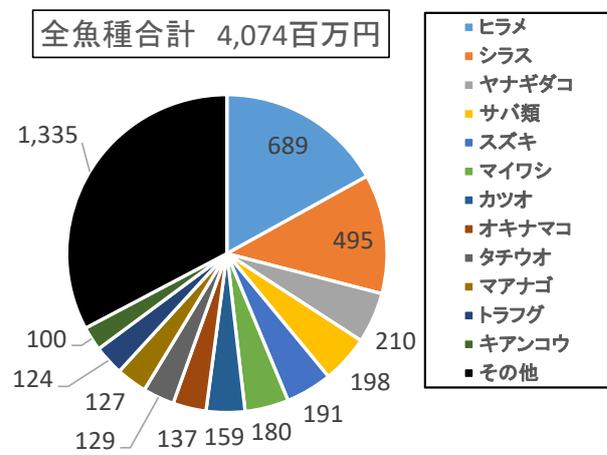


図 1 2022 年の属地水揚金額（種類別）

2 消費地市場の調査

上記の 12 種類を対象に、放出開始年に東京都中央卸売市場（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の単価・取扱量を整理し、2018～2022 年（期間は 9 月～翌年 8 月）の単価・取扱量と比較した。ここで、単価・取扱量のデータは、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)」）から抽出した表 1 のデータを用いた。

表 1 調査対象種の単価・取扱量のデータソース

No.	調査対象種	東京都中央卸売市場ホームページの分類		
		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	活魚類	活ひらめ
2	シラス	加工品	煮干製品	しらす干
		加工品	湯煮品類	煮たこ
3	ヤナギダコ	鮮魚	その他鮮魚類	さば
4	サバ類	鮮魚	その他鮮魚類	さば
		活魚	活魚類	活さば
5	スズキ	鮮魚	その他鮮魚類	すずき
		活魚	活魚類	活すずき
6	マイワシ	鮮魚	いわし類	まいわし
7	カツオ	鮮魚	かつお類	かつお
8	オキナマコ	データなし		
9	タチウオ	鮮魚	その他鮮魚類	たちうお(国内)
10	マアナゴ	鮮魚	あなご類	まあなご
		活魚	活魚類	活あなご
11	トラフグ	鮮魚	ふぐ類	とらふぐ
12	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 (図 2)

放出開始年の単価が 2022 年よりも低下したのはオキナマコ (前年比-60%、757 円/kg)、シラス (同-50%、436 円/kg)、スズキ (同-44%、429 円/kg)、カツオ (同-25%、253 円/kg)、ヤナギダコ (同-15%、436 円/kg)、マアナゴ (同-8%、1,326 円/kg)、タチウオ (同-2%、1,581 円/kg) の 7 種類であった。このうち、放出開始年の単価が 2018 年以降で最安値となったのはオキナマコとスズキの 2 種類のみであり、その他の種類の単価は変動の範囲内であった。また、スズキの放出開始年の水揚量は 195 トンと 2018 年以降で 2 番目に多く、放出開始年の単価の低下には水揚量が多かったことが関与したことが考えられる。一方、オキナマコの放出開始年の水揚量は 23 トンと 2018 年以降で最も少なく、放出開始年の単価の低下は水揚量以外の要因によるものと考えられる。

2 消費地市場の調査 (図 3)

放出開始年の単価が 2022 年よりも低下したのは、マイワシ (前年比-17%、330 円/kg)、カツオ (同-10%、484 円/kg)、ヤナギダコ (同-7%、2,322 円/kg)、マアナゴ (同-7%、1,680 円/kg)、トラフグ (同-6%、4,213 円/kg)、シラス (同-5%、2,042 円/kg) の 6 種類であった。しかし、放出開始年の単価が 2018 年以降で最安値となった種類は無く、単価は変動の範囲内であった。

結果の発表等 令和 6 年度参考に供する成果「ALPS 処理水海洋放出後 1 年間の福島県産水産物の単価」

登録データ 24-03-003「ALPS 処理水海洋放出後 1 年間の福島県産水産物の単価」(10-69-1824)

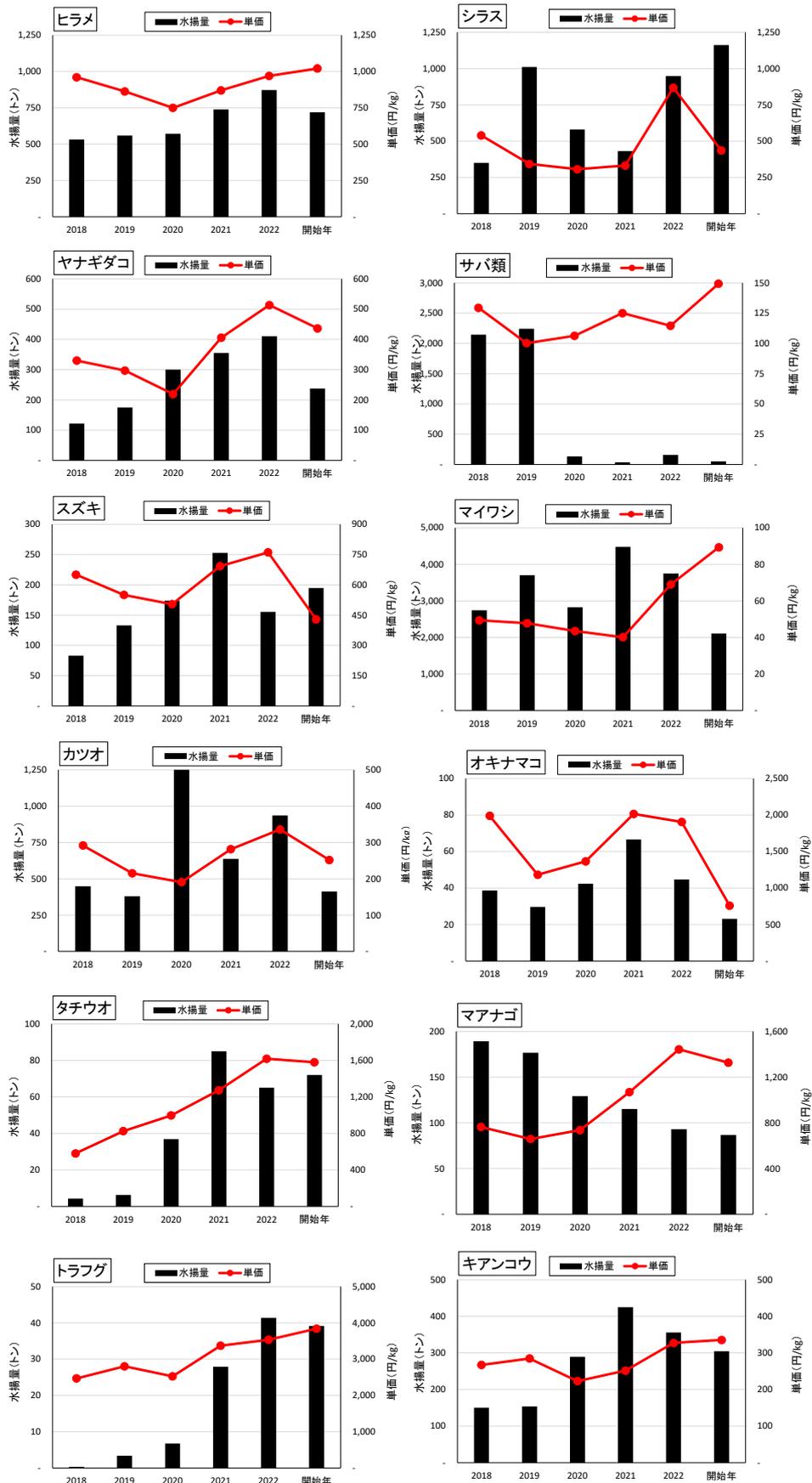


図2 主要12種類の単価・水揚量の推移（県内産地市場）

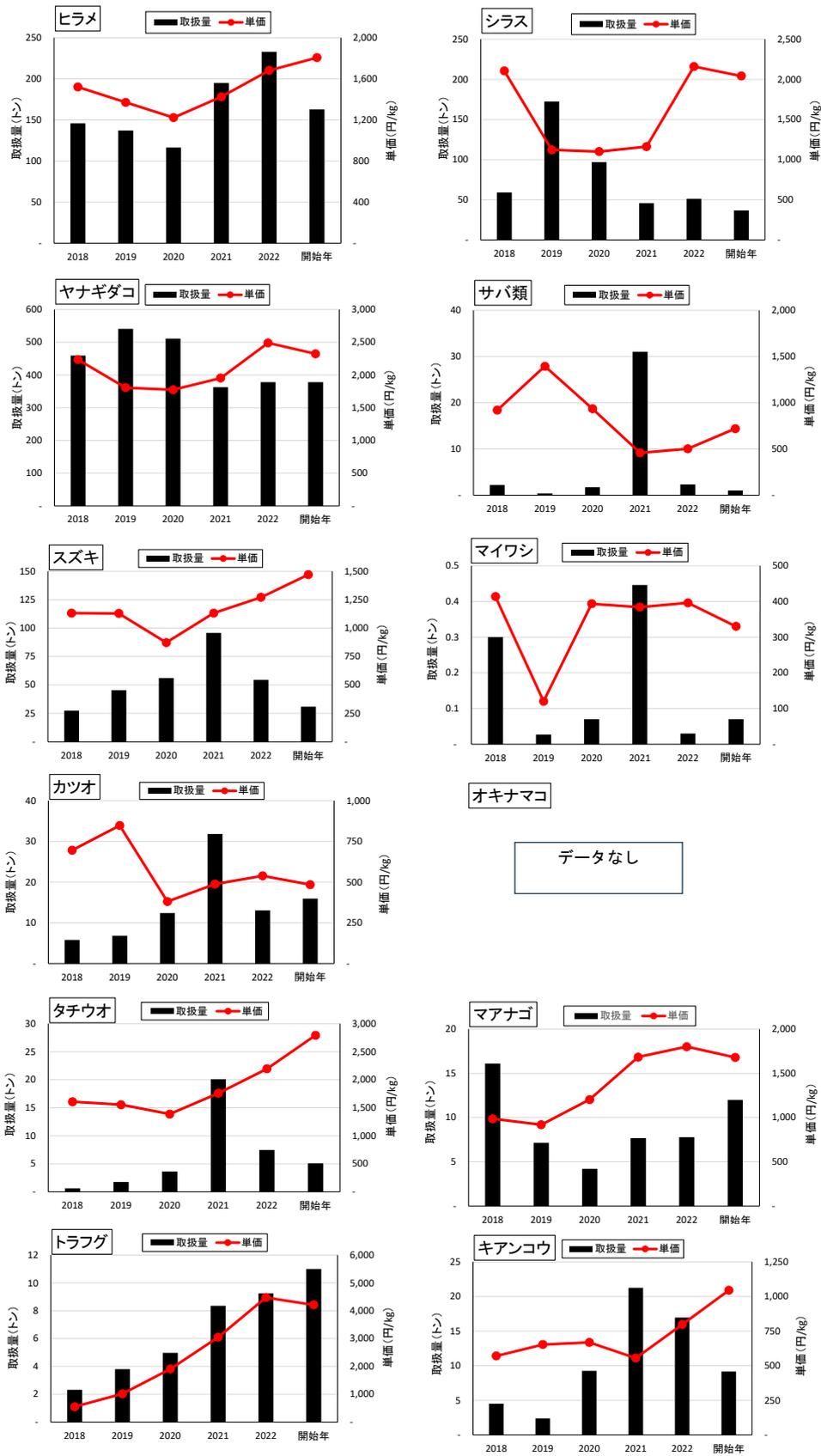


図3 主要12種類の単価・取扱量の推移（東京都中央卸売市場）

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～2024年

渡部 翔・遠藤雅宗
有賀 陸・山本達也*

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

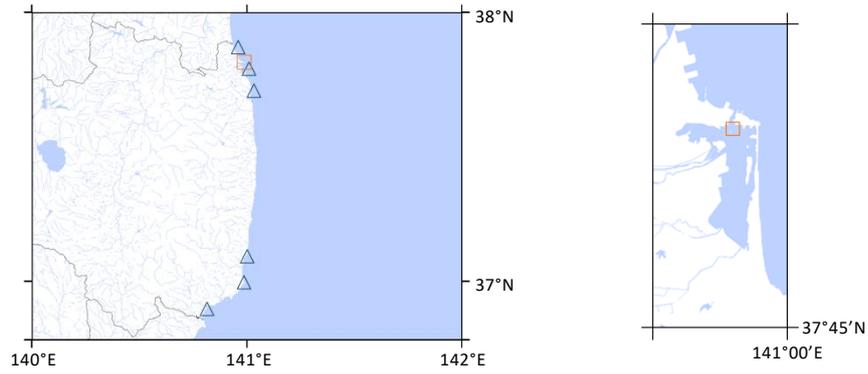
（1）海水・海底土モニタリング（緊急時モニタリング）

福島県では、2011年5月から海水及び海底土の緊急時モニタリングを実施している。海水モニタリングの2024年度調査地点は、浅海漁場6地点及び松川浦1地点の合計7地点であり、奇数月に検体を採取した（図1、表1）。浅海漁場では調査船あづま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2024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地点は奇数月に検体を採取し、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、調査船あづま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（以下、SM）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

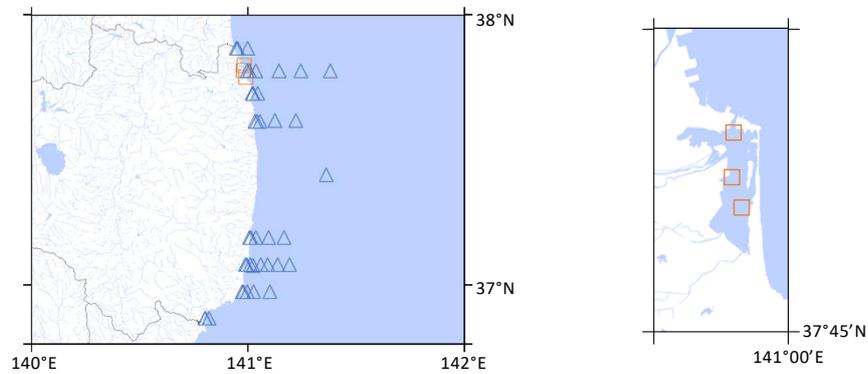
△浅海漁場、□松川浦



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 海水の緊急時モニタリング地点図 (左：福島県全体、右：松川浦)

△浅海漁場、□松川浦



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 海底土の緊急時モニタリング地点図 (左：福島県全体、右：松川浦)

表 1 緊急時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)			
浅海漁場	釣師浜沖1.5km	37.883	140.945	○	表層	8	○	7	奇数月
	釣師浜沖2km	37.883	140.951				○	10	奇数月
	釣師浜沖6km	37.883	140.998				○	20	奇数月
	磯部沖0.8km	37.800	140.996	○	表層	8	○	7	奇数月
	磯部沖1.8km	37.800	141.006				○	10	奇数月
	磯部沖4.5km	37.800	141.036				○	20	奇数月
	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	奇数月
	鹿島沖2.6km	37.717	141.023				○	10	奇数月
	鹿島沖3km	37.717	141.044				○	20	奇数月
	原町沖0.7km	37.613	141.031				○	7	奇数月
	原町沖1.5km	37.613	141.039				○	10	奇数月
	原町沖2.6km	37.613	141.053				○	20	奇数月
	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	奇数月
	久之浜沖0.9km	37.183	141.011				○	10	奇数月
	久之浜沖3km	37.183	141.035				○	20	奇数月
	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	奇数月
	四倉沖1km	37.083	140.993				○	10	奇数月
	四倉沖1.7km	37.083	141.010				○	20	奇数月
	四倉沖3.7km	37.080	141.022				○	30	奇数月
	四倉沖6.5km	37.083	141.057				○	50	奇数月
	四倉沖10km	37.083	141.090				○	75	奇数月
	四倉沖13.6km	37.083	141.135				○	100	奇数月
	四倉沖20.2km	37.083	141.191				○	125	奇数月
	江名沖0.5km	36.983	140.973	○	表層	8	○	7	奇数月
	江名沖1km	36.983	140.979				○	10	奇数月
江名沖2.6km	36.983	140.995				○	20	奇数月	
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	奇数月	
勿来沖0.8km	36.883	140.803				○	10	奇数月	
勿来沖5km	36.883	140.820				○	20	奇数月	
松川浦	湾口部	37.823	140.973	○	表層	2	○		奇数月
	岩子	37.805	140.969				○		奇数月
	磯部	37.780	140.982				○		奇数月

(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 回または月 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奇数月に検体を採取した (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。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。

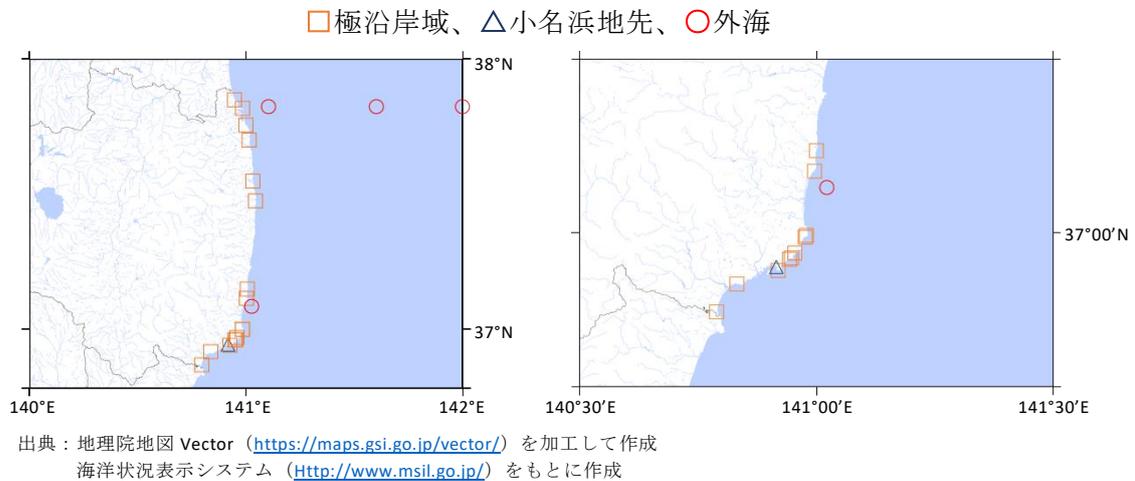


図 3 共同研究における海水検体採取地点図 (左：福島県全体、右：いわき市)

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)		
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
いわき市 小名浜地先	小名浜地先	36.933	140.919		20	毎週(~11月) 毎月(11月~)	水産機構
	外海						
	鵜ノ尾崎沖	37.833	141.100	表層	40	奇数月	F-REI
		37.833	141.600	表層	20	奇数月	F-REI
		37.833	142.000	表層	20	奇数月	F-REI
	四倉沖	37.080	141.022	表層	40	奇数月	F-REI

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) 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4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2024年8月に調査した。また、福島県沿岸における南方向での放射性 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2024年10月に調査した (図5、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 ¹³⁷Cs 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 ¹³⁷Cs 濃度に換算した。

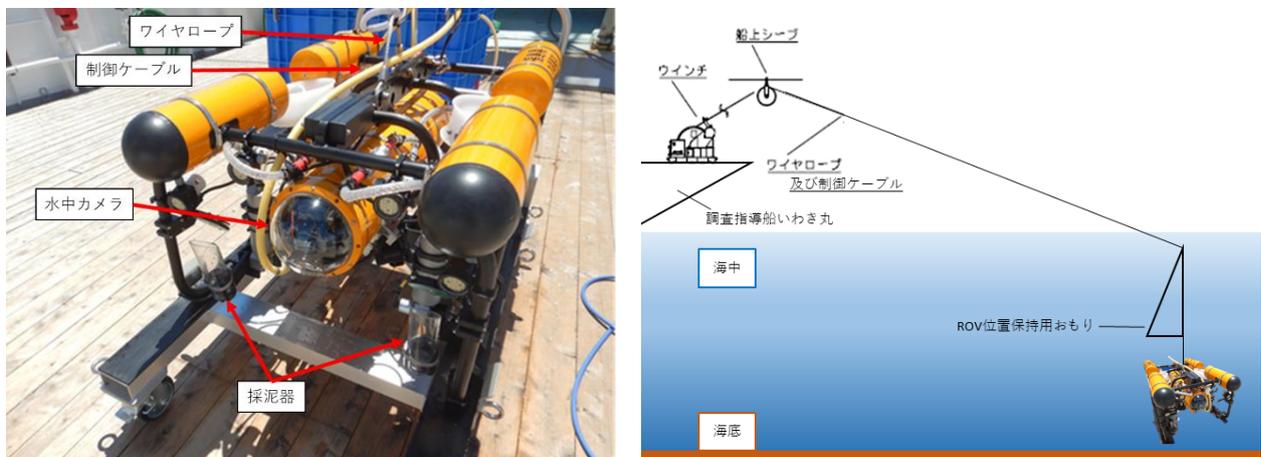
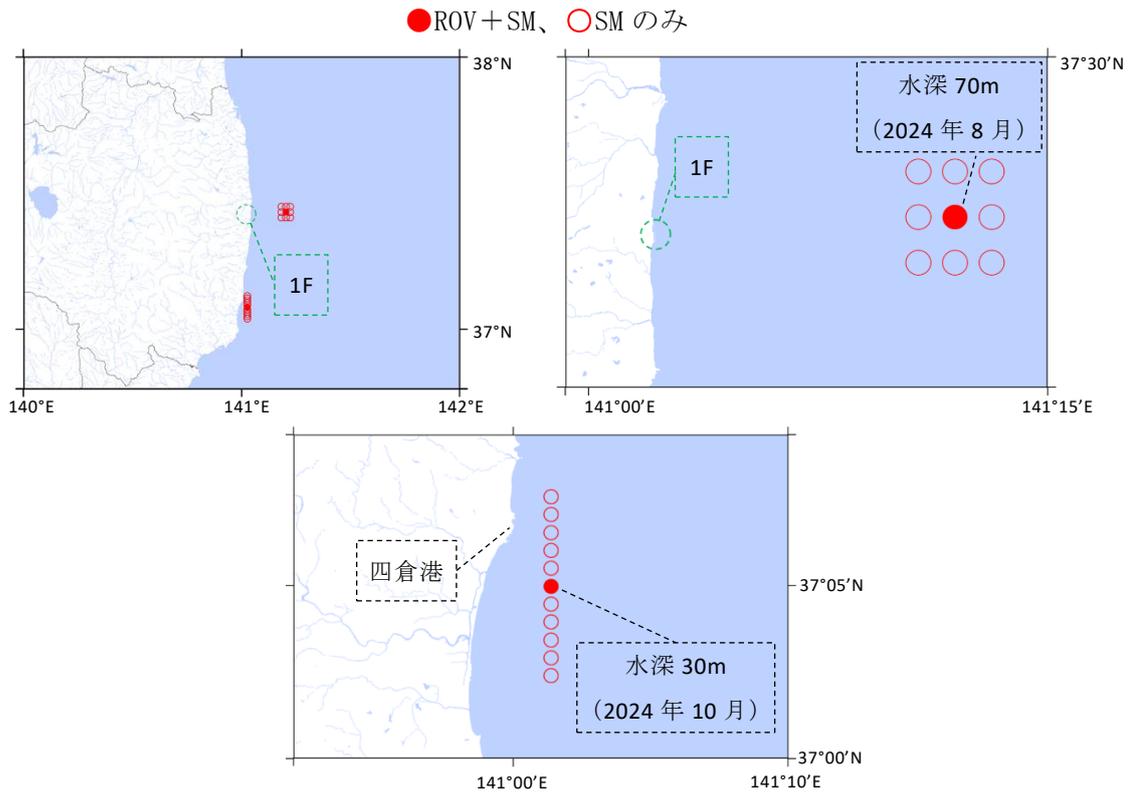


図4 ROV 概要図 (左: ROV 写真、右: ROV 調査方法)



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 5 ROV 調査地点図 (左上：福島県沖、右上：1F 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 (2024年8月)	37.450	141.180	50	SM	1
	37.450	141.200	70	SM	1
	37.450	141.220	80	SM	1
	37.430	141.180	60	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 (2024年10月)	37.122	141.022	40	SM	1
	37.113	141.022	40	SM	1
	37.105	141.022	40	SM	1
	37.097	141.022	40	SM	1
	37.088	141.022	50	SM	1
	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	40	SM	1
37.038	141.022	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、2024 年 5、7、9、11 月においてもすべての地点で ND であった（図 6）。

海底土の $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$ 濃度は、2024 年 5、7、9、11 月において ND~67.0 Bq/kg-dry であり（図 7、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、2024 年 5、7、9、11 月ではすべての地点で 100 Bq/kg-dry 未満であった（図 8）。

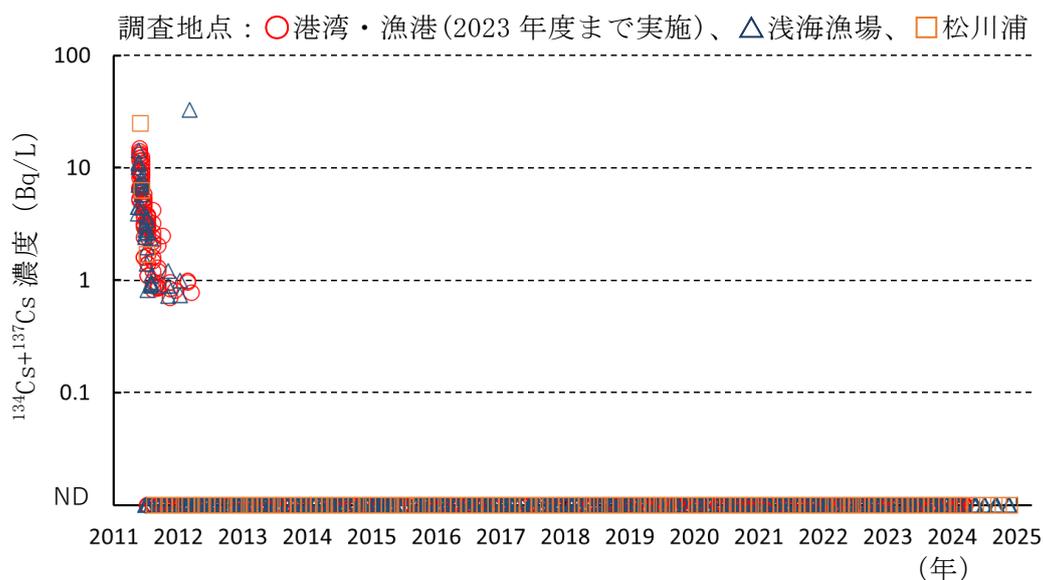


図 6 海水の $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$ 濃度の推移（緊急時モニタリング）

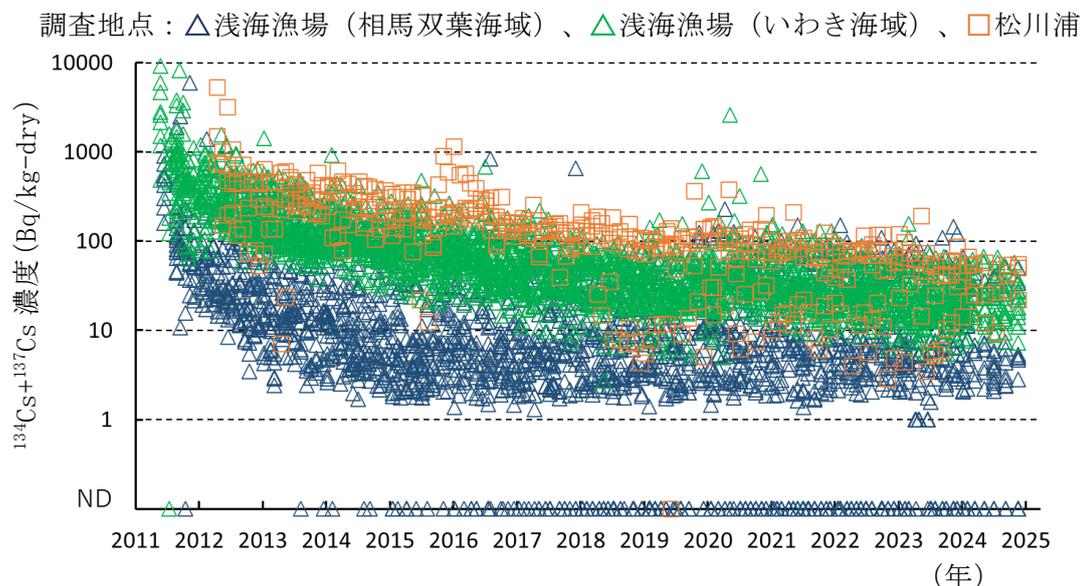


図 7 海底土の $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$ 濃度の推移（緊急時モニタリング）

表 4 2024 年 5、7、9、11 月の海底土中の $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$ 濃度
(緊急時モニタリング)

海域	検体数		$^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$ 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)	53	14	ND	51.9	8.45±13.6
浅海漁場 (いわき海域)	72	0	7.20	67.0	25.9±15.0
松川浦	12	0	9.46	58.0	36.4±17.7

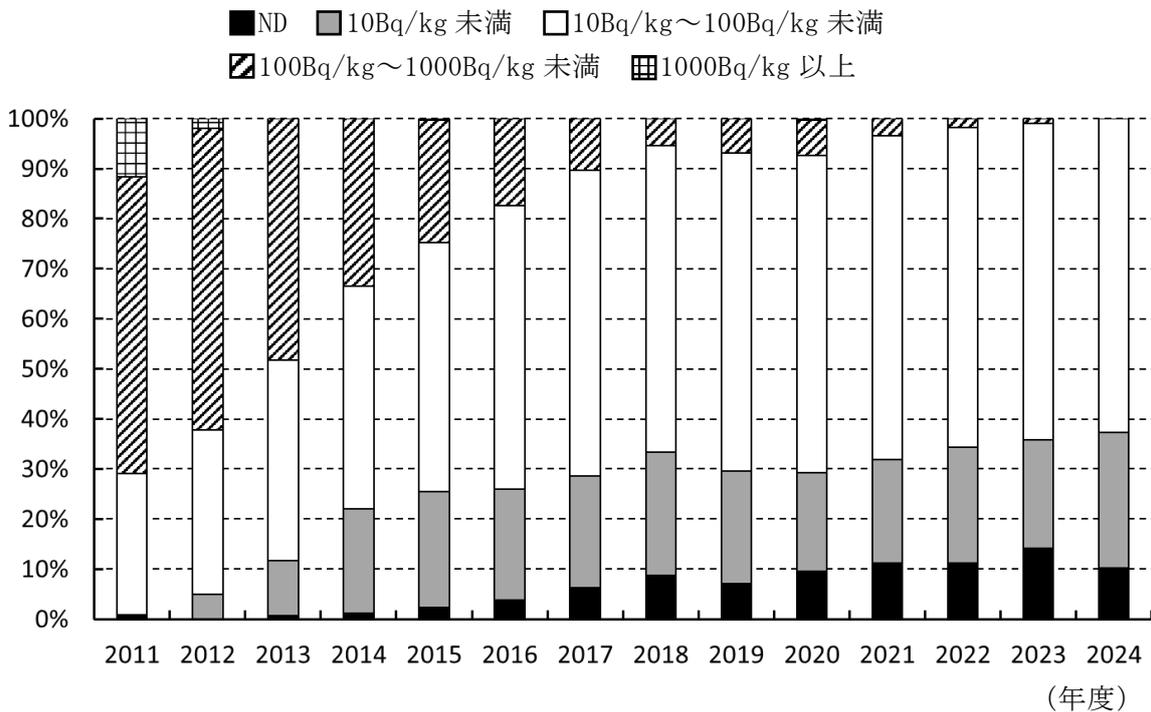


図 8 海底土の $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$ 濃度の割合 (緊急時モニタリング)

(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 2024 年 9 月、2025 年 3 月に 32 検体を採取し、前処理ののち共同研究者に送付した。

いわき市小名浜地先において 2024 年 4 月 1 日~2025 年 3 月 3 日に 37 検体を採取し、うち 32 検体を前処理ののち共同研究者に送付した。

外海 4 地点において 2024 年 5 月~2025 年 3 月までに 12 検体を採取し、共同研究者に送付した。

これらの検体は、共同研究者により溶存態の ^{134}Cs 及び ^{137}Cs 濃度を順次測定中である。

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) 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 2024 年 8 月に採取した海底土の ^{137}Cs 濃度は、ROV で 21.4~37.6 Bq/kg-dry、SM で 3.79~39.2 Bq/kg-dry であった (表 5)。

四倉沖 (水深 30m) で 2024 年 10 月に採取した海底土の ^{137}Cs 濃度は、ROV で 15.0~46.8 Bq/kg-dry、SM で 9.54~23.6 Bq/kg-dry であった (表 5)。

表 5 ROV 及び SM で採取した海底土の ^{137}Cs 濃度 (2024 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
1 F 沖 (水深70m)	8月1日	ROV	4	21.4	37.6	27.9±6.89
		SM	9	3.79	39.2	17.8±13.2
四倉沖 (水深30m)	10月22日	ROV	6	15.0	46.8	22.5±12.1
	10月28日	SM	11	9.54	23.6	13.2±3.96

結果の発表等 放射線関連支援技術情報「1F 沖の海底土 ^{137}Cs 濃度の時空間的な変動」
登録データ 24-03-004「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」
(10-69-1124)

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・遠藤雅宗・有賀 陸
長沢 茜・長沢 楓*・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 3 地点の 5 地域 15 地点において（図 1、表 1）、2024 年 6 月、8 月、10 月、11 月、2025 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、流入河川 4 地点及び外海 1 地点では岸壁から採水バケツ及びスコップ等により検体を採取し、松川浦 4 地点、河口 2 地点及び外海 1 地点では調査船かろうね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または調査船あづま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 地域 4 地点において（図 1、表 1）、2024 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、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～2023 年度までに採取した堆積物について、レーザー回折/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、地域ごとに比較した。

また、Takata *et al.*³⁾ を参考に、環境水の Kd 値（単位質量あたりの懸濁態 ^{137}Cs 濃度 / 単位体積あたりの溶存態 ^{137}Cs 濃度）と堆積物の補正 ^{137}Cs 濃度を地域ごとに比較した。

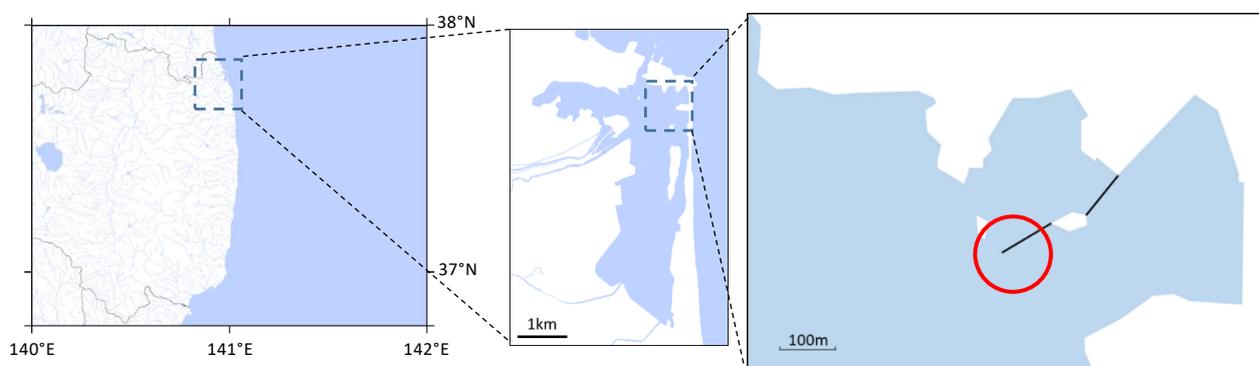
*福島県水産資源研究所 **福島県農林水産部水産課

ージ採泥器により 200g 以上採取するとした。また、SML 検体の採取開始時、採取終了時及び予定採取時間の約半分が経過した時に各 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ることとした。

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 濃度を測定することとした。

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 濃度を測定することとした。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 濃度に換算することとした。

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 等を測定することとした。



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)

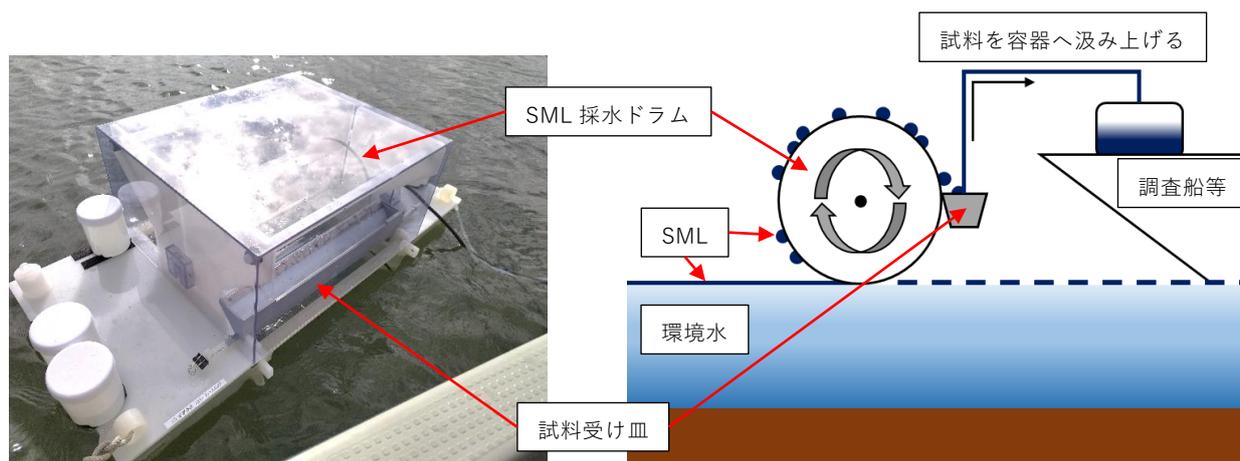


図 3 SML 採水器概要図 (左：SML 採水器写真、右：調査方法)

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 濃度は 2024 年 8 月採取分まで測定を完了しており、その年間推移を図 4 に示す。松川浦 4 地点では溶存態 ^{137}Cs 濃度は 9.65~13.6 mBq/L、懸濁態 ^{137}Cs 濃度は 3.25~17.2 mBq/L であり、松川浦湾口 1 地点では溶存態 ^{137}Cs 濃度は 6.16~7.46 mBq/L、懸濁態 ^{137}Cs 濃度は 0.756~1.23 mBq/L であり、流入河川 4 地点では溶存態 ^{137}Cs 濃度は 1.18~3.46 mBq/L、懸濁態 ^{137}Cs 濃度は 1.40~9.03 mBq/L であり、河口 3 地点では溶存態 ^{137}Cs 濃度は 11.4~19.7 mBq/L、懸濁態 ^{137}Cs 濃度は 7.41~390 mBq/L であり、外海 3 地点では溶存態 ^{137}Cs 濃度は 2.45~10.3 mBq/L、懸濁態 ^{137}Cs 濃度は検出下限値未満 (ND) ~7.00 mBq/L であった。溶存態 ^{137}Cs 濃度では年間を通して地域ごとに大きな変動はみられなかったが、懸濁態 ^{137}Cs 濃度では河口の一部で他地点より比較的高い ^{137}Cs 濃度がみられた。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 5.05~10.7 mBq/L、懸濁態 ^{137}Cs 濃度は 1.24~4.14 mBq/L であり、松川浦湾口 1 地点では溶存態 ^{137}Cs 濃度は 4.50~7.15 mBq/L、懸濁態 ^{137}Cs 濃度は ND~1.90 mBq/L であり、流入河川 1 地点では溶存態 ^{137}Cs 濃度は 1.57~2.02 mBq/L、懸濁態 ^{137}Cs 濃度は 6.90~14.5 mBq/L であり、河口 1 地点では溶存態 ^{137}Cs 濃度は 16.1~23.2 mBq/L、懸濁態 ^{137}Cs 濃度は 3.40~58.1q/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 濃度では地点ごとにばらつきがみられた。

堆積物の ^{137}Cs 濃度は 2024 年 11 月採取分まで測定を完了しており、その年間推移を図 6 に示す。松川浦 4 地点では 12.5~56.7 Bq/kg-dry であり、松川浦湾口 1 地点では 10.2~111 Bq/kg-dry であり、流入河川 4 地点では 12.5~112 Bq/kg-dry であり、河口 3 地点では 73.5~191 Bq/kg-dry であり、外海 1 地点では 0.800~2.76 Bq/kg-dry であった。2021 年度~2023 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 の順位相関係数を地域ごとに求めたところ、流入河川、河口、松川浦及び松川浦湾口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~2024 年 11 月までの堆積物検体の実測の ^{137}Cs 濃度と 2021 年度~2023 年度までの補正 ^{137}Cs 濃度との関係を図 8 に示す。堆積物の実測の ^{137}Cs 濃度は流入河川において外れ値が多い、また松川浦湾口において他地域より比較的高い ^{137}Cs 濃度がみられるなど特徴があったが、補正 ^{137}Cs 濃度ではその特徴が均質化され、流入河川>河口≒松川浦≒松川浦湾口>外海となる傾向がみられたことから、これらの特徴は粒度の影響によるものと考えられた。2021 年度~2024 年 8 月までの環境水の Kd 値を図 9 に示す。Kd 値は流入河川>河口≒松川浦≒松川浦湾口≒外海となる傾向がみられ、堆積物の補正 ^{137}Cs 濃度と同様に流入河川-河口間で減少がみられたことから、既往知見で示されている塩分変化による粒子からの ^{137}Cs の脱離の影響が考えられた。

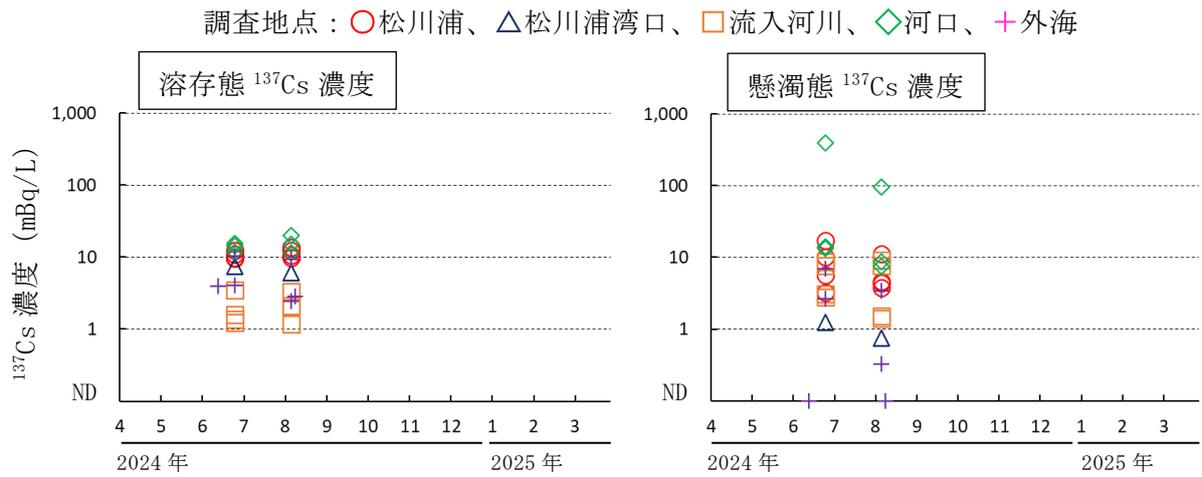


図4 環境水の ^{137}Cs 濃度の年間推移 (左：溶存態 ^{137}Cs 濃度、右：懸濁態 ^{137}Cs 濃度)

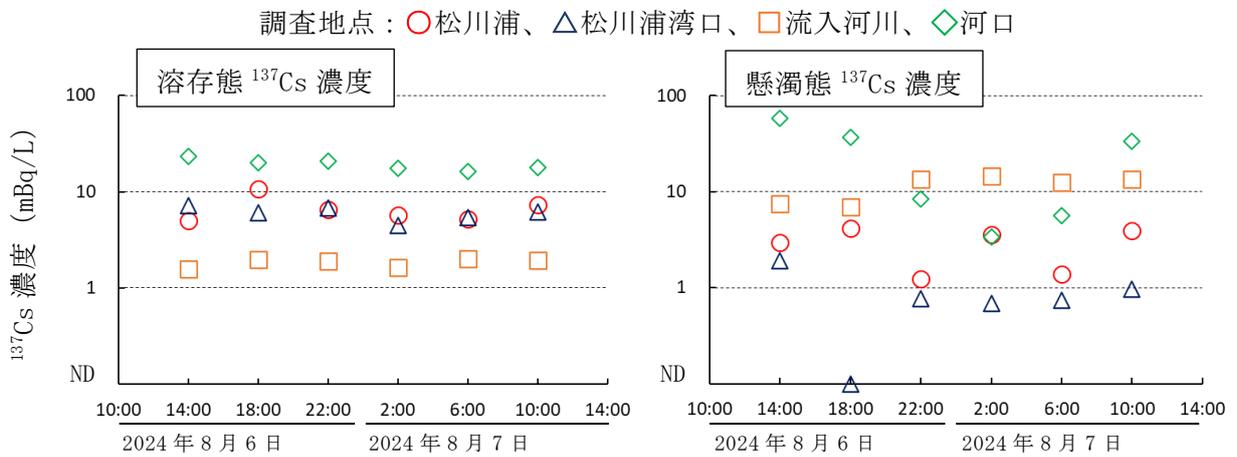


図5 環境水の ^{137}Cs 濃度の日間推移 (左：溶存態 ^{137}Cs 濃度、右：懸濁態 ^{137}Cs 濃度)

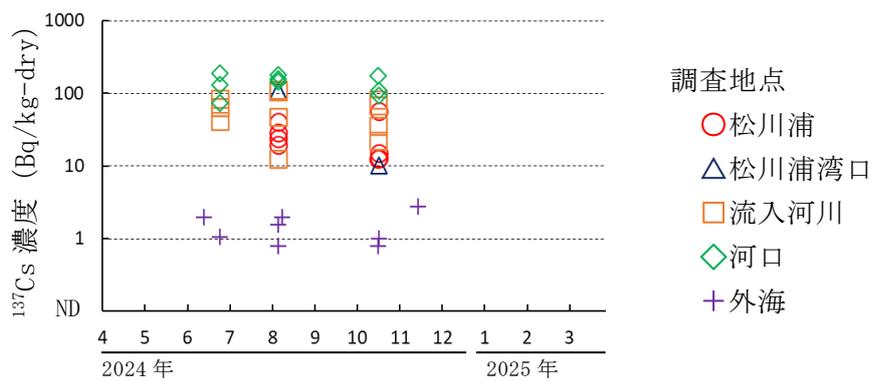


図6 堆積物の ^{137}Cs 濃度の年間推移

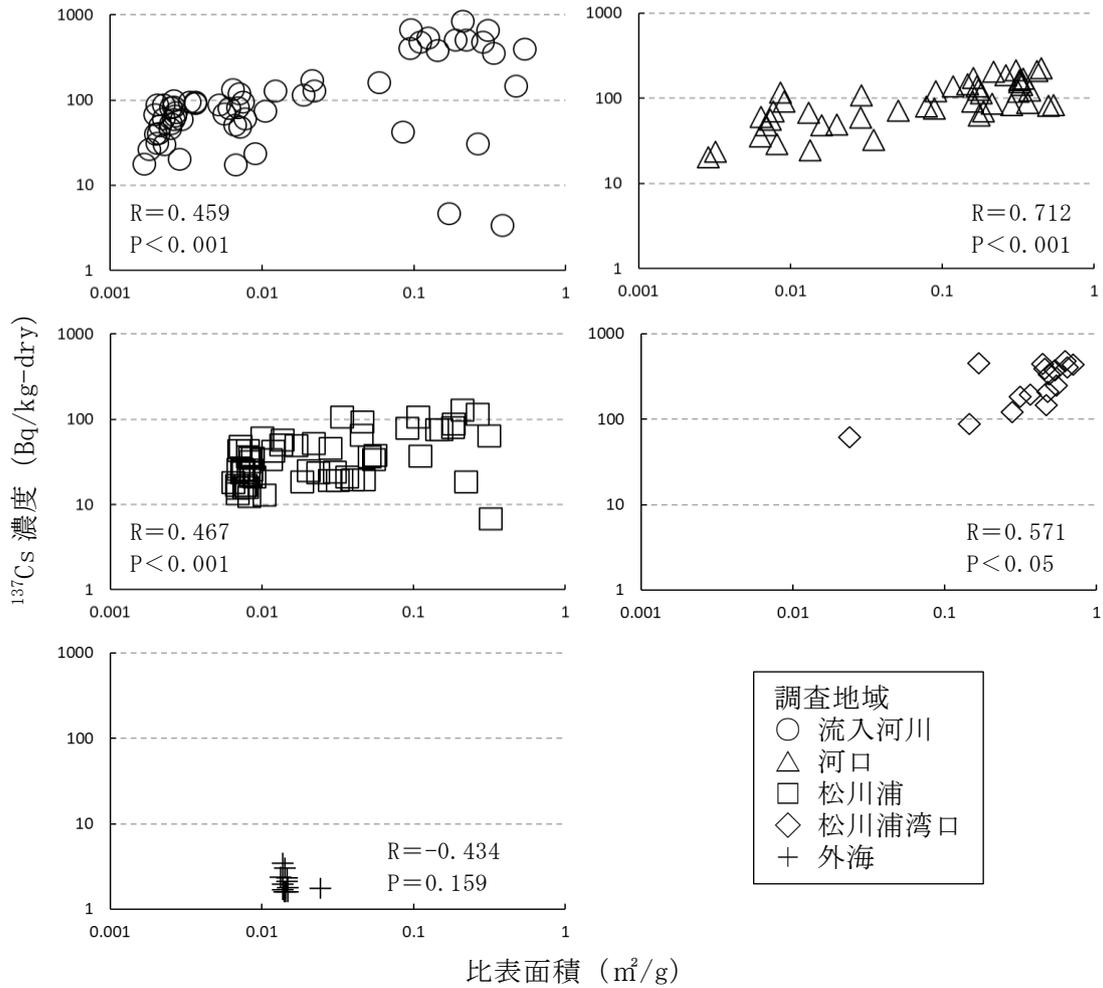


図7 堆積物の比表面積と¹³⁷Cs濃度との関係

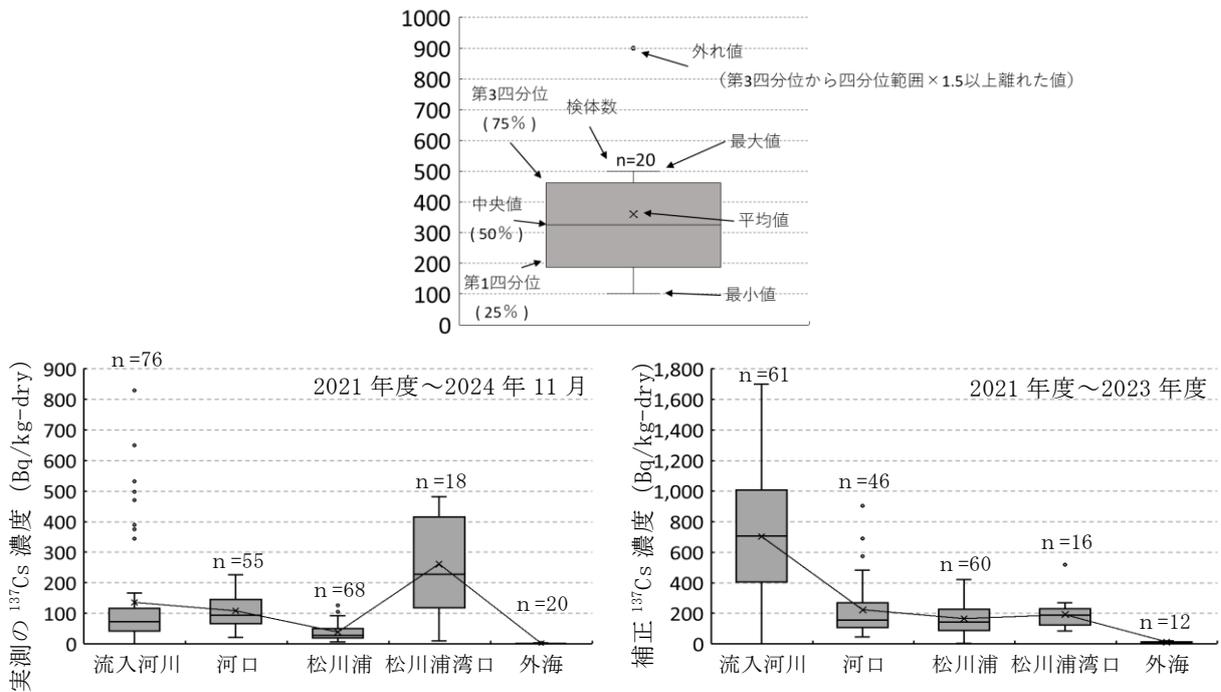


図8 堆積物の実測の¹³⁷Cs濃度と補正¹³⁷Cs濃度との関係
(上：箱ひげ図の説明、左：実測の¹³⁷Cs濃度、右：補正¹³⁷Cs濃度)

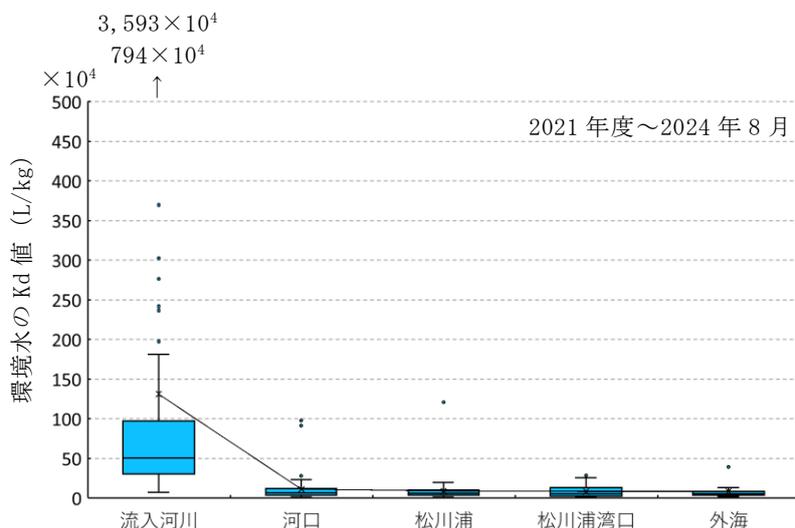


図9 環境水の Kd 値 (単位質量あたりの懸濁態 ¹³⁷Cs 濃度/単位体積あたりの溶存態 ¹³⁷Cs 濃度)

2 表面マイクロ層 (SML) の放射性 Cs 動態解明

本調査は、天候等の影響により本年度は未達となっている。

文 献

- 1) Q. He and D.E. Walling, Interpreting particle size effects in the adsorption of ¹³⁷Cs and unsupported ²¹⁰Pb 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).
- 3) Takata et al., Suspended Particle-Water Interactions Increase Dissolved ¹³⁷Cs Activities in the Nearshore Seawater during Typhoon Hagibis, Environ. Sci. Technol., 54, p10678-10687, 2020.

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 ¹³⁷Cs 濃度の地域・時間差異とその要因」

登録データ 22-03-005「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」 (10-69-2124)

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 環境から魚介類へ取り込まれる放射性物質の動態把握
研究期間 2023 年～2024 年

遠藤雅宗

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 2023 年度飼育試験の結果と、2024 年度に実施した飼育試験について報告する。なお、2024 年度の飼育試験は 2025 年度まで継続する予定であり、現段階での報告とする。

方 法

1 2023 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 2 歳魚を用いて、飼育水槽に FRP500L 円形水槽を用い、対照区に 15 尾、試験区に 27 尾を収容した。試験区の飼育水は、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 ^{137}Cs 濃度は対照区では 0 日目と 84 日目の飼育水を採水し 0.45 μm 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 ^{137}Cs のろ材への吸着を確認するため、供試魚を収容する 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。

表 1 2023 年度飼育試験における飼育条件

項目	内容
飼育期間	2023年12月12日～2024年3月5日 (84日間)
水槽	FRP500 L円形水槽
容量	400 L
飼育海水	対照区 自然海水 試験区 放射性Cs含有水 (1 Bq/L)
水温	自然水温
循環	閉鎖循環
収容尾数	対照区 15尾/面 試験区 27尾/面
給餌	市販の配合飼料を自動給餌及び手撒き 1日あたり魚体重の0.7%

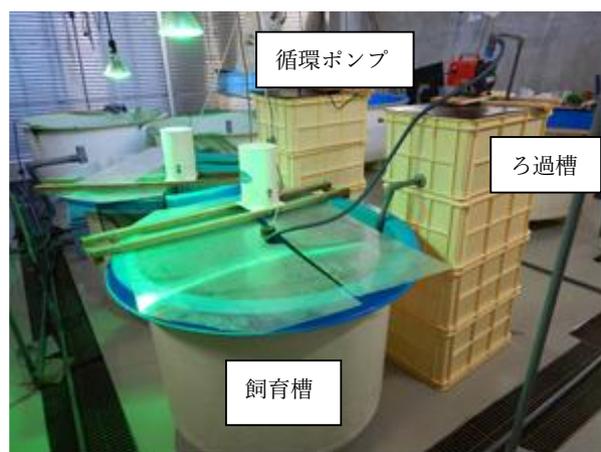


図 1 飼育水槽全景

2 2024 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 0 歳魚を用いて、飼育水槽に FRP1.2t 円形水槽を用い、対照区に 21 尾、試験区に 54 尾を収容した。試験区の飼育水は、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に加工したものと市販の外部式フィルターを使用した。ろ

材は市販のプラスチック系ろ材のみを使用した。飼育期間中の水温管理は 3 月時点で行わなかったが、夏期は 25°C 未満になるようにクーラーを用いた。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、98、112、140 日目、対照区では 0、7、14、28、70、140 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、試験区は 70 日目から取込区と排出区に分け、その後それぞれの区からサンプリングした。

飼育海水については対照区及び試験区ともにホシガレイをサンプリングするタイミングで採水し、 ^{137}Cs 濃度を測定した。対照区は 0.45 μm 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 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。

表 2 2024 年度飼育試験における飼育条件

項目	内容
飼育期間	2025年3月26日～8月13日 (140日間)
水槽	FRP1.2 t円形水槽 (閉鎖循環)
容量	500 L
濾過槽	75L コンテナ
飼育海水	対照区 自然海水 試験区 放射性Cs含有水 (1 Bq/L) 、 57日目以降は半数を自然海水に切り替え
水温	25°C以下。夏期はクーラーを使用。
収容尾数	対照区 21尾/面 試験区 54尾/面
給餌	市販配合飼料 (おとひめEP3) を手撒き 1日あたり魚体重の0.4% (隔週20尾程度の体重を測定し、給餌量を調節)
サンプリング	ホシガレイ 1～4週間ごとに各区から3尾ずつ採取し、 筋肉中の放射性Cs濃度を測定。 飼育水 ホシガレイをサンプリングしたタイミングで 各区から20Lずつ採水し、放射性Cs濃度を 測定。

結 果

1 2023 年度飼育試験

試験開始時に試験区 27 尾、対照区 18 尾を収容したが、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。

飼育期間中のホシガレイ筋肉中の ^{137}Cs 濃度の推移を図 2 に示す。筋肉中の ^{137}Cs 濃度は経時的に上昇し、84 日後に 5.60 Bq/kg となった。対照区の ^{137}Cs 濃度は飼育開始から終了まで ND (検出下限値: 0.125~0.149 Bq/kg-wet) であった。なお、図 2 のグラフにおいて 0 日目及び対照区の ^{137}Cs 濃度には検出下限値を用いた。

飼育期間中の飼育水の ^{137}Cs 濃度の推移を図3に示す。対照区の ^{137}Cs 濃度は0.01 Bq/L未満であった。試験区の ^{137}Cs 濃度は0.80~1.67 Bq/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。

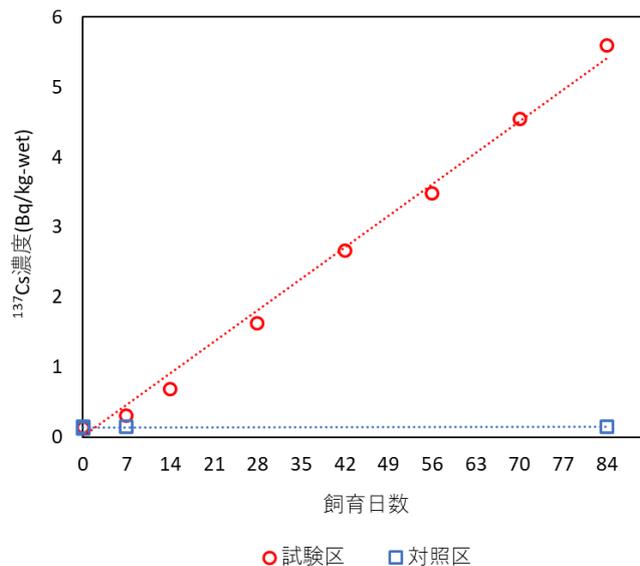


図2 経過日数に対するホシガレイの筋肉内における ^{137}Cs 濃度（※0日目及び対照区については検出下限値を用いた。）

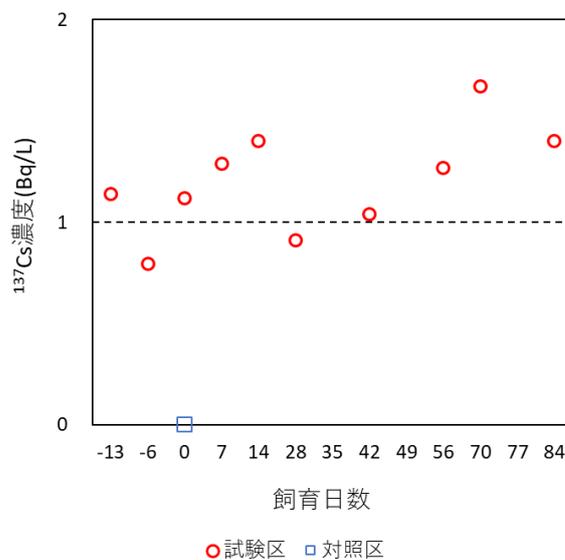


図3 飼育海水の ^{137}Cs 濃度の推移

2 2024年度飼育試験

現在、実施中。試験の結果については2025年度以降に公表する。

結果の発表等 なし

登録データ 24-03-006 「ホシガレイ飼育試験」 (10-69-2424)