



JAEA-Research

2025-014

DOI:10.11484/jaea-research-2025-014

令和4年度福島県近沿岸海域等における 放射性物質等の状況調査

Survey on the Radioactive Substance in the Coastal Areas
near Fukushima Prefecture in FY2022

御園生 敏治 尻引 武彦 卜部 嘉 眞田 幸尚

Toshiharu MISONOU, Takehiko SHIRIBIKI, Yoshimi URABE and Yukihiisa SANADA

福島廃炉安全工学研究所
廃炉環境国際共同研究センター

Collaborative Laboratories for Advanced Decommissioning Science
Fukushima Research and Engineering Institute

March 2026

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Research

本レポートは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。本レポートはクリエイティブ・コモンズ表示 4.0 国際 ライセンスの下に提供されています。本レポートの成果（データを含む）に著作権が発生しない場合でも、同ライセンスと同様の条件で利用してください。（<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja>）
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ウェブサイト（<https://www.jaea.go.jp>）より発信されています。本レポートに関しては下記までお問合せください。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究開発推進部 科学技術情報課
〒 319-1112 茨城県那珂郡東海村大字村松 4 番地 49
E-mail: ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>).

Even if the results of this report (including data) are not copyrighted, they must be used under the same terms and conditions as CC-BY.

For inquiries regarding this report, please contact Library, Institutional Repository and INIS Section, Research and Development Promotion Department, Japan Atomic Energy Agency.

4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1112, Japan

E-mail: ird-support@jaea.go.jp

令和4年度福島県近沿岸海域等における放射性物質等の状況調査

日本原子力研究開発機構
福島廃炉安全工学研究所
廃炉環境国際共同研究センター

御園生 敏治、尻引 武彦^{*1}、卜部 嘉^{*2}、
眞田 幸尚

(2025年11月25日受理)

東京電力ホールディングス（株）福島第一原子力発電所（1F）の事故が発生し、多量の放射性物質が1F周辺に沈着した。日本原子力研究開発機構では、事故後、放射性物質の動態研究を継続して実施している。本報告書は、令和4年度における、近沿岸海域等における放射性物質の状況調査を実施した成果をまとめたものである。具体的には、福島沿岸域58地点において柱状試料を採取し、海底土への放射性セシウムの蓄積状況を示した。また、河川前面における海底土表層の放射性セシウム濃度の水平分布を計測した。放射性物質の水産物への影響の基礎情報として、魚類の分布状況を調査した。得られた結果より1F前面海域における海底土に含まれる放射性物質の分布と動態について推定を行った。

廃炉環境国際共同研究センター：〒975-0036 福島県南相馬市原町区萱浜字巣掛場 45-169

*1 三洋テクノマリン株式会社

*2 株式会社 NESI

**Survey on the Radioactive Substance in the Coastal Areas near Fukushima Prefecture
in FY2022**

Toshiharu MISONOU, Takehiko SHIRIBIKI*¹, Yoshimi URABE*² and Yukihsa SANADA

Collaborative Laboratories for Advanced Decommissioning Science,
Fukushima Research and Engineering Institute,
Japan Atomic Energy Agency
Minamisoma-shi, Fukushima-ken

(Received November 25, 2025)

An accident occurred at the TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Station (1F) in 2011 and a large amount of radioactive materials were deposited around the 1F. Japan Atomic Energy Agency has continued to conduct research on the dynamics of radioactive materials after the accident. This report summarizes the results of the survey conducted in FY 2022 on the status of marine monitoring survey on radioactive substances. Furthermore, in order to evaluate the inflow of radioactive Cs from the river, the horizontal distribution of the radioactive Cs concentration on the surface sediment in front of the rivers was measured. As basic information on the effects of radioactive materials on marine products, the distribution status of fish was investigated. From these results, we estimated the distribution and its dynamics of radioactive Cs in the sediments in the front area on the 1F.

Keywords: Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Accident, Topography of Seabed, Radioactivity Measurement, Radiocesium Map of Coastal Area

* 1 SANYO TECHNO MARINE, Inc.

* 2 NESI Inc.

目 次

1	はじめに	1
2	調査及び試験概要	2
2.1	調査及び試験工程	2
2.2	調査及び試験場所	3
2.3	調査及び試験項目	4
2.3.1	1F 前面海域の海底土の放射性核種分布詳細調査	4
2.3.2	計量魚群探知機を用いた魚類分布調査	4
3	1F 前面海域の海底土の放射性核種分布詳細調査	5
3.1	採泥調査	5
3.1.1	調査目的	5
3.1.2	調査内容	6
3.1.3	調査結果	14
3.1.4	採泥調査のまとめ	25
3.2	河口域の放射能分布調査	26
3.2.1	調査目的	26
3.2.2	調査内容	26
3.2.3	調査結果	33
3.2.4	河口域の放射能分布調査のまとめ	35
4	1F 前面海域の海底土放射性物質分布の考察	36
4.1	海底土中の放射性セシウム分布と海底地形の関連について	36
4.1.1	海底地形と放射性セシウム量の関係	36
4.1.2	放射性セシウム量の試算	40
5	計量魚群探知機を用いた生物分布調査	42
5.1	調査目的	42
5.2	調査内容	42
5.2.1	試験工程	42
5.2.2	対象海域	42
5.2.3	調査方法	43
5.2.4	校正方法	43
5.2.5	解析方法	45
5.3	調査結果	47
5.3.1	音響バイオマス解析	47
5.3.2	音響バイオマスと海底性状	49
5.3.3	音響バイオマスと海底放射能分布	51
	参考文献	52
	付録1 各調査地点の放射性セシウム及び中央粒径の鉛直分布	55
	付録2 放射性セシウム濃度等の既往結果との比較	71

Contents

1	Introduction	1
2	Overview of research	2
2.1	Research schedule	2
2.2	Research area	3
2.3	Research requirement	4
2.3.1	Investigation of radiocesium distribution near coastal area of 1F	4
2.3.2	Fish distribution survey using quantitative echo sounder	4
3	Investigation of radiocesium distribution near coastal area of 1F	5
3.1	Sediment collection	5
3.1.1	Purpose	5
3.1.2	Method	6
3.1.3	Result	14
3.1.4	Summary of sediment collection	25
3.2	Investigation of radioactive Cs of coastal area	26
3.2.1	Purpose	26
3.2.2	Method	26
3.2.3	Result	33
3.2.4	Summary of investigation of radioactive Cs of coastal area	35
4	Consideration of distribution of radioactive Cs in coastal sediment	36
4.1	Relationship radiocesium distribution and seabottom topography	36
4.1.1	Radiocesium distribution and seabottom topography	36
4.1.2	Estimated amount of radioactive Cs	40
5	Fish distribution survey using quantitative echo sounder	42
5.1	Purpose	42
5.2	Research content	42
5.2.1	Schedule	42
5.2.2	Research area	42
5.2.3	Method	43
5.2.4	Calibration	43
5.2.5	Analysis method	45
5.3	Result	47
5.3.1	Acoustic biomass analysis	47
5.3.2	Relationship acoustic biomass analysis and seabed properties	49
5.3.3	Relationship acoustic biomass analysis and seabed radioactive distribution	51
	References	52
	Appendix 1 Vertical distribution of radioactive Cs	55
	Appendix 2 Comparison with past results	71

図表リスト

Fig. 2-1	調査及び試験の位置図	3
Fig. 3-1	表層付近の海底土中の ^{137}Cs 濃度の経時変化	5
Fig. 3-2	調査期間中の気象及び海象状況	6
Fig. 3-3	採泥地点	11
Fig. 3-4	福島第一原子力発電所の事故対応に用いられている主な採泥方法	12
Fig. 3-5	VCS による採泥作業の概念図	13
Fig. 3-6	MC による採泥状況	13
Fig. 3-7	粒度分布	17
Fig. 3-8	各採取地点の柱状試料の ^{137}Cs 平均濃度及び最大値	18
Fig. 3-9	各採取地点の柱状試料の累積 ^{137}Cs 量	19
Fig. 3-10	^{137}Cs 累積量の 90%深さ	20
Fig. 3-11	^{137}Cs 濃度（平均）と粒度の関係	21
Fig. 3-12	^{137}Cs 平均濃度の経時変化	23
Fig. 3-13	^{137}Cs の累積量の 90%深さ	25
Fig. 3-14	Windy3S の外観	27
Fig. 3-15	放射能観測システムイメージ及び写真	28
Fig. 3-16	検出器の傾きとデータ抽出イメージ	28
Fig. 3-17	測定対象海域	29
Fig. 3-18	MMGC 法によるスペクトルの分割イメージ	31
Fig. 3-19	換算係数の決定	31
Fig. 3-20	海底土サンプルとの比較	32
Fig. 3-21	USV による海底土表層の ^{137}Cs 濃度マップ	33
Fig. 3-22	請戸川沖における USV による海底土表層の ^{137}Cs 濃度マップ	34
Fig. 3-23	請戸川沖における USV による海底土表層の ^{137}Cs 濃度の変化傾向	35
Fig. 4-1	調査海域の崖地形における海底地形と海水の滞留、粒子の沈降等に関する概念図	37
Fig. 4-2	地形勾配 1° 以上の地点	38
Fig. 4-3	^{137}Cs 平均濃度及び ^{137}Cs 累積量と崖からの距離の相関	39
Fig. 5-1	調査範囲	42
Fig. 5-2	作業イメージ	43
Fig. 5-3	校正作業イメージ	44
Fig. 5-4	解析範囲の設定	45
Fig. 5-5	解析フロー図	46
Fig. 5-6	音響バイオマス（浮魚）	47
Fig. 5-7	音響バイオマス（底魚）	48
Fig. 5-8	音響バイオマスと海底性状（浮魚）	49
Fig. 5-9	音響バイオマスと海底性状（底魚）	50
Fig. 5-10	音響バイオマスと海底放射能分布	51

Table 2-1	実施工程	2
Table 3-1	調査工程	6
Table 3-2	採泥地点一覧	9
Table 3-3	Ge 半導体検出器を用いた放射能分析の分析条件.....	14
Table 3-4	粒度試験の条件	14
Table 3-5	海底土の分析結果の概要	15
Table 3-6	調査工程表	26
Table 4-1	各エリアの放射性セシウム総量 (^{137}Cs 量)	41
Table 4-2	本年度の調査結果に基づく福島県沿岸域における放射性セシウム総量 (^{137}Cs 量)	41
Table 5-1	調査工程	42
Table 5-2	平均水温・塩分・音速データ	44

1 はじめに

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災とこれに伴う津波によって発生した東京電力ホールディングス株式会社（以下、「東電」という。）福島第一原子力発電所（以下、「1F」という。）の事故により、環境中に大量の放射性物質が放出された。この事故により海域に放出された放射性物質の分布を把握するため、国、自治体、事業者等が、事故発生直後から 1F 周辺海域において放射性物質の分布に係る調査を実施してきた。特に原子力規制庁では、「総合モニタリング計画・（別紙）海域モニタリングの進め方」¹⁾を策定するとともに、同計画に基づき、海域モニタリングに関する関係機関の連携の推進を図ってきた。

これまでの調査結果から、1F 周辺の海底土や海水中の放射性物質の分布状況や経時変化が概ね明らかになってきた。それによると海底土及び海水中の放射性物質濃度は低減してきており、現状では低いレベルであることが確認されている。しかし、海底土の放射性物質濃度は、周囲と比べ相対的に放射性 Cs 濃度の高い地点が存在し、その要因が海底地形または河川沖合であることも確認できている。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」という。）の安全研究・防災支援部門及び福島研究開発部門（当時の組織名）は、平成 31 年度²⁾及び令和 2 年度³⁾に原子力規制庁から「放射性物質測定調査委託費（福島県近沿岸海域における放射性物質等の状況調査）事業」（以下、「規制庁事業」という。）を受託し、以下の事項の成果を取りまとめた。

- ・ 科学的根拠に基づき調査地点や調査頻度等の適正性を検討し、「総合モニタリング計画・（別紙）海域モニタリングの進め方」の見直しの提案
- ・ 1F 前面海域の海底土の放射性物質分布詳細調査の実施
- ・ 海底土放射性物質分析結果の図示
- ・ 技術検討会を設置及び開催し、調査の進捗、得られたデータの妥当性及び解析結果について評価・審議を行いその内容の報告

令和 4 年度では、規制庁事業で実施した項目を一部継続するとともに、新たな調査を加え、以下に示す項目を実施した。本報告書は、この成果を取りまとめたものである。

- 1F 前面海域の海底土の放射性核種分布詳細調査
 1. 採泥調査
 2. 無人観測船による河口域の放射性物質分布調査
- 計量魚群探知機を用いた魚類分布調査

2 調査及び試験概要

2.1 調査及び試験工程

調査及び試験期間は、令和4年4月1日～令和5年3月31日である。実施工程を Table 2-1 に示す。

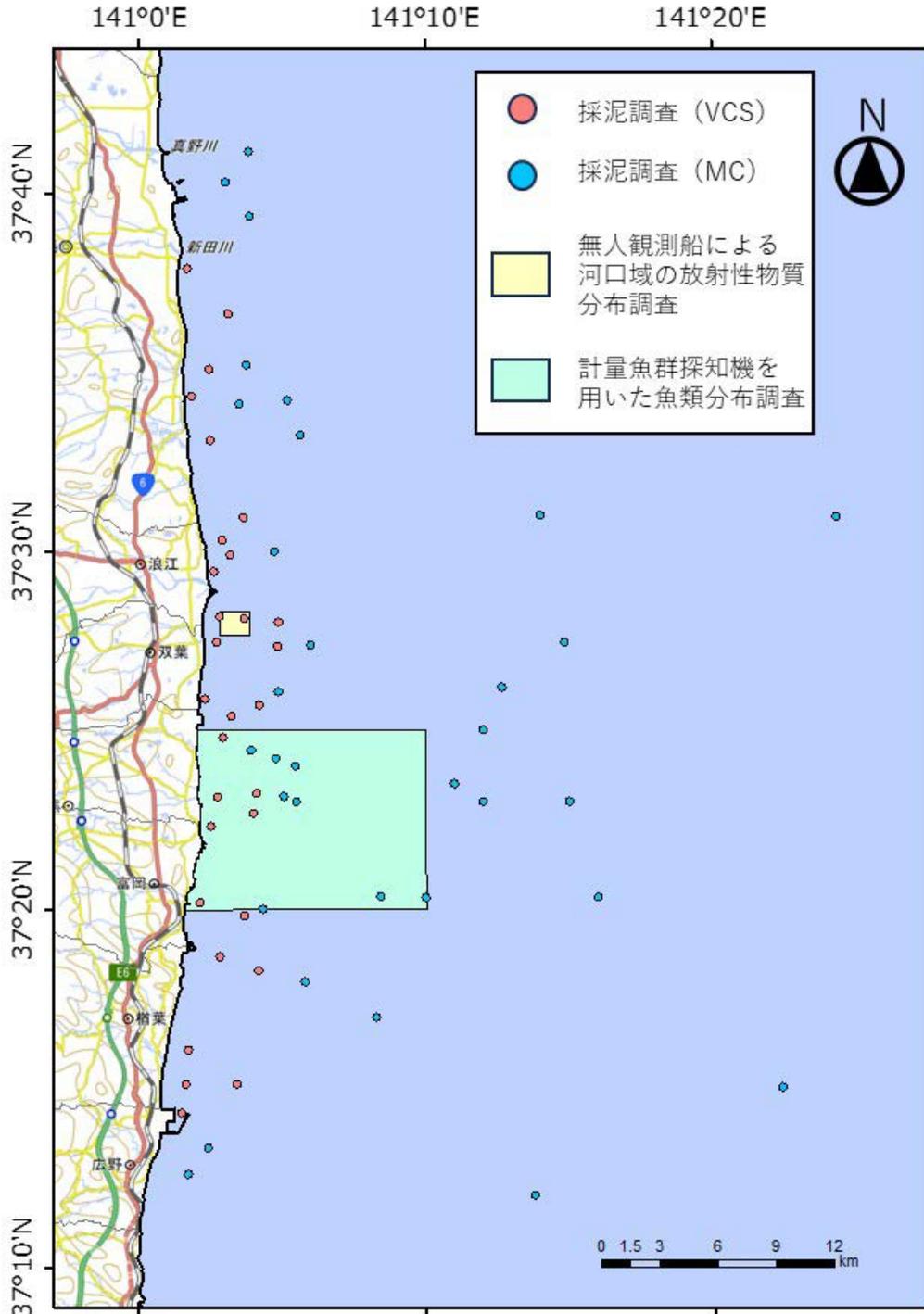
Table 2-1 実施工程

業務項目	R4年										R5年		
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
採泥調査			← 調査準備 → 試料採取(VCS:30、MC:33地点)・放射能分析(1,527試料) →										
無人観測船による河口域の放射性物質分布調査			← 調査準備 →						→ 現地調査 →				
業務項目	R4年										R5年		
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
計量魚群探知機を用いた魚類分布調査						← 調査準備 →			→ 現地調査 →				

※MC は 33 の予定地点のうち、天候不良の関係で 28 地点の採泥を実施した。

2.2 調査及び試験場所

海洋のモニタリングデータの評価項目以外の調査及び試験場所を Fig. 2-1 に示す。



背景地図：ESRIジャパンデータコンテンツ© Esri Japan

Fig. 2-1 調査及び試験の位置図

2.3 調査及び試験項目

2.3.1 1F 前面海域の海底土の放射性核種分布詳細調査

周囲と比較して、相対的に放射性セシウム濃度が高い地点が存在する 1F 近傍や河川河口前面を含む福島近沿岸域の海底土における放射性物質の濃度分布等を把握するために以下の詳細調査を実施した。

①採泥調査

放射性セシウムの水平方向の分布及び海底面下の分布を把握するために、福島県近沿岸域及び河川沖合海域の 63 地点で柱状試料を採取した。採取した柱状試料は、厚さ 2 cm の間隔で切り分け、乾燥後、ゲルマニウム (Ge) 半導体検出器で放射性セシウム濃度を分析した。

②無人観測船による河口域の放射性物質分布調査

河川から河口沿岸域への放射性セシウムの流入量を評価するため、請戸川の河口域において、作業船から海底放射能測定用機器を使用し、海底土表層の放射性セシウム濃度を計測した。計測結果から、河口域の 2×2 km 程度の範囲について 50×50 m メッシュで放射性セシウム濃度の分布図を作成し、これまで得られた河川からの物質輸送及び経年変化等の知見と考察した。

2.3.2 計量魚群探知機を用いた魚類分布調査

水産物への放射性物質移行に関連して、魚類の分布状況と海底土の放射能濃度を比較した。曳航式放射線モニタリング結果と相馬双葉漁業協同組合からの聞き取り結果を基に、熊川河口周辺に調査海域を設け、計量魚群探知機を用いて魚類分布調査を実施した。

3 1F 前面海域の海底土の放射性核種分布詳細調査

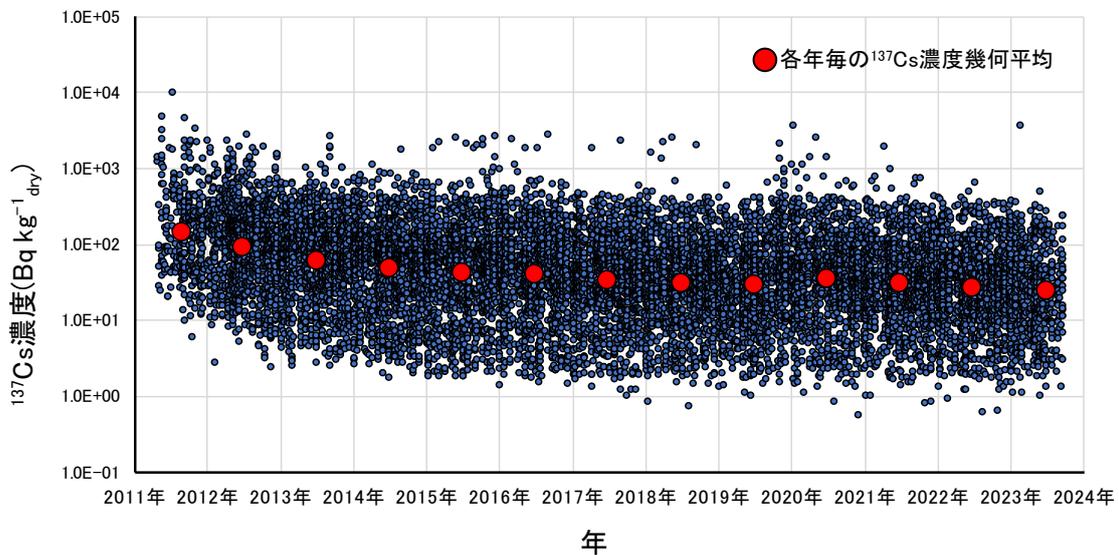
本調査は、周囲と比較して相対的に放射性セシウム濃度の高い地点が存在する 1F 前面海域（福島近沿岸圏内）の海底土中における放射性物質の濃度分布を把握することを目的に調査を実施した。実施した調査は、採泥調査、河口域の放射能分布測定、海底土分布特性調査である。

3.1 採泥調査

3.1.1 調査目的

1F 事故以降、環境省、原子力規制庁等の各機関^{2) -13)} が実施した海底土のモニタリング及び調査研究結果から、表層付近の海底土の放射性セシウム濃度は全般に低く、かつ低減していることが明らかになっている（Fig. 3-1）。

一方、海底土中の放射性セシウムは、波浪や生物擾乱等による海底土の移動や混交によって、深さ方向へ分布の拡大が生じることが示されている¹⁴⁾。また、実際に海底面から 1 m 程度の深さまで放射性セシウムが分布していることが明らかになっている¹⁵⁾。そのため、表層付近の放射性セシウムの分布を把握してきた従来の海域モニタリングでは、海底土中の放射性セシウムの分布や濃度等の特徴の把握に限界がある。そこで、本事業においては、深さ方向の放射性セシウムの分布を把握して、より精度の高い海底土中の放射性セシウムのモニタリングを行うことを目途として調査、評価等を実施した。



※令和 5 年 9 月迄のデータで図化、平成 24 年 3 月までは湿潤試料のデータを含む。

Fig. 3-1 表層付近の海底土中の ¹³⁷Cs 濃度の経時変化

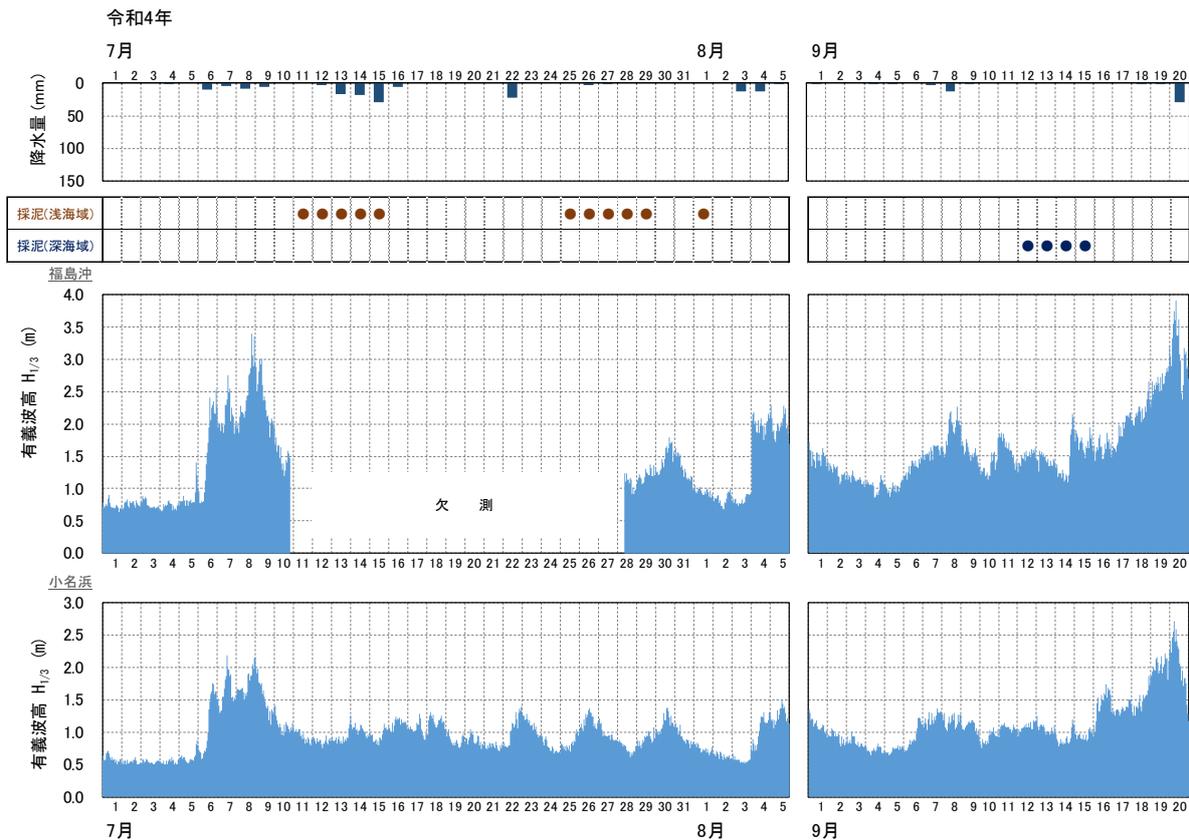
3.1.2 調査内容

3.1.2.1 調査工程

調査工程を Table 3-1、調査期間中の気象及び海象状況を Fig. 3-2 に示す。採泥作業は、令和4年7月14日～9月15日に実施した。現地作業日を含む7月上旬～9月中旬の気象及び海象状況は、日累計降雨は最大でも40mm程度で大きな出水はなく、有義波高も3m程度で海底土に影響を与える状況はなかった。採取した海底土は、現地で柱状試料の観察及び柱状試料の切り分けを実施し、これらの作業が終了した試料から放射能分析を行った。

Table 3-1 調査工程

調査項目	年・月											
	R4年											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
調査計画		←		→								
浅海域採泥調査 (水深36m以浅)					↔							
深海域採泥調査 (水深36m以深)						↔						
試料の前処理 (観察、コアカット等)							←	→				
放射能分析								←	→	→		



降水量：気象庁（アメダス浪江）¹⁶⁾、有義波高：国交省（ナウファス福島県域）¹⁷⁾

Fig. 3-2 調査期間中の気象及び海象状況

3.1.2.2 採泥地点

採泥地点を Fig. 3-3、採泥地点一覧を Table 3-2 に示す。

採泥地点は、令和元年度の原子力規制庁の放射性物質測定調査委託事業²⁾ で選定した地点を基本に、過去 2 ヶ年度の調査結果を踏まえ、福島県沿岸の 10 km 沖合と請戸川～富岡川の 1F 前面を含む 20 km 沖合の海域内で、以下の事項を考慮して 57 地点で実施した。

なお、本報告では、水深が 36 m 未満を浅海域、それより深い水深を深海域と定義した。

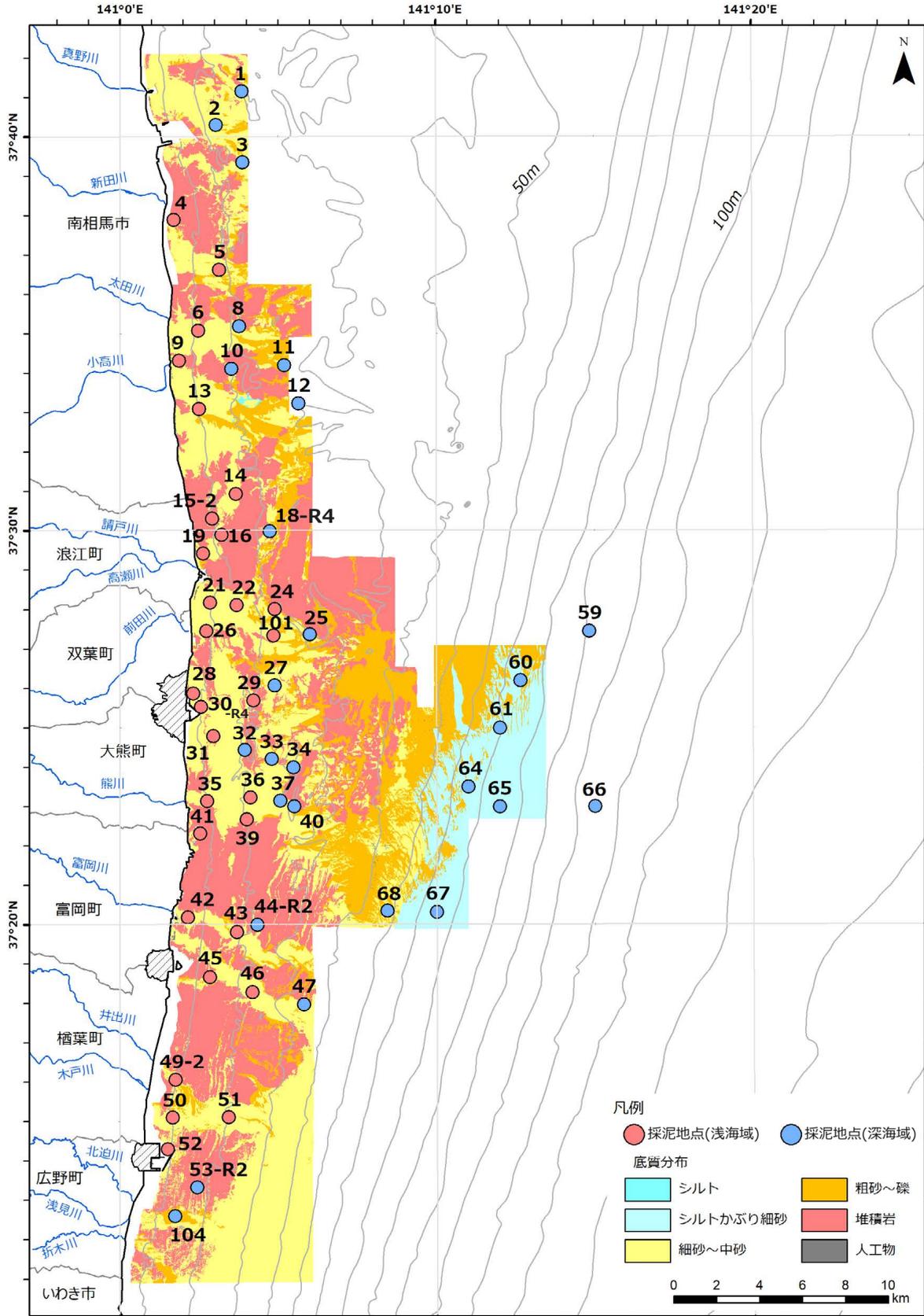
- ・ これまでの原子力規制庁による調査海域をできるだけ包含し、かつ地域的な偏りを低減
- ・ 海域への主要な放射性セシウム供給源である河川からの影響の評価
- ・ 海底地形と放射性セシウム分布の関連性評価
- ・ 既往の結果から周辺に比べて放射性セシウム濃度が顕著に高い(例えば地点 15 等)、濃度の経時変化が一様に減少しない(地点 40: 東電 T-⑨)、曳航調査によるアノマリ地点等

This is a blank page.

Table 3-2 採泥地点一覧

地点		R 4 年度計画					R 4 年度結果									
地点番号	最寄河川等	緯度	経度	既往調査地点等		備考	実施日	採取状況等	採泥地点		1Fからの距離 km	沿岸からの距離 km	水深 m	手法	採取長 cm	備考
				地点番号	実施機関				緯度	経度						
1	真野川	37.686167	141.064139	St16	海技研	R1年度計画変更点(MC)	2022/9/12	○、R1計画地点移動(MC)	37.686167	141.064139	29.5	3.1	28.5	MC	30.0	R4計画通
2	真野川	37.671900	141.050450	St14	海技研	R1年度VCS→R2年度MC	2022/9/12	○	37.671900	141.050450	27.8	1.1	24.0	MC	18.0	〃
3	新田川	37.656000	141.064617	St10	海技研		2022/9/12	○	37.656000	141.064617	26.2	2.3	25.9	MC	28.0	〃
4	新田川	37.631590	141.028200	福島沿岸30	福島県	R1計画地点移動(VCS)	2022/7/27	○	37.631590	141.028200	23.3	0.5	7.5	VCS	109.0	〃
5	新田川	37.610550	141.052120	St04	海技研	R1計画地点移動(VCS)	2022/7/27	○	37.610550	141.052120	21.1	2.1	18.7	VCS	105.0	〃
6	太田川	37.584717	141.041117	OT05	海技研	R2年度西約500m移動、OTAR-6-R2と標記	2022/7/27	○	37.584717	141.041117	18.1	1.4	12.2	VCS	77.0	刺網あり、60m北西へ移動
8	太田川	37.586687	141.062738	OTA-N0.4E3.2	JAEA	R2年度東約500m移動、OTAR-8-R2と標記	2022/9/12	○	37.586687	141.062738	18.5	3.2	26.2	MC	18.0	R4計画通
9	小高川	37.572130	141.030916	ODAR-N0.2E0.3	JAEA		2022/7/25	○	37.572130	141.030916	16.7	0.4	7.6	VCS	60.0	〃
10	小高川	37.568544	141.058519	ODAR-S0.1E2.7	JAEA	R1年度VCS→R2年度MC	2022/9/12	○	37.568544	141.058519	16.5	2.8	21.8	MC	13.0	〃
11	小高川	37.570158	141.086480	ODAR-NOE5.2	JAEA		2022/9/15	○	37.570158	141.086480	17.2	5.3	28.8	MC	21.0	〃
12	小高川	37.554000	141.094000	K5	海技研		2022/9/15	○	37.554000	141.094000	15.7	5.7	31.2	MC	25.0	〃
13	小高川	37.551667	141.041667	T-①	東電		2022/7/25	○	37.551667	141.041667	14.5	1.1	11.4	VCS	108.0	〃
14	請戸川	37.515740	141.060870	ODAR-S6E2.7	JAEA		2022/7/15	○	37.515740	141.060870	10.7	2.3	17.8	VCS	114.0	〃
15-2	請戸川	37.505220	141.048520			UKER-15の西約60m、R1追加	2022/7/25	○	37.505220	141.048520	9.4	0.9	12.5	VCS	74.0	〃
16	請戸川	37.498302	141.053330	UKER-N1.6E1.2 (uk-1_VCS)	JAEA		2022/7/15	○	37.498302	141.053330	8.7	1.3	14.0	VCS	54.0	〃
18-R4	請戸川	37.499899	141.078789	UKER-N1.5E3.5	JAEA	R1年度VCS→R2年度MC	2022/9/15	○	37.499899	141.079317	9.6	3.5	27.2	MC	20.0	R4年度南約500m移動、UKER-18-R4と標記
19	請戸川	37.490505	141.043784	UKER-N0.5E0.4	JAEA		2022/7/26	○	37.490505	141.043784	7.7	0.4	8.0	VCS	107.0	R4計画通
21	請戸川	37.469683	141.047253	UKER-S1.7E0.6	JAEA		2022/7/26	○	37.469683	141.047253	5.5	0.9	10.3	VCS	107.0	〃
22	請戸川	37.468662	141.061419	UKER-S1.9E2	JAEA		2022/7/14	○	37.468662	141.061419	5.8	1.9	16.0	VCS	122.0	〃
24	請戸川	37.466956	141.081393	UKER-S2E3.6	JAEA	R1年度MC→R2年度VCS	2022/7/14	○	37.466956	141.081393	6.6	3.6	26.5	VCS	86.0	〃
25	前田川	37.456233	141.099917	A1N	海技研		2022/9/13	○	37.456233	141.099917	7.0	5.5	31.5	MC	31.5	〃
26	前田川	37.457670	141.045380	MAER-NOE0.7	JAEA		2022/7/25	○	37.457670	141.045380	4.2	0.7	10.6	VCS	104.0	〃
27	1F	37.434570	141.081313	MAER-S2E5	JAEA		2022/9/13	○	37.434570	141.081313	4.5	3.6	25.1	MC	16.0	〃
28	1F	37.431179	141.038497	1F-N0.8E0.4	JAEA		2022/7/13	○	37.431179	141.038497	1.2	0.2	8.0	VCS	89.0	〃
29	1F	37.428344	141.070113	1F-N0.5E3.2	JAEA	R2年度西北西約200m移動、1F-29-R2と標記	2022/7/13	○	37.428344	141.070113	3.3	2.5	23.0	VCS	47.0	〃
30-R4	1F	37.423187	141.054065	1F-N0.2E0.7	JAEA	R4年度放流口工事のため1km沖へ移動、1F-30-R4と標記	2022/7/13	○	37.423187	141.054065	0.9	0.2	15.8	VCS	80.0	トリウム処理水放流口工事のため変更地点で計画、1F-30-R4と標記
31	1F	37.413180	141.049133	1F-S1.2E1.4	JAEA		2022/7/26	○	37.413180	141.049133	1.6	1.2	14.5	VCS	75.0	R4計画通
32	1F	37.407372	141.065517	1F-S1.8E2.8	JAEA	R1年度VCS→R2年度MC	2022/9/13	○	37.407372	141.065517	3.2	2.7	21.4	MC	24.0	〃
33	1F	37.403590	141.079780	KUMR-N2E4	JAEA		2022/9/13	○	37.403590	141.079780	4.5	3.9	27.1	MC	15.0	〃
34	熊川	37.399917	141.091133	K3 H25年度座標	海技研		2022/9/13	○	37.399917	141.091133	5.6	5.0	28.9	MC	16.0	〃
35	熊川	37.385623	141.045850	KUMR-NOE1	JAEA		2022/7/29	○	37.385623	141.045850	4.1	0.8	11.5	VCS	56.0	〃
36	熊川	37.387211	141.068639	KUMR-NOE3	JAEA	R1計画地点移動(MC)、R1年度MC→R2年度VCS	2022/7/29	○	37.387211	141.068639	4.9	2.8	23.7	VCS	112.0	〃
37	熊川	37.385800	141.084397	KUMR-NOE5	JAEA	R1年度計画変更点(MC)	2022/9/13	○、R1計画地点移動(MC)	37.385800	141.084397	6.0	4.2	28.5	MC	15.0	〃
39	熊川	37.377983	141.066667	KM3	海技研	R1年度MC→R2年度VCS	2022/7/28	○	37.377983	141.066667	5.6	2.6	23.5	VCS	95.0	〃
40	熊川	37.383333	141.091667	T-⑨	東電	R2年度南約360m移動、KUMR-40-R2と標記	2022/9/13	○	37.383333	141.091667	6.7	4.8	31.2	MC	28.0	〃
41	熊川	37.371902	141.042108	KUMR-S1.5E0.7	JAEA		2022/7/28	○	37.371902	141.042108	5.5	0.6	10.0	VCS	97.0	〃
42	富岡川	37.336368	141.035721	TOMR-S0.3E0.7	JAEA		2022/7/12	○	37.336368	141.035721	9.4	0.5	7.7	VCS	101.0	〃
43	富岡川	37.330200	141.061490	TOMR-S1E3	JAEA	R1年度MC→R2年度VCS	2022/7/28	○	37.330200	141.061490	10.4	2.4	20.7	VCS	105.0	〃
44-R2	富岡川	37.333333	141.072222	T-D9	東電	R2年度南約1km移動、TOMR-44-R2と標記	2022/9/13	○、R2地点移動(MC)	37.323744	141.072475	11.4	3.1	24.9	MC	16.5	TOMR-44-R2で実施
45	富岡川	37.311111	141.047222	T-S7	東電		2022/7/12	○	37.311111	141.047222	12.3	1.1	14.4	VCS	116.0	R4計画通
46	富岡川	37.304670	141.069690	H29調査曳航	海技研		2022/7/12	○	37.304670	141.069690	13.3	3.2	25.0	VCS	81.0	〃
47	富岡川	37.299506	141.096654	H30調査曳航	海技研			○	37.300564	141.099053			35.4	MC	13.0	漁労中の漁船有、北東200m移動
49-2	井出・木戸川	37.267640	141.029050	T-S5	東電		2022/7/12	○	37.267640	141.029050	17.1	1.2	11.0	VCS	32.0	R4計画通
50	井出・木戸川	37.251733	141.027617	HR7	海技研		2022/7/11	○	37.251733	141.027617	18.8	1.3	12.8	VCS	78.0	〃
51	井出・木戸川	37.251890	141.057160	T-11	東電		2022/7/11	○	37.251890	141.057160	18.9	3.9	22.4	VCS	110.0	〃
52	井出・木戸川	37.238333	141.025000	T-⑬	東電		2022/7/11	○	37.238333	141.025000	20.3	0.3	10.0	VCS	69.0	〃
53-R2	井出・木戸川	37.222156	141.040500	H29調査曳航	海技研	R2年度東約2km移動、IDKIR-53-R2と標記	2022/9/13	○、R2地点移動(MC)	37.222253	141.062914	22.3	3.5	28.6	MC	22.0	IDKIR-53-R2で実施
59	1F北部沖合い	37.457500	141.247183	Q21	海技研	R3予備	2022/9/14	○	37.457500	141.247183	19.3	18.2	89.8	MC	28.5	R4計画通
60	1F北部沖合い	37.436683	141.210817	I2	海技研		2022/9/14	○	37.436683	141.210817	15.8	14.9	76.2	MC	20.0	〃
61	1F南部沖合い	37.416667	141.200000	T-5	東電		2022/9/14	○	37.416667	141.200000	14.7	13.9	70.5	MC	24.0	〃
64	1F南部沖合い	37.391667	141.183333	J2	海技研		2022/9/13	○	37.391667	141.183333	13.7	12.9	66.0	MC	25.0	〃
65	1F南部沖合い	37.383333	141.200000	T-⑪	東電		2022/9/14	○	37.383333	141.200000	15.3	14.4	77.1	MC	18.0	〃
66	1F南部沖合い	37.383333	141.250000	T-⑫	東電	R3予備	2022/9/14	○	37.383333	141.250000	19.6	18.8	104.0	MC	29.5	〃
67	1F南部沖合い	37.338667	141.166667	Q13	海技研		2022/9/14	○	37.338667	141.166667	14.9	11.6	67.3	MC	20.0	〃
68	1F南部沖合い	37.339180	141.140620	TOMR-NOE10	JAEA		2022/9/13	○	37.339180	141.140620	13.2	9.4	51.1	MC	23.0	〃
101	1F南部沖合い	37.455675	141.080719		規制庁(JAEA)	R1追加、R1年度MC→R2年度VCS	2022/7/14	○、R1追加	37.455675	141.080719	5.6	3.8	24.3	VCS	115.0	〃
104	井出・木戸川	37.209893	141.028894			R2追加	2022/9/13	○、R2追加	37.209893	141.028894	23.5	2.0	16.3	MC	19.0	〃

※1：実施機関略称：規制庁(委託先)：原子力規制庁(委託先)、海技研：海洋技術安全研究所、JAEA：日本原子力研究開発機構、東電：東京電力ホールディングス
 ※2：「MC」、「VCS」は「3.1.2.3 採泥方法」を参照



背景地図：ESRI ジャパンデータコンテンツ (C) Esri Japan
 水深：日本水路協会 海底地形デジタルデータ M7000 シリーズ¹⁸⁾
 ※「MC」、「VCS」は「3.1.2.3 採泥方法」を参照

Fig. 3-3 採泥地点

3.1.2.3 採泥方法

1F 事故に伴う海底土のモニタリング等で用いられている主な採泥手法を Fig. 3-4 に示す。

本調査では、海底土の深さ方向の放射性セシウム分布を把握するため、Fig. 3-4 に示す柱状試料採取法のうち、浅海域では潜水士によるバイブレーション式コアサンプラー（以下、「VCS」という。）、深海域では観測船によるマルチプルコアラー（以下、「MC」という。）を用いた。

手法		簡便性	深度情報 ^{※1}	Cs量把握	利用船等	備考
塊状試料採取		◎	×	×	小型船可	東電、国等のモニタリング
柱状試料採取	GS	○	△(8cm程度)	○	小型船可(揚昇器必須)	原子力規制庁(一部)
	MC	△	○(25cm程度)	○	大型調査船(浅海域困難)	原子力規制庁(一部)
	VCS	×	◎(70cm程度)	○	小型船+潜水作業	

※1: 原子力機構の調査結果に基づく

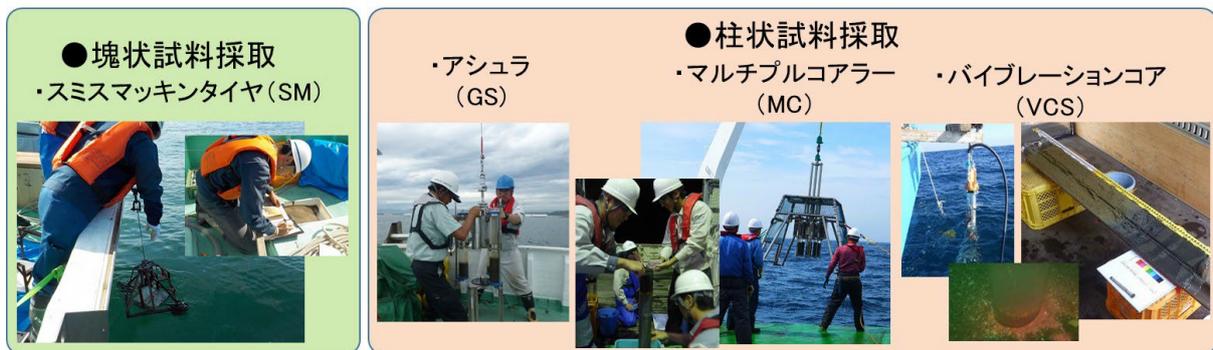


Fig. 3-4 福島第一原子力発電所の事故対応に用いられている主な採泥方法

① VCS による採泥

Fig. 3-5 に VCS による採泥作業の概要図を示す。VCS による採泥は、内径 105 mm、長さ約 1.5 m のポリカーボネート管を海底土に貫入させて、柱状の海底土試料を採取する方法である。ポリカーボネート管を上下振動させて海底土に貫入させるため、同管の上部に脱着可能なバイブレーターが装着されている。バイブレターの振動や潜水作業員への酸素の供給を作業船から行うため、作業中に作業船が潮流等で移動しないように、採泥地点毎に、複数個所のアンカーによる係留を確実にを行う必要がある。そのため、塊状試料採取や他の船上から採泥器を昇降させる柱状試料採取に比べて作業進捗率が低く、本年度の実績では 1 日（約 6 時間）あたりの採泥地点数は 2～4 地点である。また、潜水作業による健康障害の防止のため潜水深度に制約がある。

本調査では、潜水作業に伴う特別の減圧措置等が必要のない、水深約 30 m 以浅の浅海域の 30 地点の採泥に適用した。本年度の調査で採取した柱状試料の採取長は、32～122 cm であった (Table 3-2 参照)。

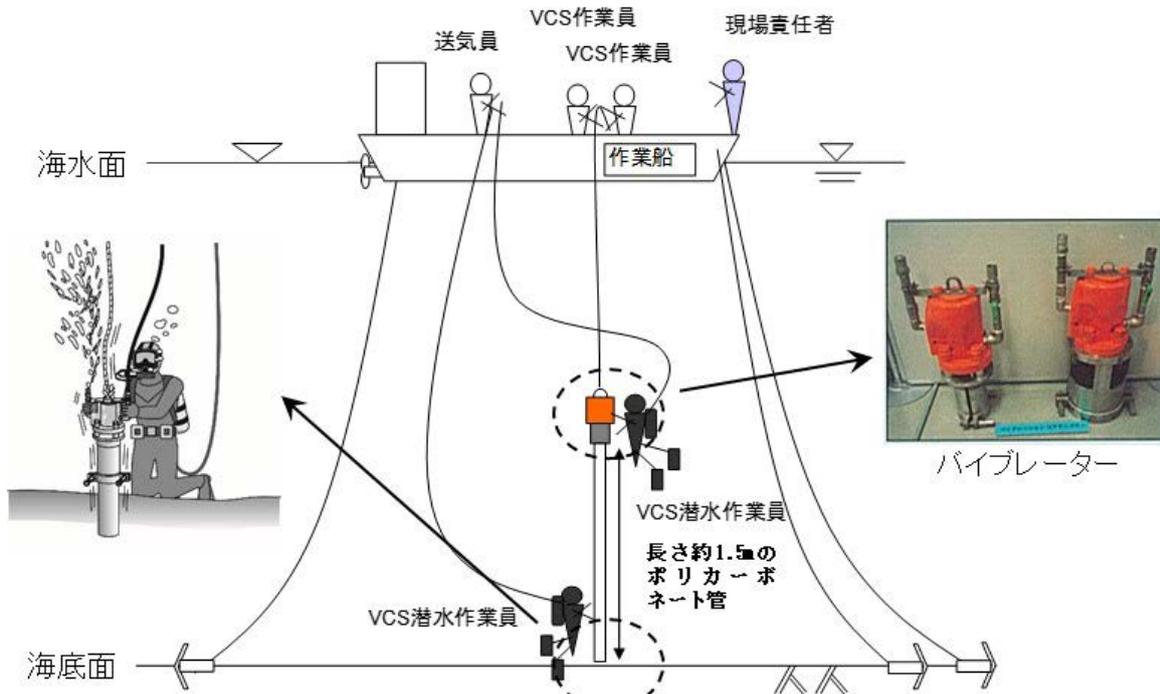


Fig. 3-5 VCSによる採泥作業の概念図

② MCによる採泥

MCによる採泥状況の写真を、Fig. 3-6に示す。MCによる採泥は、コアラー周囲の支持枠が2 m超の大きさを有するため、海底面に対して安定的に着底し、コアラーを貫入させて柱状の海底土試料を採取する方法である。コアラーが複数本（通常8本）設置されているため、一定程度の採取長を有する試料が定常的に採取できる。

一方、錘を加えた重量が600 kgを超えるため、大型の昇降機を備えた大型船が必要となり、大型船の侵入が困難な浅海域での採泥には適していないため、本調査では水深約30 m以深の深海域の28地点の採泥に適用した。

本年度の調査で採取した柱状試料の採取長は、13~31.5 cmである（Table 3-2参照）。



MCにコアラー（ポリカーボネート管）を設置



海底から引き上げたMC



採取した柱状試料

Fig. 3-6 MCによる採泥状況

③ 柱状試料の処理、分析等

採取した柱状試料は写真撮影及び観察を実施した後、表層から厚さ 2 cm 間隔で切り分け、試料容器に採取し、乾燥後、Table 3-3 に示す機器等で放射能分析を行った。さらに、約 4 cm 間隔で Table 3-4 に示す条件で粒度試験を行った。

MC 及び VCS により採取した柱状試料の結果及び過年度試料との比較は付録 1 及び付録 2 に示す。

Table 3-3 Ge 半導体検出器を用いた放射能分析の分析条件

検出器メーカー	検出器型番	標準線源	方法等	条件等	分析数
ORTEC	GMX40P4-76	MX033U8PP	文部科学省 放射能測定法シリーズ7 文部科学省 放射能測定法シリーズ24 原子力規制委員会 放射能測定法シリーズ29	乾土 3,600秒計測	1,527試料
CANBERRA	GC-2018	Co-60			
SEIKO EG&G	GEM40-76				

Table 3-4 粒度試験の条件

使用機器等	試験方法等	試料数
・ふるい ・レーザー計測器 (島津製作所製SALD-2300)	・ふるい作業により0.5、1、2mmの粒子に分画し、0.5mm以下の粒子をレーザー計測 ・レーザー計測に供した粒子は等価密度と仮定し、各粒径分画の比率は重量比に等しいと見なし、ふるいの結果と合わせて、通過重量直線より中央粒径等を解析	1,760試料

3.1.3 調査結果

採取した海底土の分析結果について、採取地点毎の概要を Table 3-5 に示す。また、本報告書の ^{137}Cs 濃度に関して、検出下限値は 3 Bq kg^{-1} 以上である。一方、大気圏核実験フォールアウトの影響は 2 Bq kg^{-1} と見積もられていることから¹⁹⁾、本報告書では、大気圏核実験フォールアウトの影響は考慮していない。

3.1.3.1 粒度分布

各試料採取地点の卓越粒径(柱状試料の算術平均値)の分布図を Fig. 3-7 に示す。浅海域では、沿岸から 5 km 程度までの地点は 0.063~0.250 mm の極細粒砂~細粒砂が分布する傾向が確認される。一方、地点 1 のように 0.042 mm のシルト粒径となる地点もみられ、一様な粒径分布ではないことが分かる。深海域も、極細粒砂~細粒砂が卓越する傾向を示しており、南北方向の偏り等の傾向は確認されない。このような特徴は、青柳・五十嵐 (1999)²⁰⁾ による調査結果と整合的である。

Table 3-5 海底土の分析結果の概要

地点番号	最寄河川等	位置		距離		実施日	水深 m	手法	採取長 cm	¹³⁷ Cs検出 下端深さ cm	¹³⁷ Cs濃度			¹³⁷ Cs量			中央粒径の平均		¹³⁷ Cs濃度の 検出下限値 Bq kg ⁻¹ dry						
		緯度	経度	1Fから	沿岸から						幾何平均濃度 Bq kg ⁻¹ dry	最大濃度 cm	最大濃度深さ cm	鉛直累計 kBq m ⁻²	上位10cm 全量%	L ₉₀ 深さ cm	粒度 mm	区分 ウエントワース区分							
				km	km																				
1	真野川	37.686167	141.064139	3.7	29.5	2022/9/12	28.5	MC	30.0	31.0	以下	176.2053522	572.553	12	-	14	60.52803	16.01694	26.46202	20	-	22	0.042	シルト	7~15
2	真野川	37.671900	141.050450	2.2	27.8	2022/9/12	24.1	MC	18.0	19.5	以下	54.79684163	572.892	18	-	20	18.67368	3.934822	21.07148	18	-	20	0.105	極細粒砂	5~13
3	新田川	37.656000	141.064617	3.4	26.2	2022/9/12	26.8	MC	28.0	28.0	以下	197.7555426	674.735	22	-	24	66.73364	12.76152	19.12308	24	-	26	0.083	極細粒砂	6~16
4	新田川	37.631590	141.028200	0.5	23.3	2022/7/27	7.6	VCS	109.0	20.0	○	96.17361337	144.876	10	-	12	27.5289	14.05118	51.04154	14	-	16	0.048	シルト	4~8
5	新田川	37.610550	141.052120	2.3	21.0	2022/7/27	19.0	VCS	105.0	30.0	○	4.865923406	6.728	26	-	28	1.25434	0.388995	31.01197	26	-	28	0.169	細粒砂	3~6
6	太田川	37.584717	141.041117	1.4	18.1	2022/7/27	12.5	VCS	77.0	8.0	○	11.64088216	18.2454	2	-	4	1.224128	1.224128	100	6	-	8	0.028	シルト	5~11
8	太田川	37.671900	141.050450	3.2	18.5	2022/9/12	24.1	MC	18.0	17.0	以下	168.5056042	550	10	-	12	30.57864	15.86859	51.89437	14	-	16	0.112	極細粒砂	5~17
9	小高川	37.572130	141.030916	0.4	16.7	2022/7/25	8.1	VCS	60.0	58.0	○	37.71756224	96.0689	0	-	2	29.40798	7.041307	23.94352	42	-	44	0.155	細粒砂	5~7
10	小高川	37.568544	141.058519	2.8	16.5	2022/9/12	22.0	MC	13.0	13.0	以下	7.796660638	11.432	12	-	13	0.911101	0.394852	43.33785	12	-	13	0.326	中粒砂	5~6
11	小高川	37.570158	141.086480	5.3	17.2	2022/9/15	28.9	MC	21.0	21.0	以下	78.87680394	782.428	18	-	20	24.6982	9.725068	39.37561	18	-	20	0.224	細粒砂	5~19
12	小高川	37.554000	141.094000	5.7	15.7	2022/9/15	30.3	MC	25.0	24.0	○	13.18401026	25.7	12	-	14	5.017177	1.888882	37.64831	18	-	20	0.243	細粒砂	5~8
13	小高川	37.551667	141.041667	1.1	14.5	2022/7/25	11.7	VCS	108.0	108.0	以下	36.13819078	68.3207	72	-	74	59.85105	4.543347	7.59109	82	-	84	0.199	細粒砂	3~5
14	請戸川	37.515740	141.060870	2.3	10.7	2022/7/15	18.4	VCS	114.0	36.0	○	24.95833716	78.97	4	-	6	15.41184	5.946303	38.58269	28	-	30	0.195	細粒砂	3~5
15-2	請戸川	37.505220	141.048520	0.9	9.4	2022/7/25	12.1	VCS	74.0	74.0	以下	82.82344926	389.067	0	-	2	107.499	25.61321	23.82648	50	-	52	0.216	細粒砂	3~6
16	請戸川	37.498302	141.053330	1.3	8.7	2022/7/15	15.0	VCS	54.0	54.0	以下	312.8925747	496.3	0	-	2	209.7276	34.72697	16.55813	48	-	50	0.095	極細粒砂	3~5
18	請戸川	37.499899	141.078789	3.5	9.6	2022/9/15	26.3	MC	20.0	20.0	以下	6.826502424	7.75445	8	-	10	1.903547	0.708878	37.23986	18	-	20	0.661	粗粒砂	4~5
19	請戸川	37.490505	141.043784	0.4	7.7	2022/7/26	8.0	VCS	107.0	107.0	以下	1155.258598	3009.01	94	-	96	1009.748	46.3836	4.59358	100	-	102	0.043	シルト	4~13
21	請戸川	37.469683	141.047253	0.9	5.5	2022/7/26	11.0	VCS	107.0	48.0	○	139.9080899	246.756	26	-	28	109.337	20.70733	18.93899	36	-	38	0.094	極細粒砂	4~10
22	請戸川	37.468662	141.061419	2.1	5.8	2022/7/14	16.2	VCS	122.0	30.0	○	107.6902314	258.74	2	-	4	47.0739	19.10139	40.57746	22	-	24	0.060	シルト	3~6
24	請戸川	37.466956	141.081393	3.6	6.6	2022/7/14	27.2	VCS	86.0	36.0	○	48.09117829	150.3	0	-	2	28.56294	10.02266	35.08973	26	-	28	0.118	極細粒砂	3~6
25	前田川	37.456233	141.099917	5.5	7.0	2022/9/13	30.9	MC	31.5	31.5	以下	105.2725299	616	8	-	10	47.46946	27.90221	58.77928	28	-	30	0.078	極細粒砂	6~16
26	前田川	37.457670	141.045380	0.7	4.2	2022/7/25	10.3	VCS	104.0	70.0	○	117.6577907	284.6	24	-	26	134.847	19.98319	14.81915	58	-	60	0.195	細粒砂	2~5
27	1F	37.434570	141.081313	4.0	4.5	2022/9/13	30.3	MC	16.0	16.0	以下	25.88697015	214.101	8	-	10	10.20571	5.627243	55.1382	14	-	16	0.225	細粒砂	5~8
28	1F	37.431179	141.038497	0.2	1.2	2022/7/13	7.2	VCS	89.0	89.0	以下	235.7443599	344.51	78	-	80	310.5084	23.94014	7.709981	80	-	82	0.345	中粒砂	4~5
29	1F	37.428344	141.070113	3.0	3.3	2022/7/13	22.9	VCS	47.0	47.0	以下	158.6624482	480.2	12	-	14	105.1568	14.9405	14.20783	44	-	46	0.166	細粒砂	3~6
30-R4	1F	37.425445	141.042521	0.6	0.9	2022/7/13	9.8	VCS	80.0	80.0	以下	97.12144182	729.748	36	-	38	172.247	4.699049	2.728087	60	-	62	0.142	細粒砂	3~6
31	1F	37.413180	141.049133	1.3	1.6	2022/7/26	15.2	VCS	75.0	75.0	以下	217.2829097	524.208	22	-	24	230.0231	26.92539	11.70552	64	-	66	0.137	細粒砂	4~7
32	1F	37.407372	141.065517	2.8	3.2	2022/9/13	21.1	MC	24.0	24.0	以下	28.82691981	843	4	-	6	31.72443	23.82879	75.11181	20	-	22	0.319	中粒砂	5~8
33	1F	37.403590	141.079780	4.0	4.5	2022/9/13	27.4	MC	15.0	15.0	以下	36.49644203	74.9858	8	-	10	8.058667	5.010198	62.17154	12	-	14	0.214	細粒砂	6~10
34	熊川	37.399917	141.091133	5.0	5.6	2022/9/13	28.9	MC	16.0	6.0	○	6.11650663	7.82454	4	-	6	0.578349	0.578349	100	4	-	6	0.385	中粒砂	5~6
35	熊川	37.385623	141.045850	0.9	4.1	2022/7/29	11.5	VCS	56.0	50.0	以下	63.48541482	186.56	26	-	28	59.11257	15.36789	25.99767	30	-	32	0.182	細粒砂	4~6
36	熊川	37.387211	141.068639	2.9	4.9	2022/7/29	23.5	VCS	112.0	48.0	○	13.18965419	27.6507	32	-	34	11.17555	0.504891	4.517813	40	-	42	0.308	中粒砂	3~4
37	熊川	37.385800	141.084397	4.2	6.0	2022/9/13	28.8	MC	15.0	14.0	○	6.346869159	6.5601	6	-	8	1.00012	0.596751	59.66794	12	-	14	0.307	中粒砂	5~6
39	熊川	37.377983	141.066667	2.7	5.6	2022/7/28	22.3	VCS	95.0	32.0	○	42.93697593	151.5	16	-	18	24.70396	4.711117	19.07029	20	-	22	0.140	細粒砂	3~7
40	熊川	37.383333	141.091667	4.9	6.7	2022/9/13	31.1	MC	28.0	24.0	○	40.86322539	93.2134	4	-	6	8.79262	6.221526	70.7585	16	-	18	0.026	シルト	10~14
41	熊川	37.371902	141.042108	0.6	5.5	2022/7/28	9.8	VCS	97.0	58.0	○	166.2849115	462.495	10	-	12	138.5313	35.88117	25.90112	30	-	32	0.121	極細粒砂	4~12
42	富岡川	37.336368	141.035721	0.5	9.4	2022/7/12	8.1	VCS	101.0	98.0	○	151.5028264	299	32	-	34	219.7255	19.8605	9.038777	82	-	84	0.166	細粒砂	4~7
43	富岡川	37.330200	141.061490	2.9	10.4	2022/7/28	20.2	VCS	105.0	32.0	○	21.39073835	45.79	22	-	24	12.28961	4.137154	33.66382	24	-	26	0.111	極細粒砂	3~7
44-R2	富岡川	37.323744	141.072475	3.7	10.3	2022/9/13	24.8	MC	16.5	16.5	以下	37.39756238	61.9837	10	-	12	9.582677	4.575044	47.74286	14	-	16	0.147	細粒砂	6~14
45	富岡川	37.311111	141.047222	1.4	12.3	2022/7/12	14.7	VCS	116.0	54.0	○	49.13678796	208.053	6	-	8	65.38133	21.88412	33.47152	30	-	32	0.187	細粒砂	3~6
46	富岡川	37.304670	141.069690	3.5	13.3	2022/7/12	25.9	VCS	81.0	81.0	以下	199.7880096	344.732	38	-	40	203.2838	14.46915	7.117709	74	-	76	0.109	極細粒砂	4~6
47	富岡川	37.294025	141.098664	6.0	14.6	2022/9/14	35.3	MC	13.0	12.0	○	7.696479151	10.673	8	-	10	0.990553	0.766423	77.37326	10	-	12	0.275	中粒砂	4~7
49-2	井出・木戸川	37.267640	141.029050	1.1	17.1	2022/7/12	11.5	VCS	32.0	32.0	以下	116.4267967	170.2	22	-	24	49.08762	11.70085	23.83666	28	-	30	0.110	極細粒砂	3~5
50	井出・木戸川	37.251733	141.027617	1.3	18.8	2022/7/11	12.5	VCS	78.0	78.0	以下	85.69748708	140.992	0	-	2	89.37195	11.46971	12.83368	66	-	68	0.137	細粒砂	3~6
51	井出・木戸川	37.251890	141.057160	3.0	18.9	2022/7/11	22.1	VCS	110.0	44.0	○	25.01906084	82.4331	20	-	22	22.30014	4.811558	21.57636	26	-	28	0.191	細粒砂	3~5
52	井出・木戸川	37.238333	141.025000	0.3	20.3	2022/7/11	10.0	VCS	69.0	50.0	以下	27.39665306	95.13	0	-	2	24.08527	10.16716	42.21318	42	-	44	0.174	細粒砂	3~5
53-R2	井出・木戸川	37.222253	141.062914	1.8	22.1	2022/9/13	29.7	MC	22.0	22.0	以下	23.38040571	36.7022	20	-	22	7.995532	2.713276	33.9349	20	-	22	0.176	細粒砂	5~7
59	1F北部沖合い	37.457500	141.247183	18.1	19.3	2022/9/14	90.5	MC	28.5	14.0	○	28.24706172	42.1831	4											

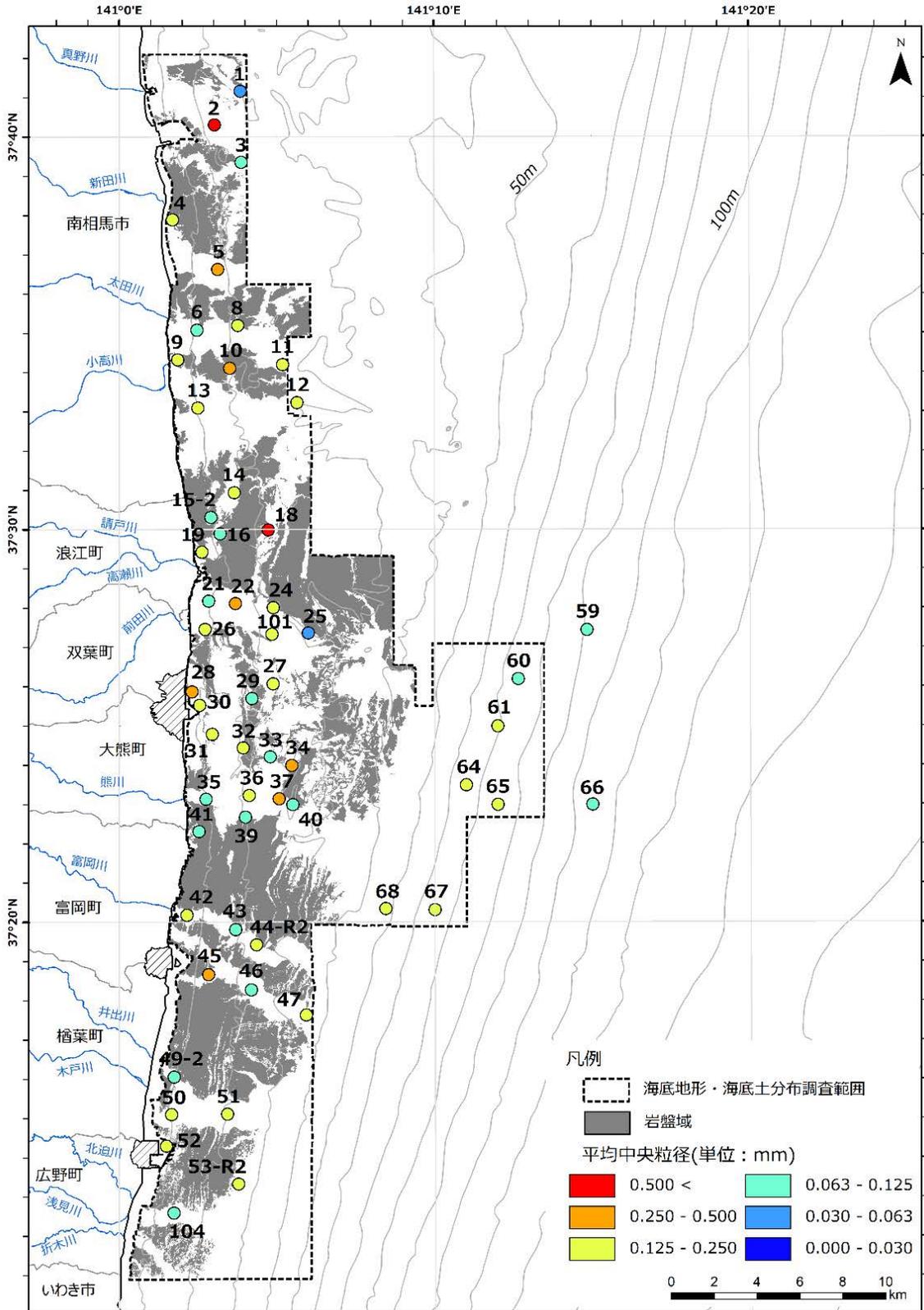


Fig. 3-7 粒度分布

背景地図：ESRI ジャパンデータコンテンツ、(c) Esri Japan
 水深：日本水路協会 海底地形デジタルデータ M7000 シリーズ¹⁸⁾

3.1.3.2 海底土の¹³⁷Csの分布

① ¹³⁷Cs 平均濃度の平面分布

Fig. 3-8 に、各採取地点を浅海域及び深海域に分け、それぞれの南北方向の位置に対する柱状試料の¹³⁷Cs 平均濃度（各層の分析値の幾何平均）と¹³⁷Cs 濃度の最大値を示す。

浅海域に着目すると、小高川河口域以北と井出川河口域以南の¹³⁷Cs 平均濃度は 4.87~200Bq kg⁻¹ に対し、1F 沖合を含む請戸川河口域から熊川河口域付近では 6.12~1,155 Bq kg⁻¹ と広範囲である。しかし、1,000 Bq kg⁻¹ 以上であったのは、請戸川河口域から約 500 m 沖の地点番号 19 のみで、これを除けば 6.12~313 Bq kg⁻¹ となる。また、最大値は、熊川河口域以北で 500 Bq kg⁻¹ 以上となった採取地点が数地点みられ、最も高かったのは前述の地点番号 19 の 3009 Bq kg⁻¹ であった。

一方、深海域の¹³⁷Cs 平均濃度は 14.5~34.7 Bq kg⁻¹、最大値は地点番号 60 の 420 Bq kg⁻¹ を除けば 143 Bq kg⁻¹ 以下で、浅海域に比べて低かった。なお、この地点番号 60 は、1F から 15 km 沖合の採取地点である。

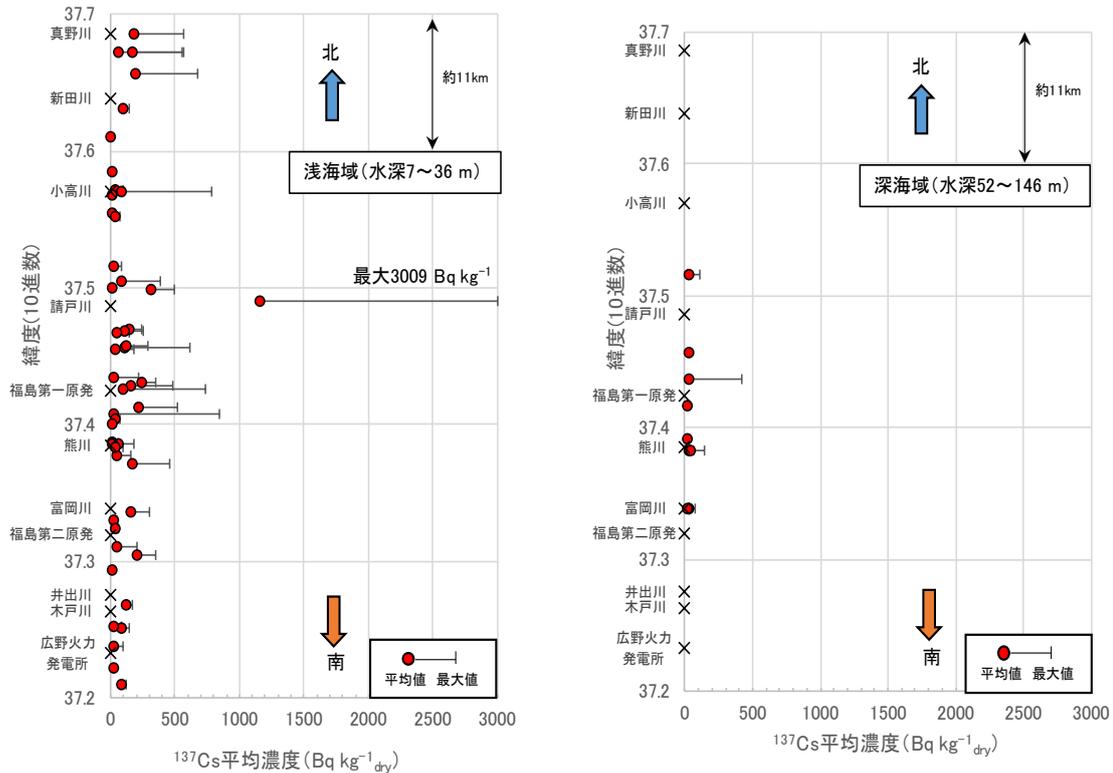


Fig. 3-8 各採取地点の柱状試料の¹³⁷Cs 平均濃度及び最大値 (「×」は緯度上の各河川河口の位置を示す (Fig. 3-9、10 も同じ))

② ^{137}Cs 累積量の分布

前項に引続き、Fig. 3-9 に、各採取地点の南北方向の位置に対する ^{137}Cs 累積量（以下、「累積量」という。）の分布を示す。

累積量は、Table 3-5 の「 ^{137}Cs 検出下端深さ」までの合計であり、下端が確認されなかった地点（Table 3-5 では「 ^{137}Cs 検出下端深さ」が「以下」とある地点）は、Fig. 3-9 及び Fig. 3-10 では「Cs 下端未確定」と表している。

浅海域では、小高川河口域以北と井出川河口域以南の累積量 $0.91\sim 89.4\text{ kBq m}^{-2}$ に対し、請戸川河口域から富岡川河口域の累積量は $0.57\sim 1,009\text{ kBq m}^{-2}$ と広範囲であった。しかし、 ^{137}Cs 濃度と同様、 1000 kBq m^{-2} を上回ったのは地点番号 19 のみで、これを除けば $0.57\sim 311\text{ kBq m}^{-2}$ となる。

一方、深海域の累積量は $4.50\sim 12.9\text{ kBq m}^{-2}$ と浅海域に比べ少ない範囲であり、累積量の平均値で比べると、浅海域の 79.8 kBq m^{-2} 対し 10%程度 の 7.57 kBq m^{-2} であった。深海域において、 ^{137}Cs 平均濃度の最大値が 420 Bq kg^{-1} であった地点番号 60 の累積量は 12.9 kBq m^{-2} で、累積量の平均値は上回るが、浅海域の累積量の平均値の 15%程度であった。

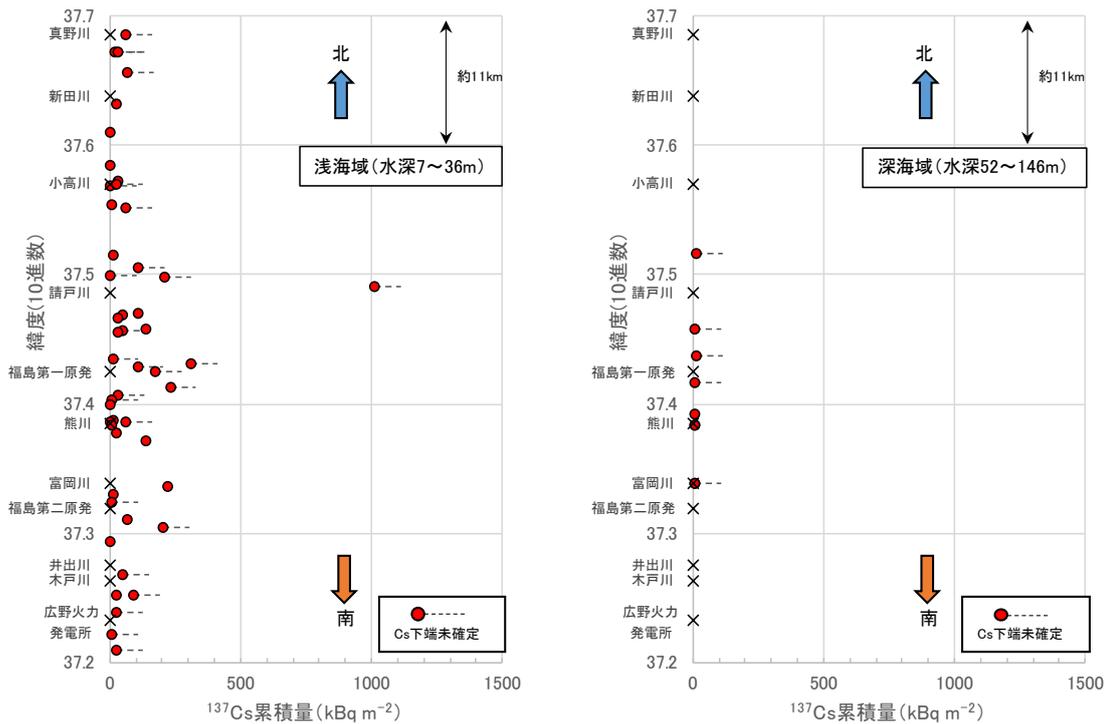


Fig. 3-9 各採取地点の柱状試料の累積 ^{137}Cs 量

③ ^{137}Cs 累積量の 90%深さ分布

前項に引続き、Fig. 3-10 に、各採取地点の南北方向の位置に対する ^{137}Cs 累積量の 90%深さ (以下、「 L_{90} 」という。) の分布を示す。

浅海域では、請戸川河口域から広野火力発電所付近にかけて、 L_{90} の深さが 50 cm を超える地点が確認されており、 ^{137}Cs が比較的深い海底面下まで分布していることを示唆している。

一方、深海域では、概ね 10~20 cm であり、浅海域と比較して浅い傾向を示す。 ^{137}Cs の分布の下端が未確認の地点があるものの、全般に L_{90} のばらつきは小さい。

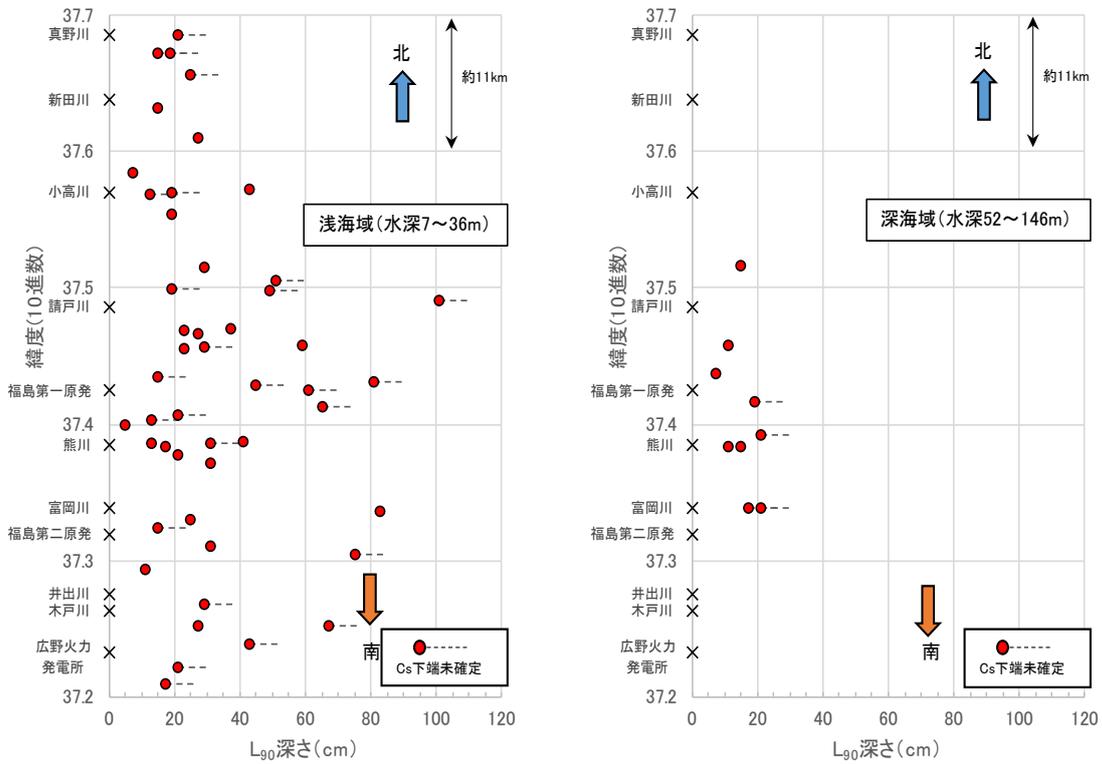


Fig. 3-10 ^{137}Cs 累積量の 90%深さ

④ ^{137}Cs 平均濃度と粒度の関係

Fig. 3-11 に、深さ別に、「① ^{137}Cs 平均濃度の平面分布」で示した各採取地点の ^{137}Cs 平均濃度（各層の分析値の幾何平均）と卓越する粒度の相関を示す。

^{137}Cs 濃度は、多数の既往調査研究例と同様に、粒度が小さいと高くなる傾向を示す。

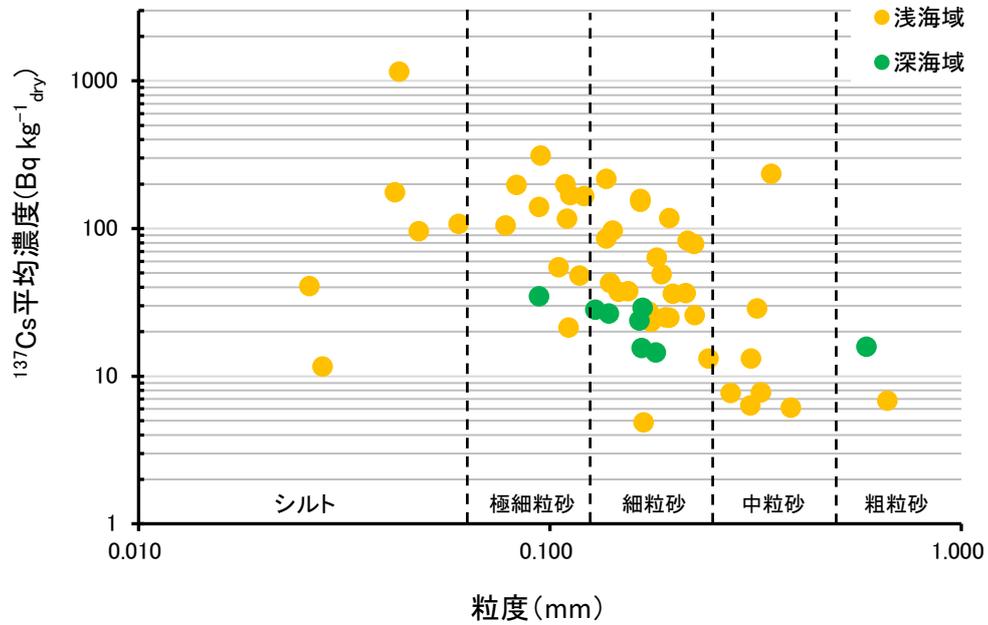


Fig. 3-11 ^{137}Cs 濃度（平均）と粒度の関係

⑤ ^{137}Cs 平均濃度分布の経時変化

Fig. 3-12 に ^{137}Cs 平均濃度の経時変化を示す。Fig. 3-12 は、採泥地点毎の ^{137}Cs 幾何平均値を、「全体」、「浅海域」、「請戸・前田川河口域」等毎に平均化したものである。

前述のように、本年度の採泥地点はこれまでに東電や原子力規制庁、原子力機構等が採泥を行った地点から選定している。しかしながら、原子力規制庁（委託先は海上技術安全研究所（以下、「海技研」という。））及び原子力機構の採泥地点については、毎年度採泥をコンスタントに実施しているとは限らないことから、原子力機構が VCS を実施した平成 25 年度²¹⁾ 及び平成 27 年度と²²⁾、原子力規制庁（海技研、原子力機構）の調査のうち、比較的最近の採泥調査（柱状採泥）の結果が得られている平成 29 年度²³⁾、令和元年度²⁾、令和 2 年度³⁾ 令和 3 年度²⁴⁾ の過去 6 ヶ年と本年度の結果を比較した。

^{137}Cs 平均濃度は、全体として、平成 25 年度から平成 27 年度にかけての低減が大きく、その後は令和元年度まで緩やかに低減する傾向を示す。令和 2 年度は、中央値が令和元年度に比べて上昇したが、これは令和元年 10 月に発生した台風 19 号、21 号の影響を受けたものと思われる。また、令和 3 年度は、令和 2 年度に比べ、 ^{137}Cs 平均濃度の 25% 値から 75% 値の分布範囲が収束する傾向を示した。しかしながら、最大値、最小値は若干上昇する傾向を示した。令和 4 年度では中央値の減少が進み、最大値も小さくなる傾向を示した。

エリア毎では、浅海域は各年度とも濃度の変動幅が大きいが、深海域の濃度変動幅は小さい。特に、深海域の令和 4 年度の結果では、最大値も令和 3 年度より低下しており、底質の放射性セシウム濃度の範囲が、一定の濃度に収束する傾向が示唆される。

特に浅海域に着目すると、小高川河口域では、平成 25 年度に確認されていた数百 Bq kg^{-1} 程度の地点が、平成 27 年度以降は確認されない。請戸川・前田川河口域では、平成 27 年度にかけて濃度の変動幅が大きくなったが、その後は令和 3 年度を除いて、変動幅が小さくなる傾向を示す。1F 前は、他のエリアと比較して濃度変化が小さく、令和 4 年度では、最大値も含めて、 ^{137}Cs 平均濃度は減少した。熊川・富岡川河口域は、令和元年度以降、最大値、最小値の幅の変動がみられ、その ^{137}Cs 平均濃度は、経年変動が小さく推移している。井出川・木戸川河口域の ^{137}Cs 平均濃度はほぼ 100 Bq kg^{-1} であり、一定の推移変動を示す。

Fig. 3-13 に ^{137}Cs 平均濃度の変動が他エリアよりも大きい請戸・前田川河口域と 1F 前の L_{90} の経時変化を示す。 L_{90} は VCS を実施した平成 25 年度、平成 27 年度、令和元年度、令和 2 年度、令和 3 年度と本事業を比較した。請戸川・前田川河口域では、 L_{90} は変動するものの、概ね一定で推移している傾向を示す。しかしながら、令和 4 年度は L_{90} が深いところに位置しており、一部地点で深いところまで ^{137}Cs が堆積していることが示唆される。1F 前では、平成 27 年度を基本と考え、他年度を比較すると、中央値が浅くなる傾向を示した。しかしながら、令和 4 年度では、中央値が深くなっていることが示唆された。請戸川・前田川・1F エリアにおいて、経年変化の明瞭な傾向は不明であるが、今後の推移を検討する必要があると考えられる。

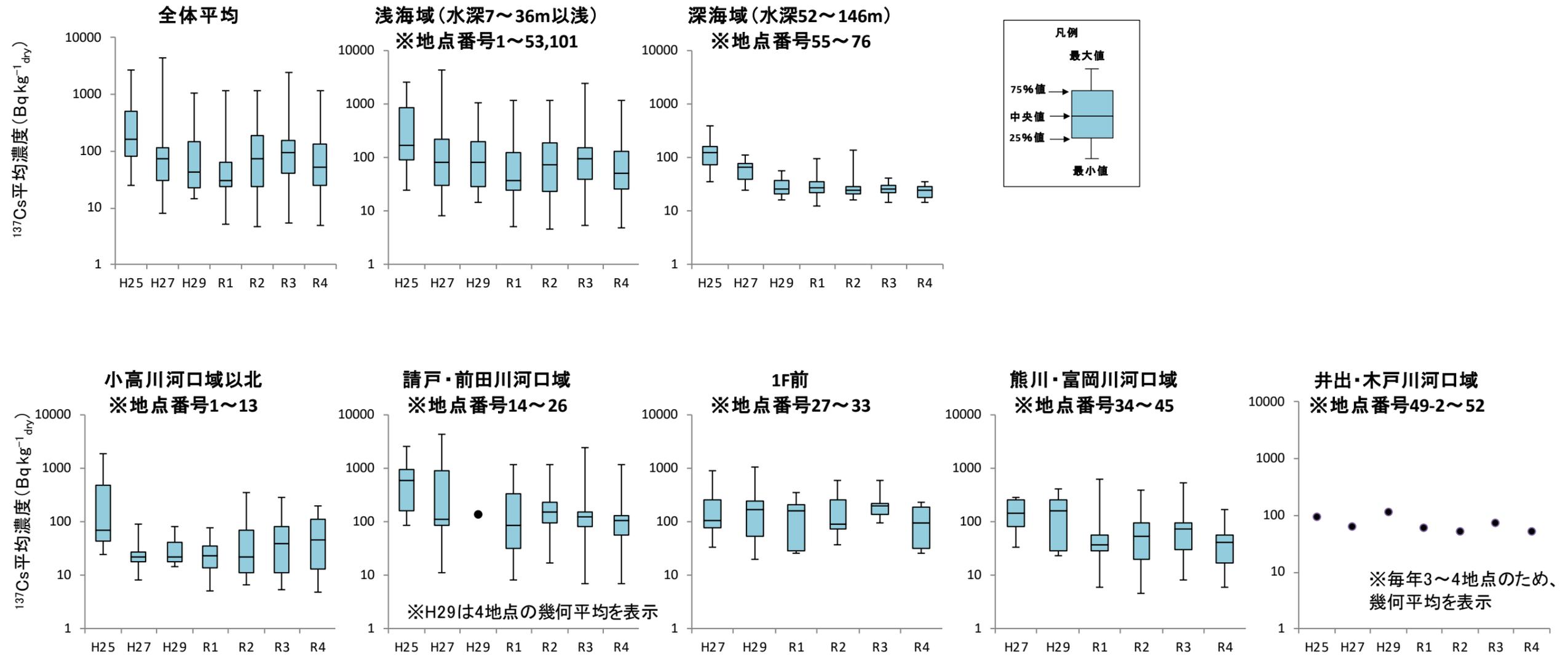


Fig. 3-12 ^{137}Cs 平均濃度の経時変化

※上段：全体平均及び水深区分、下段：河口域
 ※横軸は年度を表す。

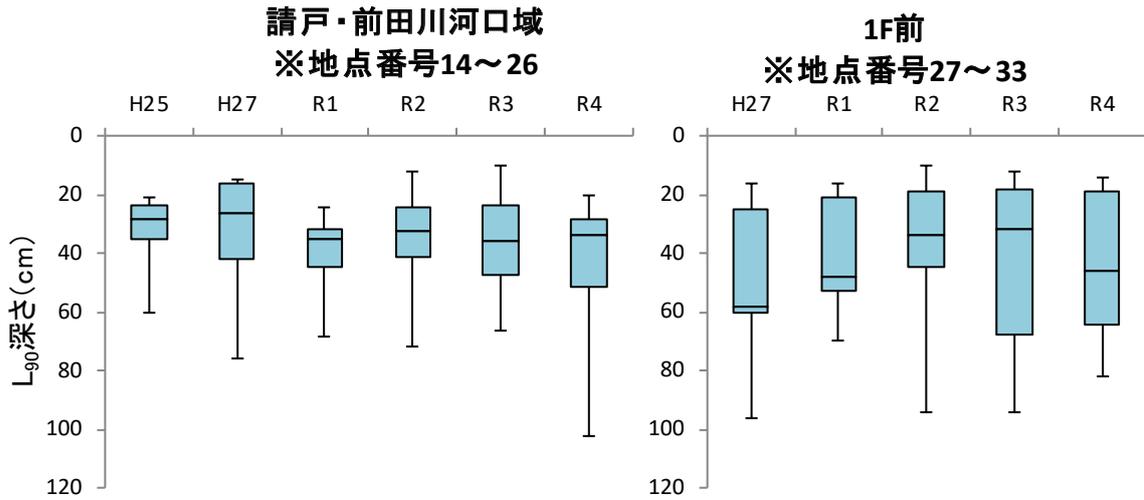


Fig. 3-13 ^{137}Cs の累積量の 90%深さ

※凡例は Fig. 3-12 と同じ。

※横軸は年度を表す。

3.1.4 採泥調査のまとめ

本事業で得られた採泥調査の結果、平成 25 年度から平成 27 年度にかけての低減が大きく、その後は令和元年度まで緩やかに低減する傾向を示した。また、令和元年 10 月に発生した台風による出水の影響で、令和 2 年度は海底土の ^{137}Cs 平均濃度が上昇する傾向を示した。

その後、令和 3 年度は中央値への収束傾向は示すものの、最大値もしくは最小値との乖離が大きくなる傾向を示した。令和 4 年度では、全体的に ^{137}Cs 平均濃度は減少傾向に転じ、最大値と最小値も中央値に近づく傾向を示した。これは、令和元年の出水の影響が概ね落ち着き、潮汐や波浪などの影響で ^{137}Cs 平均濃度の均質化が進んでいる可能性が示唆される。

一方、深海域では令和元年の出水の影響は限定的で、浅海域と異なり、中央値へ最大値、最小値が収束及び ^{137}Cs 平均濃度の減少が継続しており、河川の直接影響は浅海域に比べて小さいことが示唆される。

これらの結果を踏まえ、第 4 章では、特に水深約 36 m 以浅の浅海域エリアについて、放射性セシウム濃度と累積量が高い地点の要因について考察を行う。

3.2 河口域の放射能分布調査

3.2.1 調査目的

河口域の海底土表層における放射性物質濃度は、河川からの流入の状況により変化が大きいと推定される。表層の海底土を計測する方法として耐水性の放射線検出器を水底に沈める in-situ 測定手法が提案されている。眞田ら²⁵⁾は、農業用ため池を対象とし、専用の耐水性 NaI シンチレーション検出器による水底土表層の計測結果とグラブ式サンプリングやコアサンプリングの結果と比較し、よい整合を得ている。そのような技術を基礎とし、原子力機構では無人で操縦可能な船 (USV : Unmanned Surface Vehicle) に検出器を搭載し、海底土表層の放射性物質の計測を平成 27 年から継続的に実施してきた²⁶⁾。

ここでは、そのような継続的なデータが取得されている請戸川河口から南側の海域で測定を行った。測定結果は¹³⁷Cs 濃度マップに加工するとともに、過去データとの比較を行った。

3.2.2 調査内容

3.2.2.1 調査工程

本年度の調査時期及び過去の調査時期について Table 3-6 に示す。

Table 3-6 調査工程表

調査回数	調査日	調査回数	調査日
1回目	2015年10月26～29日	7回目	2017年10月16～17日
2回目	2015年11月25～28日	8回目	2018年10月4～5日
3回目	2016年1月21日	9回目	2019年10月21日
4回目	2016年9月26日	10回目	2020年11月12、16、17日
5回目	2016年11月7日	11回目	2021年12月5日
6回目	2017年7月10～12日	12回目	2022年11月15日

3.2.2.2 調査方法

① Windy3S (USV)

ここでは、Windy3S の性能の概要について記述する。詳細は、千賀ら (2004)²⁷⁾ に詳しい。使用した Windy3S の外観及び性能諸元について Fig. 3-14 に示す。Windy3S は、FRP 製のヨットをベースとしており、ディーゼルエンジン発電機によりバッテリー (12V105Ah 鉛蓄電池 8 個) を充電し、この電力で直流モータに直結したスクリューを駆動する電気推進船である。船首には船の向きを変えるためのサイドスラスタを搭載し、定点保持の性能を向上させている。甲板上には風向風速計及び外部監視用の web カメラを搭載し、遠隔で船の周囲の状況をモニターすることができる。船首及び船首に設置した 2 つの Differential Global Positioning System (DGPS) により位置情報及び船首の方向の情報を取得することができる。燃料タンクの容量は 1,400 L であり、無保守で 240 時間走行可能である。通信システムは、無線 LAN と衛星回線を装備しており、遠隔で制御信号を送受信することが可能である。無線 LAN での通信距離は約 5 km である。

機体の操縦は専用のソフトウェアで行い、操縦棒式のゲーム用コントローラを用いる手動操縦と、地図上に目的地 (Way-point) を設定する自動操縦の機能を有する。船内には、テンションメータ付の電動ウィンチを備え、Conductivity Temperature Depth profiler (CTD) 付の放

射線測定システム (NaI (Tl) シンチレーション検出器, ATOMTEX 社製, ウクライナ) の海中での昇降が可能である。ウィンチの操作は、操縦桿の昇降用ボタンで手動操縦する。ウィンチの作動状況については、船内に設置されている web カメラで視認可能である。ケーブル長は 200 m であり、測定中に船が移動しても検出器の位置を保持するためテンションメータの信号を閾値として自動でケーブルの繰り出し及び巻き取りが可能である。



項目	詳細
寸法	7.99 m (L) × 2.80 m (B)
最大排水量	3.0 ton
構造	FRP
推進力	DCサーボモータ駆動プロペラ (DTME-G96150X,Unitec)
サイドスラスタ	株式会社高澤製作所製サイドスラスタ
発電機	DC24V,1.5kW発電機 (SD1500,Sawafuji) AC100V,3.1kW発電機 (SG7500,Sawafuji) ディーゼルエンジン (D131,1315cc,19PS/1800rpm,YAMAHA)
バッテリー	M27MF (12V105Ah,Voyage) × 8 24V210Ah + 12V315Ah + 12V105Ah
燃料容量	軽油 700L × 2
速力	3 knot (平水時)
航続時間	240 時間 (無保守)
放射線検出器	ATOMTEX社製 AT6104DM, NaI(2.5' × 2.5' H)
CTD	TELEDYNE RD INSTRUMENT社製(CITADEL CDT-NV)
双方向通信	無線LAN
位置送信	Iridium衛星通信

Fig. 3-14 Windy3S の外観

② 放射線測定システム

放射線測定システムは、2" × 2" の NaI シンチレータを採用した検出器と傾斜計を耐水性の容器に配置し、これを海底に着底させてデータを光ケーブルで船内に配置した PC に送信する。船内の PC から船体の制御情報とともに地上局に送信される。Fig. 3-15 にシステムの構成について示す。測定データは、検出器の全計数率及び傾斜計の情報を地上局 PC でリアルタイムに確認することができる。また、 γ 線のスペクトル情報 (512 ch, 20-3,000 keV) については、船内の PC に保存される。このように、放射性セシウム (^{134}Cs , ^{137}Cs) の放出する γ 線に対応するピークが確認できる。この γ 線スペクトルから放射性セシウムの γ 線ピークの計数率を積算し、濃度換算が可能となる。

実際の海底の測定時には、測定予定地点に Windy3S を誘導し、定点維持操作を行いつつ、検出器を海底に降ろす。傾斜計が横に 0° (下向きを 90° とする) を示した時点で測定器の計測を開始する。福島沖での測定時間は、計数率データと検出器のバックグラウンド計数率から計算し判断する。測定開始後、海流の影響や船体に引っ張られることにより検出器が移動した場合には、傾斜計の数値を指標として、解析する測定データから除外する。Fig. 3-16 に、実際の海底測定時における検出器の計数率と傾斜計のデータを示す。Fig. 3-16 (a) に示すように、測定時間の間に検出器の移動がない場合にはデータを積算し解析できるが、Fig. 3-16 (b) に示すように測定後、検出器が移動してしまった場合でも傾斜計の情報から検出器が横になっている時間のデータを抽出し積算して解析可能となる。

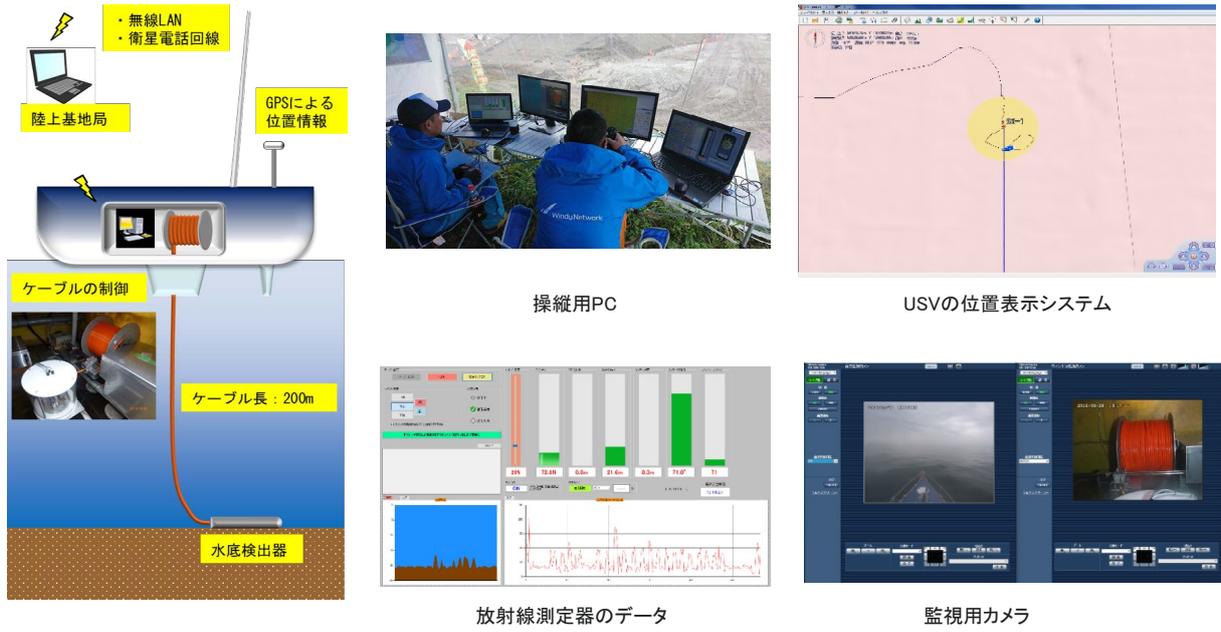


Fig. 3-15 放射能観測システムイメージ及び写真

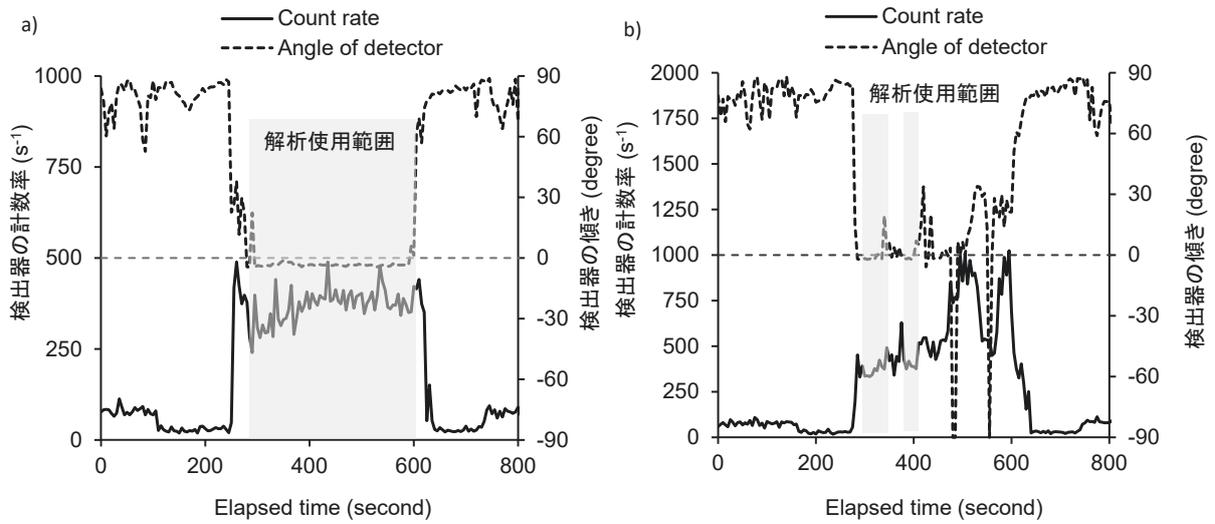


Fig. 3-16 検出器の傾きとデータ抽出イメージ

3.2.2.3 測定方法

放射線測定システムを Windy3S に搭載し、海底放射能分布観測試験を請戸川の南側の海域で実施した。測定海域を Fig. 3-17 に示す。

1F から約 5 km に位置する請戸川河口域の測定エリアは、底質の粒径が細かい細砂及びシルト状である請戸川の河口から南に約 1 km、陸地から約 1 km 離れた場所を設定した。観測エリアの水深は 10~20 m 程度である。測定地点は、南北方向 1.2 km×東西方向 1.5 km の範囲に設定し、測定地点間の間隔は南北方向 300 m、東西方向 500 m で合計 20 点とした。Windy3S を操作する基地局は請戸漁港付近の陸上に設置し、基地局から観測地点までの距離は最大で約 3 km とした。

Windy3S は陸上基地局から手動で操縦し、あらかじめ決められた測定地点で船を定点維持させ検出器を海底に降ろし、検出器のデータ取得を開始した。測定時間は 1 地点につき 180 秒間（3 分）とした。測定時間中は、基地局の地図上に表示される船の位置を目視で確認しつつ定点維持のための操作を行った。USV の定点維持は海底の放射線測定の精度に影響を与える重要な因子であることから、測定を開始した後の実測時の船の移動状況について GPS による位置情報から評価を行った。また、検出器の傾斜計や計数率のデータを常時監視し、大きな変動が認められた場合は再測定を実施した。

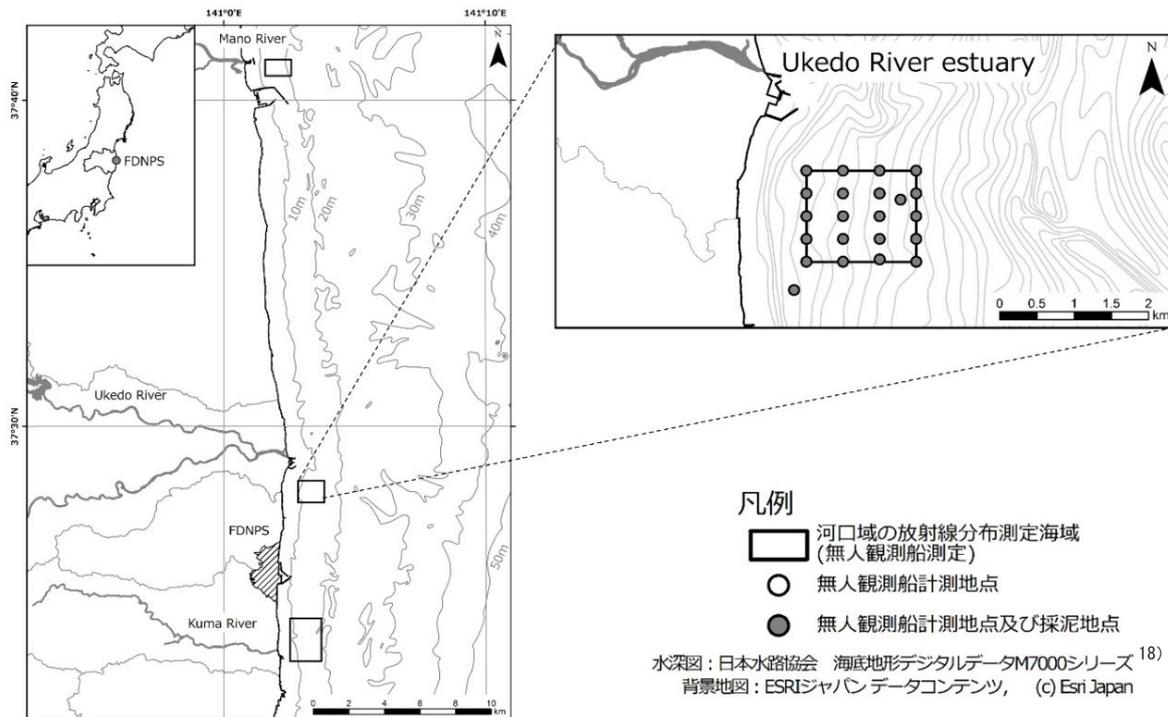


Fig. 3-17 測定対象海域

3.2.2.4 解析方法

得られた γ 線スペクトルの解析には、MMGC (Man Made Gross Count) 法を準用した⁴⁾。本方法は天然核種のみを含む地域を測定して得られる γ 線スペクトルについて、放射性セシウムが放出する γ 線を含まない1,300~2,800 keVの計数率と全計数率の比 (BG-index: I_{BG}) が一定であることを前提とする。本方法のメリットは、コベル法による放射性セシウム起源のピーク計数率を求める手法に比べて計数率が稼げることにある。

実際には、検出器毎に、あらかじめ放射性セシウムによる汚染がない地域の水底を測定して得られたデータを基に I_{BG} を設定する。その後、実際に放射性セシウムが存在する地域で取得した γ 線スペクトルの1,300~2,800 keVの計数率を計算し、計数率とBG-indexから天然の放射性核種由来の計数率を減算する。 I_{BG} 算出に用いるスペクトルのROI (Region of Interest) のイメージをFig. 3-18に示す。 I_{BG} については、静岡県三保港において、港湾内の10地点で180秒のデータを取得し、平均化したスペクトルから決定した。本手法において、場所の違いによる海底土の⁴⁰K、ウラン系列及びトリウム系列の割合の変化が I_{BG} には大きく影響しないことが前提となる。

天然の放射線の影響を除いた計数率から表層の海底土中の¹³⁷Cs濃度に換算するため、平成27~令和元年まで請戸川沖及び真野川沖の測定エリアにて、USVによる測定データと同地点でエクマンバージ採泥器による表層海底土を取得した。海底土は湿潤状態のまま、U8容器に封入し、実験室でGe半導体検出器により定量した。換算係数は、サンプル採取のばらつきの影響を小さくするため、エリアで20点以上取得し、USVの測定データ及びサンプルの測定結果を平均化して換算係数 (CD : cps Bq⁻¹ kg_{wet}) を求めた。Fig. 3-19に散布図として示す。このように、ばらつきはあるものの、正の相関関係にあり、その傾きを CD と定義した。

これらのパラメータを用いた放射性セシウムの沈着量の算出手順を以下に示す。また、計算式を式(1)に示す。

- 1) 測定で得られた γ 線スペクトルから1,300~2,800 keVの計数率を計算する。
- 2) C_{BG} にBG-index (I_{BG} : 30) を乗じて天然放射性核種起源の計数率を算出する。
- 3) C_{net} から2) で求めた計数率を差し引く。
- 4) 2011年3月15日時点の¹³⁷Cs:¹³⁴Cs=1:1と仮定し、測定日まで物理的半減期による減衰率 (R_{Cs}) を計算する。
- 5) CD (0.47) で除することで¹³⁷Csの濃度 (RC) を算出する。

$$RC = \frac{(C_{net} - C_{BG} \cdot I_{BG})}{CD} \times R_{Cs} \quad (1)$$

これらのパラメータを設定したことにより検出下限値の算出が可能となる。一般的な検出下限値の算出式(4)で計算した。 N_B は福島沖で測定される平均的計数として54 cpsと設定した。計算の結果、本手法による検出下限値は、100 sの測定時間(約100 m分)及び95%信頼区間で7.0 Bq kg⁻¹_{wet}と評価できる。

$$N_D = 4.653\sqrt{N_B} + 2.706 \quad (2)$$

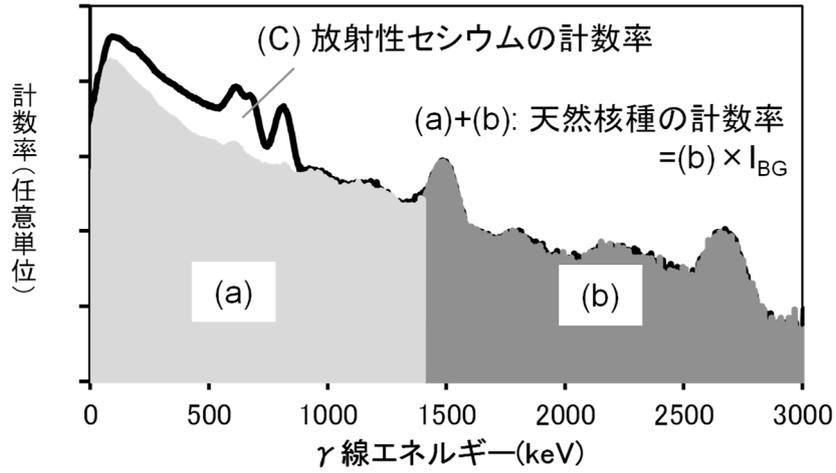


Fig. 3-18 MMGC 法によるスペクトルの分割イメージ

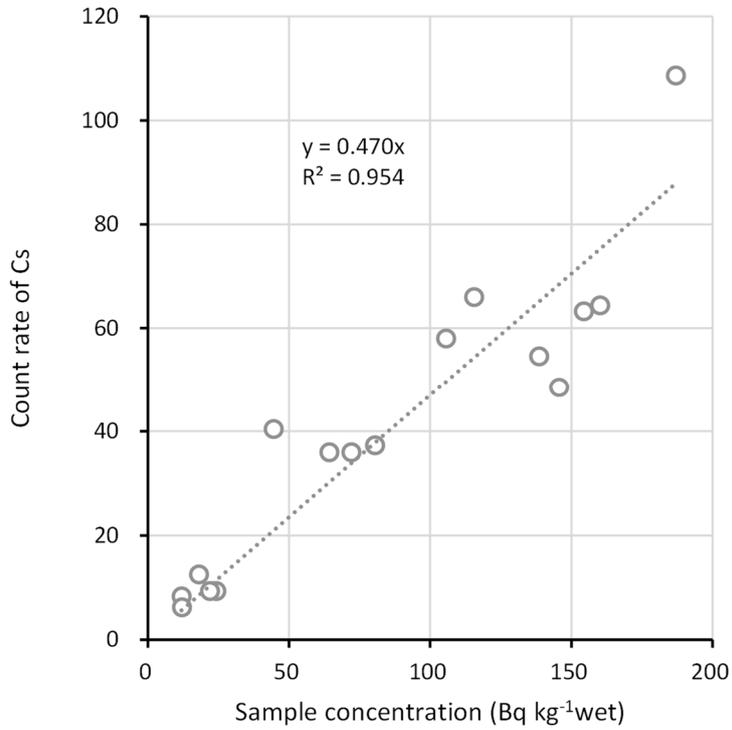


Fig. 3-19 換算係数の決定

3.2.2.5 海底土サンプルとの比較による信頼性評価

本手法による信頼性を評価するため、同地点において取得したエクマンバージ採泥器による表層海底土 (0-10 cm) の ^{137}Cs 湿潤濃度と USV による換算結果を比較した。詳細は令和 3 年度報告書²⁴⁾に記載しているため、比較結果のみ Fig. 3-20 に示す。

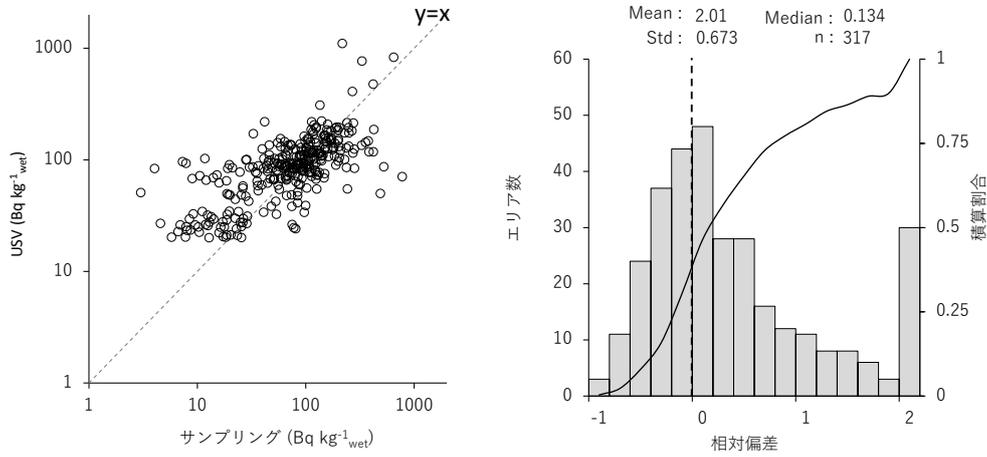


Fig. 3-20 海底土サンプルとの比較

3.2.3 調査結果

3.2.3.1 測定結果

本年度のUSVにより観測された海底堆積物中の放射能濃度分布をFig. 3-21に示す。マップは、市販のGISソフトウェア（ArcGIS：ESRI社）により、測定結果を内挿法の一つであるIDW法により50 mメッシュで内挿し、コンター図として示している。

調査海域の ^{137}Cs 濃度分布は、概ね80~160 Bq/kg-wet以下となっており、特に中央部から南東にかけては40 Bq kg $^{-1}$ _{wet}以下となった。

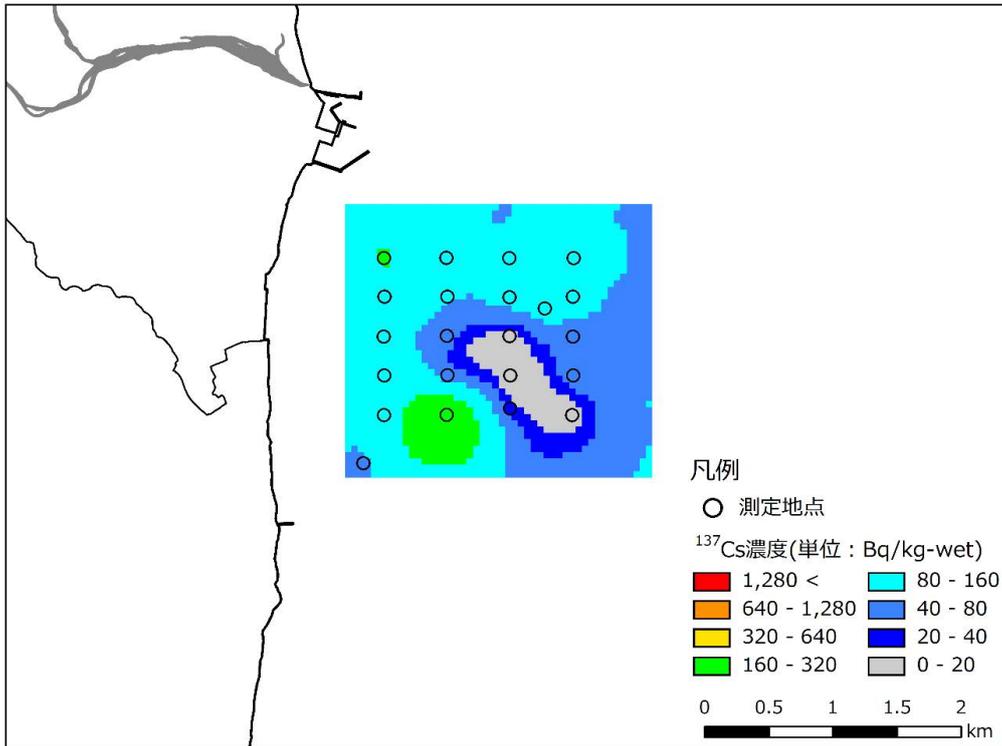
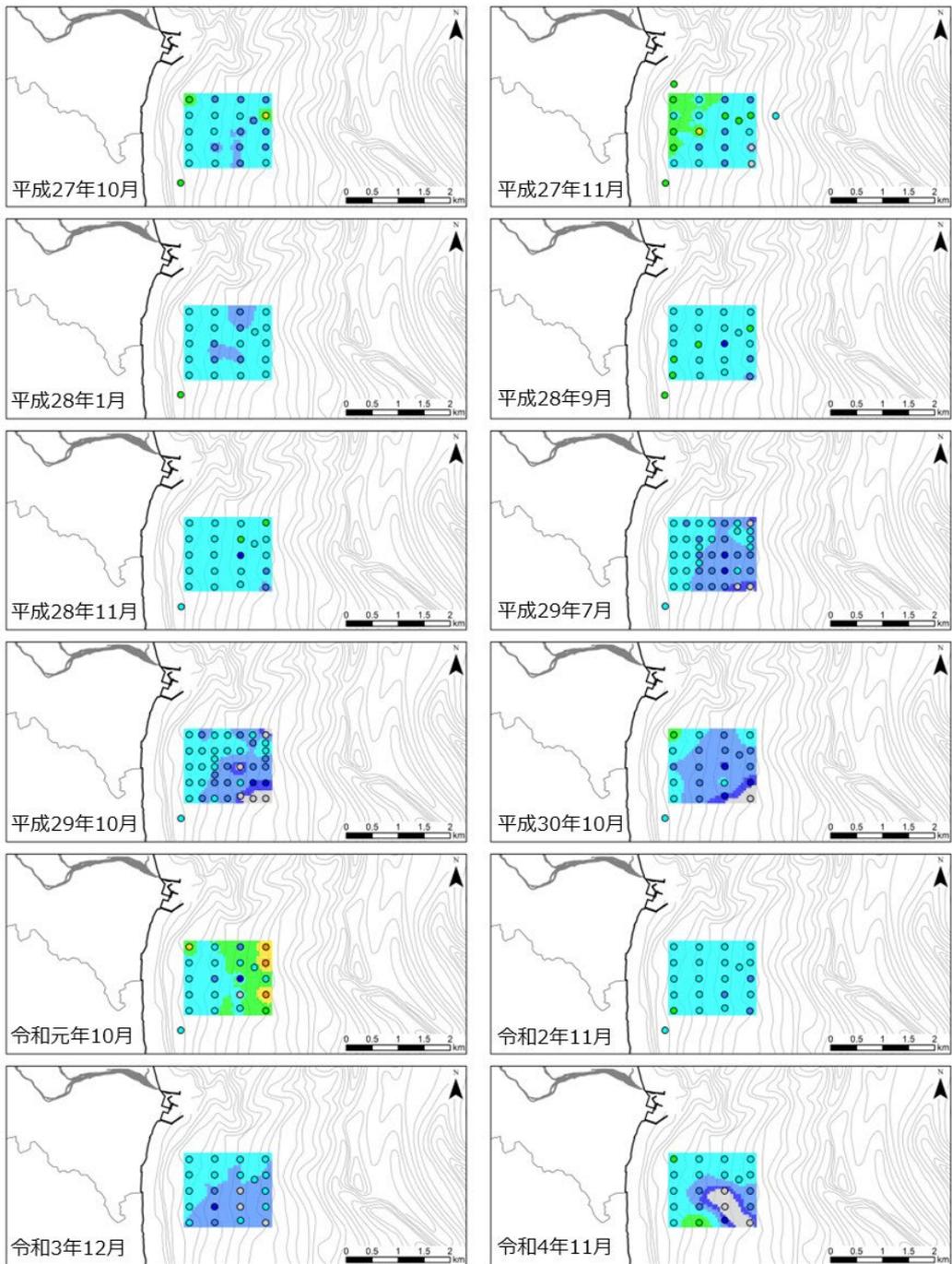


Fig. 3-21 USVによる海底土表層の ^{137}Cs 濃度マップ

3.2.3.2 変化傾向

過去に同様な測定データのある請戸川河口域のマップをFig. 3-22、経年変化をFig. 3-23に示す。請戸川沖の濃度マップでは、令和元年度に測定日の3日前に通過した台風の影響で濃度の上昇が確認された結果と比較すると全体的に減少傾向にあり、令和4年度の測定結果は令和元年度以前の濃度レベルに近づくことが分かる。請戸川は、1F周辺の河川の中で、最も流域面積が大きく、シミュレーションによる評価でも海域への供給量の最も大きい河川であることが知られている。河口域の底質における放射性セシウム濃度においては、台風等の影響を受けやすいが、1年以内に濃度は台風前の水準に近づくことが示唆される。今後も変化傾向を観察することが望ましい。



凡例

¹³⁷Cs 濃度(単位 : Bq/kg/-wet)

- 無人観測船計測地点
- 1,280 < (Red)
- 640 - 1,280 (Orange)
- 320 - 640 (Yellow)
- 160 - 320 (Light Green)
- 80 - 160 (Cyan)
- 40 - 80 (Blue)
- 20 - 40 (Dark Blue)
- 0 - 20 (Grey)

18)

水深図 : 日本水路協会 海底地形デジタルデータM7000シリーズ
背景地図 : ESRIジャパンデータコンテンツ, (c) Esri Japan

Fig. 3-22 請戸川沖におけるUSVによる海底土表層の¹³⁷Cs濃度マップ

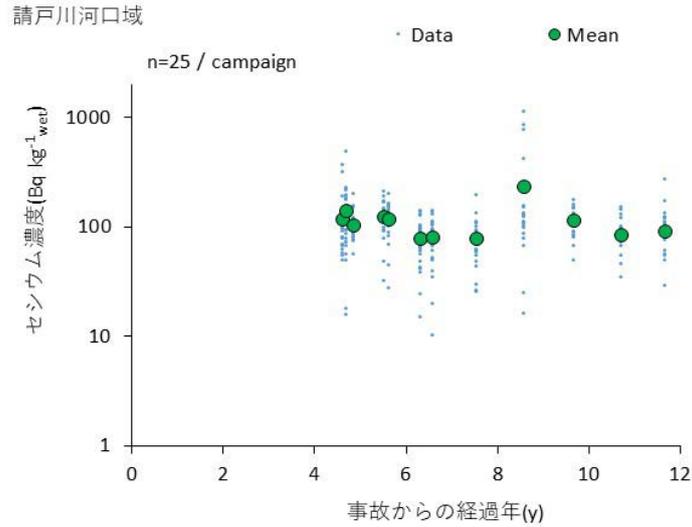


Fig. 3-23 請戸川沖における USV による海底土表層の ^{137}Cs 濃度の変化傾向

3.2.4 河口域の放射能分布調査のまとめ

請戸川河口域の海底土表層における放射性物質濃度について、USV による計測を実施し、 ^{137}Cs 濃度マップに加工するとともに、過去データとの比較を行った。その結果、請戸川河口域で最大約 $170 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{wet}}$ の ^{137}Cs 濃度を確認した。

事故後、定期的にデータを取得できている請戸川河口域では、平成 27 年から平成 30 年にかけて、海底土表層の ^{137}Cs 濃度が減少する傾向を示す。台風による大規模出水があった後、令和元年 10 月の測定では、平成 30 年 10 月と比較して ^{137}Cs 濃度が増加した。その後、令和 2 年の測定では、 ^{137}Cs 濃度が低下する傾向を示しており、令和 4 年の測定では、出水前の水準以下になっていた。このような大規模出水では一時的に影響があるものの、影響が残り続ける可能性は小さいことが示唆された。

4 1F 前面海域の海底土放射性物質分布の考察

3章において1F 前面海域の海底土中の放射性セシウムの分布に関する調査結果を記載した。本章では、それらの調査結果に基づき、福島沿岸域における海底土中の放射性セシウムの分布に影響を与える要因について考察を行う。

4.1 海底土中の放射性セシウム分布と海底地形の関連について

令和元年度から令和3年度^{2)、3)、24)}で報告されているように、海底土中の放射性セシウムの分布は、海水の滞留を生じさせる海底地形と関連を有する可能性が指摘されている。そこで、過年度までの海底地形・海底土分布調査の結果に基づき、放射性セシウムの分布をより定量的に考察した。

4.1.1 海底地形と放射性セシウム量の関係

福島県沿岸域における海底土の分布の特徴のうち、海水の流れが滞留する要因を有する地形としては、過年度に報告されている、「③崖の基部（窪地含む）」があげられる。Fig. 4-1に概念図を示す。海水の流れに対して、崖や窪地は流速の低下を生じさせる壁として機能すると想定されることから、両地形においては、海水中に含まれる粒子の沈降が促進され、粒子に付着している放射性セシウムが集積することが考えられる。特に周囲を崖に囲まれた窪地では、海水の流速低下が大きく、その結果としてより細粒の粒子の沈降が促進されると推定される。

そこで、3.1節の採泥調査で取得した海底土の放射性セシウム濃度及び累積量と、崖と窪地からの距離の相関を検討した。具体的には、ESRI ジャパン社製 ArcGIS (3D Analyst) を用いて、海底地形データから、各メッシュ（約 25 m 間隔）の近接地点の勾配を解析し、勾配が 1° 以上（海底地形傾斜と、海底地形データのメッシュ間隔（約 25 m）を考慮すると、勾配 1° は垂直方向で 0.7 m 程度の比高差に相当）の地点を抽出、それらの側方への連続性及び一定程度の幅（勾配が 1° 以上のグリッドが冲向きに連続することにより、2 m 程度の比高差の崖を構成）を有するグリッド群を Fig. 4-1 に示す崖として認定した (Fig. 4-2)。認定した崖から本年度の採泥地点までの最短距離を計測し（各メッシュの中心距離）、その距離と放射性セシウムの濃度（平均値）、累積量、の相関を検討した。さらに、崖からの距離と Table 3-5 に示した粒径分布を比較した。それらを Fig. 4-3 に記載する。

Fig. 4-3 によると、放射性 Cs 濃度の平均と最大値は、各地点で変動はあるものの、全体的に数十から数百 Bq/kg の範囲を示した。一方で、最大値が他地点より高くなる地点が観測された（地点番号 19）。この地点は請戸川の河口から 1 km 程度と近い場所であり、河川の影響を大きく受けていると考えられる²⁸⁾。また、窪地（地点番号 15-2、29、41）に着目すると、崖からの距離が近い地点が窪地となることが多く、¹³⁷Cs 濃度も比較的高い傾向を示している。

^{137}Cs 量に着目すると、崖との距離が近いほど、累積量が多くなる傾向を示した。さらに、粒径分布に着目すると、崖から 100 m 程度の距離まで 0.2 mm 程度の粒径が卓越する。これは、崖によって流速低下・滞留が生じ、微細な堆積物が溜まりやすい環境にあることを示唆していると考えられる。

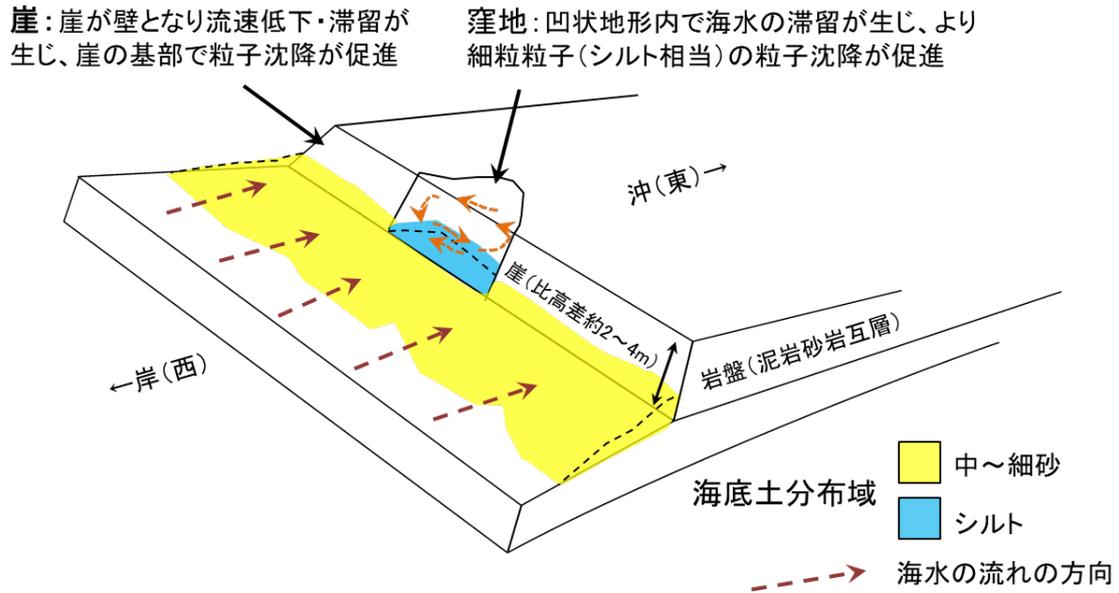
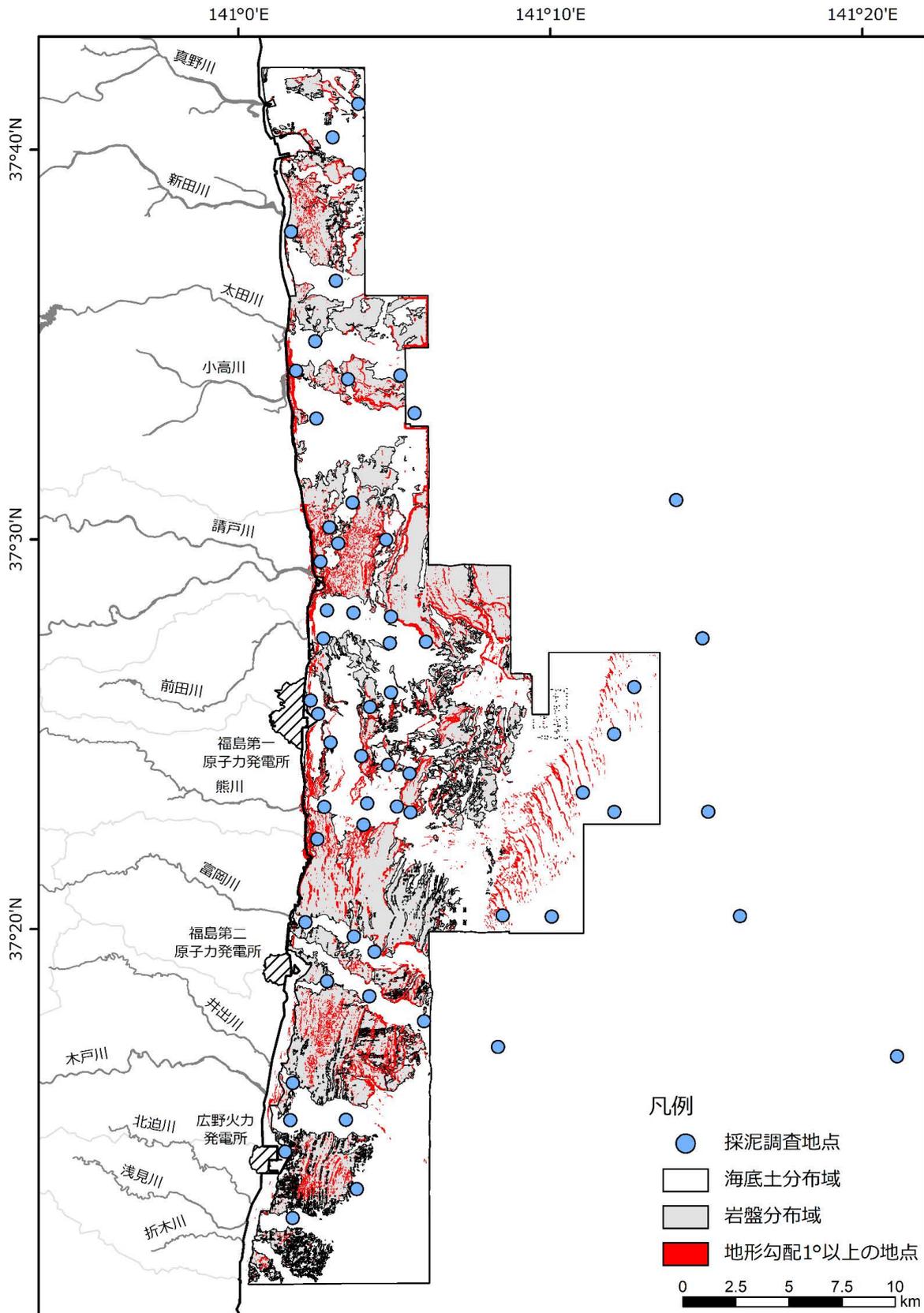


Fig. 4-1 調査海域の崖地形における海底地形と海水の滞留、粒子の沈降等に関する概念図



背景地図：ESRI ジャパンデータコンテンツ、(c) Esri Japan

Fig. 4-2 地形勾配1°以上の地点

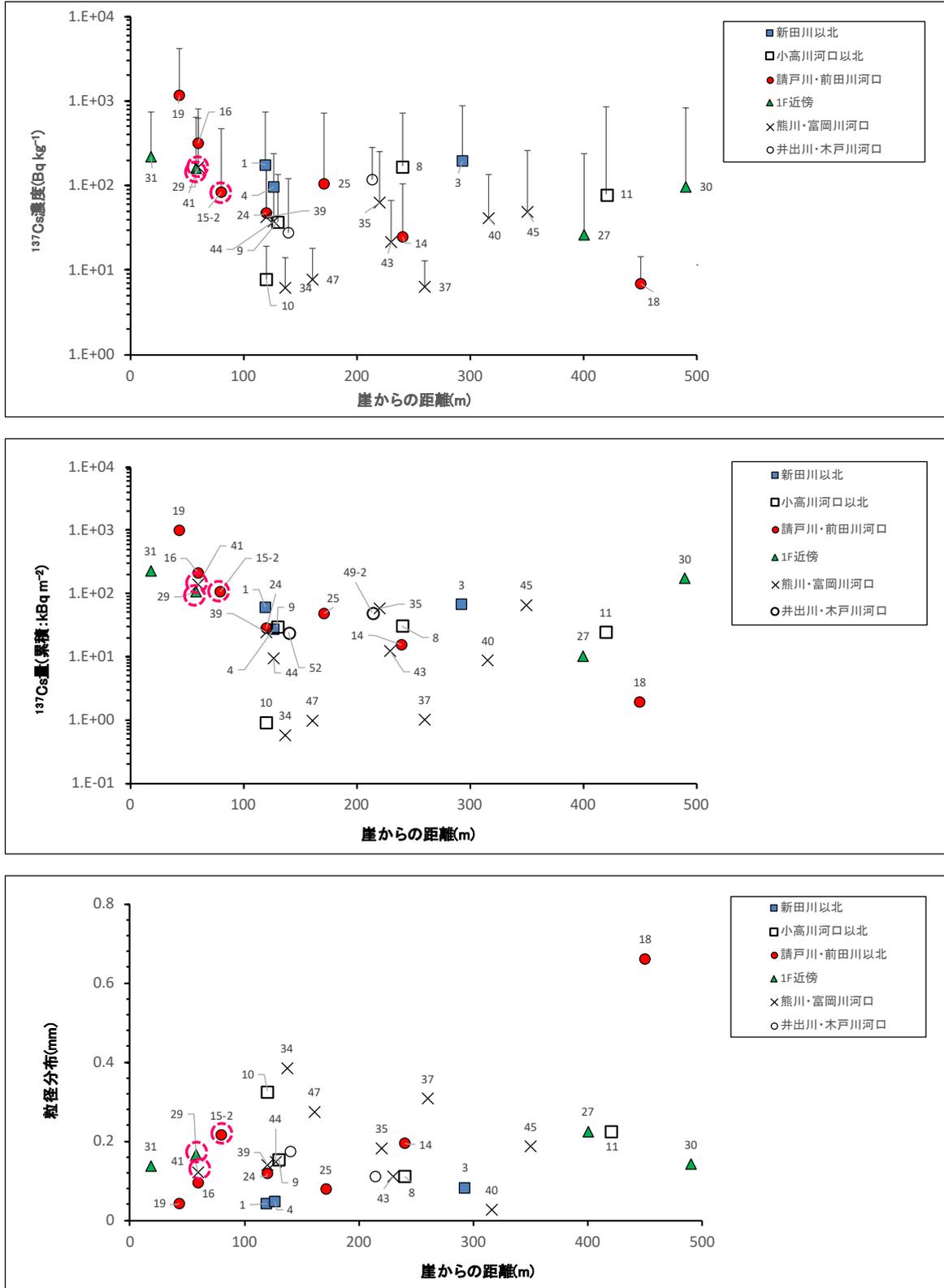


Fig. 4-3 ^{137}Cs 平均濃度及び ^{137}Cs 累積量と崖からの距離の相関

4.1.2 放射性セシウム量の試算

以上の検討を踏まえ、以下の考え方にに基づき、海底地形及び海底土分布の情報が得られている浅海域の放射性セシウム総量 (^{137}Cs 量) を試算した。

- 3.1.3.2に示す通り、河口域によって放射性セシウム濃度、累積量等が異なることから、試算するエリアを、真野川・新田川河口域 (エリア 1)、太田川・小高川河口域 (エリア 2)、請戸川・前田川河口域 (エリア 3)、1F・熊川・富岡川河口域 (エリア 4)、及び井出川・木戸川河口域 (エリア 5) に分割 (分割図は過年度報告書を参照²⁴⁾)。
- エリア毎に、分布面積と本年度の調査で取得した放射性セシウムの累積量 (kBq m^{-2}) を乗じて、放射性セシウム総量を算定。放射性セシウムの堆積場としては、以下の4区分を設定。
 - ・ 岩盤 (放射性セシウムの堆積はないと仮定)
 - ・ 盆状+直線状 (「盆状」と「直線状」は放射性セシウムの分布の相違は明瞭でないため同じ区分)
 - ・ 崖から 100 m の範囲 (請戸川・前田川河口域)
 - ・ 窪地 (請戸川・前田川河口域及び熊川・富岡川河口域)

各エリアの放射性セシウム総量を Table 4-1 と Table 4-2 にそれぞれ示す。

本年度の調査結果に基づく福島沿岸域 (沖合約 5 km まで; 水深約 30 m) の放射性セシウム総量は、約 10 TBq と試算された。過年度とは各地点の採取長、Ge 分析層の違いで放射性セシウム量の計算が異なるため、一概に比較できないが、令和 3 年度の調査結果²⁴⁾ と比較すると、全体で約 7 TBq の減少がみられた。一方で、請戸川河口域付近の窪地で 1 地点のみ増加する傾向がみられた (UKER-19)。このような窪地は海流等の影響を受けにくい場合があるため、堆積物の移動量が周囲よりも小さいことが考えられる。

しかしながら、Fig. 3-12 に示すように請戸川河口域において、平均 ^{137}Cs 濃度に大きな変化は無く、請戸川河口域で測定している表層 ^{137}Cs 濃度 (Fig. 3-22) の上昇もみられない。そのため、放射性物質が沿岸堆積物に集積しているとは考えにくい。引続き、放射性セシウムの増減傾向を確認する必要があると考えられる。

Table 4-1 各エリアの放射性セシウム総量 (¹³⁷Cs 量)

エリア1：真野川・新田川河口域				エリア2：太田川・小高川河口域			エリア3：請戸川・前田川河口域		
放射性セシウム累積区分	m ² あたりの放射性Cs量 (kBq)	分布面積:km ² (調査対象面積%)	Cs量 (TBq) (調査対象域Cs量%)	m ² あたりの放射性Cs量 (kBq)	分布面積:km ² (調査対象面積%)	Cs量 (TBq) (調査対象域Cs量%)	m ² あたりの放射性Cs量 (kBq)	分布面積:km ² (調査対象面積%)	Cs量 (TBq) (調査対象域Cs量%)
①岩盤	0	15.2 (39%)	—	0	18.2 (34%)	—	0	26.4 (54%)	—
②盆状+直線状	35(±23) (n=5)	26.4 (61%)	0.81 (100%)	22(±17) (n=7)	34.8 (66%)	0.75 (100%)	66(±65) (n=6)	21.1 (43%)	1.4 (90.9%)
③崖	—(考慮しない)	—(考慮しない)	—(考慮しない)	—(考慮しない)	—(考慮しない)	—(考慮しない)	107 (n=2)	1.2 (2.5%)	0.12 (8.4%)
④窪地	—(無し)	—(無し)	—(無し)	—(無し)	—(無し)	—(無し)	610 (n=1)	0.02 (0.04%)	0.01 (0.8%)

エリア4：1F・熊川・富岡川河口域				エリア5：木戸川・井出川河口域		
放射性セシウム累積区分	m ² あたりの放射性Cs量 (kBq)	分布面積:km ² (調査対象面積%)	Cs量 (TBq) (調査対象域Cs量%)	m ² あたりの放射性Cs量 (kBq)	分布面積:km ² (調査対象面積%)	Cs量 (TBq) (調査対象域Cs量%)
①岩盤	0	53.4 (48.7%)	—	0	25.9 (31%)	—
②盆状+直線状	76.6(±84) (n=18)	55.9 (51.0%)	4.28 (98.9%)	46(±23) (n=4)	57.1 (69%)	2.63 (100%)
③崖	—(考慮しない)	—(考慮しない)	—(考慮しない)	—(考慮しない)	—(考慮しない)	—(考慮しない)
④窪地	122 (n=2)	0.4 (0.3%)	0.04 (1.1%)	—(無し)	—(無し)	—(無し)

Table 4-2 本年度の調査結果に基づく福島県沿岸域における放射性セシウム総量 (¹³⁷Cs 量)

堆積場	¹³⁷ Cs量 (TBq) (調査対象域総 ¹³⁷ Cs量%)					
	エリア1	エリア2	エリア3	エリア4	エリア5	計
①岩盤	—	—	—	—	—	—
②盆状+直線状	0.81	0.75	1.4	4.28	2.63	9.87 (98.7%)
③崖	—	—	0.12	—	—	0.12 (1.2%)
④窪地	—	—	0.01	0.04	—	0.05 (0.1%)
計	0.81 (8.1%)	0.75 (7.5%)	1.53 (15.3%)	4.32 (43.0%)	2.63 (26.2%)	10.0

5 計量魚群探知機を用いた生物分布調査

5.1 調査目的

海産物への放射性セシウムの移行は、海水と餌経路で取り込まれることが報告されている²⁹⁾。水産庁の報告によると、海産物中の放射性セシウム濃度は、ほぼ 100 Bq kg⁻¹ 以下を示している³⁰⁾。しかしながら、一部の魚種で基準値を超えてしまう場合もあり、水産業の再開・発展のためにも水産物中の放射性物質濃度の継続評価が必要となる。

本章では、生息場と水産物分布に着目し、計量魚群探知機を用いた試験的な生物分布調査を実施した結果について報告する。

5.2 調査内容

5.2.1 試験工程

調査工程を Table 5-1 に示す。現地における調査は令和 4 年 12 月 6 日～12 月 13 日に実施した。測定は魚類の活動が活発な午前中に実施した。

Table 5-1 調査工程

調査項目	R4年										R5年		
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
調査計画			←→										
計量魚群探知機を用いた魚類分布調査									↔				
データ解析									←→				

5.2.2 対象海域

調査範囲は Fig. 5-1 に示す A 区域とした。区域は令和 3 年度²⁴⁾に魚群が確認されている地域を設定した。A 区域内に 200 m 間隔の東西方向の測線を設定し、沿うように航走し、3 日間の観測を実施した。

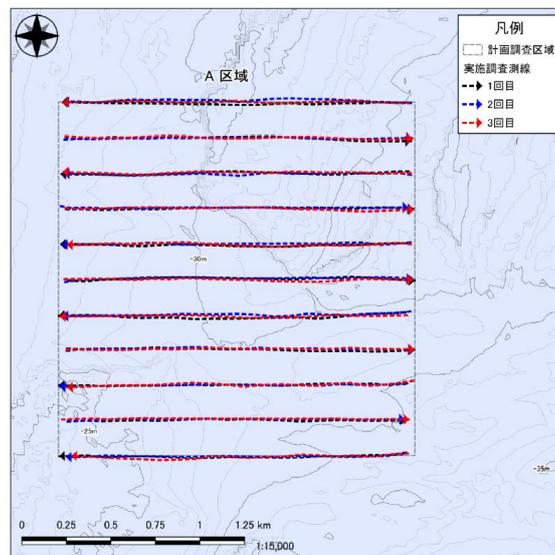


Fig. 5-1 調査範囲

5.2.3 調査方法

計量魚群探知機は海中に超音波を発射し、魚類などに当たって反射する音波の強さを利用して、魚類の大きさや数を測定する装置である。魚類や大型プランクトンなどの水産資源の検出には 18 kHz～200 kHz の周波数を使用したトランスデューサーが使用される³¹⁾。特に魚類の観測については、38 kHz や 70 kHz の周波数が多く使用されている³²⁾。しかしながら、38 kHz のトランスデューサーは機器自体のサイズが大きく、小型船に不向きであるため、本調査では、70 kHz の周波数帯を使用できる計量魚群探知機（WBT Mini EK80、SIMRAD 製、ノルウェー）を使用した。

本調査では面的な魚群を評価するため、水中カメラを投入することで直接魚群を観察することを試みた。作業のイメージを Fig. 5-2 に示す。

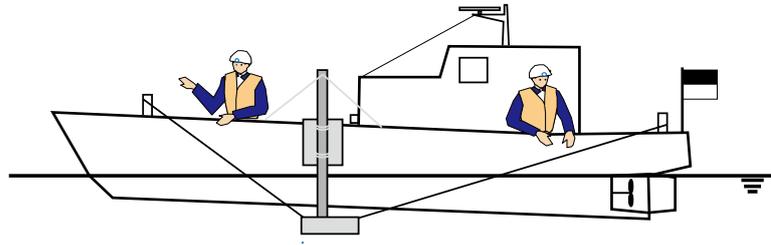


Fig. 5-2 作業イメージ

5.2.4 校正方法

調査前に、2015 年の ICES ガイドライン³³⁾ の校正球方法に従い、計量魚群探知機の校正を実施した。校正は Fig. 5-3 に示すように、タングステンカーバイト校正球（WC-Co 38.1 mm、SIMRAD 製、ノルウェー）を釣り糸でトランスデューサー直下約 4 m に吊り下げ、音速値を使用して校正を実施した。水柱平均音速値は現地の水柱平均水温と水柱平均塩分を RINKO-Profiler（JFE アドバンテック製、日本）で測定し、Mackenzie (1981)³⁴⁾ の式を使用して計算した。Table 5-2 に水柱平均水温、水柱平均塩分、水中平均音速を示す。

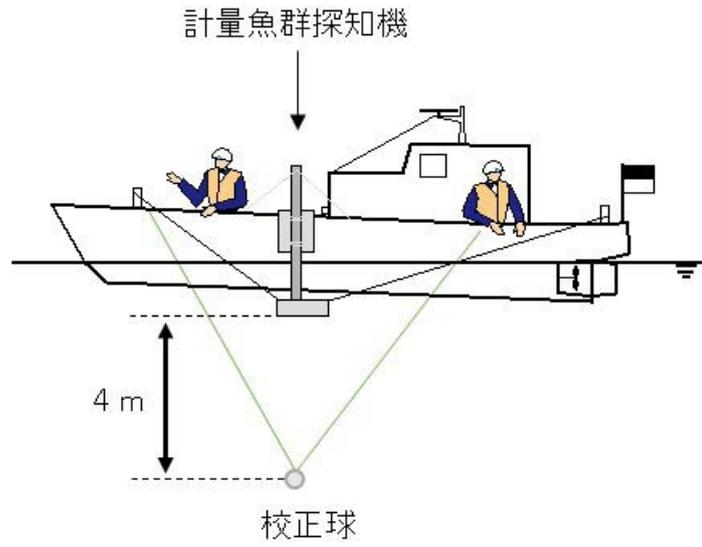


Fig. 5-3 校正作業イメージ

Table 5-2 平均水温・塩分・音速データ

項目	単位	数値
校正球水深	(m)	5
水柱平均水温	(°C)	18.4
水柱平均塩分	(psu)	34.4
水柱平均音速	(m/s)	1516

5.2.5 解析方法

観測された音響データは、トランスデューサーに近い範囲及び海底面付近はノイズを多く含むため、海面から水深5 mまでの範囲及び海底面から1 m上層までの範囲を解析範囲から除外した (Fig. 5-4)。さらに、魚類以外の水柱ノイズを除去するため、体積後方散乱強度 (Sv) について -80 dB より弱いデータを除外した。ノイズ処理したデータを基に、測線方向に100 m間隔で底魚と浮魚の音響バイオマス (Sa) を算出した。

これらの作業は音響解析専用ソフト (Echoview ver11.1、Echoview Software 製、オーストラリア) を用いて実施した。解析のフローを Fig. 5-5 に示す。

① 浮魚

- 海底から5 m以上に位置している。
- 海底付近にも存在するが魚群が浮いている。

② 底魚

- 海底から5 m以内に位置している。
- 海底上5 mを超えても海底から魚群が分布している。

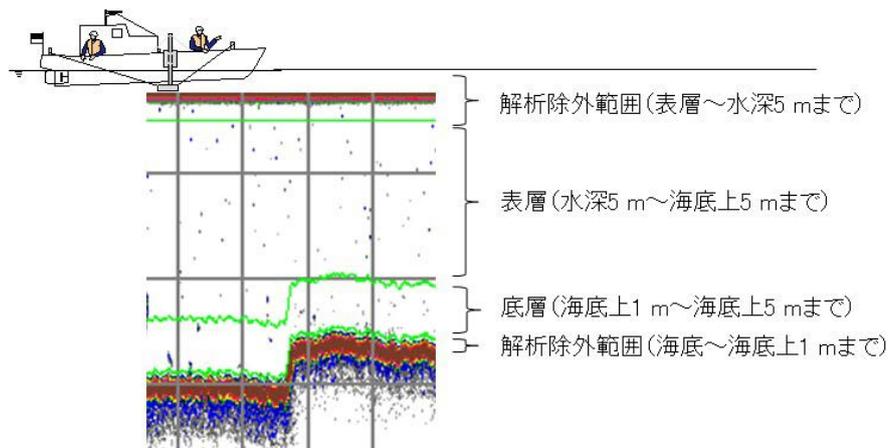


Fig. 5-4 解析範囲の設定

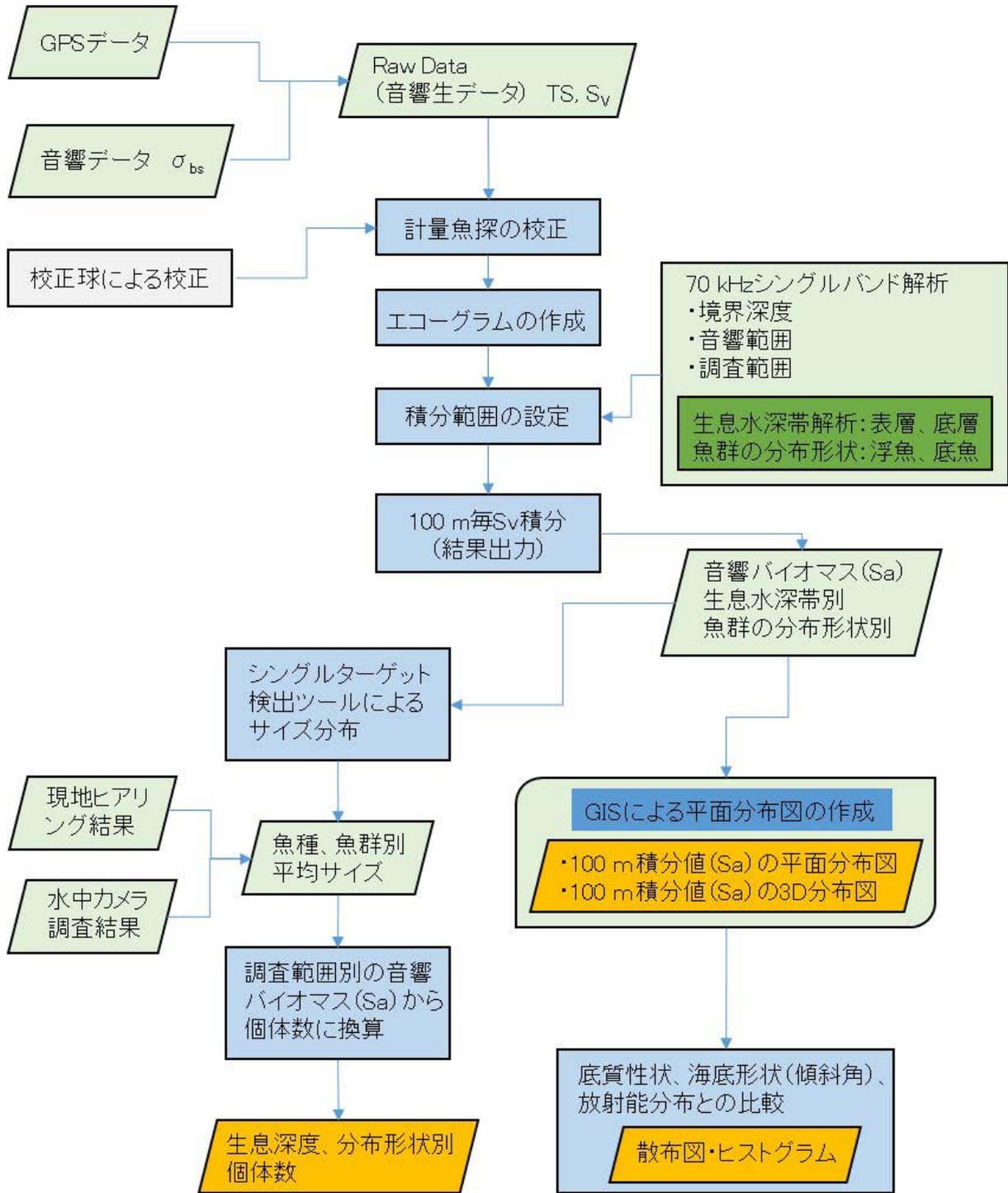


Fig. 5-5 解析フロー図

5.3 調査結果

5.3.1 音響バイオマス解析

魚群形状（浮魚と底魚）について、100 m 間隔の音響バイオマス水平分布図を示す（Fig. 5-6 と Fig. 5-7）。

浮魚は、3 調査日とも分布が少ない傾向を示した。一方、底魚は A 区域北側に多く分布する傾向（特に水深 30 m 付近）がみられるとともに、2 日目、3 日目の分布は整合的であった。

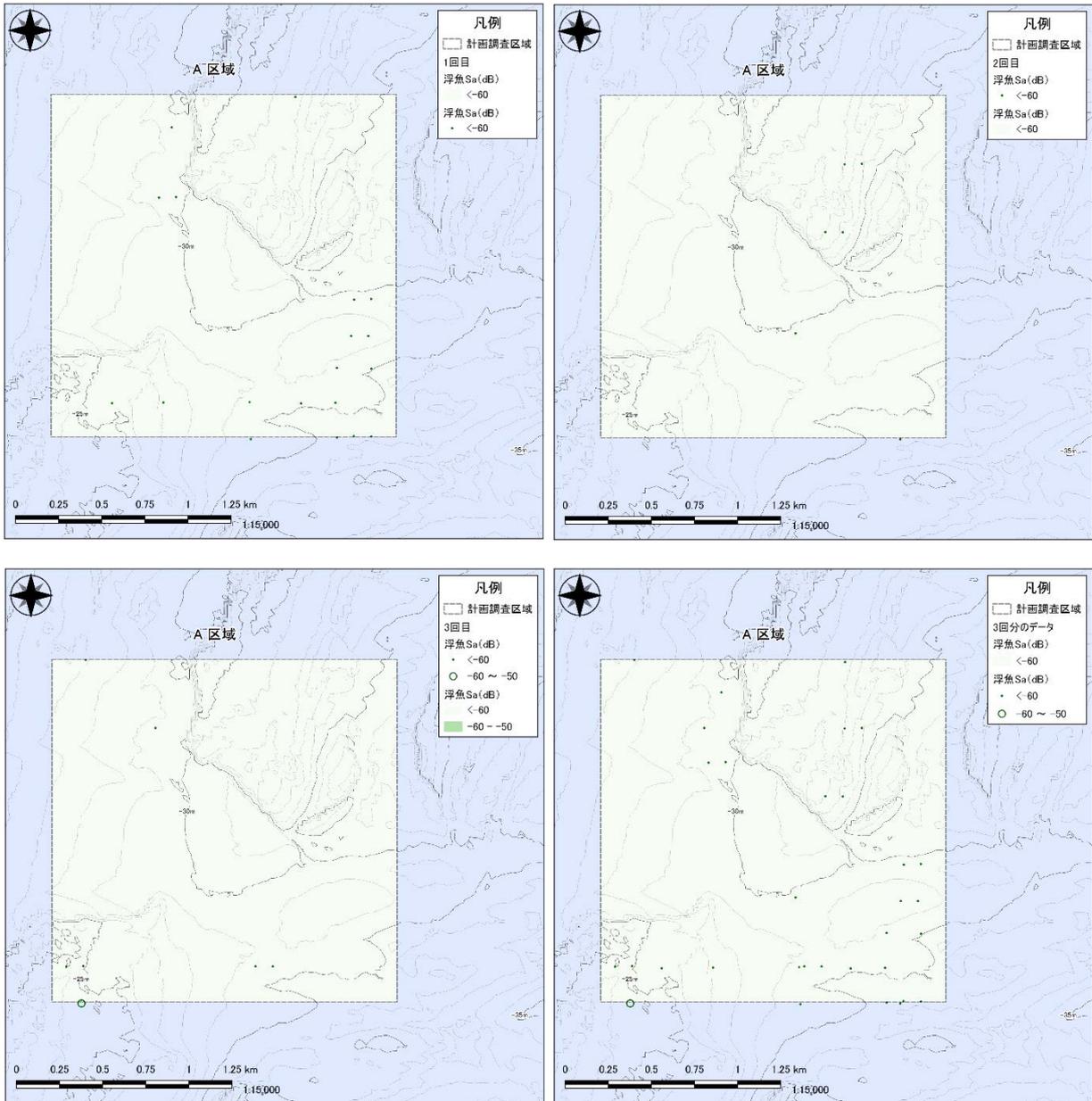


Fig. 5-6 音響バイオマス（浮魚）

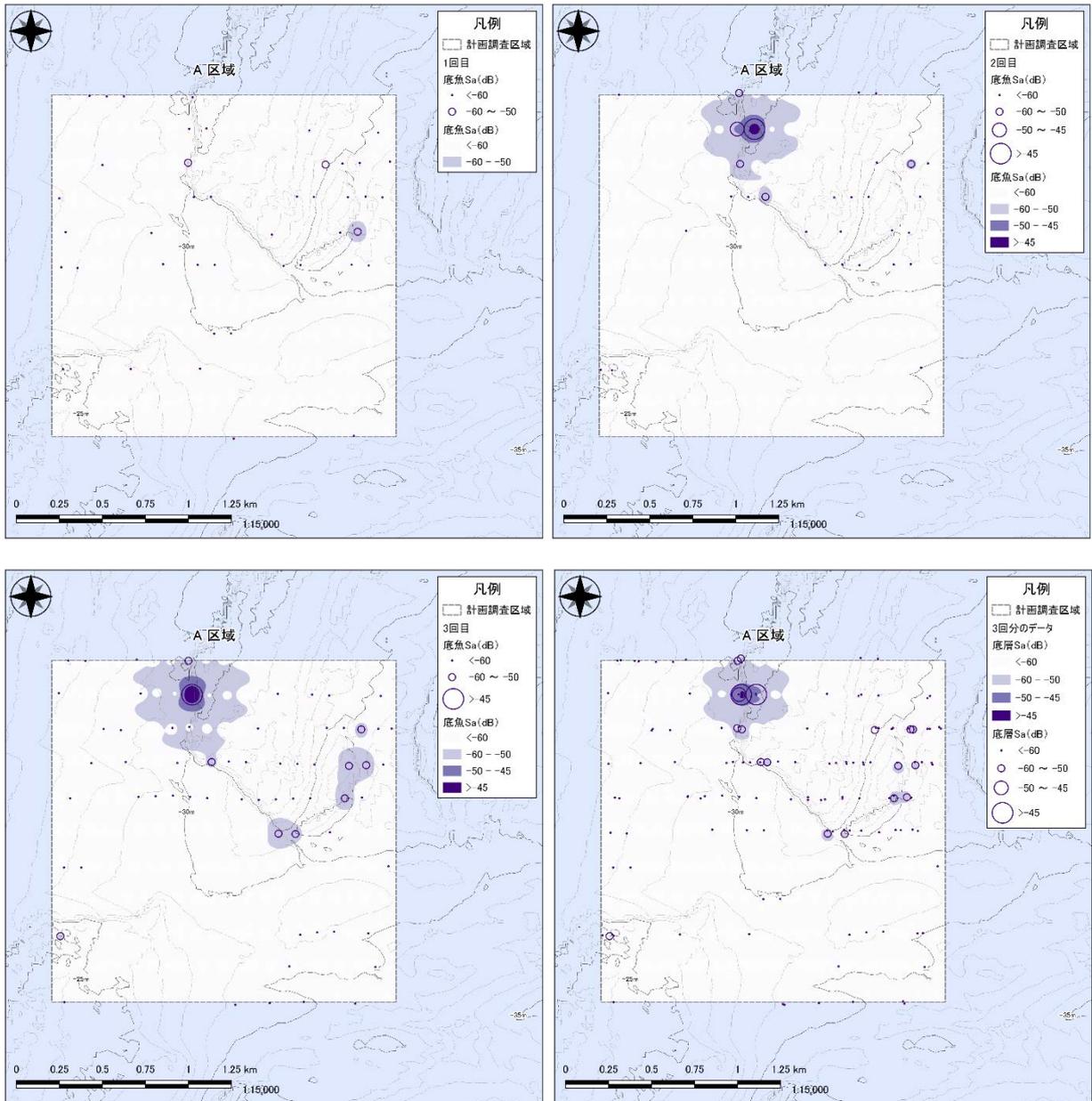


Fig. 5-7 音響バイオマス（底魚）

5.3.2 音響バイオマスと海底性状

音響バイオマスと海底性状のデータを重ね合わせた図を Fig. 5-8 及び Fig. 5-9 に示す。

Fig. 5-6 と Fig. 5-7 の水深と比較すると、水深が比較的になだらかに変動するエリアは砂分が多く存在している。魚群は岩盤域をメインに確認でき、特に底質の境界に多く分布する傾向がみられた。

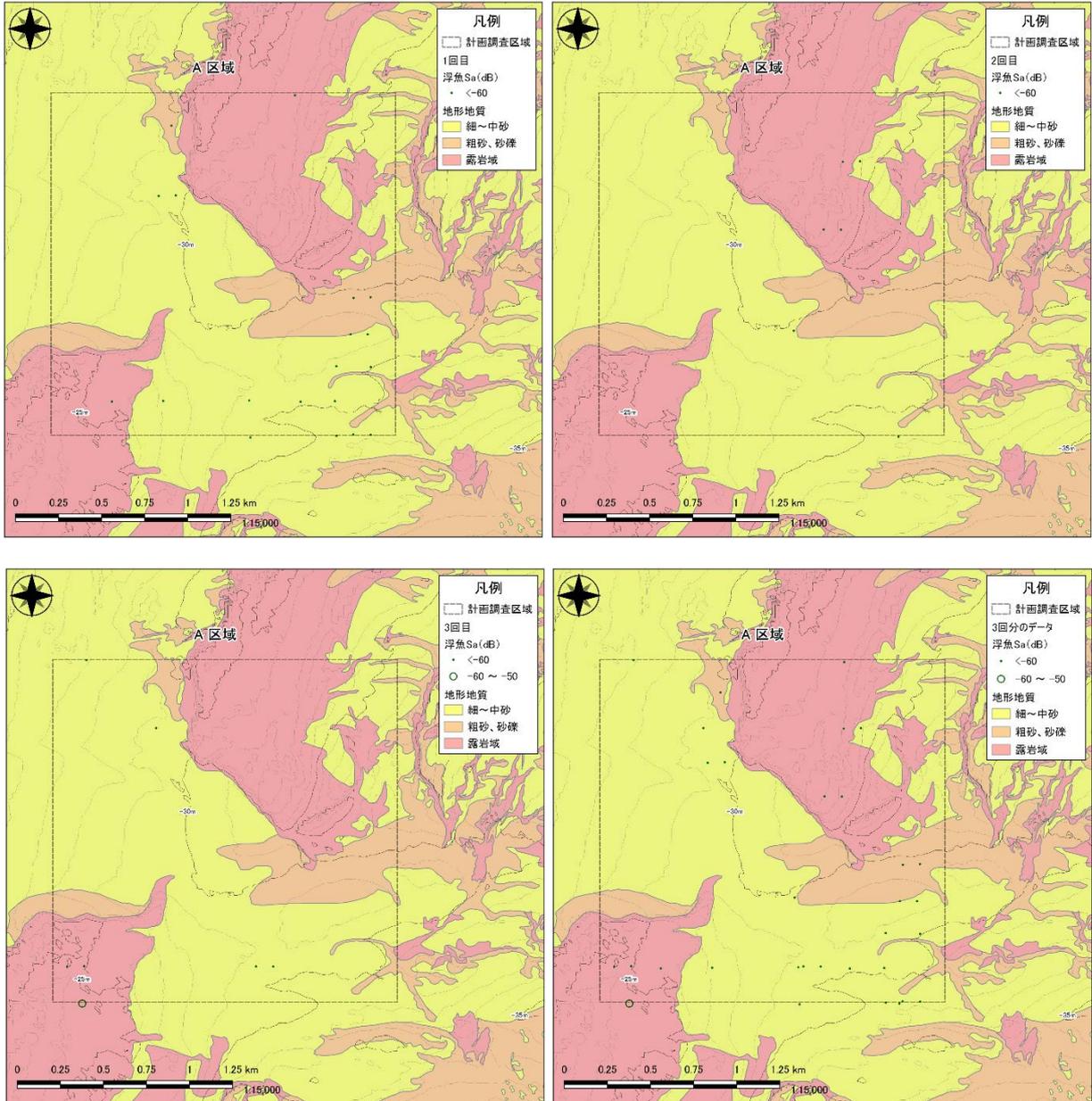


Fig. 5-8 音響バイオマスと海底性状（浮魚）

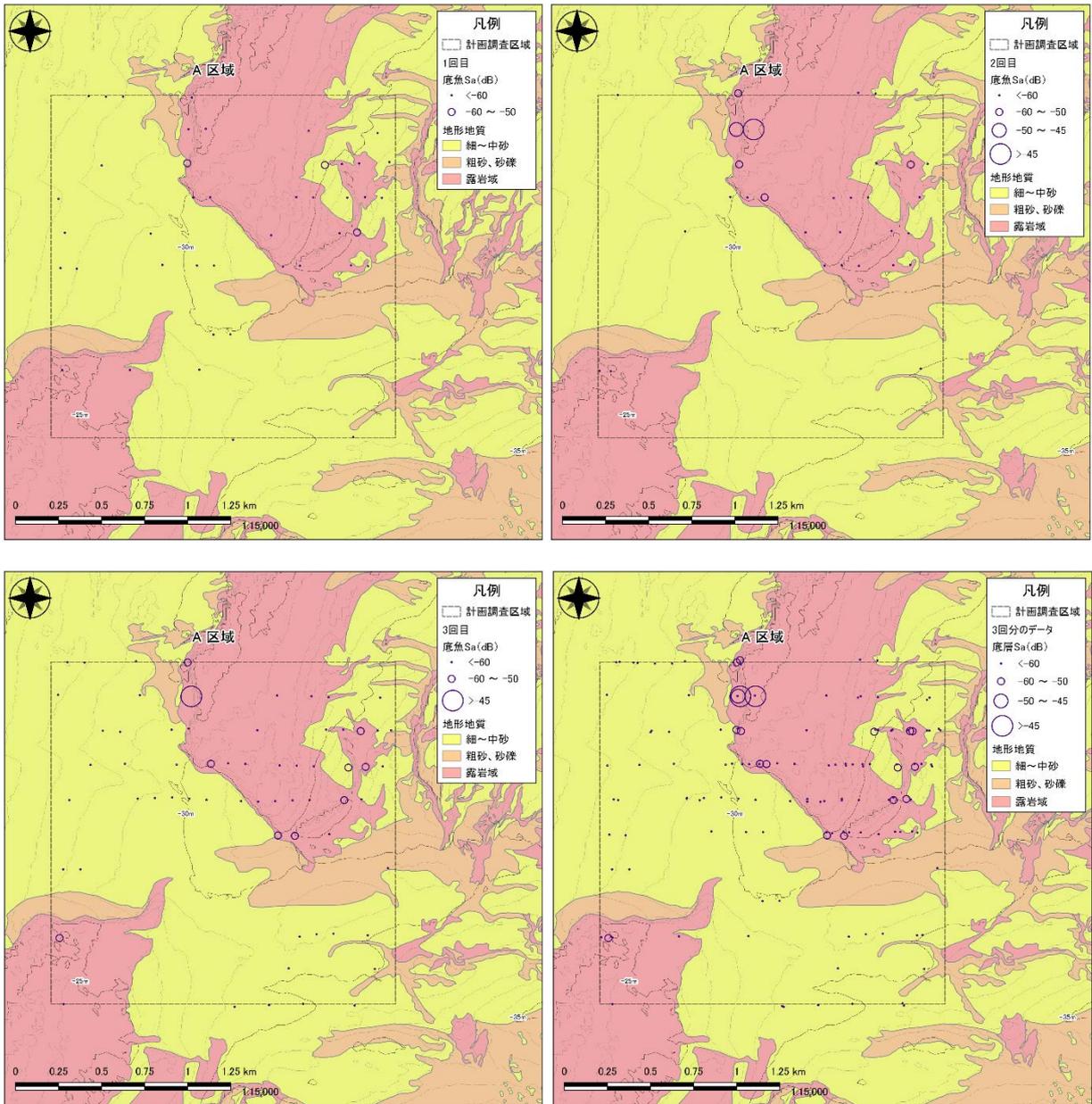


Fig. 5-9 音響バイオマスと海底性状（底魚）

5.3.3 音響バイオマスと海底放射能分布

音響バイオマスと海底放射能分布のデータ³⁾を重ね合わせた図を Fig. 5-10 に示す。

測定した区域では、スポット的に 320–640 Bq/kg-wet の濃度がみられるものの、全体としては、40–160 Bq/kg-wet の濃度範囲であった。測定時の音響バイオマスの分布では、浮魚・底魚ともに概ね ¹³⁷Cs 濃度が 40 Bq/kg-wet 未満の範囲に分布していることが分かった。

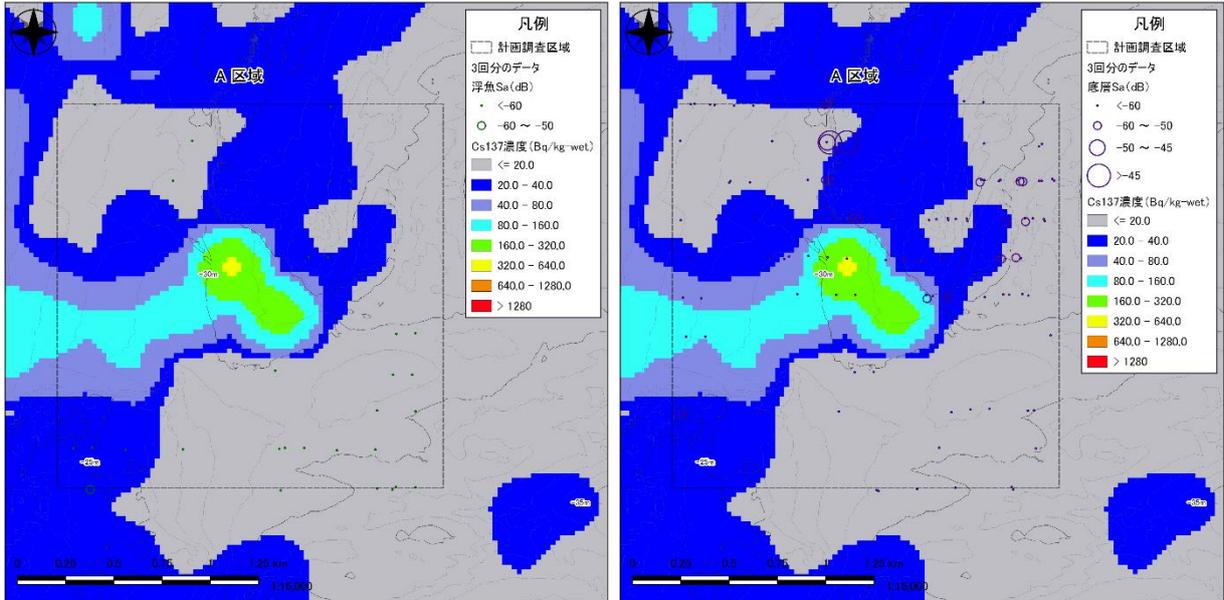


Fig. 5-10 音響バイオマスと海底放射能分布

参考文献

- 1) 原子力規制委員会, 総合モニタリング計画・(別紙) 海域モニタリングの進め方, https://radioactivity.nra.go.jp/cont/ja/plan/meetings/204_01_20250328.pdf, (参照: 令和7年11月10日).
- 2) 日本原子力研究開発機構, 平成31年度放射性物質測定調査委託費(福島県近沿岸海域等における放射性物質等の状況調査)事業報告書, 令和2年3月, 2020, <https://radioactivity.nra.go.jp/ja/docs/reps/coastal-accumulation/2020-07>, (参照: 令和7年7月25日).
- 3) 日本原子力研究開発機構, 令和2年度放射性物質測定調査委託費(福島県近沿岸海域等における放射性物質等の状況調査)事業報告書, 令和3年3月, 2021, <https://radioactivity.nra.go.jp/ja/docs/reps/coastal-accumulation/2021-12>, (参照: 令和7年7月25日).
- 4) 海洋生物環境研究所, 平成30年度原子力施設等防災対策等委託費(海洋環境における放射能調査及び総合評価)事業調査報告書, 平成31年3月, <https://www.nra.go.jp/data/000317684.pdf>, (参照: 令和7年11月10日).
- 5) 原子力規制委員会, 放射線モニタリング情報, 海域モニタリング結果, <https://radioactivity.nra.go.jp/ja/results/sea>, (参照: 令和7年11月10日).
- 6) 環境省, 報道発表資料, 平成24年度被災地における海洋環境モニタリング調査結果の公表について, <https://www.env.go.jp/press/17346.html>, (参照: 令和7年11月10日).
- 7) 環境省, 報道発表資料, 平成25年度被災地における海洋環境モニタリング調査結果の公表について, <https://www.env.go.jp/press/18904.html>, (参照: 令和7年11月10日).
- 8) 環境省, 報道発表資料, 平成26年度被災地における海洋環境モニタリング調査結果の公表について, <https://www.env.go.jp/press/101662.html>, (参照: 令和7年11月10日).
- 9) 環境省, 報道発表資料, 平成27年度被災地における海洋環境モニタリング調査結果の公表について, <https://www.env.go.jp/press/102464.html>, (参照: 令和7年11月10日).
- 10) 環境省, 報道発表資料, 東日本大震災に係る海洋環境モニタリング調査, 平成28年度調査結果について, <https://www.env.go.jp/press/103979.html>, (参照: 令和7年11月10日).
- 11) 環境省, 報道発表資料, 東日本大震災に係る海洋環境モニタリング調査, 平成29年度調査結果について, <https://www.env.go.jp/press/105444.html>, (参照: 令和7年11月10日).
- 12) 環境省, 東日本大震災への対応, 東日本大震災の被災地における放射性物質関連の環境モニタリング調査: 公共用水域, https://www.env.go.jp/jishin/monitoring/results_r-pw.html, (参照: 令和7年11月10日).
- 13) 福島県, ふくしま復興情報ポータルサイト, 海水・海底土, <https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/ps-kaisui-kaiteido.html>, (参照: 令和7年11月10日).
- 14) Otosaka S., Processes affecting long-term changes in ^{137}Cs concentration in surface

- sediments off Fukushima, *Journal of Oceanography*, 73, 2017, pp.559-570.
- 15) Tsuruta T., Harada H., Misonou T., Matsuoka T., and Hodotsuka Y., Horizontal and vertical distributions of ¹³⁷Cs in seabed sediments around the river mouth near Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, *Journal of Oceanography*, 73, 2017, pp.547-558.
 - 16) 国土交通省 気象庁, 過去の気象データ検索,
<https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/index.php>, (参照: 令和7年11月10日).
 - 17) 国土交通省, ナウファス, 国土交通省港湾局 全国港湾海洋波浪情報網, 波浪データのダウンロード, <https://www.mlit.go.jp/kowan/nowphas/>, (参照: 令和7年11月10日).
 - 18) 日本水路協会, 海底地形デジタルデータ M7000 シリーズ (三陸沖及び鹿島灘), 2015.
 - 19) 乙坂重嘉, 海底堆積物中の放射性セシウム濃度の推移, *Isotope News*, 710, 2013, pp.12-15.
 - 20) 青柳和義, 五十嵐敏, 福島県沿岸域の粒度組成について, *福島水試研報*, 8, 1999, pp.69-81.
 - 21) 長尾郁弥, 新里忠史, 佐々木祥人, 伊藤聡美, 渡辺貴善, 土肥輝美, 中西貴宏, 佐久間一幸, 萩原大樹, 舟木泰智, 鶴田忠彦, 御園生敏治, 吉村和也, 中間茂雄, 操上広志, 町田昌彦, 山田進, 板倉充洋, Malins A., 奥村雅彦, Kim M., Liu X., 山口正秋, 石井康雄, 武藤琴美, 田籠久也, 齋藤宏, 武宮博, 関暁之, 北村哲浩, 飯島和毅, 福島における放射性セシウムの環境動態研究の現状 (平成30年度版), *JAEA-Research 2019-002*, 2019, 235p.
 - 22) 海上技術安全研究所, 平成27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) 事業成果報告書, 平成28年3月, <https://radioactivity.nra.go.jp/ja/docs/reps/sea-area-distribution/2016-06>, (令和7年11月10日).
 - 23) 海上・港湾・航空技術研究所, 平成29年度 放射性物質測定調査委託費 (福島県沿岸海域における放射性核種の蓄積状況等に関する調査) 事業成果報告書, 平成30年3月, <https://radioactivity.nra.go.jp/ja/docs/reps/coastal-accumulation/2019-08>, (令和7年11月10日).
 - 24) 御園生敏治, 中西貴宏, 眞田幸尚, 尻引武彦, 卜部嘉, 鶴田忠彦, 令和3年度福島県近沿岸海域等における放射性物質等の状況調査, *JAEA-Research 2022-010*, 2023, 134p.
 - 25) 眞田幸尚, 高村善英, 卜部嘉, 土田清文, 西澤幸康, 山田勉, 佐藤義治, 平山弘克, 西原克哉, 伊村光生, 石田睦司, 石橋聖, 佐瀬隆聡, 鈴木元和, 森英治, 米澤重晃, 鳥居建男, 水底の in-situ 放射線分布測定手法の開発, *JAEA-Research 2014-005*, 2014, 67p.
 - 26) 眞田幸尚, 宮本賢治, 越智康太郎, 松崎康治, 小川年弘, 千賀康弘, USV を用いた海底の放射能分布測定システムの開発-福島沿岸域での海底放射性物質濃度の経年変化傾向の測定例-, *海洋理工学会誌*, 24, 2, 2018, pp.9-18.
 - 27) 千賀康弘, 鈴木隆生, 植松光夫, 無人海洋大気観測艇「かんちゃん」の開発と海洋観測, *月刊海洋*, 36, 2004, pp.129-137.
 - 28) Misonou T., Tsuruta T., Shiribiki T., Nakanishi T., Nagao S., Ochiai S., Sanada Y., Dynamics of Radioactive Cesium in Coastal Area Linked with River Discharge,

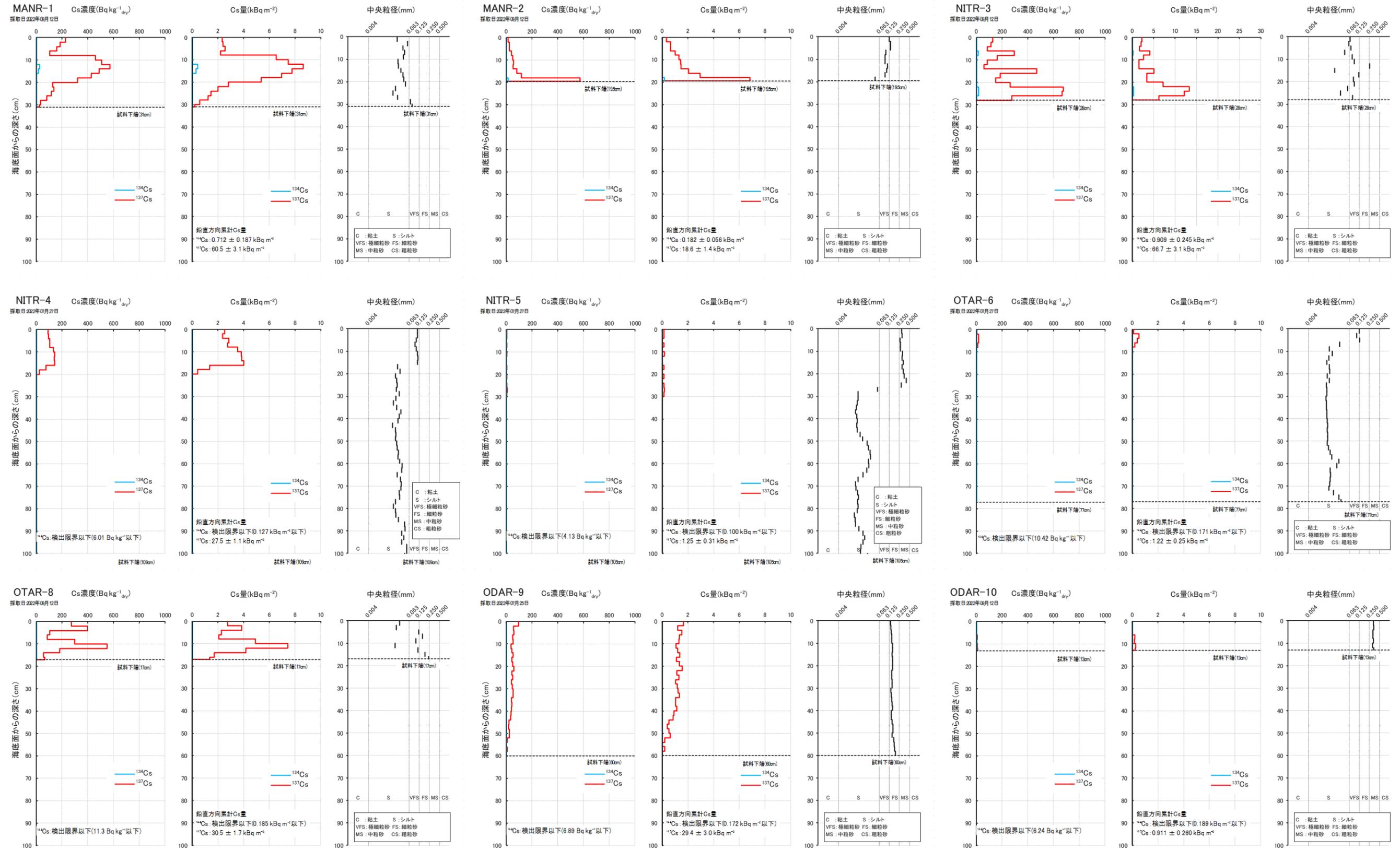
Journal of Coastal Research, SI114, 2021, pp. 315-319.

- 29) 笠松不二男, 海産生物と放射能—特に海産魚中の¹³⁷Cs濃度に影響を与える要因について—, RADIOISOTOPES, 48, 1999, pp. 266-282.
- 30) 水産庁, 水産物の放射性物質調査の結果について, <https://www.jfa.maff.go.jp/j/housyanou/kekka.html>, (参照: 令和7年11月10日).
- 31) 古澤昌彦, 計量魚群探知機とその発展, 日本音響学会誌, 75, 12, 2019, pp. 669-676.
- 32) 甘糟和男, 水産資源の音響調査技術の動向, 日本音響学会誌, 75, 1, 2019, pp. 12-16.
- 33) Demer D.A., et al., Calibration of acoustic instruments, ICES Cooperative Research Report, 326, 2015.
- 34) Mackenzie, K.V., Nine-term Equation for Sound Speed in the Oceans, J. Acoust. Soc. Am. 70, 1981, pp. 807-812.

付録 1 各調査地点の放射性セシウム及び中央粒径の鉛直分布

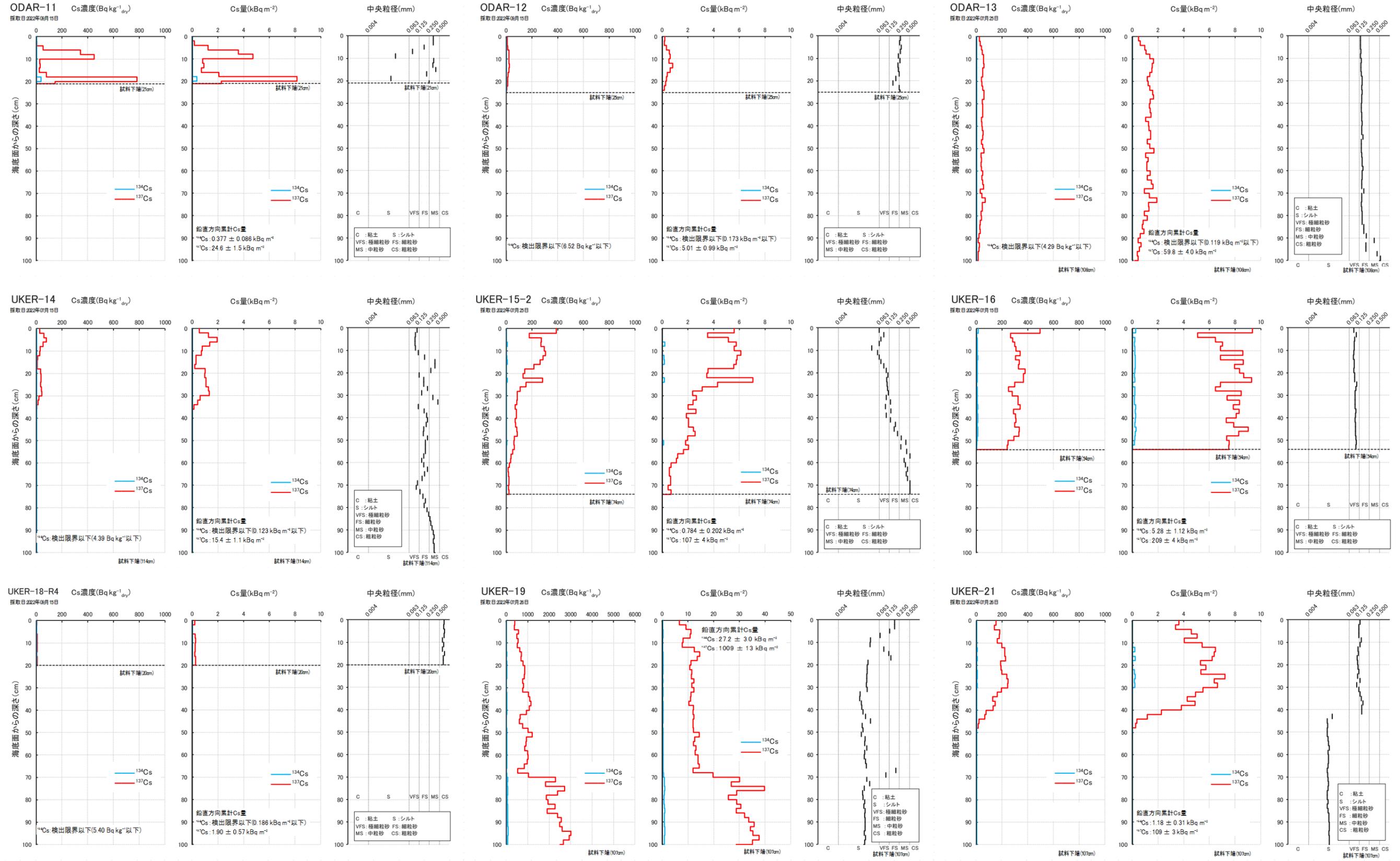
This is a blank page.

付録1-1 各採取地点の放射性Cs及び中央粒径の鉛直分布

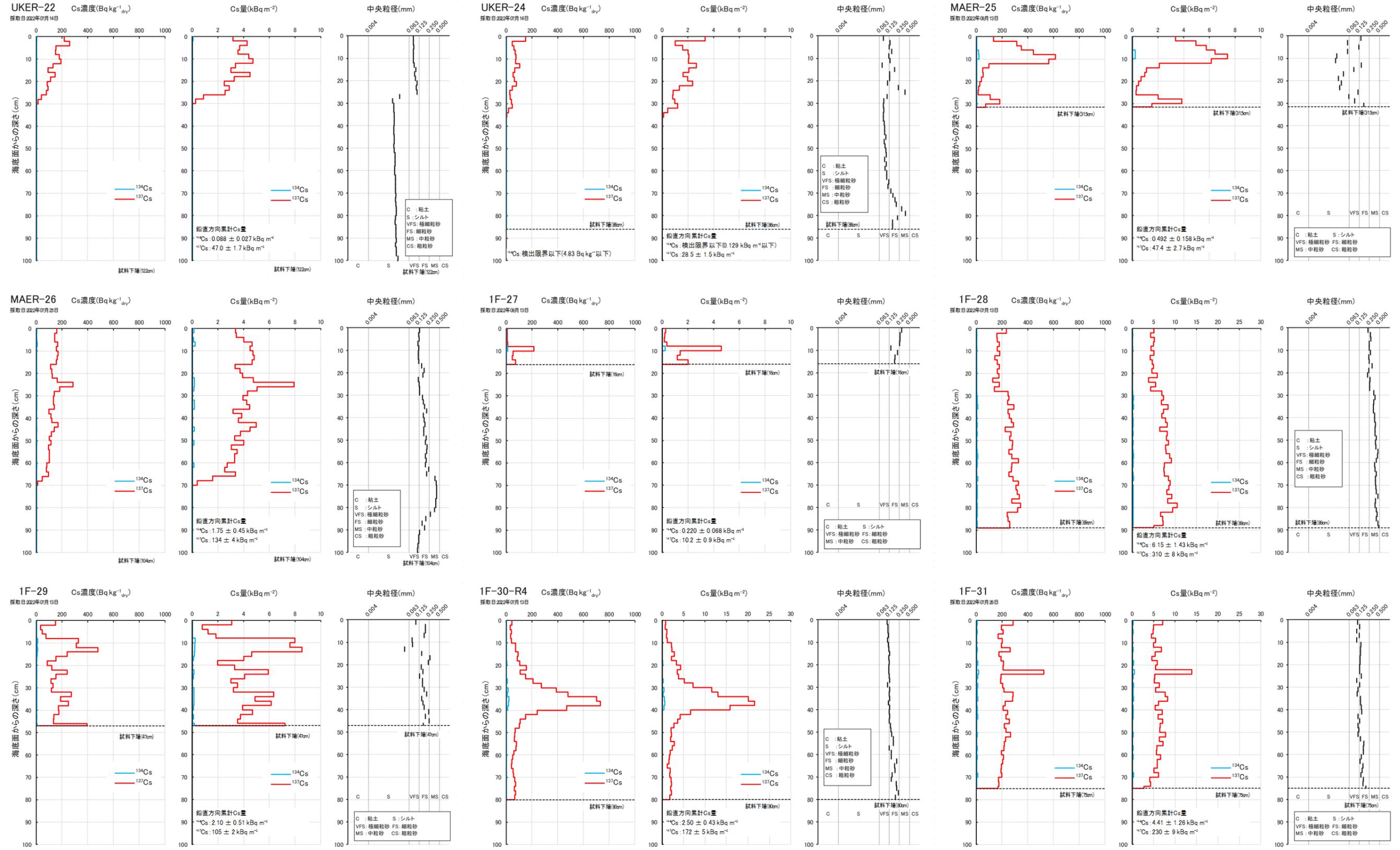


凡例 — ¹³⁴Cs — ¹³⁷Cs

付録1-2 各採取地点の放射性Cs及び中央粒径の鉛直分布

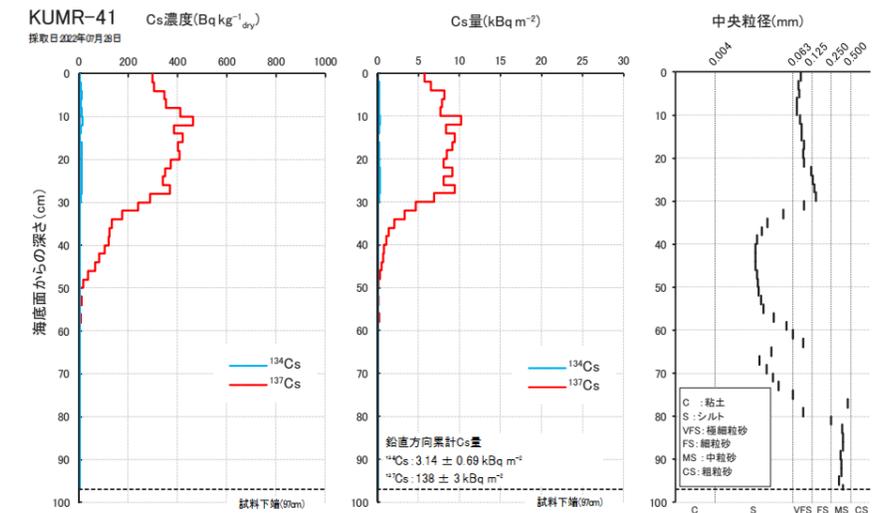
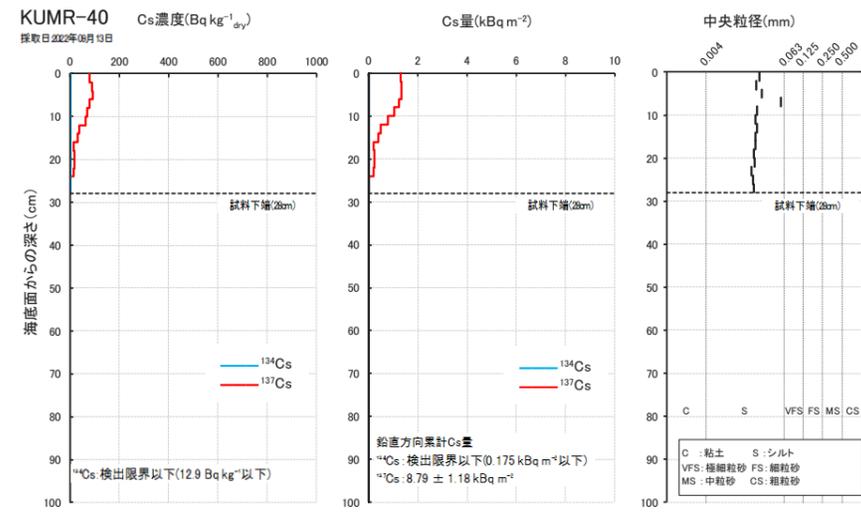
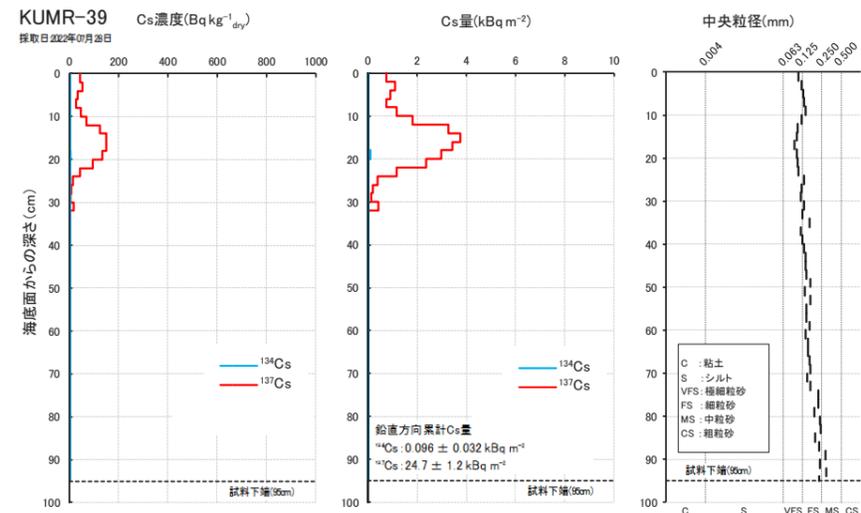
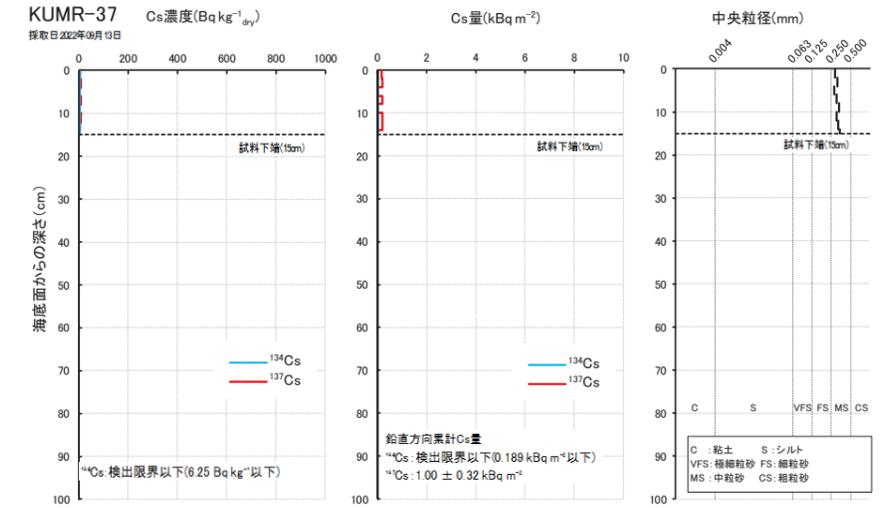
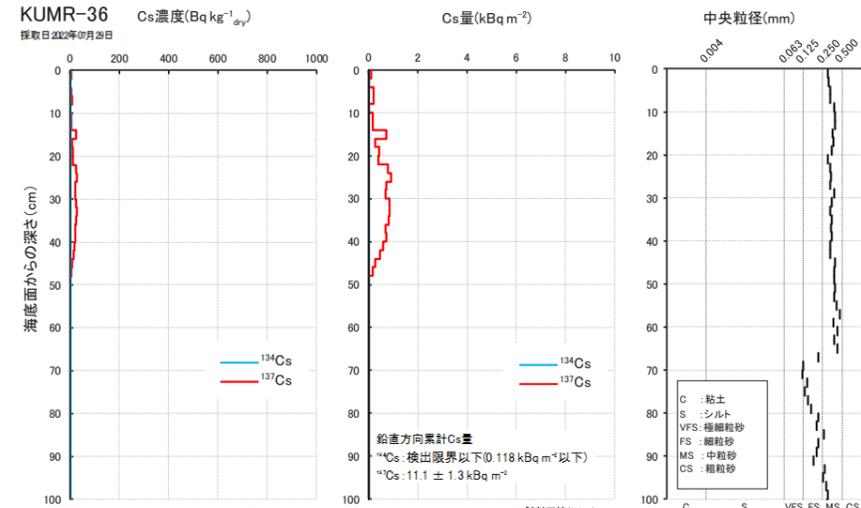
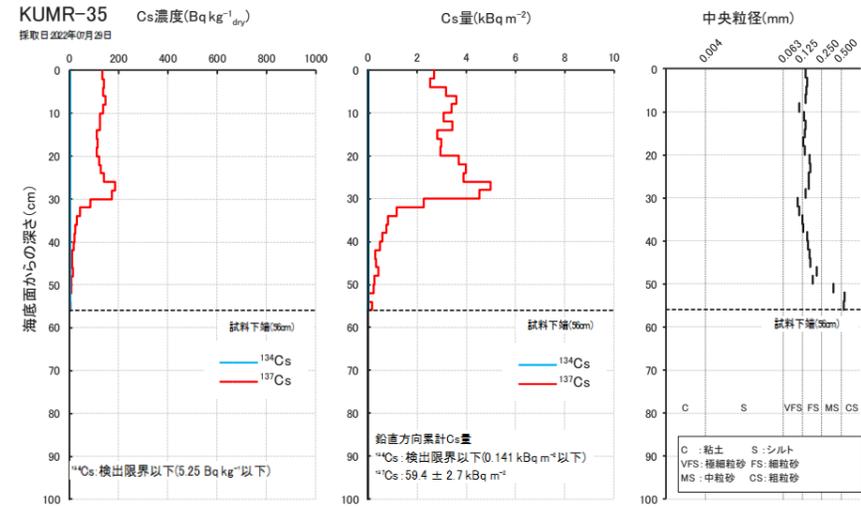
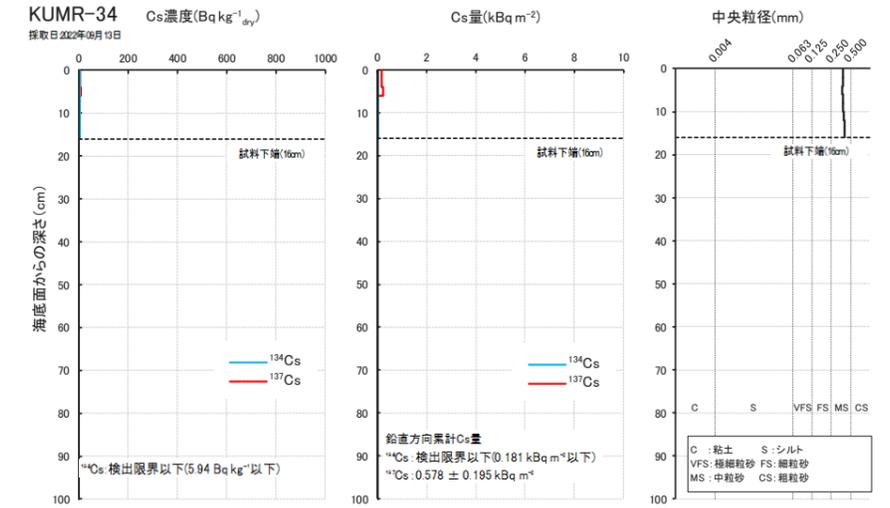
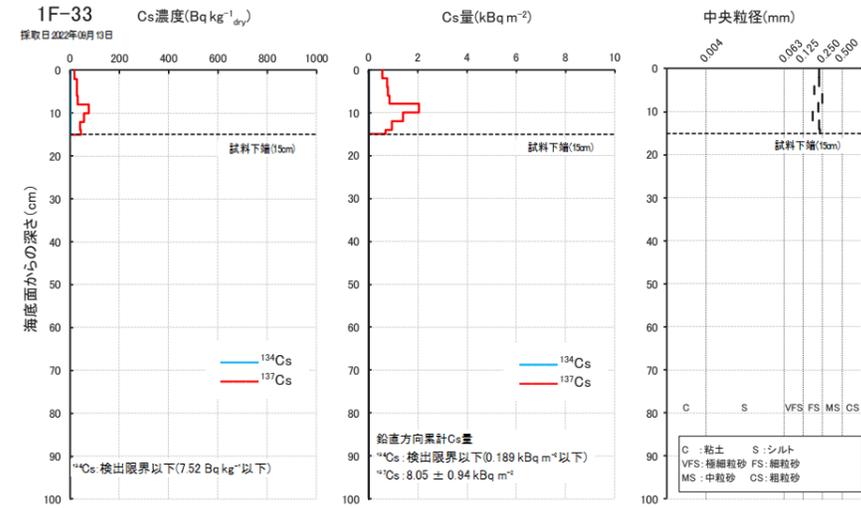
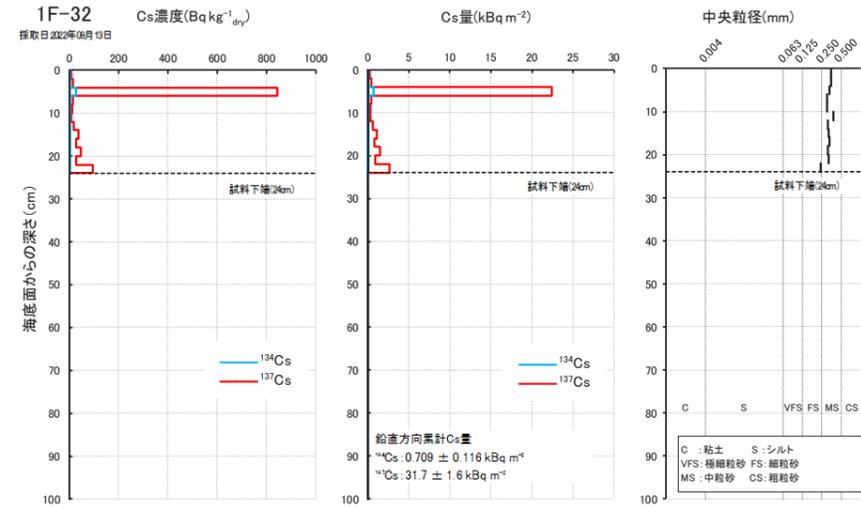


付録1-3 各採取地点の放射性Cs及び中央粒径の鉛直分布

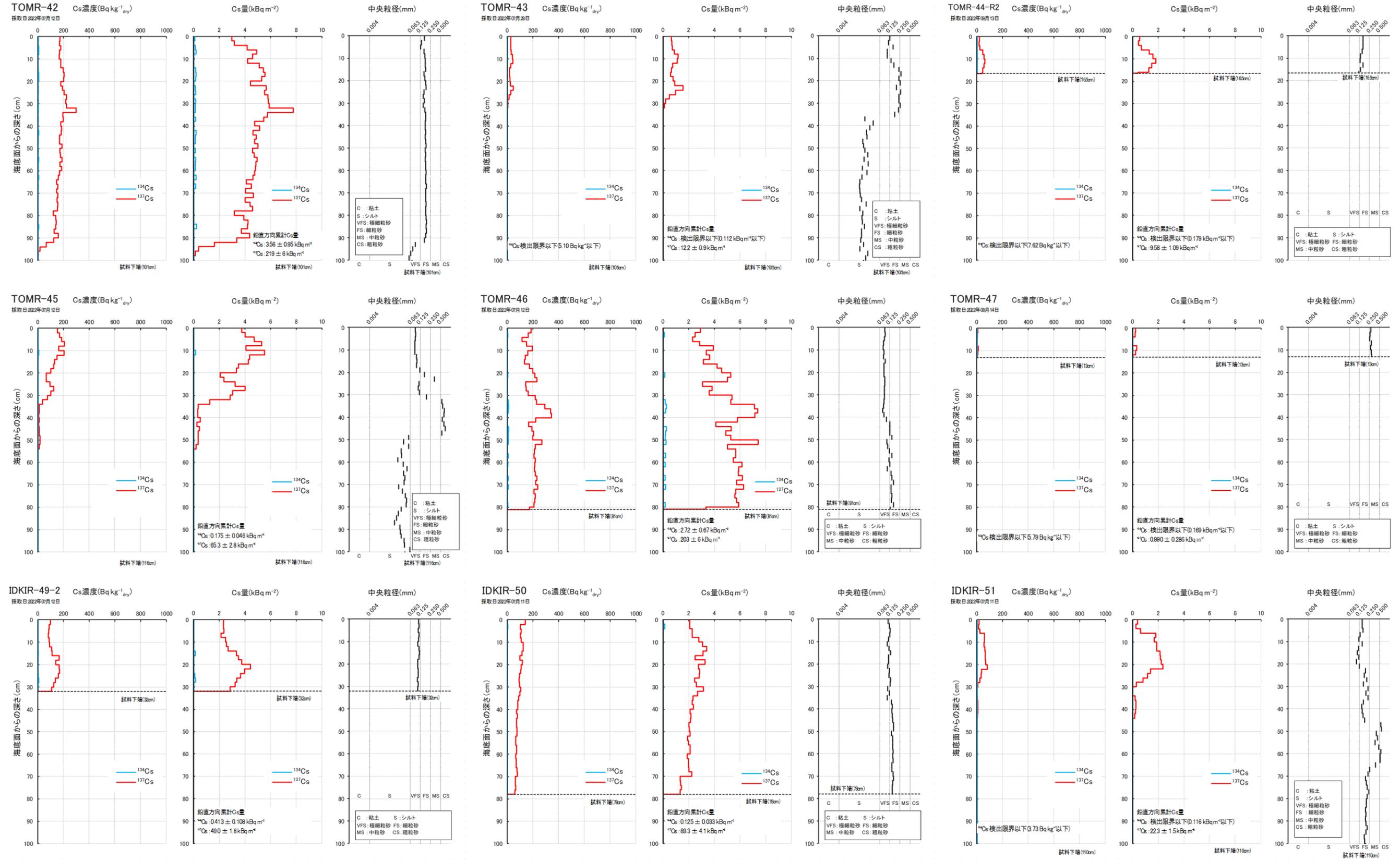


凡例 — ¹³⁴Cs — ¹³⁷Cs

付録1-4 各採取地点の放射性Cs及び中央粒径の鉛直分布

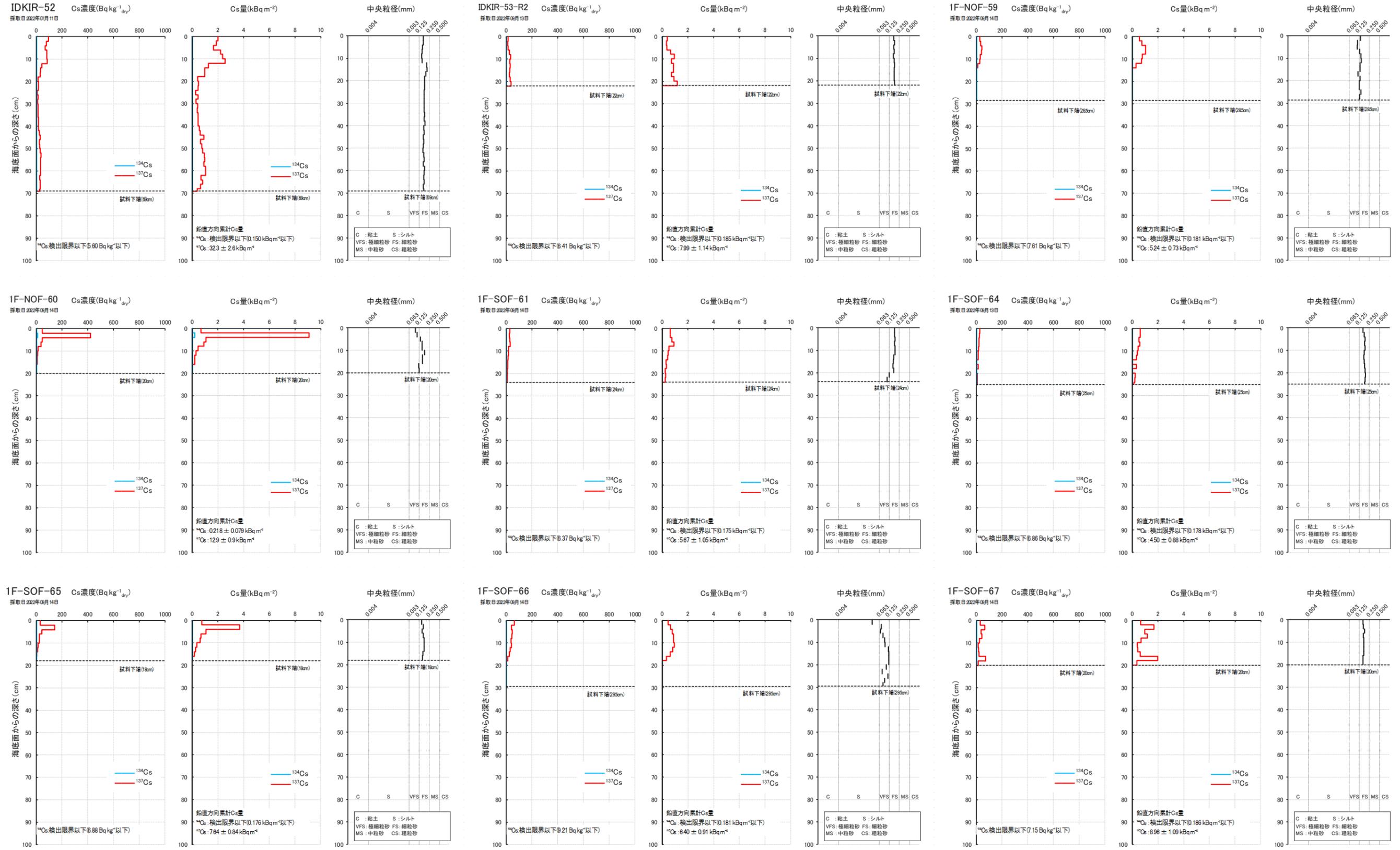


付録1-5 各採取地点の放射性Cs及び中央粒径の鉛直分布

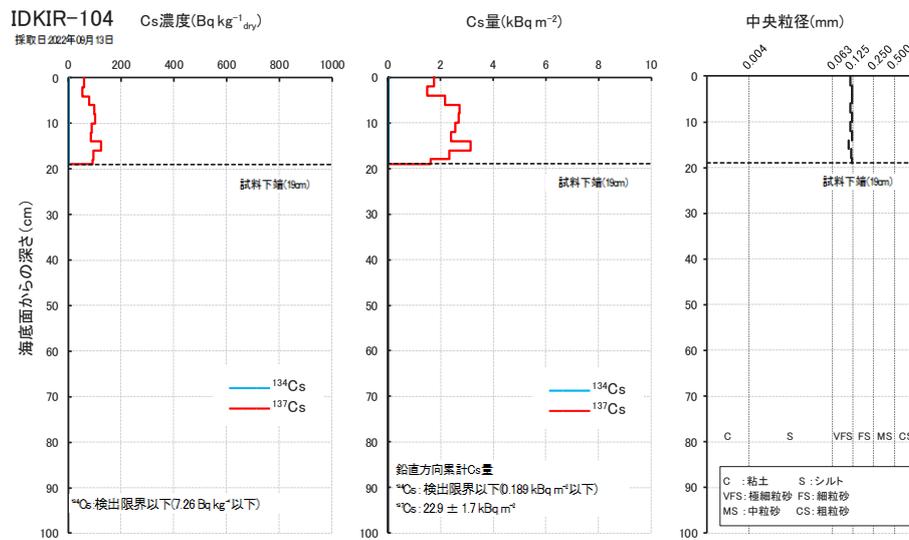
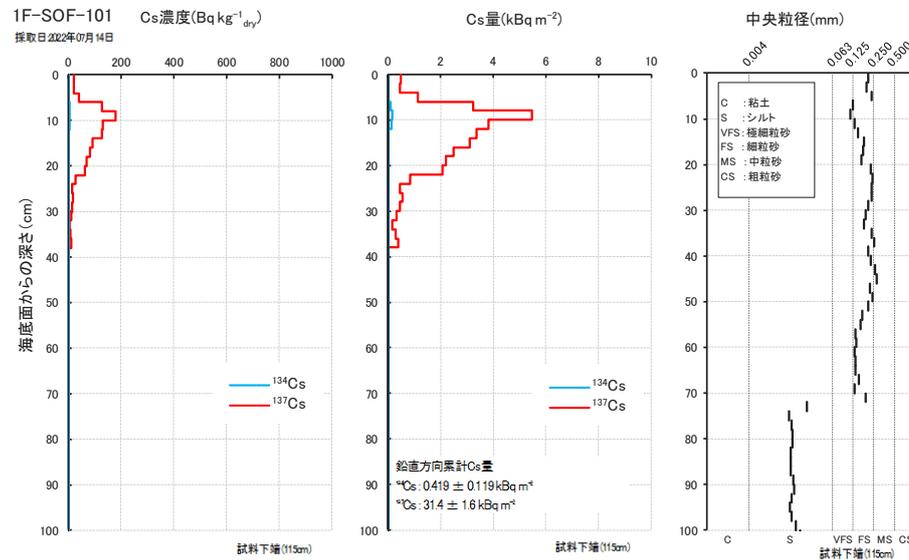
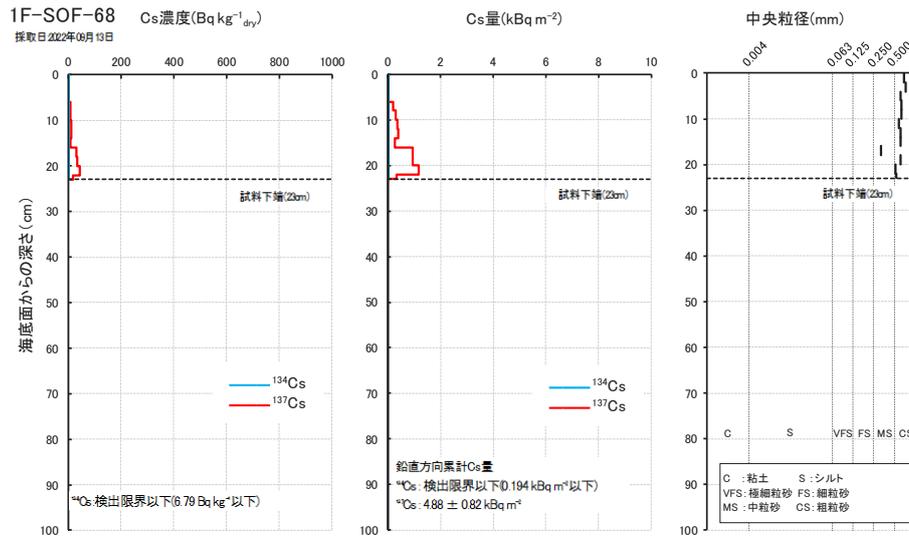


凡例 — ¹³⁴Cs — ¹³⁷Cs

付録1-6 各採取地点の放射性Cs及び中央粒径の鉛直分布



付録1-7 各採取地点の放射性Cs及び中央粒径の鉛直分布

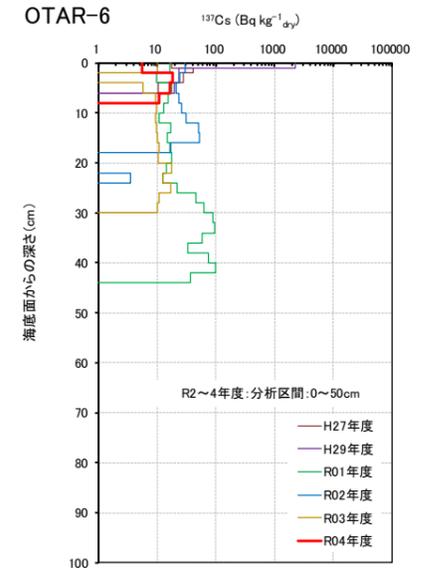
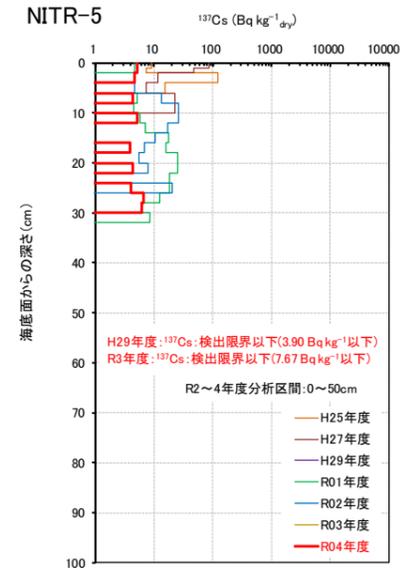
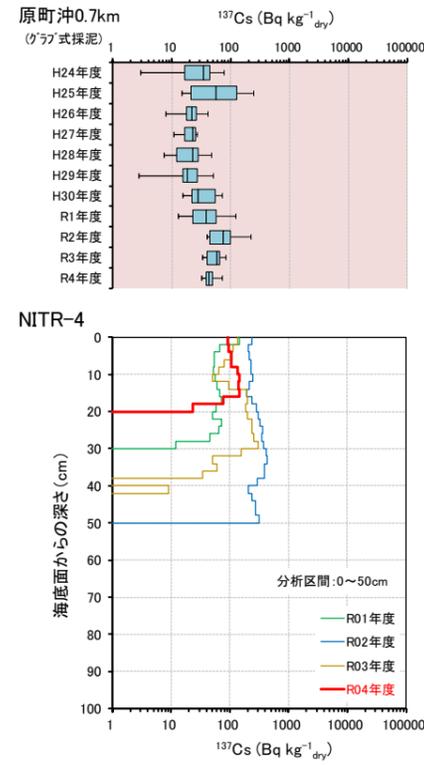
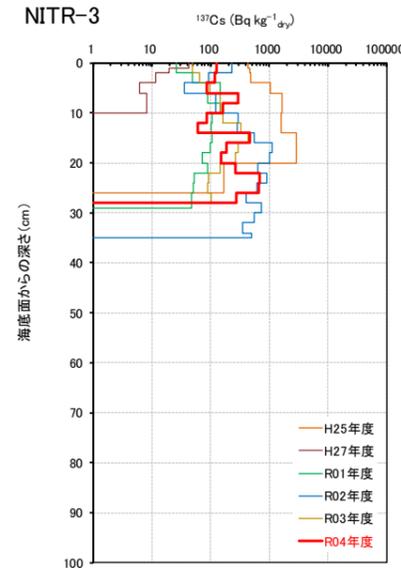
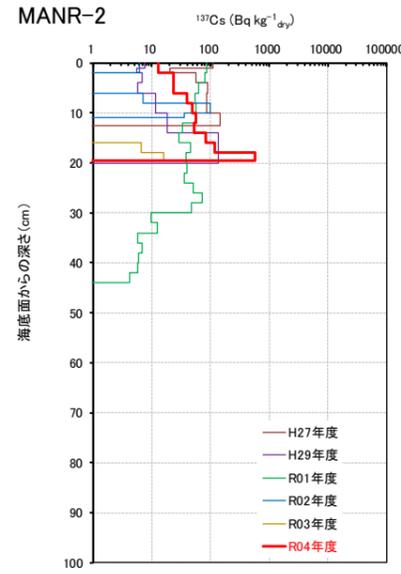
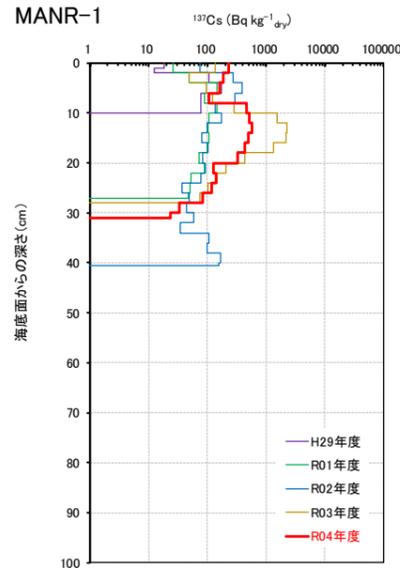


This is a blank page.

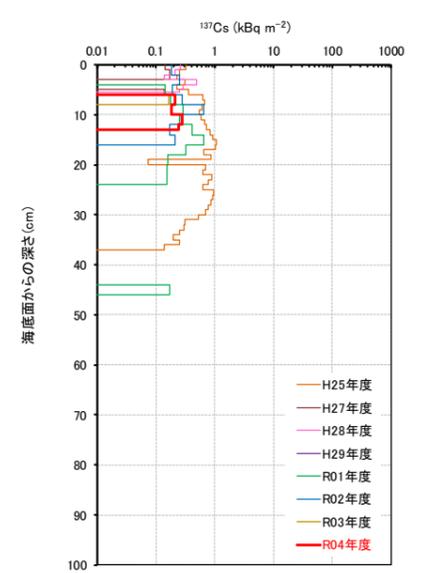
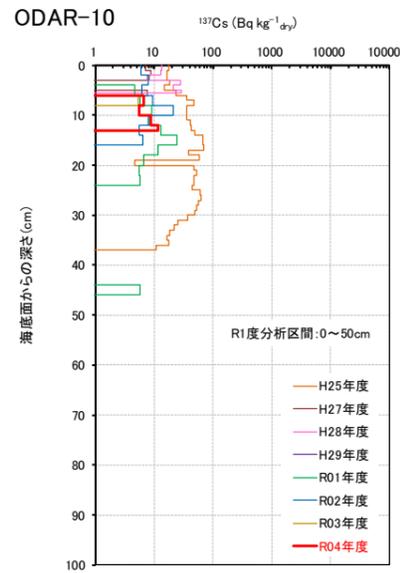
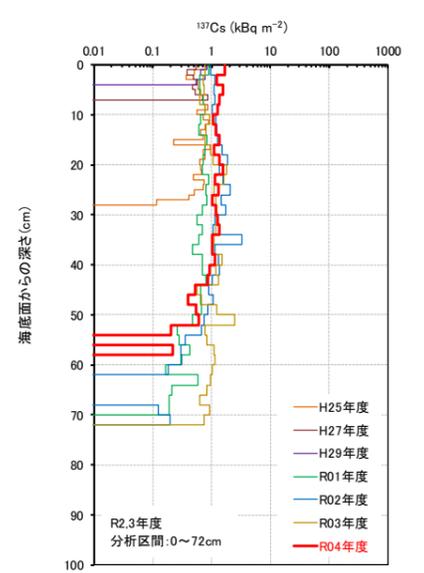
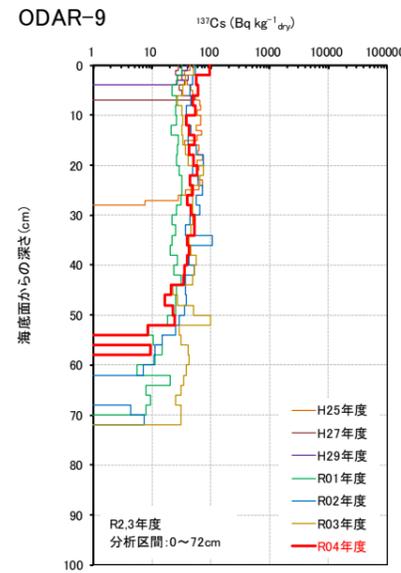
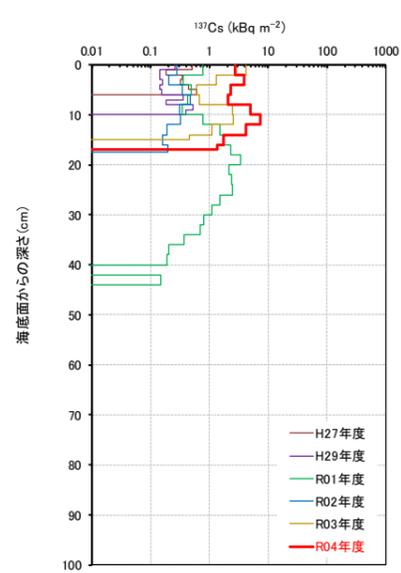
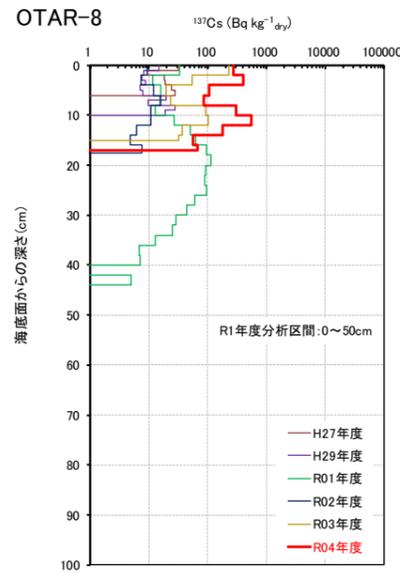
付録 2 放射性セシウム濃度等の既往結果との比較

This is a blank page.

付録2-1 放射性セシウム濃度等の既往結果との比較

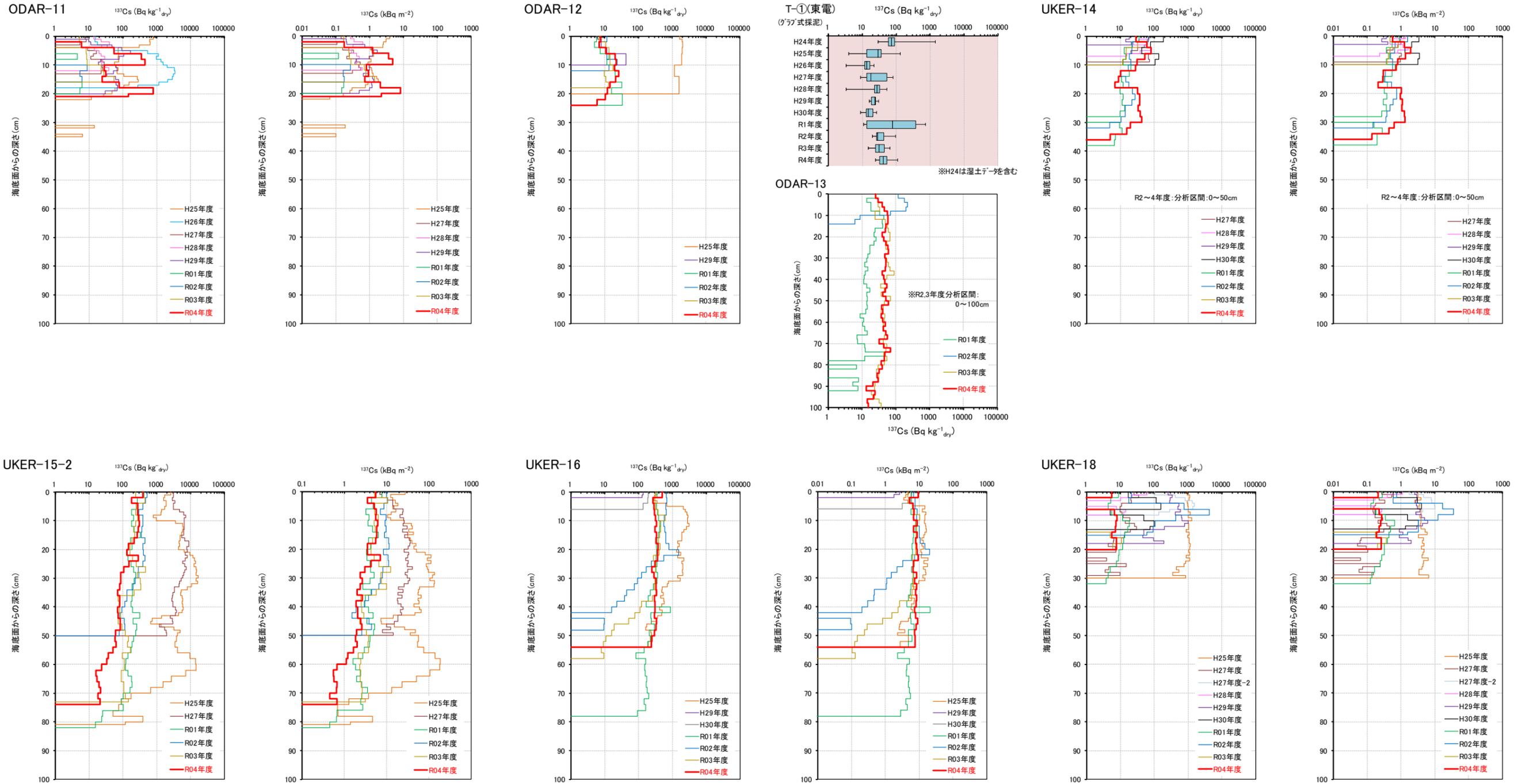


※ R2年度は、予定位置から西側へ約500m移動した地点で採泥実施

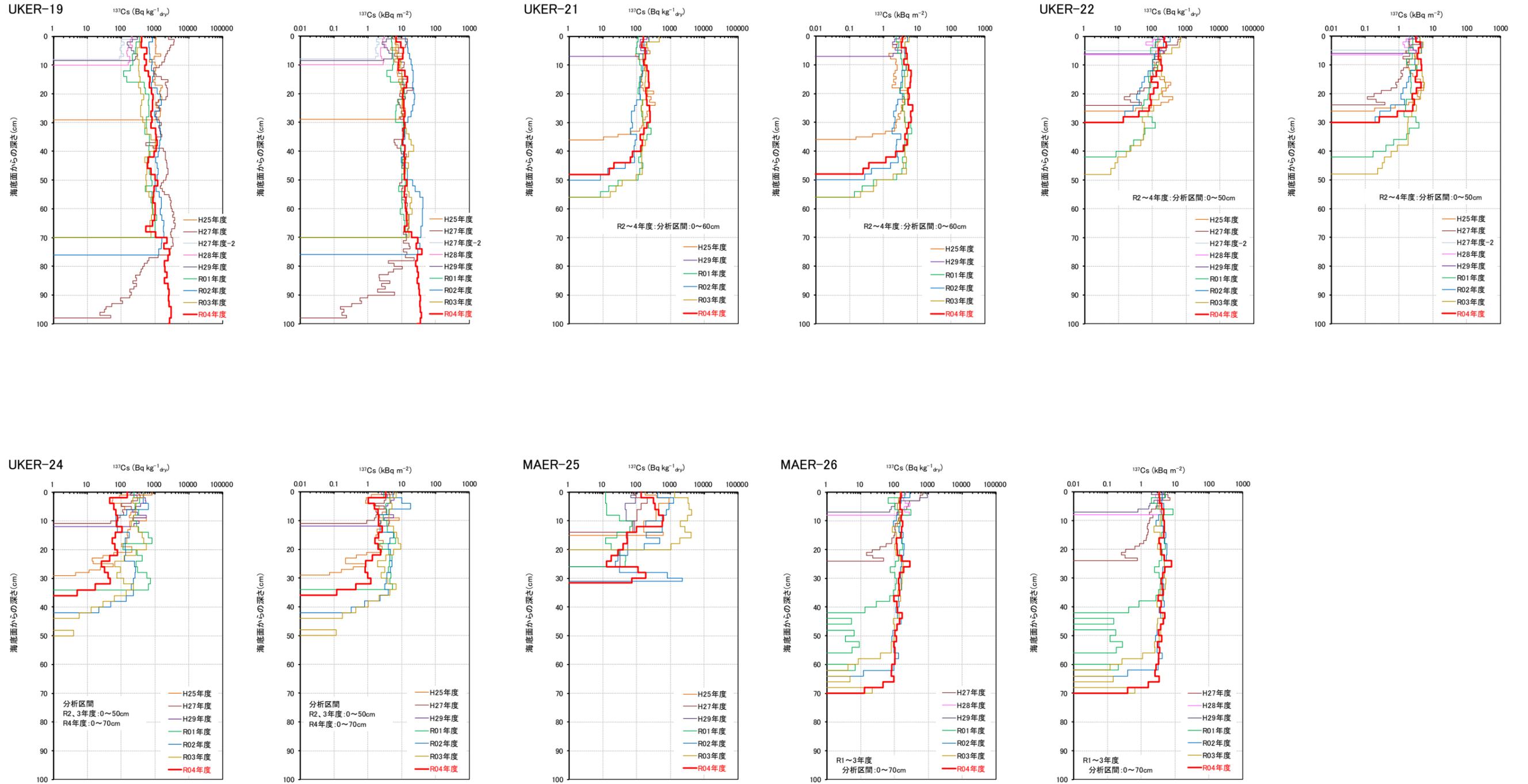


※ R2年度は、予定位置から東側へ約500m移動した地点で採泥実施

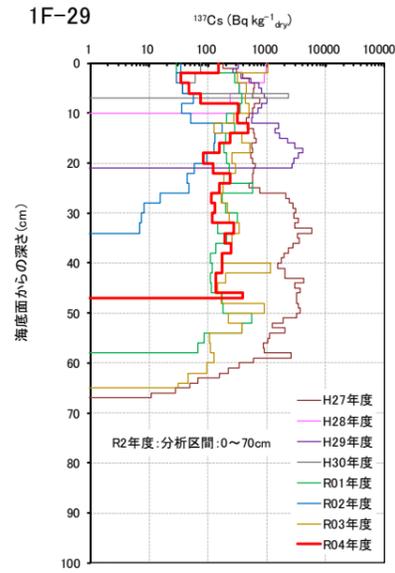
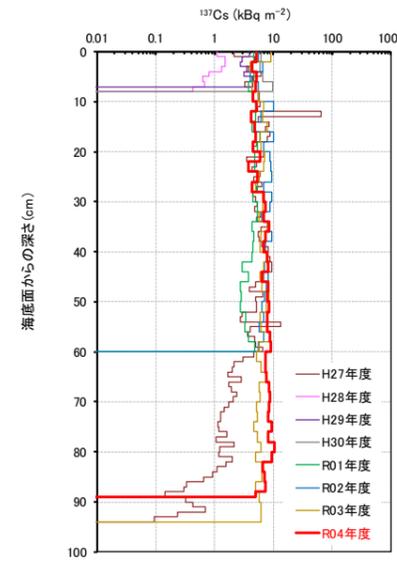
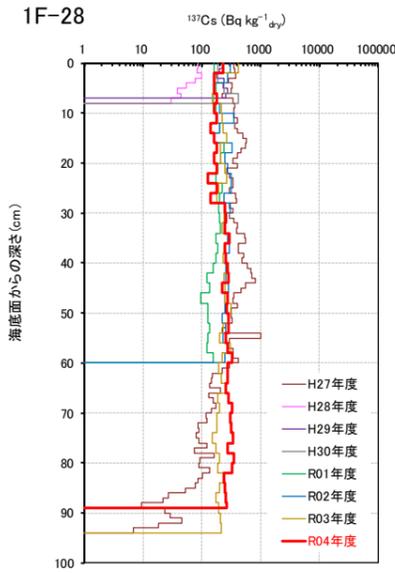
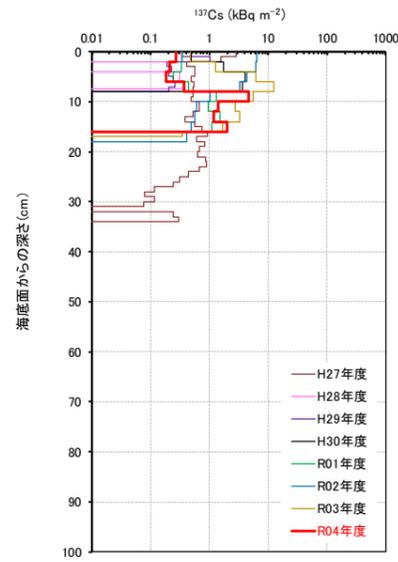
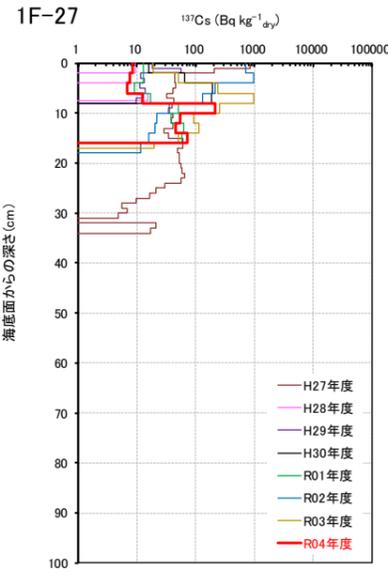
付録2-2 放射性セシウム濃度等の既往結果との比較



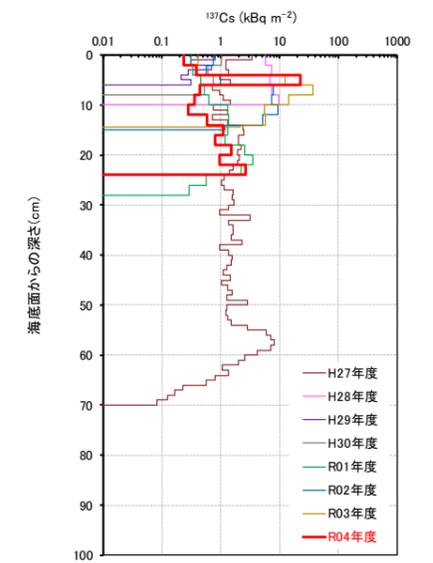
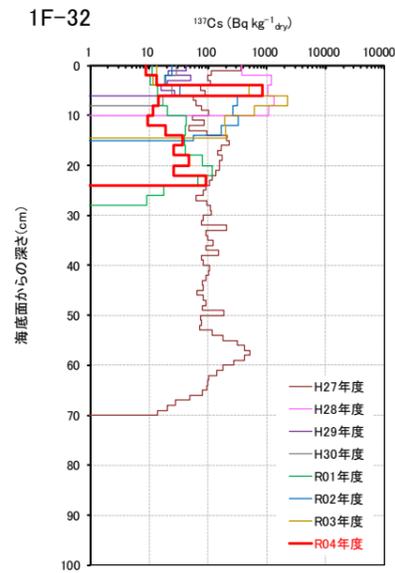
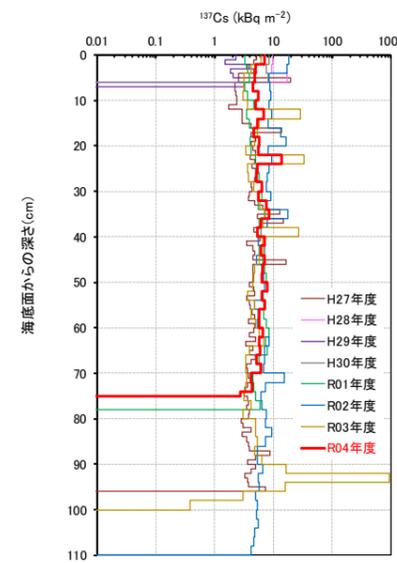
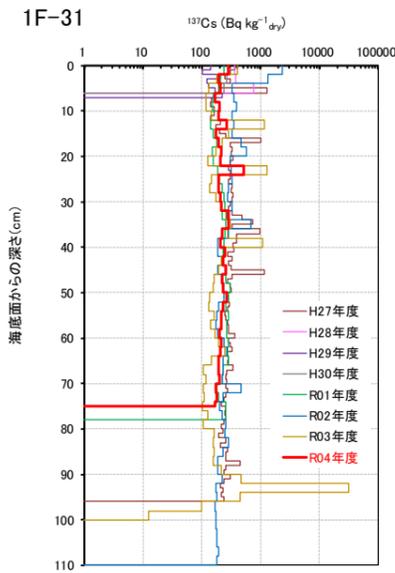
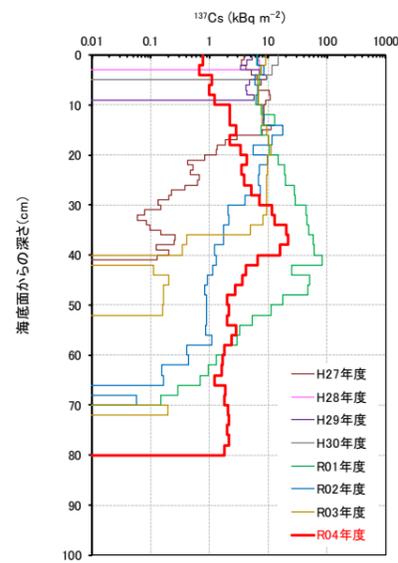
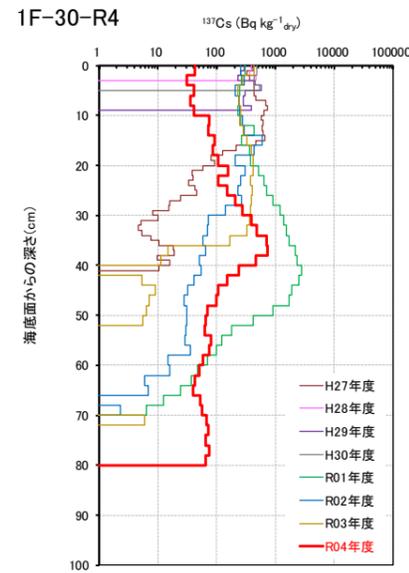
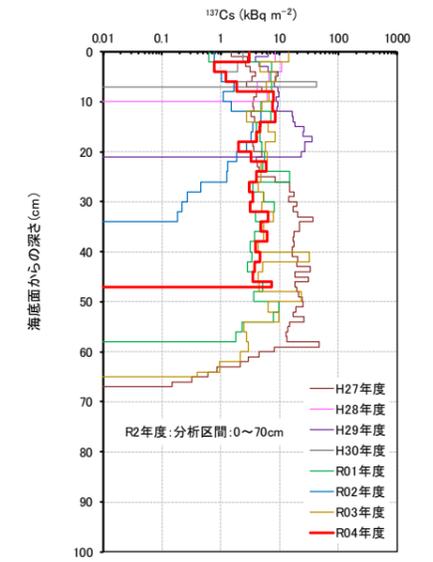
付録2-3 放射性セシウム濃度等の既往結果との比較



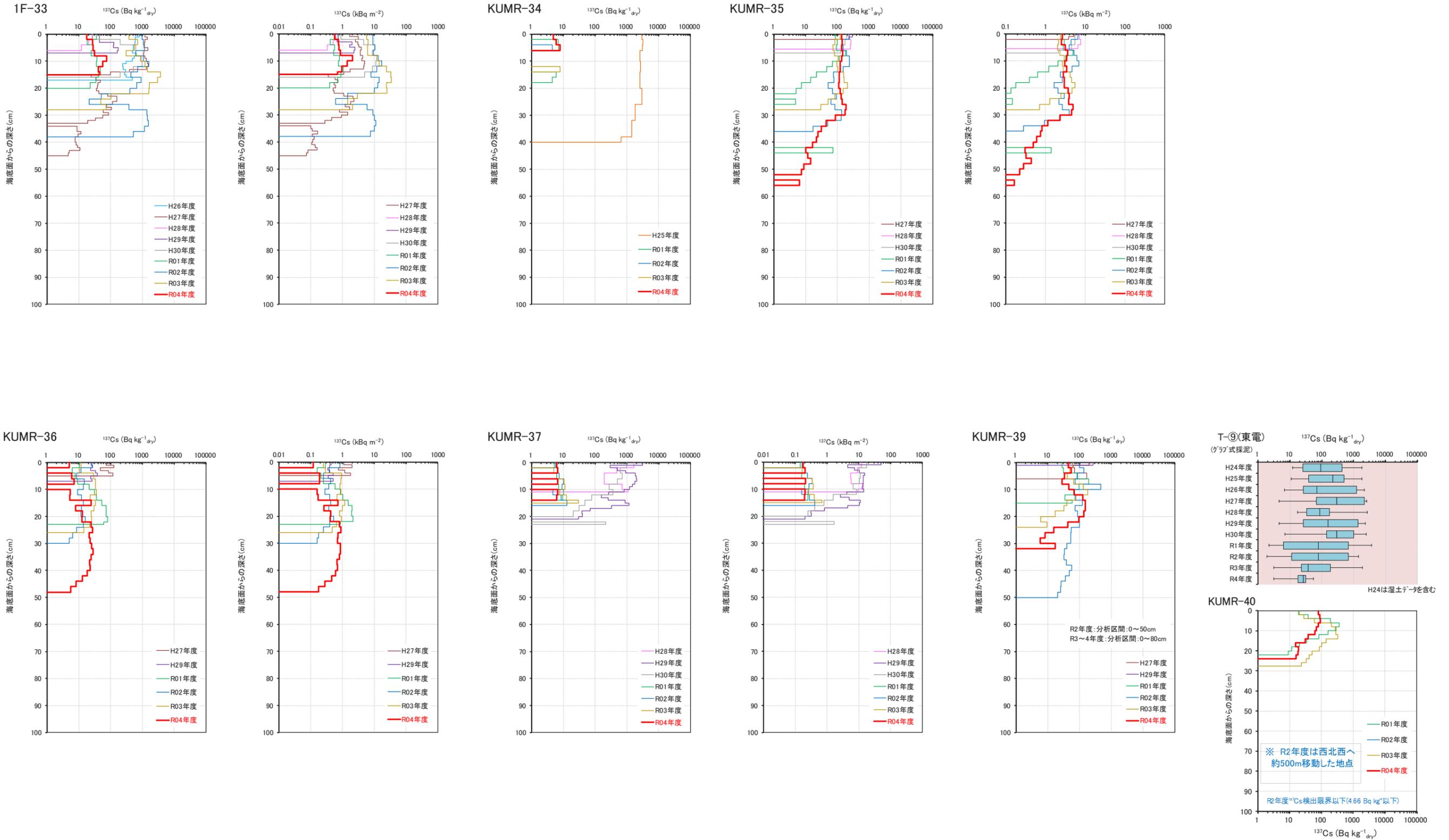
付録2-4 放射性セシウム濃度等の既往結果との比較



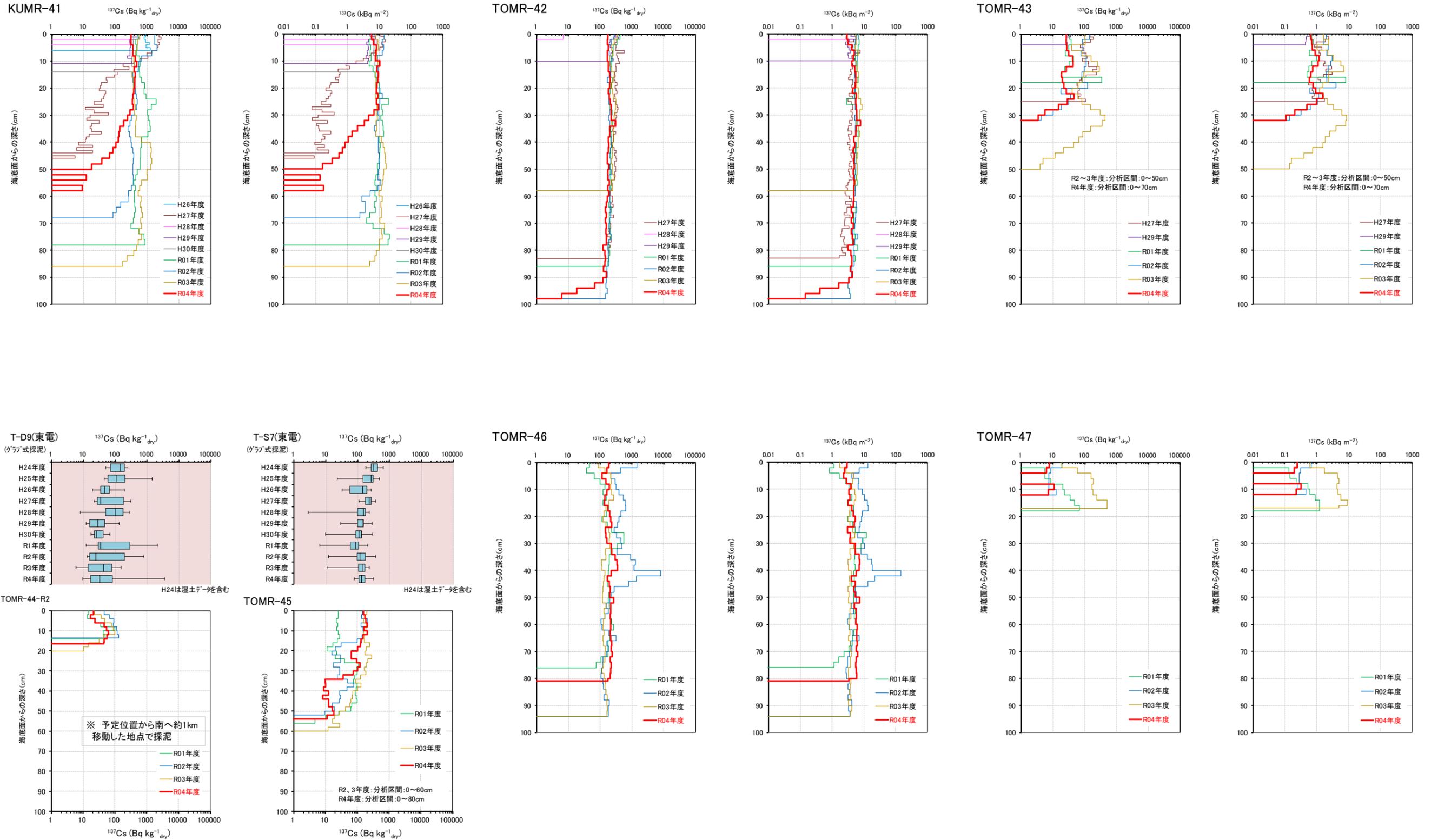
※ R2年度は西北西へ約500m移動した地点で採泥実施



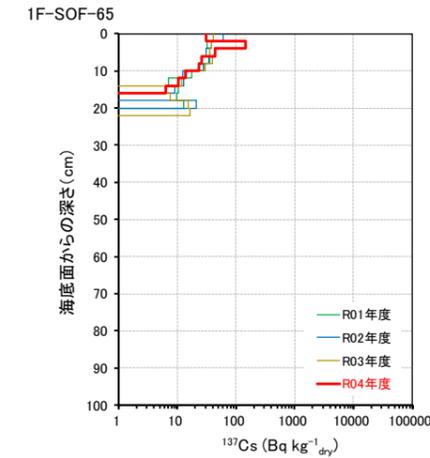
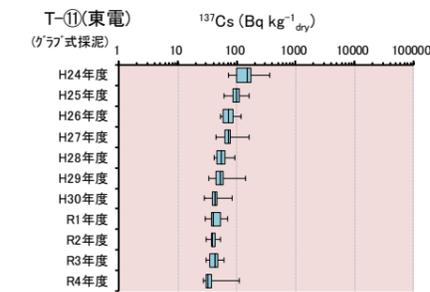
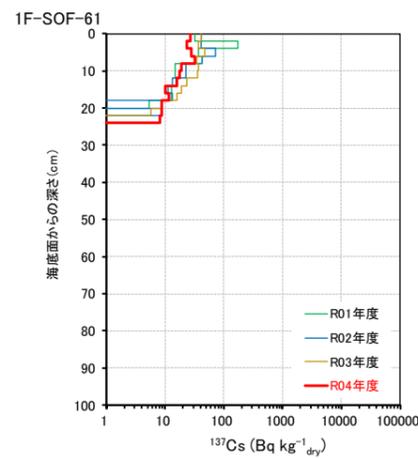
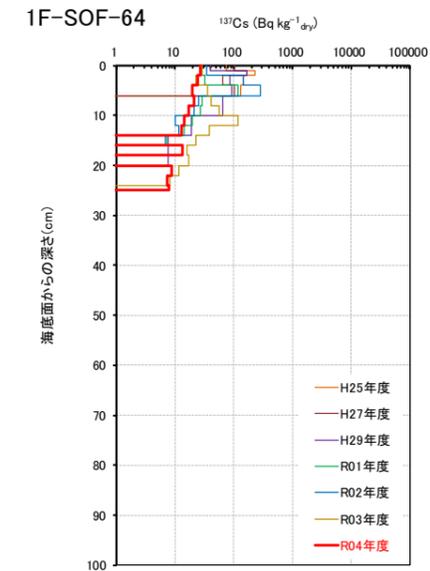
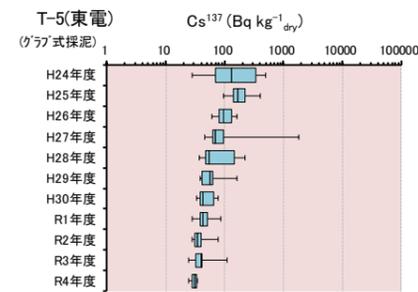
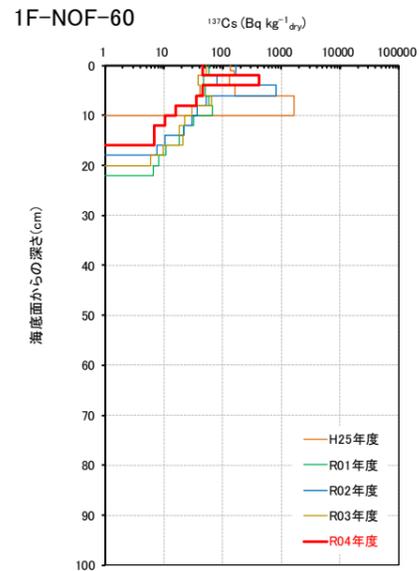
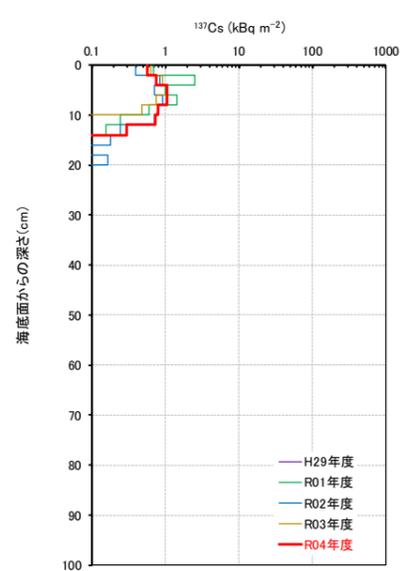
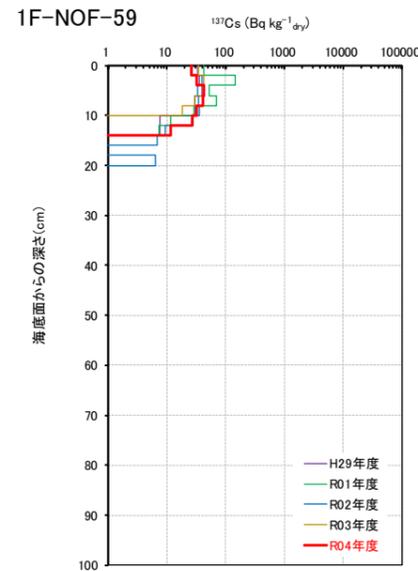
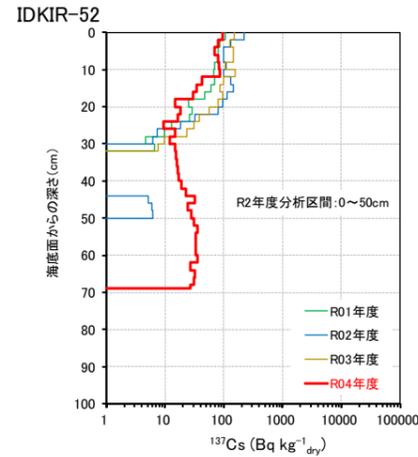
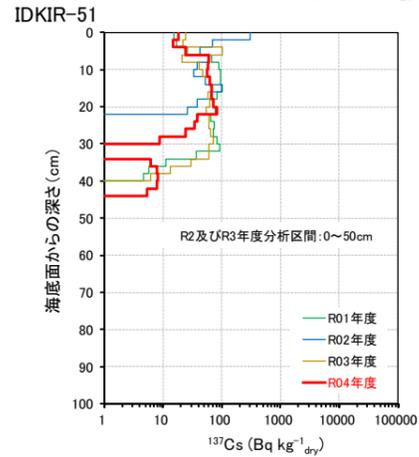
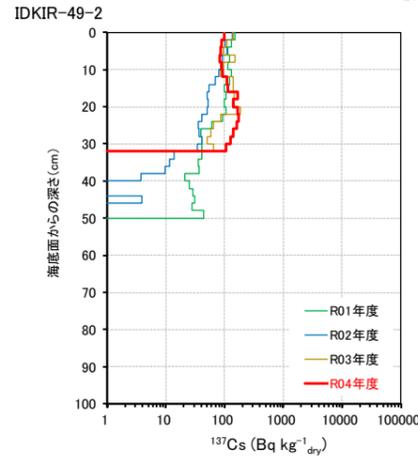
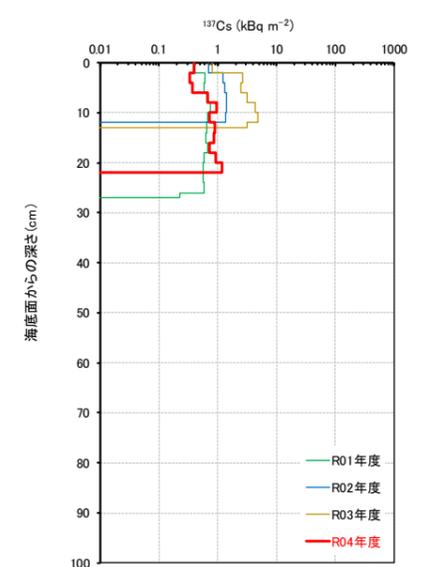
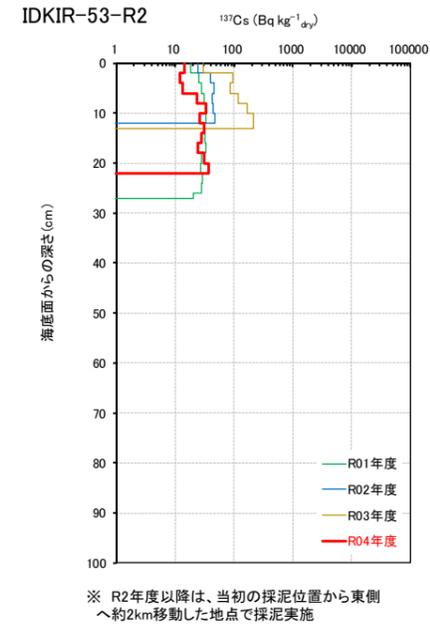
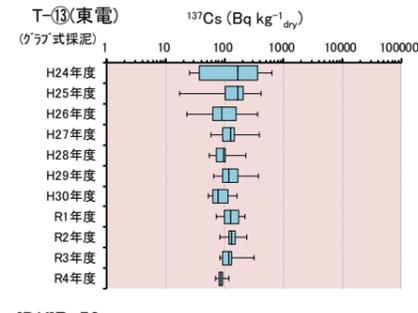
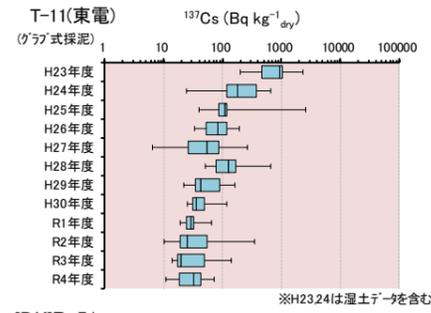
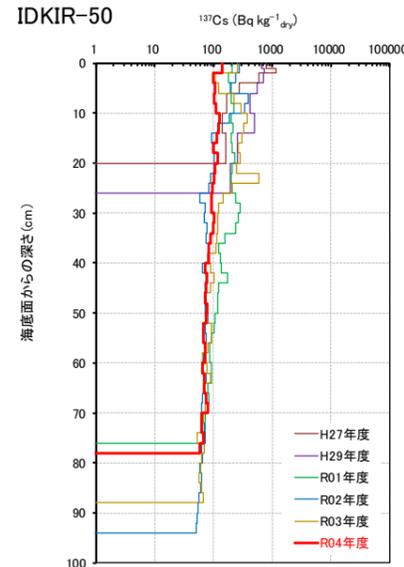
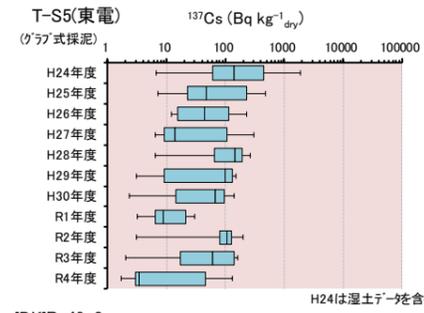
付録2-5 放射性セシウム濃度等の既往結果との比較



付録2-6 放射性セシウム濃度等の既往結果との比較



付録2-7 放射性セシウム濃度等の既往結果との比較



付録2-8 放射性セシウム濃度等の既往結果との比較

