

ISSN 0910-044X

放射能調査報告書

令和 3 年調査結果

Report of Radioactivity Surveys

Results of Surveys in 2021

令和 4 年 9 月

海上保安庁海洋情報部

Hydrographic and Oceanographic Department

Japan Coast Guard

Sep 2022

はじめに

海上保安庁海洋情報部では、海洋汚染の防止及び海洋環境保全のための科学的調査の一環として、海洋における放射能調査を実施している。

本調査は、国の原子力行政の一元化の方針に基づき、原子力規制委員会で一括計上される放射能調査研究費によって実施しているものである。

本調査報告書は、令和 3 年(2021 年)に実施した「日本近海における海水及び海底土の放射能調査」、「深海域における海水及び海底土の放射能調査」の調査結果である。

これまで海上保安庁海洋情報部では、海水・海底土における人工放射性物質の分布状況の把握やその挙動監視を継続して行ってきたため、平成 23 年(2011 年)3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震に起因する東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故により人工放射性物質が環境中に放出された影響の評価に貢献することができた。

今後も、過去の核実験や原子力施設の事故等により環境中に放出された人工放射性物質の分布状況の把握等を含め、海洋環境保全のための放射能調査を実施していく必要がある。

放射能調査報告書(令和3年調査結果)

目次

1	日本近海における海水及び海底土の放射能調査	1
1.1	調査概要	1
1.1.1	調査海域	1
1.1.2	試料採取	1
1.1.3	測定項目	2
1.2	放射能測定	2
1.2.1	放射化学分析	2
1.2.2	機器分析	3
1.2.3	測定	3
1.3	結果	4
1.3.1	海水	4
1.3.2	海底土	4
2	深海域における海水及び海底土の放射能調査	14
2.1	調査概要	14
2.1.1	調査海域	14
2.1.2	試料採取	14
2.1.3	測定項目	15
2.2	放射能測定	15
2.2.1	放射化学分析	15
2.2.2	機器分析	16
2.2.3	測定	17
2.3	結果	17
2.3.1	海水	17
2.3.2	海底土	18
2.3.3	本調査のまとめ	18

1 日本近海における海水及び海底土の放射能調査

1.1 調査概要

本調査は、過去の核実験等が海洋の自然環境に及ぼす影響を把握するために実施しており、日本近海の海水及び海底土に含まれる人工放射性核種の分布状況、経年変化等を把握するものである。

海水については昭和 34 年(1959 年)に、海底土については昭和 48 年(1973 年)にそれぞれ調査を開始し、以来継続して実施している。

また、東京電力福島第一原子力発電所事故によって環境中に放出された放射性物質濃度の把握のため、令和 3 年(2021 年)においても「総合モニタリング計画」に基づき、外洋海域の海水モニタリングの調査を計画していたが、測量船の機器不具合と台風の影響により実施できなかった。なお、この調査については、令和 4 年(2022 年)3 月の「総合モニタリング計画」の改定により、令和 3 年(2021 年)をもって終了となったため、令和 2 年(2020 年)に実施した調査が最後となった。

本報告は、令和 3 年(2021 年)に実施した上記調査について結果をまとめたものである。

1.1.1 調査海域

海水及び海底土の各調査点は、図 1-1 に示すとおりである。

1.1.2 試料採取

試料採取は、海上保安庁海洋情報部(本庁)及び管区海上保安本部所属の測量船等で行った。

採取された試料数は、海水 24 試料、海底土 10 試料であり、各海域の試料数及び採取担当は、表 1-1 に示すとおりである。

海水については、表層の海水を約 40L 採取し、採取後直ちに塩酸(1mL/1L 海水)を添加した。

海底土は、表層部から約 2cm を分取した。

各使用器具は、表 1-2 に示すとおりである。

表 1-1 調査海域別の調査点数(試料数)と採取担当

調査海域	海水調査点 (試料数)	海底土調査点 (試料数)	採取担当
外洋域	14	—	本庁、八、十一管区
沿岸域	10	10	本庁、六、七、八、十管区
計	24	10	

表 1-2 使用器具

試料	使用器具
海水	ポリエチレン製バケツ 揚水ポンプ（工進製、海水用水中ポンプ SK-53210）
海底土	スミス・マッキンタイヤ採泥器（離合社製、重量約 180 kg、採取面積約 0.1 m ² ） エクマンバーズ採泥器（離合社製、重量約 5 kg、採取面積約 0.02 m ² ）

1.1.3 測定項目

各試料の測定核種は次のとおりである。

海水	}	コバルト - 60	(⁶⁰ Co	: 半減期	5.3 年)
		ストロンチウム - 90	(⁹⁰ Sr	: 半減期	29 年)
		ルテニウム - 106	(¹⁰⁶ Ru	: 半減期	367 日)
		セシウム - 134	(¹³⁴ Cs	: 半減期	2.1 年)
		セシウム - 137	(¹³⁷ Cs	: 半減期	30 年)
海底土	}	コバルト - 60			
		ストロンチウム - 90			
		セシウム - 134			
		セシウム - 137			

1.2 放射能測定

各試料の ⁹⁰Sr については、放射化学分析により放射能を求め、その他の核種については、機器分析（ γ 線計測）により求めた。

⁹⁰Sr については、⁹⁰Sr と放射平衡にあるイットリウム - 90 (⁹⁰Y) を分離精製し、 β 線計測を行い、化学収率補正は、海水の分析では Y 担体添加法により、海底土の分析では標準添加法を用いる原子吸光光度法及び Y 担体添加法により求めた。

なお、分析に先立ち、海底土は採取試料を乾燥、粉碎し、目開き 2mm のふるいを通過した部分を分析試料とした。

1.2.1 放射化学分析

(1) 海水

[⁹⁰Sr] 試料（約 20L）に水酸化ナトリウム溶液を加え、マグネシウム等を水酸化物として沈殿させ、ろ別した。得られた上澄み液・ろ液を酸性とした後、Y 担体を添加し、2 週間以上放置した。これに水酸化ナトリウム溶液を加え、⁹⁰Sr と放射平衡にある ⁹⁰Y を水酸化物として沈殿させ、ろ別した。沈殿物を塩酸で溶解し、りん酸水素ビス（2-エチルヘキシル）ートルエン

溶液による溶媒抽出の後、陽イオン交換樹脂カラム（Dowex50W-X8）に通して⁹⁰Yを分離精製し、これをしゅう酸塩として沈殿させ、ろ別、乾燥して計測試料とした。

(2) 海底土

[⁹⁰Sr] 試料（乾土 300g）は、470°Cで有機物を熱分解した後、Sr担体を添加し、熱 8M 塩酸で浸出した。浸出液をアンモニア水で中和してアルミニウム等を水酸化物として沈殿させ、ろ別した。ろ液に炭酸アンモニウムを加え⁹⁰Srを沈殿させ、ろ別した。沈殿物は硝酸で溶解し、その溶液を煮沸して炭酸ガスを除いた後、Y担体を添加し、2週間以上放置した。これに1%塩化第二鉄とアンモニア水を加え、⁹⁰Srと放射平衡にある⁹⁰Yを水酸化物として沈殿させ、ろ別し塩酸で溶解した。以後の処理は海水と同様である。

また、一部の試料は熱 8M 塩酸処理を行う前に炭酸ナトリウム溶液で前処理を行った。

1.2.2 機器分析

(1) 海水

[⁶⁰Co・¹⁰⁶Ru・¹³⁴Cs・¹³⁷Cs] 試料（約 20L）を用いて、りんモリブデン酸アンモニウム-二酸化マンガン吸着捕集法により放射性物質を吸着させ、径 47mm、孔径 0.45μm のメンブレンフィルターでろ過した。U-9 容器^{*1}に移した後、乾燥し、計測試料とした。この場合、化学収率補正は行っていない。

(2) 海底土

[⁶⁰Co・¹³⁴Cs・¹³⁷Cs] 試料（乾土約 300~850 g）を 700mL マリネリ容器^{*2}に 700mL 標線まで充填し、計測試料とした。

^{*1} U-9 容器（ポリプロピレン製 外径φ56×高さ35mm）

^{*2} 700mL マリネリ容器（アクリル製 外径φ130×高さ193mm）

1.2.3 測定

各試料は、表 1-3 に示す放射線計測機器を使用し、測定を行った。

表 1-3 測定核種と放射線計測機器

試料	測定核種	使用放射線計測機器
海水	⁶⁰ Co・ ¹⁰⁶ Ru・ ¹³⁴ Cs・ ¹³⁷ Cs	ゲルマニウム半導体検出器 (ORTEC 製 GEM40-76-XLB-C) / 多重波高分析装置 (SEIKO EG&G 製 MCA-7)
	⁹⁰ Sr(⁹⁰ Y)	2π 低バックグラウンドガスフローカウンタ (日立アロカ製 LBC-4202B)
海底土	⁶⁰ Co・ ¹³⁴ Cs・ ¹³⁷ Cs	ゲルマニウム半導体検出器 (ORTEC 製 GEM40-76-XLB-C) / 多重波高分析装置 (SEIKO EG&G 製 MCA-7)
	⁹⁰ Sr(⁹⁰ Y)	2π 低バックグラウンドガスフローカウンタ (日立アロカ製 LBC-4202B)

1.3 結果

海水及び海底土の調査結果を表 1-4 及び表 1-5 に示し、放射能濃度について原則有効数字 2 桁で示し、計数誤差を付記した。また、計数誤差の 3 倍未満を検出下限値未満(以下、「不検出」という。)とした。

なお、海水の ^{60}Co 、 ^{106}Ru 及び海底土の ^{60}Co は、すべて不検出であったため、表に記載していない。

1.3.1 海水

表層海水について、図 1-2 及び図 1-3 にそれぞれ ^{90}Sr 及び ^{137}Cs の濃度を棒グラフで示した。図 1-5 及び図 1-6 に、それぞれ ^{90}Sr 及び ^{137}Cs の昭和 47 年(1972 年)以降の平均値、最大値及び最小値の経年変化を、片対数表記で示した。

^{90}Sr については、平成 23 年(2011 年)に一部の調査点において比較的高い濃度で検出されたものの、その後減少傾向に転じ、平成 25 年(2013 年)以降の調査では事故以前のレベルとなり、令和 3 年(2021 年)調査では 1mBq/L 未満の低い濃度で推移している。

^{134}Cs については、平成 23 年(2011 年)から平成 27 年(2015 年)調査までは一部の調査点で検出されていたが、平成 28 年(2016 年)以降の調査では不検出となり、令和 3 年(2021 年)調査でもすべての調査点で不検出であった。

^{137}Cs については、一部の調査点では他の調査点と比較して高い濃度で検出されたが、他の調査点と同様に過去の変動の範囲内であった。

海上保安庁では、総合モニタリング計画に基づく外洋海域の海水モニタリング調査を平成 26 年(2014 年)から令和 2 年(2020 年)の期間に調査を行い、担当した調査点について図 1-9 に示す。調査期間中、 ^{60}Co 及び ^{134}Cs は一度も検出されなかった。検出された ^{90}Sr 及び ^{137}Cs について、海上保安庁が担当した調査点から平均した値を用いて図 1-10 に経年変化を示した。 ^{90}Sr 及び ^{137}Cs 共に概ね表層より中層の方が低い傾向にあった。また、図 1-5 及び図 1-6 に示す ^{90}Sr 及び ^{137}Cs の経年変化と比較して変動の範囲内であり、調査期間中において原発事故の影響による放射能濃度の変化はみられなかった。

1.3.2 海底土

海底土について、図 1-4 に ^{90}Sr 、 ^{134}Cs 及び ^{137}Cs の濃度を棒グラフで示した。図 1-7 及び図 1-8 に、それぞれ ^{90}Sr 及び ^{137}Cs の昭和 56 年(1981 年)以降の平均値、最大値及び最小値の経年変化を示し、図 1-8 の ^{137}Cs の経年変化については、片対数表記で示した。

^{90}Sr については、平均で 0.05Bq/kg-乾土程度であり、低い濃度で横ばいに推移している。

^{134}Cs については、一部の調査点で検出されたが、他の調査点では不検出であった。

^{137}Cs については、一部の調査点では他の調査点と比較して高い濃度で検出されたが、他の調査点と同様に過去の変動の範囲内であった。

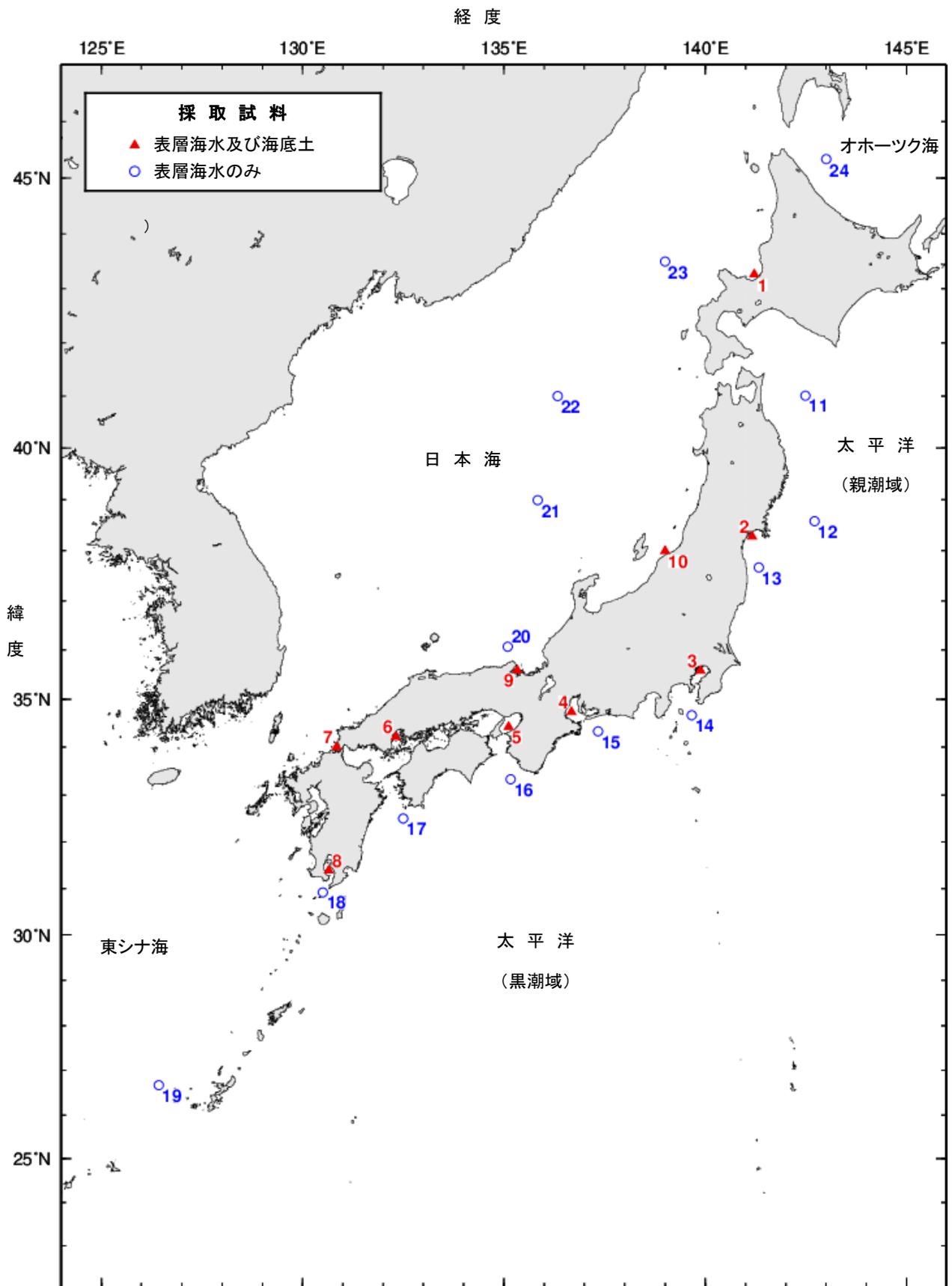


図 1-1 令和 3 年日本近海放射能調査海域

表 1-4 令和3年日本近海放射能調査結果—海水

(沿岸域)

調査点	海域	採取年月日	採取位置		採取深度(m)	放射能濃度(mBq/L)		
			緯度(N)	経度(E)		⁹⁰ Sr	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs
1	小樽港沖	2021/07/29	43-16.0	141-13.2	0	0.81 ± 0.07	*	1.5 ± 0.3
2	仙台湾	2021/08/08	38-16.7	141-10.1	0	0.74 ± 0.07	*	2.6 ± 0.3
3	東京湾	2021/11/24	35-35.0	139-53.0	0	0.77 ± 0.07	*	2.2 ± 0.3
4	伊勢湾	2021/11/25	34-44.2	136-40.6	0	0.77 ± 0.07	*	1.8 ± 0.3
5	大阪湾	2021/11/26	34-25.4	135-07.1	0	0.79 ± 0.06	*	1.7 ± 0.3
6	広島湾	2021/06/22	34-13.0	132-18.6	0	0.70 ± 0.07	*	1.5 ± 0.3
7	響灘	2021/11/16	34-00.1	130-50.6	0	0.81 ± 0.07	*	1.0 ± 0.3
8	鹿児島湾	2021/10/05	31-23.2	130-38.9	0	0.67 ± 0.06	*	1.2 ± 0.3
9	若狭湾	2021/08/04	35-35.2	135-19.8	0	0.71 ± 0.07	*	1.5 ± 0.3
10	新潟沖	2021/08/03	38-00.0	139-00.0	0	0.74 ± 0.07	*	1.5 ± 0.3
沿岸域1～10の平均						0.75		1.7

(外洋域)

調査点	海域	採取年月日	採取位置		採取深度(m)	放射能濃度(mBq/L)		
			緯度(N)	経度(E)		⁹⁰ Sr	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs
11	太平洋	2021/08/06	41-00.5	142-29.4	0	0.87 ± 0.07	*	1.9 ± 0.3
12	(親潮域)	2021/07/25	38-34.7	142-43.0	0	0.78 ± 0.07	*	1.6 ± 0.3
13		2021/08/08	37-39.9	141-20.0	0	0.86 ± 0.07	*	2.3 ± 0.3
14	太平洋	2021/11/24	34-40.1	139-40.2	0	0.74 ± 0.06	*	1.6 ± 0.3
15	(黒潮域)	2021/11/25	34-19.8	137-20.5	0	0.69 ± 0.07	*	1.3 ± 0.3
16		2021/11/25	33-20.0	135-10.0	0	0.72 ± 0.07	*	1.5 ± 0.3
17		2021/11/27	32-29.9	132-30.2	0	0.82 ± 0.07	*	1.3 ± 0.3
18		2021/11/27	30-55.1	130-30.5	0	0.74 ± 0.06	*	1.0 ± 0.3
19		2021/08/01	26-39.8	126-25.5	0	0.78 ± 0.07	*	1.1 ± 0.2
20	日本海	2021/06/30	36-04.3	135-05.6	0	0.75 ± 0.06	*	1.8 ± 0.3
21		2021/08/02	38-59.8	135-50.2	0	0.77 ± 0.06	*	1.7 ± 0.3
22		2021/07/31	40-59.9	136-20.2	0	0.97 ± 0.08	*	1.4 ± 0.3
23		2021/07/29	43-30.0	139-00.0	0	0.93 ± 0.07	*	1.4 ± 0.3
24	オホーツク海	2021/07/28	45-20.1	143-00.3	0	0.62 ± 0.06	*	1.2 ± 0.2
外洋域11～24の平均						0.79		1.5

※ 不検出は*とした。

※ ⁶⁰Co及び¹⁰⁶Ruは各調査点において不検出であったため表に記載していない。

表 1-5 令和 3 年日本近海放射能調査結果—海底土

調査点	海域	採取年月日	採取位置		採取深度 (m)	底質	放射能濃度(Bq/kg-乾土)		
			緯度(N)	経度(E)			⁹⁰ Sr	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs
1	小樽港沖	2021/07/29	43-16.0	141-13.1	27	S	0.019 ± 0.004	*	0.71 ± 0.04
2	仙台湾	2021/08/08	38-16.6	141-10.0	25	M,Oz	0.034 ± 0.004	1.2 ± 0.05	34 ± 0.1
3	東京湾	2021/11/24	35-35.0	139-53.0	10	M	0.065 ± 0.008	0.54 ± 0.05	17 ± 0.1
4	伊勢湾	2021/11/25	34-44.2	136-40.6	27	M	0.073 ± 0.006	*	3.9 ± 0.07
5	大阪湾	2021/11/26	34-25.4	135-07.1	24	M	0.028 ± 0.005	*	1.6 ± 0.05
6	広島湾	2021/06/22	34-13.0	132-18.6	20	M	0.041 ± 0.006	*	1.9 ± 0.06
7	響灘	2021/11/16	34-00.1	130-50.6	19	Oz	0.029 ± 0.005	*	0.69 ± 0.04
8	鹿児島湾	2021/11/28	31-23.3	130-38.7	218	M	0.099 ± 0.006	*	1.5 ± 0.06
9	若狭湾	2021/08/04	35-35.2	135-19.8	54	M	0.039 ± 0.005	*	2.8 ± 0.05
10	新潟沖	2021/08/03	37-59.8	139-00.1	76	M	0.051 ± 0.005	0.40 ± 0.05	15 ± 0.10
1～10の平均							0.048	—	7.9

※ 底質記号: M 泥(Mud)、Oz 軟泥(Ooze)、S 砂(Sand)

※ 不検出は*とした。

※ ⁶⁰Coは各調査点において不検出であったため表に記載していない。

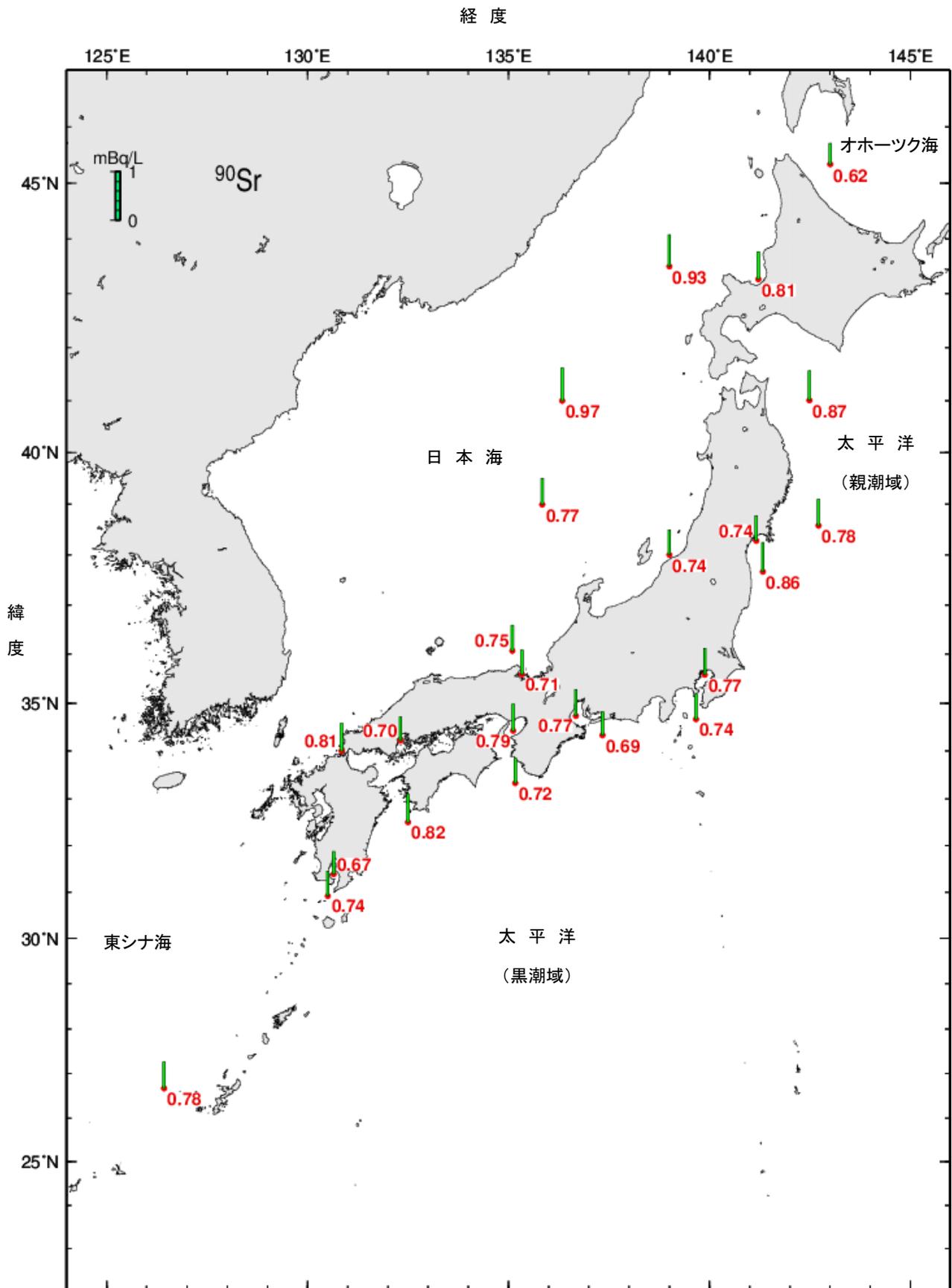


図 1-2 令和 3 年日本近海放射能調査結果—表層海水中の ^{90}Sr

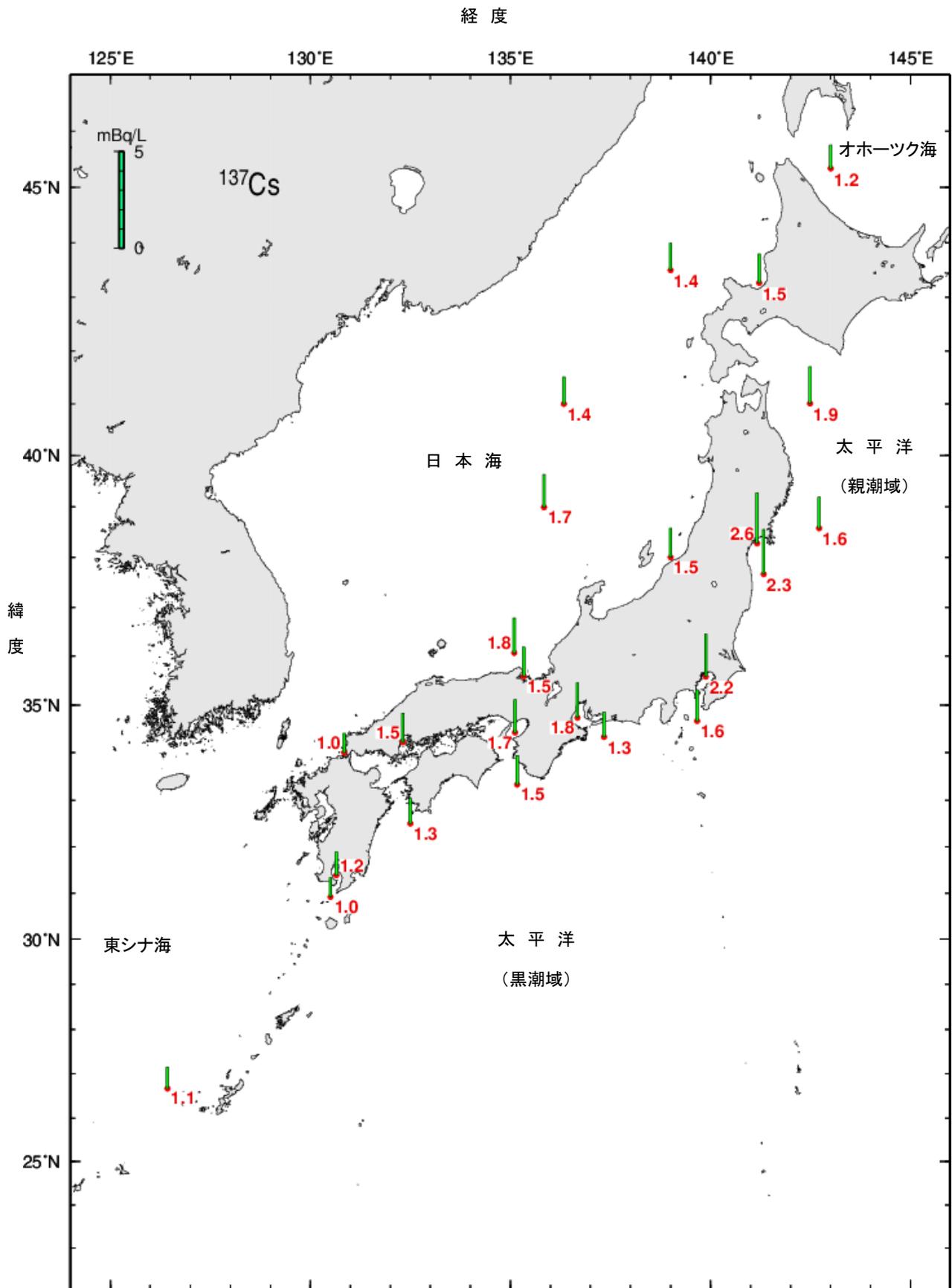


図 1-3 令和 3 年日本近海放射能調査結果—表層海水中の ^{137}Cs

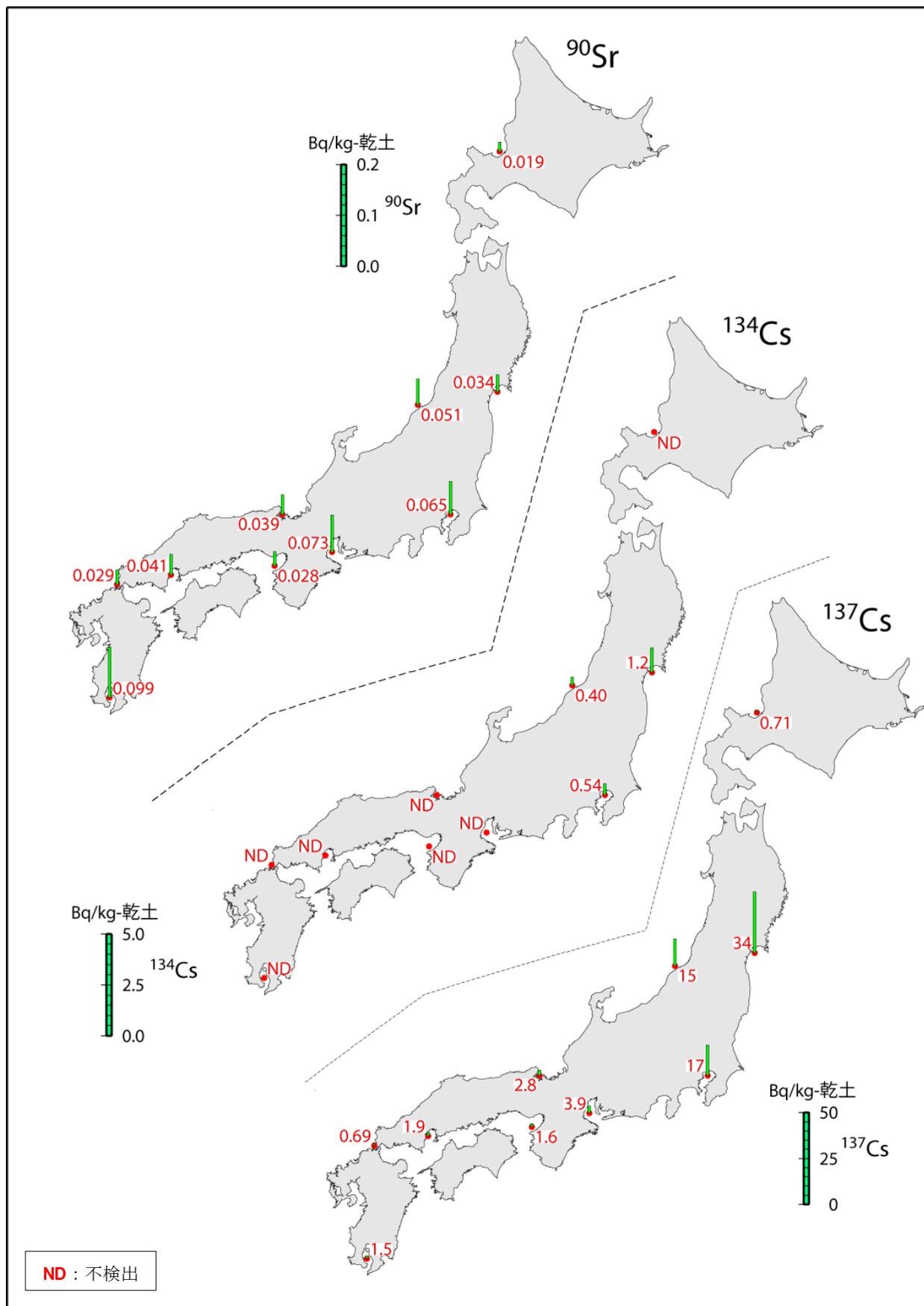


図 1-4 令和 3 年日本近海放射能調査結果—海底土

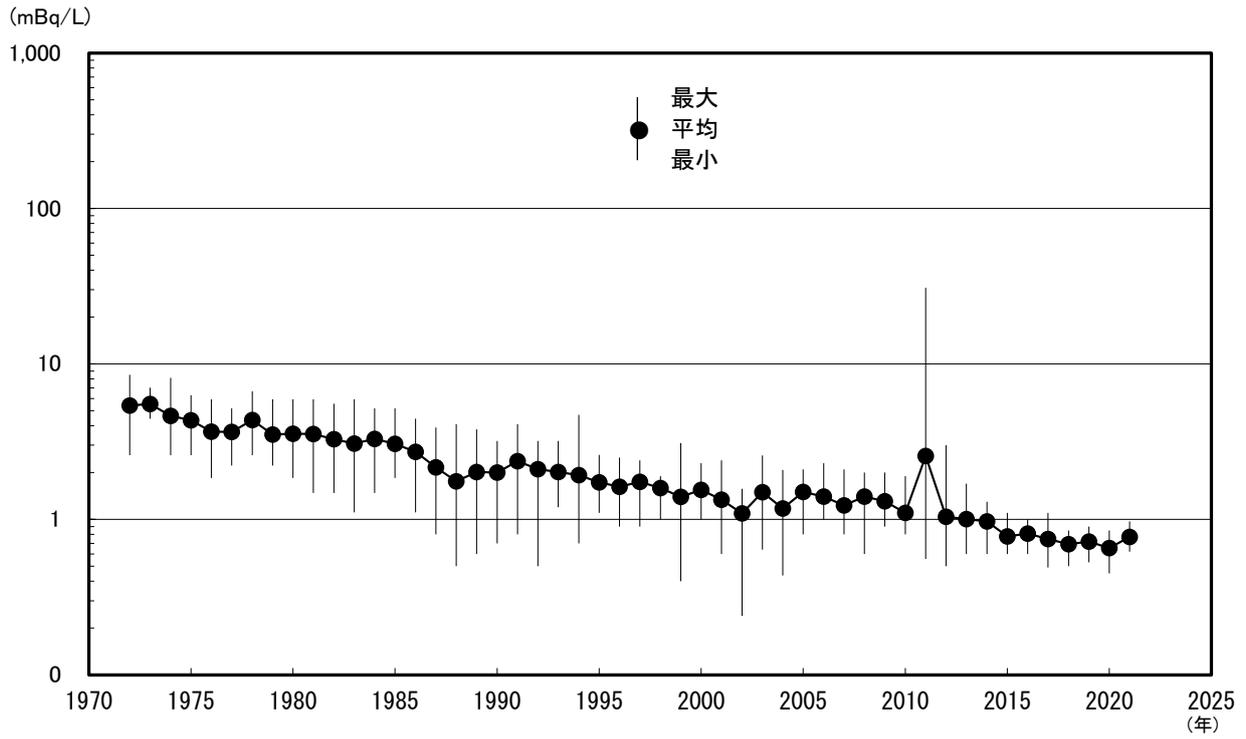


図 1-5 日本近海海水中の ^{90}Sr の経年変化

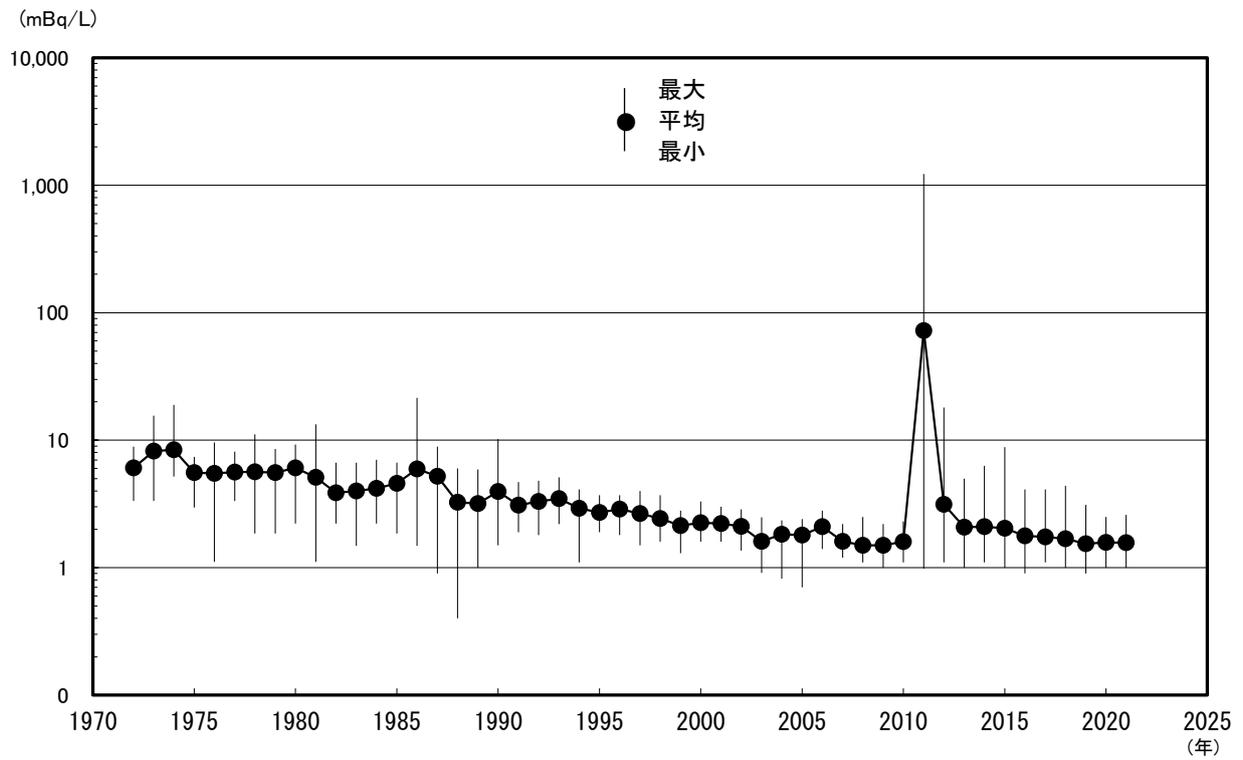


図 1-6 日本近海海水中の ^{137}Cs の経年変化

(Bq/kg-乾土)

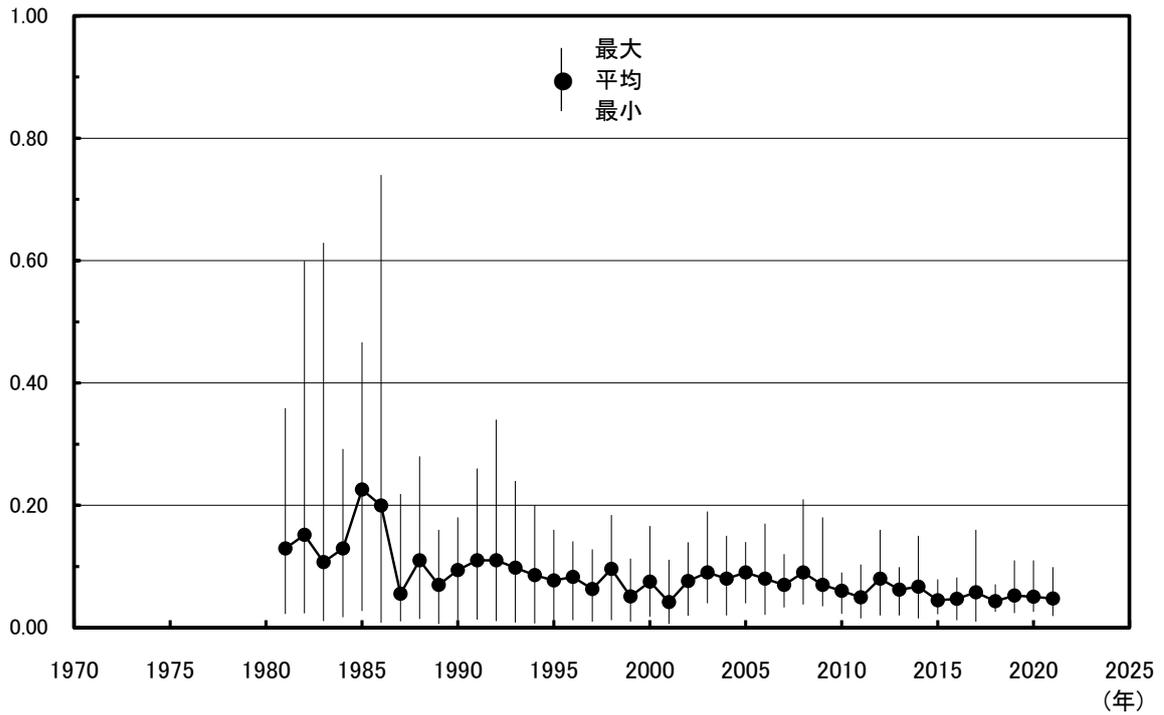
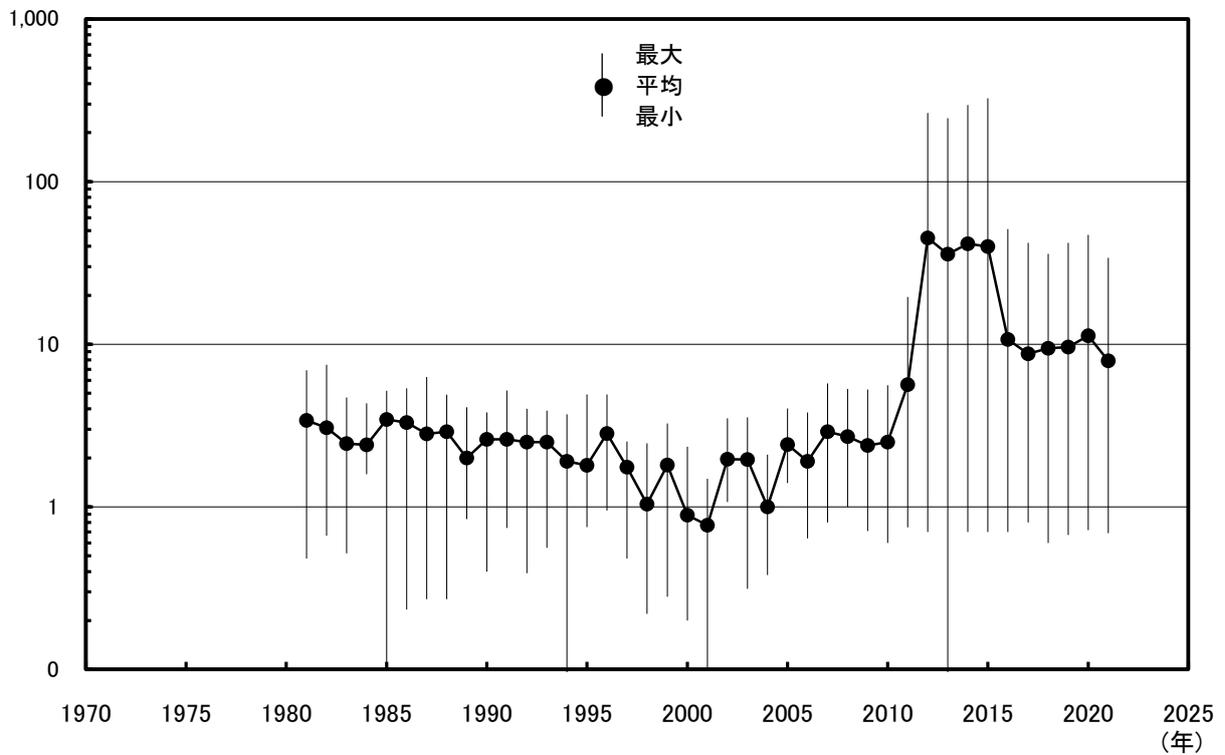


図 1-7 日本近海海底土中の ^{90}Sr の経年変化

(Bq/kg-乾土)



※不検出は 0Bq/kg-乾土とした。

図 1-8 日本近海海底土中の ^{137}Cs の経年変化

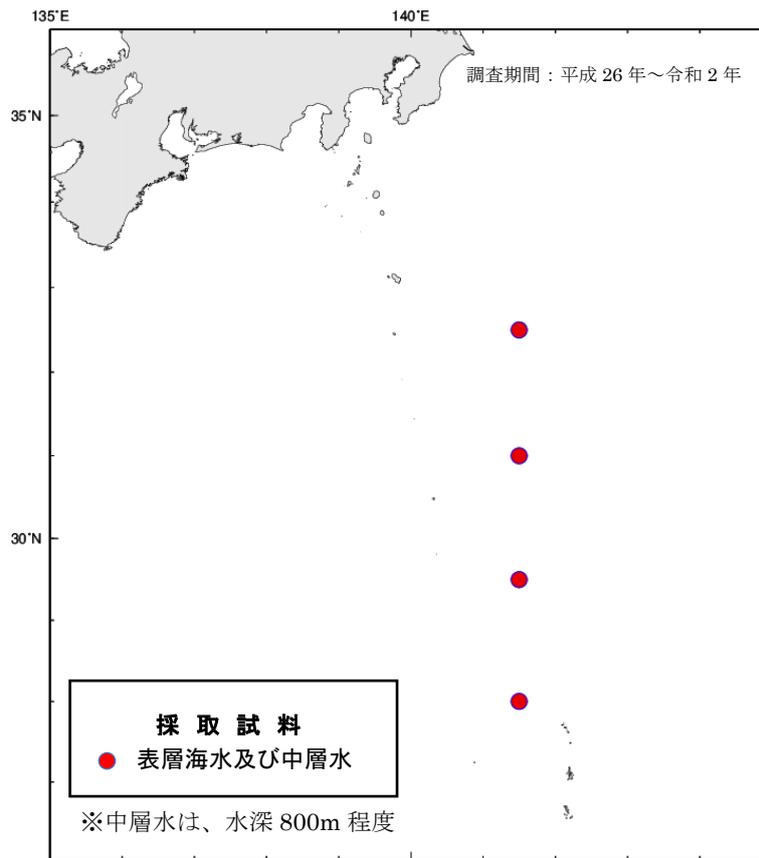


図 1-9 総合モニタリング計画に基づく海水モニタリング調査点

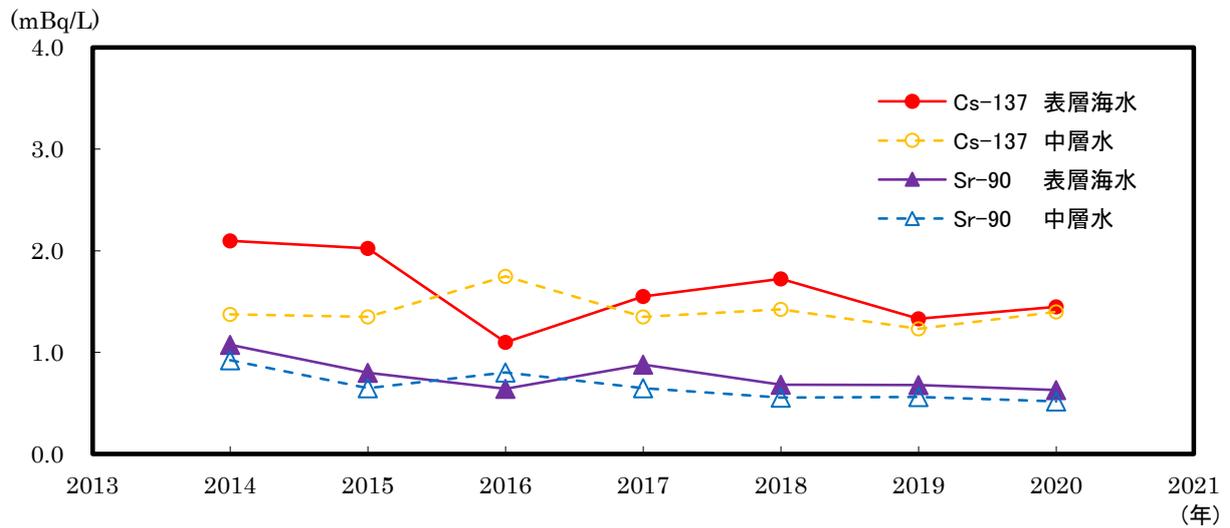


図 1-10 総合モニタリング計画に基づく海水モニタリング調査の経年変化図

2 深海域における海水及び海底土の放射能調査

2.1 調査概要

本調査は、旧ソ連・ロシアによる放射性廃棄物の海洋投棄に関連して、日本海及びオホーツク海の海水及び海底土中の人工放射性核種の分布状況、経年変化を把握するものである。

また、日本海の調査結果と比較するため、太平洋においても調査を実施している。

本報告は、令和3年(2021年)の調査結果を取りまとめたものである。

また、令和3年(2021年)調査では、測量船の機器不具合と台風の影響により調査計画を大幅に変更せざるを得なくなったため、調査点及び各層の採取について一部欠測となった。なお、令和3年(2021年)の調査で本調査は終了となった。

2.1.1 調査海域

海水及び海底土の各調査点は、図 2-1 に示すとおりである。

2.1.2 試料採取

試料採取は、海上保安庁海洋情報部所属の測量船で行った。

海水の採取深度は、0m、1,000m、2,000m 及び底上 50m の層について実施した。各層の海水を約 60L 採取し、採取後直ちに塩酸(1mL/1L 海水)を添加した。

なお、水温、実用塩分、溶存酸素(ウインクラー・カーペンター法)も併せて測定した。

海底土は、表層部から約 2cm を分取した。

各調査項目の使用器具は、表 2-1 に示すとおりである。

表 2-1 使用器具

試料	調査項目	使用器具
海水	採水	揚水ポンプ (工進製、海水用水中ポンプ SK-53210) 100L 採水器 (離合社製、重量約 85kg、採水筒ポリプロピレン製)
	深度	測深ピンガー (海洋電子製 PA-614 型、12kHz) デジタル転倒圧力計 (SIS 製、RPM6000X)
	水温	デジタル温度計 (SATO SK-250WP11) デジタル転倒温度計 (SIS 製、RTM4002X)
	実用塩分	塩分測定装置 (Guildline 製 AUTOSAL 8400B)
海底土	採泥	スミス・マッキンタイヤ採泥器 (離合社製、重量約 180 kg、採取面積約 0.1 m ²)

2.1.3 測定項目

各試料の測定核種は次のとおりである。

海水	{	コバルト - 60	(^{60}Co)	: 半減期	5.3 年)
		ストロンチウム - 90	(^{90}Sr)	: 半減期	29 年)
		セシウム - 134	(^{134}Cs)	: 半減期	2.1 年)
		セシウム - 137	(^{137}Cs)	: 半減期	30 年)
		プルトニウム - 239+240	(^{239}Pu)	: 半減期	24,100 年)
			(^{240}Pu)	: 半減期	6,560 年)
海底土	{	コバルト - 60			
		ストロンチウム - 90			
		セシウム - 134			
		セシウム - 137			
		プルトニウム - 239+240			

2.2 放射能測定

海水の ^{60}Co 、 ^{90}Sr 及び $^{239+240}\text{Pu}$ については、放射化学分析により放射能を求め、 ^{134}Cs 及び ^{137}Cs については、機器分析 (γ 線計測) により放射能を求めた。

海底土の ^{90}Sr 及び $^{239+240}\text{Pu}$ については、放射化学分析により放射能を求め、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 及び ^{137}Cs については、機器分析 (γ 線計測) により放射能を求めた。

海水の ^{60}Co については、分離精製し、 β 線計測を行い、化学収率補正は Co 担体添加法により求めた。

^{90}Sr については、 ^{90}Sr と放射平衡にある ^{90}Y を分離精製し、 β 線計測を行い、化学収率補正は標準添加法を用いる原子吸光光度法及び Y 担体添加法により求めた。

$^{239+240}\text{Pu}$ については、添加した ^{242}Pu 標準液とともに試料から分離精製し、 α 線計測を行い、 ^{242}Pu との放射能の比から求めた。

なお、分析に先立ち、海底土は採取試料を乾燥、粉碎し、目開き 2mm のふるいを通過した部分を分析試料とした。

2.2.1 放射化学分析

(1) 海水

化学処理に先立ち、採取試料 (約 20L) に Co 担体及び ^{242}Pu 標準液を添加した。

[^{90}Sr] 試料 (約 20L) に水酸化ナトリウム溶液を加え、弱塩基性として $^{239+240}\text{Pu}$ 、 ^{60}Co を水酸化マグネシウムと共沈させ、ろ別した。(沈殿物は $^{239+240}\text{Pu}$ 、 ^{60}Co の分析に用いた)。得られた上澄み液・ろ液を酸性とした後、Y 担体を添加し、2 週間以上放置した。これに水酸化

ナトリウム溶液を加え、 ^{90}Sr と放射平衡にある ^{90}Y を水酸化物として沈殿させ、ろ別した。沈殿物を塩酸で溶解し、りん酸水素ビス(2-エチルヘキシル) ートルエン溶液による溶媒抽出の後、陽イオン交換樹脂カラム (Dowex 50W-X8) に通して ^{90}Y を分離精製し、これをしゅう酸塩として沈殿させ、ろ別、乾燥して計測試料とした。

[$^{239+240}\text{Pu}$] ^{90}Sr の分析中に得られた沈殿物を硝酸で溶解し、蒸発濃縮させた後、8.4M 硝酸で溶解し、過酸化水素水で処理し、陰イオン交換樹脂カラム (Dowex 1-X8) に通し、Pu (IV) を吸着させた(流出液・洗液は ^{60}Co の分析に用いる)。10M 塩酸で樹脂を洗浄後、よう化アンモニウム溶液ー塩酸混液で Pu (IV) を Pu (III) に還元し溶離した。分離精製した試料はステンレススチール板上に電着して計測試料とした。

[^{60}Co] $^{239+240}\text{Pu}$ の分析中に得られた流出液・洗液に水酸化ナトリウム溶液を加え、 ^{60}Co を沈殿させた。得られた沈殿物を 8M 塩酸で溶解し、陰イオン交換樹脂カラム (Amberlite CG-400) に通し ^{60}Co を吸着させ、4M 塩酸で溶離した後、テトラヒドロフランー塩酸混液を用いて陽イオン交換樹脂カラム (Dowex50W-X8) に通して ^{60}Co を分離精製し、銅板上に電着して計測試料とした。

(2) 海底土

[^{90}Sr] 試料 (乾土 300g) を 470°C で有機物を熱分解した後、Sr 担体を添加し、熱 8M 塩酸で浸出した。浸出液をアンモニア水で中和してアルミニウム等を水酸化物として沈殿させ、ろ別した。ろ液に炭酸アンモニウムを加え ^{90}Sr を沈殿させ、ろ別した。沈殿物は硝酸で溶解し、その溶液を煮沸して炭酸ガスを除いた後、Y 担体を添加し、2 週間以上放置した。これに 1% 塩化第二鉄とアンモニア水を加え、 ^{90}Sr と放射平衡にある ^{90}Y を水酸化物として沈殿させ、ろ別し塩酸で溶解した。以後の処理は海水と同様である。

[$^{239+240}\text{Pu}$] 試料 (乾土 50g) に ^{242}Pu 標準液を添加した後、熱 8.4M 硝酸で浸出し、浸出液を蒸発濃縮させた後、8.4M 硝酸で溶解し、陰イオン交換樹脂カラム (Dowex1-X8) に通し、Pu (IV) を吸着させた。以後の処理は海水と同様である。

2.2.2 機器分析

(1) 海水

[^{134}Cs ・ ^{137}Cs] 試料 (約 40L) を用いて、りんモリブデン酸アンモニウム吸着捕集法により放射性物質を吸着させ、径 47mm、孔径 $0.45\mu\text{m}$ のメンブレンフィルターでろ過した。U-9 容器^{*1}に移した後、乾燥し、計測試料とした。この場合、化学収率補正は行っていない。

(2) 海底土

[^{60}Co ・ ^{134}Cs ・ ^{137}Cs] 試料 (乾土約 500 g) を 700mL マリネリ容器^{*2}に 700mL 標線まで充填し、計測試料とした。

*1 U-9 容器 (ポリプロピレン製 外径 $\phi 56 \times$ 高さ 35mm)

*2 700mL マリネリ容器 (アクリル製 外径 $\phi 130 \times$ 高さ 193mm)

2.2.3 測定

各試料は、表 2-2 に示す放射線計測機器を使用し、測定を行った。

表 2-2 測定核種と放射線計測機器

試料	測定核種	使用放射線計測機器
海水	^{60}Co	2π 低バックグラウンドガスフローカウンタ(日立製作所製 LBC-4502)
	$^{90}\text{Sr}(^{90}\text{Y})$	2π 低バックグラウンドガスフローカウンタ(日立アロカ製 LBC-4202B)
	$^{134}\text{Cs} \cdot ^{137}\text{Cs}$	ゲルマニウム半導体検出器 (ORTEC 製 GEM40-76-XLB-C) ／多重波高分析装置 (SEIKO EG&G 製 MCA-7)
	$^{239+240}\text{Pu}$	α 線スペクトロメータ(ORTEC 製 ENS-U450)
海底土	$^{90}\text{Sr}(^{90}\text{Y})$	2π 低バックグラウンドガスフローカウンタ(日立アロカ製 LBC-4202B)
	$^{60}\text{Co} \cdot ^{134}\text{Cs} \cdot ^{137}\text{Cs}$	ゲルマニウム半導体検出器 (ORTEC 製 GEM40-76-XLB-C) ／多重波高分析装置 (SEIKO EG&G 製 MCA-7)
	$^{239+240}\text{Pu}$	α 線スペクトロメータ(ORTEC 製 ENS-U450)

2.3 結果

海水及び海底土の調査結果を表 2-3 及び表 2-4 に示し、放射能濃度については原則有効数字 2 桁で示し、計数誤差を付記した。また、計数誤差の 3 倍未満を検出下限値未満(以下、「不検出」という。)とした。

なお、海水の ^{60}Co 、 ^{134}Cs 及び海底土の ^{60}Co は、すべての調査点において不検出であったため、表に記載していない。

2.3.1 海水

各調査点の各核種の鉛直分布を図 2-2 に、各層の経年変化を図 2-3 に示した。

^{90}Sr 及び ^{137}Cs については、すべての調査点の表層海水において濃度が高く、深度が増すにつれ低くなる典型的な傾向がみられ、従来の結果と同様であった。表層海水では、 ^{90}Sr が 0.66~0.85mBq/L、 ^{137}Cs が 1.1~2.0mBq/L であり、過去の変動の範囲内であった。

$^{239+240}\text{Pu}$ については、すべての調査点の表層海水において濃度が不検出であり、従来の結果と概ね同様の結果であった。また、日本海の 1,000m 層以深の層では 0.026~0.042mBq/L の範囲で深度に関係なくほぼ同程度の分布となっており、過去の変動の範囲内であった。比較調査点である太平洋の TR-1 では、1,000m 層で極大層がみられたが、日本海の調査点では顕著な極大層はみられず 1,000m 層より深い層では深度に関係なく同程度の濃度となっており、過去の変動の範囲内であった。

2.3.2 海底土

各調査点の各核種の経年変化を図 2-4 に示した。

すべての調査点においても各核種の濃度は過去の変動の範囲内であった。また、調査点 NO-8 における各核種は、不検出であった。

2.3.3 本調査のまとめ

本調査は、平成 5 年(1993 年)に始まり、その間、天候不良や測量船の機器の不調により一部欠測はあるものの、約 30 年近く調査を行ってきた。

本調査期間中における海水について、 ^{137}Cs については平成 23 年(2011 年)に東京電力福島第一原子力発電所事故の影響と考えられる濃度を一部の調査点の表面海水で検出したが、その他、大きな変動はみられなかった。 ^{90}Sr については、いずれの調査点においても大きな変動はみられなかった。 $^{239+240}\text{Pu}$ については、表面海水で本調査期間中をとおして低濃度であったが、これはプルトニウムが海水中において溶解せず浮遊する生物由来や鉱物等の粒子に吸着し沈降する化学的性質によるもので、1000m 層付近において濃度が高くなる分布をしている。1000m 層より深い層において多少変動がみられるが、浮遊する粒子が海水中で均一に存在しないためと考えられる。

本調査期間中における海底土について、それぞれの調査点において、どの核種も共に大きな変動はみられなかった。

海水及び海底土について、どの核種も共に大きな変動はなく、太平洋側の比較調査点の結果と大きな差異がみられないことから、本調査期間中において旧ソ連・ロシアの放射性廃棄物の影響はみられなかった。

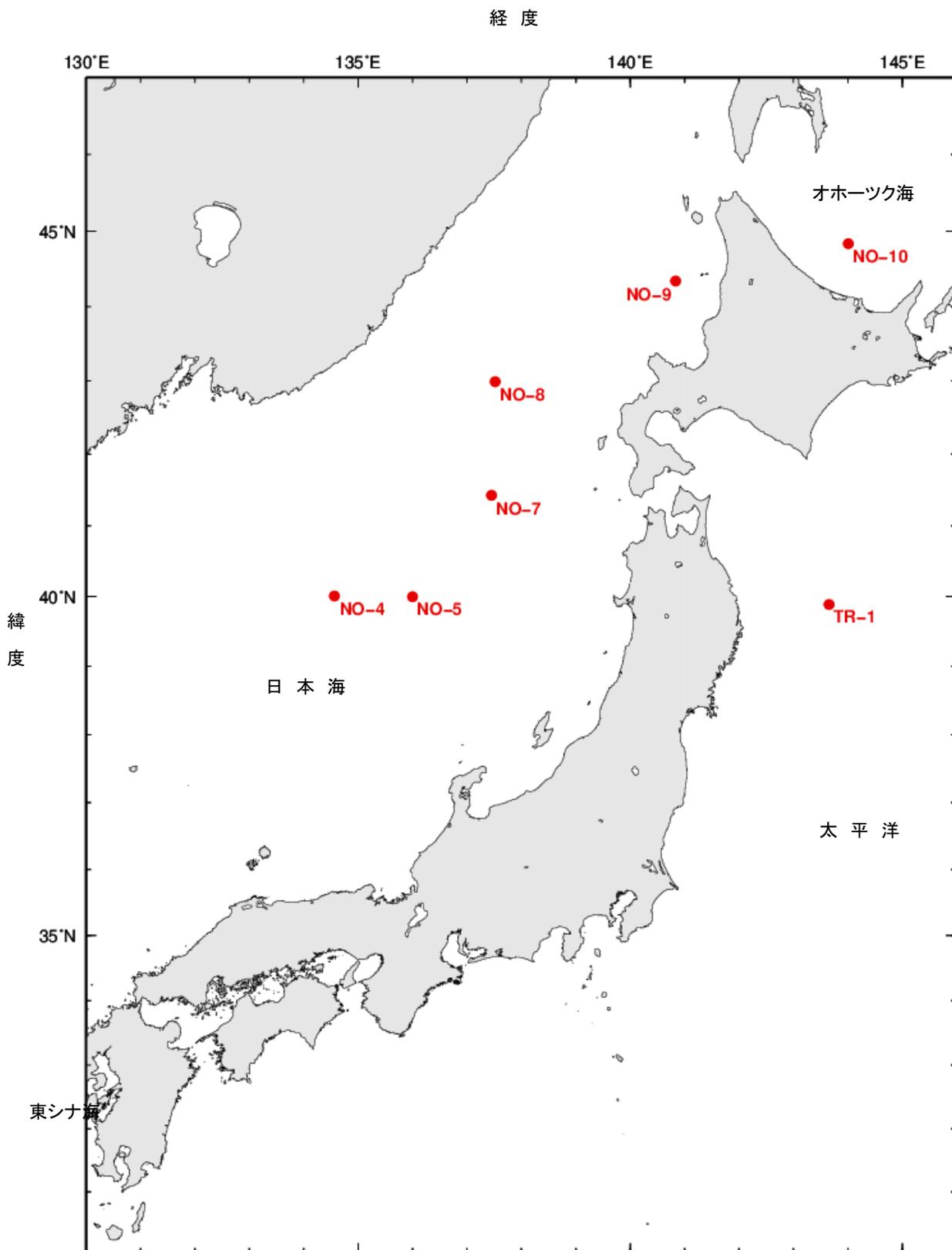


図 2-1 令和 3 年深海域放射能調査海域

表 2-3 令和 3 年深海域放射能調査結果-海水 (1/2)

調査点					採取位置		採取年月日	水深(m)
					緯度(N)	経度(E)		
NO-4					40-00.2	134-34.0	2021.8.2	1,267
採取深度		水温 (°C)	実用 塩分	溶存 酸素 (mL/L)	放射能濃度 (mBq/L)			
(m)	(dBar)				⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	
0	-	27.1	34.468	4.66	0.80 ± 0.04	1.9 ± 0.2	*	
994	1005.8	0.38	34.073	4.43	0.71 ± 0.04	0.83 ± 0.20	0.030 ± 0.004	
1,210	1225.8	0.32	34.074	4.42	0.53 ± 0.04	0.73 ± 0.13	0.027 ± 0.004	

調査点					採取位置		採取年月日	水深(m)
					緯度(N)	経度(E)		
NO-5					39-59.8	136-00.1	2021.8.1	1,405
採取深度		水温 (°C)	実用 塩分	溶存 酸素 (mL/L)	放射能濃度 (mBq/L)			
(m)	(dBar)				⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	
0	-	25.8	33.965	4.74	0.81 ± 0.05	1.9 ± 0.2	*	
997	1005.0	0.32	34.075	4.44	0.59 ± 0.05	0.53 ± 0.14	0.026 ± 0.004	
1,327	1340.0	0.26	34.078	4.41	0.47 ± 0.04	0.46 ± 0.12	0.030 ± 0.005	

調査点					採取位置		採取年月日	水深(m)
					緯度(N)	経度(E)		
NO-7					41-25.5	137-27.1	2021.7.31	3,635
採取深度		水温 (°C)	実用 塩分	溶存 酸素 (mL/L)	放射能濃度 (mBq/L)			
(m)	(dBar)				⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	
0	-	24.4	33.805	4.95	0.83 ± 0.04	1.2 ± 0.2	*	
979	990.9	0.39	34.083	4.44	0.61 ± 0.04	0.79 ± 0.19	0.031 ± 0.005	
2,005	2030.4	0.24	34.071	4.56	0.36 ± 0.04	0.51 ± 0.13	0.026 ± 0.004	
2,965	3010.3	0.29	34.070	4.61	0.28 ± 0.04	0.52 ± 0.10	0.035 ± 0.006	
3,549	3610.4	0.34	34.074	4.59	0.23 ± 0.03	0.37 ± 0.10	0.030 ± 0.005	

調査点					採取位置		採取年月日	水深(m)
					緯度(N)	経度(E)		
NO-8					42-59.4	137-30.9	2021.7.30	3,691
採取深度		水温 (°C)	実用 塩分	溶存 酸素 (mL/L)	放射能濃度 (mBq/L)			
(m)	(dBar)				⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	
0	-	26.3	33.863	4.77	0.75 ± 0.04	1.1 ± 0.2	*	
956	963.9	0.39	34.072	4.45	0.67 ± 0.04	1.0 ± 0.2	0.032 ± 0.005	
2,034	2059.3	0.23	34.070	4.57	0.26 ± 0.04	0.54 ± 0.13	0.033 ± 0.005	
2,915	2955.8	0.28	34.070	4.61	0.32 ± 0.04	0.42 ± 0.10	0.031 ± 0.005	
3,585	3648.3	0.35	34.070	4.59	0.22 ± 0.03	0.38 ± 0.09	0.042 ± 0.006	

※ 不検出は*とした。

※ ⁶⁰Coは各調査点において不検出であったため表に記載していない。

表 2-3 令和 3 年深海域放射能調査結果-海水 (2/2)

調査点					採取位置		採取年月日	水深(m)
					緯度(N)	経度(E)		
NO-9					44-20.5	140-50.0	2021.7.27	253
採取深度		水温 (°C)	実用 塩分	溶存 酸素 (mL/L)	放射能濃度 (mBq/L)			
(m)	(dBar)				⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	
0	-	23.9	33.752	5.08	0.72 ± 0.04	1.4 ± 0.2	*	
202	204.6	5.84	34.058	6.17	0.79 ± 0.05	1.5 ± 0.2	0.0071 ± 0.0018	

調査点					採取位置		採取年月日	水深(m)
					緯度(N)	経度(E)		
NO-10					44-50.1	144-00.2	2021.7.28	188
採取深度		水温 (°C)	実用 塩分	溶存 酸素 (mL/L)	放射能濃度 (mBq/L)			
(m)	(dBar)				⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	
0	-	19.0	32.744	6.09	0.66 ± 0.04	1.3 ± 0.2	*	
137	138.2	1.11	33.401	5.81	0.70 ± 0.05	0.71 ± 0.19	0.0056 ± 0.0018	

調査点					採取位置		採取年月日	水深(m)
					緯度(N)	経度(E)		
TR-1					39-53.0	143-39.3	2021.8.7	2,784
採取深度		水温 (°C)	実用 塩分	溶存 酸素 (mL/L)	放射能濃度 (mBq/L)			
(m)	(dBar)				⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	
0	-	24.8	34.515	4.93	0.85 ± 0.05	2.0 ± 0.2	*	
985	992.6	3.42	34.357	1.13	0.23 ± 0.04	0.32 ± 0.10	0.031 ± 0.005	
1,997	2019.1	1.88	34.608	1.92	0.14 ± 0.03	*	0.012 ± 0.002	
2,734	2777.4	1.55	34.668	2.86	0.10 ± 0.03	*	0.013 ± 0.003	

※ 不検出は*とした。

※ ⁶⁰Coは各調査点において不検出であったため表に記載していない。

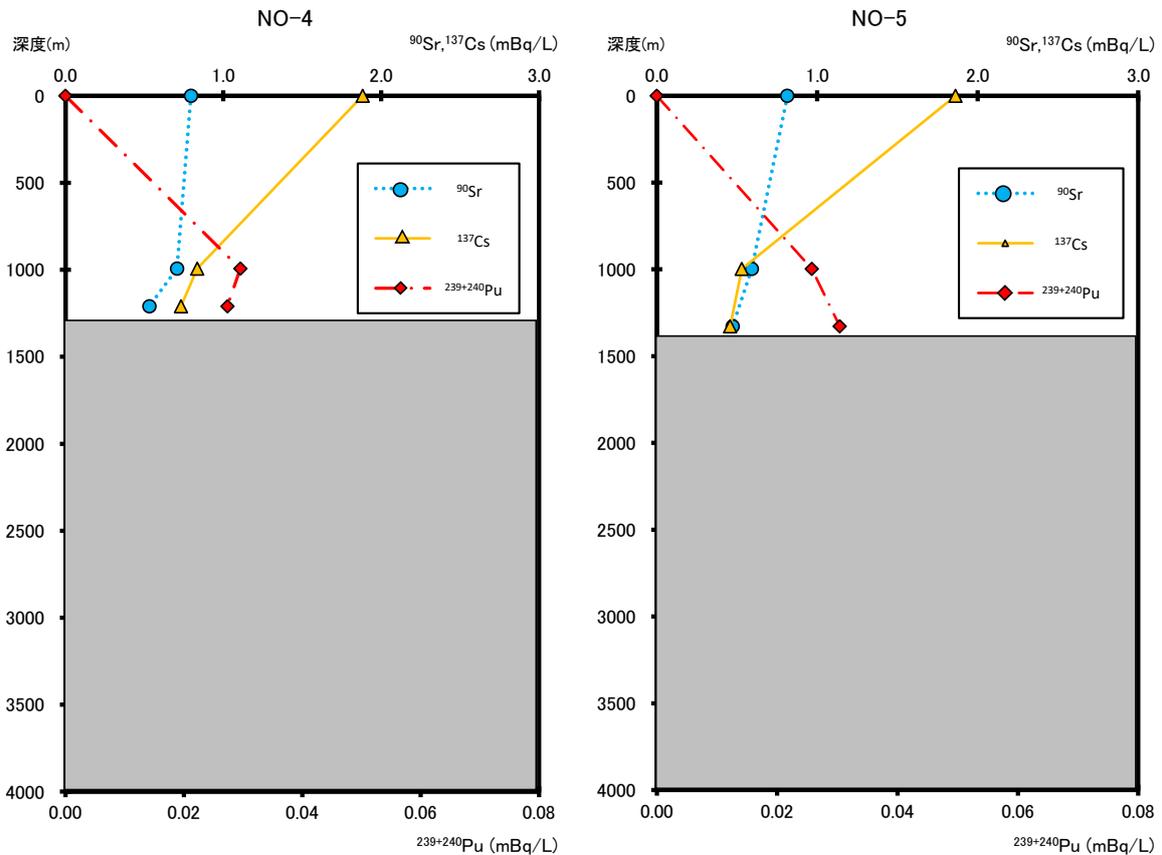
表 2-4 令和 3 年深海域放射能調査結果-海底土

調査点	採取年月日	採取位置		採取深度 (m)	底質	放射能濃度(Bq/kg-乾土)			
		緯度(N)	経度(E)			⁹⁰ Sr	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu
NO-4	2021. 8. 2	40-00.0	134-33.9	1,276	M	0.25 ± 0.008	*	2.1 ± 0.07	0.60 ± 0.02
NO-5	2021. 8. 1	39-59.8	136-00.2	1,395	M,Oz	0.20 ± 0.007	*	1.4 ± 0.05	0.47 ± 0.02
NO-7	2021. 7. 31	41-25.9	137-25.2	3,633	Oz	0.28 ± 0.010	*	2.4 ± 0.07	0.33 ± 0.01
NO-8	2021. 7. 30	43-00.6	137-31.4	3,666	M,Oz	*	*	*	*
NO-9	2021. 7. 27	44-20.3	140-49.8	253	M,Oz	0.11 ± 0.007	*	1.5 ± 0.05	0.79 ± 0.03
NO-10	2021. 7. 28	44-50.0	144-00.0	188	M	0.070 ± 0.006	*	1.8 ± 0.05	0.90 ± 0.03
TR-1	2021. 8. 7	39-53.0	143-39.4	2,784	M	0.15 ± 0.008	0.36 ± 0.06	7.9 ± 0.10	0.77 ± 0.03
太平洋(TR-1)以外の調査点の平均						0.15	—	1.5	0.52

※ 底質記号: M 泥(Mud)、Oz 軟泥(Ooze)

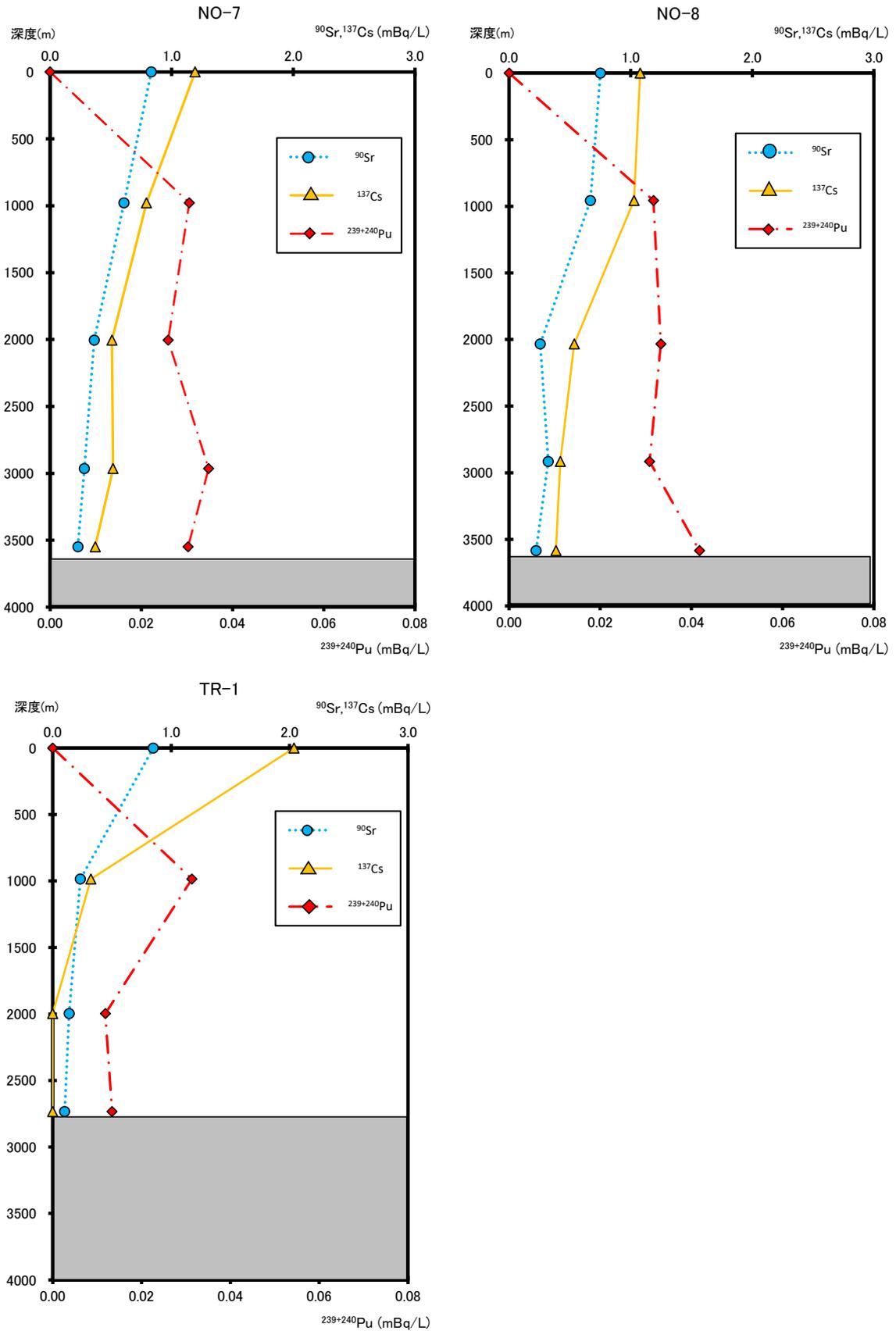
※ 不検出は * とした。

※ ⁶⁰Coは各調査点において不検出であったため表に記載していない。



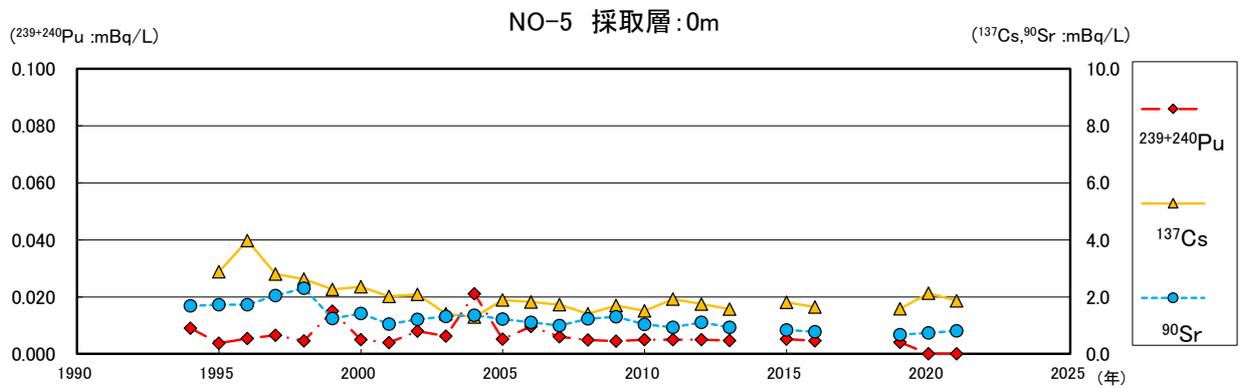
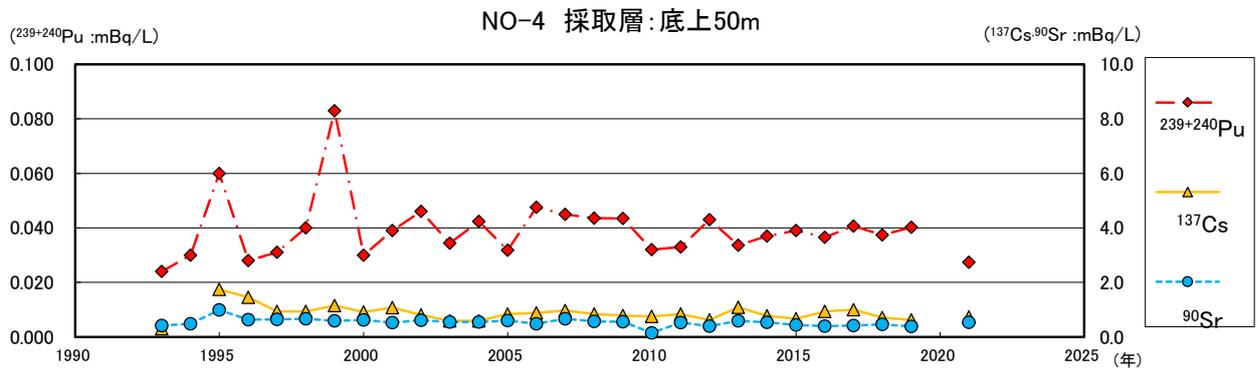
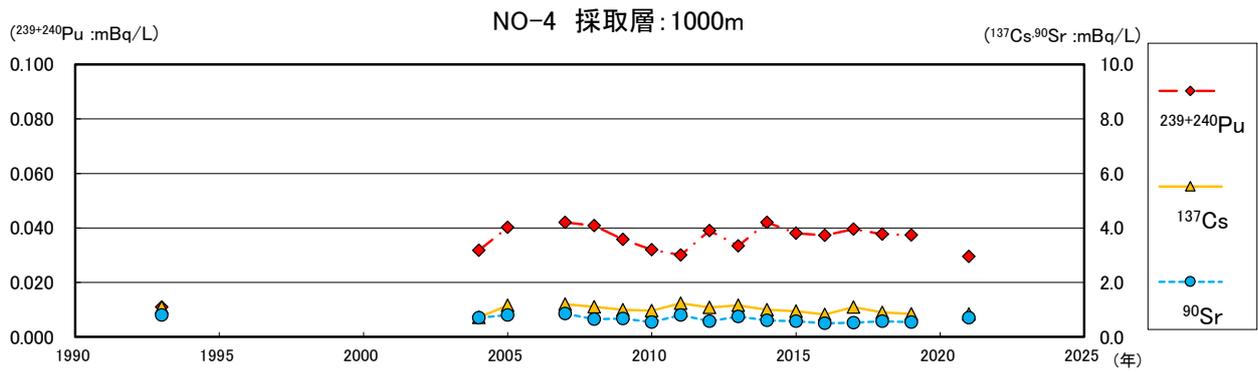
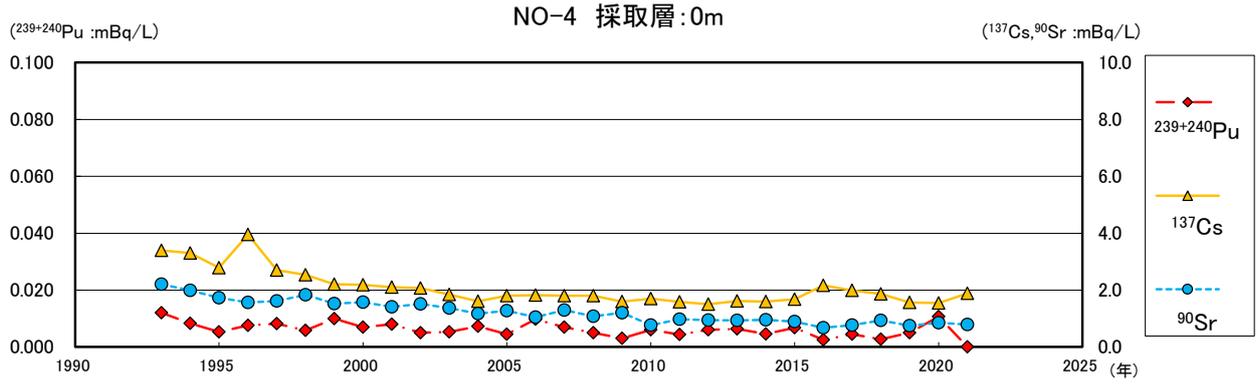
※不検出は 0mBq/L とした。

図 2-2 各調査点における海水中の各核種の鉛直分布図 (1/2)



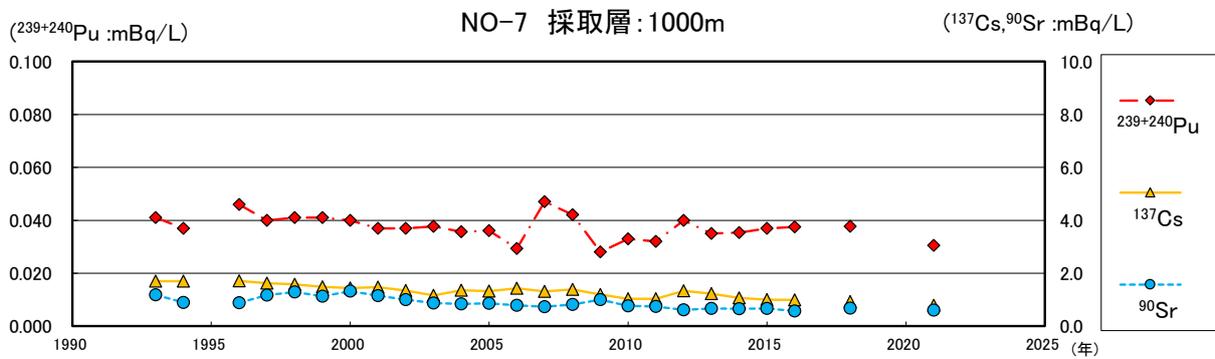
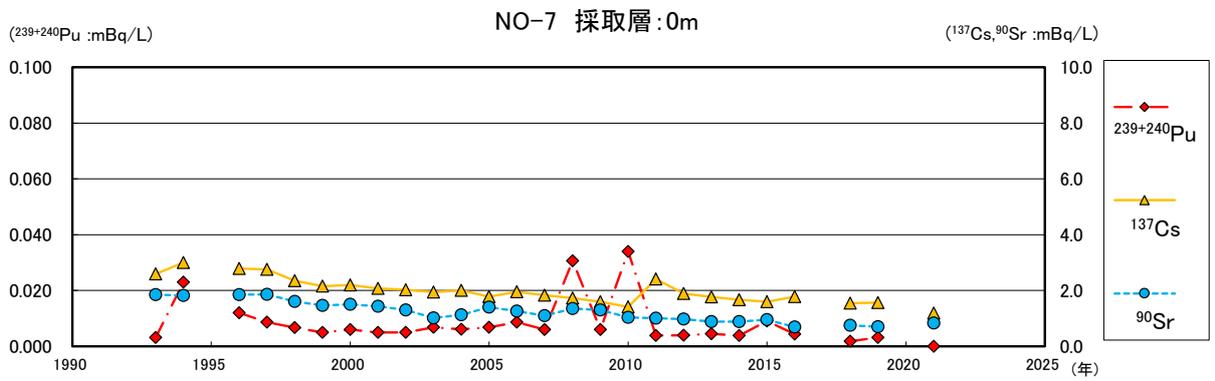
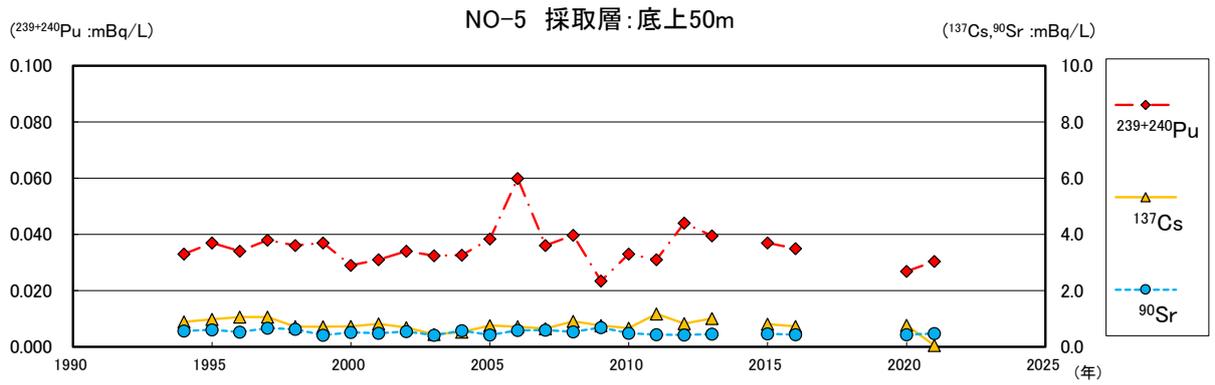
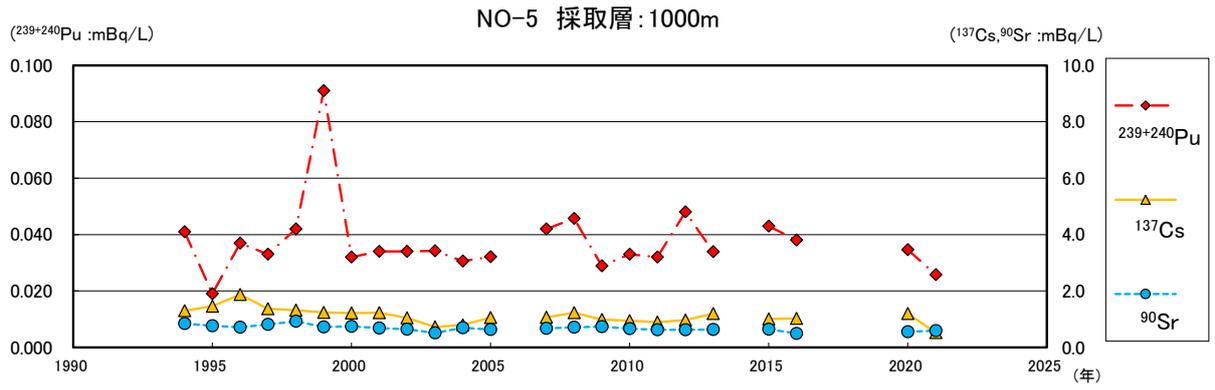
※不検出は0mBq/Lとした。

図 2-2 各調査点における海水中的各核種の鉛直分布図 (2/2)



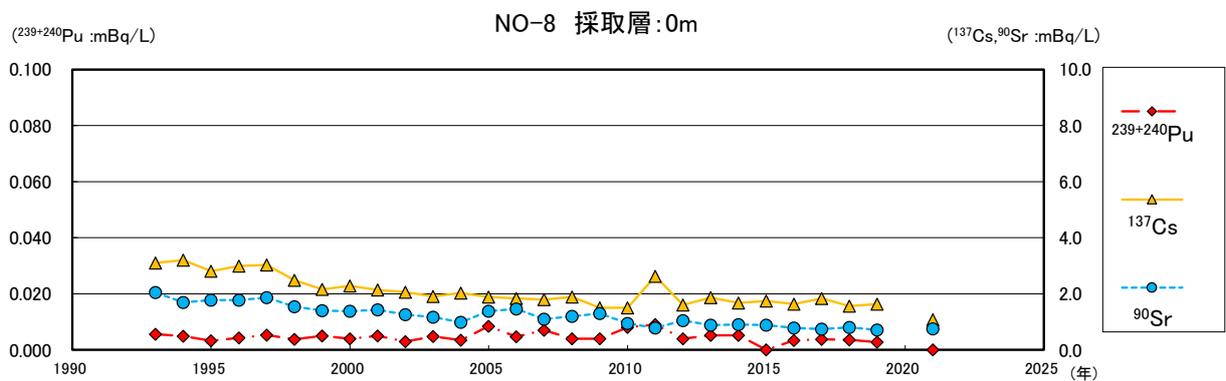
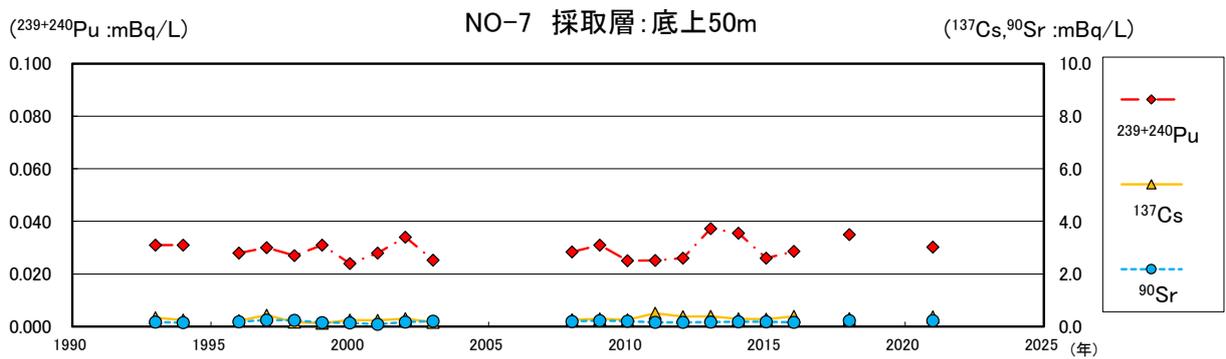
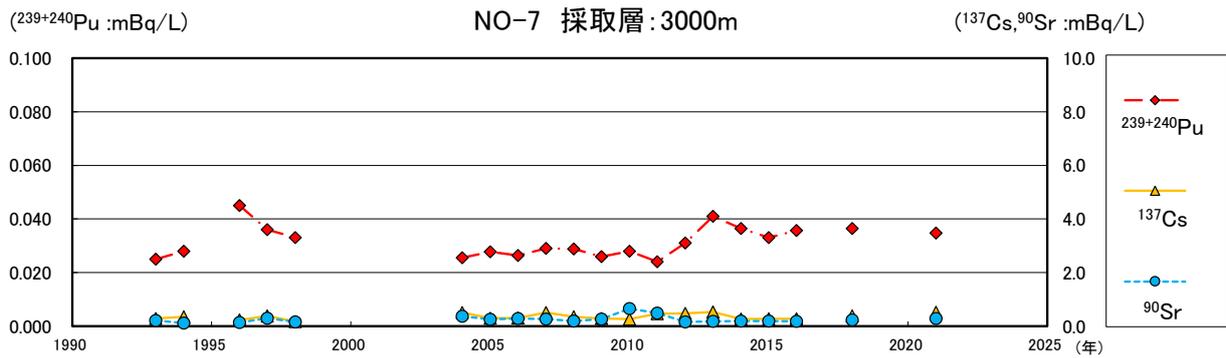
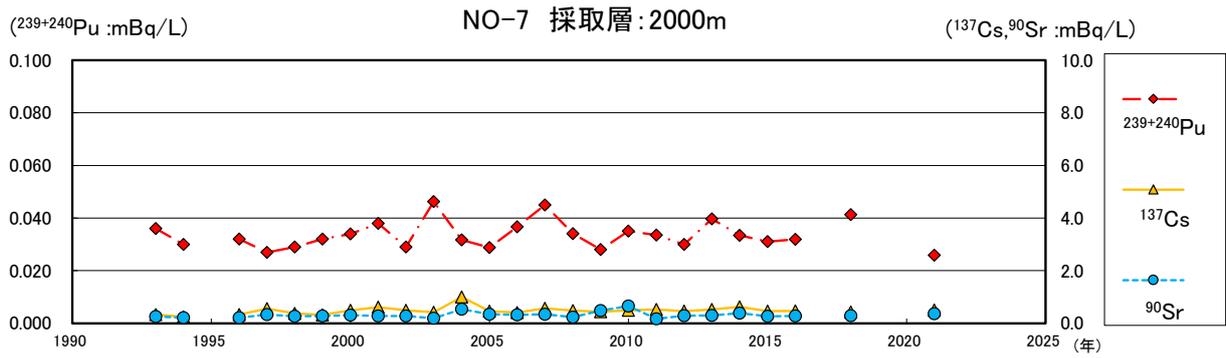
※不検出は 0mBq/L とした。

図 2-3 各調査点における海水中の各核種の経年変化図 (1/5)



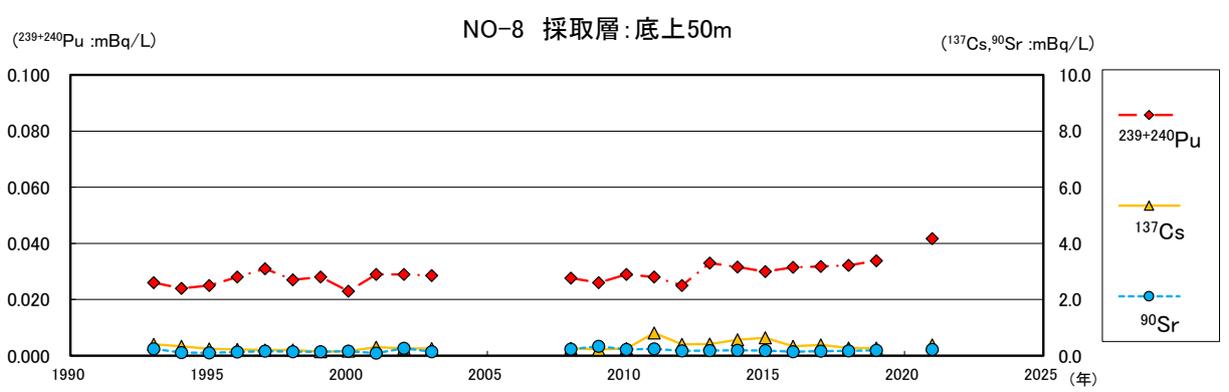
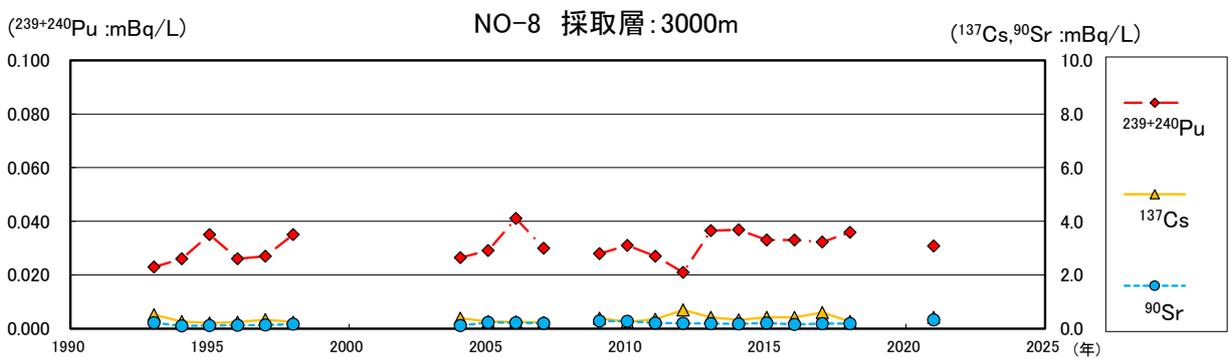
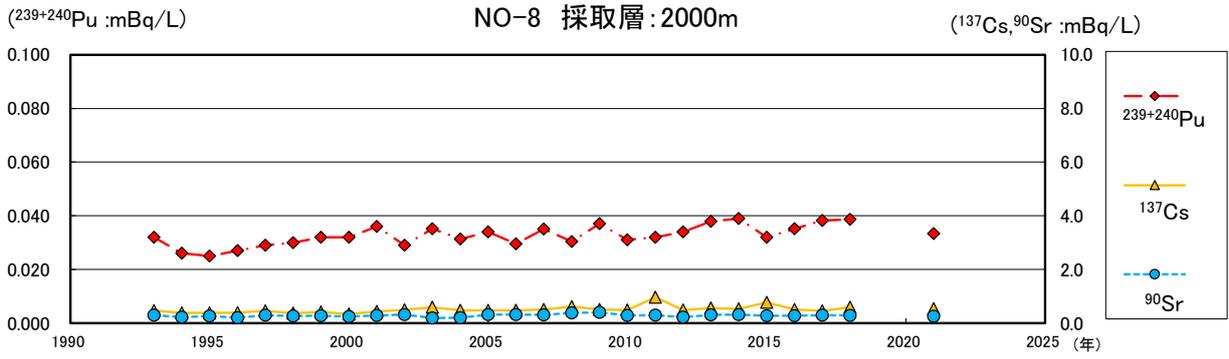
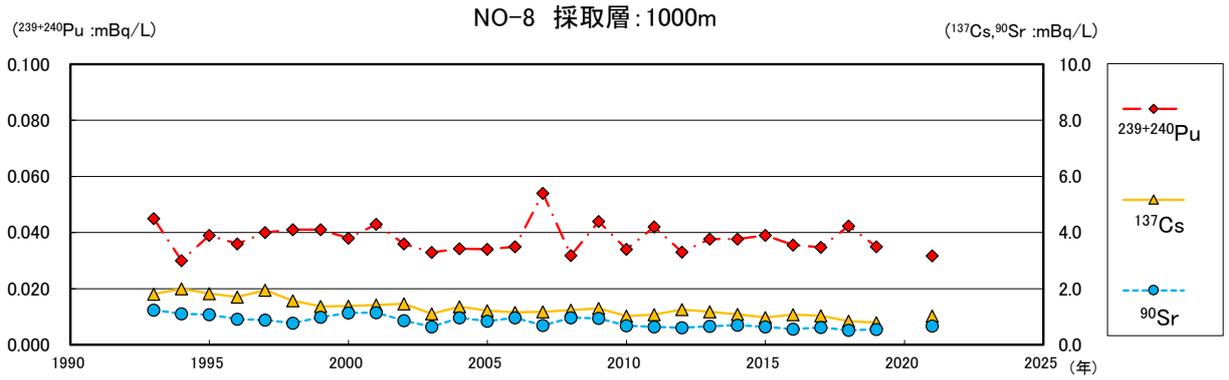
※不検出は 0mBq/L とした。

図 2-3 各調査点における海水中の各核種の経年変化図 (2/5)



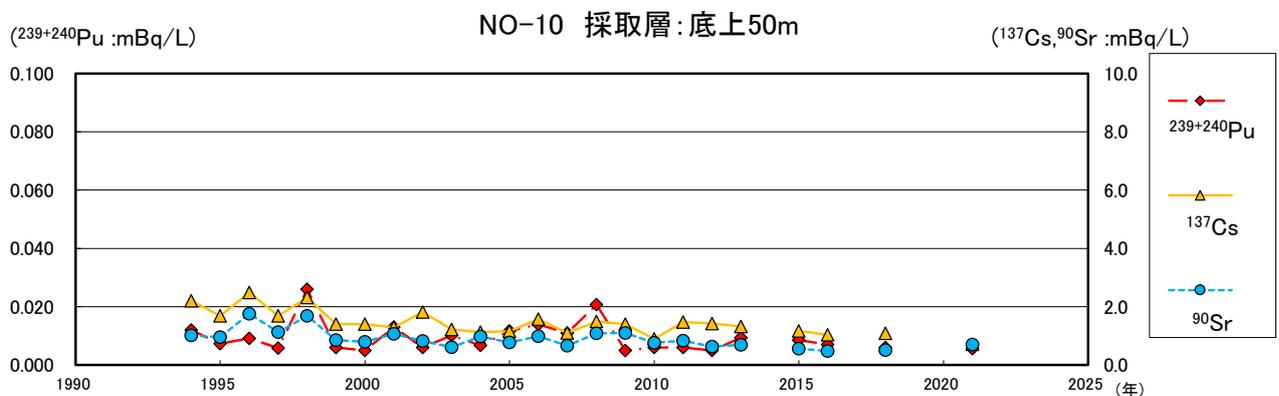
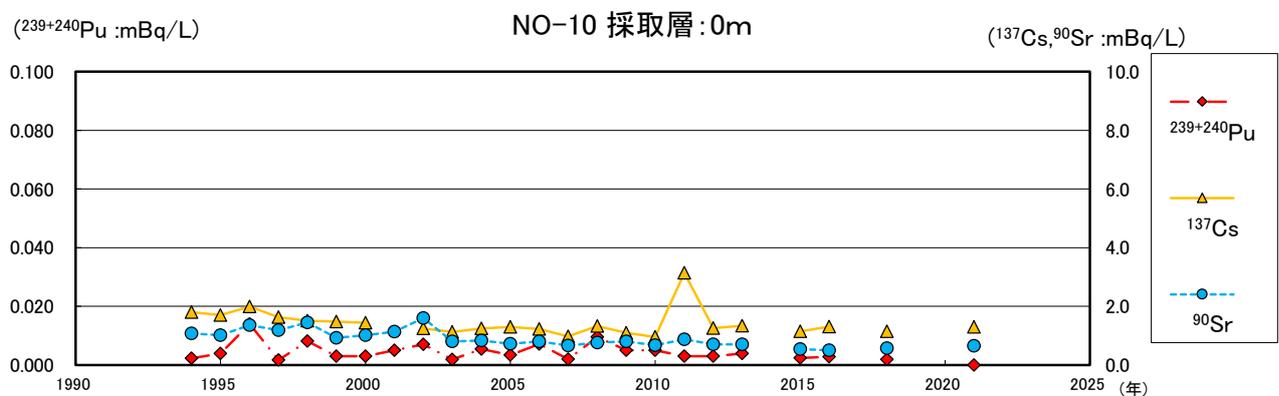
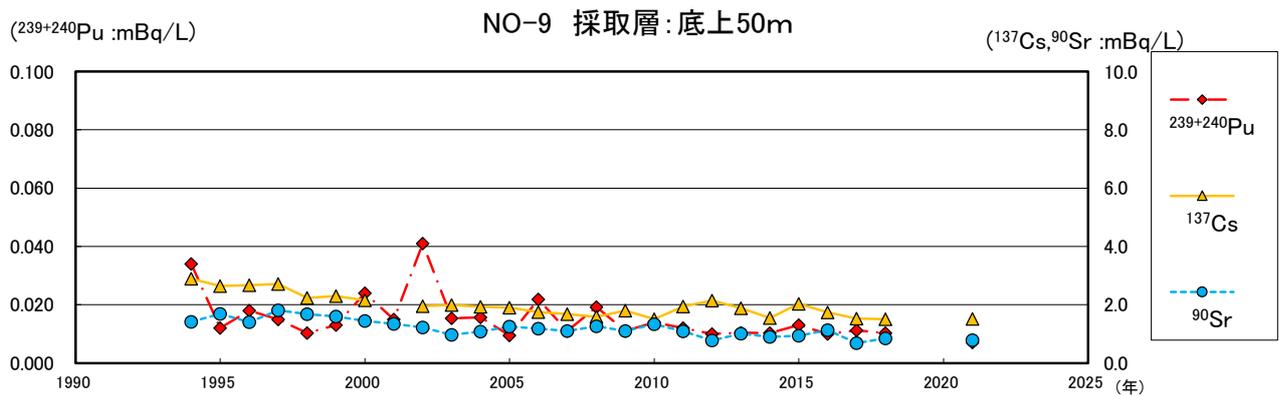
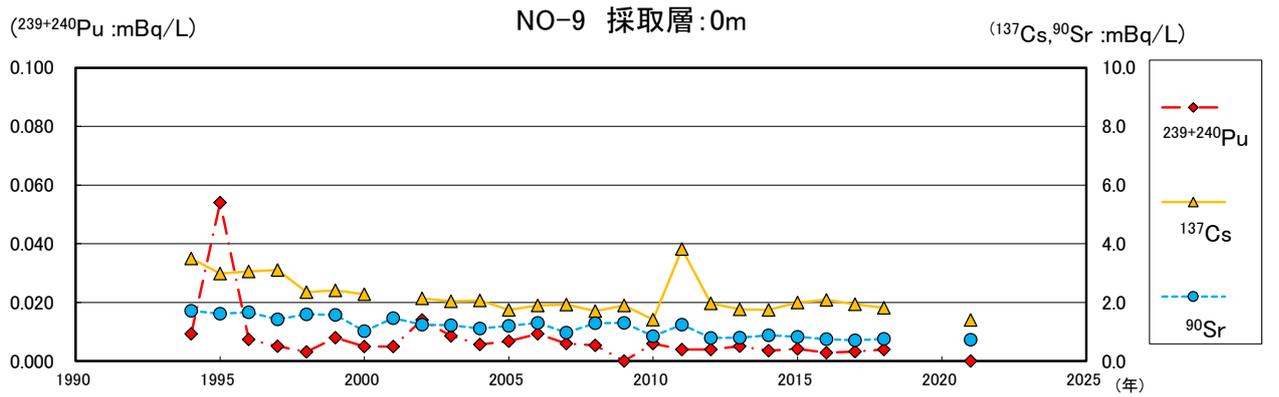
※不検出は 0mBq/L とした。

図 2-3 各調査点における海水中の各核種の経年変化図 (3/5)



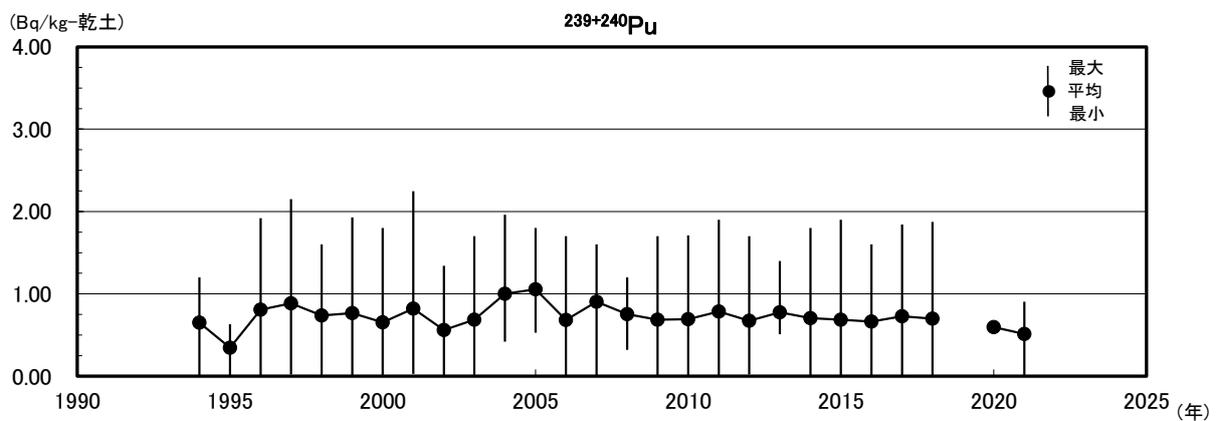
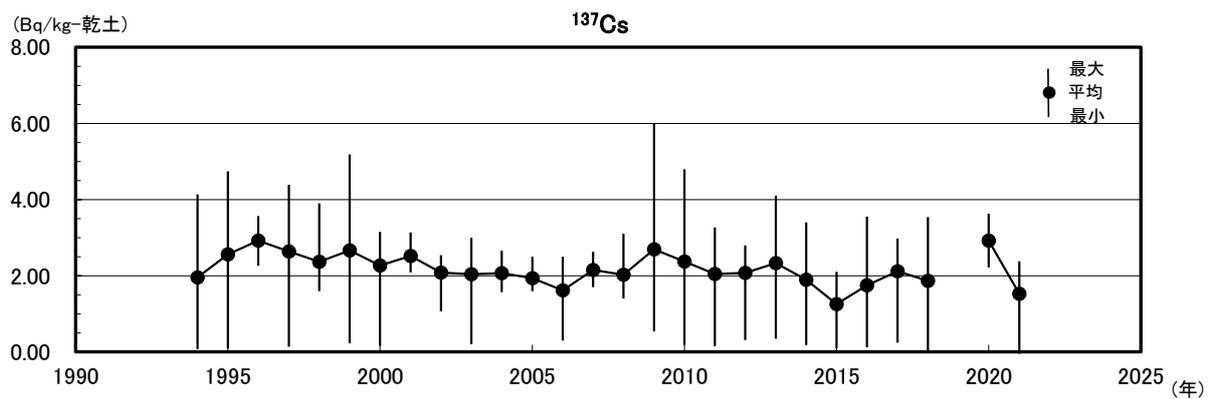
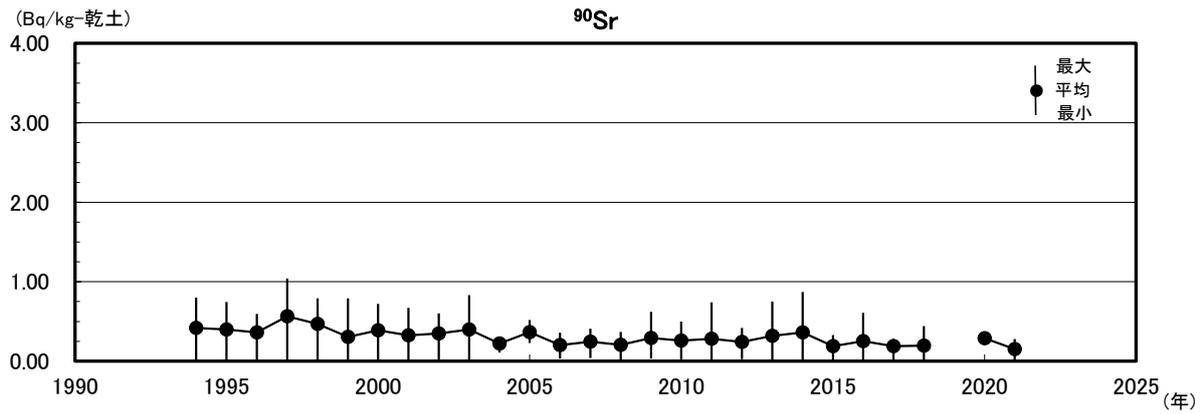
※不検出は 0mBq/L とした。

図 2-3 各調査点における海水中的の各核種の経年変化図 (4/5)



※不検出は 0mBq/L とした。

図 2-3 各調査点における海水中の各核種の経年変化図 (5/5)



※不検出は 0Bq/kg-乾土とした。

図 2-4 各調査点における海底土中の各核種の経年変化図

令和4年9月

海上保安庁海洋情報部大洋調査課

海洋汚染調査室

(郵便番号 135-0064)

東京都江東区青海二丁目5番18号

電話 03-5500-7129