

# 【 I 】 海洋放射能調査

## 1. 海洋放射能調査海域周辺での調査

### 1) はじめに

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）事業は、我が国の原子力施設等沖合に位置する主要漁場を含めた海洋環境において、海産生物、海底土及び海水試料を採取し、試料に含まれる放射性核種の放射能調査を実施し、海洋環境における放射性核種（放射能）の推移を把握し、併せて移行挙動について定性・定量的に把握・評価を行い、漁場の安全の確認等に資することを目的として実施している。海洋放射能調査はこの目的を達成するための一つの調査項目であり、全国を対象とする海洋環境における海産生物、海底土及び海水に含まれる放射性核種の放射能濃度などについて、継続的かつ定期的な定点観測を行い、各海域での放射能濃度の変動を把握することで得られる緻密な基礎的知見は必要不可欠と言える。

本調査の実施に当たっては、昭和 58 年度から継続的に実施してきた調査との継続性を考慮しつつ、調査の対象となる海域や試料及び分析を行う対象となる放射性核種を選定したうえで、海洋学や環境学をはじめ、海洋物理学、海洋生物学、放射化学、放射線計測学などに基づき計画的に調査を実施することとしている。

### 2) 調査海域

調査海域として、図 I-1-2-1 に示すとおり全国の原子力発電所等周辺海域（以下、「発電所海域」という。）及び青森県と岩手県の太平洋側の核燃料（原子燃料）サイクル施設沖合海域（以下、「核燃海域」という。）を対象とし、これらの選定に当たっては地方公共団体、水産関係団体及び原子力関係事業者団体等により別途実施されている原子力施設周辺放射線監視事業（電気事業者等が実施しているものも含む）などとの重複を避けるよう考慮した。

なお、発電所海域とは北海道、青森、宮城、福島第一、福島第二、茨城、静岡、新潟、石川、福井第一、福井第二、島根、愛媛、佐賀及び鹿児島海域の計 15 海域を指す。

### 3) 調査試料の採取

#### (1) 海産生物試料

海産生物試料は、当該漁場に主として出漁している漁業協同組合等の協力を得て、仕様に沿うよう、特に次の事項について協議のうえで選定した。

- ・当該漁場における漁獲量が多い種であること
- ・当該漁場における生活期間が長い種であること

選定した海産生物試料は、漁獲した月日と漁場（または海域）を確認しつつ、発電所海域では 1 試料当たり生鮮重量で概ね 20kg、核燃海域では生鮮重量で概ね 30kg を分析に供することとし、年 2 回（概ね、前期（4 月～9 月）；後期（10 月～1 月））の調査を実施した。

令和4年度に試料として収集した海産生物を表 I-1-3-1 及び表 I-1-3-2 に示す。

## (2) 海底土試料及び海水試料

海底土試料及び海水試料の採取測点は、各発電所海域に設定した4測点(計60測点)及び核燃海域に設定した22測点について、次の事項を確認して図 I-1-3-1 から図 I-1-3-14 に示すとおりとした。

- ・当該施設沖合における主要漁場であること
- ・海底(底質)ができるだけ砂質と泥質が混ざった場所であること

なお、試料の採取に際しては、気象・海象条件に影響されにくく、かつ水深1,000m超にも対応できる大型採水器や大型採泥器を洋上で安全に運用するためのウインチ等、そして海洋観測機器などの必要機材を備えた大型調査船舶(例えば500トンクラス)を用いた。

また、位置情報の観測には海技士免状を有する者の助言<sup>※1</sup>を受けて船舶用の全地球航法衛星システム(GNSS(Global Navigation Satellite System)と称されるシステムで衛星のみ使用時で精度±10m以下;国際海事機関(International Maritime Organization;IMO)が定める国際的な基準を満たしているもの)の利用や、正確な水深を把握するための極深海音響測深機などの観測結果から、試料採取位置について測点を中心として約1,800m以内(緯度で1分以内<sup>※2</sup>)とし、併せて水深(深度)についてはウインチワイヤの長さ、音響測探機及び魚群探知機などの複数の機器により確認を行った。

海底土試料は、調査の対象とした海域に設定した測点で年1回、大型ボックス型採泥器(例えばスパード型採泥器等)またはマルチプルコアラー<sup>※3</sup>を用いて海底土の表面から深さ3cmまでの層を、湿重量で約2kgを目安として採取した。採取した海底土試料は、採泥時に目視及び触手確認により、泥色<sup>※4</sup>と大まかな粒形<sup>※5</sup>を観察した。その後、必要量を分取して、ビニール袋に入れたのちプラスチック製容器に収納し、冷凍保管とした。

海水試料は、発電所海域においてそれぞれの海域に設定した4測点(海底土を採取した測点と同じ)で年1回、核燃海域では年2回、表層(海面から1m下)と下層(海底面から概ね10~40m上)の2層から、大型バンドーン採水器(120L×3連)を用いて発電所海域では約100L、核燃海域では約300L採取した。海水試料の採取に当たっては、採取深度、塩分及び水温を同時かつ連続的に観測できる機器を大型バンドーン採水器に装着して深度等の数値を確認しつつ、揚収時の採水容器間水温で±0.1℃(3連容器の場合、最大0.2℃の差)

※1 放射能測定法シリーズ16「環境試料採取法」(昭和58年)に記載のとおり。

※2 日本経緯度原点(所在:東京都港区麻布台;北緯35度39分29秒、東経139度44分28秒)における「緯度1秒」は「30.820188m」である。

※3 海底土を採取する採泥器の一種。一回の作業で複数(Multiple)の柱状の海底土(Core)が得られることからマルチプルコアラーと呼ばれる。海底に到達するとポリカーボネイト製の円筒容器が海底に差し込まれ、引き抜くと同時に上下の蓋が閉まることで、表層の攪乱を起こすことなく長さ約40cm、直径約8cmの柱状の海底土を円筒容器内に採取することができる。

※4 農林水産省農林水産技術会議事務局監修 財団法人日本色彩研究所 色票監修「新版 標準土色帖」

※5 例えば、日本海洋学会編「海洋観測ガイドライン第五巻(底質分析)」2016年12月

までを許容することとし、目的とする海水試料を採取した。

採取した海水試料はろ過をせず、容量 20L のフレキシブル成形液体容器（藤森工業株式会社製成形液体容器「キュービテナー®」）等）に分取した。分取した海水試料は、海水に含まれる目的とする放射性核種の器壁への吸着を防ぐため、海水 1L 当たり 1mL の濃硝酸を添加して硝酸酸性とした。なお、核燃海域で調査対象としているトリチウム<sup>※1</sup> を分析するための海水試料では、トリチウム分析に支障が生じるため、酸を添加せず、別途用意した容量 2L のプラスチック製容器に分取した。



図 I -1-2-1 調査の対象とした各海域（なお、核燃料（原子燃料）サイクル施設沖合海域は、これまでの調査を踏襲して「核燃料サイクル施設沖合海域」と表記した）

※1 一般的に水素には 3 つの同位体があることが知られており、それぞれ「<sup>1</sup>H (protium)」、<sup>2</sup>H (deuterium)、「<sup>3</sup>H (tritium)」と呼ばれることが多い。この同位体のうちの一つである <sup>3</sup>H (tritium) は多くの場合「トリチウム」と呼ばれる。このため、本報告書でも「<sup>3</sup>H」については「トリチウム」と表記する。

表 I -1-3-1 発電所海域における海産生物試料（収集実績）

調査海域	前期	後期
	漁獲期間： 令和4年4月1日 ～同年8月19日	漁獲期間： 令和4年9月30日 ～令和5年1月22日
北海道	ホッケ、ソウハチ、ミズダコ	ホッケ、ヒラメ、マサバ
青森	クロソイ、ホッケ、アイナメ	クロソイ、アイナメ、スルメイカ
宮城	マダラ、アイナメ、マアナゴ	マダラ、アイナメ、マアナゴ
福島第一	ババガレイ、スケトウダラ、マダラ	マルアオメエソ、キアンコウ、ヤナギダコ
福島第二	マアナゴ、カナガシラ、ヤナギダコ	カナガシラ、ムシガレイ、ヤナギダコ
茨城	ヤリイカ、ババガレイ、ヤナギダコ	マルアオメエソ、ムシガレイ、ヤナギダコ
静岡	マアジ、ニベ、アカカマス	マゴチ、ニベ、アカシタビラメ
新潟	スケトウダラ、ホッケ、ミズダコ	スケトウダラ、ホッケ、ミズダコ
石川	ニギス、ハタハタ、ホッコクアカエビ	ニギス、アカガレイ、ホッコクアカエビ
福井第一	ハタハタ、アカガレイ、スルメイカ	ムシガレイ、アカガレイ、スルメイカ
福井第二	アカガレイ、スズキ、マアナゴ	アカガレイ、マダイ、マアナゴ
島根	マダイ、ヒラメ、ムシガレイ	マダイ、マトウダイ、カイワリ
愛媛	カナガシラ、ハモ、エビ類	ワニエソ、コウイカ、シログチ
佐賀	スズキ、マダイ、メジナ	スズキ、マダイ、メジナ
鹿児島	チダイ、カイワリ、アカエイ	ヘダイ、ギンガメアジ、アカエイ

表 I -1-3-2 核燃海域における海産生物試料（収集実績）

前期	後期
漁獲期間： 令和4年4月6日 ～同年8月1日	漁獲期間： 令和4年10月6日 ～令和5年1月6日
ミズダコ、ヒラメ（2試料）、 スルメイカ（2試料）、サクラマス、 キアンコウ（2試料）、 マダラ（2試料）、 スケトウダラ、ホッケ、 ウスメバル、マサバ、 アイナメ	ミズダコ、ヒラメ、 スルメイカ（2試料）、 シロザケ（雌）、 シロザケ（雄）（2試料）、 マコガレイ、マダラ（2試料）、 スケトウダラ、カタクチイワシ、 キアンコウ、ゴマサバ、サンマ

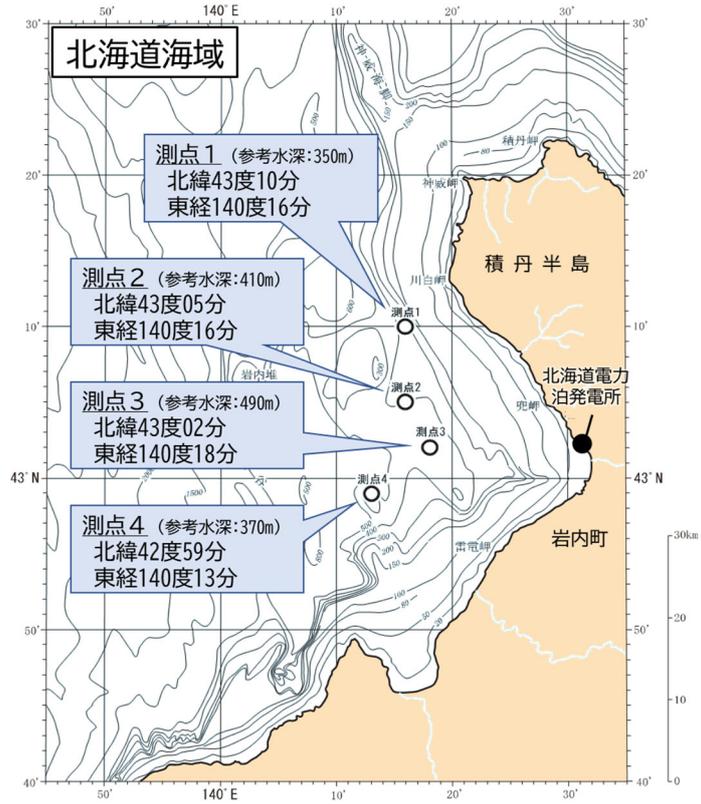


図 I -1-3-1 北海道海域における海底土・海水試料採取測点

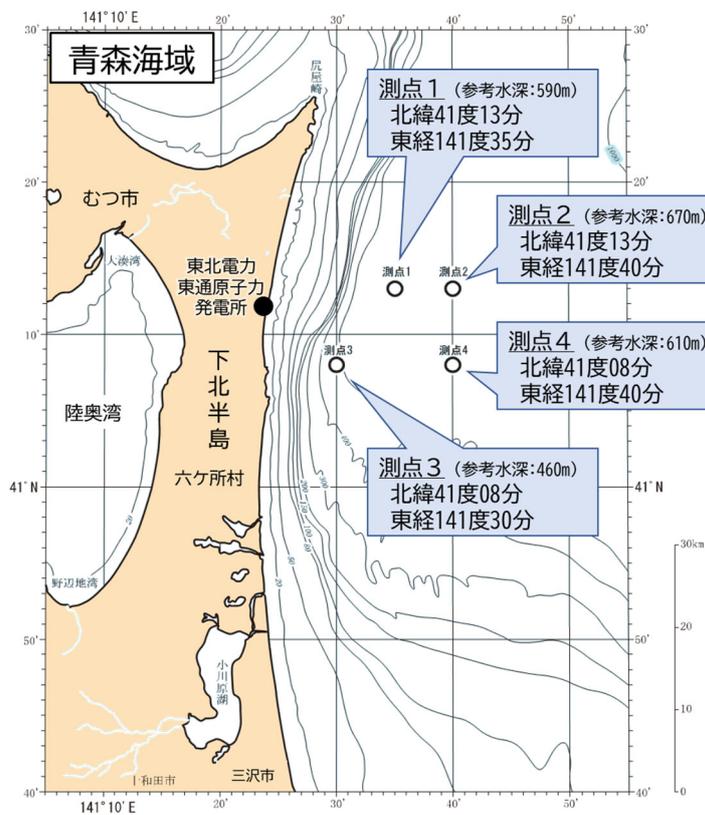


図 I -1-3-2 青森海域における海底土・海水試料採取測点

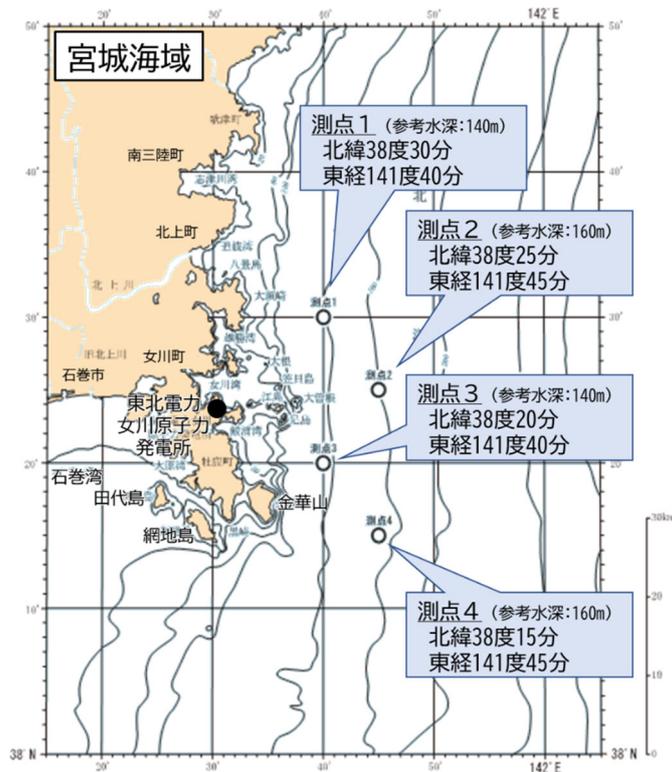


図 I -1-3-3 宮城海域における海底土・海水試料採取測点

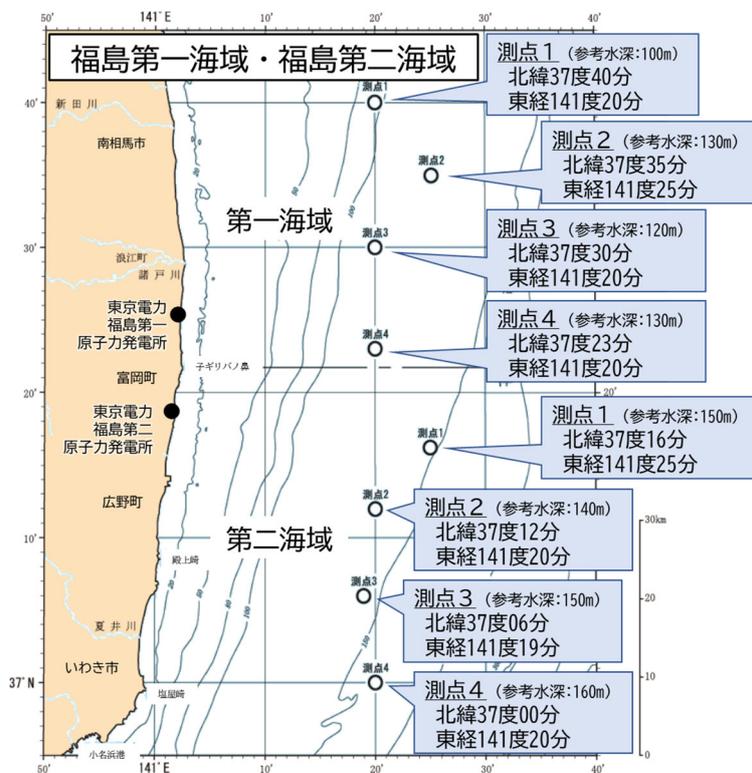


図 I -1-3-4 福島第一海域・福島第二海域における海底土・海水試料採取測点

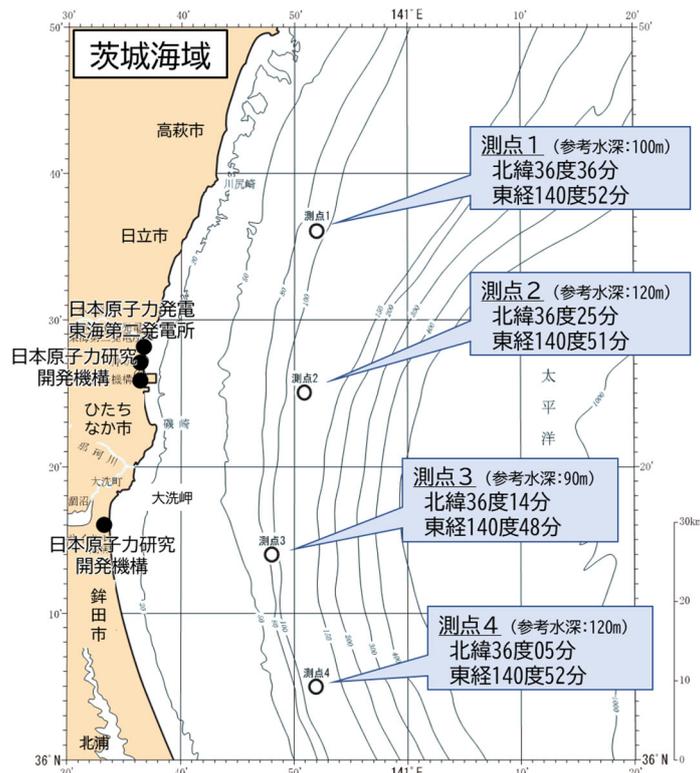


図 I -1-3-5 茨城海域における海底土・海水試料採取測点

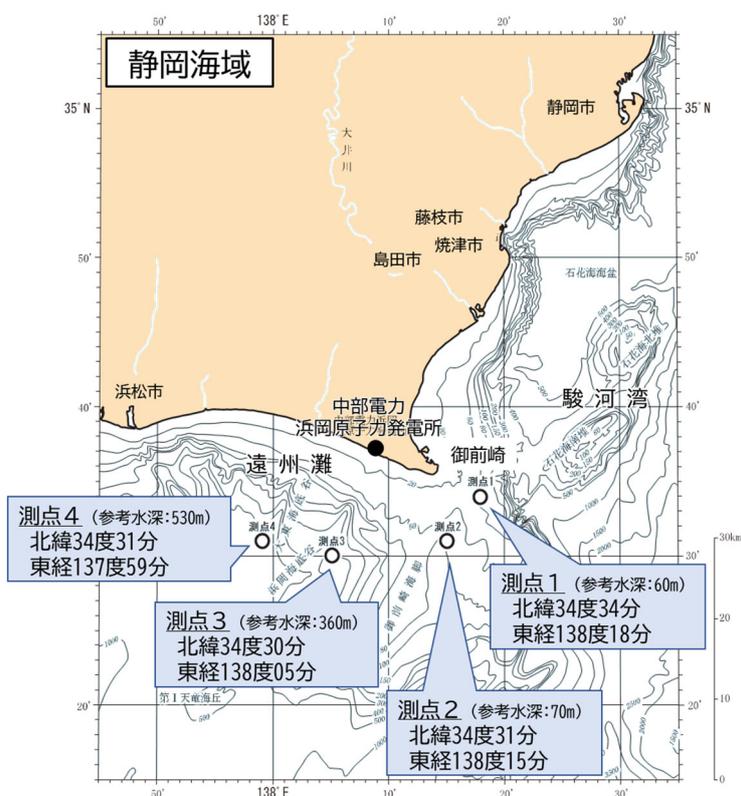


図 I -1-3-6 静岡海域における海底土・海水試料採取測点

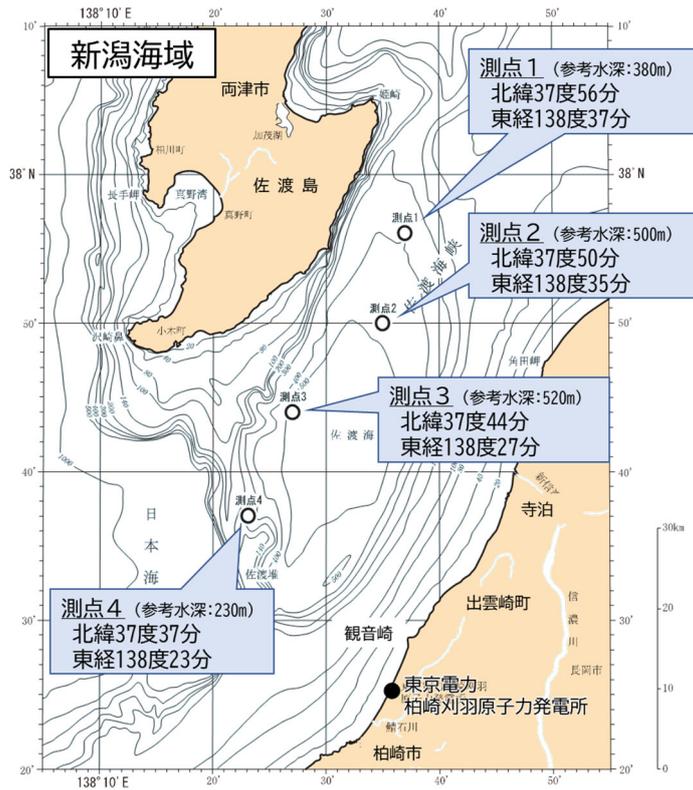


図 I -1-3-7 新潟海域における海底土・海水試料採取測点

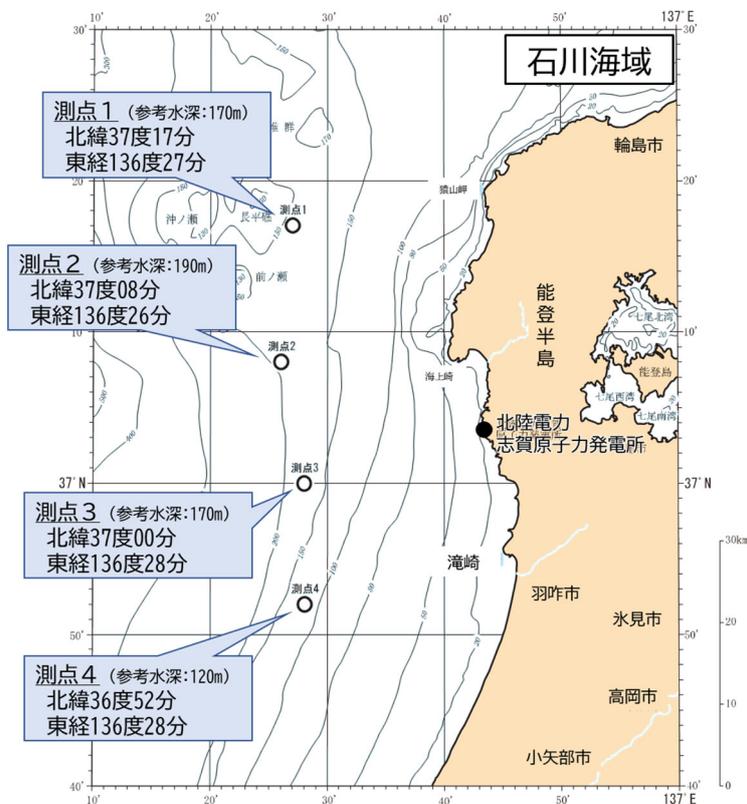


図 I -1-3-8 石川海域における海底土・海水試料採取測点

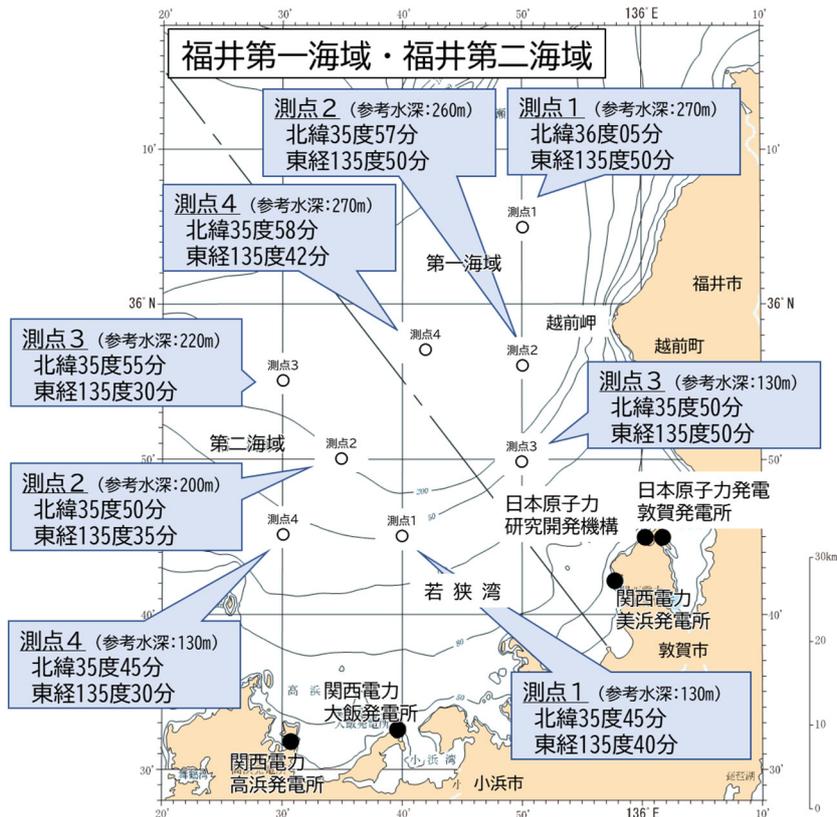


図 I -1-3-9 福井第一海域・福井第二海域における海底土・海水試料採取測点

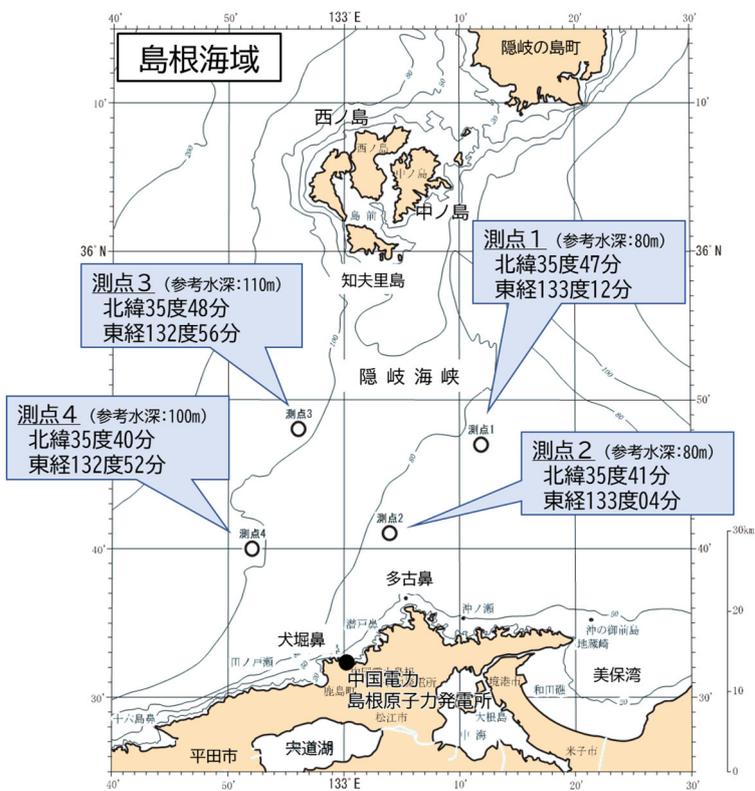


図 I -1-3-10 島根海域における海底土・海水試料採取測点

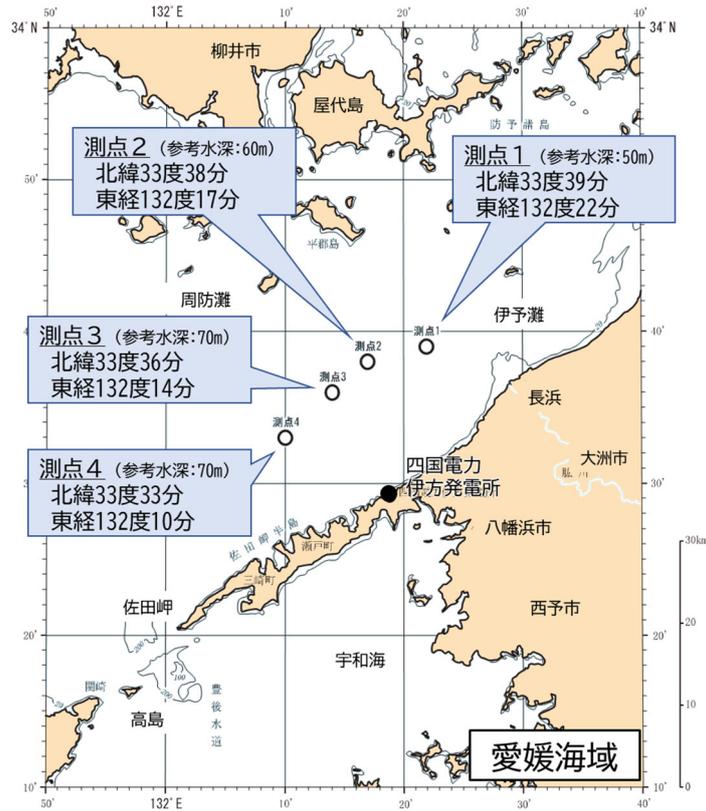


図 I-1-3-11 愛媛海域における海底土・海水試料採取測点

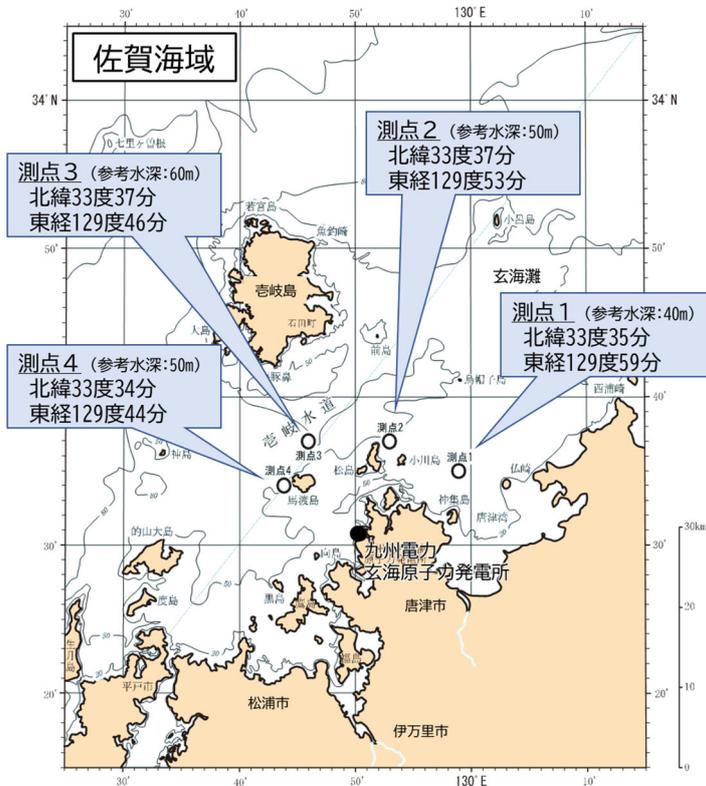


図 I-1-3-12 佐賀海域における海底土・海水試料採取測点

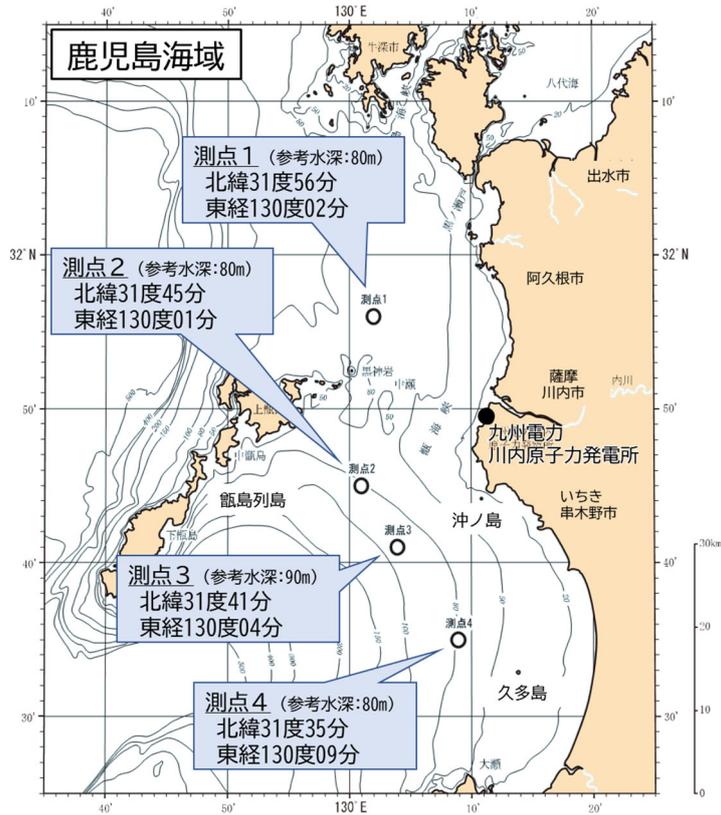


図 I-1-3-13 鹿児島海域における海底土・海水試料採取測点

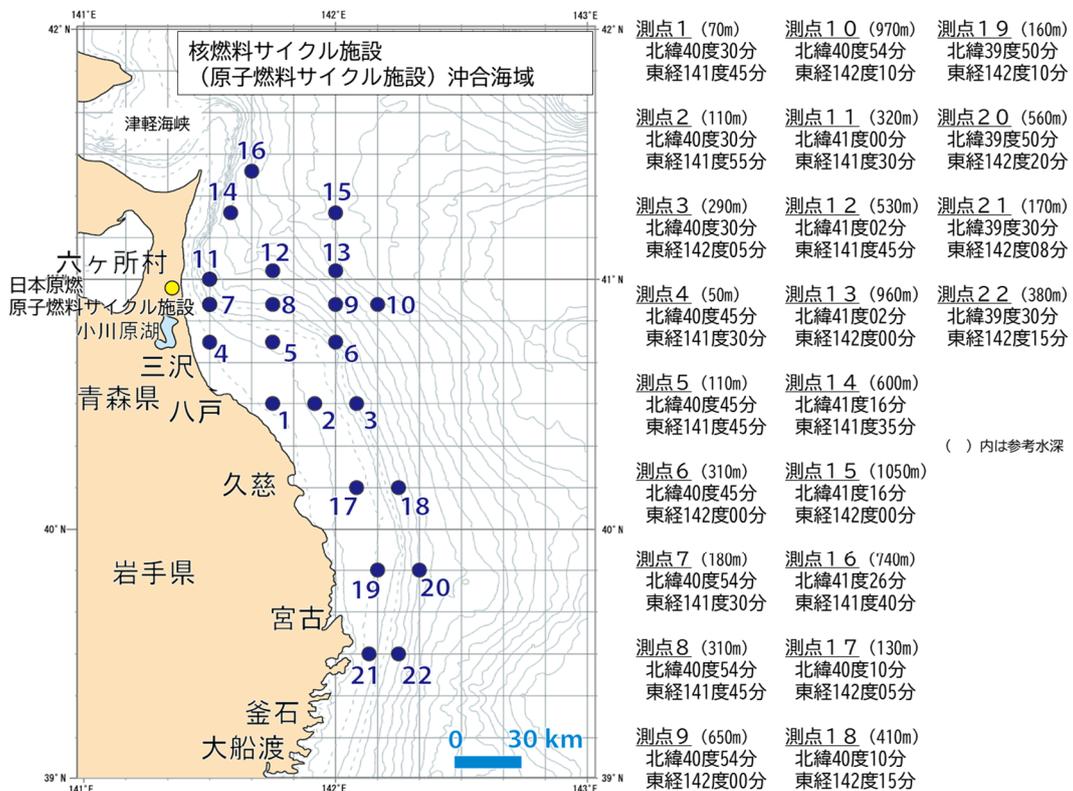


図 I-1-3-14 核燃海域における海底土・海水試料採取測点

#### 4) 放射性核種の分析

##### (1) 分析対象放射性核種

分析対象とした放射性核種は、次の観点に基づいて表 I-1-4-1 に示す人工放射性核種と自然放射性核種を選定した。

###### [人工放射性核種]

- ・原子力施設由来の排水あるいは放射性降下物等に含まれる量や割合が高く、物理的半減期が比較的長い放射性核種であること
- ・海産生物あるいは海底土に蓄積されやすい性質を持つ放射性核種であること

###### [自然放射性核種]

- ・海産生物や海底土から検出される例が比較的多い放射性核種であること  
(例えばウラン系列やトリウム系列に属する放射性核種あるいは高層大気と宇宙線の相互作用によりもたらされるベリリウム-7 ( ${}^7\text{Be}$ )、地球誕生時から長半減期ゆえに単独で存在するカリウム-40 ( ${}^{40}\text{K}$ ) など)

##### (2) 海産生物、海底土及び海水試料の前処理及び分析法

海産生物、海底土及び海水試料の前処理及びこれらに含まれる放射性核種の放射能分析は、全て放射能測定法シリーズ<sup>※1</sup>に基づいた方法により実施し、併せて放射能分析に係る質の保証について、国際機関が実施する技能試験等に積極的に参加した。

###### (海産生物試料の前処理)

収集した海産生物試料は魚種を指定して収集したものの、他の種が混入している場合があるため、前処理を行う際に半解凍した状態で魚種分類に詳しい者の助言や専門書<sup>※2</sup>を参考に、魚の特徴を観察して魚種の同定と選別を行い、放射能分析に供した。

同定と選別を行った試料は、個体毎に表面の水分をふき取った後、各個体について全長及び体重を測定し、魚種毎に平均全長及び平均体重を算出した。次いで筋肉(肉部)や内臓等に分割するなど、目的とする部位について適切に分け取り、各部位毎に湿重量を計測後、分析供試部位である筋肉を 105℃で乾燥後、450℃で 24 時間の条件下で灰化に供した。

灰化した試料を目開き 0.35mm のステンレス製ふるいに通し、混入した小骨等を取り除いたものを均一になるようによく混合して分析試料とした。ただし、カタクチイワシのように魚体が極めて小さく、全体を食する魚種に関しては魚体全体を分析に供した。

また、試料の灰化に当たっては灰化前後の減容に伴う重量比(灰分(魚の肉部で概ね 1.2%、

※1 放射能測定法シリーズ(全 35 集あり、下記はそのうちの一部分である)

- ・ 2 「放射性ストロンチウム分析法」(平成 15 年、4 訂)
- ・ 3 「放射性セシウム分析法」(昭和 51 年、1 訂)
- ・ 7 「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」(令和 2 年 9 月改訂版)
- ・ 9 「トリチウム分析法」(平成 14 年、2 訂)
- ・ 12 「プルトニウム分析法」(平成 2 年、1 訂)
- ・ 16 「環境試料採取法」(昭和 58 年)

※2 例えば、中坊徹次編「日本産魚類検索 全種の同定(第三版)」東海大学出版会

イカ・タコの肉部で概ね 2~3%程度)) を目安とし、参考となる灰分<sup>※1</sup>と比較することで適切に灰化処理が行われたことを確認した。灰化により得られた灰試料は、目的とする放射能分析を行うに当たり十分な量として、表 I-1-4-2 及び表 I-1-4-3 に示した目的とする放射性核種の放射能分析での検出目標レベルを担保できる量を確保した。

#### (海底土試料の前処理)

海底土試料の前処理として、凍結して送付された試料をバット上に移して自然解凍後よく混合した。次いで乾燥器を用いて 105℃で乾燥させたのち、目開き 2mm のステンレス製ふるいを通して小石等を除いたのち、粉碎・混合することにより、乾燥土状態の分析試料を得た。これらの海底土試料は、目的とする放射能分析を行うに当たり十分な量として、表 I-1-4-2 及び表 I-1-4-3 に示した目的とする放射性核種の放射能分析での検出目標レベルを担保できる量を確保した。

#### (海産生物及び海底土試料の放射能分析)

海産生物試料または海底土試料に含まれるストロンチウム-90 (<sup>90</sup>Sr)、プルトニウム-239+240 (<sup>239+240</sup>Pu<sup>※2</sup>) 及びガンマ線放出核種を定量するために必要な前処理や化学分離・精製を行った後、これらの対象とする放射性核種の定性・定量に当たっては、検出目標レベルを考慮した測定時間に加え、バックグラウンドの評価及び適切な校正曲線(効率曲線)等を適用することにより、それぞれ低バックグラウンドベータ線測定装置を用いたベータ線計測、シリコン半導体検出器を用いたアルファ線スペクトロメトリー及び高純度ゲルマニウム半導体検出器を用いたガンマ線スペクトロメトリーにより定量した。なお、ベータ線計測の際には、公益社団法人日本アイソトープ協会または Eckert & Ziegler Isotope Products 社で製造・校正された放射能標準溶液を用いて計数効率を決定し、測定結果のトレーサビリティを確保した。また、アルファ線スペクトロメトリーの際には、ウラン標準線源を用いてエネルギー校正及び効率校正を実施したうえで、アメリカ国立標準技術研究所または AEA テクノロジー社で製造・校正された放射能標準溶液を用いて回収率を確認し、測定結果のトレーサビリティを確保した。さらに、ガンマ線スペクトロメトリーの際には、同協会が製造・校正された放射能標準線源を用いて、エネルギー校正及び効率校正を実施し、測定結果のトレーサビリティを確保した。

---

※1 例えば、

- ・放射能測定法シリーズ 16「環境試料採取法」(昭和 58 年)
- ・及川真司・太田博・早野和彦・野中信博(2004)．環境放射能分析における食品試料の灰分．分析化学, **53** (12), 1515-1519.
- ・及川真司・磯山直彦・御園生淳・稲富直彦・鈴木千吉・鈴木奈緒子・中原元和・中村良一・渡部輝久・森菌繁光・藤井誠二・原猛也(2009)．海産生物筋肉中 <sup>137</sup>Cs 放射能分析結果に対する試料前処理技術の影響および近年のバックグラウンド濃度．保健物理, **44** (2), 198-208.

※2 プルトニウム-239 (<sup>239</sup>Pu) とプルトニウム-240 (<sup>240</sup>Pu) は放出するアルファ線のエネルギーがほぼ等しく、通常のアルファ線スペクトロメトリーでは区別して定量できないので、両核種の合計量として定量する方法がとられている。このためプルトニウム-239+240 (<sup>239+240</sup>Pu) と表す。

#### (海水試料の前処理)

採取後直ちに、硝酸酸性としたものを分析試料として供した。また、核燃海域で調査の対象としているトリチウム用海水試料は、未処理で分取・保管した海水をそのまま分析試料とした。(3 ページも併せて参照のこと)

#### (海水試料の放射能分析)

発電所海域で採取した海水試料について、化学分離・精製したのち、 $^{90}\text{Sr}$  を低バックグラウンドベータ線測定装置によるベータ線計測により、またセシウム-134 ( $^{134}\text{Cs}$ ) 及びセシウム-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) についてはリンモリブデン酸アンモニウム共沈法による化学分離・精製を行ったのち、高純度ゲルマニウム半導体検出器を用いたガンマ線スペクトロメトリーにより定量した。なお、ガンマ線スペクトロメトリーの際には、公益社団法人日本アイソトープ協会で製造・校正された放射能標準線源を用いて、エネルギー校正及び効率校正を実施し、測定結果のトレーサビリティを確保した。

核燃海域で採取した海水試料のうち、酸を添加しない海水試料については、蒸留及び電解濃縮装置による濃縮・精製を行い、精製した試料溶液を有機系シンチレータと混合させ、試料溶液に含まれるトリチウムを低バックグラウンド液体シンチレーション計数装置による液体シンチレーション計測により定量した。また、酸を添加した海水試料について、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{239+240}\text{Pu}$  及びガンマ線放出核種の定量に当たっては、化学分離・精製したのち、それぞれ低バックグラウンドベータ線測定装置を用いたベータ線計測、高純度シリコン半導体検出器を用いたアルファ線スペクトロメトリー及び高純度ゲルマニウム半導体検出器を用いたガンマ線スペクトロメトリーにより定量した。なお、液体シンチレーション計測の際には、公益社団法人日本アイソトープ協会で製造・校正された放射能標準溶液を用いて計数効率及び濃縮率を決定し、測定結果のトレーサビリティを確保した。ベータ線計測の際には、同協会で製造・校正された放射能標準溶液を用いて計数効率を決定し、測定結果のトレーサビリティを確保した。また、アルファ線スペクトロメトリーの際には、ウラン標準線源を用いてエネルギー校正及び効率校正を実施したうえで、アメリカ国立標準技術研究所で製造・校正された放射能標準溶液を用いて回収率を確認し、測定結果のトレーサビリティを確保した。さらに、ガンマ線スペクトロメトリーの際には、同協会で製造・校正された放射能標準線源を用いて、エネルギー校正及び効率校正を実施し、測定結果のトレーサビリティを確保した。

#### (放射能分析に係る品質保証)

放射能分析に係る品質保証活動の一環として、

- ・国際原子力機関 (International Atomic Energy Agency ; IAEA) が主催・実施する技能試験 (Proficiency Test ; PT) への参加
- ・IAEA が主催・実施する分析機関間比較 (Inter-Laboratory Comparisons ; ILC) へ

の参加

・公益社団法人日本分析化学会等の学術団体が実施する技能試験への参加等を通じて放射能分析の精度維持・向上を図った。

なお、これらの放射能分析の際には標準試料（認証物質あるいは所内標準物質など、その分析値が既知である試料）を用いた並行分析及び同一試料の重複分析なども併せて実施した。

IAEA が主催・実施した技能試験（Proficiency Test 2021）では、トリチウム、 $^{134}\text{Cs}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  の分析・測定に関して「Accepted」の評価※1を受けた。また、同 IAEA が 2021 年に別途主催した分析機関間比較において、「海水中のトリチウム、 $^{134}\text{Cs}$  及び  $^{137}\text{Cs}$ 、魚体中の  $^{134}\text{Cs}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  の分析について、引き続き高い正確性と能力を有している」の評価を受けた。なお、外部機関に放射能分析を委託する場合は、Proficiency Test において対象となる放射性核種の分析・測定について、「Accepted」の評価を受けていることを確認した。

（両試験の結果は、のちに IAEA の公式報告書として IAEA から公表される予定である）

---

※1 国際原子力機関（IAEA）が実施する海水試料を用いた Proficiency Test での評価については、「Accepted」「Warning」「Not accepted」の3つがあり、Accuracy（真値にどれだけ近いかを表す正確度）、Precision（複数回分析をした際のばらつきを表す精度）、そして、Trueness（測定結果のかたよりを表す真度）により判定される。なお、「Accepted」の要件はこの3つをすべてクリアする必要がある。詳しくは現時点で最新となる Proficiency Test の公式報告書（IAEA Analytical Quality in Nuclear Applications Series No. 58, IAEA-RML-2016-01 Proficiency Test for Determination of Radionuclides in Sea Water；次の URL で閲覧可能）を参照。

<https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/AQ-58web.pdf>  
（令和 5 年 3 月閲覧）

表 I-1-4-1 分析の対象とした放射性核種と試料

放射性核種			半減期*1	海産生物		海底土		海水	
				発電所 海域	核燃 海域	発電所 海域	核燃 海域	発電所 海域	核燃 海域
人工放射性核種	トリチウム*2	$^3\text{H}$	12.32 年	—	—	—	—	—	○
	マンガン - 54	$^{54}\text{Mn}$	312.2 日	○	○	○	○	—	○
	コバルト - 60	$^{60}\text{Co}$	5.271 年	○	○	○	○	—	○
	ストロンチウム - 90	$^{90}\text{Sr}$	28.79 年	—	○	—	○	○	○
	ルテニウム - 106	$^{106}\text{Ru}$	371.8 日	○	○	○	○	—	○
	セシウム - 134	$^{134}\text{Cs}$	2.063 年	○	○	○	○	○	○
	セシウム - 137	$^{137}\text{Cs}$	30.08 年	○	○	○	○	○	○
	セリウム - 144	$^{144}\text{Ce}$	284.9 日	○	○	○	○	—	○
	プルトニウム -239+240	$^{239+240}\text{Pu}$	—*3	—	○	—	○	—	○
	その他の ガンマ線放出核種*4			○	○	○	○	—	○
自然放射性核種	ベリリウム - 7	$^7\text{Be}$	53.22 日	○	○	○	○	—	—
	カリウム - 40	$^{40}\text{K}$	12.48 億年	○	○	○	○	—	—
	タリウム - 208*5	$^{208}\text{Tl}$	3.053 分	○	○	○	○	—	—
	ビスマス - 214*6	$^{214}\text{Bi}$	19.9 分	○	○	○	○	—	—
	アクチニウム - 228*5	$^{228}\text{Ac}$	6.15 時間	○	○	○	○	—	—

\*1 半減期は「アイソトープ手帳 12 版（公益社団法人日本アイソトープ協会編集発行、2020 年 3 月（丸善出版株式会社）」より引用した。

\*2 トリチウムは、宇宙線によって生じる自然放射性核種の一つであるが、核爆発実験や原子力発電所等の運転でも生じるため、ここでは人工放射性核種に分類した。

\*3 プルトニウム-239 の半減期は 2.411 万年、プルトニウム-240 の半減期は 6,564 年である。

\*4 半減期約 1 年以下の核種で、クロム-51 ( $^{51}\text{Cr}$ )、コバルト-58 ( $^{58}\text{Co}$ )、鉄-59 ( $^{59}\text{Fe}$ )、亜鉛-65 ( $^{65}\text{Zn}$ )、ジルコニウム-95 ( $^{95}\text{Zr}$ )、ニオブ-95 ( $^{95}\text{Nb}$ )、ルテニウム-103 ( $^{103}\text{Ru}$ )、銀-110m ( $^{110\text{m}}\text{Ag}$ )、アンチモン-125 ( $^{125}\text{Sb}$ ) などがある。

\*5 トリウム - 232 ( $^{232}\text{Th}$ , 半減期:140 億年) を親核種とするトリウム系列に属する子孫核種である。なお、定量に当たっては親核種との放射平衡を考慮する必要がある。

\*6 ウラン - 238 ( $^{238}\text{U}$ , 半減期:44.68 億年) を親核種とするウラン系列に属する子孫核種である。なお、定量に当たっては親核種との放射平衡を考慮する必要がある。

### (3) 計数誤差

放射性核種が壊変する事象は統計的事象であり、放射性核種の放射能を定量するために用いる放射線計測に際しても放射性核種の壊変に伴って放出される放射線計数率の揺らぎによる計数誤差を付すことが一般的であり、併せて放射能測定法シリーズ（例えば、放射能測定法シリーズ 7「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」解説資料参照）にその方法が示されている。本事業においても、放射能分析の定量結果に付す誤差については、正味の計数値から算出した放射能の計数誤差を誤差として付して解析等に資することとした。

なお、放射能測定法シリーズ 7「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」（令和 2 年 9 月改訂）によれば、計数に係る不確かさ（uncertainty due to counting statistics）について、慣例的に計数誤差（counting error）という用語が用いられてきたとされ、計数  $n$  に対して予測される誤差は標準偏差  $\sigma$  で、 $\sigma = \sqrt{n}$  と表される。通常、測定値は  $n \pm \sigma$  と記されるとあり、本事業においてもこれに準ずることとした。

### (4) 検出下限値

環境試料に含まれる放射性核種の放射能分析において、放射能が有意に検出できなくなる濃度を検出下限値と呼んでいる。本事業では、放射性核種の放射能を定量する際に実施する放射線計測において、バックグラウンドを差し引いた正味の計数値が計数誤差の 3 倍を超えた場合に放射性核種が検出されたと判定し、計数誤差の 3 倍に等しい時の放射性核種の放射能やその値を検出下限値としている<sup>※1</sup>。しかしながら、試料に含まれる放射能やその濃度の検出下限値は測定環境（特にバックグラウンド）、放射能分析のために供した試料の量、放射線検出器の計数効率等により試料の測定毎に計算されるため、一つの値として示すことができない。そこで、設定すべき検出下限値の目安として、過去に実施した経験を踏まえ、同様の試料の分析・測定で得られた検出下限値の実測例を参考として検出目標レベルを定めることとした。この検出目標レベルについて、一連の放射能分析方法とともに表 I-1-4-2 及び表 I-1-4-3 に示す。

### (5) 減衰補正

放射性核種の放射能濃度についての減衰補正については、放射能測定法シリーズの考え方<sup>※2</sup>に基づき、放射能が検出された場合にのみ行うこととした。また、減衰補正を行う対象とした放射性核種は、トリチウム、<sup>90</sup>Sr、<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs など比較的半減期の短い人工放射

---

※1 放射能測定法シリーズ 7「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」（令和 2 年 9 月改訂）（12 ページ参照）に準じた考え方で、計数値に付す誤差は計数誤差となるもの。放射性核種の壊変に伴う放射線の計数値はポアソン分布となり、その計数値（ポアソン分布）の標準偏差は計数値の平方根になることが示されている。また、検出されたか否かの判定については「計数誤差の 3 倍を超えているか否かで行われることが一般的である。」とされ、本事業においてもこれに準ずることとした（同 56 ページ参照）。

※2 放射能測定法シリーズ 7「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」（令和 2 年 9 月改訂）（176 ページ参照）に記載されたとおり。

性核種（ここではトリチウムも含む）とし、 $^{239+240}\text{Pu}$ についてはその対象から除外した。

また、自然放射性核種については同シリーズ記載のとおり（前ページ※2を参照）、天然の放射性壊変系列※1（いわゆるウラン系列やトリウム系列など）に属する放射性核種（例えば、 $^{208}\text{Tl}$ 、 $^{214}\text{Bi}$ 、 $^{228}\text{Ac}$ など）について、原則として測定終了時の値とした※2。

表 I -1-4-2 発電所海域における各試料の放射能分析方法及び検出目標レベル

試料		海産生物試料	海底土試料	海水試料		
分析対象核種		ガンマ線放出核種 ( $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等)	ガンマ線放出核種 ( $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 等)	$^{90}\text{Sr}$	$^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$	
放射能分析方法	分析供試量	約 80g (灰)	約 100g (乾燥土)	50L		
	前処理等	灰化	乾燥後、粉砕・混合	化学分離・精製等		
	放射線計測等	ガンマ線スペクトロメトリー	ガンマ線スペクトロメトリー	ベータ線計測	ガンマ線スペクトロメトリー	
	計測時間(秒)	70,000	70,000	3,600~7,200	70,000	
検出目標レベル	放射能濃度					
			(Bq/kg-生鮮物)	(Bq/kg-乾燥土)	(mBq/L)	
	ガンマ線放出核種*1	$^{54}\text{Mn}$	0.03	0.9	—	—
		$^{60}\text{Co}$	0.05	0.9	—	—
		$^{106}\text{Ru}$	0.2	7	—	—
		$^{134}\text{Cs}$	0.03	1	—	0.9
		$^{137}\text{Cs}$	0.02	0.7	—	0.5
		$^{144}\text{Ce}$	0.2	4	—	—
$^{90}\text{Sr}$	—*2	—	0.4	—		

\*1 ガンマ線放出核種は、分析の対象とした放射性核種のうち半減期が数十日以下のものを除いた代表的な人工放射性核種について記載した。なお、 $^{106}\text{Ru}$ 及び $^{137}\text{Cs}$ は純ベータ線放出核種であるが、それぞれ $^{106}\text{Rh}$ と $^{137\text{m}}\text{Ba}$ との放射平衡が成立することによりガンマ線計測によって定量できるため、ここではガンマ線放出核種に分類した。

\*2 放射能分析の対象としていない放射性核種については「—」で示した。

※1 「放射性壊変系列」という用語については、「アイソトープ手帳 12 版（公益社団法人日本アイソトープ協会編集発行、2020 年 3 月（丸善出版株式会社）」より引用。

※2 本事業では、これらの系列に属さない $^7\text{Be}$ について原則として減衰補正を実施した。

表 I-1-4-3 核燃海域における各試料の放射能分析方法及び検出目標レベル

試料		海産生物試料			
分析対象核種		$^{90}\text{Sr}$	$^{239+240}\text{Pu}$	ガンマ線放出核種	
放射能分析方法	分析供試量	約 30g (灰)	約 20g (灰)	約 80g (灰)	
	前処理等	灰化後、化学分離・精製		灰化	
	放射線計測等	ベータ線計測	アルファ線スペクトロメトリー	ガンマ線スペクトロメトリー	
	計測時間 (秒)	3,600~7,200	160,000	70,000	
		放射能濃度 (Bq/kg-生鮮物)			
検出目標レベル	ガンマ線放出核種 <sup>*1</sup>	$^{54}\text{Mn}$	— <sup>*2</sup>	—	0.03
		$^{60}\text{Co}$	—	—	0.05
		$^{106}\text{Ru}$	—	—	0.2
		$^{134}\text{Cs}$	—	—	0.03
		$^{137}\text{Cs}$	—	—	0.02
		$^{144}\text{Ce}$	—	—	0.2
	$^{90}\text{Sr}$	0.008	—	—	
	$^{239+240}\text{Pu}$	—	0.0007	—	

\*1 ガンマ線放出核種は、分析の対象とした放射性核種のうち半減期が数十日以下のものを除いた代表的な人工放射性核種について記載した。なお、 $^{106}\text{Ru}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  は純ベータ線放出核種であるが、それぞれ  $^{106}\text{Rh}$  と  $^{137\text{m}}\text{Ba}$  との放射平衡が成立することによりガンマ線計測によって定量できるため、ここではガンマ線放出核種に分類した。

\*2 放射能分析の対象としていない放射性核種については「—」で示した。

表 I-1-4-3 核燃海域における各試料の放射能分析方法及び検出目標レベル（続き）

試料		海底土試料			海水試料				
分析対象核種		$^{90}\text{Sr}$	$^{239+240}\text{Pu}$	ガンマ線放出核種	トリチウム	$^{90}\text{Sr}$	$^{239+240}\text{Pu}$	ガンマ線放出核種	
放射能分析方法	分析 供試量	乾燥土重量			0.6L	50L	100L	50L	
		約 150g	約 50g	約 100g					
	前処理等	乾燥土とし、 化学分離・精製等			蒸留・電 解濃縮	化学分離・精製等			
	放射線 計測等	ベータ 線計測	アルファ 線スペク トロメト リー	ガンマ線 スペクト ロメトリ ー	LSC*3	ベータ 線計測	アルファ 線スペク トロメト リー	ガンマ線 スペクト ロメトリ ー	
	計測時間 (秒)	3,600	80,000	70,000	30,000	3,600 ~7,200	160,000	70,000	
検出目標レベル			放射能濃度						
			(Bq/kg-乾燥土)			(Bq/L)	(mBq/L)		
	ガンマ線放出核種 *1	$^{54}\text{Mn}$	—*2	—	0.9	—	—	—	0.8
		$^{60}\text{Co}$	—	—	0.9	—	—	—	0.9
		$^{106}\text{Ru}$	—	—	7	—	—	—	7
		$^{134}\text{Cs}$	—	—	1	—	—	—	0.9
		$^{137}\text{Cs}$	—	—	0.7	—	—	—	0.5
		$^{144}\text{Ce}$	—	—	4	—	—	—	4
	トリチウム		—	—	—	0.1	—	—	—
	$^{90}\text{Sr}$		0.2	—	—	—	0.4	—	—
$^{239+240}\text{Pu}$		—	0.03	—	—	—	0.007	—	

\*1 ガンマ線放出核種は、分析の対象とした放射性核種のうち半減期が数十日以下のものを除いた代表的な人工放射性核種について記載した。なお、 $^{106}\text{Ru}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  は純ベータ線放出核種であるが、それぞれ  $^{106}\text{Rh}$  と  $^{137\text{m}}\text{Ba}$  との放射平衡が成立することによりガンマ線計測によって定量できるため、ここではガンマ線放出核種に分類した。

\*2 放射能分析の対象としていない放射性核種については「—」で示した。

\*3 液体シンチレーション計数装置によるベータ線計測 (Liquid Scintillation Counting) を示す。

## 5) 分析結果

### (1) 海産生物試料の分析結果

#### ① 発電所海域

令和4年度分の海産生物試料として

第1回収集（前期）：令和4年4月1日から同年8月19日まで

第2回収集（後期）：令和4年9月30日から令和5年1月22日まで

のそれぞれの期間において当初計画に沿って収集活動を行った。収集の対象とした試料は前期（45試料）と後期（45試料）の合わせて90試料である。これらは気象・海象などの自然現象に伴う漁獲量の変動により、当初計画していた魚種の漁獲が見込まれない状況が生じたことなどの理由で、海産生物試料の選定に関する注意事項<sup>※1</sup>に基づいて計32試料（前期13、後期19）を別の魚種に変更したが、関係する漁業協同組合等の協力を頂き、全15海域から計90試料を収集した。

収集した海産生物試料に含まれる放射性核種の放射能濃度範囲について、平成18年度からの結果と併せて表I-1-5-1に示した。

また、海産生物試料に含まれる放射性核種の放射能濃度のほか、一連の試料分析に関する記録について資料I-1-1から資料I-1-15に示した。

令和4年度に発電所海域で採取した海産生物試料から検出された人工放射性核種は<sup>137</sup>Csのみであり、放射能濃度は、東電福島第一原発事故後に実施した平成23～27年度よりも全体的に低くなっていたものの、直近の令和3年度と同程度であった。また、事故前に実施した過去5年間（平成18～22年度）（以下、「事故前5年間」という。）の範囲と比較すると、一部の試料について上回るものが見られた。

（<sup>110m</sup>Ag<sup>※2</sup>について）

令和4年度の調査では、令和3年度に引き続き、調査対象海域で採取した海産生物試料から<sup>110m</sup>Agが検出されることはなかった。

（<sup>134</sup>Csについて）

令和4年度の調査では、いずれの海域も採取した海産生物試料から<sup>134</sup>Csは検出されなかった。

（<sup>137</sup>Csについて）

令和4年度の調査では、<sup>137</sup>Csが事故前5年間の最大値（0.24Bq/kg-生鮮物）を超えた試

---

※1 「I 1. 3) (1)」参照。

※2 銀（Ag）の放射性同位体（半減期249.8日；「m」は準安定状態を表す）のひとつで、主に安定核種である<sup>109</sup>Agの放射化で生成する（同重体に<sup>110</sup>Pdが存在するため、<sup>134</sup>Csと同様に核分裂ではほぼ生成せず、大部分が放射化生成物と考えられる）。

料は、福島第二及び茨城海域の2海域で採取した魚類4試料であった。令和3年度に得られた調査結果と比較して全体的に放射能濃度は減少傾向にあった。これらの海域における<sup>137</sup>Csの放射能濃度の最大値は、福島第二海域で採取された海産生物試料の一試料から得られたもので、その放射能濃度は0.78Bq/kg-生鮮物であった。その他の海域の試料では、事故前の過去5年間で得られた測定値の範囲内であった。なお、<sup>137</sup>Csの放射能濃度の最大値である0.78Bq/kg-生鮮物は、国の定める食品中の放射性物質の基準値である100Bq/kgと比べて約1/128以下の放射能濃度であり、十分に低かった。

表 I-1-5-1 海産生物試料（発電所海域）に含まれる放射性核種の放射能濃度範囲

(単位：Bq/kg-生鮮物)

年度	試料名	試料数	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	その他のガンマ線放出核種*1
令和4年度	魚類	74	ND*2	0.051 ~ 0.78	ND
	イカ・タコ類	13	ND	ND ~ 0.065	ND
	エビ類	3	ND	0.030 ~ 0.044	ND
令和3年度	魚類	74	ND	0.054 ~ 0.72	ND
	イカ・タコ類	13	ND	ND ~ 0.082	ND
	エビ類	3	ND	0.032 ~ 0.042	ND
平成28~ 令和2年度	魚類	375	ND ~ 0.49	0.031 ~ 3.0	ND
	イカ・タコ類	62	ND	ND ~ 0.16	ND
	エビ類	13	ND	ND ~ 0.083	ND
平成23~ 27年度	魚類	380	ND ~ 110	0.028 ~ 140	<sup>110m</sup> Ag : ND ~ 0.62
	イカ・タコ類	55	ND ~ 8.7	ND ~ 9.4	<sup>110m</sup> Ag : ND ~ 1.8
	エビ類	15	ND ~ 0.10	0.046 ~ 0.13	ND
平成18~ 22年度	魚類	375	ND	0.034 ~ 0.24	ND
	イカ・タコ類	60	ND	ND ~ 0.045	ND
	エビ類	15	ND	0.031 ~ 0.071	ND

\*1 表 I-1-4-1 に示した放射性核種のうち、人工放射性核種として列挙した放射性核種を参照。

\*2 「ND」は検出下限値以下を示す。なお、令和4年度に調査した海産生物試料（全90試料）の分析・測定で得られた検出下限値の平均放射能濃度は、<sup>134</sup>Csで0.038、<sup>137</sup>Csで0.027（Bq/kg-生鮮物）で、その他のガンマ線放出核種についても概ね表 I-1-4-2 に示した検出目標レベルと同程度である。

## ②核燃海域

令和4年度分の海産生物試料として

第1回収集（前期）：令和4年4月6日から同年8月1日まで

第2回収集（後期）：令和4年10月6日から令和5年1月6日まで

のそれぞれの期間において当初計画に沿って収集活動を行った。収集の対象とした試料は前期（15試料）と後期（15試料）合わせて30試料であり、気象・海象などの自然現象に伴う漁獲量の変動により、当初計画していた魚種の漁獲が見込まれない状況が生じたことなどの理由で、海産生物試料の選定に関する注意事項<sup>※1</sup>に基づいて計4試料（前期3、後期1）を別の魚種に変更したが、関係する漁業協同組合等の協力を頂き、計30試料を収集した。

収集した海産生物試料（魚類及びイカ・タコ類；計30試料）に含まれる放射性核種の放射能濃度範囲について、平成18年度からの結果と併せて表1-1-5-2に示した。

また、海産生物試料に含まれる放射性核種の放射能濃度のほか、試料分析に関する記録について資料1-2-1から資料1-2-8に示した。

令和4年度に核燃海域で採取した海産生物試料から検出された人工放射性核種は<sup>137</sup>Cs及び<sup>90</sup>Srであり、これらの放射能濃度は、東電福島第一原発事故後に実施した平成23～27年度よりも全体的に低くなっていたものの、直近の令和3年度と同程度であった。また、事故前5年間の範囲と比較すると、一部の試料について上回るものが見られた。

（<sup>134</sup>Csについて）

令和4年度の調査では、核燃海域で採取した30試料のいずれからも<sup>134</sup>Csは検出されなかった。

（<sup>137</sup>Csについて）

令和4年度の調査では、放射能濃度は魚類で0.032～0.20Bq/kg-生鮮物、イカ・タコ類でND～0.035Bq/kg-生鮮物の範囲にあり、30試料のうち3試料は検出されなかった。また、これらの放射能濃度の範囲のうち、最大値については「①発電所海域」での最大値を超えるものはなかった。これらの試料のうち、事故前5年間の最大値（魚類：0.18Bq/kg-生鮮物、イカ・タコ類：0.041Bq/kg-生鮮物）を超えた試料は魚類で1試料あり、イカ・タコ類はなかった。

---

※1 「I 1. 3）(1)」参照。

表 I-1-5-2 海産生物試料（核燃海域）に含まれる放射性核種の放射能濃度範囲

（単位：Bq/kg-生鮮物）

年度	試料名	試料数	$^{90}\text{Sr}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	その他のガンマ線放出核種*1	$^{239+240}\text{Pu}$
令和4年度	魚類	24	ND*2 ~ 0.0074	ND	0.032 ~ 0.20	ND	ND
	イカ・タコ類	6	ND	ND	ND ~ 0.035	ND	ND
令和3年度	魚類	24	ND	ND	0.052 ~ 0.24	ND	ND ~ 0.00094
	イカ・タコ類	6	ND	ND	ND ~ 0.046	ND	ND ~ 0.00062
平成28~ 令和2年度	魚類	120	ND ~ 0.0083	ND ~ 0.10	ND ~ 0.65	ND	ND ~ 0.00074
	イカ・タコ類	30	ND	ND	ND ~ 0.053	ND	ND ~ 0.00057
平成23~ 27年度	魚類	119	ND ~ 0.0098	ND ~ 10	0.035 ~ 11	$^{110\text{m}}\text{Ag}$ : ND~0.23	ND ~ 0.00094
	イカ・タコ類	31	ND	ND ~ 0.24	ND ~ 0.32	$^{110\text{m}}\text{Ag}$ : ND~0.44	ND ~ 0.00058
平成18~ 22年度	魚類	110	ND ~ 0.010	ND	ND ~ 0.18	ND	ND ~ 0.0010
	イカ・タコ類	30	ND	ND	ND ~ 0.041	ND	ND ~ 0.00051

\*1 表 I-1-4-1 に示した放射性核種のうち、人工放射性核種として列挙した放射性核種を参照。

\*2 「ND」は検出下限値以下を示す。なお、令和4年度に調査した海産生物試料（全30試料）の分析・測定で得られた検出下限値の平均放射能濃度は、 $^{90}\text{Sr}$ で0.0060、 $^{134}\text{Cs}$ で0.035、 $^{137}\text{Cs}$ で0.025、 $^{239+240}\text{Pu}$ で0.00028（Bq/kg-生鮮物）であり、その他のガンマ線放出核種についても概ね表 I-1-4-3 に示した検出目標レベルと同程度である。

## (2) 海底土試料の分析結果

### ① 発電所海域

令和4年度分の海底土試料を得るため、令和4年5月8日から同年6月21日までの期間に当初計画に沿って試料採取を行った。採取すべき海底土（表層3cm）は全15海域4測点・計60試料であり、当該期間において当初計画した場所で欠測することなく採取を完了した。

採取した海底土試料（計60試料）に含まれる放射性核種の放射能濃度範囲を平成18年度からの結果と併せて表I-1-5-3に示す。また、各海域の海底土試料に含まれる放射性核種の放射能濃度のほか、試料分析に関する記録について資料2-1-1から資料2-1-15に示す。

令和4年度に発電所海域で採取した海底土試料から検出された人工放射性核種は $^{134}\text{Cs}$ 及び $^{137}\text{Cs}$ であり、これらの放射能濃度は、事故後に実施した平成23～令和3年度の範囲よりも減少傾向にあったものの、東電福島第一原発事故前5年間の調査結果と比較すると、最大値で約5.1倍となる放射能濃度の範囲にあった。

これらのうち、 $^{134}\text{Cs}$ が検出された海域及び測点は、福島第一（測点1、2及び3）、福島第二（測点4）及び茨城海域（測点1）の3海域（計5測点）であった。また、 $^{137}\text{Cs}$ については、福島第一（全測点）、福島第二（全測点）、及び茨城海域（全測点）の3海域（計12測点）において、事故前5年間の最大値（7.7Bq/kg-乾燥土）より高い $^{137}\text{Cs}$ が検出された。これらの海域における $^{137}\text{Cs}$ の放射能濃度の最大値は、39Bq/kg-乾燥土であった。その他の海域の試料では、事故前5年間の範囲内であった。

表 I-1-5-3 海底土試料（発電所海域）に含まれる放射性核種の放射能濃度範囲

（単位：Bq/kg-乾燥土）

年度	試料数	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$
令和4年度	60	ND*1 ~ 1.2	ND ~ 39
令和3年度	60	ND ~ 1.1	ND ~ 33
平成28～令和2年度	300	ND ~ 17	ND ~ 93
平成23～27年度	300	ND ~ 200	ND ~ 320
平成18～22年度	300	ND	ND ~ 7.7

\*1「ND」は検出下限値以下を示す。なお、令和4年度に調査した海底土試料（全60試料）の分析・測定で得られた検出下限値の平均放射能濃度は、 $^{134}\text{Cs}$ で0.56、 $^{137}\text{Cs}$ で0.51（Bq/kg-乾燥土）であった。その他のガンマ線放出核種については検出されておらず、これらの検出下限値は概ね表I-1-4-2に示した検出目標レベルと同程度である。

## ②核燃海域

令和4年度分の海底土試料を得るため、令和4年5月19日から同年5月30日までの期間に当初計画に沿って試料採取を行った。採取すべき海底土（表層3cm）は全22測点・計22試料であり、当該期間において当初計画した場所で欠測することなく採取を完了した。

採取した海底土試料（計22試料）に含まれる放射性核種の放射能濃度範囲を平成18年度からの結果と併せて表I-1-5-4に示す。また、各測点の海底土試料に含まれる放射性核種の放射能濃度のほか、試料分析に関する記録について資料2-2-1から資料2-2-6に示す。

令和4年度の調査において核燃海域で採取した海底土から検出された人工放射性核種は $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 及び $^{239+240}\text{Pu}$ で、これらの放射性核種の放射能濃度の範囲は、事故前5年間の範囲と同程度かそれ以下であった。この傾向は、表I-1-5-4のとおり、過年度の調査結果から引き続き得られてきたものと同様である。

表 I-1-5-4 海底土試料（核燃海域）に含まれる放射性核種の放射能濃度範囲

（単位：Bq/kg-乾燥土）

年度	試料数	$^{90}\text{Sr}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{239+240}\text{Pu}$
令和4年度	22	ND*1 ~ 0.37	ND	ND ~ 5.9	0.31 ~ 3.6
令和3年度	22	ND ~ 0.34	ND	ND ~ 4.4	0.33 ~ 4.8
平成28~令和2年度	110	ND ~ 0.42	ND	ND ~ 4.6	0.30 ~ 5.4
平成23~27年度	110	ND ~ 0.54	ND	ND ~ 6.2	0.37 ~ 5.3
平成18~22年度	104	ND ~ 0.78	ND	ND ~ 5.2	0.39 ~ 5.1

\*1「ND」は検出下限値以下を示す。なお、令和4年度に調査した海底土試料（全22試料）の分析・測定で得られた検出下限値の平均放射能濃度は、 $^{90}\text{Sr}$ で0.11、 $^{134}\text{Cs}$ で0.53、 $^{137}\text{Cs}$ で0.50、 $^{239+240}\text{Pu}$ で0.0095（Bq/kg-乾燥土）であった。その他のガンマ線放出核種については検出されておらず、これらの検出下限値は概ね表I-1-4-3に示した検出目標レベルと同程度である。

### (3) 海水試料の分析結果

#### ①発電所海域

令和4年度分の海水試料として、令和4年5月8日から同年6月21日の期間に当初計画に沿って試料採取を行った。採取すべき海水試料は全15海域4測点・2層の計120試料であり、当該期間において当初計画した場所で欠測することなく採取を完了した。

採取した海水試料（表層水、下層水；各60試料（計120試料））に含まれる放射性核種の放射能濃度範囲を平成18年度からの結果と併せて表I-1-5-5に示す。また、各海域の海水試料に含まれる放射性核種の放射能濃度のほか、試料分析に関する記録について資料3-1-1から資料3-1-15に示す。

令和4年度の調査において、海水試料から検出された人工放射性核種は $^{90}\text{Sr}$ 及び $^{137}\text{Cs}$ であり、それら放射能濃度の範囲は令和3年度とほぼ同様の水準であった。また、 $^{134}\text{Cs}$ は平成29年度から引き続き、いずれの試料からも検出されなかった。

#### （表層水に含まれる $^{137}\text{Cs}$ ）

令和4年度の調査においては、福島第一（測点4）及び福島第二（測点1）の2海域2測点で事故前5年間の最大値（2.4mBq/L）をわずかながら上回っていた。これらの海域における表層水の最大値は福島第一海域の測点4（3.0mBq/L）であり、事故前5年間の最大値の約1.25倍であった。一方、その他の海域では、事故前5年間の範囲内であった。

#### （下層水に含まれる $^{137}\text{Cs}$ ）

令和4年度の調査においては、すべての海域で、事故前5年間の範囲内であった。

#### （表層水及び下層水に含まれる $^{90}\text{Sr}$ ）

表層水及び下層水に含まれる $^{90}\text{Sr}$ の放射能濃度については、直近の令和3年度の調査結果と同様に事故前5年間の範囲内かそれ以下であった。

表 I-1-5-5 海水試料（発電所海域）に含まれる放射性核種の放射能濃度範囲

(単位：mBq/L)

年度	試料名	試料数	$^{90}\text{Sr}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$
令和 4 年度	表層水	60	0.34 ~ 0.89	ND <sup>*2</sup>	1.2 ~ 3.0
	下層水	60	ND ~ 0.78	ND	0.48 ~ 2.1
令和 3 年度	表層水	60	0.43 ~ 1.0	ND	1.3 ~ 2.6
	下層水	60	ND ~ 0.95	ND	0.80 ~ 2.4
平成 28 ~ 令和 2 年度	表層水	300	0.49 ~ 1.1	ND ~ 0.98	1.2 ~ 5.0
	下層水	300	0.26 ~ 1.2	ND	ND ~ 3.2
平成 23 ~ 28 年度	表層水	300 (15) <sup>*1</sup>	0.63 ~ 24	ND ~ 520	1.0 ~ 1400 <sup>*5</sup>
	下層水	300	0.24 ~ 9.2	ND ~ 14 <sup>*3</sup>	0.47 ~ 360 <sup>*5</sup>
平成 18 ~ 22 年度	表層水	300 (75)	0.85 ~ 1.8	ND	1.1 ~ 2.4
	下層水	300	0.33 ~ 2.0	— <sup>*4</sup>	0.49 ~ 2.3

\*1 ( ) 内は、 $^{134}\text{Cs}$  の試料数を示す。

\*2 「ND」は検出下限値以下を示す。なお、令和 4 年度に調査した海水試料（表層水と下層水を合わせた全 120 試料）の分析・測定で得られた検出下限値の平均放射能濃度は、 $^{90}\text{Sr}$  で 0.27、 $^{134}\text{Cs}$  で 0.72、 $^{137}\text{Cs}$  で 0.51 (mBq/L) であった。

\*3 平成 23 年度の下層水は調査対象外のため、平成 24~28 年度の結果である。

\*4 「—」は、調査対象外を示す。

\*5 平成 23 年度の表層水 45 試料及び下層水 60 試料については、ベータ線計測のため、 $^{134}\text{Cs}$  の影響を含んでいる可能性がある（32 ページ 6）の注 1 参照のこと。

## ②核燃海域

令和 4 年度分の海水試料として

前期：令和 4 年 5 月 19 日から同年 5 月 30 日まで

後期：令和 4 年 10 月 16 日から同年 10 月 22 日まで

の期間に当初計画に沿って試料採取を行った。採取すべき海水試料は全 22 測点・2 層で前期後期の 2 期に計 88 試料であり、当該期間において当初計画した場所で欠測することなく採取を完了した。

採取した海水試料（全 22 測点・2 層・2 期の計 88 試料）に含まれる放射性核種の放射能濃度範囲を平成 18 年度からの結果と併せて表 I-1-5-6 に示す。また、各測点の海水試料に含まれる放射性核種の放射能濃度のほか、試料分析に関する記録について資料 3-2-1 から資料 3-2-22 に示す。

令和 4 年度に核燃海域で採取した海水試料から検出された人工放射性核種はトリチウム、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  及び  $^{239+240}\text{Pu}$  であり、これらの放射能濃度は直近の令和 3 年度の調査結果とほぼ同様の範囲であった。

### (トリチウム)

表層水及び下層水に含まれるトリチウムの放射能濃度は、直近の令和 3 年度の調査結果とほぼ同様の範囲であった。

これらは、平成 18 年度より日本原燃株式会社が六ヶ所村再処理施設において実施したアクティブ試験（使用済み核燃料を用いた再処理施設の操業前試験）開始前の平成 13～17 年度に、バックグラウンドを把握するために行った調査結果から得られた放射能濃度の範囲（表層：ND～0.24Bq/L、下層：ND～0.21Bq/L）と同程度であった。

### ( $^{90}\text{Sr}$ )

表層水及び下層水に含まれる  $^{90}\text{Sr}$  の放射能濃度については、直近の令和 3 年度の調査結果と同様に事故前 5 年間の範囲内かそれ以下であった。

### ( $^{134}\text{Cs}$ 及び $^{137}\text{Cs}$ )

東電福島第一原発事故以降（平成 23 年度及び平成 24 年度）に一部の測点で検出されていた  $^{134}\text{Cs}$  については、直近の令和 3 年度の調査結果と同様にすべての測点において検出されることはなかった。

また、表層水、下層水に含まれる  $^{137}\text{Cs}$  の放射能濃度の最大値はともに 2.1mBq/L で事故前 5 年間の最大値（表層：2.4mBq/L、下層：2.1mBq/L）と同程度であった。

(<sup>239+240</sup>Pu)

表層水及び下層水に含まれる <sup>239+240</sup>Pu の放射能濃度については、直近の令和 3 年度の調査結果と同様に事故前 5 年間の範囲内かそれ以下であった。

表 I-1-5-6 海水試料（核燃海域）に含まれる放射性核種の放射能濃度範囲

(単位：mBq/L、ただしトリチウムは Bq/L)

年度	試料名	試料数	トリチウム	<sup>90</sup> Sr	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>239+240</sup> Pu
令和 4 年度	表層水	44	ND*1 ~ 0.25	0.38 ~ 0.96	ND	0.90 ~ 2.1	ND ~ 0.0058
	下層水	44	ND ~ 0.18	ND ~ 0.86	ND	ND ~ 2.1	ND ~ 0.024
令和 3 年度	表層水	44	ND ~ 0.13	0.51 ~ 0.90	ND	1.3 ~ 2.4	ND ~ 0.0050
	下層水	44	ND ~ 0.14	ND ~ 0.89	ND	ND ~ 2.3	ND ~ 0.023
平成 28 ~ 令和 2 年度	表層水	220	ND ~ 0.21	0.45 ~ 1.3	ND	1.1 ~ 2.8	ND ~ 0.0091
	下層水	220	ND ~ 0.15	ND ~ 1.1	ND	ND ~ 2.4	ND ~ 0.031
平成 23 ~ 27 年度	表層水	220	ND ~ 0.18	0.57 ~ 13	ND ~ 360	ND ~ 370	ND ~ 0.0095
	下層水	220	ND ~ 0.16	ND ~ 1.3	ND ~ 6.1	ND ~ 11	ND ~ 0.030
平成 18 ~ 22 年度	表層水	208	ND ~ 1.3	0.73 ~ 1.6	ND	0.81 ~ 2.4	ND ~ 0.013
	下層水	208	ND ~ 0.27	ND ~ 1.7	ND	ND ~ 2.1	ND ~ 0.029

\*1 ND は検出下限値以下を示す。なお、令和 4 年度に調査した海水試料（表層水と下層水を合わせた全 88 試料）の分析・測定で得られた検出下限値の平均放射能濃度は、トリチウムで 0.059 (Bq/L)、<sup>90</sup>Sr で 0.26、<sup>134</sup>Cs で 0.88、<sup>137</sup>Cs で 0.61、<sup>239+240</sup>Pu で 0.0027 (mBq/L) であった。その他のガンマ線放出核種については検出されず、これらの検出下限値は概ね表 I-1-4-3 に示した検出目標レベルと同程度である。

【参考】 アクティブ試験開始前のトリチウムの放射能濃度

年度	試料名	試料数	トリチウム (Bq/L)
平成 13 ~ 17 年度	表層水	160	ND ~ 0.24
	下層水	160	ND ~ 0.21

## 6) 海洋環境試料に含まれる放射性核種の放射能濃度の経年変化

### (1) 発電所海域における経年変化

昭和 58 年度から令和 4 年度までに実施した発電所海域の主要な漁場において収集した海産生物、海底土及び海水試料に含まれる  $^{137}\text{Cs}$  等の人工放射性核種の放射能濃度の経年変化を、それぞれ図 I-1-6-1~13、図 I-1-6-14~27 及び図 I-1-6-28~57<sup>※1</sup> に示した。なお、この調査期間にはチェルノブイリ（チェルノブイリ）原子力発電所事故（1986（昭和 61）年 4 月 26 日）や東電福島第一原発事故（2011（平成 23）年 3 月 11 日～）の時期を含んでいる。このため、放射性核種の放射能濃度変化について大きな変化が認められた時期があり、経年変化図を示すことで大まかな放射能濃度を俯瞰して把握し、併せて各海域間での比較を行うことなどを容易にするために、放射能濃度を対数軸での表示としている。

#### (海産生物試料)

図 I-1-6-1~13 に示したとおり、海産生物試料に含まれる  $^{137}\text{Cs}$  の長期的な経年変化を俯瞰すると、平成 23 年度は東電福島第一原発事故の影響により当該発電所がある福島第一海域を中心に、北海道、青森、宮城、福島第一、福島第二、茨城及び静岡海域で  $^{137}\text{Cs}$  の放射能濃度の一時的な上昇が顕著に認められた。これらの海域における  $^{137}\text{Cs}$  の放射能濃度の最大値は、平成 23 年度後期に福島第二海域で採取された海産生物試料のうちの 2 試料から得られたもので、その放射能濃度は 140Bq/kg-生鮮物であった<sup>※2</sup>。 $^{137}\text{Cs}$  の放射能濃度は、翌年の平成 24 年度から平成 25 年度の調査では急激に減少しており、以後、漸減傾向を示した（表 I-1-5-1 及び図 I-1-6-4 を参照）。

前述の「5)分析結果の(1)海産生物試料の分析結果」で述べたとおり、令和 4 年度の調査では、福島第二及び茨城海域で採取した試料（魚類）の一部から、東電福島第一原発事故前 5 年間の調査で得られた  $^{137}\text{Cs}$  の放射能濃度の最大値より高い  $^{137}\text{Cs}$  が検出された（表 I-1-5-1 及び資料 1-1 を参照）。これらの海域で採取した海産生物試料に含まれる  $^{137}\text{Cs}$  の放射能濃度の最大値は、福島第二海域で採取された海産生物試料から得られたもので、そ

---

※1 発電所海域の海水試料については、従来、各海域に設けた 4 つの測点のうち測点 1 の表層についてのみ、 $^{134}\text{Cs}$  と  $^{137}\text{Cs}$  を区別できるガンマ線計測によって分析し、測点 1 の下層、測点 2~4 の表層及び下層の試料については、事実上、平成 22 年度までの試料中に  $^{134}\text{Cs}$  が含まれていなかったことから、より低い検出下限値を達成できうるベータ線計測により分析されてきた。ベータ線計測では  $^{134}\text{Cs}$  と  $^{137}\text{Cs}$  を弁別して測定できないことから、同様の方法で実施された平成 23 年度の測点 1 の表層以外の分析結果は、事故由来の  $^{134}\text{Cs}$  と  $^{137}\text{Cs}$  を合わせた放射性セシウム値になっている。そのため、海水試料の  $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  の放射能濃度の経年変化図にはそれらの和「 $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$ 」として“△”で図示している（ただし、平成 23 年度のベータ線計測においては、 $^{137}\text{Cs}$  測定のための計数効率を使用しているため、 $^{134}\text{Cs}$  の値がやや低めに出ており、厳密な意味での  $^{134}\text{Cs}$  と  $^{137}\text{Cs}$  の合計値ではない）。なお、平成 24 年度からは、すべての測点の表層及び下層において高純度ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリーによって定量している。

※2 財団法人海洋生物環境研究所（2012）．平成 23 年度海洋環境放射能総合評価事業 成果報告書。

の放射能濃度は 0.78Bq/kg-生鮮物であった。その他の海域の試料では、事故前 5 年間の範囲内であった。なお、放射能濃度の最大値である 0.78Bq/kg-生鮮物は、国の定める基準値である 100Bq/kg<sup>※1</sup> と比べて約 1/128 以下<sup>※2</sup>の放射能濃度であり、十分に低かった。

なお、直近の令和 3 年度の調査では、宮城、福島第二及び茨城海域で採取した試料（魚類）の一部から、東電福島第一原発事故前 5 年間の調査で得られた <sup>137</sup>Cs の放射能濃度の最大値より高い <sup>137</sup>Cs が検出された。これらの海域で採取した海産生物試料に含まれる <sup>137</sup>Cs の放射能濃度の最大値は、福島第二海域で採取された海産生物試料の一魚種から得られたもので、その放射能濃度は 0.72Bq/kg-生鮮物であった<sup>※3</sup>。その他の海域の試料では、事故前 5 年間の範囲内であった。

海産生物試料に含まれる <sup>137</sup>Cs の放射能濃度は、魚類間での顕著な相違はみられなかったが、魚類とイカ・タコ類を比較した場合、例えば北海道海域（ミズダコ）、茨城海域（ミズダコ及びヤナギダコ）、新潟海域（ミズダコ）及び福井第一海域（スルメイカ）では、東電福島第一原発事故以前から魚類に比較して低濃度の結果が得られており、令和 4 年度の調査でも同様であった。イカやタコなどの頭足類は、代謝過程が魚類と異なることが指摘されている<sup>※4</sup>。また、頭足類が属する無脊椎動物は海水とほぼ同じ浸透圧を持つため、海水に含まれる <sup>137</sup>Cs の放射能濃度が増減するとイカ・タコ類の筋肉に含まれる <sup>137</sup>Cs の放射能濃度もそれに連れて増減することも指摘されている<sup>※5</sup>。なお、魚類と頭足類の濃縮係数（海産生物に含まれる放射能濃度/海水に含まれる放射能濃度）の IAEA による推奨値を比較するとそれぞれ 100 及び 9 であること<sup>※6</sup>から、魚類とイカやタコなどの頭足類の一般的

---

※1 食品を対象とした放射性物質の基準値（平成 24 年厚生労働省令第 31 号、平成 24 年厚生労働省告示第 129 号及び第 130 号にて平成 24 年 3 月 15 日公布、同 4 月 1 日施行）のことで、食用とされる海産生物はその食品群の一部である「一般食品」に含まれる。食品中の放射性物質の基準値のうち「一般食品」に対しては、セシウムの基準値として「100Bq/kg」と制定されている。なお、ここで言うセシウムとは「放射性物質のうち <sup>134</sup>Cs と <sup>137</sup>Cs をいう」とされ、この基準値は「東電福島第一原発事故で放出された放射性物質のうち、半減期が 1 年以上のすべての放射性核種（セシウム 134、セシウム 137、ストロンチウム 90、プルトニウム、ルテニウム 106）を考慮したもの」とされている。なお、放射性セシウム以外の放射性核種は測定に時間を要するため、放射性セシウムとしての基準値がそれぞれの食品群に対して明示されている。

※2 0.78Bq/kg-生鮮物の <sup>137</sup>Cs 放射能濃度と国の基準値（100Bq/kg）を比べた場合の値。この試料からは <sup>134</sup>Cs は検出されておらず、<sup>134</sup>Cs と <sup>137</sup>Cs の放射能濃度の合算値として 0.78Bq/kg-生鮮物と仮定した場合、国の定める基準値と比べて 1/128 以下の放射能濃度となる。

※3 公益財団法人海洋生物環境研究所（2022）. 令和 3 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。

※4 立田穰（2014）. 海産生物への放射性セシウム移行に関するモデル解析について. *Isotope News*, **719**, 32-36.

※5 厚生労働省「食品に関するリスクコミュニケーション～食品中の放射性物質に対する取組について～」（平成 27 年 11 月 6 日開催、小田原市）発表資料（森田、福島第一原発事故による水産物の汚染の今）より（<https://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/iken/dl/151119-1-odawara-2-all.pdf>）（令和 5 年 3 月閲覧）。

※6 IAEA（2004）. IAEA technical reports series No. 422. International Atomic Energy Agency, Vienna.

な違いであると考えられる。

なお、後述する 2. 解析調査 の「2) (4)原子力発電所等周辺海域における海水及び海産生物試料に含まれるトリチウムの放射能濃度調査」では、ガンマ線スペクトロメトリーを実施した海産生物と同一筋肉試料の一部を分取して、トリチウムの放射能濃度を求めている。その結果、同調査で測定された海水に含まれるトリチウムの放射能濃度と同水準であり、バックグラウンドレベルであることを確認している。

#### (海底土試料)

図 I-1-6-14～27 に示したとおり、海底土試料に含まれる  $^{137}\text{Cs}$  の調査開始から平成 22 年度までの調査結果において、採取した海域の底質の違い（砂質あるいは泥質）に起因するとみられるばらつきが認められた。底質が主に砂質の場合（例えば、島根、佐賀及び鹿児島海域）には、検出下限値に近い放射能濃度である場合が多く、また、検出下限値以下であることも多いために経年変化が把握しにくい。泥質あるいはシルト質の場合（例えば、水深が 500m を超えるような新潟海域など）には砂質の場合と異なり有意に検出されることが多いため、経年とともに漸減傾向が認められた。

過年度の調査結果のうち、平成 23 年度において、宮城、福島第一、福島第二、茨城及び新潟海域で採取した海底土試料において、東電福島第一原発事故の影響による  $^{134}\text{Cs}$  が検出され、当該発電所がある福島第一海域を中心に、これらの海域で  $^{137}\text{Cs}$  の放射能濃度の一時的な上昇が顕著に認められた<sup>※1</sup>（図 I-1-6-17～19 及び図 I-1-6-21 を参照）。

平成 24 年度においても、宮城、福島第一及び福島第二海域では平成 23 年度と同水準の放射能濃度であることが確認され、とりわけ茨城海域では平成 23 年度に得られた放射能濃度を超えていた（図 I-1-6-17～19 を参照）。

平成 25 年度においては、北海道、福島第二及び新潟海域で平成 24 年度に得られた放射能濃度をわずかに超えたものの、青森、宮城、福島第一、茨城及び静岡海域では平成 24 年度に得た放射能濃度を下回る結果となった（図 I-1-6-16～20 を参照）。それ以降、平成 26 年度においては、福島第一海域（測点 3）で 310Bq/kg-乾燥土<sup>※2</sup>、平成 27 年度においては、福島第一海域（測点 2）で 320Bq/kg-乾燥土<sup>※3</sup>となる東電福島第一原発事故以降で最も高い放射能濃度を観測した（図 I-1-6-18 を参照）。さらに、平成 28 年度においては、福島

---

※1 財団法人海洋生物環境研究所（2012）. 平成 23 年度海洋環境放射能総合評価事業 成果報告書.

※2 公益財団法人海洋生物環境研究所（2015）. 平成 26 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 委託業務成果報告書.

※3 公益財団法人海洋生物環境研究所（2016）. 平成 27 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.

第二海域（測点 1）で 93Bq/kg-乾燥土<sup>※1</sup>、平成 29 年度においては、事故前 5 年間の最大値より高い <sup>137</sup>Cs の放射能濃度を観測した宮城、福島第一、福島第二、茨城及び新潟海域の海底土試料のうち、最も高い放射能濃度は茨城海域（測点 1）で得られた 80Bq/kg-乾燥土であった<sup>※2</sup>（図 I-1-6-17～19 及び図 I-1-6-21 を参照）。

これまでのところ、<sup>137</sup>Cs の一時的な上昇が見られた海域における放射能濃度は、海域によって異なる変動が認められてきた。例えば、宮城海域では、平成 23 年度に急激な <sup>137</sup>Cs の放射能濃度の増加を観測した後に、平成 24 年度以降には減少傾向に転じていた（図 I-1-6-17 を参照）。一方、福島第一、福島第二及び茨城海域においては、平成 23 年度に急激な <sup>137</sup>Cs の放射能濃度の上昇を観測した後に、平成 24 年度から平成 27 年度にかけて一律に減少傾向は見えておらず、横ばいあるいは最大となる <sup>137</sup>Cs の放射能濃度を観測するなど、一定した変動傾向が見られない状況であった。その後、福島第一及び福島第二海域での調査結果では平成 28 年度から、茨城海域では平成 27 年度の調査結果から <sup>137</sup>Cs の放射能濃度は減少傾向に転じた（図 I-1-6-18～19 を参照）。

令和 4 年度に発電所海域で採取した海底土試料に含まれる <sup>137</sup>Cs の放射能濃度と、2. 解析調査の「1) 対照海域放射能調査」において実施した対照海域で採取した海底土試料に含まれる <sup>137</sup>Cs の放射能濃度との比較を行ったところ、北海道、青森、宮城、静岡、新潟、石川、福井第一、福井第二、島根、愛媛、佐賀及び鹿児島海域は対照海域と同水準であった。このことから、これらの海域において検出された <sup>137</sup>Cs は 1950～60 年代の大気圏核爆発実験による影響であると考えられる。ただし、<sup>137</sup>Cs の放射能濃度は海域毎に異なる変動が見られた。その要因は明らかでないが、例えば陸域環境での土壌を対象とした研究事例<sup>※3</sup>を参考にすると、海底土の粒径、有機物等の違い、すなわち海底土の性状の違いによることが推測される。その内容については後述する 2. 解析調査の「2) (3)海洋放射能調査海域周辺における放射性セシウムの分布とその変動要因に関わる詳細調査」で補完した。

（海水試料）

#### ① 表層水

図 I-1-6-28～57 のうち、偶数番号の図に示したとおり、表層で採取した海水試料に含

---

※1 公益財団法人海洋生物環境研究所（2017）. 平成 28 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。

※2 公益財団法人海洋生物環境研究所（2018）. 平成 29 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。

※3 Tsukada, H., Takeda, A., Hisamatsu, S. and Inaba, J. (2008). Concentration and specific activity of fallout <sup>137</sup>Cs in extracted and particle-size fractions of cultivated soils. Journal of Environmental Radioactivity, **99**, 875-881.

まれる  $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  の長期的な経年変化を俯瞰すると、 $^{90}\text{Sr}$  は調査開始から平成 22 年度まで全 15 海域において漸減傾向を示した。また、 $^{137}\text{Cs}$  は昭和 61 年度にはチェルノブイリ原子力発電所事故に起因するとみられる放射能濃度の上昇が認められた海域があった。しかし、その後、昭和 62 年度には概ね昭和 60 年度に観測した放射能濃度と同水準まで低下し、平成 22 年度まで漸減傾向が認められた。

$^{137}\text{Cs}$  の放射能濃度は、平成 23 年度において、北海道、青森、宮城、福島第一、福島第二、茨城及び静岡海域では表層水で  $^{137}\text{Cs}$  の放射能濃度の一時的上昇が顕著に認められた（図 I-1-6-32~42 のうち、偶数番号の図を参照）。これらの海域における  $^{137}\text{Cs}$  の放射能濃度の最大値は、平成 23 年度に福島第一海域で採取した表層水から得られたもので、その放射能濃度は 1.4Bq/L であった<sup>※1,2</sup>。また、青森、宮城、福島第一、福島第二、茨城及び静岡海域で採取した表層水から、東電福島第一原発事故の影響による  $^{134}\text{Cs}$  が検出された<sup>※1,3</sup>。

平成 24 年度は、平成 23 年度の調査で  $^{137}\text{Cs}$  の放射能濃度の大幅な上昇が確認されたいずれの海域でも減少していることが認められ、とりわけ、北海道、静岡及び新潟海域では、東電福島第一原発事故前の放射能濃度と同程度になった（図 I-1-6-32、図 I-1-6-42 及び図 I-1-6-44 を参照）。

平成 25 年度は、青森、福島第一及び福島第二海域において平成 24 年度と同水準、宮城及び茨城海域で平成 24 年度に比べ減少が認められた（図 I-1-6-34~40 のうち、偶数番号の図を参照）。また、静岡、新潟、石川、福井第一、福井第二及び愛媛海域ではわずかに  $^{137}\text{Cs}$  の放射能濃度の上昇が認められたが、東電福島第一原発事故前の値を超えるものではなかった（図 I-1-6-42~48 のうち、偶数番号の図及び図 I-1-6-52 を参照）。

平成 26 から 28 年度にかけて、 $^{137}\text{Cs}$  の放射能濃度については、他の海域と比べると比較的高い結果が得られた福島第一及び福島第二海域で減少が認められたものの、その他の海域では横ばいかごくわずかではあるものの上昇傾向が認められた（図 I-1-6-32~56 のうち、偶数番号の図を参照）。また、平成 29 年度において、福島第一、福島第二、茨城及び静岡海域で事故前 5 年間の最大値より高い  $^{137}\text{Cs}$  が検出された。これらの海域における最大値は、福島第一海域（測点 4）で得られた 4.0mBq/L であり<sup>※4</sup>、その他の海域では、事故前の過去 5 年間の測定値の範囲内であった。ただし、西日本及び日本海の表層海水（北海道、静岡、新潟、石川、福井第一、福井第二、島根、愛媛、佐賀及び鹿児島島の 10 海域）を中心に、東電福島第一原発事故以降、 $^{137}\text{Cs}$  の放射能濃度が同事故前（平成 22 年度調査）

※1 財団法人海洋生物環境研究所（2012）．平成 23 年度海洋環境放射能総合評価事業 成果報告書．

※2 ベータ線計測による値であり、 $^{134}\text{Cs}$  の影響を含む可能性がある（31 ページの※1 を併せて参照のこと）。

※3 各発電所海域に設定した 4 測点のうち、測点 1 の表層水に限ってゲルマニウム半導体検出器による定量を行っていたため、 $^{134}\text{Cs}$  と  $^{137}\text{Cs}$  について弁別した定量結果を得ていたことによるもの。

※4 公益財団法人海洋生物環境研究所（2018）．平成 29 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．

に比較して高い状況が確認されている（図 I-1-6-32、図 I-1-6-42～57 のうち、偶数番号の図を参照）。これらの一部の海域で観測された平成 27 年度までの緩やかな  $^{137}\text{Cs}$  の放射能濃度の上昇については、海流の循環により数年の年月を経て再び西日本や日本海を含む日本近海へ付加されたものの寄与と推定される<sup>※1</sup>。

$^{90}\text{Sr}$  の放射能濃度は、平成 23 年度において、福島第一、福島第二及び茨城海域では表層水で  $^{90}\text{Sr}$  の放射能濃度の一時的上昇が顕著に認められた（図 I-1-6-38 及び図 I-1-6-40 を参照）。これらの海域における  $^{90}\text{Sr}$  の放射能濃度の最大値は、平成 23 年度に福島第一海域で採取した表層水から得られたもので、その放射能濃度は 24mBq/L であった<sup>※2</sup>。

平成 24 年度は、平成 23 年度において  $^{90}\text{Sr}$  の放射能濃度の大幅な上昇が認められた福島第一及び福島第二海域では東電福島第一原発事故前の  $^{90}\text{Sr}$  の放射能濃度と同水準まで低下したものの、茨城海域においては同海域の同事故後の最大値（13mBq/L）を示した<sup>※3</sup>（図 I-1-6-38 及び図 I-1-6-40 を参照）。

平成 25 年度は、福島第二海域の一部の測点で平成 24 年度の約 3 倍の  $^{90}\text{Sr}$  の放射能濃度が確認された（図 I-1-6-38 を参照）。また、茨城海域においては、平成 24 年度の概ね半分の  $^{90}\text{Sr}$  の放射能濃度まで低下していた（図 I-1-6-40 を参照）。なお、平成 26 年度以降は、 $^{90}\text{Sr}$  の放射能濃度は全海域でほぼ東電福島第一原発事故前と同程度にまで減少していた（図 I-1-6-32～56 のうち、偶数番号の図を参照）。

令和 4 年度調査で得られた発電所海域の  $^{90}\text{Sr}$  について、令和 3 年度と同様に、2. 解析調査の「1) 対照海域放射能調査」において比較検討を行ったところ、全ての海域において対照海域と同水準の放射能濃度の範囲であり、東電福島第一原発事故の影響は認められなかった。

## ② 下層水

図 I-1-6-28～57 のうち、奇数番号の図に示したとおり、下層で採取した海水試料に含まれる  $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  の放射能濃度については、令和 3 年度とほぼ同じ水準にあり、いずれの放射性核種についても、放射能濃度の顕著な増減は認められなかった。また、全ての海域において、東電福島第一原発事故前の 5 年間で得られた測定値の範囲内であった。なお、直近の令和 3 年度においては、茨城海域で採取した下層水の試料の一部から、東電福島第一原発事故前の過去 5 年間の調査で得られた放射能濃度の最大値（2.3mBq/L）よりわ

---

※1 例えば、事故後太平洋へ広く拡散したもののうち、北太平洋亜熱帯モード水に取り込まれ、北赤道海流に乗って西進し、さらに黒潮によって日本近海へもたらされたものと推測される（Takata *et al.* (2018) *Environmental Science and Technology*, 52, 2629-2637）。

※2 財団法人海洋生物環境研究所（2012）.平成 23 年度海洋環境放射能総合評価事業 成果報告書。

※3 公益財団法人海洋生物環境研究所（2013）.平成 24 年度海洋環境放射能総合評価事業 成果報告書。

ずかに高い<sup>137</sup>Csの放射能濃度を観測した。最大値は茨城（測点3）で観測された2.4mBq/Lであり<sup>※1</sup>、その他の海域では、同事故前の5年間で得られた測定値の範囲内であった。

放射能濃度の経年変化を見ると、<sup>90</sup>Srの放射能濃度については、調査開始から平成22年度まで漸減傾向を示したが、平成23年度には東電福島第一原発事故の影響と見られる若干の上昇傾向が福島第一及び茨城海域で認められた<sup>※2</sup>。平成24年度には福島第一海域では同事故前の放射能濃度と同じ水準に戻ったものの、茨城海域の一部の測点では平成23年度と比較して3倍程度までの上昇が認められた<sup>※3</sup>（図I-1-6-39及び図I-1-6-41を参照）。しかしながら、平成25年度以降は茨城海域を含めた全ての海域で同事故前の放射能濃度と同じ水準に戻った（図I-1-6-28～57のうち、奇数番号の図を参照）。

<sup>137</sup>Csの放射能濃度については、昭和61年度にチョルノービリ原子力発電所事故に起因するとみられる若干の上昇傾向が認められた海域があるものの、それ以降は平成22年度まで全ての海域で漸減傾向を示したが、平成23年度には宮城、福島第一、福島第二、茨城、静岡及び新潟海域で放射能濃度の上昇が認められた。これらの海域では、平成24年度において放射能濃度の減少が確認され、平成25年度以降は令和4年度を含め全海域でほぼ横ばいであった（図I-1-6-37～45のうち、奇数番号の図を参照）。

## （2）核燃海域における経年変化

調査開始当初から令和4年度までに実施した核燃海域の主要な漁場において収集した海産生物に含まれる<sup>90</sup>Sr、<sup>137</sup>Cs及び<sup>239+240</sup>Puの経年変化を図I-1-6-58～60に示した。また、同海域に設けた22測点で採取した海底土に含まれる<sup>90</sup>Sr、<sup>137</sup>Cs及び<sup>239+240</sup>Puの経年変化を図I-1-6-61～63に、同測点で採取した海水に含まれる<sup>90</sup>Sr、<sup>137</sup>Cs、<sup>239+240</sup>Pu及びトリチウム（海水のみ）の放射能濃度の経年変化を図I-1-6-64～71に示した。なお、発電所海域の結果と同様に、放射能濃度を対数軸で表示した。

核燃海域に設けた測点については、青森県六ヶ所村に建設が進む使用済み核燃料再処理施設（原子燃料サイクル施設）のアクティブ試験の第1ステップ開始に伴い平成19年度から調査測点を拡張（測点「1～16」を測点「1～22」へ6測点増加）し、併せて海産生物試料数は年間20試料から30試料へ、海底土試料数は年間16試料から22試料へ、海水試料数は年間64試料から88試料へそれぞれ増加とした。

---

※1 公益財団法人海洋生物環境研究所（2022）．令和3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．

※2 財団法人海洋生物環境研究所（2012）．平成23年度海洋環境放射能総合評価事業成果報告書．

※3 公益財団法人海洋生物環境研究所（2013）．平成24年度海洋環境放射能総合評価事業成果報告書．

(海産生物試料)

令和4年度において核燃海域で採取した海産生物試料では $^{90}\text{Sr}$ と $^{137}\text{Cs}$ が検出された。 $^{137}\text{Cs}$ の放射能濃度については、令和3年度とほぼ同じ水準であり、いずれの放射性核種についても、放射能濃度の顕著な増減は認められなかった。

長期的な経年変化を俯瞰すると、平成23年度に核燃海域で採取した海産生物試料において、漁場間で差があるものの $^{137}\text{Cs}$ の放射能濃度の一時的な上昇が認められ(図I-1-6-59を参照)、併せて東電福島第一原発事故の影響による $^{134}\text{Cs}$ が検出された<sup>※1</sup>。 $^{137}\text{Cs}$ の放射能濃度は、その後、漸減傾向を示した(表I-1-5-2及び図I-1-6-59を参照)。なお、平成24年度においても平成23年度と同水準の放射能濃度(最大値:7.6Bq/kg-生鮮物)であった<sup>※2</sup>が、平成25年度には若干の減少が認められたものの比較的高い放射能濃度(最大値:4.1Bq/kg-生鮮物)を示した<sup>※3</sup>。平成26~令和3年度においては、放射能濃度の漸減傾向は継続しており、直近の令和3年度における $^{137}\text{Cs}$ の放射能濃度の最大値は0.24Bq/kg-生鮮物であった<sup>※4</sup>。

また、後述する2. 解析調査の「1) 対照海域放射能調査」において実施した原子力発電所等、核燃料(原子燃料)サイクル施設及び東電福島第一原発事故の影響が及ばないと考えられる対照海域で採取した海産生物試料から得た $^{137}\text{Cs}$ の放射能濃度と核燃海域で採取した海産生物試料から得た放射能濃度は同水準であった。

$^{90}\text{Sr}$ については、令和4年度に調査した30試料について、骨を含む全身を分析に供したカタクチイワシから極めて低い放射能濃度であるものの、0.0074Bq/kg-生鮮物の $^{90}\text{Sr}$ が検出された。海産生物内で骨に集まる性質ゆえに筋肉に含まれる $^{90}\text{Sr}$ は容易に検出できないほど低い放射能濃度であると考えられる。令和2年度の調査では、骨を含む全身を試料として供したカタクチイワシから $^{137}\text{Cs}$ と比べると極めて低い放射能濃度であるものの、0.0083Bq/kg-生鮮物の $^{90}\text{Sr}$ が検出された<sup>※5</sup>。

$^{239+240}\text{Pu}$ については、令和4年度に調査した30試料について、魚類ではいずれからも $^{239+240}\text{Pu}$ は検出されなかった。また、イカ・タコ類についてもいずれからも $^{239+240}\text{Pu}$ は検出されなかった。なお、直近の令和3年度に調査した試料についても、カタクチイワシから0.00094Bq/kg-生鮮物、イカ・タコ類の一部から最大で0.00062Bq/kg-生鮮物の $^{239+240}\text{Pu}$ が

※1 財団法人海洋生物環境研究所(2012)。平成23年度海洋環境放射能総合評価事業成果報告書。

※2 公益財団法人海洋生物環境研究所(2013)。平成24年度海洋環境放射能総合評価事業成果報告書。

※3 公益財団法人海洋生物環境研究所(2014)。平成25年度海洋環境放射能総合評価事業成果報告書。

※4 公益財団法人海洋生物環境研究所(2022)。令和3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。

※5 公益財団法人海洋生物環境研究所(2021)。令和2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。

検出された<sup>※1</sup>。

なお、後述する 2. 解析調査 の「2) (4)原子力発電所等周辺海域における海水及び海産生物試料に含まれるトリチウムの放射能濃度調査」では、核燃海域で採取した海産生物試料に含まれるトリチウムの放射能濃度を測定しており、その結果からは東電福島第一原発事故の影響は認められなかった。

(海底土試料)

表 I-1-5-4 に示したとおり、令和 4 年度において、核燃海域で採取した海底土試料に含まれる  $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  及び  $^{239+240}\text{Pu}$  の放射能濃度については、令和 3 年度とほぼ同じ放射能濃度の水準にあり、測点 13 で  $^{137}\text{Cs}$  の放射能濃度のわずかな上昇が認められたものの、いずれの放射性核種についても、放射能濃度の顕著な増減は認められなかった。

一方、長期的な経年変化を俯瞰すると、平成 23 年度から平成 25 年度にかけてわずかではあるものの  $^{137}\text{Cs}$  の放射能濃度が上昇傾向を示したが、平成 26 年度には減少傾向に転じ、その後は発電所海域と同様に漸減傾向を示した (図 I-1-6-62 を参照)。

核燃海域で採取した海底土試料に含まれる  $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  及び  $^{239+240}\text{Pu}$  の放射能濃度は、発電所海域でのこれまでの調査結果と同様に、採取を行った海域の底質の性状によってその放射能濃度が変動していた (後述する 2. 解析調査の「2) (3) 海洋放射能調査海域周辺における放射性セシウムの分布とその変動要因に関わる詳細調査」、資料 2-2 及び資料 8-1 を参照)。3 核種 (厳密には 4 核種) の放射能濃度は、底質が砂質の場合には比較的低くなる一方で、泥質あるいはシルト質などの場合には比較的高くなる傾向を示す。この傾向は、特に  $^{90}\text{Sr}$  で顕著であり、砂質の場合はほとんどの試料で検出下限値以下であった。令和 4 年度の調査では、令和 3 年度の調査結果と同様、いずれの放射性核種の放射能濃度も事故前 5 年間の範囲と同程度かそれ以下であった。

また、後述する 2. 解析調査の「1) 対照海域放射能調査」において実施した原子力発電所等、核燃料 (原子燃料) サイクル施設及び東電福島第一原発事故の影響が及んでいないと考えられる対照海域と核燃海域で採取した海底土試料に含まれる  $^{137}\text{Cs}$  の放射能濃度の比較を行ったところ、核燃海域は対照海域と同水準であった。このことから、検出された  $^{137}\text{Cs}$  は 1950~60 年代に北半球を中心に盛んに実施された大気圏核爆発実験に起因するものであると考えられる。ただし、 $^{137}\text{Cs}$  の放射能濃度には変動が見られ、その要因は明らか

---

※1 公益財団法人海洋生物環境研究所 (2022) . 令和 3 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。

でないが、例えば陸域環境での土壌を対象とした研究事例<sup>※1</sup>を参考にすると、海底土の粒径、有機物等の違い、すなわち海底土の性状の違いによることが推測される。その詳細は2. 解析調査の「2) (3)海洋放射能調査海域周辺における放射性セシウムの分布とその変動要因に関わる詳細調査」に示した。

このほか、2. 解析調査の「1) 対照海域放射能調査」において、核燃海域における海底土に含まれる<sup>239+240</sup>Puの放射能濃度と比較検討を行った結果、対照海域と同水準であること、さらに2. 解析調査の「2) (1) 海洋環境における<sup>240</sup>Pu/<sup>239</sup>Pu原子数比モニタリング」において行った、日本全国の発電所海域における海底土の<sup>240</sup>Pu/<sup>239</sup>Pu原子数比が事故前後において大きな違いがないことから、東電福島第一原発事故の影響は認められなかった。

(海水試料)

令和4年度において核燃海域で採取した海水試料に含まれるトリチウム、<sup>90</sup>Sr、<sup>137</sup>Cs及び<sup>239+240</sup>Puの放射能濃度については、令和3年度とほぼ同じ放射能濃度の水準にあり、いずれの放射性核種についても、放射能濃度の顕著な増減は認められなかった(表I-1-5-6を参照)。

放射能濃度の経年変化を見ると、トリチウムの放射能濃度は、表層水及び下層水とも平成3年度からほぼ一定の放射能濃度で推移してきたが(図I-1-6-64~65を参照)、平成19年度及び平成20年度には表層水試料の一部に一時的な上昇が確認されている(最大値: 1.3Bq/L)<sup>※2</sup>。これは、青森県六ヶ所村に建設が進む使用済み核燃料再処理施設(原子燃料サイクル施設)のアクティブ試験に伴う管理放出に起因するものと推定される。なお、翌年の平成21年度に実施した調査では同試験開始前(平成13~17年度)の放射能濃度と同水準まで戻っており、令和4年度においても直近の令和3年度に得られた放射能濃度と同じようにアクティブ試験開始前に得られた調査結果と同様の変動範囲内であった(図I-1-6-64及び図I-1-6-65を参照)。

<sup>90</sup>Srの放射能濃度は、平成23年度前期調査を実施した一部の測点(福島県沖合に近い測点22)で採水した表層水から東電福島第一原発事故に起因するとみられる放射能濃度(13mBq/L)が検出された事例があった<sup>※3</sup>が、表層水及び下層水とも平成3年度から平成

---

※1 Tsukada, H., Takeda, A., Hisamatsu, S. and Inaba, J. (2008). Concentration and specific activity of fallout <sup>137</sup>Cs in extracted and particle-size fractions of cultivated soils. *Journal of Environmental Radioactivity*, **99**, 875-881.

※2 財団法人海洋生物環境研究所(2009).平成20年度海洋環境放射能総合評価事業成果報告書.

※3 財団法人海洋生物環境研究所(2012).平成23年度海洋環境放射能総合評価事業成果報告書.

28年度まで漸減傾向を示しており、令和4年度も直近の令和3年度と同水準の放射能濃度であった（図I-1-6-66及び図I-1-6-67を参照）。

$^{137}\text{Cs}$ の放射能濃度は、表層水及び下層水とも平成3年度から平成22年度までは漸減傾向を示してきたが、平成23年度には東電福島第一原発事故を受けて一時的ではあるものの顕著な濃度上昇が確認され（最大値：370mBq/L（測点22・表層水））<sup>※1</sup>（図I-1-6-68及び図I-1-6-69を参照）、併せて表層水及び下層水において同事故の影響による $^{134}\text{Cs}$ が検出された<sup>※1,2</sup>。

平成24年度は、表層水及び下層水から得られた放射能濃度は平成23年度に比べ減少傾向にあった。平成26年度から平成27年度にかけてわずかに放射能濃度の上昇傾向が観測された<sup>※3</sup>が、平成28年度には減少傾向となり、以後令和4年度までの結果では表層水及び下層水とも一部を除きほぼ事故前5年間で得られた放射能濃度と同水準であった。

$^{239+240}\text{Pu}$ の放射能濃度は、表層水及び下層水とも調査を開始した平成3年度から穏やかな漸減傾向を示しており、令和4年度もその傾向は維持され、直近の令和3年度と同水準の放射能濃度であった（図I-1-6-70及び図I-1-6-71を参照）。

また、核燃海域で採取した海水試料に含まれる $^{90}\text{Sr}$ 及び $^{239+240}\text{Pu}$ について、2. 解析調査の「1) 対照海域放射能調査」において比較検討を行ったところ、全ての海域において対照海域と同程度の放射能濃度であったことから、東電福島第一原発事故の影響は認められなかった。

---

※1 財団法人海洋生物環境研究所（2012）．平成23年度海洋環境放射能総合評価事業成果報告書．

※2 ゲルマニウム半導体検出器による定量を行っていたため、 $^{134}\text{Cs}$ と $^{137}\text{Cs}$ について弁別した定量結果を得ていたことによるもの。

※3 例えば、事故後太平洋へ広く拡散したものの内、北太平洋亜熱帯モード水に取り込まれ、北赤道海流に乗って西進し、さらに黒潮によって日本近海へもたらされたものと推測される（Takata *et al.* (2018) *Environmental Science and Technology*, 52, 2629-2637）。

海産生物、海底土及び海水に含まれる放射性核種の放射能濃度について、長期的な経年変化を俯瞰して把握し、併せて海域間での比較を容易にするための工夫として、これら放射能濃度（縦軸）を対数として図化している（主目盛は1桁ずつ上がる）。また、海産生物試料のうち、黒字は計画時の魚種、青字は代替として供した魚種である。

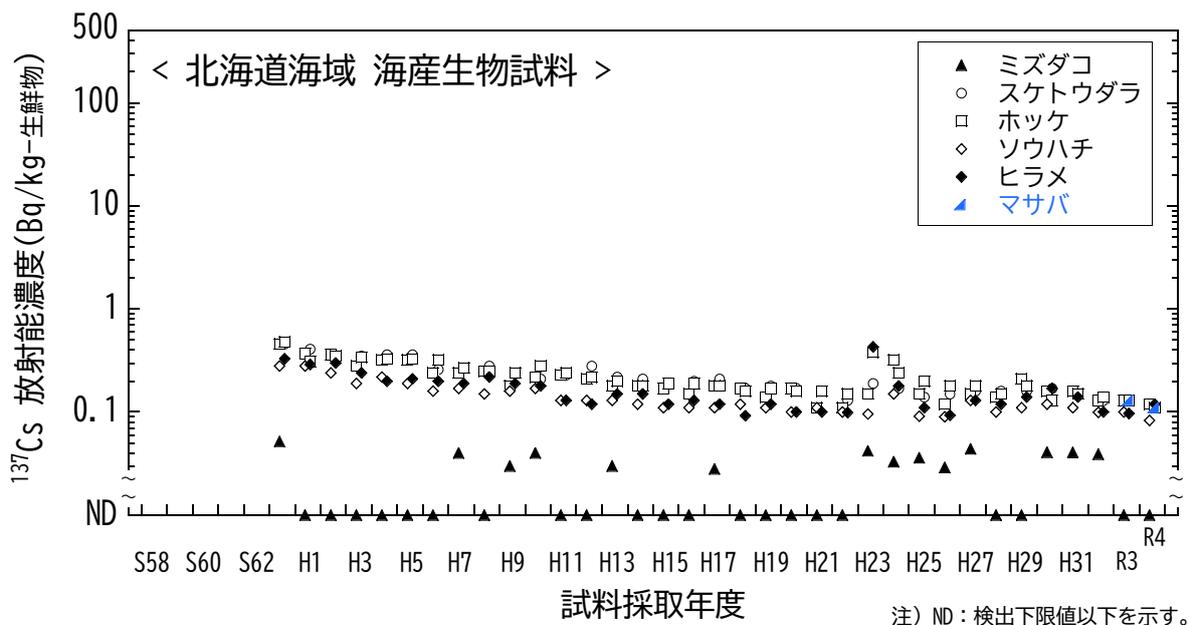


図 I-1-6-1 海産生物試料の  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化（北海道海域）

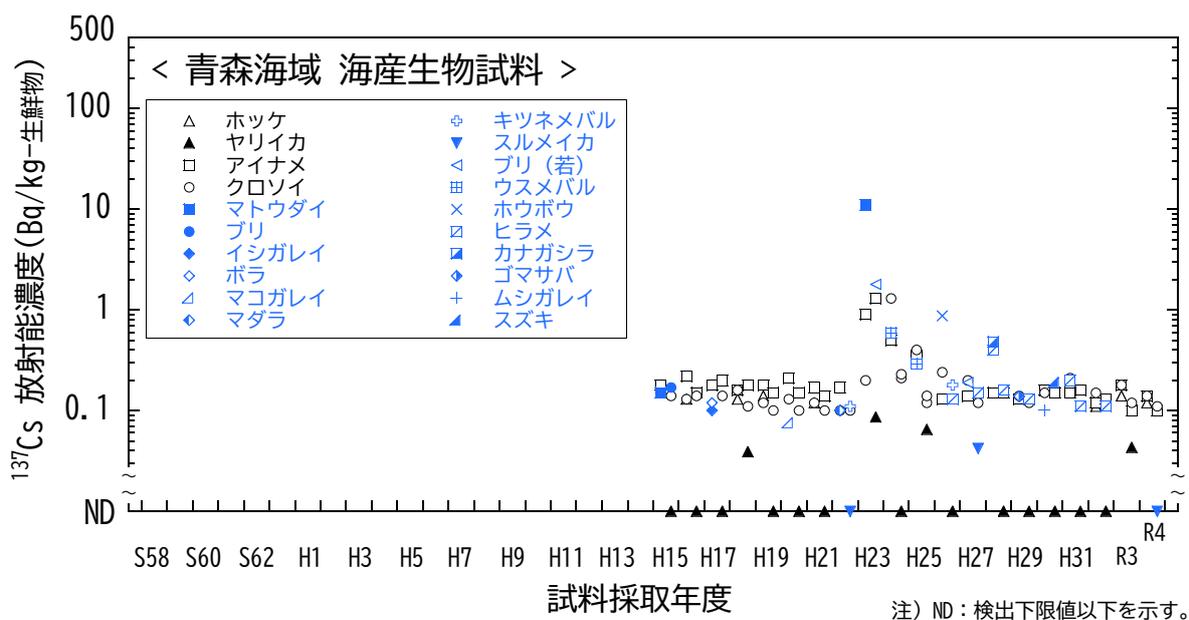


図 I-1-6-2 海産生物試料の  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化（青森海域）

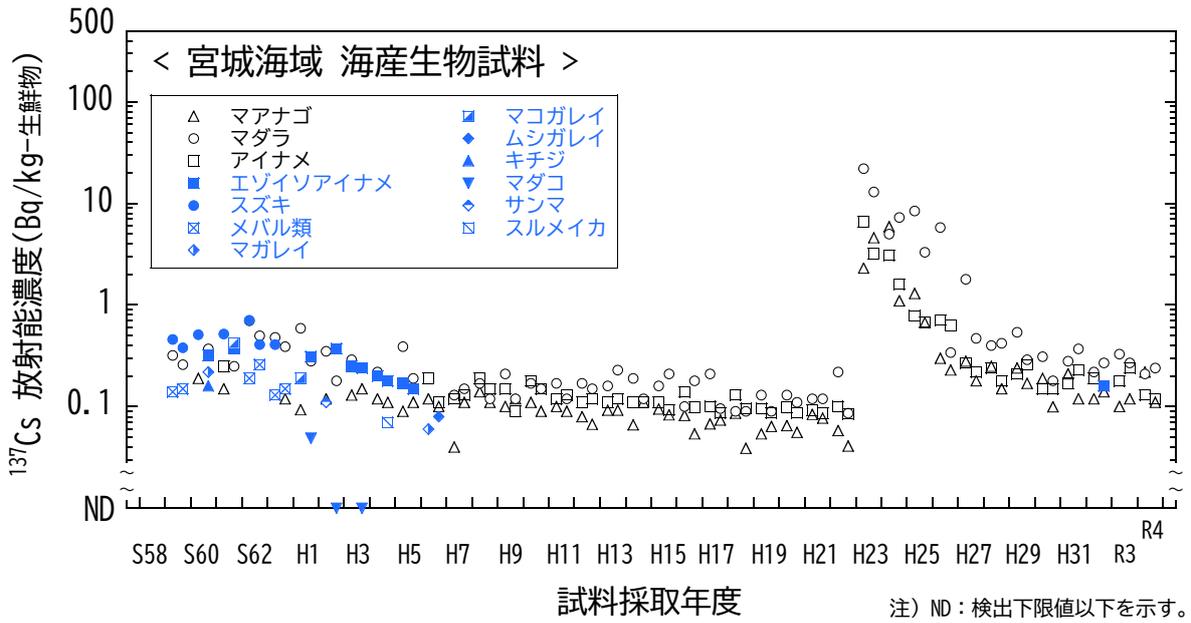


図 I-1-6-3 海産生物試料の  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (宮城海域)

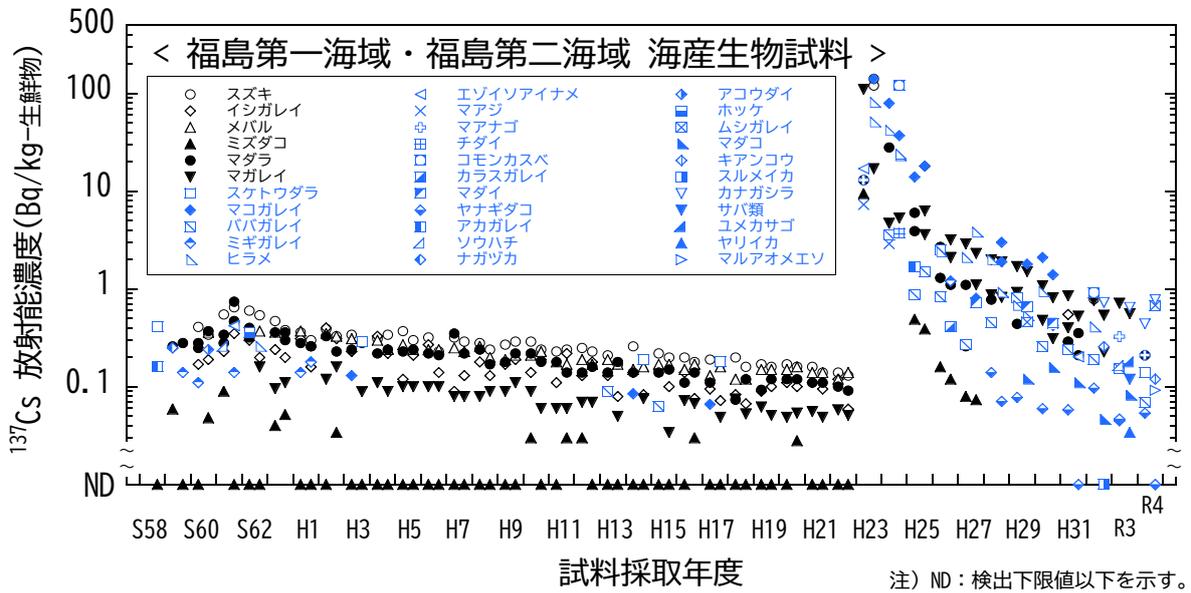


図 I-1-6-4 海産生物試料の  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (福島第一海域・福島第二海域)

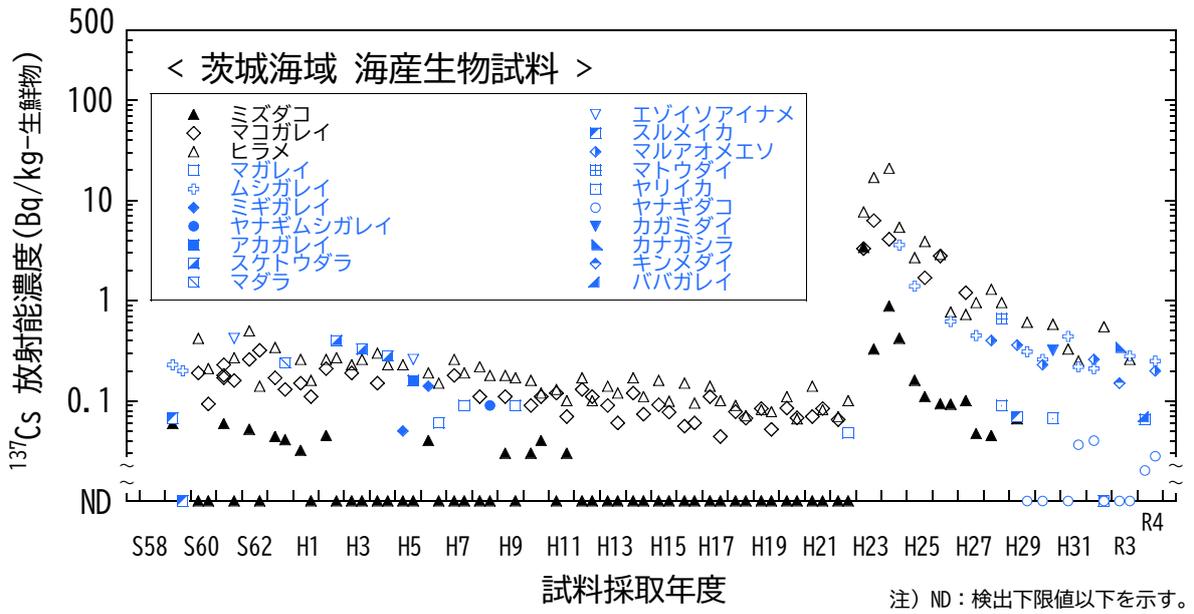


図 I-1-6-5 海産生物試料の  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (茨城海域)

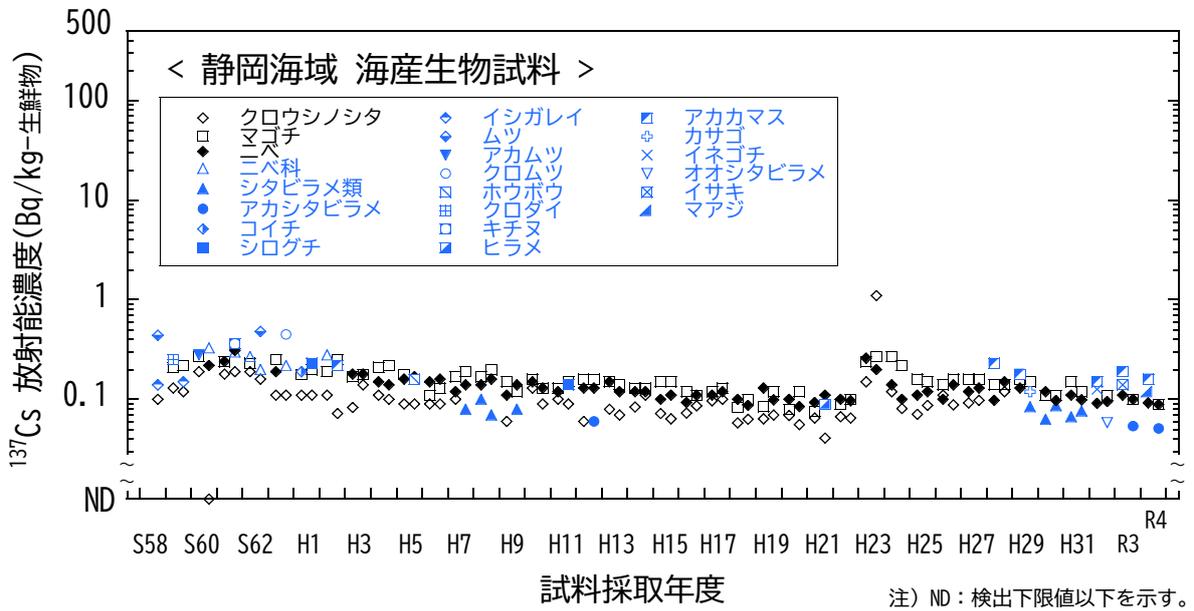


図 I-1-6-6 海産生物試料の  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (静岡海域)

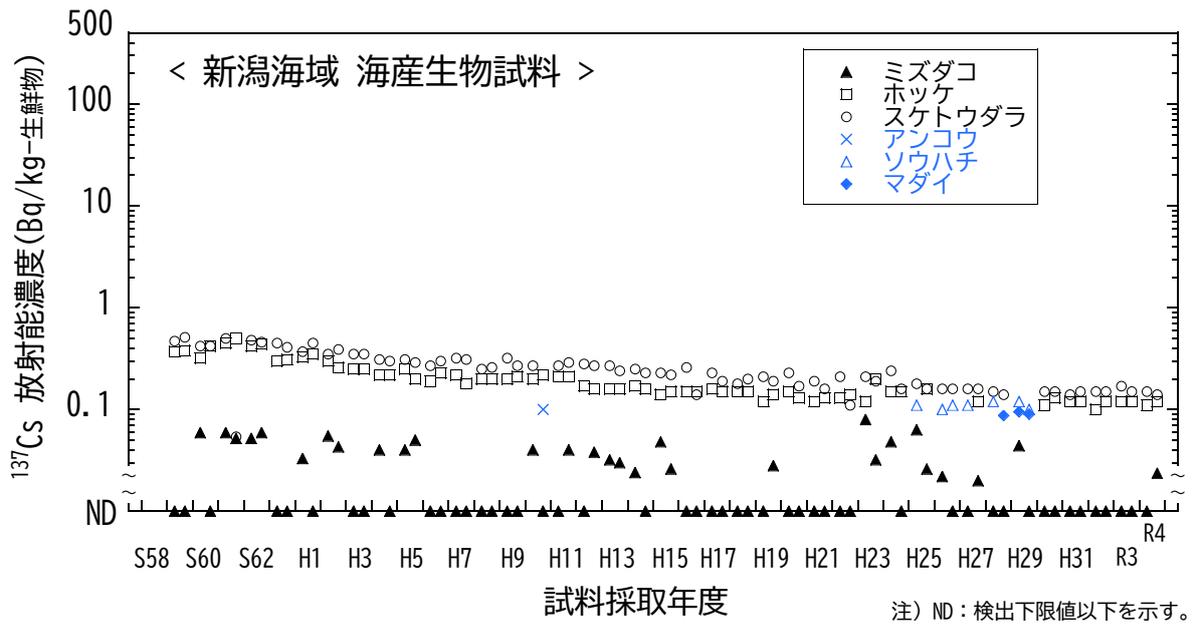


図 I-1-6-7 海産生物試料の  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (新潟海域)

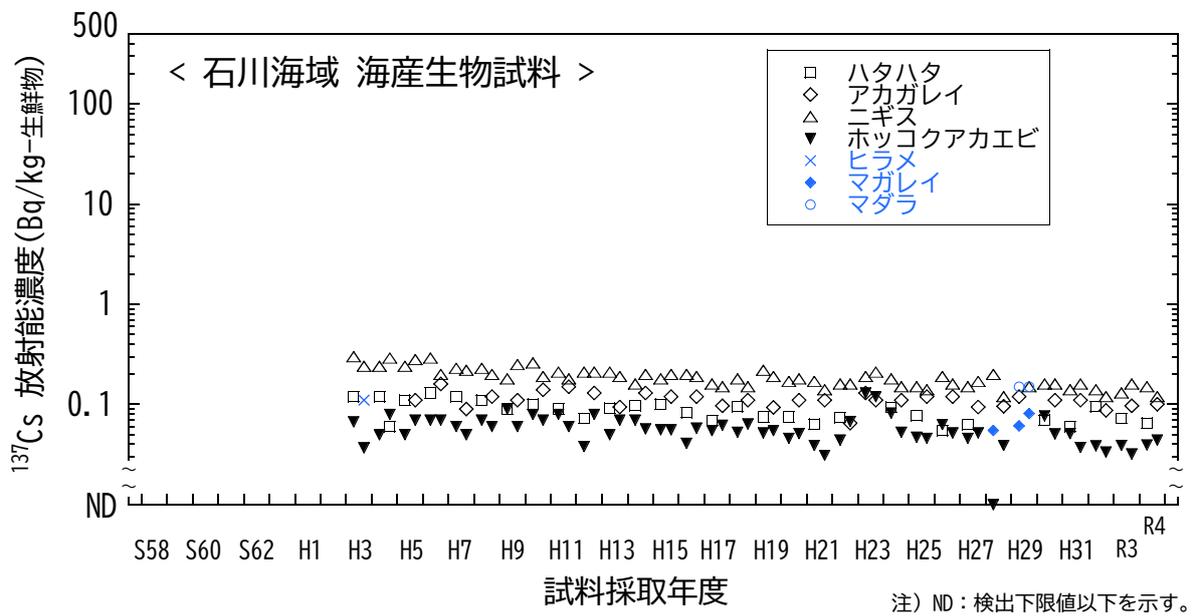


図 I-1-6-8 海産生物試料の  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (石川海域)

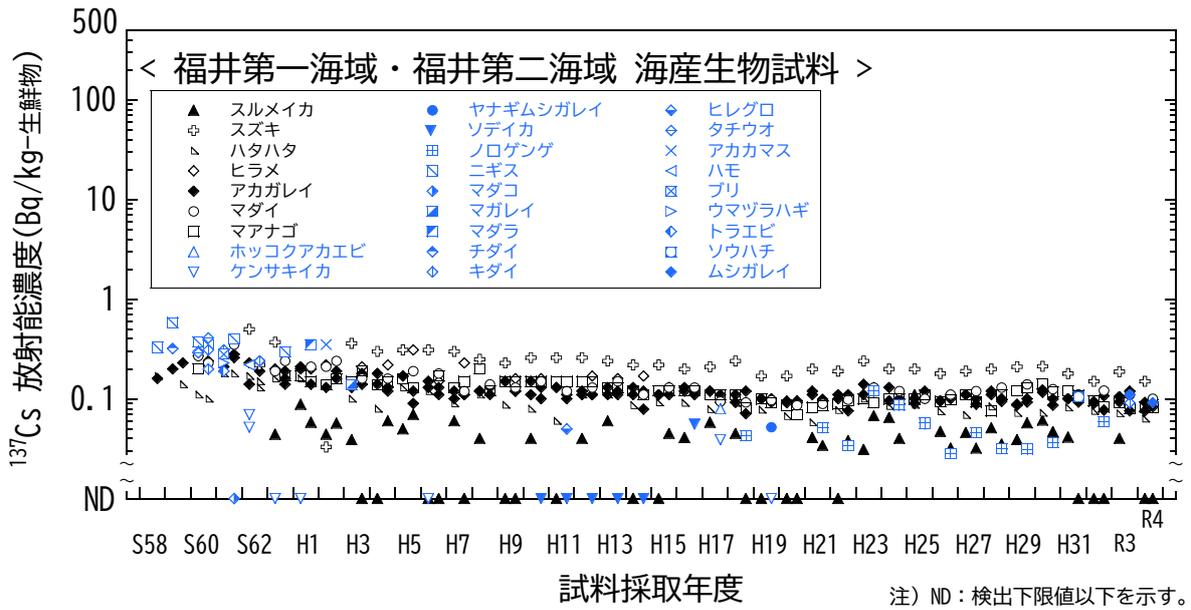


図 I-1-6-9 海産生物試料の  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (福井第一海域・福井第二海域)

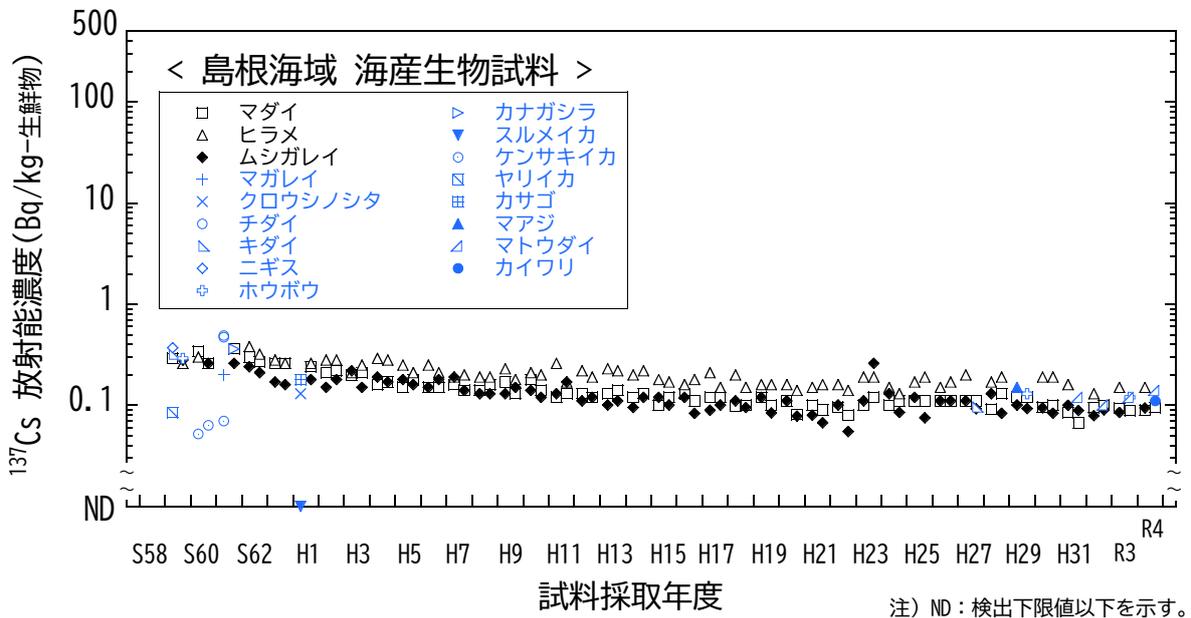


図 I-1-6-10 海産生物試料の  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (島根海域)

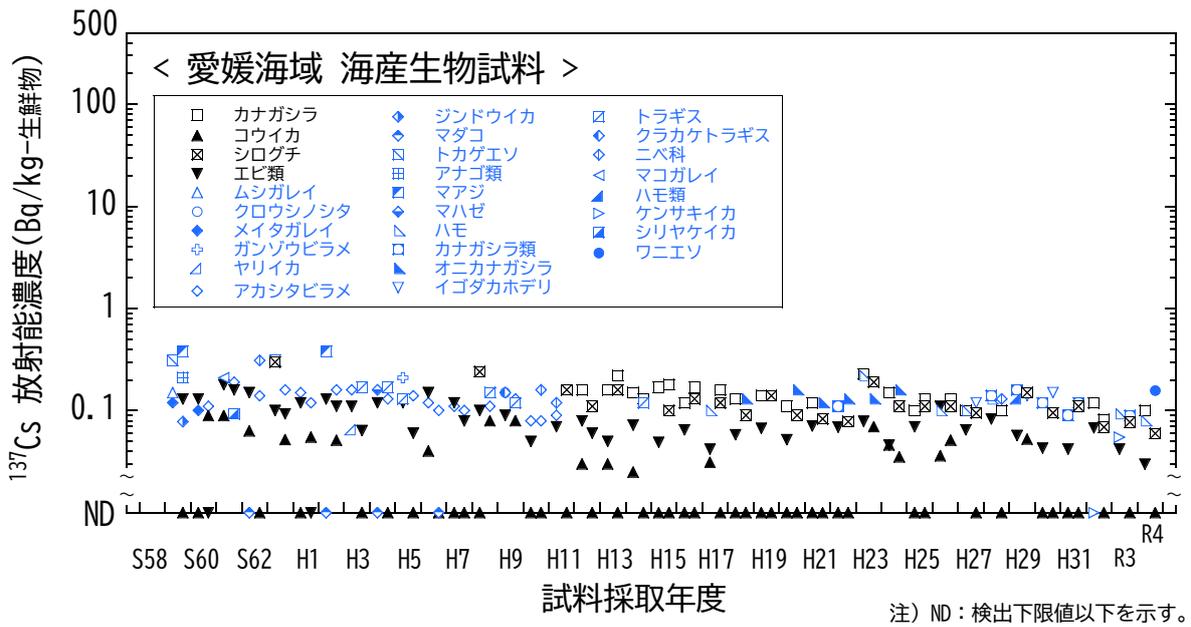


図 I-1-6-11 海産生物試料の  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (愛媛海域)

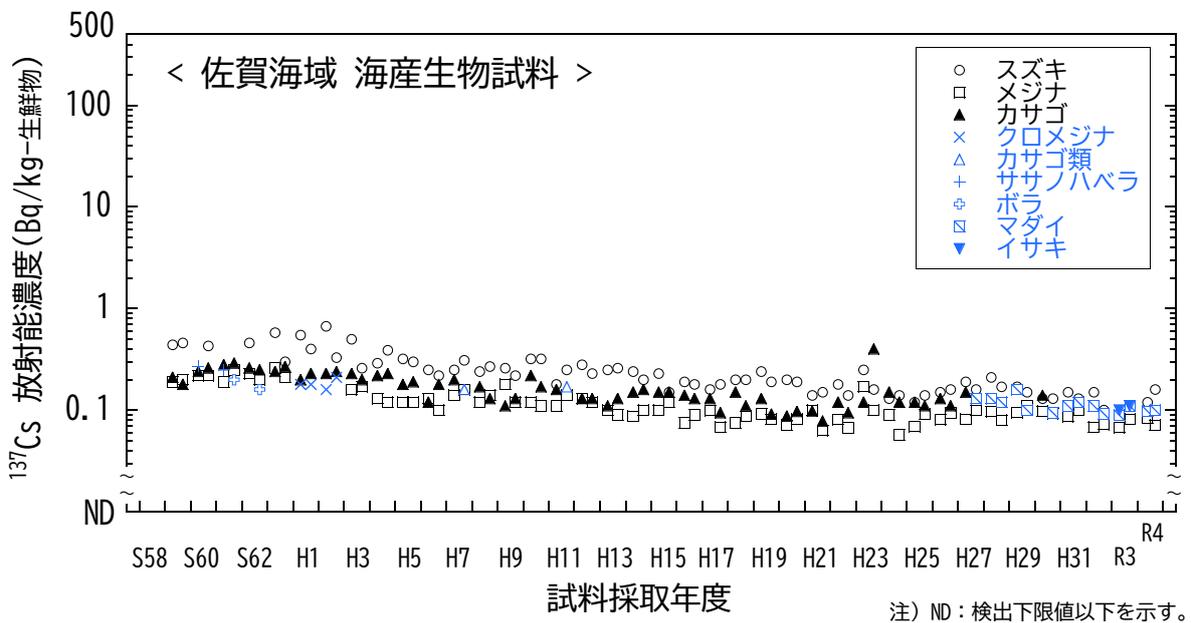


図 I-1-6-12 海産生物試料の  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (佐賀海域)

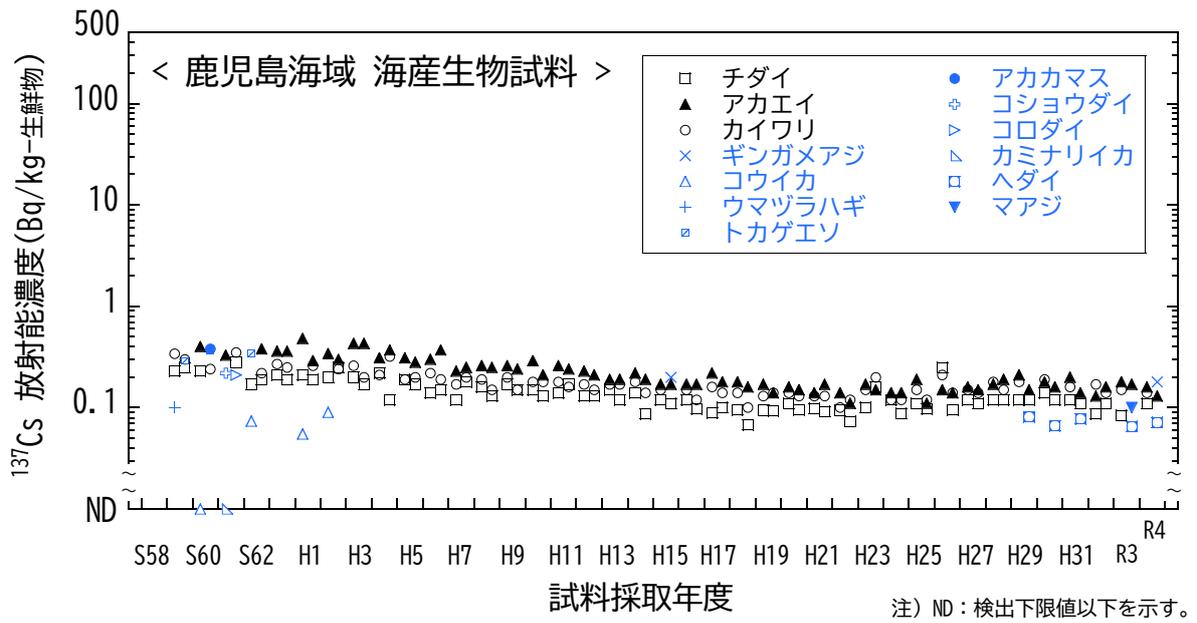
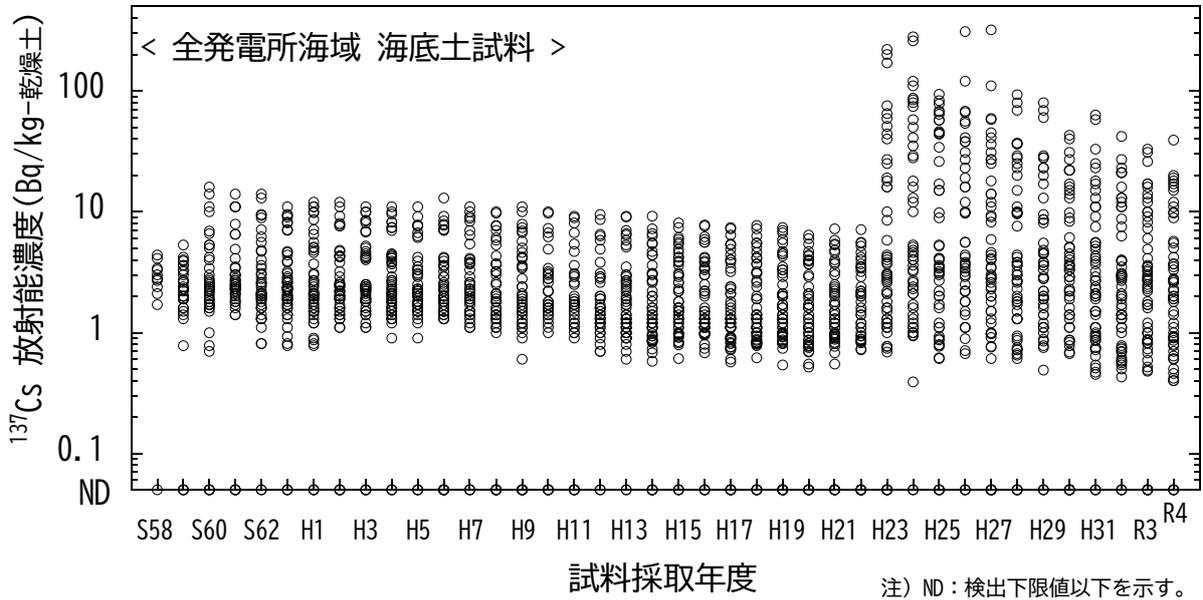


図 I-1-6-13 海産生物試料の  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (鹿児島海域)



昭和60年度以降、新潟、福井第一及び福井第二海域において採取点を変更した。

図 I-1-6-14 海底土試料の  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (全発電所海域)

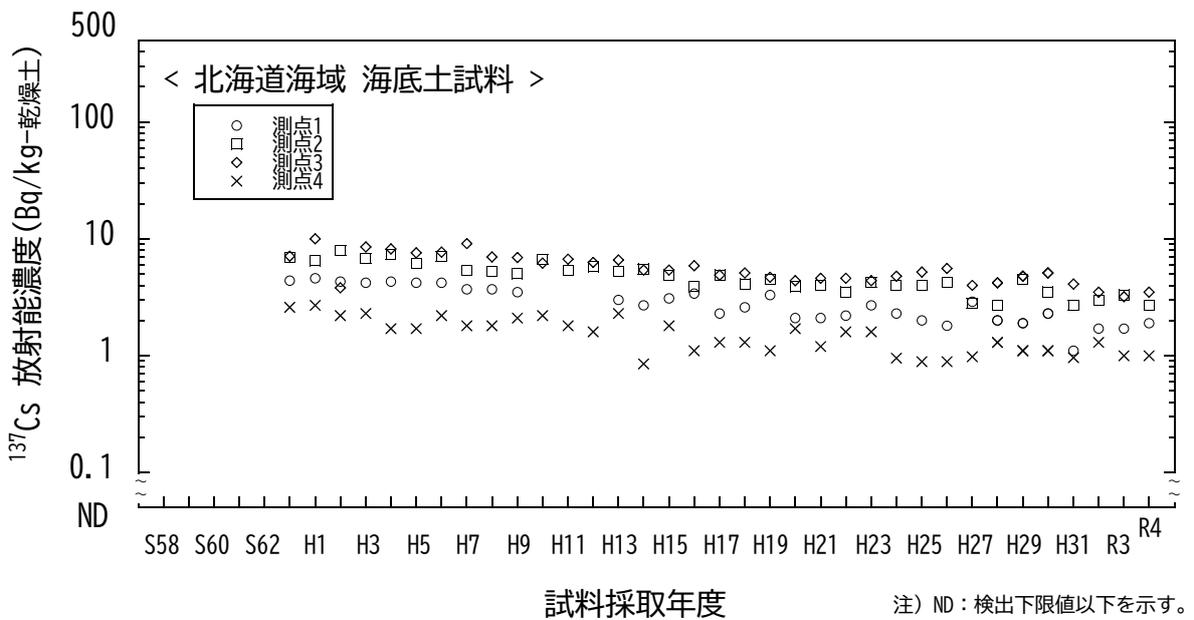


図 I-1-6-15 海底土試料の  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (北海道海域)

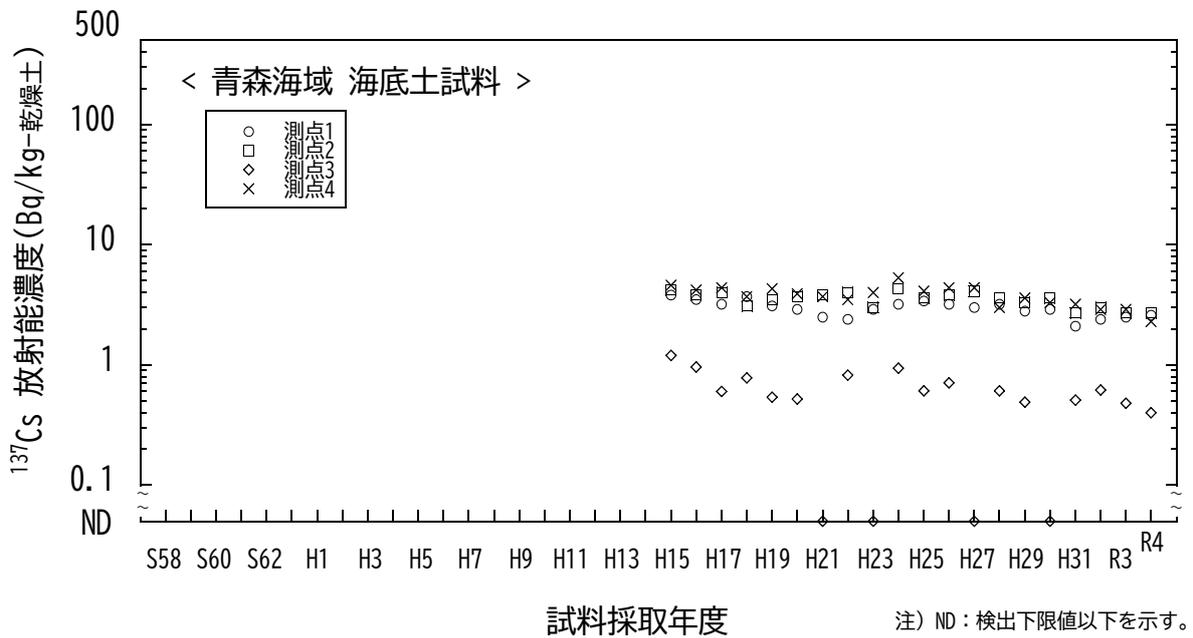


図 I-1-6-16 海底土試料の  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (青森海域)

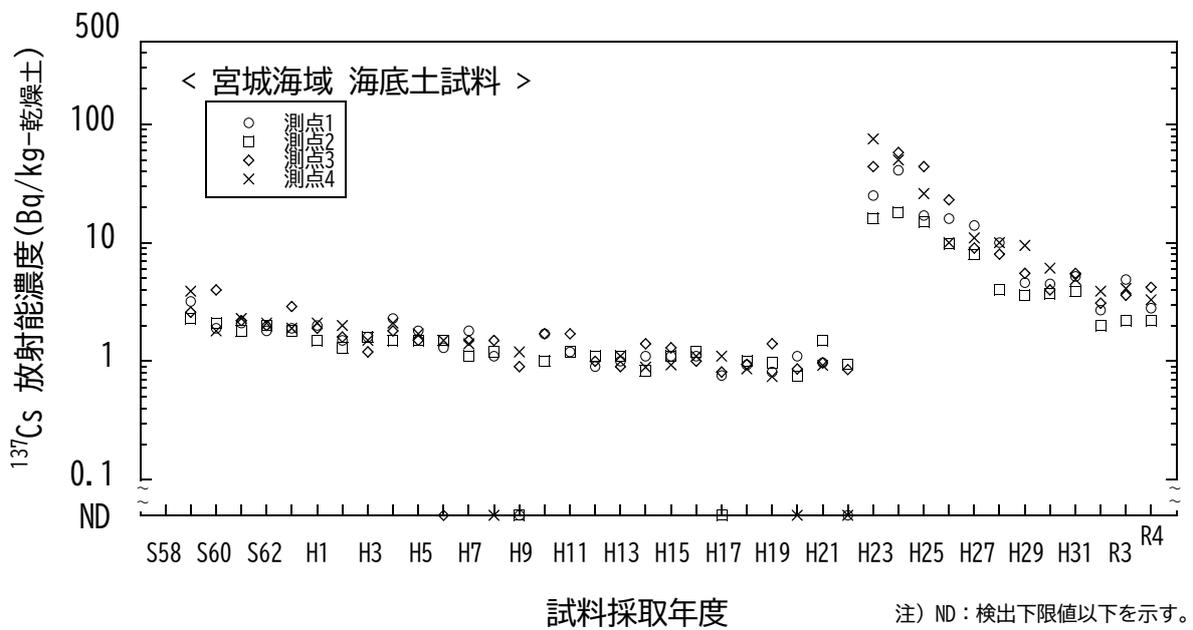


図 I-1-6-17 海底土試料の  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (宮城海域)

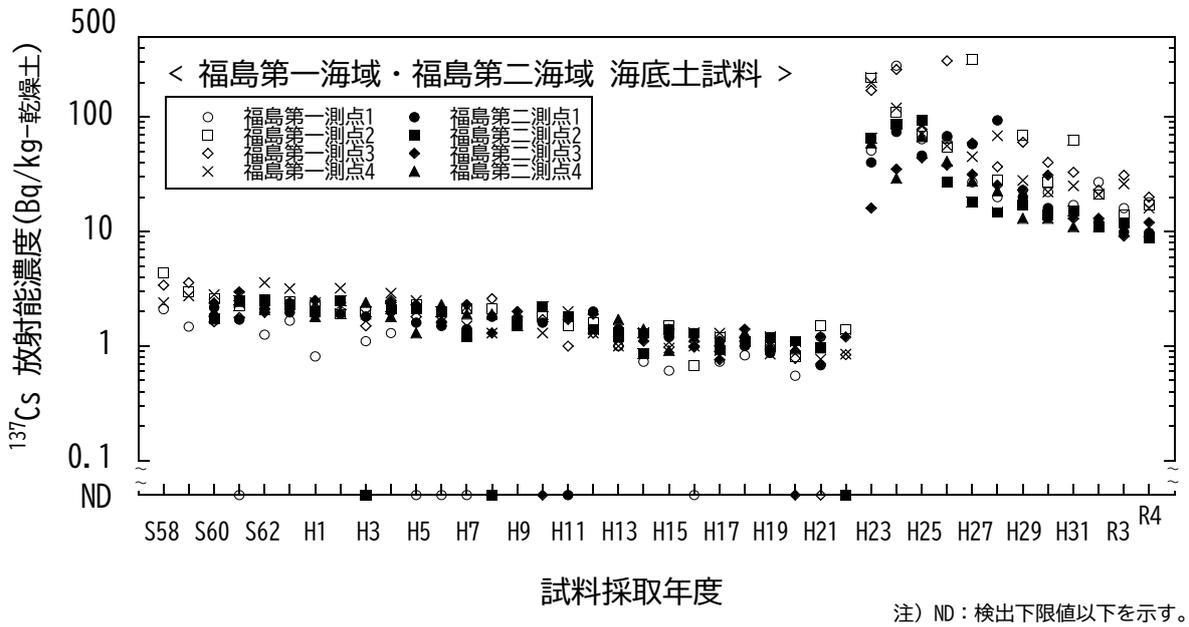


図 I-1-6-18 海底土試料の  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (福島第一海域・福島第二海域)

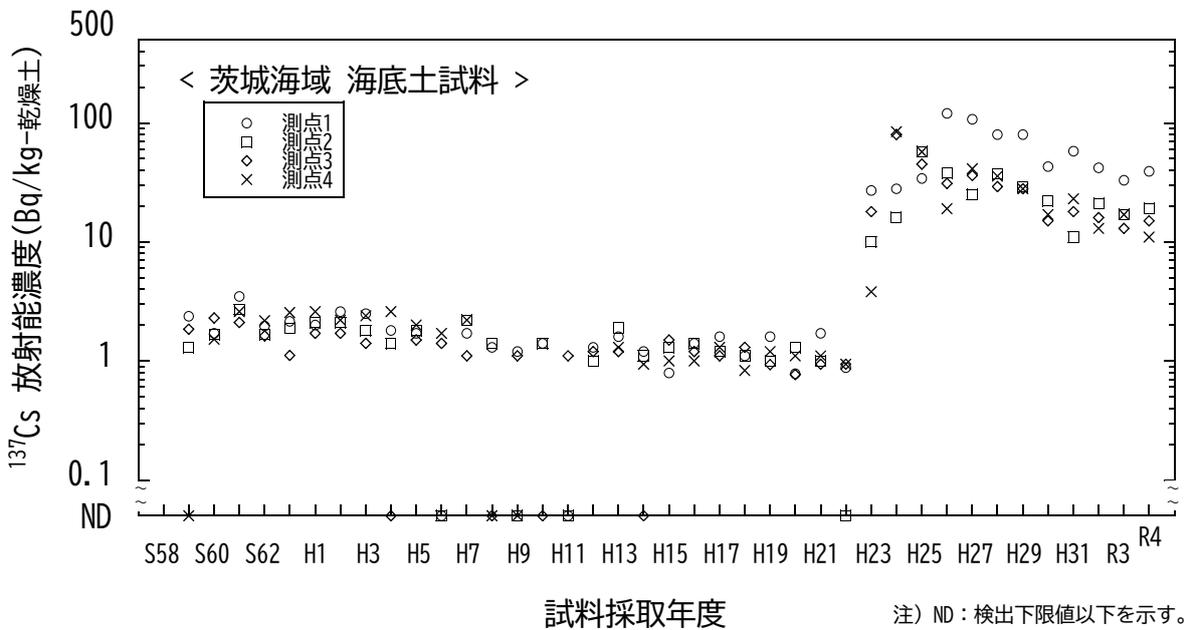


図 I-1-6-19 海底土試料の  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (茨城海域)

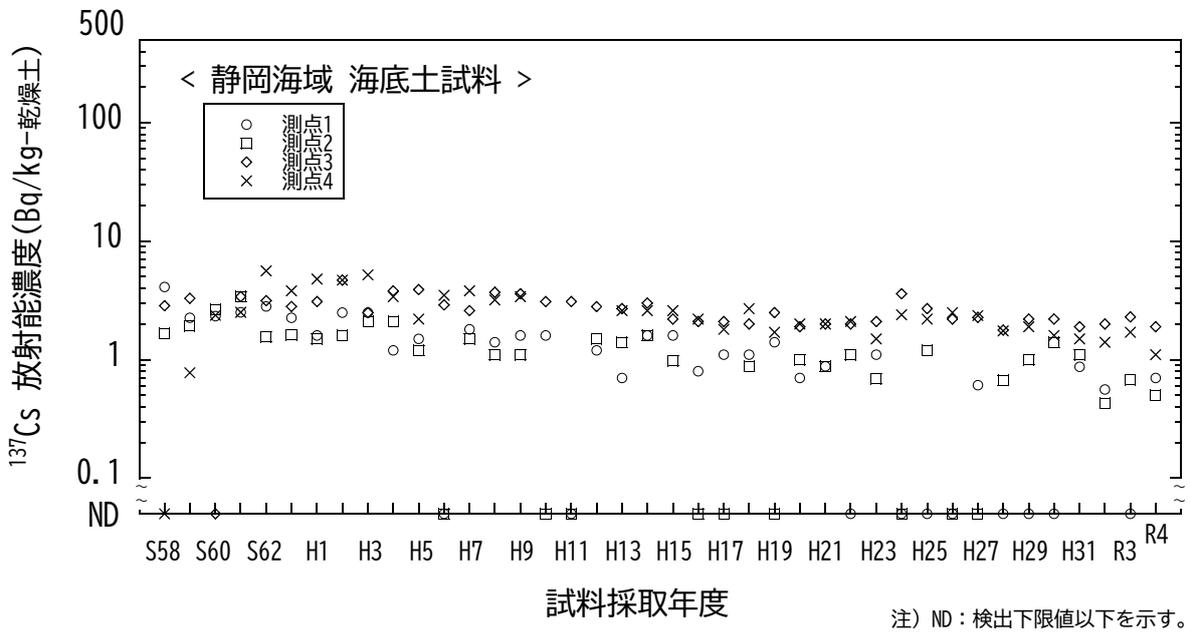


図 I-1-6-20 海底土試料の <sup>137</sup>Cs 放射能濃度の経年変化 (静岡海域)

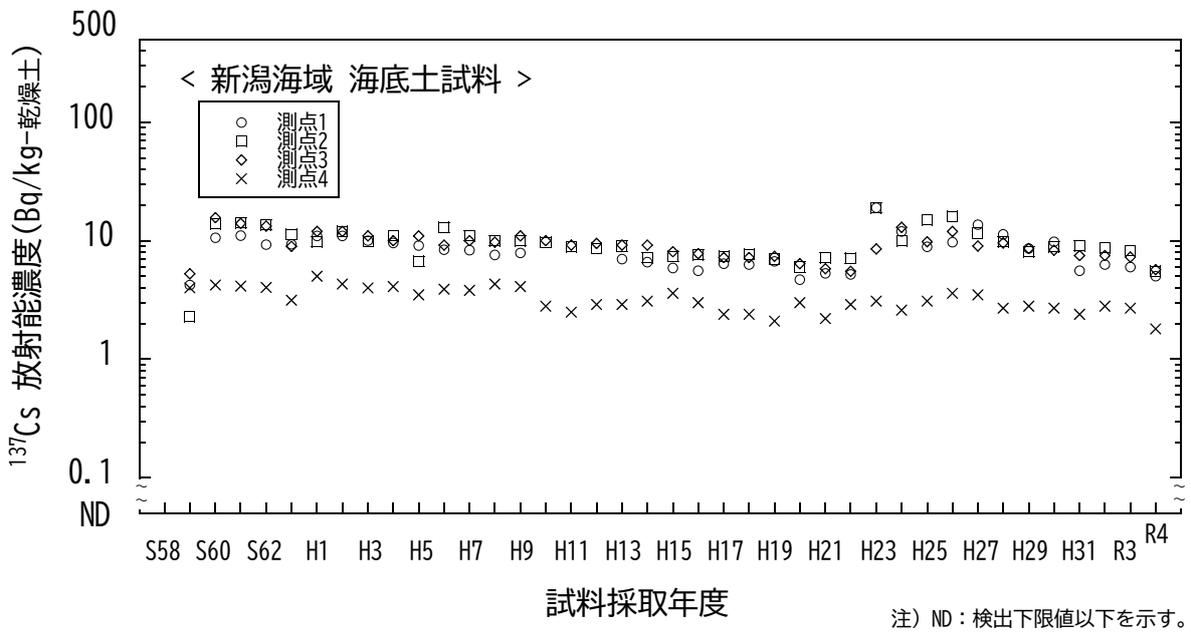


図 I-1-6-21 海底土試料の <sup>137</sup>Cs 放射能濃度の経年変化 (新潟海域)

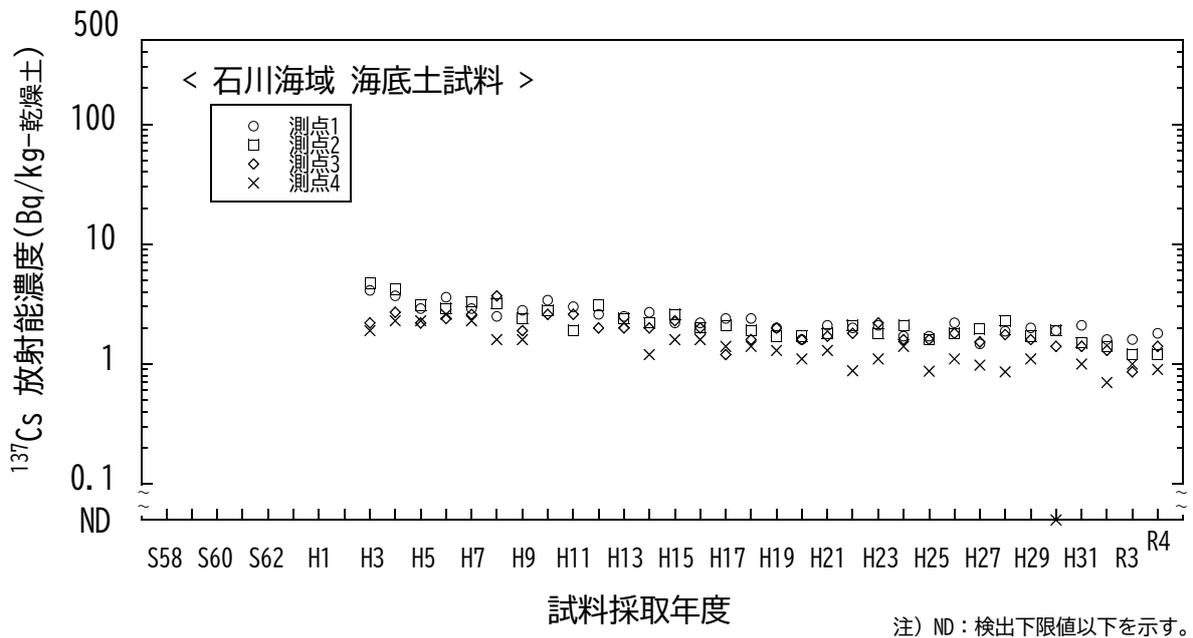


図 I-1-6-22 海底土試料の  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (石川海域)

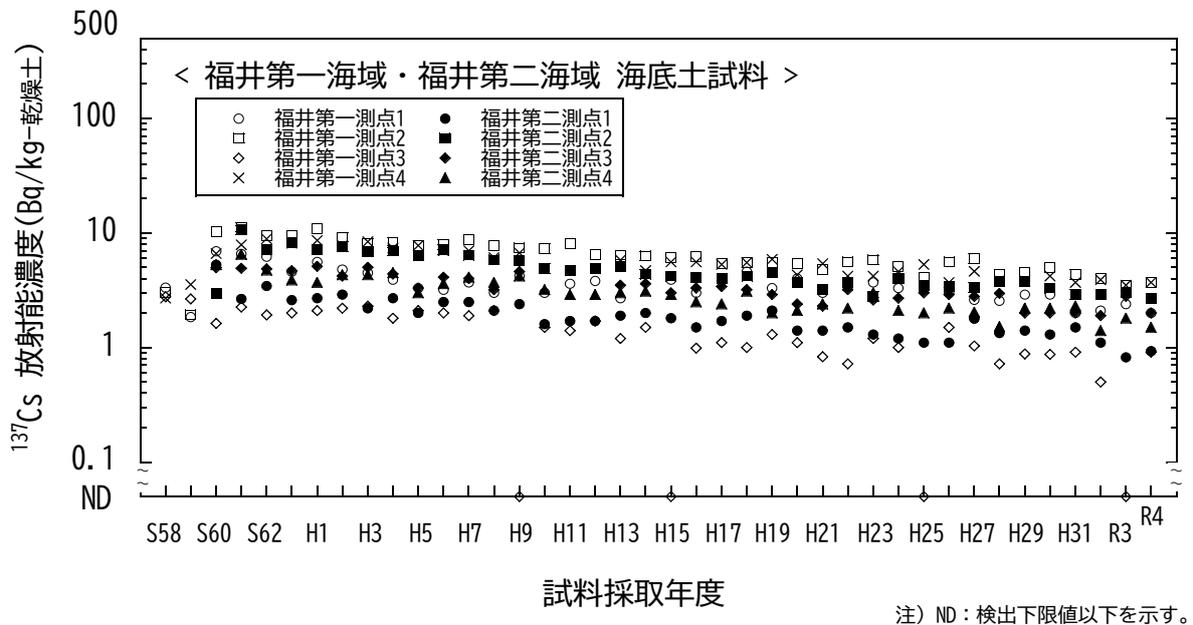


図 I-1-6-23 海底土試料の  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (福井第一海域・福井第二海域)

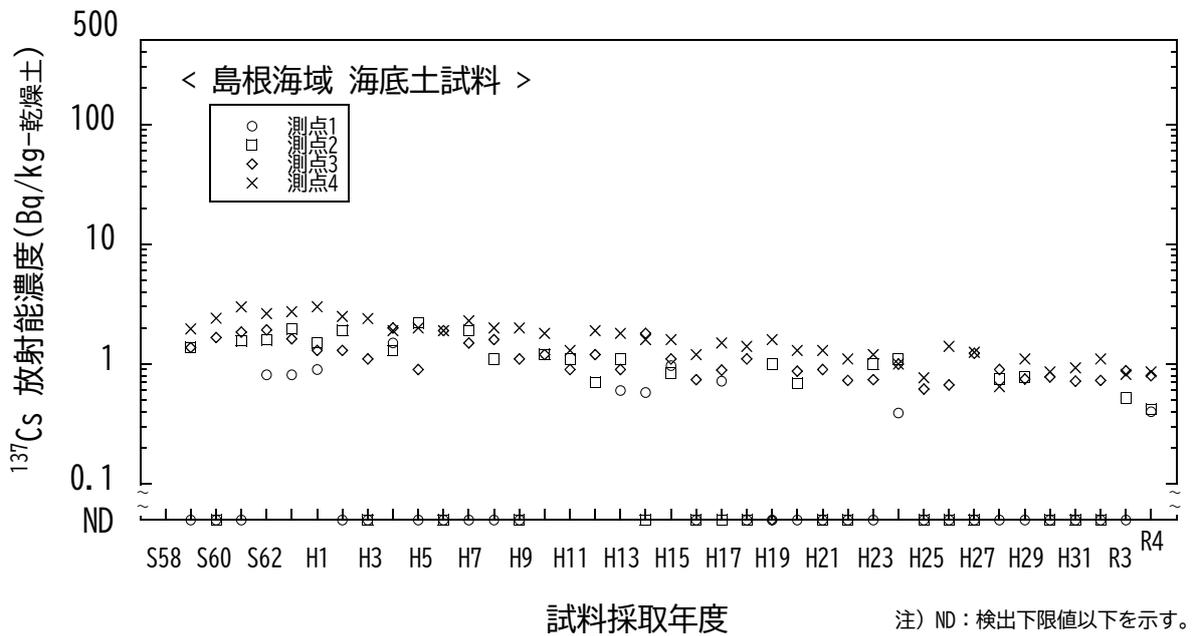


図 I-1-6-24 海底土試料の  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化（島根海域）

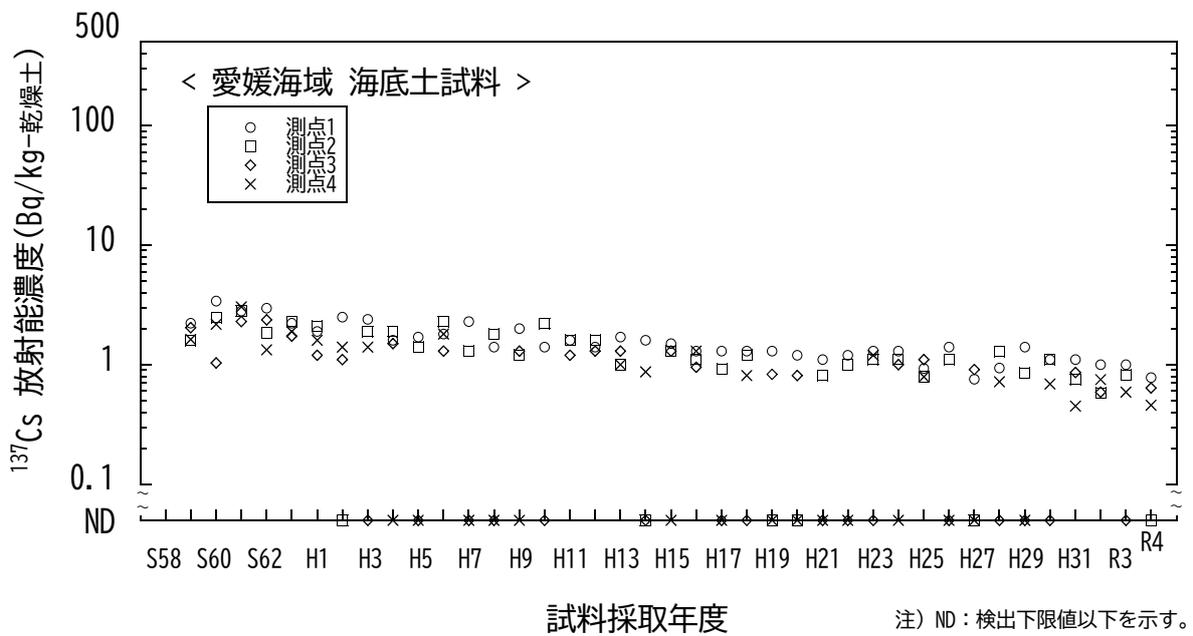


図 I-1-6-25 海底土試料の  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化（愛媛海域）

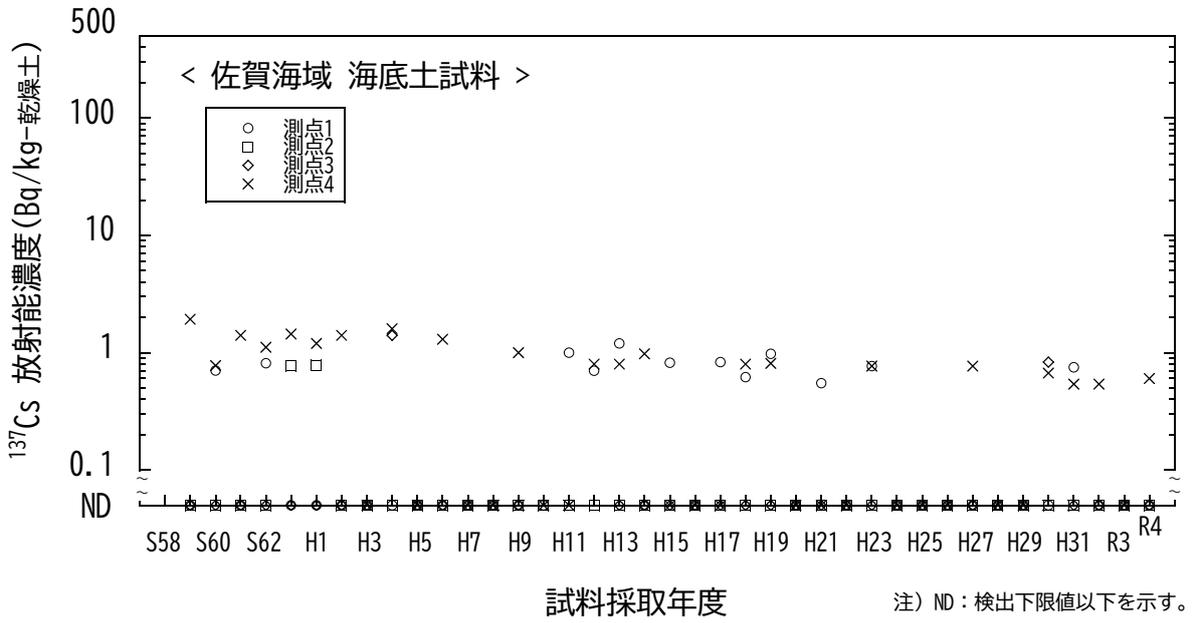


図 I-1-6-26 海底土試料の $^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度の経年変化 (佐賀海域)

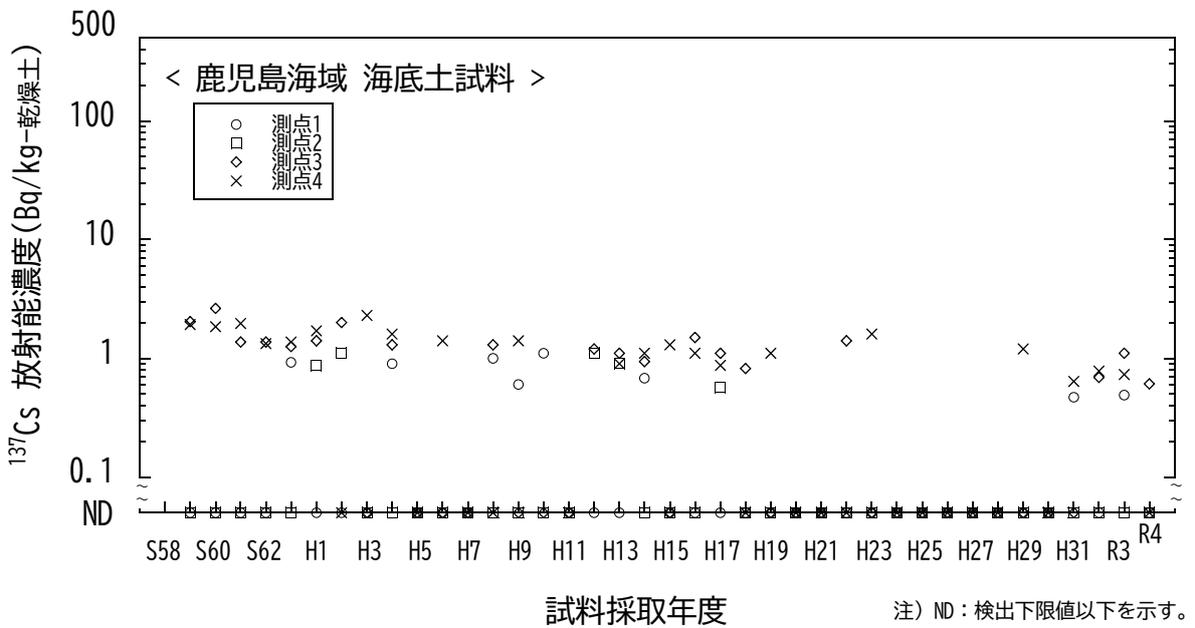


図 I-1-6-27 海底土試料の $^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度の経年変化 (鹿児島海域)

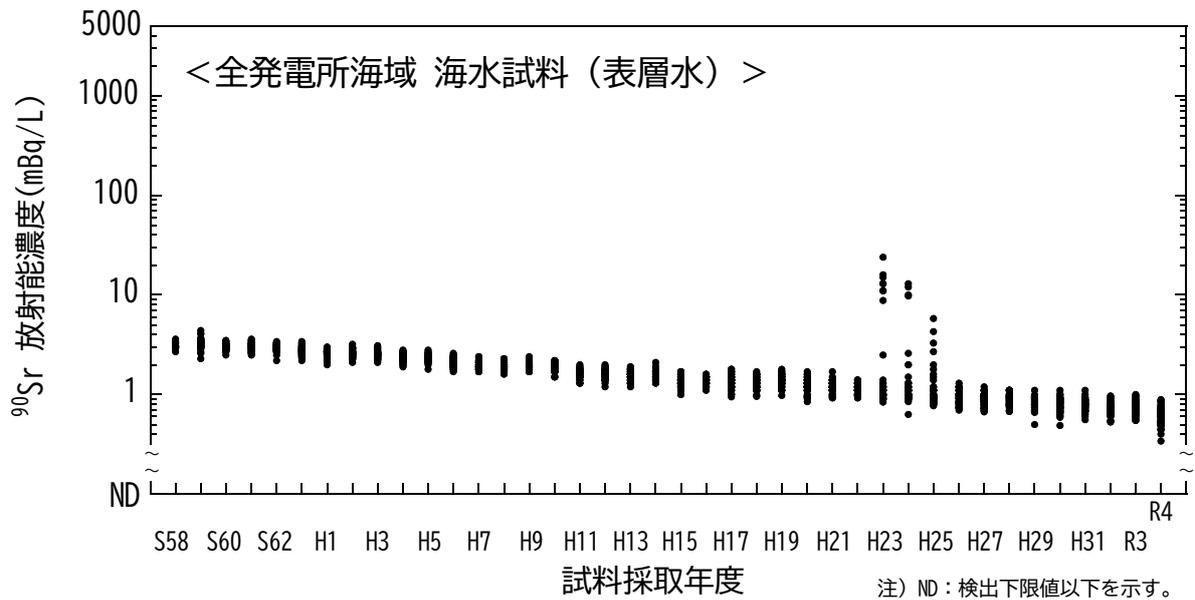


図 I-1-6-28 海水試料の<sup>90</sup>Sr 放射能濃度の経年変化（全発電所海域・表層水）

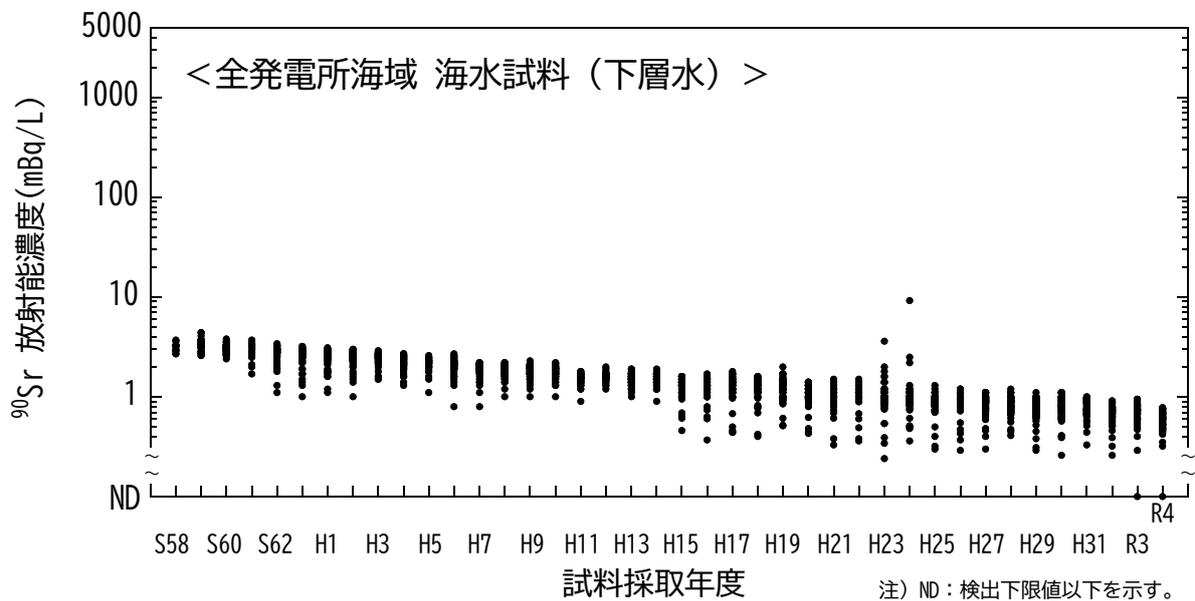


図 I-1-6-29 海水試料の<sup>90</sup>Sr 放射能濃度の経年変化（全発電所海域・下層水）

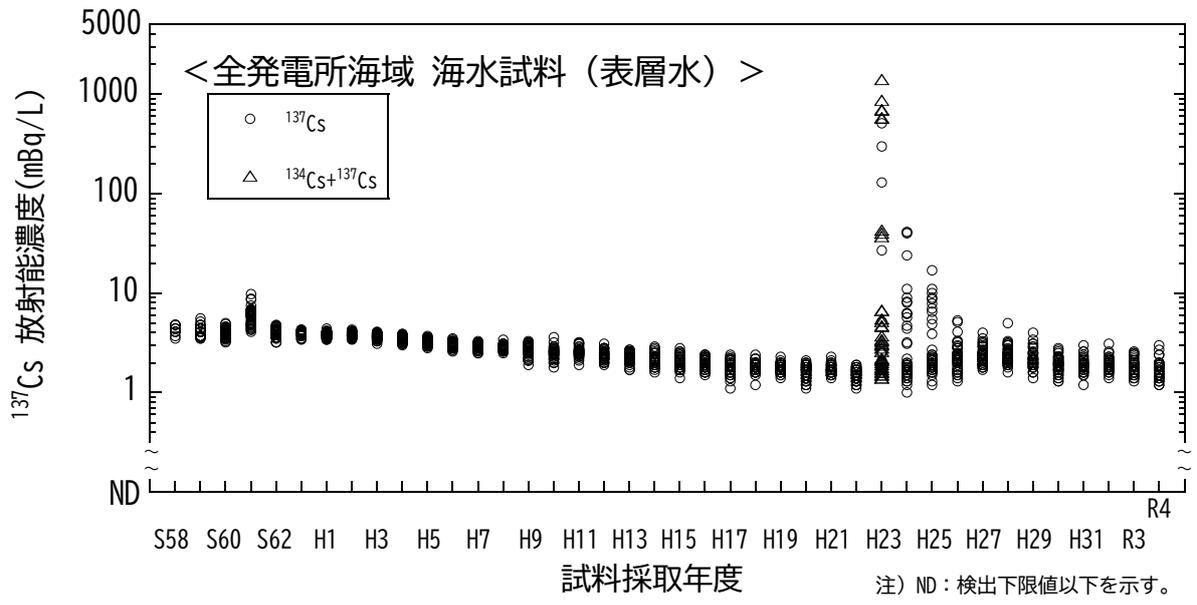


図 I-1-6-30 海水試料の $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化（全発電所海域・表層水）

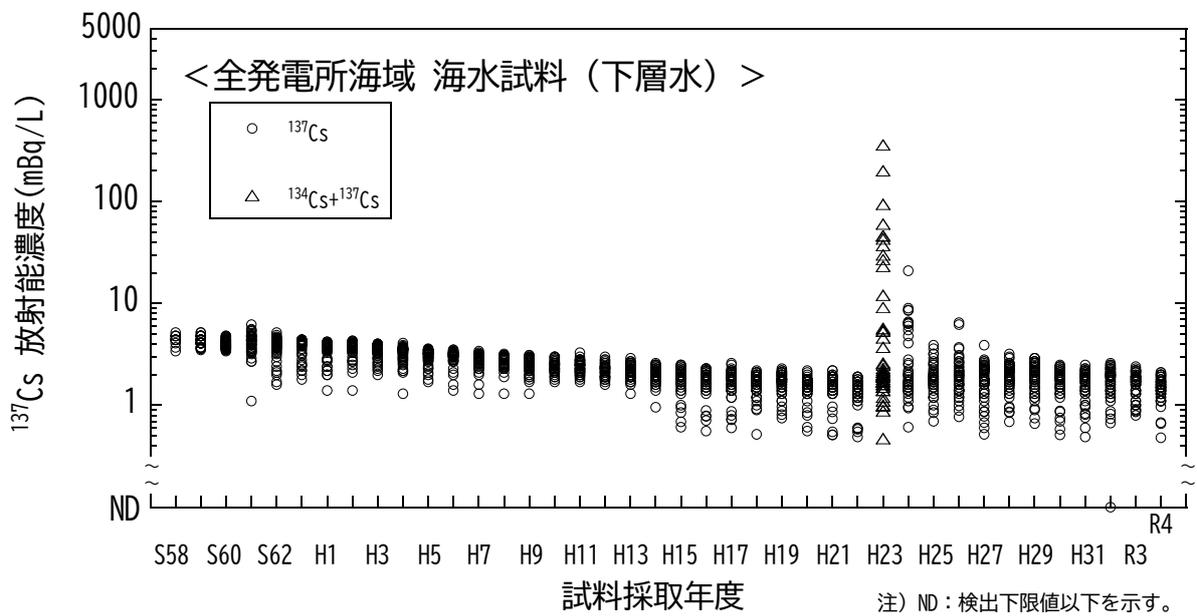


図 I-1-6-31 海水試料の $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化（全発電所海域・下層水）

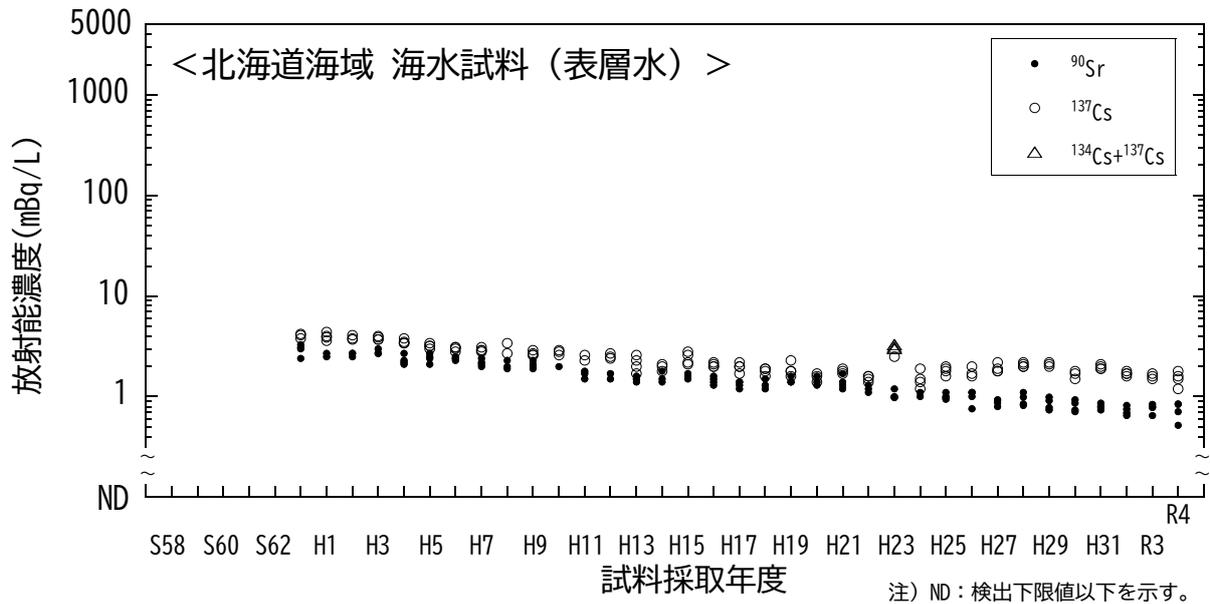


図 I-1-6-32 海水試料の  $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (北海道海域・表層水)

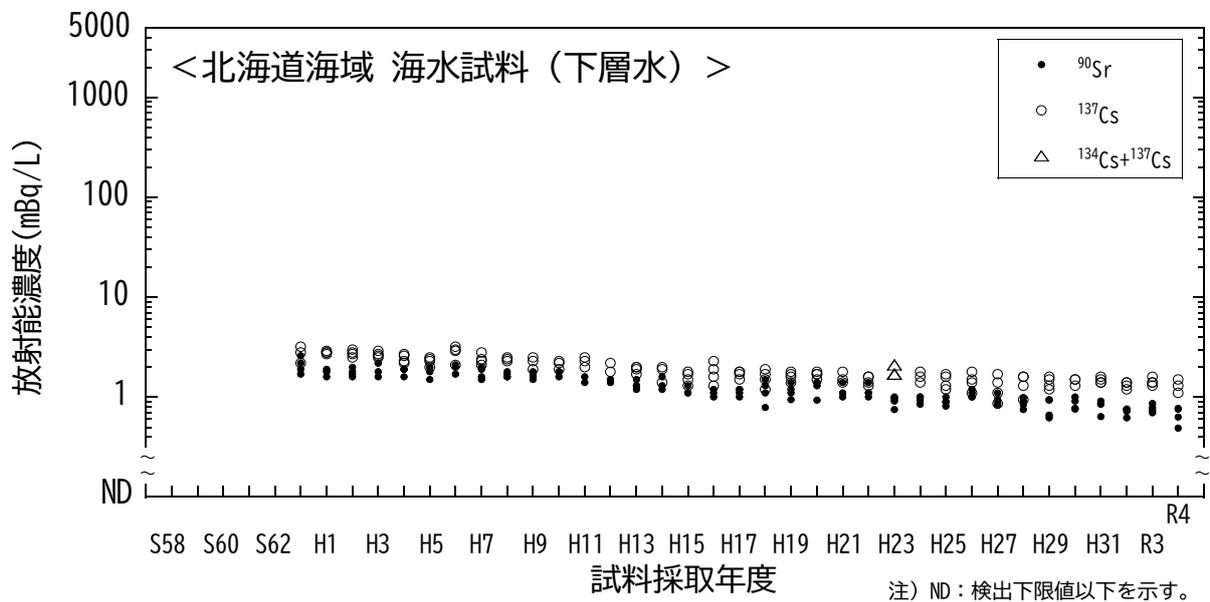


図 I-1-6-33 海水試料の  $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (北海道海域・下層水)

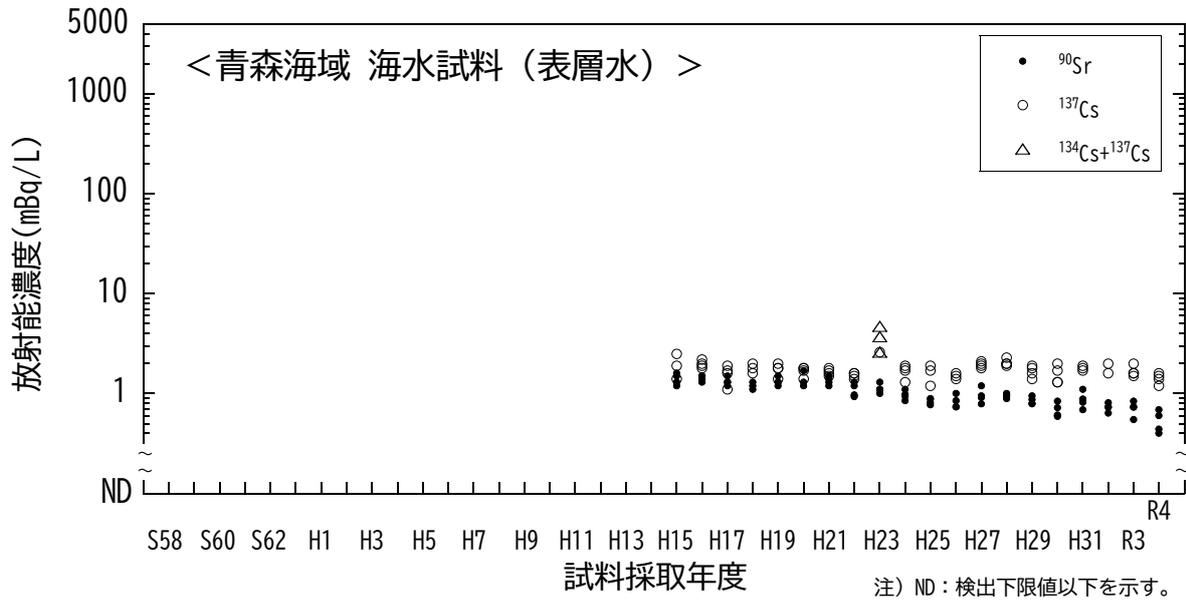


図 I-1-6-34 海水試料の  $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (青森海域・表層水)

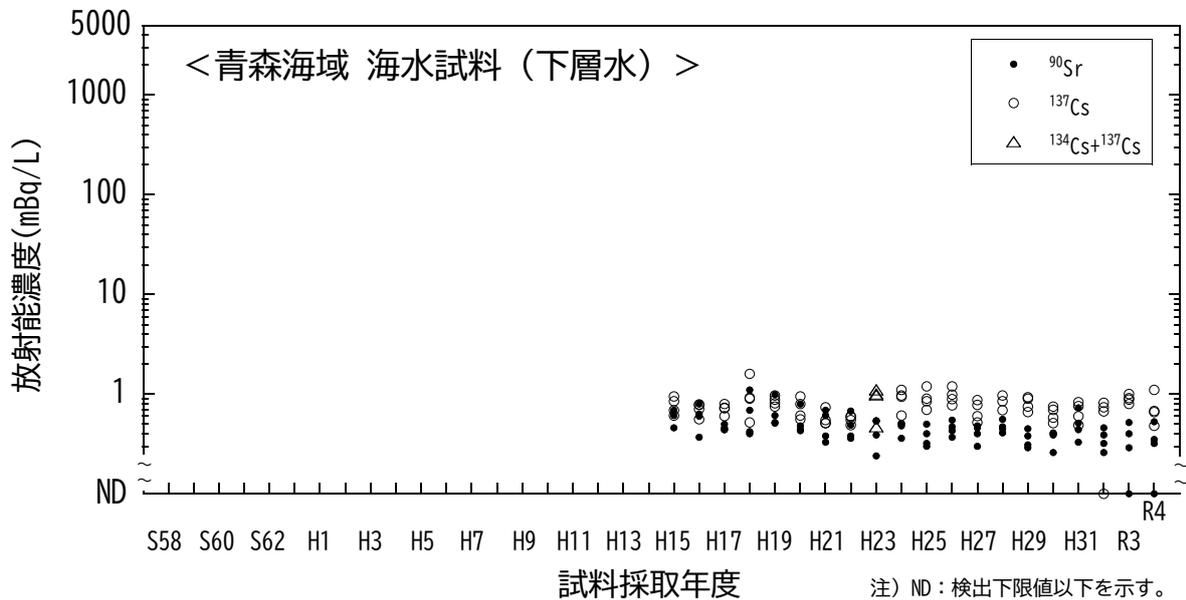


図 I-1-6-35 海水試料の  $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (青森海域・下層水)

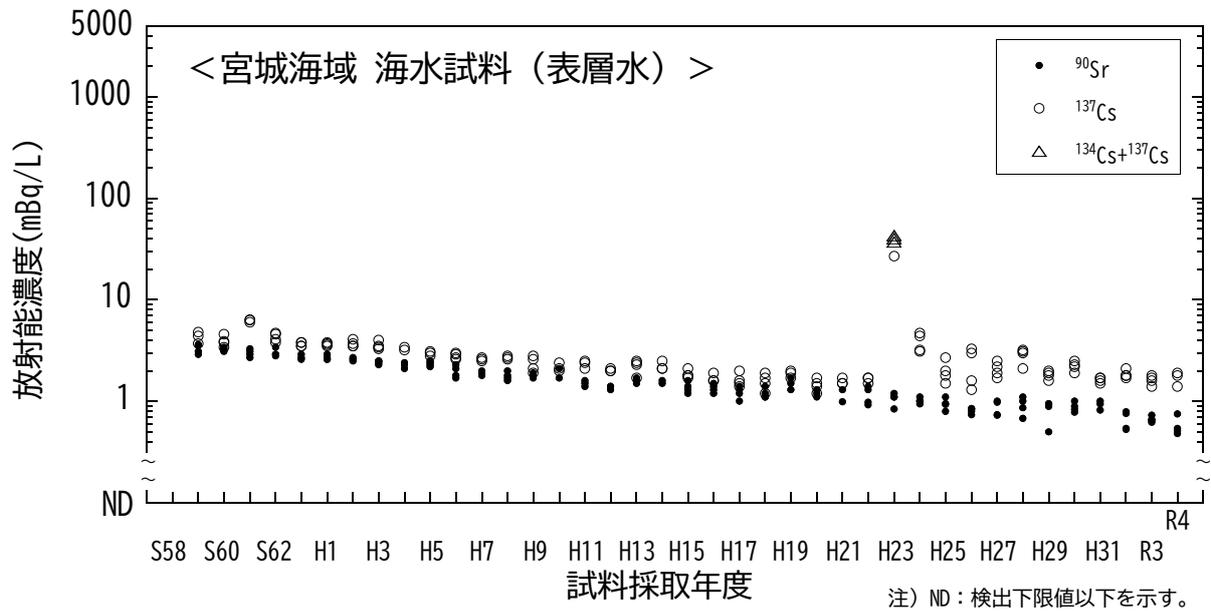


図 I-1-6-36 海水試料の  $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (宮城海域・表層水)

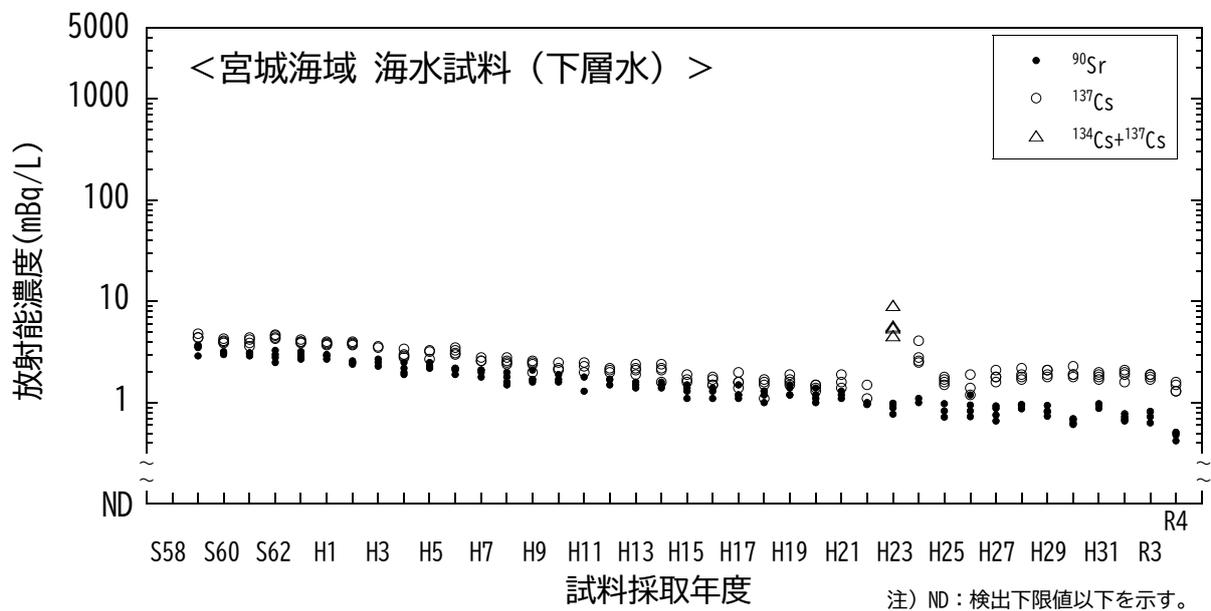


図 I-1-6-37 海水試料の  $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (宮城海域・下層水)

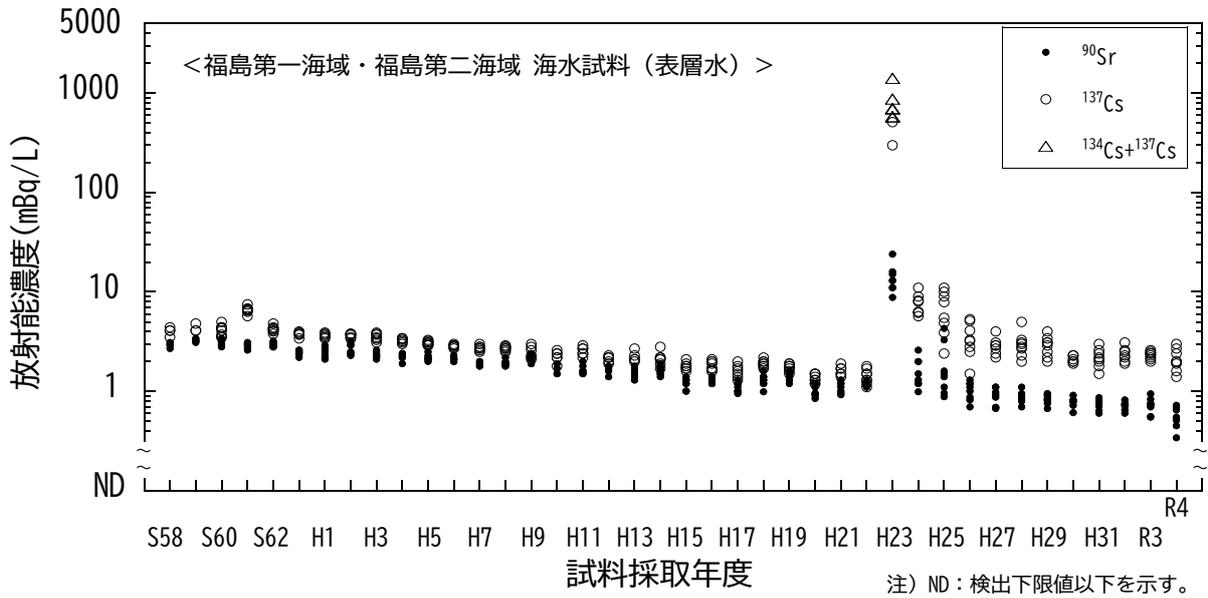


図 I-1-6-38 海水試料の  $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (福島第一海域・福島第二海域・表層水)

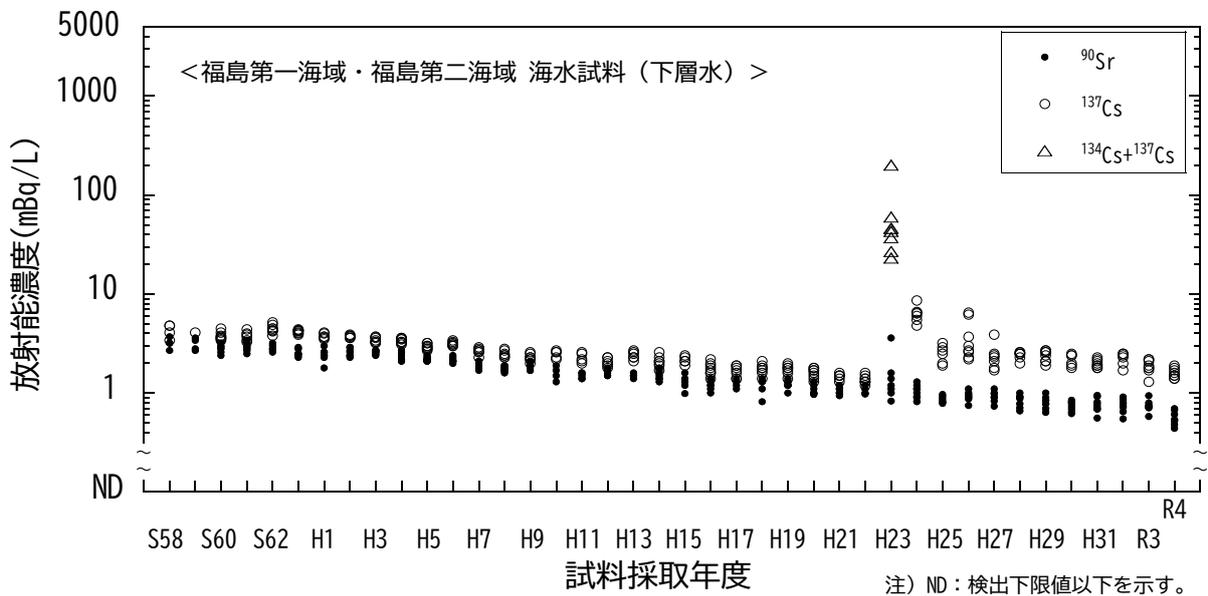


図 I-1-6-39 海水試料の  $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (福島第一海域・福島第二海域・下層水)

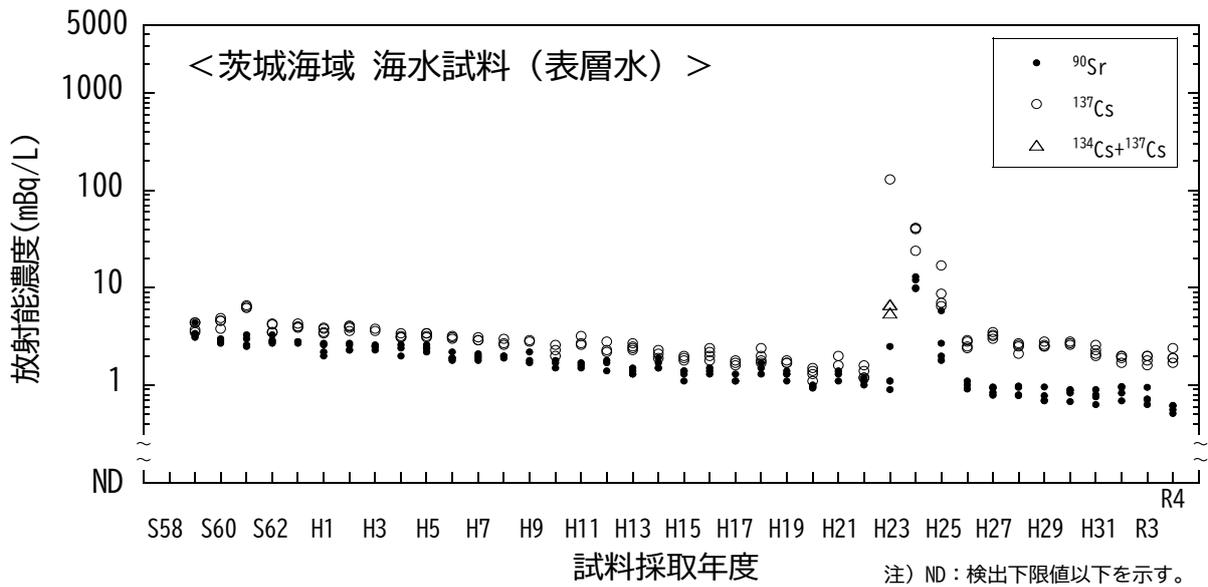


図 I-1-6-40 海水試料の  $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (茨城海域・表層水)

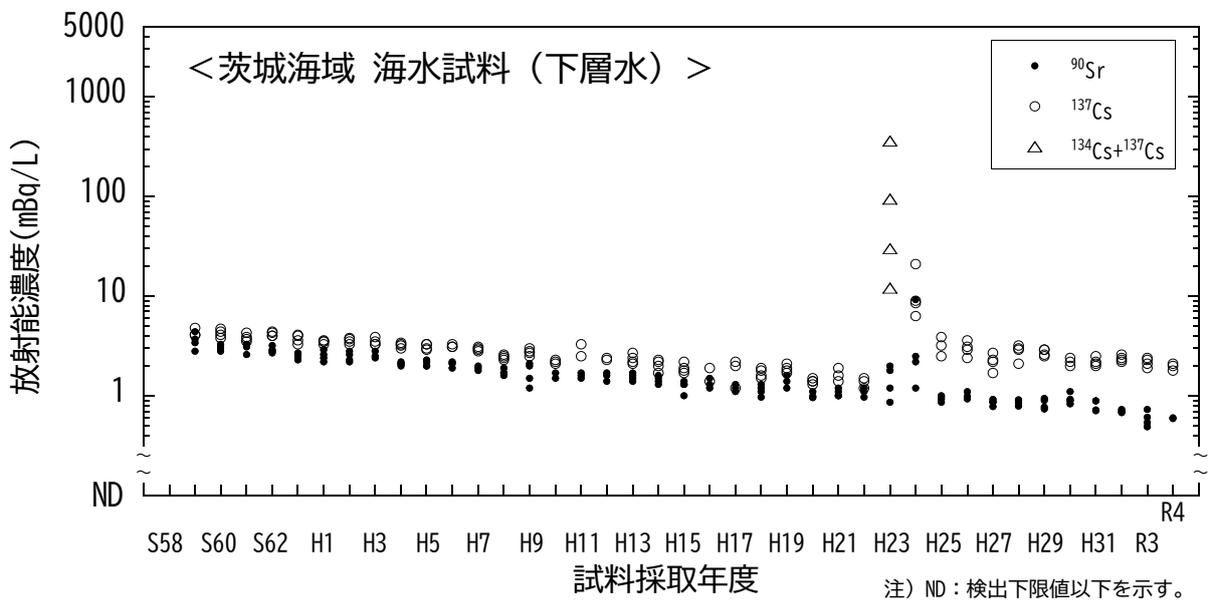


図 I-1-6-41 海水試料の  $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (茨城海域・下層水)

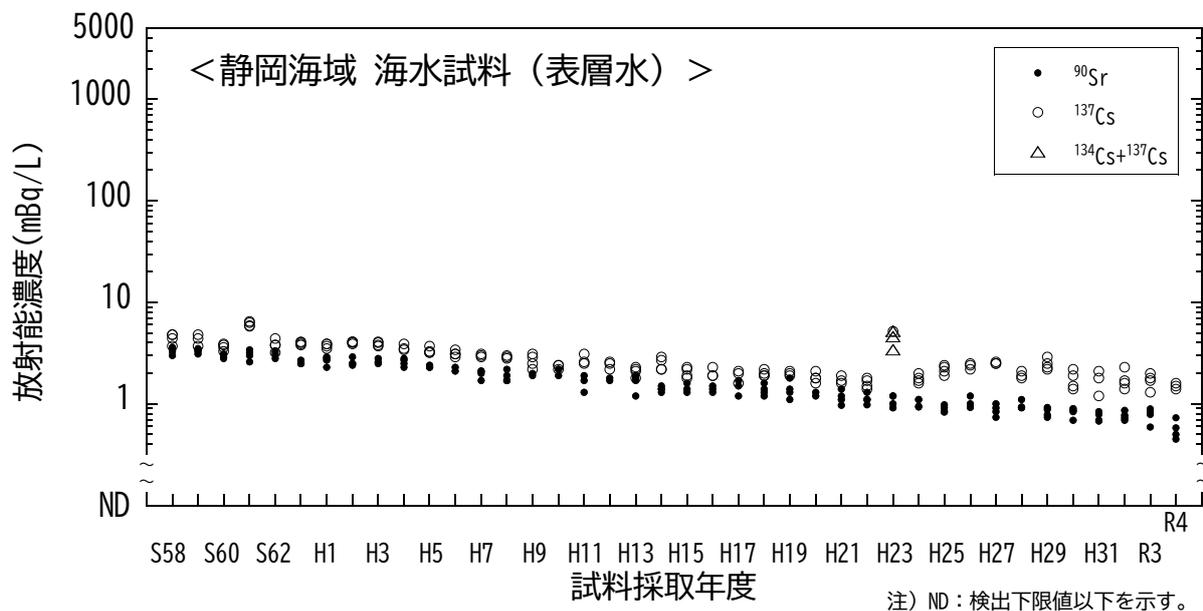


図 I-1-6-42 海水試料の  $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (静岡海域・表層水)

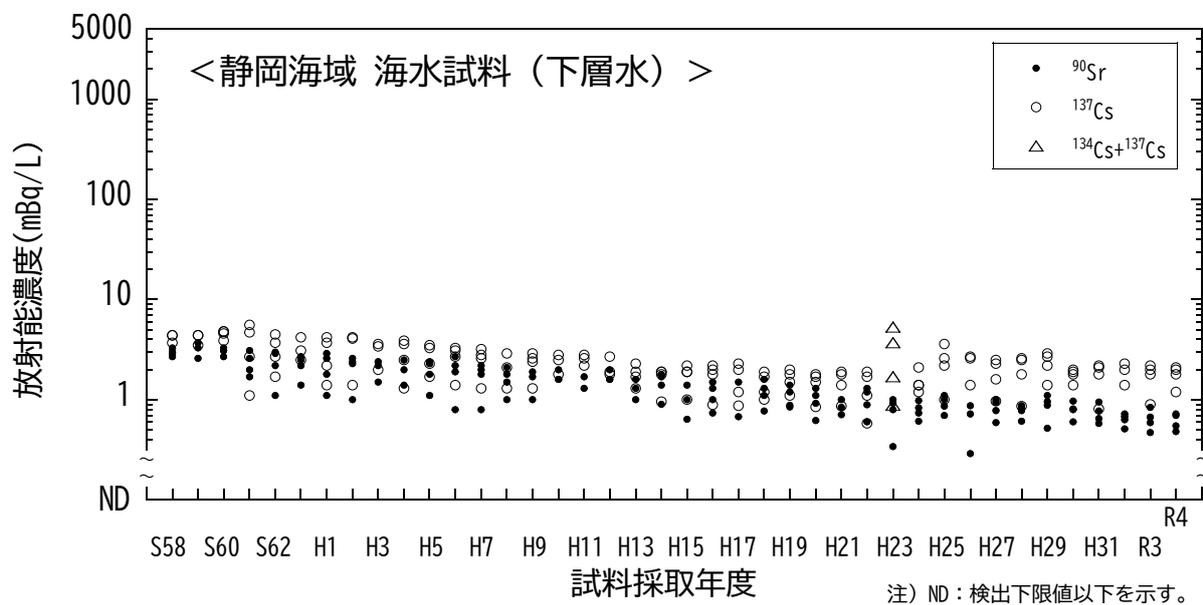


図 I-1-6-43 海水試料の  $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (静岡海域・下層水)

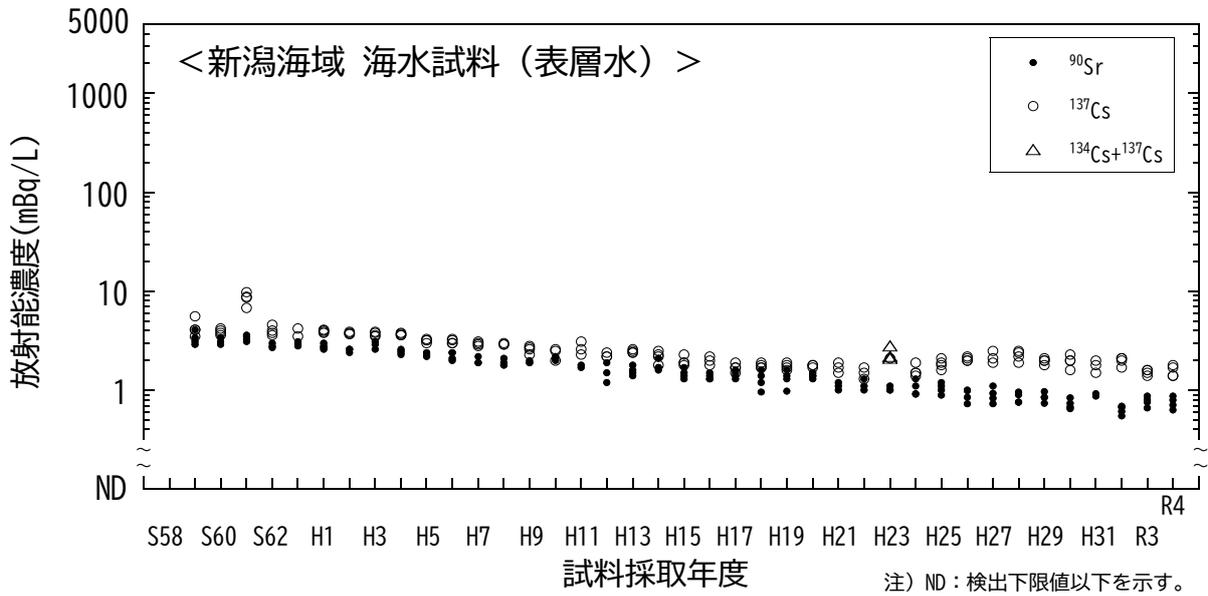


図 I-1-6-44 海水試料の  $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (新潟海域・表層水)

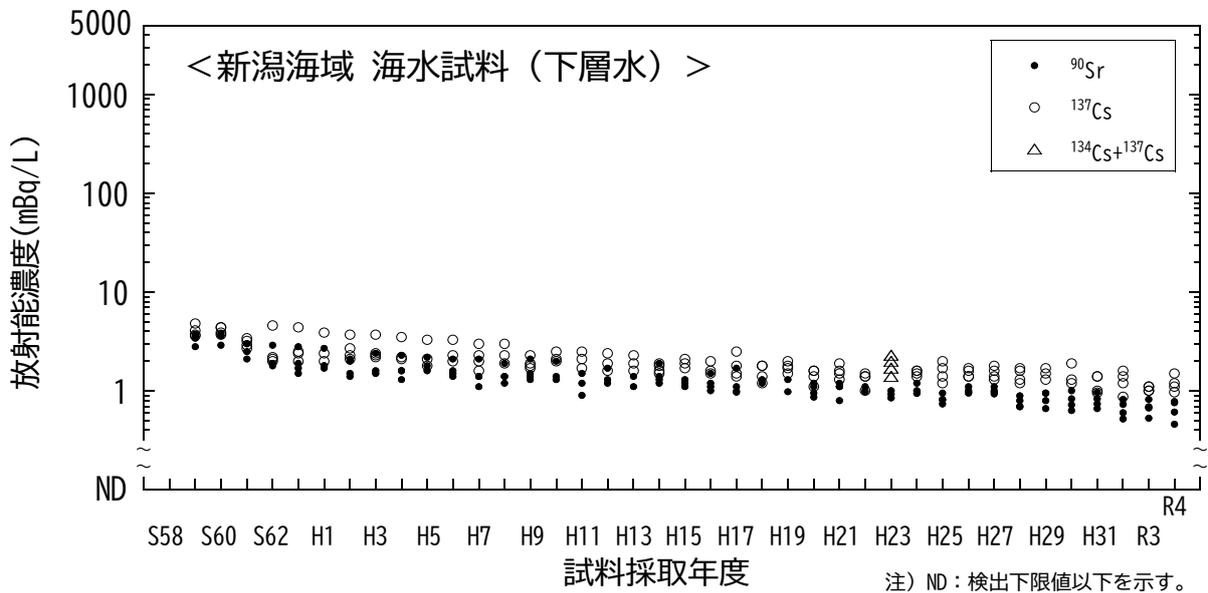


図 I-1-6-45 海水試料の  $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (新潟海域・下層水)

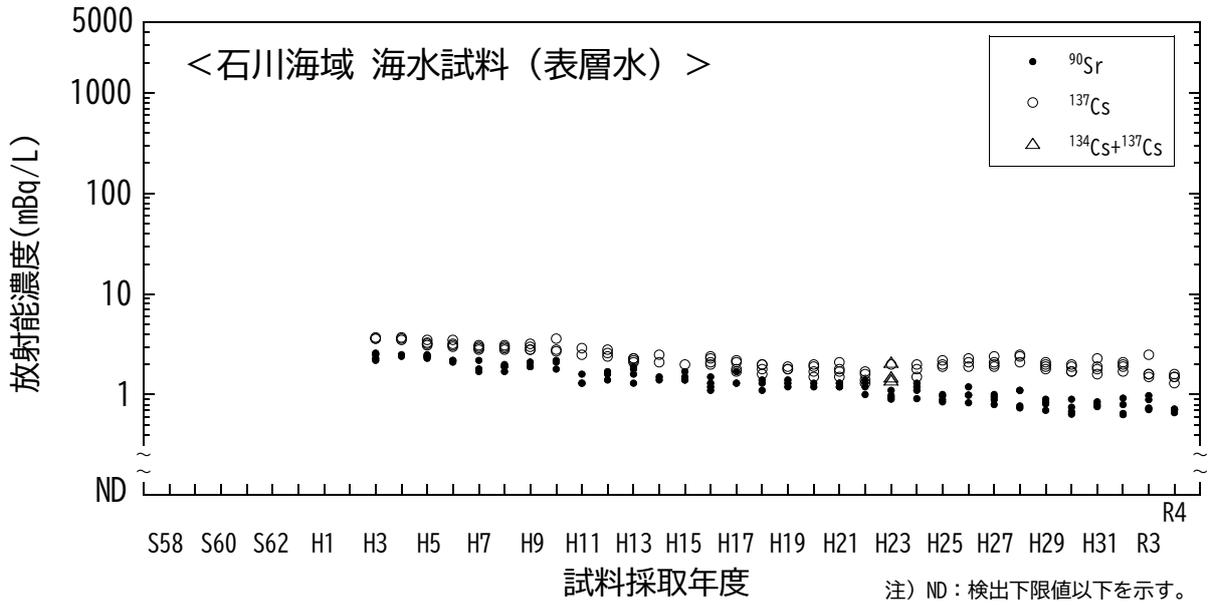


図 I-1-6-46 海水試料の  $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (石川海域・表層水)

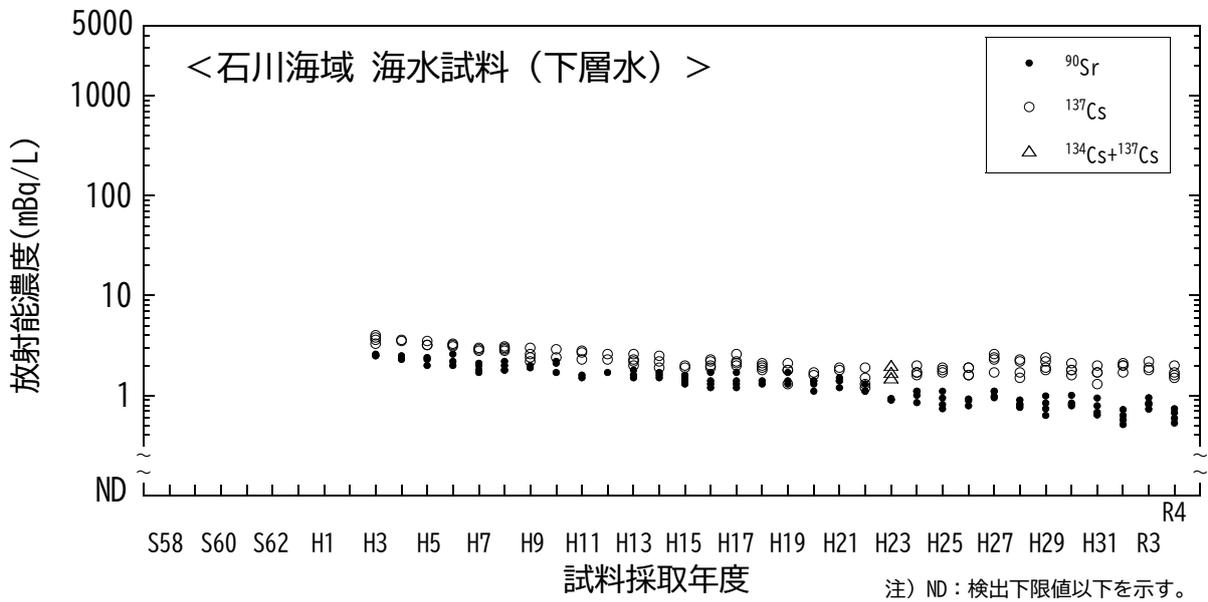


図 I-1-6-47 海水試料の  $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (石川海域・下層水)

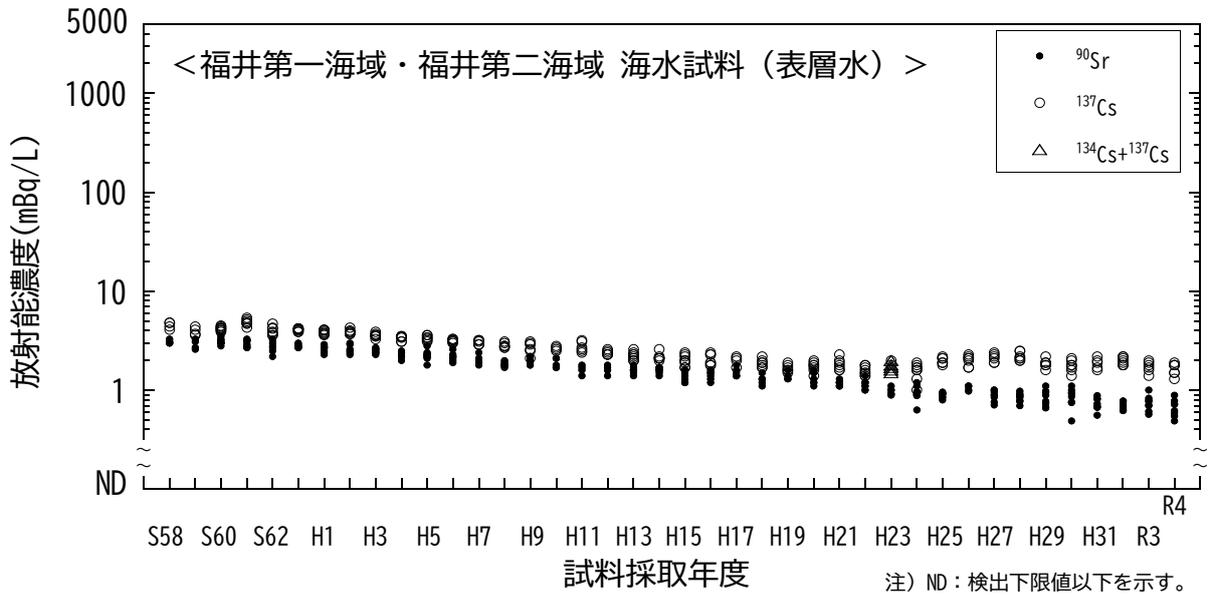


図 I-1-6-48 海水試料の  $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (福井第一海域・福井第二海域・表層水)

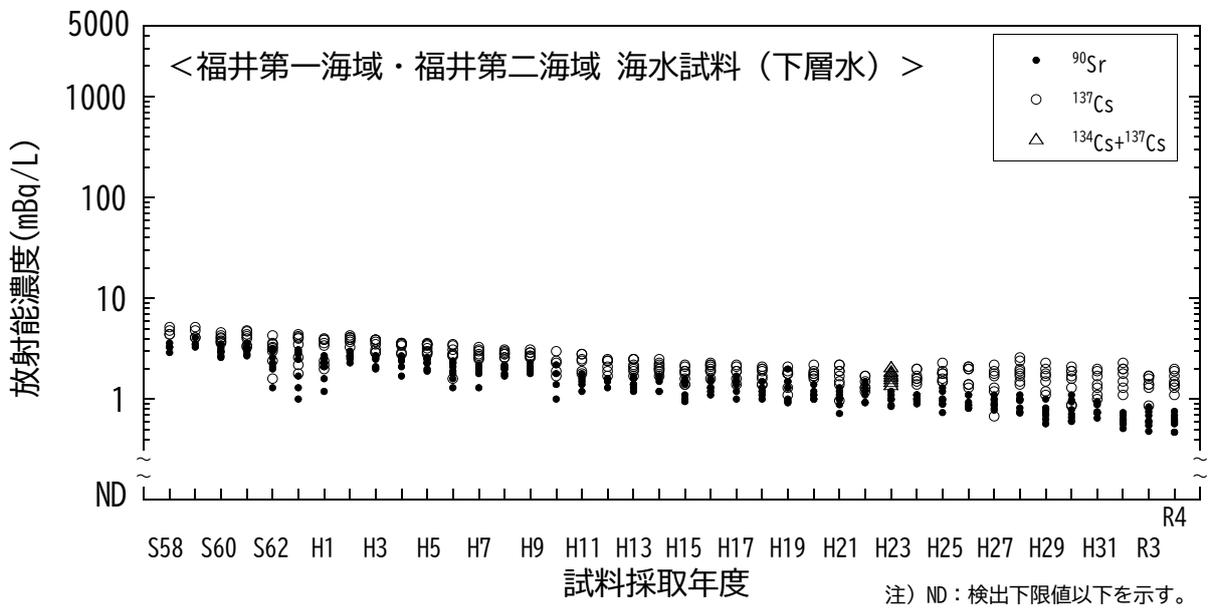


図 I-1-6-49 海水試料の  $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (福井第一海域・福井第二海域・下層水)

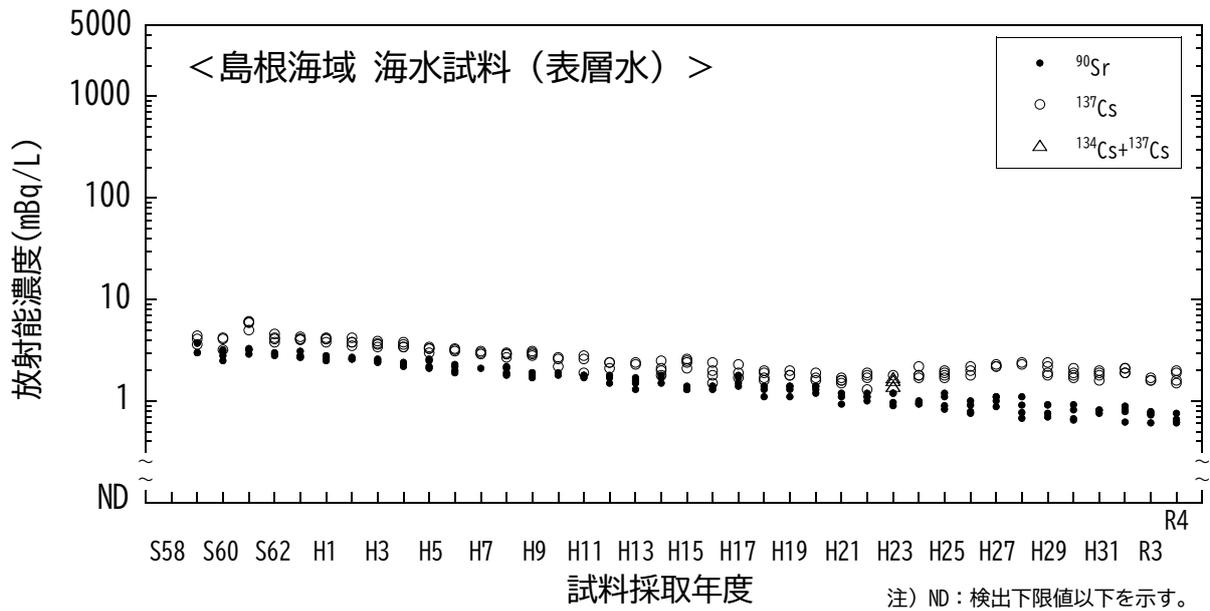


図 I-1-6-50 海水試料の  $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (島根海域・表層水)

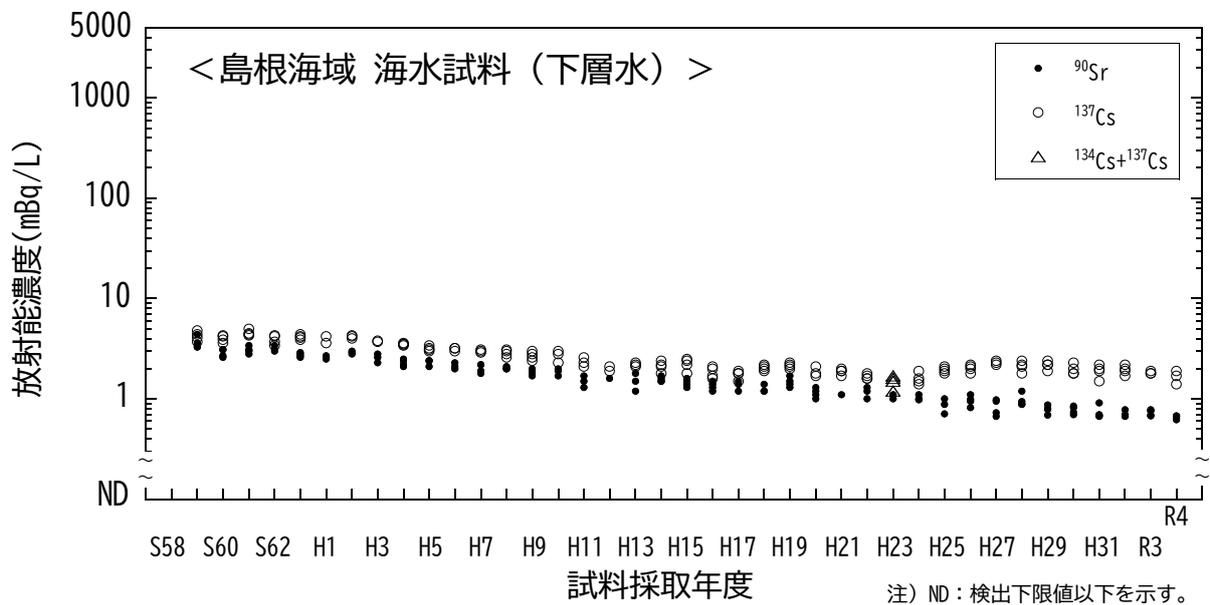


図 I-1-6-51 海水試料の  $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (島根海域・下層水)

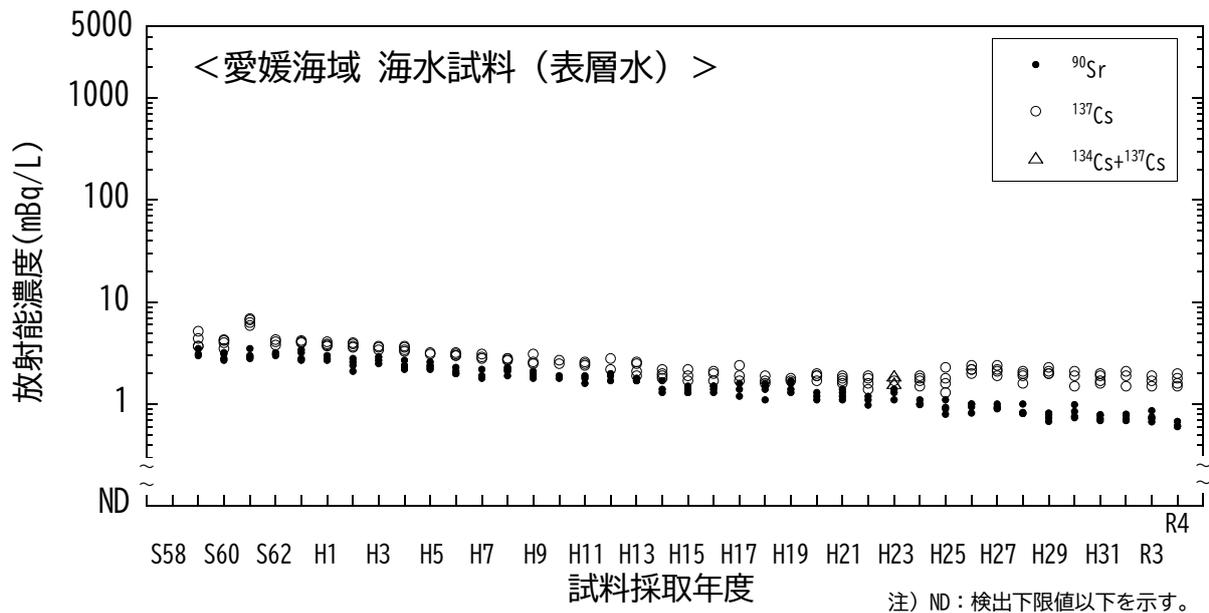


図 I-1-6-52 海水試料の  $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (愛媛海域・表層水)

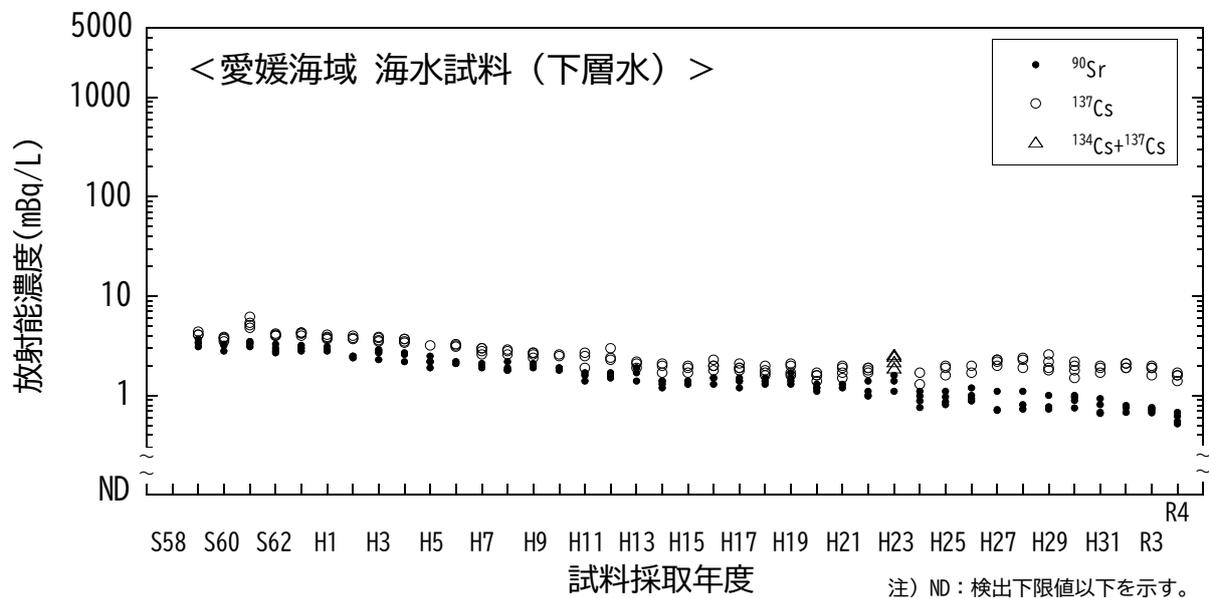


図 I-1-6-53 海水試料の  $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (愛媛海域・下層水)

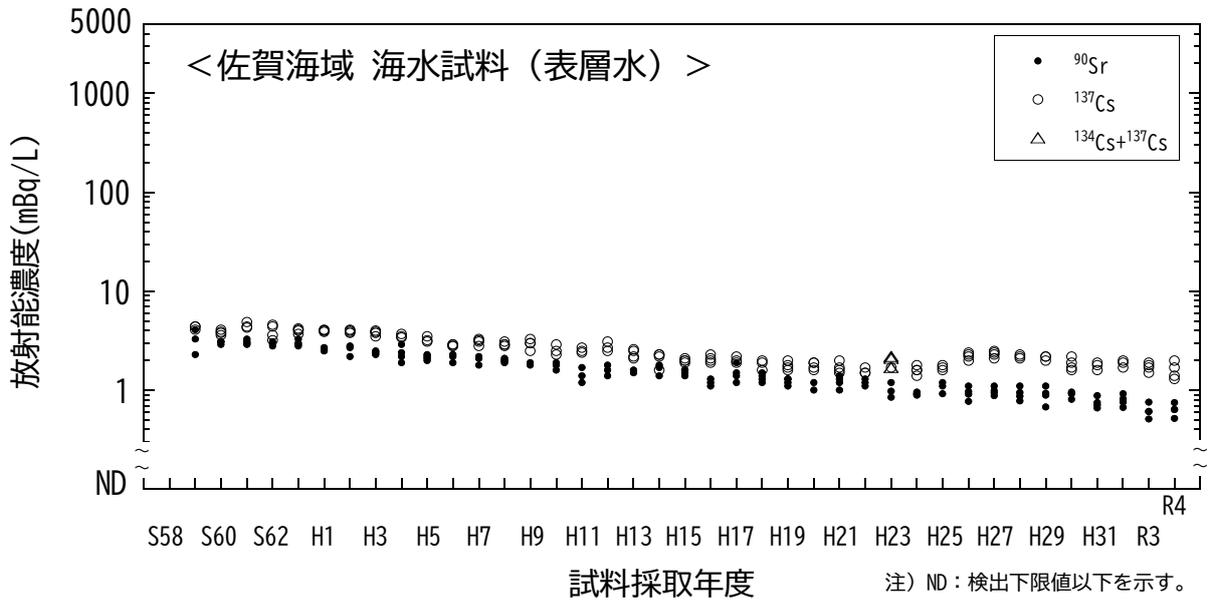


図 I-1-6-54 海水試料の  $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (佐賀海域・表層水)

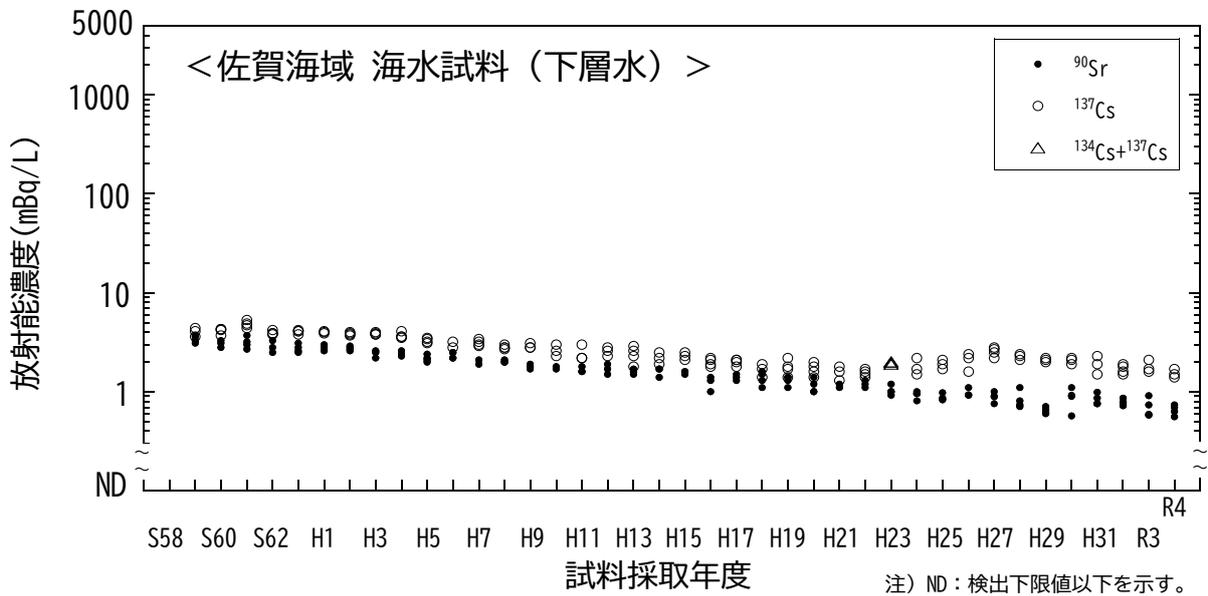


図 I-1-6-55 海水試料の  $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (佐賀海域・下層水)

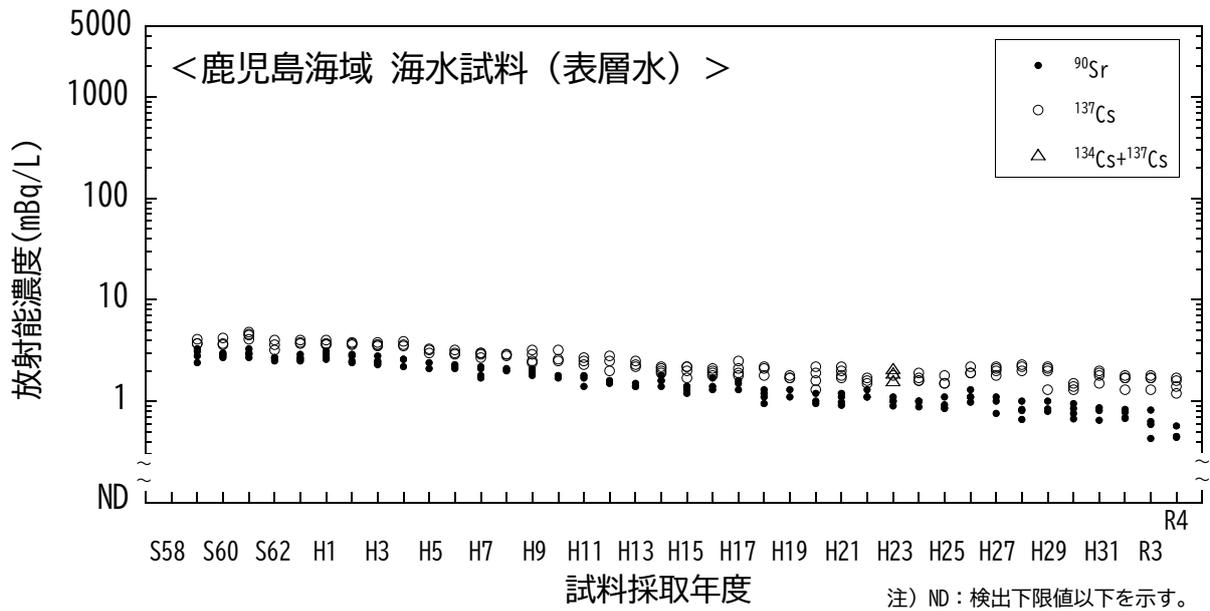


図 I-1-6-56 海水試料の  $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (鹿児島海域・表層水)

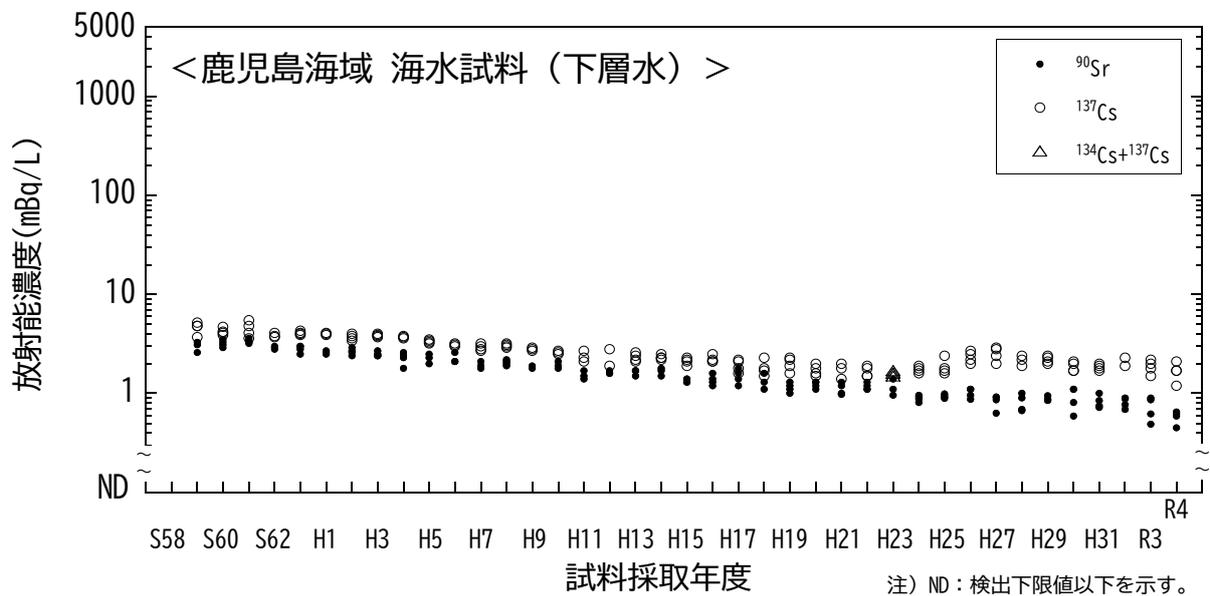


図 I-1-6-57 海水試料の  $^{90}\text{Sr}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (鹿児島海域・下層水)

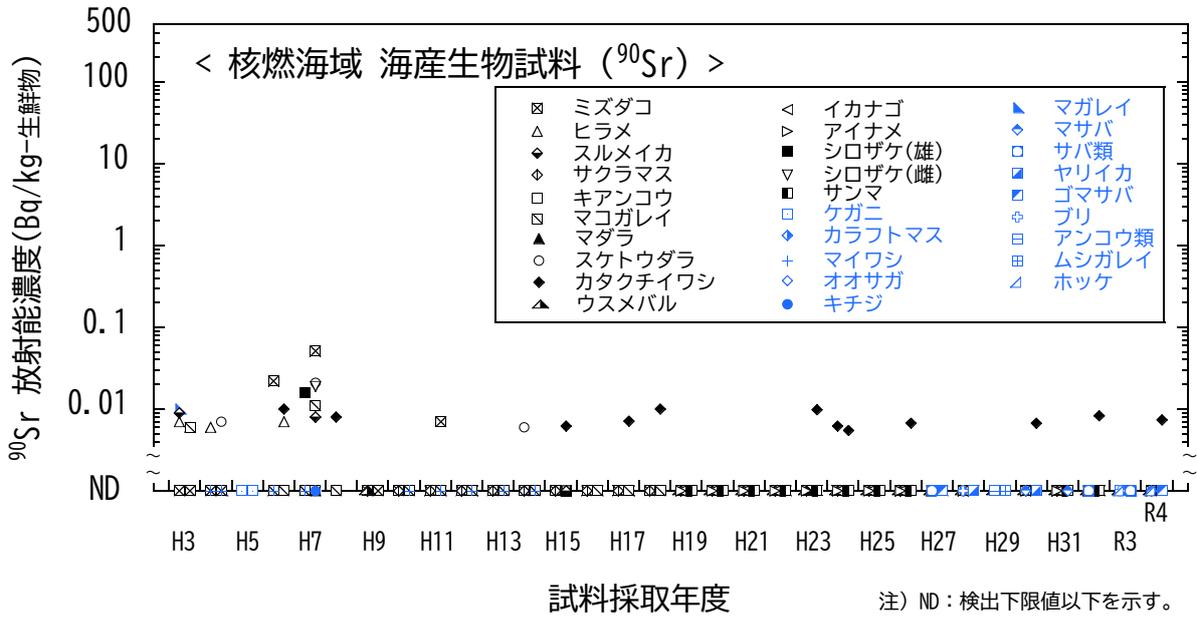


図 I-1-6-58 海産生物試料の  $^{90}\text{Sr}$  放射能濃度の経年変化 (核燃海域)

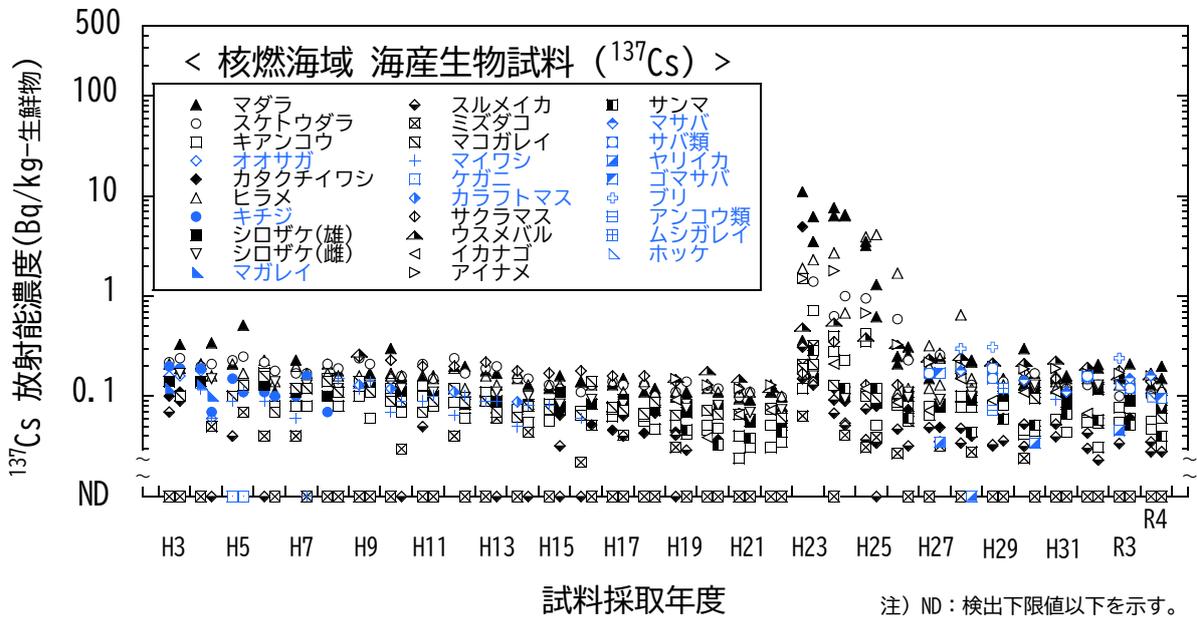


図 I-1-6-59 海産生物試料の  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (核燃海域)

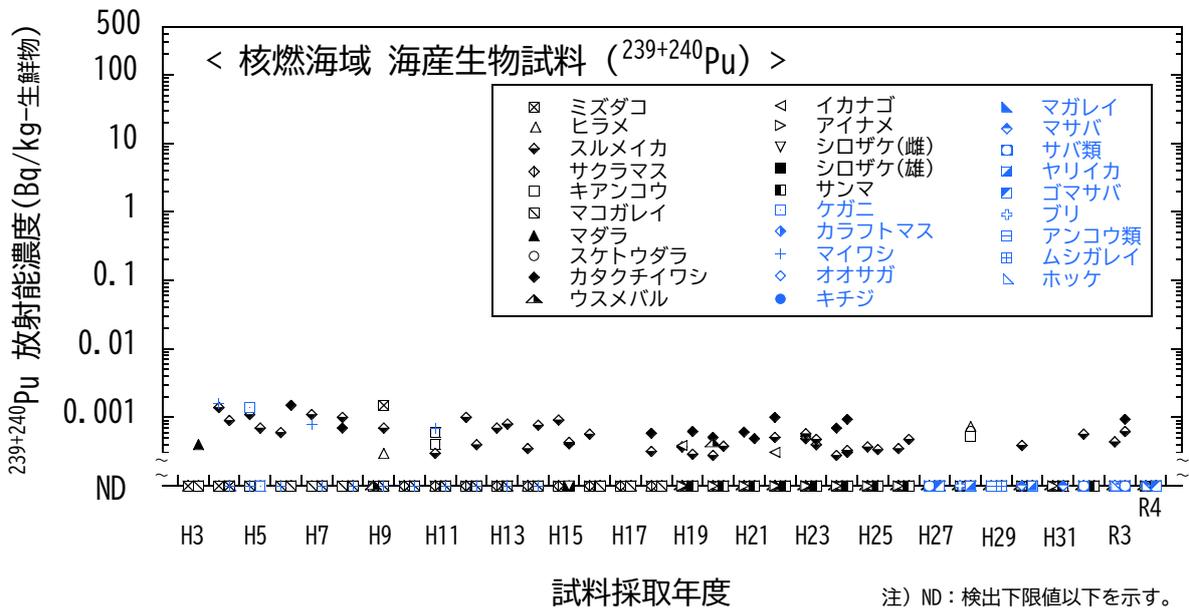


図 I-1-6-60 海産生物試料の  $^{239+240}\text{Pu}$  放射能濃度の経年変化 (核燃海域)

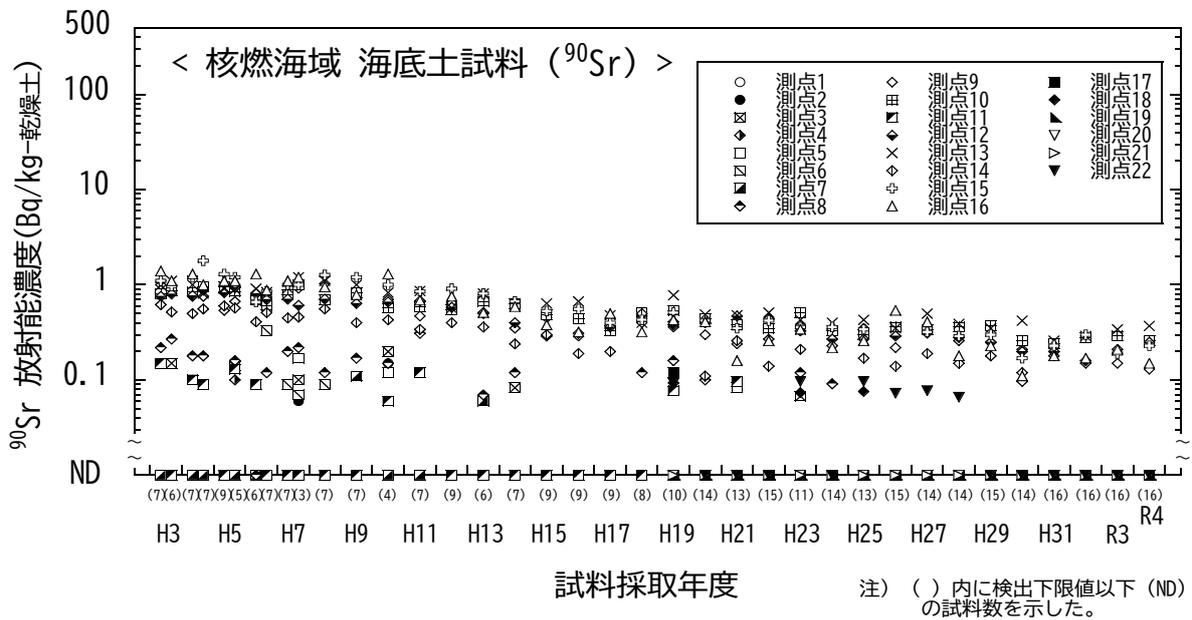


図 I-1-6-61 海底土試料の  $^{90}\text{Sr}$  放射能濃度の経年変化 (核燃海域)

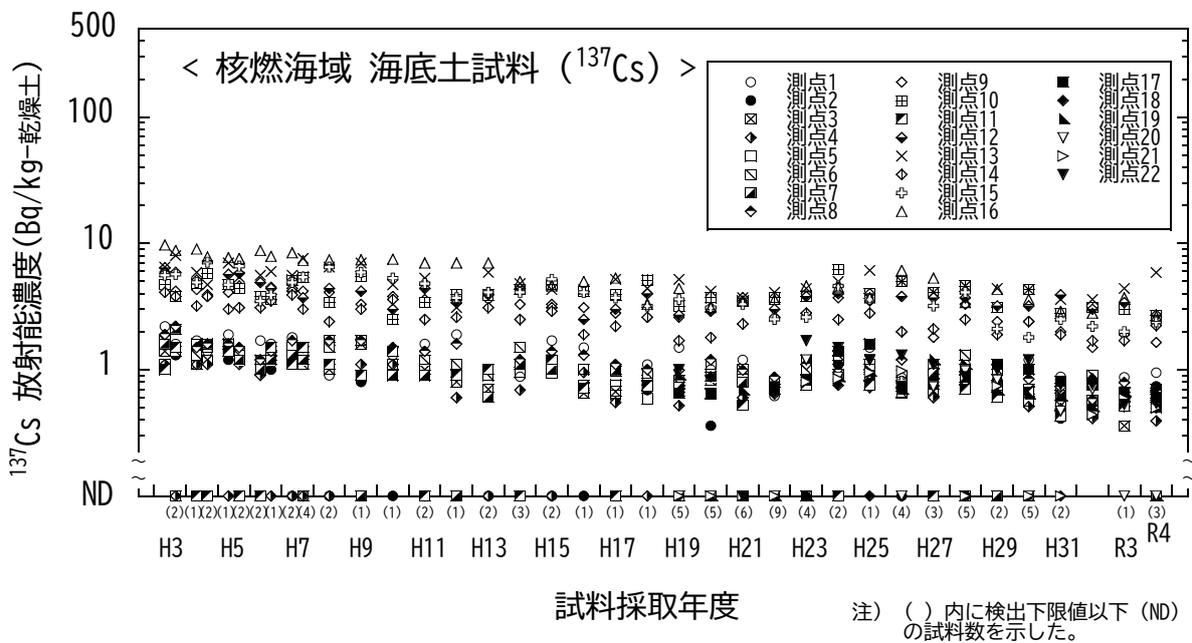


図 I-1-6-62 海底土試料の  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (核燃海域)

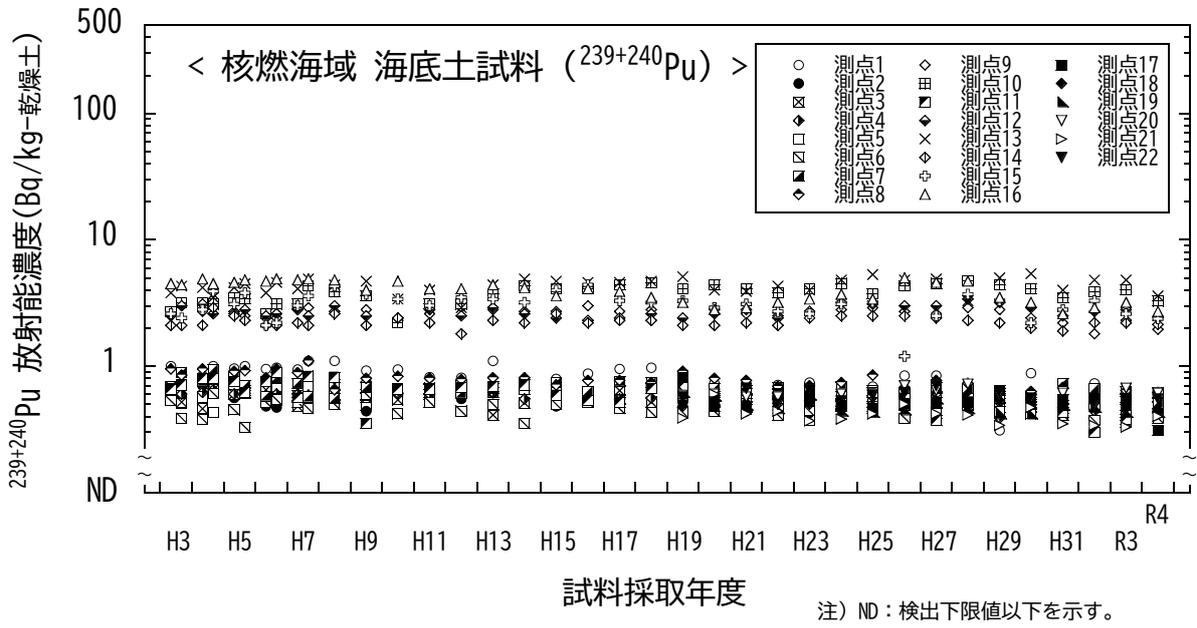


図 I-1-6-63 海底土試料の  $^{239+240}\text{Pu}$  放射能濃度の経年変化 (核燃海域)

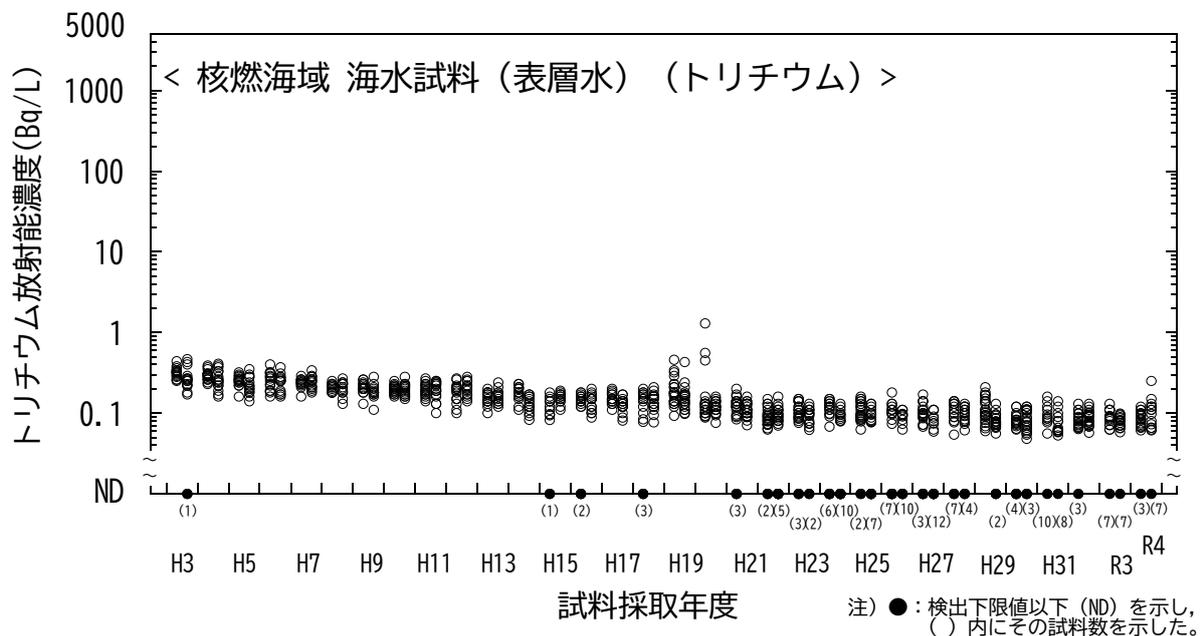


図 I-1-6-64 海水試料のトリチウム放射能濃度の経年変化（核燃海域・表層水）

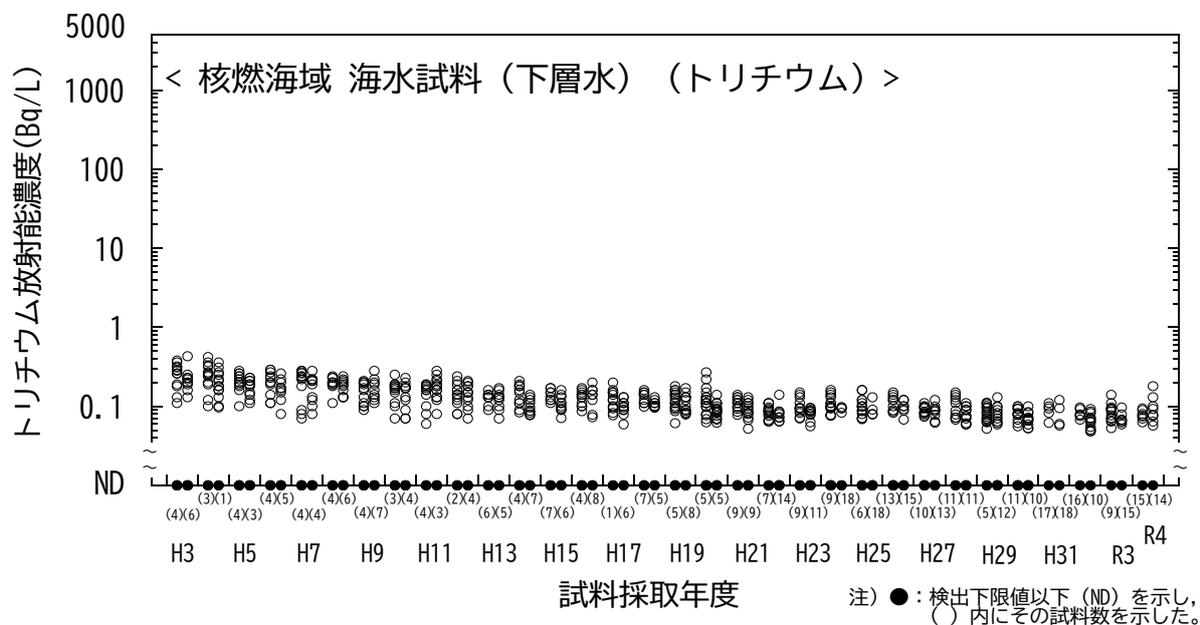


図 I-1-6-65 海水試料のトリチウム放射能濃度の経年変化（核燃海域・下層水）

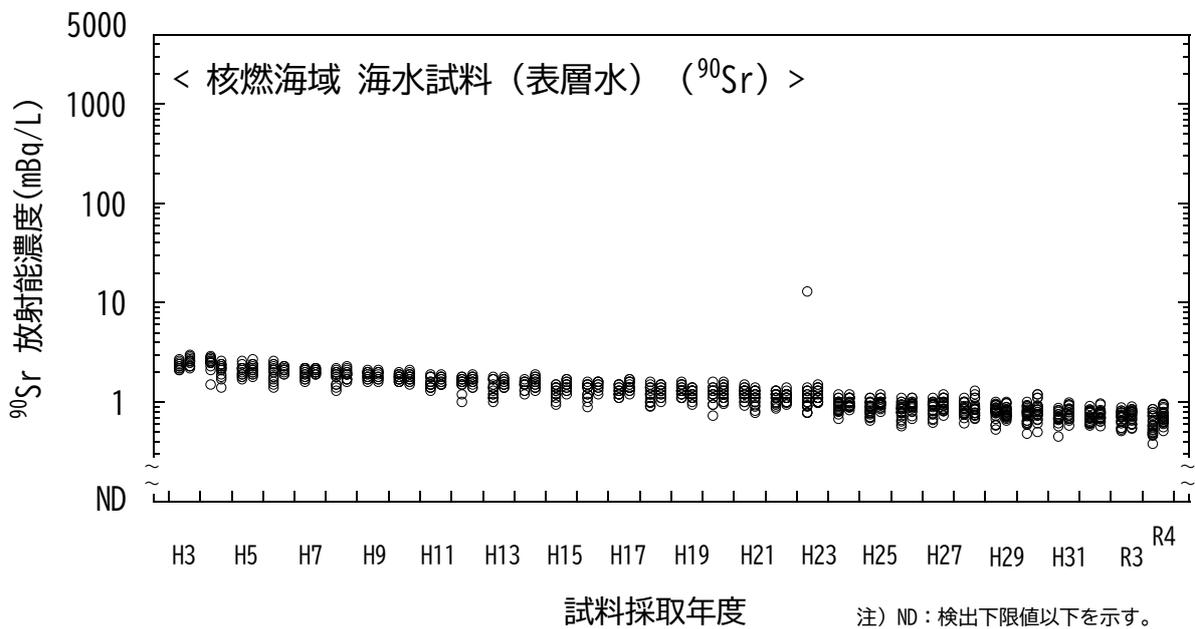


図 I-1-6-66 海水試料の  $^{90}\text{Sr}$  放射能濃度の経年変化 (核燃海域・表層水)

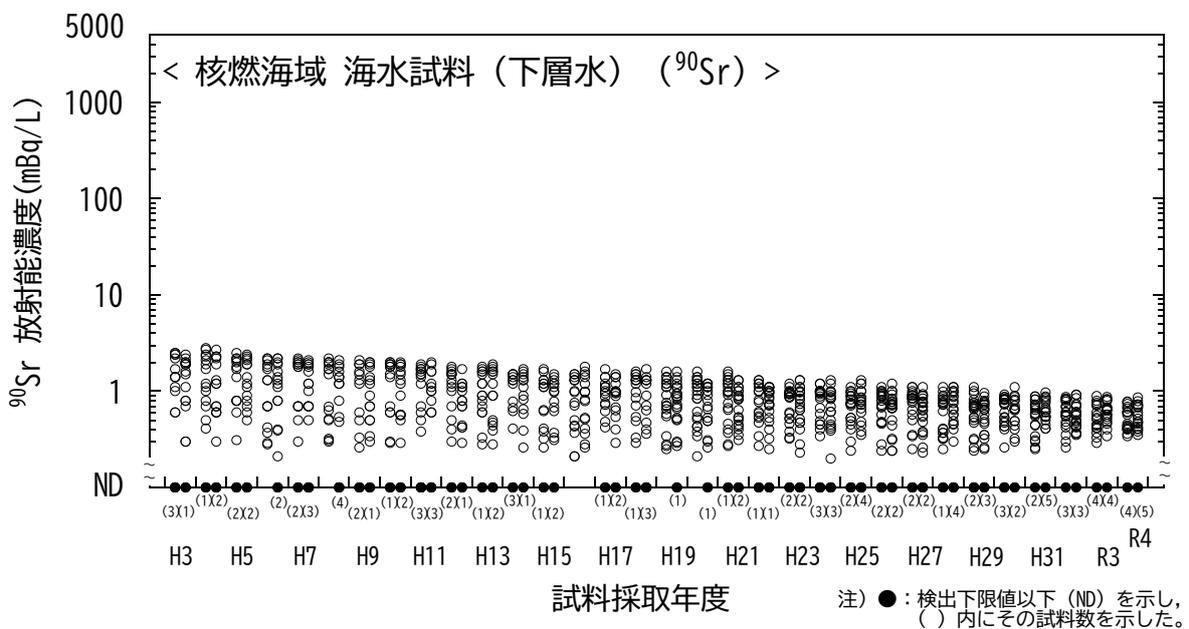


図 I-1-6-67 海水試料の  $^{90}\text{Sr}$  放射能濃度の経年変化 (核燃海域・下層水)

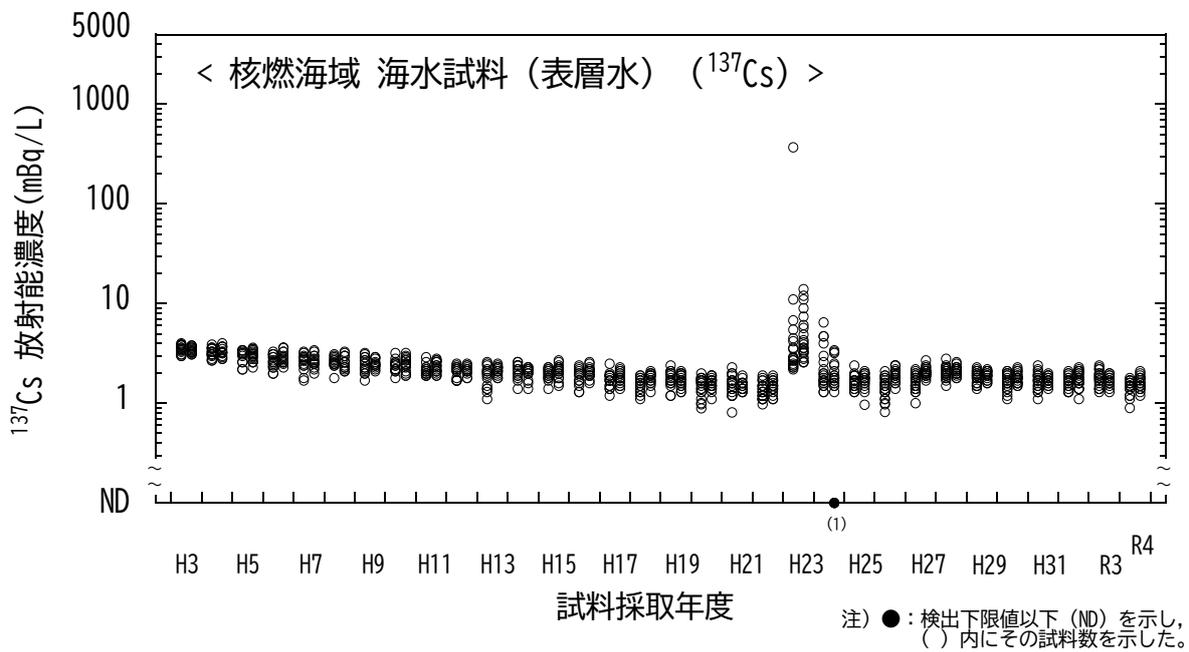


図 I-1-6-68 海水試料の  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (核燃海域・表層水)

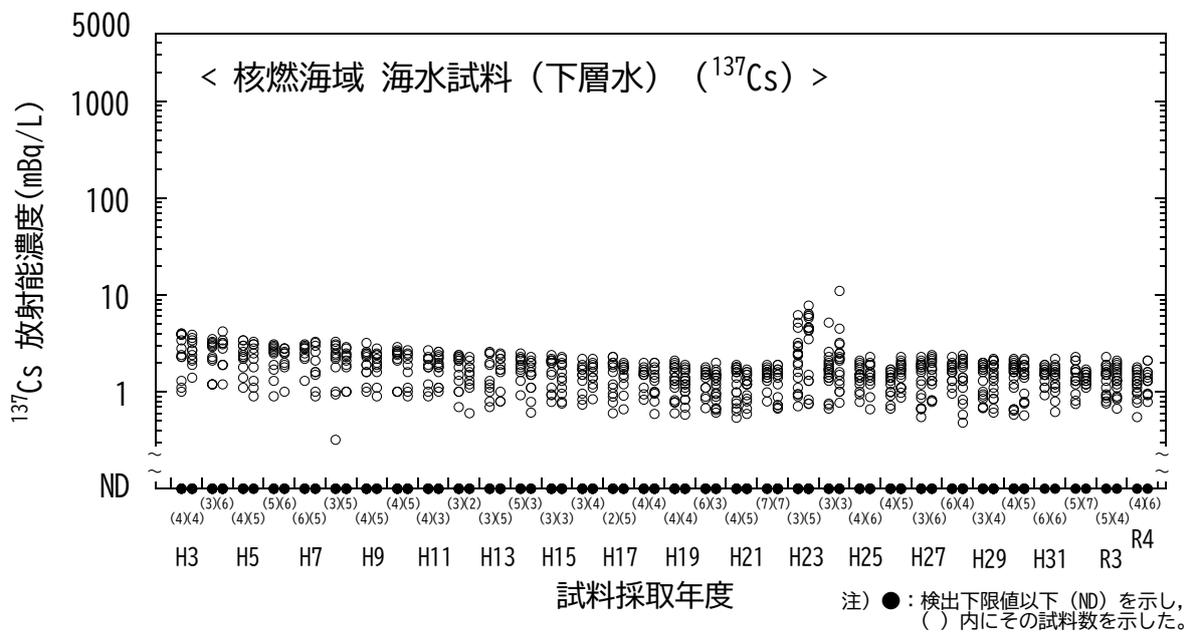


図 I-1-6-69 海水試料の  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の経年変化 (核燃海域・下層水)

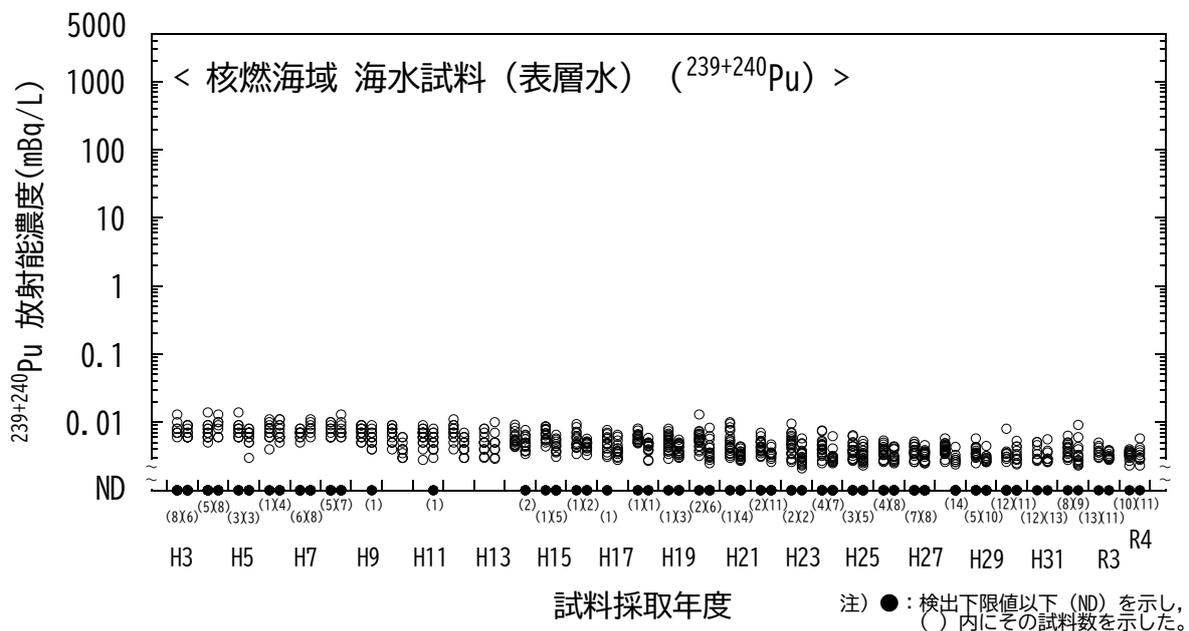


図 I-1-6-70 海水試料の  $^{239+240}\text{Pu}$  放射能濃度の経年変化（核燃海域・表層水）

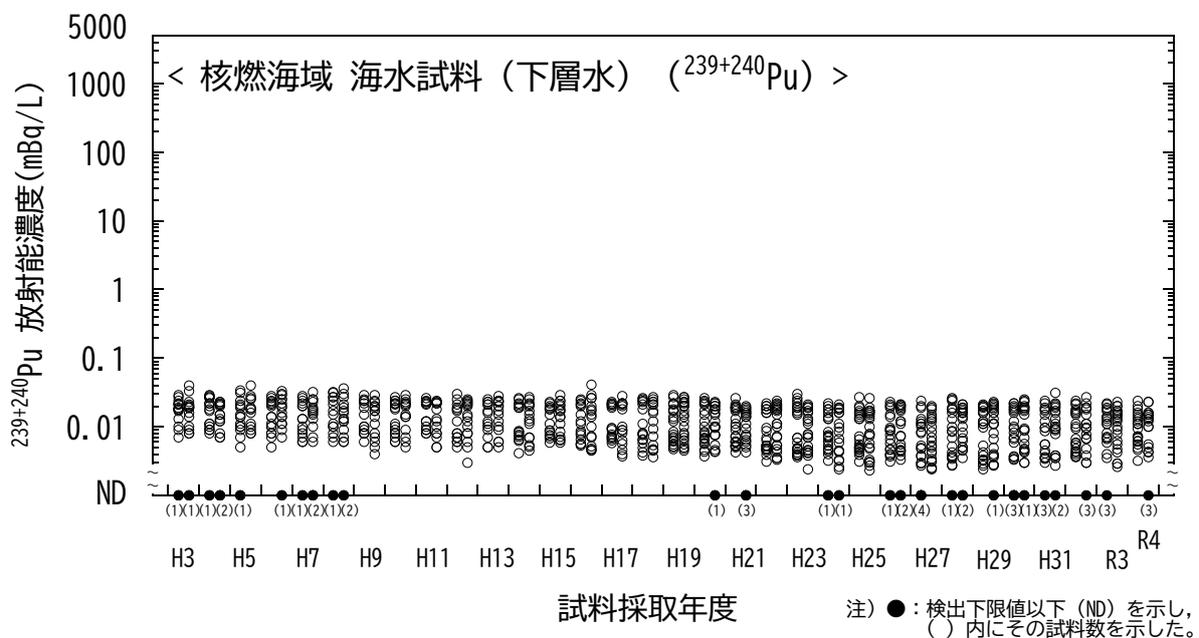


図 I-1-6-71 海水試料の  $^{239+240}\text{Pu}$  放射能濃度の経年変化（核燃海域・下層水）

## 7) 海産生物試料の代替について

### (1) 令和4年度の事業における海産生物試料の代替実績

【1】海洋放射能調査で実施している海産生物試料を対象とした放射能調査においては荒天や気候変動などのやむを得ない理由で計画のとおり魚種が収集できないことがあり、「5) 分析結果」の関係箇所述べたとおり、別の魚種を選定したうえで代替試料として供することで予定する試料数として欠測にならないよう配慮している。試料の代替に当たっては、計画した当該海域で採取することに加えて、海産生物試料の選定（1 ページ参照）に際しての注意すべき事項として

- ・当該海域の漁場における漁獲量が多い種であること
- ・当該海域の漁場における生活期間が長い種であること

に従うよう、同じ海域で収集することはもちろん、分類群や食性の類似性の観点も参考とした。

令和4年度の調査では、表 I-1-7-1 のとおり、調査すべき 16 海域 120 試料のうち、前期（7 海域 16 試料）後期（12 海域 20 試料）の代替を実施した。

なお、ここで言う「代替」は、後述する例として「カナガシラ」を同定したところ、「カナガシラとオニカナガシラが混在」している場合、分別してしまうと放射能分析に必要な量を確保できず、やむを得ず「カナガシラ類」として混合した試料を供する場合も含めている。

表 I-1-7-1 令和4年度の調査における海産生物試料の代替実績

事業年度	時期	海域	予定魚種	代替魚種	同じ海域	分類群類似性	食性類似性
令和4年度	前期	福島第一	スズキ	ババガレイ	○	○	—
			メバル	スケトウダラ	○	○	○
			イシガレイ	マダラ	○	○	—
		福島第二	マダラ	マアナゴ	○	○	○
			マガレイ	カナガシラ	○	○	○
			ミズダコ	ヤナギダコ	○	○	○
		茨城	ヒラメ	ヤリイカ	○	—	○
			マコガレイ	ババガレイ	○	○	○
			ミズダコ	ヤナギダコ	○	○	○
		静岡	マゴチ	マアジ	○	○	—
			クロウシノシタ	アカカマス	○	○	—
		愛媛	コウイカ	ハモ	○	—	○
		佐賀	カサゴ	マダイ	○	○	○
		核燃（三沢）	マコガレイ	ヒラメ	○	○	—
		核燃（八戸）	カタクチイワシ	ホッケ	○	○	—
核燃（釜石）	イカナゴ	マサバ	○	○	—		

(続く)

表 I-1-7-1 令和 4 年度の調査における海産生物試料の代替実績（続き）

事業年度	時期	海域	予定魚種	代替魚種	同じ海域	分類群類似性	食性類似性
令和 4 年度	後期	北海道	スケトウダラ	マサバ	○	○	○
		青森	ヤリイカ	スルメイカ	○	○	○
		福島第一	スズキ	マルアオメエソ	○	○	—
			メバル	キアンコウ	○	○	—
			イシガレイ	ヤナギダコ	○	—	—
		福島第二	マダラ	カナガシラ	○	○	—
			マガレイ	ムシガレイ	○	○	○
			ミズダコ	ヤナギダコ	○	○	○
		茨城	ヒラメ	マルアオメエソ	○	○	—
			マコガレイ	ムシガレイ	○	○	○
			ミズダコ	ヤナギダコ	○	○	○
		静岡	クロウシノシタ	アカシタピラメ	○	○	○
		福井第一	ヒラメ	ムシガレイ	○	○	—
		島根	ヒラメ	マトウダイ	○	○	○
			ムシガレイ	カイワリ	○	○	○
		愛媛	カナガシラ	ワニエソ	○	○	—
		佐賀	カサゴ	マダイ	○	○	○
		鹿児島	チダイ	ヘダイ	○	○	○
			カイワリ	ギンガメアジ	○	○	—
		核燃（山田）	シロザケ（雌）	ゴマサバ	○	○	—

「—」とした代替については類似性が弱いと思われるが、同一漁場から収集した試料であり、本調査の目的として欠測を避けるためにやむを得ず代替しても差し支えないと判断。

## (2) これまでの代替実績

昭和 58 年度から開始した本事業では、前述のとおり試料数の欠測にならないよう、適宜代替を行ってきた。表 I-1-7-2 に東電福島第一原発事故前 5 年間と、令和 4 年度までの直近 10 年間に実施した海産生物試料の代替数を示した。

これまでのところ、平成 23 年度以降に代替数の増加傾向が見られる。とりわけ福島第一及び福島第二海域で収集する魚種については平成 23 年度以降、試験操業（平成 23 年度から令和 3 年度まで）及び本格操業へ向けた移行期間（令和 3 年 4 月から現在に至る）となったことを受けて計画どおりに収集ができない期間が続いていたことも一因である。

一見すると、平成 27 年度以降に代替数が増加しているように見えるが、魚種の同定について、例えば、「カナガシラ」と称して収集した試料について同定作業の結果、「カナガシラ、オニカナガシラ、ホウボウ」といった具合に混合状態にある場合、厳密に試料仕分けを行うと放射能分析に際しての必要量が確保できない場合があり、その場合「カナガシラ → カナガシラ類」のように称することにしたことが一因と考えられる。また、漁獲の状況でやむを得ず、生息環境と食性についての類似性は認められるものの、代謝系が異なる魚類と頭足類の代替事例（例：「イシガレイ」→「ヤナギダコ」）などもあった（本報告書「資料編」の参考資料を併せて参照）。

### (3) まとめ

令和 4 年度に実施した本調査での海産生物試料の調査結果のうち、漁獲量の減少などにより目的とする海産生物試料が入手できないなどの理由により、欠測とならないように、(1) の考え方のもとで 16 海域計 120 試料のうち、計 36 試料について代替した。

表 I-1-7-2 海産生物試料の代替状況

事業実施年度	時期	試料 総数	代替 実施数	福島海域 <sup>*1</sup>	
				混合試料 <sup>*2</sup>	
平成 18～22 年度	前期	335	3	0	1
	後期	335	16	0	1
平成 25 年度	前期	60	7	4	0
	後期	60	6	3	0
平成 26 年度	前期	60	8	4	0
	後期	60	9	4	0
平成 27 年度	前期	60	10	3	0
	後期	60	12	4	1
平成 28 年度	前期	60	15	3	1
	後期	60	12	4	1
平成 29 年度	前期	60	20	3	2
	後期	60	20	5	2
平成 30 年度	前期	60	13	5	2
	後期	60	14	5	1
平成 31 年度 (令和元年度)	前期	60	11	3	2
	後期	60	14	4	2
令和 2 年度	前期	60	14	5	0
	後期	60	13	5	0
令和 3 年度	前期	60	18	5	0
	後期	60	20	5	1
令和 4 年度	前期	60	16	6	0
	後期	60	20	6	0

\*1 代替実施数のうち、福島第一及び福島二海域で採取した海産生物試料に生じた代替数の合計を示す(最大で6)。

\*2 代替実施数のうち、混合試料として「～類」等と称した試料数を示す。