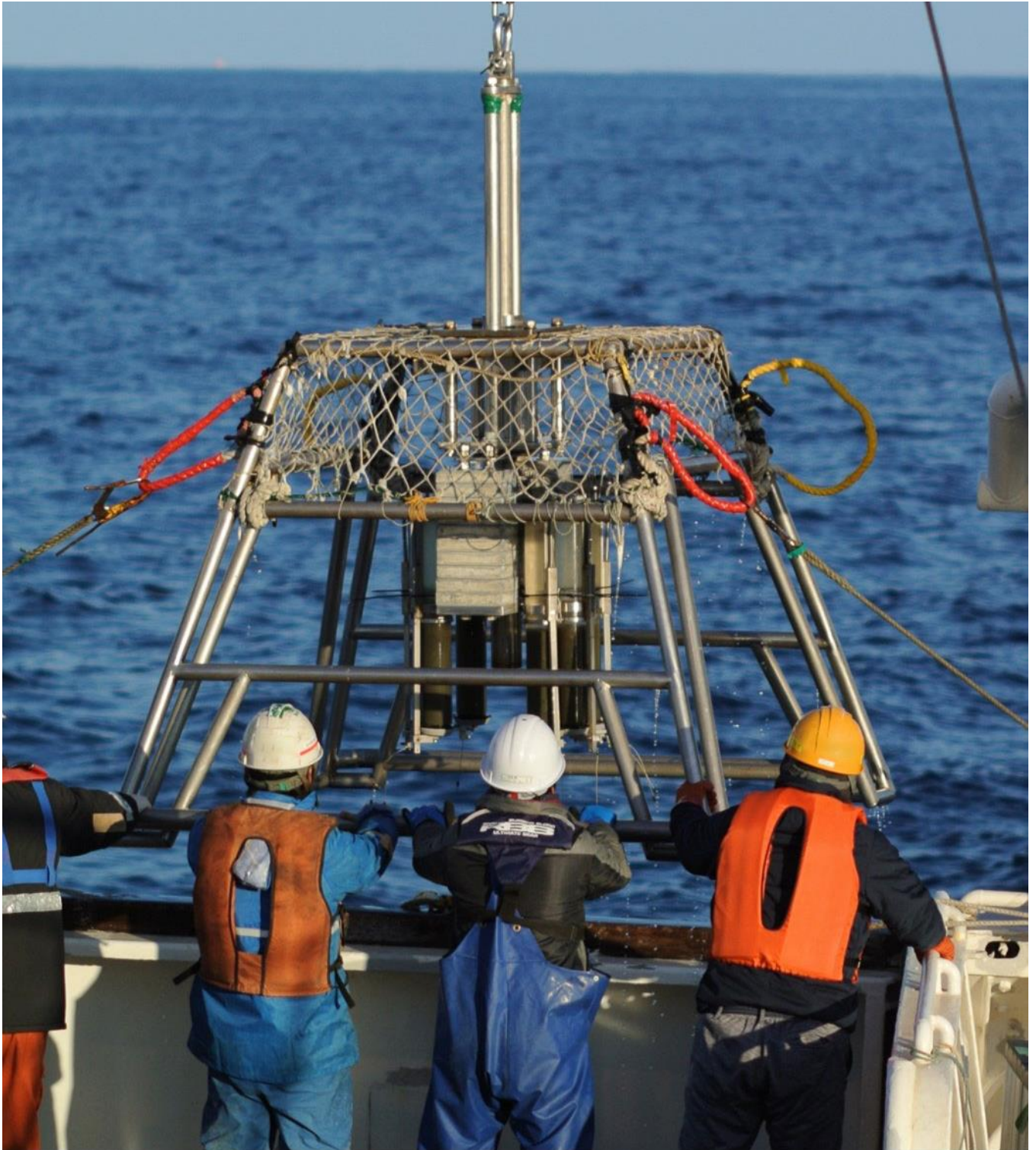


漁場を見守る

海洋環境における放射能調査及び総合評価事業
海洋放射能調査(令和3年度)



海底土採取作業の一例：
海底の環境を乱すことなく海底土を船上に持ち帰ることのできる
柱状採泥器（マルチプルコアラー）を船上に揚収する乗組員



公益財団法人
海洋生物環境研究所

はじめに

このパンフレットは、原子力施設周辺海域における主要漁場の安全確認に資することを目的とした海洋放射能調査と、東京電力(現 東京電力ホールディングス)株式会社福島第一原子力発電所事故の影響を調べることを目的とした同発電所周辺の海域モニタリングについて、調査開始から令和3年度までに採取・収集した海水、海底土及び海産生物の放射能分析結果を整理し、まとめたものです。

我が国の沿岸海域が水産資源の供給の場として、これまで以上に大切な役割を担うようになる一方、沿岸には原子力発電所が建設されるようになってきたことから、漁業界は原子力発電所周辺の主要漁場における海洋環境放射能調査を充実するよう、国に要請しました。国はこの要請を受け、昭和58年度に海洋放射能調査事業を開始し、その後、調査対象海域や調査項目などを追加して事業の拡充を図りつつ今日に至っています。

令和3年度、公益財団法人海洋生物環境研究所は国(原子力規制委員会原子力規制庁)からの委託を受け、皆様のご理解とご協力のもとでこの調査を実施するとともに、その調査結果の概要を取りまとめたこのパンフレットを作成しました。

目 次

はじめに	1
目次	2
事業の仕組み	3
【I】海洋放射能調査	
調査海域	4
調査試料	5
分析する放射性核種	7
海水試料の放射性セシウム分析について	8
令和3年度の調査結果の概要	10
放射能濃度の経年変化	11
対数軸グラフについて	12
原子力発電所等周辺海域(全海域)	13
北海道海域	14
青森海域	15
宮城海域	16
福島海域(第一、第二)	17
茨城海域	18
静岡海域	19
新潟海域	20
石川海域	21
福井海域(第一、第二)	22
島根海域	23
愛媛海域	24
佐賀海域	25
鹿児島海域	26
核燃料(原子燃料)サイクル施設沖合海域	27
【II】東京電力ホールディングス株式会社福島第一 原子力発電所周辺の海域モニタリング	31
参考資料	34

事業の仕組み

公益財団法人海洋生物環境研究所は、原子力規制委員会原子力規制庁からの委託を受けて、全国に所在する原子力発電所等の周辺海域及び核燃料(原子燃料)サイクル施設の沖合海域を対象とした海洋放射能調査及び東京電力(現 東京電力ホールディングス)株式会社福島第一原子力発電所(以後、「東電福島第一原発」という。)事故後の同発電所周辺の海域モニタリング、そして海洋放射能調査を補完・支援するための解析調査を行い、それらを総合的に取りまとめ、海洋環境放射能総合評価のための基礎資料として原子力規制委員会原子力規制庁に報告し、併せて調査海域の関係機関への結果の報告・説明を行っています。

公表

原子力規制委員会
(原子力規制庁)

委託

報告

公益財団法人海洋生物環境研究所

海洋放射能調査

- ・ 原子力発電所等周辺海域
- ・ 核燃料(原子燃料)サイクル施設沖合海域
- ・ 解析調査

東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力
発電所周辺の海域モニタリング

調査結果の取りまとめとその評価

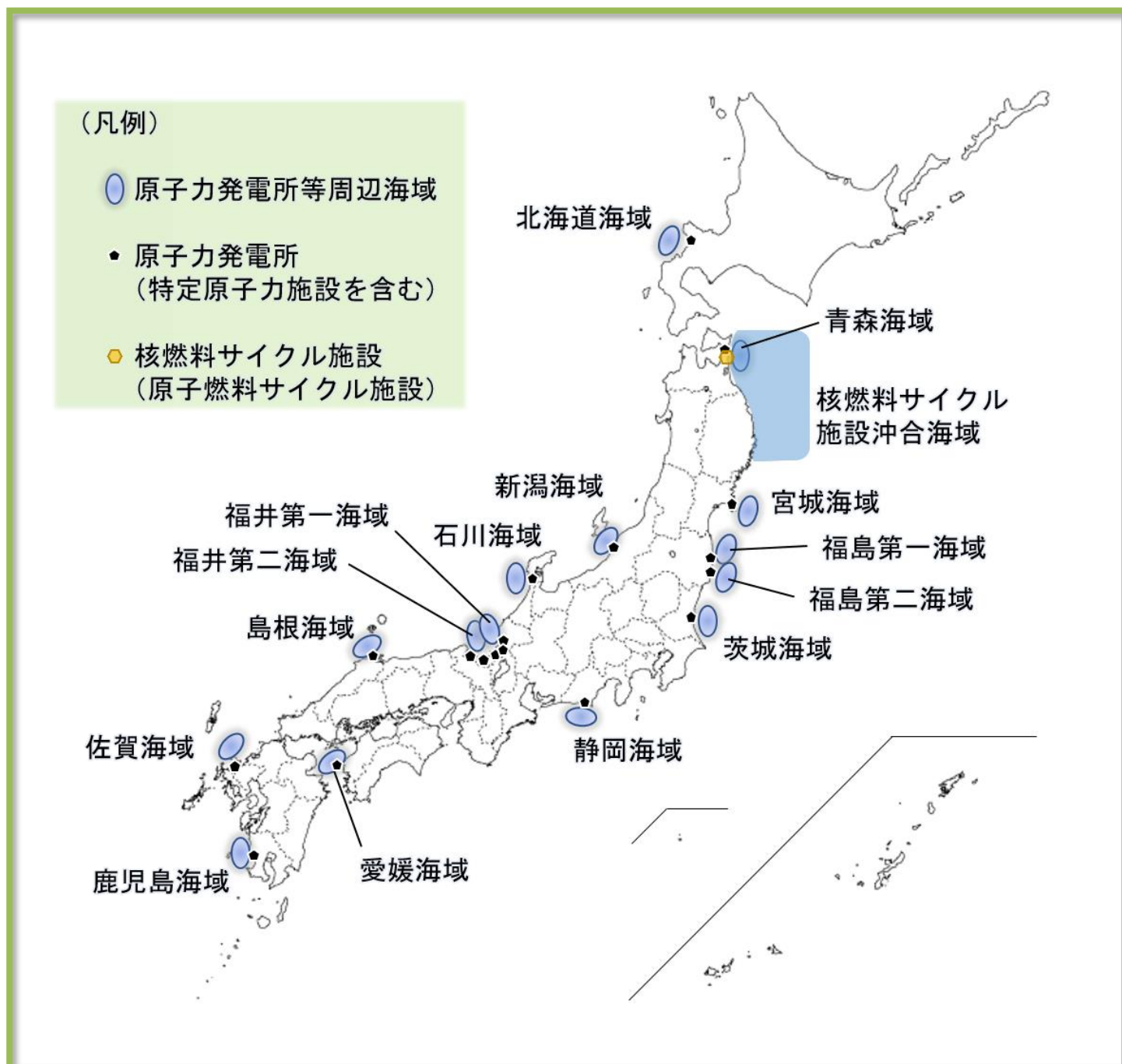
関係団体への調査結果報告と説明

本事業で得られた関連試料の保管・管理

(参考)：平成24年度まで文部科学省の所管で行われていた本事業は、平成24年9月に原子力規制委員会が発足したことを受けて、平成25年度より原子力規制委員会原子力規制庁の所管事業として引き続き実施されています。令和3年度においては、「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」として実施されました。

【I】海洋放射能調査 調査海域

全国に所在する原子力発電所等周辺海域（計15海域、各4測点）及び青森県六ヶ所村にある核燃料（原子燃料）サイクル施設沖合海域(22測点)の主要漁場を対象としています。



図中では、本冊子で言う「核燃料(原子燃料)サイクル施設」を「核燃料サイクル施設」としています。

調査試料

原子力発電所等周辺海域（計15海域、各4測点）及び核燃料（原子燃料）サイクル施設沖合海域（22測点）の主要漁場において、海水試料及び海底土試料の採取を行うとともに、併せて海産生物試料を収集し、それらの試料に含まれる人工放射性核種の放射能分析を行っています。

海水試料

次の観点に基づき、各海域に設けた調査測点において採取しています。

- ・ 当該施設沖合における主要漁場であること

各調査測点にて表層水及び下層水を1試料当たり100リットル・年1回（核燃料（原子燃料）サイクル施設沖合海域は、300リットル・年2回）採取しています。



大型バンドーン採水器による採水作業
（写真は容量約120リットル×3連）
（令和元年度の作業例）



海水試料の採取作業
（大型バンドーン採水器から20リットル容器に分取している様子）

海底土試料

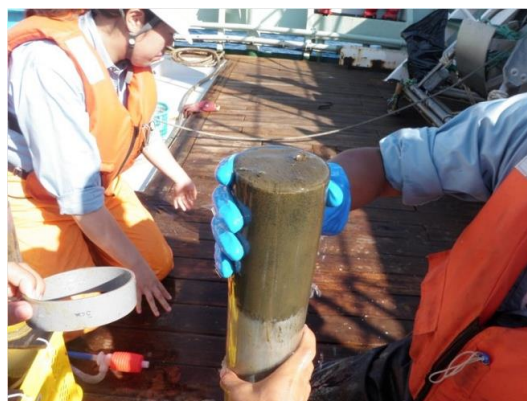
次の観点に基づき、各海域に設けた調査測点において採取しています。

- ・ 当該施設沖合における主要漁場であること
- ・ 海底ができるだけ砂泥質または泥質の場所であること

海水試料と同じ調査測点にて1試料当たり湿重量で約2キログラム・年1回採取しています。



採泥器による採泥作業
（写真は主に柱状海底土を採取するためのマルチプルコアラー）



海底土試料の採取作業（コア試料として採取した表層3cmの海底土をスライスして分取しているところ）
（令和元年度の作業例）



海産生物試料

次の事項に留意して魚種を選択し、調査の対象とする海域（漁場）に出漁している漁業協同組合等の協力を得て収集しています。

- ・対象とする漁場における漁獲量が多い魚種であること
- ・対象とする漁場における生活期間が長い魚種であること

海産生物試料は、各海域にて、1魚種当たり生鮮重量で20キログラム（核燃料（原子燃料）サイクル施設沖合海域は30キログラム）を1試料とし、年2回収集しています。



海産生物試料の全長と体重測定



海産生物試料の取り分け作業



海産生物試料の前処理
(大型乾燥器による乾燥後に
電気炉で灰化)



ベクレル(Bq)とシーベルト(Sv)

世の中には多くの単位があります。単位とは、あるものの量を数値で表す際に基準となる規定の量のことです。身近な単位として、長さを計る際に用いられるメートル(m)、重さを計る際に用いられるグラム(g) などがあります。

色々なものに単位があるように、放射能・放射線にも単位があります。放射能を表す単位をベクレル(Bq)、放射線による影響を表す単位をシーベルト(Sv)と表します。

1ベクレル(Bq)は原子核が1秒間に1個壊変する際の放射能と定義されます。ベクレルの数値が大きいほど、そこからたくさんの放射線が出ていることを意味します。

また、シーベルト(Sv)は人が受ける被ばく線量の単位で、人体に対して用いられるものです。数値が大きいほど、人体が受ける放射線の影響は大きくなります。



距離：メートル(m)



放射能の量
ベクレル(Bq)



放射線による人体への影響
シーベルト(Sv)

分析する放射性核種

本事業では半減期が10年以上の比較的長い放射性核種を分析対象としています。主な分析対象を下の表に示します。また、海水試料、海底土試料及び海産生物試料の放射性核種の放射能分析は、専門の分析機関において、国が定めた方法（注）により行っています。

（注）原子力規制委員会が取りまとめている放射能測定法シリーズ（全35集）のことで、原子力規制委員会が発足するまでは文部科学省が取りまとめていたもの。



夜間における海水試料採取作業
（バンドーン式大型採水器から20リットル容器に分取している様子）

放射性核種		原子力発電所等周辺海域			核燃料（原子燃料）サイクル施設 沖合海域		
		海水試料	海底土試料	海産生物試料	海水試料	海底土試料	海産生物試料
トリチウム		3H	—	—	—	○	—
ストロンチウム-90		90Sr	○	—	—	○	○
放射性セシウム	セシウム-134	134Cs	○	○	○	○	○
	セシウム-137	137Cs	○	○	○	○	○
プルトニウム-239+240 ※		239+240Pu	—	—	—	○	○

表中の放射性核種のほか、マンガン-54、コバルト-60、ルテニウム-106、アンチモン-125、セリウム-144などの人工放射性核種やベリリウム-7、カリウム-40などの自然放射性核種についても測定を行っています。

※（プルトニウム-239とプルトニウム-240は、放出するアルファ線のエネルギーがほぼ等しく、弁別して放射線計測が困難なので、その和「プルトニウム-239+240」として表すことが一般的です。）



分析する主な放射性核種の由来

元素を原子核レベルの「核種」として区別し、壊変する性質を有するものを「放射性核種」と呼びます。

- ・トリチウム（半減期 約12年）
宇宙線と大気構成元素との核反応により自然界で生成するほか、ウラン等の核分裂や原子炉冷却水に添加されるホウ素と中性子との核反応によって生成する放射性核種です。
- ・ストロンチウム-90（半減期 約29年）
ウランやプルトニウムなどが核分裂することによって生成する放射性核種です。
- ・セシウム-134（半減期 約2年）
安定同位体のセシウム-133が中性子を捕獲することによって生成する放射性核種です。
- ・セシウム-137（半減期 約30年）
ウランやプルトニウムなどが核分裂することによって生成する放射性核種です。
- ・プルトニウム-239（半減期 約2.4万年）、プルトニウム-240（半減期 約6,600年）
ウランの核分裂に伴う熱中性子をウランが吸収することによって生成する放射性核種です。

海水試料の放射性セシウム分析について

セシウム-134とセシウム-137の量はベータ線またはガンマ線で計測できます（セシウム-137は正確にはその壊変で生じる短寿命のバリウム-137mからのガンマ線で計測）。

しかし、ベータ線計測では、両者が同時に存在する場合、それらを区別して定量することができません。本事業開始時点では、環境中にセシウム-134の存在は確認されずベータ線計測による分析値は事実上セシウム-137とみなせるため、より低い放射能濃度まで対応できるベータ線計測を海水試料に適用することで分析を行ってきました。

しかし、昭和61（1986）年4月のチェルノブイリ原子力発電所事故直後に環境中でセシウム-134が確認され、セシウム-134の存在を確かめながら分析する必要が生じました。この事故後の海水試料分析では、各海域に設けた4つの測点のうち測点1の表層水試料についてのみセシウム-134とセシウム-137を区別して分析できるガンマ線計測（注）を行い、残りの測点の試料はベータ線計測でそれぞれ分析してきました。

東電福島第一原発事故後に分析した測点1の試料にセシウム-134が検出された海域があり、平成23年度のベータ線計測によるセシウム-137の分析値にはセシウム-134が含まれている可能性のあることが判明したため、この分析値については12ページ以降のグラフでは便宜上「セシウム-134+137」としてしています。なお、平成24年度以降は測点1～4の全海水試料をガンマ線計測で分析していますので、結果は全てセシウム-137の値を示しています。

（注）セシウム-137が壊変してできる短寿命のバリウム-137m（半減期2.5分）はガンマ線を発し、それはあたかもセシウム-137から生じたものとみなすことができます（これを放射平衡と呼んでいます）。海水試料の放射性セシウム分析については9ページを参照のこと。

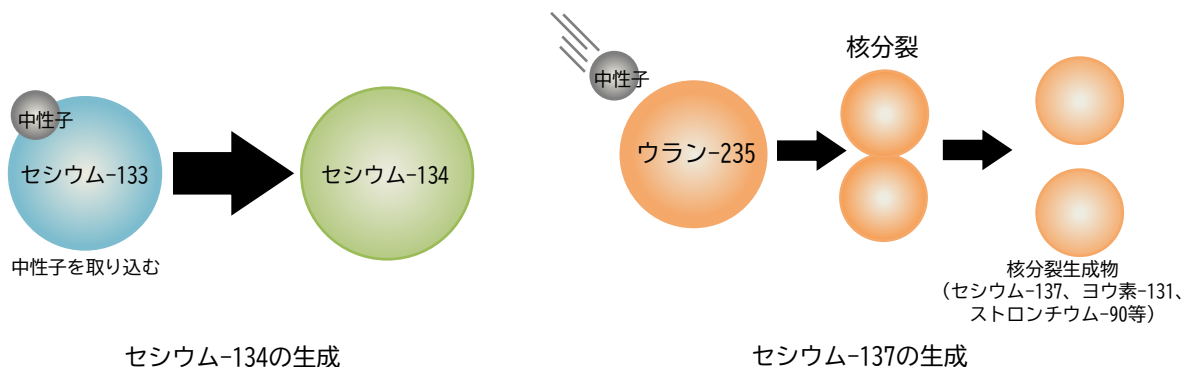


セシウム-134とセシウム-137

セシウム-137はウランやプルトニウムが核分裂をした際に生じる放射性物質で、核爆発実験及び原子炉内の双方で生成されます。一方、セシウム-134はウラン等の核分裂で直接にはほぼ生成されません。

過去に行われた大気中での核爆発実験でも、セシウム-134はほとんど生成しなかったと考えられています。

セシウム-134は、原子炉内で生まれた核分裂生成物（セシウム-133（安定核種））が、炉内に留まる間に中性子を取り込んで生成されます。環境中にセシウム-134が存在すれば、原子炉又は使用済み核燃料から放出されたものとみなされます。



海水試料の放射性セシウム分析について

海水試料に含まれる放射性セシウム分析の手順(一例)

薬品粉末（リンモリブデン酸アンモニウム：AMP）が特異的にセシウムを吸着する性質を利用することで、海水試料に含まれるごくわずかなセシウム（ここではセシウム-134と-137）を効率よく集めることができ、海水試料のセシウム-134と-137の測定に応用することができます。



セシウムの 吸着・分離

海水試料にAMPの粉末（写真：黄色の粉末）を加えて1～2時間程度攪拌し、セシウムを吸着させる。

ろ過

一晩静置し、セシウムを吸着させたAMPを吸引ろ過し、回収する。

乾燥

40℃程度で乾燥し、再び粉末化させたAMPを専用の容器（プラスチック製）に詰める。

測定

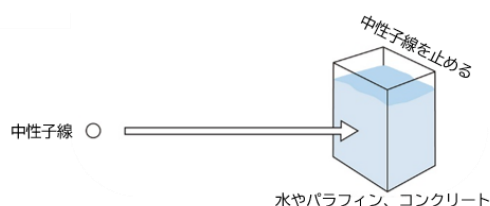
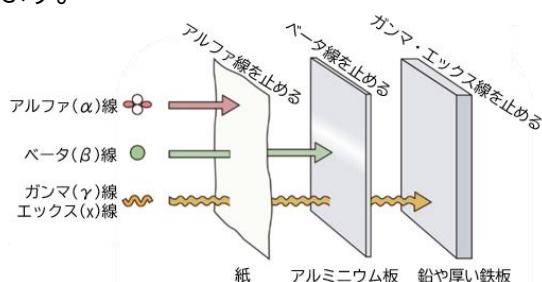
高純度ゲルマニウム半導体検出器でガンマ線を測定することにより、セシウム-134と-137を定量する。
（約1日測定する。）



放射線の種類 ～物質を透過する能力～

放射線は、アルファ線、ベータ線、中性子線といった粒子線に加え、ガンマ線やエックス線といった電磁波に大別されます。

荷電粒子であるアルファ線やベータ線は物質との相互作用により吸収されやすく、電荷を持たない中性子線は強い透過力を持ちます。また、電磁波は放射線が有するエネルギーの強さによって透過力に差があります。



一般財団法人日本原子力文化財団；エネ百科「原子力・エネルギー図面集」参照

令和3年度の調査結果の概要

セシウム-137は、大気圏核爆発実験や東電福島第一原発事故などに由来する主要な放射性核種のひとつです。

本海洋放射能調査では、原子力発電所等の沖合海域（漁場）において、海水、海底土及び海産生物を調査の対象試料として採取し、その中に含まれるセシウム-137の放射能濃度について、昭和58（1983）年度より継続して調査を実施しています。

調査対象の各海域で採取した試料に含まれるセシウム-137の放射能濃度は、東電福島第一原発事故の直後（平成23年）には最大値となりましたが、その後、直近の調査年度である令和3年度まで、継続して低下する傾向にあります。

令和3年度に実施した調査について、試料毎の調査結果を次のとおりまとめました。

※次の説明文内では、全海域において事故前の5年間（平成18～22年度）に実施した測定値の最大から最小濃度までの範囲を『分布範囲』として、令和3年度の調査結果の値と比較します。



海水試料

調査対象16海域中14海域の試料（表層水）は、分布範囲内もしくはそれ以下でした。

それ以外の2海域（福島第一及び石川海域）では分布範囲を上回った試料もあり、最大値は2.6ミリベクレル/リットルでした。



海底土試料

調査対象16海域中12海域の試料は、分布範囲内もしくはそれ以下でした。

それ以外の4海域（福島第一、福島第二、茨城及び新潟海域）では分布範囲を上回った試料もあり、最大値は33ベクレル/キログラム（乾燥土）でした。



海産生物試料

魚類（全98試料）は、調査対象16海域中12海域で分布範囲内もしくはそれ以下でしたが、4海域（宮城、福島第二、茨城及び核燃海域）では一部分布範囲を上回りました。上回った試料は、宮城海域が6試料中2試料、福島第二海域が4試料全て、茨城海域が4試料中3試料、核燃海域が24試料のうち3試料でした。そのうち最大値は0.72ベクレル/キログラム（生鮮物）（セシウム-134はND）であり、国の定める一般食品の基準値（ミニ解説参照）の約1/139でした。

イカ・タコ類は、9海域から得た全19試料中4試料で分布範囲を超え、その最大値は0.082ベクレル/キログラム（生鮮物）（セシウム-134はND）でした。エビ類は2海域3試料のすべてで分布範囲内であり、その最大値は0.042ベクレル/キログラム（生鮮物）（セシウム-134はND）でした。

放射能濃度の経年変化

これまでのところ、原子力発電所等周辺海域では海水試料（表層水）からセシウム-137とストロンチウム-90、海底土試料と海産生物試料からセシウム-137が継続して検出されてきました（14～26ページ）。

核燃料（原子燃料）サイクル施設沖合海域ではセシウム-137に加え、海水試料（表層水）からトリチウムとプルトニウム-239+240、海底土試料と海産生物試料からストロンチウム-90とプルトニウム-239+240が継続して検出されてきました（28～30ページ）。

調査開始から平成22年度までの期間、ストロンチウム-90、セシウム-137及びプルトニウム-239+240は、海水試料、海底土試料及び海産生物試料それぞれで緩やかな減少傾向を示してきましたが、平成23年の東電福島第一原発事故以後は、事故の影響でストロンチウム-90及びセシウム-137の数値が大きく変化している海域がいくつかみられました。

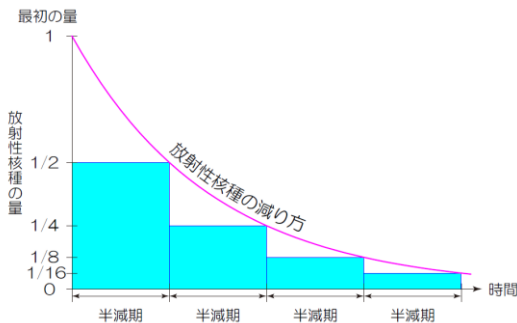
事故後11年経過した令和3年度では、これらの放射能濃度は事故前の分布範囲に戻りつつあります。なお、昭和61年度の海水試料（表層水）と海産生物試料の一部で、昭和60年度に比べて一時的に高い値を示したものがありませんでしたが、これはチェルノブイリ原子力発電所事故の影響と考えられます。



半減期について

初めの放射性核種の量が半分になるまでの時間を『半減期』といいます。半減期の時間が経過するたびに放射能は半分になるため、半減期の2倍の時間が経過すれば、最初の放射能の4分の1に減少することになります。

半減期は、放射性核種ごとに異なります。



放射性核種	半減期
ウラン-238	44.7億年
カリウム-40	12.5億年
プルトニウム-239	2.4万年
炭素-14	5700年
セシウム-137	30.1年
ストロンチウム-90	28.8年
トリチウム	12.3年
セシウム-134	2.1年
ヨウ素-131	8.0日
ラドン-222	3.8日

出典：（公社）日本アイソトープ協会編集発行「アイソトープ手帳12版」



食品基準値について

我が国における食品中の放射性セシウムの基準値（右表）は、年間の被ばく線量が1ミリシーベルト以内になるよう設定されています。これは、食事の際に摂取する放射性セシウムとそれ以外の放射性核種（例えばストロンチウム-90、プルトニウム）からの影響も考慮し、乳幼児や妊婦も含めたどの年齢の人にも配慮した基準となっています。

参考）水浴場の放射性物質に係る水質目安「10ベクレル/リットル以下」（環境省）

食品中の放射性物質の基準値

（単位：ベクレル/キログラム）

核種等	食品群	基準値
放射性セシウム	乳児用食品	50
	牛乳	50
	飲料水	10
	一般食品	100

出典：厚生労働省「食べものと放射性物質のはなし」

対数軸グラフについて

パンフレット(本事業)では、海水試料、海底土試料及び海産生物試料における放射性核種の分析結果を経年変化としてグラフを掲載しています。



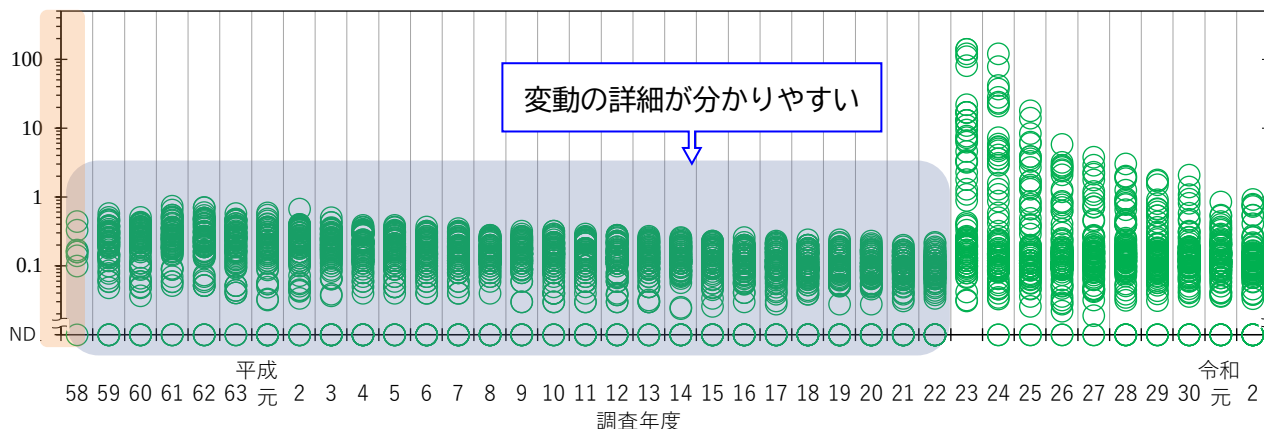
線形軸グラフと対数軸グラフの比較

対数軸グラフとは軸の目盛が対数で振られているグラフで、変化の範囲が大きい数値をグラフ化するときに使われます。下のグラフは昨年度と今年度の全海域海産生物の経年変化を比較したものです。

【線形軸グラフ（平成31年度までのグラフ）】



【対数軸グラフ（令和2年度から採用したグラフ）】



線形軸グラフの目盛は、
一定距離毎に数が等幅で増加します。



対数軸グラフの目盛は、
一定距離毎に数が10倍（1桁）ずつ増加します。

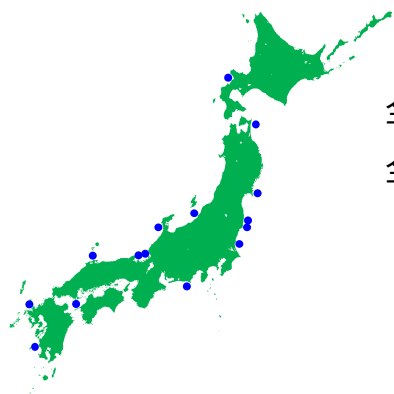


検出下限値について

環境試料に含まれる放射性核種の放射能分析・測定を行う場合、放射能濃度がある濃度レベル以上ないと検出することができません。この限界の濃度を『検出下限値』と呼んでいます（NDと表記されることが多い）。なお、本冊子ではNDを「Not Detected；検出されず」の意味で表示しています。

原子力発電所等周辺海域（全海域）

昭和58年度～令和3年度



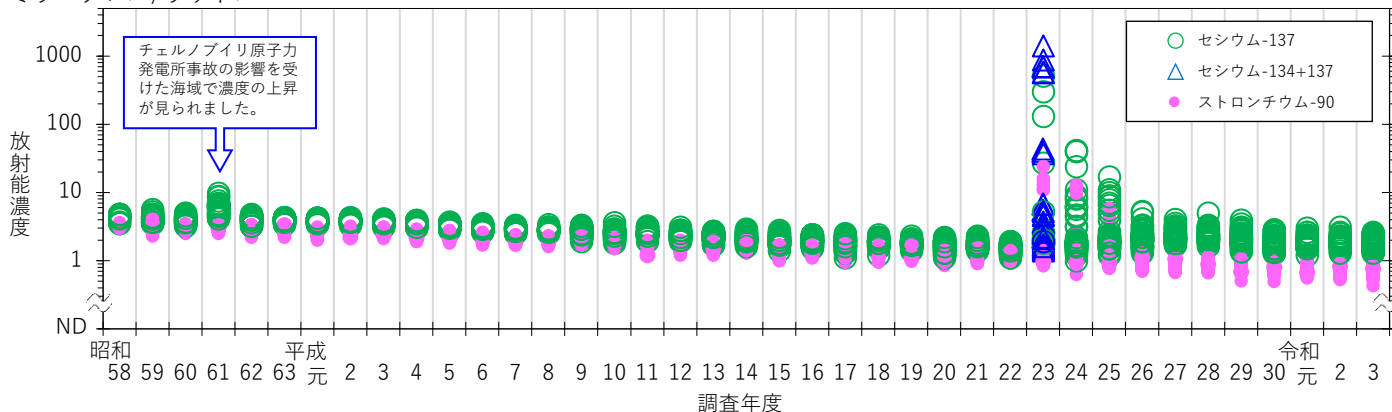
全国の原子力発電所等周辺海域における放射能分析の結果を全て含め、全海域としています。

原子力発電所等周辺海域

北海道海域、青森海域、宮城海域、福島第一海域、福島第二海域、茨城海域、静岡海域、新潟海域、石川海域、福井第一海域、福井第二海域、島根海域、愛媛海域、佐賀海域、鹿児島海域

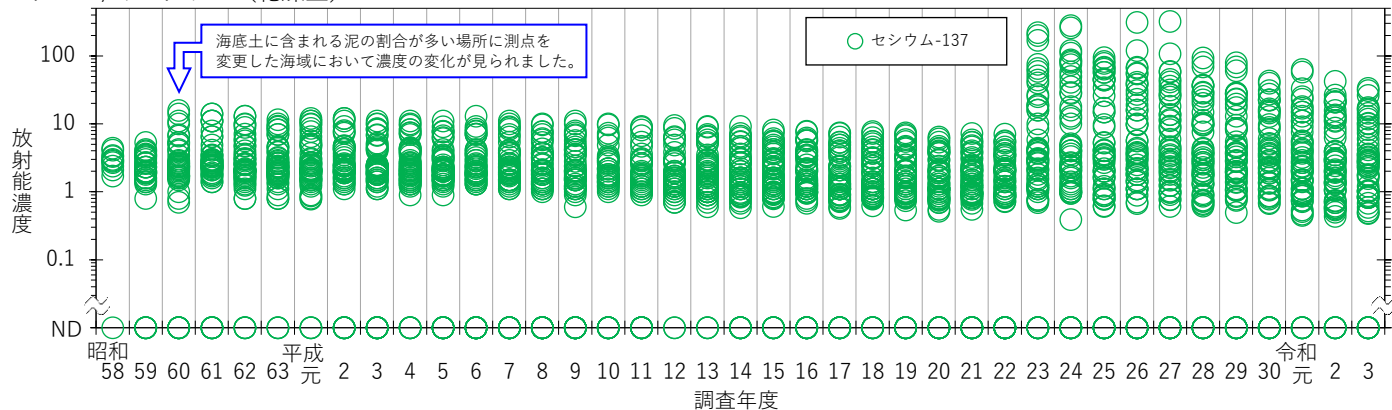
海水（表層水）

ミリベクレル/リットル



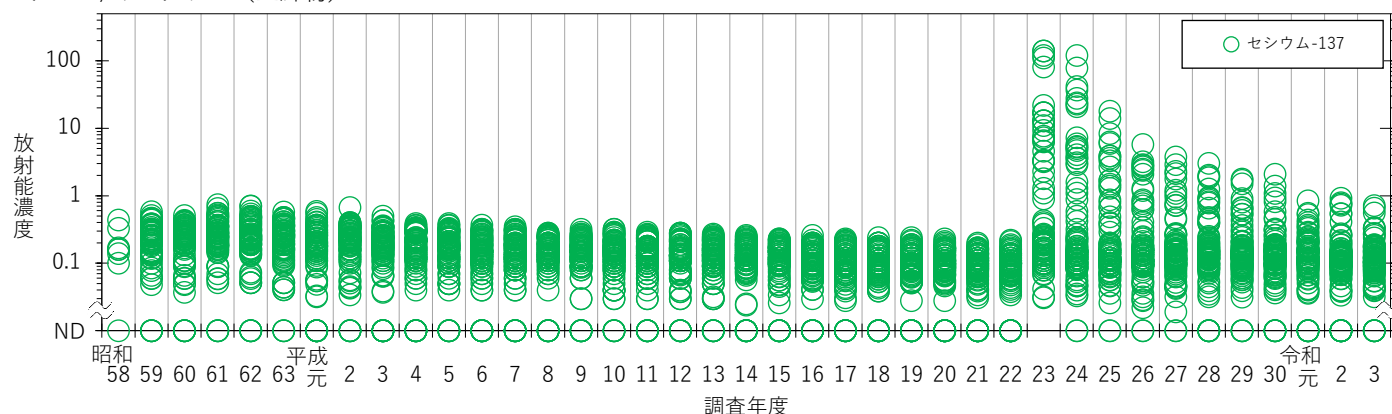
海底土

ベクレル/キログラム（乾燥土）



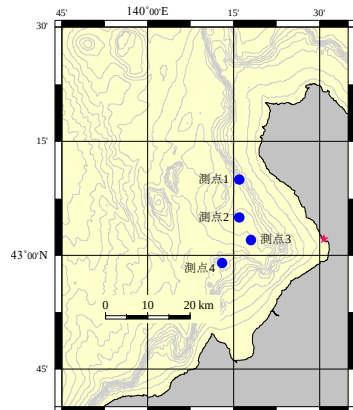
海産生物

ベクレル/キログラム（生鮮物）



北海道海域（原子力発電所等周辺海域）

昭和63年度～令和3年度



【海水試料・海底土試料 採取測点】

測点1：北緯43度10分 東経140度16分、測点2：北緯43度05分 東経140度16分
測点3：北緯43度02分 東経140度18分、測点4：北緯42度59分 東経140度13分

【海産生物試料 収集試料】

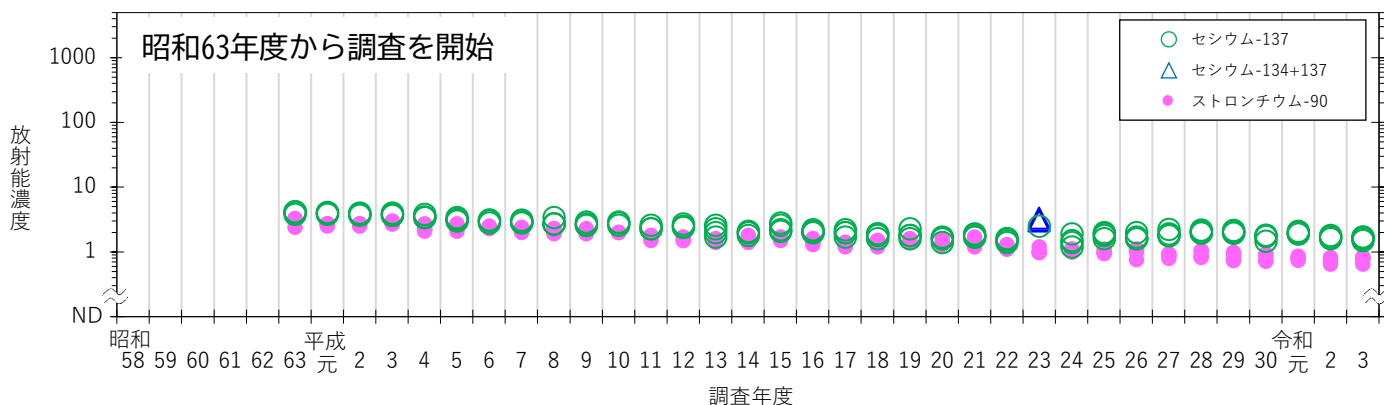
令和3年度

第1回 ホッケ、ソウハチ、ミズダコ

第2回 ホッケ、ヒラメ、マサバ

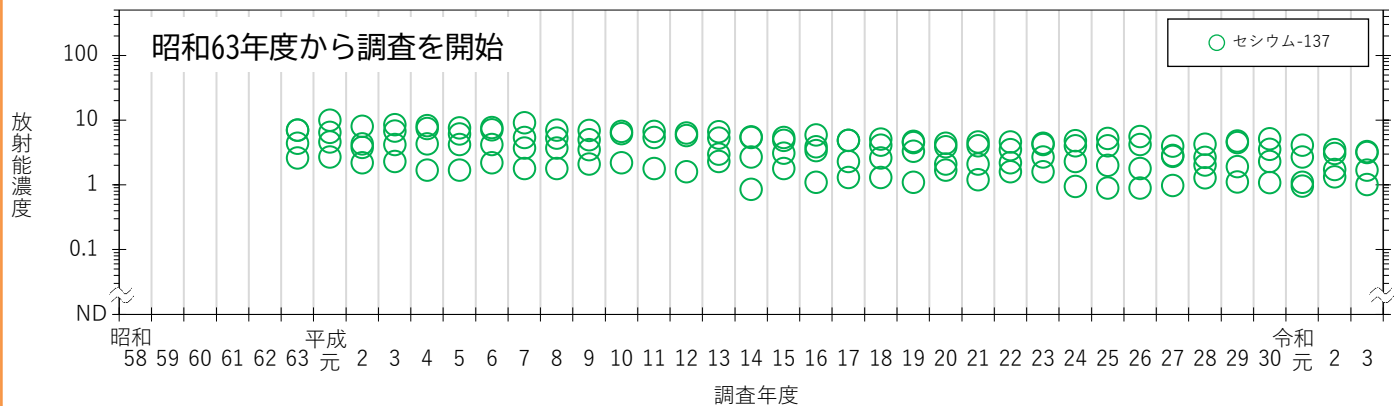
海水（表層水）

ミリベクレル/リットル



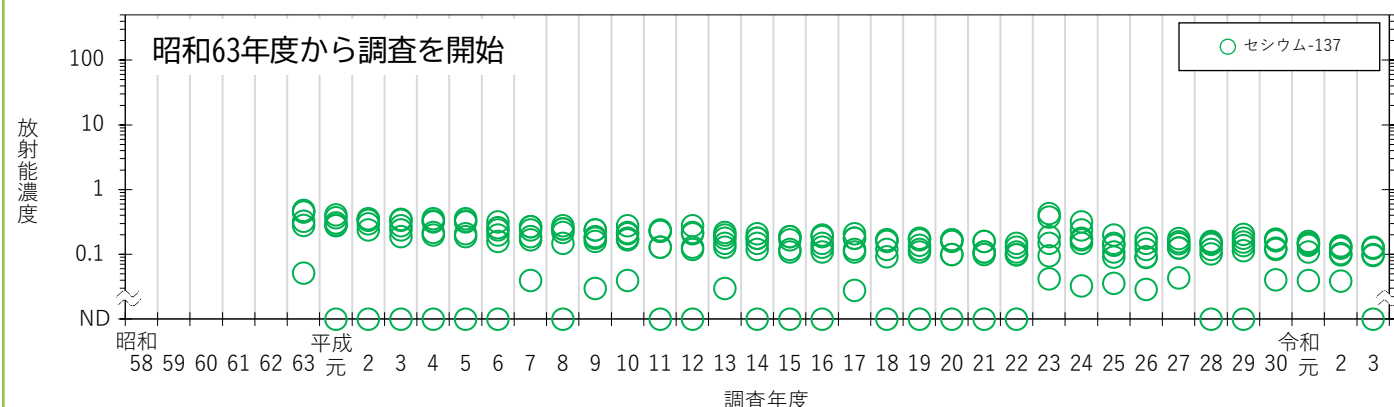
海底土

ベクレル/キログラム（乾燥土）



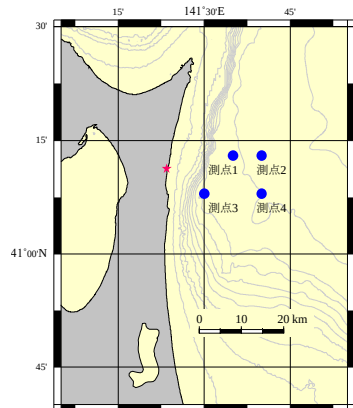
海産生物

ベクレル/キログラム（生鮮物）



青森海域（原子力発電所等周辺海域）

平成15年度～令和3年度



【海水試料・海底土試料 採取測点】

測点1：北緯41度13分 東経141度35分、測点2：北緯41度13分 東経141度40分
測点3：北緯41度08分 東経141度30分、測点4：北緯41度08分 東経141度40分

【海産生物試料 収集試料】

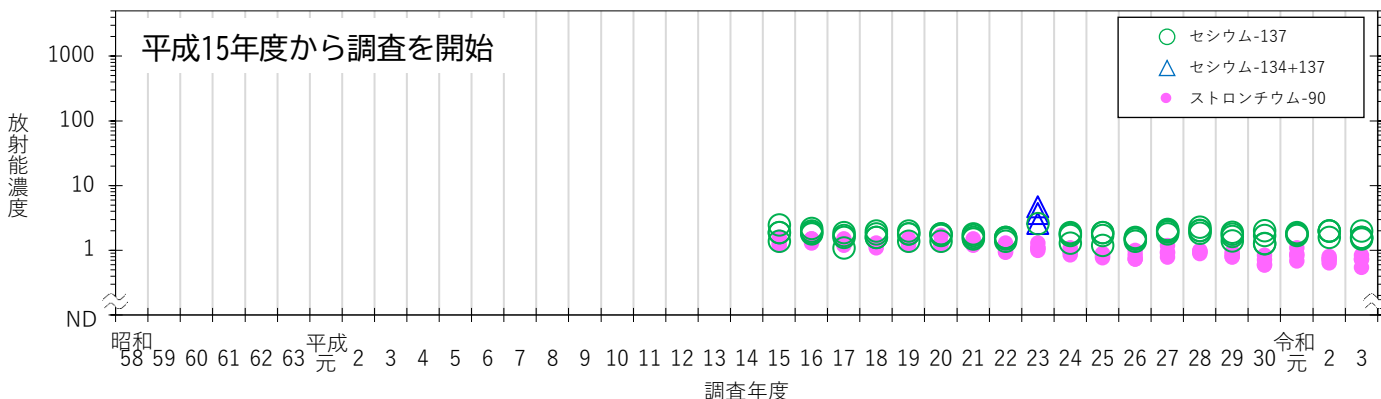
令和3年度

第1回 クロソイ、ホッケ、アイナメ

第2回 クロソイ、アイナメ、ヤリイカ

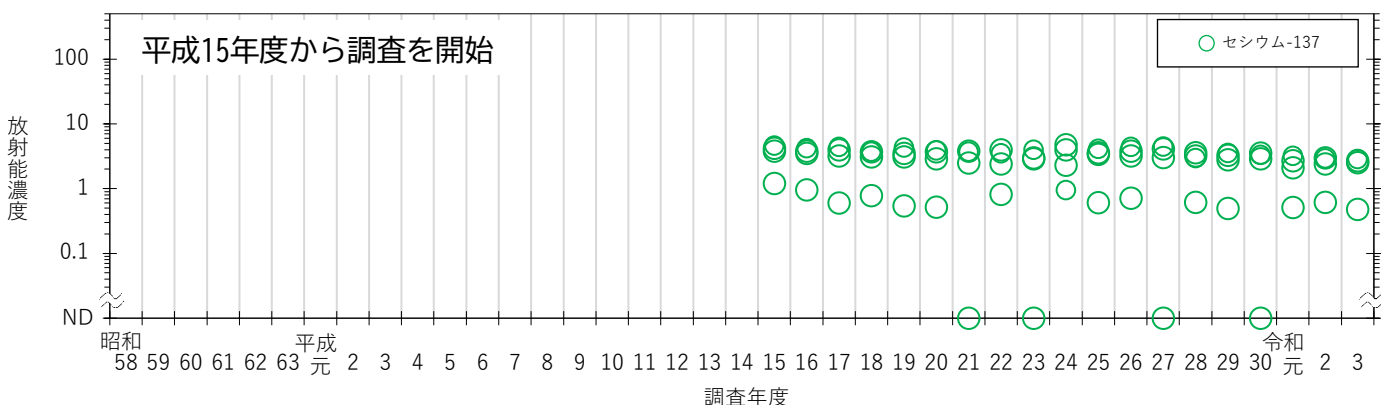
海水（表層水）

ミリベクレル/リットル



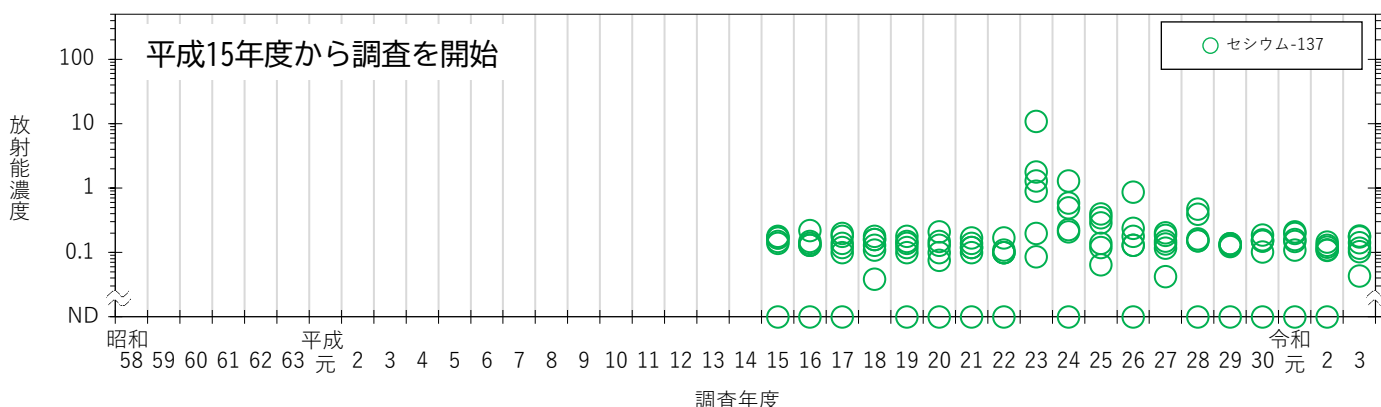
海底土

ベクレル/キログラム（乾燥土）



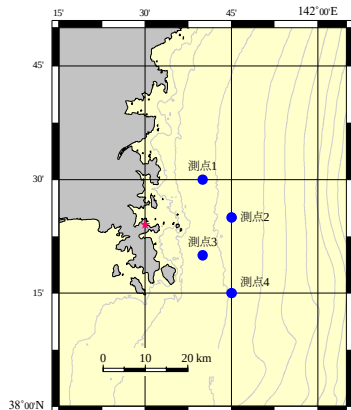
海産生物

ベクレル/キログラム（生鮮物）



宮城海域（原子力発電所等周辺海域）

昭和59年度～令和3年度



【海水試料・海底土試料 採取測点】

測点1：北緯38度30分 東経141度40分、測点2：北緯38度25分 東経141度45分
測点3：北緯38度20分 東経141度40分、測点4：北緯38度15分 東経141度45分

【海産生物試料 収集試料】

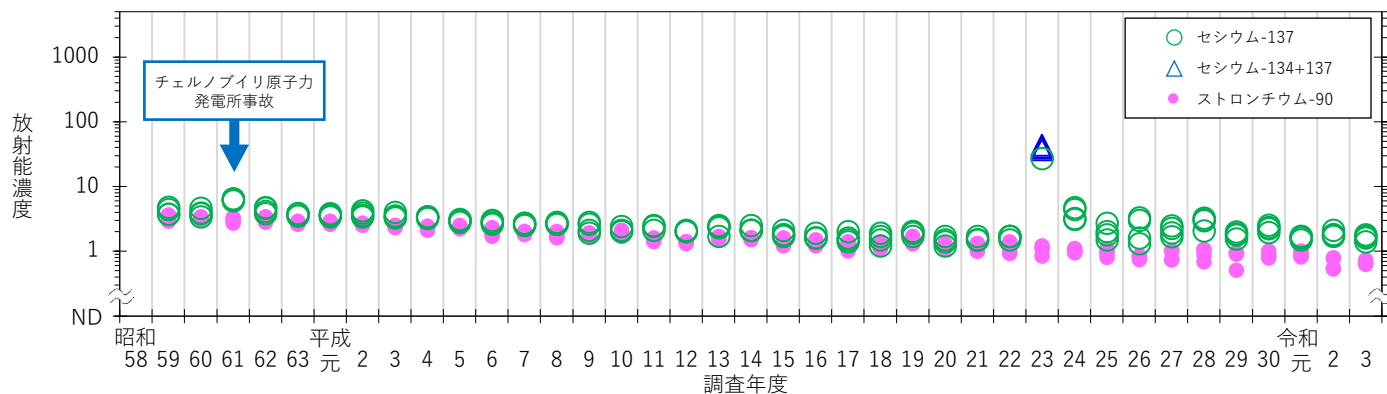
令和3年度

第1回 マダラ、アイナメ、マアナゴ

第2回 マダラ、アイナメ、マアナゴ

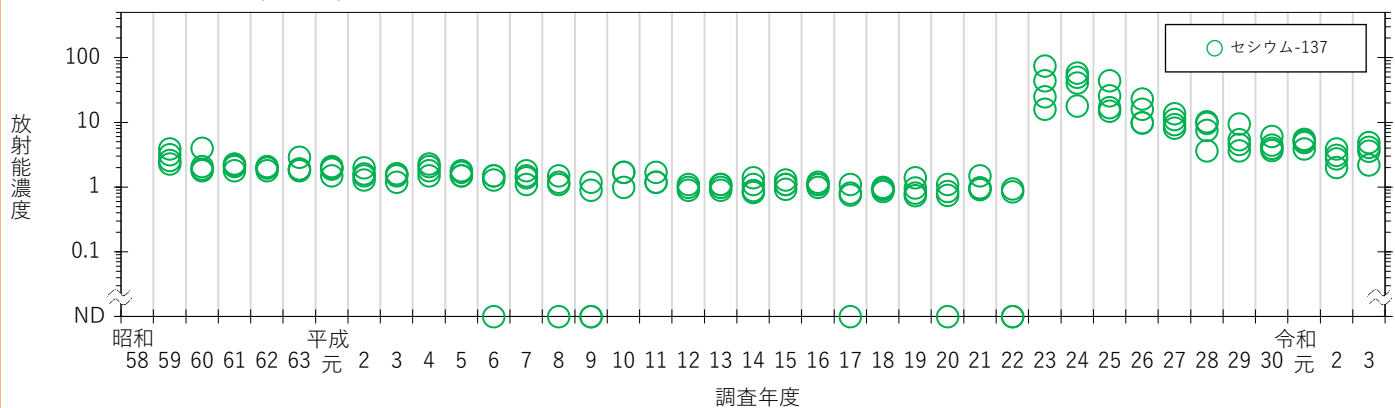
海水（表層水）

ミリベクレル/リットル



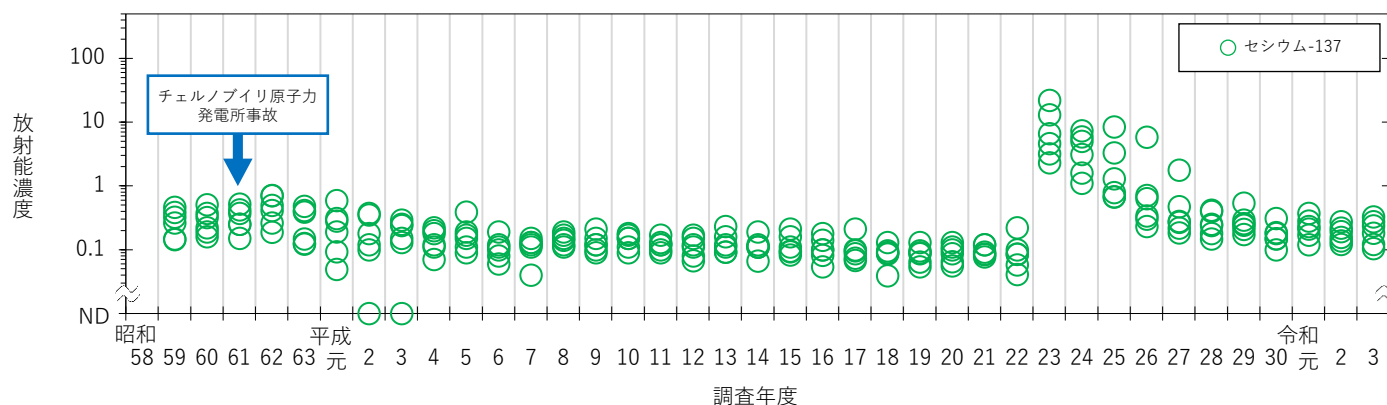
海底土

ベクレル/キログラム（乾燥土）



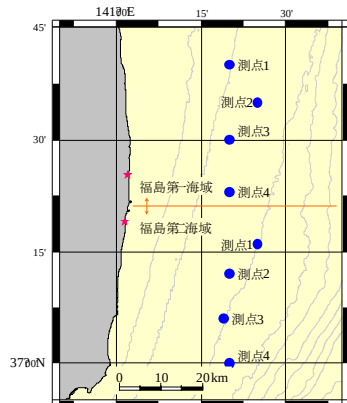
海産生物

ベクレル/キログラム（生鮮物）



福島海域（第一、第二）（原子力発電所等周辺海域）

昭和58年度～令和3年度



【海水試料・海底土試料 採取測点】

第一 測点1：北緯37度40分 東経141度20分、測点2：北緯37度35分 東経141度25分
測点3：北緯37度30分 東経141度20分、測点4：北緯37度23分 東経141度20分

第二 測点1：北緯37度16分 東経141度25分、測点2：北緯37度12分 東経141度20分
測点3：北緯37度06分 東経141度19分、測点4：北緯37度00分 東経141度20分

【海産生物試料 収集試料】

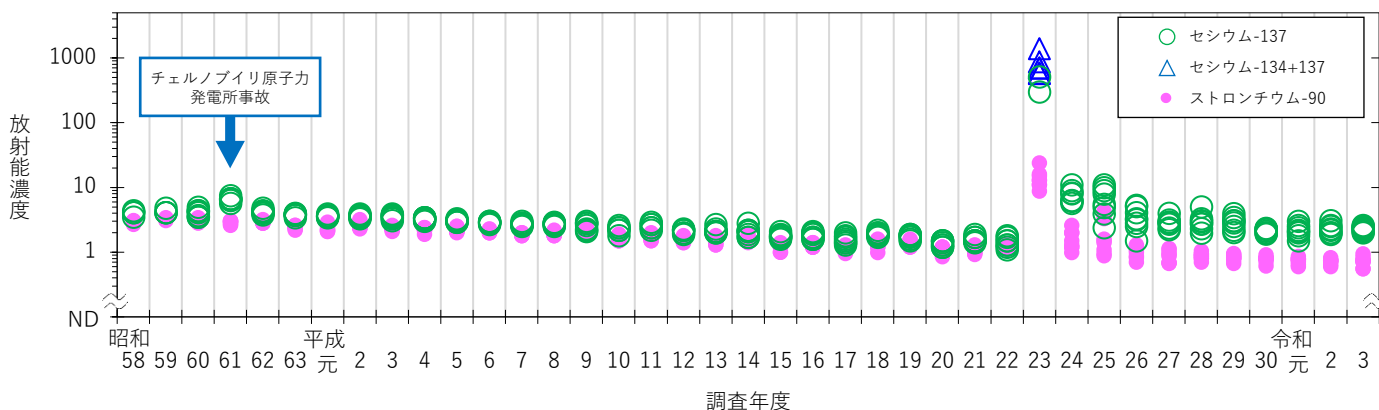
令和3年度

第1回 福島第一：ソウハチ、ババガレイ、ヤナギダコ 福島第二：マアナゴ、マガレイ、ヤナギダコ

第2回 福島第一：サバ類、ユメカサゴ、ヤリイカ 福島第二：カナガシラ、マガレイ、マダコ

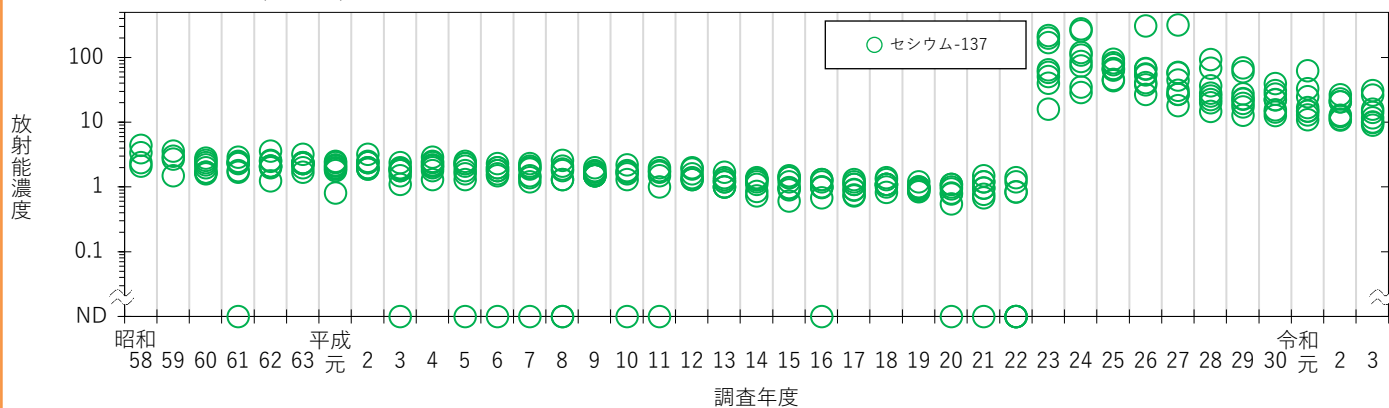
海水（表層水）

ミリベクレル/リットル



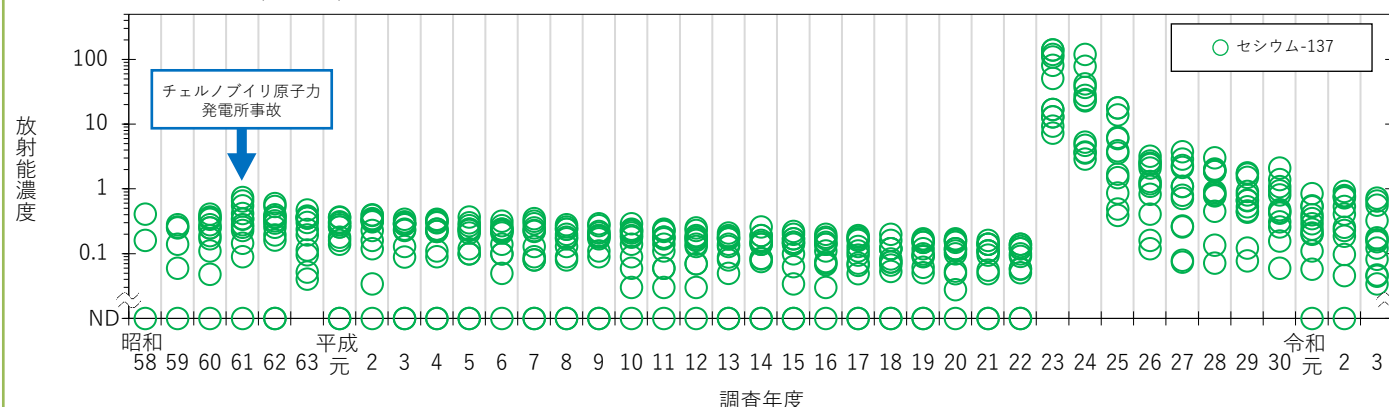
海底土

ベクレル/キログラム（乾燥土）



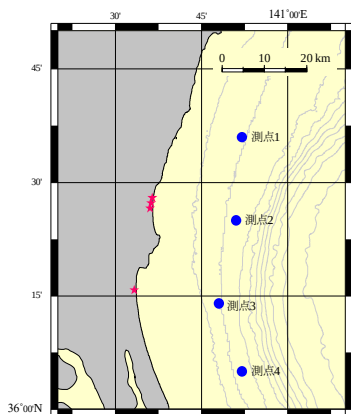
海産生物

ベクレル/キログラム（生鮮物）



茨城海域（原子力発電所等周辺海域）

昭和59年度～令和3年度



【海水試料・海底土試料 採取測点】

測点1：北緯36度36分 東経140度52分、測点2：北緯36度25分 東経140度51分
測点3：北緯36度14分 東経140度48分、測点4：北緯36度05分 東経140度52分

【海産生物試料 収集試料】

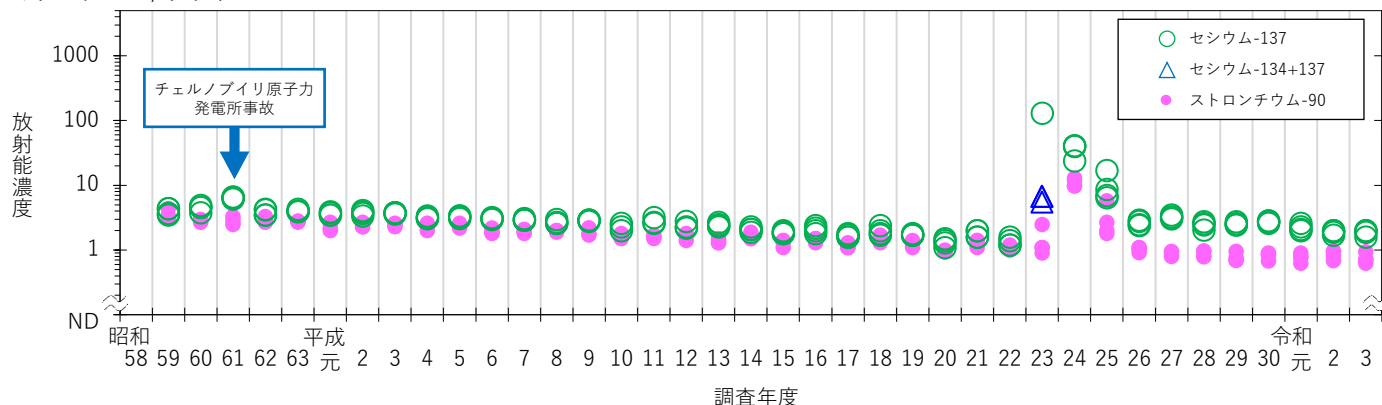
令和3年度

第1回 カナガシラ、キンメダイ、ヤナギダコ

第2回 ヒラメ、ムシガレイ、ヤナギダコ

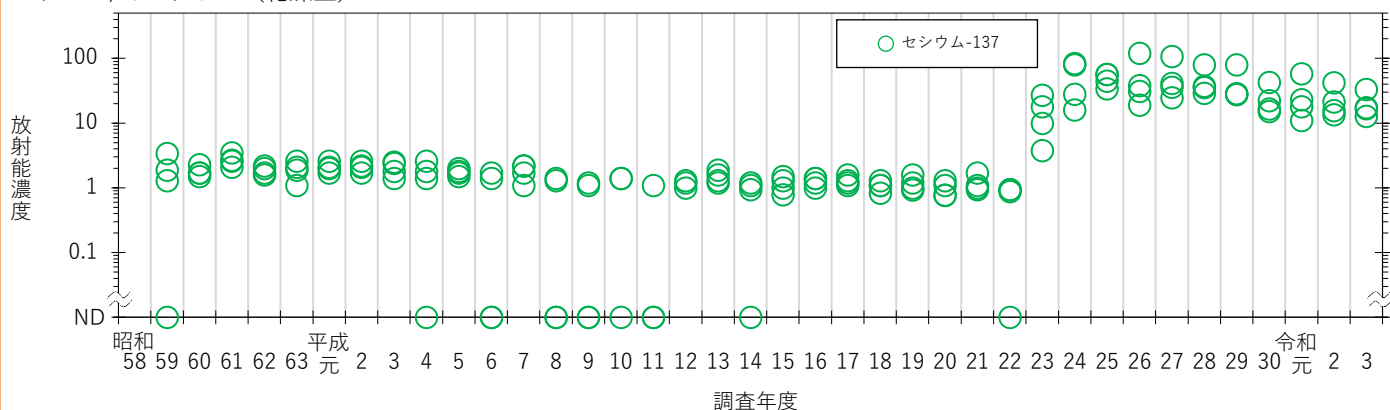
海水（表層水）

ミリベクレル/リットル



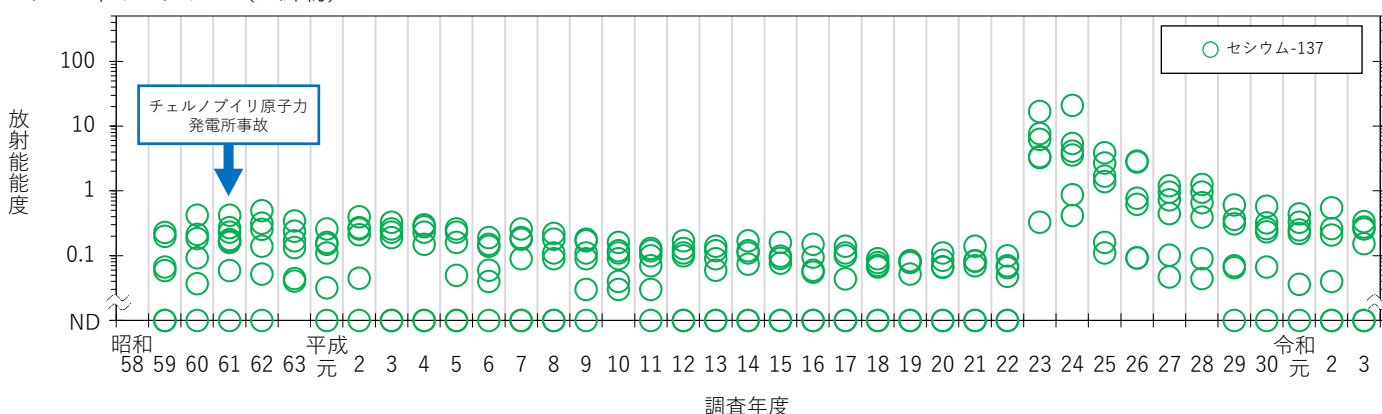
海底土

ベクレル/キログラム（乾燥土）



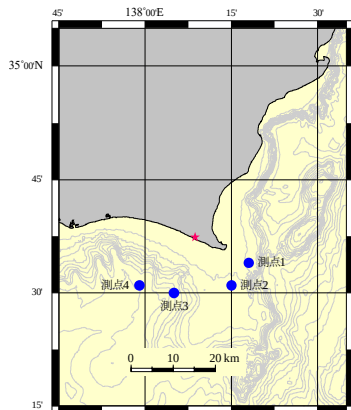
海産生物

ベクレル/キログラム（生鮮物）



静岡海域（原子力発電所等周辺海域）

昭和58年度～令和3年度



【海水試料・海底土試料 採取測点】

測点1：北緯34度34分 東経138度18分、測点2：北緯34度31分 東経138度15分
測点3：北緯34度30分 東経138度05分、測点4：北緯34度31分 東経137度59分

【海産生物試料 収集試料】

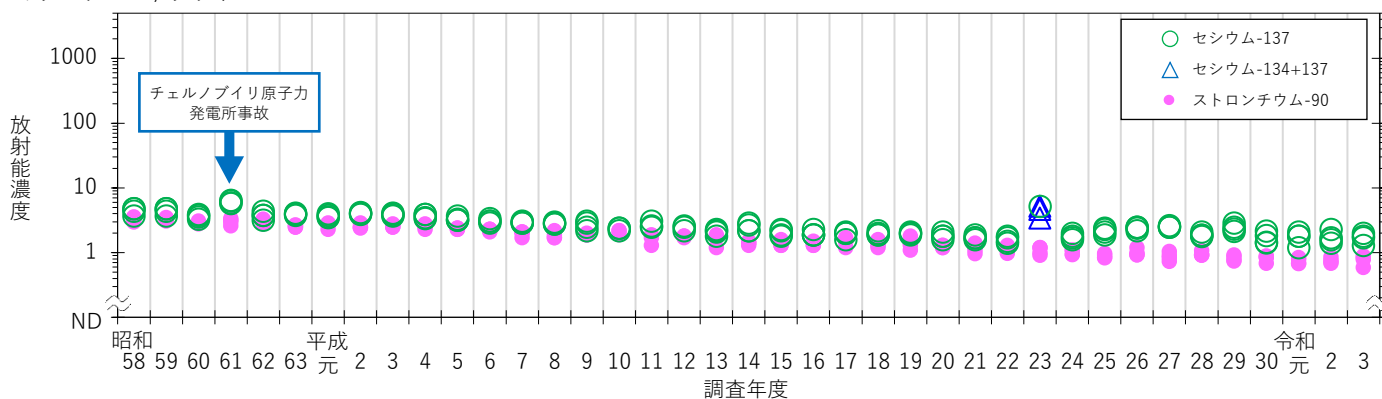
令和3年度

第1回 イサキ、ニベ、アカカマス

第2回 マゴチ、ニベ、アカシタビラメ

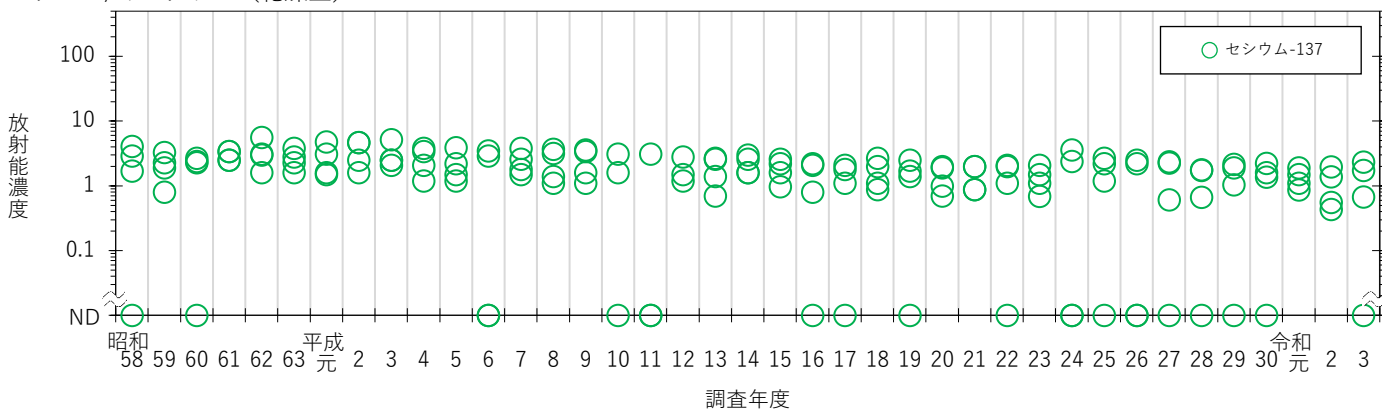
海水（表層水）

ミリベクレル/リットル



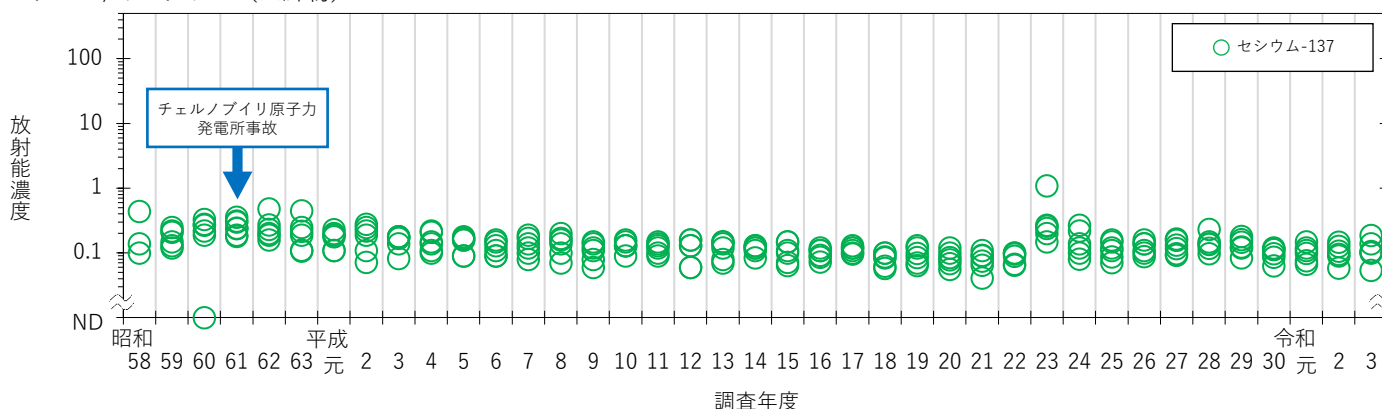
海底土

ベクレル/キログラム（乾燥土）



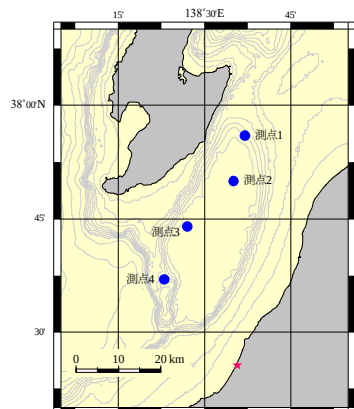
海産生物

ベクレル/キログラム（生鮮物）



新潟海域（原子力発電所等周辺海域）

昭和59年度～令和3年度



【海水試料・海底土試料 採取測点】

測点1：北緯37度56分 東経138度37分、測点2：北緯37度50分 東経138度35分
測点3：北緯37度44分 東経138度27分、測点4：北緯37度37分 東経138度23分

【海産生物試料 収集試料】

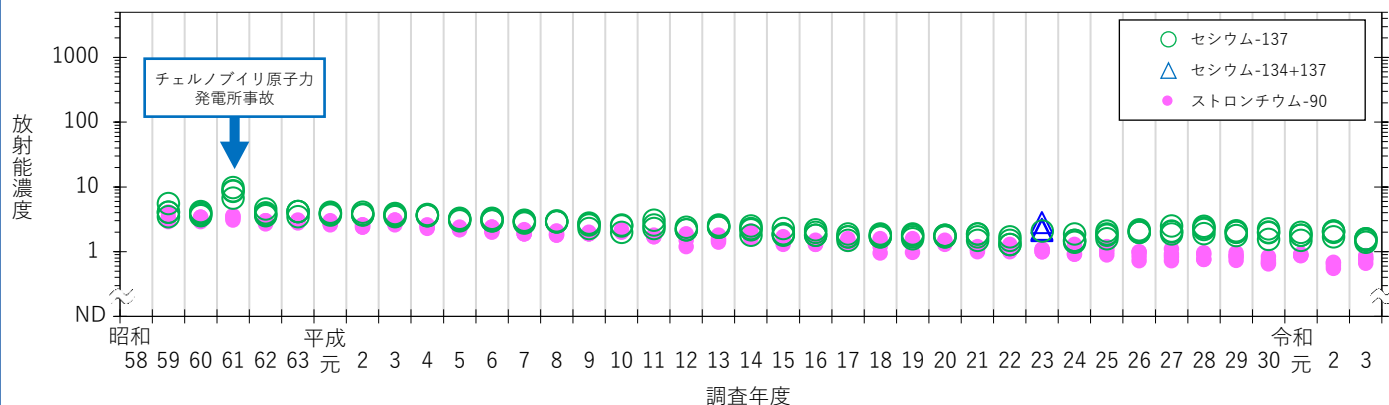
令和3年度

第1回 スケトウダラ、ホッケ、ミズダコ

第2回 スケトウダラ、ホッケ、ミズダコ

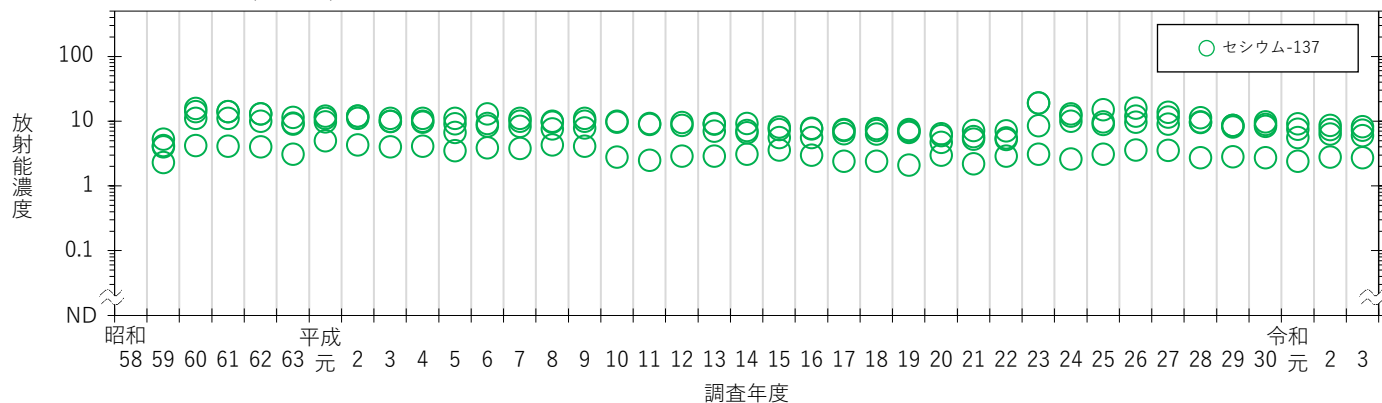
海水（表層水）

ミリベクレル/リットル



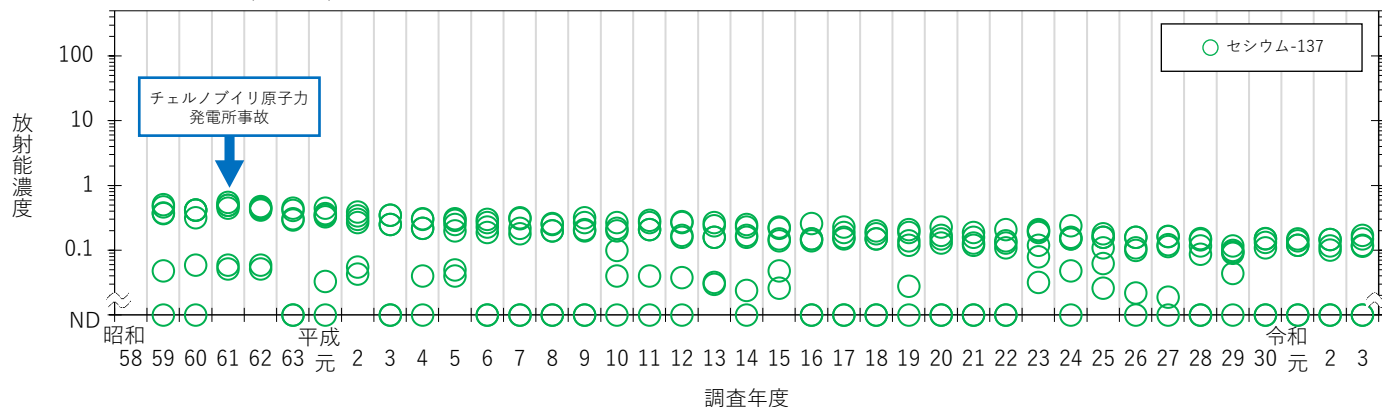
海底土

ベクレル/キログラム（乾燥土）



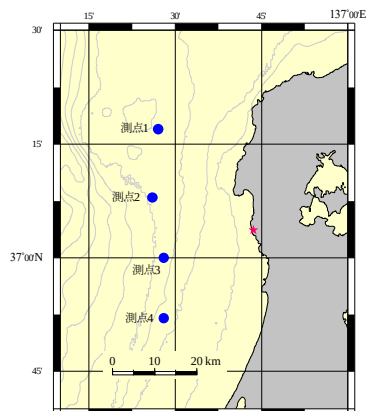
海産生物

ベクレル/キログラム（生鮮物）



石川海域（原子力発電所等周辺海域）

平成3年度～令和3年度



【海水試料・海底土試料 採取測点】

測点1：北緯37度17分 東経136度27分、測点2：北緯37度08分 東経136度26分
測点3：北緯37度00分 東経136度28分、測点4：北緯36度52分 東経136度28分

【海産生物試料 収集試料】

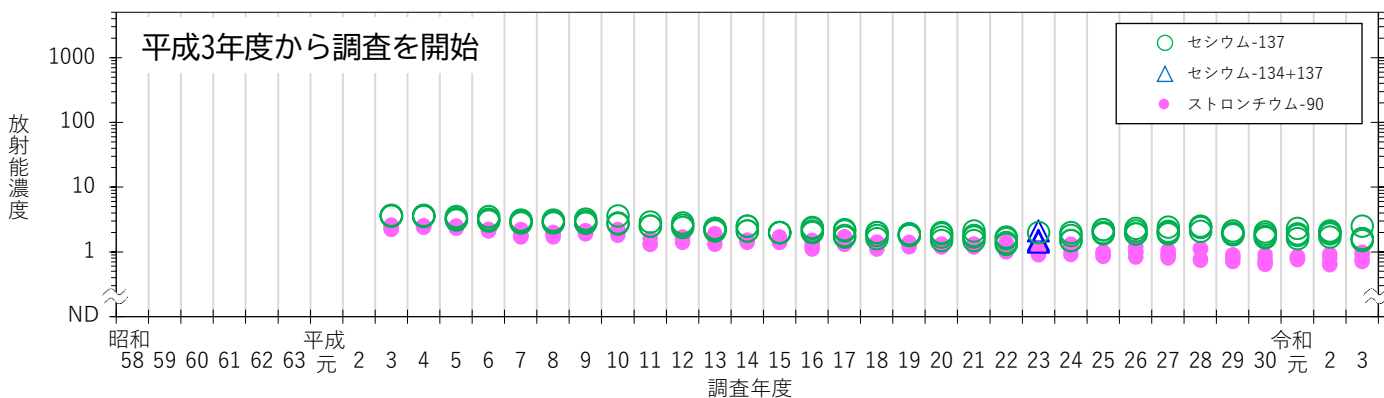
令和3年度

第1回 ニギス、ハタハタ、ホッコクアカエビ

第2回 ニギス、アカガレイ、ホッコクアカエビ

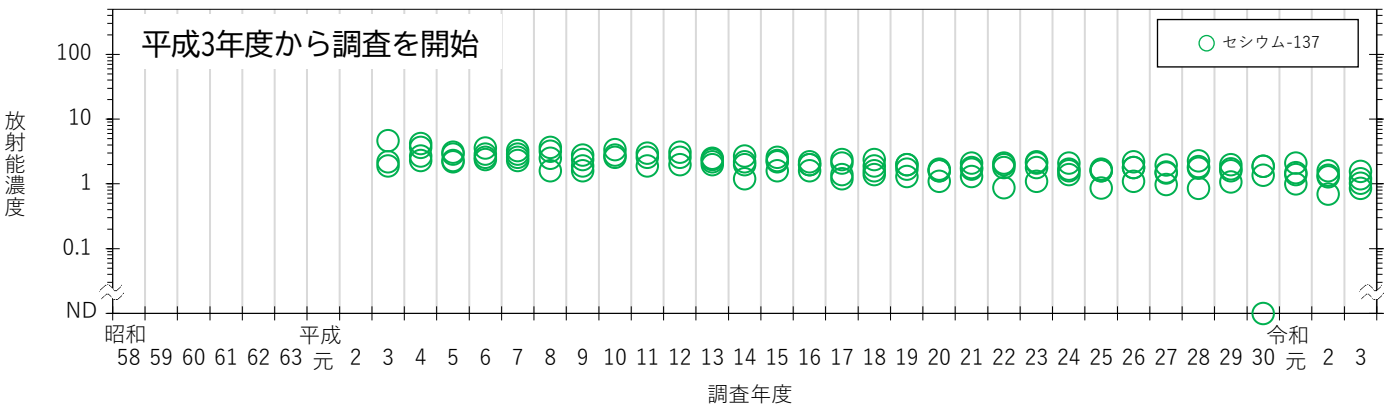
海水（表層水）

ミリベクレル/リットル



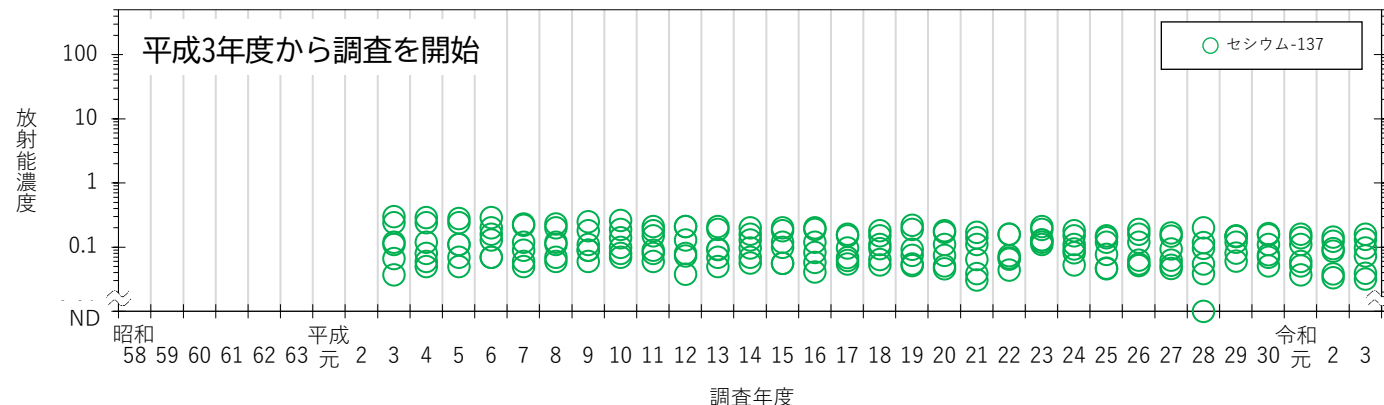
海底土

ベクレル/キログラム（乾燥土）



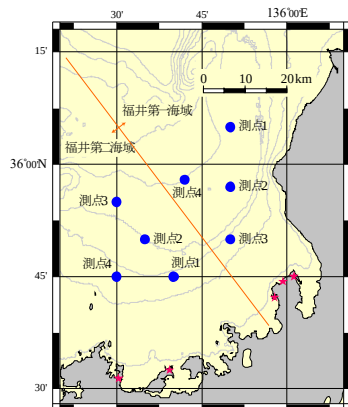
海産生物

ベクレル/キログラム（生鮮物）



福井海域（第一、第二）（原子力発電所等周辺海域）

昭和58年度～令和3年度



【海水試料・海底土試料】採取測点

第一 測点1：北緯36度05分 東経135度50分、測点2：北緯35度57分 東経135度50分
測点3：北緯35度50分 東経135度50分、測点4：北緯35度58分 東経135度42分

第二 測点1：北緯35度45分 東経135度40分、測点2：北緯35度50分 東経135度35分
測点3：北緯35度55分 東経135度30分、測点4：北緯35度45分 東経135度30分

【海産生物試料】収集試料

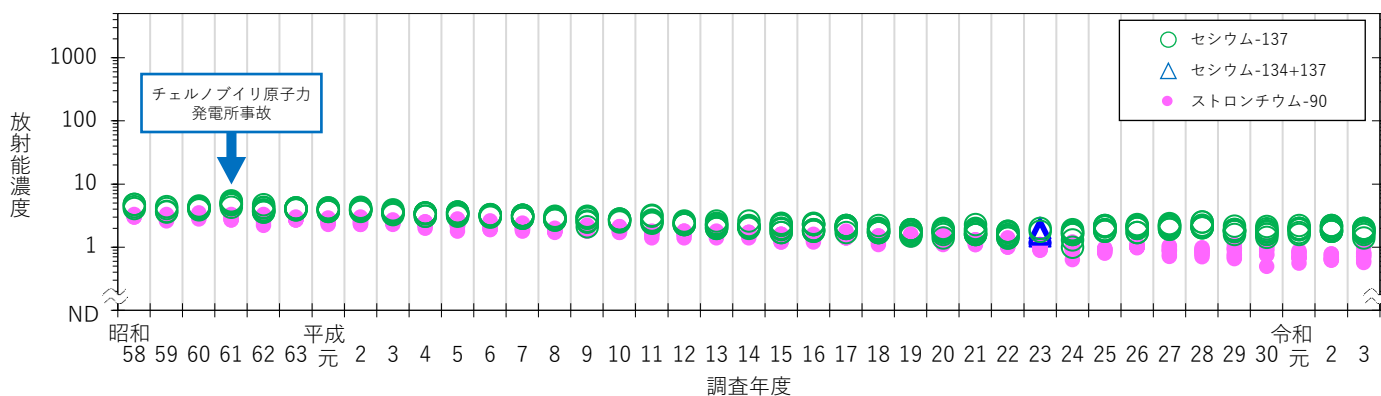
令和3年度

第1回 福井第一：ハタハタ、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

第2回 福井第一：ムシガレイ、アカガレイ、キダイ 福井第二：アカガレイ、マダイ、マアナゴ

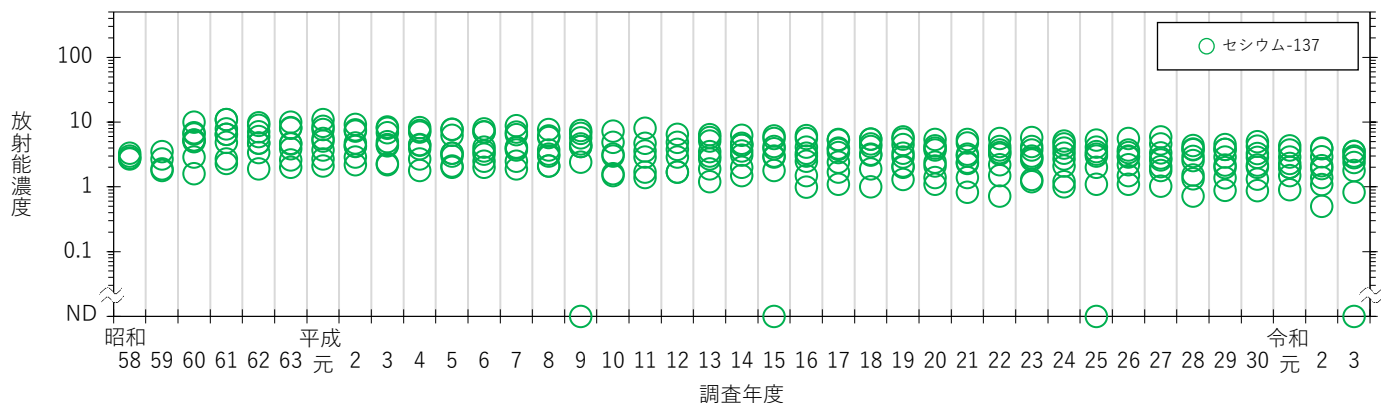
海水（表層水）

ミリベクレル/リットル



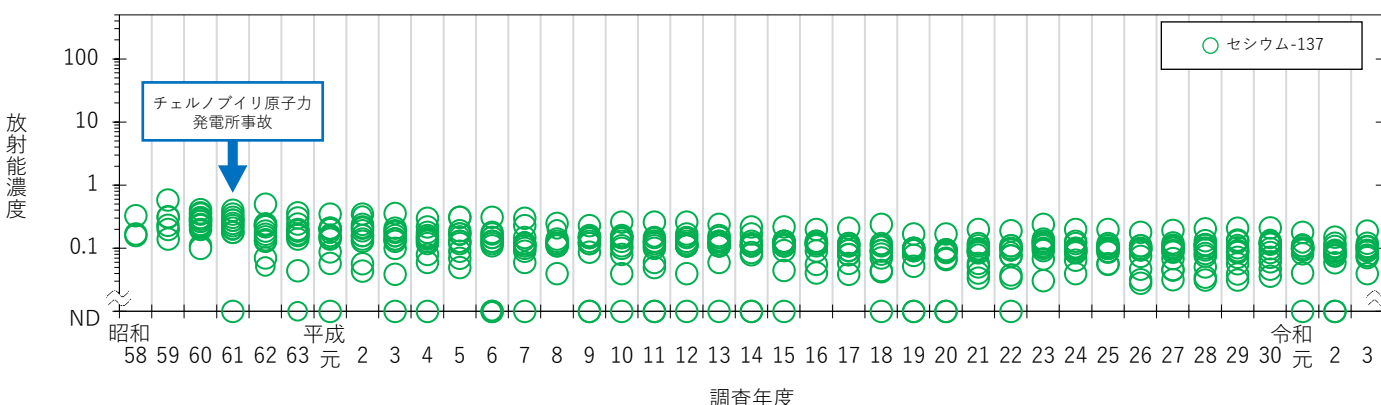
海底土

ベクレル/キログラム（乾燥土）

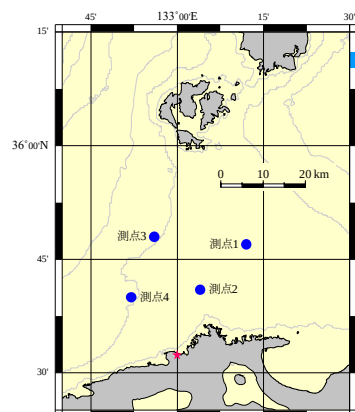


海産生物

ベクレル/キログラム（生鮮物）



島根海域（原子力発電所等周辺海域）



【海水試料・海底土試料 採取測点】

測点1：北緯35度47分 東経133度12分、測点2：北緯35度41分 東経133度04分
測点3：北緯35度48分 東経132度56分、測点4：北緯35度40分 東経132度52分

【海産生物試料 収集試料】

令和3年度

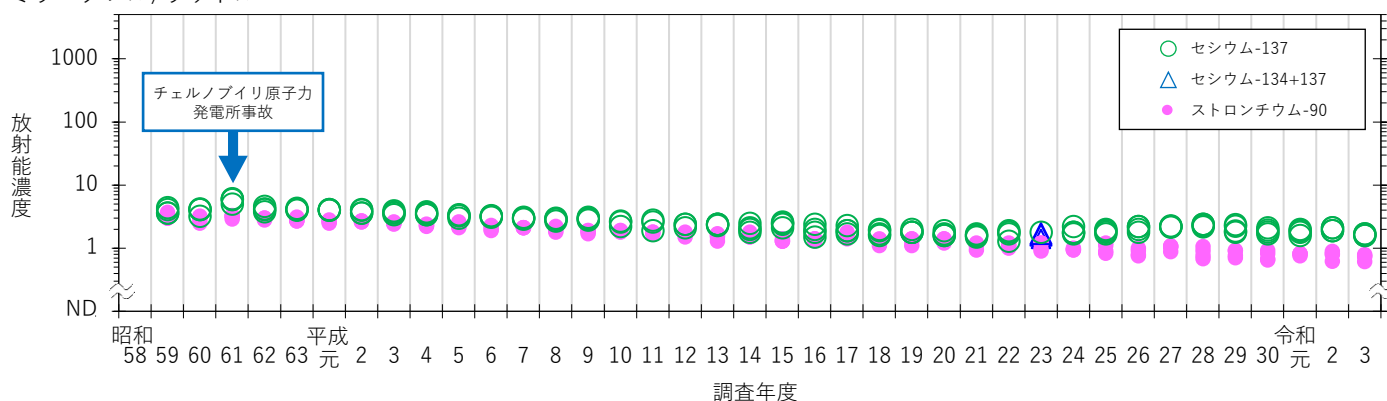
第1回 マダイ、ヒラメ、ムシガレイ

第2回 マダイ、マトウダイ、ホウボウ

昭和59年度～令和3年度

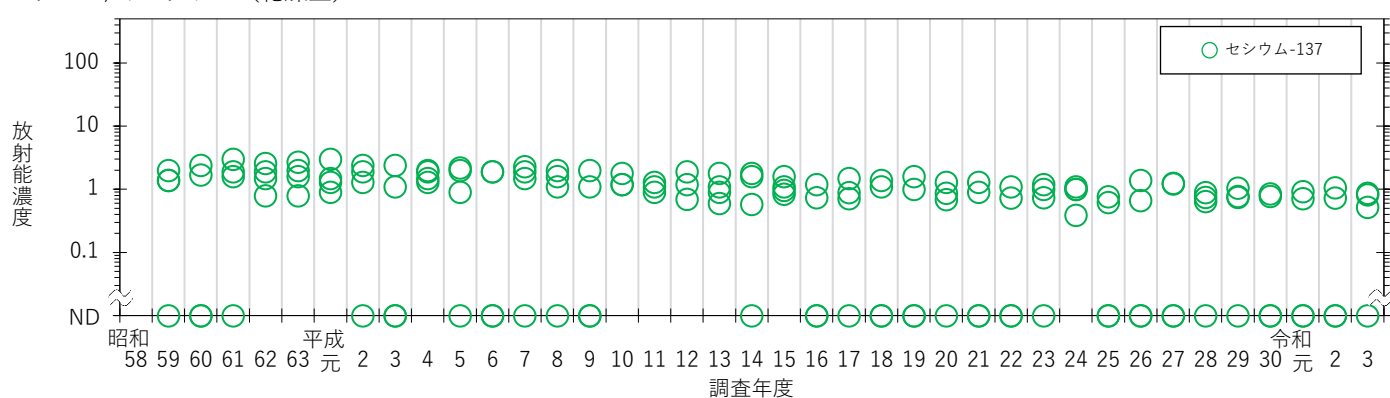
海水（表層水）

ミリベクレル/リットル



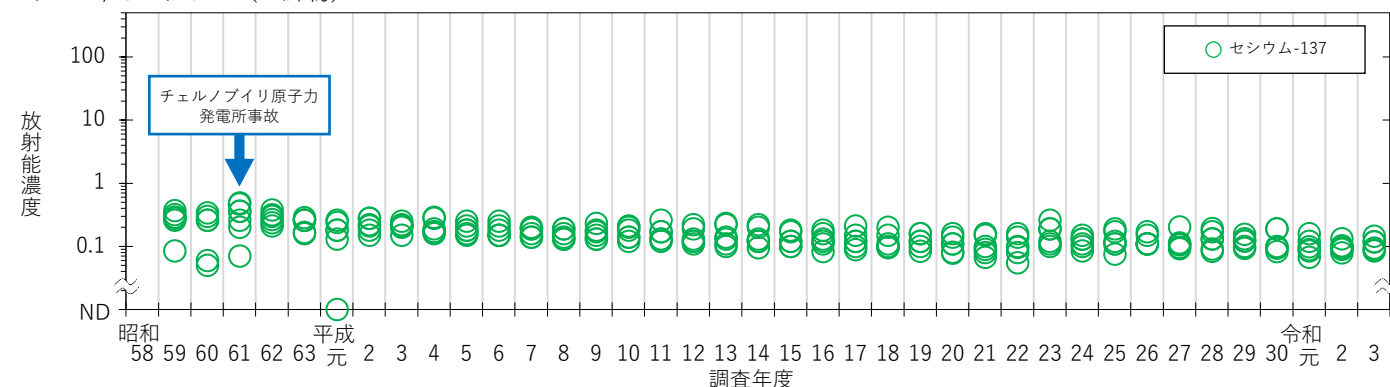
海底土

ベクレル/キログラム（乾燥土）

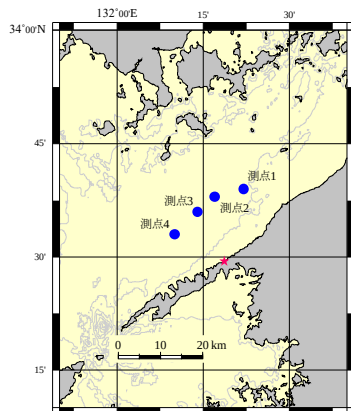


海産生物

ベクレル/キログラム（生鮮物）



愛媛海域（原子力発電所等周辺海域）



【海水試料・海底土試料 採取測点】

測点1：北緯33度39分 東経132度22分、測点2：北緯33度38分 東経132度17分
測点3：北緯33度36分 東経132度14分、測点4：北緯33度33分 東経132度10分

【海産生物試料 収集試料】

令和3年度

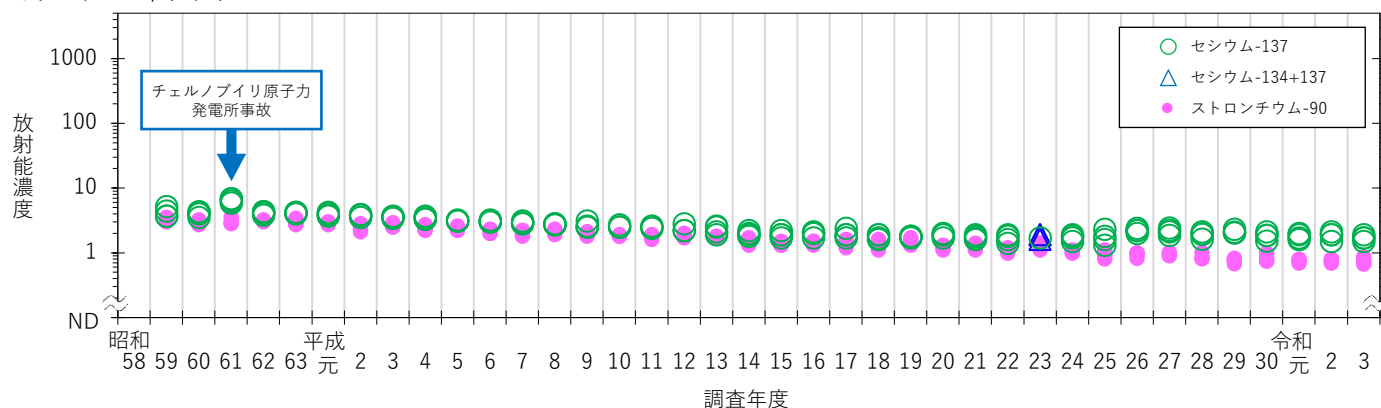
第1回 ハモ、ケンサキカ、エビ類

第2回 カナガシラ類、コウイカ、シログチ

昭和59年度～令和3年度

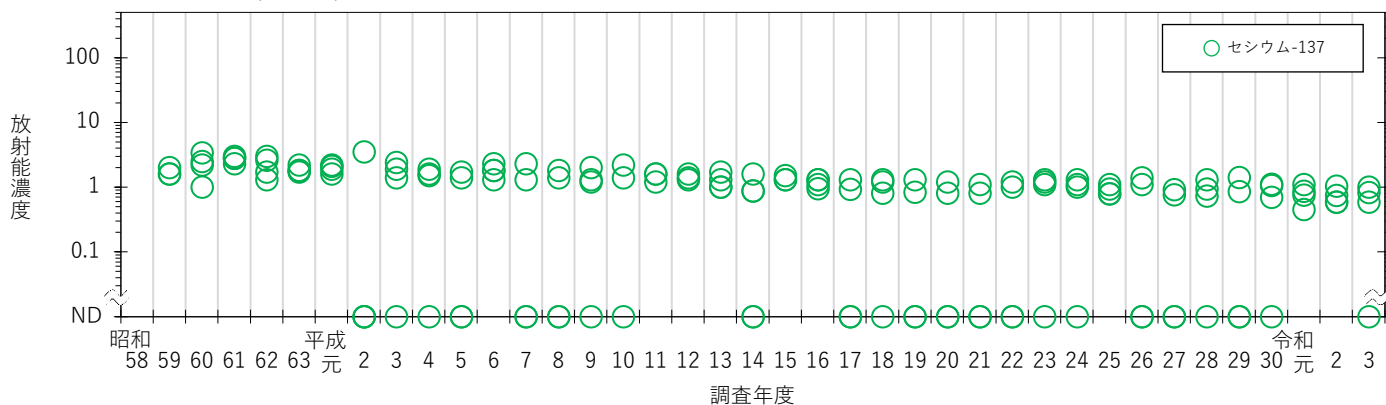
海水（表層水）

ミリベクレル/リットル



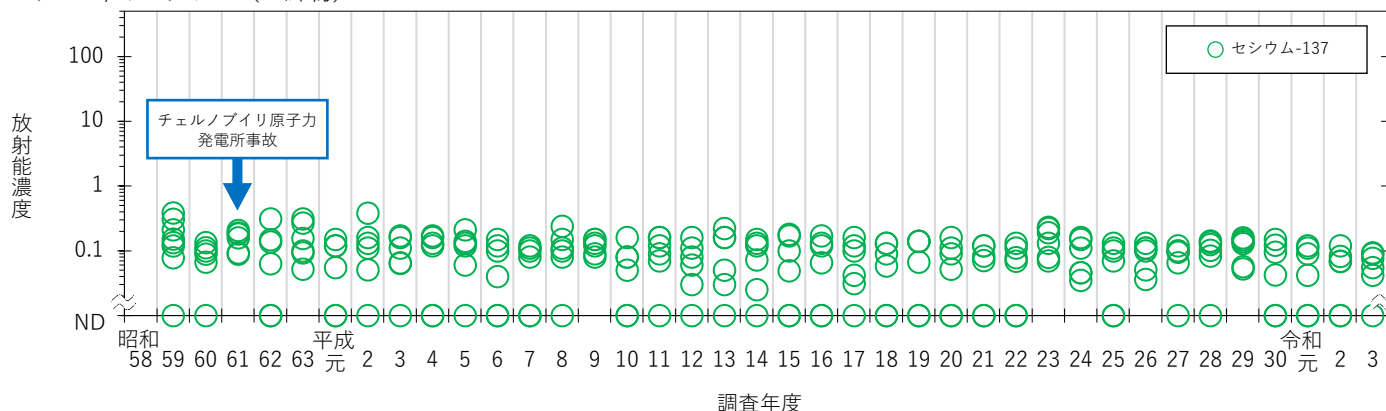
海底土

ベクレル/キログラム（乾燥土）



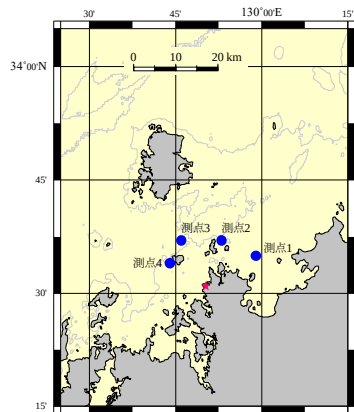
海産生物

ベクレル/キログラム（生鮮物）



佐賀海域（原子力発電所等周辺海域）

昭和59年度～令和3年度



【海水試料・海底土試料 採取測点】

測点1：北緯33度35分 東経129度59分、測点2：北緯33度37分 東経129度53分
測点3：北緯33度37分 東経129度46分、測点4：北緯33度34分 東経129度44分

【海産生物試料 収集試料】

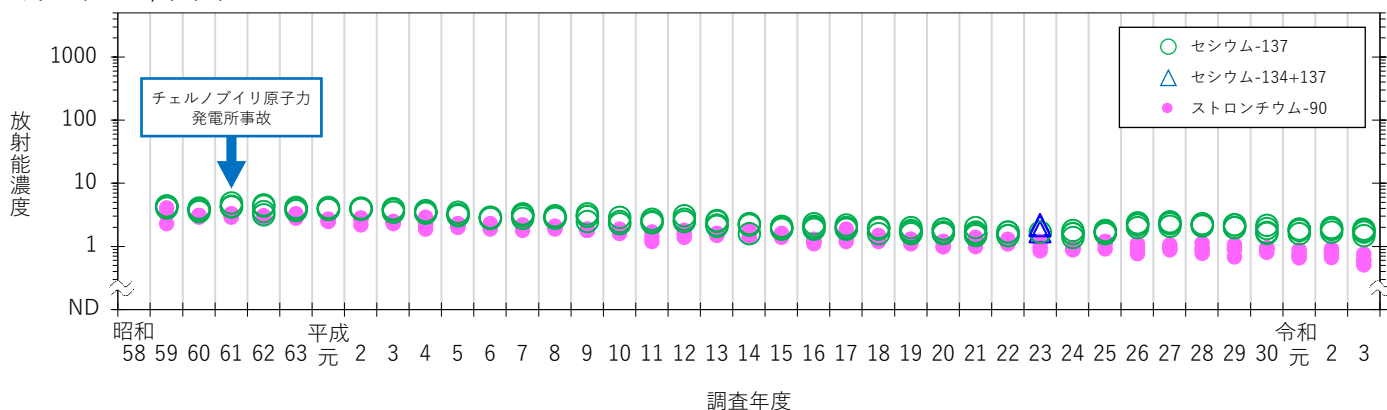
令和3年度

第1回 イサキ、マダイ、メジナ

第2回 イサキ、マダイ、メジナ

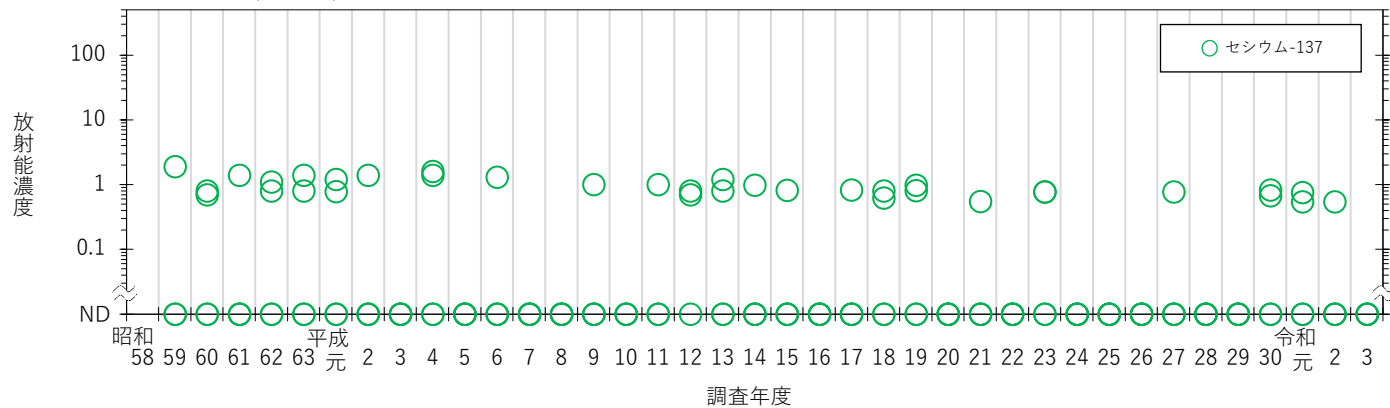
海水（表層水）

ミリベクレル/リットル



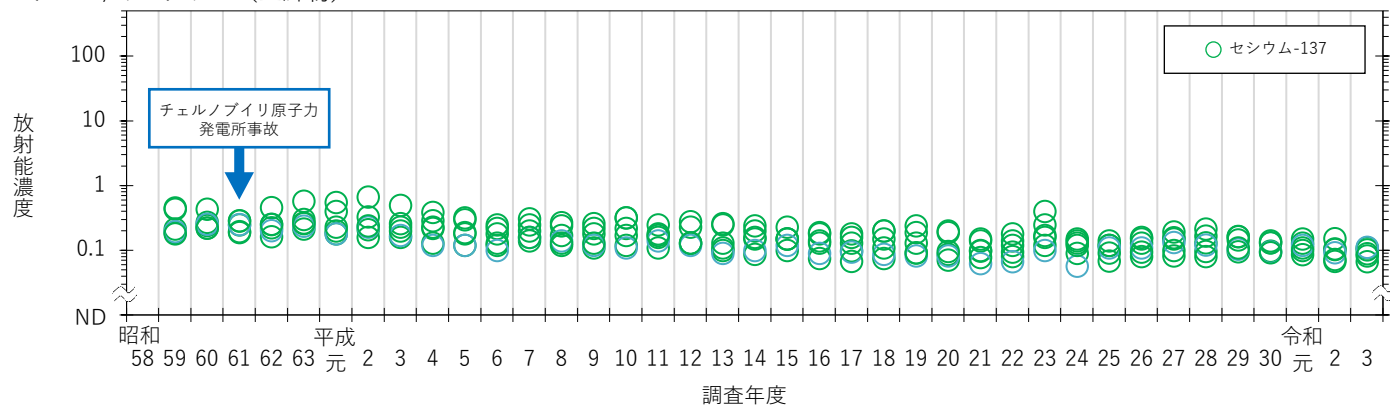
海底土

ベクレル/キログラム（乾燥土）



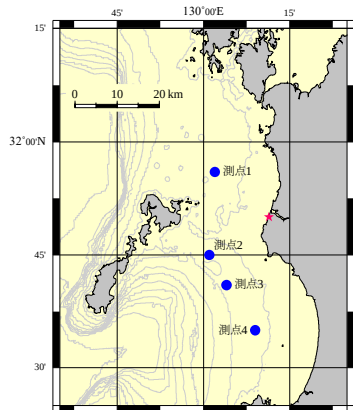
海産生物

ベクレル/キログラム（生鮮物）



鹿児島海域（原子力発電所等周辺海域）

昭和59年度～令和3年度



【海水試料・海底土試料 採取測点】

測点1：北緯31度56分 東経130度02分、測点2：北緯31度45分 東経130度01分
測点3：北緯31度41分 東経130度04分、測点4：北緯31度35分 東経130度09分

【海産生物試料 収集試料】

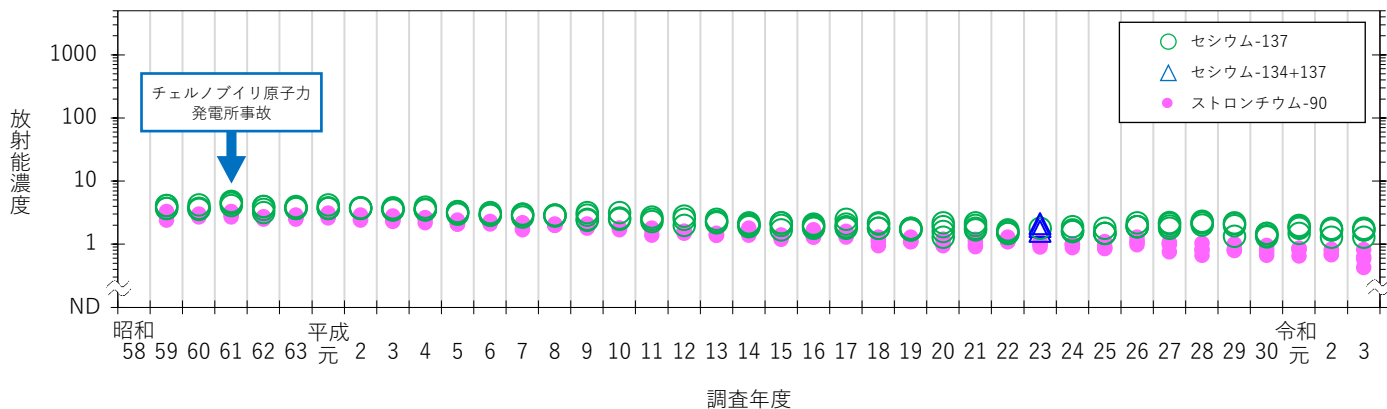
令和3年度

第1回 チダイ、カイワリ、アカエイ

第2回 ヘダイ、マアジ、アカエイ

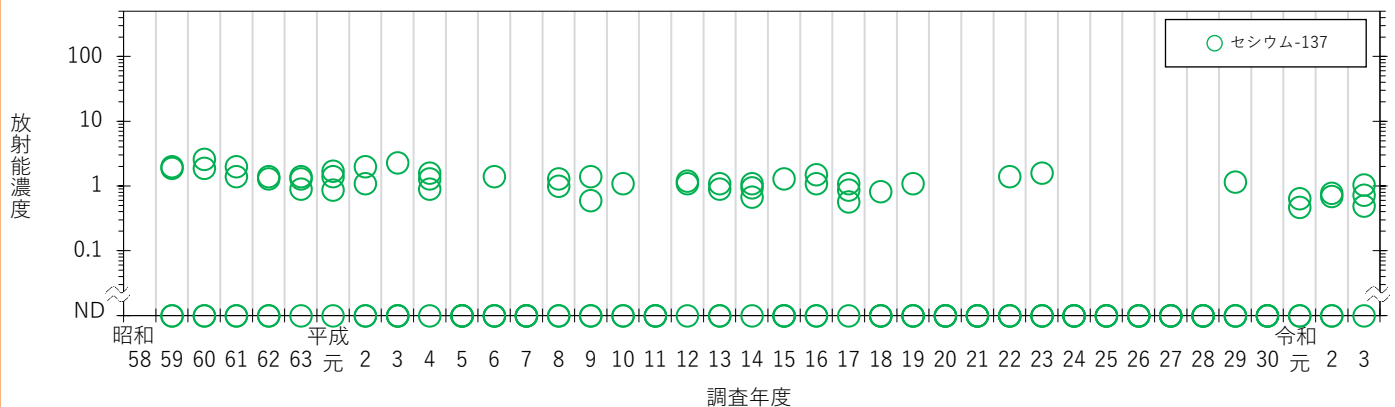
海水（表層水）

ミリベクレル/リットル



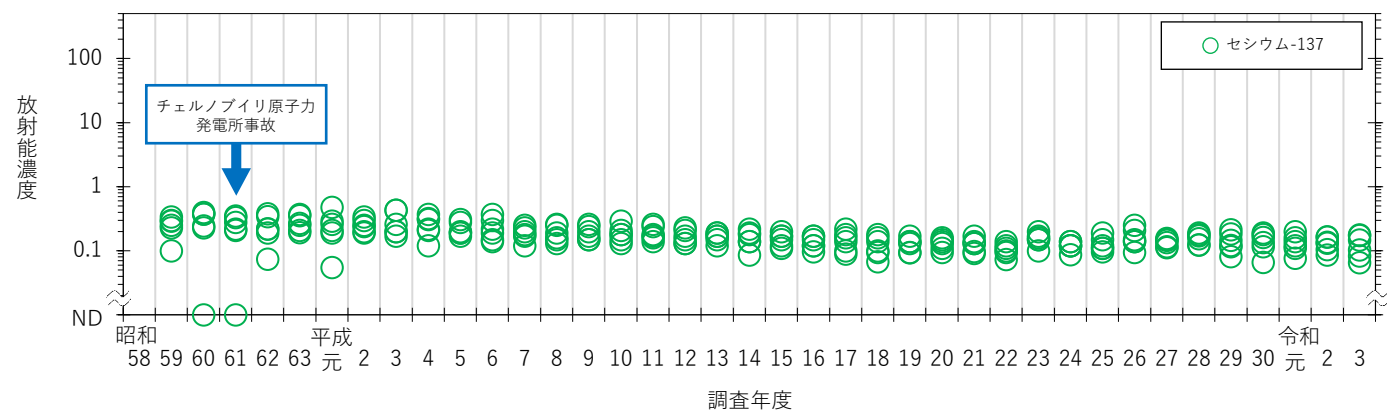
海底土

ベクレル/キログラム（乾燥土）



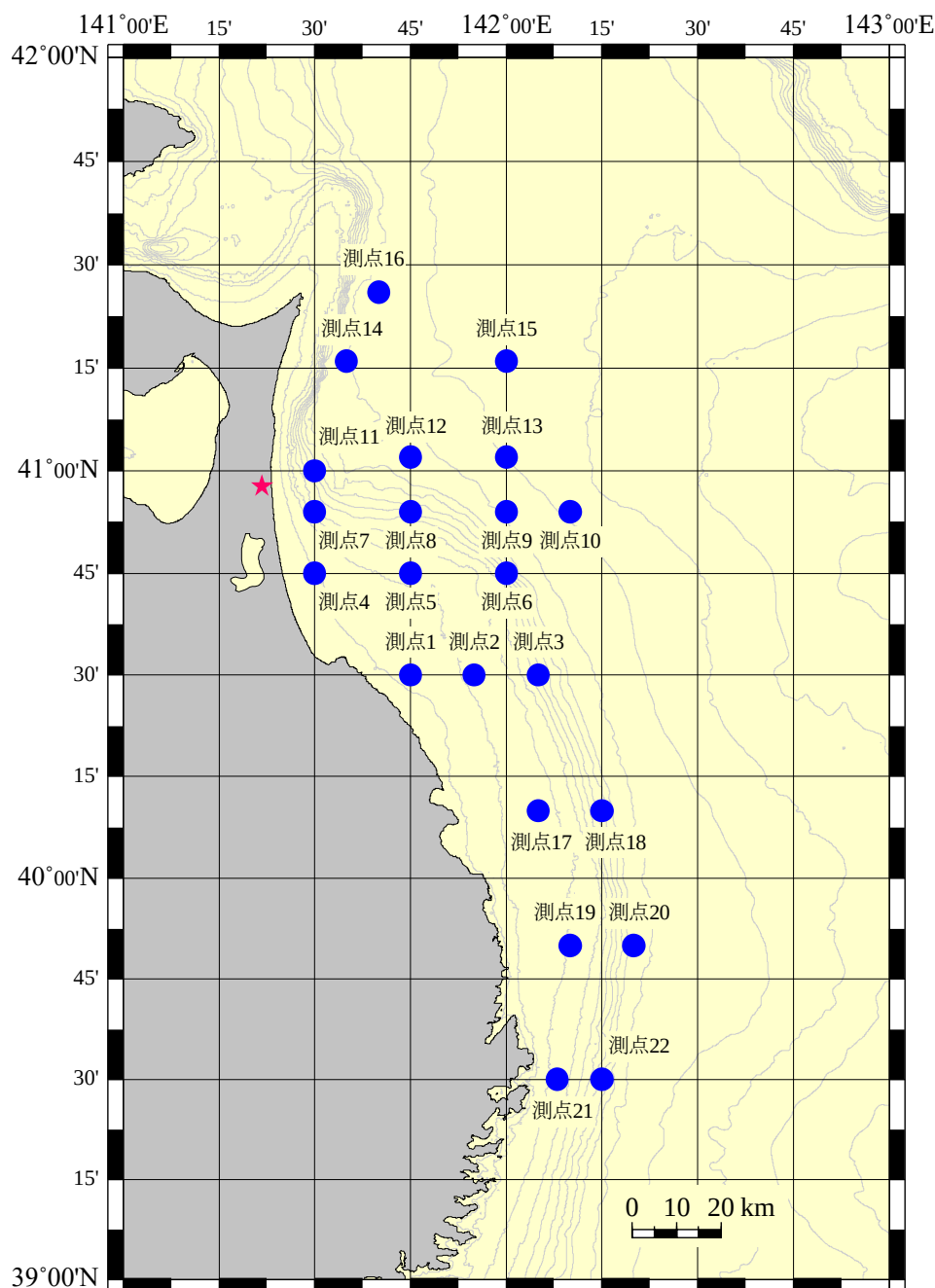
海産生物

ベクレル/キログラム（生鮮物）



核燃料(原子燃料)サイクル施設沖合海域

平成3年度に調査を開始



【海水試料・海底土試料 採取測点】

- 測点 1 北緯40度30分 東経141度45分
- 測点 2 北緯40度30分 東経141度55分
- 測点 3 北緯40度30分 東経142度05分
- 測点 4 北緯40度45分 東経141度30分
- 測点 5 北緯40度45分 東経141度45分
- 測点 6 北緯40度45分 東経142度00分
- 測点 7 北緯40度54分 東経141度30分
- 測点 8 北緯40度54分 東経141度45分
- 測点 9 北緯40度54分 東経142度00分
- 測点10 北緯40度54分 東経142度10分
- 測点11 北緯41度00分 東経141度30分
- 測点12 北緯41度02分 東経141度45分
- 測点13 北緯41度02分 東経142度00分
- 測点14 北緯41度16分 東経141度35分
- 測点15 北緯41度16分 東経142度00分
- 測点16 北緯41度26分 東経141度40分
- 測点17 北緯40度10分 東経142度05分
- 測点18 北緯40度10分 東経142度15分
- 測点19 北緯39度50分 東経142度10分
- 測点20 北緯39度50分 東経142度20分
- 測点21 北緯39度30分 東経142度08分
- 測点22 北緯39度30分 東経142度15分

【海産生物試料 収集試料】

令和3年度

第1回：12種、15試料

ミズダコ、ヒラメ(2試料)、
スルメイカ、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、ブリ、
ヤリイカ、アイナメ

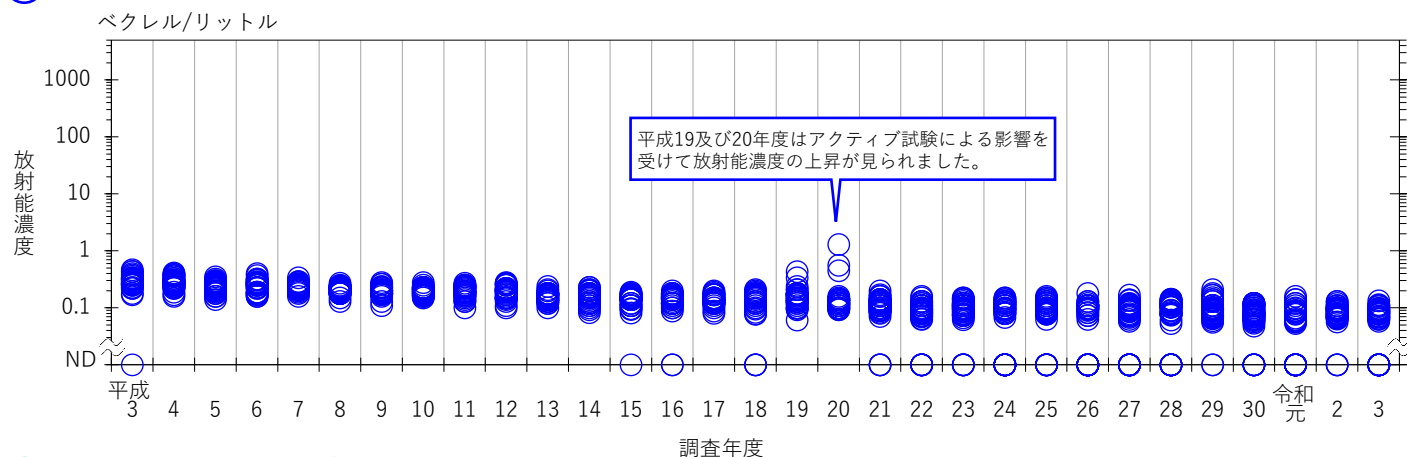
第2回：12種、15試料

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)、
マサバ、マダラ(2試料)、サバ類、
スケトウダラ、カタクチイワシ、
キアンコウ、サンマ

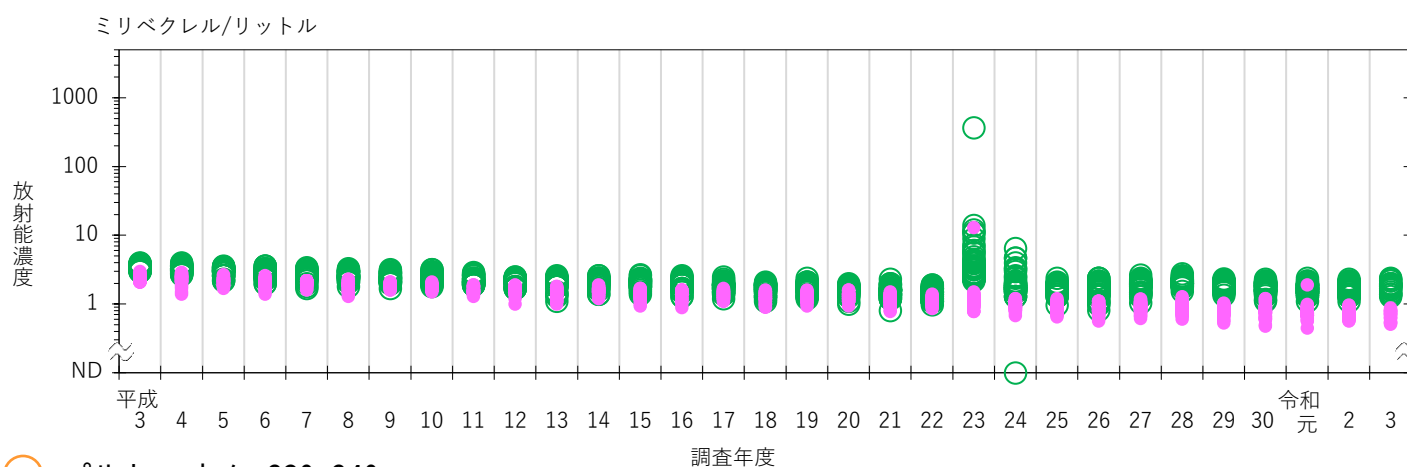
核燃料(原子燃料)サイクル施設沖合海域

海水(表層水)
平成3年度～令和3年度

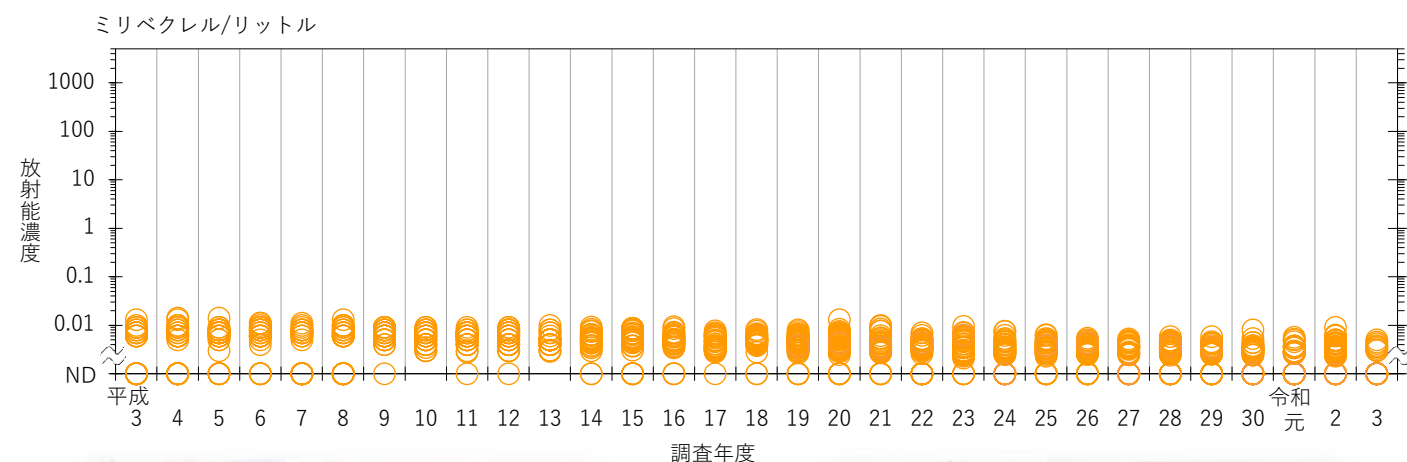
トリチウム



セシウム-137 ストロニウム-90



プルトニウム-239+240



トリチウムから発せられる極めて低いエネルギーのベータ線を測定するための液体シンチレーションカウンタ



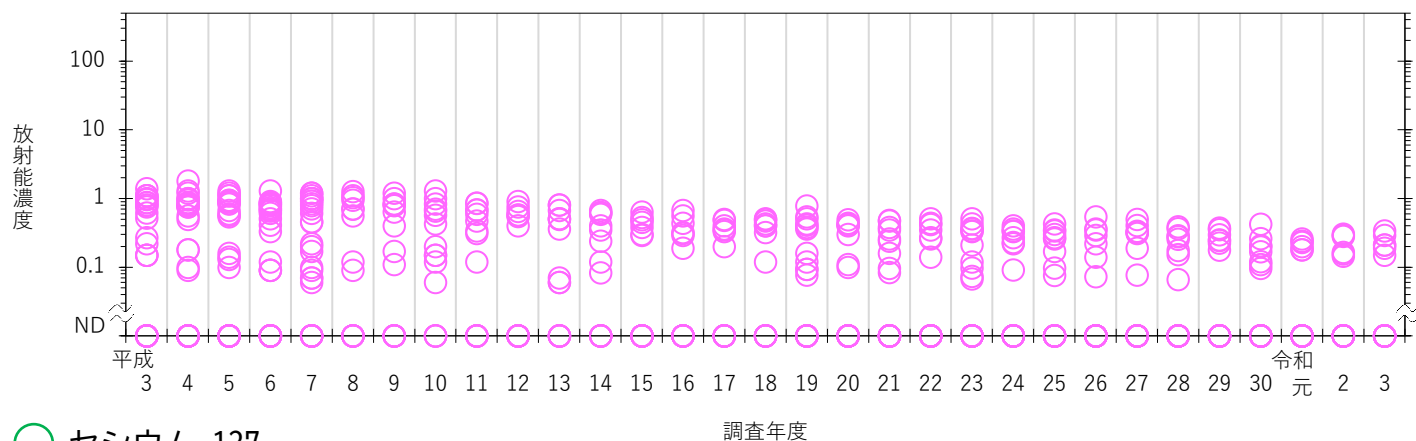
トリチウム分析における電解濃縮前に、減圧蒸留を行うための準備をしているところ

核燃料(原子燃料)サイクル施設沖合海域

 **海底土**
平成3年度～令和3年度

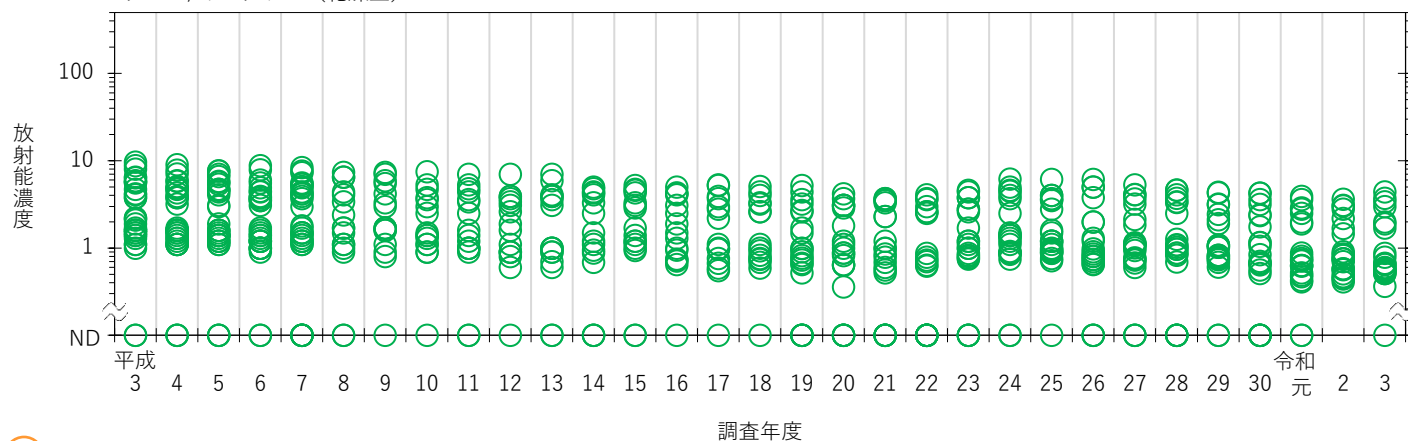
○ ストリオンチウム-90

ベクレル/キログラム (乾燥土)



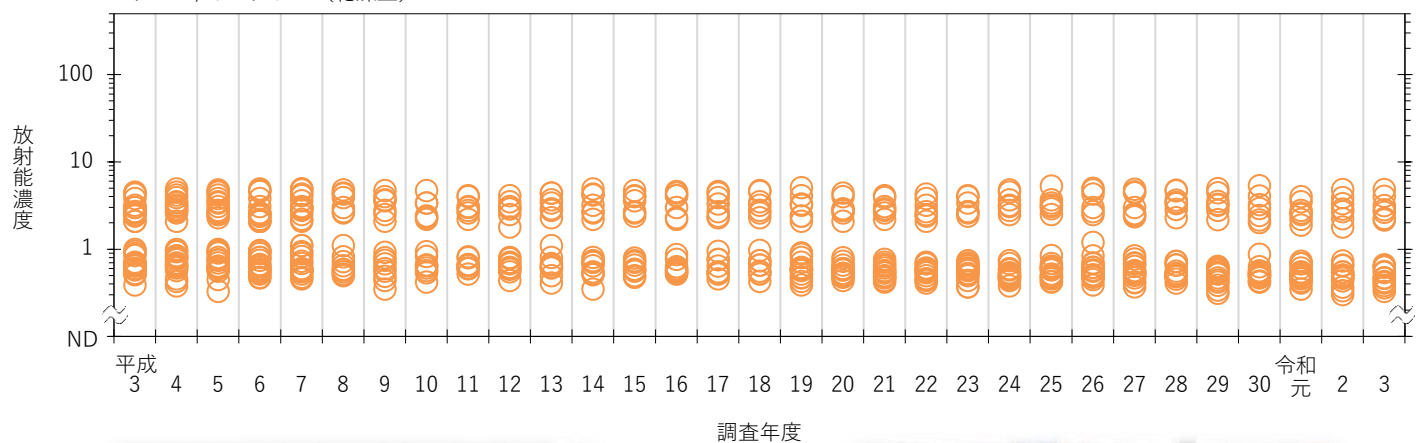
○ セシウム-137

ベクレル/キログラム (乾燥土)



○ プルトニウム-239+240

ベクレル/キログラム (乾燥土)



前処理を経た海底土試料を容器に詰めてガンマ線測定に供するための測定用試料を調製しているところ



ガンマ線スペクトロメトリに用いる高純度ゲルマニウム半導体検出器(一例)。「測定中」の部分は鉛の遮蔽で、右は液体窒素デューワ容器)

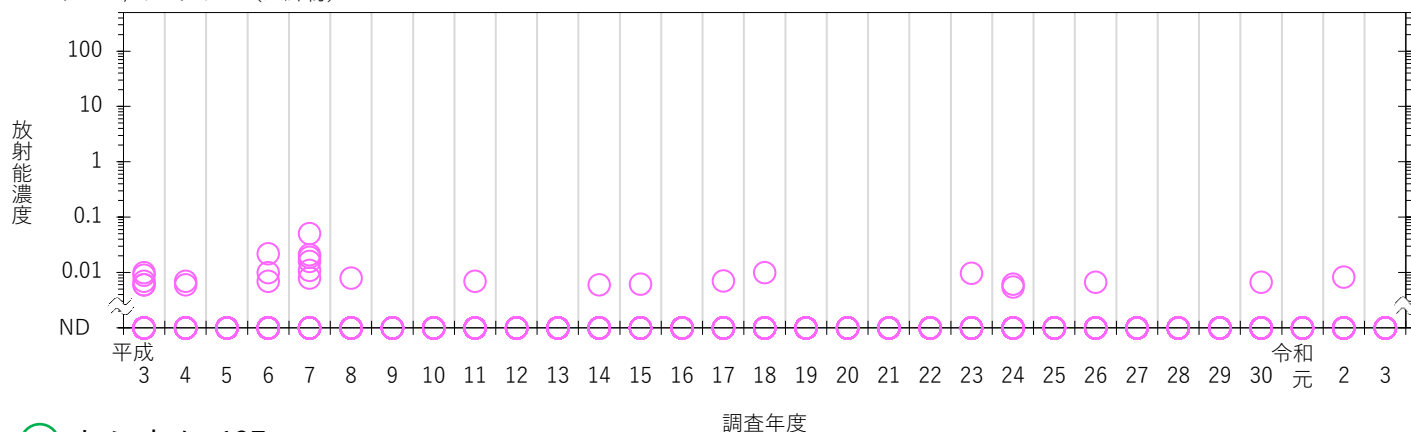
核燃料(原子燃料)サイクル施設沖合海域



平成3年度～令和3年度

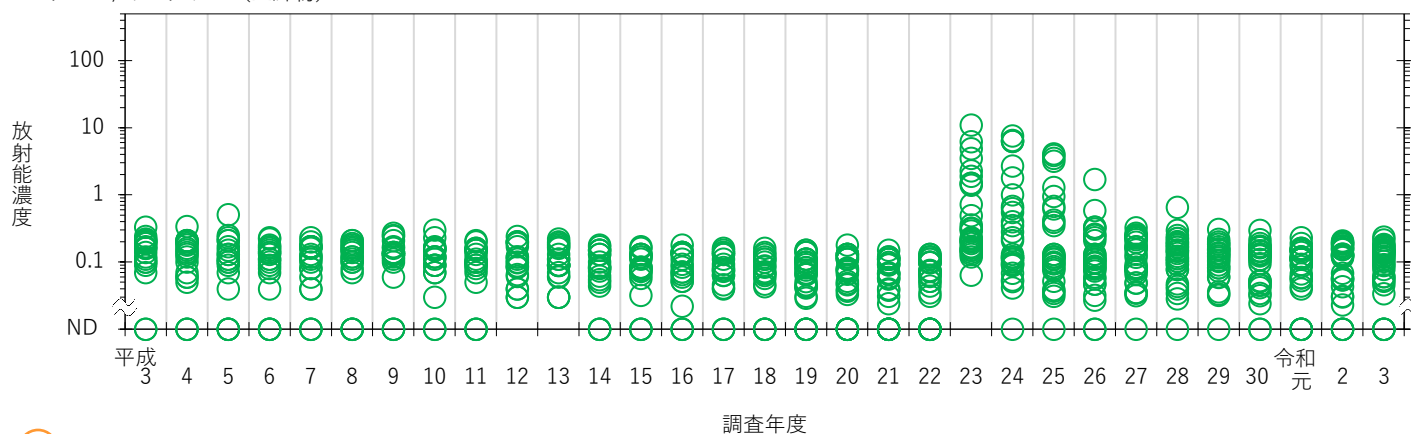
ストロンチウム-90

ベクレル/キログラム (生鮮物)



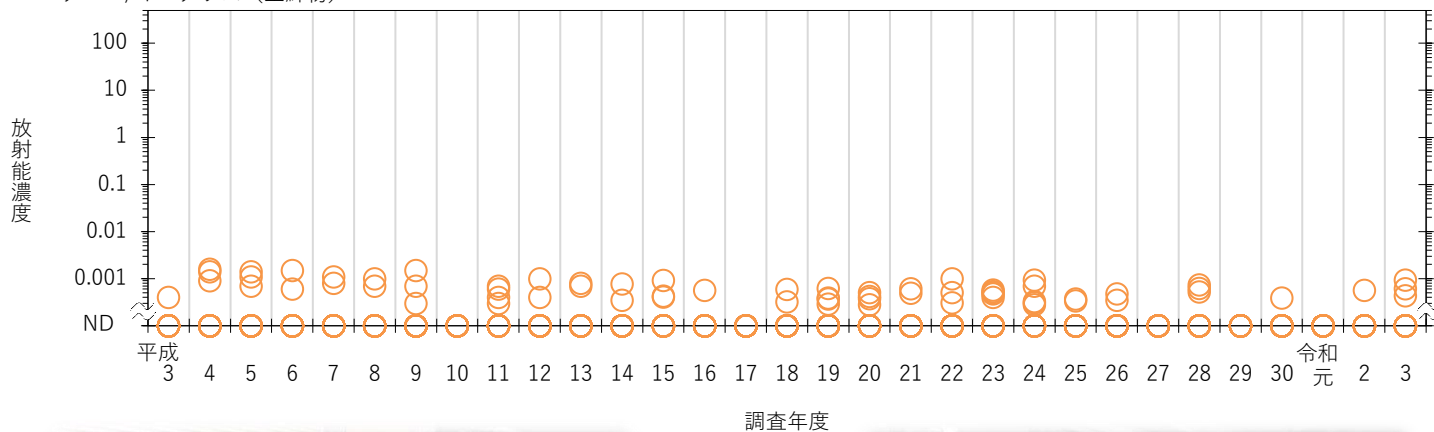
セシウム-137

ベクレル/キログラム (生鮮物)



プルトニウム-239+240

ベクレル/キログラム (生鮮物)



ストロンチウム-90を定量する際に用いる低バックグラウンドガスフローβカウンタ(一例)

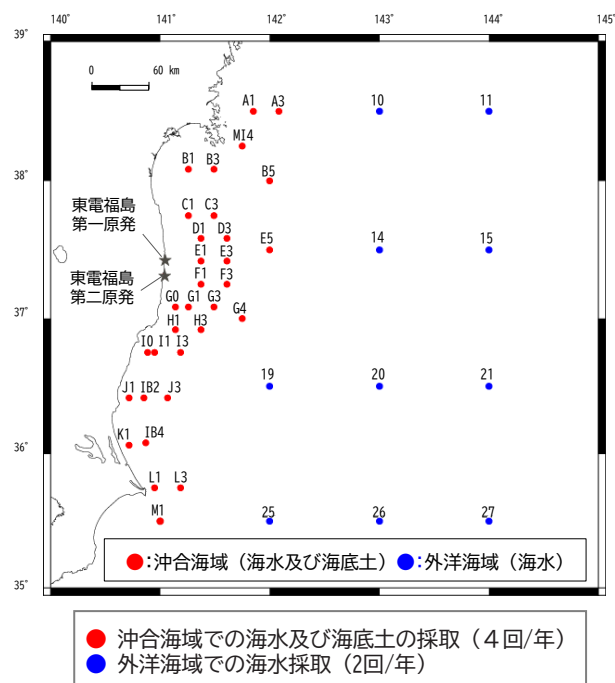
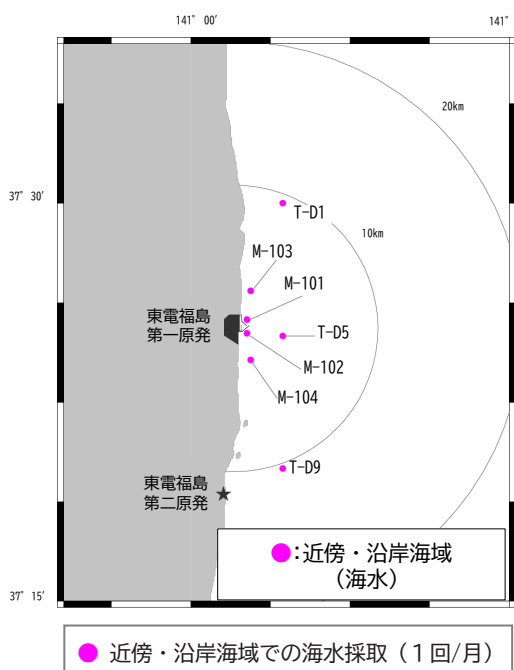


プルトニウム-239+240分析での化学分離・精製に用いる陰イオン交換樹脂カラム(一例)

【Ⅱ】東京電力ホールディングス株式会社 福島第一原子力発電所周辺の海域モニタリング

平成23年3月11日に発生した東電福島第一原発事故に伴い、放射性核種が海洋環境へ放出されました。これらの放射性核種の放射能濃度や拡散状況について最新の情報を得るため、事故直後から同発電所周辺の海域でトリチウム、ストロンチウム-90、セシウム-134及びセシウム-137などのモニタリングを行っています。このパンフレットでは外洋及び沖合海域（30km圏外）並びに近傍・沿岸海域（10km圏内）ので採取した海水試料と、沖合海域で採取した海底土試料に含まれるセシウム-137についてモニタリング結果を記載しました（採取方法についてはp5、分析方法についてはp9を参照）。なお、放射性核種の放射能濃度については、原子力規制委員会のホームページにおいて、分析終了後速やかに公表されています。（<https://www.nsr.go.jp/>）

令和3年度における海域モニタリングの観測点と採取試料



測点M-101において表層水を採取を行っている様子



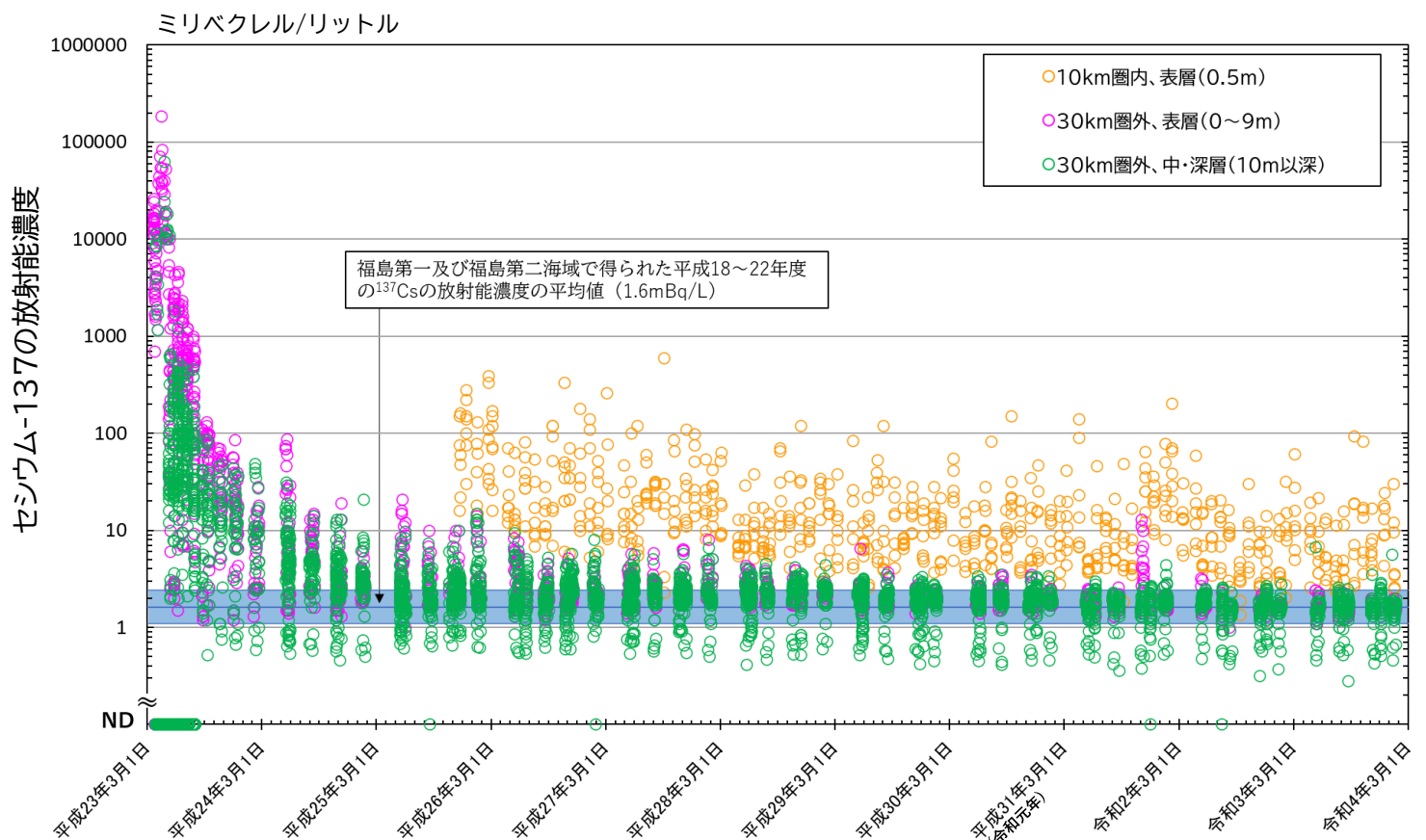
海水試料に含まれる放射性セシウムの放射化学分析の様子（AMPをろ過しているところ）

モニタリング結果 海水試料に含まれるセシウム-137の放射能濃度

10km圏内の観測点で採取した海水試料に含まれるセシウム-137の放射能濃度は、同海域の調査を開始した平成25年以降緩やかな減少を示しています。令和3年度に得られた調査結果では30km圏外に比べておよそ一桁高い放射能濃度レベルにあります。

30km圏外の観測点で採取した海水試料に含まれるセシウム-137の放射能濃度は、事故直後の平成23年4月に表層で最大の186ベクレル/リットルを観測しましたが、その後、各深度（表層・中層・深層）ともに急激な放射能濃度の減少が認められ、平成24年以降は緩やかな減少傾向にあります。

令和3年度の観測結果では、事故前5年間に実施した調査結果で得た放射能濃度範囲（注）まで低下している観測点が多く見られました。なお、中・深層水において事故前の5年間に実施した調査結果で得た放射能濃度の範囲よりも低いレベルに数値があるのは、観測点や採取層の拡充及び検出下限値を下げた分析・測定方法の採用などにより、極めて低い放射能濃度のセシウム-137が検出されたことによります。



東電福島第一原発周辺海域で採取した海水試料に含まれるセシウム-137の放射能濃度の経年変化

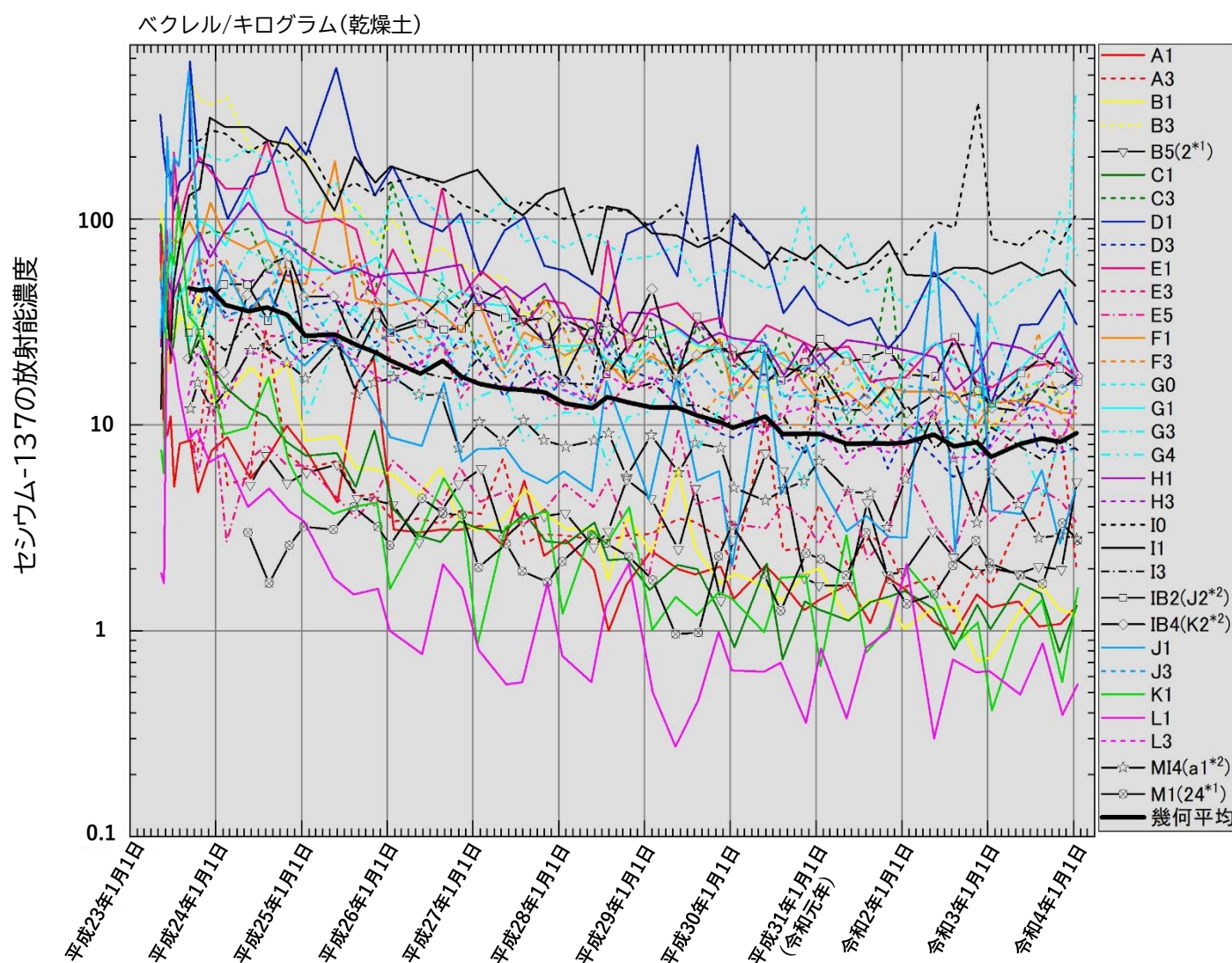
（注）： ■帯の範囲は、宮城、福島第一、福島第二及び茨城海域(4海域、p16～18を参照)において、東電福島第一原発事故前5年間（平成18年度～22年度）に測定された海水（表層水）試料に含まれるセシウム-137の放射能濃度範囲（1.1～2.4ミリバクレル/リットル）を示しています。

モニタリング結果 海底土試料に含まれるセシウム-137の放射能濃度

東電福島第一原発事故前の5年間に宮城、福島第一、福島第二及び茨城の各海域において採取した海底土試料に含まれるセシウム-137の放射能濃度は、検出下限値以下から1.7ベクレル／キログラム（乾燥土）の範囲にありました。

事故直後、海底土試料に含まれるセシウム-137の放射能濃度は100ベクレル／キログラム（乾燥土）を超える観測点がありましたが、現在は全体的に減少傾向にあります。

全観測点の平均値は、平成23年10月に47ベクレル／キログラム（乾燥土）でしたが、令和4年1月には9.1ベクレル／キログラム（乾燥土）と、概ね5分の1まで減少しました。



*国の総合モニタリング計画に従って、平成24年度より、観測点a1、J2及びK2は、それぞれMI4、IB2及びIB4に
平成25年度より、観測点2、24は、それぞれB5、M1に変更されています。
(<http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/list/204/list-1.html>)

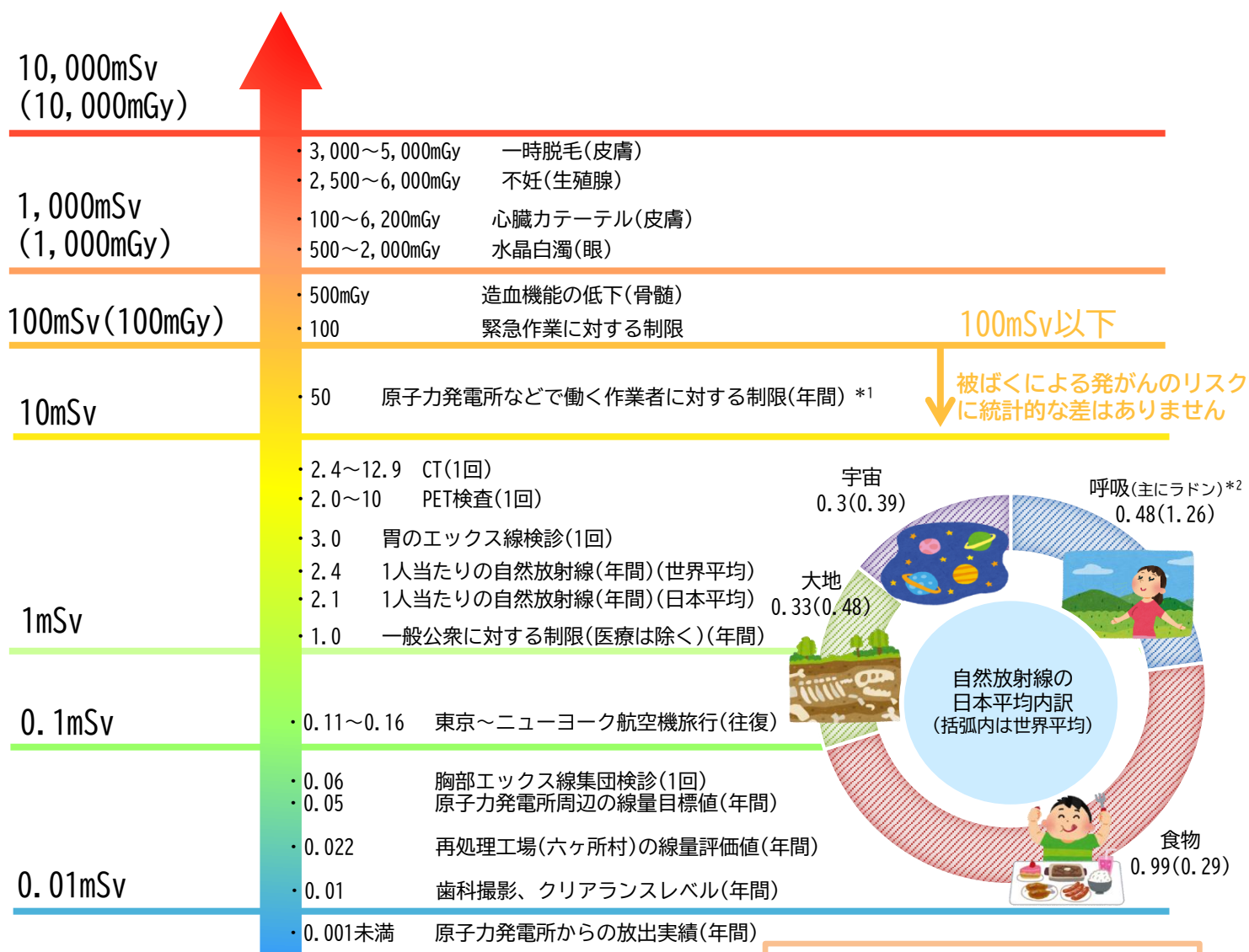
東電福島第一原発周辺海域で採取した海底土試料に含まれるセシウム-137の 放射能濃度の経年変化

(注)：右側の英数字は観測点名を示します。黒い太線は平均値（幾何平均）を示します。

日常生活と放射線

私たちは日常の生活を送るなかで絶えず放射線を受けています。それらの放射線の由来は、宇宙からの宇宙線、大気・土壌・海水・河川水などの環境に含まれる放射性核種から出る放射線です。このような放射線の由来となる放射性核種は、地球誕生以来存在するカリウム-40 (^{40}K)、ウラン (U)、トリウム (Th) などの他に、核爆発実験や原子力発電所の運転などで生じるストロンチウム-90 (^{90}Sr)、セシウム-137 (^{137}Cs)、プルトニウム-239+240 ($^{239+240}\text{Pu}$) などがあります。極めてわずかな量ではありますが、いずれも魚や米や野菜に含まれており、これらを食べることにより健康影響には全く問題ないものの、放射線を受けることになります。

日常生活と放射線



(注) 数値は有効数字などを考慮したおよその数値
カラーの横線は、ひとつ上がる度に10倍増加する目盛り(対数軸という)を表します

*1 発電所などで働く作業員に対する線量は5年間に付き100ミリシーベルトかつ、1年間に付き50ミリシーベルトを超えない
*2 空気中に存在する天然の放射性物質

体内、食物中の自然放射性核種

水道水や井戸水、米、野菜、肉、魚など、私たちが日常、飲んだり食べたりしているものにも自然由来の放射性核種がわずかながら含まれています。したがって、私たちは食事をしたり水を飲んだりし、併せて体外に排出する一連の代謝により、これらの放射性核種を体内に取り込み、また排出を絶えず行っています。

飲食物に含まれる自然由来の放射性核種から受ける放射線の線量は、日本人の場合、1年間に平均して約0.99ミリシーベルトになります。そのおよそ20%はカリウム-40に由来するものと言われています。

ヒトの体に含まれる自然放射性核種とその放射能

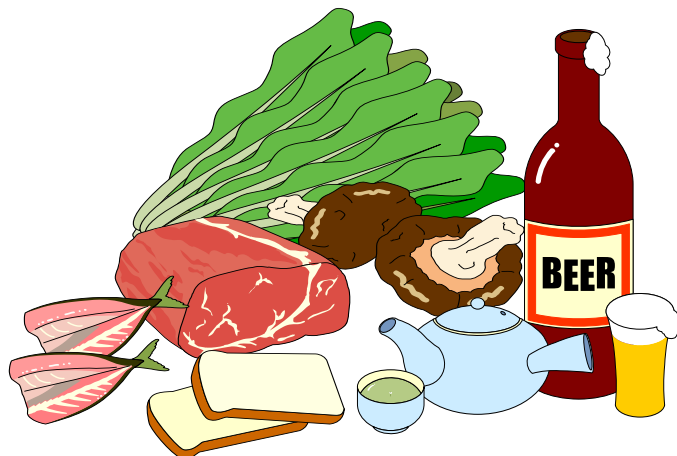
(体重60キログラムの日本人の例)

カリウム - 40 (^{40}K)	約4,000ベクレル
炭素 - 14 (^{14}C)	約2,500ベクレル
ルビジウム - 87 (^{87}Rb)	約500ベクレル
鉛 - 210 (^{210}Pb)、 ポロニウム - 210 (^{210}Po)	約20ベクレル

(参考) 飲食物に含まれるカリウム - 40の放射能濃度の例

(ベクレル/キログラム)

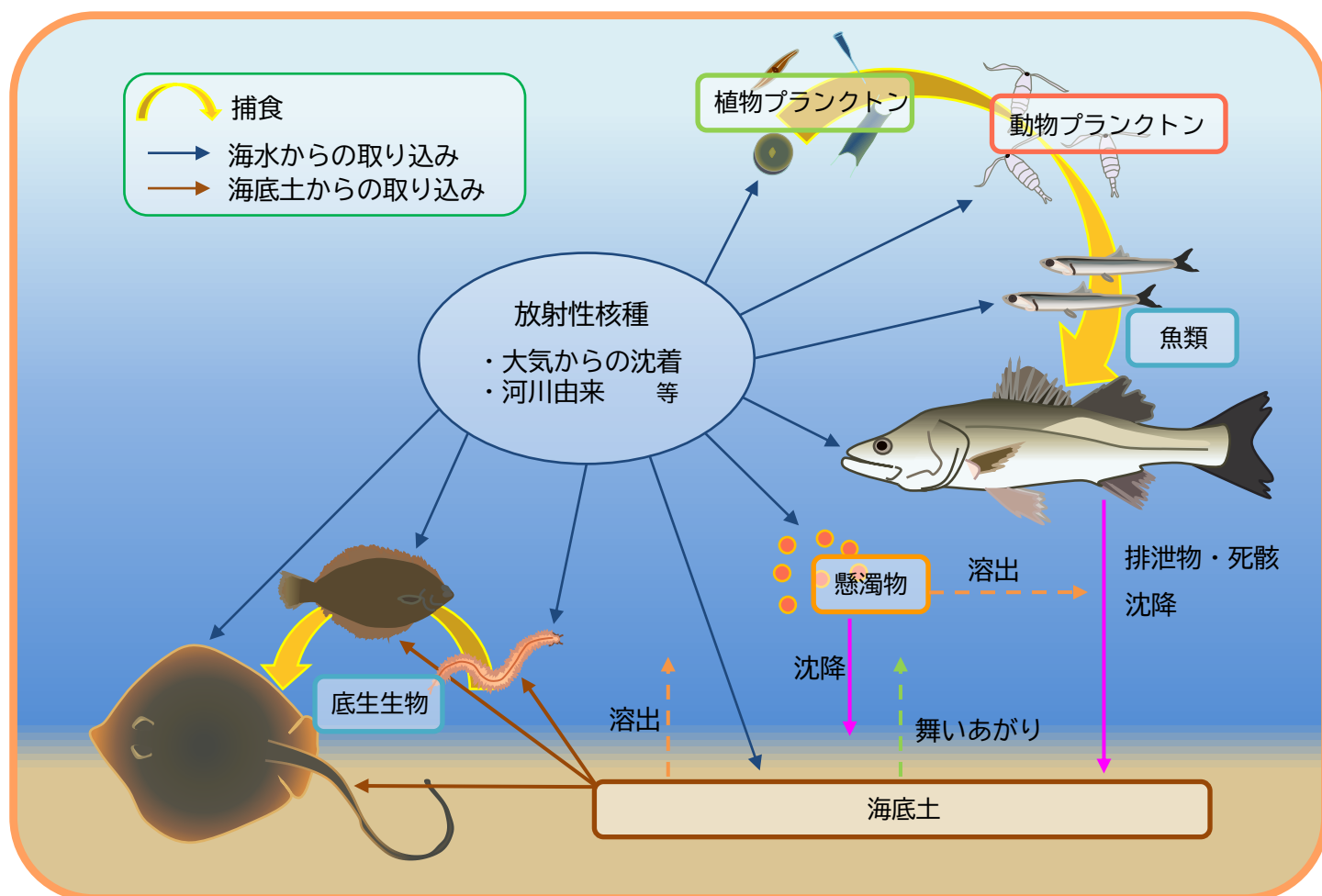
米	30	お茶	600
食パン	30	ポテトチップス	400
魚	100	清酒	1
牛肉	100	ビール	10
牛乳	50	ワイン	30
ドライミルク	200		
ほうれん草	200		
干椎茸	700		
干昆布	2,000		
生わかめ	200		



海洋中での放射性核種の動き

人類の活動により生じた放射性核種は大気や河川を通して海洋へ入り、時を経て外洋又は深層に拡散しながら希釈され、海洋環境に存在する自然放射性核種とともに存在しています。海洋表層にいる植物プランクトンやそれを捕食している動物プランクトンは海水中に溶けている放射性核種を体内に取り込みます。その後植物プランクトン～動物プランクトン～魚類とつながる一連の食物連鎖により放射性核種は生体間を移行すると同時に、海水からもさらに生体内に取り込まれます。生体内の放射性核種は排泄物や死骸とともに、懸濁物として海洋表層から深層に運ばれます。また、懸濁物が沈降する際には海水から放射性核種が吸着したり、逆に一部はバクテリアにより分解されて、放射性核種が海水に戻って行く（溶出する）こともあります。残りは海底に積もり、海底土の一部となります。その後も、海底から放射性核種が溶出することや懸濁物として舞いあがることもあります。

海洋における放射性核種は、放射壊変しつつ、上記のプロセスを経て最終的には海水から除かれていきますが、各々の変化速度や存在量は異なります。つまり、元素としての性質を反映して水に溶けやすいものは、海水とともに海洋中を動き長く海水中に留まったり、懸濁物に吸着しやすいものは速やかに海水から除かれ海底に堆積したり、生物に取り込まれやすいものは生体内に比較的長く留まる傾向があります。



放射性核種の海洋中における動きの概念図

トリチウムとは？

トリチウムは自然界にも存在する水素の仲間(同位体)です。その生成方法は様々で、自然界では宇宙からの放射線が、空気中にある窒素や酸素とぶつかり合い生成されます。そのため、空気中だけでなく雨水や水道水、海水にも含まれていたり地球上のどこにでも存在します。

原子力発電所の原子炉内で生成されるトリチウムは、原子炉の冷却水に用いられている水の中に含まれている重水素が中性子を吸収することで生成されたり、冷却水に添加しているホウ素やリチウムが中性子を吸収する際の副産物として生成されたり、核燃料に使われているウラン等の核分裂によっても生成されます。

私達がトリチウムから放出される β 線を外から受けた場合、そのベータ線は皮膚の表面で止まってしまうため、人体への影響は非常に小さいとされています(p9、ミニ解説を参照)。また、空気中のトリチウムを呼吸により取り込んだり、水や食品等に含まれるトリチウムを口から摂取した場合、その多くは新陳代謝により体外にすみやかに排出されます。



海水試料に含まれるトリチウム分析の手順(一例)

海水試料に存在するトリチウムは極めて量が少ないため、効率よく検出するためには、試料に含まれる水素のうち、トリチウムが占める割合を増やすために濃縮する操作が必要となります。



減圧蒸留

海水に含まれる有機物を分解、脱塩する。(残留した有機物や塩が測定を阻害するため。)



電解濃縮

試料水に通電(電気分解)することで、同位体効果を利用し、トリチウムの濃縮を行う。



常圧蒸留

得られた試料水に試薬を加え、中和し、蒸留する。



測定

試料水とシンチレータ*1を混合し、液体シンチレーションカウンタ*2でベータ線の測定を行う。

*1 エックス線やガンマ線等の放射線にあたると、蛍光を発光する物質の総称

*2 放射線とシンチレータとの反応による蛍光の数を数えることで、放射線の計測を行う

このパンフレットは、原子力規制委員会原子力規制庁から受託した令和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）事業の一環で公益財団法人海洋生物環境研究所が作成したものです。

お問い合わせ

公益財団法人海洋生物環境研究所
〒162-0801 東京都新宿区山吹町347 藤和江戸川橋ビル7階
TEL. 03-5225-1161/FAX. 03-5225-1160
ホームページ. <https://www.kaiseiken.or.jp/>

