

福島県及び周辺地域の放射性物質モニタリング
中間とりまとめ案(地下水)
(2011～2023 年度)

令和〇年〇月

環境省

目 次

はじめに	1
1. 背景	1
2. 福島県及び周辺地域の放射性物質モニタリングの目的	1
3. 本中間とりまとめの目的と構成	1
公共用水域および地下水のモニタリング	2
1. 調査目的	2
2. 調査方法	2
(1) 調査地域および調査対象	2
(2) 調査期間	2
(3) 調査地点および頻度	2
(4) 試料採取方法	5
(5) 関連項目の計測	6
(6) 試料の前処理方法	6
(7) 分析対象核種および検出下限目標値	6
(8) 分析方法	7
3. 調査結果	8
3. 2 地下水	8
(1) 地下水における分析試料数および調査結果	8
(2) 地下水調査結果に関する参考情報	8
(3) 地下水の放射性物質モニタリング調査結果まとめ	13
モニタリング結果 データ編	14

はじめに

1. 背景

2011 年 3 月 11 日の東京電力福島第一原子力発電所（以下「福島第一原発」という。）事故により放出された放射性物質による環境の汚染が生じた。政府は、きめ細かな放射線のモニタリングを行うため、原子力災害対策本部にモニタリング調整会議を設置し、2011 年 8 月に同会議にて「総合モニタリング計画」を決定した。環境省では、総合モニタリング計画に基づき、2011 年 8 月より、水環境中の事故由来の放射性物質の存在状況を調査している。

2. 福島県及び周辺地域の放射性物質モニタリングの目的

環境省では、東京電力福島第一原子力発電所事故由来の放射性物質の水環境における存在状況把握のため、「総合モニタリング計画」に基づき、人が居住している地域や場所を中心とした放射線量、放射性物質の分布状況の中長期的な把握、及び環境中に放出された放射性物質の拡散、沈着、移動・移行の状況の把握を主な目的として、モニタリングを実施してきた。

主に、人が居住している地域の放射性物質の分布状況把握の観点から、公共用水域（河川、湖沼・水源地、沿岸）のモニタリングと地下水のモニタリングを、また、主に環境中の放射性物質の移行状況把握の観点から、水生生物のモニタリングを、それぞれ震災後の 2011 年より実施している。

3. 本中間とりまとめの目的と構成

本中間とりまとめは これまでの 13 年間のモニタリング結果を総括し、国民向けに情報発信することを目的とするものである。

本とりまとめの構成としては、調査の観点が異なる、公共用水域および地下水のモニタリング、及び水生生物のモニタリングについて、内容ごとにとりまとめ、総括している。最初にモニタリングの概要、方法等についてまとめて記述した後に、これまで蓄積してきた結果や、その詳細な分析、技術的な補足説明などを記述している。本とりまとめの最後に、これらのモニタリングが開始された 2011 年度から 2024 年 3 月までの全てのデータを、データ編として別紙の形でとりまとめた。

公共用水域および地下水のモニタリング

1. 調査目的

公共用水域および地下水のモニタリングでは、環境中に放出された放射性物質の拡散、沈着、移動・移行の状況の把握把握するため、福島第一原発が所在する福島県と、その周辺の岩手県、宮城県、茨城県、栃木県、群馬県、千葉県、埼玉県および東京都を調査地域とした。なお、調査を開始した 2011 年度のみ、山形県でも調査を実施している。

2. 調査方法

(1) 調査地域および調査対象

調査対象は、公共用水域(河川、湖沼・水源地及び沿岸)の水質及び底質、地下水質を対象としている。

(2) 調査期間

2011 年 9 月～ (2024 年 4 月時点で調査継続中)

(3) 調査地点および頻度

調査期間中の改廃を経て、2023 年度には、公共用水域については 602 地点で年に 2～10 回の頻度、地下水については 363 地点で年に 1～4 回の頻度で調査を実施している。それぞれの調査地域における調査対象ごとの地点数や頻度について表 2-1 に示す。具体的な調査地点については、図 2-1～2 に示す。

表 2-1 各調査地域における調査対象ごとの地点数および頻度

調査地域	調査対象ごとの地点数および頻度 (括弧内は頻度)	
	公共用水域	地下水
山形県	○地点(単年度のみ)	—
岩手県	24 地点(2～4 回／年)	22 地点(1 回／年)
宮城県	76 地点(2～10 回／年)	22 地点(1 回／年)
福島県	222 地点(6～10 回／年)	221 地点(2～4 回／年)
茨城県	77 地点(4 回／年)	27 地点(1 回／年)
栃木県	64 地点(4～7 回／年)	27 地点(1 回／年)
群馬県	72 地点(2～7 回／年)	21 地点(1 回／年)
千葉県	60 地点(4～7 回／年)	23 地点(1 回／年)
埼玉県	2 地点(4 回／年)	—
東京都	5 地点(4～7 回／年)	

※地点数および頻度は、2024 年 3 月時点のものとした。調査期間中に地点・頻度の改廃があったため、以後の解析と整合しない場合がある。

※山形県は 2011 年度のみの実施。

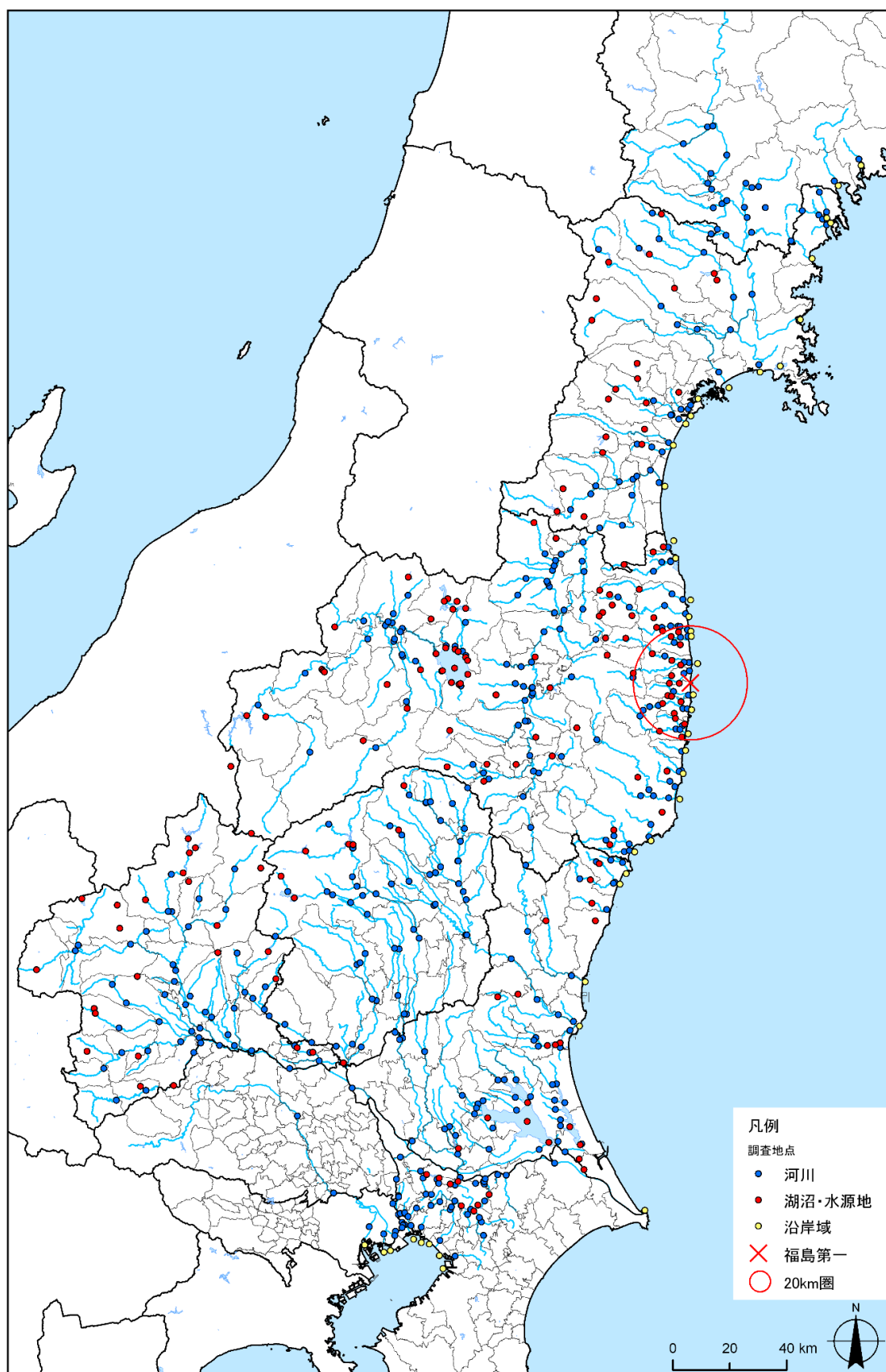


図2-1 公共用水域の調査地点図

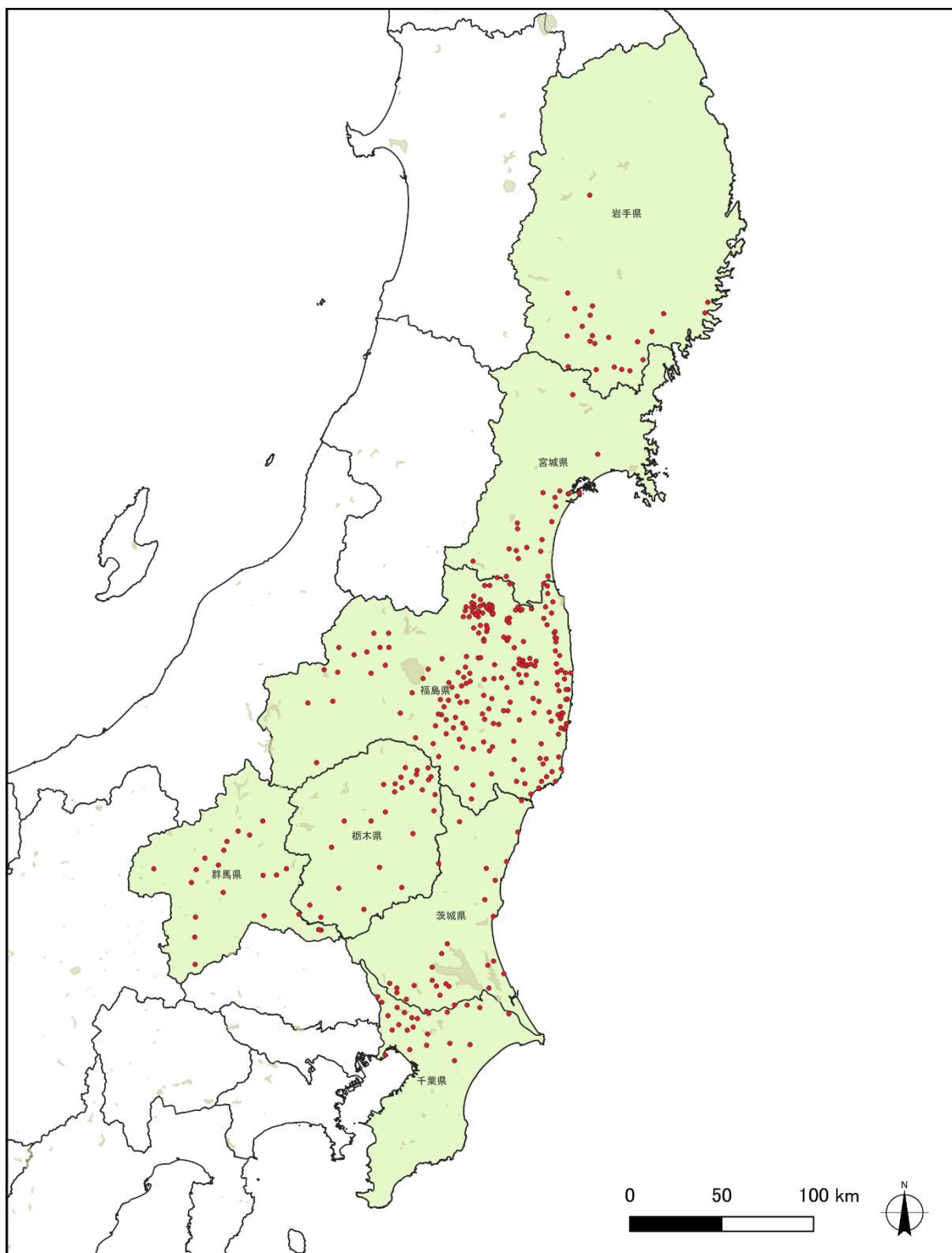


図2-2 地下水の調査地点図

(4) 試料採取方法

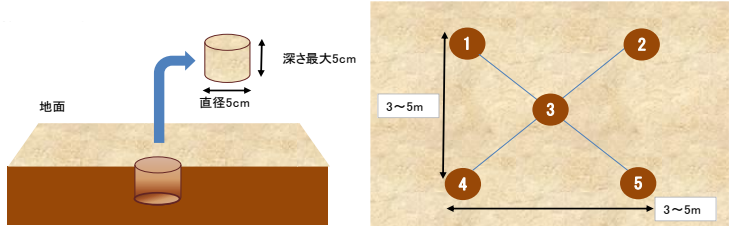
試料の採取は、以下の調査指針等に準じて実施している。

- ・水質調査方法(昭和 46 年 9 月 30 日付け環水管第 30 号、環境庁水質保全局長通知)
- ・底質調査方法(平成 24 年 8 月 8 日付け環水大発第 120725002 号、環境省水・大気環境局長通知)
- ・地下水質調査方法(平成元年 9 月 14 日付け環水管第 189 号、環境庁水質保全局長通知)
- ・環境試料採取法(昭和 58 年、文部科学省放射能測定法シリーズ)
- ・ゲルマニウム半導体検出器等を用いる機器分析のための試料の前処理法(昭和 57 年、文部科学省放射能測定法シリーズ)

① 公共用水域における試料採取

対象媒体毎の採取方法について、表2-2に示す。

表2-2 試料の採取方法

水域	対象媒体	採取方法の概要
河川	水質	橋上もしくは川岸からバケツまたは柄杓により表層水(表層～50cmの深さ)を3L程度採取。
	底質	橋上もしくは川岸からエクマンバージ型採泥器またはスコップにより表層泥(表層～10cm程度の深さ)を3回以上採取し混合。
	周辺環境(土壌)	調査地点の上流側堤外の両岸から採土器等またはスコップにより3～5m四方の5地点で土壌(表層～5cm程度の深さ)を採取し混合。  ・四方5地点採取  図 採土器等(上)及び土壌採取方法の模式図(下)
	空間線量率	各土壌採取地点において、NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータにより地表から1m高さの空間線量率を測定。
湖沼・水源地	水質	船上もしくは湖岸からバンドーン型採水器または柄杓により表層水(表層～0.5mの深さ)及び底層水(湖底から1m程度上)を各3L程度採取。  図: バンドーン型採水器

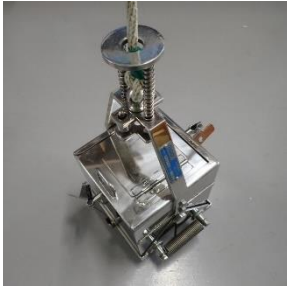
	底質	船上もしくは湖岸からエクマンバージ型採泥器またはスコップにより表層泥(表層～10cm 程度の深さ)を3回以上採取し混合。 
	周辺環境(土壌)	湖沼・水源地縁辺部から、河川に準じ採土器等またはスコップにより3～5m四方の5地点で土壌(表層～5cm 程度の深さ)を採取し混合。
	空間線量率	各土壌採取地点において、NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータにより地表から1m 高さの空間線量率を測定。
沿岸域	水質	船上からバンドーン型採水器により表層水(表層～0.5m の深さ)及び底層水(海底から1m 程度上)を各3L 程度採取。
	底質	船上からエクマンバージ型採泥器またはスミス・マッキンタイヤ型採泥器により表層泥(表層～10cm 程度の深さ)を3回以上採取し混合。

図:エクマンバージ型採泥器

②地下水における試料採取

地下水については、滞留している水が入れ替わるよう通水し、水温及び透視度が一定になっていることを確認したのち、容器に直接または採取ポンプを用いて6L 程度採取している。

(5)関連項目の計測

①公共用水域

試料採取にあたって、参考となる関連項目についても計測を行っている。具体的は、全水深、採水深、採泥深、水温、色相、臭気、透視度、透明度、電気伝導度、塩分等がある。

②地下水

試料採取にあたって、参考となる関連項目についても計測を行っている。具体的は、気温、水温、透視度、臭気、透視度、pH、SS、濁度等がある。

(6)試料の前処理方法

放射性セシウム等核種分析用試料の調製は、放射能測定法シリーズ 24「緊急時における γ 線スペクトロメリーのための試料前処理法」(平成 31 年 3 月改訂 原子力規制庁)及び放射能測定法シリーズ 29「緊急時におけるゲルマニウム半導体検出器による γ 線スペクトル解析法」(平成 30 年 3 月改訂 原子力規制庁)に準じて実施している。具体的には、室内の汚染を防止するため、試料の乾燥処理は行わず、湿土のまま測定試料とし、測定結果に対して含泥率から乾燥試料の値を算出している。

(7)分析対象核種および検出下限目標値

①分析対象核種および検出下限目標値

本調査では、放射性セシウムおよび放射性ストロンチウムを主な分析対象核種としている。公共用水域、地下水および水生生物のそれぞれの媒体における、分析対象核種および検出下限目標値を表2-3に示す。

表2-3 分析対象核種および検出下限目標値

	対象媒体	分析対象核種と検出下限目標値（括弧は誤差範囲）			
		放射性セシウム (Cs-134、Cs-137)	放射性ストロンチウム		その他の 人工核種
			Sr-90	Sr-89	
公共用水域	水質	1Bq/L 程度	1Bq/L 程度	1Bq/L 程度※ ¹	放射性核種により目標値は異なる
	底質	10Bq/kg-dry 程度	1Bq/kg-dry 程度	2Bq/kg-dry 程度※ ¹	
	周辺環境 (土壌)	10Bq/kg 程度	—	—	
地下水	水質	1Bq/L 程度	1Bq/L 程度	1Bq/L 程度※ ²	—

※1:2011 年度に実施したのみ。

※2:2023 年度までの実施。

②放射性ストロンチウムの分析対象試料の選定

放射性ストロンチウムの分析については、分析対象を限定した実施としている。詳しくは表2-4に記載する。

表2-4 放射性ストロンチウムの分析対象

	対象媒体	放射性ストロンチウムの分析対象試料
公共用水域	水質	下段記載の底質 Sr-90 試料の分析の結果、10Bq/kg 以上の検出があった場合に、同測点において同日に採取した水質試料の分析を実施。 (平成 29 年度採取分より実施)
	底質	底質の放射性セシウム濃度が比較的高かった地点を対象に対象試料を選定し、同底質試料の Sr-90 の分析を実施。
地下水	水質	福島県内の 24 地点(定点)で採取した水試料について、Sr-90 および Sr-89 の分析を実施。ただし Sr-89 の分析については、半減期を考慮し、2023 年度までの実施。

(8)分析方法

分析方法については、原則として文部科学省放射能測定法シリーズに準じて実施している。詳しい分析の方法については、それぞれの放射能測定法シリーズを参照されたい。

- ・放射性セシウム分析法(昭和 51 年 9 月(1 訂))
- ・放射性ストロンチウム分析法(平成 15 年 7 月(4 訂))

得られた測定結果については、減衰補正(試料採取終了時の放射能濃度への補正)の上、有効桁数は 2 桁とした。

3. 調査結果

3.2 地下水

(1) 地下水における分析試料数および調査結果

地下水の放射性物質モニタリングにおいて、調査開始から 2023 年度までに採取し放射性セシウムの分析を行った試料総数は、18,907 であった。放射性ストロンチウムの分析を行った試料総数は、621 であった。

地下水中の放射性セシウムの検出状況については、2011 年 11 月に 2 地点において、1.0Bq/L の検出があった。2012 年から現在までは、全地点で検出下限値未満の結果であった。

地下水中の放射性ストロンチウム(Sr-90)の検出状況については、2012 年 1～2 月に実施した精密な分析において、0.0004～0.0029 Bq/L の範囲で検出があった。2012 年の検出以来、全地点で検出下限値未満の結果となっている。Sr-89 については、調査開始から 2023 年度まで、全地点で検出下限値未満の結果であった。

(2) 地下水調査結果に関する参考情報

地下水とは、雨が地表面から地中に浸透して、土の中の隙間の部分に存在する水¹である。そこで、地下水における放射性セシウムの調査結果の解釈のため、地表面の状況として、①土壌における放射性物質の水平的な分布状況と、②土壌における放射性物質の鉛直分布状況、③地下水における放射性セシウムの検出状況(本調査結果以外)についても参考として示す。

① 土壌における放射性物質の水平的な分布状況

公共用水域で参考採取している周辺環境(土壌)について、2023 年度時点の放射性セシウムの濃度分布図を、図3-48 に示す。

¹ 出典:「地下水マネジメント推進プラットフォーム」HP「地下水の基礎」(内閣官房水循環政策本部事務局)
(<https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gmpp/guide/technologies/fundamentals.html>)

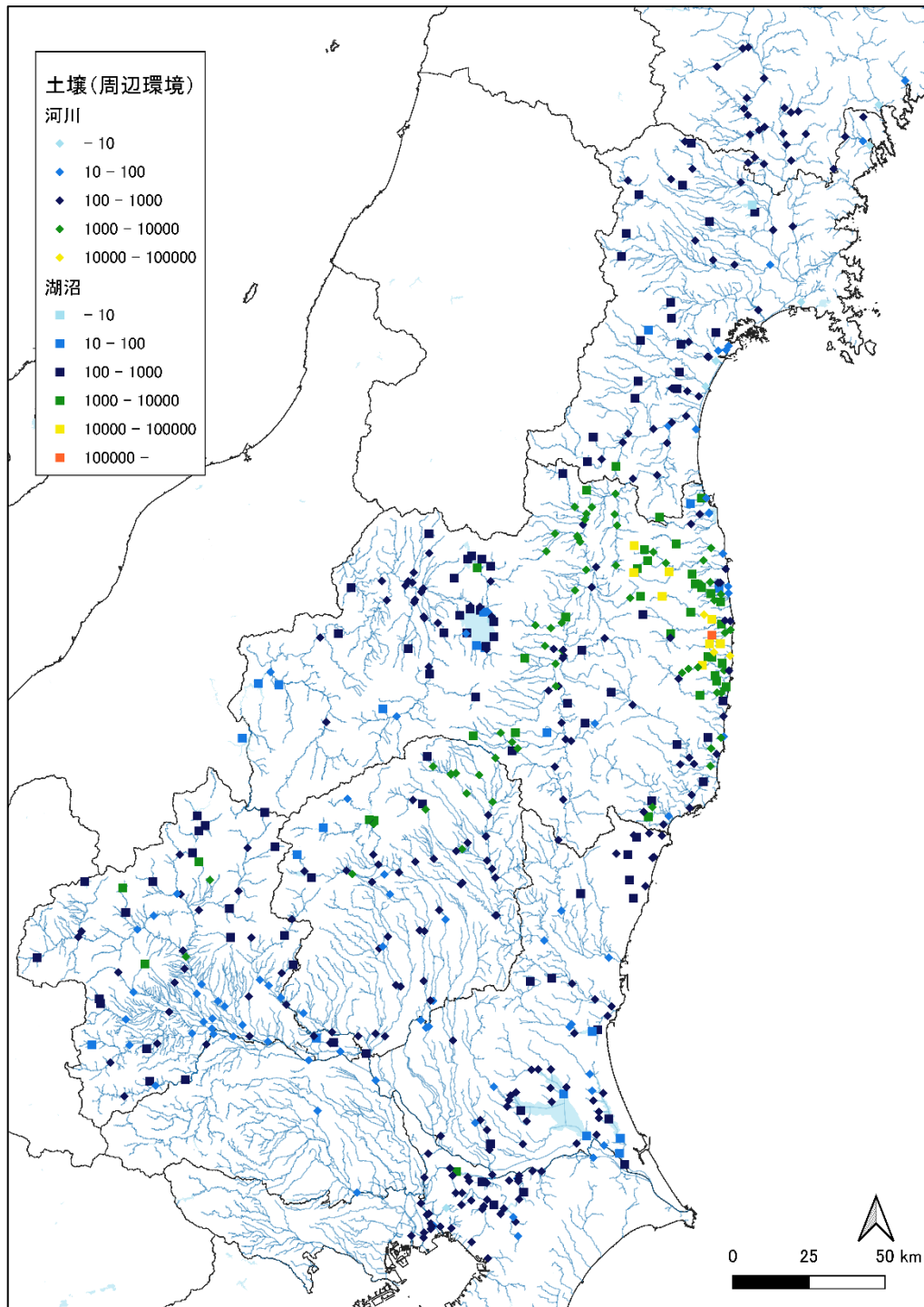


図3-60 2023 年度時点の周辺環境(土壌)中の放射性物質濃度の分布図

② 土壌における放射性物質の鉛直分布状況

環境省の放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料(令和5年度版)第4章 防護の考え方4.4 長期的影響より、「土壌中の放射性セシウムの分布の状況」について抜粋して掲載する。

長期的影響

土壌中の放射性セシウムの分布の状況

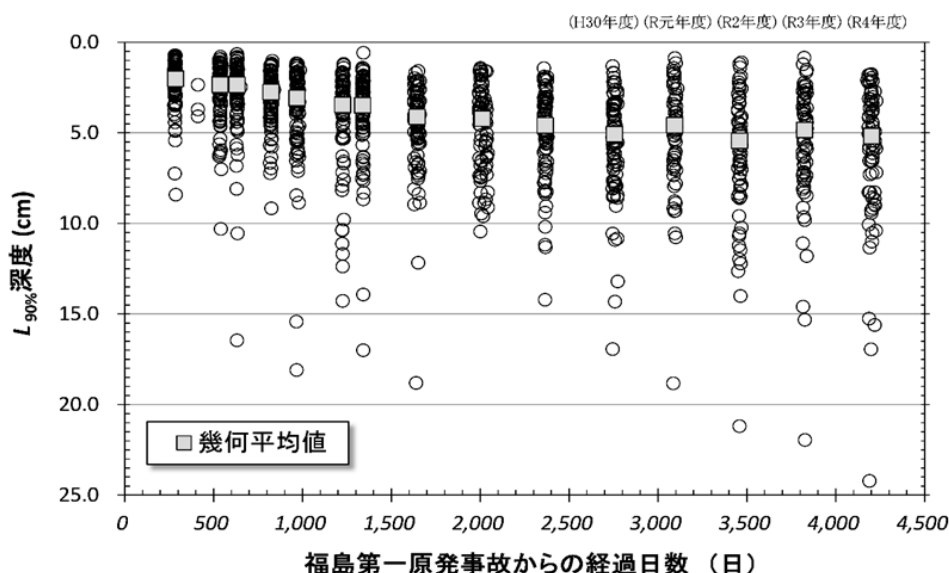


図 2011年12月からの90%深度 $L_{90\%}$ *の経時的な変化データ群(福島県、宮城県南部、茨城県北部 85箇所、非耕作地)
(参考) 90%深度 $L_{90\%}$: 放射性セシウムの沈着量の90%が含まれる地表面からの深度

出典: 2022年度原子力規制庁委託事業「東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の分布データの集約」 成果報告書「土壌における放射性セシウムの分布状況」より作成

図3-61 土壌中の放射性セシウムの鉛直分布状況の推移

今回の東京電力福島第一原子力発電所事故に伴い環境中に放出された放射性セシウムの土壌中の深度分布に関する調査が、2011年度から福島県、宮城県南部、茨城県北部において実施されている。土壌に沈着した放射性セシウムの90%が存在する土壌表面からの深度(90%深度)は、時間の経過と共に僅かずつ下方へ移動する傾向を示すものの、その幾何平均値は2018年以降ほぼ横ばいとなり、2022年9月時点で5.18cmであった。このような土壌表層の放射性セシウム鉛直分布の変化は、除染や深耕等の人為的な作用とともに、土壌の特性や降水量によって生じる。一方、土壌中の粘土成分の中には、バーミキュライトを含む粘土鉱物やゼオライトなどが含まれており、これらはセシウムを強く収着する性質を有している。セシウムは、これらの粘土成分に強く収着されることで水に溶けにくくなり、固定されることによって土壌の表層付近に長期間とどまる傾向にある。

1986年に起こったチェルノブイリ原子力発電所事故の影響調査では、事故後14年経過しても、事故により降ったCs-137の約80%が、表面から10cm内の所にとどまっていることも明らかとなっている。(国際原子力機関(IAEA)国際チェルノブイリフォーラム報告書(2006年))

(原文から一部内容を抜粋して掲載)

放射性セシウムについては、土壌中の放射性セシウムの鉛直分布状況の他に、土壌に強く収着する性質²も明らかになっている。

③ 地下水における放射性セシウムの検出状況

・全国の放射性物質モニタリングの結果

環境省では、水質汚濁防止法に基づき、全国 47 都道府県の 110 地点で、地下水の放射性物質のモニタリングを実施している。(図3-50、福島県及び周辺地域を抜粋して表示)

https://www.env.go.jp/air/rmcm/result/moe_water.html

全国の放射性物質モニタリングの調査が開始された 2014 年度から 2023 年度までの結果において、放射性セシウムを含む人工核種は検出されていない。(検出下限値:0.001Bq/L 程度)

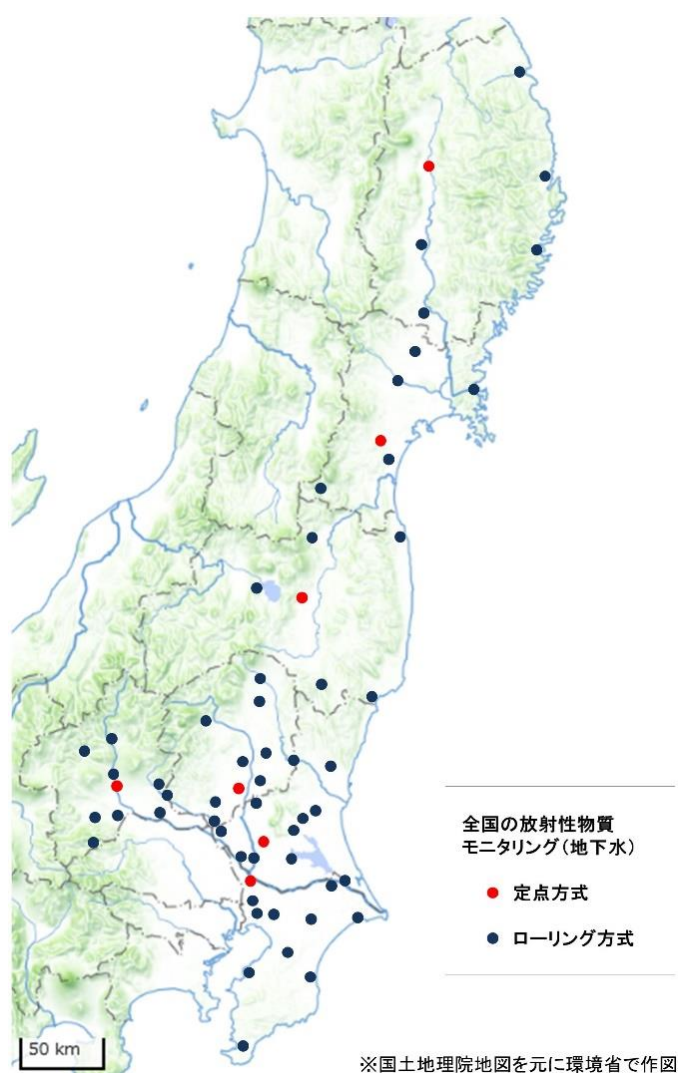


図3-62 全国の放射性物質モニタリングの調査地点図
(福島県及び周辺地域を抜粋して表示)

² 出典:「除去土壌の埋設に係る放射性セシウムの挙動の把握」(環境省第 11 回環境回復検討会 資料4(平成 26 年3月))
(<https://josen.env.go.jp/material/session/011.html>)

・地下水の環境放射線モニタリング調査結果（福島県）

福島県では、総合モニタリング計画に基づき 2011 年より、地下水の環境放射線モニタリング調査を実施している。地下水中の放射性セシウムの検出状況については、2011 年に 1.0Bq/L の検出があった以来、2012 年から現在までは、全地点で検出下限値未満の結果であった。

「ふくしま復興情報ポータルサイト」地下水の環境放射線モニタリング調査結果」

<https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/ps-chिकासui.html>

・飲用井戸水等のモニタリング検査結果（福島県）

環境省の放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料（令和5年度版）第7章 環境モニタリング7. 5 井戸水のモニタリングより、「福島県の井戸水の検査結果」について抜粋して掲載する。

井戸水の モニタリング	福島県の井戸水の検査結果		
	会津地方	中通り地方	浜通り地方
	会津若松市、喜多方市、西会津町、磐梯町、猪苗代町、会津坂下町、柳津町、三島町、金山町、会津美里町、北塩原村、昭和村、下郷町、只見町、檜枝岐村	福島市、二本松市、伊達市、本宮市、桑折町、国見町、川俣町、大玉村、須賀川市、田村市、石川町、浅川町、古殿町、三春町、小野町、天栄村、玉川村、平田村、白河市、矢吹町、棚倉町、矢祭町、塙町、西郷村、泉崎村、中島村、鮫川村	相馬市、南相馬市、広野町、楡葉町、川内村、葛尾村、飯館村、いわき市
2011年 ～ 2023年 (12月28日まで)	全てND	全てND	全てND

井戸水の放射性物質の測定結果を示す。なお、ND（検出限界値未満）：放射性セシウム、放射性ヨウ素共に検出限界値は、2011年には5ベクレル/kg、2012年以降には1ベクレル/kgとなっています。

※ 上記に記載の自治体は「福島県飲料水の放射性物質モニタリング検査実施計画」に参加している自治体です。記載のない自治体は市町村独自の検査を実施している場合があります。

出典：ふくしま復興情報ポータルサイト「飲料水モニタリング検査結果・関連情報」（2023年12月28日時点）より作成

図3－63 福島県の井戸水の検査結果

福島県の復興情報ポータルサイト「ふくしま復興情報ポータルサイト」では、事故のあった 2011 年以降の井戸水における飲用井戸水等のモニタリング検査結果が公開されています。「福島県飲料水の放射性物質モニタリング検査実施計画」における検査体制に基づき、福島県に調査依頼を行った自治体に対して調査したものです。

ふくしま復興情報ポータルサイト「飲料水モニタリング検査結果・関連情報」

<https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/ps-drinkingwater-monitoring.html>

井戸水などの飲料水の国の基準値は 10Bq/kg ですが、これまでの調査では井戸水から放射性物質は一度も検出されておらず、「ND」(検出限界値未満)です。

なお、検出限界値は 2011 年には放射性セシウム、放射性ヨウ素共に5Bq/kg 以下であり、現在では1 Bq/kg 以下となっています。

(原文のまま掲載)

・文献から得られた検出状況の情報

Shizuma et al. (2018) は、福島県南相馬市内の深さ 5～100m の 11 カ所の井戸で、2014 年 9 月から 2016 年 7 月の間に 5 回採水し、Cs-137 の測定を行っている。結果は、検出下限値未満～0.0267Bq/L の範囲で検出されている。その他、地下水を水源とする浄水場からの水についても採水しているが、採取方法が異なるため、ここでは参考情報に含めない。

Shizuma, Kiyoshi, et al. "Identification and temporal decrease of ^{137}Cs and ^{134}Cs in groundwater in Minami-Soma City following the accident at the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant." *Environmental Pollution* 234 (2018): 1-8.

(3) 地下水の放射性物質モニタリング調査結果まとめ

地下水における放射性物質の検出は、2012 年 1～2 月期に最大で 1Bq/L の検出があつて以来、現在まで検出下限値未満の状況が続いている。環境省で別途高い精度で実施している、水環境における放射性物質のモニタリングの調査においても、調査開始以来、放射性セシウムおよび放射性ストロンチウムは検出されていない。文献からの情報では、2014 年～2016 年の時点の福島県におけるデータで、その濃度のレンジは 0.001～0.01Bq/L の範囲であつた。一方、土壌における放射性セシウムの性質は、土壌に強く収着し、容易に脱離しない性質であることが示されている。

以上のことを踏まえると、事故由来の放射性セシウムについては、地表面の土壌に強く収着するため、平常時においては、雨水等の水を介して地中に浸透する経路で地下水に影響を与える可能性は、低いと考えられる。

モニタリング結果 データ編

2011 年度から 2023 年度までのデータについて、

1 公共用水域

2 地下水

3 水生生物

の3部構成とし、本編とは分けて、別途データ編(HP上に掲載)としてとりまとめた。

水環境における放射性物質の常時監視に関する評価検討会委員（敬称略・五十音順）

いいもと たけし 飯本 武志	東京大学 環境安全本部教授
いしい のぶよし 石井 伸昌	量子科学技術研究開発機構 放射線医学研究所 計測・線量評価部 生活圏環境移行研究グループ(併)共創推進部福島再生支援課 上席研究員
とくなが ともちか 徳永 朋祥	東京大学 大学院 新領域創成科学研究科長
はやし せいじ 林 誠二	国立環境研究所 福島地域協働研究拠点 研究グループ長
ふくしま たけひこ 福島 武彦	筑波大学名誉教授

水生生物の放射性物質モニタリング評価検討会委員（敬称略・五十音順）

あおのたつお 青野辰雄	福島国際研究教育機構 研究開発部門 放射生態学ユニット ユニットリーダー
かねことよじ 金子豊二	東京大学名誉教授
はやし せいじ 林 誠二	国立研究開発法人 国立環境研究所 福島地域協働研究拠点 研究グループ長
ふじの たけし 藤野 毅	国立大学法人 埼玉大学大学院 理工学研究科 環境科学・社会基盤部門 教授
やまもとしょういちろう 山本 祥一郎	国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産技術研究所 環境・応用部門 沿岸生態システム部 内水面グループ 主幹研究員
たかさきかずよし 鷹崎和義	福島県水産海洋研究センター 放射能研究部 部長