

2-2-2. 海底土

2-2-2-1. 文献調査

本モニタリング事業における解析調査の参考とするために、東京湾の海底土における ^{134}Cs ・ ^{137}Cs の存在量や動態等に関連する文献資料の収集整理を行った。

荒川・江戸川・多摩川における土砂輸送量は他の主要河川よりも多く、総輸送量の77%に達する²⁶⁾。千葉県内3河川（小櫃川・養老川・小糸川）の土砂輸送量は、流域面積が広い隅田川や中川よりも大きい²⁶⁾。

江戸川河口から平和島までの範囲は、江戸川・荒川・隅田川由来のシルト・粘土分の影響を強く受ける²⁷⁾。多摩川由来で流入するシルト・粘土分の一部は、海老取川を通じ北上して昭和島付近に影響する一方、南側では扇島周辺まで及ぶ²⁷⁾。江戸川、荒川、隅田川由来のシルト・粘土分は湾内に流入後、西側を南下して一部が京浜運河に流入する²⁷⁾。

東京湾の湾奥部から湾中央部にかけては泥分が堆積しているが、湾奥部であっても沿岸付近で水深10m以浅では砂が多い場所も見られる²⁾。東京湾の単位面積当たりの年間堆積量は湾奥西部の隅田川、荒川の沖で最も大きく、年間5,000 g/m²以上とされる²⁾。

東京湾における平均的な堆積速度は年間約 1.8×10^3 g/m²と見積もられており、これを堆積物の厚さに換算すると年間約1.0 cmとされる²⁾が、海域間で差があり、隅田川河口0.6 cm/年、京浜運河1.0 cm/年、江戸川河口0.7 cm/年、多摩川河口0.9 cm/年、市原沖0.7 cm/年、木更津沖0.6 cm/年と報告されている²⁸⁾。

荒川及び多摩川河口域の表層底質中に含有する化学物質組成の比較結果から、多摩川河口沖では主に荒川の影響が示唆されている²⁹⁾。出水時の衛星画像データにおいても、多摩川からの流入水は荒川からの流入水に押されるように向きを変えて南下し、多摩川河口沖周辺にはほとんど違していないといった報告もある²⁹⁾。

河川から東京湾に流入した ^{134}Cs ・ ^{137}Cs を含む粒子は、河口域で海水と接触して凝集沈殿して海底に沈降する³⁰⁾。荒川・旧江戸川河口域では ^{134}Cs ・ ^{137}Cs が羽田空港-浦安間から陸側の海域において300~1000 Bq/kg-乾燥土の濃度で沈降堆積し、湾央部への拡散は確認されなかった³⁰⁾。沈降後は海水流動により移動するが、海底面を移動する粒子は塞んだ海底に集積すると、海水流動の影響を受けにくくなり、蓄積しやすくなる³¹⁾。蓄積後、海底土中の ^{134}Cs ・ ^{137}Cs はより下層へと移行していくが、その原因として、海底土中の間隙水の下層への拡散等が疑われている³¹⁾。

真間川から東京湾に流入した ^{134}Cs ・ ^{137}Cs は、河口から1km付近までは深さ40cm付近に至るまで数百Bq/kgの高濃度であったが、河口から2km付近では表層で80Bq/kg程度、下層ではより低い値であった³²⁾。河口から離れるにつれ単位面積当たり蓄積量（インベントリ）が減少していることから、河口前面への高濃度の ^{134}Cs ・ ^{137}Cs の堆積が示唆されている。

東京湾に流入した ^{134}Cs ・ ^{137}Cs の多くは、首都圏北東部から旧江戸川河口域に流入して堆積したと推定されている³³⁾。首都圏北東部の土壤の ^{137}Cs の最大沈着量は福島市とほぼ

同程度であった³³⁾。東京湾奥の旧江戸川河口沖の堆積物量は、東電福島第一原発事故直後の2011年8月には20.1 kBq/m²であったが、5年後の2016年7月には東京湾中央部で104 kBq/m²と試算されている³³⁾。江戸川と旧江戸川の流域において大気から沈着した8.33 TBq のうち、2016年7月までに1.31 TBqが河川を介して東京湾に輸送され、旧江戸川河口に堆積したと推定されている³³⁾

2-2-2-2. ¹³⁷Cs 時系列変化

平成25年6月から令和4年度までの各観測期間の¹³⁷Cs濃度の幾何平均を図2-2-8に示した（黒丸）。約9年半で、幾何平均値は21 Bq/kg-乾燥土から10 Bq/kg-乾燥土まで減少している。章2-1-2-2において福島県周辺海域の海底土中の¹³⁷Cs濃度に対して行ったのと同様に、2重指數関数への近似を行ったところ、長期成分が存在せず、実効半減期9年の短期成分のみが存在すると見積もられた（図2-2-8中の黒い太線）。福島県周辺海域（章2-1-2-2）とは異なり、東京湾では短い実効半減期（9年）が近年でも維持されており、近似式上では今後も物理学的半減期（30.1年）よりも急速に¹³⁷Csが減り続けると推定される。全測点の幾何平均からはこのような解析結果となったが、その一方で、M-C1等のいくつかの測点では、令和4年度のモニタリング結果でわずかに上昇傾向にあり、測点によっては今後異なる増減パターンを示す可能性もある。

福島県周辺海域とは異なり、長期成分が確認できない理由として、東京湾における堆積速度（1.0 cm/年²⁾）が福島沖（<0.5 cm/年³⁴⁾）より早いことや、海底土の性状により¹³⁷Cs濃度が変化すること³⁵⁾が関係している可能性がある。しかし、現時点では原因の特定は困難である。

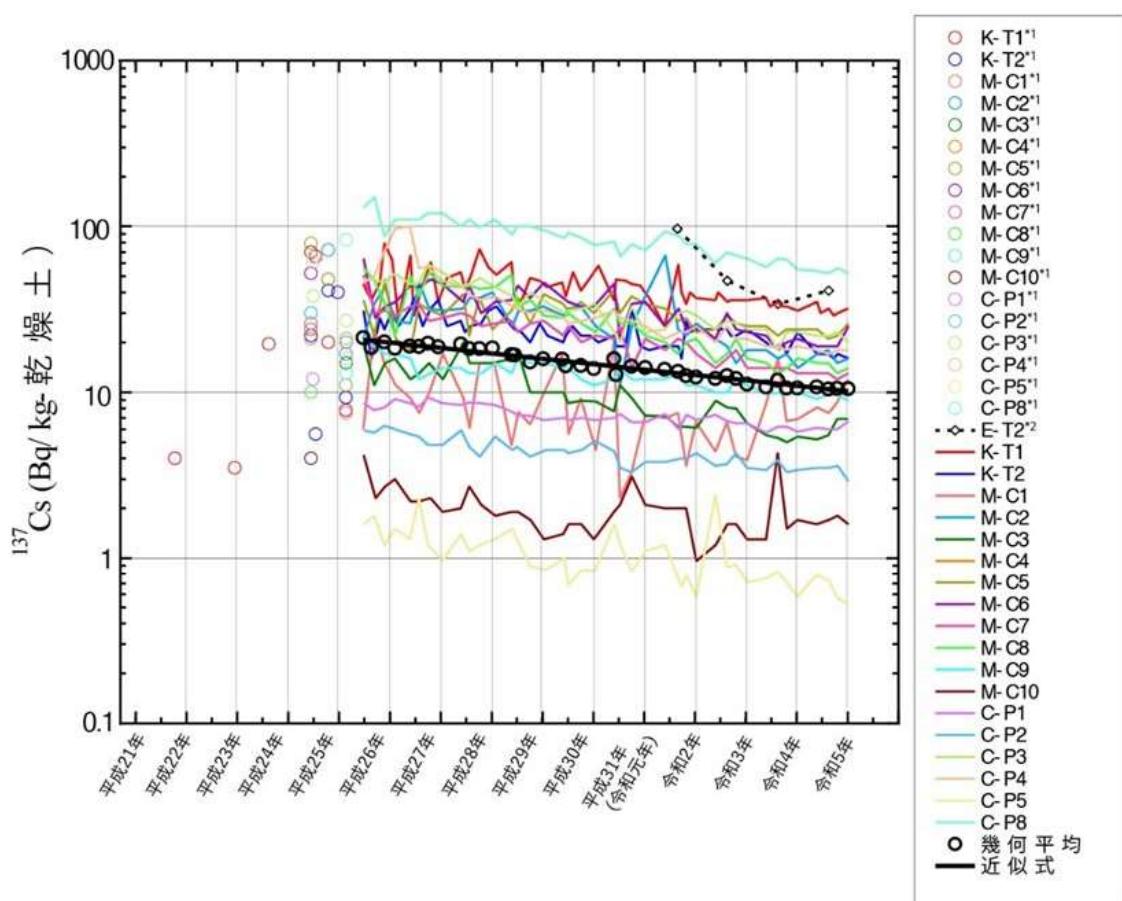


図 2-2-8 東京湾表層海底土の ^{137}Cs 濃度の時系列変化

- *1 平成 24 年度以前の値は文部科学省⁹⁾・千葉県¹⁰⁾・海上保安庁¹²⁾を参照したため、それ以降の値とは異なる形式で示した。平成 25 年では複数の測点で検出下限値未満と報告されているが、当時の検出下限値（10 Bq/kg-乾燥土）が高かったため、図中には表示せず、比較対象としなかった。
- *2 E-T2 は本モニタリング事業にて平成 31 年（令和元年）度から新たに対象としている測点である。

2-2-2-3. ^{137}Cs 水平分布

令和 4 年度調査月毎の各測点における表層海底土（表面から 0~3 cm）の ^{137}Cs 濃度の水平分布を図 2-2-9 に示す。過年度までと同様に、河川からの流入等の影響を受けやすい沿岸部が、湾央部に比較して高い傾向であった。特に矢那川の河口に面する測点 C-P8 において ^{137}Cs 濃度が高い傾向にあり（最大 56 Bq/kg-乾燥土（10 月））、最大で全測点の平均値（14 Bq/kg-乾燥土）の約 4 倍であった（図 2-2-9 の赤矢印）。中村ら³⁶⁾は河川から東京湾への流入モデルにより表層海底土中の ^{137}Cs 分布の再現を試みたが、測点 C-P8 において実測値より低い値が算出された。その後、彼らは千葉県側に多数存在する 2 級河川の流入をモデルに反映したことで、測点 C-P8 において ^{137}Cs 濃度の予測値と実測値が同等となる結果を得た³⁷⁾。このことから、測点 C-P8 の高 ^{137}Cs 濃度は周囲の複数の 2 級河川からの流入に起因すると考えられる。

表面から 3 cm 以深を考慮に入れた $^{134}\text{Cs} \cdot {^{137}\text{Cs}}$ 蓄積量を評価するために、令和 4 年 8 月に 4 測点（K-T1、M-C6、M-C8、C-P8）で柱状海底土（深さ 20cm）を採取した。

各測点における柱状海底土試料の $^{134}\text{Cs} \cdot {^{137}\text{Cs}}$ 濃度から深度 0~20 cm 単位面積当たりの $^{134}\text{Cs} \cdot {^{137}\text{Cs}}$ の放射能蓄積量（以下、0~20 インベントリという）を以下の式で算出した。

$$0\sim20 \text{ インベントリ (kBq/m}^2) = (1000 \times C \times W) / A$$

パラメータ等は以下のとおりとした。

C : $^{134}\text{Cs} \cdot {^{137}\text{Cs}}$ 濃度 (Bq/kg-乾燥土)

W : 採取した柱状海底土の全重量 (kg-乾燥土)

A : 採泥器内径の面積 (m^2)

令和 4 年度の $^{134}\text{Cs} \cdot {^{137}\text{Cs}}$ の 0~20 インベントリを表 2-2-1、平成 26 年度から令和 4 年度までの各測点における ^{137}Cs の 0~20 インベントリの推移を図 2-2-10 に示す。表層海底土の ^{137}Cs 濃度が高かった矢那川河口付近の測点 C-P8 では、全ての年で、 ^{137}Cs の 0~20 インベントリが他の測点より値が高かった。

全測点で平成 29 年度に ^{137}Cs の 0~20 インベントリが最大となった後に減少傾向に転じており、令和 4 年度は平成 26 年度より低くなった（図 2-2-10）。一方で、表層海底土中の ^{137}Cs 濃度の幾何平均は平成 26 年度以降、連続的に減少しており、平成 29 年度に最大値は確認されなかった（図 2-2-8）。添盛ら³¹⁾は平成 23~24 年度における東京湾海底土の $^{134}\text{Cs} \cdot {^{137}\text{Cs}}$ 鉛直分布の変化を調査し、 $^{134}\text{Cs} \cdot {^{137}\text{Cs}}$ の下層への蓄積が進んでいることを示した。表層海底土への ^{137}Cs 付加に遅れて、海底土下層への ^{137}Cs の移行・蓄積が起こった結果、事故から 6 年後の平成 29 年度に 0~20 インベントリの最大値を迎えた可能性がある。

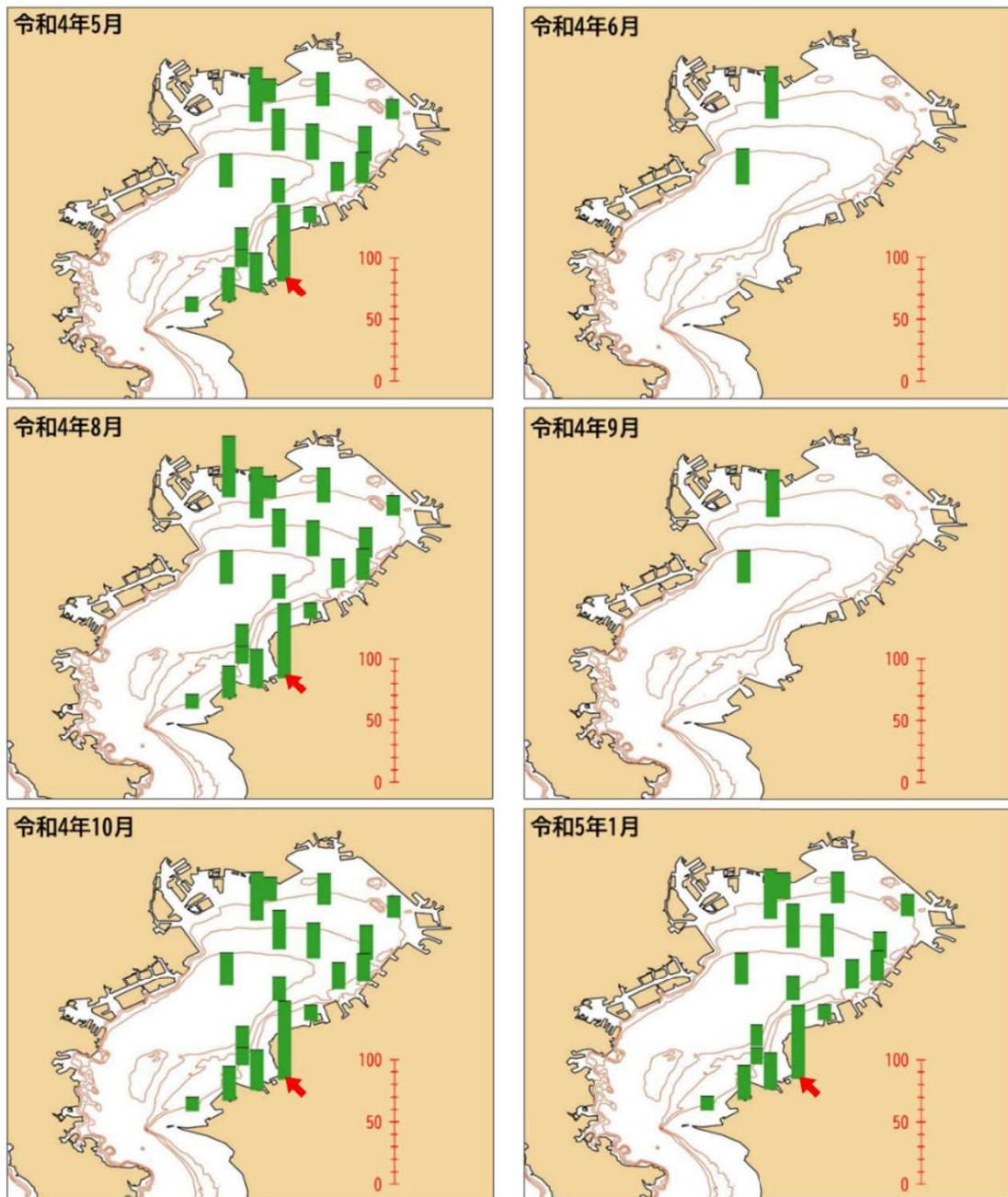


図 2-2-9 令和 4 年度の表層海底土 ^{137}Cs 濃度の水平分布

(注 1) スケールバーの単位は Bq/kg-乾燥土である。

(注 2) 赤矢印は測点 C-P8 を示す。

表2-2-1 令和4年度の $^{134}\text{Cs} \cdot ^{137}\text{Cs}$ の0~20インベントリ

測点名	K-T1	M-C6	M-C8	C-P8
採取厚 (cm)	28	37	41	36
試料厚 (cm)	20			
濃度 (Bq/kg-乾燥土)	^{134}Cs	0.74 ± 0.14	0.83 ± 0.15	ND (<0.41)
	^{137}Cs	33 ± 0.37	28 ± 0.36	18 ± 0.29
0~20インベントリ (kBq/m ²)	^{134}Cs	0.019	0.016	—
	^{137}Cs	0.85	0.53	0.47
				1.5

(注1) NDは検出下限値未満、括弧内の数値は検出下限値の平均値を示す。

(注2) 濃度の平均値及び標準偏差の算出にあたってNDは含めない。

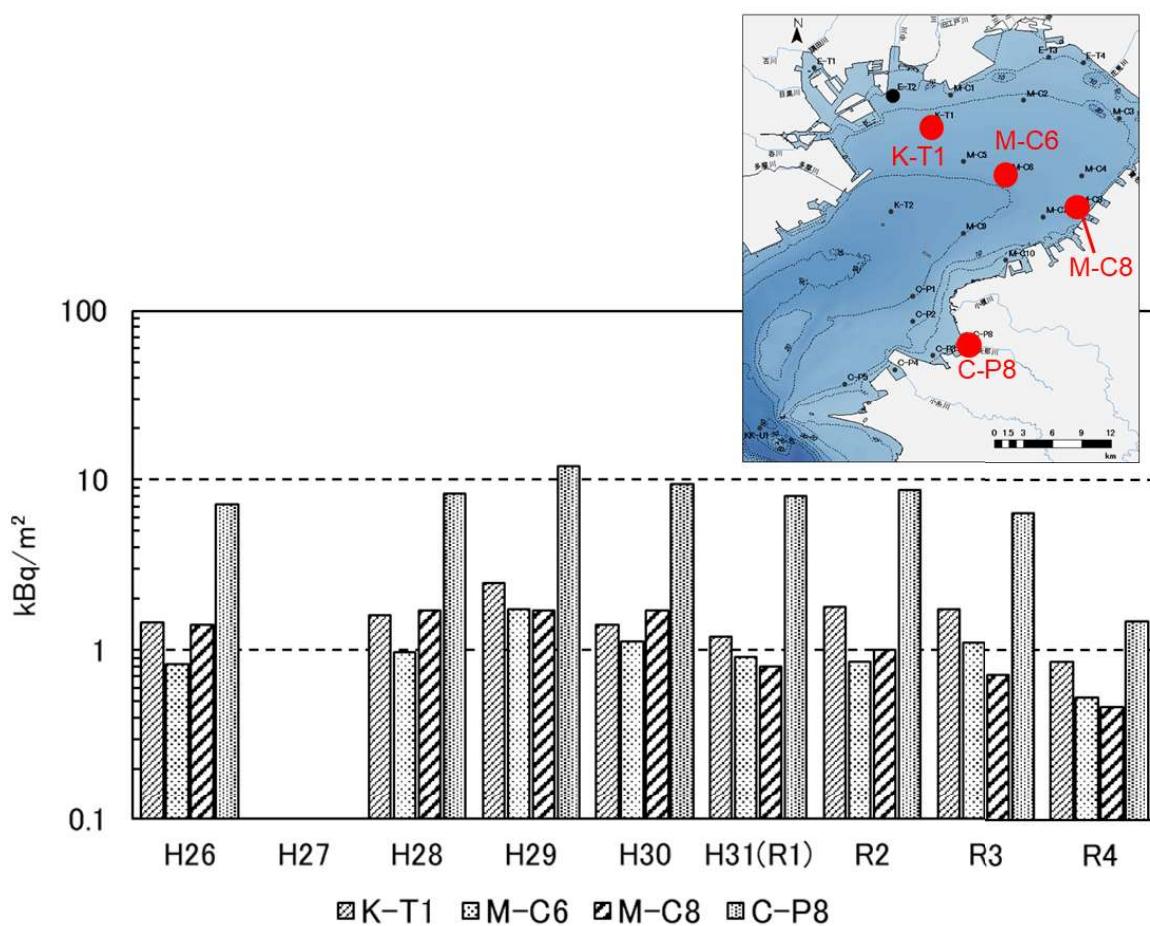


図 2-2-10 ^{137}Cs の 0~20 インベントリの時系列変化 ^{20~24)}

(注) 平成 26 年度～29 年度の事業は他機関が実施し、平成 27 年度のインベントリは算出されていない。

2-2-2-4. ^{137}Cs 鉛直分布

章 2-2-2-3 でインベントリを評価した 20 cm より深い部分の $^{134}\text{Cs} \cdot ^{137}\text{Cs}$ の存在状況を把握するため、荒川河口近傍に位置する測点 E-T2 において、柱状海底土（深さ 1 m）を潜水

土による潜水作業で採取し、層別での $^{134}\text{Cs} \cdot ^{137}\text{Cs}$ を測定した。 $^{134}\text{Cs} \cdot ^{137}\text{Cs}$ 濃度、 $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比（平成 23 年 3 月 11 日を基準日として減衰補正を行った）及び含水率の鉛直分布を図 2-2-11 に示す^{22, 23)}。

^{137}Cs 鉛直分布を深さ 1 m 付近まで調査した平成 31（令和元）年度と比較すると、最大濃度は 200 Bq/kg-乾燥土（45～48 cm 層）から 190 Bq/kg-乾燥土（81～84 cm 層）に変化しており、極大値が 36 cm ほど下降していたが、濃度変化は僅かであった（図 2-2-11 左上）。一方、 ^{134}Cs の最大濃度は 14 Bq/kg-乾燥土（45～48 cm 層）から 5.6 Bq/kg-乾燥土（81～84 cm 層）まで減少しており、極大値の移動は ^{137}Cs と同様であったが、濃度は 1/3 程度に変化していた（図 2-2-11 右上）。これは物理学的半減期の違いによるものと考えられる。

約 1 cm/年²⁾ とされている東京湾内の堆積速度に対して、 ^{137}Cs 濃度の極大値の移動が 4 年間で約 36 cm（約 9 cm/年）と著しく早かった点から（図 2-2-11 左上）、堆積物中で ^{137}Cs が下層へと移行していると考えられる。福島県周辺海域等でも類似の現象が報告されており、海底土の空隙への浸透、生物攪乱、堆積物と間隙水の間での ^{137}Cs 吸脱着等の要因が示唆されている^{34, 38)}。加えて、船舶航行や底引き網漁業等の操業、荒天による鉛直的な攪乱等、様々な要因が考えられるため、現時点では原因を特定できない。しかし、堆積物の含水率（ ^{137}Cs 濃度との正の相関が報告されている³⁵⁾）が顕著な鉛直変化を示さなかつことから、含水率が高い層への ^{137}Cs 吸着による移行は考えにくい。

^{137}Cs 最大濃度は平成 31（令和元）年度と令和 4 年度で近い値であったが、章 2-2-2-3 で示した深さ 20 cmまでの ^{137}Cs の 0～20 インベントリは、全測点で減少していた（図 2-2-11）。これは、 ^{137}Cs 濃度のピークが下降した結果、0～20 cm 層の ^{137}Cs 濃度が低下した（図 2-2-11 左上）ためと考えられる。 ^{137}Cs の下降現象は、表層海底土（0～3 cm）や 0～20 cm 蓄積量の時系列変化に大きく寄与していると推察される。

$^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比の鉛直分布は、いずれの年度の採取試料も表層から底層まで大きく変化しておらず（図 2-2-11 左下）、事故由来の比（約 1.0）³⁹⁾ に近いことから、 $^{134}\text{Cs} \cdot ^{137}\text{Cs}$ 共に東電福島第一原発事故に由来している可能性が高い。

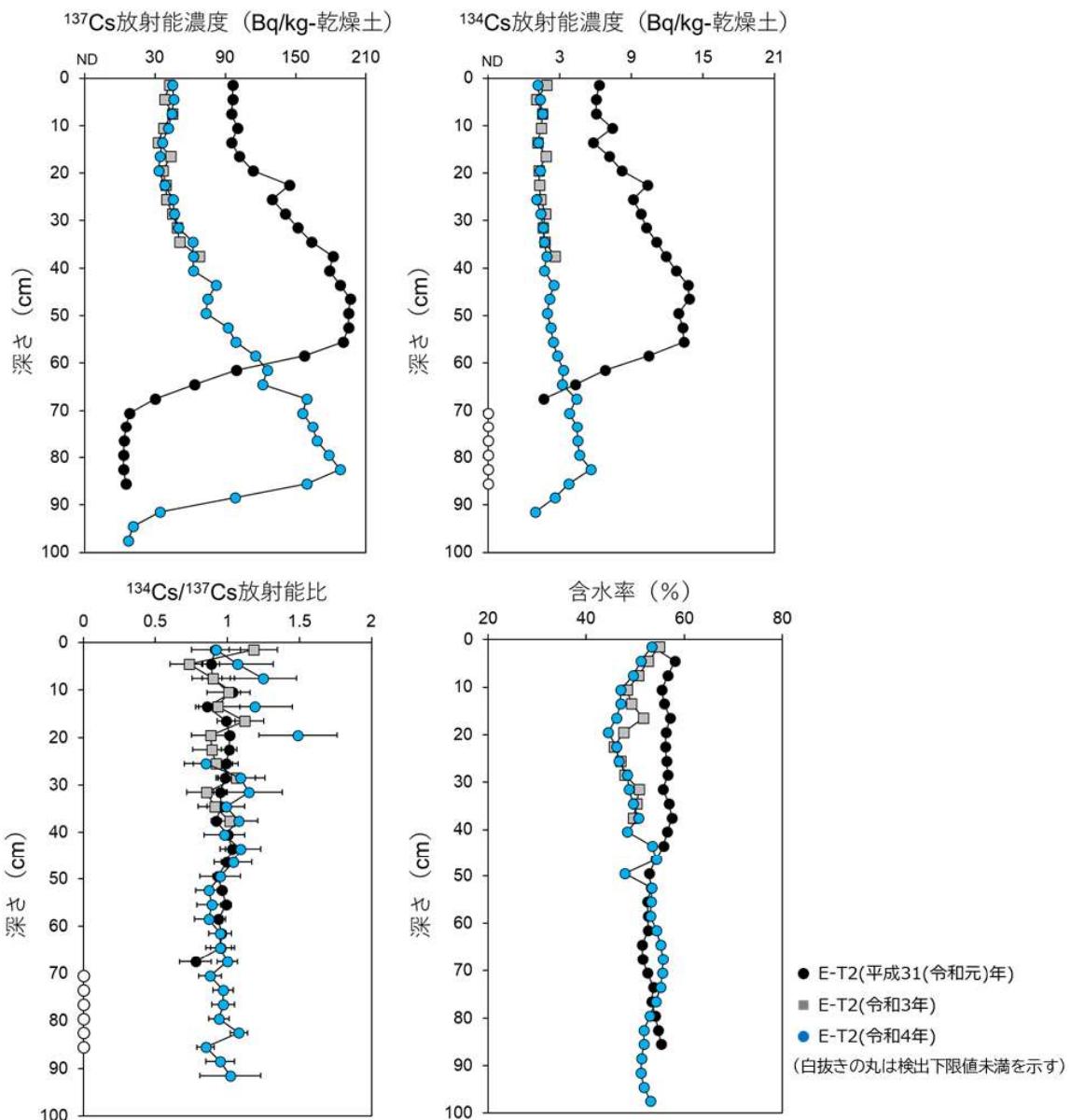


図 2-2-11 測点 E-T2 の ^{134}Cs ・ ^{137}Cs 濃度、 $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比及び含水率の鉛直分布

(注) ND は検出下限値 (^{134}Cs : 平均 0.97 Bq/kg-乾燥土、 ^{137}Cs : 平均 0.94 Bq/kg-乾燥土) 未満を示す。

2-2-3. 湾内及び流入河川で漁獲された水産物の ^{134}Cs ・ ^{137}Cs 濃度

海水試料に含まれる ^{134}Cs ・ ^{137}Cs は、表層海底土に強く吸着しているものに比較すると生物に取り込まれやすいと考えられている。本事業では水産物を対象としていないため、環境中の ^{134}Cs ・ ^{137}Cs がどの程度水産物に取り込まれるかについては不明である。本解析では「放射性物質影響調査推進事業のうち水産物中の放射性物質の影響調査業務において東京湾で漁獲された水産物に含まれる ^{137}Cs 及び ^{134}Cs の検出状況」⁴⁰⁾のデータを利用して東京湾内及び東京湾に流入する河川で漁獲された水産物中の ^{134}Cs ・ ^{137}Cs 濃度の時系列変化を

調べた。

平成 25 年 6 月以降の海水中の ^{137}Cs 濃度は最大 30 mBq/L であり、水産物の濃縮係数（水産物の濃度/海水の濃度）は多くの場合で 100 以下（魚類全般：28～122、甲殻類：18～32、頭足類： <30 ）⁴¹⁾ とされていることから、水産物で想定される ^{137}Cs 濃度は最大でも 3.0 Bq/kg-生鮮物ほどであり、食品としての安全性の基準値（ ^{134}Cs と ^{137}Cs の合算値：100 Bq/kg-生鮮物）の 1/30 程度である。現に平成 25 年 6 月から令和 5 年 1 月までに東京湾内で採取された水産物では基準値を超える濃度は確認されなかった（表 2-2-2）。

湾内においては平成 28 年度以降、最大でも 1.2 Bq/kg-生鮮物、流入河川下流・河口では平成 29 年以降検出下限値未満となっており、湾内の環境試料（海水・海底土）中においては $^{134}\text{Cs} \cdot ^{137}\text{Cs}$ が検出される状況ではあるものの、水産物の $^{134}\text{Cs} \cdot ^{137}\text{Cs}$ 濃度は十分に低いと考えられる。

表 2-2-2. 放射性物質影響調査推進事業のうち水産物中の放射性物質の影響調査業務⁴⁰⁾において東京湾及び流入河川で漁獲された水産物に含まれる $^{134}\text{Cs} \cdot ^{137}\text{Cs}$ の検出状況(令和 5 年 1 月 31 日現在)

調査 年度	検体数 (検体数)		基準値*超過 (検体数)		ND 以上の検出 (検体数)		検出した $^{134}\text{Cs} \cdot ^{137}\text{Cs}$ 濃度範囲 (Bq/kg-生鮮物)	
	東京 湾内	流入河川 下流,河口	東京 湾内	流入河川 下流,河口	東京 湾内	流入河川 下流,河口	東京湾内	流入河川 下流,河口
R4	68	0	0	0	1	0	1.1	ND ($<1.8, <2.0$)
R3	87	14	0	0	2	0	0.34～0.41	ND ($<2.5, <2.7$)
R2	76	13	0	0	0	0	ND ($<2.4, <2.5$)	ND ($<2.5, <2.6$)
R1	87	12	0	0	2	0	0.34～1.2	ND ($<2.3, <2.4$)
H30	107	17	0	0	2	0	0.37～1.1	ND ($<2.8, <3.1$)
H29	133	18	0	0	4	0	0.41～0.81	ND ($<3.6, <3.9$)
H28	140	23	0	0	10	3	0.35～0.84	9.5～9.8
H27	179	56	0	0	13	9	0.38～1.4	3.3～25
H26	215	115	0	0	19	31	0.43～1.7	3.3～44
H25	264	229	0	1	28	81	0.55～7.0	2.7～140
H24	311	10	0	0	70	3	0.35～53	4.2～12
H23	218	3	0	0	60	0	0.37～27	ND ($<2.9, <2.8$)

* 基準値は ^{134}Cs と ^{137}Cs の合算値で 100 Bq/kg-生鮮物である。

(注 1) 数値は $^{134}\text{Cs} \cdot ^{137}\text{Cs}$ の合算値を示す。

(注 2) ND は検出下限値未満、括弧内の数値のうち左が ^{134}Cs 、右が ^{137}Cs の検出下限値の平均値を示す。

2-2-4. 引用文献

- 1) 古川恵太 (2004). 東京湾内における水の循環, そのおもしろい特徴, 国総研アニュアルレポート 2004, 54–57.
- 2) 国土交通省関東地方整備局 (2015). 2. 東京湾及びその流域の概要, 東京湾水環境再生計画, 4–59.
- 3) 馬込伸哉・合田賀彦・小林令一・入江正己・今井尚隆・五味久昭・白井一洋・鈴木紀慶 (2012). 東京湾における海水交換に及ぼす淡水流入と密度成層と風の影響, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), **68(2)**, I_956–I_960.
- 4) 大塚文和・吉松亮一・川西利昌・増田光一 (2016). 江戸川を通じて東京湾に流入する放射性物質量及び河口域堆積量の推定, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), **72**, I_1303–I_1308.
- 5) Kambayashi, S., Zhang, J. and Narita, H. (2017). Spatial assessment of radiocaesium in the largest lagoon in Fukushima after the TEPCO Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Station accident. Marine Pollution Bulletin, **122**, 344–352.
- 6) JAEA-Technology (2019). 平成 30 年度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.
- 7) 及川真司・渡部輝久・高田兵衛・鈴木千吉・中原元和・御園生淳 (2013). 日本周辺の海水, 海底土, 海産生物に含まれる ^{90}Sr 及び ^{137}Cs 濃度の長期的推移—チェルノブイリ事故前から福島第一原子力発電所事故後まで—. 分析化学, **62**, 455–474.
- 8) 青山道夫 (2021). 放出された放射能を追いかけてわかったこと (2) —福島沿岸および外洋でのセシウムとトリチウム. 科学, **91**, 406–412.
- 9) 文部科学省 海洋環境放射能総合評価事業調査結果
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/gijyutu/019/houkoku/1326214.htm (令和 4 年 3 月閲覧)
- 10) 千葉県 海水、砂浜、河川等に係る放射性物質調査について
<https://www.pref.chiba.lg.jp/suiho/h23touhoku/kaisui/index.html> (令和 4 年 3 月閲覧)
- 11) 環境省東日本大震災の被災地における放射性物質関連の環境モニタリング調査 公共用水域データベース.https://www.env.go.jp/jishin/monitoring/results_r-pw.html#wb/ (令和 5 年 2 月閲覧)
- 12) 海上保安庁海洋情報部 放射能調査結果と概要
<https://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/OSEN/housha.html> (令和 4 年 3 月閲覧)
- 13) Arakawa, H., Mizuno, S., Narita, M., and Ishii, M. (2010). Distribution and Long-Term variation of Turbidity in Tokyo Bay. In: Ceccaldi, H. J., Dekeyser, I., Girault M., Stora, G. (eds) Global Change: Mankind-Marine Environment Interactions. Springer, Dordrecht. Springer, Berlin, pp. 309–313.
- 14) Takata, H., Aono, T., Aoyama, M., Inoue, M., Kaeriyama, H. Suzuki, S. Tsuruta, T., Wada, T. and Wakiyama, Y. (2020). Suspended Particle–Water Interactions Increase Dissolved ^{137}Cs Activities

- in the Nearshore Seawater during Typhoon Hagibis. *Environmental Science and Technology*, **54**, 10678–10687.
- 15) Takata, H., Wakiyama, Y., Niida, T., Igarashi, Y., Konoplev, A. and Inatomi, N. (2021). Importance of desorption process from Abukuma River's suspended particles in increasing dissolved ^{137}Cs in coastal water during river-flood caused by typhoons. *Chemosphere*, **281**, 130751. Doi: 10.1016/j.chemosphere.2021.130751
 - 16) 国土交通省水文水質データベース <http://www1.river.go.jp/> (令和5年2月閲覧)
 - 17) 気象庁過去の気象データ
<https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obssl/index.php/> (令和5年2月閲覧)
 - 18) 塩澤豊志・田辺直之 (2014). 東京湾岸・主要河川河口地域における放射線量測定. 武藏野大学環境研究所紀要, **3**, 33–45.
 - 19) 猪瀬聰史・永井義隆・本多貴之・小池裕也 (2022). 多摩川水系野川における底質中有機物組成分析に基づく放射性セシウムの環境動態調査. *分析化学*, **71**, 269–276.
 - 20) 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.
 - 21) 公益財団法人海洋生物環境研究所 (2019). 平成30年度原子力施設等防災対策等委託費(海洋環境における放射能調査及び総合評価)事業調査報告書.
 - 22) 公益財団法人海洋生物環境研究所 (2020). 平成31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.
 - 23) 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.
 - 24) 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.
 - 25) Takata, H., Kusakabe, M., Inatomi, N. and Ikenoue, T. (2018). Appearances of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant-derived ^{137}Cs in coastal waters around Japan: Results from marine monitoring off nuclear power plants and facilities, 1983–2016. *Environmental Science and Technology*, **52**, 2629–2637.
 - 26) 二瓶泰雄・重田京助・伊藤雅人・星野彰成・福田昌洋・加藤靖之 (2009). 東京湾流入河川における土砂輸送・底質環境特性. 土木学会論文集 B2 (海岸工学), B2-65 (1), 1171–1175.
 - 27) 岡田知也 (2013). 粒度分布および化学組成からみた東京湾の底質分布. 国土技術政策総合研究所資料, 715.
 - 28) 岡田知也・井芹絵理奈・秋山吉寛 (2016). 東京湾沿岸域の底泥の堆積速度. 国土技術政策総合研究所資料, 888.
 - 29) 山崎正夫・野澤亜紀・森育子・清水一志 (2016). 東京湾北西域の環境基準点 St. 35 における底質の堆積速度とダイオキシン類の鉛直分布. 水環境学会誌, **39**, 225–232.

- 30) 山崎秀夫 (2014). 東京電力福島第一原子力発電所事故で放出された放射性物質の移行と蓄積. *Radioisotopes*, **63**, 299–316.
- 31) 添盛晃久・小豆川勝見・野川憲夫・桧垣正吾・松尾基之 (2013). 東京湾底質における福島第一原子力発電所事故由来の放射性セシウムの濃度変化. *分析化学*, **62**, 1079–1086.
- 32) 大塚文和・中本壮祐・吉田誠裕・川西利昌・増田光一 (2017). 真間川河口前面海域及び三番瀬における放射性物質について. *土木学会論文集 B3(海洋開発)*, **73**, I_917–I_922.
- 33) Yamazaki, H., Ishida, M., Hinokio, R., Yamashiki, A, Y. and Azuma, R. (2018). Spatiotemporal distribution and fluctuation of radiocesium in Tokyo Bay in the five years following the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP) accident. *PlosOne*, **13**(3).
- 34) 齋掛洋志・竹内一浩・中田喜三郎 (2013). 福島第一原子力発電所より放出された ^{137}Cs の海底堆積過程の解析. *Journal of Advanced Marine Science and Technology Society*, **19**, 13–25.
- 35) 工藤なつみ・及川真司・日下部正志 (2020). 日本沿岸域における海底土の ^{137}Cs 放射能濃度と化学的及び物理的要素との相関関係. *分析化学*, **69**, 599–606.
- 36) 中村倫明・鈴木真帆・三浦正一・鷺見浩一・小田晃・武村武・平田悠真・和田明 (2017). 東京湾における海底土での放射性物質の移行過程を考慮した濃度解析モデルの構築. *土木学会論文集 B3 (海洋開発)*, **73**, I_911–I_916.
- 37) 中村倫明・鷺見浩一・小田晃・落合実・和田明 (2019). 数理モデルを用いた放射性物質の河川から東京湾への流入に関する検討. *土木学会論文集 B1 (水工学)*, **75**, I_757–I_762.
- 38) Otosaka, S. and Kobayashi, T. (2013). Sedimentation and remobilization of radiocesium in the coastal area of Ibaraki, 70 km south of the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant. *Environmental Monitoring and Assessment*, **185**, 5419–5433.
- 39) Buesseler, K., Aoyama M. and Fukasawa M. (2011). Impacts of the Fukushima Nuclear Power Plants on Marine Radioactivity. *Environmental Science and Technology*, **45**, 9931–9935.
- 40) 公益財団法人海洋生物環境研究所 2023 年「放射性物質影響調査推進委託事業」の調査結果 <https://www.kaiseiken.or.jp/radionuclide/index.html> (令和 5 年 3 月閲覧)
- 41) 笠松不二男 (1999). 海産生物と放射能—特に海産魚中の ^{137}Cs 濃度に影響を与える要因について—. *Radioisotopes*, **48**, 266–282.

2-3.まとめ

近年では、福島県周辺海域の海水中の $^{134}\text{Cs} \cdot ^{137}\text{Cs} \cdot ^{90}\text{Sr}$ ・トリチウムは、沖合・外洋海域ではほぼ事故前と同程度の濃度（令和 4 年度：0.34～2.6 mBq/L）まで減少していた（章 1-4-1-1-4）。一方で、近傍海域では ^{137}Cs が他海域より 1 衍ほど高い値（令和 4 年度：2.4～43 mBq/L）で推移しており、 ^{90}Sr ・トリチウムについても散発的な濃度上昇が確認された。沖合海域における ^{137}Cs 鉛直分布を調査した結果、平成 23 年度では表層に高 ^{137}Cs 濃度の水塊が見られたが、令和 4 年度では確認されなかった（章 2-1-1-1、図 2-1-1）。

福島県周辺海域の海底土の $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比（令和 4 年度： 1.1 ± 0.26 、平成 23 年 3 月 11 日に減衰補正）が事故由来の値に近いことから、東電福島第一原発の影響と推定された（章 1-4-1-2-1）。福島県周辺海域全体での表層海底土の ^{137}Cs 濃度時系列変化を見ると、物理学的半減期よりも早く減少していたが、近年では ^{137}Cs 減衰速度の鈍化が確認された（章 2-1-2-2、図 2-1-7）。また海底土中の ^{137}Cs 鉛直分布の調査では、濃度の極大値が事故後 4 年間で 5～7 cm 下降しており、海底上への堆積速度 (<0.5 cm/年) よりも早く下降していた（章 2-1-2-5、図 2-1-11）。 ^{137}Cs を下層へ移行させる要因については更なる調査が必要であるが、この現象は海底土表層の ^{137}Cs 濃度減少の一因になっていると考えられる。

東京湾の海水では陸域に堆積した放射性セシウムの河川経由での流入が問題視されている（章 2-2-1-1）。しかし、海域全体で見ると、海水中の ^{137}Cs 濃度は既に事故前と同等の濃度になっている（令和 4 年度全測点の幾何平均値：2.4 mBq/L、事故前の測点 K-T1：1.6 mBq/L）（章 2-2-1-2、図 2-2-1）。一方で、各測点で ^{137}Cs 濃度は短期的な変動を繰り返し、散発的に高い値も確認される。湾奥部を対象とした解析では、降水量・河川流量・塩分・濁度と ^{137}Cs 濃度との関係を探ったが、明確な関係性は確認されなかった（章 2-2-1-3、2-2-1-4）。一方で、湾口部については、低塩分時に ^{137}Cs 濃度の上昇が確認され、湾奥部海水（陸域の影響により相対的に低塩分・高 ^{137}Cs 濃度）流入時に ^{137}Cs が増加すると推察される（章 2-2-1-5）。

東京湾の海底土では、陸域に堆積した $^{134}\text{Cs} \cdot ^{137}\text{Cs}$ が河川を介して湾内に流入し、海底に堆積することが指摘されている（章 2-2-2-1）。しかし、海域全体における表層海底土の ^{137}Cs 濃度は平成 26 年度以降、実効半減期 9 年で減少を続けており、福島県周辺海域のような ^{137}Cs 減衰速度の鈍化も確認されなかった（章 2-2-2-2、図 2-2-8）。 ^{137}Cs 鉛直分布を調査したところ、堆積速度 (1.0 cm/年) に比べて明らかに速く濃度の極大値が下降していた（約 9 cm/年）（章 2-2-2-4、図 2-2-11）。 ^{137}Cs 極大値が深くなる原因については更なる調査が必要であるが、この現象は各層の ^{137}Cs 濃度変化をもたらす大きな要因と考えられる。 ^{137}Cs 水平分布については、矢那川河口付近の測点 C-P8 で濃度が高かった（章 2-2-2-3）。

本モニタリング事業の結果、福島県周辺と東京湾の両海域において、各放射性核種の濃度、現存量、時系列変化、鉛直・水平分布等の現状を把握することができた。両海域の海底土及び東電福島第一原発近傍の海水では¹³⁷Cs濃度等に事故前の影響が確認されるものの、福島県周辺海域の沖合・外洋や東京湾の海水については、事故前と同程度の濃度となっていた。また、東京湾内及び流入河川の水産物では、平成25年6月から令和5年1月までの間で基準値を超える¹³⁷Cs濃度は確認されていない（章2-2-3）。東電福島第一原発からの事故影響は全体として低減されつつあるが、事故前のレベルに達していない測点もあることから、今後の更なるモニタリング及び解析調査が必要である。

3. 調査結果に関する評価及び関係機関への説明

3-1. 調査結果に関する評価

調査計画の策定、測定値の信頼性及び調査結果の妥当性について審議すること等を目的に、環境放射能、海洋生態系等の学識経験者、漁業関係者等、延べ 8 名の委員から構成される「総合モニタリング計画に基づく放射能調査検討委員会（以下、「検討委員会」とする）」を設置した。表 3-1-1 に検討委員会委員の一覧を示す。開催期間及び主な審議内容等は以下のとおりであった。

(1) 調査計画の承認

令和 4 年 5 月 19 日から 25 日の期間において第 1 回検討委員会を書面審議（令和 4 年 5 月 24 日に web 会議システムを利用した意見交換を実施）で開催した。審議の結果、調査計画及び実施内容について了承を得た。

(2) 調査中間報告のとりまとめ

第 1 回検討委員会において承認された計画に基づいて採取した試料の内、年度前半に採取した試料の分析結果を把握した時点における進捗等の中間報告、とりまとめ方針の検討・評価を行うため、令和 4 年 11 月 12 日から 18 日の期間において第 2 回検討委員会を書面審議（令和 4 年 11 月 17 日に web 会議システムを利用した意見交換を実施）で開催した。審議の結果、進捗状況及びとりまとめ方針について了承を得た。

(3) 調査結果報告のとりまとめ

試料採取が完了し、全ての試料の分析結果が得られた時点で調査報告書案の検討・評価を行うため、令和 5 年 3 月 14 日から 20 日の期間において書面審議（令和 5 年 3 月 20 日に web 会議システムを利用した意見交換を実施）で開催した。審議の結果、報告書案について了承を得た。

表3-1-1 総合モニタリング計画に基づく放射能調査検討委員会 委員一覧
(敬称略、五十音順)

氏名	所属・役職	専門等
青木 伸泰 (令和4年10月から)	全国漁業協同組合連合会 漁政部 次長	漁業関係者
青野 辰雄	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 量子生命・医学部門 放射線医学研究所 福島再生支援研究部 環境動態研究グループリーダー	海洋放射能
石丸 隆(主査)	国立大学法人東京海洋大学 放射性同位元素管理センター 特任教授	海洋生態系 海洋放射能
帰山 秀樹	国立研究開発法人水産研究・教育機構 水産資源研究所 水産資源研究センター 海洋環境部 放射能調査グループ長	海洋生態系 海洋放射能
木山 真一 (令和4年9月まで)	全国漁業協同組合連合会 漁政部 次長 (令和4年6月まで) 同 浜再生部 部長 (令和4年7月から)	漁業関係者
國井 芳彦	福島県環境創造センター 調査・分析部長 兼 放射能調査課長 兼 環境調査課長	環境放射能
國分 祐司	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構核燃料サイクル工学研究所 放射線管理部 環境監視課 マネージャー	放射能分析 放射線計測
松野 健	九州大学 名誉教授	海洋物理学

(注) 所属、役職は令和5年3月1日現在

3-2. 関係機関への説明

東京湾の漁業関係者や関係機関・団体に対して令和4年5月から10月の期間において、それぞれ個別に訪問または資料郵送による結果説明等を実施した。

このうち、個別に訪問のうえ結果説明等を実施した機関・団体等の数は、

- ・関係都県漁業協同組合連合会及び関係漁業協同組合等の漁業関係機関：5機関
- ・関係自治体の水産関係部署：1機関
- ・関係自治体の原子力安全対策や環境放射線関係部署：1機関
- ・海上保安庁環境放射線関係部署：1機関

の計8機関であった。

令和4年度の調査計画及び過年度までの調査結果の概要に係る説明に対し、漁業関係機関から東京湾の現況が概略的に把握でき、東電福島第一原発事故による影響が低減していることが確認出来ている点に意義があることから、継続的に情報提供を望む要望が出た。

一方、一部の機関に対しては同資料を郵送することによって結果説明等の対応とした。

資料郵送の対応で結果説明等を実施した機関・団体等の数は、

- ・関係自治体の水産関係部署：2機関
- ・関係自治体の原子力安全対策や環境放射線関係部署：2機関
- ・港湾関係団体：3機関

の計7機関であった。

4. 試料等の引き継ぎ、保管及び管理

令和4年度に実施した本事業で得られた試料を仕様書の指示に従い適切に整理・保管した。試料の保管に当たっては、当研究所との賃貸契約に基づいて使用している倉庫（所在：千葉県四街道市鹿渡）において東京湾で採取した試料、試料等の保管業務を行っている専門の倉庫会社（所在：千葉県山武市下布田）において福島県周辺海域で採取した試料を保管・管理した。これらの試料は保管台帳に記録し、再分析等、原子力規制委員会原子力規制庁からの指示に速やかに対応できるよう管理した。

また、これまで適切に保管・管理していた令和3年度までに採取した海水試料のうち、放射能分析に供し、その分析結果が確定するまで適切に保管・管理を行っていたら液等の試料については廃棄処分した。

なお、これらの処分に当たっては、専門の産業廃棄物処理業者に依頼し、保管場所である倉庫（千葉県四街道市）から搬出し、処分施設まで搬送した。その後、産業廃棄物（廃酸）として適切な処分を依頼した（産業廃棄物の委託処理における排出事業者責任の明確化と、不法投棄の未然防止を目的としたマニフェスト制度に準じた確認を実施した）。