

令和 4 年度

新潟県放射線監視センター年報

第 21 卷

令和 5 年 12 月

新潟県放射線監視センター

は じ め に

消費者庁が平成 25 年から行っている「風評に関する消費者意識の実態調査」によれば、放射性物質を理由に購入をためらう産地として「福島県」を回答した人の割合が、調査開始時の 19.4%から令和 5 年 1 月には 5.8%まで減少し、これまで最も小さくなりました。

このような中で、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によってたまり続けていた核種除去設備（ALPS）処理水の海洋放出が、8 月 24 日から始まりました。放出前には国際原子力機関（IAEA）から「日本の海洋放出に関する日本の考え方や活動は、関連する国際安全基準に合致し、人や環境への放射線学的影響は無視できる程度である」と報告がありましたが、これまで風評被害に悩まされ続けた福島県民にとって、この海洋放出計画にはやり切れない思いがあったと想像されます。

一方で、消費者庁の実態調査では、「風評を防止し、売られている食品を安心して食べるために、どのようなことが行われるとよいと思うか」という問いに、「それぞれの食品の安全に関する情報提供（検査結果など）」を挙げる人が 5 割近くにのぼり、安心感の向上には「検査結果などの情報提供」が求められていることも明らかになっています。

新潟県放射線監視センターとしては、これまでも柏崎刈羽原子力発電所の放射線情報の収集を迅速・確実に実施し、正しい情報提供に努めるとともに、的確な防災対策につなげることができるような体制整備・維持を図ってきました。さらに、令和 4 年度には 30km 圏局の放射線測定器、水準調査の放射線測定器及び気象観測装置の更新等を行ってきたところです。

これからも、情報発信する側の「信頼性」が住民の安心感につながる大切な要素であることを忘れずに、皆様からのご期待にそえるよう監視・調査研究機関として職員一同研鑽に努めていくことを肝に銘じていくつもりです。

このたび令和 4 年度に実施した業務を取りまとめましたので、関係各位には是非とも御高覧いただき、忌憚ない御意見をお寄せいただければ幸いです。

令和 5 年 12 月

新潟県放射線監視センター所長

渡 邊 哲 也

目 次

I 業務報告編

1 運 営	3
1・1 沿 革	3
1・2 施設・設備の概要	3
1・3 組 織	6
1・4 予算・決算	7
1・5 主 要 備 品	8
1・6 行 事	9
2 業務概要	11
2・1 柏崎刈羽原子力発電所周辺環境放射線監視調査	11
2・2 環境放射能水準調査	14
2・3 緊急事態が発生した場合への平常時からの備えのための調査	16
2・4 調査研究業務	16
2・5 緊急時モニタリング訓練	18
2・6 その他の業務	18

II 研究報告編

1 研究報告	21
【技術報告】	
1) 新潟県内の環境水中トリチウム濃度レベル（第3報）－2022年度までの結果について－	23
2) 阿賀野川河口沖を中心とした新潟県沿岸域における海底土中の 放射性セシウム濃度とその経年変化（第2報）	35
3) 柏崎刈羽原子力発電所周辺10～30km圏モニタリングポスト 固定観測局における放射線測定器の更新	44
2 他誌発表	47
3 学会等発表	47

III 資料編

新潟県放射線監視センター年報 研究報告編投稿規程	51
新潟県放射線監視センター年報 研究報告編執筆要領	52

I 業 務 報 告 編

1 運 営

1・1 沿革

年 月	事 項
昭和45. 9	衛生研究所で原子力発電所予定地周辺地域の環境放射能調査を開始する。
昭和46. 4	部制条例及び行政組織規則の改正により、企画部に、公害研究所（庶務課、大気課、水質課、放射能課の4課制）が設置される。（昭46 新潟県規則第21号）
昭和49. 3	新潟市曾和314番地1に公害研究所新庁舎が完成、移転する。
昭和58. 3	公害研究所に隣接して放射能課の新庁舎（放射線監視センター）が完成、移転する。
昭和58. 9	環境放射線監視調査基本計画を策定する。
昭和58.10	環境放射線監視テレメータシステムの運用を開始する。
昭和60. 4	行政組織規則の改正により衛生研究所と公害研究所が統合し、衛生公害研究所となり、調査研究室に放射能科が設置される。（昭60 新潟県規則第36号）
昭和60. 9	放射線監視センター前処理棟が完成する。 東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所1号機が営業運転を開始する。
平成 9. 4	行政組織規則の改正により保健環境科学研究所と改称する。
平成14. 3	柏崎市三和町5番48号に柏崎刈羽放射線監視センターが竣工する。
平成14. 4	行政組織規則の改正により、保健環境科学研究所から放射能科を分離して放射線監視センターとし、環境放射線監視テレメータシステム等の監視機能の一部を柏崎刈羽放射線監視センターに移す。（平14 新潟県規則第37号）
平成20. 4	行政組織規則、現場事務所等設置規程の改正により、柏崎市に放射線監視センターを設置し、新潟市に放射線監視センター新潟分室を設置する。（平20 新潟県規則第29号、新潟県訓令第20号）
平成26. 4	行政組織規則の改正により、放射線監視センターに監視調査課を設置する。（平26 新潟県規則第32号）

1・2 施設・設備の概要

放射線監視センター（新潟県柏崎刈羽原子力防災センターに併設）
所在地：〒945-0034 柏崎市三和町5番48号



放射線監視センター 新潟分室
所在地：〒950-2144 新潟市西区曾和314番地1



(1) 部門別内訳（放射線監視センター）

階 別	室 名	面 積 m ²	階 別	室 名	面 積 m ²	階 別	室 名	面 積 m ²
1階	事 務 室	61.70	1階	ド ラ フ ト 室	14.50	1階	資 料 室	61.69
	中 央 監 視 室	77.57		前 処 理 室 1	36.28		倉 庫	8.79
	デ ー タ 保 管 室	23.10		前 処 理 室 2	39.37		機 械 室	4.65
	機 器 分 析 室	72.26		男 子 更 衣 室	7.88		ポ ン プ 室	5.59
	実 験 室	71.96		女 子 更 衣 室	6.09		車 庫	56.70
							資 機 材 保 管 庫	18.85

放射線監視センター庁舎平面図

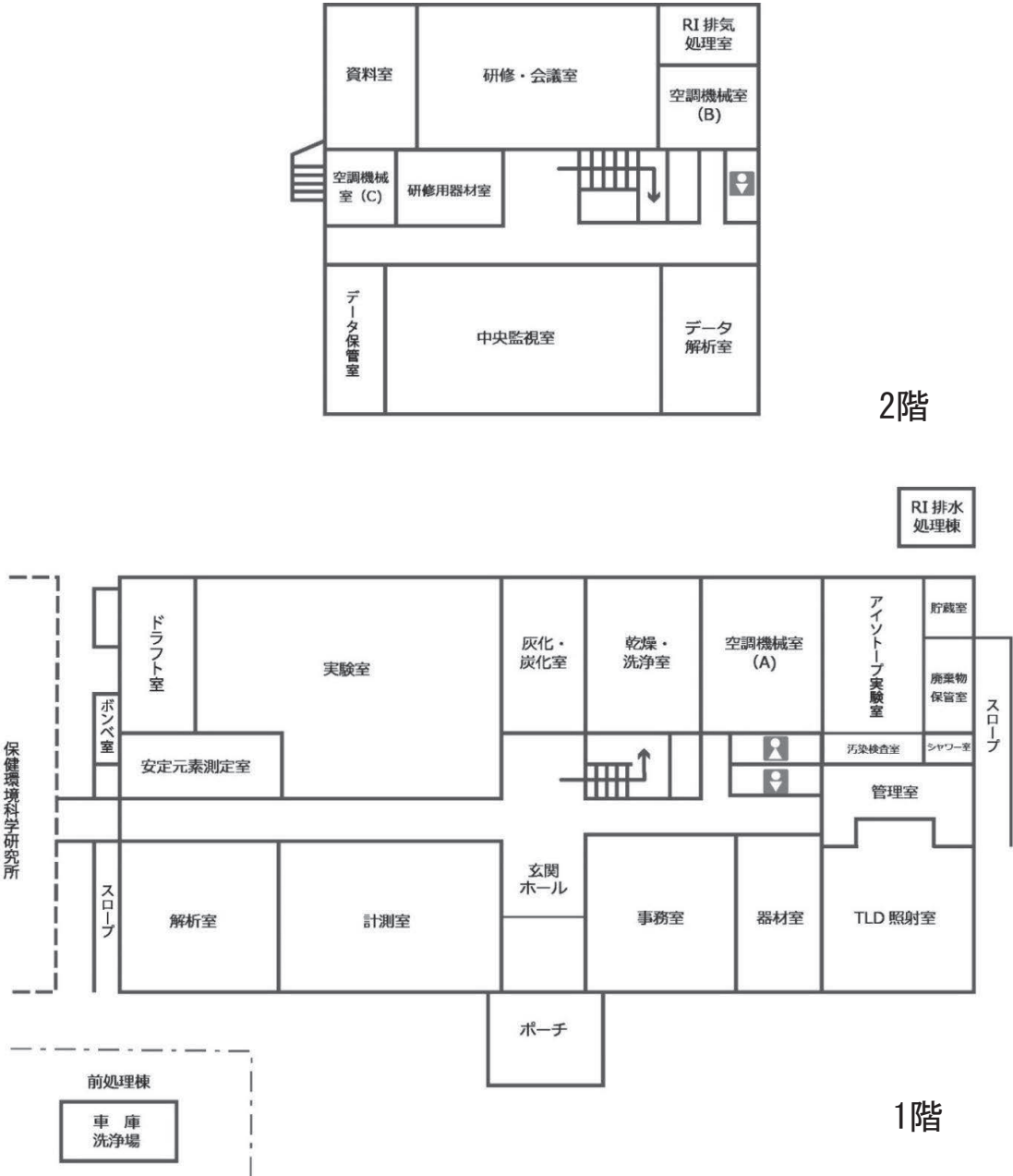


注) 令和5年3月31日現在

(2) 部門別内訳（放射線監視センター新潟分室）

階別	室名		面積 ㎡	階別	室名		面積 ㎡	階別	室名		面積 ㎡		
1階	事務室		51.8	廃棄物保管室			7.3	資料室			36.0		
	実験室		139.3		TLD照射室				51.8	研修・会議室			77.8
	解析室		51.8		汚染検査室				7.5	研修用器材室			17.5
	計測室		77.8		管理室				18.4	空調機械室（B）			20.0
	安定元素測定室		23.7		シャワー室				3.0	空調機械室（C）			12.3
	ボンベ室		5.4		器材室				25.9	排気処理室			15.0
	ドラフト室		25.9		倉庫				6.8	1～2階廊下その他			228.8
	乾燥・洗浄室		38.9		空調機械室（A）				38.9	別棟排水処理棟			11.7
	灰化・炭化室		25.9	2階	中央監視室				77.8	前処理棟			85.4
	アイソトープ実験室		54.6		データ保管室				21.6	計		1,301.0	
	貯蔵室		6.4		データ解析室				36.0				

放射線監視センター新潟分室庁舎平面図



注）令和5年3月31日現在

1・3 組 織
1・3・1 組織

(新潟県行政組織規則抜粋)

第 3 章 地域機関
第 3 節 その他の機関
第 7 款 放射線監視センター
(設置)

第 79 条 環境放射線の監視及び調査研究を行うため、放射線監視センターを柏崎市に置く。
(組織及び分掌事務)

第 80 条 放射線監視センターに監視調査課を置き、その分掌事務は、次のとおりとする。

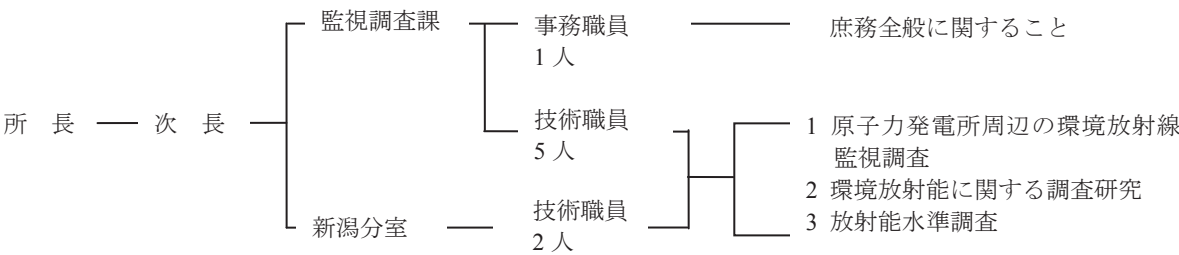
- (1) 人事、公印、文書及び会計に関する事項
- (2) 庁舎管理に関する事項
- (3) 環境放射線の監視及び調査研究に関する事項

(新潟県現場事務所等設置規程抜粋)

新潟県行政組織規則第 5 条の 2 の規定に基づき、次のとおり現場事務所等を設置する。
(2) 地域機関関係のもの

名 称	位 置
放射線監視センター新潟分室	新潟市西区曾和 314 番地 1

1・3・2 組織図



1・3・3 業 務 分 担

所 属	職 名	氏 名	分 担 業 務
放 射 線 監視センター	所 長	渡邊 哲也	総括
	次 長	棚橋 成一	総括補佐, 交付金の運用管理
監視調査課	監視調査課長	江端 英和	監視調査課総括, 機材管理・機器整備計画, 監視調査及び環境放射線監視テレメータシステムの更新(基本構想)
	専 門 研 究 員	山崎 武	評価会議及び技術連絡会議, 放調協・関東東北 5 県会議, 監視調査四半期報告・年度報告・年度計画, 県内全域バックグラウンド放射能調査, 大気中トリチウム調査, 積算線量調査, モニタリング車による調査
	主任 研 究 員	岩城 文太	環境放射線監視テレメータシステム, 測定局舎の整備及び管理, 庁内 LAN・情報共有システム, 分析精度管理, 監視センター所報
	主 任	小林美恵子	予算・支出事務, 交付金及び水準調査実績報告, 物品管理, 給与・福利厚生・健康診断
	主任 研 究 員	伊比 宏典	緊急時環境モニタリング, 車載型モニタリングシステム(ラジプローブ), 可搬型モニタリングポスト, モニタリング情報共有システム(ラミセス・ラミス), UPZ 緊急時局, 備え調査, 発電所データ確認, 原子力防災訓練
	臨時的任用職員 (主任研究員)	藤田 善雄 (安立多恵子)	機器分析, 環境試料の採取・前処理, UPZ 緊急時局(現地対応), 日報・週報, テレメータシステムホームページ

所 属	職 名	氏 名	分 担 業 務
新潟分室	主任研究員	岩田 聡美	機材管理・機器整備計画, 環境試料の前処理, 環境試料の機器分析 (Ge), 放射化学分析 (H-3), 備え調査等各種調査の調整, 放射能水準調査(モニタリングポストを含む), 庁内 LAN・情報共有システム, 監視調査四半期報告・年度報告・年度計画
	主任研究員	土田 智宏	放射化学分析 (Pu, Sr-90), 核燃料物質の管理(原子炉等規制法), 放射性同位元素の管理, RI 施設管理, 積算線量調査, 環境放射線監視テレメータシステム及びモニタリング情報共有システム(ラミセス・ラミス) (バックアップ), 化学物質の適正管理, 緊急時環境モニタリング

1・3・4 人 事 異 動

年 月 日	職 名	氏 名	異動事項 (転入)	年 月 日	職 名	氏 名	異動事項 (転出)
R 4. 4. 1	主任研究員	岩城 文太	南魚沼地域振興局 健康福祉環境部	R 4. 4. 1	主任研究員	山本 完	上越地域振興局 健康福祉環境部
	主任研究員 (新潟分室)	岩田 聡美	保健環境科学研究所		主任研究員 (新潟分室)	小林 淳一	保健環境科学研究所
R 4. 7. 1	臨時的任用 職 員	藤田 善雄	R3.7.1 より継続採用		研 究 員 (新潟分室)	佐藤 高	長岡地域振興局 健康福祉環境部

1・4 予 算 ・ 決 算

歳 入

(一般会計)

科 目	調 定 額	収 入 額
	円	円
計	43,165	43,165
財産収入	19,470	19,470
財産売払収入	19,470	19,470
物品売払収入	19,470	19,470
諸収入	23,695	23,695
雑 入	23,695	23,695
雑 入	23,695	23,695

(災害救助事業特別会計)

科 目	調 定 額	収 入 額
	円	円
計	0	0
災害救助事業収入	0	0
諸 収 入	0	0
雑 入	0	0

歳 出

(一般会計)

科 目	予 算 額 (再配当額)	決 算 額
	円	円
計	151,318,152	151,318,152
環境費	151,318,152	151,318,152
防災費	151,318,152	151,318,152
防災総務費	24,937	24,937
放射線監視対策費	151,293,215	151,293,215

(災害救助事業特別会計)

科 目	予 算 額 (再配当額)	決 算 額
	円	円
計	0	0
災害救助事業費	0	0
災害救助費	0	0
災害救助費	0	0

1・5 主要備品

1・5・1 機器

品名	構造・規格	数量	品名	構造・規格	数量
環境放射線監視テレメータシステム	日立製作所	1	Pu 分析用電着装置	東京光電 ANA-2-4	1
環境放射線監視テレメータシステム	放射線測定器(日立製作所他)	28	放射性 Sr イオン交換装置	AS ONE	1
環境放射線監視テレメータシステム	気象観測装置	16	ドラフトチャンバー	ダルトン DFV-12TK-15CAI 排ガス洗浄機能付他	9
放射線測定器	富士電機(水準調査)	8	雨水濃縮装置	高杉製作所(重量センサー式)	2
電観測装置	サンコーシャ TSS-928	2	大気中トリチウム採取装置	協和科学 KDT-1KN 他	3
Ge 半導体検出器ポスト	キャンベラジャパン GC7022 (刈羽局)	1	トリチウム電解濃縮装置	ペルメレック電極 XZ030	2
ダスト・ヨウ素測定装置	応用光研工業 S-2824A	3	ICP 質量分析装置	日立ハイテック SPQ9700 II (旧 SII)	1
可搬型モニタリングポスト	日立アロカメディカル MAR-1561BR9 他	17	ICP 発光分光分析装置	サーモフィッシャー iCAP PRO×Radial	1
可搬型モニタリングポスト	富士電機 HC1410 他	62	ICP-MS 試料導入装置	CETAC Technologies ARIDUS II	1
可搬型モニタリングポスト	日立製作所 MAR-RC73-22772 他	70	放射線データ解析装置	EPSON Endeavor 他	1
可搬型モニタリングポスト	松浦電弘社 MAC-2133	12	ハンドフットクロスモニタ	富士電機 NHP12001	1
可搬型ダスト・ヨウ素モニタ	応用光研工業 S-2973	1	エアクリン化装置	電産アナリティカルシステムズ	1
NaIシンチレーションサーベイメータ	日立製作所 TCS-1172 他	40	純水製造装置	メルクリポア MilliQ IQ7010 他	2
GM サーベイメータ	日立製作所 TGS-1146 他	18	大型灰化炉	熱計装 NCF-3012 他	2
中性子用サーベイメータ	日立製作所 TPS-1451 他	2	電気マッフル炉	KDF-5000Plus	1
電離箱サーベイメータ	日立製作所 ICS-1323 他	12	大型送風定温乾燥機	アドバンテック DRLA23WB	1
α線用サーベイメータ	日立製作所 TCS-232B 他	5	混合機	筒井理化学 他	5
ガラス線量計測定装置	千代田テクノ FGD-252	2	遠心機	久保田商事 KUBOTA-8420	1
積算線量計運搬容器	千代田テクノ, 松下電器産業	3	ハンディアスピレーター	アルバック機工 DTC-60 他	2
TLD 標準照射装置	千代田テクノ (^{137}Cs :3.7GBq)	1	ロータリーエバポレーター	日本ビュッヒ R-210V (P+G)	1
積算線量計保管庫	ラドセーフテクニカルサービス, 千代田テクノ	3	洗浄機	ミーレ 全自動洗浄器 PG8583	1
Geγ線分光分析装置	キャンベラジャパン (検出器×2) 柏崎	1	放射性同位元素貯蔵庫	千代田保安用品 TH-J1101 他	3
Geγ線分光分析装置	キャンベラジャパン (検出器×5) 新潟	1	試料採取車	トヨタ ヴェルファイア 他	2
可搬型 Geγ線分光分析装置	キャンベラジャパン Falcon 5000	1	モニタリングポスト点検車	スバル フォレスタ	1
低 BG・GM 測定装置	日立製作所 LBC-4511 他	1	環境放射線モニタリング車	千代田テクノ (トヨタハイエース)	1
ベータ線自動測定装置	日立アロカメディカル JDC-5200 他	2	運搬車	トヨタ ハイエースミドルルーフ	1
低 BG 液体シンチレーションカウンタ	日立製作所 LSC-LB7	2	資機材保管庫(車庫)	稲葉製作所 GHW-190HH	1
荷電粒子測定装置	キャンベラジャパン データ処理装置付	1	ハイボリウムエアサンプラー	柴田科学 HV-700R 他	15
大気モニタ	日立製作所 MDR-3100B	29	可搬型放射線測定器	千代田テクノ ラジプローブ	12
サンプルチェンジャ付きヨウ素サンブラ	日立製作所 DSM-1401BU1	4	ダストサンプラー	日立製作所 DSM-361C	2

※ 令和5年3月31日時点の主要備品

うち、令和4年度購入主要備品

品名	構造・規格	数量	品名	構造・規格	数量
放射線測定器	富士電機 NAH011Y 他	8	可搬型モニタリングポスト	松浦電弘社 MAC-2133	12
電離箱サーベイメータ	日立製作所 ICS-1323	1	NaIシンチレーションサーベイメータ	日立製作所 TCS-1172	9
純水製造装置	メルクリポア MilliQ IQ7010 他	2	雨水濃縮装置	高杉製作所(重量センサー式)	1
放射線測定器	日本レイテック電離箱検出器 30km 圏局	17	気象観測装置	ANEOS 他 風向風速計, 雨雪量計, 感雨雪計, 積雪深計	2

1・6 行 事

1・6・1 学会・研究会・研修会・講習会及び会議等への出席

月 日	名 称	開 催 地	出 席 者
4.6	第1回放射線安全管理委員会	新潟市・放射線監視センター新潟分室	渡邊ほか3名
4.21	防災局転入者研修	新潟市・県庁災対本部会議室	岩田
5.20	新潟県原子力発電所の安全管理に関する技術委員会(第1回)	新潟市・朱鷺メッセ	渡邊
5.23	第167回原子力発電所周辺環境放射線測定技術連絡会議	柏崎市・柏崎刈羽原子力防災センター 他	渡邊ほか4名
5.25	環境調査本部要員基礎研修会	新潟市・技術士センタービル	渡邊ほか3名
6.2	柏崎刈羽原発_RI管理設備等視察	柏崎市・柏崎刈羽原子力発電所	岩城
6.8	第168回原子力発電所周辺環境放射線測定技術連絡会議	柏崎市・柏崎刈羽原子力防災センター 他	渡邊ほか4名
6.21	モニタリング技術に関する基礎的な講座	柏崎市・柏崎刈羽原子力防災センター	岩田
6.28	緊急時モニタリング指示書作成講座	(リモート)	伊比
7.4	原子力規制庁意見交換会	東京都・都道府県会館	渡邊
7.13,14	原子力施設等放射能調査機関連絡協議会令和4年度総会及び年会	(リモート)	渡邊,山崎
7.29	環境調査本部要員個別実動訓練	柏崎市・柏崎刈羽原子力防災センター	渡邊ほか8名
8.18	第169回原子力発電所周辺環境放射線測定技術連絡会議	柏崎市・柏崎刈羽原子力防災センター 他	渡邊ほか4名
8.19	新潟県原子力発電所の安全管理に関する技術委員会(第2回)	新潟市・自治会館	渡邊
9.6	第75回新潟県原子力発電所周辺環境監視評価会議	新潟市・自治会館別館	渡邊ほか3名
9.15,16	原子力災害現地対策本部図上演習	柏崎市・柏崎刈羽原子力防災センター	棚橋
10.6,7	福島視察会	福島県・東京電力福島第一原子力発電所	渡邊
10.12	防災SP養成研修	(リモート)	渡邊
10.24	新潟県原子力防災訓練(緊急時モニタリング)	柏崎市・柏崎刈羽原子力防災センター	渡邊ほか8名
10.29	新潟県原子力防災訓練(住民避難訓練)	県下全域(村上方面,糸魚川方面)	棚橋,岩城
11.4	新潟県原子力発電所の安全管理に関する技術委員会(第3回)	新潟市・興和ビル	渡邊
11.4,5	内閣府原子力総合防災訓練(福井県)におけるEMC視察	福井県・敦賀原子力防災センター	岩城,伊比
11.17	第170回原子力発電所周辺環境放射線測定技術連絡会議	柏崎市・柏崎刈羽原子力防災センター 他	渡邊ほか4名
12.6	放射線安全管理講習会	(リモート)	土田
12.13	被ばく線量予測システム説明会	東京都・フラクシア八重洲	棚橋
12.19	緊急時モニタリング実践研修	(リモート)	伊比
1.26,27	原子力施設安全管理連絡会	茨城県・千代田テクノル 他	渡邊
1.31	行政事業レビュー検討状況説明会	(リモート)	棚橋ほか3名
2.1	新潟県原子力発電所の安全管理に関する技術委員会(第4回)	新潟市・商工会館	渡邊
2.3	循環委員会元委員との意見交換会	(リモート)	渡邊ほか7名
2.8,9	EMC活動訓練(新潟県)	柏崎市・柏崎刈羽原子力防災センター	渡邊ほか4名
2.10	東日本大震災・原子力災害伝承館,福島第一原発廃炉資料館の視察	福島県・福島第一原子力発電所 他	棚橋
2.13	第171回原子力発電所周辺環境放射線測定技術連絡会議	柏崎市・柏崎刈羽原子力防災センター 他	渡邊ほか4名
2.15	実践演習{緊急時モニタリング企画コース}	(リモート)	伊比
2.17	大気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	(リモート)	土田
3.7	柏崎刈羽地域モニタリング協議会	柏崎市・柏崎刈羽原子力防災センター	棚橋,江端,伊比
3.9	民間精度管理意見交換会	(リモート)	江端,岩城
3.10	環境放射能水準調査に係る技術検討会	(リモート)	岩田,藤田
3.17	緊急時モニタリング要員育成事業第2回訓練検討ワーキンググループ	(リモート)	伊比
3.22	第2回放射線安全管理委員会	新潟市・放射線監視センター新潟分室	渡邊ほか4名
3.27	第76回新潟県原子力発電所周辺環境監視評価会議	新潟市・自治会館別館	渡邊ほか4名

1・6・2 講師の派遣

月 日	名 称	場 所	講 師	内 容	対 象 及 び 出 席 者 数
6.1	消防学校初任科講義	新潟市・新潟県消防学校	棚橋	特殊災害（放射性物質災害）	消防職員 67名
12.16	消防学校初任科講義	新潟市・新潟県消防学校	棚橋	特殊災害（放射性物質災害）	消防職員 32名
12.19	消防学校救急科講義	新潟市・新潟県消防学校	渡邊	放射線とその障害	消防職員 41名
3.10	消防学校救急科講義	新潟市・新潟県消防学校	渡邊	放射線とその障害	消防職員 20名

1・6・3 視察・見学・来訪者

月 日	所 属	来 訪 者 及 び 人 数
6.1	東京大学	学生 1名
8.9	原子力規制庁	原子力規制庁職員ほか 2名
8.22	新潟県原子力発電所周辺環境監視評価会議（新潟大学）	評価委員 2名
8.25	柏崎原子力広報センター	柏崎原子力広報センター 6名
8.26	柏崎原子力広報センター	柏崎原子力広報センター 10名
8.31	柏崎原子力広報センター	柏崎原子力広報センター 10名
9.8,9	長岡技術科学大学大学院工学研究科インターンシップ	学生 1名
2.17	個人（柏崎市）	新潟県民 1名
3.3	個人（柏崎市）	新潟県民 1名

1・7 外部委員会等への参画

委 員 会 名	参画職員名
大気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（（公財）日本分析センター）	土田智宏

2 業務概要

当センターは、世界最大の電気出力 821.2 万 kW を有する柏崎刈羽原子力発電所周辺の環境放射線監視調査を実施するとともに、環境放射能水準調査、緊急事態が発生した場合への平常時からの備えのための調査及び環境中のトリチウムレベル等についての調査研究を行っている。平成 23 年 3 月に発生した福島第一原子力発電所事故を契機として、モニタリングポストの増設や試料採取地点の拡大など環境放射線の監視・調査体制を強化してきた。

柏崎刈羽原子力発電所周辺環境放射線監視調査では、空間放射線の測定として、環境放射線監視テレメータシステムにより空間放射線量率及び気象等を連続測定するとともに、積算線量の測定も実施した。また、環境試料中の放射能測定として、浮遊じん、降下物、陸水、土壌、農産物、畜産物、陸上指標生物（松葉）、海水、海底土、海産物及び海洋指標生物（ホンダワラ類）の放射性核種等の測定を実施した。

環境放射能水準調査は、日本全体の自然及び人工放射能の分布状況を把握するために実施されており、当県も国の委託を受けて昭和 36 年度から実施している。令和 4 年度は原子力規制庁委託事業として、空間放射線量率の測定、雨水の全ベータ放射能測定、浮遊じん、降下物、海水、農産物、畜産物及び土壌等の放射性核種分析を行った。福島第一原子力発電所事故に伴うモニタリング強化も継続して実施した。

また、緊急時の結果を適切に判断することを目的に、緊急事態が発生した場合への平常時からの備えのための調査を令和 4 年度から開始し、原子力発電所からおおむね 30km 圏内の空間放射線量率、陸水（飲料水）、土壌（陸土）及び海水（表層水）の放射性物質濃度の測定を実施した。

調査研究については、環境中トリチウムレベル調査（継続）、福島第一原子力発電所事故に伴う放射能調査の 2 項目を行った。

2・1 柏崎刈羽原子力発電所周辺環境放射線監視調査

令和 4 年度は、前年度に引き続き、空間放射線の測定、環境試料の放射能の測定及び気象要素の観測を実施した。なお、測定結果は対照期間として次表の 2 期間の測定値と比較した。

対照期間	・直 近：直近 5 カ年（平成 29～令和 3 年度） ・事 前：事前調査期間（調査開始～昭和 59 年 12 月）
------	---

1 空間放射線

ア 空間放射線量率

11 局のモニタリングポストに設置してある NaI(Tl)シンチレーション検出器を用いて連続測定を行った。

各局の年間最高値は、91～103 nGy/h であり、対照期間の測定値の範囲内であった。

イ 積算線量

監視調査地域内の 11 局及び対照地域の 1 局のモニタリングポイントに蛍光ガラス線量計を設置し、3 か月ごとの積算線量を測定した。

監視調査地域の年間積算線量（365 日換算）は、0.41～0.49 mGy であり、対照期間の測定値の範囲内であった。対照地域の年間積算線量（365 日換算）は、0.58 mGy であった。

2 環境試料中の放射能

表 1 に環境試料中の放射能測定試料数を示す。

ア 大気中放射性ヨウ素

3 局（柏崎市街局，刈羽局，西山局）のモニタリングステーションにおいて，ヨウ素モニタを用いて 24 時間捕集による測定を連続して行った．

その結果，全ての試料から放射性ヨウ素は検出されなかった．

イ 浮遊じんの全ベータ放射能

3 局（柏崎市街局，刈羽局，西山局）のモニタリングステーションに設置してあるダストモニタを用いて 6 時間集じんによる測定を連続して行った．

6 時間集じん終了直後の測定値は $0.024 \sim 4.8 \text{ Bq/m}^3$ ，集じん終了 5 時間後の測定値は検出下限値未満 $\sim 0.35 \text{ Bq/m}^3$ であった．刈羽局で対照期間（直近）の測定値の範囲を超えたが，天然放射性核種の計数率の変動によるものと考えられた．

また，集じん位置における全ベータ／全アルファ放射能比は $0.61 \sim 7.3$ であった．柏崎市街局で対照期間（直近）の測定値の範囲を超えたが，天然放射性核種の計数率の変動によるものと考えられた．

ウ 核種分析（機器分析）

表1に示す試料について，ゲルマニウム半導体検出器を用いた γ 線スペクトロメータにより測定した．

その結果，土壌（陸土），農産物（米（精米），キャベツ，大根（葉部）），畜産物（牛乳），指標生物（松葉），海水及び海産物（マガレイ，マダイ，ヒラメ）からセシウム137が検出されたが，その最高値はいずれも対照期間の測定値の範囲内であった．

エ 核種分析（ストロンチウム 90 の放射化学分析）

表 1 に示す試料について，ストロンチウム 90 の測定を行った．

その結果，海産物（サザエ）を除く試料から同核種が検出されたが，陸水（飲料水），農産物（米（精米），大根（根部））及び指標生物（ホンダワラ類）の最高値はいずれも対照期間の測定値の範囲内であった．

畜産物（牛乳）及び海産物（マガレイ，ワカメ）の最高値は対照期間（直近）の測定値と同程度であった．

農産物（キャベツ）の最高値は対照期間（直近）の測定値の範囲を超えたが，検出されたストロンチウム 90 は過去の核実験等の影響によるものと考えられた．

オ 核種分析（トリチウムの放射化学分析）

表1に示す試料について，トリチウムの測定を行った．

その結果，大気及び陸水（飲料水，河川水）から同核種が検出されたが，陸水（河川水）の最高値は対照期間の測定値の範囲内であった．

大気及び陸水（飲料水）の最高値は対照期間（直近）の測定値と同程度であった．

カ 核種分析（プルトニウムの放射化学分析）

表 1 に示す試料について，プルトニウムの測定を行った．

その結果，海底土からプルトニウム 239+240 が検出されたが，その最高値は対照期間の測定値の範囲内であった．

以上の調査結果の詳細は，「令和 4 年度柏崎刈羽原子力発電所周辺環境放射線監視調査結果報告書」として公表されている．

表1 環境試料中の放射能測定試料数

試料名		採取 試料数	核種分析					
			機器分析		放射化学分析			
			Cs-137 等		放射性 ヨウ素	Sr-90	H-3	Pu
		担当	放射線 監視 センター	新潟分室	放射線 監視 センター	新潟分室		
陸上試料	浮遊じん（月間）	36	-	36	-	-	-	2
	大気（大気中水分）	48	-	-	-	-	48	-
	降下物（月間雨水・ちり）	24	24	-	-	-	-	2
	陸水	飲料水・原水	12	-	12	4	12	-
		河川水	2	-	2	-	2	-
	土壌	陸土(0～5cm深)	6	-	-	-	-	-
	農産物	米（精米）	3	-	3	3	-	-
		キャベツ	2	-	2	2	-	-
		大根（葉部）	2	-	2	-	-	-
		大根（根部）	2	-	-	2	-	-
	畜産物	牛乳（原乳）	4	-	4	4	-	-
海洋試料	指標生物	松葉（2年葉）	4	-	4	-	-	-
	海水（表層水）	10	10	-	10	-	10	-
	海底土（表層土）	10	10	-	-	-	-	4
	海産物	マガレイ	1	-	1	-	1	-
		ヒラメ	1	-	1	-	-	-
		マダイ	1	-	1	-	-	-
		サザエ	1	-	1	-	1	-
		ワカメ	1	-	1	-	1	-
		モズク類	1	-	1	-	-	-
	指標生物	ホンダワラ類	12	-	12	-	4	-
計		183	64	71	39	22	72	8

注) テレメータシステムにより測定する試料は除く

2・2 環境放射能水準調査

(令和 4 年度原子力規制庁委託)

令和 4 年度は、前年度に引き続き、新潟市を中心に県内全域を対象として、環境放射能水準調査を実施した。環境放射能水準調査委託実施計画書（令和 4 年度）に基づき、表 2 のとおり空間放射線量率調査、全ベータ放射能調査及び核種分析調査を実施した。また、平成 23 年 3 月に発生した福島第一原子力発電所事故（以下「事故」という。）影響調査のためのモニタリング強化も継続実施した。調査試料の総数は 170 であった。

その結果、定時降水試料中の全ベータ放射能及びモニタリングポストによる空間放射線量率についてはこれまでの結果とほぼ同じ放射能（線）レベルであった。モニタリング強化として実施したサーベイメータによる空間放射線量率の測定結果も同様であった。

核種分析の結果を表 3 に示した。土壌及び海産生物（魚類（カレイ））からセシウム 137 が検出されたが、事故前の範囲内であった。陸水（淡水）及び淡水産生物（魚類（フナ））から事故前の範囲を超えるセシウム 137 が検出されたことから、事故由来の放射性セシウムが影響していると考えられた。

なお、県内 8 地点のモニタリングポストにおける空間放射線量率は、原子力規制委員会及び新潟県のウェブサイト上においてリアルタイムで公開されている。

表 2 調査試料数内訳

調 査 項 目		調査試料数
空間放射線量率調査	モニタリングポストによる空間放射線量率の測定	連続測定
全ベータ放射能調査	定時降水の全ベータ放射能調査	128
核種分析調査	ゲルマニウム半導体検出器を用いた γ 線スペクトロメータによる測定	30
モニタリング強化	サーベイメータによる空間放射線量率の測定	12
調 査 試 料 数 合 計		170

表3 ゲルマニウム半導体検出器を用いたγ線スペクトロメータによる核種分析結果

試料名	試料採取地	試料数	放射性セシウム検出数 (令和4年度)		測定値の範囲 (令和4年度)		過去の測定値の範囲 (Cs-137)			単位
			Cs-134	Cs-137	Cs-134	Cs-137	事故前		事故後 (平成23年度 ～ 令和3年度)	
							平成19年度 ～21年度	平成22年度 (4月から2月 採取分)		
大気浮遊じん	新潟市	4	0	0	*	*	*	*	*～0.31	mBq/m ³
	降下物	12	0	0	*	*	*～0.095	*～0.040	*～33	MBq/km ²
陸水	蛇口水	1	0	0	*	*	*	*	0.23～3.6	mBq/L
	淡水 新潟市(鳥屋野潟)	1	0	1	*	0.44	*	*	0.59～8.6	
土壌 (1地点)	0 ～ 5 cm	1	0	1	*	4.2	4.1～6.5	5.8	4.6～7.8	Bq/kg乾
	5 ～ 20 cm	1	0	1	*	5.9	7.5～12	8.1	4.6～11	
農産物	精米	1	0	0	*	*	*	*	*	Bq/kg生
	野菜類(ホウレンソウ)	1	0	0	*	*	*～0.072	*	*～0.071	
畜産物	野菜類ダイコン(根))	1	0	0	*	*	*	0.014	*	Bq/L
	牛乳	1	0	0	*	*	*	*	*	
淡水産生物	魚類 (フナ)	1	0	1	*	0.43	0.087～0.11	0.093	0.39～3.0	Bq/kg生
	海水	1	0	0	*	*	*	*	*	mBq/L
海底土	新潟市(新潟港沖)	1	0	0	*	*	*～0.94	0.56	*～4.8	Bq/kg乾
	佐渡市	1	0	1	*	0.070	0.076～0.11	0.10	0.055～0.13	Bq/kg生
海産生物	貝類(サザエ)	1	0	0	*	*	*	*	*～0.39	
	海藻(ワカメ)	1	0	0	*	*	*	*	*	
試料数合計		30								

注) *は検出下限値未満を示す.

2・3 緊急事態が発生した場合への平常時からの備えのための調査

緊急事態が発生した場合への平常時からの備えのための調査として、次のとおり測定を行った。

1 空間放射線

ア モニタリングポスト（おおむね 10 km 圏）

県が設置したモニタリングポスト 11 局において NaI(Tl)シンチレーション検出器により連続測定を行った。その結果、各地点の年間平均値は 34～39 nGy/h、年間の最高値は 91～103 nGy/h であった。

イ モニタリングポスト（おおむね 10～30 km 圏）

県が設置したモニタリングポスト 17 局において電離箱検出器により連続測定を行った。その結果、各地点の年間平均値は 61～78 nGy/h、年間の最高値は 110～149 nGy/h であった。

2 環境試料中の放射能

ア 陸水（飲料水）

3 地点 6 試料について、ゲルマニウム半導体検出器を用いた γ 線スペクトロメータ、低バックグラウンド自動測定装置及び低バックグラウンド液体シンチレーションカウンタにより測定した。3 地点 6 試料からストロンチウム 90 が検出され、その濃度は 0.00086～0.0012 Bq/L、2 地点 2 試料からトリチウムが検出され、その濃度は 0.45～0.53 Bq/L であった。

イ 土壌（陸土）

7 地点 10 試料について、ゲルマニウム半導体検出器を用いた γ 線スペクトロメータにより測定した。3 地点 6 試料からセシウム 137 が検出され、その濃度は 1.6～13 Bq/kg 乾であった。5 地点 5 試料について、低バックグラウンド自動測定装置及びアルファ線エネルギー分光分析装置により測定した。全 5 試料からストロンチウム 90 が検出され、その濃度は 0.10～0.40 Bq/kg 乾、4 地点 4 試料からはプルトニウム 239+240 が検出され、その濃度は 0.0044～0.068 Bq/kg 乾であった。

ウ 海水（表層水）

5 地点 10 試料について、低バックグラウンド液体シンチレーションカウンタにより測定した。全 10 試料からトリチウムは検出されなかった。

以上の調査結果の詳細は、「令和 4 年度緊急事態が発生した場合への平常時からの備えのための調査結果」として公表されている。

2・4 調査研究業務

2・4・1 環境中トリチウムレベル調査

トリチウムは天然由来のほか原子力施設から恒常的に放出される核種である。原子力発電所周辺の監視調査では、大気、陸水（飲料水、原水、河川水）及び海水中のトリチウムを測定しているが、低濃度のため試料を直接測定した場合（以下「直接測定法」という。）では検出下限値（約 0.5 Bq/L）未満となることが多い。本調査は、電解濃縮を行うことで、未濃縮では検出できない低濃度トリチウムの濃度を正確に把握することを目的としている。

令和 4 年度は、監視調査で採取した大気 2 地点、陸水 4 地点及び海水 5 地点のほか、月間雨水 2 地点及び海水 7 地点の試料を電解濃縮し、測定を行った。その結果、すべての試料で検出下限値以上となり、試料のトリチウム濃度を確定することができた。

令和 4 年度の雨水のトリチウム濃度は 0.23～0.95 Bq/L であり、3～6 月にかけて相対的に高い値となる季節変動を示した。

大気中トリチウム濃度は 0.0013～0.0095 Bq/m³ であり、絶対湿度の影響から夏季に高く冬季に低い値を示した。

また、陸水は 0.21～0.49 Bq/L と直接測定法の検出下限値と同レベルであり、海水は 0.078～0.30 Bq/L と非常に低濃度であった。なお、一部の海水は他の地点より高い値を示したが、この理由としては、採水地点が河口付近のため海水に河川水が混在していたことが考えられる。

2・4・2 福島第一原子力発電所事故に伴う放射能調査

平成 23 年 3 月に発生した福島第一原子力発電所の事故により、大量の人工放射性物質が環境中に放出された。これらの放射性物質による新潟県への影響を調査するため、県原子力安全対策課の依頼を受け、令和 3 年度まで放射能調査を実施した。令和 4 年度は、調査研究業務として引き続き調査を実施した。

海水及び海底土について、ゲルマニウム半導体検出器を用いた γ 線スペクトロメータにより測定した。表 4 及び表 5 には、令和 4 年度に採取した試料の分析結果について記載した。

表 4 主要河川河口域海水の核種分析結果

採取地点	採取日	検体数	測定結果（単位：Bq/L）	
			¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs
海水（阿賀野川沖）	令和 4. 5.11	1	*	*

注) 1 *は検出下限値未満を示す。検出下限値は概ね 0.1 Bq/L
2 生試料を 2 L マリネリ容器に充填し、20,000 秒測定

表 5 主要河川河口域海底土の核種分析結果

採取地点	採取日	検体数	測定結果（単位：Bq/kg 乾）	
			¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs
海底土（阿賀野川沖）	令和 4. 5.11	15	*	* ～ 25

注) 1 *は検出下限値未満を示す。検出下限値は概ね 2 Bq/kg 乾
2 生試料を 0.7 L ラストロウェア容器に充填し、3,600 秒測定。その後、水分率を用いて乾土換算した。

2・5 緊急時モニタリング訓練

令和 4 年 10 月 24、29 日に令和 4 年度新潟県原子力防災訓練が行われた。

緊急時モニタリング訓練は 10 月 24 日に実施され、「新潟県緊急時モニタリング計画」に基づく原子力災害時における緊急時モニタリングについて、関係機関との情報連絡及び測定技術等の習熟を図ることを目的に、具体的な実施内容や方法等について訓練を行った。

1 原子力防災訓練の訓練想定及び概要

柏崎市、刈羽村等で震度 6 強の地震が発生し、柏崎刈羽原子力発電所 7 号機において、原子炉が自動停止。その後、炉心冷却機能の一部が喪失し施設敷地緊急事態となり、炉心冷却機能が喪失し全面緊急事態となる。その後、炉心が損傷し、放射性物質が放出され、一時移転が必要な空間放射線量の上昇が認められた状況となる、という地震との複合災害を想定した。

訓練は、原子力災害広域避難計画の実効性を高めるとともに、原子力災害発生時に備えた対応力のさらなる向上を図るため、情報伝達、PAZ 内住民の広域避難・UPZ 内住民の一時移転、スクリーニング等を主な訓練項目として実施した。また、訓練参加者の新型コロナウイルス感染症の感染防止に配慮しながら訓練を実施した。

2 緊急時モニタリング訓練

放射性物質の沈着後を想定し、環境試料採取及び空間線量率測定等の緊急時モニタリング訓練を行った。

原子力発電所を中心とした半径概ね 30km 圏内に設置したモニタリングポストで測定される空間線量等の監視のほか、事業者との連携として、東京電力ホールディングス（株）も加わり、モニタリング車及び車載型放射線モニタリングシステムを用いた走行サーベイ、モニタリングポスト周辺の土壌試料及び飲料水の採取、可搬型モニタリングポストの設置、要員帰還時の汚染検査を含めた屋外活動訓練を実施した。また令和 4 年度は、佐渡地域振興局の敷地内 1 箇所にて、サーベイメータによる線量率の測定を 1 時間ごとに行い、測定結果をその都度報告する試みを行った。

訓練終了後にモニタリング要員に対して行った訓練内容に関するアンケートの結果、各班の活動内容やモニタリングに必要な機器操作方法などの理解が深まったことがわかった。抽出された課題については改善を図り、次回以降の訓練で確認し、今後に役立てていくこととする。

2・6 その他業務

2・6・1 RI 教育訓練

放射線監視センター新潟分室、教育庁保健体育課及び教育センターの職員を対象として、放射性同位元素の使用及び管理区域の立ち入り等に関する教育訓練を行った。

1 実施年月日：令和 4 年 4 月 13 日、5 月 23 日

2 講師：土田智宏（放射線監視センター新潟分室）

3 内容：放射線の人体に与える影響、放射線障害の防止に関する法令、放射線障害予防規程及び放射性同位元素等の安全取扱い

2・6・2 柏崎刈羽原子力発電所データ状況確認

本業務は、「東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所周辺地域の安全確保に関する協定書」第 6 条に基づいて、柏崎刈羽原子力発電所が実施している環境放射線の測定に関するデータのうち、新潟県が伝送を受け、環境放射線テレメータシステム及びインターネットを通して常時公開しているデータの信頼性を確保するために、同第 11 条に基づき放射線監視センター職員が現地に出向き、公開データと現地記録との照合を行うものである。

調査は、各調査地点についてそれぞれ 1 回以上実施した。調査対象機器・地点は表 6 のとおりであり、毎回この中から任意に調査データを抽出し、測定データが正しく伝送されていることを確認した。

表 6 柏崎刈羽原子力発電所データ状況確認における調査対象

調査対象機器	調査地点	調査データ
モニタリングポスト	MP-1～MP-9	空間放射線量率 (nGy/h)
海水放射能モニタ	放水口（南）1 号機～4 号機放水口 放水口（北）5 号機～7 号機放水口	海水放射能モニタ指示値 (cpm)
排気筒モニタ	1 号機～7 号機排気筒	排気筒モニタ指示値 (cps)

なお、本業務は、柏崎刈羽原子力発電所 1 号機及び 4 号機の復水器出口における海水温度のデータ改ざん案件（平成 18 年 11 月公表）¹⁾を受けて、平成 20 年 8 月から実施しているものであり、令和 4 年度は 3 月に 1 回の頻度で確認を実施した。

- 1) 東京電力株式会社，プレスリリース，柏崎刈羽原子力発電所における取放水温度差の補正について(2006).
<http://www.tepco.co.jp/cc/press/06113001-j.html>（2021 年 6 月 2 日閲覧）

II 研究報告編

新潟県内の環境水中トリチウム濃度レベル（第 3 報） —2022 年度までの結果について—

岩田 聡美・土田 智宏・渡邊 哲也

Recent Levels of Environmental Tritium in Niigata Prefecture (III)

—Results until 2022—

Satomi Iwata, Tomohiro Tsuchida and Tetsuya Watanabe

Keywords: トリチウム, 降水, 大気, 陸水, 海水, 電解濃縮

1 は じ め に

水素の同位体であるトリチウム (^3H) は、水の存在するところに広く分布し、環境中では降水、大気水蒸気、河川水及び海水などに見られる。その主な起源は、宇宙線により生成する天然由来のもの、過去の大気圏内核実験によって放出されたもの、原子力発電所等の原子力施設から放出されるものがある¹⁾。トリチウムは、半減期が比較的短く放射線のエネルギーが弱いこと、人からの排泄が早いことなどを反映して実効線量係数が小さく、総じて安全な核種とされている²⁾。

一方で、2023 年 8 月 24 日、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により溜まり続けていた多核種除去設備等処理水（ALPS 処理水）の海洋放出が開始され、海水や海産生物に含まれるトリチウムに対し、一段と高い関心が寄せられている。

新潟県では、柏崎刈羽原子力発電所周辺環境放射線監視調査（以下「監視調査」という。）として大気、陸水及び海水中のトリチウム濃度を測定しているほか、調査研究として月間降水並びに県内全域バックグラウンド調査（以下「BG 調査」という。）で採取した河川水及び海水についてもトリチウム濃度を測定している。調査研究では固体高分子電解質を用いた電解濃縮法の工程を追加し、監視調査の測定方法では検出下限値（約 0.5 Bq/L）未満となるトリチウム濃度を数値として把握しており、既報^{3,4)}では 2017 年度までの動態や経年変化を報告している。

本稿では、2017 年度までの調査報告にその後の 5 年間の測定結果を加え、新潟県内の環境水中トリチウム濃度の経年変化について考察したので報告する。

2 方 法

2.1 試料採取

試料採取は文部科学省放射能測定法シリーズ^{1,5)}（以下「測定法シリーズ」という。）に準拠した方法で行った。試料採取地点を図 1 に示す。また、採取日等詳細は稿末表に示す。

降水及び大気は、放射線監視センター新潟分室（以下「新潟分室」という。）及び刈羽局の 2 地点において月間試料を採取した。

大気の測定試料は、トリチウム捕集装置により大気をモレキュラーシーブカラムに通気して水蒸気状トリチウムを採取した。大気の採取は、絶対湿度の季節変化を考慮し、流量 0.6~3.0 L/min で調整し、連続吸引で行った。モレキュラーシーブカラムは半月ごとに交換し、焼き出した捕集水 1 カ月分

を合わせて1試料とした。

陸水は、監視調査で採取した飲料水、原水（地下水）及び河川水のほか、BG調査で採取した河川水を調査した。

海水は、監視調査及びBG調査で採取した試料を調査した。

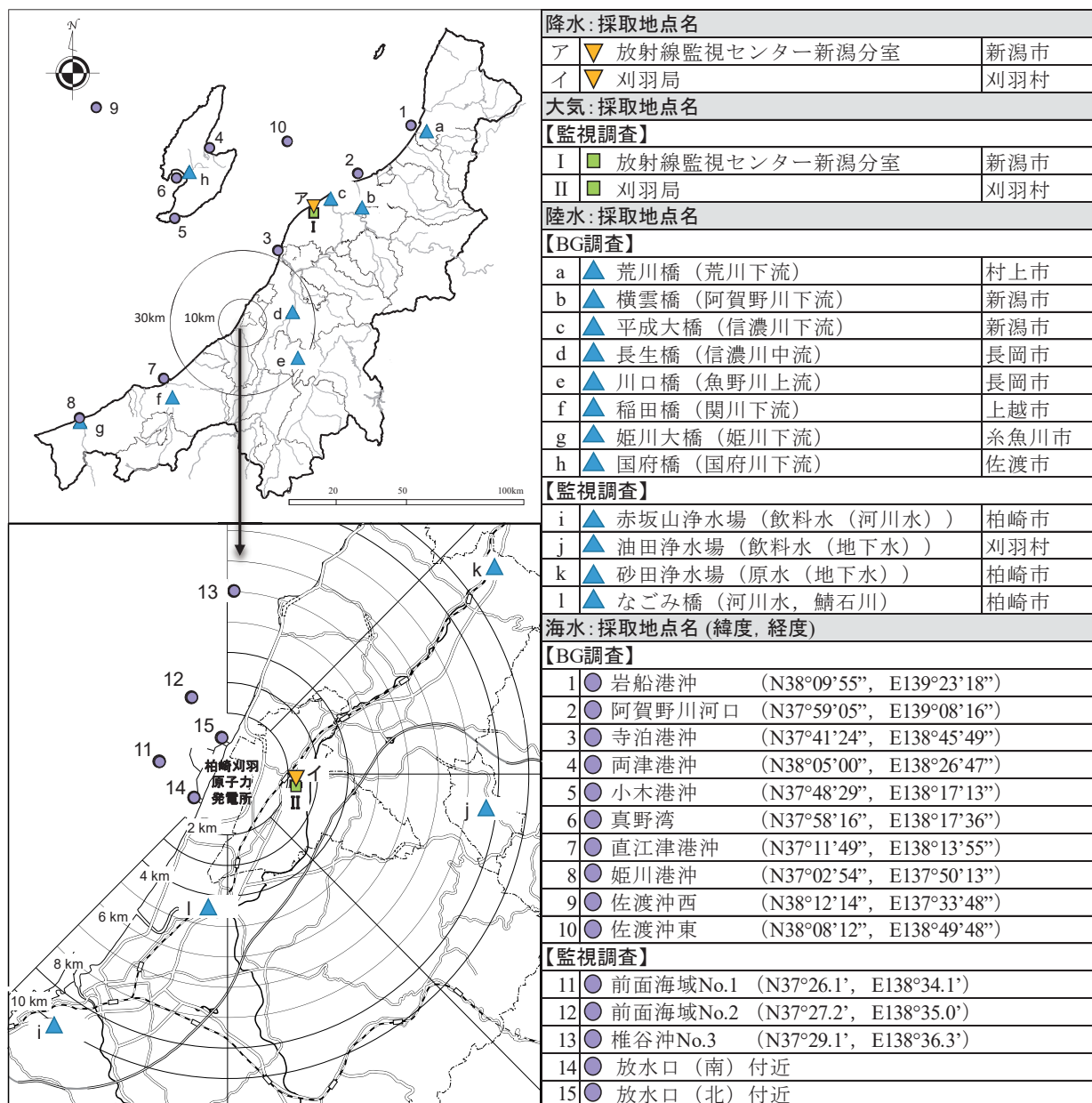


図1 試料採取地点

2.2 前処理及び測定

測定法シリーズに準拠し、採取した試料水（およそ、降水 500 mL、大気捕集水 400 mL、陸水 500 mL、海水 1 L）に Na_2O_2 及び KMnO_4 を加え、ロータリーエバポレータを用いて減圧蒸留した。

蒸留後の試料水をトリチウム電解濃縮装置（ペルメレック電極株式会社製トリピュア XZ030）を用いて 55 mL まで濃縮した。電解濃縮は、各投入量から 150 mL まで電流 50 A で、その後 55 mL まで電流 20 A で行った。なお、あらかじめトリチウム濃度既知の試料を用いて装置定数（電解濃縮前後のトリチウム濃度比）を求めておき、濃縮水のトリチウム濃度を装置定数で除して、濃縮前のトリチウム濃度を算出した。

100 mL テフロンバイアルに濃縮水 50 mL を採り, シンチレータ (Perkin Elmer 社製 Ultima Gold LLT) を 50 mL 加えて混合し, 16°C に設定したインキュベータ内に約 1 週間放置した後測定した. 測定には, 低バックグラウンド液体シンチレーションカウンタ (日立アロカメディカル社製 LSC-LB7) を用いた. 各試料について 50 分測定を 20 回繰り返し, カイ二乗検定により異常値の棄却検定を行った後, 10 個のデータを採用し平均値を求めた. 測定時のバックグラウンド計数の差引には, 公益財団法人日本分析センターから提供された無トリチウム水を用いた. クエンチングによる計数効率の低下を補正するため, 外部標準チャンネル比 (ESCR) 法により補正曲線を作成した. 検出下限値は計数誤差の 3 倍とした.

3 結果及び考察

3.1 降水中トリチウム濃度

月間降水中のトリチウム濃度測定結果を稿末表 1 に, 新潟分室と刈羽局のトリチウム濃度の変化を図 2 に示す. 2018~2022 年度の最近 5 年間のトリチウム濃度の変動はそれまでと同様の傾向を示しており, 図 2(b) の月別平均値に示すとおり, 2 地点の降水中トリチウム濃度は 3~5 月の春季に上昇し, 8~10 月頃に低くなる季節変動が認められた. これは既報³⁾のとおり, 春季の濃度上昇は大陸性気団の影響を受け, 8~10 月頃の濃度低下は海洋性気団の影響を受けたものと考えられる. なお, 2010~2014 年度の 5 年間の平均値³⁾は, 新潟分室で 0.48 Bq/L, 刈羽局で 0.57 Bq/L と, 新潟分室と比較して刈羽局の方が降水中トリチウム濃度がやや高い傾向が見られたが, 最近 5 年間の平均値では新潟分室で 0.49 Bq/L, 刈羽局で 0.51 Bq/L と, 両地点の濃度はほぼ同じとなっている.

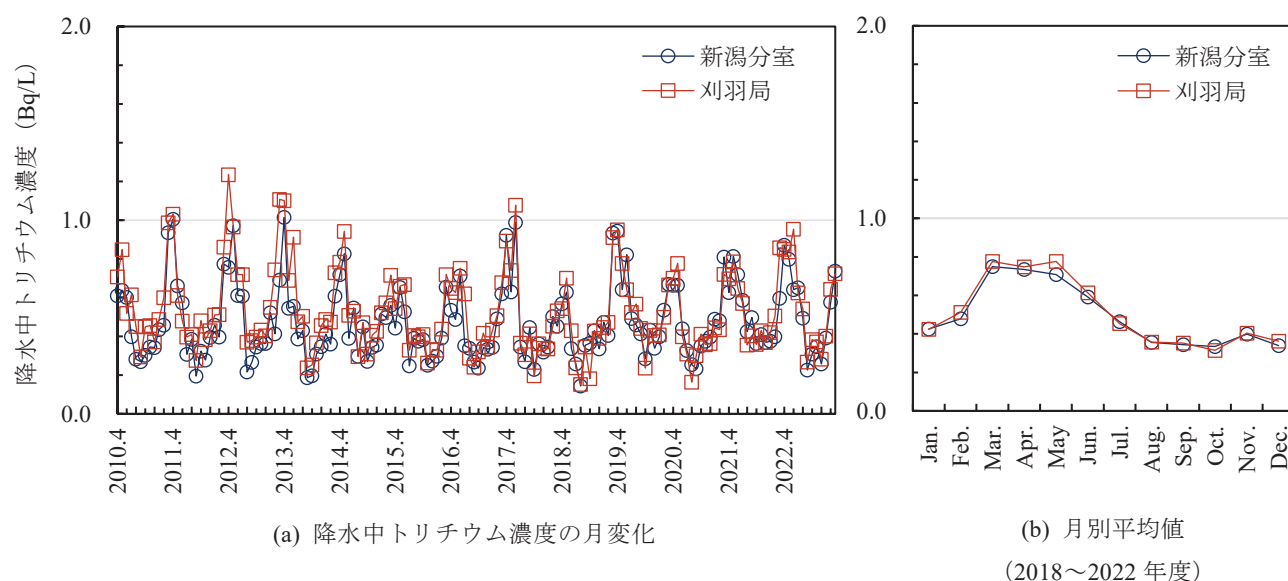


図2 月間降水中トリチウム濃度の変化

3.2 大気中トリチウム濃度

大気中のトリチウム濃度測定結果を稿末表 2 に, トリチウム濃度の変化を図 3 に示す. 既報^{3,4)}と同様に, 最近 5 年間においても明瞭な季節変動を示している. 大気水分中濃度 (捕集水 1L あたりのトリチウム濃度) は降水中濃度とよく似た変動を示し, 3~5 月の春季に高くなっている. また, 大気中濃度 (空気 1 m³ あたりのトリチウム濃度) は夏季に高く冬季に低い値となっており, 絶対湿度の影響を大きく受けているものと考えられる.

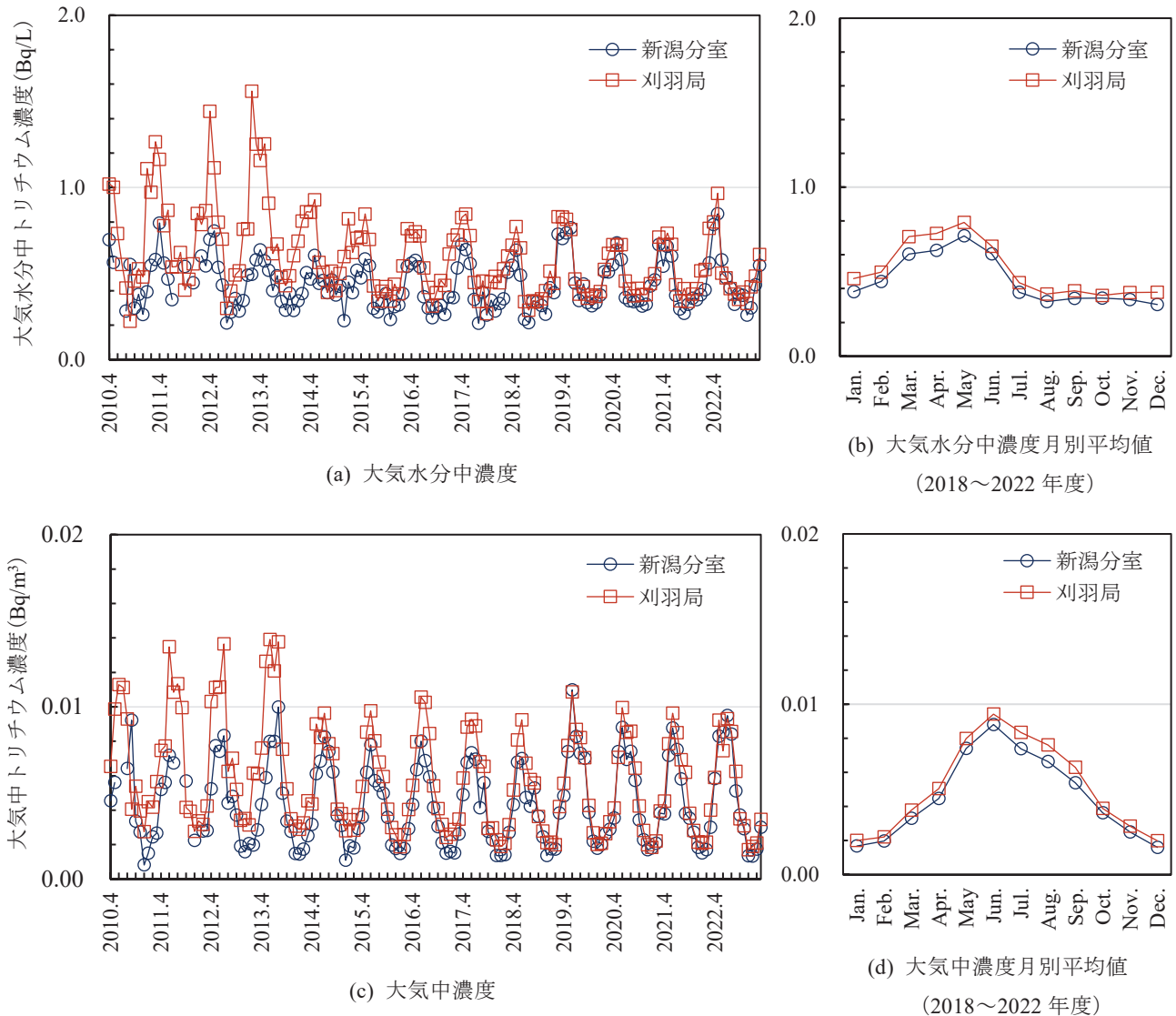


図3 大気中トリチウム濃度の変化

2010～2014 年度では大気水分中濃度の 5 年間の平均値が、新潟分室で 0.46 Bq/L、刈羽局で 0.71 Bq/L と、新潟分室に比べ刈羽局の方が年間を通して濃度が高い傾向が認められていた³⁾が、最近 5 年間の大気水分中濃度の平均値は、新潟分室で 0.45 Bq/L、刈羽局で 0.51 Bq/L と、両地点の濃度差はほとんどなくなっている。一般に、大気中の水蒸気は降水中に比べ地表面からくるトリチウム濃度の高い水蒸気の影響を受ける⁶⁾とされていることから、既報^{3,7)}によれば、柏崎刈羽原子力発電所から放出されるトリチウムの影響を受けやすい刈羽局の方が新潟分室に比べて一年を通して濃度が高い傾向が認められるとしていた。

そこで、柏崎刈羽原子力発電所の影響度合を確認するため、大気水分中と降水中のトリチウム濃度差(年平均値)と柏崎刈羽原子力発電所から大気へ放出されたトリチウム量⁸⁾の推移を図4に示した。柏崎刈羽原子力発電所は2012年3月以降、定期検査のため全7基が発電を停止しており、トリチウム放出量が2011年度の 10^{12} Bq オーダーから2022年度では約10分の1の 10^{11} Bq オーダーまで減少したことに伴って、刈羽局の大気水分中と降水中のトリチウム濃度差も減少し、2022年度には新潟分室とほぼ同じ値を示している。このことから、過去に新潟分室より刈羽局の方が大気水分中トリチウム濃度が高かった理由は、柏崎刈羽原子力発電所からの影響によるという既報の考察が裏付けられた。なお、柏崎刈羽原子力発電所からの周辺環境への影響は無視できるレベルである。

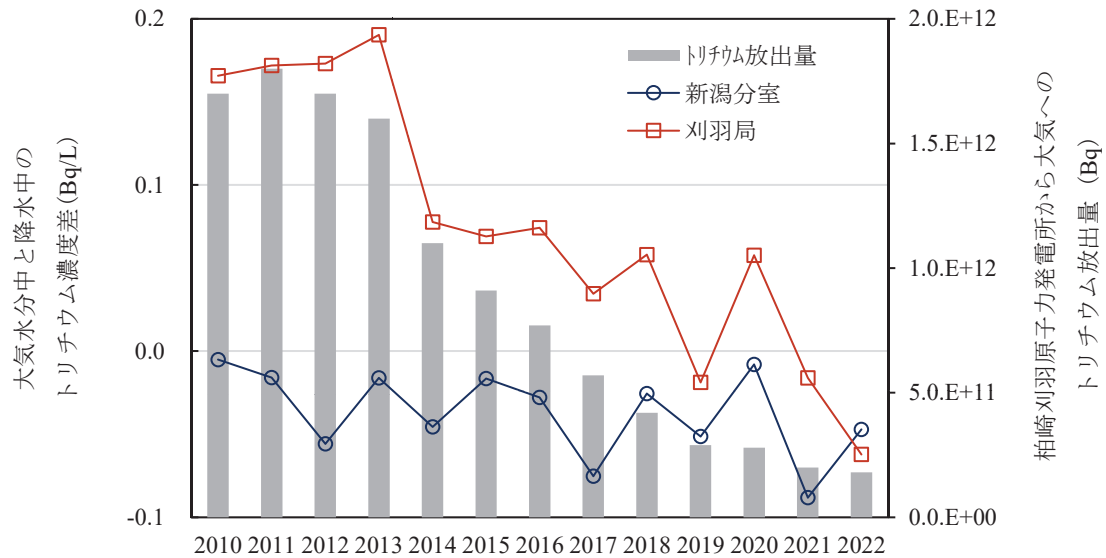


図4 大気水分中と降水中のトリチウム濃度差(年平均値)の推移

3.3 陸水中トリチウム濃度

陸水中のトリチウム濃度測定結果を稿末表3及び図5に示す。2012～2022年度の傾向を見ると、河川水及び河川水を水源とする飲料水のトリチウム濃度はほぼ横ばいとなっているのに対し、地下水を水源とする飲料水及び原水のトリチウム濃度はやや漸減しているように見て取れた。河川水(表流水)は降水の影響を受けやすく、また1990年代以降の降水はほぼ核実験開始前の自然のレベルに戻ったと考えられているため、河川水についても自然由来のレベルで横ばいに推移しているものと考えられる。地下水の漸減傾向については、過去の核実験の影響を受けた降水が遅れて観測されているのか、他の要因によるものか判断するには様々な視点からの調査が必要と考えられるが、今後も継続してデータ蓄積に努めたい。

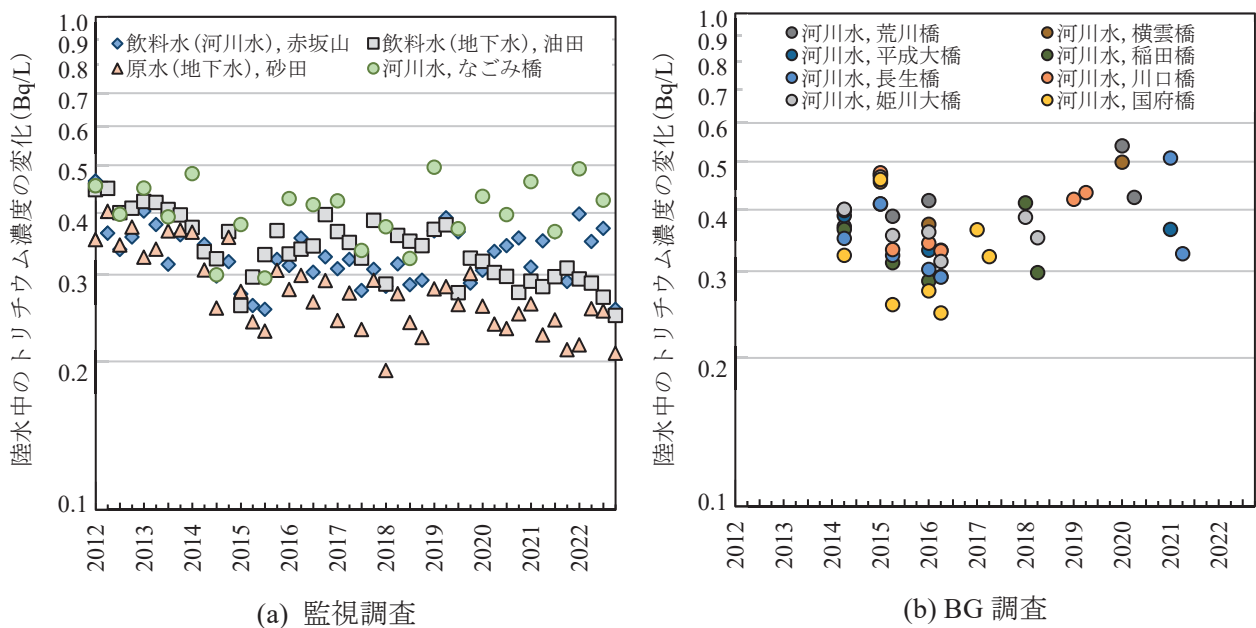


図5 陸水中のトリチウム濃度の変化

3.4 海水中トリチウム濃度

海水中のトリチウム濃度測定結果を稿末表4及び図6に示す。2012～2022年度の値はほぼ横ばいで推移しており、過去の核実験で放出されたトリチウムは減衰によりその寄与が確認できないレベルに達したと考えられる。また、図6の赤点線は、公益財団法人海洋生物環境研究所が行った海洋放射能調査における、核燃海域（青森海域）の表面海水の2012～2022年度の最大値（0.25 Bq/L）⁹⁾を示している。BG調査の一部の試料がこの値を超えているが、いずれも塩分濃度25未満と通常の海水の塩分濃度より低く、既報^{3,4)}のとおり河川水の影響を受けたものと考えられる。

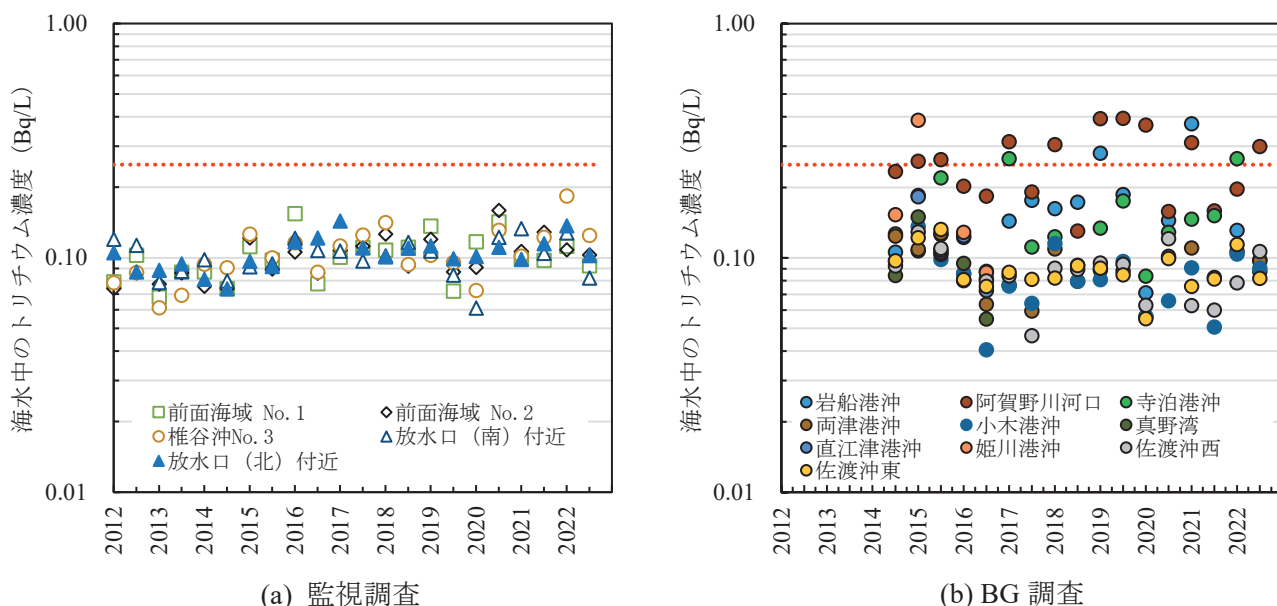


図6 海水中のトリチウム濃度の変化

注) 赤点線は2012～2022年度の核燃海域（青森海域）のデータの最大値（0.25 Bq/L）

4 ま と め

電解濃縮法により、2022年度までの環境水中トリチウム濃度を定量し、新潟県内のトリチウム濃度の経年変化を把握した。

月間降水中トリチウム濃度は、これまでと同様に3～5月の春季に上昇し、8～10月頃に低くなる季節変動が認められた。なお、2010～2014年度の5年間の平均値は新潟分室に比べ刈羽局の方がやや高い傾向が見られたが、最近5年間の平均値は新潟分室で0.49 Bq/L、刈羽局で0.51 Bq/Lとほぼ同じになっていた。

また、大気水分中トリチウム濃度の季節変動が降水中濃度と似た挙動を示していることも、既報のとおりであった。しかし、2010～2014年度の大気水分中濃度の5年間の平均値は新潟分室より刈羽局の方が年間を通して高い傾向であったが、最近5年間は新潟分室で0.45 Bq/L、刈羽局で0.51 Bq/Lとほとんど濃度差がなくなっていた。これは、柏崎刈羽原子力発電所から放出されるトリチウム量の減少が大きく関わっているものと推察された。

陸水中のトリチウム濃度は、2012年度以降、河川水及び河川水を水源とする飲料水の濃度がほぼ横ばいとなっているのに対し、天然由来のトリチウムの供給を受けにくい地下水を水源とする飲料水及び原水のトリチウム濃度は漸減傾向であった。

海水中のトリチウム濃度は、2012年度以降ほぼ横ばいで推移しており、過去の核実験で放出されたトリチウムは減衰によりその寄与が確認できないレベルに達したと考えられた。ただし、河川水の影響を受けやすい一部の海域については、同一期間の核燃海域（青森海域）の表面海水より高い値が検出された。

参 考 文 献

- 1) 文部科学省：トリチウム分析法, 9, (2002).
- 2) 宮本霧子：第1回放射線防護研究センターシンポジウム, 93-104 (2007).
- 3) 山崎興樹, 長谷川祥, 清野詩子, 鴻巣祐也, 丸田文之：新潟県放射線監視センター年報, 13, 28-41 (2015).
- 4) 四柳宏基, 永田優太, 鈴木貴博, 諏訪成雄：新潟県放射線監視センター年報, 16, 43-53 (2018).
- 5) 文部科学省：環境試料採取法, 16, (1983).
- 6) 高島義正：RADIOISOTOPES, 40, 520-530 (1991).
- 7) 春日俊信, 笠原 貢：新潟県放射線監視センター年報, 5, 21-27 (2007).
- 8) 各年度のトリチウム放出量は, 年度毎に公表されている「新潟県, 東京電力株式会社：柏崎刈羽原子力発電所周辺環境放射線監視調査結果報告書」に掲載の値を用いた.
- 9) 原子力規制庁：環境放射線データベース, <https://www.kankyo-hoshano.go.jp/data/database/> (閲覧日 2023年11月1日).

表 1 雨水中のトリチウム濃度測定結果

(a)新潟分室

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
	(Bq/L)											
2008	0.88 ± 0.020	0.54 ± 0.017	0.53 ± 0.017	0.37 ± 0.016	0.42 ± 0.016	0.38 ± 0.016	0.36 ± 0.016	0.39 ± 0.017	0.40 ± 0.016	0.46 ± 0.036	0.47 ± 0.017	0.76 ± 0.020
2009	0.85 ± 0.020	0.62 ± 0.018	0.64 ± 0.018	0.46 ± 0.017	0.27 ± 0.015	0.54 ± 0.017	0.28 ± 0.015	0.34 ± 0.016	0.36 ± 0.016	0.43 ± 0.016	0.47 ± 0.016	0.58 ± 0.017
2010	0.61 ± 0.020	0.64 ± 0.017	0.60 ± 0.016	0.40 ± 0.015	0.28 ± 0.013	0.27 ± 0.013	0.30 ± 0.014	0.35 ± 0.014	0.34 ± 0.015	0.44 ± 0.014	0.46 ± 0.015	0.94 ± 0.023
2011	1.0 ± 0.021	0.66 ± 0.019	0.57 ± 0.018	0.31 ± 0.015	0.39 ± 0.017	0.20 ± 0.016	0.32 ± 0.017	0.28 ± 0.016	0.40 ± 0.016	0.46 ± 0.017	0.40 ± 0.017	0.77 ± 0.019
2012	0.76 ± 0.019	0.97 ± 0.021	0.61 ± 0.019	0.61 ± 0.019	0.22 ± 0.015	0.27 ± 0.015	0.35 ± 0.016	0.36 ± 0.016	0.36 ± 0.017	0.52 ± 0.019	0.41 ± 0.016	0.69 ± 0.020
2013	1.0 ± 0.022	0.54 ± 0.018	0.56 ± 0.018	0.39 ± 0.017	0.43 ± 0.023	0.19 ± 0.021	0.20 ± 0.021	0.31 ± 0.022	0.35 ± 0.023	0.41 ± 0.022	0.36 ± 0.021	0.61 ± 0.023
2014	0.72 ± 0.018	0.83 ± 0.019	0.39 ± 0.015	0.55 ± 0.016	0.30 ± 0.017	0.45 ± 0.018	0.27 ± 0.017	0.34 ± 0.016	0.36 ± 0.017	0.52 ± 0.018	0.50 ± 0.017	0.56 ± 0.018
2015	0.44 ± 0.018	0.65 ± 0.019	0.53 ± 0.018	0.25 ± 0.016	0.39 ± 0.017	0.37 ± 0.017	0.38 ± 0.017	0.25 ± 0.016	0.27 ± 0.016	0.30 ± 0.016	0.39 ± 0.016	0.65 ± 0.018
2016	0.53 ± 0.026	0.49 ± 0.027	0.71 ± 0.027	0.35 ± 0.026	0.34 ± 0.024	0.27 ± 0.023	0.24 ± 0.023	0.34 ± 0.024	0.33 ± 0.025	0.34 ± 0.025	0.49 ± 0.027	0.62 ± 0.030
2017	0.92 ± 0.027	0.63 ± 0.026	0.99 ± 0.028	0.35 ± 0.025	0.27 ± 0.022	0.45 ± 0.025	0.23 ± 0.020	0.36 ± 0.024	0.32 ± 0.025	0.35 ± 0.025	0.50 ± 0.027	0.45 ± 0.024
2018	0.57 ± 0.025	0.63 ± 0.027	0.34 ± 0.025	0.26 ± 0.026	0.14 ± 0.025	0.35 ± 0.025	0.37 ± 0.025	0.43 ± 0.025	0.34 ± 0.025	0.47 ± 0.024	0.41 ± 0.025	0.93 ± 0.032
2019	0.94 ± 0.030	0.68 ± 0.033	0.82 ± 0.028	0.49 ± 0.026	0.46 ± 0.026	0.41 ± 0.024	0.28 ± 0.023	0.43 ± 0.026	0.34 ± 0.025	0.40 ± 0.025	0.54 ± 0.026	0.67 ± 0.027
2020	0.66 ± 0.027	0.66 ± 0.027	0.44 ± 0.025	0.33 ± 0.023	0.25 ± 0.024	0.23 ± 0.021	0.35 ± 0.023	0.37 ± 0.023	0.40 ± 0.028	0.49 ± 0.025	0.48 ± 0.024	0.81 ± 0.027
2021	0.63 ± 0.027	0.81 ± 0.028	0.72 ± 0.027	0.59 ± 0.026	0.42 ± 0.022	0.50 ± 0.025	0.36 ± 0.022	0.41 ± 0.022	0.37 ± 0.020	0.38 ± 0.022	0.40 ± 0.021	0.60 ± 0.025
2022	0.87 ± 0.030	0.80 ± 0.029	0.64 ± 0.028	0.65 ± 0.029	0.49 ± 0.028	0.23 ± 0.025	0.31 ± 0.024	0.35 ± 0.030	0.26 ± 0.023	0.39 ± 0.024	0.58 ± 0.026	0.74 ± 0.027

(b)刈羽局

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
	(Bq/L)											
2008	0.75 ± 0.020	- ¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009	0.71 ± 0.021	0.85 ± 0.018	0.52 ± 0.016	0.62 ± 0.016	0.45 ± 0.015	0.29 ± 0.013	0.45 ± 0.015	0.46 ± 0.015	0.37 ± 0.014	0.49 ± 0.017	0.54 ± 0.016	0.73 ± 0.018
2010	1.0 ± 0.022	0.61 ± 0.019	0.48 ± 0.017	0.40 ± 0.017	0.41 ± 0.017	0.28 ± 0.016	0.48 ± 0.018	0.38 ± 0.017	0.43 ± 0.017	0.51 ± 0.017	0.60 ± 0.016	0.99 ± 0.021
2011	1.2 ± 0.022	0.97 ± 0.021	0.72 ± 0.019	0.72 ± 0.019	0.37 ± 0.016	0.38 ± 0.016	0.40 ± 0.016	0.43 ± 0.017	0.40 ± 0.017	0.55 ± 0.019	0.74 ± 0.021	1.1 ± 0.023
2012	1.1 ± 0.022	0.69 ± 0.019	0.91 ± 0.021	0.48 ± 0.022	0.50 ± 0.023	0.24 ± 0.020	0.25 ± 0.020	0.37 ± 0.022	0.46 ± 0.022	0.49 ± 0.024	0.47 ± 0.021	0.73 ± 0.023
2013	0.78 ± 0.018	0.94 ± 0.019	0.51 ± 0.016	0.53 ± 0.017	0.30 ± 0.018	0.47 ± 0.019	0.31 ± 0.017	0.41 ± 0.017	0.43 ± 0.017	0.52 ± 0.018	0.57 ± 0.018	0.72 ± 0.019
2014	0.54 ± 0.018	0.66 ± 0.019	0.67 ± 0.019	0.33 ± 0.016	0.41 ± 0.017	0.40 ± 0.017	0.41 ± 0.017	0.26 ± 0.016	0.33 ± 0.016	0.33 ± 0.016	0.44 ± 0.017	0.72 ± 0.019
2015	0.65 ± 0.028	0.63 ± 0.028	0.75 ± 0.027	0.62 ± 0.028	0.29 ± 0.023	0.24 ± 0.023	0.32 ± 0.024	0.42 ± 0.024	0.35 ± 0.024	0.43 ± 0.026	0.51 ± 0.027	0.68 ± 0.030
2016	0.89 ± 0.032	0.74 ± 0.028	1.1 ± 0.034	0.37 ± 0.027	0.31 ± 0.028	0.41 ± 0.024	0.20 ± 0.021	0.36 ± 0.025	0.34 ± 0.022	0.34 ± 0.024	0.45 ± 0.028	0.53 ± 0.026
2017	0.54 ± 0.025	0.70 ± 0.030	0.43 ± 0.028	0.24 ± 0.025	0.15 ± 0.025	0.35 ± 0.026	0.18 ± 0.029	0.43 ± 0.026	0.39 ± 0.025	0.45 ± 0.025	0.47 ± 0.027	0.91 ± 0.032
2018	0.95 ± 0.031	0.78 ± 0.029	0.64 ± 0.028	0.52 ± 0.027	0.57 ± 0.028	0.44 ± 0.025	0.24 ± 0.024	0.43 ± 0.027	0.41 ± 0.026	0.41 ± 0.026	0.50 ± 0.027	0.67 ± 0.029
2019	0.70 ± 0.028	0.78 ± 0.028	0.40 ± 0.026	0.31 ± 0.025	0.16 ± 0.024	0.30 ± 0.023	0.41 ± 0.024	0.36 ± 0.024	0.36 ± 0.027	0.44 ± 0.025	0.44 ± 0.026	0.72 ± 0.028
2020	0.70 ± 0.028	0.79 ± 0.029	0.65 ± 0.028	0.57 ± 0.027	0.36 ± 0.023	0.40 ± 0.023	0.36 ± 0.021	0.43 ± 0.022	0.37 ± 0.023	0.42 ± 0.025	0.51 ± 0.023	0.86 ± 0.029
2021	0.85 ± 0.030	0.84 ± 0.030	0.95 ± 0.031	0.63 ± 0.029	0.54 ± 0.028	0.27 ± 0.026	0.38 ± 0.027	0.37 ± 0.030	0.28 ± 0.026	0.40 ± 0.027	0.64 ± 0.028	0.72 ± 0.030

1)-は欠測を表す。

表2 大気中のトリチウム濃度測定結果

(1) 大気中トリチウム濃度

(a)新潟分室

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
												(mBq/m ³)
2008	5.5 ± 0.19	6.1 ± 0.17	7.9 ± 0.49	-	9.6 ± 0.49	5.8 ± 0.41	5.0 ± 0.37	2.4 ± 0.20	2.0 ± 0.15	2.0 ± 0.25	2.5 ± 0.16	2.7 ± 0.15
2009	6.5 ± 0.17	6.1 ± 0.23	9.9 ± 0.28	7.2 ± 0.28	7.1 ± 0.47	5.9 ± 0.50	4.7 ± 0.26	2.6 ± 0.19	1.7 ± 0.11	1.8 ± 0.13	2.0 ± 0.13	2.7 ± 0.12
2010	4.5 ± 0.17	5.6 ± 0.27	8.6 ± 2.1	N.D.	6.4 ± 0.47	9.2 ± 0.40	3.4 ± 0.37	2.7 ± 0.31	0.82 ± 0.12	1.5 ± 0.15	2.4 ± 0.49	2.7 ± 0.52
2011	5.2 ± 0.75	5.6 ± 1.2	7.2 ± 1.7	6.7 ± 2.1	N.D.	N.D.	5.7 ± 1.2	N.D.	2.2 ± 0.53	N.D.	2.8 ± 0.50	2.8 ± 0.57
2012	5.2 ± 0.22	7.7 ± 0.33	7.4 ± 0.36	8.3 ± 0.60	4.4 ± 0.45	4.8 ± 0.47	3.7 ± 0.30	1.9 ± 0.25	1.6 ± 0.18	2.1 ± 0.19	2.0 ± 0.19	2.9 ± 0.20
2013	4.3 ± 0.18	5.9 ± 0.26	8.0 ± 0.35	8.0 ± 0.45	10 ± 0.56	5.0 ± 0.44	3.4 ± 0.26	2.8 ± 0.18	1.5 ± 0.13	1.4 ± 0.15	1.7 ± 0.17	2.5 ± 0.17
2014	3.2 ± 0.18	6.1 ± 0.30	6.8 ± 0.38	8.3 ± 0.52	7.4 ± 0.61	6.2 ± 0.50	3.7 ± 0.24	3.1 ± 0.22	1.1 ± 0.13	1.9 ± 0.15	1.8 ± 0.15	2.9 ± 0.17
2015	3.6 ± 0.17	6.2 ± 0.27	7.8 ± 0.36	5.7 ± 0.43	5.4 ± 0.61	5.0 ± 0.44	3.6 ± 0.26	2.0 ± 0.20	1.8 ± 0.15	1.5 ± 0.14	1.8 ± 0.14	2.9 ± 0.15
2016	4.3 ± 0.20	6.3 ± 0.31	8.0 ± 0.40	6.9 ± 0.54	5.9 ± 0.62	4.1 ± 0.52	3.0 ± 0.29	2.1 ± 0.19	1.5 ± 0.15	1.6 ± 0.14	1.5 ± 0.13	2.6 ± 0.13
2017	4.9 ± 0.20	6.8 ± 0.31	7.3 ± 0.44	7.0 ± 0.55	4.1 ± 0.74	5.6 ± 0.54	2.8 ± 0.34	2.3 ± 0.20	1.4 ± 0.14	1.4 ± 0.16	1.4 ± 0.16	2.7 ± 0.16
2018	4.3 ± 0.21	6.8 ± 0.32	7.0 ± 0.38	4.7 ± 0.63	4.2 ± 0.63	5.3 ± 0.58	3.6 ± 0.28	2.4 ± 0.19	1.4 ± 0.15	1.8 ± 0.14	1.7 ± 0.15	3.8 ± 0.16
2019	4.8 ± 0.18	7.4 ± 0.38	11 ± 0.45	8.3 ± 0.58	7.3 ± 0.65	7.0 ± 0.56	3.9 ± 0.28	2.2 ± 0.20	1.8 ± 0.14	2.0 ± 0.15	2.6 ± 0.15	2.9 ± 0.18
2020	3.5 ± 0.22	7.4 ± 0.32	8.8 ± 0.43	6.9 ± 0.58	7.4 ± 0.77	5.7 ± 0.54	3.4 ± 0.30	2.3 ± 0.23	1.7 ± 0.16	1.8 ± 0.17	2.1 ± 0.16	3.8 ± 0.17
2021	3.8 ± 0.18	7.2 ± 0.39	8.8 ± 0.44	7.5 ± 0.62	5.8 ± 0.75	3.8 ± 0.64	3.5 ± 0.33	2.7 ± 0.22	1.8 ± 0.14	1.5 ± 0.16	1.7 ± 0.16	3.0 ± 0.21
2022	5.8 ± 0.35	8.3 ± 0.48	8.5 ± 0.66	9.5 ± 0.90	8.4 ± 0.94	5.1 ± 0.61	3.7 ± 0.39	2.9 ± 0.23	1.3 ± 0.15	1.3 ± 0.18	1.7 ± 0.19	3.0 ± 0.17

(b)刈羽局

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
												(mBq/m ³)
2008	9.9 ± 0.22	11 ± 0.27	12 ± 0.50	11 ± 0.50	8.0 ± 0.48	7.7 ± 0.37	5.8 ± 0.21	4.1 ± 0.21	3.4 ± 0.11	5.0 ± 0.17	-	-
2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010	6.5 ± 0.22	9.9 ± 0.27	11 ± 0.30	11 ± 0.37	9.3 ± 0.46	4.1 ± 0.40	5.4 ± 0.26	3.9 ± 0.22	2.8 ± 0.16	4.5 ± 0.18	4.2 ± 0.49	5.7 ± 0.54
2011	7.5 ± 0.76	7.7 ± 1.2	13 ± 1.8	11 ± 2.3	11 ± 2.4	10 ± 1.8	4.2 ± 1.1	3.9 ± 0.92	2.8 ± 0.53	3.4 ± 0.45	3.2 ± 0.44	4.2 ± 0.55
2012	10 ± 0.25	11 ± 0.37	11 ± 0.40	14 ± 0.62	6.2 ± 0.51	7.0 ± 0.47	5.2 ± 0.33	3.4 ± 0.27	3.5 ± 0.16	3.1 ± 0.21	6.2 ± 0.23	6.1 ± 0.24
2013	7.6 ± 0.21	13 ± 0.32	14 ± 0.42	12 ± 0.50	14 ± 0.64	7.5 ± 0.51	5.2 ± 0.26	3.5 ± 0.18	3.1 ± 0.14	2.9 ± 0.16	3.3 ± 0.16	4.5 ± 0.18
2014	4.4 ± 0.16	9.0 ± 0.33	8.2 ± 0.39	9.6 ± 0.53	7.8 ± 0.62	7.3 ± 0.54	4.1 ± 0.25	3.8 ± 0.21	2.8 ± 0.14	3.4 ± 0.17	2.8 ± 0.16	3.7 ± 0.18
2015	5.4 ± 0.22	8.5 ± 0.30	9.8 ± 0.35	8.0 ± 0.45	6.8 ± 0.66	5.9 ± 0.46	4.0 ± 0.27	3.0 ± 0.21	2.6 ± 0.15	1.9 ± 0.14	2.6 ± 0.14	4.0 ± 0.16
2016	5.4 ± 0.20	8.0 ± 0.31	11 ± 0.42	10 ± 0.56	8.4 ± 0.65	5.4 ± 0.51	4.1 ± 0.31	3.2 ± 0.20	2.4 ± 0.17	2.6 ± 0.17	2.9 ± 0.17	3.5 ± 0.14
2017	5.9 ± 0.22	8.8 ± 0.37	9.3 ± 0.43	8.9 ± 0.64	6.8 ± 0.75	6.5 ± 0.54	2.9 ± 0.32	3.0 ± 0.22	2.3 ± 0.16	1.9 ± 0.16	2.1 ± 0.16	3.2 ± 0.18
2018	5.2 ± 0.22	8.1 ± 0.33	9.2 ± 0.42	6.7 ± 0.65	5.8 ± 0.69	5.6 ± 0.61	3.6 ± 0.30	2.8 ± 0.19	2.1 ± 0.15	2.1 ± 0.15	2.0 ± 0.15	4.2 ± 0.18
2019	5.6 ± 0.19	7.7 ± 0.40	11 ± 0.46	8.7 ± 0.62	8.2 ± 0.69	7.0 ± 0.57	4.3 ± 0.29	2.7 ± 0.21	2.0 ± 0.14	2.1 ± 0.15	2.6 ± 0.16	3.3 ± 0.18
2020	4.1 ± 0.23	7.1 ± 0.36	9.9 ± 0.45	8.5 ± 0.62	8.6 ± 0.84	6.4 ± 0.59	4.2 ± 0.33	2.8 ± 0.25	2.0 ± 0.16	1.8 ± 0.18	2.2 ± 0.19	3.9 ± 0.19
2021	4.5 ± 0.20	7.9 ± 0.45	9.6 ± 0.45	8.5 ± 0.66	6.9 ± 0.79	6.2 ± 0.61	3.8 ± 0.32	2.8 ± 0.23	2.1 ± 0.16	2.1 ± 0.19	2.1 ± 0.20	4.0 ± 0.23
2022	5.9 ± 0.35	9.2 ± 0.46	7.4 ± 0.66	9.3 ± 0.88	8.6 ± 0.86	6.3 ± 0.61	3.5 ± 0.35	3.1 ± 0.25	1.7 ± 0.17	1.9 ± 0.20	2.1 ± 0.20	3.5 ± 0.19

1) - は欠測を表す。

2) 斜字は電解濃縮を行わず、直接測定した結果。

表2 大気中のトリチウム濃度測定結果
(2) 大気水分中トリチウム濃度

(a)新潟分室

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
												(Bq/L)
2008	0.74 ± 0.025	0.63 ± 0.018	0.57 ± 0.036	-	0.53 ± 0.027	0.39 ± 0.028	0.48 ± 0.036	0.35 ± 0.029	0.37 ± 0.028	0.43 ± 0.055	0.54 ± 0.034	0.59 ± 0.032
2009	0.95 ± 0.025	0.60 ± 0.023	0.74 ± 0.021	0.41 ± 0.016	0.39 ± 0.026	0.43 ± 0.036	0.46 ± 0.025	0.34 ± 0.025	0.33 ± 0.021	0.39 ± 0.029	0.44 ± 0.029	0.52 ± 0.024
2010	0.70 ± 0.026	0.57 ± 0.027	0.48 ± 0.12	N.D.	0.28 ± 0.021	0.55 ± 0.033	0.30 ± 0.033	0.38 ± 0.043	0.26 ± 0.040	0.39 ± 0.040	0.55 ± 0.11	0.58 ± 0.11
2011	0.79 ± 0.11	0.56 ± 0.12	0.47 ± 0.11	0.35 ± 0.11	N.D.	N.D.	0.54 ± 0.11	N.D.	0.45 ± 0.11	N.D.	0.60 ± 0.11	0.55 ± 0.11
2012	0.70 ± 0.029	0.75 ± 0.032	0.54 ± 0.026	0.43 ± 0.031	0.21 ± 0.022	0.28 ± 0.027	0.36 ± 0.029	0.28 ± 0.037	0.34 ± 0.039	0.49 ± 0.046	0.50 ± 0.049	0.58 ± 0.041
2013	0.64 ± 0.026	0.57 ± 0.025	0.52 ± 0.023	0.40 ± 0.023	0.49 ± 0.028	0.34 ± 0.030	0.29 ± 0.022	0.39 ± 0.025	0.29 ± 0.025	0.34 ± 0.037	0.38 ± 0.037	0.51 ± 0.033
2014	0.47 ± 0.027	0.61 ± 0.029	0.45 ± 0.025	0.46 ± 0.029	0.39 ± 0.032	0.46 ± 0.037	0.38 ± 0.025	0.43 ± 0.030	0.23 ± 0.028	0.45 ± 0.036	0.39 ± 0.033	0.52 ± 0.030
2015	0.48 ± 0.022	0.59 ± 0.026	0.55 ± 0.025	0.30 ± 0.023	0.28 ± 0.031	0.33 ± 0.029	0.38 ± 0.028	0.23 ± 0.024	0.31 ± 0.025	0.32 ± 0.030	0.38 ± 0.030	0.54 ± 0.029
2016	0.56 ± 0.026	0.58 ± 0.028	0.54 ± 0.027	0.37 ± 0.029	0.30 ± 0.031	0.25 ± 0.031	0.30 ± 0.029	0.32 ± 0.028	0.26 ± 0.026	0.37 ± 0.031	0.36 ± 0.031	0.53 ± 0.028
2017	0.67 ± 0.027	0.64 ± 0.029	0.56 ± 0.033	0.35 ± 0.028	0.21 ± 0.038	0.39 ± 0.038	0.26 ± 0.032	0.35 ± 0.031	0.28 ± 0.030	0.33 ± 0.039	0.36 ± 0.039	0.51 ± 0.031
2018	0.55 ± 0.026	0.64 ± 0.030	0.49 ± 0.027	0.24 ± 0.031	0.22 ± 0.033	0.34 ± 0.038	0.34 ± 0.026	0.32 ± 0.024	0.27 ± 0.028	0.42 ± 0.034	0.39 ± 0.033	0.73 ± 0.031
2019	0.70 ± 0.026	0.74 ± 0.038	0.77 ± 0.031	0.45 ± 0.031	0.34 ± 0.031	0.44 ± 0.035	0.33 ± 0.024	0.31 ± 0.029	0.33 ± 0.025	0.38 ± 0.028	0.51 ± 0.029	0.51 ± 0.032
2020	0.55 ± 0.034	0.68 ± 0.030	0.58 ± 0.029	0.36 ± 0.030	0.34 ± 0.035	0.34 ± 0.032	0.34 ± 0.030	0.31 ± 0.031	0.32 ± 0.030	0.43 ± 0.040	0.46 ± 0.036	0.67 ± 0.029
2021	0.54 ± 0.026	0.66 ± 0.036	0.60 ± 0.030	0.38 ± 0.031	0.29 ± 0.038	0.27 ± 0.046	0.32 ± 0.030	0.36 ± 0.030	0.35 ± 0.026	0.38 ± 0.040	0.41 ± 0.039	0.56 ± 0.039
2022	0.79 ± 0.047	0.85 ± 0.049	0.58 ± 0.045	0.48 ± 0.045	0.42 ± 0.047	0.32 ± 0.039	0.38 ± 0.041	0.37 ± 0.029	0.26 ± 0.029	0.30 ± 0.040	0.44 ± 0.047	0.55 ± 0.032

(b)刈羽局

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
												(Bq/L)
2008	1.4 ± 0.031	1.1 ± 0.028	1.0 ± 0.043	0.79 ± 0.035	0.58 ± 0.035	0.62 ± 0.030	0.58 ± 0.021	0.61 ± 0.031	0.64 ± 0.020	1.1 ± 0.038	-	-
2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010	1.0 ± 0.034	1.0 ± 0.027	0.73 ± 0.019	0.55 ± 0.018	0.42 ± 0.020	0.22 ± 0.022	0.46 ± 0.022	0.53 ± 0.029	0.48 ± 0.027	1.1 ± 0.045	0.97 ± 0.11	1.3 ± 0.12
2011	1.2 ± 0.12	0.78 ± 0.12	0.87 ± 0.12	0.54 ± 0.11	0.54 ± 0.11	0.62 ± 0.11	0.41 ± 0.11	0.47 ± 0.11	0.56 ± 0.11	0.85 ± 0.11	0.79 ± 0.11	0.87 ± 0.11
2012	1.4 ± 0.035	1.1 ± 0.038	0.80 ± 0.029	0.70 ± 0.032	0.30 ± 0.025	0.40 ± 0.027	0.49 ± 0.032	0.52 ± 0.041	0.76 ± 0.034	0.76 ± 0.052	1.6 ± 0.058	1.3 ± 0.049
2013	1.2 ± 0.032	1.3 ± 0.032	0.91 ± 0.027	0.62 ± 0.025	0.67 ± 0.031	0.48 ± 0.033	0.43 ± 0.022	0.49 ± 0.026	0.60 ± 0.028	0.69 ± 0.039	0.81 ± 0.039	0.86 ± 0.035
2014	0.86 ± 0.032	0.93 ± 0.034	0.57 ± 0.027	0.51 ± 0.028	0.39 ± 0.031	0.52 ± 0.038	0.40 ± 0.024	0.50 ± 0.028	0.60 ± 0.030	0.82 ± 0.039	0.62 ± 0.035	0.71 ± 0.033
2015	0.71 ± 0.029	0.85 ± 0.030	0.70 ± 0.025	0.43 ± 0.024	0.34 ± 0.033	0.40 ± 0.031	0.43 ± 0.029	0.34 ± 0.024	0.44 ± 0.026	0.38 ± 0.029	0.55 ± 0.030	0.76 ± 0.030
2016	0.72 ± 0.027	0.74 ± 0.029	0.72 ± 0.029	0.53 ± 0.029	0.42 ± 0.032	0.31 ± 0.030	0.39 ± 0.030	0.46 ± 0.030	0.43 ± 0.030	0.61 ± 0.040	0.70 ± 0.040	0.72 ± 0.030
2017	0.83 ± 0.031	0.85 ± 0.035	0.72 ± 0.034	0.45 ± 0.032	0.34 ± 0.037	0.46 ± 0.038	0.27 ± 0.029	0.45 ± 0.034	0.49 ± 0.034	0.45 ± 0.038	0.53 ± 0.041	0.60 ± 0.034
2018	0.67 ± 0.029	0.77 ± 0.032	0.65 ± 0.030	0.34 ± 0.033	0.29 ± 0.035	0.34 ± 0.038	0.34 ± 0.027	0.35 ± 0.025	0.40 ± 0.029	0.51 ± 0.036	0.44 ± 0.034	0.83 ± 0.035
2019	0.83 ± 0.029	0.82 ± 0.042	0.76 ± 0.032	0.47 ± 0.034	0.38 ± 0.032	0.43 ± 0.035	0.36 ± 0.024	0.38 ± 0.029	0.37 ± 0.026	0.40 ± 0.030	0.53 ± 0.031	0.62 ± 0.034
2020	0.67 ± 0.038	0.67 ± 0.034	0.67 ± 0.031	0.46 ± 0.033	0.41 ± 0.040	0.37 ± 0.034	0.41 ± 0.032	0.38 ± 0.034	0.38 ± 0.031	0.44 ± 0.044	0.50 ± 0.043	0.71 ± 0.034
2021	0.67 ± 0.030	0.74 ± 0.042	0.67 ± 0.031	0.44 ± 0.034	0.34 ± 0.039	0.41 ± 0.041	0.34 ± 0.029	0.38 ± 0.032	0.41 ± 0.032	0.52 ± 0.048	0.53 ± 0.048	0.76 ± 0.045
2022	0.80 ± 0.047	0.97 ± 0.048	0.50 ± 0.045	0.48 ± 0.045	0.41 ± 0.042	0.38 ± 0.038	0.35 ± 0.035	0.39 ± 0.032	0.33 ± 0.033	0.42 ± 0.044	0.49 ± 0.047	0.61 ± 0.034

1) - は欠測を表す。

2) 斜字は電解濃縮を行わず、直接測定した結果。

表4 海水中のトリチウム濃度測定結果

(a) 監視調査

	前面海域No.1		前面海域No.2		稚谷沖No.3		放水口(南)		放水口(北)	
	採取日	結果	採取日	結果	採取日	結果	採取日	結果	採取日	結果
2012	5.14	0.079 ± 0.014	0.074 ± 0.015	0.078 ± 0.013	5.21	0.12 ± 0.015	0.11 ± 0.012	0.087 ± 0.013		
2013	10.15	0.10 ± 0.013	0.086 ± 0.011	0.087 ± 0.012	10.4	0.11 ± 0.012	0.088 ± 0.016			
	5.13	0.068 ± 0.016	0.077 ± 0.015	0.061 ± 0.015	5.20	0.078 ± 0.016	0.094 ± 0.016			
	10.1	0.087 ± 0.015	0.086 ± 0.015	0.069 ± 0.015	10.1	0.087 ± 0.016	0.094 ± 0.016			
2014	5.12	0.087 ± 0.014	0.075 ± 0.014	0.094 ± 0.015	5.19	0.098 ± 0.014	0.081 ± 0.015			
	10.1	0.074 ± 0.014	0.074 ± 0.014	0.091 ± 0.014	10.9	0.080 ± 0.014	0.074 ± 0.014			
2015	5.18	0.11 ± 0.014	0.12 ± 0.014	0.13 ± 0.014	5.7	0.091 ± 0.015	0.096 ± 0.014			
	10.26	0.098 ± 0.013	0.089 ± 0.013	0.10 ± 0.013	10.6	0.094 ± 0.014	0.092 ± 0.014			
2016	5.9	0.15 ± 0.015	0.11 ± 0.016	0.12 ± 0.015	5.16	0.12 ± 0.015	0.12 ± 0.015			
	10.24	0.077 ± 0.013	0.086 ± 0.015	0.087 ± 0.013	10.3	0.11 ± 0.015	0.12 ± 0.014			
2017	5.1	0.10 ± 0.015	0.11 ± 0.017	0.11 ± 0.017	5.15	0.11 ± 0.018	0.14 ± 0.016			
	10.3	0.11 ± 0.013	0.11 ± 0.014	0.12 ± 0.015	10.2	0.097 ± 0.014	0.11 ± 0.015			
2018	5.15	0.11 ± 0.015	0.13 ± 0.016	0.14 ± 0.014	5.8	0.10 ± 0.015	0.10 ± 0.015			
	10.4	0.11 ± 0.014	0.092 ± 0.014	0.093 ± 0.014	10.4	0.12 ± 0.014	0.11 ± 0.015			
2019	5.14	0.14 ± 0.015	0.12 ± 0.014	0.10 ± 0.014	5.13	0.11 ± 0.014	0.11 ± 0.015			
	10.1	0.072 ± 0.013	0.087 ± 0.013	0.095 ± 0.014	10.1	0.084 ± 0.013	0.099 ± 0.013			
2020	5.12	0.12 ± 0.014	0.091 ± 0.014	0.072 ± 0.014	5.18	0.061 ± 0.016	0.10 ± 0.014			
	10.2	0.14 ± 0.014	0.16 ± 0.016	0.13 ± 0.014	10.12	0.12 ± 0.014	0.11 ± 0.015			
2021	5.12	0.099 ± 0.014	0.11 ± 0.015	0.10 ± 0.014	5.12	0.13 ± 0.014	0.098 ± 0.014			
	10.5	0.097 ± 0.015	0.13 ± 0.016	0.12 ± 0.015	10.14	0.10 ± 0.015	0.11 ± 0.015			
2022	5.12	0.11 ± 0.018	0.11 ± 0.016	0.18 ± 0.016	5.9	0.13 ± 0.017	0.14 ± 0.016			
	10.13	0.092 ± 0.017	0.10 ± 0.016	0.12 ± 0.016	10.4	0.082 ± 0.018	0.10 ± 0.018			

(b-1) BC調査

	岩船港沖		阿賀野川河口		寺泊港沖		両津港沖		小木港沖	
	採取日	結果	採取日	結果	採取日	結果	採取日	結果	採取日	結果
2014	9.9	0.11 ± 0.018	9.10	0.23 ± 0.019	9.9	0.13 ± 0.012	9.8	0.12 ± 0.018	9.9	0.097 ± 0.012
2015	6.2	0.18 ± 0.015	6.3	0.26 ± 0.015	6.1	0.11 ± 0.016	6.9	0.11 ± 0.014	6.7	0.14 ± 0.015
	9.8	0.13 ± 0.015	9.8	0.26 ± 0.016	9.8	0.22 ± 0.015	9.8	0.13 ± 0.014	9.8	0.099 ± 0.014
2016	6.10	0.12 ± 0.013	6.3	0.20 ± 0.014	6.9	0.086 ± 0.013	6.6	0.080 ± 0.013	6.8	0.086 ± 0.013
	9.2	0.088 ± 0.013	9.2	0.18 ± 0.014	9.2	0.082 ± 0.013	9.1	0.063 ± 0.013	9.5	0.041 ± 0.012
2017	6.1	0.14 ± 0.013	6.6	0.31 ± 0.019	6.1	0.27 ± 0.016	5.29	0.077 ± 0.014	6.1	0.076 ± 0.012
	9.1	0.18 ± 0.015	9.1	0.19 ± 0.016	9.5	0.11 ± 0.014	8.31	0.059 ± 0.015	9.5	0.064 ± 0.013
2018	6.1	0.16 ± 0.016	6.5	0.30 ± 0.015	5.31	0.12 ± 0.014	5.30	0.11 ± 0.014	5.30	0.12 ± 0.014
	8.28	0.17 ± 0.015	9.4	0.13 ± 0.014	9.27	0.093 ± 0.015	9.28	0.080 ± 0.014	9.3	0.080 ± 0.014
2019	5.27	0.28 ± 0.016	6.14	0.39 ± 0.016	5.31	0.13 ± 0.014	5.28	0.089 ± 0.014	5.30	0.081 ± 0.013
	9.6	0.19 ± 0.015	9.6	0.39 ± 0.015	9.5	0.17 ± 0.014	9.5	0.088 ± 0.013	9.3	0.096 ± 0.014
2020	6.1	0.071 ± 0.017	6.1	0.37 ± 0.016	6.4	0.084 ± 0.015	6.5	0.056 ± 0.015	6.3	0.056 ± 0.014
	8.31	0.14 ± 0.015	9.3	0.16 ± 0.016	9.3	0.13 ± 0.015	8.31	0.10 ± 0.015	9.2	0.066 ± 0.014
2021	5.31	0.37 ± 0.016	6.3	0.31 ± 0.016	6.3	0.15 ± 0.016	6.1	0.11 ± 0.015	6.2	0.091 ± 0.015
	9.6	0.083 ± 0.015	9.6	0.16 ± 0.016	9.9	0.15 ± 0.016	9.9	*(<0.044)	9.8	0.051 ± 0.014
2022	5.31	0.13 ± 0.015	5.31	0.20 ± 0.017	6.8	0.27 ± 0.017	6.7	0.11 ± 0.015	6.8	0.10 ± 0.015
	10.7	0.098 ± 0.015	10.7	0.30 ± 0.017	10.6	0.088 ± 0.015	10.7	0.097 ± 0.015	10.6	0.090 ± 0.016

1) *は検出下限値未満を示す。

(b-2) BC調査

	真野湾		直江津沖		堀川沖		佐渡沖西		佐渡沖東	
	採取日	結果	採取日	結果	採取日	結果	採取日	結果	採取日	結果
2014	9.3	0.084 ± 0.017			9.2	0.15 ± 0.018	9.8	0.092 ± 0.012	9.8	0.097 ± 0.018
2015	6.10	0.15 ± 0.015	6.2	0.18 ± 0.015	6.2	0.39 ± 0.016	6.7	0.13 ± 0.014	6.9	0.12 ± 0.014
	9.30	0.10 ± 0.014	9.1	0.11 ± 0.014	9.16	0.11 ± 0.014	9.7	0.11 ± 0.014	9.7	0.13 ± 0.015
2016	6.8	0.095 ± 0.013	6.7	0.12 ± 0.014	6.7	0.13 ± 0.013	6.8	0.081 ± 0.013	6.6	0.081 ± 0.013
	9.7	0.055 ± 0.013	9.6	0.073 ± 0.013	9.14	0.087 ± 0.013	9.5	0.080 ± 0.013	9.7	0.076 ± 0.012
2017							6.7	0.084 ± 0.014	6.7	0.087 ± 0.013
							9.4	0.047 ± 0.015	9.4	0.081 ± 0.013
2018							6.4	0.090 ± 0.014	6.4	0.082 ± 0.014
							9.3	0.089 ± 0.014	9.4	0.093 ± 0.014
2019							6.13	0.095 ± 0.014	6.13	0.090 ± 0.014
							9.3	0.094 ± 0.013	9.2	0.085 ± 0.013
2020							6.3	0.063 ± 0.014	6.5	0.055 ± 0.017
							9.2	0.12 ± 0.015	9.3	0.099 ± 0.014
2021							6.2	0.063 ± 0.014	6.3	0.076 ± 0.015
							9.8	0.060 ± 0.015	9.9	0.081 ± 0.016
2022							6.9	0.078 ± 0.015	6.7	0.11 ± 0.015
							10.6	0.11 ± 0.016	10.7	0.082 ± 0.016

阿賀野川河口沖を中心とした新潟県沿岸域における 海底土中の放射性セシウム濃度とその経年変化（第 2 報）

土田 智宏・岩田 聡美・渡邊 哲也

Research of Radioactive Cesium Distribution and its Temporal Changes in the Marine Sediment in the Coastal Area of Niigata Prefecture, Mainly around the Agano River Estuary Offshore（Ⅱ）

Keywords: 海底土, 放射性セシウム, 阿賀野川, 福島第一原子力発電所事故

1 は じ め に

新潟県では、2011 年 3 月に発生した福島第一原子力発電所（以下「1F」という。）事故の影響を把握するため、食品や環境試料など多岐にわたる試料について放射能調査を実施してきた。また、2011 年 7 月末に発生した新潟・福島豪雨を契機に、阿賀野川上流域（福島県境側）からの砂泥等流入による下流域（日本海側）への放射性セシウム($^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$)の移行状況を把握するため、2011 年 8 月から同河川沖の水深別の海底土中放射能濃度を測定してきた。既報では、豪雨直後の 8 月の調査で放射性セシウム濃度が最高で 340Bq/kg 乾土検出されたことや、濃度の最大値が水深 20m~40m から 60m へ移行するものの、80m 以深では有意な増加がなかったことを報告した¹⁾。

新潟県では、その後も阿賀野川沖に加え、当該河川沖の北東及び南西に沿岸から沖合に向かう定線を設定し、定線毎に水深の違いによる海底土中の放射能濃度を測定してきた。

本稿では、既報の内容に 2022 年 5 月調査までの測定結果を合わせ、海底土中の放射性セシウムの濃度分布の経年変化と減衰状況から、その後の拡散状況について考察したので報告する。

2 方 法

試料採取、前処理及び測定は、放射能測定法シリーズ²⁻⁴⁾に準拠した方法で行った。

2.1 採取地点及び採取方法

試料採取地点を図 1 に示した。阿賀野川沖の他、新潟東港沖及び関屋分水沖の 3 定線について、定線毎に沿岸から沖合に向かって水深がそれぞれ 20 m, 40 m, 60 m, 80 m, 100 m となる地点を観測点として 2011 年 8 月から調査を行っている。

阿賀野川沖については、2011 年 8 月~2012 年 3 月までの間は水深 20m~60m の 3 地点で、2012 年 5 月以降は 20m~100m の 5 地点で調査を行っている。新潟東港沖及び関屋分水沖については、2011 年 8 月~2012 年 5 月までの間は水深 40m の 1 地点で、2011 年 10 月以降は 20m~100m の 5 地点で調査を行っている。

調査頻度は 2011 年が 2 回/年、2012 年~2014 年が 3 回/年、2015 年~2017 年が 2 回/年（5 月及び 10 月）、2018 年以降は 1 回/年（5 月）となっている。

試料採取はスミス・マッキンタイヤ式採泥器を用い、採取量は 1 kg とした。

なお、3.2 で後述するが、図 1 には、原子力規制庁実施の環境放射能水準調査⁵⁾と、海上保安庁実施の日本近海における海水及び海底土の放射能調査⁶⁾による海底土採取地点も示した。

2.2 測定

採取した海底土は水切り後にラストロウェア容器(700 mL)に詰めて測定試料とし、高純度 Ge 半導体検出器 (Canberra 社製) による γ 線分光分析を行った。検出器の相対効率 は 43% であり、測定時間は 3,600 秒とした (^{134}Cs 及び ^{137}Cs の検出下限値はともに 1.0~1.5 Bq/kg 湿土)。測定後の試料は 105 °C で 48 時間乾燥させ、重量変化から含水率を求めた。測定値は採取日時に減衰補正し、乾燥質量あたりの放射能濃度に換算した。

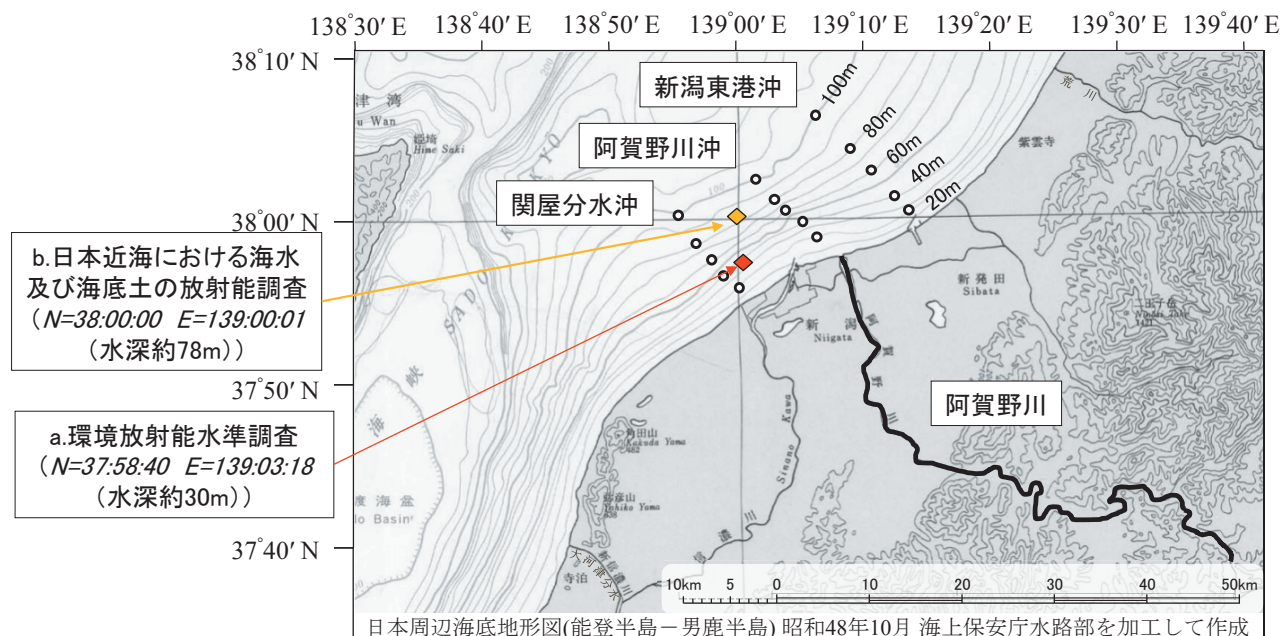


図1 採取地点

3 結果及び考察

3.1 各定線における放射性セシウムの濃度分布の概況

各定線の測定結果を図 2-1, 2-2, 2-3 に示した。

3.1.1 阿賀野川沖について

当該定線における放射性セシウム濃度は、2011 年 8 月の調査において水深 20m の地点で 340Bq/kg 乾土の最大値を検出した後、減少して行く傾向が見られた。また、調査開始当初は水深 20m の地点で最も高い数値が検出されたが、以降の調査では、40m, 60m 付近で最大値が検出される傾向にあり、既報では、沿岸部に堆積した放射性セシウムを含む海底土が沖合に移動していることを示唆した¹⁾。

2020 年以降、検出される濃度は、検出下限値未満～42 Bq/kg 乾土の範囲まで減少し、特に水深 20m の地点については、最大値で 3.7 Bq/kg 乾土まで減少した。また、当該定線での最大値は水深 60m, 80m の地点で検出される傾向にあった。

3.1.2 新潟東港沖について

当該定線は阿賀野川沖から北東側に位置する。放射性セシウム濃度は 2011 年 8 月の調査において水深 40m の地点で 16Bq/kg 乾土であったが、2012 年 10 月の調査以降では、水深 40~80 m の地点において数十 Bq/kg 乾土の値が見られ、最大値は水深 60 m の地点で 85 Bq/kg 乾土(2012 年 10 月)であった。

こうした状況変化について、既報では、阿賀野川沖に堆積した放射性セシウムを含む海底土が潮流により拡散されていることを示唆した¹⁾。

2020 年以降、検出される濃度は、検出下限値未満～25Bq/kg 乾土で推移し、最大値は水深 40m の地点で検出される傾向にあった。

3.1.3 関屋分水沖について

当該定線は阿賀野川沖から南西側に位置する。水深 40m の地点で 20Bq/kg 乾土の最大濃度が 2 回検出されたが（2012 年 3 月，2013 年 5 月），他の水深において顕著な濃度変化は確認されなかった。

2020 年以降、検出される濃度は、検出下限値未満～6.4Bq/kg 乾土で推移している。

3.2 放射性セシウム濃度の減衰について

各定線における海底土の放射性セシウム濃度の経年変化を図 3 に示す。なお、図中には全体の傾向を見るため、定線ごとの放射性セシウム濃度の算術平均値も示した。

また、各定線における放射性セシウムの「理論上の減衰曲線」を示した。

この放射性セシウムの「理論上の減衰曲線」は以下のようにして算出した。1F 事故直後の時間を $t=0$ とし、事故からの経過時間 t (month) における ^{134}Cs 及び ^{137}Cs 濃度を以下の式から算出した。

$$A_{t(\text{Cs134})} = A_{0(\text{Cs134})} \times \frac{1}{2}^{\left(\frac{t}{T_{1/2}(\text{Cs134})}\right)} \quad \dots \textcircled{1}$$

$$A_{t(\text{Cs137})} = A_{0(\text{Cs137})} \times \frac{1}{2}^{\left(\frac{t}{T_{1/2}(\text{Cs137})}\right)} \quad \dots \textcircled{2}$$

$$A_{t(\text{Csri})} = A_{t(\text{Cs134})} + A_{t(\text{Cs137})} \quad \dots \textcircled{3}$$

ここで $A_{t(\text{Cs134})}$: 1F 事故直後から t 月後における ^{134}Cs の海底土中の放射能濃度

$A_{t(\text{Cs137})}$: 1F 事故直後から t 月後における ^{137}Cs の海底土中の放射能濃度

$A_{t(\text{Csri})}$: 1F 事故直後から t 月後における $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$ の海底土中の放射能濃度

$A_{0(\text{Cs134})}$: 1F 事故直後（2011 年 3 月）における ^{134}Cs の海底土中の放射能濃度

$A_{0(\text{Cs137})}$: 1F 事故直後（2011 年 3 月）における ^{137}Cs の海底土中の放射能濃度

$T_{1/2}(\text{Cs134}), T_{1/2}(\text{Cs137})$: それぞれ ^{134}Cs , ^{137}Cs の半減期

を表す。

まず、3 つの定線において 20m～100m の測定点全てのデータが揃った 2012 年 10 月における各定線の ^{134}Cs と ^{137}Cs の測定値の算術平均値、 $A_{2012.10(\text{Cs134})}$ と $A_{2012.10(\text{Cs137})}$ から、①及び②式により 1F 事故直後（2011 年 3 月）における放射性セシウム濃度 $A_{0(\text{Cs134})}$ 及び $A_{0(\text{Cs137})}$ を外挿した。

図 3 に示すように、外挿した $A_{0(\text{Cs134})}$ と $A_{0(\text{Cs137})}$ を比較したところ、 $A_{0(\text{Cs137})}$ が 4.6～5.5Bq/kg 乾土高くなった。1F 事故で環境中に放出された ^{134}Cs 及び ^{137}Cs の放射能比はほぼ 1:1 とされていることから⁷⁾、 $A_{0(\text{Cs137})}$ の高濃度分は、過去の核実験等に由来する ^{137}Cs ($^{137}\text{Cs}_{\text{BG}}$) ではないかと考えられる。

なお、各定線における 1F 事故前の海底土中 ^{137}Cs 濃度は不明であるが、図 1 に示す新潟沖の a. 地点において原子力規制庁が「環境放射能水準調査」、b. 地点において海上保安庁が「日本近海における海水及び海底土の放射能調査」で海底土中の放射能調査を 1F 事故前から行っている。それによると a. 地点の ^{137}Cs 濃度が 1F 事故前過去 5 年間で検出下限値未満～1.8 Bq/kg 乾土、b. 地点で 5.3～5.8 Bq/kg

乾土であり、これらを平均すると 3Bq/kg となり、上記計算から算出した $^{137}\text{Cs}_{\text{BG}}$ と近い値となった。

以降は①、②式により、各測定時期における $A_{t(\text{Cs134})}$ と $A_{t(\text{Cs137})}$ を計算し、 ^{134}Cs 及び ^{137}Cs の減衰曲線を算出し、その和を放射性セシウムの「理論上の減衰曲線」として、それぞれ各定線のグラフに示した。

このようにして算出した放射性セシウムの「理論上の減衰曲線」は、当該地域の放射性セシウムを含む海底土の他地域への流出又は他地域からの新たな流入がなければ、実測値と一致するはずである。

なお、図 3 には 2013 年 5 月における各定線の ^{134}Cs と ^{137}Cs の測定値の算術平均値、 $A_{2013.5(\text{Cs134})}$ と $A_{2013.5(\text{Cs137})}$ から $A_{0(\text{Cs134})}$ 及び $A_{0(\text{Cs137})}$ を外挿し、上記①～③の式で算出した放射性セシウムの「理論上の減衰曲線」を併記した。図 3 に示すように、阿賀野川沖及び新潟東港沖では、両者の「理論上の減衰曲線」の傾向が良く一致したが、関屋分水沖では 2012 年 10 月の測定値から算出した「理論上の減衰曲線」が実測値よりも大きく、2013 年 5 月の測定値から算出した「理論上の減衰曲線」は実測値よりも小さくなるといった、両者で異なる傾向を示した。これは関屋分水沖の放射性セシウム濃度が総じて低いため、計算の精度が低いことによるものではないかと推察された。特に ^{134}Cs はその半減期が 2 年と短いことから、1F 事故から時間が経過するほど濃度が低下し、正確な計算が出来なくなる可能性があることから、以降の考察では 2012 年 10 月の測定値から算出した曲線を「理論上の減衰曲線」として採用した。

3.3 各定線における放射性セシウム濃度の経年変化について

3.3.1 阿賀野川沖について

調査当初は 300 Bq/kg 乾土を超過する地点も存在したが、時間の経過とともに検出される濃度が減少する傾向にあった。

減少の特徴として「理論上の減衰曲線」と実測値（平均値）とを比較すると、2012 年 10 月以前は実測値が減衰曲線の数値を上回り、それ以降は下回っていることが確認できる。このことは、当該定線からの放射性セシウムを含む海底土の流出が 2012 年 10 月以前から始まっていること、また、その後も流出し続けたことから、2012 年 10 月以降は理論値を上回る速度で濃度が減少していると推察される。

3.3.2 新潟東港沖について

全体として漸減傾向が見られるものの、最大値が検出される水深が移動する傾向が伺えた。

また、「理論上の減衰曲線」と実測値（平均値）とを比較すると、この定線については実測値が理論値を上回る傾向にあり、これは他地域から放射性セシウムを含む海底土が流入し、その後は他地域への流出がほとんど進んでいないことが考えられた。

既報において、阿賀野川沖に堆積した海底土が、潮流により北東側へ移行した可能性を指摘しており¹⁾、本報の考察もその内容を補足する結果となった。

2020 年以降においては、1F 事故から時間が経過し、阿賀野川を経由して流入する放射能が減少したことから、理論上の減衰曲線と実測値とが良く一致していた。

3.3.3 関屋分水沖について

調査当初から水深 20m の地点については、放射性セシウムがほとんど検出されておらず、20m より水深が深い地点については漸減傾向が見られた。当該定線については調査当初から放射性セシウムの濃度が低く、測定誤差も大きいため、放射性セシウムを含む海底土の新たな流入や流出を明確に捉えることができなかった。

4 ま と め

2012年8月から調査を行っている阿賀野川沖を中心とした新潟県沿岸の海底土の放射性セシウム濃度について最近の調査も加えて結果をまとめ、濃度分布とその経年変化について考察した。

河川から流入した放射性セシウムの影響が最も見られたのは阿賀野川沖定線での海底土で、堆積した放射性セシウムを含む海底土の一部は、水深のより深い所へ移行していく経年変化が見られた。また、2011年以降は新たな流入は見られず、放射性セシウムの減衰が進んでいることが伺えた。

その減衰の程度は、特に阿賀野川沖で放射性セシウムの崩壊による理論上の減衰速度以上に進んでいることが伺われたが、それは放射性セシウムを含む海底土が日本海の潮流によって北東方向へ拡散していることの裏付けであると示唆された。

今後は、阿賀野川沖から新潟東港沖に拡散された放射性セシウム濃度が理論値に沿って減衰するのか、その状況も注視したい。

参 考 文 献

- 1) 四柳宏基, 他: 新潟県放射線監視センター年報, 17, 25-34 (2019).
- 2) 文部科学省: 環境試料採取法, 16, (1983).
- 3) 文部科学省: 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, 13, (1982).
- 4) 原子力規制庁: ゲルマニウム半導体検出器を用いた γ 線スペクトロメトリー, 7, (2020).
- 5) 原子力規制庁 HP: 環境放射線データベース
<https://www.kankyo-hoshano.go.jp/data/database/> (閲覧日 2023 年 11 月 1 日).
- 6) 海上保安庁海洋情報部: 放射能調査報告書
- 7) 植草義徳, 他, 日本食品化学学会誌, Vol. 23(1), 43-48(2016).

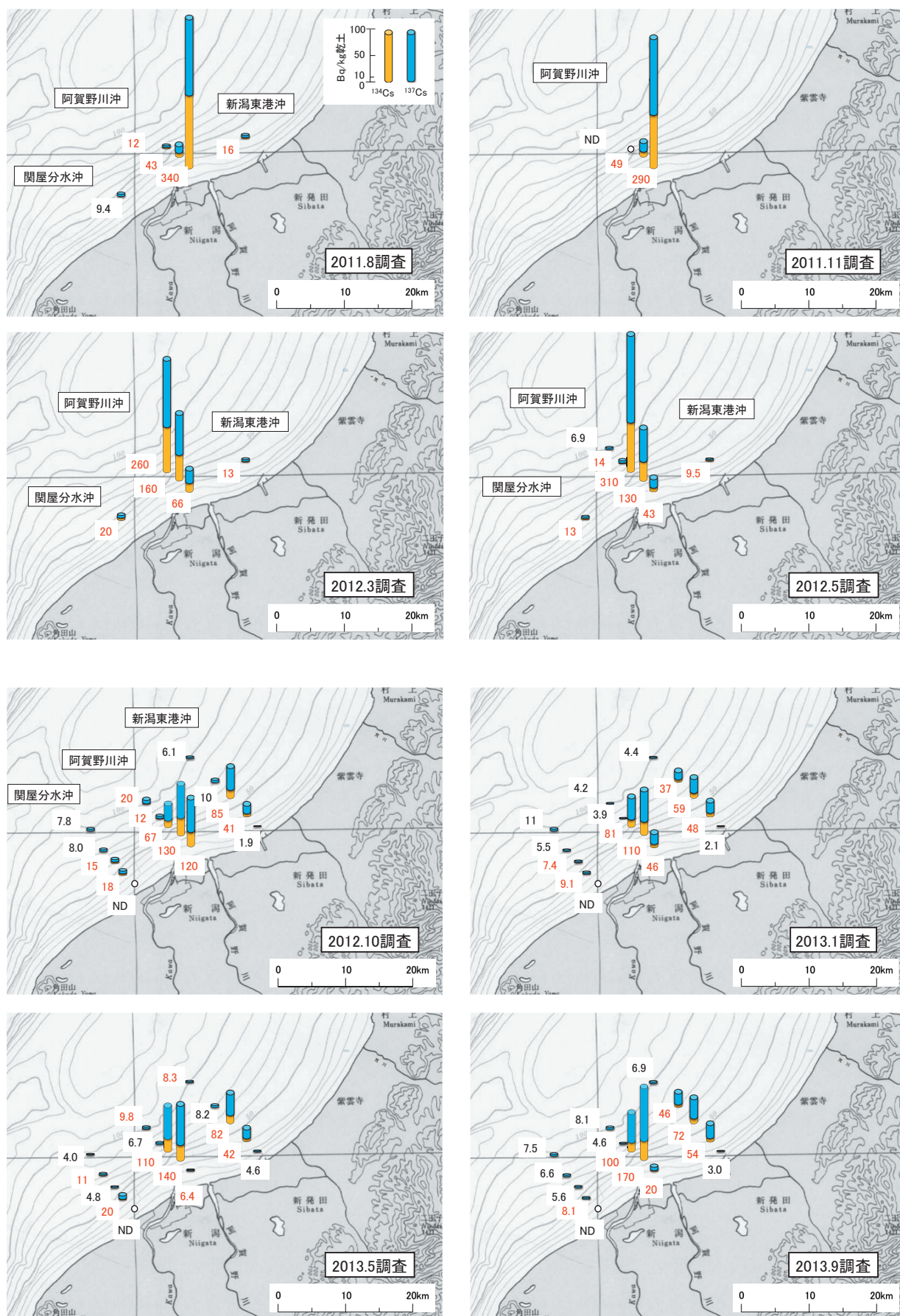


図 2-1 各調査における観測点ごとの放射性セシウム濃度

注1) 数値は ^{134}Cs 濃度と ^{137}Cs 濃度との合計値を示す。

注2) 検出下限値未満の場合は ND と表示。

注3) 数値の赤字は、当該観測点で ^{134}Cs が検出されたことを示す。

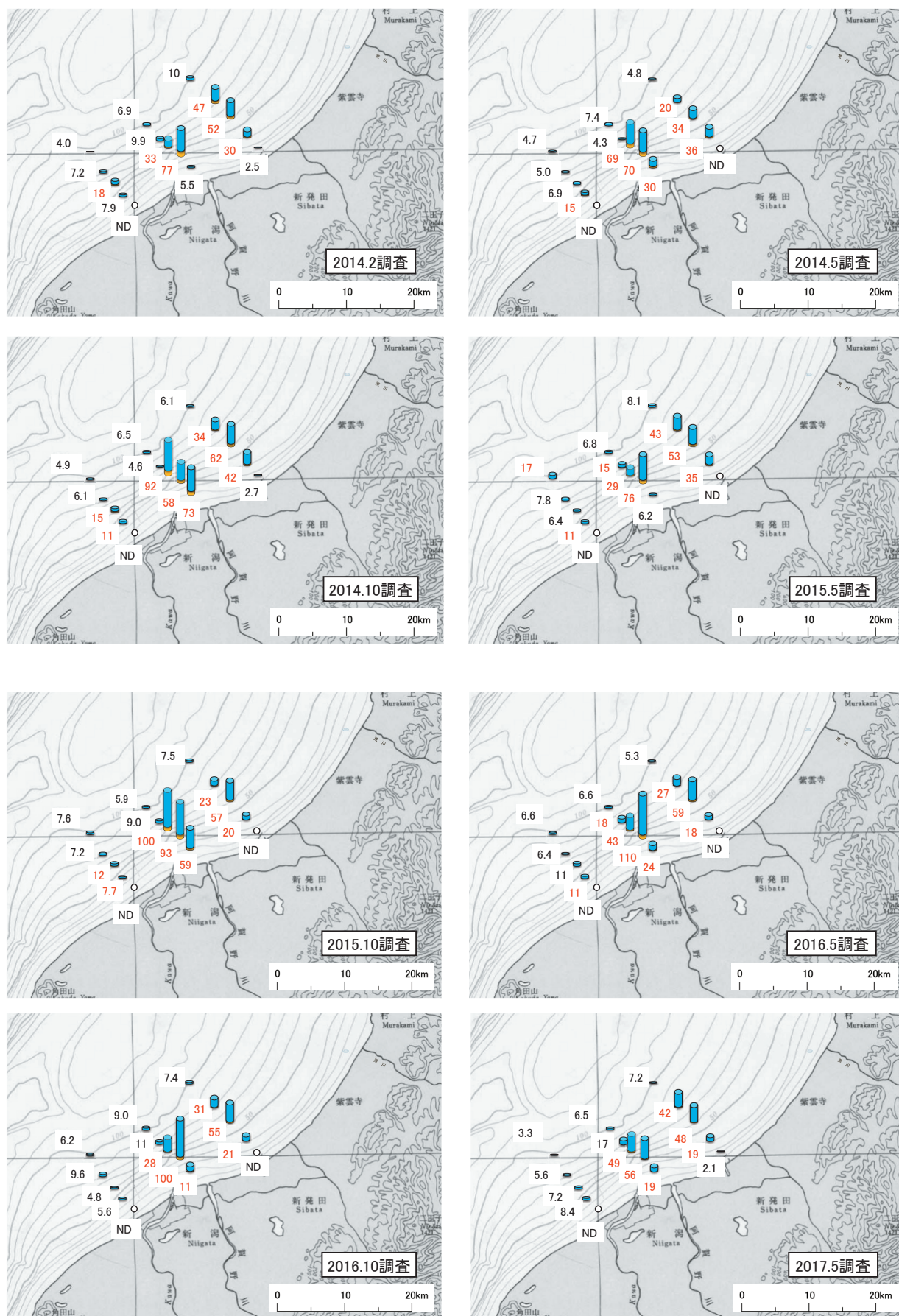


図 2-2 各調査における観測点ごとの放射性セシウム濃度

注1) 数値は ^{134}Cs 濃度と ^{137}Cs 濃度との合計値を示す。

注2) 検出下限値未満の場合は ND と表示。

注3) 数値の赤字は、当該観測点で ^{134}Cs が検出されたことを示す。

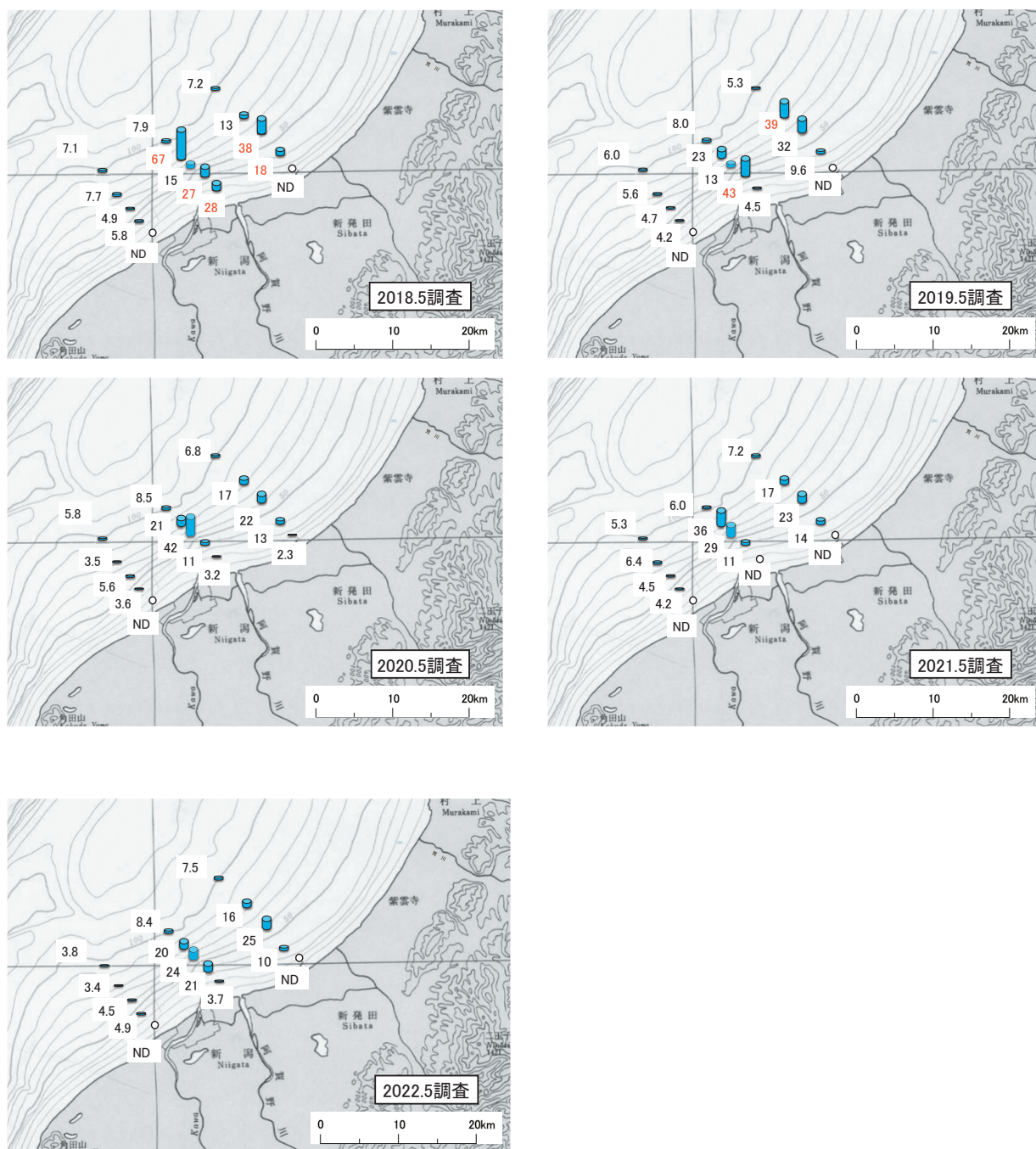


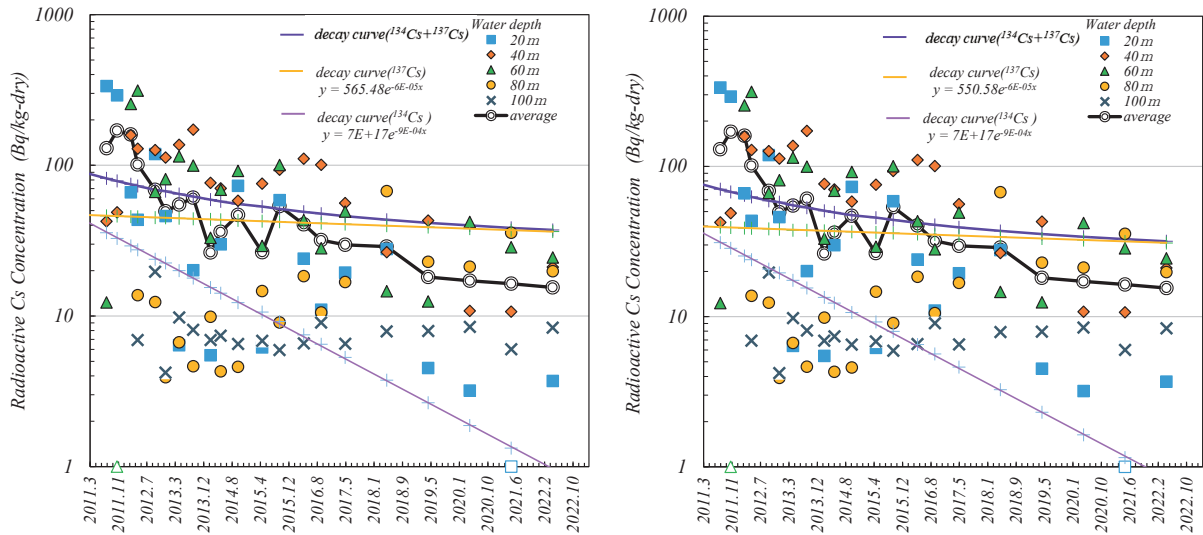
図2-3 各調査における観測点ごとの放射性セシウム濃度

注1) 数値は ^{134}Cs 濃度と ^{137}Cs 濃度との合計値を示す。

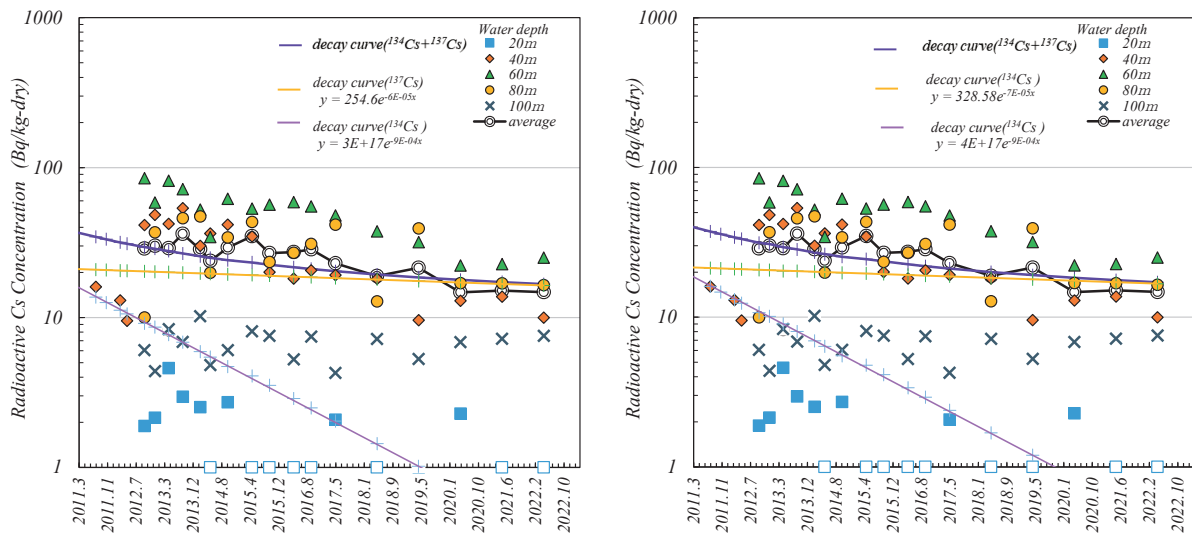
注2) 検出下限値未満の場合は ND と表示。

注3) 数値の赤字は、当該観測点で ^{134}Cs が検出されたことを示す。

The Agano River Estuary Offshore



The East Niigata-port Offshore



The Sekiyabunsui Offshore

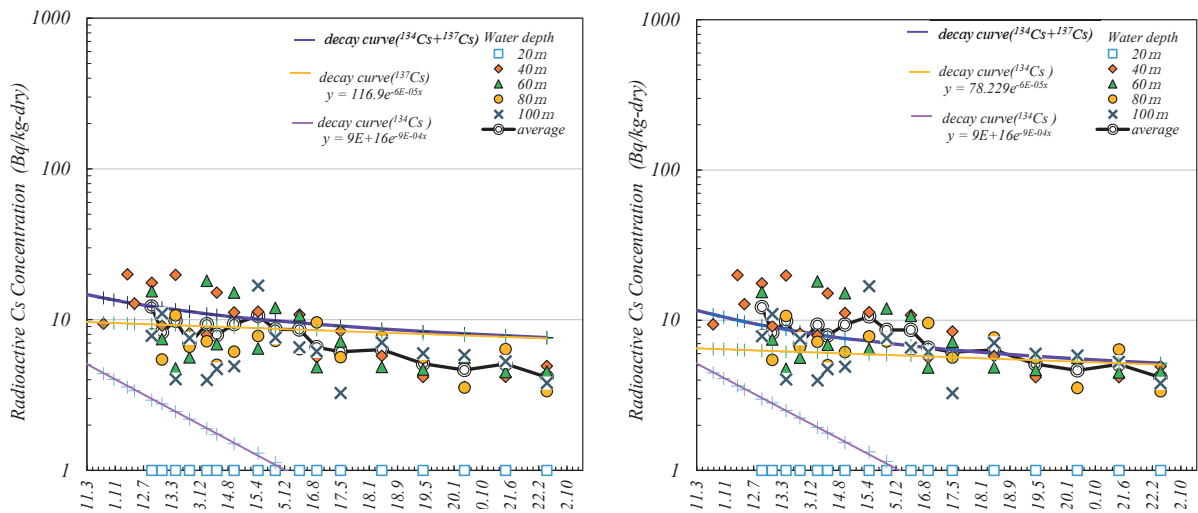


図3 阿賀野川沖における放射性セシウム濃度の経年変化

注1) 検出下限値未満の場合は放射性セシウム濃度 1 Bq/kg 乾土に白抜きマーカーで示した。

注2) 左図：2012.10の測定値から減衰曲線を計算。右図：2013.5の測定値から減衰曲線を計算。

柏崎刈羽原子力発電所周辺 10～30km 圏モニタリングポスト

固定観測局における放射線測定器の更新

岩城 文太・渡邊 哲也

Renewal of Radiation Monitoring Instruments in the District in a Range of Approximately 10-30 km from Kashiwazaki-Kariwa Nuclear Power Station

Bunta Iwaki and Tetsuya Watanabe

Keywords : Environmental Radiation Monitoring, Ionization Chamber Detector, Monitoring Post

1 はじめに

新潟県は、東京電力ホールディングス株式会社柏崎刈羽原子力発電所（以下「発電所」という。）周辺 10～30km 圏にモニタリングポスト固定観測局（以下「30km 圏モニタリングポスト」という。）17 局を設置し、平成 25 年度から空間放射線量率を測定してきた¹⁾。30km 圏モニタリングポストでは、ガンマ線に対して高い感度を持ち低線量率の測定に適した NaI(Tl)シンチレーション検出器、NaI(Tl)シンチレーション検出器に比べて感度は落ちるものの数え落としの影響がなく高線量率の測定に適した電離箱検出器の 2 台体制で空間放射線量率を監視してきた。

機器設置から 10 年が経過し、30km 圏モニタリングポストの NaI(Tl)シンチレーション検出器及び電離箱検出器が老朽化して機器更新が必要となった。「平常時モニタリングについて（原子力災害対策指針補足参考資料）」²⁾において、「UPZ 内の空間放射線量率の調査目的は緊急事態が発生した場合への平常時からの備え」と目的が整理され、「緊急事態が発生した場合への平常時からの備えを目的とした空間放射線量率の測定については、数時間で精度の良いデータを取得できることで十分である」との方針が示されたことを受けて、NaI(Tl)シンチレーション検出器及び電離箱検出器による測定体制から電離箱検出器のみの測定体制に改めたので、その概要を報告する。

2 更新機器の内容

機器の仕様を表 1、外観を図 1、系統概念図を図 2 に示す。発電所周辺 10～30km 圏には豪雪地域が含まれるため、豪雪地域においては局舎屋上に電離箱検出器を設置している。

表 1 機器の仕様

仕様	
地上高	地上設置は地上から 1.5 m、屋上設置は基礎台上部から 0.75 m（それぞれ検出器中心）
測定範囲	B. G. ～100 mGy/h
材質・型式	アルミ製・球形加圧型（4 気圧）
有効体積	14 L
封入ガス	アルゴン及び窒素



図1 外観図(左:地上設置型(寺泊局), 右:屋上設置型(加納局))

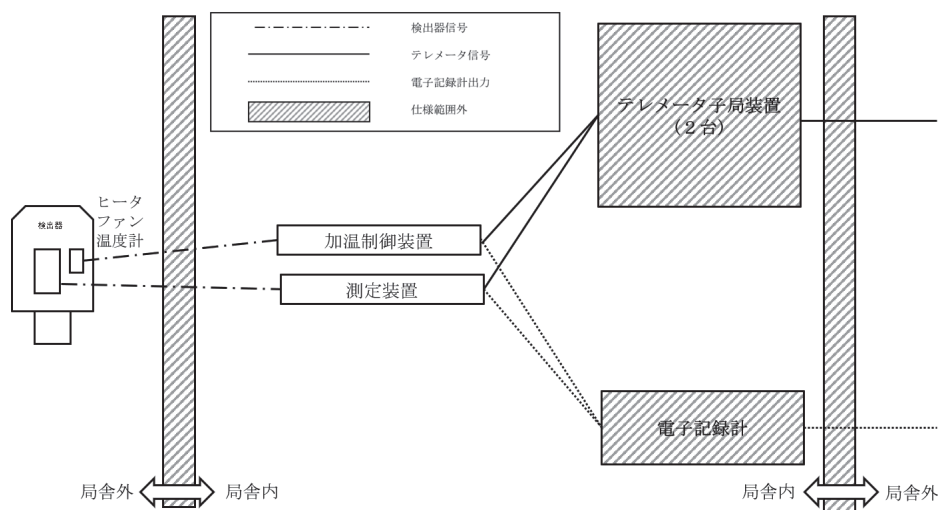


図2 系統概念図

3 機器更新にあたっての対応

3.1 テレメータシステムの改修

新潟県環境放射線監視テレメータシステムホームページ（以下「ホームページ」という。）では、県内モニタリングポスト各局の空間放射線量率を表示しており、30km 圏モニタリングポストについては電離箱検出器の値が公表されるようにした。ただし、電離箱検出器の値には宇宙線成分の吸収線量が数十 nGy/h 程度あるとされており³⁾、その寄与等により、NaI(Tl)シンチレーション検出器の値が表示されている他局よりも30km 圏モニタリングポストの値は高く表示される。このことについては、ホームページ上で周知することとした。

なお、NaI(Tl)シンチレーション検出器の値を欠測としてファイル作成するよう、テレメータシステムの子局装置を改修した。

3.2 NaI(Tl)シンチレーション検出器撤去に伴う対応

NaI(Tl)シンチレーション検出器は、空間放射線量率に加えてガンマ線スペクトルの把握が可能なので、放射性核種の定性ができる。過去にも、放射性核種の定性に加え、感雨雪計のデータ等も引用したうえで、空間放射線量率の一時的な上昇が、降雨雪とともに大気中に含まれる天然放射性核種が地表に降下したためと結論づけたことがあった⁴⁾。しかし、NaI(Tl)シンチレーション検出器の撤去に伴い、ガンマ線スペクトル解析ができなくなった。

そこで、30km 圏モニタリングポストにおいて、感雨雪による空間放射線量率の一時的な上昇が感雨雪計のみでも判断可能かどうかを検討した。30km 圏モニタリングポストの機器更新を終えた令和5年3月10日から3月31日までの期間について、30km 圏モニタリングポストの空間放射線量率（10分値）から平均値及び標準偏差（ σ ）を計算し、平均値、平均値+3 σ 、平均値+3 σ 超過回数と降雨雪との

関係をまとめたものが表2である。降雨雪の影響については、その10分値または直前90分以内に感雨雪計が感雨雪を観測した10分値がある場合を降雨雪影響ありと判断した。その結果、空間放射線量率の一時的な上昇と考えられる平均値+3 σ を超過した10分値については、いずれも感雨雪計のみで降雨雪による影響と推定できた。

一方で、放射線医薬品投与患者の影響等、空間放射線量率が上昇した際にガンマ線スペクトル解析を使用しないと原因究明ができない事象も多く存在する。発電所に近い発電所周辺10km圏のモニタリングポスト固定観測局については、引き続きNaI(Tl)シンチレーション検出器による監視を継続し、適宜ガンマ線スペクトル解析を活用して、発電所周辺の微弱な影響も監視できる体制が今後必要と考えられる。

なお、従前のNaI(Tl)シンチレーション検出器の撤去にあたり、その部分の空隙が生じたため、指示台にゴム板でシール後、鉄板で覆う処置を施した(図1)。

表2 令和5年3月10～31日の30km圏モニタリングポストの空間放射線量率の平均値、平均値+3 σ 、平均値+3 σ 超過回数と降雨雪との関係

測定局	鯨波局	新道局	加納局	北条局	千谷沢局	越路局	関原局	宮本局	出雲崎大門局
平均値(nGy/h)	75	79	69	72	81	71	73	79	80
平均値+3 σ (nGy/h)	90	93	81	86	97	85	87	91	93
平均値+3 σ 超過回数	113	96	92	94	48	93	115	103	111
平均値+3 σ 超過回数(降雨雪)	113	96	92	94	48	93	115	103	111
平均値+3 σ 超過回数(その他)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

測定局	柿崎局	岡野町局	川西局	小千谷局	妙見局	見附市街局	分水路	寺泊局
平均値(nGy/h)	78	83	72	88	84	82	78	104
平均値+3 σ (nGy/h)	91	93	87	98	94	93	89	115
平均値+3 σ 超過回数	115	96	50	84	72	96	109	98
平均値+3 σ 超過回数(降雨雪)	115	96	50	84	72	96	109	98
平均値+3 σ 超過回数(その他)	0	0	0	0	0	0	0	0

※ 空間放射線量率は10分値

4 ま と め

30km圏モニタリングポスト17局について、NaI(Tl)シンチレーション検出器及び電離箱検出器による測定体制を電離箱検出器のみの測定体制に改めた。引き続き発電所周辺での必要な監視を継続していく。

文 献

- 1) 鈴木貴博, 関根彰吾, 石山央存, 丸田文之: 新潟県放射線監視センター年報,11,46-55 (2013).
- 2) 平常時モニタリングについて(原子力災害対策指針補足参考資料)(令和3年12月21日改訂): 原子力規制庁(2021).
- 3) 平井英治, 他: RADIOISOTOPES,44,846-855 (1995)
- 4) 令和2年度柏崎刈羽原子力発電所周辺環境放射線監視調査結果報告書(2021).

2 他誌発表

実施なし

3 学会等発表

実施なし

III 資料編

新潟県放射線監視センター年報 研究報告編投稿規程

〔平成 17 年 12 月 20 日
平成 29 年 12 月 28 日改正〕

(目 的)

- 1 この規程は、新潟県放射線監視センター年報研究報告編への投稿について定めたものである。

(資 格)

- 2 投稿者は新潟県放射線監視センター職員（過去に在籍した職員を含む。）に限る。ただし、共著者はこの限りでない。

(投稿原稿の種類と内容形式)

- 3 原稿の種類は、以下のとおりとする。

(1) 研究報告

原則として原著となりうる報告で、緒言、実験（調査、分析）方法、結果、考察、結語、謝辞、文献等の順とする。

(2) 技術報告

実験（調査、検査）結果等を簡潔にまとめたもので、構成は研究報告に準ずる。

(3) 技術資料

研究・技術に関する参考資料および解説・調査報告など業務に役立つ内容をまとめたもので、構成は自由とする。

(4) 学位論文概要

当該年度に公表された博士学位論文の概要を記載したもの。

(5) 誌上発表論文抄録

他誌に発表した論文等を抄録する。文末に発表誌名、巻、頁、西暦年を記載する。

(6) 学会等発表論文題名

学会等で発表した演題名、講演会名、年月日、抄録誌等を記載する。

(原稿の執筆)

- 4 原稿は、原則として 1 段組とし、A4 判用紙に横書き（45 字×45 行）で記載する。

原稿の種類毎の頁数は、図表等を含め概ね刷り上りで研究報告 8 頁、技術報告 4 頁、技術資料 8 頁、誌上発表論文抄録 1/2 頁（各以内）とし、記載は別に定める「新潟県放射線監視センター年報研究報告編執筆要領」による。

(投稿の受付)

- 5 原稿は、内容について所長の承認を得た後、編集委員会に提出する。

なお、編集委員会は、原稿が前項に規定する執筆要領に沿って記載されていることを確認するほか、掲載区分の変更、原稿の訂正等についても協議する。

(校 正)

- 6 写真製版印刷とするので、原則として編集委員会による校正は行わない。誤植の訂正等、校正が必要な場合は投稿者が責任を持って行う。

(その他)

- 7 その他必要な事項は、編集委員会と協議する。

新潟県放射線監視センター年報 研究報告編執筆要領

(平成 17 年 12 月 20 日)

新潟県放射線監視センター年報研究報告編投稿規程第 4 項に基づき、研究報告編執筆要領を次のとおり定める。

(構成)

- 1 研究報告は可能なかぎり図表の説明を英文とし、英文要旨（表題、著者名を含む）を付記することが望ましい。

(表題、著者名、要旨の記載方法)

- 2 原稿は和文表題（主題、副題）、和文著者名、欧文表題、欧文著者名、要旨及びキーワードの順に記載する。
 - (1) 表題の欧文の語頭は、冠詞、前置詞、接続詞を除き大文字とする。
 - (2) 欧文著者名は、名、姓の順とし、語頭を大文字とする。
 - (3) 共著者の所属が新潟県放射線監視センターと異なる場合は、氏名右肩に＊を付し、脚注に所属機関名を記入する。
 - (4) 表題、著者名の下に要旨を記載する。欧文要旨の字数は 250 語程度とする。
 - (5) キーワードは研究報告の内容が明確に理解されるような語句を表題、要旨等から選び、日本語または英語で 3 個以上 5 個以内を付す。

(本文の記載方法)

- 3 本文の記載は、次のとおりとする。
 - (1) 原稿のレイアウトは以下のとおりとする。
 - ・原稿は、原則として 1 段組とし、A4 横書き（45 字×45 行）で記載する。
 - ・余白は、上 23 mm、下 17 mm、左右 20 mmとする。
 - ・活字の書体は、見出しを除き和文はMS明朝、英文はTimes New Romanとする。
ただし、図表においては、必要に応じ他の書体を用いてもかまわない。
 - ・活字の大きさは、標題（和文、英文）14 ポイント、その他 10.5 ポイントとする。
 - ・複数著者名の区切りは、和文では「・」とし、英文では「, 」とする。また英文では、最後の著者との区切りは「and」とする。
 - (2) 文体は常用漢字、新仮名づかいとし、簡潔で理解しやすい表現にする。
ただし、固有名詞や学会等で用いられている慣用語句はこの限りでない。
 - (3) 文はできるだけ簡潔にするよう心がける。特に同一の内容のことがらについての図と表の重複は避ける。
 - (4) 本文の見出しはポイント方式とする。
例 1.1, 1.2, …, 1.1.1, 1.1.2, …
最上位の見出しの書体はMSゴシックとし、番号（半角）、全角空白 1 文字、均等割付 7 文字の順とする。また、センタリングにより中央位置に記載する。

例	1000000000
1	は じ め に
2	方 法
3	結 果 及 び 考 察
4	ま と め
	謝 辞
	文 献

- (5) 単位は原則としてアルファベット小文字を用いることとし、必要に応じイタリック体を使用する。
- (6) 読点及び句点は、それぞれ「，」及び「．」とする。
- (7) 数字は原則としてアラビア数字を用い、英字、数字は半角とする。
- (8) 図表は、原稿がそのまま写真製版印刷されることを考慮して、原稿中に見やすいようレイアウトする。簡潔な説明を、表では上部に、Table 1., Table 2., 表 1, 表 2, . . . のように、図では下部にFig. 1, Fig. 2, 図 1, 図 2, . . . のようにつける。
- (9) 文献番号は、本文中に¹⁾・^{1, 2)}または¹⁻³⁾のごとく右肩に記す。また、文献名等は本文の最後に一括して番号順に列記する。

なお、著者が5名以下のときは全て列記し、6名以上のときは第一著者名、他(*et al.*)とする。文献欄の記載項目と記載例を次に示す。

ア 雑誌論文

記載順は、番号、著者名、雑誌名、巻(号)、頁(開始頁 - 終了頁)、年号(西暦)とする。なお、雑誌名を略記する場合は、当該雑誌が指定する表現に従う。

また、巻数はゴシック体とし、号数は通巻ページがない場合のみ挿入する。

記載例

- 1) 古川雅英: 放射線科学, **37**, 425-429 (1994).
- 2) Eisenbud, M.: Health Physics, **40**, 429-437 (1981).

イ 単行本

記載順は、番号、著者名、書籍名、(編者)、発行所、頁(開始頁 - 終了頁)、年号(西暦)とする。ただし、全巻を引用する場合、頁は省略する。

記載例

和文単行本

- 3) 北川源四郎: FORTRAN 77 時系列解析プログラミング, 岩波書店, (1993).
- 4) 小田稔, 西村純, 桜井邦明編: 宇宙線物理学, 朝倉書店, p.290 (1983).
- 5) 西岡孝明, 加藤博章: 実験化学講座 27(第4版), (日本化学会編), 丸善, p.322 (1991).

欧文単行本

- 6) Grieder, P.K.F.: COSMIC RAYS AT EARTH, Elsevier, p.131 (2001).
- 7) Beck, H.L.: The Natural Radiation Environment II (Adams, J.A.S. et al. ed.), U.S. Department of Energy, CONF-720805-P1, p.101-133 (1972).

(その他)

4 その他

- (1) カラー写真を掲載したい場合には、あらかじめ編集委員会に申し出る。
- (2) 学会等で発表したものについては、論文末尾に発表年月日と学会名等を付記する。

新潟県放射線監視センター

〒945-0034 柏崎市三和町 5-48

TEL 0257-22-1090

FAX 0257-22-1092

最寄の下車駅：JR 信越線柏崎駅下車

(徒歩の場合、信越線茨目駅下車)

徒歩の場合：茨目駅から徒歩約 20 分

タクシーの場合：柏崎駅からタクシーで約 10 分

バスの場合：

柏崎駅から越後交通柏崎総合医療センター（又は岡野町車庫前）行き約 15 分「柏崎地域振興局入口停留所」で下車，下車後徒歩 5 分



新潟県放射線監視センター新潟分室

〒950-2144 新潟市西区曾和 314-1

TEL 025-261-1387

FAX 025-263-1348

最寄の下車駅：JR 越後線内野駅下車

徒歩の場合：内野駅から徒歩約 20 分

タクシーの場合：内野駅からタクシーで約 5 分

バスの場合：

新潟駅から新潟交通内野営業所行き約 45 分「内野四つ角」下車，下車後徒歩約 20 分



新潟県放射線監視センター年報

第 21 巻

令和 4 年度

令和 5 年 12 月発行

編集所 新潟県放射線監視センター

Niigata Prefectural Institute of
Environmental Radiation Monitoring

〒945-0034 柏崎市三和町 5-48

電話 0257 (22) 1090

印刷所 あかつき印刷株式会社

〒940-2127 長岡市新産 4-4-7

電話 0258 (46) 9393

**Annual Report
of
Niigata Prefectural Institute of
Environmental Radiation
Monitoring**

Vol. 21 2023

**Niigata Prefectural Institute of
Environmental Radiation
Monitoring
(December 2023)**