

図1 RI (Tc-99mと推定) 投与者接近による空間線量率 (2分値) の上昇例
 左:トレンドグラフ 右:MCA スペクトルグラフ
 (村松局:令和元年10月15日)

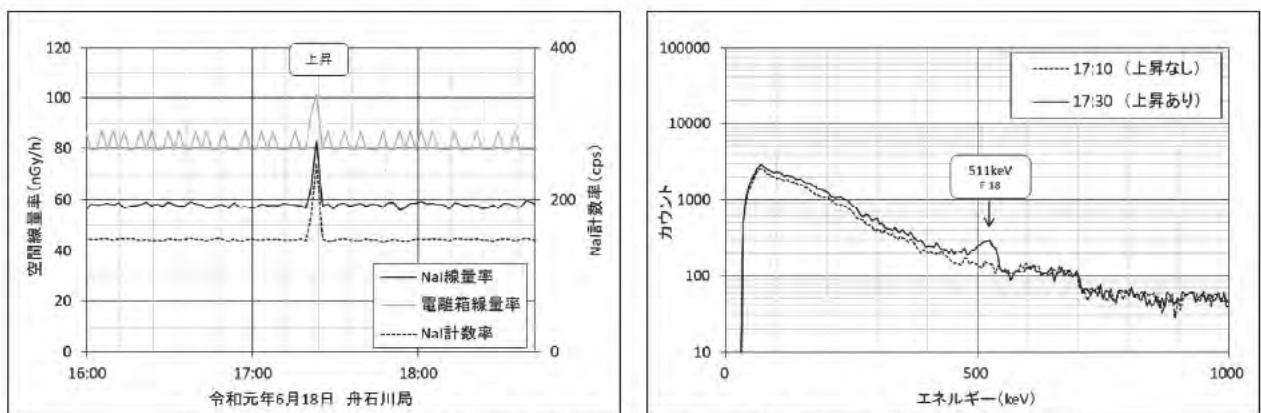


図2 RI (F-18と推定) 投与者接近による空間線量率 (2分値) の上昇例
 左:トレンドグラフ 右:MCA スペクトルグラフ
 (舟石川局:令和元年6月18日)

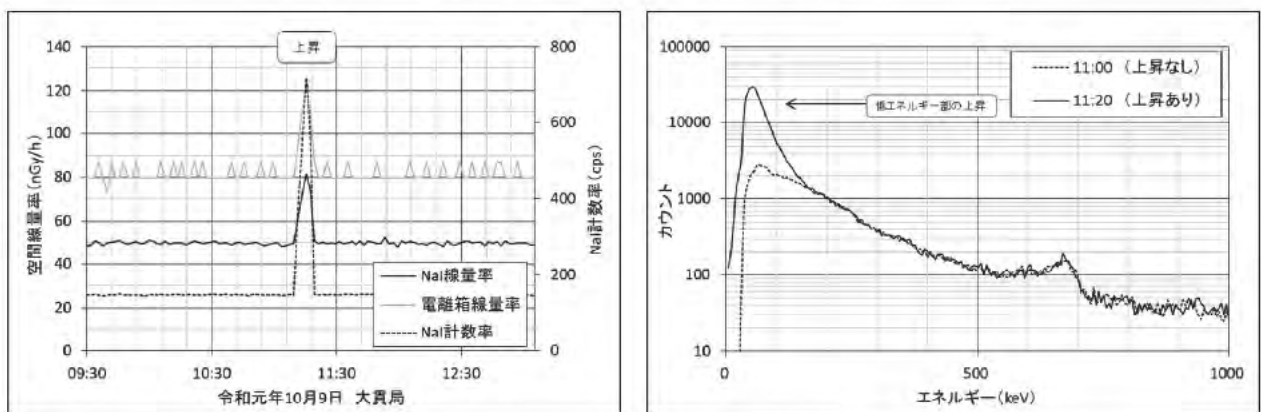


図3 X線非破壊検査による空間線量率 (2分値) の上昇例
 左:トレンドグラフ 右:MCA スペクトルグラフ
 (大貫局:令和元年10月9日)

4 降雨による空間線量率の上昇に係る原因調査結果

(1) 空間線量率の上昇

令和元年10月12日21時50分から22時52分頃にかけて、複数の局舎でNaI線量率が空間線量率の原因究明に係る基準値（P参照）を超過した。最大値が観測された造谷局の空間線量率と感雨、及び最寄りの雨量計が設置されている測定局である銚田市上富田局の雨量を図4のグラフに示した。

造谷局における空間線量率2分値の最大値はNaI線量率が22時28分に観測された114nGy/h、電離箱線量率が22時32分に観測された130nGy/hであった（10月の造谷局の平均値はそれぞれ69nGy/h、92nGy/h）。

空間線量率の原因究明に係る基準値を超過した局舎は、銚田市造谷局のほか、東海村舟石川局、笠間市下郷局、水戸市鯉淵局、小美玉市堅倉局、石岡市柏原局、東海村機構原科研局であった。

MCA スペクトル解析等により原因調査を実施した。

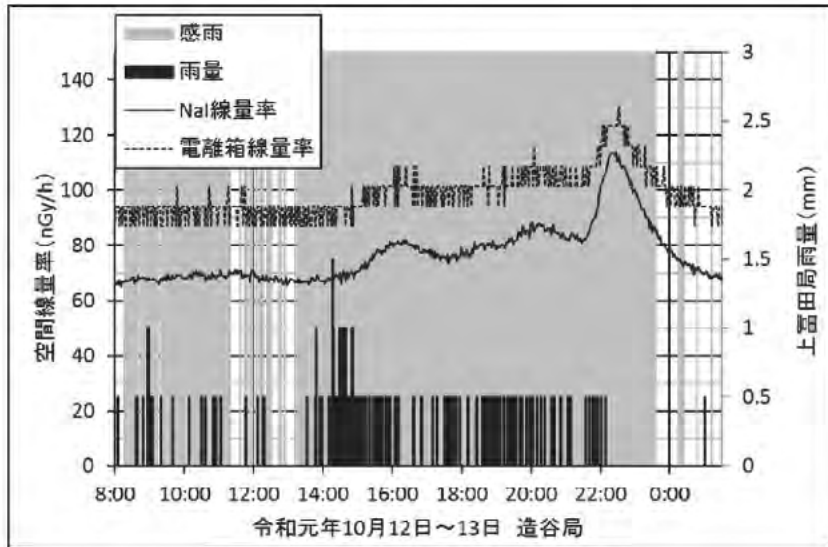


図4 空間線量率（2分値）の上昇

(2) 原因調査結果

造谷局のMCAスペクトルを図5に示す。

複数のピークが見られたが、全て天然の放射性核種によるものであった。また、0時30分過ぎに雨が止んでから速やかに空間線量率が減衰していた。10月12日に上陸した令和元年台風第19号の影響による降雨による自然上昇が原因であると推定された。

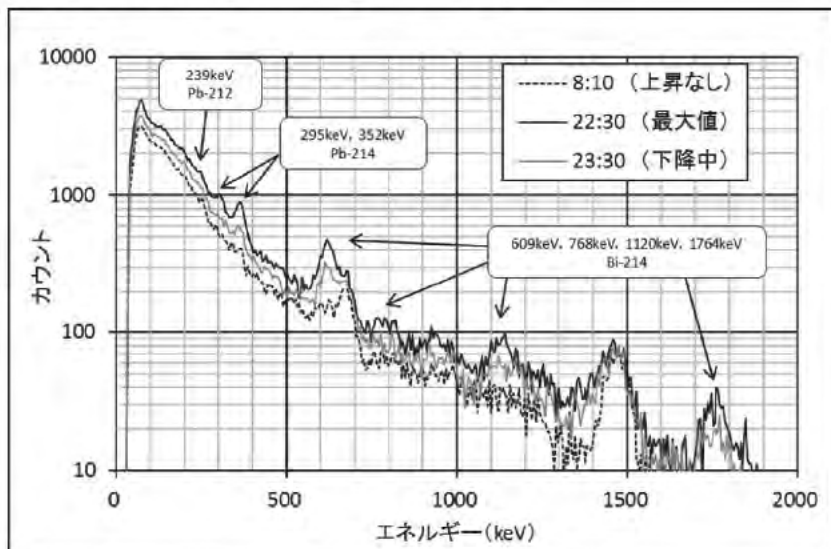


図5 造谷局のスペクトルグラフ

1-3 環境放射能水準調査（空間線量率）結果

1 目的

原子力施設周辺において実施している放射線監視事業の精度を高め、より広範囲な地域において放射能調査を実施し、放射線監視データとの比較を行うものである。

2 調査方法

県内の9測定局のデータを収集することにより、水準調査を行っている。測定項目は、NaI線量率である。

3 結果

NaI線量率の年間時系列変動を図1に、とりまとめ結果を附表IV-12に示した。測定高さは、9測定局とも1mである。

- (1) 各測定局の年平均値は、44～70nGy/hであった。北茨城市役所局や守谷市役所局といった、原発事故で放出された放射性物質の沈着が多かったと推測される地点で線量率が高い傾向にあった。
- (2) 月平均値の最大値は、北茨城市役所局で4,5,6,8月に観測された72nGy/hであった。
- (3) 日平均値の最大値は、北茨城市役所局で6月30日、守谷市役所局で6月10日に観測された78nGy/hであった。
- (4) 1時間値の最大値は、守谷市役所局で10月12日22時に観測された113nGy/hであった。
- (5) 平成31年4月から令和2年3月までの月平均値の減少率の最大は北茨城市役所局で、5.6%の減少であった。

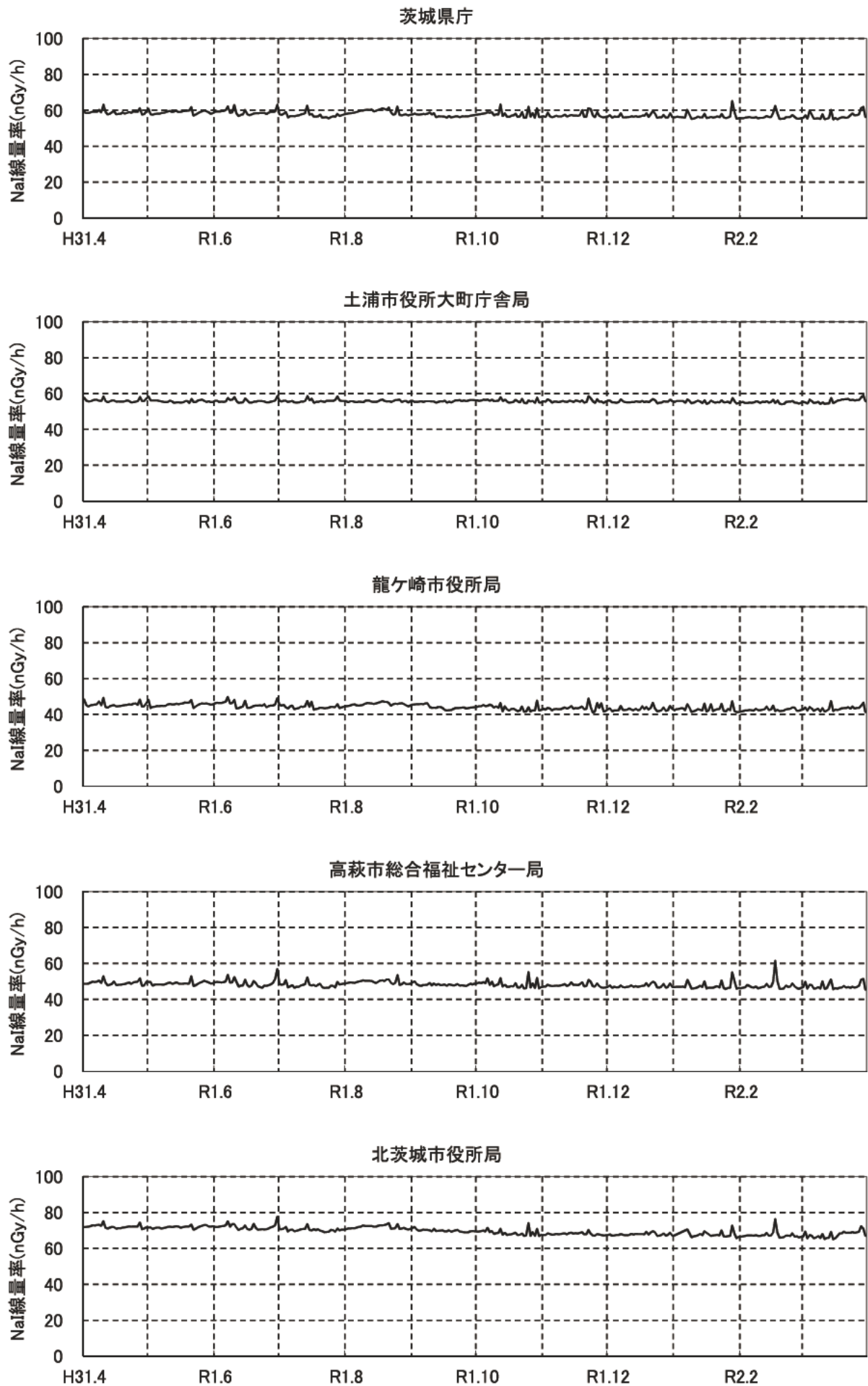


図1 NaI線量率(日平均値)の年間系列変動(1/2)

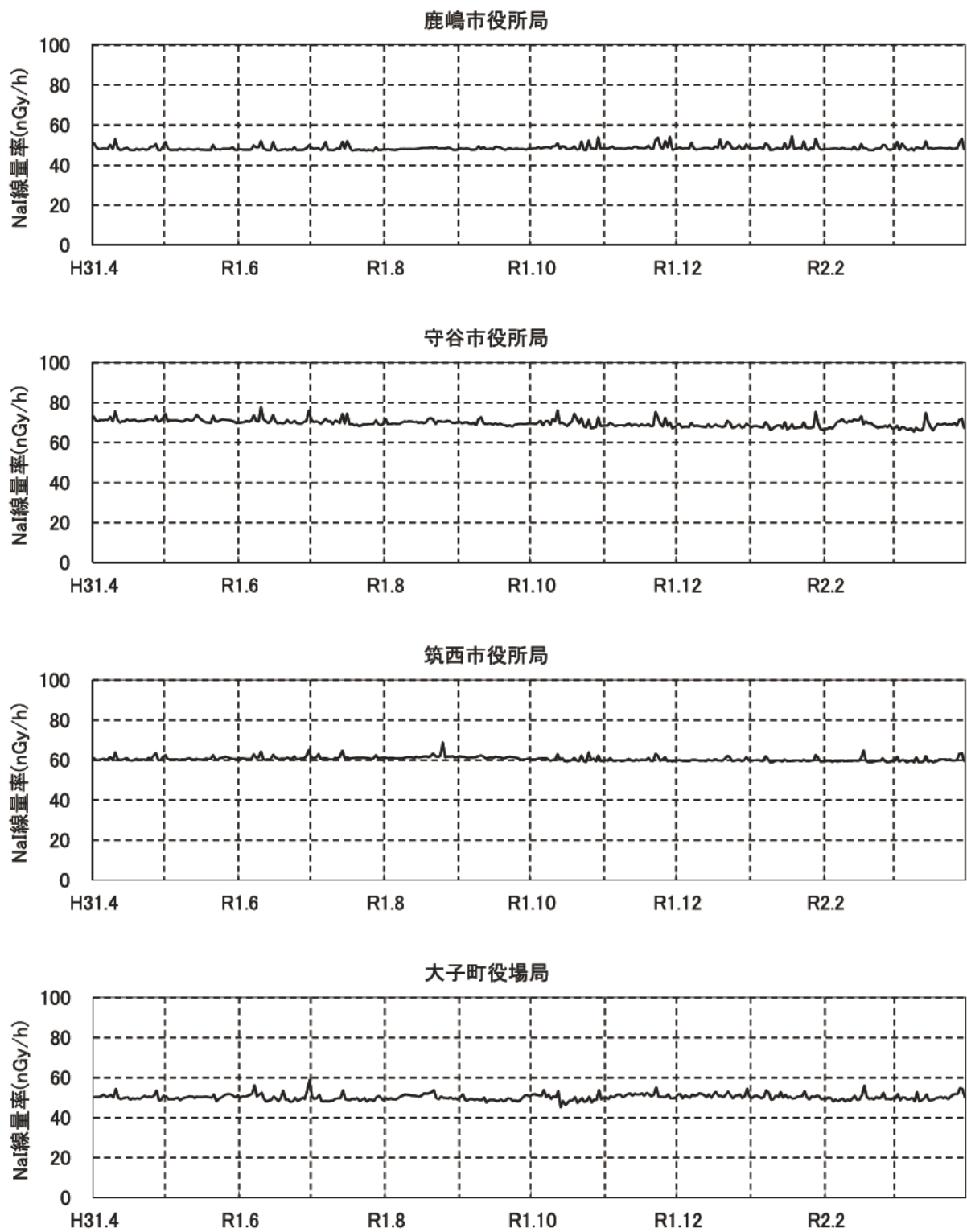


図1 NaI線量率(日平均値)の年間系列変動(2/2)

2 放射能部の業務概要

1 調査計画

1. 1 茨城県環境放射線監視計画等に基づく調査

(1) 空間線量調査

空間線量の測定計画を表1に、測定地点の場所を図1に示した。

(2) 環境試料調査

環境試料及び排水の放射能調査計画を表2に、測定地点の場所を図2～4に示した。

表1 空間線量測定計画

項目	測定地点	測定頻度
定点サーベイ	東海地区 (11 地点), 大洗地区 (8 地点), 水戸 (1 地点)	18 地点 : 年 2 回 2 地点 : 年 4 回
走行サーベイ	東海地区, 大洗地区	年 2 回
積算線量	東海周辺 (20 地点), 大洗周辺 (9 地点), 水戸 (1 地点), 常陸大宮 (1 地点)	年 4 回

表2 環境試料及び排水の放射能調査計画

項目	種目	採取地点	調査頻度
大気	月間降下塵	水戸	月 1 回
	浮遊じん	東海, ひたちなか, 鉾田, 茨城, 水戸	月 1 回
	大気中トリチウム	東海 (2 地点), ひたちなか (1 地点)	月 1 回
陸水	河川水	東海 (久慈川), 水戸 (那珂川)	年 2 回
	飲料水	東海 (井戸水), 水戸 (水道水)	年 2 回
陸土	土 壤	東海 (1 地点), 那珂 (1 地点), ひたちなか (2 地点), 大洗 (1 地点), 水戸 (1 地点)	年 2 回
	湖底土	霞ヶ浦 (湖心)	年 1 回
農畜産物	精 米	東海, 那珂, 水戸	年 1 回
	野菜等	東海 (2 地点), 那珂, 大洗, 水戸	年 2 回
	牛 乳	那珂, 茨城, 水戸	年 4 回
海洋	海 水	久慈沖 (1 海域), 東海沖 (2 海域), 阿字ヶ浦沖 (1 海域), 那珂湊沖 (1 海域), 大洗沖 (1 海域)	年 4 回
	海底土	久慈沖 (1 海域), 東海沖 (2 海域), 阿字ヶ浦沖 (1 海域), 那珂湊沖 (1 海域), 大洗沖 (1 海域)	年 2 回
	海岸砂	大洗 (1 地点)	年 2 回
海産物	魚 類	久慈沖 (2 種), 大洗沖 (2 種)	年 2 回
	貝 類	久慈浜 (2 種), 大洗 (2 種)	年 2 回
	海藻類	久慈浜 (2 種), 大洗 (2 種)	年 2 回
排 水	原子力施設	東海 (14 点), 大洗 (1 点)	月 1~2 回

1.2 その他

(1) 原発事故に係る特別調査

関係各課の依頼により、飲料水や農林水産物、海水、河川水などの特別調査を実施した。

(2) 環境放射能水準調査

環境放射能水準調査委託実施計画書（平成 31 年度，原子力規制庁監視情報課放射線環境対策室）に基づき、定時降水、土壌、野菜類等の環境試料について、採取、測定を実施したほか、分析測定技術の維持・向上に努めている。

(3) 放射能分析確認調査事業

分析専門機関である公益財団法人日本分析センターと業務委託により実施した。

2 分析測定法

主として、次に掲げるマニュアルに準じて実施した。

(1) 環境放射能測定分析方法等マニュアル（茨城県東海地区環境放射線監視委員会，平成 3 年度改定）

(2) 全ベータ放射能測定法（文部科学省，昭和 51 年 9 月改訂）

(3) 放射性ストロンチウム分析法（文部科学省，平成 15 年 7 月改訂）

(4) 放射性ヨウ素分析法（文部科学省，平成 8 年 3 月改訂）

(5) ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー（文部科学省，平成 4 年 8 月改訂）

(6) トリチウム分析法（文部科学省，平成 14 年 7 月改訂）

(7) プルトニウム分析法（文部科学省，平成 2 年 11 月改訂）

(8) 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（文部科学省，昭和 57 年 7 月）

(9) ウラン分析法（文部科学省，平成 14 年 7 月改訂）

(10) 空間γ線スペクトル測定法（文部科学省，平成 2 年 2 月）

(11) 液体シンチレーションカウンタによる放射性核種分析法（文部科学省，平成 8 年 3 月改訂）

(12) 放射性炭素分析法（文部科学省，平成 5 年 9 月）

(13) 蛍光ガラス線量計を用いた環境γ線量測定法（文部科学省，平成 14 年 7 月改訂）

3 測定件数

茨城県環境放射線監視計画等に基づく調査に従い、平成 31 年度に実施した空間線量測定、環境試料等の測定件数を、表 3 と表 4 に示した。

なお、放射能分析確認調査事業については、2-13 で示す。

表 3 空間線量測定件数

地域区分 測定項目	東海地区	大洗地区	その他	対照地点	計
定点サーベイ	22	20		2	44
走行サーベイ	16	6			22
積算線量	68	36	16	4	124

表4 環境試料の放射能分析測定件数（環境放射能水準調査を除く）

分析測定区分		試料数	放射化学分析				Ge 測定		³ H 測定	ICP-MS U 測定	全β
調査対象項目	⁹⁰ Sr		¹⁴ C	U	Pu	¹³⁷ Cs 等	¹³¹ I				
大 気	月間降下物	12					12				
	浮遊じん	60					60				
	大気中トリチウム	36						36			
陸水		10					8	10	10		
陸 土	土壌	12	6			6	12				
	湖底土	1	1			1	1				
農畜産物		27	21	3			21	24			
海 洋	海水	24	13			1	12		24		
	海底土	20	12			20	20				
	海岸砂	2	1			1	2				
水産物		20	19			20	20				
(小 計)		(224)	(73)	(3)	(0)	(49)	(168)	(24)	(70)	(10)	
原子力施設排水		274	0	48	37	12	155	11	107	0	
合 計		498	73	51	37	61	323	35	177	10	



図1 積算線量測定点及び定点サーベイ測定点

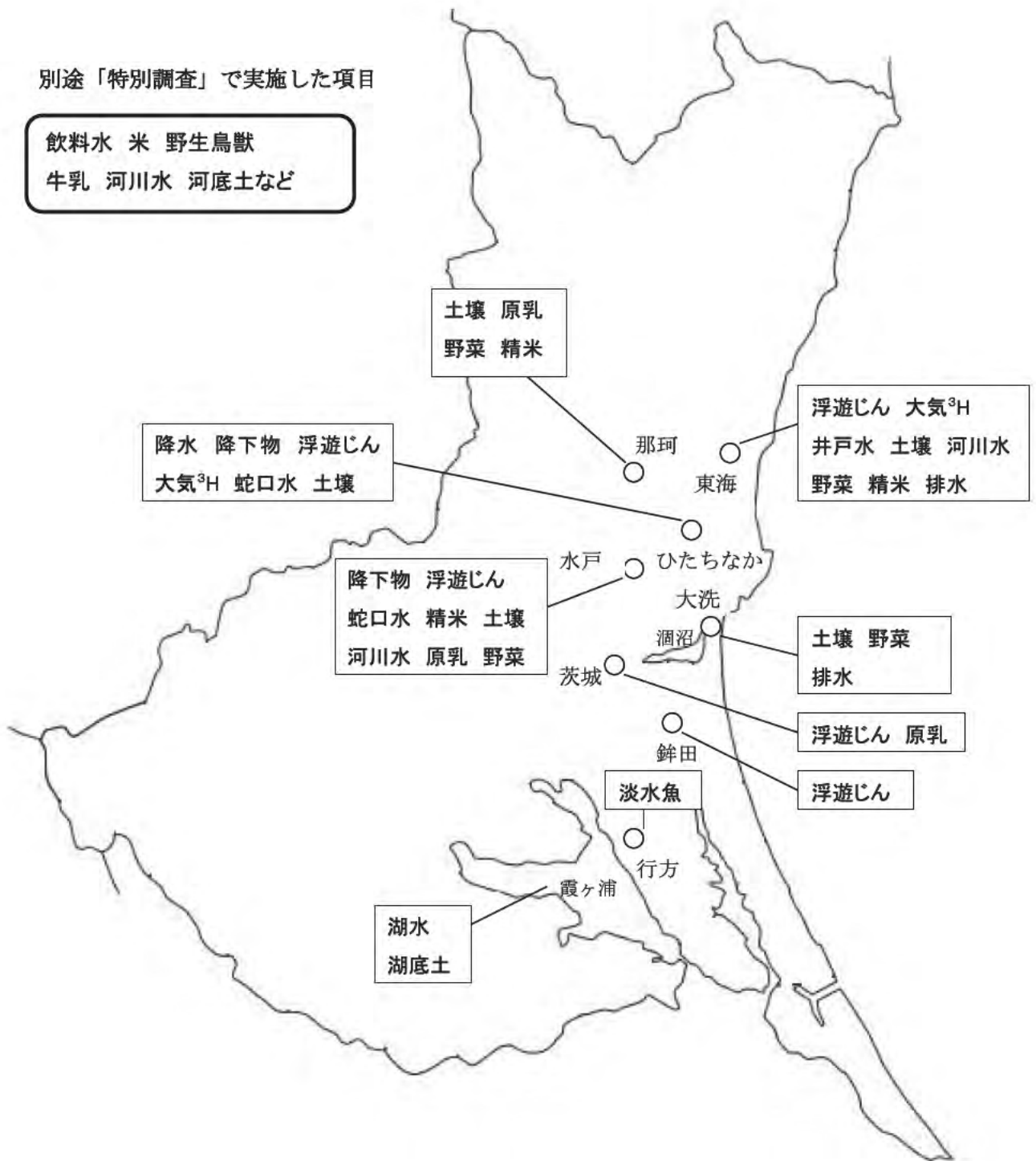


図2 陸上試料採取地点

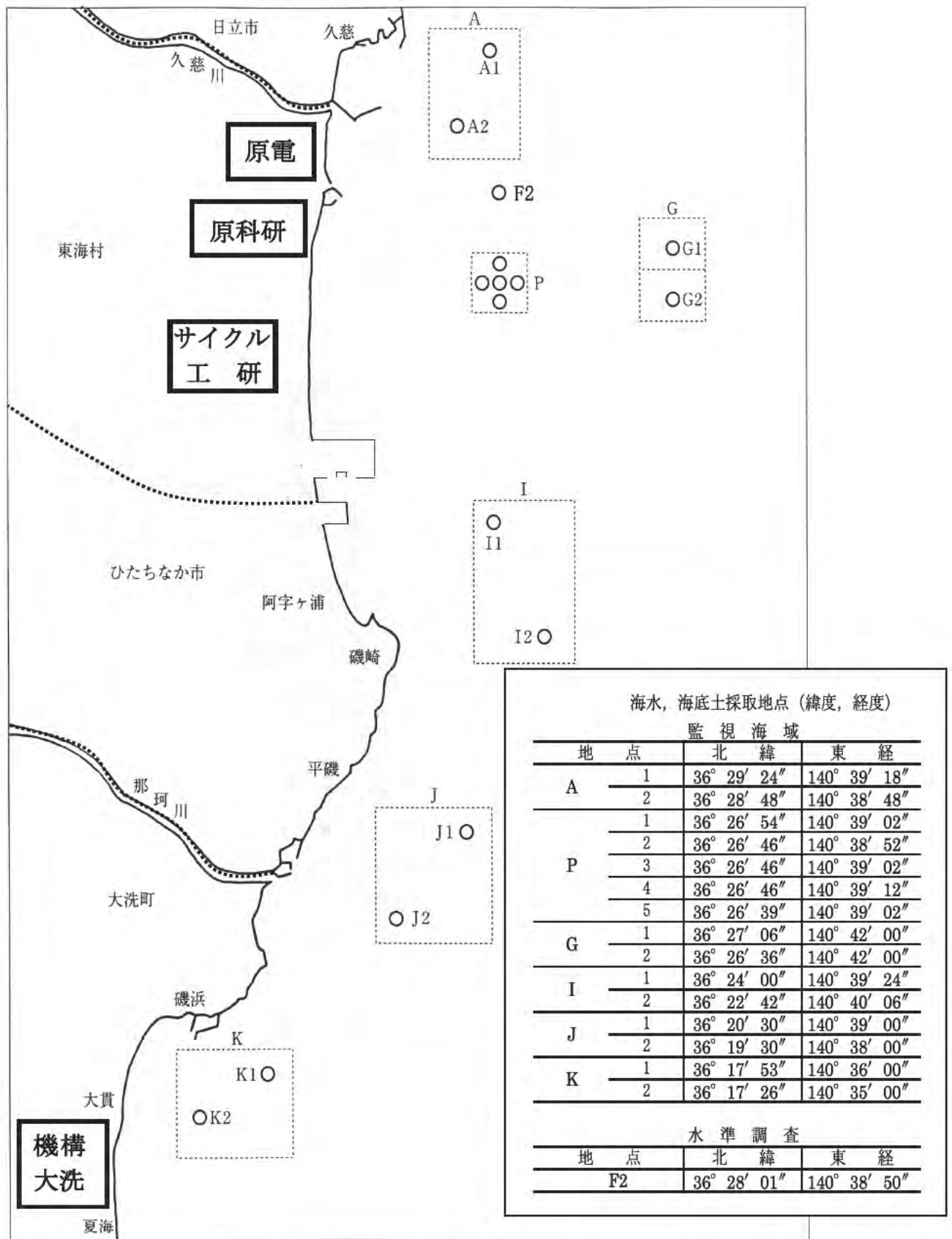


図3 海水, 海底土採取地点

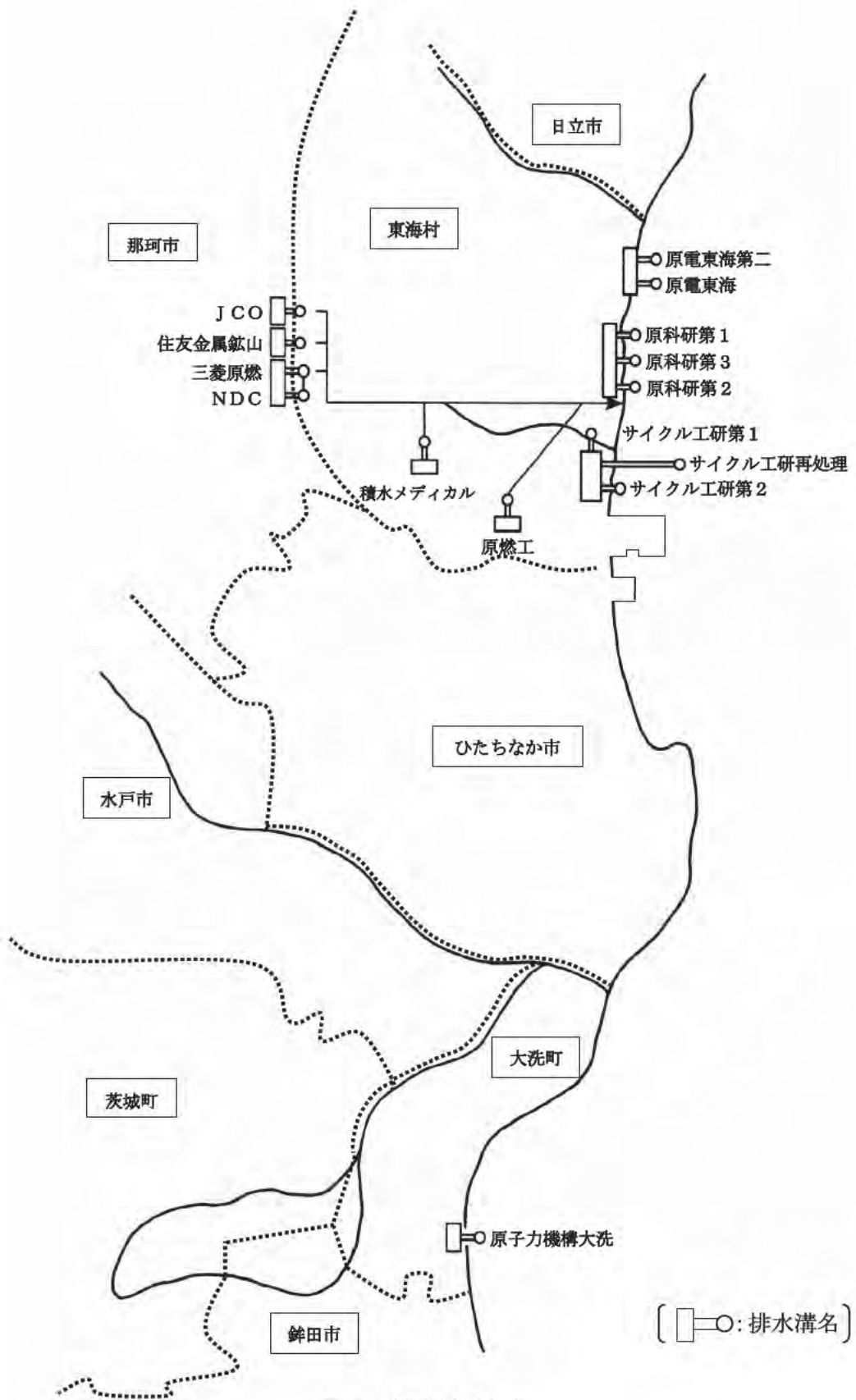


図4 排水採取地点

2-1 空間線量率サーベイ

1 調査方法

1.1 測定地点及び頻度

項目	測定地点	測定頻度
定点サーベイ	東海地区 施設周辺：4地点 外周：7地点	4,10月：10地点 7,1月：1地点
	大洗地区 施設周辺：4地点 外周：4地点	4,10月：7地点 7,1月：3地点*
	比較対象 水戸：1地点	4,10月
走行サーベイ	東海地区 原電周辺：4ルート サイクル工研周辺：4ルート	8,2月
	大洗地区 機構大洗周辺：3ルート	8,2月

*うち2地点（磯浜，若宮）は，年4回実施

1.2 測定方法

(1) 定点サーベイ

G(E)関数荷重演算方式の温度補償型 NaI(Tl)シンチレーション検出器（2インチφ×2インチ，日立アロカ製ADP-1122）により地上1mにおける空間線量率を測定し，3回測定の平均値を算出した。

(2) 走行サーベイ

モニタリング車の屋根上に搭載したG(E)関数荷重演算方式の温度補償型 NaI(Tl)シンチレーション検出器（2インチφ×2インチ，日立製作所製ADP-1122）により地上2.7mにおいて，時速50km又は法定速度で走行しながら測定し，200m区間平均値により空間線量率を算出した。

2 結果の概要

2.1 定点サーベイ

- (1) 定点サーベイの結果を表1に示した。東海及び大洗地区の施設周辺地域での空間線量率の年間平均値は，それぞれ59nGy/h，60nGy/hであった。また，東海及び大洗地区の外周地域での年間平均値は，それぞれ60nGy/h，60nGy/hであった。
- (2) 東海及び大洗地区における空間線量率の平均値について，経年変化を図1に示した。原発事故の影響により，平成22年度以前と比べて，平成24年度以降は高くなった。なお，平成23年度は，県内全域を対象とした原発事故影響の特別調査を行ったため，実施していない。
- (3) 原発事故で放出され沈着した放射性物質の影響により，樹木等が多く存在している場所では，測定値が高くなる傾向にある。
- (4) 原発事故以外の要因として，地質によって土壤に含まれるウラン系列，トリウム系列及び⁴⁰K等の自然放射性核種の濃度が異なることが挙げられる。また，測定地点付近の構築物の石材あるいはコンクリートに含まれる自然放射性核種の影響を受ける場合もある。

2.2 走行サーベイ

走行サーベイの結果を表2に示した。東海地区（原電周辺）における8月の平均値は42nGy/h，2月の平均値は43nGy/h，東海地区（サイクル工研周辺）における8月の平均値は41nGy/h，2月の平均値は43nGy/h，大洗地区（機構大洗周辺）における8月の平均値は46nGy/h，2月の平均値は46nGy/hであった。

表1 原子力施設周辺地域の空間線量率（定点サーベイ）

		単位：nGy/h					
地域区分	地点	4月	7月	10月	1月	平均	
東海地区	水戸市	石川	53	-	53	-	53
	施設周辺地域	外宿	66	-	65	-	66
		豊岡	65	-	66	-	66
		舟石川	38	-	39	-	39
		須和間	65	-	65	-	65
		平均值	59	-	59	-	59
	外周地域	額田	67	-	65	-	66
		瓜連	58	-	59	-	59
		佐竹	57	-	57	-	57
		真弓	49	-	55	-	52
		河原子	56	-	53	-	55
		部田野	72	-	70	-	71
		宮前	-	61	-	54	58
	平均值	60	61	60	54	60	
大洗地区	施設周辺地域	成田	52	-	52	-	52
		旧陣屋	-	59	-	48	54
		大谷川	65	-	66	-	66
		旭中	71	-	65	-	68
		平均值	63	59	61	48	60
	外周地域	磯浜	52	58	52	45	52
		徳宿	72	-	70	-	71
		舟木	79	-	77	-	78
		若宮	41	40	40	35	39
		平均值	61	49	60	40	60
平均值	東海地区	59	61	59	54	59	
	大洗地区	62	52	60	43	60	

(注)・「-」は測定対象外

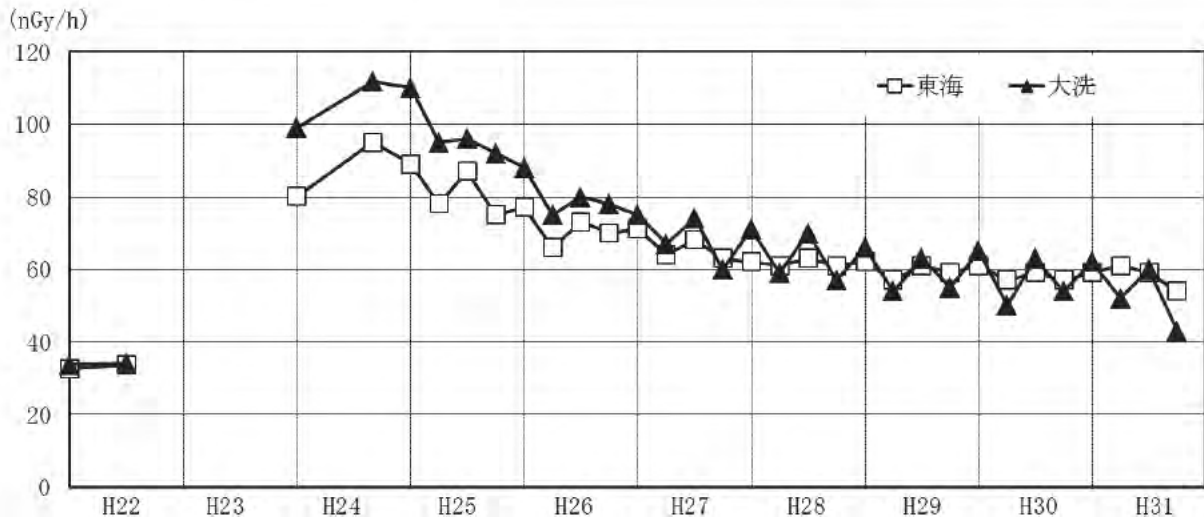


図1 東海及び大洗地区における空間線量率平均値の経年変化（定点サーベイ）

(注) ・平成22年度までは、年2回（4,10月）測定。平成24年度のみ4,12月に測定

- ・平成23年度は、定点サーベイは実施せず、原発事故影響の特別調査を実施
- ・平成24年4月までは、モニタリング車に搭載されたNaI(Tl)シンチレーション検出器（3インチφ×3インチ）により測定
- ・平成24年12月はNaI(Tl)シンチレーションサーベメータにより地上1mにおいて測定
- ・平成25年度から、4地点の7,1月測定を追加し、NaI(Tl)シンチレーション検出器（2インチφ×2インチ）により地上1mにおいて測定

表2 走行サーベイによる測定値

(1) 東海地区（原電周辺）

	単位：nGy/h	
	8月8日	2月12日
最大値	59	66
最小値	27	27
平均値	42	43

(測定ルート)

- ①周辺5～9km ②周辺3～5km
③周辺1～3km ④原電境界付近

(2) 東海地区（サイクル工研周辺）

	単位：nGy/h	
	8月8日	2月12日
最大値	60	60
最小値	31	31
平均値	41	43

(測定ルート)

- ①周辺7～9km ②周辺4～6km
③周辺1～3km
④サイクル工研境界付近

(3) 大洗地区（機構大洗周辺）

	単位：nGy/h	
	8月9日	2月14日
最大値	73	70
最小値	30	32
平均値	46	46

(測定ルート)

- ①周辺3～6km ②周辺1～3km
③機構大洗境界付近

2-2 蛍光ガラス線量計（RPLD）による積算線量

1 調査方法

1.1 測定地点及び頻度

測定地点		測定頻度
東海地区	東海：3地点，那珂：6地点，日立：3地点，常陸太田：1地点，ひたちなか：4地点	四半期毎（3か月）
大洗地区	大洗：2地点，銚田：3地点，水戸：1地点，茨城：3地点	
比較対照地点	水戸：1地点（水戸五中）	
その他	ひたちなか：2地点（環境放射線監視センター，中根小），常陸大宮：1地点（γフィールド），東海：1地点（緑ヶ丘団地）	

1.2 測定方法

蛍光ガラス線量計（RPLD）を1地点3素子ずつ地上1m高さに設置，約3か月で回収し，蛍光ガラス線量計リーダー（AGCテクノグラス製FGD-201，FGD-251）で積算線量を測定した。同時に，鉛容器（厚さ5cm）に保管した素子を測定し，宇宙線及び素子自己照射線量を減じ，91日間に換算した値を測定値とした。

2 結果の概要

- (1) 各地点における測定結果を表1に示した。各地点における年間積算値の範囲は0.30～0.66mGyであり，（国）農研機構次世代作物開発研究センター放射線育種場（γフィールド）及び環境放射線監視センターを除いた29地点の年間線量の平均値は0.43mGyであった。
- (2) 平成31年度は，平成30年度と比較してすべての地点で減少した。
- (3) 原発事故で放出され，沈着した放射性物質の影響により，樹木等が多く存在している場所では，測定値が高くなる傾向にある。また，土壤等に含まれるウラン系列，トリウム系列及び⁴⁰K等の自然放射性核種の影響も受けている。
- (4) 過去10年間における四半期毎の平均値の経年変化を図1に示した。積算線量値は，原発事故の影響により，平成22年度第4四半期に全ての地点において上昇し，平成23年度第1四半期において最大となり，その後は減少傾向となっている。

表1 積算線量測定結果

(単位：mGy/91日)

地点番号	測定地点	1	2	3	4	H31年度	H30年度
		(3~6月)	(6~9月)	(9~12月)	(12月~3月)	積算値	積算値
1	東海村 (原子力科学館)	0.11	0.12	0.13	0.12	0.48	0.51
2	" (東海中)	0.09	0.10	0.10	0.10	0.39	0.43
3	" (舟石川小)	0.10	0.11	0.11	0.10	0.42	0.46
4	那珂市 (那珂一中)	0.07	0.08	0.08	0.08	0.31	0.35
5	" (額田小)	0.08	0.09	0.09	0.09	0.35	0.38
6	" (那珂二中)	0.07	0.08	0.08	0.08	0.31	0.34
7	" (旧本米崎小)	0.08	0.09	0.09	0.09	0.35	0.38
8	" (笠松運動公園)	0.08	0.09	0.09	0.09	0.35	0.38
9	" (瓜連小)	0.07	0.08	0.08	0.07	0.30	0.32
10	日立市 (日立商高)	0.15	0.16	0.16	0.15	0.62	0.69
11	" (日立二高)	0.10	0.11	0.11	0.11	0.43	0.47
12	" (大久保小)	0.08	0.09	0.10	0.09	0.36	0.39
13	常陸太田市 (峰山中)	0.09	0.10	0.10	0.10	0.39	0.42
14	ひたちなか市 (石川町)	0.12	0.13	0.13	0.12	0.50	0.52
15	" (漁業無線局)	0.13	0.14	0.14	0.13	0.54	0.59
16	" (阿字ヶ浦中)	0.15	0.16	0.17	0.15	0.63	0.70
17	" (那珂湊支所)	0.10	0.11	0.12	0.11	0.44	0.52
18	大洗町 (大洗南中)	0.10	0.12	0.12	0.11	0.45	0.47
19	" (大洗小)	0.10	0.11	0.11	0.10	0.42	0.43
20	鉾田市 (旭北小)	0.11	0.13	0.13	0.11	0.48	0.51
21	" (旭南小)	0.16	0.17	0.17	0.16	0.66	0.74
22	" (舟木小)	0.09	0.10	0.11	0.10	0.40	0.42
23	水戸市 (稲荷第一小)	0.09	0.10	0.10	0.09	0.38	0.40
24	茨城町 (若宮)	0.09	0.11	0.11	0.10	0.41	0.42
25	" (旧沼前小)	0.09	0.10	0.10	0.10	0.39	0.42
26	" (明光中)	0.11	0.12	0.12	0.11	0.46	0.48
27	水戸市 (水戸五中)	0.09	0.10	0.11	0.10	0.40	0.43
28	ひたちなか市 (環境放射線監視センター)	0.15	0.17	0.17	0.15	0.64	0.68
29	常陸大宮市 (γフィールド)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.32	0.35
30	東海村 (緑ヶ丘団地)	0.11	0.12	0.12	0.11	0.46	0.47
31	ひたちなか市 (中根小)	0.09	0.10	0.10	0.10	0.39	0.44
平均値 (No.28, 29を除く)		0.10	0.11	0.11	0.11	0.43	0.47

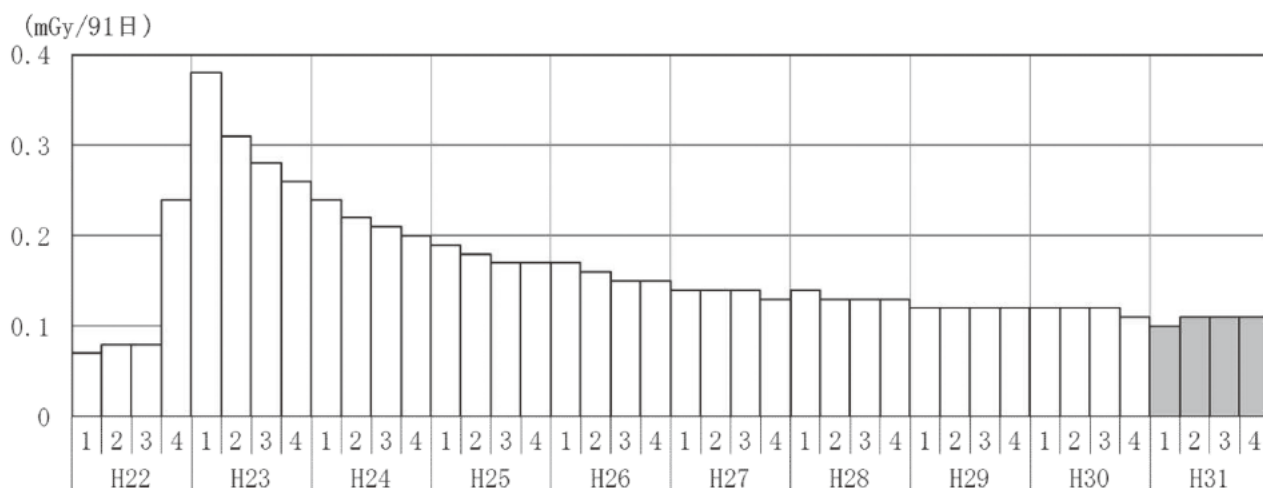


図1 積算線量の経年変化(四半期毎の平均値)

(注) γフィールド及び環境放射線監視センターを除いた平均値

2-3 雨水・月間降下物中の放射能

1 調査方法

1.1 採取地点及び頻度

項目	採取地点	採取方法
雨水(定時降水)	ひたちなか(環境放射線監視センター)	雨水採取装置(70A-H型, 500cm ²)を使用 降雨毎, 定時(午前9時)に採取
月間降下物	ひたちなか(環境放射線監視センター) 水戸(県農業研究所)	大型水盤(5,000cm ²)を使用 1か月毎(月の勤務初日)に採取

(注)水戸市の月間降下物については, 委託業者が採取

1.2 測定方法

雨水については, 100mL(採取量が100mL未満の場合は全量)を分取し蒸発乾固した後, 採取終了後6時間経過してから低BGガスフロー計数装置(ミリオンテクノロジーズ・キャンベラ S5XLB)により全β放射能を測定した。

月間降下物については, 月毎の全量を蒸発乾固した後, Ge半導体検出器(SEIKO EG&G 製 GEM40-70-S, キャンベラ製 GC-4018, GX-3018)によりγ線放出核種を測定した。

2 結果の概要

2.1 雨水

雨水の全β放射能の測定結果を表1に示した。年間の測定件数は95件で, 検出されたのは10件, 濃度範囲は検出下限値未満~1.3Bq/Lの濃度範囲にあった。また, 最大値は2月に検出された。

2.2 月間降下物

- (1) 月間降下物中の放射性核種降下量を表2に示した。原発事故の影響により, 人工放射性核種である¹³⁷Csが年間を通して検出され, ¹³⁴Csも時々検出された。
- (2) ¹³⁷Csの年間降下量の経年変化を図1に示した。水戸市における平成31年度の年間降下量は6.2MBq/km²であり, 原発事故が発生した平成22年度の年間降下量8,800MBq/km²と比較すると, 約1400分の1に減少した。これは, 1981年に実施された中国の第26回核爆発実験による年間降下量15.2MBq/km²の4割程度である。

表1 雨水の全β放射能測定結果

採取月	測定件数	検出件数	全β放射能 (Bq/L)		月間降水量 (mm)		
			最小値	最大値			
平成31年	4月	8	3	*	0.98	85.5	
令和元年	5月	5	0	*	*	76.5	
	6月	7	0	*	*	133.5	
	7月	12	2	*	0.37	130.0	
	8月	9	2	*	0.46	80.0	
	9月	8	0	*	*	133.5	
	10月	11	0	*	*	322.0	
	11月	5	0	*	*	137.5	
	12月	7	0	*	*	57.5	
	令和2年	1月	10	0	*	*	99.5
		2月	5	1	*	1.3	30.5
3月		8	2	*	0.46	96.0	
年間合計		95	10	—	—	1382.0	

(注) 「*」は検出下限値未満

表2 月間降下物中の放射性核種降下量

単位: MBq/km²

採取月(期間)	水戸市			ひたちなか市		
	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁷ Be	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁷ Be
4月 (4.1~5.7)	<0.2	1.2 ± 0.05	220 ± 2	0.23 ± 0.03	3.0 ± 0.05	180 ± 1
5月 (5.7~6.3)	0.13 ± 0.03	0.67 ± 0.04	62 ± 0.8	<0.2	1.2 ± 0.04	110 ± 0.8
6月 (6.3~7.1)	<0.1	0.50 ± 0.03	120 ± 1	<0.2	0.58 ± 0.03	230 ± 1
7月 (7.1~8.1)	<0.1	0.14 ± 0.03	71 ± 0.9	<0.2	0.35 ± 0.03	150 ± 0.9
8月 (8.1~9.2)	<0.1	0.49 ± 0.03	160 ± 1	<0.1	0.64 ± 0.03	140 ± 0.9
9月 (9.2~10.1)	<0.1	1.0 ± 0.04	47 ± 0.7	<0.2	0.65 ± 0.03	86 ± 0.7
10月 (10.1~11.1)	<0.1	0.53 ± 0.04	300 ± 2	<0.2	1.1 ± 0.04	410 ± 2
11月 (11.1~12.2)	<0.1	0.16 ± 0.04	110 ± 0.9	<0.1	0.32 ± 0.03	250 ± 1
12月 (12.2~1.6)	0.1 ± 0.03	0.26 ± 0.04	87 ± 0.8	<0.1	0.57 ± 0.03	140 ± 0.9
1月 (1.6~2.3)	<0.1	0.17 ± 0.02	150 ± 1	<0.2	0.53 ± 0.03	210 ± 1
2月 (2.3~3.2)	<0.09	0.35 ± 0.03	110 ± 1	<0.1	0.83 ± 0.03	180 ± 1
3月 (3.2~4.1)	<0.2	0.69 ± 0.04	220 ± 1	<0.2	2.1 ± 0.04	310 ± 1
合計	0.23	6.2	—	0.23	11.9	—
H30年度	0.0	6.0	—	2.0	22.4	—
H29年度	0.63	6.8	—	2.6	17.1	—
H28年度	2.2	13.6	—	3.9	23.1	—
H27年度	6.3	25.2	—	8.1	31.0	—
H26年度	5.5	15.8	—	22.4	61.9	—
H25年度	42.0	89.8	—	63.5	132.3	—
H24年度	85.8	128.6	—	138.5	212.9	—
H23年度	4,100	3,900	—	3,300	3,200	—
H22年度	9,500	8,800	—	18,000	17,000	—

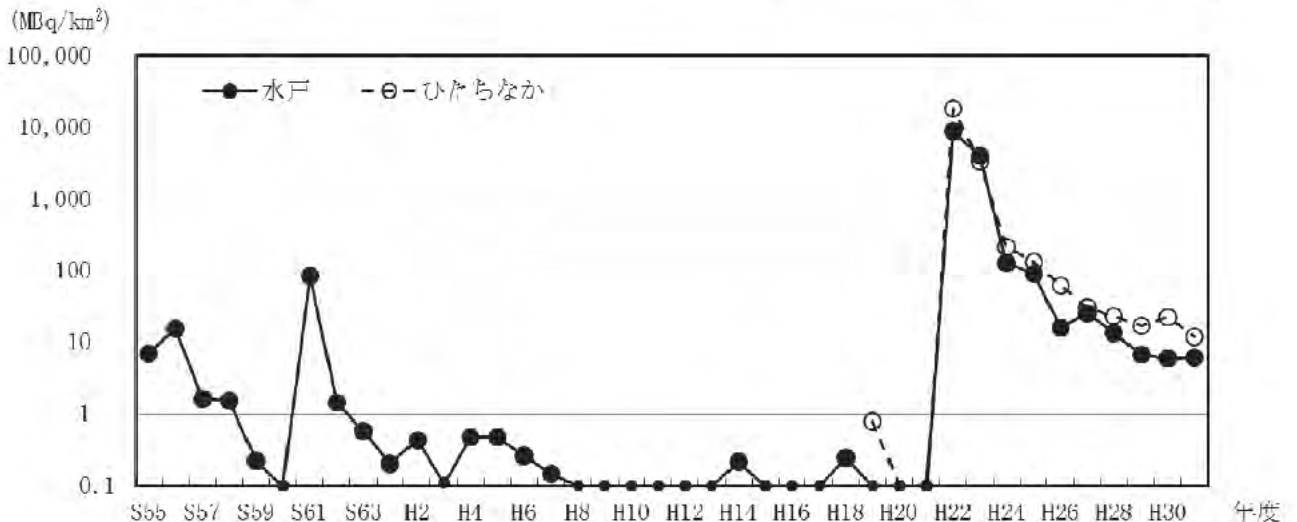


図1 ¹³⁷Cs年間降下量の経年変化(水戸市, ひたちなか市)

(注) グラフの見やすさを考慮して, 0.1MBq/km²未満の場合は0.1MBq/km²とし, マーカーを小さくした。

(参考) 昭和56年度 第26回中国核爆発実験

昭和61年度 チェルノブイリ原発事故

平成22年度 東電福島第一原発事故

2-4 大気浮遊じん中の放射性核種

1 調査方法

1.1 採取地点及び頻度

採取地点	採取頻度	測定単位
石川局(水戸市), 村松局(東海村), 常陸那珂局(ひたちなか市) 広浦局(茨城町), 造谷局(銚田市)	24時間毎に 連続採取	1か月分

1.2 測定方法

各測定局で採取したダストサンプラーのろ紙(HE-40T)の浮遊じん吸着面の円形部分を打ち抜き、(11か月分のろ紙をU8容器に詰め、 γ 線放出核種をGe半導体検出器(SEIKO EG&G製GEM40-70-S, キャンベラ製GC-4018, GX-3018)で測定した。

2 結果の概要

- (1) 各地点における放射性核種濃度の測定結果を表1に示した。
- (2) 原発事故の影響により、 ^{137}Cs が検出された。また、一部の地点において、 ^{134}Cs が検出限界に近い濃度で検出された。
- (3) ^{134}Cs 及び ^{137}Cs 濃度の経月変化を図1に示した。各地点に共通して、冬から春にかけて ^{134}Cs 及び ^{137}Cs が検出される傾向にあった。乾燥及び風による土埃の舞い上がりの影響を受けていると推測される。

表1 石川局他4局における大気浮遊じん中の放射性核種濃度

石川局				村松局			
採取期間	人工放射性核種		自然放射性核種	採取期間	人工放射性核種		自然放射性核種
	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁷ Be		¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁷ Be
4月 (4. 1~ 5. 1)	<0.03	<0.02	8.3 ± 0.1	4月 (4. 1~ 5. 1)	<0.02	<0.02	7.0 ± 0.1
5月 (5. 1~ 6. 1)	<0.02	0.017 ± 0.004	8.8 ± 0.1	5月 (5. 1~ 6. 1)	<0.02	0.032 ± 0.004	8.6 ± 0.1
6月 (6. 1~ 7. 1)	<0.02	<0.02	3.5 ± 0.07	6月 (6. 1~ 7. 1)	<0.02	<0.02	3.1 ± 0.06
7月 (7. 1~ 8. 1)	<0.02	<0.02	2.3 ± 0.06	7月 (7. 1~ 8. 1)	<0.02	<0.01	2.0 ± 0.06
8月 (8. 1~ 9. 1)	<0.02	<0.02	3.1 ± 0.07	8月 (8. 1~ 9. 1)	<0.01	<0.02	3.3 ± 0.06
9月 (9. 1~10. 1)	<0.02	<0.02	6.1 ± 0.08	9月 (9. 1~10. 1)	<0.02	<0.02	6.1 ± 0.1
10月 (10. 1~11. 1)	<0.02	<0.02	6.2 ± 0.08	10月 (10. 1~11. 1)	<0.01	<0.01	6.4 ± 0.1
11月 (11. 1~12. 1)	<0.02	<0.02	5.7 ± 0.1	11月 (11. 1~12. 1)	<0.02	0.013 ± 0.002	5.7 ± 0.1
12月 (12. 1~ 1. 1)	<0.02	0.012 ± 0.003	4.1 ± 0.08	12月 (12. 1~ 1. 1)	<0.02	0.089 ± 0.007	4.7 ± 0.09
1月 (1. 1~ 2. 1)	<0.02	0.015 ± 0.003	4.0 ± 0.07	1月 (1. 1~ 2. 1)	<0.02	0.028 ± 0.004	4.4 ± 0.08
2月 (2. 1~ 3. 1)	<0.01	0.11 ± 0.005	4.4 ± 0.08	2月 (2. 1~ 3. 1)	<0.02	<0.01	4.6 ± 0.09
3月 (3. 1~ 4. 1)	<0.02	0.018 ± 0.003	6.7 ± 0.09	3月 (3. 1~ 4. 1)	<0.02	<0.02	6.4 ± 0.08

常陸那珂局				広浦局			
採取期間	人工放射性核種		自然放射性核種	採取期間	人工放射性核種		自然放射性核種
	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁷ Be		¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁷ Be
4月 (4. 1~ 5. 1)	<0.03	<0.02	7.8 ± 0.1	4月 (4. 1~ 5. 1)	0.043 ± 0.006	0.50 ± 0.01	8.4 ± 0.1
5月 (5. 1~ 6. 1)	<0.02	0.13 ± 0.008	9.4 ± 0.1	5月 (5. 1~ 6. 1)	0.025 ± 0.004	0.28 ± 0.008	8.4 ± 0.1
6月 (6. 1~ 7. 1)	<0.02	0.040 ± 0.004	3.1 ± 0.07	6月 (6. 1~ 7. 1)	<0.02	<0.01	3.3 ± 0.07
7月 (7. 1~ 8. 1)	<0.02	<0.02	2.1 ± 0.07	7月 (7. 1~ 8. 1)	<0.02	<0.02	2.1 ± 0.06
8月 (8. 1~ 9. 1)	<0.02	<0.02	3.1 ± 0.08	8月 (8. 1~ 9. 1)	<0.01	0.011 ± 0.003	3.0 ± 0.08
9月 (9. 1~10. 1)	<0.02	<0.02	5.4 ± 0.1	9月 (9. 2~10. 1)	<0.02	<0.02	5.8 ± 0.08
10月 (10. 1~11. 1)	<0.02	<0.02	6.1 ± 0.08	10月 (10. 1~11. 1)	<0.02	<0.02	5.9 ± 0.1
11月 (11. 1~12. 1)	<0.02	<0.02	5.4 ± 0.08	11月 (11. 1~12. 1)	<0.02	<0.02	5.6 ± 0.08
12月 (12. 1~ 1. 1)	<0.02	0.018 ± 0.003	3.6 ± 0.08	12月 (12. 1~ 1. 1)	<0.01	<0.01	4.0 ± 0.08
1月 (1. 1~ 2. 1)	<0.02	0.012 ± 0.004	4.1 ± 0.07	1月 (1. 1~ 2. 1)	<0.02	<0.02	4.2 ± 0.07
2月 (2. 1~ 3. 1)	<0.02	<0.02	4.5 ± 0.08	2月 (2. 1~ 3. 1)	<0.02	<0.01	4.5 ± 0.08
3月 (3. 15~ 4. 1)	<0.01	<0.01	5.8 ± 0.09	3月 (3. 1~ 4. 1)	<0.01	0.011 ± 0.003	6.5 ± 0.09

造谷局			
採取期間	人工放射性核種		自然放射性核種
	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁷ Be
4月 (4. 1~ 5. 1)	<0.03	0.042 ± 0.01	7.3 ± 0.1
5月 (5. 1~ 6. 1)	0.022 ± 0.004	0.19 ± 0.006	8.8 ± 0.1
6月 (6. 1~ 7. 1)	<0.01	<0.01	3.1 ± 0.07
7月 (7. 1~ 8. 1)	<0.02	<0.01	1.9 ± 0.06
8月 (8. 1~ 9. 1)	<0.01	<0.01	3.1 ± 0.07
9月 (9. 2~10. 1)	<0.009	<0.01	6.0 ± 0.1
10月 (10. 1~11. 1)	<0.02	<0.02	6.2 ± 0.09
11月 (11. 1~12. 1)	<0.02	<0.01	5.2 ± 0.09
12月 (12. 1~ 1. 1)	<0.02	0.015 ± 0.003	3.9 ± 0.07
1月 (1. 1~ 2. 1)	<0.02	0.018 ± 0.004	4.6 ± 0.08
2月 (2. 1~ 3. 1)	<0.02	0.021 ± 0.004	4.6 ± 0.08
3月 (3. 14~ 4. 1)	<0.02	0.036 ± 0.004	6.1 ± 0.08

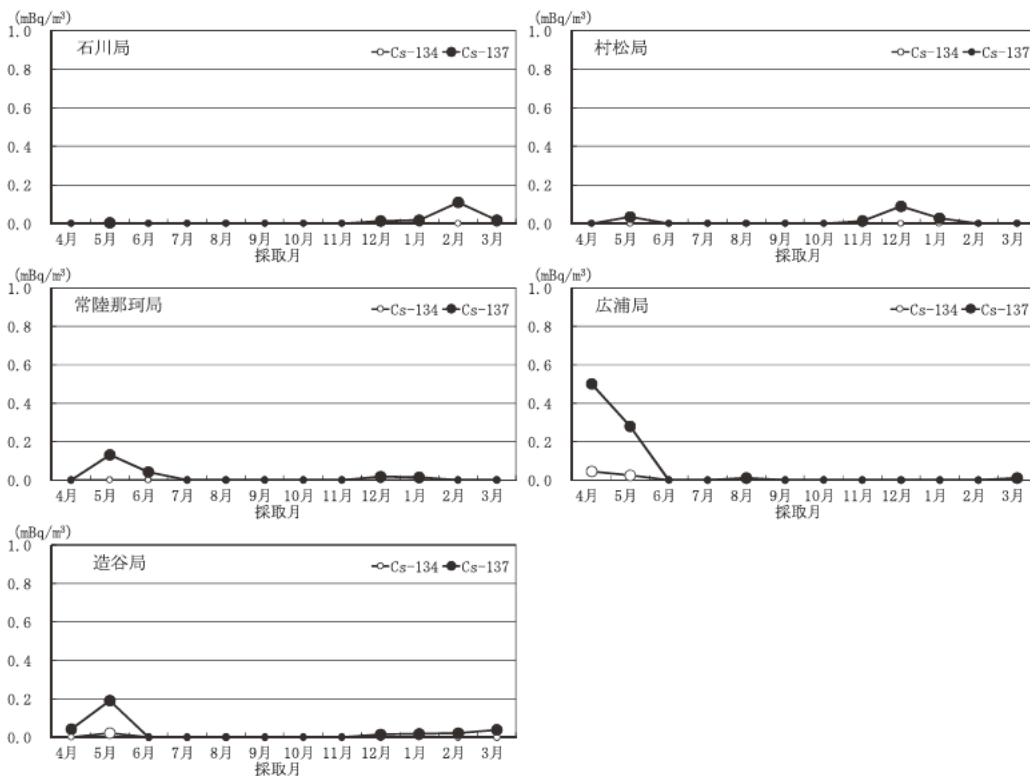


図1 石川局他4局における大気浮遊じん中の¹³⁴Cs及び¹³⁷Cs濃度

(注) グラフの見やすさを考慮して、検出限界値未満は0mBq/m³とし、マーカーを小さくした。

2-5 陸水中の放射性核種

1 調査方法

1.1 採取地点及び頻度

項目	採取地点	採取頻度
水道水	水戸(県農業研究所・蛇口水)	4, 10月
	ひたちなか(環境放射線監視センター・蛇口水)	6月
河川水	東海(久慈川), 水戸(那珂川)	4, 11月
湖水	霞ヶ浦(湖心)	6月
井戸水	東海(村松・蛇口水)	4, 10月

1.2 測定方法

トリチウム, γ 線放出核種及びウランを測定した。

トリチウムは, 減圧蒸留し, 低BG液体シンチレーションシステム(アロカ製LSC-LB5B, 日立アロカメディカル製LSC-LB7)により測定した。

γ 線放出核種は, 蒸発乾固した後, Ge半導体検出器(SEIKO EG&G製GEM40-70-S, キャンベラ製GC-4018, GX-3018)により測定した。供試料量は河川水・水道水・井戸水が30L, 湖水が100Lである。

ウランは, メンブランフィルターでろ過し, 誘導結合プラズマ質量分析装置(島津製作所製ICPMS-2030)により測定した。

2 調査結果

(1) 放射性核種濃度の測定結果を表1に示した。

(2) トリチウム濃度は, 河川水・水道水・井戸水が0.45~0.60Bq/L, 湖水が0.47Bq/Lであった。それぞれの最大値は, 過去10年間の調査結果(河川水・水道水・井戸水0.24~1.3Bq/L, 湖水0.30~0.79Bq/L)の範囲内であった。

(3) 河川水・水道水からは, 原発事故の影響により ^{137}Cs が検出限界値未満~4.6mBq/Lの範囲で検出された。

(4) 湖水からは, 原発事故の影響により ^{134}Cs が1.0mBq/L, ^{137}Cs が15mBq/L検出された。

(5) ウラン($^{234}\text{U}+^{235}\text{U}+^{238}\text{U}$)濃度は, 河川水・水道水・井戸水が0.032~0.97mBq/Lであり, その最大値は, 過去10年間の調査結果(0.030~1.4mBq/L)の範囲内であった。また, 他の試料より高い傾向にある湖水7.7mBq/Lも, 過去10年間の調査結果(4.2~12mBq/L)と同等のレベルであった。

(6) 水道水(水戸市)・河川水(水戸市)・湖水(霞ヶ浦)・井戸水(東海村)のトリチウム, ^{137}Cs 濃度の経年変化を, それぞれ図1, 図2に示した。トリチウムは, 全体的に低いレベルで推移している。 ^{137}Cs は, 平成23年度以降, 原発事故の影響により検出されるようになった。

表1 陸水中の放射能濃度

単位：mBq/L

種類	採取地点	採取月	^3H ($\times 10^3$)	^{134}Cs	^{137}Cs	$^{234}\text{U}+^{235}\text{U}+^{238}\text{U}$
水道水	水戸市	4月	0.55 ± 0.1	<2	<2	0.11 ± 0.002
		10月	<0.40	<2	4.6 ± 0.4	0.082 ± 0.001
	ひたちなか市	6月	0.50 ± 0.1	<0.6	1.1 ± 0.1	0.17 ± 0.001
河川水	水戸市 (那珂川)	4月	0.45 ± 0.1	<2	<2	0.26 ± 0.002
		11月	<0.36	<2	<2	0.17 ± 0.001
	東海村 (久慈川)	4月	<0.37	<2	1.5 ± 0.3	0.97 ± 0.002
		11月	<0.36	<2	<2	0.55 ± 0.003
湖水	霞ヶ浦	6月	0.47 ± 0.1	1.0 ± 0.2	15 ± 0.3	7.7 ± 0.003
井戸水	東海村	4月	0.54 ± 0.1	<2	<2	0.032 ± 0.008
		10月	0.60 ± 0.1	<2	<2	0.15 ± 0.002

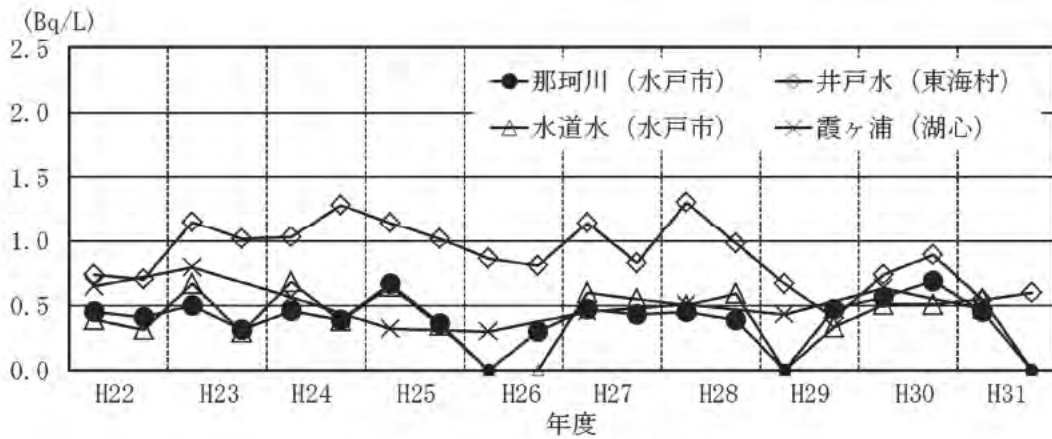


図1 陸水中のトリチウム濃度の経年変化

(注) グラフの見やすさを考慮して、検出限界値未満は0mBq/m³とし、マーカーを小さくした。

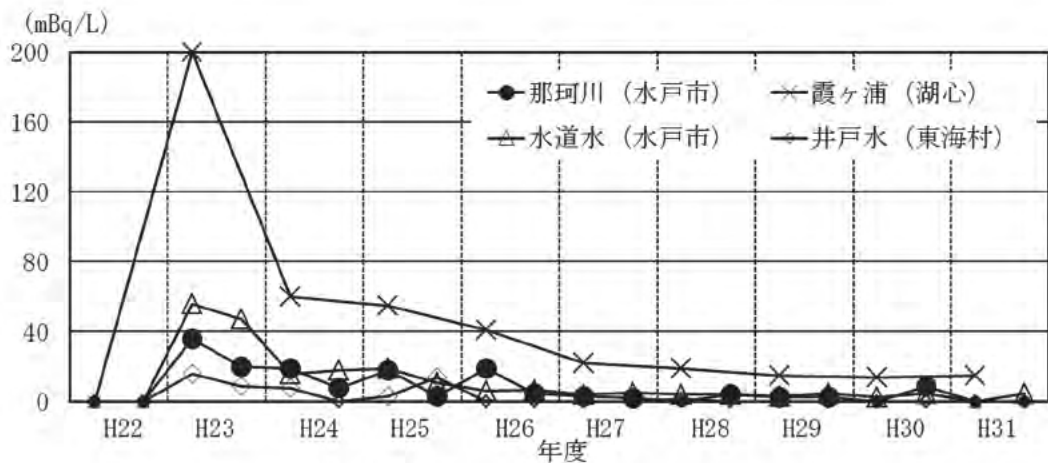


図2 陸水中の ^{137}Cs 濃度の経年変化

(注) グラフの見やすさを考慮して、検出限界値未満は0mBq/m³とし、マーカーを小さくした。

2-6 土壌中の放射性核種

1 調査方法

1.1 採取地点及び頻度

項目	採取地点	採取頻度	採取方法
土壌	東海村舟石川(畑土) 那珂市横堀(畑土) ひたちなか市常陸那珂(砂防林土) 水戸市見川(畑土) ひたちなか市長砂(畑土) 大洗町成田(庭土)	5, 11 月	10cm φ の塩化ビニル製円筒形容器で 0 ～5cm 深さを 3～4 か所採取
	東海村石神(庭土)	5 月	5cm φ のステンレス製円柱型採取器で 0 ～5cm, 5～20cm 深さを 8 か所採取
湖底土	霞ヶ浦(湖心)	6 月	エクマンバージ採泥器により採取

1.2 測定方法

105℃で乾燥し、2mm のふるいで石、根等の異物を除去した後、 γ 線放出核種を Ge 半導体検出器 (SEIKO EG&G 製 GEM40-70-S, キャンベラ製 GC-4018, GX-3018)で測定した。 ^{90}Sr は、放射化学分離後、低 BG ガスフロー計数装置(日立アロカメディカル製 LBC-4512)で β 線を測定した。 $^{239+240}\text{Pu}$ は、放射化学分離後、シリコン半導体検出器(キャンベラ製 Alpha Analyst 7200-08)で α 線を測定した。

2 結果の概要

- (1) 各地点における放射性核種の測定結果を表 1 に示した。
- (2) 原発事故の影響により、全ての地点において ^{134}Cs 及び ^{137}Cs が検出された。
- (3) 東海村石神の ^{134}Cs 及び ^{137}Cs 濃度について、深さ0～5cmは深さ5～20cmより1桁程度高いことから、原発事故により放出された ^{134}Cs 及び ^{137}Cs の多くが深さ0～5cmにとどまっていると考えられる。
- (4) 各地点における ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 及び $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度の経年変化を図 1 に示した。
- (5) ^{137}Cs について、原発事故の影響により、全地点において平成23年度以降は平成22年度以前よりも高い値となった。また、平成23年度以降、横ばいか低下傾向にある。
- (6) ^{90}Sr について、原発事故前の平成21年度(0.19～1.7Bq/kg乾土)と同等レベルであることから、検出された ^{90}Sr は、過去の核爆発実験等の影響によるものと考えられる。
- (7) $^{239+240}\text{Pu}$ について、原発事故前の平成21年度(0.15～1.7Bq/kg乾土)と同等レベルであることから、検出された $^{239+240}\text{Pu}$ は過去の核爆発実験等の影響によるものと考えられる。

表1 土壌及び湖底土中の放射性核種濃度

単位：Bq/kg乾土

採取地点	種類	採取月	^{134}Cs	^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239+240}\text{Pu}$
東海村舟石川	畑土	5月	7.2 ± 0.2	96 ± 0.5	0.90 ± 0.09	0.23 ± 0.02
		11月	5.6 ± 0.2	86 ± 0.5	—	—
那珂市横堀	畑土	5月	5.8 ± 0.2	83 ± 0.6	0.46 ± 0.08	0.31 ± 0.03
		11月	2.9 ± 0.1	51 ± 0.4	—	—
ひたちなか市常陸那珂	砂防林土	5月	61 ± 0.4	810 ± 1	0.35 ± 0.10	0.20 ± 0.03
		11月	44 ± 0.4	690 ± 1	—	—
水戸市見川	畑土	5月	4.7 ± 0.2	65 ± 0.5	0.30 ± 0.09	0.15 ± 0.02
		11月	4.7 ± 0.2	74 ± 0.5	—	—
ひたちなか市長砂	畑土	5月	7.8 ± 0.2	110 ± 0.6	1.0 ± 0.1	0.23 ± 0.02
		11月	10 ± 0.2	160 ± 0.7	—	—
大洗町成田	庭土	5月	48 ± 0.5	650 ± 2	0.56 ± 0.10	1.1 ± 0.08
		11月	75 ± 0.6	$1,200 \pm 2$	—	—
東海村石神(深さ0~5cm)	庭土	5月	14 ± 0.2	210 ± 0.7	—	—
		(深さ5~20cm)	5月	1.3 ± 0.1	29 ± 0.3	—
霞ヶ浦	湖底土	6月	26 ± 0.4	360 ± 1	0.57 ± 0.08	0.84 ± 0.06

(注)・「—」は測定対象外

・東海村石神及び霞ヶ浦以外は、深さ0~5cmを採取

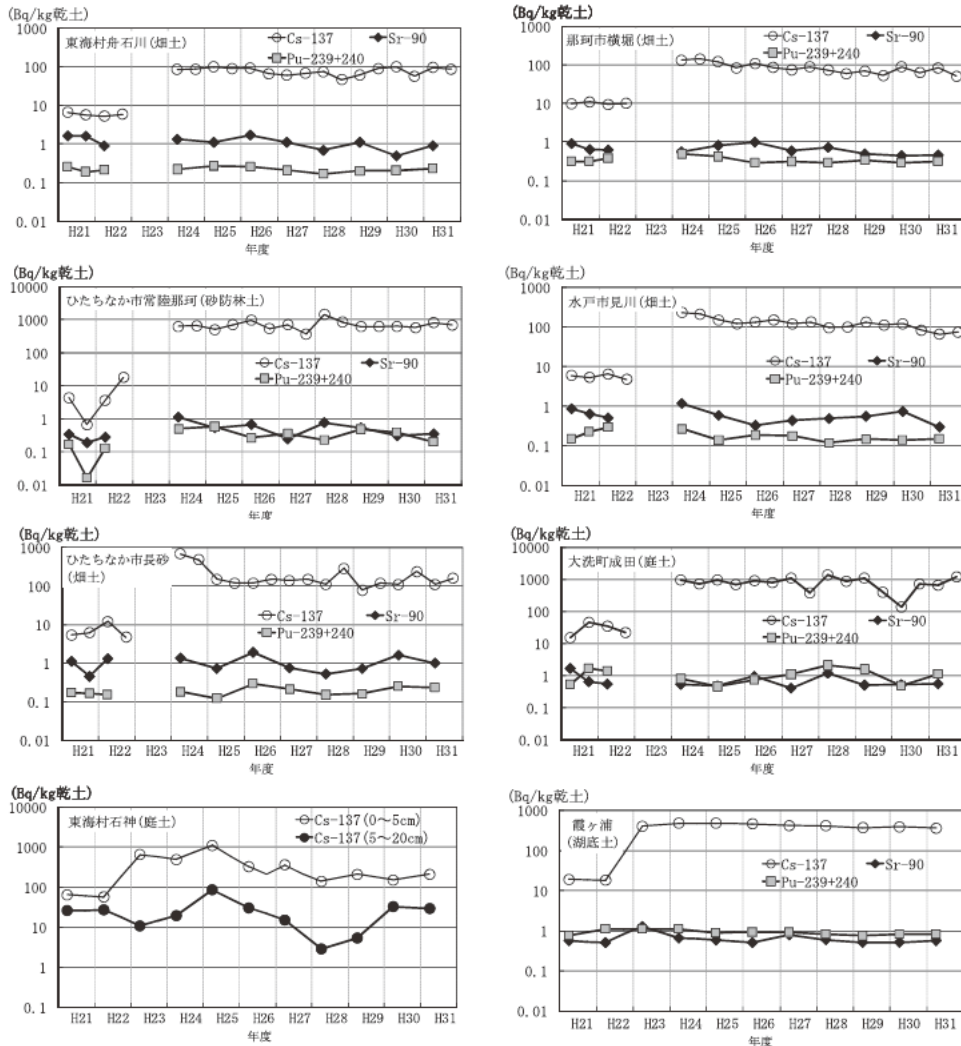


図1 土壌及び湖底土中の ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 及び $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度の経年変化

(注)平成23年度は、原発事故に係る特別調査実施のため、東海村石神及び霞ヶ浦以外の地点は未実施

2-7 大気湿分中のトリチウム濃度

1 調査方法

1.1 採取地点及び頻度

採取地点	採取頻度	採取方法
東海村村松(村松測定局) 東海村照沼(常陸那珂東海局(一般環境大気測定局)) ひたちなか市西十三奉行(当センター)	月2回	シリカゲルによる 吸湿法

1.2 測定方法

屋外の空気を吸引し、シリカゲルに通した。窒素ガスを流しながら 200℃で乾留し、コールドトラップにより大気湿分を回収した。なお、シリカゲルは、月2回交換し、それぞれで大気湿分を回収し混合したものを当該月の測定試料とした。

トリチウムは、減圧蒸留し、低BG液体シンチレーションシステム(アロカ製 LSC-LB5B, 日立アロカメディカル製 LSC-LB7)を用いて測定し、大気湿分中のトリチウム濃度を算出した。

2 結果の概要

- (1) 大気湿分中のトリチウムの測定結果を表1, 経月変化を図1, 経年変化を図2に示した。
- (2) 最大値は、東海村村松で10月の2.7Bq/L, 東海村照沼で10月の2.1Bq/L, ひたちなか市西十三奉行で10月の1.1Bq/Lであった。年平均値は、東海村村松で1.3Bq/L, 東海村照沼で0.99Bq/L, ひたちなか市西十三奉行で0.56Bq/Lであった。
- (3) 東海村照沼における平成30年度J-PARCにおけるトリチウム管理放出の影響による上昇を除き、経年変化に大きな変動はない。

表1 大気湿分中トリチウム濃度

地点	単位: Bq/L												単位: Bq/L		
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	H31 平均	H30 平均	H29 平均
東海村村松	1.2	0.90	1.4	1.2	0.92	0.81	2.7	1.7	1.1	1.1	1.7	1.0	1.3	1.5	1.4
東海村照沼	0.73	0.63	0.94	0.87	0.55	1.2	2.1	1.2	0.88	1.2	1.0	0.56	0.99	3.6	0.92
ひたちなか市 西十三奉行	1.0	<0.4	<0.4	0.38	<0.4	<0.4	1.1	<0.4	<0.4	0.80	<0.5	0.56	0.56	0.64	0.62

※1 検出限界値未満の場合、検出限界値を用いて平均値を算出した。

※2 東海村照沼におけるH30平均値は、J-PARCにおけるトリチウムの管理放出により高い値となっている。

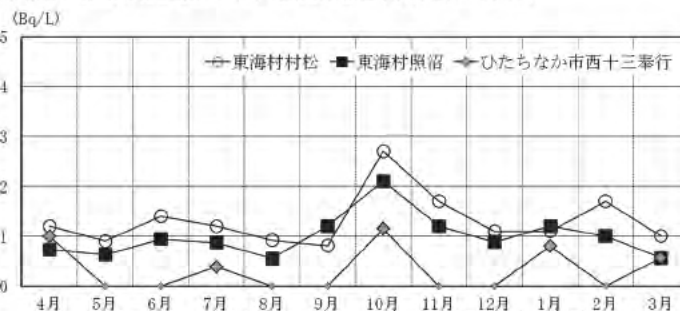


図1 大気湿分中トリチウム濃度の経月変化

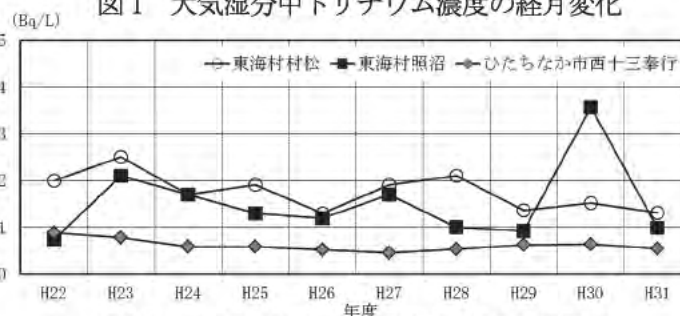


図2 大気湿分中トリチウム濃度の経年変化

2-8 農畜産物中の放射性核種

1 調査方法

1.1 採取地点及び頻度

項目	採取地点	採取頻度	採取方法
農産物 (注1)	葉菜 東海：2地点 那珂：1地点 大洗：1地点 水戸：1地点	年2回	生産者の協力を得て、収穫時に入手
	根菜 水戸	年1回	
	精米 東海：1地点 那珂：1地点 水戸：1地点	年1回	
畜産物	原乳 那珂，茨城，水戸	4, 7, 10, 1月	生産者の協力を得て入手
	原乳 水戸	8月	

(注1)葉菜：キャベツ，ホウレン草，ハクサイ 根菜：ダイコン

1.2 測定方法

γ 線放出核種は、Ge半導体検出器(SEIKO EG&G製GEM40-70-S，キャンベラ製GC-4018，GX-3018)により測定した。 ^{131}I は生試料を測定試料とし，その他の核種については灰試料(乾燥機で105℃，約1日間以上乾燥後，電気炉で450℃，24時間灰化し，乳鉢で粉碎)を測定試料とした。

^{90}Sr は，放射化学分離後，低BGガスフロー計数装置(日立アロカメディカル製LBC-4512)で β 線を測定した。

^{14}C は，ベンゼン合成装置(米国TASK社製TASK Benzene Synthesizer)によりベンゼンを合成し，低BG液体シンチレーションシステム(アロカ製LSC-LB5B)で β 線を測定した。

2 結果の概要

- (1) 農産物中の人工放射性核種濃度の測定結果を表1，表2に示した。
- (2) 原発事故等の影響により，全試料から ^{137}Cs が検出され，最大値を示したのは，精米の0.43Bq/kg生であった。一部の試料からは ^{134}Cs が検出され，最大値を示したのは，キャベツの0.036Bq/kg生であった。また， ^{131}I について，全試料で検出限界値未満であった。
- (3) ^{90}Sr について，15試料中8試料から検出され，最大値を示したのはハクサイの0.81Bq/kg生であった。
- (4) ^{14}C について，精米中において，88～91Bq/kg生で，現在の自然界における水準(宇宙線由来と過去の核爆発実験由来による)と同程度であった。
- (5) 畜産物(原乳)中の人工放射性核種濃度の測定結果を表3に示した。
- (6) 原発事故等の影響により，全試料から ^{137}Cs が検出され，最大値は，0.23Bq/L生であった。1検体から ^{134}Cs が検出され，0.030Bq/L生であった。また， ^{131}I は13試料全てについて検出限界値未満であった。
- (7) ^{90}Sr について，全試料において検出限界値未満であった。
- (8) 農畜産物中の ^{137}Cs ， ^{90}Sr 濃度平均の経年変化を，それぞれ図1，図2に示した。
- (9) ^{137}Cs について，原発事故の影響により原乳，精米，ホウレン草，キャベツとも，平成23年度以降は平成22年度以前よりも高い値となっている。
- (10) ^{90}Sr について，原発事故前後を含めて原乳，精米は検出限界レベルで推移しており，ホウレン草及びキャベツは極端に変動することなく推移していることから，過去の核爆発実験等の影響を色濃く反映していると考えられる。

表1 農産物中の人工放射性核種濃度(γ線スペクトロメトリー)

							単位：Bq/kg生	
試料名	部位等	採取地点	採取月	¹³¹ I	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs		
キャベツ	葉茎	東海村	5月	<0.08	<0.03	0.051	±	0.006
〃	〃	〃	5月	<0.07	<0.03	0.032	±	0.006
〃	〃	那珂市	5月	<0.07	0.036 ± 0.008	0.24	±	0.009
〃	〃	大洗町	5月	<0.08	<0.03	0.046	±	0.006
〃	〃	水戸市	5月	<0.1	<0.03	0.26	±	0.009
精米	生産米	東海村	11月	<0.06	<0.02	0.27	±	0.008
〃	〃	那珂市	11月	<0.07	0.033 ± 0.006	0.43	±	0.009
〃	〃	水戸市	11月	<0.2	<0.02	0.16	±	0.008
ホウレン草	葉茎	東海村	11月	<0.2	<0.06	0.14	±	0.01
ハクサイ	〃	〃	11月	<0.09	<0.03	0.028	±	0.006
〃	〃	那珂市	10月	<0.07	<0.03	0.11	±	0.008
〃	〃	大洗町	11月	<0.06	<0.03	0.024	±	0.005
ホウレン草	〃	水戸市	10月	<0.07	<0.03	0.063	±	0.006
ダイコン	根	水戸市	10月	<0.4	<0.03	0.038	±	0.004
〃	葉茎	〃	10月	<0.5	<0.06	0.17	±	0.01

表2 農産物中の人工放射性核種濃度(放射化学分析)

						単位：Bq/kg生	
試料名	部位等	採取地点	採取月	⁹⁰ Sr	¹⁴ C		
キャベツ	葉茎	東海村	5月	0.028 ± 0.008	—		
〃	〃	〃	5月	0.026 ± 0.009	—		
〃	〃	那珂市	5月	0.046 ± 0.010	—		
〃	〃	大洗町	5月	<0.03	—		
〃	〃	水戸市	5月	<0.02	—		
精米	生産米	東海村	10月	<0.03	88	±	1
〃	〃	那珂市	10月	<0.04	91	±	1
〃	〃	水戸市	10月	<0.02	89	±	1
ホウレン草	葉茎	東海村	11月	0.034 ± 0.009	—		
ハクサイ	〃	〃	11月	0.081 ± 0.008	—		
〃	〃	那珂市	10月	0.058 ± 0.008	—		
〃	〃	大洗町	11月	0.066 ± 0.008	—		
ホウレン草	〃	水戸市	10月	0.026 ± 0.007	—		
ダイコン	根	水戸市	10月	<0.03	—		
〃	葉茎	〃	10月	<0.09	—		

(注)「—」は測定対象外

表3 畜産物(原乳)中の人工放射性核種濃度

							単位：Bq/L生	
試料名	採取地点	採取月	¹³¹ I	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr		
原乳	那珂市	4月	<0.07	<0.03	0.050 ± 0.006	<0.03		
〃	〃	7月	<0.07	—	—	—		
〃	〃	10月	<0.1	<0.03	0.084 ± 0.007	<0.03		
〃	〃	1月	<0.07	—	—	—		
〃	茨城町	4月	<0.07	<0.03	0.037 ± 0.006	<0.03		
〃	〃	7月	<0.07	—	—	—		
〃	〃	10月	<0.07	<0.03	0.032 ± 0.006	<0.03		
〃	〃	1月	<0.06	—	—	—		
〃	水戸市	4月	<0.06	0.030 ± 0.01	0.23 ± 0.01	<0.02		
〃	〃	7月	<0.06	—	—	—		
〃	〃	8月	<0.09	<0.03	0.11 ± 0.007	—		
〃	〃	10月	<0.07	<0.03	0.16 ± 0.008	<0.03		
〃	〃	1月	<0.08	—	—	—		

(注)「—」は測定対象外

Bq/kg生(原乳 : Bq/L生)

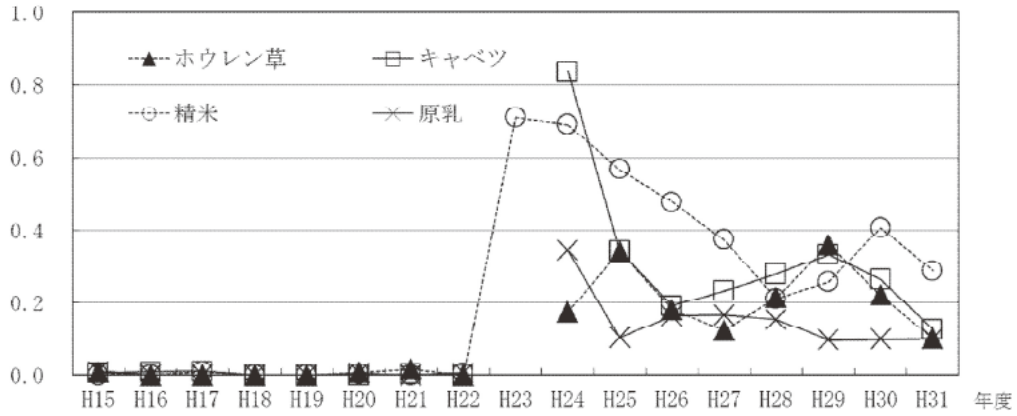


図1 農畜産物中の¹³⁷Cs濃度の経年変化(平均値)

(注)平成23年度は、原発事故に係る特別調査を実施(精米のみ採取・測定を実施)

Bq/kg生(原乳 : Bq/L生)

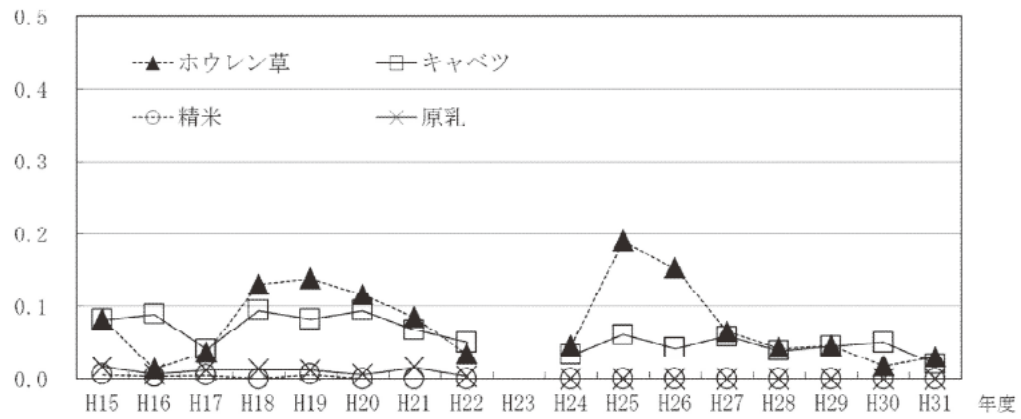


図2 農畜産物中の⁹⁰Sr濃度の経年変化(平均値)

(注)平成23年度は、原発事故に係る特別調査を実施

2-9 水産生物中の人工放射性核種

1 調査方法

1.1 採取地点及び頻度

項目	採取地点	採取頻度	採取方法
海産物	魚類 久慈沖, 磯崎沖, 大洗沖	2種を年2回(注1)	県漁政課と漁業協同組合の協力を得て, 採取地点で漁獲されたものを水揚げの際に入手
	貝類 久慈浜, 磯崎, 大洗	2種を年2回(注1)	
	海藻類 久慈浜, 大洗	2種を年2回(注1)	
淡水産生物	魚類 霞ヶ浦	年1回	

(注1) 監視計画で定められたもの

1.2 測定方法

水洗い後, 可食部のみを切り分け, 105℃で乾燥後, 450℃で24時間灰化した。その後, γ 線放出核種をGe半導体検出器(SEIKO EG&G製 GEM40-70-S, キャンベラ製 GC-4018, GX-3018)で測定した。 ^{90}Sr は, 放射化学分離後, 低BGガスフロー計数装置(日立アロカメディカル製 LBC-4512)で β 線を測定した。 $^{239+240}\text{Pu}$ は, 放射化学分離後, シリコン半導体検出器(キャンベラ製 Alpha Analyst 7200-08)で α 線を測定した。

2 結果の概要

- (1) 水産物の放射性核種濃度の測定結果を表1に示した。
- (2) 原発事故の影響により, 一部の試料から人工放射性核種である ^{134}Cs が, 全ての試料から ^{137}Cs が検出された。 ^{137}Cs において, 海産物の最大値を示したのはヒラメ(0.52Bq/kg生)であった。
- (3) ^{90}Sr については, 魚類の1試料, 海藻類の2試料から検出されており, 海産物の最大値を示したのはワカメの0.042Bq/kg生であった。
- (4) $^{239+240}\text{Pu}$ については, 貝類の4試料, 海藻類の7試料から検出されており, 海産物の最大値を示したのはアサメの0.0029Bq/kg生であった。なお, ^{238}Pu は全試料で検出限界値未満であった。
- (5) 各種類の海産物中における ^{90}Sr 及び ^{137}Cs 濃度の経年変化を図1に, $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度の経年変化を図2に示した。
- (6) ^{137}Cs については, いずれの種類も原発事故が発生した後の平成24年度は, 原発事故の影響により10~100倍の濃度となったが, 平成25年度以降はばらつきがあるもののおおむね減少傾向にあった。
- (7) ^{90}Sr については, 今年度検出された値(0.022~0.042Bq/kg生)は, 原発事故前の検出濃度範囲内であった。
- (8) $^{239+240}\text{Pu}$ については, 全体的に0.005Bq/kg生未満のレベルで推移している。今年度検出された値(0.0010~0.0029Bq/kg生)は, 原発事故前の検出濃度範囲内であった。

単位：Bq/kg生

種類	部位	採取場所	採取月	^{134}Cs	^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239+240}\text{Pu}(\times 10^{-3})$
魚類							
シラス	全部	久慈沖	6月	<0.03	0.16 ± 0.01	0.022 ± 0.007	<0.4
シラス	全部	大洗沖	6月	<0.04	0.098 ± 0.009	<0.02	<0.2
シラス	全部	大洗沖	11月	<0.04	0.46 ± 0.01	<0.02	<0.2
ヒラメ	筋肉	大洗沖	7月	<0.04	0.44 ± 0.01	<0.02	<0.4
ヒラメ	筋肉	大洗沖	9月	0.032 ± 0.003	0.50 ± 0.005	<0.03	<0.3
ヒラメ	筋肉	久慈沖	2月	<0.04	0.35 ± 0.01	<0.03	<0.2
ヒラメ	筋肉	磯崎沖	2月	0.047 ± 0.01	0.52 ± 0.01	<0.02	<0.2
貝類							
ハマグリ	軟組織	大洗	4月	<0.04	0.15 ± 0.01	<0.02	1.2 ± 0.3
ハマグリ	軟組織	大洗	12月	<0.04	0.14 ± 0.02	<0.02	1.1 ± 0.3
ウバガイ	軟組織	大洗	5月	<0.04	0.18 ± 0.01	<0.02	2.4 ± 0.4
ウバガイ	軟組織	大洗	12月	<0.04	0.20 ± 0.009	<0.02	1.0 ± 0.3
海藻類							
アラメ	葉茎	大洗	4月	<0.08	0.15 ± 0.01	0.034 ± 0.01	1.3 ± 0.4
アラメ	葉茎	久慈浜	4月	<0.08	0.10 ± 0.01	<0.02	1.3 ± 0.4
アラメ	葉茎	大洗	10月	<0.07	0.27 ± 0.02	<0.04	2.9 ± 0.6
アラメ	葉茎	久慈浜	12月	<0.09	0.25 ± 0.01	<0.03	2.9 ± 0.7
アラメ	葉茎	磯崎	2月	<0.08	0.11 ± 0.01	<0.03	<2
ヒジキ	葉茎	大洗	4月	<0.09	0.082 ± 0.01	<0.03	1.9 ± 0.5
ヒジキ	葉茎	大洗	10月	<0.09	0.084 ± 0.02	<0.02	1.4 ± 0.4
ワカメ	葉茎	久慈浜	6月	<0.06	0.062 ± 0.01	0.042 ± 0.008	1.5 ± 0.4
アメリカナマズ	筋肉	霞ヶ浦	7月	2.9 ± 0.03	39 ± 0.08	—	<0.2

(注)・「—」は測定対象外

・ ^{238}Pu は全試料で不検出(附表V-18, V-20 参照)

表1 海産生物, 淡水産生物中の人工放射性核種濃度

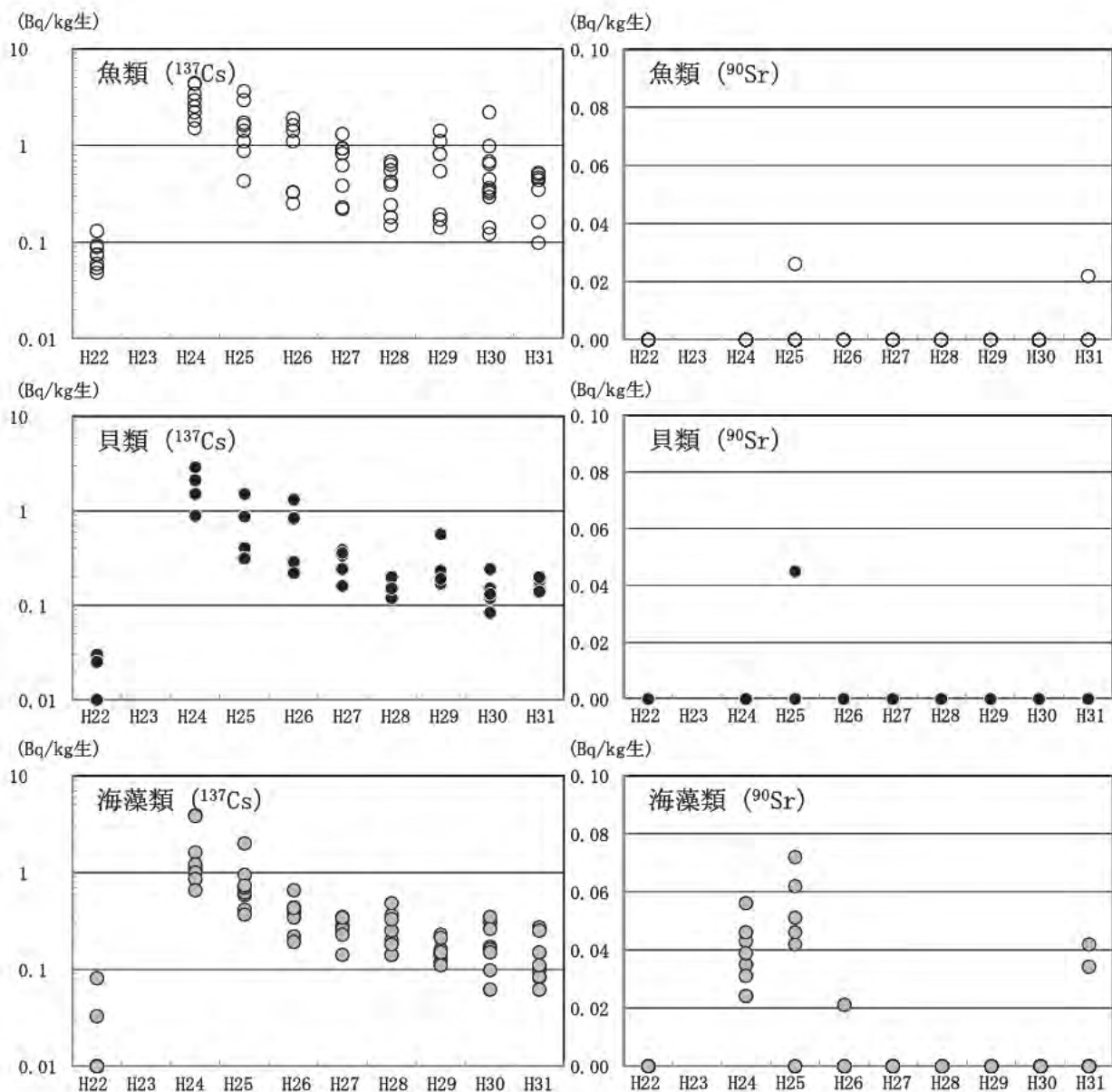


図1 海産生物の ^{90}Sr 及び ^{137}Cs 濃度の経年変化

- (注) ・平成23年度は、原発事故に係る特別調査を実施
 ・グラフの見やすさを考慮して、検出限界値未満は ^{90}Sr では0Bq/kg生、 ^{137}Cs では0.01Bq/kg生とした。

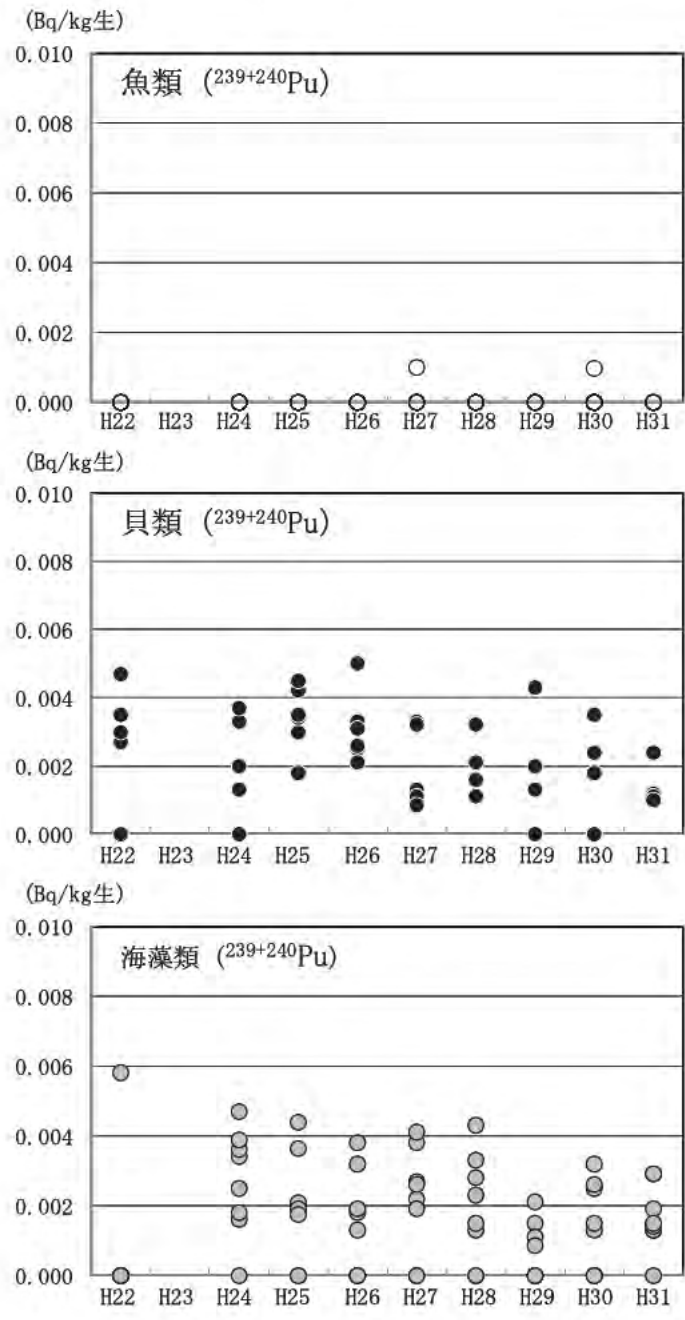


図2 海産生物の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度の経年変化

(注)・平成23年度は、原発事故に係る特別調査を実施

・グラフの見やすさを考慮して、検出限界値未満は $^{239+240}\text{Pu}$ では0Bq/kg生とした。

2-10 海水中の放射性核種濃度

1 調査方法

1.1 採取地点及び頻度

採取地点	採取頻度	採取方法
東海沖 4 海域(A, G, I, P) 大洗沖 2 海域(J, K)	4, 7, 10, 1月	A, G, I, J, K 海域は 2 地点の表層水をバケツ又は水中ポンプで採取。P 海域はサイクル工研が 5 地点の表層水を採取。

1.2 測定方法

各海域 2 地点(P 海域は 5 地点)の表層水を 15L ずつを混合して測定試料(30L)とした。トリチウムは、測定試料を減圧蒸留後、低 BG 液体シンチレーションシステム(アロカ製 LSC-LB5B, 日立アロカメディカル製 LSC-LB7)を用いて測定した。 γ 線放出核種は、フェロシアン化ニッケル-水酸化鉄(III)共沈法で前処理を行い、Ge 半導体検出器(SEIKO EG&G 製 GEM40-70-S, キャンベラ製 GC-4018, GX-3018)を用いて γ 線を測定した。 ^{90}Sr は、発煙硝酸法で前処理を行い、低 BG ガスフロー計数装置(日立アロカメディカル製 LBC-4212)を用いて β 線を測定した。

$^{239+240}\text{Pu}$ は、7月採取の A, G, I, J, K 海域 2 地点の表層水を 10L ずつ混合して測定試料(200L)とした。水酸化鉄(III)共沈法で前処理後、イオン交換法により分離・精製し、ステンレス板に電着して、シリコン半導体検出器(キャンベラ製 Alpha Analyst 7200-08)を用いて α 線を測定した。

2 結果の概要

- (1) 各海域におけるトリチウムの測定結果を表 1 に、経年変化を図 1 に示した。検出限界値未満～0.45Bq/L の範囲にあり、原発事故前と同レベルであった。
- (2) 各海域における人工放射性核種の測定結果を表 2 に、 ^{134}Cs , ^{137}Cs 及び ^{90}Sr 濃度の経年変化を図 2 に示した。原発事故の影響により、全ての海域において ^{137}Cs が、1.5～8.5mBq/L の範囲で検出された。また、 ^{134}Cs 及び ^{90}Sr は、全ての海域で検出限界値未満であった。
- (3) $^{239+240}\text{Pu}$ は、検出限界値未満であった。

表1 海水中のトリチウム濃度

単位：Bq/L

海 域 名	採 取 月			
	4月	7月	10月	1月
A (久慈沖 2km)	<0.41	<0.40	<0.39	<0.39
G (サイクル機構沖 8km)	<0.40	<0.39	<0.40	<0.39
I (阿字ヶ浦沖 4km)	<0.41	<0.39	<0.39	<0.39
J (那珂湊沖 2km)	<0.42	<0.40	<0.41	<0.41
K (大貫沖 2km)	0.45 ± 0.1	<0.40	<0.40	<0.39
P (再処理放出口周辺)	<0.41	<0.40	0.47 ± 0.1	<0.36

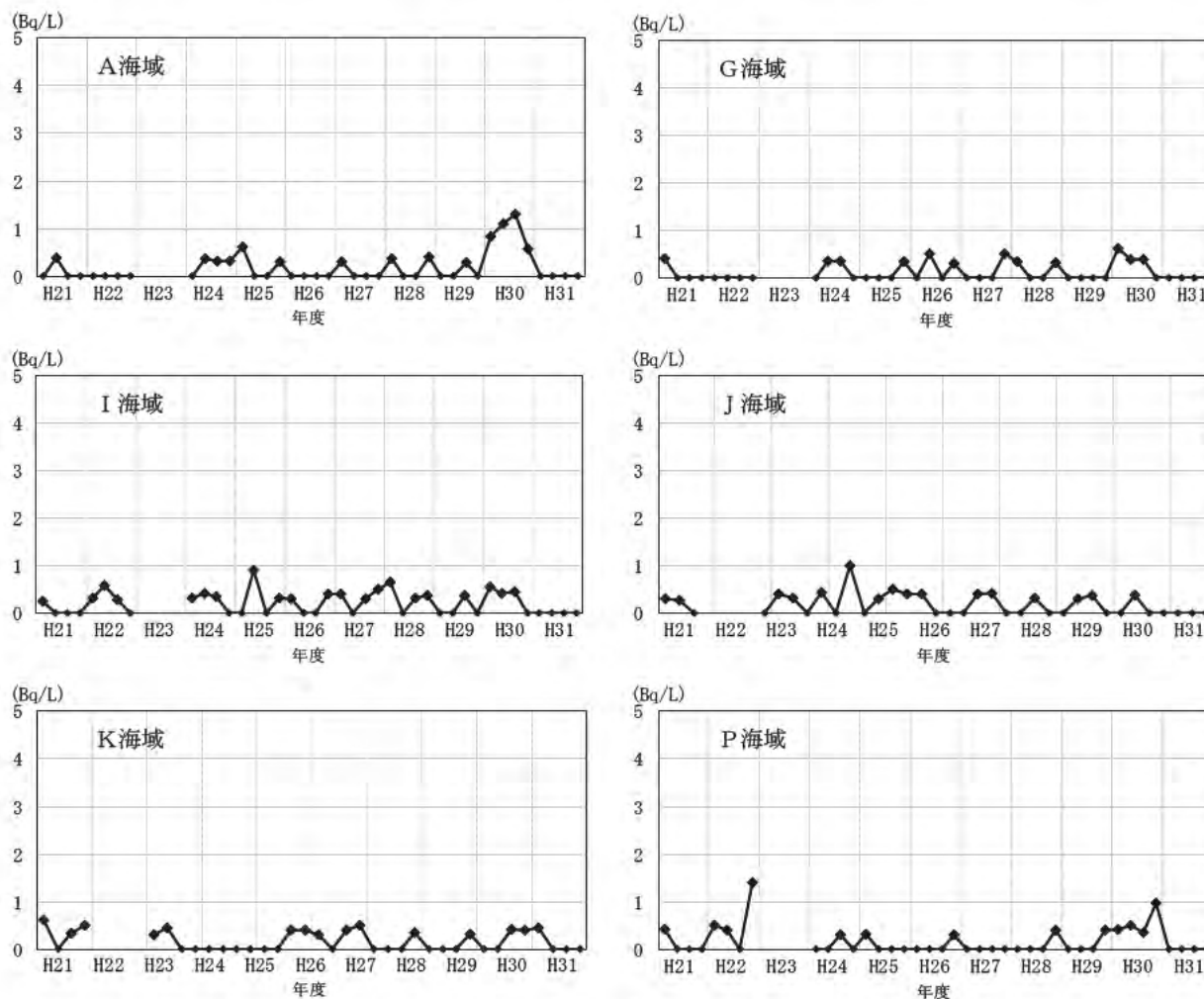


図1 海水中のトリチウム濃度の経年変化

(注) ・グラフの見やすさを考慮して、検出限界値未満は0Bq/Lとし、マーカーを小さくした。

・平成23年度は原発事故に係る特別調査を実施のためデータなし。

表2 海水中の人工放射性核種濃度

海域名	採取月	単位：mBq/L			
		^{134}Cs	^{137}Cs	^{90}Sr	$^{239+240}\text{Pu}$ ($\times 10^{-3}$)
A (久慈沖 2km)	4月	<2	2.7 ± 0.4	<3	—
	10月	<2	2.0 ± 0.5	<2	—
G (サイクル機構沖 8km)	4月	<2	2.0 ± 0.6	<3	—
	10月	<2	1.5 ± 0.4	<3	—
I (阿字ヶ浦沖 4km)	4月	<2	2.7 ± 0.4	<3	—
	10月	<2	3.3 ± 0.5	<3	—
J (那珂湊沖 2km)	4月	<2	3.4 ± 0.5	<3	—
	10月	<3	2.0 ± 0.5	<3	—
K (大貫沖 2km)	4月	<2	2.3 ± 0.5	<3	—
	10月	<3	3.3 ± 0.5	<2	—
P (再処理放出口周辺)	4月	<2	3.9 ± 0.5	<3	—
	11月	<2	8.5 ± 0.5	<3	—
A, G, I, J, K (混合)	7月	—	—	—	<3

注) 「-」は測定対象外

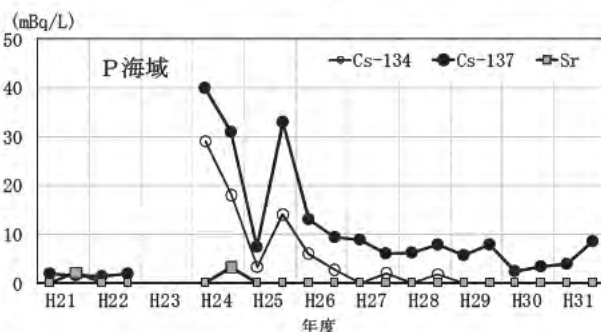
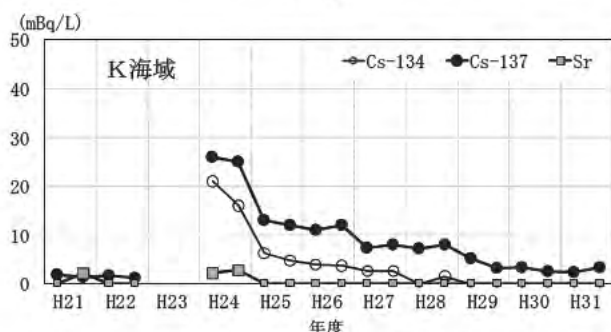
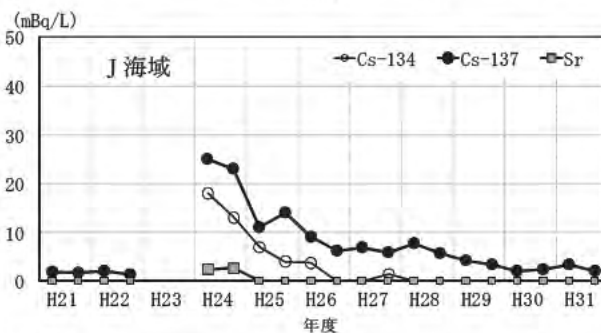
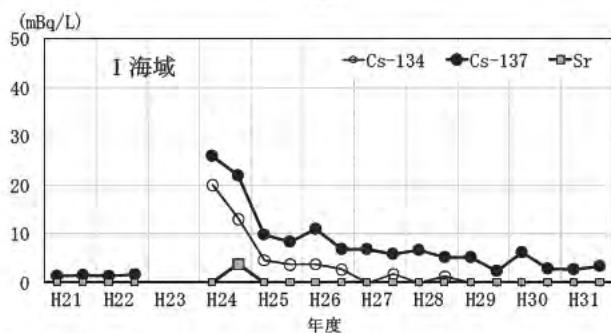
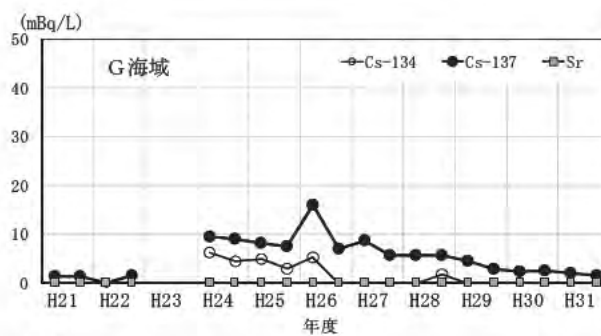
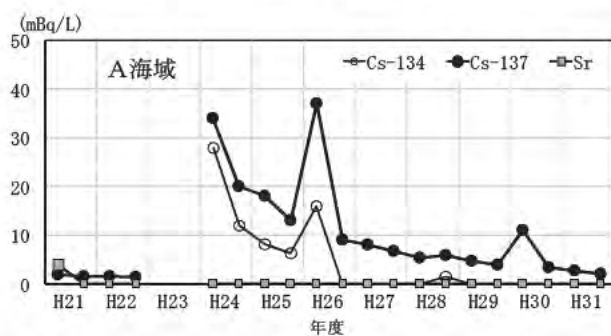


図2 海水中の ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 及び ^{90}Sr 濃度の経年変化

(注) ・グラフの見やすさを考慮して、検出限界値未満は0Bq/Lとし、マーカーを小さくした。
 ・平成23年度は原発事故に係る特別調査を実施のためデータなし。

2-1-1 海底土中の放射性核種

1 調査方法

1.1 採取地点及び頻度

採取地点	採取頻度	採取方法
東海沖 3 海域(A, G, I) 大洗沖 2 海域(J, K)	7, 1月	1 海域につき 2 地点でスミス・マッキンタイヤ採泥器を用いて採取。
東海沖 1 海域(P)		P 海域はサイクル工研が 5 地点で採取。
海岸砂 1 地点(T1)		PE 円筒形容器で 0~5cm 深さを 3~4 か所採取

1.2 測定方法

105℃で乾燥し、2mm メッシュのふるいで石、貝類等の異物を除去した後、 γ 線放出核種を Ge 半導体検出器(SEIKO EG&G 製 GEM40-70-S, キャンベラ製 GC-4018, GX-3018)で測定した。 ^{90}Sr は、放射化学分離後、低 BG ガスフロー計数装置(日立アロカメディカル製 LBC-4512)で β 線を測定した。 $^{239+240}\text{Pu}$ は、放射化学分離後、シリコン半導体検出器(キャンベラ製 Alpha Analyst 7200-08)で α 線を測定した。

2 結果の概要

- (1) 各海域における放射性核種濃度の測定結果を表 1 に示した。
- (2) 原発事故の影響により、全ての海域において ^{137}Cs が検出された。また、 ^{134}Cs も半数で検出された。
- (3) $^{239+240}\text{Pu}$ について、0.25~0.67Bq/kg乾土の範囲で検出された。
- (4) ^{90}Sr について、0.19~0.33Bq/kg乾土検出された。H21年度(検出限界値未満~0.37Bq/kg乾土)と同等レベルであることから、検出された ^{90}Sr は、過去の核爆発実験等の影響によるものと考えられる。
- (5) 各海域における ^{134}Cs , ^{137}Cs 及び $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度の経年変化を図 1 に示した。
- (6) ^{137}Cs について、平成23年度はすべての海域において原発事故の影響により、原発事故前の平成22年度の2桁程度高い濃度であったが、平成23年度以降、減少傾向にある。J海域においては、海流の影響による海底土の流出入が起きている可能性が考えられる。なお、 ^{137}Cs は原発事故以前も検出されていることから、過去の核爆発実験等の影響も含むと考えられる。
- (7) $^{239+240}\text{Pu}$ について、原発事故前後を含めて極端に変動することなく推移していることからおり、検出された $^{239+240}\text{Pu}$ は、過去の核爆発実験等の影響によるものと考えられる。

表1 海底土中の放射性核種濃度

単位：Bq/kg乾土

海域/地点名	採取月	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu
A (久慈沖 2km)	7月	<0.4	3.0 ± 0.1	0.19 ± 0.06	0.25 ± 0.04
	1月	<0.4	3.7 ± 0.1	<0.3	0.27 ± 0.04
G (サイクル工研沖8km)	7月	<0.4	3.9 ± 0.1	<0.3	0.46 ± 0.08
	1月	0.44 ± 0.1	8.1 ± 0.2	<0.3	0.47 ± 0.06
I (阿字ヶ浦沖4km)	7月	0.90 ± 0.1	11 ± 0.2	<0.3	0.67 ± 0.07
	1月	0.52 ± 0.09	6.0 ± 0.1	0.24 ± 0.08	0.64 ± 0.05
J (那珂湊沖 2km)	7月	1.4 ± 0.1	21 ± 0.9	<0.3	0.28 ± 0.05
	1月	6.4 ± 0.2	110 ± 0.5	<0.3	0.49 ± 0.04
K (大貫沖 2km)	7月	<0.4	2.8 ± 0.1	<0.3	0.36 ± 0.04
	1月	<0.5	2.7 ± 0.1	0.33 ± 0.09	0.31 ± 0.05
P (再処理放出口周辺)	7月	0.80 ± 0.09	11 ± 0.1	<0.3	0.41 ± 0.03
	1月	0.47 ± 0.1	8.9 ± 0.2	<0.3	0.37 ± 0.03
T1 (大洗海岸)	7月	<0.3	1.3 ± 0.08	<0.3	0.30 ± 0.03
	1月	<0.4	1.3 ± 0.1	—	—

(注) A, G, I, J, K海域の¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ²³⁹⁺²⁴⁰Puについては、2地点の平均値。詳細データは附表V-25, 附表V-26を参照

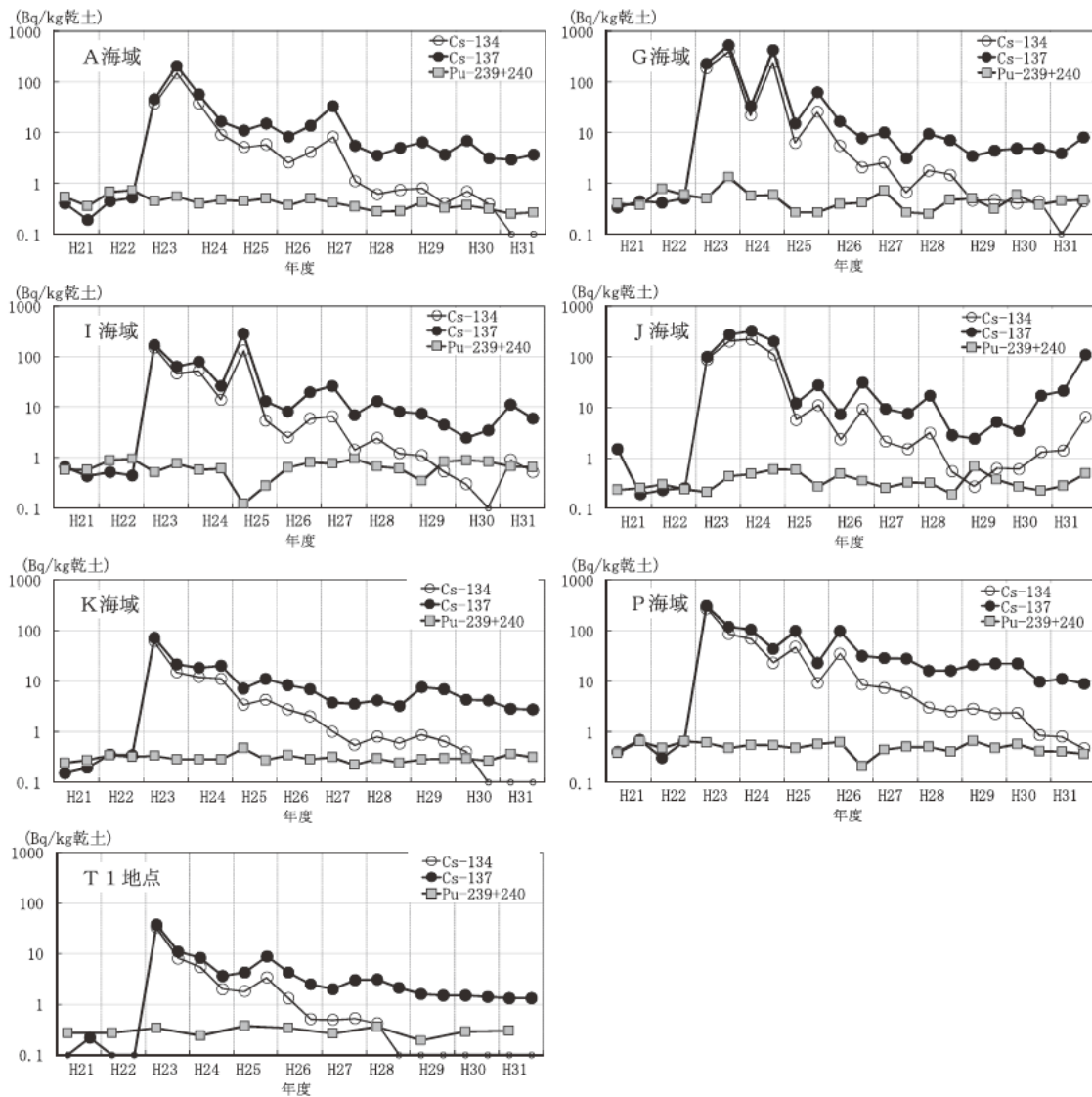


図1 海底土中の¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs及び²³⁹⁺²⁴⁰Pu濃度の経年変化

(注) ¹³⁴Csは、平成23年度から記載。

グラフの見やすさを考慮して、検出限界値未満は0.1Bq/kg乾土とし、マーカーを小さくした。

2-12 原子力施設排水中の放射性核種濃度

1 調査方法

1.1 採取排水溝及び頻度

採取排水溝	採取頻度	採取方法
原科研第1, 原科研第2, 原科研第3*, 機構大洗, 原電東海, 原電東海第二, サイクル工研第1, 再処理施設(注)*, JCO, 三菱原燃, 原燃工, 積水メディカル	月2回	当センター職員又は当センター職員の立会いの下, 事業者が排水溝で採取(一部, 東海村の協力を得て, 採取)
サイクル工研第2*, NDC	月1回	

(注) 再処理施設: サイクル工研再処理施設

*原科研第3, 再処理施設, サイクル工研第2については, 放流時に事業者が排水溝で採取

1.2 測定方法

13排水溝の全 β については, 試料0.3~1Lを加熱濃縮後, 1インチ又は2インチステンレス皿に移して蒸発乾固したものを低BGガスフロー計数装置(ミリオンテクノロジーズ・キャンベラS5XLB)を用いて測定した。積水メディカルの排水については, ^{14}C の寄与分を除くため, アルミ吸収板(厚さ0.15mm)を載せて測定した。

8排水溝については, 2L又は上記の蒸発乾固した試料をGe半導体検出器(SEIKO EG&G製GEM40-70-S, キャンベラ製GC-4018, GX-3018)を用いて測定した。また, 1排水溝については ^{131}I 測定のため, 試料700mlをV5容器に入れ, Ge半導体検出器を用いて測定した。

そのほか, 4排水溝のU(α)については試料100ml又は200mlを溶媒抽出後, 2排水溝のPu(α)については試料200mlをイオン交換法により分離・精製後, ステンレス鋼板上に電着し, シリコン半導体検出器(キャンベラ製Alpha Analyst 7200-08)を用いて α 線を測定した。3排水溝については, 試料を常圧蒸留し, 低BG液体シンチレーションシステム(アロカ製LSC-LB5B, 日立アロカメディカル製LSC-LB7)を用いてトリチウムの β 線を測定した。2排水溝については, 5Cろ紙を用いて吸引ろ過後, 低BG液体シンチレーションシステム(アロカ製LSC-LB5B, 日立アロカメディカル製LSC-LB7)を用いてトリチウム及び ^{14}C の β 線を測定した。

2 結果の概要

- (1) 各排水溝における全 β 放射能の測定結果を表1に示した。全ての排水溝において, 茨城県東海地区環境放射線監視委員会が定めた判断基準(再処理施設については, 再処理排水に係わる低減化目標値)を十分に下回っていた。
- (2) 各排水溝における放射性核種濃度の測定結果を表2に示した。全ての排水溝において, 排出基準(試験研究の用に供する原子炉等の設置, 運転等に関する規則等の規定に基づき, 線量限度等を定める告示における排液中または排水中の濃度限度。再処理施設については, 原子力機構サイクル工研再処理施設保安規定で定められた最大放出濃度。)を十分に下回っていた。
- (3) 複数の排水溝において, ^{137}Cs が検出された。機構大洗については, 施設の稼働状況から原発事故の影響であると考えられる。NDC及び再処理施設については, 原発事故前と同等レベルであり, 排出基準を十分に下回っていた。

表1 排水中の全β放射能濃度

単位：Bq/L

排水溝	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	判断基準
原科研第1	0.27	0.13	0.25	0.09	0.12	0.16	0.13	0.13	0.08	0.05	0.10	0.11	20
	0.15	0.12	0.26	0.12	0.13	0.13	0.10	0.12	0.15	0.17	0.17	0.09	
原科研第2	0.10	0.12	0.19	0.07	0.17	0.11	0.12	0.14	0.12	0.08	0.11	0.11	20
	0.19	0.20	0.17	0.16	0.19	0.11	0.09	0.13	0.11	0.08	0.11	0.15	
原科研第3	0.13	0.12	0.12	0.08	0.09	0.10	0.12	0.05	0.09	0.08	0.08	0.10	20
	-	0.21	-	-	-	0.05	0.09	-	0.08	-	0.21	-	
機構大洗	0.15	0.18	0.29	0.23	0.34	0.20	0.19	0.08	0.14	0.11	0.09	0.08	20
	0.21	0.21	0.28	0.12	0.24	0.12	0.17	0.13	0.17	0.20	0.12	0.09	
サイクル工研第1	0.81	0.40	0.41	0.33	0.44	0.31	0.33	0.31	0.29	0.48	0.46	0.30	20
	0.36	0.51	0.43	0.35	0.36	0.27	0.32	0.30	0.43	0.49	0.47	0.52	
サイクル工研第2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.18	20
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
三菱原燃	0.70	1.09	0.46	0.44	0.46	0.60	0.29	0.20	0.94	0.18	0.33	0.31	20
	0.57	0.69	0.42	0.44	0.28	0.37	0.63	0.41	0.34	0.24	0.25	-	
原燃工	0.57	0.60	0.78	0.22	0.37	0.26	0.22	0.31	0.35	0.52	0.39	0.36	20
	0.70	-	0.67	0.18	0.29	0.85	0.23	0.29	0.40	-	0.34	-	
JCO	0.96	0.27	0.22	0.41	0.54	0.18	0.18	0.28	0.21	0.20	0.11	0.18	20
	0.44	0.32	0.20	0.20	0.23	0.27	0.41	0.18	0.19	0.20	0.17	0.41	
NDC	-	-	1.18	0.66	0.59	0.53	0.30	-	0.59	-	-	1.24	20
積水メディカル	0.31	0.97	0.22	0.17	0.27	0.34	0.70	0.16	0.35	0.36	0.23	0.29	20
	0.36	0.25	0.22	0.22	0.29	0.40	0.50	0.37	0.15	0.28	0.23	0.29	
再処理施設	0.87	0.45	-	-	0.64	1.67	2.02	1.69	1.32	-	-	0.65	10,000
	0.21	-	-	-	-	2.85	-	-	-	-	-	0.37	

(注) ・ 「-」は放出なし

表2 排水中の主な放射性核種濃度

排水溝	核種	単位：Bq/L												月平均の 排出基準	
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月		
原科研第1	⁶⁰ Co	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	200
	³ H	1.1 140	0.92 5.2	58 *	460 280	1,500 1,900	6.3 0.70	6.3 0.46	990 1,600	0.49 *	0.47 560	1.1 470	1.8 0.61	60,000	
原科研第2	⁶⁰ Co	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	200	
	¹³⁴ Cs	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	60	
	¹³⁷ Cs	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	90	
	⁶⁰ Co	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	200	
サイクル工研第2	U(α)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0086	20	
	Pu(α)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	
機構大洗	³ H	0.98 0.52	0.39 0.39	7.3 *	* 18	0.37 *	0.54 1.4	0.61 0.44	0.41 0.43	* *	0.42 *	0.47 0.76	1.0 0.74	60,000	
	⁶⁰ Co	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	200	
	¹³⁴ Cs	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	60	
	¹³⁷ Cs	*	*	*	*	0.049	*	*	*	*	*	*	*	90	
	⁶⁰ Co	*	*	*	*	0.053	*	*	*	*	*	*	*	90	
原電東海	⁶⁰ Co	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	200	
	¹³⁴ Cs	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	60	
	¹³⁷ Cs	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	90	
	⁶⁰ Co	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	200	
原電東海第二	³ H	* 0.41	* *	* *	* *	* *	* *	* *	0.37 *	* *	* *	0.39 *	0.36 0.43	60,000	
	⁶⁰ Co	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	200	
	¹³⁴ Cs	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	60	
	¹³⁷ Cs	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	90	
	⁶⁰ Co	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	200	
JCO	U(α)	0.029	0.069	0.062	0.077	0.091	0.048	0.12	0.069	0.040	0.042	0.067	0.040	20	
三菱原燃	U(α)	0.91	0.29	0.48	0.23	0.18	0.076	0.23	0.094	2.7	0.23	0.17	0.31	20	
原燃工	U(α)	0.048	0.013	0.016	0.014	0.024	0.030	0.031	0.025	0.016	0.021	0.014	0.016	20	
NDC	⁶⁰ Co	-	-	0.58	0.25	0.48	0.34	0.22	-	0.41	-	-	0.99	200	
	⁵⁸ Co	-	-	*	*	*	*	*	-	*	-	-	*	1,000	
	¹³⁴ Cs	-	-	*	*	*	*	*	-	*	-	-	*	60	
	¹³⁷ Cs	-	-	0.33	0.30	0.24	0.17	0.11	-	0.19	-	-	0.49	90	
積水メディカル	³ H	* (Bq/cm ³)	0.83 0.87	0.48 7.3	0.30 0.29	0.42 0.32	0.37 0.41	0.57 0.45	0.49 0.68	0.32 0.41	0.36 0.41	0.43 0.34	0.26 0.31	20 (Bq/cm ³)	
	¹⁴ C	1.0 (Bq/cm ³)	1.4 0.46	1.0 0.75	0.72 0.75	0.53 0.73	0.62 0.79	1.1 1.2	1.4 1.2	0.85 0.68	0.62 0.59	0.85 0.68	0.60 0.50	2 (Bq/cm ³)	
	³ H	8.0 (Bq/cm ³)	4.1 -	- -	- -	0.94 -	9.1 15	22 -	13 -	9.6 -	- -	- -	2.5 3.4	25,000 (Bq/cm ³)	
	¹³¹ I	*	*	-	-	*	*	*	*	*	-	-	*	1,600	
	¹³⁴ Cs	*	*	-	-	*	*	*	*	*	-	-	*	850	
再処理施設	¹³⁷ Cs	*	*	-	-	0.22	0.52	0.66	0.31	0.26	-	-	0.17	780	
	⁶⁰ Co	*	*	-	-	-	0.63	-	-	-	-	-	*	780	
	Pu(α)	0.0083	0.012	-	-	0.0058	0.014	0.0079	0.010	0.014	-	-	0.029	30	
		0.0098	-	-	-	-	0.011	-	-	-	-	-	0.014	30	

(注)・「-」は放出なし

・「*」は検出限界値未満

・積水メディカルの³H(トリチウム)及び¹⁴C,再処理施設の³Hのみ,単位が「Bq/cm³」

2-13 放射能分析確認調査

1 目的

放射能分析確認調査は、環境放射線監視センター(以下「センター」という。)と分析専門機関が相互に放射能測定を行い、結果を比較・検討することにより、また、国家標準とのトレーサビリティが明確な基準器による比較測定による校正を実施することにより、センターが行う放射能分析・放射線測定の信頼性を確認するとともに、センターの分析・測定技術の維持・向上に資することを目的に実施した。

なお、環境放射能水準調査において実施した、分析比較試料による機器校正に係る事項は除いた。

2 調査方法

2.1 実施機関

センター、公益財団法人 日本分析センター(以下「JCAC」という。)

2.2 実施方法

(1) 試料分割法

陸水(河川水)及び海水について、センターが採取・分割した。センターと JCAC はそれぞれ前処理及び分析を行い、その結果を比較・検討した。

(2) 積算線量測定

センター及び JCAC の蛍光ガラス線量計(以下「線量計」という。)を同期間、同地点に設置して、双方の機関で積算線量を測定(分割法)し、結果を比較・検討した。また、JCAC で γ 線照射した線量計をセンターが測定(標準照射法)し、その結果と照射値を比較・検討した。

(3) モニタリングポスト精度管理

国家標準とトレーサビリティのとれた基準電離箱を用いて in-situ 校正を実施した。また、エネルギー特性試験を実施し、センターと JCAC の結果を比較・検討した。

2.3 実施項目

(1) 試料分割法

- γ 線スペクトロメトリー：陸水(河川水)30L
- ^{90}Sr 分析：海水 30L

(2) 積算線量測定

- 分割法：東海中学校に設置した 1 試料
- 標準照射法：JCAC で線量を変えて照射した 2 試料

(3) モニタリングポスト精度管理

- 対象地点：石川 MS
- 対象機器：NaI 線量率計，電離箱線量率計

3 結果の概要

(1) 試料分割法

- 陸水(河川水)

検討基準内で一致しており、一連の操作は適正に実施されていると判断された。

- 海水

^{90}Sr について検討基準内で一致、安定 Sr について検討基準外となった。再調整・測定の結果、検討基準内で一致したことから、試料溶液の希釈、又は測定のばらつきによるものと考えられた。

○ ガンマ線スペクトロメトリー 上欄：センター 下欄：JCAC

試料名	採取場所 採取年月日	¹³⁷ Cs 測定値 (mBq/L)	¹³⁷ Cs 拡張不確かさ (mBq/L)	E _n 数	判定
陸水 (河川水)	東海村 久慈川下流 31. 7. 26	1. 34 ± 0. 39	0. 79	0. 3	基準内
		1. 07 ± 0. 23	0. 48		
		⁴⁰ K 測定値 (mBq/L)	⁴⁰ K 拡張不確かさ (mBq/L)	E _n 数	判定
		59. 9 ± 4. 7	11	0. 8	基準内
		73. 8 ± 4. 5	12		

○ ⁹⁰Sr 分析 上欄：センター(カッコ内は再測定結果) 下欄：JCAC

試料名	採取場所 採取年月日	⁹⁰ Sr 報告値 (mBq/L)	⁹⁰ Sr 拡張不確かさ (mBq/L)	E _n 数	判定
海水	大洗町 大貫沖 31. 7. 25	1. 15 ± 0. 34	0. 69	0. 4	基準内
		0. 838 ± 0. 22	0. 44		
		Sr 報告値 (mBq/L)	Sr 拡張不確かさ (mBq/L)	E _n 数	判定
		7. 03 (6. 78)	0. 25 (0. 24)	1. 1 (0. 7)	要検討
		6. 45	0. 44		

※ カッコ内は、再調整・測定の結果

(2) 積算線量測定

測定結果は検討基準内で一致しており、測定の一連の操作について適正であると判断された。

○ 分割法

- ・ センター測定データ

設置場所	再生 処理日	登録日	設置期間	測定日	積算線量値	不確かさ (%)	E _n 数
東海中学校	31. 9. 17	31. 9. 18	31. 9. 19~31. 12. 18	31. 12. 20	151 μ Gy/90 日	7. 2	0. 1
比較対照用	31. 9. 17	31. 9. 18	31. 9. 19~31. 12. 18	31. 12. 20	47 μ Gy/90 日		

- ・ JCAC 測定データ

設置場所	再生 処理日	登録日	設置期間	測定日	積算線量値	不確かさ (%)
東海中学校	31. 9. 12	31. 9. 13	31. 9. 19~31. 12. 18	31. 12. 24	155 μ Gy/90 日	3. 2
比較対照用	31. 9. 12	31. 9. 13	31. 9. 19~31. 12. 18	31. 12. 24	49 μ Gy/90 日	
運搬時被ばく確認(往)	31. 9. 12	31. 9. 13	—	31. 9. 25	16 μ Gy	
運搬時被ばく確認(複)	31. 12. 12	31. 12. 12	—	31. 12. 24	14 μ Gy	

○ 標準照射法

照射種別	再生 処理日	登録日	測定日	測定線量値	不確かさ (%)	照射線量値	不確かさ (%)	E _n 数
低線量	31. 11. 14	31. 11. 15	31. 11. 21	97 μ Gy	3. 5	102 μ Gy	0. 97	0. 7
高線量	31. 11. 14	31. 11. 15	31. 11. 21	195 μ Gy		204 μ Gy		0. 6

(3) モニタリングポスト精度管理

in-situ 校正について、国家標準とトレーサブルナ基準電離箱に対して、NaI 線量率計の校正定数が 0.98、電離箱線量率計の校正定数が 1.00 と良好な結果であった。

エネルギー特性試験について、国家標準とトレーサブルナ基準電離箱と比較し、NaI 線量率計は良好な結果であった。一方、電離箱線量率計の低エネルギー(²⁴¹Am:60keV)において、0.68 となったため、次の追加調査を行った。

イ 正味値の比較

電離箱線量率計に係るテレメータ出力値*は、高エネルギー帯にスケールを合わせているため、平常レベルの空気吸収線量率では、見た目数 nGy/h の差が生じることから、²⁴¹Am γ 線源による照射を行い、取り得る最大及び最小のテレメータ出力値を、本対象地点を含む 5 地点において基準値と比較した。

※ MP 測定部の応答が極端に遅いため、今回の調査全般においてテレメータ出力値を参照した。

ロ 調査結果

0.40~1.21 のエネルギー特性を得られた。すなわち、当初のエネルギー特性試験で得られた結果と真のバックグラウンドを考慮すると、その平均的な結果を得ることになると推測される。また、今回の照射値が小さいこと、並びに取得データが 10 分間と少ないことから、結果がばらつくことを加味すると、当初得られたエネルギー特性 0.68 は、性能的にエネルギー特性が低いという判断にはならないと考えられる。

○ in-situ 校正

対象機器	核種	線量率 (μ Gy/h)	校正定数	不確かさ (K=2) (%)
NaI 線量率計	¹³⁷ Cs (660keV)	0.82	0.98	7.5
電離箱線量率計			1.00	

○ エネルギー特性試験

・ NaI 線量率計

核種	センター	JCAC	比較値* (センター/JCAC)	エネルギー特性 (¹³⁷ Cs で規格化)
²⁴¹ Am (60keV)	0.0463	0.0563	0.82	0.81
⁵⁷ Co (124keV)	0.149	0.133	1.12	1.10
¹³³ Ba (340keV)	0.411	0.389	1.06	1.04
¹³⁷ Cs (660keV)	0.840	0.823	1.02	1.00

・ 電離箱線量率計

核種	センター	JCAC	比較値* (センター/JCAC)	エネルギー特性 (¹³⁷ Cs で規格化)
²⁴¹ Am (60keV)	0.0382	0.0563	0.68	0.68
⁵⁷ Co (124keV)	0.128	0.133	0.96	1.96
¹³³ Ba (340keV)	0.380	0.389	0.98	0.97
¹³⁷ Cs (660keV)	0.826	0.823	1.00	1.00

※基準：20%以内

3 調査研究以外の活動

3-1 茨城県東海地区環境放射線監視委員会に係る業務

茨城県東海地区環境放射線監視委員会は、東海・大洗地区の原子力施設周辺の放射線や放射能の影響を評価するため、環境放射線監視計画を定めている。同計画に基づき、原子力事業所及び当センターが分担して、原子力施設から放出される放射性物質の状況や環境における放射線及び放射能の分析測定を行い、四半期毎に同委員会に報告している。当センターは、この計画の中核機関として多くの項目を受け持ち、分析測定及び報告を行っている。

また、委員会及びその下部組織の評価部会及び調査部会の構成メンバーとしても、それぞれセンター長及び放射能部長が参画しており、さらに事務局の一部を担当し活動している。

1 監視委員会への測定データの報告

監視計画に従い、当センターの測定結果について、四半期毎に分析・測定し、監視委員会事務局である原子力安全対策課へ報告した。

空間線量率連続測定(MS)	756 件
空間線量率測定(定点サーベイ)	44 件
空間線量測定(積算線量計)	108 件
環境試料測定	397 件
排水測定	594 件
排水連続測定	48 件
合計	1947 件

2 評価部会での活動

四半期毎に開催される評価部会において、当センター長が部会長として活動した。評価部会は監視結果の評価検討を行い、監視委員会への報告書を取りまとめた。

当センター職員は、事務局の一員として出席した。

開催日：令和元年7月19日、10月9日、12月19日

※例年3月頃に開催している令和元年度4回目の評価部会については、新型コロナウイルス感染症対策により開催延期

3 監視委員会での活動

センター長が評価部会長として半期毎に評価部会報告書に基づき評価結果を監視委員会で報告し、了承された。当センター職員は、事務局の一員として出席した。

開催日：令和元年8月26日、令和2年2月20日

4 調査部会での活動

当センターの放射能部長が専門員として、監視計画の見直し等についての検討に、放射能分析・測定機関の立場から参画している。

開催日：令和2年1月30日、2月14日

(参考)

1 茨城県東海地区環境放射線監視委員会

東海地区及び大洗地区における原子力施設周辺の放射線監視を民主的に行うため設置され、メンバーは副知事、関係市町村長、同議長、県議会議員、学識経験者などで構成され、監視計画の策定、半期毎の放射線監視結果の評価や評価結果の公表などを行っている。

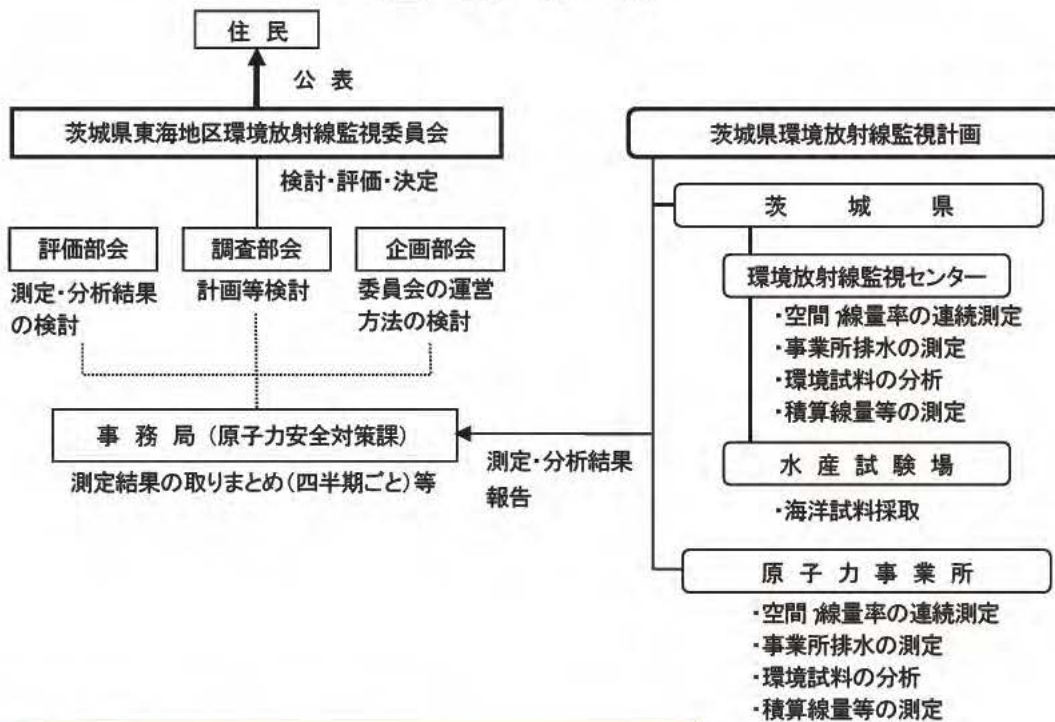
2 評価部会

監視委員会の下部組織で、学識経験者、関係市町村長の推薦する者、県職員などで構成され、四半期毎に監視結果について評価・検討し、監視委員会に報告している。

3 調査部会

監視委員会の下部組織で、学識経験者、県職員などで構成され、主として環境放射線監視計画の企画調整及び環境監視上必要な技術的調査事項について協議検討し監視委員会に報告している。

監視体制



III 資料

1 放射性ストロンチウム分析におけるイオン交換法への転換

桑原 雄宇

1. 経緯

当センターでは、従来から、放射性ストロンチウムの分析に発煙硝酸法を用いてきた。一方、発煙硝酸は、試料と急激に反応したり、廃液の処分に際して特別に注意する必要があるといった試薬の危険性から、平成 21 年以降、イオン交換法への切り替えを検討してきた。

その中で、平成 24 年度、大型カラムの溶離曲線を作成し、適切な溶離液量を決定するとともに、発煙硝酸法とイオン交換法の回収率の違いを調査した^{※1}。次いで、平成 26 年度、平成 26 年度分析確認調査業務において、イオン交換法による海水中 Sr 分析を行い、 E_n 数 <1 と評価された^{※2}。しかし、平成 24 年度は回収率の取得まで、平成 26 年度は分析検体数が 1 検体の調査と、ごく限られた条件であったことから、平成 27 年度に実海水試料($n \geq 12$)を用いて検証しようとしたところ、十分な回収率を得ることができなかった(回収率が低く、必然的に定量下限値が高くなるため、定量下限値は未確認。)

平成 30 年度以降、改めて、Sr と Ca 及び Ba 分離のための 3cm ϕ イオン交換カラム、並びに予備濃縮のための大型イオン交換カラムの溶離曲線を作成するとともに、当センターで取り扱う環境試料のうち、Ca 含有量が多いと推測される土壌・海底土等試料について、Ca 含有量の調査を行うことで、イオン交換法への転換を検討した結果を報告するものである。

なお、以下で用いる分析法は、文部科学省放射能測定法シリーズ 2「放射性ストロンチウム分析法」(平成 15 年改訂)に準じている。

※1 茨城県環境放射線監視センター年報 第 6 号(平成 24 度)

※2 茨城県環境放射線監視センター年報 第 8 号(平成 26 度)

2. 溶離曲線の作成

2. 1 3cm ϕ イオン交換カラム

(1) 目的

放射性 Sr 分析における Sr と Ca 及び Ba の分離のための陽イオン交換について、溶離曲線を作成し、適切な Ca 洗浄液量及び Sr 溶離液量を確認する。

(2) 使用する装置、試薬類等

- カラムサイズ 30 mm ϕ × 樹脂高さ 26cm
- 陽イオン交換樹脂 Dowex 50W \times 8 100-200mesh H 形
- 硝酸ストロンチウム、炭酸カルシウム、塩化バリウム二水和物

(3) 方法

① 模擬試料溶液調製

3cm ϕ カラムの Ca 洗浄能力 5g、並びに環境試料濃度を考慮し、硝酸ストロンチウム、炭酸カルシウム、塩化バリウム二水和物をそれぞれ約 50mgSr、約 5gCa、約 50mgBa となるように塩酸(1+3)に溶解し、蒸発乾固した。乾固物に HCl (1+23) を 450ml 加え、溶解したものを模擬試料溶液とした。

② 模擬試料溶液通液

調製済みの陽イオン交換樹脂を充填した 3cm ϕ カラムに、流速 5ml/min となるように通液した。

③ Ca 洗浄液通液

Ca 洗浄液(15.4%酢酸アンモニウム-メタノール(1+1))1100ml を通液し、200ml 毎に採取(最後のみ 100ml)した。

④ Sr 溶離液通液

Sr 溶離液(15.4%酢酸アンモニウム)600ml を通液し、200ml 毎に採取した。

⑤ 蒸留水通液

蒸留水 100ml を通液し、採取した。

⑥ 再生液通液

HCl (1+1)1500ml を通液し、250ml 毎 2 回、次いで 500ml 毎 2 回採取した。

⑦ ICP-AES 試料溶液調整

③, ④, ⑤で採取した通液を蒸発乾固した後、HCl1ml を加えて元の容量までメスアップし、10-10000 倍に希釈調整して ICP-AES 試料溶液とした。

⑧ ICP-AES による濃度測定

⑦で調製した試料溶液を ICP-AES で測定した結果を溶離曲線の元データとした。

(4) 結果

Ca, Sr, Ba の残存率 (%) は表 1, 溶離曲線は図 1 のとおりであり、Ca 洗浄液量及び Sr 溶離液量は次のとおりと判断した。

Ca 洗浄液量 : 1100ml

Sr 溶離液量 : 600ml (通液量に対して回収率約 90%)

Ba : Sr 溶離液中への混入は認められない。

表 1 Ca, Sr, Ba の残存率 (%)

試料量 (mL)	通液量 (mL)	カラム①			カラム②			カラム③			通過液種類	
		Ca (%)	Sr (%)	Ba (%)	Ca (%)	Sr (%)	Ba (%)	Ca (%)	Sr (%)	Ba (%)		
1	200	200	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	Ca 洗浄 (溶離液A)
2	200	400	57.46	0.10	0.00	62.06	0.23	0.00	61.66	0.06	0.00	
3	200	600	37.24	0.77	0.01	33.31	1.39	0.02	34.20	0.65	0.00	
4	200	800	4.92	1.56	0.01	4.32	2.19	0.00	3.92	1.46	0.00	
5	200	1000	0.33	3.06	0.00	0.28	3.76	0.00	0.18	3.11	0.00	
6	100	1100	0.01	2.74	0.00	0.00	2.86	0.00	0.01	2.87	0.00	
7	200	1300	0.00	28.70	0.00	0.00	34.10	0.00	0.00	32.68	0.02	Sr 溶離 (溶離液B)
8	200	1500	0.00	46.75	0.04	0.00	44.73	0.13	0.00	47.00	0.00	
9	200	1700	0.00	15.15	0.00	0.00	10.59	0.00	0.00	12.39	0.00	
10	100	1800	0.00	0.10	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.08	0.00	純水
11	250	2250	0.01	0.00	1.06	0.00	0.00	4.92	0.00	0.00	0.49	再生 (HCl(1+1))
12	250	2500	0.00	0.00	42.42	0.00	0.00	39.81	0.00	0.00	40.29	
13	500	2550	0.00	0.00	95.84	0.00	0.00	64.85	0.01	0.00	58.22	
14	500	2800	0.00	0.00	0.72	0.00	0.00	0.84	0.00	0.00	0.77	

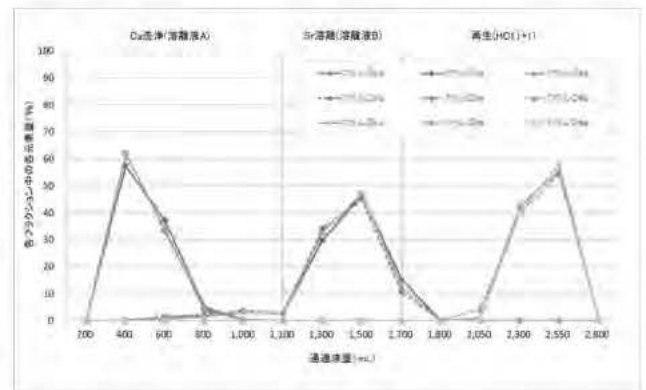


図 1 3cm φイオン交換カラム溶離曲線

2. 2 予備濃縮大型イオン交換カラム

(1) 目的

放射性 Sr 分析における Sr と Ca 及び Mg の分離のため、1 段目のカラム (予備濃縮大型イオン交換カラム) で予備濃縮を行う。当該カラムにおける陽イオン交換について、溶離曲線を作成し、適切な Ca 洗浄液量及び Sr 残存率 (回収率) を確認する。

(2) 使用する装置、試薬類等

- カラムサイズ 90 mm φ × 樹脂高さ 6.5cm
- 陽イオン交換樹脂 Dowex 50W × 8
100-200mesh H 形
- 海水試料 (平成 30 年 7 月度 G, I, J 地点)

(3) 方法

① 試料溶液調製

海水実試料 (10L) を 5C ろ紙でろ過したものを試料溶液とした。

なお、茨城県環境放射線監視計画で定められた検出限界値を担保するため、通常、供試料量を 10L としおり、同量を用いた。

② 模擬試料溶液通液

調製済みの陽イオン交換樹脂を充填した予備濃縮大型カラムに、流速 5ml/min とするように通液した。

表 3 Ca 残存量 (g) 及び Sr 残存率 (%)

試料量 (mL)	通液量 (mL)	30-70Q		30-70I		30-70J	
		Ca 残存量 (g)	Sr 残存率 (%)	Ca 残存量 (g)	Sr 残存率 (%)	Ca 残存量 (g)	Sr 残存率 (%)
0	10000	3257.70	99.07	4458.74	99.81	2845.71	99.82
1	100	3219.58	98.94	4429.36	99.72	3827.77	99.82
2	100	3178.75	98.79	4408.93	99.65	3813.32	99.82
3	100	3095.34	98.68	4331.85	99.45	3740.23	99.82
4	100	2924.90	99.27	4183.99	99.17	3586.27	99.81
5	100	2763.18	97.89	4017.24	98.81	3421.94	99.80
6	100	2486.54	97.20	3728.97	98.16	3238.27	99.78
7	100	2031.58	96.04	3202.21	96.65	2796.97	99.69
8	100	1435.55	93.43	2640.27	94.14	2061.99	99.11
9	100	1046.08	88.76	2265.41	91.12	1594.60	97.32
10	100	890.01	86.13	2081.54	87.92	1387.12	96.00
11	100	772.25	82.71	1998.76	84.98	1261.51	94.48
12	100	712.22	79.82	1975.40	82.24	1212.02	92.90
13	100	678.37	77.20	1961.84	78.77	1180.40	91.17
14	100	654.99	74.90	1952.71	77.59	1161.77	89.56
15	100	636.12	72.69	1939.24	75.51	1147.43	87.98
16	100	626.52	70.94	1929.58	73.68	1137.58	86.52
17	100	617.80	69.22	1922.82	71.88	1126.16	85.06
18	100	609.48	67.63	1917.18	70.21	1120.79	83.37
19	100	590.04	66.15	1897.26	68.62	1114.16	82.17
20	100	595.51	64.87	1883.34	66.97	1110.45	81.02

③ Ca 洗浄液通液

Ca 洗浄液(15.4%酢酸アンモニウム-メタノール(1+1))2000ml を通液し, 100ml 毎に採取した。

④ ICP-AES 試料溶液調整

③で採取した通液を蒸発乾固した後, HCl1ml を加えて元の容量までメスアップし, 5-5000 倍に希釈調整して ICP-AES 試料溶液とした。

⑤ ICP-AES による濃度測定

④で調製した試料溶液を ICP-AES で測定した結果を溶離曲線の前データとした。

(4) 結果

Ca 残存量(g)及び Sr 残存率(%)は表 2, 溶離曲線は図 2 のとおりであった。2 段目に使用する 3cm カラムで除去可能なカルシウム量は約 5g であることから, 炭酸塩作成に必要なカルシウム量を 1g 程度と想定し, 予備濃縮大型カラムでより多くの Sr を回収するため, Ca 洗浄液量及び Sr 溶離液量は次のとおりと判断した。

Ca 洗浄液量 : 800ml

Sr 溶離液量 : 2000ml

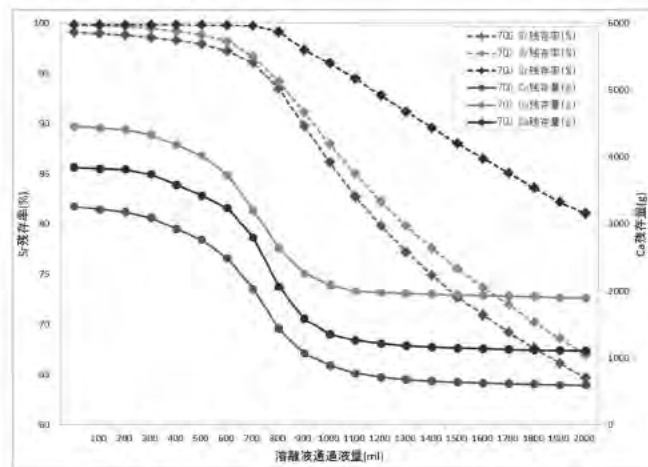


図 2 予備濃縮大型イオン交換カラム溶離曲線

3. 海水中放射性 Sr 分析法のイオン交換法への転換

(1) 目的等

海水試料に対してイオン交換法を適用し, 予備濃縮大型カラム及び 3cm カラムにおいて作成した溶離曲線から判断した洗浄液量等により, 実海水試料における回収率及び検出限界値を確認する。また, 分析工程及び測定結果の妥当性を確認することを目的とする。

(2) 対象試料

平成 30~31 年度の 1 検体(30L), 12 検体(各 10L)の計 13 検体とした。

(3) 結果

① 回収率及び検出限界値

回収率及び検出限界値を表 3 のとおり示した。回収率は, 平均 91.2%であり, 大型カラムの想定回収率 95%, 並びに 3cm カラムの想定回収率 90%を加味した回収率 85.5%(=0.95×0.90)と比較すると, イオン交換以外の分析工程においてロスなく分析できたと言える。また, 検出限界値は, 0.0019~0.0031mg/L(30L 検体を除く)であり, すべての検体で監視計画に定める検出限界値 0.004Bq/L を十分下回ることを確認した。

表 3 海水試料における回収率及び検出限界値

試料名	回収率 (%)	定量下限値 (mg/L)
30-7K1	88.1%	0.0011
30-7K2	90.3%	
30-7K3	89.7%	
31-4A	83.8%	0.0025
31-4G	90.8%	0.0020
31-4I	85.0%	0.0021

試料名	回収率 (%)	定量下限値 (mg/L)
31-4J	94.6	0.0024
31-4K	91.3	0.0019
31-4P	90.9	0.0020
30-10A	95.8	0.0026
30-10G	93.2	0.0020
30-10I	95.5	0.0027
30-10J	91.6	0.0030
30-10K	96.4	0.0031
30-10P	92.7	0.0024

※ 全ての検体で測定値<3×計数誤差となり不検出判定

② E_n 数判定

対象試料のうち、1 検体(30L)については、平成 30 年度に分析専門機関((公財)日本分析センター(JCAC))とのクロスチェック事業で使用した試料と同一であることから、当時の JCAC の結果に対して E_n 数評価を行ったところ、表 4 のとおり E_n 数=0.08 であり、検討基準内で一致したことから、分析工程及び測定結果が妥当であったと言える。以上のことから、海水試料の分析法をイオン交換法へ転換できることが分かった。

$$E_n \text{ 数} = \frac{|\text{分析値} - \text{分析値}_{\text{JCAC}}|}{\text{SQRT}(U^2 - U^2_{\text{JCAC}})}$$

※U: 拡張不確かさ (K=2)

表 4 分析専門機関に対する E_n 数評価

分析機関	⁹⁰ Sr (mBq/L)	拡張不確かさ (mBq/L)	E _n 数
センター	0.91	0.37	0.08
JCAC	0.86	0.48	

4. 陸土・海底土中 Ca 含有量調査

(1) 目的

当センターの分析対象環境試料のうち、陸土・海底土の一部で Ca 含有量が多いということが分かっていることから、経験則により使用する発煙硝酸の量を都度決定してきた。一方、Ca 含有量を定量した経緯はないため、Ca 含有量を把握することで、イオン交換法の適用可否を検討し、発煙硝酸の使用を抑制することを目的とする。

(2) 対象試料及び方法

当センターで保管している平成 26～31 年度の陸土・海底土試料 119 検体を対象とし、ICP-AES を用いて Ca 含有量を定量した。

(3) 結果

Ca 含有量を表 5、図 3 に示した。海底土 I 地点で最大 19,000mg であった他、A, G, J 地点においても Ca 含有量が多く、確実な Ca 除去のためには、2 分割以上する(3cmφカラムの本数を増やす)必要があると確認できた。また、それ以外の検体については、試料を分割することなく、3cmφカラム 1 本でイオン交換法を適用できることが分かった。これらのことから、発煙硝酸の使用を抑制できることがわかった。

表 5 試料種類別 Ca 含有量

試料(検体数)	Ca 含有量	判定※	
海底土 (66 検体)	K, P 地点	960～2,800mg	分割不要。
	A, G, J 地点	2,100～8,300mg	確実な Ca 除去のために 2 分割を要する。
	I 地点	6,000～19,000mg	確実な Ca 除去のために 5 分割を要する。
海岸砂 (10 検体)	1,100～2,300mg	分割不要。	
湖底土 (6 検体)	640～1,200mg	分割不要。	
土壌 (36 検体)	160～1,200mg	分割不要。	

※ 3cmφカラム Ca 除去能力: 5000mg に対して

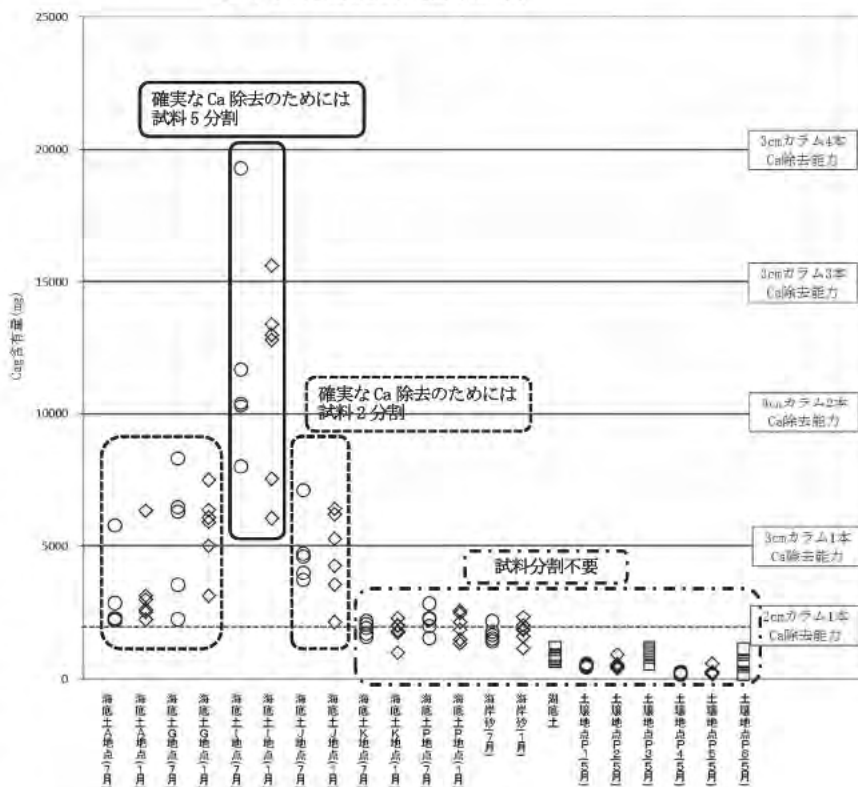


図 3 試料種類別 Ca 含有量

5. 陸土・海底土中放射性 Sr 分析法のイオン交換法への転換

(1) 目的

陸土・海底土に対してイオン交換法を適用し、分析工程及び測定結果の妥当性を確認するとともに、Ca 除去過程に要する時間を短縮することを目的とする。

(2) 対象試料及び分析内容

表 6 に示した Ca 含有量・性状が異なる陸土・海底土 4 試料について、イオン交換法を適用し、Sr-90 を定量した。

(3) 結果

表 7 に示したとおり、回収率は 87～95%であり、精度よく分析できていたと言える。なお、27-7TG, 27-7TP, 30-7TI は不検出, 28-5P3 は、 $0.40 \pm 0.09 \text{ Bq/kg}$ であった。過去報告値を参照すると、27-7TG, 27-7TP, 30-7TI は同様に不検出, 28-5P3 は、過去報告値を真の値と

仮定すると、 E_n 数=0.47 (<1)であり、よく一致していたと言え、分析工程及び測定結果が妥当であったと言える。以上のことから、陸土・海底土の分析法をイオン交換法へ転換できることが分かった。

また、発煙硝酸法では、経験則により 4～6 日程度要していた化学分離工程に対して、イオン交換法では 3 日程度で済むことから、25～50%の分析時間短縮が可能になったと言える。また、同時分析を想定するため、全体を通した分析時間はより短縮可能であると考えられる。

表 6 イオン交換法適用試料

試料名	試料種類	Ca 含有量 (mg) / 供試料 100g	使用カラム数
27-7TG	海底土	約 8,000	2
27-7TP	海底土	約 3,000	1
28-5P3	陸土	約 1,200	1
30-7TI	海底土	約 19,000	5

表 7 イオン交換法による定量結果

試料名	Sr-90 (Bq/kg)	回収率 (%)	過去報告値 (Bq/kg)
27-7TG	N. D. (0.16 ± 0.08)	91	N. D. (0.066 ± 0.05)
27-7TP	N. D. (0.036 ± 0.07)	95	N. D. (0.12 ± 0.05)
28-5P3	0.40 ± 0.09	89	0.52 ± 0.08
30-7TI	N. D. (-0.024 ± 0.06)	87	N. D. (0.044 ± 0.05)

表 8 分析法の違いによる分析時間短縮割合

試料	イオン交換前までの化学分離に要する時間		短縮割合 (イオン交換法 / 発煙硝酸法)
	発煙硝酸法	イオン交換法	
海底土 I 地点	6 日	3 日	50%
海底土 A, G, J 地点	5 日		40%
海底土 K, P 地点	4 日		25%
海岸砂, 湖底土, 土壌	4 日		25%
海水*	4 日		25%

* イオン交換法では、予備濃縮大型カラムを使用。

6. まとめ

- 海水試料について、適切な溶離曲線を作成したことで、イオン交換法による分析が可能となった。
- 陸土・海底土試料について、Ca 含有量を把握したことで、適切なカラム数を用いたイオン交換法による分析が可能となった。
- 以上により、イオン交換法への転換、すなわち発煙硝酸の使用抑制を達成できたと言える。ただし、Ca 含有量が非常に多い海底土 I 地点のみ、分析効率の観点から、発煙硝酸を用いることもあり得るものである。

