

資料2 環境試料の放射化学分析結果

(高度調査解析委託業務)

1 まえがき

平成25年度と26年度は高度調査解析委託業務として、(公財)日本分析センターに委託して環境試料中のプルトニウム (^{238}Pu 、 $^{239+240}\text{Pu}$ 、 ^{239}Pu 、 ^{240}Pu) 及び放射性ストロンチウム (^{90}Sr) の放射化学分析を実施した。

2 分析方法

(1) 試料と分析項目

表1と表2の各々に、平成25年度と26年度に実施した試料と分析項目の一覧を示す。平成25年度は、一部の試料(海藻のアラメ、陸土及び海底土)について、従来行なってきた α 線スペクトロメトリー法をICP-MS法と比較分析した(表1)。その結果、後述するように(表5)、両方法のPu-239+240濃度がよく一致したため、平成26年度はICP-MS法のみで行なった。試料は全て宮城県内で採取したものである。

(2) プルトニウム (^{238}Pu 、 $^{239+240}\text{Pu}$ 、 ^{239}Pu 、 ^{240}Pu) の分析

α 線スペクトロメトリー法では、文部科学省放射能測定法シリーズ12「プルトニウム分析法」を用い、 ^{242}Pu をトレーサーとして添加、イオン交換法で分離、ステンレス板に電着後 α 線スペクトロメーターで測定を行い、 ^{238}Pu 及び $^{239+240}\text{Pu}$ の放射能を求めた。検出器として、ORTEC社製BU-020-450-ASを使用した。

ICP-MS法では、上記の方法で調製した試料溶液をプラズマ中に噴霧し、トレーサーである ^{242}Pu に対する ^{239}Pu 及び ^{240}Pu のイオン強度の比較によって各々の放射能濃度を算出した。装置として、サーモフィッシャーサイエンティフィック社製 finnigan ELEMENT2を使用した。

(3) 放射性ストロンチウム (^{90}Sr) の分析

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」を用い、イオン交換法で分離精製し、 ^{90}Sr のミルキングで生成する ^{90}Y を分離し、低バックグラウンド β 線自動測定装置で放射能測定を行った。計数装置として日立アロカメディカル社製 LBC-471Qを用いた。

表1 平成25年度分析試料及び分析項目一覧

試料名	試料番号	試料採取場所	試料採取日	試料形態	試料受領量	試料受領日	分析項目	
							α線	ICP-MS
カキ	12MP0123	尾浦	24. 11. 30	灰	約 40 g	25. 12. 24	○	
アラメ	13IS0078	放水口付近	25. 8. 12		約 80 g		○	○
	13IS0083	十三浜	25. 8. 28		約 40 g		○	
	13IS0081	宮戸	25. 8. 28		約 40 g		○	
ムラサキイガイ	13IS0010	前面海域	24. 5. 14		約 40 g		○	
陸土	12LS0036	岩出山	24. 6. 13	乾土	約 500 g		○	○
海底土	12SS0116	放水口付近	24. 11. 9		約 500 g		○	○
	12SS0098	気仙沼湾	24. 10. 26		約 500 g		○	○

α線：α線スペクトロメトリーによる²³⁸Pu及び²³⁹⁺²⁴⁰Puの定量

ICP-MS：質量分析装置（ICP-MS）による²³⁹Pu及び²⁴⁰Puの定量

表2 平成26年度分析試料及び分析項目一覧

試料名	試料番号	試料採取場所	試料採取日	試料形態	試料受領量 (g)	試料受領日	分析項目	
							Sr	Pu
陸土	11LS0026	大崎市岩出山	H23. 11. 24		356. 03	H27. 01. 07	○	○
	13LS0033		H25. 06. 11		355. 61		○	○
	14LS0141	宮城県内 (建物屋上)	H26. 12. 01		371. 92		○	○
海底土	11SS0012	女川原発放水口付近	H23. 11. 15	107. 06	—		○	
	12SS0116		H24. 11. 09	261. 11	○		—	
	13SS0119		H25. 11. 13	357. 41	○		○	
	11SS0025	気仙沼湾	H23. 11. 21	101. 82	—	○		
	12SS0098		H24. 10. 26	268. 99	○	—		
11SS0018	鮫浦湾	H23. 11. 15	377. 06	○	○			

Sr：放射化学分析による⁹⁰Srの定量

Pu：質量分析装置（ICP-MS）による²³⁹Pu及び²⁴⁰Puの定量

3 分析結果

表3と表4は、平成25年度に実施したプルトニウム分析の結果であるが、そのうち表3は α 線スペクトロメトリー法、また表4はICP-MS法による結果を示す。後者は前者の試料のうちの代表的なものについて、ICP-MS法によっても分析したものである。

表5は、両方法による分析結果を比較したものである。一番右側の列の値は ^{239}Pu と ^{240}Pu の合計値を示すが、両方法による値はよく一致している。

表6は、平成25年度に実施した放射性ストロンチウム (^{90}Sr) 分析の結果である。陸土からは有意に検出されたが、海底土からは検出されなかった。

表7は、平成26年度に実施したプルトニウム分析の結果である。

表8は、平成25年度と平成26年度に実施した分析結果を試料の種類ごとに整理し、 ^{137}Cs に対する放射能比を算出したものである。2014年度に宮城県内の建物屋上で採取した陸土（沈着物）は、 ^{137}Cs 濃度が高い割には ^{90}Sr やプルトニウム濃度は低く、岩出山の陸土と同程度であった。

図1～図8に、表3の α 線スペクトロメトリー法によるデータの α 線スペクトルを示した。

表3 α 線スペクトロメトリー法によるプルトニウム分析結果（H25）

試料名	試料番号	試料採取場所	試料採取日	測定日	α 線スペクトロメトリー		単位
					^{239}Pu	$^{239+240}\text{Pu}$	
カキ	12MP0123	尾浦	24. 11. 30	26. 3. 12	*	0. 0037 \pm 0. 00046	Bq/kg 生
アラメ	13IS0078	放水口付近	25. 8. 12	26. 3. 12	*	0. 0026 \pm 0. 00054	
	13IS0083	十三浜	25. 8. 28	26. 3. 12	*	0. 0022 \pm 0. 00049	
	13IS0081	宮戸	25. 8. 28	26. 3. 12	*	0. 0020 \pm 0. 00044	
ムラサキイガイ	13IS0010	前面海域	24. 5. 14	26. 3. 12	*	0. 00097 \pm 0. 00022	
陸土	12LS0036	岩出山	24. 6. 13	26. 3. 14	*	0. 029 \pm 0. 0051	Bq/kg 乾土
海底土	12SS0116	放水口付近	24. 11. 9	26. 3. 14	*	0. 33 \pm 0. 021	
	12SS0098	気仙沼湾	24. 10. 26	26. 3. 16	0. 011 \pm 0. 0033	0. 79 \pm 0. 041	

注) 分析結果は、計数値がその計数誤差の3倍を超えるものについて有効数字2桁で表し、それ以下のものについては*で示した。また、誤差は計数誤差のみを示した。

表4 ICP-MS法によるプルトニウム同位体分析結果（H25）

試料名	試料番号	試料採取場所	試料採取日	測定日	質量分析装置（ICP-MS）		単位
					^{239}Pu	^{240}Pu	
アラメ	13IS0078	放水口付近	25. 8. 12	26. 3. 14	0. 0013 \pm 0. 00005	0. 00099 \pm 0. 000050	Bq/kg 生
陸土	12LS0036	岩出山	24. 6. 13	26. 3. 17	0. 026 \pm 0. 0008	0. 013 \pm 0. 0007	Bq/kg 乾土
海底土	12SS0116	放水口付近	24. 11. 9	26. 3. 14	0. 18 \pm 0. 003	0. 16 \pm 0. 003	
	12SS0098	気仙沼湾	24. 10. 26		0. 42 \pm 0. 010	0. 36 \pm 0. 009	

注) 1. 誤差は、繰り返し3回測定における標準偏差である。

表5 2種類の分析方法による²³⁹Puと²⁴⁰Puの濃度の比較 (H25)

放射能濃度単位: Bq/kg

試料名	試料番号	分析方法	²³⁹ Pu	²⁴⁰ Pu	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu
アラメ	13IS0078	α線	—	—	0.0026±0.0005
		ICP-MS	0.0013±0.0001	0.00099±0.00005	0.0023
陸土	12LS0036	α線	—	—	0.029±0.005
		ICP-MS	0.026±0.001	0.013±0.001	0.039
海底土	12SS0116	α線	—	—	0.33±0.02
		ICP-MS	0.18±0.00	0.16±0.00	0.34
海底土	12SS0098	α線	—	—	0.79±0.04
		ICP-MS	0.42±0.01	0.36±0.01	0.78

(注) α線: α線スペクトロメトリー法

表6 Sr-90の分析結果 (H26)

試料名	試料番号	試料採取場所	試料採取日	測定日	放射化学分析	単位
					⁹⁰ Sr	
陸土	11LS0026	大崎市岩出山	H23. 11. 24	H27. 02. 18	1.9±0.16	Bq/kg 乾土
	13LS0033		H25. 06. 11		H27. 02. 19	
	14LS0141	宮城県内 (建物屋上)	H26. 12. 01		2.4±0.18	
海底土	12SS0116	女川原発 放水口付近	H24. 11. 09	H27. 02. 18	*	
	13SS0119		H25. 11. 13		*	
	12SS0098	気仙沼湾	H24. 10. 26		*	
	11SS0018	鮫浦湾	H23. 11. 15		*	

注) 1. 分析結果は、計数値がその計数誤差の3倍を超えるものについて有効数字2桁で表し、それ以下のものについては*で示した。また、誤差は計数誤差のみを示した。

2. 分析結果は、試料採取日に減衰補正した。

表7 ICP-MS法によるプルトニウム同位体分析結果 (H26)

試料名	試料番号	試料採取場所	試料採取日	測定日	²³⁹ Pu	²⁴⁰ Pu	単位
陸土	11LS0026	大崎市岩出山	H23. 11. 24	H27. 03. 06	0.060 ± 0.0003	0.037 ± 0.0007	Bq/kg 乾土
	13LS0033		H25. 06. 11		0.052 ± 0.0005	0.032 ± 0.0008	
	14LS0141	宮城県内 (建物屋上)	H26. 12. 01		0.067 ± 0.0015	0.045 ± 0.0018	
海底土	11SS0012	女川原発 放水口付近	H23. 11. 15		0.15 ± 0.0007	0.14 ± 0.001	
	13SS0119		H25. 11. 13		0.27 ± 0.007	0.24 ± 0.007	
	11SS0025	気仙沼湾	H23. 11. 21		0.67 ± 0.001	0.57 ± 0.004	
	11SS0018	鮫浦湾	H23. 11. 15		0.13 ± 0.0009	0.11 ± 0.001	

注) 誤差は、繰り返し3回測定における標準偏差である。

表8 ¹³⁷Cs、⁹⁰Sr、²³⁹Pu及び²⁴⁰Puの放射能濃度の比較

試料種類	採取場所	採取年月日	試料番号	濃度 (Bq/kg乾燥土, kg生)				放射能比		
				¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	²³⁹ Pu	²⁴⁰ Pu	⁹⁰ Sr/ ¹³⁷ Cs	²³⁹ Pu/ ¹³⁷ Cs	²⁴⁰ Pu/ ¹³⁷ Cs
陸土	大崎市岩出山	2011.11.24	11LS0026	480	1.9	0.060	0.037	0.004	0.0001	0.0001
陸土	大崎市岩出山	2012.6.13	12LS0036	161		0.026	0.013		0.0002	0.0001
陸土	大崎市岩出山	2013.6.11	13LS0033	632	1.1	0.052	0.032	0.002	0.0001	0.0001
陸土	宮城県内 (建物屋上)	2014.12.1	14LS0141	44100	2.4	0.067	0.045	0.00005	0.000002	0.000001
海底土	女川原発放水口付近	2011.11.15	11SS0012	7		0.15	0.14		0.02	0.02
海底土	女川原発放水口付近	2012.11.9	12SS0116	5.2		0.18	0.16		0.03	0.03
海底土	女川原発放水口付近	2013.11.13	13SS0119	10		0.27	0.24		0.03	0.02
海底土	気仙沼湾	2011.11.21	11SS0025	110		0.67	0.57		0.006	0.005
海底土	気仙沼湾	2012.10.26	12SS0098	13.2		0.42	0.36		0.03	0.03
海底土	鮫浦湾	2011.11.15	11SS0018	75		0.13	0.11		0.002	0.001
アラメ	女川原発放水口付近	2013.8.12	13IS0078	0.10	N.D.	0.0013	0.001		0.01	0.01

分析試料：カキ

尾浦 (12MP0123)

核種	Bq/kg生	(Bq/sample)	Peak (ch)	Peak (Counts)	B. G.	検出下限値 (Bq/kg生)
Pu-242			492	779	3	
★ Pu-239+240	3.74302E-3 ±4.62754E-4	3.09454E-3 ±3.82582E-4	551	72	1	5.08629E-4
Pu-238	1.04335E-4 ±7.38710E-5	8.62591E-5 ±6.10728E-5	628	2	0	5.21676E-4

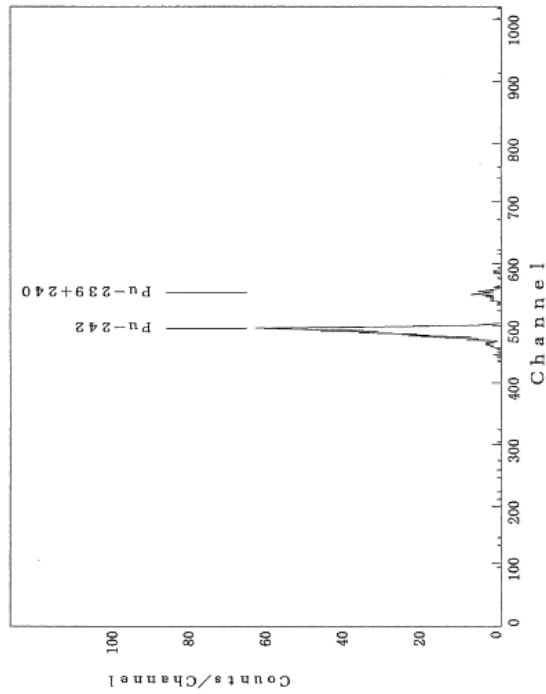


図1 カキ (尾浦) のα線スペクトル (H25)

分析試料：アラメ

放水口付近 (13IS0078)

核種	Bq/kg生	(Bq/sample)	Peak (ch)	Peak (Counts)	B. G.	検出下限値 (Bq/kg生)
Pu-242			492	659	1	
★ Pu-239+240	2.55077E-3 ±5.42330E-4	1.19740E-3 ±2.54584E-4	553	24	2	1.13969E-3
Pu-238	-5.42942E-5 ±3.84501E-5	-2.54871E-5 ±1.80494E-5	634	0	2	1.13969E-3

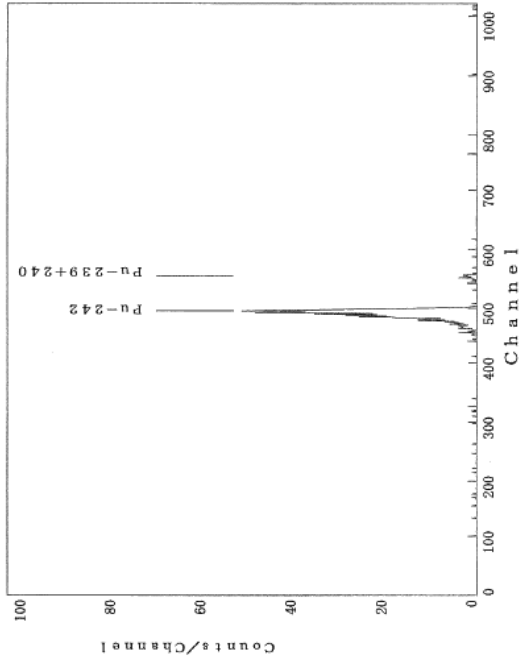


図2 アラメ (放水口付近) のα線スペクトル (H25)

試料：アラメ

十三浜 (13IS0083)

核種	Bq/kg生	(Bq/sample)	Peak (ch)	Peak (Counts)	B. G.	検出下限値 (Bq/kg生)
Pu-242			488	706	1	
★ Pu-239+240	2.19629E-3 ±4.92754E-4	9.86859E-4 ±2.21409E-4	544	21	1	1.03198E-3
Pu-238	7.93734E-5 ±1.09147E-4	3.56649E-5 ±4.90430E-5	617	1	1	1.03198E-3

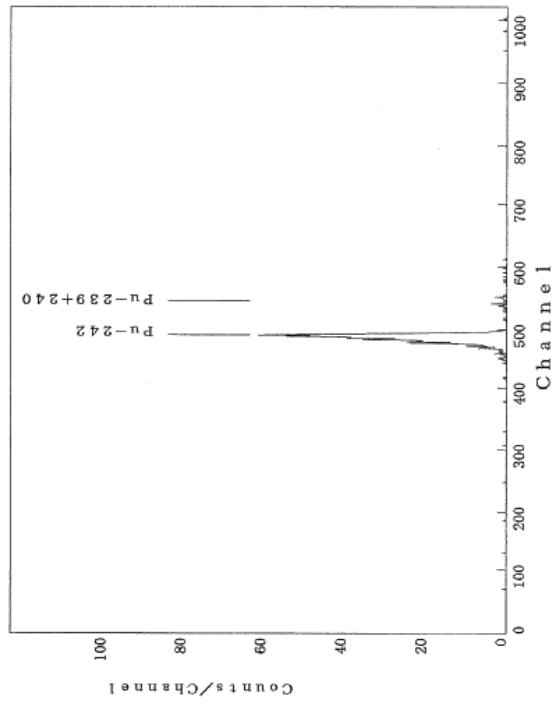


図3 アラメ (十三浜) のα線スペクトル (H25)

分析試料：アラメ

宮戸 (13IS0081)

核種	Bq/kg生	(Bq/sample)	Peak (ch)	Peak (Counts)	B. G.	検出下限値 (Bq/kg生)
Pu-242			485	725	2	
★ Pu-239+240	1.95336E-3 ±4.42779E-4	9.26584E-4 ±2.10034E-4	542	20	0	9.76682E-4
Pu-238	2.43864E-5 ±1.06442E-4	1.15678E-5 ±5.04913E-5	617	1	3	1.00107E-3

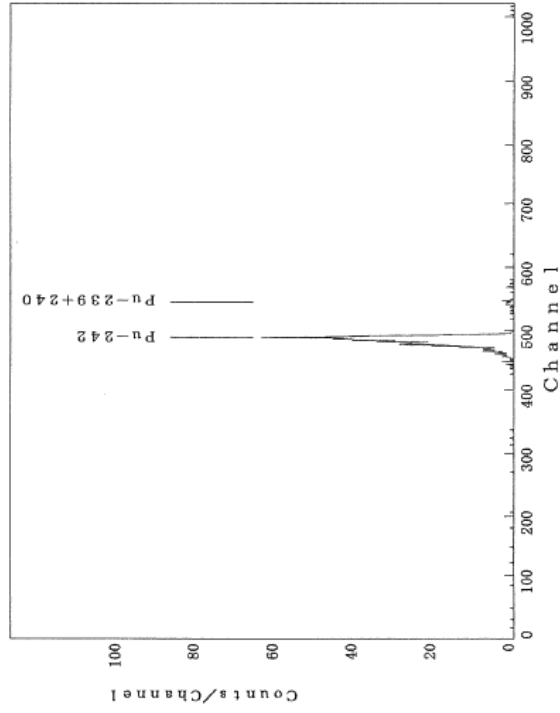


図4 アラメ (宮戸) のα線スペクトル (H25)

分析試料：ムラサキイガイ

前面海域(13IS0010)

核種	Bq/kg生	(Bq/sample)	Peak (ch)	Peak (Counts)	B. C.	検出下限値 (Bq/kg生)
Pu-242			485	775	4	
★ Pu-239+240	9.6625E-4 ±2.19268E-4	8.88995E-4 ±2.01867E-4	543	21	2	4.94583E-4
Pu-238	-1.17810E-5 ±1.17887E-5	-1.08461E-5 ±1.08531E-5	620	0	1	4.59200E-4

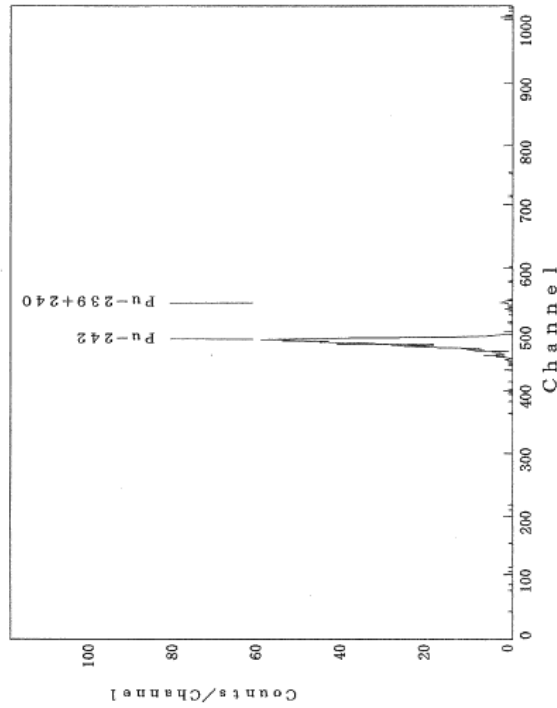


図5 ムラサキイガイ (前面海域) のα線スペクトル (H25)

分析試料：陸土

岩出山(12LS0036)

核種	Bq/kg乾土	(Bq/sample)	Peak (ch)	Peak (Counts)	B. C.	検出下限値 (Bq/kg乾土)
Pu-242			512	787	1	
★ Pu-239+240	2.94172E-2 ±5.08183E-3	1.49322E-3 ±2.57954E-4	572	35	0	8.40490E-3
Pu-238	2.31125E-3 ±1.47318E-3	1.17319E-4 ±7.47786E-5	651	3	1	8.19468E-3

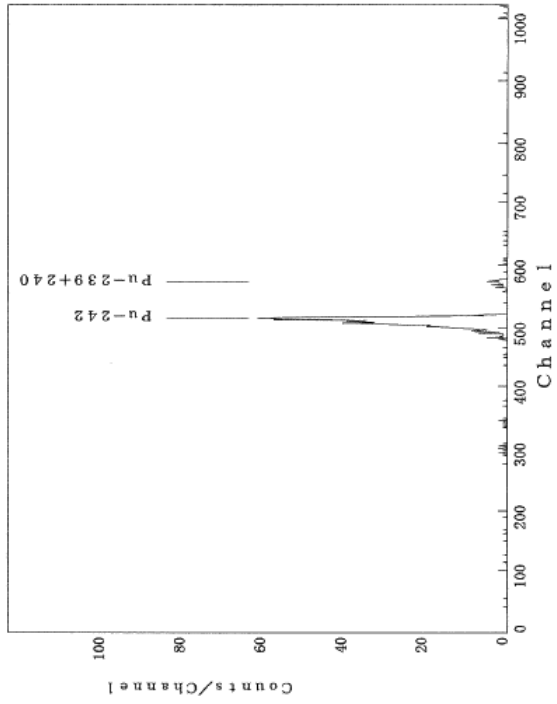


図6 陸土 (岩出山) のα線スペクトル (H25)

分析試料：海底土

放水口付近(12SS0116)

核種	Bq/kg乾土	(Bq/sample)	Peak (ch)	Peak (Counts)	B. G.	検出下限値 (Bq/kg乾土)
Pu-242			571	742	3	
★ Pu-239+240	3.34459E-1 ±2.12357E-2	1.68902E-2 ±1.07240E-3	635	373	0	8.96674E-3
Pu-238	5.38004E-3 ±2.20527E-3	2.71692E-4 ±1.11366E-4	721	6	0	8.96674E-3

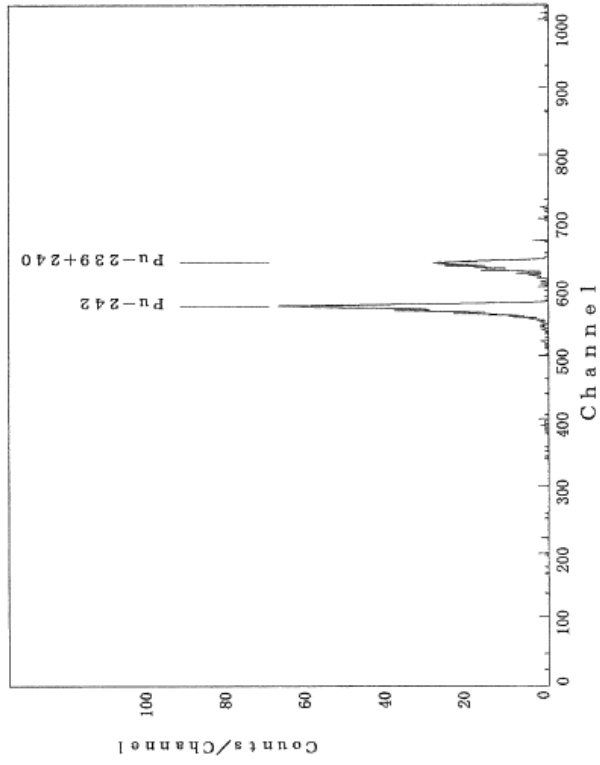


図7 海底土 (放水口付近) のα線スペクトル (H25)

分析試料：海底土

気仙沼湾(12SS0098)

核種	Bq/kg乾土	(Bq/sample)	Peak (ch)	Peak (Counts)	B. G.	検出下限値 (Bq/kg乾土)
Pu-242			495	698	2	
★ Pu-239+240	7.93521E-1 ±4.05637E-2	4.08981E-2 ±2.09066E-3	556	850	1	9.02781E-3
★ Pu-238	1.12070E-2 ±3.26284E-3	5.77611E-4 ±1.68172E-4	638	12	0	9.33920E-3

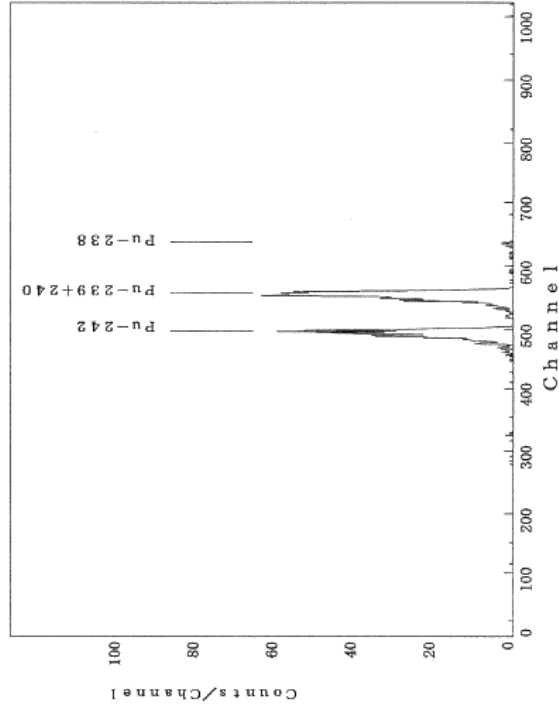


図8 海底土 (気仙沼湾) のα線スペクトル (H25)

資料3 環境放射線監視センター（原子力センター新庁舎）の建設

I はじめに

先に報告したように¹⁾、女川町にあった原子力センターが2011年3月11日の東日本大震災に伴う大津波によって被災して使用不能になったため、施設を再建することとなった。他県の類似施設も参考にして設計し²⁾、2014年度に建設が終了したためその概要を記すものである。

II 建設に際しての考え方

震災後の仮庁舎における業務では分析・測定業務に多大な支障をきたしていたため復旧が急がれたこと、建設用地の確保、及び福島第一原発事故に伴う宮城県南部の放射線監視の必要性の観点から仙台市内に建設することとした³⁾。立地条件としては、放射線施設を有するため災害の恐れが少ないことが必須であった。

施設内の部屋の配置として、試料や機器の搬入の容易さ、漏水対策、重量物対策等のため、実験室関係は主に1階に配置し、事務室を2階に配置した。

建設に当たっては、ほかに次のような対策を行った。

1. 非常時対策

福島第一原発事故のような原子力災害時には、放射能測定施設周辺の大気が汚染される可能性が高く、放射性物質が屋内に入り込んで実験室や測定施設、測定機器を汚染させて、環境放射線の測定に重大な影響を及ぼすことが懸念される。そこで、施設再建に当たっては下記のような幾つかの工夫を行った（詳細はV章参照）。

- ・非常時換気系
- ・屋外に面した試料搬入口
- ・除染・汚染検査施設
- ・別系統排水処理設備

2. 騒音悪臭対策

施設の建設場所が住宅街に近く、かつ隣接してほかの公共施設があるため、下記のような対策を行った。

1) 騒音対策

当施設が2階建てであり、施設屋上に設置予定の給排気設備や空調機器屋外機等が騒音源になることが予想されたため、周囲を防音パネルで囲い、騒音対策を行った。

2) 悪臭対策

環境試料の乾燥や灰化処理の際に臭いの発生が予想されたため、試料の乾燥機や灰化装置に白金触媒式の脱臭炉を接続したほか、更にこれらの排ガスを屋上のシャワー式洗浄装置（スクラバー）や活性炭式脱臭装置を経由して排気できるようにした。

3. 停電対策等

地震等の際の停電に対応するため、最大で約3日間の電気供給が可能な容量の自家発電装置を

設置した（表 1）。合わせて、Ge 半導体検出器やコンピュータなどの精密機器類に安定した電圧及び周波数の電気を供給するための CVCF 装置も設置した。

4. セキュリティ対策

事務室を 2 階に設置したためセキュリティ対策を厳重にすることとし、屋外には録画機能を有する監視カメラと外灯を設置した。1 階の実験室側への出入りには暗証番号式錠を設置した。

III 敷地及び建物

1. 敷地と建物の概要

敷地と建物の構造や面積、建設費等は下表のとおりである。図 1 に全体の概念図を示す。

表 1 施設の主要諸元

項目	内容	単位
庁舎構造及び主要設備仕様		
庁舎	RC造（鉄筋コンクリート） 2階建て	
中和装置室	RC造（鉄筋コンクリート） 平屋	
自家発電機	ディーゼル式、出力 200 kVA、軽油燃料消費率 44.1 L/hr、地下タンク容量 3000 L	
給湯設備	都市ガス式	
冷暖房設備	エアコン	
面積（完成図書による）		
敷地	1942.70	m ²
庁舎建築面積	743.86	m ²
庁舎1・2階延床面積	1390.50	m ²
中和装置室	25.20	m ²
建設工事費（落札額）		
建築（消費税込）	435,500（470,340）	千円
機械（消費税込）	258,480（279,158）	千円
電気（消費税込）	154,100（166,428）	千円
昇降機（消費税込）	11,200（12,096）	千円
合計（消費税込）	859,280（928,022）	千円

2. 敷地・建物図面

敷地・屋上、1階及び2階の図面を図2～図4に示す。

仙台市との緑地協定に基づき、敷地の一定割合を緑地化する必要があったが、前庭は、降下物採取容器やモニタリングポスト、雨水採取装置、ダストサンプラーなどの屋外機器を設置するため、庭木とはせず芝地とし、機器周囲をフェンスで囲んだ。

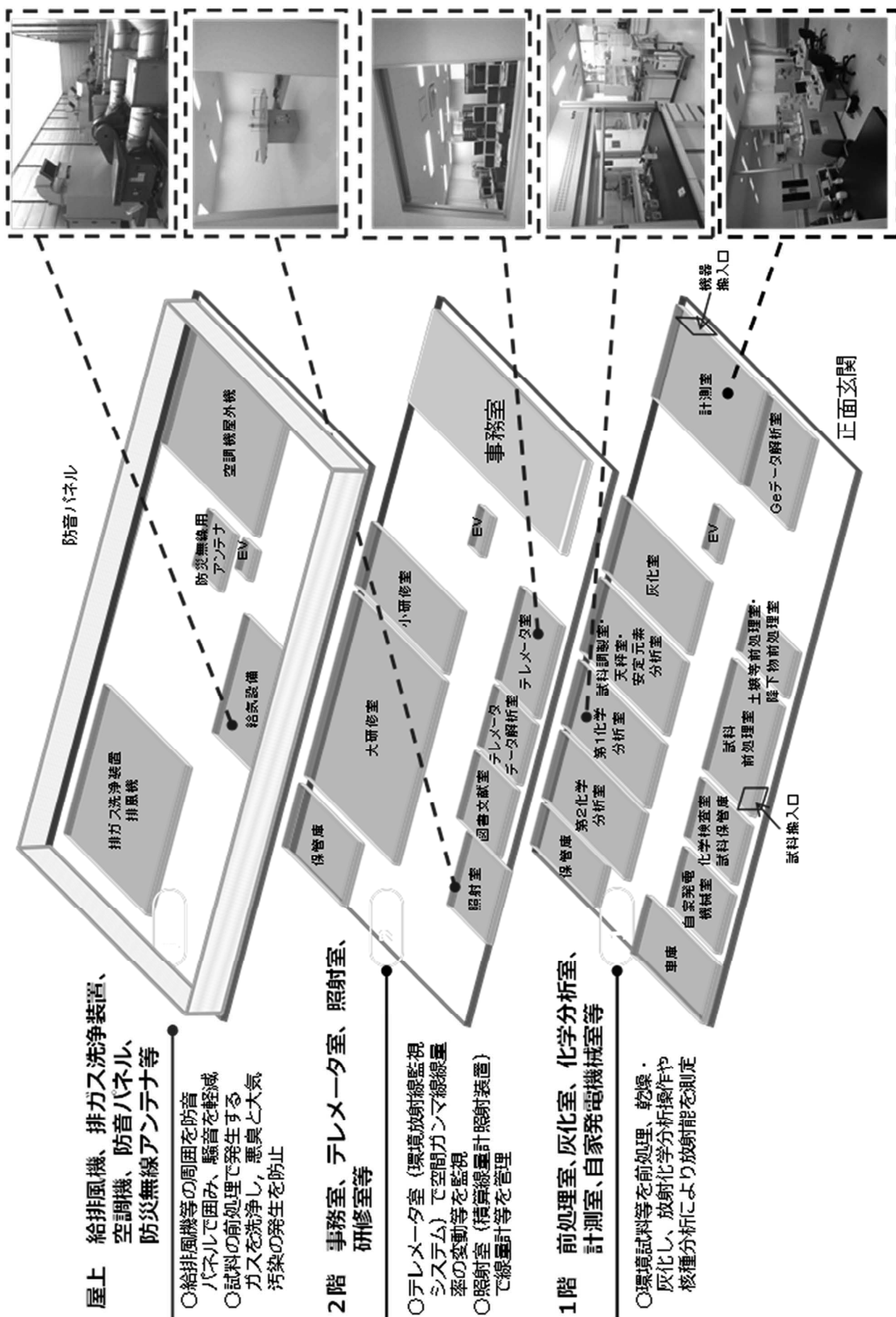


図1 全体概念図拡大図