

平成27年度  
原子力施設等防災対策等委託費  
(環境放射能水準調査(放射能分析))  
事業報告書

平成28年3月

公益財団法人 日本分析センター

本報告書は、原子力規制委員会 原子力規制庁の平成27年度原子力施設等防災対策等委託費事業における委託業務として、公益財団法人 日本分析センターが実施した平成27年度「環境放射能水準調査（放射能分析）」の成果を取りまとめたものである。

# 目 次

1. 調査概要	1
2. 調査結果	3
2.1 全ベータ放射能測定	3
2.2 ガンマ線放出核種の測定	5
2.3 トリチウム分析	17
2.4 ストロンチウム 90 分析	20
2.5 プルトニウム分析	29
2.6 ヨウ素 129 分析	34
2.7 炭素 14 分析	55
2.8 大気中の放射性希ガス濃度測定	57
2.9 福島県下における環境放射能調査	62
2.9.1 環境試料の調査	62
2.9.2 空間線量の調査	64
3. 分析法及び妥当性の確認	117
3.1 全ベータ放射能測定	117
3.2 ガンマ線放出核種の測定	118
3.3 トリチウム分析	120
3.4 ストロンチウム 90 分析	121
3.5 プルトニウム分析	126
3.6 ヨウ素 129 分析	127
3.7 炭素 14 分析	131
3.8 大気中の放射性希ガス濃度測定	133
3.9 福島県下における環境放射能調査	149
3.9.1 環境試料の調査	149
3.9.2 空間線量の調査	150
4. 環境放射能水準調査における精度管理の取組について	160

5. 環境放射能水準調査検討委員会 -----	168
5.1 委員会構成 -----	168
5.2 委員会開催日と議題 -----	168
5.3 メール会合開催日と議題 -----	172
関連文献調査結果 -----	175

## 1. 調査概要

本調査は、47 都道府県及び公益財団法人日本分析センター（以下、「分析センター」という。）が採取した環境試料について放射能分析を行い、全国の環境放射能水準を把握することにより、放射線監視等交付金事業による放射線監視結果との比較検討に資することを目的として実施した。

実施した調査の内容を以下に示す。

### ① 全ベータ放射能測定

分析センター（千葉市）で、毎日、一定の時刻に 24 時間中採取した降水について、全ベータ放射能を測定した。また、降水がない場合も、採取器に付着した大気浮遊じんを集め、全ベータ放射能を測定した。

### ② ガンマ線放出核種の測定

分析センター（千葉市）で、毎月採取した大気浮遊じん及び降下物について、ゲルマニウム半導体検出器によりガンマ線放出核種を測定した。また、分析センターが購入した粉乳についても、ガンマ線放出核種を測定した。

### ③ トリチウム分析

むつ市、福島市及び千葉市で、毎月採取した月間降水について、電解濃縮法によりトリチウムを分析した。また、精米、野菜及び海藻について、組織自由水トリチウムと非交換型の有機結合型トリチウムを分析した。

### ④ ストロンチウム 90 分析

47 都道府県及び分析センターが採取・購入し、灰化、濃縮等の処理がされた試料について、放射化学分析により  $^{90}\text{Sr}$  を分離精製し、低バックグランドベータ線測定装置により測定した。

### ⑤ プルトニウム分析

47 都道府県が平成 26 年度に採取した土壌について、アルファ線スペクトロメトリーによりプルトニウムを分析した。なお、プルトニウム放射能濃度が高い試料は同位体別に放射能濃度を求めた。さらに、 $^{241}\text{Am}$ 、 $^{242}\text{Cm}$  についての放射能濃度も求めた。

### ⑥ ヨウ素 129 分析

北海道、秋田県及び千葉県で採取した土壌、牛乳、海藻、野菜について、加速器質量分析法（AMS）により  $^{129}\text{I}$  の放射能濃度を測定した。また、東京電力福島第一原子力発電所事故による影響を調べるため、事故前後に採取した土壌について  $^{129}\text{I}$  を分析した。

⑦ 炭素 14 分析

北海道、秋田県及び千葉県で採取した大気中二酸化炭素、精米及び野菜について、加速器質量分析法（AMS）により炭素の同位体比（ $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ ）を測定した。

⑧ 大気中の放射性希ガス濃度測定

札幌市、秋田市及び千葉市で捕集した大気について、ガスクロマトグラフにより  $^{85}\text{Kr}$  を分離し、ベータ線測定装置により測定した。なお、千葉市で捕集した大気は、 $^{133}\text{Xe}$  も測定した。

⑨ 福島県下における環境放射能調査

福島県内で採取された日常食について、ゲルマニウム半導体検出器によりガンマ線放出核種を測定した。

また、東京電力福島第一原子力発電所周辺地域 80 地点において、可搬型モニタリングポストを運用し、健全性を確認した。さらに、福島県内 3 地点において、可搬型モニタリングポストの低線量率比較法によるクロスチェックを行った。

なお、本調査における空間放射線量率測定値は、空気吸収線量＝実効線量（1：1）として、実効線量（Sv：シーベルト）で示した。

一部の分析結果について、平成 23 年 3 月に発生した東京電力福島第一原子力発電所事故の影響が認められた。

なお、分析結果の妥当性については、放射能濃度既知試料やブランク試料との並行分析・測定、放射線測定器の日常点検（計数効率の確認、バックグラウンド値の確認）により確認した。

また、本調査の精度管理の強化の観点から、IAEA や近隣諸国の放射能分析研究機関とのクロスチェックを行った。

本調査の内容及び検討にあたっては、学識経験者等からなる委員会を 2 回開催し、総合的な評価・検討を行った。

得られた調査結果については、迅速な報告を目的に、メール会合を 3 回開催して評価を行い、原子力規制庁に速報した。

## 2. 調査結果

### 2.1 全ベータ放射能測定

#### (1) 概要

試料の採取は、分析センター（千葉市）の建屋屋上（地上 3.5m）に設置した降水採取装置（直径 252mm）を用い、文部科学省放射能測定法シリーズ 16「環境試料採取法」（昭和 58 年）に準じて行った。降水がない場合も、採取器に付着した大気浮遊じんを採取した。採水時刻は 9 時（定時降水）とした。

全ベータ放射能の測定は、文部科学省放射能測定法シリーズ 1「全ベータ放射能測定法」（昭和 51 年改訂）に準じて行った。

採取量が 100mL 以下の場合は全量、100mL を超えた場合は 100mL を分取し、硝酸数滴、ヨウ素担体溶液 (I: 1mg/mL) 1mL 及び 0.5M 硝酸銀溶液 1 mL を加えた。試料溶液を 2~3mL まで加熱濃縮した後、測定用試料皿に移し入れ、赤外線ランプ下で蒸発乾固して測定試料とした。採取後約 6 時間を経過してから低バックグラウンドベータ線測定装置で、測定試料を 3600 秒間測定した。なお、降雨が 1mm 以上を「降雨あり」、降雨が 1mm 未満及びなかった場合を「降雨なし」とした。

#### (2) 結果と考察

平成 27 年 3 月から平成 28 年 2 月までの定時降水の全ベータ放射能測定結果を図 2-1-1 に示す。また、この調査期間の平均値、最小値及び最大値及び平成 22 年度から平成 26 年度までの結果と併せて表 2-1-1 に示す。

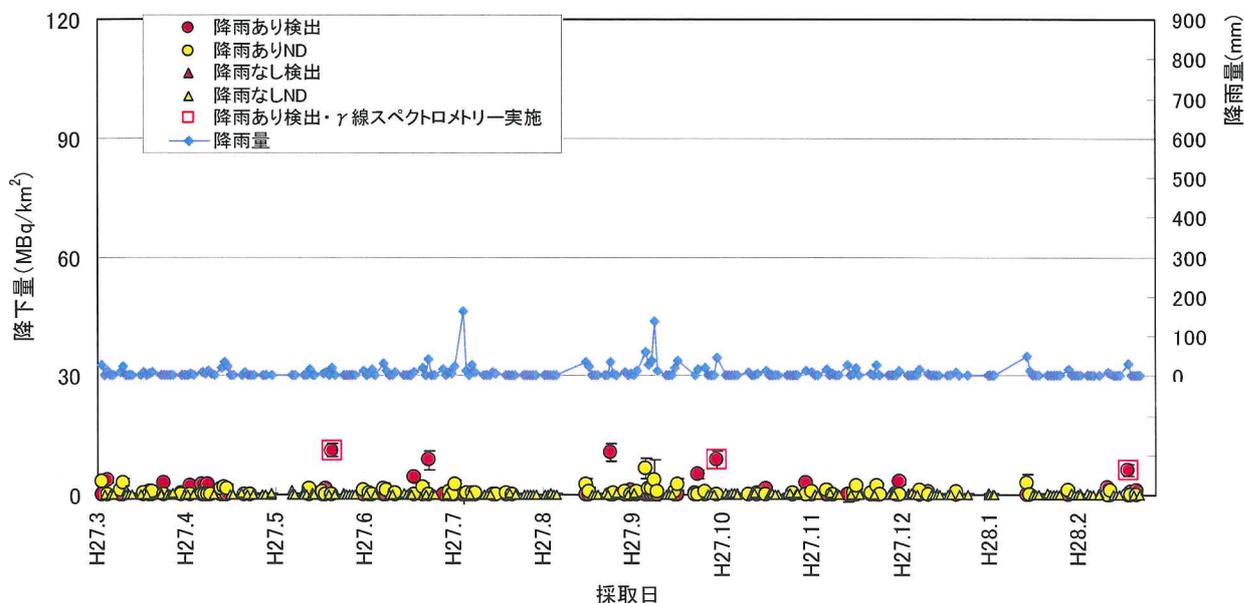


図 2-1-1 平成 27 年度の定時降水の全ベータ放射能測定結果

表 2-1-1 定時降水の全ベータ放射能調査結果

年度	採取期間	試料数 降雨あり	検出数 降雨あり	放射能濃度(Bq/L)	降下量 (MBq/km <sup>2</sup> ) 降雨あり
27年度	27.3~28.2	90	28	ND~1.4	ND~11
26年度	26.3~27.2	92	35	ND~1.1	ND~14
25年度	25.3~26.2	79	45	ND~1.6	ND~90
24年度	24.3~25.2	87	44	ND~2.1	ND~21
23年度	23.3~24.2	79	73	ND~5400	ND~47000
22年度	22.3~23.2	88	42	ND~1.5	ND~40

平成 27 年度における定時降水の全ベータ放射能調査結果は、放射能濃度が ND~1.4Bq/L、降下量が ND~11MBq/km<sup>2</sup>であり、東京電力福島第一原子力発電所事故前の平成 22 年度の調査結果の範囲内であった。

前月の「降雨あり」の測定結果の平均値の 3 倍を超えた試料についてゲルマニウム半導体検出器による核種分析を行ったが、人工放射性核種は検出されなかった。

また、平成 27 年度の「降雨なし」の試料は、ND~1.0MBq/km<sup>2</sup>であった。

全ベータ放射能検出率（誤差の 3 倍以上を検出した日数を全試料数（日数）で除したもの）については、東京電力福島第一原子力発電所事故後の平成 23 年度に 81%まで上昇したが、平成 27 年度は事故前の平成 22 年度と同程度の 16%となった。

## 2.2 ガンマ線放出核種の測定

### 2.2.1 大気浮遊じん及び降下物

#### (1) 概要

分析センター内において採取した大気浮遊じん及び降下物について、ガンマ線スペクトロメトリーを行った。

試料の採取については、文部科学省放射能測定法シリーズ 16「環境試料採取法」（昭和 58 年）に準じて行った。

#### 1) 大気浮遊じん

ロウポリウム・エアサンプラにダストモニター用のろ紙（HE-40T）及び活性炭ろ紙（CP-20）を装着して1ヶ月で約 3000m<sup>3</sup>の大気を連続吸引し、大気浮遊じんをろ紙上に捕集した。これらをプラスチック製測定容器に入れ測定試料とした。

#### 2) 降下物

大型水盤（直径 80cm の円形、受水面積 5000cm<sup>2</sup>）を用い、1ヶ月間の降下物を採取し、ストロンチウム担体を添加した後、蒸発濃縮した。これらをプラスチック製測定容器に入れ測定試料とした。

試料の測定については、文部科学省放射能測定法シリーズ 7「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」（平成 4 年改訂）に準じて、ガンマ線スペクトロメトリーを行い、核種ごとに放射能濃度を算出した。なお、測定時間は 70000 秒間以上とし、核データは原則として Atomic Data and Nuclear Data Tables（1983 年）に従った。

#### (2) 結果と考察

大気浮遊じん中の <sup>7</sup>Be、<sup>134</sup>Cs 及び <sup>137</sup>Cs の分析結果（平均値、最小値及び最大値）を平成 22 年度から平成 26 年度までの結果と併せて表 2-2-1 に示す。

降下物中の <sup>7</sup>Be、<sup>134</sup>Cs 及び <sup>137</sup>Cs の分析結果（平均値、最小値及び最大値）を平成 22 年度から平成 26 年度までの結果と併せて表 2-2-2 に示す。

表 2-2-1 過去の調査結果との比較 (大気浮遊じん)

単位：mBq/m<sup>3</sup>

核種	平均値、最小値、最大値	平成 22～平成 26 年度	平成 27 年度分析分
<sup>7</sup> Be	平均値	3.5	3.0
	最小値～最大値	1.4 ～ 7.7	1.8 ～ 4.7
<sup>134</sup> Cs	平均値	6.1	0.0025
	最小値～最大値	ND (-0.0067) ～ 360	ND (-0.0015 ～ 0.012)
<sup>137</sup> Cs	平均値	5.9	0.0093
	最小値～最大値	ND (-0.0017) ～ 340	ND (0.0019) ～ 0.031

表 2-2-2 過去の調査結果との比較 (降下物)

単位：MBq/km<sup>2</sup>

核種	平均値、最小値、最大値	平成 22～平成 26 年度	平成 27 年度分析分
<sup>7</sup> Be	平均値	110	100
	最小値～最大値	14 ～ 310	33 ～ 320
<sup>134</sup> Cs	平均値	250	0.54
	最小値～最大値	ND (-0.045) ～ 12000	0.16 ～ 1.1
<sup>137</sup> Cs	平均値	250	2.0
	最小値～最大値	ND (-0.0083) ～ 11000	0.65 ～ 3.5

平成 27 年度における大気浮遊じん中の <sup>7</sup>Be 濃度は 1.8～4.7mBq/m<sup>3</sup>、<sup>134</sup>Cs 濃度は ND (-0.0015～0.012) mBq/m<sup>3</sup>、<sup>137</sup>Cs 濃度は ND (0.0019)～0.031mBq/m<sup>3</sup>であった。<sup>7</sup>Be 濃度については、平成 22 年度から平成 26 年度までの調査結果と差は見られず、夏季に低くなる傾向が見受けられた。<sup>134</sup>Cs 及び <sup>137</sup>Cs については、平成 22 年度から平成 23 年 2 月までに検出されたことはなく、東京電力福島第一原子力発電所の事故に起因するものと考えられるが、年々減少傾向を示している。特に、大気浮遊じん中の <sup>134</sup>Cs については、通常の測定方法では検出されない濃度レベルまで減少している。

平成 27 年度における降下物中の <sup>7</sup>Be 降下量は 33～320MBq/km<sup>2</sup>、<sup>134</sup>Cs 降下量は 0.16～1.1MBq/km<sup>2</sup>、<sup>137</sup>Cs 降下量は 0.65～3.5MBq/km<sup>2</sup>であった。<sup>7</sup>Be 降下量については、平成 22 年度から平成 26 年度までの調査結果と差は見られなかった。<sup>134</sup>Cs 及び <sup>137</sup>Cs については、平成 22 年度から平成 23 年 2 月までに検出されたことはなく、福島第一原子力発電所の事故に起因するものと考えられたが、年々減少傾向を示している。

平成 22 年度から平成 27 年度までの大気浮遊じん中の <sup>7</sup>Be、<sup>134</sup>Cs 及び <sup>137</sup>Cs 濃度比較図を図 2-2-1、図 2-2-2 及び図 2-2-3 に、降下物中の <sup>7</sup>Be、<sup>134</sup>Cs 及び <sup>137</sup>Cs 降下量比較図を図 2-2-4、図 2-2-5 及び図 2-2-6 に示す。なお、降下物中の <sup>7</sup>Be 降下量については、蒸発濃縮後の残さ量を併せて示した。

平成 27 年度の降下物中の <sup>134</sup>Cs 及び <sup>137</sup>Cs 降下量は年々減少傾向を示しているが、平成 27 年 6 月及び 11 月の降下物中の <sup>134</sup>Cs 及び <sup>137</sup>Cs 降下量は、他の月と比較して低い傾向を示していた。そこで、<sup>137</sup>Cs 降下量と残さ量及び <sup>137</sup>Cs 降下量と <sup>40</sup>K 降下量を比較した図を図 2-2-7 及び図 2-2-8 に、残さ量に対する <sup>137</sup>Cs 放射能濃度の経時変化を図 2-2-9 に示す。図より、平成 27 年 6 月及び 11 月の降下物中の残さ量に対する <sup>137</sup>Cs 放射能濃度は他の月

と同程度であるが、残さ量及び<sup>40</sup>K 降下量は少なく、再浮遊による影響が少なかったものと考えられた。

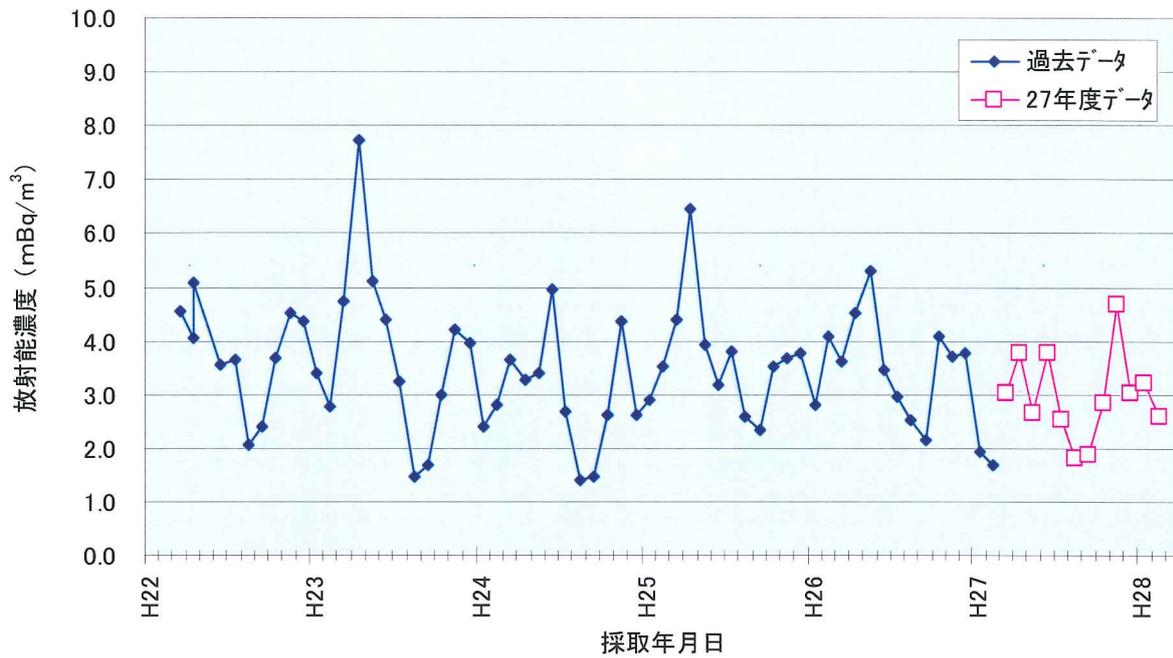


図2-2-1 大気浮遊じん中の<sup>7</sup>Be濃度

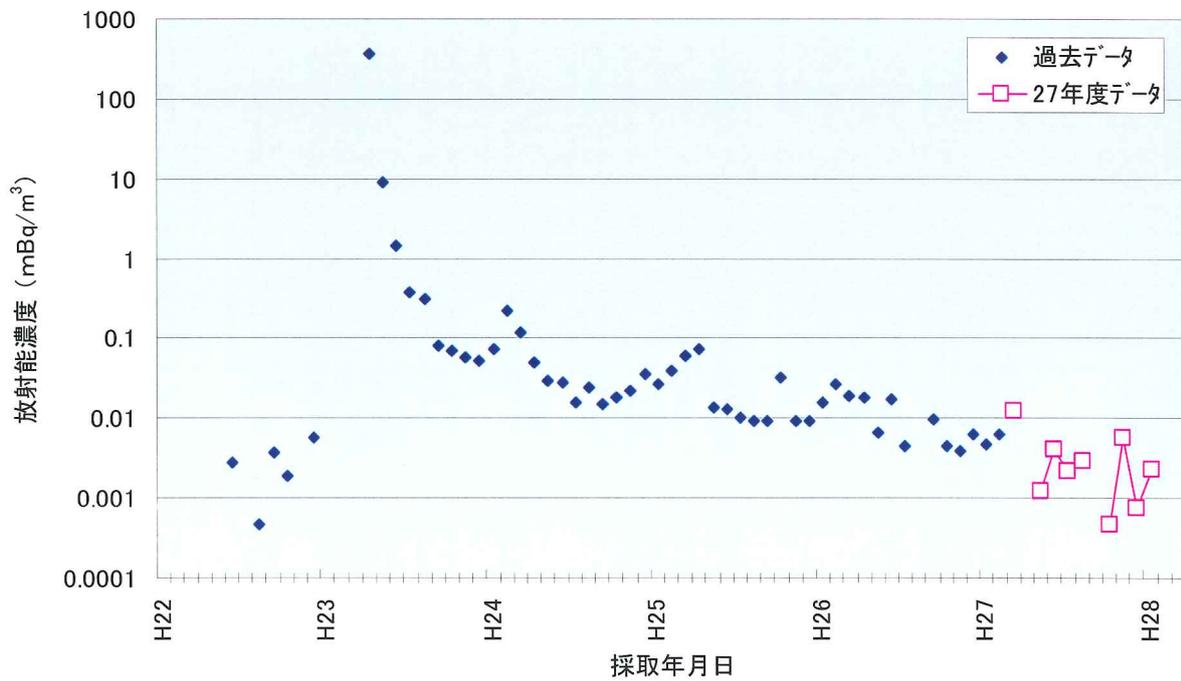


図2-2-2 大気浮遊じん中の<sup>134</sup>Cs濃度

注) <sup>134</sup>Cs 濃度の結果は不検出のものを含むが、値がマイナスのものは表記していない

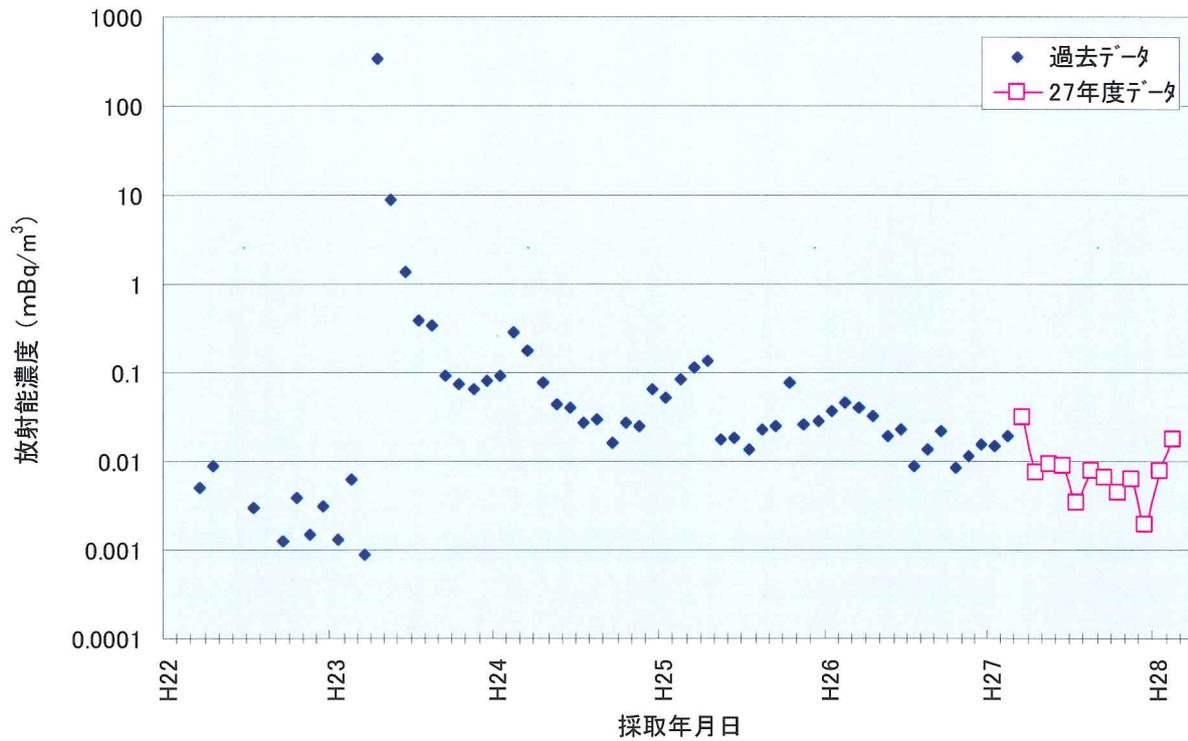


図2-2-3 大気浮遊じん中の<sup>137</sup>Cs濃度

注) <sup>137</sup>Cs 濃度の結果は不検出のものを含むが、値がマイナスのものは表記していない

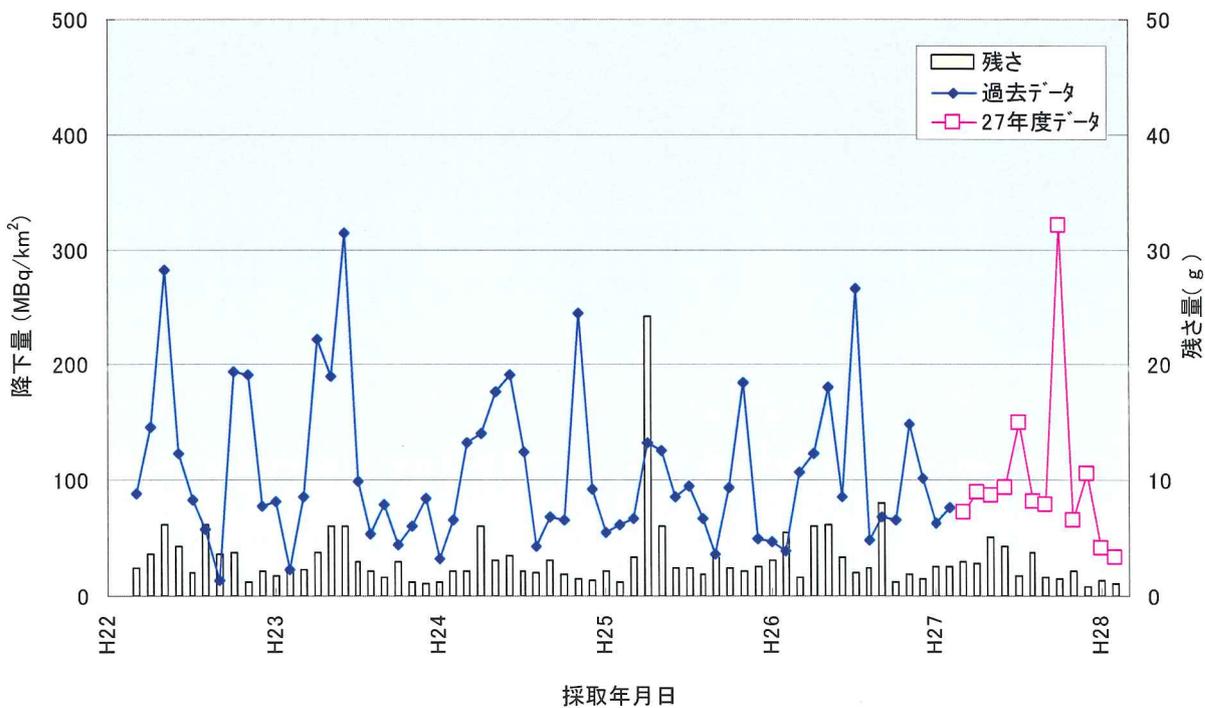


図2-2-4 降下物中の<sup>7</sup>Be降下量

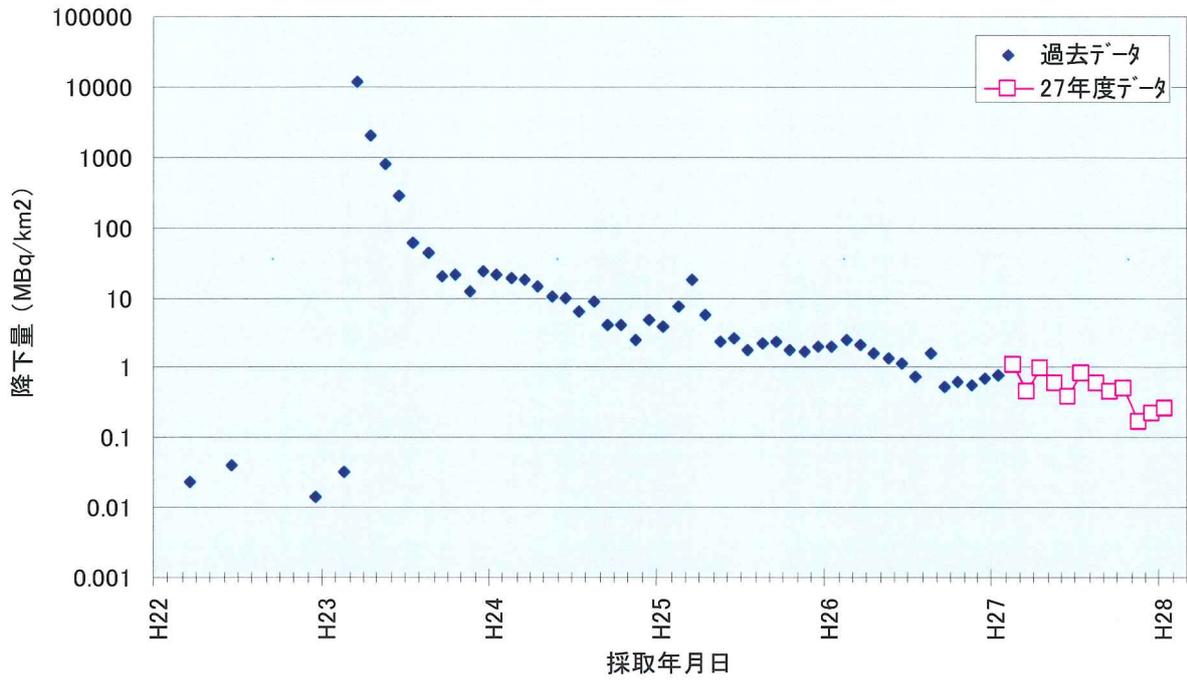


図2-2-5 降下物中の $^{134}\text{Cs}$ 降下量

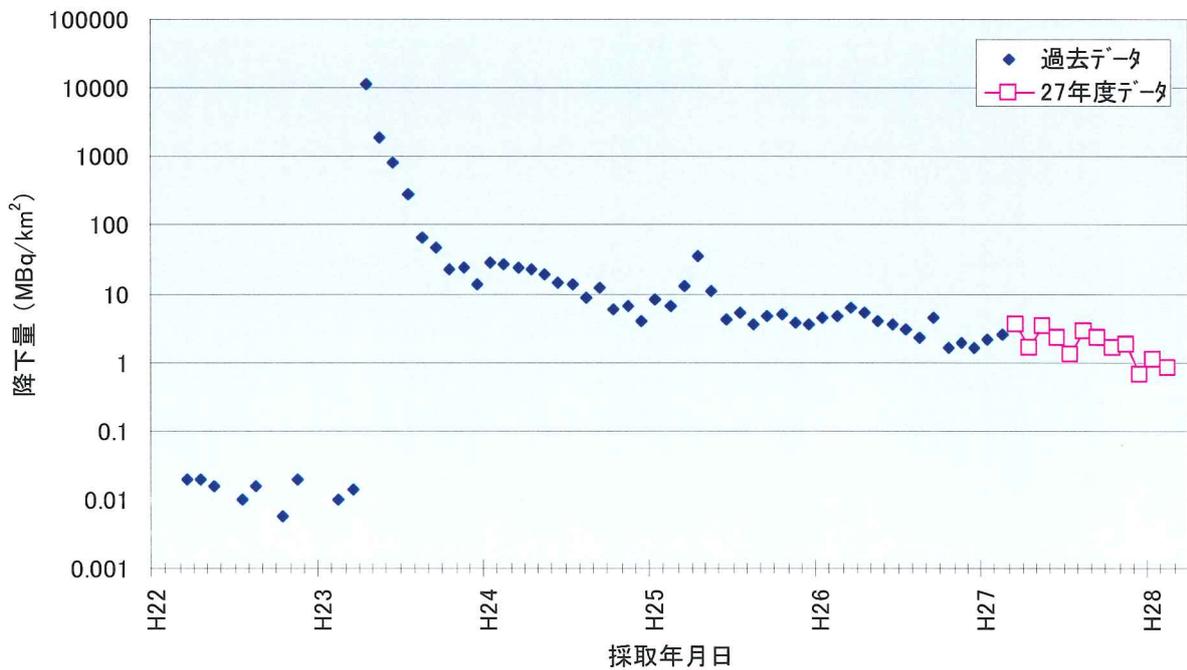


図2-2-6 降下物中の $^{137}\text{Cs}$ 降下量

注)  $^{134}\text{Cs}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  降下量の結果は不検出のものを含むが、値がマイナスのものは表記していない

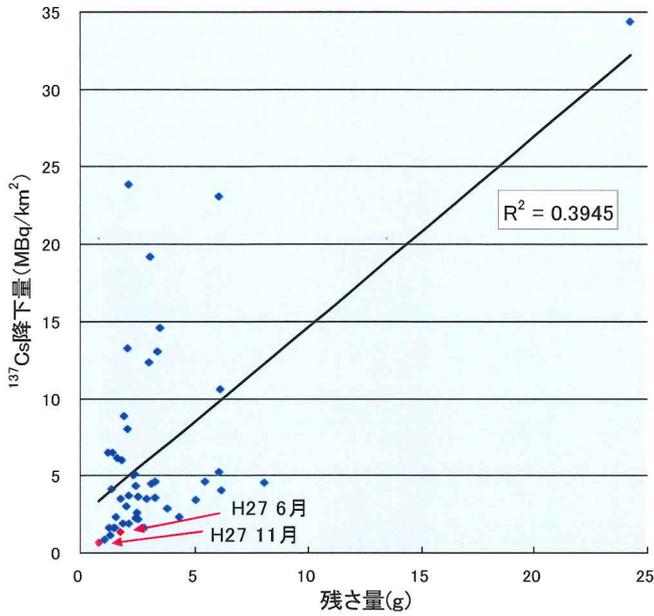


図2-2-7 降下物中の<sup>137</sup>Cs降下量と残さ量の相関図

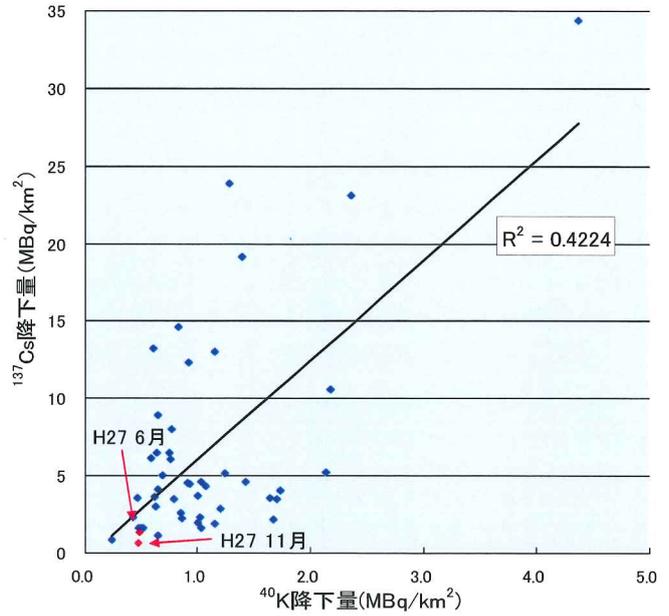


図2-2-8 降下物中の<sup>137</sup>Cs降下量と<sup>40</sup>K降下量の相関図

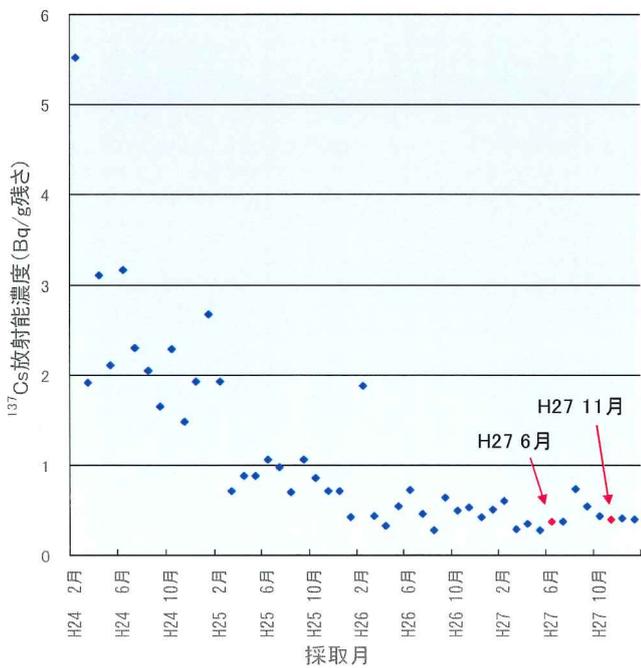


図2-2-9 降下物中の<sup>137</sup>Cs放射能濃度の経時変化

## 2.2.2 粉乳

### (1) 概要

市販されている粉乳（ドライミルク）及び脱脂粉乳（スキムミルク）を年2回、12試料購入し、ゲルマニウム半導体検出器によりガンマ線放出核種を測定した。

### (2) 試料の内訳

ドライミルク・・・A社、B社、C社、D社  
スキムミルク・・・B社、D社

### (3) 結果

測定結果を表 2-2-3 に示す。

表 2-2-3 粉乳の測定結果

(単位：Bq/kg)

		今回の調査結果	参考① <sup>※1</sup>	参考② <sup>※2</sup>
全体	<sup>137</sup> Cs	不検出 ～ 1.2	不検出 ～ 1.1	不検出 ～ 10
	<sup>40</sup> K	150 ～ 500	140 ～ 510	—
	<sup>134</sup> Cs	不検出 ～ 0.34	不検出 ～ 0.39	—
ドライミルク	<sup>137</sup> Cs	不検出 ～ 0.32	不検出 ～ 0.51	不検出 ～ 0.79
	<sup>40</sup> K	150 ～ 200	140 ～ 220	—
	<sup>134</sup> Cs	不検出	不検出	—
スキムミルク	<sup>137</sup> Cs	0.67 ～ 1.2	0.68 ～ 1.1	0.23 ～ 10
	<sup>40</sup> K	420 ～ 500	490 ～ 510	—
	<sup>134</sup> Cs	不検出 ～ 0.34	不検出 ～ 0.39	—

※1：平成 25 年度及び平成 26 年度の放射性 Sr 分析用残試料を測定した結果である。

※2：環境放射線 DB に登録されている全国の調査結果(平成 23 年度から平成 26 年度)である。

### (4) まとめ

平成 27 年度に購入した粉乳および脱脂粉乳の <sup>137</sup>Cs 濃度は、全国の測定結果や、平成 25 及び 26 年度に購入した同一製品の測定結果と同程度であった。<sup>134</sup>Cs 濃度は、スキムミルクの 1 試料で検出されたが、検出下限値と同程度であり、平成 25 及び 26 年度に購入した同一製品の測定結果と同程度であった。

### 2.2.3. 大気浮遊じんの高感度分析

#### (1) 概要

近年の環境放射能水準調査では、大気浮遊じんの測定結果 ( $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ ) が不検出 (ND) となる場合が多く、環境放射能水準の定量的な把握ができない状況である。

そこで、ヨーロッパの分析機関で数多く採用されている大容量エアサンプラを用いて、大気試料の採取量を大幅に増やし、超低レベル濃度の分析・測定を行った。

#### (2) 試料の採取

大容量エアサンプラ (SENYA 製 Snow White ; 図 2-2-10) にガラス繊維ろ紙 (570mm×460mm) を装着して、680m<sup>3</sup>/h の流量で約 3.5 日間の大気を連続吸引し、約 57000m<sup>3</sup> の大気浮遊じんをろ紙上に捕集した(図 2-2-11)。捕集後のろ紙は専用のプレス機(図 2-2-12)で整形して、プラスチック製の測定容器に入れ測定試料とした。



図 2-2-10 大容量エアサンプラ



図 2-2-11 捕集後の大気浮遊じん



図 2-2-12 測定試料整形用のプレス機

### (3) 試料の測定

試料の測定については、文部科学省放射能測定法シリーズ 7「ゲルマニウム半導体検出器による $\gamma$ 線スペクトロメトリー」(平成4年改訂)に準じて、ガンマ線スペクトロメトリーを行い、核種ごとに放射能濃度を算出した。なお、測定前に試料を1週間以上保管して、 $^{222}\text{Rn}$ からの壊変生成物等の減衰を待ってから測定を行った。測定時間は70000秒間以上とし、核データは原則として Atomic Data and Nuclear Data Tables (1983)に従った。

### (4) 結果と考察

大気浮遊じん中の $^7\text{Be}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 及び $^{137}\text{Cs}$ の分析結果(平均値、最小値及び最大値)を表2-2-4に、経時変化を図2-2-13、図2-2-14及び図2-2-15に示す。

表 2-2-4 大容量エアサンプラによる調査結果 単位：mBq/m<sup>3</sup>

核種	平均値、最小値、最大値	集じん期間 平成28年1月28日～2月29日
$^7\text{Be}$	平均値	3.9
	最小値～最大値	2.5～5.8
$^{134}\text{Cs}$	平均値	0.0021
	最小値～最大値	0.0012～0.0056
$^{137}\text{Cs}$	平均値	0.0097
	最小値～最大値	0.0061～0.024

大容量エアサンプラによる大気浮遊じん中の $^7\text{Be}$ 濃度は、2.5～5.8mBq/m<sup>3</sup>、 $^{134}\text{Cs}$ 濃度は0.0012～0.0056mBq/m<sup>3</sup>、 $^{137}\text{Cs}$ 濃度は0.0061～0.024mBq/m<sup>3</sup>であった。

表2-2-1に示したロウポリウム・エアサンプラによる大気浮遊じんの調査結果と比較すると、ほぼ同程度の調査結果であった。特にロウポリウム・エアサンプラを用いての大気浮遊じんでは、 $^{134}\text{Cs}$ が平成26年6月以降不検出、 $^{137}\text{Cs}$ が平成27年5月以降不検出であったが、大容量エアサンプラによる調査結果は全ての試料で $^{134}\text{Cs}$ 及び $^{137}\text{Cs}$ が検出された。ロウポリウム・エアサンプラと比較して、大気導入量を約20倍程度増やしたことにより、年々減少傾向を示して、不検出となりつつあった $^{134}\text{Cs}$ 及び $^{137}\text{Cs}$ を検出することが可能となった。また、採取期間は1週間にろ紙を2回交換することから、約3.5日程度となる。このことから、より短期的な放射能濃度の増減を把握することが可能となり、濃度の増減を引き起こす要因を特定し易くなることが見込まれる。

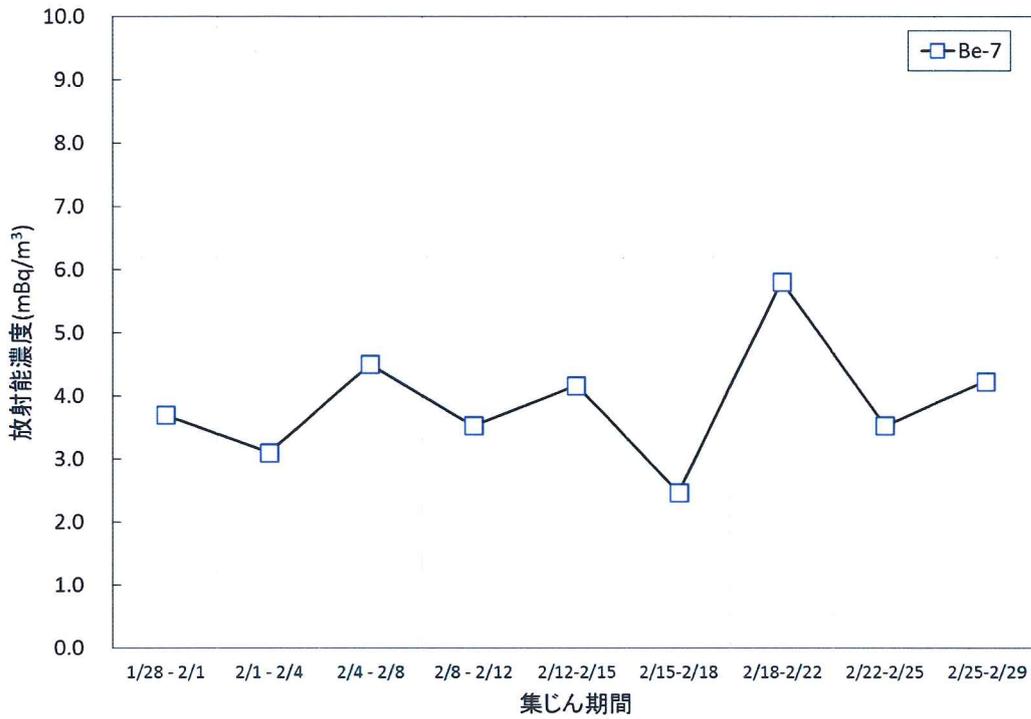


図 2-2-13 大気浮遊じん中の <sup>7</sup>Be 濃度

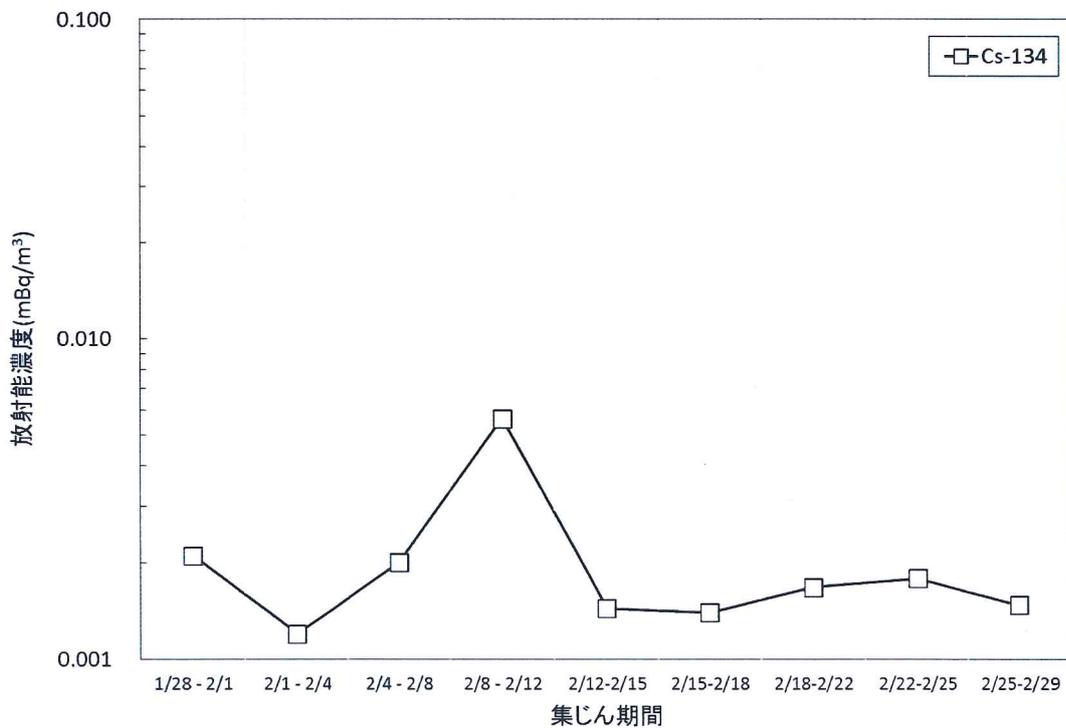


図 2-2-14 大気浮遊じん中の <sup>134</sup>Cs 濃度

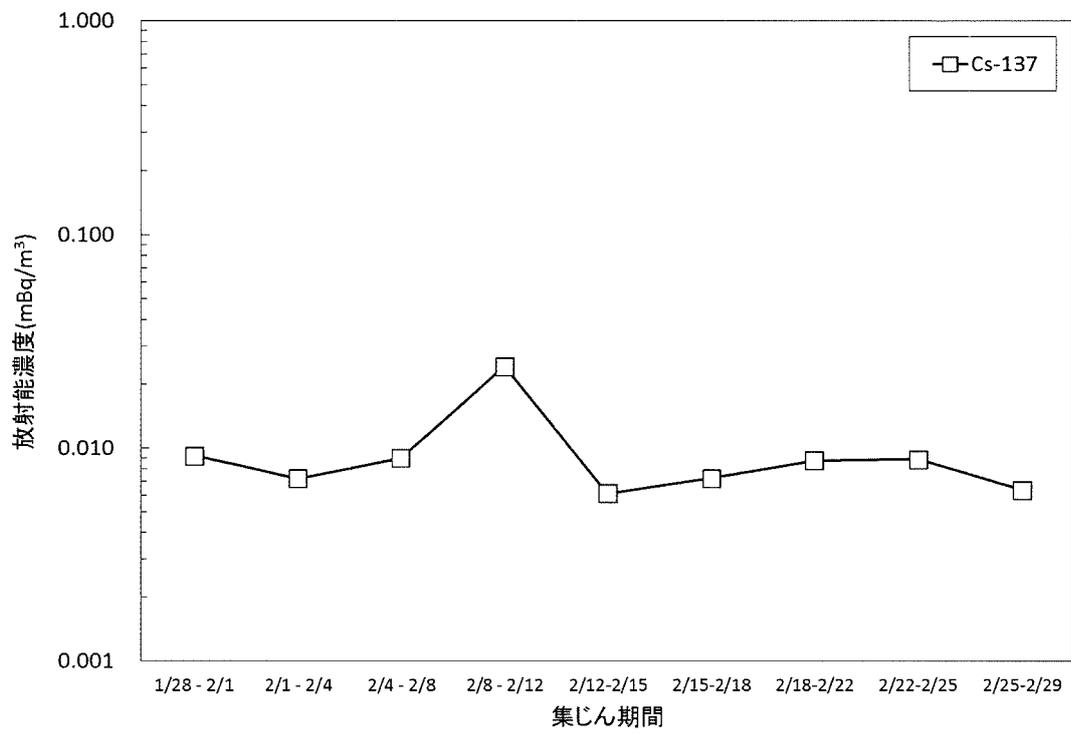


図 2-2-15 大気浮遊じん中の <sup>137</sup>Cs 濃度

## 2.3 トリチウム分析

### ① 月間降水中のトリチウム分析

#### (1) 概要

国内3か所（むつ市、福島市、千葉市）に設置した降水採取装置を用い、文部科学省放射能測定法シリーズ16「環境試料採取法」（昭和58年）に準じて1ヶ月毎に降水を採取した。ただし、むつ市と福島市は平成27年12月途中から採取を開始した。採取場所の詳細を表2-3-1に示す。

分析は、文部科学省放射能測定法シリーズ9「トリチウム分析法」（平成14年改訂）の電解濃縮法に準じて行った。採取した試料から約600mLを分取し、過マンガン酸カリウム及び過酸化ナトリウムを添加して蒸留後、留出液500mLを約55mLになるまで電解した。電解終了後、再び蒸留を行い、留出液50mLと乳化シンチレータ（Ultima Gold LLT、パーキンエルマー社製）50mLを十分に振り混ぜ均質にし、低バックグラウンド液体シンチレーションカウンタ（LSC）によりトリチウム濃度を定量した。

表 2-3-1 月間降水の採取場所

場所	機関	採取器直径 [mm]
青森県むつ市*1	日本分析センター むつ分析科学研究所	213
福島県福島市*2	福島県環境創造センター 福島支所	213
千葉県千葉市	日本分析センター 千葉本部	200

\*1：むつ市の採取開始日は平成27年12月15日からである。

\*2：福島市の採取開始日は平成27年12月7日からである。

#### (2) 結果と考察

平成27年2月から平成28年1月に千葉市で採取された月間降水のトリチウム濃度は、0.17～0.51Bq/L（平均値0.30Bq/L）であった。また、降下量（単位面積あたりのトリチウム量）は、11～96Bq/m<sup>2</sup>（平均値37Bq/m<sup>2</sup>）であり、平成23年3月に発生した東京電力福島第一原子力発電所事故の影響によるものと考えられる23年3月分の試料を除き、トリチウム濃度は平成22年度からの調査結果と同程度であった。千葉市の月間降水中のトリチウム濃度及び降下量を図2-3-1に示す。

平成27年12月から、むつ市及び福島市で月間降水の採取を開始した。12月分の月間降水のトリチウム濃度は、むつ市が0.50Bq/L、福島市が0.23Bq/Lであった（ただし、採取期間が1ヶ月に満たないので参考データとする）。1月分のトリチウム濃度は、むつ市が0.35Bq/L、福島市が0.34Bq/Lであり、降下量はむつ市が47Bq/m<sup>2</sup>、福島市が28Bq/m<sup>2</sup>であった。むつ市及び福島市については、今後、データを蓄積して傾向等を注視していく。

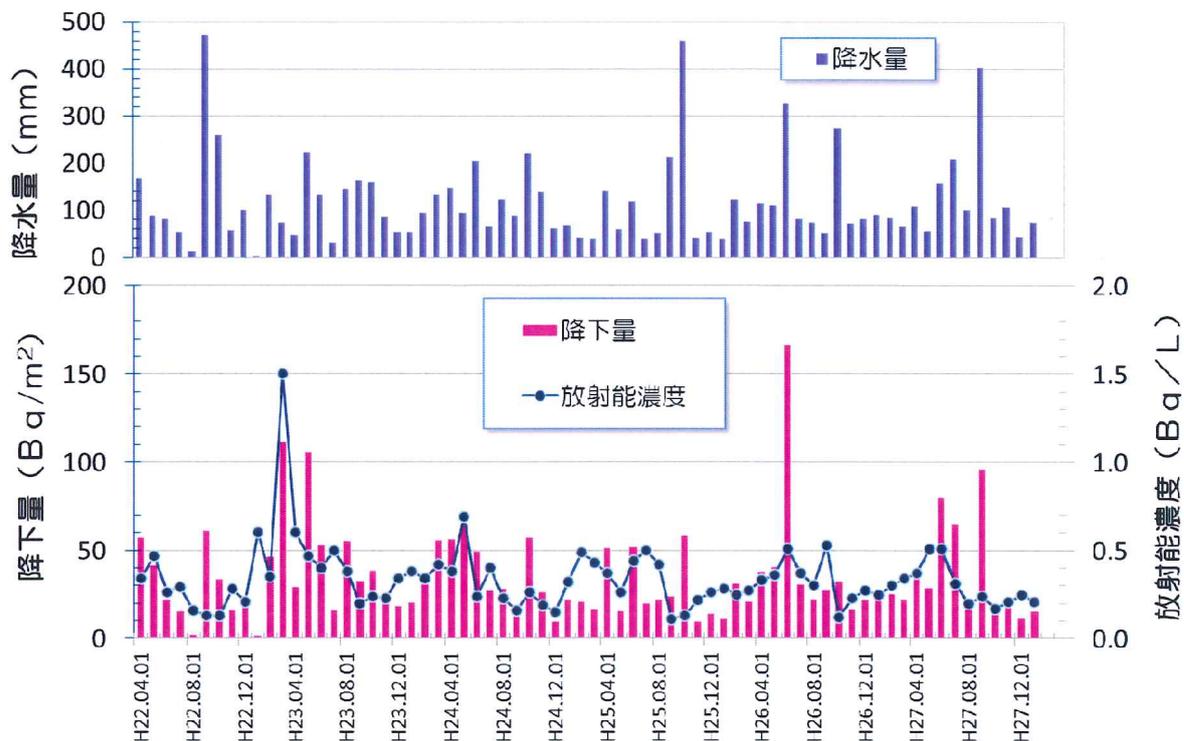


図 2-3-1 月間降水中のトリチウム濃度及び降下量（千葉市）

## ② 生物試料中のトリチウム濃度

### (1) 概要

国内 3 か所（北海道、秋田県、千葉県）において、海藻、野菜及び精米をそれぞれ 1 試料ずつ採取し、組織自由水及び非交換型の有機結合型トリチウムについて分析を行った。有機結合型トリチウムのうち、非交換型は交換型に比べると体内に摂取されてからの生物学的代謝速度が遅く、線量への寄与が大きいため、線量評価上で重要である。

採取した試料を凍結乾燥し、組織自由水と乾物に分けた。乾物を粉碎後によく混合し、無トリチウム水を加え、凍結乾燥を繰り返して交換されやすい交換型トリチウムを除いた。このようにして得られた乾物を燃焼して燃焼生成水を回収し、還流及び蒸留を行った。留出液と乳化シンチレータを混合し、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トリチウム濃度を定量した。組織自由水は還流及び蒸留を行った後、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定量した。

### (2) 結果と考察

平成 27 年度に実施した調査結果を表 2-3-2 に示す。海藻、野菜及び精米の結果は種類毎に同程度の結果であり、昨年度と同様に組織自由水に比べると非交換型の有機結合型トリチウムの方が同程度かやや低いと思われる結果であった。

また、組織自由水においては試料種類によらず、放射能濃度は北海道が僅かに高い傾向を示し、非交換型の有機結合型トリチウムも同じような傾向が見られた。

表 2-3-2 生物試料中のトリチウム調査結果 (単位: Bq/L)

試料名	採取地点		組織自由水	非交換型有機結合型 トリチウム
コンブ	北海道	余市市	0.74 ± 0.11	0.55 ± 0.11
アカモク	秋田県	蜂峰町八森字岩館付近	0.58 ± 0.11	0.34 ± 0.11
アラメ	千葉県	御宿漁港沖	< 0.34	< 0.33
キャベツ	北海道	恵庭市	0.80 ± 0.11	0.46 ± 0.13
	秋田県	秋田市	0.46 ± 0.11	< 0.32
	千葉県	袖ヶ浦市	< 0.34	< 0.33
精米	北海道	石狩市	0.91 ± 0.11	0.35 ± 0.11
	秋田県	秋田市	< 0.33	0.35 ± 0.11
	千葉県	千葉市緑区	< 0.34	< 0.41

注) 測定値が計数誤差の3倍を超えたもののみ示し、それ以下のものは検出下限値を示す。

## 2.4 ストロンチウム 90 分析

### (1) 概要

平成 26 年度に 47 都道府県の環境センター等が採取し、所定の前処理を施した後に分析センターが送付を受けた環境試料（大気浮遊じん、降下物、陸水、土壌、海水、海底土及び各種食品試料）及び分析センターが採取した大気浮遊じん、降下物試料並びに分析センターが購入した粉乳試料の  $^{90}\text{Sr}$  の分析結果を以下にまとめた。また、平成 27 年度に分析した環境試料（平成 26 年度及び平成 27 年度に採取または受領した試料の一部）の結果は、参考資料に記載した。

#### 1) 分析対象試料

大気浮遊じん、降下物、陸水、土壌、精米、野菜類、茶、牛乳、粉乳、淡水産生物、海水、海底土及び海産生物

#### 2) 分析方法

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）に準じた方法で行った。

### (2) 結果と考察

各種試料中の  $^{90}\text{Sr}$  放射能濃度の平均値及び最小、最大値を以下に示す。なお、n は参考データを除いた分析試料数である。

また、試料毎の過去 30 年の経年変化を図 2-4-1 に示す。

#### 1) 大気浮遊じん

47 都道府県で四半期毎に採取した試料及び日本分析センターで月 1 回採取した試料

$^{90}\text{Sr}$  : 0.00046 ( 0.00000 ~ 0.0063 ) mBq/m<sup>3</sup> n=204

#### 2) 降下物

47 都道府県及び分析センターにおける月間降下物

$^{90}\text{Sr}$  : 0.015 ( 0.0000 ~ 0.17 ) MBq/km<sup>2</sup> n=576

#### 3) 陸水

47 都道府県で年 1 回採取した上水（源水、蛇口水）及び 10 道府県で採取した淡水  
上水

$^{90}\text{Sr}$  : 0.92 ( 0.011 ~ 2.3 ) mBq/L n=57

淡水

$^{90}\text{Sr}$  : 1.2 ( 0.098 ~ 2.8 ) mBq/L n=10

#### 4) 土壌

47 都道府県で年 1~2 回採取した試料（深さ 0~5 cm、5~20 cm の 2 種類）

0 ~ 5 cm

$^{90}\text{Sr}$  : 44 ( 1.2 ~ 220 ) MBq/km<sup>2</sup> n=49

1.4 ( 0.019 ~ 6.8 ) Bq/kg 乾土

5 ~ 20 cm

$^{90}\text{Sr}$  : 170 ( 0.0 ~ 2500 ) MBq/km<sup>2</sup> n=49

- 1.1 ( 0.000 ~ 5.5 ) Bq/kg 乾土
- 5) 精 米  
31 道県で年 1 回採取した試料  
 $^{90}\text{Sr}$  : 0.0031 ( 0.0000 ~ 0.014 ) Bq/kg 生 n=31  
0.076 ( 0.000 ~ 0.34 ) Bq/gCa
- 6) 野 菜 類  
40 道府県で年 1~2 回採取した根菜類及び葉菜類  
根菜類 (主にダイコン)  
 $^{90}\text{Sr}$  : 0.039 ( 0.0007 ~ 0.13 ) Bq/kg 生 n=41  
0.21 ( 0.005 ~ 0.79 ) Bq/gCa  
葉菜類 (主にホウレンソウ)  
 $^{90}\text{Sr}$  : 0.041 ( 0.0000 ~ 0.29 ) Bq/kg 生 n=41  
0.076 ( 0.000 ~ 0.36 ) Bq/gCa
- 7) 茶  
10 府県で年 1~2 回採取した試料  
 $^{90}\text{Sr}$  : 0.25 ( 0.014 ~ 0.79 ) Bq/kg n=19  
0.13 ( 0.023 ~ 1.1 ) Bq/gCa
- 8) 牛乳 (原乳)  
37 都道府県で年 1~3 回採取した試料  
 $^{90}\text{Sr}$  : 0.0096 ( 0.0000 ~ 0.028 ) Bq/L n=39  
0.0084 ( 0.0000 ~ 0.027 ) Bq/gCa
- 9) 粉 乳  
分析センターが 2 道県で年 2 回購入した試料  
 $^{90}\text{Sr}$  : 0.070 ( 0.0070 ~ 0.24 ) Bq/kg 粉乳 n=12  
0.0079 ( 0.0018 ~ 0.020 ) Bq/gCa
- 10) 淡水産生物  
9 道府県で年 1 回採取した試料 (フナ、イワナ、アメリカナマス、ニジマス、ワカサギ、コイ)  
 $^{90}\text{Sr}$  : 0.087 ( 0.0081 ~ 0.35 ) Bq/kg 生 n=9  
0.050 ( 0.010 ~ 0.19 ) Bq/gCa
- 11) 海 水  
14 道府県で年 1~2 回採取した試料  
 $^{90}\text{Sr}$  : 1.0 ( 0.55 ~ 1.4 ) mBq/L n=15
- 12) 海 底 土  
14 道府県で年 1~2 回採取した試料  
 $^{90}\text{Sr}$  : 0.067 ( 0.000 ~ 0.15 ) Bq/kg 乾土 n=15
- 13) 海産生物  
24 都道府県で年 1~2 回採取した試料 (魚類、貝類、藻類)  
魚 類  
 $^{90}\text{Sr}$  : 0.0077 ( 0.0000 ~ 0.022 ) Bq/kg 生 n=22  
0.022 ( 0.00000 ~ 0.19 ) Bq/gCa

貝 類

$^{90}\text{Sr}$  : 0.0048 ( 0.0000 ~ 0.013 ) Bq/kg 生 n=12  
0.010 ( 0.0000 ~ 0.037 ) Bq/gCa

藻 類

$^{90}\text{Sr}$  : 0.017 ( 0.0068 ~ 0.035 ) Bq/kg 生 n=12  
0.019 ( 0.0064 ~ 0.037 ) Bq/gCa

今回分析分における各種試料中の  $^{90}\text{Sr}$  濃度は、過去 5 年間(平成 21 年度から平成 25 年度まで)の調査結果とほぼ同程度であった。

平成 26 年 12 月に島根県で採取された降下物の  $^{90}\text{Sr}$  濃度は  $0.076 \pm 0.013$  MBq/km<sup>2</sup> であり、過去 5 年間の最大値 ( $0.074$  MBq/km<sup>2</sup>) を超えたものの、過去 20 年間の変動の範囲内 (ND~ $0.095$  MBq/km<sup>2</sup>) であった。

宮城県で採取された蛇口水の  $^{90}\text{Sr}$  濃度は  $0.70 \pm 0.11$  mBq/L であり、過去 5 年間の最大値 ( $0.69$  mBq/L) を超えたものの、過去 20 年間の変動の範囲内 ( $0.56 \sim 2.2$  mBq/L) であった。

茨城県で採取された蛇口水の  $^{90}\text{Sr}$  濃度は  $0.91 \pm 0.13$  mBq/L であり、過去 5 年間の最大値 ( $0.76$  mBq/L) を超えたものの、過去 20 年間の変動の範囲内 ( $0.26 \sim 1.7$  mBq/L) であった。

千葉県で採取された蛇口水の  $^{90}\text{Sr}$  濃度は  $1.6 \pm 0.14$  mBq/L であり、過去 5 年間の最大値 ( $1.5$  mBq/L) を超えたものの、過去 20 年間の変動の範囲内 ( $1.0 \sim 2.3$  mBq/L) であった。

長野県で採取された蛇口水の  $^{90}\text{Sr}$  濃度は  $0.47 \pm 0.078$  mBq/L であり、過去 5 年間の最大値 ( $0.42$  mBq/L) を超えたものの、過去 20 年間の変動の範囲内 (ND~ $1.0$  mBq/L) であった。

島根県で採取された蛇口水の  $^{90}\text{Sr}$  濃度は  $2.3 \pm 0.18$  mBq/L であり、過去 5 年間の最大値 ( $2.0$  mBq/L) を超えたものの、過去 20 年間の変動の範囲内 ( $1.4 \sim 4.3$  mBq/L) であった。

福島県で採取された 0~5 cm の土壌の  $^{90}\text{Sr}$  濃度は  $3.5 \pm 0.21$  Bq/kg 乾土であり、過去 5 年間の最大値 ( $2.4$  Bq/kg 乾土) を超えたものの、過去 20 年間の変動の範囲内 ( $0.97 \sim 11$  Bq/kg 乾土) であった。

山梨県で採取された 0~5 cm の土壌の  $^{90}\text{Sr}$  濃度は  $5.6 \pm 0.27$  Bq/kg 乾土であり、過去 5 年間の最大値 ( $4.7$  Bq/kg 乾土) を超えたものの、過去 20 年間の変動の範囲内 ( $2.5 \sim 10$  Bq/kg 乾土) であった。

長野県で採取された 0~5 cm の土壌の  $^{90}\text{Sr}$  濃度は  $6.0 \pm 0.29$  Bq/kg 乾土であり、過去 5 年間の最大値 ( $5.9$  Bq/kg 乾土) を超えたものの、過去 20 年間の変動の範囲内 ( $1.1 \sim 8.0$  Bq/kg 乾土) であった。

滋賀県で採取された 0~5 cm の土壌の  $^{90}\text{Sr}$  濃度は  $0.46 \pm 0.092$  Bq/kg 乾土であり、過去 5 年間の最大値 ( $0.34$  Bq/kg 乾土) を超えたものの、過去 20 年間の変動の範囲内 (ND~ $0.66$  Bq/kg 乾土) であった。

大阪府で採取された 0~5 cm の土壌の  $^{90}\text{Sr}$  濃度は  $0.33 \pm 0.077$  Bq/kg 乾土であり、過去 5 年間の最大値 ( $0.27$  Bq/kg 乾土) を超えたものの、過去 20 年間の変動の範囲内 (ND~ $1.3$  Bq/kg 乾土) であった。

青森県(五所川原市)で採取された 5~20 cm の土壌の  $^{90}\text{Sr}$  濃度は  $0.81 \pm 0.12$  Bq/kg 乾土

であり、過去 5 年間の最大値 (0.80 Bq/kg 乾土) を超えたものの、過去 20 年間の変動の範囲内 (0.25~7.1 Bq/kg 乾土) であった。

秋田県で採取されたダイコンの  $^{90}\text{Sr}$  濃度は  $0.13 \pm 0.014$  Bq/kg 生であり、過去 5 年間の最大値 (0.085 Bq/kg 生) を超えたものの、過去 20 年間の変動の範囲内 (ND~0.14 Bq/kg 生) であった。

神奈川県で採取されたダイコンの  $^{90}\text{Sr}$  濃度は  $0.034 \pm 0.0074$  Bq/kg 生であり、過去 5 年間の最大値 (0.028 Bq/kg 生) を超えたものの、過去 20 年間の変動の範囲内 (ND~0.057 Bq/kg 生) であった。

奈良県で採取されたダイコンの  $^{90}\text{Sr}$  濃度は  $0.029 \pm 0.0072$  Bq/kg 生であり、過去 5 年間の最大値 (0.028 Bq/kg 生) を超えたものの、過去 20 年間の変動の範囲内 (ND~0.041 Bq/kg 生) であった。

山口県で採取されたダイコンの  $^{90}\text{Sr}$  濃度は  $0.088 \pm 0.012$  Bq/kg 生であり、過去 5 年間の最大値 (0.085 Bq/kg 生) を超えたものの、過去 20 年間の変動の範囲内 (ND~0.20 Bq/kg 生) であった。

福井県で採取されたホウレンソウの  $^{90}\text{Sr}$  濃度は  $0.058 \pm 0.0097$  Bq/kg 生であり、過去 5 年間の最大値 (0.046 Bq/kg 生) を超えたものの、過去 20 年間の変動の範囲内 (ND~0.19 Bq/kg 生) であった。

兵庫県で採取されたホウレンソウの  $^{90}\text{Sr}$  濃度は  $0.087 \pm 0.011$  Bq/kg 生であり、過去 5 年間の最大値 (0.051 Bq/kg 生) を超えたものの、過去 20 年間の変動の範囲内 (ND~0.14 Bq/kg 生) であった。

徳島県で採取されたホウレンソウの  $^{90}\text{Sr}$  濃度は  $0.027 \pm 0.0074$  Bq/kg 生であり、過去 5 年間の最大値 (すべて ND) を超えたものの、過去 20 年間の変動の範囲内 (ND~0.12 Bq/kg 生) であった。

静岡県 (伊豆市) で採取された茶葉の  $^{90}\text{Sr}$  濃度は  $0.75 \pm 0.029$  Bq/kg 生であり、過去 5 年間の最大値 (0.25 Bq/kg 生) を超えたものの、過去 20 年間の変動の範囲内 (ND~1.8 Bq/kg 生) であった。

三重県 (亀山市) で採取された茶葉の  $^{90}\text{Sr}$  濃度は  $0.69 \pm 0.059$  Bq/kg 乾物であり、過去 5 年間の最大値 (0.64 Bq/kg 生) を超えたものの、過去 20 年間の変動の範囲内 (ND~2.0 Bq/kg 乾物) であった。

熊本県 (上益城郡御船町) で採取された茶葉の  $^{90}\text{Sr}$  濃度は  $0.23 \pm 0.038$  Bq/kg 乾物であり、過去 5 年間の最大値 (0.15 Bq/kg 生) を超えたものの、過去 20 年間の変動の範囲内 (ND~1.4 Bq/kg 乾物) であった。

高知県で採取された牛乳の  $^{90}\text{Sr}$  濃度は  $0.027 \pm 0.0073$  Bq/L であり、過去 5 年間の最大値 (0.026 Bq/L) を超えたものの、過去 20 年間の変動の範囲内 (ND~0.069 Bq/L) であった。

熊本県で採取された牛乳の  $^{90}\text{Sr}$  濃度は  $0.021 \pm 0.0068$  Bq/L であり、過去 5 年間の最大値 (全て ND) を超えたものの、過去 20 年間の変動の範囲内 (ND~0.036 Bq/L) であった。

山口県で採取された海水の  $^{90}\text{Sr}$  濃度は  $1.1 \pm 0.18$  mBq/L であり、過去 5 年間の最大値 (1.0 mBq/L) を超えたものの、過去 20 年間の変動の範囲内 (0.88~2.0 mBq/L) であった。

なお、福島県は、平成 26 年度の海産生物 (魚類) を採取していない。

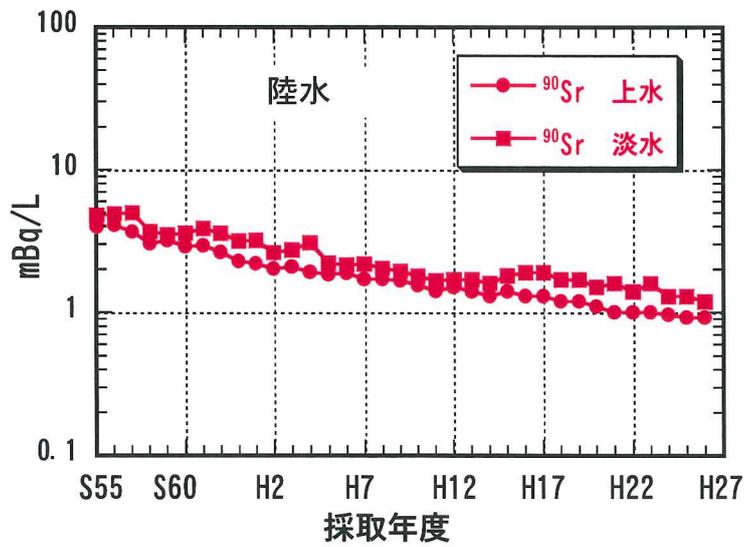
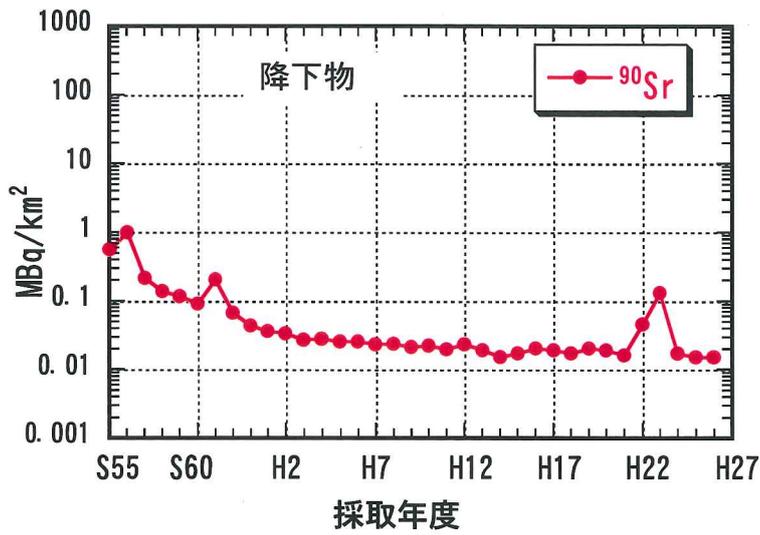
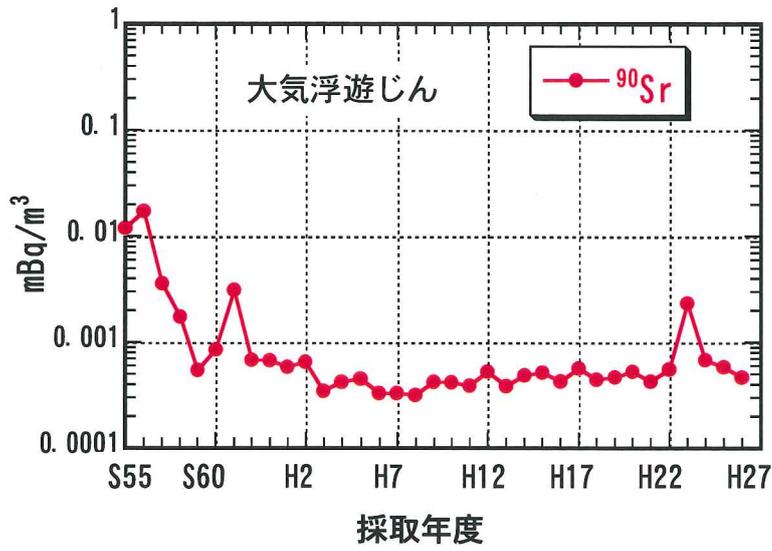


図 2-4-1 各種環境試料の<sup>90</sup>Sr 放射能濃度の経年変化

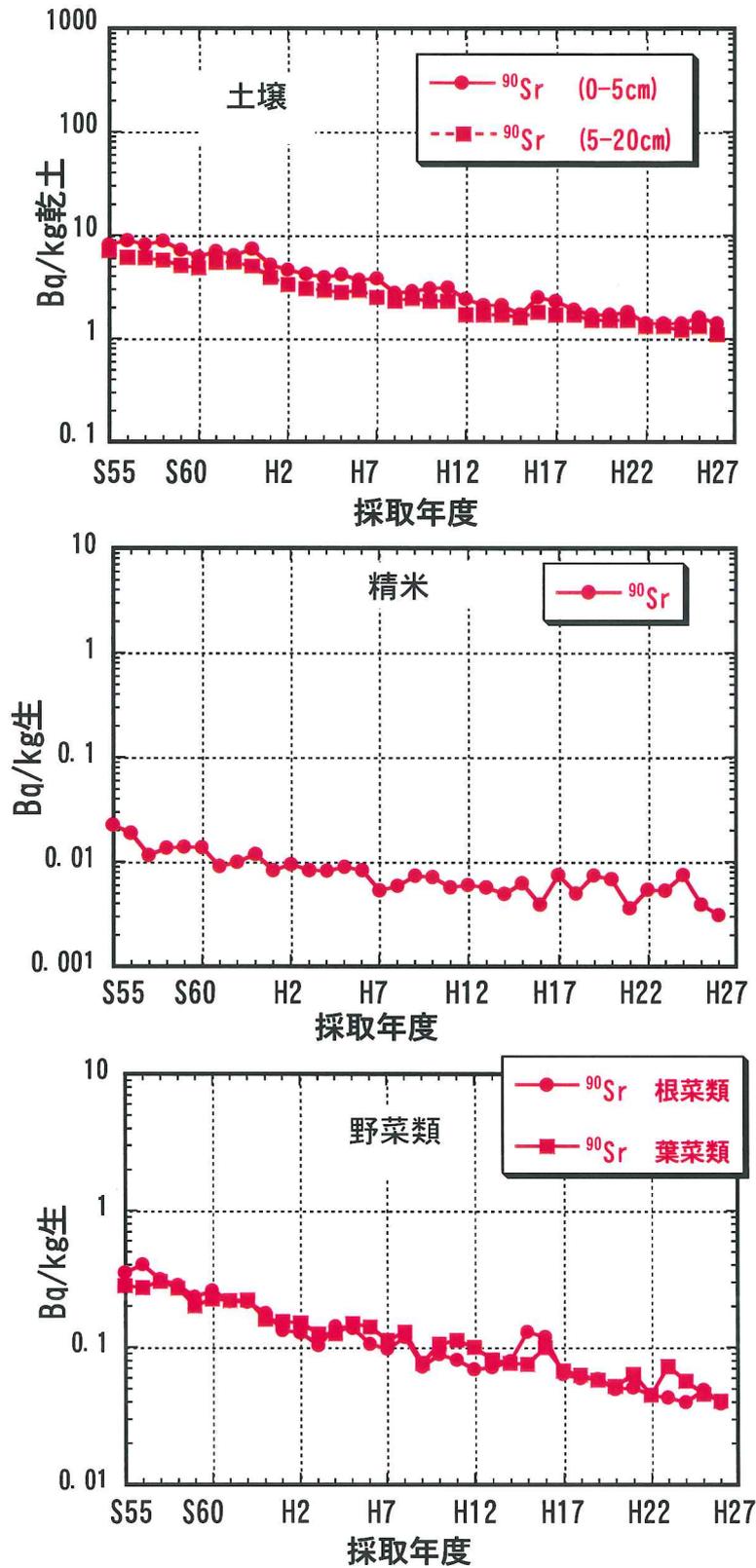


図 2-4-1 各種環境試料の $^{90}\text{Sr}$ 放射能濃度の経年変化 (つづき)

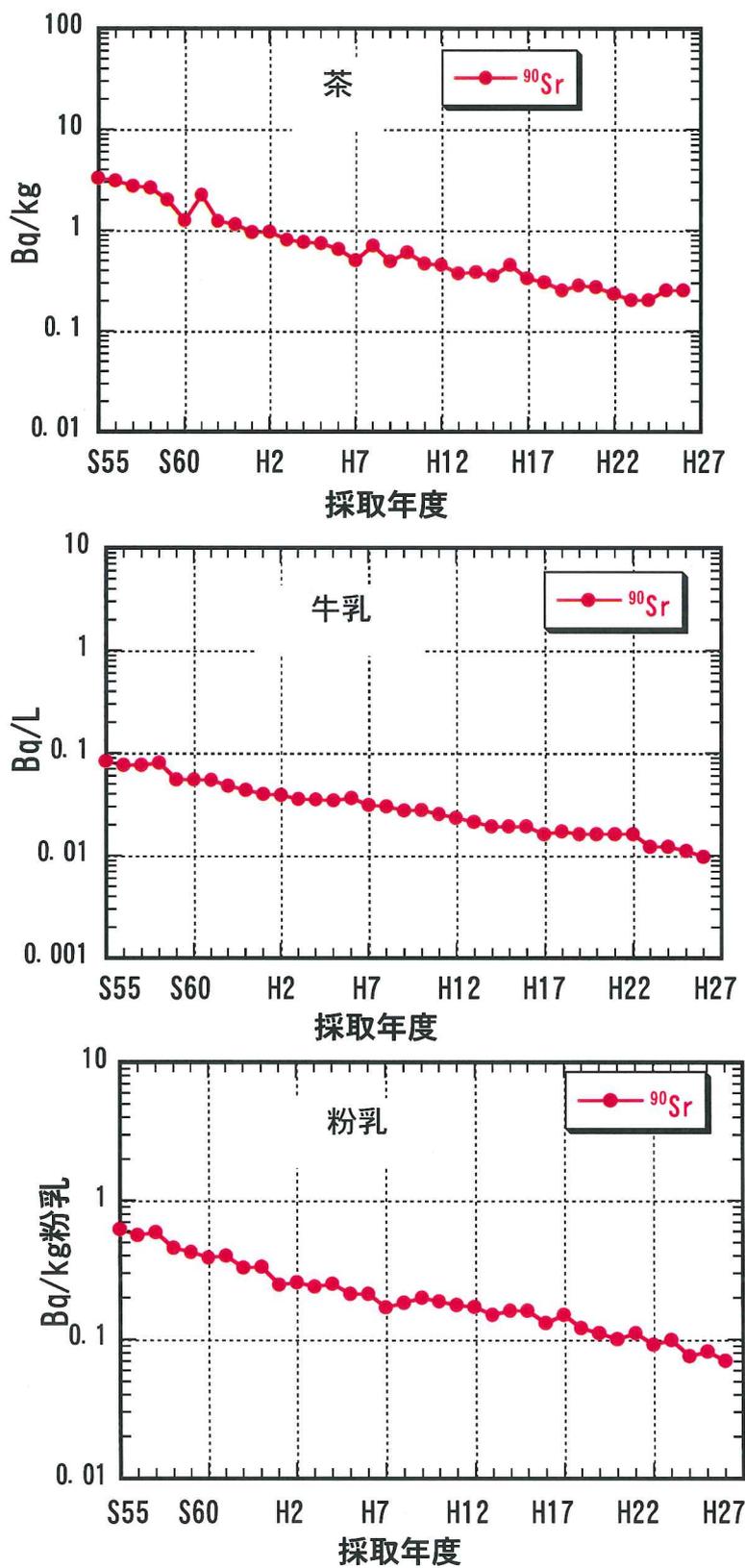


図 2-4-1 各種環境試料の  $^{90}\text{Sr}$  放射能濃度の経年変化 (つづき)

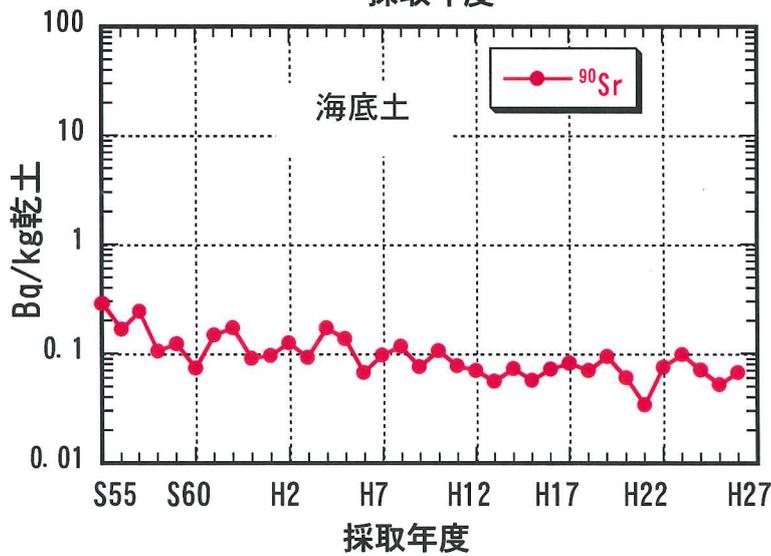
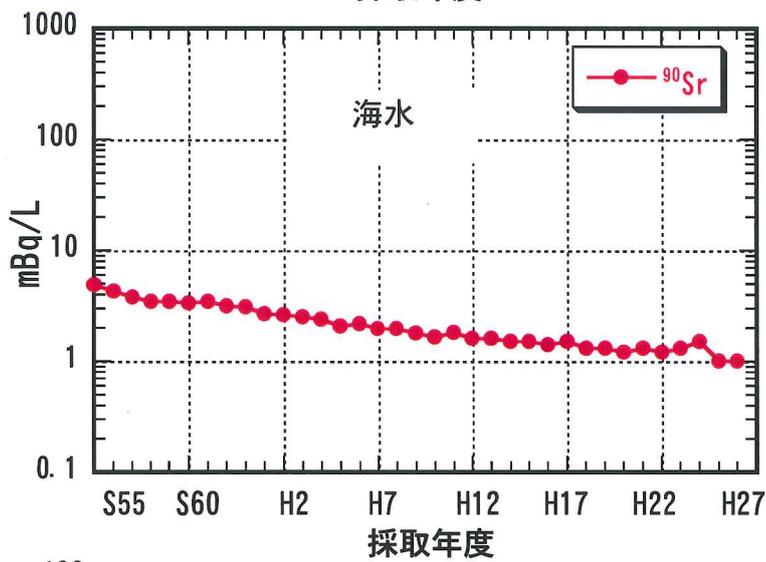
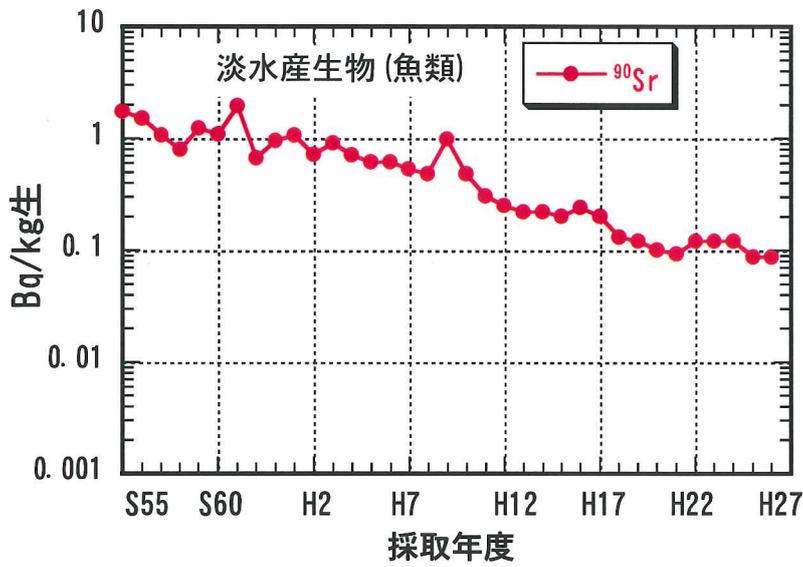


図 2-4-1 各種環境試料の  $^{90}\text{Sr}$  放射能濃度の経年変化 (つづき)

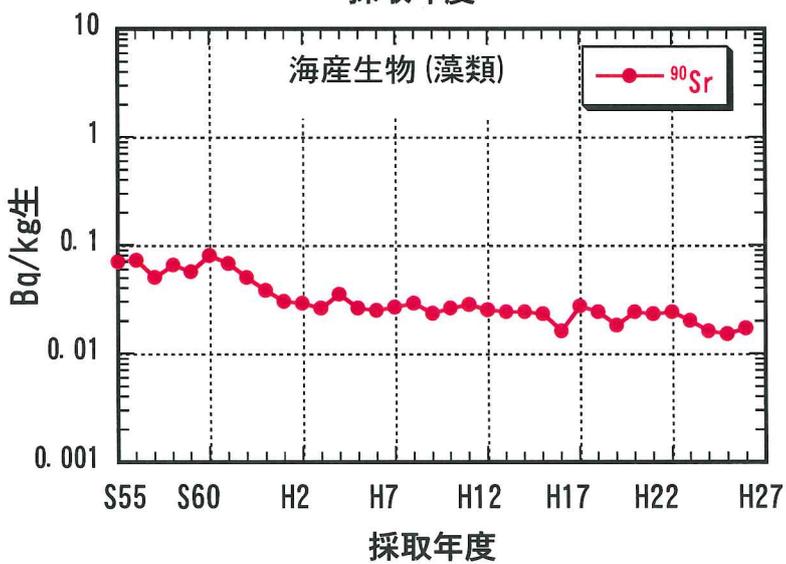
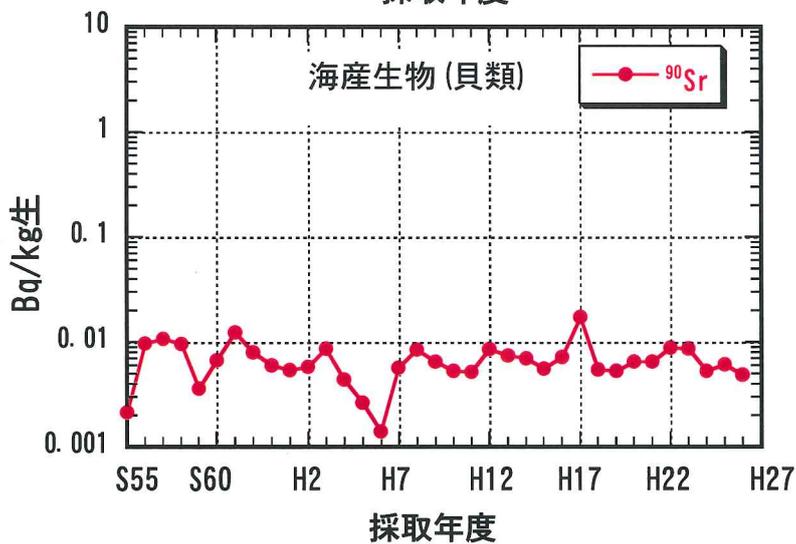
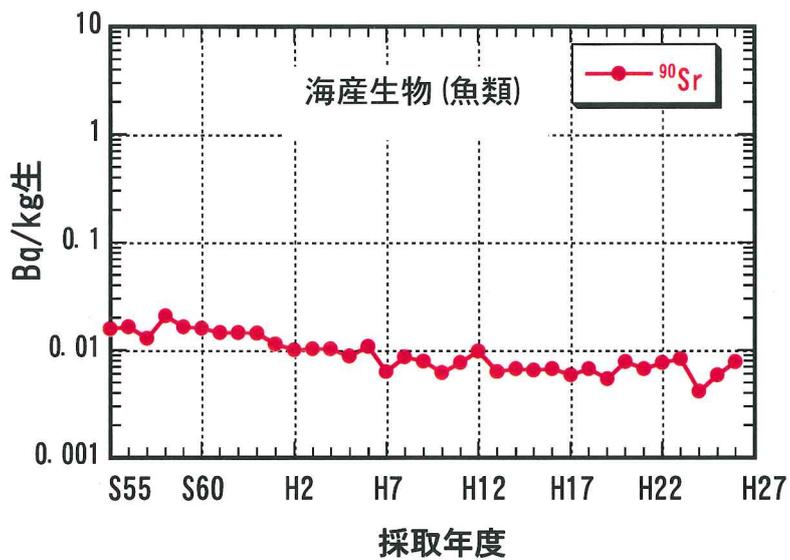


図 2-4-1 各種環境試料の  $^{90}\text{Sr}$  放射能濃度の経年変化 (つづき)

## 2.5 プルトニウム分析

### (1) 概要

平成 26 年度に 47 都道府県の環境センター等が採取し、乾燥細土とした後に分析センターが送付を受けた、47 都道府県各 1 地点（青森県:2 地点、沖縄県:2 地点）で採取された表層 (0~5cm) 及び下層 (5~20cm) の土壌、合計 98 試料について分析を行った。分析方法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」（平成 2 年改訂）に準じて分析した。

なお、環境中に存在するプルトニウムは、大気圏内核実験に伴うグローバルフォールアウト起源である  $^{238}\text{Pu}$ 、 $^{239}\text{Pu}$ 、 $^{240}\text{Pu}$ 、 $^{241}\text{Pu}$  であり、 $^{241}\text{Am}$  は  $^{241}\text{Pu}$ （半減期約 14 年）から生成する。これらの放射能濃度を把握するため、プルトニウム ( $^{239+240}\text{Pu}$ ) 濃度が高い 15 試料について、ICP 質量分析装置 (ICP-MS) による  $^{239}\text{Pu}$ 、 $^{240}\text{Pu}$  の分析、液体シンチレーションカウンタによる  $^{241}\text{Pu}$  の分析及び  $\alpha$  線スペクトロメトリーによるアメリシウム、キュリウムの分析を行った。分析方法は、文部科学省放射能測定法シリーズの 28「環境試料中プルトニウム迅速分析法」（平成 14 年）及び 21「アメリシウム分析法」（平成 2 年）に準じて行った。液体シンチレーションカウンタによる  $^{241}\text{Pu}$  測定については、ベータ線の最大エネルギーが  $^{241}\text{Pu}$  と近いトリチウムを効率校正に使用した。

### (2) 結果と考察

土壌中のプルトニウムの分析結果（平均値、最小値及び最大値）を、平成 21 年度から 25 年度までに採取された土壌の分析結果と合わせて表 2-5-1 に示す。

表 2-5-1 過去の調査結果との比較（放射能濃度） Bq/kg 乾土

核種	採取 深さ cm	平均、最小、最大値	平成 21~25 年度 採取分 (n=240)	平成 26 年度 採取分 (n=49)
$^{238}\text{Pu}$	0~5	平均値	0.012	0.010
		最小値~最大値	ND ~ 0.12	ND ~ 0.080
	5~20	平均値	0.0060	0.0049
		最小値~最大値	ND ~ 0.046	ND ~ 0.033
$^{239+240}\text{Pu}$	0~5	平均値	0.44	0.39
		最小値~最大値	ND ~ 3.8	ND ~ 2.8
	5~20	平均値	0.22	0.19
		最小値~最大値	ND ~ 1.5	ND ~ 1.1

平成 26 年度における採取深さ 0~5cm の各地点の  $^{238}\text{Pu}$  濃度は ND（検出されず）~ 0.080Bq/kg 乾土、 $^{239+240}\text{Pu}$  濃度は ND~2.8Bq/kg 乾土であり、採取深さ 5~20cm の  $^{238}\text{Pu}$  濃度は ND（検出されず）~0.033Bq/kg 乾土、 $^{239+240}\text{Pu}$  濃度は ND~1.1Bq/kg 乾土の範囲であり、いずれも平成 21 年度から 25 年度の調査結果と差は見られなかった。

採取地点毎の  $^{239+240}\text{Pu}$  濃度を図 2-5-1 に、プルトニウム同位体 ( $^{238}\text{Pu}$ 、 $^{239+240}\text{Pu}$ ) の放射能比を図 2-5-2 に示す。例年同様、岩手県、秋田県、茨城県、栃木県、石川県、長野県、熊本県、大分県の  $^{239+240}\text{Pu}$  濃度がやや高い値を示したが、平成 26 年度に採取された

土壌中のプルトニウム濃度は、平均値及び範囲ともに平成 21 年度から平成 25 年度までの結果と同程度の値であった。また、プルトニウム同位体の放射能比 ( $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ ) は約 0.024 であり、UNSCEAR1982 報告書による北半球におけるグローバルフォールアウトの値 (0.026) と同程度であることを確認した。

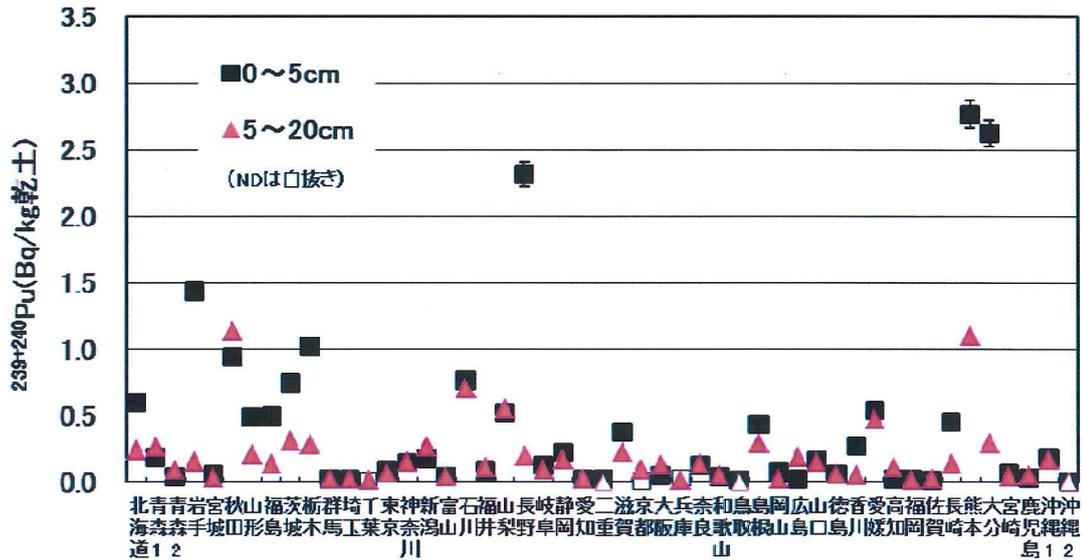


図 2-5-1 土壌中の  $^{239+240}\text{Pu}$  濃度 (平成 26 年度採取分)

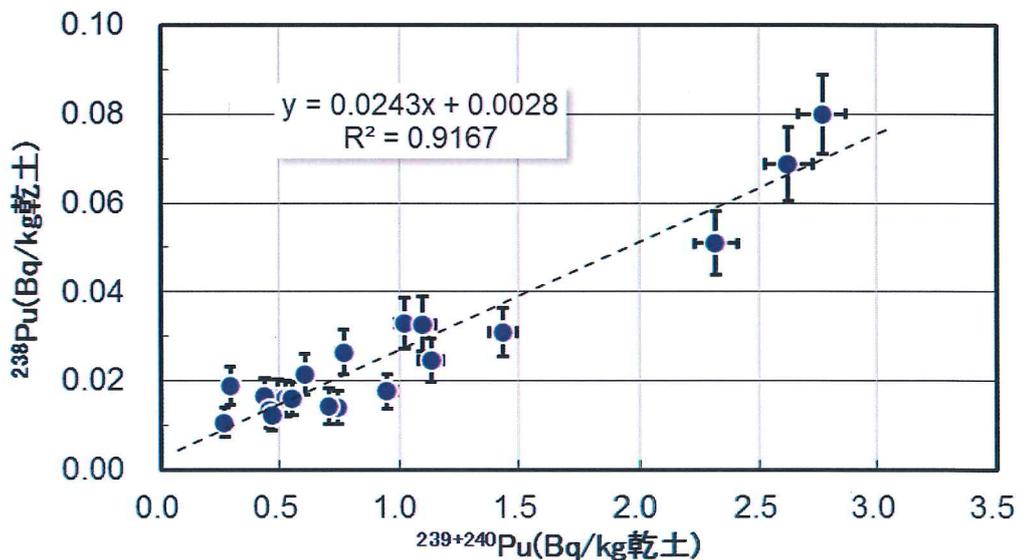


図 2-5-2 土壌中  $^{238}\text{Pu}$  と  $^{239+240}\text{Pu}$  放射能比

表 2-5-2 に示すとおり、平成 26 年度における  $^{239+240}\text{Pu}$  の蓄積量は ND (検出されず)  $\sim 205\text{MBq}/\text{km}^2$  (平均値  $33\text{MBq}/\text{km}^2$ ) であり、いずれも平成 21 年度から 25 年度の調査結果と同程度であった。なお、UNSCEAR1982 レポートによれば、北半球の  $^{239+240}\text{Pu}$  降下量はおよそ  $40\text{MBq}/\text{km}^2$  である。

表 2-5-2 過去の調査結果と比較 (蓄積量)

MBq/km<sup>2</sup>

核種名	深さ (cm)	項目	平成 21 年～25 年度 採取分 (n=240)	平成 26 年度採取分 (n=49)
<sup>239+240</sup> Pu	0～20	平均値	33	33
		最小値～最大値	ND～187	ND～205

プルトニウム (<sup>239+240</sup>Pu) とセシウム (<sup>137</sup>Cs) の放射能比を図 2-5-3 に示す。長崎に投下されたプルトニウム型原子爆弾の影響を含むと推定された熊本県の値を除き、また、福島第一原子力発電所事故の影響と考えられる <sup>134</sup>Cs が検出された試料についても除いたプルトニウムとセシウム放射能比 (<sup>239+240</sup>Pu/<sup>137</sup>Cs) は 0.042 (n=66) であった。

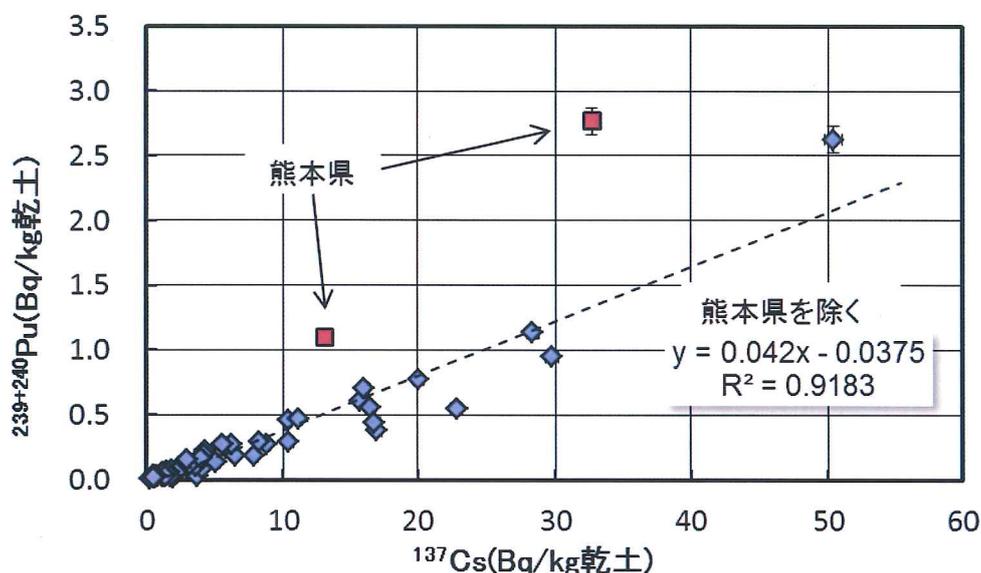


図 2-5-3 土壤中の <sup>239+240</sup>Pu と <sup>137</sup>Cs 放射能比

次に、分析結果のプルトニウム ( $^{239+240}\text{Pu}$ ) 濃度が高い 15 試料について、表 2-5-3 に示す。

表-2-5-3 プルトニウム ( $^{239+240}\text{Pu}$ ) 濃度が高い 15 試料

No.	県名	採取深度 (cm)	採取年月日	$^{239+240}\text{Pu}$ (Bq/kg 乾土)	No.	県名	採取深度 (cm)	採取年月日	$^{239+240}\text{Pu}$ (Bq/kg 乾土)
1	熊本県	0-5	H26. 8. 14	2. 8 ±0. 10	9	石川県	0-5	H26. 8. 13	0. 77±0. 037
2	大分県	0-5	H26. 7. 22	2. 6 ±0. 10	10	茨城県	0-5	H26. 5. 20	0. 75±0. 035
3	長野県	0-5	H26. 7. 22	2. 3 ±0. 09	11	石川県	5-20	H26. 8. 13	0. 71±0. 036
4	岩手県	0-5	H26. 7. 31	1. 4 ±0. 06	12	北海道	0-5	H26. 9. 9	0. 60±0. 031
5	秋田県	5-20	H26. 9. 24	1. 1 ±0. 05	13	山梨県	5-20	H26. 8. 1	0. 55±0. 027
6	熊本県	5-20	H26. 8. 14	1. 1 ±0. 05	14	愛媛県	0-5	H26. 8. 25	0. 55±0. 028
7	栃木県	0-5	H26. 10. 15	1. 0 ±0. 05	15	山梨県	0-5	H26. 8. 1	0. 52±0. 029
8	秋田県	0-5	H26. 9. 24	0. 95±0. 041					

上記 15 試料の ICP 質量分析装置 (ICP-MS) による  $^{239}\text{Pu}$ 、 $^{240}\text{Pu}$  の分析、液体シンチレーションカウンタによる  $^{241}\text{Pu}$  の分析及び  $\alpha$  線スペクトロメトリーによるアメリシウム、キュリウムの分析結果は以下のとおり。

1) ICP-MS による  $^{239}\text{Pu}$ 、 $^{240}\text{Pu}$

$^{239}\text{Pu}$  : 0. 30~2. 0Bq/kg 乾土、 $^{240}\text{Pu}$  : 0. 21~1. 1Bq/kg 乾土

これらの値は平成 25 年度採取土壌の値と同程度であった。

プルトニウム同位体の原子数比 ( $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ ) を図 2-5-4 に示す。

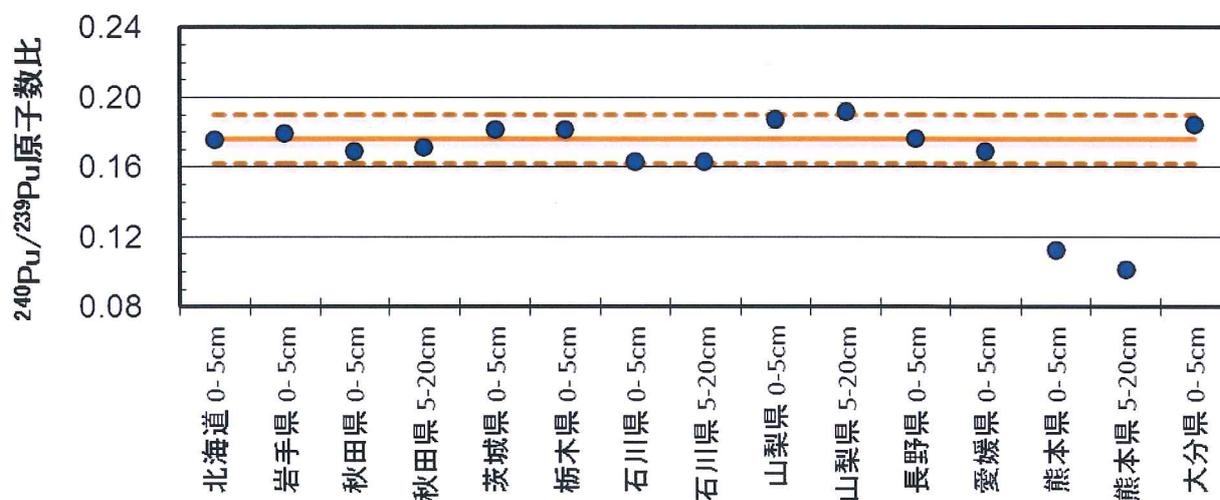


図 2-5-4 プルトニウム同位体の原子数比 ( $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ )

熊本県の値を除く原子数比 ( $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ ) の平均値は 0.176 (n=13) であり、Krey ら (1976) が測定した世界の土壌の平均値 ( $0.176 \pm 0.014$ ) と同程度であった。

2) 液体シンチレーションカウンタによる  $^{241}\text{Pu}$

$^{241}\text{Pu}$  : 0.67~2.2Bq/kg 乾土

これらの値は平成 25 年度採取土壌の値と同程度であった。

3)  $\alpha$ 線スペクトロメトリーによる  $^{241}\text{Am}$  と  $^{242}\text{Cm}$  及び  $^{243+244}\text{Cm}$

$^{241}\text{Am}$  : 0.15~1.1Bq/kg 乾土、 $^{242}\text{Cm}$  及び  $^{243+244}\text{Cm}$  : 全て ND (検出されず)

これらの値は平成 25 年度採取土壌の値と同程度であった。

$^{241}\text{Pu}$  と  $^{239+240}\text{Pu}$  放射能比を図 2-5-5 に、 $^{241}\text{Am}$  と  $^{239+240}\text{Pu}$  放射能比を図 2-5-6 に示す。

$^{241}\text{Pu}$  と  $^{239+240}\text{Pu}$  放射能比 ( $^{241}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ ) は約 0.71 (熊本県を除く)、 $^{241}\text{Am}$  と  $^{239+240}\text{Pu}$  放射能比は ( $^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu}$ ) は約 0.43 (熊本県を除く) であった。

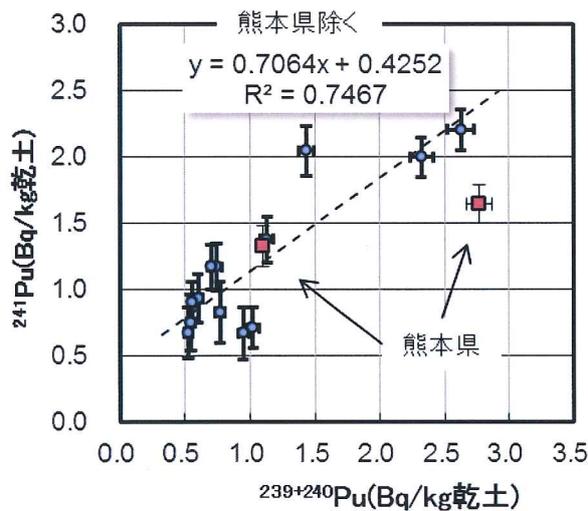


図 2-5-5  $^{241}\text{Pu}$  と  $^{239+240}\text{Pu}$  放射能比

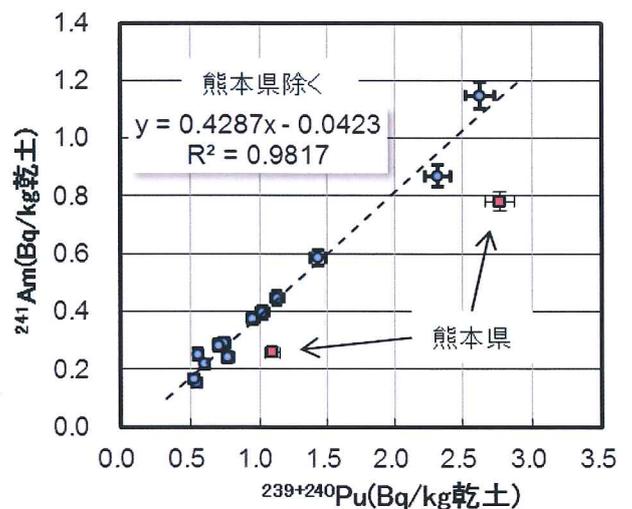


図 2-5-6  $^{241}\text{Am}$  と  $^{239+240}\text{Pu}$  放射能比

## 2.6 ヨウ素 129 分析

### (1) 概要

平成 27 年度に北海道、秋田県及び千葉県において採取した土壌(採取深度 0-5、5-20cm)、牛乳、海藻及び野菜試料を対象として  $^{129}\text{I}$  分析を実施した。なお、この調査は平成 23 年度から開始し、平成 26 年度まで同様に実施している。

また、福島第一原子力発電所事故の影響を調査するため、平成 25 年度には、茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、岩手県、宮城県、福島県の 10 地点、平成 26 年度には北海道、青森県、秋田県、山形県、新潟県、石川県、山梨県、長野県、静岡県、京都府、和歌山県、島根県、徳島県、長崎県、熊本県、大分県の 16 地点について、事故発生前の平成 22 年度(以下「事故前」という。)、平成 24 年度(以下「事故一年後」という。)に採取された土壌試料(深度 0-5cm)を対象として  $^{129}\text{I}$  分析を実施した。平成 27 年度は、全国地域の影響を評価するため、残りの 22 府県(青森県、富山県、福井県、岐阜県、愛知県、三重県、滋賀県、大阪府、兵庫県、奈良県、鳥取県、岡山県、広島県、山口県、香川県、愛媛県、高知県、福岡県、佐賀県、宮崎県、鹿児島県、沖縄県、計 23 地点(沖縄県は 2 地点で実施)を対象とし、事故前と事故一年後に採取された土壌試料(深度 0-5cm)の  $^{129}\text{I}$  分析を実施し、環境への原発事故の影響について検討した。

### (2) 分析方法

分析及び測定方法は以下のとおりである。

試料中のヨウ素を燃焼法により TMAH (Tetramethylammonium Hydroxide) 溶液に捕集し、この溶液から一部を分取したものを安定ヨウ素定量用試料とした。残りの溶液にヨウ素担体を加え、有機溶媒を用いた溶媒抽出法によりヨウ素を分離・精製した。ヨウ素精製溶液に銀担体を添加し、生成したヨウ化銀沈殿を遠心分離後、乾燥した。沈殿に 4 倍量のニオブ粉末を加えてよく混合し、東京大学タンデム加速器研究施設(MALT)の加速器質量分析装置(AMS)でヨウ素の同位体比( $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ )を測定した。また、 $^{129}\text{I}$ の比放射能を算出するため、安定ヨウ素定量用試料を測定に適した濃度に調製し、内標準としてインジウムを用いて ICP-MS で安定ヨウ素( $^{127}\text{I}$ )を定量した。

なお、分析工程の妥当性確認のため、標準試料(NIST-1547)を併せて分析した。

### (3) 結果と考察

#### 1) 北海道、秋田県、千葉県の調査

平成 27 年度に採取した試料の分析結果を表 2-6-1、平成 23 年度から平成 26 年度までの過去の分析結果との比較を図 2-6-1~図 2-6-10 に示す。

北海道、秋田県、千葉県の土壌試料の  $^{129}\text{I}$  の放射能濃度は、採取深度 0-5 cm で 0.42~0.64 (mBq/kg 乾土)、採取深度 5-20cm で 0.12~0.28 (mBq/kg 乾土)であった。牛乳(市販乳)は、0.00046~0.0021 (mBq/L)、海藻(コンブ、アカモク、アラメ)は、0.18~0.21 (mBq/kg 生)、野菜(キャベツ)は、0.000060~0.000070 (mBq/kg 生)であった。 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比については、採取深度 0~5cm の土壌試料で  $8.2\times$

$10^{-9}$ ~ $1.3 \times 10^{-8}$ 、採取深度 5~20 cm で  $1.2 \times 10^{-9}$ ~ $4.1 \times 10^{-9}$ であった。牛乳（市販乳）は、 $4.3 \times 10^{-10}$ ~ $2.5 \times 10^{-9}$ 、海藻は、 $6.1 \times 10^{-11}$ ~ $1.4 \times 10^{-10}$ 、野菜（キャベツ）は、 $3.7 \times 10^{-9}$ ~ $1.1 \times 10^{-8}$ であった。

図 2-6-1~図 2-6-4 の過去の分析結果との比較から、平成 27 年度の土壌の  $^{129}\text{I}$  濃度が過去と同様に 0~5 cm の表層が 5~20 cm より高濃度であることが示された。過去 3 年間の結果と比較すると、北海道、秋田県の 0~5cm の  $^{129}\text{I}$  放射能濃度では同程度で推移し、千葉県の上昇傾向が観測された。一方、 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比については、過去の変動幅内であった。

牛乳の比較結果を図 2-6-5、図 2-6-6 に示す。北海道と秋田県については、前年度と同レベルで推移しており、千葉県の測定結果については、 $^{129}\text{I}$  濃度と  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比ともに連続 3 年間上昇傾向が見られた。

海藻の分析結果（図 2-6-7、図 2-6-8）について、福島第一原子力発電所事故の年（平成 23 年）からの  $^{129}\text{I}$  濃度を比較すると、北海道（コンブ）、秋田県（アカモク）、千葉県（アラメ）は、低下傾向が認められた。また、 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比については、北海道、秋田県、千葉県ともにこれまでの同種試料調査結果中での最小値が得られた。

野菜の比較結果（図 2-6-9、図 2-6-10）では、 $^{129}\text{I}$  放射能濃度が 3 道県ともに平成 23 年度に事故の影響と考えられる高値が示され、その後連続的に低下傾向が見られた。平成 27 年度の結果は前年度と同レベルで推移している。一方、 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比については、若干の変動が見られるが、北海道、秋田県、千葉県ともに過去とほぼ同レベルであった。

## 2) 福島第一原子力発電所事故の影響調査

今年度調査対象とした事故前及び事故1年後に採取した土壌(深度0~5cm)23地点を図2-6-11に示し、その分析結果を表2-6-2及び表2-6-3にまとめた。

また、平成25年度からの全体の分析結果を考察するため、便宜上東日本と西日本に分けた。以下、北海道、青森県(2地点)、岩手県、宮城県、秋田県、山形県、福島県、茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、新潟県、富山県、石川県、福井県、山梨県、長野県、岐阜県、静岡県を「東日本」と記す。また、愛知県、三重県、滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県、鳥取県、島根県、岡山県、広島県、山口県、徳島県、香川県、愛媛県、高知県、福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県、大分県、宮崎県、鹿児島県、沖縄県(2地点)を「西日本」と記す。

### ① 分析結果と考察

表2-6-2及び2-6-3に示すように、平成27年度の分析結果について、 $^{129}\text{I}$ 濃度は事故前が0.02~0.57(mBq/kg乾土)、事故一年後が0.007~0.61(mBq/kg乾土)であった。また、 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比には、事故前が $3.55\times 10^{-10}$ ~ $1.59\times 10^{-8}$ 、事故一年後は $1.02\times 10^{-10}$ ~ $2.12\times 10^{-8}$ でありわずかな変動が見られた。

図2-6-12及び図2-6-13に示したように、事故前後の分析結果を比較すると、青森県、富山県、福井県、岐阜県、大阪府、奈良県、広島県、香川県、福岡県の9地点において、事故一年後の $^{129}\text{I}$ 濃度の上昇(約1.0~1.8倍)が確認され、青森県(青森市)、富山県、岐阜県、三重県、奈良県、鳥取県、沖縄県(那覇市)の7地点において、事故一年後の $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比の上昇(約1.0~1.5倍)が認められた。また、青森県(青森市)、福井県、岐阜県、奈良県については、 $^{129}\text{I}$ 濃度及び $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比の上昇が同時に確認された。

平成25、26年度の報告では、北海道、青森県、秋田県、茨城県、石川県、京都府を除いた20地点で事故一年後の土壌中 $^{129}\text{I}$ 濃度の上昇が見られ、岩手県、山形県、宮城県、福島県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、新潟県、山梨県、長野県、静岡県で1.1~3.6倍高く、和歌山県、島根県、徳島県、長崎県、熊本県、大分県では1.1~1.7倍高くなった。西日本に比べ東日本の $^{129}\text{I}$ 濃度が、事故による影響が大きく表われていることが示された。また、北海道、青森県、秋田県、石川県、京都府は、 $^{129}\text{I}$ 濃度と $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比における事故後の顕著な上昇はなく、その影響は確認できなかった。

平成25、26、27年度の分析結果を併せると、図2-6-11に示した福島第一原発電所からの約500km圏内の東日本における採取地点では、北海道、青森県(1地点)、秋田県、茨城県、新潟県、富山県と石川県を除き、青森県(1地点)、岩手県、山形県、宮城県、福島県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、山梨県、長野県、福井県、岐阜県、静岡県の16地点で事故一年後に $^{129}\text{I}$ 濃度及び $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比の上昇が同時に確認された。

原発事故の影響を評価するため、平成26年度の調査では、 $^{129}\text{I}$ 放射能濃度及び $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比に加えて $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ の分析結果を用いて、異なる核種間の関連性

について検討した。その結果、事故 1 年後の  $^{129}\text{I}$  濃度及び  $^{137}\text{Cs}$  濃度の方が事故前に比べ明らかに高く、事故前の  $^{129}\text{I}$  濃度及び  $^{137}\text{Cs}$  濃度の相関係数は 0.295、事故一年後の相関係数は 0.692 となり、事故後においてより強い相関が見出された。

平成 27 年度の調査では、23 地点事故前後の 46 試料の  $^{129}\text{I}$  濃度分析の実施とともに、同一試料のガンマ線スペクトロメトリーにより  $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  の測定を行った。その結果を表 2-6-4 (事故前) 及び表 2-6-5 (事故一年後) にまとめた。事故前の鳥取県、事故一年後の鳥取県と沖縄県 1 地点を除いた殆ど全部の試料において  $^{137}\text{Cs}$  (半減期 30.1 年) が検出されたが、 $^{134}\text{Cs}$  については、半減期が 2.1 年と短いため、今年度に測定した時点では既に減衰しており、検出下限値を下回った。平成 26 年度の調査では、 $^{134}\text{Cs}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  の放射能濃度の増分に高い相関 (相関係数: 0.995) が示され、事故により土壤に付加された  $^{137}\text{Cs}$  の量を、事故前の量を差し引くことで正しく評価でき、 $^{129}\text{I}$  濃度挙動との相関の評価においては  $^{137}\text{Cs}$  の値を用いることとしたため、平成 27 年度のデータ解析にも、 $^{137}\text{Cs}$  の結果を用いて、原発事故の影響の評価を行った。

平成 27 年度の結果に、平成 25、26 年度の結果を加えて、事故前 (47 地点) 及び事故一年後 (46 地点) の  $^{129}\text{I}$  対  $^{137}\text{Cs}$  の放射能濃度をプロットしたものを図 2-6-14 に示す。茨城県については、再処理施設の影響があり、また事故前後の鳥取県と事故一年後の沖縄県 (1 地点) については、 $^{137}\text{Cs}$  が不検出のため、除外した。2 核種間の相関については、事故前の相関係数は 0.401、事故 1 年後の相関係数は 0.672 であり、平成 26 年度の調査結果とほぼ一致しており、事故後により強い正の相関関係が見られた。

47 都道府県 (49 地点) の事故前後における、土壤 (0~5 cm) の  $^{129}\text{I}$  放射能濃度を図 2-6-15 に示す。東日本の群馬県、西日本の島根県、愛媛県、熊本県、大分県を除き事故前と事故一年後の日本国内全域の  $^{129}\text{I}$  放射能濃度分布には、いずれも「東高西低」という傾向が表れた。

49 地点の事故前後における土壤 (0~5 cm) の  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比を図 2-6-16 に示す。 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比については、岩手県、宮城県、福島県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県 (平成 25 年度実施)、山形県、山梨県、長野県、静岡県、和歌山県、島根県、徳島県、長崎県、熊本県、大分県 (平成 26 年度実施)、青森県、福井県、岐阜県、三重県、奈良県、鳥取県、沖縄県 (平成 27 年度実施) の 26 地点において事故一年後の上昇傾向が認められた。

高田の報告 [2] によると、 $^{129}\text{I}$  濃度の日本の地域別には北東地域が高い傾向にあり、南は低い傾向であった。これは、イギリスのセラフィールドやフランスのラ・アーグに代表されるヨーロッパの核燃料再処理施設工場から大気へ放出される  $^{129}\text{I}$  が日本まで飛来した可能性があり、旧ソビエトや中国などが 1996 年まで核実験で放出された  $^{129}\text{I}$  が風に乗って日本北東部まできたと考えられる。

また、遠山らの報告 [3] では、日本国内の再処理施設の影響について、昭和 38 年から平成 15 年 (1963~2003 年) の大気降下物中  $^{129}\text{I}$  の経年変化より、秋田における大気降下物中の  $^{129}\text{I}$  量の変動は、東海村の再処理施設からの放出の影響ではない

ことが推測されていた。

ここで、核実験の寄与及び国内外の再処理施設の寄与を除去するため、Y. Miyake の報告 [4] を参考にして、平成 26 年度の調査手法と同様に、事故 1 年後の放射能濃度から事故前の放射能濃度をバックグラウンドとして差し引いた結果を用いて、求められた放射能濃度の増分より、原発事故による環境への影響を検討した。

平成 27 年度の分析結果では、 $^{129}\text{I}$  濃度及び  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比の増分がともに平成 25 年度に採取した試料(東日本を中心に調査を実施)の測定結果より低く、これは、今年度の調査地域が福島第一原発から比較的離れており、受けた影響が少ないためと考えられた。23 地点の内、 $^{129}\text{I}$  濃度と  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比が同時に上昇の青森県(青森市)、福井県、岐阜県、奈良県 4 試料を用いて、事故前と事故 1 年後の  $^{129}\text{I}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  放射能濃度の増分をプロットしたものを図 2-6-17 に示す。相関係数は 0.61 であった。

## ② まとめ

平成 27 年度では、平成 25 年度、26 年度の調査を継続し、22 府県(23 地点)で採取された土壌(0~5 cm)について事故前と事故一年後の  $^{129}\text{I}$  濃度及び  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比を分析した。

22 府県(23 地点)の内、事故一年後の分析結果では、9 地点で  $^{129}\text{I}$  放射能濃度の上昇が観測され、7 地点で  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比の上昇が認められた。また、青森県(青森市)、福井県、岐阜県、奈良県における  $^{129}\text{I}$  濃度、 $^{137}\text{Cs}$  濃度及び  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比の上昇が確認された。

平成 27 年度の分析結果に、平成 25、26 年度の結果を加えて、土壌に沈着した  $^{129}\text{I}$  と  $^{137}\text{Cs}$  の放射能濃度の増分及び  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比を集計した結果から、昨年度の検討結果「西日本に比べ東日本の方が事故の影響が顕著に認められた」を裏付けた。

平成 25 年度から平成 27 年度にかけて 3 年間に亘って、全国 47 都道府県(49 地点)の事故前と事故一年後の土壌(0-5cm)を対象とし、事故前後の国内表層土壌の  $^{129}\text{I}$  分布、蓄積状況を調査した。また、同一試料の異核種( $^{134}\text{Cs}$  及び  $^{137}\text{Cs}$ )の事後前後の分析結果と併せて、事故より全国の土壌環境への影響を評価した。しかし、環境中の放射性核種の移行メカニズムについては、未だに不明な点が多く、より詳細な環境への影響の動態調査が今後も求められる。

参考文献：

- [1] 文部科学省ホームページ（報道発表：平成 24 年 7 月 27 日）  
①北海道の航空にモニタリング測定結果、及び  
②東日本全域の航空にモニタリングの結果の天然核種の影響を詳細に考慮した改訂について  
（参考 2）「文部科学省による日本全国の航空機モニタリングの測定結果について（日本全国の地表面へのセシウム 134、137 の沈着量の合計）」  
[http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/6000/5847/24/203\\_0727.pdf](http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/6000/5847/24/203_0727.pdf)
- [2] 高田ゆかり「AMS を用いた  $^{129}\text{I}$  濃度分析法の検討と環境中でのヨウ素の分布に関する研究」 2007 年学習院大学 村松研究室修論発表要旨 学習院大学ホームページ  
[http://www-cc.gakushuin.ac.jp/~e881147/value\\_imenu\\_red\\_txt/2007takadaAbs.pdf](http://www-cc.gakushuin.ac.jp/~e881147/value_imenu_red_txt/2007takadaAbs.pdf)
- [3] 遠山千亜紀、内田悠香、村松康行、五十嵐康人、青山道夫、松崎浩之「大気降下物中  $^{129}\text{I}$  の経年変化」 2011 学習院大学 村松研究室ホームページ  
[http://www-cc.gakushuin.ac.jp/~e881147/value\\_imenu\\_red\\_txt/学会要旨\\_2011/ヨウ素学会\(Toyama\).pdf](http://www-cc.gakushuin.ac.jp/~e881147/value_imenu_red_txt/学会要旨_2011/ヨウ素学会(Toyama).pdf)  
Yasuyuki Muramatsu, Yukari Takada, Hiroyuki Matsuzaki and Satoshi Yoshida  
AMS analysis of  $^{129}\text{I}$  in Japanese soil samples collected from background areas far from nuclear facilities  
Quaternary Geochronology, Volume 3, Pages 291-297, 2008
- [4] Y. Miyake, H. Matsuzaki, T. Fujiwara, T. Saito, T. Yamagata, M. Honda and Y. Muramatsu  
Isotopic ratio of radioactive iodine ( $^{129}\text{I}/^{131}\text{I}$ ) released from Fukushima Daiichi NPP accident  
Geochemical Journal, Vol. 46, P327-333, 2012

表 2-6-1 ヨウ素 129 分析結果

試料名	試料採取地	種類 深さ	採取地点	採取年月日	ヨウ素129	単位	原子数比 ( $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ )
土壌	北海道	0-5cm	江別市	H27.10.29	0.56 ± 0.013	mBq/kg (乾土)	8.2E-09 ± 1.7E-10
		5-20cm		H27.10.29	0.21 ± 0.004		2.9E-09 ± 4.7E-11
	秋田県	0-5cm	秋田市	H27.09.17	0.64 ± 0.015		3.0E-09 ± 6.3E-11
		5-20cm		H27.09.17	0.28 ± 0.007		1.2E-09 ± 2.9E-11
千葉県	千葉県	0-5cm	市原市	H27.07.21	0.42 ± 0.009	1.3E-08 ± 2.7E-10	
		5-20cm		H27.07.21	0.12 ± 0.003	4.1E-09 ± 1.0E-10	
牛乳	北海道	市販乳	札幌市	H27.10.26	0.00046 ± 0.000040	mBq/L	5.1E-10 ± 4.5E-11
	秋田県		—	H27.08.21	0.00058 ± 0.000032		4.3E-10 ± 2.4E-11
	千葉県		八千代市	H27.07.23	0.0021 ± 0.00007		2.5E-09 ± 8.0E-11
海藻	北海道	コンブ	余市町	H27.10.26	0.41 ± 0.011	mBq/kg (生)	6.1E-11 ± 1.5E-12
	秋田県	アカモク	秋田県八峰町八森 字岩館付近	H27.05.19	0.21 ± 0.005		1.4E-10 ± 3.2E-12
	千葉県	アラメ	御宿漁港沖	H27.07.28	0.18 ± 0.006		6.1E-11 ± 1.9E-12
野菜	北海道	キャベツ	恵庭市	H27.10.20	0.000070 ± 0.0000108	mBq/kg (生)	1.1E-08 ± 1.6E-09
	秋田県		秋田市	H27.10.21	0.000068 ± 0.0000095		3.7E-09 ± 5.2E-10
	千葉県		袖ヶ浦市	H27.09.01	0.000060 ± 0.0000089		3.9E-09 ± 5.7E-10

注) 「E-0X」は「10<sup>-X</sup>」を意味している。

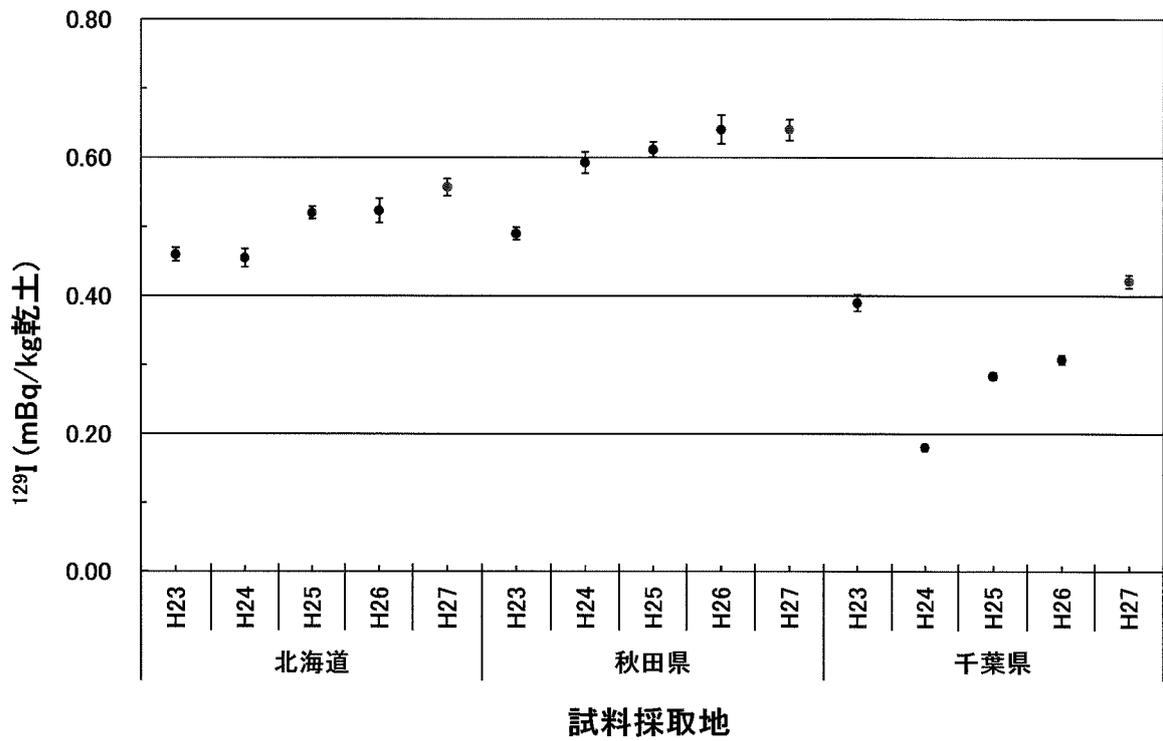


図 2-6-1 土壌 (0-5cm) の  $^{129}\text{I}$  濃度

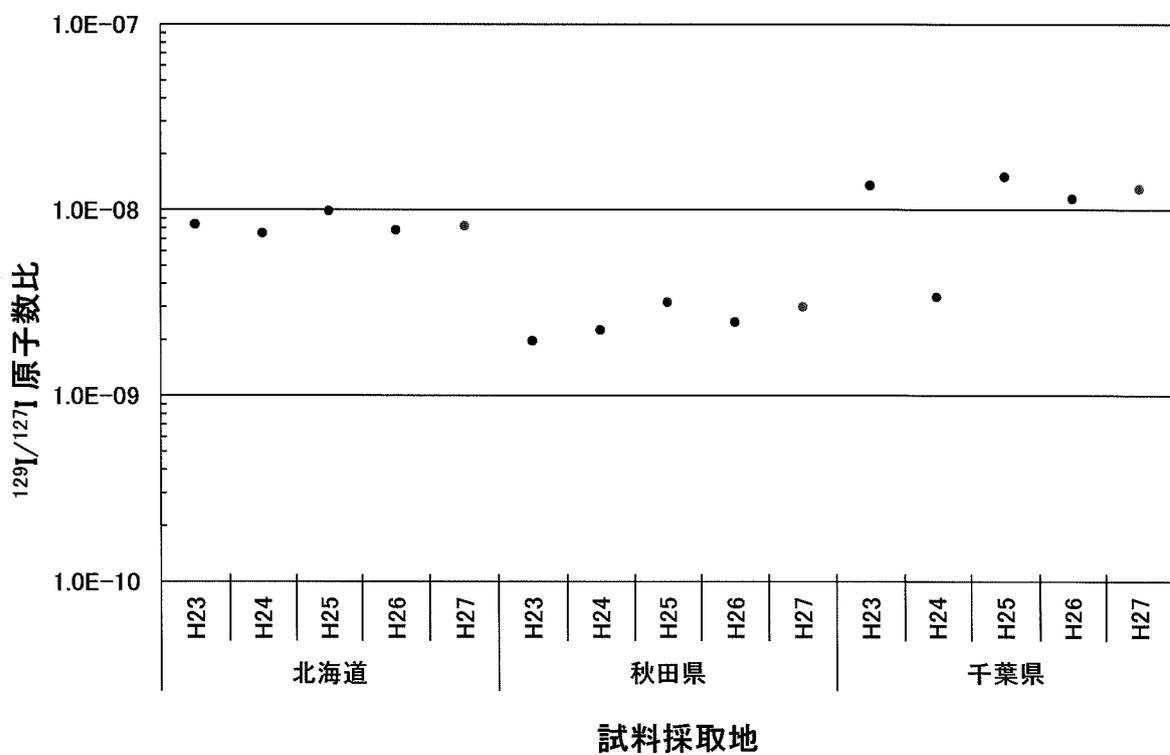


図 2-6-2 土壌 (0-5cm) の  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比

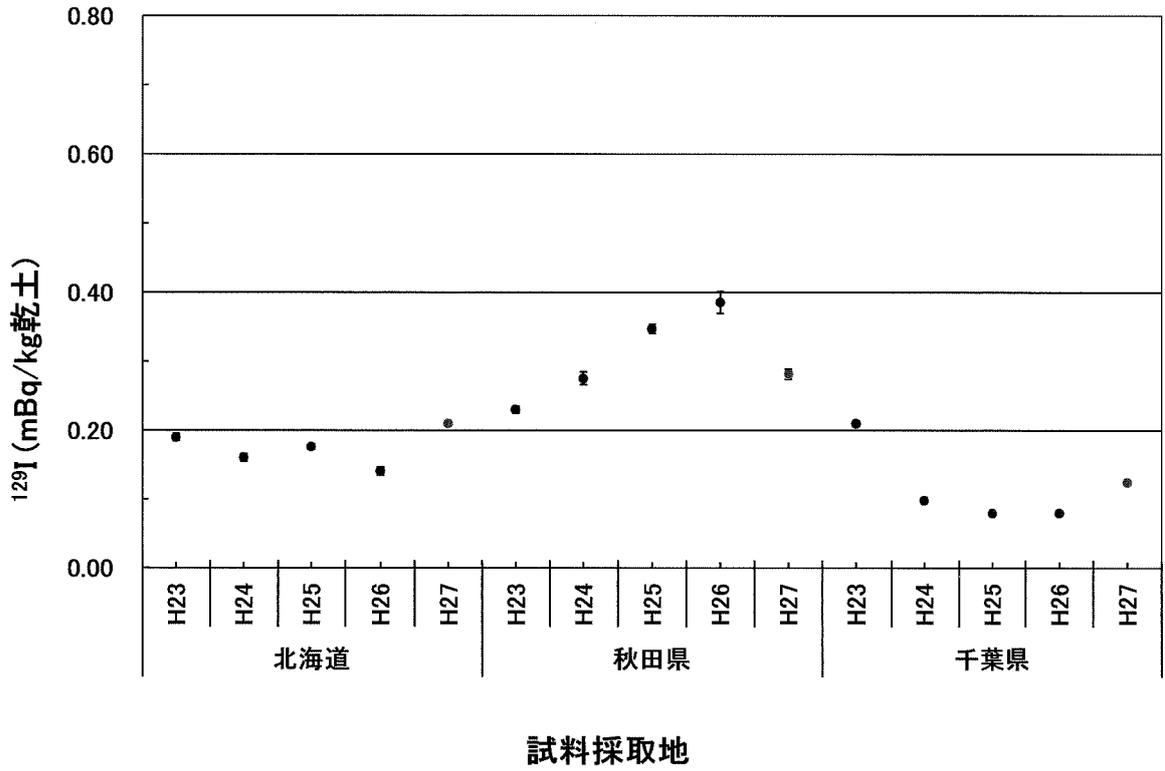


図 2-6-3 土壌 (5-20 cm) の  $^{129}\text{I}$  濃度

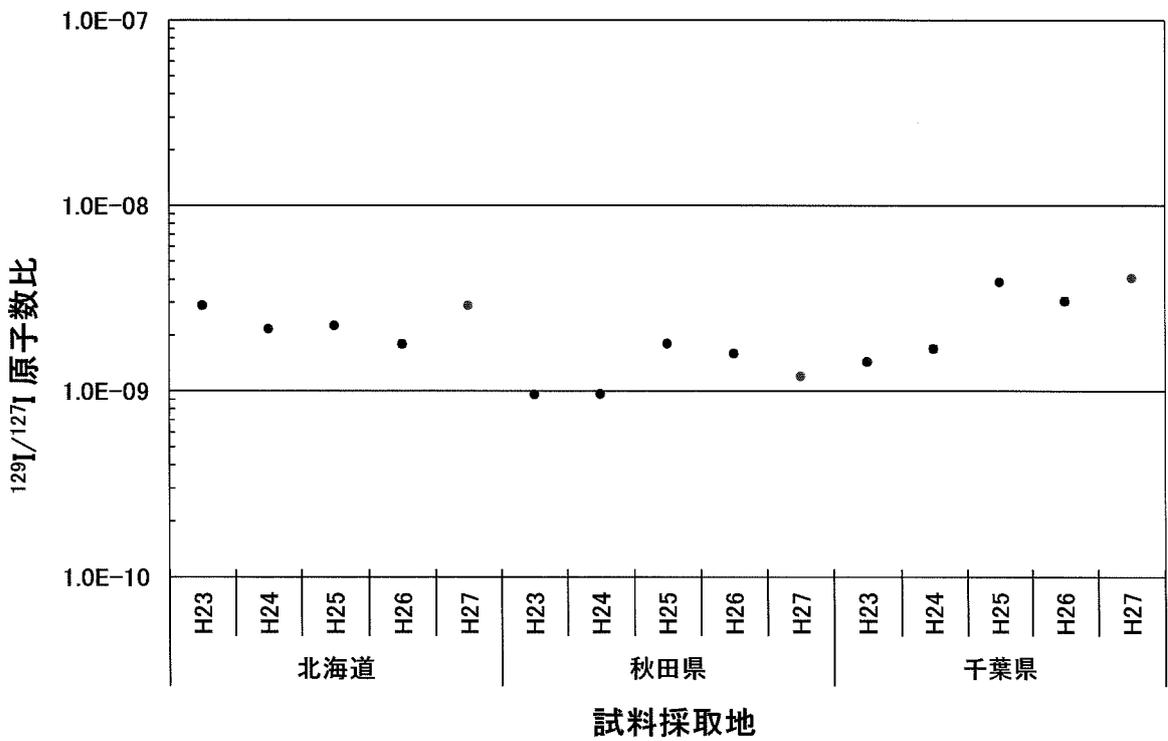


図 2-6-4 土壌 (5-20 cm) の  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比

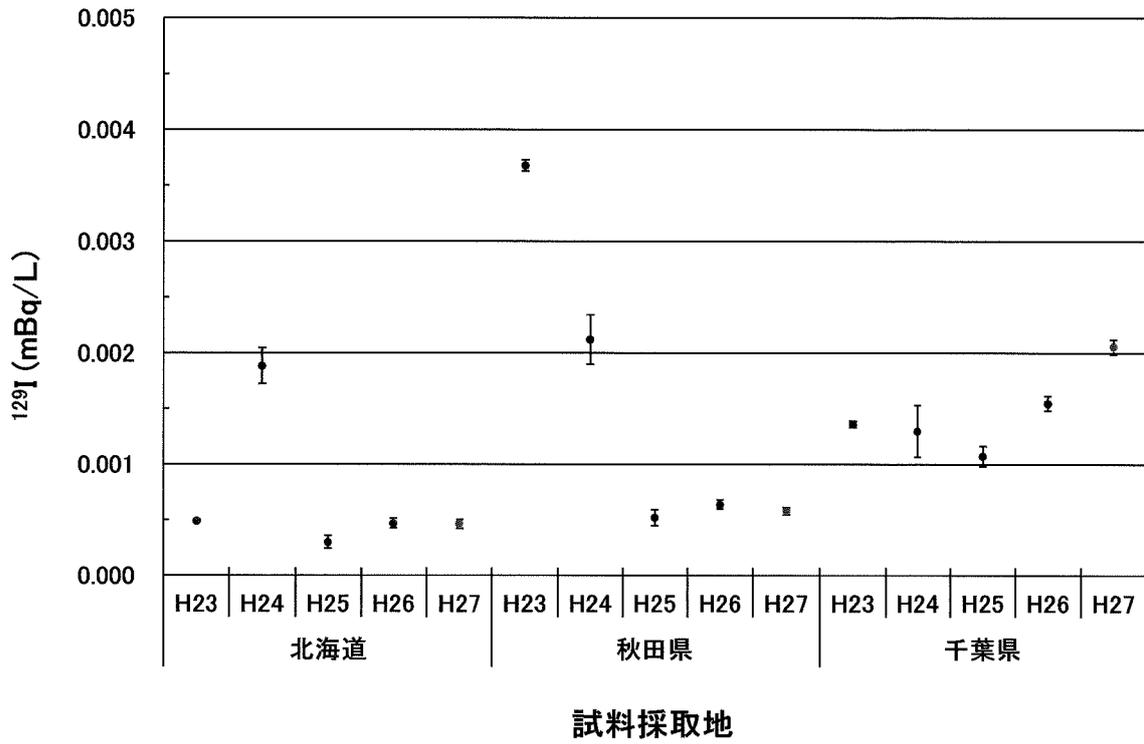


図 2-6-5 牛乳の  $^{129}\text{I}$  濃度

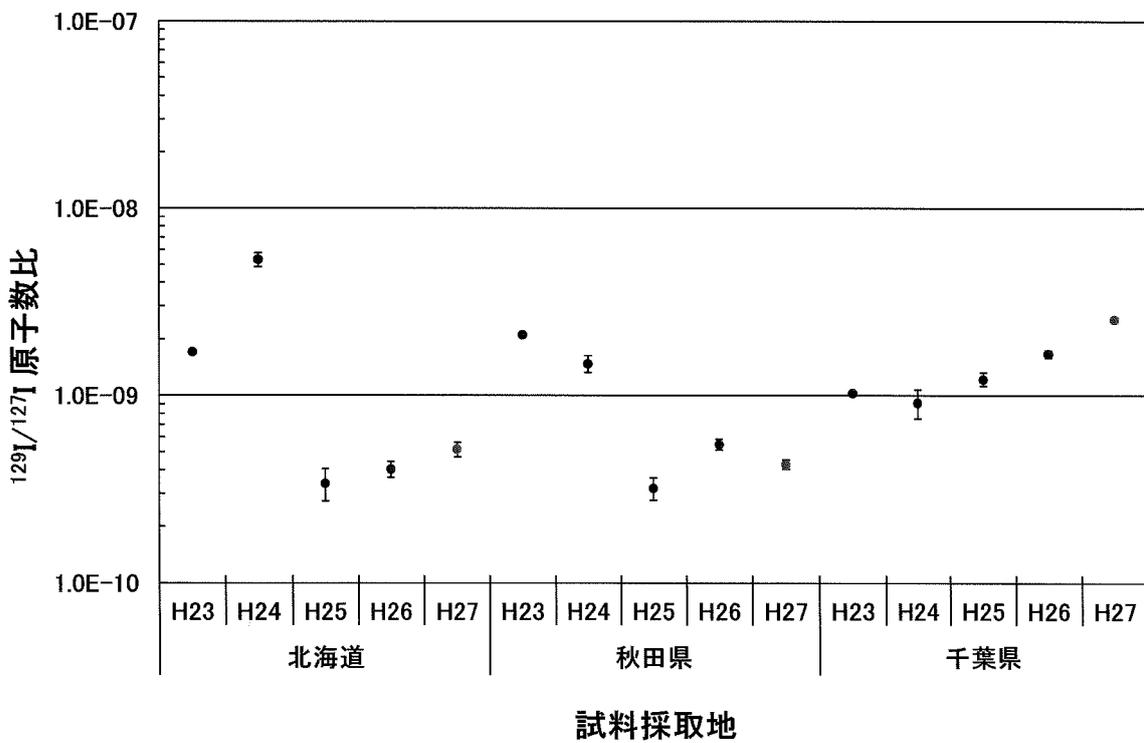
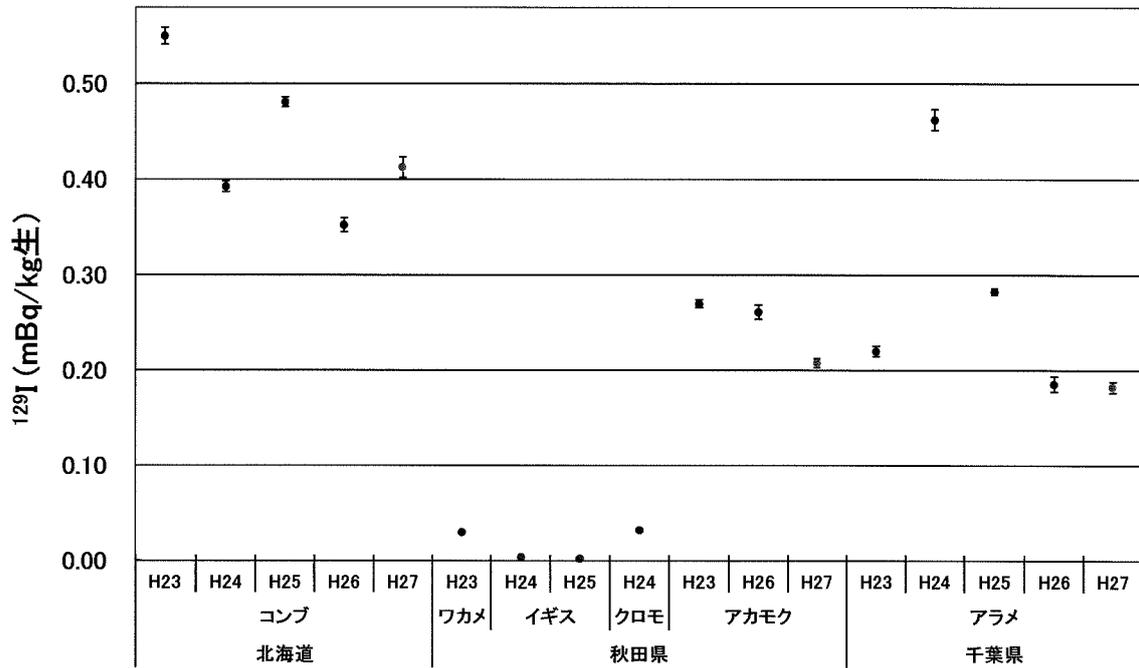
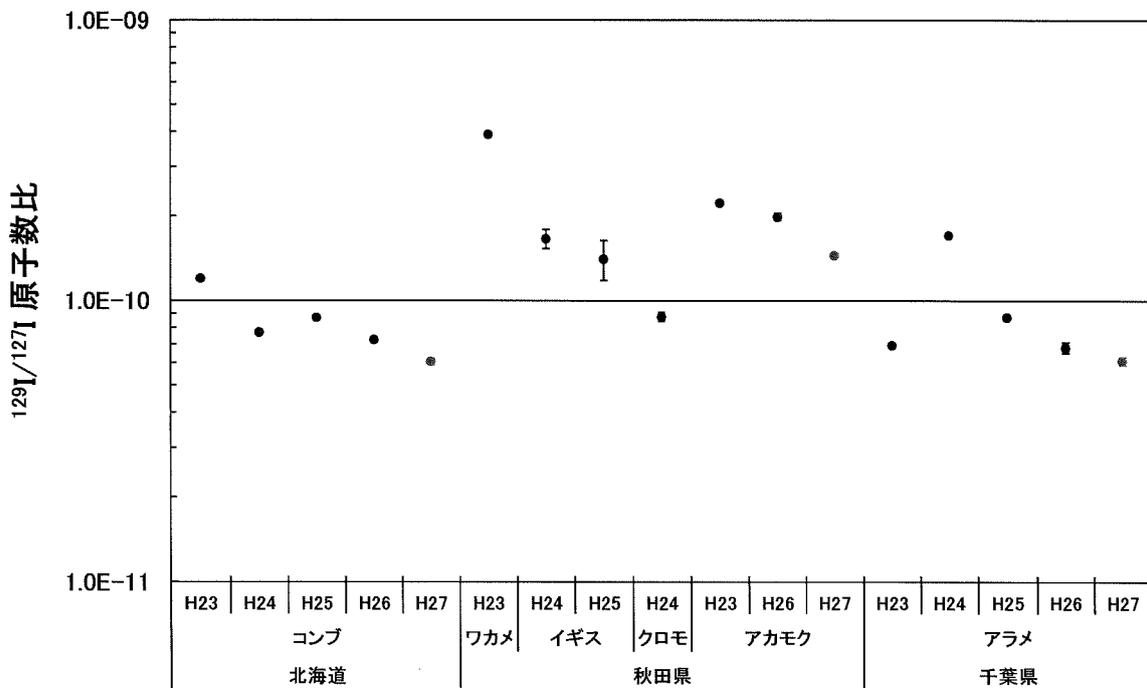


図 2-6-6 牛乳の  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比



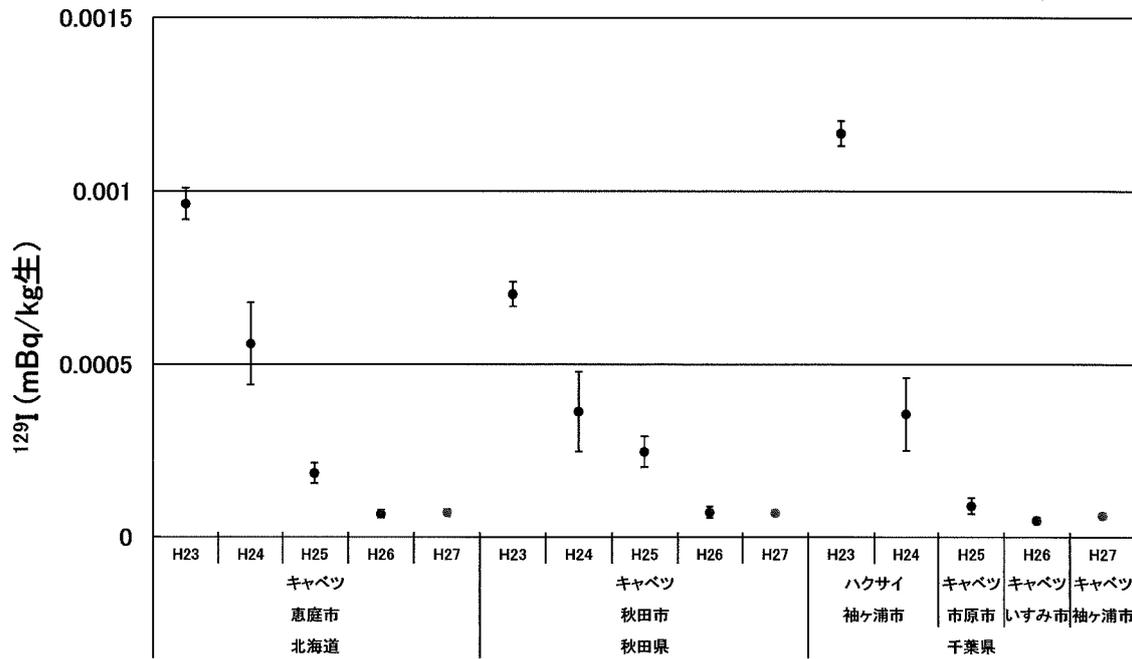
試料採取地

図 2-6-7 海藻の  $^{129}\text{I}$  濃度



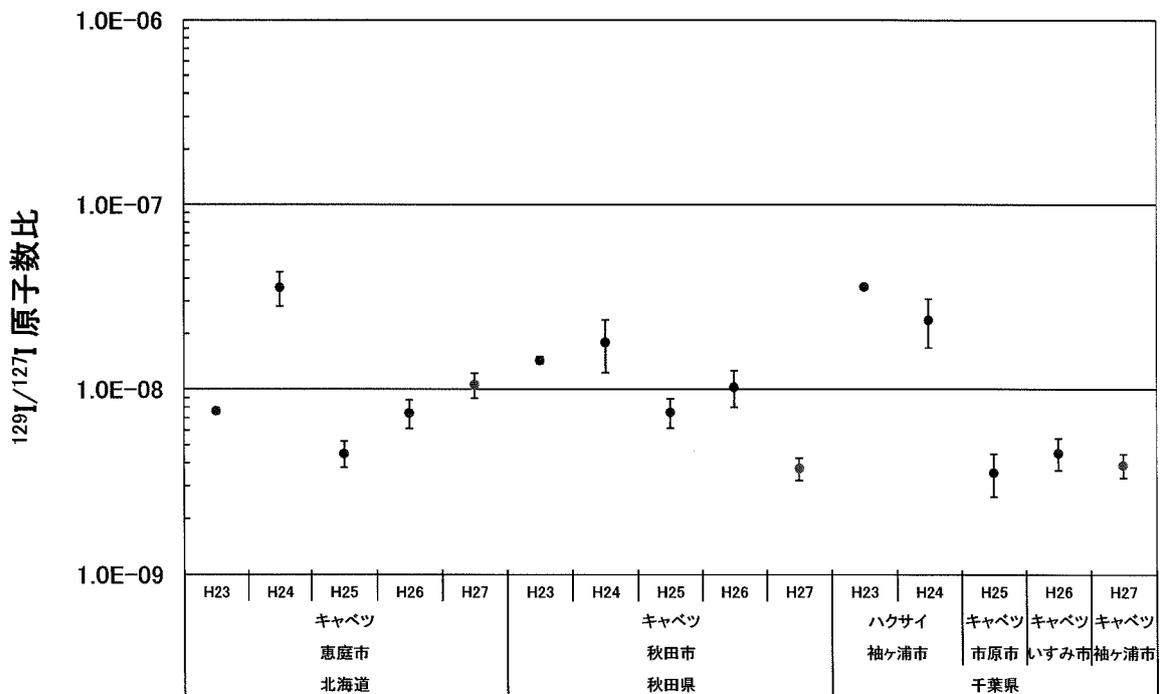
試料採取地

図 2-6-8 海藻の  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比



試料採取地

図 2-6-9 野菜の  $^{129}\text{I}$  濃度



試料採取地

図 2-6-10 野菜の  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比

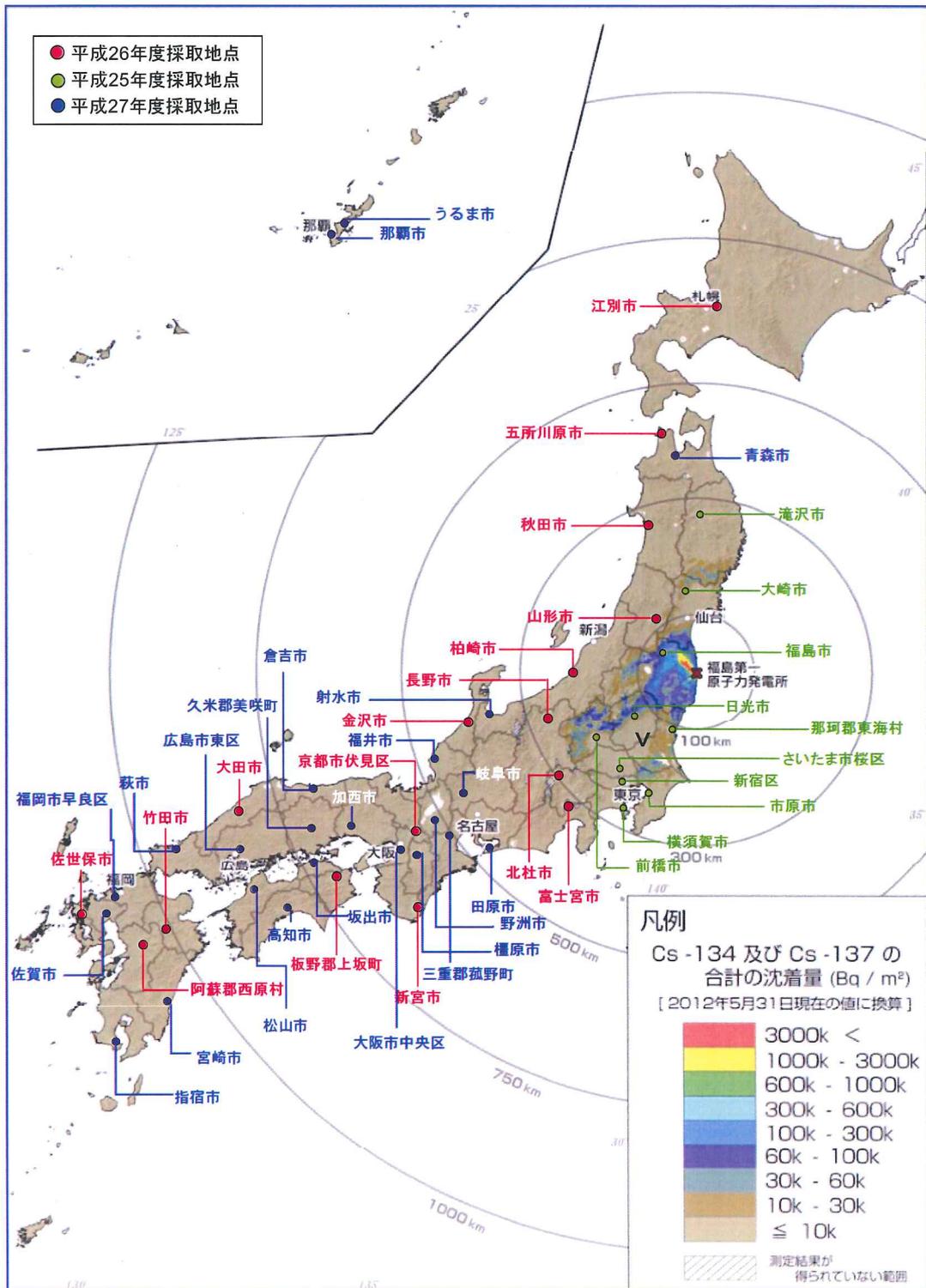


図 2-6-11 事故前及び事故一年後に採取した土壌の採取地点  
(原子力規制委員会ホームページ [1] より引用し、採取地点を追加)

表 2-6-2 土壌中の  $^{129}\text{I}$  分析結果 (事故前採取)  
(福島第一原子力発電所事故の影響調査)

試料採取地	種類、深さ	採取地点	採取年月日	ヨウ素129	単位	原子数比 ( $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ )
青森県	0-5cm	青森市	H22.07.20	0.57 ± 0.012	mBq/kg (乾土)	4.7E-09 ± 9.7E-11
富山県		射水市	H22.08.06	0.28 ± 0.008		2.2E-09 ± 5.8E-11
福井県		福井市	H22.07.21	0.25 ± 0.008		9.0E-09 ± 2.7E-10
岐阜県		岐阜市	H22.07.30	0.06 ± 0.003		4.9E-09 ± 2.5E-10
愛知県		田原市	H22.05.12	0.07 ± 0.004		1.6E-09 ± 9.0E-11
三重県		三重郡菰野町	H22.07.22	0.09 ± 0.004		4.6E-09 ± 2.2E-10
滋賀県		野洲市	H22.07.22	0.10 ± 0.005		9.9E-09 ± 4.4E-10
大阪府		大阪市中央区	H22.08.05	0.04 ± 0.002		5.4E-09 ± 3.5E-10
兵庫県		加西市	H22.08.06	0.07 ± 0.004		4.1E-09 ± 2.2E-10
奈良県		橿原市	H22.07.22	0.05 ± 0.003		7.5E-09 ± 4.6E-10
鳥取県		倉吉市	H22.07.26	0.07 ± 0.004		1.6E-08 ± 8.6E-10
岡山県		久米郡美咲町	H22.07.23	0.04 ± 0.003		5.7E-10 ± 3.6E-11
広島県		広島市東区	H22.07.26	0.06 ± 0.003		5.6E-09 ± 2.9E-10
山口県		萩市	H22.08.10	0.10 ± 0.004		3.5E-09 ± 1.5E-10
香川県		坂出市	H22.07.23	0.11 ± 0.005		1.2E-08 ± 4.9E-10
愛媛県		松山市	H22.08.05	0.44 ± 0.011		1.2E-08 ± 2.8E-10
高知県		高知市	H22.07.22	0.14 ± 0.005		6.3E-09 ± 2.3E-10
福岡県		福岡市早良区	H22.07.29	0.06 ± 0.003		6.9E-09 ± 3.4E-10
佐賀県		佐賀市	H22.08.30	0.05 ± 0.003		1.0E-08 ± 5.2E-10
宮崎県		宮崎市	H22.07.29	0.02 ± 0.002		3.6E-10 ± 2.7E-11
鹿児島県	指宿市	H22.10.01	0.04 ± 0.002	2.3E-09 ± 1.3E-10		
沖縄県	那覇市	H22.11.15	0.05 ± 0.003	4.3E-10 ± 2.1E-11		
沖縄県	うるま市	H22.04.19	0.03 ± 0.002	3.8E-10 ± 2.8E-11		

表 2-6-3 土壌中の  $^{129}\text{I}$  分析結果 (事故一年後採取)  
(福島第一原子力発電所事故の影響調査)

試料採取地	種類、深さ	採取地点	採取年月日	ヨウ素129	単位	原子数比 ( $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ )
青森県	0-5cm	青森市	H24.07.04	0.61 ± 0.012	mBq/kg (乾土)	5.0E-09 ± 8.2E-11
富山県		射水市	H24.07.23	0.32 ± 0.003		2.1E-09 ± 1.5E-11
福井県		福井市	H24.07.17	0.33 ± 0.005		1.1E-08 ± 1.8E-10
岐阜県		岐阜市	H24.07.25	0.10 ± 0.002		6.2E-09 ± 1.4E-10
愛知県		田原市	H24.08.31	0.06 ± 0.002		1.6E-09 ± 4.5E-11
三重県		三重郡菰野町	H24.07.26	0.08 ± 0.002		6.5E-09 ± 1.6E-10
滋賀県		野洲市	H24.07.26	0.09 ± 0.002		9.1E-09 ± 2.1E-10
大阪府		大阪市中央区	H24.07.31	0.04 ± 0.001		5.4E-09 ± 1.8E-10
兵庫県		加西市	H24.07.20	0.06 ± 0.002		3.8E-09 ± 1.0E-10
奈良県		橿原市	H24.07.24	0.06 ± 0.002		8.6E-09 ± 2.3E-10
鳥取県		倉吉市	H24.08.06	0.06 ± 0.002		2.1E-08 ± 5.4E-10
岡山県		久米郡美咲町	H24.08.07	0.03 ± 0.001		3.8E-10 ± 1.6E-11
広島県		広島市東区	H24.07.26	0.08 ± 0.002		5.1E-09 ± 1.2E-10
山口県		萩市	H24.08.20	0.08 ± 0.002		3.1E-09 ± 7.2E-11
香川県		坂出市	H24.07.26	0.13 ± 0.002		1.0E-08 ± 1.9E-10
愛媛県		松山市	H24.07.23	0.28 ± 0.004		1.1E-08 ± 1.7E-10
高知県		高知市	H24.07.23	0.05 ± 0.002		3.4E-09 ± 1.0E-10
福岡県		福岡市早良区	H24.07.10	0.07 ± 0.002		6.6E-09 ± 1.8E-10
佐賀県		佐賀市	H24.08.16	0.04 ± 0.002		6.3E-09 ± 2.1E-10
宮崎県		宮崎市	H24.08.17	0.02 ± 0.001		2.4E-10 ± 1.4E-11
鹿児島県	指宿市	H24.09.12	0.02 ± 0.002	1.2E-09 ± 1.5E-10		
沖縄県	那覇市	H24.08.13	0.05 ± 0.002	4.8E-10 ± 1.7E-11		
沖縄県	うるま市	H24.07.25	0.007 ± 0.0009	1.0E-10 ± 1.3E-11		

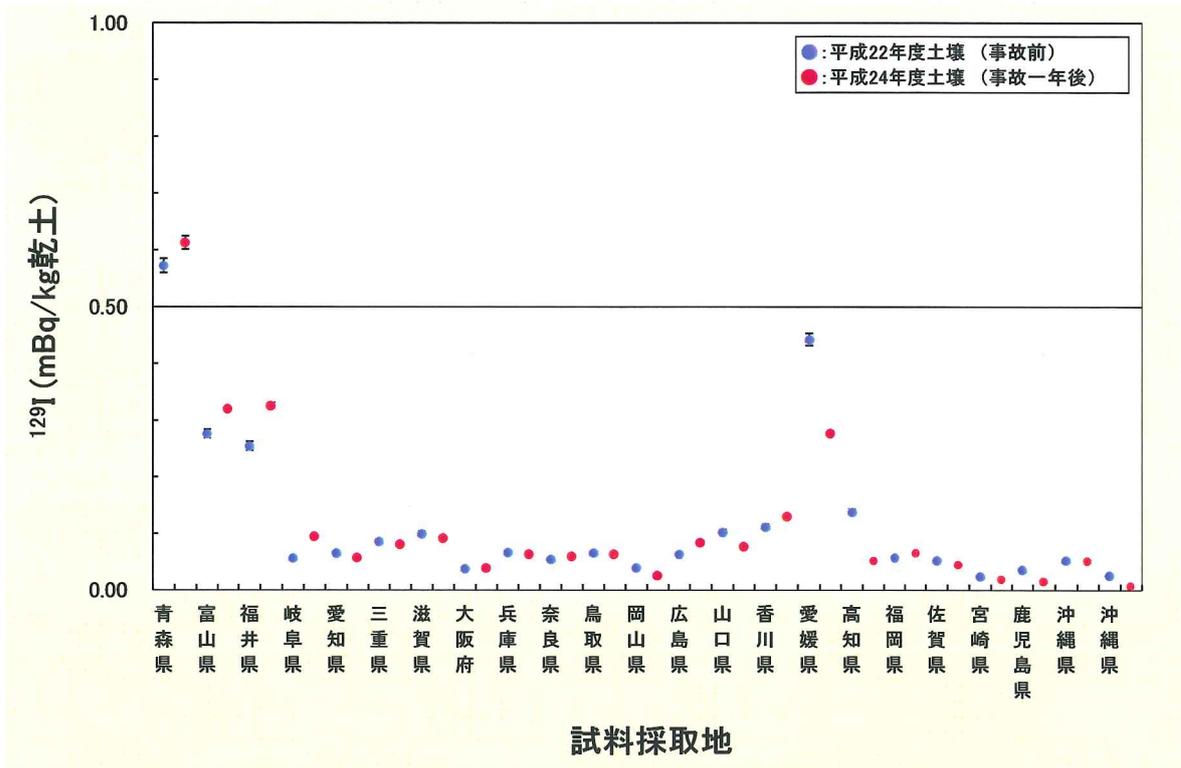


図 2-6-12 土壌 (0-5 cm) の  $^{129}\text{I}$  濃度 (23 地点)  
(福島第一原子力発電所事故の影響調査)

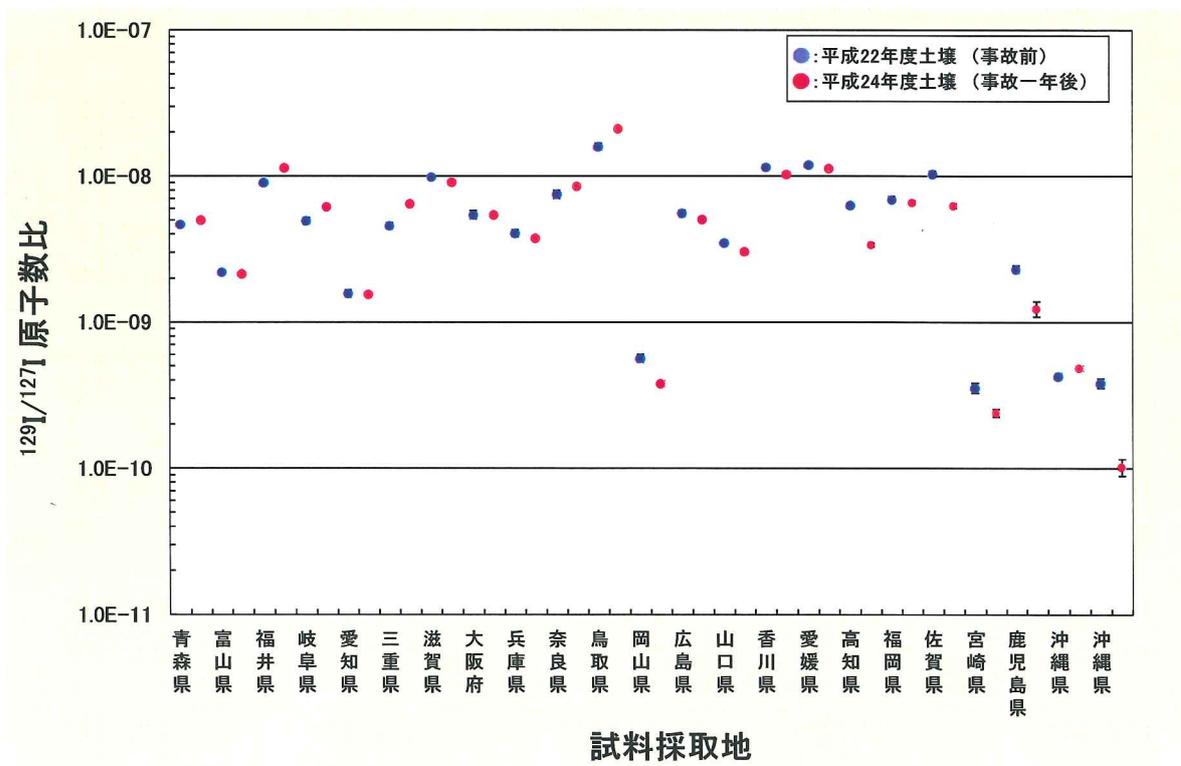


図 2-6-13 土壌 (0-5 cm) の  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比 (23 地点)  
(福島第一原子力発電所事故の影響調査)

表 2-6-4 土壌 (0-5cm) 中の  $^{129}\text{I}$  と  $^{137}\text{Cs}$  分析結果 (事故前採取)  
(福島第一原子力発電所事故の影響調査)

試料採取地	採取地点	$^{129}\text{I}$ (Bq/kg乾土)	$^{137}\text{Cs}$ (Bq/kg乾土)	$^{129}\text{I}/^{137}\text{Cs}$
青森県	青森市	5.7E-04	5.2	1.1E-04
富山県	射水市	2.8E-04	2.7	1.0E-04
福井県	福井市	2.5E-04	3.4	7.5E-05
岐阜県	岐阜市	5.7E-05	4.8	1.2E-05
愛知県	田原市	6.6E-05	1.8	3.7E-05
三重県	三重郡菰野町	8.6E-05	1.6	5.3E-05
滋賀県	野洲市	9.9E-05	11	9.4E-06
大阪府	大阪市中央区	3.8E-05	1.2	3.2E-05
兵庫県	加西市	6.7E-05	0.91	7.3E-05
奈良県	橿原市	5.4E-05	3.4	1.6E-05
鳥取県	倉吉市	6.6E-05	-	-
岡山県	久米郡美咲町	4.0E-05	1.5	2.7E-05
広島県	広島市東区	6.3E-05	2.6	2.5E-05
山口県	萩市	1.0E-04	3.0	3.4E-05
香川県	坂出市	1.1E-04	7.9	1.4E-05
愛媛県	松山市	4.4E-04	20	2.2E-05
高知県	高知市	1.4E-04	16	8.4E-06
福岡県	福岡市早良区	5.8E-05	2.9	2.0E-05
佐賀県	佐賀市	5.2E-05	1.1	4.8E-05
宮崎県	宮崎市	2.5E-05	2.2	1.1E-05
鹿児島県	指宿市	3.6E-05	0.58	6.2E-05
沖縄県	那覇市	5.3E-05	2.9	1.9E-05
沖縄県	うるま市	2.6E-05	0.66	3.9E-05

— : 検出下限値以下

$^{137}\text{Cs}$  及び  $^{134}\text{Cs}$  の測定日 : 2015 年 4 月 20 日 ~ 5 月 18 日

$^{134}\text{Cs}$  不検出

表 2-6-5 土壌 (0-5cm) 中の  $^{129}\text{I}$  と  $^{137}\text{Cs}$  分析結果 (事故一年後採取)  
(福島第一原子力発電所事故の影響調査)

試料採取地	採取地点	$^{129}\text{I}$ (Bq/kg乾土)	$^{137}\text{Cs}$ (Bq/kg乾土)	$^{129}\text{I}/^{137}\text{Cs}$
青森県	青森市	6.1E-04	6.4	9.6E-05
富山県	射水市	3.2E-04	2.4	1.3E-04
福井県	福井市	3.3E-04	4.6	7.0E-05
岐阜県	岐阜市	9.5E-05	5.3	1.8E-05
愛知県	田原市	5.8E-05	2.9	2.0E-05
三重県	三重郡菰野町	8.1E-05	1.3	6.2E-05
滋賀県	野洲市	9.2E-05	7.4	1.2E-05
大阪府	大阪市中央区	3.9E-05	1.5	2.6E-05
兵庫県	加西市	6.4E-05	1.8	3.6E-05
奈良県	橿原市	6.0E-05	3.9	1.5E-05
鳥取県	倉吉市	6.3E-05	-	-
岡山県	久米郡美咲町	2.6E-05	0.80	3.3E-05
広島県	広島市東区	8.4E-05	3.6	2.4E-05
山口県	萩市	7.7E-05	3.1	2.5E-05
香川県	坂出市	1.3E-04	8.9	1.5E-05
愛媛県	松山市	2.8E-04	14	2.0E-05
高知県	高知市	5.1E-05	6.7	7.6E-06
福岡県	福岡市早良区	6.5E-05	2.0	3.3E-05
佐賀県	佐賀市	4.5E-05	1.3	3.4E-05
宮崎県	宮崎市	1.9E-05	2.0	9.5E-06
鹿児島県	指宿市	1.5E-05	0.58	2.6E-05
沖縄県	那覇市	5.1E-05	2.3	2.2E-05
沖縄県	うるま市	6.9E-06	-	-

— : 検出下限値以下

$^{137}\text{Cs}$  及び  $^{134}\text{Cs}$  の測定日 : 2015 年 4 月 20 日 ~ 5 月 18 日

$^{134}\text{Cs}$  不検出

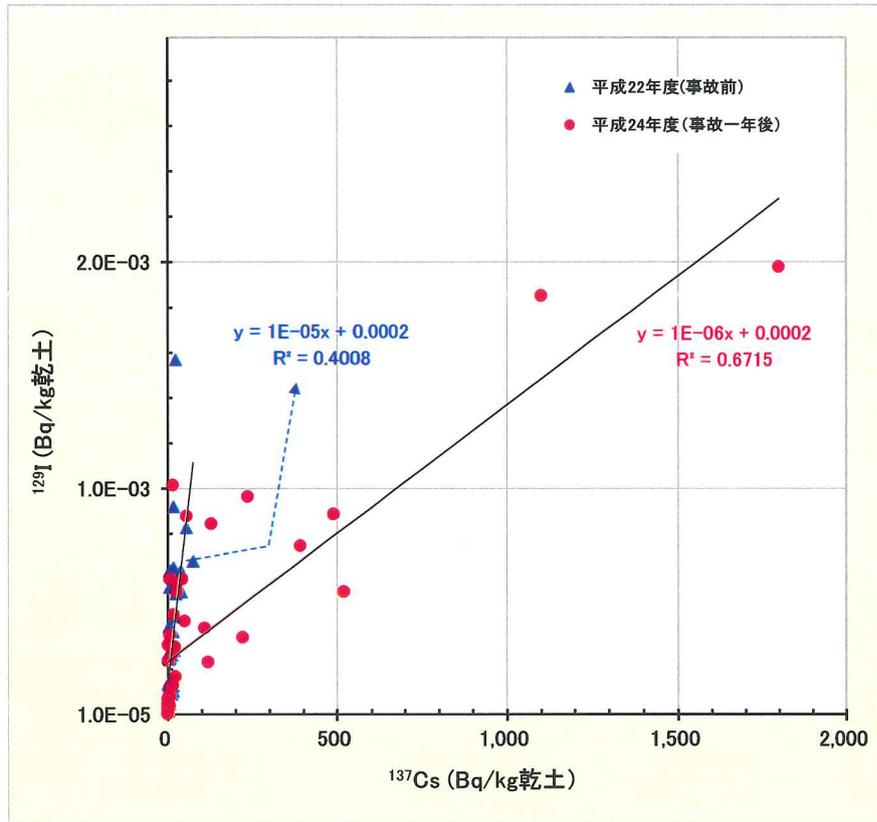


図 2-6-14 事故前（茨城県と鳥取県を除外 47 地点）および事故一年後（茨城県、鳥取県、沖縄県 1 地点を除外 46 地点）の土壌（深度 0-5cm）に沈着した  $^{129}\text{I}$  と  $^{137}\text{Cs}$  の相関（福島第一原子力発電所事故の影響調査）

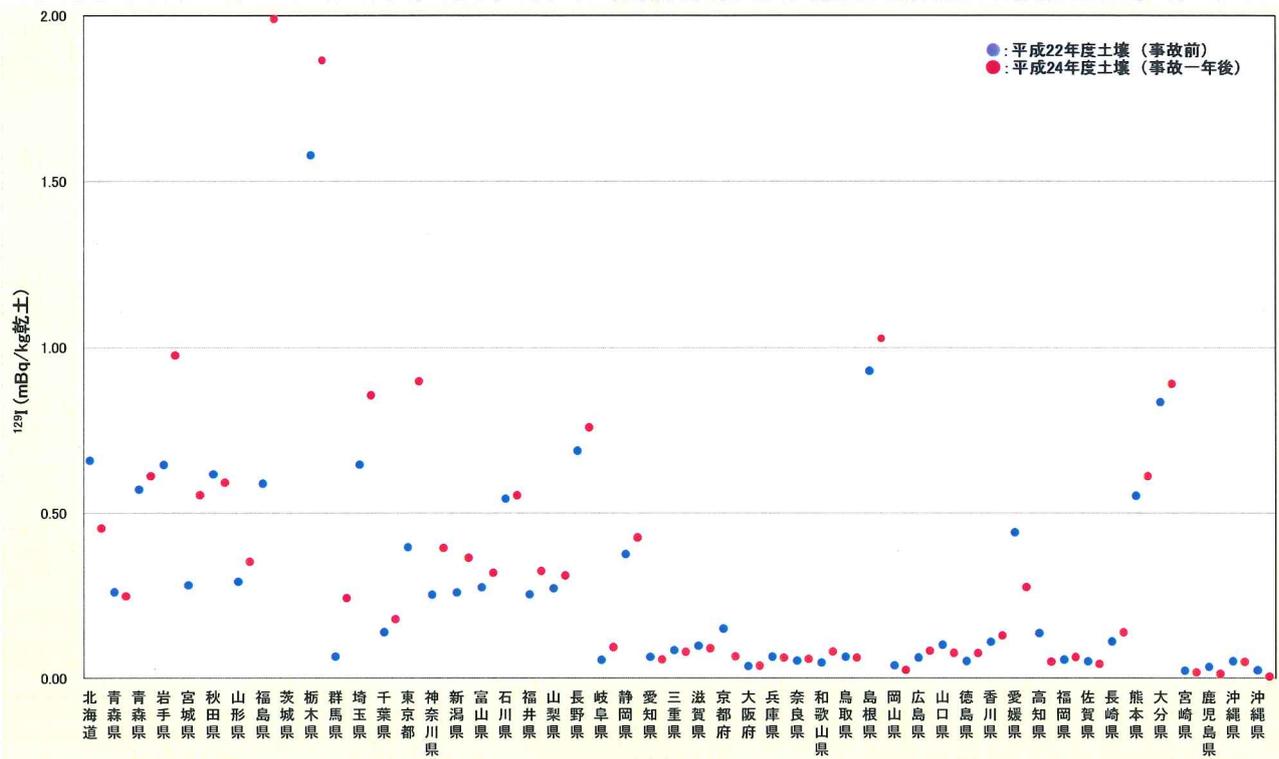


図 2-6-15 事故前後土壌 (0-5cm) の  $^{129}\text{I}$  濃度 (全国 49 地点)  
 「茨城県の結果未表示：(事故前) 84mBq/kg 乾土 ⇒ (事故一年後) 37mBq/kg 乾土」  
 (福島第一原子力発電所事故の影響調査)

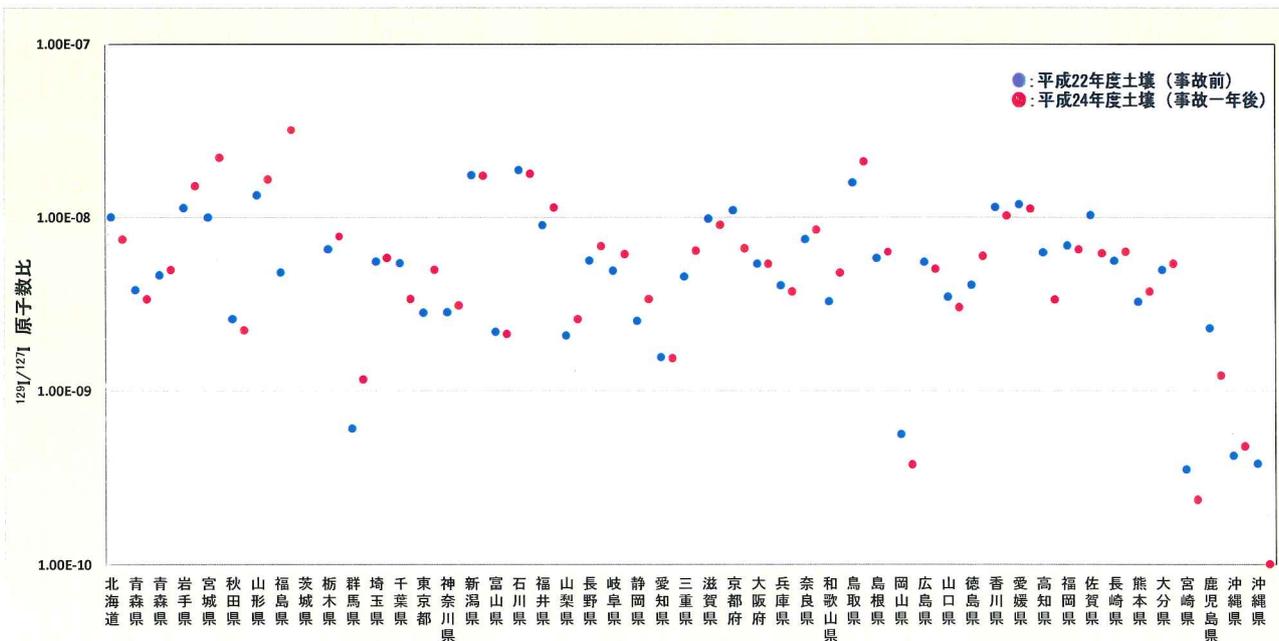


図 2-6-16 事故前後土壌 (0-5 cm) の  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比 (全国 49 地点)  
 (福島第一原子力発電所事故の影響調査)

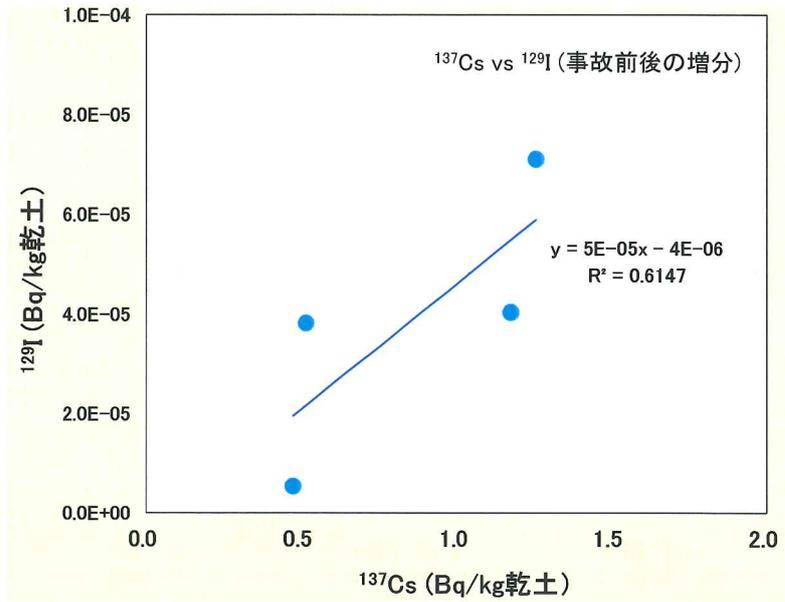


図 2-6-17 事故前後  $^{131}\text{I}$  と  $^{137}\text{Cs}$  (放射能濃度増分) の相関  
(平成 27 年度に採取試料)

## 2.7 炭素 14 分析

### (1) 概要

国内 3 地域（北海道、秋田県、千葉県）において、大気中二酸化炭素、精米及び野菜をそれぞれ 1 試料採取した。<sup>14</sup>C 前処理装置を用いて試料に含まれる炭素を二酸化炭素ガスとして抽出しグラファイト化して測定試料とした。加速器質量分析装置を用いて炭素原子数比を測定し、<sup>14</sup>C 比放射能を算出した。また、炭素安定同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ ）を元素分析/同位体比質量分析計を用いて測定した。

なお、バックグラウンド試料及び標準試料として、IAEA C1 及び IAEA C6、NIST SRM 4990C を試料と同時に分析した。

### (2) 結果と考察

平成 27 年度に実施した調査結果を表 2-7-1 に示す。いずれの結果も過去の調査結果（表 2-7-2）と同程度であった。

表 2-7-1 炭素 14 調査結果

試料名	採取法 または品種等	採取場所	炭素 14 比放射能 (Bq/g 炭素)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
大気中 二酸化 炭素	オープン エア法	北海道立衛生研究所 (札幌市)	0.226±0.0006	-23.32
		秋田県健康環境センター (秋田市)	0.227±0.0013	-20.06
		日本分析センター本部 (千葉市)	0.224±0.0013	-18.47
精米		北海道石狩市	0.232±0.0008	-28.37
		秋田県秋田市	0.234±0.0021	-27.13
		千葉県千葉市	0.226±0.0021	-27.07
野菜	キャベツ	北海道恵庭市	0.230±0.0005	-28.34
		秋田県秋田市	0.230±0.0008	-27.17
		千葉県袖ヶ浦市	0.229±0.0019	-28.07

注) 1. 炭素 14 比放射能は、 $\delta^{13}\text{C}$  による補正をしていない値である。また、同一バッチで調製した IAEA C1 試料をバックグラウンドとして差し引いた。

2. 炭素 14 比放射能の表示は、加速器質量分析装置を用いて 3 回測定した結果の平均値±標準偏差 (1 $\sigma$ ) である。

表 2-7-2 過去の調査結果との比較

	大気	精米	野菜
	炭素 14 比放射能 (Bq/g 炭素)		
本調査	0.224~0.227	0.226~0.234	0.229~0.230
過去の調査*	0.221~0.247	0.229~0.260	0.222~0.270

\*：過去の調査：2003 年度～2014 年度に実施された環境放射能水準調査及び原子力施設周辺環境放射線モニタリング調査の結果

## 2.8 大気中の放射性希ガス濃度測定

### (1) 調査概要

青森県における大型再処理施設の稼働に伴い大気中に放出されるクリプトン 85 ( $^{85}\text{Kr}$ : 半減期 10.76 年) 及び原子炉施設から大気中に放出されるキセノン 133 ( $^{133}\text{Xe}$ : 半減期 5.243 日) の大気中濃度について調査を実施し、これら核種の放射能水準を把握する。

### 1) 調査対象地区

#### ① クリプトン 85 分析

大気中  $^{85}\text{Kr}$  濃度の調査対象地区は、北海道地区（札幌市）、東北地区（秋田市）、関東・中部・近畿・中国地区（千葉市）、四国・九州地区（太宰府市）及び沖縄地区（南城市）の 5 地区（図 2-8-1 参照）である。平成 27 年度は、昨年度より調査を継続している 3 地区（札幌市、秋田市及び千葉市）において、大気の連続捕集を 1 週間ごとに 1 年間通して実施して、大気中のクリプトンを採取した。大気中  $^{85}\text{Kr}$  濃度の調査地点及び希ガス捕集装置を設置した機関を表 2-8-1 に示す。

#### ② キセノン 133 分析

大気中  $^{133}\text{Xe}$  濃度の調査対象地点は、昨年度より調査を継続している千葉市（図 2-8-1 参照）である。大気の連続捕集を 1 週間ごとに 1 年間通して実施して、大気中のキセノンを採取した。大気中  $^{133}\text{Xe}$  濃度の調査地点及び希ガス捕集装置を設置した機関を表 2-8-2 に示す。



図 2-8-1 放射性希ガス濃度の調査対象地区

表 2-8-1 大気中  $^{85}\text{Kr}$  濃度の調査地点及び希ガス捕集装置設置機関

調査対象地区	調査地点		緯度 経度
	都市	捕集装置設置機関	
北海道地区	札幌市	北海道立衛生研究所	43.1° N
			141.3° E
東北地区	秋田市	秋田県健康環境センター	39.7° N
			140.1° E
関東・中部・近畿・ 中国地区	千葉市	日本分析センター	35.7° N
			140.1° E
四国・九州地区	太宰府市	福岡県保健環境研究所	33.5° N
			130.5° E
沖縄地区	南城市	沖縄県衛生環境研究所	26.2° N
			127.8° E

表 2-8-2 大気中  $^{133}\text{Xe}$  濃度の調査地点及び希ガス捕集装置設置機関

調査地点	捕集装置設置機関	緯度
		経度
千葉市	日本分析センター	35.7° N
		140.1° E

## 2) 調査期間

### ① 大気中 $^{85}\text{Kr}$ 濃度の調査

札幌市、秋田市及び千葉市において、平成 27 年 2 月 23 日より平成 28 年 2 月 29 日まで調査を実施した。なお、札幌市及び秋田市については、平成 27 年 12 月 21 日より平成 28 年 1 月 4 日の年末・年始期間は大気試料の捕集操作を実施せず、調査を中断した。

### ② 大気中 $^{133}\text{Xe}$ 濃度の調査

千葉市において、平成 27 年 2 月 23 日より平成 28 年 2 月 29 日まで調査を実施した。

### 3) 分析方法

#### ① 大気試料の捕集（詳細については、3.8を参照のこと。）

放射性希ガス濃度調査の調査地点において、流量 1L/分で1週間継続して行い、大気約 10m<sup>3</sup>中の希ガスを捕集した。希ガスを液体窒素温度に冷却された希ガス吸着捕集容器内の活性炭に捕集し、ヒーターで加熱することにより脱着した。脱着した希ガスをアルミ缶に封入し、分析試料とした。

#### ② <sup>85</sup>Kr 分析

分析試料を、ガスクロマトグラフにより分離・精製し、閉鎖系のループに導入した。ガスフロー式の GM 計数管により放射線測定を行うと同時に、ガスクロマトグラフにより全クリプトンの定量を行った。大気中のクリプトン存在比（=1.14mL/m<sup>3</sup>）を用いて大気中 <sup>85</sup>Kr 放射能濃度（Bq/m<sup>3</sup>）を算出した。

#### ③ <sup>133</sup>Xe 分析

分析試料を、ガスクロマトグラフにより分離・精製し、閉鎖系のループに導入した。ガスフロー式の比例計数管により放射線測定を行った後、ガスクロマトグラフにより全キセノンの定量を行った。大気中のキセノン存在比（=0.087mL/m<sup>3</sup>）を用いて大気中 <sup>133</sup>Xe 放射能濃度（mBq/m<sup>3</sup>）を算出した。

## (2) 調査結果と考察

### ①大気中 <sup>85</sup>Kr 濃度の調査結果と考察

平成 18 年 7 月から平成 28 年 2 月までの札幌市、秋田市、千葉市、太宰府市及び南城市の大気中 <sup>85</sup>Kr 濃度（Bq/m<sup>3</sup>）を図 2-8-2 に、平成 27 年度の調査地点である札幌市、秋田市及び千葉市の大気中 <sup>85</sup>Kr 濃度（Bq/m<sup>3</sup>）を図 2-8-3 に示す。

平成 27 年度の大気中 <sup>85</sup>Kr 濃度調査結果（平成 27 年 3 月から平成 28 年 2 月）については、1.38～1.61Bq/m<sup>3</sup>で、平均値としては 1.50Bq/m<sup>3</sup>であった。これらの結果は、大気中 <sup>85</sup>Kr 放射能濃度のバックグラウンドレベル（1.30～1.60Bq/m<sup>3</sup>）であった。

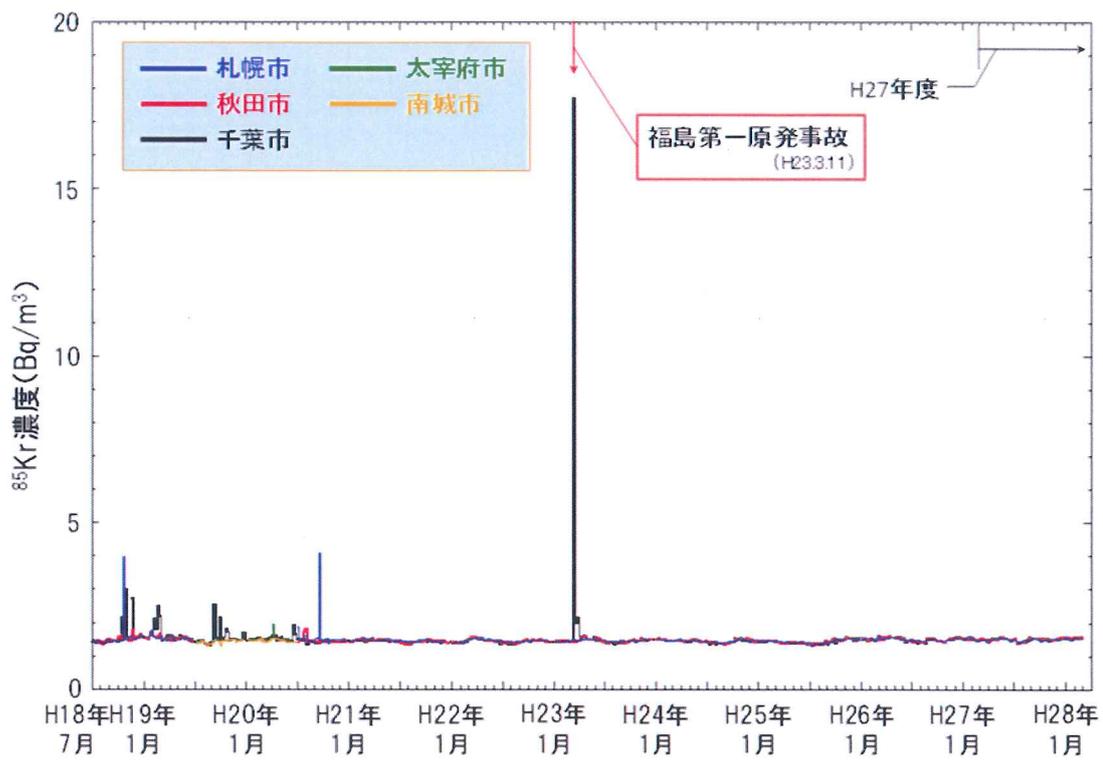


図 2-8-2 大気中  $^{85}\text{Kr}$  濃度調査結果 (平成 18 年度～平成 27 年度)

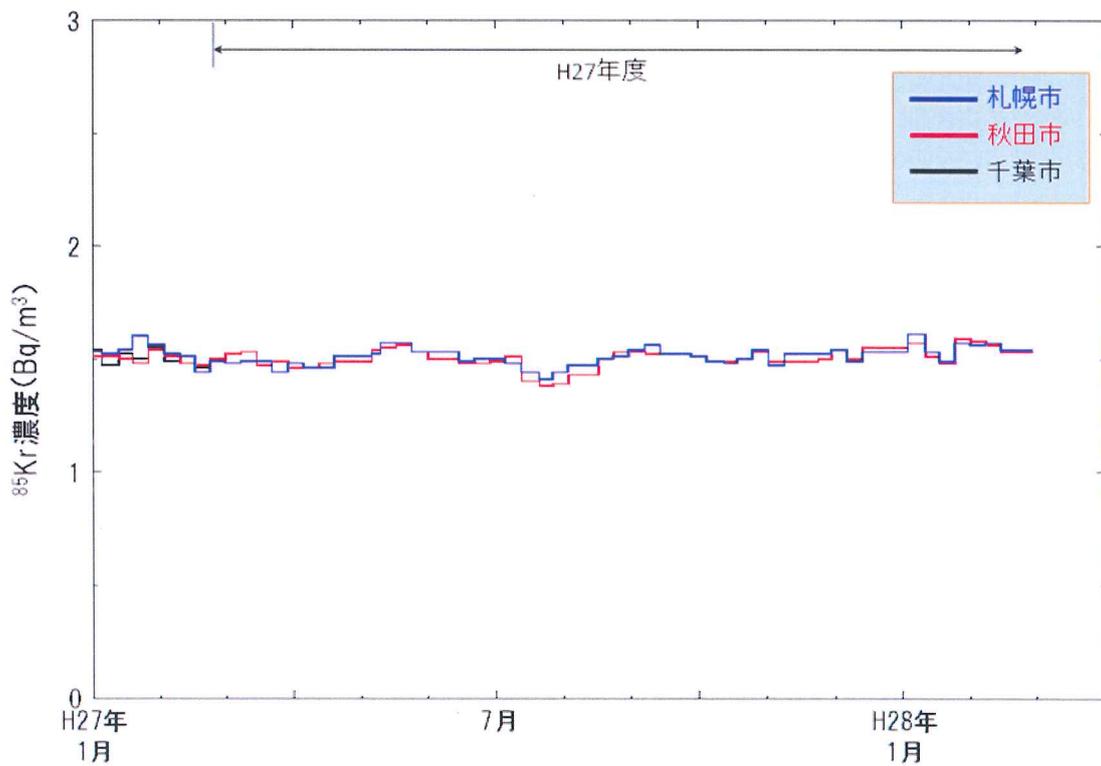


図 2-8-3 大気中  $^{85}\text{Kr}$  濃度調査結果 (平成 27 年度)

② 大気中  $^{133}\text{Xe}$  濃度の調査結果と考察

平成 20 年 11 月から平成 28 年 2 月までの千葉市における大気中  $^{133}\text{Xe}$  濃度 ( $\text{mBq}/\text{m}^3$ ) を図 2-8-4 に示す。

平成 27 年度の大気中  $^{133}\text{Xe}$  濃度調査結果(平成 27 年 3 月から平成 28 年 2 月)については、不検出から  $6.1\text{mBq}/\text{m}^3$  であった。これらの結果は、 $^{133}\text{Xe}$  放射能濃度のバックグラウンドレベル ( $1\sim 100\text{mBq}/\text{m}^3$ ) (\* 1:Auer (2004), \* 2: Saey (2007)) の範囲内であったと考えられる。

\* 1:M. Auer, A. Axelsson, X. Blanchard, T. W. Bowyer, G. Brachet, I. Bulowski, Y. Dubasov, K. Elmgren, J. P. Fontaine, W. Harms, J. C. Hayes, T. R. Heimbigner, J. I. McIntyre, M. E. Panisko, Y. Popov, A. Ringbom, H. Sartorius, S. Schmid, J. Schulze, C. Schlosser, T. Taffary, W. Weiss, B. Wernsperger, 2004; *Intercomparison Experiments of Systems for the Measurement of Xenon Radionuclides in the Atmosphere*; Applied Radiation and Isotopes Volume 60, pp. 863-877

\* 2:Paul R. J. Saey, 2007; *Ultra-Low-Level Measurements of Argon, Krypton and Radioxenon for Treaty Verification Purposes*; ESARDA BULLETIN, No. 36, pp. 42-56

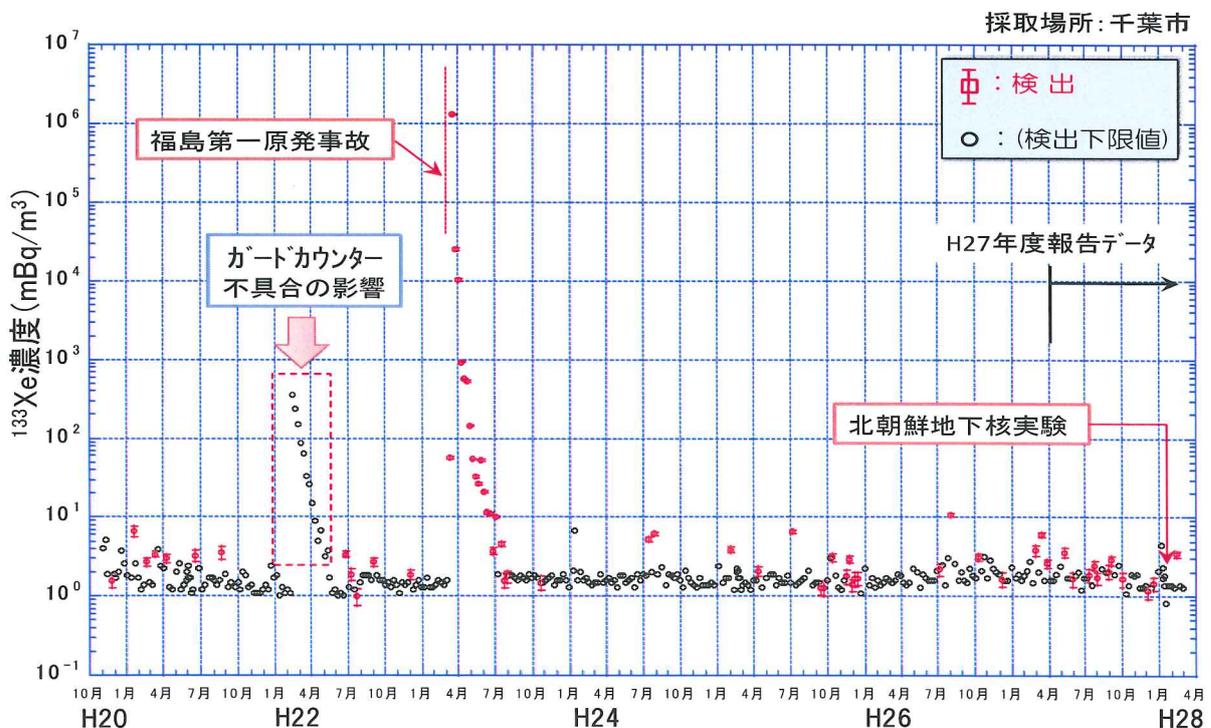


図 2-8-4 大気中  $^{133}\text{Xe}$  濃度調査結果

## 2.9 福島県下における環境放射能調査

### 2.9.1 環境試料の調査

#### (1) 概要

福島県内で採取された日常食のガンマ線スペクトロメトリーを行い、ガンマ線放出核種の放射能濃度を算出した。なお、試料の選定は、18歳以下を対象（2試料19歳以上含む）とし、避難区域7町村\*を除く52市町村から採取した合計104試料である。採取方法は、対象者の1～3日分の日常食（朝、昼、夕及び間食の3～9食分）を回収し分析試料とした。

\* 双葉町、大熊町、浪江町、富岡町、飯館村、楢葉町、葛尾村の7町村

#### (2) 結果及び考察

平成27年度の調査で得られた日常食の放射能濃度の範囲を表2-9-1-1に示す。なお、詳細は参考資料に示した。

表 2-9-1-1 日常食の<sup>134</sup>Cs及び<sup>137</sup>Csの放射能濃度

試料種類	試料数	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	単位
日常食	104	ND～0.88	ND～4.5	Bq/kg 生
		ND～1.0	ND～4.8	Bq/人・日

※ND：検出されず

平成25年度から平成27年度の調査結果を比較するため、<sup>134</sup>Cs及び<sup>137</sup>Cs放射能濃度分布を図2-9-1-1及び図2-9-1-2に示した。調査内容が同じものではないことから、一概に比較することはできないが、検出された頻度は平成27年度の調査結果の方が少なかった。

また、平成27年度の調査で得られた最大の<sup>134</sup>Cs及び<sup>137</sup>Cs放射能濃度で預託実効線量を評価\*するとそれぞれ4.8μSv及び18μSvとなり、法令に定める周辺監視区域外の実効線量限度（1mSv/年）と比べて十分低い結果であった。

なお、これらの結果は、福島県へ速報した。

\*1年間同じ食事をすると仮定。また、実効線量換算係数はICRP Pub. 72を参照。

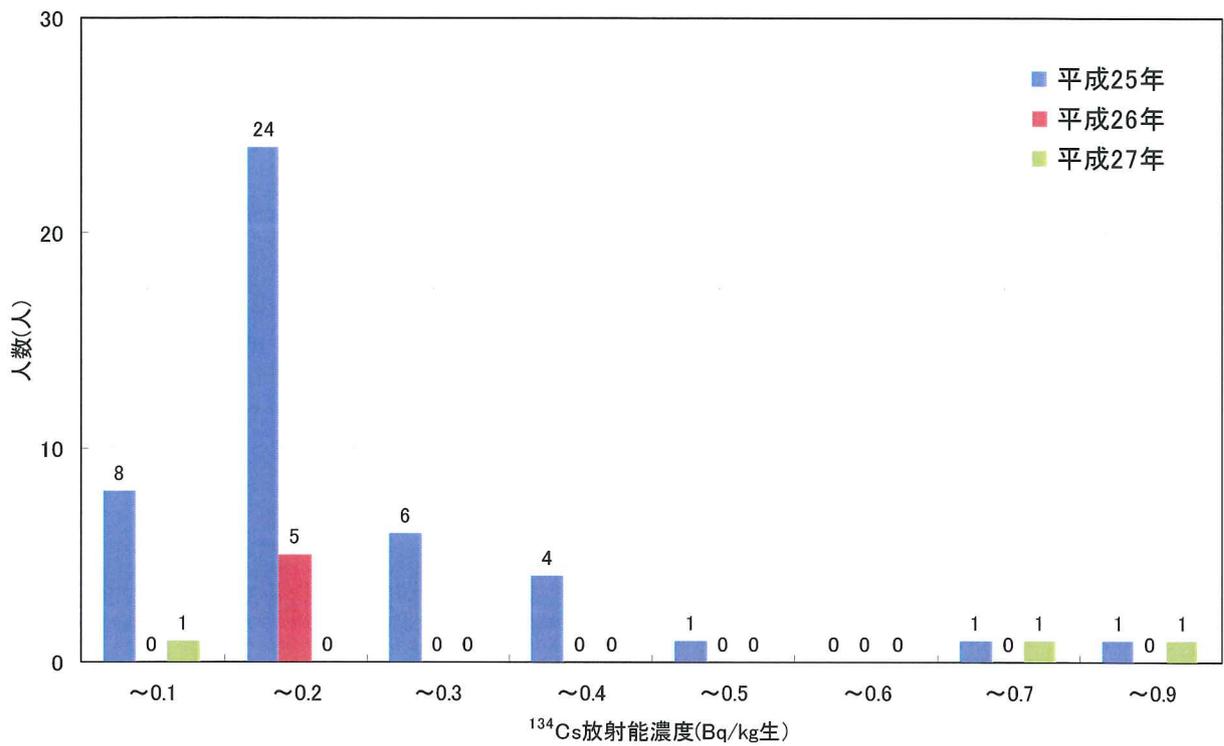


図2-9-1-1 日常食中の $^{134}\text{Cs}$ 放射能濃度分布

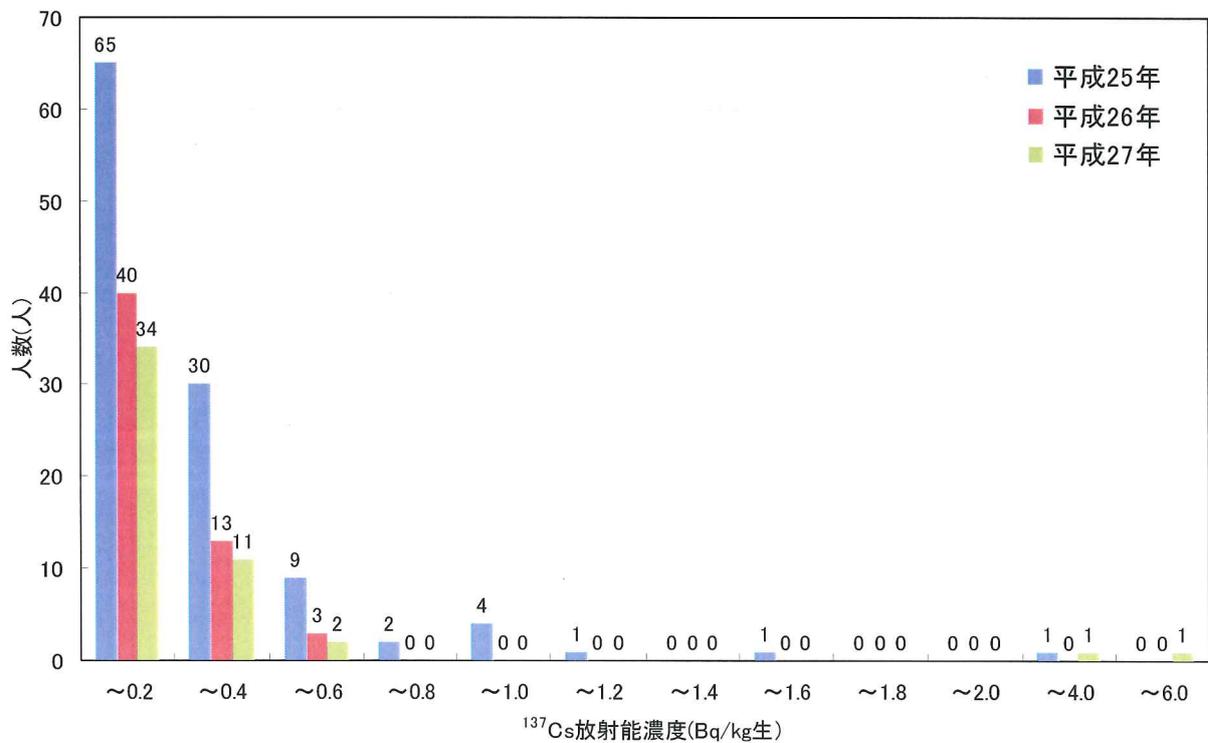


図2-9-1-2 日常食中の $^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度分布

## 2.9.2 空間線量の調査

### (1) 概要

福島第一原子力発電所周辺地域 80 地点において、可搬型モニタリングポストを設置し、空間放射線量率を測定した。また、運用作業として、測定データの収集、バッテリー交換及び定期巡回等を行った。可搬型モニタリングポスト設置地点一覧を表 2-9-2-1 (1)～(2) に、設置地点地図を図 2-9-2-1 に示す。

### (2) 結果と考察

可搬型モニタリングポスト 80 地点における空間放射線量率のトレンドグラフを図 2-9-2-2 (1)～(40) に示す。

#### 1) 10 分値における異常値の判断基準と変動要因

平成 27 年度のモニタリングを実施するにあたり、以下の判断基準を設けた。

- ・異常値（高）：10 分値のデータについて前月 1 ヶ月間の最大値以上
- ・異常値（低）：10 分値のデータについて前月 1 ヶ月間の最小値の 90%以下

上記判断基準を外れ、異常値として確認された場合は、その要因について検討を実施した。以下に要因について確認を実施した内容を記す。

#### ① 気象変動

降雨・降雪が認められた場合、一般的な傾向として空間放射線量率が一時的に上昇することは良く知られているが、本調査の場合はその限りではない。これは、地表面に降り注いだ雨や雪の多くがその場に留まり、地表面以下へ沈着している放射性セシウムからの $\gamma$ 線を遮へいするためである。その割合は降雨・降雪による上昇分よりも大きくなることがある。

これらのことから、空間放射線量率の上昇もしくは下降のいずれにおいても、降雨・降雪の有無の確認を実施した。

なお、確認方法は、感雨計を装備したモニタリングポストの場合は感雨の感知の有無を確認した。また、モニタリングポスト近隣で観測されている気象庁のアメダス（地域気象観測システム）も併せて活用した。

気象庁 アメダス [http://www.jma.go.jp/jp/amedas\\_h/](http://www.jma.go.jp/jp/amedas_h/)

確認の結果、いくつかの可搬型モニタリングポストにおいて、降雨による影響のため、空間放射線量率の上昇もしくは下降が認められた。楢葉南小学校（楢葉町）の例

を図 2-9-2-3 に、大柿簡易郵便局（葛尾村営バス停脇）（浪江町）の例を図 2-9-2-4 に示す。また、冬季に多くの可搬型モニタリングポストにおいて、積雪による影響のため、空間放射線量率の下降が認められた。中屋敷多目的研修集会施設（大熊町）の例を図 2-9-2-5 (1) ～ (2) に示す。

## ② 温度依存性による変動

①による確認で要因の究明に至らなかった場合は、検出器温度の上昇もしくは下降に伴う空間放射線量率の温度依存性を確認した。

確認の結果、可搬型モニタリングポスト指示値が 10%程度の日変動幅を示す地点が認められた。温度変化と空間放射線量率の関係の例を図 2-9-2-6 に示す。

## ③ 除染作業等による影響

①及び②による確認で要因の究明に至らなかった場合は、除染作業等による影響の有無の確認を現地で実施した。

その結果、以下の要因を確認した。

- ・ 除染作業による空間放射線量率の低下
- ・ 除染作業車両の駐車による空間放射線量率の一時的な低下
- ・ 除染作業資材仮置きによる空間放射線量率の一時的な低下
- ・ 除染作業車両の移動による空間放射線量率の上昇
- ・ 除染作業資材の移動による空間放射線量率の上昇
- ・ 除染物充填済みフレコンバッグの影響による一時的な空間放射線量率の上昇

除染作業による空間放射線量率の低下について、養護老人ホーム「東風荘」（富岡町）の例を図 2-9-2-7 (1) ～ (2) に示す。

## ④ スペクトルデータの確認

①、②及び③のいずれにおいても要因の究明に至らなかった場合は、NaI 検出器を用いて測定を実施しているモニタリングポストに関しては、収集サーバからスペクトルデータを抽出し、平常値の際に得られたスペクトルデータとの比較を行い、エネルギー分布について異常の有無の確認をした。

スペクトルデータの確認を実施した下葛尾集会所（葛尾村）の例を図 2-9-2-8 (1) ～ (2) に示す。

空間放射線量率が上昇した時間帯のエネルギー分布は、放射性セシウムからの $\gamma$ 線エネルギーによる計数が増加しており、それが空間放射線量率が上昇した原因である

と考えられた。

現地で確認した結果、モニタリングポスト隣接地に除染廃液処理プラントが設置されており、周辺環境の変化が確認された（図 2-9-2-8 (3) ～ (4)）。

上記変動要因の確認を実施した結果、東京電力福島第一原子力発電所からの新たな放出や、その他の要因による人工放射性核種に起因した空間放射線量率の上昇は認められず、健全なモニタリングを実施していることを確認した。

## 2) 長期的なデータによる測定器の健全性の確認

1 ヶ月毎に各地点のトレンドグラフ（図 2-9-2-2）を更新し、そのトレンドの傾きを、放射性セシウムの物理的減衰から予測された空間放射線量率のトレンドと比較することにより、測定器の健全性が保たれているか否かの確認を実施した。トレンドグラフは1日毎の平均値、最大値及び最小値を算出し、プロットした。

なお、トレンドグラフにて確認した結果、測定器の健全性が保たれていることを確認した。

表2-9-2-1(1) 可搬型モニタリングポスト設置地点一覧

No.	施設名	所在地
1	あづま総合運動公園	福島市佐原字神事場1番地
2	二本松市役所	二本松市金色403番地1
3	伊達市役所保原本庁舎	伊達市保原町字舟橋180
4	石神生涯学習センター	南相馬市原町区石神字坂下29
5	須賀川市役所	須賀川市大町108-1
6	飯舘村役場	飯舘村伊丹沢字伊丹沢580-1
7	白河市総合運動公園	白河市北中川原30番地
8	会津若松市役所	会津若松市東栄町3番46号
9	びわのかげ運動公園	南会津町田島字後原甲3531番地1
10	スポーツアリーナそうま	相馬市中村字北町55-1
11	郡山市役所	郡山市朝日一丁目23-7
12	広野町役場	広野町大字下北迫字苗代替35
13	川内村役場	川内村大字上川内字早渡11-24
14	葛尾村柏原地区	葛尾村葛尾
15	田村市常葉行政局	田村市常葉町常葉字町裏1番地
16	いわきの里鬼ヶ城オートキャンプ場	いわき市川前町上桶売字小久田73-3
17	いわき市海竜の里センター	いわき市大久町大久字柴崎9
18	養護老人ホーム「東風荘」	富岡町大字大管字蛇谷須178-1
19	石熊公民館	双葉郡双葉町大字石熊字南八房平243-2
20	福島県浪江ひまわり荘	浪江町大字加倉字今神78
21	場々多目的研修センター	田村市都路町古道字場々
22	合子集落農事集会所	田村市都路町古道字仲ノ前
23	福浦小学校	南相馬市小高区
24	金房幼稚園	南相馬市小高区飯崎字北原61-1
25	鳩原小学校	南相馬市小高区南鳩原字西畑
26	小高区団第3分団第10部屯所	南相馬市小高区耳谷字東田
27	小高区役所	南相馬市小高区本町2丁目78
28	高の倉ダム助常観測所	南相馬市原町区高倉字吹屋峠12
29	鉄山ダム	南相馬市原町区馬場字五台山
30	山木屋駐在所	川俣町大字山木屋字大清水3-5
31	山木屋乙八区コミュニティー消防センター	川俣町大字山木屋字坂下
32	戸草集会所	川俣町大字山木屋字戸草
33	檜葉北小学校	檜葉町大字井出字上ノ岡33
34	女平地区集会所	檜葉町大字大谷字女平218-1
35	天神岬スポーツ公園	檜葉町大字北田字天神
36	檜葉南小学校	檜葉町大字下小埜字麦入31
37	営団地区集会所	檜葉町大字波倉字原135-7
38	乙次郎地区集会所	檜葉町大字大谷字乙次郎
39	小良ヶ浜多目的集会所	富岡町大字小良ヶ浜字赤坂314
40	富岡第一小学校	富岡町小浜中央237-1
41	富岡第二小学校	富岡町大字本岡字王塚36

表2-9-2-1(2) 可搬型モニタリングポスト設置地点一覧

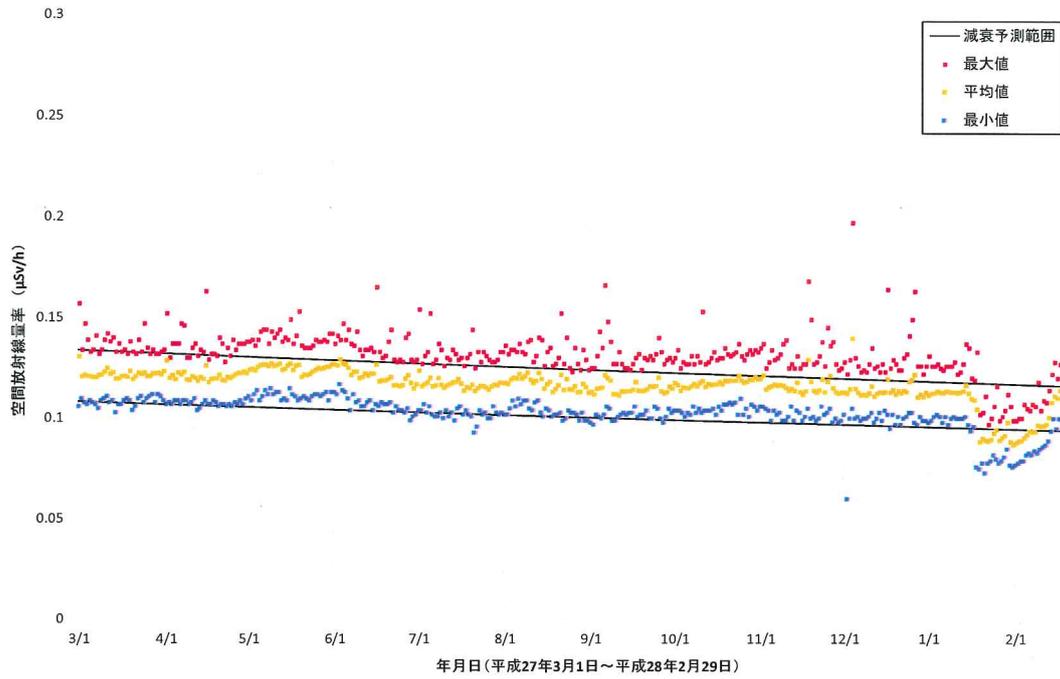
No.	施設名	所在地
42	赤木多目的集会所	富岡町大字本岡字赤木275-1
43	村営バス停留所(貝ノ坂地区)	川内村大字下川内字貝ノ坂
44	五枚沢集会所	川内村大字下川内字五枚沢39-3
45	毛戸集会所	川内村大字下川内字毛戸
46	坂下ダム管理事務所	大熊町大字大川原字手の倉125
47	夫沢二区地区集会所	大熊町大字夫沢字長者原536-1
48	熊一区地区集会所	大熊町大字熊字旭台499
49	熊町小学校	大熊町大字熊川字緑ヶ丘10
50	中屋敷多目的研修集会施設	大熊町大字野上字旭ヶ丘
51	野上一区地区集会所	大熊町大字野上字湯の神432-2
52	北部コミュニティーセンター	双葉町大字鴻草字高田前32
53	双葉総合公園	双葉町大字新山字漆迫地内
54	手七郎集会所	浪江町大字赤宇木字手七郎
55	赤宇木集会所	浪江町大字赤宇木字塩浸
56	大堀小学校	浪江町大字小野田字仲禅寺134
57	苅野小学校	浪江町大字苅宿字鹿畑16
58	大柿簡易郵便局(葛尾村営バス停脇)	浪江町大字川房字大柿162
59	浪江町役場	浪江町大字幾世橋字六反田7-2
60	小丸多目的集会所	浪江町大字小丸字下平
61	津島活性化センター	浪江町大字下津島字原
62	昼曾根屯所	浪江町大字昼曾根字昼曾根
63	賀老集会所	浪江町大字室原字滝平
64	大放婦人ホーム	葛尾村大字落合字大放166
65	葛尾村役場	葛尾村大字落合字落合16
66	下葛尾集会所	葛尾村大字葛尾字北平
67	上野川多目的集会所	葛尾村大字野川字湯殿233-1
68	上飯樋地区集会所	飯舘村大字飯樋
69	飯樋小学校	飯舘村大字飯樋字町102
70	臼石小学校	飯舘村大字臼石字田尻127-1
71	大倉体育館	飯舘村大字大倉字大倉
72	草野小学校	飯舘村大字草野字大師堂17
73	小宮コミュニティセンター	飯舘村大字小宮字曲田
74	佐須公民館	飯舘村大字佐須字佐須
75	前乗集会所	飯舘村大字佐須字前乗
76	長泥コミュニティセンター	飯舘村大字長泥字長泥
77	比曾公民館	飯舘村大字比曾字比曾413
78	前田公民館	飯舘村大字前田字広平
79	八木沢芦原多目的集会所	飯舘村大字八木沢上八木沢
80	蕨平公民館	飯舘村大字蕨平字蕨平



出典:国土地理院ホームページ

図2-9-2-1 可搬型モニタリングポスト設置地点地図

No.1 あづま総合運動公園



No.2 二本松市役所

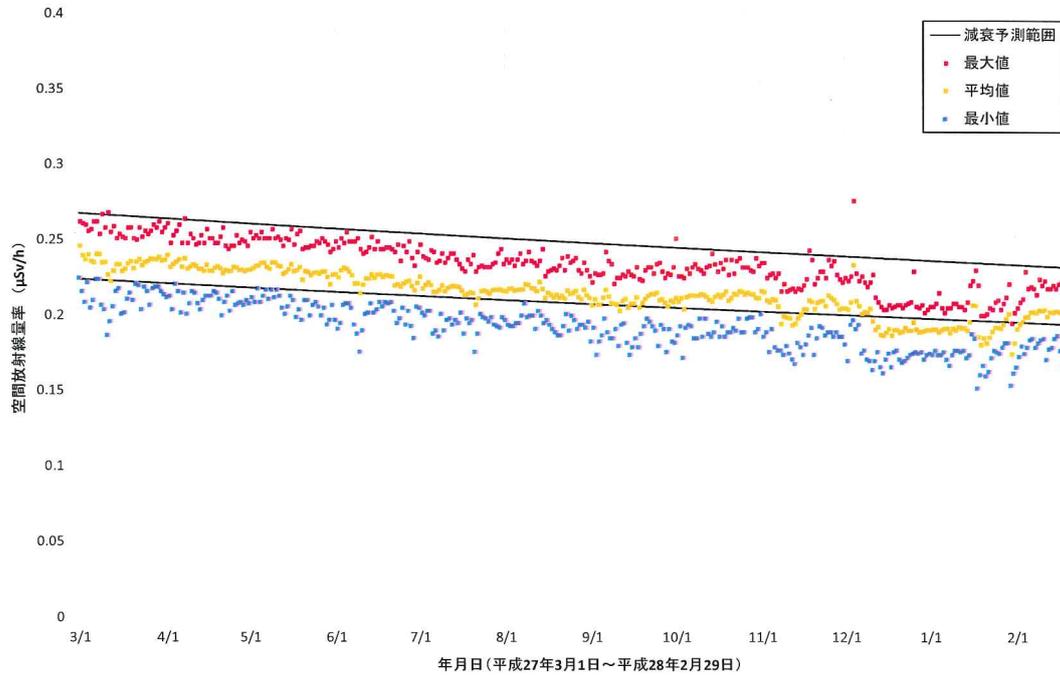
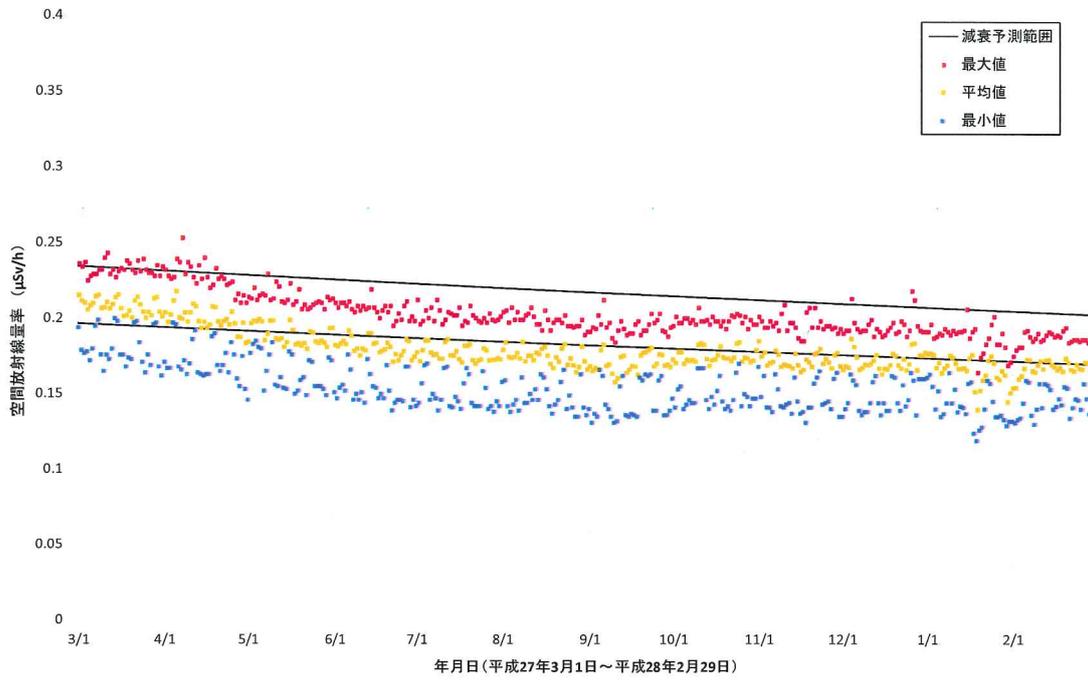


図 2-9-2-2(1) 各地点のトレンドグラフ

No.3 伊達市役所保原本庁舎



No.4 石神生涯学習センター

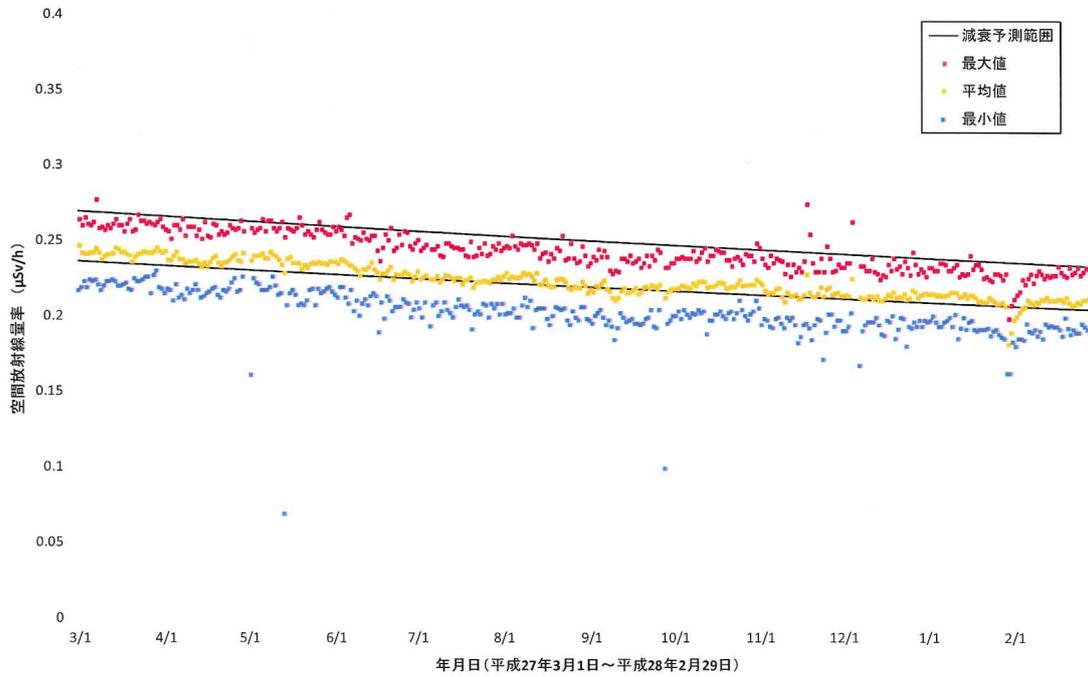
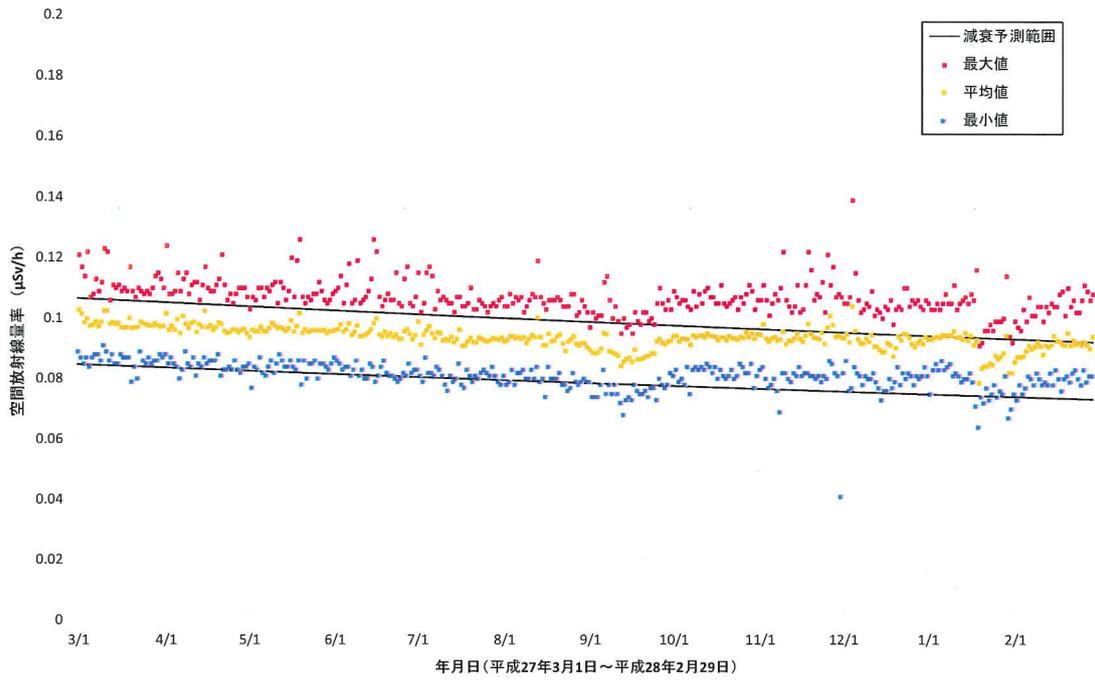


図 2-9-2-2(2) 各地点のトレンドグラフ

No.5 須賀川市役所



No.6 飯舘村役場

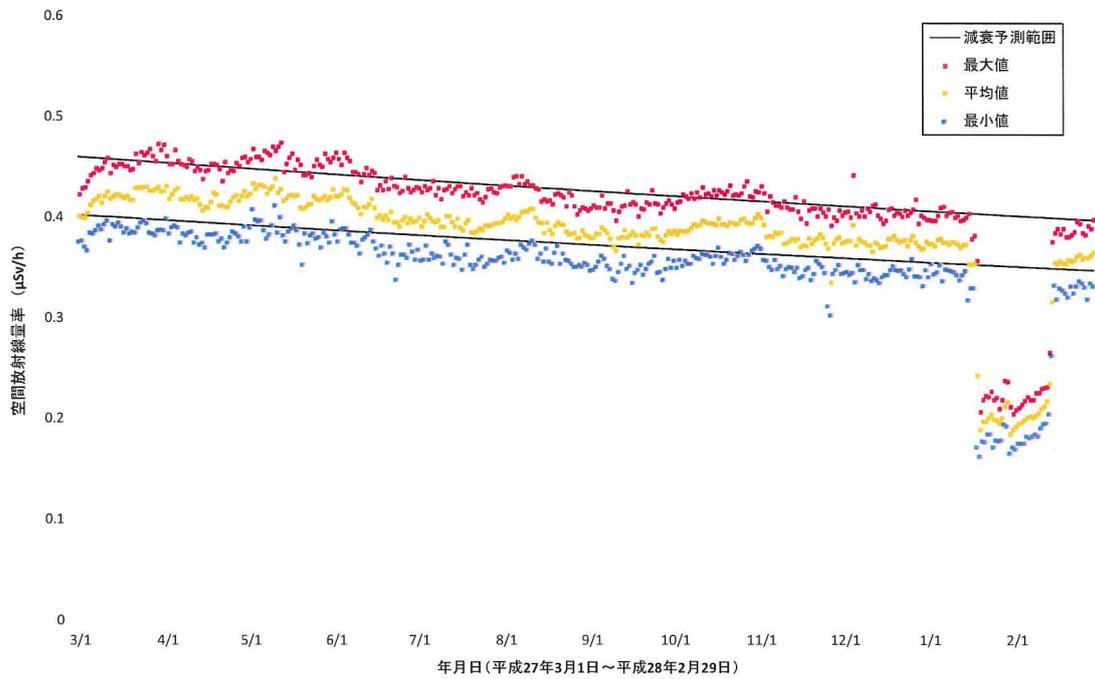
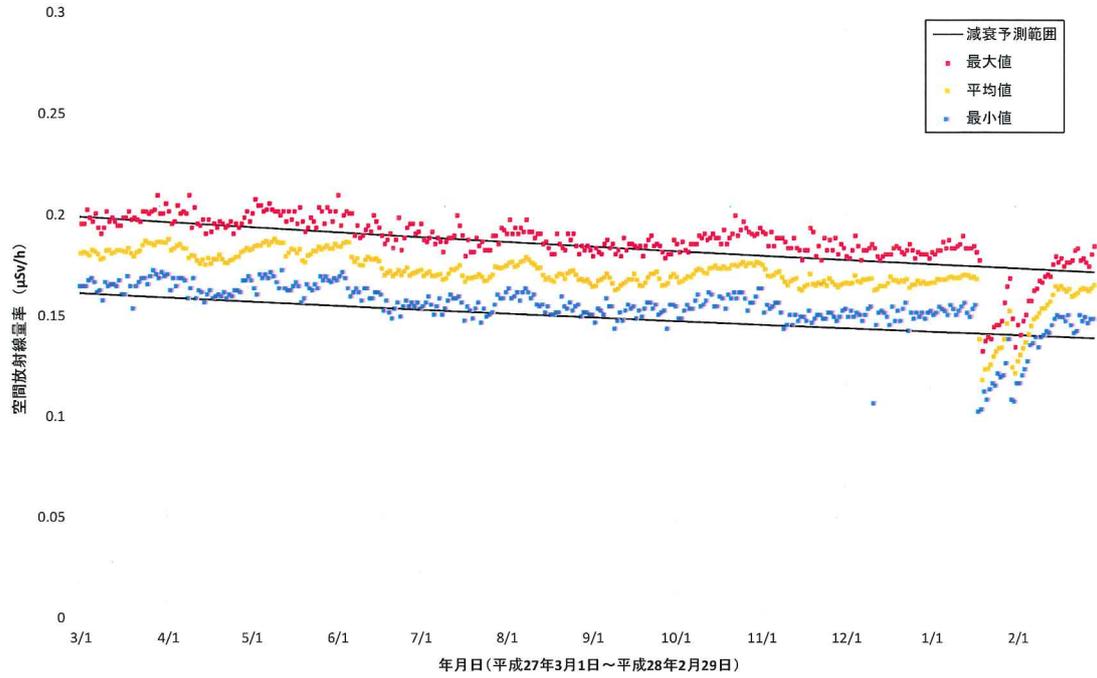


図 2-9-2-2(3) 各地点のトレンドグラフ

No.7 白河市総合運動公園



No.8 会津若松市役所

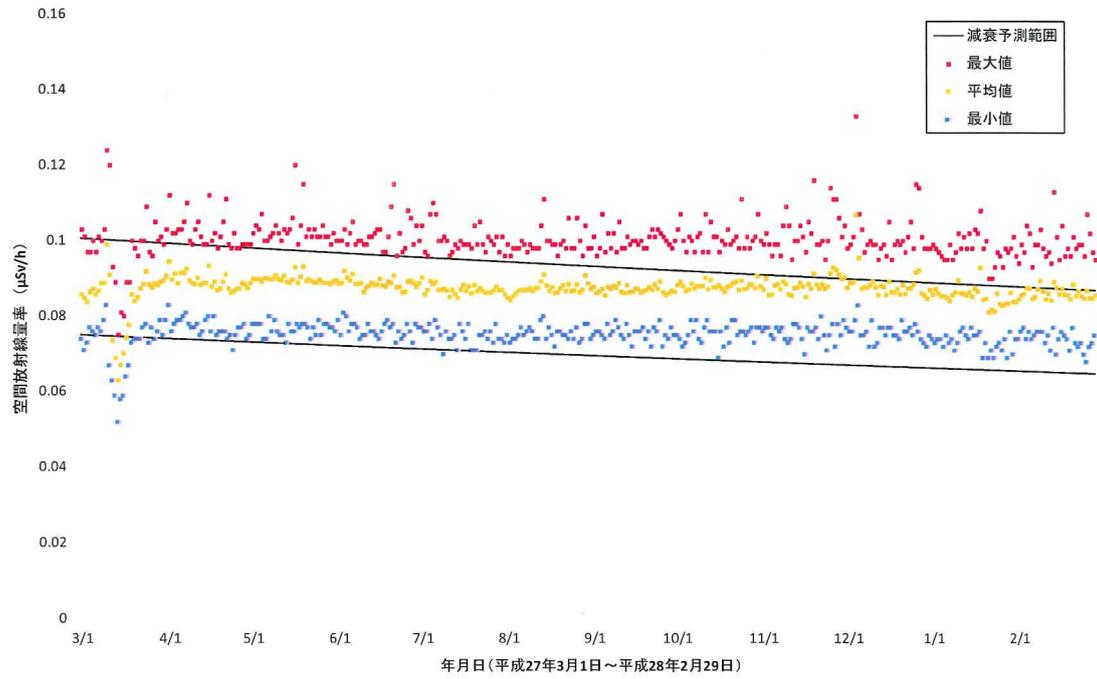
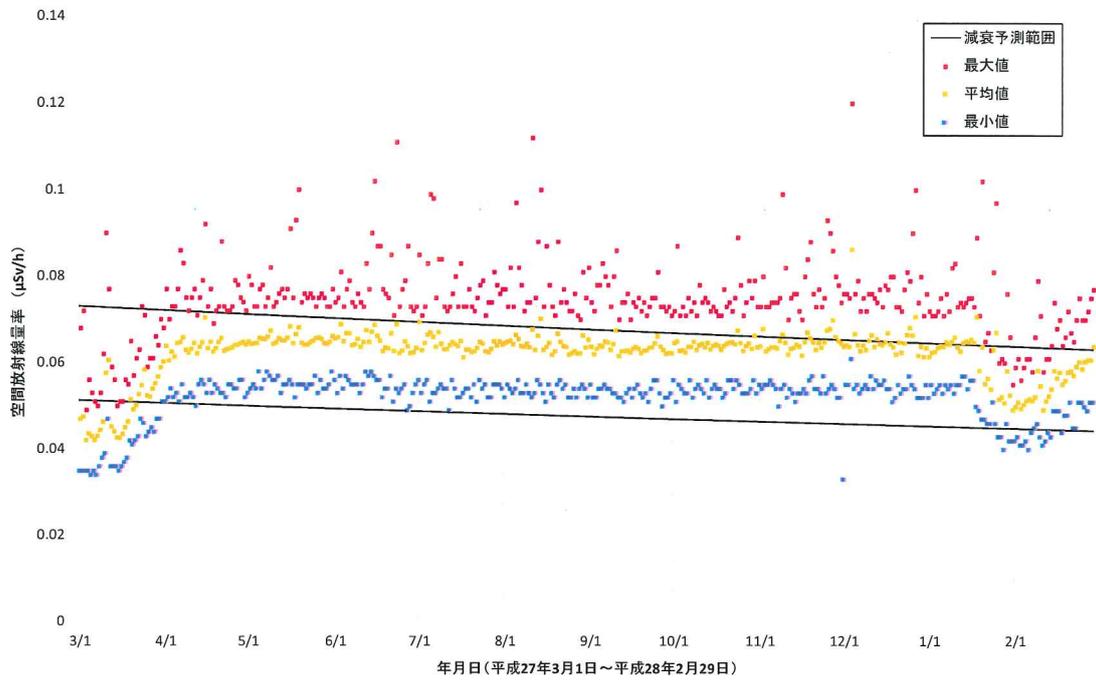


図 2-9-2-2(4) 各地点のトレンドグラフ

No.9 びわのかげ運動公園



No.10 スポーツアリーナそうま

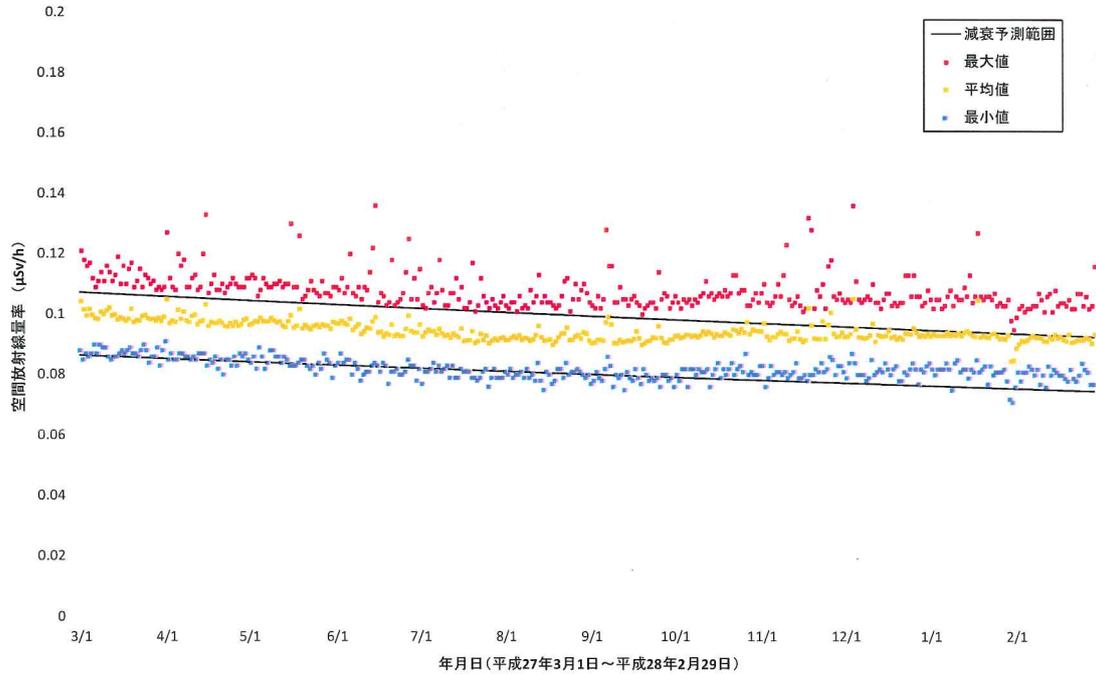
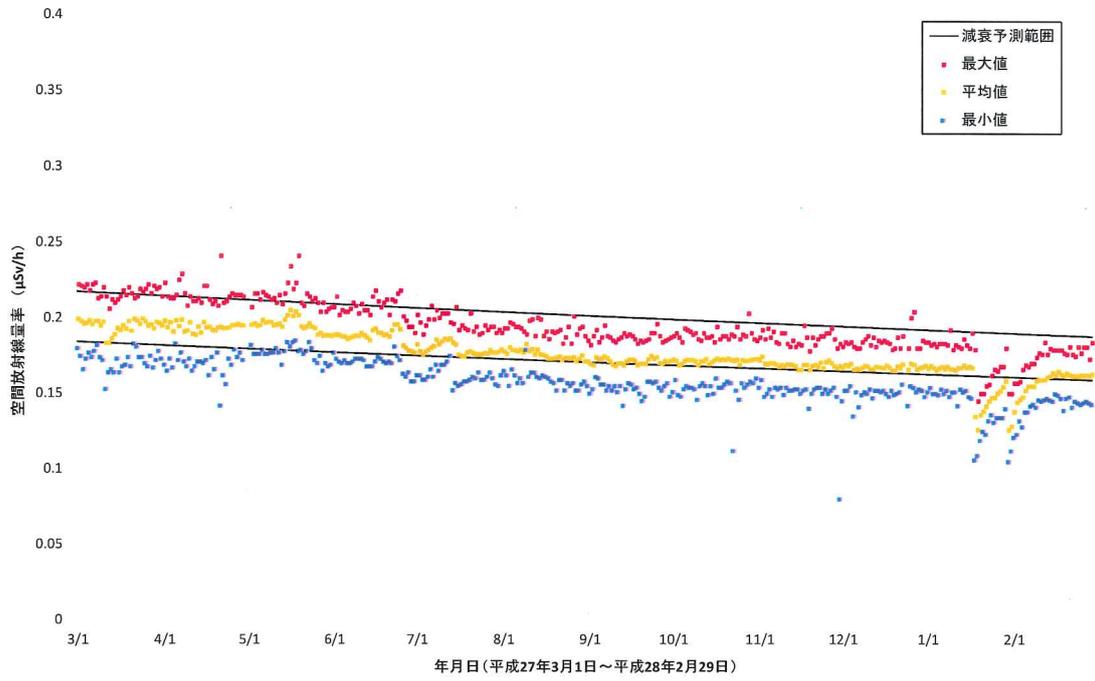


図 2-9-2-2(5) 各地点のトレンドグラフ

No.11 郡山市役所



No.12 広野町役場

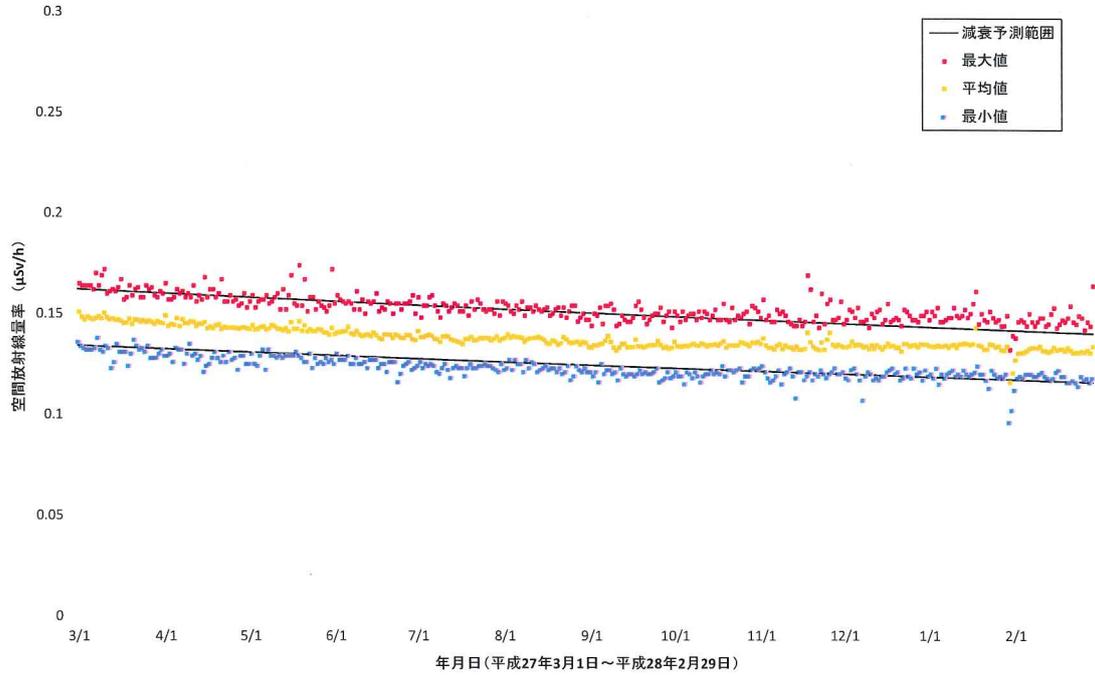
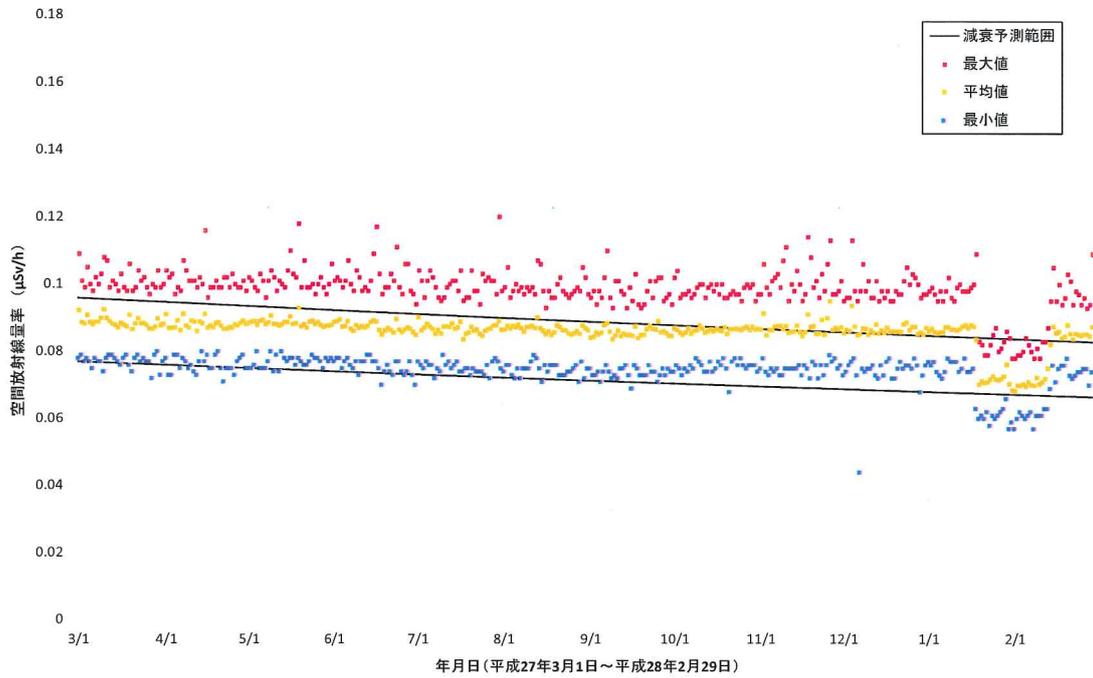


図 2-9-2-2(6) 各地点のトレンドグラフ

No.13 川内村役場



No.14 葛尾村柏原地区

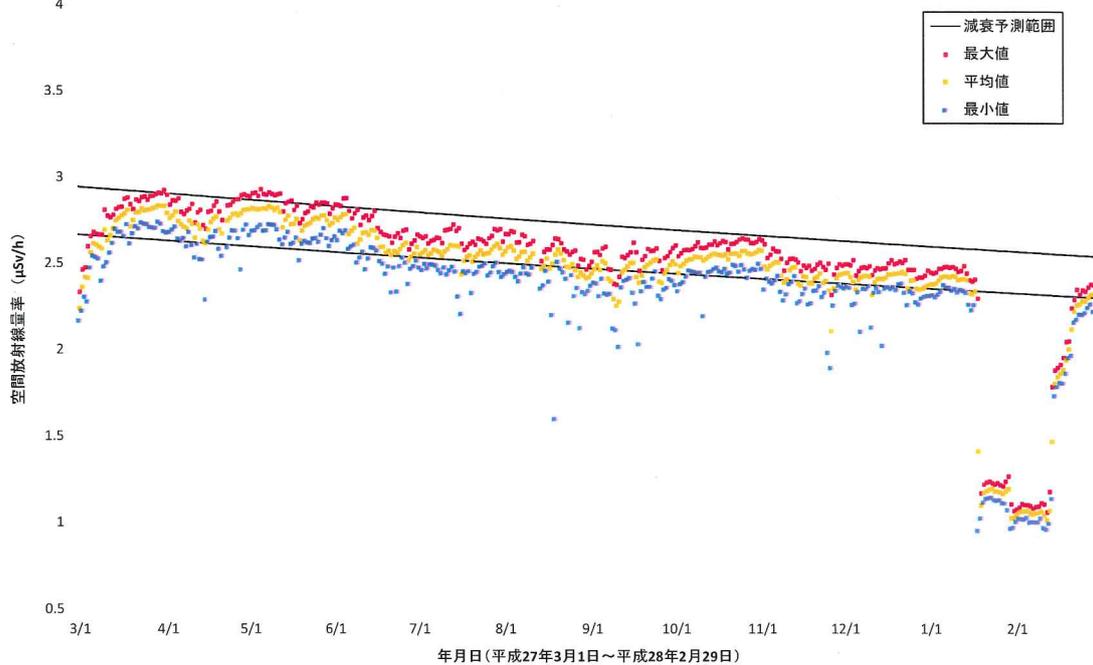
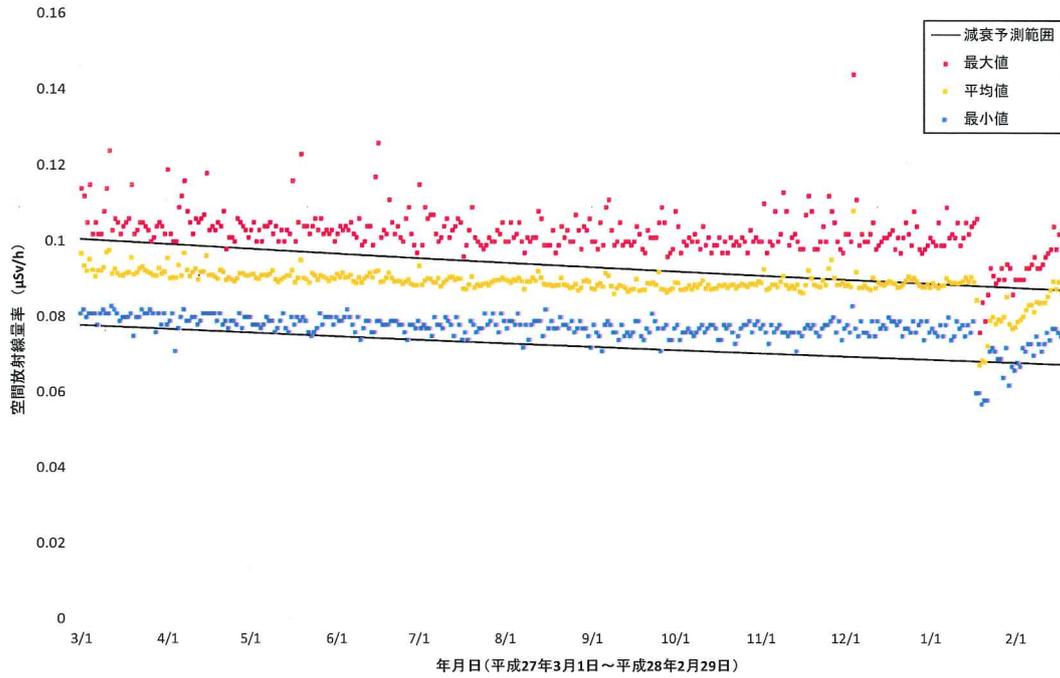


図 2-9-2-2(7) 各地点のトレンドグラフ

No.15 田村市常業行政局



No.16 いわきの里鬼ヶ城オートキャンプ場

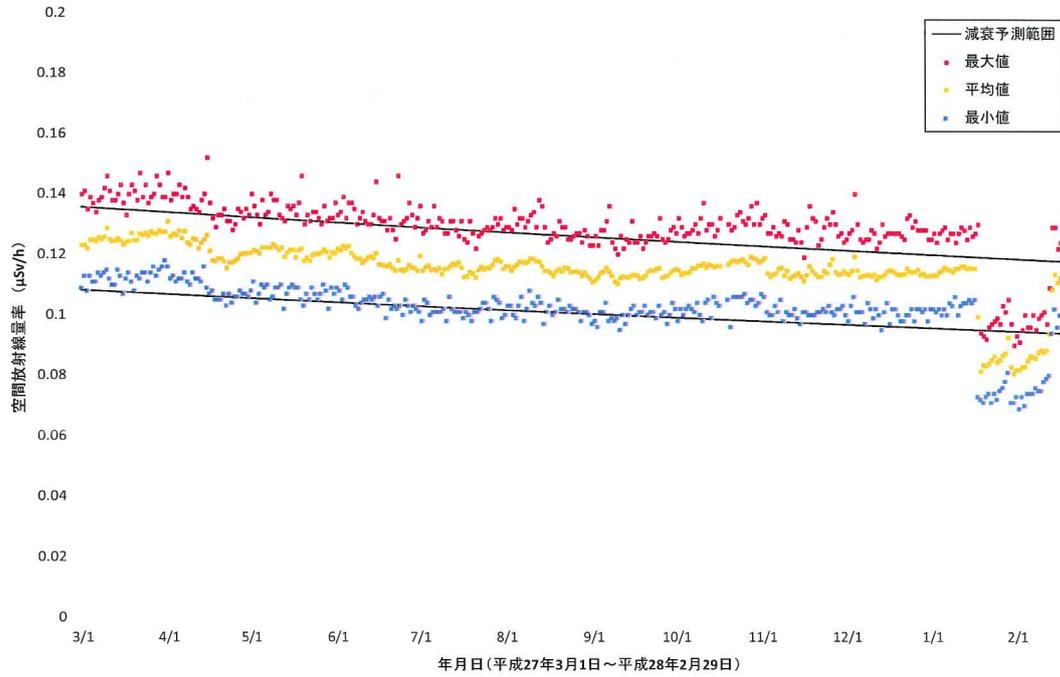
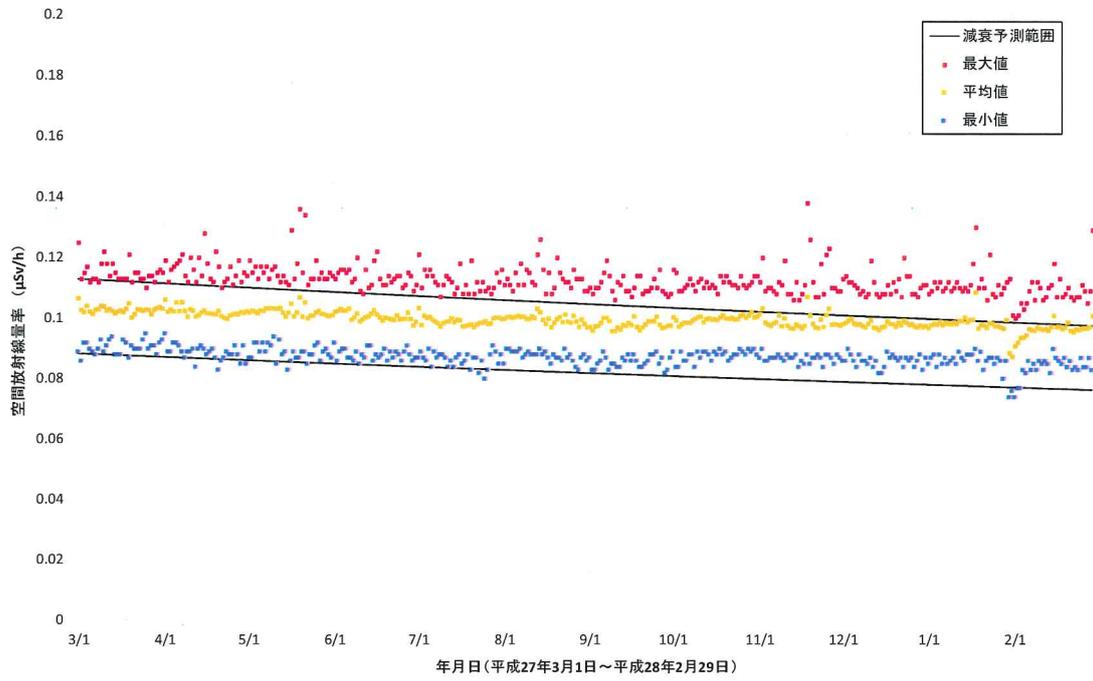


図 2-9-2-2(8) 各地点のトレンドグラフ

No.17 いわき市海竜の里センター



No.18 養護老人ホーム「東風荘」

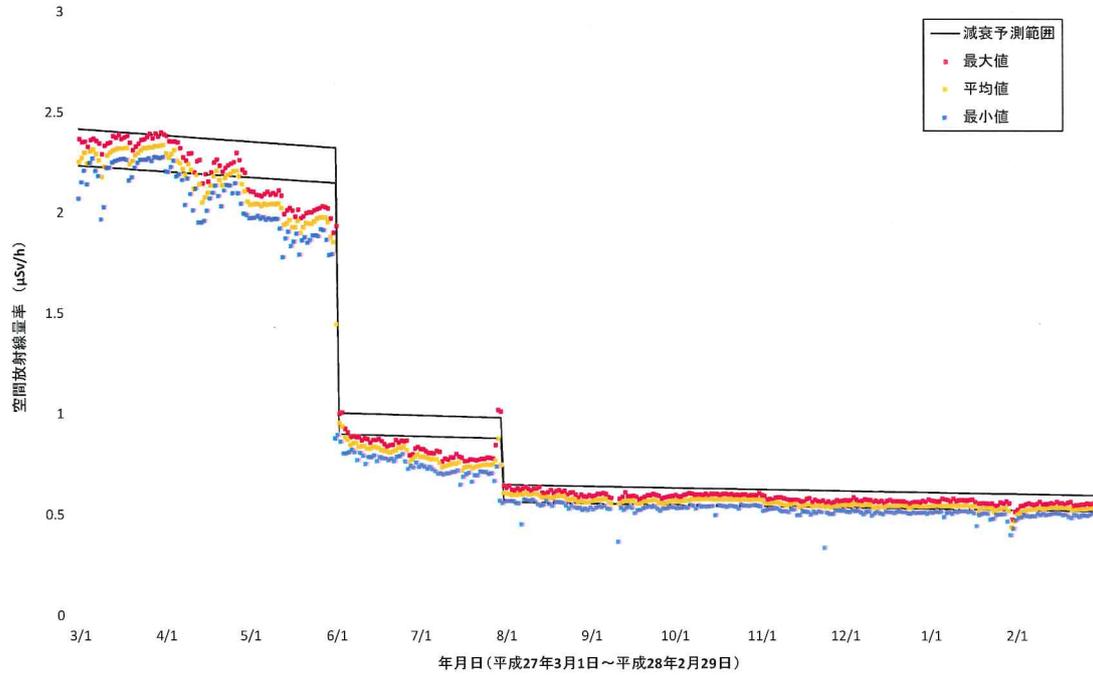
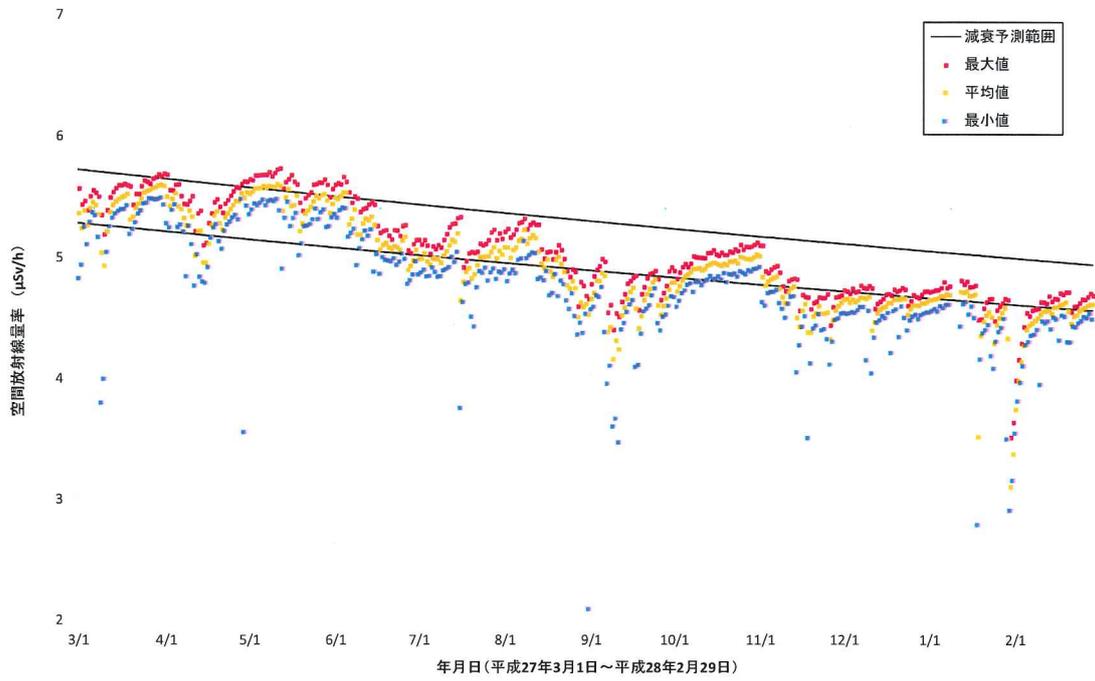


図 2-9-2-2(9) 各地点のトレンドグラフ

No.19 石熊公民館



No.20 福島県浪江ひまわり荘

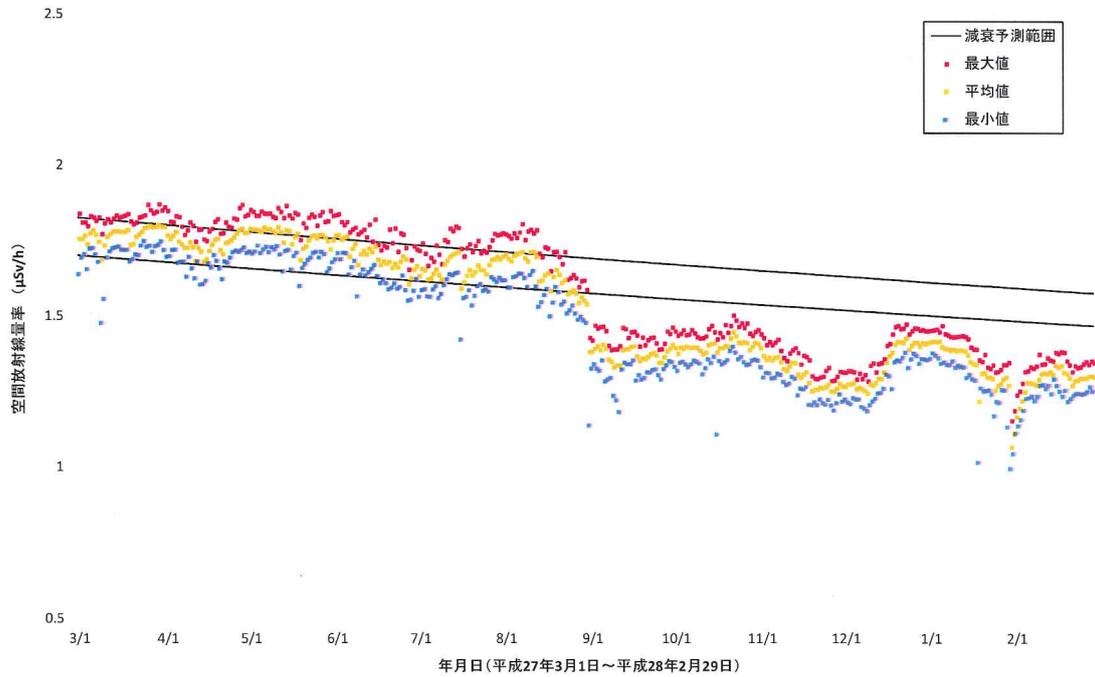
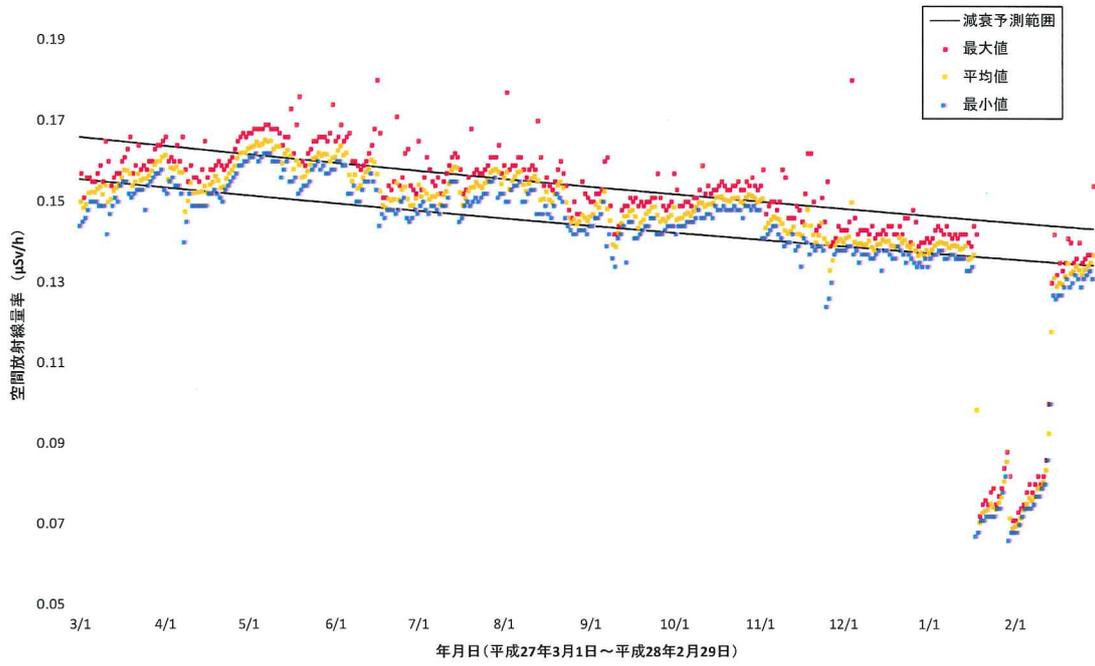


図 2-9-2-2(10) 各地点のトレンドグラフ

No.21 場々多目的研修センター



No.22 合子集落農事集会所

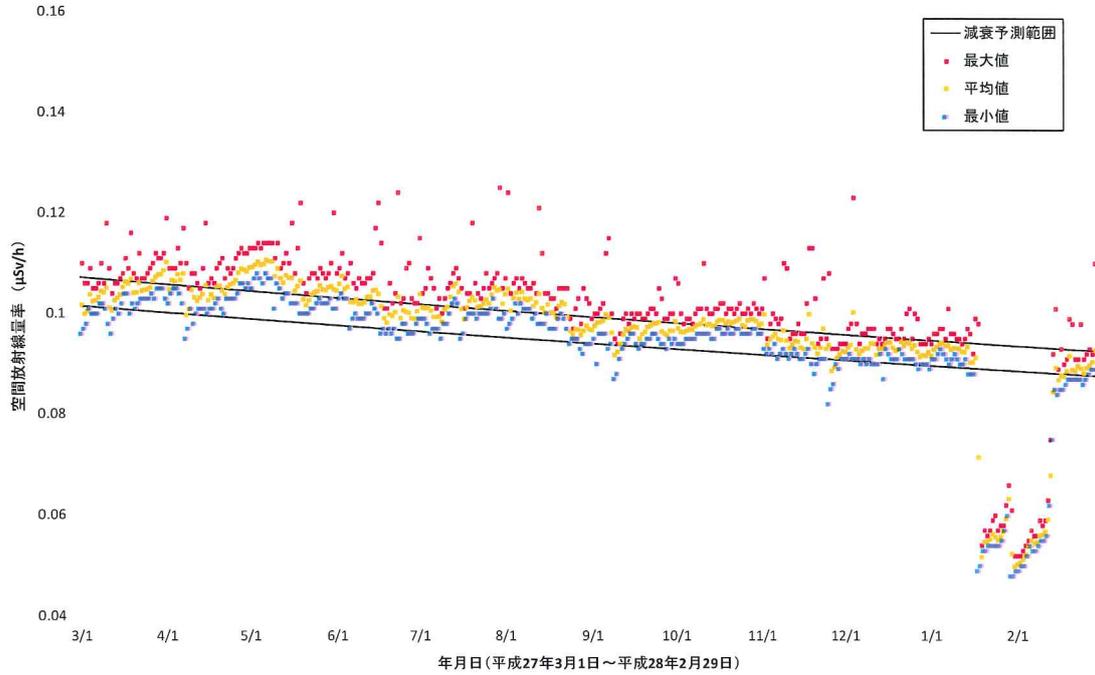
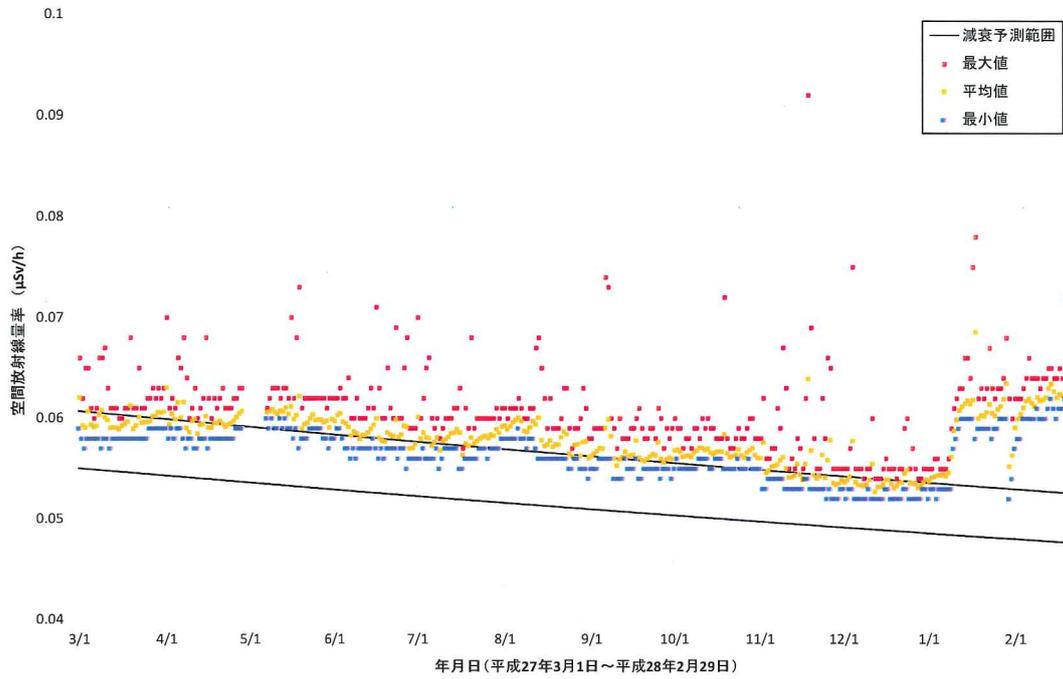


図 2-9-2-2(11) 各地点のトレンドグラフ

No.23 福浦小学校



No.24 金房幼稚園

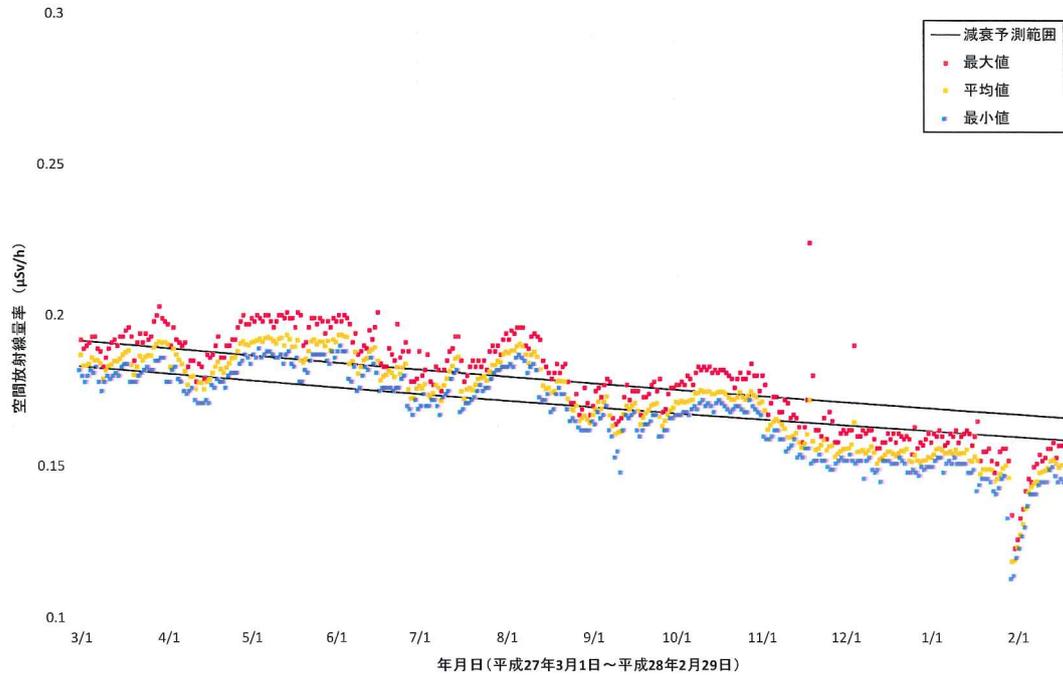
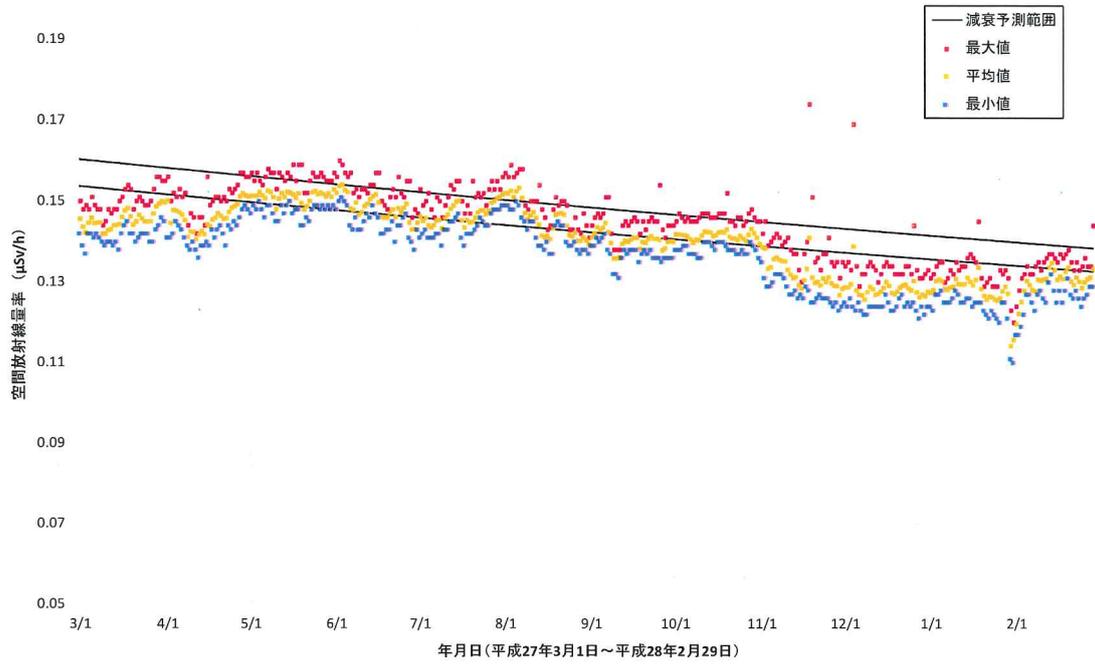


図 2-9-2-2(12) 各地点のトレンドグラフ

No.25 鳩原小学校



No.26 小高区団第3分団第10部屯所

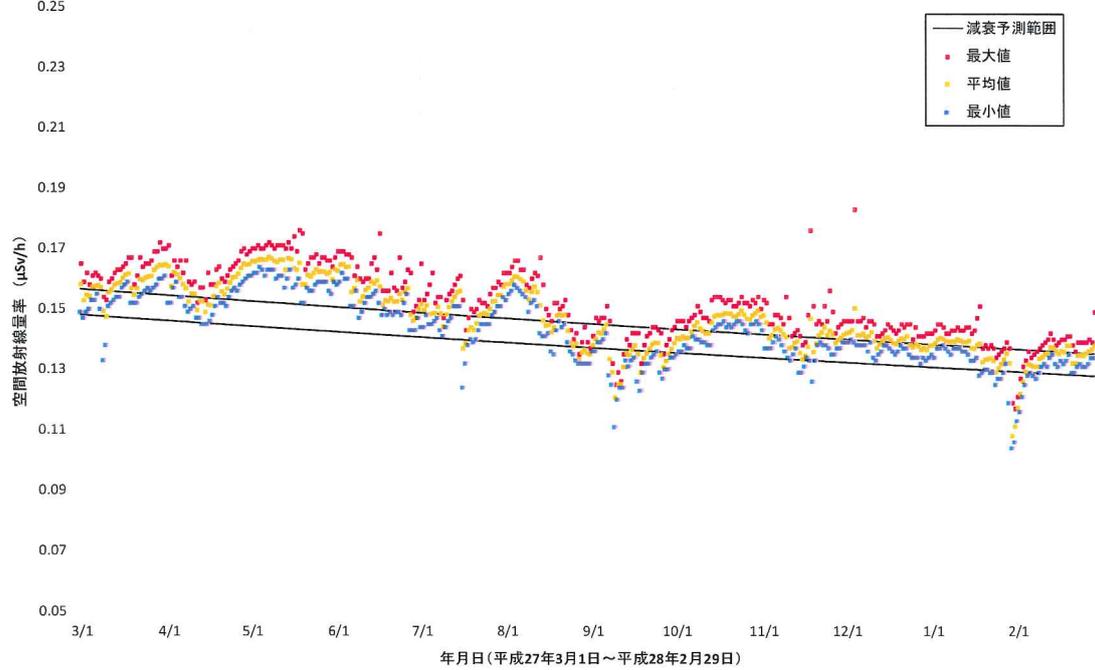
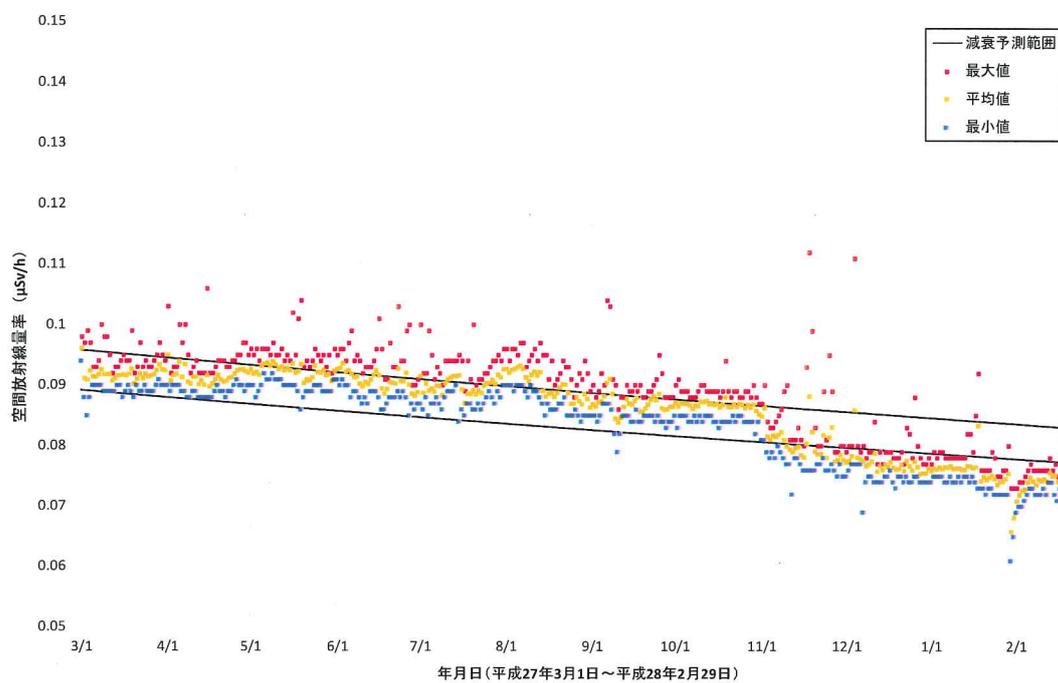


図 2-9-2-2(13) 各地点のトレンドグラフ

No.27 小高区役所



No.28 高の倉ダム助常観測所

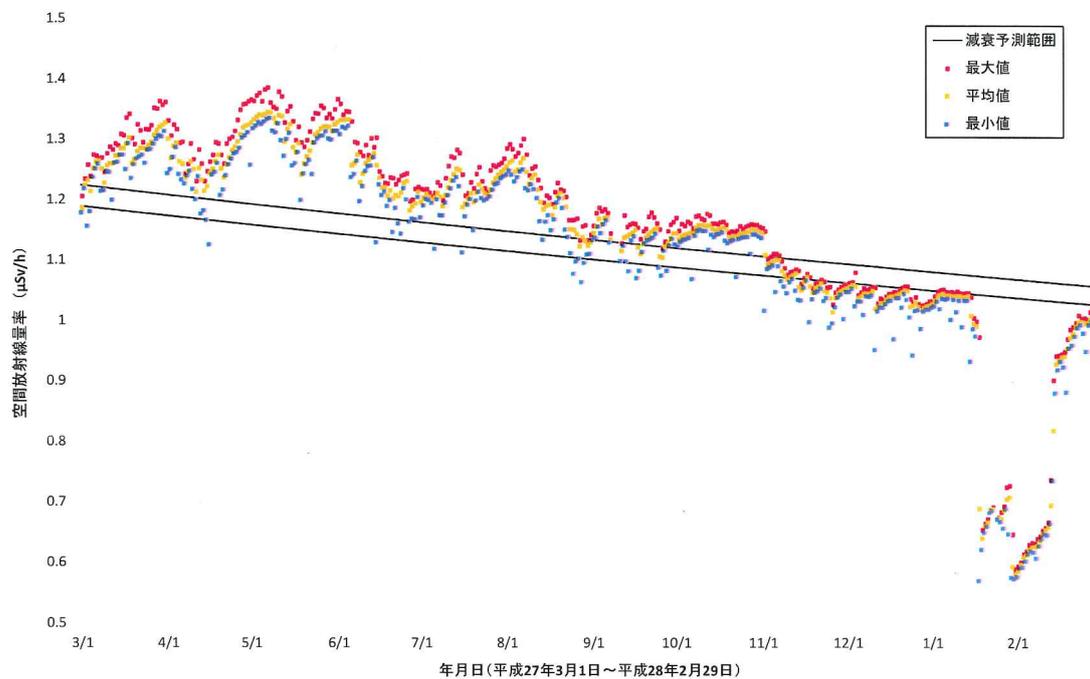
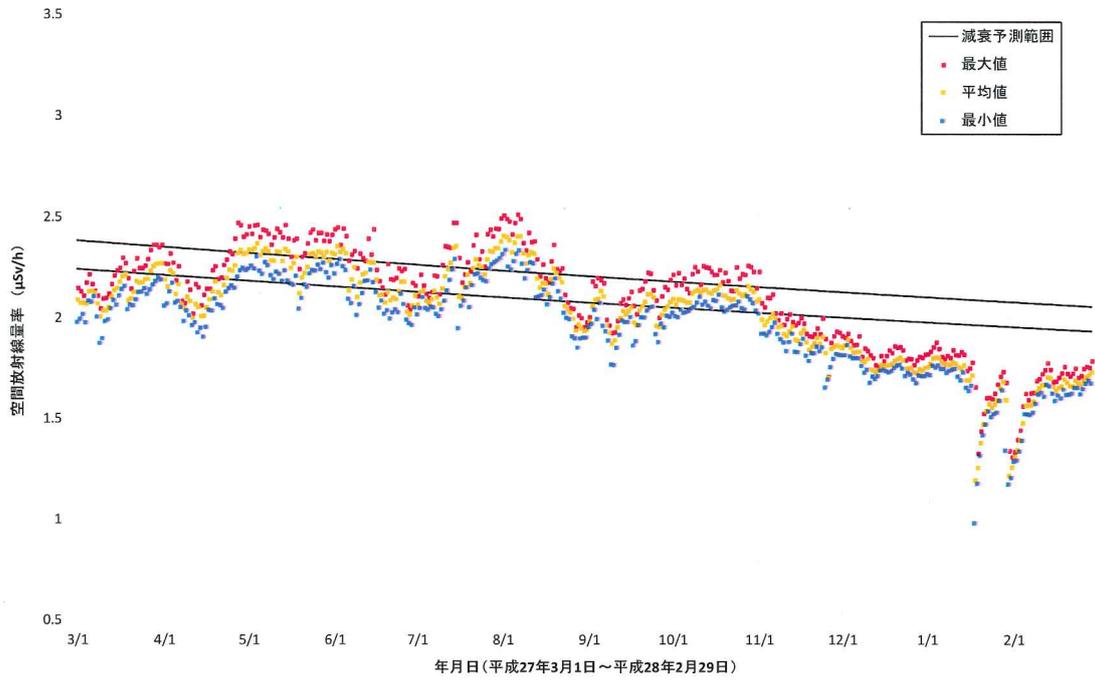


図 2-9-2-2(14) 各地点のトレンドグラフ

No.29 鉄山ダム



No.30 山木屋駐在所

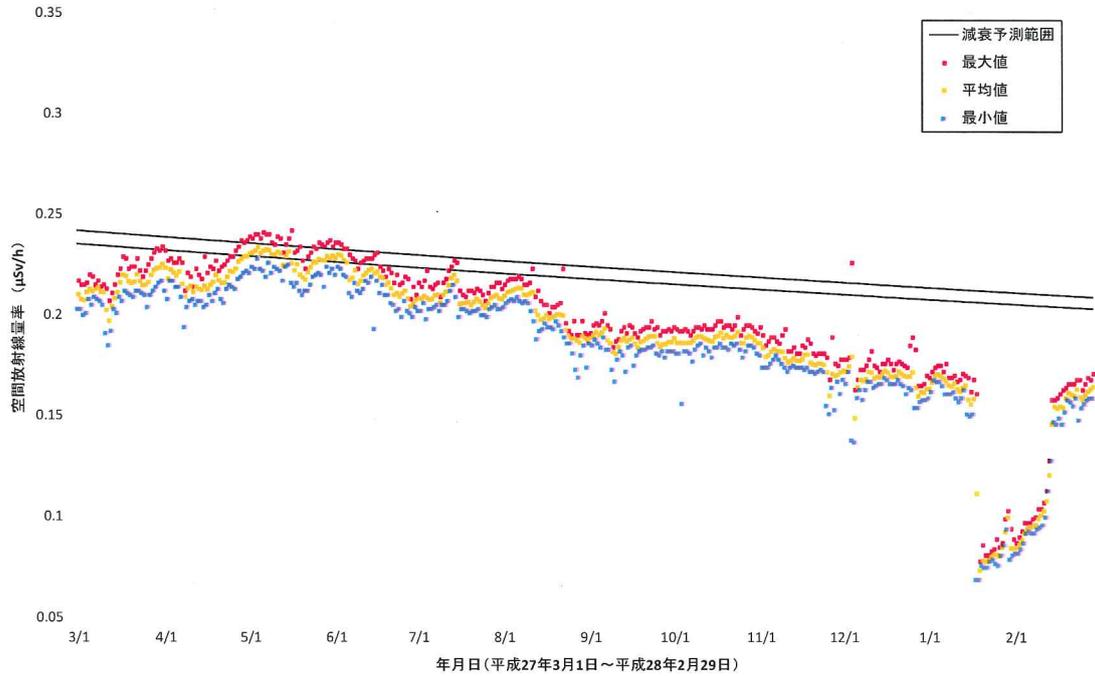
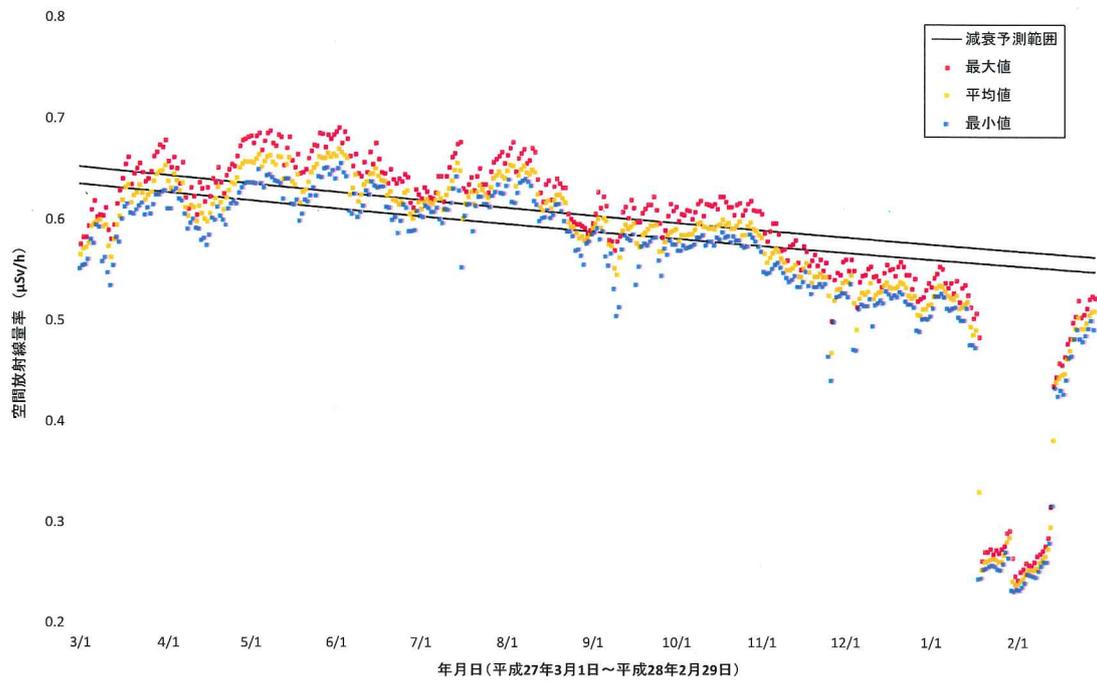


図 2-9-2-2(15) 各地点のトレンドグラフ

No.31 山木屋乙八区コミュニティ消防センター



No.32 戸草集会所

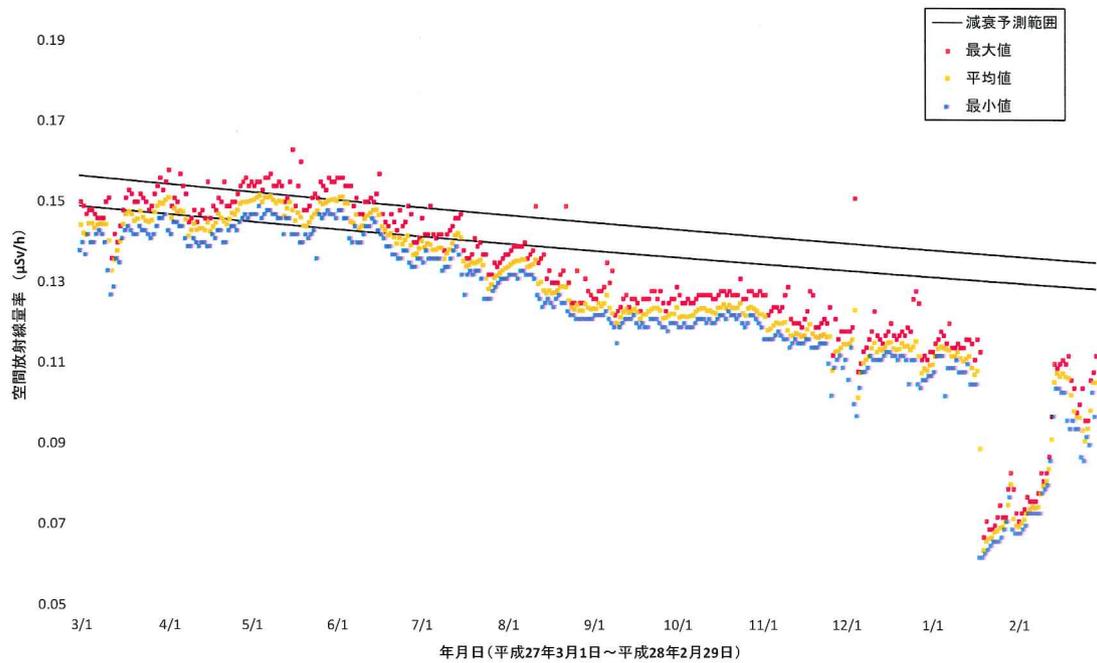
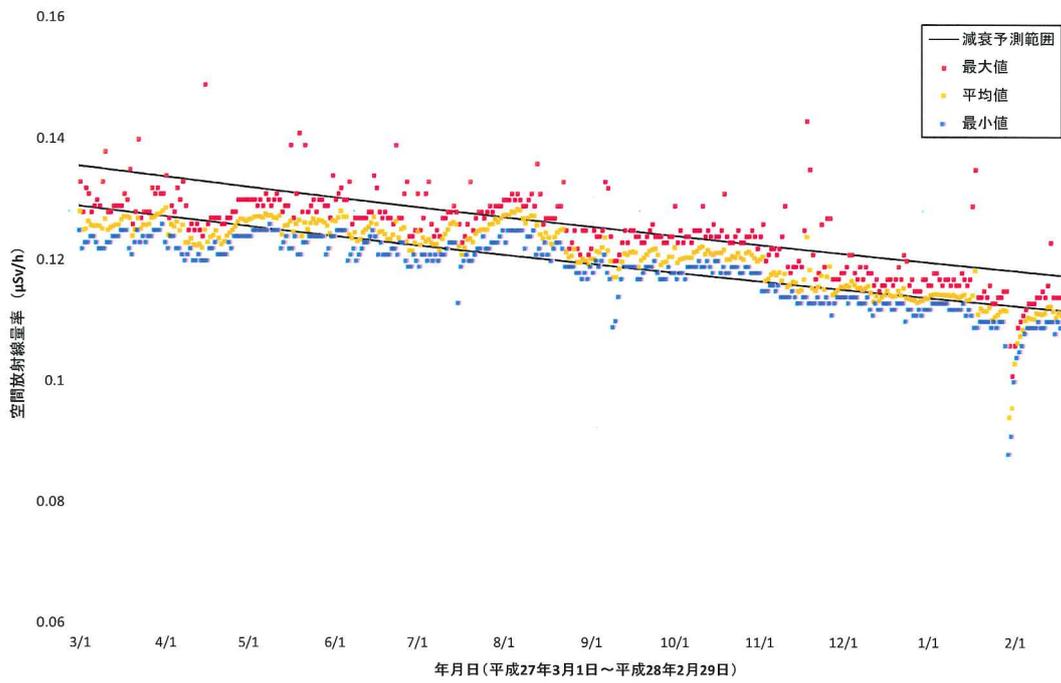


図 2-9-2-2(16) 各地点のトレンドグラフ

No.33 檜葉北小学校



No.34 女平地区集会所

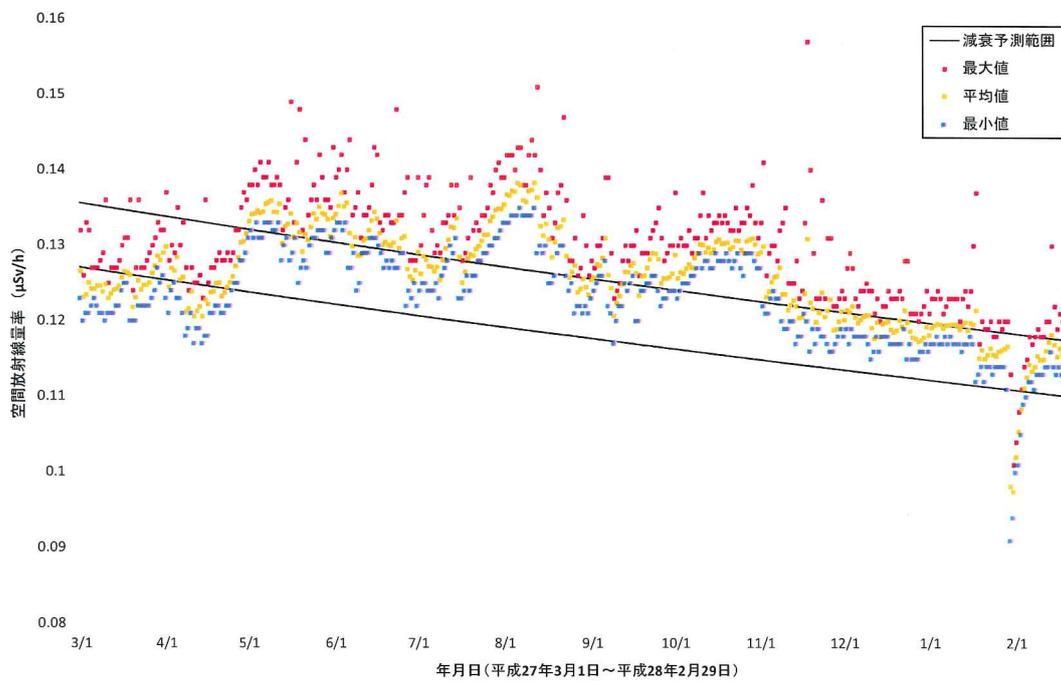
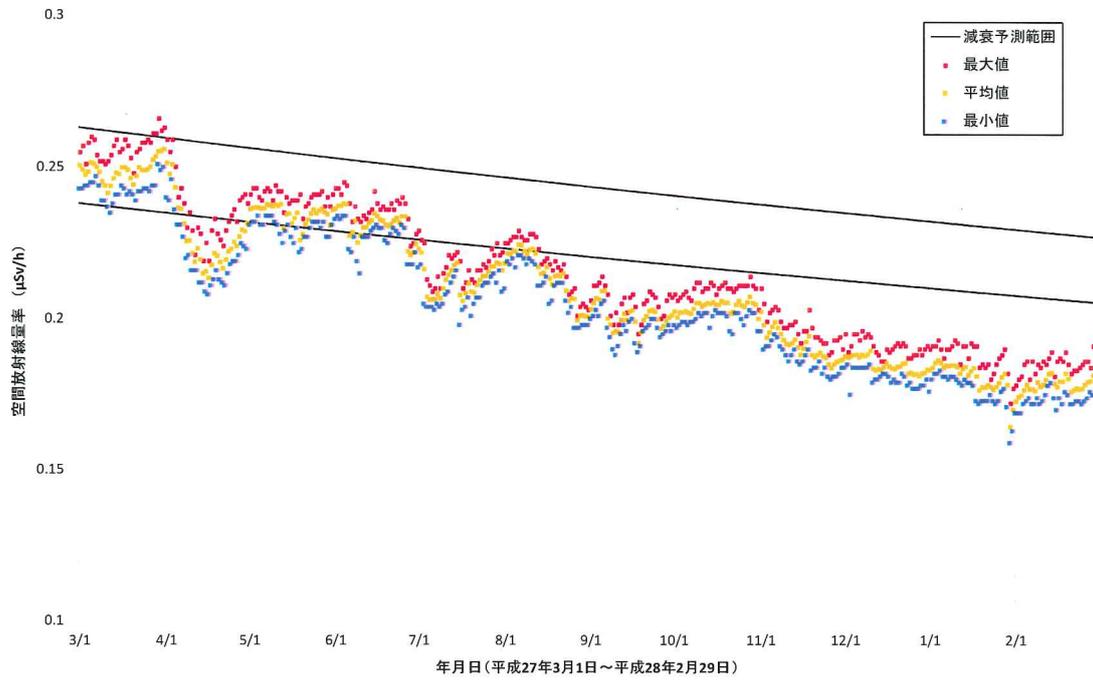


図 2-9-2-2(17) 各地点のトレンドグラフ

No.35 天神岬スポーツ公園



No.36 檜葉南小学校

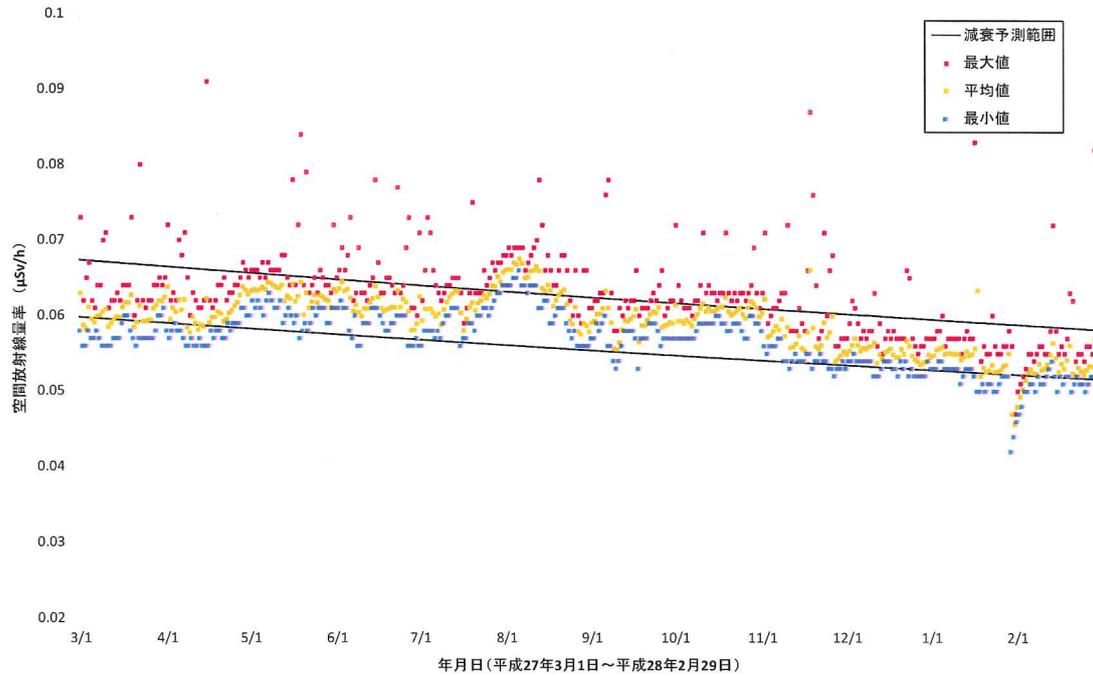
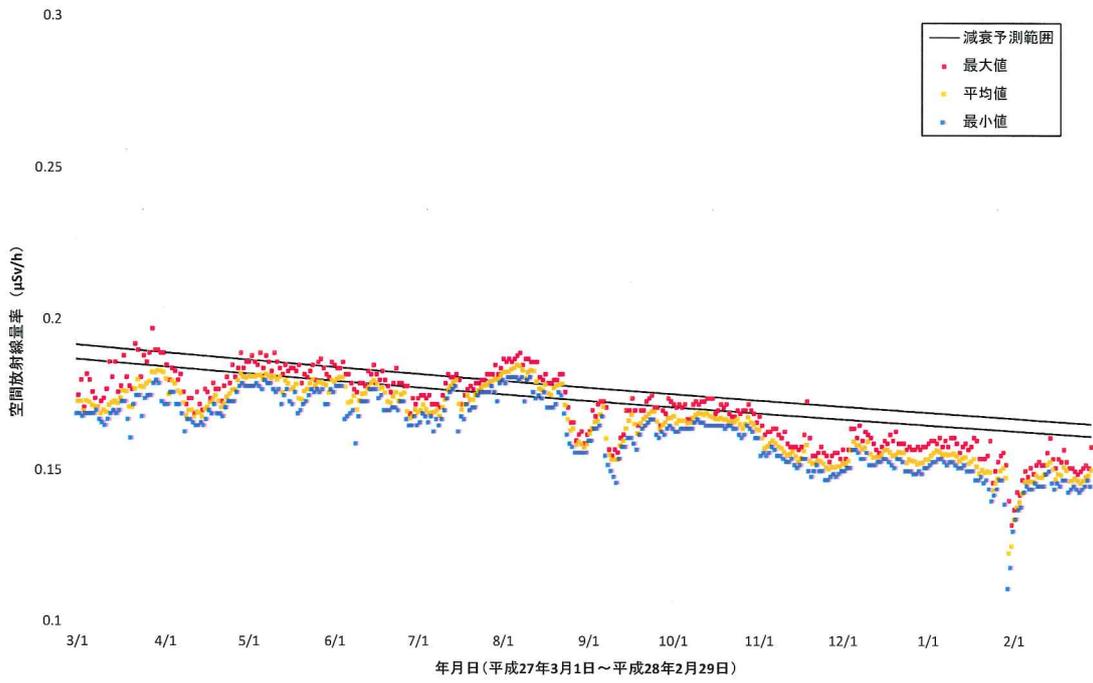


図 2-9-2-2(18) 各地点のトレンドグラフ

No.37 営団地区集会所



No.38 乙次郎地区集会所

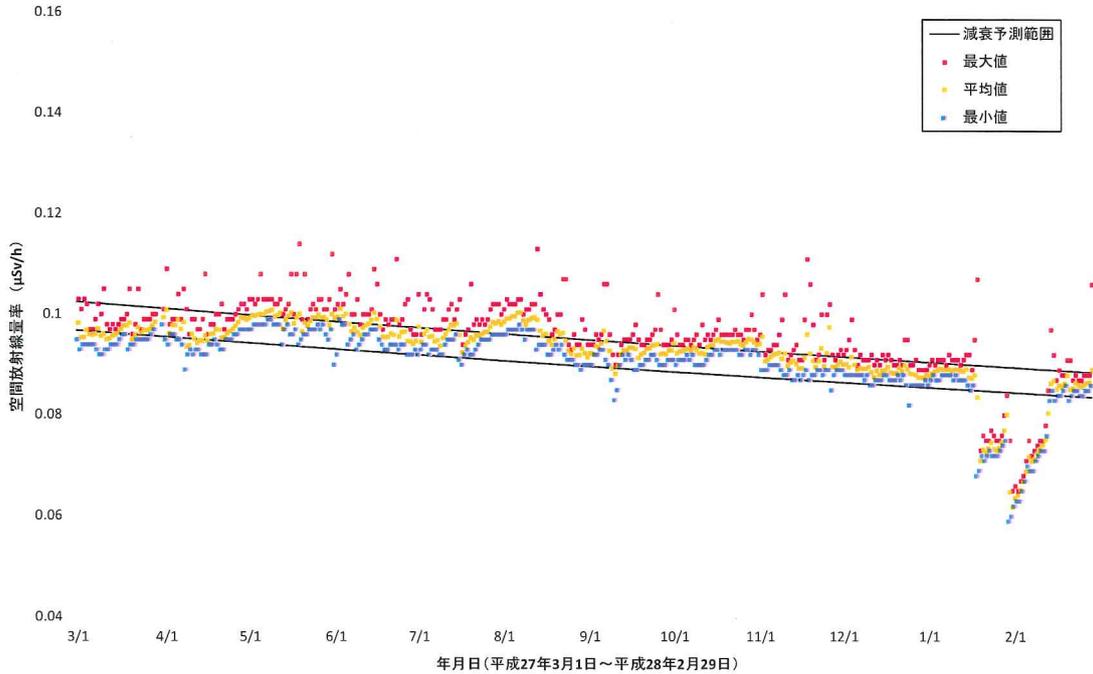
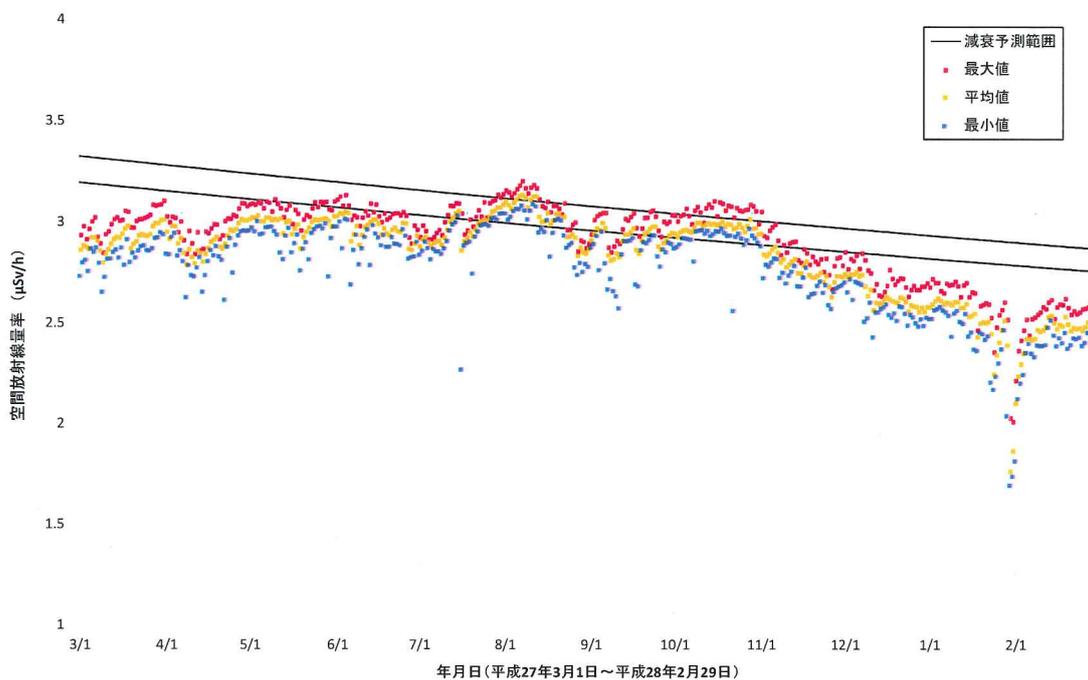


図 2-9-2-2(19) 各地点のトレンドグラフ

No.39 小良ヶ浜多目的集会所



No.40 富岡第一小学校

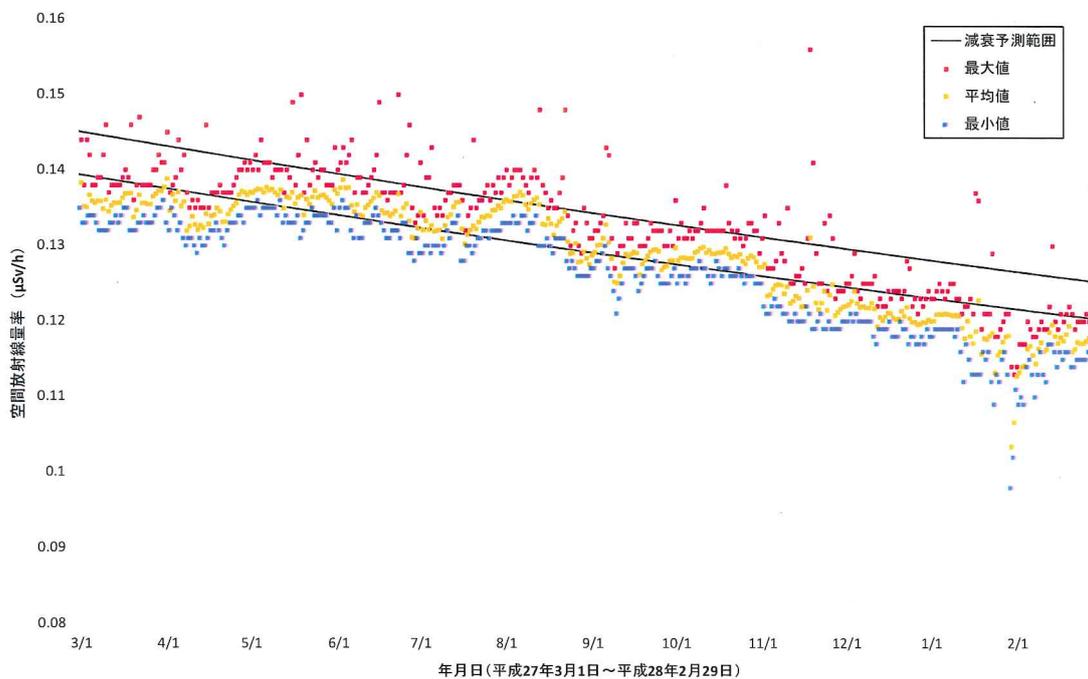
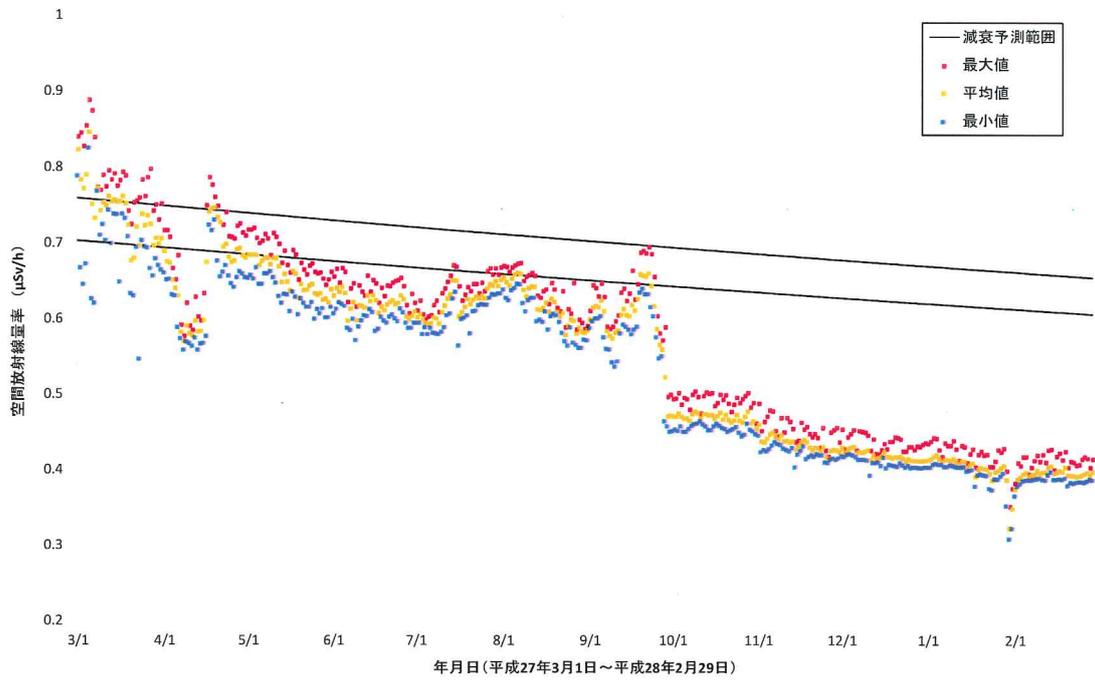


図 2-9-2-2(20) 各地点のトレンドグラフ

No.41 富岡第二小学校



No.42 赤木多目的集会所

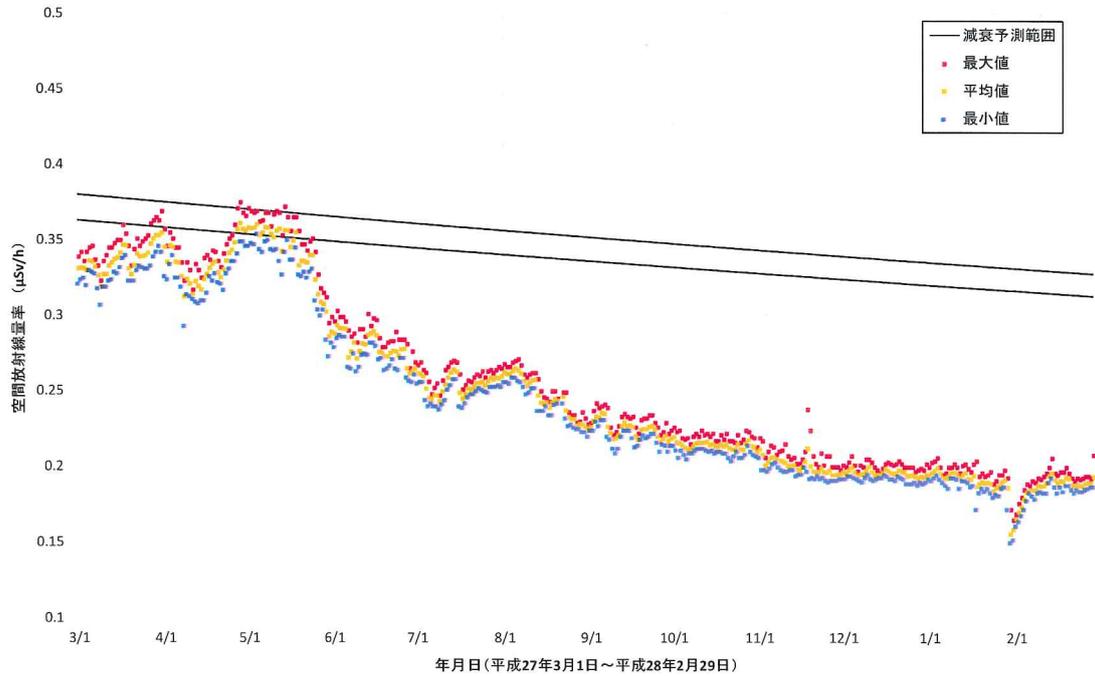
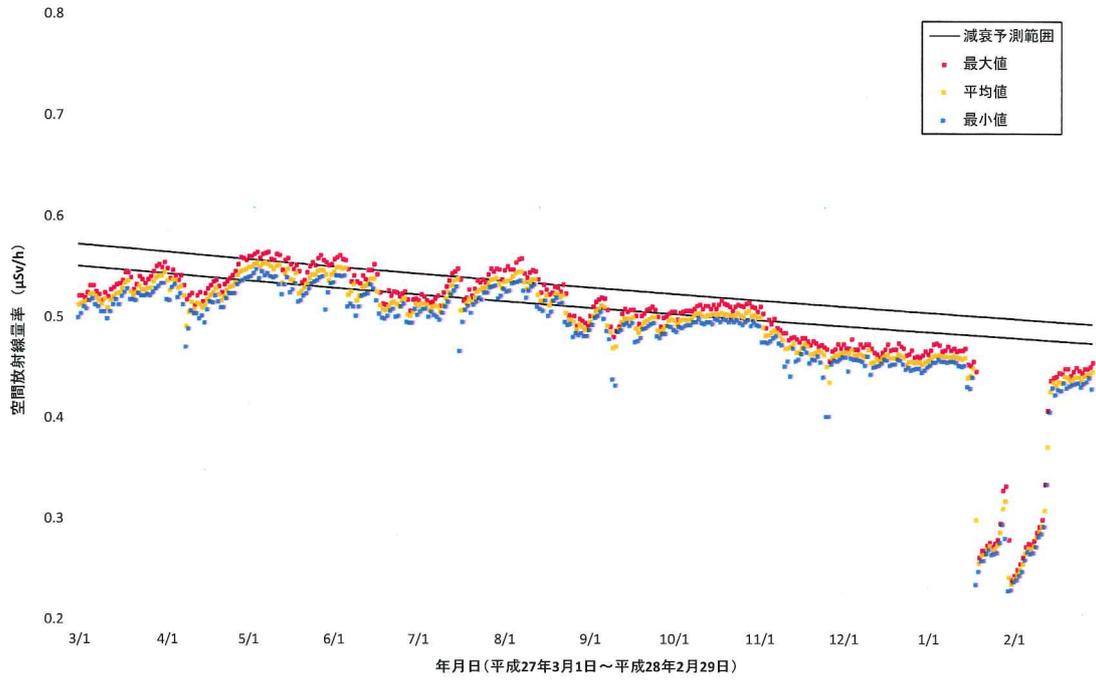


図 2-9-2-2(21) 各地点のトレンドグラフ

No.43 村営バス停留所(貝ノ坂地区)



No.44 五枚沢集会所

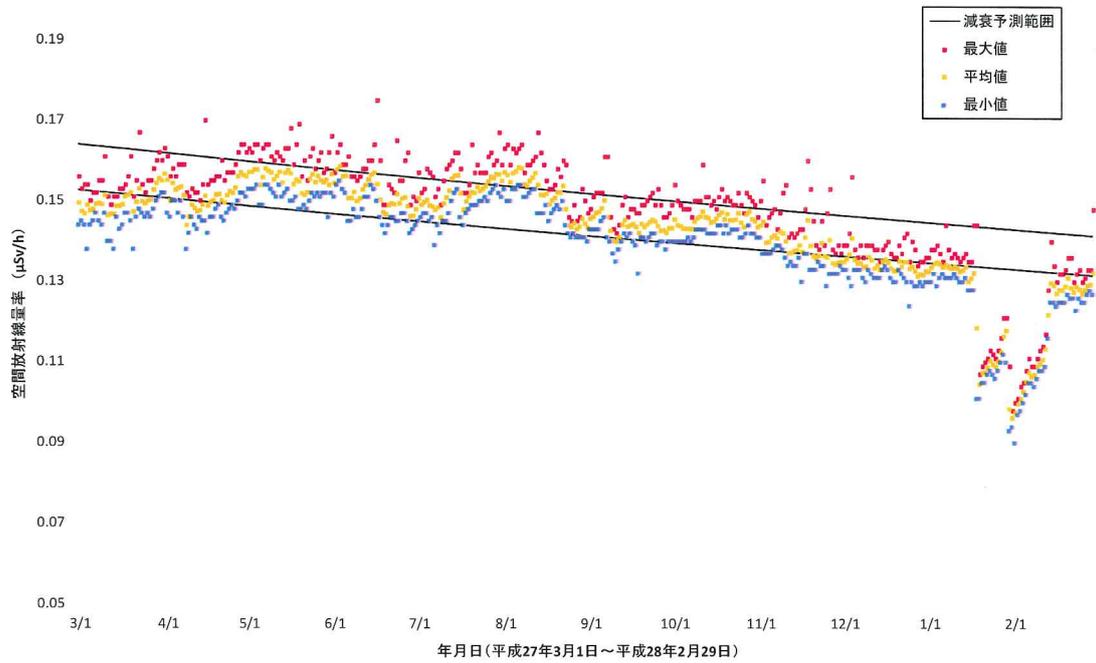
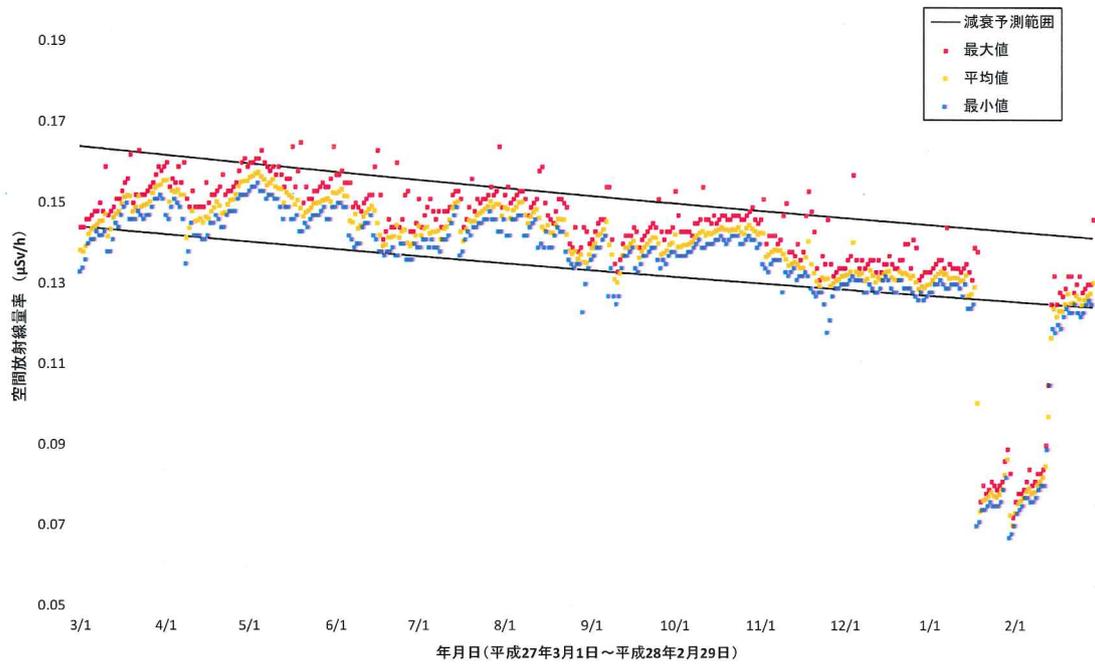


図 2-9-2-2(22) 各地点のトレンドグラフ

No.45 毛戸集会所



No.46 坂下ダム管理事務所

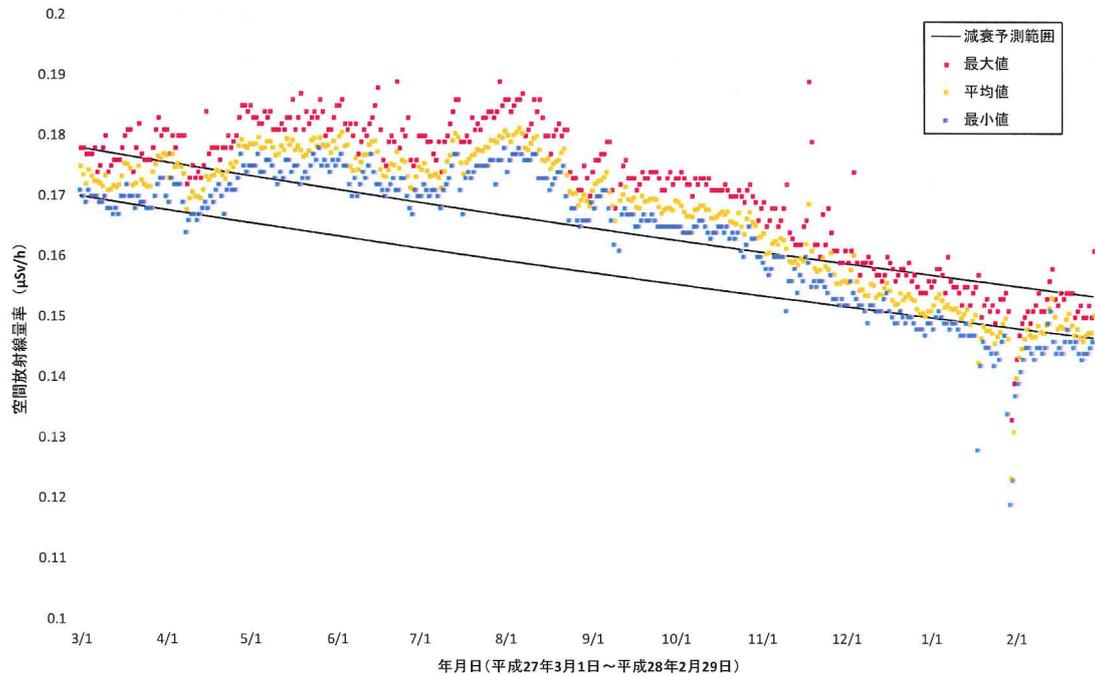
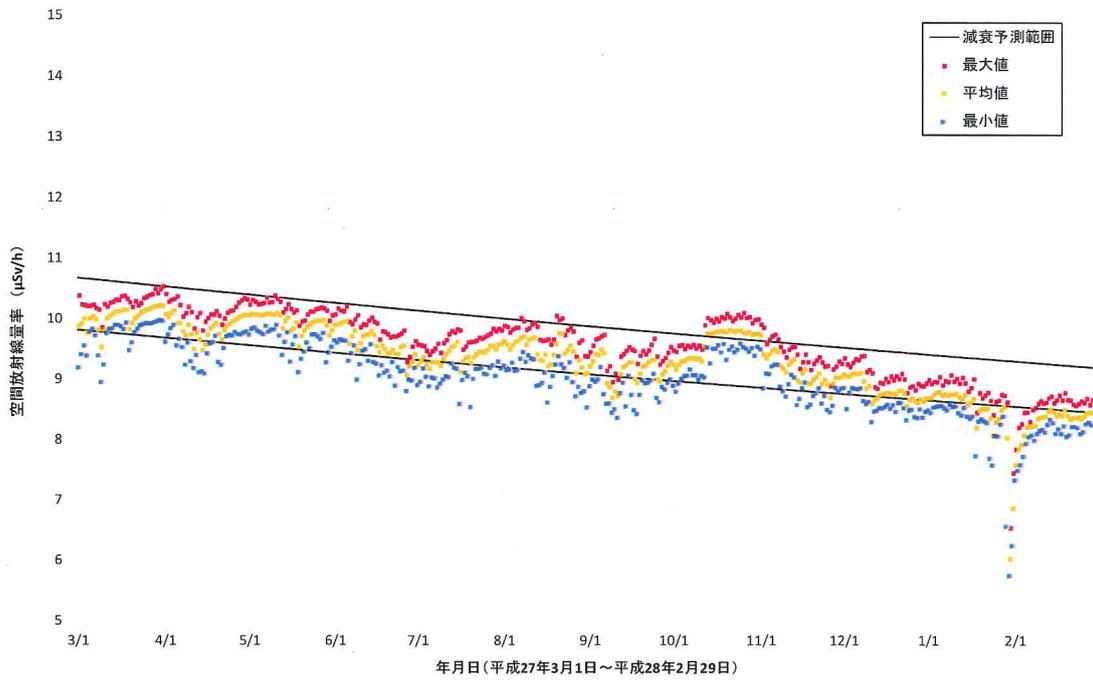


図 2-9-2-2(23) 各地点のトレンドグラフ

No.47 夫沢二区地区集会所



No.48 熊一区地区集会所

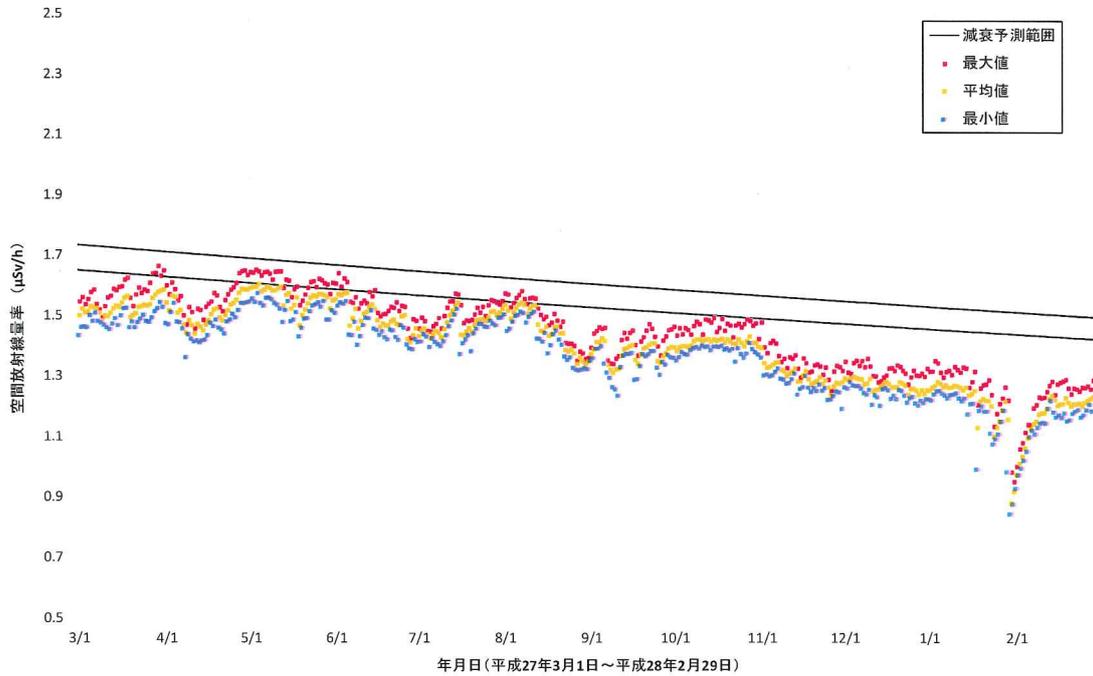
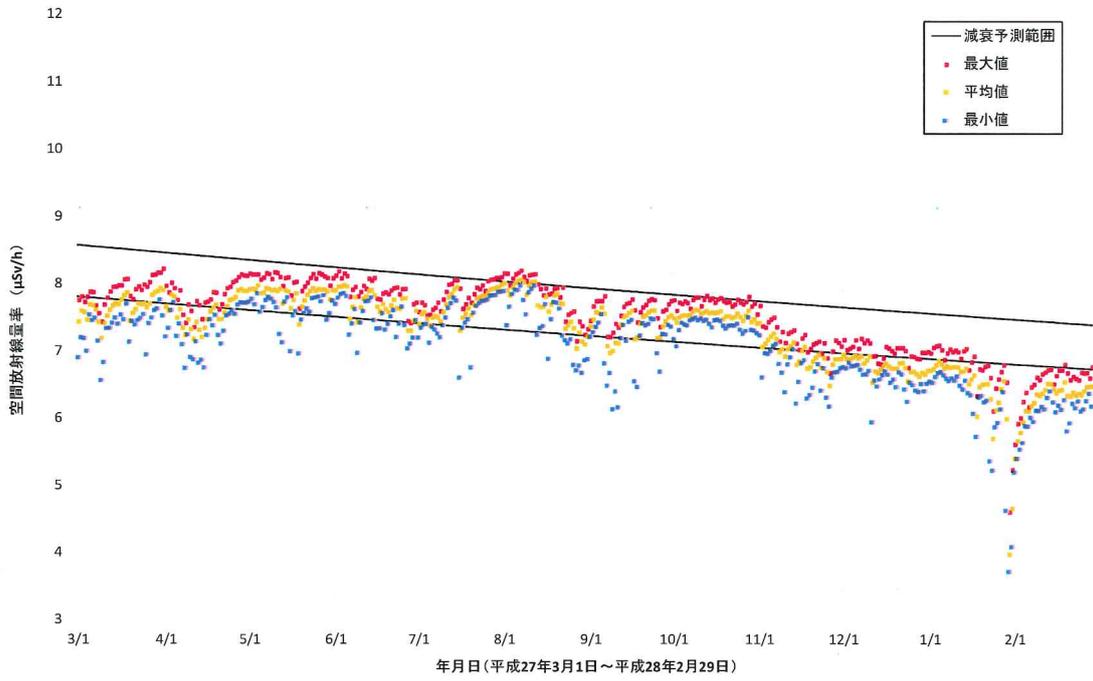


図 2-9-2-2(24) 各地点のトレンドグラフ

No.49 熊町小学校



No.50 中屋敷多目的研修集会施設

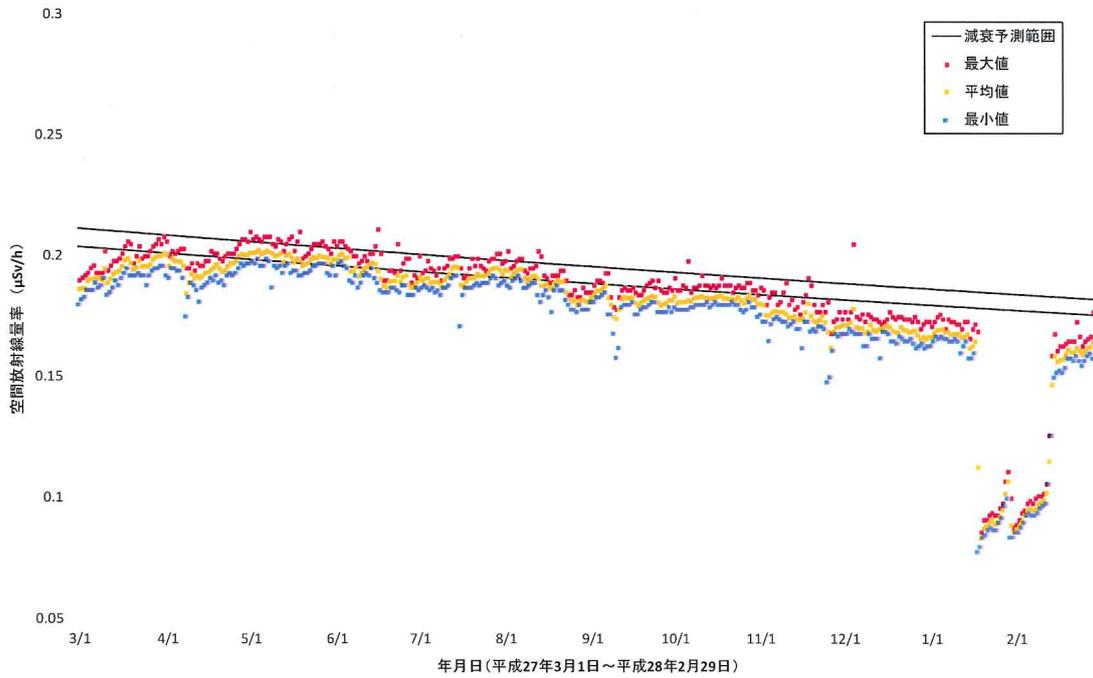
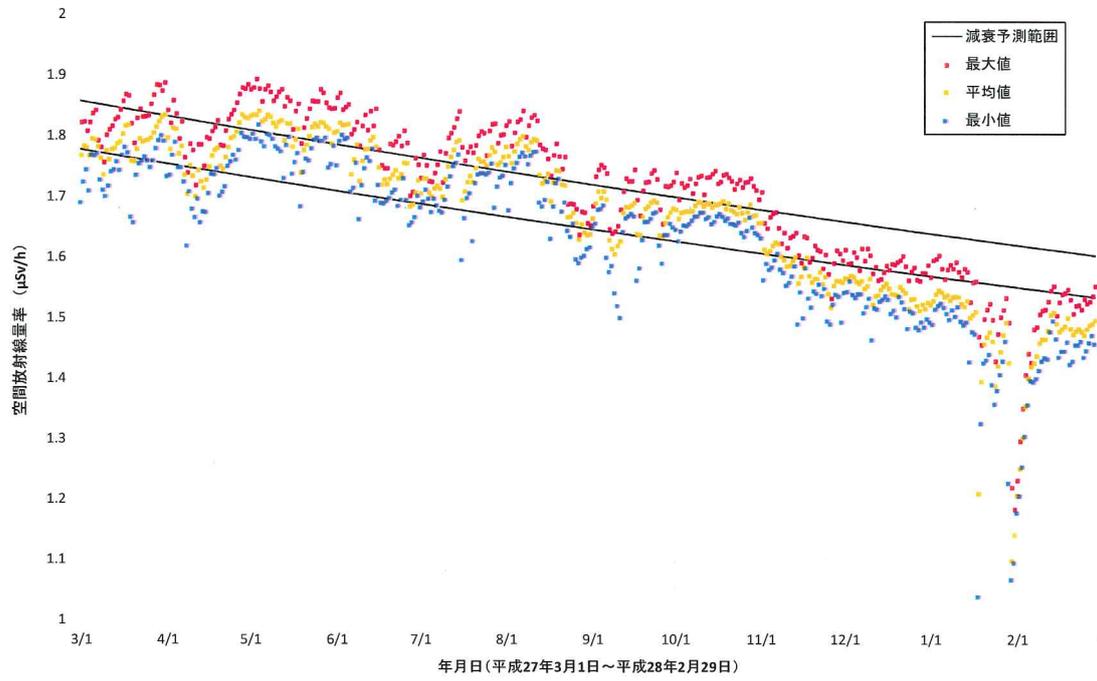


図 2-9-2-2(25) 各地点のトレンドグラフ

No.51 野上一区地区集会所



No.52 北部コミュニティーセンター

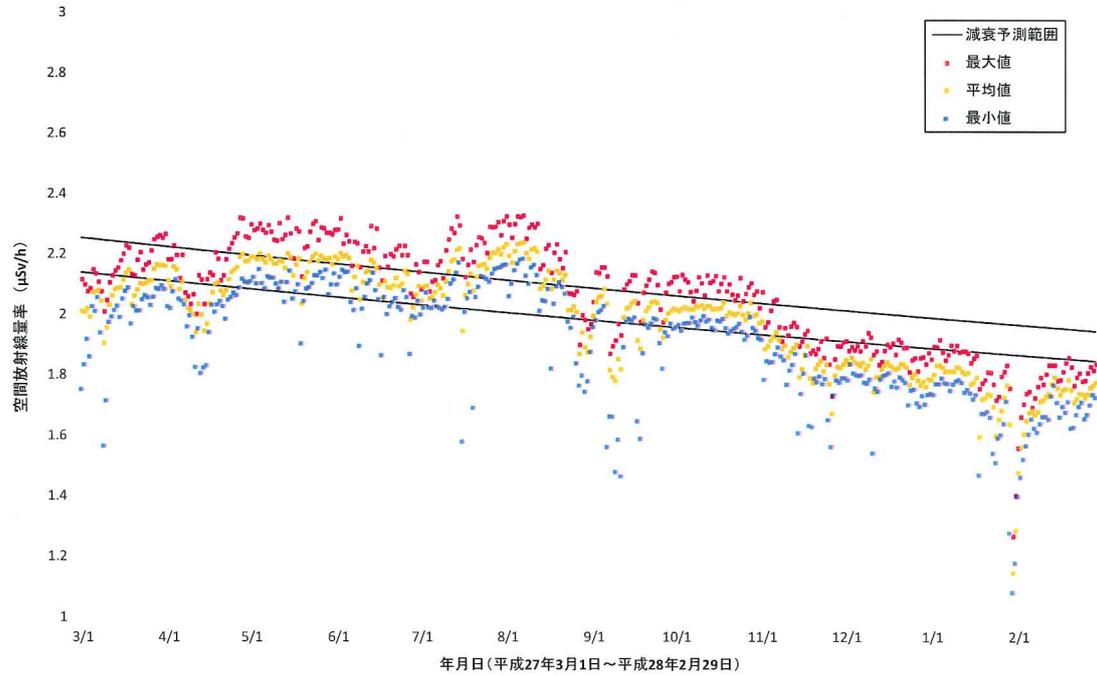
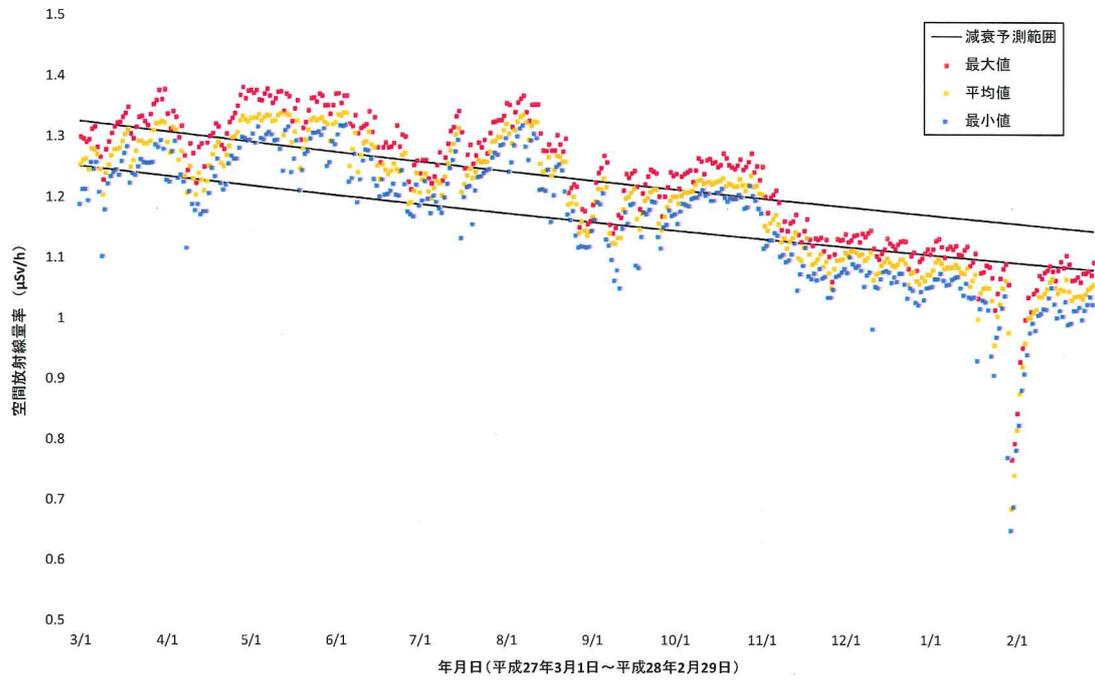


図 2-9-2-2(26) 各地点のトレンドグラフ

No.53 双葉総合公園



No.54 手七郎集会所

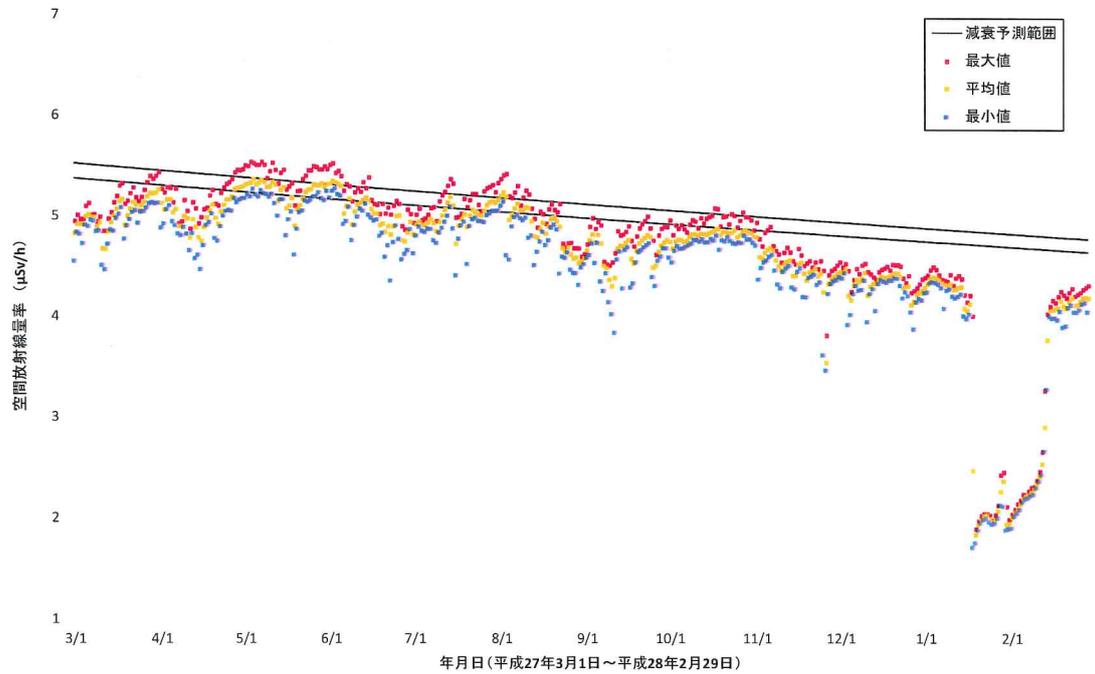
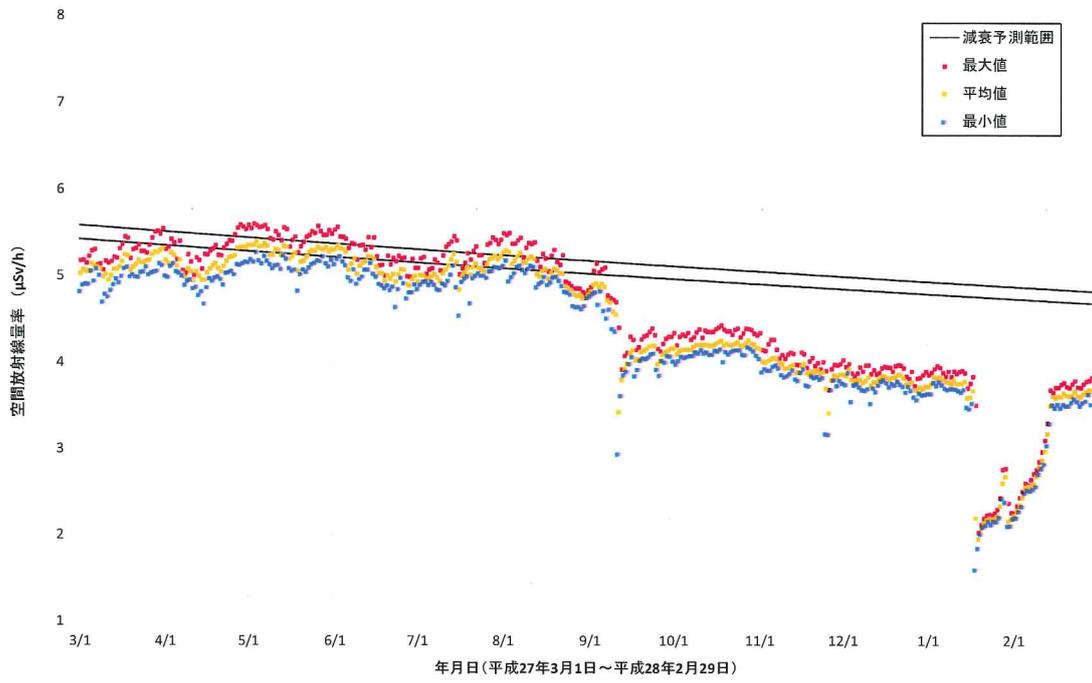


図 2-9-2-2(27) 各地点のトレンドグラフ

No.55 赤字木集会所



No.56 大堀小学校

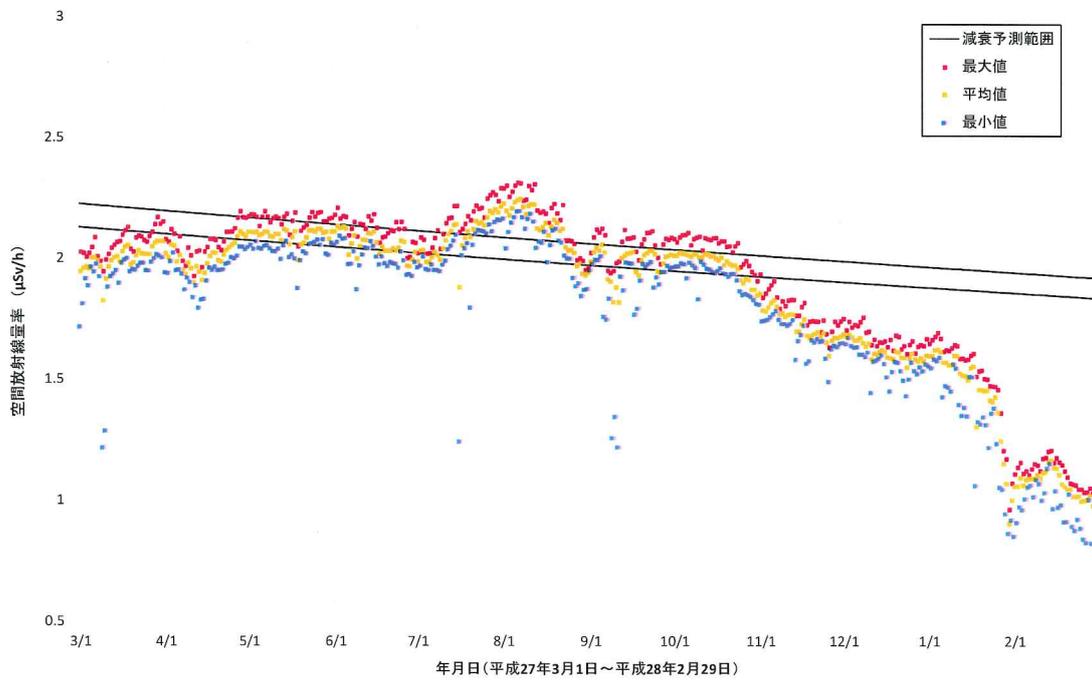
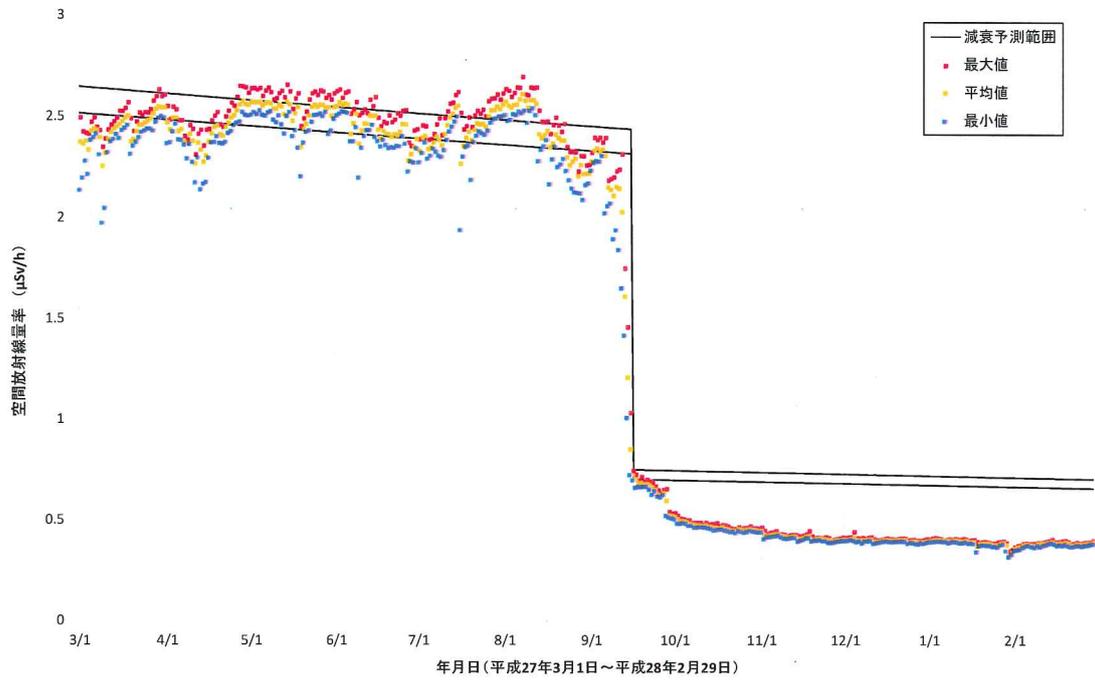


図 2-9-2-2(28) 各地点のトレンドグラフ

No.57 苧野小学校



No.58 大柿簡易郵便局(葛尾村営バス停脇)

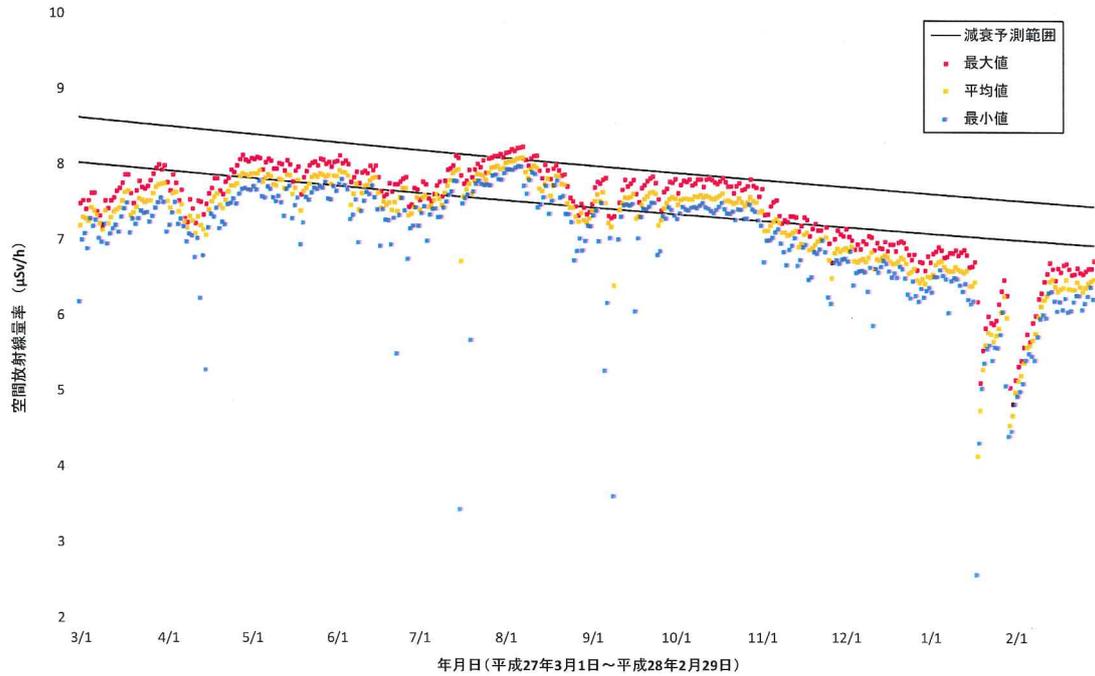
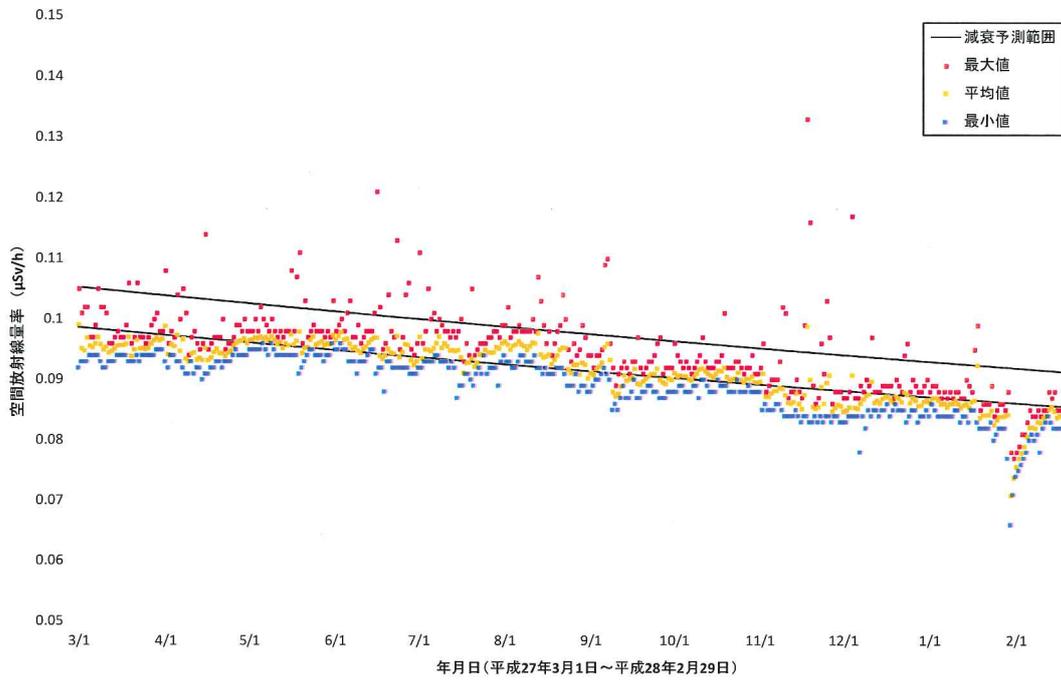


図 2-9-2-2(29) 各地点のトレンドグラフ

No.59 浪江町役場



No.60 小丸多目的集会所

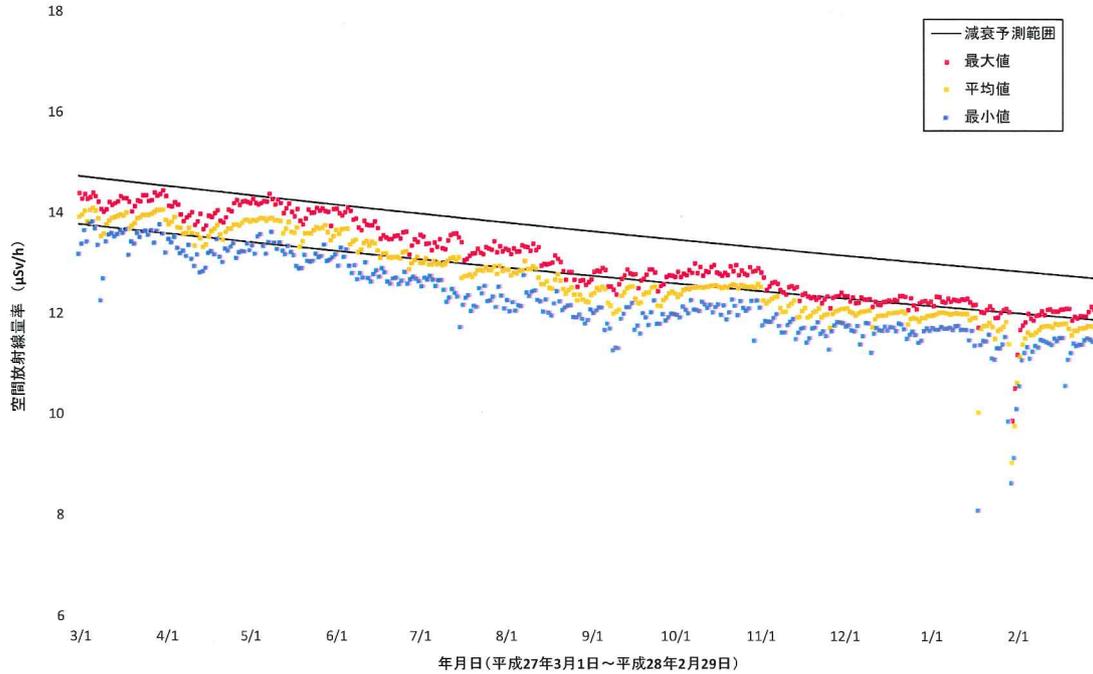
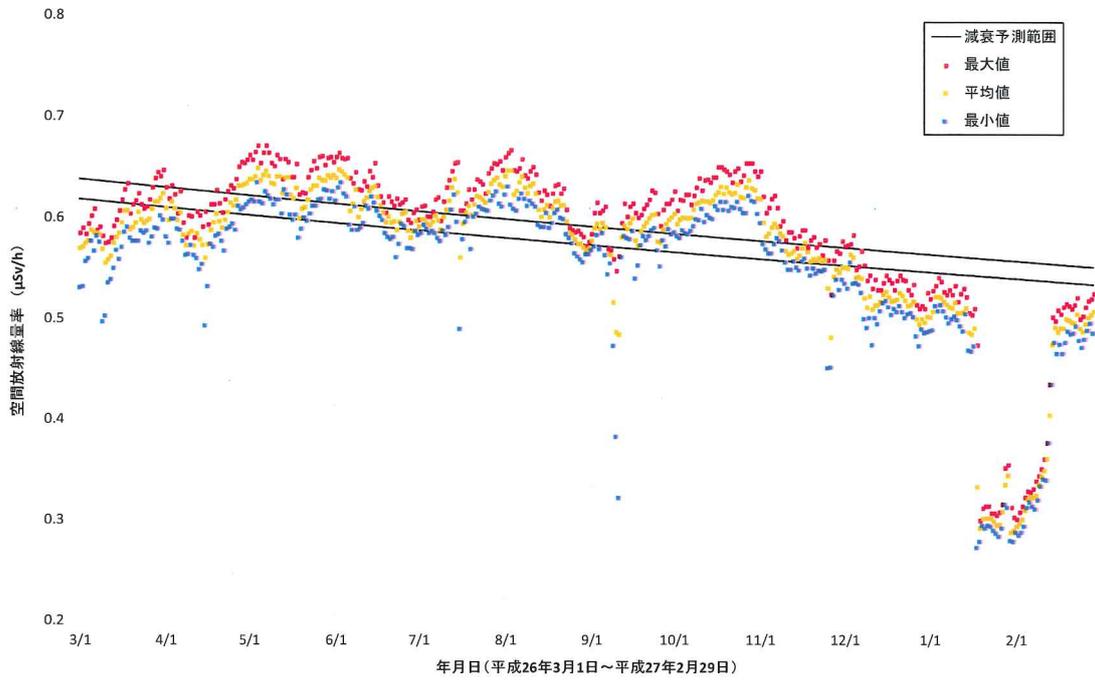


図 2-9-2-2(30) 各地点のトレンドグラフ

No.61 津島活性化センター



No.62 屋曽根屯所

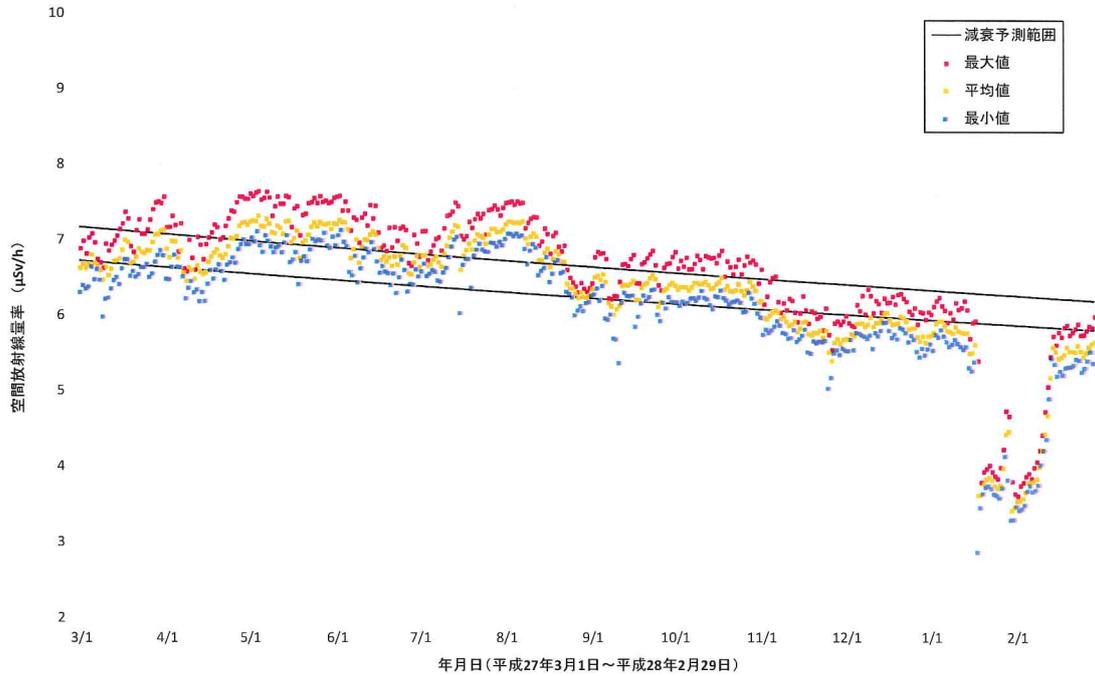
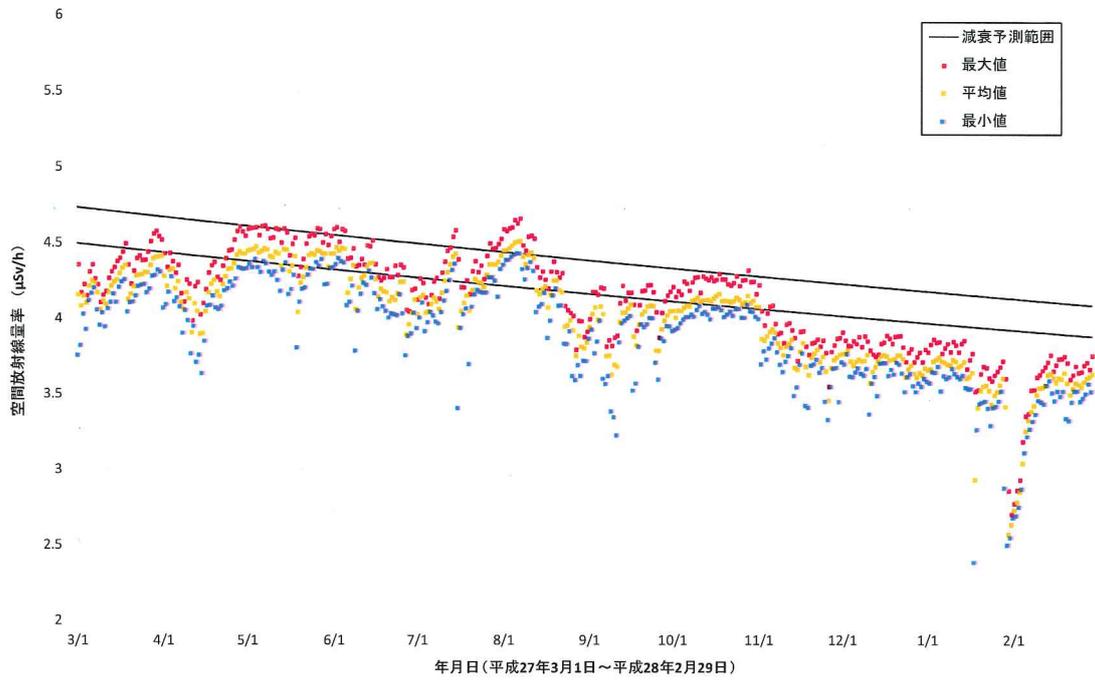


図 2-9-2-2(31) 各地点のトレンドグラフ

No.63 賀老集会所



No.64 大放婦人ホーム

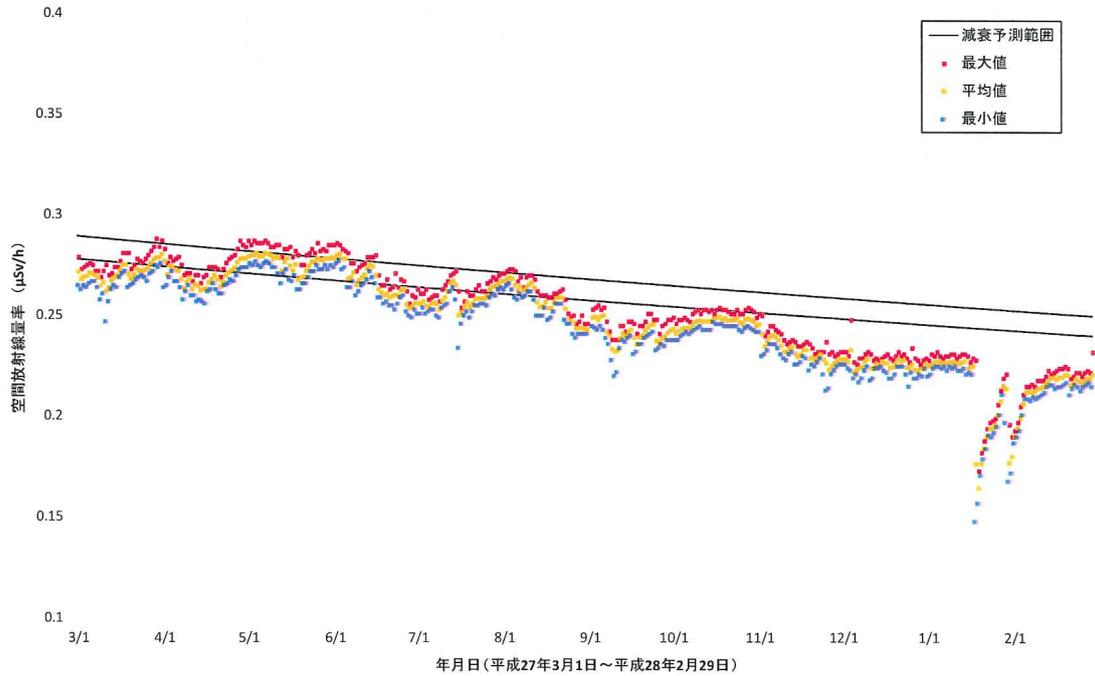
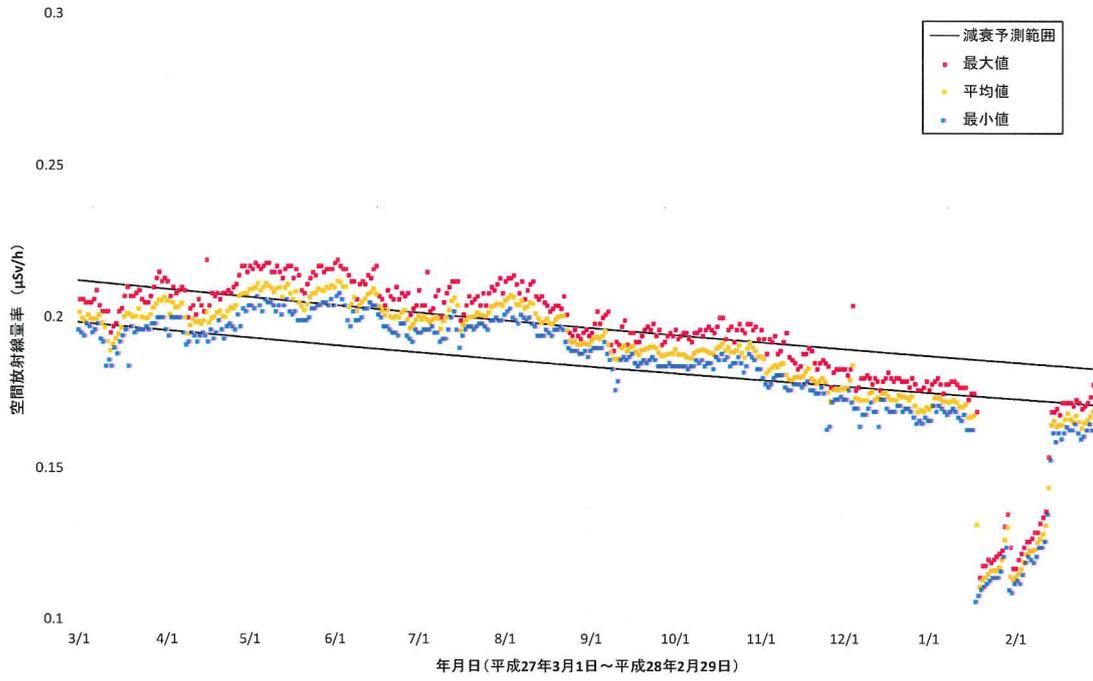


図 2-9-2-2(32) 各地点のトレンドグラフ

No.65 葛尾村役場



No.66 下葛尾集会所

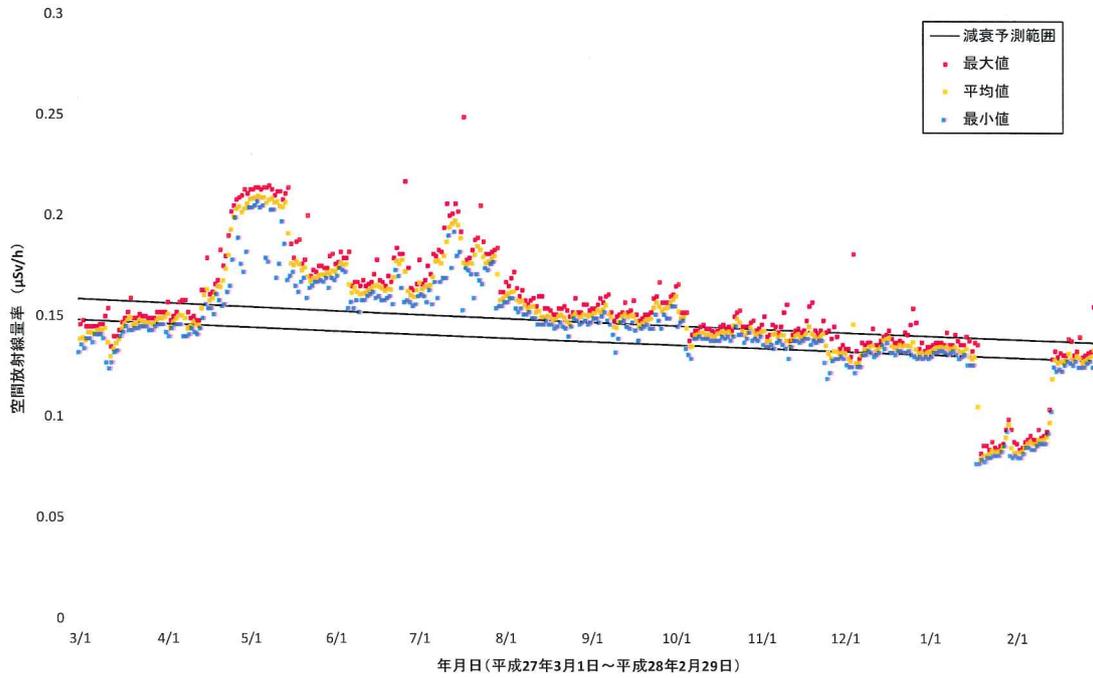
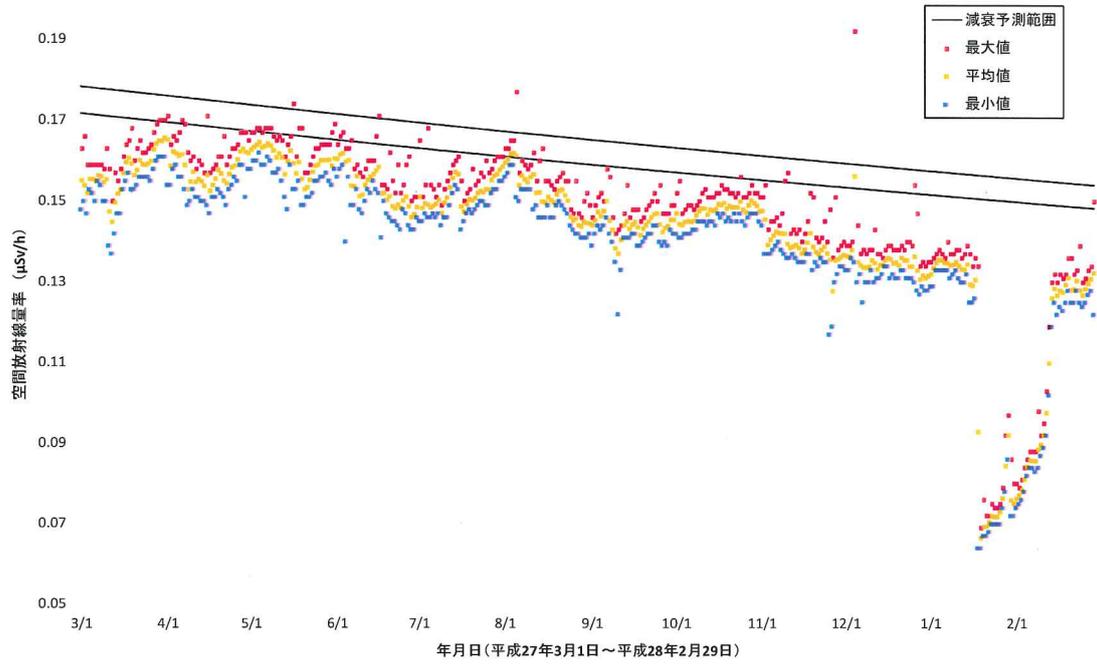


図 2-9-2-2(33) 各地点のトレンドグラフ

No.67 上野川多目的集会所



No.68 上飯樋地区集会所

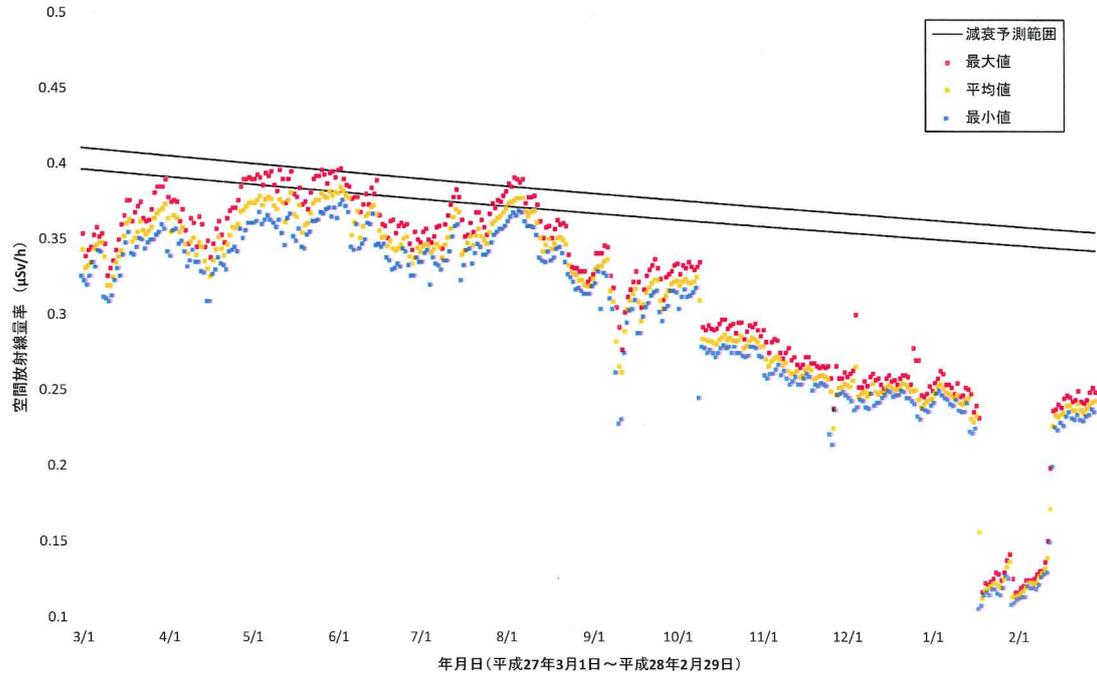
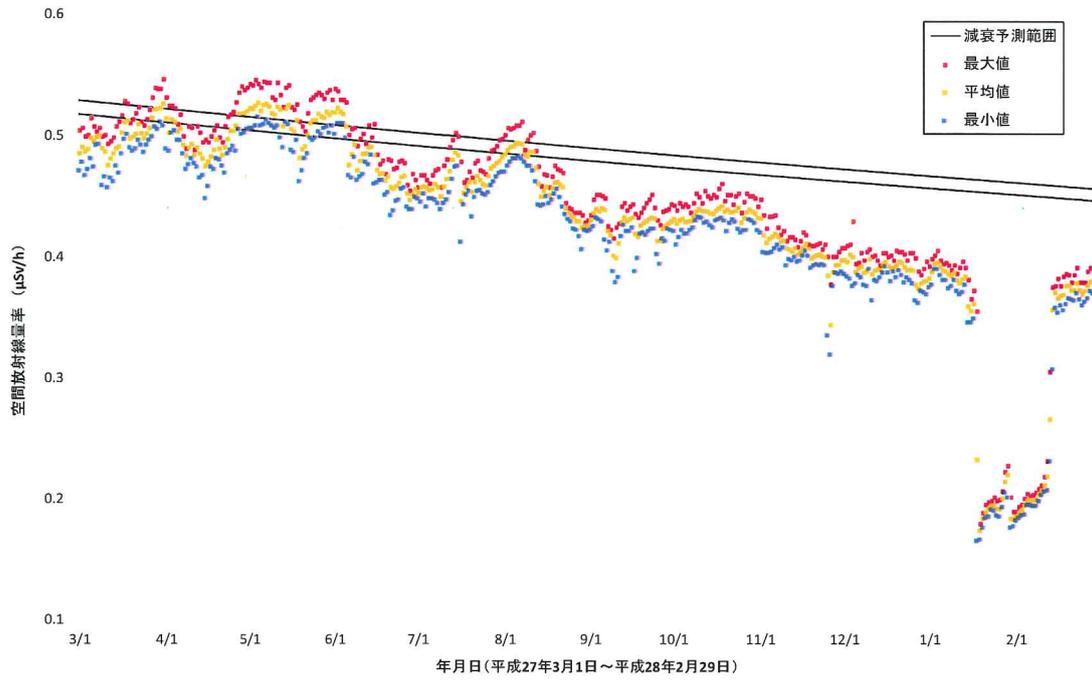


図 2-9-2-2(34) 各地点のトレンドグラフ

No.69 飯樋小学校



No.70 白石小学校

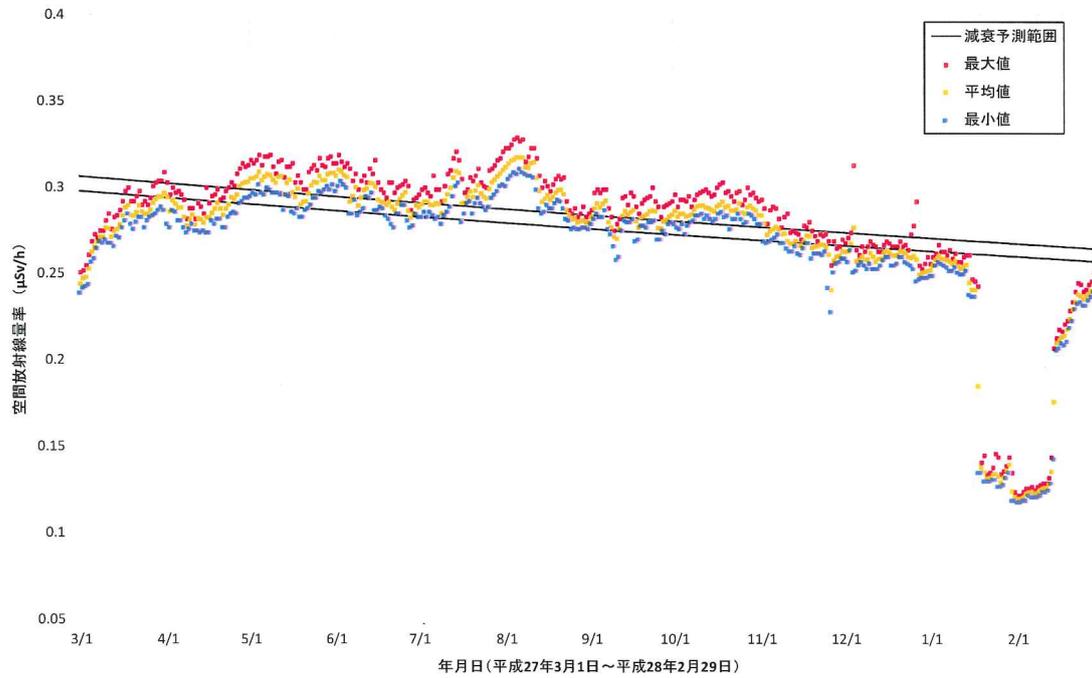
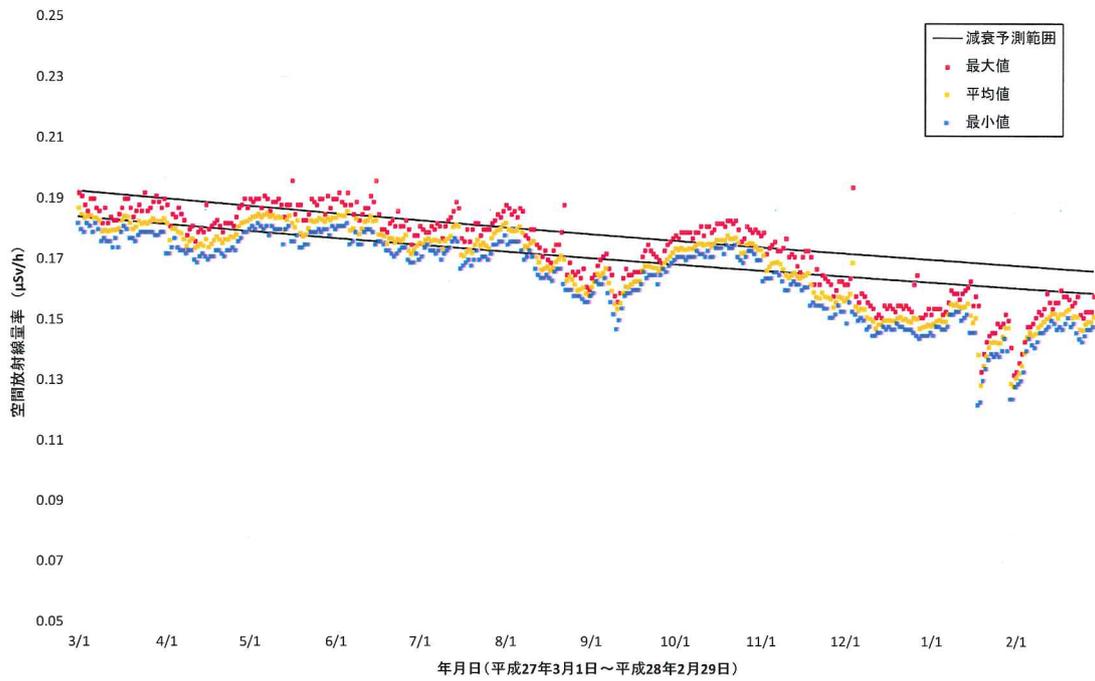


図 2-9-2-2(35) 各地点のトレンドグラフ

No.71 大倉体育館



No.72 草野小学校

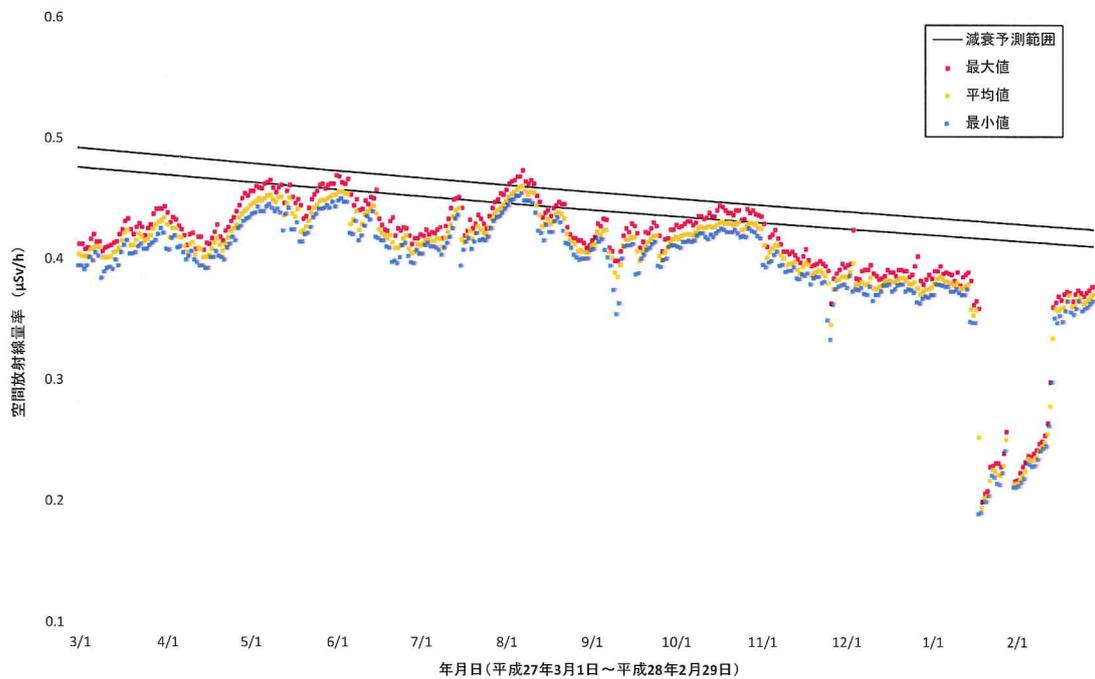
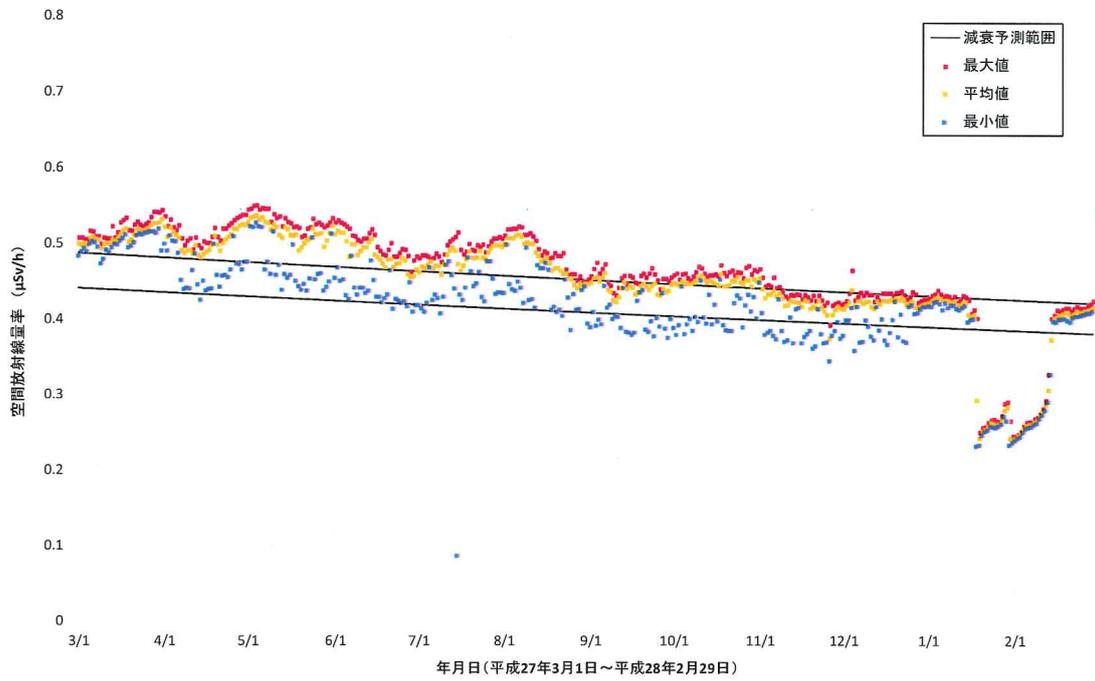


図 2-9-2-2(36) 各地点のトレンドグラフ

No.73 小宮コミュニティセンター



No.74 佐須公民館

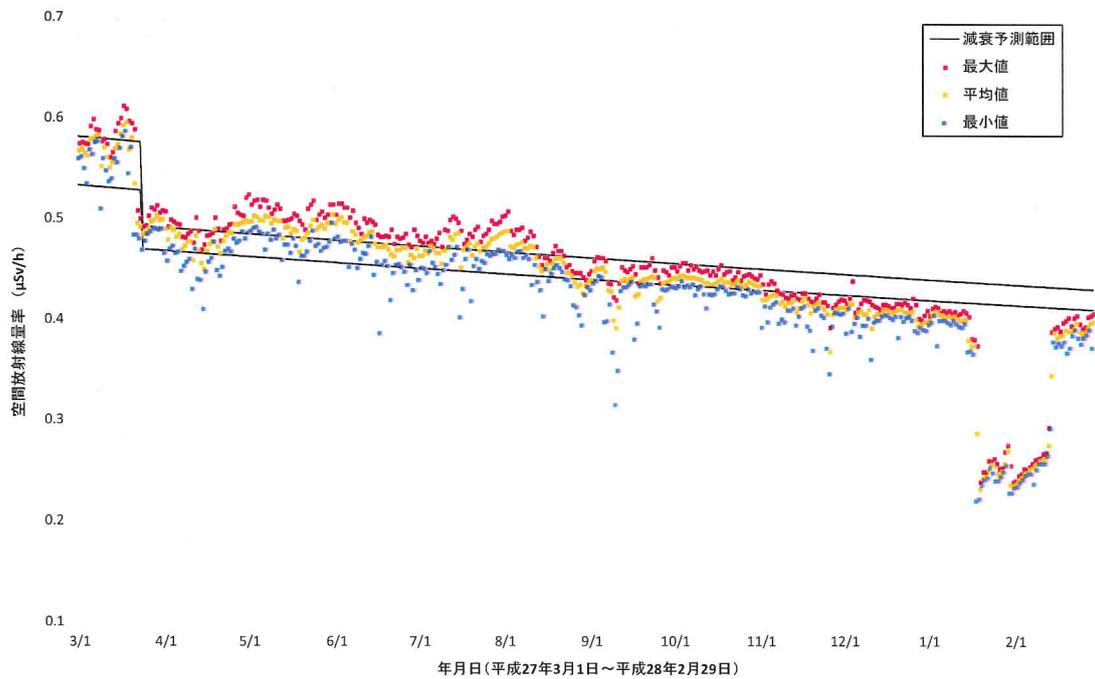
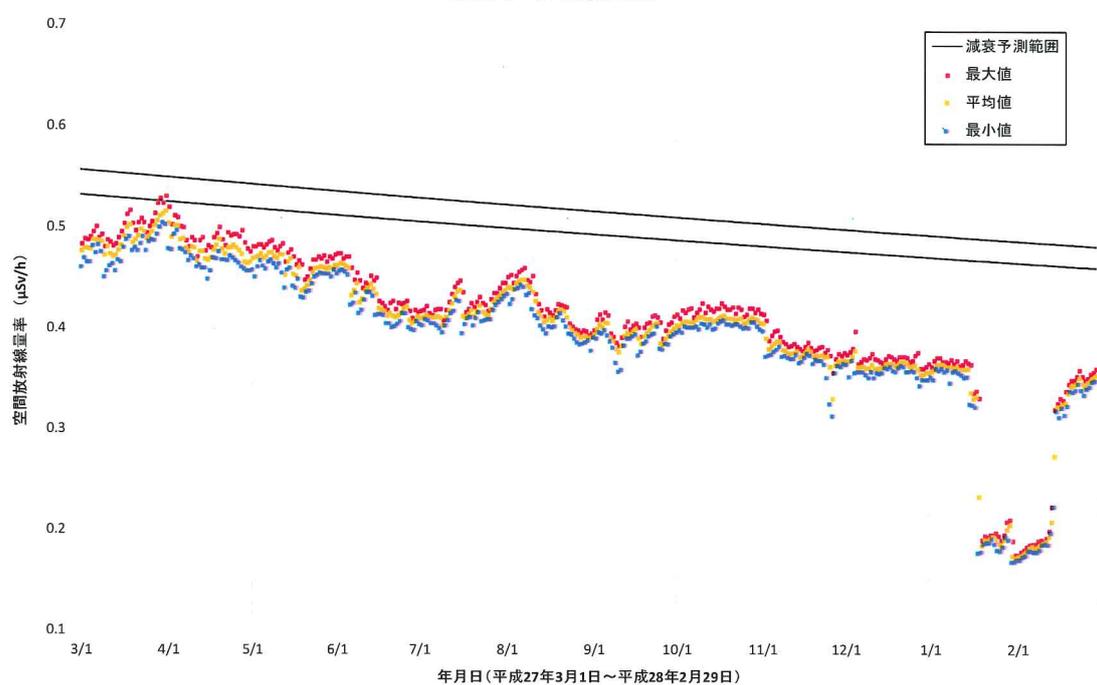


図 2-9-2-2(37) 各地点のトレンドグラフ

No.75 前乗集会所



No.76 長泥コミュニティーセンター

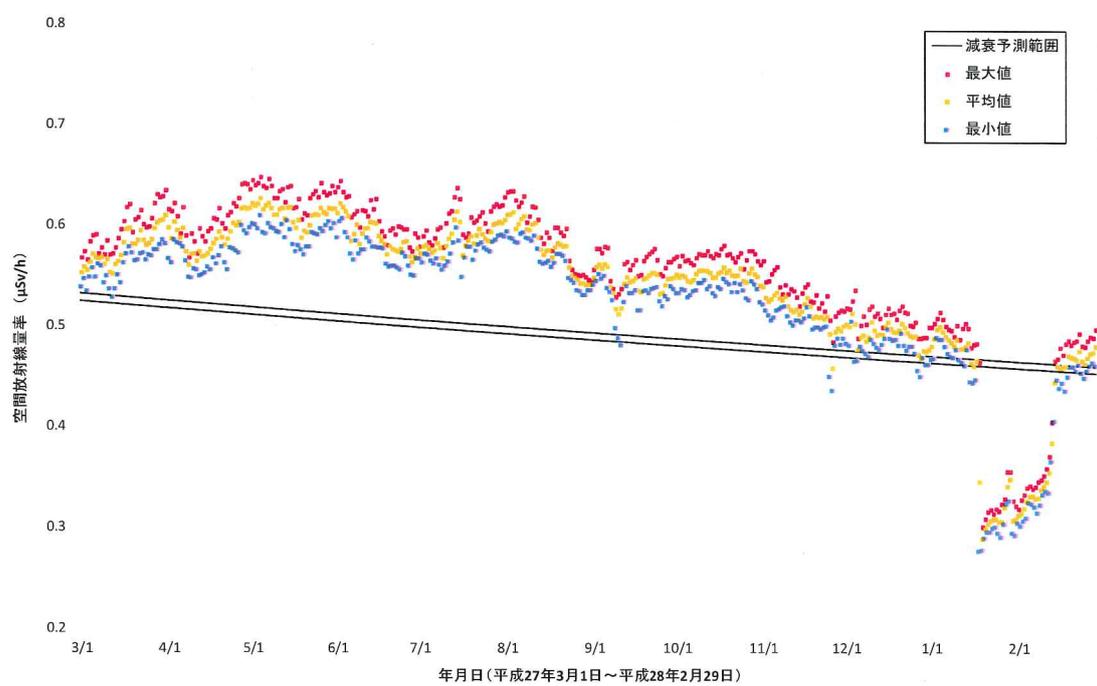
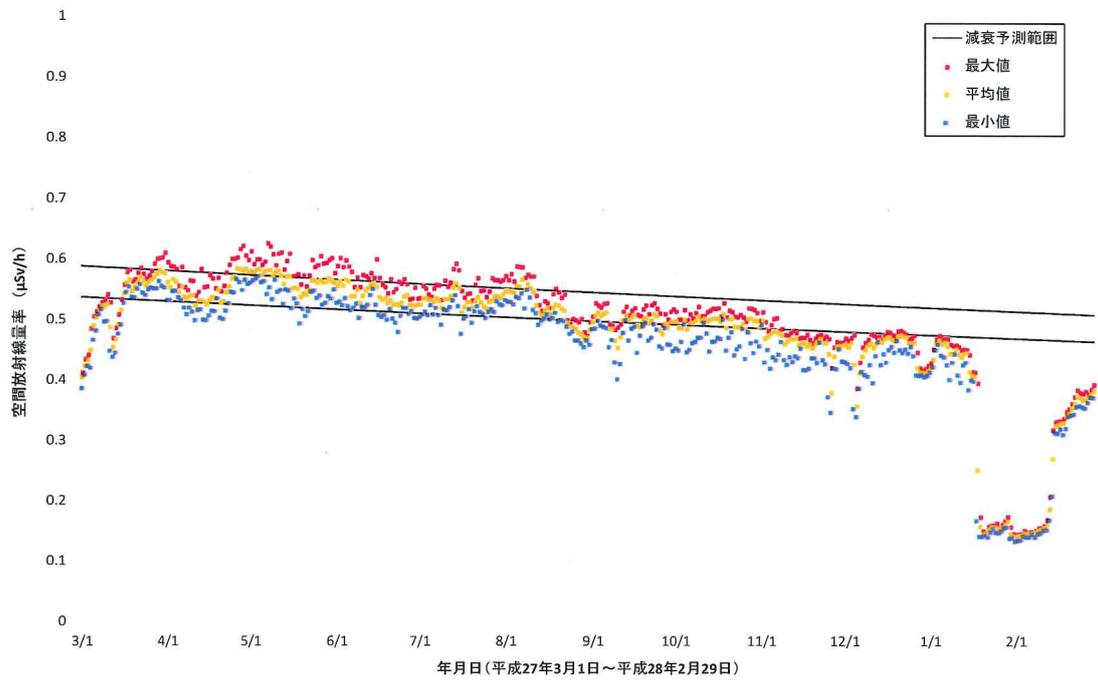


図 2-9-2-2(38) 各地点のトレンドグラフ

No.77 比曾公民館



No.78 前田公民館

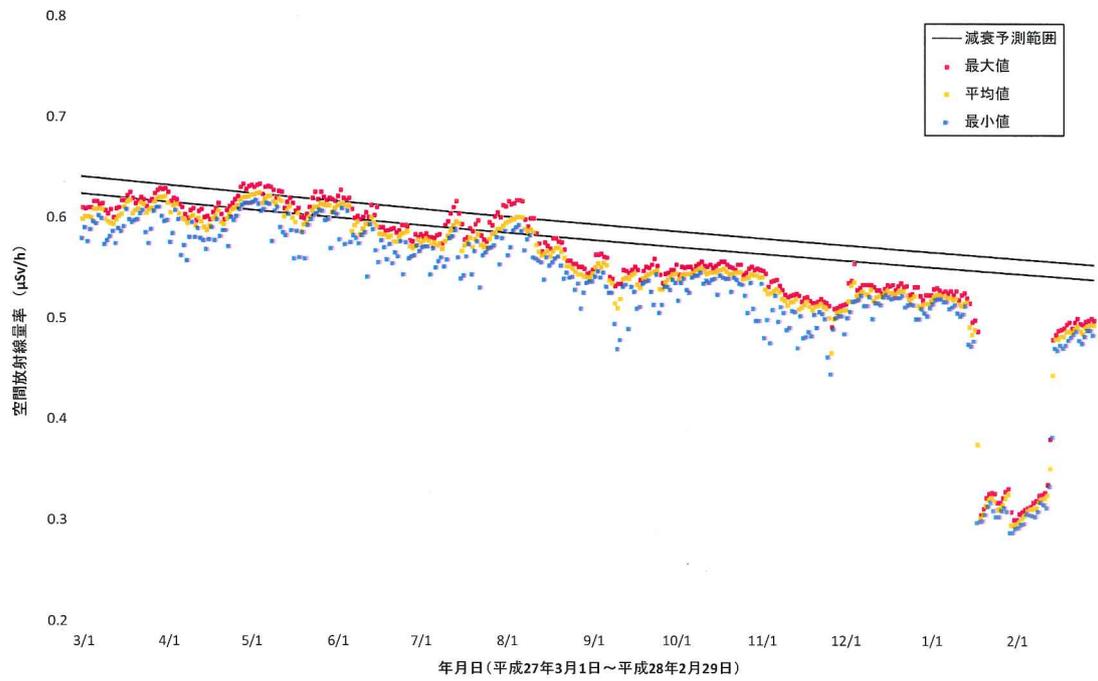
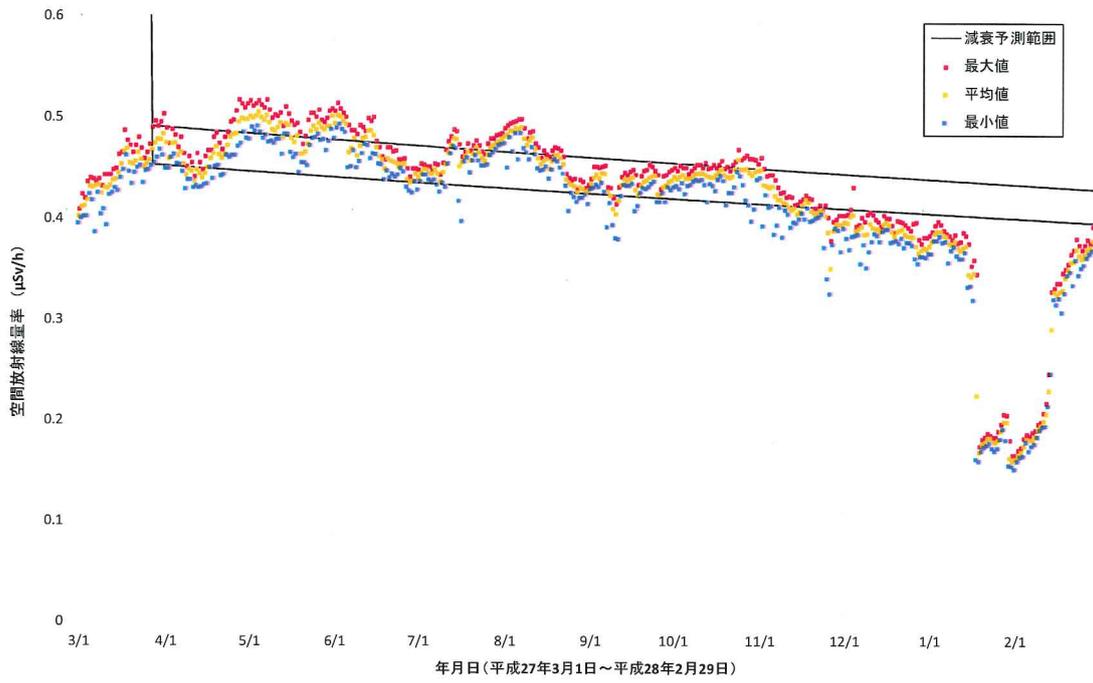


図 2-9-2-2(39) 各地点のトレンドグラフ

No.79 八木沢芦原多目的集会所



No.80 蕨平公民館

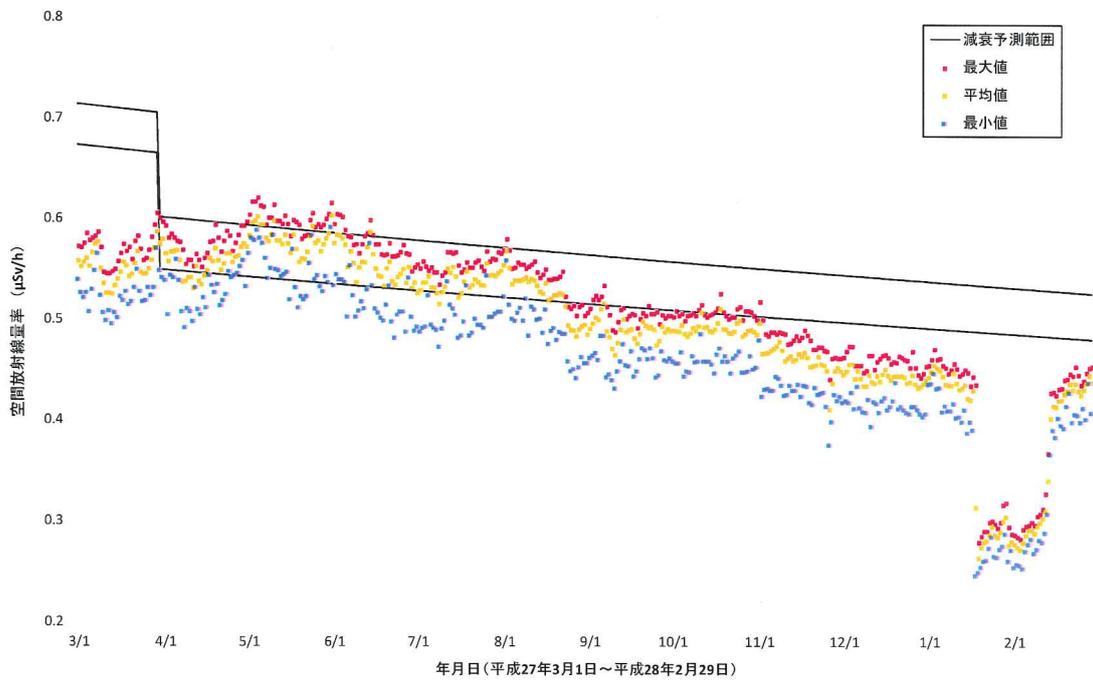


図 2-9-2-2(40) 各地点のトレンドグラフ

榎葉南小学校

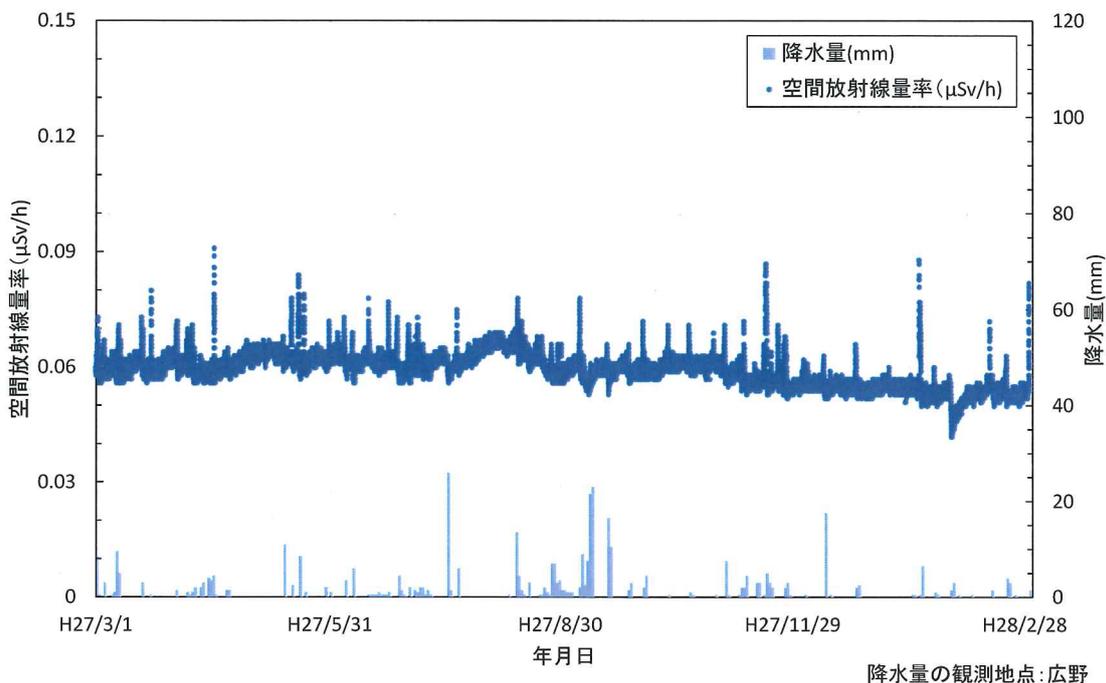


図 2-9-2-3 降雨による空間放射線量率上昇の例 (榎葉南小学校 (榎葉町))

大柿簡易郵便局 (葛尾村営バス停脇)

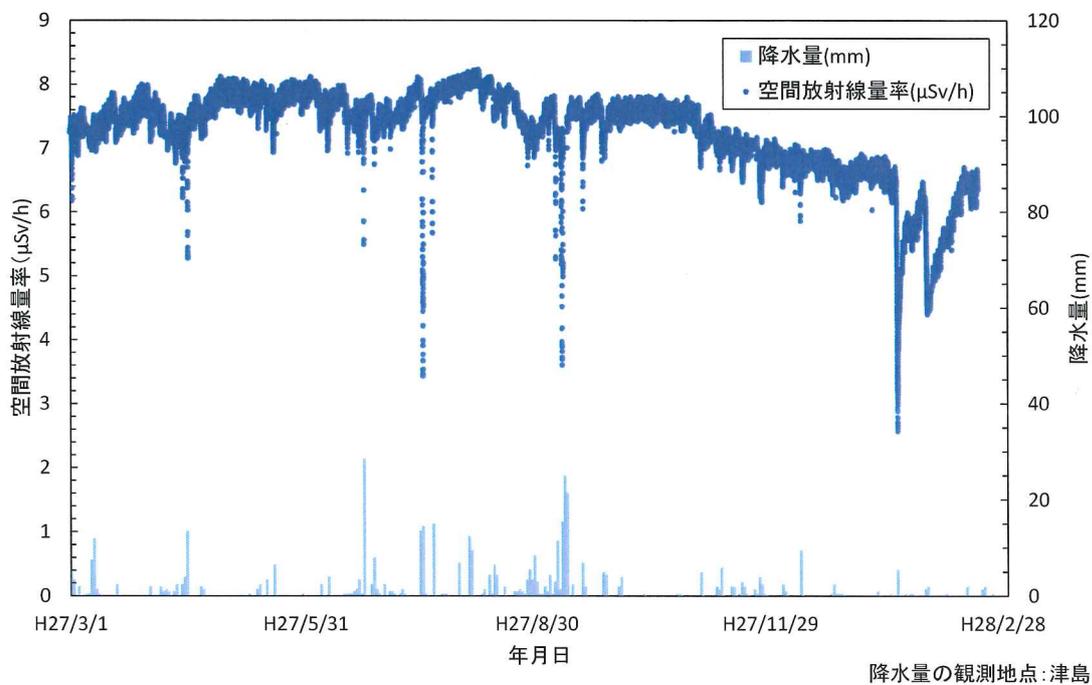


図 2-9-2-4 降雨による空間放射線量率下降の例  
(大柿簡易郵便局 (葛尾村営バス停脇) (浪江町))

中屋敷多目的研修集会施設

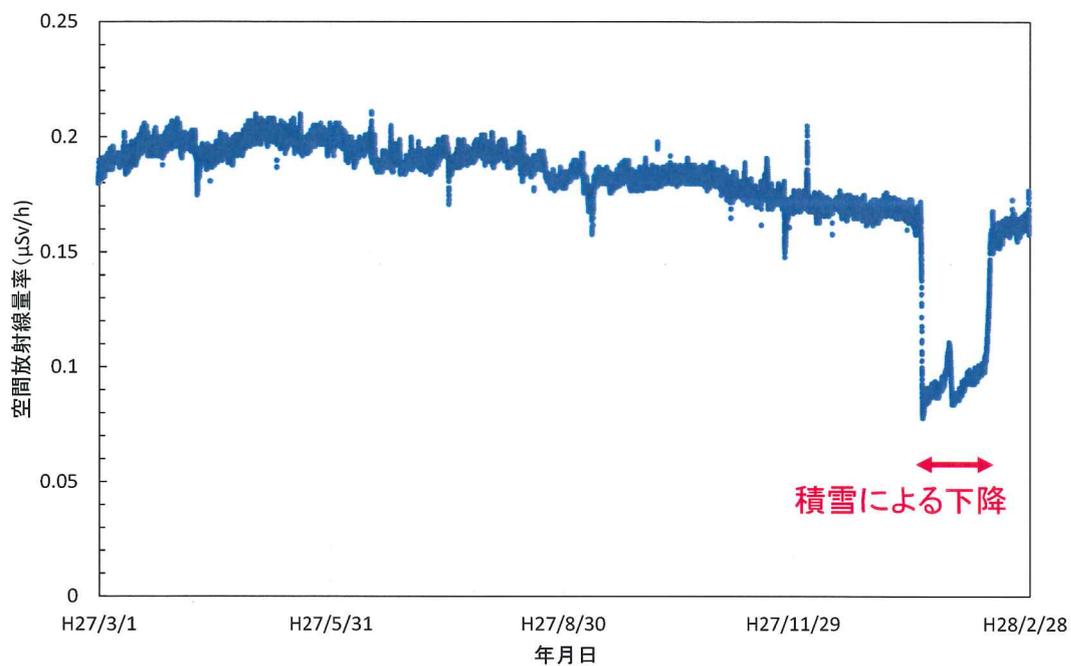


図 2-9-2-5 (1) 積雪による空間放射線量率下降の例  
(中屋敷多目的研修集会施設 (大熊町))



図 2-9-2-5 (2) 積雪による空間放射線量率下降時の様子  
(中屋敷多目的研修集会施設 : 平成 28 年 1 月 25 日撮影)

鉄山ダム (NaI 検出器)

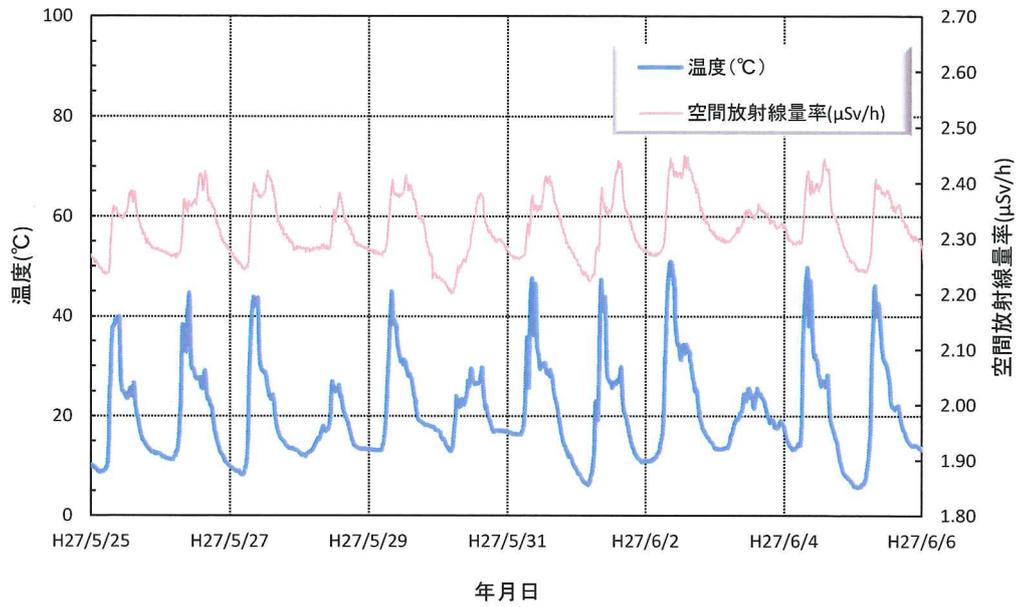


図 2-9-2-6 温度依存性による空間放射線量率の変動の例  
(鉄山ダム (南相馬市))  
(NaI 検出器)

養護老人ホーム「東風荘」

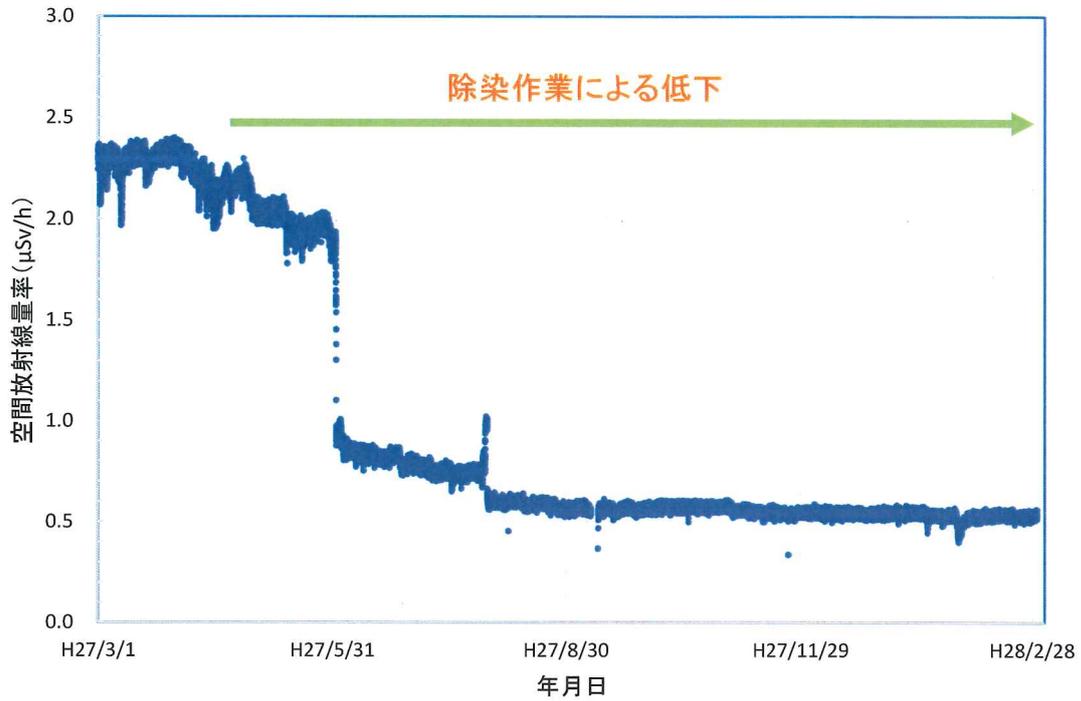


図 2-9-2-7 (1) 除染作業による空間放射線量率低下の例  
(養護老人ホーム「東風荘」(富岡町))



除染前

平成 26 年 4 月 17 日撮影

除染後

平成 27 年 10 月 8 日撮影

図 2-9-2-7 (2) 除染作業前後におけるモニタリングポスト周辺の様子  
(養護老人ホーム「東風荘」(富岡町))

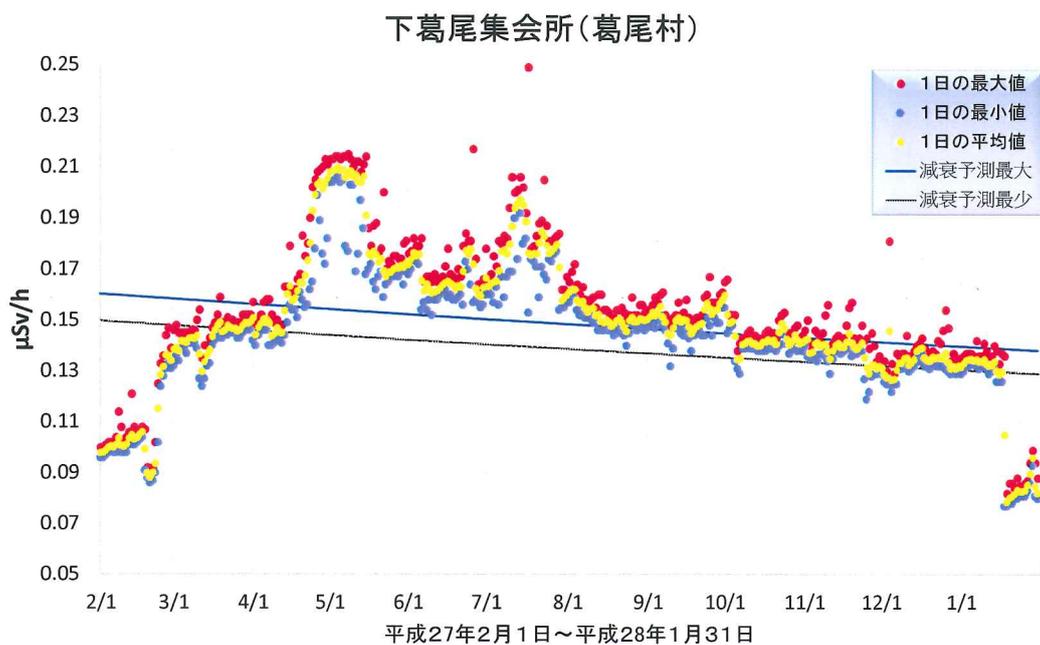


図 2-9-2-8 (1) 気象変動等の影響以外で異常値が検出された例  
(下葛尾集会所 (葛尾村))

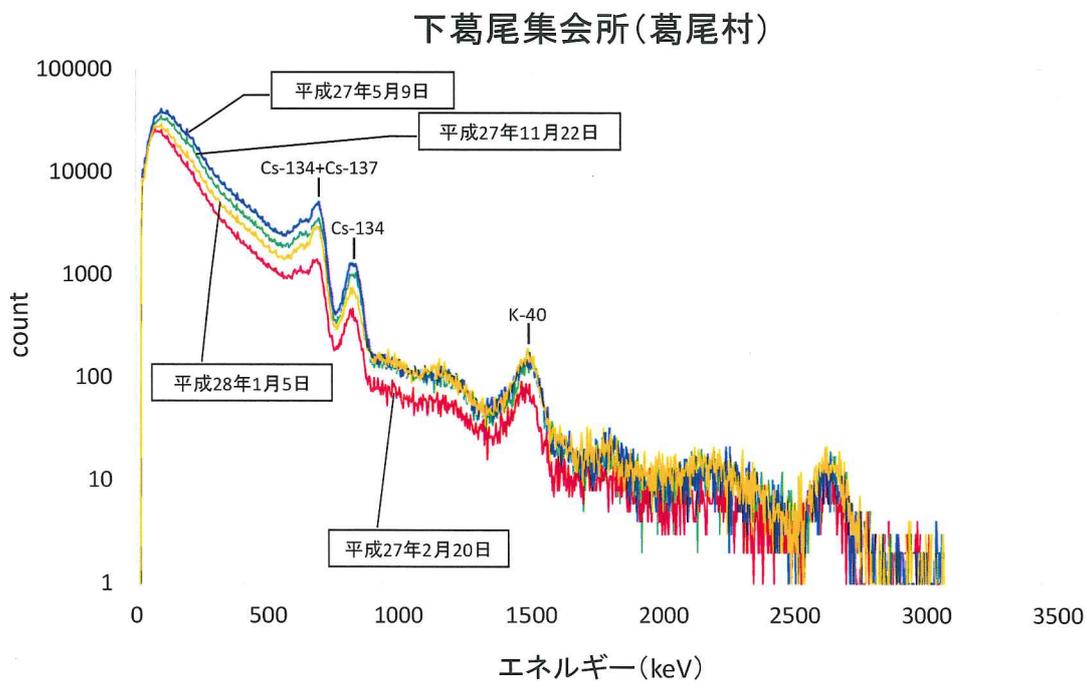


図 2-9-2-8 (2) 気象変動等の影響以外で異常値が検出された際の  
エネルギー分布比較の例 (下葛尾集会所 (葛尾村))



図 2-9-2-8 (3) 除染廃液処理プラント設置による周辺環境の変化 (1)  
(下葛尾集会所：平成 27 年 5 月 14 日撮影)



図 2-9-2-8 (4) 除染廃液処理プラント設置による周辺環境の変化 (2)  
(下葛尾集会所：平成 27 年 5 月 14 日撮影)

### 3. 分析法及び妥当性の確認

#### 3.1 全ベータ放射能測定

##### (1) 分析法

全ベータ放射能の測定は、文部科学省放射能測定法シリーズ 1「全ベータ放射能測定法」(昭和 51 年改訂) に準じて行った。

前処理、放射能測定及び放射能濃度算出の概要は、次のとおりである。

##### 1) 前処理

採取量が 50 (降水量 1mm に相当する) ~100mL の場合は全量、100mL を超えた場合は 100mL を分取し、硝酸数滴、ヨウ素担体溶液 ( $I^-$ :1mg/mL) 1mL 及び 0.5M 硝酸銀溶液 1 mL を加えた。試料溶液を 2~3mL まで加熱濃縮した後、測定用試料皿に移し入れ、赤外線ランプで蒸発乾固して放射能測定試料とした。

##### 2) 放射能測定

測定試料は、低バックグラウンドベータ線測定装置で、採取後約 6 時間を経過してから 3,600 秒間測定した。

なお、降雨が 1mm 以上を「降雨あり」降雨が 1mm 未満及びなかった場合を「降雨なし」とし、測定結果が前月の「降雨あり」の測定結果の平均値の 3 倍を超えた試料については、ゲルマニウム半導体検出器による核種分析を行ったが、人工放射性核種は検出されなかった。

##### (2) 妥当性確認

測定は、バックグラウンド試料 (前)、測定試料、バックグラウンド試料 (後)、チェック用線源の順に行い、バックグラウンド計数率及び計数効率の変動の有無を確認した。

### 3.2 ガンマ線放出核種の測定

#### (1) 分析法

文部科学省放射能測定法シリーズ 16「環境試料採取法」(昭和 58 年)に準じて行った。試料の採取・前処理方法は次のとおりである。

##### 1) 大気浮遊じん

ロウポリウム・エアサンプラにダストモニターのろ紙(HE-40T)及び活性炭ろ紙(CP-20)を装着して1ヶ月間連続吸引し、大気浮遊じんをろ紙上に捕集した。これらをプラスチック製測定容器に入れ、測定試料とした。

##### 2) 降下物

大型水盤(直径 80cm の円形、受水面積 5,000cm<sup>2</sup>)を用い、1ヶ月間の降下物を採取し、ストロンチウム担体を添加した後、蒸発濃縮した。これらをプラスチック製測定容器に入れ測定試料とした。

##### 3) 測定方法

文部科学省放射能測定法シリーズ 7「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」(平成 4 年改訂)に準じて、ガンマ線スペクトロメトリーを行い、核種ごとに放射能濃度を算出した。なお、測定時間は 70,000 秒間以上とし、核データは原則として Atomic Data and Nuclear Data Tables (1983 年)に従った。

#### (2) 妥当性の確認

本調査を遂行するにあたり、測定の質の保証を担保するため、ゲルマニウム半導体検出器の安定性を以下の方法により確認した。

##### 1) 効率のチェック

月 1 回の頻度で標準線源を測定し、ゲルマニウム半導体検出器のピーク効率に変化の無いことを確認した。

ピーク効率は、1 年を通してその変動係数が基準(5%)以内であった。

その結果を表 3-2-1 に示す。

##### 2) バックグラウンドの測定

週 1 回の頻度で試料の無い状態で測定を行い、ゲルマニウム半導体検出器に汚染の無いことを確認した。また、<sup>40</sup>K の測定結果等から機器が正常に稼働していることについても併せて確認した。

表 3-2-1 ゲルマニウム半導体検出器のピーク効率の変動（月 1 回の測定）

検出器番号	期間	変動係数（％）		
		$^{152}\text{Eu}$ (121.8keV)	$^{137}\text{Cs}$ (661.6keV)	$^{152}\text{Eu}$ (1408keV)
31	H27.2 ~ H28.1	0.42	0.56	0.69
43	H27.2 ~ H28.1	0.31	0.65	0.72
45	H27.2 ~ H28.1	0.31	0.62	0.64
52	H27.2 ~ H28.1	0.37	0.53	0.69
53	H27.2 ~ H28.1	0.39	0.61	0.58
55	H27.2 ~ H28.1	0.21	0.43	0.70
56	H27.2 ~ H28.1	0.19	0.58	1.1
57	H27.2 ~ H28.1	0.44	0.46	1.1
58	H27.2 ~ H28.1	0.24	0.62	0.34

### 3.3 トリチウム分析

#### (1) 分析法

トリチウムの分析は、文部科学省放射能測定法シリーズ 9「トリチウム分析法」(平成 14 年改訂)に準じて行った。

前処理及び放射能測定の概要は、次のとおりである。

#### 1) 前処理

##### ① 月間降水中のトリチウム分析

採取した試料を分取し、過マンガン酸カリウム及び過酸化ナトリウムを添加して蒸留を行った。留出液を分取し、過酸化ナトリウムを加えた後、電解セルに入れ電解した。電解終了後、再び蒸留を行った。留出液と乳化シンチレータ (Ultima Gold LLT、パーキンエルマー社製) を 100mL のテフロンバイアルに入れ、十分に振り混ぜ均質にし、測定試料とした。

##### ② 生物試料中のトリチウム分析

採取した試料を凍結乾燥し、有機結合型トリチウムを含む乾物と組織自由水とに分けた。

##### ②-1 非交換型の有機結合型トリチウム

乾物を粉碎後よく混合し、無トリチウム水を加え、凍結乾燥を行った。この操作を繰り返し、交換型の有機結合型トリチウムを取り除いた。得られた試料から燃焼法により燃焼生成水を回収し、過マンガン酸カリウムを加え、還流にて湿式分解の後、過酸化ナトリウムを加えて蒸留を行った。留出液と乳化シンチレータを混合し、これ以降は月間降水試料と同様とした。

##### ②-2 組織自由水

試料に過マンガン酸カリウムを加え、還流を行った。これ以降は非交換型の有機結合型トリチウムと同様とした。

#### 2) 放射能測定

測定試料を低バックグラウンド液体シンチレーションカウンタ (LSC) で、原則として 500 分間 (50 分×10 回) 測定した。

測定結果よりバックグラウンド値を差し引き、正味計数率を求めた。外部標準チャンネル比法より求めた測定効率と測定供試量よりトリチウム放射能濃度を算出した。分析結果は試料採取日に減衰補正した。

#### (2) 妥当性確認

測定は、効率チェック用線源、バックグラウンド試料 1、測定試料、バックグラウンド試料 2 の順に行い、計数効率及びバックグラウンド計数率の変動の有無を確認した。

### 3.4 ストロンチウム 90 分析

#### (1) 分析法

##### 1) 放射化学分析

$^{90}\text{Sr}$  の放射化学分析並びに安定カルシウム及び安定ストロンチウムの定量は、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）に準じて行った。

前処理、分離及び測定方法の概要は、次のとおりである。

##### ① 前処理方法

###### ・大気浮遊じん

ダストモニター用ろ紙（HE-40T 等）に捕集して送付された試料は 500℃で灰化を行った。これにストロンチウム担体と塩酸を加えて加熱浸出した。不溶解物をろ別・洗浄した後、ろ液及び洗液を合わせて分析試料溶液とした。

###### ・降下物及び陸水（源水、蛇口水、淡水）

蒸発乾固して送付された試料に硝酸と塩酸を加えて加熱し有機物を分解した。さらに硝酸を加えて有機物を十分に分解後、蒸発乾固した。これに塩酸を加えて加熱浸出した。不溶解物をろ別・洗浄した後、ろ液及び洗液を合わせて分析試料溶液とした。なお、鹿児島県より送付された降下物試料は、火山灰の影響により蒸発乾固して送付された試料の重量が多量であるため、全量を 500℃に加熱して有機物を分解した。これに塩酸を加えて加熱浸出した後、不溶解物をろ別・洗浄し、ろ液及び洗液を合わせて分析試料溶液とした。

###### ・土壌

送付された乾燥細土をそのまま分析試料とした。なお、送付試料の重量を測定し、吸湿率を求めた。これらの試料の一定量を分取後、500℃に加熱して有機物を分解した。これにストロンチウム担体と塩酸を加えて加熱浸出した後、不溶解物をろ別・洗浄し、ろ液及び洗液を合わせて分析試料溶液とした。

###### ・海底土

送付された試料をそのまま分析試料とした。なお、送付試料の重量を測定し、吸湿率を求めた。大阪府より送付された試料は、ろ過し、105℃で乾燥後、粉碎して 2 mm のふるいに通し、分析試料とした。これらの試料の一定量を分取後、500℃ に加熱して有機物を分解した。これにストロンチウム担体と塩酸を加えて加熱浸出した後、不溶解物をろ別・洗浄し、ろ液及び洗液を合わせて分析試料溶液とした。

###### ・精米、野菜類、茶、牛乳、粉乳、淡水産生物（魚類）及び海産生物（魚類、貝類、藻類）

精米は送付された生試料を、粉乳は購入した試料を 450℃で灰化した。そ

の他の試料は、各都道府県の環境センター等で灰試料とした後、送付された。灰試料の一定量を分取後、ストロンチウム担体と硝酸及び塩酸を加えて加熱し、残存する有機物を分解した。さらに硝酸を加えて有機物を十分に分解後、蒸発乾固した。これに塩酸を加えて加熱浸出した。不溶解物をろ別・洗浄した後、ろ液及び洗液を合わせて分析試料溶液とした。

・海水

送付された試料の一定量を分取し、ろ過後、イオン交換法でストロンチウムを予備濃縮し、溶出液を分析試料溶液とした。水酸化ナトリウムを加え塩基性とした。次いで炭酸ナトリウムを加えて加熱し、炭酸塩としてストロンチウムを沈殿させた。デカンテーションにより沈殿と上澄み液とを分離し、沈殿を塩酸で溶解しイオン交換法によりストロンチウムを分離精製して硝酸ストロンチウム溶液とした。以下、②に準じて行った。

②  $^{90}\text{Sr}$  の分離方法

①で得られた分析試料溶液に水酸化ナトリウムを加え塩基性とした。次いで炭酸ナトリウムを加えて加熱し、炭酸塩としてストロンチウムを沈殿させた。デカンテーション及び遠心分離により沈殿と上澄み液とを分離し、沈殿を  $^{90}\text{Sr}$  分析に、上澄み液は廃棄した。沈殿に塩酸を加えて溶解し、次にシュウ酸塩としてストロンチウムを沈殿させた。シュウ酸塩沈殿を  $600^{\circ}\text{C}$  に加熱後、塩酸で溶解しイオン交換法によりストロンチウムを分離精製して硝酸ストロンチウム溶液とした。溶液に塩化鉄(Ⅲ)溶液とアンモニア水を加えて、 $^{90}\text{Y}$  及びラジウムの子孫核種を鉄とともに水酸化物として沈殿させ、ろ別した。ろ液から一定量を分取し、イットリウムを内標準とした ICP 発光分光分析法によりストロンチウムを定量し化学回収率を求めた。先のろ液を濃縮後、一定量の塩化鉄(Ⅲ)を加え、2週間以上放置した。この溶液にアンモニア水を加え、生成した  $^{90}\text{Y}$  を鉄とともに水酸化物沈殿として共沈させ、分離型ろ過器を用いてろ別・洗浄した後、沈殿を乾燥して放射能測定試料とした。

③ 安定カルシウム及び安定ストロンチウムの定量方法

降下物試料は、蒸発乾固して送付された試料の重量が 10g を超えるものについては、分析試料溶液の一部を分取し、安定ストロンチウム測定溶液とした。

土壌、海底土試料は、送付された試料の一定量を分取し、 $500^{\circ}\text{C}$  で有機物を加熱分解後、塩酸を加えて加熱浸出した。不溶解物をろ別・洗浄した後、ろ液及び洗液を合わせて安定ストロンチウム測定溶液とした。

灰試料(精米及び牛乳を除く)は一定量を分取し、硝酸を加えて加熱分

解後、塩酸を加えて加熱浸出した。不溶解物をろ別・洗浄した後、ろ液及び洗液を合わせて安定カルシウム及び安定ストロンチウム測定溶液とした。精米及び牛乳の灰試料は一定量を分取し、硝酸を加えて加熱分解後、塩酸を加えて加熱浸出した。不溶解物をろ別・洗浄した後、ろ液及び洗液を合わせて安定カルシウム測定溶液とした。

陸水及び海水試料は、放射能分析試料とは別に送付された試料溶液（酸無添加）をろ過し、安定ストロンチウム測定溶液とした。

安定カルシウム及び安定ストロンチウムは測定溶液の一部を分取し、イットリウムを内標準とした ICP 発光分光分析法により定量した。

#### ④ 放射能の測定及び計算方法

低バックグラウンドベータ線測定装置により放射能測定を行った。<sup>90</sup>Sr 測定試料は原則として 60 分間測定した。測定試料の正味計数率を求め、計数効率、化学回収率等の補正及び分析供試量から試料中の <sup>90</sup>Sr の放射能濃度を算出した。

#### ⑤ 分析目標レベル

各種試料の分析目標レベルは、次のとおりである。

試料	大気 浮遊じん	降下物	陸水	土 壤 海底土	海水	精米
単位	mBq/m <sup>3</sup>	MBq/km <sup>2</sup>	mBq/L	Bq/kg 乾土	mBq/L	Bq/kg 生
<sup>90</sup> Sr	0.004	0.07	0.4	0.4	2	0.04

試料	野菜類	茶		牛乳	粉乳	水産 生物
単位	Bq/kg 生	Bq/kg 製茶	Bq/kg 生	Bq/L	Bq/kg 粉乳	Bq/kg 生
<sup>90</sup> Sr	0.04	0.2	0.04	0.04	0.04	0.04

#### 2) 妥当性確認

分析の工程管理のため、土壌・灰試料は種類別の所内標準試料及びブランク試料を、また、その他の試料についてはブランク試料を同時に分析し妥当性の確認を行った。結果を図 3-4-1～図 3-4-3 に示す。所内標準試料について、<sup>90</sup>Sr の結果は基準の範囲内であった。また、ブランク試料の <sup>90</sup>Sr は有意な検出はなかった。

したがって、分析には福島第一原子力発電所事故の影響はなかったと考えられる。

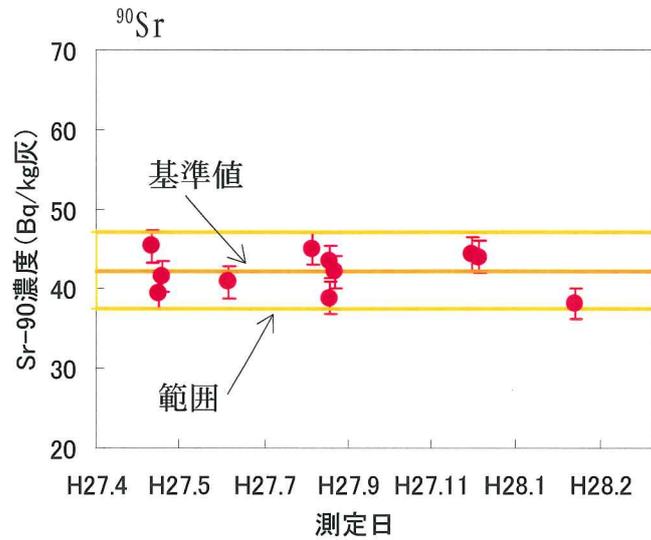


図 3-4-1 所内灰標準試料の分析結果

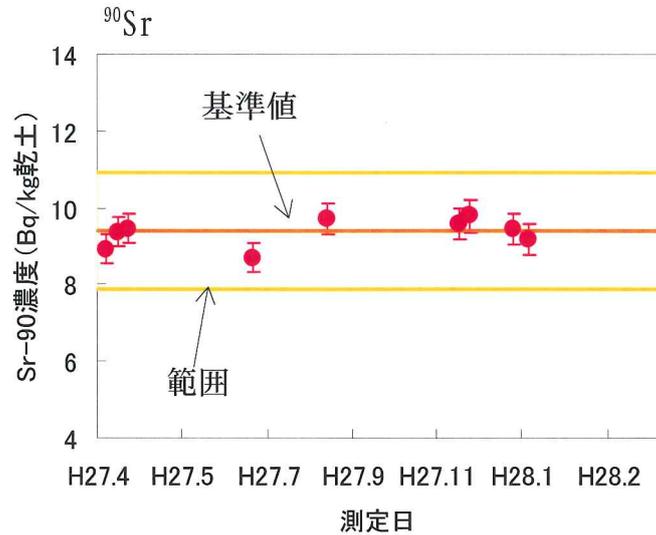


図 3-4-2 所内土壌標準試料の分析結果

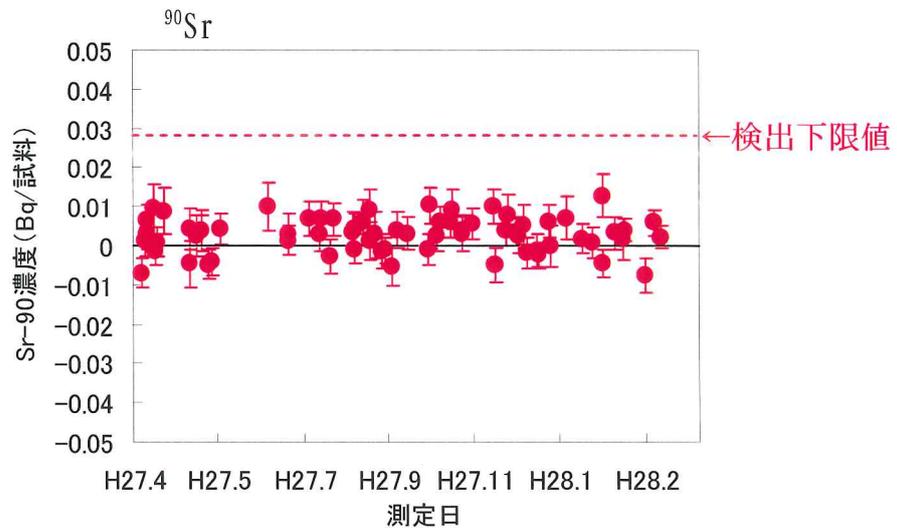


図 3-4-3 ブランク試料の分析結果

### 3.5 プルトニウム分析

#### (1) 分析法

分析対象核種は  $^{238}\text{Pu}$  及び  $^{239+240}\text{Pu}$  とし、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」(平成 2 年改訂) に準じて分析した。操作の概要は以下のとおりである。

##### 1) 前処理及び化学分離方法

送付された乾燥細土を縮分し 105℃ で乾燥後、微粉碎した。この試料から 50g を分取し、500℃ の電気炉で加熱処理後、 $^{242}\text{Pu}$  収率補正用トレーサーを一定量添加し、硝酸を加えてプルトニウムを加熱抽出した。残留物をろ別後、ろ液を蒸発濃縮し、硝酸 (3+2) 及び重硝酸ナトリウム溶液を加えて加熱した。ろ過後、陰イオン交換樹脂カラムに通し、プルトニウムを吸着させた。

硝酸 (3+2)、塩酸 (5+1) で順次洗浄した。ヨウ化アンモニウム-塩酸溶液でプルトニウムを溶離後乾固し、さらに硝酸、過塩素酸を加えて乾固した。硫酸 (1+9) で溶解し、pH を調製後、プルトニウムをステンレス板上に電着し、測定試料とした。

##### 2) 前処理及び化学分離方法

シリコン半導体検出器を用い、測定試料の  $\alpha$  線スペクトル及びバックグラウンドをそれぞれ原則として 80,000 秒間以上測定した。 $^{238}\text{Pu}$  及び  $^{239+240}\text{Pu}$  の正味計数率を求め、収率補正用トレーサーの計数率との比較、分析供試量等からそれぞれの放射能濃度を算出した。

$^{239+240}\text{Pu}$  の分析目標レベル

核種	分析目標レベル (Bq/kg 乾土)
$^{239+240}\text{Pu}$	0.04

#### (2) 妥当性確認

放射能濃度を算出するための  $^{242}\text{Pu}$  収率補正用トレーサー溶液は、国際的なトレーサビリティがとれた標準溶液を使用した。また、1 週間ごとにバックグラウンドを測定し、検出器に汚染がないことを確認した。

### 3.6 ヨウ素 129 分析

#### 3.6.1 前処理

前処理方法を表 3-6-1 に示す。

表 3-6-1 前処理方法

試料	調製方法	処理法	供試量
土壌	湿土を 70℃乾燥	燃焼	1g (乾土)
牛乳	凍結乾燥	燃焼	1.5g (乾物)
海藻 (褐藻類)	凍結乾燥	燃焼	0.5g (乾物)
野菜	凍結乾燥	燃焼	2.0g (乾物)

#### (1) 土壌

バットに広げて 70℃に調節した乾燥機で乾燥後、2mm のふるいを通し、ふるい下をよく混合して、分析試料とした。

#### (2) 牛乳

市販乳を冷凍庫で凍結後、真空凍結乾燥機で乾燥し、乾燥した試料を粉碎後よく混合して分析試料とした。

#### (3) 海産生物 (褐藻類)

冷凍庫で凍結後、真空凍結乾燥機で乾燥し、乾燥した試料を粉碎後よく混合して分析試料とした。

#### (4) 農作物 (キャベツ)

冷凍庫で凍結後、真空凍結乾燥機で乾燥し、乾燥した試料を粉碎後よく混合して分析試料とした。

### 3.6.2 分析方法

操作の概要は以下のとおりである。なお、ヨウ素 129 の比放射能を算出するため、安定ヨウ素 ( $^{127}\text{I}$ ) 分析も行った。

#### (1) ヨウ素 129 の定量 (加速器質量分析法)

土壌・牛乳・農作物・海産生物試料から 0.5~2.0g をはかり取り、燃焼装置を用いて酸素の気流中で燃焼させ、発生したヨウ素を Tetramethylammonium Hydroxide (TMAH) 溶液に捕集した。その TMAH 溶液から一部分取し安定ヨウ素定量用試料とした。分取した残りの溶液にヨウ素担体を添加し、キシレンを用いた溶媒抽出によりヨウ素を精製した。

ヨウ素精製溶液に銀担体を添加し、生成したヨウ化銀沈殿を遠心分離した後乾燥し、4 倍量のニオブ粉末を加えてよく混合した後、プレス成型して、加速器質量分析装置 (AMS) を用いて  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  同位体比を測定した。得られた結果よりヨウ素 129 比放射能を算出した。

#### (2) ヨウ素 127 の定量

安定ヨウ素定量用試料に、内標準としてインジウムを加え、硝酸 (1+13) で希釈し、測定試料とした。測定試料溶液を誘導プラズマ質量分析装置に導入し、ヨウ素 127 及びインジウム 125 を測定した。得られた結果より、試料中の  $^{127}\text{I}$  を算出した。

#### (3) 妥当性確認

加速器質量分析装置 (AMS) の測定では、キャリア試料を測定して測定状態を確認する必要がある。本調査で使用している東京大学 MALT の AMS では、測定バッチ毎に必ずヨウ素 129 濃度既知のキャリアを測定し、測定結果 (同位体比) の安定性を確認している。

また、分析工程毎にブランク試料も分析して工程管理を行っている。なお、濃度既知の標準試料の分析及び同一試料の並行分析を行った。結果を表 3-6-2~表 3-6-5 に示す。

表 3-6-2 平成 24～平成 26 年度までに実施した標準試料の分析結果

試料名	商品 番号	安定ヨウ素 mg/kg乾物	<sup>129</sup> I mBq/kg 乾物	<sup>129</sup> I/ <sup>127</sup> I 原子数比	乗数
※1 Peach Leaves	NIST -1547	0.30 ± 0.01	0.21 ± 0.02	( 1.04 ± 0.06 )	10 <sup>-7</sup>

※1 : 分析数 n=6

表 3-6-3 文献値

試料名	商品 番号	安定ヨウ素 mg/kg乾物	<sup>129</sup> I mBq/kg 乾物	<sup>129</sup> I/ <sup>127</sup> I 原子数比	乗数
Peach Leaves	NIST -1547	0.3 ± 0.01 ※2	0.20 ± 0.02 ※3	( 1.23 ± 0.19 ※3 )	10 <sup>-7</sup>

※2 : 分析証明書より引用 (参考値)

※3 : JAEA-Conf 2010-001 より引用

表 3-6-4 平成 27 年度に実施した標準試料の分析結果

試料名	商品 番号	安定ヨウ素 mg/kg乾物	<sup>129</sup> I mBq/kg 乾物	<sup>129</sup> I/ <sup>127</sup> I 原子数比	乗数
※4 Peach Leaves	NIST -1547	0.27 ± 0.02	0.19 ± 0.02	( 1.07 ± 0.05 )	10 <sup>-7</sup>

※4 : 分析数 n=3

表 3-6-5 同一試料の並行分析結果

採取地点	採取年月日	$^{129}\text{I}$ mBq/kg (乾土)	変動係数	原子数比 ( $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ )	変動係数
青森県 青森市 0-5cm	H22. 07. 20	0. 57 ± 0. 012	2. 77%	4. 7E-09 ± 9. 7E-11	0. 48%
		0. 54 ± 0. 009		4. 6E-09 ± 7. 1E-11	
		0. 55 ± 0. 008		4. 7E-09 ± 6. 6E-11	
	平均±標準偏差	0. 56 ± 0. 015		4. 6E-09 ± 2. 2E-11	
	H24. 07. 04	0. 61 ± 0. 012	0. 89%	5. 0E-09 ± 8. 2E-11	1. 50%
		0. 60 ± 0. 011		5. 1E-09 ± 8. 2E-11	
		0. 61 ± 0. 009		5. 2E-09 ± 7. 0E-11	
	平均±標準偏差	0. 61 ± 0. 005		5. 1E-09 ± 7. 7E-11	

標準試料の分析結果は文献値とよく一致しており、また、同一試料の並行分析における分析結果のばらつきは3%未満であった。

以上の結果より、本調査において実施した分析工程の妥当性が確認された。

### 3.7 炭素 14 分析

#### (1) 分析法

##### 1) 試料の前処理

大気中二酸化炭素はオープン・エア法により捕集した。二酸化炭素の捕集材として用いる 4M 水酸化ナトリウム溶液を小型のバットに入れ、虫よけのネットを被せ床面から約 0.3~1m の高さに設置して約 2 週間放置した。この溶液に塩化アンモニウムを加え pH を 10.5 に調整した後、塩化カルシウムを加えて炭酸カルシウムの沈殿を生成した。沈殿を熟成後、ろ過・乾燥して分析試料とした。

精米及び野菜試料はミキサー等で均一に混合した後冷凍し、真空凍結乾燥機で水分を除去して分析試料とした。

##### 2) グラファイト化のための前処理

炭素量が約 2~3mg となるように分析試料から一定量を分取し、大気試料は専用の分解セルに、精米及び野菜試料は酸化銅とともに石英管に封入した。大気試料はリン酸を添加して二酸化炭素を発生させた。精米及び野菜試料は電気炉で燃焼して二酸化炭素を発生させた。二酸化炭素は炭素 14 前処理装置に導入してくり返し精製操作を行った後、グラファイト化して、加速器質量分析の測定試料とした。

##### 3) 加速器質量分析装置を用いた $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 同位体比の測定

測定試料を国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構東濃地科学センターへ送付し、加速器質量分析装置（ペレトロン年代測定装置）を用いて  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  同位体比を測定し、炭素 14 比放射能を算出した。

なお、バックグラウンド試料及び標準試料として NIST SRM 4990C、IAEA C1 及び IAEA C6 を試料と並行分析・測定した。

##### 4) 炭素安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) の測定

試料をスズカプセルに包み、元素分析計で燃焼・分離して得た二酸化炭素ガスを、オンラインで接続された安定同位体比質量分析計に導入し測定した。得られた結果は公益財団法人 日本分析センターで調製した標準試料、及び国立研究開発法人 海洋研究開発機構より提供された標準試料との比較により安定炭素同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) を算出した。

測定条件等は表 3-7-1 のとおりである。

表 3-7-1 炭素安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) の測定条件

装置	サーモフィッシャーサイエンティフィック製 ・元素分析計：Flash2000 Organic Elemental Analyzer ・安定同位体比質量分析計：DELTA V Advantage
酸化炉温度	1050℃
還元炉温度	750℃
カラム温度	40℃
キャリアガス	He (100ml/min)
燃焼ガス	O <sub>2</sub> (175 ml/min)
標準ガス	CO <sub>2</sub> (純度 99.999%以上)
測定イオン	44, 45, 46 (m/z)

(2) 妥当性の確認

得られた結果の妥当性を確認するため、標準試料 (NIST SRM 4990C 及び IAEA C6) を分析し参照値との比較を行い、それぞれ差がないことを確認した。さらに、バックグラウンド試料として IAEA C1 を分析し、コンタミネーション等の無いことも併せて検証した。結果を表 3-7-2 に示す。

表 3-7-2 標準試料の分析結果

試料名	NIST SRM 4990C	IAEA C1	IAEA C6
		pMC ( <sup>14</sup> C/ <sup>12</sup> C)	
1	134.88 ± 1.82	0.06 ± 0.02	152.49 ± 1.83
2	133.21 ± 0.81	0.03 ± 0.02	149.91 ± 0.96
3	133.24 ± 0.74	0.03 ± 0.02	147.77 ± 0.70
平均値	133.78	0.04	150.06
標準偏差	0.956	0.017	2.363
変動係数 (%)	0.71	43.3	1.58
参照値 (1σ)	134.07 <sup>1)</sup>	0.00 ± 0.02 <sup>2)</sup>	150.61 ± 0.11 <sup>2)</sup>

1) Ugo Zoppi, Radiocarbon AMS data analysis: From measured isotopic ratio to <sup>14</sup>C concentrations, Radiocarbon, 52, 165-170 (2010)

2) IAEA reference sheet for quality control materials (2014)

以上の結果から、今回の結果は標準試料の結果は参照値とよく一致していることから、本調査の分析工程及び結果の妥当性が確認された。

### 3.8 大気中の放射性希ガス濃度測定

#### (1) 分析法

##### 1) 大気試料の捕集

大気試料の捕集は、図 3-8-1 (1) 及び (2) に示す捕集装置を用いて行った。捕集装置は、表 3-8-1 に示した機器からなり、その目的・機能に応じて装置内に配置されている。

大気中の希ガスを、液体窒素温度に冷却した希ガス吸着捕集容器に捕集した。図 3-8-2 に希ガス吸着捕集容器の構造を示す。希ガス吸着捕集容器内の上部は、フィンが 10 数枚取り付けられており、希ガス吸着捕集容器を液体窒素で冷却して大気を通すと、大気中の水分と二酸化炭素はそれぞれ凝固して氷とドライアイスとして除去される。希ガス吸着捕集容器内の下部には、活性炭が約 180g 充填してあり、上部のフィンを通じた大気のうち希ガス等の低融点成分は活性炭に吸着される。大気試料の捕集は負圧下で行われるため、主要大気成分である窒素や酸素は活性炭に吸着されにくくなっている。希ガス吸着捕集容器を通過した大気は、エアープンプから排気される。

大気試料の捕集装置への導入は 1L/分の流速で、約 1 週間連続して行った。約 10m<sup>3</sup> の大気から活性炭に吸着した希ガスは、希ガス吸着捕集容器を加熱することにより脱着し、専用のアルミ缶に封入した。

表 3-8-1 捕集装置に使用する各機器

機器名	目的・機能
バッファー1	大気導入の脈動を抑制
フィルター	ほこり、ごみ等の除去
電子除湿器	大気中湿分の予備的な除去
バイパス	流路内差圧の調整
圧力計 1	流路（取入口側）内の圧力（大気圧）表示
希ガス吸着捕集容器	大気中の希ガスを吸着捕集する容器
デュワー瓶	希ガス吸着捕集容器冷却用
圧力計 2	流路（排出口側）内の圧力（負圧）表示
バッファー2	大気導入の脈動を抑制
エアープンプ	大気の導入及び排出

##### 2) 希ガスの封入

捕集の終了後、希ガス吸着捕集容器内に捕集された大気中の水分、二酸化炭素及び活性炭に吸着した窒素や酸素を希ガス吸着捕集容器から排出した。希ガス吸着捕集容器をヒーターで 1 時間加熱（305℃）することに

より、活性炭に吸着した希ガスを脱着し、アルミ缶に封入した（図 3-8-3 参照）。試料ガス中には水分が多少含まれているので、シリカゲルを充填した水分除去筒を希ガス吸着捕集容器とアルミ缶の間に配置し、水分を除去した。

希ガスを確実にアルミ缶に封入するため、超高純度ヘリウムガスを希ガス吸着捕集容器に導入し、+0.4MPa に到達するまで加圧充填した。

アルミ缶内に封入された試料ガスの成分は、二酸化炭素、窒素、酸素、一酸化二窒素及び希ガスであるクリプトンとキセノン、ならびに充填ガスのヘリウムである。二酸化炭素、窒素、酸素は試料ガスの大部分を占めることから、ガスクロマトグラフにより希ガスを分離・精製した。

### 3) $^{85}\text{Kr}$ 分析

前処理装置（図 3-8-4 参照）及びガスクロマトグラフ 1（図 3-8-5 参照）を用いて、アルミ缶に封入したクリプトンからその他のガス成分を分離した。前処理装置とガスクロマトグラフのガス流路概略図を図 3-8-6 (1) 及び (2) に示す。

前処理装置を用いて、二酸化炭素、水分及び大部分の窒素、酸素を除去した。クリプトンを、約 $-85^{\circ}\text{C}$ のエタノールで冷却した活性炭（60mL）で吸着捕集したのち、 $400^{\circ}\text{C}$ で加熱することにより脱着して、ガスクロマトグラフ 1 に導入した。

ガスクロマトグラフ 1 に導入したクリプトンを、分離用の活性炭カラム（6mm $\phi$ 、4m）により、その他ガス成分から分離・精製し、ガスフロー式 GM 管を含む閉鎖系のループに導入した。

閉鎖系ループに導入したクリプトンを、ループ内での濃度を均質にするため、ポンプによりかくはんした。濃度の均質達成後に、ガスフロー式 GM 計数管により  $^{85}\text{Kr}$  の  $\beta$  線を測定した。試料の測定は、計数値が 10,000 カウント以上となるように測定した。試料測定前後に閉鎖系ループ内をメタンガスで置換し、バックグラウンド測定を行い、試料のパーズを確認した。

$^{85}\text{Kr}$  放射線測定と同時に、閉鎖系ループ内ガスの一定容をガスクロマトグラフ 2（図 3-8-7 参照）に導入し、検量線法により全クリプトン量（mL）を定量した。

放射線測定及び全クリプトン量測定で得られる  $^{85}\text{Kr}$  比放射能（Bq/mL）に、大気中のクリプトン存在比（ $=1.14\text{mL/m}^3$ ）を乗ずることにより、大気中の  $^{85}\text{Kr}$  濃度（Bq/ $\text{m}^3$ ）に換算した。

### 4) $^{133}\text{Xe}$ 分析

二酸化炭素除去カラム及び分離・精製用ガスクロマトグラフ（図 3-8-8 参照）により、アルミ缶に封入したキセノンからその他のガス成分を分離

した。

キセノンを含む試料ガスは、110℃のモレキュラーシーブ (MS-5A) を充填した二酸化炭素除去カラムに導入され、試料ガスから二酸化炭素を除去した。続いて、試料ガスは活性炭を充填したU字管に導入され、液体窒素温度でU字管を冷却することにより、試料ガス中のキセノンを捕集した。同時にU字管内を真空ポンプで排気することにより、大部分の窒素、酸素を除去した。U字管を200℃に加熱して活性炭からキセノンを脱着して、分離・精製のガスクロマトグラフに導入した。

分離・精製のガスクロマトグラフに導入したキセノンを、分離用のモレキュラーシーブカラムにより、その他ガス成分から分離・精製し、ガスフロー式比例計数管 (図 3-8-9 参照) を含む閉鎖系のループに導入した。

ガスフロー式比例計数管により  $^{133}\text{Xe}$  の  $\beta$  線を測定した。大気中の  $^{133}\text{Xe}$  バックグラウンド濃度は、 $^{85}\text{Kr}$  濃度と比較して 1/1000 程度であるので、2日間の長時間測定を行った。また、試料測定の前後にバックグラウンド測定を行い、試料のパージを確認した。

$^{133}\text{Xe}$  放射線測定が終了した後に、比例計数管内のガスの一定容を精密分析用ガスクロマトグラフ (図 3-8-8 参照) に導入し、検量線法により全キセノン量 (mL) を定量した。

放射線測定及び全キセノン量測定で得られる  $^{133}\text{Xe}$  比放射能 (mBq/mL) に、大気中のキセノン存在比 ( $=0.087\text{mL/m}^3$ ) を乗ずることにより、大気中の  $^{133}\text{Xe}$  濃度 (mBq/m<sup>3</sup>) に換算した。

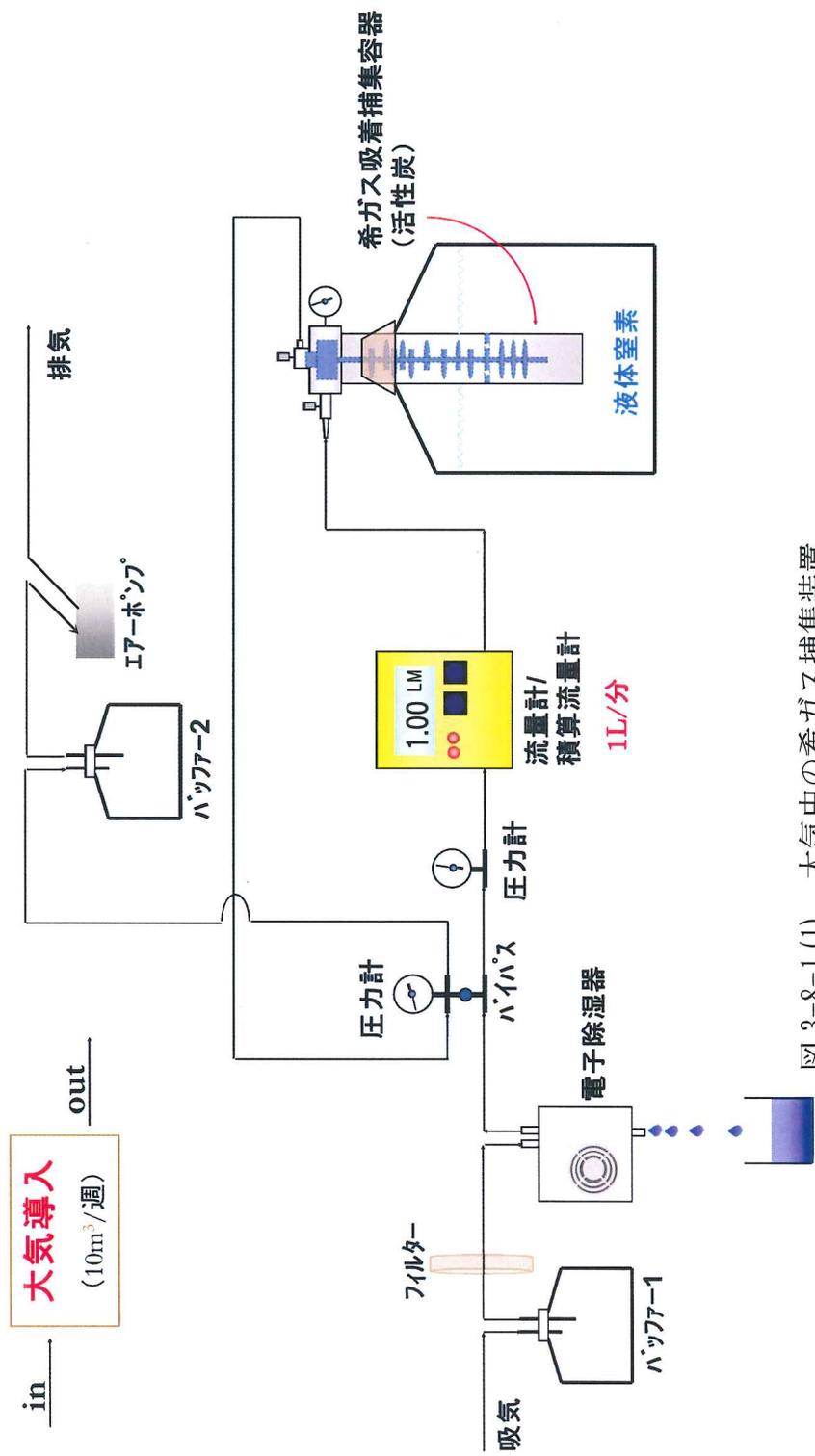


図 3-8-1 (1) 大気中の希ガス捕集装置



図 3-8-1 (2) 大気中の希ガス捕集装置  
(写真は北海道立衛生研究所に設置した装置)

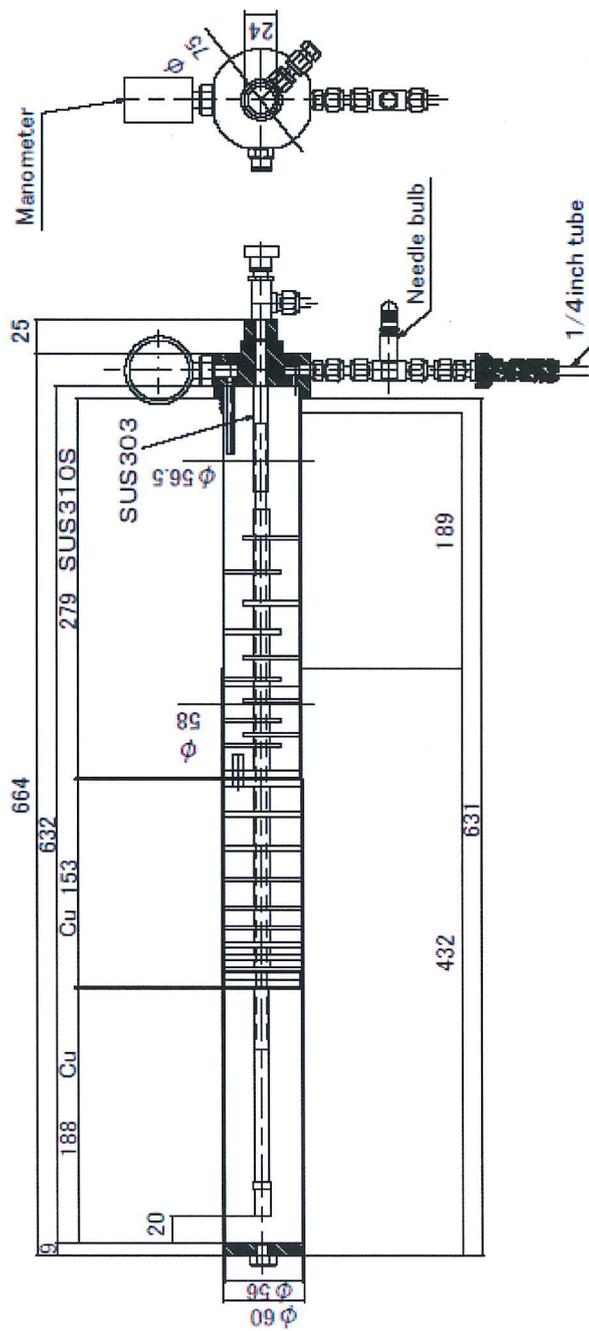


図 3-8-2 希ガス吸着捕集容器の構造

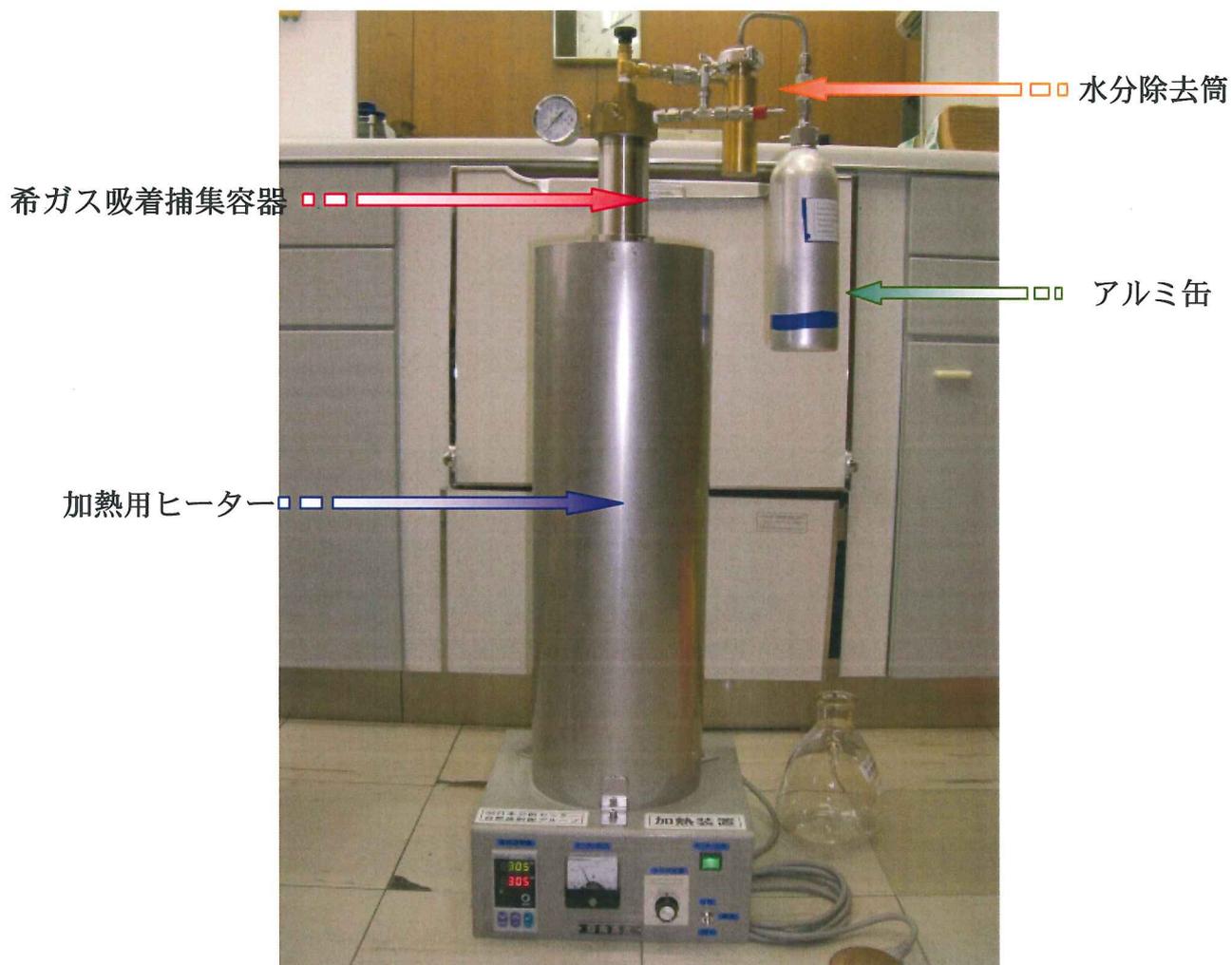


図 3-8-3 希ガスのアルミ缶への封入  
(写真は北海道立衛生研究所に設置した装置)



図 3-8-4 前処理装置

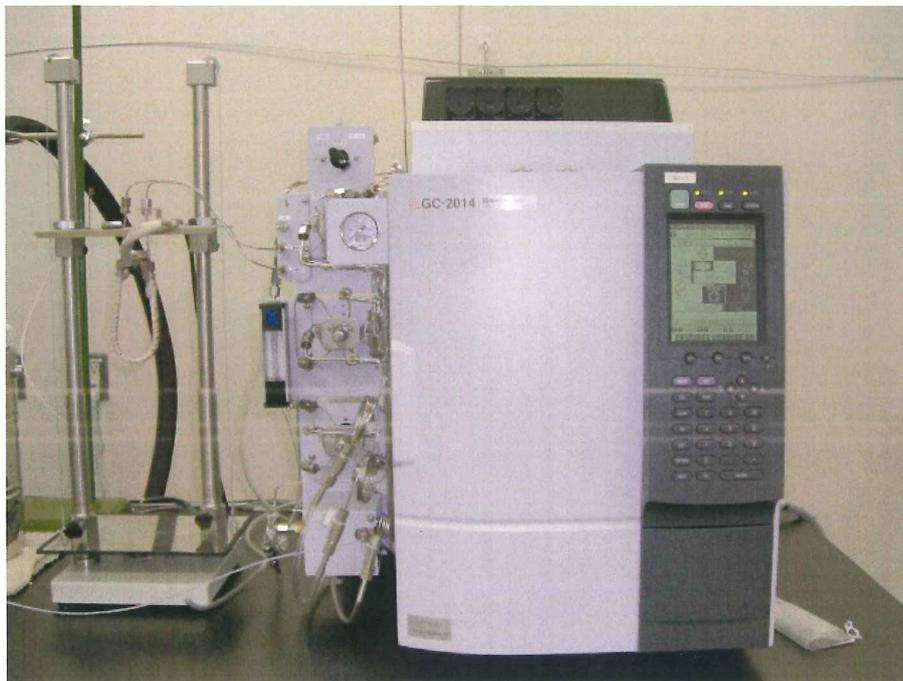


図 3-8-5 ガスクロマトグラフ 1 (クリプトン分離・精製用)

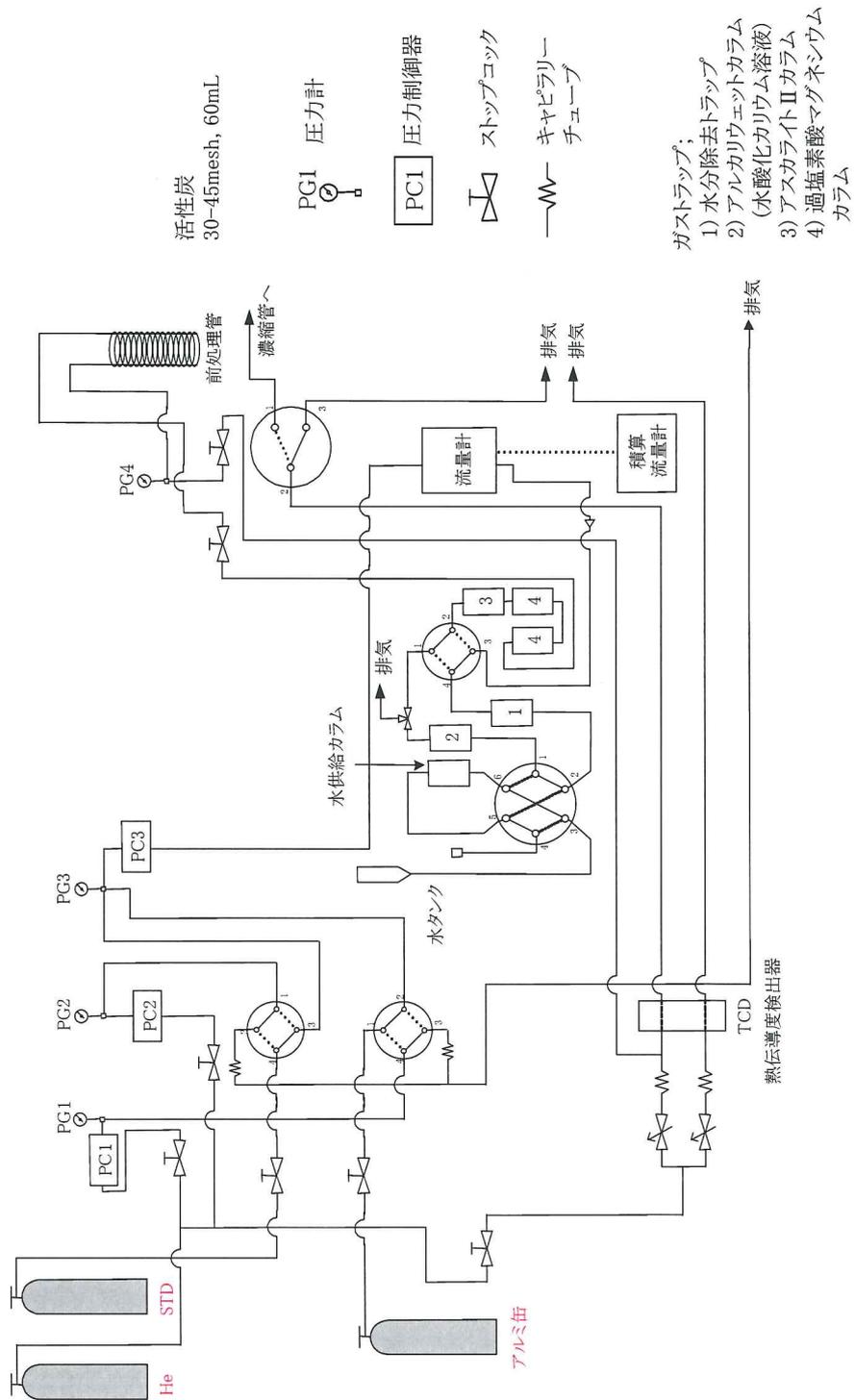


図 3-8-6 (1) ガス流路概略図 (前処理装置)

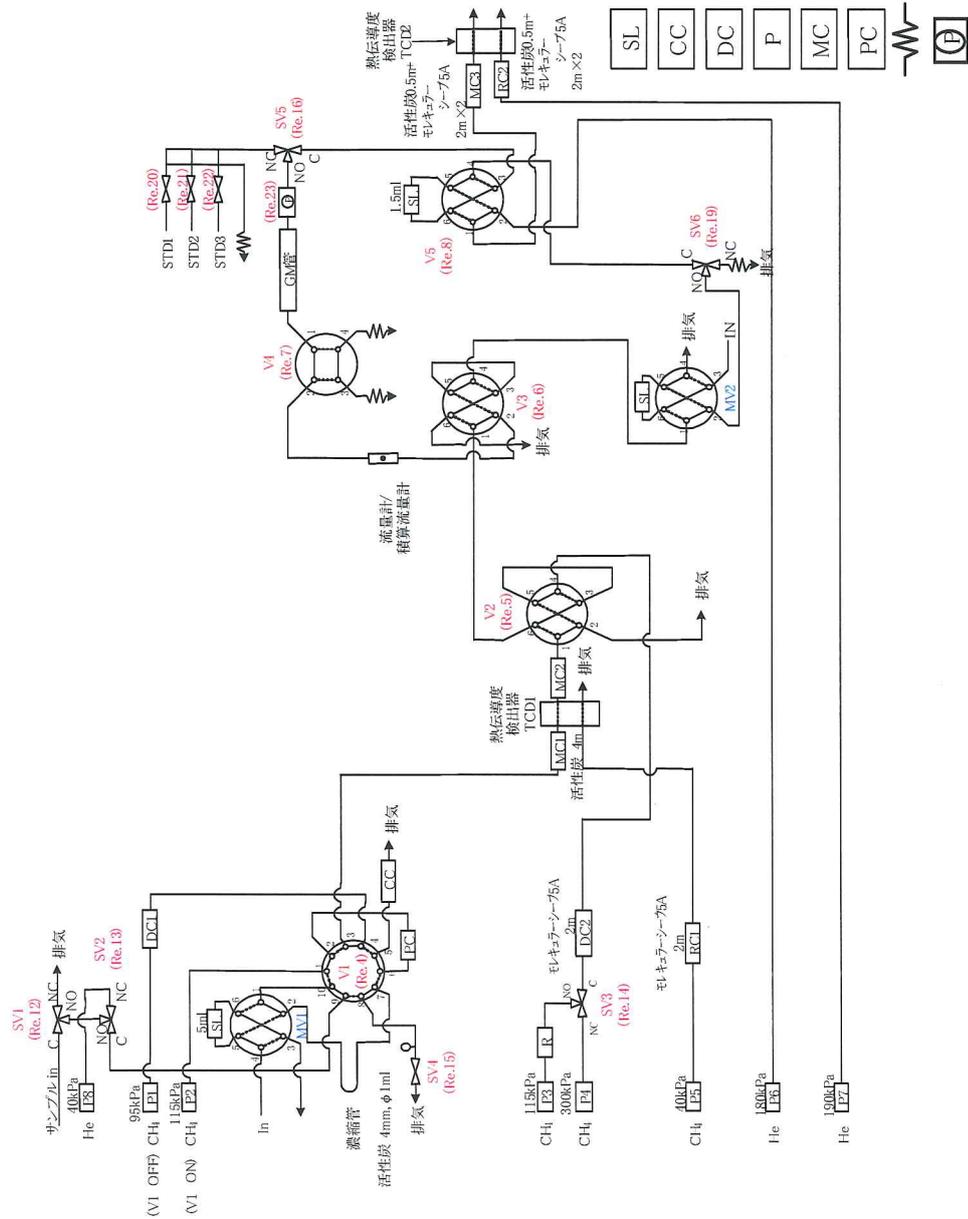


図 4-8-6 (2) ガス流路概略図 (ガスクロマトグラフ)



図 3-8-7 ガスクロマトグラフ 2 (全クリプトン定量用)

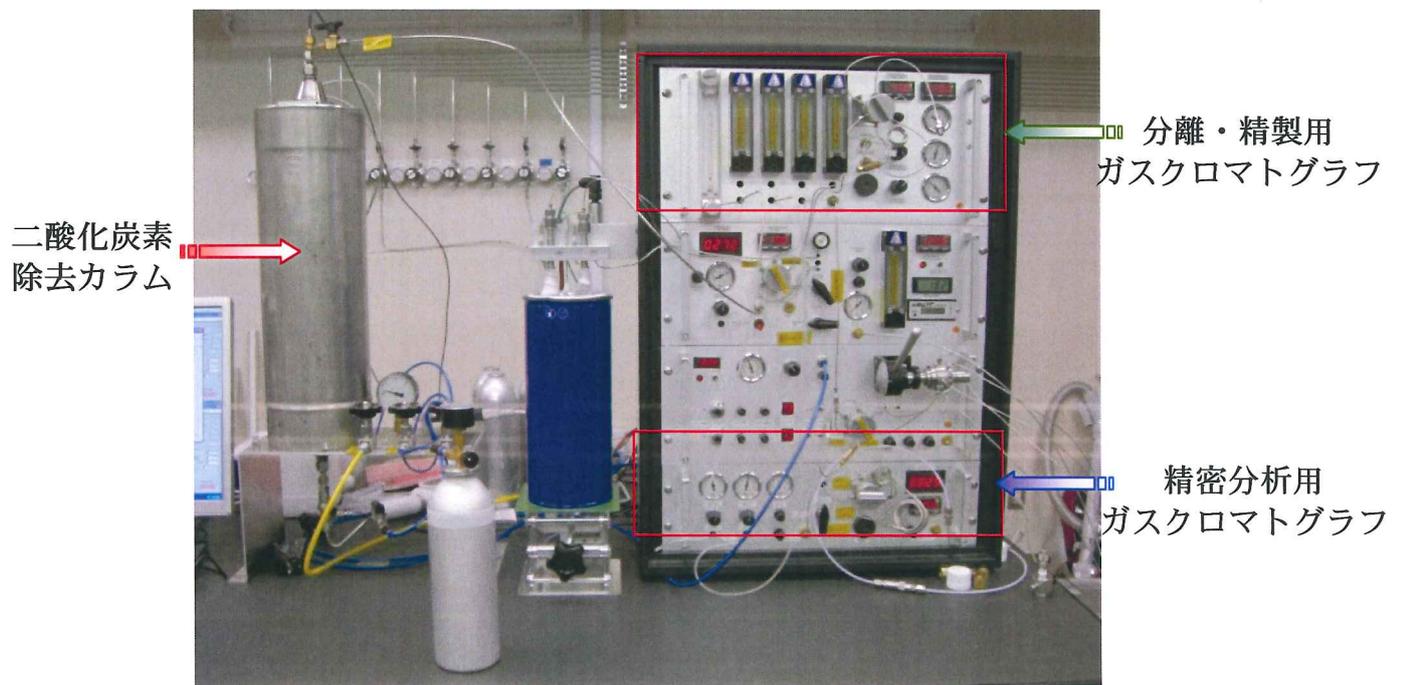


図 3-8-8  $^{133}\text{Xe}$  分析装置

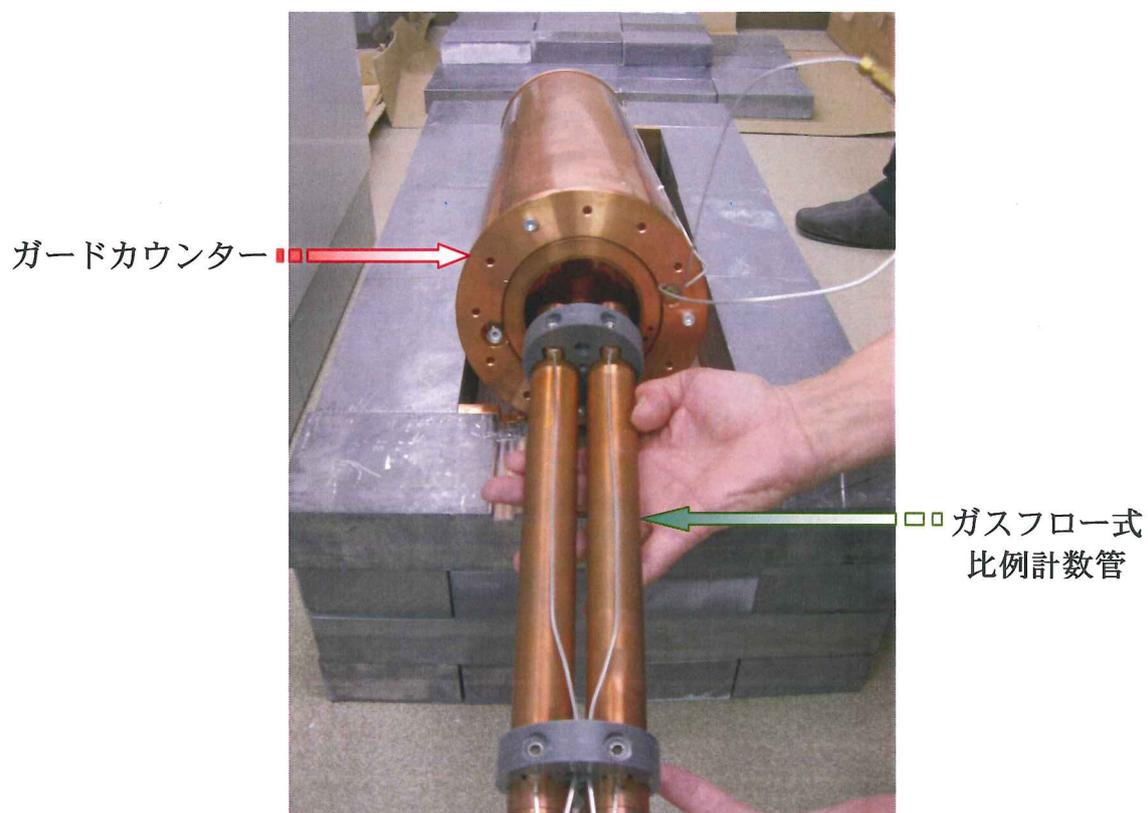


図 3-8-9 ガスフロー式比例計数管とガードカウンター

## (2) 妥当性確認

### 1) $^{85}\text{Kr}$ 分析

$^{85}\text{Kr}$  分析結果の妥当性を確認するために、 $^{85}\text{Kr}$  濃度既知の標準ガスを用いて、 $^{85}\text{Kr}$  分析装置の健全性を毎週確認した。また、千葉市において、同一期間大気捕集を行った試料を 2 試料用意し、一方を分析センターが分析し、他方をドイツ大気放射能研究所 (BfS: Bundesamt für Strahlenschutz) が分析することにより、相互比較分析を毎週実施した。

#### ① $^{85}\text{Kr}$ 分析装置の健全性確認

クリプトンを含む 8 種類のガスを混合した標準ガスを用いて、前処理装置 (図 3-8-4 参照) で大部分の空気成分を粗分離した後、ガスクロマトグラフを用いてクリプトンピークの存在を目視により確認した。図 3-8-10 に空気成分の粗分離後のガスクロマトグラムを示す。

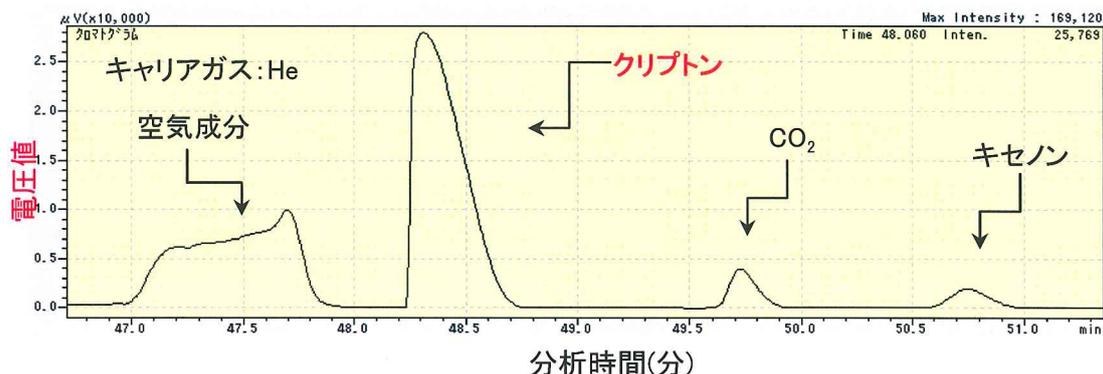


図 3-8-10 空気成分の粗分離後のガスクロマトグラム

続いて、クリプトン分離・精製用ガスクロマトグラフ (図 3-8-5 参照) により、クリプトンを分離・精製し、クリプトンピークがその他のガスピークと十分に分離されていることを目視により確認し、クリプトンの分離時間 (リテンションタイム) 並びに GM 管を含む閉鎖系ループの開閉時間内 (分離開始 7.0 分から 10.0 分までの間) に大部分のクリプトンピークが存在していることを確認した。図 3-8-11 にクリプトン分離・精製時のガスクロマトグラムを示す。

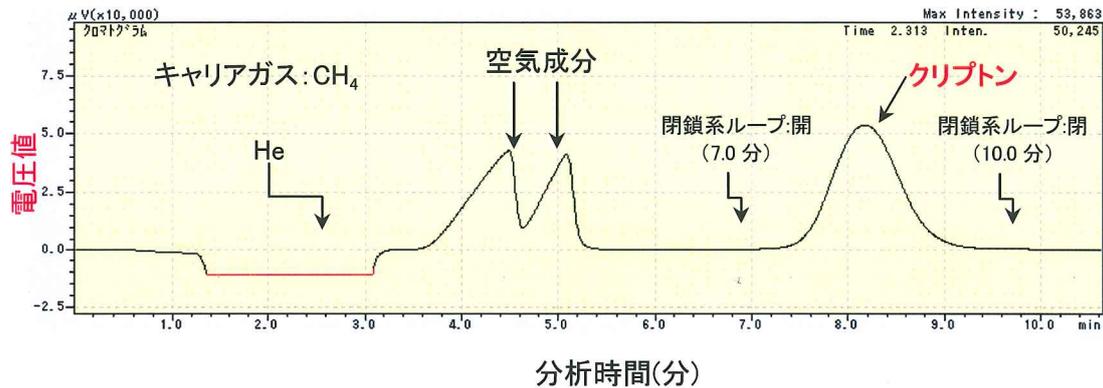


図 3-8-11 クリプトン分離・精製時のガスクロマトグラム

GM 管を含む閉鎖系ループ内に導入されたクリプトンに含まれる  $^{85}\text{Kr}$  の  $\beta$  線を測定し、測定結果より得られる GM 計数効率が基準範囲（過去の変動を考慮）内であることを確認し、分析装置の健全性を確認した。図 3-8-12 に GM 計数効率の経時変化を示す。

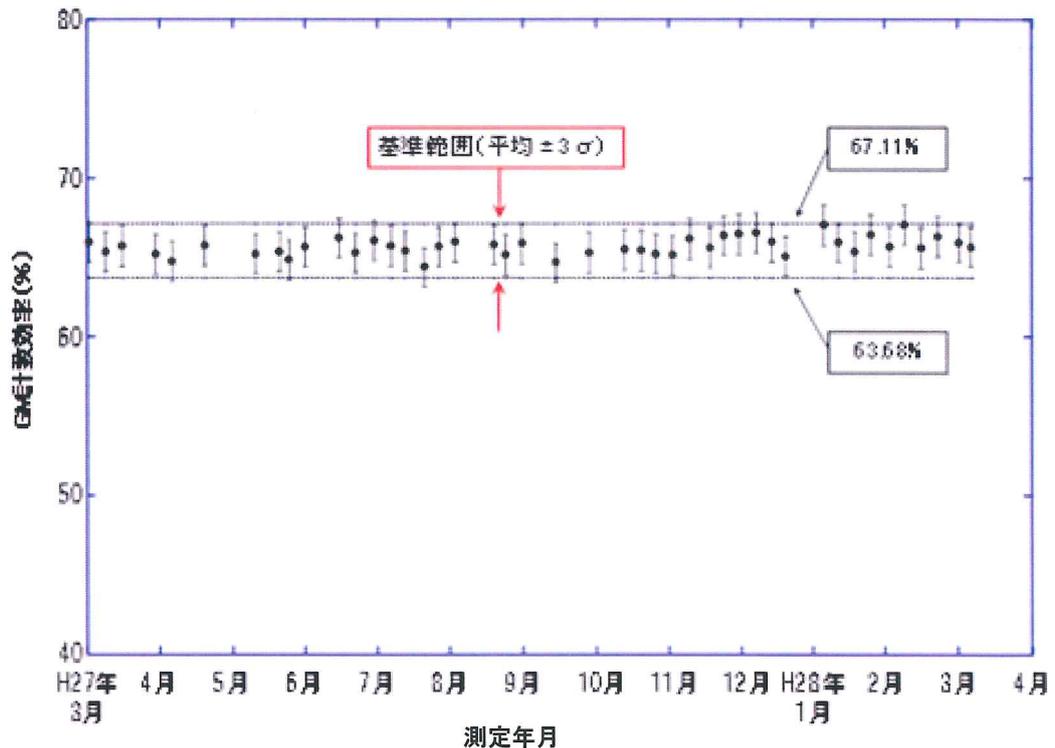


図 3-8-12 GM 計数効率の経時変化

② ドイツ大気放射能研究所 (BfS) との相互比較分析

千葉市において同一期間大気捕集を行った試料を用いて、ドイツ大気放射能研究所 (BfS) と相互比較分析を実施し、分析結果の妥当性を確認した。図 3-8-13 にドイツ大気放射能研究所 (BfS) との相互比較分析結果を示す。

両機関の  $^{85}\text{Kr}$  分析結果は、分析結果比 (JCAC / BfS) の平均、標準偏差及び変動係数が、それぞれ 1.00、0.03 及び 2.5% であり、よく一致した結果が得られた。

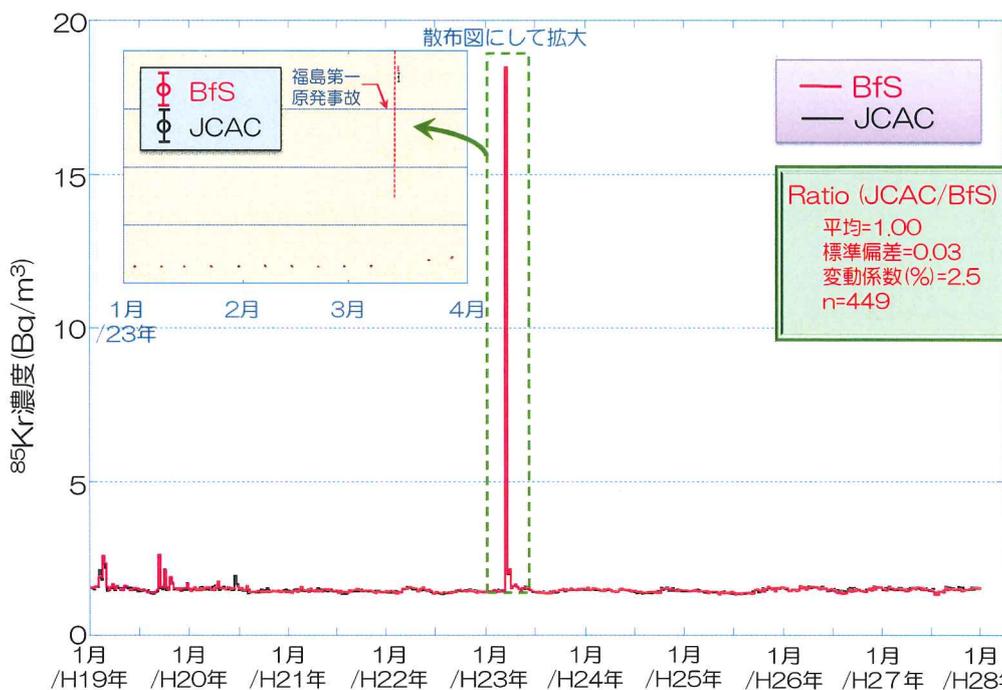


図 3-8-13 ドイツ大気放射能研究所 (BfS) との相互比較分析結果

## 2) $^{133}\text{Xe}$ 分析

$^{133}\text{Xe}$  分析結果の妥当性を確認するために、ガスクロマトグラフによりキセノン分離の際に、ガスクロマトグラムを確認して、分析装置の健全性を確認した。また、 $^{133}\text{Xe}$  分析と系統分析が可能である  $^{85}\text{Kr}$  について、同一時期に採取した試料 (千葉市) を、 $^{85}\text{Kr}$  分析装置により分析して得られた結果と比較することにより、比例計数管の計数効率の妥当性を確認した。

### ① $^{133}\text{Xe}$ 分析装置の健全性確認

大部分の空気成分を粗分離した試料を、分離・精製用ガスクロマトグラフ (図 3-8-8 参照) により、キセノン分離・精製し、キセノンピークがその他のガスピークと十分に分離されていることを目視により確認し、比例計数管を含む閉鎖系ループの開閉時間内 (分離開始後約 12 分から約 14 分までの間) に大部分のキセノンピークが存在していることを確認した。図 3-8-14 にキセノン分離・精製時のガスクロマトグラムを示す。

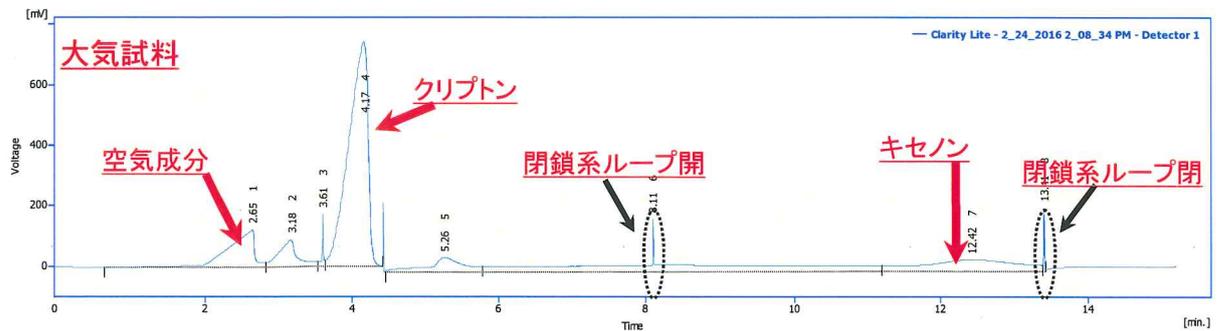


図 3-8-14 キセノン分離・精製時のガスクロマトグラム

②  $^{85}\text{Kr}$  分析装置との相互比較分析

千葉市において同一期間大気捕集を行った試料を用いて、 $^{133}\text{Xe}$  分析装置及び  $^{85}\text{Kr}$  分析装置で得られた  $^{85}\text{Kr}$  濃度を比較することにより、 $^{133}\text{Xe}$  分析装置の比例計数管の計数効率の妥当性を確認した。図 3-8-15 に  $^{85}\text{Kr}$  分析装置との相互比較分析結果を示す。

両装置の  $^{85}\text{Kr}$  分析結果は、分析結果比 ( $^{133}\text{Xe}$  分析装置 /  $^{85}\text{Kr}$  分析装置) の平均、標準偏差及び変動係数が、それぞれ 1.00、0.03 及び 2.7% であり、よく一致した結果が得られた。

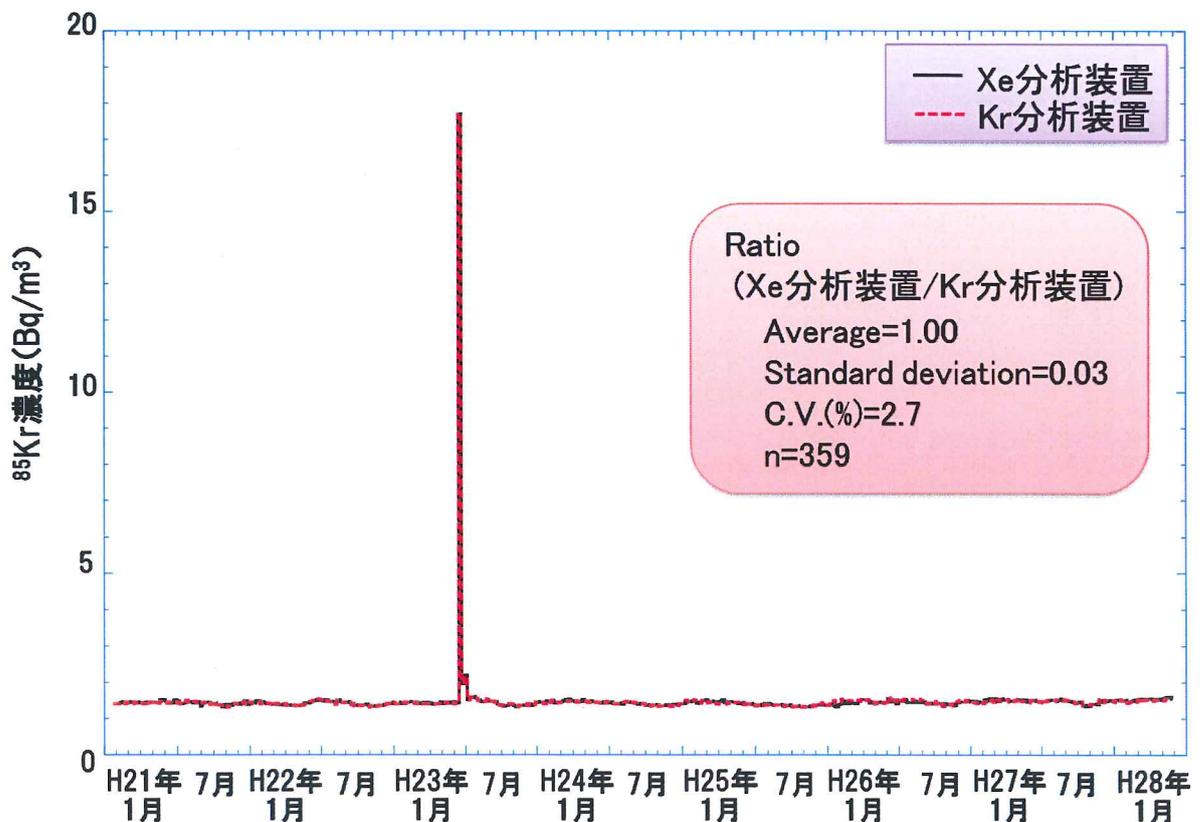


図 3-8-15  $^{85}\text{Kr}$  分析装置との相互比較分析結果

### 3.9 福島県下における環境放射能調査

#### 3.9.1 環境試料の調査

##### (1) 分析法

###### 1) 調製方法

送付試料（日常食）を解凍した後、マリネリ容器に詰めて測定試料とした。なお、調製時は、試料間の相互汚染が起きないように、調製の都度、手袋等を取り替えてマリネリ容器に詰めた。

###### 2) 測定方法

文部科学省放射能測定法シリーズ7「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」（平成4年改訂）に準じた。操作の概略は以下のとおりである。

ゲルマニウム半導体検出器を用いて、マリネリ容器に詰めた測定試料を70,000秒間以上測定し、放射能濃度を算出した。なお、核データは原則としてAtomic Data and Nuclear Data Tables（1983年）に従った。

##### (2) 妥当性の確認

本調査を遂行するにあたり、測定の質の保証を担保するため、ゲルマニウム半導体検出器の安定性を以下の方法により確認した。

###### 1) 効率のチェック

月1回の頻度で標準線源を測定し、ゲルマニウム半導体検出器のピーク効率に変化の無いことを確認した。

ピーク効率は、1年を通してその変動係数が基準（5%）以内であった。その結果を表3-9-1-1に示す。

###### 2) バックグラウンドの測定

週1回の頻度で試料の無い状態で測定を行い、ゲルマニウム半導体検出器に汚染の無いことを確認した。また、 $^{40}\text{K}$ の測定結果等から機器が正常に稼動していることについても併せて確認した。

表 3-9-1-1 ゲルマニウム半導体検出器のピーク効率の変動（月 1 回の測定）

検出器番号	期間	変動係数（％）		
		<sup>152</sup> Eu (121.8keV)	<sup>137</sup> Cs (661.6keV)	<sup>152</sup> Eu (1408keV)
14	H27.2 ～ H28.1	0.76	0.67	0.70
15	H27.2 ～ H28.1	0.50	0.54	0.72
27	H27.2 ～ H28.1	0.38	0.73	0.74
31	H27.2 ～ H28.1	0.42	0.56	0.69
40	H27.2 ～ H28.1	0.28	0.59	0.64
44	H27.2 ～ H28.1	0.26	0.56	0.85
46	H27.2 ～ H28.1	0.47	0.54	0.71
51	H27.2 ～ H28.1	0.27	0.67	0.49
52	H27.2 ～ H28.1	0.37	0.53	0.69
54	H27.2 ～ H28.1	0.24	0.65	0.71
55	H27.2 ～ H28.1	0.21	0.43	0.70
56	H27.2 ～ H28.1	0.19	0.58	1.1
57	H27.2 ～ H28.1	0.44	0.46	1.1
58	H27.2 ～ H28.1	0.24	0.62	0.34

### 3.9.2 空間線量の調査

#### (1) 妥当性の確認

##### 1) 点検・校正作業

国家標準とトレーサビリティの得られている基準線源（Cs-137）を専用の線源照射治具を用いて対象測定器に照射し、その指示値が校正試験の判定基準の範囲内となるよう調整、確認した。

その結果を表 3-9-2-1 に示す。点検・校正の結果、測定器が正常に稼働していることを確認した。

##### 2) 並行測定による指示値の確認

可搬型モニタリングポストの検出器位置において、サーベイメータで並行測定を行い、可搬型モニタリングポスト指示値とサーベイメータ指示値を比較し

た。

その結果を表 3-9-2-2 及び図 3-9-2-1 に示す。並行測定の結果、概ね可搬型モニタリングポスト指示値とサーベイメータ指示値は±20%以内で一致していた。なお、±20%以上の差が確認された一部地点については、モニタリングポスト周辺の四方において同一の測定を実施した結果、測定値間に差が確認された。このことから周辺汚染分布の偏在により、並行測定を実施する地点・向きに依存して可搬型モニタリングポスト指示値とサーベイメータ指示値の間に差が見られたと考えられた。

### 3) 低線量率比較法

現地において可搬型モニタリングポスト指示値がその周囲の空間放射線量率を反映していることを確認するため、当該測定器の周辺を分析センターの NaI (Tl) シンチレーションスペクトロメータを用いて測定した。その結果から可搬型モニタリングポストが設置されている地点の空間放射線量率を内挿することにより算出し、同時間帯に測定した可搬型モニタリングポスト指示値と比較した。

平成 27 年度は、対象地点を 3 地点／80 地点とし、空間放射線量率や測定条件の異なるびわのかげ運動公園（南会津町）、前田公民館（飯館村）及び養護老人ホーム「東風荘」（富岡町）を選定し実施した。

その結果を表 3-9-2-3、図 3-9-2-2 (1)～(3) に示す。

比較した結果、びわのかげ運動公園ではモニタリングポストの空間放射線量率が 66%高い値を示した。びわのかげ運動公園は測定器にシリコン半導体を使用しており、かつ周辺の空間放射線量率が約  $0.1\mu\text{Sv/h}$  以下と低線量率地域である。これらのことから、NaI (Tl) シンチレーションスペクトロメータよりも宇宙線電離成分に対して感度を有するシリコン半導体検出器の場合、宇宙線寄与線量率が  $30\text{nSv/h}$  程度含まれるため、それを考慮すれば±15%以内で一致していた。

前田公民館は、モニタリングポストの空間放射線量率が 18%低い値を示した。前田公民館は平成 26 年度にモニタリングポスト周辺の除染が実施されたが、モニタリングポストが設置されているフェンス内の除染が実施されていないため、周辺の空間放射線量率の分布に偏在が認められた。これにより±15%以内で一致しなかったと考えられた。

養護老人ホーム「東風荘」は、びわのかげ運動公園同様、測定器にシリコン半導体を使用しているが、宇宙線寄与線量率の評価の有無に関わらず、±15%以内で一致していた。

確認の結果、可搬型モニタリングポスト 80 台の測定値は、周辺線量率の偏在

及び宇宙線に対する NaI 検出器とシリコン半導体検出器の感度の違いを考慮すると概ね妥当であると考えられた。



表 3-9-2-2 可搬型モニタリングポスト指示値と  
サーベイメータ指示値の比の比較  
(測定期間：平成 27 年 3 月 5 日～平成 28 年 2 月 29 日)

平均	1.01
n	538
最大	1.36
最小	0.59
標準偏差	0.100
変動係数	9.9%

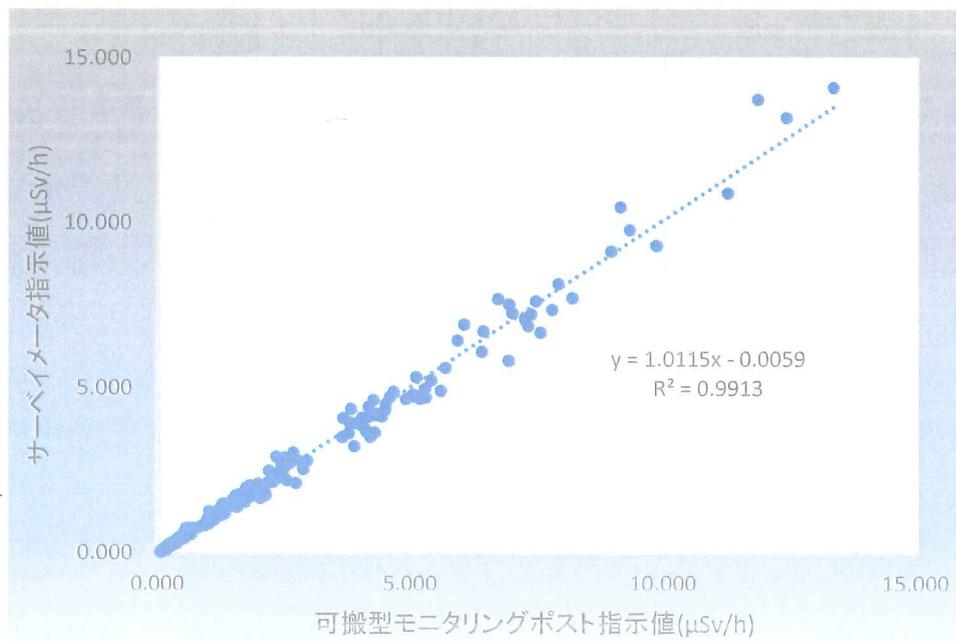


図 3-9-2-1 可搬型モニタリングポスト指示値と  
サーベイメータ指示値の比の比較

表 3-9-2-3 低線量率比較法 測定結果比較一覧

モニタリングポスト地点名	[A] モニタリングポスト 指示値 (nSv/h)	[B] NaI (TI) スペクトロメータ 測定結果からの推定値 (nSv/h)	[A] / [B]
びわのかげ運動公園 (南会津町)	62.0 ± 3.6	37.4 (67.4)	1.66 (0.92)
前田公民館 (飯館村)	544.3 ± 3.5	662.2	0.82
養護老人ホーム「東風荘」(富岡町)	568.8 ± 11.0	559.4 (589.4)	1.02 (0.97)

※ ( ) 内の数値は、宇宙線寄与線量率「30 nSv/h」を加えて評価した値である。

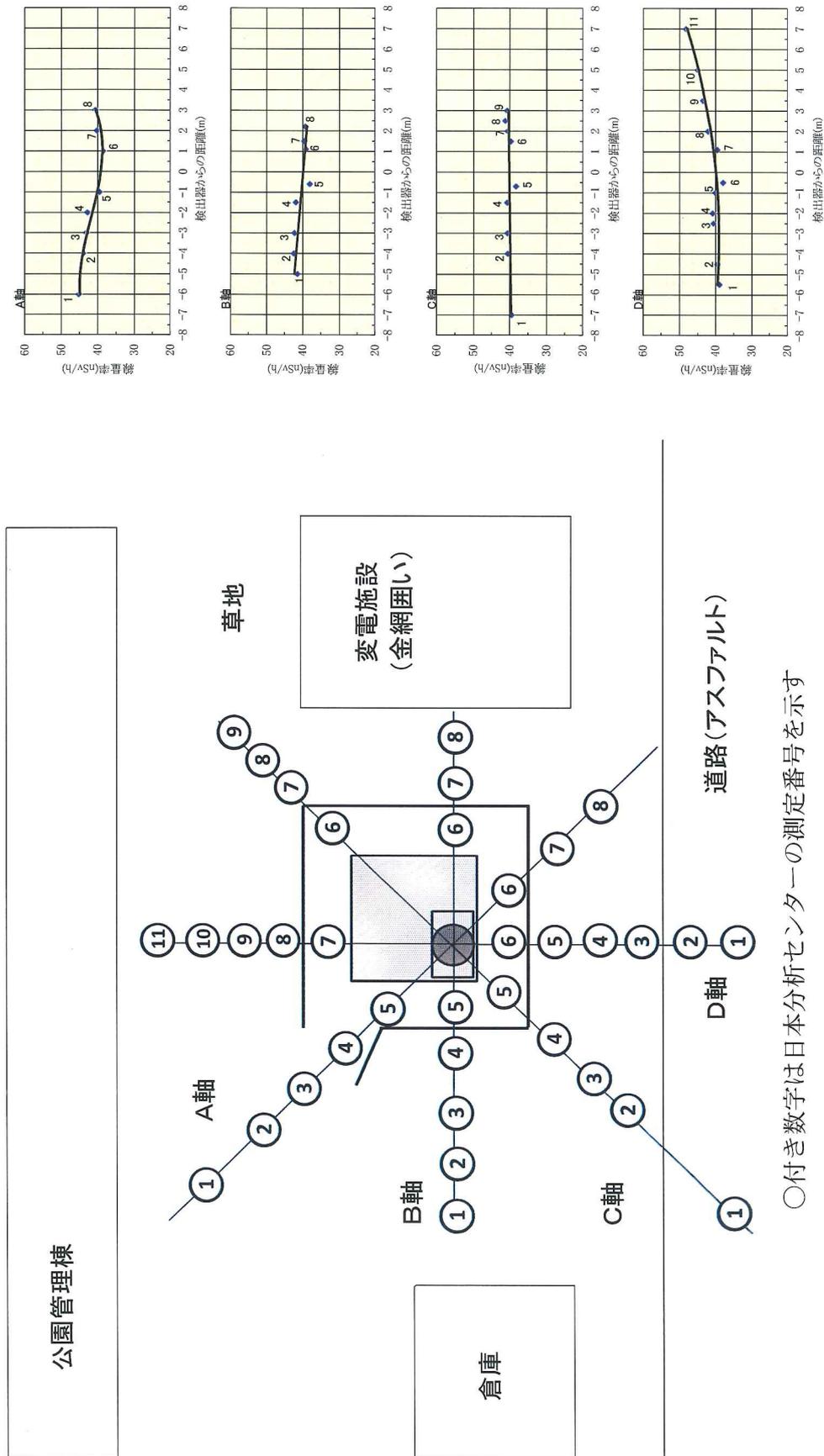
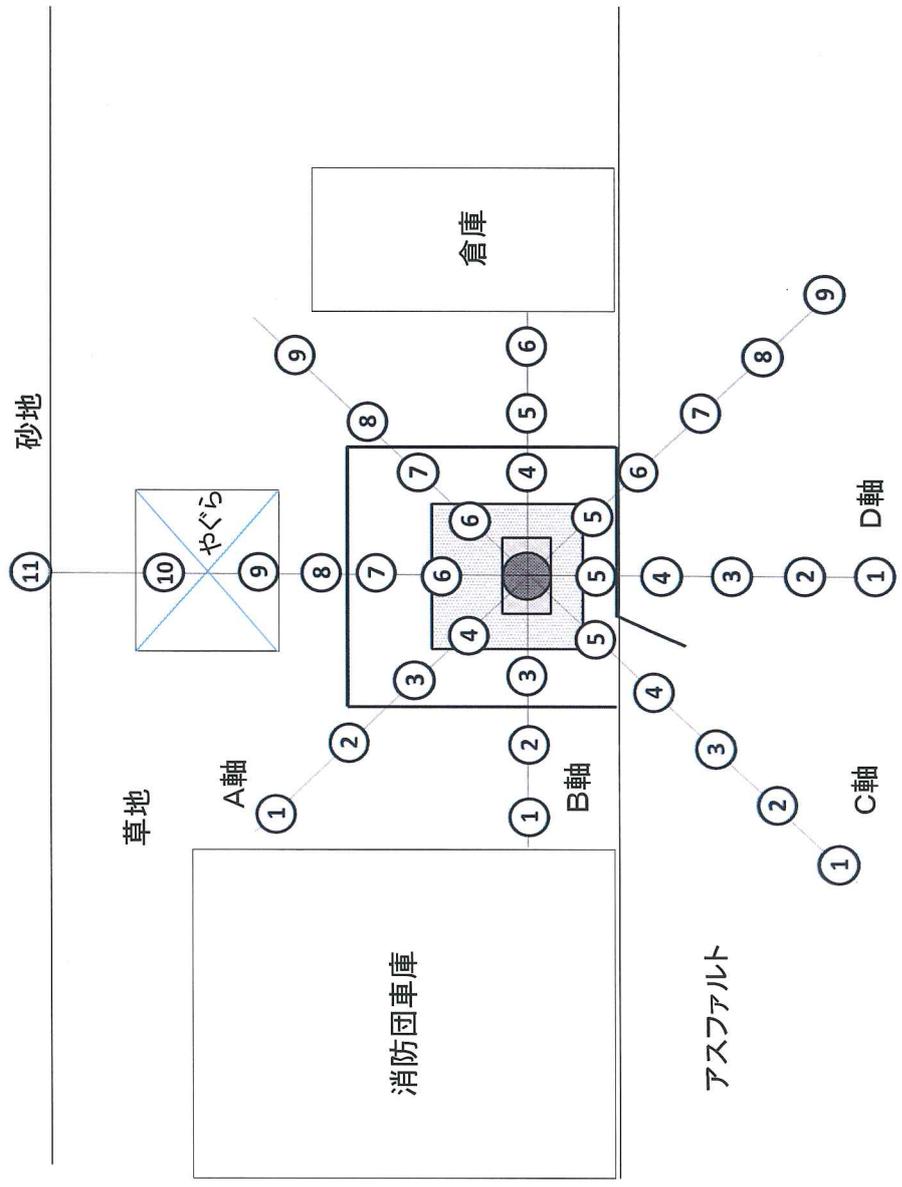
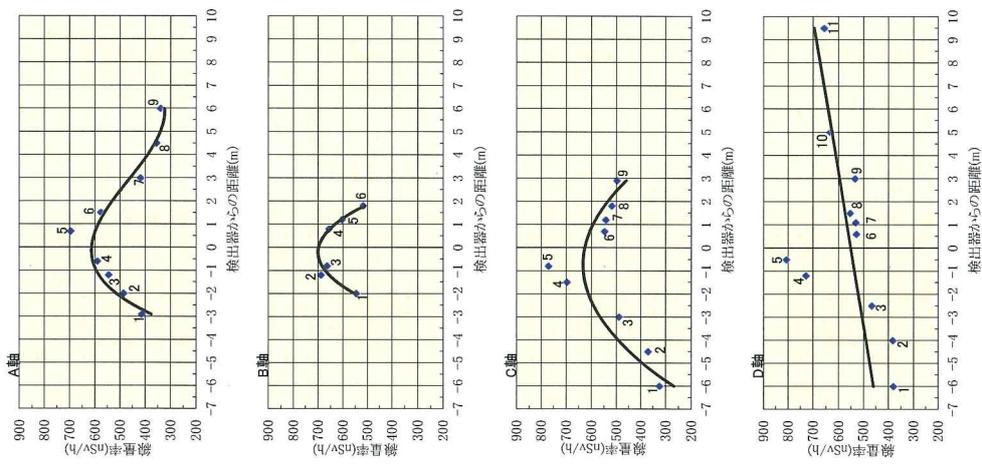
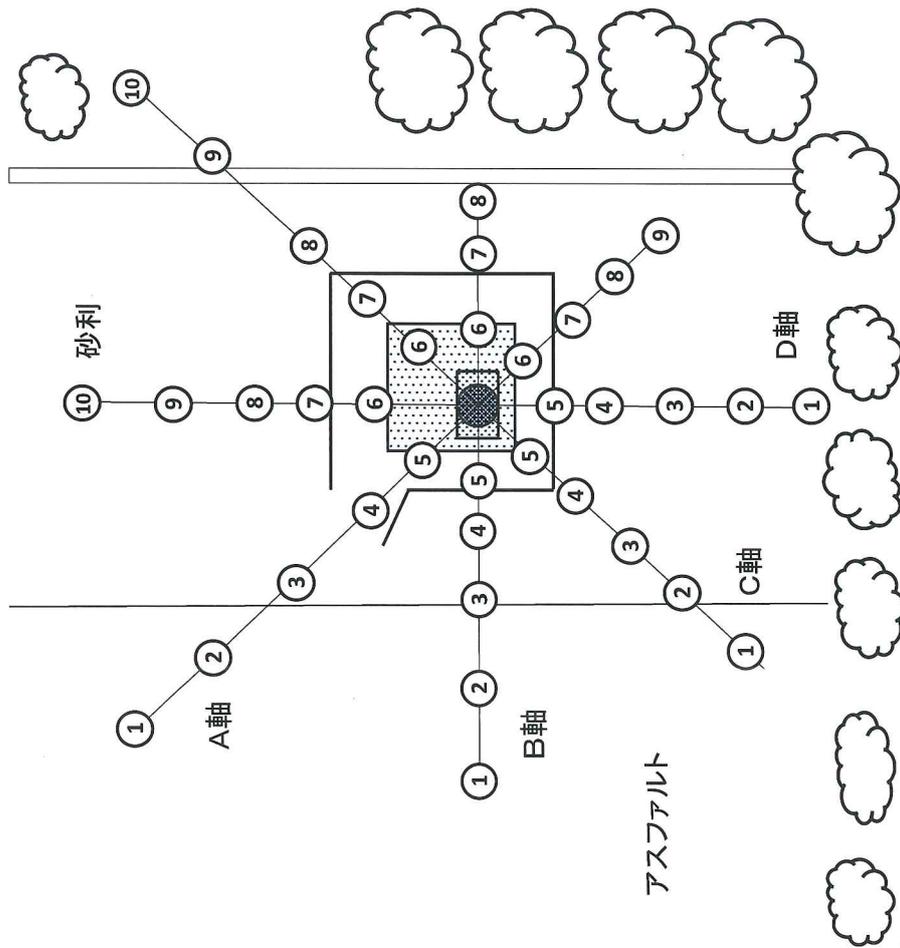


図 3-9-2-2 (1) 低線量率比較法 測定地点と空間放射線量率分布図  
(びわのかげ運動公園 (南会津町))



○付き数字は日本分析センターの測定番号を示す

図 3-9-2-2 (2) 低線量率比較法 測定地点と空間放射線量率分布図  
(前田公民館 (飯館村))



○付き数字は日本分析センターの測定番号を示す

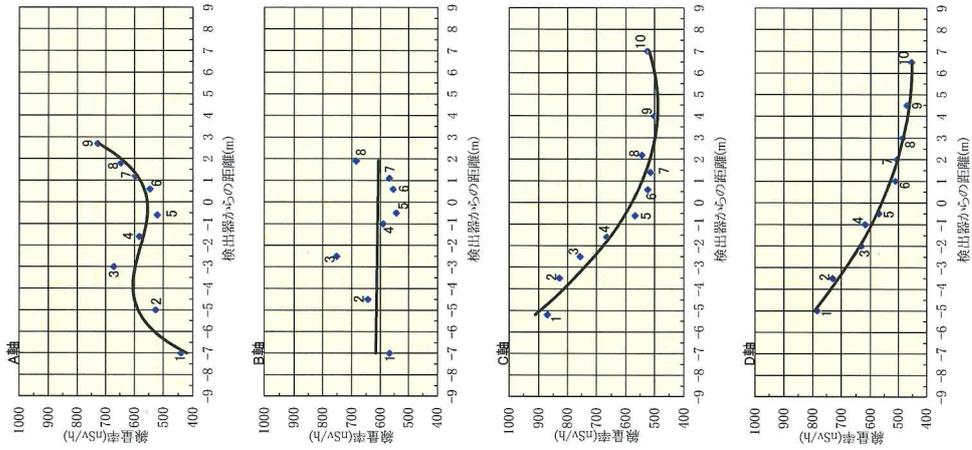


図 3-9-2-2 (3) 低線量率比較法 測定地点と空間放射線量率分布図  
(養護老人ホーム「東風荘」(富岡町))

#### 4. 環境放射能水準調査における精度管理の取組について

##### 4.1 実施内容

環境放射能水準調査の分析において、技術水準を確保するために精度管理の強化に取組んだ。実施内容を以下に示す。

###### ① 低線量率比較法の実施

モニタリングポストの動作確認として、バックグラウンドレベルでのクロスチェック(低線量率比較法)を実施した。実施場所は福島県内の3地域から各1地点を選定した。

###### ② 相互比較分析の実施

IAEA や近隣諸国の放射能分析機関との相互比較分析を実施した。

##### 4.2 実施結果

###### 4.2.1 低線量率比較法

実施結果の詳細について3.9.2.3)に示す。低線量率比較法を実施した結果、周辺線量率の偏在及び宇宙線に対するNaI検出器とシリコン半導体検出器の感度の違いを考慮すると概ね妥当であると考えられた。

###### 4.2.2 相互比較分析の実施

分析、測定の精度管理の一環として、IAEA や近隣諸国の放射能分析機関との相互比較分析を実施し、環境放射能水準調査の精度管理を行った。

###### (1) IAEA との相互比較分析

IAEA が主催する技能試験に参加し国際的な視点において分析技術を客観的に評価し、日本分析センターの分析結果の信頼性を確認した。

###### 1) IAEA の技能試験参加実績

IAEA の技能試験参加実績を表4-2-1に示す。

表4-2-1 IAEA の技能試験参加実績

技能試験	対象試料
IAEA-TEL-2015-03	土壌、水、玄米
IAEA-TEL-2015-04	土壌、水、玄米
IAEA-RML-2015-01	海水

###### 2) IAEA 技能試験実施内容

平成27年度に実施した技能試験の実施内容を表4-2-2に示す。

表 4-2-2 技能試験の実施内容

IAEA-TEL-2015-03		
対象試料	対象核種	分析方法
<u>Sample 1</u> Spiked water1 (水)	γ線放出核種	γ線スペクトロメトリー
	<sup>90</sup> Sr	放射化学分析
<u>Sample 2</u> Spiked water2 (水)	γ線放出核種	γ線スペクトロメトリー
<u>Sample 4</u> Brown rice (玄米)	γ線放出核種	γ線スペクトロメトリー
<u>Sample 5</u> Soil (土壌)	γ線放出核種	γ線スペクトロメトリー
	<sup>90</sup> Sr	放射化学分析
	<sup>234</sup> U	放射化学分析
	<sup>238</sup> U	放射化学分析
	Pu	放射化学分析

IAEA-TEL-2015-04		
対象試料	対象核種	分析方法
<u>Sample 1</u> Spiked water1 (水)	γ線放出核種	γ線スペクトロメトリー
	<sup>90</sup> Sr	放射化学分析
<u>Sample 2</u> Spiked water2 (水)	γ線放出核種	γ線スペクトロメトリー
<u>Sample 4</u> Brown rice (玄米)	γ線放出核種	γ線スペクトロメトリー
<u>Sample 5</u> Soil (土壌)	γ線放出核種	γ線スペクトロメトリー
	<sup>90</sup> Sr	放射化学分析
	<sup>234</sup> U	放射化学分析
	<sup>238</sup> U	放射化学分析
	Pu	放射化学分析
<u>Sample 6</u> Soil (土壌)	<sup>234</sup> U	放射化学分析
	<sup>238</sup> U	放射化学分析

IAEA-RML-2015-01		
試料	対象核種	分析方法
Spiked Seawater (海水)	$^3\text{H}$	放射化学分析
	$^{90}\text{Sr}$	放射化学分析
	$^{134}\text{Cs}$	$\gamma$ 線スペクトロメトリー
	$^{137}\text{Cs}$	$\gamma$ 線スペクトロメトリー

### 3) IAEA 技能試験の結果

#### ① IAEA-TEL-2015-03

IAEAから分析機関ごとの Individual Evaluation Report for Laboratory (以下「個別報告書」という。)が送付された。個別報告書については、参考資料 3.1 に示す。この個別報告書では、分析結果を Accuracy(正確さ)、Precision (精密さ) について評価し、最終的に Final Score (総合評価) を示している。今回の技能試験では、Sample 5 (Soil) のウラン 234 及びウラン 238 を除くすべての対象試料、対象核種において、“Accepted”であった。Sample 5 (Soil) のウラン 234 については“Warning”、ウラン 238 については“Not Accepted”であった。Sample 5 の IAEA のウランの基準値は主に溶解法による分析値をもとに決定されたものである。日本分析センターのウランの結果は酸抽出法による値であり、基準値と比較して 20%程度低い値となっている。今回、ウランの評価結果が“Accepted”でなかった原因は、分析手法の違いによるものと考えられた。

技能試験の結果を表 4-2-3 に示す。

表 4-2-3 技能試験結果 (IAEA-TEL-2015-03)

対象試料	対象核種	評価結果
<u>Sample 1</u> Spiked water1 (水)	$^{134}\text{Cs}$	A
	$^{137}\text{Cs}$	A
	$^{90}\text{Sr}$	A
<u>Sample 2</u> Spiked water2 (水)	$^{22}\text{Na}$	A
	$^{65}\text{Zn}$	A
<u>Sample 4</u> Brown rice (玄米)	$^{134}\text{Cs}$	A
	$^{137}\text{Cs}$	A
	$^{40}\text{K}$	A
<u>Sample 5</u> Soil (土壌)	$^{137}\text{Cs}$	A
	$^{239+240}\text{Pu}$	A
	$^{90}\text{Sr}$	A
	$^{234}\text{U}$	W
	$^{238}\text{U}$	N

A :Accepted , N :Not Accepted , W :Warning

② IAEA-TEL-2015-04

IAEA から分析機関ごとの個別報告書が送付された。個別報告書については、参考資料 3.2 に示す。この個別報告書では、①と同様に分析結果を Accuracy (正確さ)、Precision (精密さ) について評価し、最終的に Final Score (総合評価) を示している。今回の技能試験では、Sample 5 (Soil) のウラン 238、Sample 6 (Soil) のウラン 234 及びウラン 238 を除いたすべての対象試料、対象核種において“Accepted”であった。Sample 5 (Soil) のウラン 238 については“Warning”、Sample 6 (Soil) のウラン 234 及びウラン 238 については“Not Accepted”であった。Sample 5 及び Sample 6 の IAEA のウランの基準値は主に溶融法による分析値をもとに決定されたものである。日本分析センターのウランの結果は酸抽出法による値であり、基準値と比較して Sample 5 では 20%程度、Sample 6 では 60%程度低い値となっている。今回、ウランの評価結果が“Accepted”でなかった原因は、分析手法の違いによるものと考えられた。

技能試験の結果を表 4-2-4 に示す。

表 4-2-4 技能試験結果 (IAEA-TEL-2015-04)

対象試料	対象核種	評価結果
<u>Sample 1</u> Spiked water1 (水)	$^{134}\text{Cs}$	A
	$^{137}\text{Cs}$	A
	$^{90}\text{Sr}$	A
<u>Sample 2</u> Spiked water2 (水)	$^{22}\text{Na}$	A
	$^{65}\text{Zn}$	A
<u>Sample 4</u> Brown rice (玄米)	$^{134}\text{Cs}$	A
	$^{137}\text{Cs}$	A
	$^{40}\text{K}$	A
<u>Sample 5</u> Soil (土壌)	$^{137}\text{Cs}$	A
	$^{239+240}\text{Pu}$	A
	$^{90}\text{Sr}$	A
	$^{234}\text{U}$	A
	$^{238}\text{U}$	W
<u>Sample 6</u> Soil (土壌)	$^{234}\text{U}$	N
	$^{238}\text{U}$	N

A :Accepted , N :Not Accepted , W :Warning

③ IAEA-RML-2015-01

IAEA から IAEA-RML-2015-01 Proficiency Test for Determination of Radionuclides in Sea Water (以下「報告書案」という。) が送付された。報告書案については、参考資料 3.3 に示す。この報告書案では、分析結果を Accuracy (正確さ)、Precision (精密さ)、Trueness (真度) について評価し、最終的に Final Score (総合評価) を示している。今回の技能試験では、セシウム 134 を除いたすべての対象核種において、“Accepted” であった。セシウム 134 については “Warning” であった。セシウム 134 については Accuracy が “Pass”、Precision が “Fail”、Trueness が “Pass” であり、Final Score が “Warning” であった。Precision が “Fail” であったのは、計数誤差が大きかったことに伴い、不確かさが結果的に大きくなったことが考えられた。

技能試験の結果を表 4-2-5 に示す。

表 4-2-5 技能試験結果 (IAEA-RML-2015-01)

試料	対象核種	評価結果
Spiked Seawater (海水)	$^3\text{H}$	A
	$^{90}\text{Sr}$	A
	$^{134}\text{Cs}$	W
	$^{137}\text{Cs}$	A

A :Accepted , W :Warning

(2) 近隣諸国との相互比較分析

1) 相互比較分析実施機関

- ・ 中国 (National Institute for Radiological Protection and Nuclear Safety,  
Chinese Center for Disease Control and Prevention : NIRP)  
(State Environmental Protection Administration,  
Radiation Monitoring Technical Center : RMTC)
- ・ 韓国 (Korea Institute of Nuclear Safety : KINS)  
(National Institute of Environmental Research : NIER)
- ・ 台湾 (Taiwan Radiation Monitoring Center Atomic Energy Council : RMC)

2) 平成 27 年度の相互比較分析実施内容

平成 27 年度に実施した相互比較分析の実施内容を表 4-2-6 に示す。また、平成 27 年度は台湾 (RMC)、中国 (NIRP、RMTC) との運営会議を開催し、実施した相互比較分析結果について協議した。台湾 (RMC) との運営会議は、RMC において平成 27 年 11 月 24 日～11 月 25 日に開催した。中国 (NIRP、RMTC) との運営会議は、日本分析センターにおいて平成 27 年 12 月 9 日～12 月 10 日に開催した。

表 4-2-6 相互比較分析の実施内容

中国 (NIRP、RMTC)		
試料	対象核種	分析方法
Soil (土壌)	$\gamma$ 核種	$\gamma$ 線スペクトロメトリー
Skim milk-ash (スキムミルク(灰))	$\gamma$ 核種	$\gamma$ 線スペクトロメトリー
Tea-ash (茶葉(灰))	$^{90}\text{Sr}$	放射化学分析
TLD	積算線量	

韓国 (KINS)		
試料	対象核種	分析方法
Soil (土壌)	$\gamma$ 核種	$\gamma$ 線スペクトロメトリー
	$^{239}\text{Pu}$ 、 $^{240}\text{Pu}$	ICP-MS
	$^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$	ICP-MS
Ocean sediment (海底土)	$^{239}\text{Pu}$ 、 $^{240}\text{Pu}$	ICP-MS
	$^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$	ICP-MS
	$^{237}\text{Np}$	ICP-MS
NORM	$\gamma$ 核種	$\gamma$ 線スペクトロメトリー ( $^{214}\text{Pb}$ , $^{214}\text{Bi}$ , $^{212}\text{Pb}$ , $^{212}\text{Bi}$ )
	$^{226}\text{Ra}$	放射化学分析
	$^{238}\text{U}$	ICP-MS
	$^{232}\text{Th}$	ICP-MS
TLD	積算線量	

台湾 (RMC)		
試料	対象核種	分析方法
Fresh water (陸水)	$^3\text{H}$	放射化学分析
	全 $\beta$	放射化学分析
Sea water (海水)	U	放射化学分析
	全 $\beta$	放射化学分析
Tea leaves (茶葉)	$\gamma$ 核種	$\gamma$ 線スペクトロメトリー
	$^{90}\text{Sr}$	放射化学分析
	$^{137}\text{Cs}$	放射化学分析
	全 $\beta$	放射化学分析
Soil (土壌)	$\gamma$ 核種	$\gamma$ 線スペクトロメトリー
	$^{90}\text{Sr}$	放射化学分析
	$^{137}\text{Cs}$	放射化学分析
	U	放射化学分析
	全 $\beta$	放射化学分析
Tap water (水道水)	$\gamma$ 核種	$\gamma$ 線スペクトロメトリー
TLD	積算線量	

相互比較分析結果については、概ね良好であった。平成 27 年度に運営会議を開催した台湾 (RMC) との相互比較分析に関わる報告書を参考資料 3.4 に、中国 (NIRP、RMTC) との相互比較分析に関わる報告書を参考資料 3.5 に示す。なお、KINS (韓国) との相互比較分析は継続的に実施しており、平成 28 年度に運営会議を開催し報告書を取りまとめる予定である。

## 5. 環境放射能水準調査検討委員会

### 5.1 委員会構成

本調査の実施計画、調査結果等について、審議・助言を受けるため、学識経験者等から構成される委員会を設置した。平成 27 年度の環境放射能水準調査検討委員会の構成員を表 5-1 に示す。

表 5-1 環境放射能水準調査検討委員会委員

委員名	所属及び職名
委員長 飯田 孝夫	名古屋大学 大学院工学研究科 名誉教授
青野 辰雄	国立研究開発法人 放射線医学総合研究所 福島復興支援本部 環境動態・影響プロジェクト サブリーダー
伊東 清実	岡山県環境保健センター 次長
中村 尚司	東北大学 名誉教授 サイクロトロンラジオアイソトープセンター 研究教授
久松 俊一	公益財団法人 環境科学技術研究所 環境動態研究部長
廣瀬 勝己	上智大学 理工学部 物質生命理工学科 客員教授
吉田 勝彦	公益財団法人 海洋生物環境研究所 海生研フェロー

### 5.2 委員会開催日と議題

平成 27 年度は 2 回の委員会を開催した。以下に、審議した主な内容等を示す。

#### (1) 平成 27 年度 第 1 回環境放射能水準調査検討委員会

1. 日時 平成 27 年 5 月 22 日(金) 13 時 30 分～15 時 45 分
2. 場所 航空会館 202 会議室
3. 出席者(敬称略)  
委員長 飯田孝夫 名古屋大学  
委員 青野辰雄 国立研究開発法人 放射線医学総合研究所  
伊東清実 岡山県環境保健センター  
久松俊一 公益財団法人 環境科学技術研究所  
中村尚司 東北大学  
廣瀬勝己 上智大学  
吉田勝彦 公益財団法人 海洋生物環境研究所

委託元 溝口恭平 原子力規制委員会原子力規制庁 放射線環境対策室  
事務局 上原、森本、磯貝、太田<sub>裕</sub>、新田、渡邊、王、太田<sub>智</sub>、岸本

4. 議題

- (1) 平成 27 年度環境放射能水準調査の実施内容について
- (2) その他

5. 配布資料

- (1) 資料 水準 1-1 平成 27 年度環境放射能水準調査検討委員会委員名簿
- (2) 資料 水準 1-2 平成 26 年度第 2 回環境放射能水準調査検討委員会議事録
- (3) 資料 水準 1-3 平成 27 年度環境放射能水準調査の実施内容
- (4) 資料 参考 1 環境放射能水準調査報告書に記載する数値の扱いについて
- (5) 資料 参考 2 大気浮遊じんの高感度分析について
- (6) 資料 参考 3 トリチウム分析の月間降水採取地点の追加について
- (7) 資料 参考 4 水準調査の新規・拡大提案計画（案）について

(2) 平成 27 年度 第 2 回環境放射能水準調査検討委員会

1. 日時 平成 28 年 2 月 29 日(月) 13 時 20 分～16 時 00 分
2. 場所 航空会館 504 会議室
3. 出席者(敬称略)

委員長 飯田孝夫 名古屋大学

委員 伊東清実 岡山県環境保健センター

久松俊一 公益財団法人 環境科学技術研究所

中村尚司 東北大学

廣瀬勝己 上智大学

吉田勝彦 公益財団法人 海洋生物環境研究所

委託元 及川真司 原子力規制委員会原子力規制庁 放射線環境対策室

笹平琳子 同上

事務局 上原、森本、磯貝、岸本、伴場、新田、渡邊、平出、川辺、王、前山

#### 4. 議題

- (1) 平成 27 年度 第 1 回環境放射能水準調査検討委員会議事録（案）について
- (2) 環境試料の放射能調査結果
  - ① 全ベータ放射能測定
  - ② ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線放出核種の測定
  - ③ トリチウム分析
  - ④ ストロンチウム 90 分析
  - ⑤ プルトニウム、アメリシウム分析
  - ⑥ ヨウ素 129 分析
  - ⑦ 炭素 14 分析
- (3) 大気中の放射性希ガス濃度測定結果
  - ① クリプトン 85 分析
  - ② キセノン 133 分析
- (4) 福島県下における環境放射能調査結果
  - ① 環境試料の調査
  - ② 空間線量の調査
- (5) 環境放射能水準調査における精度管理の取組
- (6) 国外における原子力関係事象発生時の対応

#### 5. 配布資料

- (1) 水準 2-1 平成 27 年度 第 1 回環境放射能水準調査検討委員会議事録（案）
- (2) 水準 2-2 全ベータ放射能測定結果
- (3) 水準 2-3 ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線放出核種の測定結果
- (4) 水準 2-4 トリチウム分析結果
- (5) 水準 2-5 ストロンチウム 90 分析結果
- (6) 水準 2-6 プルトニウム、アメリシウム分析結果
- (7) 水準 2-7 ヨウ素 129 分析結果
- (8) 水準 2-8 炭素 14 分析結果
- (9) 水準 2-9 大気中の放射性希ガス濃度測定結果
- (10) 水準 2-10 福島県下における環境試料の調査結果
- (11) 水準 2-11 福島県下における空間線量（モニタリングポスト）の調査結果
- (12) 水準 2-12 環境放射能水準調査における精度管理の取組について

(13) 水準 2-13 大気浮遊じんの高感度分析について

(14) 水準 参考 2-1 国外における原子力関係事象発生時の対応について

### 5.3 メール会合開催日と議題

ガンマ線放出核種の測定、トリチウム分析、ストロンチウム 90 分析、プルトニウム、アメリカシウム分析及び大気中の放射性希ガス濃度測定については、分析・測定結果の迅速な報告を目的として、四半期毎にメール会合を開催し、委員の確認を得たのち、原子力規制庁に速報した。平成 27 年度は 3 回のメール会合を開催した。

以下に、確認した主な内容等を示す。

#### (1) 平成 27 年度 第 1 回環境放射能水準調査メール会合

1. 日時 平成 27 年 7 月 29 日 (水)～8 月 4 日 (火)

2. 出席者(敬称略)

委員長 飯田孝夫 名古屋大学

委員 青野辰雄 国立研究開発法人 放射線医学総合研究所

伊東清実 岡山県環境保健センター

中村尚司 東北大学

久松俊一 公益財団法人 環境科学技術研究所

廣瀬勝己 上智大学

吉田勝彦 公益財団法人 海洋生物環境研究所

事務局 磯貝、太田、岸本、伴場、新田、北村

3. 議題

(1) 環境試料の平成 27 年度第 1 四半期分の放射能調査結果について

① ガンマ線放出核種の測定

② ストロンチウム 90 分析

(2) 大気中の放射性希ガス濃度の平成 27 年度第 1 四半期分の測定結果について

① クリプトン 85 分析

② キセノン 133 分析

4. 配布資料

(1) 平成 27 年度環境放射能水準調査(放射能分析)委託業務成果報告書(速報)案

(2) 平成 27 年度環境放射能水準調査(放射能分析)結果(速報)概要案

#### (2) 平成 27 年度 第 2 回環境放射能水準調査メール会合

1. 日時 平成 27 年 10 月 28 日 (水)～11 月 4 日 (水)

2. 出席者(敬称略)

委員長 飯田孝夫 名古屋大学

委員 青野辰雄 国立研究開発法人 放射線医学総合研究所  
伊東清実 岡山県環境保健センター  
中村尚司 東北大学  
久松俊一 公益財団法人 環境科学技術研究所  
廣瀬勝己 上智大学  
吉田勝彦 公益財団法人 海洋生物環境研究所  
事務局 磯貝、太田、岸本、伴場、新田、北村

3. 議題

- (1) 環境試料の平成 27 年度第 2 四半期分析分の放射能調査結果について
  - ① ガンマ線放出核種の測定
  - ② トリチウム分析
  - ③ ストロンチウム 90 分析
- (2) 大気中の放射性希ガス濃度の平成 27 年度第 2 四半期分析分の測定結果について
  - ① クリプトン 85 分析
  - ② キセノン 133 分析

4. 配布資料

- (1) 平成 27 年度環境放射能水準調査(放射能分析)委託業務成果報告書(速報)案
- (2) 平成 27 年度環境放射能水準調査(放射能分析)結果(速報)概要案

(3) 平成 27 年度 第 3 回環境放射能水準調査メール会合

1. 日時 平成 28 年 1 月 29 日(金)～ 2 月 8 日(月)
2. 出席者(敬称略)

委員長 飯田孝夫 名古屋大学  
委員 青野辰雄 国立研究開発法人 放射線医学総合研究所  
伊東清実 岡山県環境保健センター  
中村尚司 東北大学  
久松俊一 公益財団法人 環境科学技術研究所  
廣瀬勝己 上智大学  
吉田勝彦 公益財団法人 海洋生物環境研究所  
事務局 磯貝、太田、岸本、伴場、新田、北村

3. 議題

- (1) 環境試料の平成 27 年度第 3 四半期分析分の放射能調査結果について
  - ① ガンマ線放出核種の測定

- ② トリチウム分析
- ③ ストロンチウム 90 分析
- (2) 大気中の放射性希ガス濃度の平成 27 年度第 3 四半期分析分の測定結果について
  - ① クリプトン 85 分析
  - ② キセノン 133 分析
- (3) 国外における原子力関係事象発生時の対応について
- 4. 配布資料
  - (1) 平成 27 年度環境放射能水準調査(放射能分析)委託業務成果報告書(速報)案
  - (2) 平成 27 年度環境放射能水準調査(放射能分析)結果(速報)概要案

## 関連文献調査結果

- ① WHICVKER, R. D., IBRAHIM, S. A. (2006). Vertical migration of  $^{134}\text{Cs}$  bearing soil particles in arid soils: implications for plutonium redistribution. *J. Environ. Radioactivity*. 88, 171-188.

土壌中のプルトニウムの垂直移動について調査するために、土壌カラムを採取し、その上部に  $^{134}\text{Cs}$  で標識した土壌を載せた後、注水と乾燥のくり返しまたは注水のみを行うカラム実験を行った。採取した土壌は Waste Isolation Pilot Plant (WIPP) と Rocky Flats Environmental Technology Site (RFETS) のものである。カラムの大きさは直径 20 cm、深さ 30 cm である。注水と乾燥を 1 セットとしこれをくり返した。また、注水においては、カラム下からの通過液が 400ml になるまで行い、これを 1 セットとしてくり返した。RFETS カラムで注水と乾燥を行う方は 8 サイクル、注水のみは 10 サイクル行った、WIPP カラムの方は 9 サイクルと 17 サイクルである。

$^{134}\text{Cs}$  の浸透具合を調べるには 2 つの方法を選んだ。一つは、カラムの外部からコリメータ付きに検出器で土壌層位 (1 から 5mm) 毎の放射能強度を測定した方法ともう一つは注水と乾燥の実験がすべて終了した後、カラムから再度サブカラムとして土壌のコア採取を行い、このサブカラムを層別に区分けしたものの放射能強度を測定した。いずれの場合の指数関数的に減少していることが分かった。

垂直移動のメカニズムの推定はコロイドサイズの粒子に  $^{134}\text{Cs}$  が吸着したものが土壌マトリックスの中の隙間を通過する過程 (コロイド移動という) と土壌のクラックを通して多くの土壌粒子が多量に移行する過程 (バイパス移動という) がある。クラックが生じるのは粘土質を多く含む土壌の場合に多く起きる。したがって、本研究の場合には粘土質の豊富な RFETS サイトの土壌を用いた実験はバイパス移動による垂直移動が多いと推定される。

$^{134}\text{Cs}$  インベントリーの表面からの損失は、RFETS 土壌カラムで注水と乾燥をくり返したカラムと注水のみを行ったカラムでは平均損失は  $3.1 \pm 0.6\%$ 、 $0.7 \pm 0.6\%$  であり垂直移動深さのサイクル毎の平均は 0.28cm、0.1cm である、WIPP 土壌カラムでは  $1.3 \pm 1.2\%$ 、 $0.5 \pm 0.2\%$  であり、平均の深さは 0.08cm と 0.05cm である。RFETS カラムにおいては、クラックを通すバイパス移動が重要な過程となるため、 $^{134}\text{Cs}$  の全移動の 64~86% がこれに相当する。

- ② C. Friedli, J. J. Greering and P. Lerch (1991) Some Aspects of the Behaviour of  $^{90}\text{Sr}$  in the Environment. *Radiochimica Acta* 52/53, 237-240

大気圏内核実験の影響をみるためにスイスの4か所において、土壌、牧草、牛乳を採取し、 $^{90}\text{Sr}$ を分析していた。また、チェルノブイル直後においても、土壌を採取し、その濃度変化を調べた。その結果、チェルノブイルの影響は数年で消えてしまうことを見出し、その点を考察している。

試料は土壌(0~5cm)、牧草、牛乳で年2回(春、秋)採取している。牛乳については土壌や牧草を採取した付近で飼育されている乳牛より採取している。また、チェルノブイル直後には、スイス南部の土壌を0~10cmまでの2cm層ごとに採取した。

分析方法は土壌と牧草は乾燥を、牛乳は凍結乾燥後、600℃で灰化した。土壌と牧草はこれをアルカリ溶解した。牛乳は灰化物を塩酸で溶解した。いずれも完全に溶解し、炭酸塩を生成後、これより、DCTAのキレート剤とのイオン交換とクエン酸とのキレート反応を利用したイオン交換カラムでSrを精製分離した。この後、 $^{90}\text{Y}$ の生成を待ち、シュウ酸塩でYを分離し、これを測定試料とした。

1976年頃の各試料の放射能濃度は、牛乳は0.1Bq/L、牧草と土壌は10Bq/kgであり、時間(年)とともに減少し、その見かけの半減期は、牛乳で13年、土壌と牧草は10年である。1986年のチェルノブイル事故の影響はわずかに上昇がみられるが、その後は土壌中の放射能濃度が上昇する傾向は見られなかった。

上昇する傾向が見られなかった原因としては、地中への拡散移行が急速であったことと土壌から植物への摂取移行が早いことが考えられる。これを確認するために、スイス南部でチェルノブイルの雨の影響を比較的強く受けた場所の土壌で $^{90}\text{Sr}$ の蓄積状況を調べた。その方法は0-10cmの土壌を2cm層別に $^{90}\text{Sr}$ を定量し、その量を割合で示した。その結果、事故直後に採取した土壌では表層(0~2cm)が高く、事故後で、2か月経過すると表層からその下の層へ $^{90}\text{Sr}$ が移行している。1年後では第3層まで到達していることがわかった。これらのことから、本方法では、核実験起源の $^{90}\text{Sr}$ とチェルノブイル事故起源の $^{90}\text{Sr}$ とは後者の方が移動は非常に速いと結論づけている。

次に、先の4か所の数年に渡る調査結果から土壌-牧草、牧草-牛乳に関する移行係数を求めた。その結果、土壌-牧草の移行係数にはバラツキが見られた。これは土壌中のカルシウム含量の違いに起因するとしている。しかし、土壌から $^{90}\text{Sr}$ が拡散移行するプロセスとしては大きな役割となるとしている。一方、牧草-牛乳の移行係数はバラツキが小さい。これはカルシウム含量にそれほど差がないためとしている。また乳牛が関与する食物連鎖において乳牛が $^{90}\text{Sr}$ を除染する役目を果たし、乳牛の骨に移行していると推定している。

本研究では、チェルノブイル事故起源の $^{90}\text{Sr}$ と核実験起源の $^{90}\text{Sr}$ ではその挙動に違いがあるとしている。その原因は $^{90}\text{Sr}$ が生成される時の温度の違いと推

定している。また、吸着挙動の違いについては、チェルノブイル事故直後に試料採取をして調べた場合と、大気圏に降下した後 10 年経過した試料を採取して調査したことから、その違いが影響したのではないかとしている。

③ F. Carini (2001) Radionuclide transfer from soil to fruit. *J. Environ. Radioactivity*. 52, 237-279.

この報告は標題のとおり、土壌から果物への移行係数について、多くの文献よりデータを整理したレビューである。農業生態系における土壌から果物への移行係数については 35 種類の果物についてデータを整理した。移行係数に関するデータを果物の生育環境（温帯、亜熱帯、熱帯地域）の違い、土壌の性質の違い、植物（木本、草本、一年生の植物、多年生の植物など）の違い、チェルノブイル事故からの時間経過などの諸条件の違いによって、整理した。また、自然生態系か半自然生態系で育った果物であるかによっても異なる。そのため、これら移行係数のデータは統一性がとれていないので、その詳細な解釈が困難であるため、定性的な解釈を以下のように行っている。

着目したのは放射性核種に関し土壌と果物間の移行係数を調べた結果、セシウムは最もバラツキが大きく、場合によっては 6 桁の違いがある。ストロンチウムは最も小さなバラツキを示す。プルトニウムとアメリシウムは同様の挙動をとる傾向がある。

土壌の性質の違いによる移行係数の変化については、セシウムの場合、最も高い値を示したのが泥炭質の土壌や粒子の粗い土壌である。亜熱帯、熱帯地域の石灰質土壌で交換性の低いカリウム濃度の土壌の場合も同様である。ストロンチウムに対して最も低い移行係数となるのは有機質に富む土壌、例えば、泥炭質の場合やカルシウム含量の多い土壌の場合である。土壌の栄養状態は自然及び半自然状態の生態系では重要な要因である。例えば、セシウムが最高値を示すのは泥炭質や栄養の乏しい土壌の場合である。また、ストロンチウムが最低値を示すのはカルシウム含量が多い場合である。プルトニウムやアメリシウムの移行係数はローム層や有機性土壌や石灰質土壌の場合ではその値が低くなる。

移行係数が植物の種類によって異なるかどうかを簡単に判断することは困難である。温帯地域のリンゴ、桃、ブドウや亜熱帯及び熱帯地域のパンノキ、タコノキやココナッツはセシウムに対して高い移行係数を示す。クロフサスグリ、パイナップル、パンノキ、タコノキはストロンチウムに対して高い移行係数を示す。亜熱帯や熱帯地域の植物の移行係数のデータからは、一年生の作物や木本の果物について、明確な移行係数の差が見られない。ただし、一年生の作物の移行

係数より木本の移行係数の方が高い傾向がある。野菜や果物の移行係数と比較して考察している著者たちの間にもいくつかの矛盾がある。通常、果物の移行係数の値は野菜と比較すると同レベルか野菜より低い。

放射性核種の分布は果物の木の異なった部分に分散している。葉や成長する枝にはストロンチウムが蓄積する傾向があるが、ブドウやミカンのような果物の木ではセシウムが蓄積する傾向がある。植物中のカリウムとセシウムの濃度には相関関係を示す明確な証拠がない。ストロンチウムとカルシウムの相関が果物の木の異なった部分では示されたが、これは植物が根に沿ってカルシウムを選択吸収することを示している。

温帯、亜熱帯、熱帯地域における移行係数にはかなりの違いがある。セシウムは明らかに高い。一方、プルトニウムや特にアメリカシウムの移行係数については、温帯地域より亜熱帯や熱帯地域の果物の方が低い。ストロンチウムについては温帯の木の移行係数が最も低い。このような結果にもかかわらず、移行係数は土壌の性質よりは気候の要因の方が放射性核種の摂取挙動に関係しているようには見えないしこの逆も明確ではないとしている。

チェルノブイルのセシウムはアプリコットの木の実では 1987 年と 1988 年の間で 3 分の 1 に減少している。ストロンチウムではリンゴ、桃、クリフサスグリーについては、半分からそれ以下に減少している。対照的に自然や半自然の生態系においては放射性セシウムは増加する。特に、泥炭質の土壌を好むクラウドベリのような果物についてはそのようになる。葉は果物と同様に、放射性セシウムの濃度を同時に依存する。落葉性の果物の木々においては、セシウムの年間の全損失は葉によって除去されることによる。果物はその損失に占める割合は非常に小さい。これはセシウムが秋に木部へ再配置されるためである。

**リサイクル適性 (A)**

この印刷物は、印刷用の紙へ  
リサイクルできます。