

平成29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30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29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29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	4
2.1 全ベータ放射能測定	4
2.2 ガンマ線放出核種の測定	8
2.3 トリチウム分析	20
2.4 ストロンチウム 90 分析	25
2.5 プルトニウム分析	37
2.6 ヨウ素 129 分析	44
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	63
2.9.1 環境試料の調査	63
2.9.2 空間線量の調査	64
3. 分析法及び妥当性の確認	125
3.1 全ベータ放射能測定	125
3.2 ガンマ線放出核種の測定	126
3.3 トリチウム分析	128
3.4 ストロンチウム 90 分析	130
3.5 プルトニウム分析	135
3.6 ヨウ素 129 分析	136
3.7 炭素 14 分析	140
3.8 大気中の放射性希ガス濃度測定	143
3.9 福島県下における環境放射能調査	160
3.9.1 環境試料の調査	160
3.9.2 空間線量の調査	162
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	170
4.1 空間線量率測定に係る精度管理	170
4.2 相互比較分析の実施	198

5. 環境放射能水準調査検討委員会	203
5.1 委員会構成	203
5.2 委員会開催日と議題	203
5.3 メール会合開催日と議題	206

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。

また、東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえ、福島県における環境放射能調査を実施した。

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。なお、大気浮遊じんについては、別途大容量エアサンプラを用いて採取（週 2 回）を行い、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、千葉市及び京都市で、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 ストロントリウム 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}Sr を分離精製し、低バックグラウンドベータ線測定装置により測定した。海水は ^{90}Sr 分析を行う前にリンモリブデン酸アンモニウムによって放射性セシウムを捕集し、ゲルマニウム半導体検出器により放射性セシウム濃度を求めた。

また、ガンマ線放出核種を測定済の大気浮遊じん（大容量エアサンプラ）について、 ^{90}Sr を分析した。

⑤ プルトニウム分析

47 都道府県が平成 28 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}Am 及び Cm 同位体の放射能濃度も求めた。

また、ガンマ線放出核種を測定済の大気浮遊じん（大容量エアサンプラ）についてアルファ線スペクトロメトリーにより ^{238}Pu 、 $^{239+240}\text{Pu}$ を分析、ICP 質量分析装置により ^{239}Pu 、 ^{240}Pu を分析した。

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}I の放射能濃度を測定した。また、分析センターで採取した大気浮遊じんについて ^{129}I の分析法を検討した。

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（夏季、冬季）、精米及び野菜について、加速器質量分析法（AMS）により ^{14}C 比放射能を測定した。

⑧ 大気中の放射性希ガス濃度測定

札幌市、秋田市、三春町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}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}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環境試料（大気浮遊じん、土壌（陸土）、海水、海底土）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、水準ポストの動作確認等に係る各種調査及び IAEA 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 1mL 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 29 年 3 月から平成 30 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、この調査期間の最小値及び最大値並びに平成 24 年度から平成 28 年度までの結果と併せて表 2-1-1 に示す。

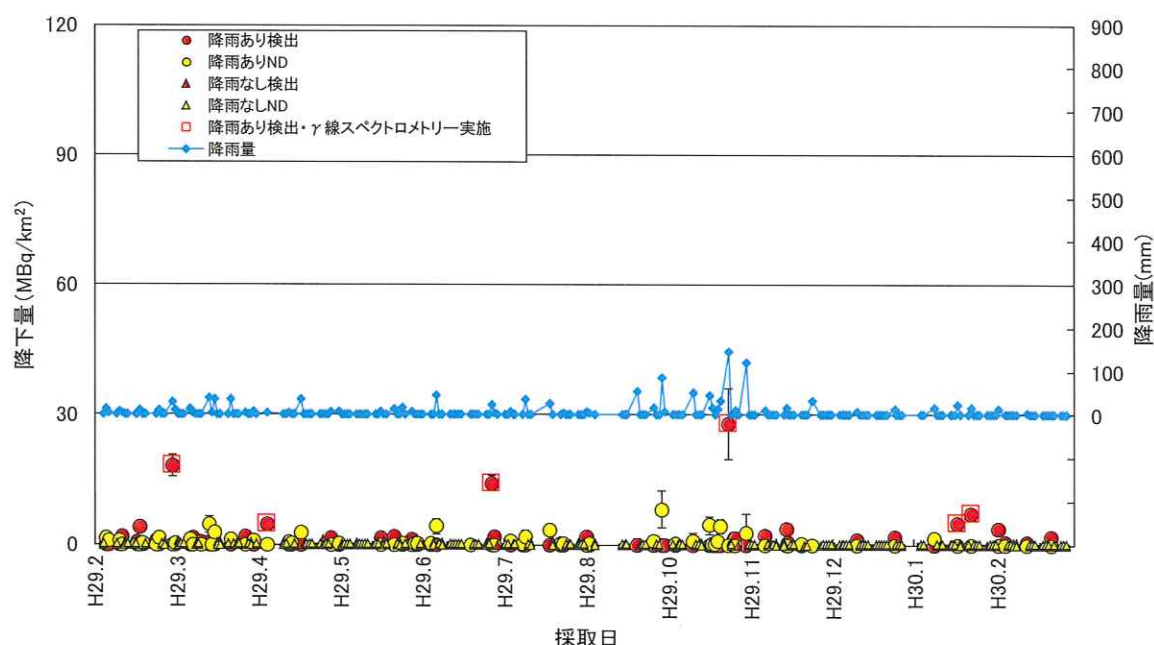


図 2-1-1 平成 29 年度の定時降水の全ベータ放射能測定結果

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) 降雨あり	降下量 (MBq/km ²) 降雨あり
29年度	29.3～30.2	74	31	ND～1.4	ND～28
28年度	28.3～29.2	90	28	ND～0.92	ND～33
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

平成 29 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～28MBq/km²であり、過去 5 年間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ところ、平成 30 年 1 月 18 日及び平成 30 年 1 月 23 日採取分については ¹³⁷Cs が検出されたが、それ以外の試料からは人工放射性核種は検出されなかった。

¹³⁷Cs が検出された平成 30 年 1 月 18 日及び平成 30 年 1 月 23 日採取の定時降水の採取期間における千葉県千葉市の気象状況を表 2-1-2 及び表 2-1-3 に示す。なお、気象データは気象庁ホームページにおいて地点を千葉として検索したものである。

1 月 18 日採取分については採取前日の 1 月 17 日の 19 時及び 20 時において強い雨が観測されていた。また、1 月 23 日採取分については採取前日の 1 月 22 日の朝からみぞれであり、18 時から積雪が観測されていた。このような強い雨や降雪が ¹³⁷Cs が検出された要因の一つと考えられるが、詳細は不明である。

また、平成 29 年度の「降雨なし」の試料は、ND～1.1MBq/km²であった。

全ベータ放射能検出率（計数誤差の 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 29 年度は 25%となった。

表 2-1-2 平成 30 年 1 月 18 日採取の定時降水採取期間における気象状況

日付	時	降水量(mm)	風速(m/s)	風向	天気
1 月 17 日	9	—	1.8	北北西	曇
	10	—	2	北北東	曇
	11	—	2.5	北北東	曇
	12	0	1.9	東北東	雨
	13	0	1.2	東	雨
	14	0	1.4	北北東	雨
	15	0	1.3	北東	雨
	16	0.5	2.6	東北東	雨
	17	1.5	4.4	南東	雨
	18	4	5.2	北北西	雨
	19	7.5	3.4	北北東	雨
	20	9.5	4.7	北西	雨
	21	0	3.7	北北西	雨
	22	0.5	3.1	北北東	雨
	23	0	4.7	北北西	曇
	24	—	4.1	北	曇
1 月 18 日	1	0	2.5	北西	雨
	2	0	3.1	北北西	晴れ
	3	—	2.4	北北東	晴れ
	4	—	2.7	北北東	晴れ
	5	—	3.3	北東	晴れ
	6	—	3.8	北東	晴れ
	7	—	3.3	東北東	晴れ
	8	—	1.4	東南東	晴れ
	9	—	1.1	東北東	晴れ

気象庁 HP (<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>) で検索した (地点：千葉)

表 2-1-3 平成 30 年 1 月 23 日採取の定時降水採取期間における気象状況

日付	時	降水量(mm)	風速(m/s)	風向	天気	降雪(cm)	積雪(cm)
1 月 22 日	9	—	2.8	北	曇	—	—
	10	0	3.1	北北東	みぞれ	—	—
	11	0	4.1	北北東	みぞれ	—	—
	12	0.5	4	北北東	みぞれ	—	—
	13	0	5.3	北北東	みぞれ	—	—
	14	0	5.1	北北東	みぞれ	—	—
	15	1	4.5	北北東	みぞれ	—	—
	16	0.5	4.1	北	みぞれ	—	—
	17	1	3.5	北	みぞれ	—	—
	18	2	5.4	北北西	みぞれ	1	1
	19	2.5	×	×	みぞれ	3	4
	20	3	×	×	みぞれ	3	7
	21	2.5	×	×	みぞれ	1	8
	22	1.5	×	×	みぞれ	2	10
	23	0.5	×	×	みぞれ	—	10
	24	0	×	×	みぞれ	—	9
1 月 23 日	1	0	×	×	みぞれ	—	9
	2	0	×	×	晴れ	—	8
	3	—	2.7	北西	晴れ	—	8
	4	—	2.7	北西	晴れ	—	8
	5	—	1.7	北西	晴れ	—	8
	6	—	0.8	南南東	晴れ	—	8
	7	—	1.3	南東	晴れ	—	8
	8	—	1	南東	晴れ	—	8
	9	—	1.6	南東	晴れ	—	8

気象庁 HP (<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>) で検索した(地点：千葉)

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

ロウボ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 3000m³ 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 (U8) 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 5000cm²) 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 (U8) 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 Evaluated Nuclear Structure Data File, NNDC, Brookhaven (2016 年 1 月) (<http://www.nndc.bnl.gov/ensdf/>) に従った。

(2) 結果と考察

大気浮遊じん中の ⁷Be、¹³⁴Cs 及び ¹³⁷Cs の分析結果 (平均値、最小値及び最大値) を平成 24 年度から平成 28 年度までの結果と併せて表 2-2-1 に示す。

降下物中の ⁷Be、¹³⁴Cs 及び ¹³⁷Cs の分析結果 (平均値、最小値及び最大値) を平成 24 年度から平成 28 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/m³

核 種	平均値、最小値、 最大値	平成 24～平成 28 年度	平成 29 年度分析分
⁷ Be	平均値 最小値～最大値	3.4 1.3 ～ 6.4	3.6 1.8 ～ 5.3
¹³⁴ Cs	平均値 最小値～最大値	0.014 ND(-0.0057) ～ 0.12	0.0016 ND(-0.0043 ～ 0.0076)
¹³⁷ Cs	平均値 最小値～最大値	0.028 ND(0.0019) ～ 0.18	0.0080 ND(0.0036) ～ 0.015

表 2-2-2 過去の調査結果との比較(降下物)

単位:MBq/km²

核 種	平均値、最小値、 最大値	平成 24～平成 28 年度	平成 29 年度分析分
⁷ Be	平均値 最小値～最大値	100 33 ～ 320	95 25 ～ 330
¹³⁴ Cs	平均値 最小値～最大値	2.9 0.12 ～ 19	0.18 0.059 ～ 0.60
¹³⁷ Cs	平均値 最小値～最大値	5.3 0.58 ～ 34	1.2 0.51 ～ 3.5

平成 29 年度における大気浮遊じん中の ⁷Be 濃度は 1.8～5.3mBq/m³、¹³⁴Cs 濃度は ND(-0.0043～0.0076mBq/m³)、¹³⁷Cs 濃度は ND(0.0036)～0.015mBq/m³であった。⁷Be 濃度については、過去 5 年間(平成 24 年度から平成 28 年度まで)の調査結果の変動(1.3～6.4 mBq/m³)の範囲内であり、夏季に低くなる傾向が見られた。大気浮遊じん中の ¹³⁴Cs 及び ¹³⁷Cs については、平成 23 年 3 月以前の 5 年間(平成 18 年 2 月～23 年 2 月)は検出されたことはない。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、¹³⁷Cs に比べて半減期が短い ¹³⁴Cs(半減期 2.07 年)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た。

平成 29 年度における降下物中の ⁷Be 降下量は 25～330MBq/km²、¹³⁴Cs 降下量は 0.059～0.60MBq/km²、¹³⁷Cs 降下量は 0.51～3.5MBq/km²であった。⁷Be 降下量については、平成 29 年 10 月採取分のみ、過去 5 年間(平成 24 年度から平成 28 年度まで)の調査結果の変動(33～320 MBq/km²)の範囲外であった。平成 29 年 10 月の ⁷Be 降下量(330 MBq/km²)は、過去 5 年間の最大値(320 MBq/km²)を超過したが、同月の降水量は 441.5mm と多く、雨滴とともに大気中の ⁷Be が降下したため、過去 5 年間の最大値を超過したと考えられる。

降下物中の ¹³⁴Cs 及び ¹³⁷Cs については、平成 23 年 3 月以前の 5 年間(平成 18 年 2 月～23 年 2 月)は同時に検出されたことはない。東京電力福島第一原子力発電所事故時の放射能比を 1 とした ¹³⁴Cs/¹³⁷Cs 放射能比は物理的半減期のみを考慮すると、平成 29 年 2 月末時点で 0.15、平成 30 年 1 月末時点で 0.12 となる。今

回の結果から計算した $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比は 0.098～0.19 であった。これらの放射能比の推移の結果からも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。降下物中の ^{134}Cs 及び ^{137}Cs は年々減少傾向を示している。

平成 23 年度から平成 29 年度までの大気浮遊じん中の ^7Be 、 ^{134}Cs 及び ^{137}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 ^7Be 、 ^{134}Cs 及び ^{137}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。

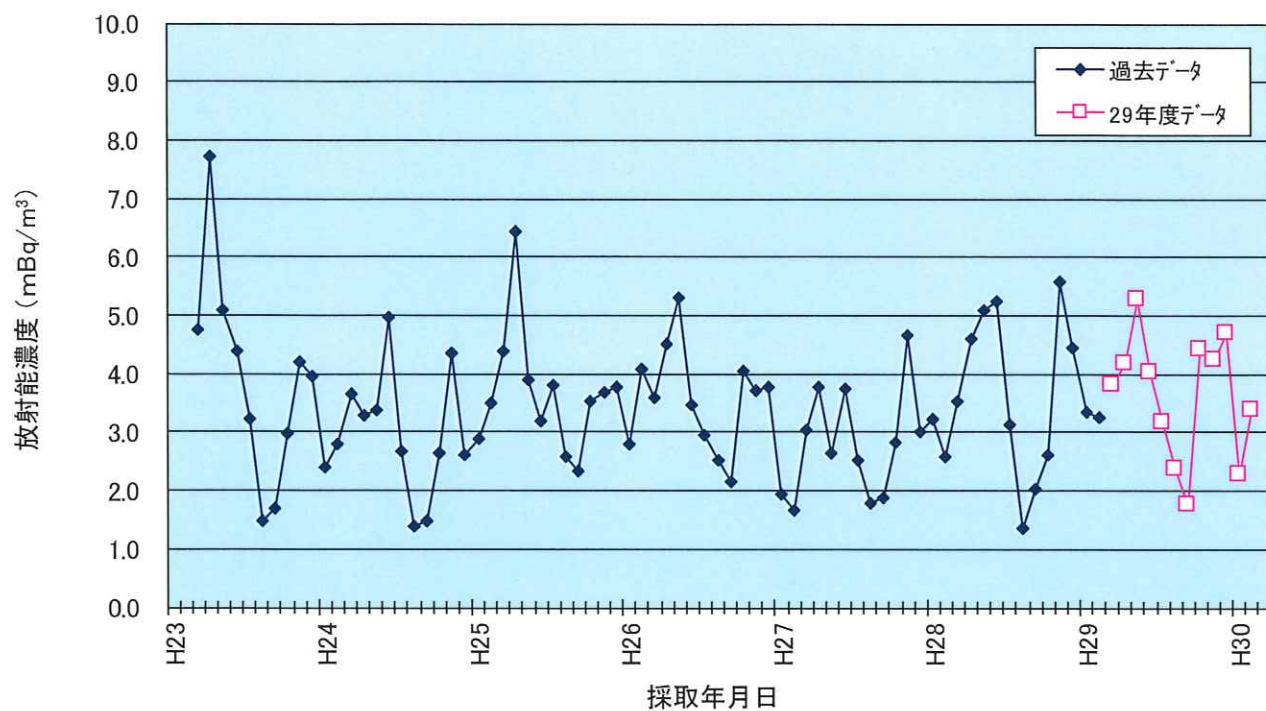


図2-2-1 大気浮遊じん中の⁷Be濃度

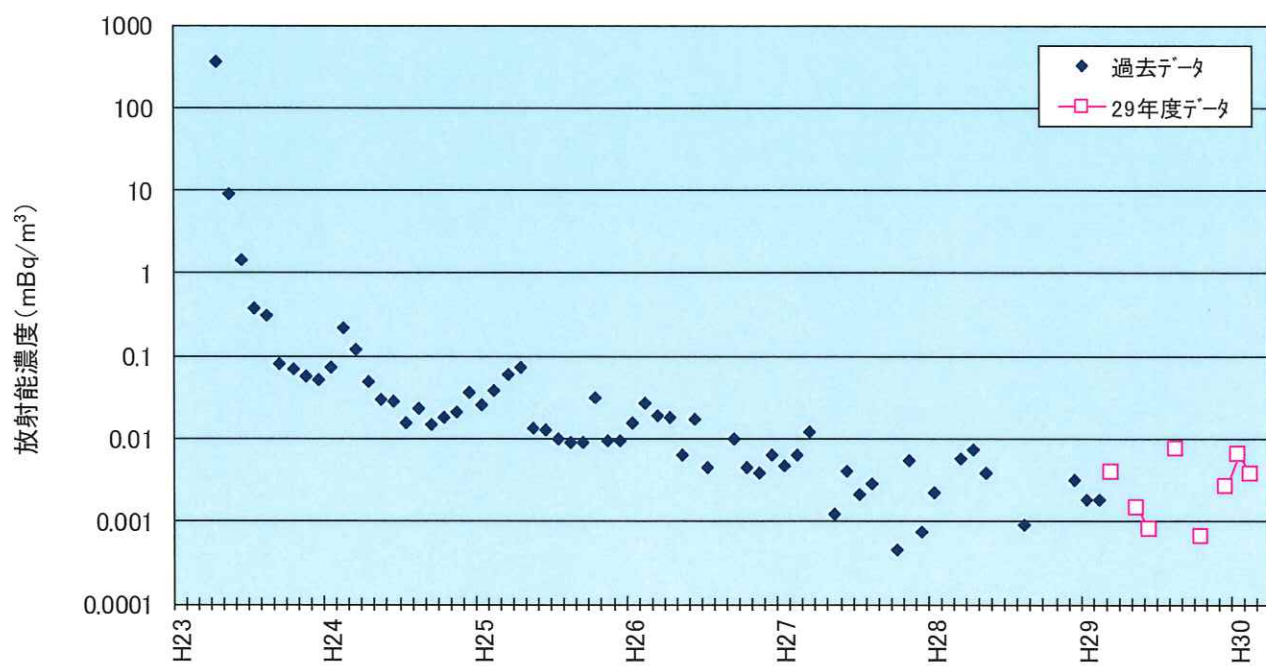


図2-2-2 大気浮遊じん中の¹³⁴Cs濃度

注) ¹³⁴Cs 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

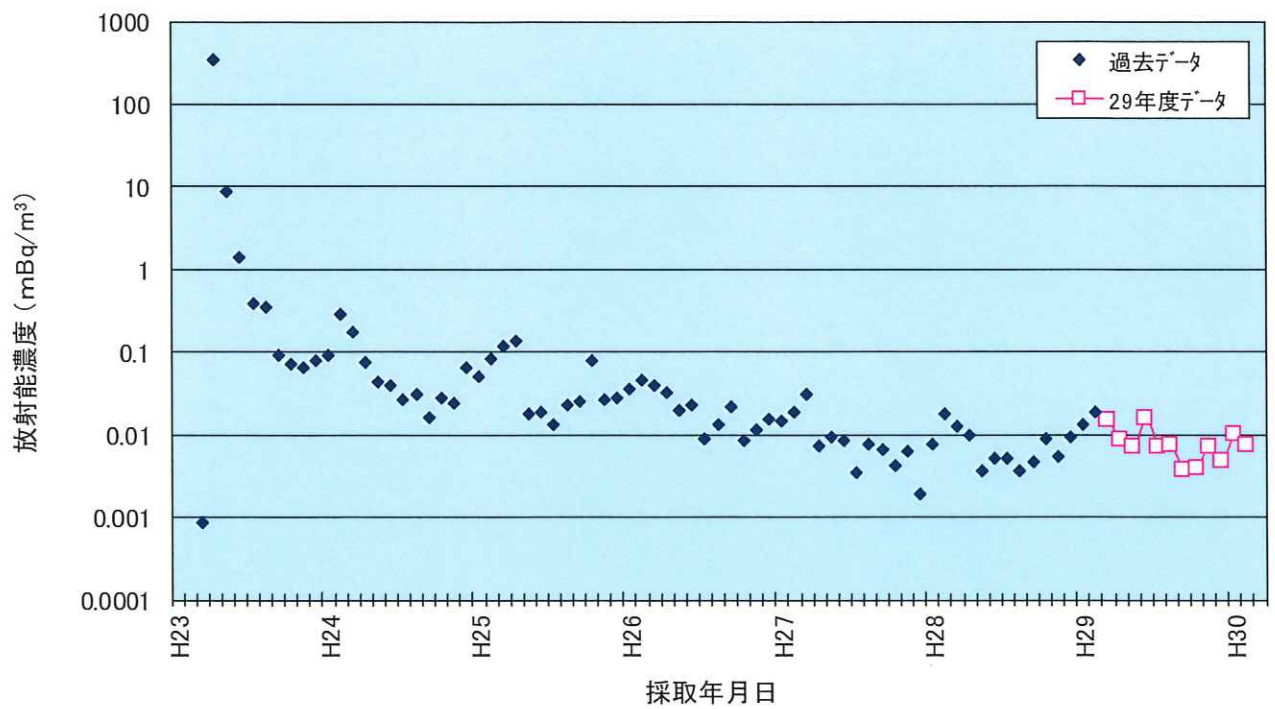


図2-2-3 大気浮遊じん中の¹³⁷Cs濃度

注) ¹³⁷Cs 濃度の結果は不検出のものを含む

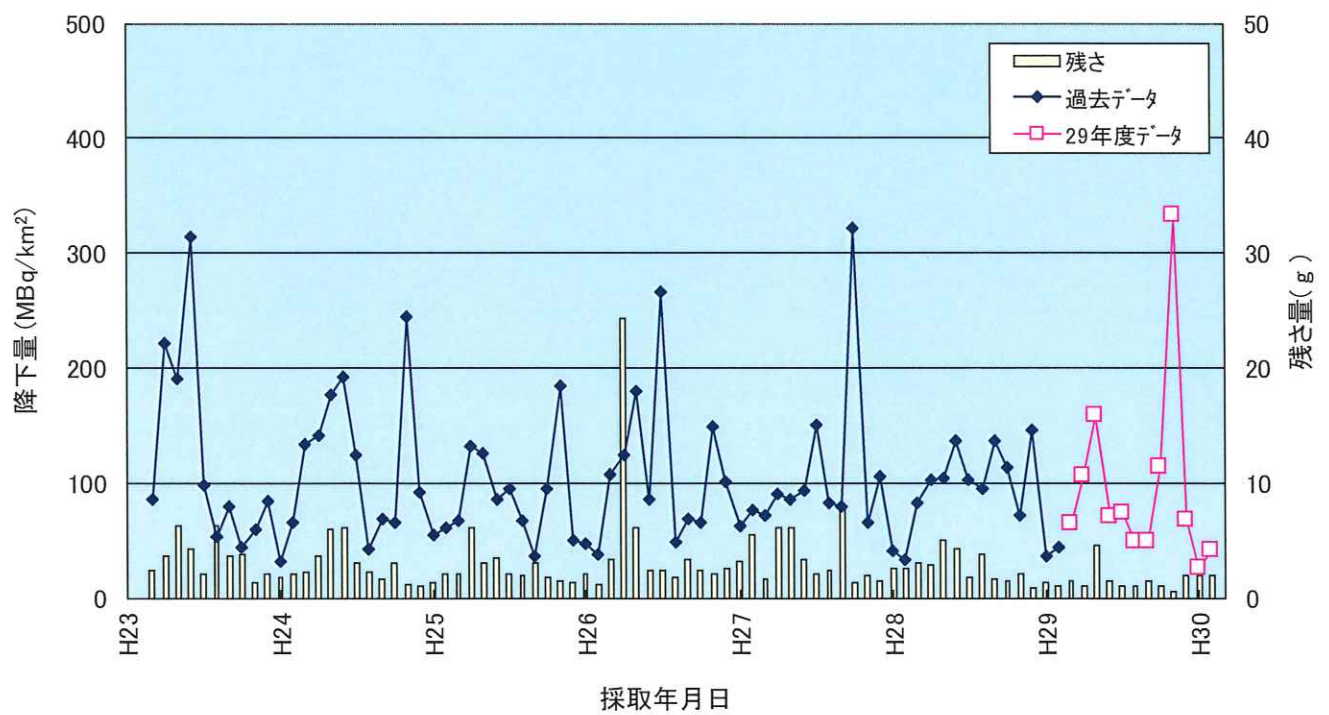


図2-2-4 降下物中の⁷Be降下量

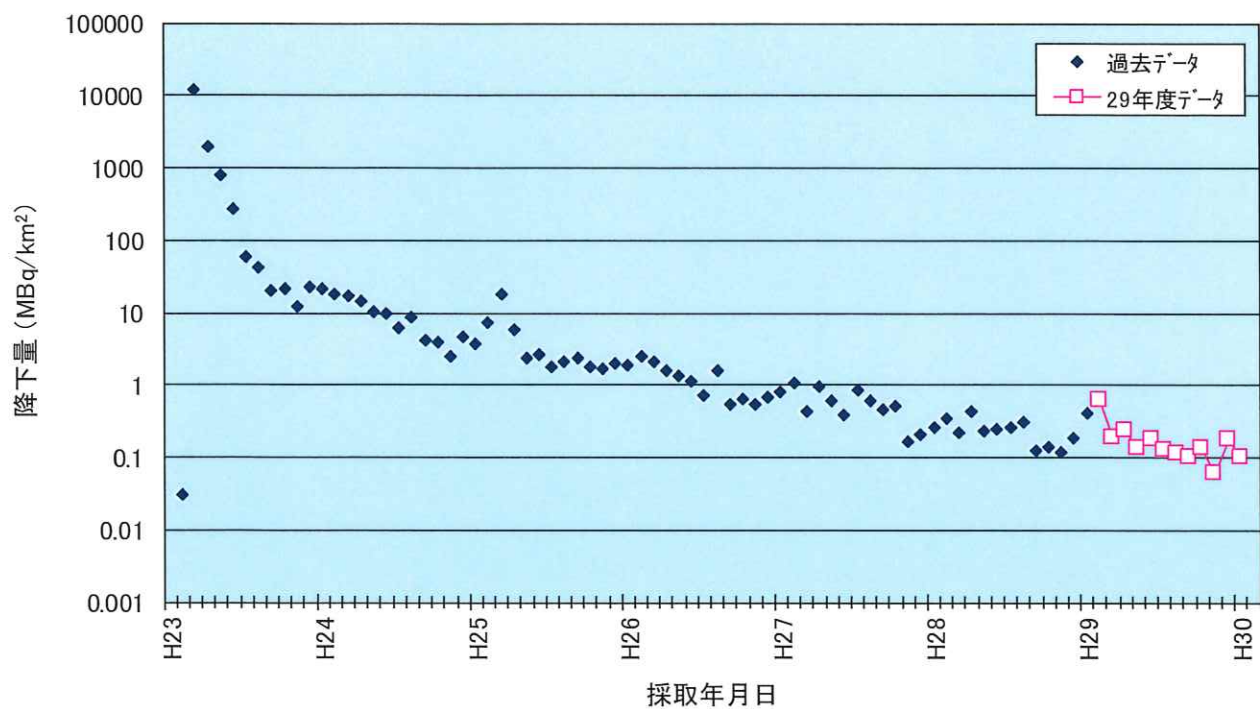


図2-2-5 降下物中の ^{134}Cs 降下量

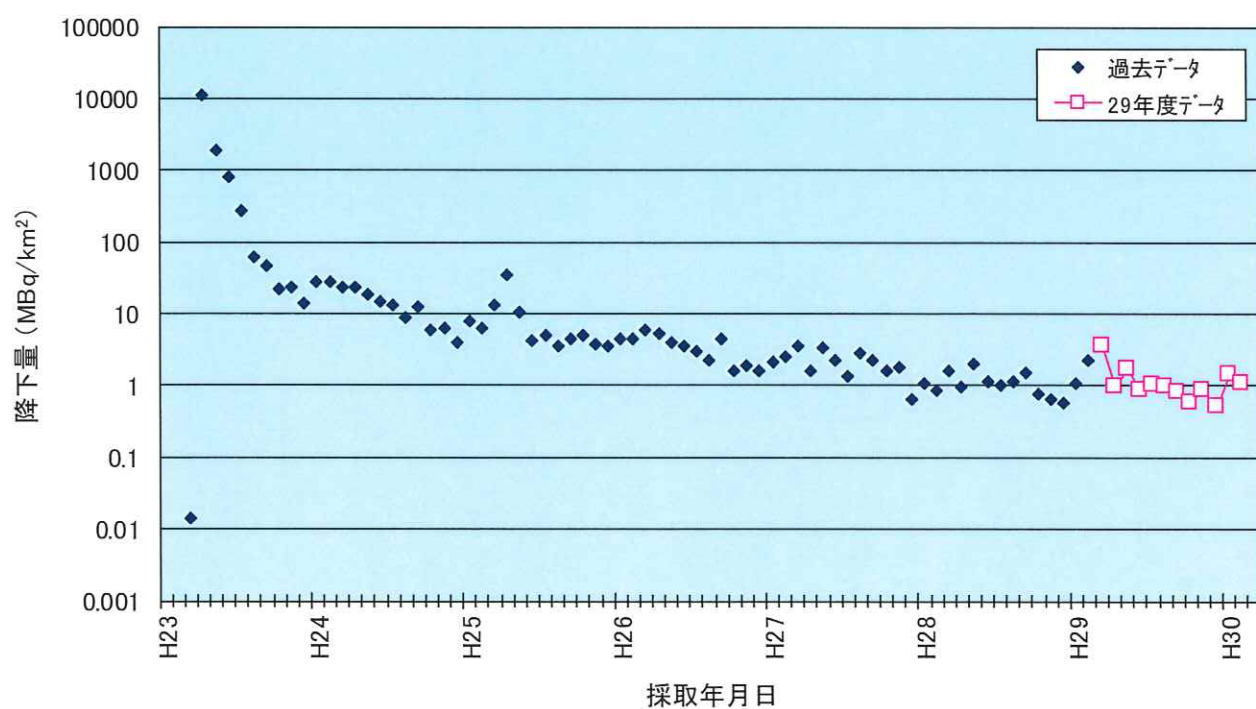


図2-2-6 降下物中の ^{137}Cs 降下量

2.2.2 大気浮遊じんの高感度分析

(1) 概要

近年の大気浮遊じんの測定結果 (^{90}Sr 、 ^{134}Cs) は不検出 (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、大容量エアサンプラ (SNOW WHITE) を用いて、大気試料の採取量を大幅に増やし、超低レベルの分析・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 2-2-7 参照) にガラス繊維ろ紙 (570mm×460mm) を装着して、680m³/h の流量で約 3.5 日間の大気を連続吸引し、約 57000m³ の大気浮遊じんをろ紙上に捕集した (図 2-2-8 参照)。捕集後のろ紙は専用のプレス機 (図 2-2-9 参照) 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。なお、平成 29 年 4 月 10 日採取分より ^{134}Cs の検出下限値を下げるため、ろ紙を 2 枚 (7 日間の大気) 重ねて整形し、測定試料とした。



図 2-2-7 大容量エアサンプラ



図 2-2-8 捕集後の大気浮遊じん



図 2-2-9 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γ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}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 Evaluated Nuclear Structure Data File, NNDC, Brookhaven（2016年1月）（<http://www.nndc.bnl.gov/ensdf/>）に従った。

(4) 結果と考察

大気浮遊じん中の ^7Be 、 ^{134}Cs 及び ^{137}Cs の分析結果（平均値、最小値及び最大値）を表2-2-3に、経時変化を図2-2-10、図2-2-11及び図2-2-12に示す。

表2-2-3 大容量エアサンプラによる調査結果

単位：mBq/m³

核 種	平均値、最小値、最大値	集じん期間 平成29年2月2日～平成30年1月29日
^7Be	平均値 最小値～最大値	4.3 0.82 ～ 8.1
^{134}Cs	平均値 最小値～最大値	0.0011 ND ～ 0.0047
^{137}Cs	平均値 最小値～最大値	0.0067 0.0018 ～ 0.029

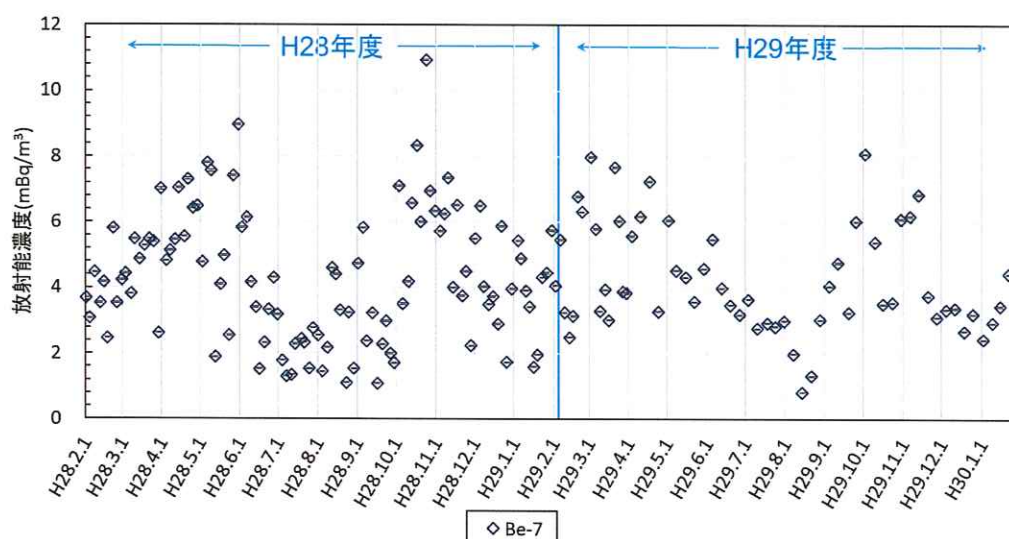


図2-2-10 大気浮遊じん中の ^7Be 濃度

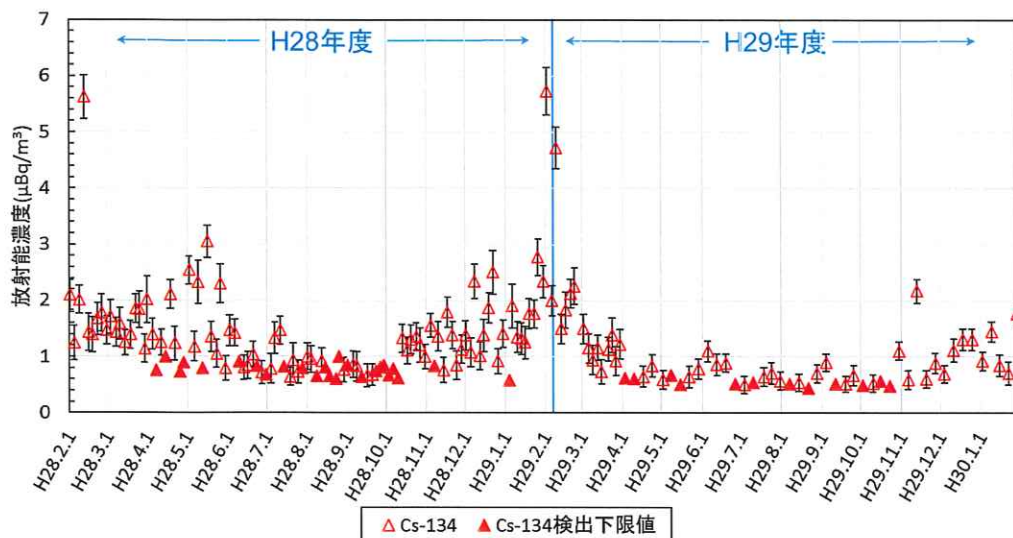


図 2-2-11 大気浮遊じん中の ^{134}Cs 濃度

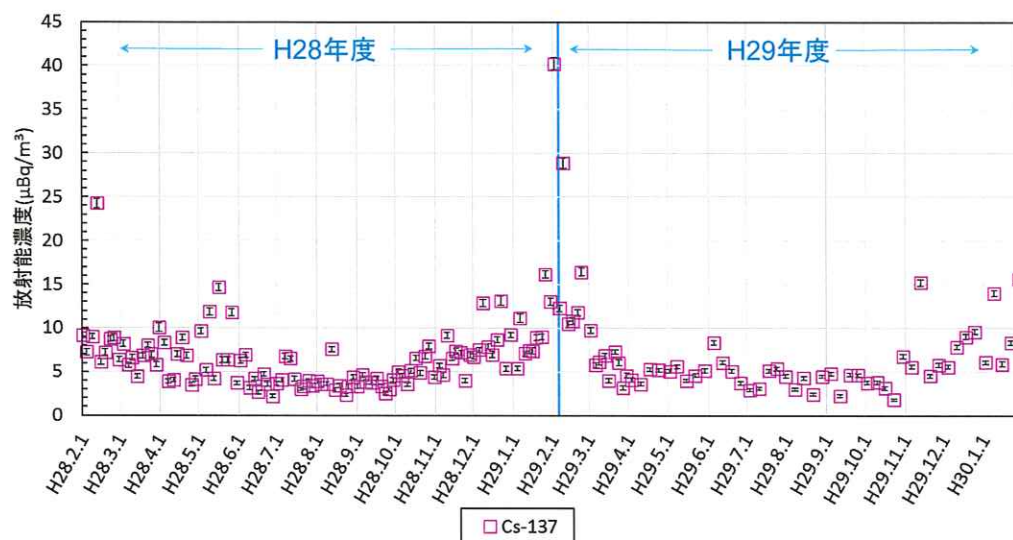


図 2-2-12 大気浮遊じん中の ^{137}Cs 濃度

大容量エアサンプラによる大気浮遊じん中の ^7Be 濃度は、 $0.82 \sim 8.1 \text{ mBq/m}^3$ 、 ^{134}Cs 濃度は $\text{ND} \sim 0.0047 \text{ mBq/m}^3$ 、 ^{137}Cs 濃度は $0.0018 \sim 0.029 \text{ mBq/m}^3$ であった。

表 2-2-1 に示したロウボリウム・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が、捕集期間が 1 週間と時間分解能に優れているため、短期的な変動を把握することが可能となり、結果として濃度の変動幅が広がっている。特にロウボリウム・エアサンプラを用いての大気浮遊じんでは、 ^{134}Cs が平成 26 年 6 月以降不検出、 ^{137}Cs も平成 29 年度の大半の調査結果が不検出であったが、大容量エアサンプラによる調査結果は、大半の試料から ^{134}Cs が検出され ^{137}Cs は全ての試料から検出された。ロウボリウム・エアサンプラと比較して、大気導入量を約 40 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}Cs 及び ^{137}Cs を検出することが可能となっ

た。

平成 29 年度も平成 28 年度と同様に、4 月～10 月の間で ^{134}Cs 濃度及び ^{137}Cs 濃度の低下が見られた。

平成 29 年 2 月（採取期間：平成 29 年 2 月 6 日～2 月 9 日、平成 29 年 2 月 20 日～2 月 23 日）に、 ^{134}Cs 濃度、 ^{137}Cs 濃度が高い値で観測された。図 2-2-13 及び図 2-2-14 に、上記採取期間における風速と湿度の経時変化を示す。比較対照として、 ^{134}Cs が不検出であった採取期間（平成 29 年 3 月 30 日～4 月 3 日）における風速と湿度の経時変化を図 2-2-15 に示した。



図 2-2-13 風速と湿度の経時変化
（平成 29 年 2 月 6 日～2 月 9 日）



図 2-2-14 風速と湿度の経時変化
（平成 29 年 2 月 20 日～2 月 23 日）



図 2-2-15 風速と湿度の経時変化（比較対照）
（平成 29 年 3 月 30 日～4 月 3 日）

※風力階級 4：ビューフォート風力階級表における 5 段目の階級（階級は 0～12 段ある）
（地表物の状態として、砂埃がたち、紙片が舞い上がる。小枝が動く。）
気象庁 web ページより引用

図 2-2-13、図 2-2-14 及び図 2-2-15 より、 ^{134}Cs 濃度及び ^{137}Cs 濃度が高い採取期間において、風速が 5.5 m/秒（ビューフォート風力階級表における風力階級 4）以上の時間帯が認められ、湿度も低い傾向が認められた。一方、比較対照として示した ^{134}Cs が検出されなかった採取期間では、全体的に風速が低く、湿度が高

い傾向を示していた。このことから、 ^{134}Cs 濃度及び ^{137}Cs 濃度が高くなった原因として、湿度が低く、風速が高いことによる土壌からの舞い上がりによるものと推測することができる。

平成 29 年 11 月（採取期間：平成 29 年 11 月 6 日～11 月 13 日）に、前後の週の測定結果と比較して若干高い ^{134}Cs 濃度及び ^{137}Cs 濃度が観測された。同期間に朝鮮半島で黄砂が観測されていたことから、大気中の浮遊粒子状物質（SPM）との関係を考察した。図 2-2-16 に、上記採取期間における風速、湿度及び SPM の経時変化を示す。比較対照として、 ^{134}Cs が不検出であった採取期間（平成 29 年 8 月 14 日～8 月 21 日）における風速、湿度及び SPM の経時変化を図 2-2-17 に示した。

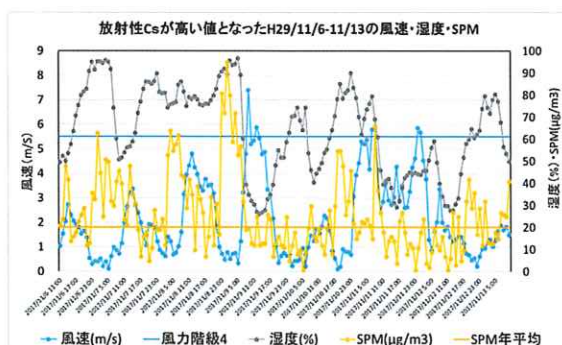


図 2-2-16 風速、湿度及び SPM の経時変化
(平成 29 年 11 月 6 日～11 月 13 日)

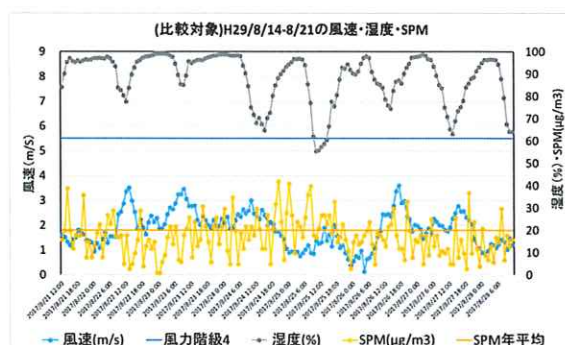


図 2-2-17 風速、湿度及び SPM 経時変化
(平成 29 年 8 月 14 日～8 月 21 日)

同期間において SPM 濃度が高いことを確認したが、 ^{134}Cs の検出と $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比を考慮すると黄砂による影響と結論付けるまでには至らなかった。

2.2.3 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 2-2-4 に示す。

表 2-2-4 粉乳の測定結果

単位：Bq/kg

		今回の調査結果	参考①※ ¹	参考②※ ²
全体	¹³⁷ Cs	不検出 ～ 1.2	不検出 ～ 1.2	不検出 ～ 10
	⁴⁰ K	150 ～ 500	140 ～ 540	150 ～ 540
	¹³⁴ Cs	不検出	不検出 ～ 0.39	不検出 ～ 0.34
ドライミルク	¹³⁷ Cs	不検出 ～ 0.12	不検出 ～ 0.51	不検出 ～ 0.79
	⁴⁰ K	150 ～ 240	140 ～ 240	150 ～ 240
	¹³⁴ Cs	不検出	不検出	不検出
スキムミルク	¹³⁷ Cs	0.50 ～ 1.2	0.67 ～ 1.2	0.67 ～ 10
	⁴⁰ K	420 ～ 500	420 ～ 540	420 ～ 540
	¹³⁴ Cs	不検出	不検出 ～ 0.39	不検出 ～ 0.34

※¹：平成 25 年度～平成 28 年度の粉乳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 24 年度から平成 28 年度)である。

(4) まとめ

平成 29 年度に購入した粉乳及び脱脂粉乳の ¹³⁷Cs 濃度は、全国の測定結果や、平成 25～28 年度に購入した同一製品の測定結果と同程度であった。¹³⁴Cs は、全ての試料で不検出であった。

2.3 トリチウム分析

2.3.1 月間降水中のトリチウム分析

(1) 概要

国内 4 か所（青森県、福島県、千葉県、京都府）に設置した降水採取装置を用いて、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。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、電解セルに入れ電気分解した。電気分解終了後、再び蒸留を行い、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。

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	日本分析センター むつ分析科学研究所	213
福島県 福島市	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
京都府 京都市	京都府保健環境研究所	213

注) 京都府は平成 29 年 12 月 18 日より採取開始

(2) 結果と考察

平成 29 年 2 月から平成 30 年 1 月に、むつ市で採取された月間降水のトリチウム濃度は、0.35～0.86 Bq/L（平均値 0.53 Bq/L）であり、月間降下量（単位面積あたりのトリチウム量）は、32～93 Bq/m²（平均値 60 Bq/m²）であった。また、福島市で採取された月間降水のトリチウム濃度は、0.21～0.71 Bq/L（平均値 0.45 Bq/L）であり、月間降下量は、5.4～91 Bq/m²（平均値 43 Bq/m²）であった。むつ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、福島市の月間降水中のトリチウム濃度及び降下量を図 2-3-2 に示す。むつ市及び福島市については、採取を平成 27 年 12 月よ

り開始したため、まだデータ数が少ない。今後もデータを蓄積して傾向等を注視していく。

千葉市で採取された月間降水のトリチウム濃度は、0.18～0.57 Bq/L（平均値 0.28 Bq/L）であり、月間降下量は 3.6～119 Bq/m²（平均値 28 Bq/m²）であった。この値は、過去 5 年間（平成 24 年度～平成 28 年度）の調査結果（0.11～0.69 Bq/L、9.1～170 Bq/m²）と同程度あった。千葉市の月間降水中のトリチウム濃度及び降下量を図 2-3-3 に示す。

平成 29 年 12 月より採取を開始した京都市で採取された月間降水のトリチウム濃度は、0.26, 0.34 Bq/L であり、月間降下量は、6.8, 20 Bq/m² であった。京都市の月間降水中のトリチウム濃度及び降下量を図 2-3-4 に示す。京都市もデータを蓄積して今後の傾向等を注視していく。

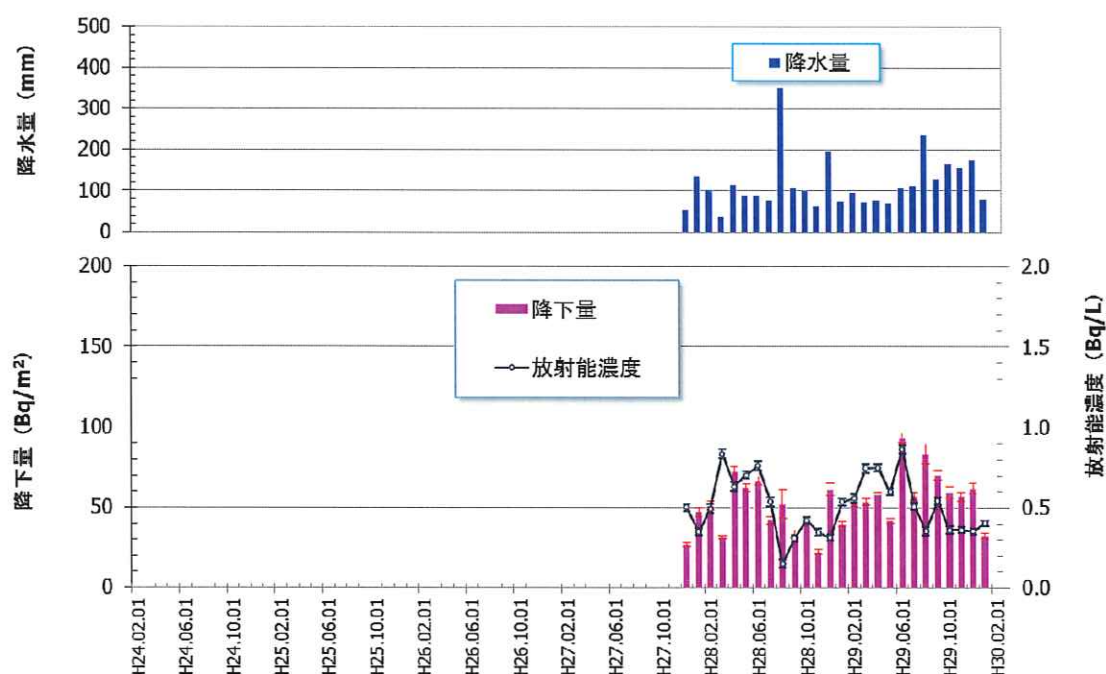


図 2-3-1 月間降水中のトリチウム濃度及び降下量（むつ市）

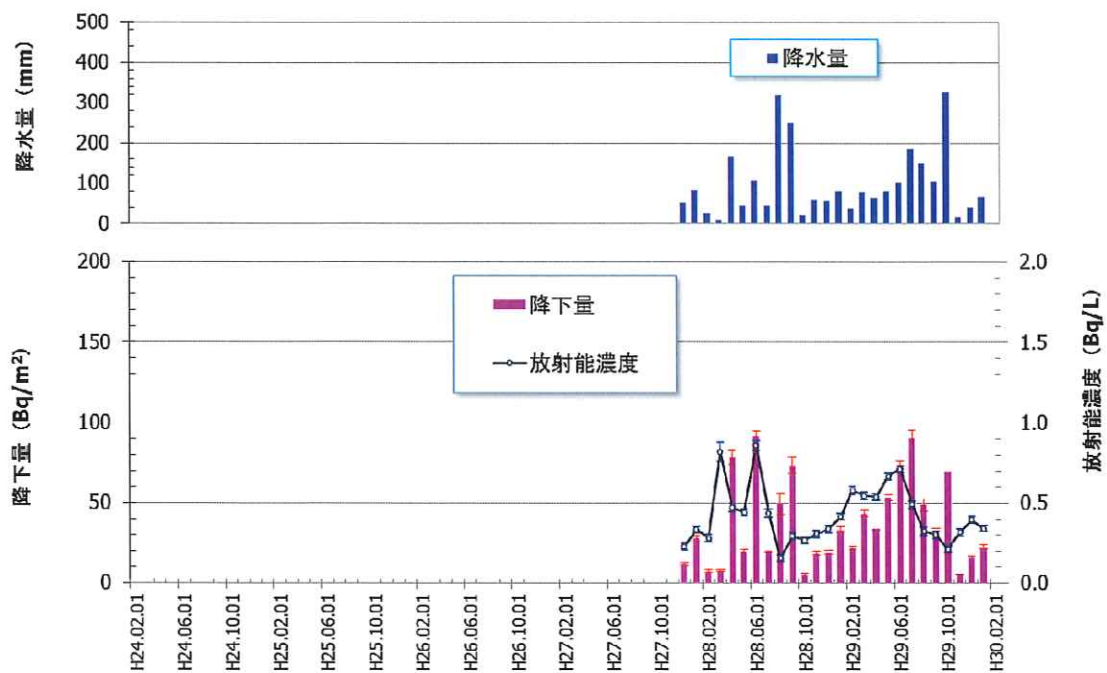


図 2-3-2 月間降水中のトリチウム濃度及び降下量（福島市）

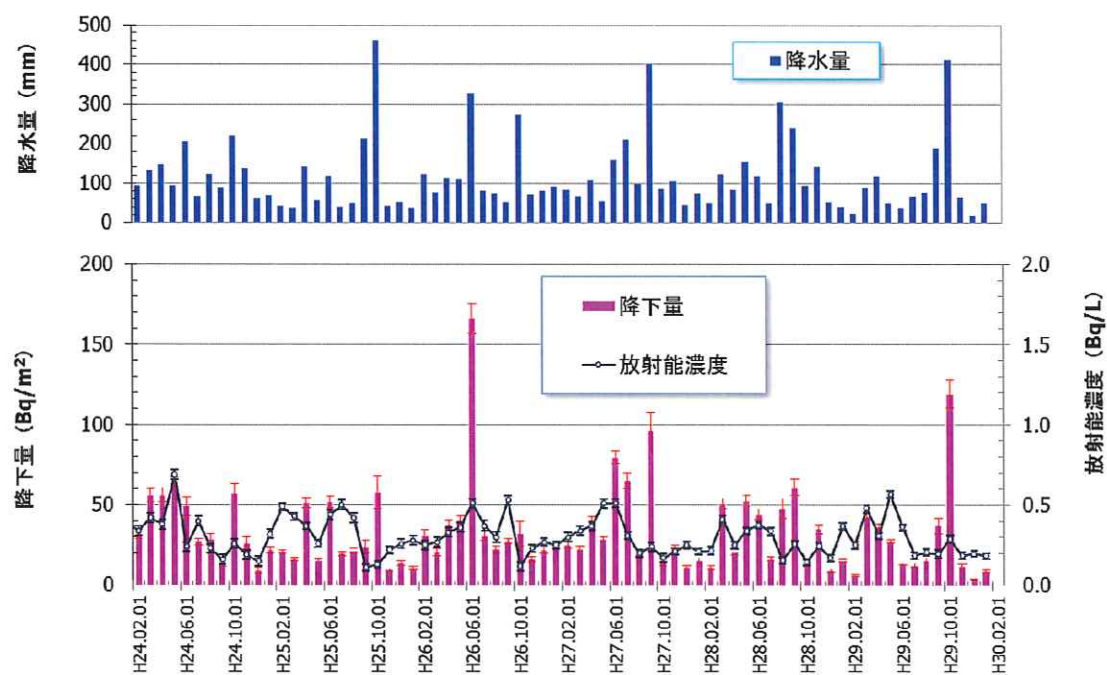


図 2-3-3 月間降水中のトリチウム濃度及び降下量（千葉市）



図 2-3-4 月間降水中のトリチウム濃度及び降下量（京都市）

2.3.2 生物試料中のトリチウム分析

(1) 概要

国内 3 地域（北海道、東北、関東）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と、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（有機結合型トリチウム）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き、非交換型の有機結合型トリチウムの試料とした。非交換型有機結合型トリチウム試料は燃焼して燃焼生成水を回収し、還流及び蒸留を行った。蒸留後の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、同様に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 29 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、昨年度までと同様に組織自由水に比べると非交換型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野菜及び精米は、放射能濃度が北海道は僅かに高い傾向を示した。

表 2-3-2 生物試料中のトリチウム分析結果 (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
コンプ	北海道	余市町	< 0.40	< 0.39
アカモク	秋田県	男鹿市船川港	< 0.36	< 0.32
アラメ	千葉県	御宿町岩和田漁港沖	< 0.39	< 0.34
キャベツ	北海道	恵庭市	0.71 ± 0.13	< 0.39
	秋田県	秋田市	0.38 ± 0.12	< 0.38
	千葉県	銚子市	< 0.52	0.40 ± 0.13
精米	北海道	石狩市	0.87 ± 0.12	0.42 ± 0.11
	秋田県	秋田市	0.50 ± 0.12	< 0.33
	千葉県	千葉市緑区	0.62 ± 0.12	< 0.33

注) 測定値が計数誤差の3倍を超えたもののみ示し、3倍未満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 28 年度に自治体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}Sr の分析結果を以下にまとめた。また、平成 29 年度に分析した環境試料（平成 29 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}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 2-4-2 に示す。

1) 大気浮遊じん

自治体で四半期毎に採取した試料及び分析センターで月 1 回採取した試料

^{90}Sr : 0.00052 (0 ~ 0.0052) mBq/m³ n=204

2) 降 下 物

自治体及び分析センターにおける月間降下物

^{90}Sr : 0.014 (0 ~ 0.37) MBq/km² n=584

3) 陸 水

自治体で年 1 回採取した上水（源水、蛇口水）及び淡水

上 水

^{90}Sr : 0.84 (0 ~ 1.8) mBq/L n= 56

淡 水

^{90}Sr : 1.0 (0 ~ 2.4) mBq/L n= 10

4) 土 壌

自治体で年 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}Sr : 41 (1.5 ~ 190) MBq/km² n= 49
1.3 (0.046 ~ 5.6) Bq/kg 乾土

5 ~ 20 cm

^{90}Sr : 110 (0 ~ 470) MBq/km² n= 49
1.0 (0 ~ 5.8) Bq/kg 乾土

5) 精 米

自治体で年1回採取した試料				
^{90}Sr	:	0.0053 (0 ~ 0.015)	Bq/kg 生	n= 31
		0.12 (0 ~ 0.33)	Bq/gCa	
6) 野菜類				
自治体で年1~2回採取した試料 (根菜類、葉菜類)				
根菜類 (主にダイコン)				
^{90}Sr	:	0.041 (0.00073 ~ 0.16)	Bq/kg 生	n= 41
		0.16 (0.0044 ~ 0.80)	Bq/gCa	
葉菜類 (主にホウレンソウ)				
^{90}Sr	:	0.044 (0 ~ 0.38)	Bq/kg 生	n= 41
		0.039 (0 ~ 0.15)	Bq/gCa	
7) 茶				
自治体で年1~2回採取した試料				
^{90}Sr	:	0.20 (0.021 ~ 0.94)	Bq/kg	n= 19
		0.091 (0.031 ~ 0.37)	Bq/gCa	
8) 牛乳 (原乳)				
自治体で年1~3回採取した試料				
^{90}Sr	:	0.010 (0 ~ 0.020)	Bq/L	n= 39
		0.0089 (0 ~ 0.018)	Bq/gCa	
9) 粉乳				
分析センターが年2回購入した試料				
^{90}Sr	:	0.069 (0.0018 ~ 0.22)	Bq/kg 粉乳	n= 12
		0.0073 (0.0004 ~ 0.017)	Bq/gCa	
10) 淡水産生物				
自治体で年1回採取した試料				
^{90}Sr	:	0.083 (0.0028 ~ 0.37)	Bq/kg 生	n= 9
		0.028 (0.010 ~ 0.051)	Bq/gCa	
11) 海水				
自治体で年1~2回採取した試料				
^{90}Sr	:	0.88 (0.64 ~ 1.1)	mBq/L	n= 15
12) 海底土				
自治体で年1~2回採取した試料				
^{90}Sr	:	0.072 (0 ~ 0.15)	Bq/kg 乾土	n= 15
13) 海産生物				
自治体で年1~2回採取した試料 (魚類、貝類、藻類)				
魚類				
^{90}Sr	:	0.0053 (0 ~ 0.015)	Bq/kg 生	n= 22
		0.011 (0 ~ 0.055)	Bq/gCa	
貝類				
^{90}Sr	:	0.0031 (0 ~ 0.0089)	Bq/kg 生	n= 12
		0.0092 (0 ~ 0.054)	Bq/gCa	
藻類				
^{90}Sr	:	0.017 (0.0007 ~ 0.045)	Bq/kg 生	n= 12
		0.017 (0.0009 ~ 0.033)	Bq/gCa	

平成 28 年度採取分における各種試料中の ^{90}Sr 濃度は、過去 5 年間(平成 23 年度から平成 27 年度まで)の調査結果とほぼ同程度であった。

ただし、下表に示した試料では、過去 5 年間の最大値を超えたものの、過去 20 年間の変動の範囲と同程度または範囲内であった。なお、各種食品試料のうち秋田県ダイコン及びキャベツについては、採取地点が変更されていた。また、福島県(大熊町)の降下物試料を除いて、分析結果には東京電力福島第一原子力発電所事故の影響は見られなかった。

県名	試料	^{90}Sr 濃度	過去 5 年間の ^{90}Sr 変動の範囲	過去 20 年間の ^{90}Sr 変動の範囲	単位
北海道	降下物 5 月分	0.082 ± 0.018	ND $\sim$ 0.038	ND $\sim$ 0.30	MBq/km ²
北海道	源水	0.95 ± 0.11	0.64 $\sim$ 0.83	0.64 $\sim$ 1.7	mBq/L
福岡	源水	1.4 ± 0.12	0.87 $\sim$ 1.3	0.87 $\sim$ 2.1	mBq/L
宮城	蛇口水	0.77 ± 0.089	0.69 $\sim$ 0.70	0.56 $\sim$ 2.1	mBq/L
山梨	蛇口水	0.82 ± 0.086	0.53 $\sim$ 0.79	0.53 $\sim$ 1.4	mBq/L
長野	淡水	0.75 ± 0.097	0.33 $\sim$ 0.60	0.33 $\sim$ 0.94	mBq/L
宮城	土壌 0-5 cm	2.2 ± 0.18	0.99 $\sim$ 1.6	0.99 $\sim$ 2.8	Bq/kg 乾土
大阪	土壌 0-5 cm	0.37 ± 0.077	ND $\sim$ 0.33	ND $\sim$ 1.3	Bq/kg 乾土
岡山	土壌 0-5 cm	0.80 ± 0.11	0.57 $\sim$ 0.78	ND $\sim$ 1.3	Bq/kg 乾土
広島	土壌 0-5 cm	0.61 ± 0.11	ND $\sim$ 0.42	ND $\sim$ 0.83	Bq/kg 乾土
長崎	土壌 0-5 cm	0.86 ± 0.12	0.47 $\sim$ 0.66	0.47 $\sim$ 3.0	Bq/kg 乾土
福島	土壌 5-20 cm	2.1 ± 0.18	0.97 $\sim$ 1.9	0.69 $\sim$ 5.7	Bq/kg 乾土
広島	土壌 5-20 cm	1.0 ± 0.13	0.32 $\sim$ 0.99	0.31 $\sim$ 1.9	Bq/kg 乾土
宮崎	土壌 5-20 cm	0.52 ± 0.091	0.33 $\sim$ 0.43	0.33 $\sim$ 1.3	Bq/kg 乾土
秋田	ダイコン	0.14 ± 0.015	ND $\sim$ 0.13	ND $\sim$ 0.13	Bq/kg 生
千葉	ダイコン	0.16 ± 0.016	0.030 $\sim$ 0.15	0.030 $\sim$ 0.22	Bq/kg 生
福井	ダイコン	0.039 ± 0.0084	ND	ND $\sim$ 0.12	Bq/kg 生
静岡 (御殿場市)	ダイコン	0.077 ± 0.012	ND $\sim$ 0.046	ND $\sim$ 0.12	Bq/kg 生
滋賀	ダイコン	0.12 ± 0.014	0.062 $\sim$ 0.11	ND $\sim$ 0.20	Bq/kg 生
佐賀	ダイコン	0.036 ± 0.0079	ND $\sim$ 0.025	ND $\sim$ 0.12	Bq/kg 生

県名	試料	^{90}Sr 濃度	過去 5 年間の ^{90}Sr 変動の範囲	過去 20 年間の ^{90}Sr 変動の範囲	単位
鹿児島	ダイコン	0.062 ± 0.0097	ND～0.060	ND～0.13	Bq/kg 生
秋田	キャベツ	0.14 ± 0.015	ND～0.054	ND～0.31	Bq/kg 生
愛媛	ハウレンソウ	0.064 ± 0.0098	ND～0.032	ND～0.13	Bq/kg 生
佐賀	ハウレンソウ	0.041 ± 0.0084	ND～0.034	ND～0.11	Bq/kg 生
宮崎	ハウレンソウ	0.058 ± 0.0095	0.030～0.049	0.030～0.27	Bq/kg 生
長野	ワカサギ	0.054 ± 0.0096	0.035～0.050	0.035～0.12	Bq/kg 生
三重 (多気郡大台町)	茶	0.23 ± 0.042	0.12～0.18	ND～0.35	Bq/kg 乾物
秋田	アカモク	0.045 ± 0.0095	ND～0.041	ND～0.065	Bq/kg 生

なお、福島県は、平成 28 年度の海産生物（魚類）を採取していない。

平成 29 年度採取試料のうち、平成 29 年度中に分析を行った各種試料中の ^{90}Sr 濃度は、過去 5 年間(平成 24 年度から平成 28 年度まで)の調査結果とほぼ同程度であった。

ただし、下表に示した試料では、過去 5 年間の最大値を超えたものの、過去 20 年間の変動の範囲と同程度または範囲内であった。なお、各種食品試料のうち茶については、京都（宇治市）と鹿児島（薩摩郡さつま町）の試料で試料情報（品種）が変更されていた。また、今回分析した試料において、分析結果は概ね過去の結果の範囲内であり東京電力福島第一原子力発電所事故の影響は見られなかった。

県名	試料	^{90}Sr 濃度	過去 5 年間の ^{90}Sr 変動の範囲	過去 20 年間の ^{90}Sr 変動の範囲	単位
宮城	蛇口水	0.79 ± 0.084	0.69～0.77	0.56～1.7	mBq/L
宮城	土壌 5-20 cm	1.1 ± 0.14	0.56～0.93	0.56～1.7	Bq/kg 乾土
山形	土壌 5-20 cm	1.4 ± 0.14	0.70～1.1	0.70～2.0	Bq/kg 乾土
京都 (宇治市)	茶 (やぶきた→さえみどり)	1.1 ± 0.08	0.23～0.47	0.12～0.98	Bq/kg 乾物
鹿児島 (薩摩郡さつま町)	茶 (やぶきた→やぶきた+おくみどり)	0.16 ± 0.033	ND～0.15	ND～0.56	Bq/kg 乾物
千葉	A (スキムミルク)	0.14 ± 0.017	0.078～0.12	0.078～0.36	Bq/kg 粉乳

(3) 大気浮遊じんの高感度分析

近年の大気浮遊じんの測定結果は ^{90}Sr 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、大容量エアサンプラ(SNOW WHITE)を用いて、大気試料の採取量を大幅に増やし、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)に準じた方法で分析・測定を行った。結果を表2-4-1に示す。分析センターにおいて採取された大気浮遊じん中の ^{90}Sr 濃度は $0.000012 \pm 0.000019 \sim 0.000087 \pm 0.000018\text{mBq/m}^3$ であった。分析した12試料のうち9試料で ^{90}Sr が有意に検出されており、大容量エアサンプラによって大気浮遊じん中の ^{90}Sr 濃度をより正確に把握することができた。

表2-4-1 大気浮遊じんの高感度分析(^{90}Sr)結果

試料	採取開始日 採取終了日	吸引量 (m^3)	^{90}Sr	
			測定年月日	mBq/m^3
平成29年 1月分	29. 1. 4 29. 2. 2	416604.5	30. 3. 15	0.000087 ± 0.000018
平成29年 2月分	29. 2. 2 29. 3. 2	397910.0	30. 3. 15	0.000063 ± 0.000018
平成29年 3月分	29. 3. 2 29. 4. 3	460510.9	30. 3. 15	0.000046 ± 0.000015
平成29年 4月分	29. 4. 3 29. 5. 2	417111.3	30. 3. 15	0.000053 ± 0.000015
平成29年 5月分	29. 5. 2 29. 6. 5	492248.3	30. 3. 15	0.000044 ± 0.000013
平成29年 6月分	29. 6. 5 29. 7. 3	379919.5	30. 3. 15	0.000074 ± 0.000019
平成29年 7月分	29. 7. 3 29. 8. 7	508725.0	30. 3. 15	<0.00004
平成29年 8月分	29. 8. 7 29. 9. 4	407118.4	30. 3. 15	<0.00006
平成29年 9月分	29. 9. 4 29.10. 2	406925.5	30. 3. 15	0.000069 ± 0.000019
平成29年 10月分	29.10. 2 29.11. 6	505141.9	30. 3. 15	0.000081 ± 0.000017
平成29年 11月分	29.11. 6 29.12. 4	399798.6	30. 3. 17	0.000078 ± 0.000024
平成29年 12月分	29.12. 4 30. 1. 2	412855.1	30. 3. 15	<0.00007

(4) 海水中の放射性セシウム

海水中の放射性セシウムは海水を採取した自治体が測定しているが、マリネリ容器等による測定のために検出されない場合が多い。このため、分析センターにおいて ^{90}Sr 分析を行う前にリンモリブデン酸アンモニウムによって放射性セシウムを捕集し、ゲルマニウム半導体検出器により海水中の放射性セシウム濃度を求めた。結果を表 2-4-2 及び図 2-4-1 に示す。

表 2-4-2 海水中の ^{90}Sr 及び放射性セシウム分析結果

採取場所	^{90}Sr (mBq/L)	^{137}Cs (mBq/L)	$^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比
岩手県九戸郡洋野町 (種市沖)	0.98 ± 0.15	1.5 ± 0.31	1.5
茨城県那珂郡東海村 (東海村沖)	0.89 ± 0.14	3.3 ± 0.36	3.7
沖縄県うるま市 (ホワイトビーチ)	0.72 ± 0.14	1.5 ± 0.31	2.1
山口県山口市 (山口湾)	0.85 ± 0.15	2.0 ± 0.30	2.3
新潟県新潟市中央区 (新潟港沖)	0.79 ± 0.14	2.1 ± 0.30	2.7
北海道余市郡余市町 (余市湾)	1.2 ± 0.17	2.1 ± 0.32	1.7
鹿児島県南さつま市 (万之瀬川河口沖)	0.77 ± 0.15	1.7 ± 0.32	2.2
青森県西津軽郡深浦町 (風合瀬沖)	0.97 ± 0.17	2.1 ± 0.31	2.1
青森県東津軽郡平内町 (むつ湾)	0.77 ± 0.15	1.9 ± 0.32	2.5
大阪府大阪市港区 (大阪港)	0.85 ± 0.17	0.80 ± 0.25	0.9
千葉県袖ヶ浦市 (東京湾)	0.84 ± 0.15	3.3 ± 0.34	3.9
福岡県北九州市門司区 (父先沖)	0.77 ± 0.15	1.3 ± 0.31	1.7
神奈川県横須賀市 (小田和湾)	0.94 ± 0.16	2.7 ± 0.34	2.8
愛知県常滑市 (小鈴谷沖)	0.69 ± 0.14	1.6 ± 0.31	2.3
福島県相馬市 (原釜海水浴場沖) *	1.0 ± 0.17	24 ± 0.7	24

* ^{134}Cs : 3.1 ± 0.48 mBq/L

福島県相馬市 (原釜海水浴場沖) において採取された海水は他の海水と比較して ^{137}Cs 濃度が高く、 ^{134}Cs も検出された。また、 $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比についても他の海水と比較して高かった。

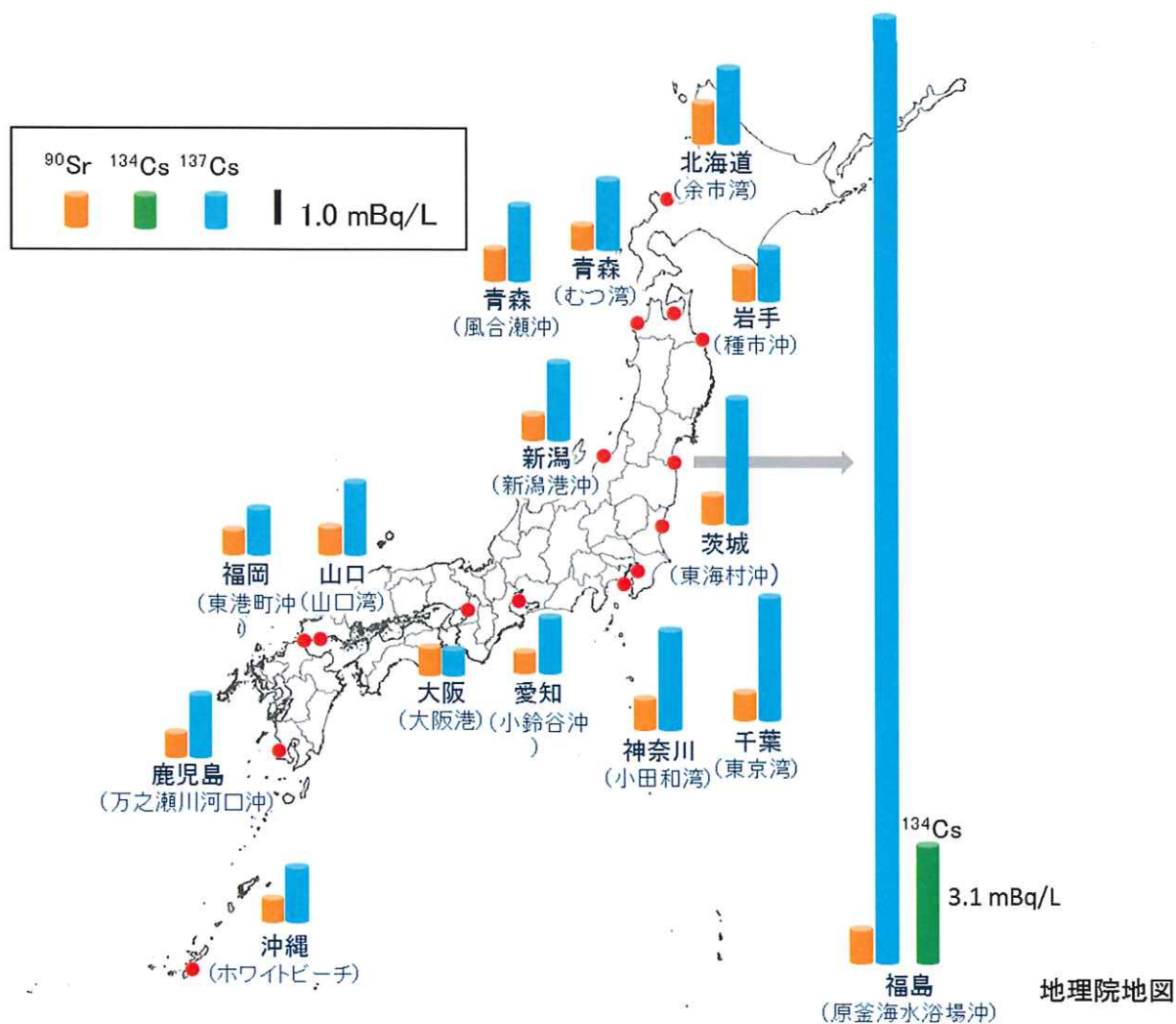


図 2-4-1 海水中のストロンチウム 90 及び放射性セシウム分析結果

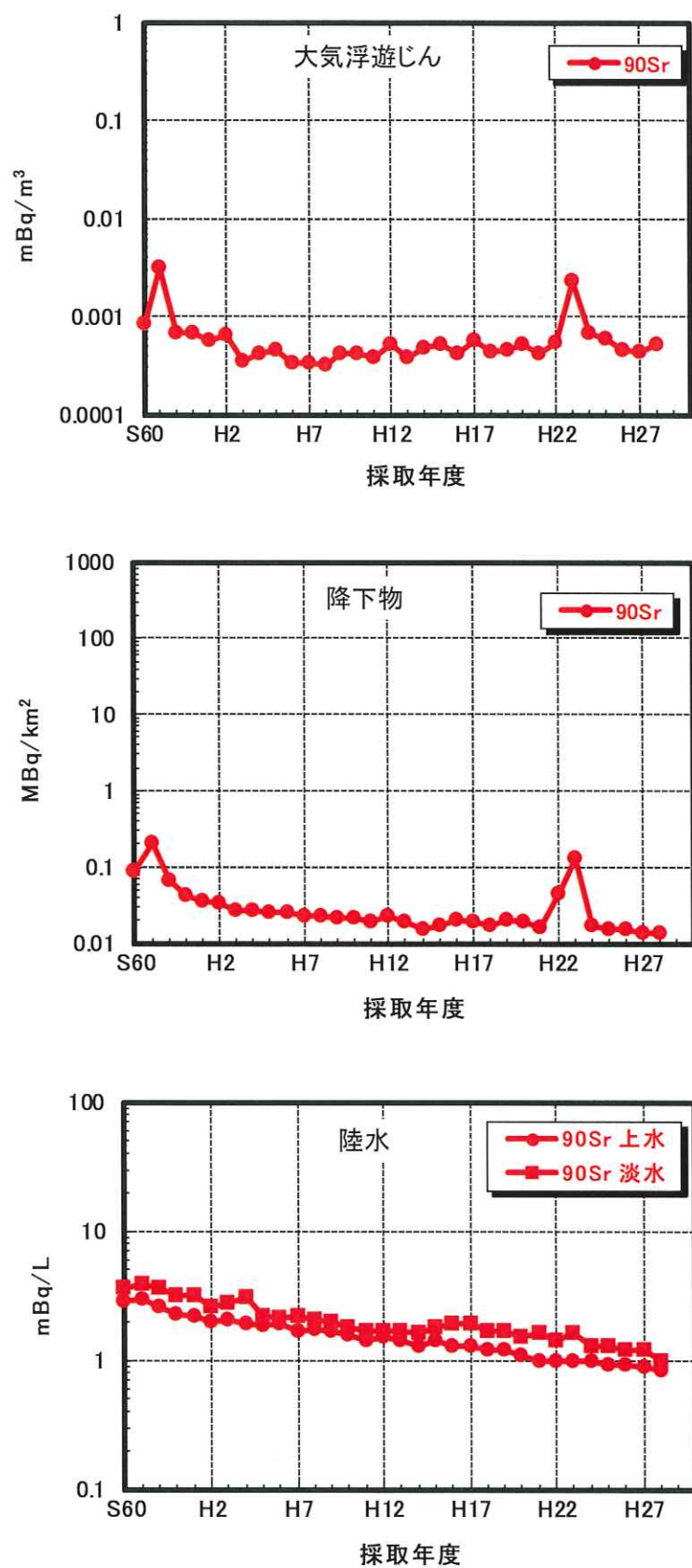


図 2-4-2 各種環境試料の ^{90}Sr 放射能濃度の経年変化

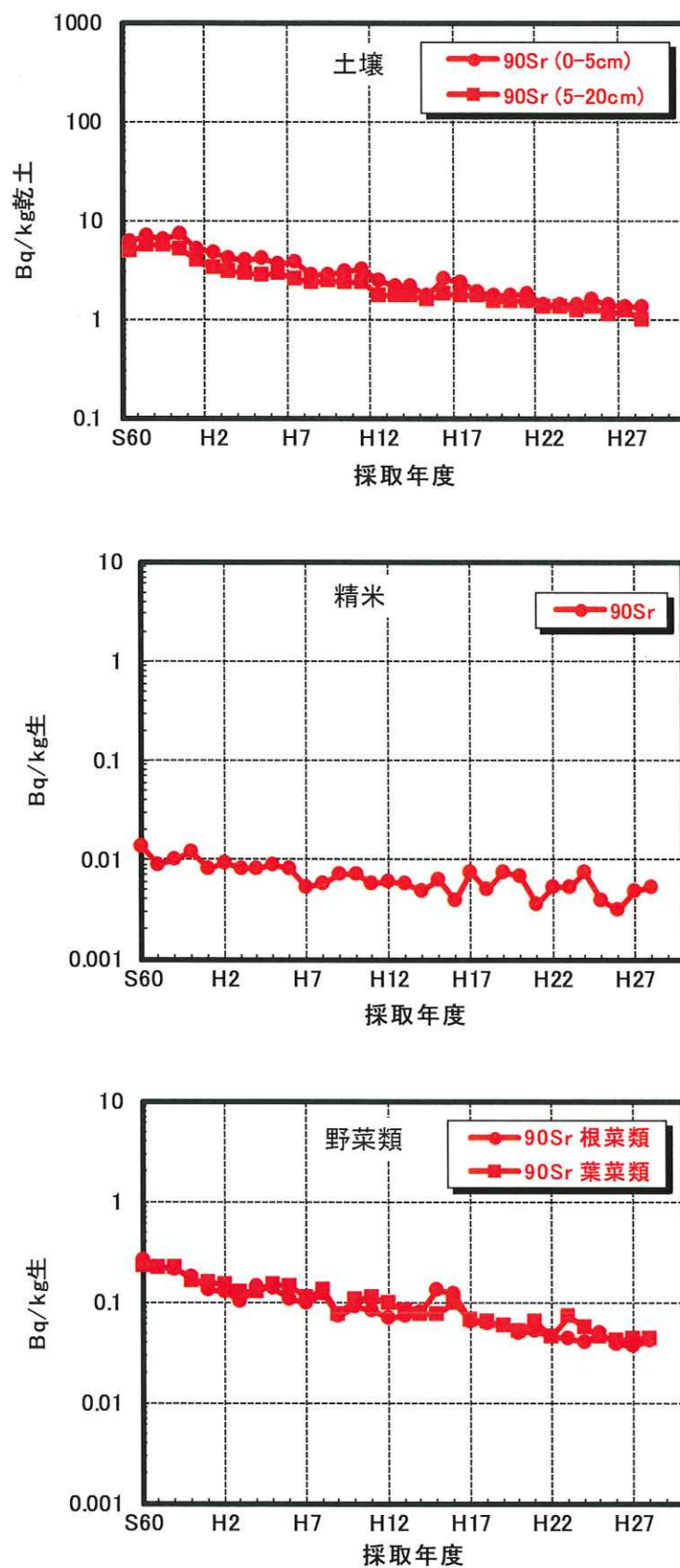


図 2-4-2 各種環境試料の ^{90}Sr 放射能濃度の経年変化 (つづき)

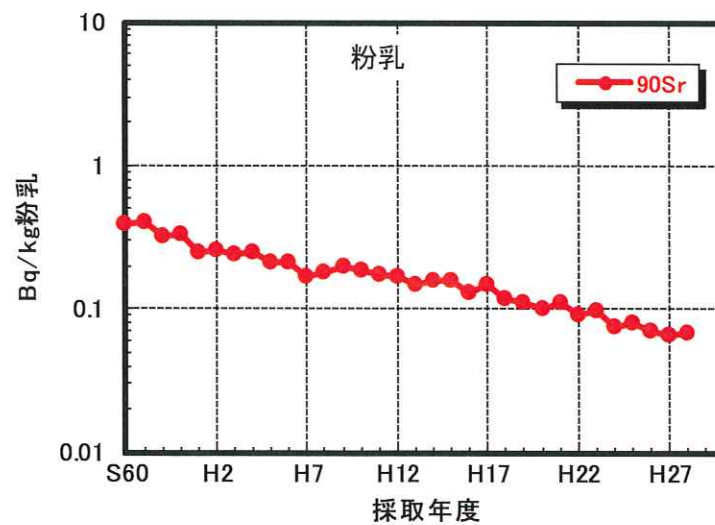
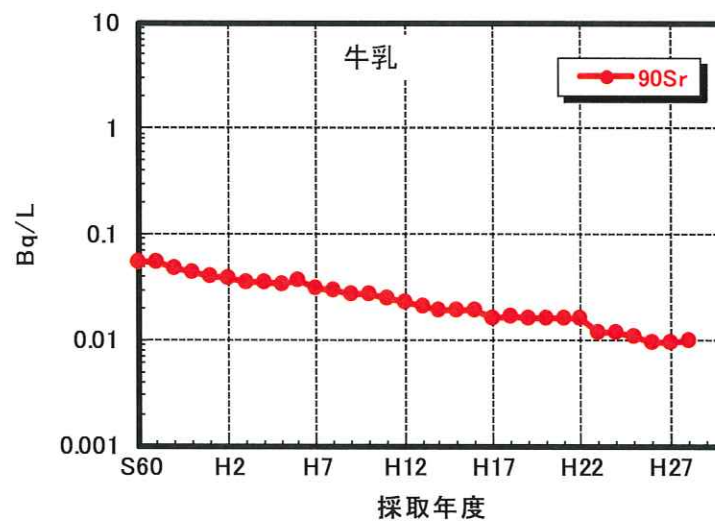
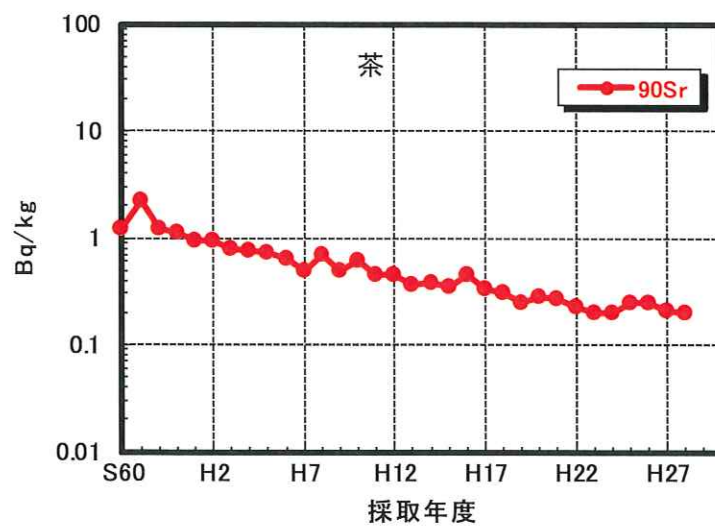


図 2-4-2 各種環境試料の ^{90}Sr 放射能濃度の経年変化 (つづき)

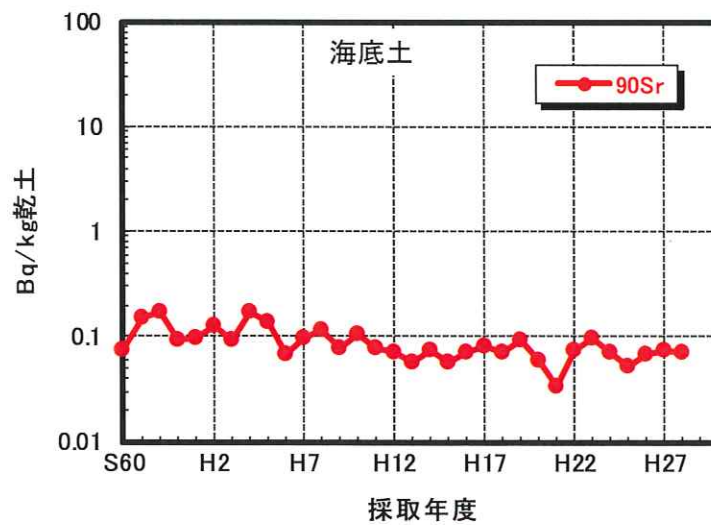
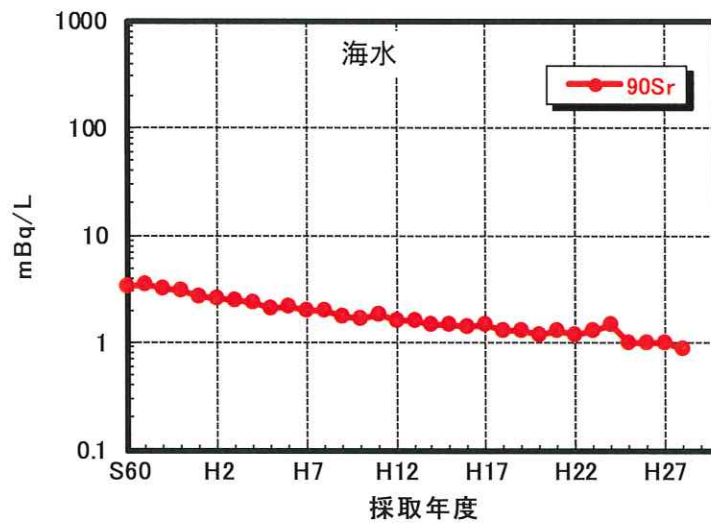
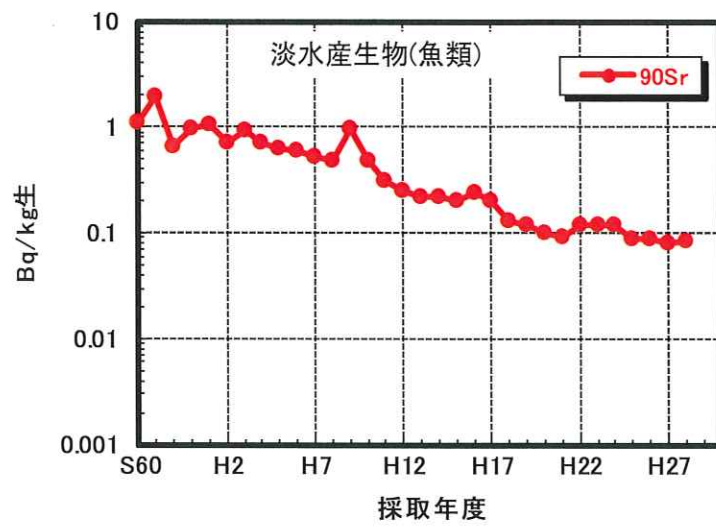


図 2-4-2 各種環境試料の ^{90}Sr 放射能濃度の経年変化 (つづき)

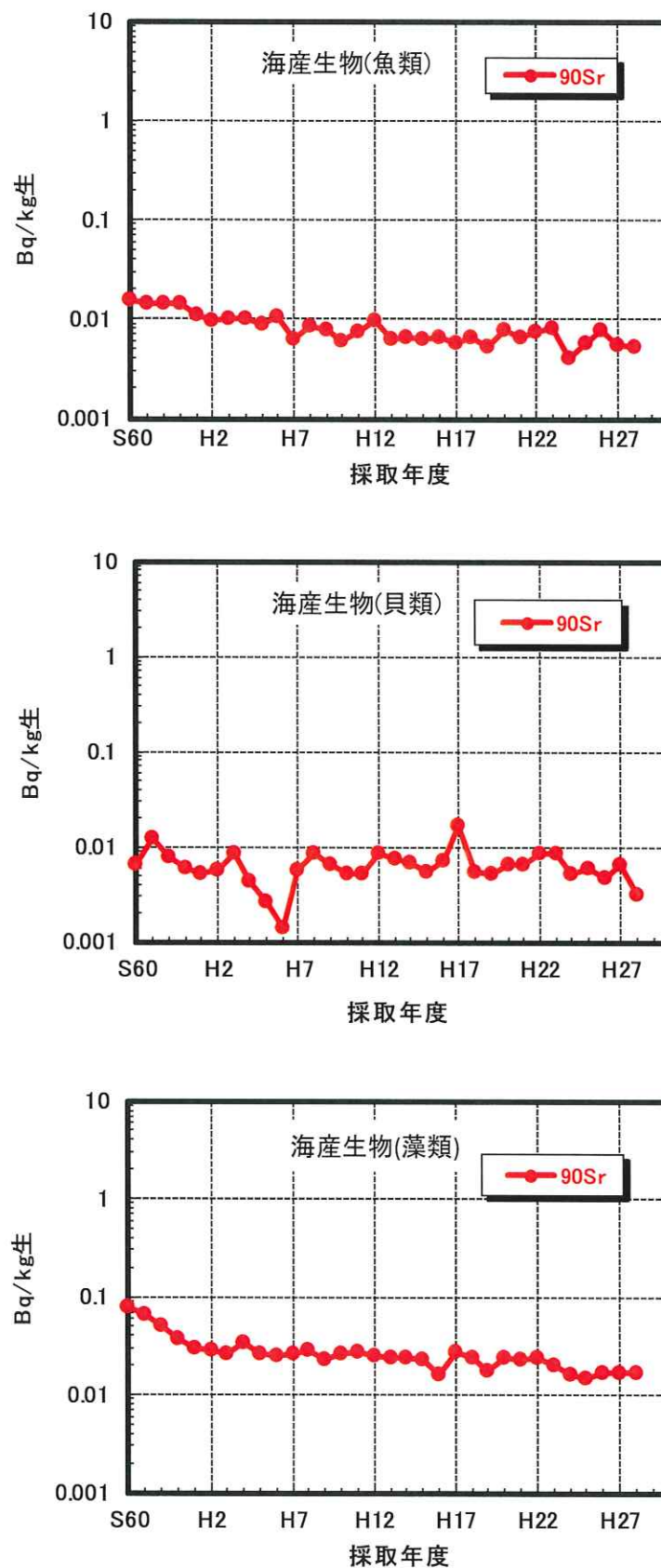


図 2-4-2 各種環境試料の ^{90}Sr 放射能濃度の経年変化 (つづき)

2.5 プルトニウム分析

2.5.1 土壌中のプルトニウム分析

(1) 概要

平成 28 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（青森県と沖縄県は 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}Pu 、 ^{239}Pu 、 ^{240}Pu 、 ^{241}Pu であり、 ^{241}Am は ^{241}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}Pu 、 ^{240}Pu の分析、液体シンチレーションカウンタによる ^{241}Pu の分析及び α 線スペクトロメトリーによる ^{241}Am 及び Cm 同位体の分析を行った。分析方法は、文部科学省放射能測定法シリーズ 28「環境試料中プルトニウム迅速分析法」（平成 14 年）及び 21「アメリカシウム分析法」（平成 2 年）に準じた。液体シンチレーションカウンタによる ^{241}Pu 測定については、 β 線の最大エネルギーが ^{241}Pu と近い ^3H 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 23 年度から 27 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)	平均値、最小値、最大値	平成 23～27 年度 採取分 (n=242)	平成 28 年度 採取分 (n=49)
^{238}Pu	0～5	平均値 最小値～最大値	0.034 ND ～ 0.12	0.024 ND ～ 0.072
	5～20	平均値 最小値～最大値	0.019 ND ～ 0.046	0.014 ND ～ 0.019
$^{239+240}\text{Pu}$	0～5	平均値 最小値～最大値	0.43 ND ～ 3.8	0.38 ND ～ 2.6
	5～20	平均値 最小値～最大値	0.22 ND ～ 1.5	0.19 ND ～ 0.97

平成 28 年度における採取深さ 0～5cm の各地点の ^{238}Pu 濃度は ND（検出されず）～0.072 Bq/kg 乾土、 $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度は ND～2.6 Bq/kg 乾土であり、採取深さ 5～20cm の ^{238}Pu 濃度は ND～0.019 Bq/kg 乾土、 $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度は ND～0.97 Bq/kg 乾土の範囲であり、いずれも平成 23 年度から 27 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}Pu 、 $^{239+240}\text{Pu}$ ）

の放射能比を図 2-5-2 に示す。例年同様、数地点（岩手県、長野県、大分県）の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度がやや高い値を示したが、平成 28 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 23 年度から平成 27 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 0.027 であった。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。

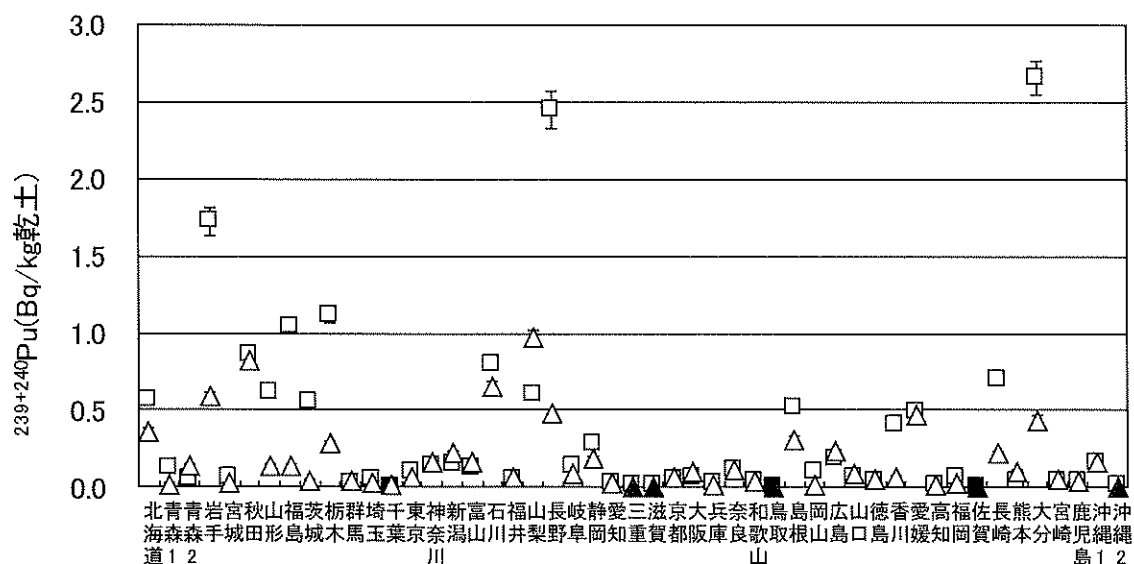


図 2-5-1 土壌中の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度（平成 28 年度採取分）

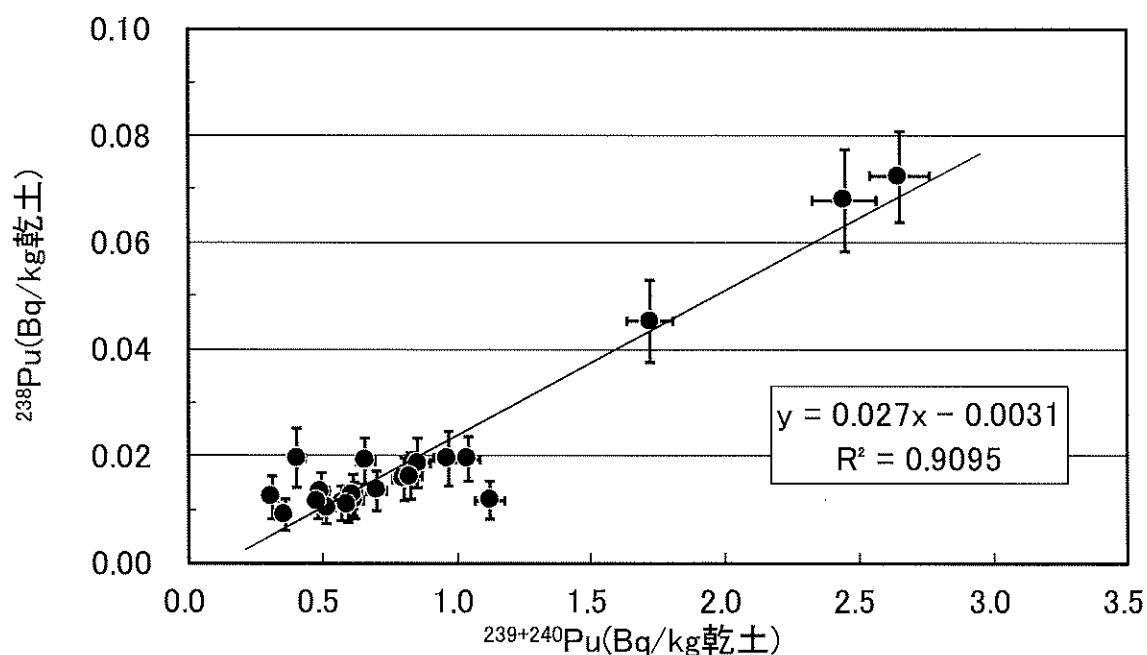


図 2-5-2 土壌中 ^{238}Pu と $^{239+240}\text{Pu}$ 放射能比

表 2-5-2 に示すとおり、平成 28 年度における $^{239+240}\text{Pu}$ の蓄積量は ND（検出されず）～ $136\text{MBq}/\text{km}^2$ （平均値 $30\text{MBq}/\text{km}^2$ ）、であり、いずれも平成 23 年度から 27 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）

単位： MBq/km^2

核種名	深さ (cm)	項目	平成 23 年～27 年度 採取分 (n=242)	平成 28 年度採取分 (n=49)
$^{239+240}\text{Pu}$	0～20	平均値 最小値～最大値	35 ND ～ 207	30 ND ～ 136

プルトニウム ($^{239+240}\text{Pu}$) とセシウム (^{137}Cs) の放射能比を図 2-5-3 に示す。東京電力福島第一原子力発電所事故の影響と考えられる ^{134}Cs が検出された試料を除いた $^{239+240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比は 0.049 (n=64) であった。

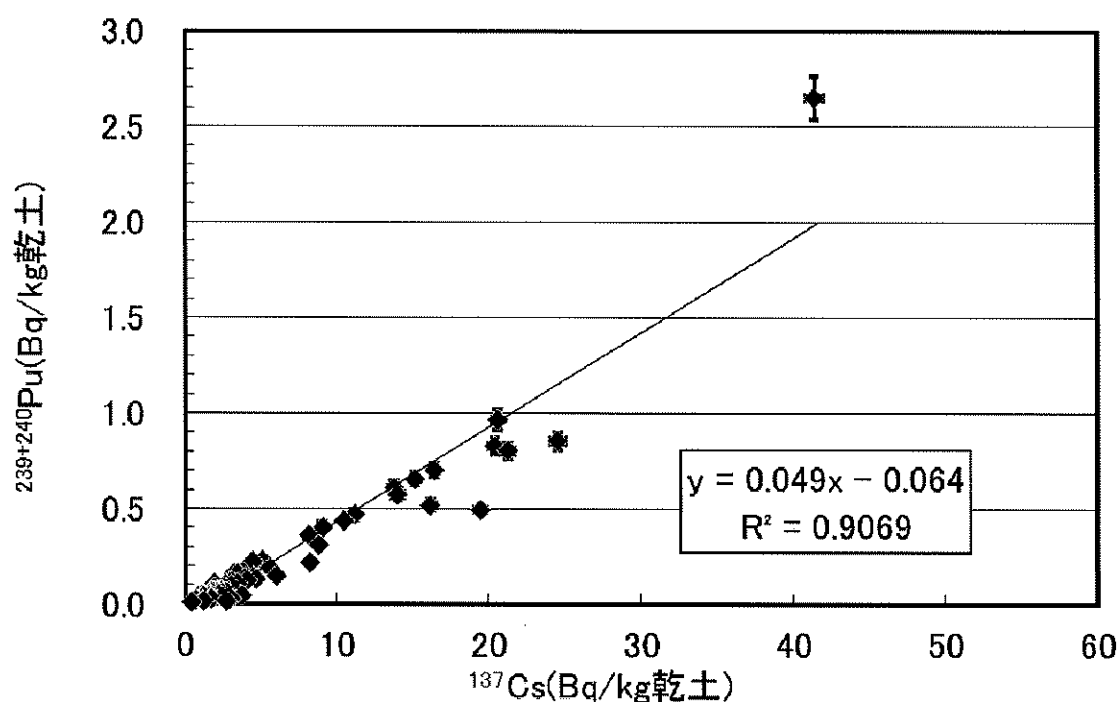


図 2-5-3 土壌中の $^{239+240}\text{Pu}$ と ^{137}Cs 放射能比

次に、プルトニウム ($^{239+240}\text{Pu}$) 濃度が高い 15 試料を表 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	深度 (cm)	採取 年月日	$^{239+240}\text{Pu}$ 放射能濃度 (Bq/kg 乾土)	No.	県名	深度 (cm)	採取 年月日	$^{239+240}\text{Pu}$ 放射能濃度 (Bq/kg 乾土)
1	大分県	0- 5	H28. 7. 26	2.6 ± 0.11	9	石川県	0- 5	H28. 8. 09	0.80 ± 0.041
2	長野県	0- 5	H28. 7. 27	2.4 ± 0.12	10	長崎県	0- 5	H28. 7. 27	0.70 ± 0.036
3	岩手県	0- 5	H28. 7. 26	1.7 ± 0.09	11	石川県	5-20	H28. 8. 09	0.66 ± 0.034
4	栃木県	0- 5	H28. 11. 17	1.1 ± 0.05	12	山形県	0- 5	H28. 8. 01	0.62 ± 0.034
5	福島県	0- 5	H28. 6. 10	1.0 ± 0.05	13	山梨県	0- 5	H28. 8. 05	0.61 ± 0.036
6	山梨県	5-20	H28. 8. 05	0.97 ± 0.054	14	岩手県	5-20	H28. 7. 26	0.59 ± 0.030
7	秋田県	0- 5	H28. 9. 30	0.85 ± 0.046	15	北海道	0- 5	H28. 11. 17	0.57 ± 0.030
8	秋田県	5-20	H28. 9. 30	0.83 ± 0.042					

上記 15 試料の ICP 質量分析装置(ICP-MS)による ^{239}Pu 、 ^{240}Pu の分析、液体シンチレーションカウンタによる ^{241}Pu の分析及び α 線スペクトロメトリーによる ^{241}Am 及び Cm 同位体の分析結果は以下のとおりである。

1) ICP-MS による ^{239}Pu 、 ^{240}Pu

^{239}Pu : 0.29 ~ 1.6 Bq/kg 乾土、 ^{240}Pu : 0.21 ~ 1.1 Bq/kg 乾土

これらの値は平成 27 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。

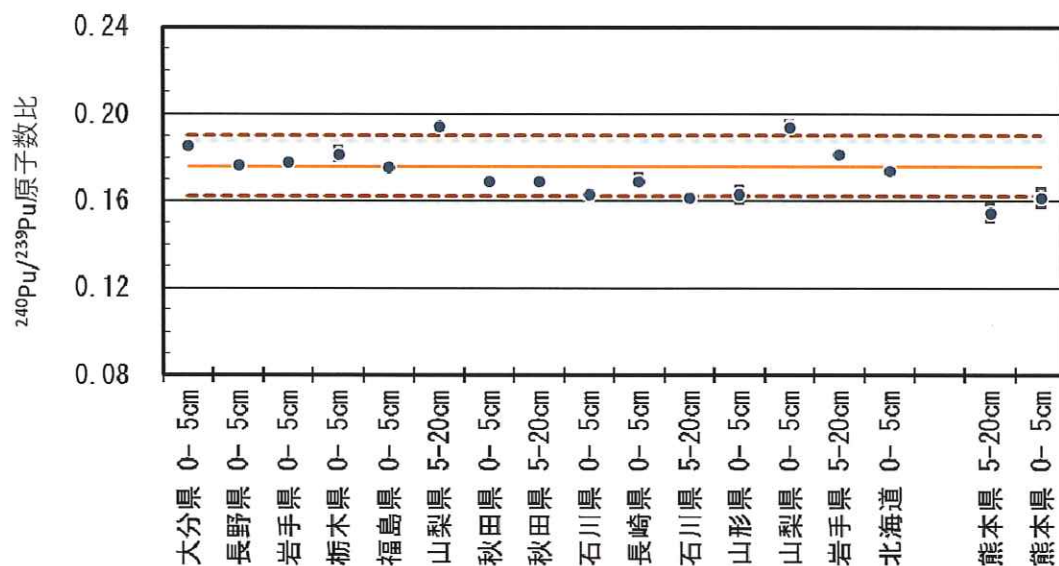


図 2-5-4 プルトニウム同位体の原子数比 ($^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$)

15 試料の原子数比 ($^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$) の平均値は、0.176 であり、Krey ら(1976)¹ が測定した世界の土壌 60 試料の平均値 (0.176 ± 0.014) と同程度であった。また、熊本県の土壌は、例年の調査ではプルトニウム型原子爆弾の影響を含む原子数比 (0.11 程度) を示していたが、今年度の調査では全国平均値と同等の値を示した。これは採取地点が変更されたことによるものと考えられる。

2) 液体シンチレーションカウンタによる ^{241}Pu

^{241}Pu : ND (検出されず) ~ 3.5 Bq/kg 乾土

これらの値は平成 27 年度採取土壌の値と同程度であった。

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

^{241}Am : 0.18~1.1 Bq/kg 乾土、 ^{242}Cm 及び $^{243+244}\text{Cm}$: 全て ND (検出されず)

これらの値は平成 27 年度採取土壌の値と同程度であった。

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

^{241}Pu と $^{239+240}\text{Pu}$ の放射能比 ($^{241}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$) は 1.1、 ^{241}Am と $^{239+240}\text{Pu}$ の放射能比は ($^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu}$) は 0.42 であった。

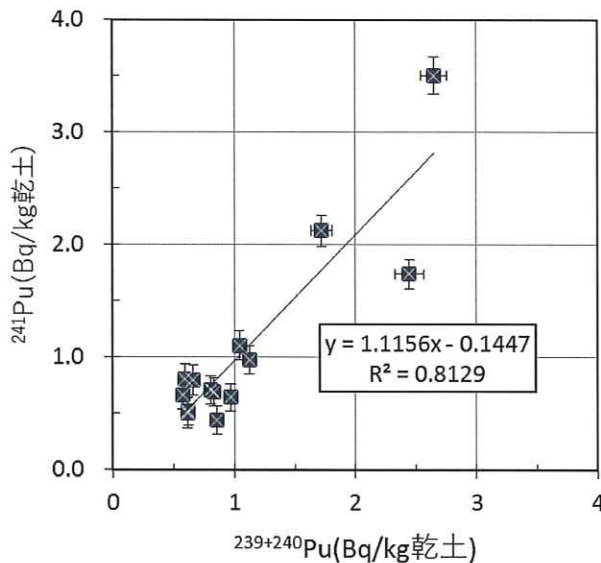


図 2-5-5 ^{241}Pu と $^{239+240}\text{Pu}$ の放射能比

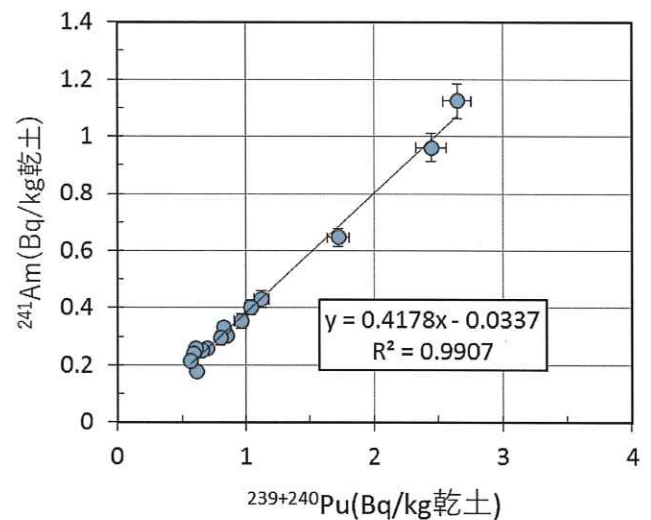


図 2-5-6 ^{241}Am と $^{239+240}\text{Pu}$ の放射能比

¹ Krey, P. W. et al., Transuranium Nuclides in the Environment, 671-678 (IAEA, Vienna, 1976)

2.5.2 大気浮遊じんの高感度分析

(1) 概要

大容量エアサンプラ（SNOW WHITE）により大気を連続吸引し、大気浮遊じんをろ紙上に捕集した。捕集したろ紙を、硝酸を用いてプルトニウムを浸出して分析試料とし、 α 線スペクトロメトリーによる ^{238}Pu 、 $^{239+240}\text{Pu}$ の分析及びICP質量分析装置（ICP-MS）による ^{239}Pu 、 ^{240}Pu 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12「プルトニウム分析法」（平成2年改訂）及び28「環境試料中プルトニウム迅速分析法」（平成14年）に準じた。

(2) 結果と考察

α 線スペクトロメトリーによる大気浮遊じん中の ^{238}Pu 濃度は、分析した全ての試料がND（検出されず）であった。 $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度は、 $0.00000058\sim0.0000054\text{ mBq/m}^3$ であった。採取月毎のプルトニウム濃度を図2-5-7に示す。昨年度の傾向と同じく、2月～5月にかけて $^{239+240}\text{Pu}$ が高い値を示した。今後もデータを蓄積して傾向等を注視していく必要がある。

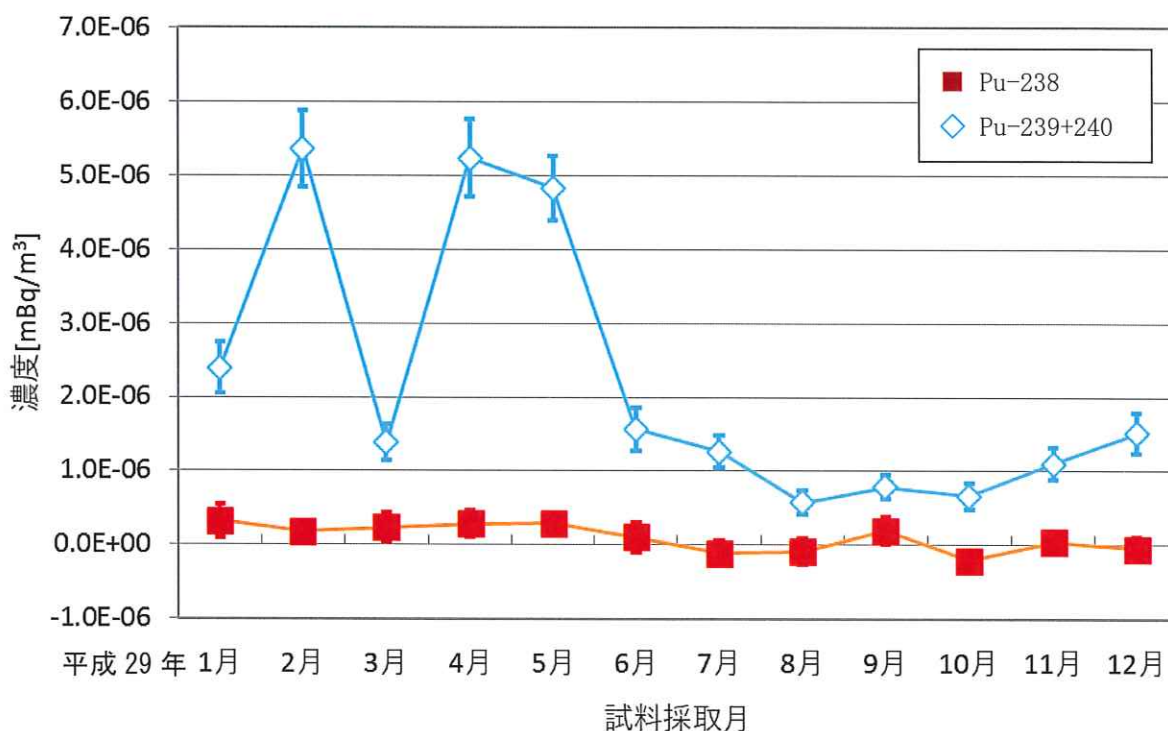


図2-5-7 採取月毎の ^{238}Pu と $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度
(^{238}Pu は全て不検出、 $^{239+240}\text{Pu}$ は全て検出)

ICP-MSによる大気浮遊じん中の ^{239}Pu 、 ^{240}Pu 濃度は、 ^{239}Pu が $0.00000049\sim0.0000039\text{ mBq/m}^3$ 、 ^{240}Pu が $0.00000044\sim0.0000022\text{ mBq/m}^3$ であった。プルトニウム同位体の原子数比($^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$)は、 $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度が高い2月～5月の4ヶ月

分の平均値が 0.175 となり、Krey ら (1976)²が測定した世界の土壌 60 試料の平均値 (0.176 ± 0.014) と同程度であった。

² Krey, P. W. et al., Transuranium Nuclides in the Environment, 671-678 (IAEA, Vienna, 1976)

2.6 ヨウ素 129 分析

(1) 概要

平成 29 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}I 分析を実施した。

また、環境放射能水準の正確な実態を把握するため、分析センターにおいて、大容量エアサンプラを用いて採取した大気浮遊じんの ^{129}I 分析法について検討した。

(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 2.5 倍量のニオブ粉末を加えてよく混合し、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構青森研究開発センター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}I 濃度を算出するため、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}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) 及び (NIST-1953) を併せて分析した。

(3) 結果と考察

1) 土壌、牛乳、海藻及び野菜の調査

平成 29 年度に採取した試料の分析結果を表 2-6-1、平成 24 年度から平成 28 年度までの過去の分析結果との比較を図 2-6-1～図 2-6-8 に示す。

北海道、秋田県、千葉県の土壌試料の ^{129}I 濃度は、採取深度 0-5 cm で 0.37～0.61 (mBq/kg 乾土)、採取深度 5-20cm で 0.19～0.35 (mBq/kg 乾土) であった。牛乳(市販乳)は、0.0005～0.0017 (mBq/L)、海藻(コンブ、アカモク、アラメ)は、0.14～0.45 (mBq/kg 生)、野菜(キャベツ)は、0.000048～0.000054 (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 $2.7 \times 10^{-9} \sim 1.0 \times 10^{-8}$ 、採取深度 5～20 cm で $1.5 \sim 3.6 \times 10^{-9}$ であった。牛乳(市販乳)は、 $6.5 \sim 9.3 \times 10^{-10}$ 、海藻は、 $4.3 \times 10^{-11} \sim 1.6 \times 10^{-10}$ 、野菜(キャベツ)は、 $4.3 \times 10^{-11} \sim 1.6 \times 10^{-10}$ であった。

土壌の比較結果を図 2-6-1、図 2-6-2 に示す。過去と同様に、0～5 cm の表層における ^{129}I 濃度は 5～20 cm における ^{129}I 濃度より高かった。 ^{129}I 濃度及び $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比は過去と同程度の結果であった。

牛乳の比較結果を図 2-6-3、図 2-6-4 に示す。過去の結果に比べて高めのデータがあるものの、 ^{129}I 濃度及び $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比は過去と同程度の結果であった。

海藻の比較結果を図 2-6-5、図 2-6-6 に示す。千葉県(アラメ)の ^{129}I 濃度及

び $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比は、過去における結果と比較して最小値であった。

野菜の比較結果を図 2-6-7、図 2-6-8 に示す。 ^{129}I 濃度及び $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比は、北海道及び千葉においては過去と同程度であり、秋田県においては過去における結果と比較して最小値であった。

2) 大気浮遊じんのヨウ素 129 分析法の検討

昨年度の検討結果を踏まえて、大容量エアサンプラ (SNOW WHITE) により採取した大気浮遊じん試料 (H29 年 1 月～3 月) を用いて、 ^{129}I 分析法を検討した。

大気浮遊じん試料の分取記録を表 2-6-2 に示す。

分析条件を検討するため、ヨウ素の捕集に使用する溶液の濃度 (組成①: TMAH $\sim 2.2\text{mg/g}$ 、 Na_2SO_3 : $\sim 2.5\text{mg/g}$ 、組成②: TMAH $\sim 4.5\text{mg/g}$ 、 Na_2SO_3 $\sim 5.0\text{mg/g}$)、使用するヨウ素担体の $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比 (高レベル 10^{-13} 、低レベル 10^{-14}) 及び試料の最大燃焼温度 (1000°C) での保持時間について検討した。得られた分析結果を表 2-6-3～表 2-6-5 に示す。

いずれの捕集液及びヨウ素担体溶液を使用しても大気浮遊じん試料中の放射能濃度は $2.4\sim 3.6\text{mBq/m}^3$ であり、 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比は 10^{-8} オーダーであることが確認された。これより、分析結果が捕集液濃度 (TMAH: $2.2\sim 4.5\text{mg/g}$ 、 Na_2SO_3 : $2.5\sim 5.0\text{mg/g}$) の高低及びヨウ素担体溶液のレベル ($10^{-13}\sim 10^{-14}$) に依存しないことが示唆された。

また、最大燃焼温度 (1000°C) での異なる保持時間 ($0.5\text{h}\sim 1.5\text{h}$) の分析結果において大きな差が認められなかったため、最大温度での保持時間は 0.5h で十分であることが確認された。

なお、昨年度の検討では、ろ紙中の ^{129}I が均質な分布ではなく、放射能濃度の高い部分が偏在することが判明されたため、Ge 測定用にプレスされたろ紙を薬さじを用いて細かくして ^{129}I 分析用として一部を分取し、分取した試料をさらにメノウ乳鉢を用いて粉砕して均一とし、均一性について検討した。メノウ乳鉢による粉砕前後の分析結果を表 2-6-6 に示す。メノウ乳鉢による粉砕後の試料の放射能濃度のバラつきが未粉砕の結果より小さくなることから、メノウ乳鉢を用いてろ紙の均一化の有効性が確認された。

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	土壌 0-5cm	江別市	2017. 11. 14	0.47 ± 0.011	mBq/kg (乾土)	1.0E-08 ± 2.4E-10
		土壌 5-20cm			0.19 ± 0.005		2.4E-09 ± 6.7E-11
	秋田県	土壌 0-5cm	秋田市	2017. 09. 22	0.61 ± 0.014		2.7E-09 ± 5.9E-11
		土壌 5-20cm			0.35 ± 0.010		1.5E-09 ± 4.2E-11
	千葉県	土壌 0-5cm	市原市	2017. 07. 24	0.37 ± 0.008		1.0E-08 ± 2.1E-10
		土壌 5-20cm			0.20 ± 0.005		3.6E-09 ± 9.5E-11
牛乳	北海道	牛乳	河東郡	2017. 08. 23	0.0005 ± 0.00008	mBq/L	6.5E-10 ± 1.0E-10
	秋田県		秋田市	2017. 08. 21	0.0017 ± 0.00010		9.3E-10 ± 5.8E-11
	千葉県		千葉市	2017. 08. 24	0.0008 ± 0.00008		7.4E-10 ± 7.5E-11
海藻	北海道	コンブ	余市郡余市町	2017. 08. 07	0.45 ± 0.010	mBq/kg (生)	8.5E-11 ± 1.8E-12
	秋田県	アカモク	秋田県男鹿市 船川港	2017. 05. 10	0.43 ± 0.009		1.6E-10 ± 3.1E-12
	千葉県	アラメ	御宿町 岩和田漁協沖	2017. 05. 29	0.14 ± 0.006		4.3E-11 ± 1.7E-12
野菜	北海道	キャベツ	恵庭市	2017. 08. 25	0.000048 ± 0.0000115	mBq/kg (生)	3.4E-09 ± 8.2E-10
	秋田県		秋田市	2017. 09. 26	0.000024 ± 0.0000102 ※		1.3E-09 ± 5.5E-10 ※
	千葉県		銚子市	2017. 08. 22	0.000054 ± 0.0000109		9.9E-10 ± 2.0E-10

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	土 壌 0-5cm	江別市	2017.11.14	0.47 ± 0.011	mBq/kg (乾土)	1.0E-08 ± 2.4E-10
		土 壌 5-20cm			0.19 ± 0.005		2.4E-09 ± 6.7E-11
	秋田県	土 壌 0-5cm	秋田市	2017.09.22	0.61 ± 0.014		2.7E-09 ± 5.9E-11
		土 壌 5-20cm			0.35 ± 0.010		1.5E-09 ± 4.2E-11
	千葉県	土 壌 0-5cm	市原市	2017.07.24	0.37 ± 0.008		1.0E-08 ± 2.1E-10
		土 壌 5-20cm			0.20 ± 0.005		3.6E-09 ± 9.5E-11
牛 乳	北海道	牛 乳	河 東 郡	2017.08.23	0.0005 ± 0.00008	mBq/L	6.5E-10 ± 1.0E-10
	秋田県		秋田市	2017.08.21	0.0017 ± 0.00010		9.3E-10 ± 5.8E-11
	千葉県		千葉市	2017.08.24	0.0008 ± 0.00008		7.4E-10 ± 7.5E-11
海 藻	北海道	コンブ	余市郡余市町	2017.08.07	0.45 ± 0.010	mBq/kg (生)	8.5E-11 ± 1.8E-12
	秋田県	アカモク	秋田県男鹿市 船川港	2017.05.10	0.43 ± 0.009		1.6E-10 ± 3.1E-12
	千葉県	アラメ	御宿町岩和田漁 協沖	2017.05.29	0.14 ± 0.006		4.3E-11 ± 1.7E-12
野 菜	北海道	キャベツ	恵庭市	2017.08.25	0.000048 ± 0.0000115	mBq/kg (生)	3.4E-09 ± 8.2E-10
	秋田県		秋田市	2017.09.26	0.000024 ± 0.0000102 ※		1.3E-09 ± 5.5E-10 ※
	千葉県		銚子市	2017.08.22	0.000054 ± 0.0000109		9.9E-10 ± 2.0E-10

注) 「E-0X」は「 10^{-X} 」を意味している。
測定値がその誤差の3倍以下のものについては※で示した。

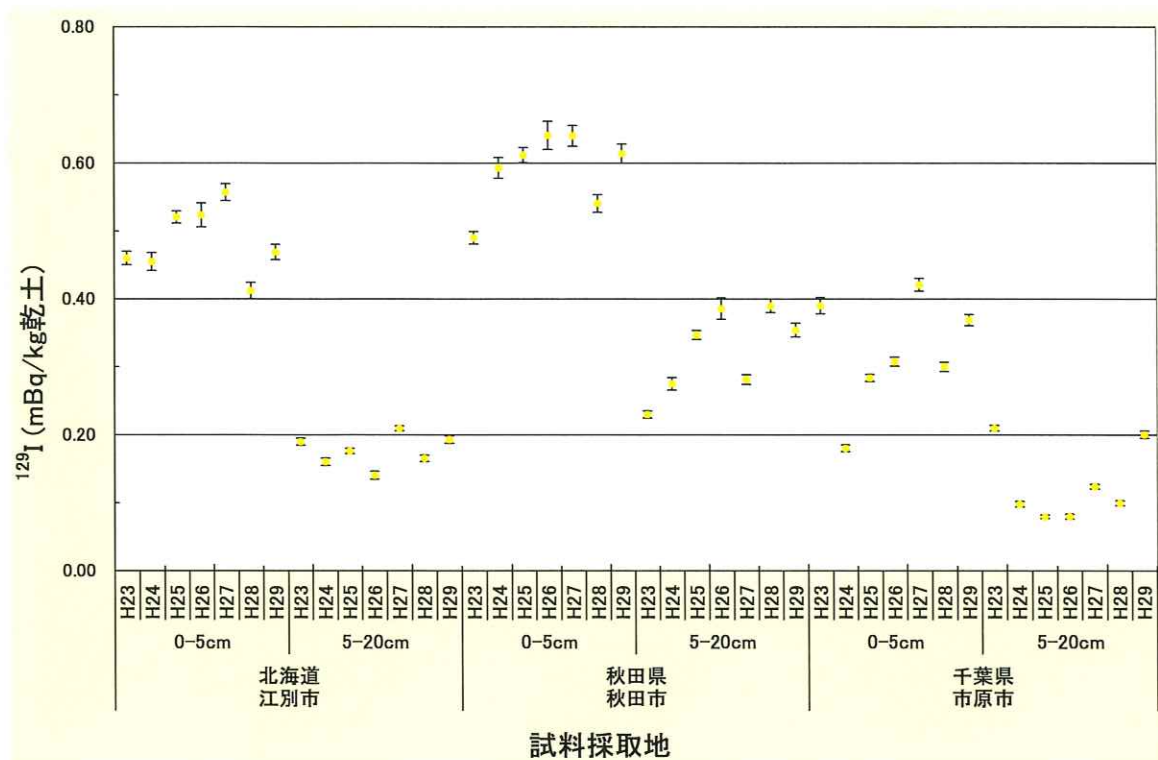


図 2-6-1 土壌 (0-5cm、5-20cm) の ^{129}I 濃度

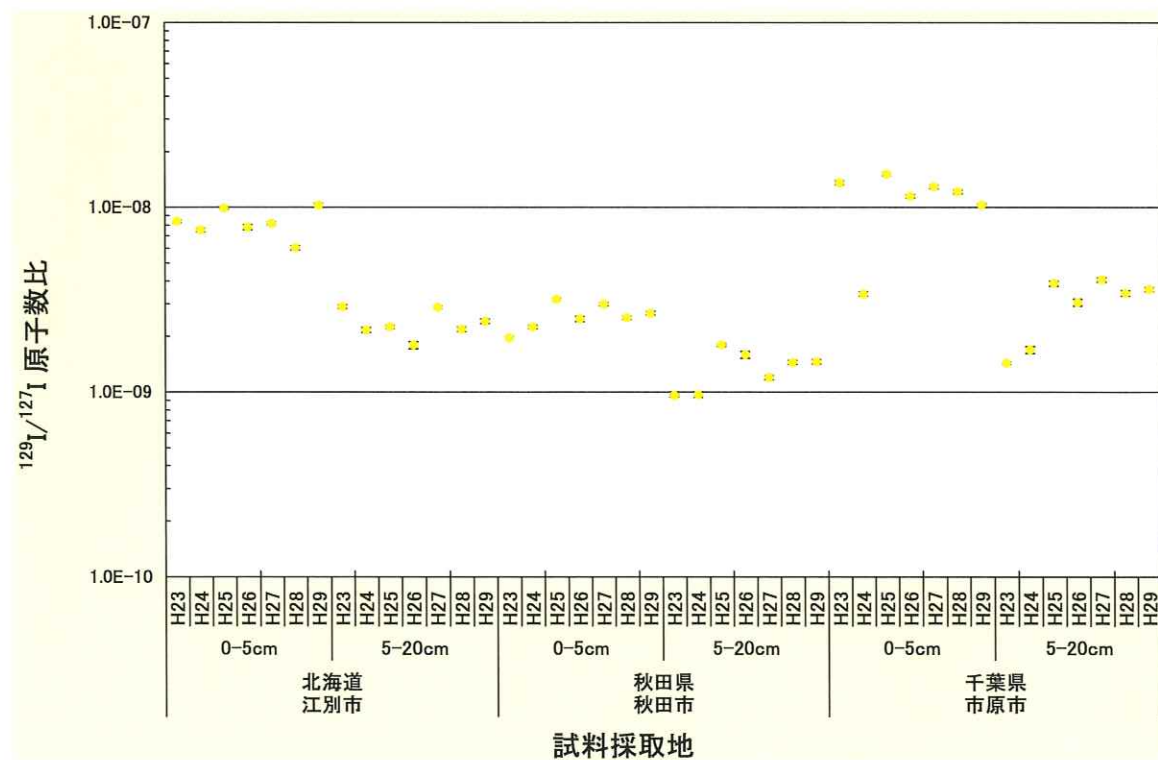


図 2-6-2 土壌 (0-5cm、5-20cm) の $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比

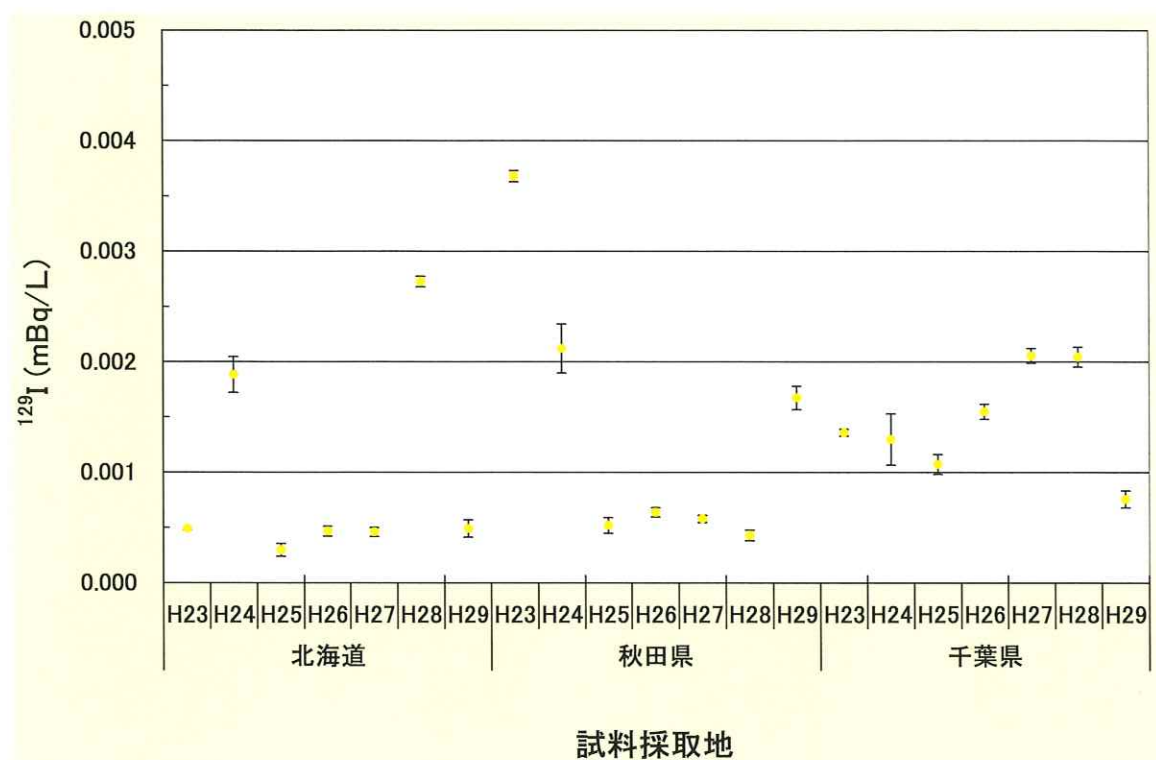


図 2-6-3 牛乳の ^{129}I 濃度

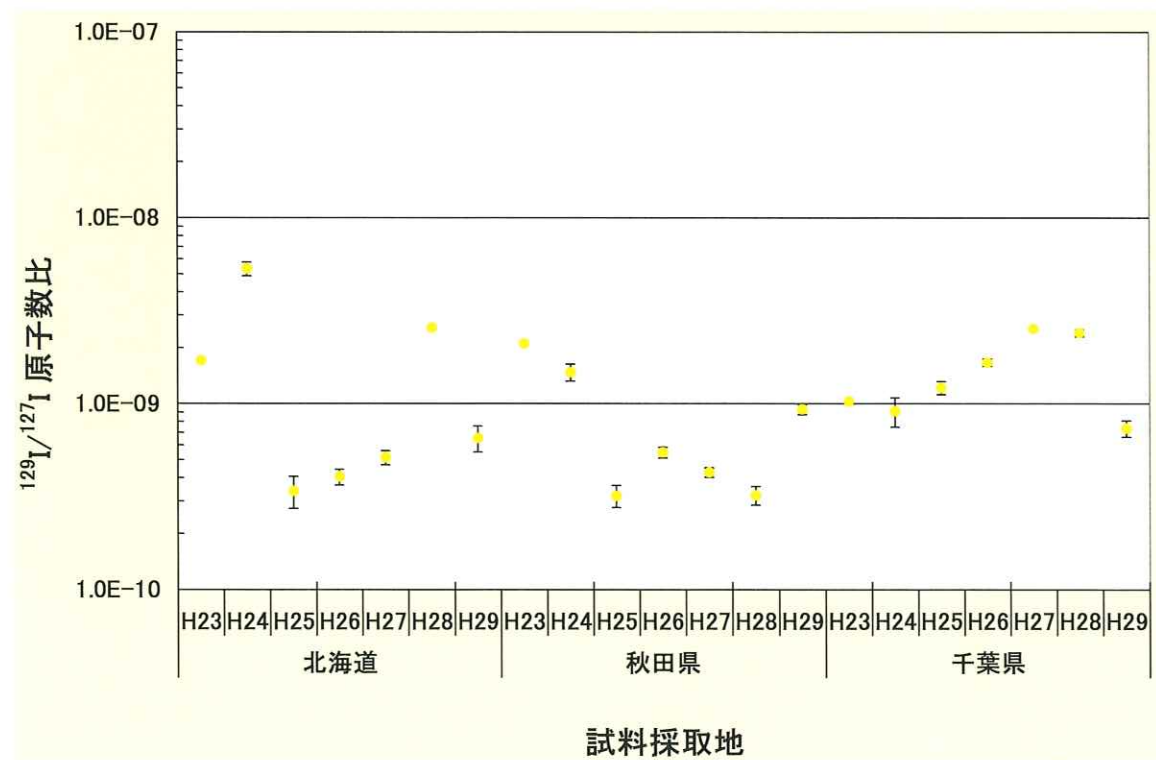


図 2-6-4 牛乳の $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比

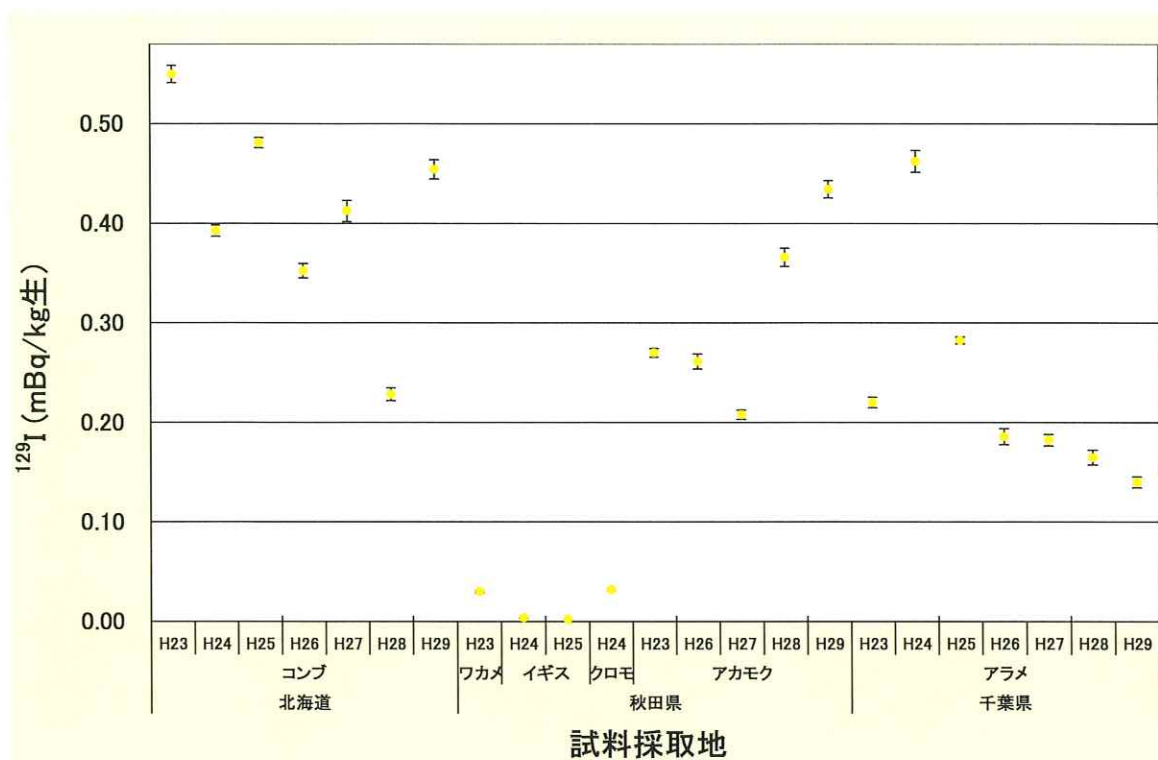


図 2-6-5 海藻の ^{129}I 濃度

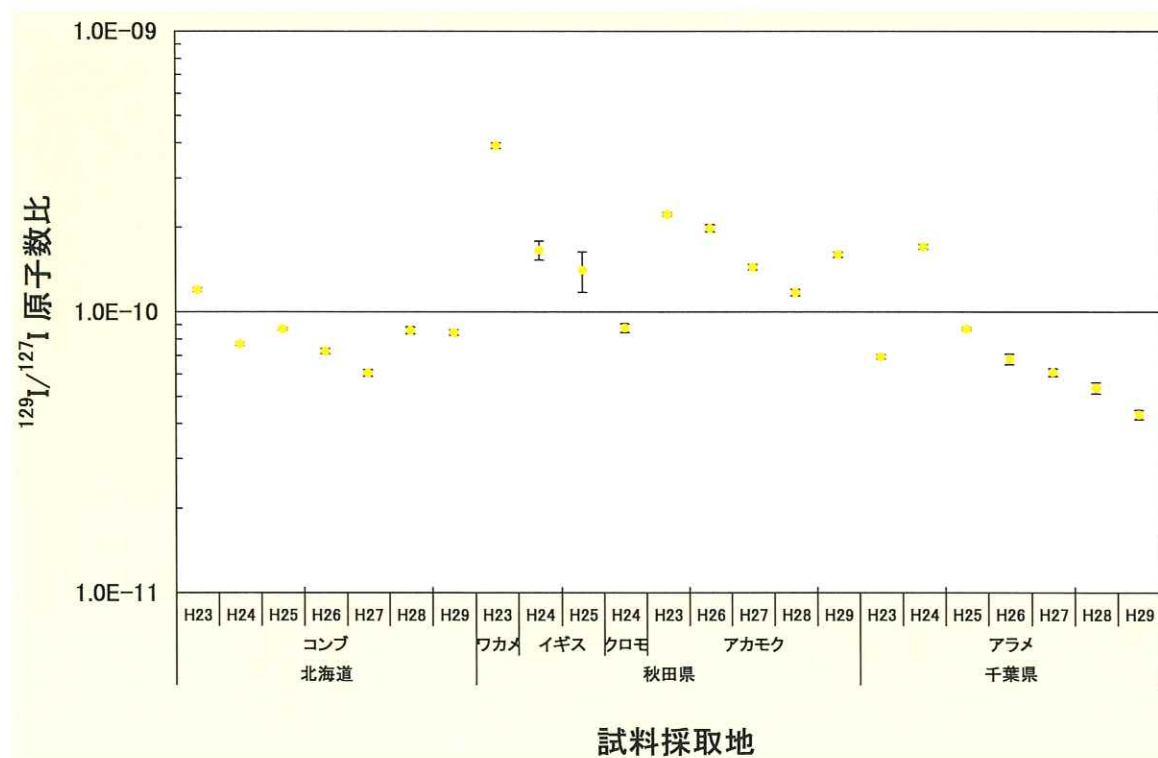


図 2-6-6 海藻の $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比

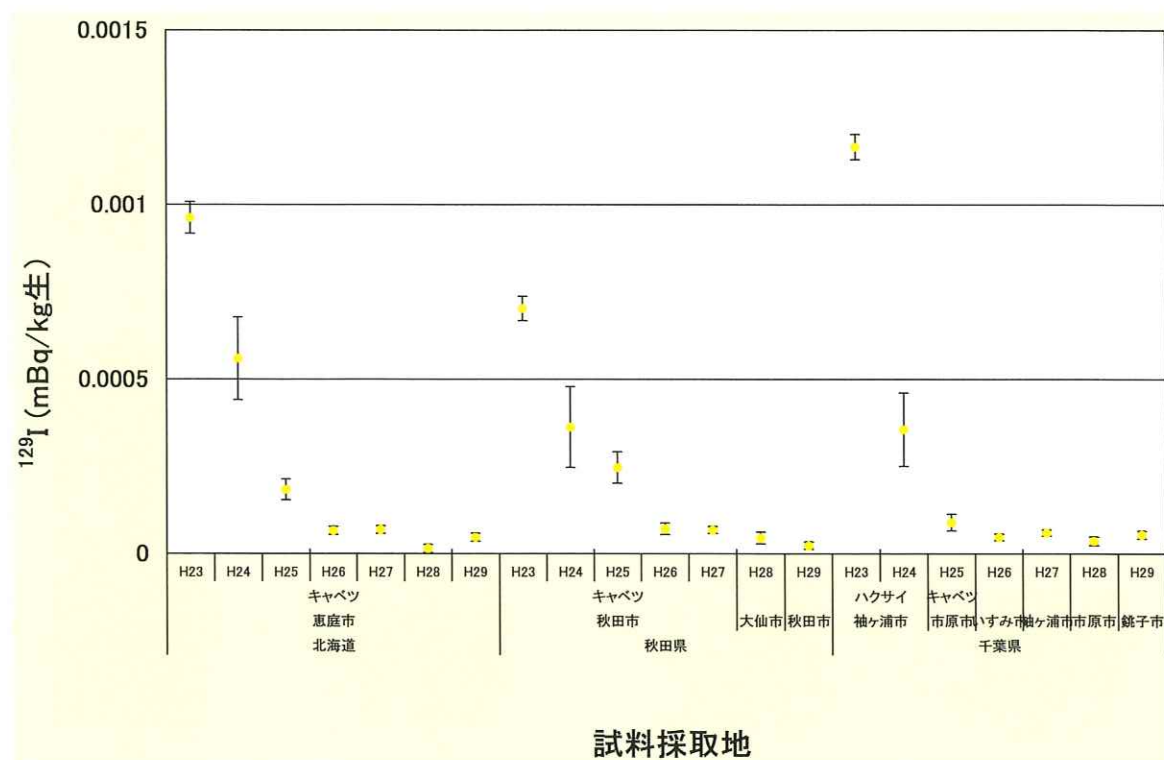


図 2-6-7 野菜の ^{129}I 濃度

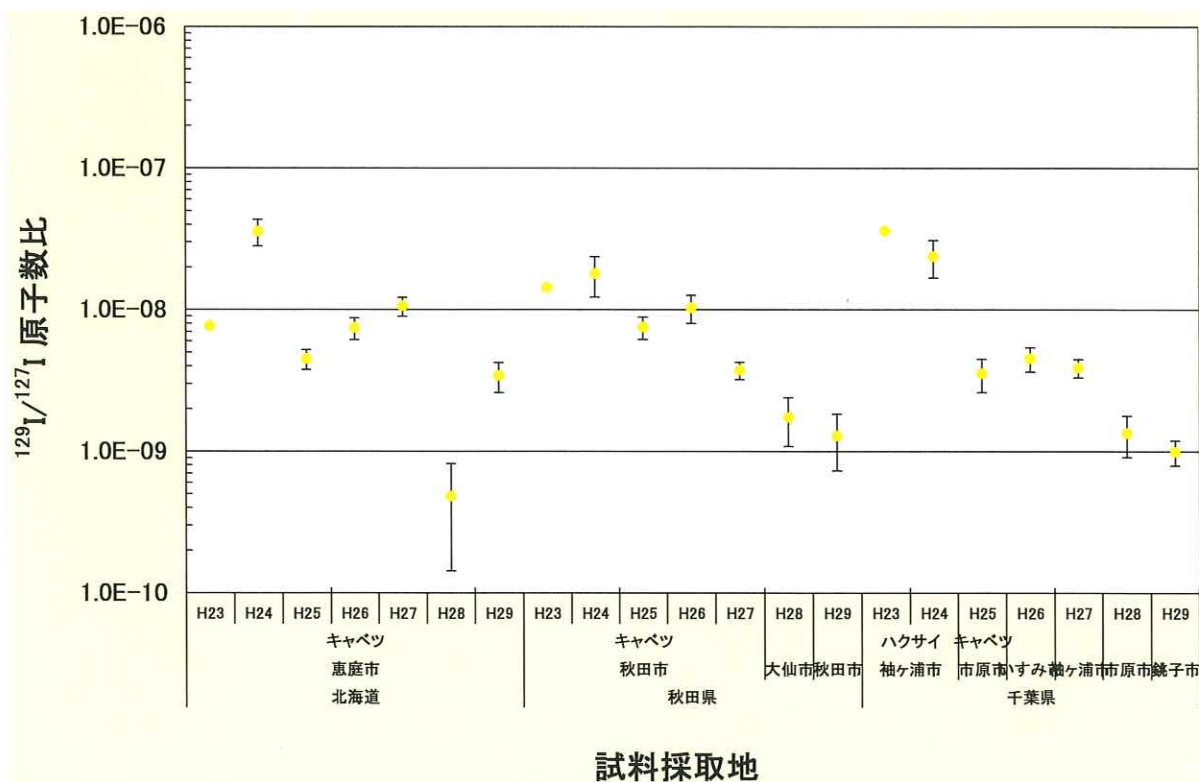


図 2-6-8 野菜の $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比

表 2-6-2 大気浮遊じんの分取記録
(検討)

採取期間	20170104～20170202	20170202～20170302	20170302～20170403
積算流量 (m ³)	462893.9	442142.4	511691.8
試料重量 (g)	134.44	123.99	132.16
分取重量 (g) (分取率)★	13.48 (10.0wt%)	12.20 (9.8wt%)	13.13 (9.9wt%)
採取機器 : SNOW WHITE 大容量エアサンプラ			
採取地点 : JCAC 千葉本部 (N 35°39f41h E 140°08f12h)			

★ : Pu/Sr 分析前分取

表 2-6-3 低濃度捕集液及び低レベルヨウ素担体溶液を用いた ^{129}I 分析結果
(検討)

試料	ヨウ素129 (mBq/m ³)			乗数	原子数比 ($^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$)			乗数
SNOW WHITE (1月)	2.4	±	0.037	E-7	1.6	±	0.022	E-8
	2.8		0.041		1.5		0.020	
	3.5		0.043		1.6		0.019	
	2.8		0.045		1.5		0.021	

注) 捕集液組成: TMAH $\sim$ 2.2mg/g、Na₂SO₃: $\sim$ 2.5mg/g

低レベルヨウ素担体溶液 ($\sim 10^{-14}$)

表 2-6-4 高濃度捕集液及び高レベルヨウ素担体溶液を用いた ^{129}I 分析結果
(検討)

試料	ヨウ素129 (mBq/m ³)			乗数	原子数比 ($^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$)			乗数
SNOW WHITE (1月)	2.9	±	0.042	E-7	1.8	±	0.026	E-8
	3.6		0.074		1.6		0.026	

注) 捕集液組成: TMAH $\sim$ 4.5mg/g、Na₂SO₃: $\sim$ 5.0mg/g

高レベルヨウ素担体溶液 ($\sim 10^{-13}$)

表 2-6-5 異なる保持時間 (0.5h、1.5h) の ^{129}I 分析結果
(検討)

試料	(1000℃) 保持時間	ヨウ素129 (mBq/m ³)			乗数	原子数比 ($^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$)			乗数
SNOW WHITE (3月)	0.5h	8.7	±	0.129	E-7	4.3	±	0.056	E-8
		8.6		0.124		4.3		0.055	
	1.5h	7.6	±	0.117		4.2	±	0.056	

表 2-6-6 均質化处理（メノウ乳鉢粉碎有無）の ^{129}I 分析結果
(検討)

試料	均質化处理	ヨウ素129 (mBq/m ³)			乗数	原子数比 ($^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$)			乗数
SNOW WHITE (2月)	粉碎無	2.4	±	0.042	E-7	1.0	±	0.015	E-8
		1.9		0.024		1.0		0.013	
		2.1		0.033		1.0		0.014	
	メノウ乳鉢 粉碎	2.8	±	0.045	E-7	1.1	±	0.017	E-8
		2.8		0.042		1.1		0.016	
		2.9		0.044		1.1		0.016	

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、平成 28 年度と同様に大気中二酸化炭素（夏季）、精米及び野菜をそれぞれ 1 試料採取した。また、季節ごとに大気中二酸化炭素変動を把握するため、冬季に大気中二酸化炭素（北海道、秋田県、千葉県）を 1 試料ずつ採取した。分析試料を表 2-7-1 に示す。 ^{14}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ア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同位体比（ $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ ）を測定し、 ^{14}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。

表 2-7-1 ^{14}C 分析試料

試料名	採取場所	採取時期
大気中二酸化炭素 (夏季)	北海道札幌市 (北海道立衛生研究所)	H29. 08. 22 ~ H29. 09. 05
	秋田県秋田市 (秋田県健康環境センター)	
	千葉県千葉市 (日本分析センター千葉本部)	
大気中二酸化炭素 (冬季)	北海道札幌市 (北海道立衛生研究所)	H29. 12. 5 ~ H29. 12. 19
	秋田県秋田市 (秋田県健康環境センター)	
	千葉県千葉市 (日本分析センター千葉本部)	
精米	北海道石狩市	H29. 10. 10
	秋田県秋田市	H29. 10. 13
	千葉県千葉市	H29. 09. 20
キャベツ	北海道恵庭市	H29. 08. 25
	秋田県秋田市	H29. 09. 26
	千葉県銚子市	H29. 08. 22

(2) 結果と考察

結果を表 2-7-2 に示す。冬季に採取した大気中二酸化炭素の ^{14}C 比放射能及び炭素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) の結果が夏季より低い傾向がみられた。また、夏季の大気中二酸化炭素、精米及び野菜においては過去の調査結果 (表 2-7-3) と同程度であった。

表 2-7-2 炭素 14 分析結果

試料名	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 (夏季)	北海道札幌市 (北海道立衛生研究所)	0.227 ± 0.0006	-23.2
	秋田県秋田市 (秋田県健康環境センター)	0.226 ± 0.0004	-19.3
	千葉県千葉市 (日本分析センター千葉本部)	0.222 ± 0.0014	-19.5
大気中二酸化炭素 (冬季)	北海道札幌市 (北海道立衛生研究所)	0.220 ± 0.0020	-26.9
	秋田県秋田市 (秋田県健康環境センター)	0.221 ± 0.0032	-22.8
	千葉県千葉市 (日本分析センター千葉本部)	0.220 ± 0.0023	-21.9
精米	北海道石狩市	0.232 ± 0.0048	-27.6
	秋田県秋田市	0.229 ± 0.0024	-27.0
	千葉県千葉市	0.227 ± 0.0024	-29.0
キャベツ	北海道恵庭市	0.225 ± 0.0018	-28.7
	秋田県秋田市	0.227 ± 0.0017	-27.9
	千葉県銚子市	0.225 ± 0.0011	-27.5

- 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 σ) である。

表 2-7-3 過去の調査結果との比較

	大気 (夏季)	精米	野菜
	炭素 14 比放射能 (Bq/g 炭素)		
本調査	0.222~0.227	0.227~0.232	0.225~0.227
過去の調査*	0.216~0.247	0.225~0.260	0.221~0.270

* : 過去の調査 : 2003 年度~2016 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}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}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}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、三春町）、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 29 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。また平成 28 年度より調査対象地区に追加された三春町において、大気の連続捕集を 2 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}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}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}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}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
	都市	捕集装置設置機関	経度
北海道地区	札幌市	北海道立衛生研究所	43.1° N
			141.3° E
	秋田市	秋田県健康環境センター	39.7° N
東北地区	三春町	福島県環境創造センター	140.1° E
			37.4° N
関東・中部・近畿・中国地区	千葉市	日本分析センター	140.5° E
			35.7° N
四国・九州地区	太宰府市	福岡県保健環境研究所	140.1° E
			33.5° N
沖縄地区	南城市	沖縄県衛生環境研究所	130.5° E
			26.2° N
			127.8° E

表 2-8-2 大気中 ^{133}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}Kr 濃度の調査

札幌市、秋田市及び千葉市において、平成 29 年 2 月 27 日より平成 30 年 2 月 26 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 29 年 12 月 25 日より平成 30 年 1 月 9 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。また、三春町において、平成 29 年 4 月 18 日より平成 30 年 2 月 20 日まで調査を実施した。

② 大気中 ^{133}Xe 濃度の調査

千葉市において、平成 29 年 2 月 27 日より平成 30 年 2 月 26 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（三春町は流量 0.5L/分で 2 週間）継続して行い、大気約 10m³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 ⁸⁵Kr 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/m³）を用いて大気中 ⁸⁵Kr 放射能濃度（Bq/m³）を算出した。

③ ¹³³Xe 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/m³）を用いて大気中 ¹³³Xe 放射能濃度（mBq/m³）を算出した。

(2) 調査結果と考察

①大気中 ⁸⁵Kr 濃度の調査結果と考察

平成 18 年 7 月から平成 30 年 2 月までの札幌市、秋田市、三春町、千葉市、太宰府市及び南城市の大気中 ⁸⁵Kr 濃度（Bq/m³）を図 2-8-2 に、平成 29 年度の調査地点である札幌市、秋田市、三春町及び千葉市の大気中 ⁸⁵Kr 濃度（Bq/m³）を図 2-8-3 に示す。

平成 29 年度の札幌市、秋田市及び千葉市の大気中 ⁸⁵Kr 濃度調査結果（平成 29 年 3 月から平成 30 年 2 月）は、1.41～1.71 Bq/m³で、平均値は 1.52 Bq/m³であった。また、平成 29 年度の三春町の大気中 ⁸⁵Kr 濃度調査結果（平成 29 年 4 月 18 日から平成 30 年 2 月 20 日）については、1.46～1.60 Bq/m³で、平均値は 1.51 Bq/m³であった。

平成 29 年 9 月から 10 月にかけて ⁸⁵Kr 濃度（Bq/m³）が一時的に上昇し、バックグラウンドレベル（1.3～1.6 Bq/m³）（*1:Igarashi(2000)及び平成 24 年以降の本調査結果）を上回った測定結果があった。⁸⁵Kr の月別放出状況を確認したところ、La Hague 再処理工場については放出量の上昇はなく、また、六ヶ所村再処理工場については⁸⁵Kr は放出されていなかった。但し、近年、La Hague 再処理工場と Sellafield 再処理工場を合わせた ⁸⁵Kr 年間放出量は増加傾向にあることから、今後の動向に注視してモニタリングを継続する。11 月以降はバックグラウンドレベル範囲内を推移していた。

② 大気中 ^{133}Xe 濃度の調査結果と考察

平成 20 年 11 月から平成 30 年 2 月までの千葉市における大気中 ^{133}Xe 濃度 (mBq/m^3) を図 2-8-4 に示す。

平成 29 年度の大気中 ^{133}Xe 濃度調査結果(平成 29 年 3 月から平成 30 年 2 月)については、全て不検出であった。これらの結果は、 ^{133}Xe 放射能濃度のバックグラウンドレベル ($1\sim 100 \text{ mBq}/\text{m}^3$) (*2:Auer(2004), *3: Saey(2007)) の範囲内であったと考えられる。

- *1:Y. Igarashi, H. Sartorius, T. Miyao, W. Weiss, K. Fushimi, M. Aoyama, K Hirose, H. Y. Inoue, 2000; *^{85}Kr and ^{133}Xe monitoring at MRI, Tsukuba and its importance*; Journal of Environmental Radioactivity, 48, pp. 191-202
- *2: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
- *3: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

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

福島県内で採取した環境試料（大気浮遊じん、陸土、海水、海底土）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、福島県が採取・調製した試料をそのまま測定試料とした。

(2) 結果

平成29年度の調査で得られた環境試料の放射能濃度の範囲を表2-9-1-1に示す。

表 2-9-1-1 環境試料の ^{134}Cs 及び ^{137}Cs の放射能濃度

試料種類 (単位)	試料数	^{134}Cs	^{137}Cs	$^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$
大気浮遊じん (mBq/m ³)	66	不検出～0.066	不検出～0.57	0.098～0.17
陸土 (Bq/kg 乾土)	9	35～2900	290～24000	0.11～0.12
海水 (Bq/L)	18	不検出～0.018	0.007～0.14	0.083～0.16
海底土 (Bq/kg 乾土)	8	5.7～35	48～280	0.12～0.13

東京電力福島第一原子力発電所事故時の放射能比を1とした $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比は物理的半減期のみを考慮すると、平成29年2月末時点で0.15、平成30年1月末時点で0.12となる。今回の結果から計算した $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比は同程度であった。

なお、これらの測定結果は、福島県へ速報した。

2.9.2 空間線量の調査

(1) 概要

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用いて空間放射線量率を測定した。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。装置に異常が見られる場合には直ちに現地に行き、原因を調査した。さらに、日常的な点検等も行い、可搬型モニタリングポストが常に正常な状態で稼働するように努めた。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 29 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γ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もある。

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降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/

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、降雨による空間放射線量率の上昇もしくは下降のため、判断基準を外れる測定データが認められた。福浦小学校（南相馬市）における空間放射線量率上昇の例を図 2-9-2-3 に、小丸多目的集会所（浪江町）の空間放射線量率下降の例を図 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。比曽公民館（飯館村）の例を図 2-9-2-5(1)～(2)に示す。

② 温度依存性による変動

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について、大柿簡易郵便局（葛尾村営バス停脇）（浪江町）の例を図 2-9-2-6 に示す。

③ 除染作業等による影響

除染作業等による影響の有無の確認を現地で実施した。また、スペクトルデータを用いて放射性セシウムの増減の有無等を調査した。

その結果、以下の要因を確認した。

- ・工事のための敷地利用による空間放射線量率の変動
- ・車両の駐車による空間放射線量率の一時的な低下
- ・周辺で実施された道路工事による空間放射線量率の低下

北部コミュニティーセンター（双葉町）では、敷地を工事事務所及び資材置場として利用していたことによる空間放射線量率の変動が確認された。その例を図 2-9-2-7(1)～(7)に示す。

また、車両等の駐車による一時的な空間放射線量率の低下について、下葛尾集会所（葛尾村）の例を図 2-9-2-8(1)～(4)に示す。空間放射線量率が低下した期間のエネルギー分布は、計数が全体的に低下しており、それにより空間放射線量率が低下したと考えられた。現地で確認した結果、モニタリングポスト近傍に工事用車両が駐車されていることを確認した。

④ その他の影響

飯館村役場（飯館村）では、付近の非破壊検査の影響による空間放射線量率の変動が確認された。

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(1)～(40)参照）を更新し、そのトレンドグラフの傾きを、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傾き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。

3) モニタリングポストの撤去及び保管

檜葉北小学校（檜葉町）に設置されているモニタリングポストを撤去し、福島県環境創造センター環境放射線センター（南相馬市）の敷地内に保管した。撤去及び保管場所を表 2-9-2-2 に、作業の様子等を図 2-9-2-9(1)～(3)に示す。

なお、撤去及び保管作業実施日時は、平成 29 年 9 月 7 日 10 時～14 時である。

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	南会津町永田字枇杷影19-1
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1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	南相馬市小高区蛭沢字藤沼50-1
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76-1
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(平成29年9月撤去)	檜葉町大字井出字上ノ岡33
34	女平地区集会所	檜葉町大字上小塙字女平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	檜葉町大字下小塙字麦入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	富岡町大字小浜字中央237-1

表2-9-2-1(2) 可搬型モニタリングポスト設置地点一覧

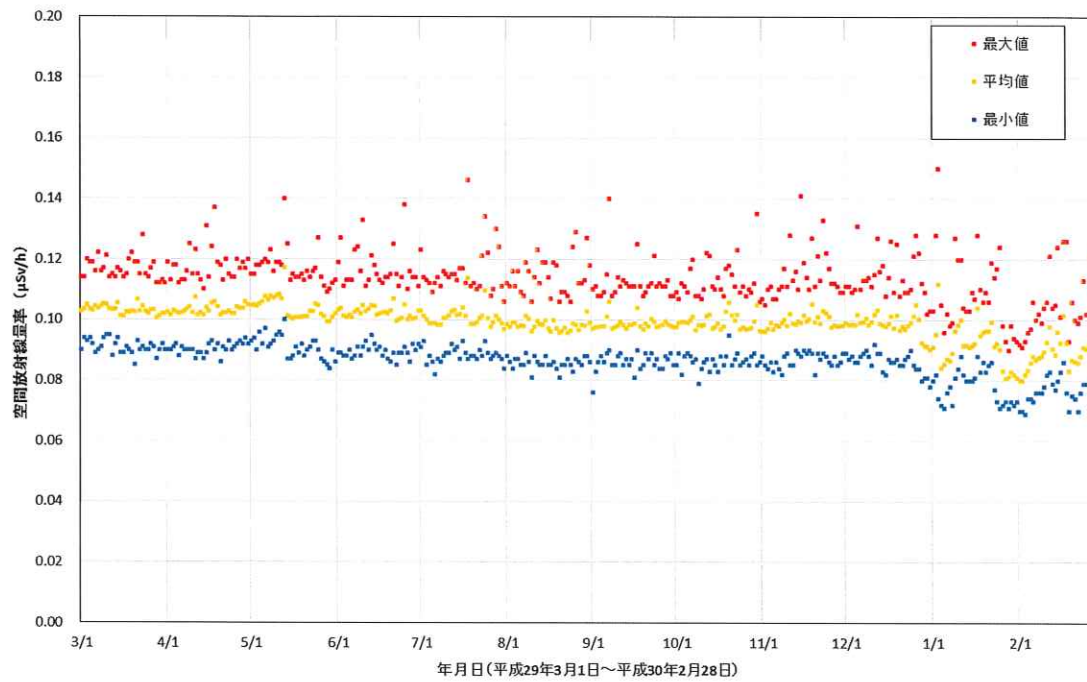
No.	施設名	所在地
41	富岡第二小学校	富岡町大字本岡字王塚36
42	赤木多目的集会所	富岡町大字本岡字赤木275-1
43	村営バス停留所(貝ノ坂地区)	川内村大字下川内字貝ノ坂
44	五枚沢集会所	川内村大字下川内字五枚沢39-3
45	毛戸集会所	川内村大字下川内字毛戸
46	坂下ダム管理事務所	大熊町大字大川原字手の倉125
47	夫沢二区地区集会所	大熊町大字夫沢字長者原536-1
48	熊一区地区集会所	大熊町大字熊字旭台499
49	熊町小学校	大熊町大字熊川字緑ヶ丘10
50	中屋敷多目的研修集会施設	大熊町大字野上字旭ヶ丘
51	野上一区地区集会所	大熊町大字野上字湯の神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	屋曽根屯所	浪江町大字屋曽根字屋曽根
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113-1
73	小宮コミュニティーセンター	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	長泥コミュニティーセンター	飯舘村大字長泥字長泥
77	比曽公民館	飯舘村大字比曽字比曽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	飯舘村大字八木沢字上八木沢
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

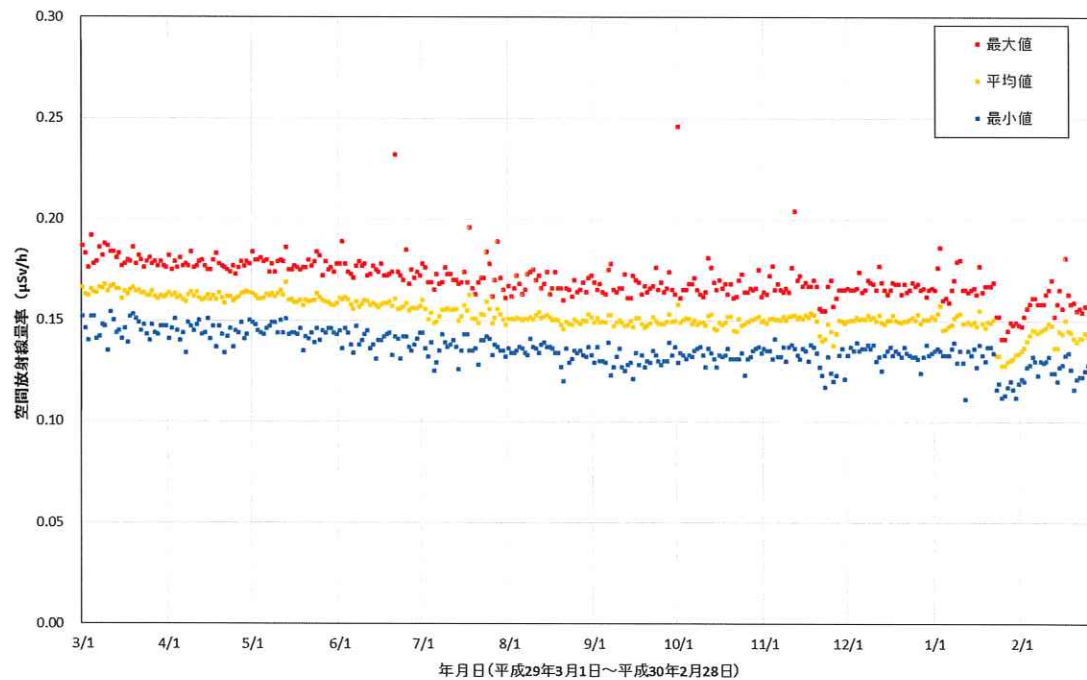
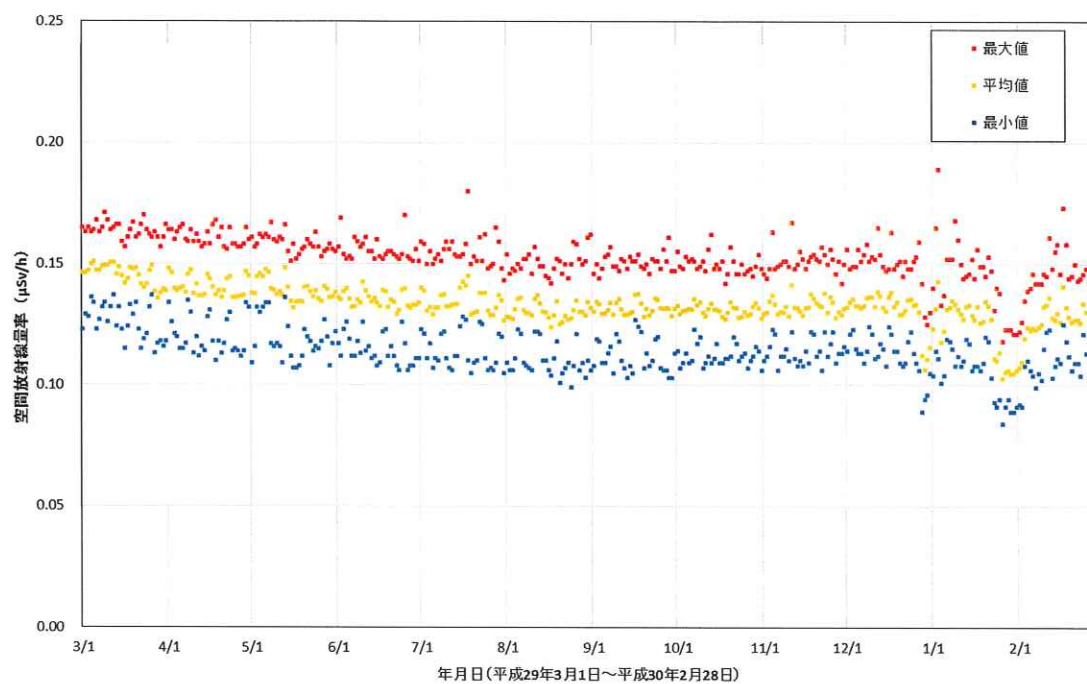


図 2-9-2-2(1) 各地点のトレンドグラフ

No.3 伊達市役所保原本庁舎



No.4 石神生涯学習センター

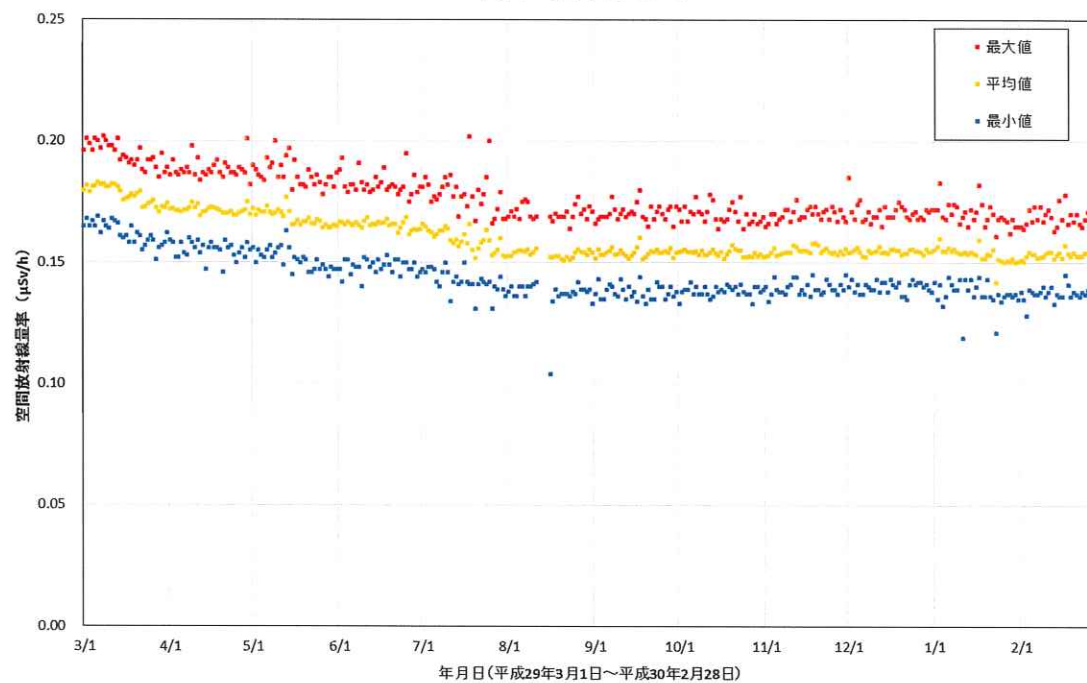
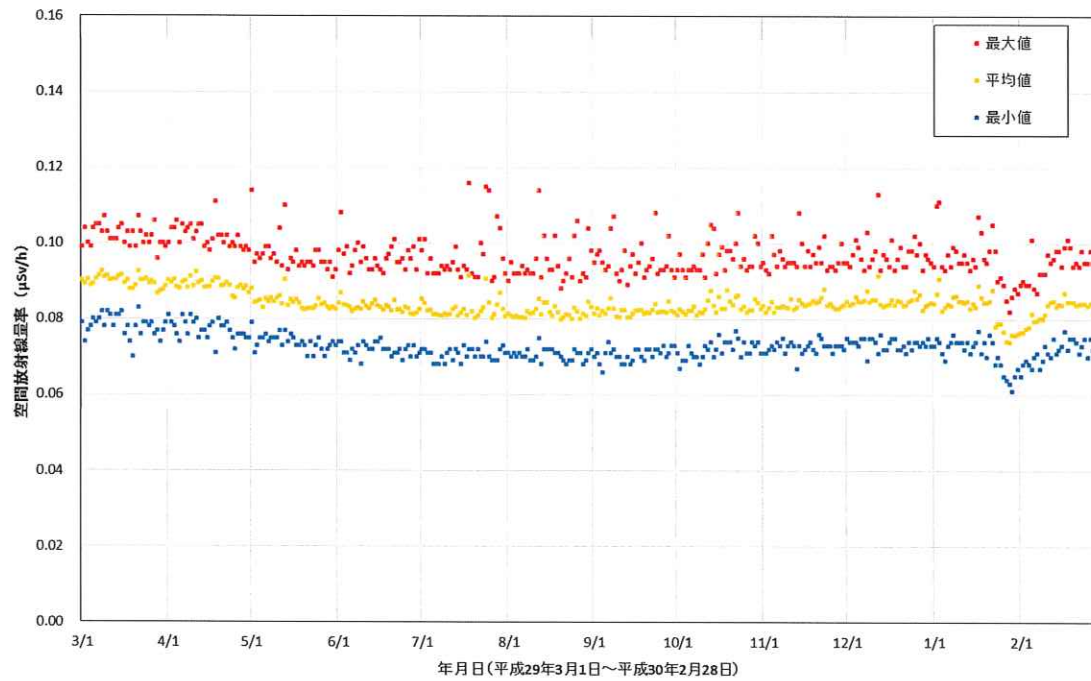


図 2-9-2-2(2) 各地点のトレンドグラフ

No.5 須賀川市役所



No.6 飯舘村役場

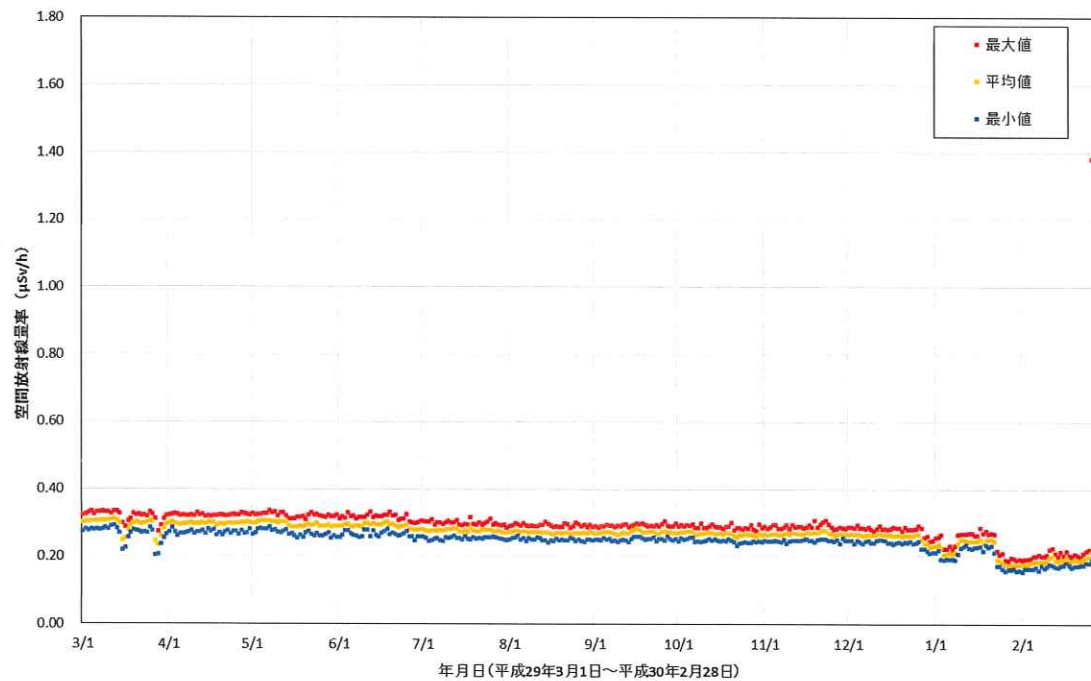
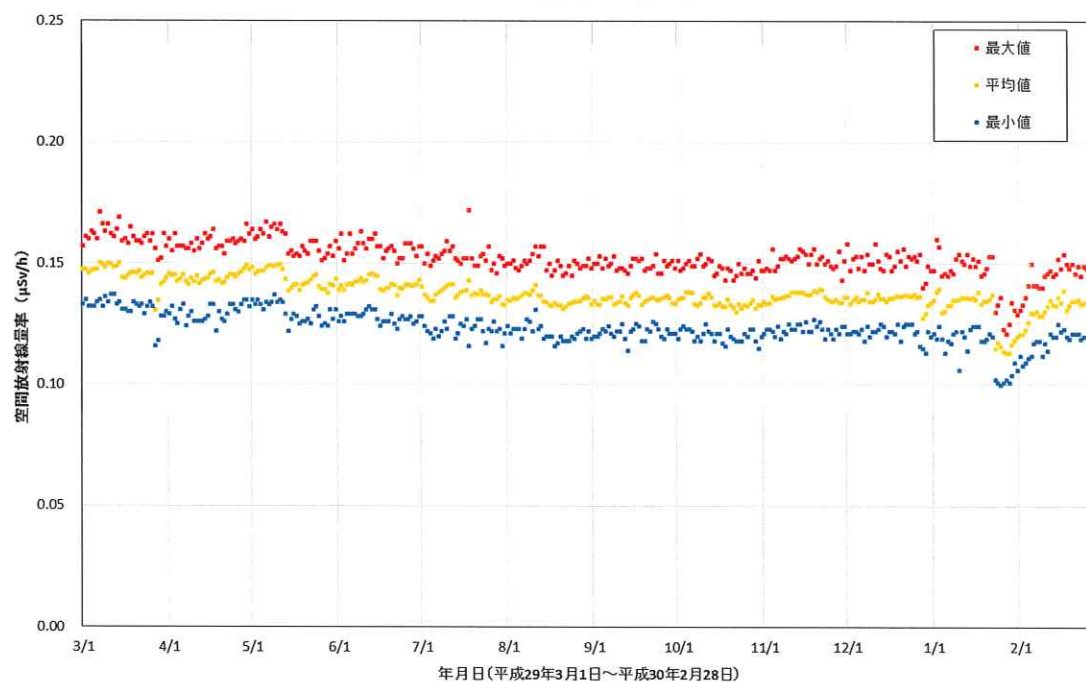


図 2-9-2-2(3) 各地点のトレンドグラフ

No.7 白河市総合運動公園



No.8 会津若松市役所

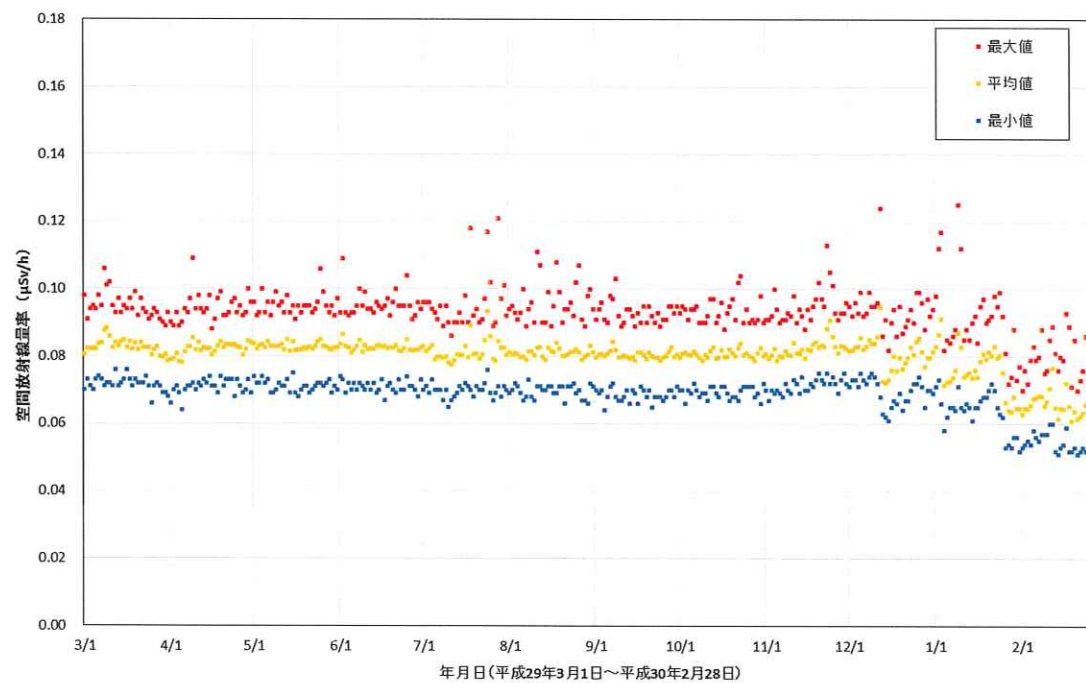
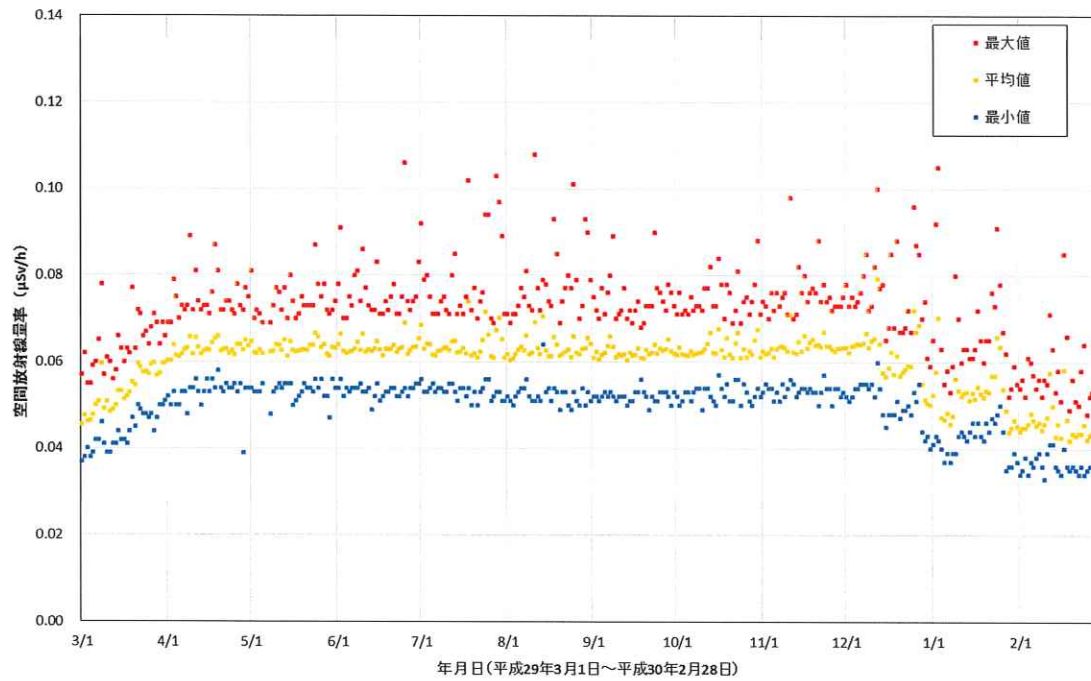


図 2-9-2-2(4) 各地点のトレンドグラフ

No.9 びわのかげ運動公園



No.10 スポーツアリーナそうま

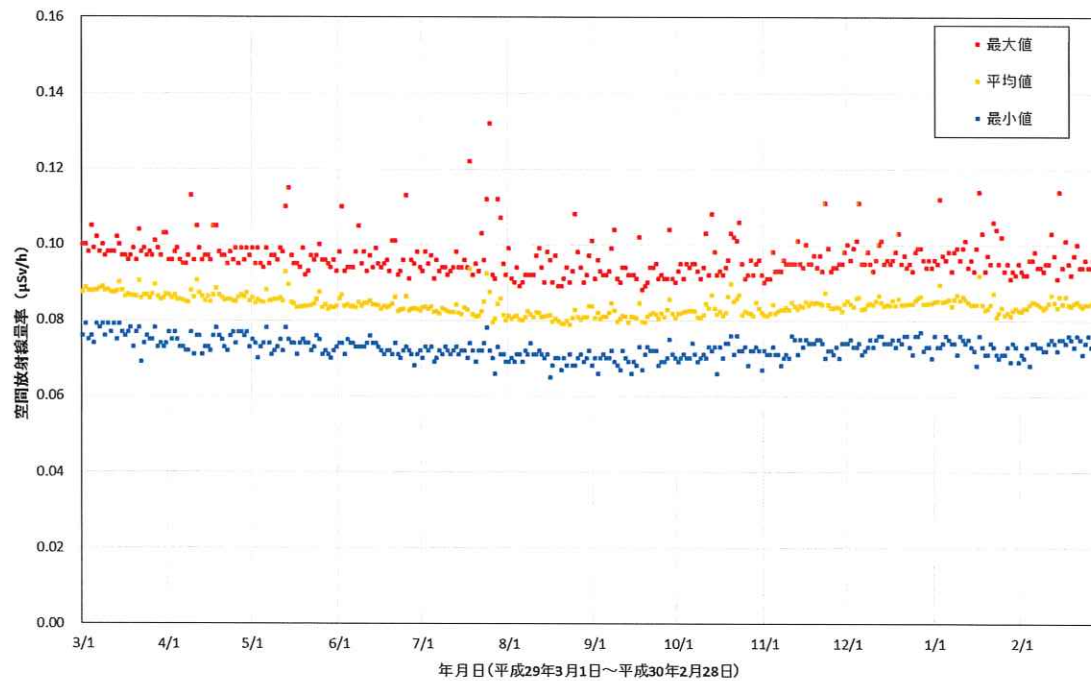
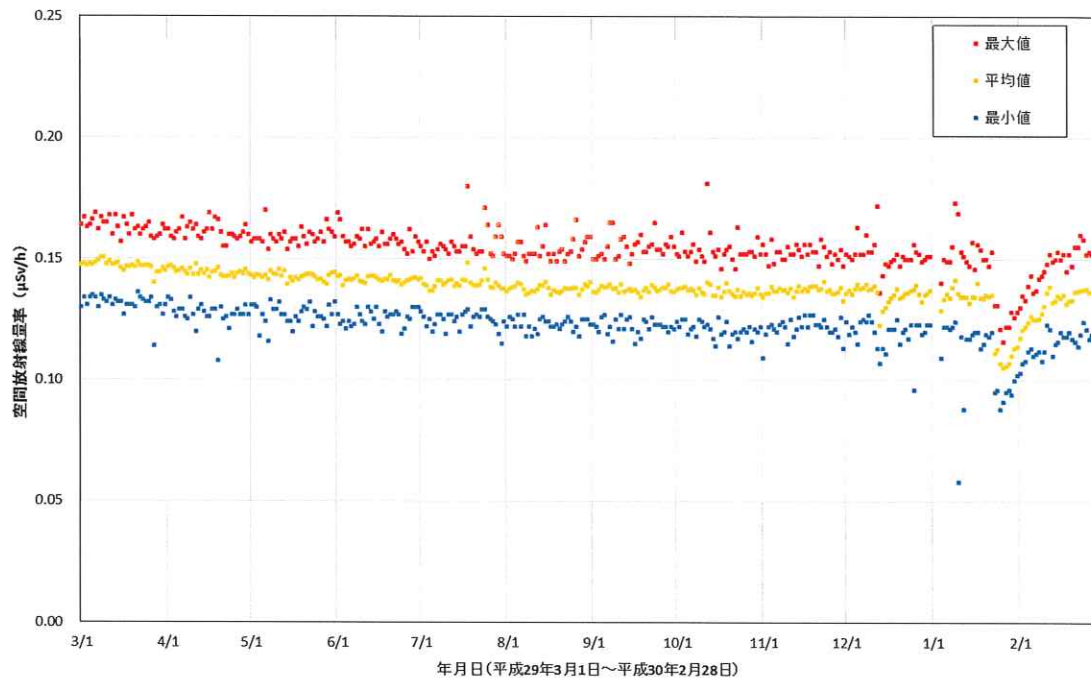


図 2-9-2-2(5) 各地点のトレンドグラフ

No.11 郡山市役所



No.12 広野町役場

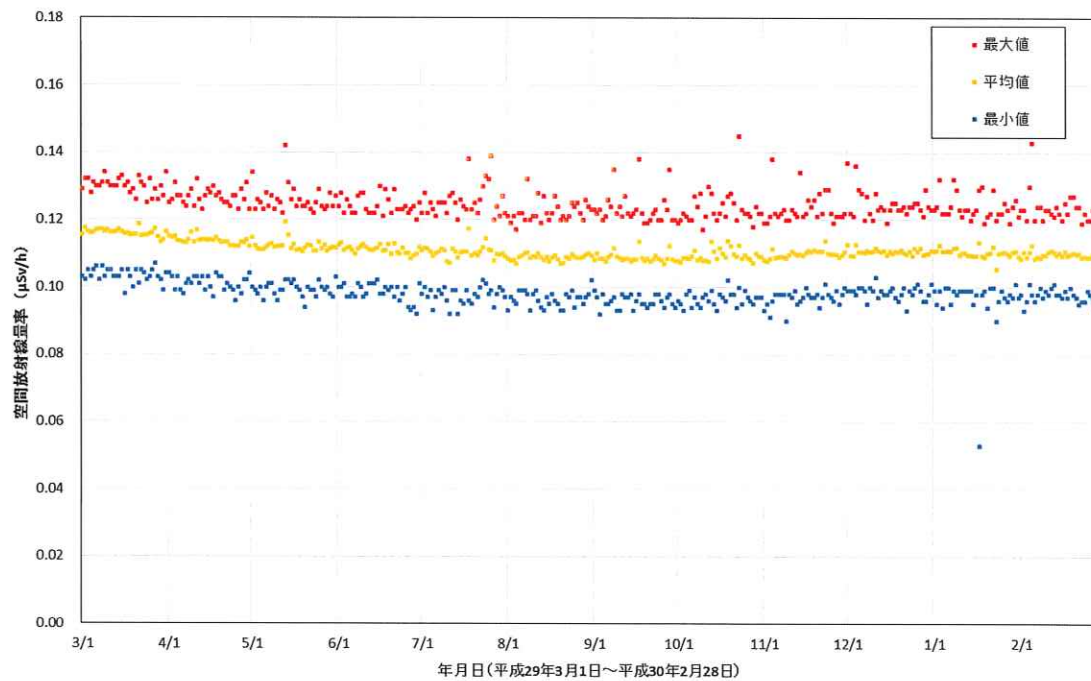
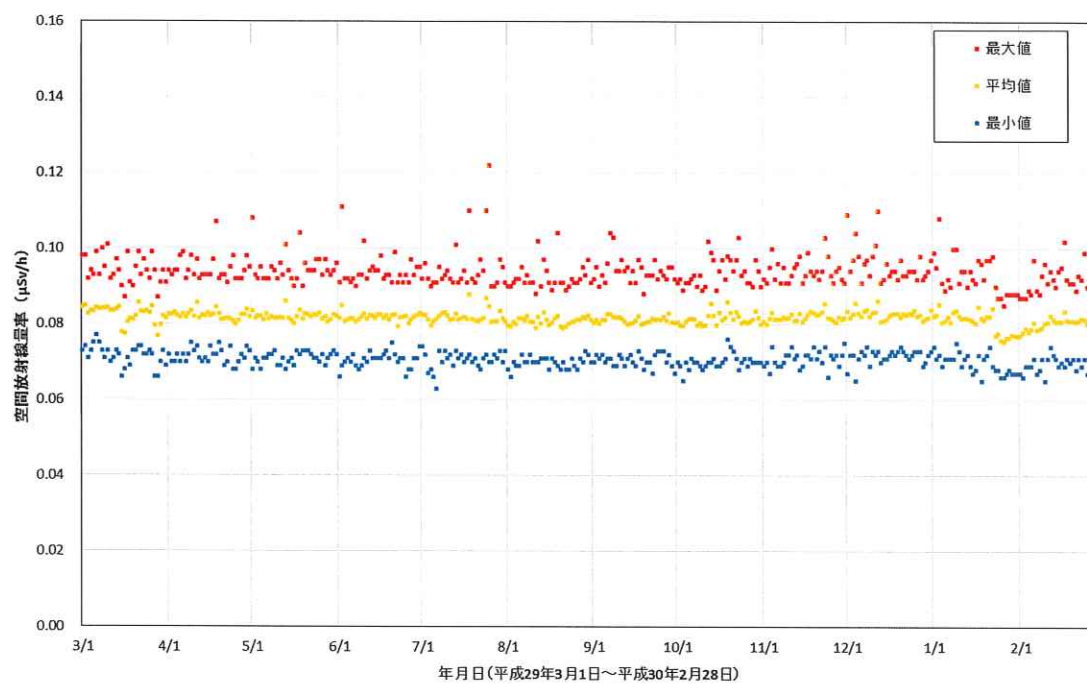


図 2-9-2-2(6) 各地点のトレンドグラフ

No.13 川内村役場



No.14 葛尾村柏原地区

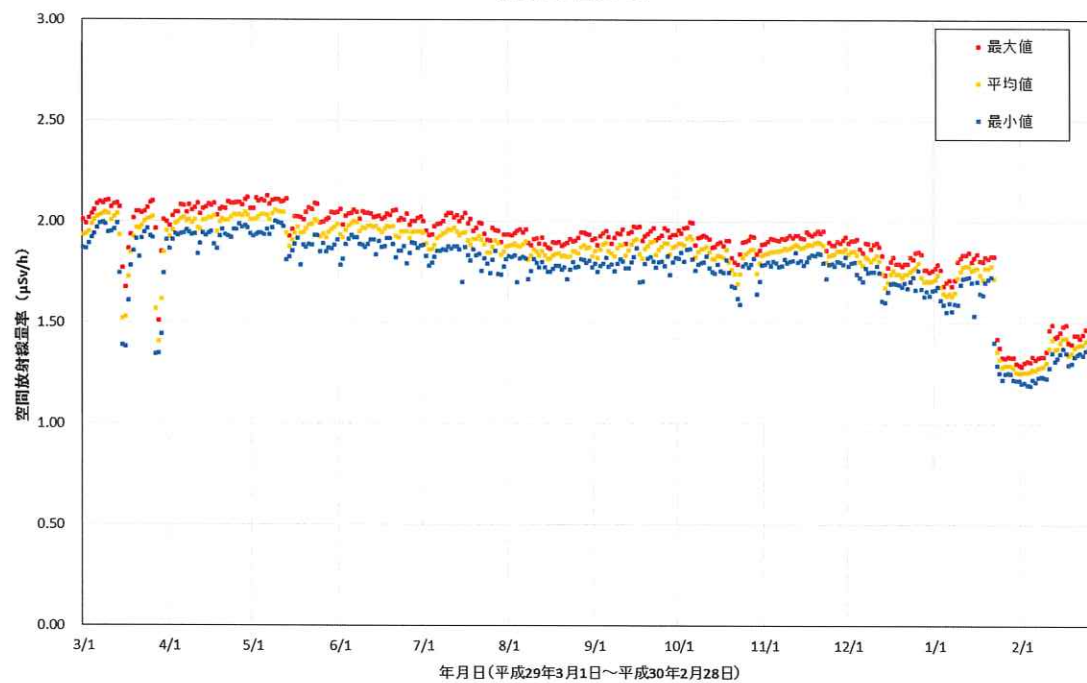
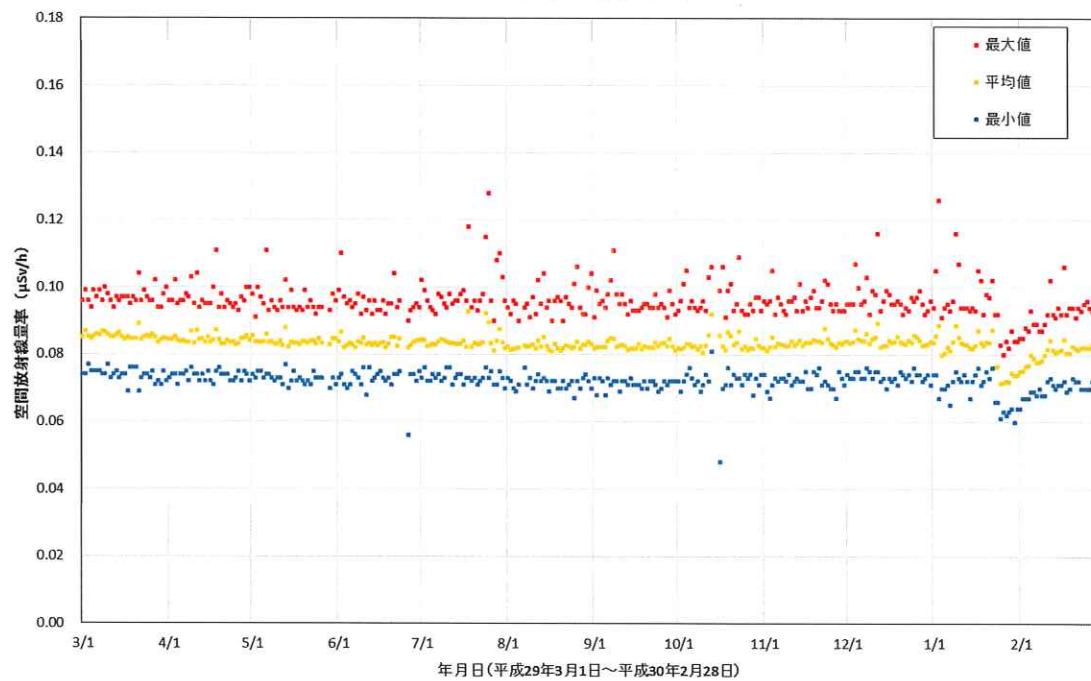


図 2-9-2-2(7) 各地点のトレンドグラフ

No.15 田村市常葉行政局



No.16 いわきの里鬼ヶ城オートキャンプ場

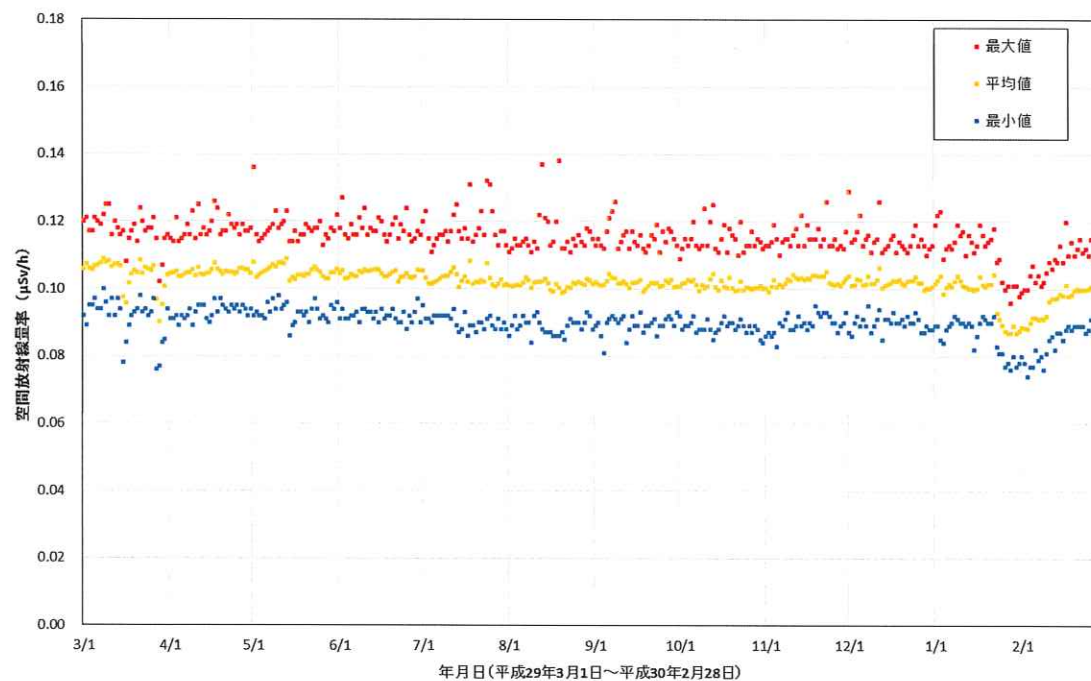
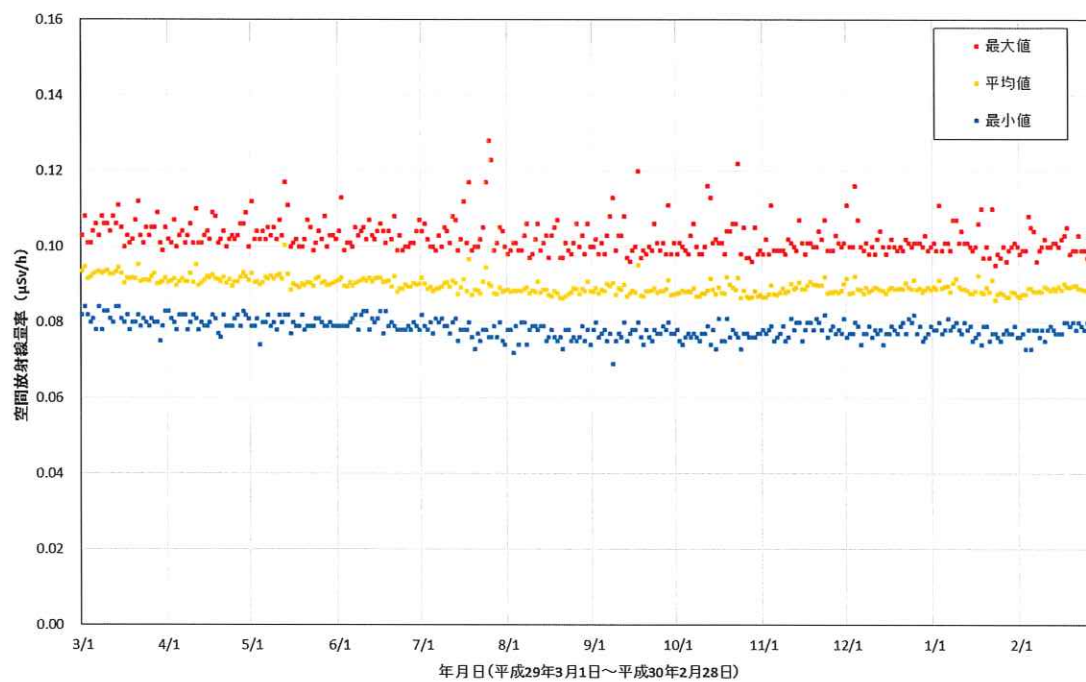


図 2-9-2-2(8) 各地点のトレンドグラフ

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」

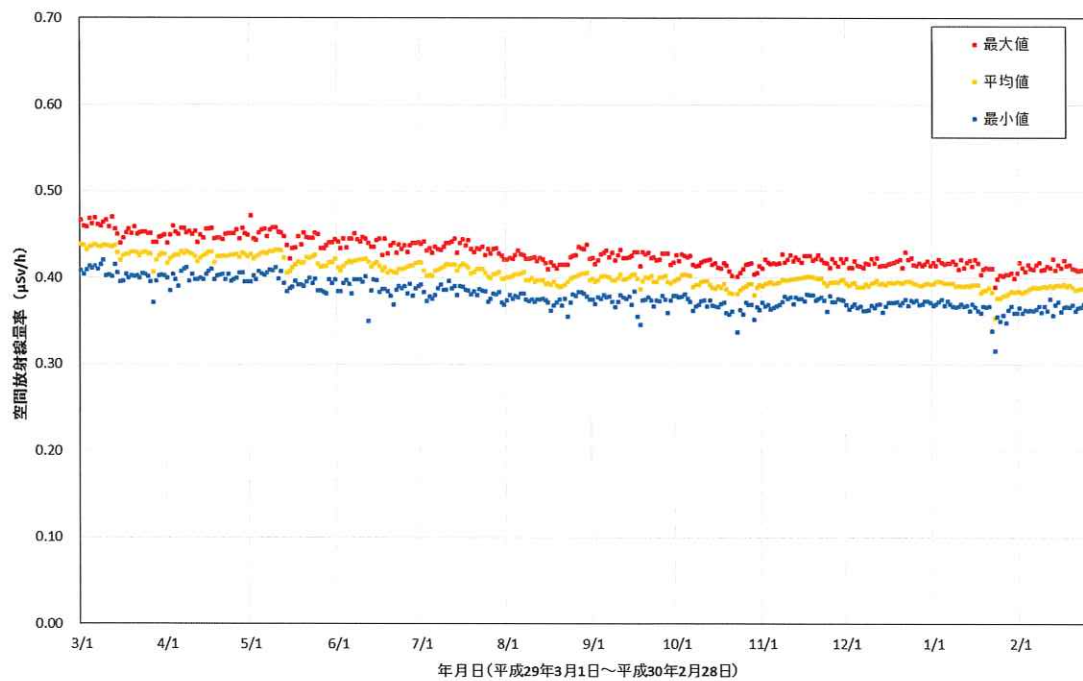
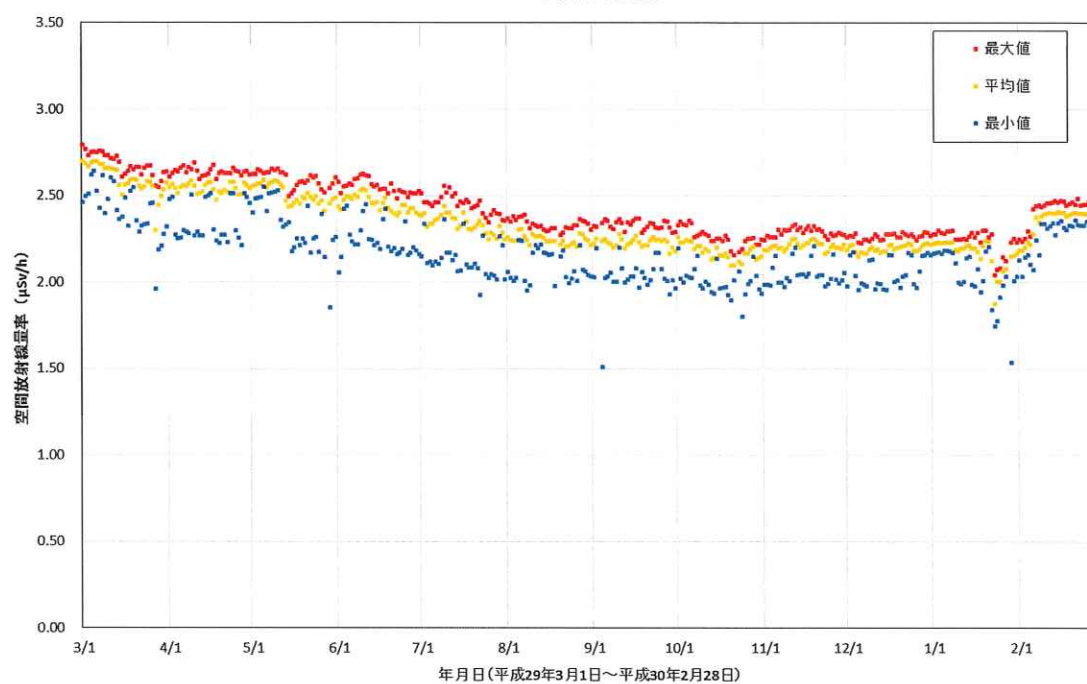


図 2-9-2-2(9) 各地点のトレンドグラフ

No.19 石熊公民館



No.20 福島県浪江ひまわり荘

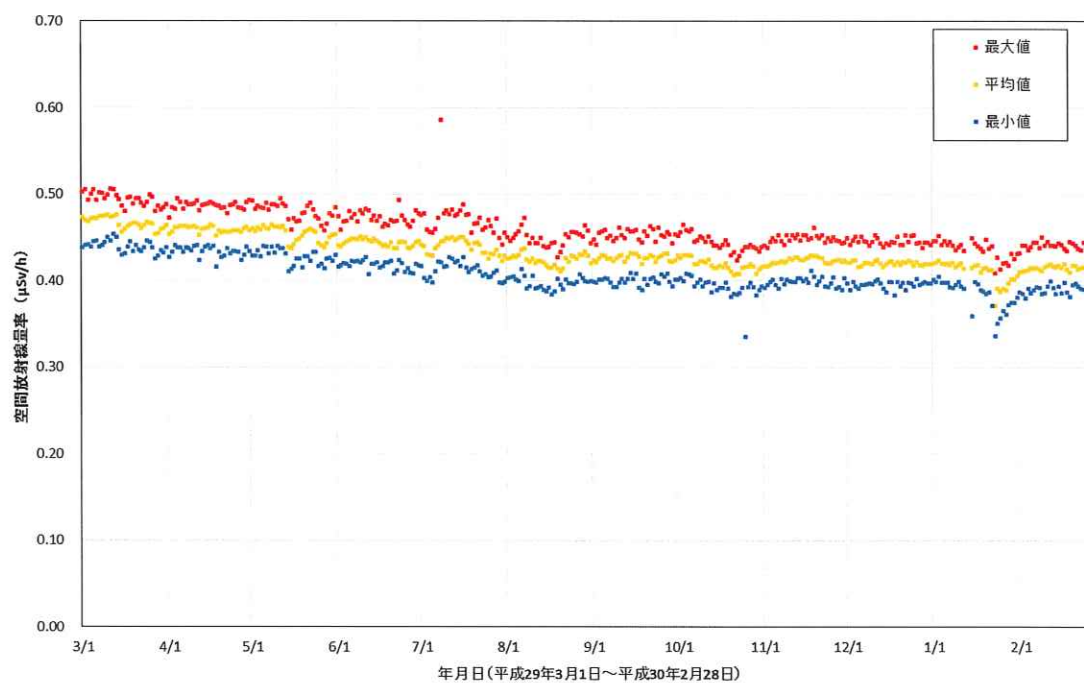
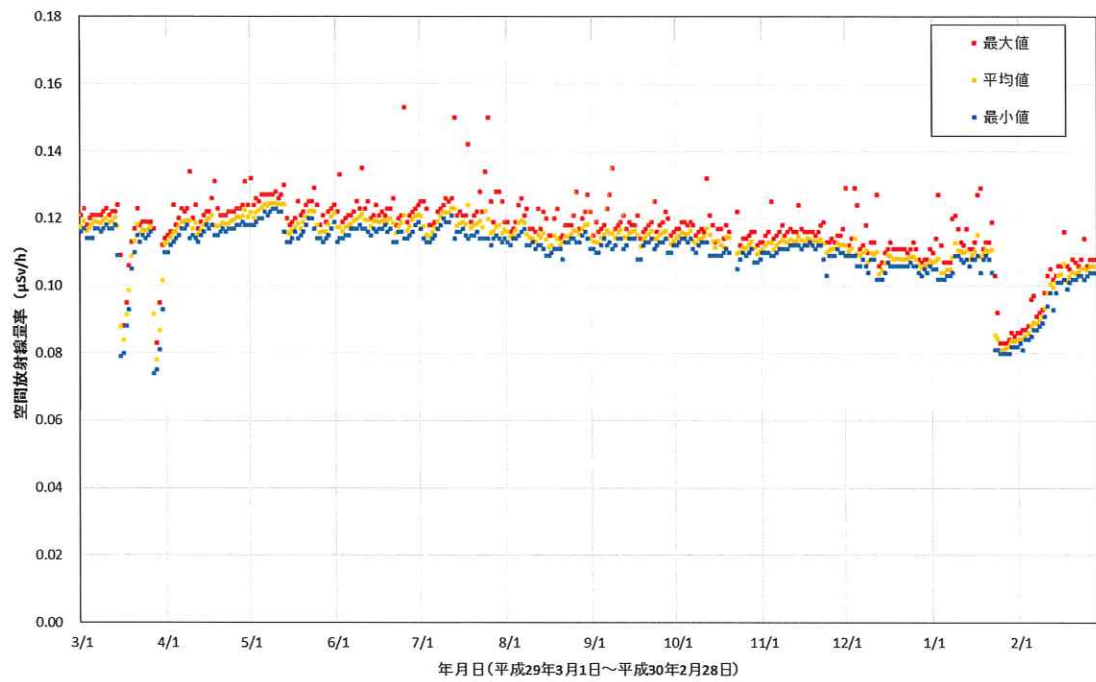


図 2-9-2-2(10) 各地点のトレンドグラフ

No.21 場々多目的研修センター



No.22 合子集落農事集会所

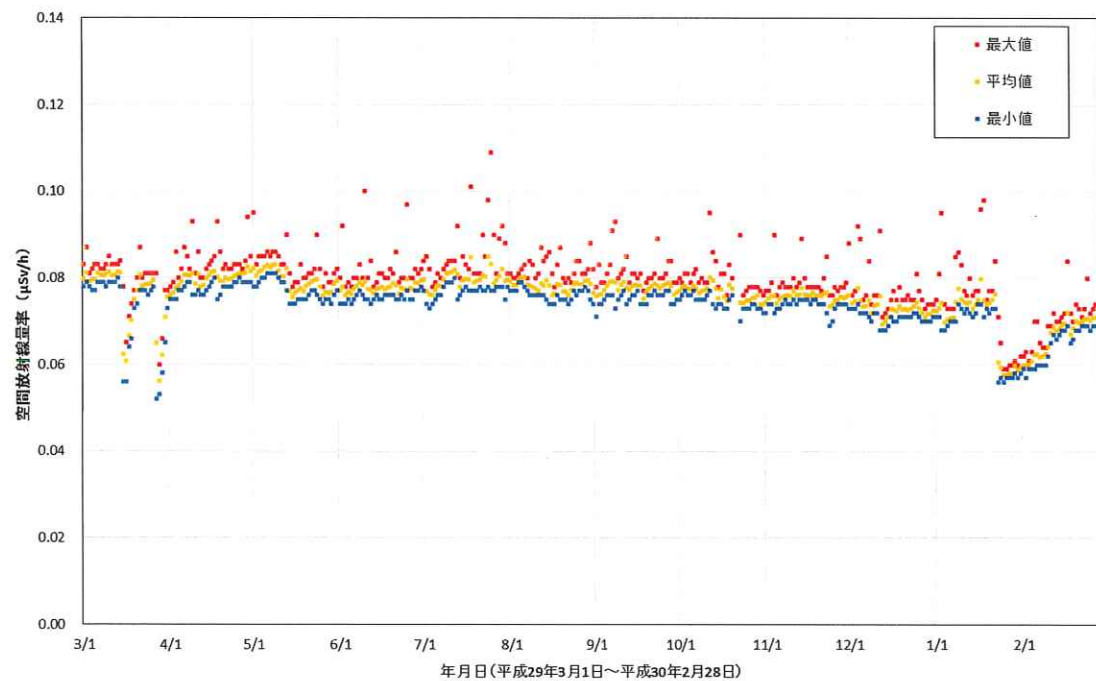
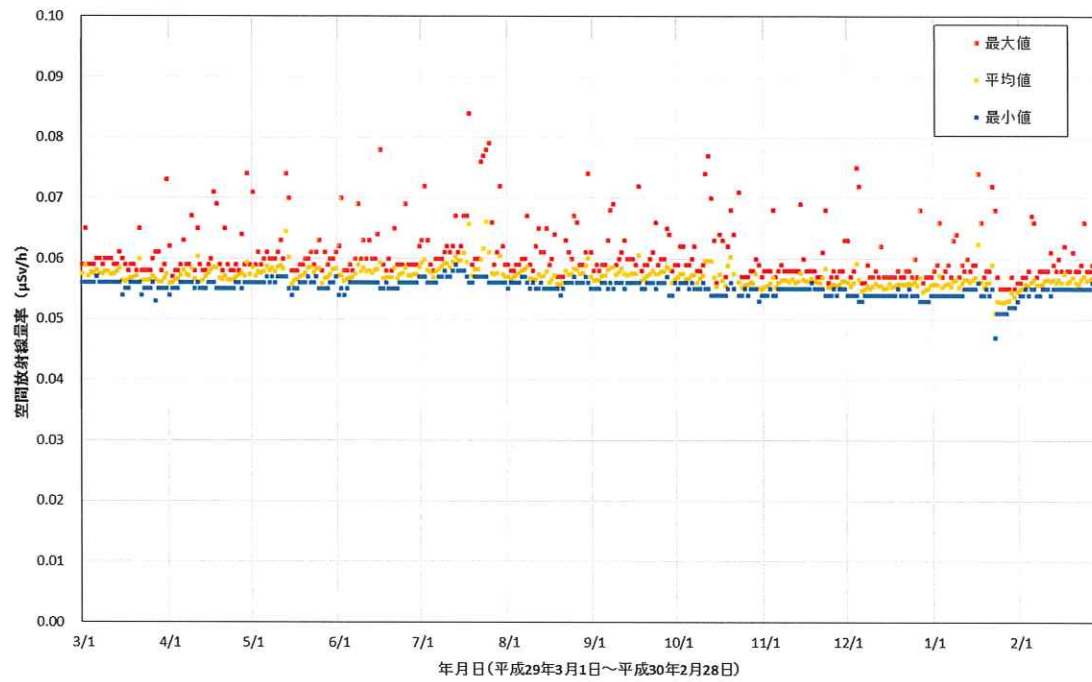


図 2-9-2-2(11) 各地点のトレンドグラフ

No.23 福浦小学校



No.24 金房幼稚園

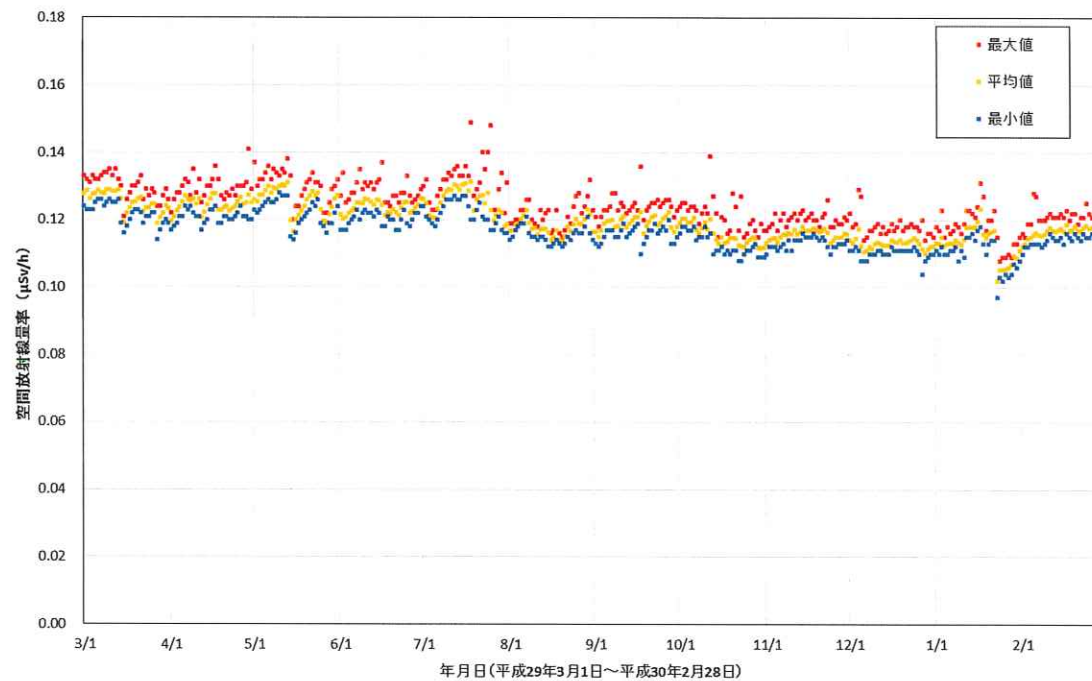
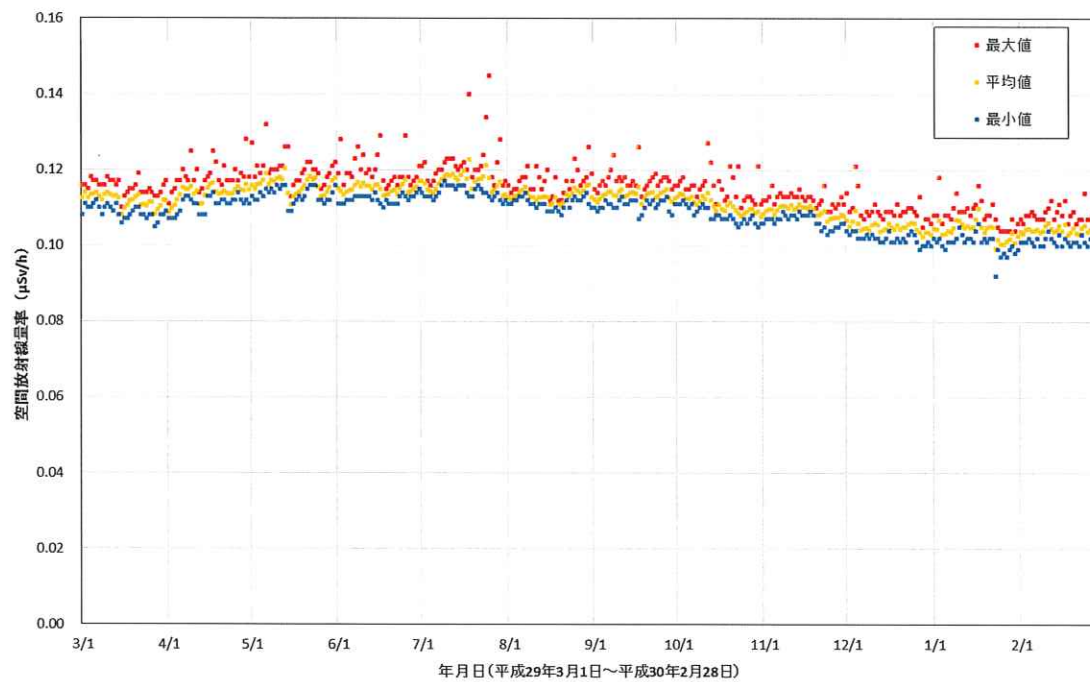


図 2-9-2-2(12) 各地点のトレンドグラフ

No.25 鳩原小学校



No.26 小高区団第3分団第10部屯所

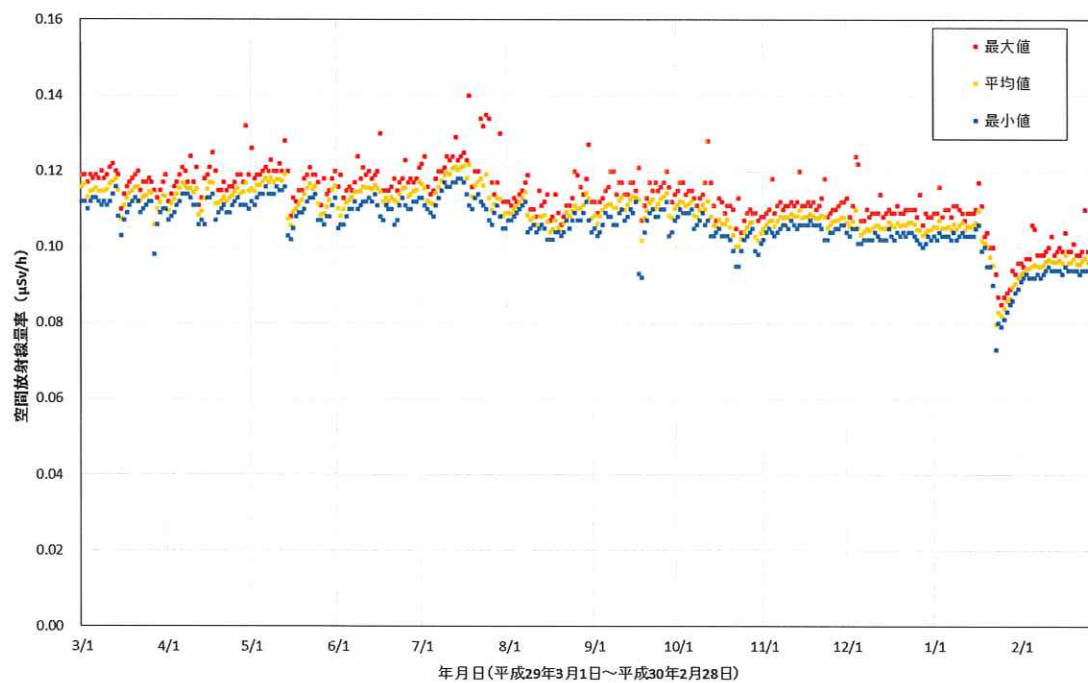
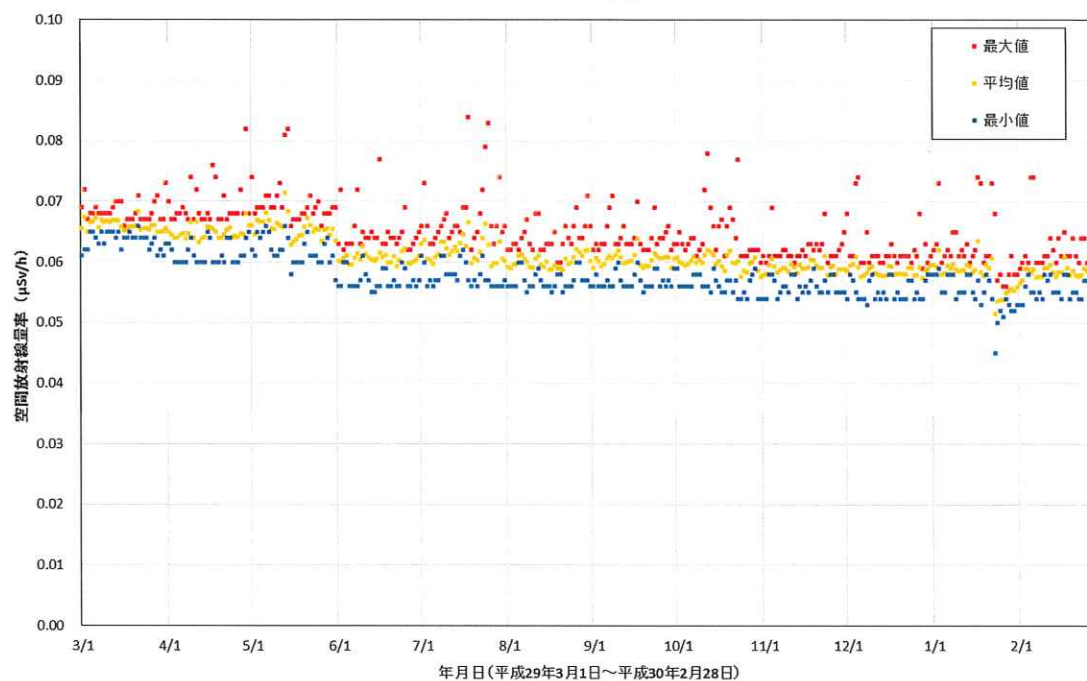


図 2-9-2-2(13) 各地点のトレンドグラフ

No.27 小高区役所



No.28 高の倉ダム助常観測所

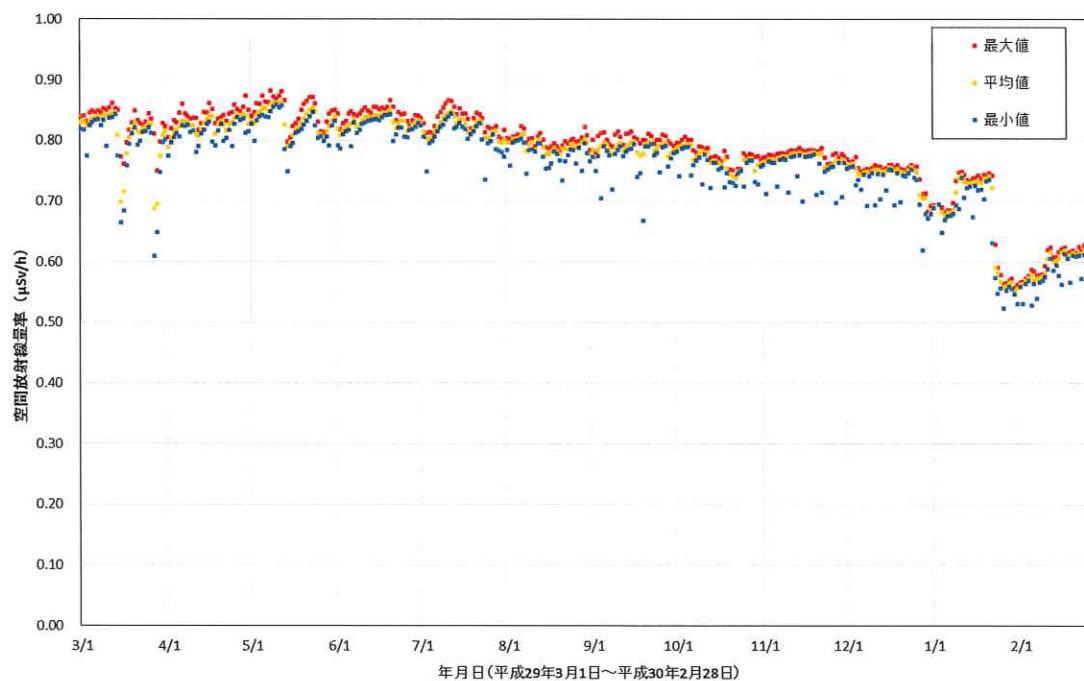
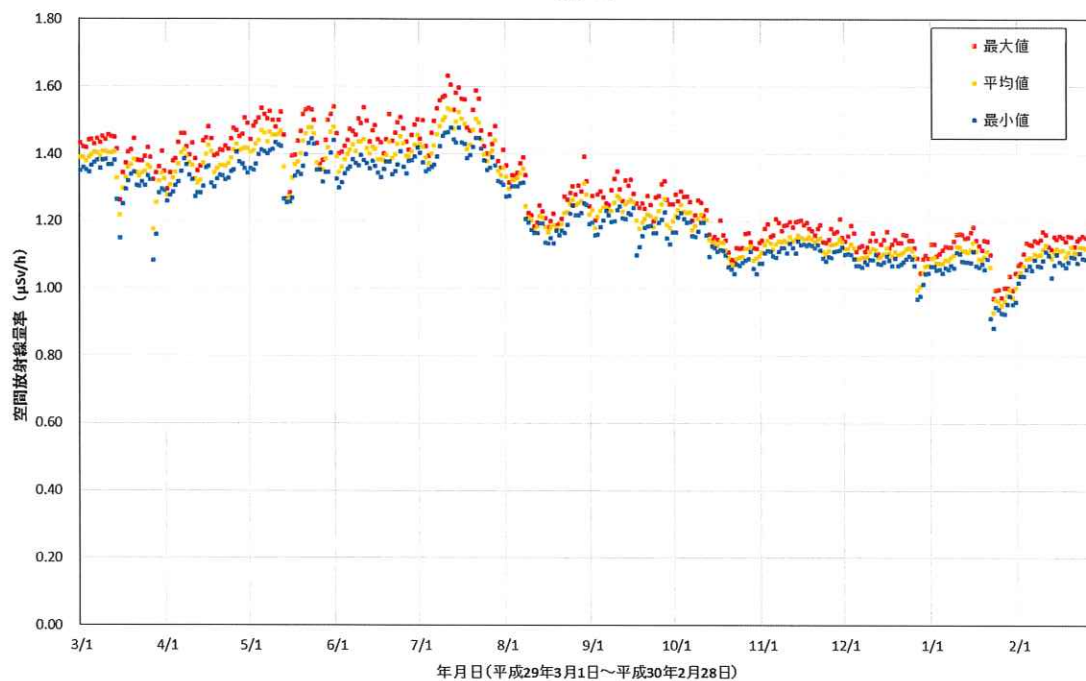


図 2-9-2-2(14) 各地点のトレンドグラフ

No.29 鉄山ダム



No.30 山木屋駐在所

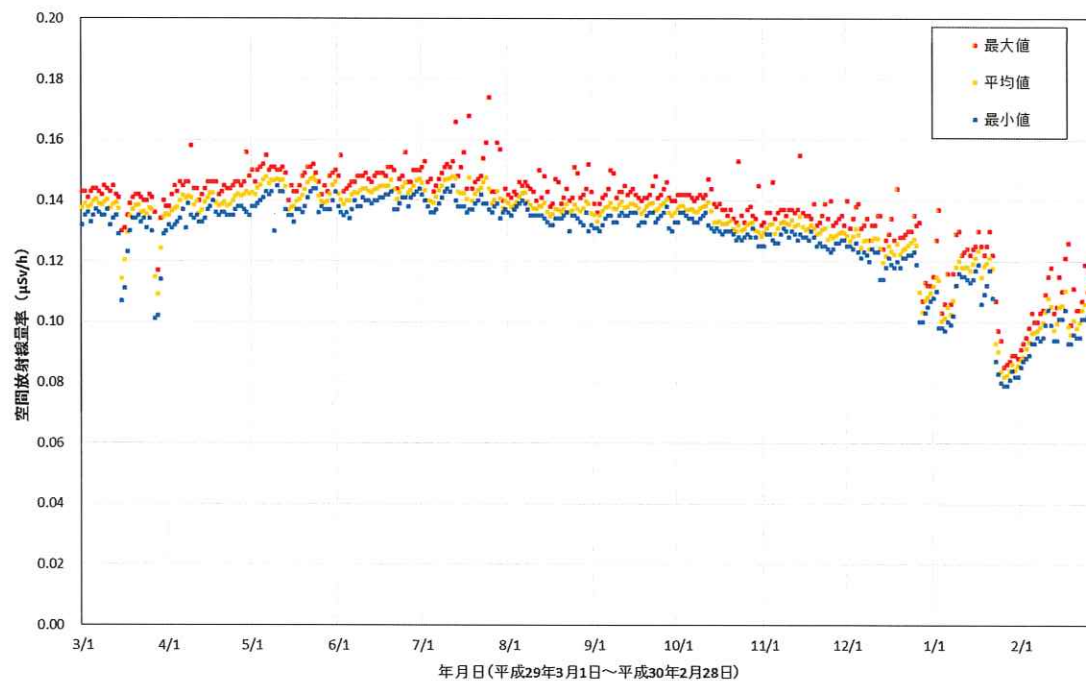
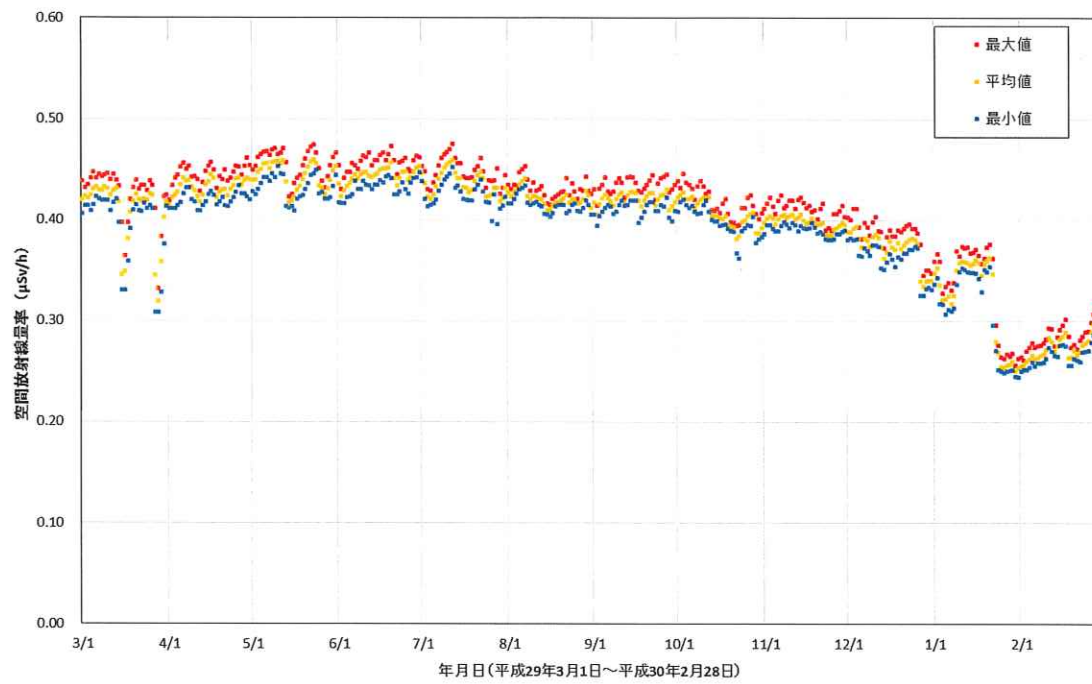


図 2-9-2-2(15) 各地点のトレンドグラフ

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

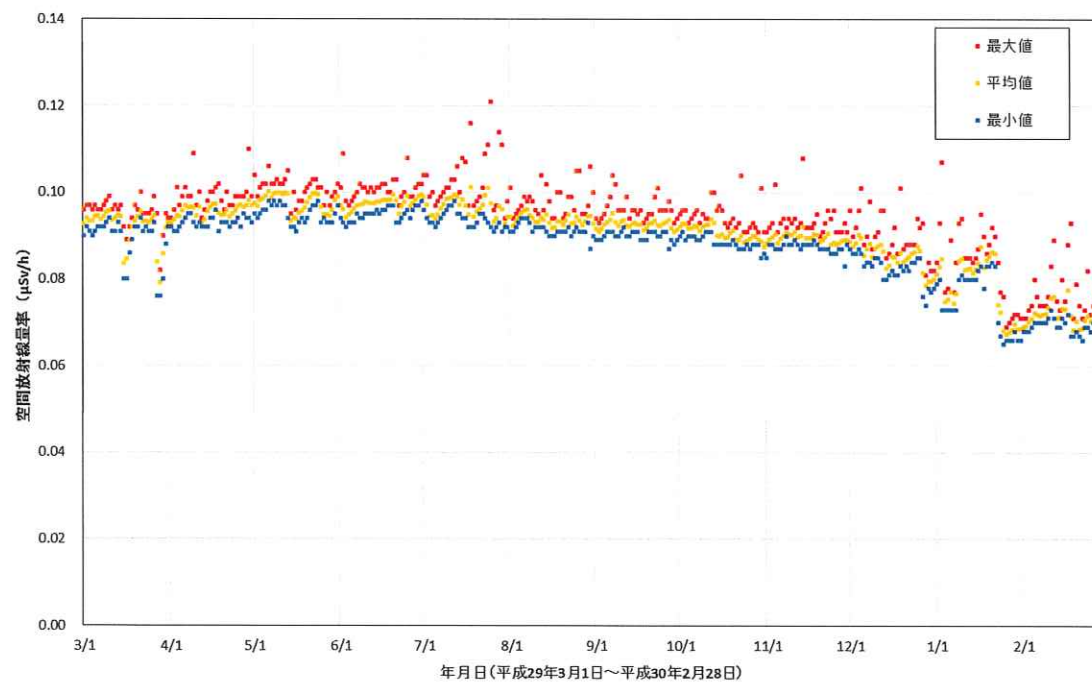
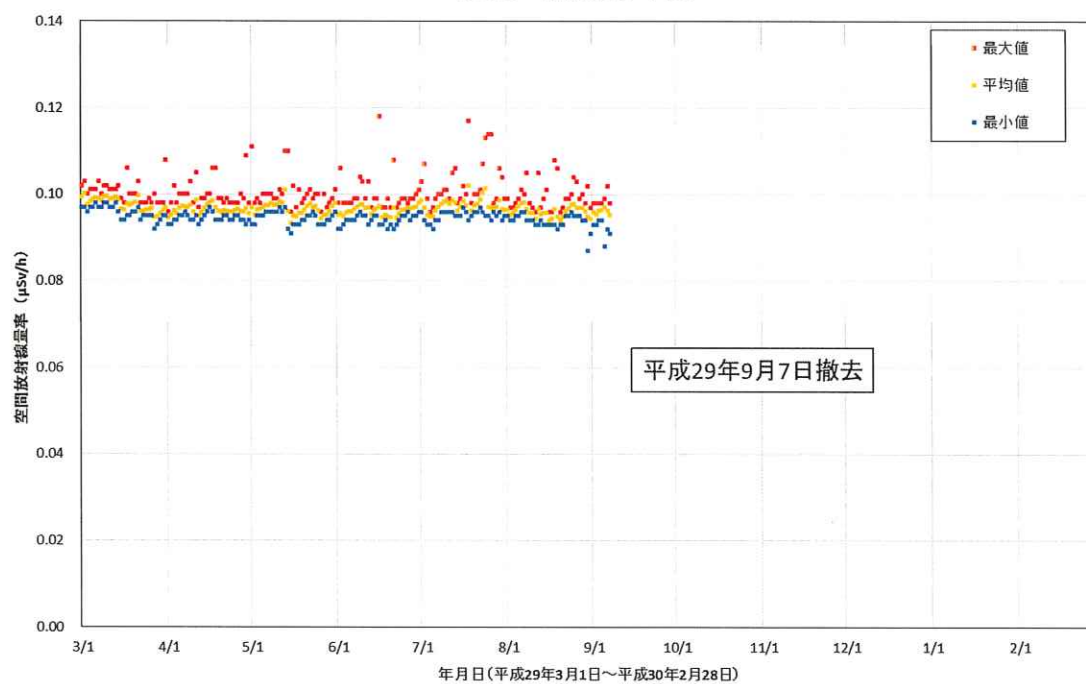


図 2-9-2-2(16) 各地点のトレンドグラフ

No.33 檜葉北小学校



No.34 女平地区集会所

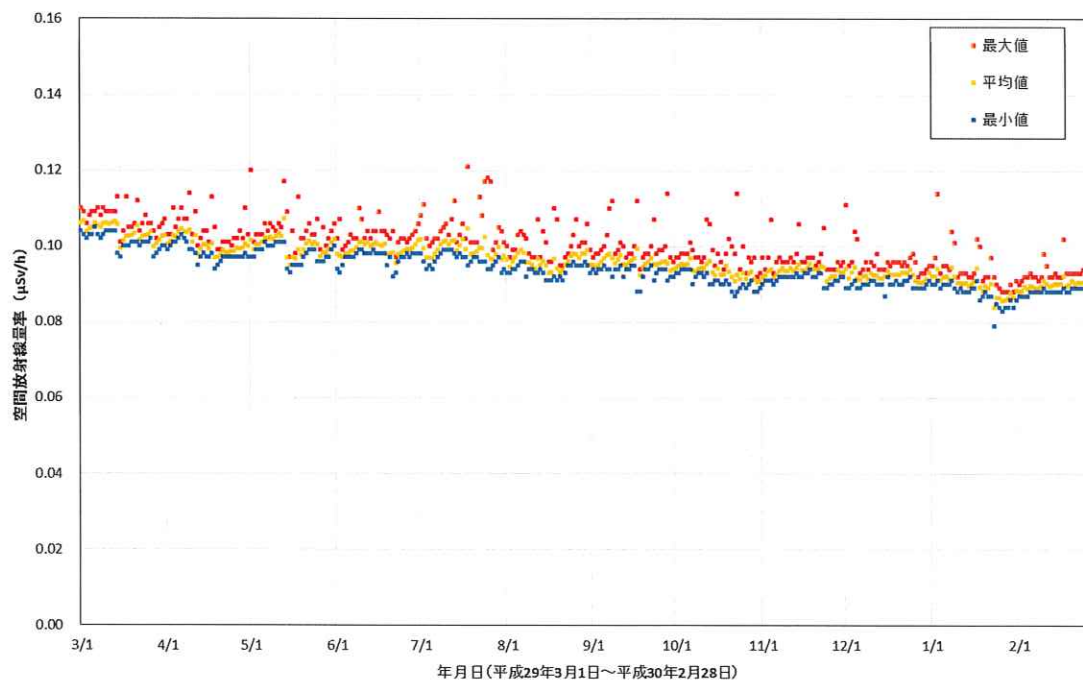
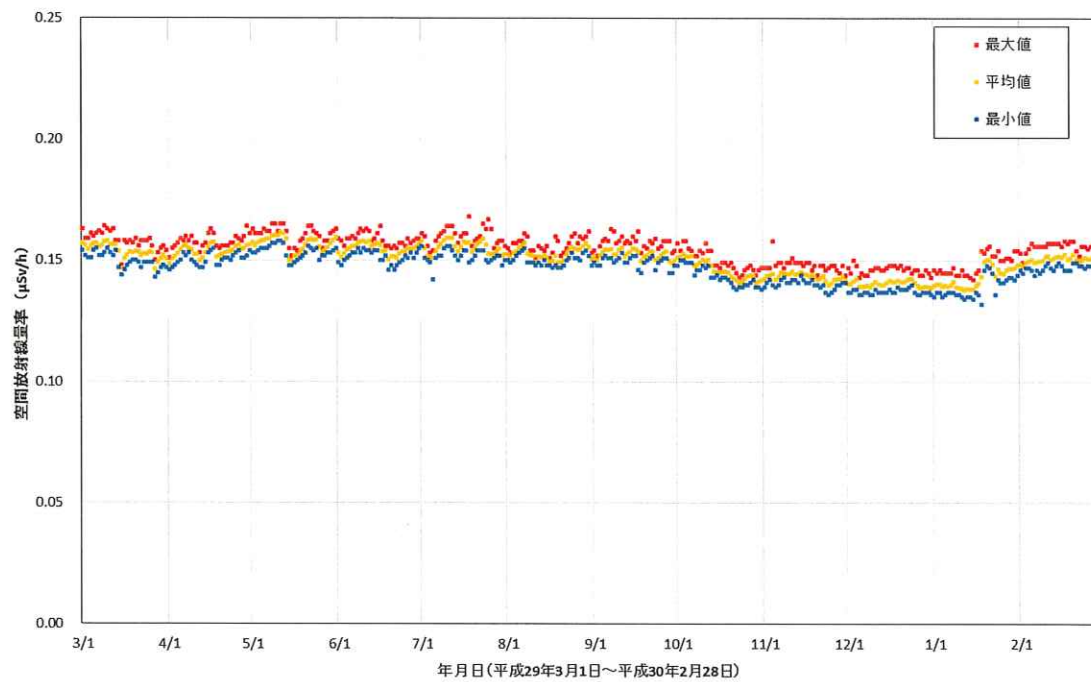


図 2-9-2-2(17) 各地点のトレンドグラフ

No.35 天神岬スポーツ公園



No.36 檜葉南小学校

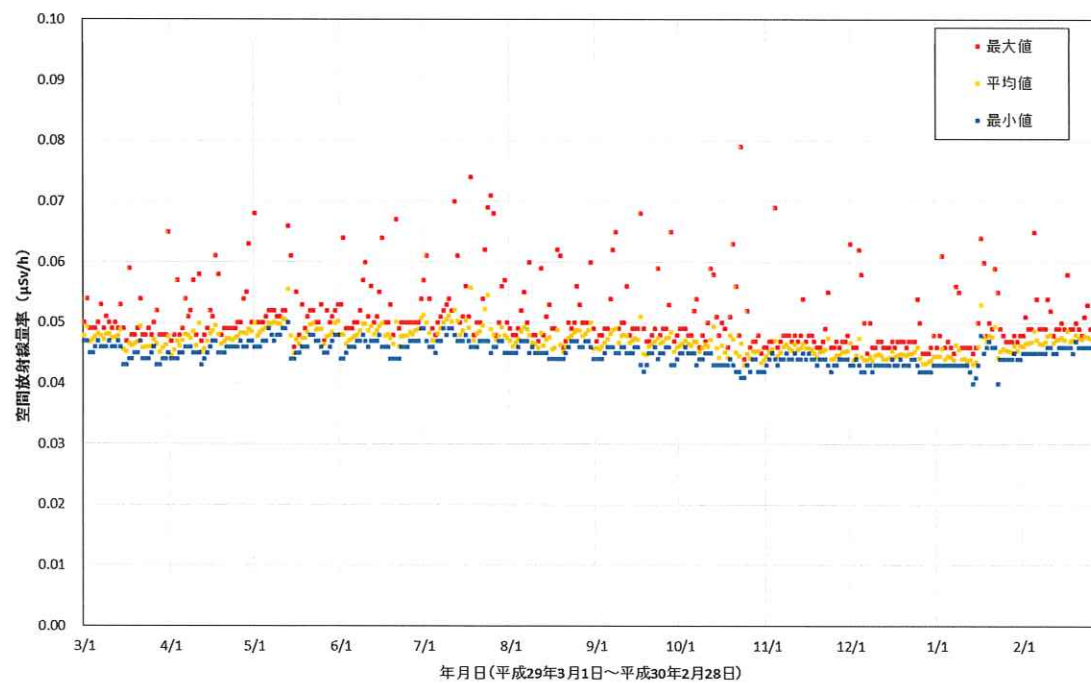
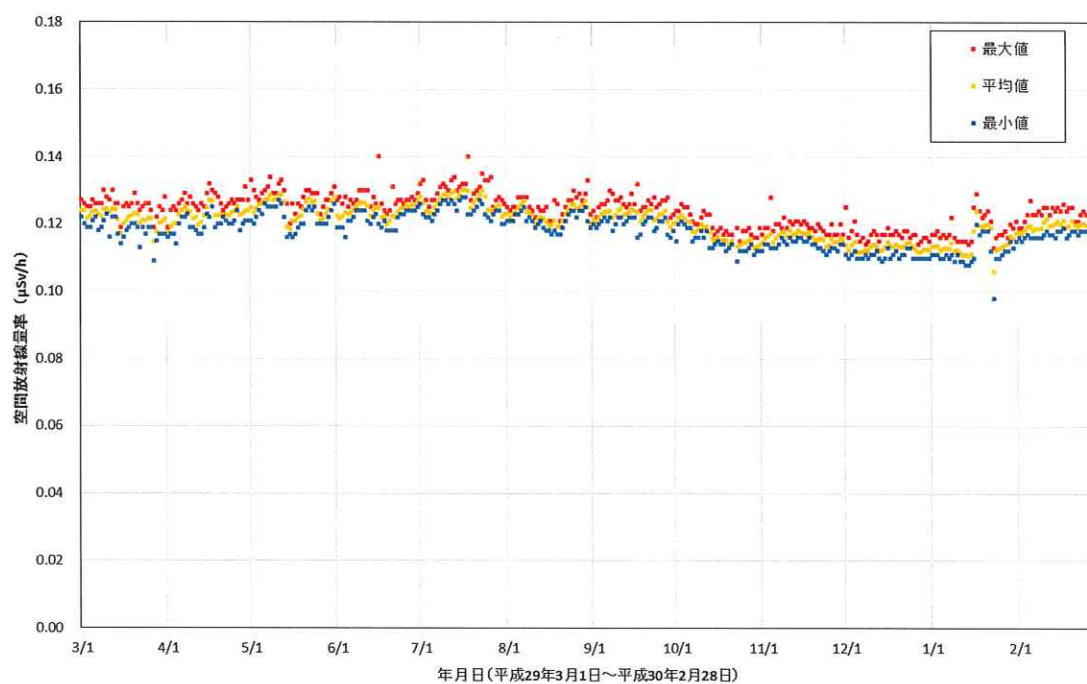


図 2-9-2-2(18) 各地点のトレンドグラフ

No.37 営団地区集会所



No.38 乙次郎地区集会所

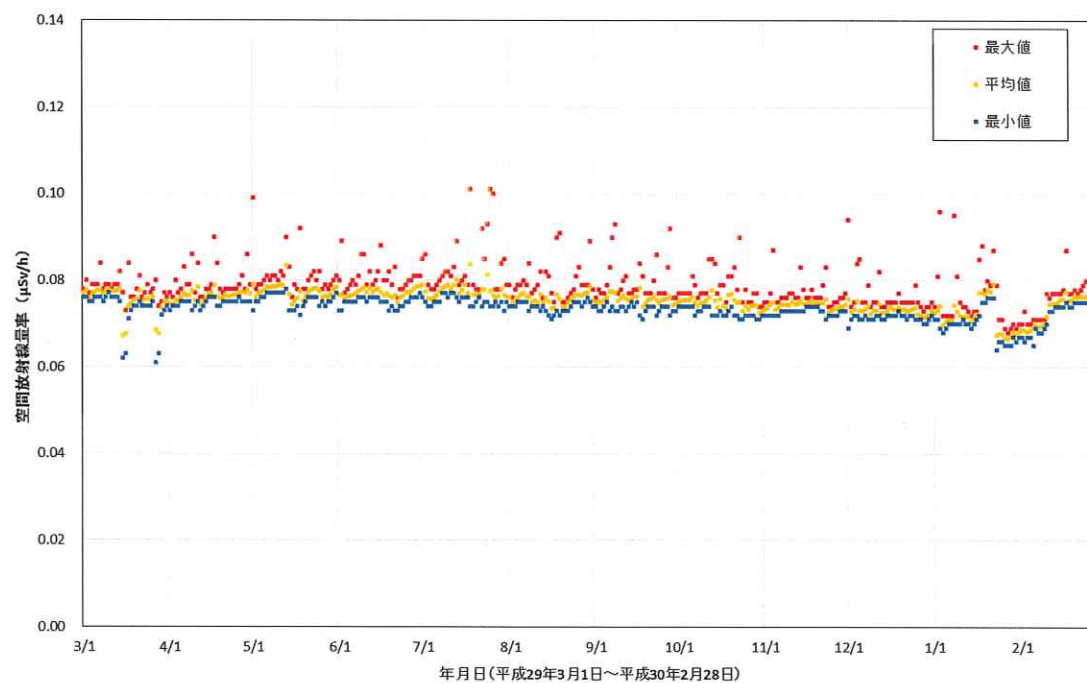
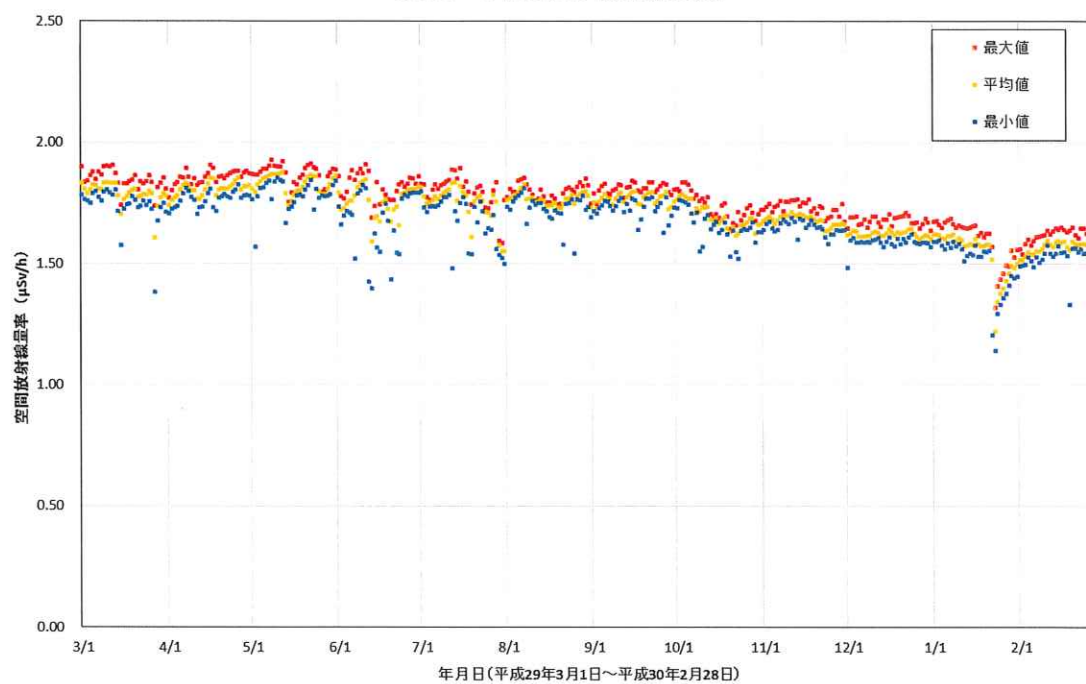


図 2-9-2-2(19) 各地点のトレンドグラフ

No.39 小良ヶ浜多目的集会所



No.40 富岡第一小学校

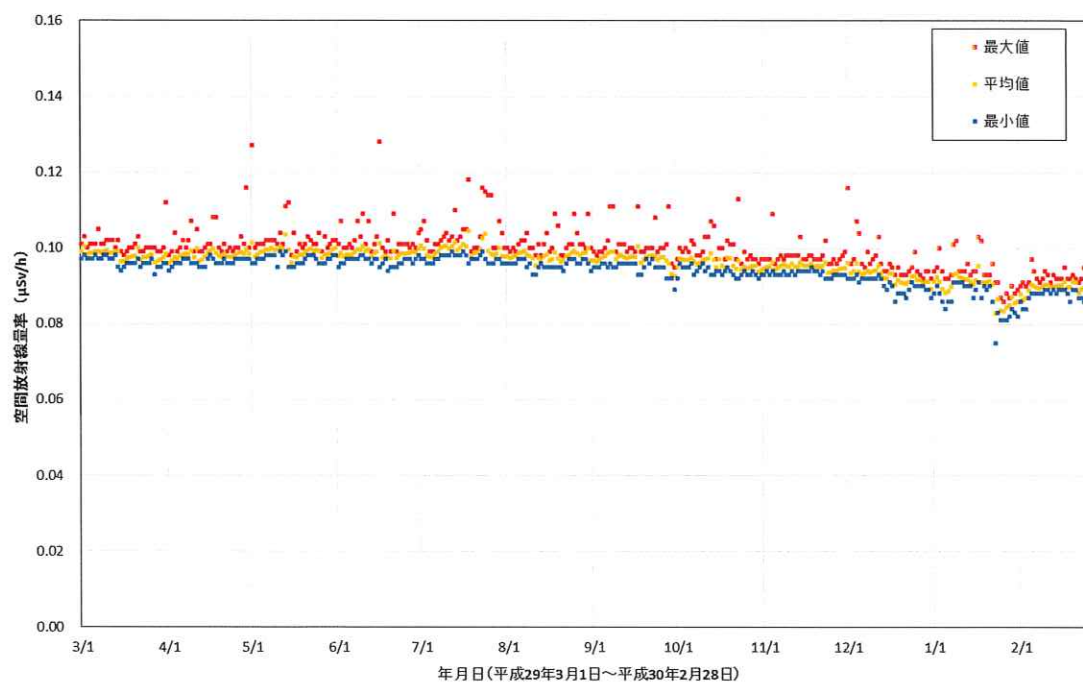
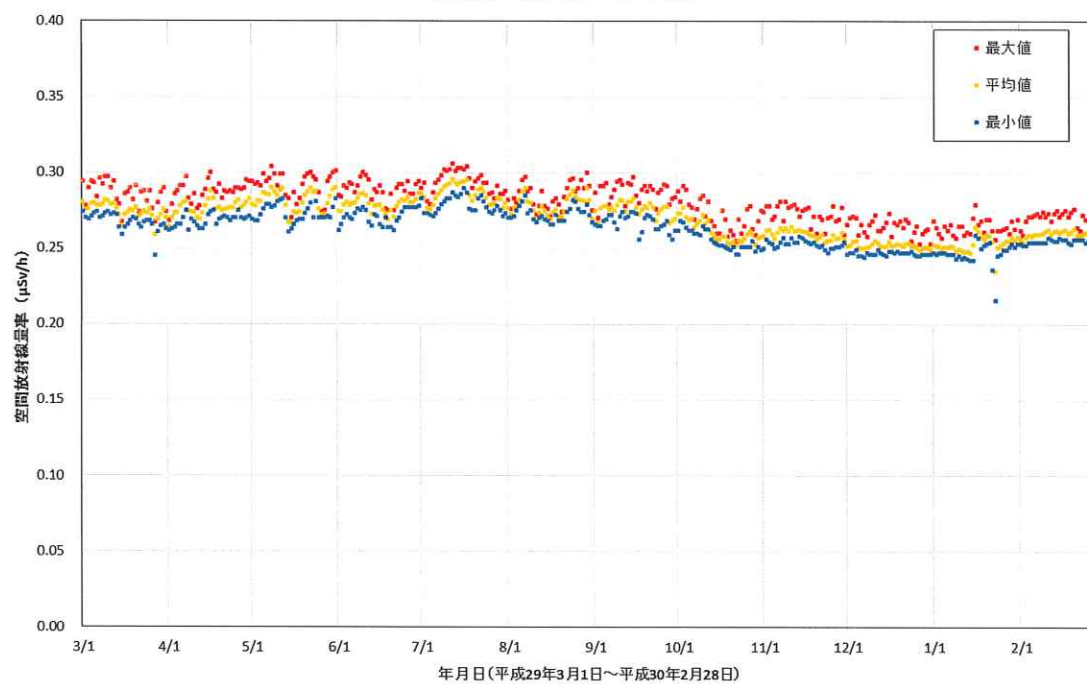


図 2-9-2-2(20) 各地点のトレンドグラフ

No.41 富岡第二小学校



No.42 赤木多目的集会所

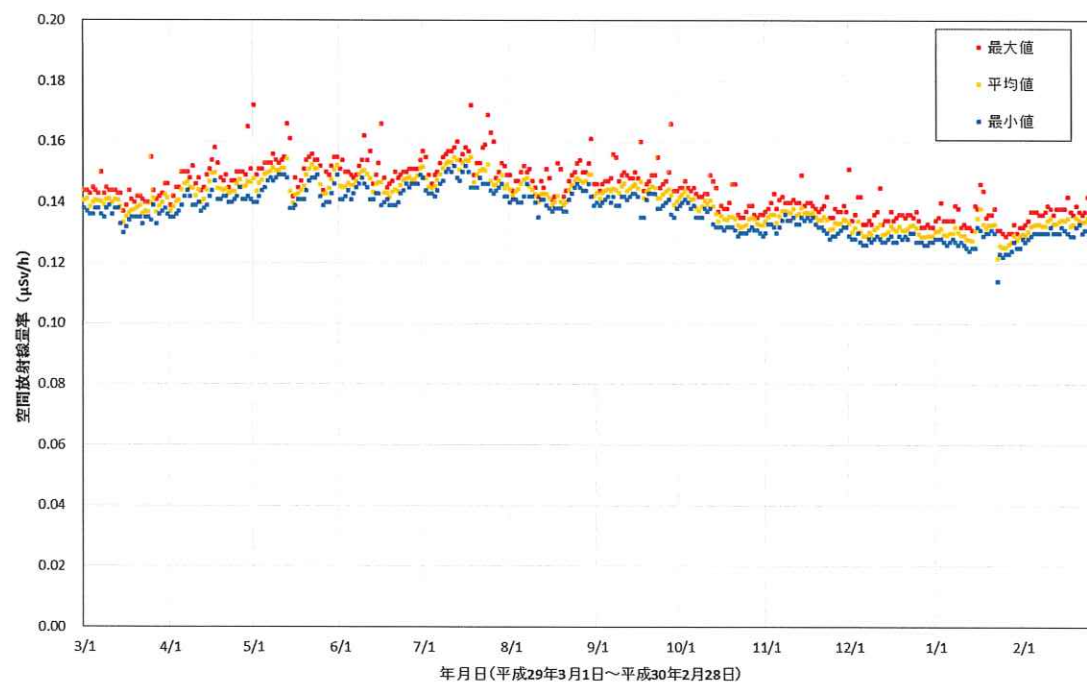
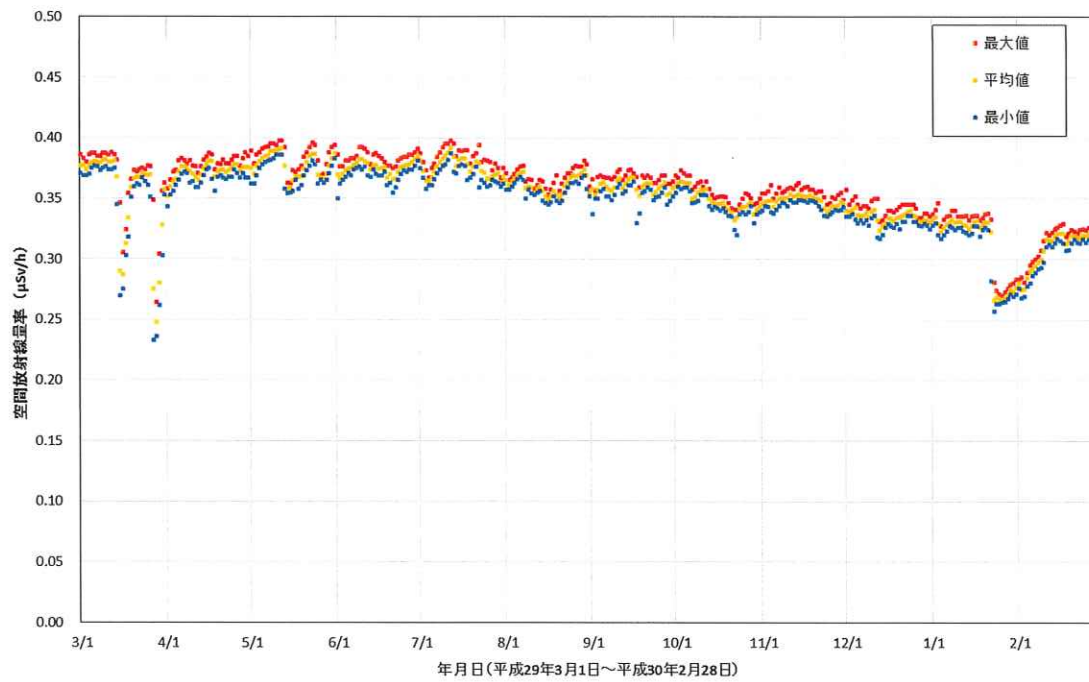


図 2-9-2-2(21) 各地点のトレンドグラフ

No.43 村営バス停留所(貝ノ坂地区)



No.44 五枚沢集会所

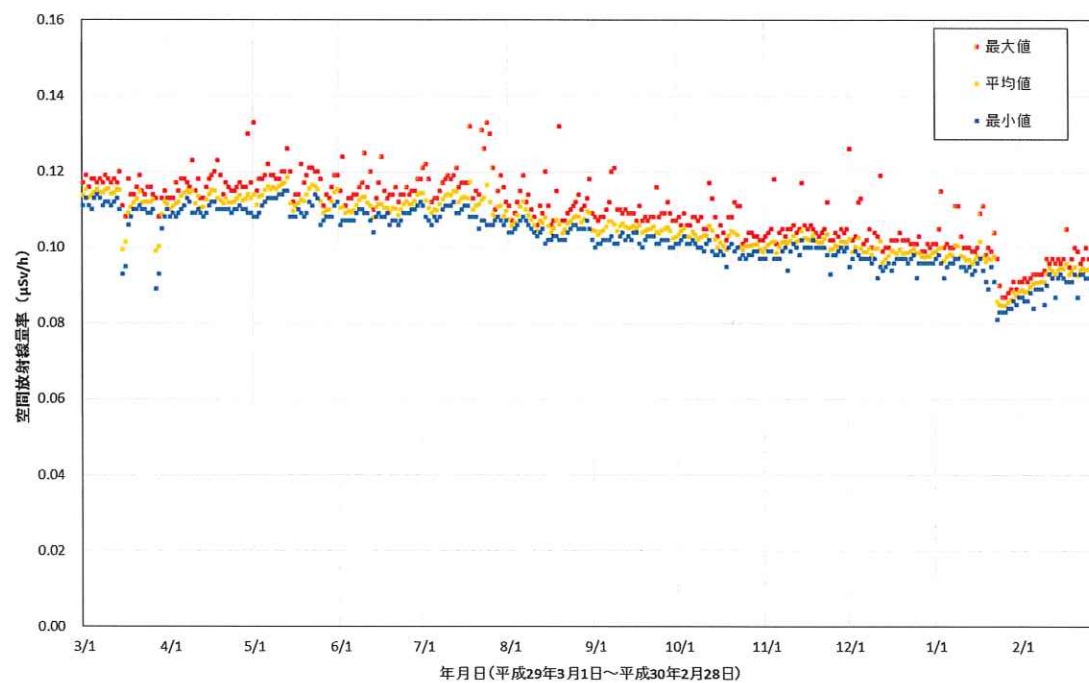
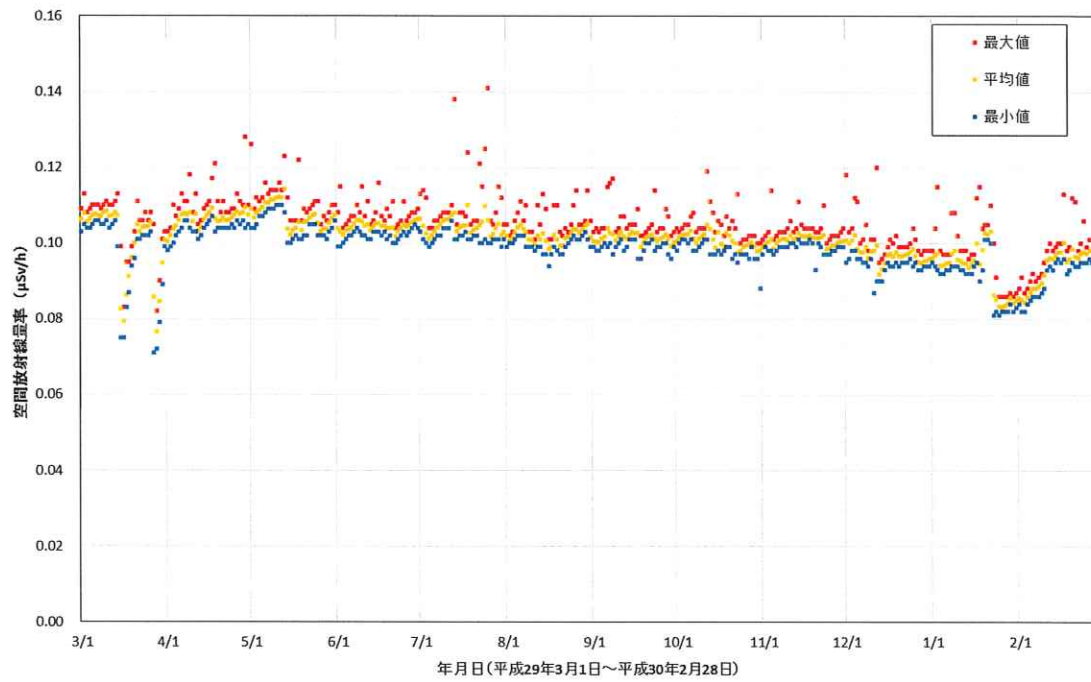


図 2-9-2-2(22) 各地点のトレンドグラフ

No.45 毛戸集会所



No.46 坂下ダム管理事務所

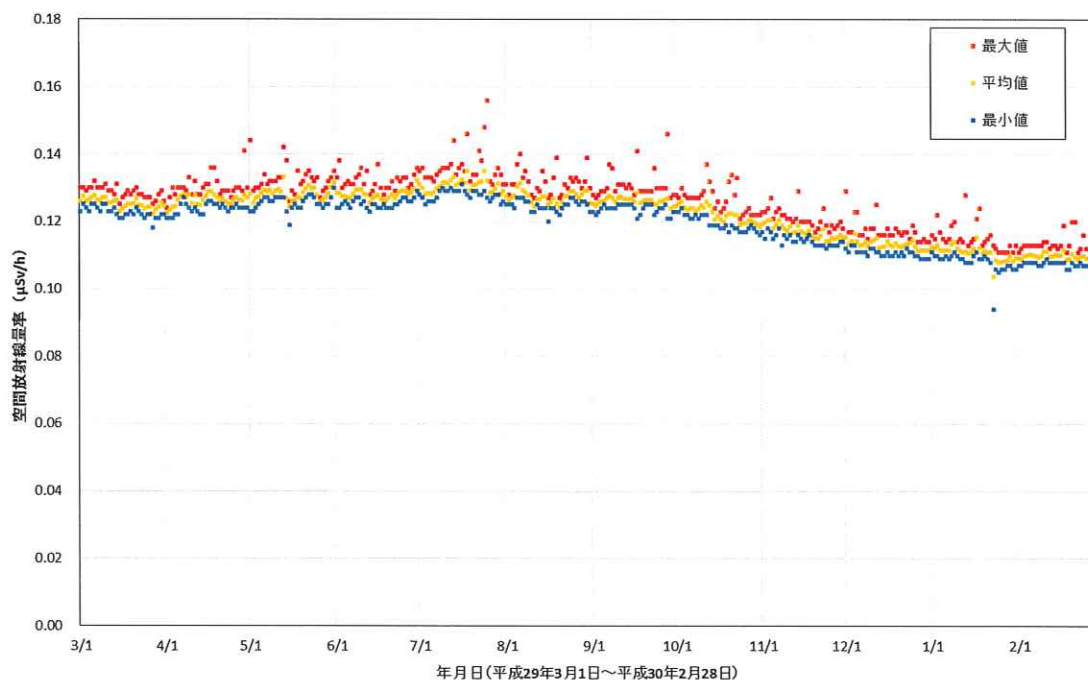
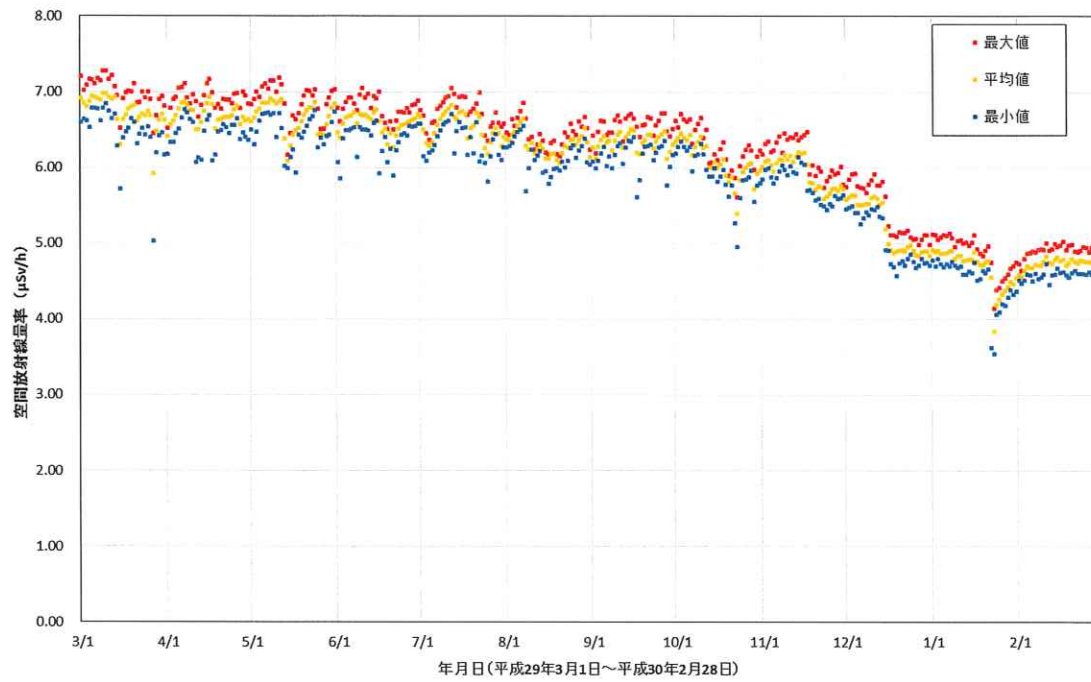


図 2-9-2-2(23) 各地点のトレンドグラフ

No.47 夫沢二区地区集会所



No.48 熊一区地区集会所

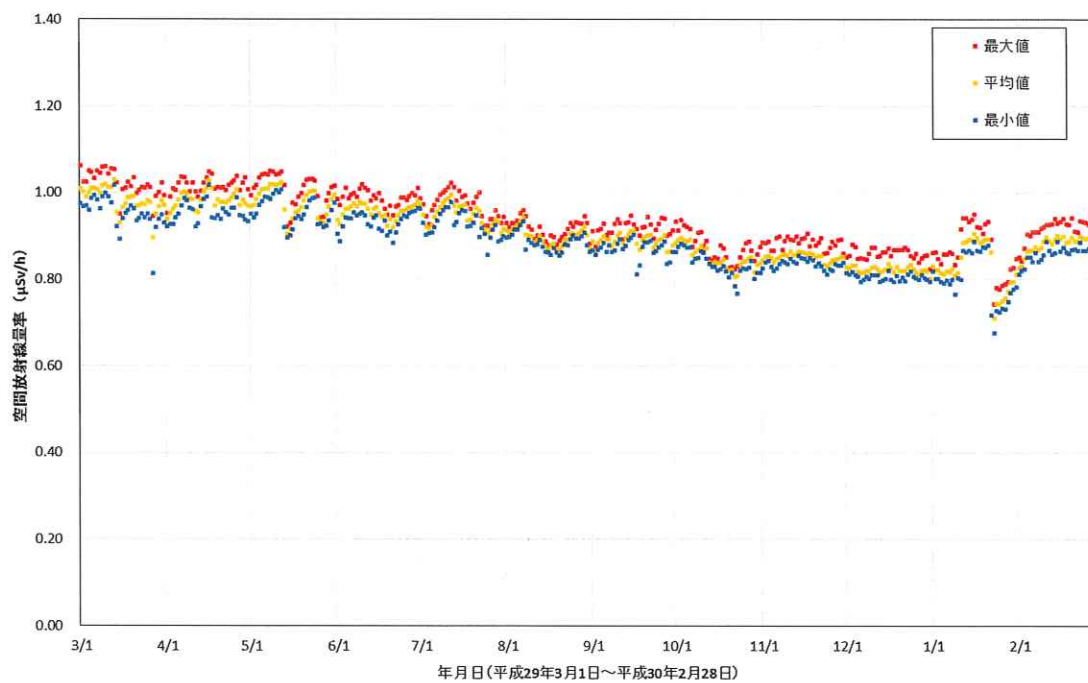
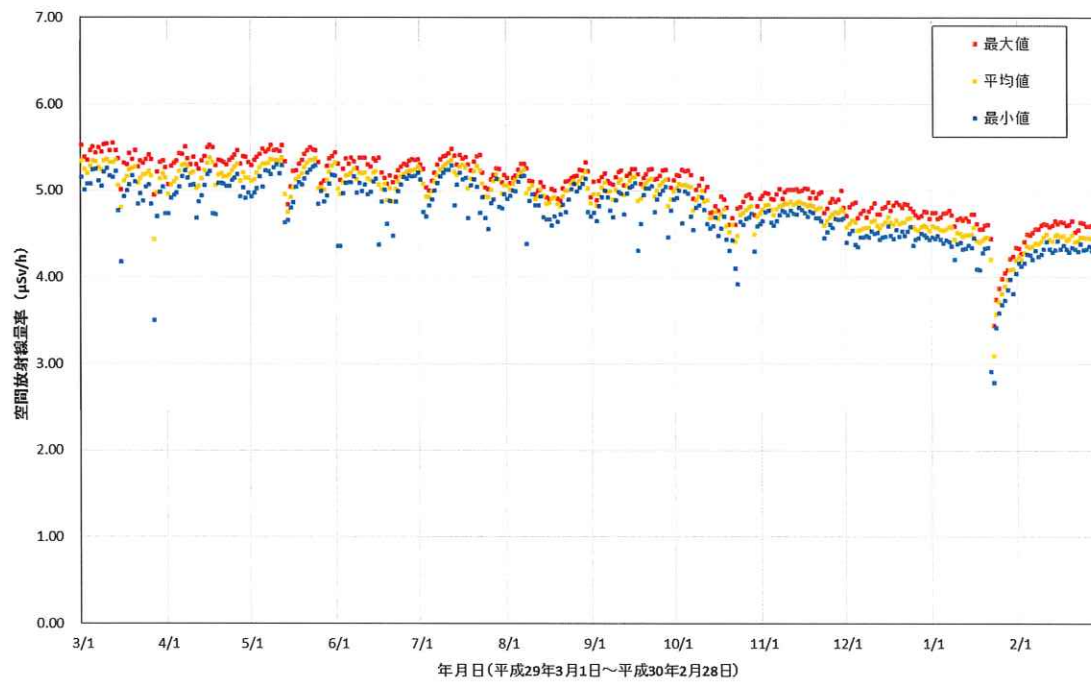


図 2-9-2-2(24) 各地点のトレンドグラフ

No.49 熊町小学校



No.50 中屋敷多目的研修集会施設

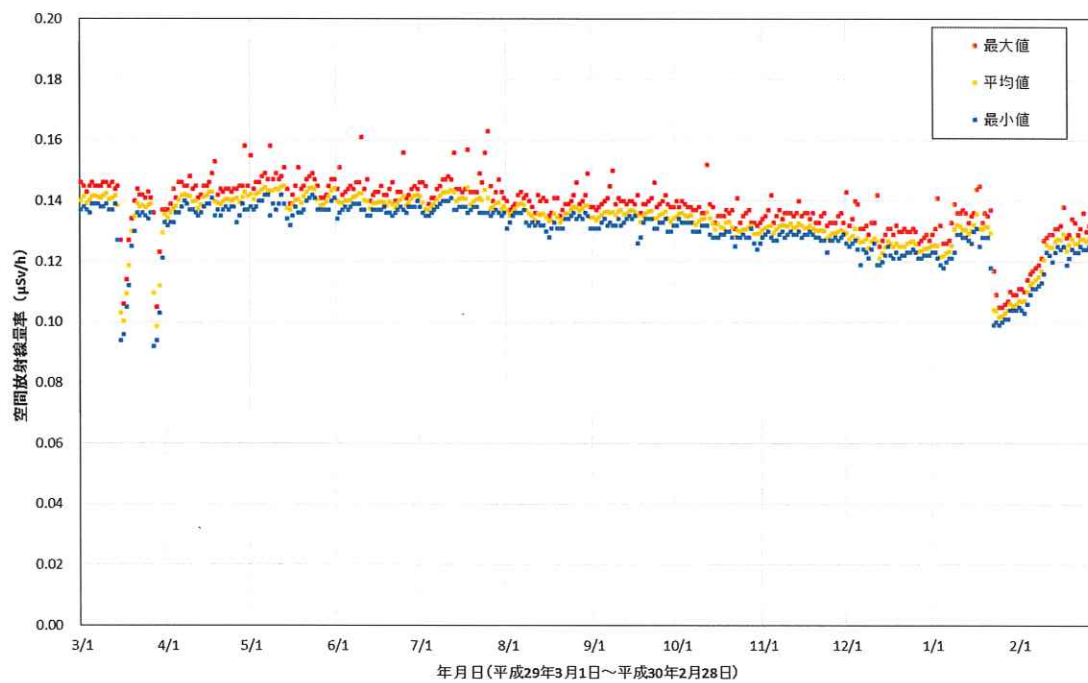
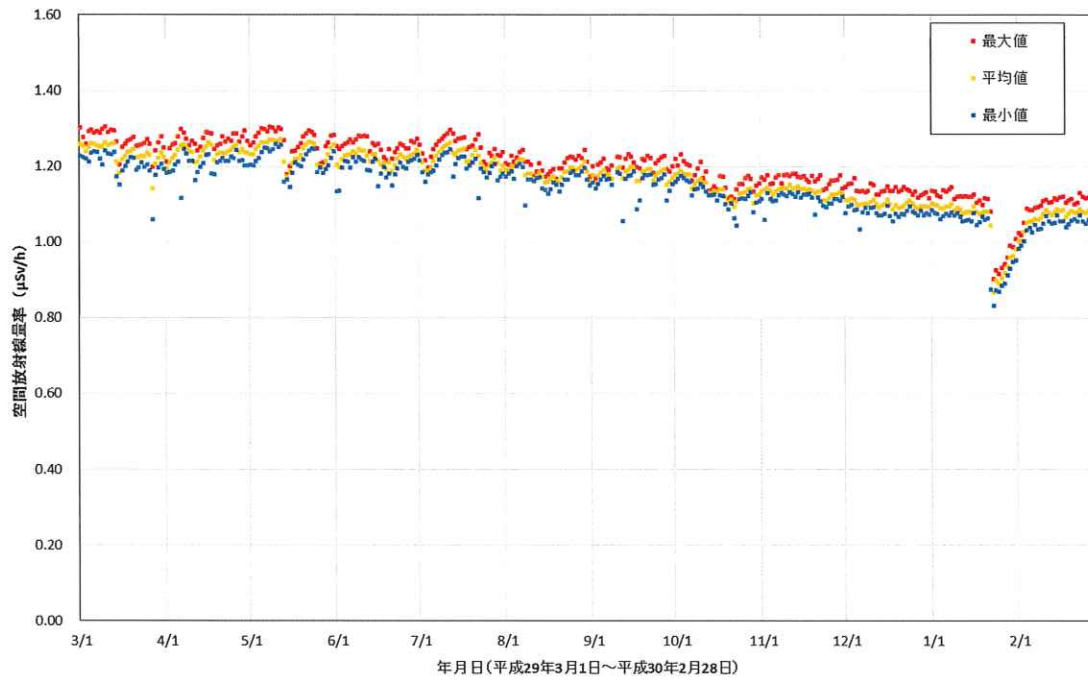


図 2-9-2-2(25) 各地点のトレンドグラフ

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

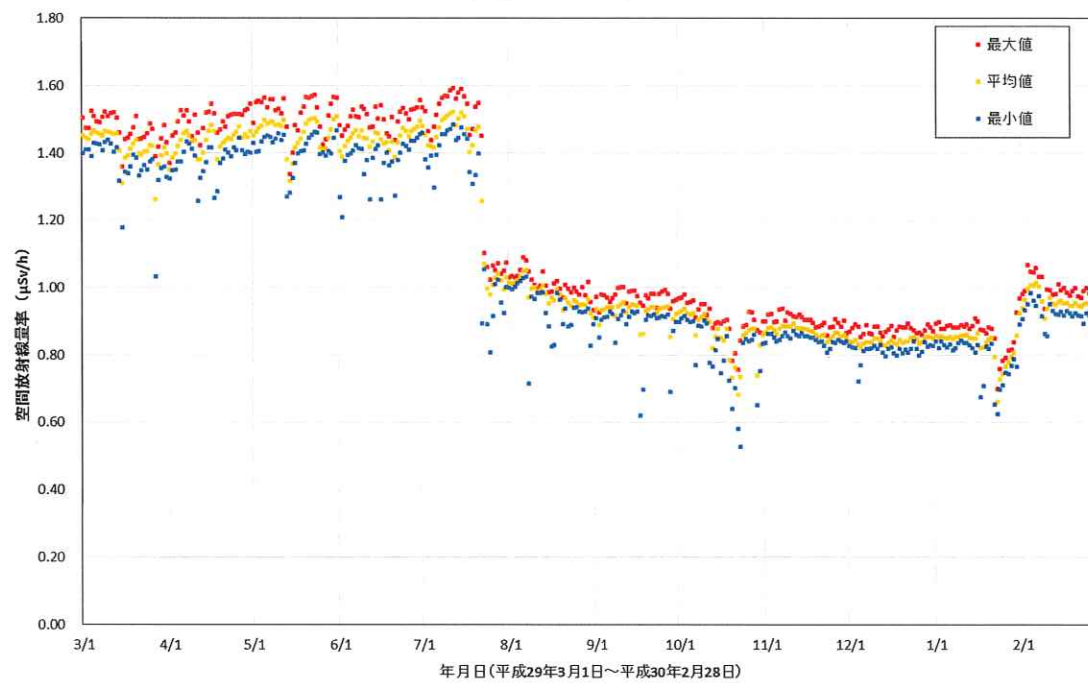
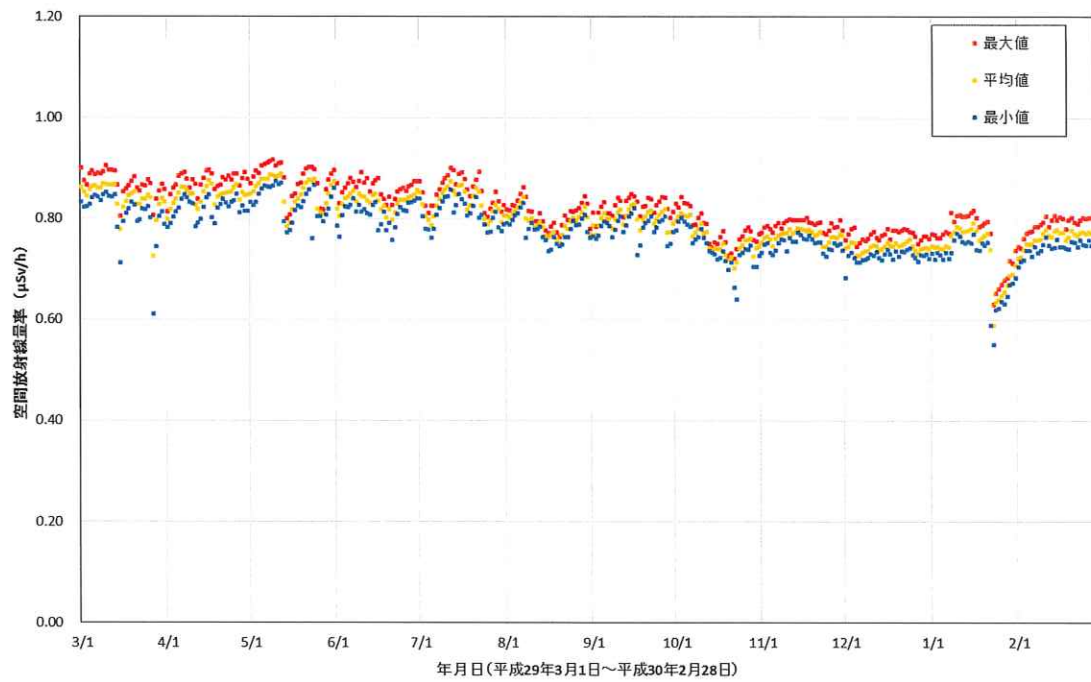
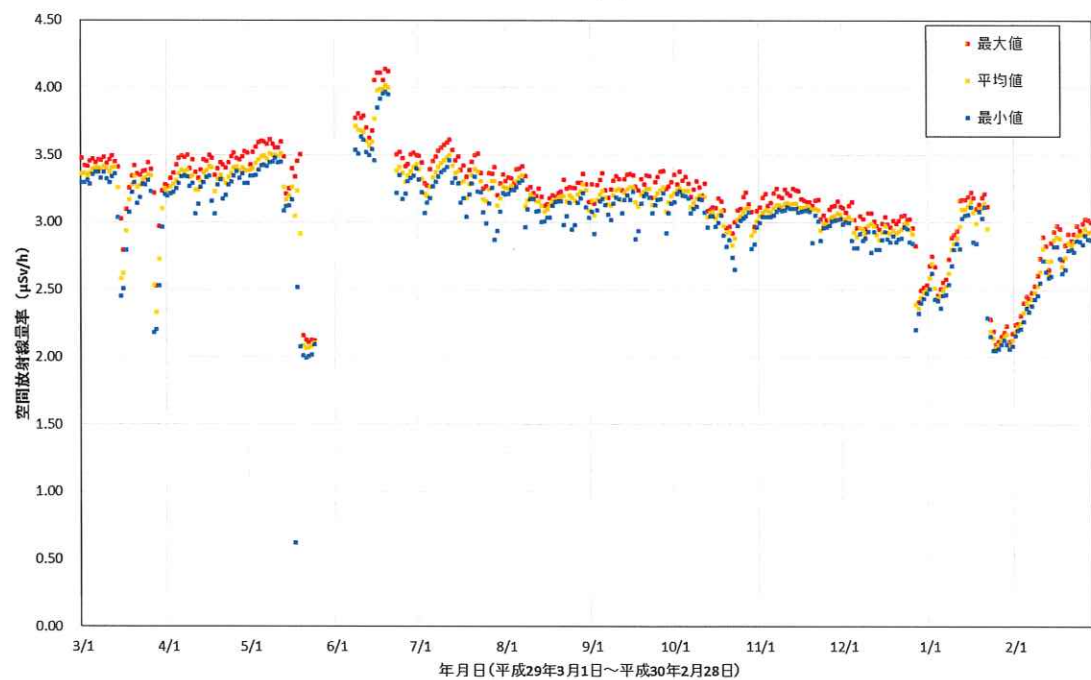


図 2-9-2-2(26) 各地点のトレンドグラフ

No.53 双葉総合公園



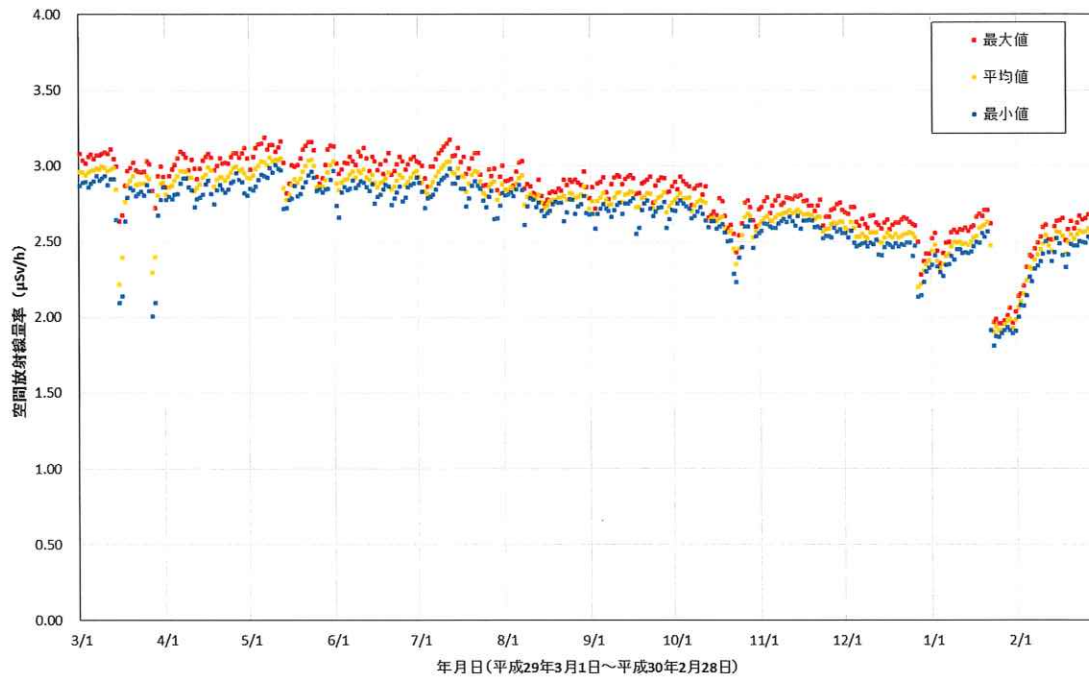
No.54 手七郎集会所



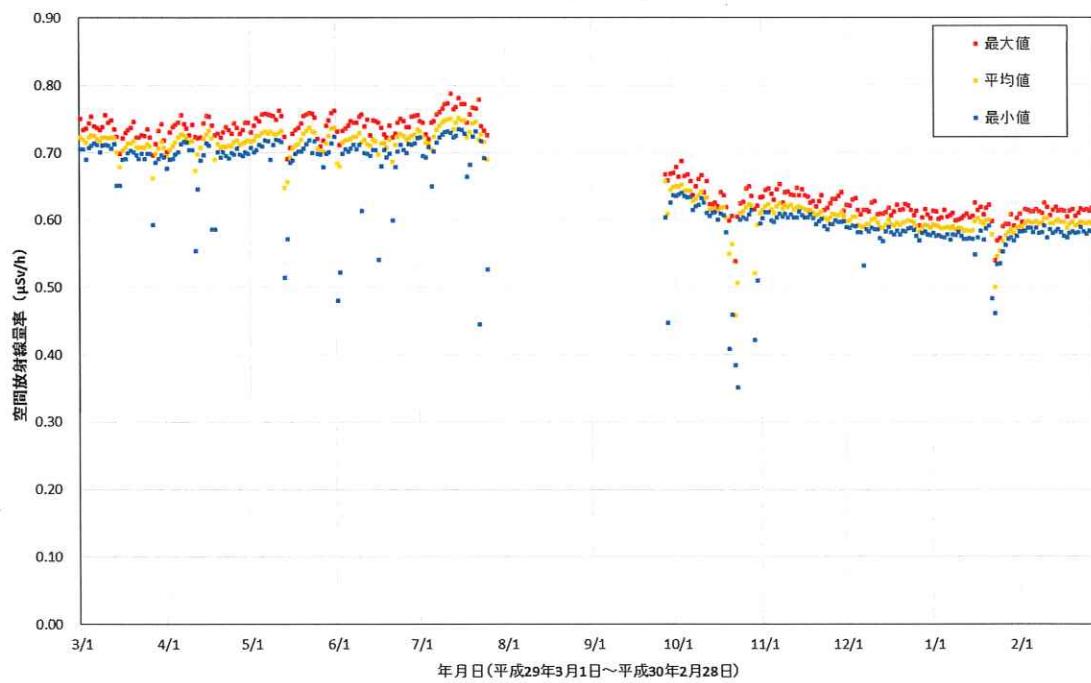
5/25～6/7, 6/21～6/22 は測定器故障のため欠測

図 2-9-2-2(27) 各地点のトレンドグラフ

No.55 赤宇木集会所



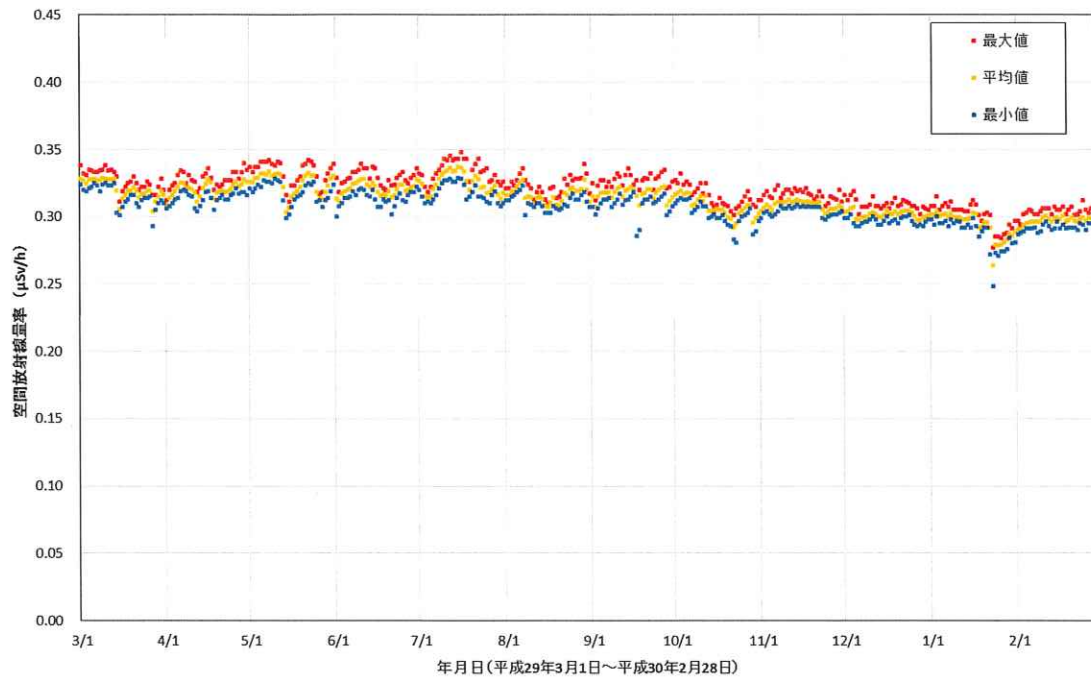
No.56 大堀小学校



7/26～9/26 は測定器故障のため欠測

図 2-9-2-2(28) 各地点のトレンドグラフ

No.57 荻野小学校



No.58 大柿簡易郵便局(葛尾村営バス停脇)

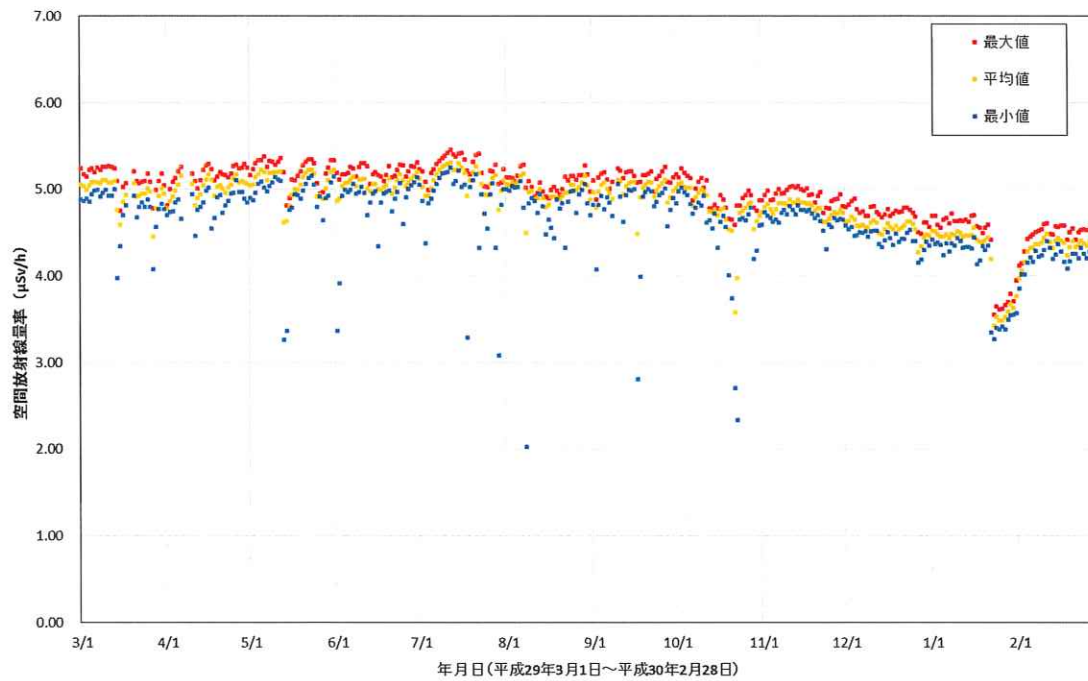
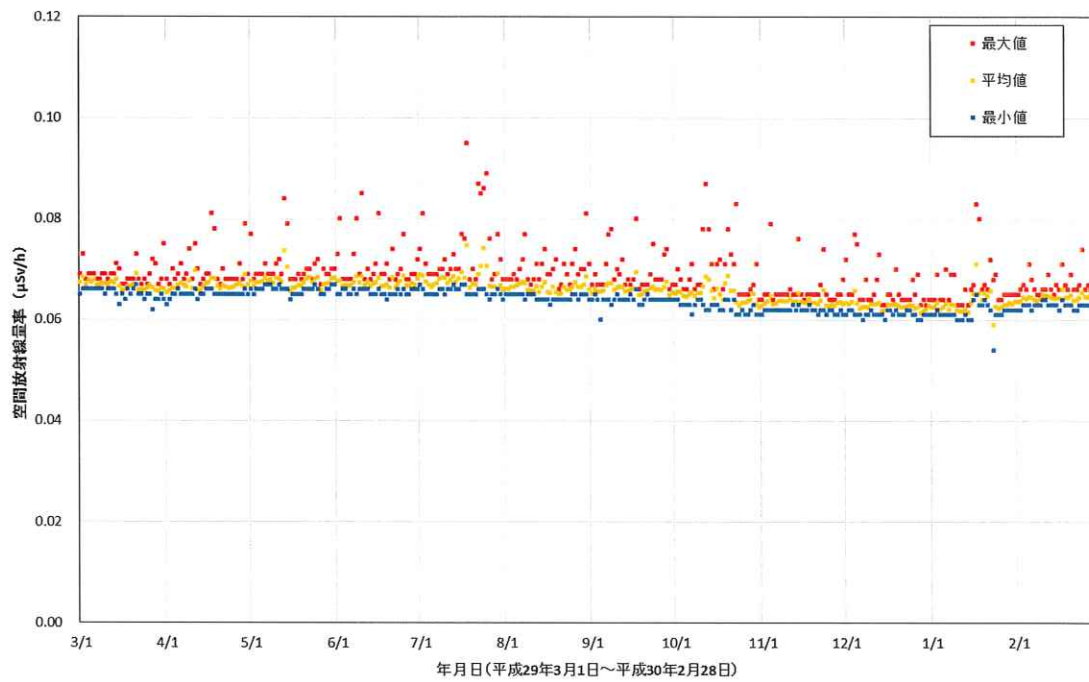


図 2-9-2-2(29) 各地点のトレンドグラフ

No.59 浪江町役場



No.60 小丸多目的集会所

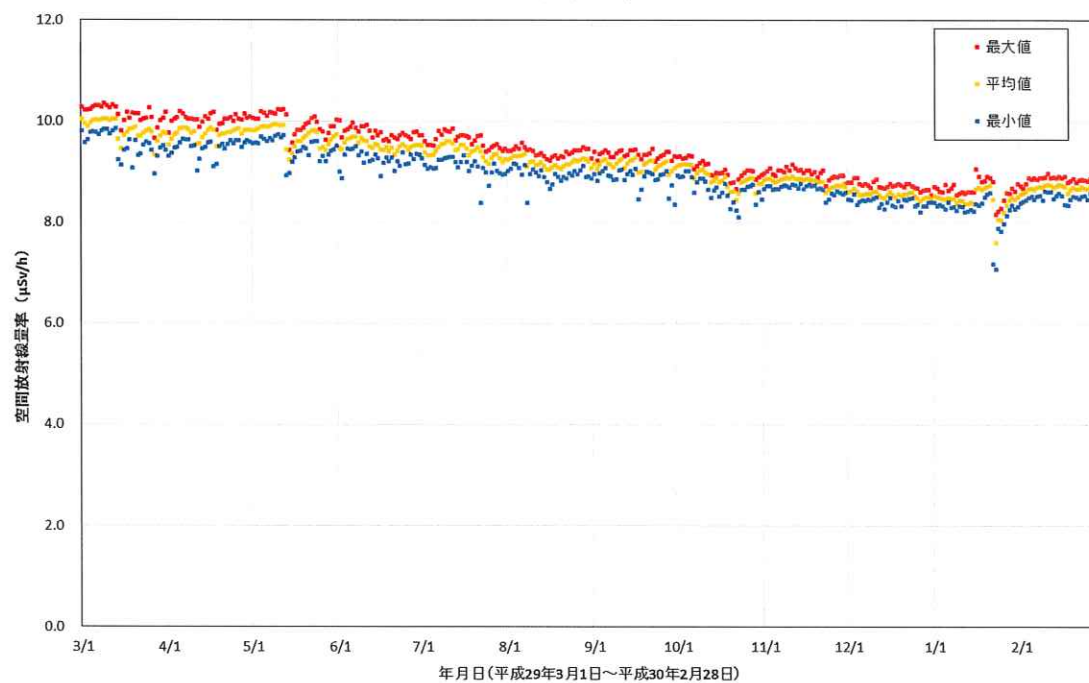
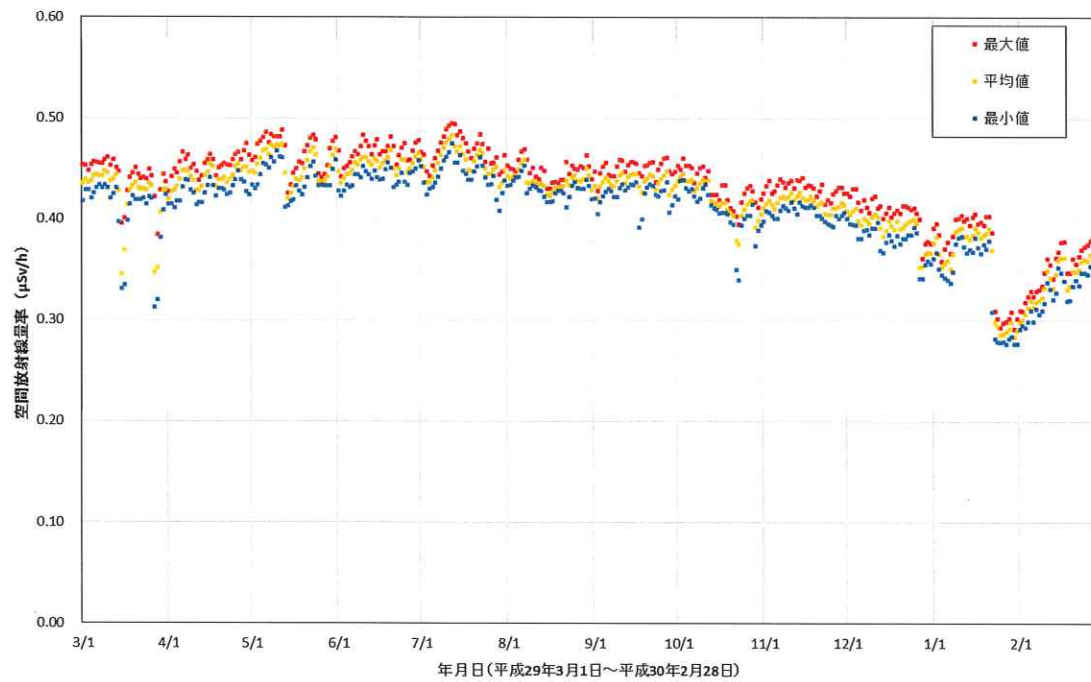


図 2-9-2-2(30) 各地点のトレンドグラフ

No.61 津島活性化センター



No.62 屋簷根屯所

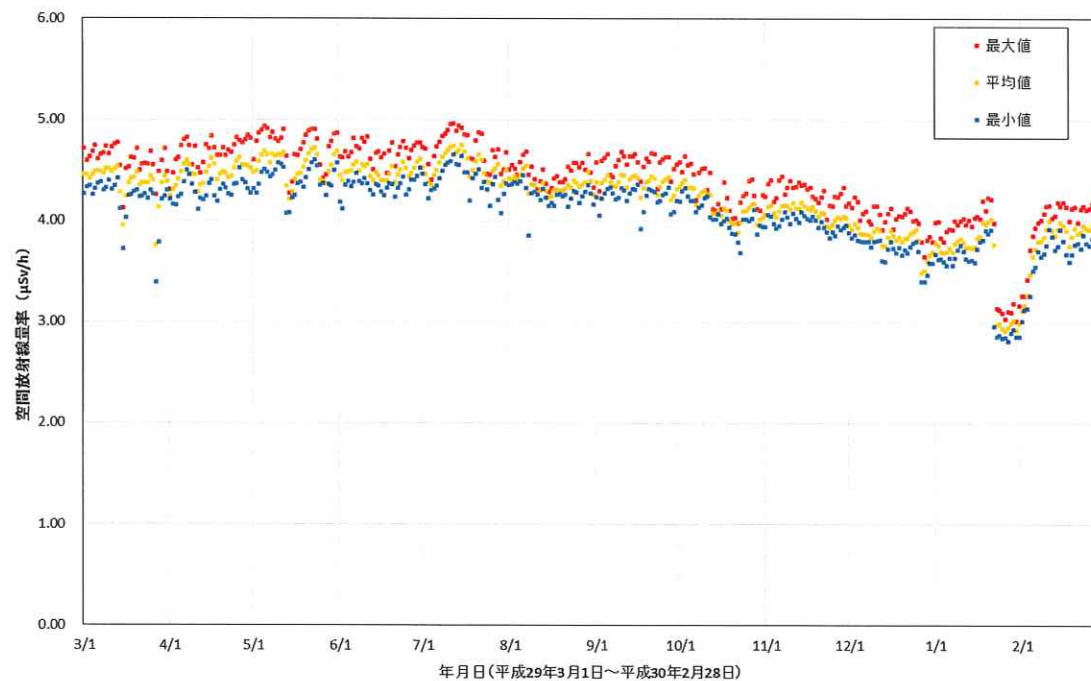
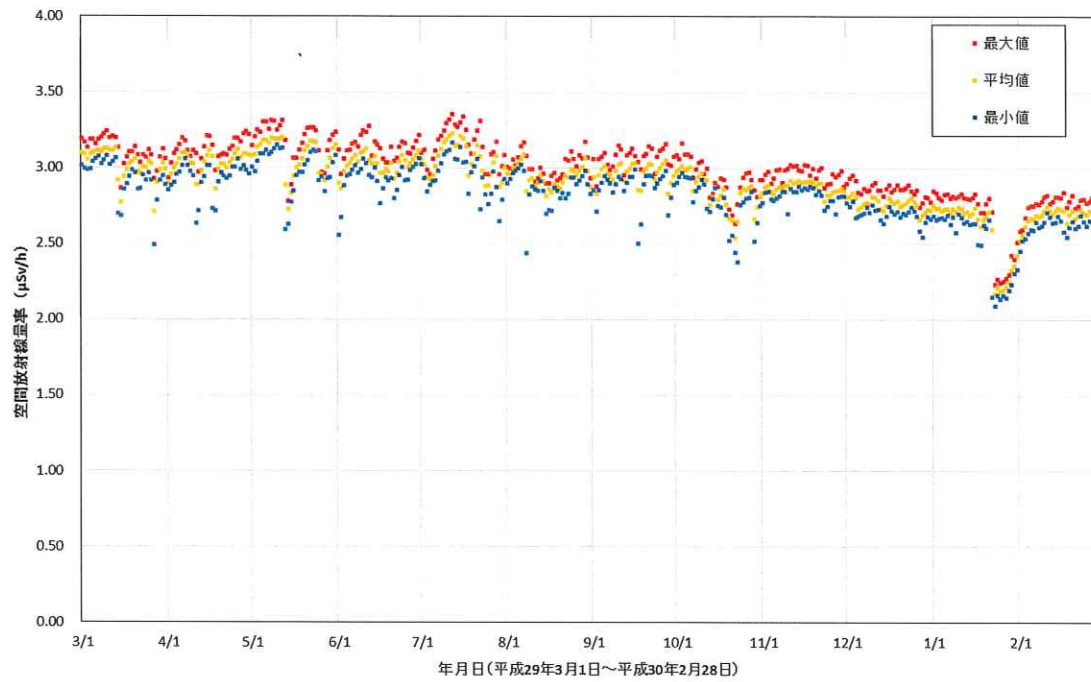


図 2-9-2-2(31) 各地点のトレンドグラフ

No.63 賀老集会所



No.64 大放婦人ホーム

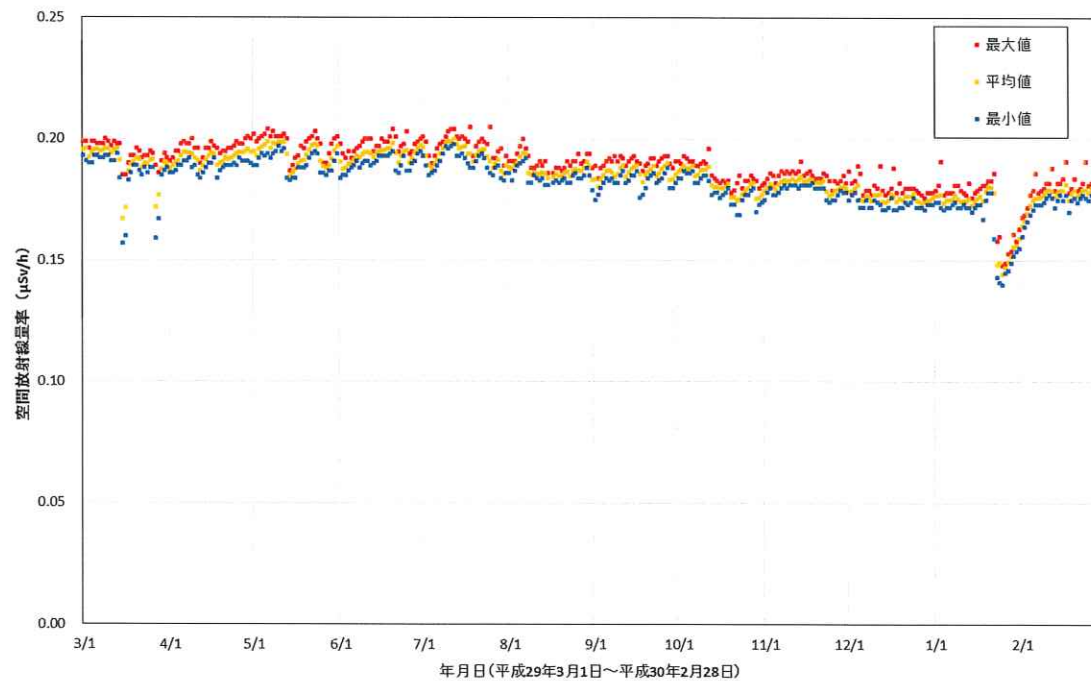
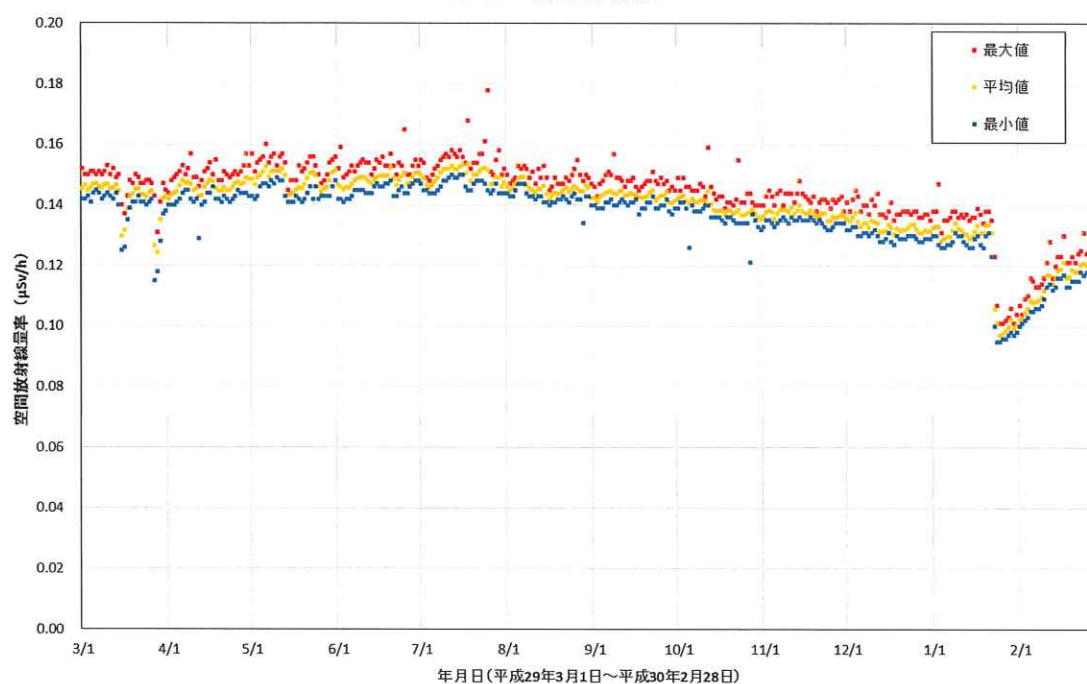


図 2-9-2-2(32) 各地点のトレンドグラフ

No.65 葛尾村役場



No.66 下葛尾集会所

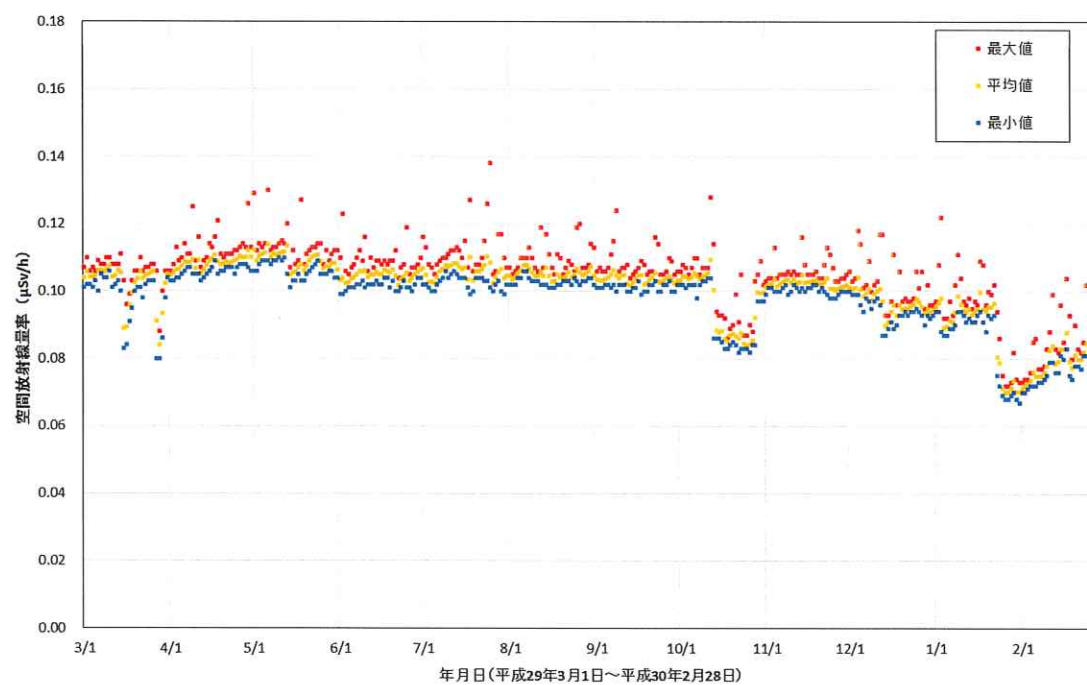
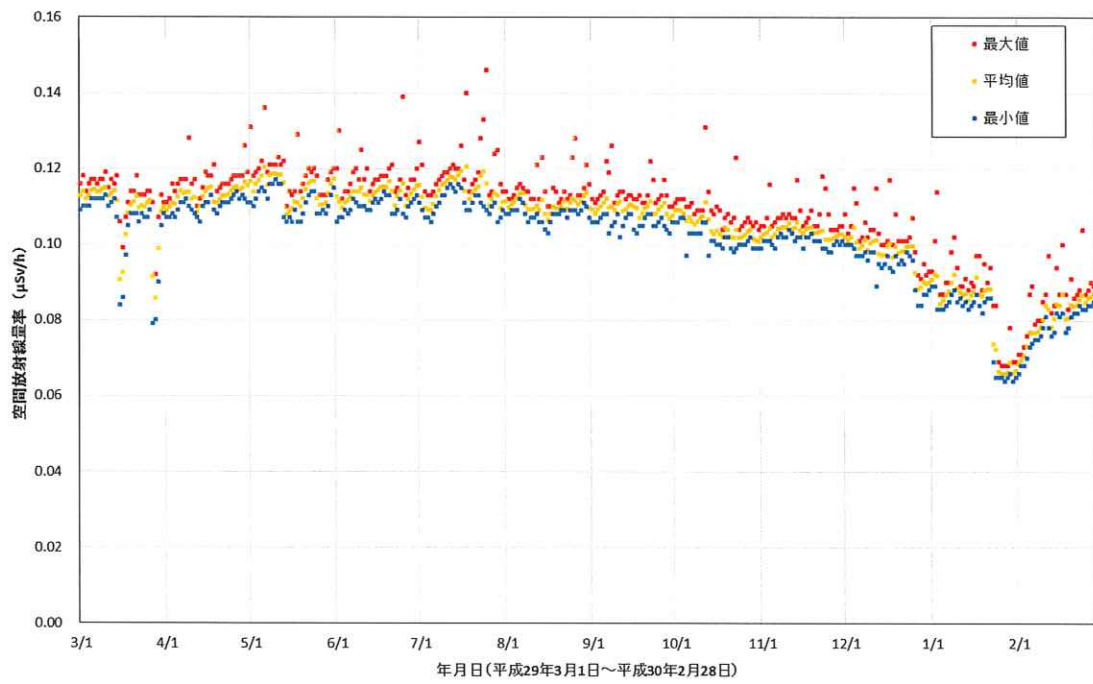


図 2-9-2-2(33) 各地点のトレンドグラフ

No.67 上野川多目的集会所



No.68 上飯樋地区集会所

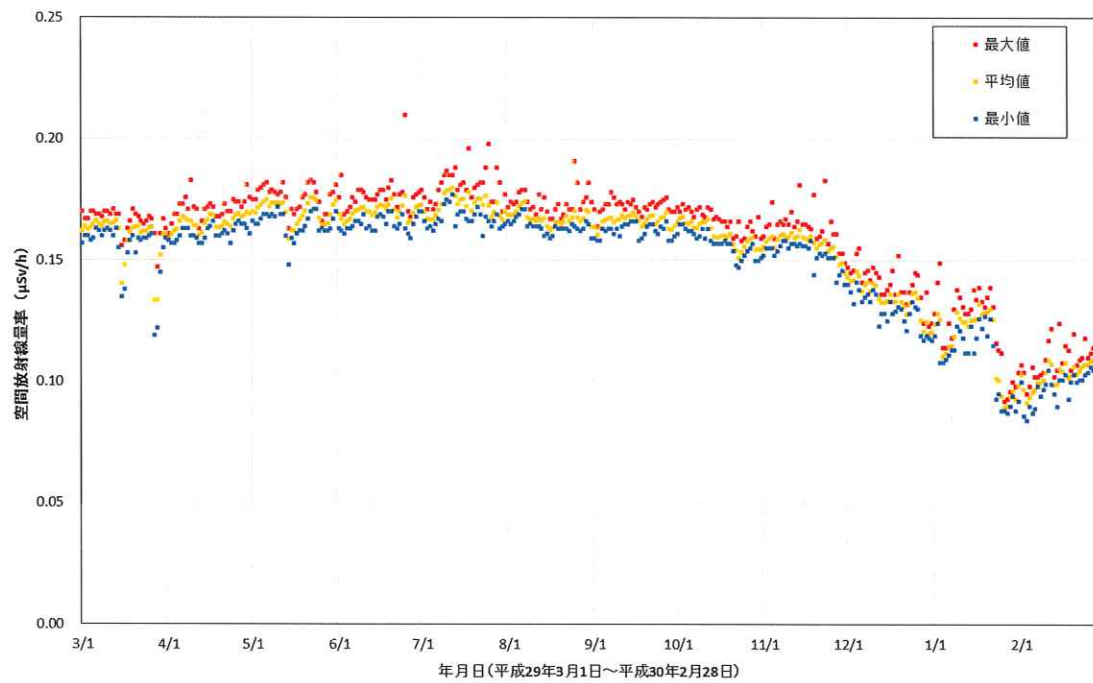
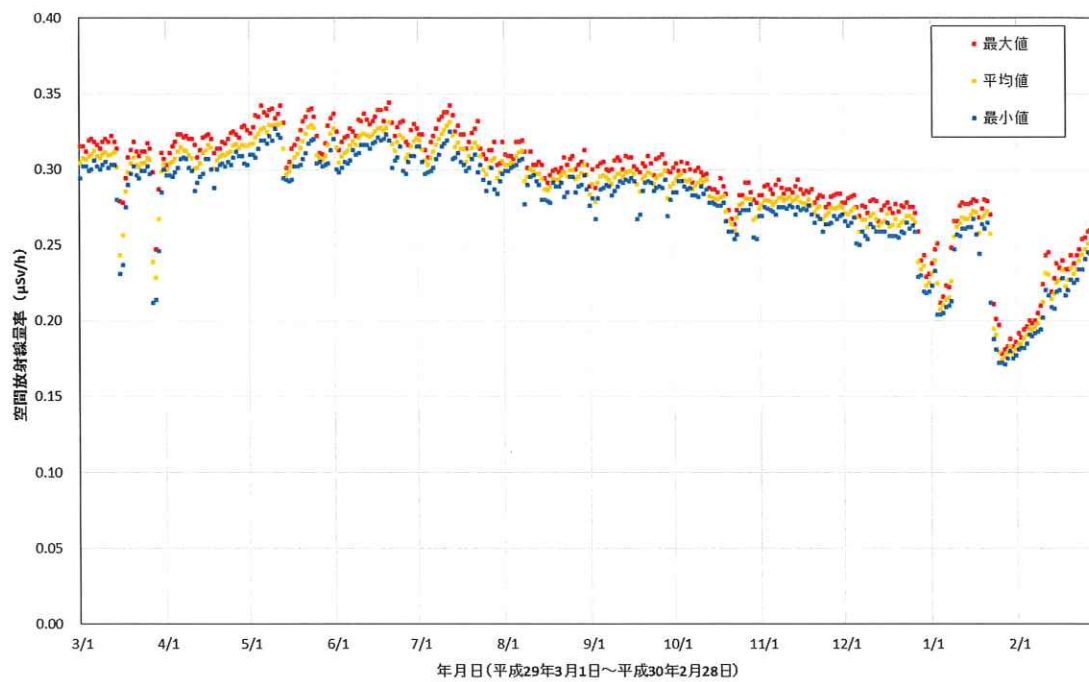


図 2-9-2-2(34) 各地点のトレンドグラフ

No.69 飯樋小学校



No.70 臼石小学校

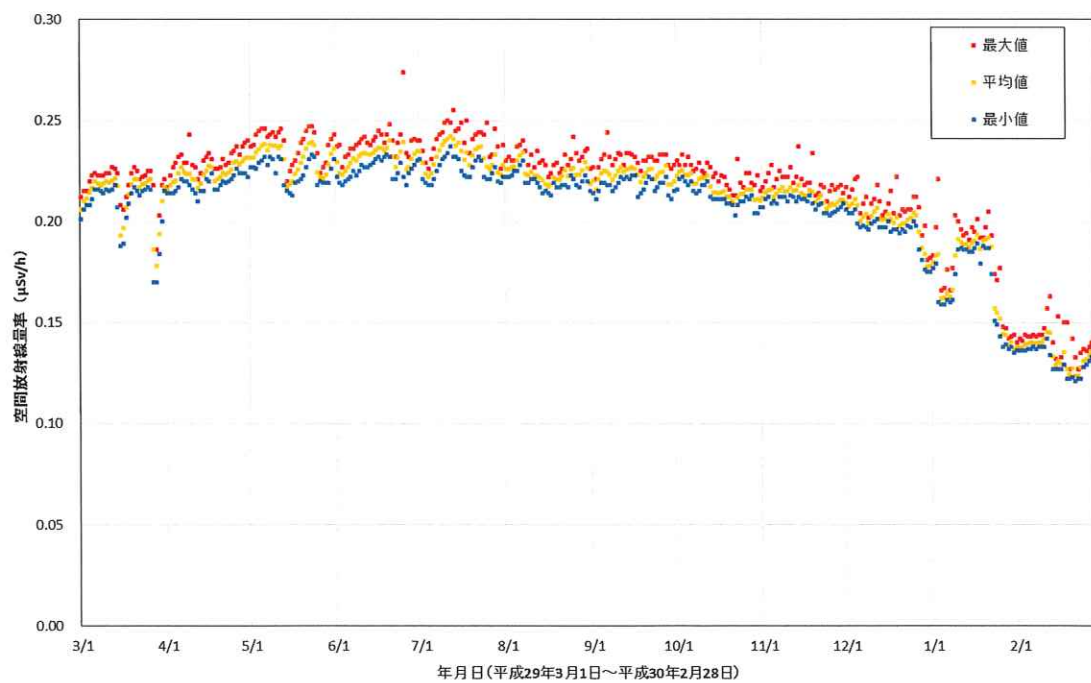
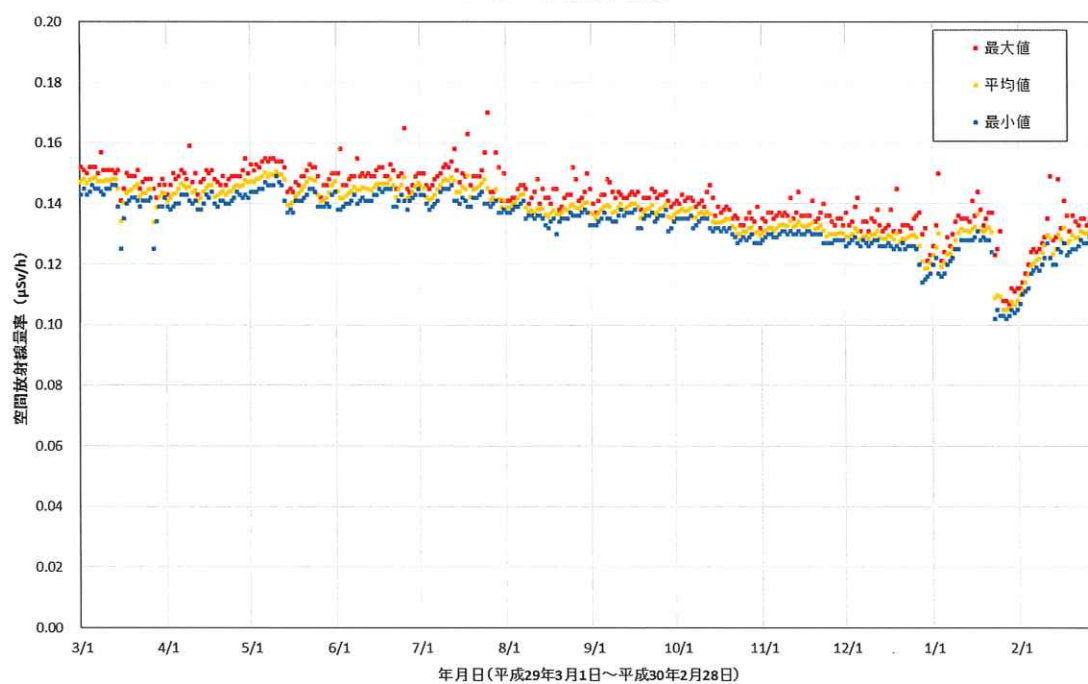


図 2-9-2-2(35) 各地点のトレンドグラフ

No.71 大倉体育館



No.72 草野小学校

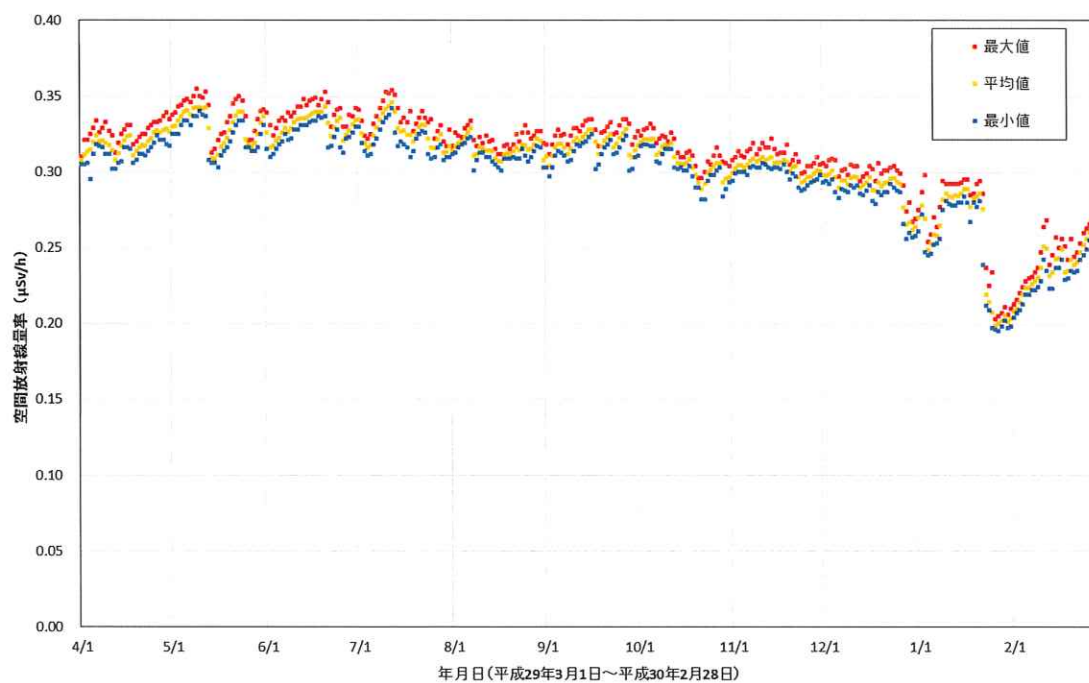
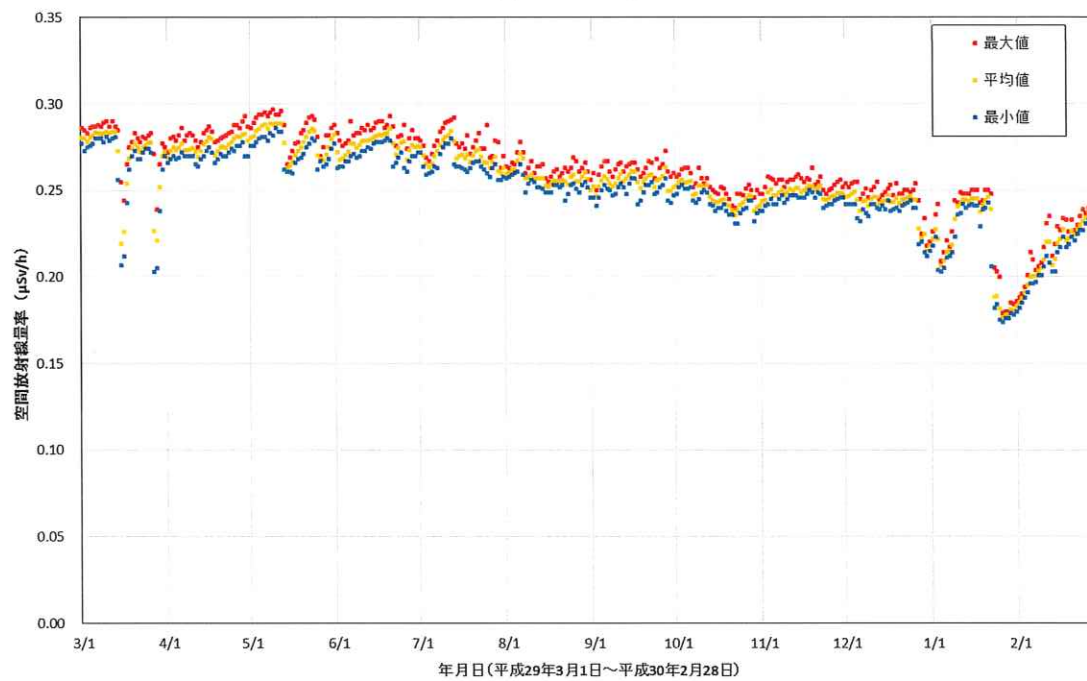


図 2-9-2-2(36) 各地点のトレンドグラフ

No.73 小宮コミュニティセンター



No.74 佐須公民館

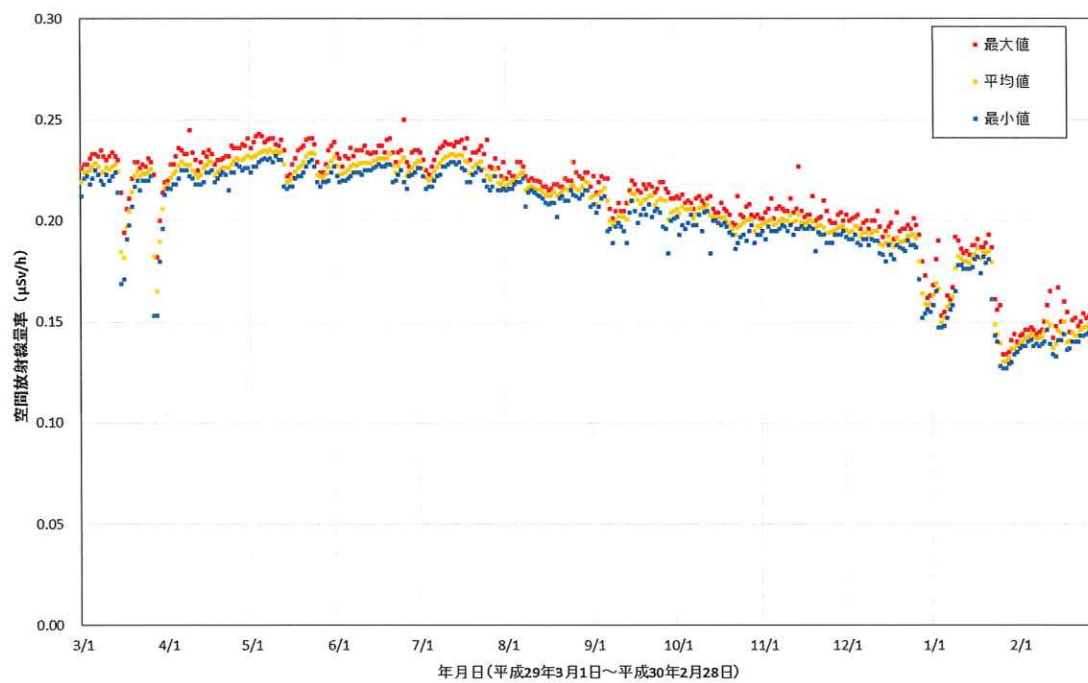
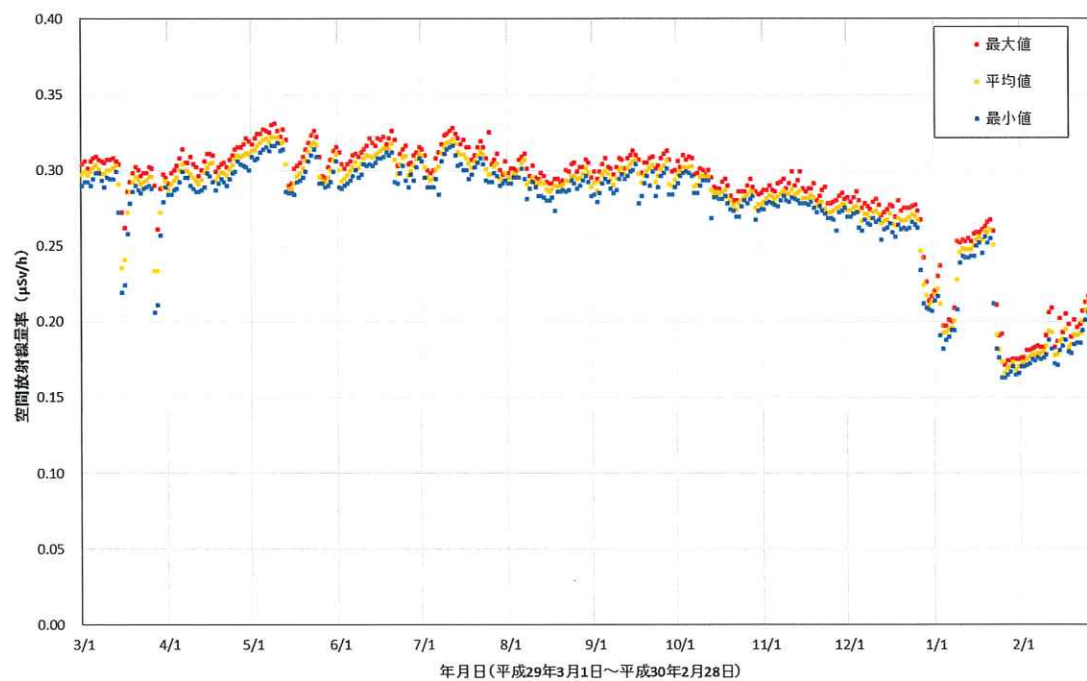


図 2-9-2-2(37) 各地点のトレンドグラフ

No.75 前乗集会所



No.76 長泥コミュニティセンター

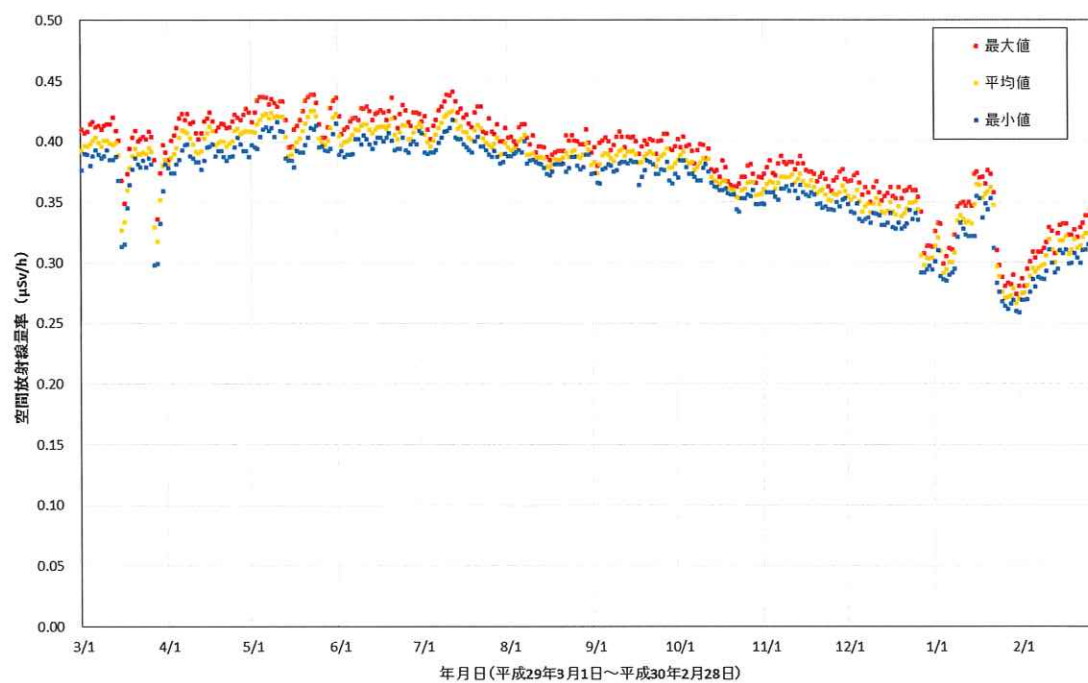
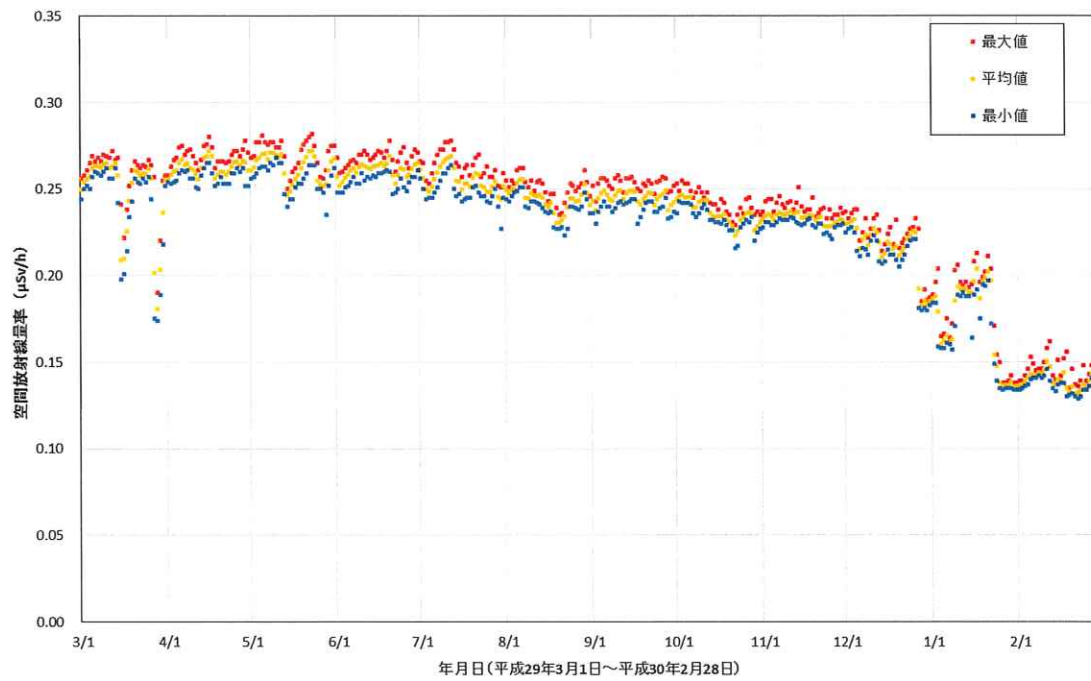


図 2-9-2-2(38) 各地点のトレンドグラフ

No.77 比叢公民館



No.78 前田公民館

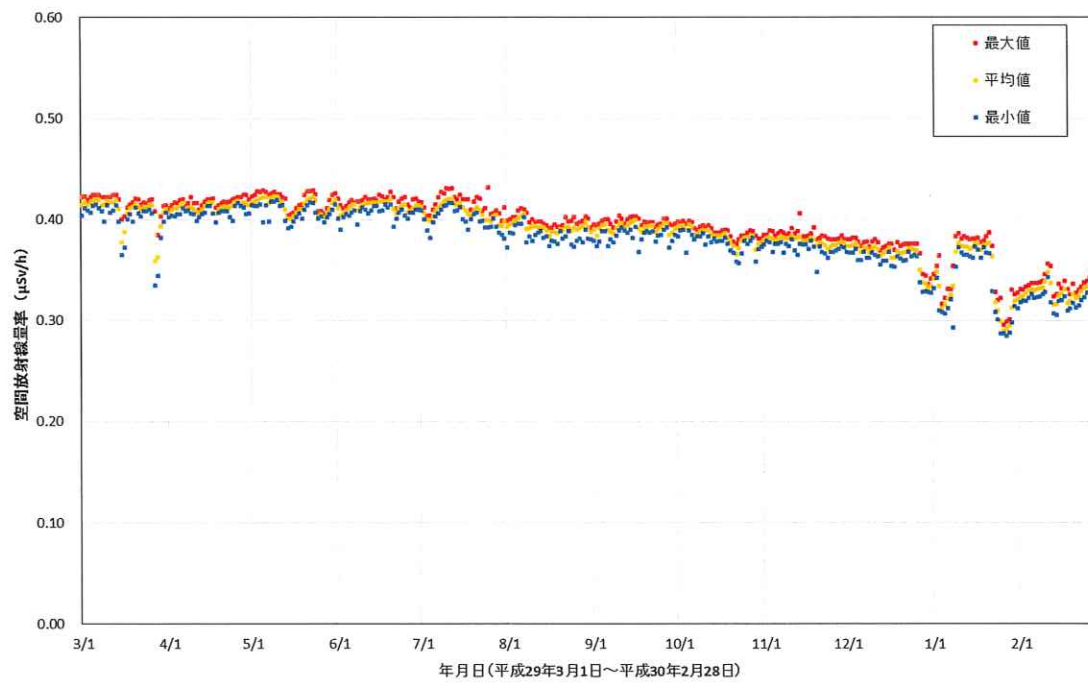
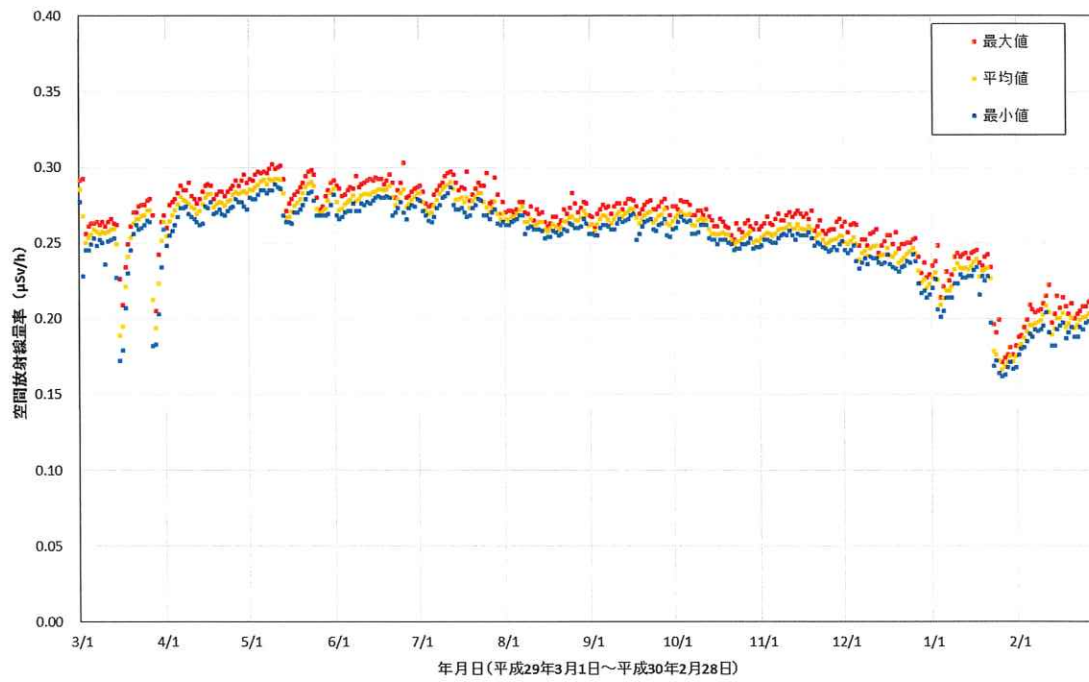


図 2-9-2-2(39) 各地点のトレンドグラフ

No.79 八木沢芦原多目的集会所



No.80 蕨平公民館

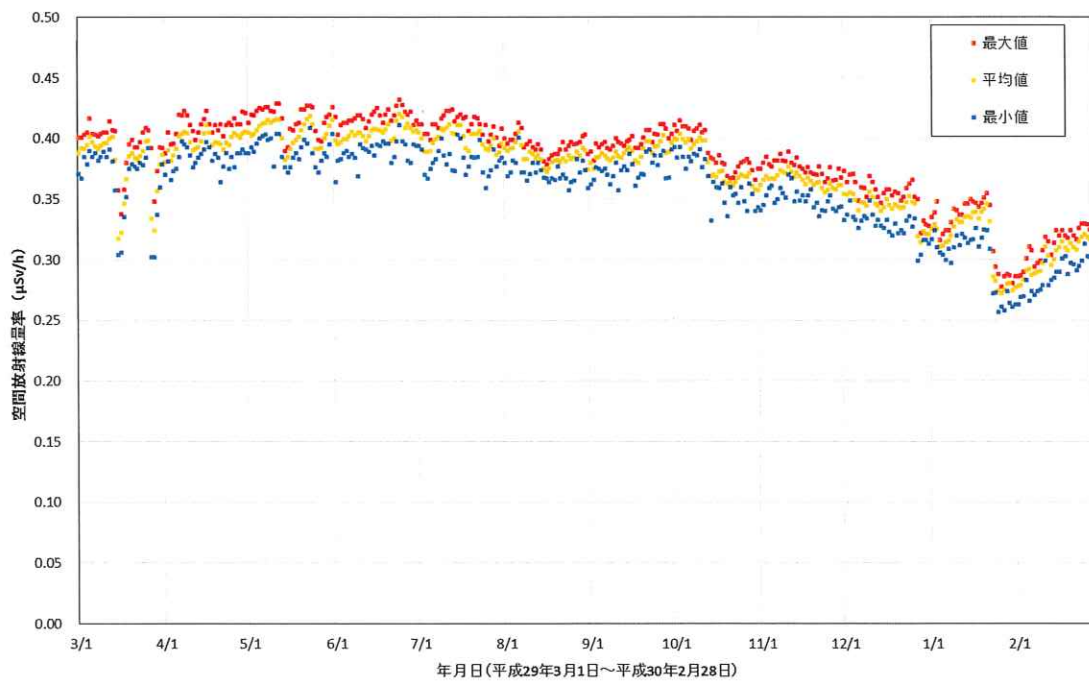


図 2-9-2-2(40) 各地点のトレンドグラフ

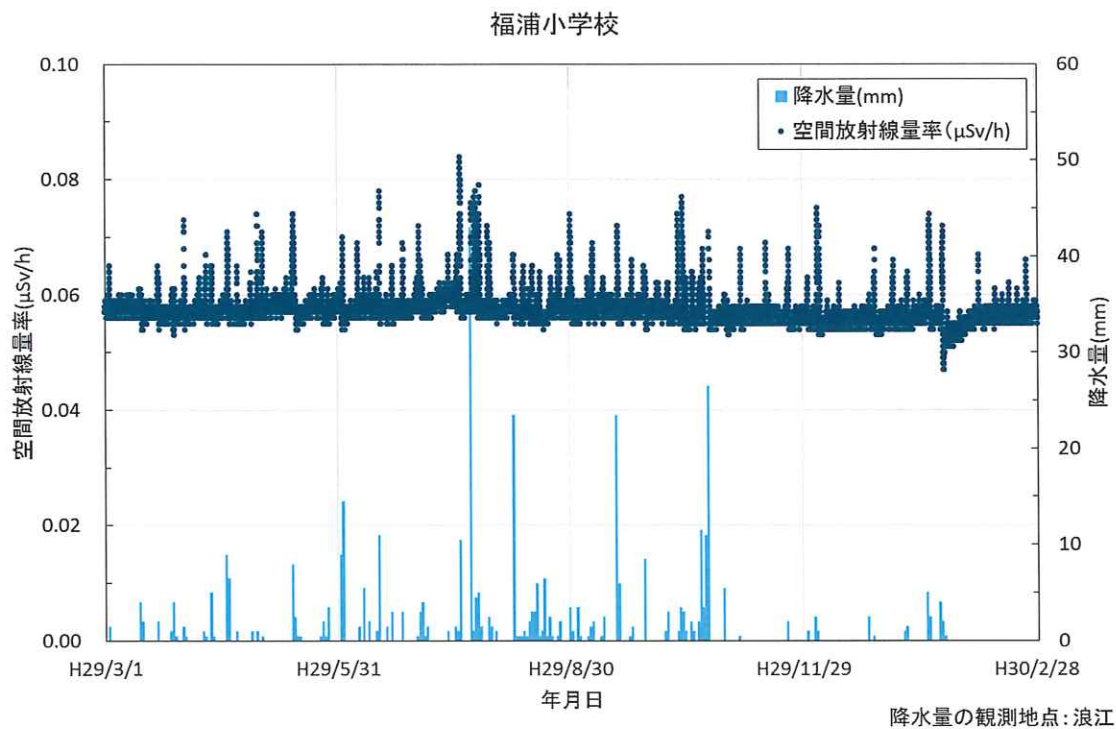


図 2-9-2-3 降雨による空間放射線量率上昇の例（福浦小学校（南相馬市））

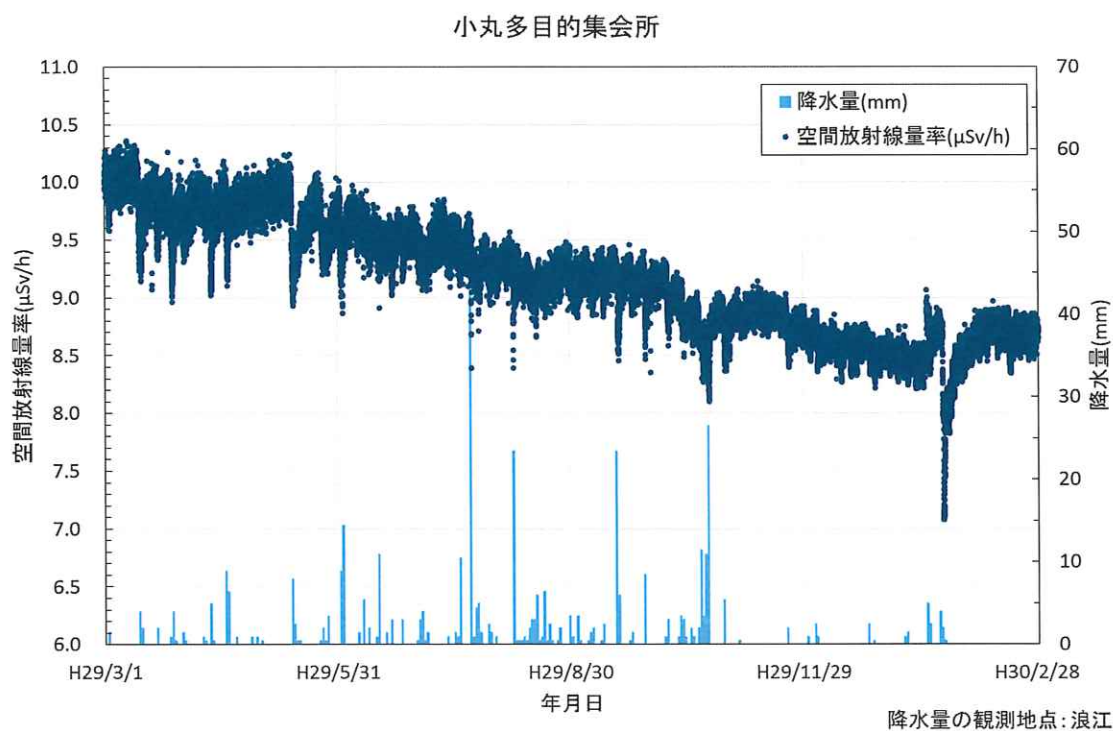


図 2-9-2-4 降雨による空間放射線量率下降の例
（小丸多目的集会所（浪江町））

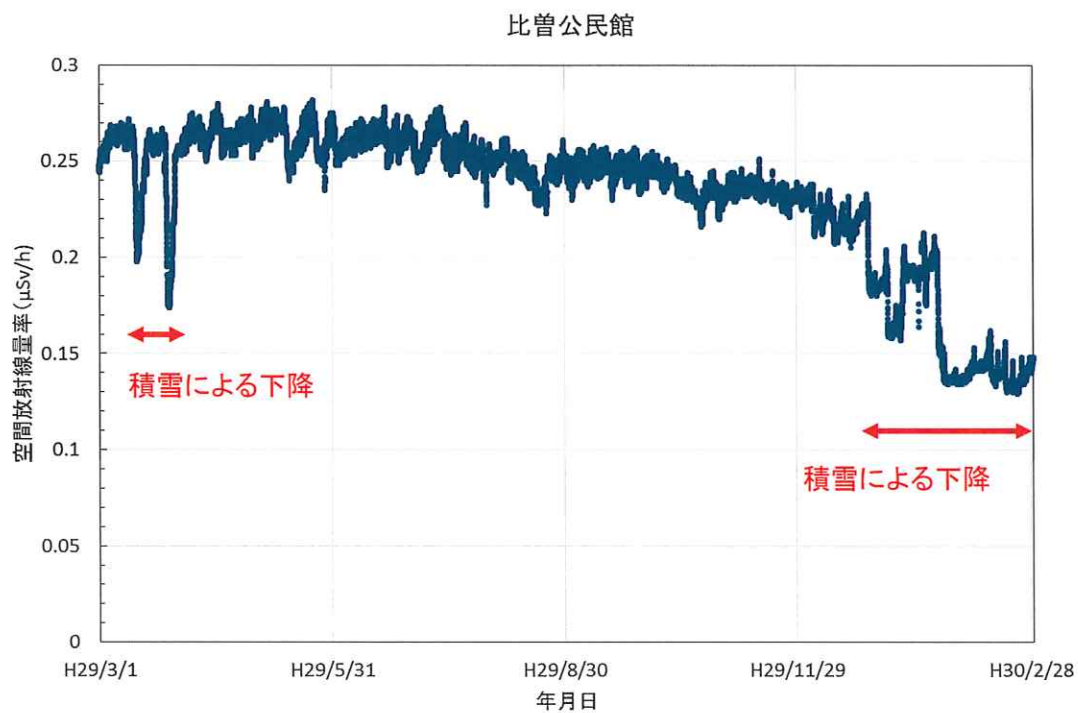


図 2-9-2-5 (1) 積雪による空間放射線量率下降の例
(比叢公民館 (飯舘村))



図 2-9-2-5 (2) 積雪による空間放射線量率下降時の様子
(比叢公民館：平成 29 年 12 月 27 日撮影)

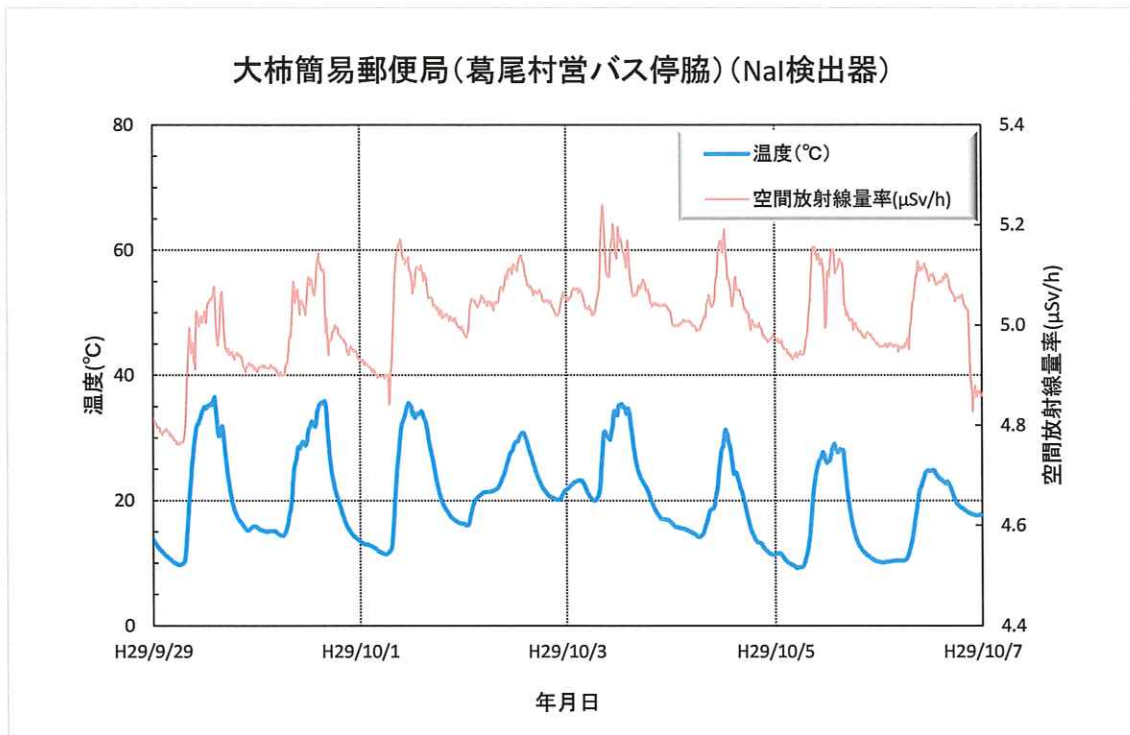


図 2-9-2-6 温度依存性による空間放射線量率の変動の例
(大柿簡易郵便局 (葛尾村営バス停脇) (浪江町)) (NaI 検出器)

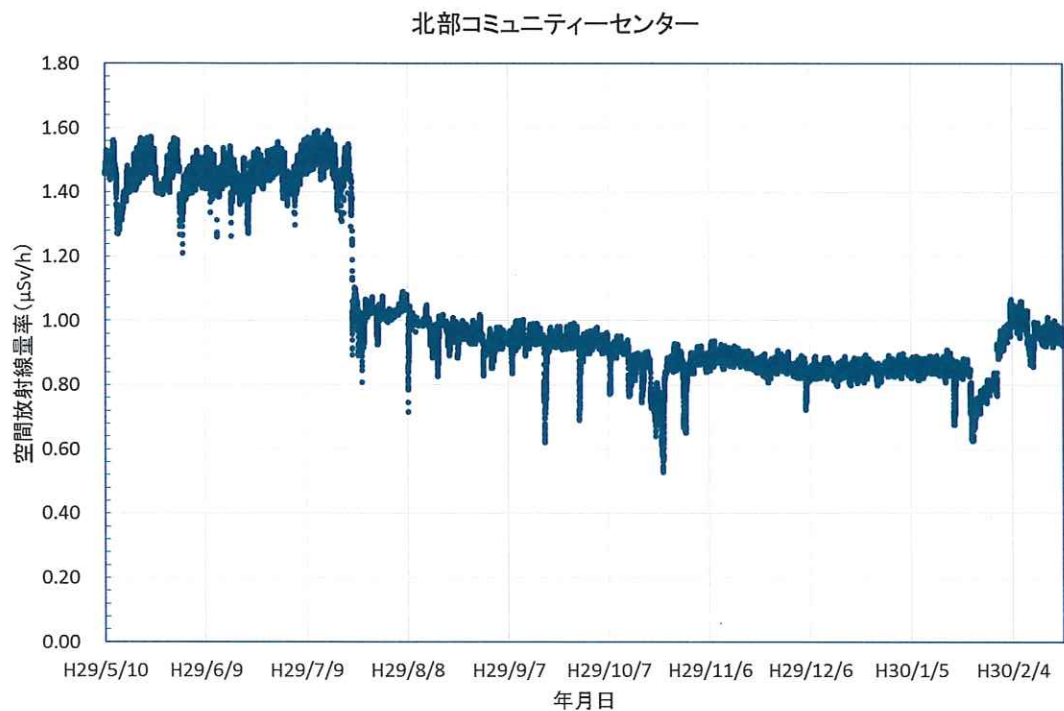


図 2-9-2-7(1) 工事のための敷地利用による空間放射線量率の変動例
(北部コミュニティセンター (双葉町))

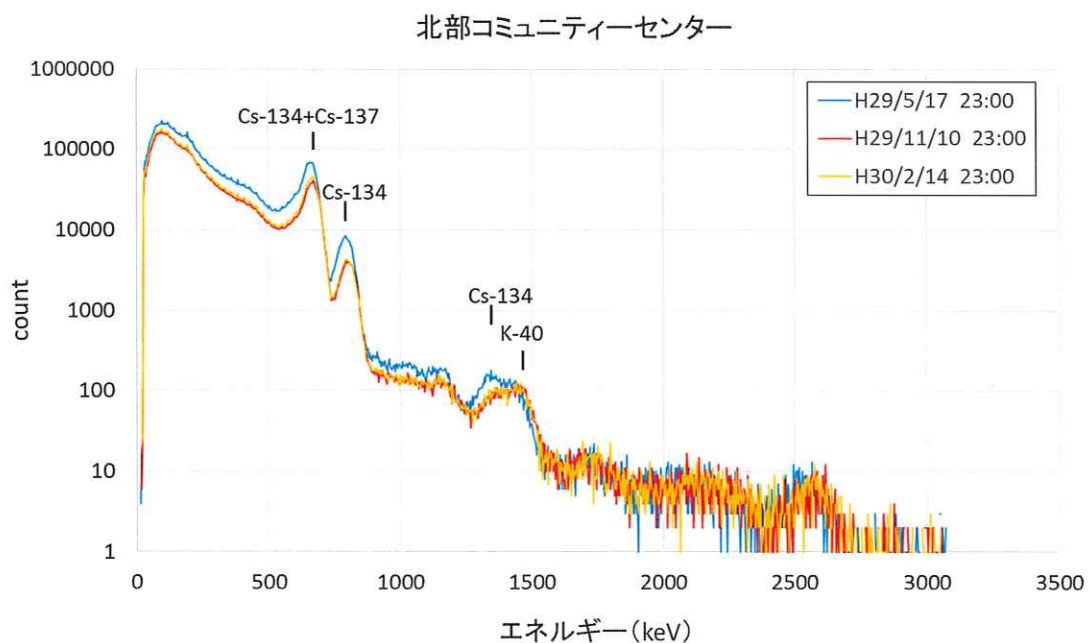


図 2-9-2-7(2) 工事のための敷地利用による空間放射線量率変動時の
エネルギー分布比較例 (北部コミュニティセンター (双葉町))



図 2-9-2-7(3) 空間放射線量率変動時の周辺環境の変化(1)
(北部コミュニティーセンター (双葉町) : 平成 29 年 5 月 17 日撮影)



図 2-9-2-7(4) 空間放射線量率変動時の周辺環境の変化(2)
(北部コミュニティーセンター (双葉町) : 平成 29 年 7 月 26 日撮影)



図 2-9-2-7(5) 空間放射線量率変動時の周辺環境の変化(3)
(北部コミュニティーセンター(双葉町)：平成 29 年 11 月 10 日撮影)



図 2-9-2-7(6) 空間放射線量率変動時の周辺環境の変化(4)
(北部コミュニティーセンター(双葉町)：平成 30 年 2 月 2 日撮影)



図 2-9-2-7(7) 空間放射線量率変動時の周辺環境の変化(5)
(北部コミュニティーセンター(双葉町)：平成 30 年 2 月 14 日撮影)

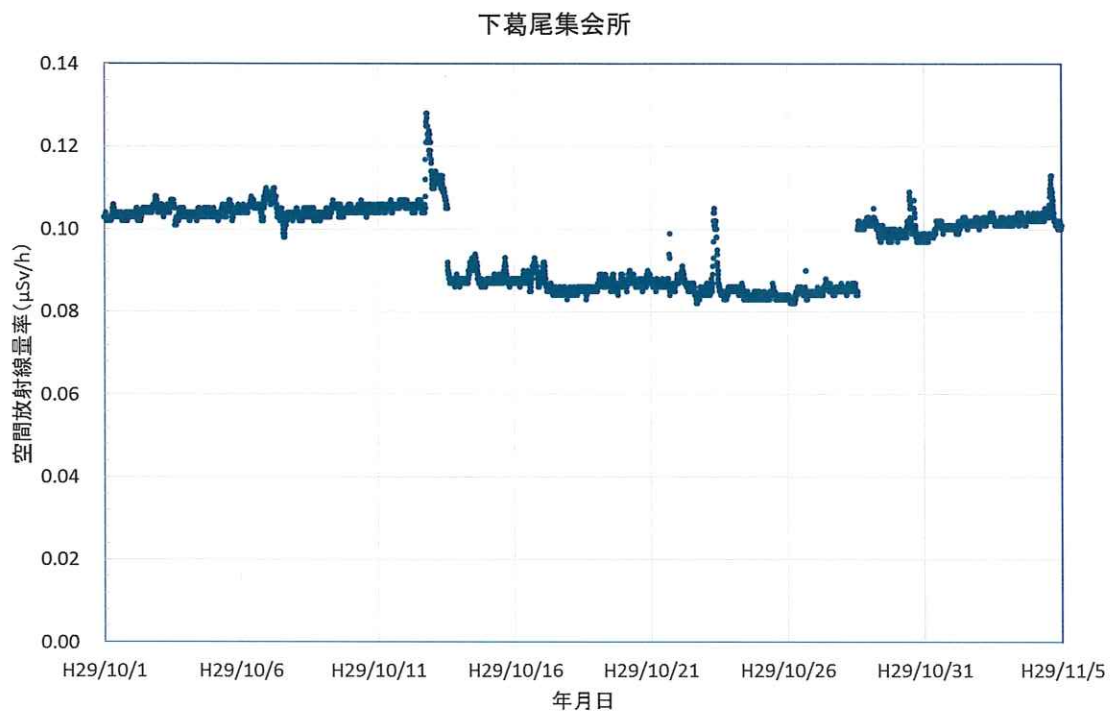


図 2-9-2-8(1) 車両の駐車による空間放射線量率の低下例
(下葛尾集会所 (葛尾村))

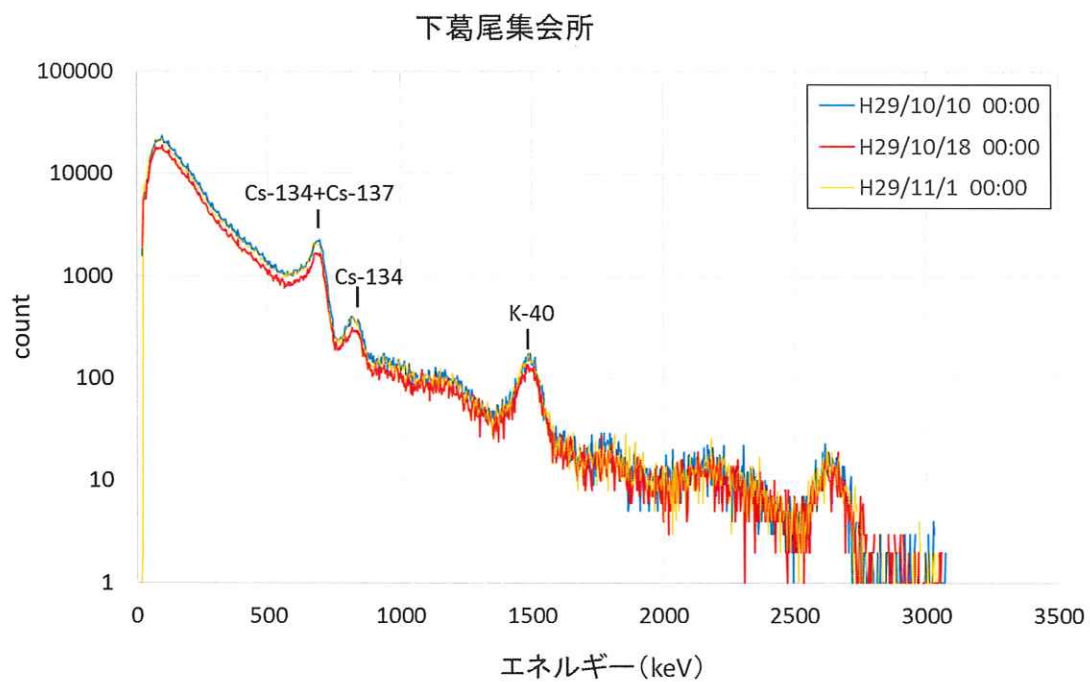


図 2-9-2-8(2) 車両の駐車による空間放射線量率低下時の
エネルギー分布比較例 (下葛尾集会所 (葛尾村))



図 2-9-2-8(3) 空間放射線量率低下時の周辺環境の変化(1)
(下葛尾集会所(葛尾村):平成29年10月18日撮影)



図 2-9-2-8(4) 空間放射線量率低下時の周辺環境の変化(2)
(下葛尾集会所(葛尾村):平成29年10月18日撮影)

表 2-9-2-2 モニタリングポスト撤去及び保管場所
(檜葉北小学校 (檜葉町))

地点	場所	住所	緯度・経度*
撤去前	檜葉北小学校	檜葉町大字井出 字上ノ岡 33	N 37.285267 E 141.001065
保管場所	福島県環境創造センター 環境放射線センター	南相馬市原町区 萱浜字巣掛場 45-169	—

*緯度・経度は原子力規制委員会 web ページで公開されている数値を記載



図 2-9-2-9(1) 撤去前のモニタリングポスト
(檜葉北小学校 (檜葉町) : 平成 29 年 9 月 7 日撮影)



図 2-9-2-9(2) 撤去作業の様子
(檜葉北小学校 (檜葉町) : 平成 29 年 9 月 7 日撮影)



図 2-9-2-9(3) 保管中のモニタリングポスト
(福島県環境創造センター 環境放射線センター (南相馬市))
: 平成 29 年 9 月 7 日撮影)

(3) 福島県内における空間線量率測定データ評価のための国内調査

1) 目的

福島第一原子力発電所事故以降、放射性物質による汚染状況を詳細に把握するため、様々な放射線量マッピングシステムが開発され、これまで活用されてきた。福島県内に設置された可搬型モニタリングポストで測定されている、空間線量率の測定データの評価において、放射線量マッピングシステムによる測定データを活用することを検討するために情報収集を行うことを目的とした。

2) 方法

京都大学原子炉実験所が平成 24 年から開催し、放射線量マッピングシステムの開発や運用を行う大学、研究機関、企業、行政組織の参加者が一堂に会して、装置の作製技術や検出器の特性解析、運用のノウハウ等に関する様々な事例紹介と意見交換を行っている以下の会合に参加し、情報収集を行った。

第 5 回「原発事故被災地域における放射線量マッピングシステムの技術開発・運用とデータ解析に関する研究会」

調査日 平成 30 年 2 月 27 日（火）～28 日（水）

調査者 公益財団法人 日本分析センター 放射能分析事業部 γ 線解析グループ
田中上級技術員

主催者 京都大学原子炉実験所

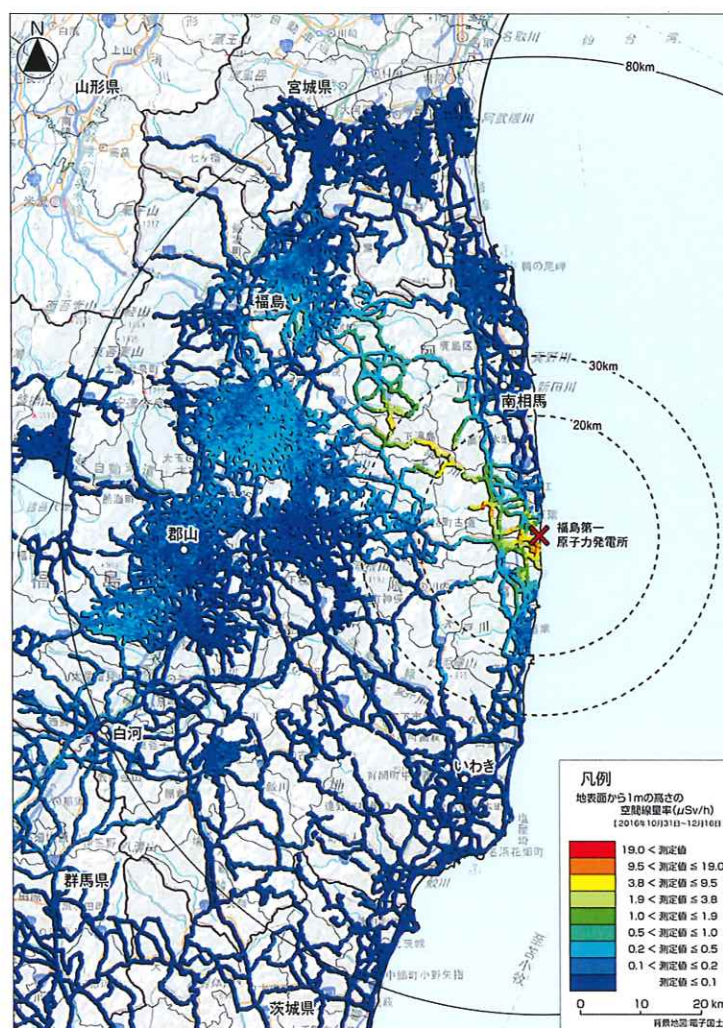
3) 結果

放射線量マッピングシステムとして、これまで京都大学が開発したKURAMA (Kyoto University RAdiation MApping system) や、新潟大学が開発したASURA (Analytical Sensing Unit for Radio-Activity) 等が活用されてきた。また、平成29年12月に、放射能測定法シリーズNo. 17「連続モニタによる環境 γ 線測定法」が改訂され、走行サーベイについての記載が追加されたことから、放射線量マッピングシステムの重要性は今後大きくなっていく可能性がある。今回の会合ではKURAMAを改良して開発された、ヨウ化セシウム (CsI) を検出器として搭載したKURAMA II を活用した測定事例が多く報告されていた。日本原子力研究開発機構が実施している放射性物質の分布状況等調査においても、歩行サーベイ及び走行サーベイにおいて、KURAMA II が活用され、その結果が分布状況マップとしてウェブサイトで一般に公開されている。

福島県内に設置された可搬型モニタリングポストで測定されている、空間線量率の測定データを評価するにあたり、放射線量マッピングシステムによる測定デ

ータを以下の観点から活用することができると考えられた。

- ① 放射線量マッピングシステムにより作成された空間線量率の分布状況マップ上に、定点で測定している可搬型モニタリングポストの空間線量率をプロットすることにより、可搬型モニタリングポストで測定している空間線量率の妥当性及びその測定地点における代表性を評価することができる。



KURAMA での走行サーベイ（平成 28 年 10 月～12 月）により

作成された空間線量率の分布状況マップ

（日本原子力研究開発機構 放射性物質モニタリングデータの情報公開サイトより）

- ② 可搬型モニタリングポスト周辺について歩行サーベイを実施することにより、放射性物質分布及び空間線量率分布を調査することができるとともに、可搬型モニタリングポストで測定している空間線量率の妥当性を評価することができる。

③ KURAMA II で得られたスペクトルの計数率から、自然核種寄与線量率を推定することができるため、可搬型モニタリングポストの設置場所におけるバックグラウンドレベルの空間線量率を推定することができる。それにより、可搬型モニタリングポストによる空間線量率の将来的な減衰予測が可能である。

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 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 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、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。

(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

ロウボ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(U8)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 5000cm²)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(U8)に入れ測定試料とした。

3) 高感度分析用大気浮遊じん

大容量エアサンプラにガラス繊維ろ紙(570mm×460mm)を装着して、680m³/h の流量で約 3.5 日間の大気を連続吸引し、約 57000m³の大気浮遊じんをろ紙上に捕集した。捕集後のろ紙は専用のプレス機で整形して、プラスチック製測定容器(U8)に入れ測定試料とした。

4) 粉乳

分析センターが購入した粉乳の灰化处理を行い、プラスチック製測定容器(U8)に詰めて測定試料とした。

5) 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 70000 秒間以上とし、核データは原則として Evaluated Nuclear Structure Data File, NNDC, Brookhaven (2016 年 1 月)(<http://www.nndc.bnl.gov/ensdf/>)に従った。

(2) 妥当性確認

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、⁴⁰K 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 3-2-1 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}Eu (121.8keV)	^{137}Cs (661.7keV)	^{152}Eu (1408keV)
52	H29.2 ～ H30.1	0.33	0.40	0.90
53	H29.2 ～ H30.1	0.33	0.30	0.73
54	H29.2 ～ H30.1	0.17	0.38	0.77
55	H29.2 ～ H30.1	0.55	0.39	0.89
56	H29.2 ～ H30.1	0.44	0.24	1.1
57	H29.2 ～ H30.1	0.43	0.26	0.60
58	H29.2 ～ H30.1	0.30	0.34	0.93

3.3 トリチウム調査

(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

採取した試料から約 600 mL 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 500 mL に過酸化ナトリウムを添加して約 60 mL になるまで電気分解し、電気分解終了後、再び蒸留を行った。留出液 50 mL と乳化シンチレータ (Ultima Gold LLT、パーキンエルマー社製) 50 mL を 100mL の測定容器(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

乾物を粉碎後によく混合し、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 (Ultima Gold LLT、パーキンエルマー社製) を 100mL の測定容器(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。

②-2 組織自由水

試料に過マンガン酸カリウムを加え、還流による湿式分解を行った。これ以降は非交換型の有機結合型トリチウムと同様に精製を行い、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) を測定容器(POLYVIALS145)に入れ、十分に振り混ぜ均質にし、測定試料とした。

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。

① 月間降水中のトリチウム分析

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、

外部標準チャンネル比法により得た値とクエンチング補正曲線との関係により計数効率を求めた。また、電解濃縮時に対照用として濃度既知のトリチウム溶液を同時に電気分解し、電解濃縮前後における対照試料の濃度変化や試料毎の体積変化から電解濃縮係数を求めた。正味計数率、計数効率、測定供試量及び電解濃縮係数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 生物試料中のトリチウム分析

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、外部標準チャンネル比法により得た値とクエンチング補正曲線との関係により計数効率を求めた。正味計数率、計数効率および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}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、リンモリブデン酸アンモニウム (AMP) 粉末を加えてかくはんした。ろ別した AMP 沈殿は放射性セシウム分析に用いた。上澄み液をろ過後、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た。以下、②のイオン交換法以降と同様に行った。

② ^{90}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}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℃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}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}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℃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。

^{90}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 ^{90}Sr の放射能濃度を算出した。

なお、放射能濃度は測定時の放射能濃度であり、それぞれの試料に定められた分析目標レベルにかかわらず、計数値がその計数誤差の 3 倍を超えたものについて有効数字 2 桁または誤差の桁に合わせて示し、それ以下のものは検出下限値を示した。また、誤差は計数誤差のみを示した。

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 壌 海底土	海水	精米
単位	mBq/m ³	MBq/km ²	mBq/L	Bq/kg 乾土	mBq/L	Bq/kg 生
^{90}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
^{90}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、 ^{90}Sr の結果は基準の範囲内であった。また、ブランク試料から ^{90}Sr の有意な検出はなかった。

したがって、分析には東京電力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。

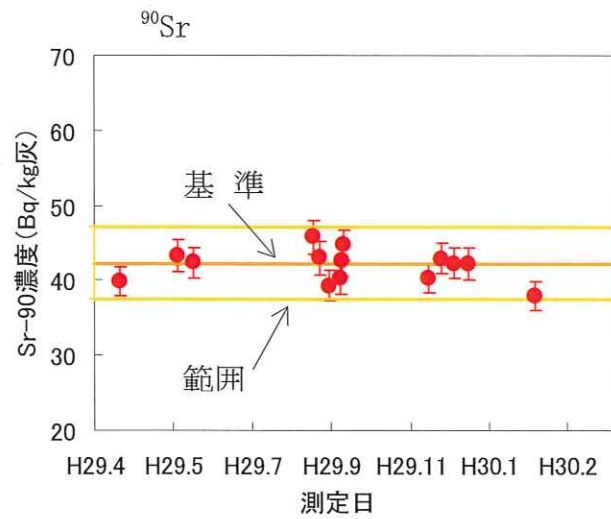


図 3-4-1 所内灰標準試料の分析結果

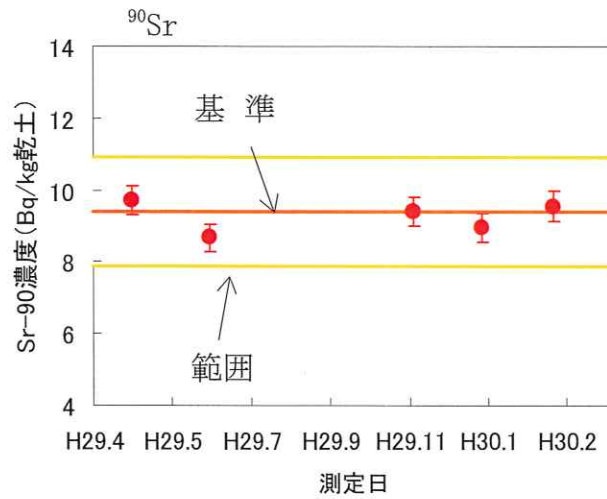


図 3-4-2 所内土壌標準試料の分析結果

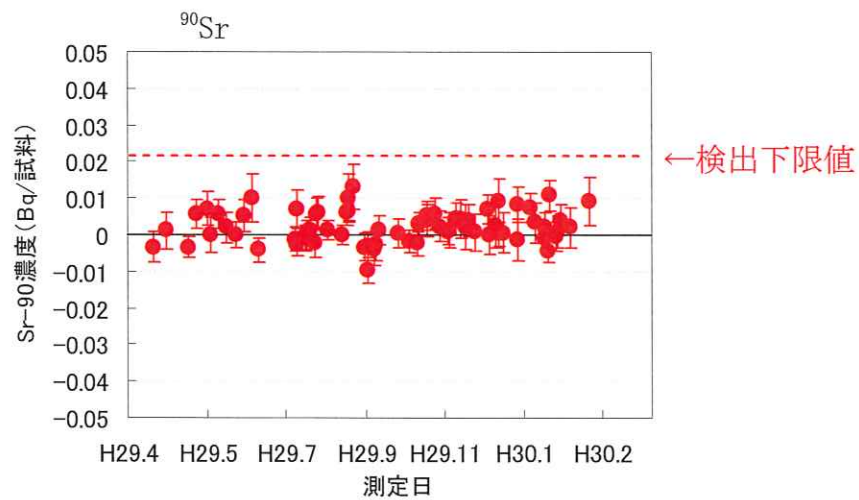


図 3-4-3 ブランク試料の分析結果

3.5 プルトニウム分析

(1) 分析法

分析対象核種は ^{238}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°C で乾燥後、微粉碎した。この試料から 50g を分取し、 500°C の電気炉で加熱処理後、 ^{242}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)及び亜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 α 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}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}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	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) 海藻

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) 野菜

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 濃度を算出するため、安定ヨウ素 (^{127}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・海藻・野菜試料から 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、2.5 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 ^{129}I 濃度を算出した。

(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結合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}I 濃度を算出した。

(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国立研究開発法人日本原子力研究開発機構青森研究開発センターの 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。

分析に係る妥当性確認として、分析工程毎にブランク試料を分析するとともに、濃度既知の標準試料の分析を行った。標準試料の分析結果及び参考データ (昨年度の分析結果及び文献値) を表 3-6-2~表 3-6-5 に示す。

表 3-6-2 平成 29 年度に実施した標準試料の分析結果-1 ※1

試料名	安定ヨウ素 mg/kg 乾物	¹²⁹ I mBq/kg 乾物	¹²⁹ I/ ¹²⁷ I 原子数比	乗数
Peach Leaves NIST-1547	0.30 ± 0.002 0.28 ± 0.002	0.21 ± 0.007 0.18 ± 0.006	(1.04 ± 0.032) (0.97 ± 0.030)	10 ⁻⁷

安定ヨウ素の誤差は繰り返し測定における標準偏差であり、¹²⁹I の誤差は繰り返し測定で得られた総カウント数の相対誤差とシステムの変動を加えたものである。

※1 : 分析数 n=2

表 3-6-3 平成 28 年度に実施した標準試料の分析結果 ※2 (参考)

試料名	安定ヨウ素 mg/kg 乾物	¹²⁹ I mBq/kg 乾物	¹²⁹ I/ ¹²⁷ I 原子数比	乗数
Peach Leaves NIST-1547	0.29 ± 0.025	0.19 ± 0.014	(0.98 ± 0.015)	10 ⁻⁷

安定ヨウ素の誤差は繰り返し測定における標準偏差であり、¹²⁹I の誤差は繰り返し測定で得られた総カウント数の相対誤差とシステムの変動を加えたものである。

※2 : 分析数 n=3

表 3-6-4 文献値 (参考)

試料名	安定ヨウ素 mg/kg 乾物	¹²⁹ I mBq/kg 乾物	¹²⁹ I/ ¹²⁷ I 原子数比	乗数
Peach Leaves NIST-1547	0.3 ± 0.01 ※3	0.20 ± 0.02 ※4	(1.23 ± 0.19) ※4	10 ⁻⁷

安定ヨウ素の誤差は繰り返し測定における標準偏差であり、¹²⁹I の誤差は繰り返し測定で得られた総カウント数の相対誤差とシステムの変動を加えたものである。

※3 : 分析証明書より引用 (参考値)

※4 : JAEA-Conf 2010-001 より引用

表 3-6-5 平成 29 年度に実施した標準試料の分析結果-2

試料名	安定ヨウ素 ^{※5} mg/kg	¹²⁹ I mBq/g	¹²⁹ I/ ¹²⁷ I 原子数比	乗数
母乳 ^{※6} NIST-1953	0.199 ± 0.013	0.58 ± 0.013	(4.4 ± 0.793)	10 ⁻¹⁰

安定ヨウ素の誤差は繰り返し測定における標準偏差であり、¹²⁹I の誤差は繰り返し測定で得られた総カウント数の相対誤差とシステムの変動を加えたものである。

※5 : 認証値 : 0.193 ± 0.002 mg/kg

※6 : 凍結乾燥処理後分析

標準試料の分析結果は文献値とよく一致しており、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。

精米はそのまま、野菜は対象部位を分取して冷凍し、真空凍結乾燥機で水分を除去した。乾燥した試料はミキサー等で均一に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 IAEA C1 及び IAEA C6、NIST SRM 4990C 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炭素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) 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 ₂ (175 ml/min)	
標準ガス	CO ₂ (純度 99.999%以上)	
測定イオン	44, 45, 46 (m/z)	

(2) 妥当性確認

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) を分析して参照値との比較を行い、それぞれ有意な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確認した。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 ($^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$)			
1	133.95 $\pm$ 0.64	0.16 $\pm$ 0.01	150.19 $\pm$ 0.70
2	134.20 $\pm$ 0.68	0.38 $\pm$ 0.02	149.01 $\pm$ 1.38
参照値 (1 σ)	134.07 ¹⁾	0.00 $\pm$ 0.02 ²⁾	150.61 $\pm$ 0.11 ²⁾

1) Ugo Zoppi, Radiocarbon AMS data analysis: From measured isotopic ratio to ^{14}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、エアーポ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（三春町のみ 0.5L/分流速で約 2 週間）連続して行った。約 10m³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
エアーポンプ	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}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°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°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 ϕ 、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}Kr の β 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、試料のページを確認した。

^{85}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}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}Kr 濃度（Bq/ m^3 ）に換算した。

4) ^{133}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°C 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脱着して、分離・精製用のガスクロマトグラフに導入した。

分離・精製用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}Xe の β 線を測定した。大気中の ^{133}Xe バックグラウンド濃度は、 ^{85}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、試料のピークを確認した。

^{133}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}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}Xe 濃度（mBq/m³）に換算した。

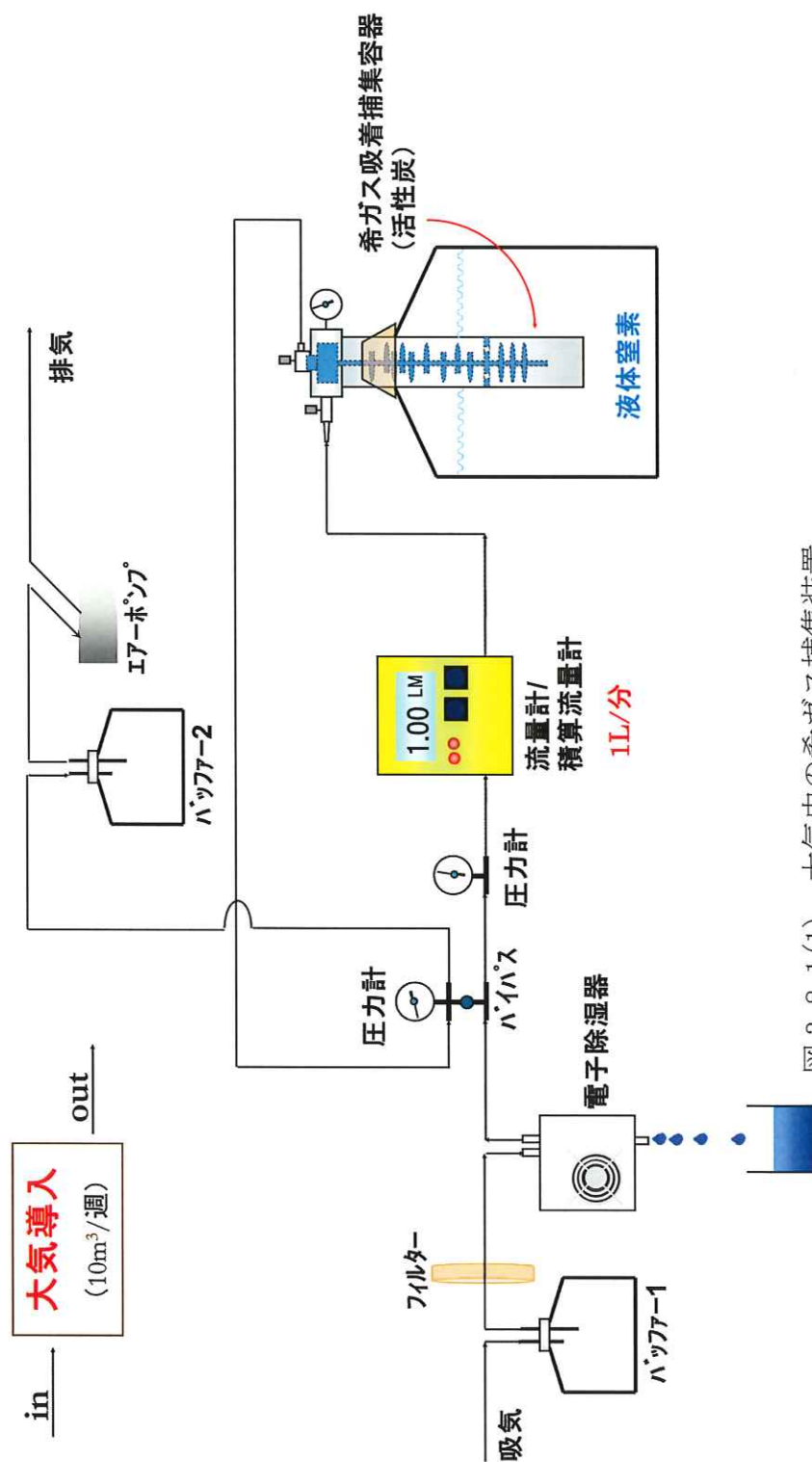


図 3-8-1(1) 大気中の希ガス捕集装置



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)

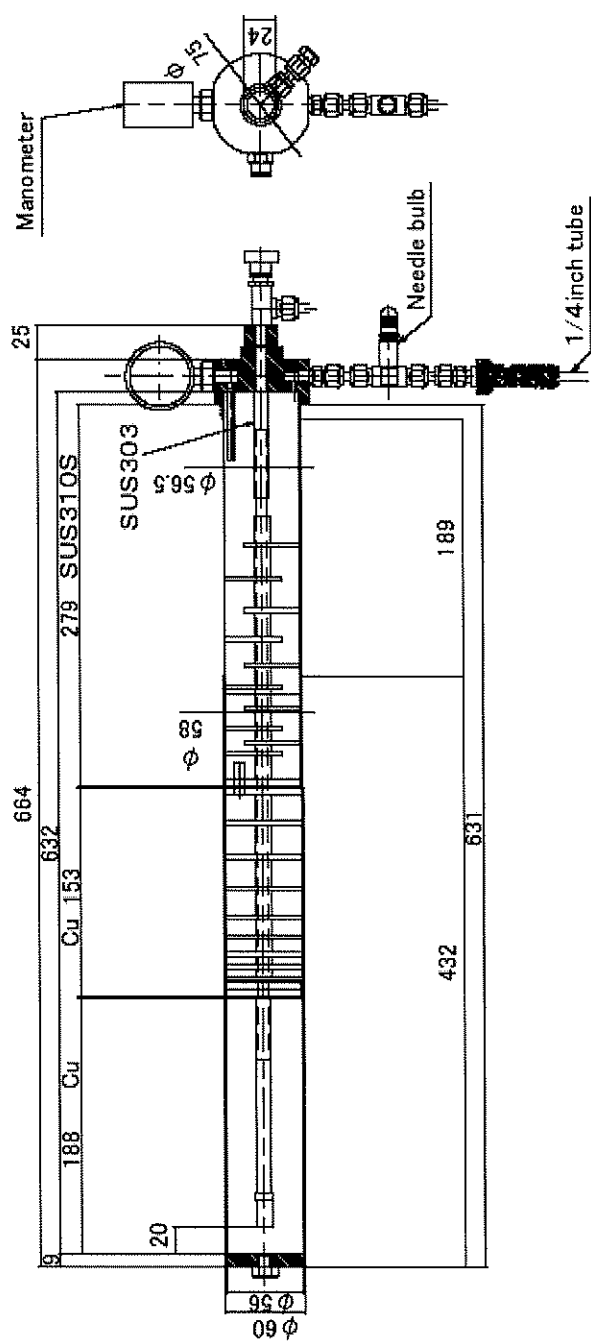


図 3-8-2 希ガス吸着捕集容器の構造

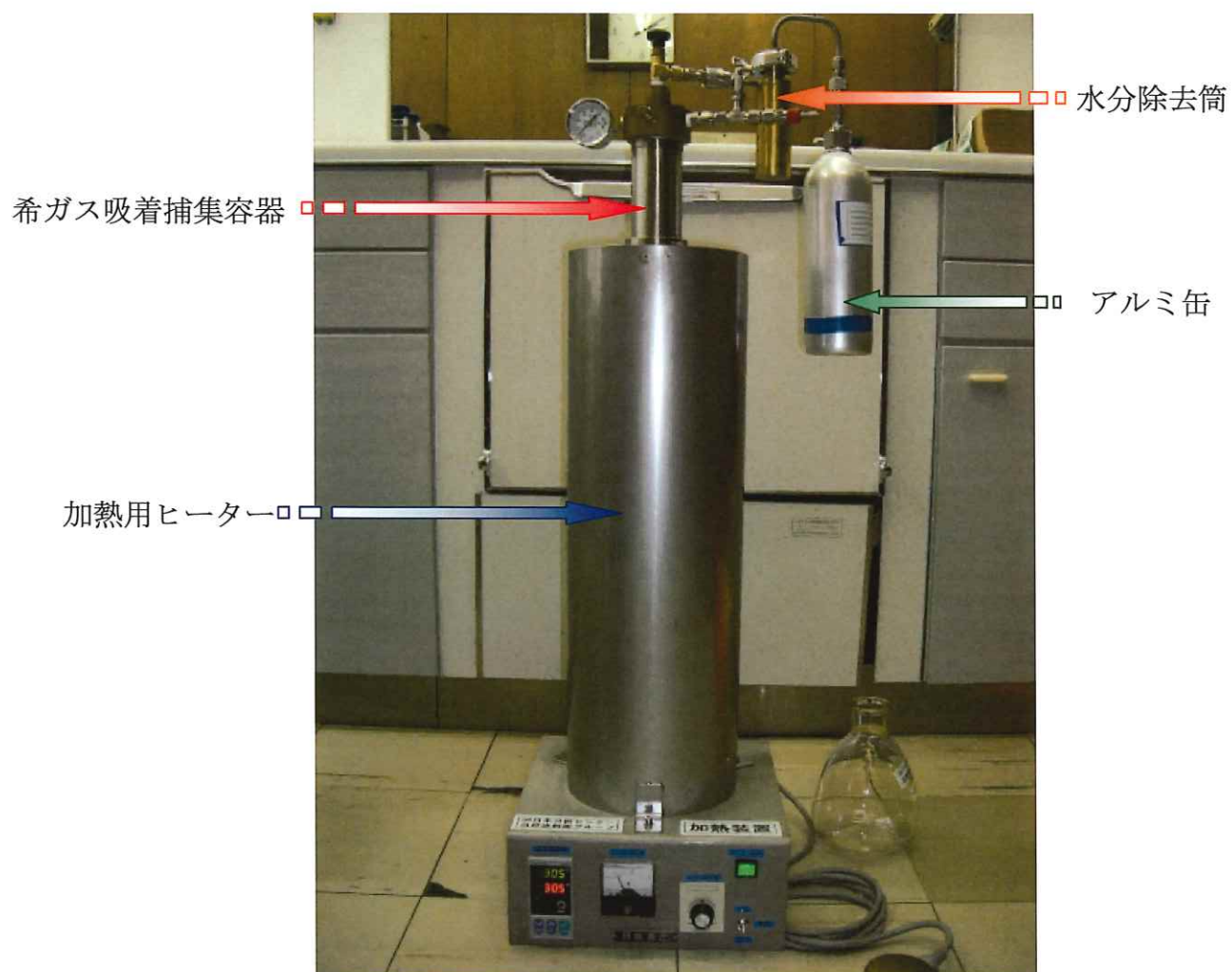


図 3-8-3 希ガスのアルミ缶への封入
(写真は北海道立衛生研究所に設置した装置)



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)

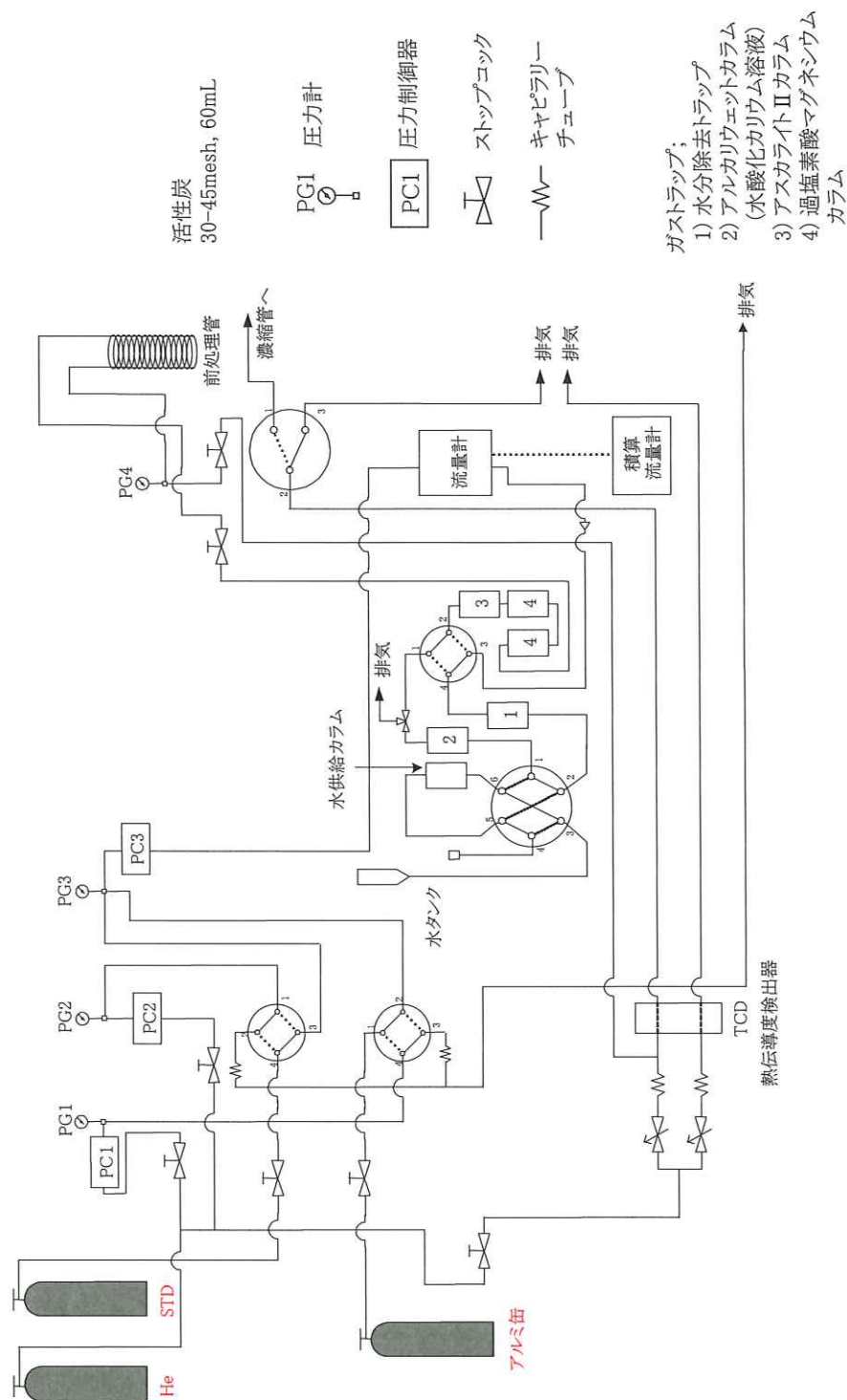


図 3-8-6(1) ガス流路概略図 (前処理装置)

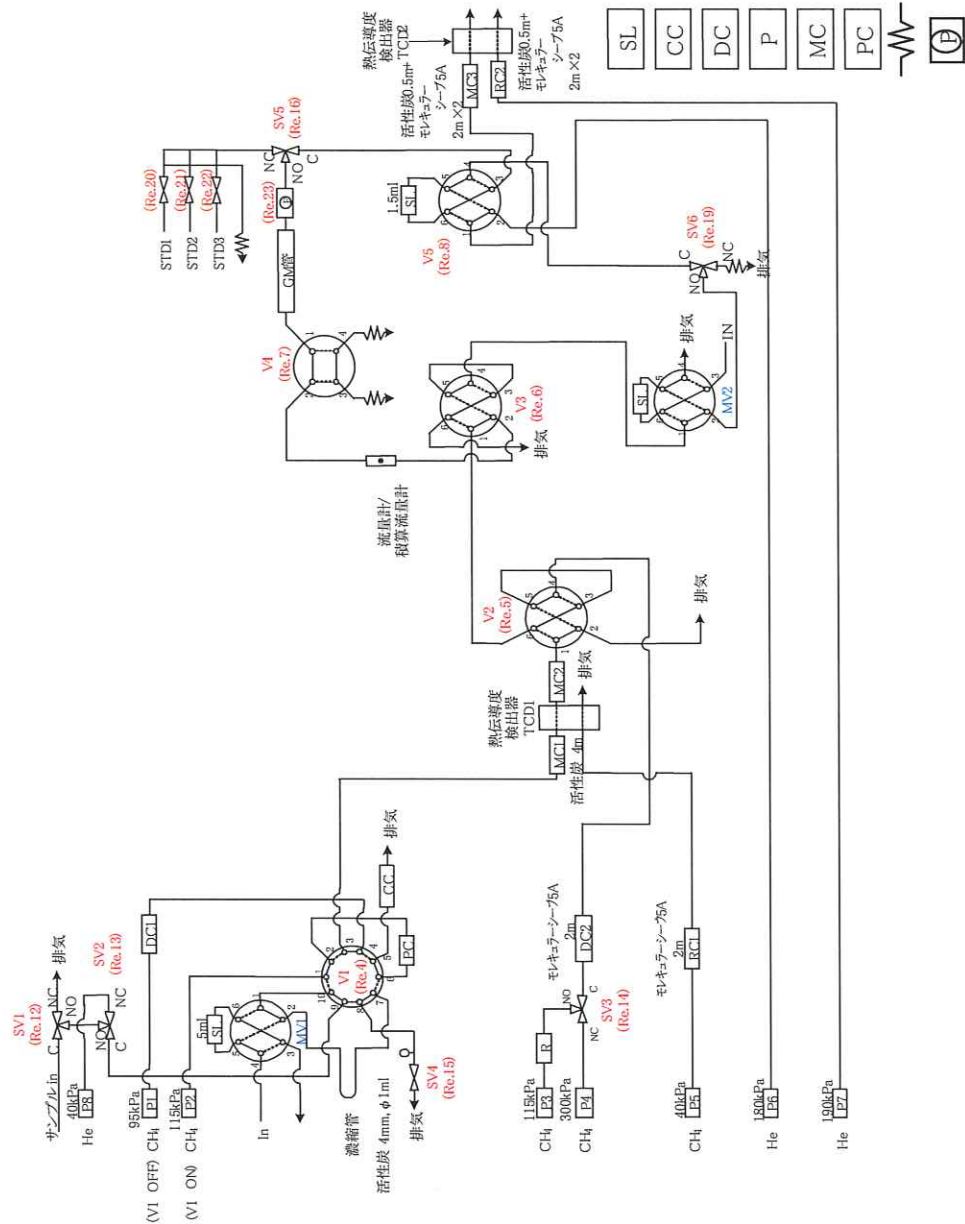


図 3-8-6(2) ガス流路概略図 (ガスクロマトグラフ)



図 3-8-7 ガスクロマトグラフ 2 (全クリプトン定量用)

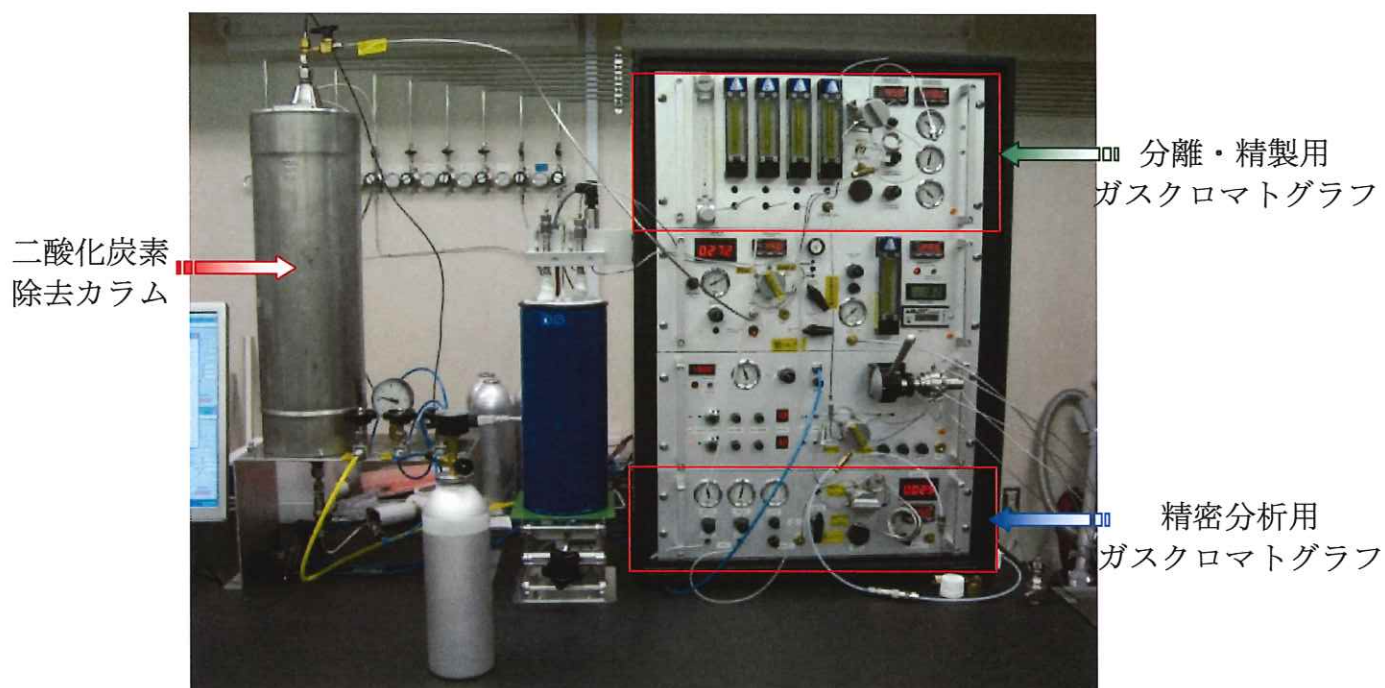


図 3-8-8 ^{133}Xe 分析装置

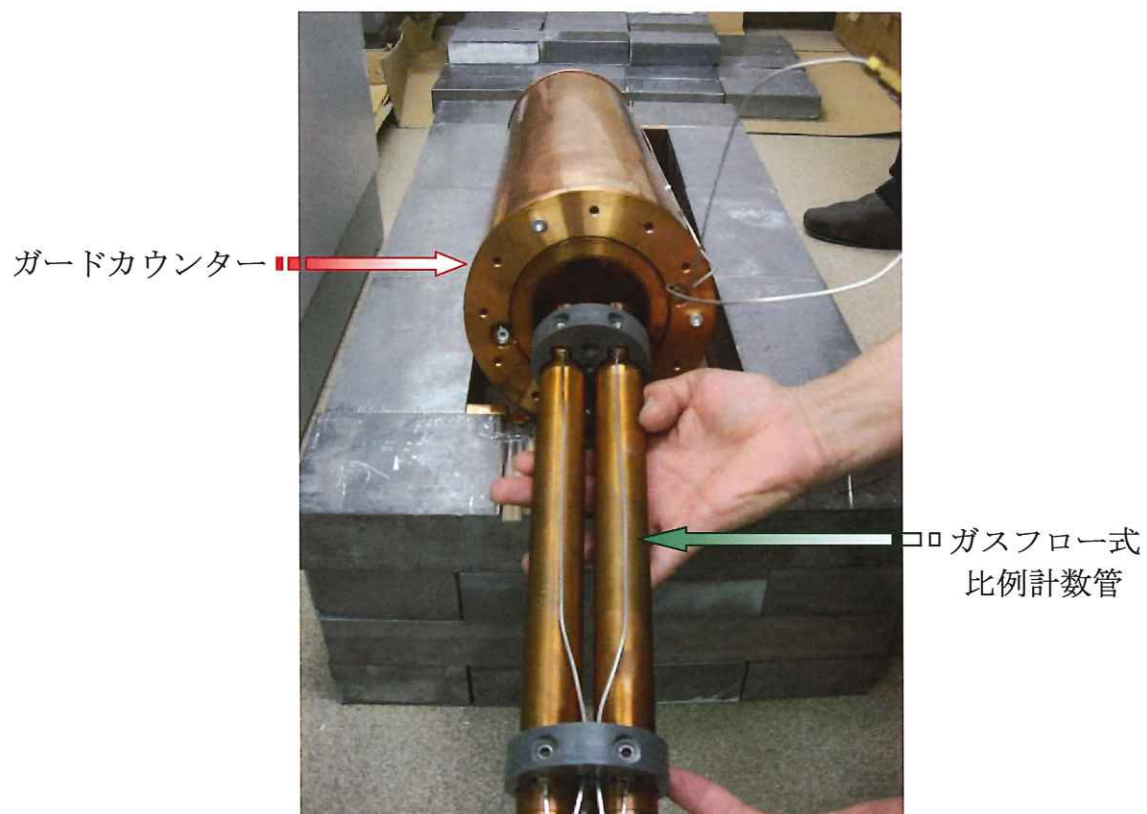


図 3-8-9 ガスフロー式比例計数管とガードカウンター

(2) 妥当性確認

1) ^{85}Kr 分析

^{85}Kr 分析結果の妥当性を確認するために、 ^{85}Kr 濃度既知の標準ガスを用いて、 ^{85}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、相互比較分析を実施した。

① ^{85}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。

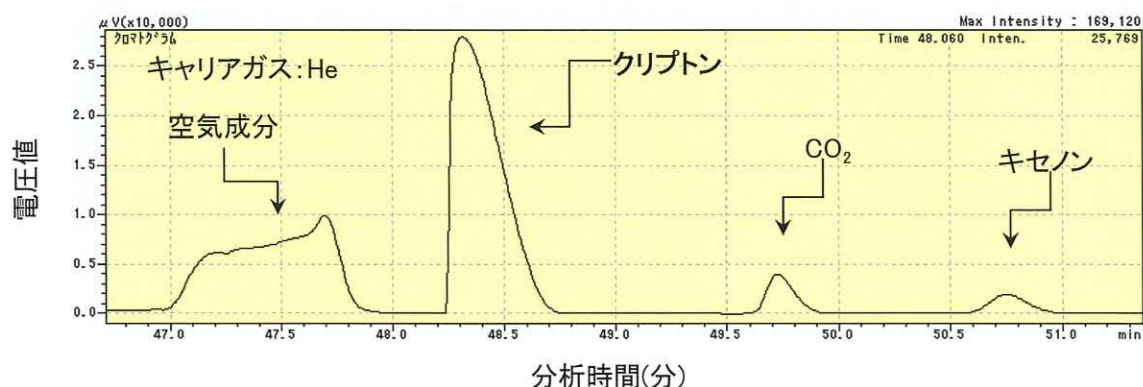


図 3-8-10 空気成分の粗分離後のガスクロマトグラム

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。

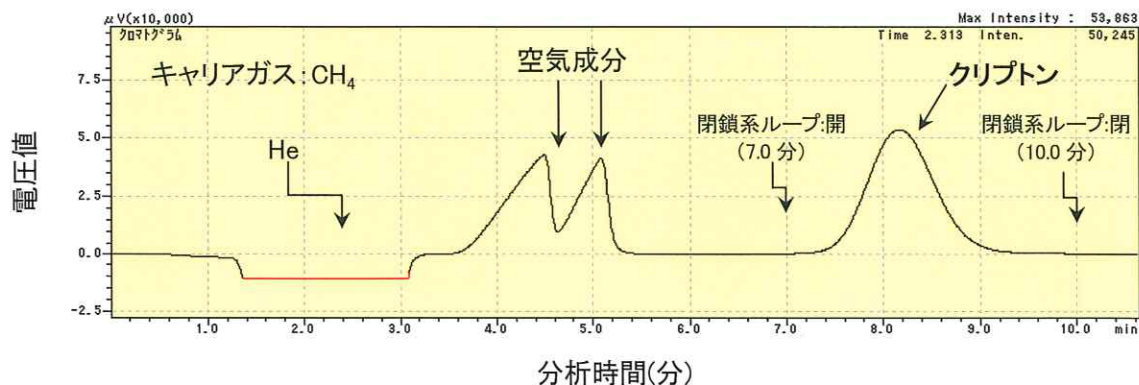


図 3-8-11 クリプトン分離・精製時のガスクロマトグラム

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}Kr の β 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。

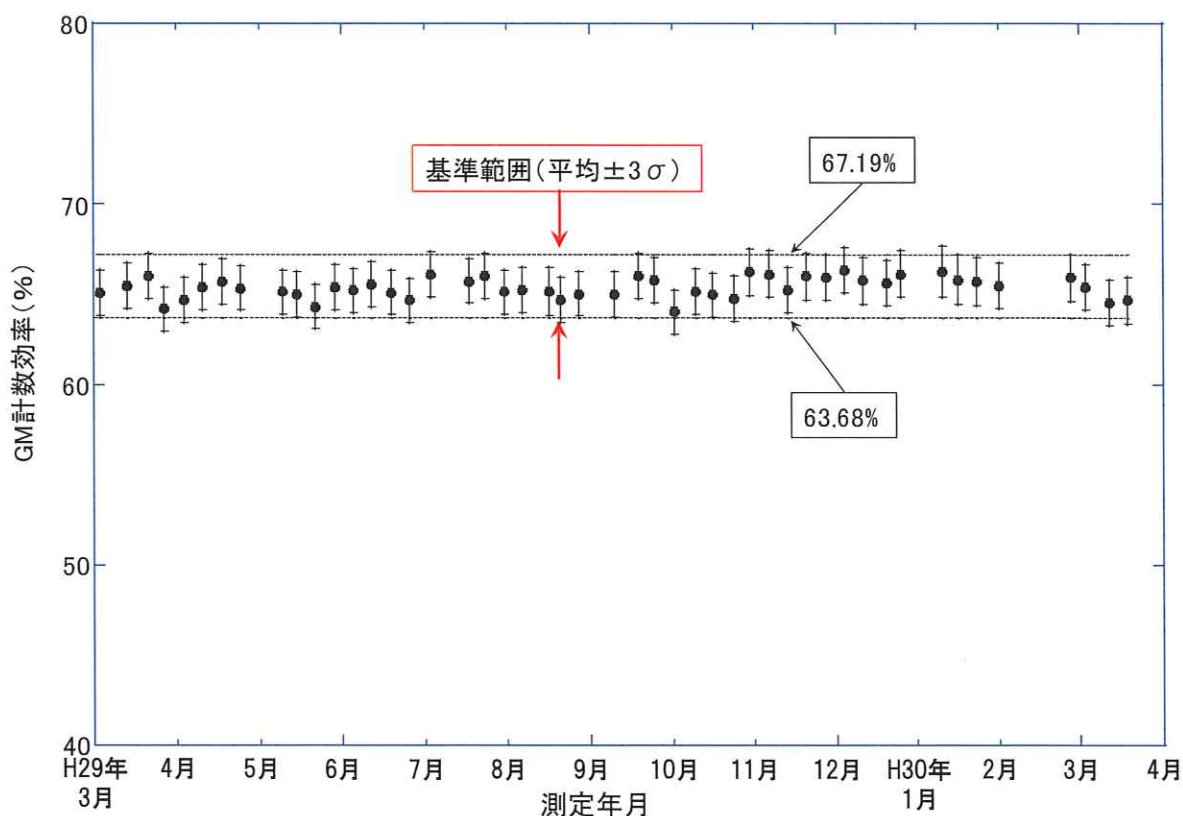


図 3-8-12 GM 計数効率の経時変化

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。

なお、平成 27 年度まではドイツ大気放射能研究所とクロスチェックを毎週実施していたが、平成 28 年 5 月からクロスチェック頻度を四半期に 1 回に変更した。

両機関の ^{85}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。

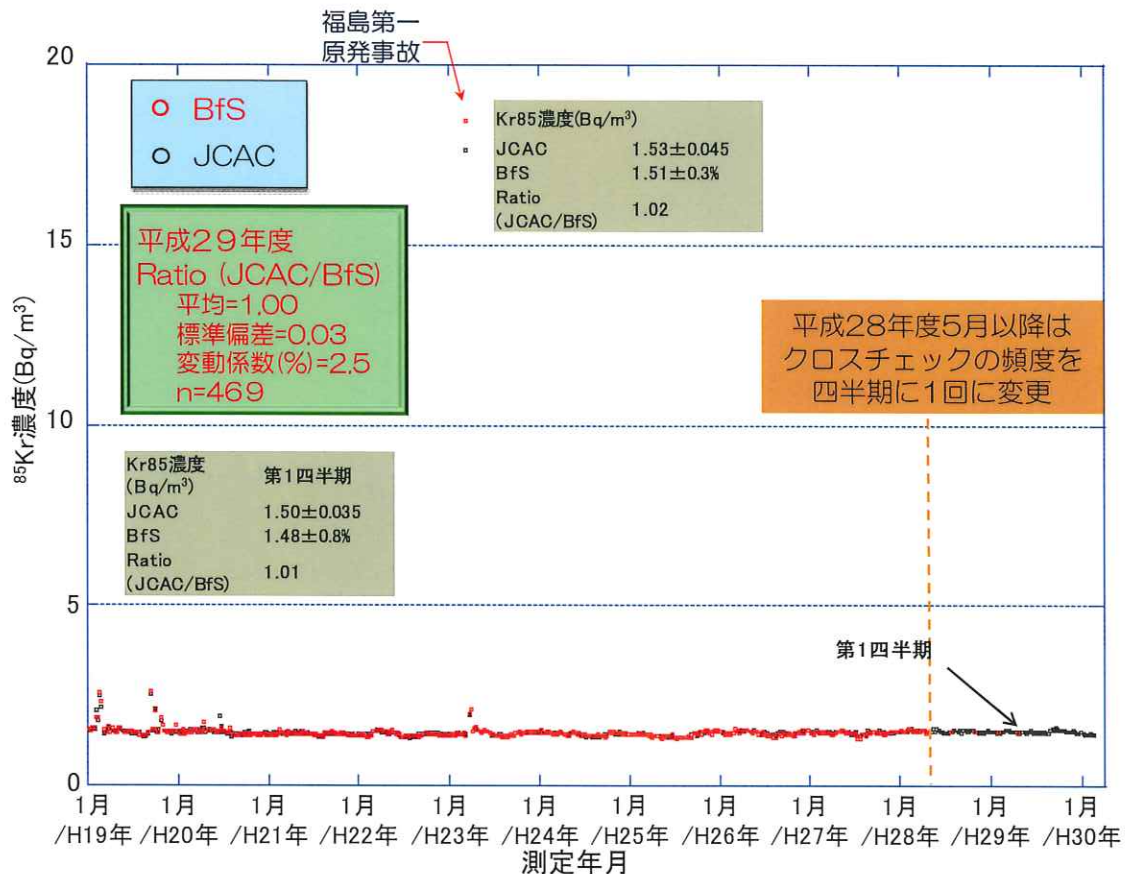


図 3-8-13 ドイツ大気放射能研究所（BfS）との相互比較分析結果

2) ^{133}Xe 分析

^{133}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を分離する際に、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}Xe 分析と系統分析が可能である ^{85}Kr について、同一時期に採取した試料（千葉市）を、 ^{85}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}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、キセノンを分離・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。

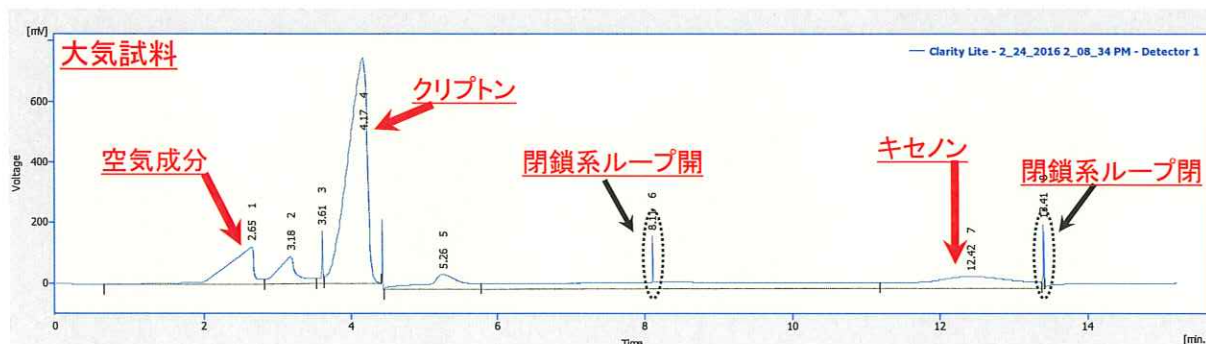


図 3-8-14 キセノン分離・精製時のガスクロマトグラム

② ^{85}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}Xe 分析装置及び ^{85}Kr 分析装置で得られた ^{85}Kr 濃度を比較することにより、 ^{133}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}Kr 分析装置との相互比較分析結果を示す。

両装置の ^{85}Kr 分析結果は、分析結果比 (^{133}Xe 分析装置 / ^{85}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 2.6% であり、よく一致した結果が得られた。

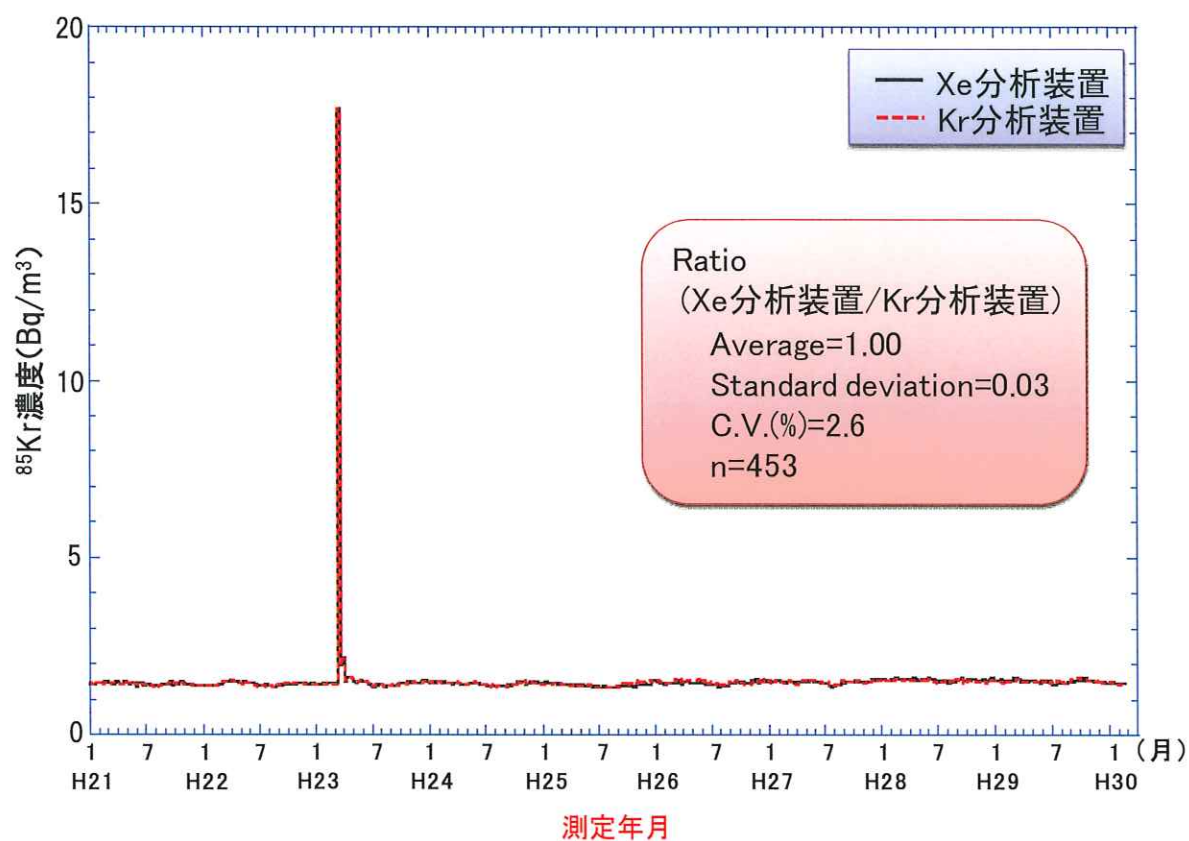


図 3-8-15 ⁸⁵Kr 分析装置との相互比較分析結果

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

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。

送付試料(大気浮遊じん、陸土、海水、海底土)をそのまま測定試料とした。

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 80000 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 Evaluated Nuclear Structure Data File, NNDC, Brookhaven (2016 年 1 月) (<http://www.nndc.bnl.gov/ensdf/>) 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}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（％）		
		^{152}Eu (121.8keV)	^{137}Cs (661.7keV)	^{152}Eu (1408keV)
27	H29.2 ～ H30.1	0.40	0.32	1.2
31	H29.2 ～ H30.1	0.38	0.20	0.94
45	H29.2 ～ H30.1	0.40	0.34	0.95
46	H29.2 ～ H30.1	0.30	0.25	0.71
48	H29.2 ～ H30.1	0.47	0.28	0.80
49	H29.2 ～ H30.1	0.29	0.31	1.1
51	H29.2 ～ H30.1	0.37	0.25	1.1
52	H29.2 ～ H30.1	0.33	0.40	0.90
53	H29.2 ～ H30.1	0.33	0.30	0.73
54	H29.2 ～ H30.1	0.17	0.38	0.77
55	H29.2 ～ H30.1	0.55	0.39	0.89
56	H29.2 ～ H30.1	0.44	0.24	1.1
57	H29.2 ～ H30.1	0.43	0.26	0.60
58	H29.2 ～ H30.1	0.30	0.34	0.93

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 γ 線源 (^{137}Cs) 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 $\pm 20\%$ 以内で一致していた。なお、 $\pm 20\%$ 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場所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 29 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福島県浪江ひまわり荘（浪江町）、楡葉南小学校（楡葉町）及び富岡第一小学校（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、3 地点全てにおいて両者の測定結果は $\pm 15\%$ 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、周辺線量率の偏在を考慮すると概ね妥当であると考えられた。

表3-9-2-1 可搬型モニタリングポストの点検・校正結果

No.	施設名	外観構造	バッテリー電圧確認		ソーラー出力電圧		AC電源	データ 保存確認	MCA測定時 間	エネルギー設定確認*1 (ピークチャンネル*2)		基準線量率				B G			線源校正(低レンジ)				線源校正(高レンジ)				データ伝送確認				判定	
			1 (V)	2 (V)	1 (V)	2 (V)				線源番号	検定日	使用日	線源強度(低) (μ Gy/h)	線源強度(高) (μ Gy/h)	サーベイメータ (μ Gy/h)	表示器 (μ Gy/h)	誤差 (%)	BG (μ Gy/h)	照射時 (μ Gy/h)	NET (μ Gy/h)	誤差 (%)	BG (μ Gy/h)	照射時 (μ Gy/h)	NET (μ Gy/h)	誤差 (%)	確認日時	表示器	web	誤差(%)			
																														調整前 (ch)		調整後 (ch)
1	あづま総合運動公園	良	12.77	12.66	—	—	99.77	—	—	—	0189	2012/11/2	2018/1/8	2.814	—	0.081	0.090	11.11	0.085	2.793	2.708	-3.77	—	—	—	—	2018/1/8 11:40	0.083	0.083	0.00	良	
2	二本松市役所	良	12.80	12.81	—	—	104.24	—	—	—	0189	2012/11/2	2018/1/12	2.814	—	0.138	0.140	1.45	0.143	2.906	2.763	-1.81	—	—	—	—	2018/1/12 15:00	0.137	0.137	0.00	良	
3	伊達市役所保原本庁舎	良	12.77	12.74	—	—	108.95	—	—	—	0189	2012/11/2	2018/1/8	2.814	—	0.126	0.130	3.17	0.136	2.770	2.634	-6.40	—	—	—	—	2018/1/8 14:40	0.127	0.127	0.00	良	
4	石神生涯学習センター	良	12.85	12.85	—	—	102.49	—	—	—	0189	2012/11/2	2018/1/11	2.814	—	0.152	0.150	-1.32	0.149	2.874	2.725	-3.16	—	—	—	—	2018/1/11 12:10	0.156	0.156	0.00	良	
5	須賀川市役所	良	12.78	12.75	—	—	102.63	—	—	—	0189	2012/11/2	2018/1/10	2.814	—	0.079	0.080	1.27	0.082	2.844	2.762	-1.85	—	—	—	—	2018/1/10 13:20	0.085	0.085	0.00	良	
6	飯館村役場	良	12.75	12.82	—	—	102.42	—	—	—	0189	2012/11/2	2018/1/12	2.814	—	0.269	0.260	-3.35	0.245	2.963	2.718	-3.41	—	—	—	—	2018/1/12 12:00	0.244	0.244	0.00	良	
7	白河市総合運動公園	良	12.84	12.79	—	—	109.84	—	—	—	0189	2012/11/2	2018/1/10	2.814	—	0.135	0.130	-3.70	0.138	2.863	2.725	-3.16	—	—	—	—	2018/1/10 11:00	0.106	0.106	0.00	良	
8	会津若松市役所	良	12.78	12.74	—	—	102.34	—	—	—	0189	2012/11/2	2018/1/9	2.814	—	0.072	0.080	11.11	0.078	2.793	2.715	-3.52	—	—	—	—	2018/1/9 15:00	0.079	0.079	0.00	良	
9	びわのかけ運動公園	良	12.81	12.81	—	—	104.28	—	—	—	0189	2012/11/2	2018/1/9	2.814	—	0.047	0.050	6.38	0.054	2.724	2.670	-5.12	—	—	—	—	2018/1/9 12:10	0.053	0.053	0.00	良	
10	スポーツアリーナそうま	良	12.67	12.65	—	—	106.00	—	—	—	0189	2012/11/2	2018/1/11	2.814	—	0.079	0.080	1.27	0.081	2.873	2.792	-0.78	—	—	—	—	2018/1/11 14:00	0.086	0.086	0.00	良	
11	郡山市役所	良	12.17	12.15	21.13	21.00	—	—	—	—	0189	2012/11/2	2018/1/10	2.814	—	0.124	0.130	4.84	0.129	2.811	2.682	-4.69	—	—	—	—	2018/1/10 15:40	0.125	0.125	0.00	良	
12	広野町役場	良	12.72	12.75	—	—	104.02	—	—	—	0189	2012/11/2	2018/1/17	2.813	—	0.108	0.110	1.85	0.107	2.902	2.795	-0.64	—	—	—	—	2018/1/17 12:00	0.112	0.112	0.00	良	
13	川内村役場	良	12.83	12.81	—	—	105.24	—	—	—	0189	2012/11/2	2018/1/18	2.812	—	0.085	0.080	-5.88	0.081	2.781	2.700	-3.98	—	—	—	—	2018/1/18 12:20	0.073	0.073	0.00	良	
14	葛尾村柏原地区	良	12.80	12.79	—	—	101.62	—	—	—	0189	2012/11/2	2018/1/15	2.813	—	1.808	1.750	-3.21	1.758	4.382	2.824	-6.72	—	—	—	—	2018/1/15 14:50	1.685	1.685	0.00	良	
15	田村市常葉行政局	良	12.82	12.81	—	—	103.71	—	—	—	0189	2012/11/2	2018/1/18	2.812	—	0.083	0.090	8.43	0.080	2.747	2.667	-5.16	—	—	—	—	2018/1/18 10:30	0.080	0.080	0.00	良	
16	いわきの里鬼ヶ城オートキャンプ場	良	12.80	12.78	—	—	101.23	—	—	—	0189	2012/11/2	2018/1/18	2.812	—	0.105	0.100	-4.76	0.096	2.845	2.749	-2.24	—	—	—	—	2018/1/18 15:10	0.101	0.101	0.00	良	
17	いわき市海竜の里センター	良	12.81	12.78	—	—	104.21	—	—	—	0189	2012/11/2	2018/1/17	2.813	—	0.087	0.090	3.45	0.097	2.785	2.688	-4.44	—	—	—	—	2018/1/17 13:50	0.090	0.090	0.00	良	
18	養護老人ホーム「東風荘」	良	13.13	13.16	21.13	21.10	—	—	—	—	0189	2012/11/2	2018/1/16	2.813	—	0.397	0.400	0.76	0.388	3.101	2.713	-3.55	—	—	—	—	2018/1/16 14:00	0.381	0.381	0.00	良	
19	石館公民館	良	13.12	13.06	21.24	21.30	—	—	—	—	0189	2012/11/2	2018/1/16	2.813	—	2.301	2.250	-2.22	2.158	4.850	2.692	-4.30	—	—	—	—	2018/1/16 12:20	1.999	1.999	0.00	良	
20	福島県浪江ひまわり荘	良	13.22	13.21	21.23	21.31	—	—	—	—	0189	2012/11/2	2018/1/15	2.813	—	0.441	0.430	-2.49	0.426	3.131	2.705	-3.84	—	—	—	—	2018/1/15 12:30	0.407	0.407	0.00	良	
21	場々多目的研修センター	良	12.94	12.95	20.96	20.95	—	良	60	219	224	0185	2012/11/1	2018/1/8	2.830	10.86	0.105	0.107	1.90	0.109	2.839	2.730	-3.53	0.126	10.48	10.35	-4.70	2018/1/18 15:00	0.108	0.108	0.00	良
22	合子集落農事集会所	良	12.79	12.84	21.68	21.58	—	良	60	218	224	0185	2012/11/1	2018/1/8	2.830	10.86	0.075	0.072	-4.00	0.074	2.838	2.764	-2.33	0.094	11.42	11.33	4.33	2018/1/8 12:30	0.074	0.074	0.00	良
23	福浦小学校	良	13.10	12.87	21.38	21.52	—	良	60	222	225	0185	2012/11/1	2018/1/11	2.829	10.86	0.059	0.056	-5.08	0.057	2.818	2.761	-2.40	0.058	10.17	10.11	-6.91	2018/1/11 13:00	0.057	0.057	0.00	良
24	金房幼稚園	良	12.45	12.44	19.11	19.36	—	良	60	211	224	0185	2012/11/1	2018/1/11	2.829	10.86	0.108	0.109	0.93	0.117	2.948	2.831	0.07	0.131	10.52	10.39	-4.33	2018/1/11 15:00	0.117	0.117	0.00	良
25	鳩原小学校	良	12.35	12.37	20.54	20.64	—	良	60	220	224	0185	2012/11/1	2018/1/9	2.830	10.86	0.116	0.104	-10.34	0.108	2.850	2.744	-3.04	0.115	10.28	10.17	-6.35	2018/1/9 11:10	0.102	0.102	0.00	良
26	小高区団第3分団第10部屯所	良	12.84	12.84	21.76	21.89	—	良	60	221	225	0185	2012/11/1	2018/1/10	2.830	10.86	0.110	0.106	-3.64	0.104	2.867	2.763	-2.37	0.143	10.90	10.76	-0.92	2018/1/10 10:40	0.104	0.104	0.00	良
27	小高区役所	良	13.08	12.70	21.86	21.63	—	良	60	222	225	0185	2012/11/1	2018/1/10	2.830	10.86	0.057	0.055	-3.51	0.056	2.812	2.756	-2.61	0.073	11.12	11.05	1.75	2018/1/10				

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 29 年 3 月 1 日～平成 30 年 2 月 28 日)

平均	1.02
n	571
最大	1.47
最小	0.51
標準偏差	0.092
変動係数	9.0%

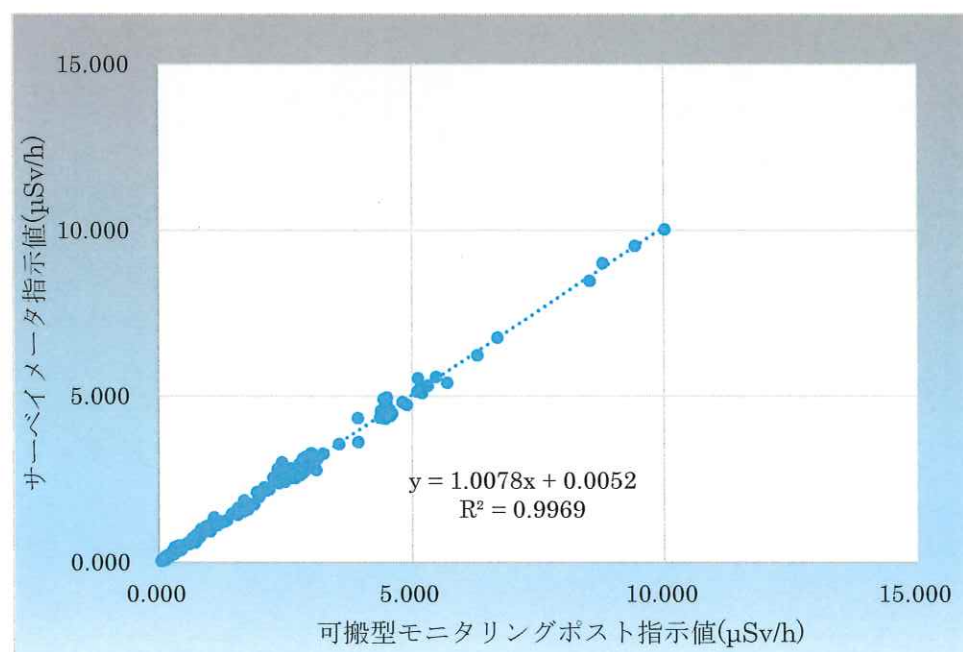
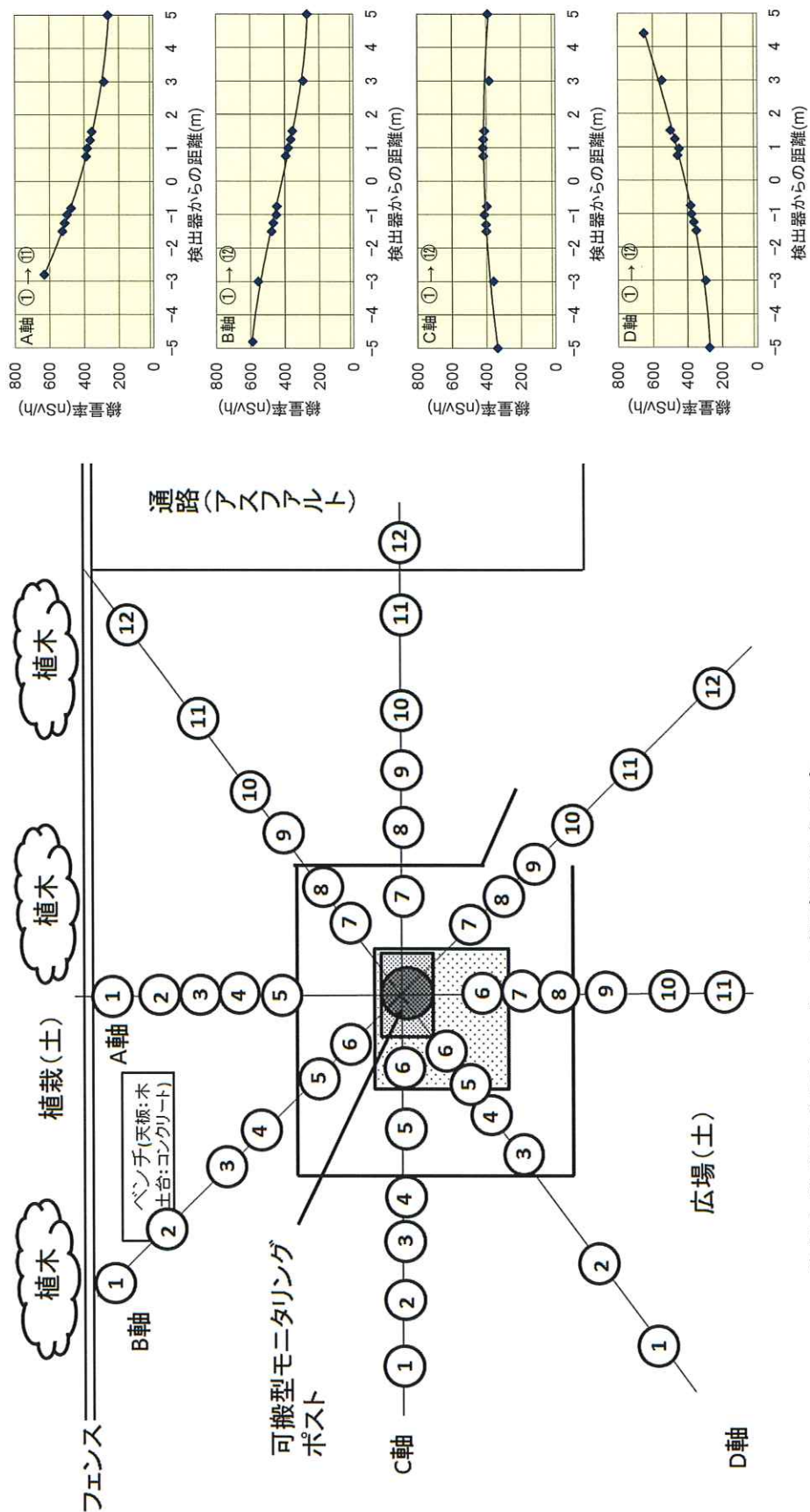


図 3-9-2-1 可搬型モニタリングポスト指示値と
サーベイメータ指示値の比の比較

表 3-9-2-3 低線量率比較法 測定結果比較一覧

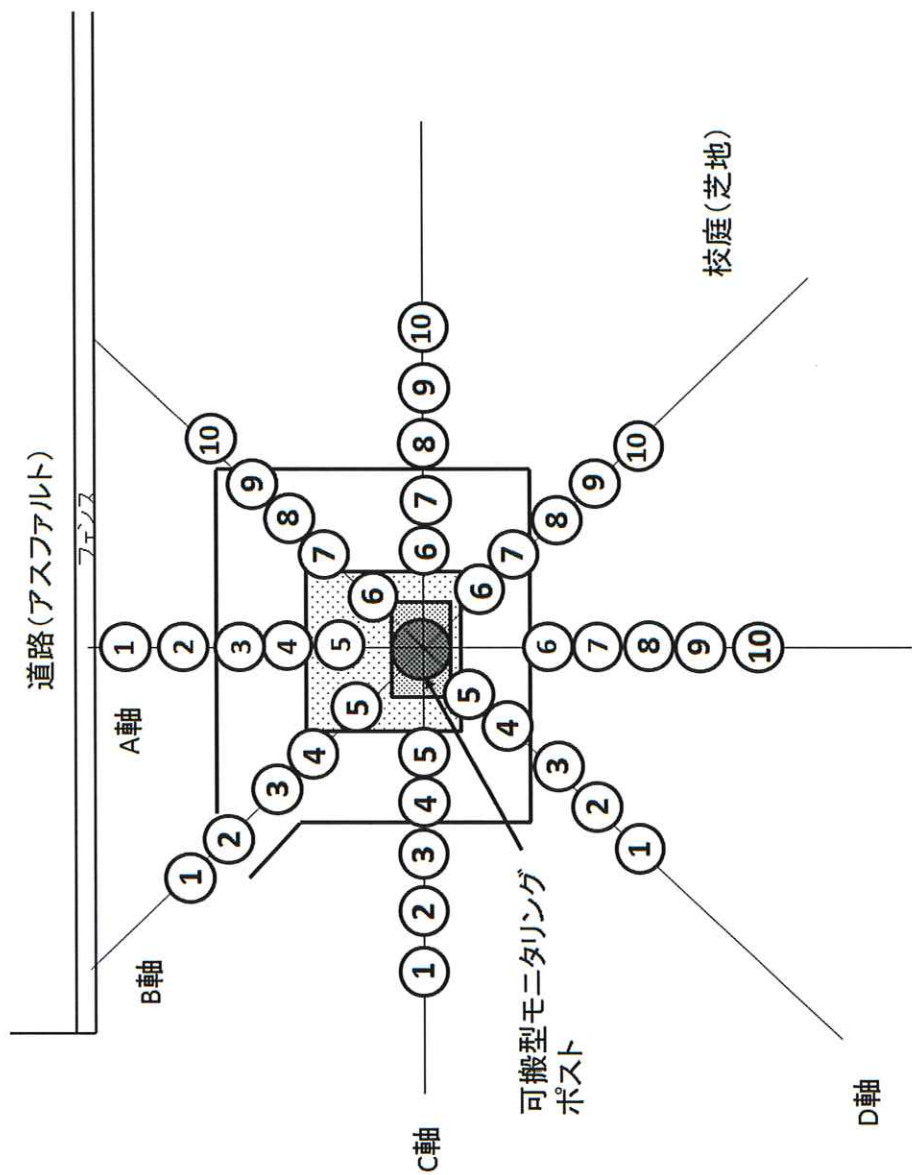
モニタリングポスト地点名	[A] モニタリングポスト 指示値 (nSv/h)	[B] NaI (Tl) スペクトロメータ 測定結果からの推定値 (nSv/h)	[A] / [B]
福島県浪江ひまわり荘 (浪江町)	456.1 ± 10.6	415.2 (445.2)	1.10 (1.02)
楢葉南小学校 (楢葉町)	50.8 ± 0.9	58.6	0.87
富岡第一小学校 (富岡町)	99.2 ± 1.1	113.5	0.87

※ () 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。



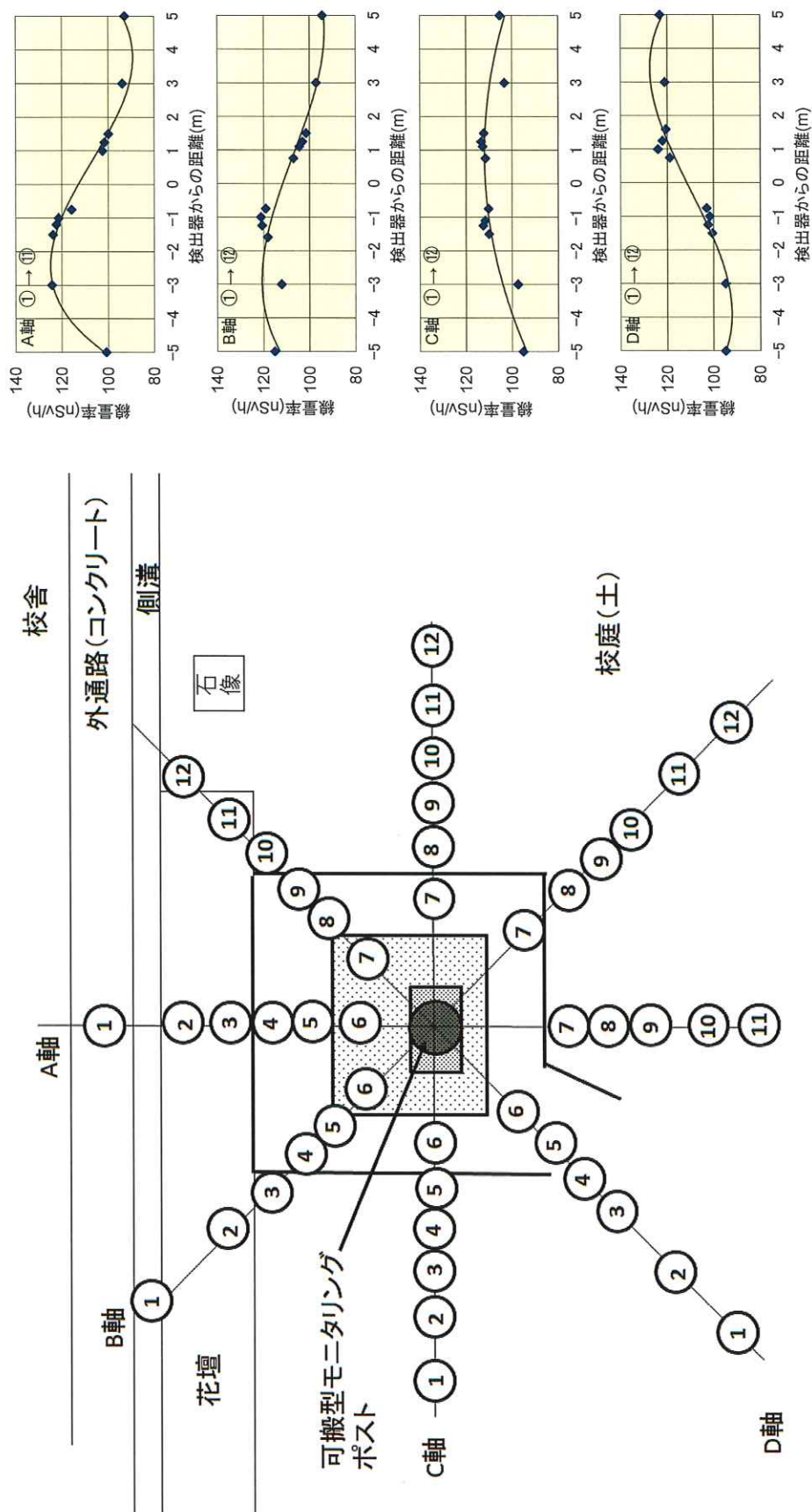
○付き数字は分析センターの測定番号を示す

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
(福島県浪江ひまわり荘 (浪江町))



○付き数字は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
(榎葉南小学校 (榎葉町))



○付き数字は分析センサ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
(富岡第一小学校 (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 空間線量率測定に係る精度管理

4.1.1 福島県に設置された可搬型モニタリングポストにおける低線量率比較法 実施内容の詳細について 3.9.2 3) に示す。

4.1.2 固定式空間放射線測定用モニタリングポストの動作確認等に係る各種 調査

(1) 概要

水準ポストの動作確認等に係る各種調査として、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）、 γ 線源を用いた照射試験によるクロスチェック（高線量率比較法）及び水準ポスト近傍における核種組成確認測定を実施した。実施場所は山形県、栃木県、長野県、京都府、高知県及び鹿児島県内の各1地点を選定した。

(2) 実施内容

1) 低線量率比較法

水準ポストによる線量率測定と並行して、分析センターがNaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータを用いて環境 γ 線量率の測定を行い、その結果を比較検討した。

なお、検討基準は、水準ポストの測定値と分析センターの比較換算値*の差が比較換算値に対して15%以内とした。

*比較換算値は、水準ポストの測定値に含まれていると考えられる宇宙線寄与及びセルフドーズを考慮して、分析センターが周辺の測定結果から推定した値である。

2) 高線量率比較法

分析センターの γ 線源を用いて、水準ポスト及びその近傍に設置した分析センターの基準電離箱線量計を照射し、相互の測定結果を比較検討した。

なお、検討基準は、水準ポストの測定値と分析センターの測定値の差が分析センターの測定値に対して20%以内とした。

照射条件

核 種	エネルギー (keV)	照射した線量率 (μ Gy/h)
^{241}Am	60	約 0.1
^{57}Co	124	約 0.1
^{133}Ba	340	約 0.4
^{137}Cs	660	約 1

3) 核種組成確認測定

分析センターが水準ポストの近傍に可搬型ゲルマニウム半導体検出器を設置して測定を行い、水準ポストで測定された線量率に寄与する放射性核種の組成を確認した。

(3) 結果と考察

1) 低線量率比較法

低線量率比較法の結果を表 4-1-1、図 4-1-1(1)～(6)に示す。

宇宙線及びセルフドーズの寄与を考慮して比較した結果、水準ポストの測定値は 6 地点全てにおいて、分析センターの比較換算値と比較して検討基準内で一致しており、周辺の環境 γ 線量率が反映された測定値が得られているものと考えられた。

2) 高線量率比較法

高線量率比較法の結果を表 4-1-2(1)～(6)、図 4-1-2(1)～(6)に示す。

水準ポストの測定値は6地点全てにおいて、 ^{57}Co (124keV)、 ^{133}Ba (340keV) 及び ^{137}Cs (660keV) については分析センターの測定値と検討基準内で一致した。

^{241}Am (60keV) については、6地点中4地点において検討基準よりも低めの結果であった。これは、水準ポストの検出器筐体や断熱カバー等が遮へいとなり、分析センターの測定値と比較して低めの結果となったものと考えられ、検出器の構造が一因であると思われる。また、比較値が0.09 (-91%) であった安芸市 安芸広域公園里のゾーン（高知県）では、ガンマ線ピーク位置が低エネルギー側にシフトしていることにより、分析センターの測定値と比較して低めの結果となったものと考えられた。

なお、他のエネルギーについてはG(E)関数による線量率演算が適切に実施され、メーカーによる機器調整も適切に実施されていると考えられた。

3) 核種組成確認測定

核種組成確認測定の結果を表 4-1-3(1)～(6)、図 4-1-3(1)～(12)に示す。

6 地点のうち人工放射性核種である ^{134}Cs 及び ^{137}Cs が検出されたのは、村山市 県環境科学研究センター（山形県）及び宇都宮市 県保健環境センター（栃木県）の 2 地点であり、人工放射性核種の組成比率はそれぞれ約 30%及び約 7%であった。これらのモニタリングポストについては、今後も物理減衰による線量率の低下が考えられる。

それ以外の 4 地点については、人工放射性核種は検出されず、自然放射性核種による組成であることが確認できた。今後何らかの影響で線量率に変動があった場合に、人工放射性核種による影響または周辺環境の変化等を把握するための基礎データに資することができると考えられる。

表 4-1-1 低線量率比較法 測定結果比較一覧

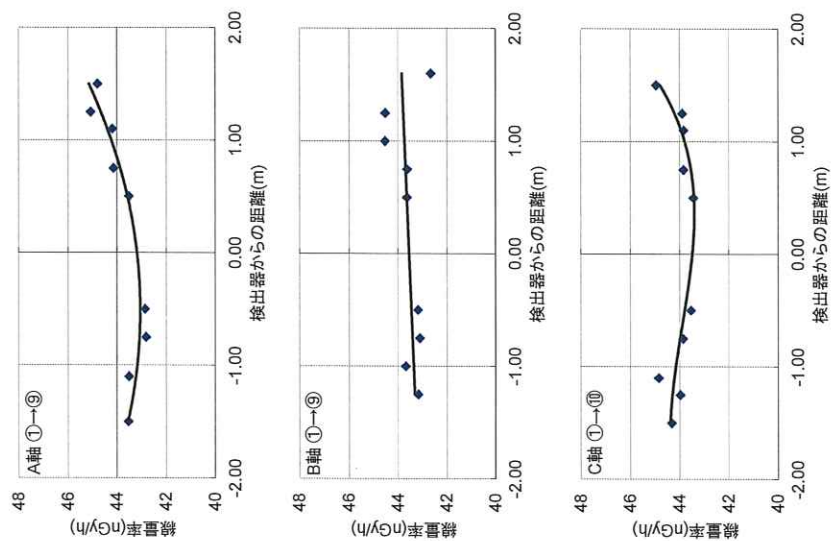
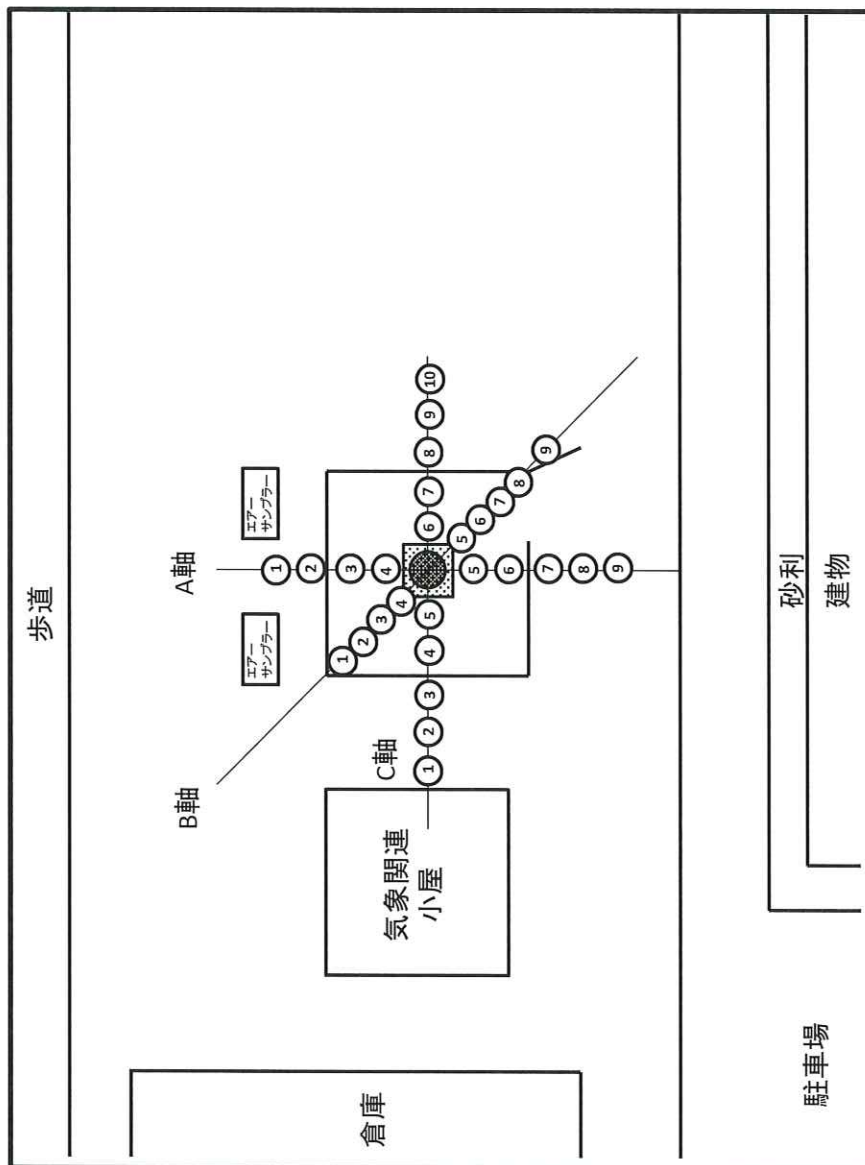
水準ポスト地点名	[A] 水準ポスト 指示値 ¹⁾ (nGy/h)	[B] NaI (TI) スペクトロメータ 測定結果からの比較換算値 ²⁾ (nGy/h)	[A] / [B]
村山市 県環境科学研究センター (山形県)	47.3 ± 1.2	44.6	1.06
宇都宮市 県保健環境センター (栃木県)	39.5 ± 1.0	37.4	1.06
松本市 松本合同庁舎 (長野県)	65.4 ± 1.5	62.0	1.05
南丹市 南丹保健所 (京都府)	54.1 ± 1.3	49.7	1.09
安芸市 安芸広域公園里のゾーン (高知県)	39.2 ± 1.1	39.9	0.98
鹿児島市 環境保健センター (鹿児島県)	46.1 ± 1.3	42.9	1.07

¹⁾ 低線量率比較法実施時間内の全データの平均値と標準偏差

²⁾ 宇宙線寄与線量率及びセルフドーズ寄与分を評価し、3 軸の荷重平均値から差し引き、更に水準ポストの同寄与線量率を含めて推定した値。

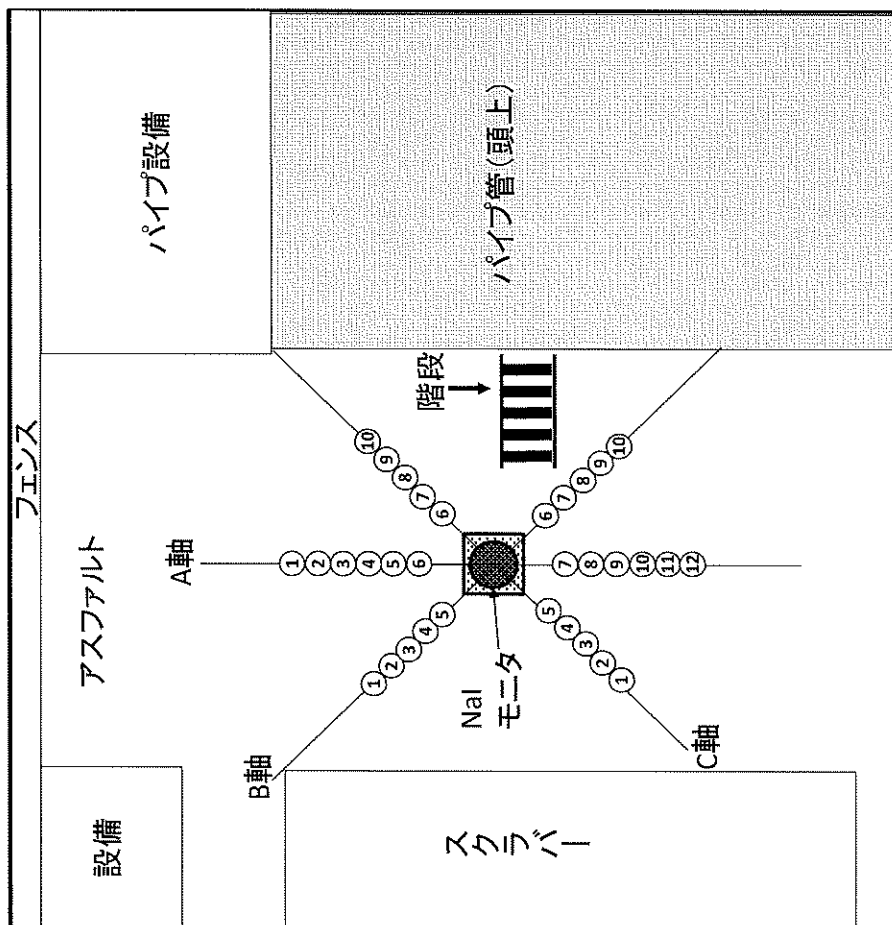
比較換算値 = 3 軸の荷重平均値 - (分析センター：宇宙線寄与+セルフドーズ)

+ (水準ポスト：宇宙線寄与+セルフドーズ)



○付き数字は分析センサーの測定番号を示す

図 4-1-1(1) 低線量率比較法 測定地点と空間放射線量率分布図
(村山市 県環境科学研究所センター (山形県))



○付き数字は分析センターの測定番号を示す

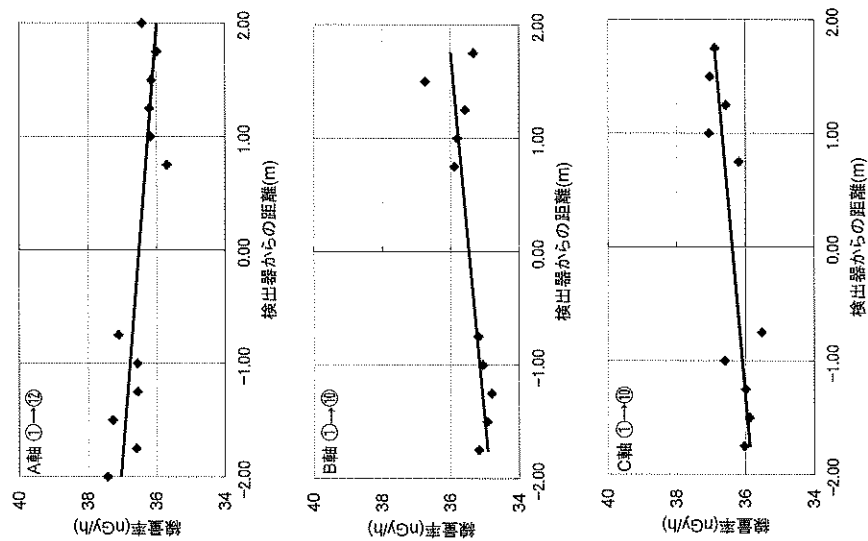
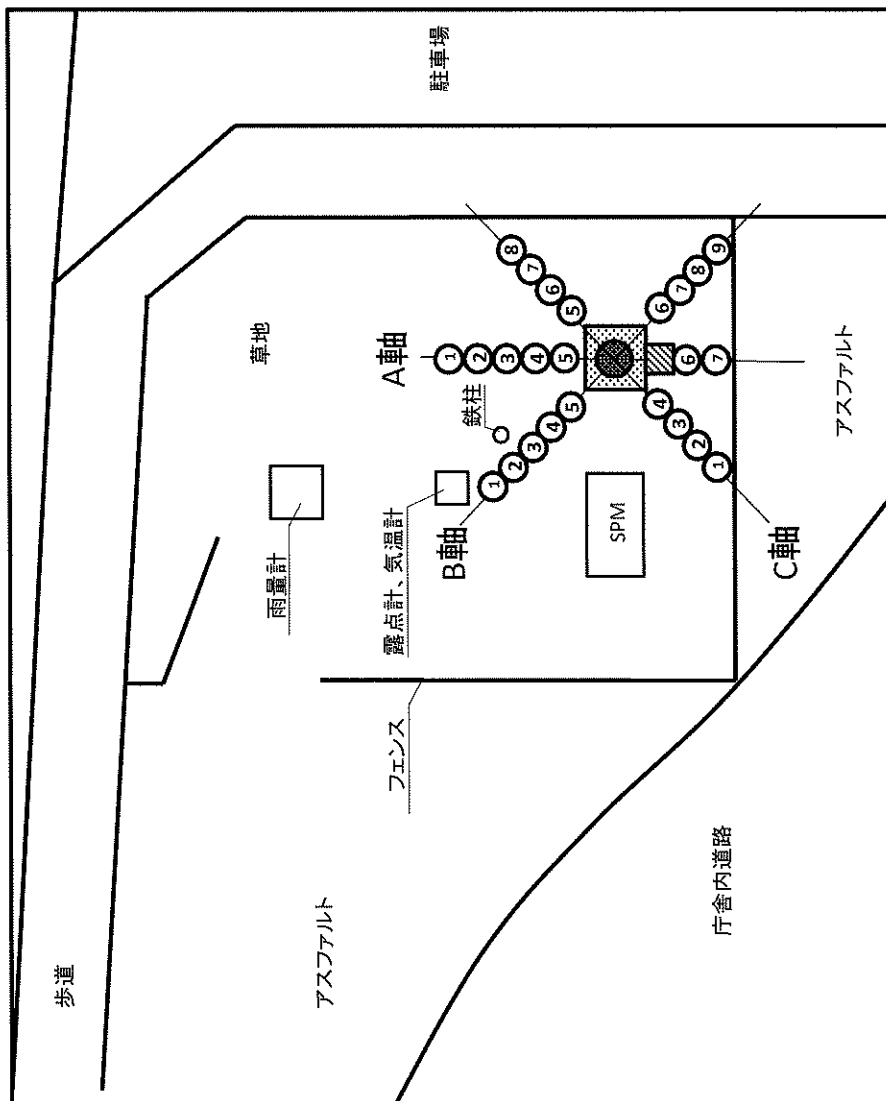
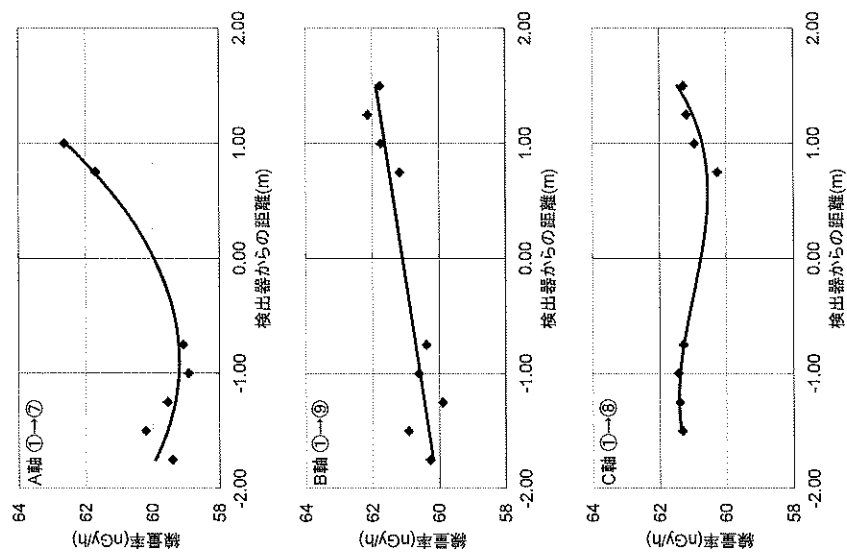


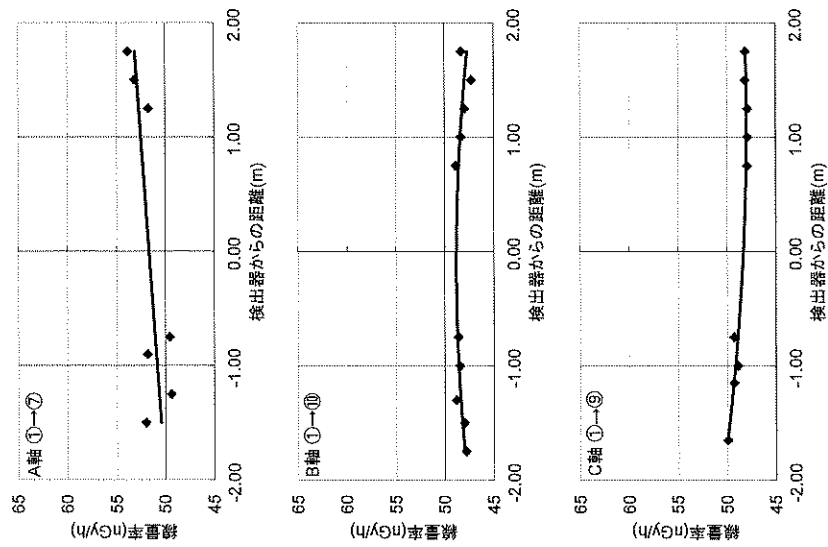
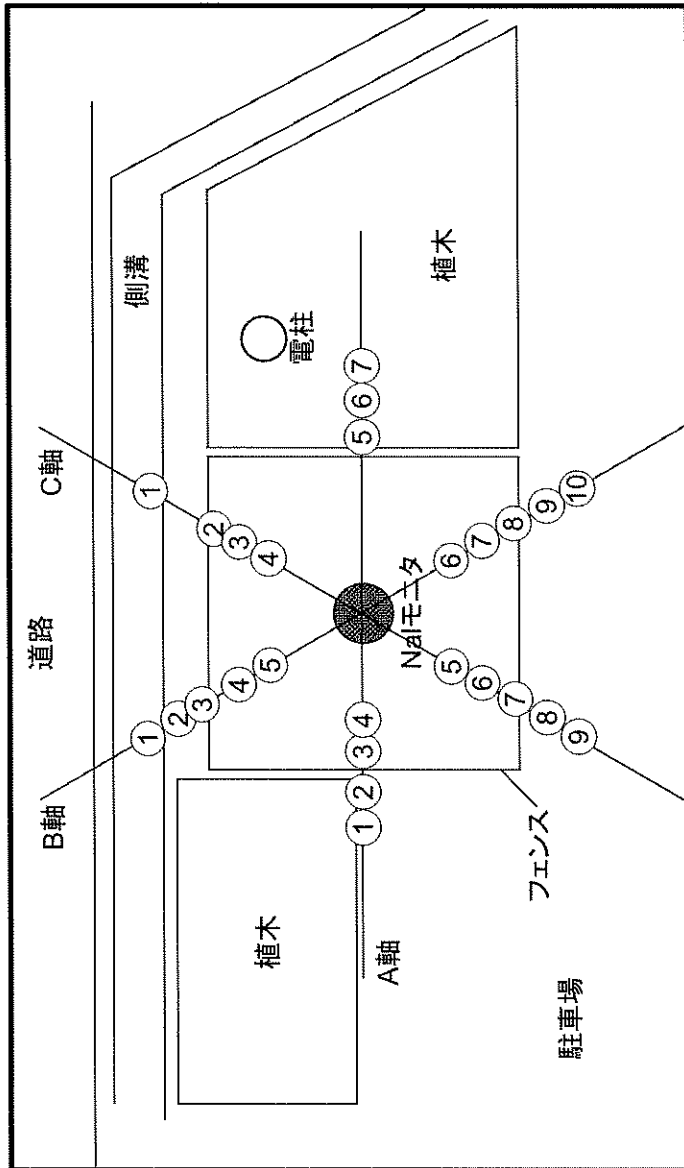
図 4-1-1 (2) 低線量率比較法 測定地点と空間放射線量率分布図
(宇都宮市 県保健環境センター (栃木県))



○付き数字は分析センサーの測定番号を示す

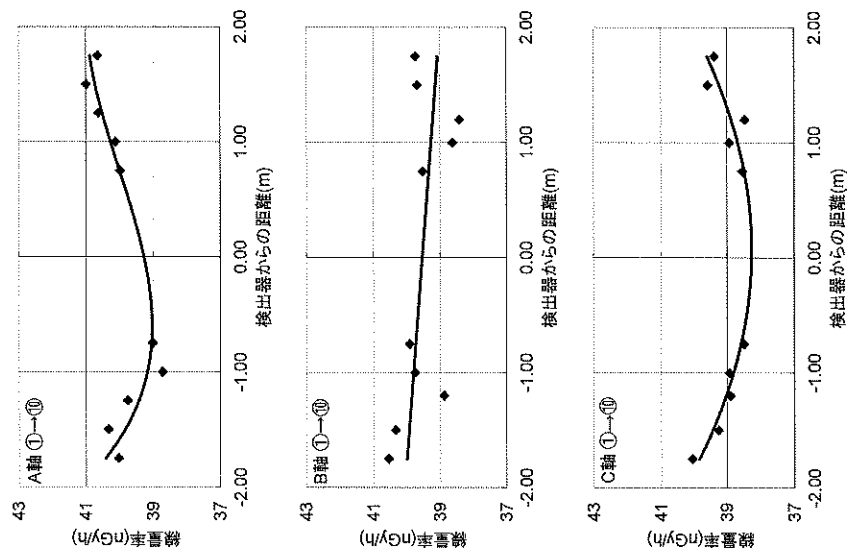
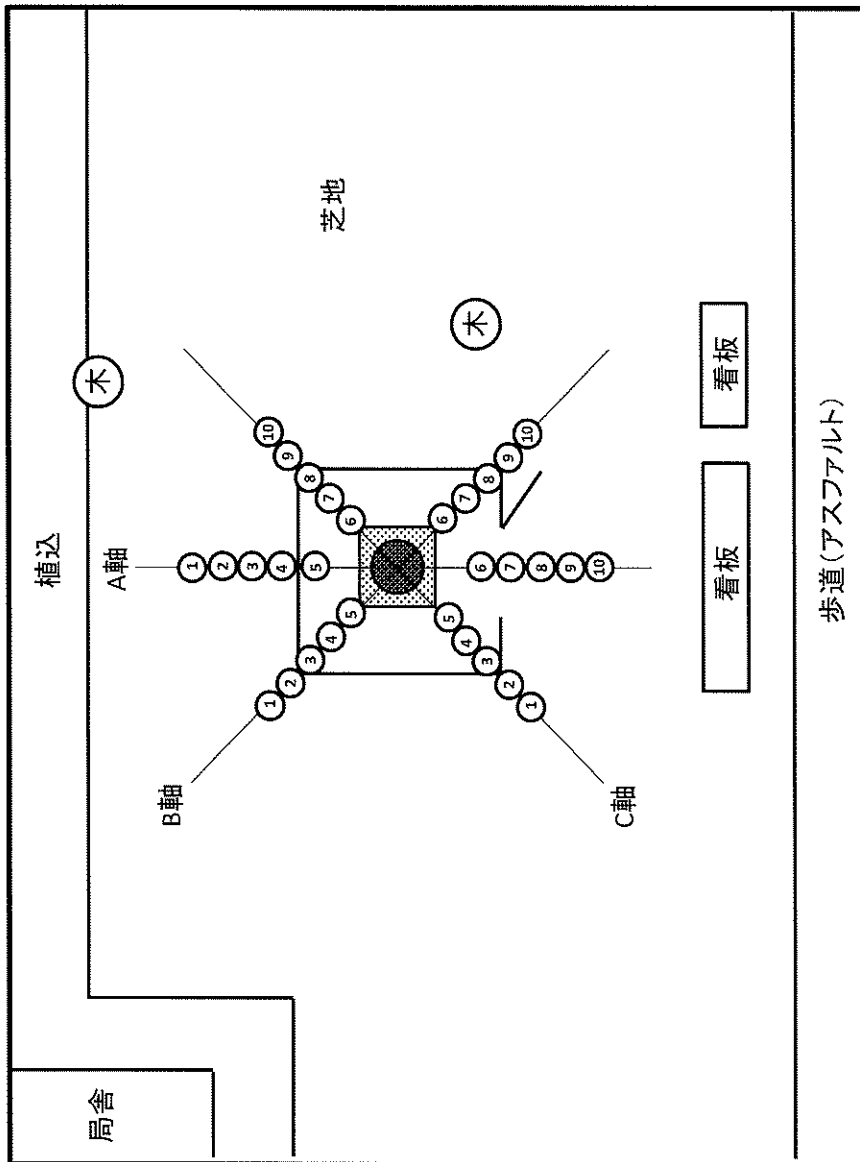
図 4-1-1 (3) 低線量率比較法 測定地点と空間放射線量率分布図
(松本市 松本合同庁舎 (長野県))





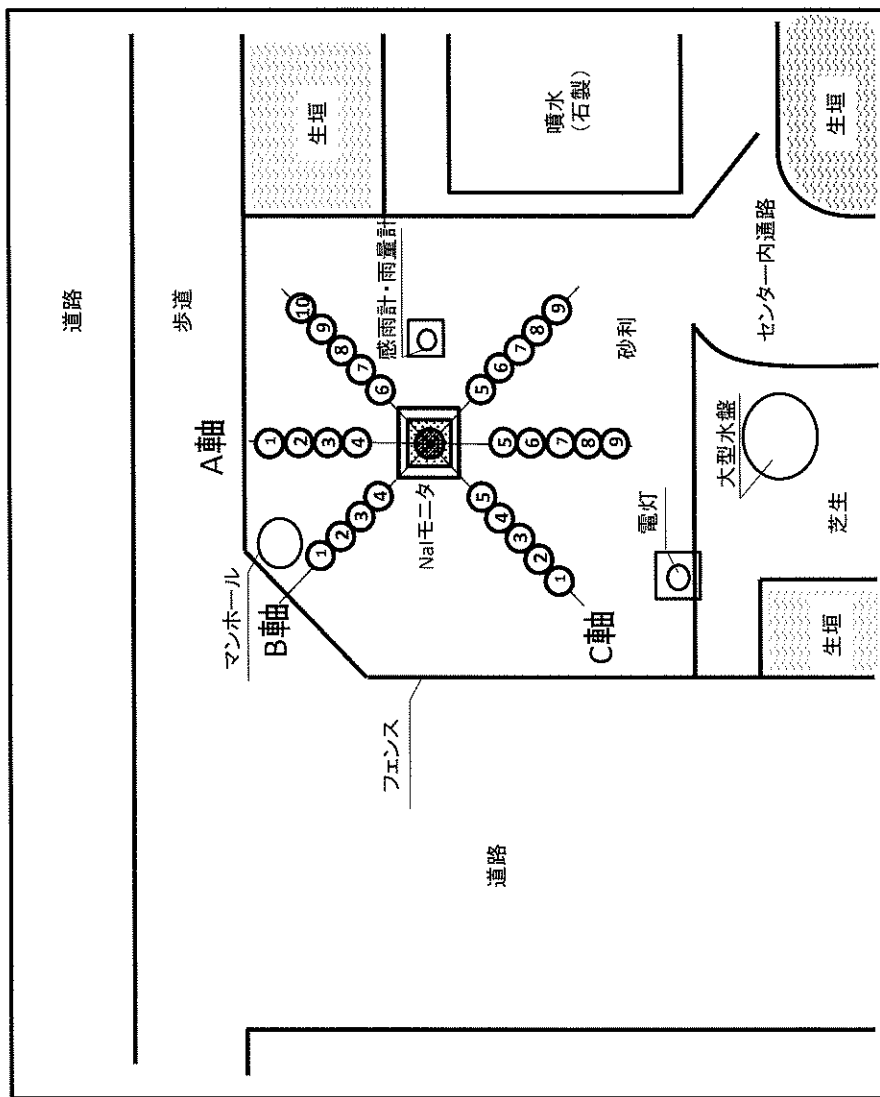
○付き数字は分析センターの測定番号を示す

図 4-1-1 (4) 低線量率比較法 測定地点と空間放射線量率分布図
(南丹市 南丹保健所 (京都府))



○付き数字は分析センターの測定番号を示す

図 4-1-1 (5) 低線量率比較法 測定地点と空間放射線量率分布図
(安芸市 安芸広域公園里のゾーン (高知県))



○付き数字は分析センターの測定番号を示す

図 4-1-1 (6) 低線量率比較法 測定地点と空間放射線量率分布図
(鹿児島市 環境保健センター (鹿児島県))

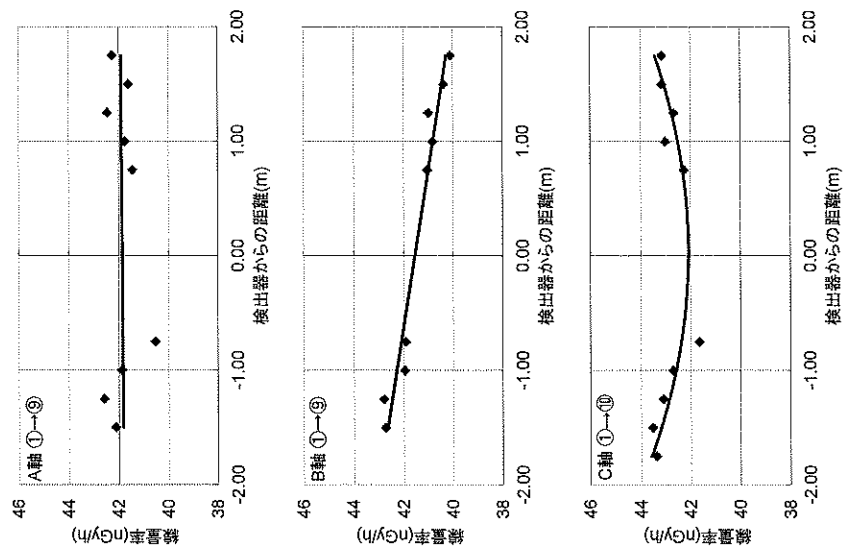


表 4-1-2(1) 高線量率比較法比較結果
(村山市 県環境科学研究センター (山形県))

核種	エネルギー (keV)	水準ポスト	分析センター	比較値
		NaI モニタ (μ Gy/h)	21L 空気等価 電離箱線量計 (μ Gy/h)	
^{241}Am	60	0.0347	0.0490	0.71
^{57}Co	124	0.0720	0.0781	0.92
^{133}Ba	340	0.384	0.391	0.98
^{137}Cs	660	0.868	0.883	0.98

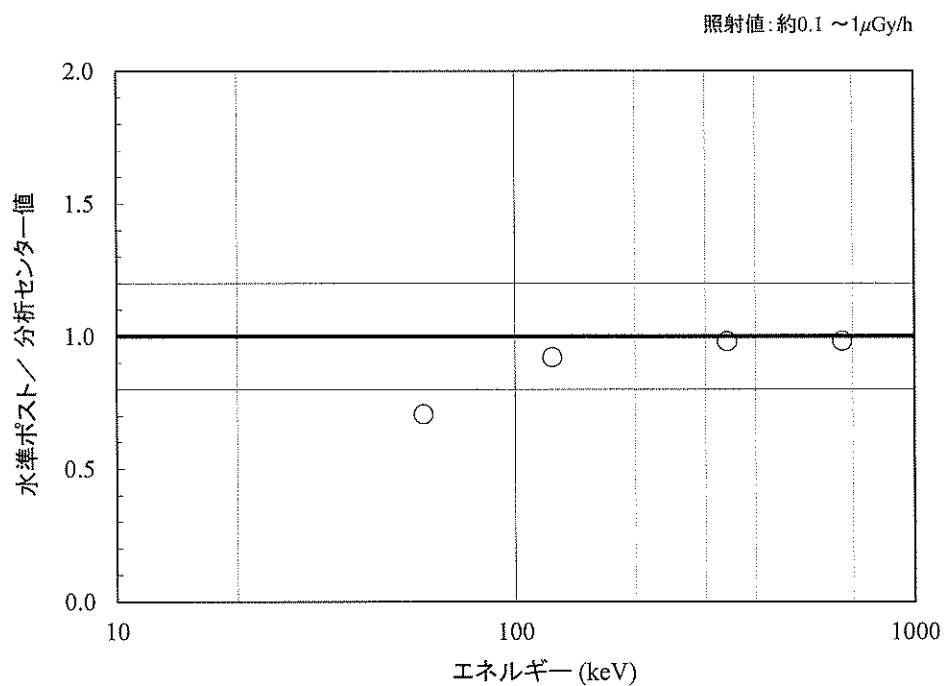


図 4-1-2(1) エネルギー特性図
(村山市 県環境科学研究センター (山形県))

表 4-1-2(2) 高線量率比較法比較結果
(宇都宮市 県保健環境センター (栃木県))

核種	エネルギー (keV)	水準ポスト	分析センター	比較値
		NaI モニタ (μ Gy/h)	21L 空気等価 電離箱線量計 (μ Gy/h)	
^{241}Am	60	0.0402	0.0548	0.73
^{57}Co	124	0.133	0.138	0.97
^{133}Ba	340	0.374	0.372	1.00
^{137}Cs	660	0.848	0.864	0.98

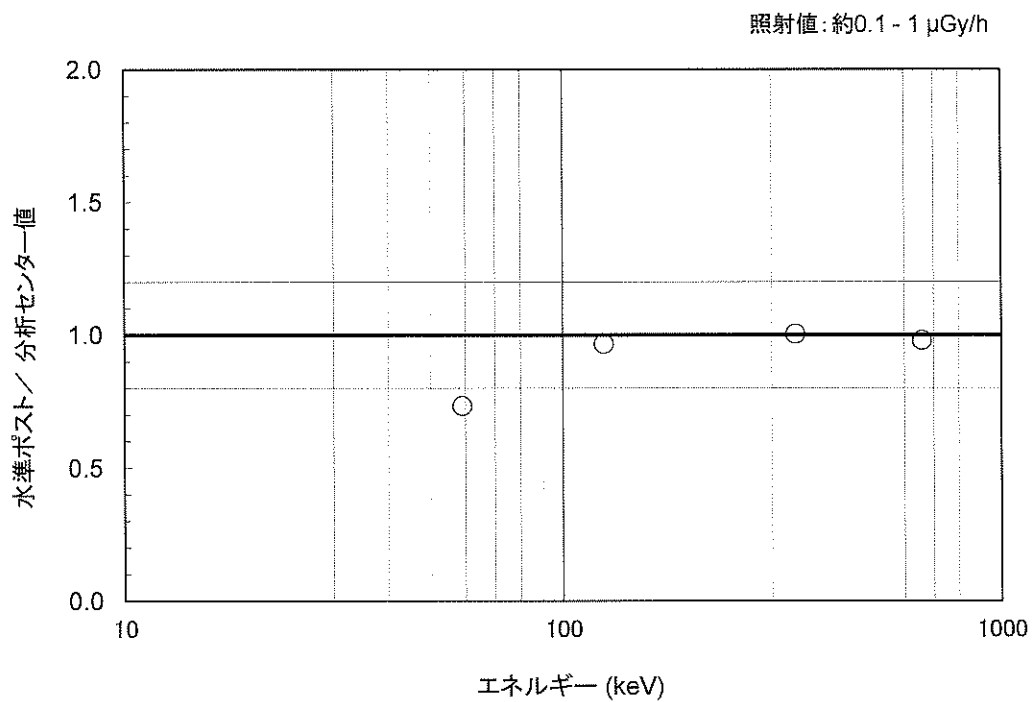


図 4-1-2(2) エネルギー特性図
(宇都宮市 県保健環境センター (栃木県))

表 4-1-2(3) 高線量率比較法比較結果
(松本市 松本合同庁舎 (長野県))

核種	エネルギー (keV)	水準ポスト	分析センター	比較値
		NaI モニタ ($\mu\text{Gy/h}$)	21L 空気等価 電離箱線量計 ($\mu\text{Gy/h}$)	
^{241}Am	60	0.0402	0.0479	0.84
^{57}Co	124	0.130	0.131	0.99
^{133}Ba	340	0.379	0.381	0.99
^{137}Cs	660	0.862	0.861	1.00

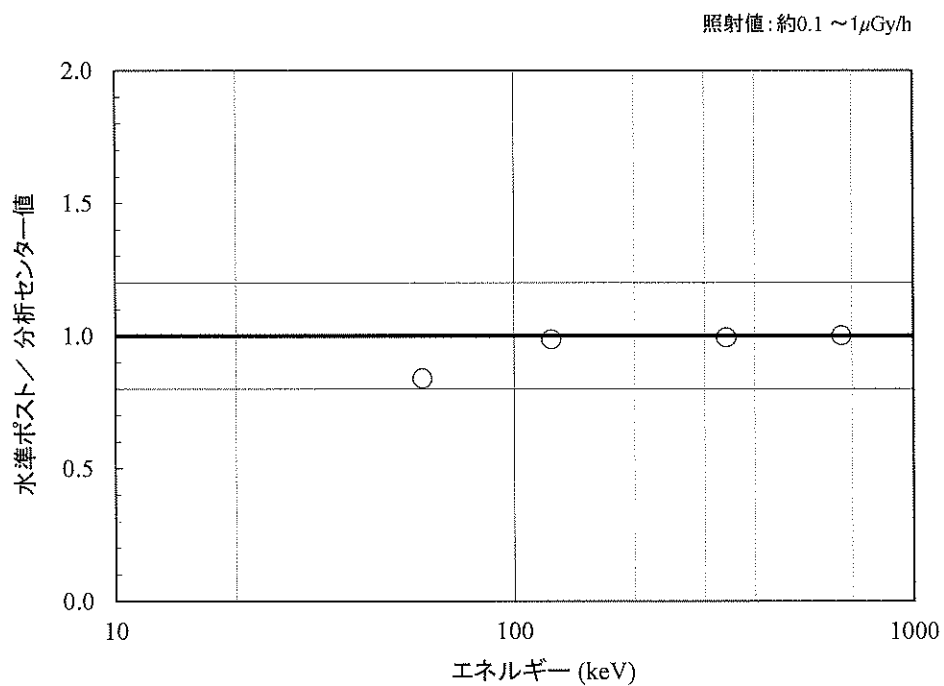


図 4-1-2(3) エネルギー特性図
(松本市 松本合同庁舎 (長野県))

表 4-1-2(4) 高線量率比較法比較結果
(南丹市 南丹保健所 (京都府))

核種	エネルギー (keV)	水準ポスト	分析センター	比較値
		NaI モニタ (μ Gy/h)	21L 空気等価 電離箱線量計 (μ Gy/h)	
^{241}Am	60	0.0423	0.0580	0.73
^{57}Co	124	0.0671	0.0650	1.03
^{133}Ba	340	0.391	0.390	1.00
^{137}Cs	660	0.870	0.889	0.98

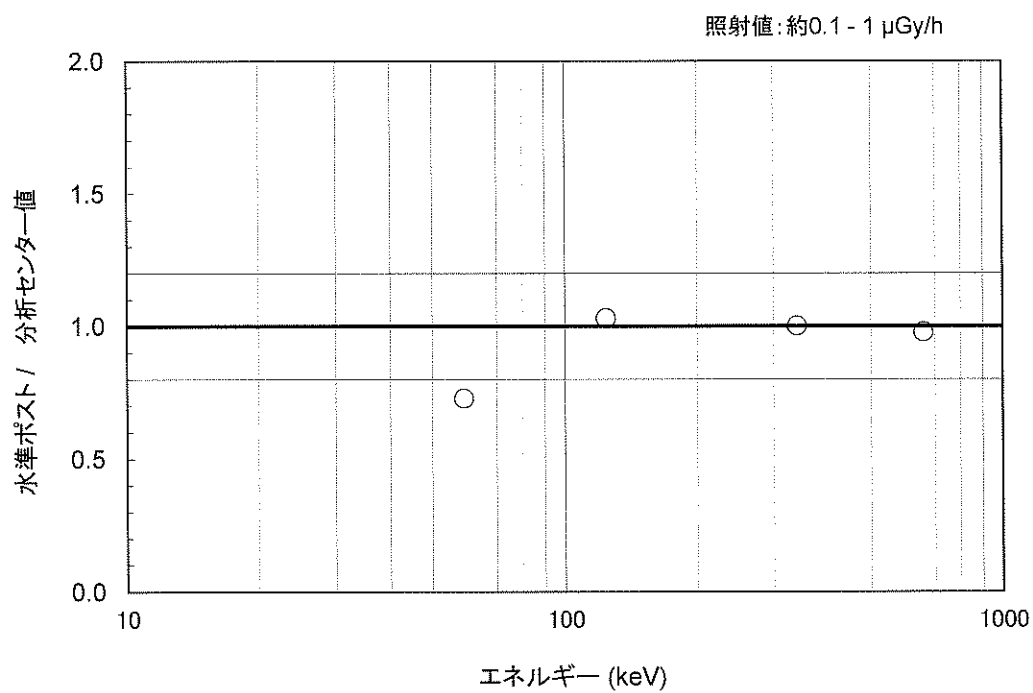


図 4-1-2(4) エネルギー特性図
(南丹市 南丹保健所 (京都府))

表 4-1-2(5) 高線量率比較法比較結果
(安芸市 安芸広域公園里のゾーン (高知県))

核種	エネルギー (keV)	水準ポスト	分析センター	比較値
		NaI モニタ ($\mu\text{Gy/h}$)	21L 空気等価 電離箱線量計 ($\mu\text{Gy/h}$)	
^{241}Am	60	0.00474	0.0520	0.09
^{57}Co	124	0.104	0.126	0.83
^{133}Ba	340	0.339	0.378	0.90
^{137}Cs	660	0.807	0.866	0.93

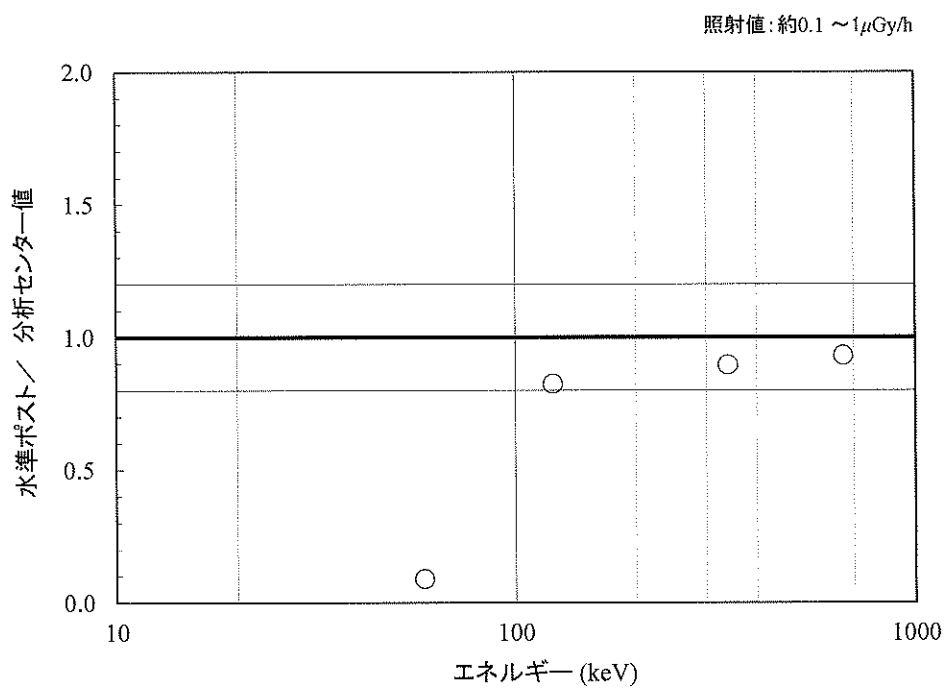


図 4-1-2(5) エネルギー特性図
(安芸市 安芸広域公園里のゾーン (高知県))

表 4-1-2(6) 高線量率比較法比較結果
(鹿児島市 環境保健センター (鹿児島県))

核種	エネルギー (keV)	水準ポスト	分析センター	比較値
		NaI モニタ (μ Gy/h)	21L 空気等価 電離箱線量計 (μ Gy/h)	
^{241}Am	60	0.0402	0.0494	0.81
^{57}Co	124	0.113	0.113	1.00
^{133}Ba	340	0.372	0.369	1.01
^{137}Cs	660	0.850	0.874	0.97

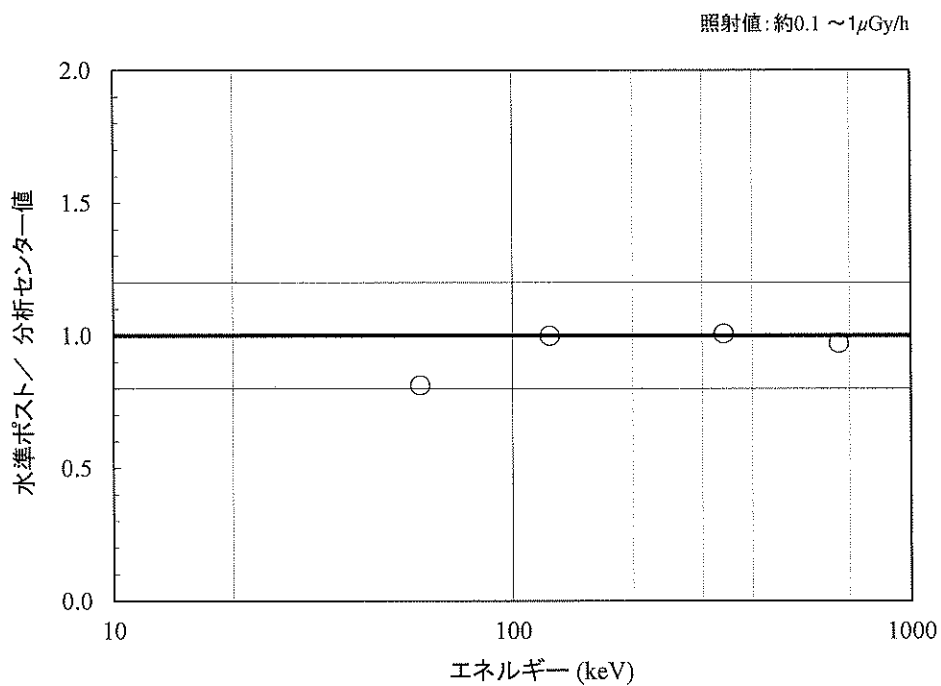


図 4-1-2(6) エネルギー特性図
(鹿児島市 環境保健センター (鹿児島県))

表 4-1-3(1) 空間線量率 (Ge 検出器) 及び核種組成比率一覧
(村山市 県環境科学研究センター (山形県))

測定地点	空間線量率 (Ge) nGy/h	ウラン系列		トリウム系列		^{40}K		^{134}Cs		^{137}Cs	
		線量率 nGy/h	組成比率 %	線量率 nGy/h	組成比率 %	線量率 nGy/h	組成比率 %	線量率 nGy/h	組成比率 %	線量率 nGy/h	組成比率 %
1	46.7	5.66	12.1	8.41	18.0	15.2	32.6	4.80	10.3	12.6	27.0
2	47.4	6.57	13.9	9.59	20.2	17.9	37.8	3.55	7.5	9.77	20.6
3	52.5	6.80	13.0	9.55	18.2	19.8	37.7	4.52	8.6	11.8	22.5
4	46.1	6.32	13.7	9.26	20.1	18.9	41.0	3.26	7.1	8.40	18.2
平均	48.2	6.34	13.2	9.20	19.1	18.0	37.3	4.03	8.4	10.6	22.1

*全地点において、その他検出された人工放射性核種はなかった。

*測定結果の解析には、重量緩衝深度 $\beta = 3.0\text{g/cm}^2$ を使用した。 β は放射能濃度が地表の 37% (1/e) になる重量深度であり、地表面分布の場合 β は限りなく 0 に近づき、土壌中均質分布の場合無限大となる。

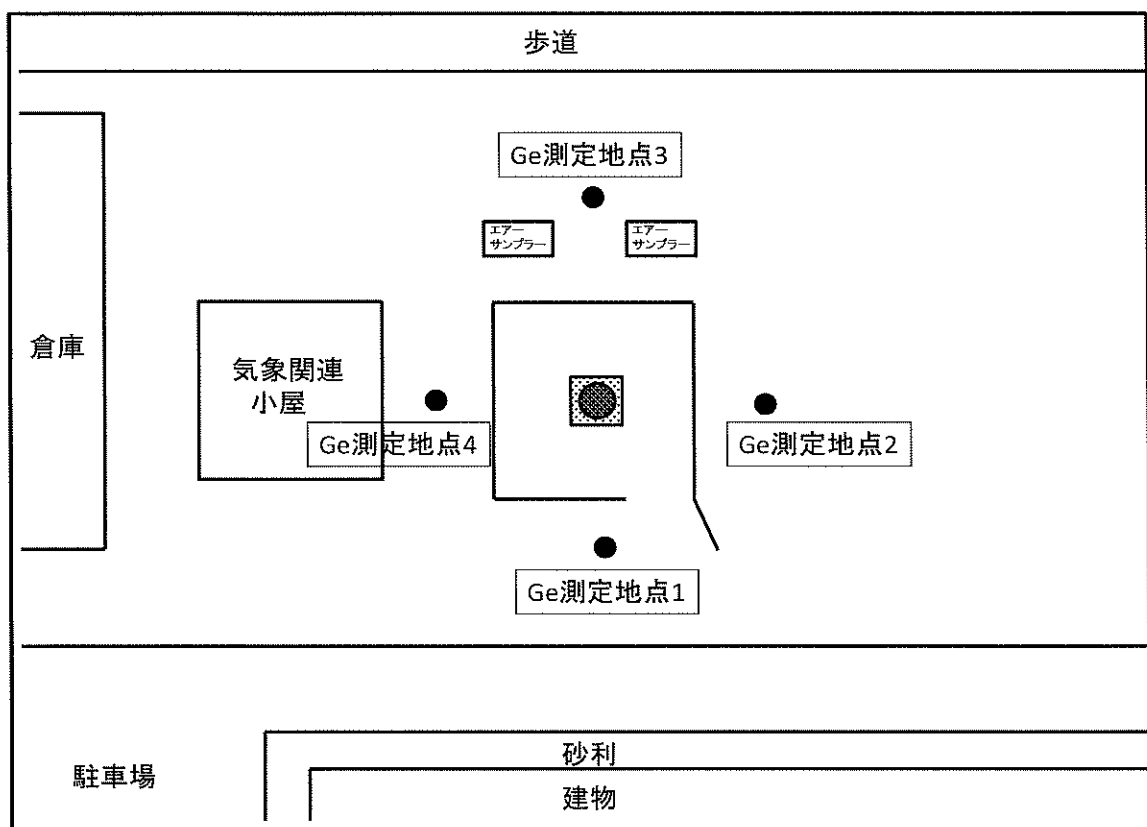


図 4-1-3(1) Ge 検出器測定地点
(村山市 県環境科学研究センター (山形県))

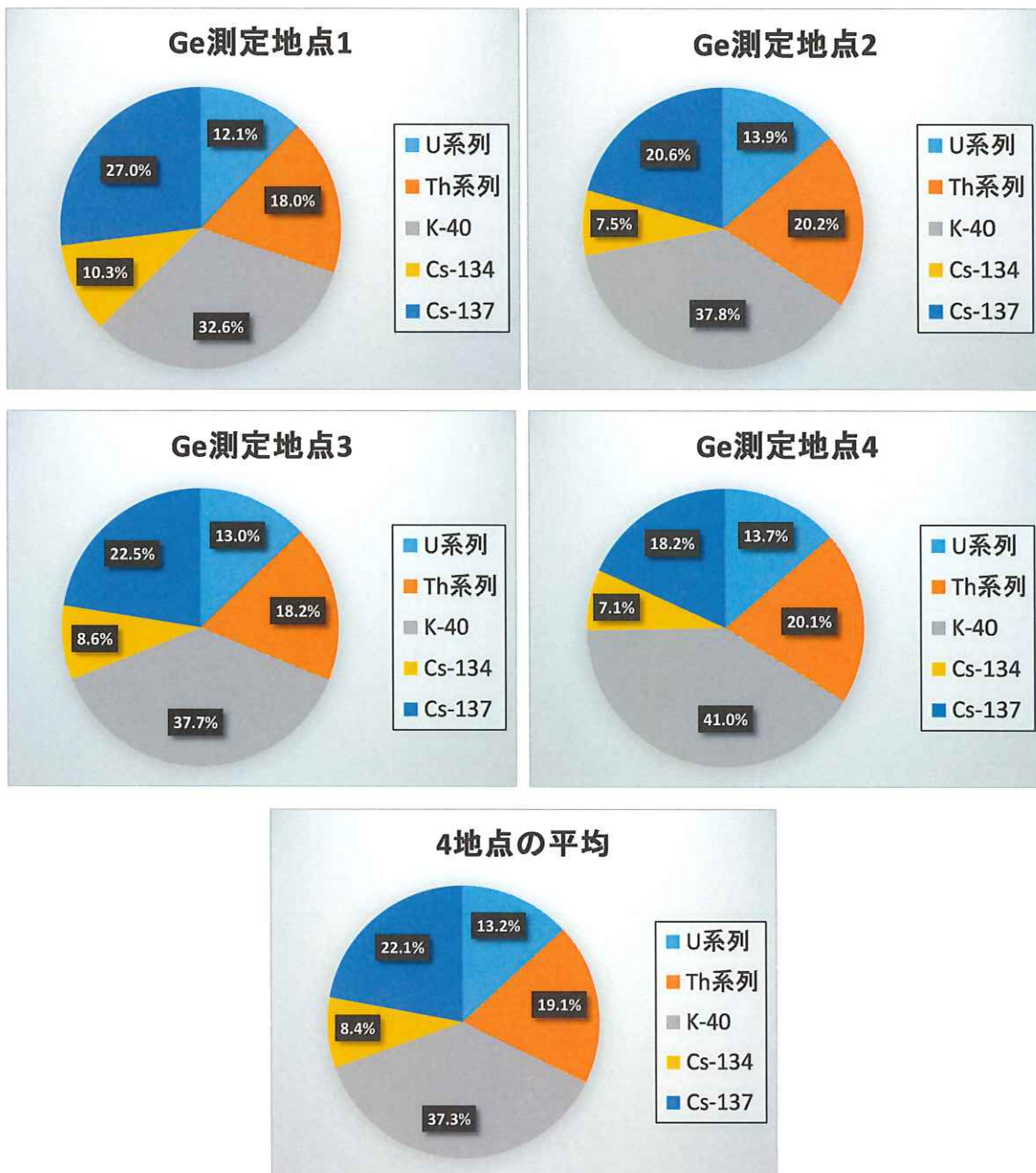


図 4-1-3 (2) 測定地点別及び平均の核種組成比率
(村山市 県環境科学研究センター (山形県))

表 4-1-3(2) 空間線量率 (Ge 検出器) 及び核種組成比率一覧
(宇都宮市 県保健環境センター (栃木県))

測定 地点	空間 線量率 (Ge) nGy/h	ウラン系列		トリウム系列		⁴⁰ K		¹³⁴ Cs		¹³⁷ Cs	
		線量率 nGy/h	組成 比率 %	線量率 nGy/h	組成 比率 %	線量率 nGy/h	組成 比率 %	線量率 nGy/h	組成 比率 %	線量率 nGy/h	組成 比率 %
1	42.8	10.5	24.4	13.6	31.8	15.9	37.2	0.778	1.8	2.04	4.8
2	46.5	9.75	21.0	16.8	36.2	16.6	35.7	0.989	2.1	2.34	5.0
3	43.6	10.2	23.5	14.0	32.0	16.5	37.9	0.904	2.1	1.96	4.5
平均	44.3	10.1	22.9	14.8	33.4	16.3	36.9	0.890	2.0	2.12	4.8

*Ge 検出器の設置高さは、屋上の床面から 1m の位置に合わせて測定を行った。空間線量率、系列及び放射性核種の線量率は、1m 高さにおける値を示した。

*全地点において、その他検出された人工放射性核種はなかった。

*測定結果の解析には、重量緩衝深度 $\beta = 3.0 \text{ g/cm}^2$ を使用した。 β は放射能濃度が地表の 37% (1/e) になる重量深度であり、地表面分布の場合 β は限りなく 0 に近づき、土壌中均質分布の場合無限大となる。屋上の床面の材質は土壌とは異なるが、同一と仮定して解析した。

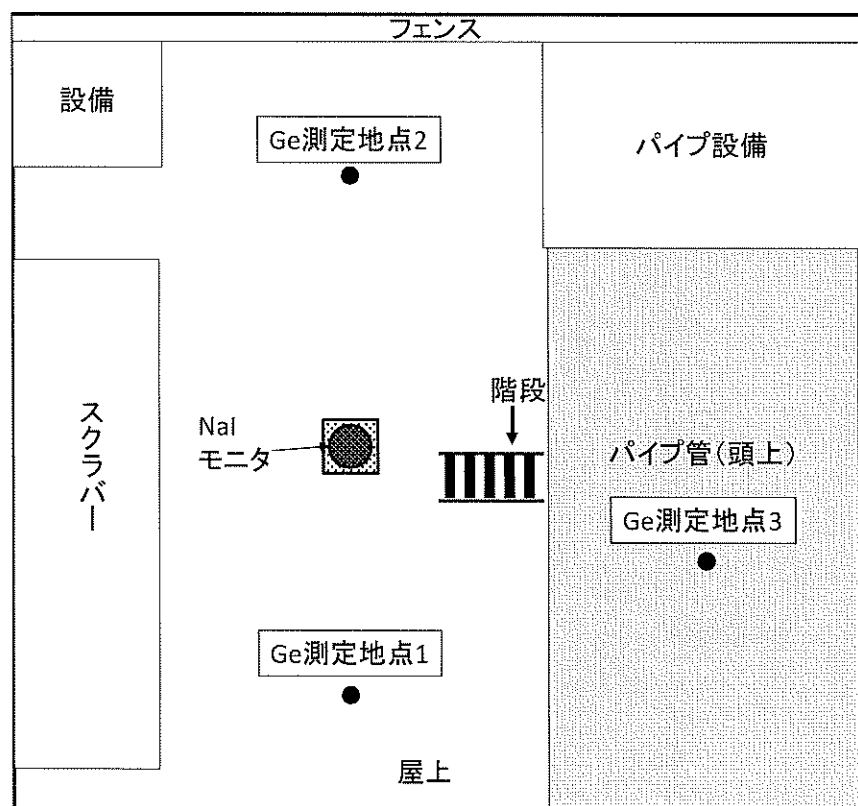


図 4-1-3(3) Ge 検出器測定地点
(宇都宮市 県保健環境センター (栃木県))

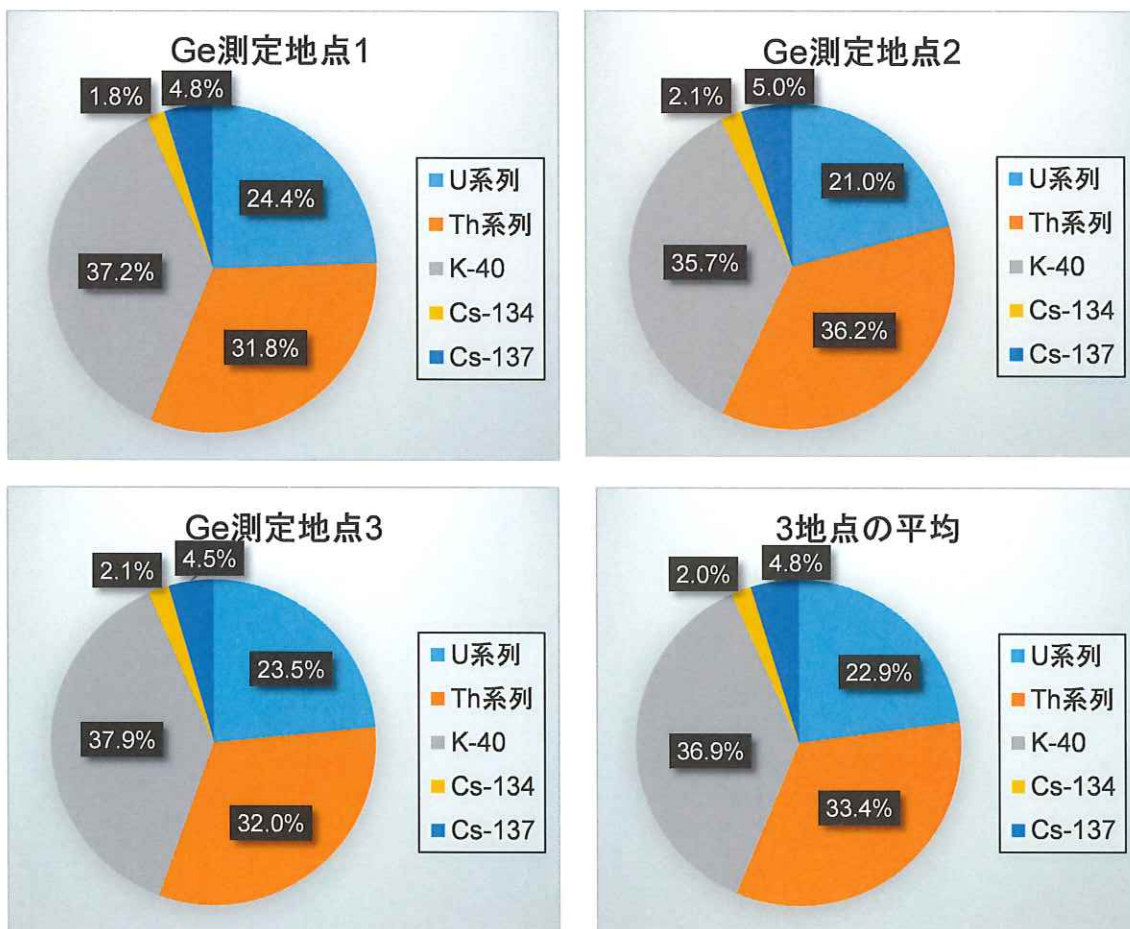


図 4-1-3 (4) 測定地点別及び平均の核種組成比率
(宇都宮市 県保健環境センター (栃木県))

表 4-1-3(3) 空間線量率 (Ge 検出器) 及び核種組成比率一覧
(松本市 松本合同庁舎 (長野県))

測定 地点	空間 線量率 (Ge) nGy/h	ウラン系列		トリウム系列		⁴⁰ K	
		線量率	組成 比率	線量率	組成 比率	線量率	組成 比率
		nGy/h	%	nGy/h	%	nGy/h	%
1	55.8	12.0	21.5	21.0	37.6	22.8	40.9
2	53.2	9.87	18.6	19.1	35.9	24.2	45.5
3	58.6	11.6	19.8	22.0	37.5	25.0	42.7
4	54.4	11.5	21.1	20.2	37.1	22.7	41.7
平均	55.5	11.2	20.3	20.6	37.1	23.7	42.7

*全地点において、検出された人工放射性核種はなかった。

*測定結果の解析には、重量緩衝深度 $\beta = 3.0 \text{ g/cm}^2$ を使用した。 β は放射能濃度が地表の 37% (1/e) になる重量深度であり、地表面分布の場合 β は限りなく 0 に近づき、土壌中均質分布の場合無限大となる。

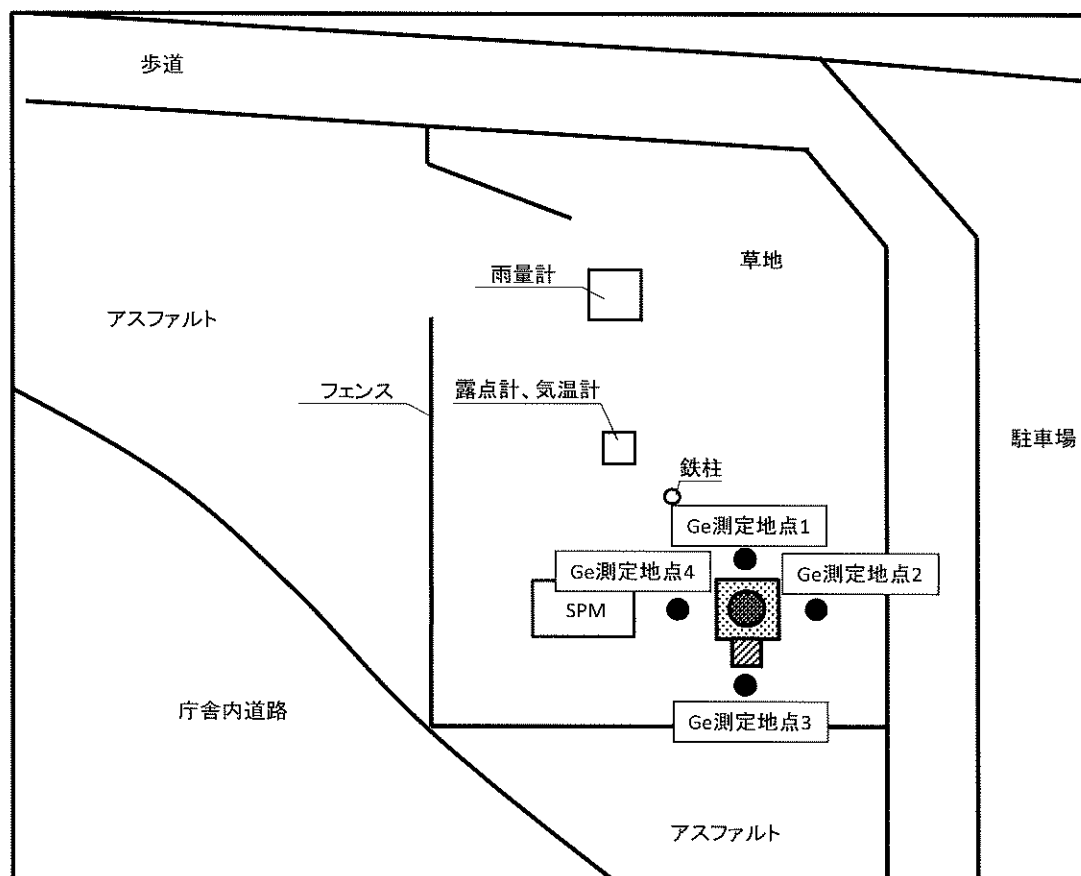


図 4-1-3(5) Ge 検出器測定地点
(松本市 松本合同庁舎 (長野県))

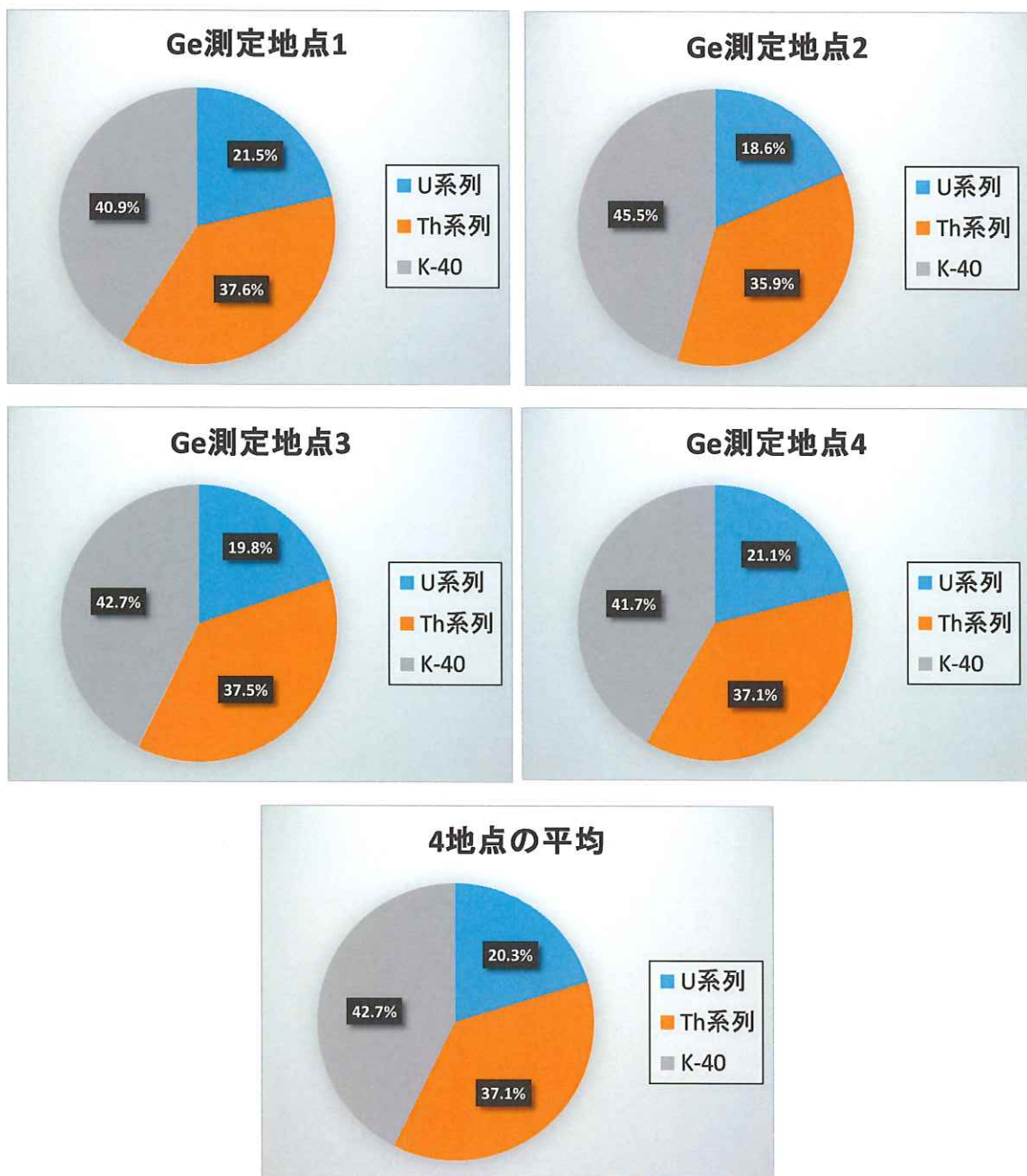


図 4-1-3 (6) 測定地点別及び平均の核種組成比率
(松本市 松本合同庁舎 (長野県))

表 4-1-3(4) 空間線量率 (Ge 検出器) 及び核種組成比率一覧
(南丹市 南丹保健所 (京都府))

測定 地点	空間 線量率 (Ge) nGy/h	ウラン系列		トリウム系列		⁴⁰ K	
		線量率 nGy/h	組成 比率 %	線量率 nGy/h	組成 比率 %	線量率 nGy/h	組成 比率 %
1	46.6	10.3	22.0	15.5	33.4	20.8	44.6
2	47.6	10.0	21.1	17.3	36.4	20.2	42.5
3	52.7	10.1	19.2	18.6	35.3	24.0	45.5
4	45.6	9.13	20.0	15.0	32.8	21.5	47.2
平均	48.1	9.88	20.5	16.6	34.5	21.6	44.9

*全地点において、検出された人工放射性核種はなかった。

*測定結果の解析には、重量緩衝深度 $\beta = 3.0 \text{ g/cm}^2$ を使用した。 β は放射能濃度が地表の 37% (1/e) になる重量深度であり、地表面分布の場合 β は限りなく 0 に近づき、土壌中均質分布の場合無限大となる。

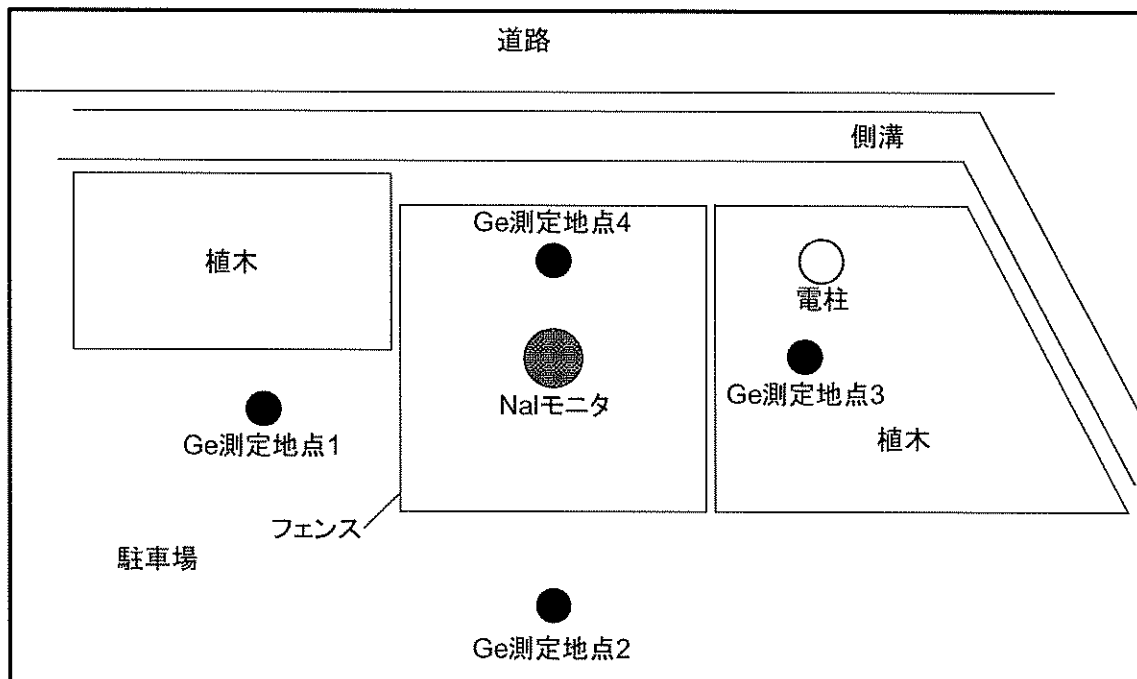


図 4-1-3(7) Ge 検出器測定地点
(南丹市 南丹保健所 (京都府))

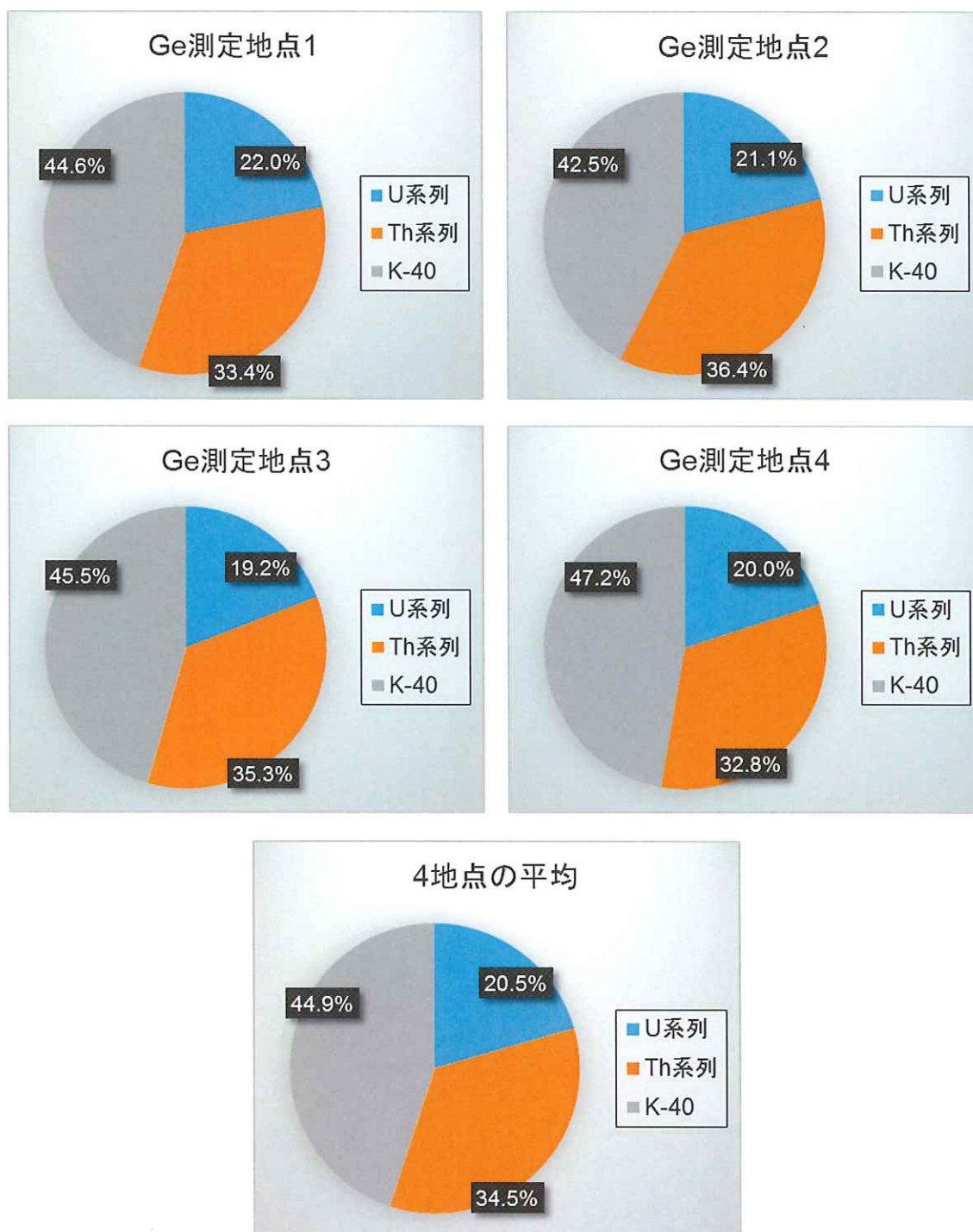


図 4-1-3(8) 測定地点別及び平均の核種組成比率
(南丹市 南丹保健所 (京都府))

表 4-1-3(5) 空間線量率 (Ge 検出器) 及び核種組成比率一覧
(安芸市 安芸広域公園里のゾーン (高知県))

測定 地点	空間 線量率 (Ge) nGy/h	ウラン系列		トリウム系列		⁴⁰ K	
		線量率	組成 比率	線量率	組成 比率	線量率	組成 比率
		nGy/h	%	nGy/h	%	nGy/h	%
1	38.2	7.56	19.8	13.5	35.4	17.1	44.8
2	37.4	6.33	16.9	14.4	38.5	16.7	44.6
3	37.2	6.84	18.4	12.9	34.6	17.5	47.0
4	36.1	6.96	19.3	12.1	33.6	17.0	47.1
平均	37.2	6.92	18.6	13.2	35.5	17.1	45.9

*全地点において、検出された人工放射性核種はなかった。

*測定結果の解析には、重量緩衝深度 $\beta=3.0\text{g/cm}^2$ を使用した。 β は放射能濃度が地表の 37% (1/e) になる重量深度であり、地表面分布の場合 β は限りなく 0 に近づき、土壌中均質分布の場合無限大となる。

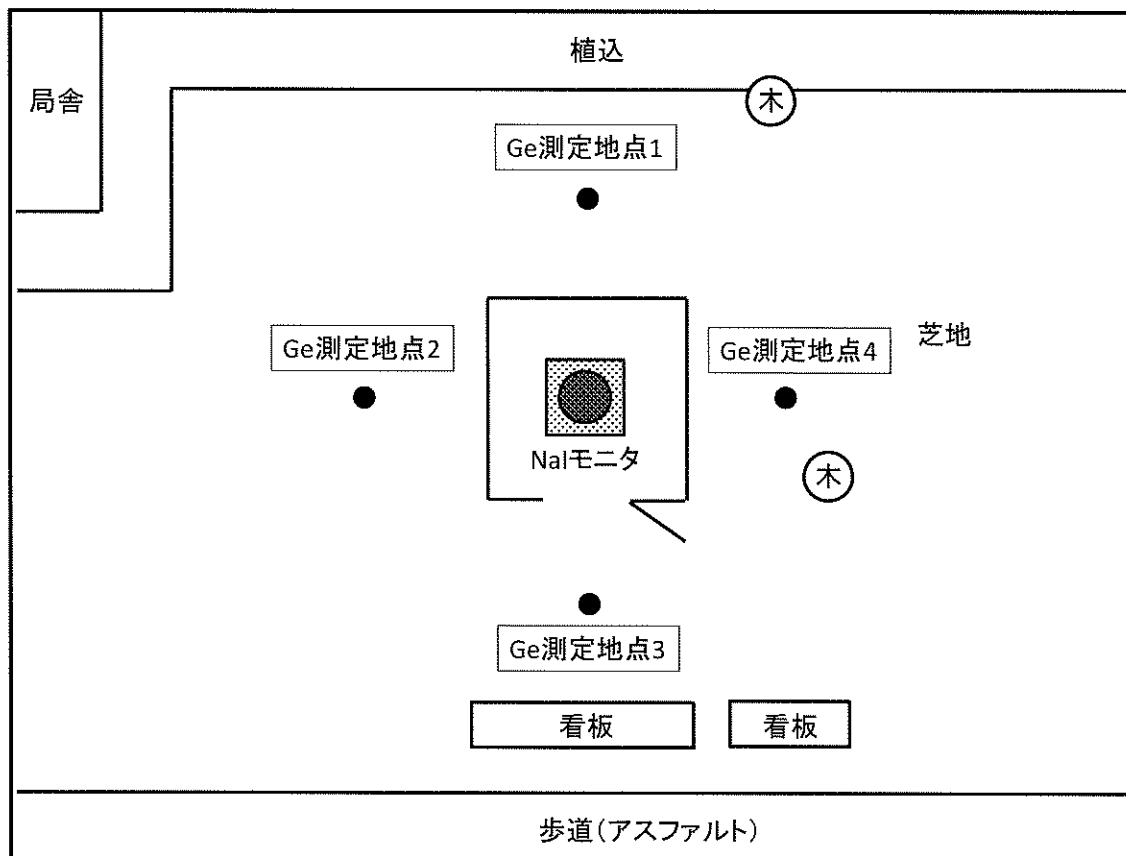


図 4-1-3(9) Ge 検出器測定地点
(安芸市 安芸広域公園里のゾーン (高知県))

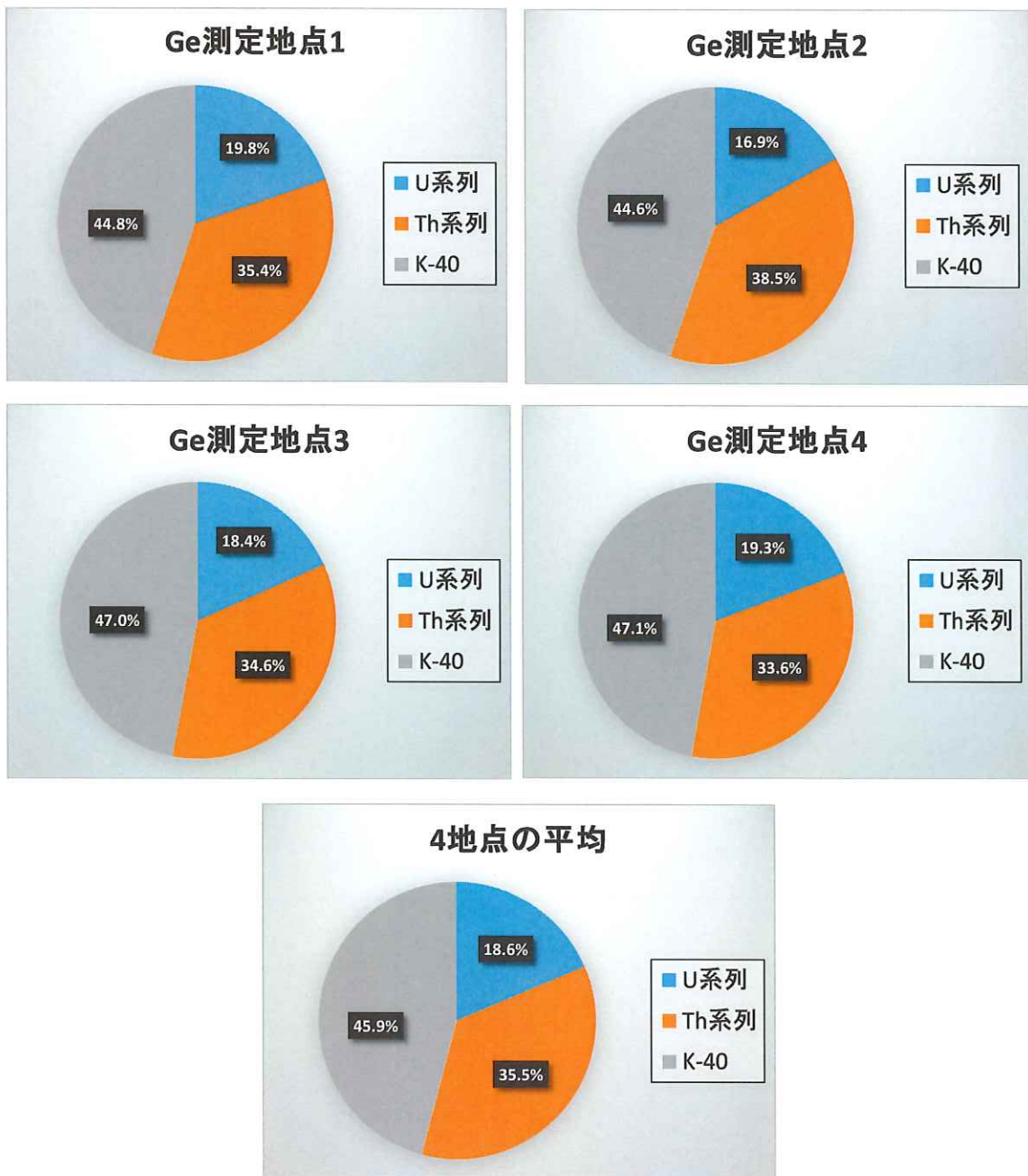


図 4-1-3 (10) 測定地点別及び平均の核種組成比率
(安芸市 安芸広域公園里のゾーン (高知県))

表 4-1-3(6) 空間線量率 (Ge 検出器) 及び核種組成比率一覧
(鹿児島市 環境保健センター (鹿児島県))

測定 地点	空間 線量率 (Ge) nGy/h	ウラン系列		トリウム系列		⁴⁰ K	
		線量率 nGy/h	組成 比率 %	線量率 nGy/h	組成 比率 %	線量率 nGy/h	組成 比率 %
1	40.4	8.24	20.4	14.3	35.4	17.9	44.3
2	42.2	9.71	23.0	14.4	34.1	18.1	42.9
3	40.6	9.06	22.3	14.4	35.5	17.1	42.2
4	39.0	8.53	21.9	13.8	35.4	16.7	42.8
平均	40.6	8.89	21.9	14.2	35.1	17.5	43.0

*全地点において、検出された人工放射性核種はなかった。

*測定結果の解析には、重量緩和深度 $\beta = 3.0 \text{ g/cm}^2$ を使用した。 β は放射能濃度が地表の 37% (1/e) になる重量深度であり、地表面分布の場合 β は限りなく 0 に近づき、土壌中均質分布の場合無限大となる。

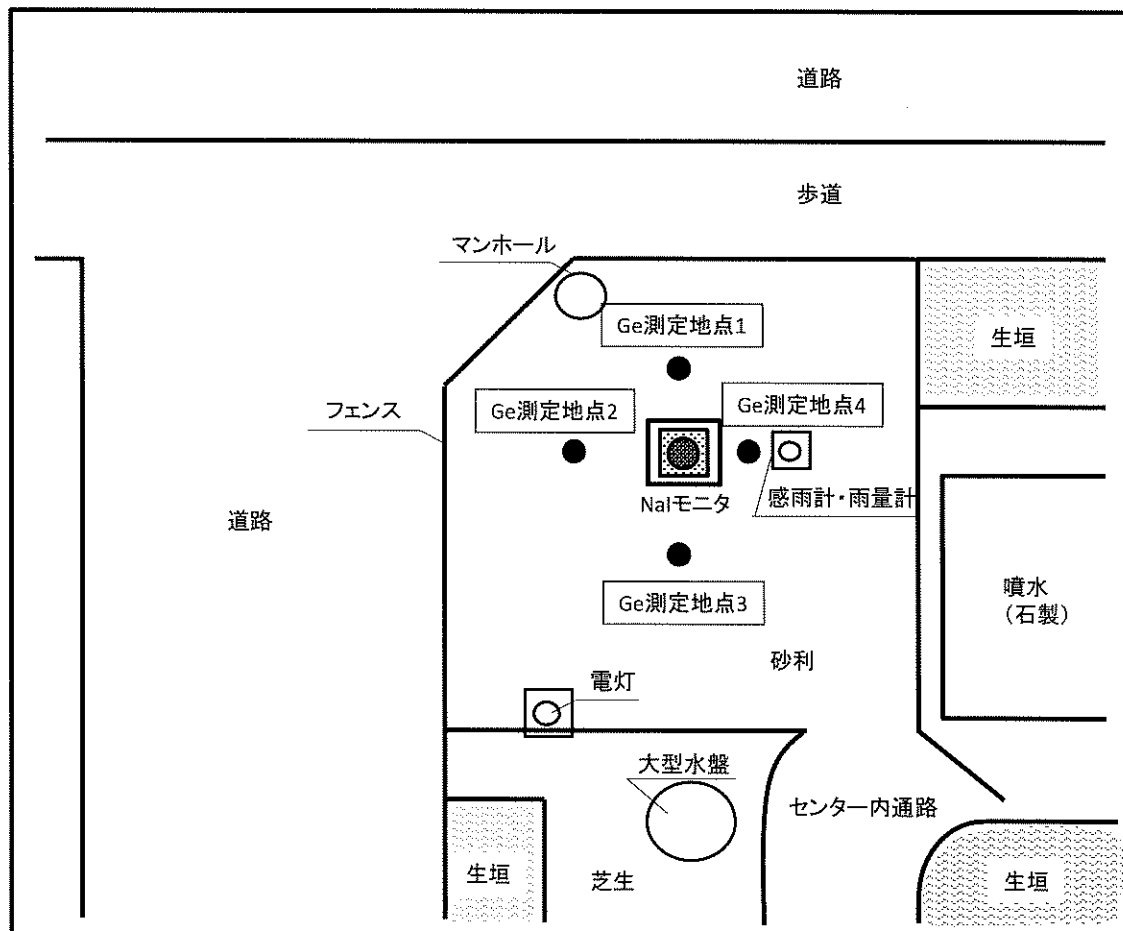


図 4-1-3(11) Ge 検出器測定地点
(鹿児島市 環境保健センター (鹿児島県))

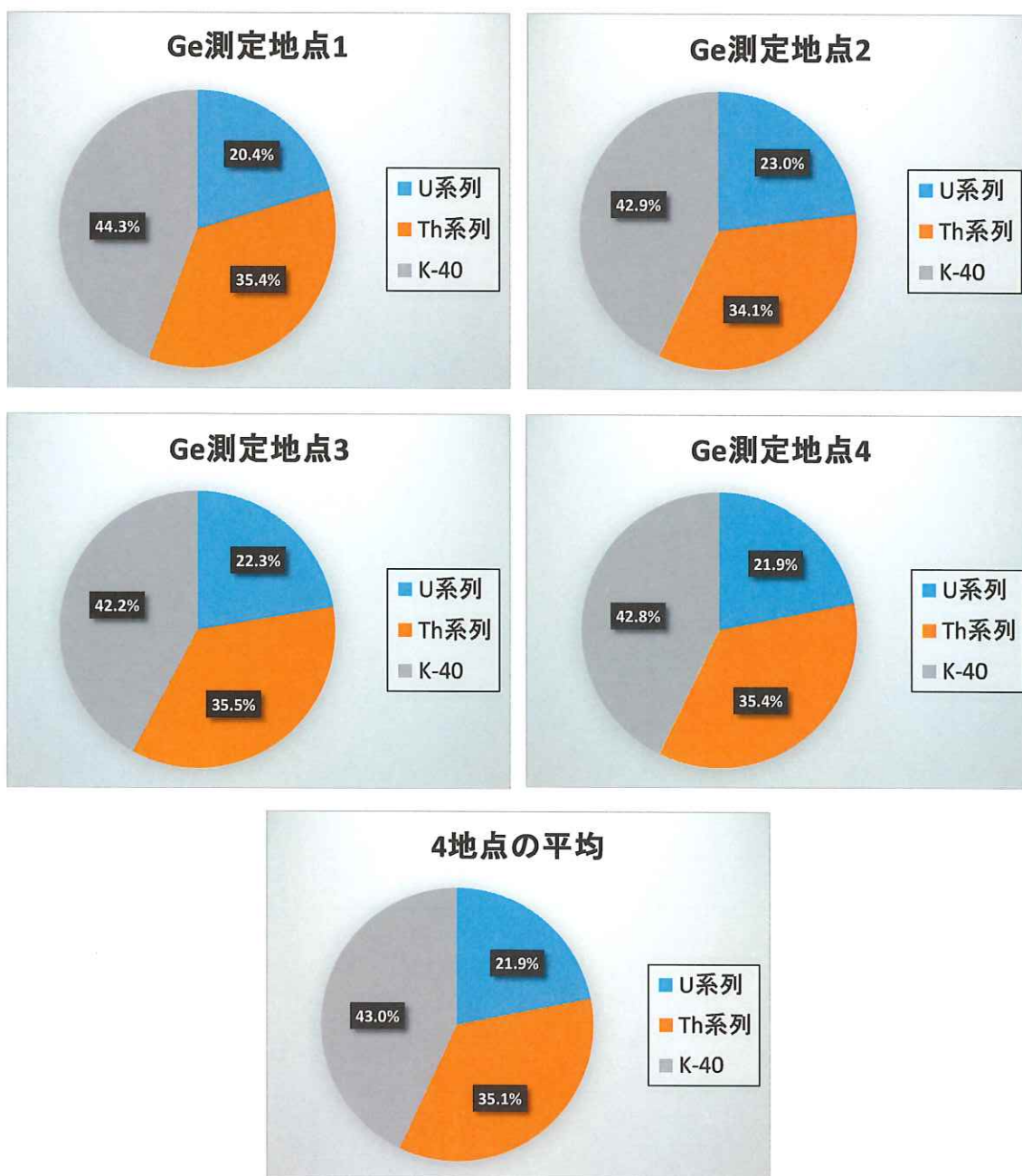


図 4-1-3 (12) 測定地点別及び平均の核種組成比率
(鹿児島市 環境保健センター (鹿児島県))

4.2 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 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。

4.2.1 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、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-2017-03-WW PT	水、ミルクパウダー、炭酸カルシウム
IAEA-TEL-2017-04-ALMERA PT	水、ミルクパウダー、炭酸カルシウム、ろ紙
IAEA-RML-2017-01	海水

(2) IAEA 技能試験実施内容

平成 29 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-2017-03-WW PT		
対象試料	対象核種	分析方法
<u>Sample 1</u> 水 1 (Spiked water1)	γ 線放出核種 (人工)	γ 線スペクトロメトリー
	H-3	放射化学分析
	Sr-90	放射化学分析
	全 α	放射化学分析
	全 β	放射化学分析
<u>Sample 2</u> 水 2 (Spiked water2)	γ 線放出核種 (人工)	γ 線スペクトロメトリー
<u>Sample 4</u> ミルクパウダー (Milk powder)	γ 線放出核種	γ 線スペクトロメトリー
	Sr-90	放射化学分析
<u>Sample 5</u> 炭酸カルシウム (Ca-carbonate)	Ra-226	放射化学分析

IAEA-TEL-2017-04-ALMERA PT		
対象試料	対象核種	分析方法
<u>Sample 1</u> 水1 (Spiked water1)	γ 線放出核種(人工)	γ 線スペクトロメトリー
	H-3	放射化学分析
	Sr-90	放射化学分析
	全 α	放射化学分析
	全 β	放射化学分析
<u>Sample 2</u> 水2 (Spiked water2)	γ 線放出核種(人工)	γ 線スペクトロメトリー
<u>Sample 4</u> ミルクパウダー (Milk powder)	γ 線放出核種	γ 線スペクトロメトリー
	Sr-90	放射化学分析
<u>Sample 5</u> 炭酸カルシウム (Ca-carbonate)	Ra-226	放射化学分析
<u>Sample 6</u> ろ紙 (Simulated filter)	全 β	放射化学分析
<u>Sample 7</u> ろ紙 (Simulated filter)	全 α	放射化学分析
<u>Sample 8</u> ろ紙 (Simulated filter)	全 α	放射化学分析
	全 β	放射化学分析

IAEA-RML-2017-01		
試料	対象核種	分析方法
海水 (Spiked Seawater)	H-3	放射化学分析
	Co-60	γ 線スペクトロメトリー
	Sr-90	放射化学分析
	Cs-134	γ 線スペクトロメトリー
	Cs-137	γ 線スペクトロメトリー

(3) IAEA 技能試験の結果

1) IAEA-TEL-2017-03-WW PT

IAEA から分析機関ごとの個別報告書 (Individual Evaluation Report for Laboratory Nr. 195) 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。この技能試験では、分析結果を正確さ (Accuracy)、精密さ (Precision) について評価し、最終的に総合評価 (Final Score) を示している。今回の技能試験では、すべての対象試料、対象核種において良好な結果 (Accepted) であった。

全 α 及び全 β については認証値がないため Z スコアによる評価を行っている。今回は Sample1 (Spiked water1) の全 α は良好な結果であったが、全 β は Z スコアが 2.90 で、注意を要する結果 (Warning) であった。Sample1 (Spiked water1) の全 β が注意を要する結果であった原因としては、全 β の効率校正に使用する線源 (核種) の違いが考えられる。全 β 計測に関連した ISO 規格を参照するなど国外の状況について調査を行い、引き続き原因の究明を行う。

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-2017-03-WW PT)

対象試料	対象核種	評価結果
<u>Sample 1</u> 水 1 (Spiked water1)	Ba-133	良好な結果
	Cs-137	良好な結果
	H-3	良好な結果
	Sr-90	良好な結果
	全 α	良好な結果
	全 β	注意を要する結果
<u>Sample 2</u> 水 2 (Spiked water2)	Ba-140	良好な結果
	Ce-141	良好な結果
	Ru-103	良好な結果
	Zr-95	良好な結果
<u>Sample 4</u> ミルクパウダー (Milk powder)	Ba-133	良好な結果
	Cs-137	良好な結果
	Sr-90	良好な結果
<u>Sample 5</u> 炭酸カルシウム (Ca-carbonate)	Ra-226	良好な結果

2) IAEA-TEL-2017-04-ALMERA PT

IAEA から分析機関ごとの個別報告書 (Individual Evaluation Report for Laboratory Nr. 73) 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。この技能試験では、分析結果を正確さ (Accuracy)、精密さ (Precision) について評価し、最終的に総合評価 (Final Score) を示している。今回の技能試験では、Sample2 (Spiked water2) のモリブデン 99 を除いたすべての対象試料、対象核種において良好な結果 (Accepted) であった。Sample2 (Spiked water2) のモリブデン 99 は、不良な結果 (Not Accepted) であった。モリブデン 99 の報告値が基準値よりも 54% 高かったため、正確さの評価が不良な結果となり、総合評価も不良な結果となった。不良な結果であった原因としては、モリブデン 99 は十分な計数値が得られず、ピーク面積を過大評価した可能性が考えられる。今後は、計測結果の妥当性についてより一層の検証 (ピーク形状を詳細に確認する等) を行うこととする。

全 α 及び全 β については認証値がないため Z スコアによる評価を行っている。全 α については、すべての対象試料において良好な結果であった。全 β については、Sample8 (Simulated filter) は良好な結果であったが、Sample1 (Spiked water1) については Z スコアが 3.08 で不良な結果、Sample6 (Simulated filter) については Z スコアが -2.41 で注意を要する結果 (Warning) であった。良好な結果が得られなかった原因としては、全 β の効率校正に使用する線源 (核種) の違いが考えられる。全 β 計測に関連した ISO 規格を参照するなど国外の状況について調査を行い、引き続き原因の究明を行う。

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-2017-04-ALMERA PT)

対象試料	対象核種	評価結果
Sample 1 水 1 (Spiked water1)	Ba-133	良好な結果
	Cs-137	良好な結果
	H-3	良好な結果
	Sr-90	良好な結果
	全 α	良好な結果
	全 β	不良な結果
Sample 2 水 2 (Spiked water2)	Ba-140	良好な結果
	Ce-141	良好な結果
	Mo-99	不良な結果
	Nd-147	良好な結果
	Np-239	良好な結果

対象試料	対象核種	評価結果
	Ru-103	良好な結果
	Zr-95	良好な結果
Sample 4 ミルクパウダー (Milk powder)	Ba-133	良好な結果
	Cs-137	良好な結果
	Sr-90	良好な結果
Sample 5 炭酸カルシウム (Ca-carbonate)	Ra-226	良好な結果
Sample 6 ろ紙 (Simulated filter)	全 β	注意を要する結果
Sample 7 ろ紙 (Simulated filter)	全 α	良好な結果
Sample 8 ろ紙 (Simulated filter)	全 α	良好な結果
	全 β	良好な結果

3) IAEA-RML-2017-01

IAEA から速報が送付された。この技能試験では、分析結果を正確さ (Accuracy)、精密さ (Precision)、真度 (Trueness) について評価し、最終的に総合評価 (Final Score) を示している。今回の技能試験では、すべての対象核種において、良好な結果 (Accepted) であった。

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-2017-01)

試料	対象核種	評価結果
海水 (Spiked Seawater)	H-3	良好な結果
	Co-60	良好な結果
	Sr-90	良好な結果
	Cs-134	良好な結果
	Cs-137	良好な結果

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 29 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 量子科学技術研究開発機構 放射線医学総合研究所 福島再生支援本部 環境動態研究チーム チームリーダー
諏訪 成雄	新潟県放射線監視センター 所長
中村 尚司	東北大学 名誉教授 サイクロترون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 理事
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 29 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 29 年度 第 1 回環境放射能水準調査検討委員会

1. 日時 平成 29 年 5 月 17 日（水）13：20～16：00
2. 場所 航空会館 204 会議室
3. 出席者（敬称略）

委員長 飯田 孝夫 名古屋大学大学院

委員 青野 辰雄 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構

諏訪 成雄 新潟県放射線監視センター

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 古賀 匡祥 原子力規制庁監視情報課放射線環境対策室

事務局 森本、磯貝、伴場滋、新田、金子

4. 議題

- (1) 平成 29 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. 配付資料

- 水準 1-1 平成 29 年度環境放射能水準調査検討委員会委員名簿
水準 1-2 平成 28 年度第 2 回環境放射能水準調査検討委員会議事録
水準 1-3 平成 29 年度環境放射能水準調査の実施内容
水準 参考 1-1 大気中のキセノン 133 分析結果について
水準 参考 1-2 空間線量の調査における追加提案について

(2) 平成 29 年度 第 2 回環境放射能水準調査検討委員会

1. 日時 平成 30 年 3 月 8 日 (木) 13 : 30 ~ 16 : 30
2. 場所 東京国際フォーラム G408 会議室
3. 出席者(敬称略)

委員長	飯田 孝夫	名古屋大学大学院
委員	青野 辰雄	国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構
	諏訪 成雄	新潟県放射線監視センター
	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	根木 桂三	原子力規制庁監視情報課放射線環境対策室
	山下 恵太郎	〃

事務局 磯貝、伴場滋、新田、王、太田智、佐藤昭、金子、小林慧

4. 議題

- (1) 平成 29 年度 第 1 回環境放射能水準調査検討委員会議事録について
- (2) 環境試料の放射能分析結果
 - ① 全ベータ放射能測定
 - ② 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 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り組み
 - ① 水準ポストの動作確認等に係る各種調査
 - ② 相互比較分析の実施
- (6) 国外における原子力関係事象発生時の対応

5. 配付資料

- 水準 2-1 平成 29 年度 第 1 回環境放射能水準調査検討委員会議事録
- 水準 2-2 全ベータ放射能測定結果
- 水準 2-3-1 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
- 水準 2-3-2 大気浮遊じんの高感度分析結果（ガンマ線放出核種）
- 水準 2-4 トリチウム分析結果
- 水準 2-5 ストロンチウム 90 分析結果
- 水準 2-6 プルトニウム分析結果
- 水準 2-7 ヨウ素 129 分析結果
- 水準 2-8 炭素 14 分析結果
- 水準 2-9 大気中の放射性希ガス濃度測定結果
- 水準 2-10 福島県下における空間線量の調査結果
- 水準 2-11-1 水準ポストの動作確認等に係る各種調査結果
- 水準 2-11-2 相互比較分析の実施結果
- 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

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 29 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 29 年度 第 1 回環境放射能水準調査メール会合

1. 日時 平成 29 年 7 月 25 日（火）～ 7 月 31 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 量子科学技術研究開発機構

諏訪成雄 新潟県放射線監視センター

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、太田裕、渡邊賢、伴場滋、新田、金子

3. 議題

(1) 平成 29 年度第 1 四半期分析分の環境試料の放射能分析結果について

① ガンマ線放出核種の測定

② ストロンチウム 90 分析

(2) 平成 29 年度第 1 四半期分析分の大気中の放射性希ガス濃度測定結果について

① クリプトン 85 分析

② キセノン 133 分析

4. 配付資料

(1) 平成 29 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（速報）案

(2) 平成 29 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 29 年度 第 2 回環境放射能水準調査メール会合

1. 日時 平成 29 年 11 月 24 日（金）～ 12 月 4 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 量子科学技術研究開発機構

諏訪成雄 新潟県放射線監視センター
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、太田裕、渡邊賢、伴場滋、新田、金子

3. 議題

- (1) 平成 29 年度第 2 四半期分析分の環境試料の放射能分析結果について
 - 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) 平成 29 年度第 2 四半期分析分の大気中の放射性希ガス濃度測定結果について
 - ① クリプトン 85 分析
 - ② キセノン 133 分析

4. 配付資料

- (1) 平成 29 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（速報）案
- (2) 平成 29 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 29 年度 第 3 回環境放射能水準調査メール会合

1. 日時 平成 30 年 2 月 13 日（火）～ 2 月 19 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 量子科学技術研究開発機構
諏訪成雄 新潟県放射線監視センター
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、太田裕、渡邊賢、伴場滋、新田、金子

3. 議題

- (1) 平成 29 年度第 3 四半期分析分の環境試料の放射能分析結果について
 - ① ガンマ線放出核種の測定
 - ② ストロンチウム 90 分析

(2) 平成 29 年度第 3 四半期分析分の大気中の放射性希ガス濃度測定結果について

① クリプトン 85 分析

② キセノン 133 分析

4. 配付資料

(1) 平成 29 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（速報）案

(2) 平成 29 年度環境放射能水準調査（放射能分析）結果（速報）概要案



この印刷物は、印刷用の紙へ
リサイクルできます。