２０２４水準委報告００３

令和６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

２０２５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 原子力規制庁の令和６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令和６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 ---------- 5
2.1 全ベータ放射能測定 ---------- 5
2.2 ガンマ線放出核種の測定 ---------- 7
2.3 トリチウム分析 ---------- 13
2.4 ストロンチウム 90 分析 ---------- 28
2.5 プルトニウム分析 ---------- 39
2.6 ヨウ素 129 分析 ---------- 50
2.7 炭素 14 分析 ---------- 62
2.8 クリプトン 85 分析 ---------- 65
2.9 放射性キセノン分析 ---------- 73
2.10 福島県下における空間線量の調査 ---------- 80

３．分析法及び妥当性の確認 ---------- 150
3.1 全ベータ放射能測定 ---------- 150
3.2 ガンマ線放出核種の測定 ---------- 151
3.3 トリチウム分析 ---------- 153
3.4 ストロンチウム 90 分析 ---------- 156
3.5 プルトニウム分析 ---------- 161
3.6 ヨウ素 129 分析 ---------- 163
3.7 炭素 14 分析 ---------- 166
3.8 クリプトン 85 分析 ---------- 169
3.9 放射性キセノン分析 ---------- 182
3.10 福島県下における空間線量の調査 ---------- 185

４．都道府県における環境放射能水準調査、放射線監視等交付金事業の
精度管理 ---------- 197
4.1 標準試料法 ---------- 197
4.2 試料分割法 ---------- 197
4.3 モニタリングポストの測定に係る精度管理 ---------- 198

５．47 都道府県における放射能測定の補助 ---------- 244

６．環境放射能水準調査検討委員会 ---------- 245
6.1 委員会構成 ---------- 245
6.2 委員会開催日と議題 ---------- 247

７．都道府県の水準調査担当者を交えた精度管理に関する検討会 ---------- 253

８．精度管理の強化 ---------- 254
8.1 IAEA が実施する技能試験への参加 ---------- 254
8.2 IAEA-ALMERA 年次会合の参加 ---------- 256

９．環境放射能水準調査の充実化のための提案
ICP-MS を用いた ^{241}Pu濃度の測定 ---------- 257

１．調査概要

本調査は、47 都道府県(以下、「自治体」という。）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、万が一異常値を検出した場合、国内原子力関係施設からの影響か、過去の核実験や国外原発等の事故によるものか否かの確認に資することを目的として実施した。

また、東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所事故を踏まえ、福島県における空間放射線量の調査を行った。

実施した調査の目的と内容を以下に示す。

①　全ベータ放射能測定

全ベータ放射能測定は、同種類の試料の放射能レベルの大まかな相互比較において迅速に概略の情報を得ることができ、核種分析などの精密な測定を行うべきかどうかの判断をするための情報等を得ることができる。

分析センター（千葉市）で、原則毎日、一定の時刻に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、採取器に付着した塵埃を集め、全ベータ放射能を測定した。

②　ガンマ線放出核種の測定

核爆発実験等により、放射性物質が大気中に放出された場合、例えば短半減期の放射性核種であるヨウ素 131 は甲状腺に選択的に集中して内部被ばくを与える。セシウム 137 などの長半減期の放射性核種は、地上に降下した後も環境中に長く留まるため、人体及び環境中にさまざまな影響を与える。これらの放射性核種の挙動を継続的に調査することは、内部被ばくを評価する上で重要である。

分析センター（千葉市）で、大気浮遊じんを週ごとに採取してガンマ線放出核種を測定した。降下物は月ごとに採取し、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

トリチウムは半減期 12.32 年の天然及び人工起源の放射性核種であり、人体の主要構成元素の一つである水素の同位体である。呼吸や飲食等により体内に取り込まれた場合は、被ばく線量評価上重要な核種となる。トリチウムのそのほとんどは水分子として存在しているため、降水中のトリチウムの放射能濃度を把握することは内部被ばくを評価する上で重要である。

札幌市、福島市、千葉市、京都市及びうるま市（2024 年 12 月開始）で、毎月採取した月間降水について、電解濃縮法もしくは蒸留法によりトリチウムを分析

した。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。また、トリチウムの環境中における移行の把握に資するために、千葉市で採取した大気試料について、トリチウムを分析した。さらに、北海道、青森県（2ヶ所）、岩手県、福島県、新潟県、茨城県、千葉県、神奈川県、愛知県、大阪府、山口県、福岡県、鹿児島県及び沖縄県で採取した海水について、電解濃縮法によりトリチウムを分析した。

④　ストロンチウム90分析

ストロンチウム90は核分裂収率が高く、半減期が28.78年と比較的長いため、セシウム137と同様に環境中に長く留まる人工放射性核種である。また、同族元素のカルシウムと同じ挙動をするため、体内に取り込まれると骨に沈着して長期間にわたる内部被ばくを伴うこととなるため、その変動を把握することは重要である。

自治体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みの大気浮遊じん（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

プルトニウムは人為的に生成されたものであり、環境中には過去の核爆発実験由来のプルトニウムが微量に存在している。プルトニウムは人体への毒性も大きいため、環境中での変動を把握することは重要である。

自治体が 2023 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 ^{238}Pu、$^{239+240}$Pu を分析、ICP 質量分析装置により ^{239}Pu、^{240}Pu を分析、液体シンチレーションカウンタにより ^{241}Pu を分析した。なお、プルトニウム濃度が高い試料は ^{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みの大気浮遊じん（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、$^{239+240}$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

ヨウ素129は半減期が 1.57×10^{7} 年の長半減期人工放射性核種である。ヨウ素131と同様、体内に取り込まれると甲状腺に選択的に集中して内部被ばくを与える。特に、ヨウ素129はその非常に長い半減期から、環境中に長く留まることと

なるため、その変動を把握することは重要である。

北海道、秋田県及び千葉県で採取した土壌、牛乳、海藻及び野菜について、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、ガンマ線放出核種を測定済みの大気浮遊じん（大容量エアサンプラ）について、^{129}I を分析した。さらに、^{129}I の環境中における移行の把握に資するために、近海で採集した海水について、^{129}I の分析を検討した。

⑦　炭素 14 分析

炭素 14 は半減期 5730 年の天然及び人工起源の放射性核種であり、光合成により植物に固定されるので、米や野菜等にも一定量が存在している。飲食等により体内に取り込まれた場合には、長期間の内部被ばくを起こすおそれがあることから、環境中における炭素 14 の変動を把握することは重要である。

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　クリプトン 85 分析

クリプトン 85 は半減期が 10.76 年の放射性希ガスであり、再処理施設から大気中に放出される放射性核種の中で放出量（Bq）が最大であるため、外部被ばくの要因となりえる。青森県の大型再処理施設が本格的に稼働すると、クリプトン 85 が大気中に放出されることになるため、継続的に大気中のクリプトン 85 濃度を把握する必要がある。

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

⑨　放射性キセノン分析

放射性キセノンは化学的に不活性な気体であり、^{131m}Xe（半減期 11.96 日）、^{133}Xe（半減期 5.244 日）、^{133m}Xe（半減期 2.198 日）及び ^{135}Xe（半減期 9.143 時間）は原子炉施設から大気中に放出される他、地下核実験においても大気中に漏れ出してくるおそれがあるため、その変動を把握することは重要である。

千葉市に設置した希ガス自動観測装置により大気中キセノンを捕集・分離・精製し、^{131m}Xe、^{133}Xe、^{133m}Xe 及び ^{135}Xe を測定した。

⑩　福島県下における空間線量の調査

福島県下の、東京電力福島第一原子力発電所事故の影響で空間線量が高くなっている地域において、長期間の被ばくを評価するために空間線量率の測定を連続して行うことが必要とされている。信頼できる測定値を得るためには、測定機器を健全な状態で運用することは重要である。

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環境場測定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、2011 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、本調査における品質保証の観点から、都道府県における環境試料の放射能測定及びモニタリングポストの測定に係る精度管理並びに IAEA とのクロスチェックを行った。

本調査では、学識経験者等による委員会を 3 回開催して、分析・測定結果等についての技術的検討及び評価を行った。

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 3.5 m）に設置した降水採取装置（直径 252 mm）を用い、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、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 100 mL 以下の場合は全量、100 mL を超えた場合は 100 mL を分取し、硝酸数滴、ヨウ素担体溶液（I^-：1 mg/mL）1 mL 及び 0.5 M 硝酸銀溶液 1 mL を加えた。試料溶液を 2～3 mL 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 1 mm 以上ある場合を「降雨あり」、降雨が 1 mm 未満及びなかった場合を「降雨なし」とした。

(2) 結果と考察

2024 年 3 月から 2025 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 2019 年度から 2023 年度までの結果と併せて表 2-1-1 に示す。

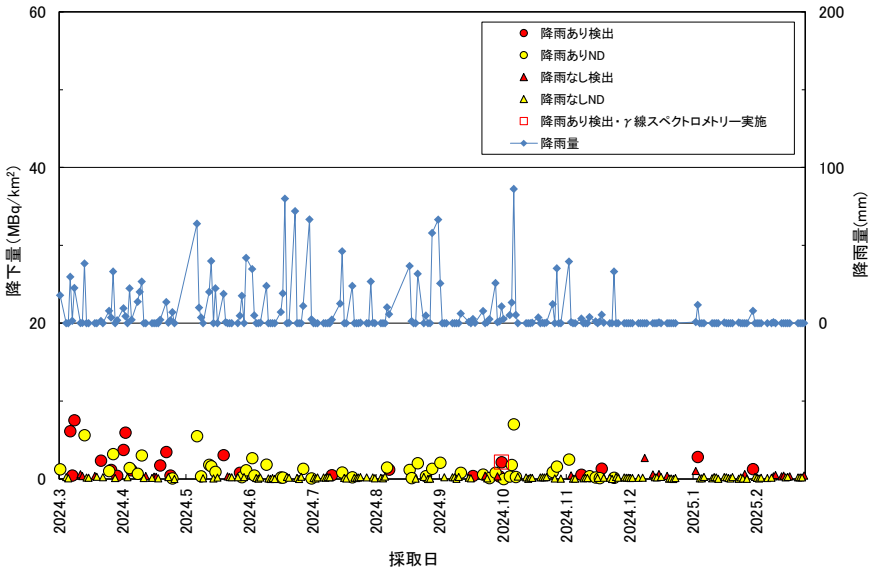


図 2-1-1　2024 年度の定時降水の全ベータ放射能測定結果

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
2024年度	2024.3～2025.2	79	23	ND～1.6	ND～7.6
2023年度	2023.3～2024.2	73	23	ND～3.2	ND～7.3
2022年度	2022.3～2023.2	92	19	ND～0.79	ND～8.0
2021年度	2021.3～2022.2	82	21	ND～1.2	ND～7.5
2020年度	2020.3～2021.2	84	18	ND～0.75	ND～9.5
2019年度	2019.3～2020.2	102	44	ND～1.5	ND～16

2024 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～1.6 Bq/L、降下量が ND～7.6 MBq/km^2 であり、過去 5 年間の調査結果と同程度であった。

前月の検出した「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、人工放射性核種は検出されなかった。

また、2024 年度の「降雨なし」の試料は、ND～2.7 MBq/km^2 であった。

全ベータ放射能検出率（計数誤差の 3 倍を超えて検出した試料数を全試料数で除したもの）については、東京電力福島第一原子力発電所事故後の 2011 年度に 81 %まで上昇したが、2024 年度は 19 %であり、過去 5 年間の調査結果（9.6～26 %）と同程度であった。

2.2 ガンマ線放出核種の測定

2.2.1 大気浮遊じん及び降下物

(1) 概要

分析センター内において週1回採取した大気浮遊じん及び月1回採取した降下物について、ゲルマニウム半導体検出器を用いてガンマ線スペクトロメトリーを行った。

(2) 結果と考察

大気浮遊じん中の ^{7}Be、^{134}Cs 及び ^{137}Cs の分析結果（最小値及び最大値）を 2019 年度から 2023 年度までの結果と併せて表 2-2-1 に示す。

降下物中の ^{7}Be、^{134}Cs 及び ^{137}Cs の分析結果（最小値及び最大値）を 2019 年度から 2023 年度までの結果と併せて表 2-2-2 に示す。なお、表中の ND は不検出を表す。

表 2-2-1　過去の調査結果との比較（大気浮遊じん）　　単位：μBq/m^3（^{7}Be は mBq/m^3）

核　　種	濃度範囲	2019～2023 年度	2024 年度分析分
^{7}Be	最小値～最大値	1.1　～　9.8	1.6　～ 5.8
^{134}Cs		ND　～　0.93	ND
^{137}Cs		0.40 ～ 20	0.65 ～ 5.7

表 2-2-2　過去の調査結果との比較（降下物）　　単位：MBq/km^2

核　　種	濃度範囲	2019～2023 年度	2024 年度分析分
^{7}Be	最小値～最大値	18　　～ 370	18　　～ 150
^{134}Cs		ND　　～　0.10	ND
^{137}Cs		0.15 ～　1.3	0.091 ～　1.4

2024年度における大気浮遊じん中の^{7}Be濃度は1.6～5.8 mBq/m^{3}、^{134}Cs濃度は全てND[*1]、^{137}Cs濃度は0.65～5.7 μBq/m^{3}であった。^{7}Be濃度については、過去5年間（2019年度から2023年度まで）の調査結果の変動（1.1～9.8 mBq/m^{3}）の範囲内であった。大気浮遊じん中の^{137}Csについては、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。

2024年度における降下物中の^{7}Be降下量は18～150 MBq/km^{2}、^{134}Cs降下量は全てND[*1]、^{137}Cs降下量は0.091～1.4 MBq/km^{2}であった。^{7}Be降下量については、過去5年間（2019年度から2023年度まで）の調査結果の変動（18～370 MBq/km^{2}）の範囲内であった。なお、降下物中の^{137}Csは減少傾向が見られるものの2011年3月以前のレベル（検出下限値以下）より高い降下量で推移している。

2016年度から2024年度までの大気浮遊じん中の^{7}Be、^{134}Cs及び^{137}Cs濃度比較図を図2-2-1～図2-2-3に、2011年度から2024年度までの降下物中の^{7}Be、^{134}Cs及び^{137}Cs降下量比較図を図2-2-4～図2-2-6に示す。なお、大気浮遊じんについては2023年4月から、ロウボリウムエアサンプラから大容量エアサンプラ(SNOW WHITE)に採取方法が変更となり、大容量エアサンプラの運用が開始された2016年2月からの測定データを図示した。

---

*1 ^{134}Csは東京電力福島第一原子力発電所の事故からおよそ14年経過していることから、その濃度は検出でき得るレベル以下に減衰している。

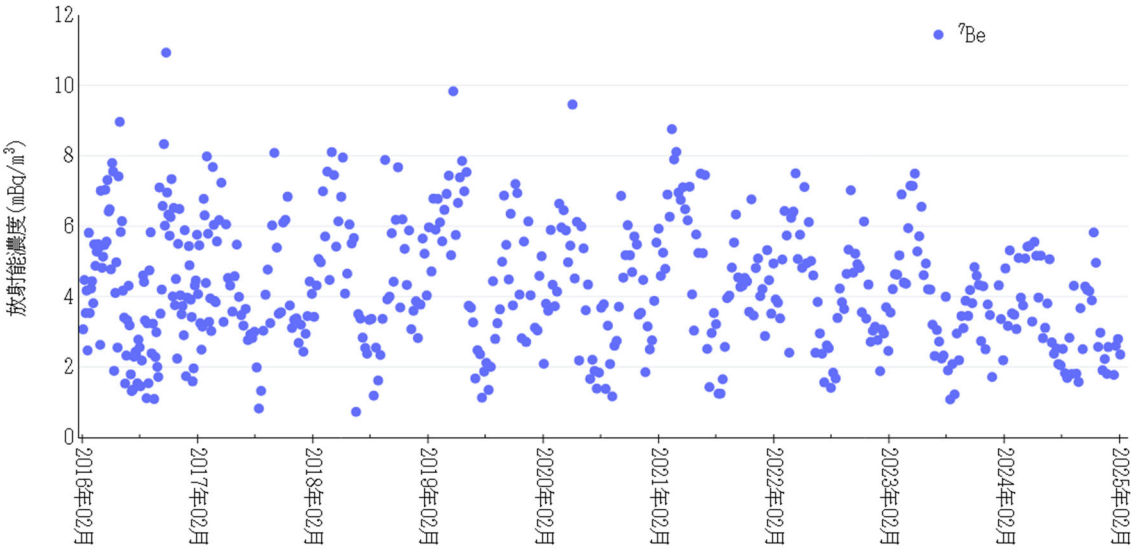


図 2-2-1　大気浮遊じん中の ^{7}Be 濃度

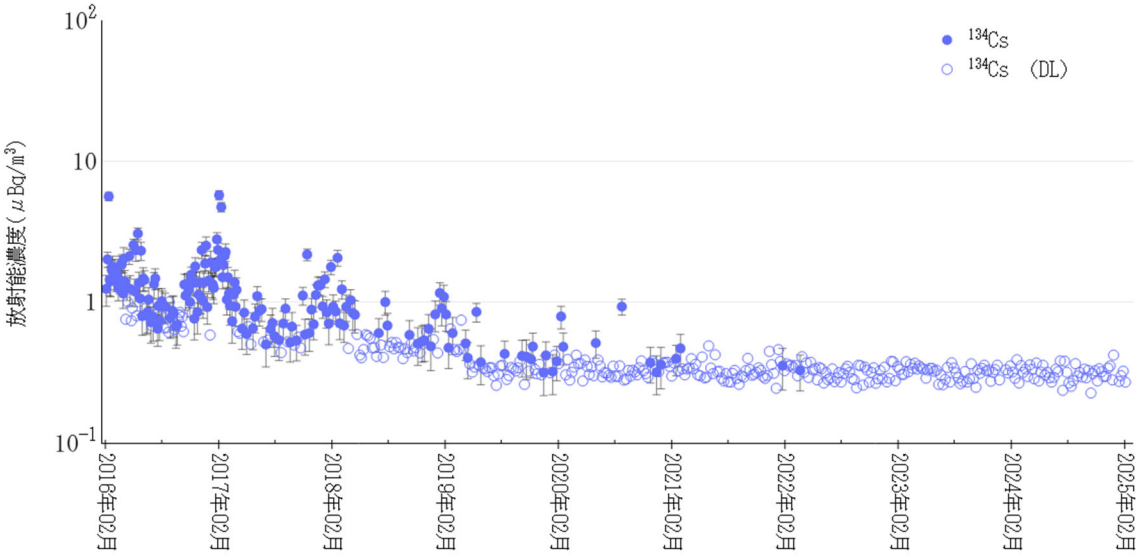


図 2-2-2　大気浮遊じん中の ^{134}Cs 濃度[*2]

[*2] 測定結果が不検出の場合は、^{134}Cs(DL)として検出下限値を図示した。

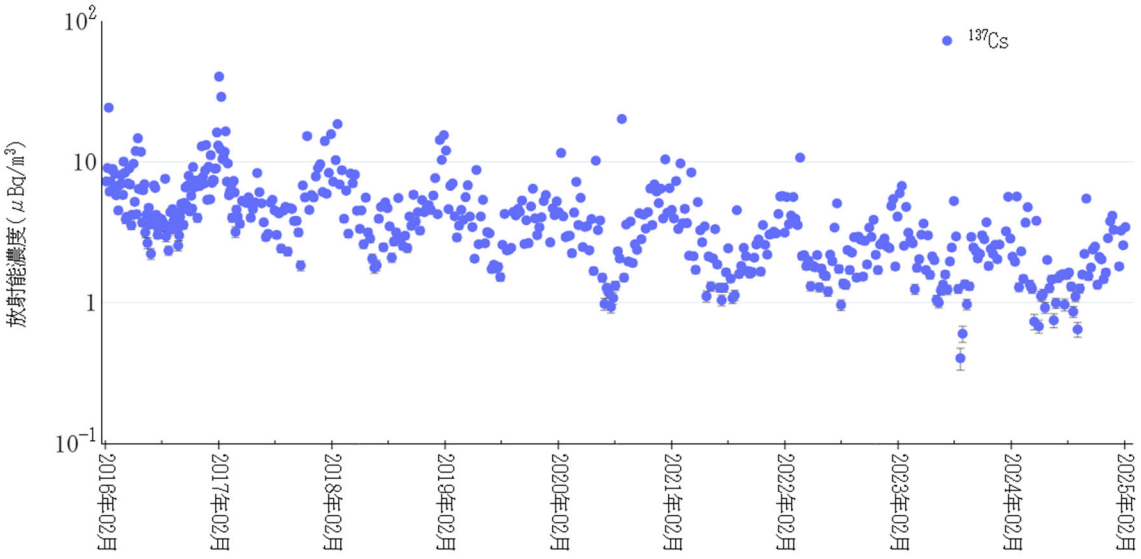


図 2-2-3　大気浮遊じん中の ^{137}Cs 濃度

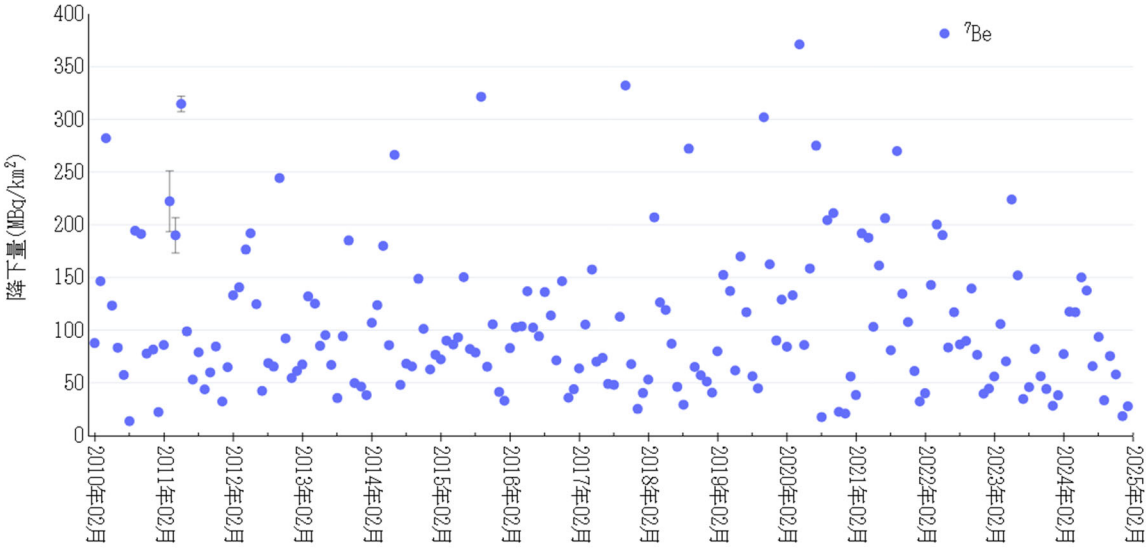


図 2-2-4　降下物中の ^{7}Be 降下量[*3]

[*3] 2011 年 3 月～5 月において、^{7}Be 降下量の計数誤差が大きくなった原因は、東京電力福島第一原子力発電所の事故により試料採取日から測定日までの期間が空いたこと及び ^{134}Cs や ^{137}Cs 等の人工放射性核種の影響によるものである。

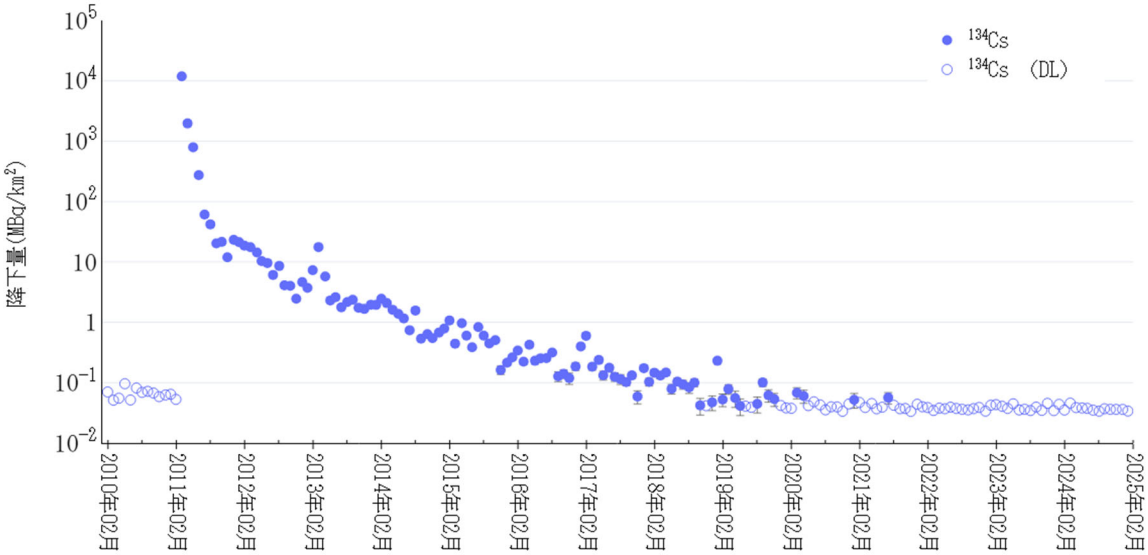


図 2-2-5　降下物中の ^{134}Cs 降下量[*4]

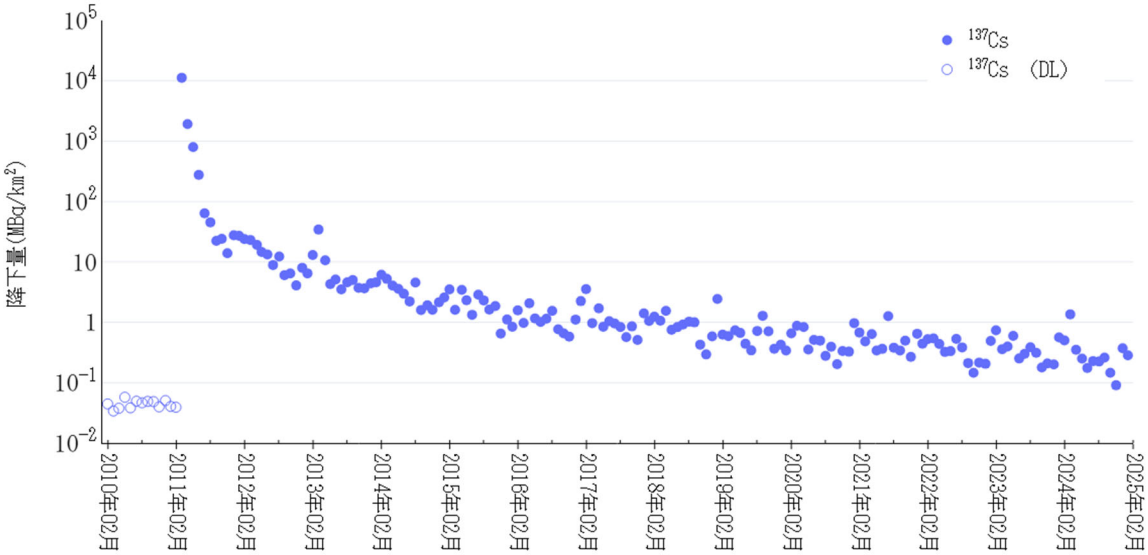


図 2-2-6　降下物中の ^{137}Cs 降下量[*5]

---

*4 測定結果が不検出の場合は、^{134}Cs(DL)として検出下限値を図示した。
*5 測定結果が不検出の場合は、^{137}Cs(DL)として検出下限値を図示した。

2.2.2 粉乳

(1) 概要

市販されている粉乳（ドライミルク）及び脱脂粉乳（スキムミルク）を年2回、12試料購入し、ゲルマニウム半導体検出器を用いてガンマ線スペクトロメトリーを行った。

(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) 結果と考察

測定結果を表2-2-3に示す。

表 2-2-3 粉乳の測定結果　　単位：Bq/kg

		2019～2023年度	2024年度分析分
ドライミルク	^{134}Cs	ND	ND
	^{137}Cs	ND ～ 0.12	ND ～ 0.060
	^{40}K	140 ～ 260	140 ～ 260
スキムミルク	^{134}Cs	ND	ND
	^{137}Cs	0.35 ～ 1.4	0.39 ～ 0.78
	^{40}K	470 ～ 540	460 ～ 510

2024年度に購入したドライミルク及びスキムミルクの^{137}Cs及び^{40}K濃度は2019年度～2023年度に購入した同一製品の測定結果と同程度であった。^{134}Cs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5か所（北海道（2023年9月までは青森県）、福島県、千葉県、京都府及び沖縄県）に設置した降水採取装置を用いて、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。なお、青森県においては2023年9月分まで採取し、2023年10月分以降は青森県の採取器を北海道に移設し、北海道にて採取を行った。また、沖縄県においては2024年12月5日に採取器を新規に設置し、採取を開始した。

分析は、放射能測定法シリーズ9「トリチウム分析法」（令和5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。

採取した試料が少ない場合（0.6 L以下）は、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]
北海道 札幌市	北海道立衛生研究所*1	213
青森県 むつ市	(旧)日本分析センター むつ分析科学研究所*2*3	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
沖縄県 うるま市	沖縄県衛生環境研究所*4	213

＊1 採取器を青森県むつ市から移設し、2023年10月分から採取開始

＊2 2023年9月分まで採取し、採取器を北海道札幌市に移設

＊3 青森県むつ市港町4-24

＊4 2024年12月新規設置

(2) 結果と考察

2024年2月から2025年1月における月間降水中のトリチウム分析結果を表2-

3-2 に示す。結果の詳細は参考資料 2. 分析結果に示す。

札幌市の月間降水中のトリチウム濃度及びトリチウム降下量を図 2-3-1 に、福島市の月間降水中のトリチウム濃度及びトリチウム降下量を図 2-3-2 に、千葉市の月間降水中のトトリチウム濃度及びトリチウム降下量を図 2-3-3 に、京都市の月間降水中のトリチウム濃度及びトリチウム降下量を図 2-3-4 に示す。なお、沖縄県は 2024 年 12 月 5 日採取開始であり、データ数が少ないためグラフは示していない。

表 2-3-2　月間降水中のトリチウム分析結果

調査地点	トリチウム濃度 (Bq/L)	過去 5 年間のトリチウム濃度 (Bq/L)	トリチウム月間降下量*2 (Bq/m^2)	過去 5 年間のトリチウム月間降下量 (Bq/m^2)
札幌市*1	0.20 － 0.98	0.14 － 1.2	14 － 78	6.5 － 220
福島市	0.19 － 0.86	0.081 － 1.5	12 － 91	4.1 － 160
千葉市*3	<0.57 － 0.58	0.11 － 0.69	<0.26 － 100	2.0 － 140
京都市*3	<0.11 － 0.59	0.14 － 0.76	<1.4 － 85	6.1 － 120
うるま市*4	0.12	－	18	－

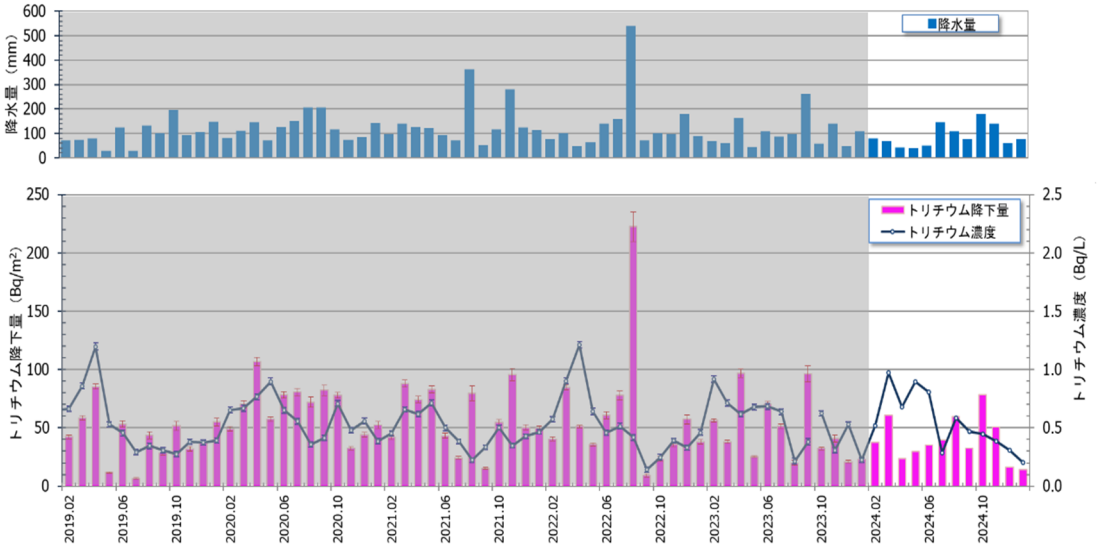
注）有効数字 2 桁で表示

*1 2023 年 9 月分以前は青森県むつ市にて採取

*2 単位面積当たりのトリチウム降下量

*3 千葉市 2024 年 12 月分、京都市 2024 年 9 月分、12 月分及び 2025 年 1 月分は蒸留法で分析

*4 うるま市は 2024 年 12 月 5 日より採取開始



注）2023 年 9 月分以前は青森県むつ市にて採取

図 2-3-1　月間降水中のトリチウム濃度及びトリチウム降下量（札幌市）

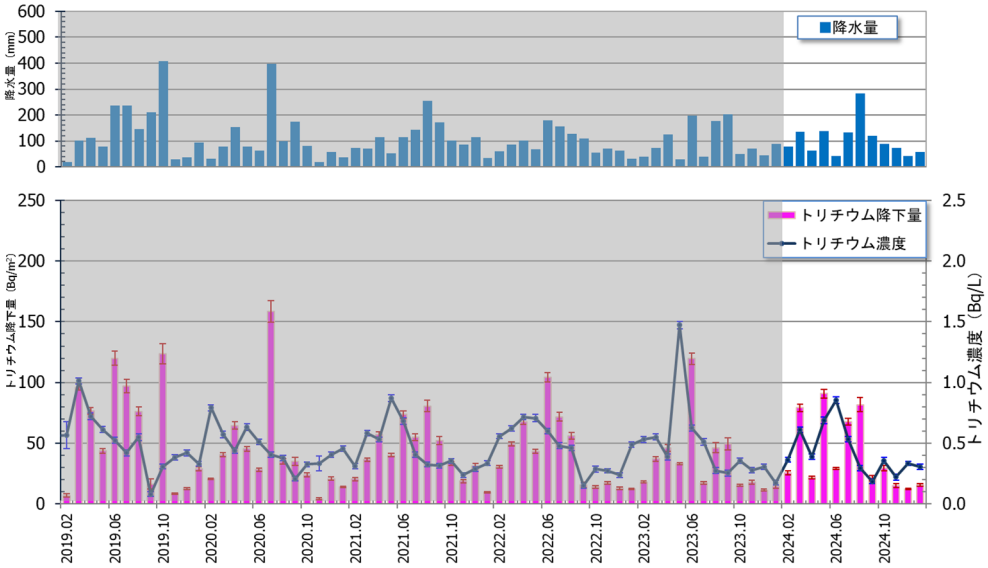
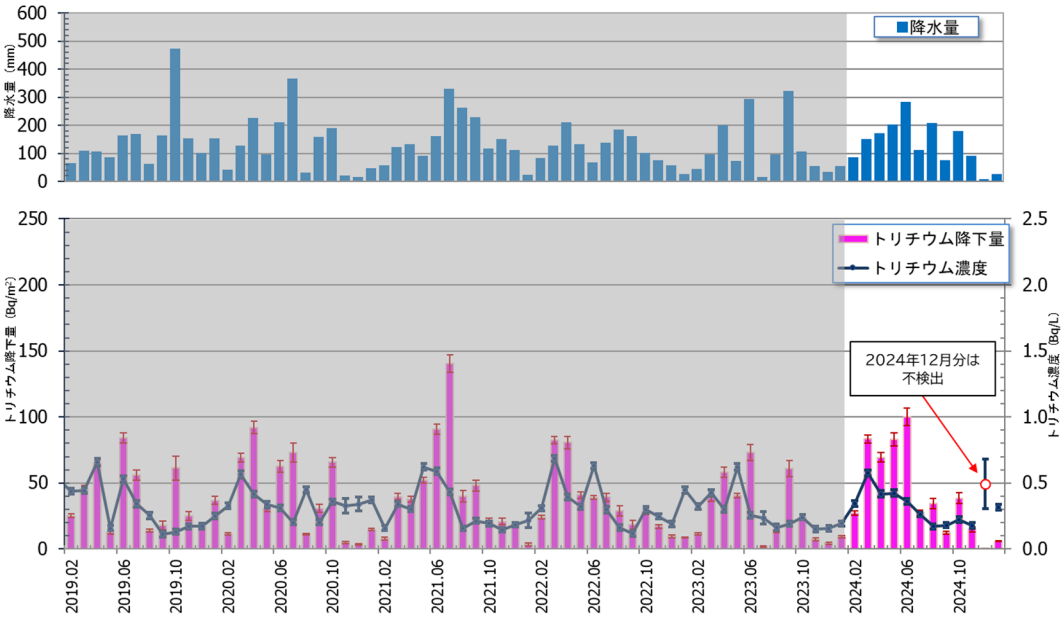
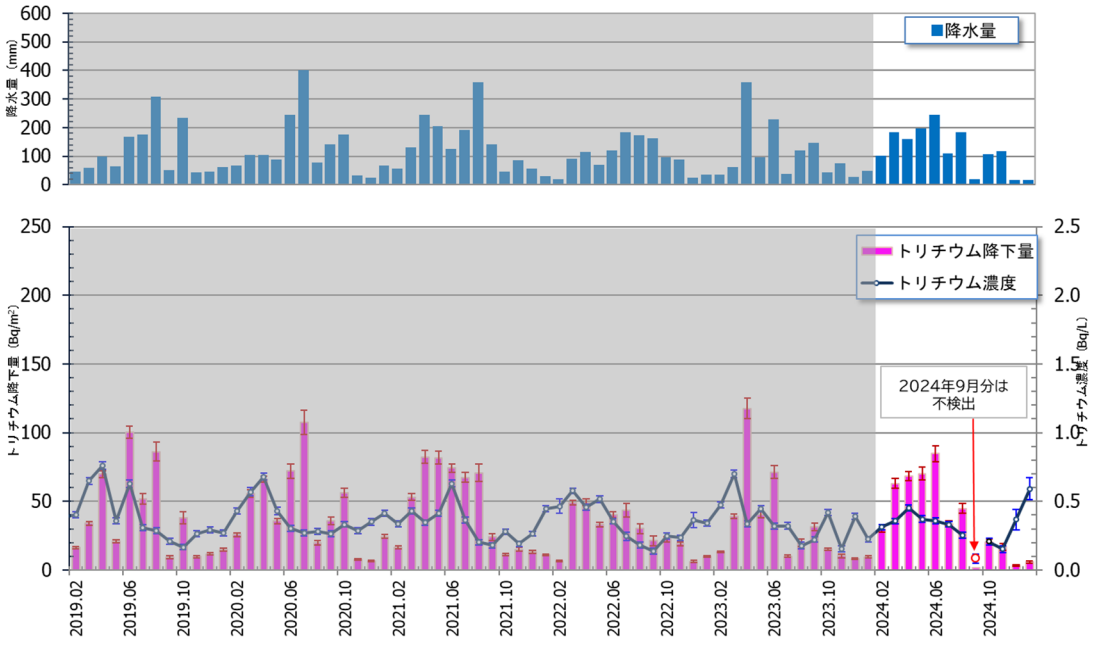


図 2-3-2　月間降水中のトリチウム濃度及びトリチウム降下量（福島市）



注）2024 年 12 月分は不検出

図 2-3-3　月間降水中のトリチウム濃度及びトリチウム降下量（千葉市）



注）2024 年 9 月分は不検出

図 2-3-4　月間降水中のトリチウム濃度及びトリチウム降下量（京都市）

トリチウム濃度については、全地点において過去５年の範囲内であったものの、一部の試料（千葉：2024 年 12 月分、京都：2024 年９月分）が不検出となった（表 2-3-2 参照）。過去に不検出となった例はないが、不検出となった要因の一つとして、それぞれの当該月の降水量が少なかったため、蒸留法での分析となったことにより、本調査期間（2024 年 2 月-2025 年 1 月）のその他の月に比べて検出下限値が高かったことが考えられた。うるま市については 2024 年 12 月 5 日より採取開始のため、今後データを蓄積して傾向等を注視していく。

また、月間トリチウム降下量についても、全地点において過去５年の範囲内であったものの、一部の試料（千葉：2024 年 10 月分、京都：2024 年９月分）が不検出となった。これらは、当該月のトリチウム濃度が不検出となったことにより、不検出となったものである。（表 2-3-2 参照）。

2019 年 2 月分から今回報告分までの千葉市における降水中の ^{7}Be 及びトリチウム降下量の経時変化図を図 2-3-6 に、^{7}Be 及びトリチウム降下量相関図を図 2-3-7 に示す。

トリチウムは原子力施設などからの放出に加え、宇宙線により生成する自然放射性核種であり、同じく宇宙線で生成する ^{7}Be と相関があると考えられる。

千葉市における 2019 年 2 月分から今回報告分までの ^{7}Be 降下量とトリチウム降下量の変動傾向は比較的一致しており、^{7}Be 降下量とトリチウムの降下量は良い相関を示した。

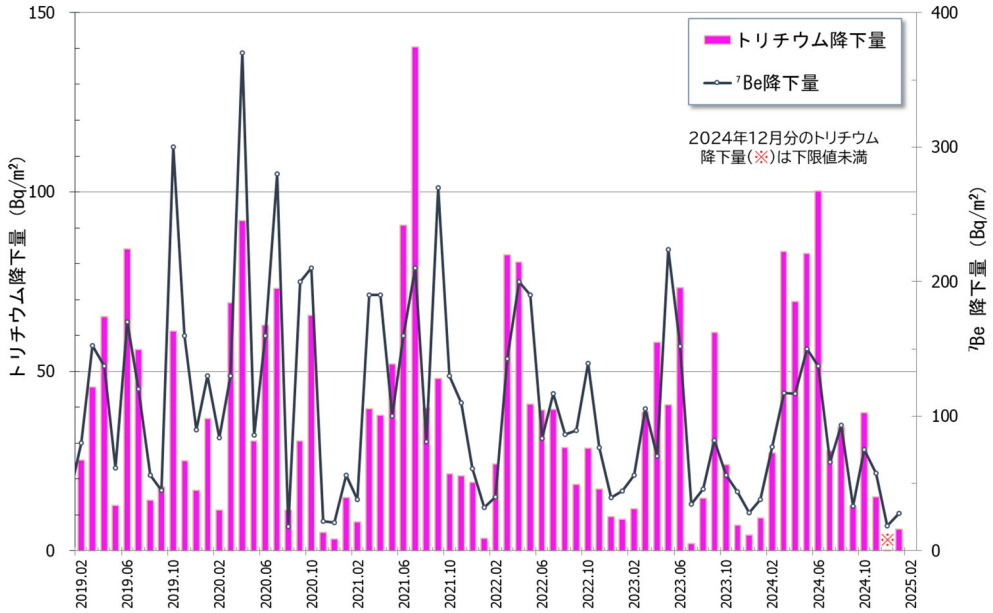
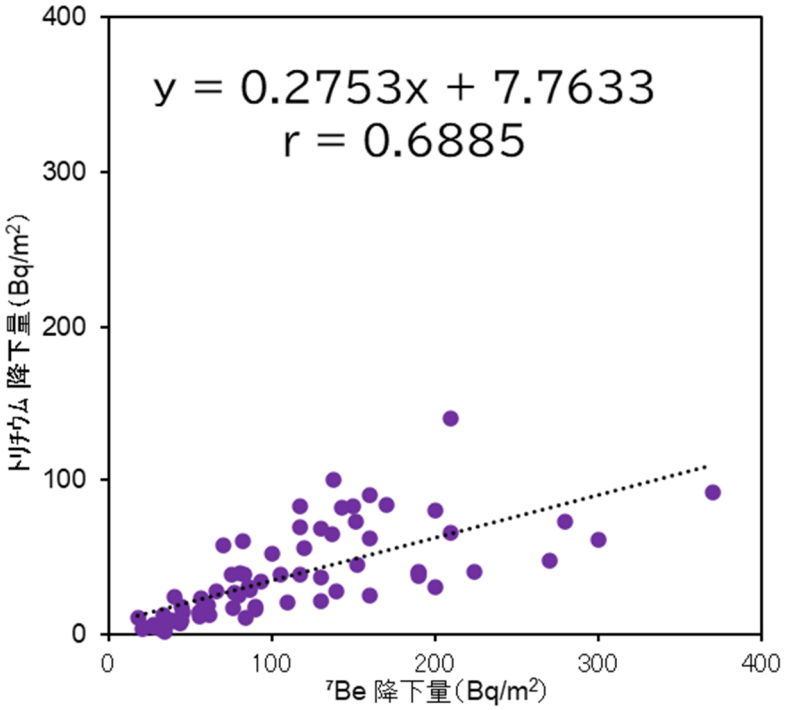


図 2-3-6　千葉市における降水中の ^{7}Be 及びトリチウム降下量の経時変化



注：トリチウム降下量が不検出のデータはプロットしていない。

図 2-3-7　千葉市における降水中の ^{7}Be とトリチウム降下量の相関

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、秋田県及び千葉県）において、海藻、野菜及び精米をそれぞれ1試料ずつ採取し、組織自由水トリチウム（Tissue Free Water Tritium: TFWT）及び非交換型有機結合型トリチウム（Non Exchangeable Organically Bound Tritium: NEOBT）について分析を行った。有機結合型トリチウムのうち、非交換型は交換型に比べると体内に摂取されてからの生物学的代謝速度が遅く、線量への寄与が大きいため、線量評価上で重要である。

採取した試料を凍結乾燥し、組織自由水と乾物（有機結合型トリチウム）に分けた。乾物を粉砕後によく混合し、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。なお、測定は最大3000分間行い、定量結果を得るための長時間測定を実施した。

(2) 結果と考察

2024年度に実施した調査結果を表2-3-3に示す。結果の詳細は参考資料2.分析結果に示す。

海藻、野菜及び精米中のトリチウム濃度の経年図を図2-3-8、図2-3-9及び図2-3-10に示す。

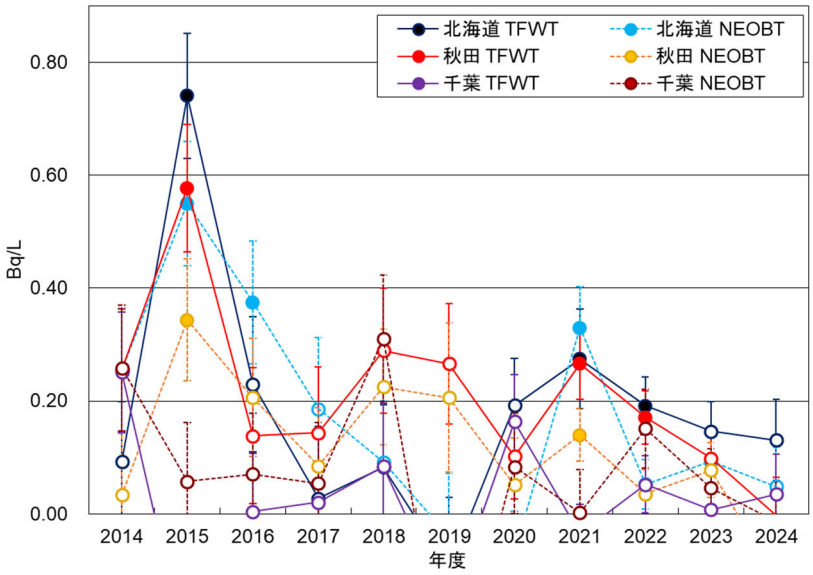
海藻のTFWTは全て不検出、野菜及び精米のTFWTはND ～ 0.59 Bq/Lであった。北海道の精米の値が過去5年の当該試料の濃度範囲（0.38～0.55 Bq/L）を超過した。ただし、過去5年の当該試料の結果範囲と本年度の値は計数誤差の範囲で一致しており、過去5年の調査結果と同程度であると考えられる。その他の試料中のトリチウムの値は過去5年の調査結果の範囲内もしくは不検出であった。

海藻のNEOBTは全て不検出、野菜及び精米のNEOBTはND ～ 0.15 Bq/Lであり、千葉県の精米の値が過去5年の当該試料の結果範囲（全て不検出）を超過した。本年度の値は計数誤差を考慮すると過去5年の検出下限値の範囲内の値であり、過去5年の調査結果と同程度であると考えられる。その他の試料は過去5年の調査結果の範囲内もしくは不検出であった。

表 2-3-3　生物試料中のトリチウム分析結果

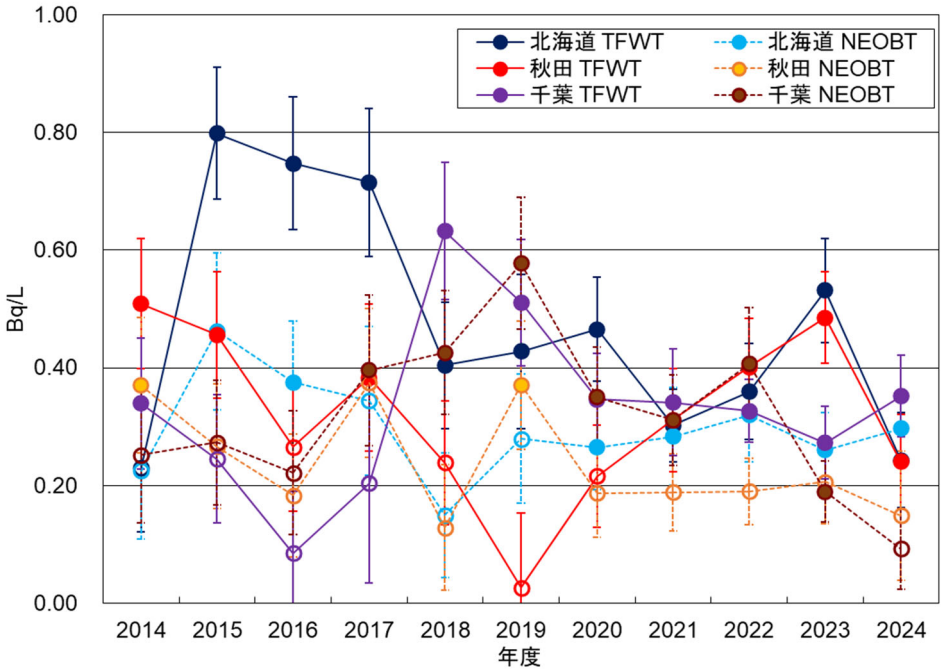
試料名	採取地点	TFWT	NEOBT	TFWT	NEOBT
		Bq/L		Bq/kg 生	
コンブ	北海道	＜ 0.3	＜ 0.3	＜ 0.2	＜ 0.02
アカモク	秋田	＜ 0.3	＜ 0.3	＜ 0.2	＜ 0.02
アラメ	千葉	＜ 0.3	＜ 0.3	＜ 0.2	＜ 0.03
キャベツ	北海道	0.24 ± 0.081	0.30 ± 0.054	0.23 ± 0.075	0.011 ± 0.0021
	秋田	0.24 ± 0.080	＜ 0.4	0.22 ± 0.074	＜ 0.02
	千葉	0.35 ± 0.070	＜ 0.3	0.33 ± 0.065	＜ 0.008
精米	北海道	0.59 ± 0.078	0.32 ± 0.077	0.072 ± 0.0095	0.15 ± 0.036
	秋田	＜ 0.3	＜ 0.3	＜ 0.03	＜ 0.2
	千葉	＜ 0.2	0.24 ± 0.062	＜ 0.02	0.12 ± 0.030

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



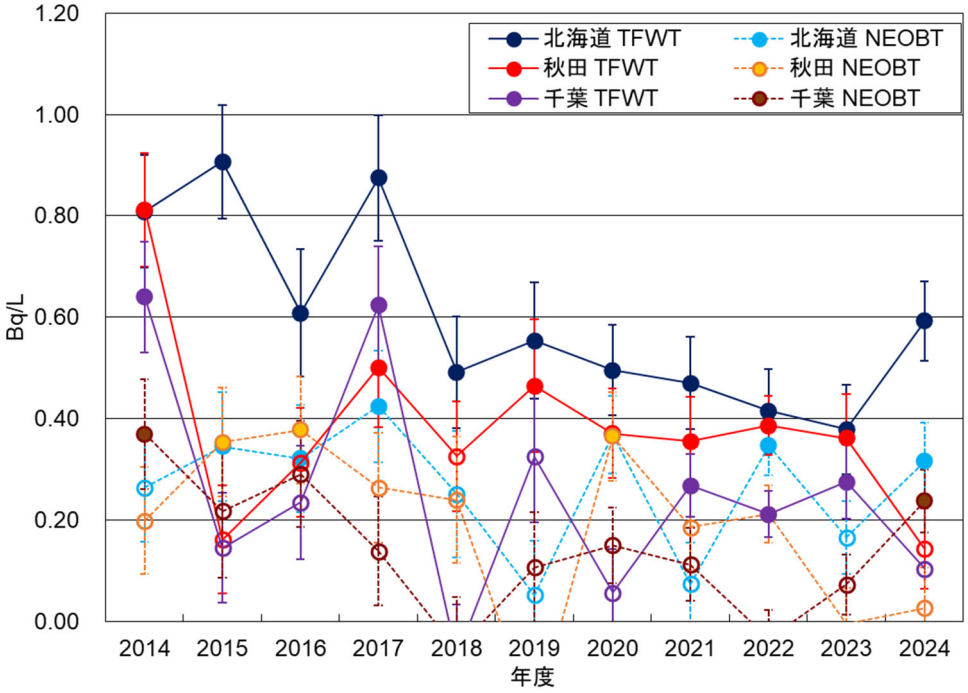
注：白抜きのプロットは不検出であることを示す。

図 2-3-8　生物試料中のトリチウム濃度（海藻）



注：白抜きのプロットは不検出であることを示す。

図 2-3-9　生物試料中のトリチウム濃度（野菜）



注：白抜きのプロットは不検出であることを示す。

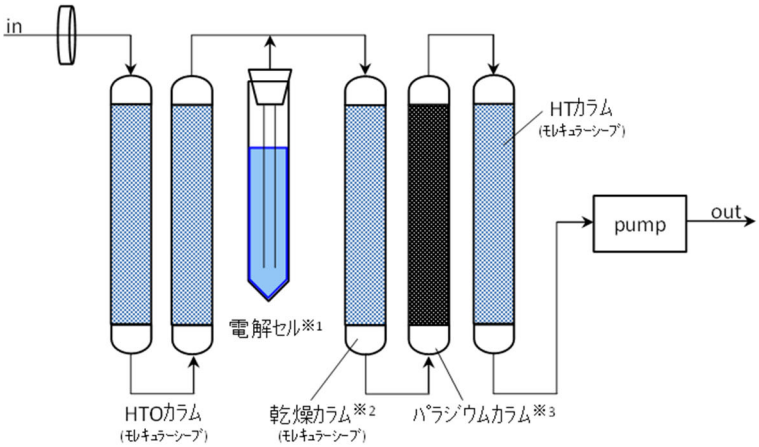
図 2-3-10　生物試料中のトリチウム濃度（精米）

2.3.3 大気中トリチウム分析

(1) 概要

千葉市において、大気中の水蒸気状トリチウム（HTO）及び水素ガス状トリチウム（HT）について分析を行った。

分析は、放射能測定法シリーズ 9「トリチウム分析法」（令和 5 年改訂）の「モレキュラーシーブを用いる方法」に準じて行った。大気中トリチウム採取装置（図 2-3-11 参照）を用いて、流量 1 L/分で 1 週間程度（もしくは流量 0.5 L/分で 2 週間程度）継続して HTO 及び HT（パラジウムカラムで HT から HTO に変換）を採取した後、HTO については HTO カラムを焼き出し、カラムに吸着した水分を回収した。また、HT については HT カラムとパラジウムカラムを焼き出し、カラムに吸着した水分を回収した。回収した水分に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。なお、測定は最大 3000 分間行い、定量結果を得るための長時間測定を実施した。



※1 無トリチウム水の電気分解により、H_2ガスをキャリアとして添加
※2 後段のHT捕集のため、湿分を除去して乾燥空気にする。
※3 パラジウム（酸化触媒）により、HT→HTOに変換

図 2-3-11　大気中トリチウム採取装置と概略図

(2) 結果と考察

2024 年 1 月から 2025 年 1 月における大気中の HTO 分析結果を表 2-3-4 に、大気中 HT 分析結果を表 2-3-5 に、単位体積当たりの HTO 濃度/HT 濃度比を表 2-3-6 に示す。結果の詳細は参考資料 2. 分析結果に示す。

HTO 濃度及び平均絶対湿度の経年変化を図 2-3-12 に、HT 濃度の経年変化を図 2-3-13 に示す。

大気水蒸気当たりの HTO 濃度範囲は ND ～ 0.66 Bq/L であり、単位体積当たりの HTO 濃度範囲は ND ～ 4.9 mBq/m^3 と過去 5 年間における国内の大気中 HTO 濃

度の範囲内（表 2-3-7 参照）であった。

大気水蒸気当たりの HT 濃度範囲は 0.38 ～ 1.6 Bq/L であり、単位体積当たりの HT 濃度範囲は 2.1 ～ 9.4 mBq/m^3 であった。

単位体積当たりの HTO 濃度/HT 濃度比は 0.15 ～ 1.6 であった。なお、単位体積当たりの HTO 濃度は、大気中の水蒸気量(湿度)に連動し夏季に高くなる季節変動を示しており、単位体積当たりの HTO 濃度/HT 濃度比についても夏季に大きくなる傾向を示した。今後もデータを蓄積して傾向等を注視していく。

表 2-3-4　大気中の HTO 分析結果

採取期間	HTO 濃度 (Bq/L)	HTO 濃度 (mBq/m^3)
2021/10/12 - 2024/01/30*1	ND - 1.5	ND - 8.7
2024/01/30 - 2025/01/28*2	ND - 0.66	ND - 4.9

注）有効数字 2 桁で表示
*1：調査開始～前年度までの報告分
*2：今年度報告分

表 2-3-5　大気中の HT 分析結果

採取期間	HT 濃度 (Bq/L)	HT 濃度 (mBq/m^3)
2021/10/12 - 2024/01/30*1	0.33 - 1.6	1.9 - 11
2024/01/30 - 2025/01/28*2	0.38 - 1.6	2.1 - 9.4

注）有効数字 2 桁で表示
*1：調査開始～前年度までの報告分
*2：今年度報告分

表 2-3-6　単位体積当たりの HTO 濃度/HT 濃度比

採取期間	HTO 濃度/HT 濃度比
2021/10/12 - 2024/01/30*1	0.18±0.070 - 1.7±0.51
2024/01/30 - 2025/01/28*2	0.15±0.051 - 1.6±0.60

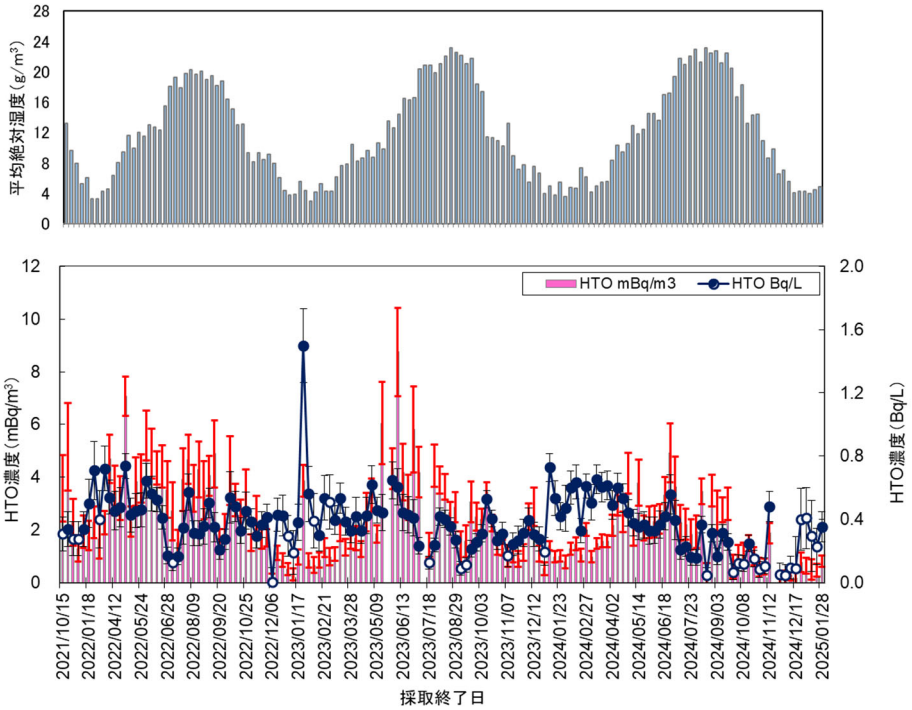
注）有効数字 2 桁で表示
*1：調査開始～前年度までの報告分
*2：今年度報告分

表 2-3-7　2019 年 4 月-2024 年 3 月における国内の大気中トリチウム濃度*

(mBq/m^3)

採取地点	青森県 青森市、横浜町 六ケ所村	福島県 福島市、大熊町、双葉町 楢葉町、富岡町	新潟県 新潟市 刈羽村	静岡県 御前崎市 静岡市	島根県 松江市
濃度範囲	ND	ND － 70	ND － 15	ND － 15	ND － 10

＊環境放射線データベース（https://www.kankyo-hoshano.go.jp/data/database/）から調査結果を抽出



注：白抜きのプロットは不検出であることを示す。

図 2-3-12　大気中 HTO 濃度及び平均絶対湿度

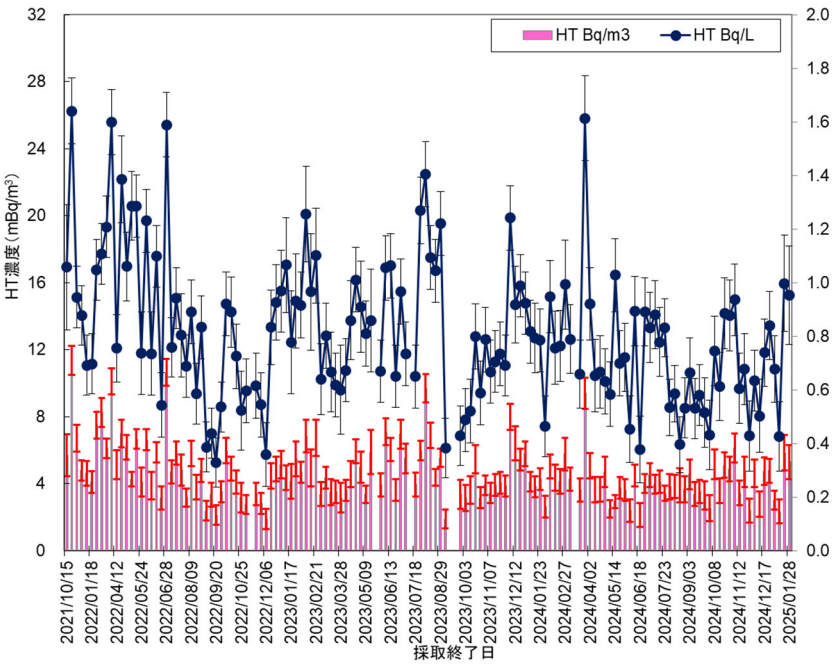


図 2-3-13　大気中 HT 濃度

2.3.4 海水試料中のトリチウム分析

(1) 概要

国内 15 地点(北海道、青森県（2 ヶ所)、岩手県、福島県、新潟県、茨城県、千葉県、神奈川県、愛知県、大阪府、山口県、福岡県、鹿児島県及び沖縄県)（図 2-3-14 参照）において、道府県の自治体が採取した海水について、トリチウム分析を行った。

分析は、放射能測定法シリーズ 9「トリチウム分析法」（令和 5 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。なお、測定は最大 2000 分間行い、定量結果を得るための長時間測定を実施した。

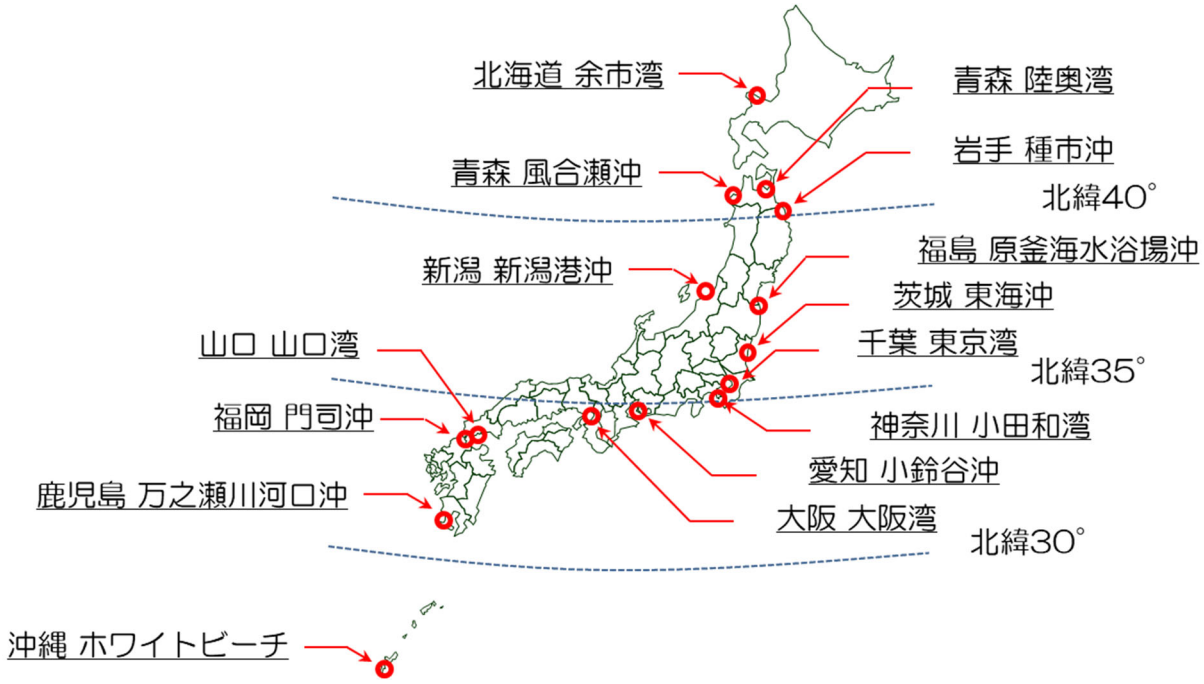


図 2-3-14　海水の採取地点

(2) 結果と考察

2024 年度に実施した結果を表 2-3-8 に示す。結果の詳細は参考資料 2.分析結果に示す。海水試料中のトリチウム濃度は、ND ～ 0.23 Bq/L であり、過去 5 年間における国内の海水中トリチウム濃度の範囲内（表 2-3-9 参照）であった。なお、大阪府にて採取された海水のトリチウム濃度が他の地点よりもやや高い。大阪府は、採取記録表に記録された緯度経度から複数の河川が流れ込んでいる大阪湾の出口付近で採取されていることが分かっており、実用塩分 (Practical Salinity Unit: psu)が低いことからも河川水の影響を大きく受けていることが示唆される。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。

表 2-3-8　海水中のトリチウム分析結果

採取地点		採取日	トリチウム濃度 Bq/L	実用塩分 (psu)
北海道	43° 13’ 19” 140° 46’ 55”	2024/8/6	0.099 ± 0.021	34.0
青森県 陸奥湾	40° 57’ 15” 140° 59’ 41”	2024/8/1	0.11 ± 0.021	32.0
青森県 風合瀬沖	40° 44’ 26” 139° 59’ 48”	2024/8/9	0.086 ± 0.021	31.6
岩手県	40° 24’ 35” 141° 44’ 47”	2024/7/10	0.077 ± 0.020	33.1
福島県	37° 50’ 0” 140° 58’ 4”	2024/9/10	0.091 ± 0.021	32.0
新潟県	37° 58’ 41” 139° 3’ 48”	2024/7/19	0.11 ± 0.021	29.7
茨城県	36° 28’ 4” 140° 38’ 29”	2024/7/5	0.043 ± 0.010	33.8
千葉県	35° 29’ 53” 139° 59’ 08”	2024/7/12	0.13 ± 0.020	28.5
神奈川県	35° 12’ 45” 139° 37’ 10”	2024/7/30	0.091 ± 0.021	32.2
愛知県	34° 50’ 12” 136° 51’ 13”	2024/11/11	0.063 ± 0.013	29.6
大阪府	34° 38’ 42” 135° 24’ 00”	2024/7/25	0.23 ± 0.022	10.7*
山口県	33° 59’ 10” 131° 23’ 37”	2024/8/9	0.11 ± 0.021	32.0
福岡県	33° 56’ 58” 130° 57’ 57”	2024/8/1	0.11 ± 0.020	27.8
鹿児島県	31° 26’ 682” 130° 16’ 868”	2024/8/22	0.16 ± 0.022	32.9
沖縄県	26° 17’ 28” 127° 54’ 26”	2024/8/5	<0.05	35.0

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

表 2-3-9　2019 年 4 月-2024 年 3 月における国内の海水中トリチウム濃度*

都道府県	トリチウム 放射能濃度 (Bq/L)
北海道	ND ～ 0.16
青森県	ND ～ 0.25
宮城県	ND ～ 0.10
福島県	ND ～ 0.38
茨城県	ND ～ 0.081
新潟県	0.075 ～ 0.13
石川県	ND ～ 0.10
福井県	ND ～ 0.15
静岡県	ND ～ 0.067
島根県	ND ～ 0.098
愛媛県	0.093 ～ 0.18
佐賀県	ND ～ 0.11
鹿児島県	ND ～ 0.10

＊環境放射線データベース（https://www.kankyo-hoshano.go.jp/data/database/）から
海洋環境放射能総合評価事業の調査結果を抽出。

2.4 ストロンチウム 90 分析

(1) 概要

2023 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、2024 年度に分析した環境試料(2024 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。なお、分析センターの大気浮遊じんは大容量エアサンプラ（SNOW WHITE（スノーホワイト））により採取を行った試料である。

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※1

2）分析方法

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 分析結果の平均値※2 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、試料別に今年度の調査結果及び 2016 年度以降の調査結果について平均値を算出し、図 2-4-1 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

^{90}Sr：　<0.0037　（ ND　　）mBq/m^3　　n＝188

分析センターで月 1 回採取した試料

^{90}Sr：　0.000073　（ ND　～　0.000096 ）mBq/m^3　　n＝ 12

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：　<0.064　（ ND　　）MBq/km^2　　n＝576

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：　0.68　（ ND　～　1.6　）mBq/L　　n＝ 57

淡　水

^{90}Sr：　1.1　（ ND　～　3.1　）mBq/L　　n＝ 10

※1 福島県は、2023 年度の海産生物（魚類）を採取していない。

※2 ^{90}Sr 分析結果が ND（不検出）の場合、検出下限値を用いて算出した。なお、全て ND の場合は検出下限値の最大値を示した。

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：	28	(ND	～	120	)	MBq/km^2	n＝ 49
	0.94	(ND	～	7.1	)	Bq/kg 乾土	

5 ～20 cm

^{90}Sr：	75	(ND	～	390	)	MBq/km^2	n＝ 49
	0.75	(ND	～	3.4	)	Bq/kg 乾土	

5) 精　　米

自治体で年 1 回採取した試料

^{90}Sr：	<0.027	(ND			)	Bq/kg 生	n＝ 31
	<0.73	(ND			)	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：	0.034	(ND	～	0.15	)	Bq/kg 生	n＝ 40
	0.17	(ND	～	0.73	)	Bq/gCa	

葉菜類（主にホウレンソウ）

^{90}Sr：	0.035	(ND	～	0.11	)	Bq/kg 生	n＝ 40
	0.057	(ND	～	0.16	)	Bq/gCa	

7) 茶

自治体で年 1～2 回採取した試料

^{90}Sr：	0.12	(ND	～	0.23	)	Bq/kg	n＝ 20
	0.057	(ND	～	0.17	)	Bq/gCa	

8) 牛乳（原乳）

自治体で年 1～3 回採取した試料

^{90}Sr：	<0.024	(ND			)	Bq/L	n＝ 38
	<0.023	(ND			)	Bq/gCa	

9) 粉　　乳

分析センターが年 2 回購入した試料

^{90}Sr：	0.057	(ND	～	0.17	)	Bq/kg 粉乳	n＝ 12
	0.0069	(ND	～	0.014	)	Bq/gCa	

10) 淡水産生物

自治体で年 1 回採取した試料

^{90}Sr：	0.041	(ND	～	0.14	)	Bq/kg 生	n＝ 8
	0.063	(ND	～	0.033	)	Bq/gCa	

11) 海　　水

自治体で年 1～2 回採取した試料

^{90}Sr：	0.75	(0.56	～	0.95	)	mBq/L	n＝ 15

12) 海　底　土

自治体で年 1～2 回採取した試料

^{90}Sr：	<0.24	(ND			)	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：	<0.030	(ND			) Bq/kg 生	n＝ 22
	<0.41	(ND			) Bq/gCa	

貝　類

^{90}Sr：	<0.027	(ND			) Bq/kg 生	n＝ 12
	<0.080	(ND			) Bq/gCa	

藻　類

^{90}Sr：	0.025	(ND	～	0.043	) Bq/kg 生	n＝ 12
	0.026	(ND	～	0.022	) Bq/gCa	

2023 年度採取分における各種試料中の ^{90}Sr 分析結果は、過去 5 年間(2018 年度から 2022 年度まで)の調査結果とほぼ同程度であった。過去 5 年間の最大値を超過した試料を下表に示す。一部の試料については比較的高い傾向がみられるが、周辺環境の変化等に起因し、いずれもフォールアウト起源によるものであり、長期間にわたる増加傾向はみられなかった。そのほかの試料についても過去 5 年間の最大値を超えたものの、採取場所の偏在や測定のばらつきを考慮すれば過去 5 年間の結果と差はなかった。また 2018 年度から 2022 年度までの本調査における全国の調査結果と比較しても特に差はなかった。

県名	試料	^{90}Sr 濃度	過去 5 年間の ^{90}Sr 変動の範囲	全国の過去 5 年間の ^{90}Sr 変動の範囲	単位
秋田県	陸水(淡水)	3.1±0.16	1.4～2.0	ND～2.3	mBq/L
秋田県	土壌(0-5cm)	4.5±0.25	3.1～3.3	ND～10	Bq/kg 乾土
秋田県	土壌(5-20cm)	3.4±0.22	1.5～2.5	ND～5.9	Bq/kg 乾土
群馬県	土壌(5-20cm)	1.1±0.13	0.33～0.51		Bq/kg 乾土
福井県	土壌(5-20cm)	0.48±0.094	ND～0.33		Bq/kg 乾土
秋田県	ダイコン	0.15±0.016	0.053～0.093	ND～0.37 (根菜類)	Bq/kg 生
三重県	ダイコン	0.056±0.010	0.033～0.047		Bq/kg 生
岩手県	ハクサイ	0.068±0.011	0.035～0.051	ND～0.12 (葉菜類)	Bq/kg 生
高知県	ホウレンソウ	0.073±0.011	0.033～0.051		Bq/kg 生
鹿児島県	ホウレンソウ	0.027±0.0080	ND～0.021		Bq/kg 生
熊本県	茶	0.23±0.033	ND～0.089	ND～1.3	Bq/kg 乾物

2024 年度採取試料のうち、2024 年度中に分析を行った各種試料中の ^{90}Sr 分析結果は、過去 5 年間(2019 年度から 2023 年度まで)の調査結果とほぼ同程度であった。過去 5 年間の最大値を超過した試料を下表に示す。これらの試料については過去 5 年間の最大値を超えたものの、採取場所の偏在や測定のばらつきを考慮すれば過去 5 年間の結果と差はなかった。

県名	試料	^{90}Sr 濃度	過去 5 年間の ^{90}Sr 変動の範囲	全国の過去 5 年間の ^{90}Sr 変動の範囲	単位
秋田県	陸水(蛇口水)	1.3±0.12	0.95～1.2	ND～1.8	mBq/L
岩手県	陸水(蛇口水)	0.57±0.10	0.33～0.54		mBq/L
石川県	陸水(蛇口水)	1.0±0.13	0.73～0.85		mBq/L
静岡県	土壌(0-5cm)	1.2±0.14	0.50～0.81	ND～10	Bq/kg 乾土
静岡県	土壌(5-20cm)	0.78±0.12	0.31～0.63	ND～4.7	Bq/kg 乾土
神奈川県	海水	0.95±0.16	ND～0.86	ND～1.1	mBq/L
山口県	海水	0.86±0.17	ND～0.82		mBq/L

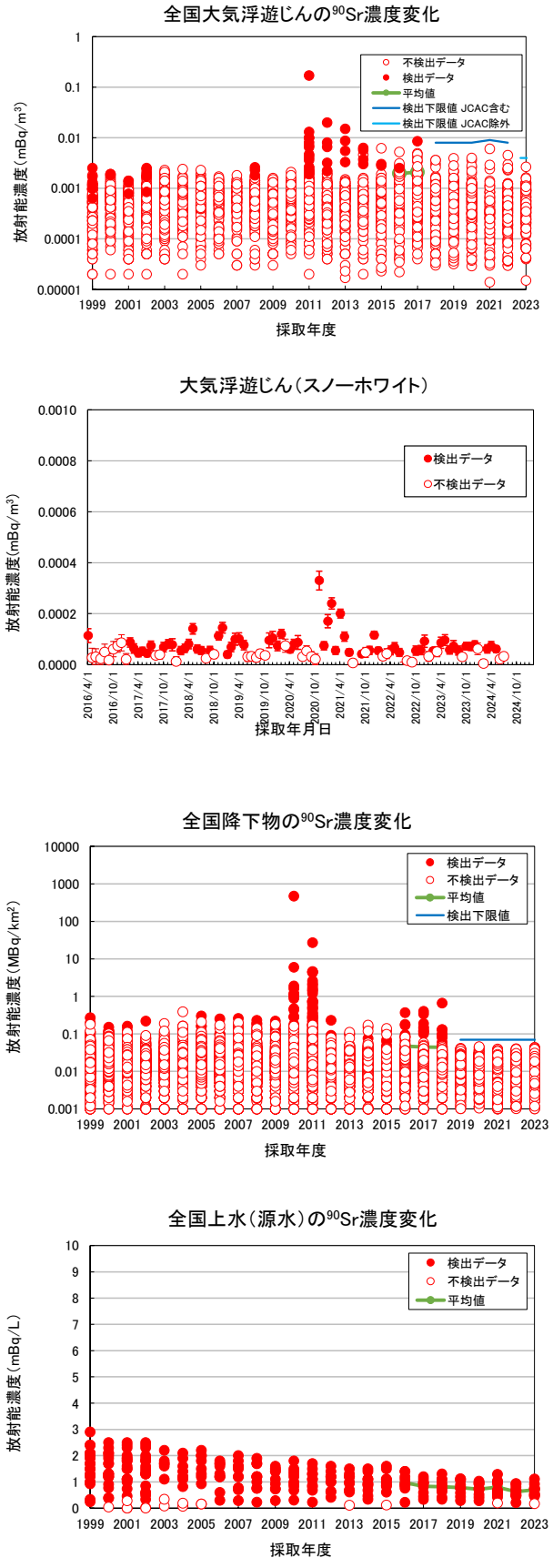
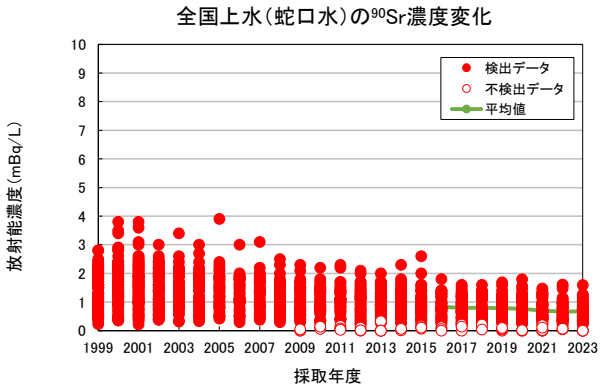
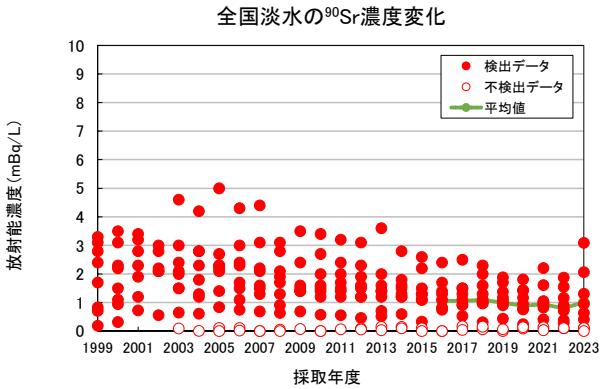
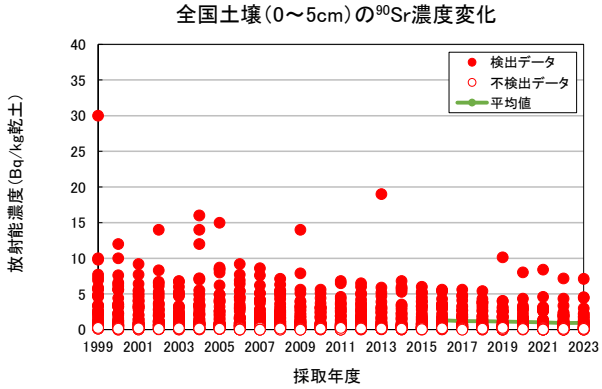


図 2-4-1　各種環境試料の ^{90}Sr 濃度の調査結果







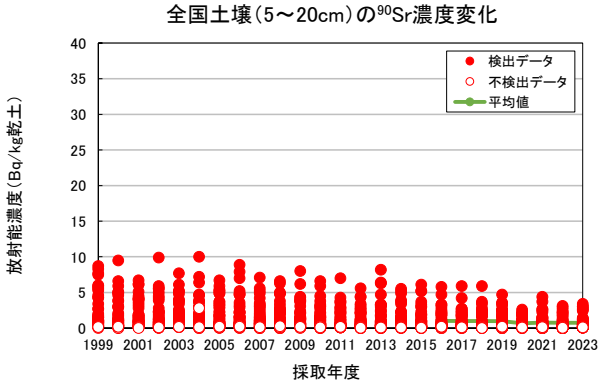
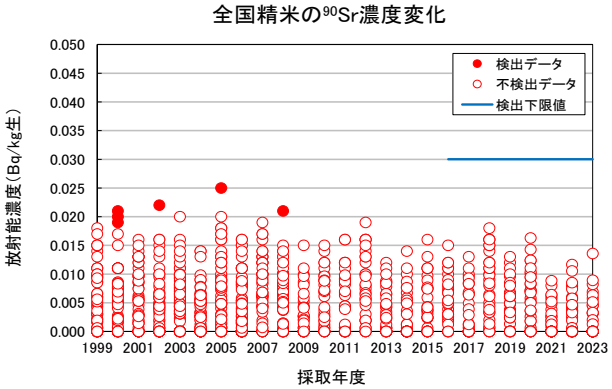
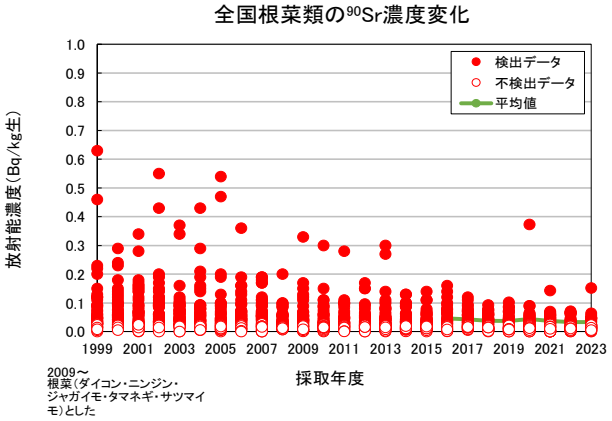
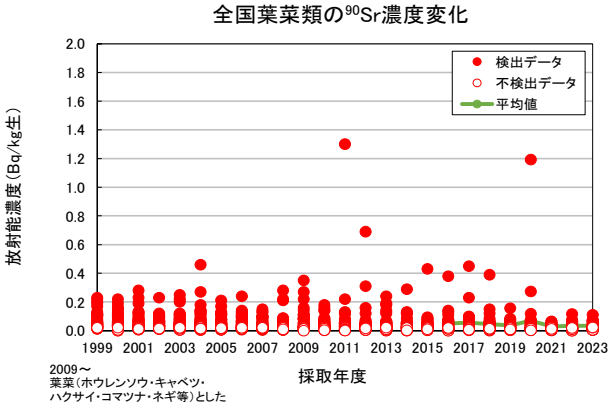


図 2-4-1　各種環境試料の ^{90}Sr 濃度の調査結果（つづき）







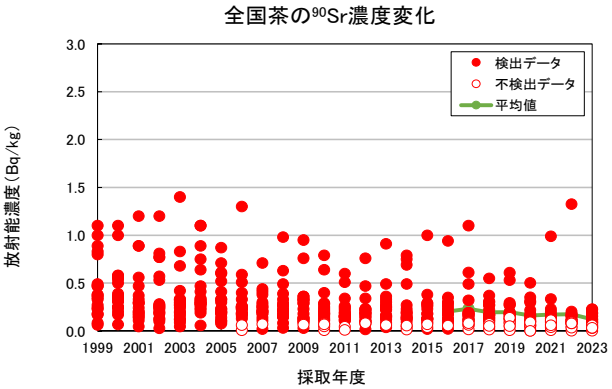
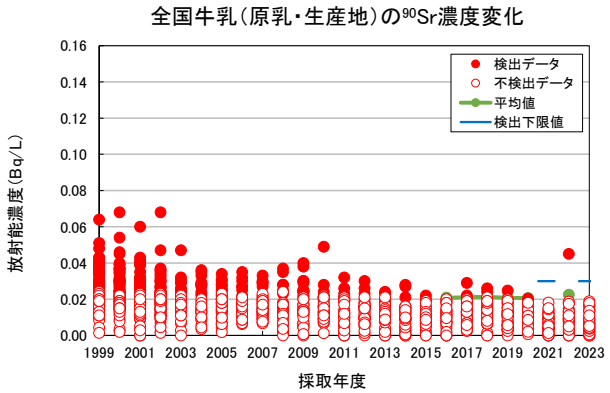
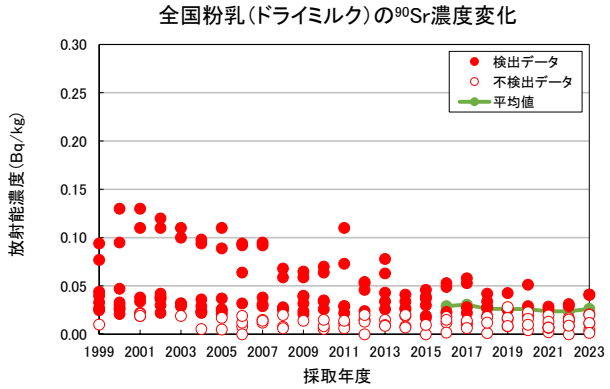
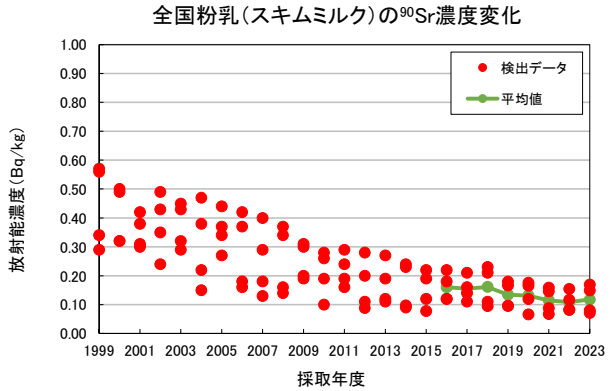


図 2-4-1　各種環境試料の ^{90}Sr 濃度の調査結果（つづき）







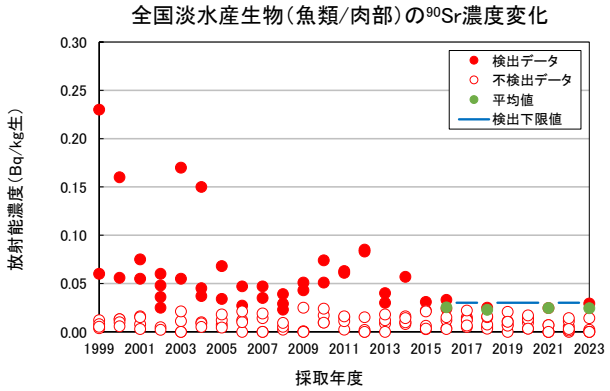
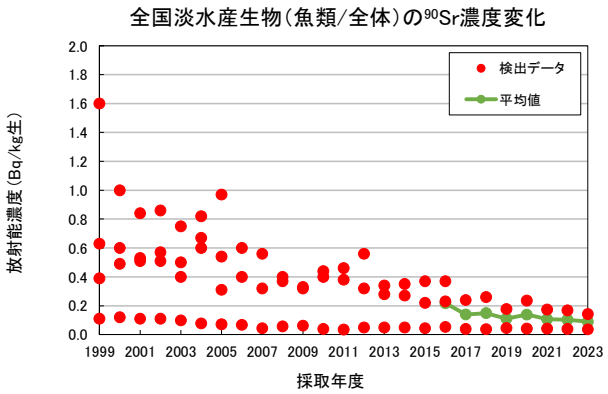
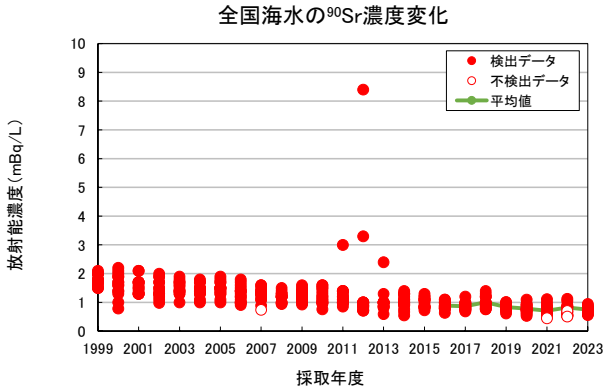
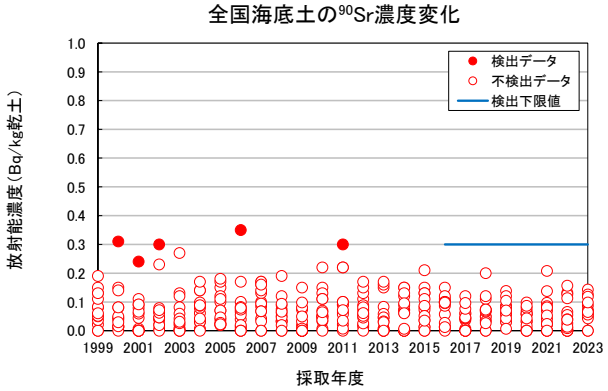


図 2-4-1　各種環境試料の ^{90}Sr 濃度の調査結果（つづき）







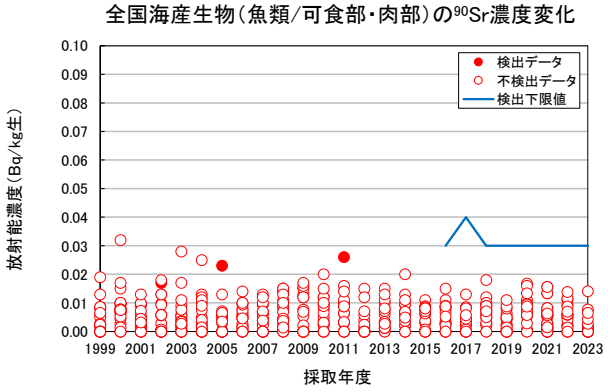
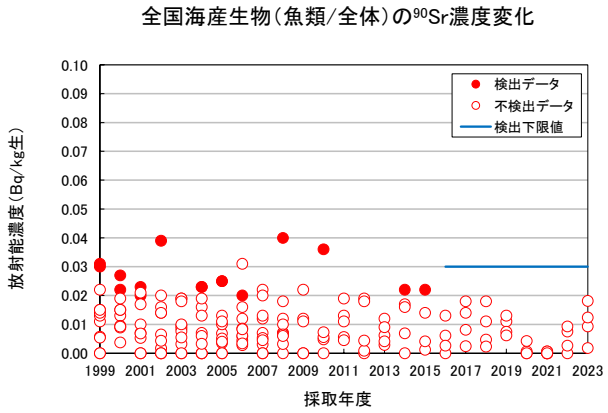
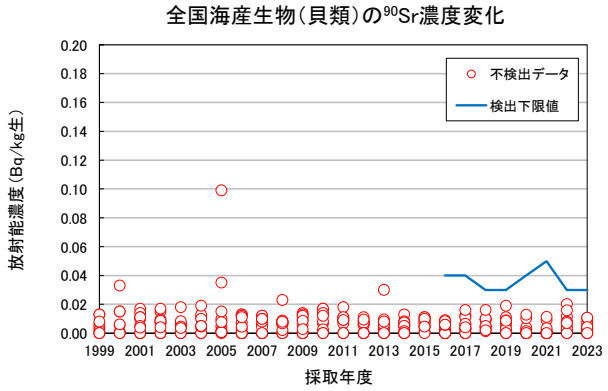


図 2-4-1　各種環境試料の ^{90}Sr 濃度の調査結果（つづき）





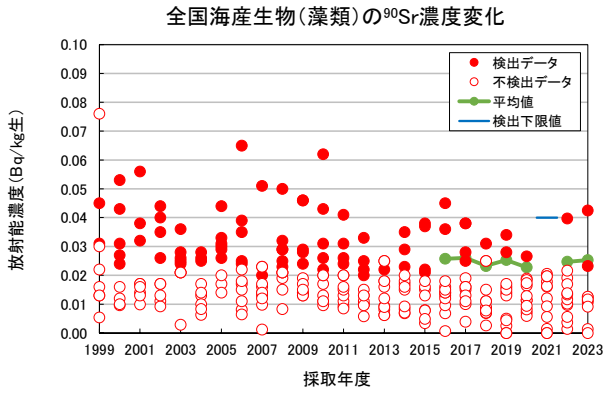


図 2-4-1　各種環境試料の ^{90}Sr 濃度の調査結果（つづき）

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

2023 年度に自治体が採取し、乾燥細土とした後に分析センターが送付を受けた、各自治体 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、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、アルファ線スペクトロメトリーによる ^{238}Pu 及び $^{239+240}$Pu の分析、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 の分析を行った。また、プルトニウム（$^{239+240}$Pu）濃度が高い 15 試料について、アルファ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、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、ベータ線の最大エネルギーが ^{241}Pu と近い ^{3}H を効率校正に使用した。

(2) 結果と考察

1) ^{238}Pu、$^{239+240}$Pu の分析結果

土壌中の ^{238}Pu、$^{239+240}$Pu の分析結果（平均値、最小値及び最大値）を、過去 5 年間（2018 年度から 2022 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）　　単位：Bq/kg 乾土

核種	採取深さ (cm)	平均値、検出数 最小値、最大値	2023 年度 採取分(n=49)	過去 5 年間の 調査結果(n=245)
^{238}Pu	0～5	平均値　(検出数) 最小値～最大値	0.035 (7) ND～0.074	0.029 (52) ND～0.072
	5～20	平均値　(検出数) 最小値～最大値	0.015 (6) ND～0.021	0.015 (32) ND～0.032
$^{239+240}$Pu	0～5	平均値　(検出数) 最小値～最大値	0.30 (45) ND～3.2	0.36 (229) ND～2.9
	5～20	平均値　(検出数) 最小値～最大値	0.16 (41) ND～1.0	0.19 (220) ND～1.1

※ 平均値は、検出した分析結果のみを使用して算出した。

※ ^{238}Pu 及び $^{239+240}$Pu の値は減衰補正を行っていない。

2023 年度における各地点の採取深度 0～5 cm の ^{238}Pu 濃度は ND（検出されず）～0.074 Bq/kg 乾土(検出データ数:7)、$^{239+240}$Pu 濃度は ND～3.2 Bq/kg 乾土(検

出データ数:45)であった。採取深度 5～20 cm の ^{238}Pu 濃度は ND～0.021 Bq/kg 乾土(検出データ数:6)、$^{239+240}$Pu 濃度は ND～1.0 Bq/kg 乾土(検出データ数:41)の範囲であり、いずれも過去 5 年間の調査結果と同程度であった。

採取地点毎の $^{239+240}$Pu 濃度及び ^{238}Pu 濃度をそれぞれ図 2-5-1、図 2-5-2 に示す。さらに、プルトニウム同位体の放射能比（^{238}Pu/$^{239+240}$Pu）を図 2-5-3 に示す。例年同様、数地点（長野県、大分県など）の $^{239+240}$Pu 濃度が他の地点と比べるとやや高い値を示したが、これらの試料は過去の調査結果と同じ傾向である。また、プルトニウム同位体の放射能比（^{238}Pu/$^{239+240}$Pu）は 0.023 であった。UNSCEAR1982 レポートによる北半球におけるグローバルフォールアウトのプルトニウム同位体比 0.018（2023 年時点）と比較すると本調査はやや高い結果であった。一方、本調査の過去 5 年間の範囲は 0.020～0.026（減衰補正を行っていない）であり、本年度はその範囲内であった。

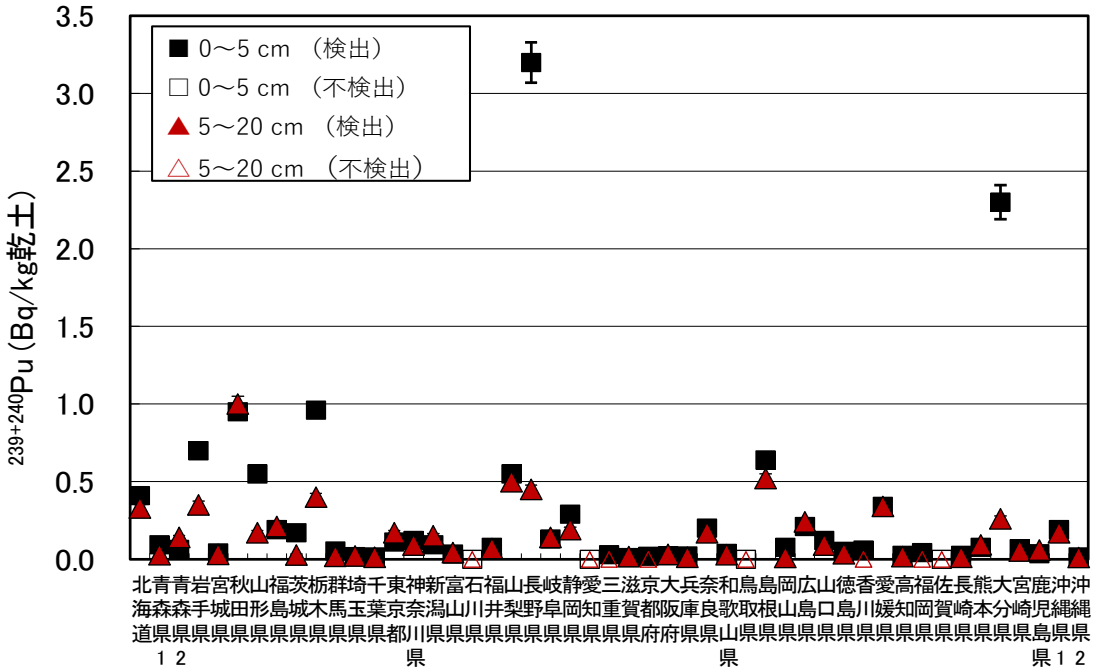


図 2-5-1　土壌中の $^{239+240}$Pu 濃度（2023 年度採取分）

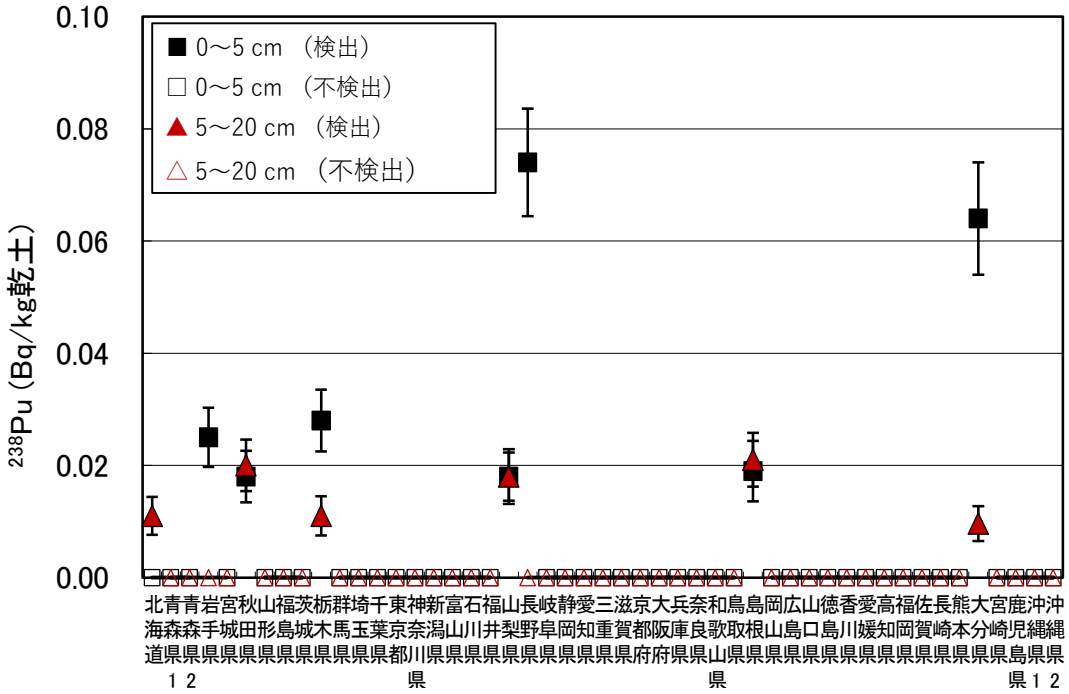


図 2-5-2　土壌中の ^{238}Pu 濃度（2023 年度採取分）

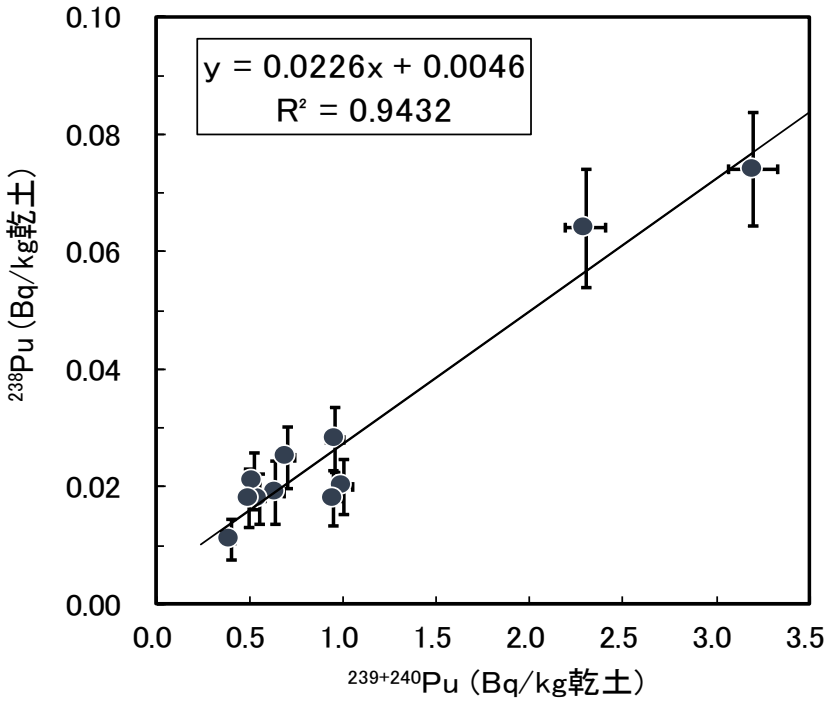


図 2-5-3　土壌中の ^{238}Pu と $^{239+240}$Pu 放射能比

土壌中の $^{239+240}$Pu 蓄積量を表 2-5-2 に示す。2023 年度における $^{239+240}$Pu の蓄積量は ND～ 140 MBq/km ^{2}（平均値 23 MBq/km ^{2}）であり、いずれも過去 5 年間の調査結果の範囲内であった。なお、UNSCEAR2000 レポートによれば、北半球（北緯 20～50 度）の $^{239+240}$Pu 降下量はおよそ 30～60 MBq/km ^{2} である。

表 2-5-2　過去の調査結果との比較（蓄積量）　　単位：MBq/km^2

核種名	深さ（cm）	項目	2023 年度採取分（n=49）	過去 5 年間の調査結果（n=245）
$^{239+240}$Pu	0～20	平均値（検出数） 最小値～最大値	23（45） ND～140	27（234） ND～150

※ 平均値は、表層または下層の両方またはいずれかが検出した分析結果から算出した。

2）$^{239+240}$Pu、^{137}Cs の放射能比について

$^{239+240}$Pu と ^{137}Cs の放射能比を図 2-5-4 に示す。なお、グローバルフォールアウト由来のプルトニウム及びセシウムを比較するため、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 が検出されたことがある自治体の土壌を除いた。プルトニウムとセシウム放射能比（$^{239+240}$Pu/^{137}Cs）は 0.065（n=31）であった。相関から上側に外れた 1 地点（大分県表層（0～5cm）土壌）を除いた $^{239+240}$Pu/^{137}Cs 放射能比は 0.041（n=30）であった。

また、蓄積量における土壌中の $^{239+240}$Pu/^{137}Cs 比を図 2-5-5 に示す。蓄積量における表層（0～5cm）土壌中の $^{239+240}$Pu/^{137}Cs 比についても、同様に差が見られた。なお、大分県の表層（0～5cm）土壌が他の地点の相関から外れる傾向は過去 5 年間と同様であった。

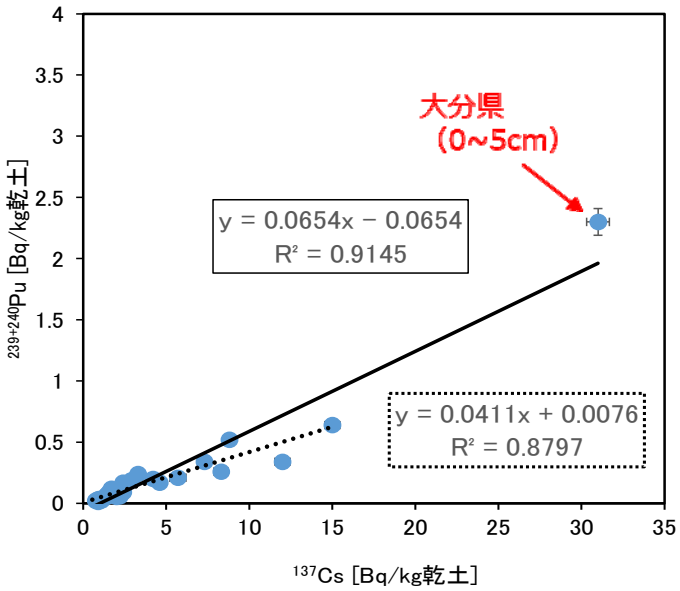


図 2-5-4　土壌中の $^{239+240}$Pu と ^{137}Cs の放射能比

※ 実線は全ての地点の回帰曲線であり、点線は大分県表層（0～5cm）の土壌を除いた場合の回帰曲線である。

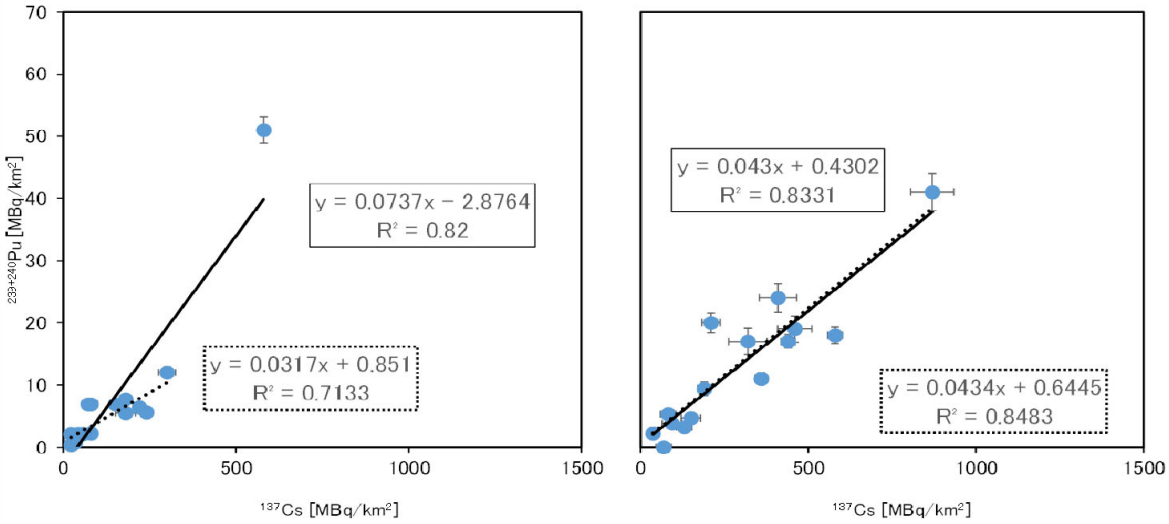


図 2-5-5　蓄積量における土壌中の $^{239+240}$Pu と ^{137}Cs の比

左：0-5cm、右：5-20cm

※ 実線は全ての地点の回帰曲線であり、点線は大分県の土壌を除いた場合の回帰曲線である。

3) ^{239}Pu、^{240}Pu、^{241}Pu の分析結果

全地点における ^{239}Pu と ^{240}Pu の原子数比を図 2-5-6 に示す。^{239}Pu と ^{240}Pu の原子数比（^{240}Pu/^{239}Pu）は 0.18 であり、文献値[*1] 0.180±0.014 と同程度であった。

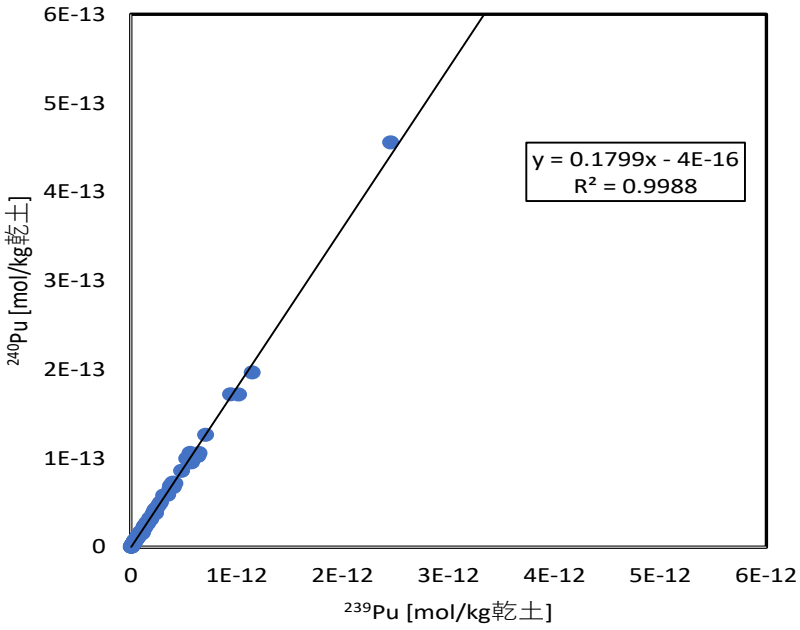


図 2-5-6　土壌中の ^{239}Pu と ^{240}Pu の原子数比

採取地点ごとの ^{239}Pu と ^{240}Pu の原子数比を図 2-5-7 に示す。殆どの地点において文献値[*1] 0.180±0.014 の範囲内であった。しかし、和歌山県、熊本県、鹿児島県及び沖縄県（うるま市）のそれぞれの両層の土壌においては、文献値から外れた結果となった。図 2-5-8 にそれらの地点における 2018 年度採取分以降の推移を示す。今回の分析結果は、過去の結果と同程度であった。以上から、和歌山県、熊本県、鹿児島県及び沖縄県（うるま市）のそれぞれの両層における ^{239}Pu と ^{240}Pu の原子数比は、それぞれの採取地点の特徴を含んでいると考えられる。

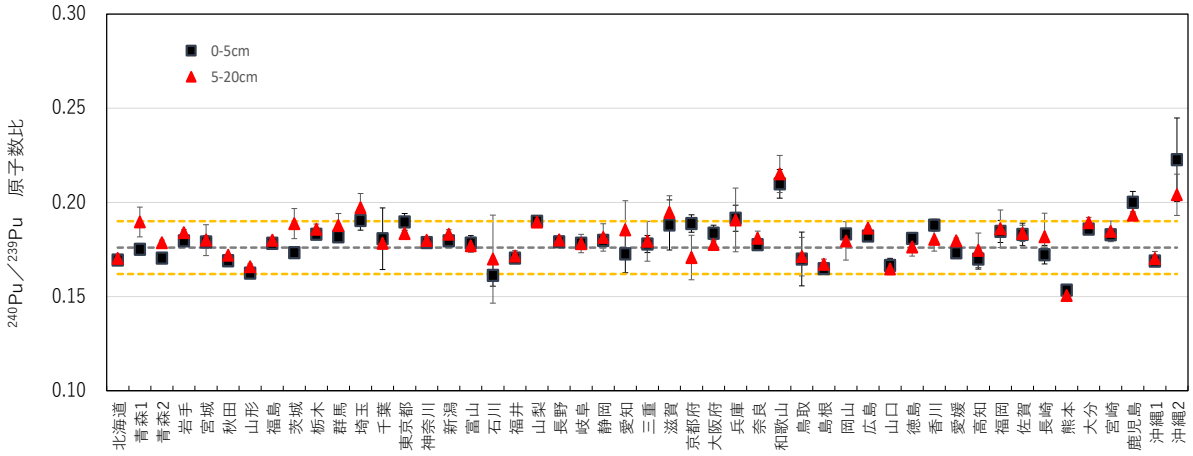


図 2-5-7　採取地点ごとの土壌中 ^{239}Pu と ^{240}Pu の原子数比

※ 黒実線及び黄点線はそれぞれ文献値の値と範囲を表している。

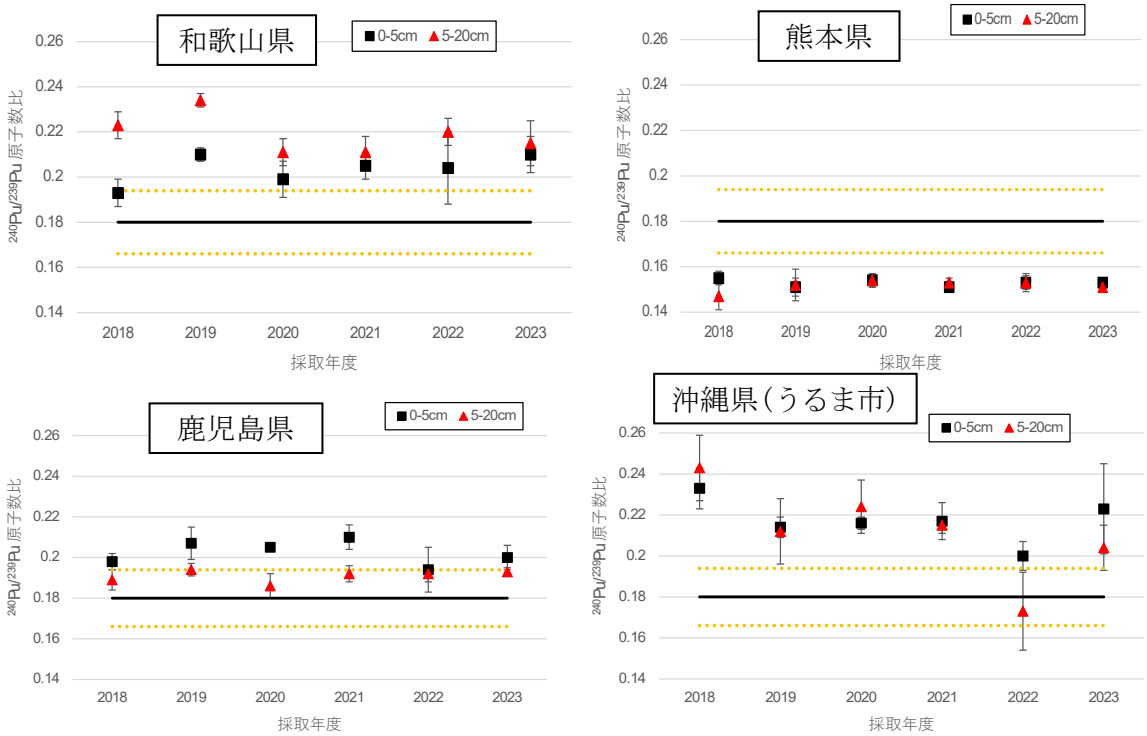


図 2-5-8　採取地点ごとの土壌中 ^{239}Pu と ^{240}Pu の原子数比の経年変化

※ 黒実線及び黄点線はそれぞれ文献値の値と範囲を表している。

^{241}Pu と ^{239}Pu の原子数比を図 2-5-9 に示す。^{241}Pu と ^{239}Pu の原子数比（^{241}Pu/^{239}Pu）は 0.0021 であり、文献値[*1] 0.00188 と同程度であった。

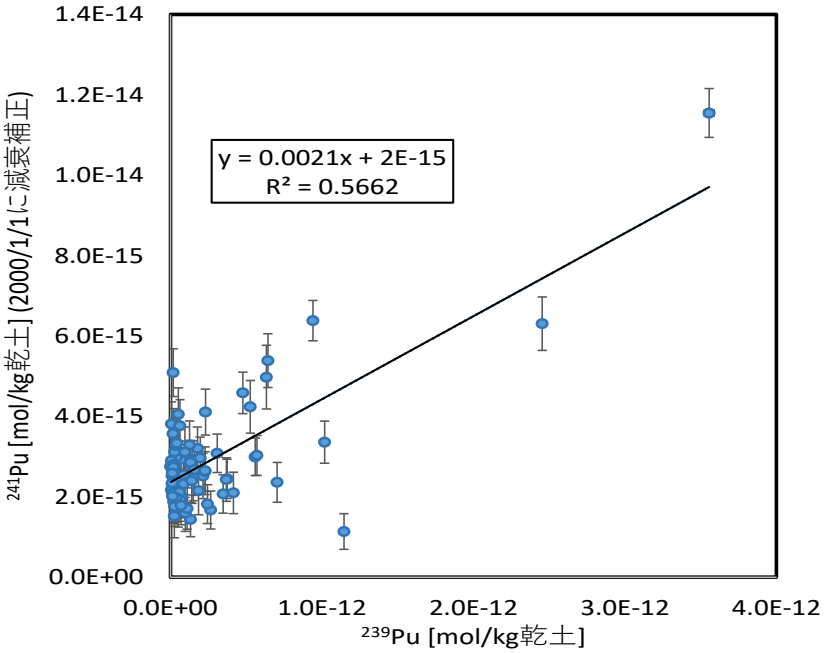


図 2-5-9　土壌中の ^{241}Pu と ^{239}Pu の原子数比

※ ^{241}Pu の放射能濃度は 2000 年 1 月 1 日に減衰補正した値である。

4) ^{241}Am の分析結果

2023 年度採取分の分析結果のうち、プルトニウム（$^{239+240}$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（$^{239+240}$Pu）濃度が高い 15 試料

No.	県名	深度（cm）	採取年月日	$^{239+240}$Pu 濃度（Bq/kg 乾土）	No.	県名	深度（cm）	採取年月日	$^{239+240}$Pu 濃度（Bq/kg 乾土）
1	長野	0～5	2023. 7.11	3.2 ±0.13	9	山梨	0～5	2023. 8. 2	0.55±0.030
2	大分	0～5	2023. 7.24	2.3 ±0.11	10	島根	5～20	2023. 9.28	0.52±0.029
3	秋田	5～20	2023.10. 4	1.0 ±0.05	11	山梨	5～20	2023. 8. 2	0.50±0.032
4	栃木	0～5	2023.10.18	0.96±0.046	12	長野	5～20	2023. 7.11	0.45±0.027
5	秋田	0～5	2023.10. 4	0.95±0.046	13	北海道	0～5	2023.12. 5	0.41±0.026
6	岩手	0～5	2023. 7.24	0.70±0.036	14	栃木	5～20	2023.10.18	0.40±0.025
7	島根	0～5	2023. 9.28	0.64±0.040	15	岩手	5～20	2023. 7.24	0.35±0.024
8	山形	0～5	2023. 8.17	0.55±0.037				－	

上記15試料については、アルファ線スペクトロメトリーによるアメリシウム、キュリウムの分析を実施した。^{241}Am は 15 試料全てから検出され、その濃度は 0.13～1.4 Bq/kg 乾土であった。

^{242}Cm 及び $^{243+244}$Cm は全ての試料において不検出であり、過去 5 年間の調査結果と同様であった。

^{241}Am と $^{239+240}$Pu の放射能比を図 2-5-10 に示す。その放射能比（^{241}Am/$^{239+240}$Pu）は 0.43 であり、過去 5 年間の調査結果（0.41～0.45）の範囲内であった。^{241}Am と $^{239+240}$Pu の放射能は強い相関を示していることから、検出された ^{241}Am は $^{239+240}$Pu と同じくグローバルフォールアウトに由来するものと推測された。

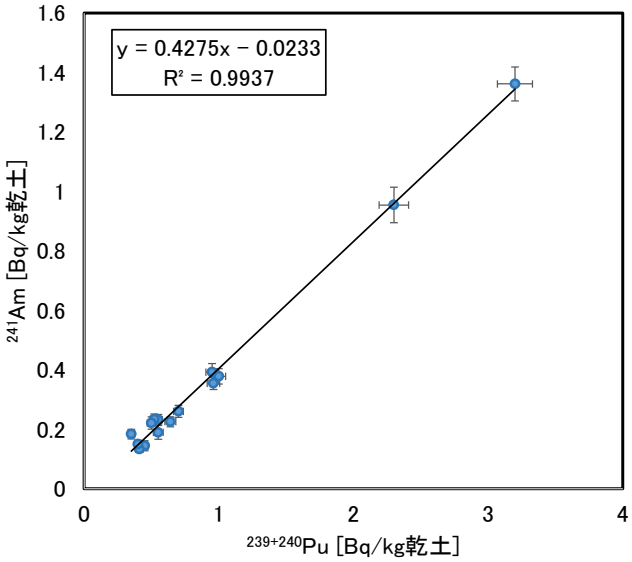


図 2-5-10　土壌中の ^{241}Am と $^{239+240}$Pu の放射能比

2.5.2 大気浮遊じん中のプルトニウム分析

(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。捕集したろ紙より硝酸を用いてプルトニウムを浸出させて分析試料とし、分離精製の後、アルファ線スペクトロメトリーによる ^{238}Pu、$^{239+240}$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、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

アルファ線スペクトロメトリーによる大気浮遊じん中のプルトニウム濃度を図 2-5-11 に示す。^{238}Pu 濃度は ND～0.00000050 mBq/m^3、$^{239+240}$Pu 濃度は ND～0.000015 mBq/m^3 であり、過去 8 年間の範囲内であった。また、$^{239+240}$Pu 濃度は 3～5 月付近に高くなる季節変動を示した。季節変動の要因としては黄砂による土壌粒子の捕集が考えられ、全球再解析データ （MERRA2）を用いて採取地点における月平均の大気中土壌粒子密度との比較を行った。図 2-5-12 は $^{239+240}$Pu および土壌粒子密度の時間変動、図 2-5-13 は期間ごとの $^{239+240}$Pu と土壌粒子密度の関係を示す。$^{239+240}$Pu と土壌粒子密度は同様の季節変動がみられた。さらに回帰直線の傾きから、3 月から 5 月は土壌粒子の輸送量が多くなると、$^{239+240}$Pu 濃度が高くなる傾向が見られた。

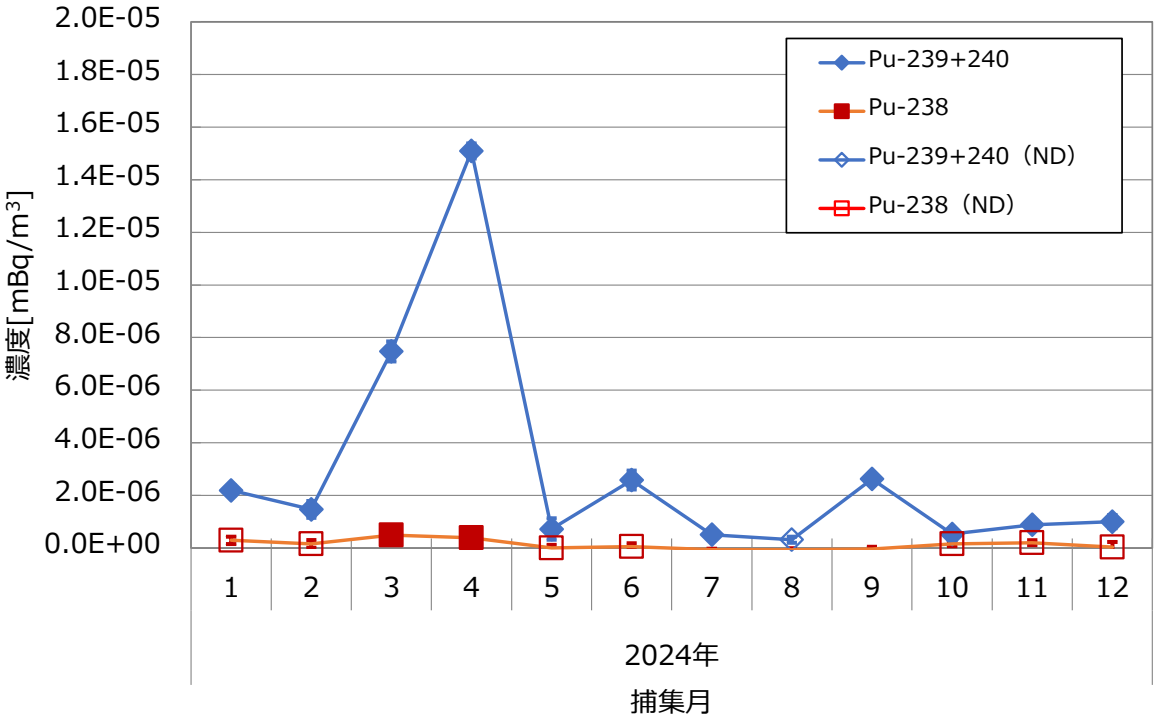


図 2-5-11　採取月ごとの ^{238}Pu と $^{239+240}$Pu 濃度

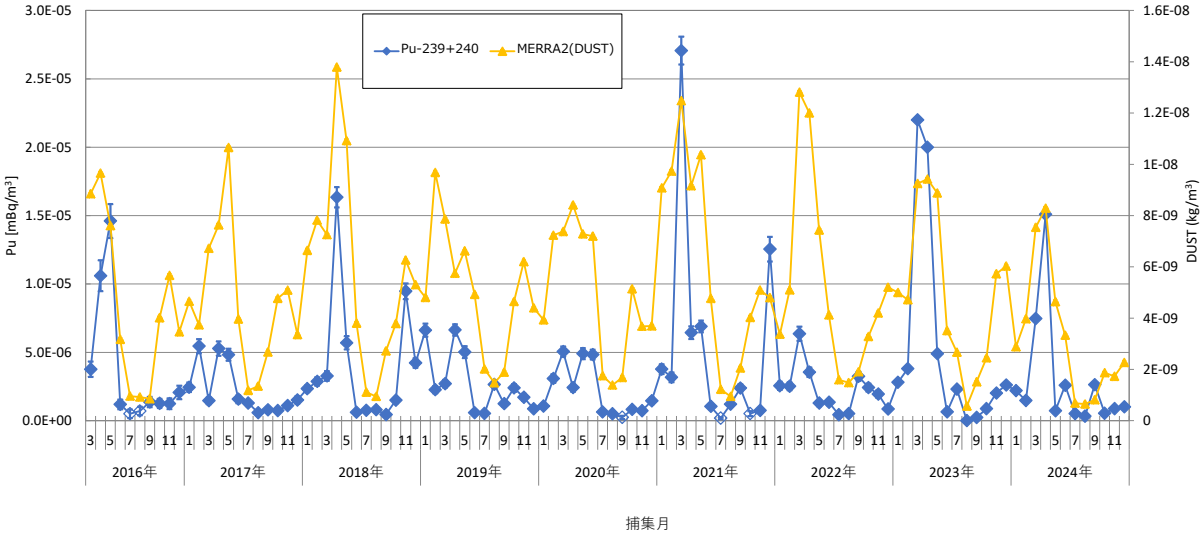


図 2-5-12　2016 年～2024 年度の月平均 $^{239+240}$Pu 濃度及び土壌粒子密度

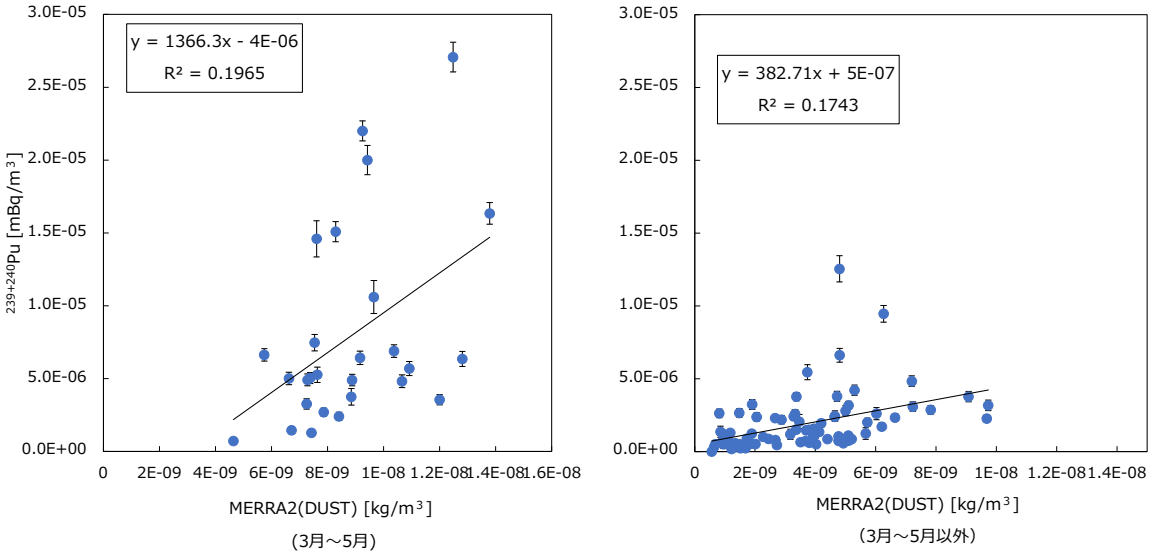


図 2-5-13　大気浮遊じんの採取期間ごとの $^{239+240}$Pu と土壌粒子密度の関係
左：3 月～5 月、右：3 月～5 月以外の期間

ICP-MS 測定による 2024 年度における ^{239}Pu と ^{240}Pu の原子数比（^{240}Pu/^{239}Pu）を図 2-5-14 に示す。2024 年 1 月から 12 月採取分の ^{240}Pu/^{239}Pu 原子数比は 0.16 であり、Kelley ら(1999)が測定した北緯 30 度から 70 度の土壌 24 試料の平均値[*1] 0.180±0.014 より低い結果となった。過去 4 年間の ^{239}Pu と ^{240}Pu の原子数比の範囲は 0.11～0.17 であり、Kelley ら(1999)よりも低い値で推移している。今後もデータの蓄積を図り、有意に低い値と言えるのか継続的な観測が必要である。

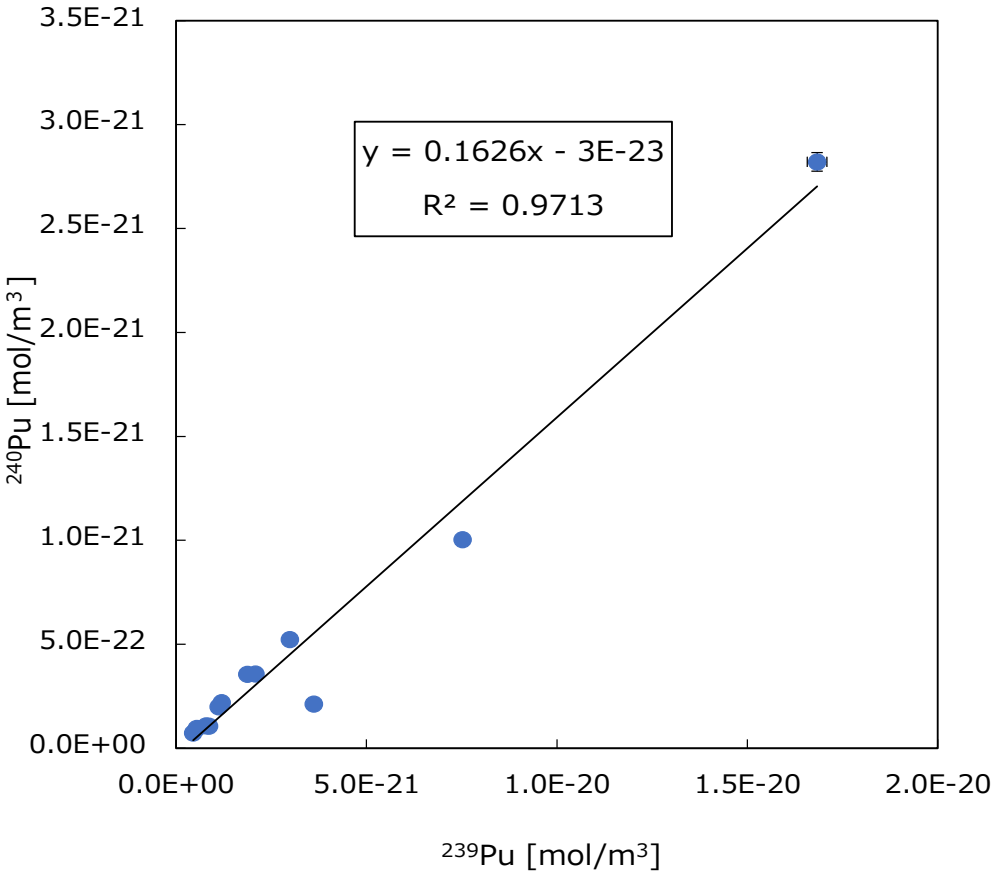


図 2-5-14　大気浮遊じんの ^{239}Pu と ^{240}Pu の原子数比

＊1:J.M. Kelley, L.A. Bond, T.M. Beasley, 1999; Global distribution of Pu isotopes and ^{237}Np. The Science of the Total Environment, 237/238, 483-500

2.6 ヨウ素 129 分析

(1) 概要

2024 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 cm、5-20 cm）、牛乳、海産生物（藻類）及び野菜類を対象として ^{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 濃度及び ^{129}I/^{127}I 原子数比の経年変化について調査した。

加えて、海産生物（藻類）の採取海域（北海道、秋田県及び千葉県）において夏季及び冬季の 2 回に分けて海水を採取し、海水中における ^{129}I 分析を実施した。

(2) 分析方法

固体状試料の分析及び測定方法は以下のとおりである。

試料中のヨウ素を熱加水分解法により 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。沈殿にニオブ粉末を適量加えてよく混合し、加速器質量分析装置(AMS)でヨウ素の原子数比（^{129}I/^{127}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。

海水試料の分析及び測定方法は以下のとおりである。

ろ過済の海水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。沈殿にニオブ粉末を適量加えてよく混合し、加速器質量分析装置(AMS)でヨウ素の同位体比（^{129}I/^{127}I）を測定した。また、^{129}I 濃度を算出するため、海水を測定に適した濃度に直接調製し、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。

(3) 結果と考察

1) 土壌、牛乳、海産生物（藻類）及び野菜類の調査

2024 年度に採取した試料の分析結果を表 2-6-1、2011 年度から 2023 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、千葉県の土壌の ^{129}I 濃度は、採取深度 0-5 cm で 0.22～

0.54 (mBq/kg 乾土)、採取深度 5-20 cm で 0.13～0.32 (mBq/kg 乾土) であった。牛乳は 0.00062～0.00079 (mBq/L)、海産生物 (藻類) は 0.12～0.61 (mBq/kg 生)、野菜類は ND～0.000036 (mBq/kg 生) であった。$^{129}I/^{127}I$ 原子数比については、採取深度 0～5 cm の土壌で $2.8～8.0\times10^{-9}$、採取深度 5～20 cm で $1.5～5.0\times10^{-9}$ であった。牛乳は $3.1～15\times10^{-10}$、海産生物 (藻類) は $4.8～16\times10^{-11}$、野菜類は ND～5.5×10^{-10} であった。

土壌の比較結果を示した図 2-6-1、図 2-6-2 より、過去の分析結果と同様に、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。北海道の下層土壌における ^{129}I 濃度、$^{129}I/^{127}I$ 原子数比は、いずれも過去の分析結果よりわずかに高い値を示したが、これらについては土壌中における ^{129}I の分布に偏在があることに起因すると考えられる。また、秋田県と千葉県の ^{129}I 濃度及び $^{129}I/^{127}I$ 原子数比は過去の分析結果と同程度であった。

牛乳の比較結果を示した図 2-6-3、図 2-6-4 より、3 地点ともに ^{129}I 濃度及び $^{129}I/^{127}I$ 原子数比は過去の分析結果と同程度であった。

海産生物 (藻類) の比較結果を図 2-6-5、図 2-6-6 に示す。3 地点ともに、^{129}I 濃度及び $^{129}I/^{127}I$ 原子数比の双方が昨年度より低い値を示したが、いずれも過去調査において近い値を記録しており、大きな変動はないと考えられる。

野菜類の比較結果を図 2-6-7、図 2-6-8 に示す。本年度では、北海道と千葉県における $^{129}I/^{127}I$ 原子数比が、過去のいくつかの結果と同様に 3σ を超えず、^{129}I は不検出となった。秋田県における野菜類の $^{129}I/^{127}I$ 原子数比は、過去 5 年間の結果よりやや低い値を示したが、測定のばらつきによるものと考えられる。

2) 大気浮遊じんの調査

大容量エアサンプラ (SNOW WHITE) による大気浮遊じんの採取記録及び ^{129}I の分析結果をそれぞれ表 2-6-2 及び表 2-6-3 に示す。

大気浮遊じんの調査結果については、過去の調査結果 (2017～2023 年) と合わせて図 2-6-9、図 2-6-10 に示す。また、2017～2024 年までの 8 年間の調査結果を箱ひげ図にしたものを図 2-6-11 に示す。本年度の結果を含め、いずれの年の結果についても、春先に ^{129}I 濃度及び $^{129}I/^{127}I$ 原子数比が高くなり、4 月～7 月にかけて減少し、夏季に最小値を取り、その後 8 月～11 月まで増加に転じるといった季節変動が観測された。

3) 海水の調査

海水の採取記録及び ^{129}I の分析結果を表 2-6-4 に示す。

海水の $^{129}I/^{127}I$ 原子数比は約 10^{-10} レベルであり、同海域に採取された海産

生物（藻類）と同程度であった。また本年度の結果については、いずれの地点においても、夏季に比べ冬季で低い放射能を示した。これについては、過去調査においては同様の傾向が見られる場合と見られない場合の双方が確認されているため、引き続きデータを収集し、要因も含めて検討を行う必要がある。

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	^{129}I 濃度	単位	^{129}I/^{127}I 原子数比
土壌	北海道	0-5cm	江別市	2024.12.10	0.48　±　0.010	mBq/kg (乾土)	8.0E-09　±　1.7E-10
		5-20cm			0.32　±　0.007		4.4E-09　±　9.5E-11
	秋田県	0-5cm	秋田市	2024.09.30	0.54　±　0.014		2.8E-09　±　7.4E-11
		5-20cm			0.23　±　0.008		1.5E-09　±　4.9E-11
	千葉県	0-5cm	市原市	2024.08.01	0.22　±　0.008		6.1E-09　±　2.1E-10
		5-20cm			0.13　±　0.005		5.0E-09　±　2.0E-10
牛乳	北海道	市販乳	-	2024.05.23	0.00076　±　0.00013	mBq/L	1.2E-09　±　2.2E-10
	秋田県		-	2024.09.03	0.00062　±　0.00005		3.1E-10　±　2.7E-11
	千葉県		-	2024.05.23	0.00079　±　0.00012		1.5E-09　±　2.1E-10
海産生物 (藻類)	北海道	コンブ	余市郡余市町	2024.08.07	0.61　±　0.012	mBq/kg (生)	9.0E-11　±　1.8E-12
	秋田県	アカモク	秋田県男鹿市	2024.05.16	0.17　±　0.004		1.6E-10　±　2.8E-12
	千葉県	アラメ	御宿町岩和田 漁港沖	2024.07.16	0.12　±　0.004		4.8E-11　±　1.5E-12
野菜類	北海道	キャベツ	恵庭市	2024.08.27	(0.000032　±　0.0000154)	mBq/kg (生)	(1.2E-09　±　5.7E-10)
	秋田県		秋田市	2024.11.12	0.000036　±　0.0000111		5.5E-10　±　1.7E-10
	千葉県		千葉市	2024.05.22	(0.000030　±　0.0000140)		(2.1E-09　±　9.7E-10)

注 1)「E-X」は「10^{-X}」を意味している。

注 2) 誤差は 1σ である。なお、( )内の値については 3σ 未満であり、ND(不検出)と判定されるため、参考値である。

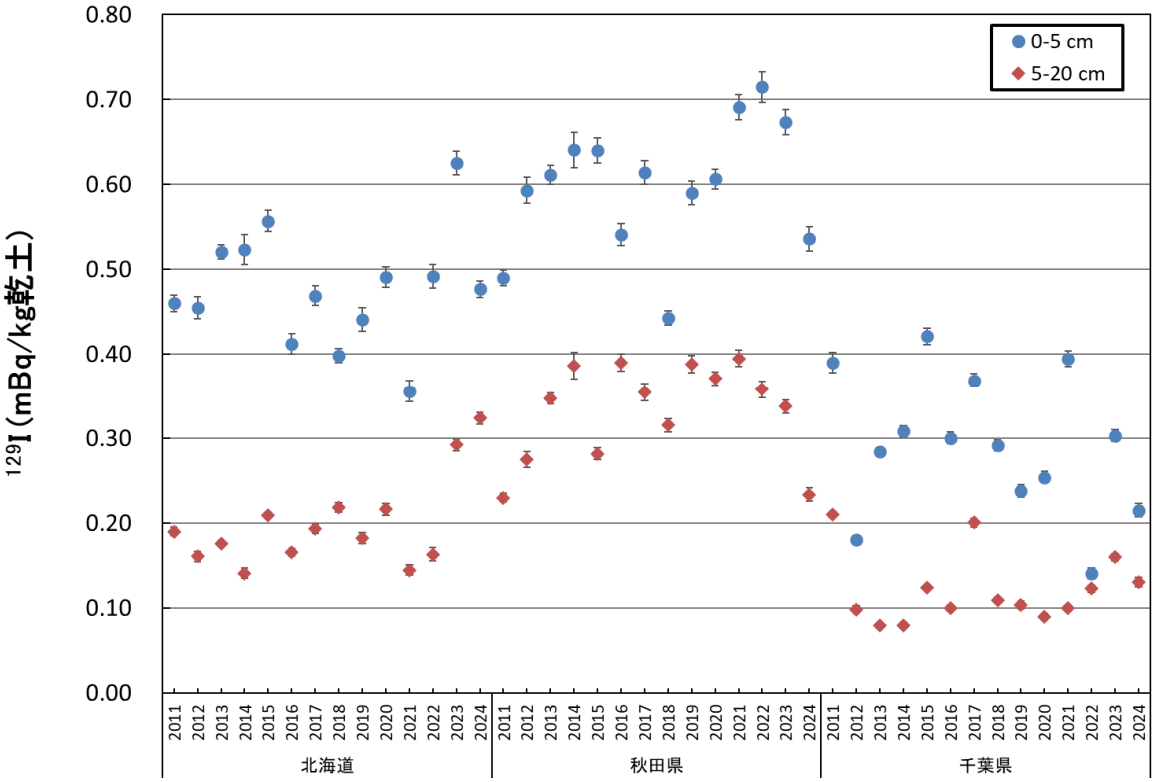


図 2-6-1　土壌（0-5 cm、5-20 cm）の ^{129}I 濃度

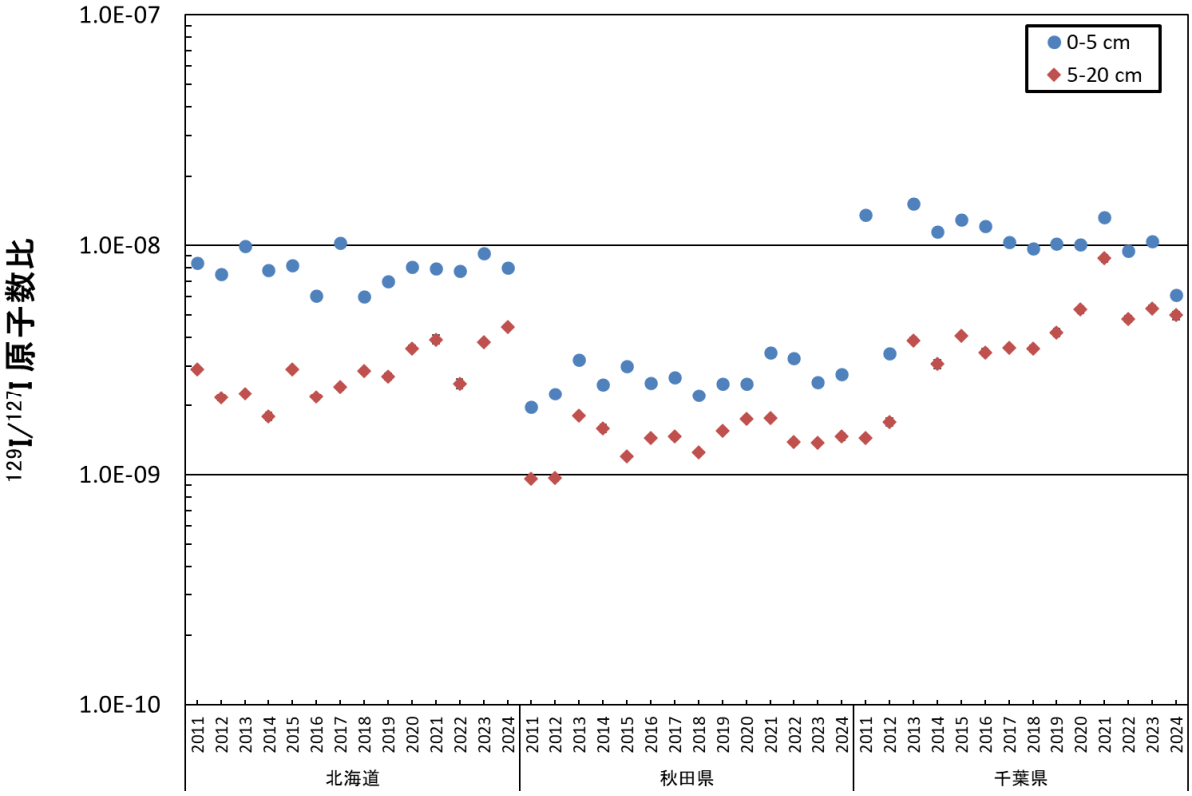


図 2-6-2　土壌（0-5 cm、5-20 cm）の ^{129}I/^{127}I 原子数比

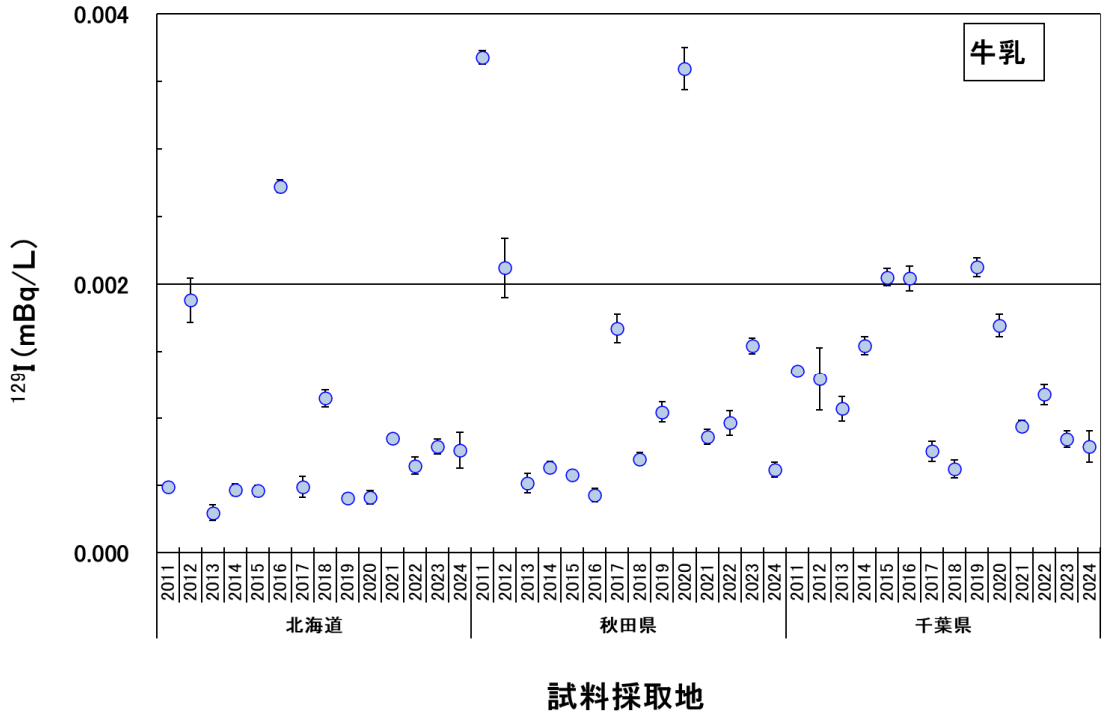


図 2-6-3　牛乳の ^{129}I 濃度

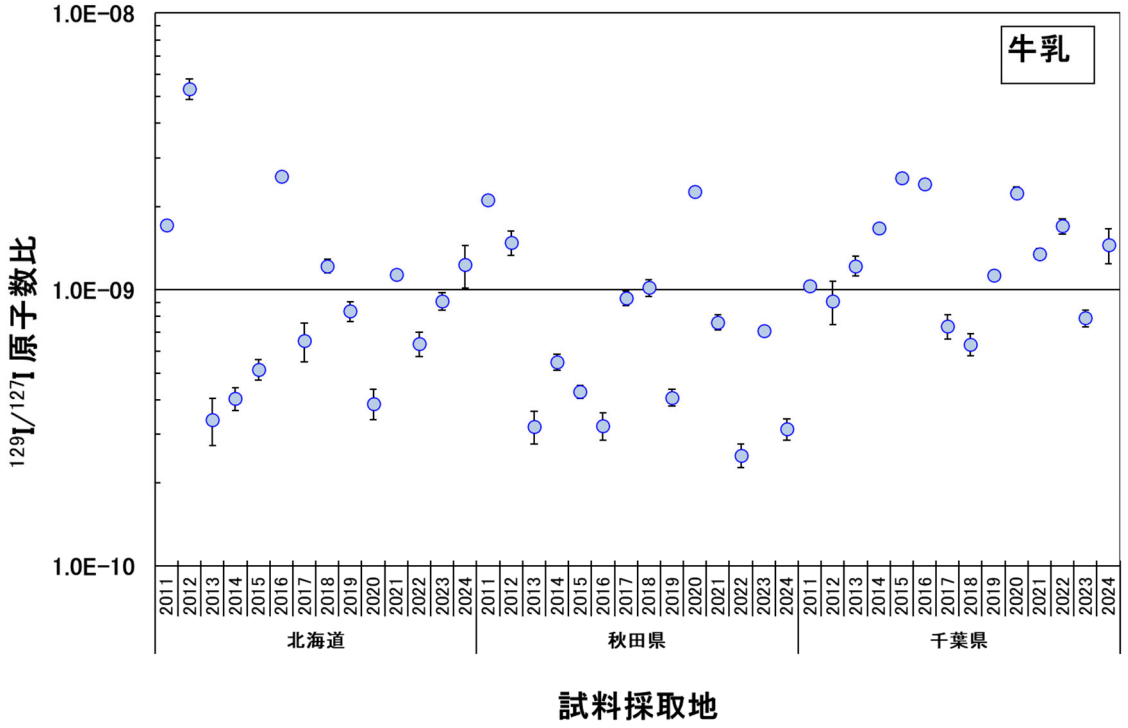


図 2-6-4　牛乳の ^{129}I/^{127}I 原子数比

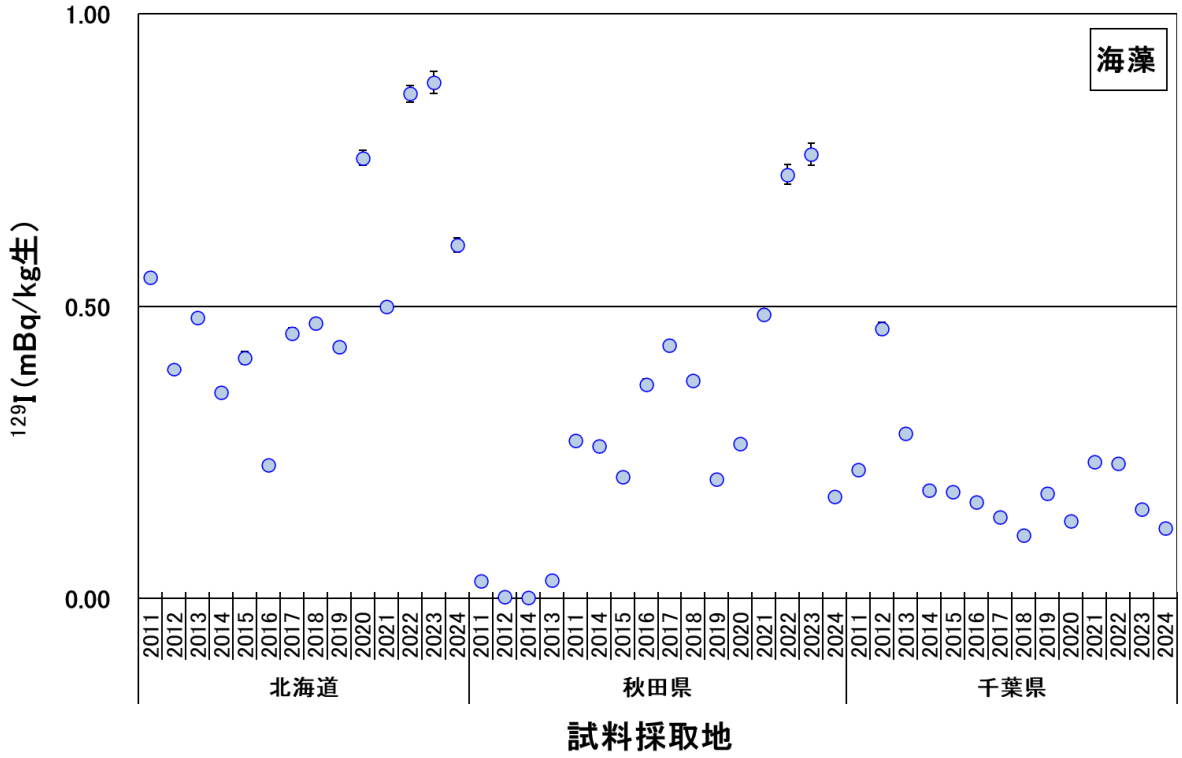


図 2-6-5　海産生物（藻類）の ^{129}I 濃度

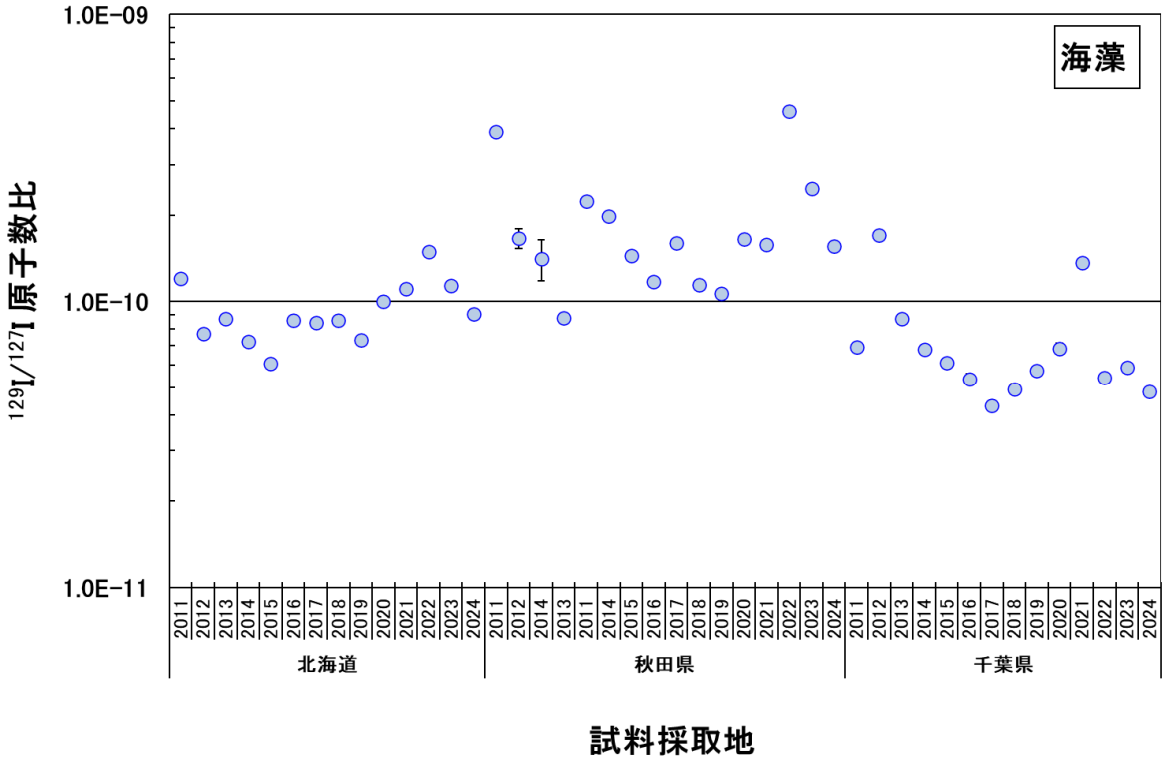


図 2-6-6　海産生物（藻類）の ^{129}I/^{127}I 原子数比

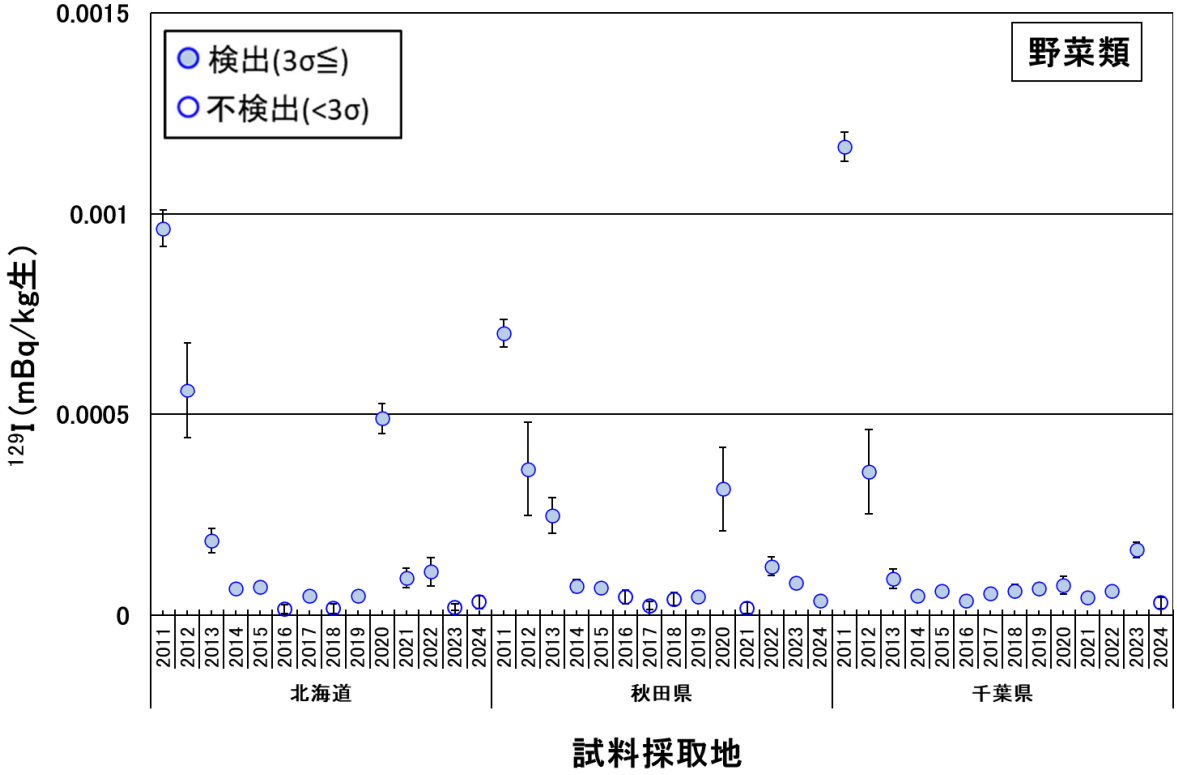


図 2-6-7　野菜類の ^{129}I 濃度

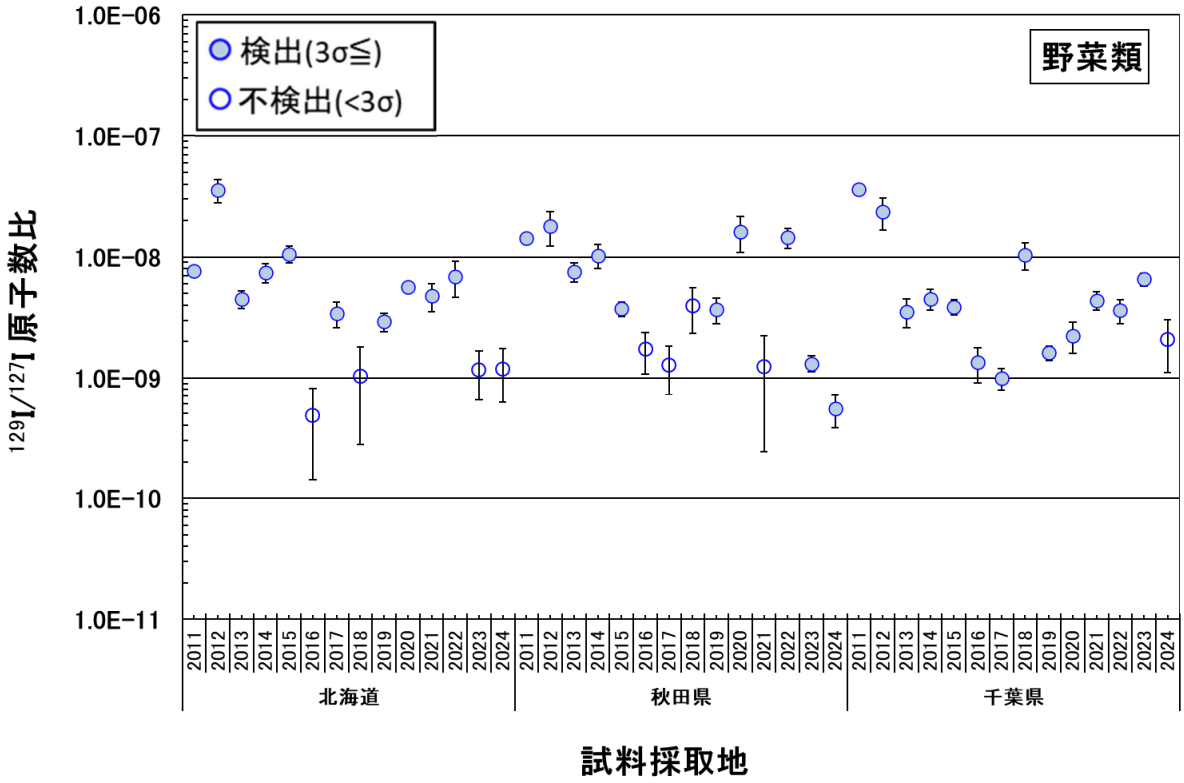


図 2-6-8　野菜類の ^{129}I/^{127}I 原子数比

表 2-6-2　2024 年大気浮遊じんの採取記録

捕集月	2024年1月	2024年2月	2024年3月	2024年4月
捕集期間	20240109～20240205	20240205～20240304	20240304～20240401	20240401～20240507
積算流量(m^3)	435563.5	454003.2	450501.4	576293.7
ろ紙+捕集物重量(g)	129.00	127.39	132.39	166.52
分取重量(g)	12.905	12.7458	13.2456	16.6729
分取率(wt%)	10.0	10.0	10.0	10.0

捕集月	2024年5月	2024年6月	2024年7月	2024年8月
捕集期間	20240507～20240603	20240603～20240701	20240701～20240805	20240805～20240902
積算流量(m^3)	439962.7	454553.2	548254.1	444914.7
ろ紙+捕集物重量(g)	128.01	125.51	158.91	119.86
分取重量(g)	12.8593	12.5897	15.9001	11.9900
分取率(wt%)	10.0	10.0	10.0	10.0

捕集月	2024年9月	2024年10月	2024年11月	2024年12月
捕集期間	20240902～20241007	20241007～20241105	20241105～20241202	20241202～20241227
積算流量(m^3)	566640.3	469122.8	436278.7	400882.5
ろ紙+捕集物重量(g)	156.39	126.14	122.59	111.90
分取重量(g)	15.6400	12.6200	12.2590	11.1901
分取率(wt%)	10.0	10.0	10.0	10.0

表 2-6-3　2024 年大気浮遊じんの ^{129}I 分析結果

試料	採取地点	試料採取時期	ヨウ素129			単位	原子数比 (^{129}I/^{127}I)		
大気浮遊じん (SNOW WHITE)	千葉市	2024年1月	2.0E-07	±	3.7E-09	mBq/m^3	6.9E-09	±	1.3E-10
		2024年2月	1.6E-07		3.3E-09		1.3E-08		2.7E-10
		2024年3月	4.3E-07		6.5E-09		2.2E-08		3.2E-10
		2024年4月	1.9E-07		4.2E-09		9.7E-09		2.1E-10
		2024年5月	1.5E-07		3.2E-09		6.6E-09		1.4E-10
		2024年6月	8.7E-08		2.0E-09		4.2E-09		9.6E-11
		2024年7月	5.6E-08		2.1E-09		3.1E-09		1.1E-10
		2024年8月	4.0E-08		1.5E-09		2.5E-09		9.5E-11
		2024年9月	1.6E-07		3.3E-09		7.2E-09		1.4E-10
		2024年10月	2.5E-07		5.4E-09		1.2E-08		2.4E-10
		2024年11月	1.7E-07		3.8E-09		9.5E-09		2.1E-10
		2024年12月	1.1E-07		2.4E-09		5.7E-09		1.2E-10

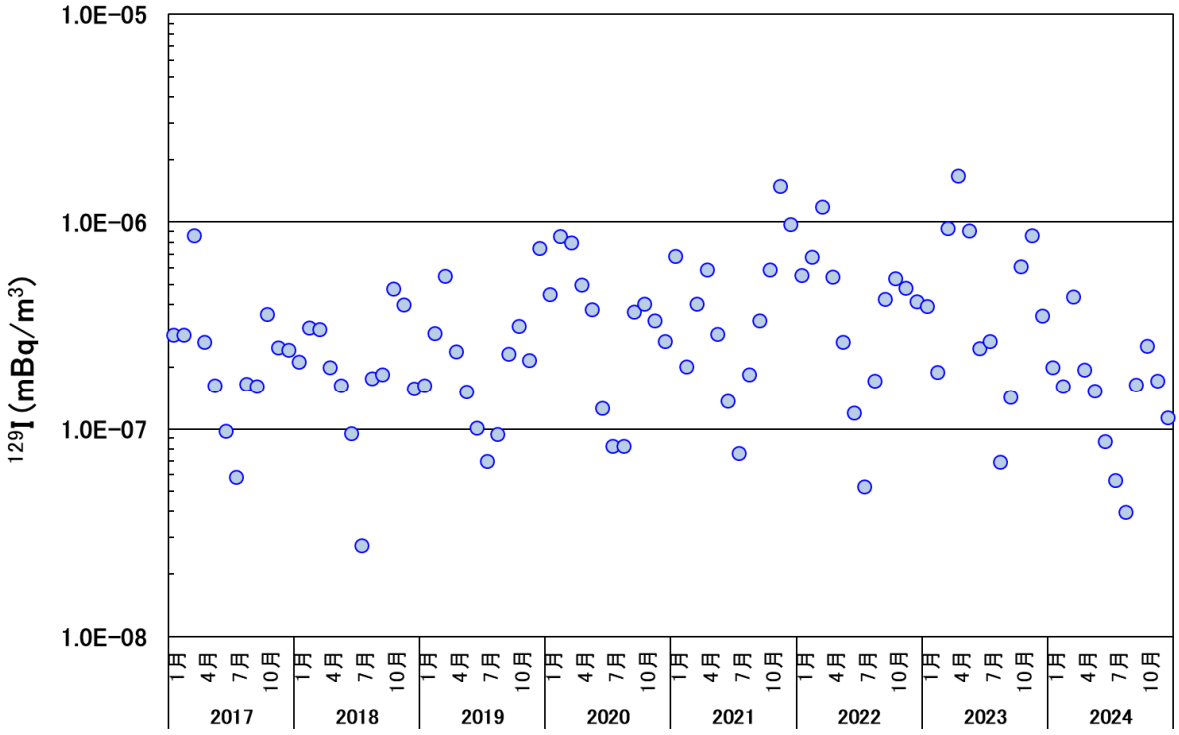


図 2-6-9　大気浮遊じんの ^{129}I 濃度

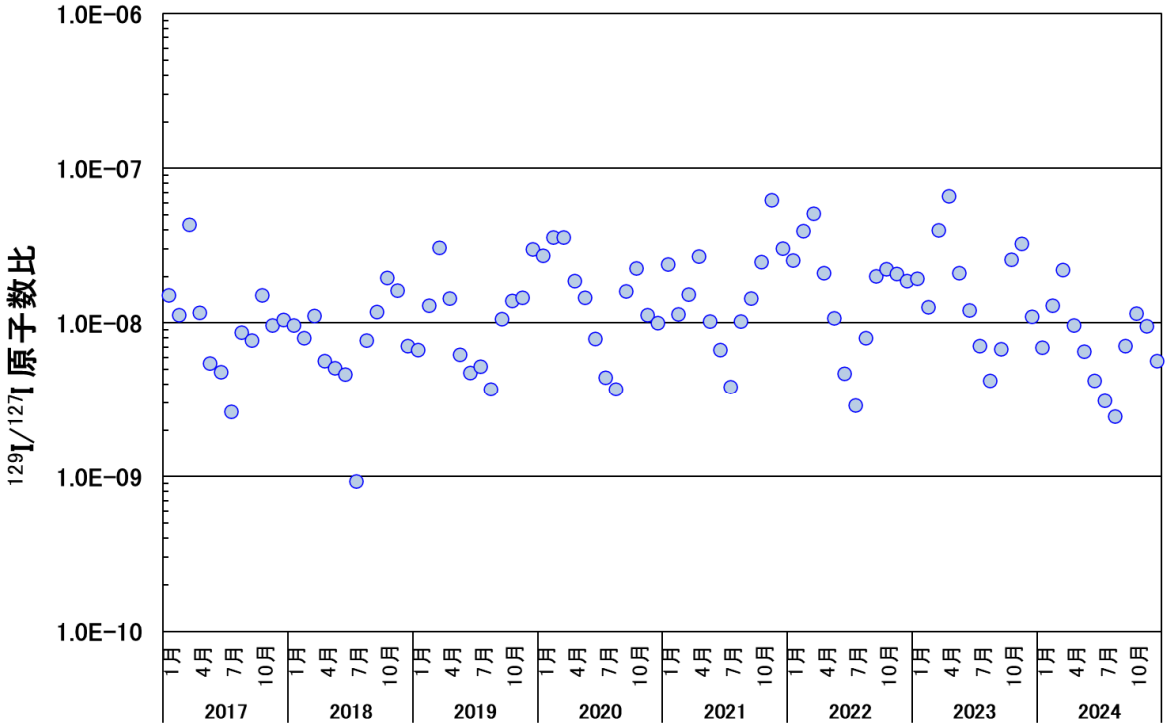


図 2-6-10　大気浮遊じんの ^{129}I/^{127}I 原子数比

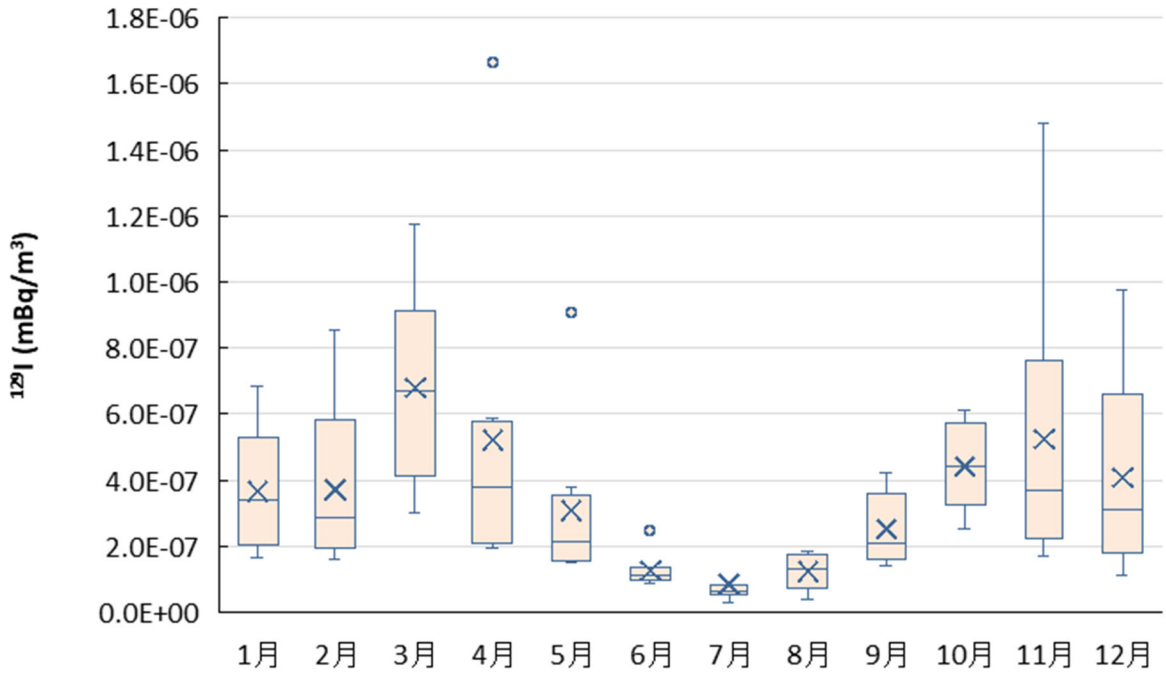


図 2-6-11 2017-2024 年採取大気浮遊じん中の ^{129}I 濃度箱ひげ図

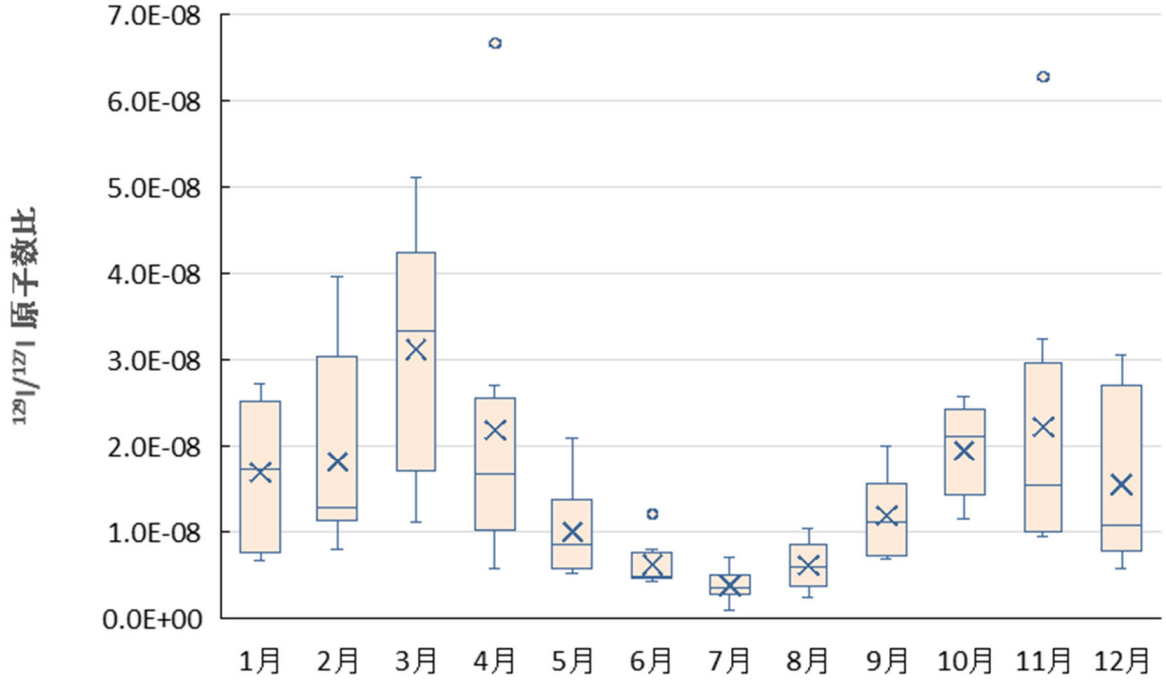


図 2-6-12 2017-2024 年採取大気浮遊じん中の ^{129}I/^{127}I 原子数比箱ひげ図

表 2-6-4　海水の ^{129}I 分析結果

サンプリング地点	サンプリング日	ヨウ素129（mBq/kg）	^{129}I/^{127}I
北海道余市郡余市町 43° 11′ 56.2″ N 140° 47′ 06.7″ E	2024.08.27	5.4E-05 ± 1.31E-06	2.1E-10 ± 5.0E-12
		5.3E-05 ± 1.54E-06	2.1E-10 ± 5.9E-12
	2024.11.26	4.4E-05 ± 1.61E-06	1.3E-10 ± 4.3E-12
		4.5E-05 ± 1.57E-06	1.4E-10 ± 4.2E-12
秋田県秋田市 39° 53′ 50.8″ N 139° 51′ 54.3″ E	2024.08.27	4.6E-05 ± 1.12E-06	1.4E-10 ± 3.4E-12
		4.4E-05 ± 1.10E-06	1.4E-10 ± 3.4E-12
	2024.11.26	3.3E-05 ± 1.29E-06	1.1E-10 ± 3.8E-12
		3.1E-05 ± 1.19E-06	1.0E-10 ± 3.5E-12
千葉県夷隅郡御宿町 35° 10′ 55.7″ N 140° 21′ 17.2″ E	2024.08.08	4.0E-05 ± 1.05E-06	1.0E-10 ± 2.6E-12
		4.1E-05 ± 1.06E-06	1.1E-10 ± 2.6E-12
		3.9E-05 ± 1.06E-06	9.9E-11 ± 2.6E-12
	2024.11.14	2.3E-05 ± 2.40E-06	6.9E-11 ± 5.3E-12
		2.3E-05 ± 2.42E-06	7.0E-11 ± 5.3E-12

2.7 炭素 14 分析

(1) 概要

国内 3 地域（北海道、秋田県及び千葉県）の大気（夏季、冬季)、精米及び野菜類を分析試料とした。各地域において、大気は大気中の二酸化炭素の変動を把握するために夏季と冬季に各 1 試料、精米及び野菜類は収穫時期に合わせて、各 1 試料を採取した。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ァイト化して測定試料とした。加速器質量分析装置を用いて炭素同位体比（$^{14}C/^{12}C$）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（$\delta^{13}C$）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 を試料と同様の工程で分析した。

表 2-7-1　^{14}C 分析試料

試料名	採取場所	採取期間
大気 (夏季)	北海道札幌市 （北海道立衛生研究所）	2024.8.27 ～ 2024.9.10
	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 (冬季)	北海道札幌市 （北海道立衛生研究所）	2024.11.26 ～ 2024.12.10
	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	2024.10.23
	秋田県秋田市	2024.10.8
	千葉県千葉市	2024.11.21
野菜類	北海道恵庭市	2024.8.27
	秋田県秋田市	2024.11.12
	千葉県千葉市	2024.5.22

(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、および $\delta^{13}C$ の結果が夏季より低い値を示す傾向がみられた。この原因として、

①夏季には、全球のバイオマスが増加し、軽い炭素 12 は生物圏にシフトし、大気中での重い炭素同位体の割合が相対的に増加した。(同位体分別効果)

②冬季では、化石燃料が多く消費され、炭素 14 を含まない二酸化炭素が放出されるため、大気中での重い炭素 14 の割合が減少した (Suess 効果)

の二つの効果が考えられる。

なお、大気中二酸化炭素の結果を含め、精米及び野菜類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 ^{14}C 分析結果

試料名	採取場所	採取時期	炭素 14 比放射能 (Bq/gC)	$\delta^{13}C$ (‰)
大気 (夏季)	北海道札幌市 (北海道立衛生研究所)	2024.8.27 ～ 2024.9.10	0.223 ± 0.0009	-22.5 ± 0.08
	秋田県秋田市 (秋田県健康環境センター)		0.223 ± 0.0009	-21.5 ± 0.04
	千葉県千葉市 (日本分析センター千葉本部)		0.220 ± 0.0011	-19.0 ± 0.02
大気 (冬季)	北海道札幌市 (北海道立衛生研究所)	2024.11.26 ～ 2024.12.10	0.219 ± 0.0014	-25.5 ± 0.10
	秋田県秋田市 (秋田県健康環境センター)		0.222 ± 0.0017	-23.3 ± 0.10
	千葉県千葉市 (日本分析センター千葉本部)		0.215 ± 0.0014	-22.0 ± 0.07
精米	北海道石狩市	2024.10.23	0.227 ± 0.0014	-29.5 ± 0.05
	秋田県秋田市	2024.10.8	0.225 ± 0.0014	-27.6 ± 0.15
	千葉県千葉市	2024.11.21	0.223 ± 0.0014	-28.6 ± 0.04
野菜類	北海道恵庭市	2024.8.27	0.224 ± 0.0013	-29.0 ± 0.03
	秋田県秋田市	2024.11.12	0.225 ± 0.0014	-28.1 ± 0.07
	千葉県千葉市	2024.5.22	0.222 ± 0.0009	-26.8 ± 0.08

注) 1. 炭素 14 比放射能は、$\delta^{13}C$ 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 比放射能の誤差は、加速器質量分析装置を用いて測定した際の標準偏差 (1σ) である。
3. $\delta^{13}C$ の表示は、安定同位体比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 (1σ) である。

表 2-7-3　過去の調査結果との比較

	大気（夏季）	大気（冬季）	精米	野菜
	炭素 14 比放射能　(Bq/g 炭素)			
本調査	0.220～0.223	0.215～0.222	0.223～0.227	0.222～0.225
過去の調査*	0.209～0.247		0.218～0.260	0.218～0.270
	大気（夏季）	大気（冬季）	精米	野菜
	$\delta^{13}C$　(‰)			
本調査	-22.5～-19.0	-25.5～-22.0	-29.5～-27.6	-29.0～-26.8
過去の調査**	-23.8～-18.4	-28.3～-20.6	-29.4～-27.0	-29.0～-26.6

＊過去の調査：2003 年度～2023 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炭素 14 比放射能結果

＊＊過去の調査：2015 年度～2023 年度に実施された環境放射能水準調査の炭素安定同位体比結果

2.8 クリプトン 85 分析

(1) 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)の大気中濃度について調査を実施し、放射能水準を把握する。

1) 調査対象地区

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。2024 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、2016 年度から 2018 年度まで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。

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 経度
	都市	捕集装置設置機関	
北海道地区	札幌市	北海道立衛生研究所	43.1° N 141.3° E
東北地区	秋田市	秋田県健康環境センター	39.7° N 140.1° E
	三春町	福島県環境創造センター	37.4° N 140.5° E
関東・中部・近畿・ 中国地区	千葉市	日本分析センター	35.7° N 140.1° E
四国・九州地区	太宰府市	福岡県保健環境研究所	33.5° N 130.5° E
沖縄地区	南城市	沖縄県衛生環境研究所	26.2° N 127.8° E

2）調査期間

札幌市、秋田市及び千葉市において、2024 年 2 月 5 日より 2025 年 2 月 3 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、2024 年 12 月 23 日より 2025 年 1 月 6 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。

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、大気約 10 m^3 中の希ガスを流量 1 L/分で 1 週間（三春町は流量 0.5 L/分で 2 週間）継続して捕集した。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 ^{85}Kr 分析

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

(2) 結果と考察

2006 年 7 月から 2025 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 ^{85}Kr 濃度（Bq/m^3）を図 2-8-2 に、2024 年度の調査地点である札幌市、秋田市及び千葉市の当該年度における大気中 ^{85}Kr 濃度(Bq/m^3)を図 2-8-3 に示す。

2024 年度の札幌市、秋田市及び千葉市の大気中 ^{85}Kr 濃度調査結果（2024 年 2 月から 2025 年 2 月）は、1.27～1.50 Bq/m^3 で、平均値は 1.37～1.38 Bq/m^3 であった。

これらの結果から、大気中の ^{85}Kr 濃度はバックグラウンドレベル(1.3～1.6 Bq/m^3)*1,*2,*3 程度であると考えられる。

2008 年 10 月以降（東京電力㈱福島第一原発事故直後および東海再処理施設からの ^{85}Kr の管理放出時は除く)、大気中 ^{85}Kr 濃度は、ほぼバックグラウンドレベルで推移しているものの、季節的な短期変動を示しながら、国外の再処理施設からの ^{85}Kr の放出の影響を受けて長期的な変動を示していると考えられる。大気中の ^{85}Kr 濃度の経年的な変動や年間の ^{85}Kr 濃度分布をわかりやすく表現するために、札幌市、秋田市及び千葉市の経年的な ^{85}Kr 濃度範囲の箱ひげ図を図 2-8-4、図 2-8-5 及び図 2-8-6 に示す。

図 2-8-4 から図 2-8-6 より、国内の大気中の ^{85}Kr 濃度は以下に示す傾向が確認された。

・国内再処理施設からの ^{85}Kr 放出の影響を受けて、2006 年から 2008 年の ^{85}Kr 濃度の平均値と中央値に差が認められた。

・国内再処理施設からの ^{85}Kr 放出がほぼない 2009 年以降は、^{85}Kr 濃度の平均値と中央値はほぼ一致していた（2011 年及び 2022 年の千葉市は除く)。2011 年の千葉の観測結果は、東京電力㈱福島第一原発事故の影響により、平均値と中央値に差が認められた。また、2022 年の千葉市の観測結果は、東海再処理施設からの ^{85}Kr の管理放出の影響により、平均値と中央値に差が認められた。

・2009 年～2013 年の ^{85}Kr 濃度はほぼ同程度で推移していた。

・2014 年～2017 年の ^{85}Kr 濃度は微増傾向が見られた。

・2018 年～2021 年の ^{85}Kr 濃度は微増傾向前（2009 年～2013 年）の濃度レベルで推移していた。

・2022 年～2024 年の ^{85}Kr 濃度は微減傾向が見られた。

国内の大気中 ^{85}Kr 濃度は国内の再処理施設及び欧州の大型再処理施設の ^{85}Kr 放出量と関係があると考えられるため、各施設からの ^{85}Kr 放出状況を確認したところ（図 2-8-7 参照)、La Hague 再処理工場は横ばいであり、Sellafield 再

処理工場については 2019 年～2023 年にかけて減少傾向にあった。La Hague 再処理工場と Sellafield 再処理工場を合わせた ^{85}Kr 年間放出量(図 2-8-8 参照)は横ばいの状況ではあるが、今後の動向に注視してモニタリングを継続する必要がある。

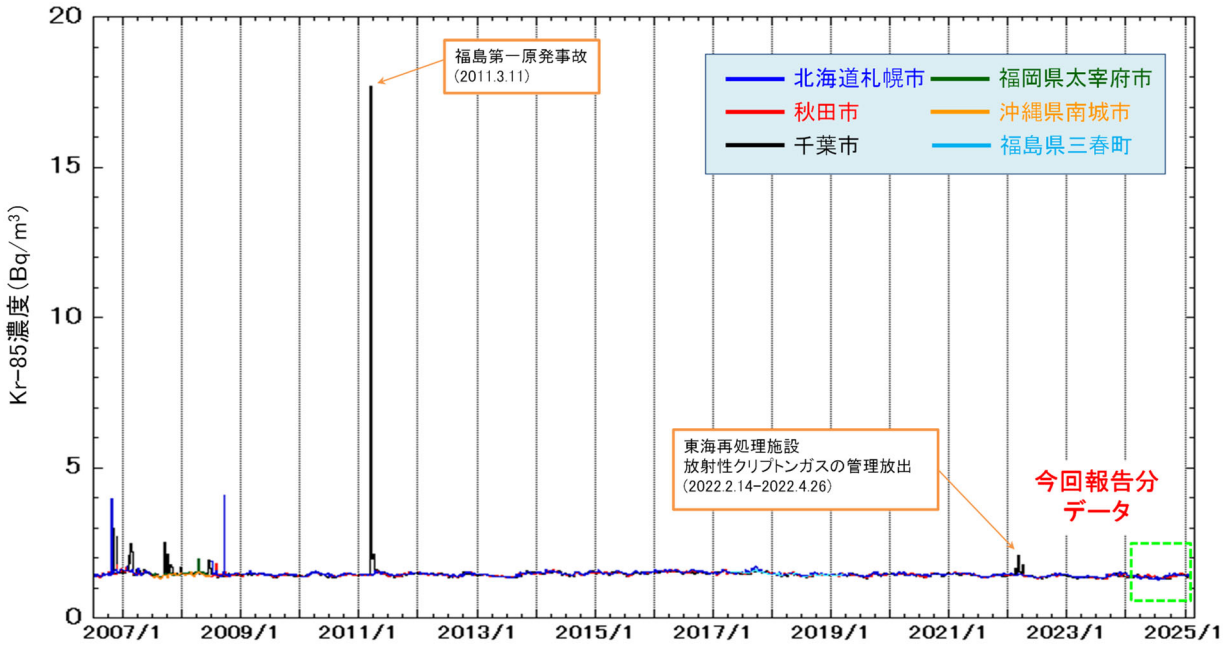


図 2-8-2　大気中 ^{85}Kr 濃度調査結果（2006 年度～2024 年度）

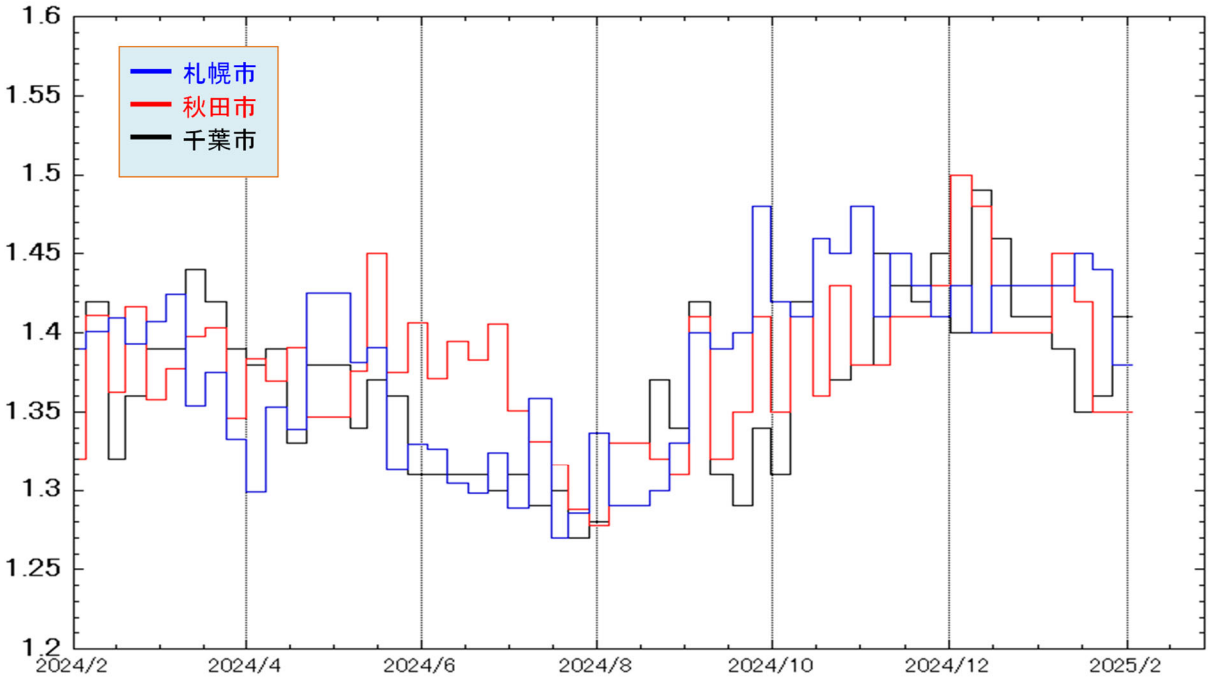


図 2-8-3　大気中 ^{85}Kr 濃度調査結果（2024 年度）

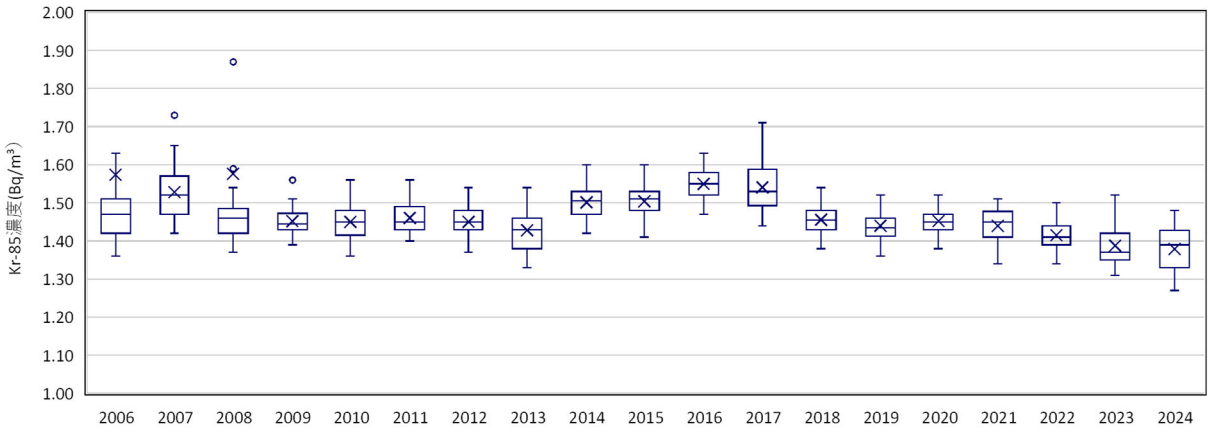


図 2-8-4　札幌市における経年的な ^{85}Kr 濃度範囲の箱ひげ図（2006-2024 年度）

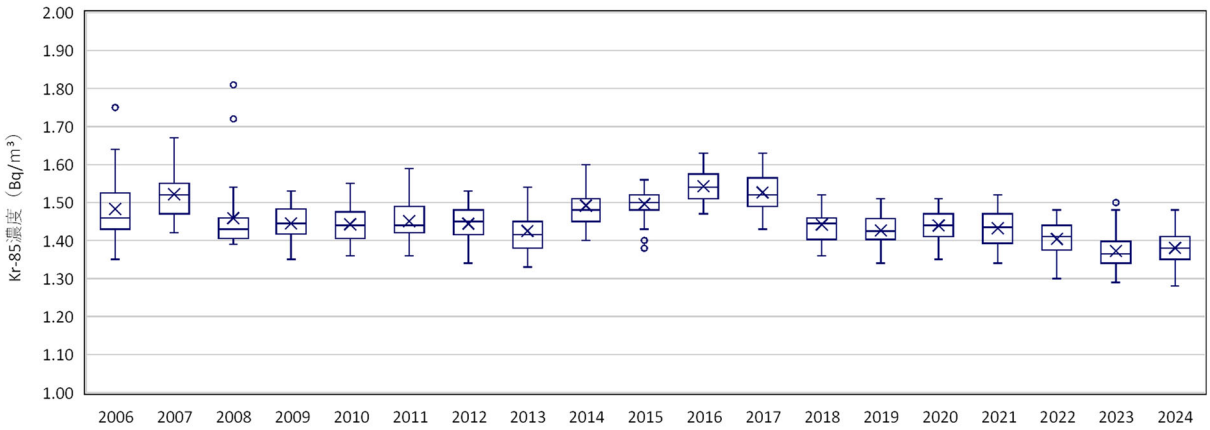


図 2-8-5　秋田市における経年的な ^{85}Kr 濃度範囲の箱ひげ図（2006-2024 年度）

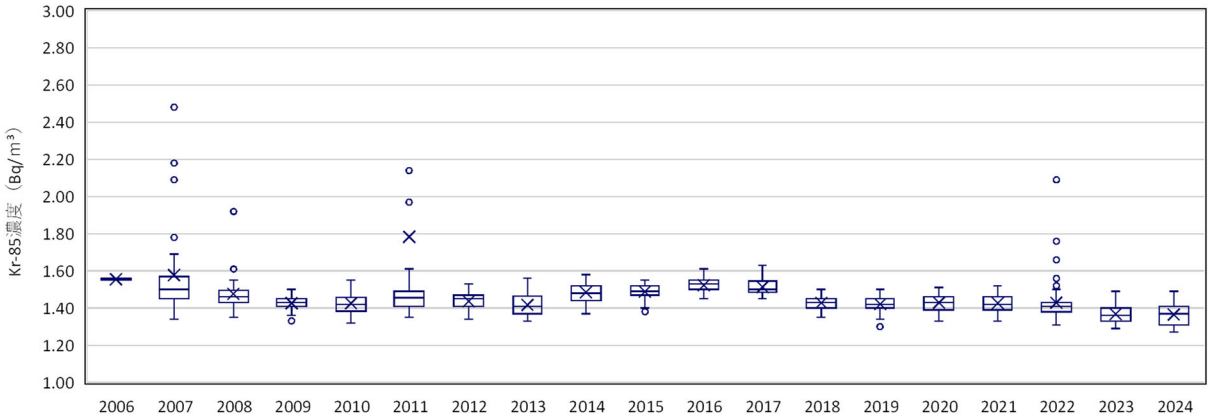


図 2-8-6　千葉市における経年的な ^{85}Kr 濃度範囲の箱ひげ図（2006-2024 年度）

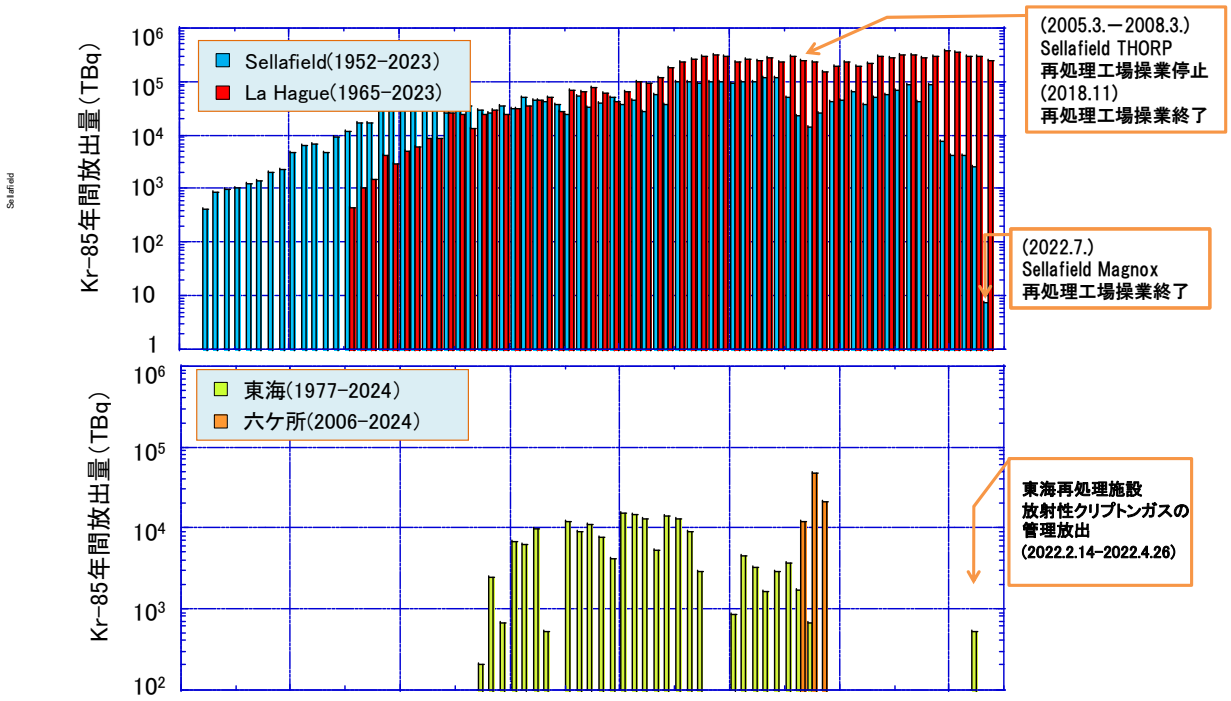


図 2-8-7　主な再処理施設からのクリプトン 85 年間放出量

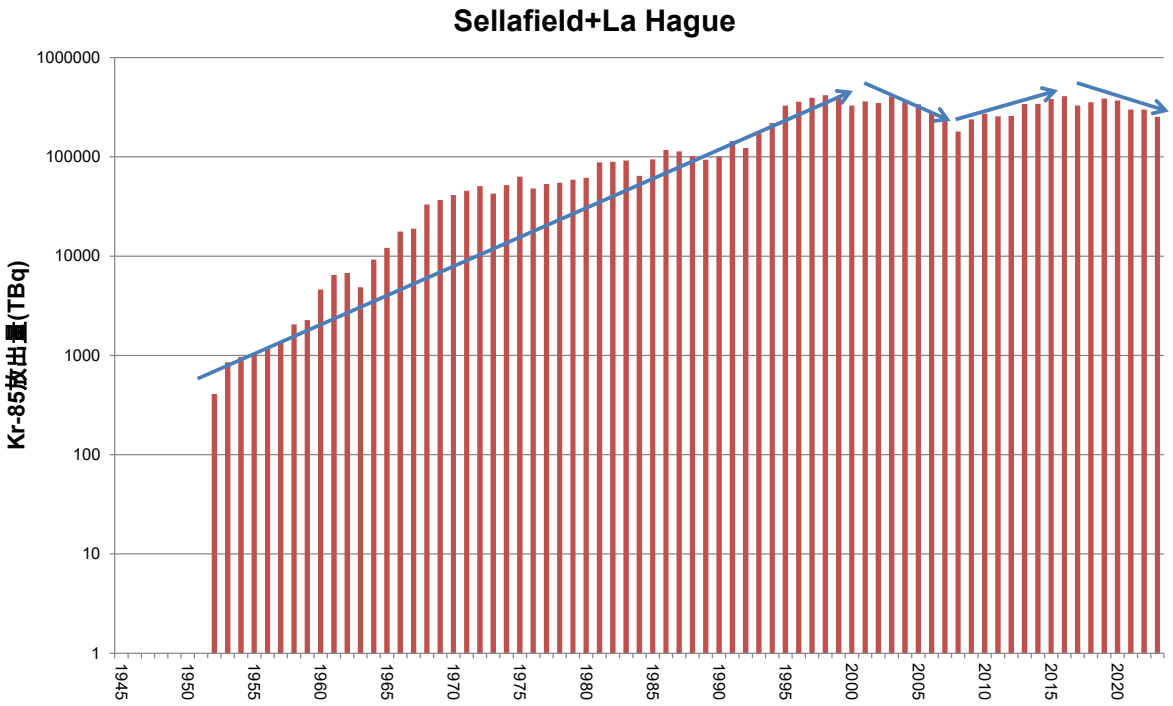


図 2-8-8　Sellafield 再処理工場及び La Hague 再処理工場の年間放出量の合計

＊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, 191-202
＊2:Andreasöfer, Clemens Schlosser, Sabine Schmid, Martina Konrad, Roland Purtschert, Roman Krais 2019; Half a century of Krypton-85 activity concentration measured in air over Central Europe: Trends and relevance for dating young groundwater; Journal of Environmental Radioactivity, 205-206, 7-16
＊3：過去の本調査結果

2.9 放射性キセノン分析

(1) 概要

^{131m}Xe（半減期 11.96 日）、^{133}Xe（半減期 5.244 日）、^{133m}Xe（半減期 2.198 日）及び ^{135}Xe（半減期 9.143 時間）の大気中濃度を測定した。

1) 調査対象地区

千葉市（日本分析センター：緯度 35.661757、経度 140.136619）

2) 調査期間

2024 年 3 月 1 日より 2025 年 2 月 28 日まで調査を実施した。

3) 分析方法

Scienta Sensor Systems 社製希ガス自動観測装置（SAUNA-Ⅱ）を用いて、大気試料を流量約 20 L/分で 12 時間捕集した後、モレキュラーシーブや活性炭でキセノンを分離・精製し、β－γ 同時計数法によって測定した後、SAUNA-Ⅱ付属の解析ソフトウェア(XECON)を用いて ^{131m}Xe、^{133}Xe、^{133m}Xe 及び ^{135}Xe 濃度(mBq/m^3)を算出した。

(2) 結果と考察

2018 年 10 月から 2025 年 2 月捕集分の大気中 ^{131m}Xe、^{133}Xe、^{133m}Xe 及び ^{135}Xe 濃度を図 2-9-1～図 2-9-4 に示す。調査期間中の大気中 ^{131m}Xe 濃度は 0.05～1.54 mBq/m^3 で、平均値（n=61）は 0.24 mBq/m^3 であった。^{133}Xe 濃度は 0.12～70.24 mBq/m^3 で、平均値（n=456）は 2.96 mBq/m^3 であった。^{133m}Xe 濃度は 0.04～2.19 mBq/m^3 で、平均値（n=22）は 0.50 mBq/m^3 であった。^{135}Xe 濃度はすべて不検出であった。

環境中で観測されるキセノン同位体比は原子力関係施設由来と核爆発由来で異なることが報告[*1]されており、これらの違いは発生するキセノン同位体の種類や、環境中に放出されるまでの時間及びその半減期の違いによる。包括的核実験禁止条約機関の放射性核種監視観測所において SAUNA-Ⅲを運用している日本原子力研究開発機構では、放射性キセノン濃度による異常事象の監視に加え、キセノン同位体比によるフラグ（^{133m}Xe/^{131m}Xe >2.0、^{133m}Xe/^{133}Xe >0.3、^{135}Xe/^{133}Xe >5.0）を立て、注目すべきデータを抽出している[*2]。そこで、^{131m}Xe と ^{133m}Xe、^{133}Xe と ^{133m}Xe もしくは ^{133}Xe と ^{135}Xe が同時に検出された場合は、それぞれキセノン同位体比（^{133m}Xe/^{131m}Xe、^{133m}Xe/^{133}Xe、^{135}Xe/^{133}Xe）を算出し、同機構が採用しているキセノン同位体比の基準[*2]を用いて結果の評価を行った。

調査期間におけるキセノン同位体比は表 2-9-1 の通りであった。^{133m}Xe/^{131m}Xe

濃度比は 3 回算出されたが、日本原子力研究開発機構が採用している基準（$^{133m}Xe/^{131m}Xe$ >2.0）以下であった。$^{135}Xe/^{133}Xe$ 濃度比は算出されなかった。$^{133m}Xe/^{133}Xe$ 濃度比は 12 回算出された。そのうち、2024 年 10 月 13 日に捕集した試料において日本原子力研究開発機構が採用している基準（$^{133m}Xe/^{133}Xe$ >0.3）を超過したが、^{133}Xe 及び ^{133m}Xe の濃度が下限値付近の低いレベルで測定誤差が大きかったこと、^{133m}Xe が以降の測定では連続して不検出であったこと、^{131m}Xe 及び ^{135}Xe が不検出であったことから、偶発的なものであった可能性が高いと考えられた。

表 2-9-1 キセノン同位体比が算出された試料

捕集開始日時	捕集終了日時	$^{133m}Xe/^{131m}Xe$	$^{135}Xe/^{133}Xe$	$^{133m}Xe/^{133}Xe$	^{131m}Xe濃度 (mBq/m^3)	^{133}Xe濃度 (mBq/m^3)	^{133m}Xe濃度 (mBq/m^3)	^{135}Xe濃度 (mBq/m^3)
2024/03/05 01:06	2024/03/05 13:06	－	－	0.06	不検出	8.43±0.19	0.50±0.14	不検出
2024/10/11 23:00	2024/10/12 11:00	0.57	－	－	0.07±0.02	不検出	0.04±0.02	不検出
2024/10/13 11:00	2024/10/13 23:00	－	－	0.56	不検出	0.16±0.05	0.09±0.03	不検出
2024/11/30 23:01	2024/12/01 11:01	－	－	0.05	不検出	12.20±0.26	0.59±0.16	不検出
2024/12/04 23:01	2024/12/05 11:01	－	－	0.03	不検出	70.24±0.54	2.19±0.39	不検出
2024/12/06 23:01	2024/12/07 11:01	－	－	0.05	不検出	20.13±0.29	0.96±0.21	不検出
2024/12/08 11:01	2024/12/08 23:01	－	－	0.08	不検出	3.66±0.16	0.31±0.10	不検出
2024/12/26 23:02	2024/12/27 11:02	－	－	0.04	不検出	27.92±0.39	1.05±0.24	不検出
2024/12/27 23:02	2024/12/28 11:02	－	－	0.04	不検出	16.50±0.26	0.60±0.19	不検出
2025/01/24 23:02	2025/01/25 11:02	1.15	－	0.03	1.54±0.38	55.64±0.55	1.77±0.34	不検出
2025/01/29 23:02	2025/01/30 11:02	1.21	－	0.04	1.04±0.28	28.98±0.40	1.26±0.25	不検出
2025/01/31 23:02	2025/02/01 11:03	－	－	0.04	不検出	13.69±0.28	0.61±0.17	不検出
2025/02/04 23:03	2025/02/05 11:03	－	－	0.04	不検出	10.89±0.25	0.49±0.15	不検出

2024 年 3 月 5 日及び 2024 年 11 月 30 日から 2025 年 2 月 5 日の期間に捕集した試料において、^{133m}Xe 濃度が SAUNA-Ⅱ導入（2018 年 10 月 18 日捕集開始分）から 2023 年度までの最大値（0.32 mBq/m^3）を超過した。調査期間において、2023 年度までの最大値（0.32 mBq/m^3）を超過した試料を表 2-9-2 に示す。調査期間中の ^{133m}Xe 濃度の最大値は 2.19 mBq/m^3（2024 年 12 月 4 日から 5 日に捕集した試料）であった。なお、^{133m}Xe 濃度が 2023 年度までの最大値を超過した試料におけるキセノン同位体比は、いずれも日本原子力研究開発機構が採用している基準以下であった。

また、2024 年 3 月 15 日から 16 日に捕集した試料及び 2024 年 11 月 30 日から 2025 年 2 月 24 日の期間中に捕集した試料において、^{133}Xe 濃度が SAUNA-Ⅱ導入（2018 年 10 月 18 日捕集開始分）から 2023 年度までの最大値（8.70 mBq/m^3）を超過した。調査期間において、^{133}Xe 濃度が 2023 年度までの最大値

（8.70 mBq/m^3）を超過した試料を表 2-9-3 に示す。調査期間中の ^{133}Xe 濃度の最大値は 70.24 mBq/m^3（2024 年 12 月 4 日から 5 日に捕集した試料）であった。なお、^{133}Xe 濃度が 2023 年度までの最大値を超過した試料におけるキセノン同位体比は、いずれも日本原子力研究開発機構が採用している基準以下であった。

放射性キセノン濃度の上昇が確認された期間は主として西高東低の冬型の気圧配置であり、アジア大陸からの大気塊が千葉市に流入していたものと推定された。なお、これは実効線量率に換算[*3]すると 3.1 nSv/年であり、日本人の平均的な自然放射線からの年間被ばく線量（2.1 mSv/年[*4]）と比較して十分に低い線量である。放射性キセノン濃度の変動を把握するため、引き続きその動向を注視し、継続的な観測を行う必要があると考えられる。

表 2-9-2 ^{133m}Xe 濃度が SAUNA-Ⅱ導入から 2023 年度までの最大値を超過した試料

捕集開始	捕集終了	^{131m}Xe濃度 (mBq/m^3)	^{133}Xe濃度 (mBq/m^3)	^{133m}Xe濃度 (mBq/m^3)	^{135}Xe濃度 (mBq/m^3)
2024/03/05 01:06	2024/03/05 13:06	不検出	8.43±0.19	0.50±0.14	不検出
2024/11/30 23:01	2024/12/01 11:01	不検出	12.20±0.26	0.59±0.16	不検出
2024/12/04 23:01	2024/12/05 11:01	不検出	70.24±0.54	2.19±0.39	不検出
2024/12/06 23:01	2024/12/07 11:01	不検出	20.13±0.29	0.96±0.21	不検出
2024/12/26 23:02	2024/12/27 11:02	不検出	27.92±0.39	1.05±0.24	不検出
2024/12/27 23:02	2024/12/28 11:02	不検出	16.50±0.26	0.60±0.19	不検出
2025/01/24 23:02	2025/01/25 11:02	1.54±0.38	55.64±0.55	1.77±0.34	不検出
2025/01/29 23:02	2025/01/30 11:02	1.04±0.28	28.98±0.40	1.26±0.25	不検出
2025/01/31 23:02	2025/02/01 11:03	不検出	13.69±0.28	0.61±0.17	不検出
2025/02/04 23:03	2025/02/05 11:03	不検出	10.89±0.25	0.49±0.15	不検出

表 2-9-3 ^{133}Xe 濃度が SAUNA-Ⅱ導入から 2023 年度までの最大値を超過した試料

捕集開始	捕集終了	^{131m}Xe濃度 (mBq/m^3)	^{133}Xe濃度 (mBq/m^3)	^{133m}Xe濃度 (mBq/m^3)	^{135}Xe濃度 (mBq/m^3)
2024/03/15 01:07	2024/03/15 13:07	不検出	17.64±0.27	不検出	不検出
2024/03/15 13:07	2024/03/16 01:07	不検出	12.63±0.27	不検出	不検出
2024/11/30 23:01	2024/12/01 11:01	不検出	12.20±0.26	0.59±0.16	不検出
2024/12/01 11:01	2024/12/01 23:01	不検出	14.19±0.29	不検出	不検出
2024/12/04 11:01	2024/12/04 23:01	不検出	19.26±0.27	不検出	不検出
2024/12/04 23:01	2024/12/05 11:01	不検出	70.24±0.54	2.19±0.39	不検出
2024/12/05 11:01	2024/12/05 23:01	不検出	50.65±0.43	不検出	不検出
2024/12/05 23:01	2024/12/06 11:01	不検出	9.72±0.20	不検出	不検出
2024/12/06 23:01	2024/12/07 11:01	不検出	20.13±0.29	0.96±0.21	不検出
2024/12/10 11:01	2024/12/10 23:01	不検出	12.39±0.21	不検出	不検出
2024/12/15 11:01	2024/12/15 23:01	不検出	15.66±0.24	不検出	不検出
2024/12/18 23:02	2024/12/19 11:02	不検出	12.62±0.23	不検出	不検出
2024/12/19 11:02	2024/12/19 23:02	不検出	15.60±0.28	不検出	不検出
2024/12/21 23:02	2024/12/22 11:02	不検出	19.83±0.29	不検出	不検出
2024/12/22 11:02	2024/12/22 23:02	不検出	15.68±0.24	不検出	不検出
2024/12/26 23:02	2024/12/27 11:02	不検出	27.92±0.39	1.05±0.24	不検出
2024/12/27 11:02	2024/12/27 23:02	不検出	46.76±0.41	不検出	不検出
2024/12/27 23:02	2024/12/28 11:02	不検出	16.50±0.26	0.60±0.19	不検出
2024/12/28 11:02	2024/12/28 23:02	不検出	10.27±0.23	不検出	不検出
2024/12/28 23:02	2024/12/29 11:02	不検出	12.54±0.23	不検出	不検出
2024/12/29 11:02	2024/12/29 23:02	不検出	15.77±0.27	不検出	不検出
2024/12/31 11:02	2024/12/31 23:02	不検出	24.79±0.35	不検出	不検出
2025/01/07 11:02	2025/01/07 23:02	不検出	17.72±0.26	不検出	不検出
2025/01/21 11:02	2025/01/21 23:02	不検出	9.95±0.22	不検出	不検出
2025/01/24 11:02	2025/01/24 23:02	不検出	21.02±0.28	不検出	不検出
2025/01/24 23:02	2025/01/25 11:02	1.54±0.38	55.64±0.55	1.77±0.34	不検出
2025/01/25 11:02	2025/01/25 23:02	不検出	35.07±0.42	不検出	不検出
2025/01/29 11:02	2025/01/29 23:02	1.40±0.32	37.15±0.43	不検出	不検出
2025/01/29 23:02	2025/01/30 11:02	1.04±0.28	28.98±0.40	1.26±0.25	不検出
2025/01/30 11:02	2025/01/30 23:02	不検出	15.69±0.31	不検出	不検出
2025/01/30 23:02	2025/01/31 11:02	不検出	10.66±0.22	不検出	不検出
2025/01/31 11:02	2025/01/31 23:02	不検出	11.57±0.21	不検出	不検出
2025/01/31 23:02	2025/02/01 11:03	不検出	13.69±0.28	0.61±0.17	不検出
2025/02/01 11:03	2025/02/01 23:02	不検出	10.53±0.23	不検出	不検出
2025/02/04 11:03	2025/02/04 23:03	不検出	19.37±0.30	不検出	不検出
2025/02/04 23:03	2025/02/05 11:03	不検出	10.89±0.25	0.49±0.15	不検出
2025/02/05 11:03	2025/02/05 23:03	不検出	14.62±0.27	不検出	不検出
2025/02/23 23:03	2025/02/24 11:03	不検出	12.21±0.24	不検出	不検出
2025/02/24 11:03	2025/02/24 23:03	不検出	13.24±0.29	不検出	不検出

＊1:M. Kalinowski, et al. (2010) Discrimination of nuclear explosions against civilian sources based on atmospheric xenon isotopic activity ratios., Pure and Applied Geophysics, 167, 517-539.
＊2:WOSMIP V-Workshop on Signatures of Medical and Industrial Isotope Production, Brussels, Belgium,May 2015,PNNL-25226.
＊3:国際放射線防護委員会(ICRP), 2012; ICRP Publication 119 , Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60.
＊4:公益財団法人原子力安全研究協会,2020;「生活環境放射線（国民線量の算定）第3版」

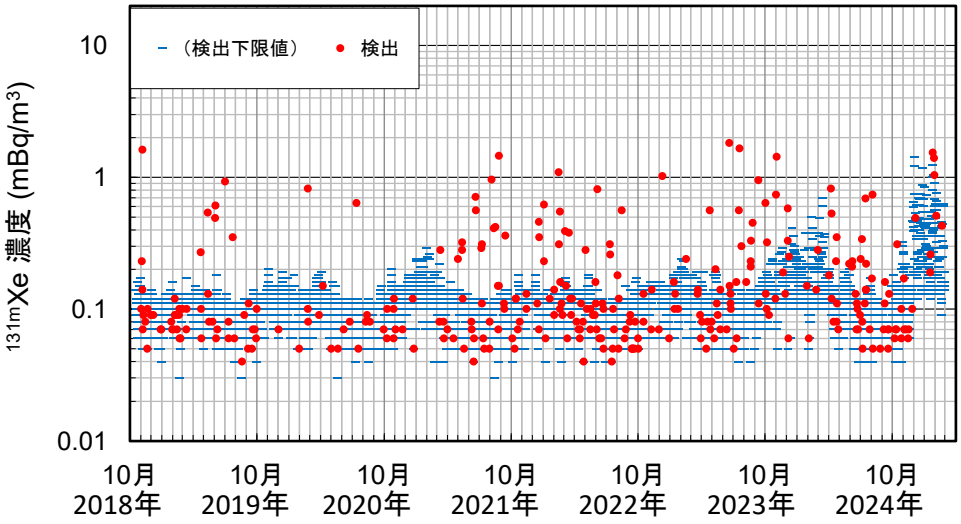


図 2-9-1 大気中 ^{131m}Xe 濃度調査結果

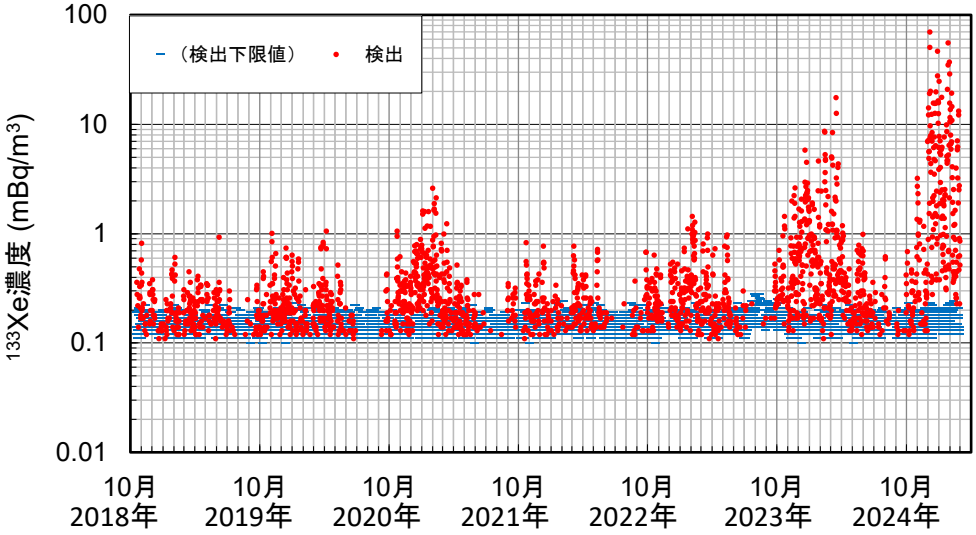


図 2-9-2 大気中 ^{133}Xe 濃度調査結果

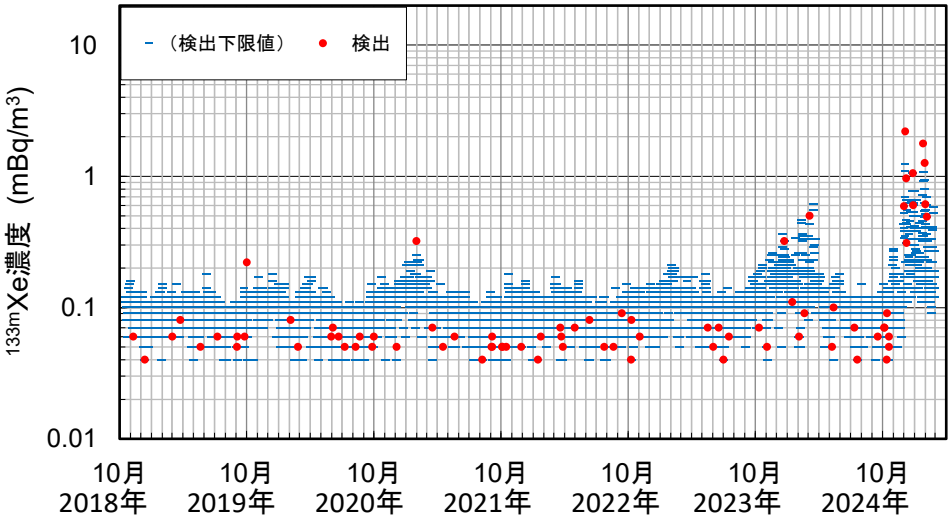


図 2-9-3 大気中 ^{133m}Xe 濃度調査結果

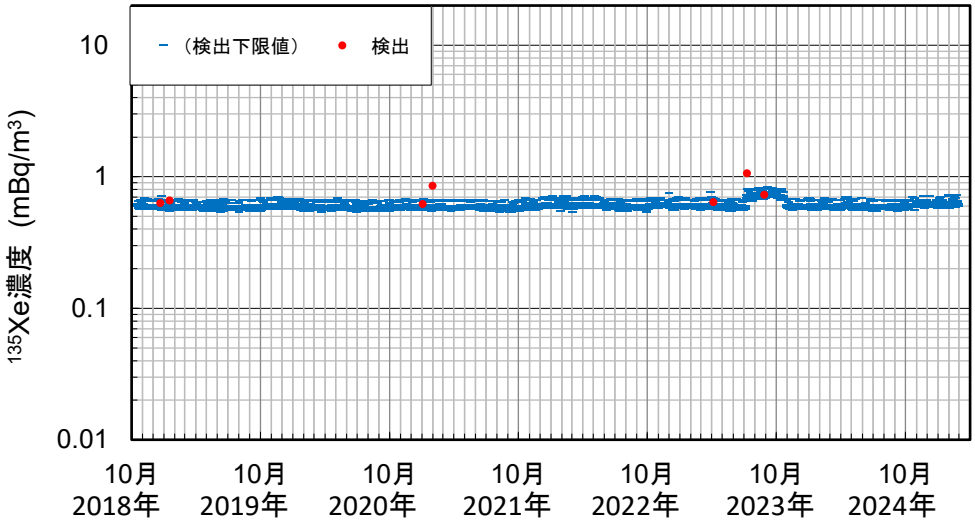


図 2-9-4 大気中 ^{135}Xe 濃度調査結果

2.10 福島県下における空間線量の調査

(1) 概要

東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所周辺地域80地点程度において、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2-10-1（1）及び（2)、設置地点地図を図2-10-1に示す。

(2) 結果と考察

可搬型モニタリングポスト80地点の内、環境放射線センター（南相馬市）に保管中の3基（金房幼稚園、環境放射線センター、富岡第一小学校）及び廃棄済みの2基（葛尾村柏原地区、いわき市海竜の里センター）を除いた75地点における空間放射線量率のトレンドグラフを図2-10-2（1）～（38）に示す。トレンドグラフは10分値における1日毎の平均値、最大値及び最小値をプロットした。

1）10分値における異常値の判断基準と変動要因

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。

・要確認値（高）：10分値のデータについて前月1ヶ月間の最大値以上
・要確認値（低）：10分値のデータについて前月1ヶ月間の最小値に0.9を乗じた値以下

上記判断基準を外れた場合は、その要因について確認した。以下にその内容を記す。

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が知られている。しかし本調査の場合、一時的に下降するという結果も得られている。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、地表面以下に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がある。

これらのことから、空間放射線量率の上昇もしくは下降のいずれにおいても、可搬型モニタリングポストに搭載された感雨計及び可搬型モニタリングポスト近隣で観測している気象庁のアメダス（地域気象観測システム）を活用して降雨・降雪の有無を確認した。

気象庁 アメダス　https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/index.php

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。降雨の影響については、びわのかげ運動公園（南会津町）における空間放射線量率上昇の例を図2-10-3に、大堀小学校（浪江町）における空間放射線量率下降の例を図2-10-4に示す。例示した期間では、びわのかげ運動公園（南会津町）で最大0.09 μSv/h（228 %）程度の空間放射線量率の上昇、大堀小学校（浪江町）で最大0.13 μSv/h（26 %）程度の空間放射線量率の下降が見られた。降雪の影響については、中屋敷多目的研修集会施設（大熊町）における空間放射線量率の下降の例を図2-10-5（1）に、降雪の様子を図2-10-5（2）に示す。例示した期間では、同地点で0.02 μSv/h（26 %）程度の空間放射線量率の下降が見られた。

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変動を確認した。

確認の結果、可搬型モニタリングポスト測定値が日変動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、北部コミュニティーセンター（双葉町）の例を図2-10-6に示す。例示した期間では、同地点で最大6 %程度の測定値の日変動が見られた。

③ 設置地点敷地内の除染に伴う変動

除染作業による空間放射線量率への影響を確認した。また、空間放射線量率測定と同時に得られる波高スペクトルを用いて放射性セシウム等の変動を確認した。

確認の結果、大柿簡易郵便局（葛尾村営バス停脇）（浪江町）では、敷地の除染作業を行ったことで、46 %程度の空間放射線量率の下降が認められた（除染前2.2 μSv/h程度、除染後1.2 μSv/h程度）。また、波高スペクトルより、^{134}Csと^{137}Csの計数（600～700 keV付近）及び

^{134}Csの計数（800 keV付近）を中心に、1000 keV以下の領域における計数の低下が確認でき、空間放射線量率における放射性セシウムの寄与が減少したことが判明した。設置地点敷地内の除染による空間放射線量率の変動及び、空間放射線量率測定と同時に得られる波高スペクトルを図2-10-7（1）及び（2）に示す。

④ 可搬型モニタリングポストの更新に伴う変動

可搬型モニタリングポストの更新に伴い、空間放射線量率のベースラインの変動が認められた。詳細は「5）可搬型モニタリングポストの更新」に記載した。

2）長期的なデータによる空間放射線量率変動の確認

1ヶ月毎に各地点のトレンドグラフ（図 2-10-2（1）～（38）参照）を更新し、長期的な変動を確認した。結果、周辺環境の変化に伴う空間放射線量率の変動以外は確認されなかった。

3）可搬型モニタリングポストの撤去

白河市からの要望で、白河市総合運動公園（白河市）に設置されている可搬型モニタリングポストを、2024 年 9 月 24 日に撤去した。撤去した可搬型モニタリングポストを構成する機材の内、屋外での保管でも損傷が少ない土台は環境放射線センター（南相馬市）に、屋内の保管が望ましい測定部、制御部は日本分析センター（千葉県千葉市）に保管した。撤去前の設置地点を表 2-10-2 に、撤去前、撤去作業及び保管の様子を図 2-10-8（1）～（4）に示す。

4）設置地点敷地内の除染

大柿簡易郵便局（葛尾村営バス停脇）（浪江町）において除染作業が 2024 年 4 月 8 日から 4 月 11 日にかけて実施された。除染前及び除染後の様子を図 2-10-9 に示す。

5）可搬型モニタリングポストの更新

設置から 10 年以上が経過している可搬型モニタリングモニタリングポストの内 3 基（五枚沢集会所（川内村）、八木沢芦原多目的集会所（飯舘村）、高の倉ダム助常観測所（南相馬市））を選定し、更新を実施した。五枚沢集会所（川内村）及び八木沢芦原多目的集会所（飯舘村）については、携帯通信網範囲内でありながら衛星通信を利用し

ており、通信費用が高額であったため、更新に伴い携帯通信に変更した。高の倉ダム助常観測所（南相馬市）については、設置場所の日照条件が悪く、バッテリー交換に労力がかかっていたため、消費電力の少ない可搬型モニタリングポストに更新を実施した。なお、この地点においては、更新後も引き続き衛星通信を使用している。更新地点及び作業日等を表 2-10-3 に、更新前後の可搬型モニタリングポストの主な仕様の比較を表 2-10-4 に、更新前後の可搬型モニタリングポストの様子を図 2-10-10（1）～（6）に示す。

また、可搬型モニタリングポストの更新により、空間放射線量率のベースラインの変動が見られたが、これは更新前の可搬型モニタリングポストがコンクリートブロックや鉄板の上に検出器を設置する設計であったのに対し、更新後は地面からの放射線の遮へいを可能な限り少なくするよう、検出器の下が開けた設計としたためである。更新を実施した 3 地点の空間放射線量率のベースラインの変動のグラフを図 2-10-11（1）～（3）に示す。五枚沢集会所（川内村）では 0.009 μSv/h（11 %）程度、八木沢芦原多目的集会所（飯舘村）では 0.016 μSv/h（10 %）程度、高の倉ダム助常観測所（南相馬市）では 0.084 μSv/h（16 %）程度の空間放射線量率のベースラインの上昇がそれぞれ見られた。

(3) レスポンスマトリクス法の CsI 検出器に対する適用の検討及び妥当性確認

レスポンスマトリクス法（RM 法）とは、各エネルギーと波高スペクトルの関係をあらかじめ応答関数行列として用意しておき、測定された波高スペクトルを入射γ線のエネルギースペクトルに変換（アンフォールディング）することで空間放射線量率を計算する方法である。レスポンスマトリクス法を用いることで空間放射線量率における放射性セシウムの寄与を評価できることから、データ評価の充実化につなげることができる。

現在、応答関数行列は NaI 検出器に対してのみ用意されており、CsI 検出器に対しては用意されていない。昨年度、CsI 検出器の波高スペクトルを NaI 検出器の波高スペクトル相当に変換することで、NaI 検出器に対する応答行列関数を用いてレスポンスマトリクス法による空間放射線量率の計算を行うための検討を行い、適用できる可能性が示唆された。

今年度は、CsI 検出器の波高スペクトルを NaI 検出器の波高スペクトル相当に変換する手法（CsI 検出器⇔NaI 検出器スペクトル変換関数）を決定し、レスポンスマトリクス法による計算を行った。また、その計算結果の妥当性確認を行った。

1） CsI 検出器に対するレスポンスマトリクス法適用の検討

今回検討するレスポンスマトリクス法では、波高スペクトルをγ線エネルギー毎に 49 個の BIN に区切り、入射 γ 線のエネルギースペクトルに変換する。CsI 検出器に対する適用にあたっては、CsI 検出器の波高スペクトルを BIN に分割し、CsI 検出器⇔NaI 検出器スペクトル変換関数により、BIN 毎に NaI 検出器相当に変換し、応答関数行列により解析することとした。

CsI 検出器⇔NaI 検出器スペクトル変換関数の決定のため、CsI 検出器と NaI 検出器について、放射線輸送シミュレーション（PHITS）により、200 keV から 3000 keV まで 200 keV 毎の単色γ線照射のシミュレーションを行い、光電ピーク領域、コンプトン散乱領域の吸収エネルギーの比率を求めた。この結果から、光電ピーク領域、コンプトン散乱領域それぞれの比率について関数による近似を行った。光電ピーク領域の比率を示す関数を式（1）、コンプトン散乱領域の比率を示す関数を式（2）に示す。なお、xはγ線エネルギー、yは CsI 検出器と NaI 検出器の比率（CsI/NaI）を示す。

$$y = w_0 + 1 - (w_1 - w_0)\frac{x^{w_2}}{x^{w_2} + w_3^{w_2}} \qquad \text{式（1）}$$

$$\begin{cases} w_0 = 0.68686 \\ w_1 = 1.6444 \\ w_2 = 1.0091 \\ w_3 = 80.672 \end{cases}$$

$$y = (K_0 + K_1 x + K_2 x^2 + \cdots + K_{16} x^{16}) \qquad \text{式（2）}$$

$$\begin{cases} K_0 = 1.2937 \\ K_1 = -5.2258 \times 10^{-3} \\ K_2 = 5.0885 \times 10^{-5} \\ K_3 = -2.8406 \times 10^{-7} \\ K_4 = 9.2852 \times 10^{-10} \\ K_5 = -1.8867 \times 10^{-12} \\ K_6 = 2.4782 \times 10^{-15} \\ K_7 = -2.1192 \times 10^{-18} \\ K_8 = 1.1292 \times 10^{-21} \\ K_9 = -3.0704 \times 10^{-25} \\ K_{10} = -1.2131 \times 10^{-29} \\ K_{11} = 3.4146 \times 10^{-32} \\ K_{12} = -5.3536 \times 10^{-36} \\ K_{13} = -2.8325 \times 10^{-39} \\ K_{14} = 1.4010 \times 10^{-42} \\ K_{15} = -2.4437 \times 10^{-46} \\ K_{16} = 1.5963 \times 10^{-50} \end{cases}$$

昨年度実施した可搬型モニタリングポスト（NaI＋Si 半導体）と CsI 検出器の並行測定の結果と式（1）、式（2）を比較し、BIN の中心エネルギーが 200 keV 未満の領域では式（1）、200 keV 以上では（式（2）の 0～1000 keV の平均値－式（1））×0.6 の値で変換することとした。CsI 検出器⇔NaI 検出器スペクトル変換関数の決定に係るフロー図を、図 2-10-12 に示す。

なお、式（2）は 1000 keV 以上で発散することから、CsI 検出器⇔NaI 検出器スペクトル変換関数では 0～1000 keV の平均値を使用している。今回使用した関数が関数形として最適であるかは、今後検討する必要がある。

2）レスポンスマトリクス法の妥当性確認

可搬型 Ge 半導体検出器により、可搬型モニタリングポスト（NaI＋Si 半導体検出器 5 地点、CsI 検出器 5 地点）周辺で測定を実施し、HASL 法（可搬型 Ge 半導体検出器）とレスポンスマトリクス法（可搬型モニタリングポスト）のそれぞれで評価した自然放射性核種（U 系列、Th 系列、^{40}K）と放射性セシウム（^{134}Cs、^{137}Cs）の空間放射線量率への寄与を比較した。実施地点の一覧を表 2-10-5、並行測定の様子を図 2-10-13（1）及び（2）、結果を表 2-10-6、図 2-10-14（1）～（5）

に示す。NaI 検出器と CsI 検出器の間で特定の傾向はみられないことから、スペクトルの変換に問題はないと考えられた。自然放射性核種については、U 系列はレスポンスマトリクス法と HASL 法で同程度と評価されたが、Th 系列と ^{40}K は HASL 法に比べレスポンスマトリクス法で低く評価された。他の評価手法として比較して RM 法は低めの結果となったという点について、過去の報告[1]と同様であった。放射性セシウム（^{134}Cs、^{137}Cs）については、空間放射線量率が 1000 nGy/h 以上の地点ではレスポンスマトリクス法と HASL 法で同程度と評価された一方、空間放射線量率が 1000 nGy/h 未満の地点では、HASL 法に比べレスポンスマトリクス法で高く評価された。これは、レスポンスマトリクス法では、全γ線のエネルギースペクトルから自然放射性核種由来のγ線のエネルギースペクトルを差し引いたものを用いて放射性セシウムの寄与を評価するため、空間放射線量率が 1000 nGy/h 未満の地点では Th 系列や ^{40}K が低く評価される影響により、放射性セシウム寄与が相対的に高く評価されたものと考えられた。今後、可搬型モニタリングポスト設置地点における空間放射線量率への放射性セシウムの寄与について、経時的な変化を評価する。

[1] 松田 秀晴, 湊 進, Vincenzo PASQUALE, 環境γ線解析用応答行列法の精度評価, RADIOISOTOPES, 2002, 51 巻, 1 号, p. 42-50

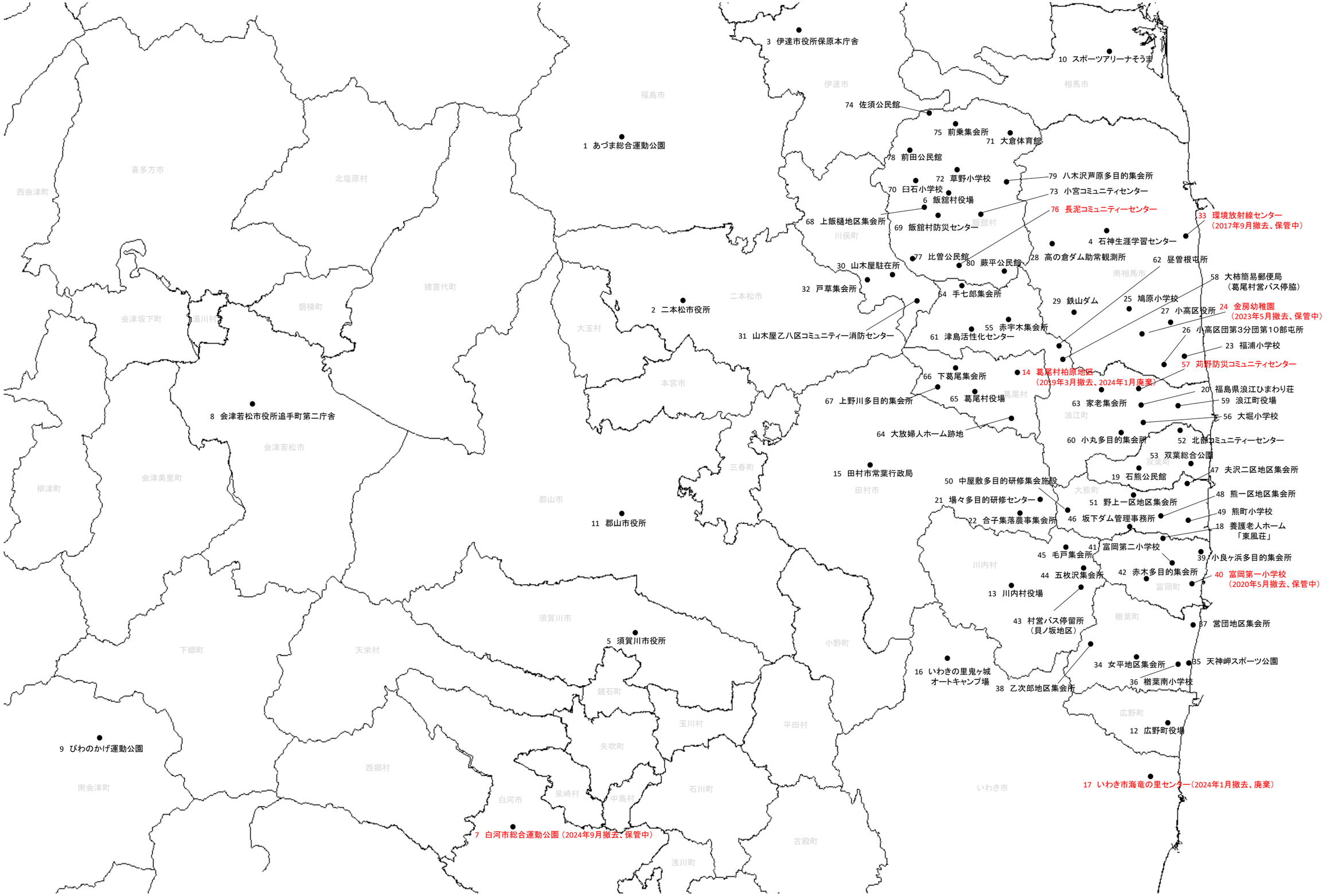
表2-10-1(1) 可搬型モニタリングポスト設置地点一覧

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	須賀川市八幡町135
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(2024年9月撤去、保管中)	白河市北中川原30番地
8	会津若松市役所追手町第二庁舎	会津若松市追手町2番41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(2019年3月撤去、2024年1月廃棄)	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(2024年1月撤去、廃棄)	いわき市大久町大久字柴崎9
18	養護老人ホーム「東風荘」	富岡町大字大菅字蛇谷須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	南相馬市小高区蛯沢字藤沼50-1
24	金房幼稚園(2023年5月撤去、保管中)	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	環境放射線センター(2017年9月撤去、保管中)	南相馬市原町区萱浜字巣掛場45-169
34	女平地区集会所	楢葉町大字上小塙字女平218-1
35	天神岬スポーツ公園	楢葉町大字北田字天神
36	楢葉南小学校	楢葉町大字下小塙字麦入31
37	営団地区集会所	楢葉町大字波倉字原135-7
38	乙次郎地区集会所	楢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(2020年5月撤去、保管中)	富岡町大字小浜字中央237-1
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35-3
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

表2-10-1(2) 可搬型モニタリングポスト設置地点一覧

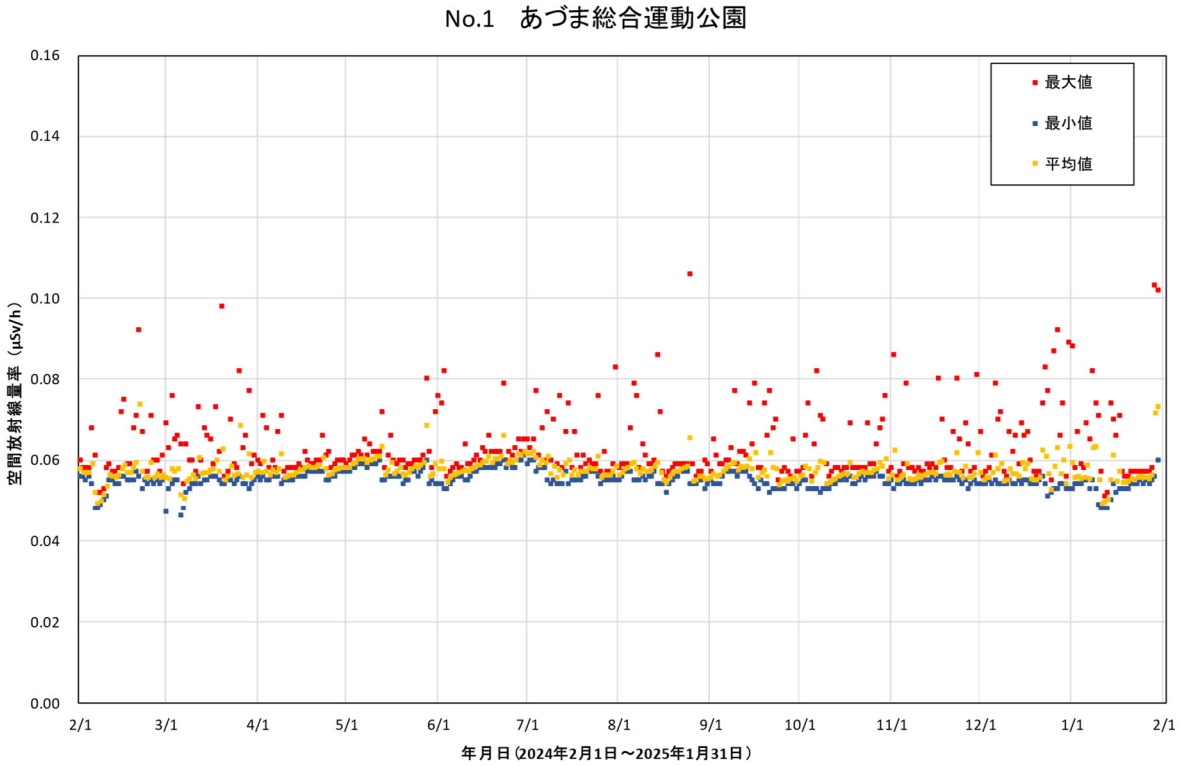
No.	施設名	所在地
48	熊一区地区集会所	大熊町大字熊字旭台499
49	熊町小学校	大熊町大字熊川字緑ヶ丘10
50	中屋敷多目的研修集会施設	大熊町大字野上字旭ヶ丘
51	野上一区地区集会所	大熊町大字野上字湯の神432-2
52	北部コミュニティーセンター	双葉町大字鴻草字高田前32
53	双葉総合公園	双葉町大字新山字漆迫地内
54	手七郎集会所	浪江町大字赤宇木字手七郎
55	赤宇木集会所	浪江町大字赤宇木字塩浸
56	大堀小学校	浪江町大字小野田字仲禅寺134
57	苅野防災コミュニティセンター	浪江町大字苅宿字鹿畑16
58	大柿簡易郵便局(葛尾村営バス停脇)	浪江町大字川房字大柿162
59	浪江町役場	浪江町大字幾世橋字六反田7-2
60	小丸多目的集会所	浪江町大字小丸字下平
61	津島活性化センター	浪江町大字下津島字原
62	昼曽根屯所	浪江町大字昼曽根字昼曽根
63	家老集会所	浪江町大字室原字滝平
64	大放婦人ホーム跡地	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	飯舘村防災センター	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

2025年1月時点



出典：国土地理院ホームページ

図2-10-1 可搬型モニタリングポスト設置地点地図



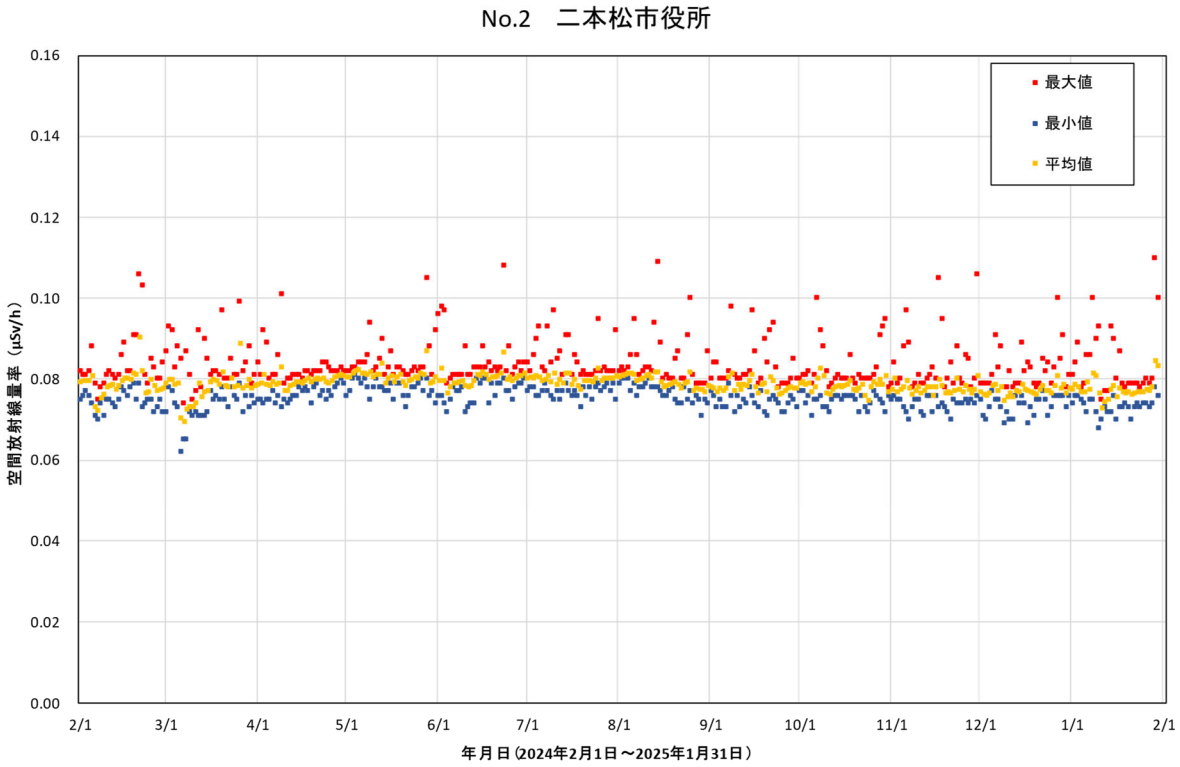
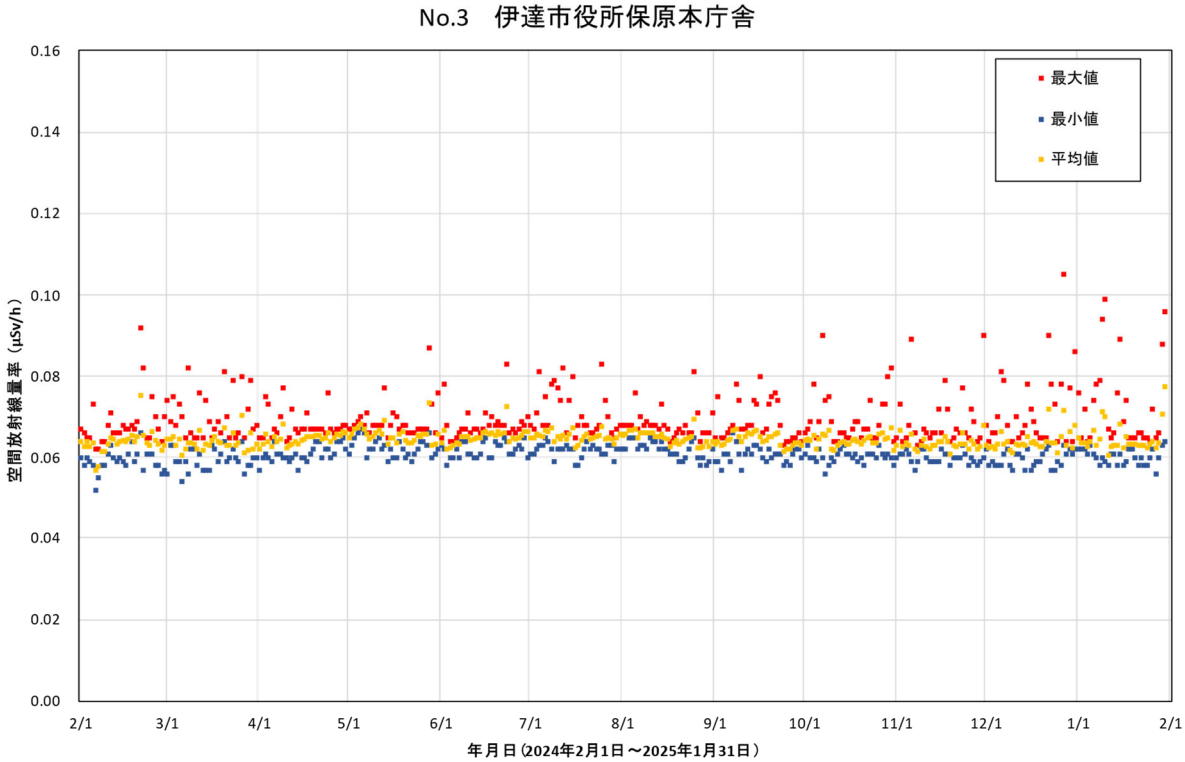


図 2-10-2(1)　各地点のトレンドグラフ



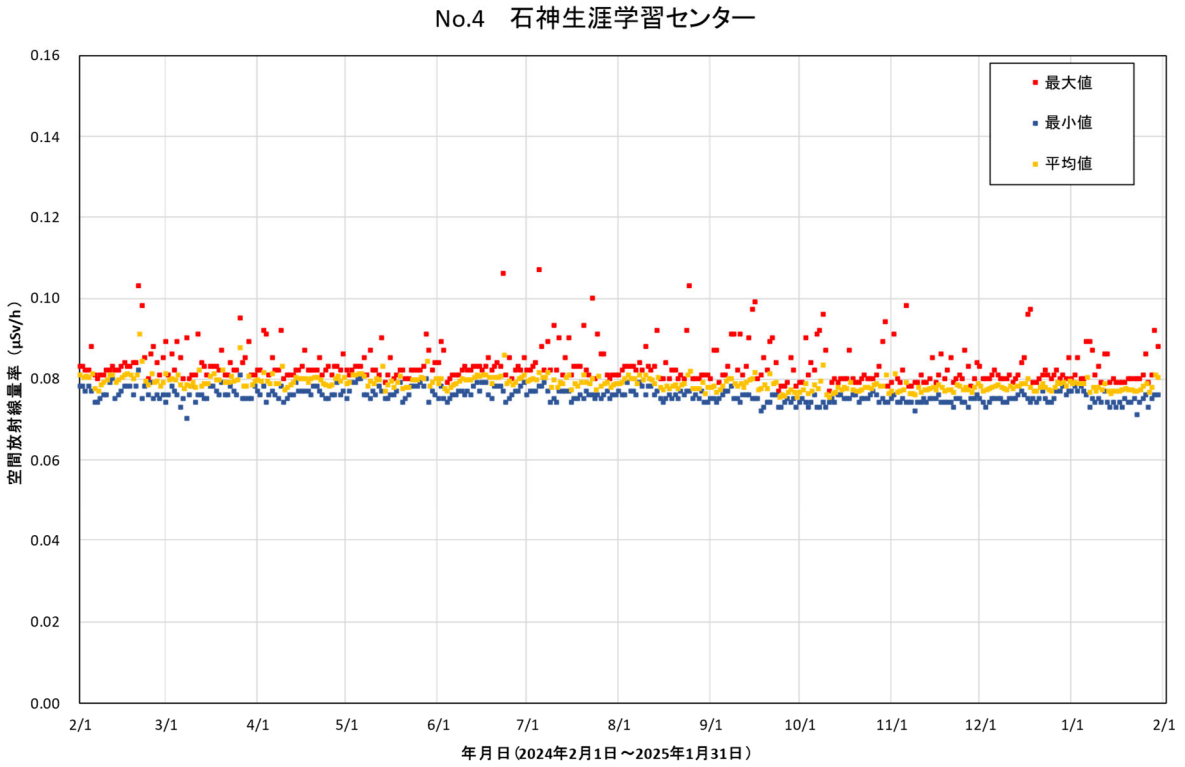
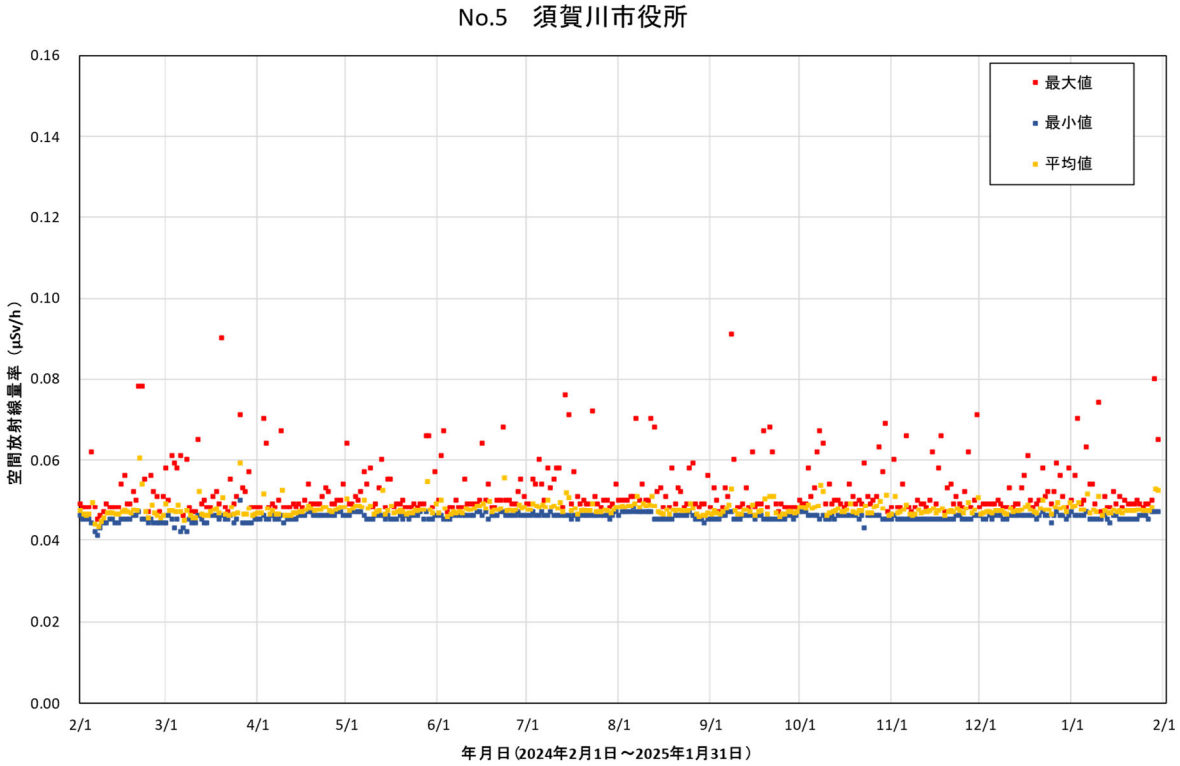


図 2-10-2(2)　各地点のトレンドグラフ



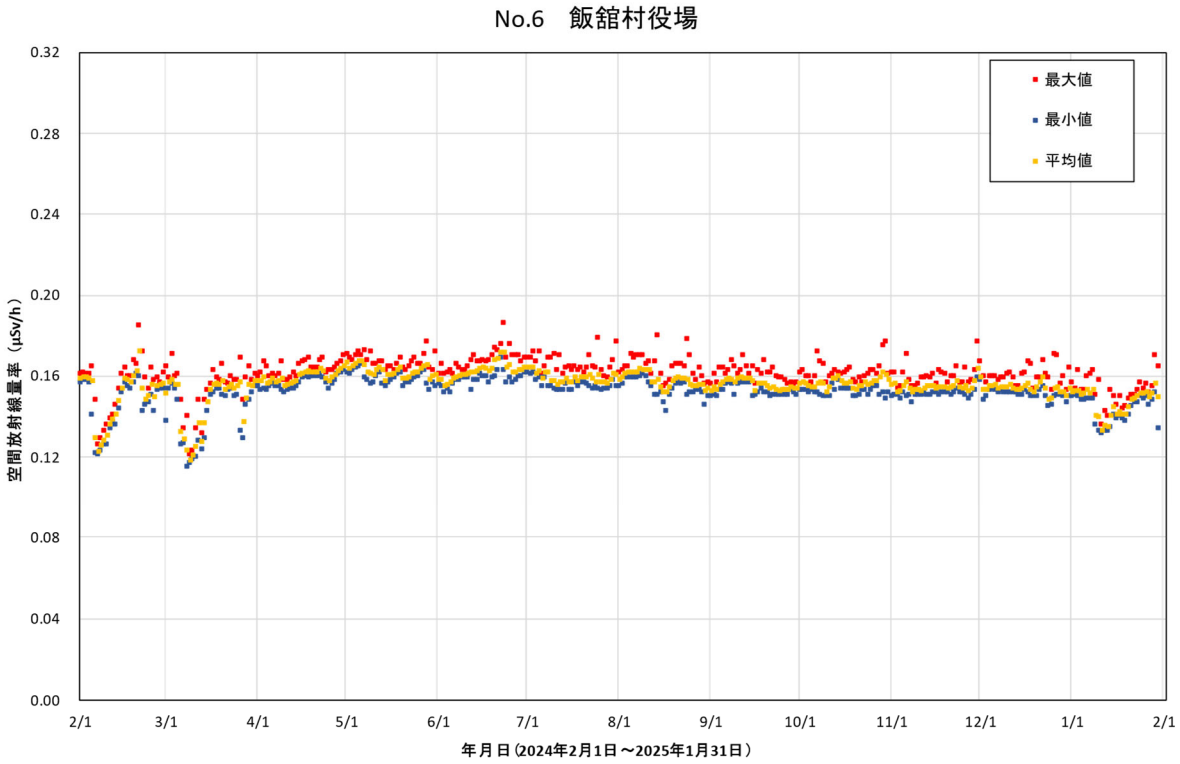
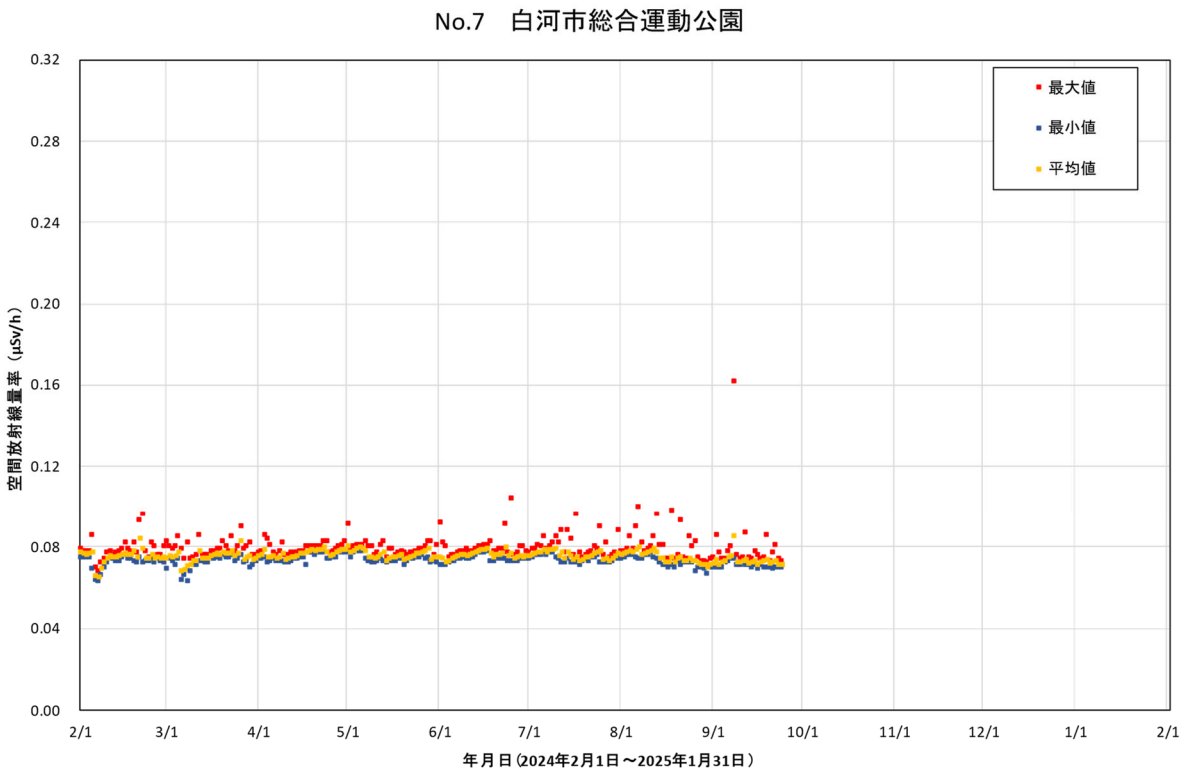


図 2-10-2(3)　各地点のトレンドグラフ



2024/9/24　撤去

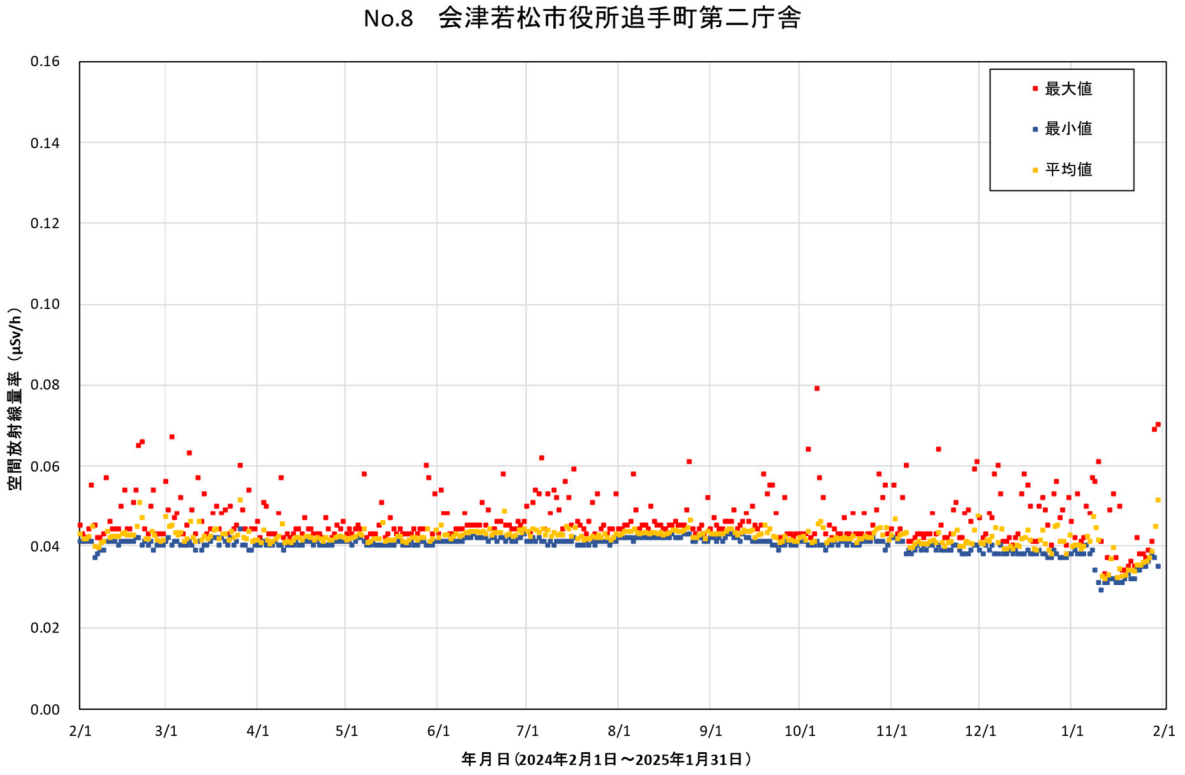
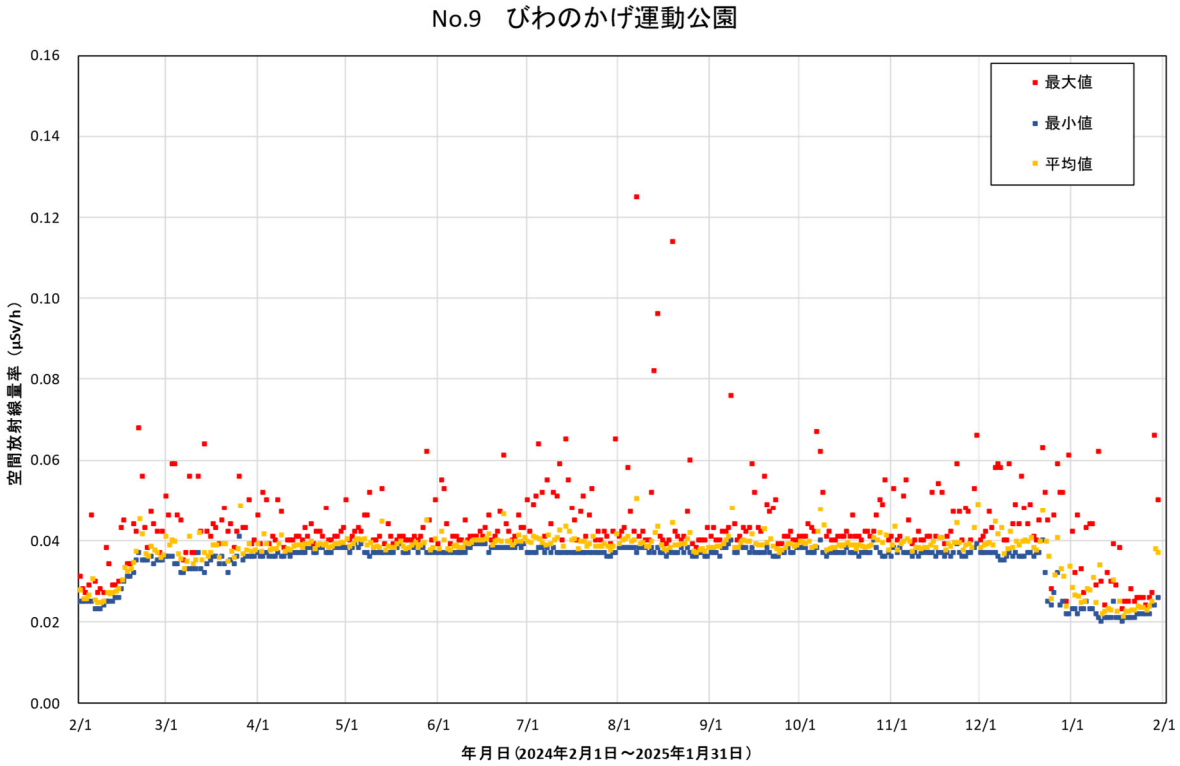


図 2-10-2(4)　各地点のトレンドグラフ



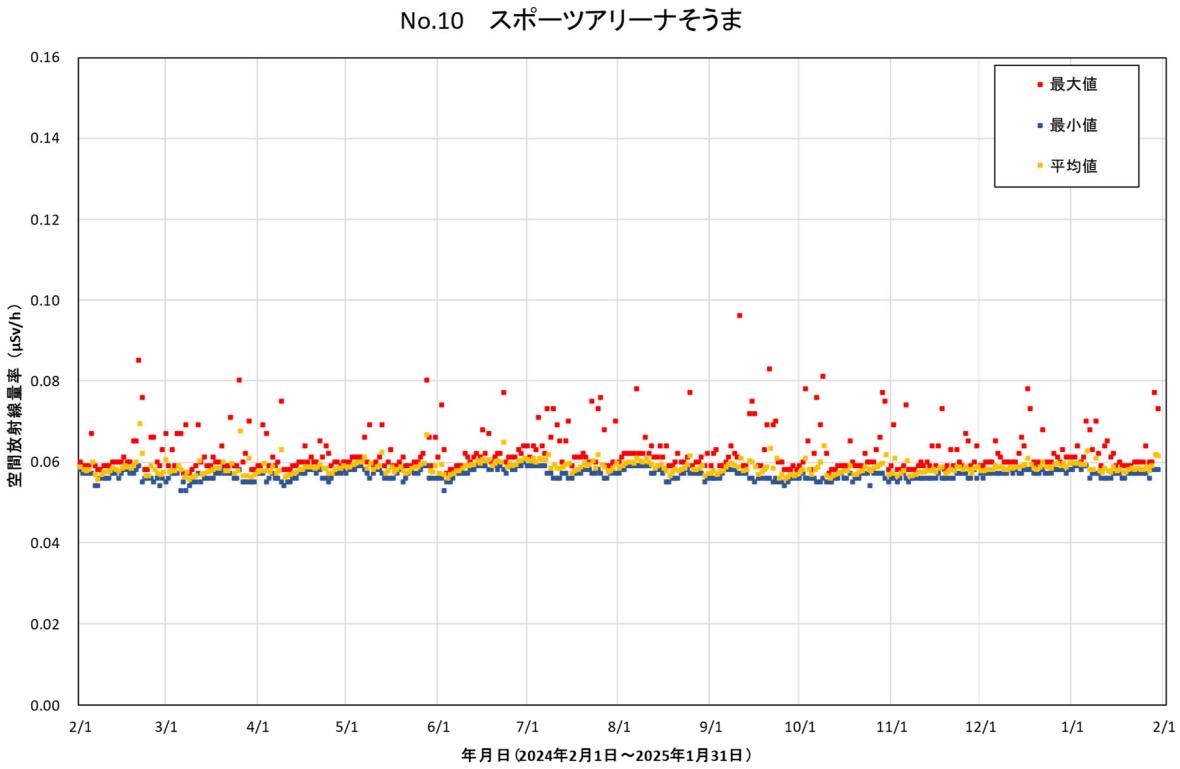
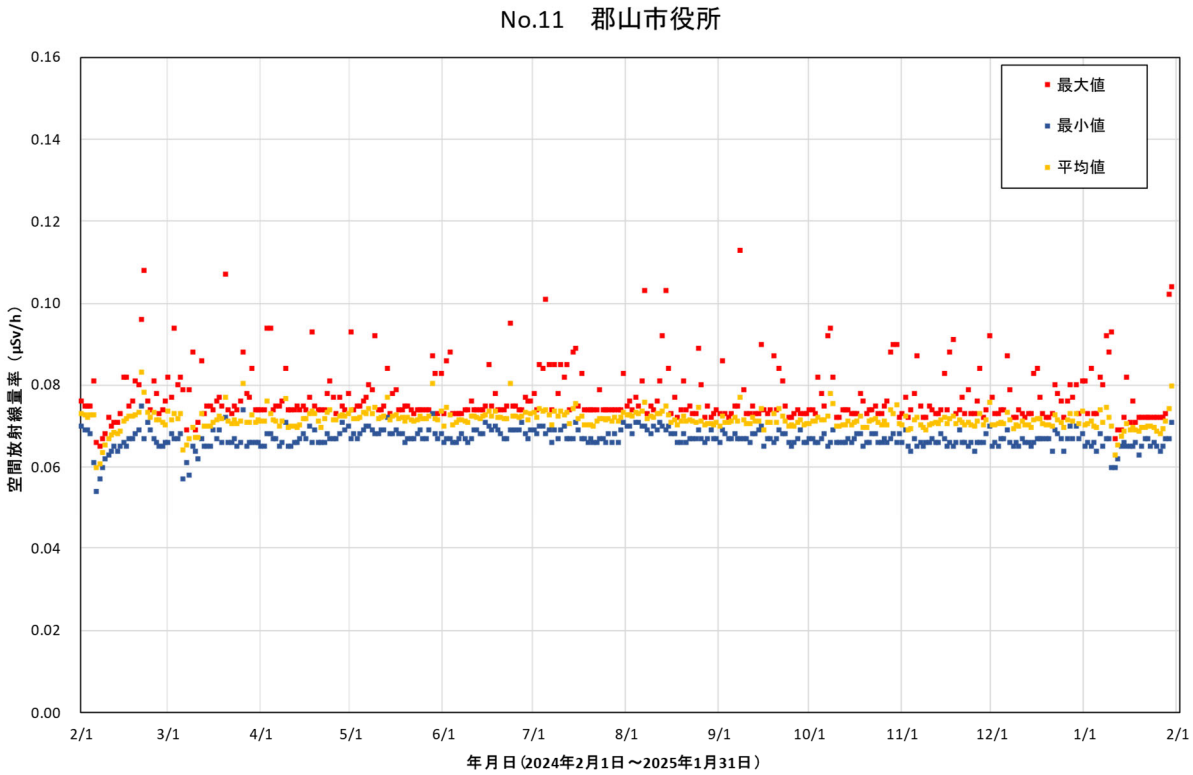


図 2-10-2(5)　各地点のトレンドグラフ



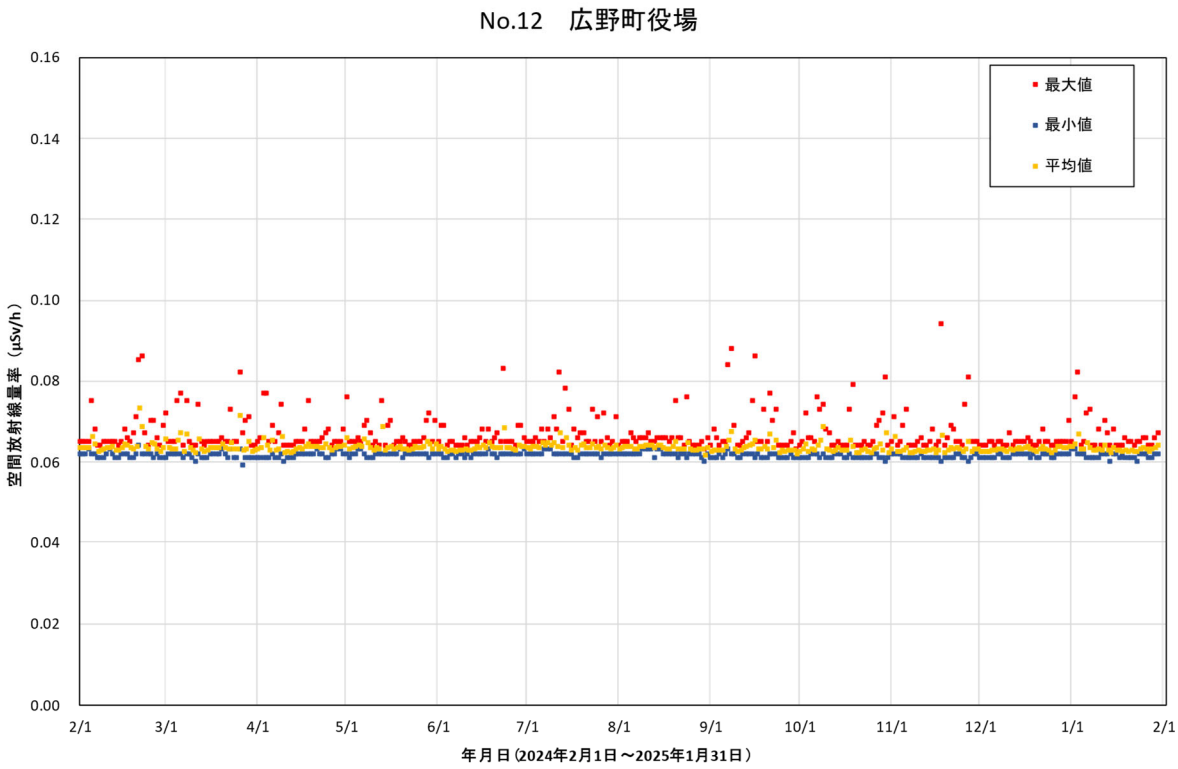
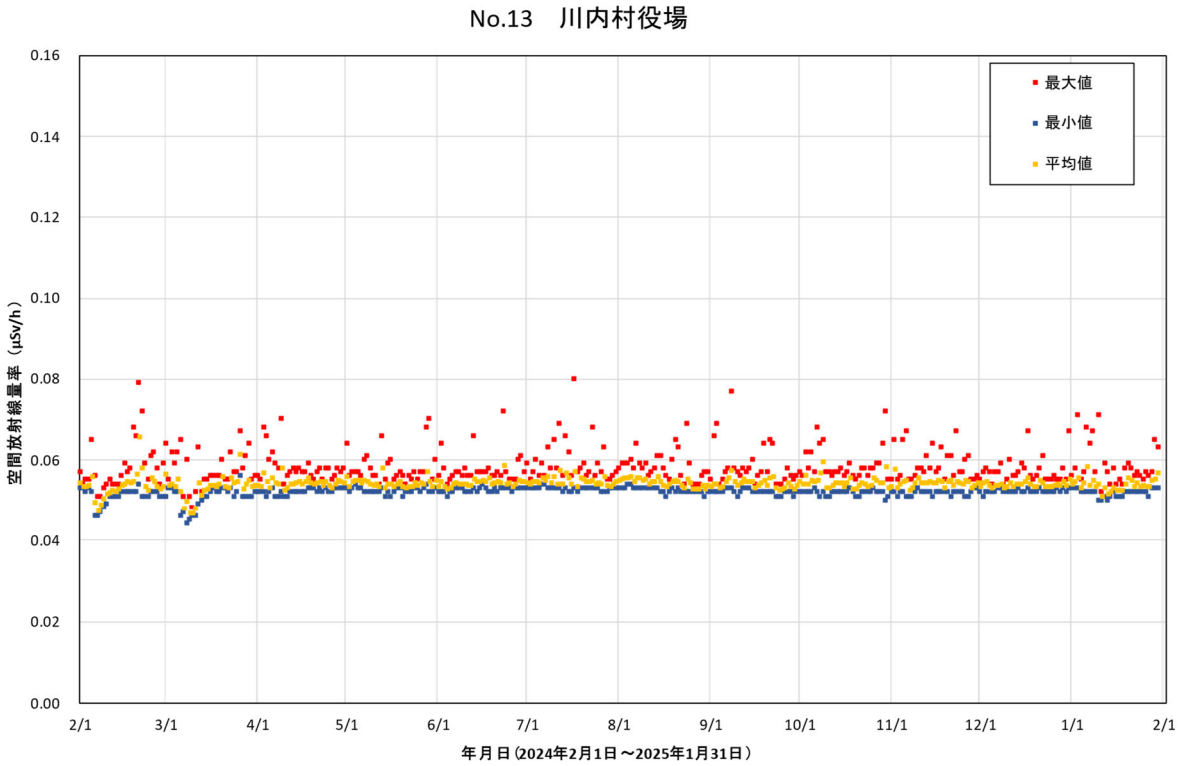


図 2-10-2(6)　各地点のトレンドグラフ



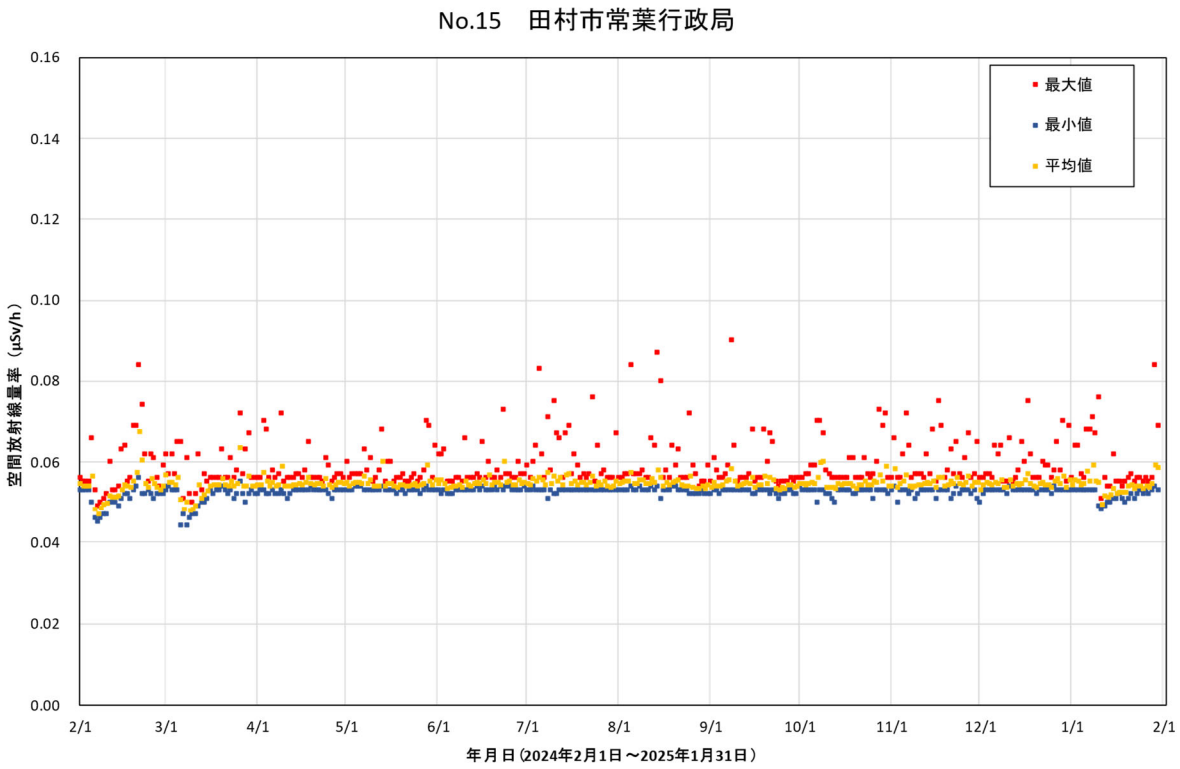
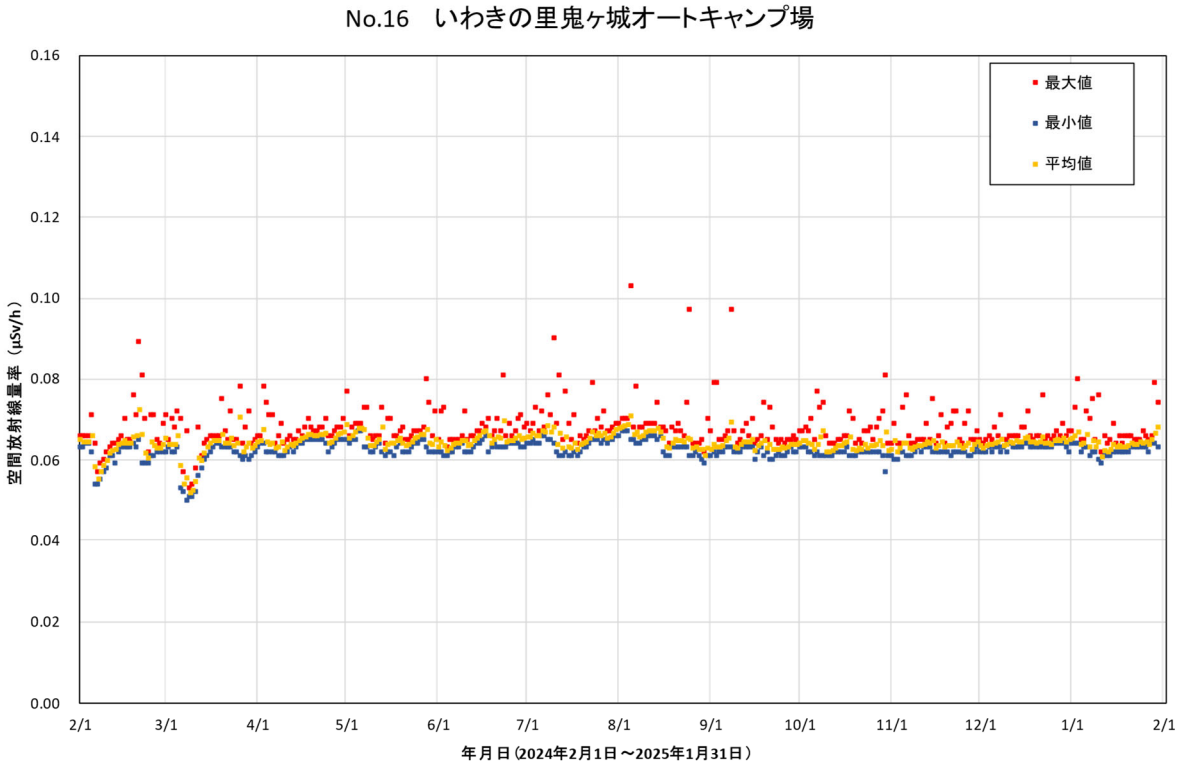


図 2-10-2(7)　各地点のトレンドグラフ



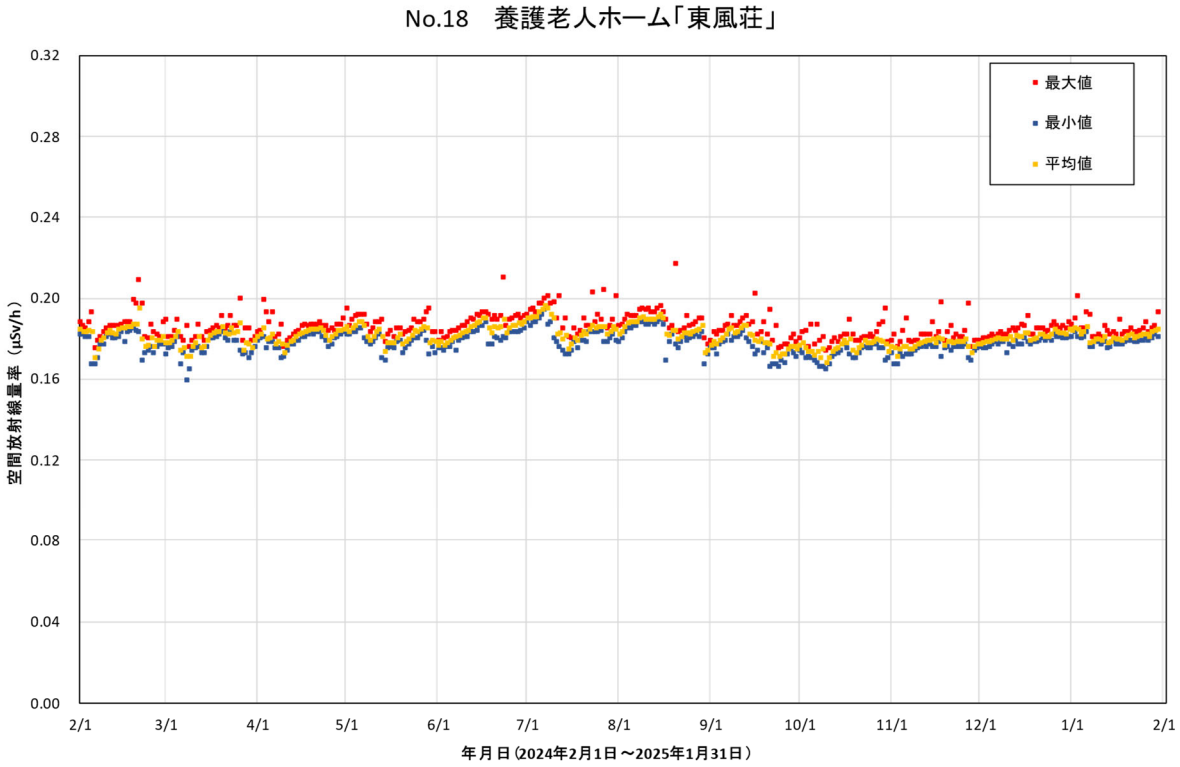
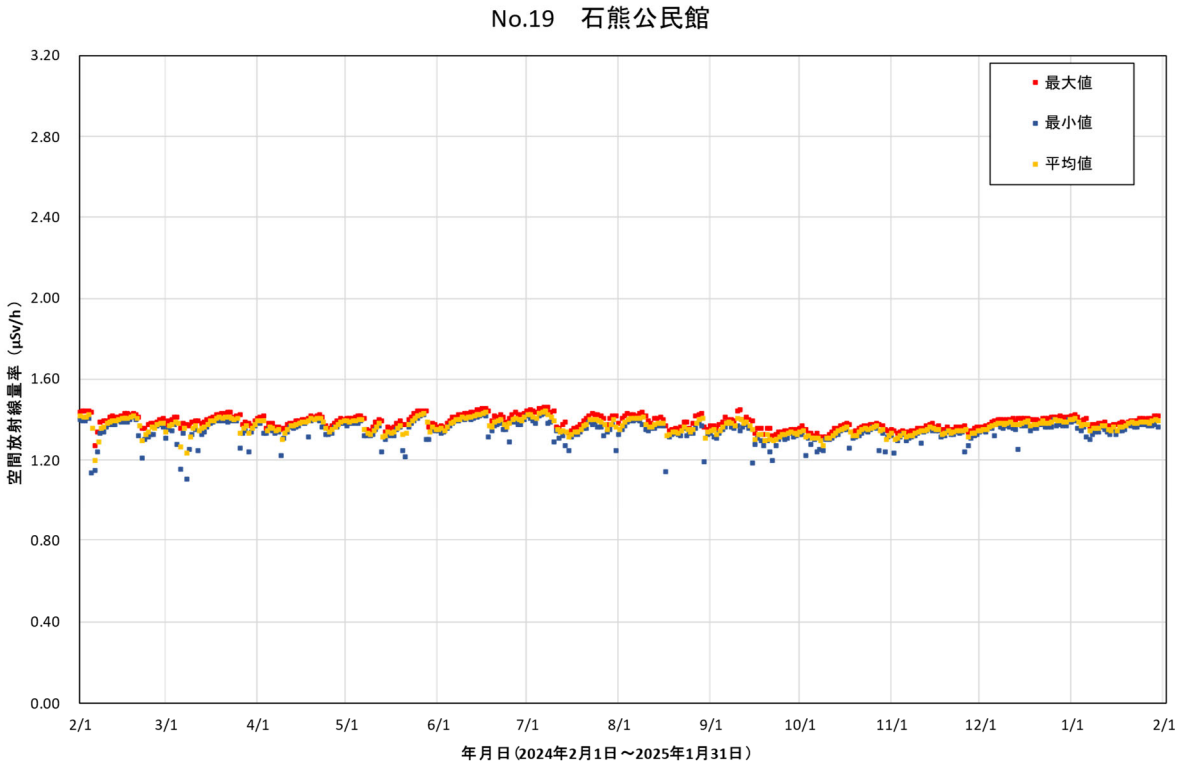


図 2-10-2(8)　各地点のトレンドグラフ



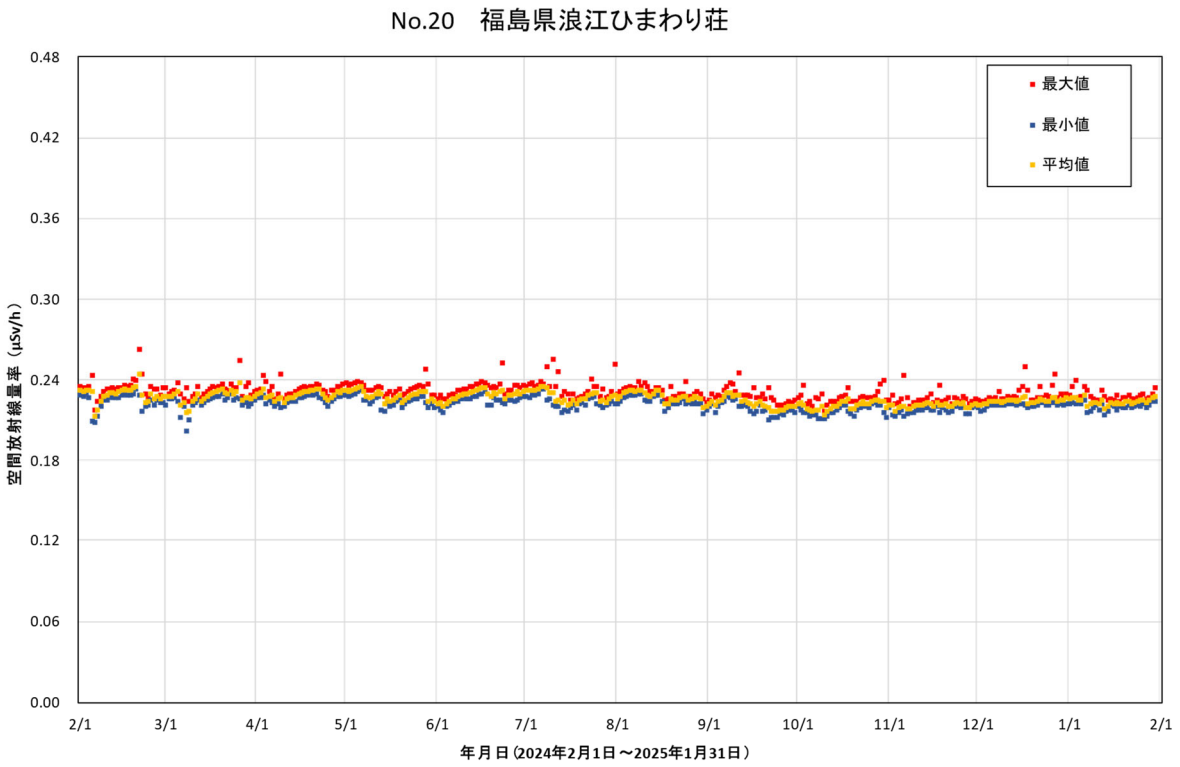
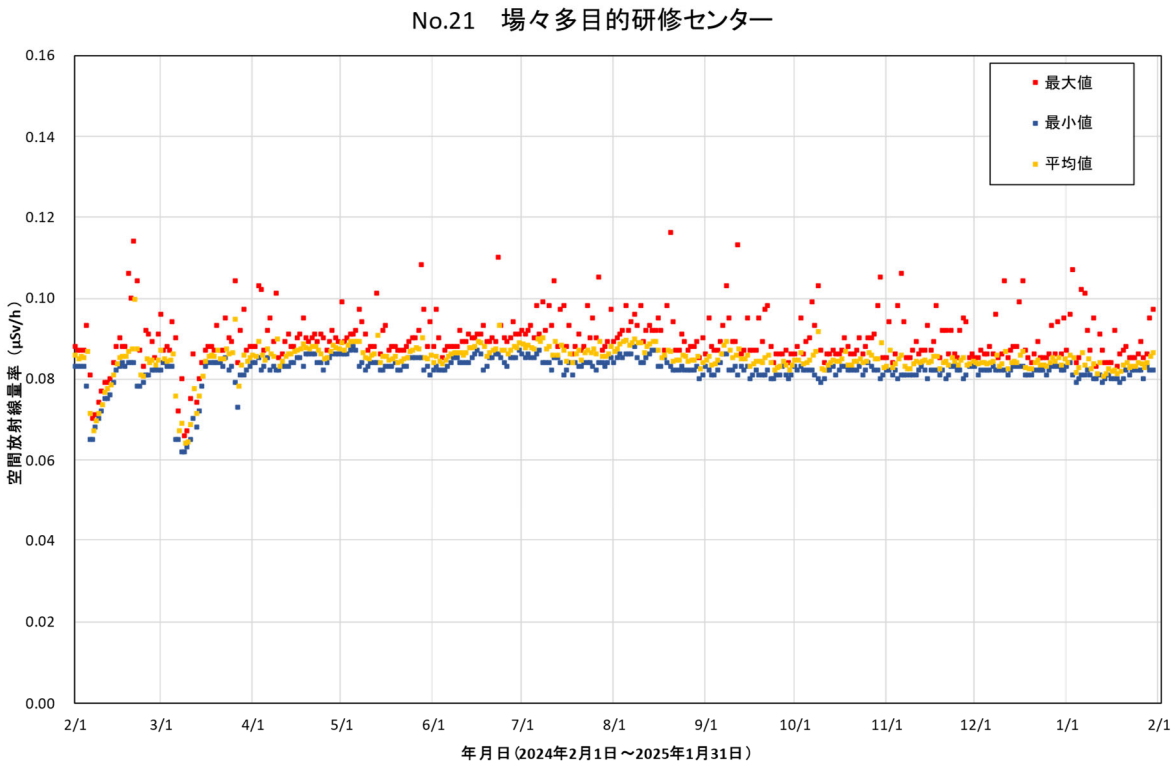


図 2-10-2(9)　各地点のトレンドグラフ



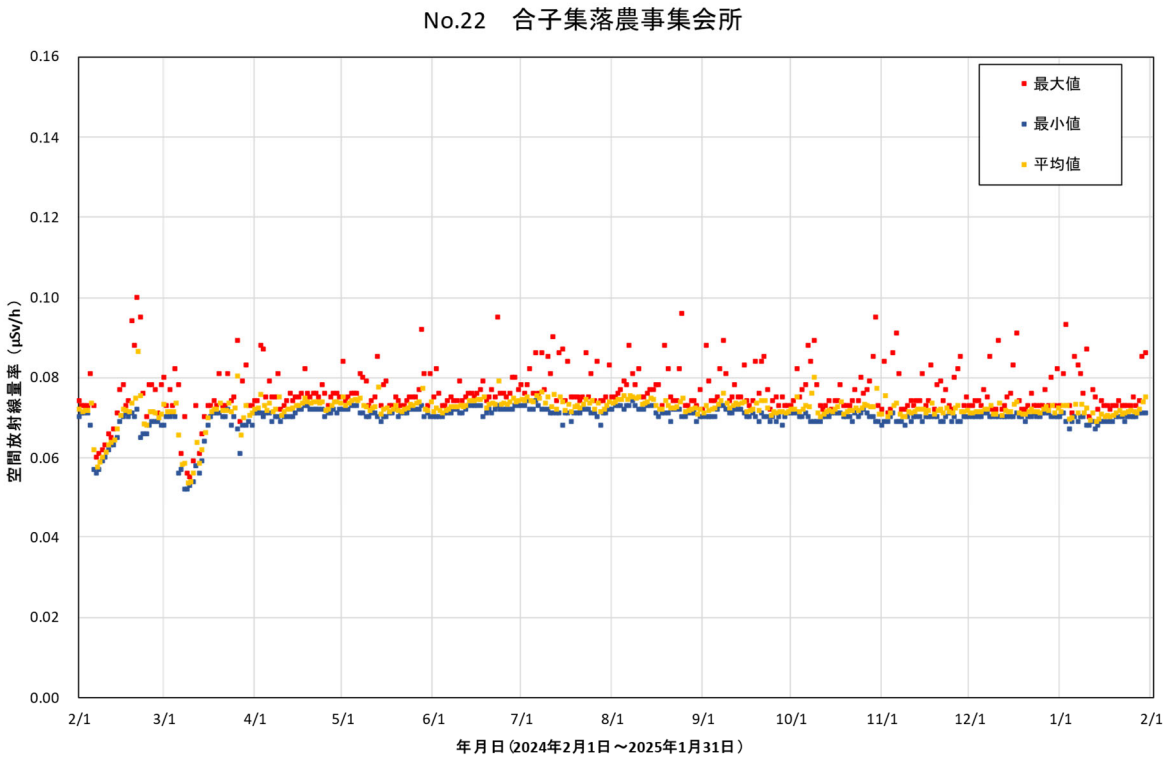
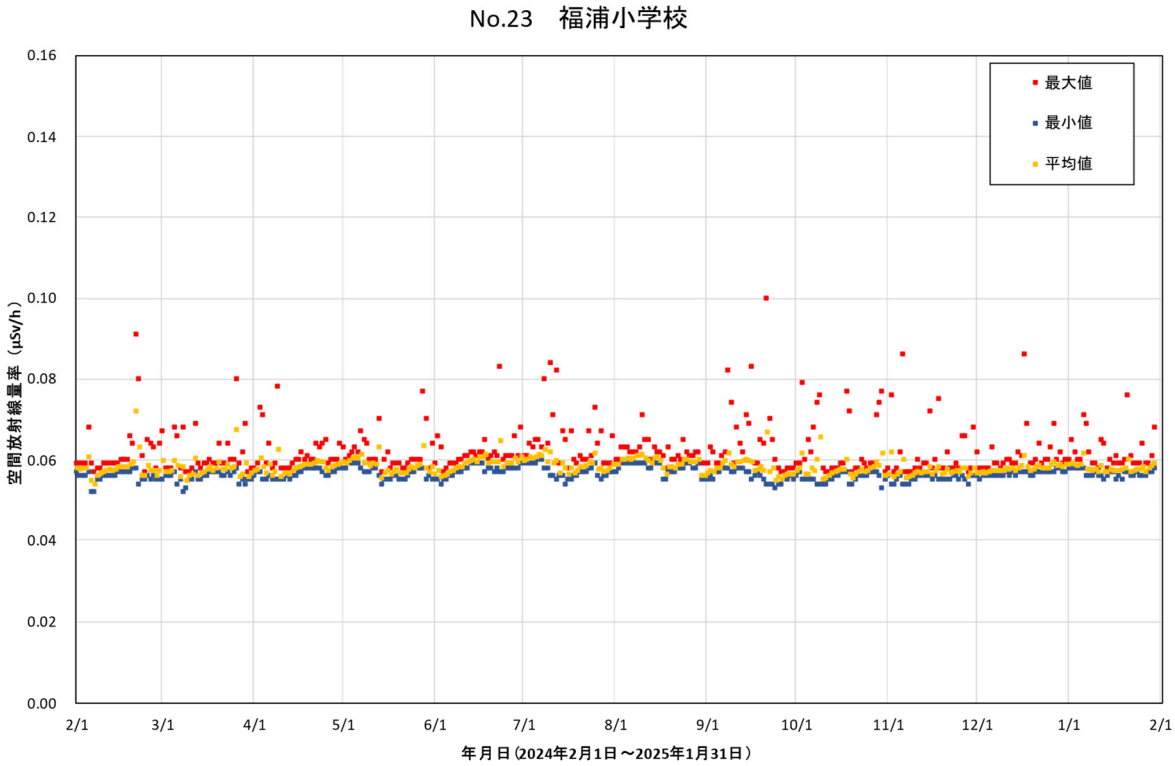


図 2-10-2(10)　各地点のトレンドグラフ



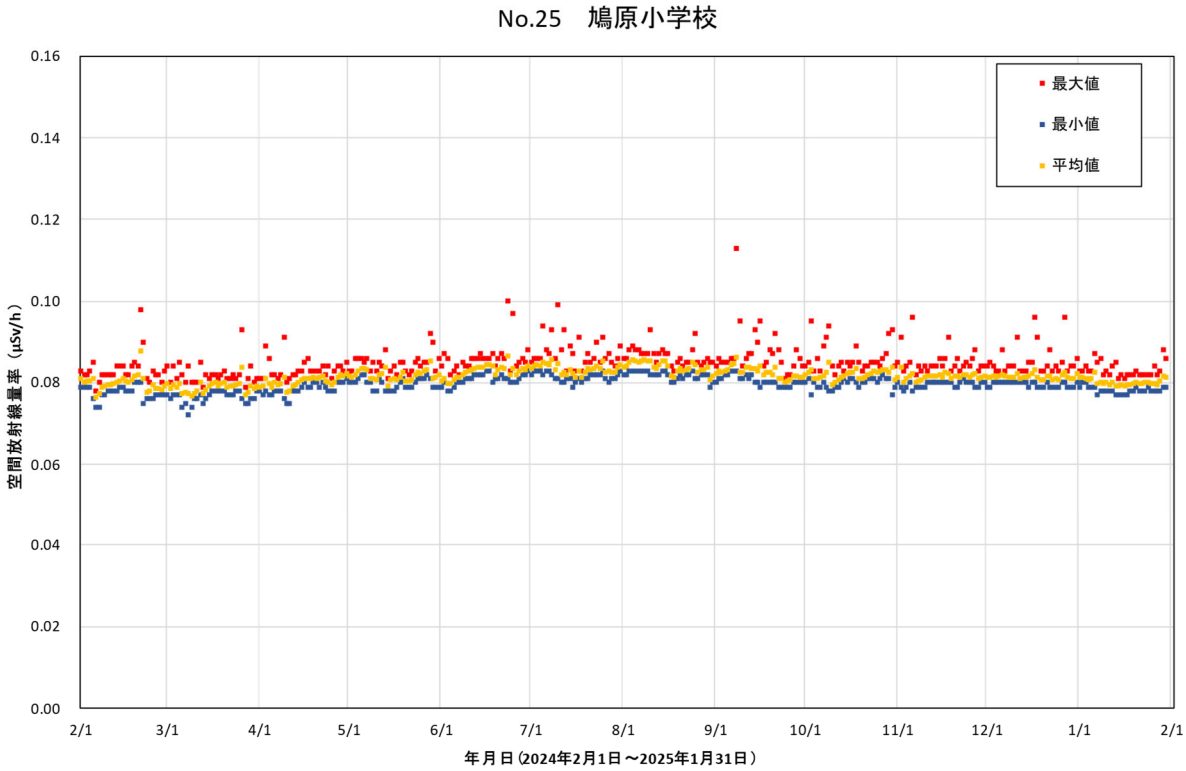
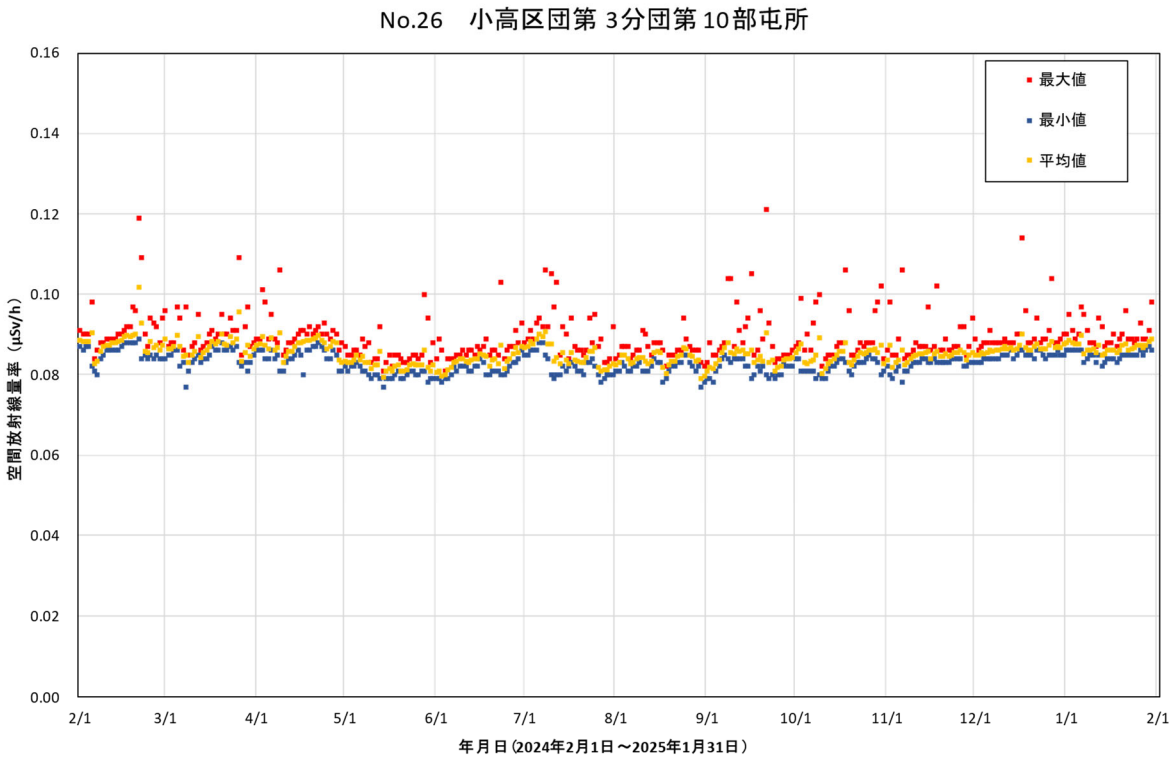


図 2-10-2(11)　各地点のトレンドグラフ



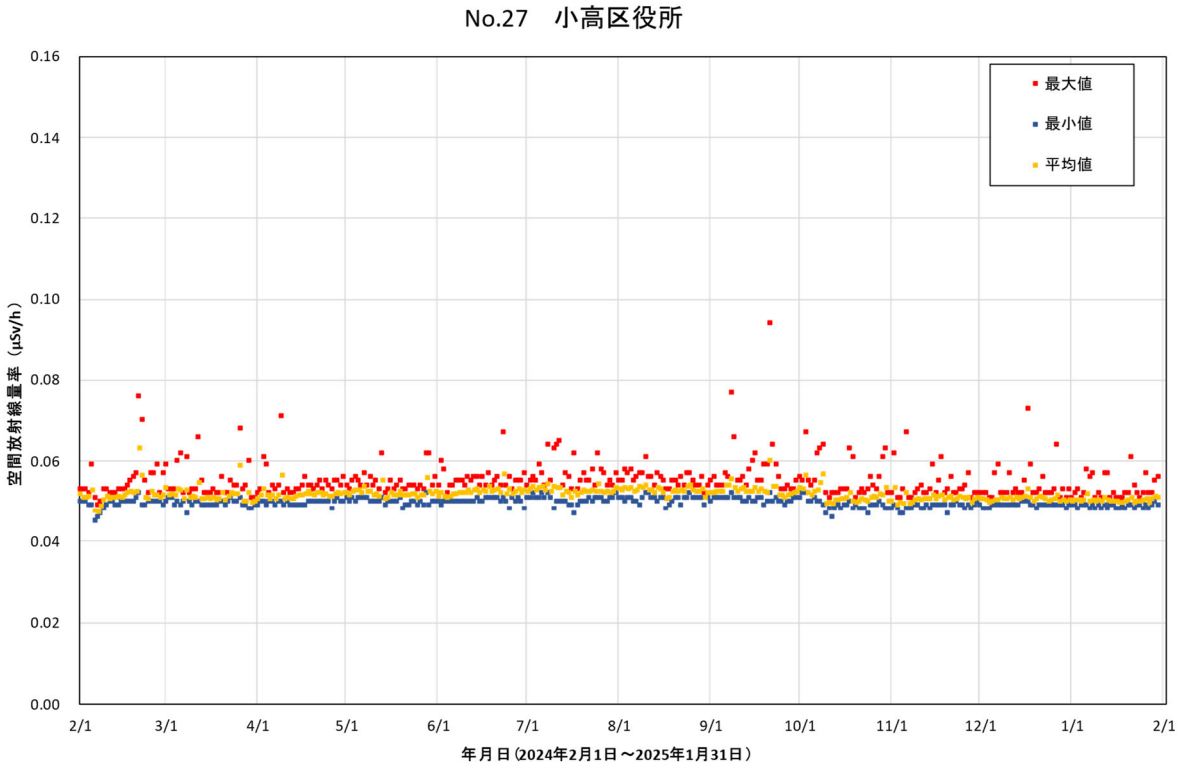
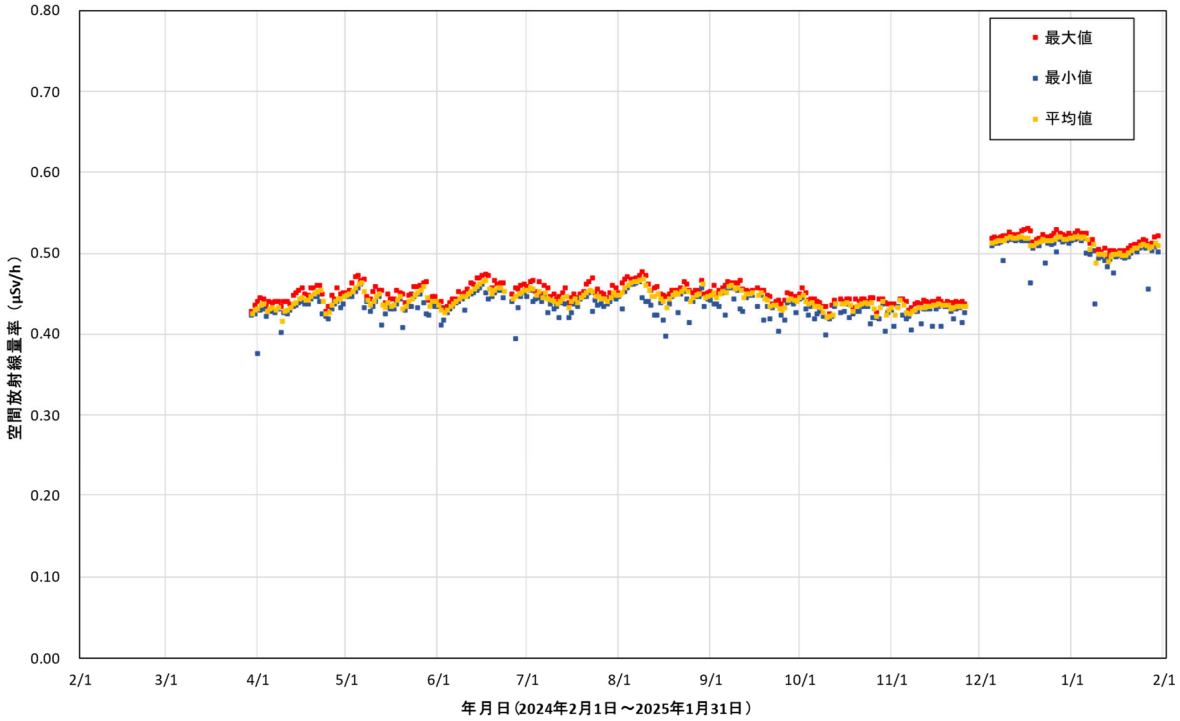


図 2-10-2(12)　各地点のトレンドグラフ

No.28　高の倉ダム助常観測所



2024/1/30 ~ 2024/3/29 機器不具合により欠測
2024/11/26 ~ 2024/12/4 機器更新作業実施

No.29　鉄山ダム

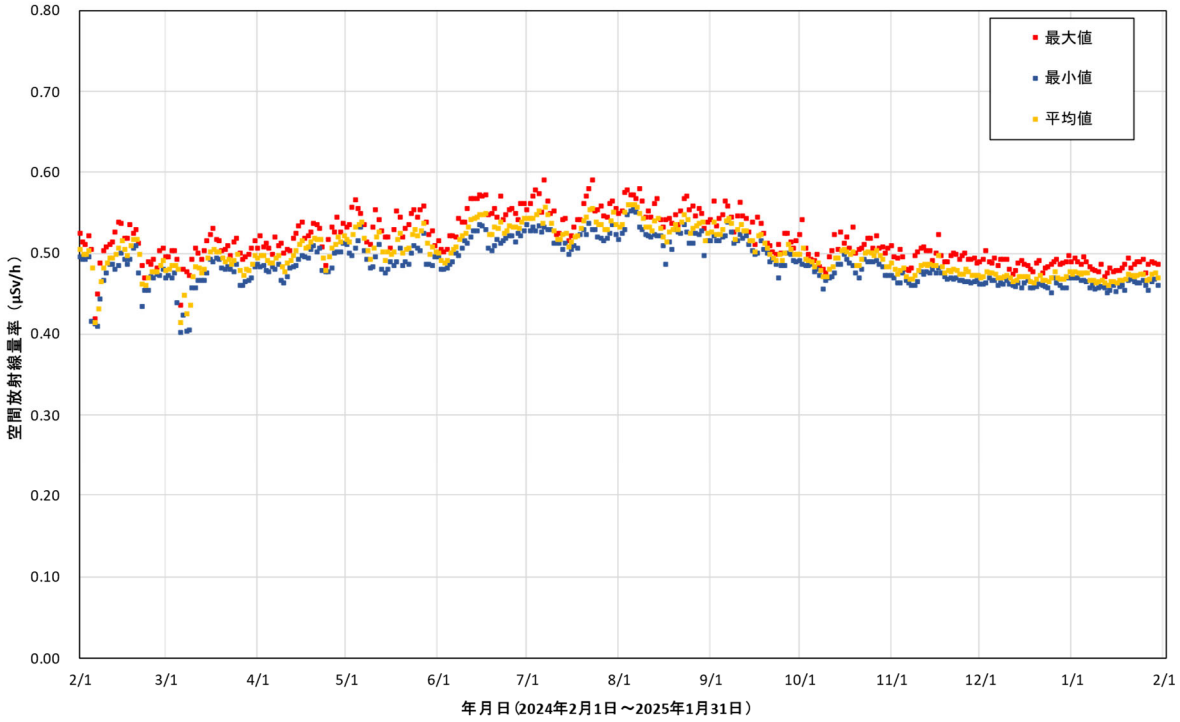
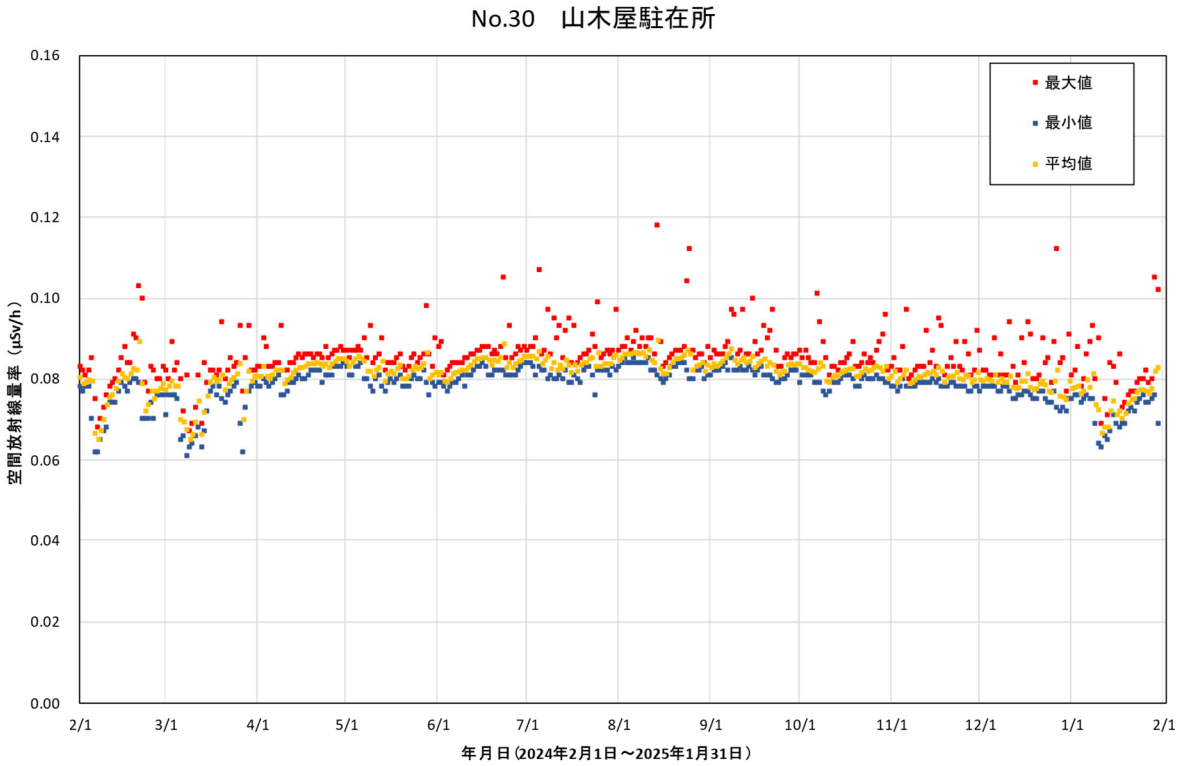


図 2-10-2(13)　各地点のトレンドグラフ



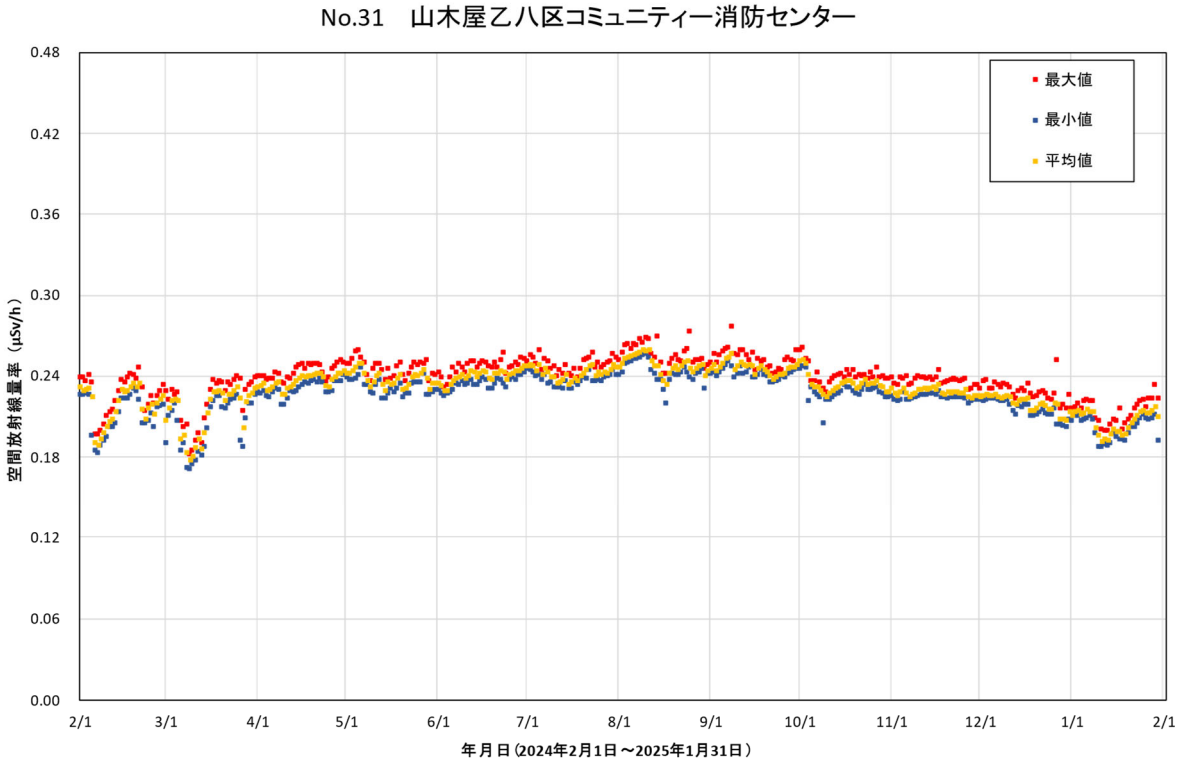
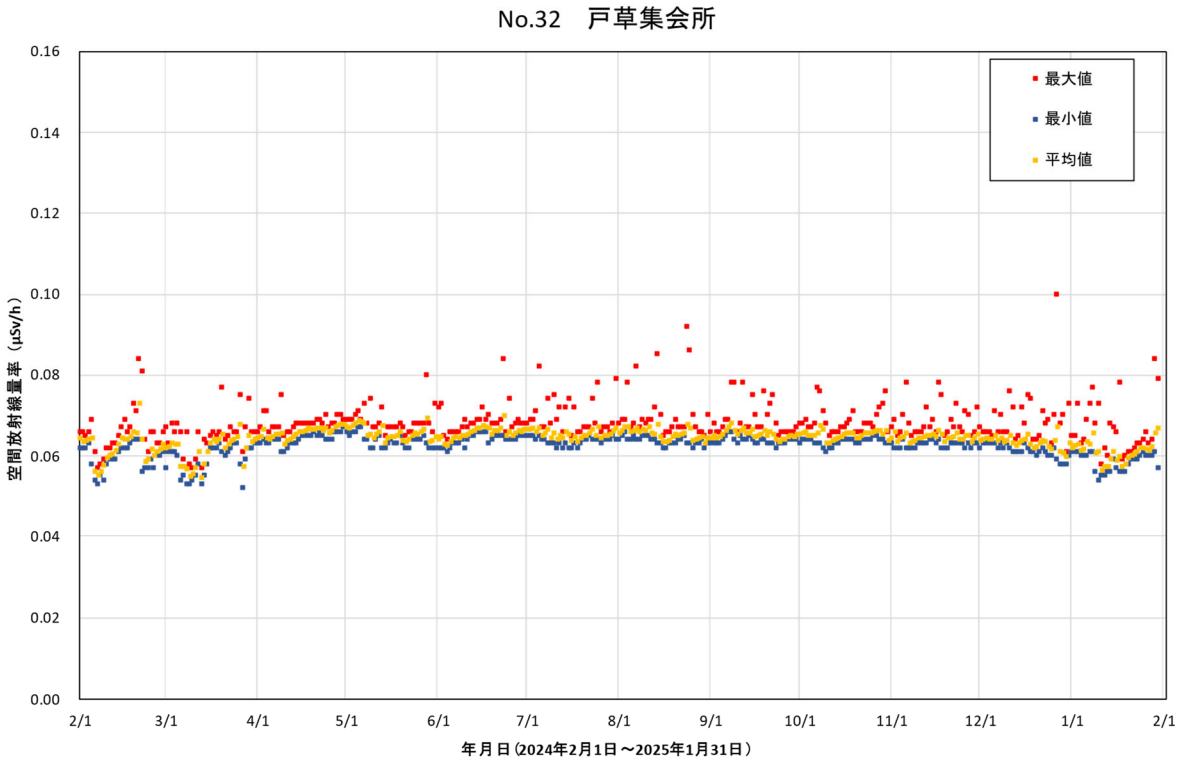
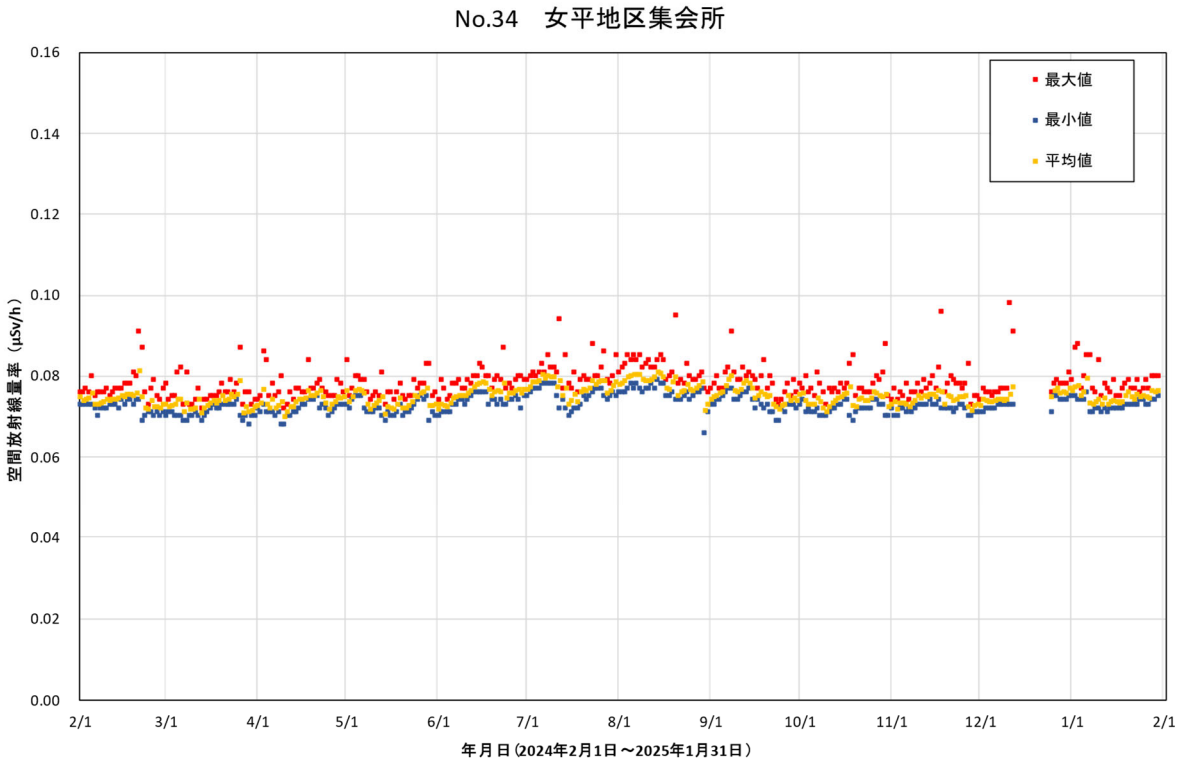


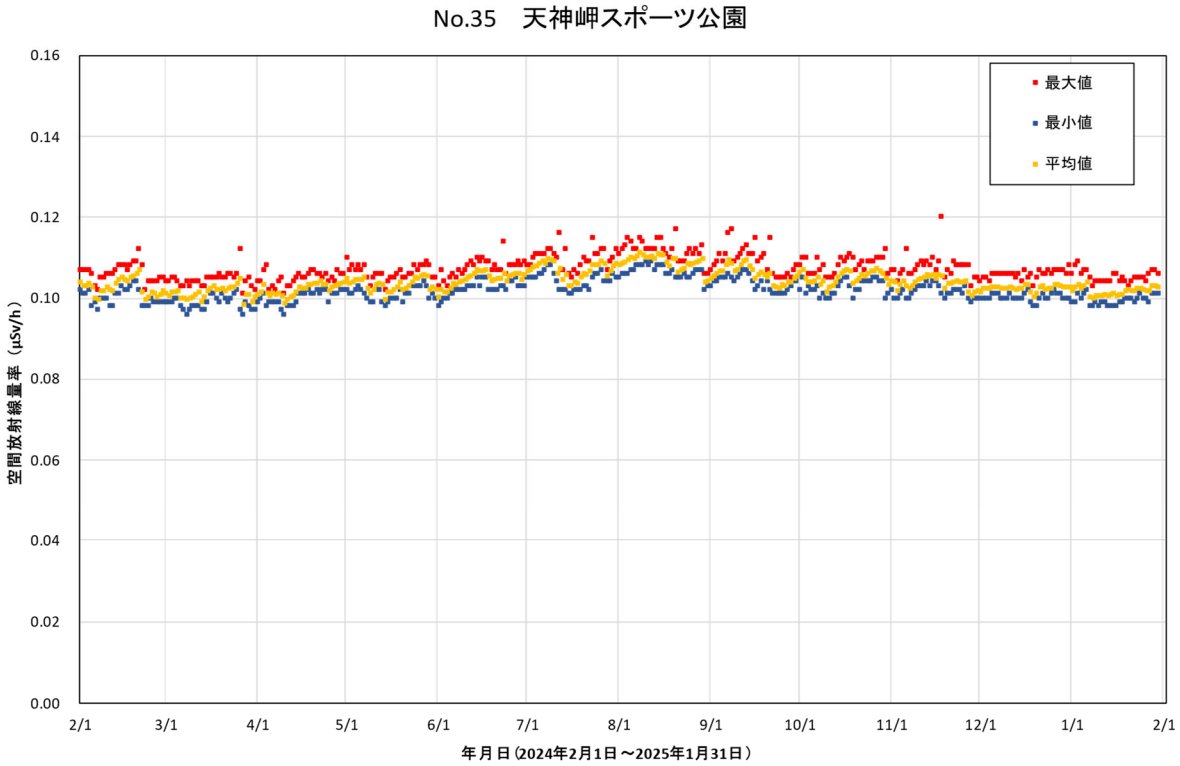
図 2-10-2(14)　各地点のトレンドグラフ





2024/12/13 ~ 2024/12/24 機器不具合により欠測

図 2-10-2(15)　各地点のトレンドグラフ



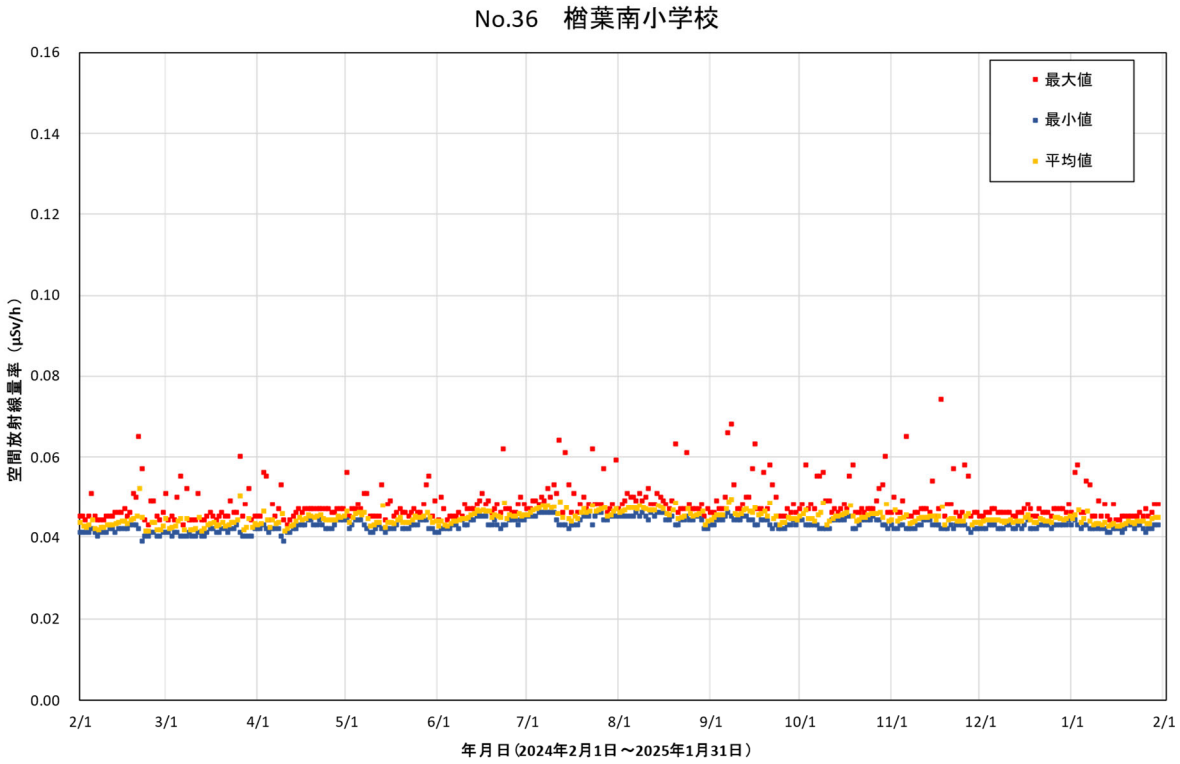
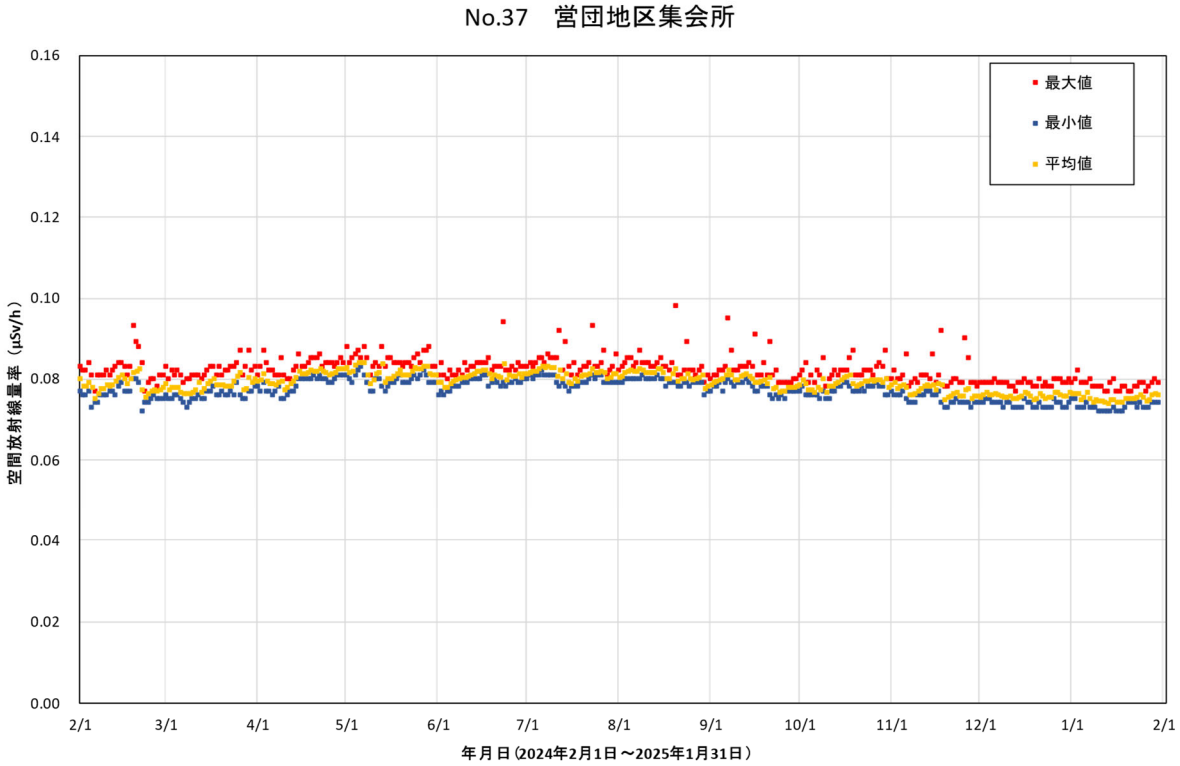


図 2-10-2(16)　各地点のトレンドグラフ



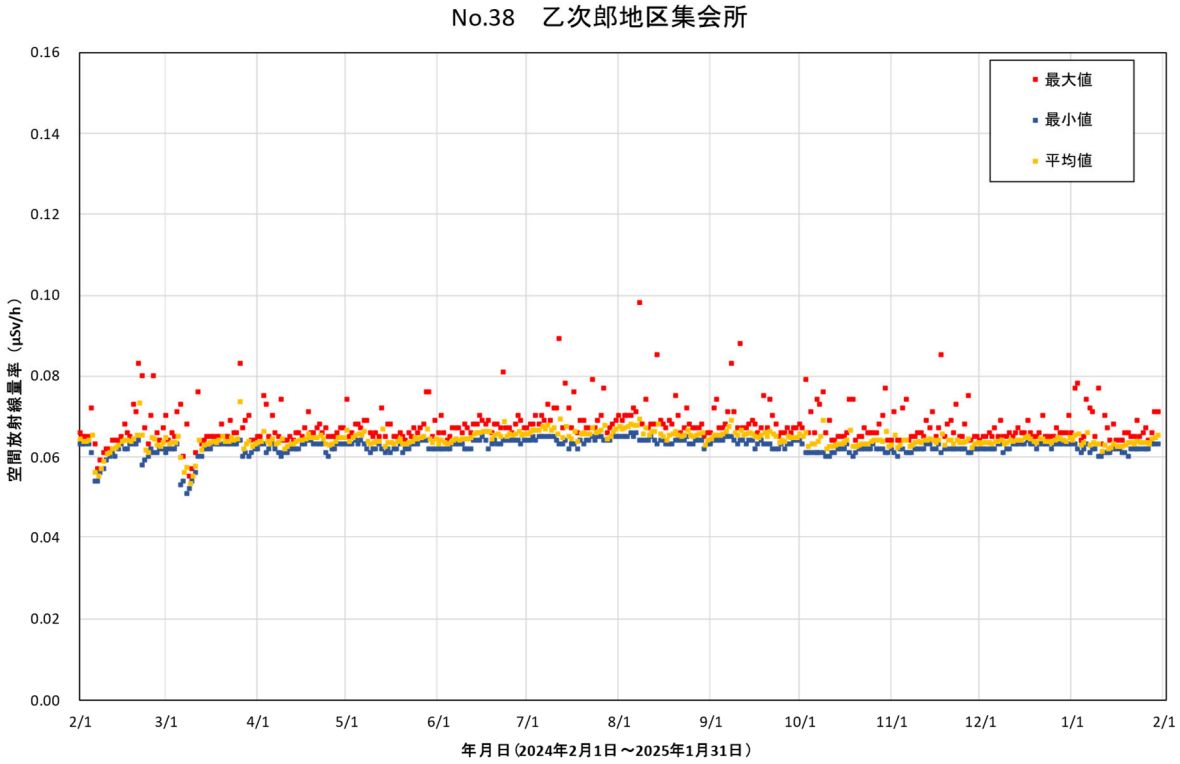
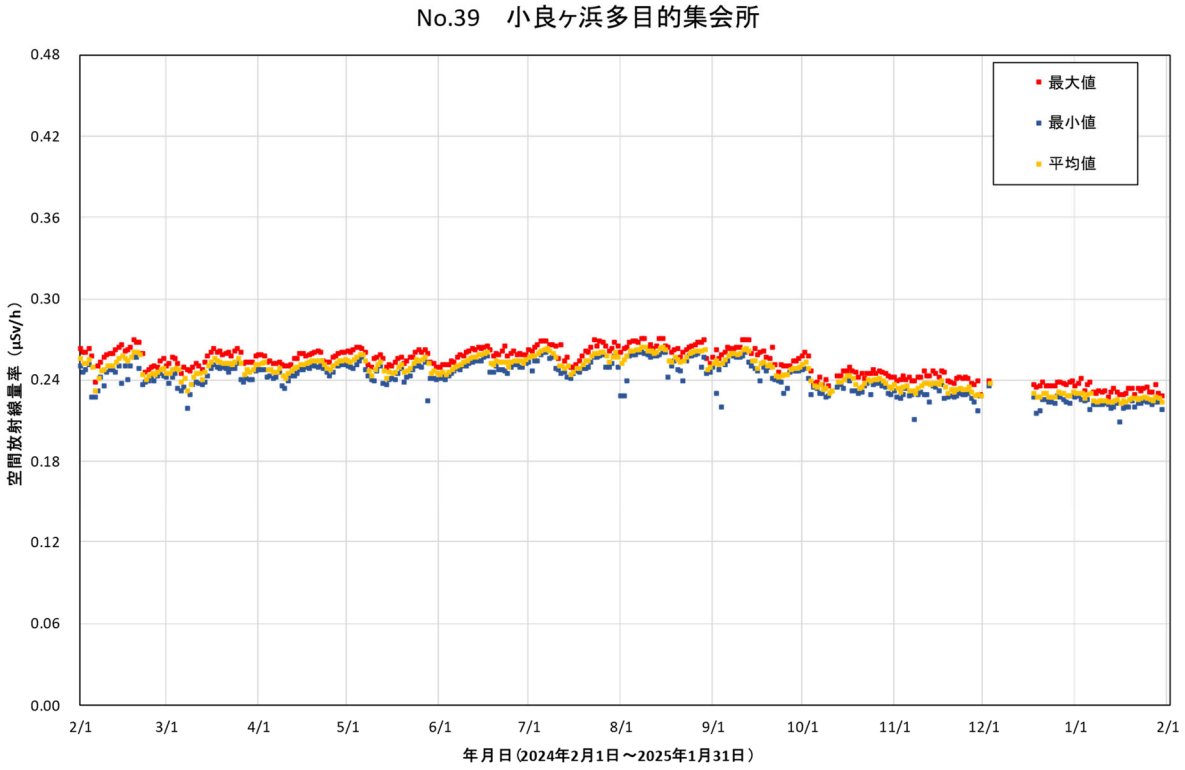


図 2-10-2(17)　各地点のトレンドグラフ



2024/12/4 ~ 2024/12/17 機器不具合により欠測

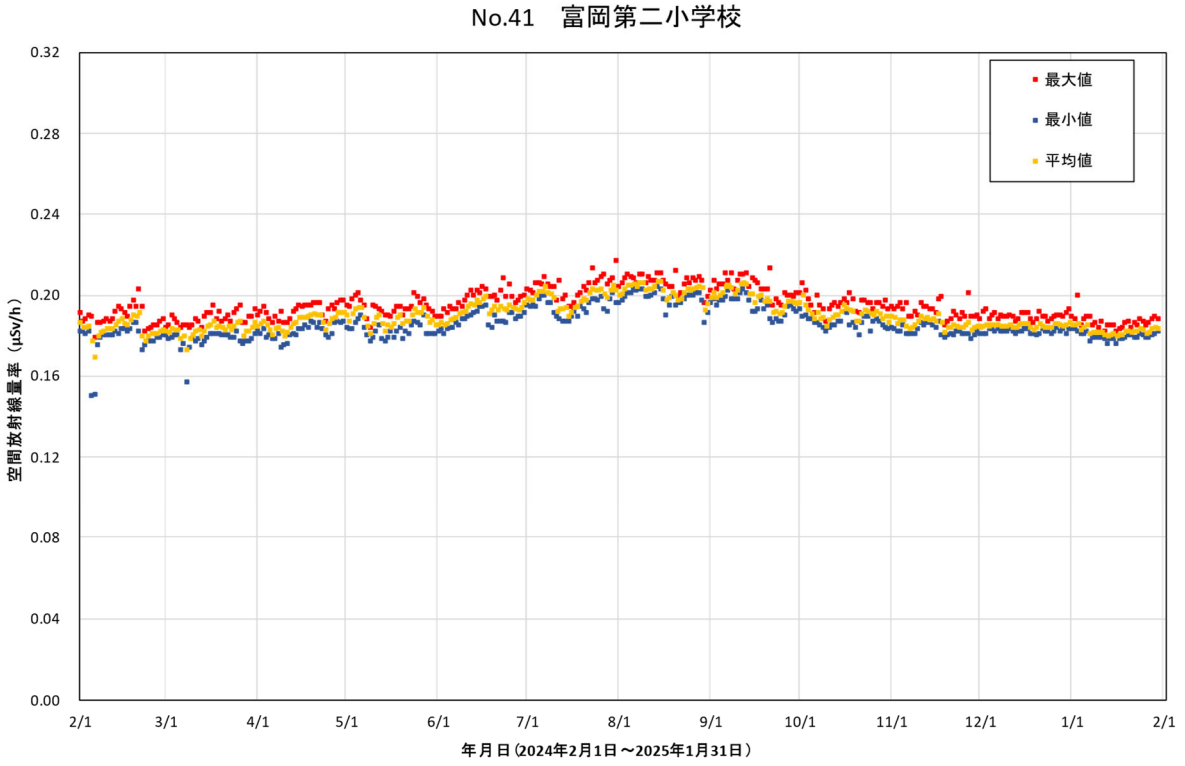
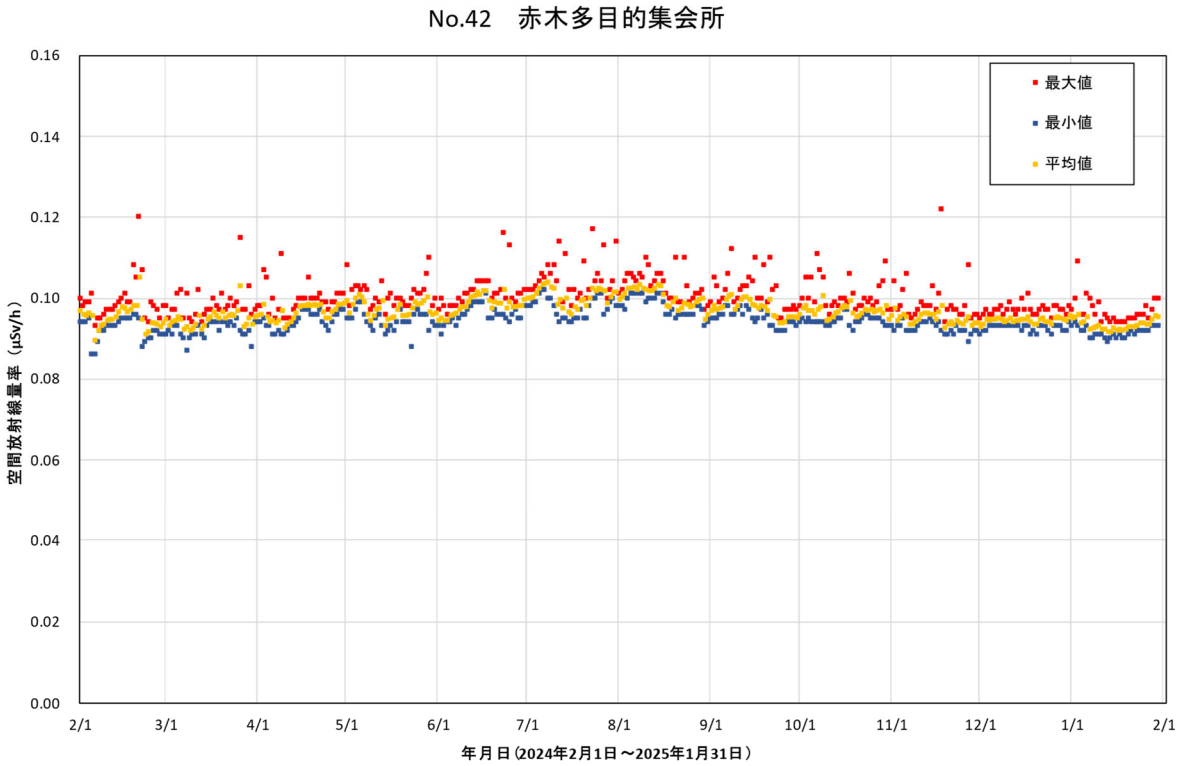


図 2-10-2(18)　各地点のトレンドグラフ



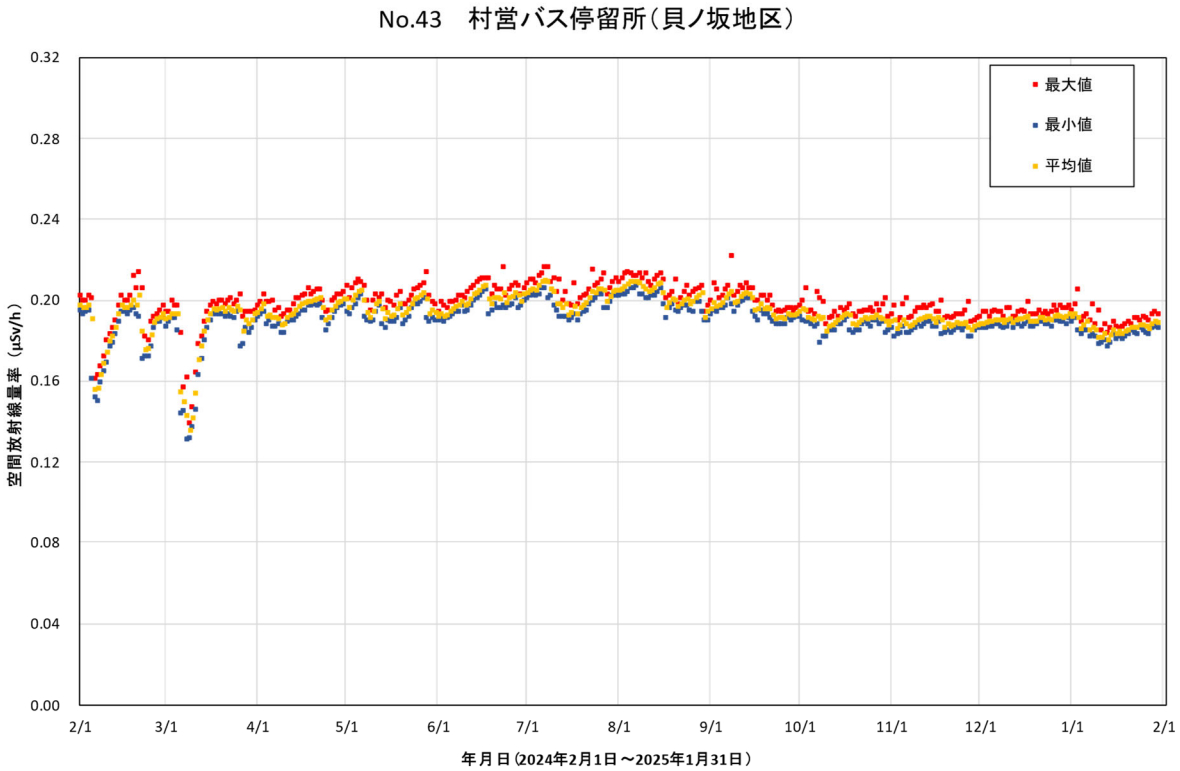
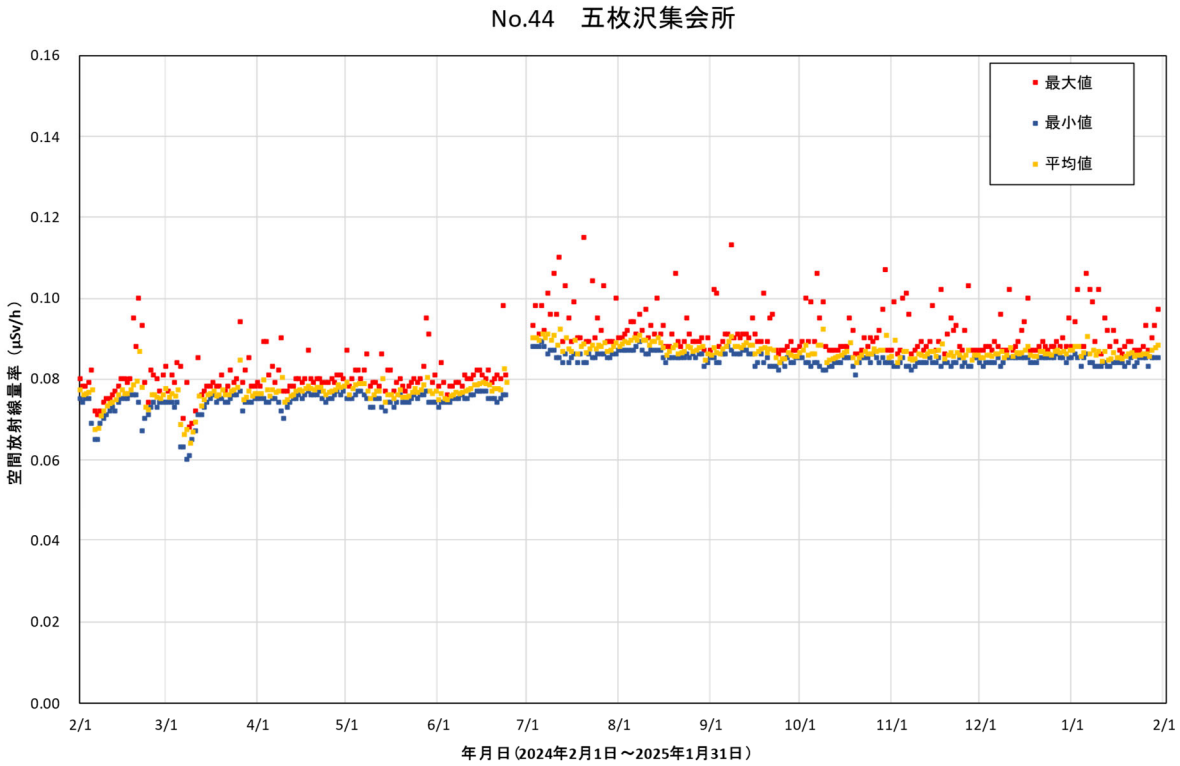


図 2-10-2(19)　各地点のトレンドグラフ



2024/6/24 ~ 2024/7/2 機器更新作業実施

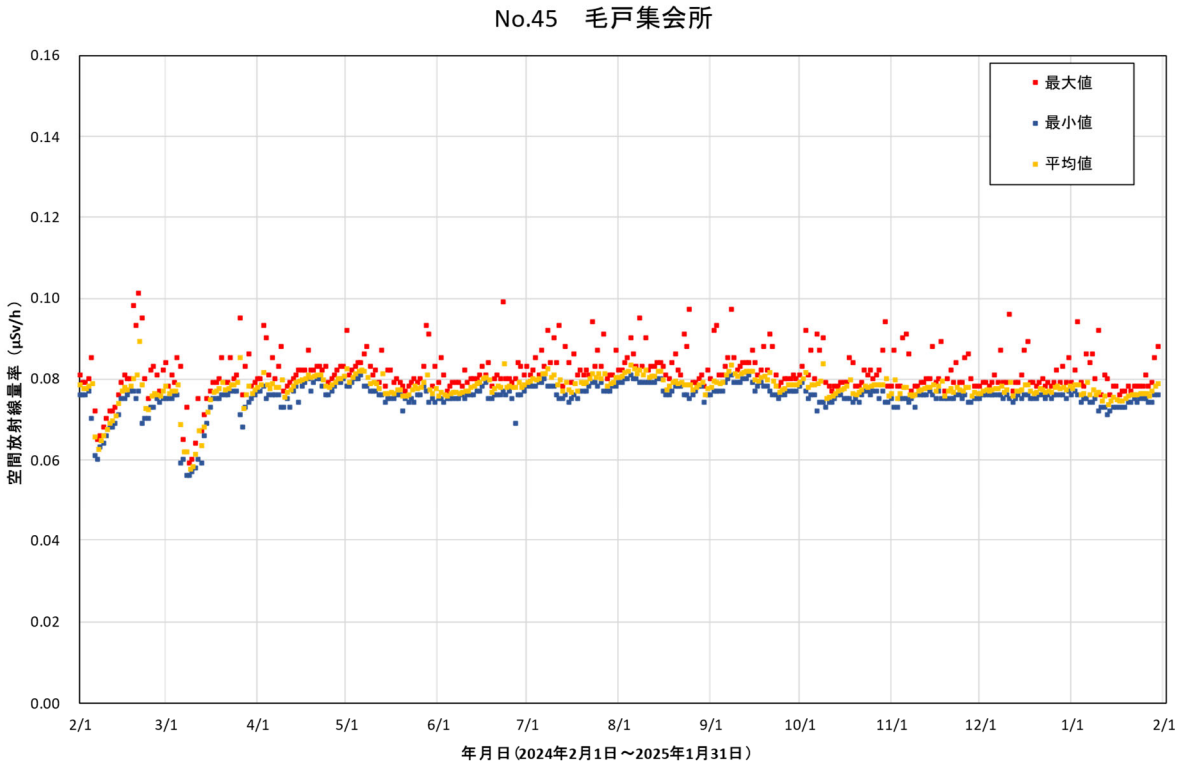
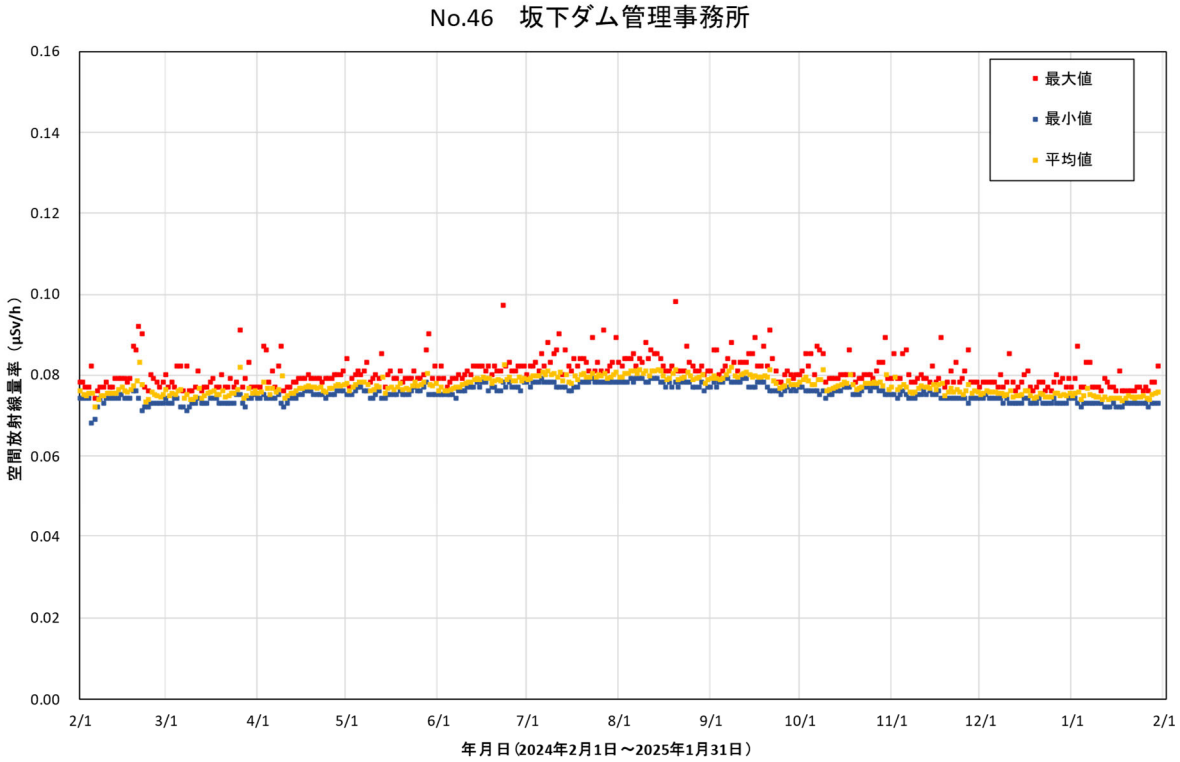


図 2-10-2(20)　各地点のトレンドグラフ



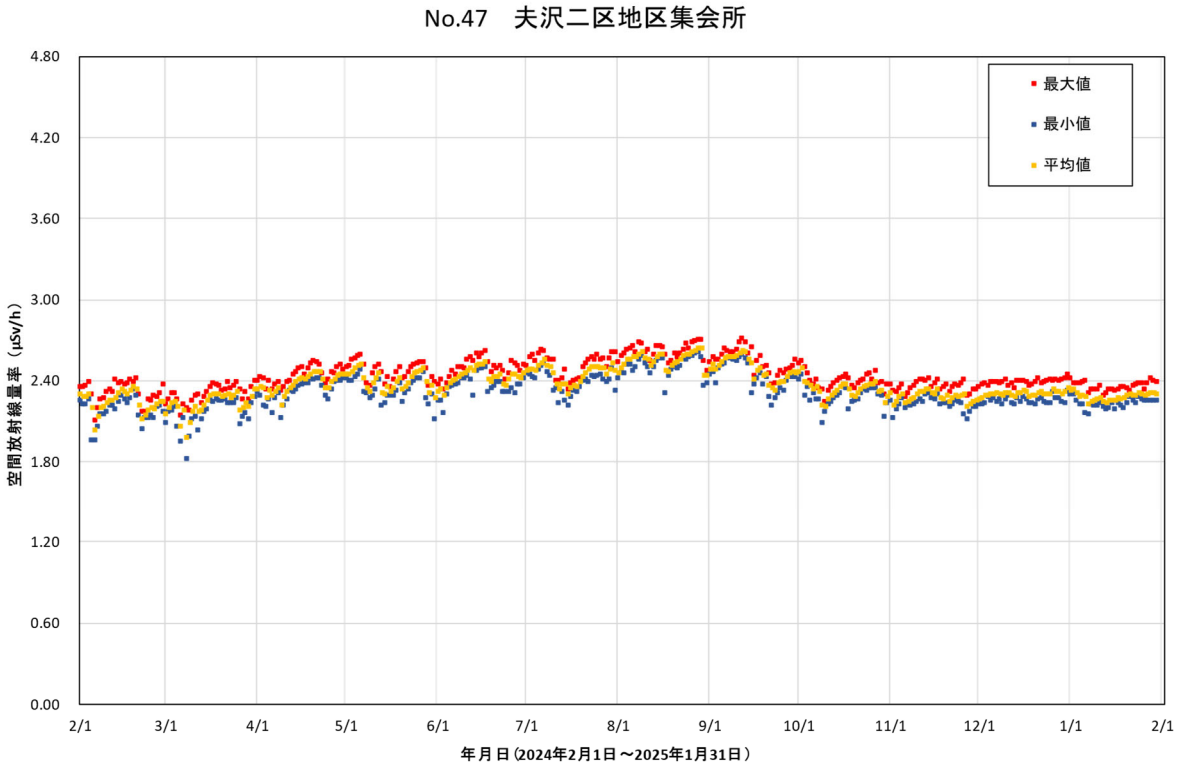
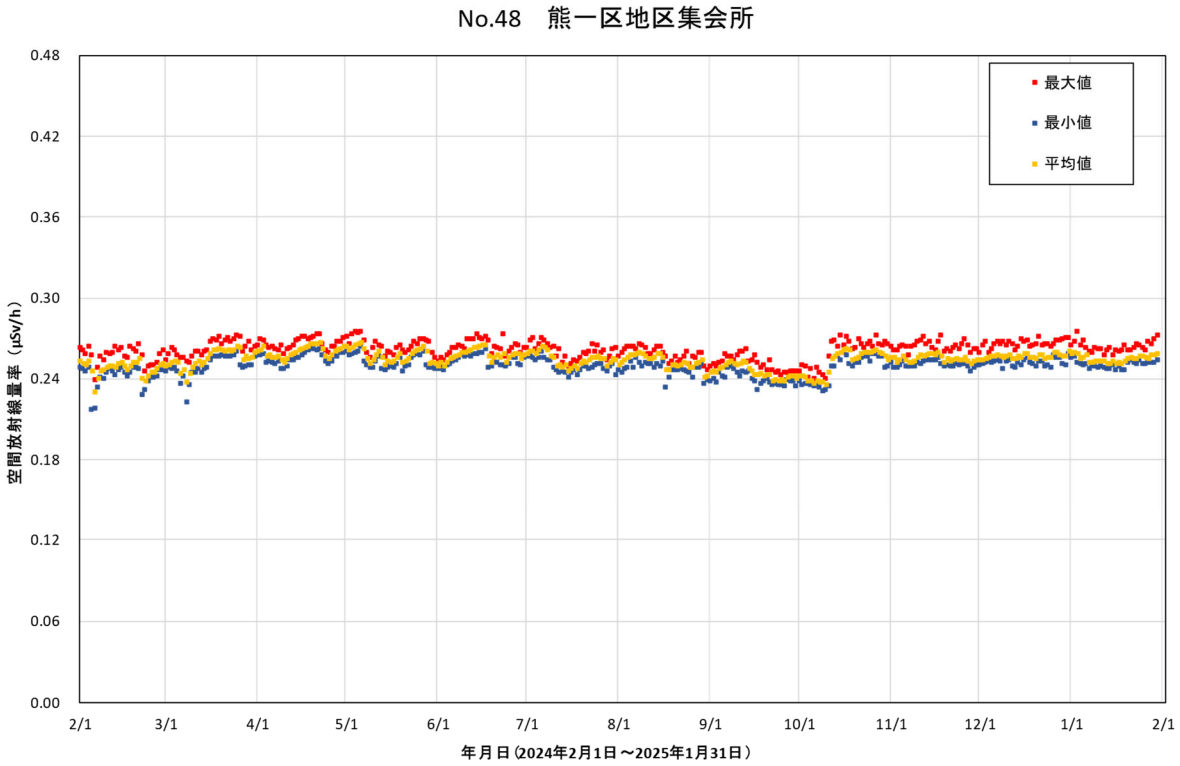


図 2-10-2(21)　各地点のトレンドグラフ



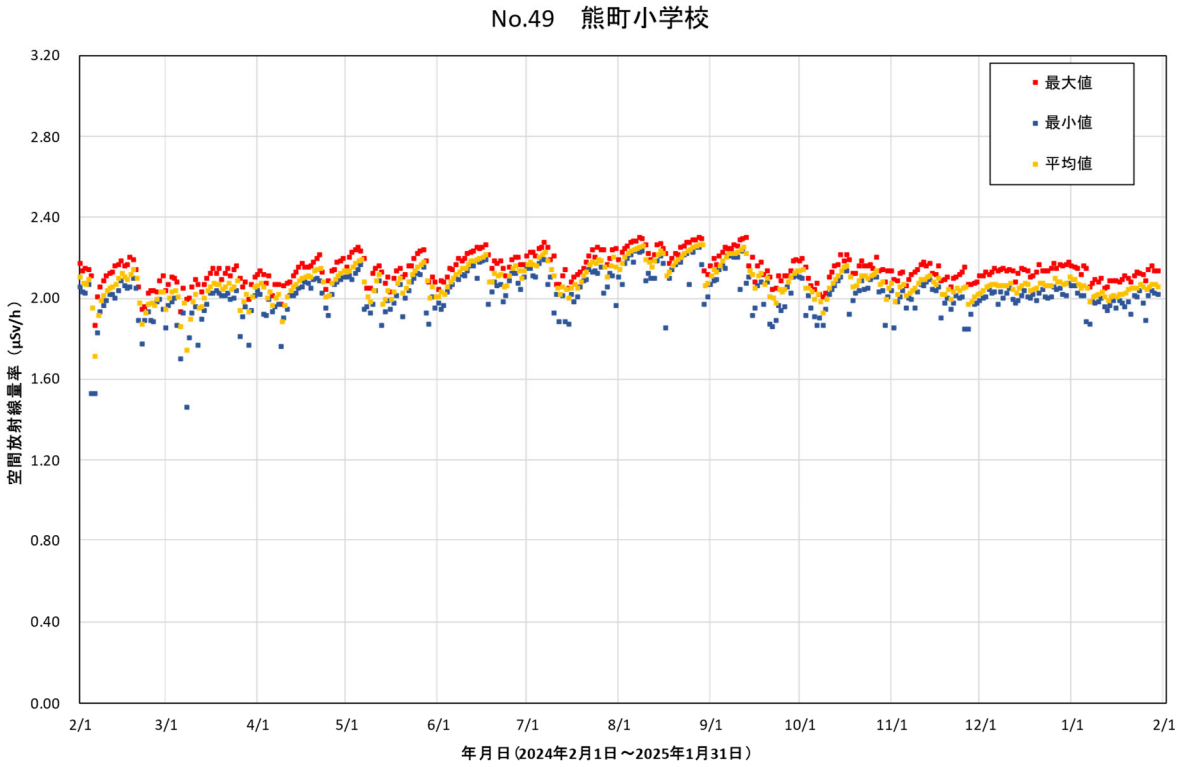
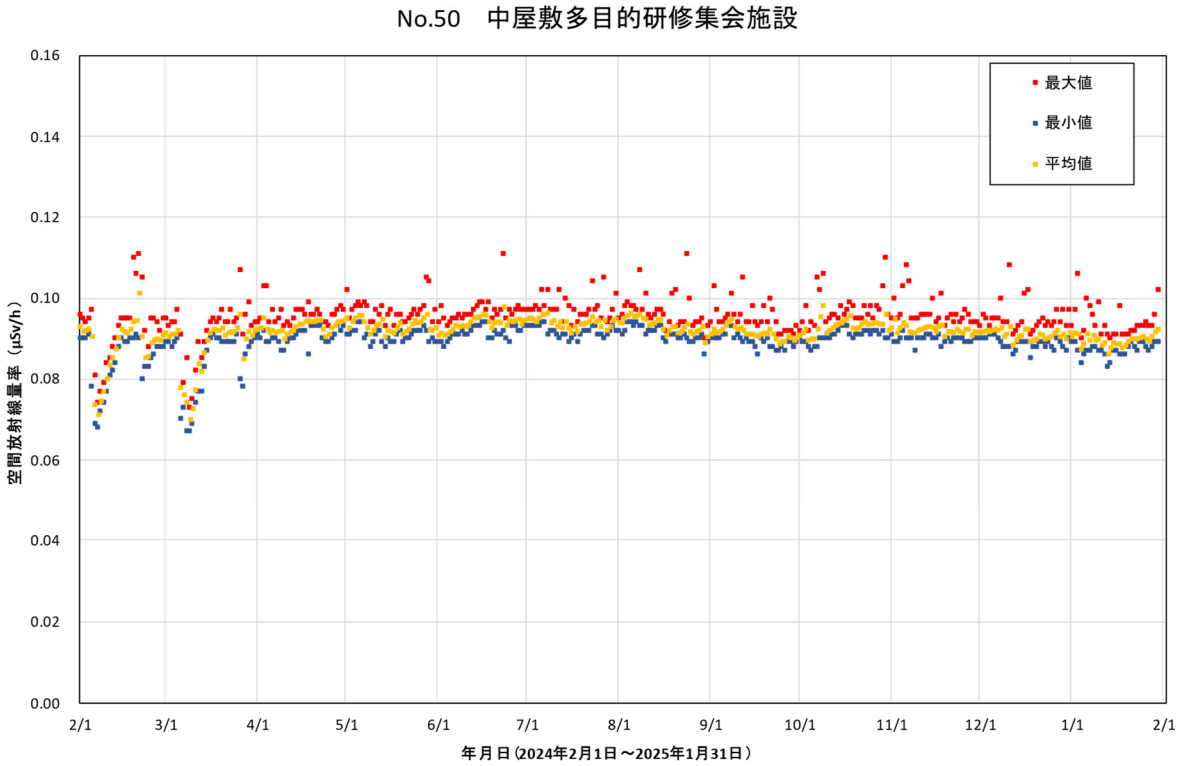


図 2-10-2(22)　各地点のトレンドグラフ



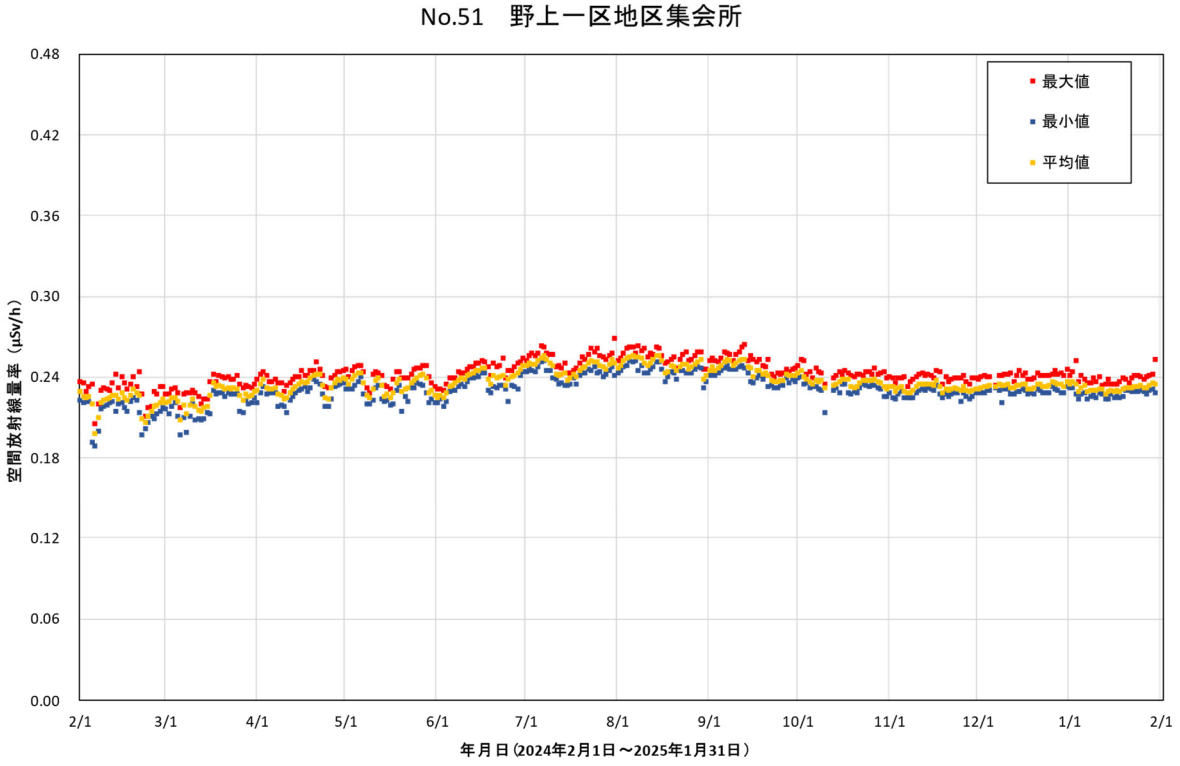
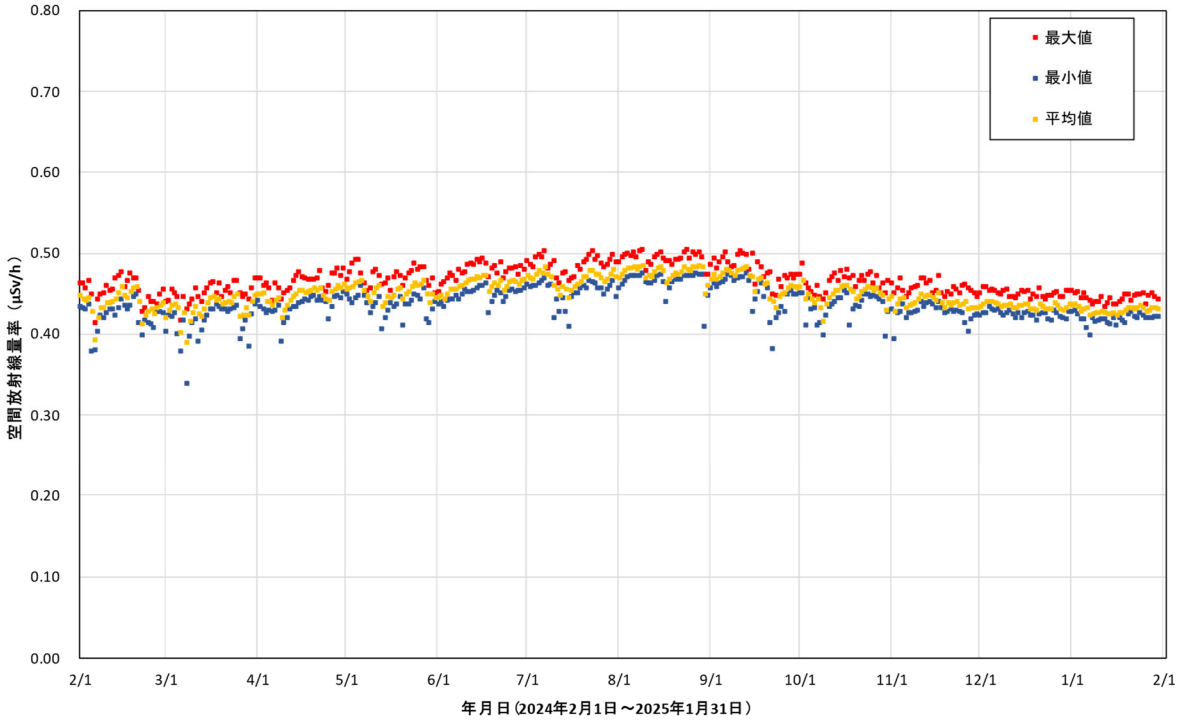


図 2-10-2(23)　各地点のトレンドグラフ

No.52　北部コミュニティーセンター



No.53　双葉総合公園

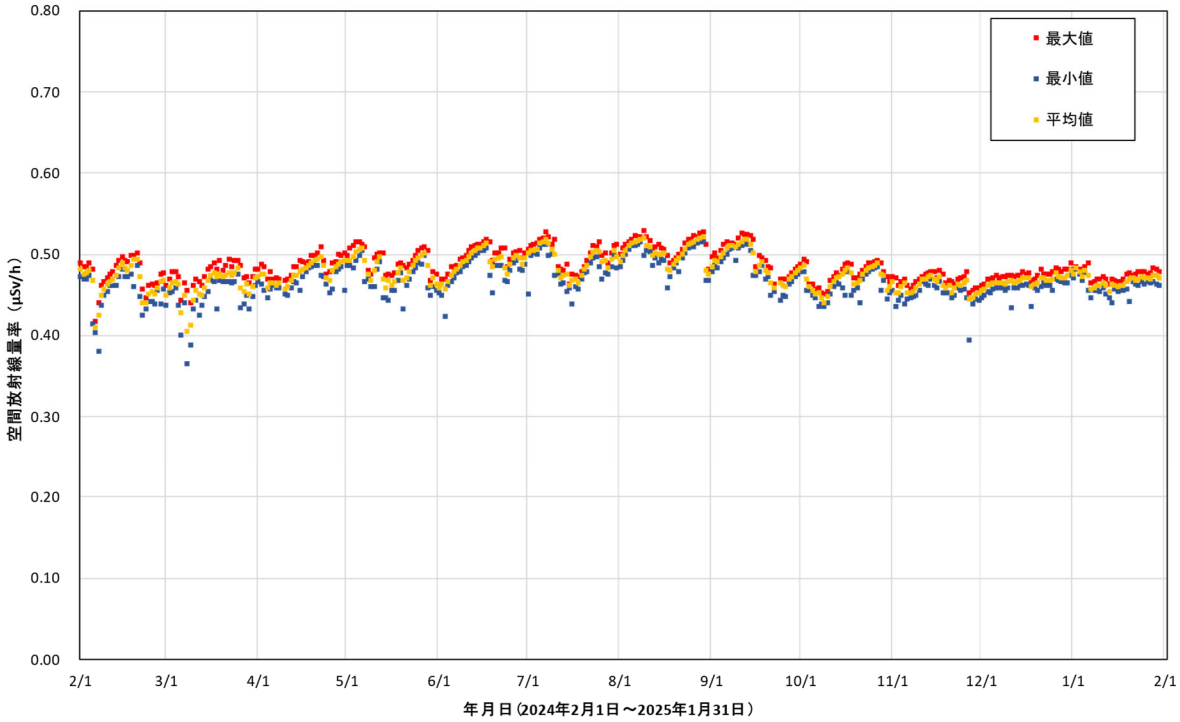
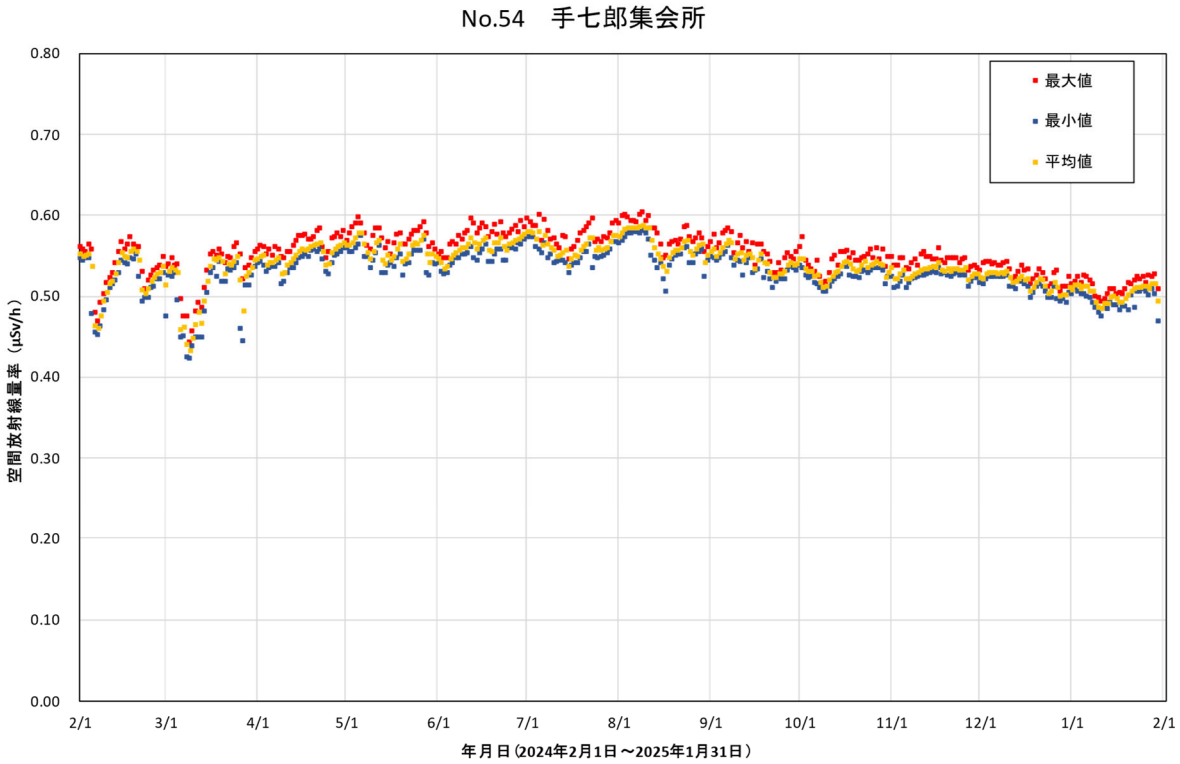


図 2-10-2(24)　各地点のトレンドグラフ



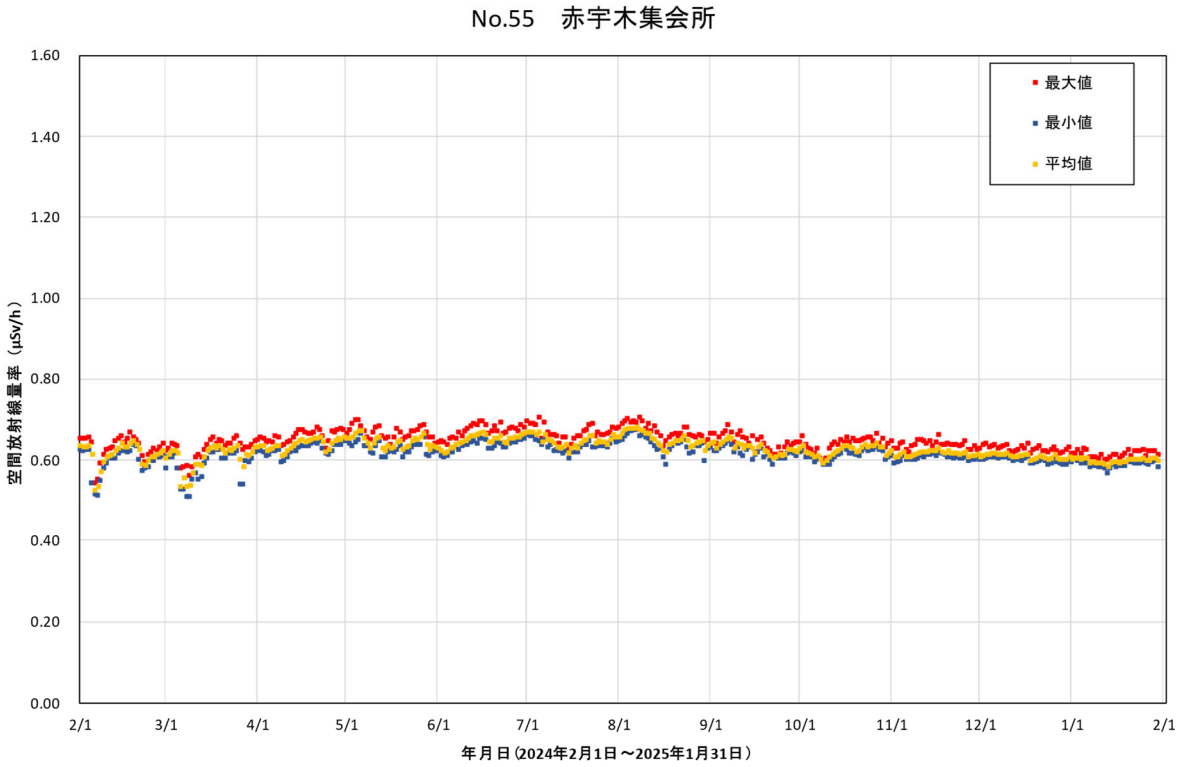
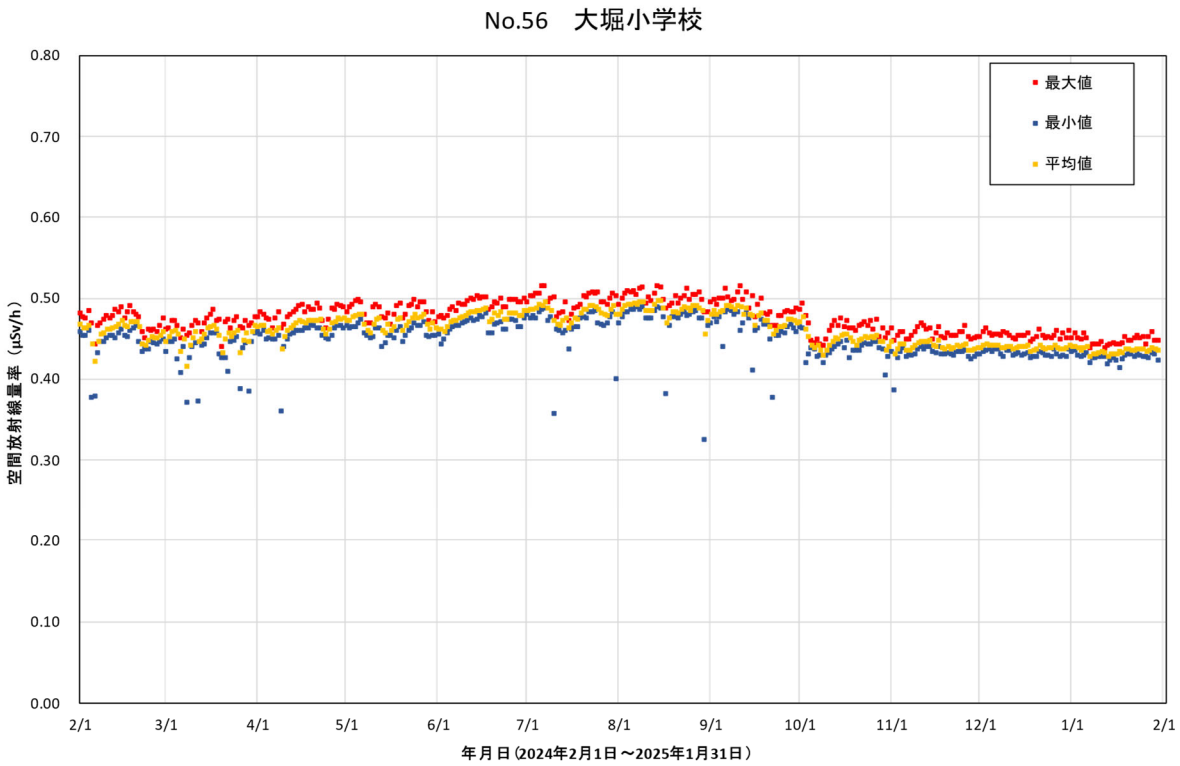


図 2-10-2(25)　各地点のトレンドグラフ



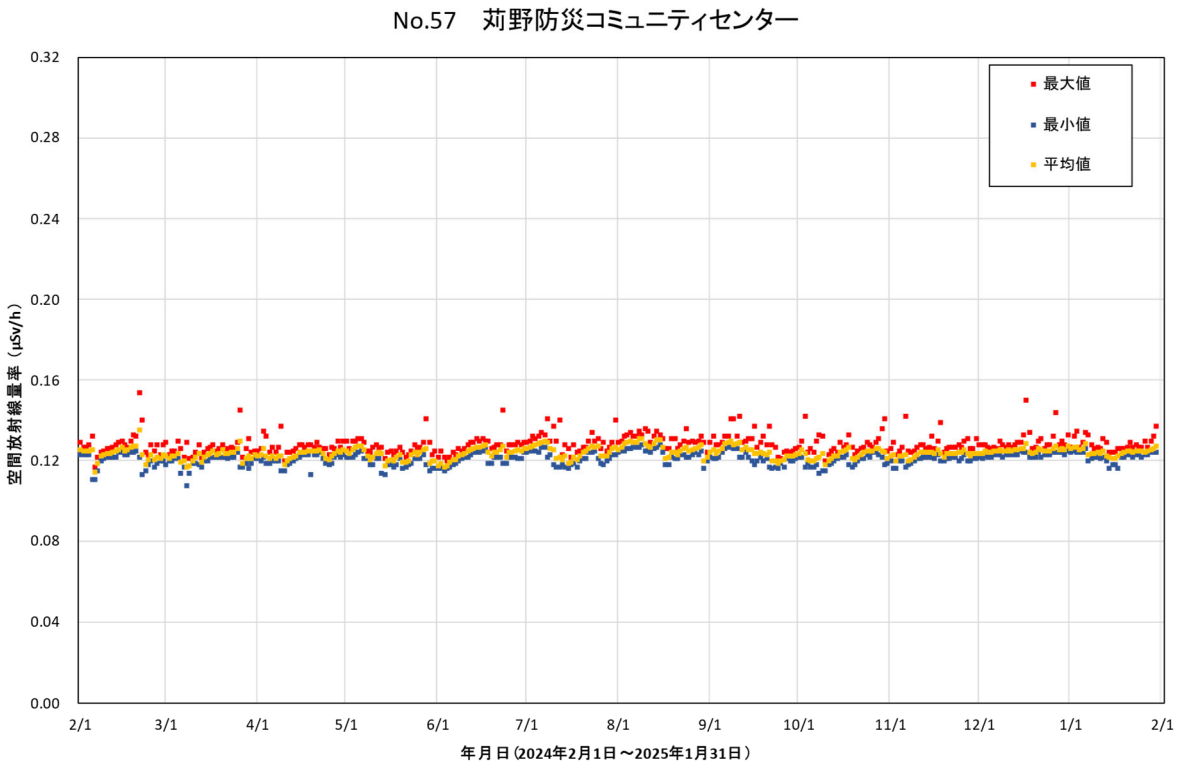
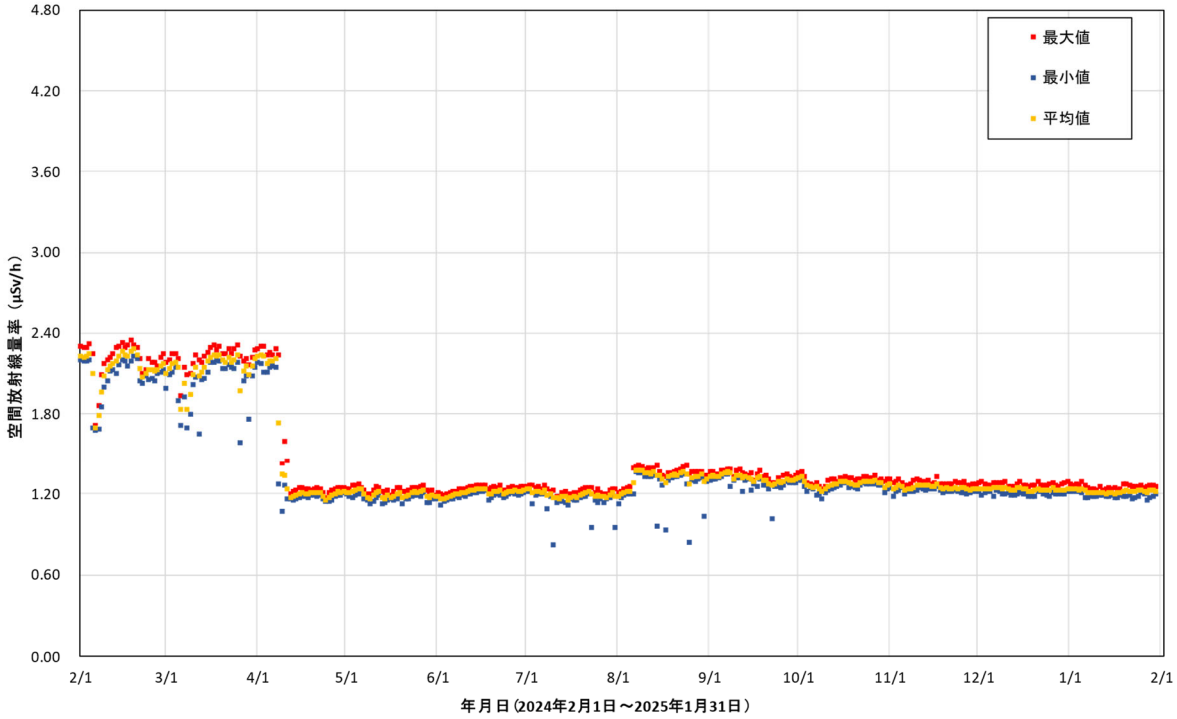


図 2-10-2(26)　各地点のトレンドグラフ

No.58　大柿簡易郵便局（葛尾村営バス停脇）



2024/4/8 ~ 2024/4/11 除染実施
2024/8/6 ~ 周辺土壌が機器周辺に寄せられたことによる影響と思われる

No.59　浪江町役場

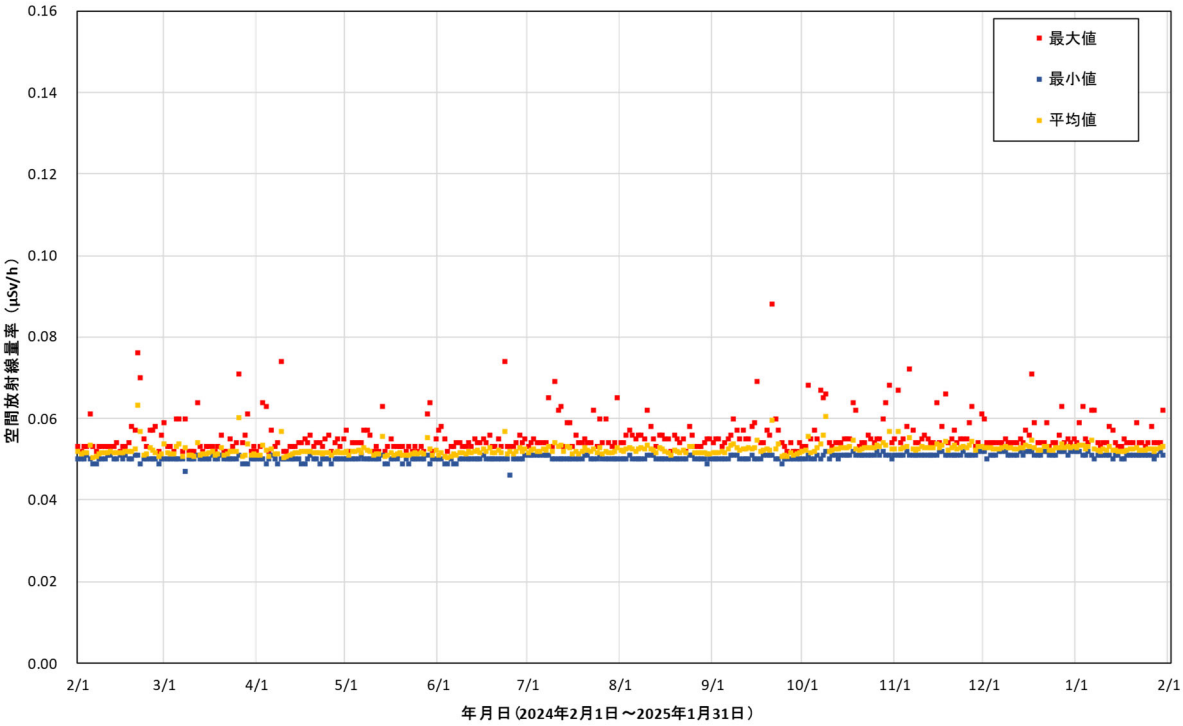
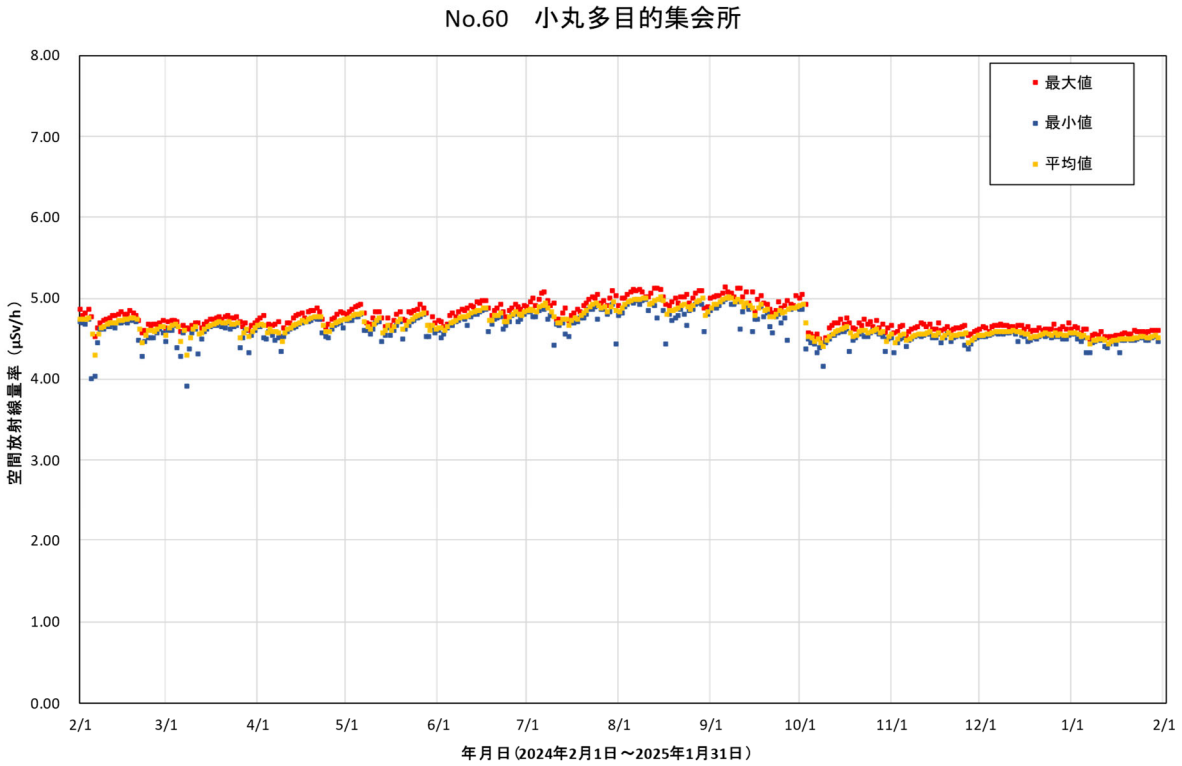


図 2-10-2(27)　各地点のトレンドグラフ



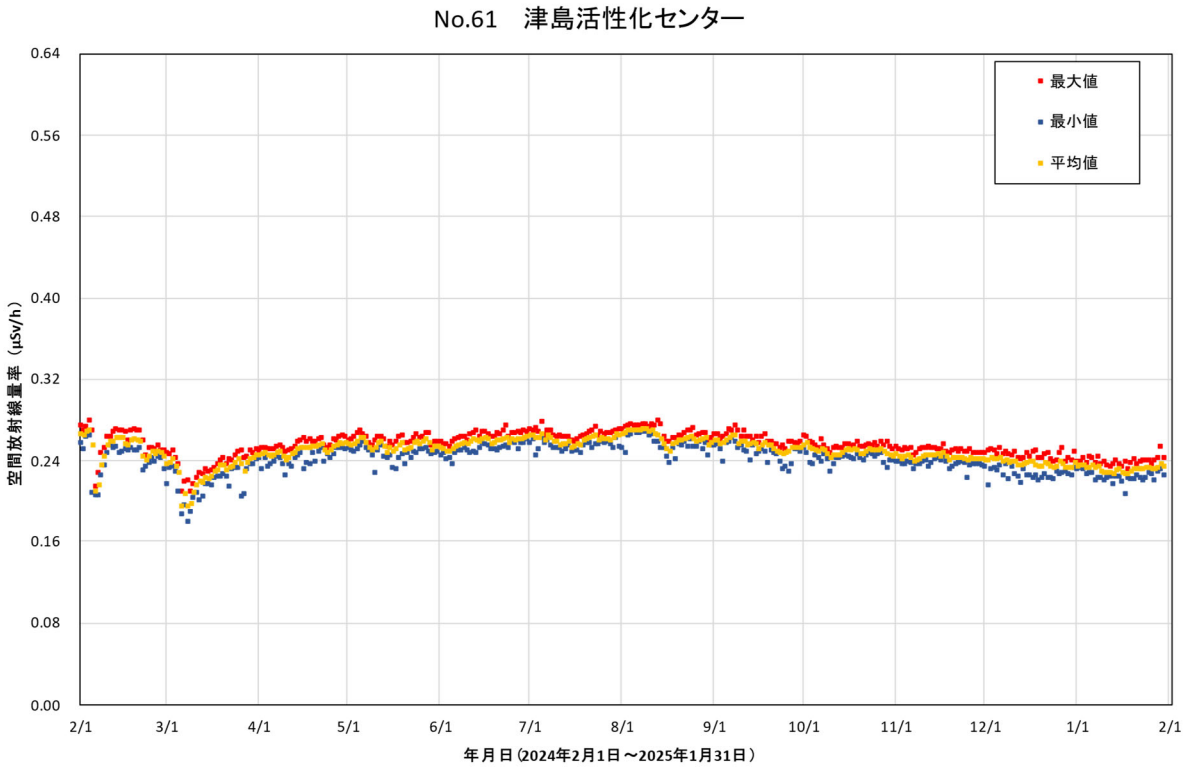
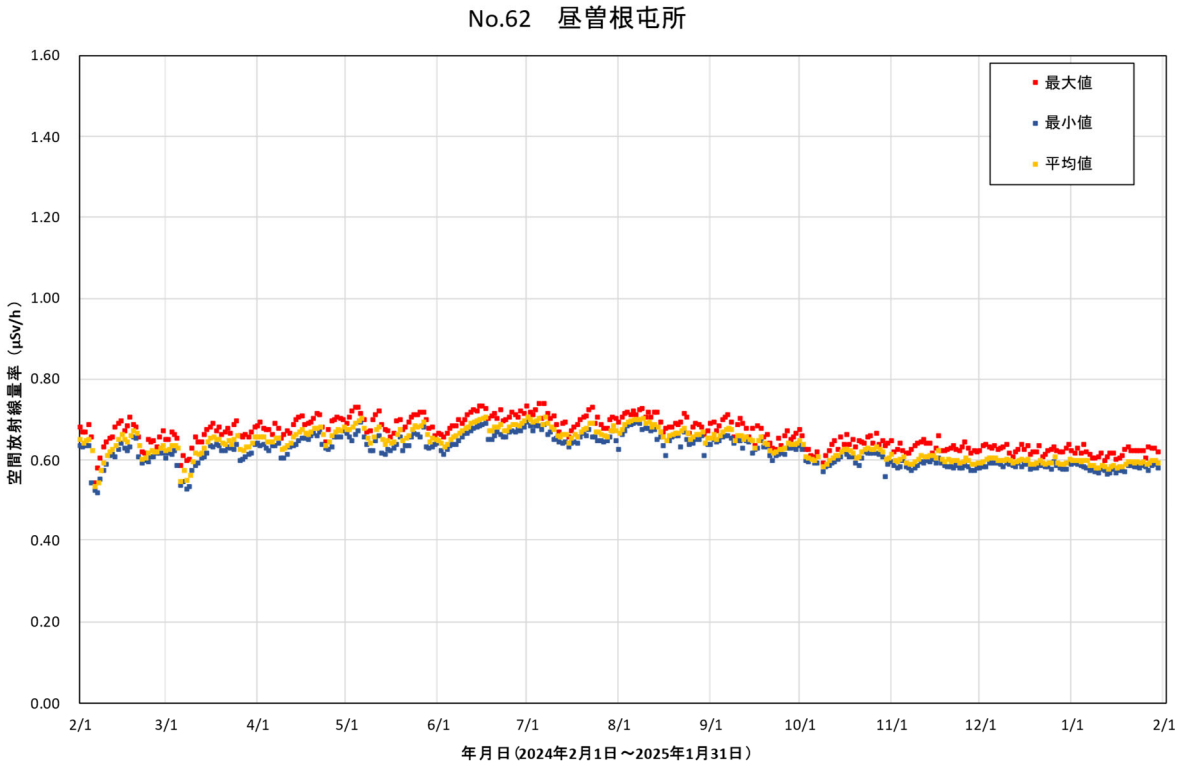


図 2-10-2(28)　各地点のトレンドグラフ



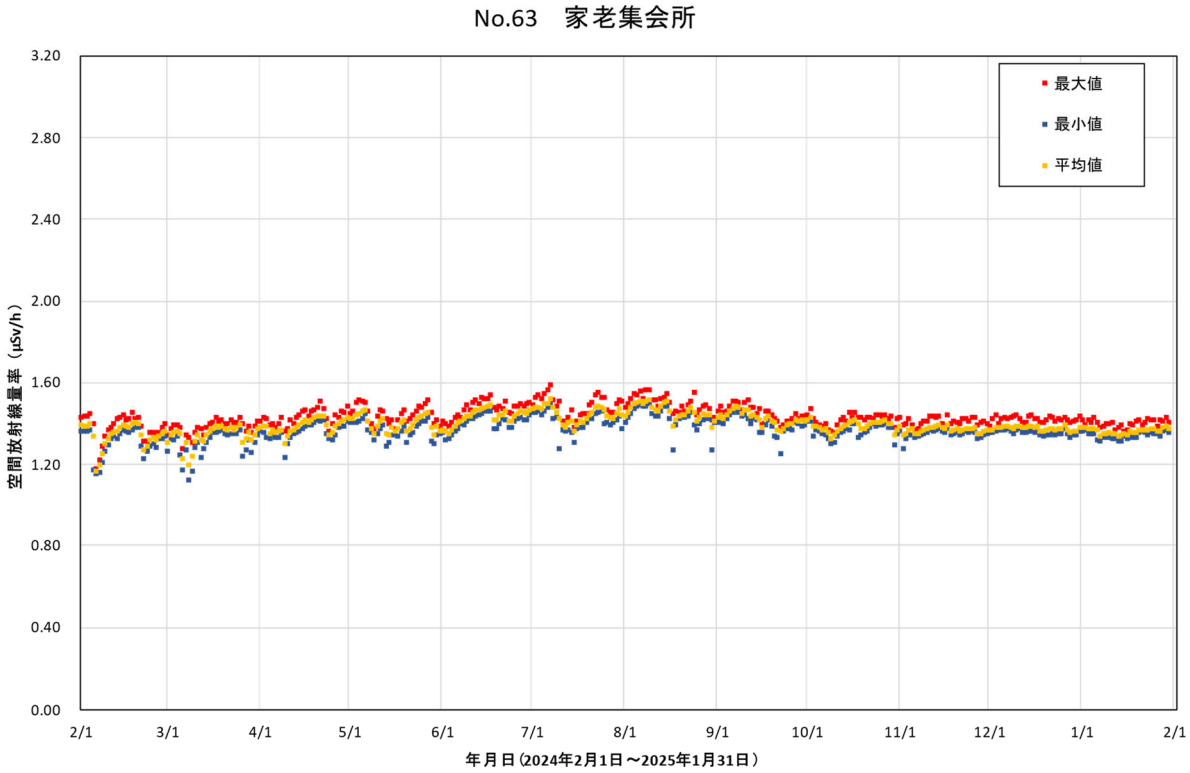
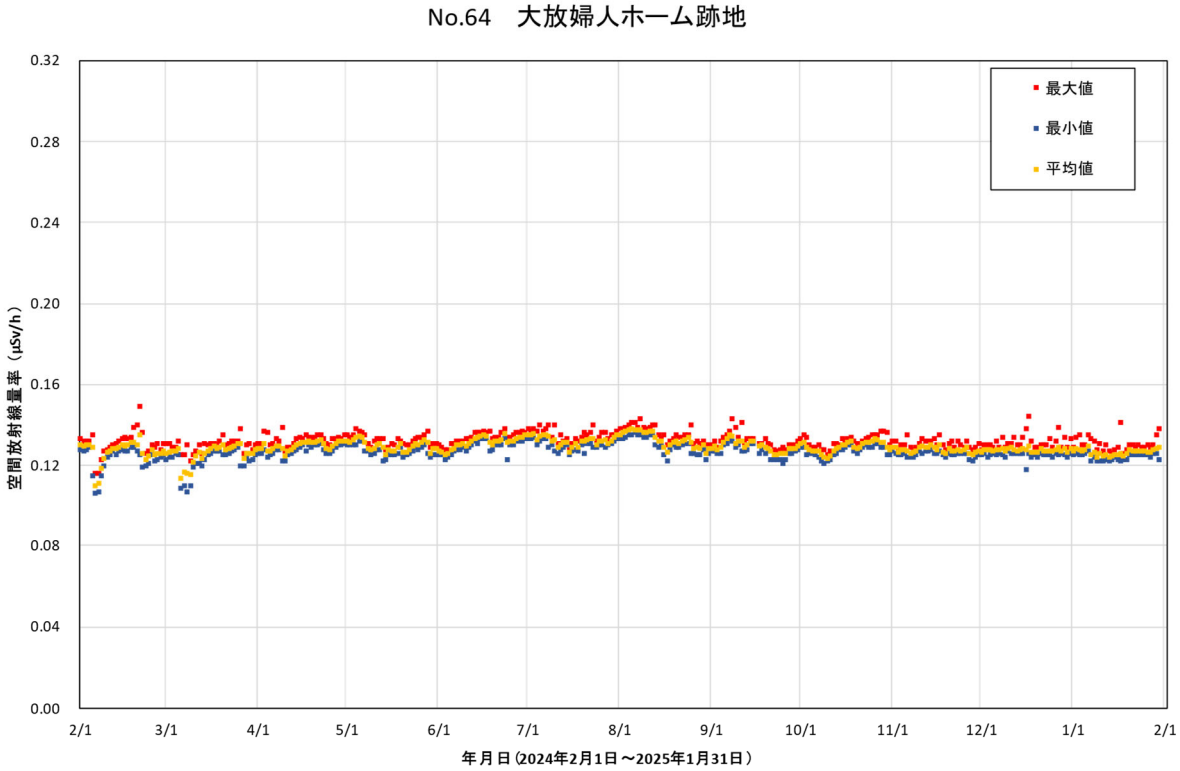


図 2-10-2(29)　各地点のトレンドグラフ



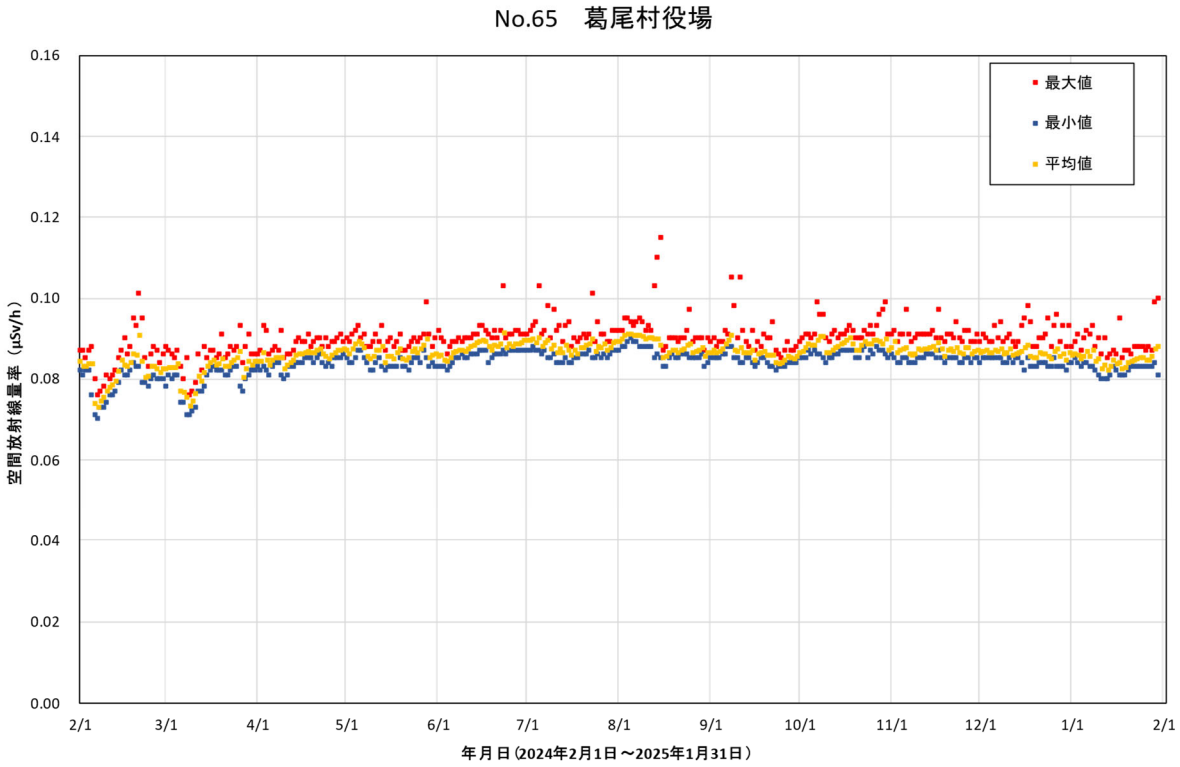
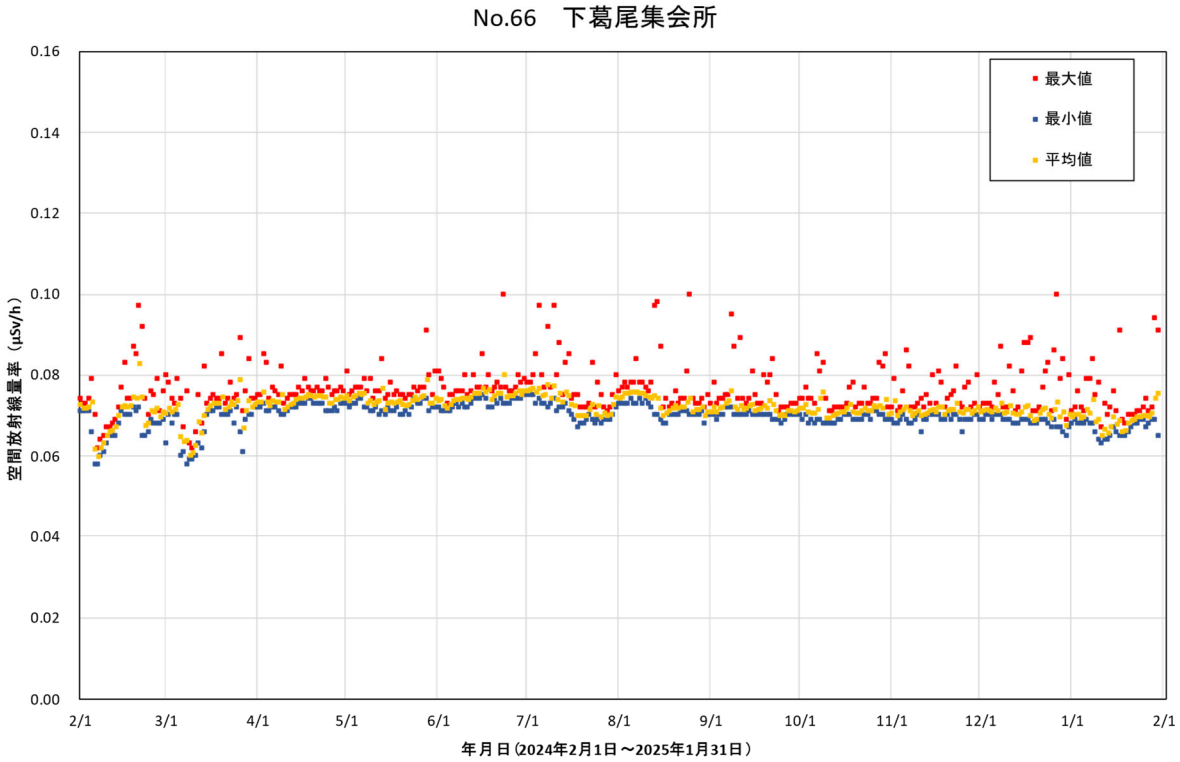


図 2-10-2(30)　各地点のトレンドグラフ



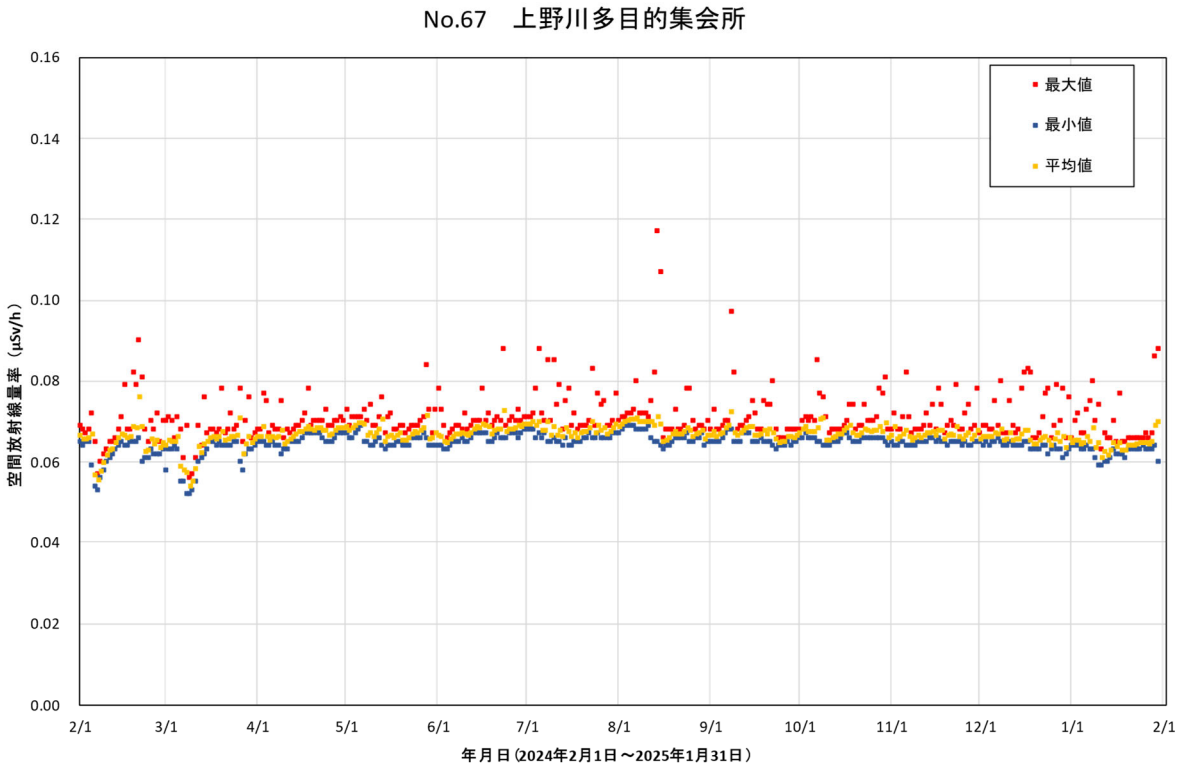
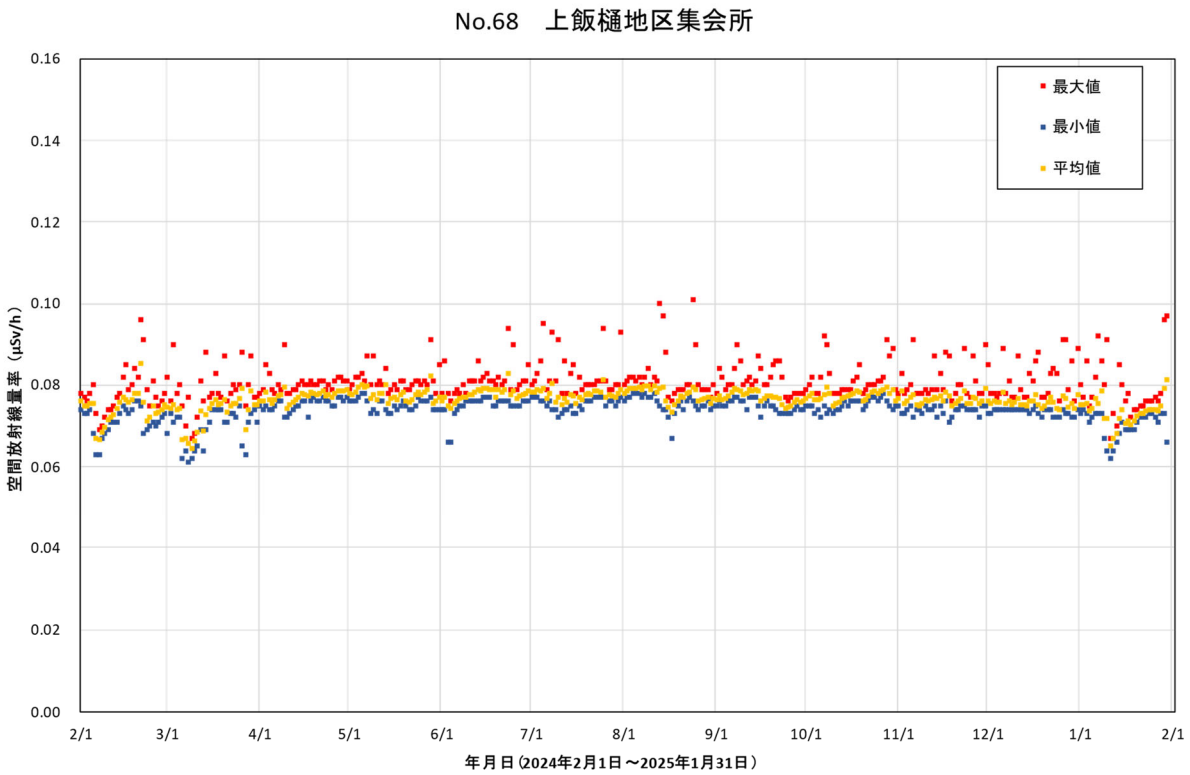


図 2-10-2(31)　各地点のトレンドグラフ



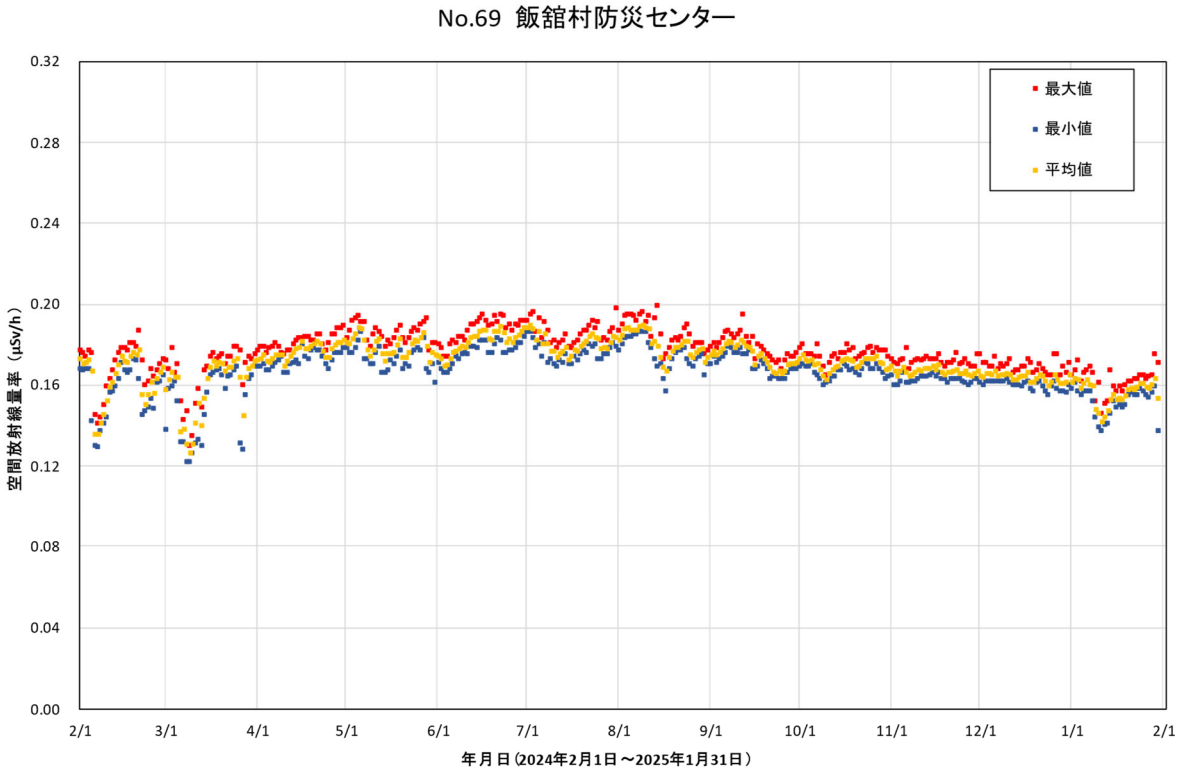
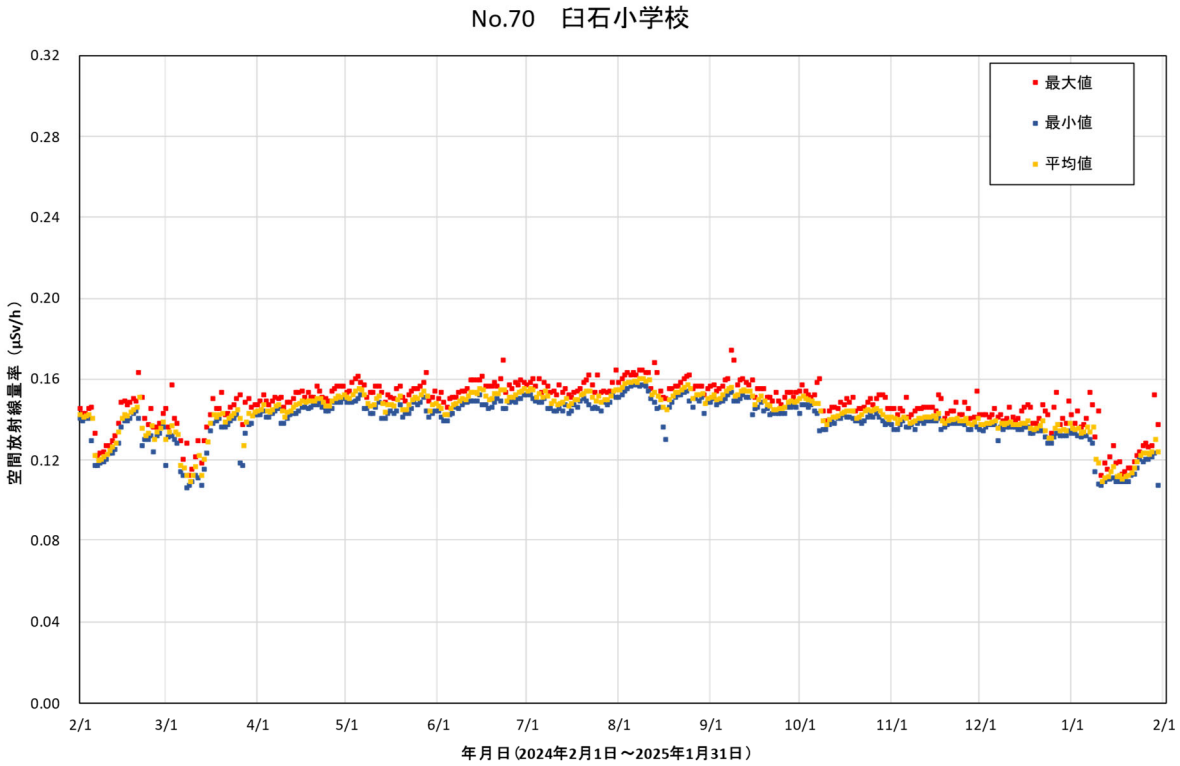


図 2-10-2(32)　各地点のトレンドグラフ



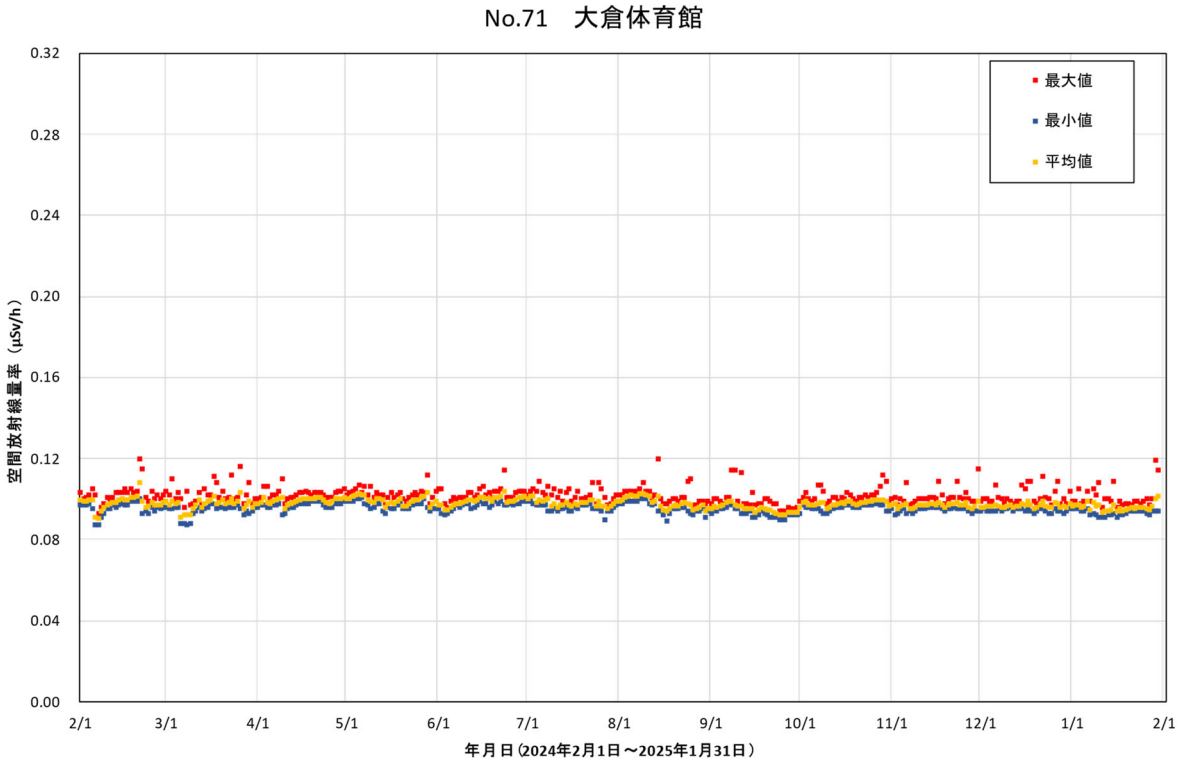
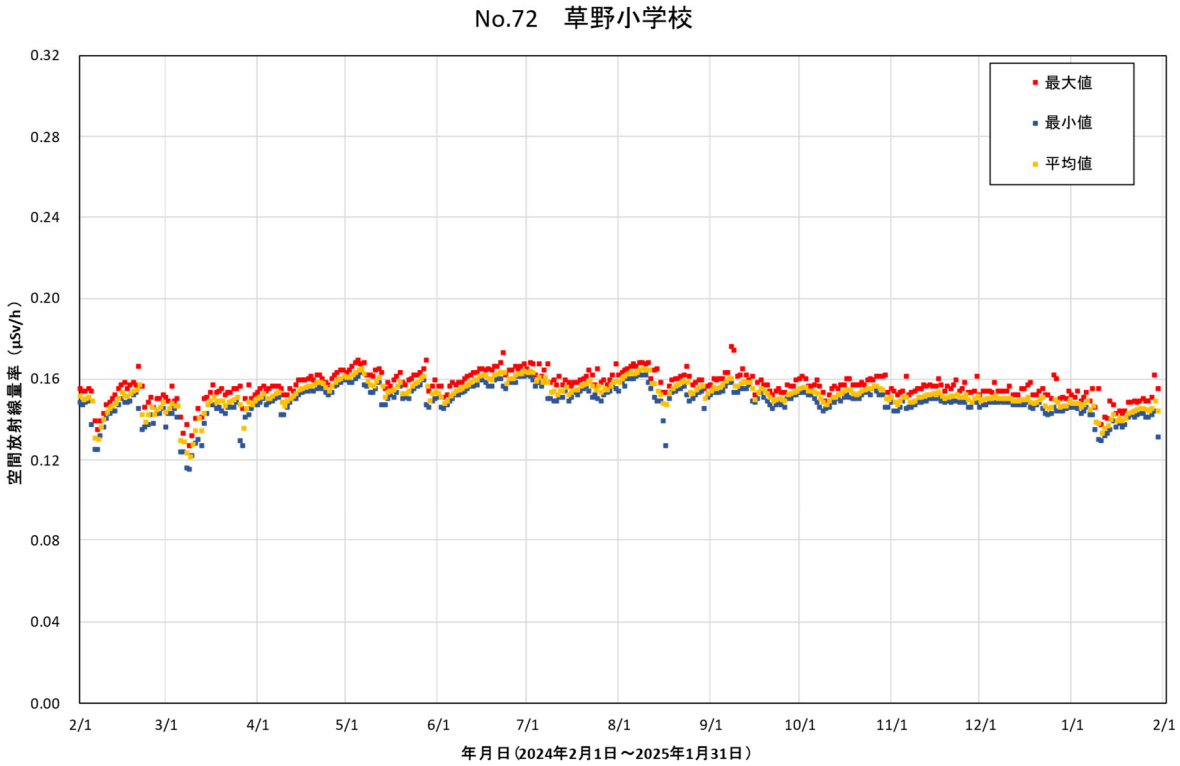


図 2-10-2(33)　各地点のトレンドグラフ



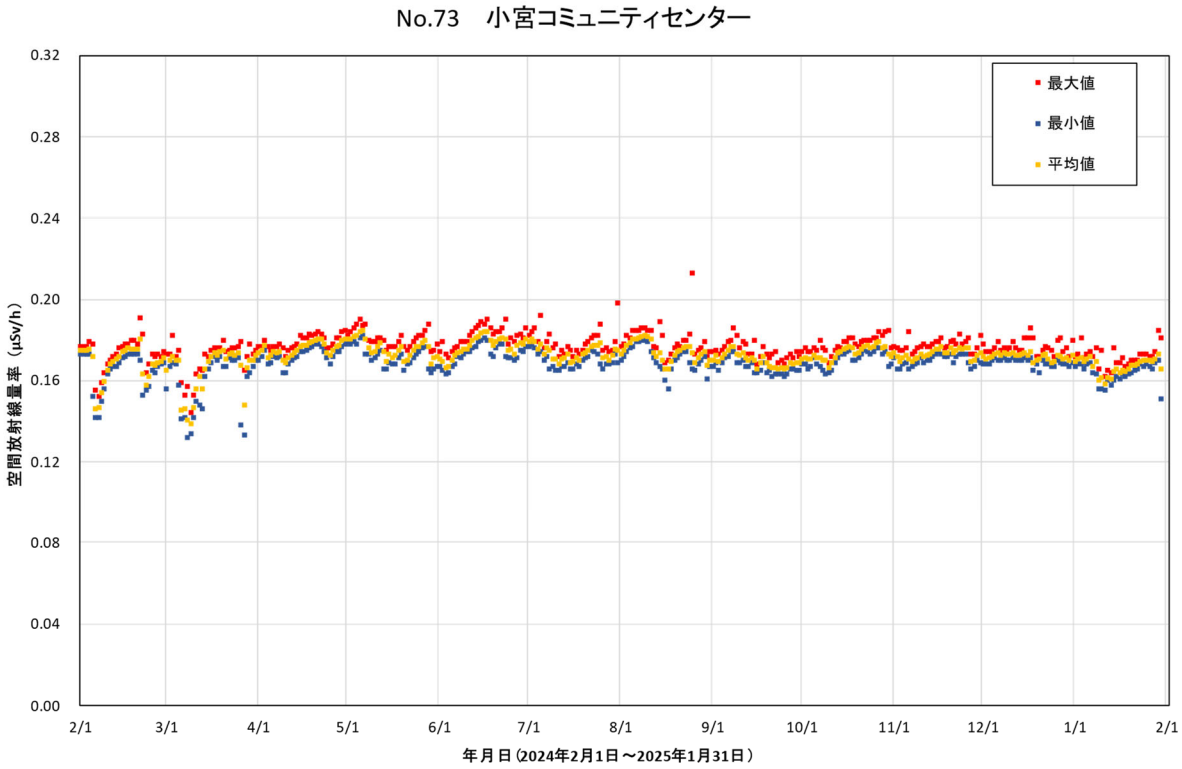
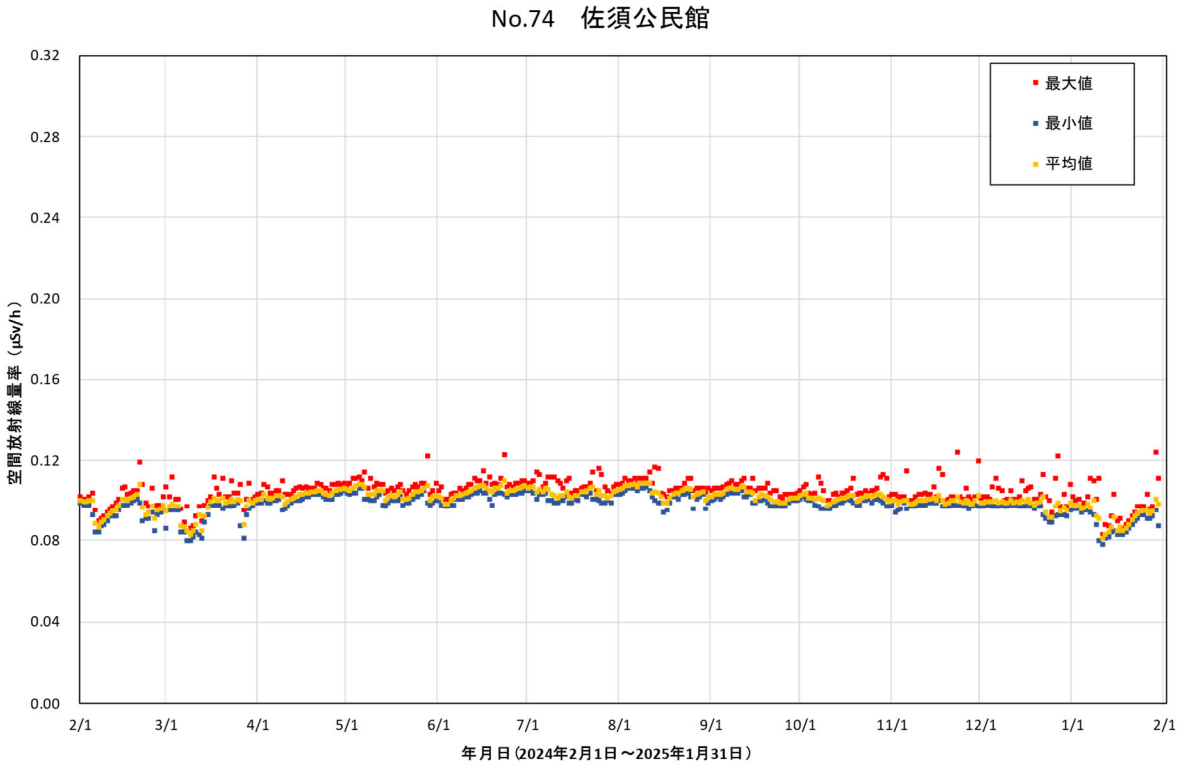


図 2-10-2(34)　各地点のトレンドグラフ



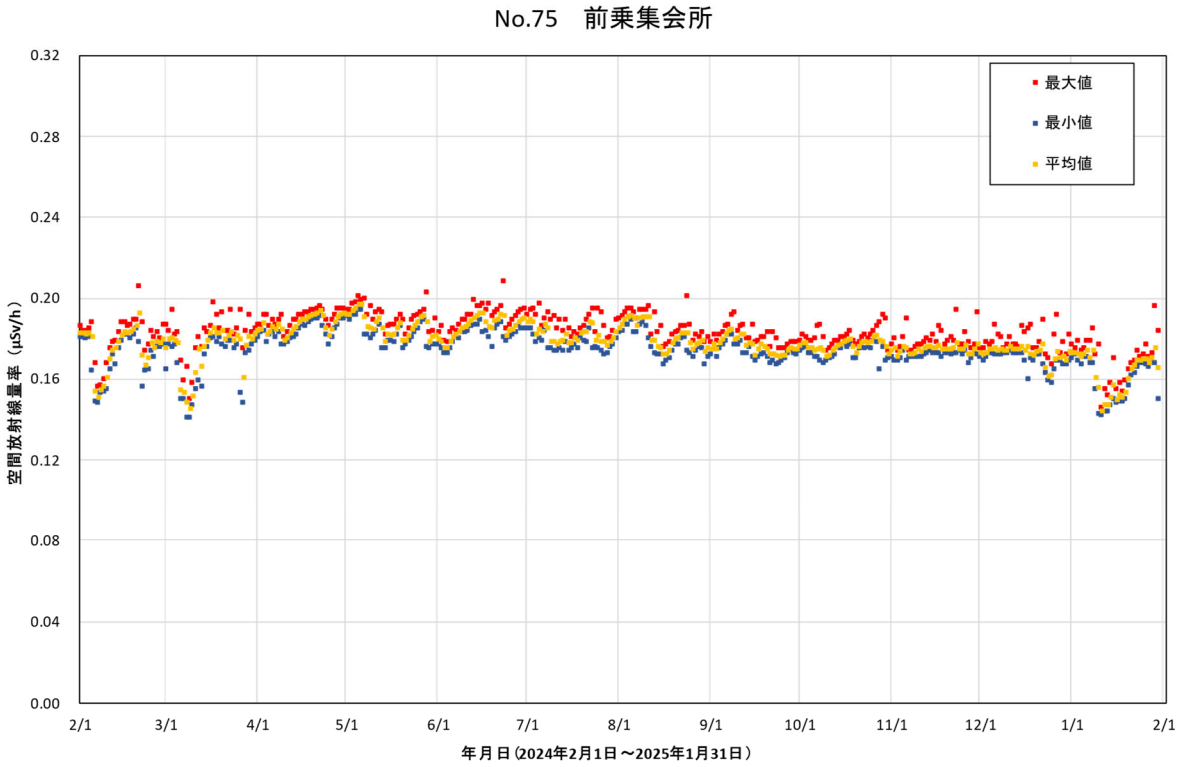
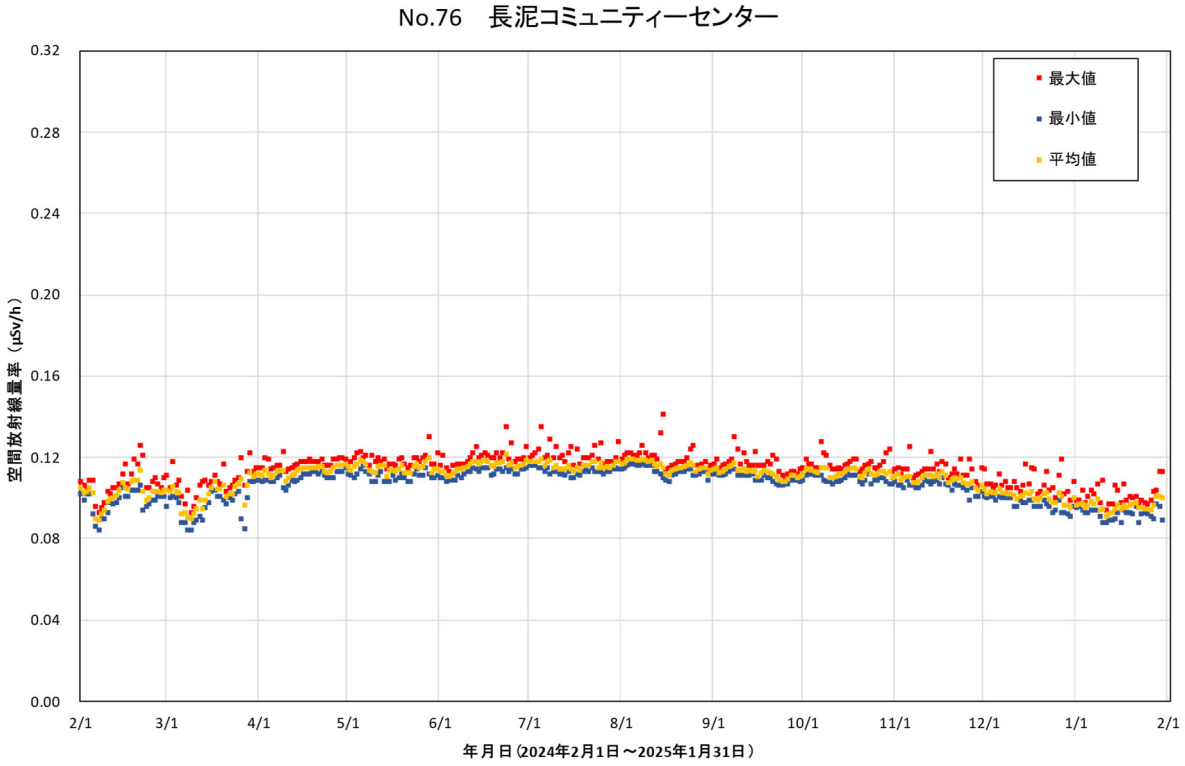
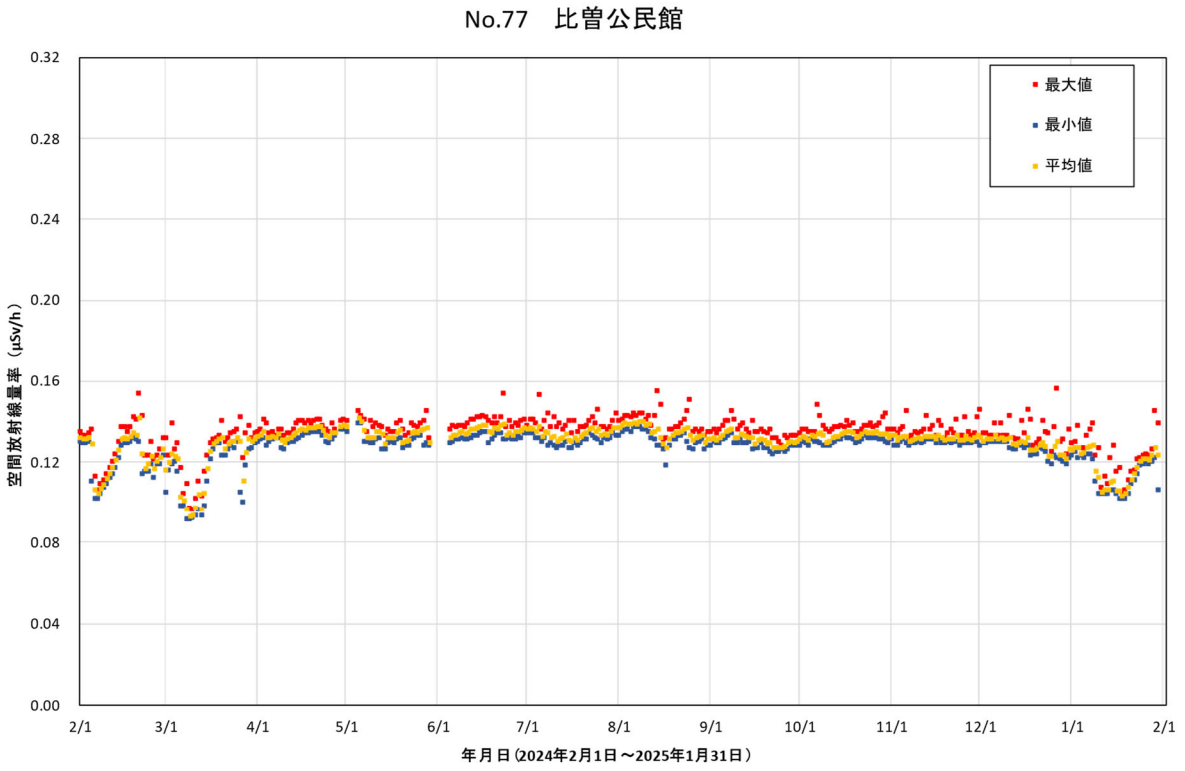


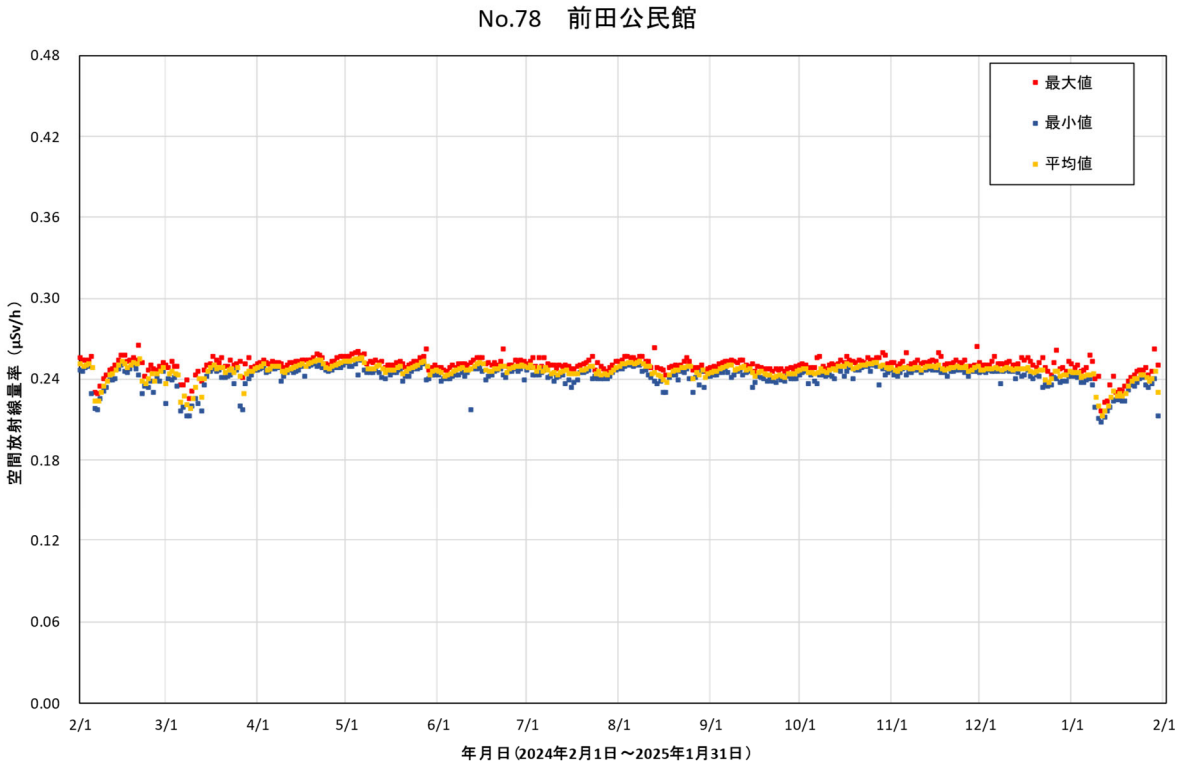
図 2-10-2(35)　各地点のトレンドグラフ

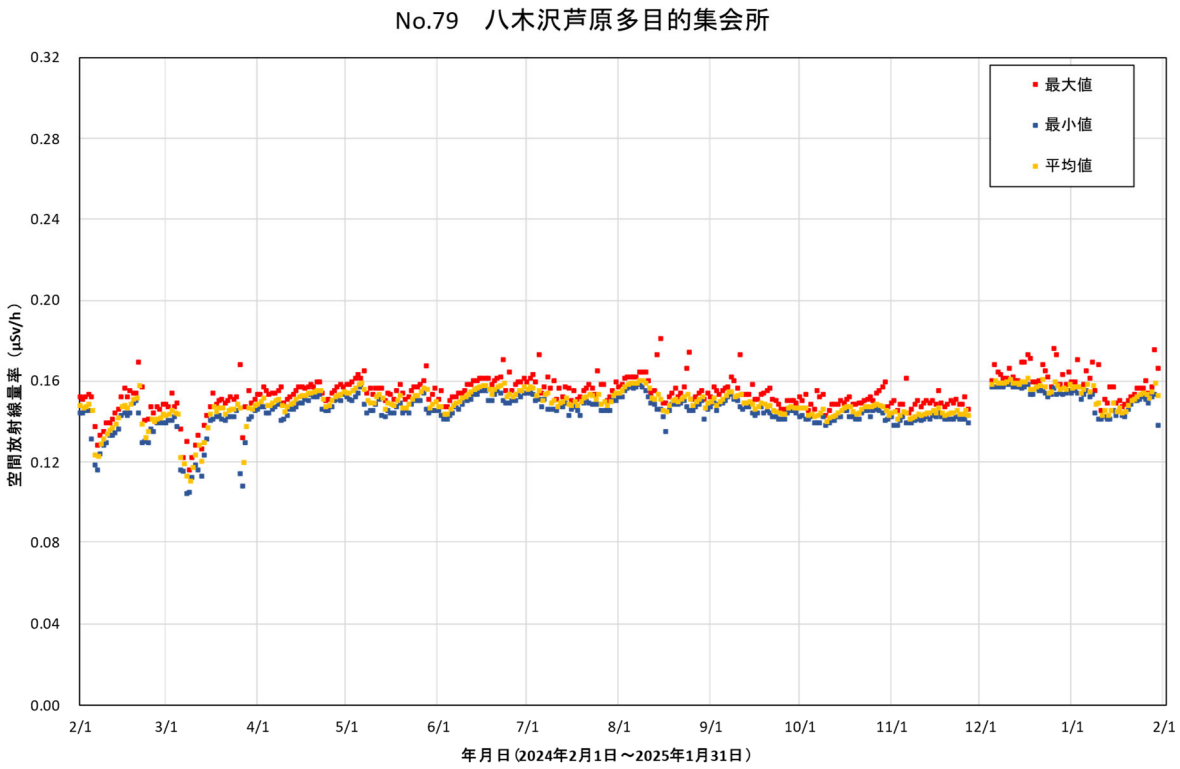




2024/5/30 ~ 2024/6/4 機器不具合により欠測

図 2-10-2(36)　各地点のトレンドグラフ





2024/11/27 ~ 2024/12/4 機器更新作業実施

図 2-10-2(37)　各地点のトレンドグラフ

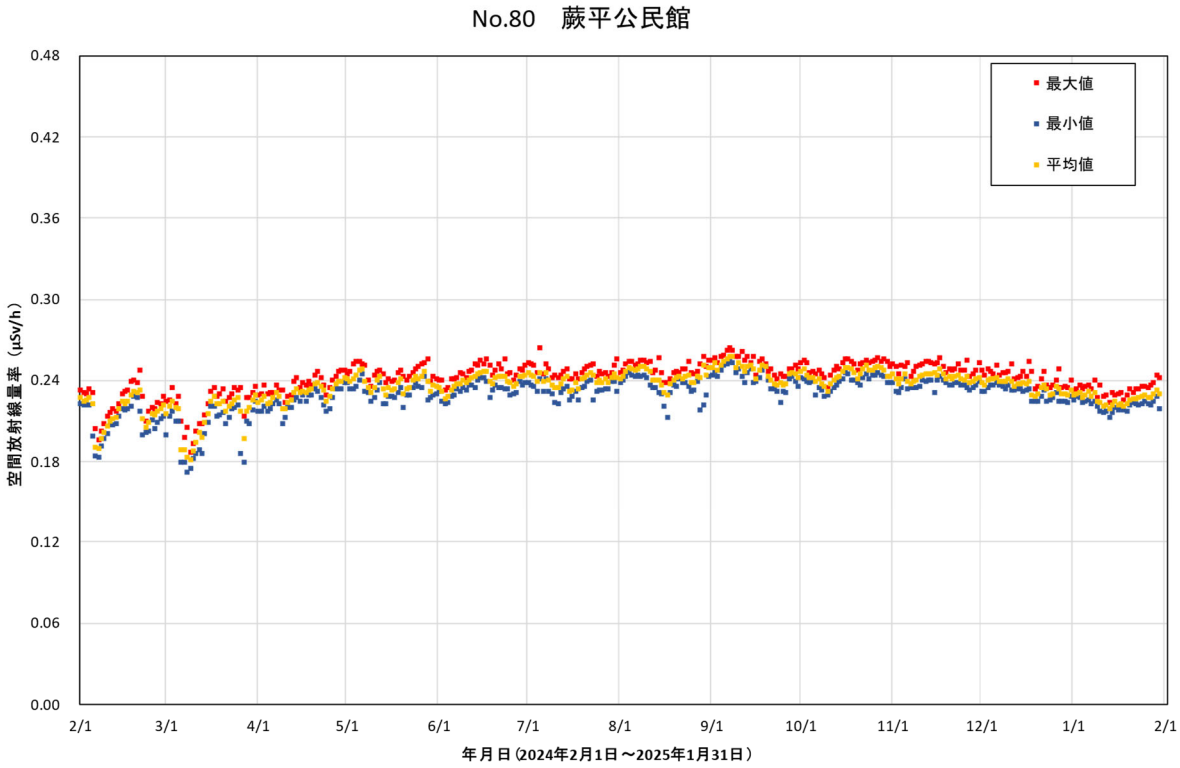


図 2-10-2(38)　各地点のトレンドグラフ

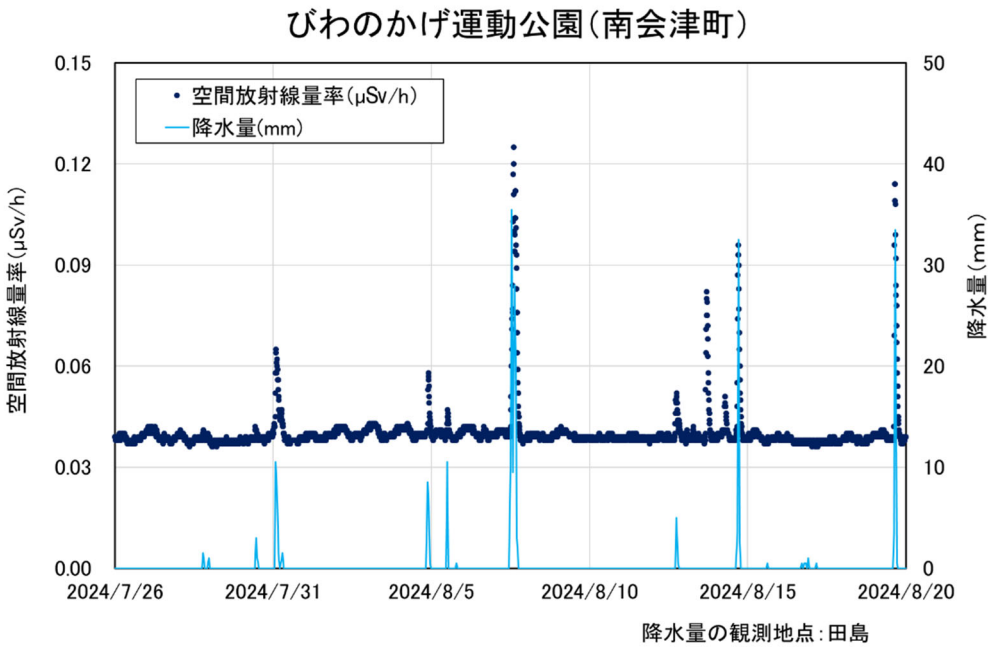


図2-10-3　降雨による空間放射線量率上昇の例
（びわのかげ運動公園（南会津町））

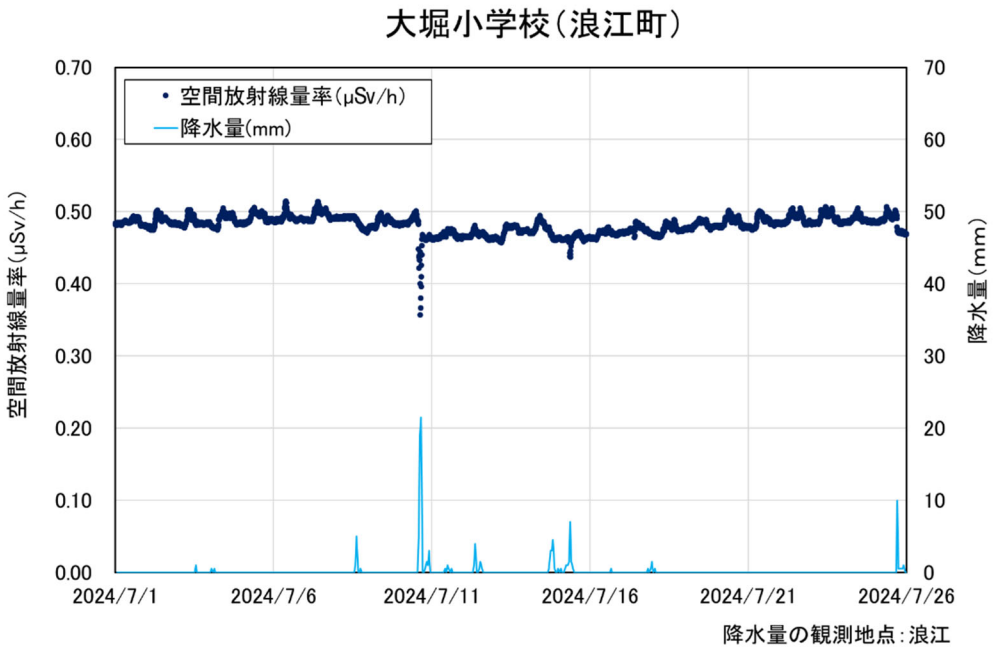


図2-10-4　降雨による空間放射線量率下降の例
（大堀小学校（浪江町））

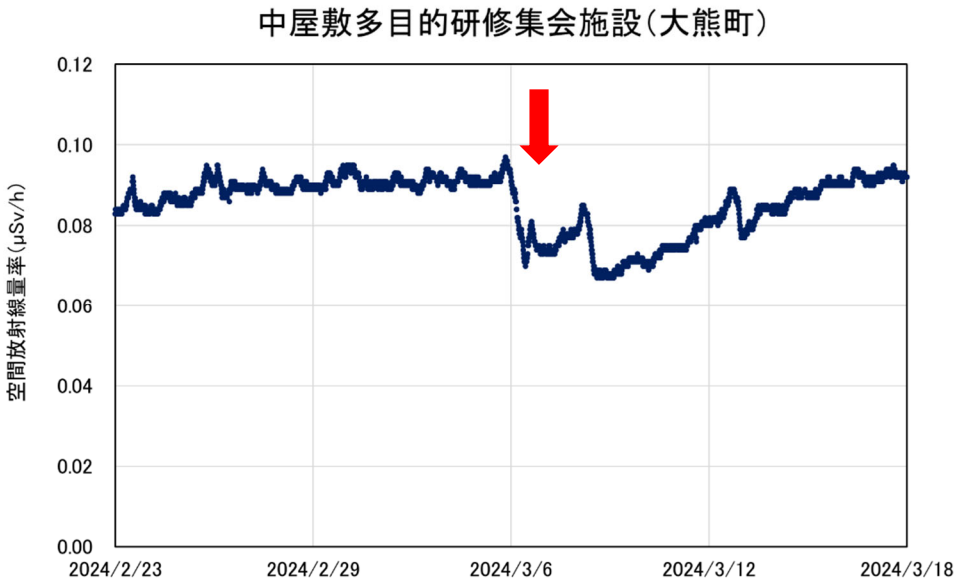


図2-10-5（1）降雪による空間放射線量率下降の例
（中屋敷多目的研修集会施設（大熊町））

図2-10-5（2）降雪の様子
（中屋敷多目的研修集会施設（大熊町））撮影日：2024年3月6日

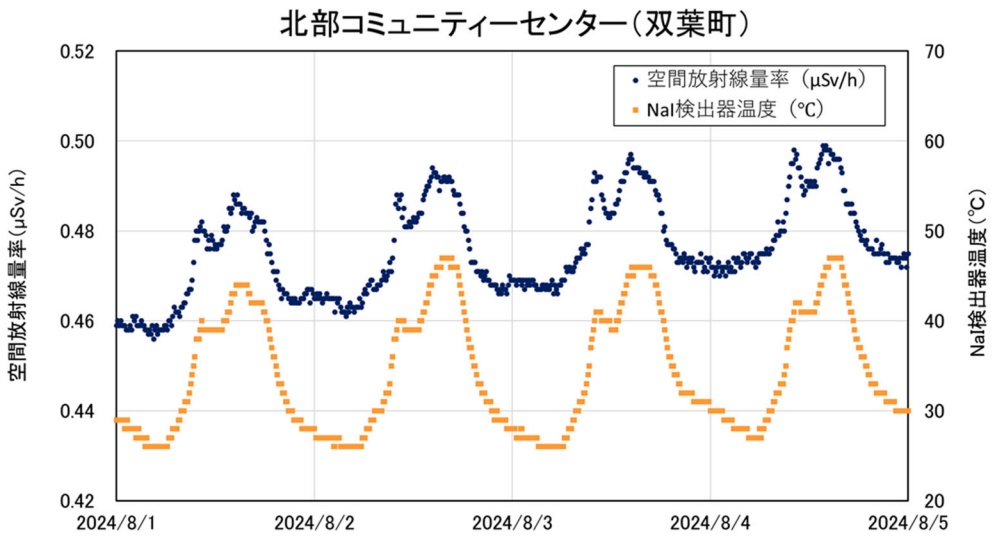


図2-10-6　検出器の温度依存性による空間放射線量率の変動の例
（北部コミュニティーセンター（双葉町））（NaI検出器）

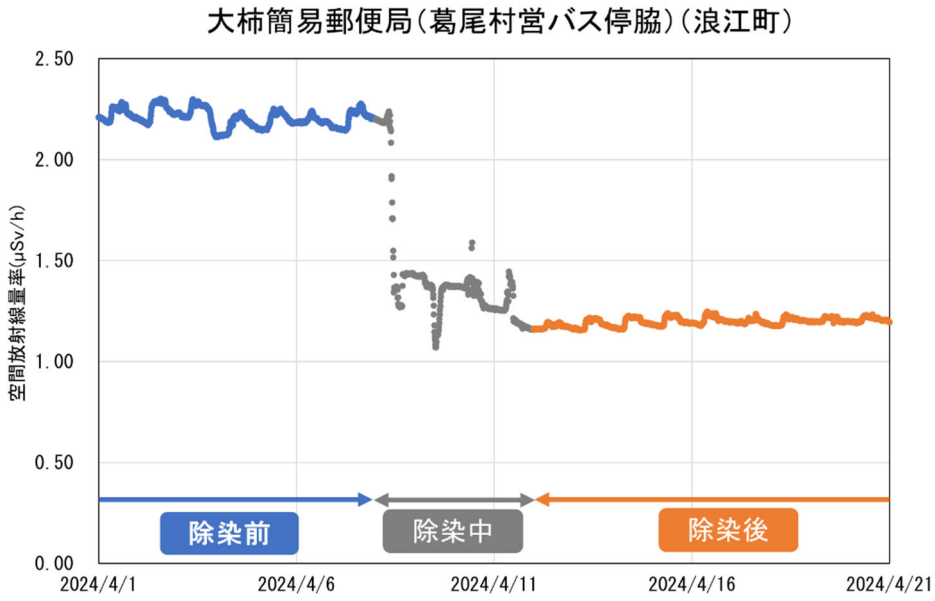


図2-10-7（1）設置地点敷地内の除染に伴う空間放射線量率の変動
（大柿簡易郵便局（葛尾村営バス停脇）（浪江町））

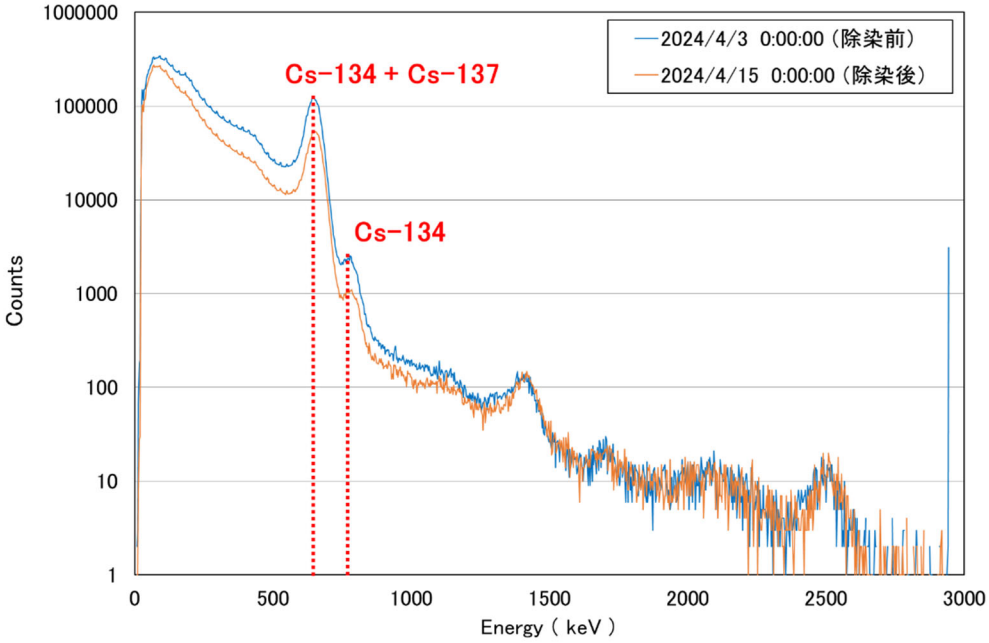


図2-10-7（2）波高スペクトル
（大柿簡易郵便局（葛尾村営バス停脇）（浪江町））

表2-10-2　可搬型モニタリングポスト撤去前設置地点
（白河市総合運動公園（白河市））

設置地点	住所	緯度・経度*
白河市総合運動公園	白河市北中川原 30 番地	N　37.123849 E 140.230091

*緯度・経度は原子力規制委員会webページで公開されていた数値を記載

図2-10-8（1）撤去前の様子
（白河市総合運動公園（白河市）：2024年8月26日撮影）

図2-10-8（2）撤去作業の様子
（白河市総合運動公園（白河市）：2024年9月24日撮影）

図2-10-8（3）保管の様子①
（環境放射線センター（南相馬市）：2024年9月26日撮影）

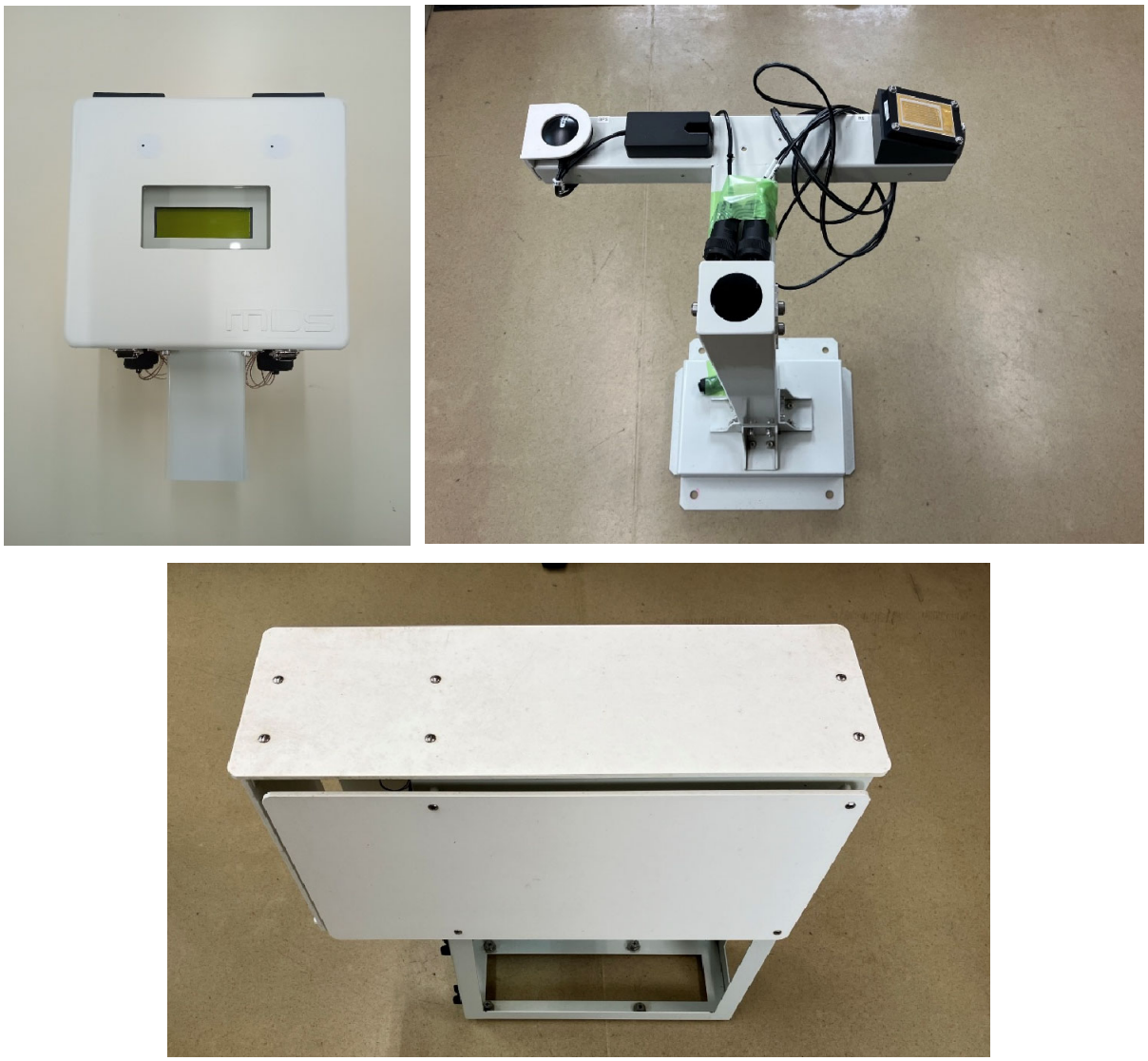


図2-10-8（4）保管の様子②
（日本分析センター（千葉県千葉市）：2025 年 3 月 11 日撮影）

図 2-10-9　除染前後の様子
（大柿簡易郵便局（葛尾村営バス停脇）（浪江町））
左　：除染前の様子（2024 年 3 月 29 日撮影）
右　：除染後の様子（2024 年 4 月 19 日撮影）

表 2-10-3　更新地点及び作業日等

更新地点	市町村名	作業日	データ公開開始日	更新地点の選定理由
五枚沢集会所	川内村	6/24、26	7/3	携帯通信網範囲内でありながら衛星通信を利用しており、通信費用が高額であるため、更新に伴い携帯通信に変更。
八木沢芦原多目的集会所	飯舘村	11/27	12/5	携帯通信網範囲内でありながら衛星通信を利用しており、通信費用が高額であるため、更新に伴い携帯通信に変更。
高の倉ダム助常観測所	南相馬市	11/26、28	12/5	設置場所の日照条件が悪く、バッテリー交換に労力がかかっていたため、消費電力の少ない可搬型モニタリングポストに更新を実施。 ※この地点においては、更新後も衛星通信を使用。

表 2-10-4　仕様の比較

更新	タイプ	検出器	測定線量率範囲	測定エネルギー範囲	線量率演算方法	データ通信方法	感雨計
前	NaI + Si 半導体搭載型	NaI	BG ～ 10 μGy/h	50 keV ～ 3 MeV	G (E) 関数法	衛星通信	あり
		Si 半導体	10 μGy/h ～ 100 mGy/h	エネルギー弁別無し	パルス換算		
後	CsI 搭載型	CsI	BG ～ 10 mGy/h	50 keV ～ 3 MeV	G (E) 関数法	携帯通信または衛星通信	あり

図 2-10-10（1）更新前の可搬型モニタリングポスト
（五枚沢集会所（川内村）：2024 年 5 月 23 日撮影）

図 2-10-10（2）更新後の可搬型モニタリングポスト
（五枚沢集会所（川内村）：2024 年 6 月 26 日撮影）

図 2-10-10（3）更新前の可搬型モニタリングポスト
（八木沢芦原多目的集会所（飯舘村）：2024 年 11 月 27 日撮影）

図 2-10-10（4）更新後の可搬型モニタリングポスト
（八木沢芦原多目的集会所（飯舘村）：2024 年 11 月 27 日撮影）

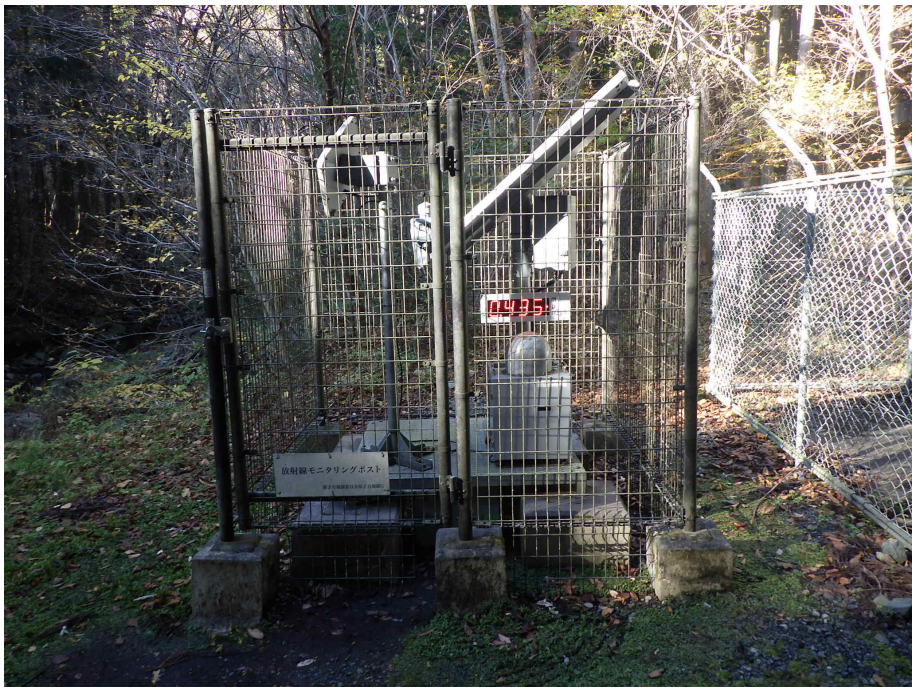


図 2-10-10（5）更新前の可搬型モニタリングポスト
（高の倉ダム助常観測所（南相馬市）：2024 年 11 月 26 日撮影）

図 2-10-10（6）更新後の可搬型モニタリングポスト
（高の倉ダム助常観測所（南相馬市）：2024 年 11 月 28 日撮影）

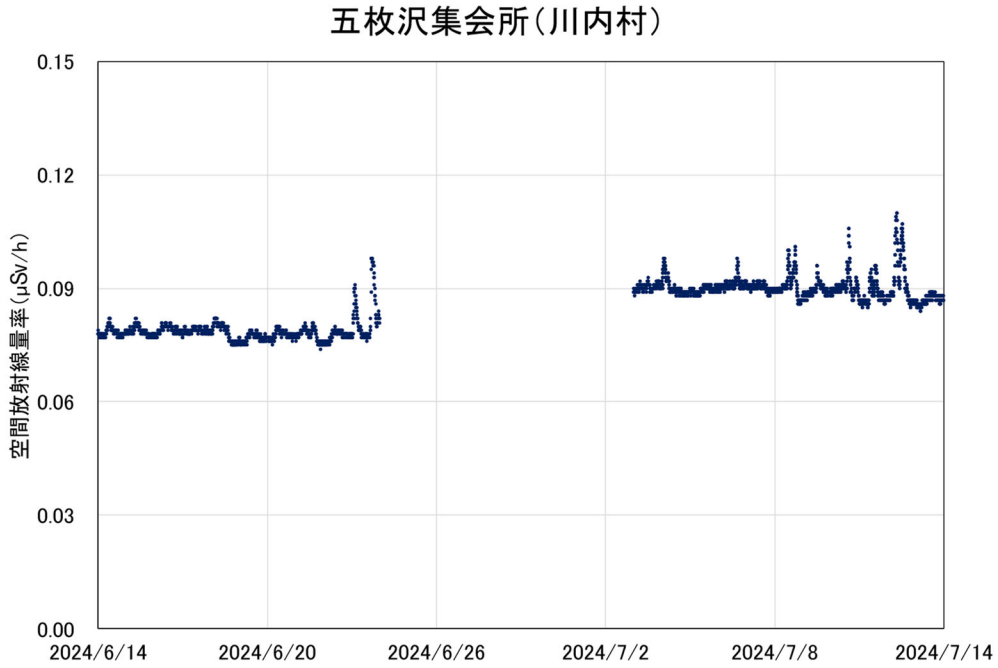


図 2-10-11（1）可搬型モニタリングポストの更新による空間放射線量率変動
（五枚沢集会所（川内村））

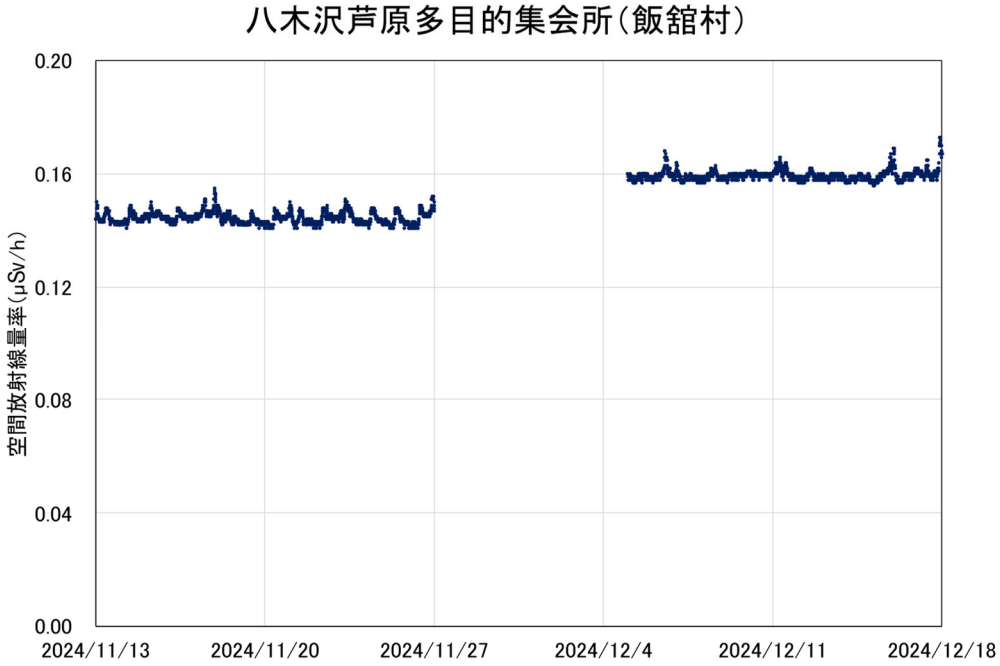


図 2-10-11（2）可搬型モニタリングポストの更新による空間放射線量率変動
（八木沢芦原多目的集会所（飯舘村））

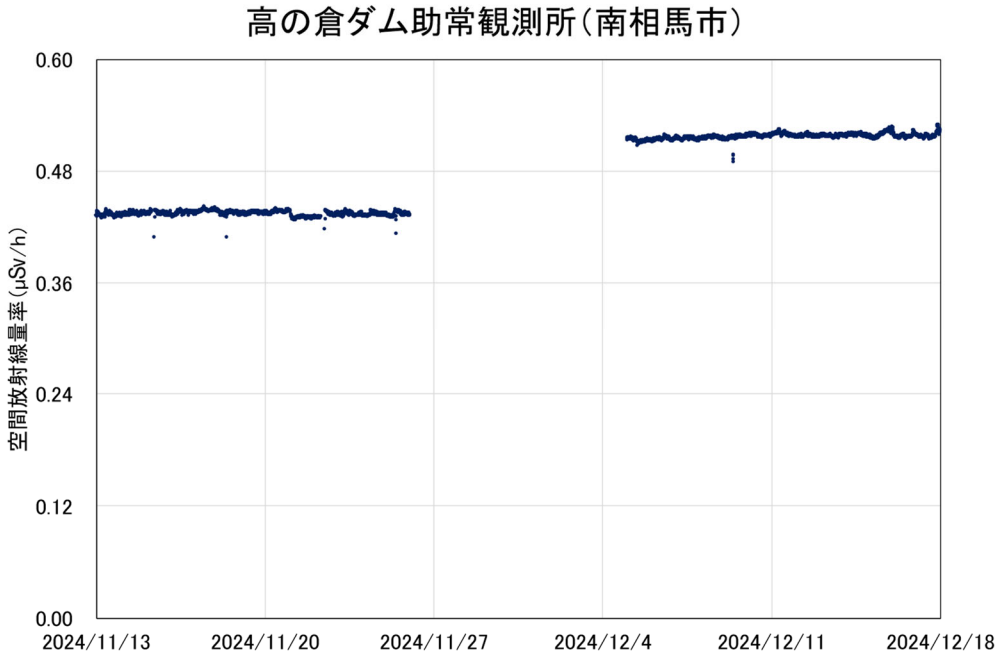
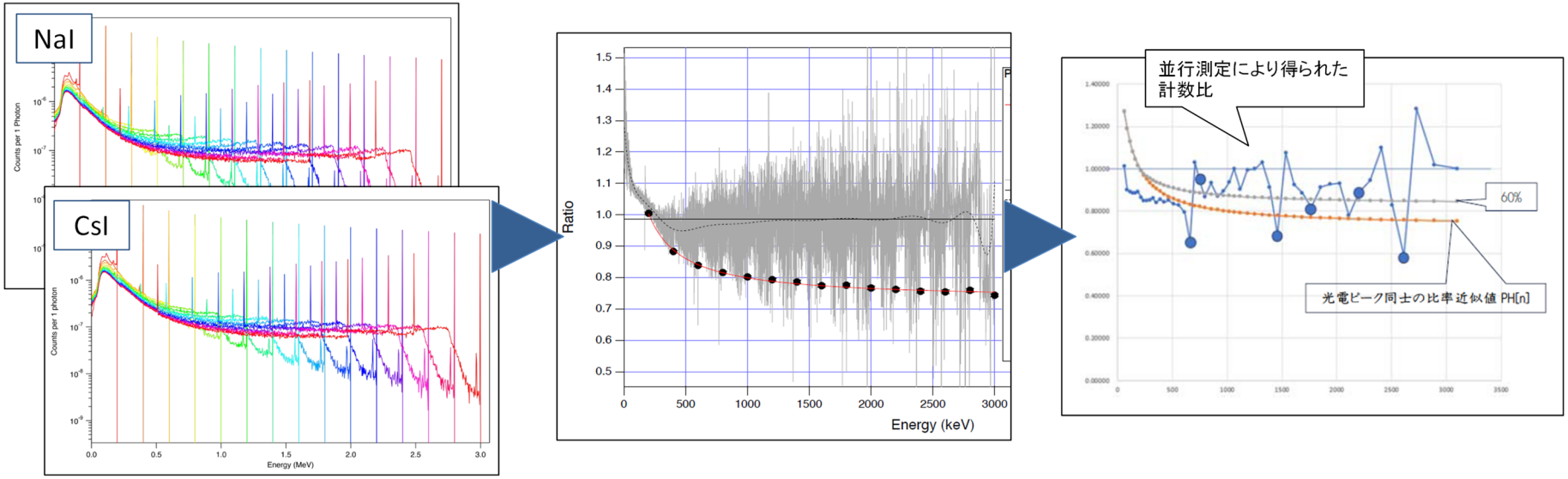


図 2-10-11（3）可搬型モニタリングポストの更新による空間放射線量率変動
（高の倉ダム助常観測所（南相馬市））



NaI検出器、CsI検出器それぞれのスペクトルを放射線輸送シミュレーションを用いて計算

スペクトルの計数比（NaI/CsI）を計算

光電ピーク・コンプトン領域それぞれについて関数で近似

昨年度実施したNaI検出器とCsI検出器の並行測定結果と近似式を比較し、スペクトルの変換に使用する値を決定

図 2-10-12　CsI 検出器⇔NaI 検出器スペクトル変換関数の決定に係るフロー図

表 2-10-5　可搬型 Ge 半導体検出器と可搬型モニタリングポストによる並行測定実施地点一覧

実施地点	市町村	検出器	空間放射線量率※ (nGy/h)	実施日
乙次郎地区集会所	楢葉町	NaI	63	12/9
女平地区集会所	楢葉町		73	12/9
苅野防災コミュニティセンター	浪江町		121	10/31
昼曽根屯所	浪江町		629	10/31
熊町小学校	大熊町		2104	12/10
福浦小学校	南相馬市	CsI	55	10/30
小高区団第 3 分団第 10 部屯所	南相馬市		84	10/31
養護老人ホーム「東風荘」	富岡町		178	12/10
福島県浪江ひまわり荘	浪江町		214	10/31
石熊公民館	双葉町		1380	12/11

※並行測定実施時間帯における平均値

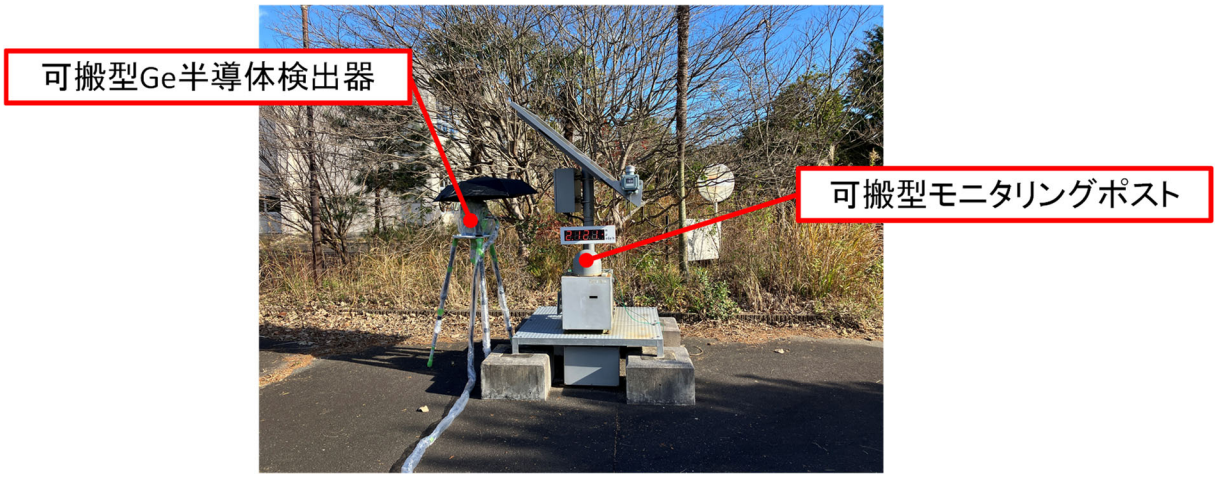


図 2-10-13（1）　可搬型 Ge 半導体検出器と
可搬型モニタリングポスト（NaI＋Si 半導体検出器）の並行測定の様子
（熊町小学校（大熊町））

図 2-10-13（2）可搬型 Ge 半導体検出器と
可搬型モニタリングポスト（CsI 検出器）の並行測定の様子
（福島県浪江ひまわり荘（浪江町））

表 2-10-6　可搬型 Ge 半導体検出器と可搬型モニタリングポストにより得られた核種・系列毎の空間放射線量率比
（レスポンスマトリクス法/HASL 法）（平均±標準偏差）

核種・系列	NaI 検出器	CsI 検出器	全体
U 系列	0.90 ± 0.17	1.11 ± 0.26	1.01 ± 0.24
Th 系列	0.76 ± 0.09	0.80 ± 0.14	0.78 ± 0.11
^{40}K	0.64 ± 0.06	0.71 ± 0.10	0.67 ± 0.09
^{134}Cs	2.40 ± 1.16	1.87 ± 0.59	2.14 ± 0.91
^{137}Cs	1.45 ± 0.44	1.22 ± 0.32	1.34 ± 0.38

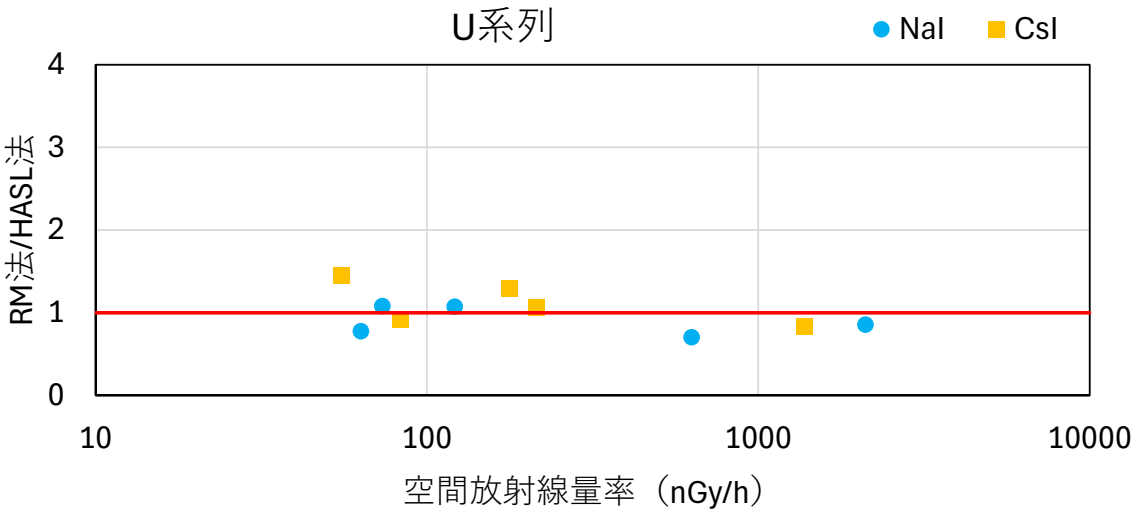


図 2-10-14（1）　可搬型 Ge 半導体検出器と可搬型モニタリングポストにより得られた核種・系列毎の空間放射線量率比
（レスポンスマトリクス法/HASL 法）（U 系列）

※可搬型 Ge 半導体検出器においては ^{214}Bi（1764 keV）から評価した結果を示した。

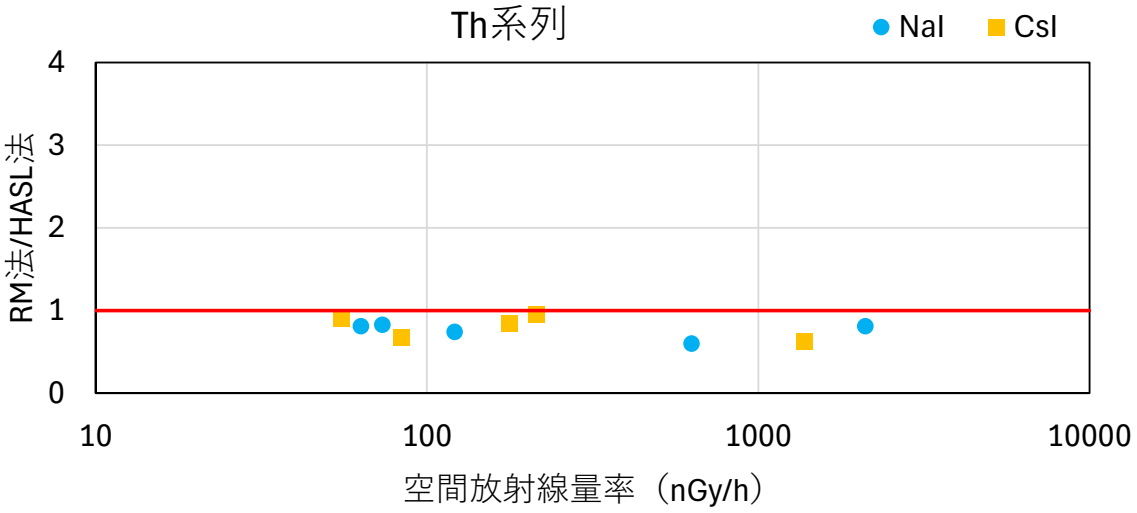


図 2-10-14（2）　可搬型 Ge 半導体検出器と可搬型モニタリングポストにより得られた核種・系列毎の空間放射線量率比（レスポンスマトリクス法/HASL 法）（Th 系列）

※可搬型 Ge 半導体検出器においては ^{228}Ac（911 keV）から評価した結果を示した。

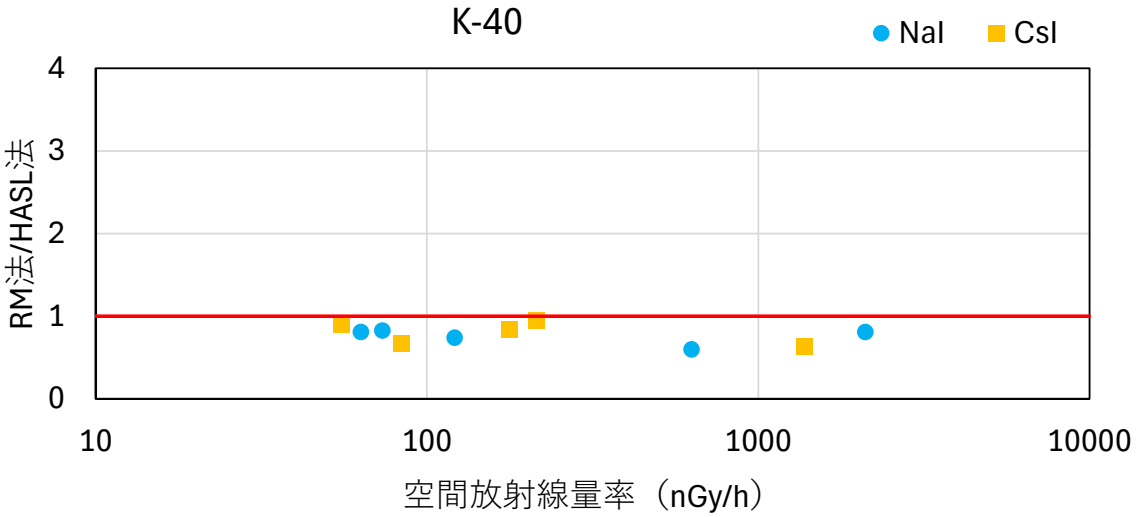


図 2-10-14（3）　可搬型 Ge 半導体検出器と可搬型モニタリングポストにより得られた核種・系列毎の空間放射線量率比（レスポンスマトリクス法/HASL 法）（^{40}K）

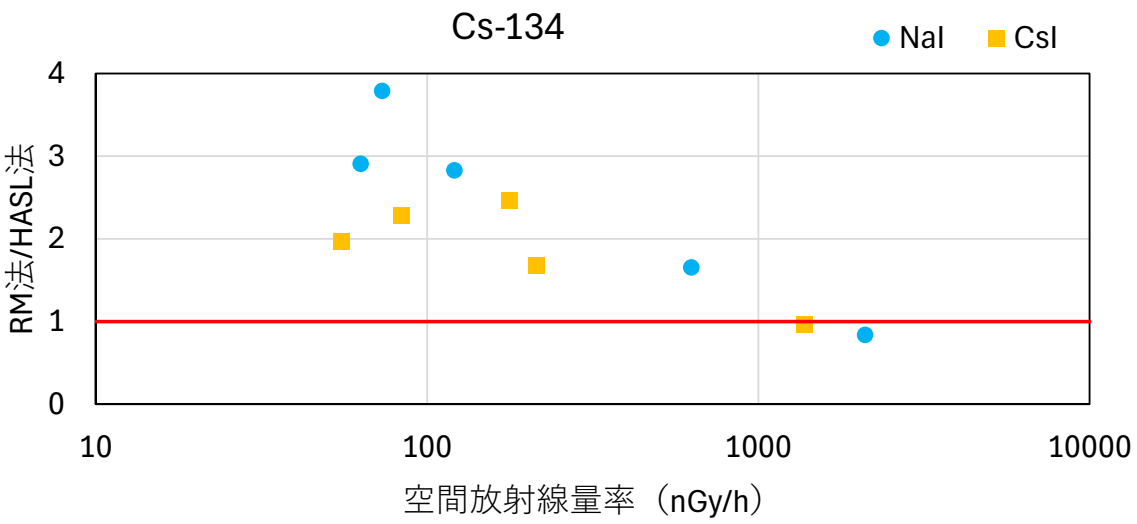


図 2-10-14（4）　可搬型 Ge 半導体検出器と可搬型モニタリングポストにより得られた核種・系列毎の空間放射線量率比（レスポンスマトリクス法/HASL 法）（^{134}Cs）

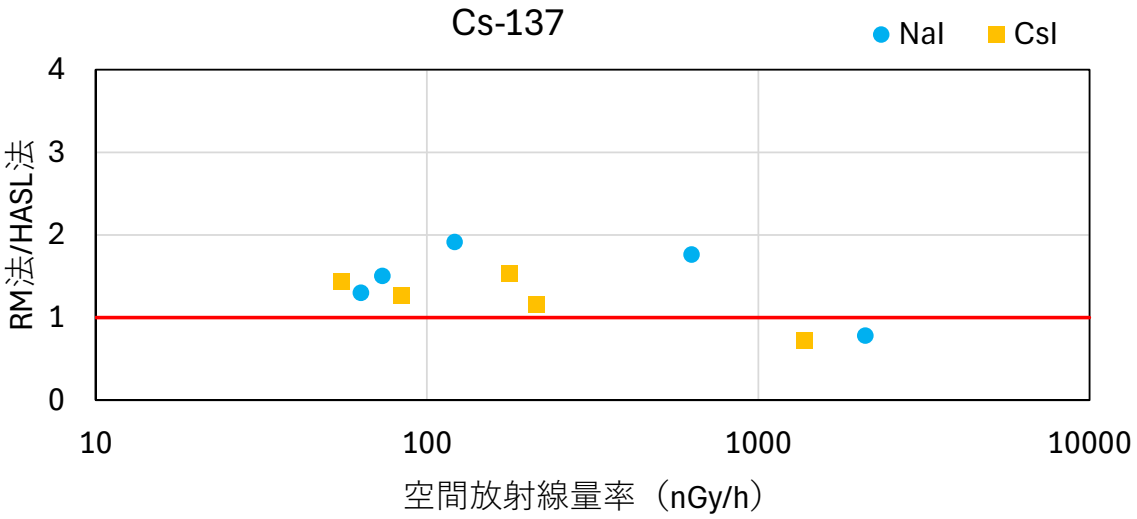


図 2-10-14（5）　可搬型 Ge 半導体検出器と可搬型モニタリングポストにより得られた核種・系列毎の空間放射線量率比（レスポンスマトリクス法/HASL 法）（^{137}Cs）

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、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 100 mL 以下の場合は全量、100 mL を超えた場合は 100 mL を分取し、硝酸数滴、ヨウ素担体溶液（I^-：1 mg/mL）1 mL 及び 0.5 M 硝酸銀溶液 1 mL を加えた。試料溶液を 2～3 mL 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 60 分間測定した。

なお、降雨が 1 mm 以上ある場合を「降雨あり」、降雨が 1 mm 未満及びなかった場合を「降雨なし」とし、測定結果が前月の検出した「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の変動を確認した。

3.2 ガンマ線放出核種の測定

(1) 分析法

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) 試料の採取・前処理方法

① 大気浮遊じん

大容量エアサンプラ（SNOW WHITE：SENYA製）にガラス繊維ろ紙（570 mm×460 mm）を装着して1週間連続吸引(約110000 m^3)し、大気浮遊じんをろ紙上に捕集した。これらをプレス機で成型して、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80 cmの円形、受水面積5000 cm^2）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粉乳

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

2) 測定方法

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」(令和2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160000秒間以上（粉乳は70000秒間以上）とし、大気浮遊じんは ^{220}Rn及び ^{222}Rnの壊変生成物による影響を取り除くため、採取から約1週間保管した後、測定した。

核データは原則として Evaluated Nuclear Structure Data File, NNDC, Brookhaven（2019年8月）(https://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、測定の質を担保するため、ゲルマニウム半導体検出器の妥当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、^{152}Eu（121.8 keV及び1408 keV)、^{137}Cs(661.7 keV)のピークに対して、1年を通してその変動係数が基準（5 %）以内であることを確認した。

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。

3.3 トリチウム分析

(1) 分析法

トリチウムの分析は、放射能測定法シリーズ9「トリチウム分析法」(令和5年10月改訂）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（留出液が50 mLに満たない場合は、蒸留したバックグラウンド水を添加）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100 mL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。

採取した試料が少ない場合（0.6 L以下）は、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50 mL（留出液が50 mLに満たない場合は、蒸留したバックグラウンド水を添加）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100 mL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

乾物を粉砕後によく混合し、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、還流による湿式分解の後、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100 mL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蒸留を行い、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100 mL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。

③ 大気中トリチウム分析

採取した大気中の水蒸気状トリチウム（HTO）及び水素ガス状トリチウム（HT）試料に、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50 mL（留出液が50 mLに満たない場合は、蒸留したバックグラウンド水を添加）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 100 mL 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。

④　海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（留出液が 50 mL に満たない場合は、蒸留したバックグラウンド水を添加）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 100　mL 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）放射能測定

① 月間降水中のトリチウム分析（電解濃縮法）

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、500 分間（50 分×10 回）測定した。測定結果よりバックグラウンド値を差し引き、正味計数率を求め、外部標準チャ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 月間降水中のトリチウム分析（蒸留法）

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、1000 分（50 分×20 回）～3000 分（50 分×60 回）測定した。測定結果よりバックグラウンド値を差し引き、正味計数率を求め、外部標準チャ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、計数効率及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。

③ 生物試料中のトリチウム分析

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、500 分（50 分×10 回）～3000 分間（50 分×60 回）測定した。測定結果よりバックグラウンド値を差し引き、正味計数率を求め、外部標準チャ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、計数効率及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。

④ 大気中トリチウム分析

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、500 分（50 分×10 回）～3000 分間（50 分×60 回）測定した。測定結果よりバックグラウンド値を差し引き、正味計数率を求め、外部標準チャ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、計数効率及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。

⑤　海水中のトリチウム分析

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、500 分間（50 分×10 回）～ 2000 分間（50 分×40 回）測定した。測定結果よりバックグラウンド値を差し引き、正味計数率を求め、外部標準チャ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) 妥当性確認

測定は、液体シンチレーションカウンタ用標準試料、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、装置の健全性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

^{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、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

送付されたろ紙を 500℃で灰化した。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。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。

・土壌

送付された乾燥細土をそのまま分析試料とした。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。

・海底土

送付された試料をそのまま分析試料とした。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）溶液を加え、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、灰・土壌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。

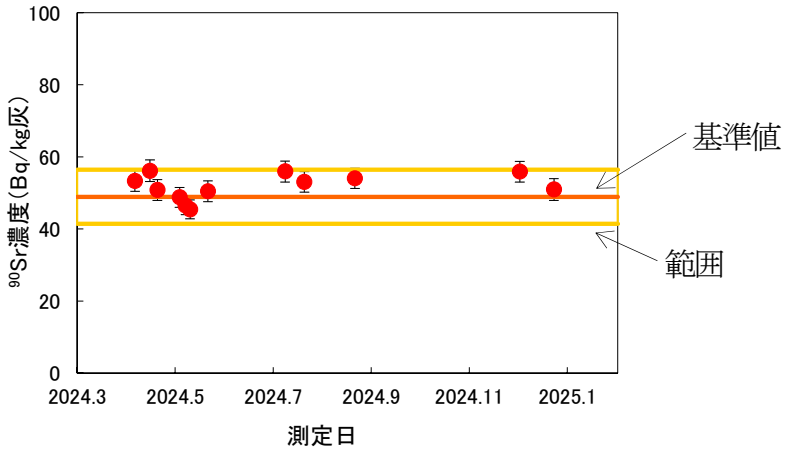


図 3-4-1　所内灰標準試料の分析結果

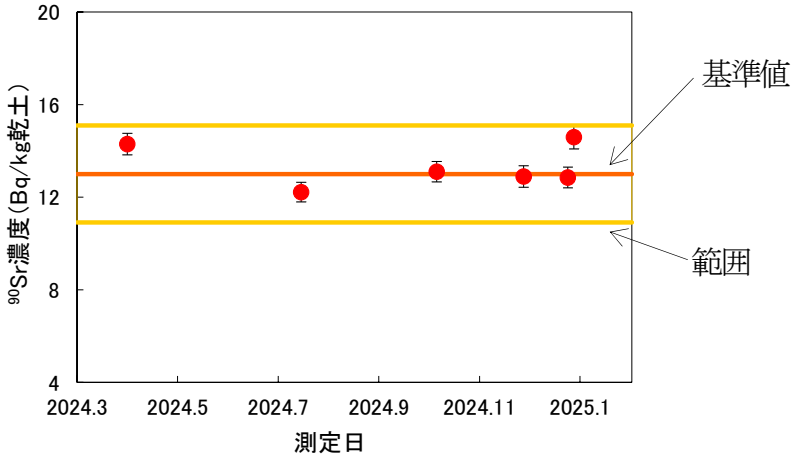


図 3-4-2　所内土壌標準試料の分析結果

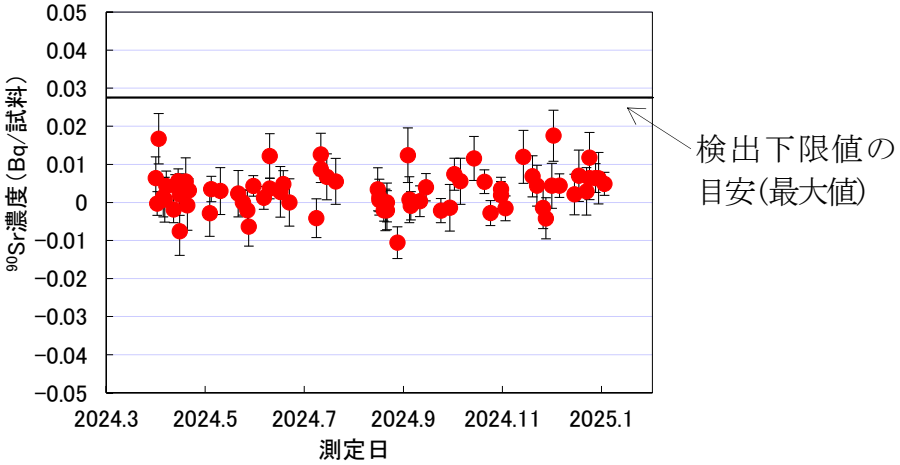


図 3-4-3　ブランク試料の分析結果

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 $^{239+240}$Pu とし、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

①土壌

送付された乾燥細土を縮分し 105℃で乾燥後、微粉砕した。この試料から 50g を分取し、500℃の電気炉で加熱処理後、^{242}Pu 回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大気浮遊じん

試料に ^{242}Pu 回収率補正用トレーサーを添加し、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 $^{239+240}$Pu の正味計数率を求め、回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。

$^{239+240}$Pu の分析目標レベル (土壌)

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

(2) 妥当性確認

放射能濃度を算出するための ^{242}Pu 回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、認証標準物質を分析・測定し、^{238}Pu 及び $^{239+240}$Pu の妥当性を確認した。さらに、原則として 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	熱加水分解	1g (乾土)
牛乳	凍結乾燥	熱加水分解	1.5g (乾物)
海産生物（藻類）	凍結乾燥	熱加水分解	0.5g (乾物)
野菜類	凍結乾燥	熱加水分解	2.0g (乾物)
大気浮遊じん	均質・分取	熱加水分解	1.0g (乾物)
海水	ろ過	溶媒抽出	1000g

(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、乾燥した試料を粉砕後よく混合して分析試料とした。

(3) 海産生物（藻類）

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

(4) 野菜類

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

(5) 大気浮遊じん

均質化試料を約 10wt％で分取し、よく混合して分析試料とした。

(6) 海水

0.45μmメンブレンフィルターを用いて海水をろ過後分析試料とした。

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・海産生物（藻類）・野菜類・大気浮遊じん試料から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。

海水試料から約1000gをはかり取り、ヨウ素担体、アスコルビン酸及び稀塩酸を添加し、ヘキサ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に乾燥し、ニオブ粉末を適量加えてよく混合した後、プレス成型して、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及び国立大学法人東京大学MALTの加速器質量分析装置(AMS)を用いて^{129}I/^{127}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及び国立大学法人東京大学MALTのAMSでは、測定バッチ毎に必ずヨウ素129　濃度既知のキャリアを測定し、測定結果（同位体比）の安定性を確認している。

また、分析結果を確認するため、同一試料の並行分析を実施した。分析結果を表3-6-2に示す。

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。分析結果及び参考データを表3-6-3～表3-6-4に示す。

表 3-6-2　2024 年度同一試料（大気浮遊じん）の並行分析結果

試料名	^{129}I mBq/m^3	$^{129}I/^{127}I$
大気浮遊じん SNOW WHITE 採取 (2024 年 3 月)	4.8E-07 ± 6.00E-09	2.1E-08 ± 2.6E-10
	4.3E-07 ± 6.50E-09	2.2E-08 ± 3.2E-10
	4.6E-07 ± 6.17E-09	2.0E-08 ± 2.6E-10

注）「E-X」は「10^{-X}」を意味している。

表 3-6-3　2024 年度に実施した標準試料の分析結果※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	0.337 ± 0.0011	0.190 ± 0.0042	(0.85 ± 0.019)	10^{-7}

※1：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、^{129}I 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。

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 ※2	0.20 ± 0.02 ※3	(1.23 ± 0.19)※3	10^{-7}

※2：分析証明書より引用（参考値）
※3：JAEA-Conf 2010-001 より引用

同一試料の並行分析結果は、試料間の結果の差が小さく、標準試料の分析結果は文献値と良く一致しており、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 0.3～1 m 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、野菜類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 2～3 mg 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、精米及び野菜類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。精米及び野菜類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 $^{14}C/^{12}C$ 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 $^{14}C/^{12}C$ 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（$\delta^{13}C$）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（$\delta^{13}C$）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（$\delta^{13}C$）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	1000～1050 ℃
還元炉温度	700～730 ℃
カラム温度	45 ℃
キャリアガス	He（100 ml/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 および表 3-7-3 に示す。

表 3-7-2　標準試料の pMC[1)]分析結果

No.	NIST SRM 4990C	IAEA C1	IAEA C6
1	134.15 ± 0.60	0.44 ± 0.01	149.0 ± 1.5
2	133.06 ± 0.77	0.44 ± 0.02	149.53 ± 0.85
3	134.14 ± 0.83	0.47 ± 0.02	151.03 ± 0.92
参照値（1σ）	134.07[2)]	0.00 ± 0.02[3)]	150.61 ± 0.11[3)]

1) percent Modern Carbon の略で、1950 年の ^{14}C 濃度を 100 として ^{14}C 濃度を表す単位。
2) Ugo Zoppi, Radiocarbon AMS data analysis: From measured isotopic ratio to ^{14}C concentrations, Radiocarbon, 52, 165-170 (2010)
3) IAEA reference sheet for quality control materials (2014)

表 3-7-3　標準試料の $\delta^{13}C$ 分析結果

	NIST SRM 4990C	IAEA C1	IAEA C6
測定値	-17.7 ± 0.03	2.1 ± 0.04	-10.8 ± 0.00
参照値（1σ）	-17.80[1)]	2.42 ± 0.03[2)]	-10.80 ± 0.47[2)]

1) M. Stuiver, Radiocarbon, 25 2 (1983) 793.
2) Rozanski, K., Consultants' group meeting on 14C reference materials for radiocarbon laboratories. 1991, Internal Report, IAEA, Vienna (1991).

以上の結果から、今回の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 クリプトン85分析

(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180 g充填してあり、上部のフィンを通過し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1 L/分の流速で、約1週間連続して行った。約10 m^3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、+0.4 MPa 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 ℃のエタノールで冷却した活性炭（60 mL）で吸着捕集したのち、400 ℃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（6 mm φ、4 m）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 のベータ線を測定した。試料の測定は、計数値が 10,000 カウント以上となるように測定した。試料測定前後に閉鎖系ループ内をメタンガスで置換し、バックグラウンド測定を行い、試料のパージを確認した。

^{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 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。

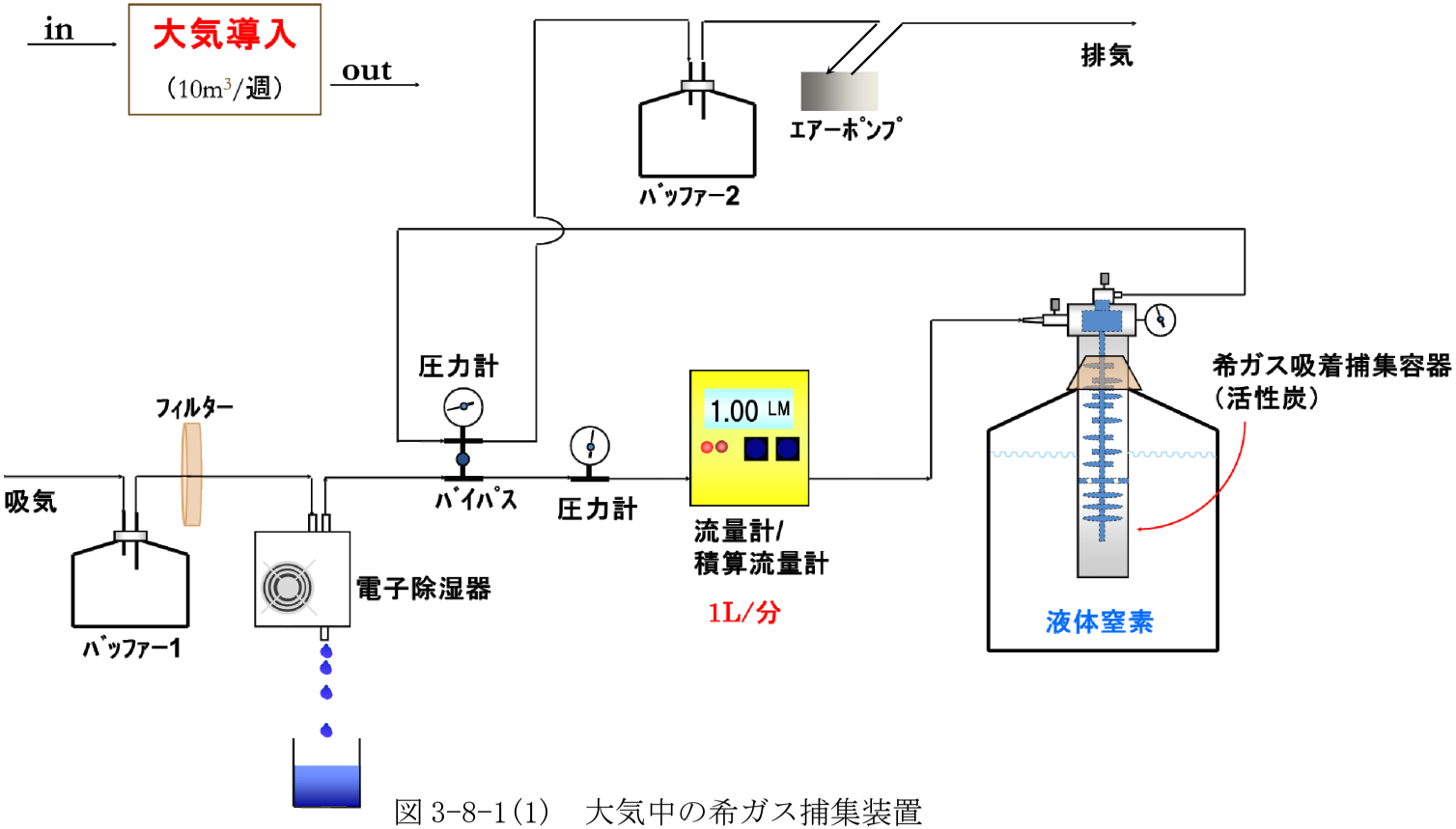


図 3-8-1(1)　大気中の希ガス捕集装置

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)

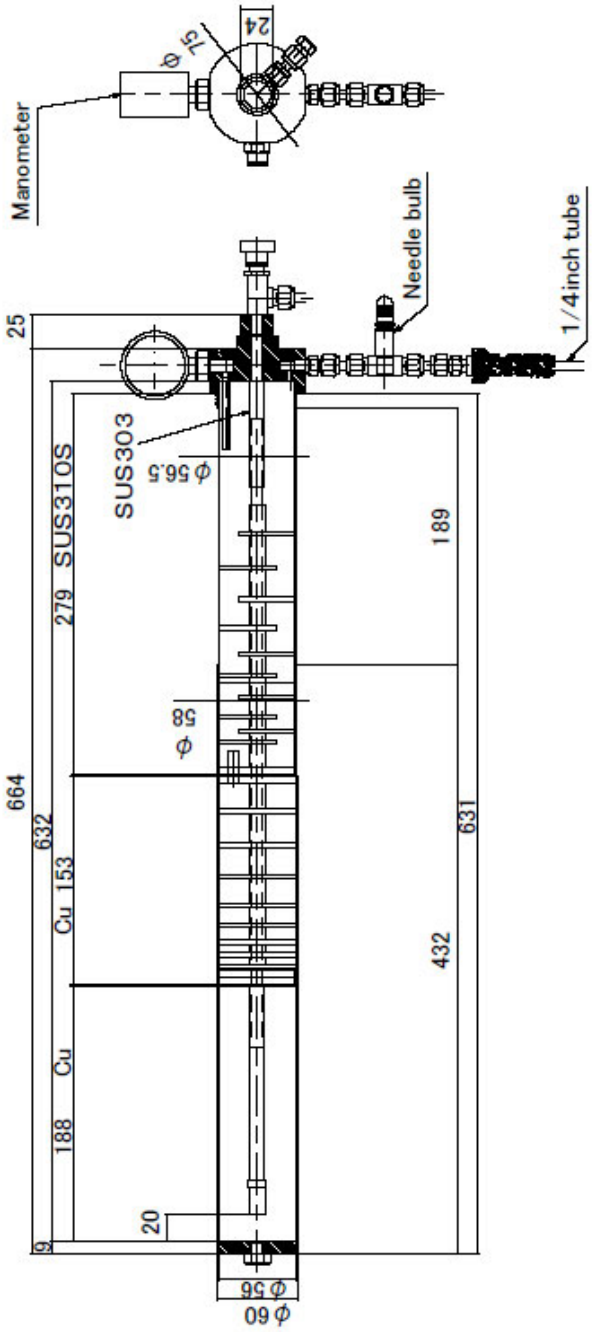


図 3-8-2　希ガス吸着捕集容器の構造

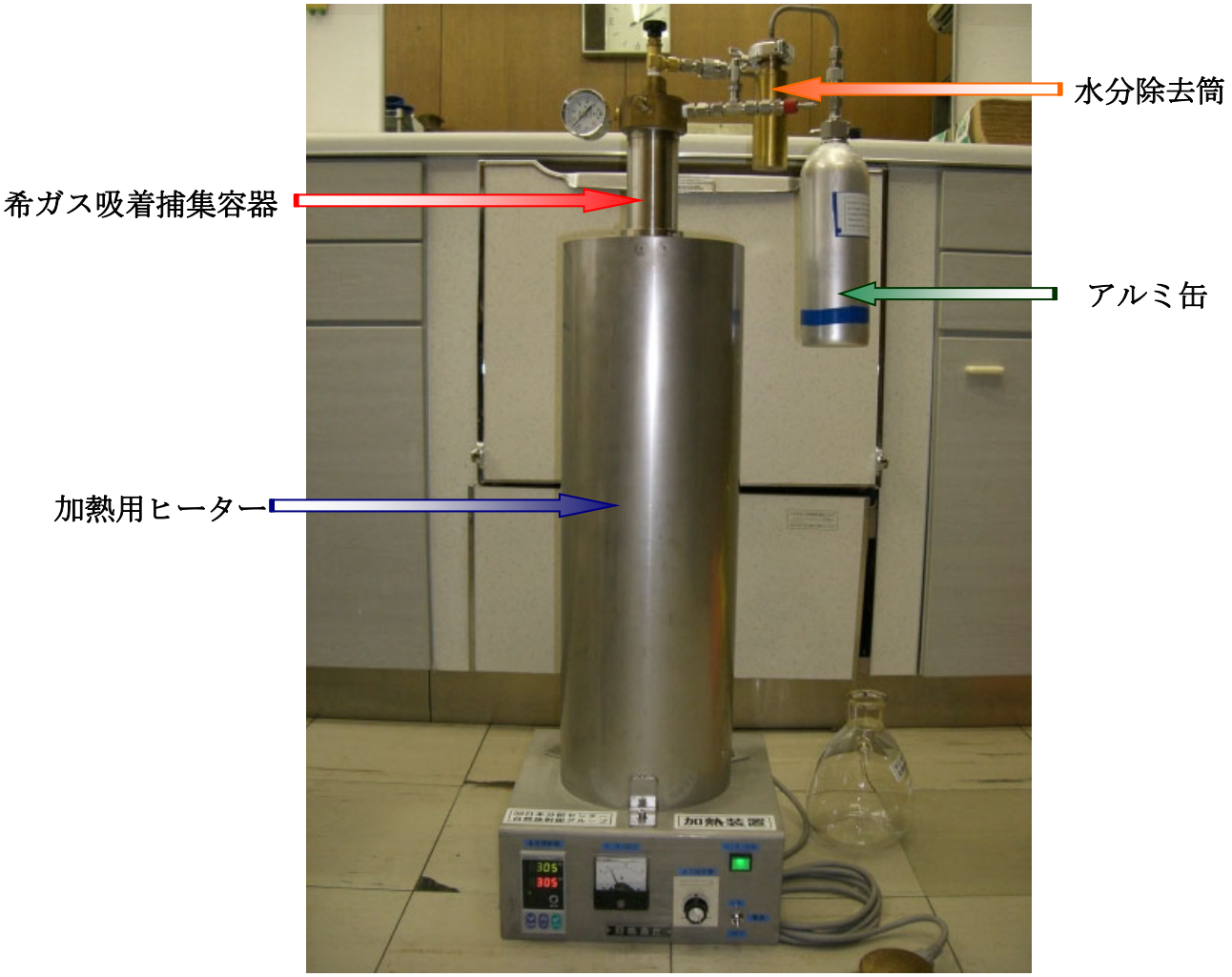


図 3-8-3　希ガスのアルミ缶への封入
（写真は北海道立衛生研究所に設置した装置）

図 3-8-4　前処理装置

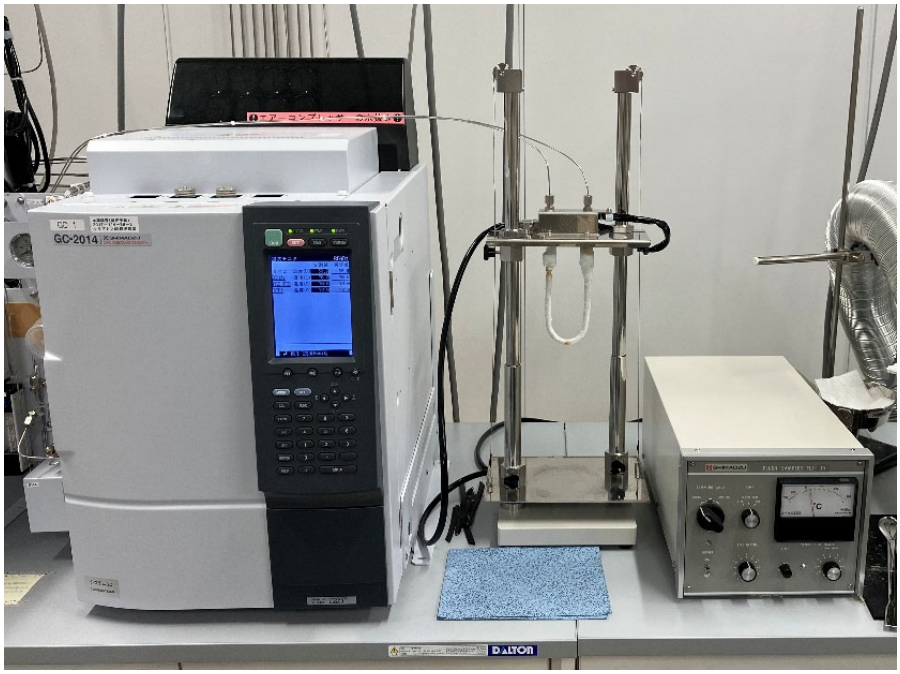


図 3-8-5　ガスクロマトグラフ 1（クリプトン粗分離用）

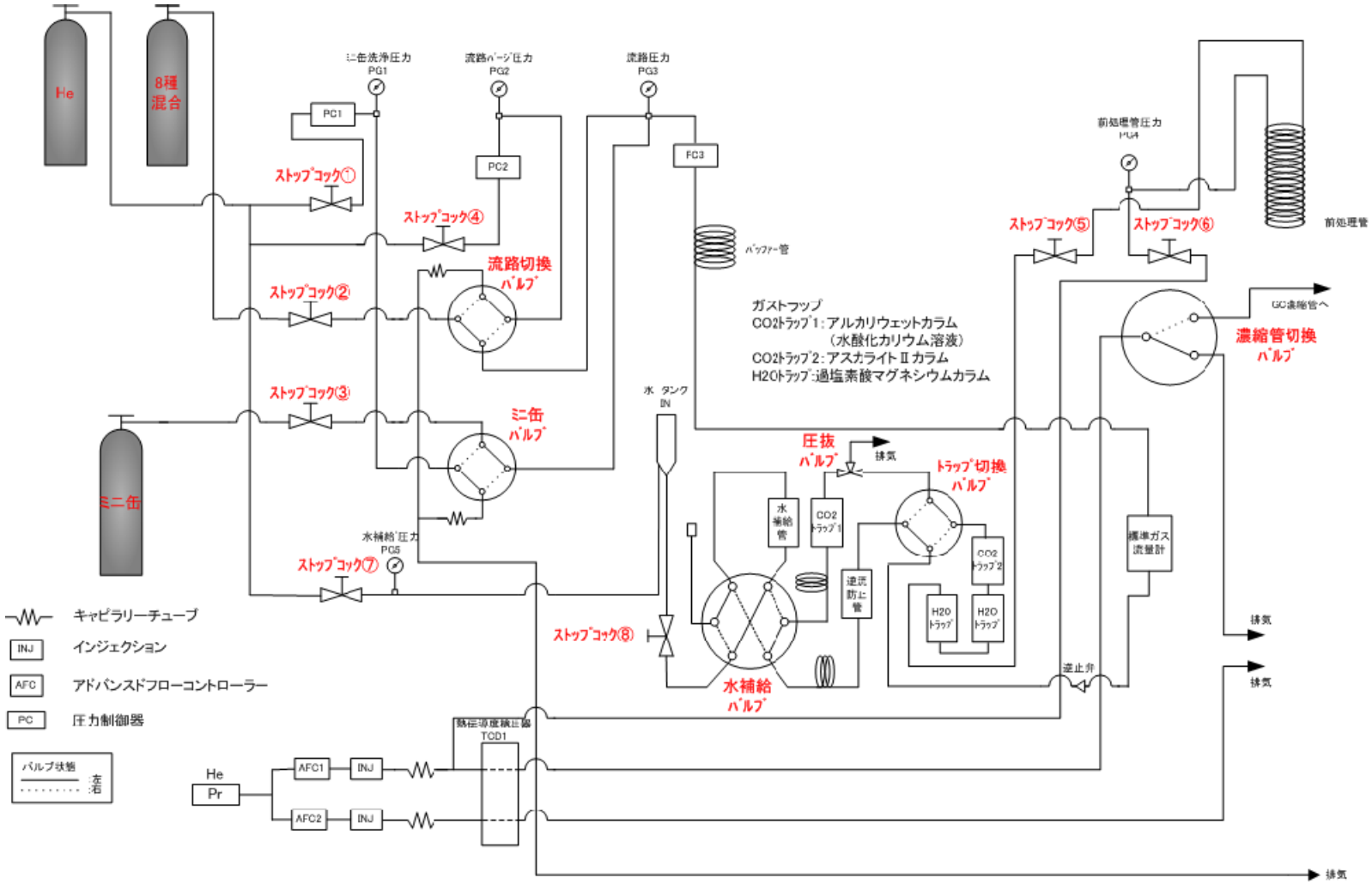


図 3-8-6(1)　ガス流路概略図（前処理装置）

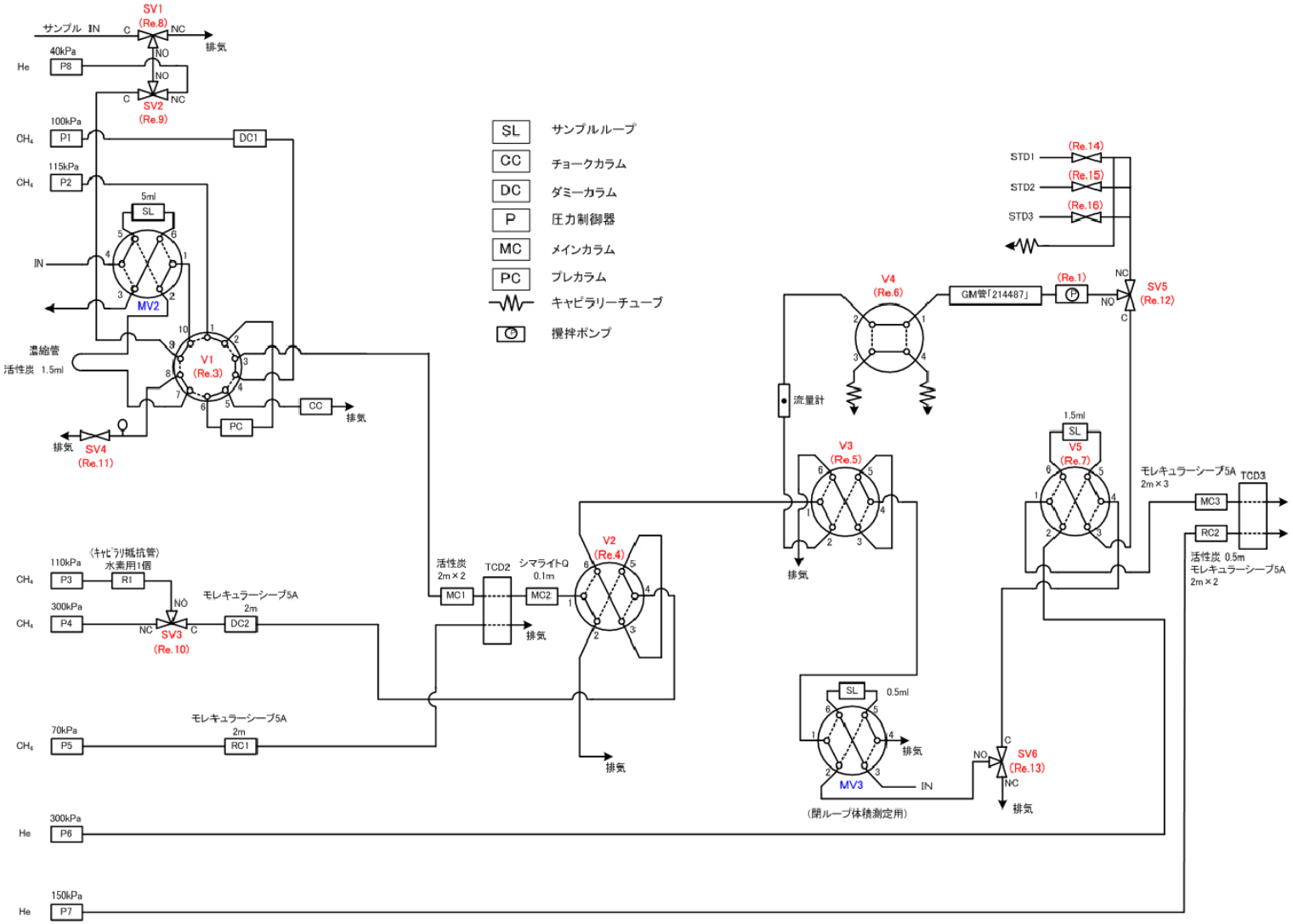


図 3-8-6(2)　ガス流路概略図（ガスクロマトグラフ）

図 3-8-7　ガスクロマトグラフ 2（分離・精製及び精密分析用）

(2) 妥当性確認

^{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 1（図 3-8-5）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 3-8-8 に空気成分の粗分離後のガスクロマトグラムを示す。

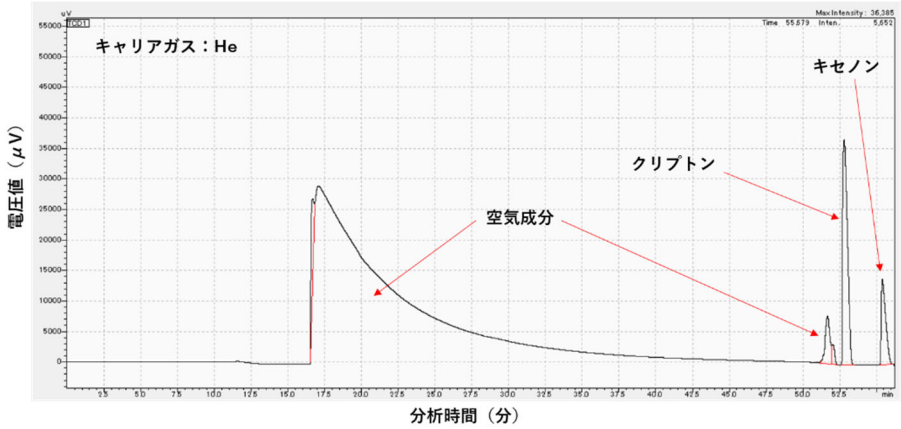


図 3-8-8　空気成分の粗分離後のガスクロマトグラム

続いて、ガスクロマトグラフ 2（図 3-8-7 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 8.5 分から 12.5 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 3-8-9 にクリプトン分離・精製時のガスクロマトグラムを示す。

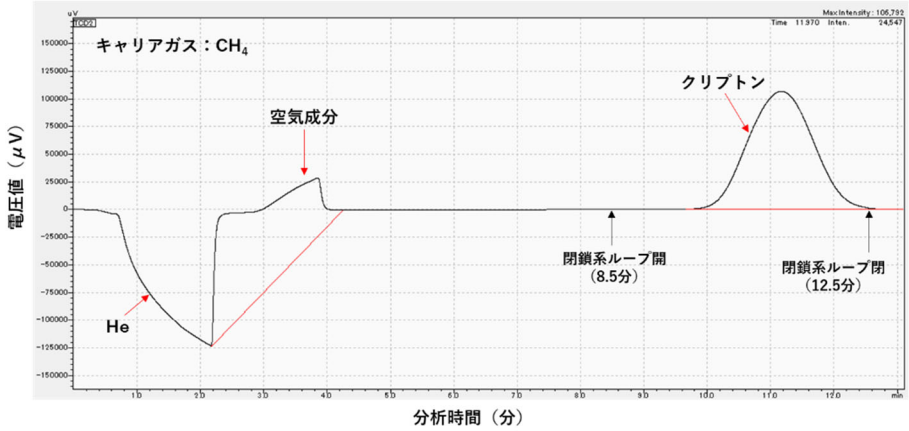


図 3-8-9　クリプトン分離・精製時のガスクロマトグラム

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 計数効率が基準程度（過去の変動を考慮）であることを確認し、分析装置の健全性を確認した。図 3-8-10 に GM 計数効率の経時変化を示す。

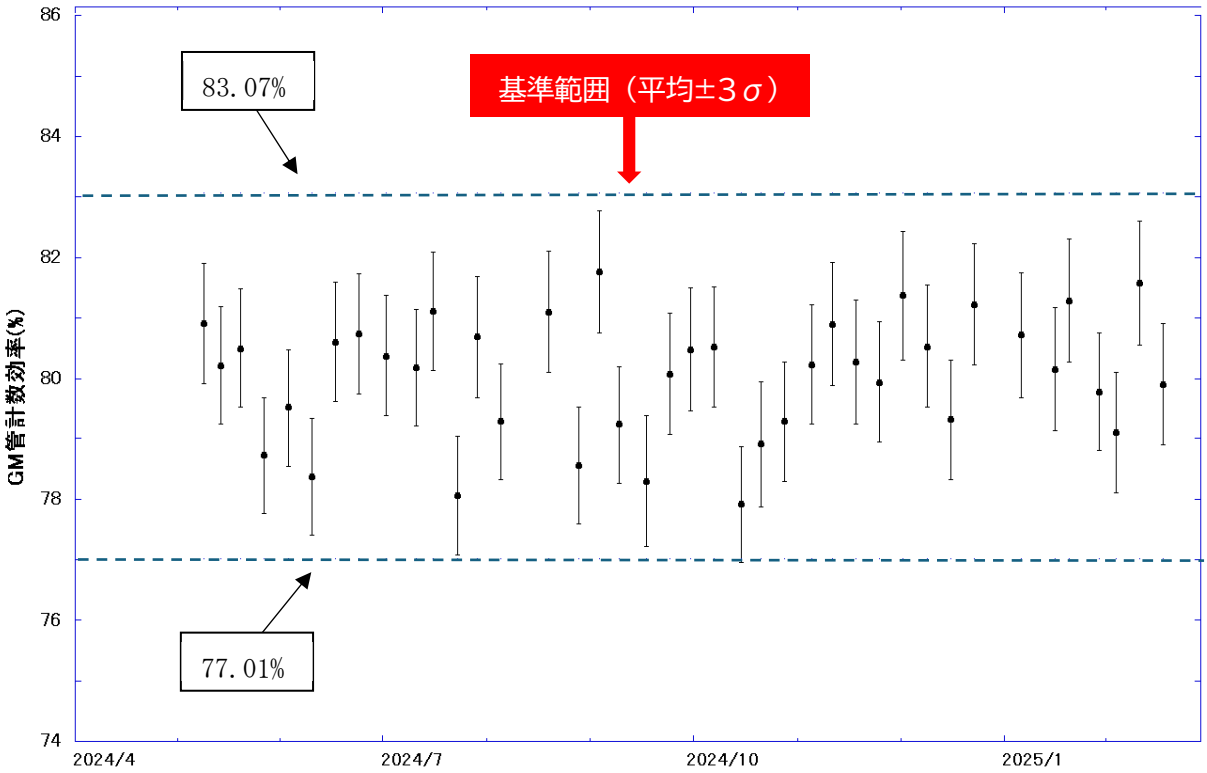


図 3-8-10　GM 計数効率の経時変化

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3-8-11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、2015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、2016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 分析結果の比は、0.94～1.01と良く一致したものであった。また、過去からの分析結果の比（JCAC / BfS）の平均、標準偏差及び変動係数は、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。

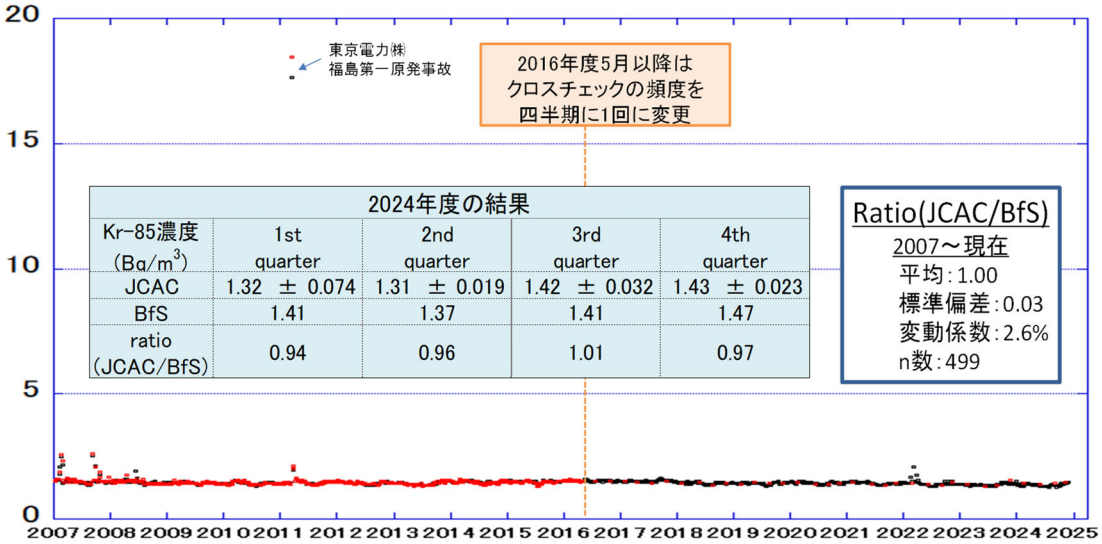


図3-8-11　ドイツ大気放射能研究所（BfS）との相互比較分析結果

3.9 放射性キセノン分析

(1) 分析法

① ^{131m}Xe、^{133}Xe、^{133m}Xe 及び ^{135}Xe の分析

SAUNA-Ⅱ（図 3-9-1）を用いて、大気試料の捕集、キセノンの分離、精製、測定を自動（捕集開始から測定終了まで 30 時間）で行った。装置構成図を図 3-9-2 に示す。大気試料を流量約 20L/分で吸引し、水分離フィルターで除湿した後、サンプリングオーブン（A、B で 6 時間ずつ）やプロセスオーブン（1 及び 2）において、モレキュラーシーブカラムよる CO_2、H_2O 等の不純物の除去、活性炭カラムへのキセノンの吸着および加熱（約 300℃）による脱着を繰り返し、キセノンを分離・精製した。その後、ガスクロマトグラフでさらに精製し、全キセノン量を定量した。精製したキセノンを β-γ 同時計数法（ガンマ線（及び X 線）は NaI(Tl)検出器、β 線（及び内部転換電子）はプラスチックシンチレーション検出器を使用）で 11 時間測定した。測定後の試料はアーカイブボトルに 7 日間保管した。プロセスオーブン以降のキャリアガスはヘリウムを使用した。

② ^{131m}Xe、^{133}Xe、^{133m}Xe 及び ^{135}Xe 濃度の算出

SAUNA-Ⅱ付属の解析ソフトウェア（XECON）を用いて ^{131m}Xe、^{133}Xe、^{133m}Xe 及び ^{135}Xe 濃度(mBq/m^3)並びに検出下限値(MDC:Minimum Detectable Concentration)を算出し、検出下限値未満のデータは不検出とした。

図 3-9-1 SAUNA-Ⅱ

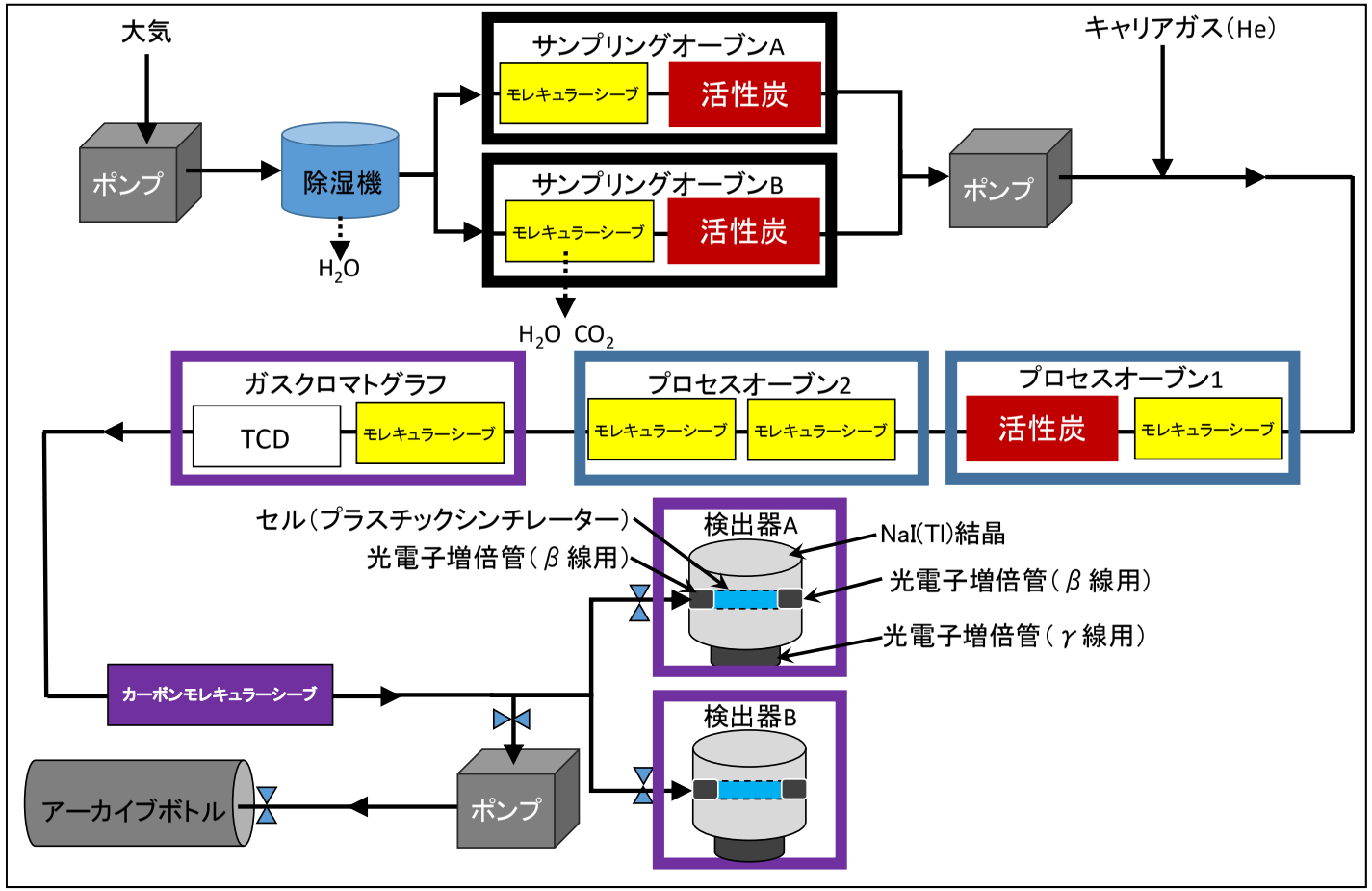


図 3-9-2　装置構成図（SAUNA-Ⅱ）

(2) 妥当性確認

装置の健全性を以下の方法で確認した。

① センサー値の変動確認

各種センサー（圧力、温度、流量、HV 電圧等）の 10 分値をプロットし、装置が正常に稼動している事を確認した。

② QC 線源の測定

12 時間毎に QC 線源（^{137}Cs、^{154}Eu）の測定を行い、γ 線及びβ線エネルギーのスペクトル（チャネル）がシフトしていない事を確認した。

③ キセノン収率の確認

異常（継続的な減少傾向等）がない事を確認した。（図 3-9-3 参照）

④ キセノン体積の確認

異常（継続的な減少傾向等）がない事を確認した。（図 3-9-4 参照）

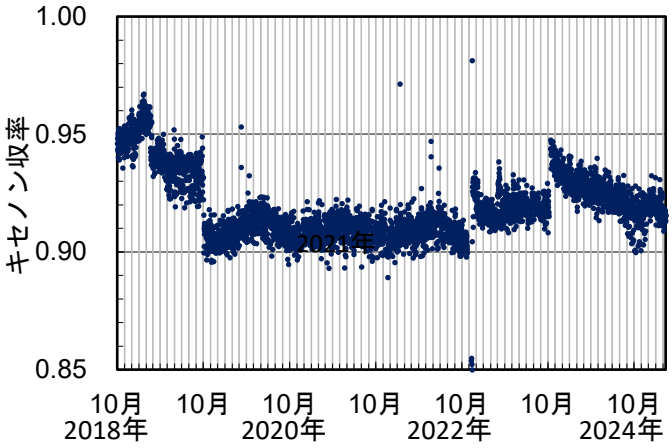


図 3-9-3　キセノン収率の経時変化

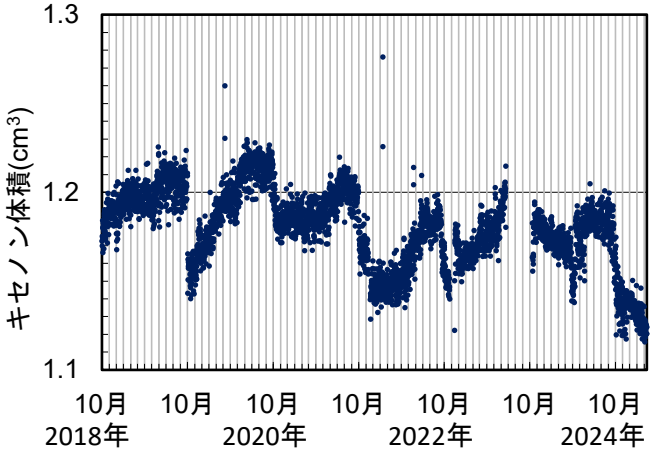


図 3-9-4　キセノン体積の経時変化

3.10 福島県下における空間線量の調査

(1) 妥当性の確認

1) メーカーによる点検作業

メーカーによる機器の稼働確認試験と照射試験を実施した。なお、環境放射線センターに保管中の 3 基（金房幼稚園、環境放射線センター、富岡第一小学校）は点検可能な一部項目のみを実施し、廃棄済みの 2 基（葛尾村柏原地区及びいわき市海竜の里センター）と 2024 年 6 月に更新を実施した 1 基（五枚沢集会所）については点検対象外とした。

点検結果を表 3-10-1 に示す。稼働確認試験の結果、機器が正常に稼働していることが確認された。照射試験では、国家標準とトレーサビリティのとれたγ線源（^{137}Cs）を用いて検出器に照射し、その測定値がメーカーの判定基準（γ線源の照射値に対して、NaI 検出器は±10 %以内、CsI 検出器は±15 %以内、シリコン半導体検出器は±20 %以内）の範囲内であることが確認された。

2) 分析センターによる校正作業

可搬型モニタリングポスト 80 基のうち、15 基について分析センターによる校正作業を実施した。校正作業では、国家標準とトレーサビリティのとれたγ線源（^{137}Cs）と専用のコリメート式照射治具を用いた。

実施日を表 3-10-2 に、結果を表 3-10-3 に示す。可搬型モニタリングポストの校正定数は 0.90～1.01 の範囲であり、機器調整は適切に実施されていることを確認した。

3) 現地業者による並行測定での測定値確認

可搬型モニタリングポストの検出器設置位置において、NaI（Tl）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測定値と NaI（Tl）サーベイメータ測定値を比較した。

結果を表 3-10-4 及び図 3-10-1 に示す。並行測定の結果、可搬型モニタリングポスト測定値と NaI（Tl）サーベイメータ測定値は概ね±20 %以内で一致した。なお、±20 %を超える差が確認された一部地点については、可搬型モニタリングポスト周囲の四方向を測定した結果、測定値間に差が確認された。このことから周辺における放射性セシウム分布の偏在により、並行測定を実施する地点・向きに測定値が依存することとなり、可搬型モニタリングポスト測定値と NaI（Tl）サーベイメータ測定値の間に差が見られたと考えられた。

4）分析センターによる環境場測定法の実施

現地において可搬型モニタリングポスト測定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、機器調整を行った健全なNaI（Tl）スペクトロメータを用い、可搬型モニタリングポストの周辺を測定することにより、宇宙線寄与及びセルフドーズを考慮しつつ、可搬型モニタリングポスト設置地点の空間放射線量率を評価した。

なお、検討基準は、可搬型モニタリング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。

対象となる 3 地点/80 地点は、空間放射線量率や設置環境などを基に選定し、津島活性化センター（浪江町）、中屋敷多目的研修集会施設（大熊町）、前乗集会所（飯舘村）において実施した。

結果を表 3-10-5、図 3-10-2（1）～（3）に示す。比較した結果、3 地点全てにおいて検討基準内で一致しており、可搬型モニタリングポストの測定値は、周辺の空間放射線量率を反映していると考えられた。

*比較換算値は、可搬型モニタリング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NaI（Tl）スペクトロメータ測定結果から推定した値である。

表 3-10-1 メーカーによる点検作業結果一覧

№	施設名	メーカー	点検日	外観・構造検査	バッテリ電圧検査 *2		太陽電池モジュール出力検査 *3		データ保存確認	エネルギーch設定*1						使用線源番号	検定日	使用日	基準線量率		BG確認検査			線源校正検査(低レンジ)				線源校正検査（高レンジ）				データ伝送検査				
										低レンジ			高レンジ *4																							
					BATT1	BATT2	太陽電池モジュール1	太陽電池モジュール2		調整前	調整後	調整幅	調整前	調整後	調整幅				基準値(低レンジ)(μGy/h)	基準値(高レンジ)(μGy/h)	ｻｰﾍﾞｲメータ(μGy/h)	点検後BG(μGy/h)	誤差（%）	点検後BG(μGy/h)	GROSS(μGy/h)	NET(μGy/h)	誤差（%）	BG(μGy/h)	GROSS(μGy/h)	NET(μGy/h)	誤差（%）	日時	表示器	webまたはサーバ	誤差（%）	判定
1	あづま総合運動公園	株式会社松浦電弘社	2024-10-24	良	+13.55V	—	—	—	良	191ch	—	調整なし	190ch	—	調整なし	0330	2024-05-13	2024-10-24	3.111	3.111	0.058	0.054	-6.90	0.057	3.240	3.183	+2.31	0.063	3.040	2.977	-4.31	2024-10-24 13:10	0.057	0.057	±0.00	良
2	二本松市役所	株式会社松浦電弘社	2024-10-24	良	+13.34V	—	—	—	良	193ch	—	調整なし	188ch	—	調整なし	0330	2024-05-13	2024-10-24	3.111	3.111	0.070	0.069	-1.43	0.073	3.303	3.230	+3.83	0.076	2.974	2.898	-6.85	2024-10-24 10:57	0.074	0.074	±0.00	良
3	伊達市役所保原本庁舎	株式会社松浦電弘社	2024-10-25	良	+13.64V	—	—	—	良	193ch	—	調整なし	188ch	—	調整なし	0330	2024-05-13	2024-10-25	3.111	3.111	0.066	0.062	-6.06	0.063	3.200	3.137	+0.84	0.066	2.940	2.874	-7.62	2024-10-25 11:05	0.063	0.063	±0.00	良
4	石神生涯学習センター	株式会社松浦電弘社	2024-11-07	良	+13.72V	—	—	—	良	193ch	—	調整なし	190ch	—	調整なし	0330	2024-05-13	2024-11-07	3.111	3.111	0.072	0.075	+4.17	0.076	3.308	3.232	+3.89	0.089	3.028	2.939	-5.53	2024-11-07 12:49	0.076	0.076	±0.00	良
5	須賀川市役所	株式会社松浦電弘社	2024-10-23	良	+13.59V	—	—	—	良	190ch	—	調整なし	189ch	—	調整なし	0330	2024-05-13	2024-10-23	3.111	3.111	0.050	0.044	-12.00	0.045	3.263	3.218	+3.44	0.059	2.983	2.924	-6.01	2024-10-23 09:00	0.043	0.043	±0.00	良
6	飯舘村役場	株式会社松浦電弘社	2024-10-28	良	+13.63V	—	—	—	良	192ch	—	調整なし	191ch	—	調整なし	0330	2024-05-13	2024-10-28	3.111	3.111	0.139	0.156	+12.23	0.164	3.409	3.245	+4.31	0.159	3.087	2.928	-5.88	2024-10-28 08:57	0.161	0.161	±0.00	良
7	白河市総合運動公園 *5	株式会社松浦電弘社	2025-03-10	—	—	—	—	—	良	191ch	—	調整なし	190ch	—	調整なし	0330	2024-05-13	2025-03-10	3.087	3.087	0.052	0.050	+3.85	0.050	3.134	3.084	+0.10	0.062	2.882	2.820	-8.65	—	—	—	—	—
8	会津若松市役所追手町第二庁舎	株式会社松浦電弘社	2024-10-29	良	+13.66V	—	—	—	良	192ch	—	調整なし	191ch	—	調整なし	0330	2024-05-13	2024-10-29	3.111	3.111	0.043	0.043	±0.00	0.042	3.265	3.223	+3.60	0.053	2.988	2.935	-5.66	2024-10-29 08:50	0.043	0.043	±0.00	良
9	びわのかげ運動公園	株式会社松浦電弘社	2024-10-29	良	+13.69V	—	—	—	良	194ch	—	調整なし	191ch	—	調整なし	0330	2024-05-13	2024-10-29	3.111	3.111	0.043	0.037	-13.95	0.038	3.257	3.219	+3.47	0.044	2.922	2.878	-7.49	2024-10-29 15:14	0.038	0.038	±0.00	良
10	スポーツアリーナそうま	株式会社松浦電弘社	2024-10-25、11-11	良	+13.62V	—	—	—	良	191ch	—	調整なし	191cg	—	調整なし	0330	2024-05-13	2024-11-11	3.111	3.111	0.054	0.053	-1.85	0.057	3.307	3.250	+4.47	0.059	2.901	2.842	-8.65	2024-10-25 16:08	0.056	0.056	±0.00	良
11	郡山市役所	株式会社松浦電弘社	2024-10-22	良	+13.60V	—	+1.4A	—	良	192ch	—	調整なし	190ch	—	調整なし	0330	2024-05-13	2024-10-22	3.111	3.111	0.070	0.063	-10.00	0.071	3.260	3.189	+2.51	0.073	2.880	2.807	-9.77	2024-10-22 08:40	0.069	0.069	±0.00	良
12	広野町役場	株式会社松浦電弘社	2024-11-05	良	+13.68V	—	—	—	良	191ch	—	調整なし	189ch	—	調整なし	0330	2024-05-13	2024-11-05	3.111	3.111	0.069	0.064	-7.25	0.062	3.268	3.206	+3.05	0.062	2.927	2.865	-7.91	2024-11-05 10:30	0.063	0.063	±0.00	良
13	川内村役場	株式会社松浦電弘社	2024-10-30、11-12	良	+13.63V	—	—	—	良	193ch	—	調整なし	191ch	—	調整なし	0330	2024-05-13	2024-11-12	3.111	3.111	0.053	0.052	-1.89	0.055	3.182	3.127	+0.51	0.056	2.954	2.898	-6.85	2024-10-30 11:13	0.055	0.055	±0.00	良
14	田村市常葉行政局	株式会社松浦電弘社	2024-10-31	良	+13.68V	—	—	—	良	193ch	—	調整なし	191ch	—	調整なし	0330	2024-05-13	2024-10-31	3.111	3.111	0.055	0.053	-3.64	0.054	3.240	3.186	+2.41	0.062	2.941	2.879	-7.46	2024-10-31 10:30	0.053	0.053	±0.00	良
15	いわきの里鬼ヶ城オートキャンプ場	株式会社松浦電弘社	2024-10-30、11-12	良	+13.66V	—	—	—	良	192ch	—	調整なし	191ch	—	調整なし	0330	2024-05-13	2024-11-12	3.111	3.111	0.060	0.057	-5.00	0.062	3.273	3.211	+3.21	0.066	2.946	2.880	-7.43	2024-10-30 13:34	0.061	0.061	±0.00	良
16	養護老人ホーム「東風荘」	株式会社松浦電弘社	2024-11-05	良	+13.74V	—	+0.7A	—	良	189ch	—	調整なし	189ch	—	調整なし	0330	2024-05-13	2024-11-05	3.111	3.111	0.171	0.172	+0.58	0.175	3.399	3.224	+3.63	0.184	3.086	2.902	-6.72	2024-11-05 15:36	0.172	0.172	±0.00	良
17	石熊公民館	株式会社松浦電弘社	2024-11-26	良	+13.34V	+13.31V	+15.57V	—	良	188ch	—	調整なし	190ch	—	調整なし	0330	2024-05-13	2024-11-26	3.110	3.110	1.151	1.266	+9.99	1.351	4.593	3.242	+4.24	1.358	4.158	2.800	-9.97	2024-11-26 16:00	1.271	1.271	±0.00	良
18	福島県浪江ひまわり荘	株式会社松浦電弘社	2024-11-06	良	+13.17V	—	+1.4A	—	良	192ch	—	調整なし	190ch	—	調整なし	0330	2024-05-13	2024-11-06	3.111	3.111	0.219	0.215	-1.83	0.226	3.430	3.204	+2.99	0.223	3.135	2.912	-6.40	2024-11-06 09:15	0.226	0.226	±0.00	良
19	場々多目的研修センター	株式会社松浦電弘社	2024-10-31	良	+13.51V	—	+3.7A	—	良	192ch	—	調整なし	190ch	—	調整なし	0330	2024-05-13	2024-10-31	3.111	3.111	0.090	0.082	-8.89	0.083	3.257	3.174	+2.03	0.091	2.968	2.877	-7.52	2024-10-31 15:08	0.083	0.083	±0.00	良
20	合子集落農事集会所	株式会社松浦電弘社	2024-11-01	良	+13.51V	—	+1.3A	—	良	193ch	—	調整なし	190ch	—	調整なし	0330	2024-05-13	2024-11-01	3.111	3.111	0.068	0.069	+1.47	0.071	3.238	3.167	+1.80	0.076	2.965	2.889	-7.14	2024-11-01 11:34	0.069	0.069	±0.00	良
21	福浦小学校	株式会社松浦電弘社	2024-11-07	良	+13.60V	—	+6.9A	—	良	193ch	—	調整なし	191ch	—	調整なし	0330	2024-05-13	2024-11-07	3.111	3.111	0.063	0.054	-14.29	0.055	3.297	3.242	+4.21	0.061	2.901	2.840	-8.71	2024-11-07 11:07	0.056	0.056	±0.00	良
22	金房幼稚園 *5	富士電機株式会社	2024-10-11	—	—	—	+19.71V	+19.73V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
23	鳩原小学校	富士電機株式会社	2024-10-01	*6	+13.06V	+13.04V	+20.07V	+20.09V	良	231ch	—	調整なし	—	—	—	0189	2012-11-02	2024-10-01	2.356	11.49	0.083	0.082	-1.20	0.082	2.509	2.427	+3.01	0.081	10.03	9.95	-13.41	2024-10-01 13:10	0.082	0.082	±0.00	良
24	小高区団第３分団第１０部屯所	株式会社松浦電弘社	2024-11-06	良	+13.64V	—	+1.7A	—	良	192ch	—	調整なし	190ch	—	調整なし	0330	2024-05-13	2024-11-06	3.111	3.111	0.086	0.078	-9.30	0.083	3.326	3.243	+4.24	0.084	2.944	2.860	-8.07	2024-11-06 14:29	0.083	0.083	±0.00	良
25	小高区役所	富士電機株式会社	2024-10-08	良	+12.33V	+12.32V	+19.82V	+19.78V	良	236ch	231ch	-5ch	—	—	—	0189	2012-11-02	2024-10-08	2.355	11.49	0.051	0.050	-1.96	0.050	2.506	2.456	+4.29	0.062	10.93	10.87	-5.40	2024-10-08 14:20	0.050	0.050	±0.00	良
26	高の倉ダム助常観測所 *8	富士電機株式会社	2024-10-10	*6	+12.16V	+12.15V	+16.63V	+16.78V	良	235ch	231ch	-4ch	—	—	—	0189	2012-11-02	2024-10-10	2.354	11.49	0.425	0.405	-4.71	0.405	2.768	2.363	+0.38	0.433	11.47	11.04	-3.92	2024-10-10 11:10	0.405	0.405	±0.00	良
27	鉄山ダム	富士電機株式会社	2024-10-01	*6	+12.79V	+12.78V	+19.93V	+20.19V	良	233ch	231ch	-2ch	—	—	—	0189	2012-11-02	2024-10-01	2.356	11.49	0.522	0.492	-5.75	0.492	2.990	2.498	+6.03	0.440	11.28	10.84	-5.66	2024-10-01 16:30	0.492	0.492	±0.00	良
28	山木屋駐在所	富士電機株式会社	2024-10-01	*6	+13.36V	+13.36V	+20.19V	+20.04V	良	235ch	230ch	-5ch	—	—	—	0205	2013-09-13	2024-10-01	2.413	11.77	0.087	0.081	-6.90	0.081	2.710	2.629	+8.95	0.098	10.95	10.85	-7.82	2024-10-01 15:10	0.081	0.081	±0.00	良
29	山木屋乙八区コミュニティー消防センター	富士電機株式会社	2024-10-04	良	+12.44V	+12.45V	+19.00V	+19.37V	良	238ch	230ch	-8ch	—	—	—	0205	2013-09-13	2024-10-04	2.413	11.77	0.250	0.230	-8.00	0.230	2.768	2.538	+5.18	0.228	10.66	10.43	-11.38	2024-10-04 12:10	0.230	0.230	±0.00	良
30	戸草集会所	富士電機株式会社	2024-10-01	*6	+13.12V	+13.16V	+19.84V	+19.82V	良	232ch	230ch	-2ch	—	—	—	0205	2013-09-13	2024-10-01	2.413	11.77	0.067	0.064	-4.48	0.064	2.549	2.485	+2.98	0.084	11.07	10.99	-6.63	2024-10-01 12:10	0.064	0.064	±0.00	良
31	環境放射線センター *5	富士電機株式会社	2024-10-11	—	—	—	+19.84V	+19.82V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
32	女平地区集会所	富士電機株式会社	2024-10-02	*6	+12.36V	+12.38V	+18.35V	+18.52V	良	230ch	—	調整なし	—	—	—	0186	2012-11-01	2024-10-02	2.424	11.83	0.074	0.074	±0.00	0.074	2.696	2.622	+8.17	0.084	11.73	11.65	-1.52	2024-10-02 14:40	0.074	0.074	±0.00	良
33	天神岬スポーツ公園	富士電機株式会社	2024-10-01	*7	+13.04V	+13.02V	+19.28V	+19.27V	良	229ch	—	調整なし	—	—	—	0186	2012-11-01	2024-10-01	2.424	11.83	0.105	0.104	-0.95	0.104	2.542	2.438	+0.58	0.123	11.80	11.68	-1.27	2024-10-01 15:10	0.104	0.104	±0.00	良
34	楢葉南小学校	富士電機株式会社	2024-10-10	良	+12.10V	+12.11V	+20.89V	+20.80V	良	228ch	230ch	+2ch	—	—	—	0186	2012-11-01	2024-10-10	2.423	11.82	0.045	0.042	-6.67	0.042	2.577	2.535	+4.62	0.058	11.89	11.83	+0.08	2024-10-10 12:00	0.042	0.042	±0.00	良
35	営団地区集会所	富士電機株式会社	2024-10-10	*6,7	+12.28V	+12.27V	+20.06V	+20.06V	良	226ch	230ch	+4ch	—	—	—	0186	2012-11-01	2024-10-10	2.423	11.82	0.078	0.076	-2.56	0.076	2.565	2.489	+2.72	0.096	14.04	13.94	+17.94	2024-10-10 14:50	0.076	0.076	±0.00	良
36	乙次郎地区集会所	富士電機株式会社	2024-10-02	良	+13.12V	+13.02V	+20.80V	+20.55V	良	233ch	229ch	-4ch	—	—	—	0186	2012-11-01	2024-10-02	2.424	11.83	0.064	0.064	±0.00	0.064	2.687	2.623	+8.21	0.077	11.54	11.46	-3.13	2024-10-02 12:00	0.064	0.064	±0.00	良
37	小良ヶ浜多目的集会所	富士電機株式会社	2024-10-04	*6	+12.29V	+12.35V	+20.16V	+20.06V	良	236ch	229ch	-7ch	—	—	—	0186	2012-11-01	2024-10-04	2.424	11.82	0.235	0.231	-1.70	0.231	2.816	2.585	+6.64	0.203	10.98	10.78	-8.80	2024-10-04 11:50	0.231	0.231	±0.00	良
38	富岡第一小学校*5	富士電機株式会社	2024-10-11	—	—	—	+19.39V	+19.51V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
39	富岡第二小学校	富士電機株式会社	2024-10-04	*6	+12.84V	+12.83V	+19.57V	+19.60V	良	233ch	230ch	-3ch	—	—	—	0186	2012-11-01	2024-10-04	2.424	11.82	0.192	0.188	-2.08	0.188	2.762	2.574	+6.19	0.199	12.49	12.30	+4.06	2024-10-04 15:20	0.188	0.188	±0.00	良
40	赤木多目的集会所	富士電機株式会社	2024-10-03	良	+13.08V	+13.07V	+20.47V	+20.48V	良	226ch	229ch	+3ch	—	—	—	0186	2012-11-01	2024-10-03	2.424	11.83	0.097	0.094	-3.09	0.094	2.651	2.557	+5.49	0.110	11.45	11.34	-4.14	2024-10-03 15:40	0.094	0.094	±0.00	良
41	村営バス停留所（貝ノ坂地区）	富士電機株式会社	2024-10-08	良	+12.31V	+12.31V	+20.52V	+20.53V	良	232ch	230ch	-2ch	—	—	—	0186	2012-11-01	2024-10-08	2.423	11.82	0.186	0.180	-3.23	0.180	2.575	2.395	-1.16	0.205	12.84	12.64	+6.94	2024-10-08 12:30	0.180	0.180	±0.00	良
42	毛戸集会所	富士電機株式会社	2024-10-07	*6	+12.63V	+12.68V	+19.66V	+19.74V	良	235ch	230ch	-5ch	—	—	—	0186	2012-11-01	2024-10-07	2.423	11.82	0.075	0.074	-1.33	0.074	2.656	2.582	+6.56	0.099	11.21	11.11	-6.01	2024-10-07 13:30	0.074	0.074	±0.00	良
43	坂下ダム管理事務所	富士電機株式会社	2024-10-10	良	+12.59V	+12.57V	+20.55V	+20.55V	良	230ch	—	調整なし	—	—	—	0205	2013-09-13	2024-10-10	2.412	11.77	0.076	0.075	-1.32	0.075	2.706	2.631	+9.08	0.099	11.41	11.31	-3.91	2024-10-10 14:50	0.075	0.075	±0.00	良
44	夫沢二区地区集会所	富士電機株式会社	2024-10-09	良	+12.16V	+12.11V	+17.52V	+17.48V	良	239ch	230ch	-9ch	—	—	—	0189	2012-11-02	2024-10-09	2.354	11.49	2.206	2.097	-4.94	2.097	4.555	2.458	+4.42	1.993	12.41	10.42	-9.31	2024-10-09 15:10	2.097	2.097	±0.00	良
45	熊一区地区集会所	富士電機株式会社	2024-10-11	*6	+13.53V	+13.45V	+19.59V	+19.65V	良	221ch	231ch	+10ch	—	—	—	0189	2012-11-02	2024-10-11	2.354	11.49	0.252	0.246	-2.38	0.246	2.687	2.441	+3.70	0.253	10.62	10.36	-9.83	2024-10-11 14:00	0.246	0.246	±0.00	良
46	熊町小学校	富士電機株式会社	2024-10-08	良	+12.26V	+12.25V	+19.35V	+19.37V	良	231ch	—	調整なし	—	—	—	0186	2012-11-01	2024-10-08	2.423	11.82	2.009	1.964	-2.24	1.964	4.442	2.478	+2.27	1.987	14.51	12.53	+6.01	2024-10-08 16:20	1.964	1.964	±0.00	良
47	中屋敷多目的研修集会施設	富士電機株式会社	2024-10-07	*6	+12.80V	+12.78V	+19.48V	+19.56V	良	225ch	231ch	+6ch	—	—	—	0186	2012-11-01	2024-10-07	2.423	11.82	0.091	0.091	±0.00	0.091	2.590	2.499	+3.14	0.132	11.83	11.70	-1.02	2024-10-07 16:10	0.091	0.091	±0.00	良
48	野上一区地区集会所	富士電機株式会社	2024-10-10	*6	+12.55V	+12.51V	+20.61V	+20.59V	良	234ch	230ch	-4ch	—	—	—	0205	2013-09-13	2024-10-10	2.412	11.77	0.228	0.215	-5.70	0.215	2.840	2.625	+8.83	0.203	11.64	11.44	-2.80	2024-10-10 12:10	0.215	0.215	±0.00	良
49	北部コミュニティーセンター	富士電機株式会社	2024-10-07	良	+12.62V	+12.63V	+20.02V	+20.13V	良	230ch	—	調整なし	—	—	—	0189	2012-11-02	2024-10-07	2.355	11.49	0.455	0.448	-1.54	0.448	2.910	2.462	+4.54	0.409	10.72	10.31	-10.27	2024-10-07 15:40	0.448	0.448	±0.00	良
50	双葉総合公園	富士電機株式会社	2024-10-11	*6	+12.17V	+12.27V	+19.41V	+20.08V	良	230ch	—	調整なし	—	—	—	0205	2013-09-13	2024-10-11	2.412	11.77	0.453	0.450	-0.66	0.450	3.029	2.579	+6.92	0.413	11.19	10.78	-8.41	2024-10-11 12:40	0.450	0.450	±0.00	良
51	手七郎集会所	富士電機株式会社	2024-10-02	*6	+13.24V	+13.24V	+18.90V	+19.06V	良	232ch	230ch	-2ch	—	—	—	0189	2012-11-02	2024-10-02	2.356	11.49	0.556	0.547	-1.62	0.547	3.002	2.455	+4.20	0.516	10.93	10.41	-9.40	2024-10-02 14:40	0.547	0.547	±0.00	良
52	赤宇木集会所	富士電機株式会社	2024-10-03	良	+12.77V	+12.77V	+19.76V	+19.87V	良	230ch	—	調整なし	—	—	—	0189	2012-11-02	2024-10-03	2.355	11.49	0.605	0.605	±0.00	0.605	3.084	2.479	+5.27	0.560	10.80	10.24	-10.88	2024-10-03 16:00	0.605	0.605	±0.00	良
53	大堀小学校	富士電機株式会社	2024-10-04	良	+13.02V	+13.02V	+20.09V	+20.07V	良	236ch	230ch	-6ch	—	—	—	0203	2013-09-13	2024-10-04	2.409	11.75	0.448	0.432	-3.57	0.432	2.948	2.516	+4.44	0.434	12.68	12.25	+4.26	2024-10-04 11:10	0.432	0.432	±0.00	良
54	苅野防災コミュニティセンター	富士電機株式会社	2024-10-08	良	+12.77V	+12.77V	+20.09V	+20.14V	良	230ch	—	調整なし	—	—	—	0189	2012-11-02	2024-10-08	2.355	11.49	0.119	0.114	-4.20	0.114	2.621	2.507	+6.45	0.122	11.20	11.08	-3.57	2024-10-08 11:30	0.114	0.114	±0.00	良
55	大柿簡易郵便局（葛尾村営バス停脇）	富士電機株式会社	2024-10-04	*6	+12.81V	+12.74V	+19.91V	+19.90V	良	233ch	230ch	-3ch	—	—	—	0189	2012-11-02	2024-10-04	2.355	11.49	1.223	1.222	-0.08	1.222	3.600	2.378	+0.98	1.148	10.77	9.62	-16.28	2024-10-04 12:50	1.222	1.222	±0.00	良
56	浪江町役場	富士電機株式会社	2024-10-07	良	+12.51V	+12.52V	+19.52V	+19.54V	良	227ch	231ch	+4ch	—	—	—	0189	2012-11-02	2024-10-07	2.355	11.49	0.051	0.051	±0.00	0.051	2.433	2.382	+1.15	0.062	10.88	10.82	-5.83	2024-10-07 13:10	0.051	0.051	±0.00	良
57	小丸多目的集会所	富士電機株式会社	2024-10-03	良	+12.29V	+12.31V	+19.62V	+19.73V	良	241ch	231ch	-10ch	—	—	—	0203	2013-09-13	2024-10-03	2.409	11.75	4.543	4.473	-1.54	4.473	7.098	2.625	+8.97	4.302	16.20	11.90	+1.28	2024-10-03 14:30	4.473	4.473	±0.00	良
58	津島活性化センター	富士電機株式会社	2024-10-11	*6	+12.99V	+12.82V	+19.10V	+19.31V	良	232ch	229ch	-3ch	—	—	—	0189	2012-11-02	2024-10-11	2.354	11.49	0.254	0.238	-6.30	0.238	2.759	2.521	+7.09	0.235	10.64	10.40	-9.49	2024-10-11 11:10	0.238	0.238	±0.00	良
59	昼曽根屯所	富士電機株式会社	2024-10-02	良	+12.27V	+12.30V	+19.27V	+19.80V	良	237ch	230ch	-7ch	—	—	—	0189	2012-11-02	2024-10-02	2.356	11.49	0.639	0.642	+0.47	0.642	3.092	2.450	+3.99	0.608	11.12	10.51	-8.53	2024-10-02 11:30	0.642	0.642	±0.00	良
60	家老集会所	富士電機株式会社	2024-10-10	*6	+12.31V	+12.31V	+19.85V	+19.78V	良	233ch	231ch	-2ch	—	—	—	0189	2012-11-02	2024-10-10	2.354	11.49	1.340	1.314	-1.94	1.314	3.856	2.542	+7.99	1.228	11.64	10.41	-9.40	2024-10-10 14:30	1.314	1.314	±0.00	良
61	大放婦人ホーム跡地	富士電機株式会社	2024-10-03	*6	+12.54V	+12.55V	+19.41V	+19.59V	良	230ch	—	調整なし	—	—	—	0205	2013-09-13	2024-10-03	2.413	11.77	0.138	0.127	-7.97	0.127	2.568	2.441	+1.16	0.166	11.61	11.44	-2.80	2024-10-03 15:10	0.127	0.127	±0.00	良
62	葛尾村役場	富士電機株式会社	2024-10-03	良	+12.75V	+12.76V	+19.52V	+19.65V	良	224ch	230ch	+6ch	—	—	—	0205	2013-09-13	2024-10-03	2.413	11.77	0.093	0.090	-3.23	0.090	2.675	2.585	+7.13	0.095	11.58	11.49	-2.38	2024-10-03 12:00	0.090	0.090	±0.00	良
63	下葛尾集会所	富士電機株式会社	2024-10-02	*6	+12.24V	+12.20V	+19.64V	+19.48V	良	229ch	—	調整なし	—	—	—	0205	2013-09-13	2024-10-02	2.413	11.77	0.074	0.070	-5.41	0.070	2.568	2.498	+3.52	0.095	10.84	10.75	-8.67	2024-10-02 15:10	0.070	0.070	±0.00	良
64	上野川多目的集会所	富士電機株式会社	2024-10-02	*6	+13.19V	+13.26V	+19.35V	+19.22V	良	230ch	—	調整なし	—	—	—	0205	2013-09-13	2024-10-02	2.413	11.77	0.068	0.067	-1.47	0.067	2.623	2.556	+5.93	0.074	10.32	10.25	-12.91	2024-10-02 11:50	0.067	0.067	±0.00	良
65	上飯樋地区集会所	富士電機株式会社	2024-10-08	良	+12.62V	+12.63V	+19.75V	+19.81V	良	228ch	230ch	+2ch	—	—	—	0205	2013-09-13	2024-10-08	2.412	11.77	0.080	0.078	-2.50	0.078	2.621	2.543	+5.43	0.096	11.50	11.40	-3.14	2024-10-08 15:00	0.078	0.078	±0.00	良
66	飯舘村防災センター	富士電機株式会社	2024-10-09	良	+12.42V	+12.44V	+19.34V	+19.22V	良	230ch	—	調整なし	—	—	—	0205	2013-09-13	2024-10-09	2.412	11.77	0.172	0.161	-6.40	0.161	2.613	2.452	+1.66	0.201	11.10	10.90	-7.39	2024-10-09 12:30	0.161	0.161	±0.00	良
67	臼石小学校	富士電機株式会社	2024-10-08	*6	+12.73V	+12.72V	+20.24V	+20.25V	良	236ch	229ch	-7ch	—	—	—	0205	2013-09-13	2024-10-08	2.412	11.77	0.139	0.135	-2.88	0.135	2.698	2.563	+6.26	0.121	10.92	10.80	-8.24	2024-10-08 12:20	0.135	0.135	±0.00	良
68	大倉体育館	富士電機株式会社	2024-10-01	良	+12.80V	+12.79V	+19.12V	+18.95V	良	223ch	229ch	+6ch	—	—	—	0203	2013-09-13	2024-10-01	2.409	11.75	0.099	0.096	-3.03	0.096	2.664	2.568	+6.60	0.115	12.07	11.96	+1.79	2024-10-01 15:40	0.096	0.096	±0.00	良
69	草野小学校	富士電機株式会社	2024-10-09	良	+13.23V	+13.08V	+20.22V	+20.08V	良	230ch	—	調整なし	—	—	—	0205	2013-09-13	2024-10-09	2.412	11.77	0.153	0.144	-5.88	0.144	2.763	2.619	+8.58	0.159	11.39	11.23	-4.59	2024-10-09 15:00	0.144	0.144	±0.00	良
70	小宮コミュニティセンター	富士電機株式会社	2024-10-04	良	+13.04V	+13.03V	+19.48V	+19.39V	良	227ch	230ch	+3ch	—	—	—	0203	2013-09-13	2024-10-04	2.409	11.75	0.179	0.169	-5.59	0.169	2.721	2.552	+5.94	0.165	11.82	11.66	-0.77	2024-10-04 15:00	0.169	0.169	±0.00	良
71	佐須公民館	富士電機株式会社	2024-10-07	*6	+12.64V	+12.86V	+19.08V	+19.14V	良	232ch	230ch	-2ch	—	—	—	0205	2013-09-13	2024-10-07	2.412	11.77	0.102	0.100	-1.96	0.100	2.650	2.550	+5.72	0.108	10.80	10.69	-9.18	2024-10-07 12:20	0.100	0.100	±0.00	良
72	前乗集会所	株式会社松浦電弘社	2024-10-28	良	+13.16V	—	+0.8A	—	良	191ch	—	調整なし	191ch	—	調整なし	0330	2024-05-13	2024-10-28	3.111	3.111	0.165	0.169	+2.42	0.177	3.476	3.299	+6.04	0.153	2.988	2.835	-8.87	2024-10-28 12:17	0.172	0.172	±0.00	良
73	長泥コミュニティーセンター	富士電機株式会社	2024-10-02	良	+13.30V	+13.33V	+19.43V	+19.70V	良	224ch	229ch	+5ch	—	—	—	0203	2013-09-13	2024-10-02	2.409	11.75	0.115	0.115	±0.00	0.115	2.557	2.442	+1.37	0.120	11.31	11.19	-4.77	2024-10-02 11:20	0.115	0.115	±0.00	良
74	比曽公民館	富士電機株式会社	2024-10-04	*6	+12.93V	+12.96V	+19.73V	+19.78V	良	226ch	230ch	+4ch	—	—	—	0205	2013-09-13	2024-10-04	2.413	11.77	0.139	0.133	-4.32	0.133	2.645	2.512	+4.10	0.156	11.86	11.70	-0.59	2024-10-04 15:00	0.133	0.133	±0.00	良
75	前田公民館	富士電機株式会社	2024-10-07	良	+12.84V	+12.88V	+18.88V	+18.90V	良	227ch	230ch	+3ch	—	—	—	0205	2013-09-13	2024-10-07	2.412	11.77	0.256	0.248	-3.13	0.248	2.756	2.508	+3.98	0.254	11.06	10.81	-8.16	2024-10-07 15:10	0.248	0.248	±0.00	良
76	八木沢芦原多目的集会所 *8	富士電機株式会社	2024-10-01	*6	+12.69V	+12.74V	+20.70V	+20.67V	良	233ch	229ch	-4ch	—	—	—	0203	2013-09-13	2024-10-01	2.409	11.75	0.145	0.143	-1.38	0.143	2.747	2.604	+8.09	0.160	12.15	11.99	+2.04	2024-10-01 13:10	0.143	0.143	±0.00	良
77	蕨平公民館	富士電機株式会社	2024-10-02	良	+13.36V	+13.41V	+19.25V	+19.46V	良	230ch	—	調整なし	—	—	—	0203	2013-09-13	2024-10-02	2.409	11.75	0.254	0.246	-3.15	0.246	2.787	2.541	+5.48	0.224	10.94	10.72	-8.77	2024-10-02 14:50	0.246	0.246	±0.00	良

*1 ^{137}Cs 662keVのピークチャンネルに調整した
*2 バッテリーの搭載数はメーカーや機器の種類により異なり、1個または2個である
*3 太陽電池モジュールの搭載数や検査方法はメーカーや機器の種類により異なる
*4 株式会社松浦電弘社製の機器のみ対象

*5 機器の撤去中のため、一部項目のみ実施
*6 バッテリーボックスネジ穴破損
*7 本体に著しい錆あり
*8 点検時は富士電機株式会社製であったが、その後2024年11月に機器更新を実施し、株式会社松浦電弘社製となった

表3-10-2　校正実施日一覧

地点名	市町村名	空間線量率（μGy/h）＊	実施日
鳩原小学校	南相馬市	0.079	2024年10月30日
山木屋駐在所	川俣町	0.076	2024年7月24日
営団地区集会所	楢葉町	0.078	2024年12月19日
赤木多目的集会所	富岡町	0.095	2024年12月18日
中屋敷多目的研修集会施設	大熊町	0.087	2024年7月25日
昼曽根屯所	浪江町	0.626	2024年10月30日
下葛尾集会所	葛尾村	0.070	2024年11月25日
臼石小学校	飯舘村	0.132	2024年10月31日
草野小学校	飯舘村	0.143	2024年11月26日
長泥コミュニティーセンター	飯舘村	0.102	2024年11月26日
石熊公民館	双葉町	1.366	2024年10月28日
あづま総合運動公園	福島市	0.057	2024年7月24日
びわのかげ運動公園	南会津町	0.038	2024年7月23日
川内村役場	川内村	0.053	2024年12月16日
福島県浪江ひまわり荘	浪江町	0.228	2024年7月25日

＊ 2024年3月の平均値

表 3-10-3　校正の結果

地点名	平均 エネルギー	対象 検出器	照射距離 (m)	線量率 (μGy/h)	校正定数	拡張 不確かさ (%) (k = 2)	(参考) メーカーによる 点検結果 [1) 2) 3)]
鳩原小学校	660 keV (^{137}Cs)	NaI	0.21	3.11	0.90	5.7	0.97
山木屋駐在所			0.36	1.04	0.92		0.93
営団地区集会所			0.62	0.36	1.01		0.97
赤木多目的集会所			0.43	0.75	1.01		0.95
中屋敷多目的研修集会施設			0.38	0.94	1.00		0.96
昼曽根屯所			0.40	0.84	1.01		0.96
下葛尾集会所			0.23	2.58	0.99		0.97
臼石小学校			0.43	0.74	0.95		0.94
草野小学校			0.40	0.85	0.96		0.92
長泥コミュニティーセンター			0.40	0.87	1.00		0.99
石熊公民館		CsI	0.66	0.31	0.95	6.5	0.92
あづま総合運動公園			0.58	0.41	0.98		0.96
びわのかげ運動公園			0.61	0.37	0.97		0.93
川内村役場			0.62	0.36	0.98		0.99
福島県浪江ひまわり荘			0.50	0.55	0.98		0.95

[1)] 記載した数値は、線源照射試験におけるレスポンスの逆数である。
[2)] メーカーの照射距離は約 0.50 m、基準値は 2～3 μGy/h 程度である。

[3] メーカー点検実施日

鳩原小学校	2024 年 10 月 1 日
山木屋駐在所	2023 年 10 月 12 日
営団地区集会所	2024 年 10 月 10 日
赤木多目的集会所	2024 年 10 月 3 日
中屋敷多目的研修集会施設	2023 年 10 月 17 日
昼曽根屯所	2024 年 10 月 2 日
下葛尾集会所	2024 年 10 月 2 日
臼石小学校	2024 年 10 月 8 日
草野小学校	2024 年 10 月 9 日
長泥コミュニティーセンター	2024 年 10 月 2 日
石熊公民館	2023 年 10 月 5 日
あづま総合運動公園	2023 年 12 月 14 日
びわのかげ運動公園	2023 年 11 月 21 日
川内村役場	2024 年 11 月 12 日
福島県浪江ひまわり荘	2023 年 12 月 6 日

表3-10-4　可搬型モニタリングポスト測定値と
NaI（Tl）サーベイメータ測定値の比較
（期間：2024年2月～2025年1月）

平均値	1.06
データ数	570
最大値	1.49
最小値	0.85
標準偏差	0.082
変動係数	7.8 %

（上記表において、データ数を除く各項目に記載した数値は、NaI（Tl）サーベイメータ測定値を可搬型モニタリングポスト測定値で除した値から算出したものである。）

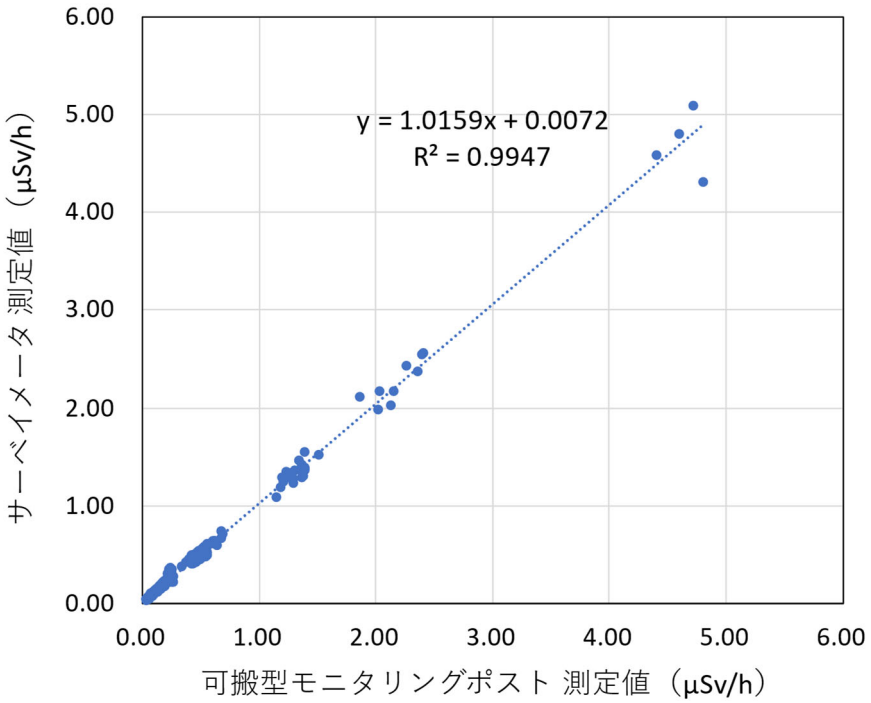


図3-10-1　可搬型モニタリングポスト測定値と
NaI（Tl）サーベイメータ測定値の比較

表3-10-5　環境場測定法の結果

地点名	市町村名	対象 検出器	実施日	[A] 可搬型モニタリングポスト 測定値 (μSv/h)	[B] NaI（Tl）スペクトロメータ からの比較換算値 (μSv/h)	$\frac{[A]-[B]}{[B]} \times 100$	判定*
津島活性化 センター	浪江町	NaI	2024年10月29日	0.246　±　0.007	0.256	−4 %	○
中屋敷多目的 研修集会施設	大熊町		2024年12月18日	0.090　±　0.002	0.105	−15 %	○
前乗集会所	飯舘村	CsI	2024年12月17日	0.173　±　0.004	0.179	−3 %	○

＊ ○：検討基準内　×：検討基準外

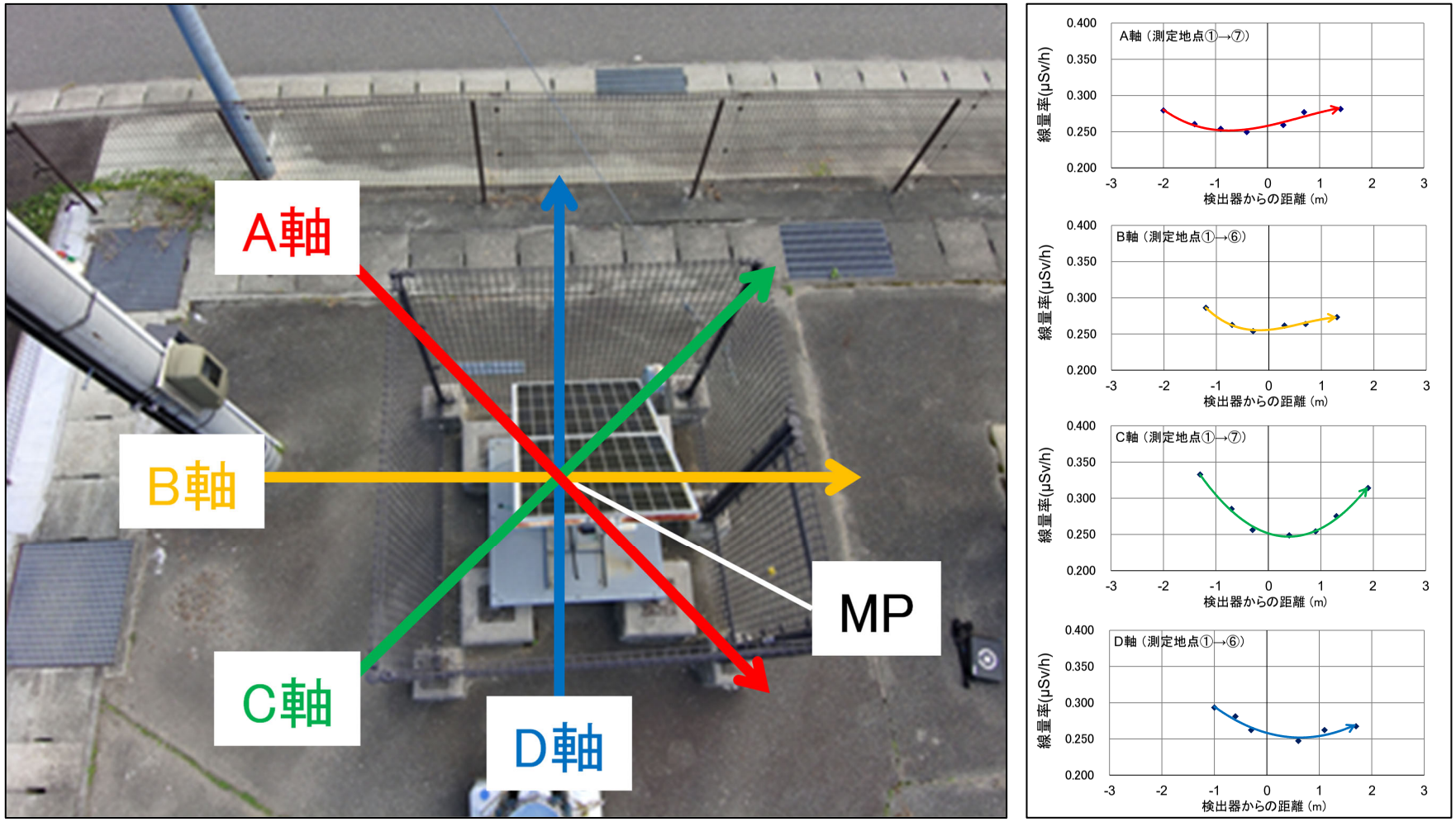
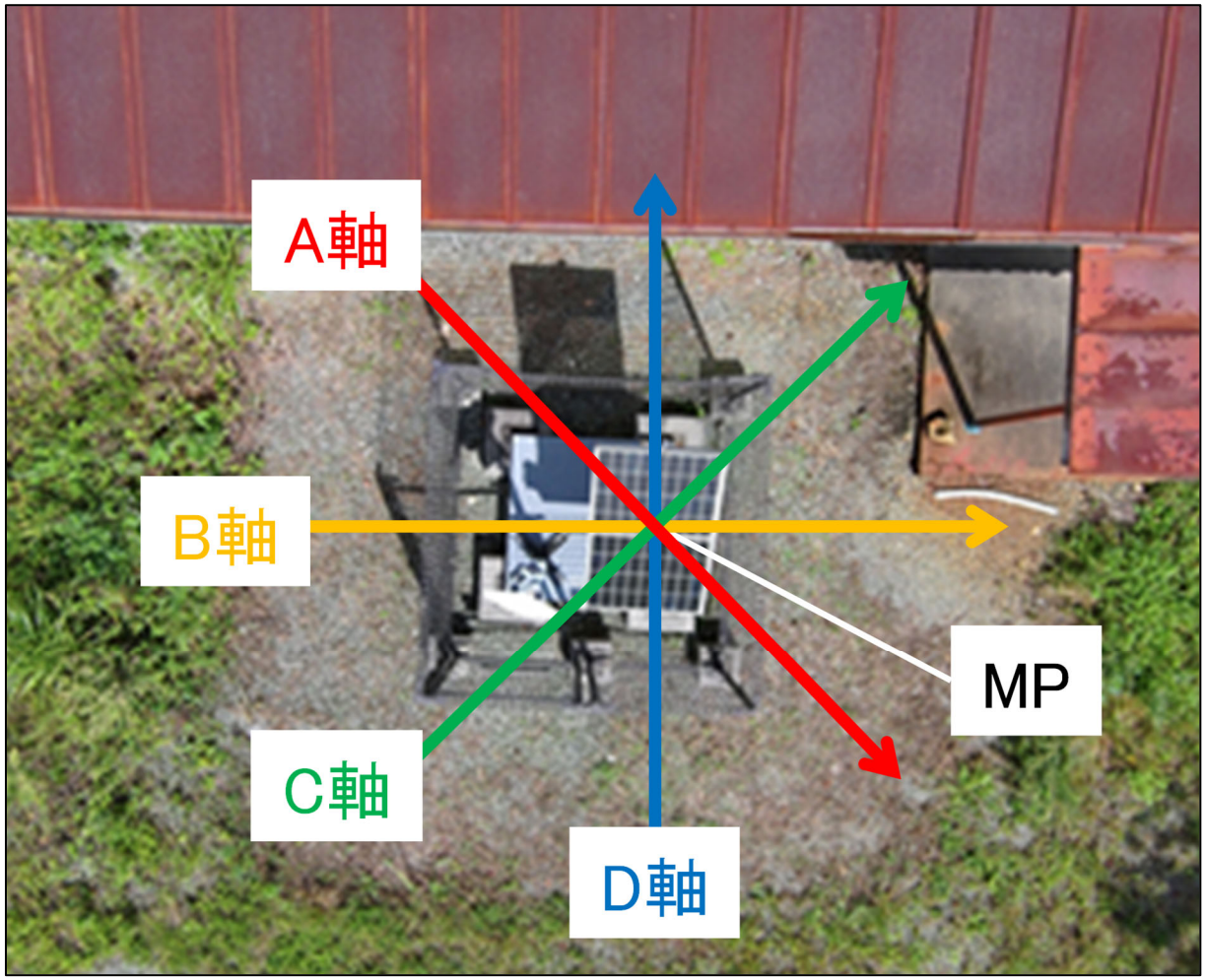


図3-10-2（1）環境場測定法の測定地点と空間放射線量率分布図
（津島活性化センター（浪江町））



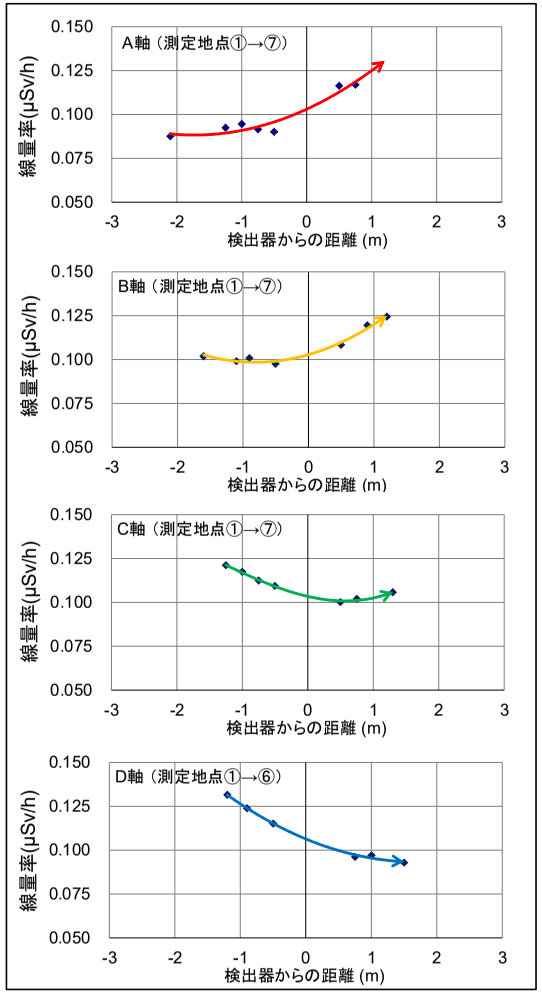
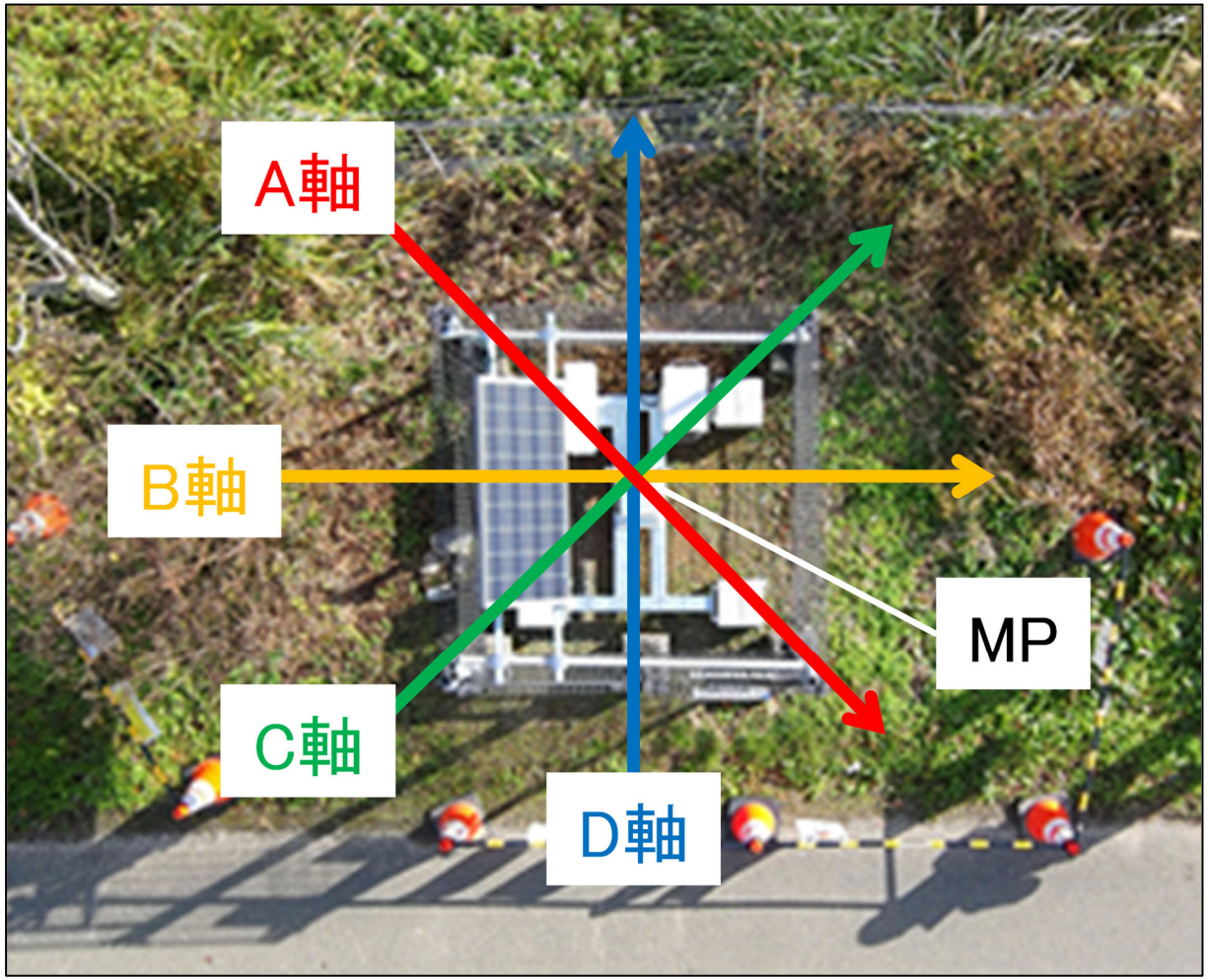


図3-10-2（2）環境場測定法の測定地点と空間放射線量率分布図
（中屋敷多目的研修集会施設　（大熊町））



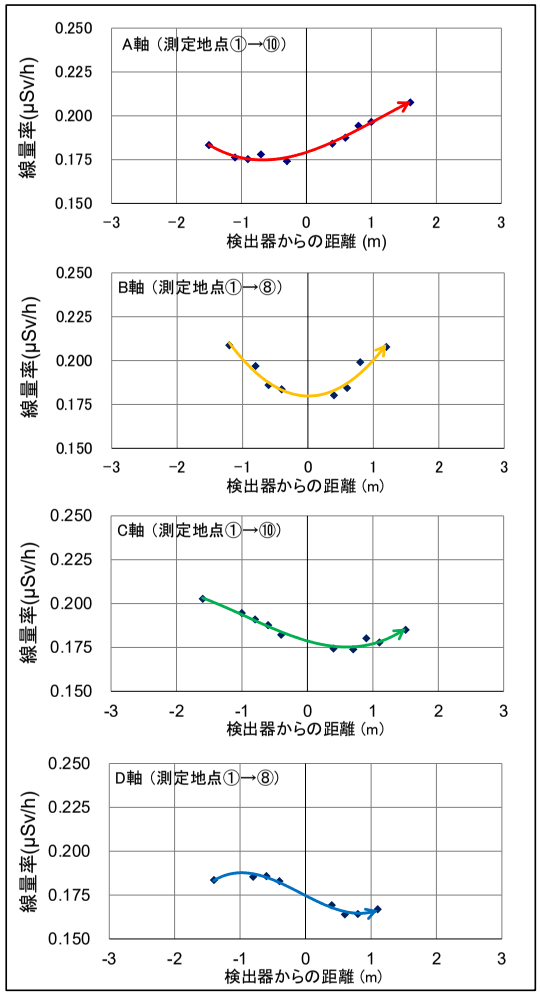


図3-10-2（3）環境場測定法の測定地点と空間放射線量率分布図
（前乗集会所（飯舘村））

４．都道府県における環境放射能水準調査、放射線監視等交付金事業の精度管理

4.1 標準試料法

令和６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))事業の「都道府県における環境放射能水準調査、放射線監視等交付金事業の精度管理」において、47 都道府県が実施する環境放射能分析及び 24 道府県の放射線監視等交付金事業の信頼性・妥当性を確保することを目的に、相互比較分析を実施した。実施内容について参考資料 3.1 に示す。また、結果について補足資料及び参考資料 4 に示す。

4.2 試料分割法

令和６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))事業の「都道府県における環境放射能水準調査、放射線監視等交付金事業の精度管理」において、24 道府県の放射線監視等交付金事業の信頼性・妥当性を確保することを目的に、相互比較分析を実施した。実施内容について参考資料 3.2 に示す。また、結果について参考資料 4 に示す。

4.3 モニタリングポストの測定に係る精度管理

(1) 概要

環境放射能水準調査及び放射線監視等交付金事業に用いられているモニタリングポストの測定に係る精度管理として、in-situ 校正等の線源照射試験（以下、「標準照射法」という。）、バックグラウンドでの比較測定試験（以下、「環境場測定法」という。）及び核種組成確認測定試験を実施した。これらの試験結果において検討基準を外れた場合は、当該自治体に結果を伝え、自治体及びメーカーの協力の下、原因を調査し報告を行った。

(2) 実施地点及び実施期間

調査の実施地点及び実施期間を表 4-3-1 に、実施内容を表 4-3-2 に示す。実施場所は山梨県、福岡県、滋賀県、千葉県、山口県、福井県、新潟県及び茨城県内の 8 自治体 15 地点（21 台）を選定した。

表 4-3-1　実施地点及び実施期間

自治体	実施地点	事業種別*	実施期間
山梨県	富士吉田市　富士吉田合同庁舎	水準	2024 年 4 月 22 日～4 月 23 日
福岡県	太宰府市　県保健環境研究所 糸島市　糸島総合庁舎	水準	2024 年 5 月 13 日～5 月 16 日
	糸島市　二丈局	監視	
滋賀県	甲賀市　県甲賀保健所（甲賀合同庁舎）	水準	2024 年 5 月 29 日～5 月 30 日
	高島市　今津東局	監視	
千葉県	印西市　市立船穂中学校	水準	2024 年 7 月 2 日、7 月 16 日
山口県	萩市　萩総合庁舎	水準	2024 年 9 月 18 日～9 月 19 日

自治体	実施地点	事業種別*	実施期間
福井県	福井市　原子力環境監視センター 福井分析管理室	水準	2024 年 10 月 21 日 ～10 月 24 日
	敦賀市　疋田観測局	監視	
新潟県	上越市　上越地域振興局 健康福祉環境部	水準	2024 年 11 月 11 日 ～11 月 13 日
	刈羽村　発電所北局	監視	
茨城県	北茨城市　北茨城市役所	水準	2024 年 12 月 2 日 ～12 月 4 日
	ひたちなか市　柳沢 日立市　久慈	監視	

*水準：環境放射能水準調査、監視：放射線監視等交付金事業

表 4-3-2　実施内容

自治体	実施地点	事業種別	検出器種類	標準照射法		環境場測定法	核種組成確認測定試験
				in-situ 校正	エネルギー特性試験		
山梨県	富士吉田市 富士吉田合同庁舎	水準	NaI	○	○	○	-
福岡県	太宰府市 県保健環境研究所	水準	NaI	○	○	-	-
	糸島市 糸島総合庁舎		NaI	○	○	○	-
	糸島市 二丈局	監視	NaI	○	○	-	-
			電離箱	○	○	-	-
滋賀県	甲賀市 県甲賀保健所 (甲賀合同庁舎)	水準	NaI	○	○	○	-
	高島市 今津東局	監視	NaI	○	○	-	-
			電離箱	○	○	-	-
千葉県	印西市 市立船穂中学校	水準	NaI	○	○	○	○
山口県	萩市 萩総合庁舎	水準	NaI	○	○	○	-
福井県	福井市 原子力環境監視センター 福井分析管理室	水準	NaI	○	○	○	-
	敦賀市 疋田観測局	監視	NaI	○	○	-	-
			電離箱	○	○	-	-

自治体	実施地点	事業種別	検出器種類	標準照射法		環境場測定法	核種組成確認測定試験
				in-situ 校正	エネルギー特性試験		
新潟県	上越市 上越地域振興局 健康福祉環境部	水準	NaI	○	○	○	-
	刈羽村　発電所北局	監視	NaI	○	○	-	-
			Si 半導体	○	○	-	-
茨城県	北茨城市 北茨城市役所	水準	NaI	○	○	○	○
	ひたちなか市 柳沢	監視	NaI	○	○	-	-
			電離箱	○	○	-	-
	日立市 久慈	監視	NaI	○	○	-	-
			電離箱	○	○	-	-

(3) 実施方法

1) 標準照射法

① in-situ 校正

実用線源を用いたモニタリングポストの確認校正の妥当性を確認するため、国家標準とトレーサビリティのとれたワーキングスタンダード（^{137}Cs 線源）を用いた in-situ 校正を実施した。

照射条件

核種	平均エネルギー (keV)	照射した線量率(μGy/h)		
		NaI	電離箱	Si 半導体
^{137}Cs	660	約 0.3 － 0.4	約 1 － 2	約 20

② エネルギー特性試験

^{241}Am 及び ^{137}Cs を含む複数種類の線源を用いて、60 keV～660 keV 付近までの範囲で機器の健全性（エネルギー特性）の確認を行った。

なお、検討基準は、モニタリングポストの測定値と分析センターが設定した基準値の差が、分析センターが設定した基準値に対して±20 %以内とした。

照射条件

核種	平均エネルギー (keV)	照射した線量率(μGy/h)		
		NaI	電離箱	Si 半導体
^{241}Am	60	約 0.2 － 0.3	約 0.1 － 0.3	約 5
^{57}Co	110	約 0.2 － 0.4	約 0.1 － 0.3	約 3
^{133}Ba	270	約 0.7 － 1	約 0.5 － 0.8	約 8
^{137}Cs	660	約 0.3 － 0.5	約 1 － 2	約 20

2) 環境場測定法

校正等の照射試験により機器の健全性が保たれているモニタリングポストにおいて、バックグラウンドレベルの空間放射線量率まで正確に測定できる NaI (Tl) スペクトロメータを用い、バックグラウンドでの比較測定試験を実施した。

比較測定試験の実施に当たっては、機器調整がなされた健全な NaI（Tl）スペクトロメータを用い、モニタリングポストの周辺を 1 地点以上測定することにより、宇宙線寄与及びセルフドーズ寄与分を考慮しつつ、モニタリングポスト設置地点の空間放射線量率を評価した。

なお、検討基準は、モニタリング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、モニタリング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。

3）核種組成確認測定試験

東京電力福島第一原子力発電所事故の影響がみられた自治体においては、モニタリングポストの周辺 1 地点以上で in-situ ゲルマニウム半導体検出器による測定を行い、設置されているモニタリングポストの空間放射線量率に寄与する核種割合を評価した。

(4) 結果と考察

1）標準照射法

① in-situ 校正

in-situ 校正の結果を表 4-3-3(1)～(2)に示す。

モニタリングポストの校正定数は、萩市　萩総合庁舎を除いて 0.91～1.05 の範囲であり、メーカーによる機器調整が概ね適切に実施されていると考えられる。校正定数が 0.81 であった萩市　萩総合庁舎については、メーカーによる調査の結果、^{40}K によるゲインの自動補正設定が「OFF」になっていたことにより、ピークが高エネルギー側にシフトしたことが原因であると考えられ、メーカーが ^{40}K によるゲインの自動補正設定を「ON」とし、ゲイン調整したことで改善した。

JCSS 校正証明書を 7 自治体（14 地点 19 台）に発行した。

② エネルギー特性試験

エネルギー特性試験の結果を図 4-3-1(1)～(4)に示す。また、個別の結果を表 4-3-4(1)～(21)、図 4-3-2(1)～(21)に示す。

^{241}Am（60 keV）について、NaIモニタでは7地点、電離箱モニタでは2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、モニタリングポストの検出器カバーや断熱材等が遮へいとなり、基準値と比較して低めの結果になったと考えられ、検出器の構造による影響が一因

であると考えられる。それに加えて、比較値が0.36（－64 %）であった高島市　今津東局のNaIモニタについては、メーカーによる調査の結果、経年劣化により^{241}Amのピーク位置が低エネルギー側にシフトしていたことによる影響が一因であると考えられる。

^{57}Co（110 keV）について、NaIモニタ1地点で検討基準よりも高めの結果であり、Si半導体モニタ1地点で検討基準よりも低めの結果であった。比較値が1.23（＋23 %）であった萩市　萩総合庁舎のNaIモニタについては、①in-situ校正に記載した原因と同一であると考えられ、メーカーが^{40}Kによるゲインの自動補正設定を「ON」とし、ゲイン調整したことで改善した。比較値が0.70（－30 %）であった刈羽村　発電所北局のSi半導体モニタについては、検討基準を外れたものの、不確かさを考慮するとメーカーが評価した118 keVのレスポンス（－21 %）と概ね同程度であり、機器の特性によるものと考えられる。

^{133}Ba（270 keV）について、NaIモニタ1地点で検討基準よりも高めの結果であった。^{133}Ba（270 keV）の比較値が1.26（＋26 %）であった萩市　萩総合庁舎のNaIモニタについては、①in-situ校正に記載した原因と同一であると考えられ、メーカーが^{40}Kによるゲインの自動補正設定を「ON」とし、ゲイン調整したことで改善した。

なお、検討基準内で一致したエネルギーにおいて、NaIモニタについてはエネルギー補償が適切に実施され、電離箱モニタ及びSi半導体モニタについては良好なエネルギー特性を有していることを確認した。

2）環境場測定法

環境場測定法の結果を表 4-3-5、図 4-3-3(1)～(8)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、モニタリングポストの測定値は、全ての地点において日本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る。

3）核種組成確認測定試験

核種組成確認測定試験の結果を表 4-3-6(1)～(2)、図 4-3-4(1)～(2)に示す。

印西市　市立船穂中学校及び北茨城市　北茨城市役所において実施し、いずれも人工放射性核種である ^{134}Cs 及び ^{137}Cs が検出された。^{134}Cs 及び ^{137}Cs の線量率寄与割合は 30 %程度であり、今後も物理減衰による空間放射線量率の低下が考えられる。今後何らかの影響で空間放射

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 4-3-3(1)　in-situ 校正結果
(環境放射能水準調査用モニタリングポスト)

自治体	地点名	検出器種類	核種	平均エネルギー (keV)	線量率 (μGy/h)	校正定数	不確かさ* (%)
山梨県	富士吉田市 富士吉田合同庁舎	NaI	^{137}Cs	660	0.38	0.98	5.9
福岡県	太宰府市 県保健環境研究所				0.38	0.99	
	糸島市 糸島総合庁舎				0.39	0.95	
滋賀県	甲賀市 県甲賀保健所 (甲賀合同庁舎)				0.39	1.00	
千葉県	印西市 市立船穂中学校				0.37	1.01	
山口県	萩市 萩総合庁舎				0.39	0.81	
福井県	福井市 原子力環境監視センター 福井分析管理室				0.37	0.92	
新潟県	上越市 上越地域振興局 健康福祉環境部				0.36	0.93	
茨城県	北茨城市 北茨城市役所				0.37	0.96	

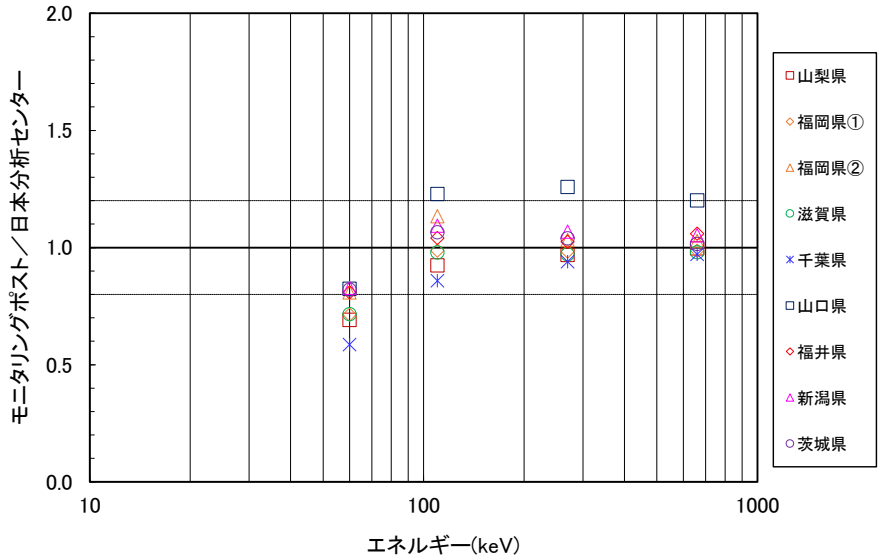
* 校正の不確かさは、拡張不確かさ(k=2)を表す。
拡張不確かさは、ISO 国際文書”Guide to the expression of Uncertainty in Measurement (1995)”(「計測における不確かさの表現ガイド」)に基づき、合成標準不確かさと包含係数 k=2 から決定されたもので、約 95 %の信頼の水準を持つと推定される区間を定めたものである。

表 4-3-3(2)　in-situ 校正結果
(放射線監視等交付金事業用モニタリングポスト)

自治体	地点名	検出器種類	核種	平均エネルギー (keV)	線量率 (μGy/h)	校正定数	不確かさ*1 (%)
福岡県	糸島市 二丈局	NaI	^{137}Cs	660	0.30	0.94	5.9
		電離箱			1.36	0.95	6.4
滋賀県	高島市 今津東局	NaI			0.35	1.04	5.9
		電離箱			1.52	1.01	6.4
福井県	敦賀市 疋田観測局	NaI			0.41	0.95	5.9
		電離箱			2.19	0.96	6.4
新潟県	刈羽村 発電所北局	NaI			0.44	0.96	5.9
		Si 半導体			22.2	0.97	19*2
茨城県	ひたちなか市 柳沢	NaI			0.37	0.91	5.9
		電離箱			1.26	1.05	6.4
	日立市 久慈	NaI			0.33	0.97	5.9
		電離箱			1.29	0.99	6.4

*1 校正の不確かさは、拡張不確かさ(k=2)を表す。
拡張不確かさは、ISO 国際文書”Guide to the expression of Uncertainty in Measurement (1995)”(「計測における不確かさの表現ガイド」)に基づき、合成標準不確かさと包含係数 k=2 から決定されたもので、約 95 %の信頼の水準を持つと推定される区間を定めたものである。

*2 Si 半導体モニタ校正の不確かさは、測定値の標準偏差(1σ)のみとした。



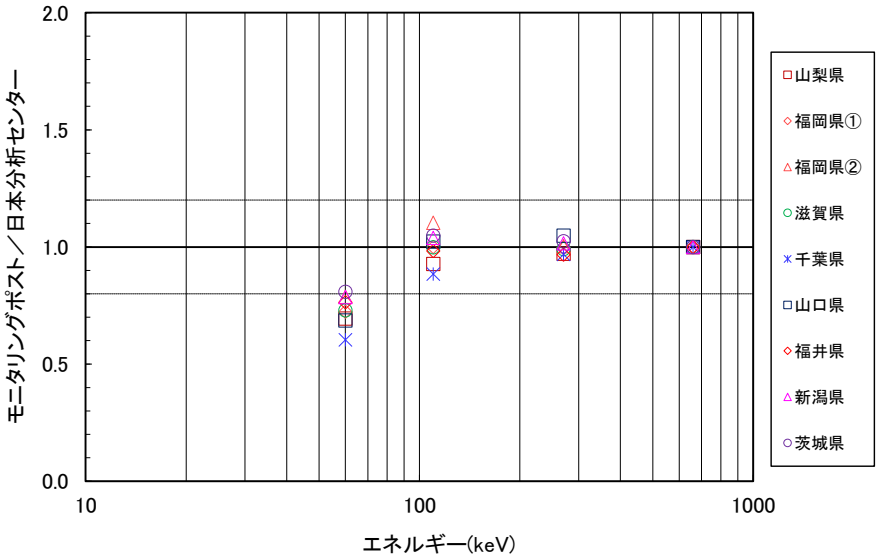
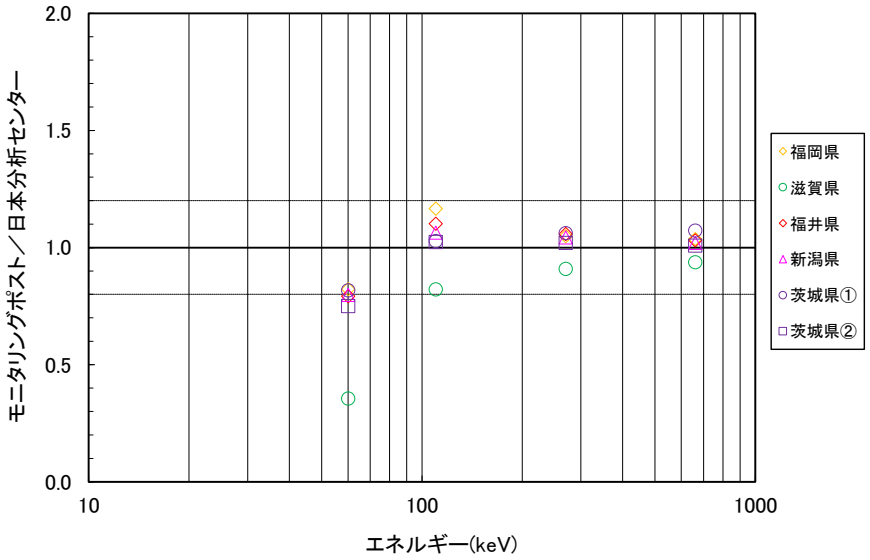


図 4-3-1(1)　測定結果比較図（上）及びエネルギー特性図*（下）
（環境放射能水準調査用モニタリングポスト（NaI モニタ））
*エネルギー特性図は、^{137}Cs の比較値で規格化した。

福岡県①：太宰府市　県保健環境研究所、福岡県②：糸島市　糸島総合庁舎



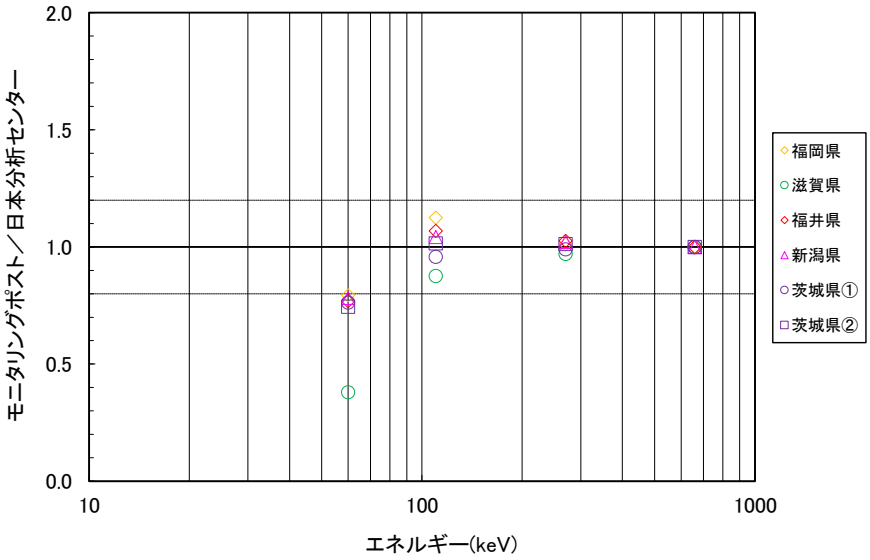
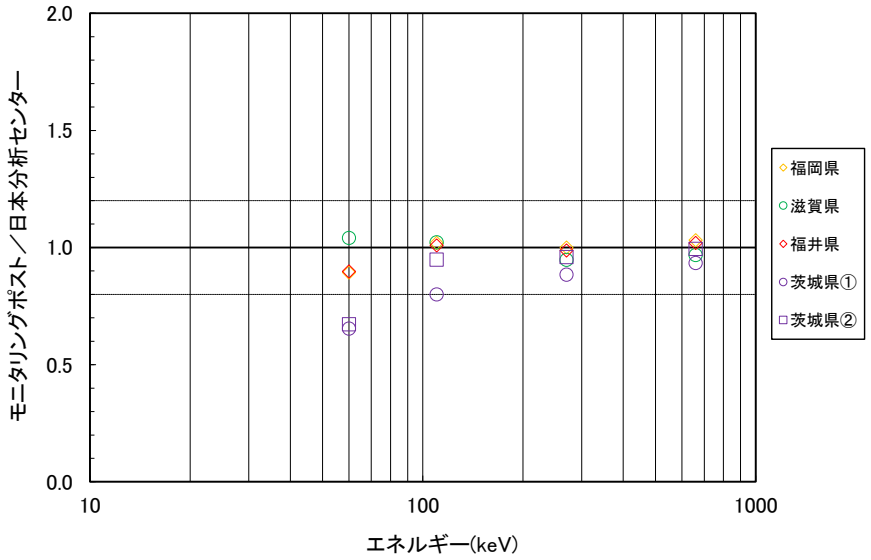


図 4-3-1(2)　測定結果比較図（上）及びエネルギー特性図*（下）
（放射線監視等交付金事業用モニタリングポスト（NaI モニタ））
*エネルギー特性図は、^{137}Cs の比較値で規格化した。

茨城県①：ひたちなか市　柳沢、茨城県②：日立市　久慈



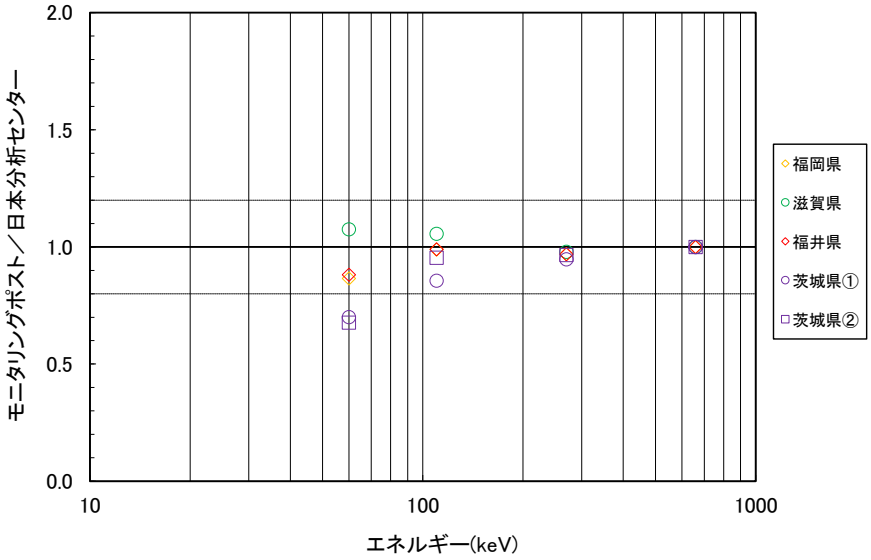
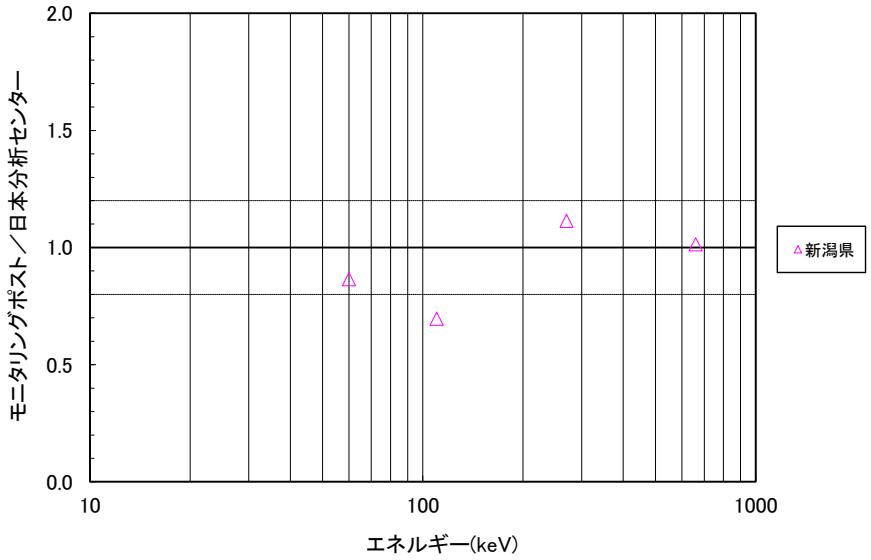


図 4-3-1(3)　測定結果比較図（上）及びエネルギー特性図*（下）
（放射線監視等交付金事業用モニタリングポスト（電離箱モニタ））
*エネルギー特性図は、^{137}Cs の比較値で規格化した。

茨城県①：ひたちなか市　柳沢、茨城県②：日立市　久慈



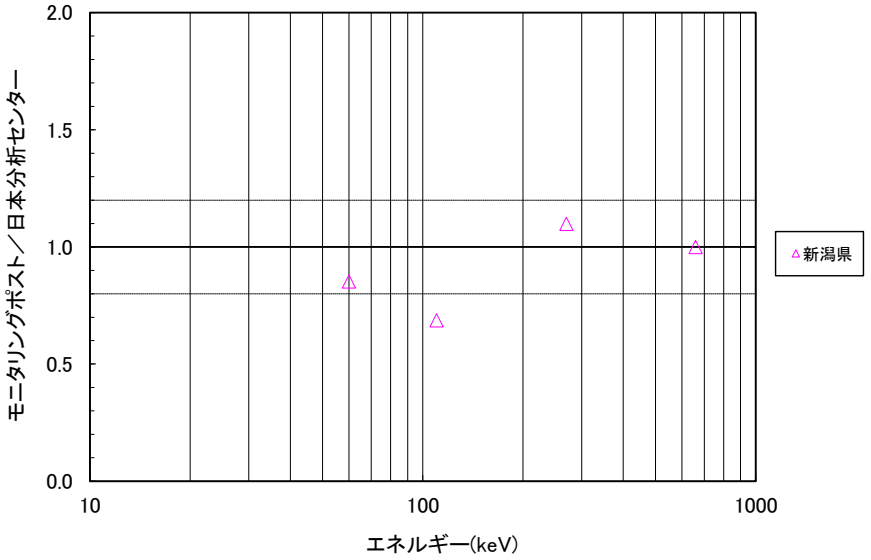
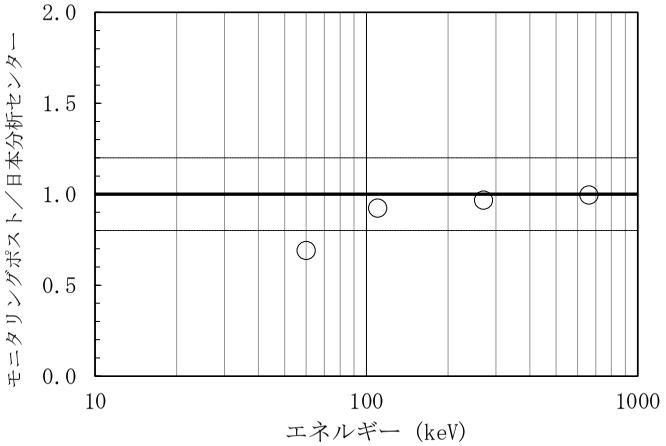


図 4-3-1(4)　測定結果比較図（上）及びエネルギー特性図*（下）
（放射線監視等交付金事業用モニタリングポスト（Si 半導体モニタ））
*エネルギー特性図は、^{137}Cs の比較値で規格化した。

表 4-3-4(1)　エネルギー特性試験結果

核種	平均エネルギー (keV)	[A] モニタリングポスト (μGy/h)	[B] 分析センター (μGy/h)	比較値*1	$\frac{[A]-[B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
^{241}Am	60	0.188	0.272	0.69	−31 %	×	0.69
^{57}Co	110	0.218	0.236	0.92	−8 %	○	0.93
^{133}Ba	270	0.845	0.873	0.97	−3 %	○	0.97
^{137}Cs	660	0.385	0.386	1.00	0 %	○	1.00

*1 モニタリングポスト／分析センター　　*2 ○：検討基準内　×：検討基準外　　*3 ^{137}Cs の比較値で規格化した



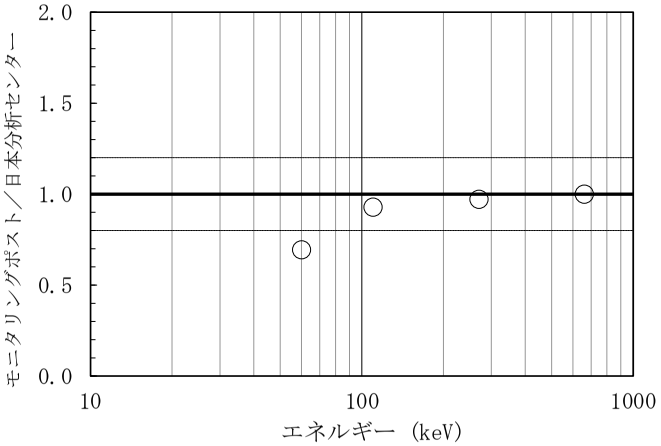
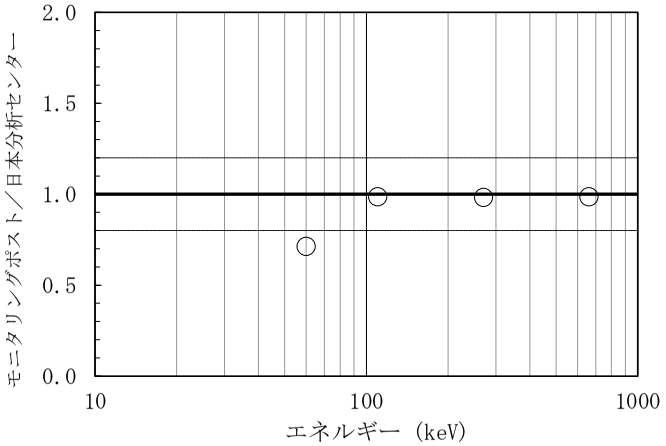


図 4-3-2(1)　測定結果比較図（左）及びエネルギー特性図（右）
（富士吉田市　富士吉田合同庁舎（水準 - NaI モニタ））

表 4-3-4(2)　エネルギー特性試験結果

核種	平均エネルギー (keV)	[A] モニタリングポスト (μGy/h)	[B] 分析センター (μGy/h)	比較値*1	$\frac{[A]-[B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
^{241}Am	60	0.194	0.272	0.71	−29 %	×	0.72
^{57}Co	110	0.222	0.225	0.99	−1 %	○	1.00
^{133}Ba	270	0.855	0.870	0.98	−2 %	○	1.00
^{137}Cs	660	0.381	0.386	0.99	−1 %	○	1.00

*1 モニタリングポスト／分析センター　　*2 ○：検討基準内　×：検討基準外　　*3 ^{137}Cs の比較値で規格化した



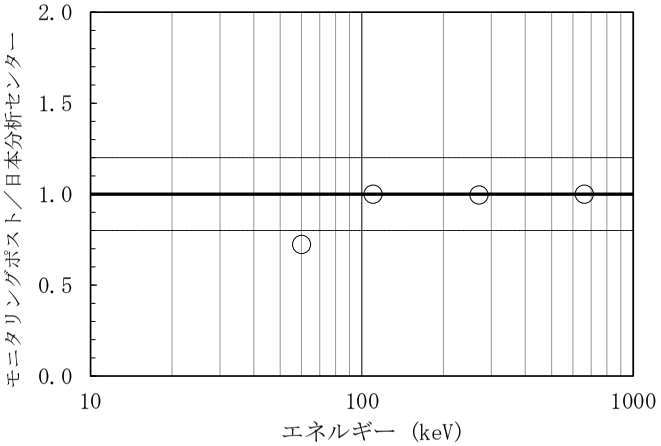
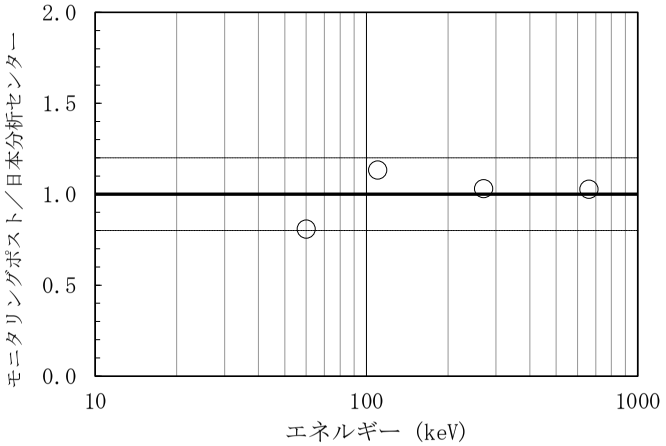


図 4-3-2(2)　測定結果比較図（左）及びエネルギー特性図（右）
（太宰府市　県保健環境研究所（水準 - NaI モニタ））

表 4-3-4(3)　エネルギー特性試験結果

核種	平均エネルギー (keV)	[A] モニタリングポスト (μGy/h)	[B] 分析センター (μGy/h)	比較値*1	$\frac{[A]-[B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
^{241}Am	60	0.232	0.287	0.81	−19 %	○	0.79
^{57}Co	110	0.266	0.235	1.13	＋13 %	○	1.10
^{133}Ba	270	0.940	0.911	1.03	＋3 %	○	1.00
^{137}Cs	660	0.415	0.404	1.03	＋3 %	○	1.00

*1 モニタリングポスト／分析センター　　*2 ○：検討基準内　×：検討基準外　　*3 ^{137}Cs の比較値で規格化した



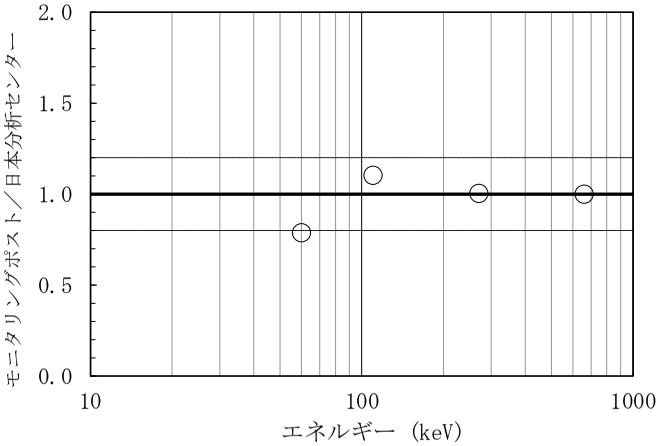
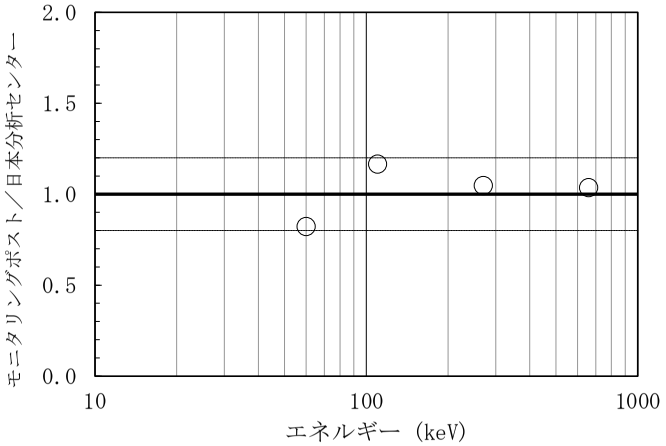


図 4-3-2(3)　測定結果比較図（左）及びエネルギー特性図（右）
（糸島市　糸島総合庁舎（水準 - NaI モニタ））

表 4-3-4(4)　エネルギー特性試験結果

核種	平均エネルギー (keV)	[A] モニタリングポスト (μGy/h)	[B] 分析センター (μGy/h)	比較値*1	$\frac{[A]-[B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
^{241}Am	60	0.171	0.208	0.82	−18 %	○	0.79
^{57}Co	110	0.204	0.175	1.17	＋17 %	○	1.12
^{133}Ba	270	0.716	0.683	1.05	＋5 %	○	1.01
^{137}Cs	660	0.314	0.303	1.04	＋4 %	○	1.00

*1 モニタリングポスト／分析センター　　*2 ○：検討基準内　×：検討基準外　　*3 ^{137}Cs の比較値で規格化した



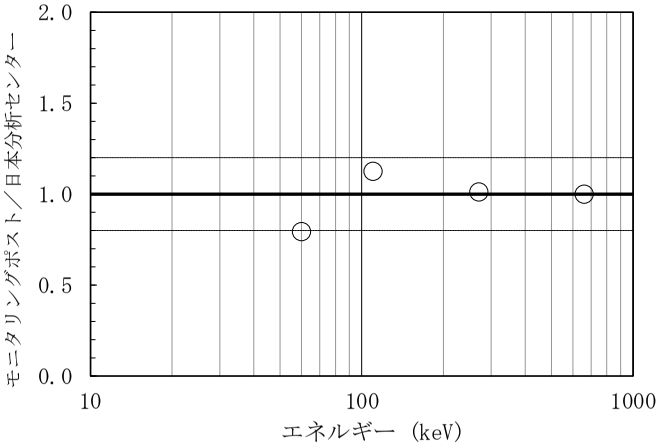
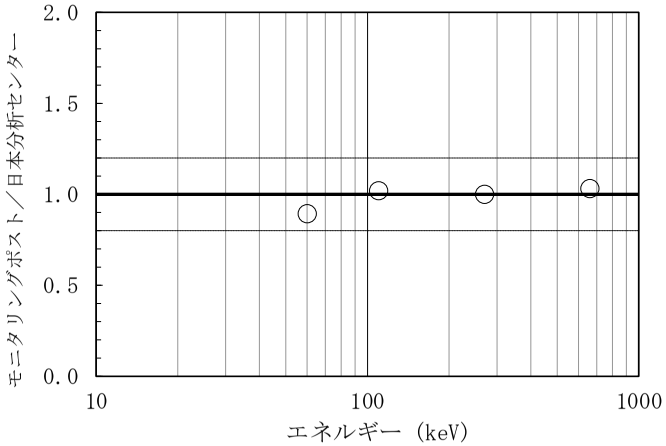


図 4-3-2(4)　測定結果比較図（左）及びエネルギー特性図（右）
（糸島市　二丈局（監視 - NaI モニタ））

表 4-3-4(5)　エネルギー特性試験結果

核種	平均エネルギー (keV)	[A] モニタリングポスト (μGy/h)	[B] 分析センター (μGy/h)	比較値*1	$\frac{[A]-[B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
^{241}Am	60	0.141	0.157	0.89	−11 %	○	0.87
^{57}Co	110	0.138	0.136	1.02	＋2 %	○	0.99
^{133}Ba	270	0.529	0.529	1.00	0 %	○	0.97
^{137}Cs	660	1.431	1.387	1.03	＋3 %	○	1.00

*1 モニタリングポスト／分析センター　　*2 ○：検討基準内　×：検討基準外　　*3 ^{137}Cs の比較値で規格化した



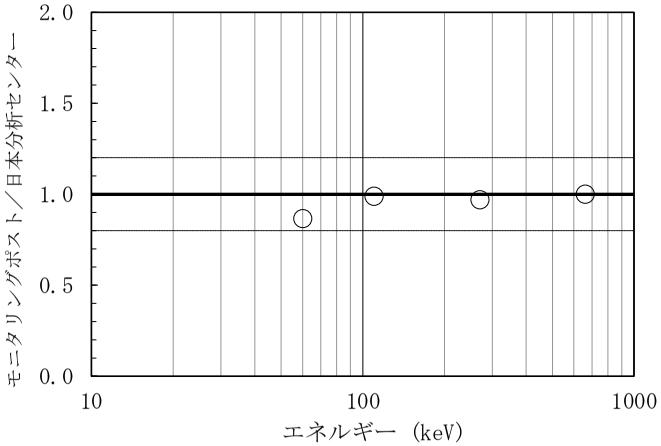
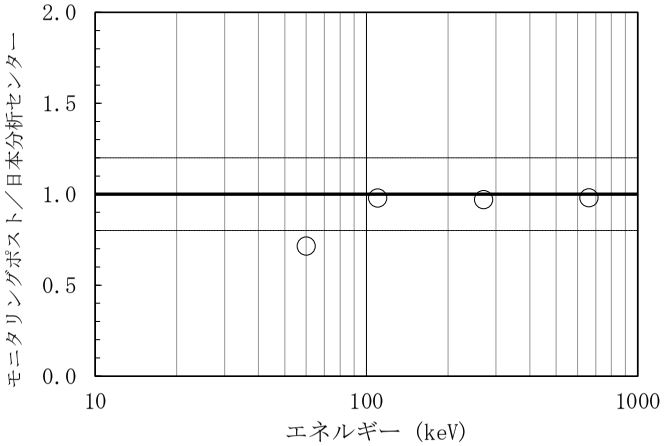


図 4-3-2(5)　測定結果比較図（左）及びエネルギー特性図（右）
（糸島市　二丈局（監視 - 電離箱モニタ））

表 4-3-4(6)　エネルギー特性試験結果

核種	平均エネルギー (keV)	[A] モニタリングポスト (μGy/h)	[B] 分析センター (μGy/h)	比較値*1	$\frac{[A]-[B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
^{241}Am	60	0.202	0.283	0.72	−28 %	×	0.73
^{57}Co	110	0.218	0.222	0.98	−2 %	○	1.00
^{133}Ba	270	0.871	0.897	0.97	−3 %	○	0.99
^{137}Cs	660	0.391	0.398	0.98	−2 %	○	1.00

*1 モニタリングポスト／分析センター　　*2 ○：検討基準内　×：検討基準外　　*3 ^{137}Cs の比較値で規格化した



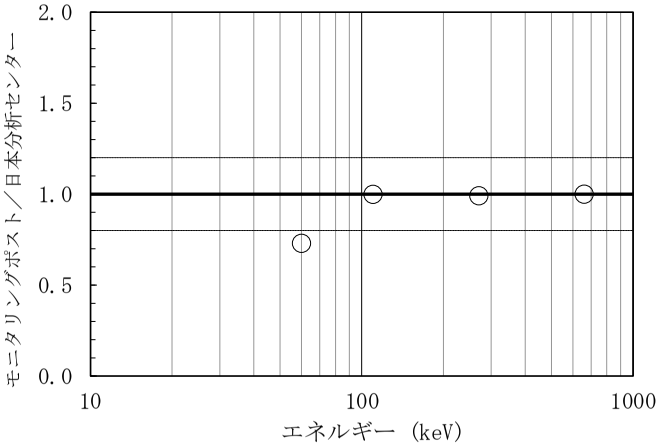


図 4-3-2(6)　測定結果比較図（左）及びエネルギー特性図（右）
（甲賀市　県甲賀保健所(甲賀合同庁舎)（水準 - NaI モニタ））

表 4-3-4(7)　エネルギー特性試験結果

核種	平均エネルギー (keV)	[A] モニタリングポスト (μGy/h)	[B] 分析センター (μGy/h)	比較値*1	$\frac{[A]-[B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
^{241}Am	60	0.091	0.255	0.36	−64 %	×	0.38
^{57}Co	110	0.167	0.203	0.82	−18 %	○	0.88
^{133}Ba	270	0.744	0.818	0.91	−9 %	○	0.97
^{137}Cs	660	0.341	0.363	0.94	−6 %	○	1.00

*1 モニタリングポスト／分析センター　　*2 ○：検討基準内　×：検討基準外　　*3 ^{137}Cs の比較値で規格化した

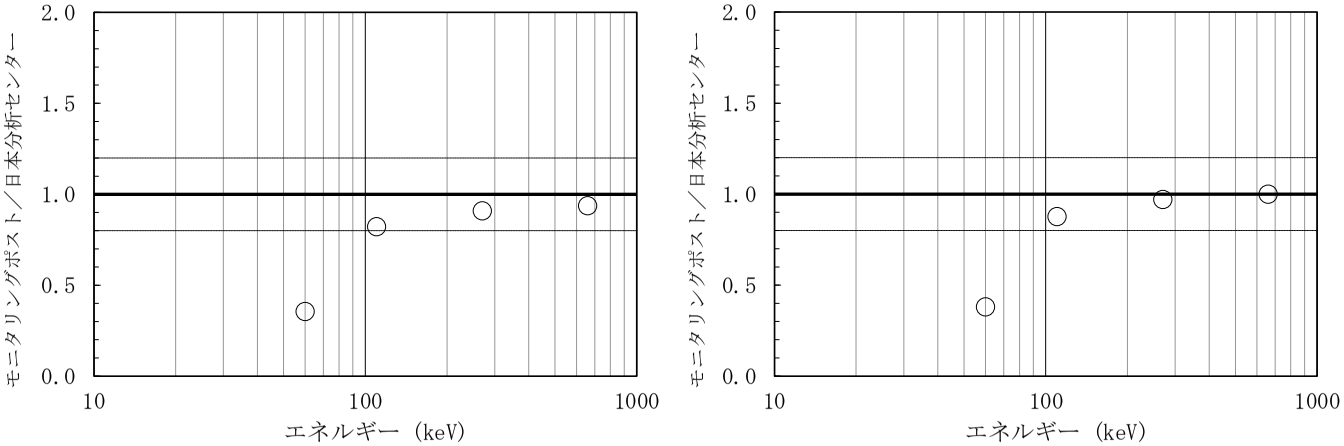
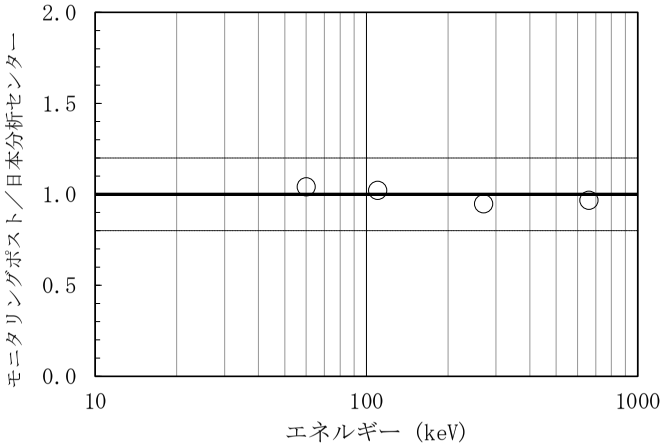


図 4-3-2(7)　測定結果比較図（左）及びエネルギー特性図（右）
（高島市　今津東局（監視 - NaI モニタ））

表 4-3-4(8)　エネルギー特性試験結果

核種	平均エネルギー (keV)	[A] モニタリングポスト (μGy/h)	[B] 分析センター (μGy/h)	比較値*1	$\frac{[A]-[B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
^{241}Am	60	0.185	0.178	1.04	＋4 ％	○	1.08
^{57}Co	110	0.150	0.147	1.02	＋2 ％	○	1.06
^{133}Ba	270	0.559	0.590	0.95	－5 ％	○	0.98
^{137}Cs	660	1.499	1.549	0.97	－3 ％	○	1.00

*1 モニタリングポスト／分析センター　　*2 ○：検討基準内　×：検討基準外　　*3 ^{137}Cs の比較値で規格化した



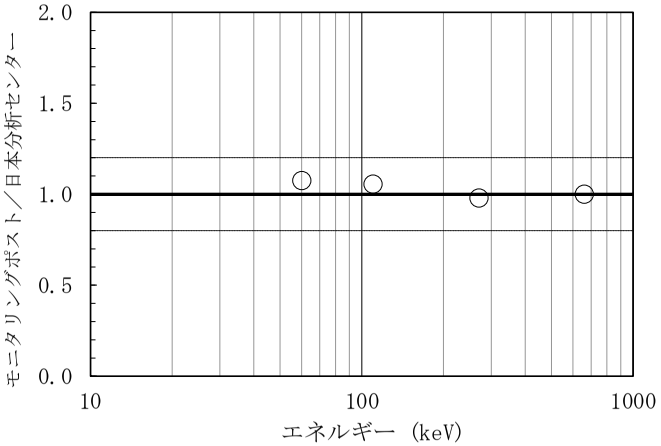
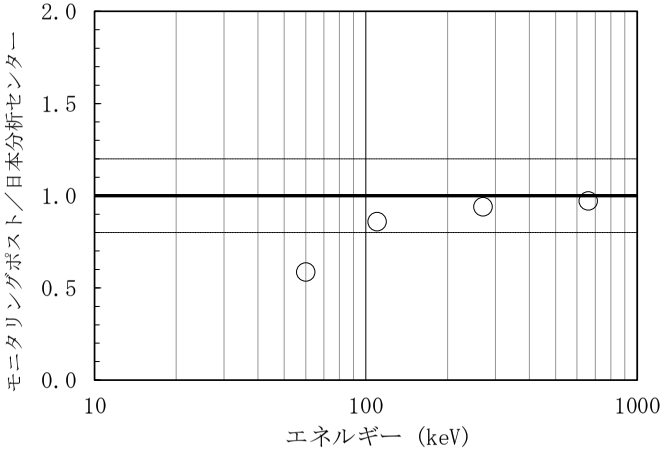


図 4-3-2(8)　測定結果比較図（左）及びエネルギー特性図（右）
（高島市　今津東局（監視 － 電離箱モニタ））

表 4-3-4(9)　エネルギー特性試験結果

核種	平均エネルギー (keV)	[A] モニタリングポスト (μGy/h)	[B] 分析センター (μGy/h)	比較値*1	$\frac{[A]-[B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
^{241}Am	60	0.157	0.267	0.59	−41 %	×	0.60
^{57}Co	110	0.161	0.188	0.86	−14 %	○	0.88
^{133}Ba	270	0.796	0.846	0.94	−6 %	○	0.97
^{137}Cs	660	0.367	0.378	0.97	−3 %	○	1.00

*1 モニタリングポスト／分析センター　　*2 ○：検討基準内　×：検討基準外　　*3 ^{137}Cs の比較値で規格化した



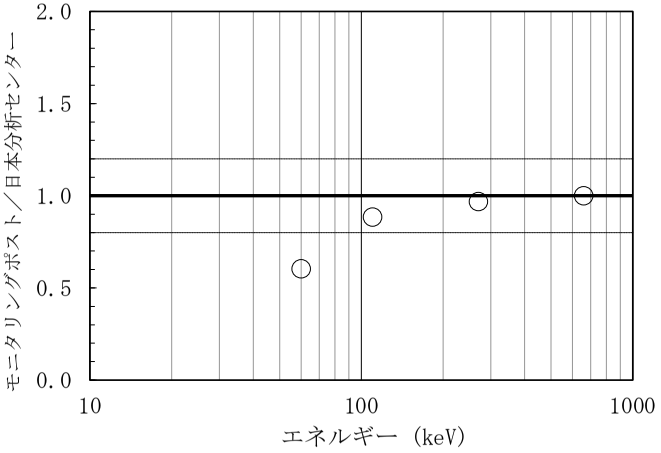
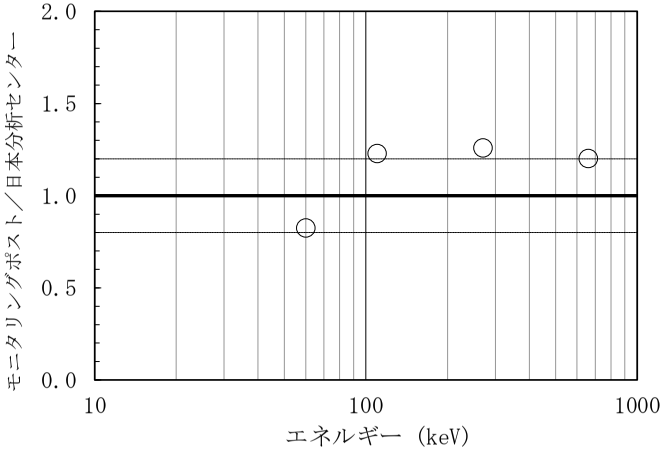


図 4-3-2(9)　測定結果比較図（左）及びエネルギー特性図（右）
（印西市　市立船穂中学校（水準 - NaI モニタ））

表 4-3-4(10)　エネルギー特性試験結果

核種	平均エネルギー (keV)	[A] モニタリングポスト (μGy/h)	[B] 分析センター (μGy/h)	比較値*1	$\frac{[A]-[B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
^{241}Am	60	0.235	0.285	0.82	−18 %	○	0.69
^{57}Co	110	0.207	0.169	1.23	＋23 %	×	1.02
^{133}Ba	270	1.114	0.885	1.26	＋26 %	×	1.05
^{137}Cs	660	0.478	0.398	1.20	＋20 %	○	1.00

*1 モニタリングポスト／分析センター　　*2 ○：検討基準内　×：検討基準外　　*3 ^{137}Cs の比較値で規格化した



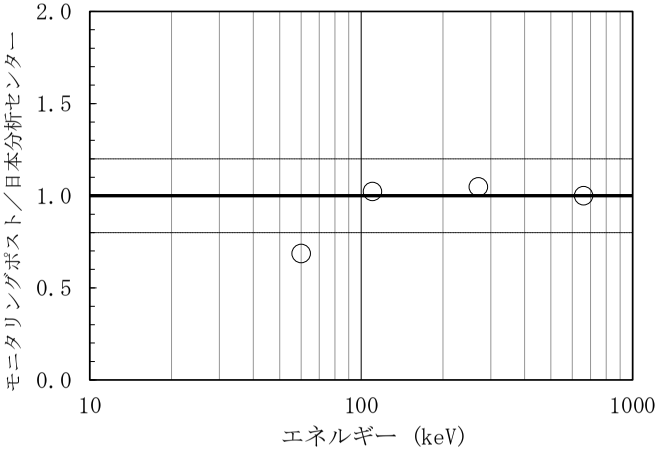
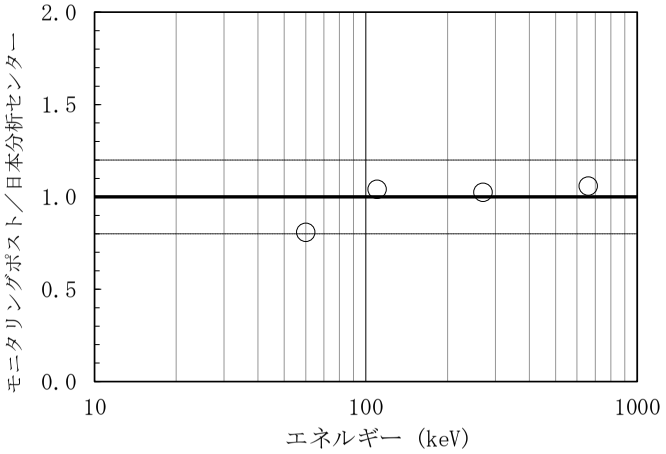


図 4-3-2(10)　測定結果比較図（左）及びエネルギー特性図（右）
（萩市　萩総合庁舎（水準 - NaI モニタ））

表 4-3-4(11)　エネルギー特性試験結果

核種	平均エネルギー (keV)	[A] モニタリングポスト (μGy/h)	[B] 分析センター (μGy/h)	比較値*1	$\frac{[A]-[B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
^{241}Am	60	0.217	0.268	0.81	−19 %	○	0.76
^{57}Co	110	0.355	0.341	1.04	＋4 %	○	0.98
^{133}Ba	270	0.854	0.834	1.02	＋2 %	○	0.97
^{137}Cs	660	0.399	0.377	1.06	＋6 %	○	1.00

*1 モニタリングポスト／分析センター　　*2 ○：検討基準内　×：検討基準外　　*3 ^{137}Cs の比較値で規格化した



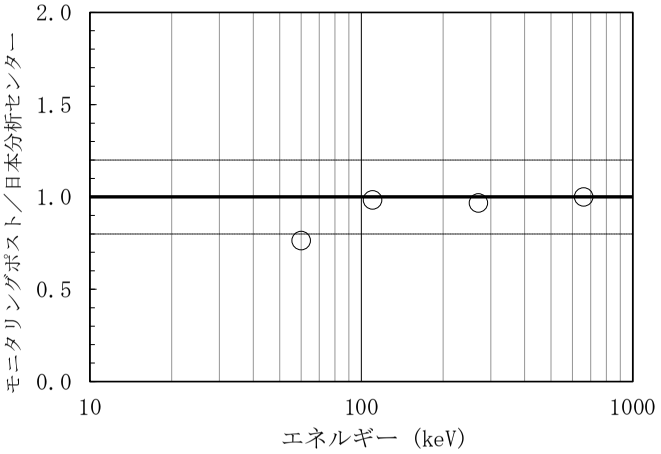
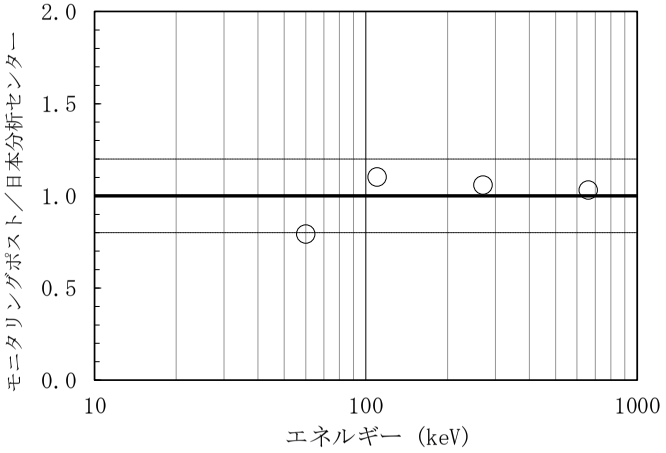


図 4-3-2(11)　測定結果比較図（左）及びエネルギー特性図（右）
（福井市　原子力環境監視センター福井分析管理室（水準 - NaI モニタ））

表 4-3-4(12)　エネルギー特性試験結果

核種	平均エネルギー (keV)	[A] モニタリングポスト (μGy/h)	[B] 分析センター (μGy/h)	比較値*1	$\frac{[A]-[B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
^{241}Am	60	0.239	0.301	0.79	−21 %	×	0.77
^{57}Co	110	0.415	0.376	1.10	＋10 %	○	1.07
^{133}Ba	270	0.979	0.925	1.06	＋6 %	○	1.03
^{137}Cs	660	0.431	0.418	1.03	＋3 %	○	1.00

*1 モニタリングポスト／分析センター　　*2 ○：検討基準内　×：検討基準外　　*3 ^{137}Cs の比較値で規格化した



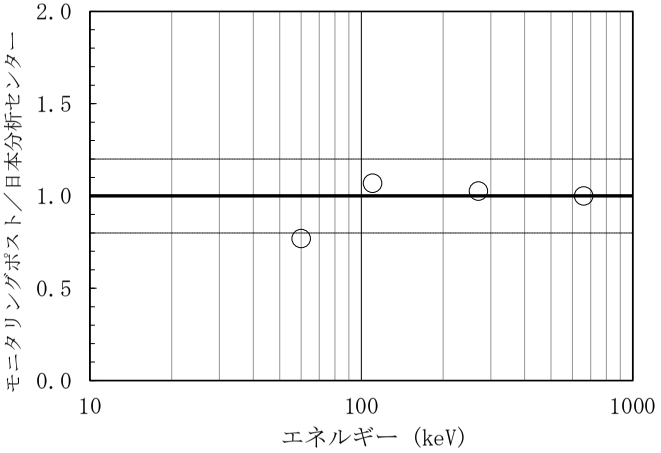
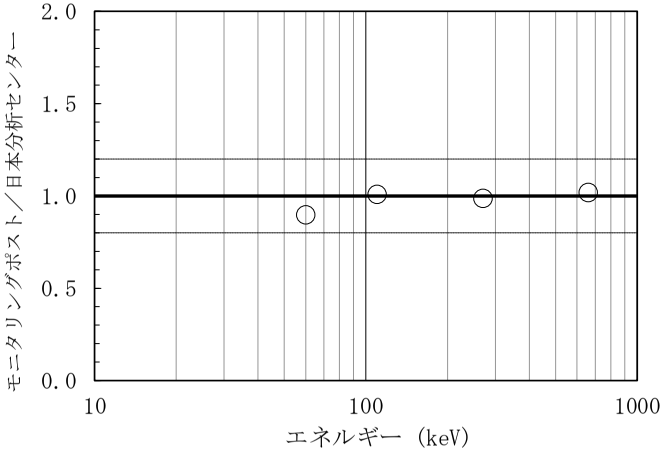


図 4-3-2(12)　測定結果比較図（左）及びエネルギー特性図（右）
（敦賀市　疋田観測局（監視 － NaI モニタ））

表 4-3-4(13)　エネルギー特性試験結果

核種	平均エネルギー (keV)	[A] モニタリングポスト (μGy/h)	[B] 分析センター (μGy/h)	比較値*1	$\frac{[A]-[B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
^{241}Am	60	0.241	0.268	0.90	−10 %	○	0.88
^{57}Co	110	0.342	0.339	1.01	＋1 %	○	0.99
^{133}Ba	270	0.823	0.834	0.99	−1 %	○	0.97
^{137}Cs	660	2.270	2.227	1.02	＋2 %	○	1.00

*1 モニタリングポスト／分析センター　　*2 ○：検討基準内　×：検討基準外　　*3 ^{137}Cs の比較値で規格化した



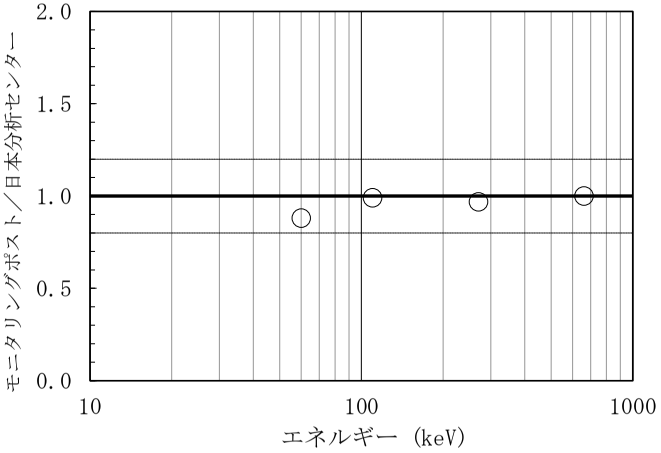


図 4-3-2(13)　測定結果比較図（左）及びエネルギー特性図（右）
（敦賀市　疋田観測局（監視 － 電離箱モニタ））

表 4-3-4(14)　エネルギー特性試験結果

核種	平均エネルギー (keV)	[A] モニタリングポスト (μGy/h)	[B] 分析センター (μGy/h)	比較値*1	$\frac{[A]-[B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
^{241}Am	60	0.220	0.265	0.83	−17 %	○	0.79
^{57}Co	110	0.349	0.320	1.09	＋9 %	○	1.04
^{133}Ba	270	0.879	0.823	1.07	＋7 %	○	1.02
^{137}Cs	660	0.392	0.373	1.05	＋5 %	○	1.00

*1 モニタリングポスト／分析センター　　*2 ○：検討基準内　×：検討基準外　　*3 ^{137}Cs の比較値で規格化した

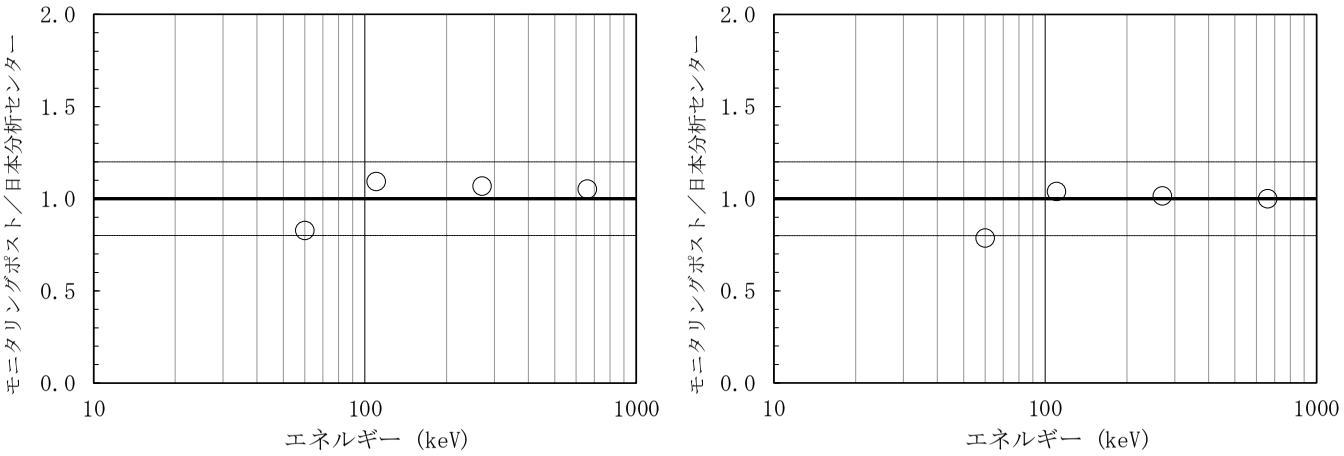
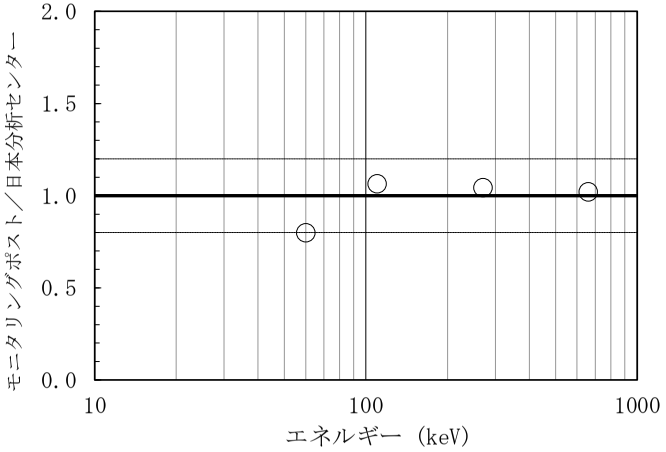


図 4-3-2(14)　測定結果比較図（左）及びエネルギー特性図（右）
（上越市　上越地域振興局健康福祉環境部（水準 - NaI モニタ））

表 4-3-4(15)　エネルギー特性試験結果

核種	平均エネルギー (keV)	[A] モニタリングポスト (μGy/h)	[B] 分析センター (μGy/h)	比較値*1	$\frac{[A]-[B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
^{241}Am	60	0.262	0.329	0.80	−20 %	○	0.78
^{57}Co	110	0.411	0.386	1.06	＋6 %	○	1.04
^{133}Ba	270	1.039	0.996	1.04	＋4 %	○	1.02
^{137}Cs	660	0.460	0.451	1.02	＋2 %	○	1.00

*1 モニタリングポスト／分析センター　　*2 ○：検討基準内　×：検討基準外　　*3 ^{137}Cs の比較値で規格化した



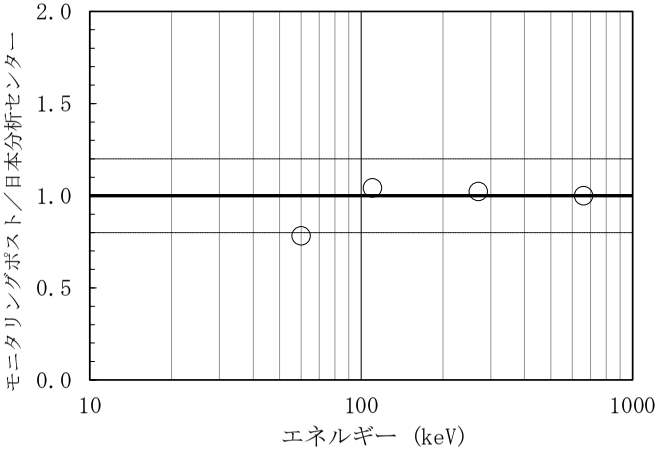
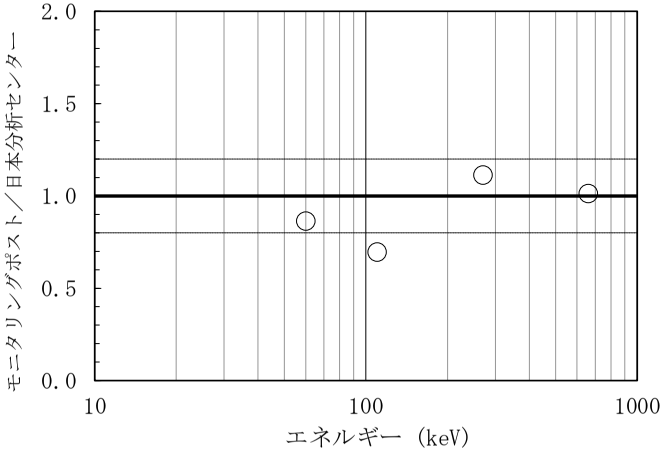


図 4-3-2(15)　測定結果比較図（左）及びエネルギー特性図（右）
（刈羽村　発電所北局（監視 - NaI モニタ））

表 4-3-4(16)　エネルギー特性試験結果

核種	平均エネルギー (keV)	[A] モニタリングポスト (μGy/h)	[B] 分析センター (μGy/h)	比較値*1	$\frac{[A]-[B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
^{241}Am	60	4.261	4.927	0.86	−14 %	○	0.85
^{57}Co	110	2.280	3.273	0.70	−30 %	×	0.69
^{133}Ba	270	9.401	8.442	1.11	＋11 %	○	1.10
^{137}Cs	660	22.91	22.61	1.01	＋1 %	○	1.00

*1 モニタリングポスト／分析センター　　*2 ○：検討基準内　×：検討基準外　　*3 ^{137}Cs の比較値で規格化した



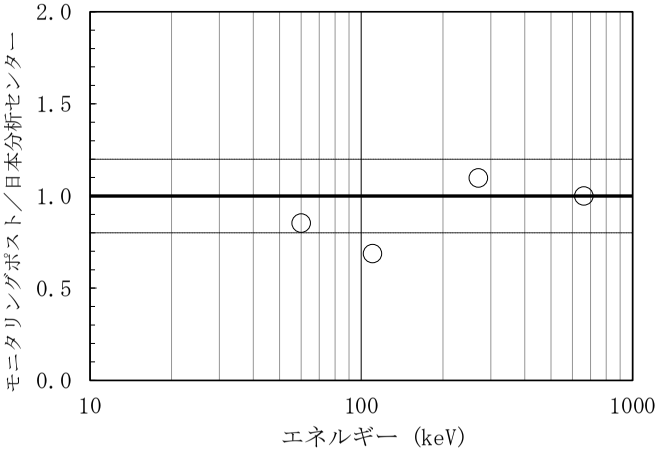
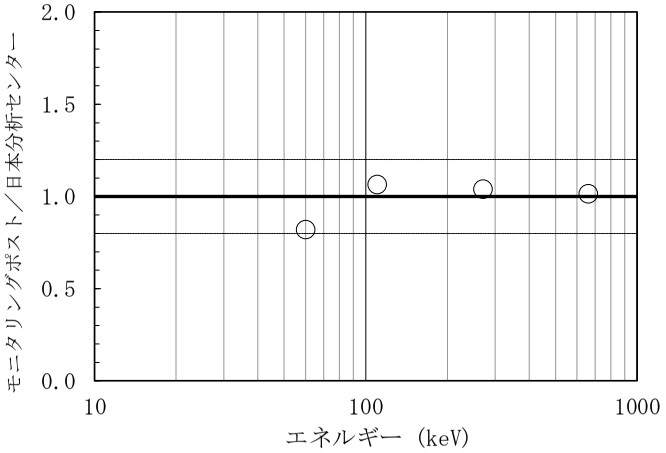


図 4-3-2(16)　測定結果比較図（左）及びエネルギー特性図（右）
（刈羽村　発電所北局（監視 - Si 半導体モニタ））

表 4-3-4(17)　エネルギー特性試験結果

核種	平均エネルギー (keV)	[A] モニタリングポスト (μGy/h)	[B] 分析センター (μGy/h)	比較値*1	$\frac{[A]-[B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
^{241}Am	60	0.219	0.267	0.82	−18 %	○	0.81
^{57}Co	110	0.325	0.305	1.06	＋6 %	○	1.05
^{133}Ba	270	0.857	0.825	1.04	＋4 %	○	1.02
^{137}Cs	660	0.380	0.375	1.02	＋2 %	○	1.00

*1 モニタリングポスト／分析センター　　*2 ○：検討基準内　×：検討基準外　　*3 ^{137}Cs の比較値で規格化した



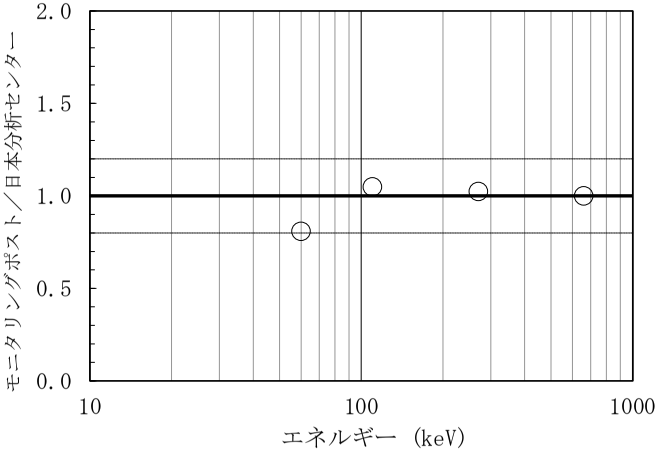
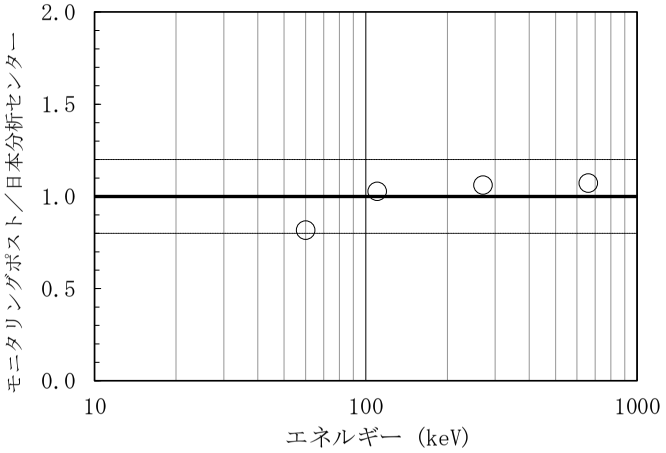


図 4-3-2(17)　測定結果比較図（左）及びエネルギー特性図（右）
（北茨城市　北茨城市役所（水準 － NaI モニタ））

表 4-3-4(18)　エネルギー特性試験結果

核種	平均エネルギー (keV)	[A] モニタリングポスト (μGy/h)	[B] 分析センター (μGy/h)	比較値*1	$\frac{[A]-[B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
^{241}Am	60	0.219	0.268	0.82	−18 %	○	0.76
^{57}Co	110	0.315	0.307	1.03	＋3 %	○	0.96
^{133}Ba	270	0.879	0.828	1.06	＋6 %	○	0.99
^{137}Cs	660	0.403	0.376	1.07	＋7 %	○	1.00

*1 モニタリングポスト／分析センター　　*2 ○：検討基準内　×：検討基準外　　*3 ^{137}Cs の比較値で規格化した



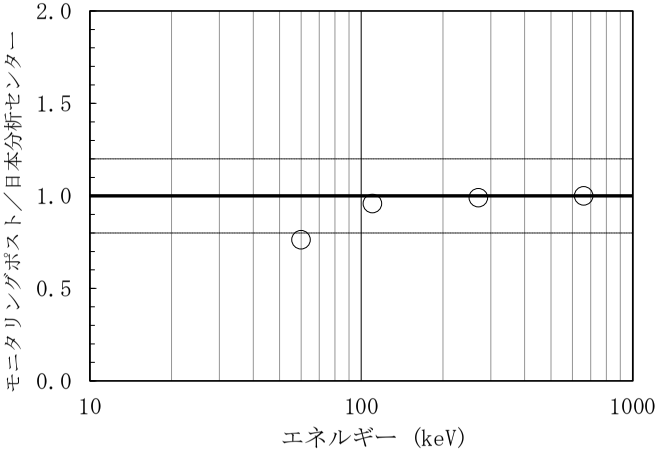
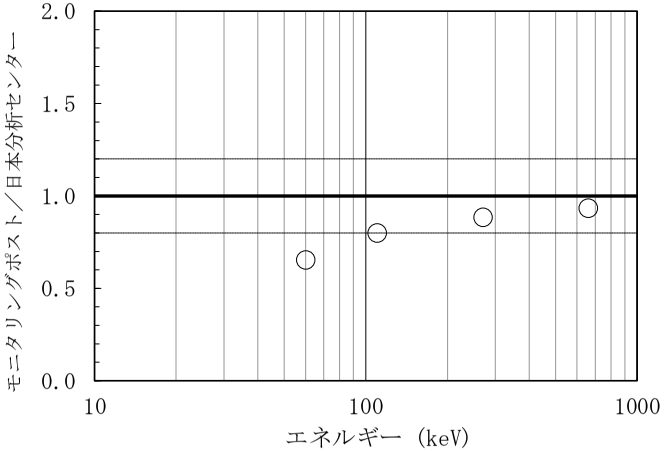


図 4-3-2(18)　測定結果比較図（左）及びエネルギー特性図（右）
（ひたちなか市　柳沢（監視 - NaI モニタ））

表 4-3-4(19)　エネルギー特性試験結果

核種	平均エネルギー (keV)	[A] モニタリングポスト (μGy/h)	[B] 分析センター (μGy/h)	比較値*1	$\frac{[A]-[B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
^{241}Am	60	0.096	0.146	0.65	−35 %	×	0.70
^{57}Co	110	0.142	0.177	0.80	−20 %	○	0.86
^{133}Ba	270	0.423	0.478	0.88	−12 %	○	0.95
^{137}Cs	660	1.198	1.283	0.93	−7 %	○	1.00

*1 モニタリングポスト／分析センター　　*2 ○：検討基準内　×：検討基準外　　*3 ^{137}Cs の比較値で規格化した



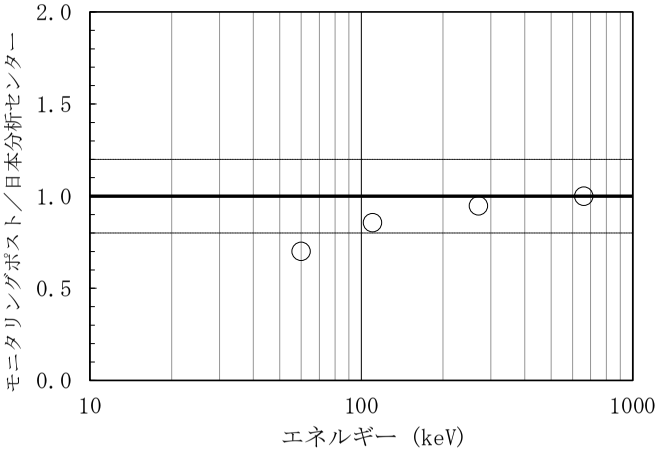
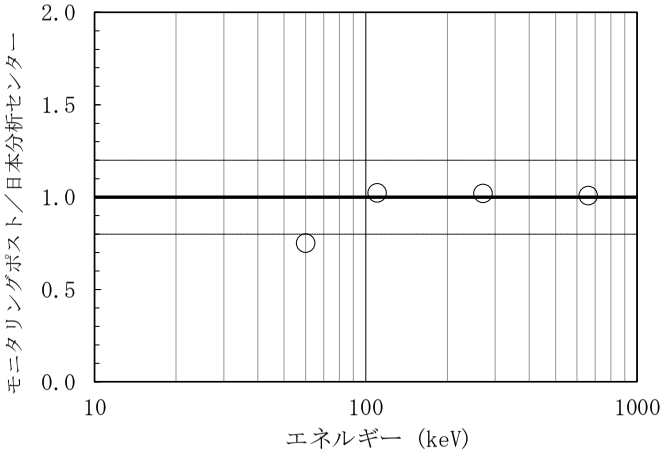


図 4-3-2(19)　測定結果比較図（左）及びエネルギー特性図（右）
（ひたちなか市　柳沢（監視 － 電離箱モニタ））

表 4-3-4(20)　エネルギー特性試験結果

核種	平均エネルギー (keV)	[A] モニタリングポスト (μGy/h)	[B] 分析センター (μGy/h)	比較値*1	$\frac{[A]-[B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
^{241}Am	60	0.181	0.241	0.75	−25 %	×	0.74
^{57}Co	110	0.284	0.277	1.02	＋2 %	○	1.02
^{133}Ba	270	0.767	0.752	1.02	＋2 %	○	1.01
^{137}Cs	660	0.344	0.341	1.01	＋1 %	○	1.00

*1 モニタリングポスト／分析センター　　*2 ○：検討基準内　×：検討基準外　　*3 ^{137}Cs の比較値で規格化した



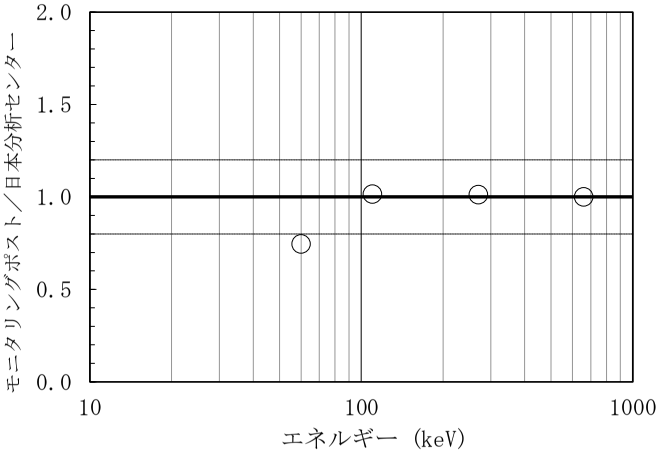
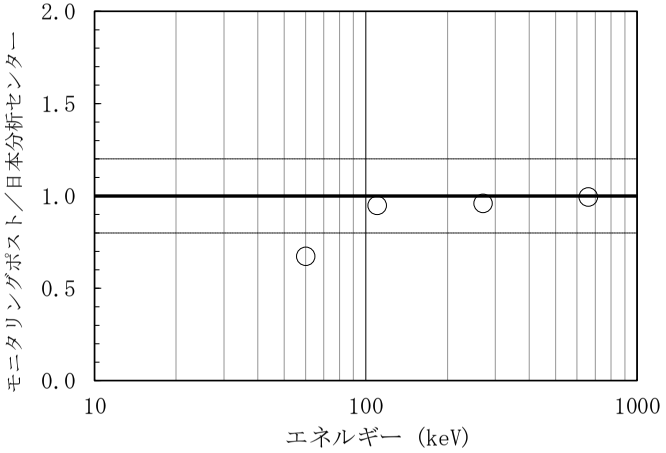


図 4-3-2(20)　測定結果比較図（左）及びエネルギー特性図（右）
（日立市　久慈（監視 - NaI モニタ））

表 4-3-4(21)　エネルギー特性試験結果

核種	平均エネルギー (keV)	[A] モニタリングポスト (μGy/h)	[B] 分析センター (μGy/h)	比較値*1	$\frac{[A]-[B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
^{241}Am	60	0.102	0.151	0.67	−33 %	×	0.68
^{57}Co	110	0.172	0.181	0.95	−5 %	○	0.95
^{133}Ba	270	0.471	0.491	0.96	−4 %	○	0.97
^{137}Cs	660	1.311	1.318	0.99	−1 %	○	1.00

*1 モニタリングポスト／分析センター　　*2 ○：検討基準内　×：検討基準外　　*3 ^{137}Cs の比較値で規格化した



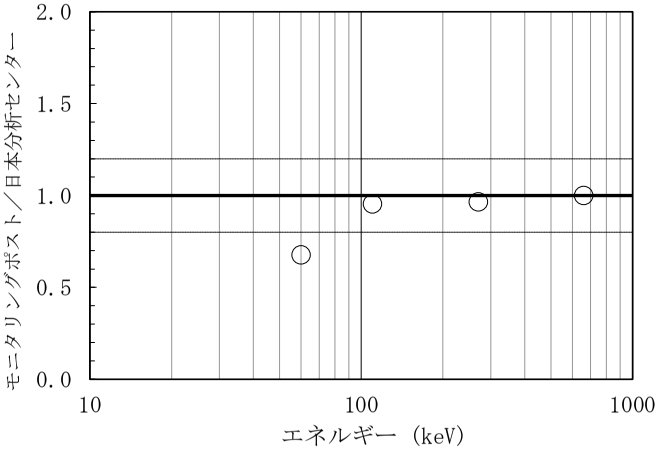


図 4-3-2(21)　測定結果比較図（左）及びエネルギー特性図（右）
（日立市　久慈（監視 － 電離箱モニタ））

表 4-3-5　環境場測定法 比較測定結果

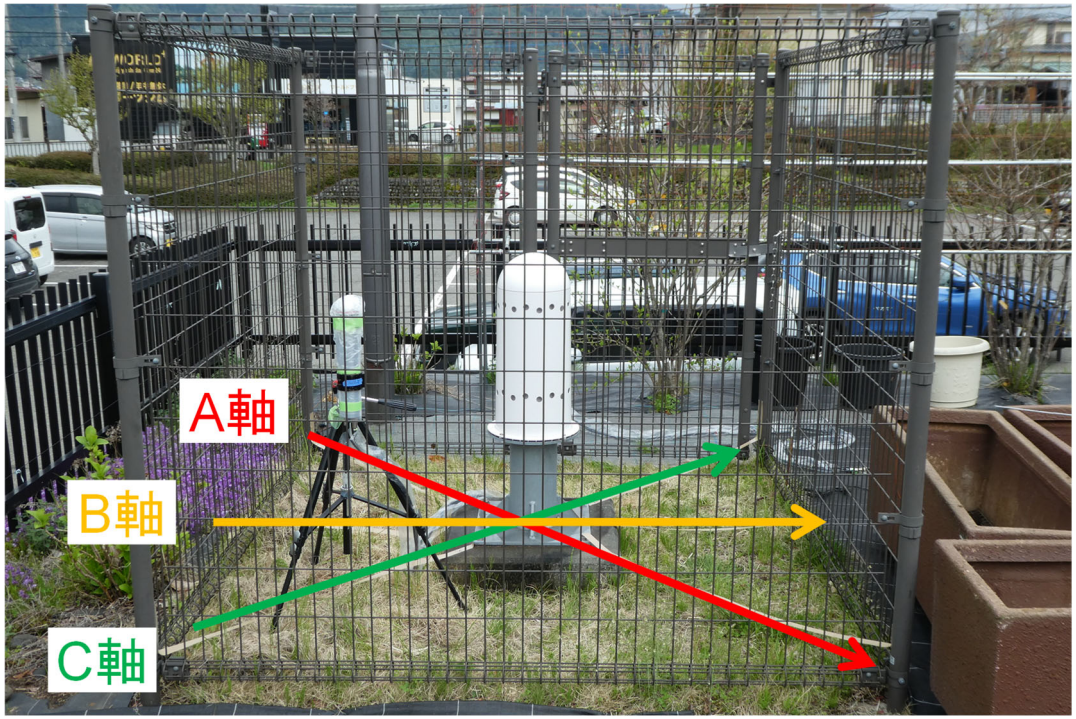
自治体	地点名	検出器種類	[A] モニタリングポスト測定値[*1] (nGy/h)	[B] NaI(Tl)スペクトロメータ測定結果からの比較換算値[*2] (nGy/h)	$\frac{[A]-[B]}{[B]} \times 100$	判定[*3]
山梨県	富士吉田市　富士吉田合同庁舎	NaI	19.7　±　0.7	20.5	−4 %	○
福岡県	糸島市　糸島総合庁舎	NaI	37.0　±　1.3	41.7	−11 %	○
滋賀県	甲賀市　県甲賀保健所 (甲賀合同庁舎)	NaI	82.0　±　1.7	78.9	+4 %	○
千葉県	印西市　市立船穂中学校	NaI	44.7　±　1.1	43.8	+2 %	○
山口県	萩市　萩総合庁舎	NaI	67.0　±　1.9	64.2	+4 %	○
福井県	福井市　原子力環境監視センター 福井分析管理室	NaI	41.9　±　1.7	46.3	−9 %	○
新潟県	上越市　上越地域振興局 健康福祉環境部	NaI	51.9　±　2.0	50.8	+2 %	○
茨城県	北茨城市　北茨城市役所	NaI	59.1　±　1.9	64.3	−8 %	○

*1 環境場測定法実施時間内の全データの平均値と標準偏差

*2 宇宙線寄与及びセルドーズ寄与分を評価し、3軸の荷重平均値から差し引き、更にモニタリング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 ― (NaI(Tl)スペクトロメータ：宇宙線寄与+セルフドーズ) ＋ (モニタリングポスト：宇宙線寄与+セルフドーズ)

*3 ○：検討基準内　　×：検討基準外



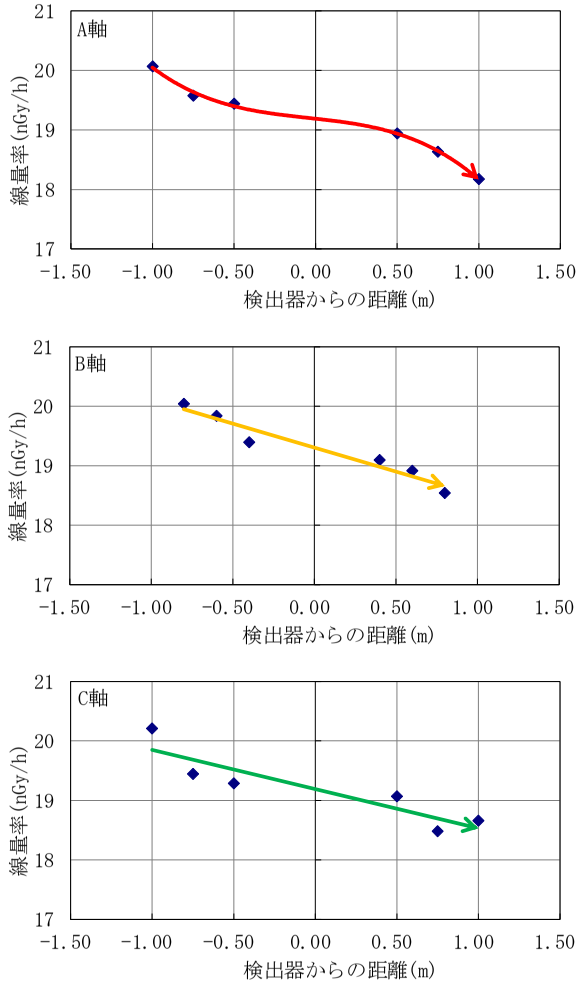
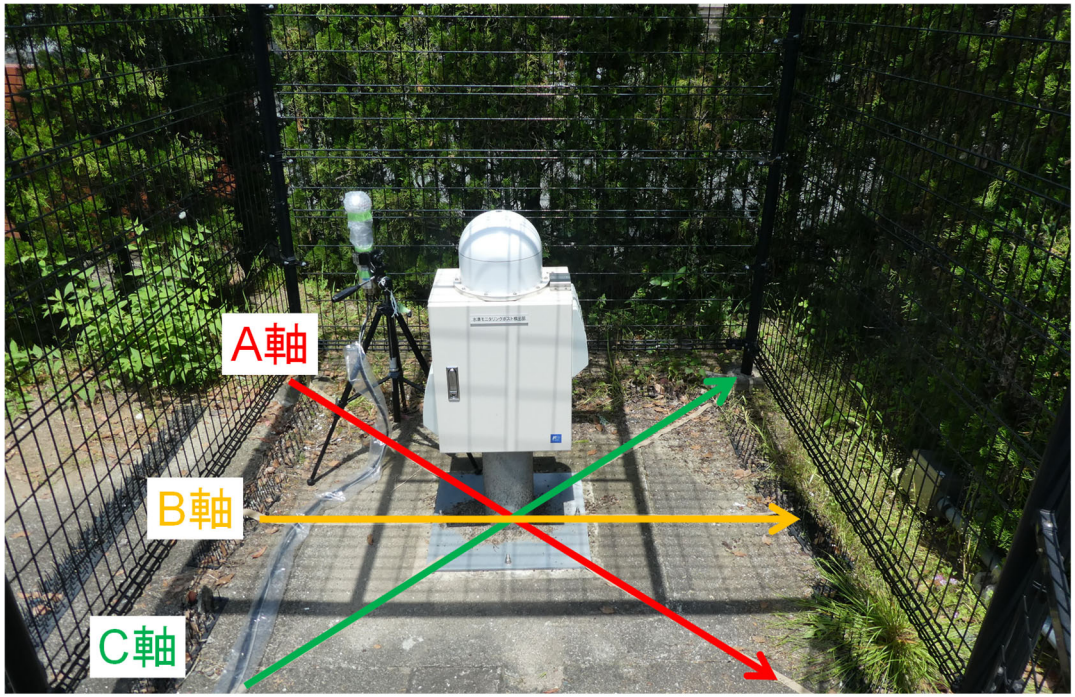


図 4-3-3(1)　環境場測定法 測定軸及び各軸の環境γ線量率分布図
（富士吉田市　富士吉田合同庁舎）



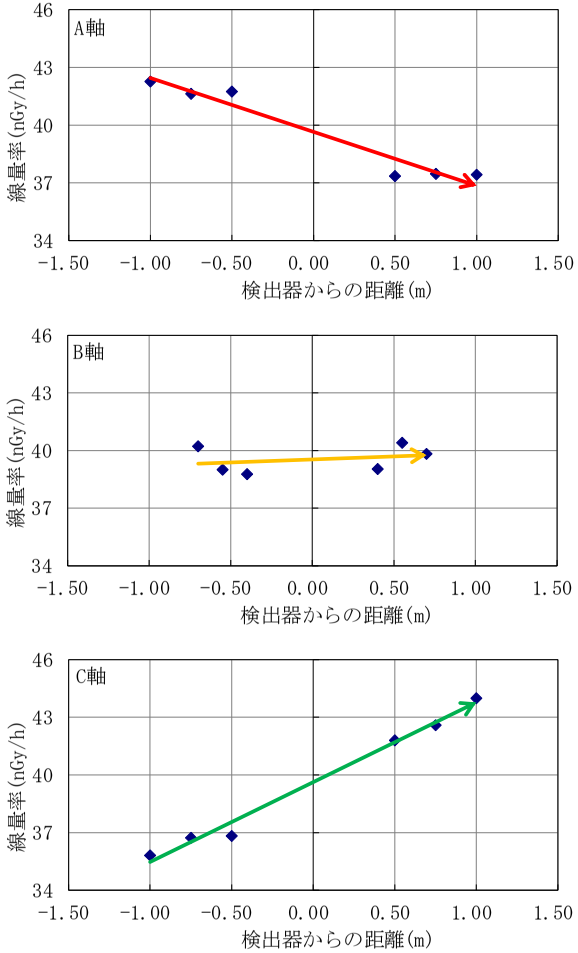
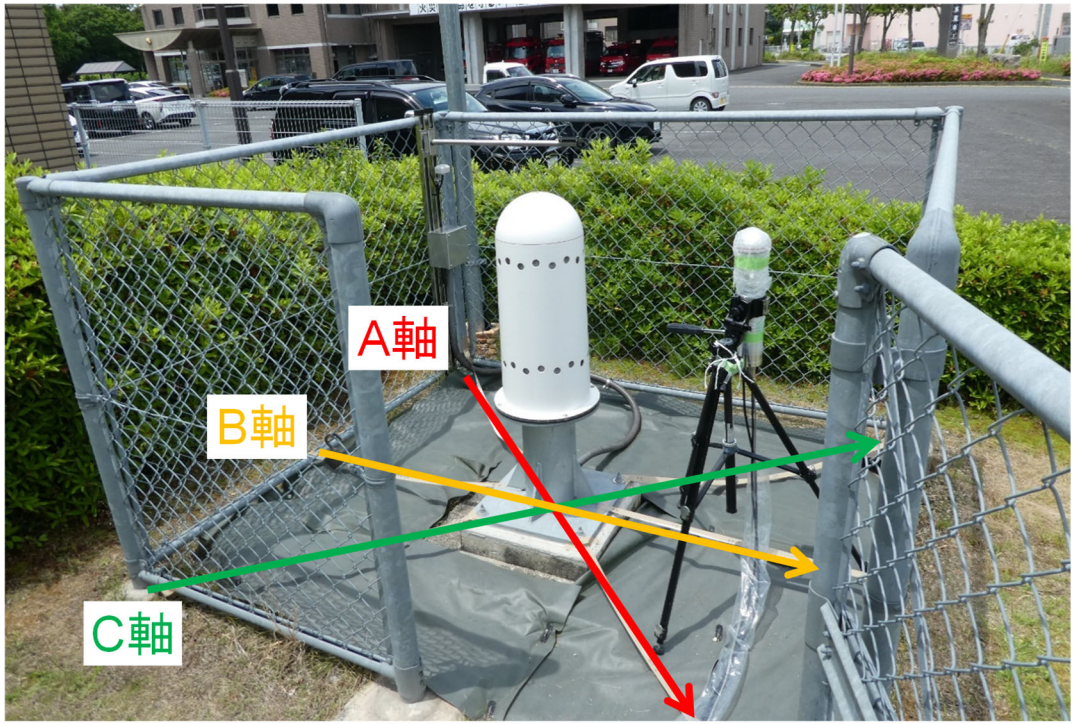


図 4-3-3(2)　　環境場測定法 測定軸及び各軸の環境γ線量率分布図
（糸島市　糸島総合庁舎）



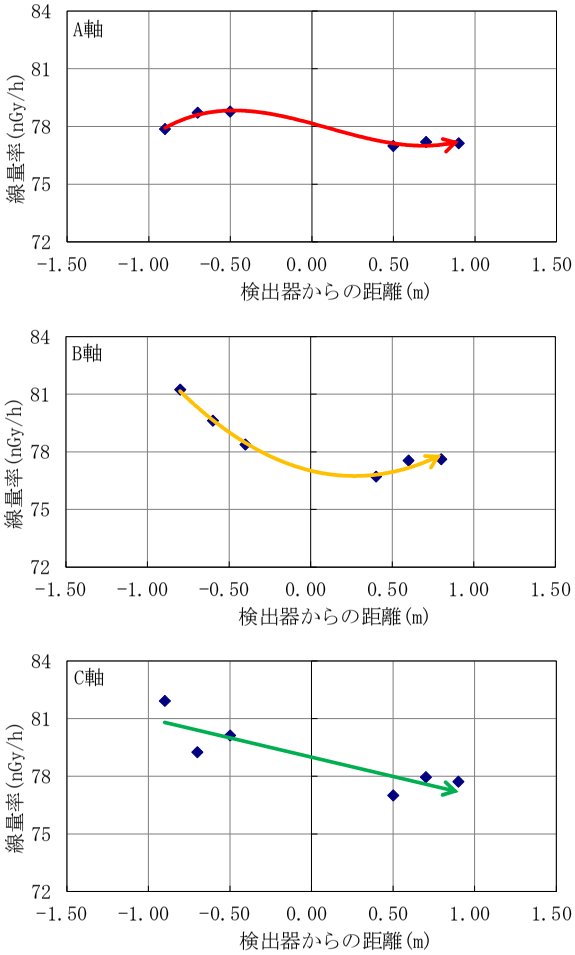
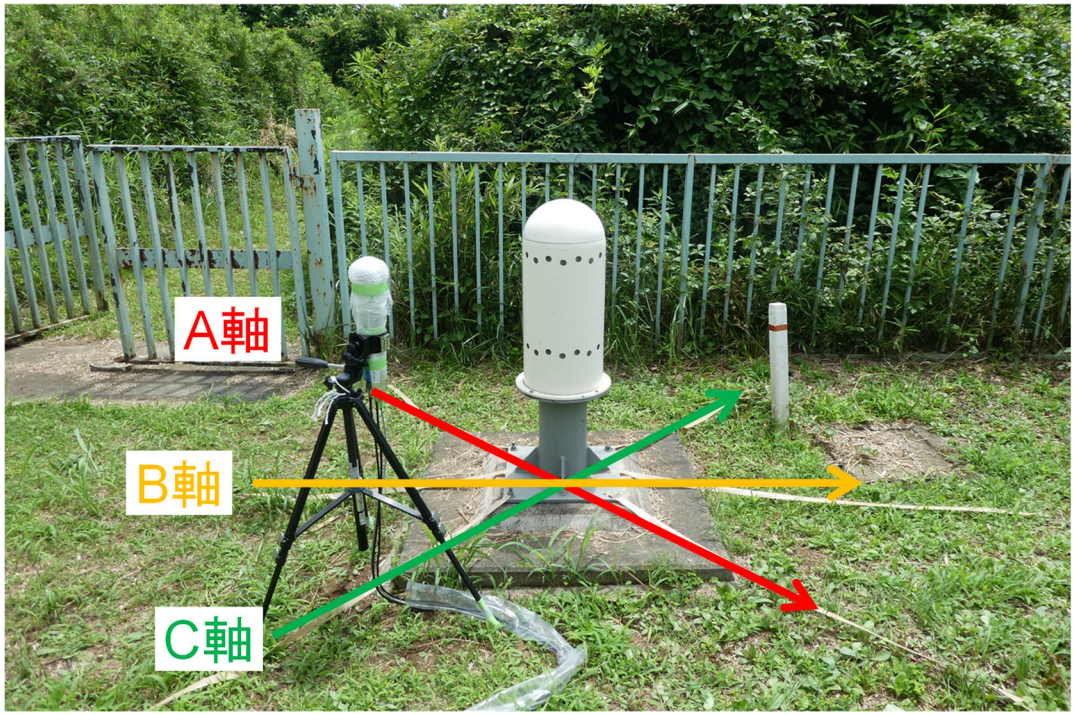


図 4-3-3(3)　環境場測定法 測定軸及び各軸の環境γ線量率分布図
(甲賀市　県甲賀保健所(甲賀合同庁舎))



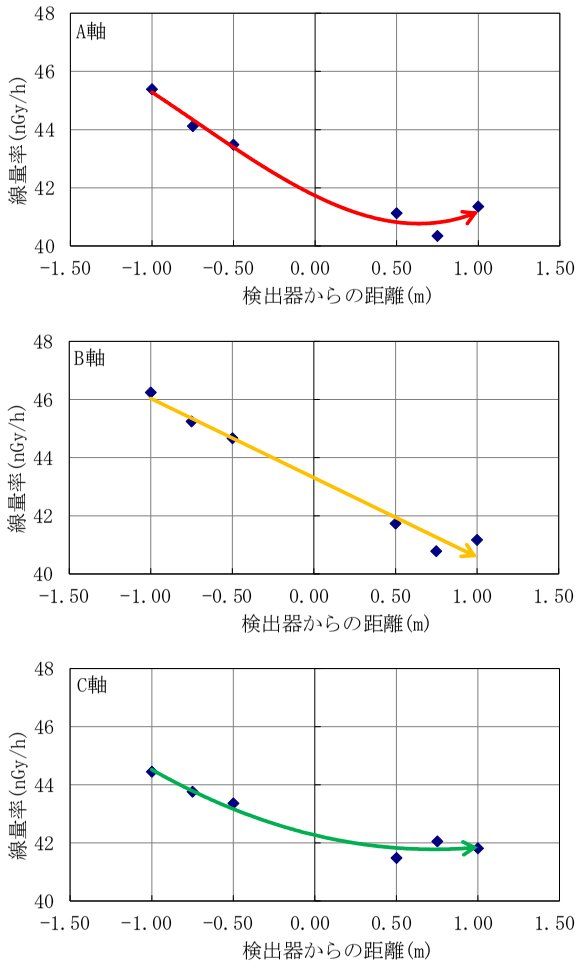
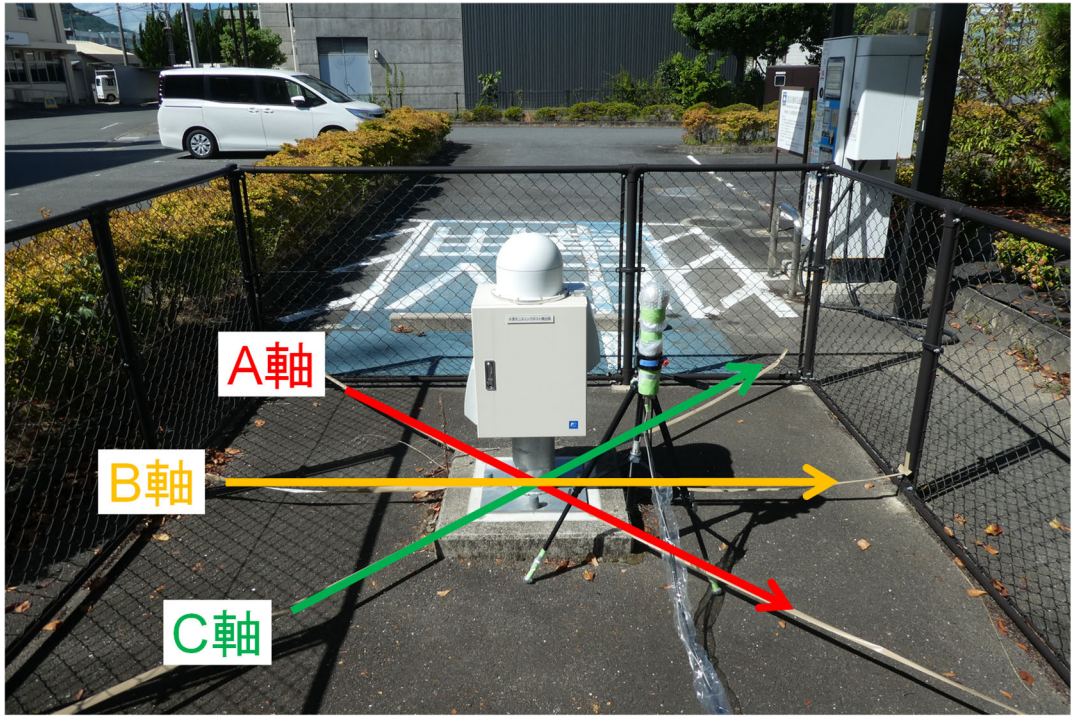


図 4-3-3(4)　環境場測定法 測定軸及び各軸の環境γ線量率分布図
(印西市　市立船穂中学校)



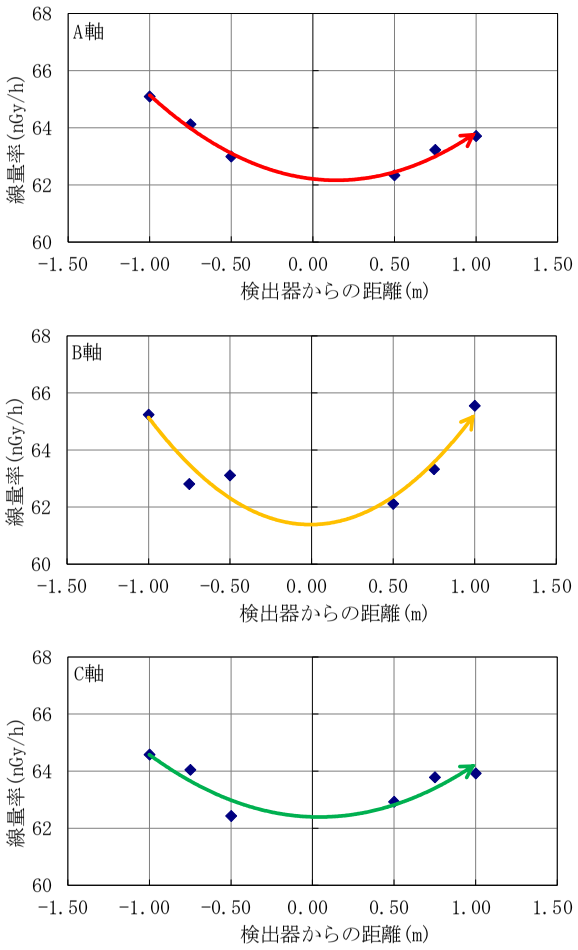
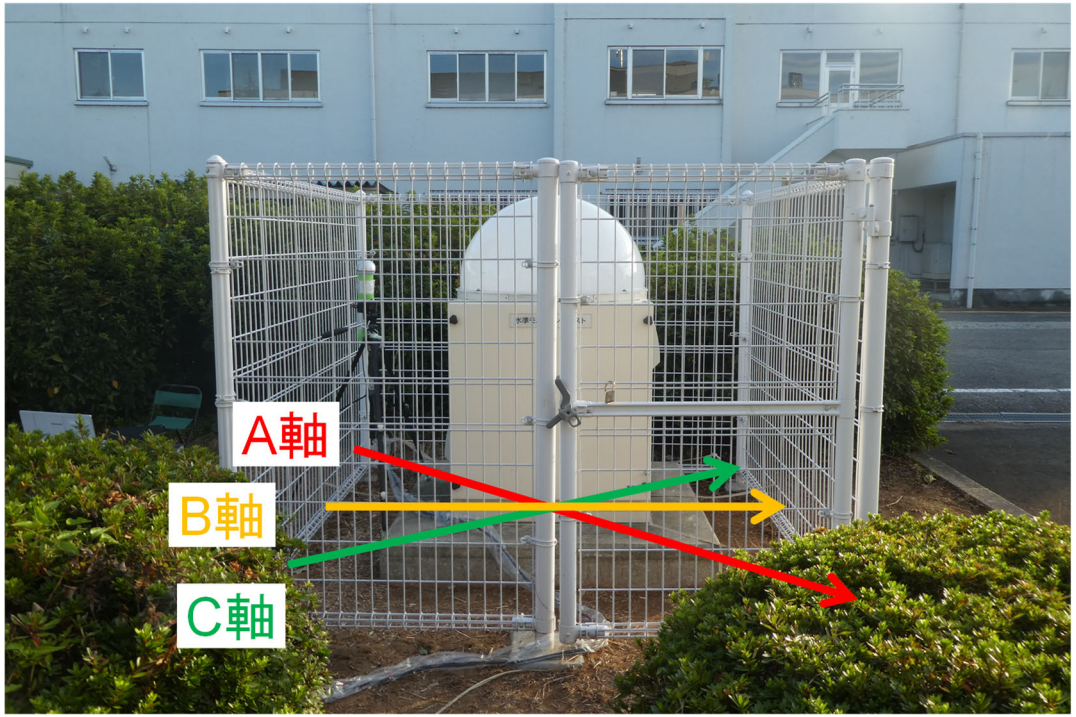


図 4-3-3(5)　環境場測定法 測定軸及び各軸の環境γ線量率分布図
(萩市　萩総合庁舎)



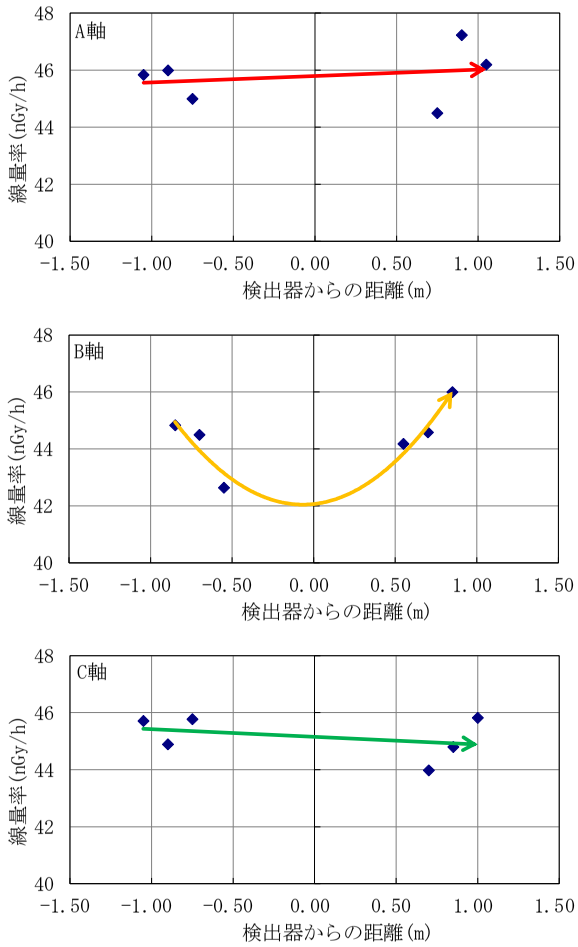
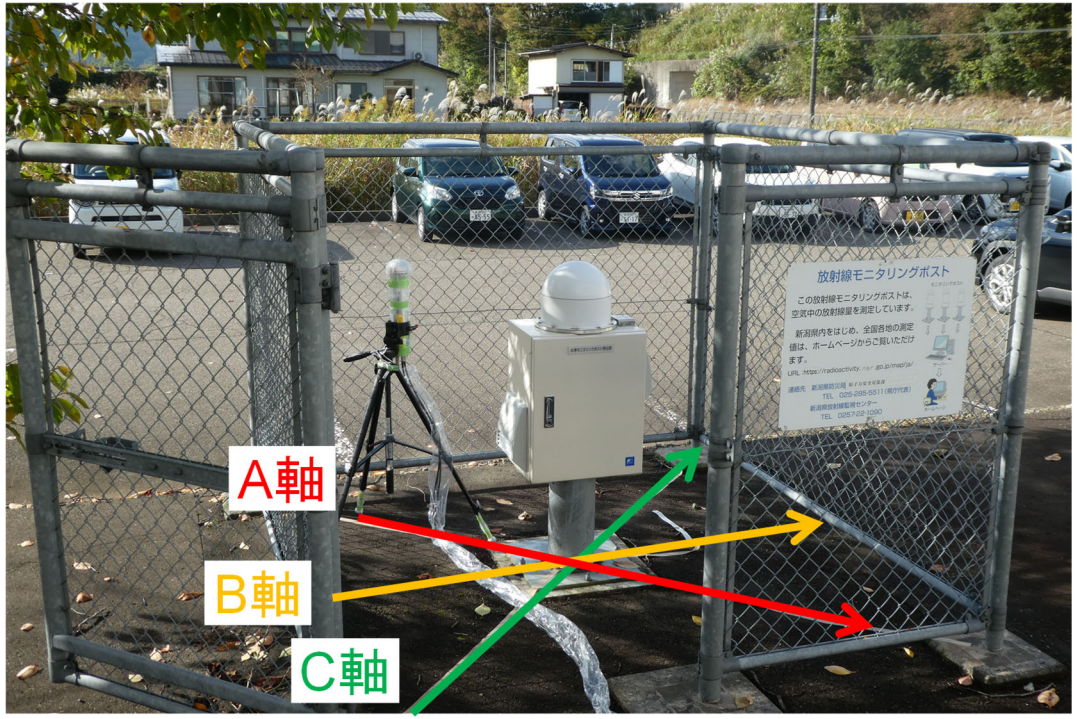


図 4-3-3(6)　　環境場測定法 測定軸及び各軸の環境γ線量率分布図
（福井市　原子力環境監視センター福井分析管理室）



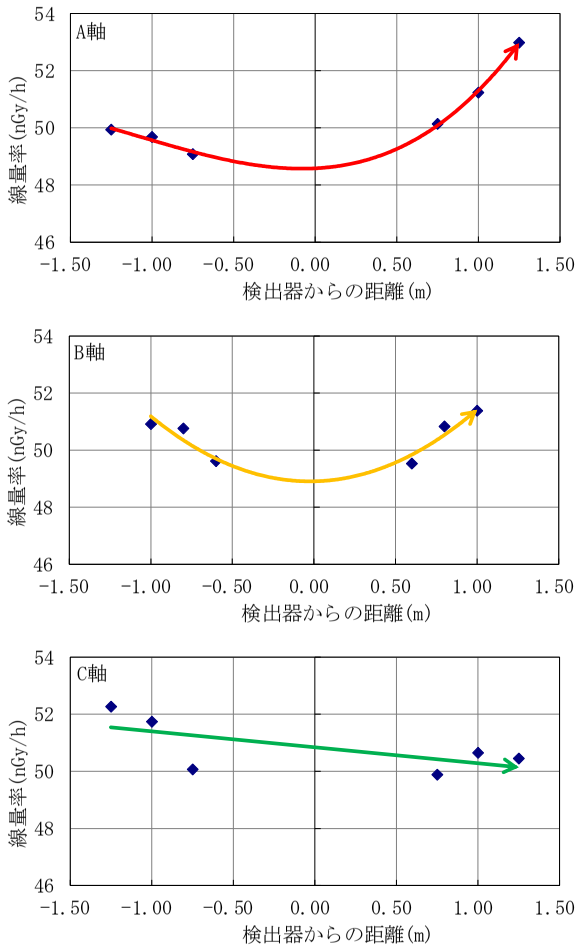
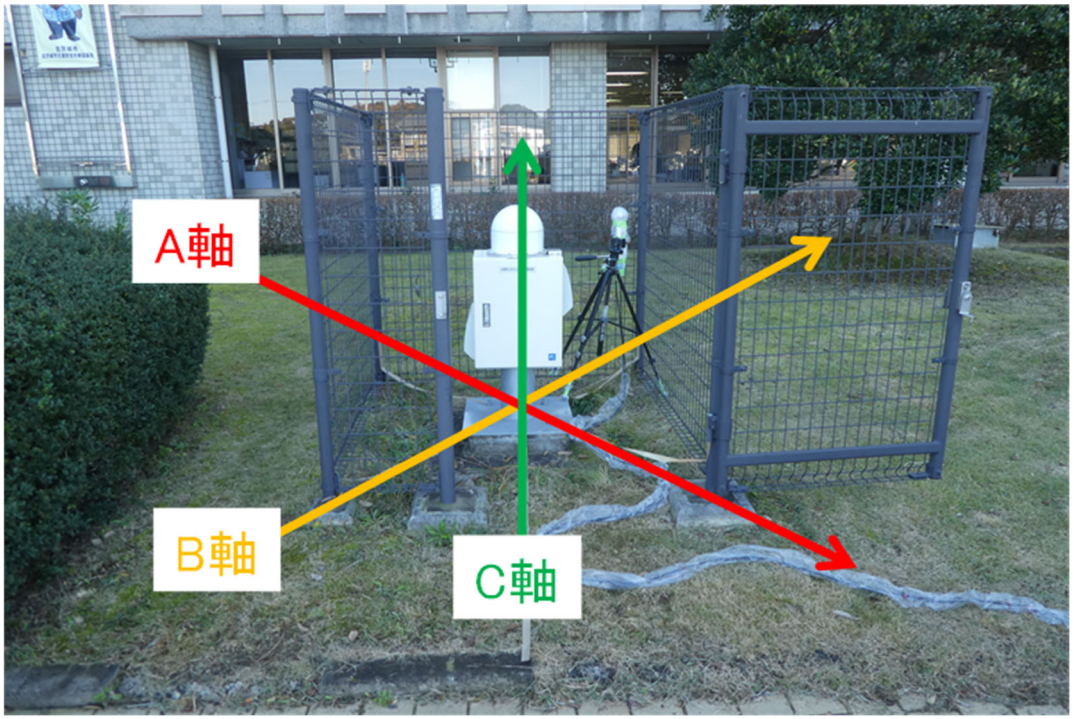


図 4-3-3(7)　環境場測定法 測定軸及び各軸の環境γ線量率分布図
（上越市　上越地域振興局健康福祉環境部）



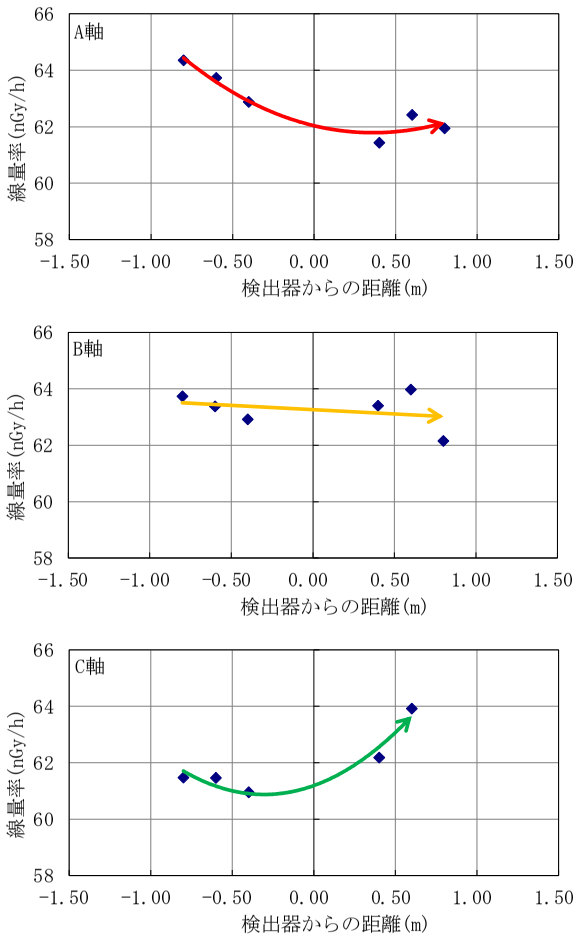


図 4-3-3(8)　　環境場測定法 測定軸及び各軸の環境γ線量率分布図
（北茨城市　北茨城市役所）

表 4-3-6(1)　核種組成確認測定試験結果

測定地点	全線量率 (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	43.4	5.57	12.8	9.33	21.5	12.8	29.5	0.751	1.7	15.0	34.5
2	36.9	4.15	11.2	8.55	23.2	11.6	31.5	0.502	1.4	12.1	32.7
3	38.9	5.08	13.1	8.87	22.8	12.0	30.9	0.559	1.4	12.4	31.8
平均	39.7	4.93	12.4	8.92	22.4	12.2	30.6	0.604	1.5	13.1	33.0

＊ 重量緩衝深度 β=4.41 g/cm^2 を使用した。

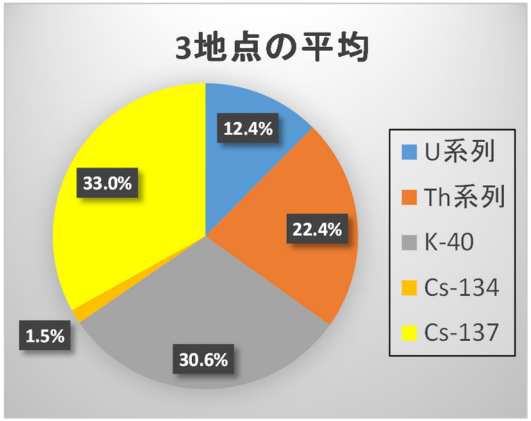
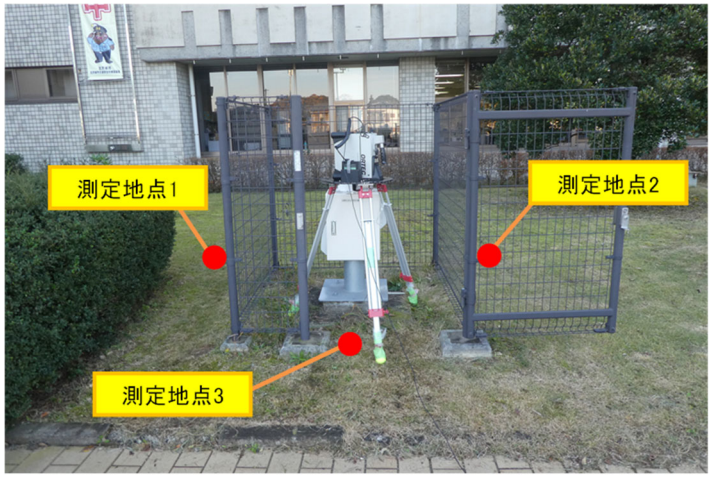


図 4-3-4(1)　Ge 検出器測定地点及び平均の核種組成比率
(印西市　市立船穂中学校)

表 4-3-6(2)　核種組成確認測定試験結果

測定地点	全線量率 (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	62.0	8.26	13.3	14.1	22.7	19.4	31.3	0.851	1.4	19.4	31.3
2	61.4	8.78	14.3	14.1	22.9	19.6	31.9	0.709	1.2	18.2	29.7
3	57.3	9.87	17.2	15.0	26.2	18.1	31.7	0.710	1.2	13.5	23.7
平均	60.2	8.97	14.9	14.4	23.9	19.1	31.6	0.757	1.3	17.0	28.3

＊ 重量緩衝深度 β=4.41 g/cm^2 を使用した。



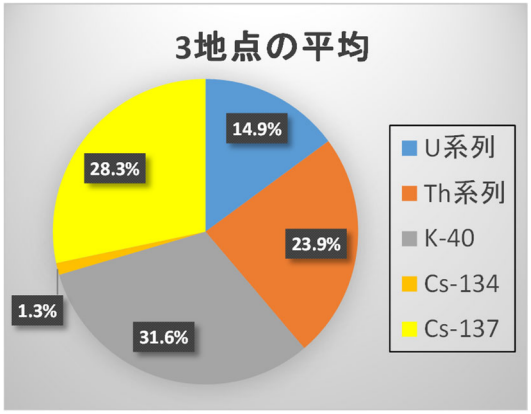


図 4-3-4(2)　Ge 検出器測定地点及び平均の核種組成比率
（北茨城市　北茨城市役所）

５．47 都道府県における放射能測定の補助

環境放射能水準調査（放射能測定）事業にて地方自治体が実施している放射能分析において、ゲルマニウム半導体検出器の故障等のやむを得ない理由により調査が実施できないことによる、日本分析センターへの代理測定の依頼はなかった。

６．環境放射能水準調査検討委員会

6.1 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。令和 6 年度の環境放射能水準調査検討委員会の構成員を表 6-1 に示す。

表 6-1　環境放射能水準調査検討委員会委員

（敬称略）

委　員　氏　名	所属及び職名
（委員長） 吉田　聡	公益財団法人　環境科学技術研究所　特任相談役 共創センター　次長
青野 辰雄	特殊法人　福島国際研究教育機構 研究開発部門 放射生態学ユニット
飯本 武志	東京大学 環境安全本部
廣瀬 勝己	元　気象研究所
古川 雅英	琉球大学 理学部物質地球科学科 地学系
馬渕　博	静岡県危機管理部 環境放射線監視センター
三浦　勉	国立研究開発法人　産業技術総合研究所 物質計測標準研究部門 標準物質評価研究グループ
森田 貴己	国立研究開発法人　水産研究・教育機構 水産資源研究所　水産資源研究センター　海洋環境部 放射能調査グループ
脇谷　雄一郎	公益社団法人　日本アイソトープ協会 川崎技術開発センター アイソトープ部　放射線源課　課長

6.2 委員会開催日と議題

令和 6 年度は 3 回の委員会を開催した。第 1 回及び第 3 回委員会は対面会議及びオンライン会議の併用で、第 2 回委員会はオンライン会議で開催した。以下に、審議した主な内容等を示す。

(1) 令和 6 年度 第 1 回環境放射能水準調査検討委員会

1. 日時 令和 6 年 6 月 20 日（月） 13：30～16：22

2. 出席者(敬称略)

委員長	吉田 聡	公益財団法人 環境科学技術研究所
委員	青野 辰雄	特殊法人 福島国際研究教育機構
	飯本 武志	東京大学
	廣瀬 勝己	元 気象研究所
	古川 雅英	琉球大学
	馬渕 博	静岡県危機管理部 環境放射線監視センター
	三浦 勉	国立研究開発法人 産業技術総合研究所
	森田 貴己	国立研究開発法人 水産研究・教育機構
	脇谷 雄一郎	公益社団法人 日本アイソトープ協会
委託元	久保 善哉	原子力規制庁監視情報課放射線環境対策室
	須藤 貴史	同上
	田中 宏樹	同上
	磯田 和志	同上
事務局	日本分析センター	
	太田、金子、新田、丹、平出、城谷、鈴木(勝)、鈴木(颯)、杉山、西森、王、加藤、石原、佐久間、深谷、清水、日比野、富川、阿部(美)、阿部(剛)	

3. 議題

(1) 令和 6 年度環境放射能水準調査の実施内容について

(2) 環境放射能水準調査委託実施計画書について

(3) 環境放射能水準調査の充実化のための提案

① ICP-MS/MS を利用した長半減期核種の分析（セシウム 135 分析）

② ICP-MS を用いた ^{241}Pu 濃度の測定

(4) その他

4. 配付資料

水準 1-1 令和 6 年度環境放射能水準調査検討委員会委員名簿

水準 1-2 令和 6 年度環境放射能水準調査の実施内容

水準 1-3-1 環境放射能水準調査委託実施計画書（令和 6 年度）

水準 1-3-2　日本分析センターが実施する環境放射能水準調査の充実化について

5.　参考資料

参考資料 1　環境放射能水準調査における調査内容の変遷について

(2) 令和 6 年度 第 2 回環境放射能水準調査検討委員会

1. 日時　令和 6 年 12 月 2 日（月）　13：30～15：20

2. 出席者(敬称略)

委員長　吉田 聡 公益財団法人 環境科学技術研究所

委員　青野 辰雄 特殊法人 福島国際研究教育機構
飯本 武志 東京大学
廣瀬 勝己 元 気象研究所
古川 雅英 琉球大学
馬渕 博 静岡県危機管理部 環境放射線監視センター
三浦 勉 国立研究開発法人 産業技術総合研究所
森田 貴己 国立研究開発法人 水産研究・教育機構
脇谷 雄一郎 公益社団法人 日本アイソトープ協会

委託元　久保 善哉 原子力規制庁監視情報課放射線環境対策室
下口 啓志郎 同上
吉田 健太郎 同上
磯田 和志 同上

事務局　日本分析センター
川原田、磯貝、太田(智)、太田(裕)、新田、金子、篠原、田中、大槻、鈴木(勝)、豊岡、平出、佐藤、樫原、丹、佐久間、板倉、鈴木(颯)、斎藤、城谷、深谷、阿部(美)、細田、日比野、阿部(剛)

3. 議題

(1) 令和 6 年度前期分析分の環境試料の放射能分析結果について
(2) 令和 6 年度前期分析分の大気中放射性希ガス濃度測定結果について
(3) 環境放射能水準調査の充実化のための提案について
・ICP-MS を用いた Pu-241 濃度の測定
(4) その他

4. 配付資料

水準 2-1-1　令和 6 年度第 1 回環境放射能水準調査検討委員会議事要旨
水準 2-1-2　令和 6 年度第 1 回環境放射能水準調査検討委員会でのご意見について
水準 2-2　令和 6 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)
水準 2-3　令和 6 年度環境放射能水準調査(放射能分析)結果（速報）概要案

水準 2-4　　ICP-MS を用いた Pu-241 濃度の測定

5.　参考資料

参考資料　　令和 6 年度環境放射能水準調査委託実施計画書

(3) 令和 6 年度 第 3 回環境放射能水準調査検討委員会

1. 日時　令和 7 年 3 月 6 日（木）　13：30～16：45

2. 出席者(敬称略)

委員長	吉田 聡	公益財団法人　環境科学技術研究所
委員	青野 辰雄	特殊法人　福島国際研究教育機構
	飯本 武志	東京大学
	廣瀬 勝己	元　気象研究所
	古川 雅英	琉球大学
	三浦 勉	国立研究開発法人　産業技術総合研究所
	森田 貴己	国立研究開発法人　水産研究・教育機構
	脇谷 雄一郎	公益社団法人　日本アイソトープ協会
委託元	久保 善哉	原子力規制庁監視情報課放射線環境対策室
	下口 啓志郎	同上
	吉田 健太郎	同上
	田中 宏樹	同上
	磯田 和志	同上
事務局	日本分析センター	
	川原田、太田(智)、太田(裕)、新田、篠原、田中、王、大槻、鈴木(勝)、豊岡、平出、樫原、佐久間、佐野、杉山、今野、鈴木(颯)、飯田、渡辺(壮)、加藤、城谷、深谷、井上、長岡、薮田、松本、岩井、小松崎、山本、日比野、富川、阿部(美)、細田、阿部(剛)	

3. 議題

(1) 令和 6 年度環境放射能水準調査の実施結果について

(2) 環境放射能水準調査委託実施計画書（案）について

(3) その他

4. 配付資料

水準 3-1	令和 6 年度第 2 回環境放射能水準調査検討委員会議事要旨
水準 3-2	全ベータ放射能測定結果
水準 3-3	ガンマ線放出核種の測定結果
水準 3-4	トリチウム分析結果
水準 3-5	ストロンチウム 90 分析結果
水準 3-6	プルトニウム分析結果
水準 3-7	ヨウ素 129 分析結果
水準 3-8	炭素 14 分析結果

水準 3-9　　クリプトン 85 分析結果
水準 3-10　　放射性キセノン分析結果
水準 3-11-1　　環境試料の放射能測定に係る精度管理結果（標準試料法）
水準 3-11-2　　環境試料の放射能測定に係る精度管理結果（試料分割法）
水準 3-11-3　　モニタリングポストの測定に係る精度管理結果
水準 3-12　　福島県下における空間線量の調査結果
水準 3-13　　精度管理の強化
水準 3-14　　委託業務報告書 目次案
水準 3-15-1　　環境放射能水準調査委託実施計画書（令和 6 年度）
水準 3-15-2　　「環境放射能水準調査委託実施計画書（案）」の変更箇所

７．都道府県の水準調査担当者を交えた精度管理に関する検討会

都道府県の水準調査担当者を交えた精度管理に関する検討会を令和７年３月 13 日に対面にて行った（対面で参加されない自治体に対しては、Web 配信を行った）。

内容は、以下のとおり

第１部 令和６年度環境放射能水準調査における精度管理について

1. 概要
2. 標準試料法(γ線スペクトロメトリー、放射化学分析(^{3}H、^{90}Sr、Pu))
3. 空間放射線測定

第２部 特別講演

日本分析センターが実施する環境放射能水準調査の変遷と調査結果の概要紹介

◇公益財団法人 日本分析センター　技術相談役　磯貝　啓介　氏

８．精度管理の強化

8.1 IAEA 等が実施する技能試験への参加

IAEA 等が実施する技能試験（相互比較分析）に参加することにより、分析測定技術の信頼性を確保した。

(1) 参加した技能試験

1) IAEA-TERC-2024-01 World Wide Proficiency Test Exercise

2) IAEA-TERC-2024-01 World Wide Proficiency Test Exercise

※　1)と同一名称であるが、異なる技能試験

3) IAEA-RML-2024-01 Proficiency Test

(2) 実施内容及び評価結果

1) IAEA-TERC-2024-01 World Wide Proficiency Test Exercise

①実施内容

実施内容を表 8-1 に示す。

表 8-1　実施内容

試料番号	試料	対象核種
Sample1	Spiked water	γ線放出核種、全α、全β、^{3}H、^{90}Sr、^{226}Ra 及び子孫核種、^{235}U、^{238}U、全 U
Sample3	Sediment	γ線放出核種
Sample4	Bauxite	γ線放出核種
Sample5	Simulated contaminated surface sample	^{134}Cs、^{90}Sr

※　Sample2、6 及び 7 は Quality Control、Sample8 は Blank

②評価結果

IAEA から分析機関ごとの個別評価報告書（Individual Evaluation Report）が送付された。個別評価報告書については、参考資料 5.1 に示す。この技能試験では、分析結果が真度（Trueness）及び精密さ（Precision）の２つで評価され、それらを総合した最終評価(Final Score)として、満足の場合は「Accepted」、疑わしい場合は「Warning」、不満足の場合は「Not accepted」の３段階で評価される。評価結果は、Sample3 の Pb-210 の「Not accepted」を除いて、すべて「Accepted」であった。

Sample3 の Pb-210 については、検討の結果、46.5keV の低エネルギーγ線に対する自己吸収補正が過剰だったことが原因と判明した。Am-241 のγ線（59.5keV）を用いて自己吸収補正係数を半実験的に求める方法を適用した結果、Pb-210 の結果について「Accepted」に相当する値が得られた。

2）IAEA-TERC-2024-01 World Wide Proficiency Test Exercise

①実施内容

実施内容を表 8-2 に示す。

表 8-2　実施内容

試料番号	試料	対象核種
Sample1	Spiked water	γ線放出核種、全α、全β、^{3}H、^{90}Sr、^{226}Ra 及び子孫核種、^{235}U、^{238}U、全 U
Sample3	Sediment	γ線放出核種
Sample4	Bauxite	γ線放出核種
Sample5	Simulated contaminated surface sample	^{134}Cs、^{90}Sr

※　Sample2、6 及び 7 は Quality Control、Sample8 は Blank

②評価結果

IAEA から分析機関ごとの個別評価報告書（Individual Evaluation Report）が送付された。個別評価報告書については、参考資料 5.2 に示す。この技能試験では、分析結果が真度（Trueness）及び精密さ（Precision）の２つで評価され、それらを総合した最終評価（Final Score）として、満足の場合は「Accepted」、疑わしい場合は「Warning」、不満足の場合は「Not accepted」の３段階で評価される。評価結果は、Sample3 の Pb-210 の「Not accepted」を除いて、すべて「Accepted」であった。

Sample3 の Pb-210 については、検討の結果、46.5keV の低エネルギーγ線に対する自己吸収補正が過剰だったことが原因と判明した。Am-241 のγ線（59.5keV）を用いて自己吸収補正係数を半実験的に求める方法を適用した結果、Pb-210 の結果について「Accepted」に相当する値が得られた。

3) IAEA-RML-2024-01 Proficiency Test

①実施内容

実施内容を表 8-3 に示す。

表 8-3　実施内容

試料	対象核種
Seawater	^{3}H、^{57}Co、^{90}Sr、^{134}Cs、^{137}Cs、未知のγ線放出核種（^{60}Co、^{125}Sb）

②評価結果

IAEA から分析機関ごとの個別評価報告書（Individual Evaluation Report）が送付された。個別評価報告書については、参考資料 5.3 に示す。この技能試験では、分析結果が正確さ(Accuracy)、精密さ(Precision)及び真度(Trueness)の３つで評価され、それらを総合した最終評価（Final Score）として、満足の場合は「Accepted」、疑わしい場合は「Warning」、不満足の場合は「Not accepted」の３段階で評価される。評価結果は、すべて「Accepted」であった。

8.2 IAEA ALMERA 年次会合の参加

IAEA ALMERA が主催する 21st Coordination Meeting にオンラインで参加した。

(1) 開催期間

2024 年 11 月 5 日～11 月 7 日（３日間）

(2) 内容

・2024 年度技能試験解析結果の報告
・分析法の開発状況と今後の計画
・関係機関の活動報告

(3) 開催方式

ハイブリッド方式

９．環境放射能水準調査の充実化のための提案

ALPS 処理水の海洋放出や核燃料再処理施設の本格稼働、原子力発電所の廃止措置といった日本を取り巻く原子力環境の変化を踏まえ、2022 年度以降、環境放射能水準調査検討委員会において環境放射能水準調査の充実化のための提案を行っている。

2024 年度は 2023 年度に引き続き、^{241}Pu 濃度の測定について調査内容の強化を行ったので報告する。

9.1 ICP-MS を用いた ^{241}Pu 濃度の測定

（土壌試料中 ^{241}Pu 濃度測定の効率化に係る検討）

(1) 概要

現在、土壌中のプルトニウム 241（以下 ^{241}Pu）分析は液体シンチレーションカウンタ（以下 LSC）を用いて測定を行っている。一方、土壌中 ^{241}Pu は誘導結合プラズマ質量分析装置（以下 ICP-MS）で測定可能との報告[1)]がある。

そこで、LSC に代わり ICP-MS による ^{241}Pu 測定を採用することで、現在の測定精度を維持した上で分析・測定時間の短縮や物品等のコスト削減が行え、さらに分析で生じる核燃料物質の廃棄物を抑制できるという利点がある。

本報告は、水準調査で実施している土壌（98 試料）を従来の LSC 測定に代わり、ICP-MS 測定に変更するための分析方法の検討を行ったものである。

(2) 従来の分析方法と新規分析方法について

従来の分析工程は、アルファ線スペクトロメトリー（^{238}Pu、$^{239+240}$Pu）を行ったのち試料を再調製し、ICP-MS 測定（^{239}Pu、^{240}Pu）を行う工程 1 と LSC（^{241}Pu）による工程 2 を並行運用している。工程 1 及び工程 2 でそれぞれ 98 試料を分析しており、合計 196 試料を分析している。したがって従来の Pu 同位体分析においては、1 試料につき 2 回分の作業時間や試薬類のコストがかかっている。図 1 に従来の分析工程を示す。

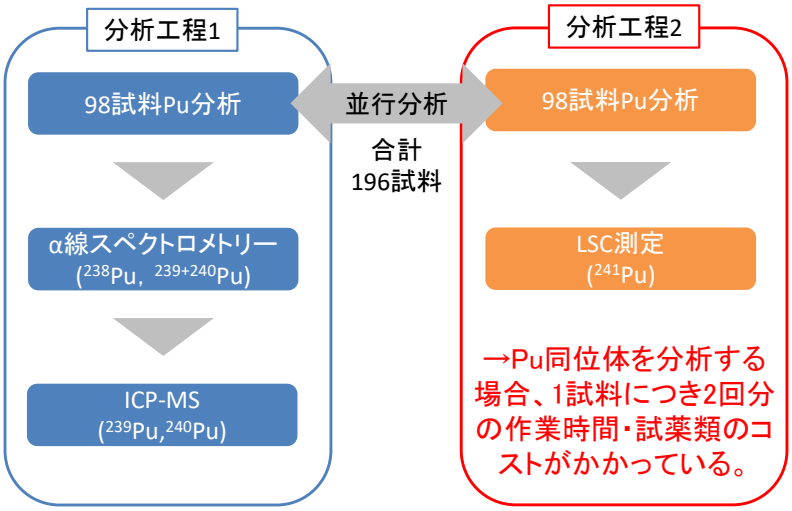


図 1 従来の分析工程

現在 LSC で測定している ^{241}Pu を ICP-MS で測定することができれば、分析フローを一本化でき（図 2 参照）、これにより 1 試料につき 2 回分のコストがかかっていた作業時間や試薬類のコストも半減できる。さらに、試薬の中には回収率補正用トレーサー（以下、トレーサー）として用いている核燃料物質である ^{242}Pu が添加されているため、LSC 測定後の測定溶液（有機シンチレーター）は廃棄することができず永年保管となっている。そこで ICP-MS による測定のための分析方法に変えることで、分析で生じる核燃料廃棄物の削減にもつなげられる。

図 2 において、文字の背景を赤で示した箇所は、ICP-MS による測定を行うために従来の分析方法から変更が必要となる工程である。

図 2 新規分析法

以下に、それぞれ変更を行う内容を記載する。

・変更点①　溶離液の変更について

先行研究[1)2)]では、分離・精製のための陰イオンカラム（以下、硝酸系カラム）の溶離液として塩酸系溶液ではなく臭化水素酸を用いる方法が採用されている。これは試料溶液中の鉛（Pb-206）が塩素（Cl-35）と反応し質量数 241 の多原子イオンとなり ^{241}Pu に干渉するため、これを抑える目的がある。このことから、分離・精製の硝酸系カラムにおける溶離液は、従来は塩酸系溶液を用いていたが、干渉の影響を受ける可能性があるために溶離液を臭化水素酸に変更する。

・変更点②　トレーサー由来の ^{241}Pu 補正について

^{242}Pu トレーサーには微量ながら ^{241}Pu が含まれる。従来の分析方法である LSC 測定では影響しない量であるが、ICP-MS では影響が確認された。対応策として、試料とは別にトレーサー溶液を個別に測定し、^{241}Pu と ^{242}Pu の計数率比から、試料に含まれるトレーサー由来の ^{241}Pu 量を差し引く方法を用いて補正することとした。

(3) 妥当性確認

新規分析法（ICP-MS）について、従来法（LSC）と以下に挙げる方法で妥当性を確認した。

1) 過去の水準調査土壌を分析した測定値の *En* スコア評価

過去の水準調査で使用した土壌試料を分析し、土壌中 ^{241}Pu 濃度について、従来法と新規分析法による測定結果を *En* スコア（<±1）により評価した。なお、新規分析法による測定結果については(2)で前述した硝酸系カラムの溶

離液の変更及び ^{241}Pu 補正を実施した。表 1 より、*En* スコアによる評価で満足する結果となり、新規分析法において従来法と測定精度に問題がないことを確認した。

表 1　従来法と新規分析法による測定値の比較（水準調査土壌）

水準土壌［深度］	従来法 (LSC)※	新規分析法 (ICP-MS)※	*En* スコア
長野県［5～20 cm］	0.382±0.117	0.459±0.0641	0.3
茨城県［0～5 cm］	1.01±0.145	1.01±0.148	0.1
大分県［0～5 cm］	2.09±0.162	1.95±0.0829	-0.4

※ 測定値は、それぞれの採取日に減衰補正した。なお測定結果の誤差は標準不確かさ(k=1)である。

2) 標準物質との *En* スコア評価

標準物質(IAEA-385、Irish Sea Sediment)を分析し、堆積物中 ^{241}Pu 濃度について、認証値と *En* スコアにより評価(<±1)した。結果を表 2 に示す。なお、測定結果については(2)で前述した硝酸系カラムの溶離液の変更及び ^{241}Pu 補正を実施した。表 2 より標準物質の認証値は *En* スコアによる評価で満足する結果となった。

表 2　標準物質による *En* スコア評価

核種	IAEA-385 認証値※ (Bq/kg 乾土)	JCAC 測定値※ (Bq/kg 乾土)	*En* スコア
^{241}Pu	9.9±1.0	9.7±1.2	-0.1

※ ^{241}Pu は 2019 年 1 月 1 日に減衰補正した。また、IAEA-385 および JCAC 測定結果の誤差表記は拡張不確かさ(k=2)である。

以上の①及び②の検討結果より、ICP-MS を用いた新規分析法の妥当性は確認できた。

3) 従来法と新規分析法による検出下限値の比較

表 3 に従来法と新規分析法による検出下限値を示す。表 3 に示す通り、新規分析法は従来法と比較して、検出下限値が低くなった。

表 3　従来法と新規分析法の検出下限値の比較

水準土壌［深度］	従来法（LSC） （Bq/kg 乾土）	新規分析法（ICP-MS） （Bq/kg 乾土）
長野県［5～20 cm］	0.33	0.18
茨城県［0～5 cm］	0.38	0.17
大分県［0～5 cm］	0.38	0.32

(4) まとめ

^{241}Pu の新規分析法について検討結果を示した。提案した ICP-MS による新規分析法は、妥当性確認の結果、従来法と比べて遜色ない結果が得られた。従来法と比べて、作業時間・試薬類のコスト等を削減できる利点もある。

以上のことから、令和 7 年度より ICP-MS を用いて土壌中 ^{241}Pu 濃度の測定を行う。

(5) 参考文献

1) Zheng, Jian, and Masatoshi Yamada. ″Determination of plutonium isotopes in seawater reference materials using isotope-dilution ICP-MS.″ Applied Radiation and Isotopes 70.9 (2012): 1944-1948.

2) Huang, Zhaoya, et al. ″Simultaneous determination of ultra-trace level ^{237}Np and Pu isotopes in soil and sediment samples by SF-ICP-MS with a single column chromatographic separation.″ Microchemical Journal 148 (2019): 597-604.