

令和5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

2024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5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5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	16
2.4 ストロンチウム 90 分析	30
2.5 プルトニウム分析	42
2.6 ヨウ素 129 分析	53
2.7 炭素 14 分析	65
2.8 クリプトン 85 分析	68
2.9 放射性キセノン分析	76
2.10 福島県下における空間線量の調査	81
3. 分析法及び妥当性の確認	157
3.1 全ベータ放射能測定	157
3.2 ガンマ線放出核種の測定	158
3.3 トリチウム分析	160
3.4 ストロンチウム 90 分析	163
3.5 プルトニウム分析	168
3.6 ヨウ素 129 分析	169
3.7 炭素 14 分析	173
3.8 クリプトン 85 分析	176
3.9 放射性キセノン分析	189
3.10 福島県下における空間線量の調査	192
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	205
4.1 標準試料法	205
4.2 試料分割法	205
4.3 モニタリングポストの測定に係る精度管理	206

5. 47 都道府県における放射能測定の補助	249
6. 環境放射能水準調査検討委員会	250
6.1 委員会構成	250
6.2 委員会開催日と議題	252
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	257
8. 精度管理の強化	258
8.1 IAEA が実施する技能試験への参加	258
8.2 IAEA-ALMERA 年次会合の参加	260
9. 環境放射能水準調査の充実化のための提案	261
9.1 ICP-MS/MS を利用した長半減期核種の分析	262
9.2 大容量エアサンプラ (SNOW WHITE) を用いた Na-22 の大気中濃度測定	265

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は、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、大気浮遊じんを月ごとまたは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。

むつ市(10 月から札幌市に変更)、福島市、千葉市及び京都市で、毎月採取した

月間降水について、電解濃縮法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、電解濃縮法もしくは蒸留法によりトリチウムを分析した。

④ ストロニウム 90 分析

ストロニウム 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 2022 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 、 $^{239+240}\text{Pu}$ 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 、 $^{239+240}\text{Pu}$ を分析、ICP 質量分析装置により ^{239}Pu 、 ^{240}Pu を分析した。

⑥ ヨウ素 129 分析

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、 $^{131\text{m}}\text{Xe}$ （半減期 11.96 日）、 ^{133}Xe （半減期 5.244 日）、 $^{133\text{m}}\text{Xe}$ （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、 $^{131\text{m}}\text{Xe}$ 、 ^{133}Xe 、 $^{133\text{m}}\text{Xe}$ 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、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及び 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

2023 年 3 月から 2024 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 2018 年度から 2022 年度までの結果と併せて表 2-1-1 に示す。

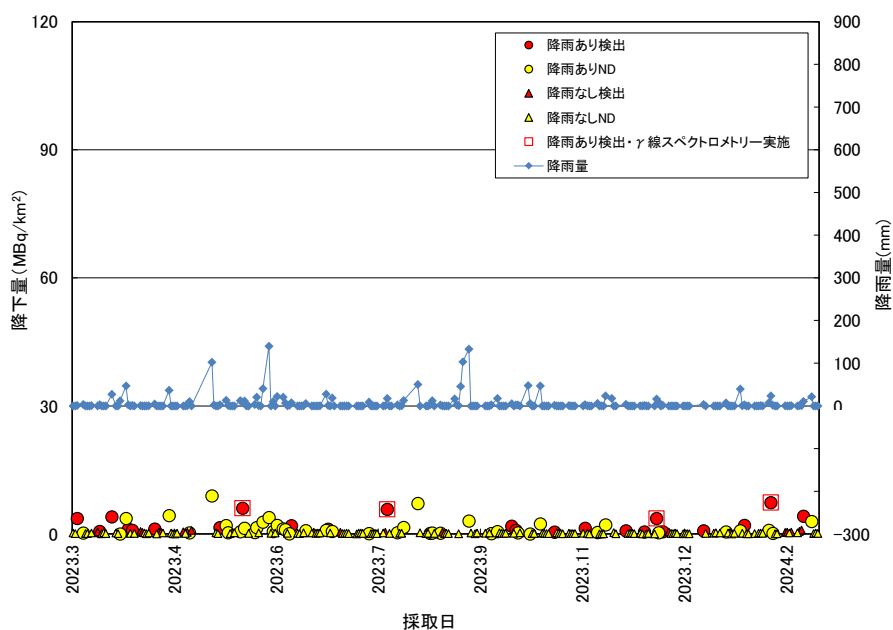


図 2-1-1 2023 年度の定時降水の全ベータ放射能測定結果

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
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
2018年度	2018.3～2019.2	87	41	ND～1.3	ND～13

2023 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～3.2 Bq/L、降下量が ND～7.3 MBq/km² 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、2023 年度の「降雨なし」の試料は、ND～0.91 MBq/km² 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、2023 年度は 18%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月 1 回または週 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。ロウボリウムエアサンプラ（LV）による大気浮遊じんの採取は大容量エアサンプラ（SNOW WHITE：SENYA 製）（SW）への採取装置の変更に伴い、2023 年 3 月採取分までとし、2023 年 4 月からは大気浮遊じんの採取には大容量エアサンプラを用いた。なお、採取装置の変更に合わせて、採取期間も 1 ヶ月毎から 1 週間毎に変更した。SW の結果は 2.2.2 に記載し、ここでは LV の結果について記載をする。

(2) 結果と考察

大気浮遊じん（LV）中の ^7Be 、 ^{134}Cs 及び ^{137}Cs の分析結果（最小値及び最大値）を 2018 年度から 2022 年度までの結果と併せて表 2-2-1 に示す。

降下物中の ^7Be 、 ^{134}Cs 及び ^{137}Cs の分析結果（最小値及び最大値）を 2018 年度から 2022 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（LV））

単位：mBq/m³

核 種	濃度範囲	2018～2022 年度	2023 年度分析分
^7Be	最小値～最大値	1.4 ～ 6.9	4.1 ～ 4.8
^{134}Cs		ND	ND
^{137}Cs		ND ～ 0.013	ND ～ 0.0079

表 2-2-2 過去の調査結果との比較（降下物）

単位：Bq/m²

核 種	濃度範囲	2018～2022 年度	2023 年度分析分
^7Be	最小値～最大値	18 ～ 370	28 ～ 220
^{134}Cs		ND ～ 0.23	ND
^{137}Cs		0.15 ～ 2.4	0.18 ～ 0.74

2023 年度における大気浮遊じん (LV) 中の ^7Be 濃度は $4.1\sim 4.8\text{ mBq/m}^3$ 、 ^{134}Cs 濃度は全て ND、 ^{137}Cs 濃度は $\text{ND}\sim 0.0079\text{ mBq/m}^3$ であった。 ^7Be 濃度については、過去 5 年間 (2018 年度から 2022 年度まで) の調査結果の変動 ($1.4\sim 6.9\text{ mBq/m}^3$) の範囲内であった。大気浮遊じん (LV) 中の ^{137}Cs については、2011 年 3 月以前の 5 年間 (2006 年 2 月～2011 年 2 月) は検出されたことはなく、東京電力福島第一原子力発電所の事故に起因するものと考えられるが、年々減少傾向を示している。

2023 年度における降下物中の ^7Be 降下量は $28\sim 220\text{ Bq/m}^2$ 、 ^{134}Cs 降下量は全て ND、 ^{137}Cs 降下量は $0.18\sim 0.74\text{ Bq/m}^2$ であった。 ^7Be 降下量については、過去 5 年間 (2018 年度から 2022 年度まで) の調査結果の変動 ($18\sim 370\text{ Bq/m}^2$) の範囲内であった。なお、降下物中の ^{134}Cs 及び ^{137}Cs は年々減少傾向を示しており、 ^{134}Cs は全て不検出であった。 ^{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。

2011 年度から 2023 年度までの大気浮遊じん (LV) 中の ^7Be 、 ^{134}Cs 及び ^{137}Cs 濃度比較図を図 2-2-1、図 2-2-2 に、降下物中の ^7Be 、 ^{134}Cs 及び ^{137}Cs 降下量比較図を図 2-2-3、図 2-2-4 に示す。

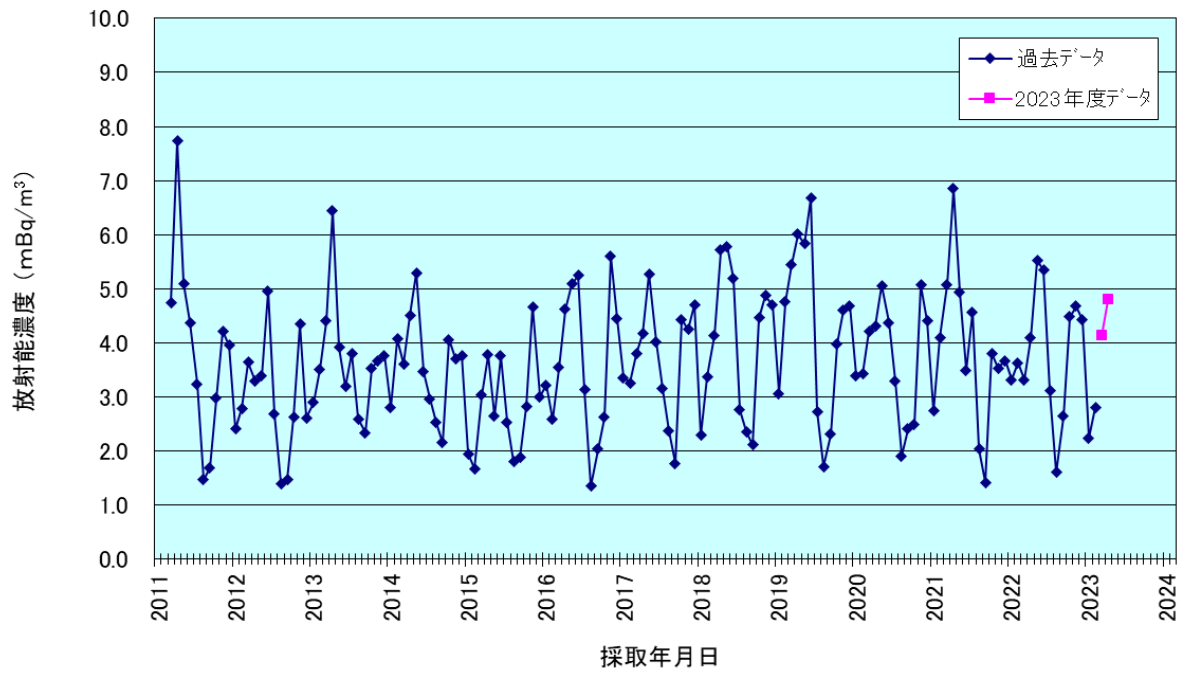


図2-2-1 大気浮遊じん(LV)中の ^7Be 濃度

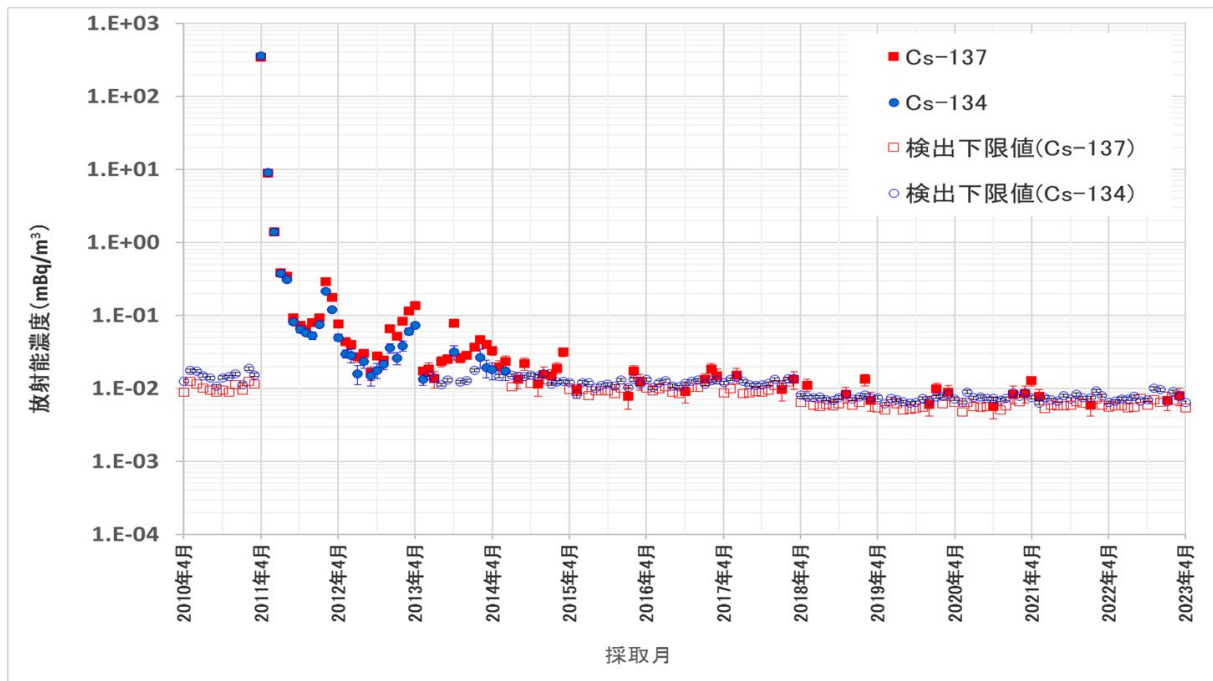


図2-2-2 大気浮遊じん(LV)中の ^{134}Cs 濃度及び ^{137}Cs 濃度

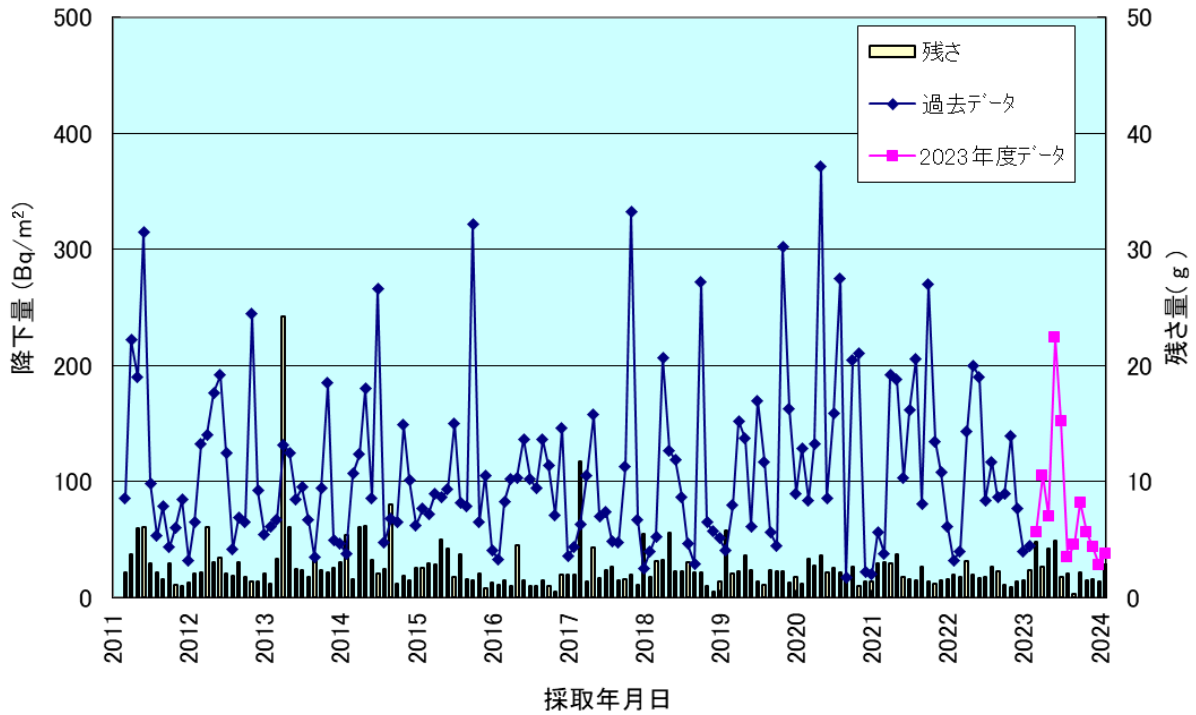


図2-2-4 降下物中の⁷Be降下量

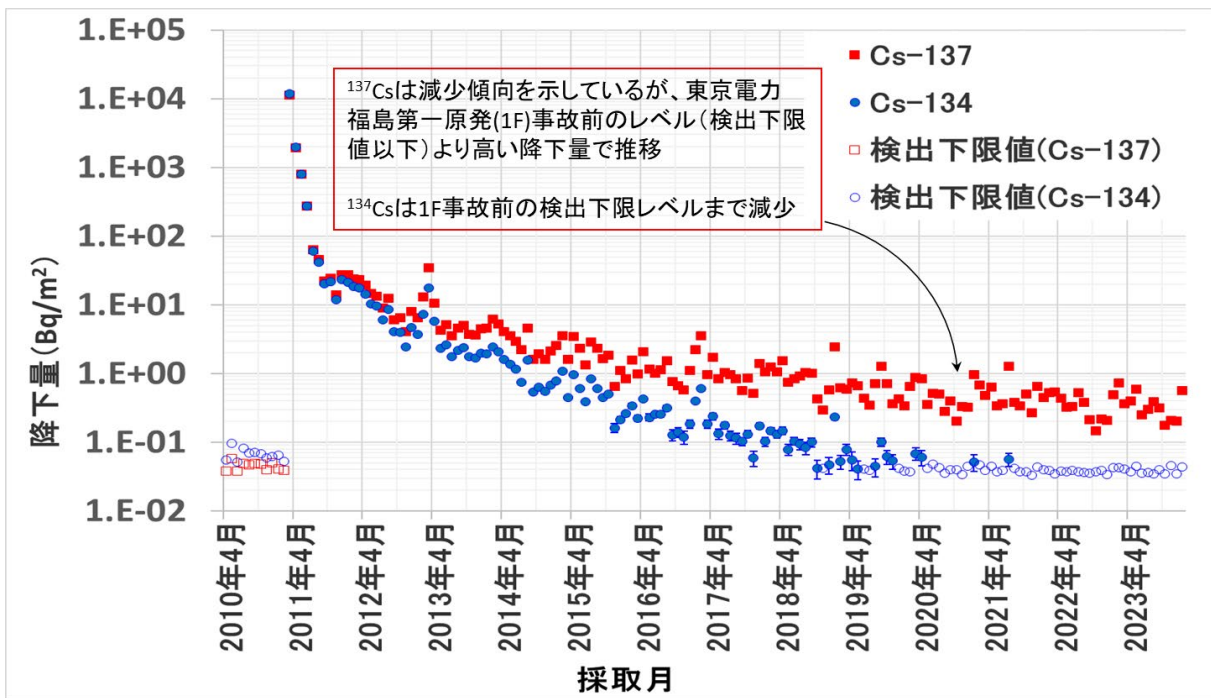


図 2-2-4 降下物中の¹³⁴Cs 降下量及び¹³⁷Cs 降下量

2.2.2 大気浮遊じんの高感度分析

(1) 概要

大容量エアサンプラ (SENYA 製 SNOW WHITE) (SW) を用いて、分析センター内において、週毎に大気浮遊じんを採取し、ゲルマニウム半導体検出器による高感度分析を実施した。

(2) 試料の採取

大容量エアサンプラ (図 2-2-5 参照) にガラス繊維ろ紙 (570 mm×460 mm) を装着して、680 m³/h の流量で約 3.5 日間 (約 57000 m³) の大気を連続吸引し、大気浮遊じんをろ紙上に捕集した (図 2-2-6 参照)。捕集後のろ紙は専用のプレス機 (図 2-2-7 参照) 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。

なお、¹³⁴Cs (半減期 2.065 年) の減衰により徐々に不検出となる試料が増えたため、2017 年 4 月 10 日採取分よりろ紙を 2 期間分の 2 枚 (約 7 日間の大気) 重ねて成型し、測定試料とした。



図 2-2-5 大容量エアサンプラ



図 2-2-6 捕集後の大気浮遊じん



図 2-2-7 測定試料成型用のプレス機

(3) 試料の測定

試料の測定については、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、測定前に試料を 1 週間以上保管して、 ^{222}Rn からの壊変生成物等の減衰を待ってから測定を行った。測定時間は 160000 秒間以上 (2019 年 4 月 8 日採取分までは 70,000 秒間以上) とし、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。

(4) 結果と考察

大気浮遊じん (SW) 中の ^7Be 、 ^{134}Cs 及び ^{137}Cs の分析結果 (最小値及び最大値) を表 2-2-3 に、経時変化を図 2-2-8、図 2-2-9 及び図 2-2-10 に示す。

表 2-2-3 大容量エアサンプラによる調査結果

単位: $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ (^7Be は mBq/m^3)

核 種	濃度範囲	2018～2022 年度	2023 年度 (2023 年 2 月 6 日～2024 年 2 月 5 日)
^7Be	最小値～最大値	0.72 ～ 9.8	1.1 ～ 7.5
^{134}Cs		ND ～ 0.44	ND
^{137}Cs		0.93 ～ 20	0.40 ～ 6.7

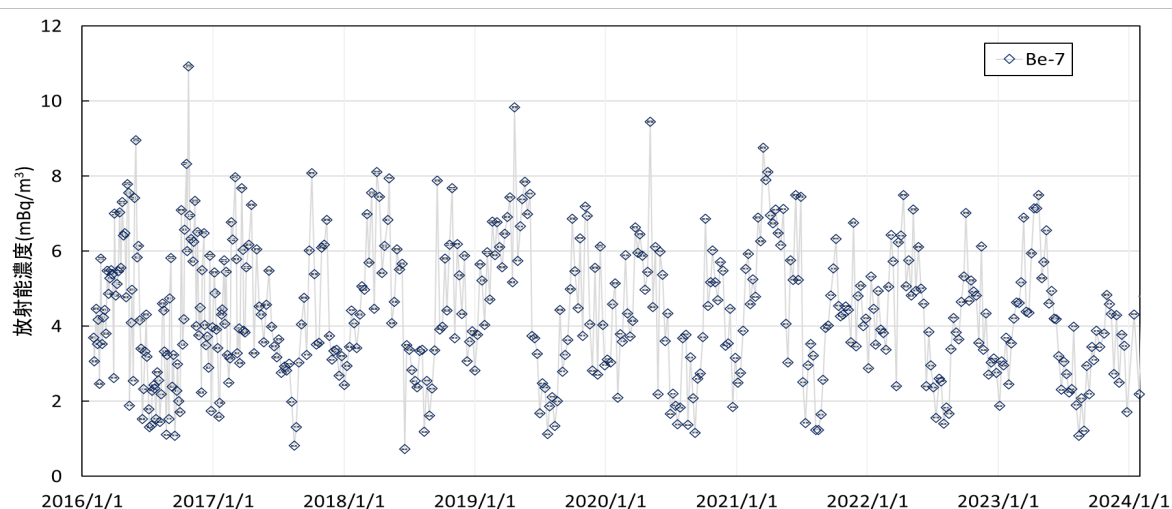


図 2-2-8 大気浮遊じん (SW) 中の ^7Be 濃度

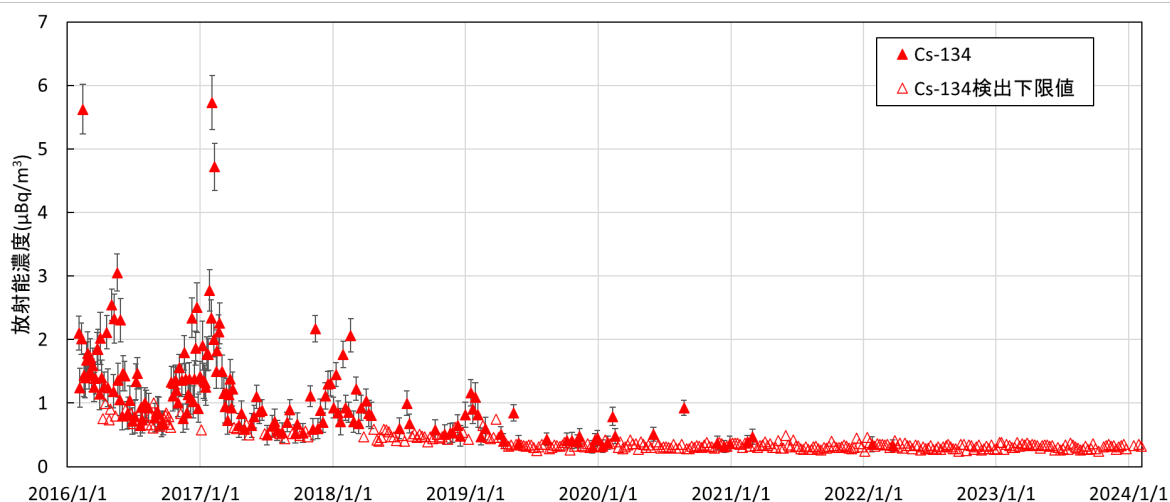


図 2-2-9 大気浮遊じん (SW) 中の ^{134}Cs 濃度

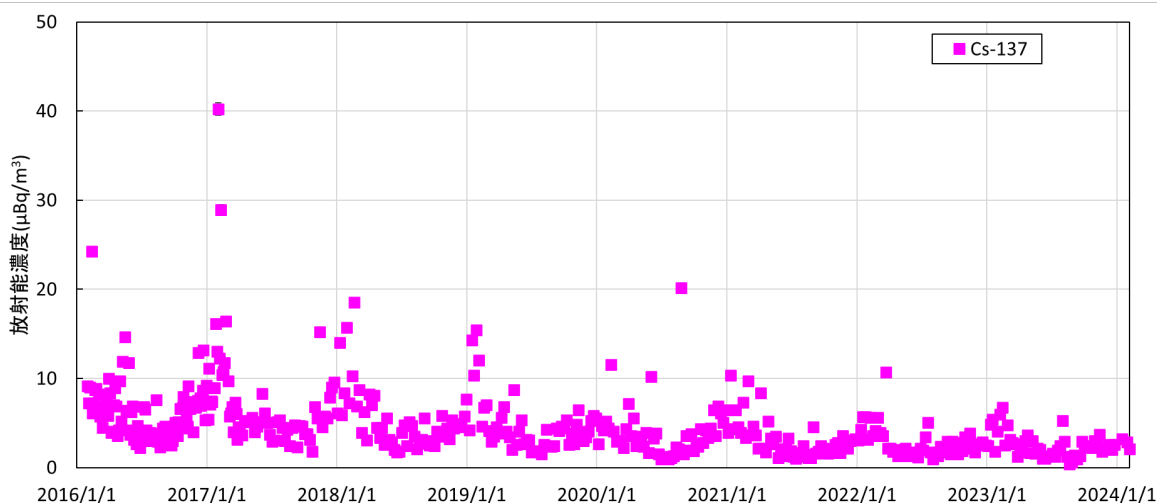


図 2-2-10 大気浮遊じん (SW) 中の ^{137}Cs 濃度

大容量エアサンプラによる大気浮遊じん (SW) 中の ^7Be 濃度は、 $1.1 \sim 7.5 \text{ mBq/m}^3$ 、 ^{137}Cs 濃度は $0.40 \sim 6.7 \text{ μBq/m}^3$ であった。 ^{134}Cs は全て ND であった。

LV と SW のこれまでの放射能濃度を比較すると、LV の方が高くなる傾向が見られるため、結果の評価は LV と SW で分けて記載することとした。LV と SW の設置状況は図 2-2-11 に示した。SW は捕集期間が 1 週間と時間分解能に優れているため、短期的な変動を把握することが可能となったが、その分濃度の変動幅が LV に比べて広がっている。また、図 2-2-2 に示した LV の調査結果は、 ^{134}Cs が 2014 年 6 月以降不検出、 ^{137}Cs も近年は大半の試料が不検出であったが、LV から SW に機器変更を行ったことで、大気導入量が約 40 倍程度大きいことにより検出下限値を下げることができ (表 2-2-4)、より低レベルまでの測定が可能となった。このため、 ^{137}Cs は全ての試料から検出された。



図 2-2-11 ロウボリウムエアサンプラと大容量エアサンプラ (SW) の設置状況

表 2-2-4 ロウボリウムエアサンプラと大容量エアサンプラの比較

	ロウボリウムエアサンプラ	大容量エアサンプラ (SW)
メーカー	東京ダイレック社	SENYA 社 (フィンランド)
流量	約 4.5 m ³ /h	約 680 m ³ /h
ろ紙面積	1734 mm ²	262200 mm ²
線速度	約 2600 m/h	約 2600 m/h
測定頻度	月 1 回	週 1 回
吸引量	約 3,000 m ³ /月	約 110,000 m ³ /週 (約 440,000 m ³ /月)
検出下限値 (¹³⁷ Cs)	約 8 μBq/m ³	約 0.3 μBq/m ³

2.2.3 粉乳

(1) 概要

市販されている粉乳（ドライミルク）及び脱脂粉乳（スキムミルク）を年2回、12試料購入し、ゲルマニウム半導体検出器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2-2-4に示す。

表 2-2-4 粉乳の測定結果

単位：Bq/kg

		2018～2022 年度	2023 年度分析分
ドライミルク	^{134}Cs	ND	ND
	^{137}Cs	ND ～ 0.12	ND ～ 0.069
	^{40}K	140 ～ 260	140 ～ 250
スキムミルク	^{134}Cs	ND	ND
	^{137}Cs	0.35 ～ 1.4	0.35 ～ 0.87
	^{40}K	410 ～ 540	470 ～ 490

2023 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 2018 年度～2022 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4か所（青森県(10月から北海道に変更)、福島県、千葉県及び京都府）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。

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）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	日本分析センター むつ分析科学研究所*2	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

*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

(2) 結果と考察

2023年2月から2024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。

むつ市・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。

表 2-3-2 月間降水中のトリチウム分析結果

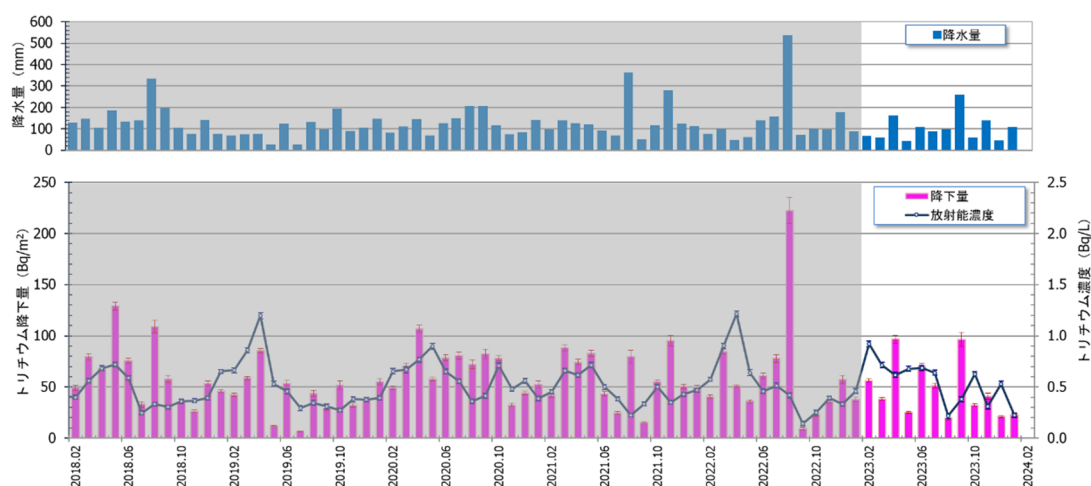
調査地点	トリチウム濃度 (Bq/L)	過去5年間のトリチウム濃度 (Bq/L)	トリチウム月間降下量* ² (Bq/m ²)	過去5年間のトリチウム月間降下量 (Bq/m ²)
むつ市・札幌市* ¹	0.22 - 0.92	0.14 - 1.2	20 - 97	6.5 - 220
福島市	0.17 - 1.5	0.081 - 1.0	11 - 120	3.6 - 160
千葉市* ³	0.15 - 0.62	0.097 - 0.69	2.0 - 73	3.4 - 140
京都市	0.15 - 0.70	0.14 - 0.76	8.5 - 120	6.1 - 110

注) 有効数字2桁で表示

*¹ 10月分より北海道札幌市にて採取開始

*² 単位面積当たりのトリチウム降下量

*³ 千葉市 2023年7月分は試料量が少ないため蒸留法で分析



注) 10月分より北海道札幌市にて採取開始

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 (むつ市・札幌市)

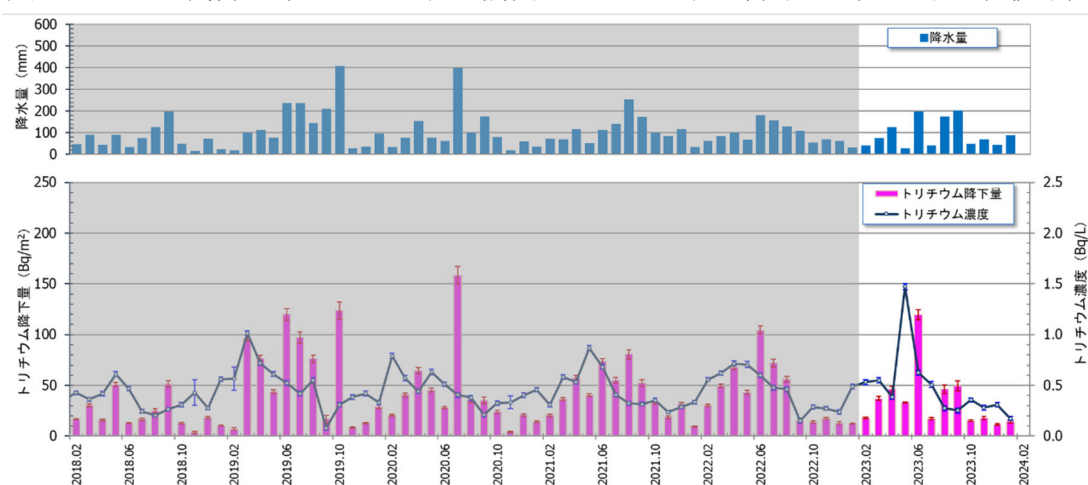


図 2-3-2 月間降水中のトリチウム濃度及びトリチウム降下量 (福島市)

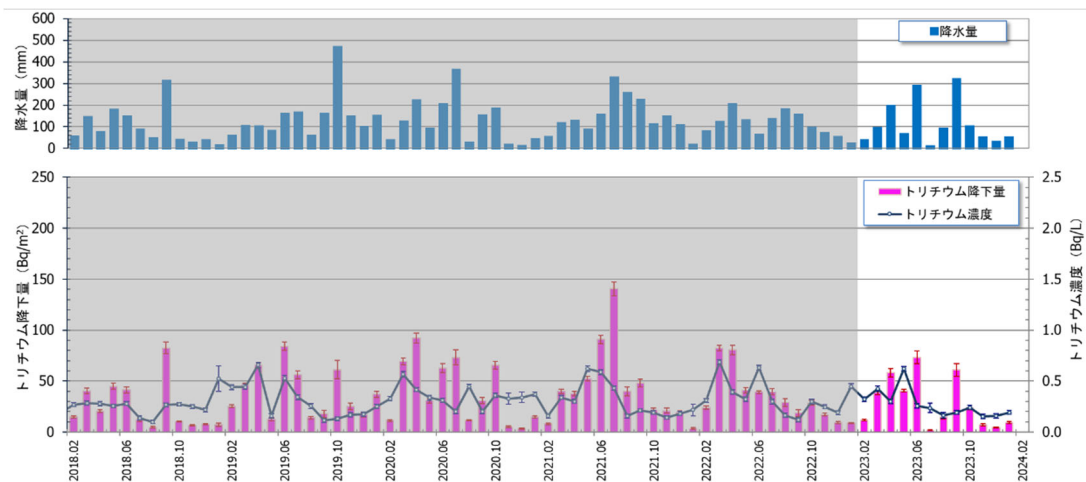


図 2-3-3 月間降水中のトリチウム濃度及びトリチウム降下量（千葉市）

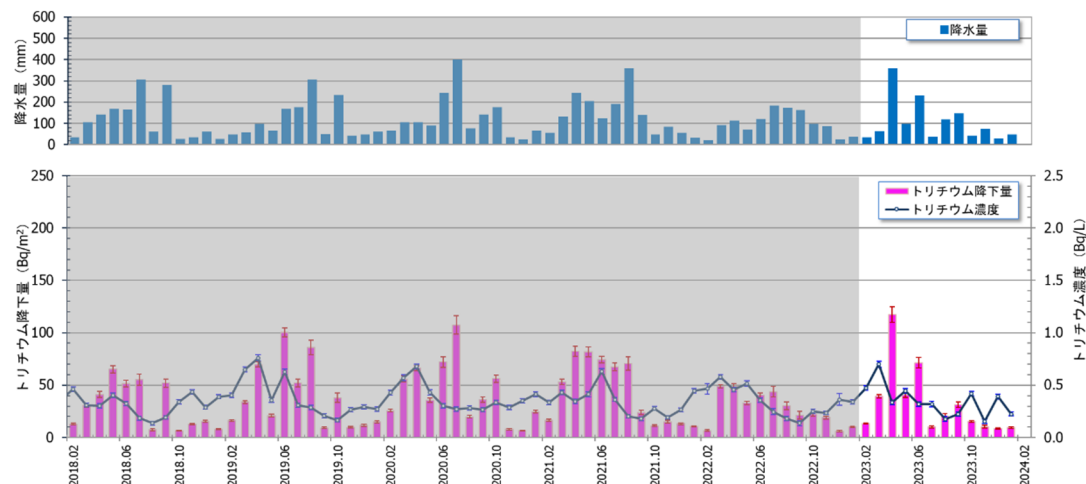


図 2-3-4 月間降水中のトリチウム濃度及びトリチウム降下量（京都市）

トリチウム濃度については、むつ市・札幌市、千葉市、京都市では過去5年の範囲内であったが、福島市は2023年5月分で過去5年の範囲を超過した（表2-3-2参照）。超過した要因として、春ごろに観測される成層圏からのトリチウムの供給が考えられた。また、福島市における降水観測日（図2-3-5参照）の内、22日と23日には黄砂が確認されていることから、アジア大陸側からの気団の影響を受けたことも要因の一つとして考えられた。なお、成層圏からのトリチウムの供給や、アジア大陸側からの気団の影響をうけ、例年2月～6月には程度の差はあるもののトリチウム濃度の増加が見られている。そのため、今回の福島市5月分の結果についても季節的な変動の一部であることが考えられた。

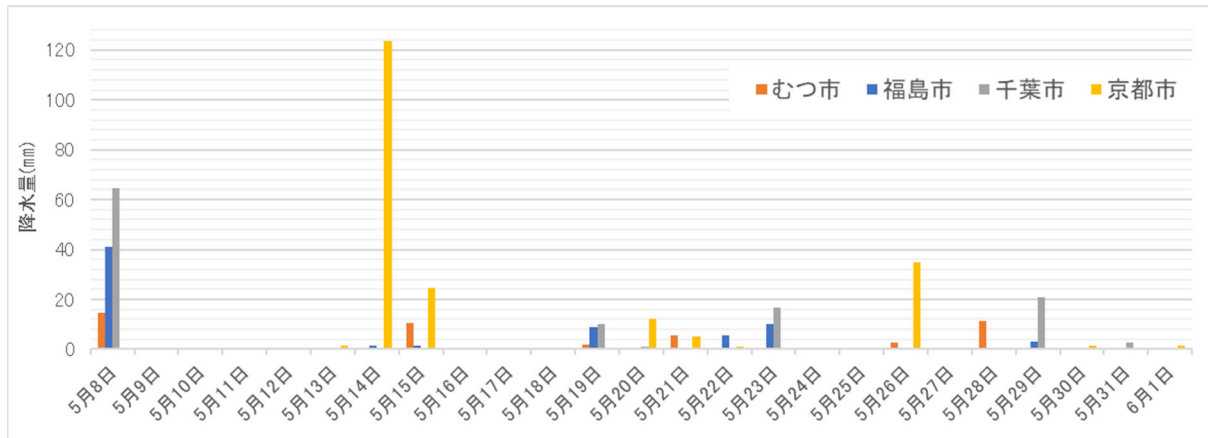


図 2-3-5 2023 年 5 月分採取期間中の降水量の経時変化

また、月間トリチウム降下量については、むつ市・札幌市、福島市、千葉市、では過去 5 年の範囲内であったが、京都市は 2023 年 4 月分で過去 5 年の範囲を超過した（表 2-3-2 参照）。超過した要因の一つとして、当該月の採水量が本調査期間（2023 年 2 月～2024 年 1 月）のその他の月に比べて多いことが考えられた（表 2-3-3 参照）。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 2-3-3 京都市の月間降水中のトリチウム濃度とトリチウム降下量

月間降水	採水期間	採水量 (L)	トリチウム 濃度 (Bq/L)	トリチウム 降下量 (Bq/m ²)
2023 年 4 月分	2023/4/3 － 2023/5/8	12.5	0.33 ± 0.021	120 ± 7
その他の月	—	0.77 － 7.95	0.15 － 0.70	8.5 － 71

2018 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 ⁷Be 及びトリチウム降下量の経時変化図を図 2-3-6 に、⁷Be 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天然の放射性核種であり、同じく宇宙線で生成する ⁷Be と相関があると考えられる。

千葉市における 2018 年 2 月分から今回報告分までの ⁷Be 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、⁷Be 降下量とトリチウム降下量は良い相関を示した。

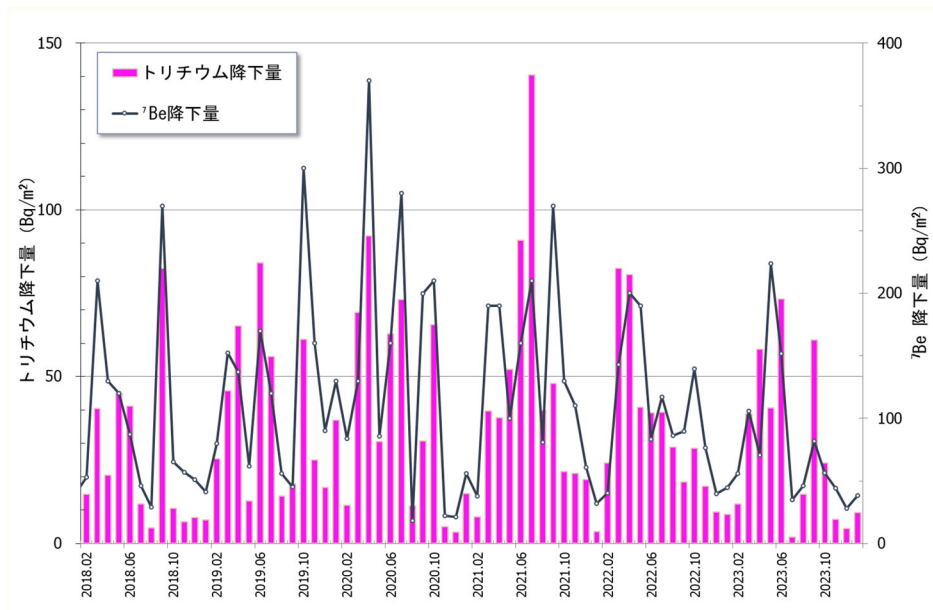


図 2-3-6 千葉市における降水中の ^7Be 及びトリチウム降下量の経時変化

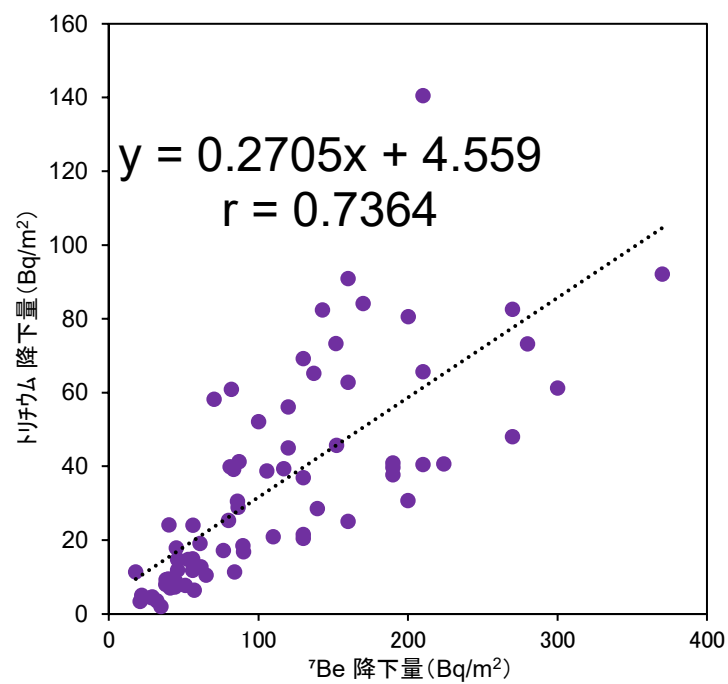


図 2-3-7 千葉市における降水中の ^7Be とトリチウム降下量の相関

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。乾物を粉碎後によく混合し、無トリチウム水を加え、凍結乾燥を繰り返して交換されやすい交換型トリチウムを除き、非交換型の有機結合型トリチウムの試料とした。非交換型有機結合型トリチウム試料は燃焼して燃焼生成水を回収し、還流及び蒸留を行った。蒸留後の留出液と乳化シンチレータを混合し、低バックグラウンド液体シンチレーションカウンタによりトリチウム濃度を定量した。組織自由水は還流及び蒸留を行った後、同様に低バックグラウンド液体シンチレーションカウンタにより定量した。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

2023年度に実施した調査結果を表2-3-4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ND、野菜及び精米のTFWTは0.27 ～ 0.53 Bq/Lであり、過去の調査結果の範囲内であった。

海藻のNEOBTはND、野菜及び精米のNEOBTはND ～ 0.26 Bq/Lであり、過去の調査結果の範囲内であった。

表 2-3-4 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	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.02
アカモク	秋田	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.02
アラメ	千葉	< 0.2	< 0.3	< 0.2	< 0.03
キャベツ	北海道	0.53 ± 0.089	0.26 ± 0.063	0.50 ± 0.083	0.0083 ± 0.0020
	秋田	0.49 ± 0.078	< 0.3	0.45 ± 0.072	< 0.009
	千葉	0.27 ± 0.062	0.19 ± 0.052	0.25 ± 0.058	0.0068 ± 0.0019
精米	北海道	0.38 ± 0.088	< 0.3	0.047 ± 0.011	< 0.2
	秋田	0.36 ± 0.087	< 0.3	0.038 ± 0.0092	< 0.2
	千葉	0.28 ± 0.072	< 0.2	0.030 ± 0.0078	< 0.09

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。

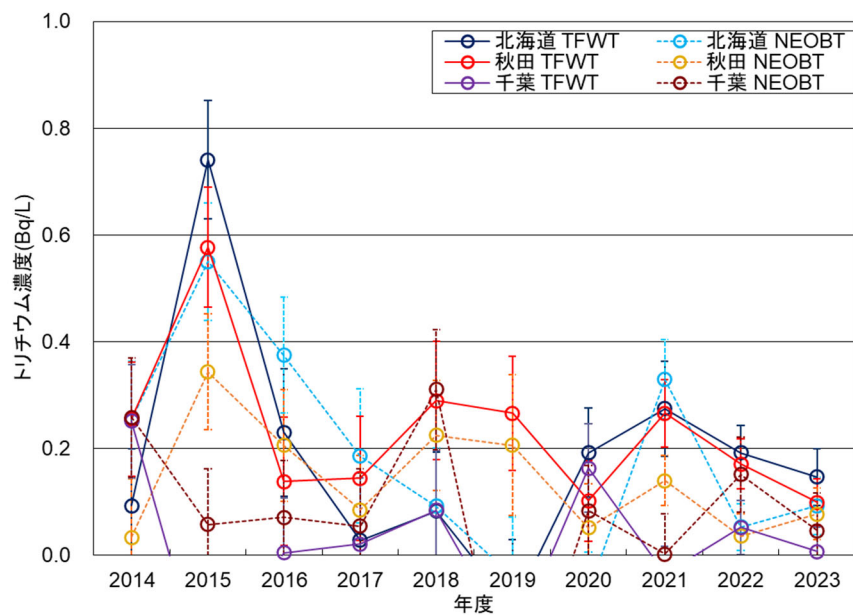


図 2-3-8 生物試料中のトリチウム濃度 (海藻)

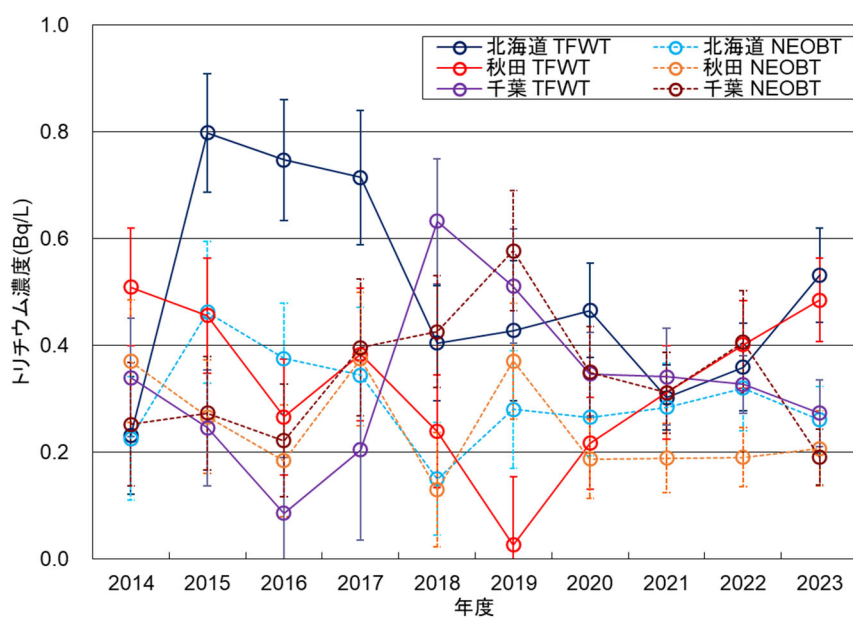


図 2-3-9 生物試料中のトリチウム濃度（野菜）

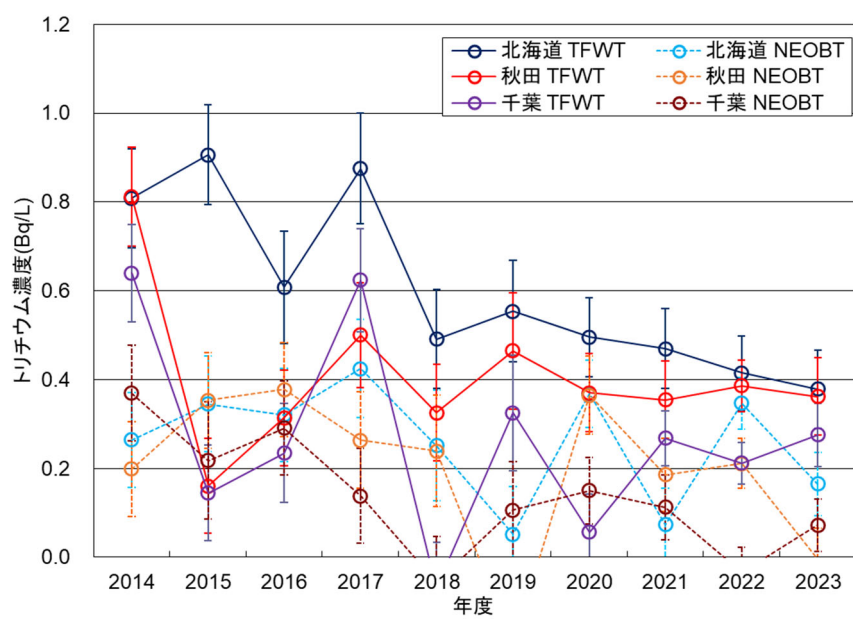


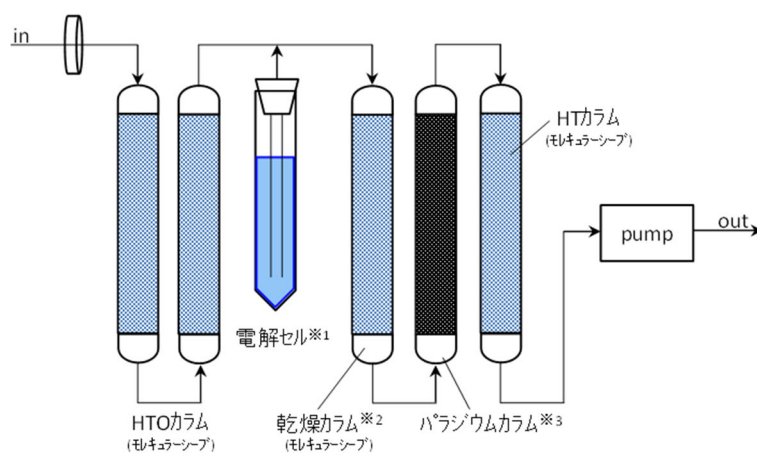
図 2-3-10 生物試料中のトリチウム濃度（精米）

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10月改訂)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

2023年1月から2024年1月における大気中のHTO分析結果を表2-3-5、大気中HT分析結果を表2-3-6、単位体積当たりのHTO濃度/HT濃度比を表2-3-7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、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 ~ 0.73 Bq/Lであり、単位体積当たり

のHTO濃度範囲はND ～ 8.7 mBq/m³と過去5年間における国内の大気中HTO濃度の範囲内（表2-3-8参照）であった。

大気水蒸気当たりのHT濃度範囲は0.38 ～ 1.4 Bq/Lであり、単位体積当たりのHT濃度範囲は1.9 ～ 9.7 mBq/m³であった。

単位体積当たりのHTO濃度/HT濃度比は0.18 ～ 1.2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 2-3-5 大気中のHTO分析結果

採取期間	試料数	HTO濃度 (Bq/L)	HTO濃度 (mBq/m ³)
2022/03/29 - 2023/01/31	38 ^{*1}	ND - 1.5	ND - 7.1
2023/01/31 - 2024/01/30	47 ^{*2}	ND - 0.73	ND - 8.7

注) 有効数字2桁で表示

*1: 前年度報告分

*2: 今年度報告分

表 2-3-6 大気中のHT分析結果

採取期間	試料数	HT濃度 (Bq/L)	HT濃度 (mBq/m ³)
2022/03/29 - 2023/01/31	37 ^{*1}	0.33 - 1.6	1.9 - 11
2023/01/31 - 2024/01/30	45 ^{*2}	0.38 - 1.4	1.9 - 9.7

注) 有効数字2桁で表示

*1: 前年度報告分

*2: 今年度報告分

表 2-3-7 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
2022/03/29 - 2023/01/31	0.18±0.060 - 1.7±0.51
2023/01/31 - 2024/01/30	0.18±0.070 - 1.2±0.27

表 2-3-8 2018 年 4 月-2023 年 3 月における国内の大気中トリチウム濃度*
(mBq/m³)

採取地点	青森県 青森市、横浜町 六ヶ所村	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 静岡市 御前崎市	京都府 舞鶴市	島根県 松江市
濃度範囲	ND	ND - 70	ND - 15	ND - 15	1.2 - 3.4	ND - 10

*環境放射線データベース (<https://www.kankyo-hoshano.go.jp/data/database/>) より

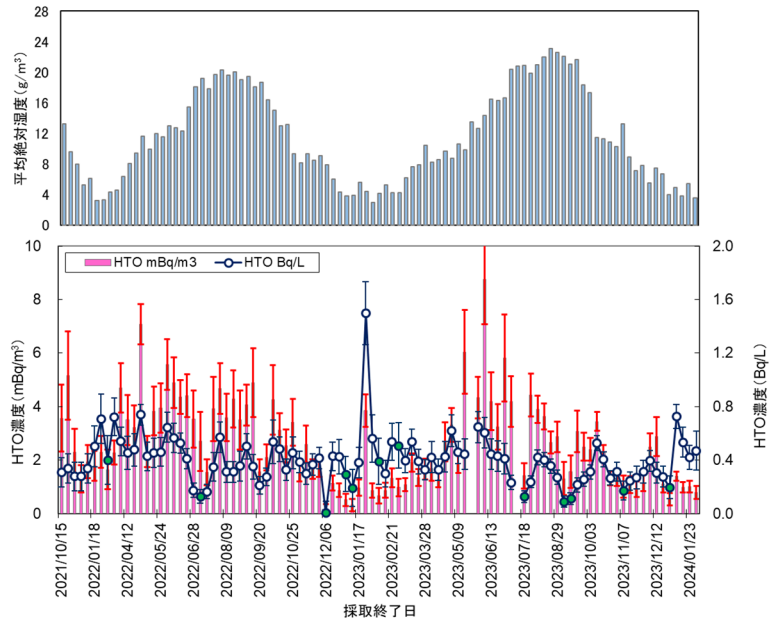


図 2-3-12 大気中 HTO 濃度及び平均絶対湿度

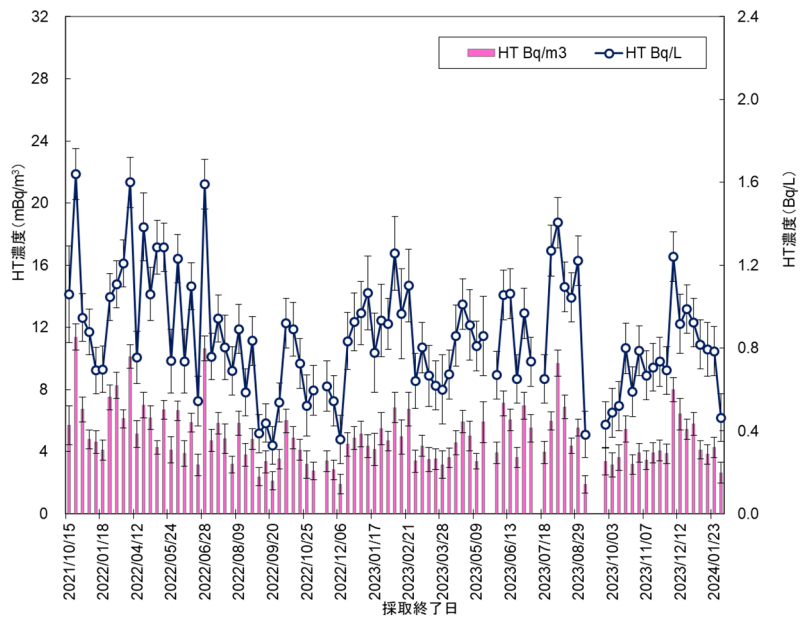


図 2-3-13 大気中 HT 濃度

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 10 月改訂)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。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。

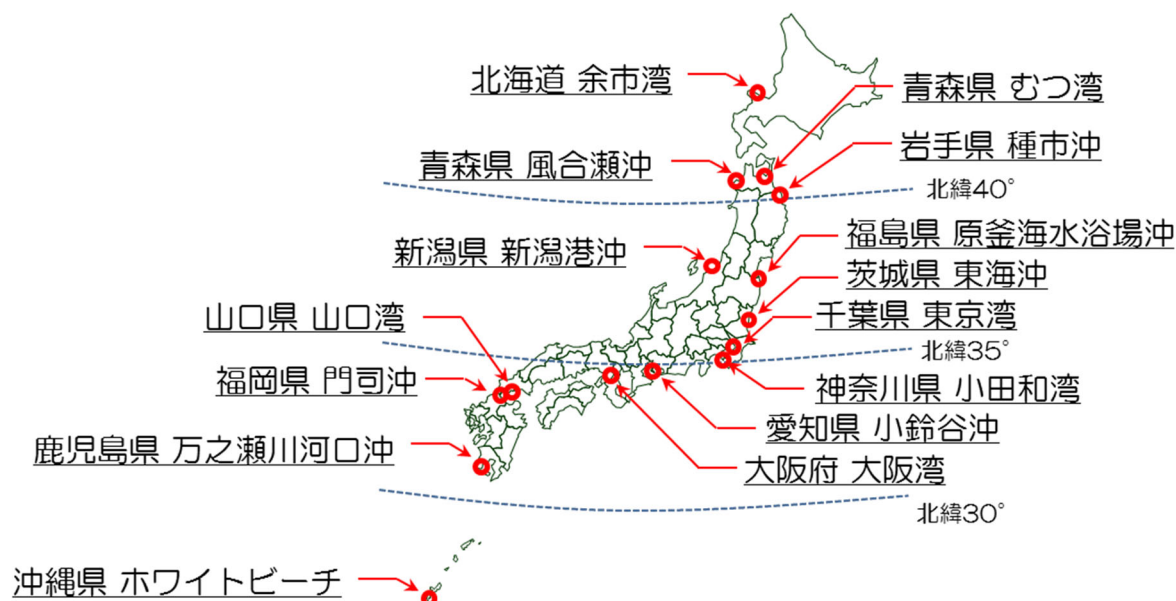


図 2-3-14 海水の採取地点

(2) 結果と考察

2023 年度に実施した結果を表 2-3-9 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、蒸留法で分析を実施し、ND であった山口県を除くと 0.043 ～ 0.26 Bq/L であり、過去 5 年間ににおける国内の海水中トリチウム濃度の範囲内(表 2-3-10 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要因としては、実用塩分 (Practical Salinity Unit: psu) が低いことから河川水の影響を大きく受けていることが示唆された。今後もデータを蓄積して傾向等を注視していく必要がある。

表 2-3-9 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			実用塩分 (psu)
		Bq/L			
北海道	2023/8/25	0.085	±	0.018	34.0
青森県 陸奥湾	2023/8/3	0.085	±	0.019	30.0
青森県 風合瀬沖	2023/7/13	0.064	±	0.019	31.3
岩手県	2023/7/5	0.053	±	0.013	31.3
福島県	2023/9/25	0.046	±	0.014	32.0
新潟県	2023/8/2	0.055	±	0.013	31.3
茨城県	2023/7/3	0.078	±	0.019	32.3
千葉県	2023/7/19	0.12	±	0.019	26.4
神奈川県	2023/8/17	0.10	±	0.020	31.3
愛知県	2023/11/8	0.048	±	0.014	30.9
大阪府	2023/7/11	0.26	±	0.026	8.7
山口県*	2023/8/16	<0.2			33.4
福岡県	2023/8/3	0.069	±	0.021	27.8
鹿児島県	2023/8/28	0.079	±	0.021	33.6
沖縄県	2023/7/10	0.043	±	0.010	36.0

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。

* 山口県の試料は、試料量が少なかつたため蒸留法で実施。

表 2-3-10 2018 年 4 月-2023 年 3 月における国内の海水中トリチウム濃度*

都道府県	海域	トリチウム 放射能濃度 (Bq/L)
北海道	北海道海域	ND - 0.16
青森県	青森海域	ND - 0.25
宮城県	宮城海域	ND - 0.10
福島県	福島海域	0.043 - 0.086
福島県	福島第一海域	ND - 0.38
福島県	福島第二海域	ND - 0.11
茨城県	茨城海域	ND - 0.10
新潟県	-	0.075 - 0.13
石川県	-	ND - 0.077
福井県	-	ND - 0.15
静岡県	-	ND - 0.070
島根県	-	ND - 0.098
愛媛県	-	0.093 - 0.13
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/>) より

2.4 ストロンチウム 90 分析

(1) 概要

2022 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、2023 年度に分析した環境試料（2023 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、分析センター内において月 1 回採取していた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（LV）による採取から大容量エアサンプラ（SW）による採取へ移行した。

1) 分析対象試料

大気浮遊じん、降下物、陸水、土壌、精米、野菜類、茶、牛乳、粉乳、淡水産生物、海水、海底土及び海産生物^{※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 濃度の平均値^{※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及び分析センターで月 1 回採取した試料
 ^{90}Sr : <0.0074 (ND) mBq/m³ n=200

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 : <0.067 (ND) MBq/km² n=575

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 : 0.65 (ND ～ 1.6) mBq/L n= 57

淡 水
 ^{90}Sr : 0.81 (ND ～ 1.9) mBq/L n= 10

^{※1} 福島県は、2022 年度の海産生物（魚類）を採取していない。

^{※2} ^{90}Sr 濃度が 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 壤

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/km² n = 49
0.92 (ND ～ 7.2) Bq/kg 乾土

5 ～ 20 cm

^{90}Sr : 74 (ND ～ 330) MBq/km² n = 49
0.73 (ND ～ 3.1) Bq/kg 乾土

5) 精 米

自治体で年 1 回採取した試料

^{90}Sr : <0.025 (ND) Bq/kg 生 n = 31
<0.61 (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 ～ 0.071) Bq/kg 生 n = 40
0.19 (ND ～ 0.65) Bq/gCa

葉菜類（主にホウレンソウ）

^{90}Sr : 0.033 (ND ～ 0.12) Bq/kg 生 n = 40
0.056 (ND ～ 0.22) Bq/gCa

7) 茶

自治体で年 1～2 回採取した試料

^{90}Sr : 0.17 (ND ～ 1.3) Bq/kg n = 20
0.087 (ND ～ 0.51) Bq/gCa

8) 牛乳（原乳）

自治体で年 1～3 回採取した試料

^{90}Sr : 0.023 (ND ～ 0.045) Bq/L n = 38
0.0091 (ND ～ 0.040) Bq/gCa

9) 粉 乳

分析センターが年 2 回購入した試料

^{90}Sr : 0.052 (ND ～ 0.15) Bq/kg 粉乳 n = 12
0.0065 (ND ～ 0.012) Bq/gCa

10) 淡水産生物

自治体で年 1 回採取した試料

^{90}Sr : 0.044 (ND ～ 0.17) Bq/kg 生 n = 8
0.075 (ND ～ 0.22) Bq/gCa

11) 海 水

自治体で年 1～2 回採取した試料

^{90}Sr : 0.82 (ND ～ 1.1) mBq/L n = 15

12) 海 底 土

自治体で年 1～2 回採取した試料

^{90}Sr : <0.28 (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 : <0.028 (ND) Bq/kg 生 n= 22
 <0.45 (ND) Bq/gCa

貝類

⁹⁰Sr : <0.030 (ND) Bq/kg 生 n= 12
 <0.071 (ND) Bq/gCa

藻類

⁹⁰Sr : 0.025 (ND ~ 0.040) Bq/kg 生 n= 12
 0.029 (ND ~ 0.048) Bq/gCa

2022 年度採取分における各種試料中の ^{90}Sr 濃度は、過去 5 年間(2017 年度から 2021 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。長野県の土壌 (0-5 cm) 及び和歌山県の茶は比較的高い傾向が認められるが長期間にわたる増加傾向はみられなかった。熊本県の茶は過去 5 年間の ^{90}Sr 濃度が ND であったため、直近の検出データ (2015 年度 : 0.094 ± 0.023 Bq/kg 乾物、2016 年度 : 0.11 ± 0.028 Bq/kg 乾物) と比較して特に差はなかった。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、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	単位
秋田県	土壌 (0-5cm)	3.3 ± 0.22	2.7~3.2	Bq/kg 乾土
長野県	土壌 (0-5cm)	7.2 ± 0.31	4.0~5.6	Bq/kg 乾土
長野県	土壌 (5-20cm)	3.1 ± 0.20	2.4~2.7	Bq/kg 乾土
山梨県	ダイコン	0.066 ± 0.011	ND~0.065	Bq/kg 生
岐阜県	ダイコン	0.028 ± 0.0081	ND~0.026	Bq/kg 生
鳥取県	ダイコン	0.062 ± 0.011	ND~0.060	Bq/kg 生
高知県	ダイコン	0.068 ± 0.011	ND~0.057	Bq/kg 生
長崎県	ダイコン	0.068 ± 0.011	ND~0.046	Bq/kg 生
青森県	キャベツ	0.061 ± 0.010	ND~0.053	Bq/kg 生
栃木県	ネギ	0.066 ± 0.010	ND~0.034	Bq/kg 生
埼玉県	茶	0.17 ± 0.029	ND~0.13	Bq/kg 乾物
和歌山県	茶	1.3 ± 0.07	0.31~0.99	Bq/kg 乾物
熊本県	茶	0.089 ± 0.026	ND	Bq/kg 乾物
青森県	牛乳	0.045 ± 0.0091	ND~0.026	Bq/L

2023 年度採取試料のうち、2023 年度中に分析を行った各種試料中の ^{90}Sr 濃度は、過去 5 年間(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。新潟県のワカメは過去 5 年間の ^{90}Sr 濃度が ND であったため、2018 年度から 2022 年度までの本調査における全国のワカメの調査結果 (ND~0.028 Bq/kg 生) と比較して特に差はなかった。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、測定のは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	単位
北海道	蛇口水	0.73 ± 0.10	0.42~0.56	mBq/L
大阪府	土壌 (5-20cm)	0.36 ± 0.090	ND~0.33	Bq/kg 乾土
埼玉県	茶	0.18 ± 0.044	ND~0.17	Bq/kg 乾物
岐阜県	茶	0.18 ± 0.035	0.099~0.16	Bq/kg 乾物
秋田県	アカモク	0.043 ± 0.0094	ND~0.040	Bq/kg 生
新潟県	ワカメ	0.023 ± 0.0075	ND	Bq/kg 生

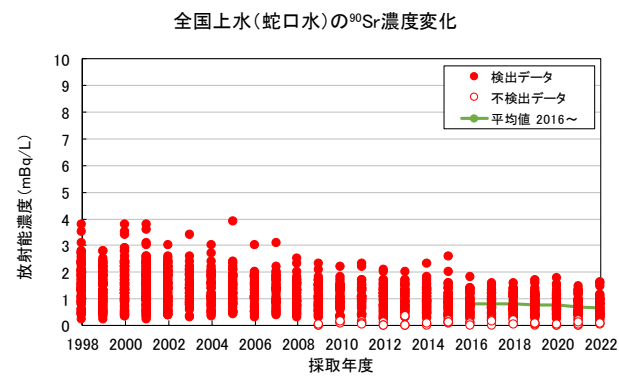
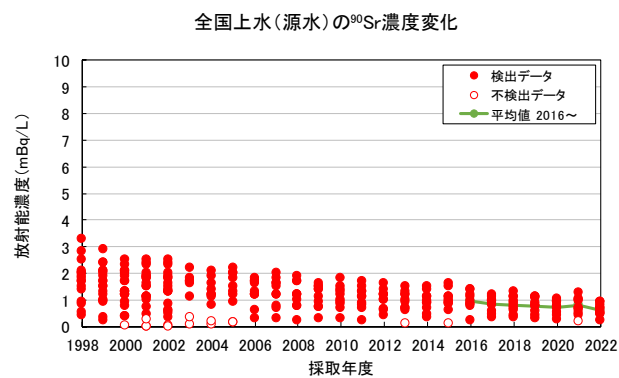
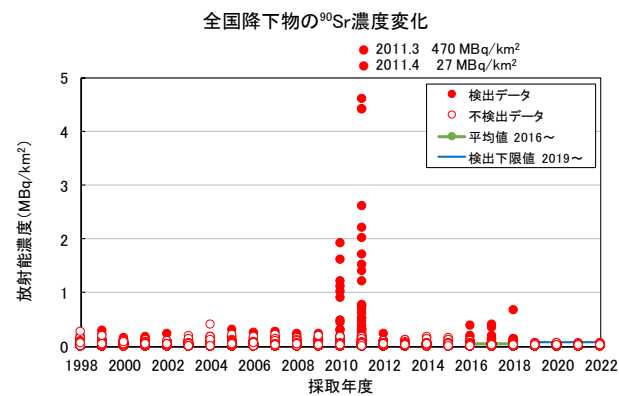
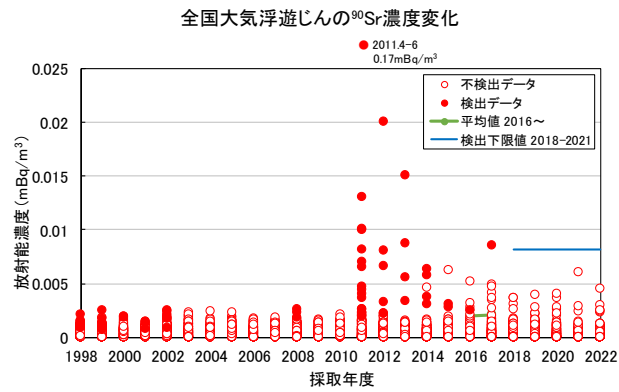


図 2-4-1 各種環境試料の⁹⁰Sr濃度の調査結果

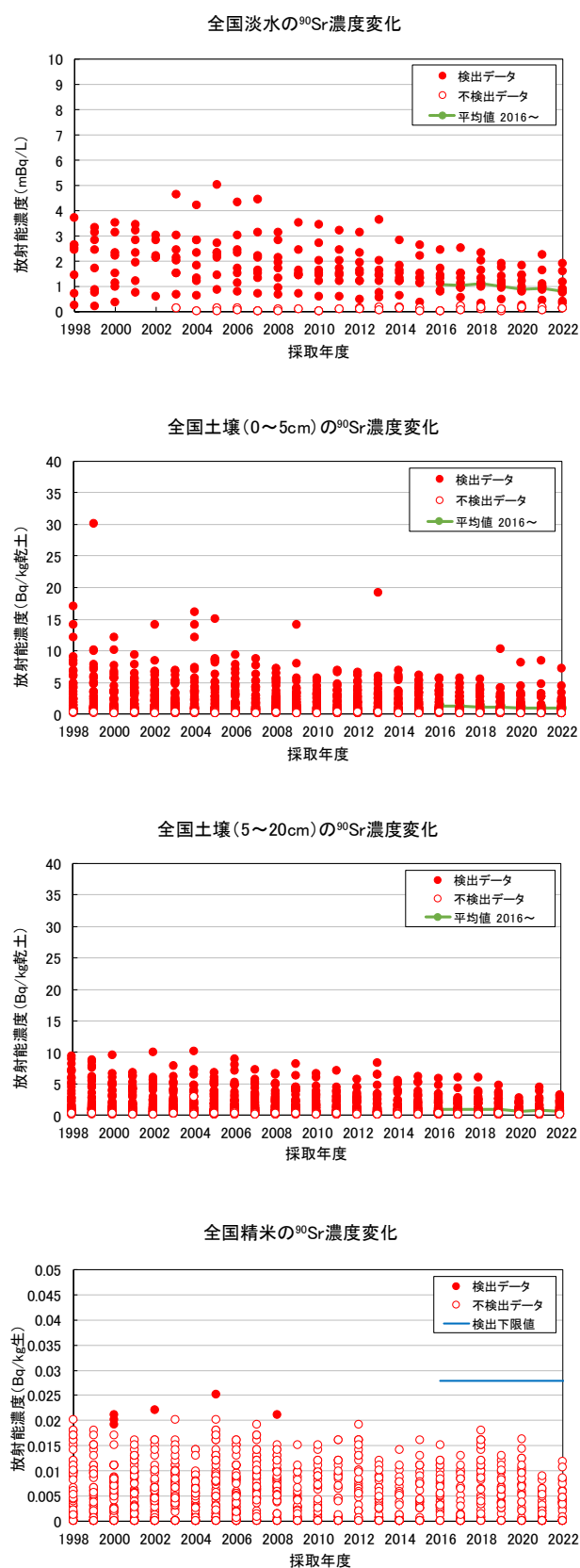


図 2-4-1 各種環境試料の ^{90}Sr 濃度の調査結果 (つづき)

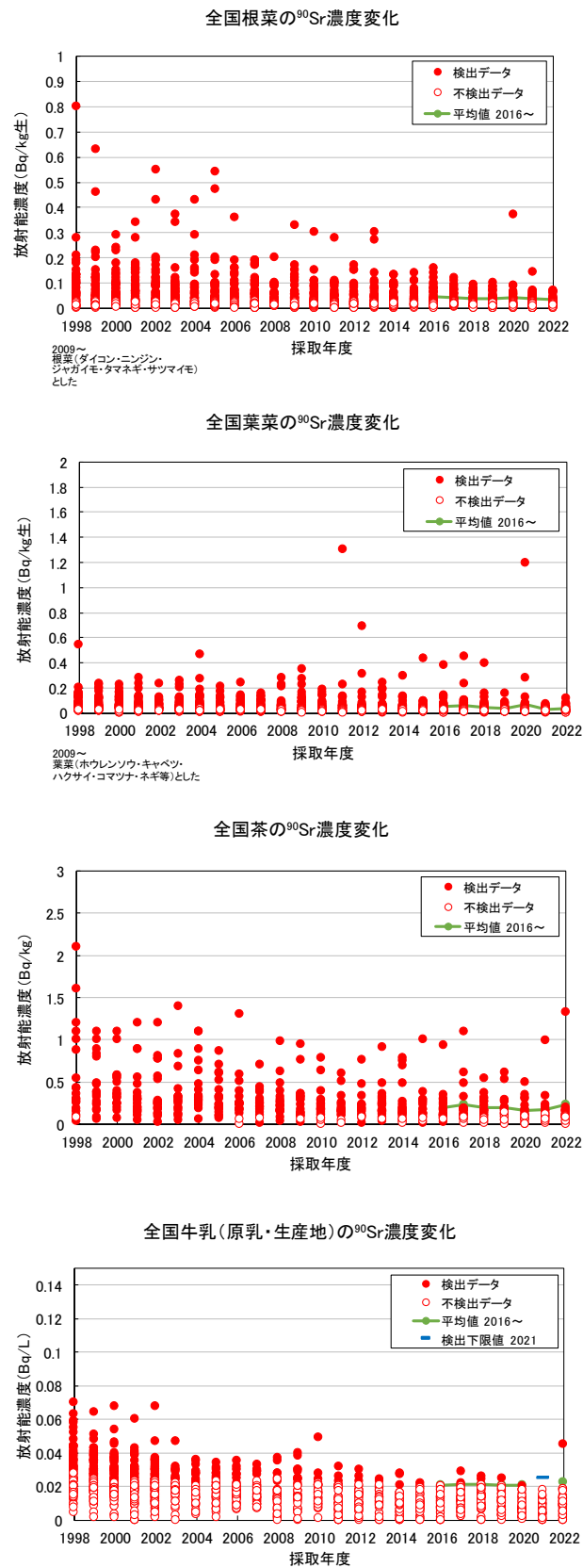


図 2-4-1 各種環境試料の⁹⁰Sr濃度の調査結果 (つづき)

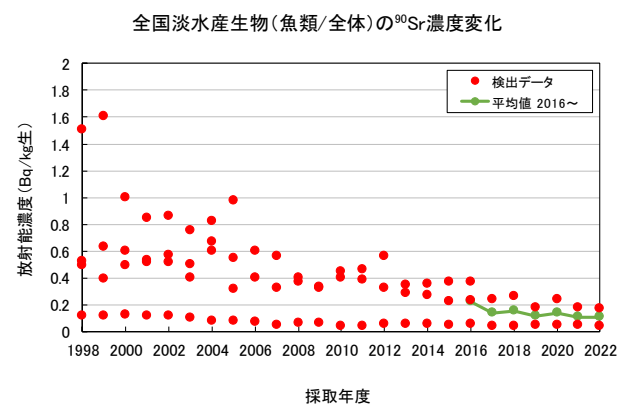
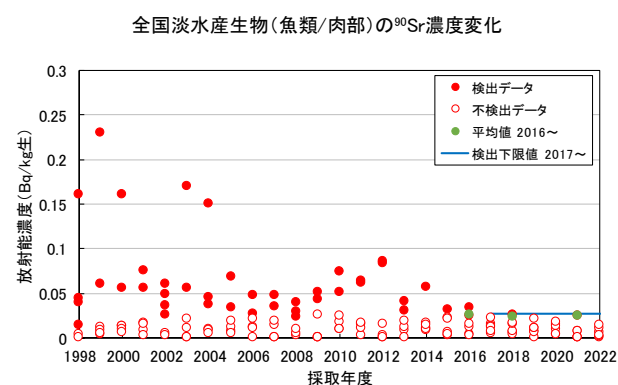
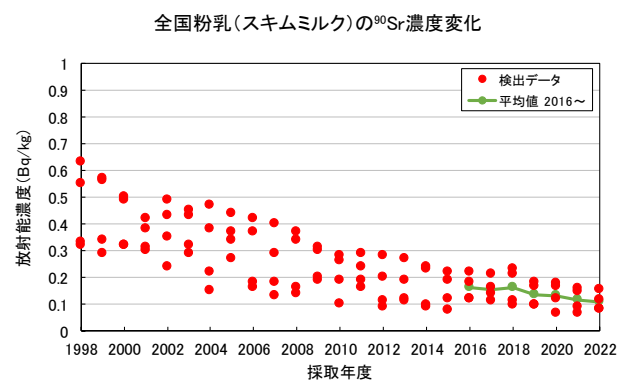
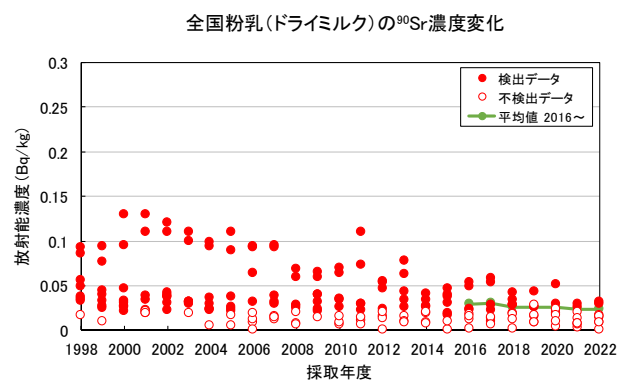


図 2-4-1 各種環境試料の ^{90}Sr 濃度の調査結果 (つづき)

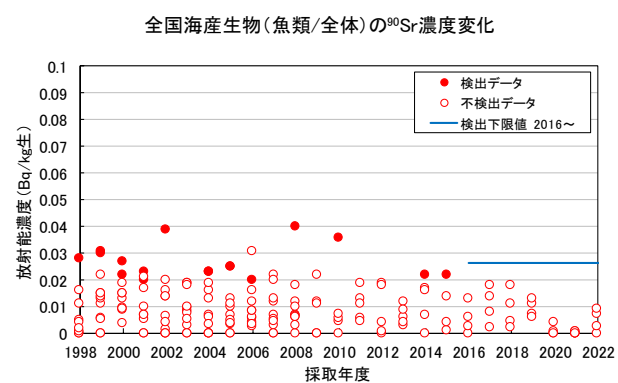
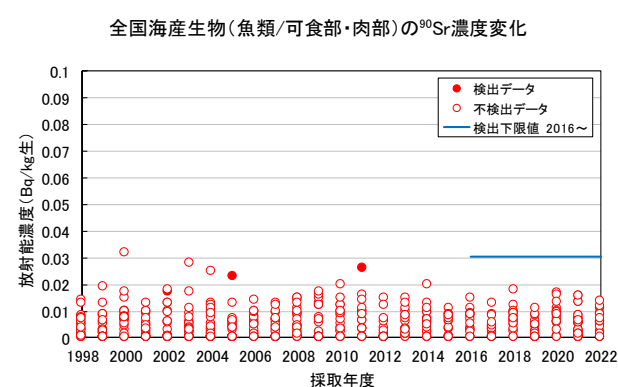
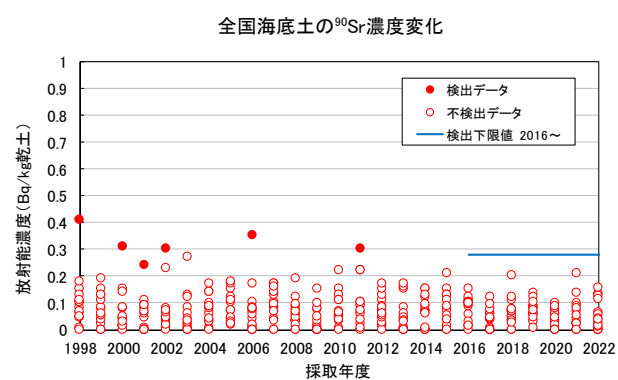
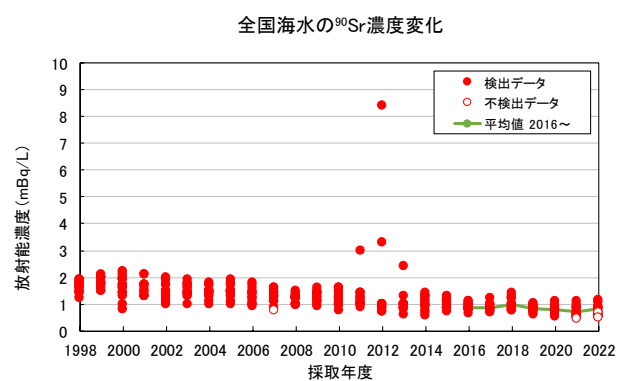


図 2-4-1 各種環境試料の ^{90}Sr 濃度の調査結果 (つづき)

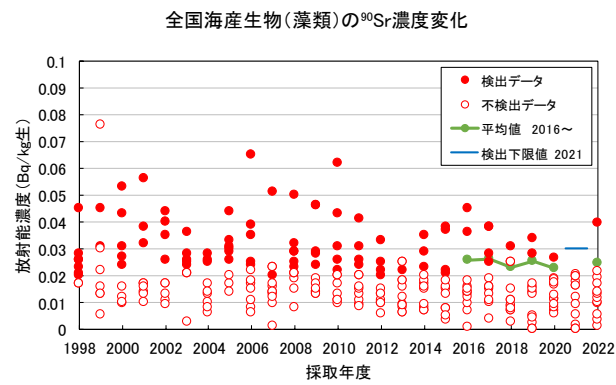
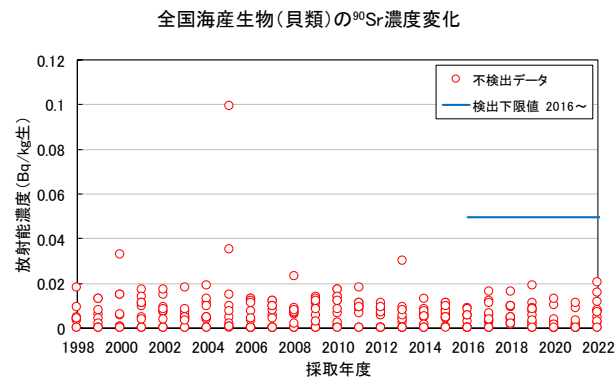


図 2-4-1 各種環境試料の ^{90}Sr 濃度の調査結果 (つづき)

(3) 大気浮遊じんの高感度分析

大気浮遊じんの過去5年間の測定結果は ^{90}Sr が不検出(ND)であり、環境放射能水準の定量的な把握ができない状況である。そこで、本調査においてロウボリウムエアサンプラ(LV)を用いて採取した大気試料とは別に、大容量エアサンプラ(SW)を用いて、大気試料の採取量を大幅に増やし、放射能測定法シリーズ2「放射性ストロンチウム分析法」(平成15年改訂)に準じた方法で分析・測定を行った。2023年1月から3月までの結果を表2-4-1に示す。SWにより採取した大気浮遊じん中の ^{90}Sr 濃度はND~0.000086 mBq/m³であり、過去の調査結果の範囲内であった。なお、2023年4月より分析センターにおいてLVによる採取からSWによる採取に移行した。

表 2-4-1 大気浮遊じんの高感度分析(^{90}Sr)結果

試料	採取開始日 採取終了日	吸引量 (m ³)	^{90}Sr	
			測定年月日	mBq/m ³
2023 年 1 月分	2023. 1. 4 2023. 2. 6	473578.7	2023. 7. 18	0.000054 ± 0.000012
2023 年 2 月分	2023. 2. 6 2023. 3. 6	406862.7	2023. 7. 18	<0.00007
2023 年 3 月分	2023. 3. 6 2023. 4. 3	405919.6	2023. 7. 18	0.000086 ± 0.000022

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

2022 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、自治体各 1 地点（青森県と沖縄県は 2 地点）で採取された表層（0～5cm）及び下層（5～20cm）の土壌、合計 98 試料について分析を行った。分析方法は、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 $^{239+240}\text{Pu}$ 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（ $^{239+240}\text{Pu}$ ）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「アメリカシウム分析法」（平成 2 年）に準じた。液体シンチレーションカウンタによる ^{241}Pu 測定については、ベータ線の最大エネルギーが ^{241}Pu と近い ^3H を効率校正に使用した。

(2) 結果と考察

①土壌中の ^{238}Pu 、 $^{239+240}\text{Pu}$ の分析結果

土壌中の ^{238}Pu 、 $^{239+240}\text{Pu}$ の分析結果（平均値、最小値及び最大値）を、過去 5 年間（2017 年度から 2021 年度）までに採取された土壌の分析結果と合わせて表 2-5-1 に示す。

表 2-5-1 過去の調査結果との比較（放射能濃度）

Bq/kg 乾土

核種	採取 深さ (cm)	平均値、検出数 最小値、最大値	2022 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	0.029 (9) ND～0.066	0.029 (56) ND～0.072
	5～20	平均値（検出数） 最小値～最大値	0.014 (6) ND～0.017	0.015 (34) ND～0.032
$^{239+240}\text{Pu}$	0～5	平均値（検出数） 最小値～最大値	0.32 (46) ND～2.8	0.37 (230) ND～2.9
	5～20	平均値（検出数） 最小値～最大値	0.18 (40) ND～0.77	0.19 (227) 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。

2022 年度における各地点の採取深度 0～5 cm の ^{238}Pu 濃度は ND（不検出）～0.066 Bq/kg 乾土（検出データ数：9）、 $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度は ND～2.8 Bq/kg 乾土（検出データ数：46）であった。採取深度 5～20 cm の ^{238}Pu 濃度は ND～0.017 Bq/kg 乾

土(検出データ数:6)、 $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度は ND~0.77 Bq/kg 乾土(検出データ数:40)の範囲であり、いずれも過去5年間の調査結果の範囲内であった。

採取地点ごとの $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度を図 2-5-1 に示す。 ^{238}Pu 濃度を図 2-5-2、プルトニウム同位体 (^{238}Pu 、 $^{239+240}\text{Pu}$) の放射能比を図 2-5-3 に示す。例年同様、数地点(長野県、大分県)の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度が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 ($^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$) は 0.022 であり、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値(0.026)から ^{238}Pu の減衰を補正した 2022 年のプルトニウム同位体比 0.019 と同程度であることを確認した。

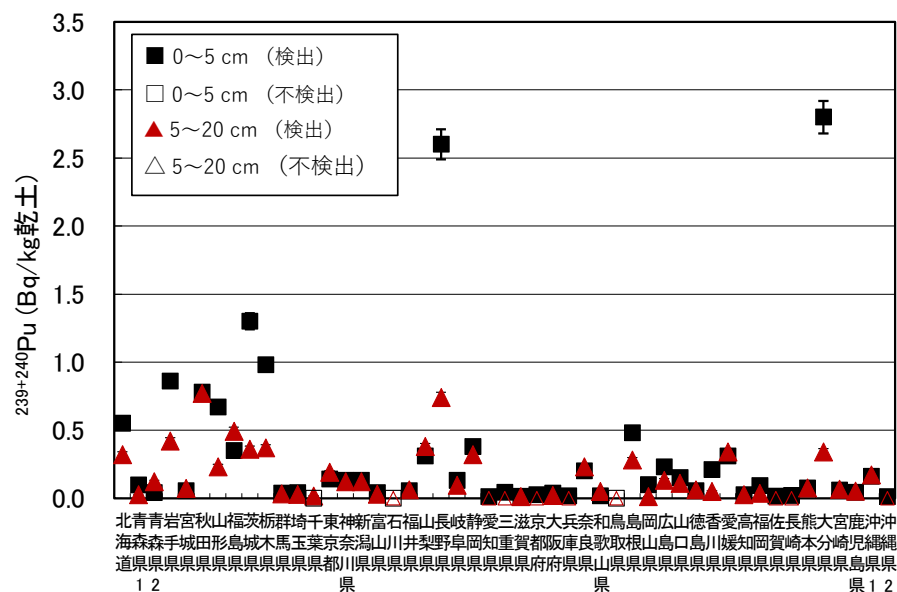


図 2-5-1 土壌中の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度 (2022 年度採取分)

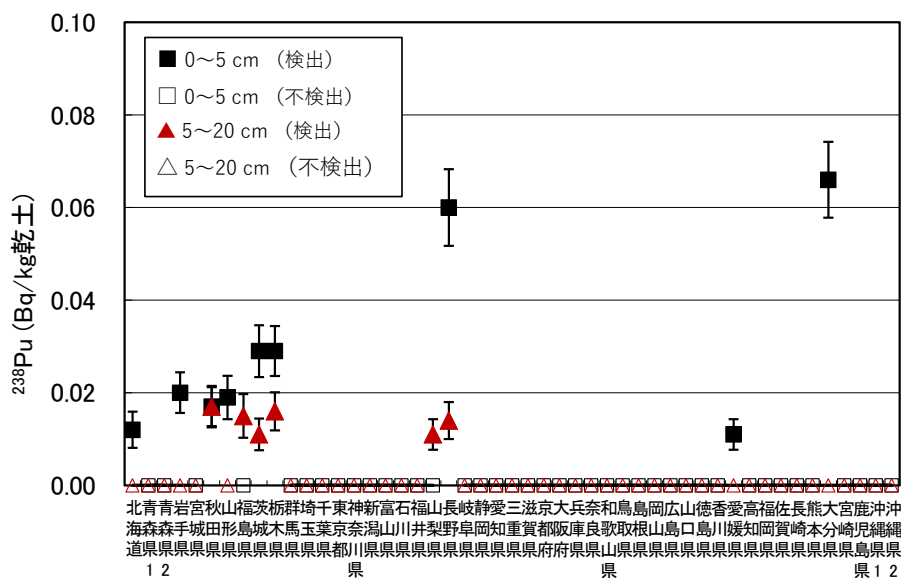


図 2-5-2 土壌中の ^{238}Pu 濃度 (2022 年度採取分)

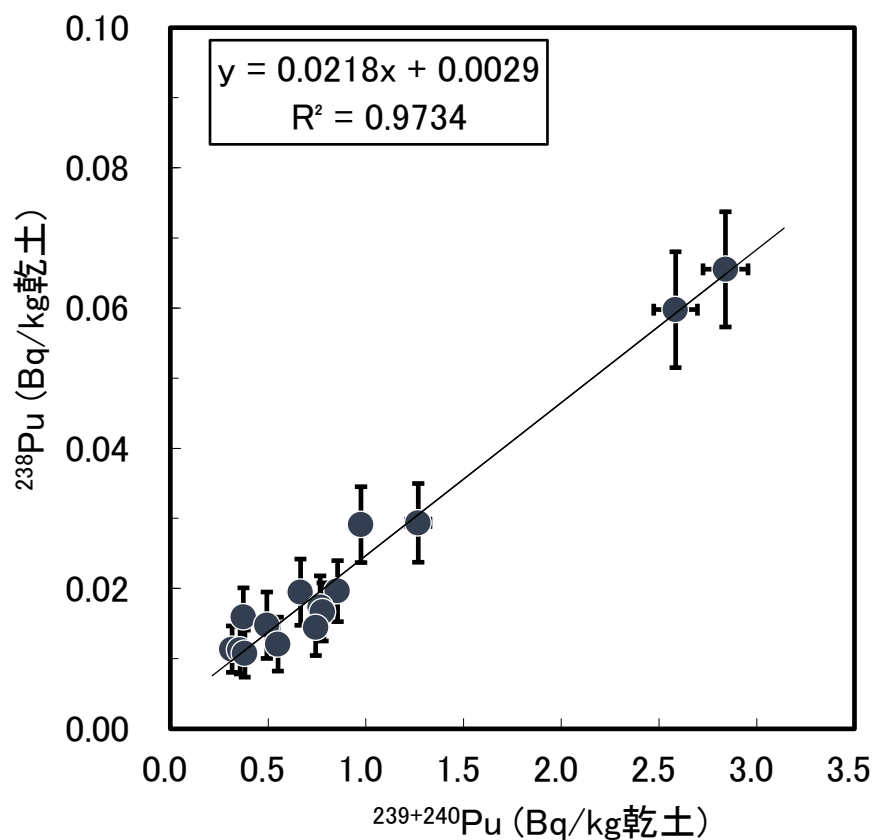


図 2-5-3 土壌中の ^{238}Pu と $^{239+240}\text{Pu}$ 放射能比

土壌中の $^{239+240}\text{Pu}$ 蓄積量を表 2-5-2 に示す。2022 年度における $^{239+240}\text{Pu}$ の蓄積量は ND（不検出）～ 87 MBq/km²（平均値 23 MBq/km²）、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。なお、UNSCEAR2000 レポートによれば、北半球（北緯 20～50 度）の $^{239+240}\text{Pu}$ 降下量はおよそ 30～60MBq/km²である。

表 2-5-2 過去の調査結果と比較（蓄積量）

単位：MBq/km²

核種名	深さ (cm)	項目	2022 年度 採取分 (n=49)	過去 5 年間の 調査結果 (n=245)
$^{239+240}\text{Pu}$	0～20	平均値(検出数) 最小値～最大値	23 (47) ND～87	29 (236) 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 $^{239+240}\text{Pu}$, ^{137}Cs の放射能比について

$^{239+240}\text{Pu}$ 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(株)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 ($^{239+240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$) は 0.069 (n=48) であった。また、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 $^{239+240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比は 0.029 (n=47) であった。蓄積量における $^{239+240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比についても調べたところ、表層 (0~5cm) 土壌においては同様に比に差が見られた。蓄積量における土壌中の $^{239+240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比を図 2-5-5 に示す。プルトニウム同位体 (^{238}Pu 、 $^{239+240}\text{Pu}$) の放射能比及び ^{239}Pu と ^{240}Pu の原子数比 ($^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$) (後述) がグローバルフォールアウト由来の比と同程度であることから、試料採取地点の土壌の性質によりプルトニウムとセシウムの挙動の違いが結果に現れたものと考えられる。

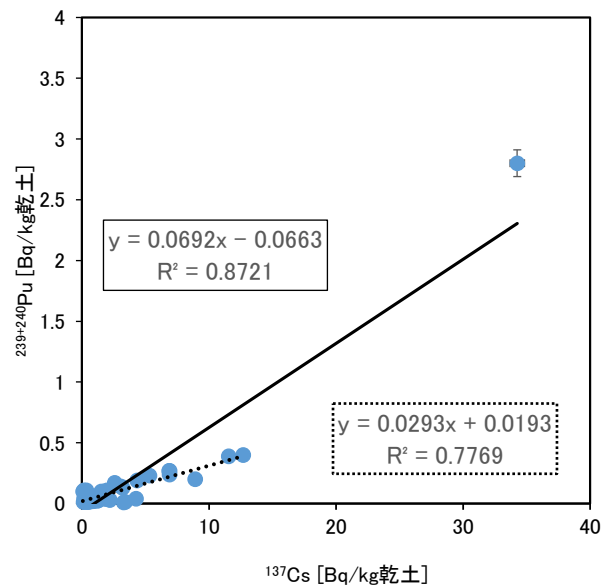


図 2-5-4 土壌中の $^{239+240}\text{Pu}$ と ^{137}Cs 放射能比

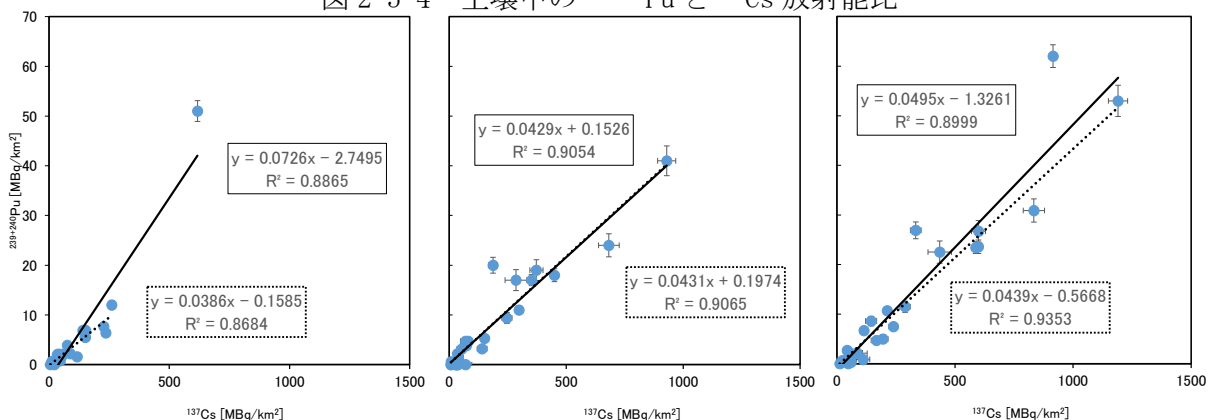


図 2-5-5 土壌中の $^{239+240}\text{Pu}$ と ^{137}Cs 放射能比 (蓄積量 MBq/m^3)

左 : 0~5cm、中央 : 5~20cm、右 : 0~20cm

③ ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu の放射能濃度について

土壌全 98 試料について、ICP 質量分析装置 (ICP-MS) による ^{239}Pu 、 ^{240}Pu の分析及び液体シンチレーションカウンタによる ^{241}Pu の分析を実施した。 ^{239}Pu と ^{240}Pu の原子数比を図 2-5-6 に、採取地点ごとの ^{240}Pu と ^{239}Pu の原子数比を図 2-5-7 に示す。 ^{240}Pu と ^{239}Pu の原子数比 ($^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$) は 0.18 であり、文献値*¹ (0.180) と同程度であった。

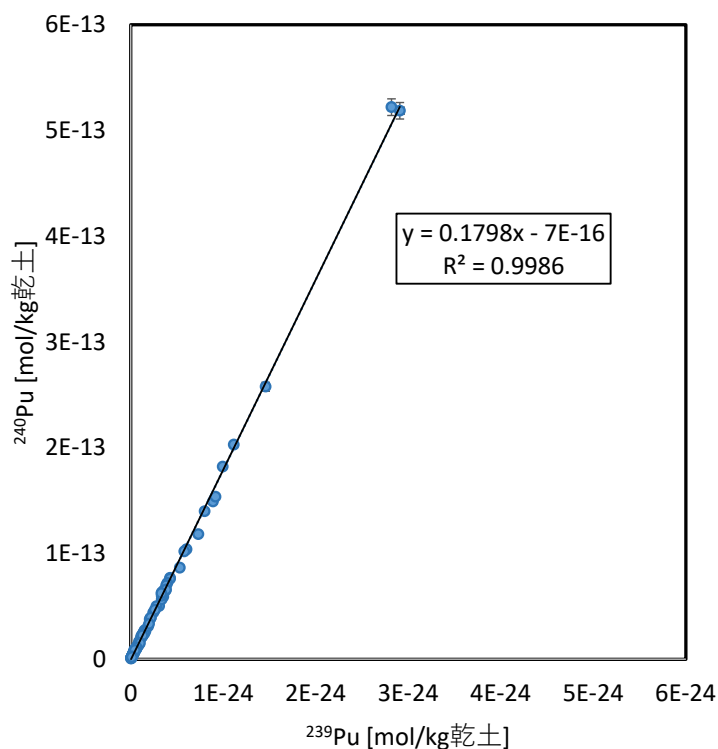


図 2-5-6 土壌中の ^{239}Pu と ^{240}Pu の原子数比 ($^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$)

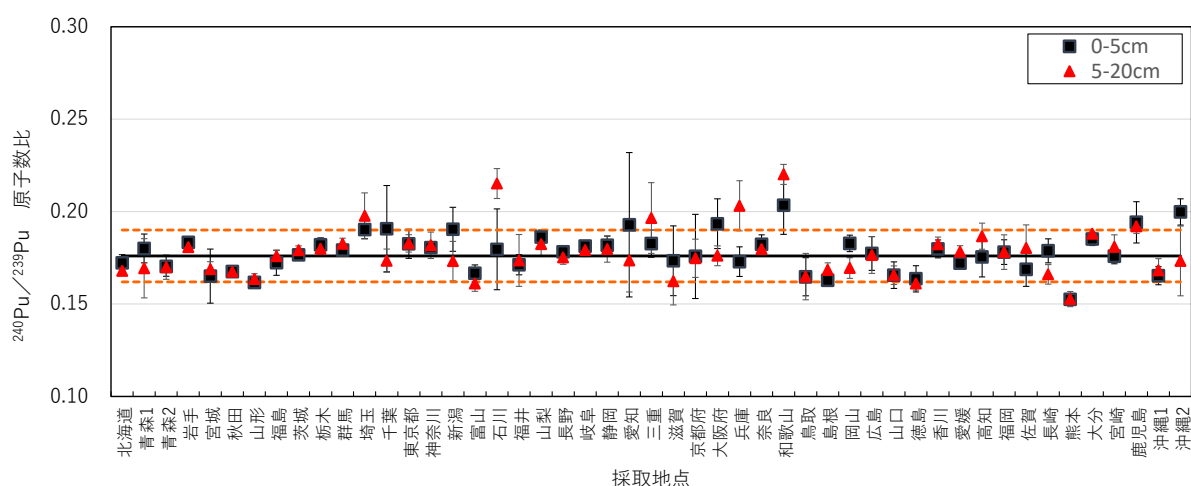


図 2-5-7 採取地点ごとの土壌中の ^{240}Pu と ^{239}Pu の原子数比 ($^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$)

^{241}Pu と $^{239+240}\text{Pu}$ の放射能比を図 2-5-8 に、 ^{241}Pu と ^{239}Pu の原子数比を図 2-5-9 に示す。 $^{241}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ 放射能比は 0.80 であり、過去の調査結果 (0.46~0.86) の範囲内であった。 ^{241}Pu と ^{239}Pu の原子数比 ($^{241}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$) は 0.0022 であり、文献値^{*1} (0.00188) と同程度であった。

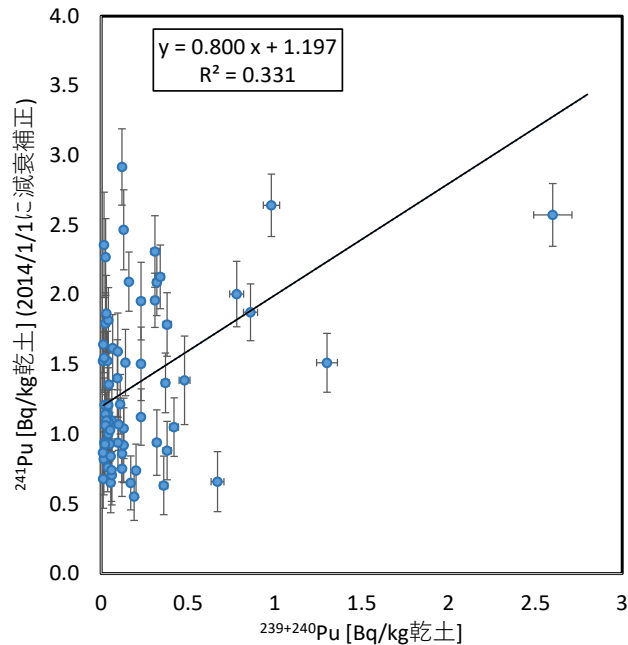


図 2-5-8 土壌中の ^{241}Pu と $^{239+240}\text{Pu}$ の放射能比

※ ^{241}Pu の放射能濃度は 2014 年 1 月 1 日に減衰補正した値である。

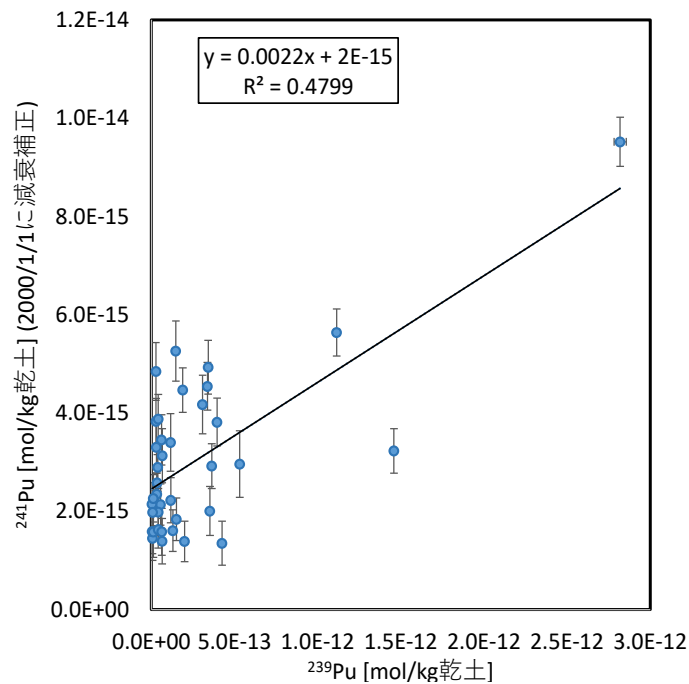


図 2-5-9 土壌中の ^{241}Pu と ^{239}Pu の原子数比

※ ^{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。

④²⁴¹Am の放射能濃度について

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

表 2-5-3 プルトニウム (²³⁹⁺²⁴⁰Pu) 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	大分	0～5	2022. 7. 26	2. 8 ±0. 12	9	山形	0～5	2022. 7. 25	0. 67±0. 037
2	長野	0～5	2022. 7. 13	2. 6 ±0. 11	10	北海道	0～5	2022. 12. 15	0. 55±0. 034
3	茨城	0～5	2022. 5. 19	1. 3 ±0. 06	11	福島	5～20	2022. 5. 17	0. 49±0. 033
4	栃木	0～5	2022. 10. 4	0. 98±0. 047	12	島根	0～5	2022. 9. 29	0. 48±0. 032
5	岩手	0～5	2022. 7. 26	0. 86±0. 041	13	岩手	5～20	2022. 7. 26	0. 42±0. 025
6	秋田	0～5	2022. 10. 6	0. 78±0. 040	14	山梨	5～20	2022. 8. 2	0. 38±0. 024
7	秋田	5～20	2022. 10. 6	0. 77±0. 042	15	静岡	0～5	2022. 7. 21	0. 38±0. 024
8	長野	5～20	2022. 7. 13	0. 74±0. 039	-				

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、キュリウムの実施した。²⁴¹Am は 15 試料全てから検出され、その濃度は 0. 15～1. 2 Bq/kg 乾土であった。

²⁴²Cm 及び ²⁴³⁺²⁴⁴Cm 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。

²⁴¹Am と ²³⁹⁺²⁴⁰Pu の放射能比を図 2-5-10 に示す。その放射能比 (²⁴¹Am/²³⁹⁺²⁴⁰Pu) は 0. 41 であり、過去 5 年間の調査結果 (0. 38～0. 43) の範囲内であった。²⁴¹Am と ²³⁹⁺²⁴⁰Pu の放射能は強い相関を示していることから、検出された ²⁴¹Am は ²³⁹⁺²⁴⁰Pu 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。

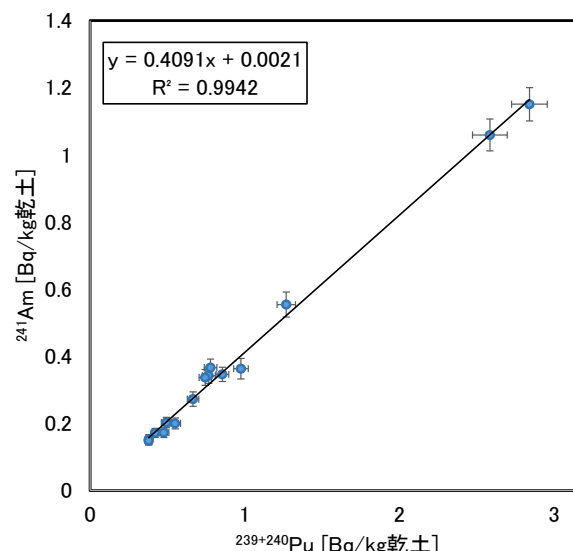


図 2-5-10 土壌中の ²⁴¹Am と ²³⁹⁺²⁴⁰Pu の放射能比

2.5.2 大気浮遊じんの高感度分析

(1) 概要

大容量エアサンプラ（SNOW WHITE）により大気を連続吸引し、大気浮遊じんをろ紙上に捕集した。捕集したろ紙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 、 $^{239+240}\text{Pu}$ の分析及び ICP 質量分析装置（ICP-MS）による ^{239}Pu 、 ^{240}Pu の分析を行った。分析方法は、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。

なお、 ^{238}Pu 濃度の変動に伴い、1 月～6 月に関して ^{241}Am 分析を実施した。分析方法は、放射能測定法シリーズ 22「プルトニウム・アメリシウム逐次分析法」（平成 2 年）に準じた。

(2) 結果と考察

ICP-MS 測定による大気浮遊じん中のプルトニウムの原子数比 ($^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$) を図 2-5-11 に示す。2023 年 1 月から 12 月採取分の $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 原子数比は 0.167 であり、土壌の文献値^{*1} (0.180) より僅かに低い結果となった。なお、過去 3 年間の ^{239}Pu と ^{240}Pu の原子数比の範囲は 0.111～0.161 であり同様に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。

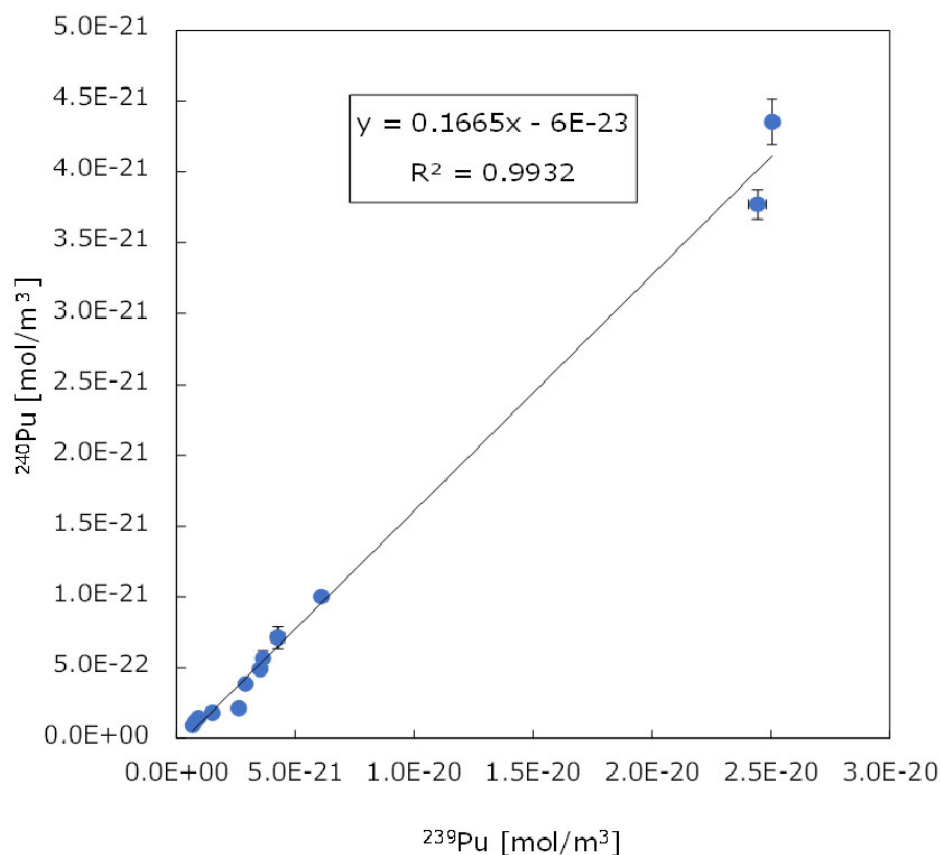


図 2-5-11 大気浮遊じんの ^{239}Pu と ^{240}Pu の原子数比 ($^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$)

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 2-5-12 及び図 2-5-13 に示す。 ^{238}Pu 濃度は不検出～25 nBq/m³であり、2023 年 2 月及び 3 月の結果はこれまでの最大値 3.4 nBq/m³ (2018 年 4 月)を上回った。また、 $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ 放射能比は 2023 年 2 月及び 3 月において過去の変動範囲外となった。一方、 $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度は不検出～22 nBq/m³であり、過去 5 年間の範囲内であった。追加で調査を実施した 1 月～6 月の ^{241}Am 濃度は不検出～9.8 nBq/m³であり、 $^{239+240}\text{Pu}$ と同様の推移をしていた。なお、2023 年 2 月から 3 月の ^{238}Pu 放射能濃度から算出した預託実効線量は、成人において 2.0 nSv であり、日本人 1 人当たりの 1 年間の被ばく線量の平均値^{*2-3} (2.1 mSv/年)と比較しても十分に低い線量である。

また、本事象が確認される範囲を調査するため、同時期に国内の複数地点で採取した大気浮遊じん試料等の分析を実施したが、それら全ての試料において ^{238}Pu は不検出であったため、本事象が確認される範囲の特定には至らなかった。ただし、それらの試料は従来の採取方法で採取されたものであり、本調査で用いた大容量エアサンプラ (SNOW WHITE) と比べて検出感度が低く、40 分の 1 程度であること、また、連続採取でないため調査対象月中の限られた期間に飛来した ^{238}Pu を捕捉できなかった可能性があることから、本事象が千葉県近傍に限定されるものであると結論づけることもできない。

過去の調査研究より、原子力施設起因の事象では、 $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ 放射能比に変動が生じた場合、連動して $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ の原子数比が増加することが知られている。 ^{238}Pu 及び $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ 放射能比が過去の変動範囲外となった 2 月及び 3 月について、 $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 原子数比には明確な変動は見られず、0.17 で過去の調査と同程度の結果であった。この値はグローバルフォールアウト由来の原子数比と比較しても同程度であり、原子数比の変動は確認できなかった。さらに、ガンマ線放出核種、 ^{129}I 、 ^{90}Sr についても過去の変動範囲内の結果であり、同時期に国内の原子力施設における事故・トラブルも確認されていない。

このことから、今回の事象については、国内の原子力施設に起因するものとは考えにくく、放出源の特定には至らなかった。

今後も大気浮遊じん中のプルトニウム濃度の調査を継続し、同様の事象が観測された場合等には、原因調査に努めることとしたい。

$^{239+240}\text{Pu}$ 濃度では季節変動が見られることが分かっている。昨年度までの調査から 3～5 月に高くなることが示されており、これに $^{137}\text{Cs}/^{239+240}\text{Pu}$ 放射能比の変動を考慮した大気浮遊じん中のプルトニウムの起源について推定を行った。図 2-5-14 に $^{137}\text{Cs}/^{239+240}\text{Pu}$ 放射能比の変動を示す。 $^{137}\text{Cs}/^{239+240}\text{Pu}$ 放射能比は、3～5 月に極小となる季節変動が見られた。このことから、黄砂時期である 3～5 月は大陸起源の $^{239+240}\text{Pu}$ を含む成分が千葉に流れ込み、それ以外の月は東京電力福島第一原発事故等により放出された ^{137}Cs を含む大気浮遊じんの影響により、 $^{137}\text{Cs}/^{239+240}\text{Pu}$ 放射能比が変動することが示唆された。

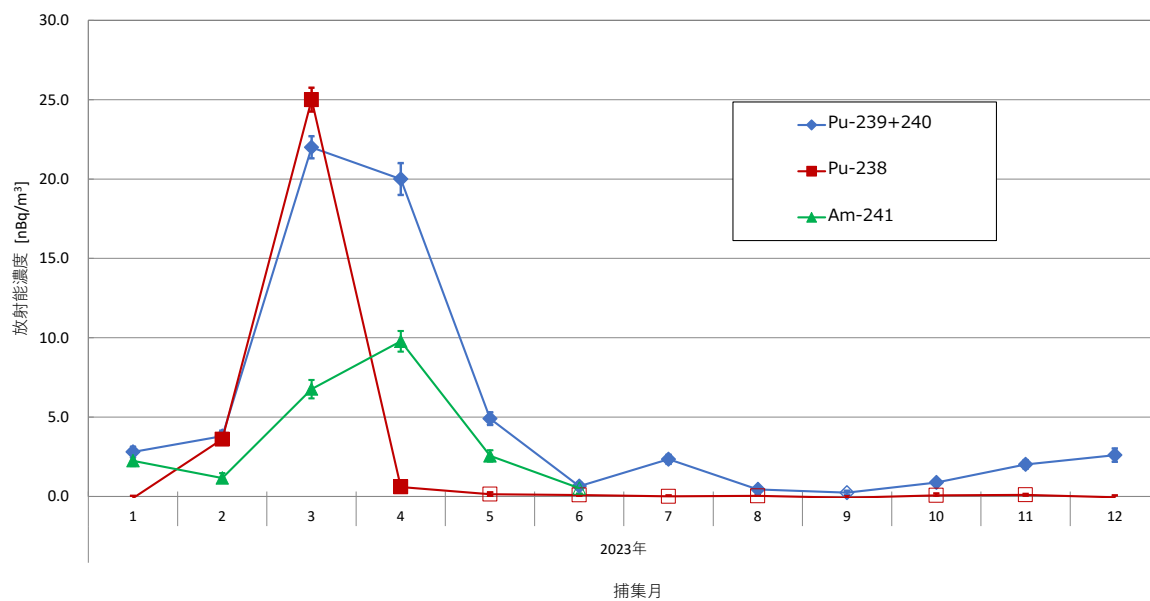


図 2-5-12 採取月ごとの ^{238}Pu 、 $^{239+240}\text{Pu}$ 及び ^{241}Am 濃度の推移
(^{241}Am 濃度の結果は 1 月～6 月のみ)

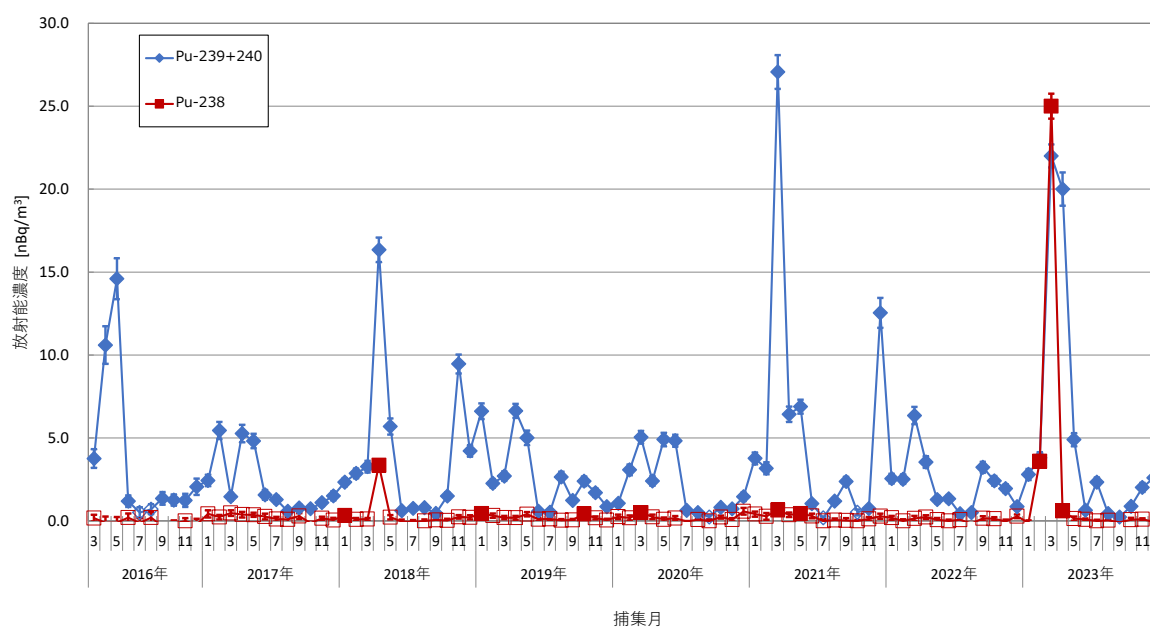


図 2-5-13 ^{238}Pu 及び $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度の推移

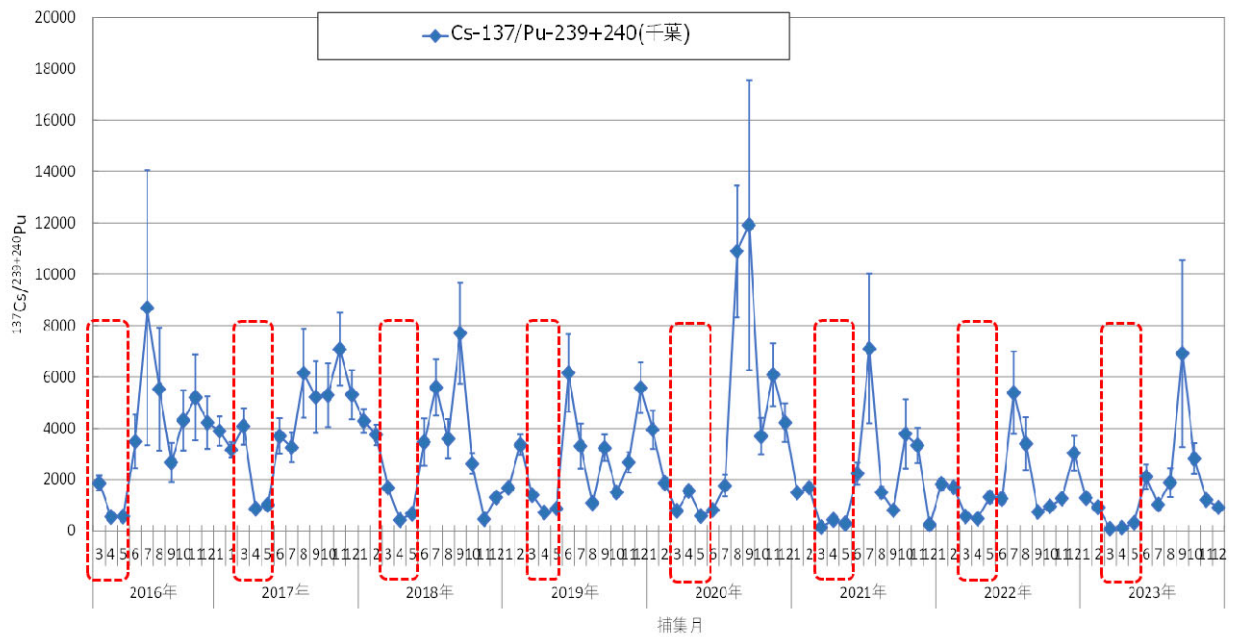


図 2-5-14 $^{137}\text{Cs}/^{239+240}\text{Pu}$ 放射能比の変動

- *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: 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」
- *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.

2.6 ヨウ素 ^{129}I 分析

(1) 概要

2023 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、5-20cm)、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 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比の経年変化について調査した。

なお、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 2.5~4.0 倍量のニオブ粉末を加えてよく混合し、加速器質量分析装置(AMS)でヨウ素の同位体比($^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$)を測定した。また、 ^{129}I 濃度を算出するため、安定ヨウ素定量用試料を測定に適した濃度に調製し、内標準としてインジウムを用いて ICP-MS で安定ヨウ素(^{127}I)を定量した。

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 4.0 倍量のニオブ粉末を加えてよく混合し、加速器質量分析装置(AMS)でヨウ素の同位体比($^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$)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

2023 年度に採取した試料の分析結果を表 2-6-1、2011 年度から 2022 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 0.30~

0.67 (mBq/kg 乾土)、採取深度 5-20 cm で 0.16~0.34 (mBq/kg 乾土) であった。牛乳(市販乳)は 0.0008~0.0015 (mBq/L)、海産生物(藻類)は 0.15~0.88 (mBq/kg 生)、野菜類は 0.000019~0.000162 (mBq/kg 生) であった。 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比については、採取深度 0~5cm の土壌で $2.5\sim 10\times 10^{-9}$ 、採取深度 5~20 cm で $1.4\sim 5.3\times 10^{-9}$ であった。牛乳(市販乳)は $7.1\sim 9.1\times 10^{-10}$ 、海産生物(藻類)は $5.9\sim 25\times 10^{-11}$ 、野菜類は $1.2\sim 6.5\times 10^{-9}$ 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。北海道の土壌における ^{129}I 濃度は、0~5 cm 及び 5~20 cm とともに過去の分析結果よりやや高い結果であったが、 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比は過去の分析結果と同程度であった。環境中における ^{129}I の分布に違いがあることも考えられるので、過去の調査結果と大きな差はないと評価できる。また、秋田県と千葉県 の ^{129}I 濃度及び $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 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 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 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。北海道(コンブ)と秋田県(アカモク)の ^{129}I 濃度及び $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比は、昨年度の調査と近い分析結果を示しており、過去の分析結果と同程度であった。千葉県の ^{129}I 濃度及び $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比は過去の分析結果と同程度であった。

野菜類の比較結果を示した図 2-6-7、図 2-6-8 より、北海道と秋田県における ^{129}I 濃度及び $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比は過去の分析結果と同程度であった。千葉県における野菜類の ^{129}I 濃度は、過去 5 年間の結果よりやや高い値を示したが、 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比の結果も考慮して、過去の調査結果と大きな差はないと評価できる。

2) 大気浮遊じんの調査

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(2017~2022 年)と合わせて図 2-6-9、図 2-6-10 に示す。2017~2023 年までの 7 年間の調査結果には、いずれも春先に採取した大気浮遊じんの ^{129}I 濃度及び $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比が高くなる傾向が見られ、さらに年度ごとに似たような季節変動(4 月~7 月に減少、夏頃が最小、8 月~11 月に上昇)が観測された。

また、季節毎に月間平均気温と大気浮遊じんの ^{129}I 濃度の相関を図 2-6-11 に示す。2017~2022 年までの 6 年間の結果では、4~7 月分の大気浮遊じんの ^{129}I 濃度と月間平均温度の相関係数が -0.81 であり、2023 年度の結果が -0.89

であった。これは、春から夏頃まで温度の上昇に伴い、大気浮遊じん中の ^{129}I 濃度の減少に影響を与えと考えられる。なお、2023 年 7～11 月分の大気浮遊じんの ^{129}I 濃度において、 ^{129}I 濃度と月間平均温度の相関係数が -0.98 であり、温度下降に伴い大気浮遊じん中の ^{129}I 濃度が上昇する傾向を示した。 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比の結果にも同様な傾向が確認された。

3) 海水の調査

海水の採取記録及び ^{129}I の分析結果をそれぞれ表 2-6-4 及び表 2-6-5 に示す。

海水の $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 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）の結果より、約 1 桁低く、昨年度の分析結果と同程度であった。また、昨年度の調査結果と同様に、北海道と秋田県の調査結果は千葉県よりやや高い傾向が示された。データ数が少ないことから、引き続き分析結果を蓄積し、海水の ^{129}I 濃度の変動傾向を調査する必要がある。

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	$^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比
土壌	北海道	0-5cm	江別市	2023.12.05	0.63 ± 0.014	mBq/kg (乾土)	9.2E-09 ± 2.0E-10
		5-20cm			0.29 ± 0.007		3.8E-09 ± 9.2E-11
	秋田県	0-5cm	秋田市	2023.10.04	0.67 ± 0.015		2.5E-09 ± 5.5E-11
		5-20cm			0.34 ± 0.008		1.4E-09 ± 3.3E-11
	千葉県	0-5cm	市原市	2023.07.12	0.30 ± 0.007		1.0E-08 ± 2.4E-10
		5-20cm			0.16 ± 0.004		5.3E-09 ± 1.4E-10
牛乳	北海道	市販乳	河東郡	2023.05.29	0.0008 ± 0.00006	mBq/L	9.1E-10 ± 6.6E-11
	秋田県		秋田市	2023.09.12	0.0015 ± 0.00006		7.1E-10 ± 2.8E-11
	千葉県		千葉市	2023.06.01	0.0008 ± 0.00006		7.9E-10 ± 5.6E-11
海産生物 (藻類)	北海道	コンブ	余市郡余市町	2023.08.07	0.88 ± 0.019	mBq/kg (生)	1.1E-10 ± 2.5E-12
	秋田県	アカモク	秋田県男鹿市	2023.05.12	0.76 ± 0.019		2.5E-10 ± 6.1E-12
	千葉県	アラメ	御宿町岩和田 漁港沖	2023.07.19	0.15 ± 0.005		5.9E-11 ± 1.8E-12
野菜類	北海道	キャベツ	恵庭市	2023.9.24	0.000019 ± 0.0000085	mBq/kg (生)	1.2E-09 ± 5.1E-10
	秋田県		秋田市	2023.11.13	0.000080 ± 0.0000120		1.3E-09 ± 2.0E-10
	千葉県		千葉市	2023.05.29	0.000162 ± 0.0000195		6.5E-09 ± 7.8E-10

注) 「E-X」は「 10^{-x} 」を意味している。

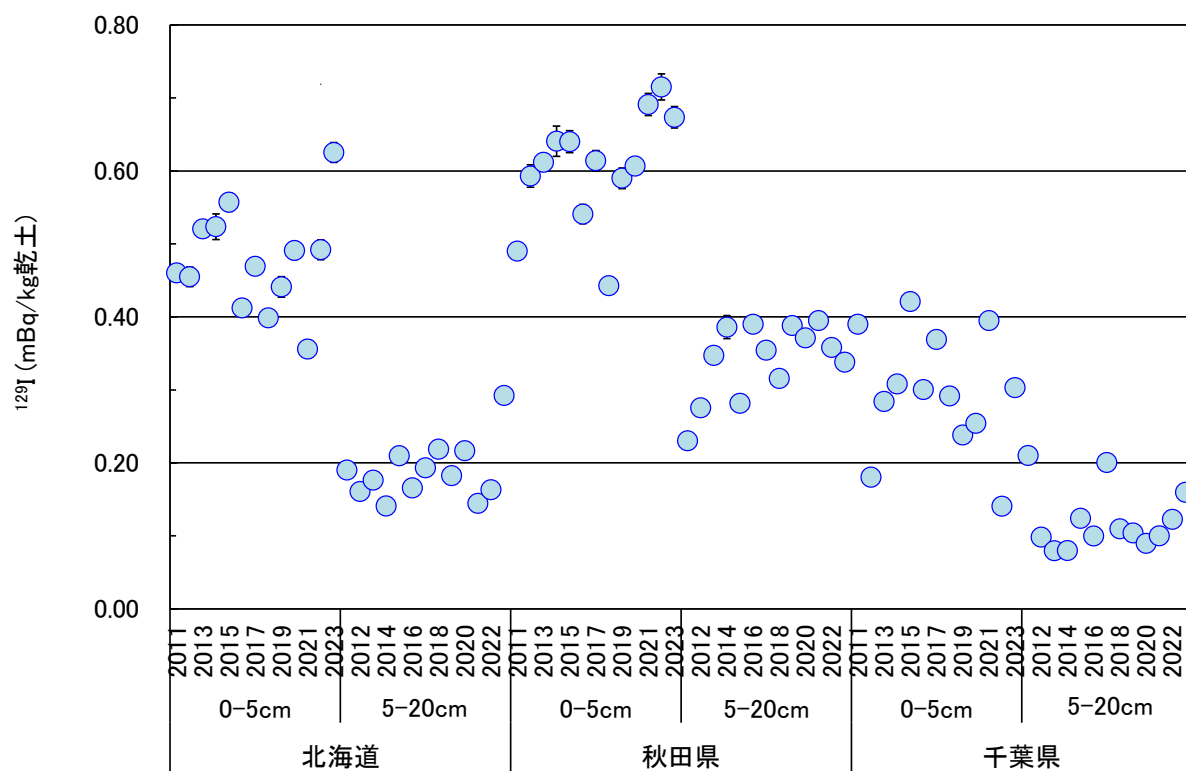


図 2-6-1 土壌 (0-5cm、5-20cm) の ^{129}I 濃度

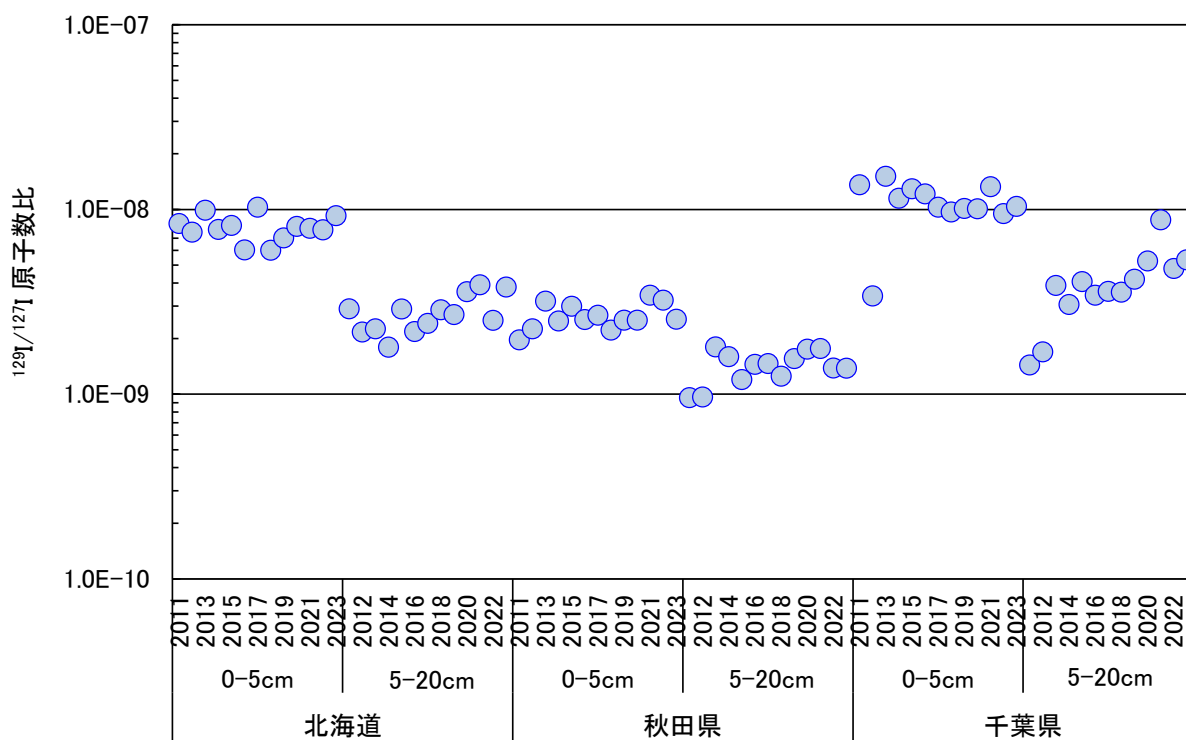


図 2-6-2 土壌 (0-5cm、5-20cm) の $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比

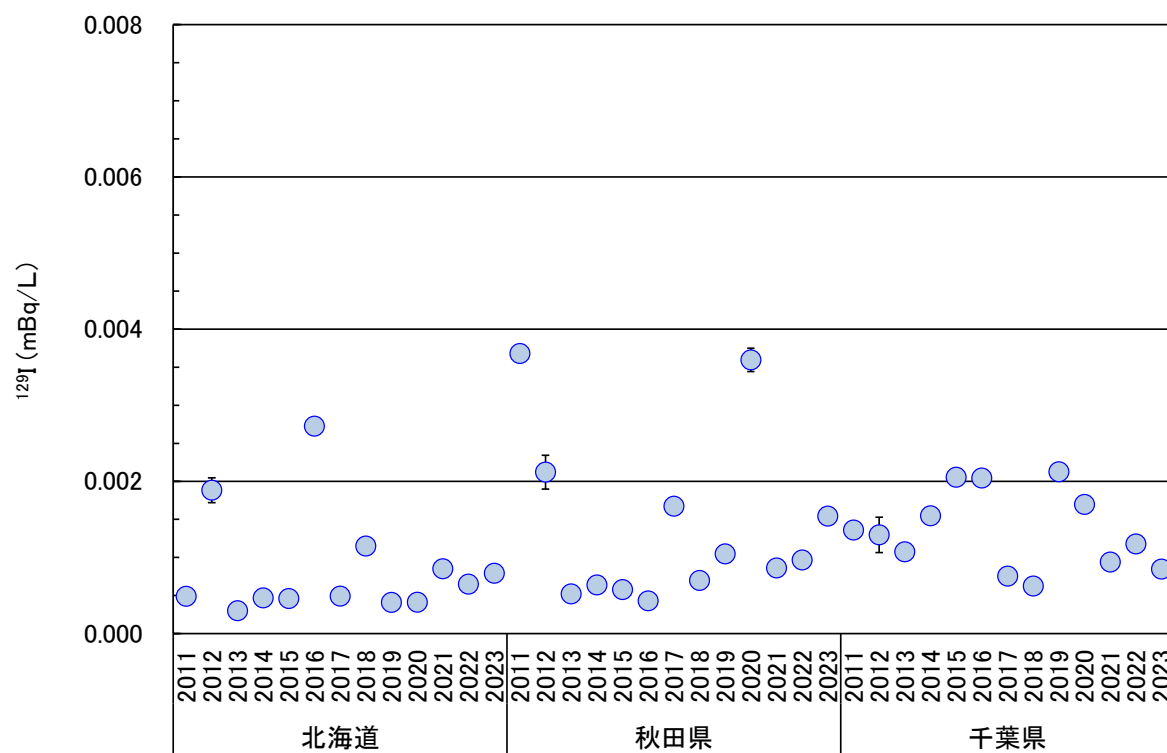


図 2-6-3 牛乳の ^{129}I 濃度

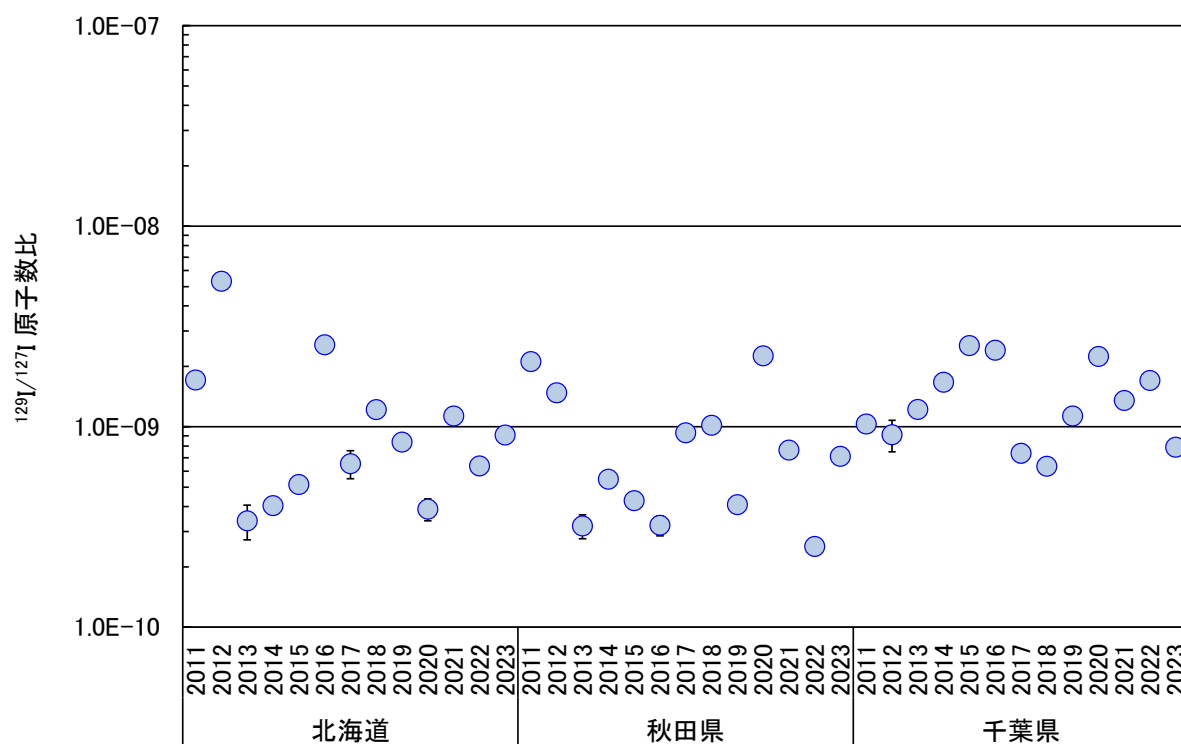


図 2-6-4 牛乳の $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比

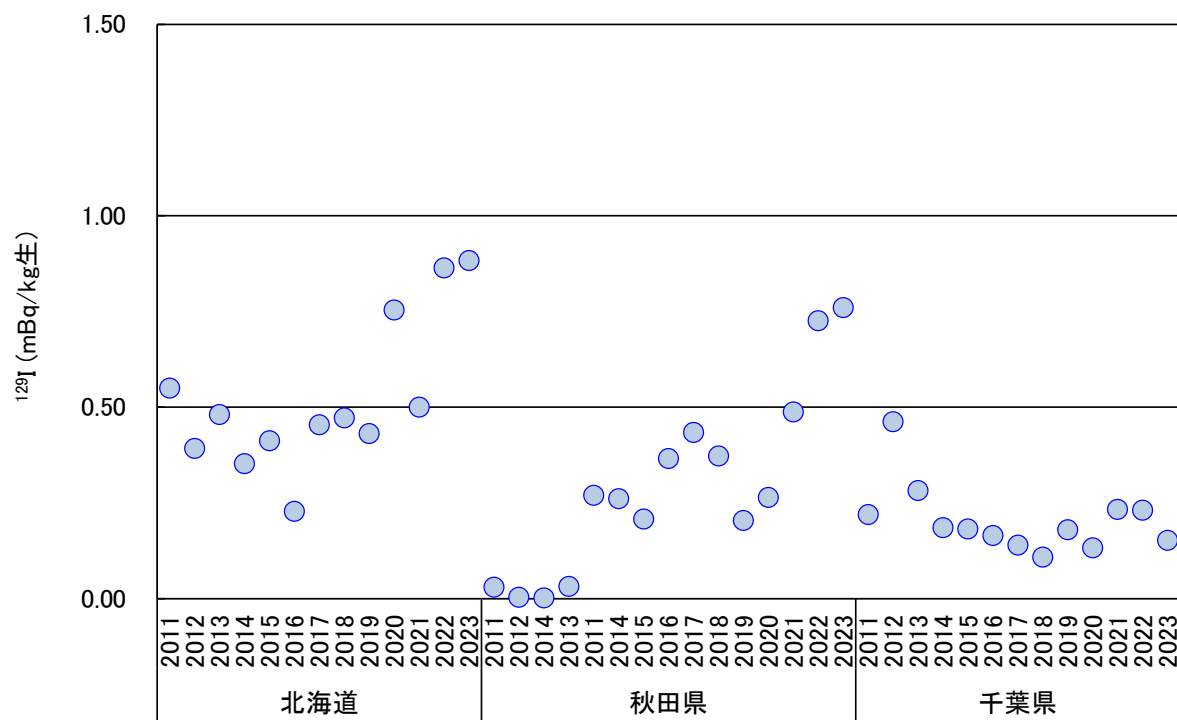


図 2-6-5 海産生物（藻類）の ^{129}I 濃度

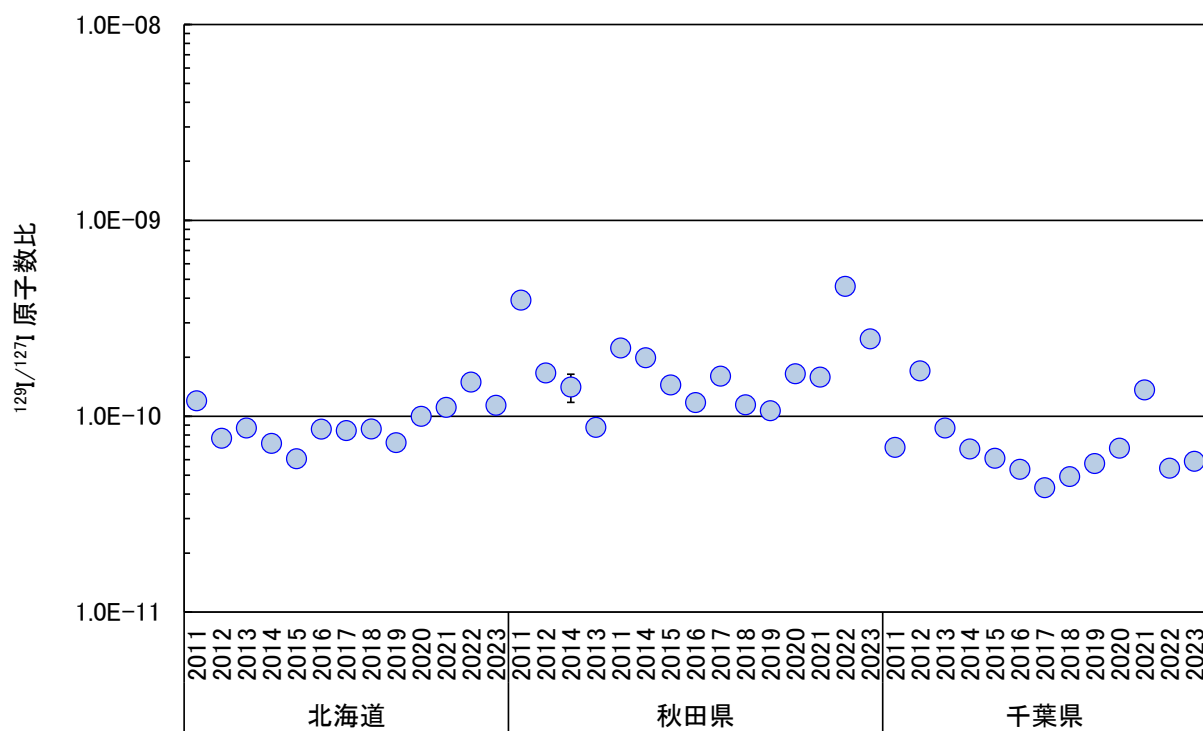


図 2-6-6 海産生物（藻類）の $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比

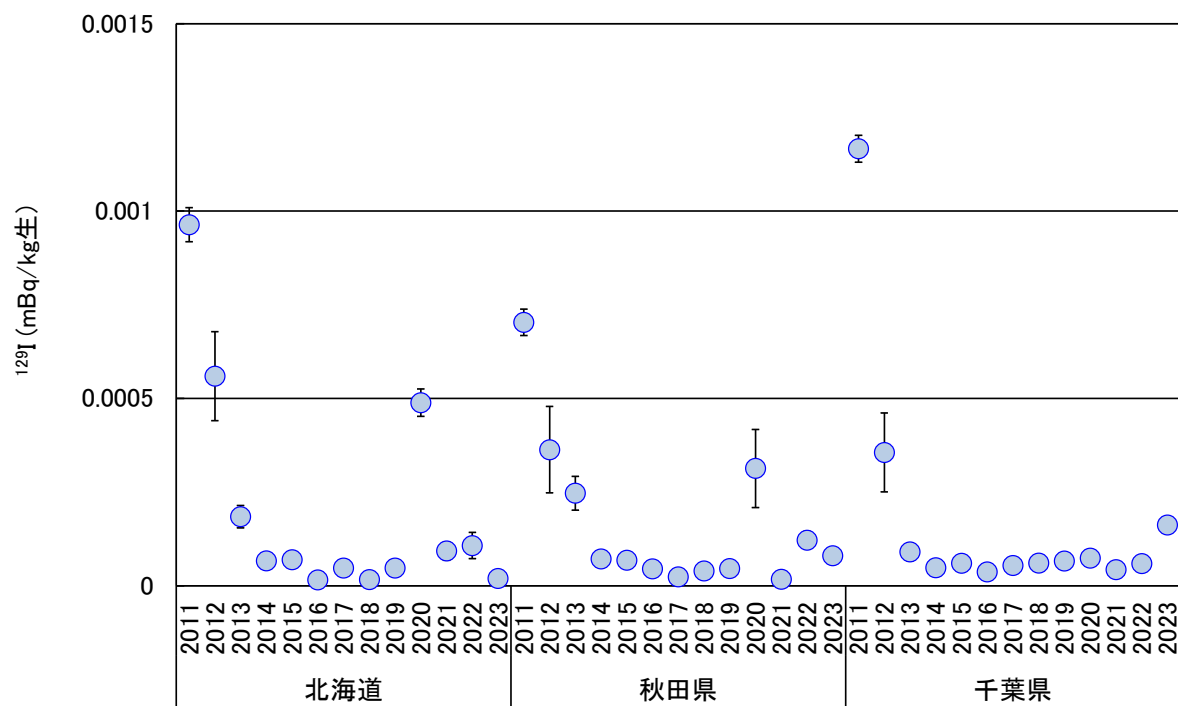


図 2-6-7 野菜類の ^{129}I 濃度

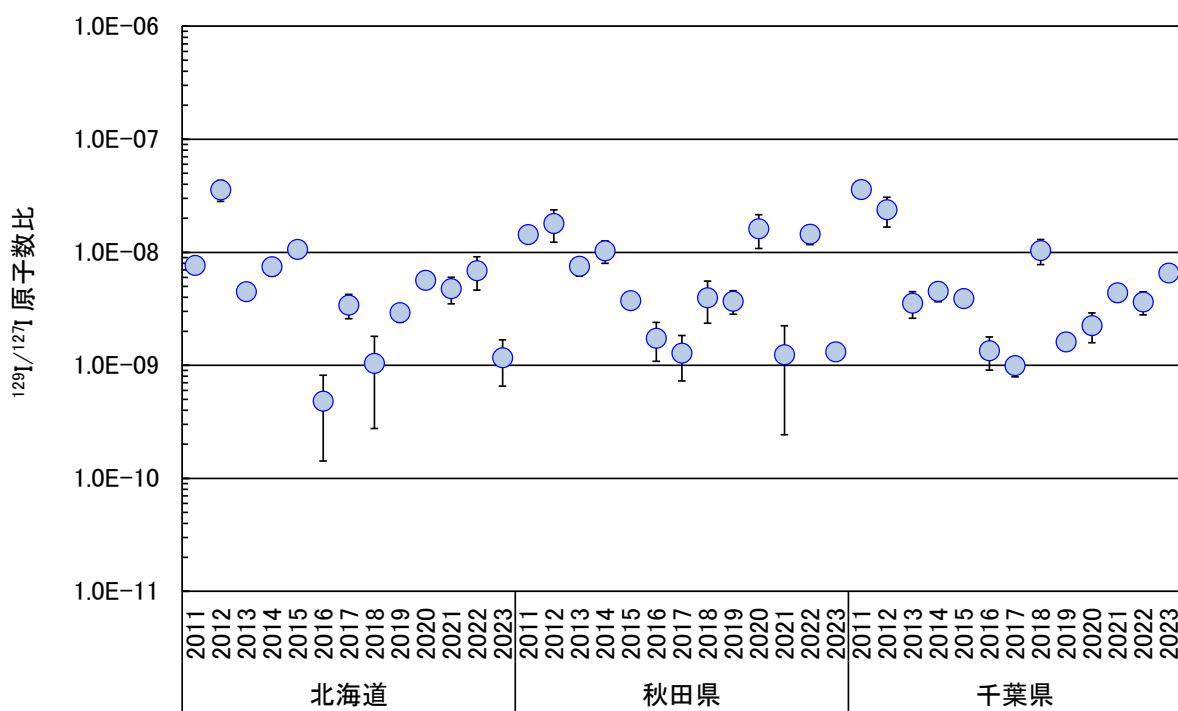


図 2-6-8 野菜類の $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比

表 2-6-2 2023 年大気浮遊じんの採取記録

採取期間	20230104～20230206	20230206～20230306	20230306～20230403	20230403～20230502
積算流量 (m ³)	526206.2	452163.5	451310.6	462885.3
試料重量 (g)	159.76	130.71	134.23	135.61
分取重量 (g) (分取率)	15.98 (10.0wt%)	13.10 (10.0wt%)	13.50 (10.1wt%)	13.56 (10.0wt%)
採取期間	20230502～20230605	20230605～20230703	20230703～20230807	20230807～20230904
積算流量 (m ³)	548244.3	453052.0	549882.0	455564.5
試料重量 (g)	162.02	125.98	159.58	121.38
分取重量 (g) (分取率)	16.28 (10.0wt%)	12.61 (10.0wt%)	15.97 (10.0wt%)	12.16 (10.0wt%)
採取期間	20230904～20231002	20231002～20231106	20231106～20231204	20231204～20231225
積算流量 (m ³)	457340.2	569842.6	454381.2	337576.7
試料重量 (g)	126.39	160.15	128.58	97.23
分取重量 (g) (分取率)	12.6 (10.0wt%)	16.0 (10.0wt%)	12.9 (10.0wt%)	9.72 (10.0wt%)

表 2-6-3 2023 年大気浮遊じんの ¹²⁹I 分析結果

試料	採取地点	試料採取時期	¹²⁹ I濃度			単位	¹²⁹ I/ ¹²⁷ I原子数比		
大気浮遊じん (SNOW WHITE)	千葉市	2023年1月	3.9E-07	±	1.1E-08	mBq/m ³	1.9E-08	±	5.4E-10
		2023年2月	1.9E-07	±	6.0E-09		1.3E-08	±	3.8E-10
		2023年3月	9.3E-07	±	2.7E-08		4.0E-08	±	1.1E-09
		2023年4月	1.7E-06	±	4.8E-08		6.7E-08	±	1.8E-09
		2023年5月	9.1E-07	±	2.6E-08		2.1E-08	±	5.9E-10
		2023年6月	2.5E-07	±	7.6E-09		1.2E-08	±	3.7E-10
		2023年7月	2.7E-07	±	9.3E-09		7.1E-09	±	2.3E-10
		2023年8月	6.9E-08	±	1.3E-09		4.2E-09	±	7.9E-11
		2023年9月	1.4E-07	±	2.3E-09		6.8E-09	±	1.1E-10
		2023年10月	6.1E-07	±	8.9E-09		2.6E-08	±	3.6E-10
		2023年11月	8.6E-07	±	1.2E-08		3.3E-08	±	4.3E-10
		2023年12月	3.5E-07	±	5.8E-09		1.1E-08	±	1.7E-10

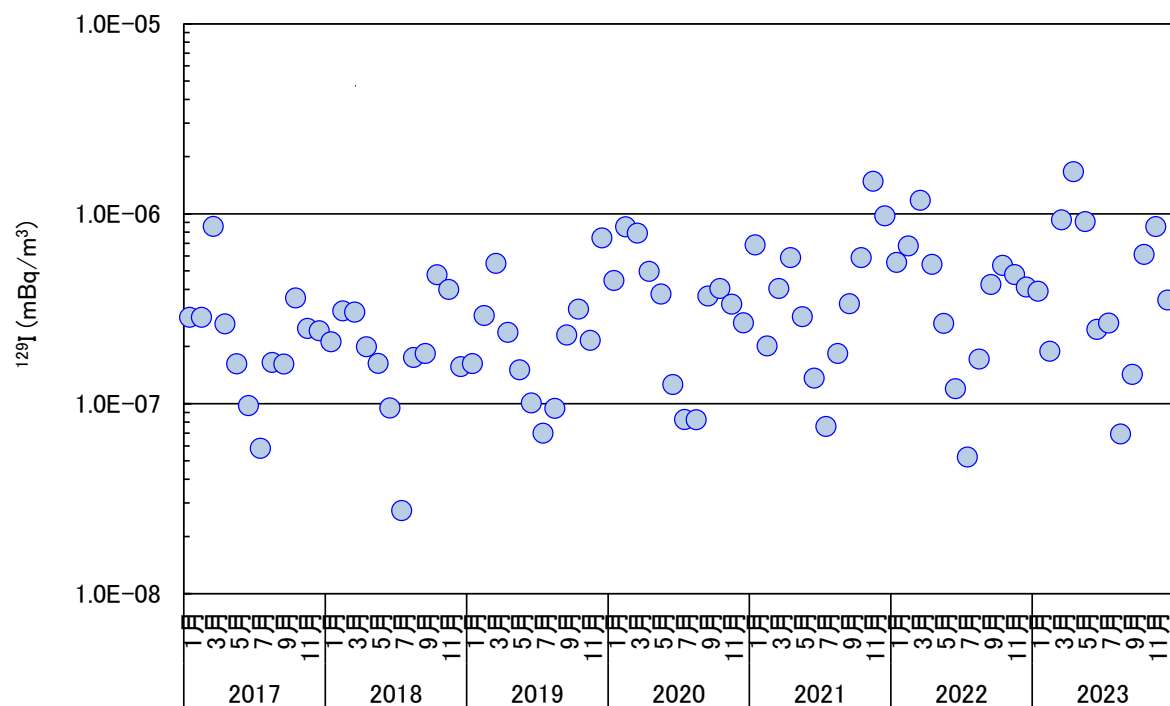


図 2-6-9 大気浮遊じんの ^{129}I 濃度

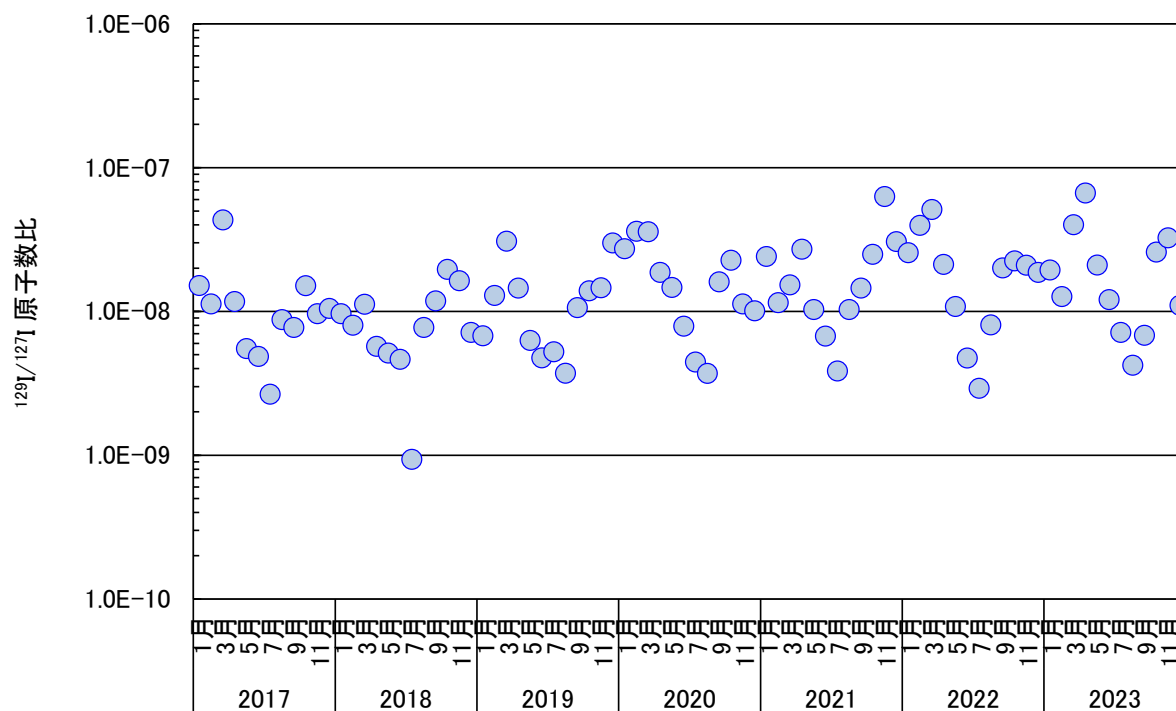


図 2-6-10 大気浮遊じんの $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比

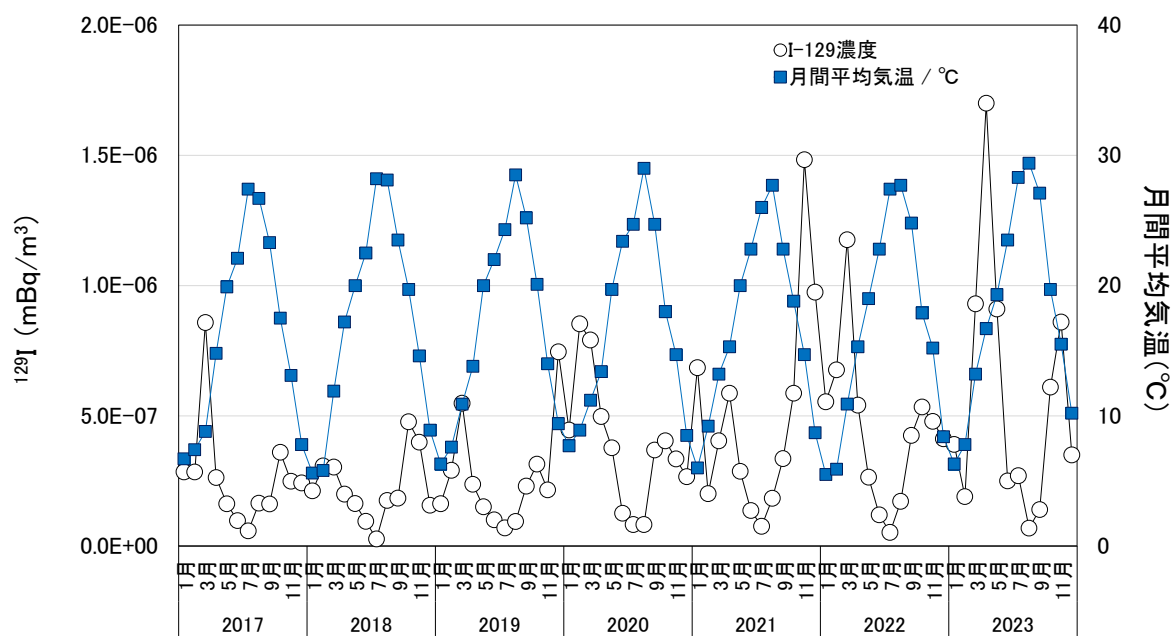


図 2-6-11 大気浮遊じん中の ^{129}I 濃度 vs 月間平均気温

表 2-6-4 海水の採取記録

試料	採取場所	時期	採取日	採取深度	緯度	経度
海水1	北海道(余市)	夏季	2023年8月22日	表層	43° 11' 56.2"	140° 47' 06.7"
海水2	秋田県(男鹿)		2023年8月22日	表層	39° 53' 50.8"	139° 51' 54.3"
海水3	千葉県(御宿)		2023年8月2日	表層	35° 10' 55.7"	140° 21' 17.2"
海水4	北海道(余市)	冬季	2023年11月28日	表層	43° 11' 56.2"	140° 47' 06.7"
海水5	秋田県(男鹿)		2023年11月28日	表層	39° 53' 50.8"	139° 51' 54.3"
海水6	千葉県(御宿)		2023年11月22日	表層	35° 10' 55.7"	140° 21' 17.2"

表 2-6-5 海水の ^{129}I 分析結果

試料	採取場所	時期	¹²⁹ I濃度			単位	¹²⁹ I/ ¹²⁷ I原子数比		
海水1	北海道（余市）	夏季	5.9E-05	±	2.6E-06	mBq/kg	2.0E-10	±	7.6E-12
海水2	秋田県（男鹿）		4.8E-05	±	2.2E-06		1.3E-10	±	5.0E-12
海水3	千葉県（御宿）		2.2E-05	±	1.9E-06		4.9E-11	±	3.4E-12
			2.1E-05	±	1.8E-06		4.8E-11	±	3.3E-12
			1.9E-05	±	1.7E-06		4.4E-11	±	3.1E-12
海水4	北海道（余市）	5.2E-05	±	2.8E-06	2.1E-10		±	8.5E-12	
		5.0E-05	±	2.7E-06	2.0E-10		±	8.3E-12	
海水5	秋田県（男鹿）	冬季	6.0E-05	±	1.4E-06		2.1E-10	±	4.7E-12
			6.1E-05	±	1.0E-06		2.1E-10	±	3.6E-12
海水6	千葉県（御宿）		1.7E-05	±	6.6E-07		4.6E-11	±	1.6E-12
			1.8E-05	±	6.4E-07		4.9E-11	±	1.6E-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 ($^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$) を測定し、 ^{14}C 比放射能を算出した。また、炭素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) を元素分析/同位体比質量分析計を用いて測定した。

なお、バックグラウンド試料及び標準試料として、IAEA C1 及び IAEA C6、NIST SRM 4990C を試料と同様な工程で分析した。

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)	2023. 8. 22～ 2023. 9. 5
	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)	2023. 11. 28～ 2023. 12. 12
	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	2023. 10. 1
	秋田県秋田市	2023. 11. 13
	千葉県千葉市	2023. 10. 5
野菜類	北海道恵庭市	2023. 9. 24
	秋田県秋田市	2023. 11. 13
	千葉県千葉市	2023. 5. 29

(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 比放射能の結果が夏季より低い傾向がみられた。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 14 の割合が相対的に増加した。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 の割合が減少したと考えられる。一方、大気中二酸化炭素の安定同位体比の分析結果にも同様な傾向が観測された。冬季では、大気中での重い炭素 14 と共に炭素 13 の割合も相対的に減少しており、それに伴って $\delta^{13}\text{C}$ も減少していたことから、冬季の大気中二酸化炭素の ^{14}C 比放射能の低下を裏付けるものであった。

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)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
大気 (夏季)	北海道札幌市 (北海道立衛生研究所)	2023. 8. 22～ 2023. 9. 5	0. 224 ± 0. 0011	-23. 5 ± 0. 05
	秋田県秋田市 (秋田県健康環境センター)		0. 223 ± 0. 0011	-22. 0 ± 0. 08
	千葉県千葉市 (日本分析センター千葉本部)		0. 222 ± 0. 0011	-21. 1 ± 0. 11
大気 (冬季)	北海道札幌市 (北海道立衛生研究所)	2023. 11. 28～ 2023. 12. 12	0. 217 ± 0. 0014	-26. 3 ± 0. 10
	秋田県秋田市 (秋田県健康環境センター)		0. 219 ± 0. 0014	-25. 2 ± 0. 09
	千葉県千葉市 (日本分析センター千葉本部)		0. 214 ± 0. 0014	-22. 7 ± 0. 02
精米	北海道石狩市	2023. 10. 1	0. 227 ± 0. 0014	-29. 4 ± 0. 19
	秋田県秋田市	2023. 11. 13	0. 226 ± 0. 0014	-27. 5 ± 0. 12
	千葉県千葉市	2023. 10. 5	0. 223 ± 0. 0009	-27. 6 ± 0. 23
野菜類	北海道恵庭市	2023. 9. 24	0. 224 ± 0. 0011	-28. 9 ± 0. 14
	秋田県秋田市	2023. 11. 13	0. 223 ± 0. 0014	-28. 1 ± 0. 11
	千葉県千葉市	2023. 5. 29	0. 224 ± 0. 0011	-27. 4 ± 0. 03

- 注) 1. 炭素 14 比放射能は、 $\delta^{13}\text{C}$ による補正をしていない値である。また、同一バッチで調製した IAEA C1 試料をバックグラウンドとして差し引いた。
 2. 炭素 14 比放射能の誤差は、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. $\delta^{13}\text{C}$ 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	野菜類
炭素 14 比放射能（Bq/g 炭素）				
本調査	0.222～0.224	0.214～0.219	0.223～0.227	0.223～0.224
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	野菜類
$\delta^{13}\text{C}$ （‰）				
本調査	-23.5～-21.1	-26.3～-22.7	-29.4～-27.5	-28.9～-27.4
過去の調査**	-23.8～-18.4	-28.3～-20.6	-29.0～-27.0	-29.0～-26.6

*過去の調査：2003 年度～2022 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～2022 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。2023 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。

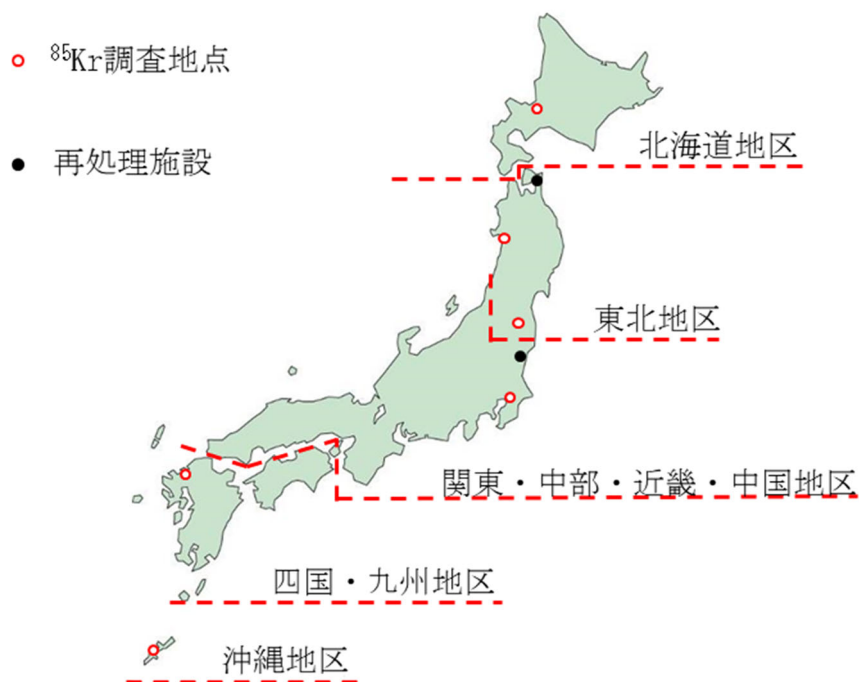


図 2-8-1 放射性希ガス濃度の調査対象地区

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
	都市	捕集装置設置機関	経度
北海道地区	札幌市	北海道立衛生研究所	43.1° N 141.3° E
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、2023年2月6日より2024年2月5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、2023年12月18日より2024年1月4日の年末・年始期間は大気試料の捕集操作を実施せず、調査を中断した。

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 10m^3 中の希ガスを流量 $1\text{L}/\text{分}$ で1週間（三春町は流量 $0.5\text{L}/\text{分}$ 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（ $=1.14\text{mL}/\text{m}^3$ ）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 2024 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、2023 年度の調査地点である札幌市、秋田市及び千葉市の大気中 ^{85}Kr 濃度 (Bq/m^3) を図 2-8-3 に示す。

2023 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 (2023 年 2 月から 2024 年 2 月) は、 $1.29\sim 1.52 \text{ Bq}/\text{m}^3$ で、平均値は $1.37\sim 1.39 \text{ Bq}/\text{m}^3$ 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 ($1.3\sim 1.6 \text{ Bq}/\text{m}^3$) ^{*1, *2, *3} 程度であると考えられる。

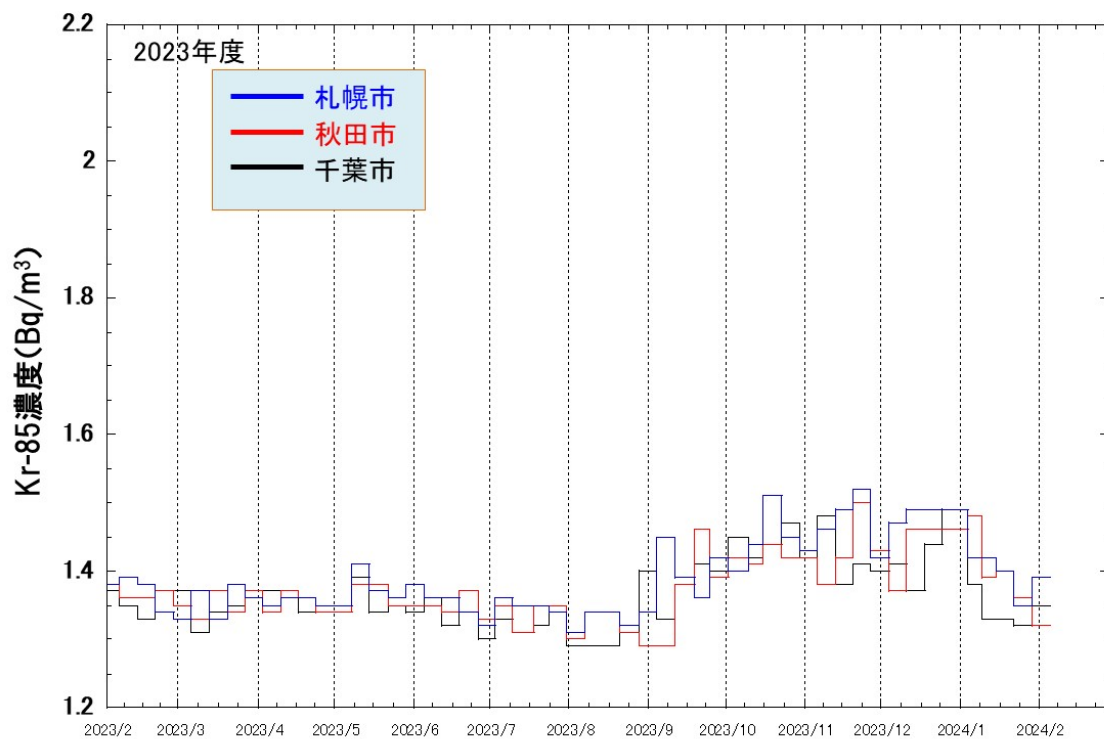
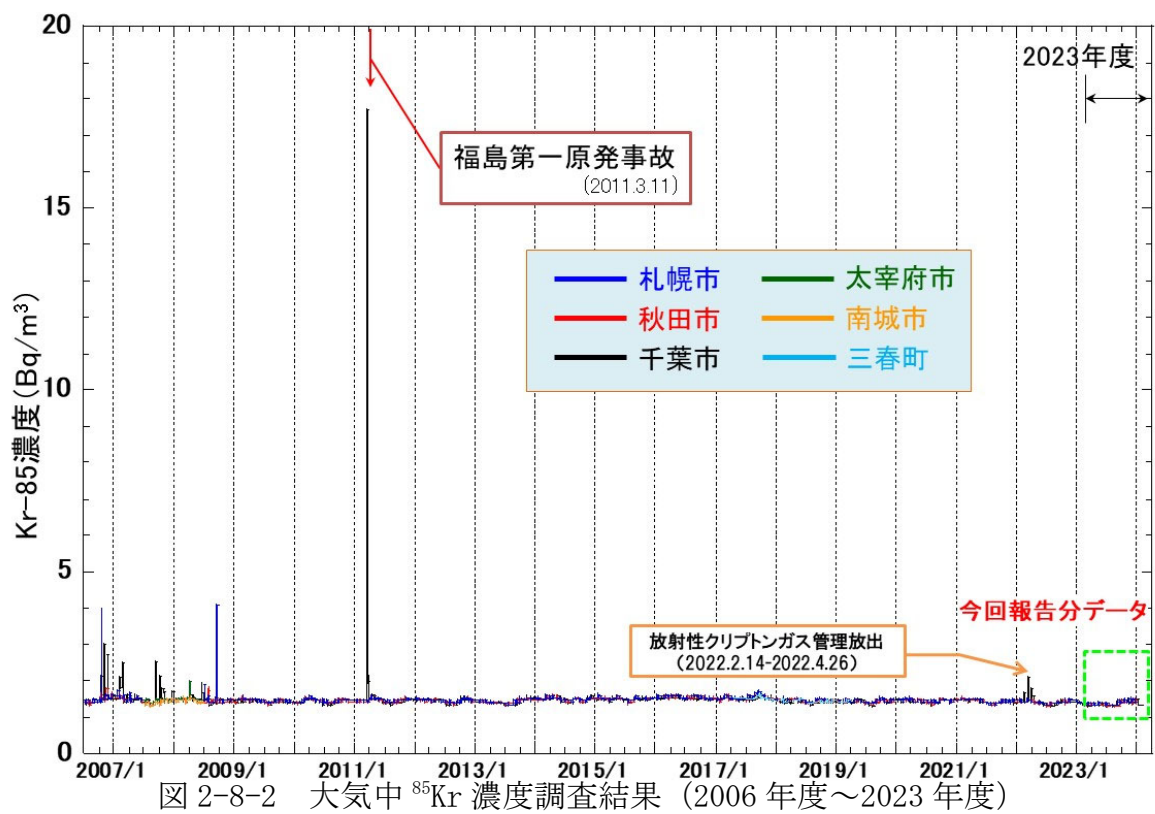
2008 年 10 月以降 (東京電力(株)福島第一原発事故直後は除く)、大気中 ^{85}Kr 濃度は、ほぼバックグラウンドレベルで推移しているものの、季節的な短期変動を示しながら、国外の再処理施設からの ^{85}Kr の放出の影響を受けて長期的な変動を示していると考えられる。大気中の ^{85}Kr 濃度の経年的な変動や年間の ^{85}Kr 濃度分布をわかりやすく表現するために、札幌市、秋田市及び千葉市の経年的な ^{85}Kr 濃度範囲の箱ひげ図を図 2-8-4、図 2-8-5 及び図 2-8-6 に示す。

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(株)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～2023 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～2022 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。



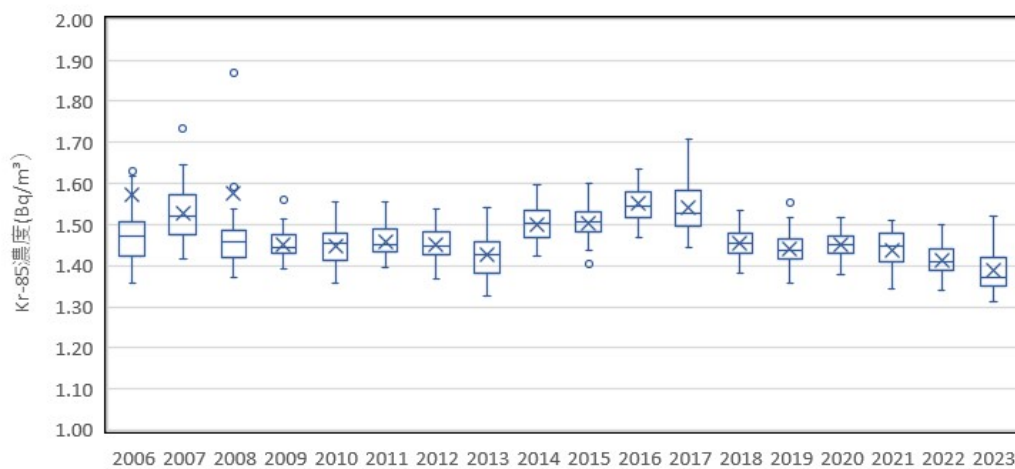


図 2-8-4 札幌市における経年的な ^{85}Kr 濃度範囲の箱ひげ図 (2006-2023 年度)

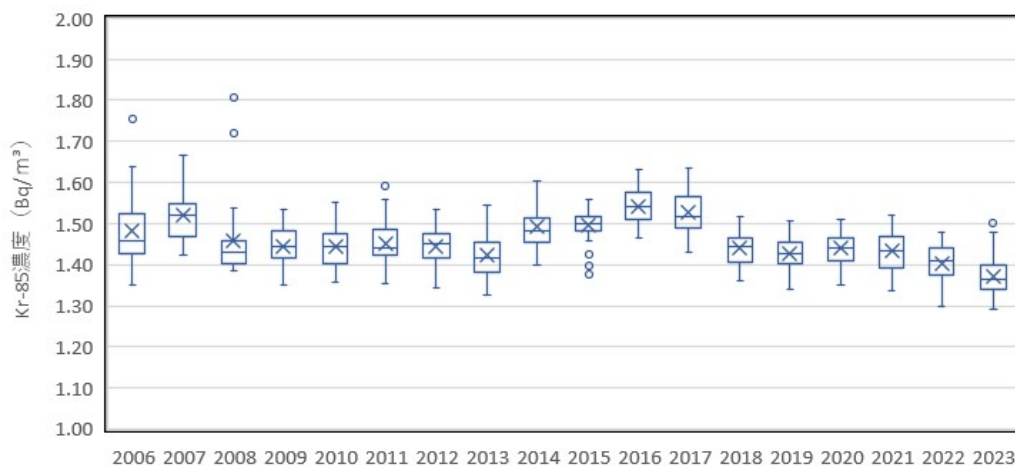


図 2-8-5 秋田市における経年的な ^{85}Kr 濃度範囲の箱ひげ図 (2006-2023 年度)

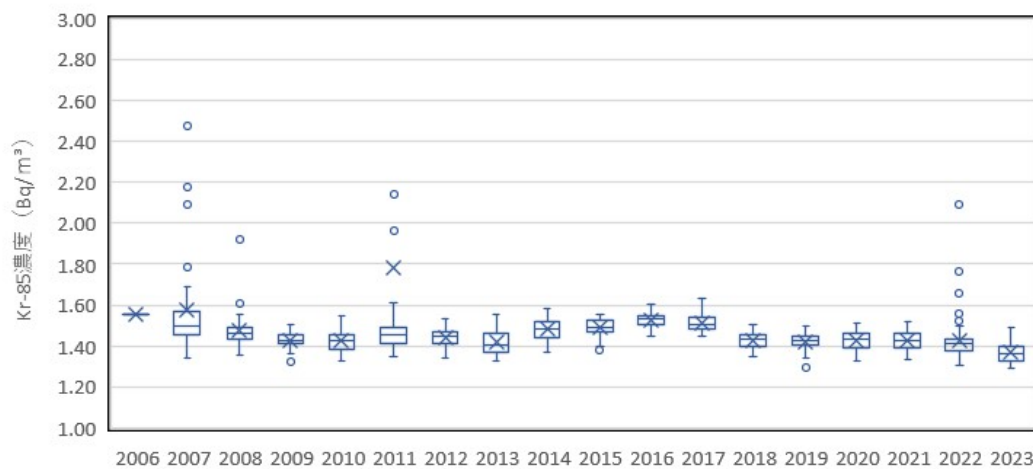


図 2-8-6 千葉市における経年的な ^{85}Kr 濃度範囲の箱ひげ図 (2006-2023 年度)

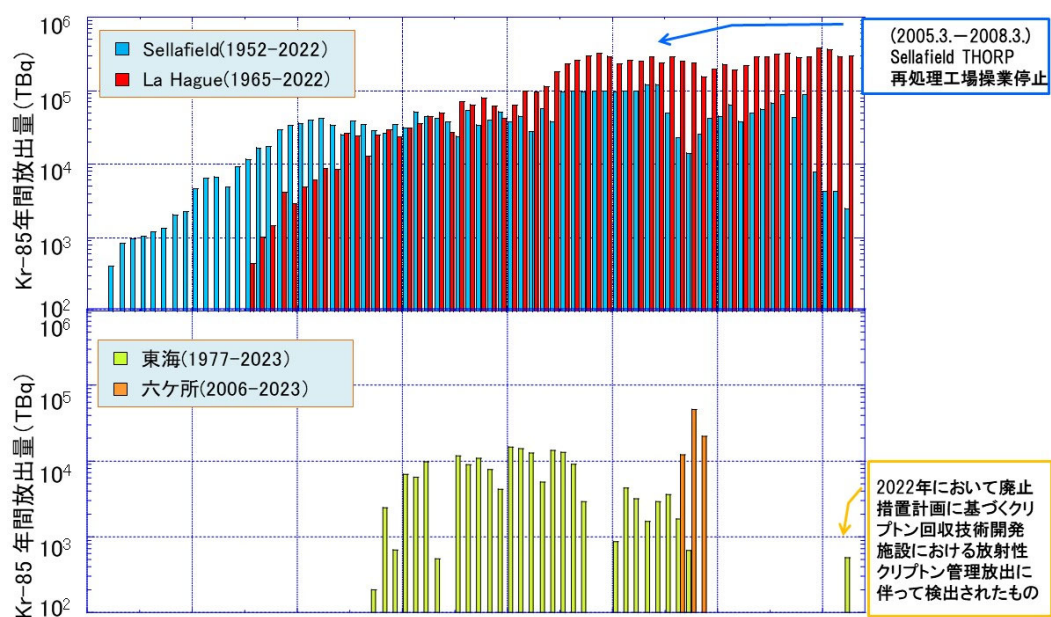


図 2-8-7 主な再処理施設からのクリプトン 85 年間放出量

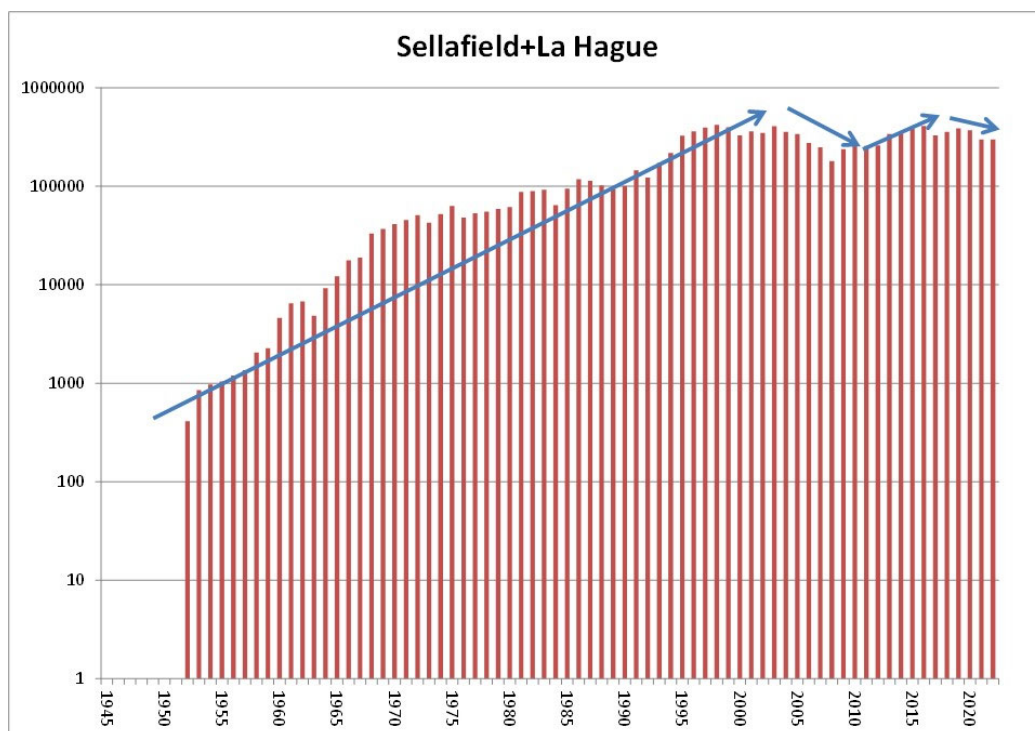


図 2-8-8 Sellafield 再処理工場及び La Hague 再処理工場の年間放出量の合計

*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 Kraiss 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

2023 年 3 月 1 日より 2024 年 2 月 29 日まで調査を実施した。

3) 分析方法

Scientia 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/m³) を算出した。

(2) 結果と考察

2018 年 10 月から 2024 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 0.05～1.82 mBq/m³ で、平均値 (n=52) は 0.29 mBq/m³ であった。 ^{133}Xe 濃度は 0.11～8.70 mBq/m³ で、平均値 (n=375) は 0.68 mBq/m³ であった。 ^{133m}Xe 濃度は 0.04～0.32 mBq/m³ で、平均値 (n=11) は 0.09 mBq/m³ であった。 ^{135}Xe 濃度は 0.64～1.06 mBq/m³ で、平均値 (n=3) は 0.81 mBq/m³ であった。

また、日本原子力研究開発機構が採用しているキセノン同位体比の基準^{*1}を用いて結果の評価を行った。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-II を運用している同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 ($^{133m}\text{Xe}/^{131m}\text{Xe} > 2.0$ 、 $^{133m}\text{Xe}/^{133}\text{Xe} > 0.3$ 、 $^{135}\text{Xe}/^{133}\text{Xe} > 5.0$) を立て、注目すべきデータを抽出している。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 ($^{133m}\text{Xe}/^{131m}\text{Xe}$ 、 $^{133m}\text{Xe}/^{133}\text{Xe}$ 、 $^{135}\text{Xe}/^{133}\text{Xe}$) を算出した。

調査期間において、 $^{133m}\text{Xe}/^{131m}\text{Xe}$ 濃度比は 2 回算出され、どちらも 0.78 (2023 年 5 月 18 日及び 2023 年 10 月 12 日) であり、日本原子力研究開発機構が採用している基準 ($^{133m}\text{Xe}/^{131m}\text{Xe} > 2.0$) 以下であった。 $^{135}\text{Xe}/^{133}\text{Xe}$ 濃度比は 1 回算出され、4.27 (2023 年 4 月 6 日) であり、日本原子力研究開発機構が採用してい

る基準 ($^{135}\text{Xe}/^{133}\text{Xe} > 5.0$) 以下であった。 $^{133\text{m}}\text{Xe}/^{133}\text{Xe}$ 濃度比は 2 回算出され、それぞれ 0.071 (2023 年 12 月 23 日) 及び 0.34 (2024 年 1 月 15 日) であり、2024 年 1 月 15 日の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 ($^{133\text{m}}\text{Xe}/^{133}\text{Xe} > 0.3$) を超過したが、 $^{133\text{m}}\text{Xe}$ 濃度が下限値付近の低いレベルであった事、 $^{133\text{m}}\text{Xe}$ が以降の測定では連続して不検出であった事から、偶発的に同時検出された可能性が高いと考えられた。

大気中の放射性キセノン濃度はバックグラウンドレベル^{*2-^{*5}}であり、キセノン同位体比についても特段注目すべきデータは無かったが、2023 年 12 月 17 日から 18 日に捕集した試料において ^{133}Xe 濃度が SAUNA-II 導入以降 (2019 年 1 月 7 日捕集開始分から) の最大値 (2.62 mBq/m³) を 2 回連続して超過し、その後も SAUNA-II 導入以降の最大値を断続的に 10 回超過した (表 2-9-1 参照)。調査期間中の ^{133}Xe 濃度の最大値は 8.70 mBq/m³ であった。なお、これは本調査における過去 10 年の最大値 (11 mBq/m³) との比較では特段高い値ではなく、実効線量率に換算^{*6}すると 0.4 nSv/年であり、日本人の平均的な年間被ばく線量^{*7} (2.1 mSv/年) と比較して十分に低い線量である。また、当該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。本事象は調査期間の最終日まで継続しており、引き続きキセノンの動向を注視していく必要があると考えられる。

表 2-9-1 ^{133}Xe 濃度が SAUNA-II 導入以降の最大値を超過した試料

捕集開始日時	捕集終了日時	^{133}Xe 濃度 [mBq/m ³]	^{133m}Xe 濃度 [mBq/m ³]	^{131m}Xe 濃度 [mBq/m ³]	^{135}Xe 濃度 [mBq/m ³]
2023/12/17 13:05	2023/12/18 01:05	2.97 ± 0.11	不検出	不検出	不検出
2023/12/18 01:05	2023/12/18 13:05	5.84 ± 0.14	不検出	不検出	不検出
2023/12/23 01:05	2023/12/23 13:05	4.52 ± 0.14	0.32 ± 0.10	不検出	不検出
2023/12/24 13:05	2023/12/25 01:05	2.92 ± 0.14	不検出	不検出	不検出
2024/01/24 13:06	2024/01/25 01:06	4.63 ± 0.16	不検出	不検出	不検出
2024/02/11 01:06	2024/02/11 13:06	8.70 ± 0.17	不検出	不検出	不検出
2024/02/11 13:06	2024/02/12 01:06	8.52 ± 0.18	不検出	不検出	不検出
2024/02/12 01:06	2024/02/12 13:06	2.99 ± 0.14	不検出	不検出	不検出
2024/02/12 13:06	2024/02/13 01:06	3.63 ± 0.12	不検出	不検出	不検出
2024/02/13 01:06	2024/02/13 13:06	5.31 ± 0.14	不検出	不検出	不検出
2024/02/13 13:06	2024/02/14 01:06	4.71 ± 0.13	不検出	不検出	不検出
2024/02/14 01:06	2024/02/14 13:06	4.79 ± 0.17	不検出	不検出	不検出

*1:WOSMIP V-Workshop on Signatures of Medical and Industrial Isotope Production, Brussels, Belgium, May 2015, PNNL-25226.

*2:Workshop on Signatures of Medical and Industrial Isotope Production-A Review, Strassoldo, Italy, July 2009, PNNL-19294.

*3:米沢仲四郎, 山本洋一, 2011; 核実験監視用放射性核種観測網による大気中の人工放射性核種の測定; ぶんせき, 2011-8, pp. 451-458.

*4:木島 佑一, 山本 洋一, 小田 哲三, 2017; CTBT検証を目的とした青森県むつ市における国際希ガス共同観測; JAEA-Technology 2017-028.

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

*6:国際放射線防護委員会(ICRP), 2012; ICRP Publication 119, Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60.

*7: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」

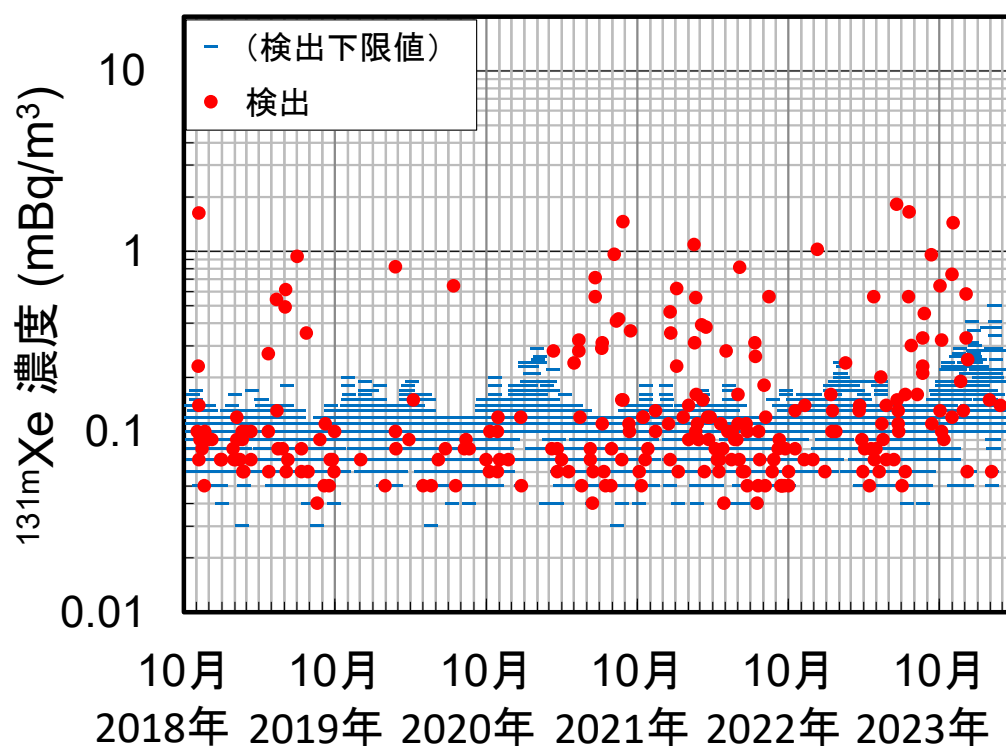


図 2-9-1 大気中 ^{131m}Xe 濃度調査結果

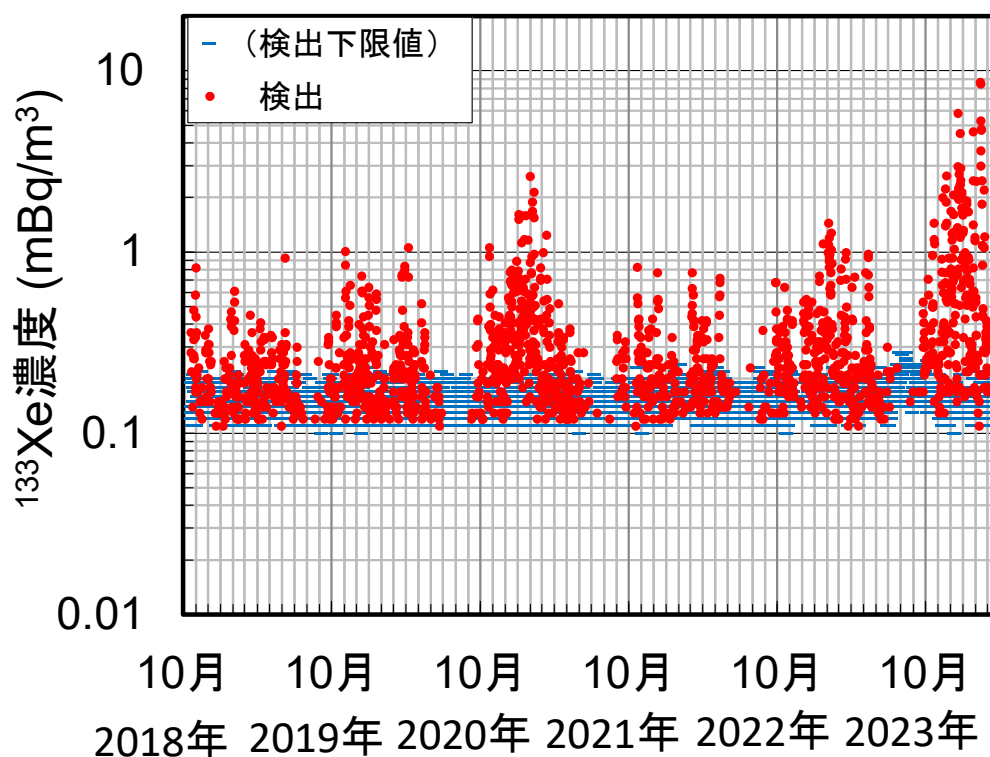


図 2-9-2 大気中 ^{133}Xe 濃度調査結果

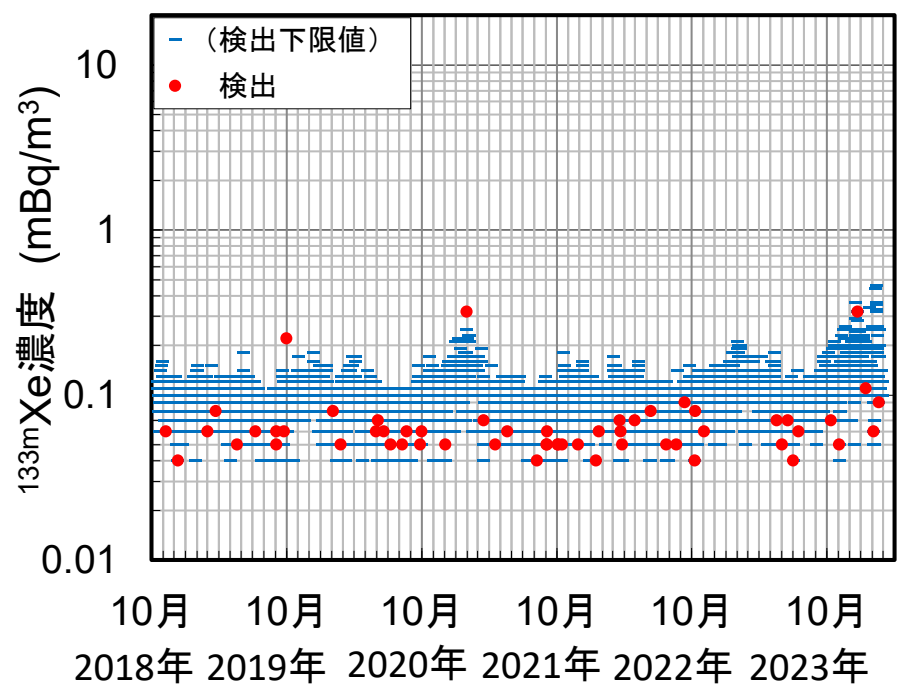


図 2-9-3 大気中 ^{133m}Xe 濃度調査結果

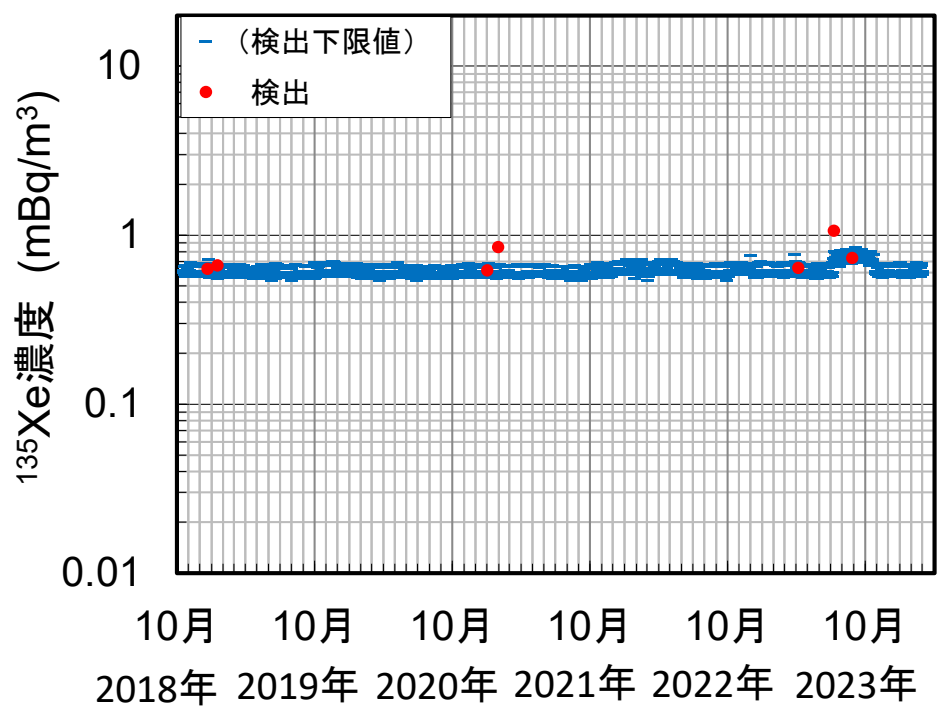


図 2-9-4 大気中 ^{135}Xe 濃度調査結果

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)と(2)に、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、福島県環境放射線センター(南相馬市)に保管中の 3 基(葛尾村柏原地区、環境放射線センター、富岡第一小学校)を除いた 77 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)～(39)に示す。

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、その要因について検討を実施した。以下に要因について確認を実施した内容を記す。

① 気象変動

降雨・降雪が認められた場合、一般的な傾向として空間放射線量率が一時的に上昇することは良く知られている。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もある。

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

なお、確認方法は、感雨計を装備した可搬型モニタリングポストの場合は降雨の感知の有無を確認した。また、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)も併せて活用した。

気象庁 アメダス http://www.jma.go.jp/jp/amedas_h/

確認の結果、いくつかの可搬型モニタリングポストにおいて、降雨による空間放射線量率の上昇もしくは下降のため判断基準を外れる測定データが認められた。降雨の影響については、檜葉南小学校(檜葉町)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、檜葉南小学校(檜葉町)で最大0.04 $\mu\text{Sv/h}$ (78 %)程度の空間放射線量率の上昇、大堀小学校(浪江町)で最大0.3 $\mu\text{Sv/h}$ (58 %)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、びわのかげ運動公園(南会津町)における空間放射線量率の下降の例を図2-10-5に示す。例示した期間では、同地点で0.01 $\mu\text{Sv/h}$ (34 %)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指示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、鉄山ダム(南相馬市)の例を図2-10-6に示す。例示した期間では、同地点で最大10 %程度の指示値の日変動が見られた。

③ 測定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の増減の有無等を確認した。

確認の結果、野上一区地区集会所(大熊町)では、敷地の除染作業を行ったことで、63 %程度の空間放射線量率の変動が認められた(除染前0.7 $\mu\text{Sv/h}$ 程度、除染後0.3 $\mu\text{Sv/h}$ 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。測定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)と(2)に示す。

小良ヶ浜多目的集会所(富岡町)では、敷地の除染作業を行ったことで、70 %程度の空間放射線量率の変動が認められた(除染前1.0 $\mu\text{Sv/h}$ 程度、除染後0.3 $\mu\text{Sv/h}$ 程度)。また波高スペクトルより、野上一区地区集会所(大熊町)の場合と同様、放射性セシウム等の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。測定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2-10-8(1)と(2)に示す。

手七郎集会所(浪江町)では、敷地の除染作業を行ったことで、19 %程度の空間放射線量率の変動が認められた(除染前0.7 $\mu\text{Sv/h}$ 程度、除染後0.6 $\mu\text{Sv/h}$ 程度)。また波高スペクトルより、野上一区地区集会所(大熊町)の場合と同様、放射性セシウム等の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。測定地点敷地内の除染による空間放射線量率の変動及び波高スペクトルを図2-10-9(1)と(2)に示す。

④ 可搬型モニタリングポスト更新に伴う変動

可搬型モニタリングポストの更新に伴い、空間放射線量率の変動が認められた。詳細は「6) 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)～(39)参照)を更新し、そのトレンドグラフから自然要因以外の変動がないかを確認することにより、測定器の健全性が保たれているか否かの確認を実施した。トレンドグラフは1日毎の平均値、最大値及び最小値をプロットした。

3) 可搬型モニタリングポストの撤去

南相馬市からの要望で、金房幼稚園(南相馬市)に設置されている可搬型モニタリングポストを、2023年5月17日に撤去した。撤去した可搬型モニタリングポストは福島県環境放射線センター(南相馬市)

に保管した。撤去前の設置場所を表 2-10-2 に、撤去前、撤去作業及び保管の様子を図 2-10-10(1)～(3)に示す。

いわき市からの要望で、いわき市海竜の里センター(いわき市)に設置されている可搬型モニタリングポストを 2024 年 1 月 15 日に撤去した。撤去した可搬型モニタリングポストは福島県環境放射線センター(南相馬市)に一時保管した後、2024 年 1 月 16 日に廃棄のため業者へ引き渡した。撤去前の設置場所を表 2-10-3 に、撤去前及び撤去作業の様子を図 2-10-11(1)と(2)に示す。

4) 可搬型モニタリングポストの再設置

浪江町からの要望で、福島県環境放射線センター(南相馬市)に保管していた可搬型モニタリングポストを、2023 年 5 月 17 日に苅野防災コミュニティセンター(苅野小学校から名称変更)(浪江町)に再設置した。なお当該機器は浪江町からの要望で 2021 年 1 月 13 日に一時撤去していた。再設置場所等を表 2-10-4 に、設置作業及び設置後の様子を図 2-10-12(1)と(2)に示す。

飯舘村からの要望で、福島県環境放射線センター(南相馬市)に保管していた可搬型モニタリングポストを、2023 年 5 月 23 日に長泥コミュニティセンター(飯舘村)に再設置した。なお当該機器は 2019 年 11 月 26 日に飯舘村からの要望で一時撤去していた。再設置場所等を表 2-10-5 に、設置作業及び設置後の様子を図 2-10-13(1)と(2)に示す。

5) 測定地点敷地内の除染

野上一区地区集会所(大熊町)、小良ヶ浜多目的集会所(富岡町)、手七郎集会所(浪江町)において除染作業が実施された。実施期間を表 2-10-6 に、除染前、除染作業及び除染後の様子を図 2-10-14(1)～(3)に示す。

6) 可搬型モニタリングポストの更新

設置から 10 年以上が経過して老朽化してきていることから可搬型モニタリングポストの更新を実施した。更新の方針として以下 3 点を基本とした。

- ・ 測定精度は更新前と同等以上とすること。
- ・ エネルギー情報(波高スペクトル)が取得できること。
- ・ 費用の低減を図ること

また以下の 6 点を満足するような設計とした。

- ・ 可搬型モニタリングポスト構造物による遮へい等をなるべく抑えるため、可能な限り小型化を図ること。
- ・ 一人で持ち運びできるように軽量化すること。
- ・ 屋外での連続稼働において5年以上の耐久性を確保すること。
- ・ 移設や設定地点変更に柔軟に対応するため、可搬性を備えること。
- ・ 消費電力を抑えランニングコストの低減を図るため、温度制御機能（ヒーター等）を有せずとも、JISで定められた温度特性を担保すること。
- ・ 携帯通信であるが、災害時等を考慮し、衛星回線もしくはイーサネット（有線）への切替にも対応できること。

更新対象については、検出器としてエネルギー情報を取得することができない Si 半導体検出器のみを搭載した可搬型モニタリングポスト（タイプ 1）18 基を最優先に選定した。次に検出器として NaI 検出器 + Si 半導体検出器を搭載している可搬型モニタリングポスト（タイプ 2）のうち、携帯回線通信網に設置されているにもかかわらず、衛星通信を使用しておりその通信費用が高額となっている 5 基を選定した。更新前後の機器外観を図 2-10-15 に、更新前（タイプ 1 及びタイプ 2）と更新後（タイプ 3）の主な仕様の比較を表 2-10-7 に、更新を実施した地点を表 2-10-8 に示す。

機器更新により、空間放射線量率の変動が見られた。伊達市役所保原本庁舎（伊達市）（Si 半導体検出器から CsI 検出器に更新）の場合は空間放射線量率の下降、合子集落農事集会所（田村市）（NaI 検出器 + Si 半導体検出器から CsI 検出器に更新）の場合は空間放射線量率の上昇が見られた。それぞれの変動を図 2-10-16（1）と（2）に、集計データを表 2-10-9 に示す。また、空間放射線量率の変動内訳を表 2-10-10 に示す。機器更新を実施した他の地点においても上記例と同様、Si 半導体検出器を搭載した機器（タイプ 1）を更新した場合は空間放射線量率の下降、NaI 検出器 + Si 半導体検出器を搭載した機器（タイプ 2）を更新した場合は空間放射線量率の上昇が見られた（図 2-10-2 のトレンドグラフ参照）。

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

レスポンスマトリクス法とは、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（レスポンス行列）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。

今年度、NaI 検出器に対するレスポンスマトリクス法に使用するソフトウェアを導入し、その解析結果の妥当性確認を行った。また、現在、応答関数行列は NaI 検出器についてのみ用意されているため、CsI 検出器により得られる波高スペクトルに対してレスポンスマトリクス法を適用するため、検討を行った。

1) NaI 検出器に対するレスポンスマトリクス法の妥当性確認

可搬型モニタリングポスト（NaI+Si 半導体）及び可搬型 Ge 検出器の並行測定により、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。結果を図 2-10-17(1)、並行測定の様子を図 2-10-17(2)に示す。各機器の設置状況の違い等を考慮すると、NaI 検出器に対するレスポンスマトリクス法による結果と可搬型 Ge 検出器による結果は概ね一致したと考えられる。今後、空間放射線量率レベルが異なる地点で引き続き妥当性確認を行う。

2) CsI 検出器に対するレスポンスマトリクス法適用の検討

CsI 検出器に対するレスポンスマトリクス法の適用に向け考えられる手法例として、CsI 検出器に対する応答関数行列の作成、NaI 検出器に対する応答関数行列の適用等が挙げられる。今年度は、図 2-10-17(3)に示すように、NaI 検出器と CsI 検出器より得られる波高スペクトルの形状に近いことに着目し、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関数行列を適用する手法について検討を行った。

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様子を図 2-10-17(4)、並行測定及び放射線輸送シミュレーション（PHITS）により得られた、CsI 検出器と NaI 検出器の波高スペクトルのエネルギー毎の計数比を図 2-10-17(5)に示す。放射線輸送シミュレーション（PHITS）では、土壌（面積： $3.14 \times 10^4 \text{ cm}^2$ 、深さ：

28.5 cm、密度：1.1 g/cm³) 中に ⁴⁰K が 59.94 Bq、²³²Th が 3.277 Bq、²³⁸U が 1.319 Bq 含まれると仮定して計算した。空間放射線量率が高い地点の一部エネルギー領域を除き、放射線輸送シミュレーション (PHITS) と実測の波高スペクトル計数比は統計的なばらつきの範囲で概ね一致した。これにより、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換算することでレスポンスマトリクス法を適用できる可能性が示唆された。

放射線輸送シミュレーション (PHITS) により得られた波高スペクトル計数比を例としてシグモイド関数により近似した結果を、図 2-10-17(6)に示す。今後、放射線輸送シミュレーション (PHITS) により得られたデータを近似した関数により、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換算し、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。

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	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)	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)	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	南相馬市小高区蛭沢字藤沼50-1
24	金房幼稚園(2023年5月撤去)	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	南相馬市原町区萱浜字巢掛場45-169
34	女平地区集会所	檜葉町大字上小塙字女平218-1
35	天神岬スポーツ公園	檜葉町大字北田字天神
36	檜葉南小学校	檜葉町大字下小塙字麦入31
37	営団地区集会所	檜葉町大字波倉字原135-7
38	乙次郎地区集会所	檜葉町大字大谷字乙次郎
39	小良ヶ浜多目的集会所	富岡町大字小良ヶ浜字赤坂314
40	富岡第一小学校(2020年5月撤去)	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

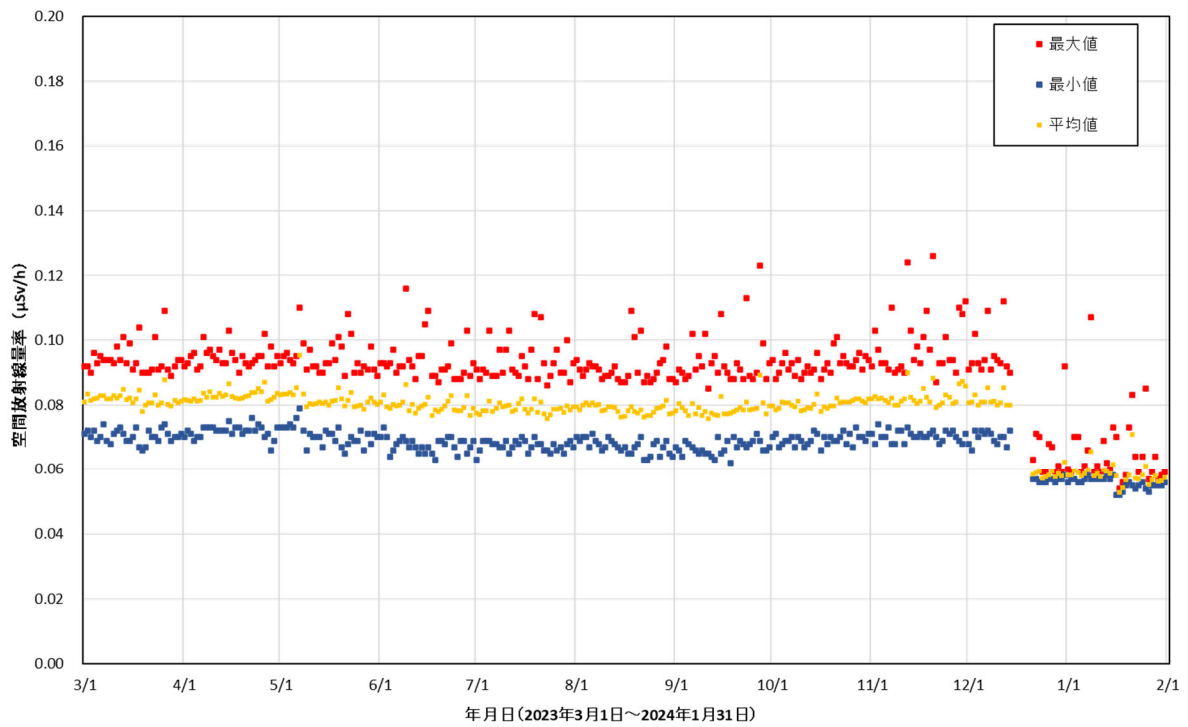
No.	施設名	所在地
48	熊一区地区集会所	大熊町大字熊字旭台499
49	熊町小学校	大熊町大字熊川字緑ヶ丘10
50	中屋敷多目的研修集会施設	大熊町大字野上字旭ヶ丘
51	野上一区地区集会所	大熊町大字野上字湯の神432-2
52	北部コミュニティーセンター	双葉町大字鴻草字高田前32
53	双葉総合公園	双葉町大字新山字漆迫地内
54	手七郎集会所	浪江町大字赤宇木字手七郎
55	赤宇木集会所	浪江町大字赤宇木字塩浸
56	大堀小学校	浪江町大字小野田字仲禅寺134
57	苅野防災コミュニティーセンター (2023年5月再設置、名称を苅野小学校から変更)	浪江町大字苅宿字鹿畑16
58	大柿簡易郵便局(葛尾村営バス停脇)	浪江町大字川房字大柿162
59	浪江町役場	浪江町大字幾世橋字六反田7-2
60	小丸多目的集会所	浪江町大字小丸字下平
61	津島活性化センター	浪江町大字下津島字原
62	屋曽根屯所	浪江町大字屋曽根字屋曽根
63	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	飯館村大字飯樋
69	飯館村防災センター	飯館村大字飯樋字町102
70	臼石小学校	飯館村大字臼石字田尻127-1
71	大倉体育館	飯館村大字大倉字大倉
72	草野小学校	飯館村大字草野字大師堂113-1
73	小宮コミュニティーセンター	飯館村大字小宮字曲田
74	佐須公民館	飯館村大字佐須字佐須
75	前乗集会所	飯館村大字佐須字前乗
76	長泥コミュニティーセンター(2023年5月再設置)	飯館村大字長泥字長泥
77	比曽公民館	飯館村大字比曽字比曽413
78	前田公民館	飯館村大字前田字広平
79	八木沢芦原多目的集会所	飯館村大字八木沢字上八木沢
80	蕨平公民館	飯館村大字蕨平字蕨平



出典: 国土地理院ホームページ

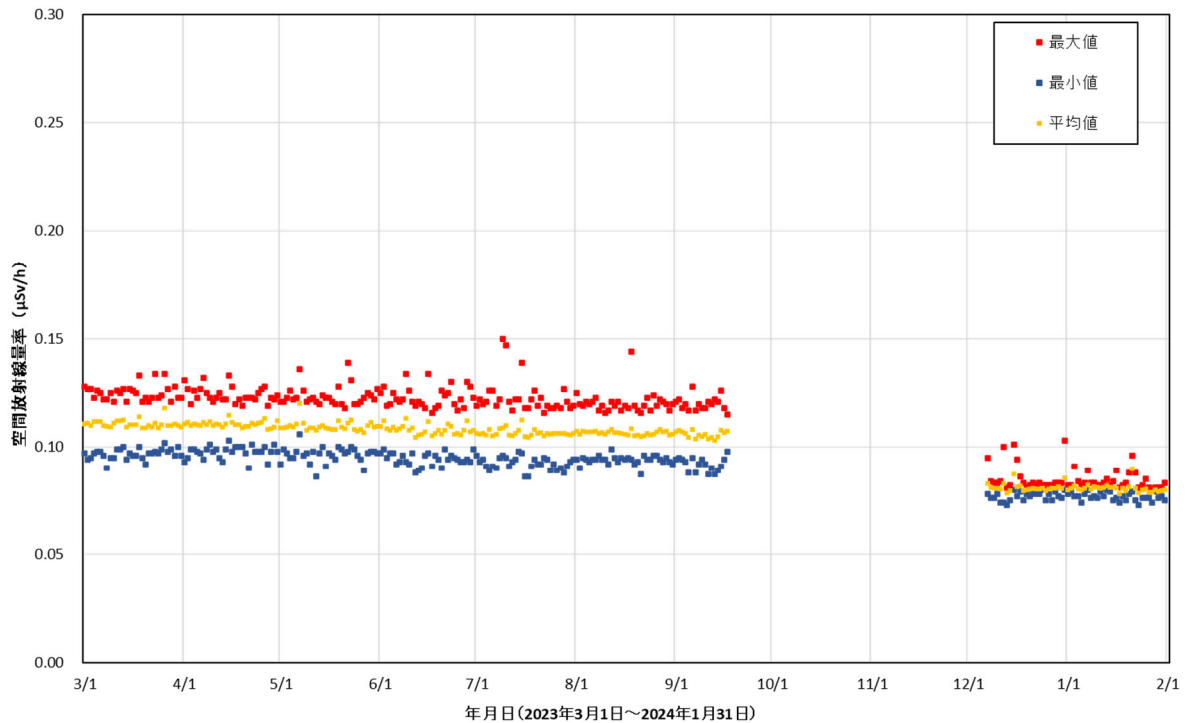
図2-10-1 可搬型モニタリングポスト設置地点地図

No.1 あづま総合運動公園



2023/12/14 ~ 2023/12/21 機器更新作業実施

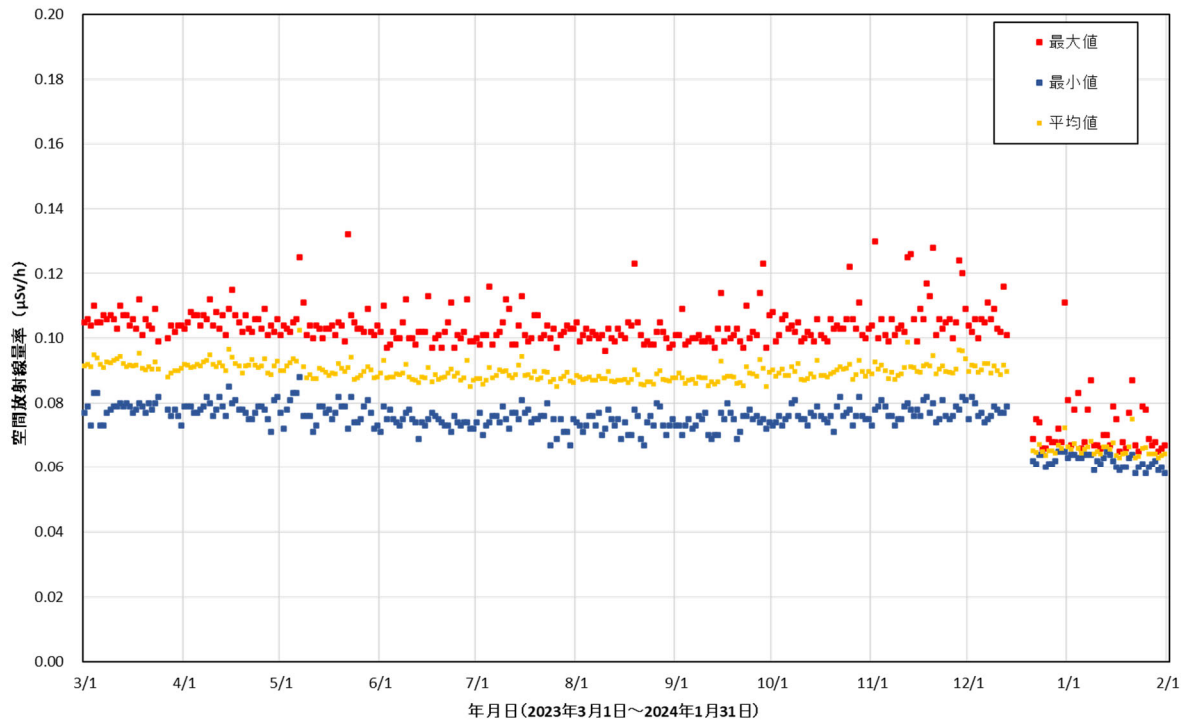
No.2 二本松市役所



2023/9/18 ~ 2023/11/26 機器不具合により欠測
2023/11/27 ~ 2023/12/7 機器更新作業実施

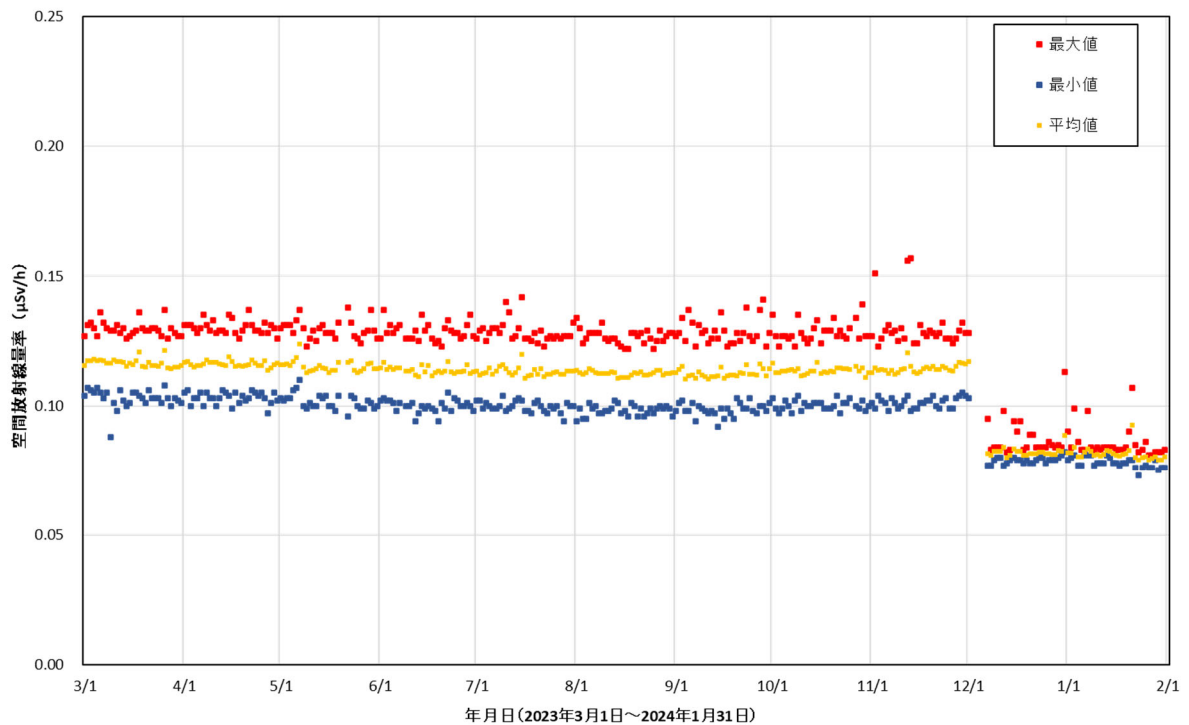
図 2-10-2(1) 各地点のトレンドグラフ

No.3 伊達市役所保原本庁舎



2023/12/13 ~ 2023/12/21 機器更新作業実施

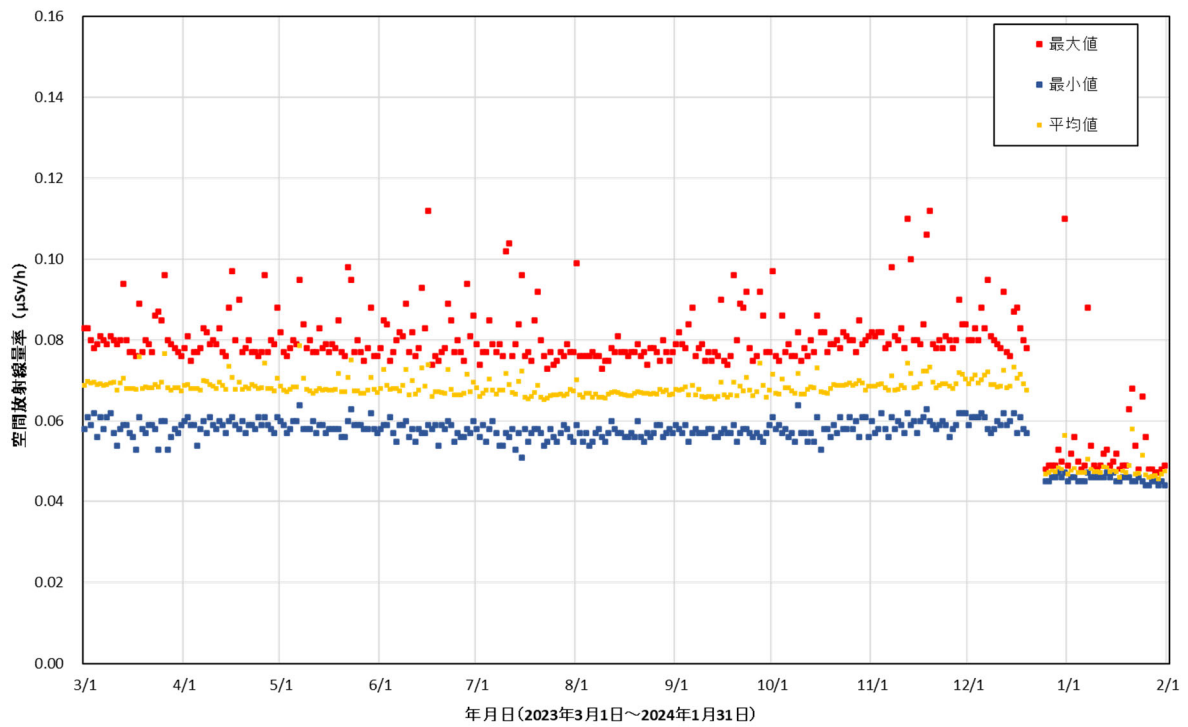
No.4 石神生涯学習センター



2023/12/1 ~ 2023/12/7 機器更新作業実施

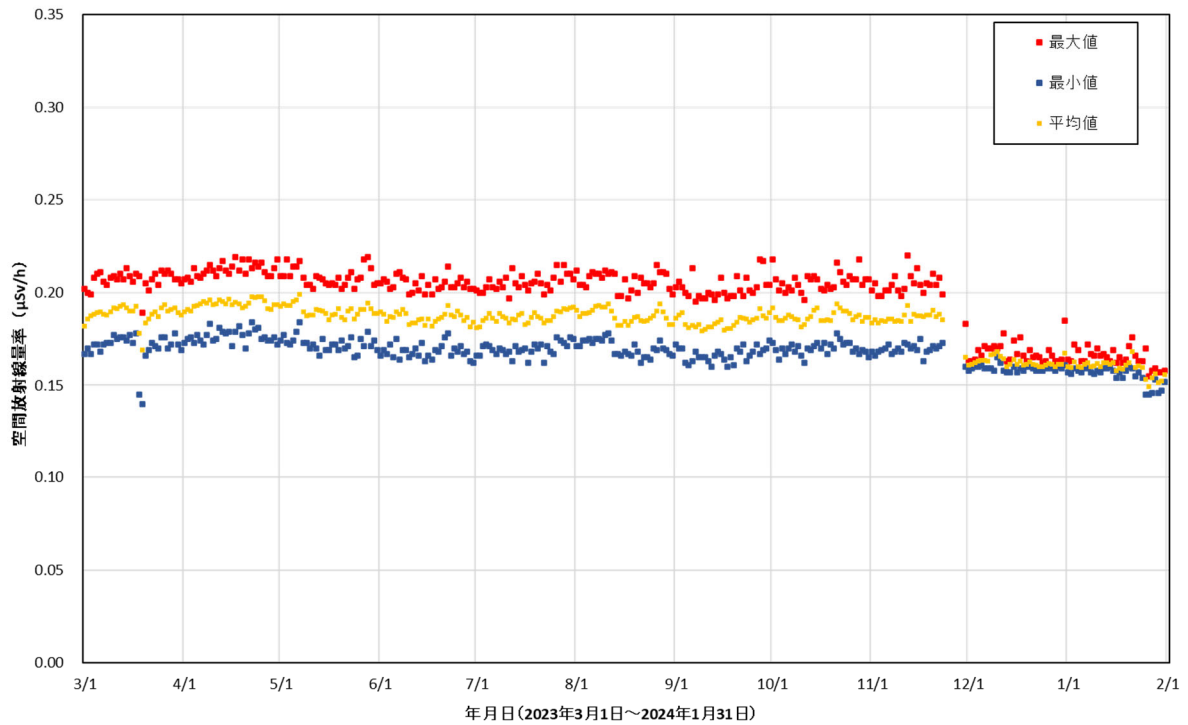
図 2-10-2(2) 各地点のトレンドグラフ

No.5 須賀川市役所



2023/12/19 ~ 2023/12/25 機器更新作業実施

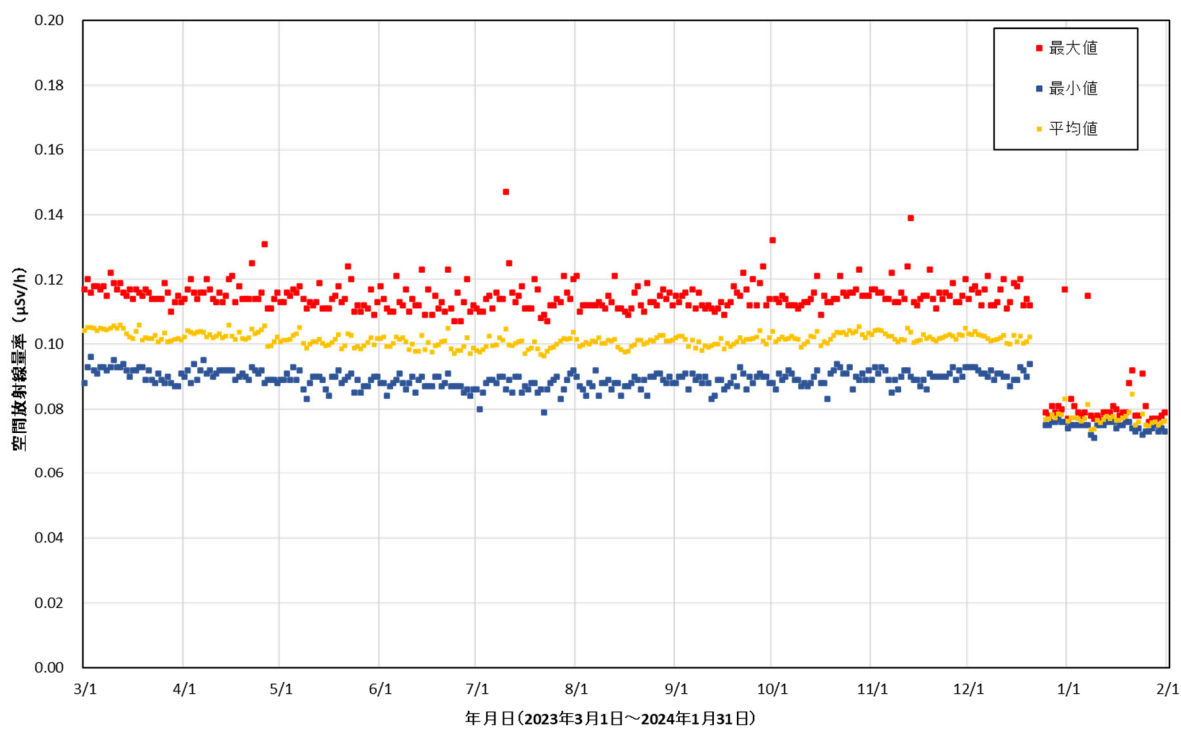
No.6 飯舘村役場



2023/11/23 ~ 2023/11/30 機器更新作業実施

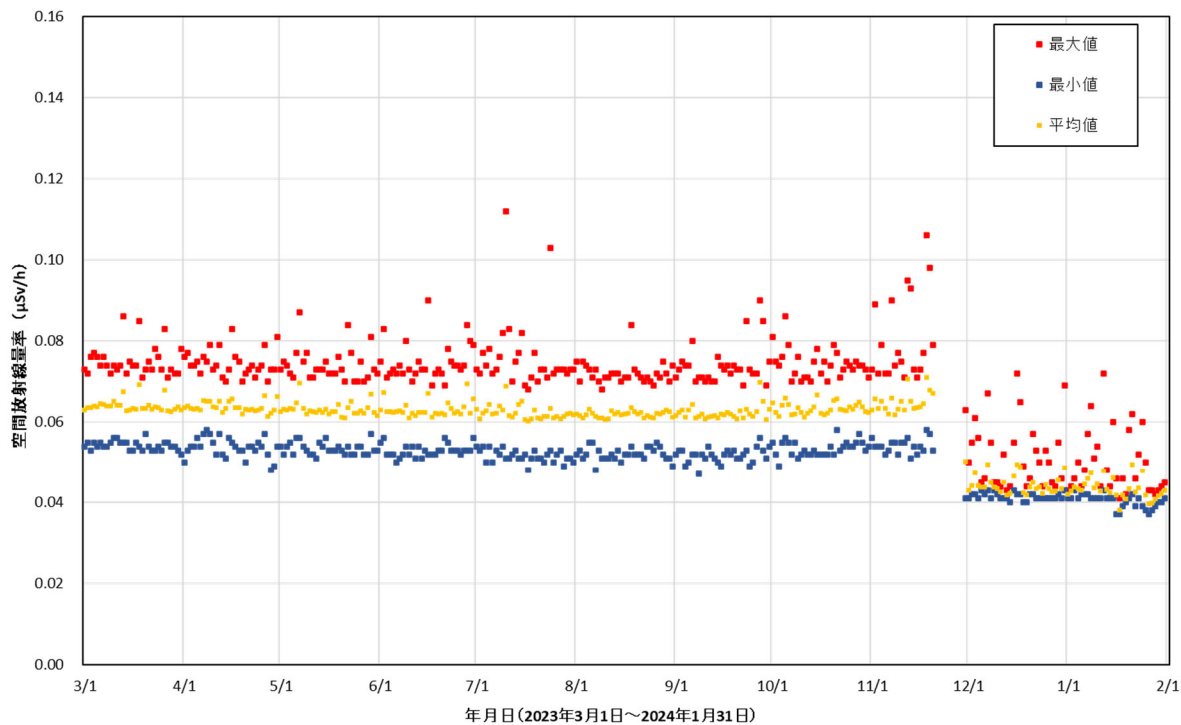
図 2-10-2(3) 各地点のトレンドグラフ

No.7 白河市総合運動公園



2023/12/20～2023/12/25 機器更新作業実施

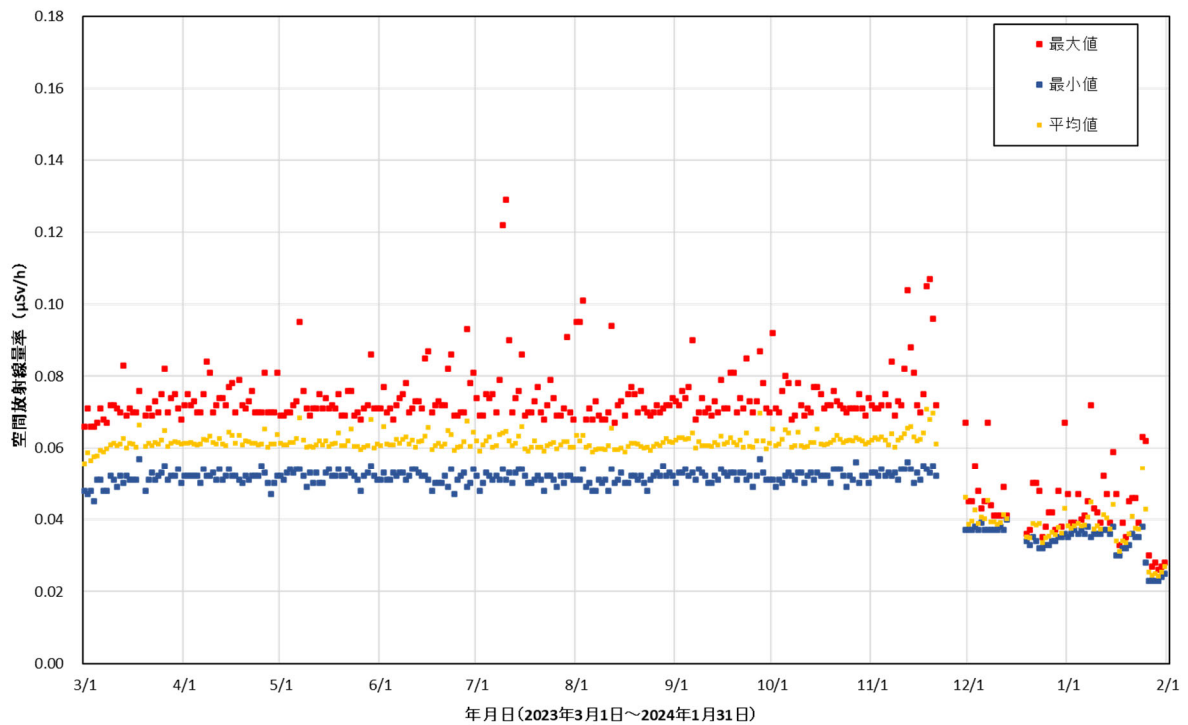
No.8 会津若松市役所追手町第二庁舎



2023/11/20～2023/11/30 機器更新作業実施

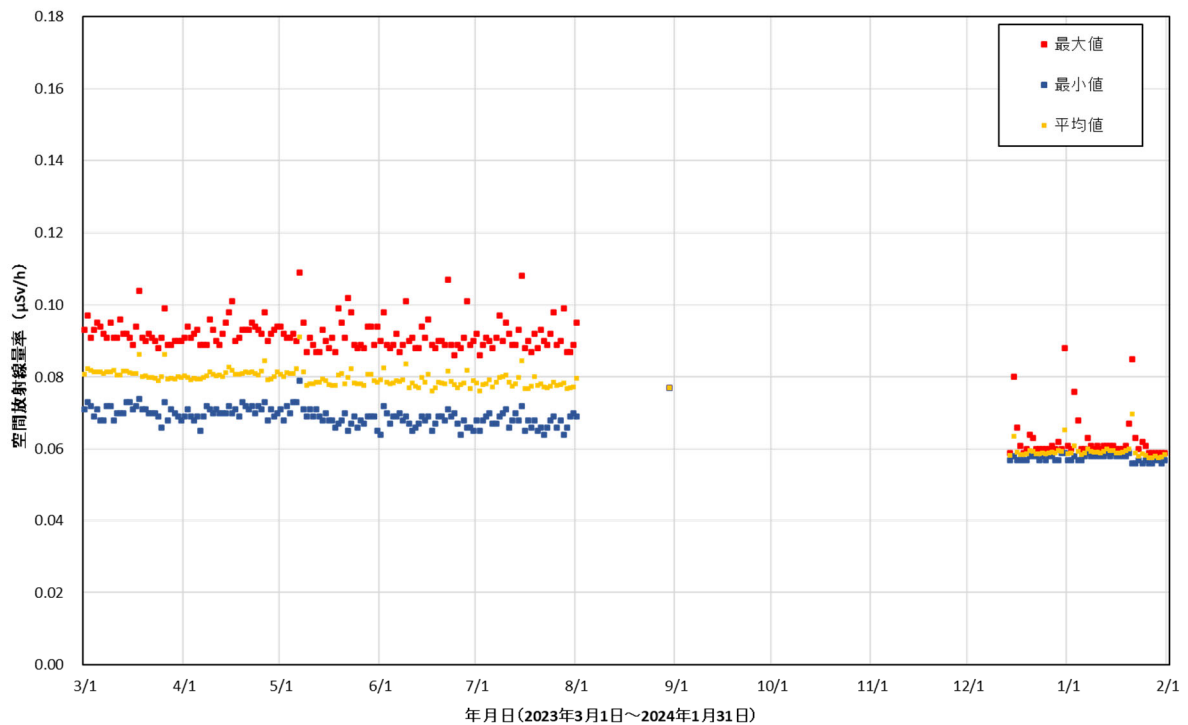
図 2-10-2(4) 各地点のトレンドグラフ

No.9 びわのかげ運動公園



2023/11/21 ~ 2023/11/30 機器更新作業実施
2023/12/14 ~ 2023/12/18 機器不具合により欠測

No.10 スポーツアリーナそうま

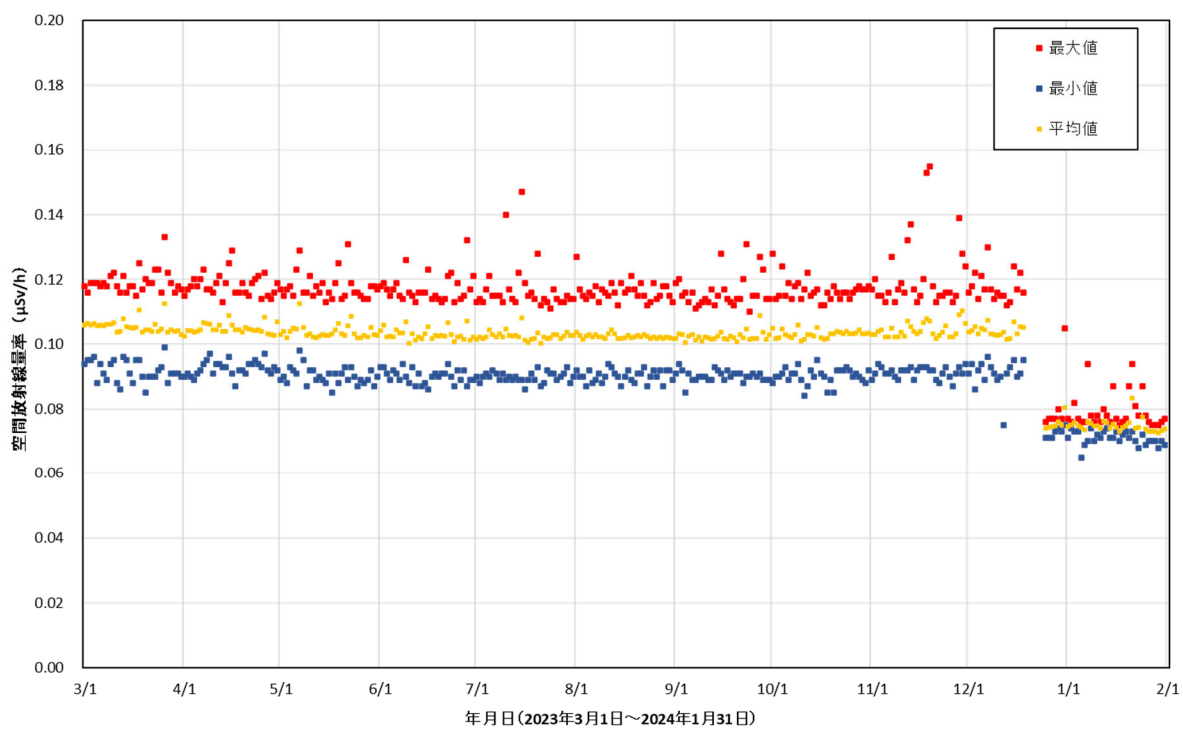


2023/8/2 ~ 2023/8/29、2023/8/31 ~ 2023/12/4
機器不具合により欠測

2023/12/5 ~ 2023/12/14 機器更新作業実施

図 2-10-2(5) 各地点のトレンドグラフ

No.11 郡山市役所



No.12 広野町役場

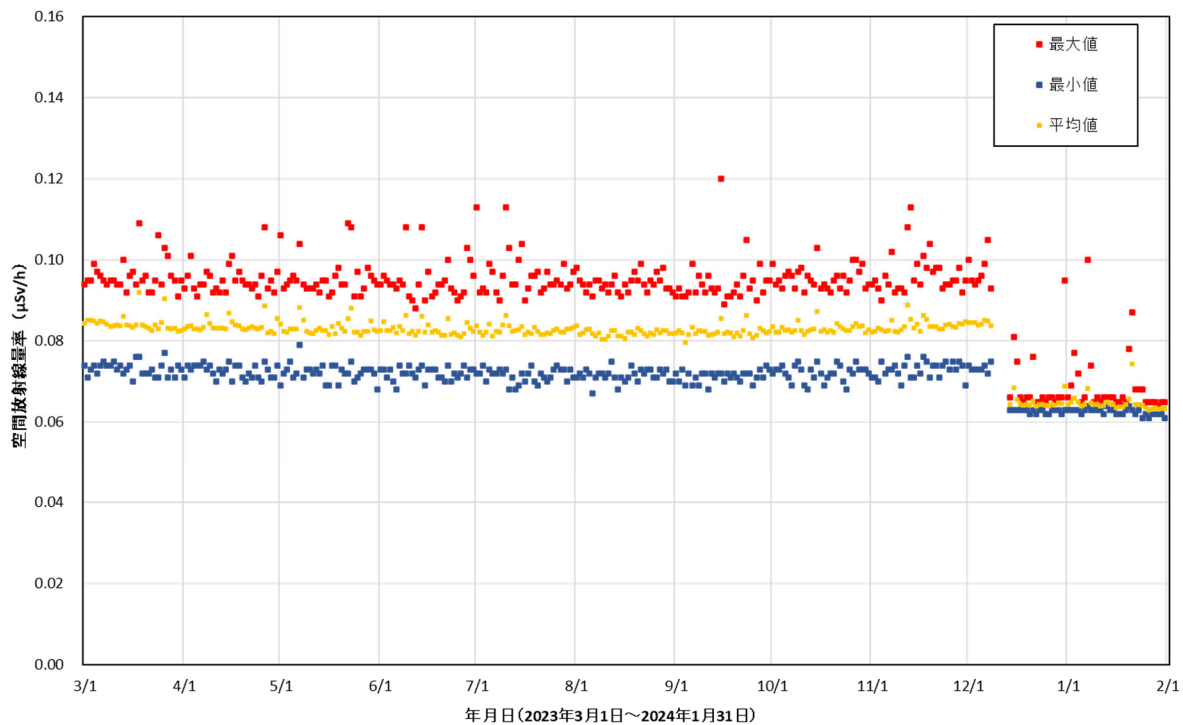
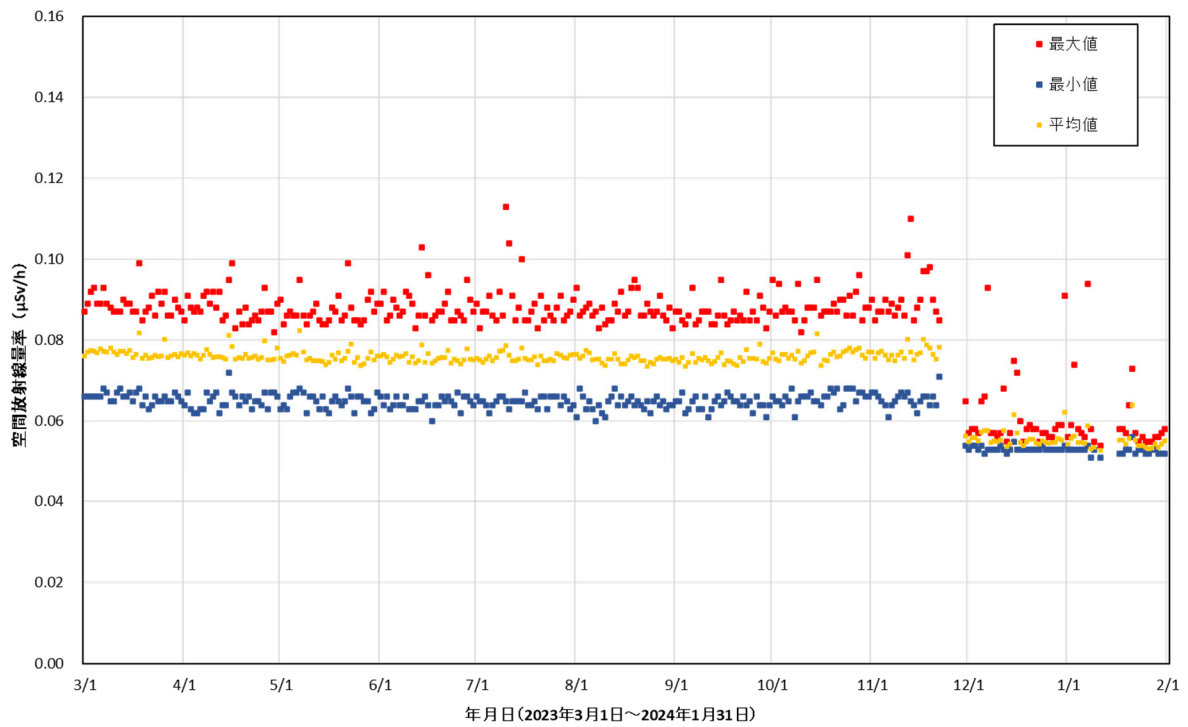


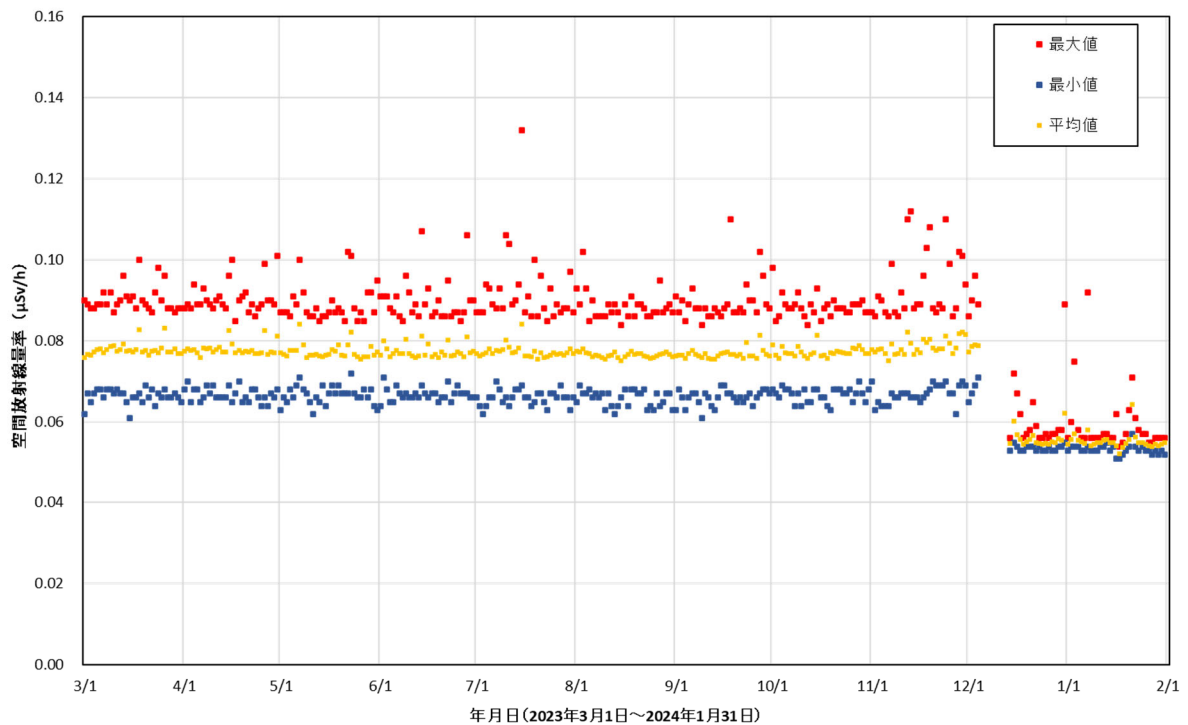
図 2-10-2(6) 各地点のトレンドグラフ

No.13 川内村役場



2023/11/22～2023/11/30 機器更新作業実施
2024/1/12～2024/1/16 機器不具合により欠測

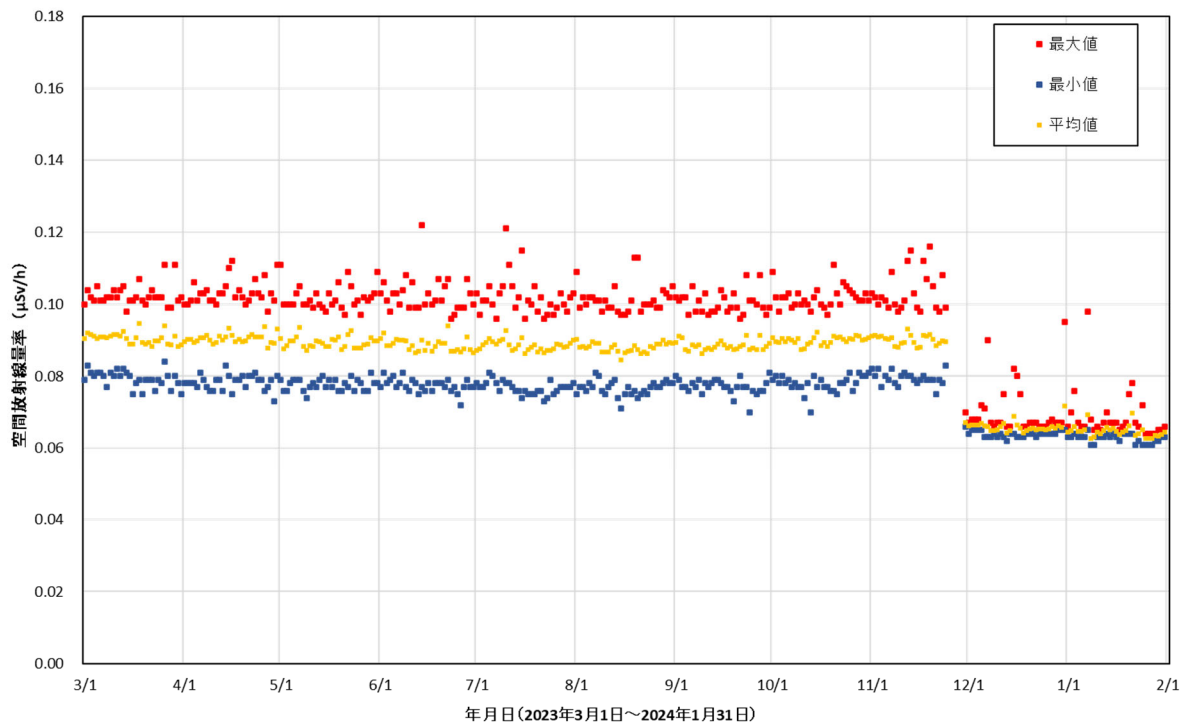
No.15 田村市常葉行政局



2023/12/4～2023/12/14 機器更新作業実施

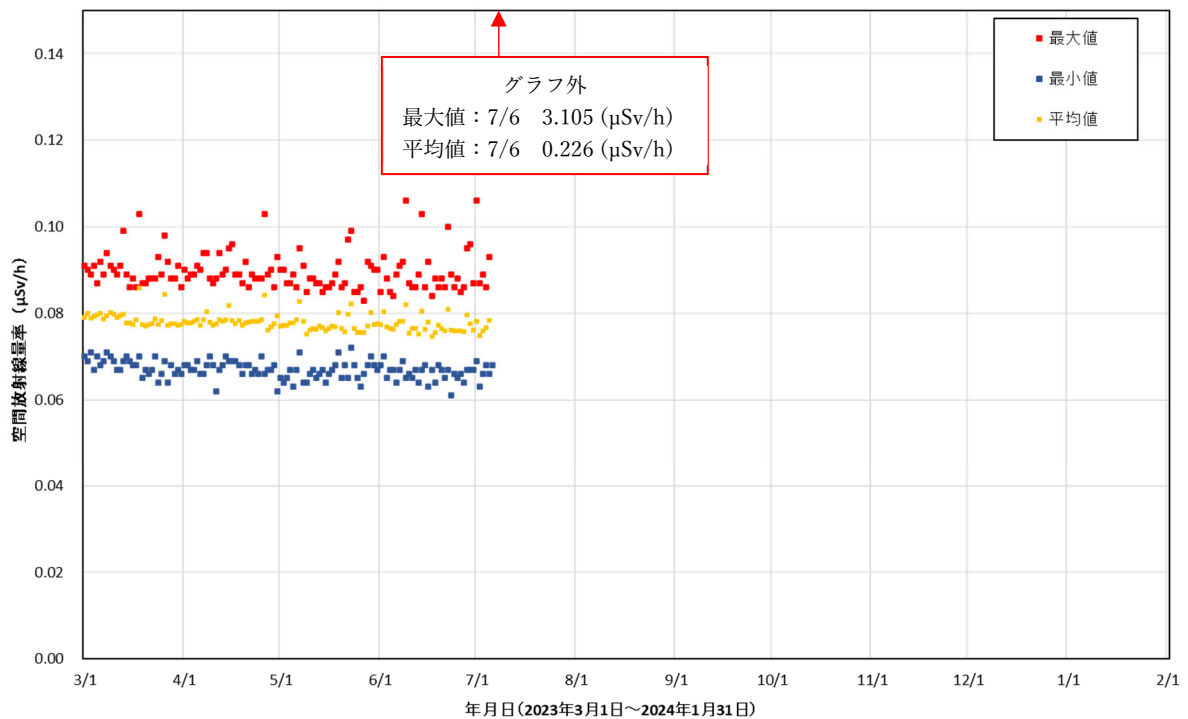
図 2-10-2(7) 各地点のトレンドグラフ

No.16 いわきの里鬼ヶ城オートキャンプ場



2023/11/24 ~ 2023/11/30 機器更新作業実施

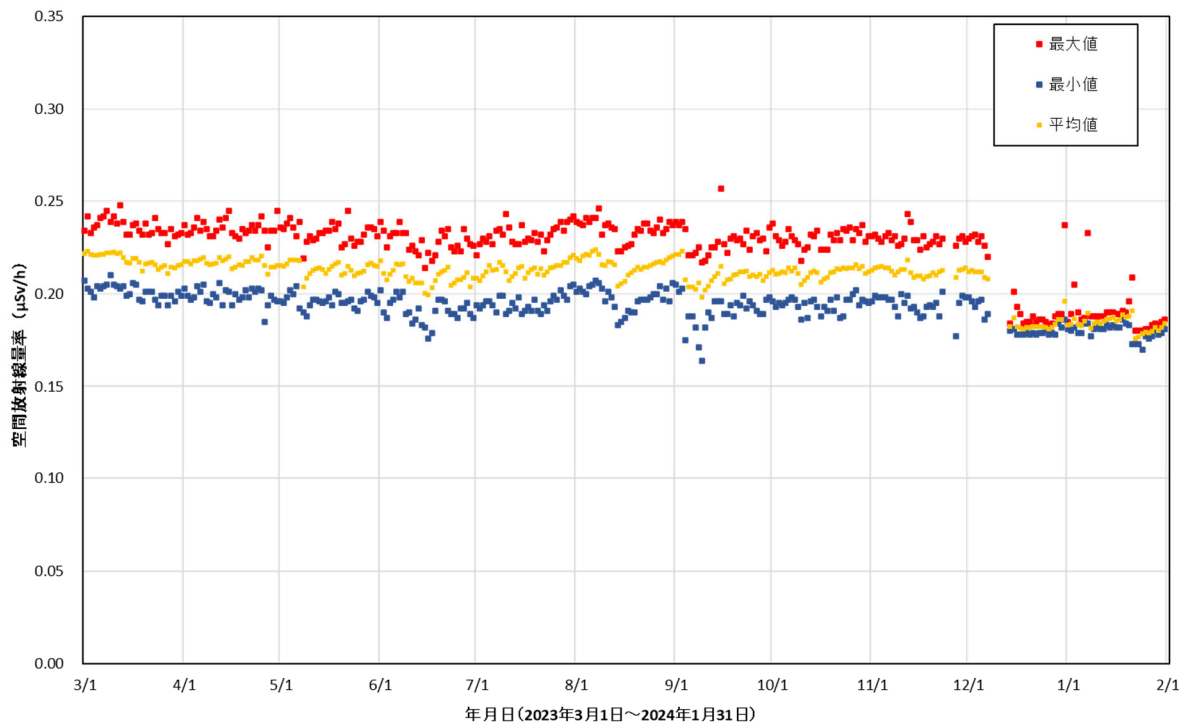
No.17 いわき市海竜の里センター



2023/7/6 機器故障による空間放射線量率異常値を含む
2023/7/7 ~ 2024/1/14 機器不具合により欠測
2024/1/15 撤去

図 2-10-2(8) 各地点のトレンドグラフ

No.18 養護老人ホーム「東風荘」



2023/12/7 ~ 2023/12/14 機器更新作業実施

No.19 石熊公民館

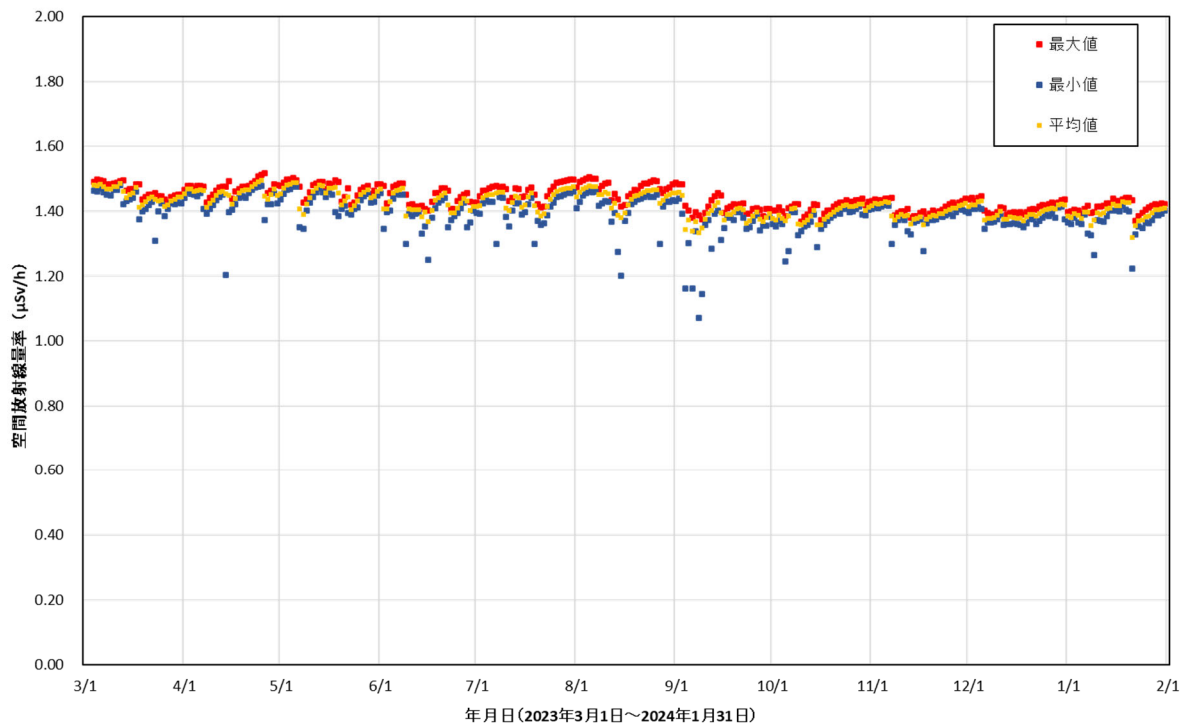
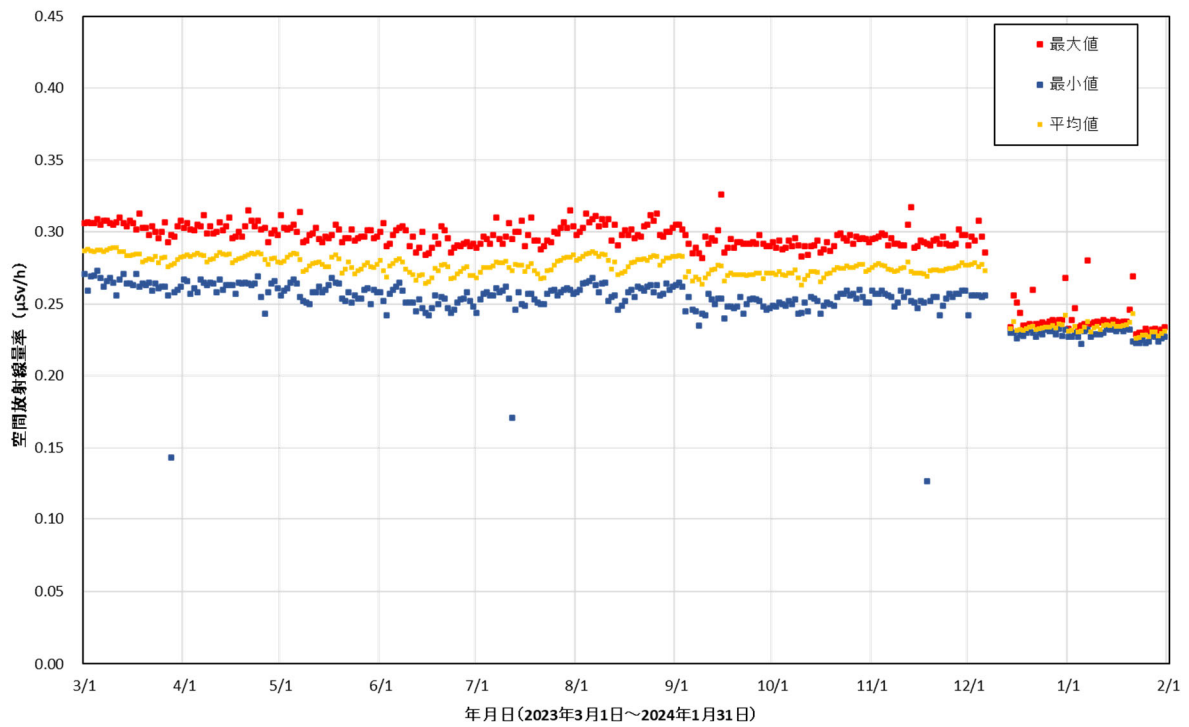


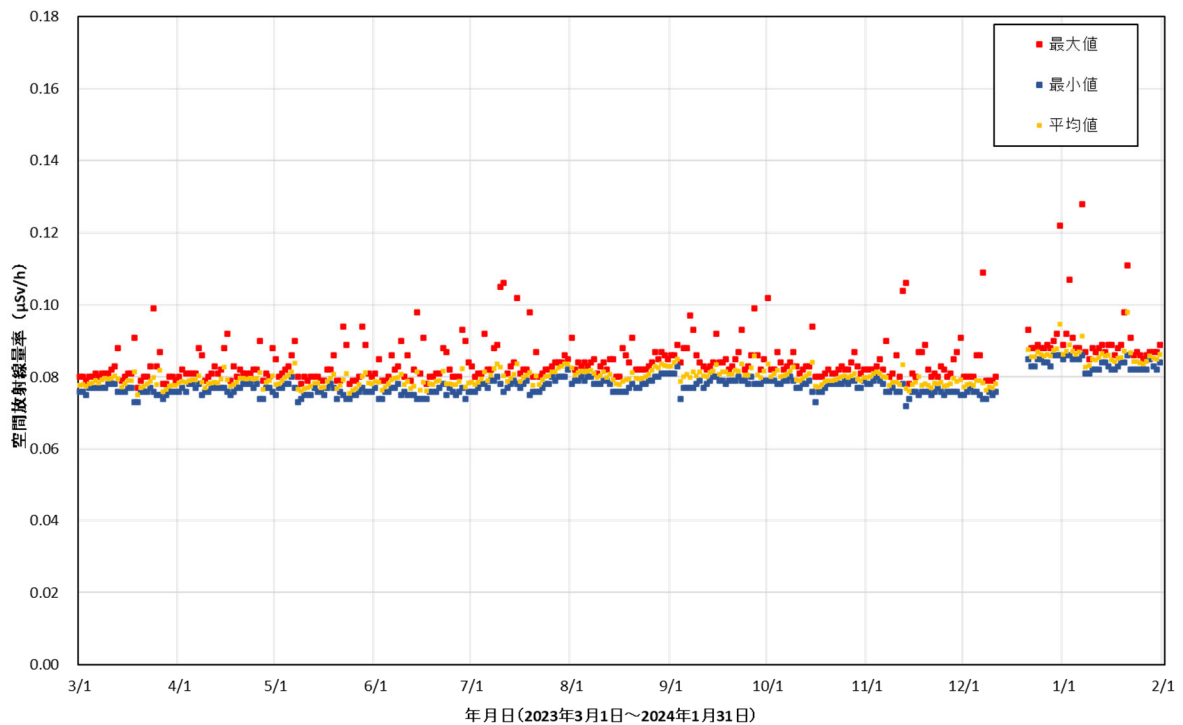
図 2-10-2(9) 各地点のトレンドグラフ

No.20 福島県浪江ひまわり荘



2023/12/6 ~ 2023/12/14 機器更新作業実施

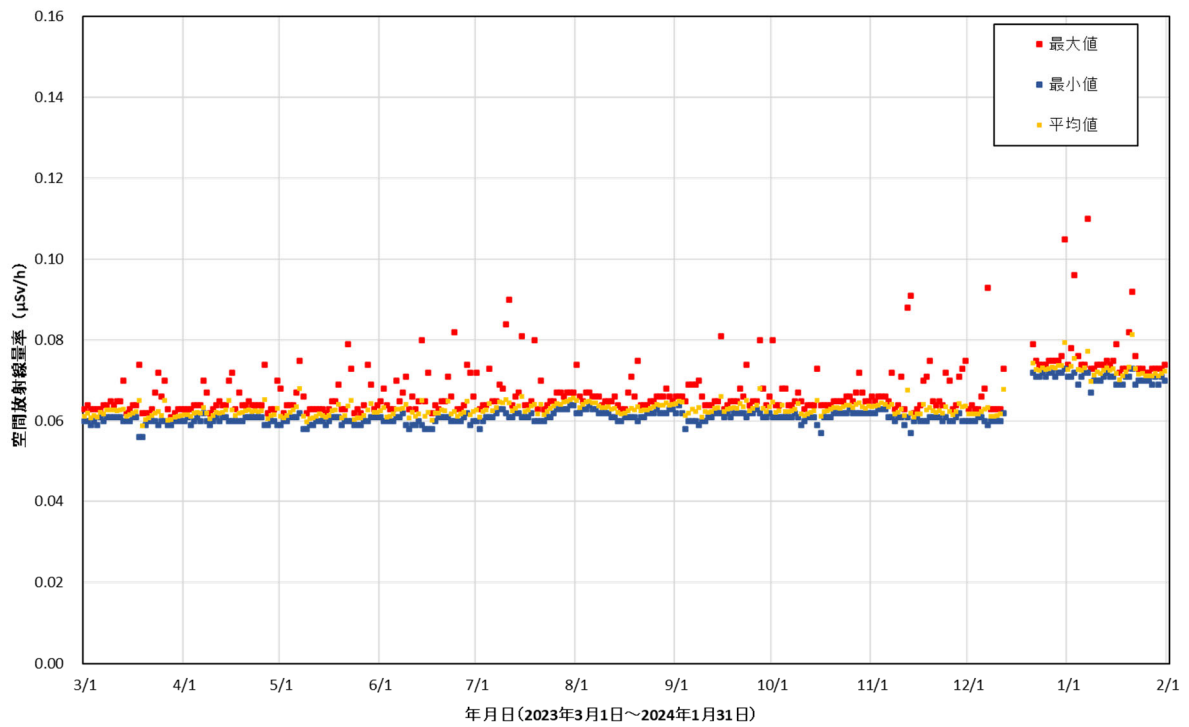
No.21 場々多目的研修センター



2023/12/11 ~ 2023/12/21 機器更新作業実施

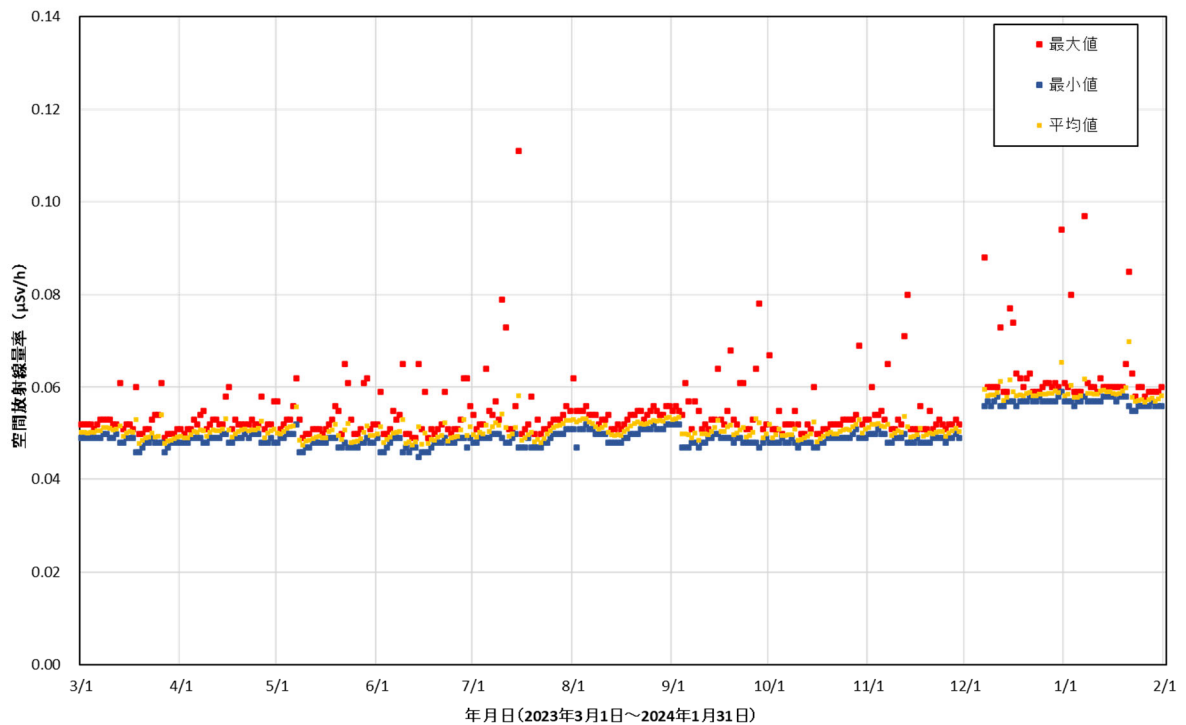
図 2-10-2(10) 各地点のトレンドグラフ

No.22 合子集落農業集会所



2023/12/12 ~ 2023/12/21 機器更新作業実施

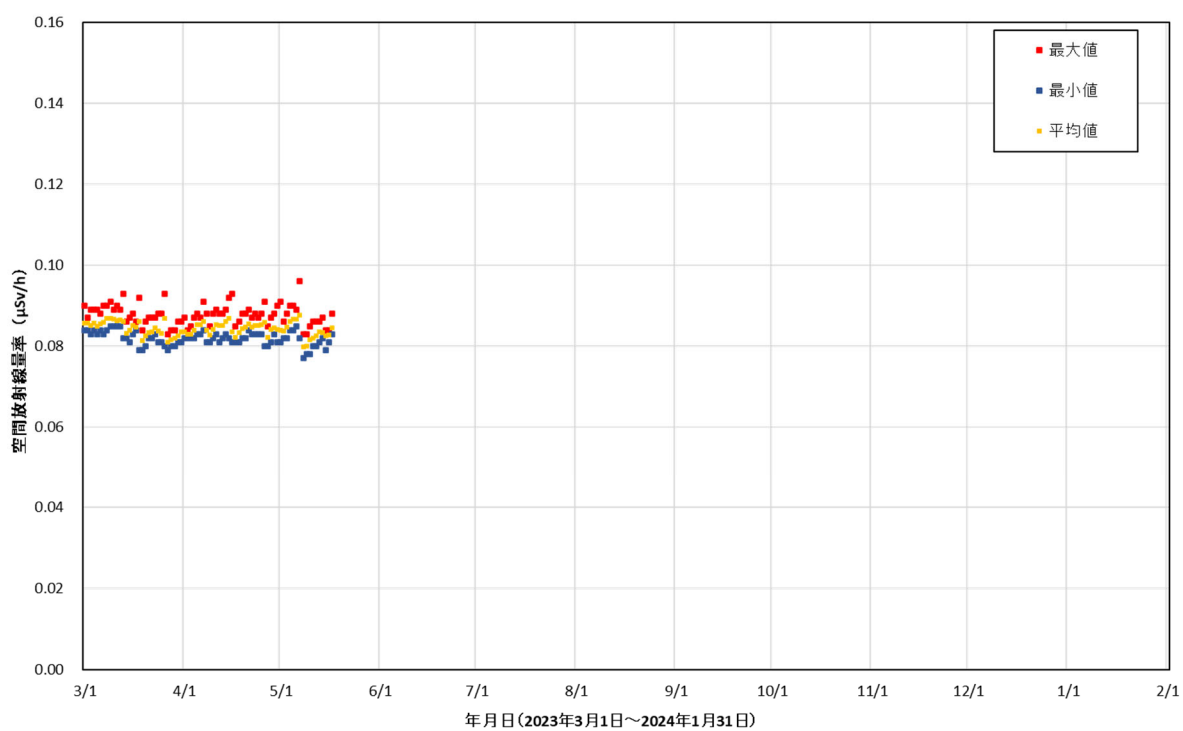
No.23 福浦小学校



2023/11/29 ~ 2023/12/7 機器更新作業実施

図 2-10-2(11) 各地点のトレンドグラフ

No.24 金房幼稚園



2023/5/17 撤去

No.25 鳩原小学校

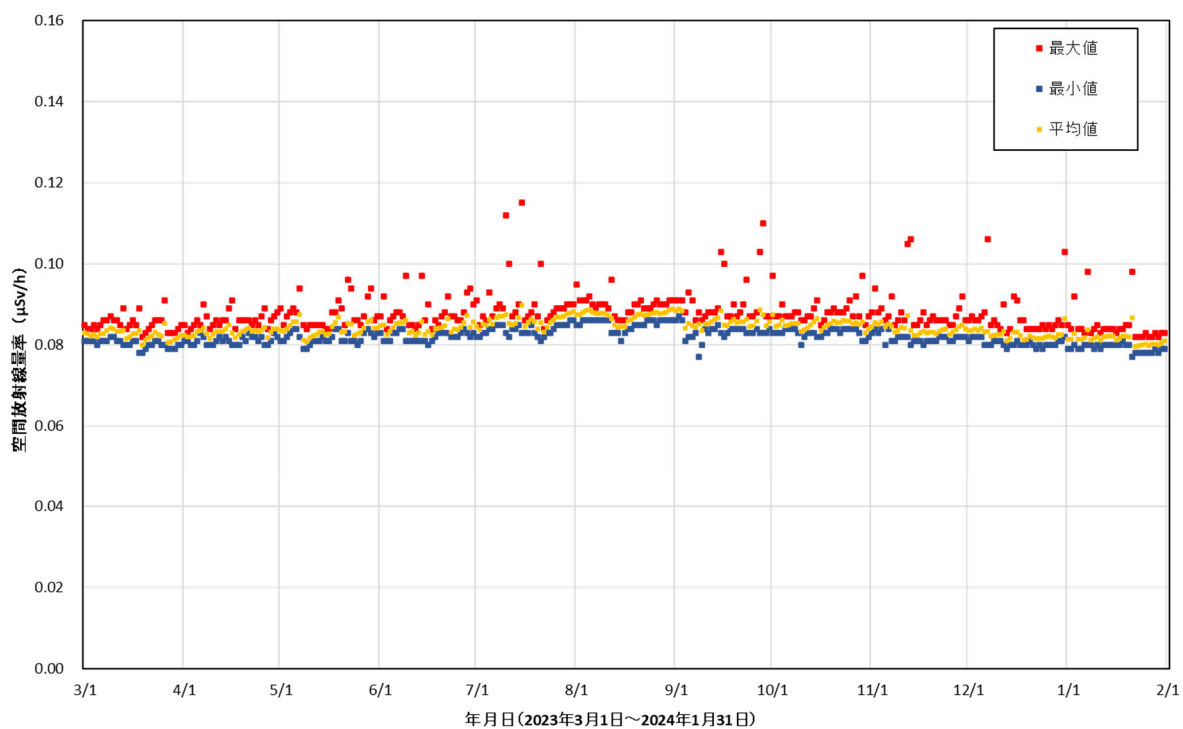
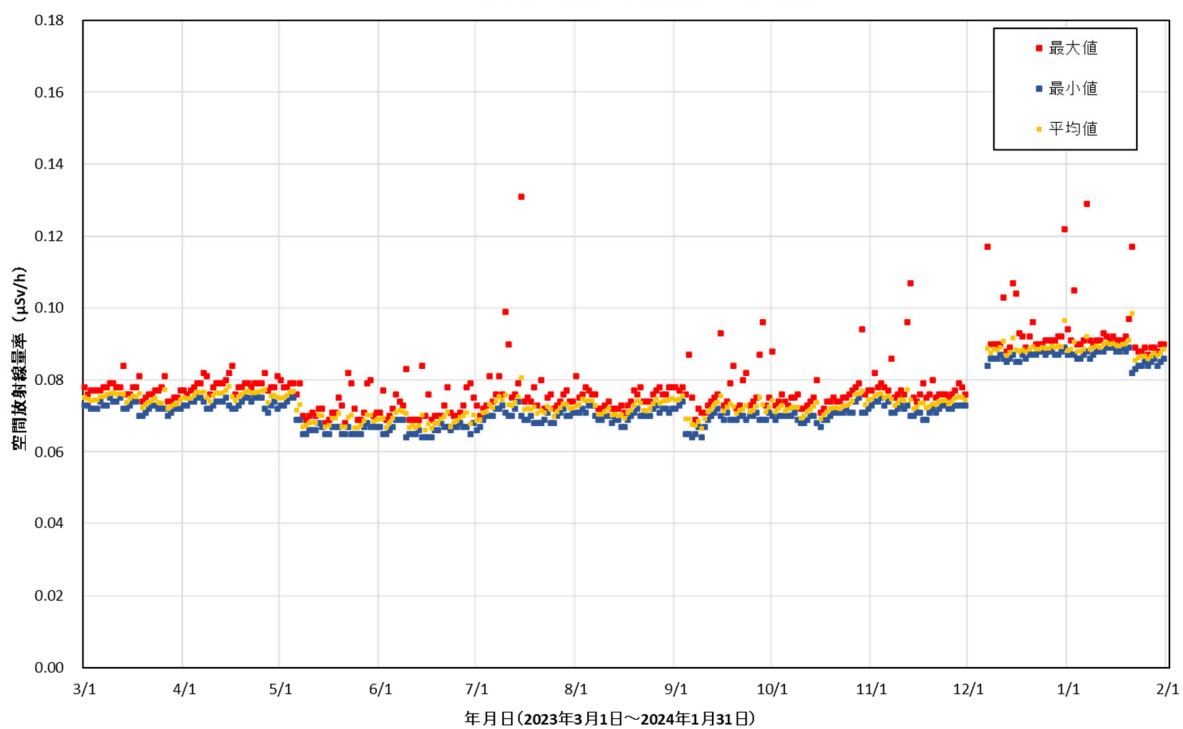


図 2-10-2(12) 各地点のトレンドグラフ

No.26 小高区団第3分団第10部屯所



2023/11/30 ~ 2023/12/7 機器更新作業実施

No.27 小高区役所

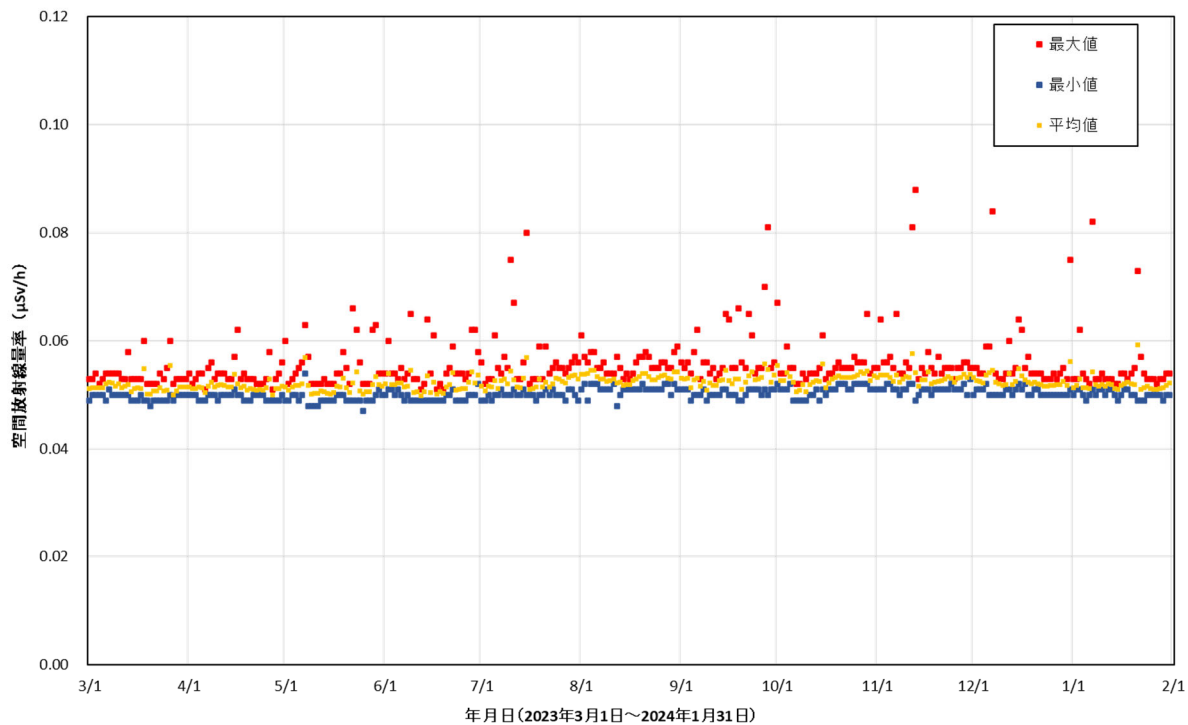
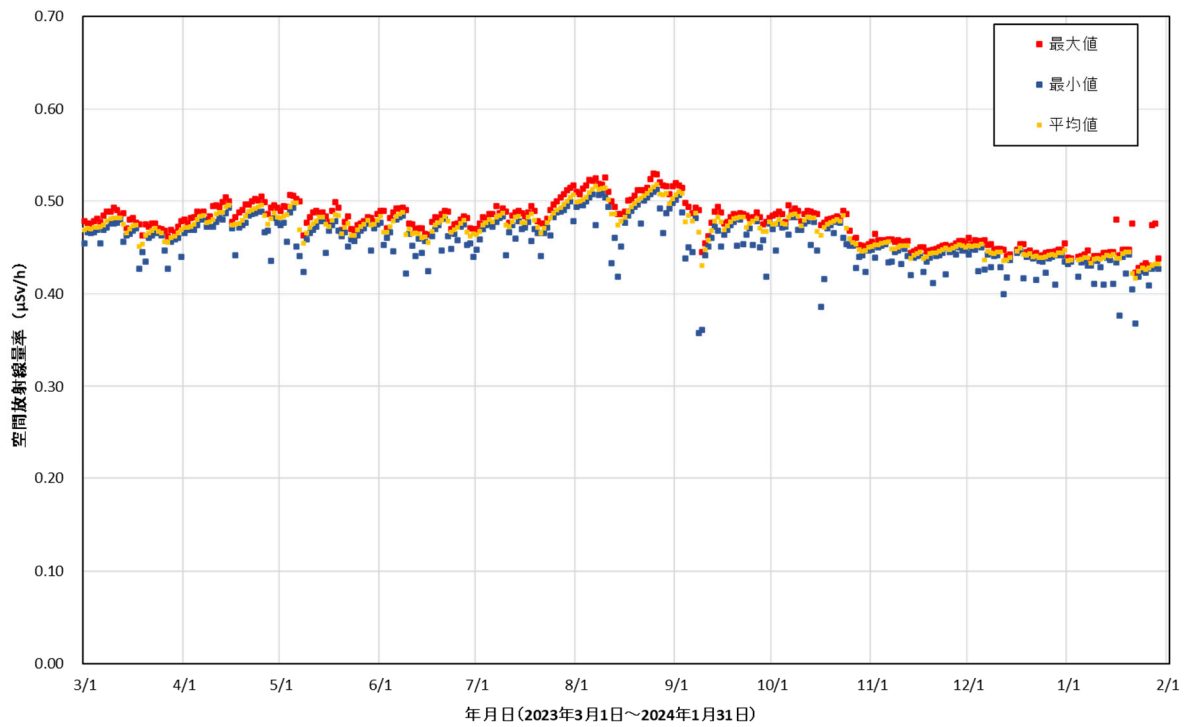


図 2-10-2(13) 各地点のトレンドグラフ

No.28 高の倉ダム助常観測所



No.29 鉄山ダム

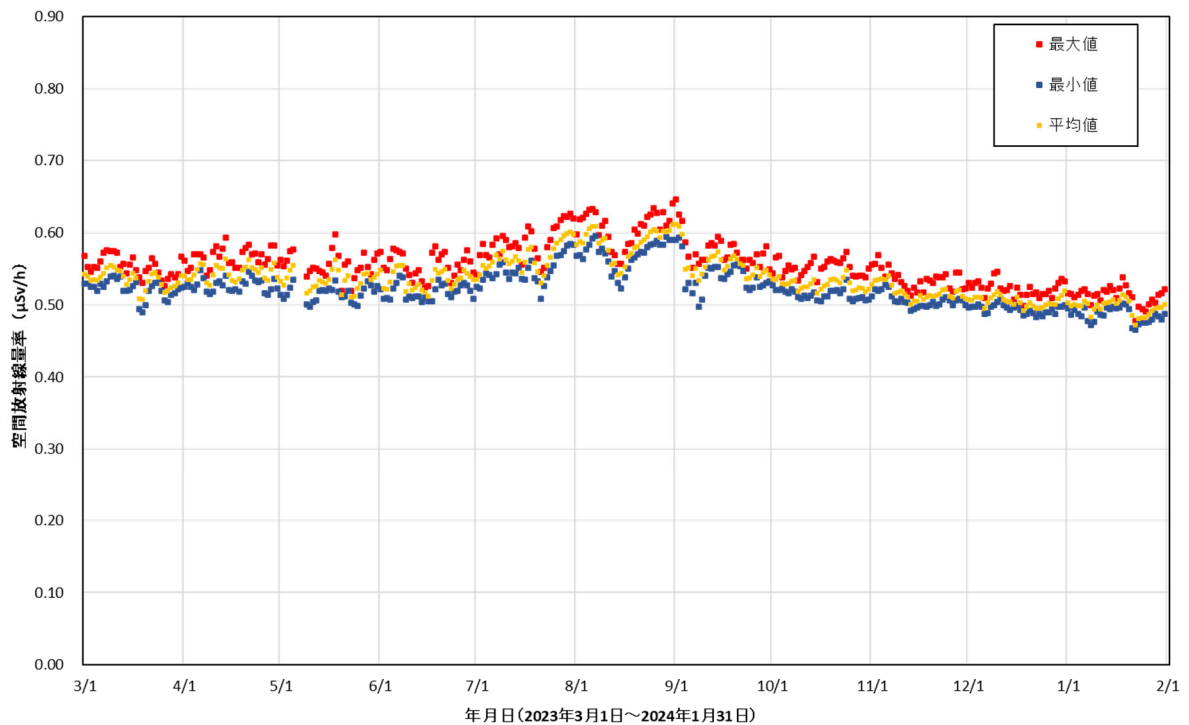
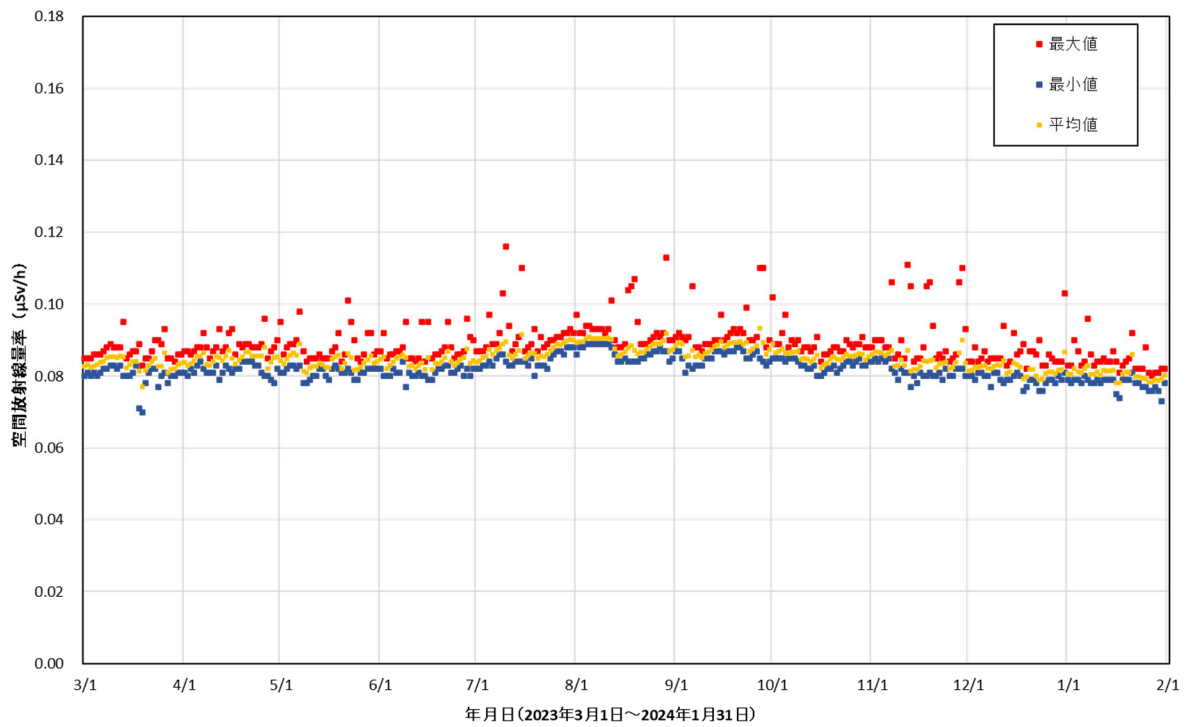


図 2-10-2(14) 各地点のトレンドグラフ

No.30 山木屋駐在所



No.31 山木屋乙八区コミュニティ消防センター

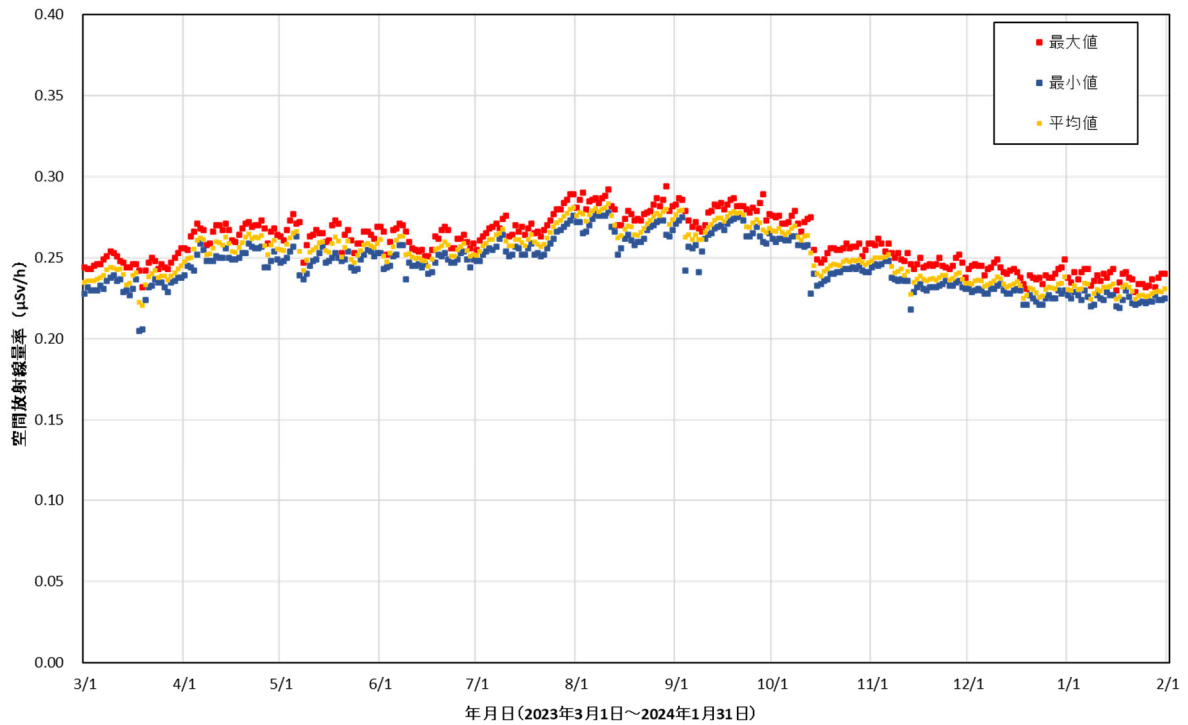


図 2-10-2(15) 各地点のトレンドグラフ

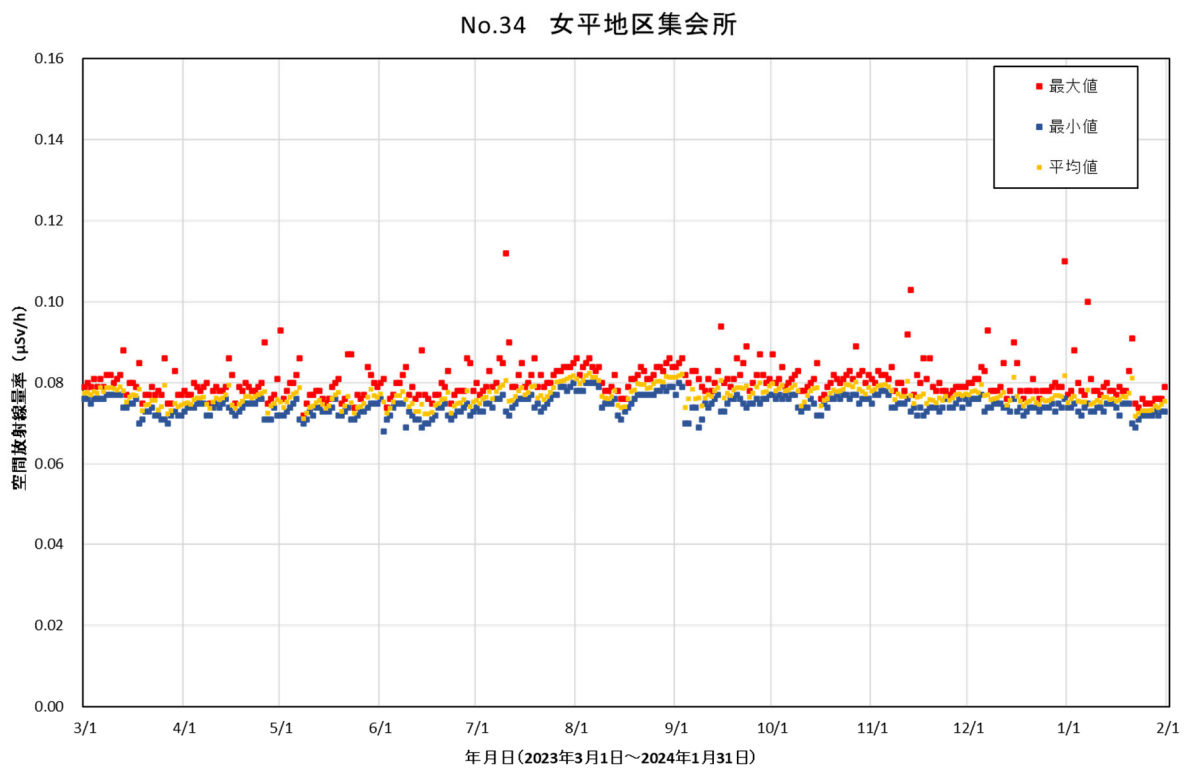
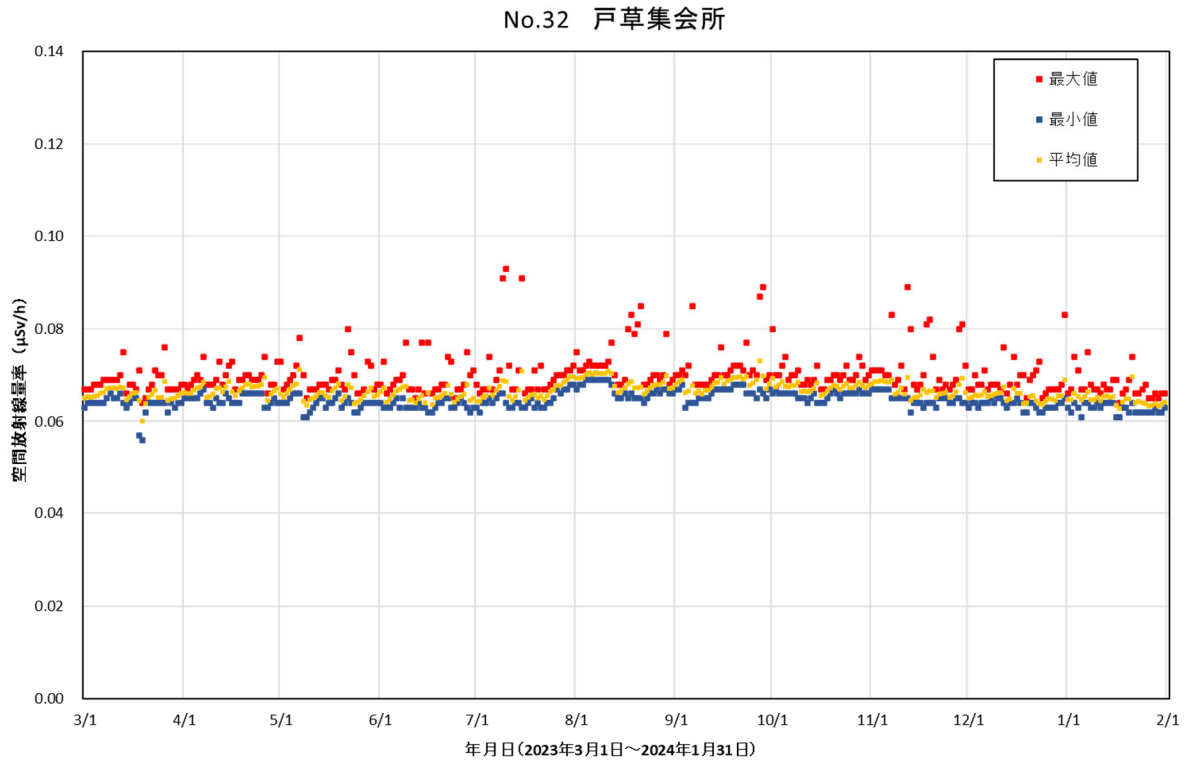
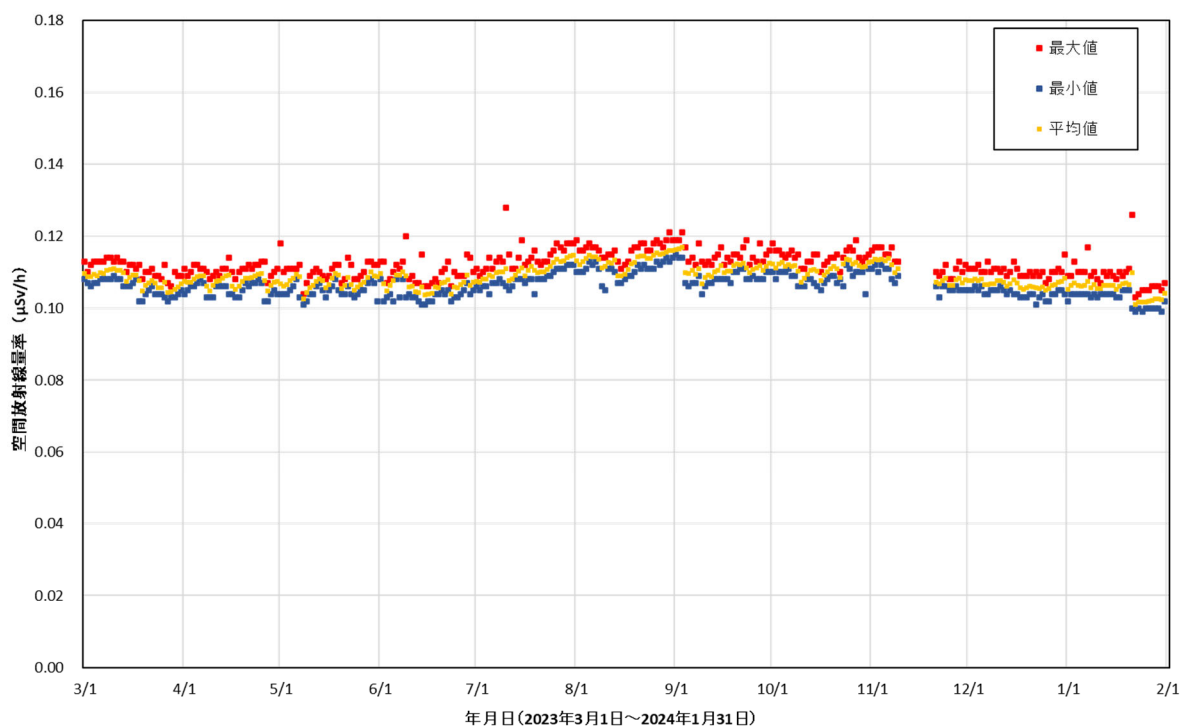


図 2-10-2(16) 各地点のトレンドグラフ

No.35 天神岬スポーツ公園



No.36 檜葉南小学校

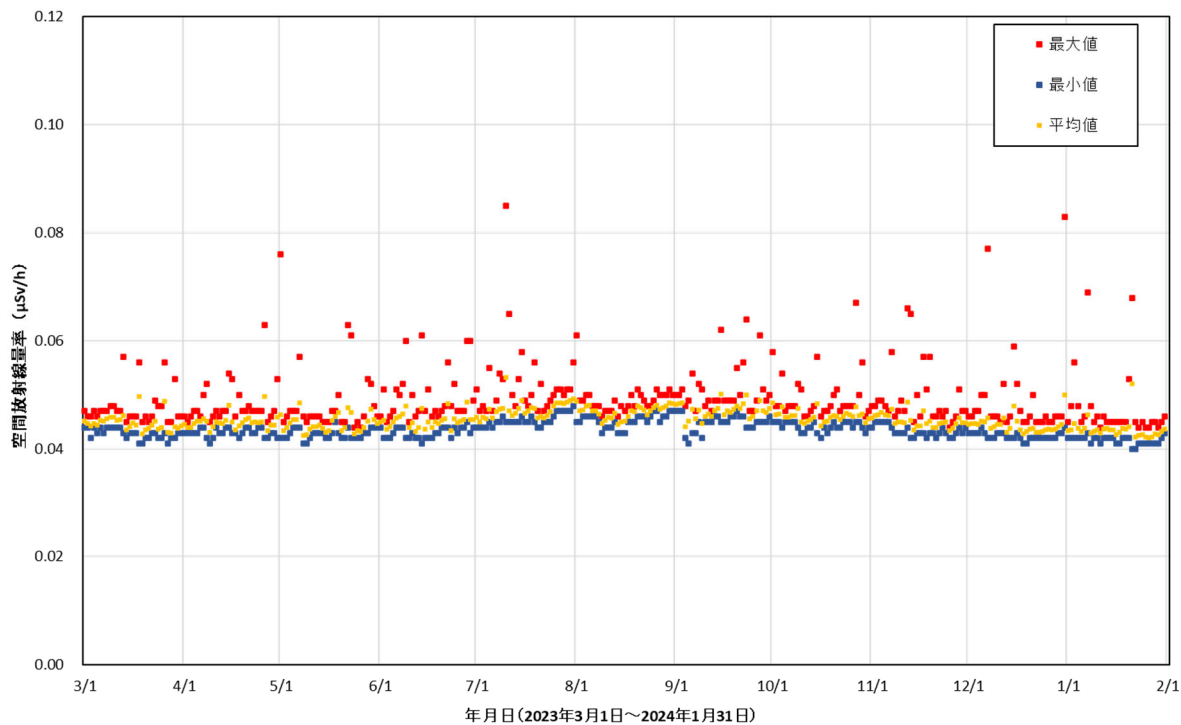
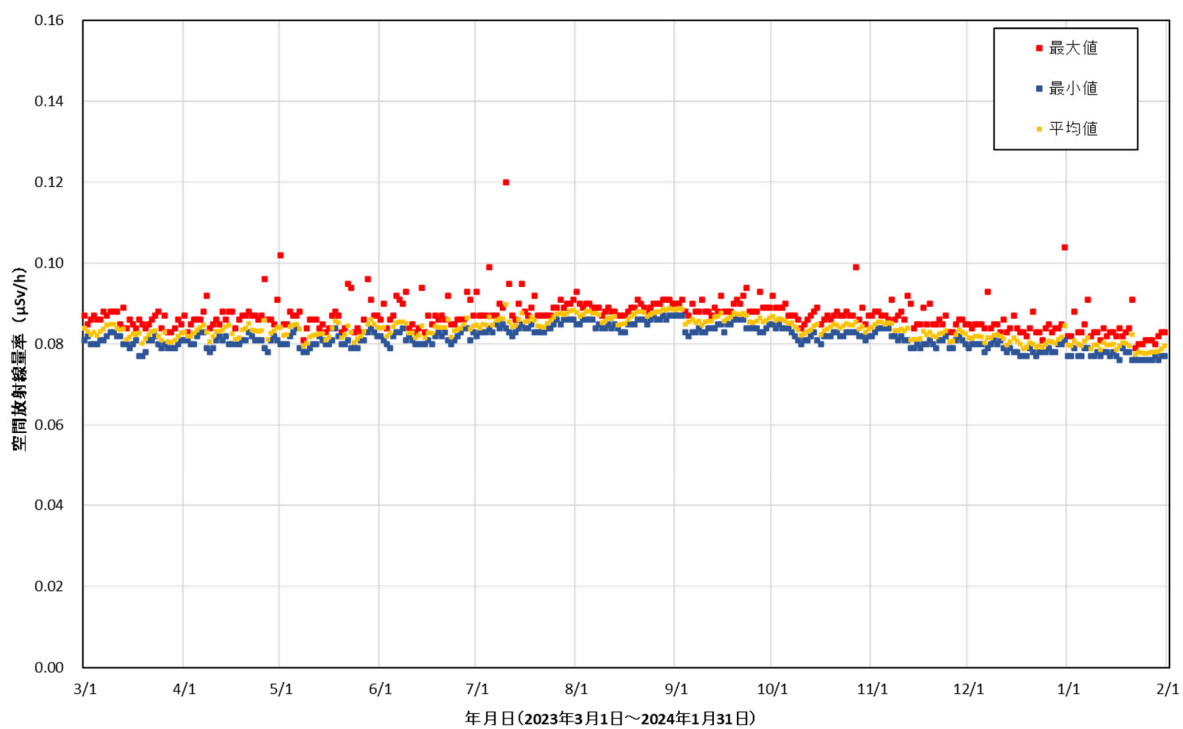


図 2-10-2(17) 各地点のトレンドグラフ

No.37 営団地区集会所



No.38 乙次郎地区集会所

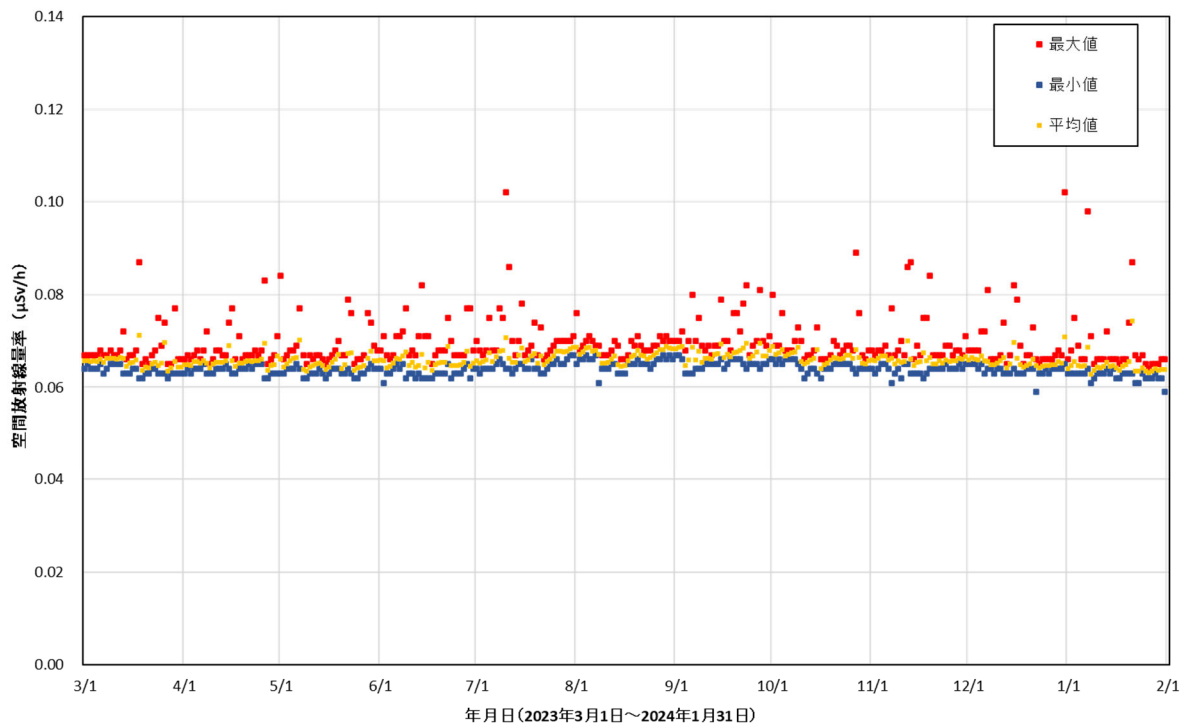
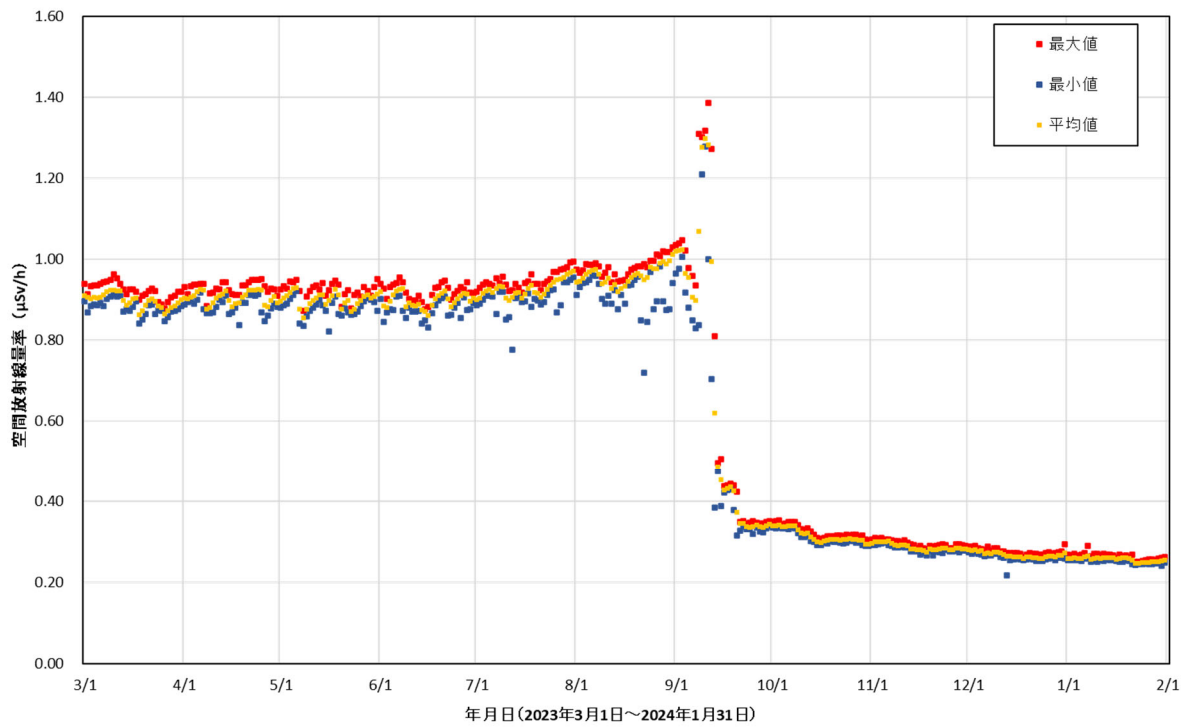


図 2-10-2(18) 各地点のトレンドグラフ

No.39 小良ヶ浜多目的集会所



2023/8/21 ~ 2023/9/21 除染実施

No.41 富岡第二小学校

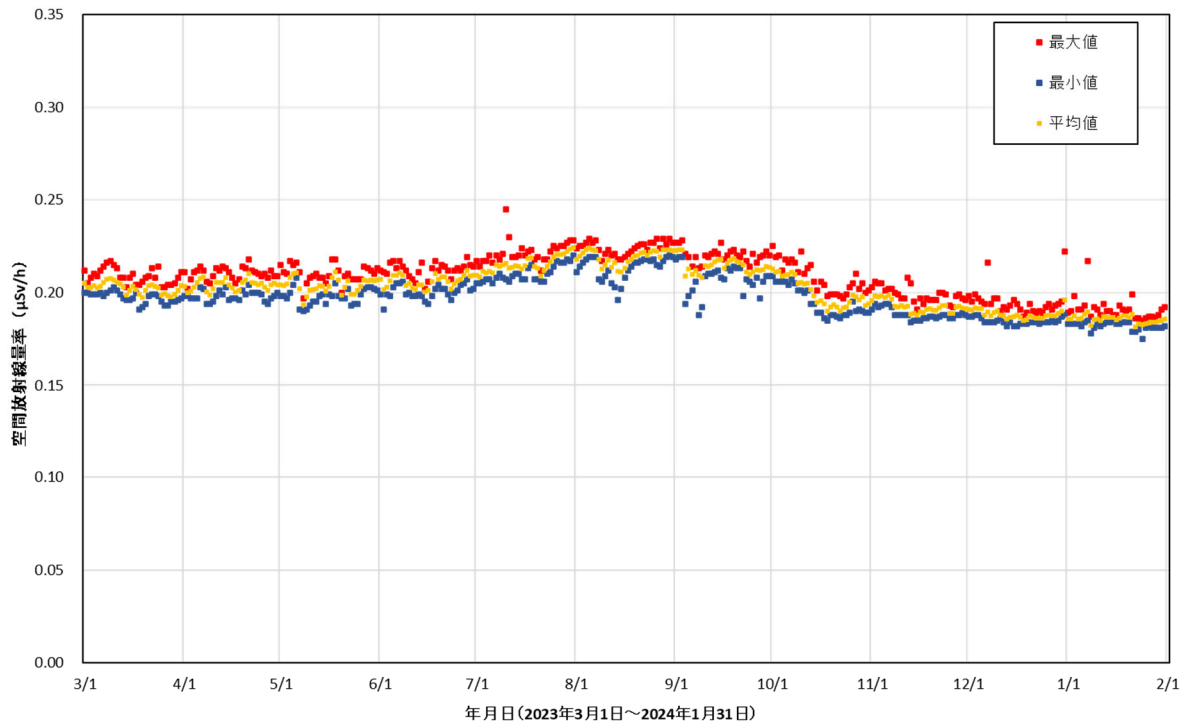
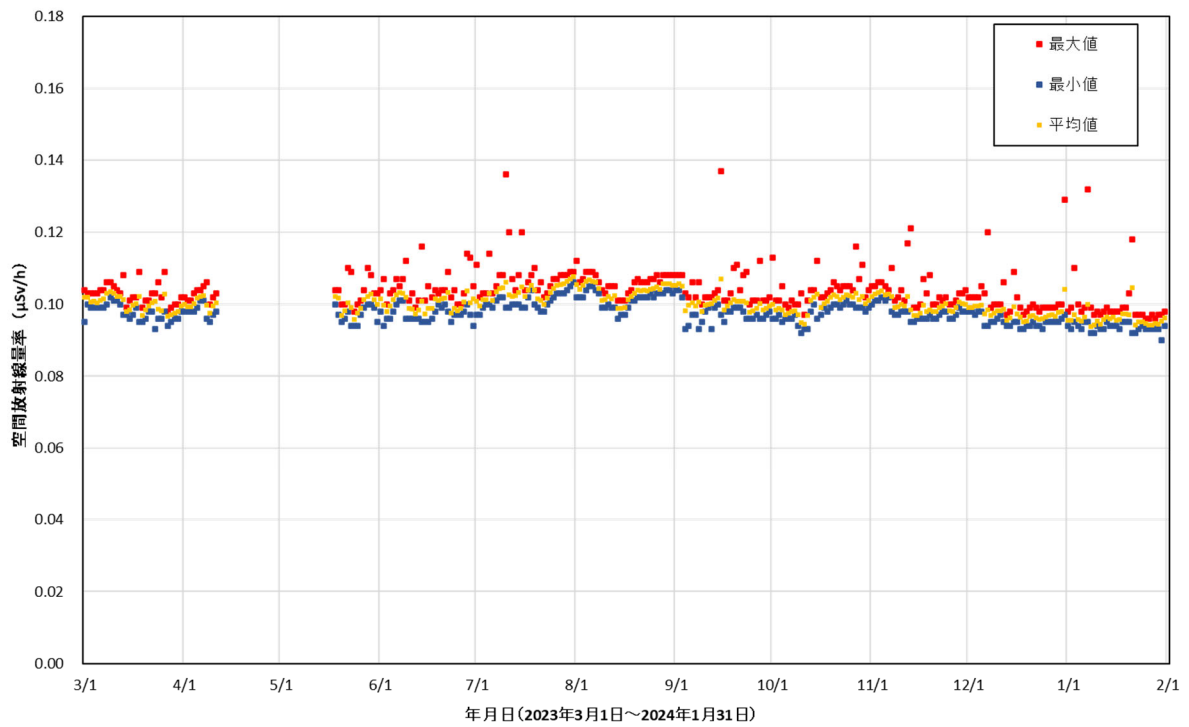


図 2-10-2(19) 各地点のトレンドグラフ

No.42 赤木多目的集会所



2023/4/12 ~ 2023/5/17 機器不具合により欠測

No.43 村営バス停留所(貝ノ坂地区)

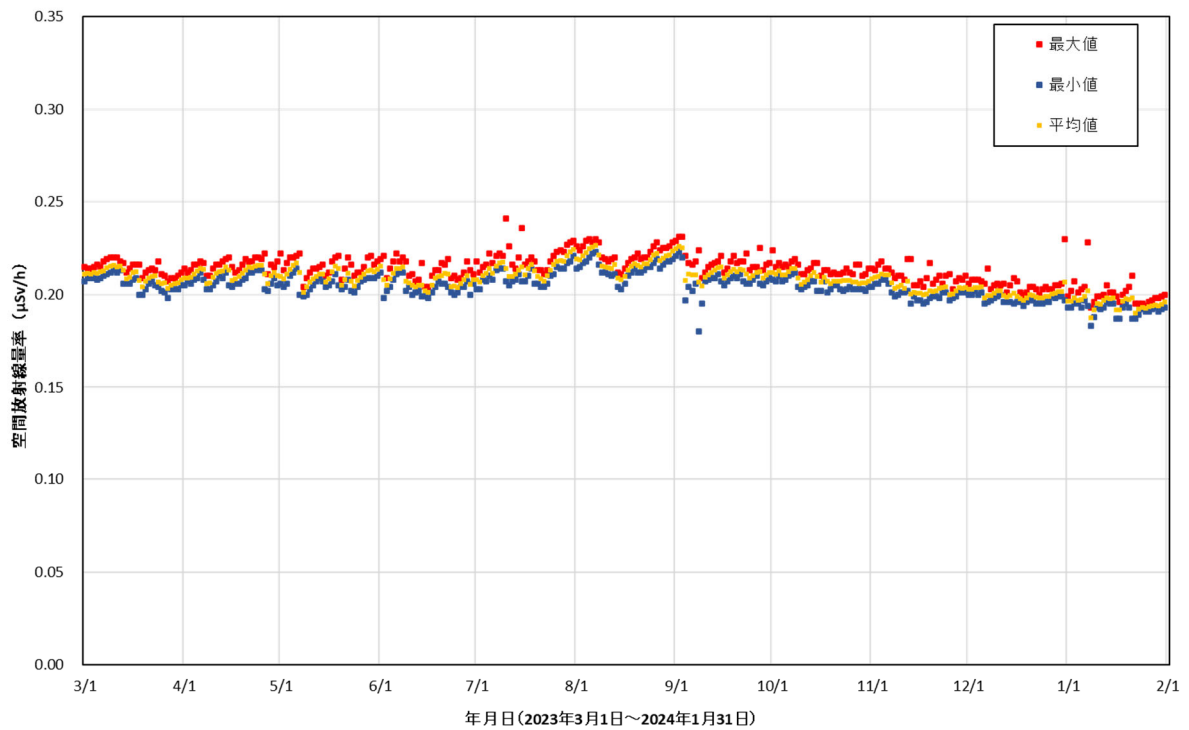
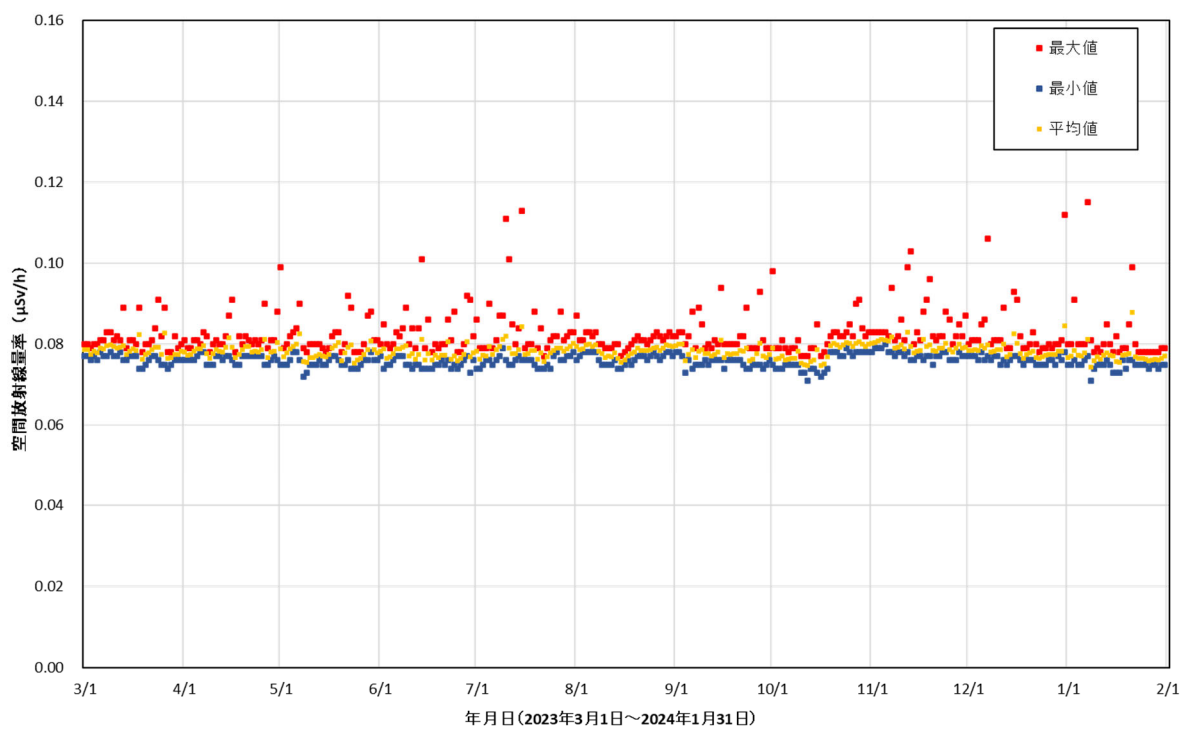


図 2-10-2(20) 各地点のトレンドグラフ

No.44 五枚沢集会所



No.45 毛戸集会所

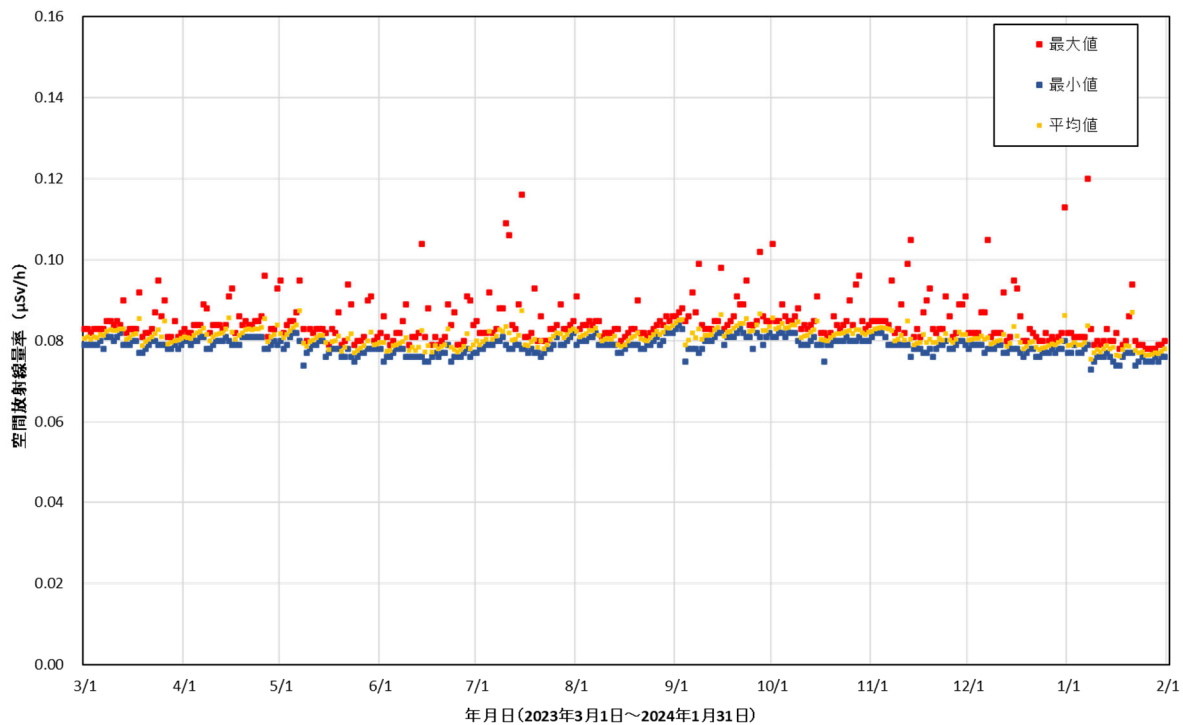


図 2-10-2(21) 各地点のトレンドグラフ

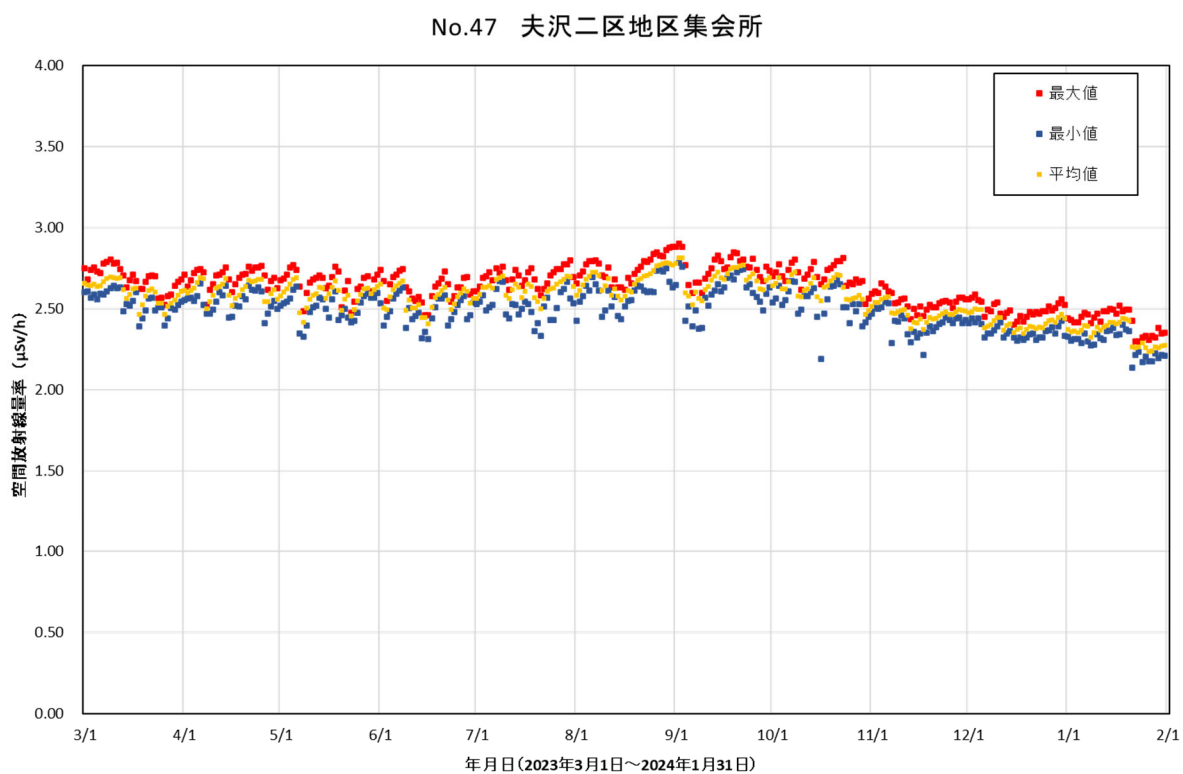
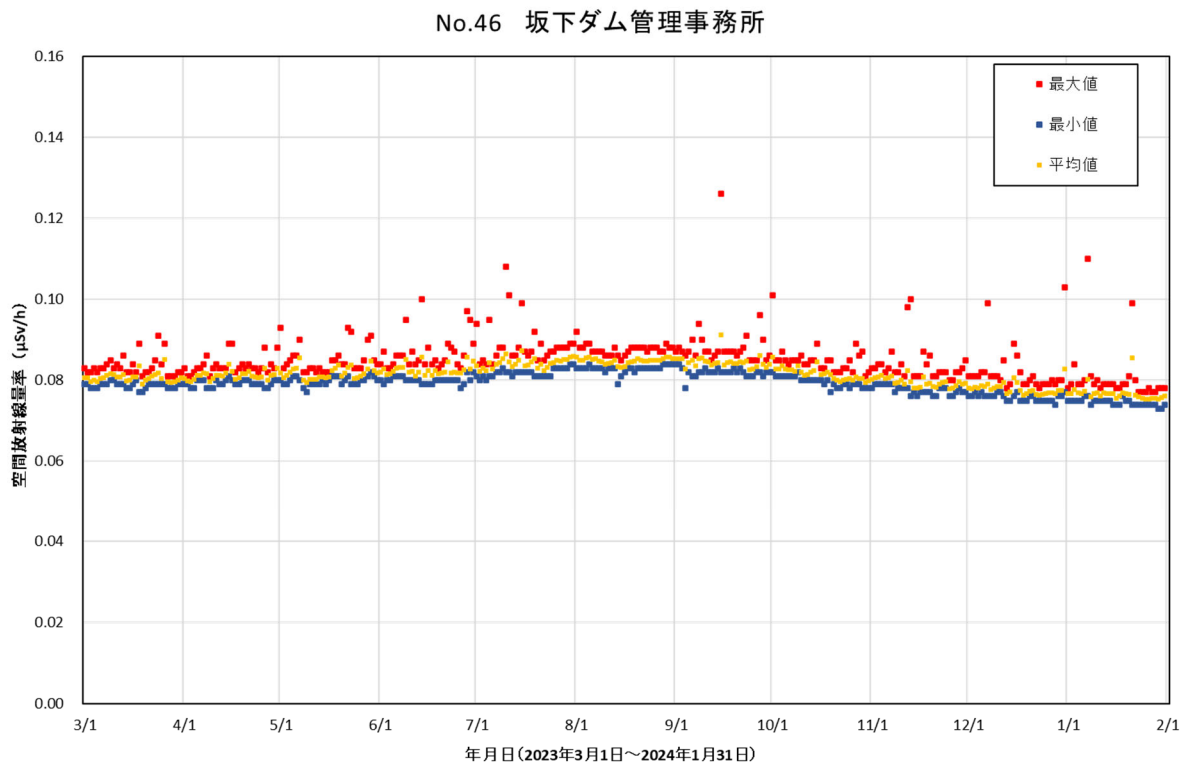


図 2-10-2(22) 各地点のトレンドグラフ

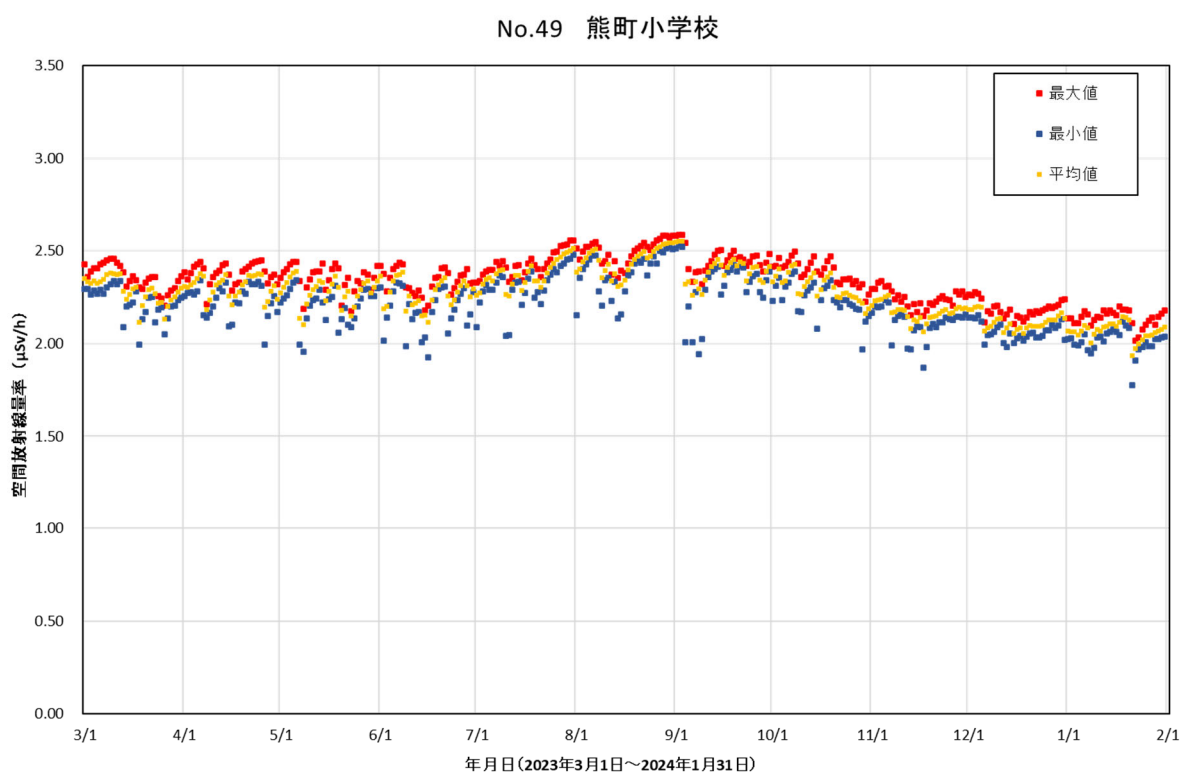
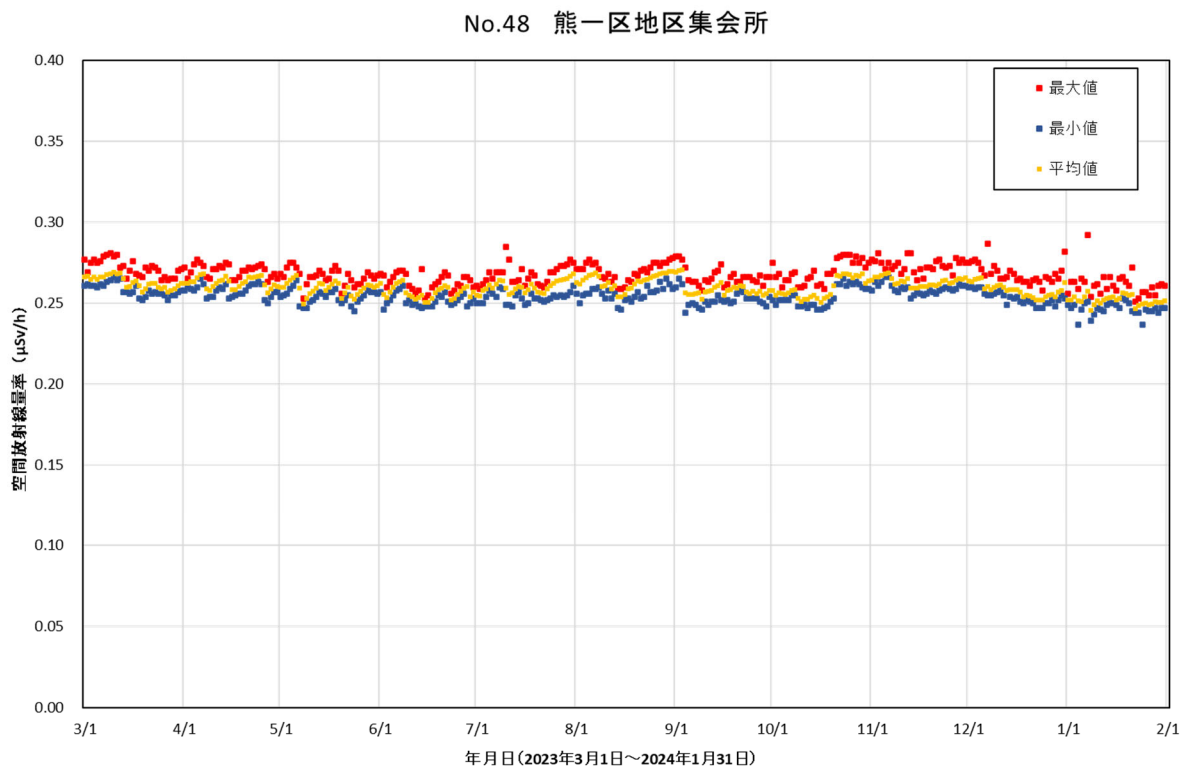
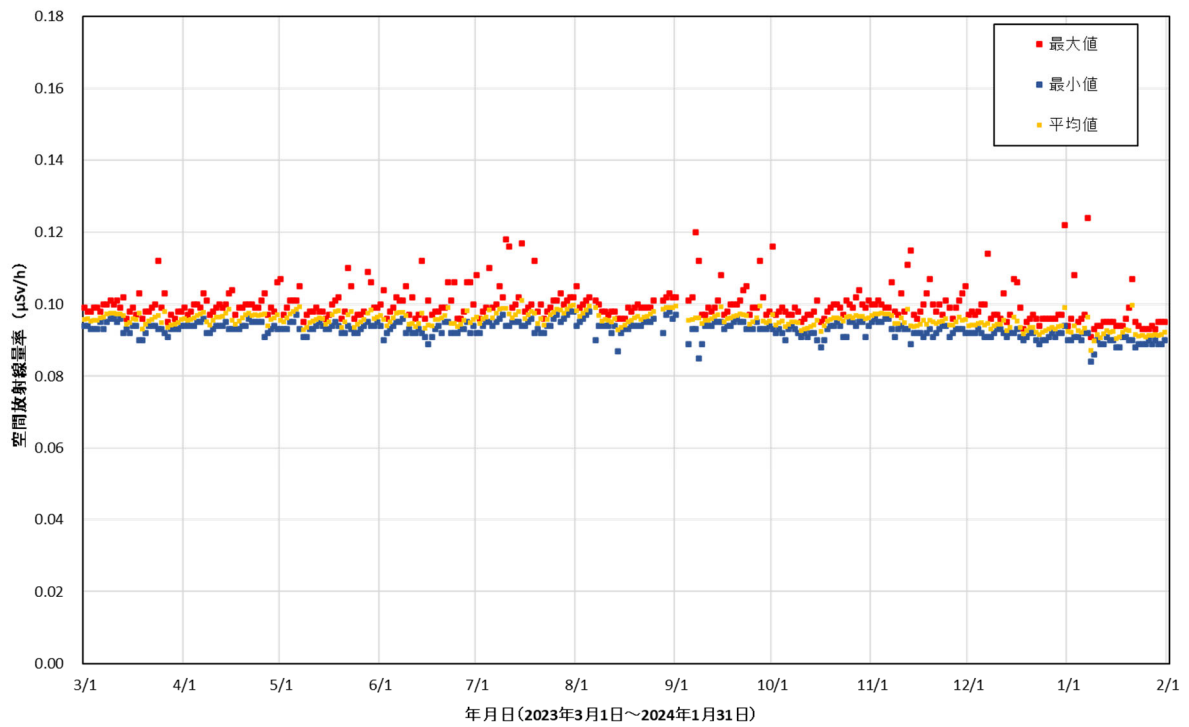
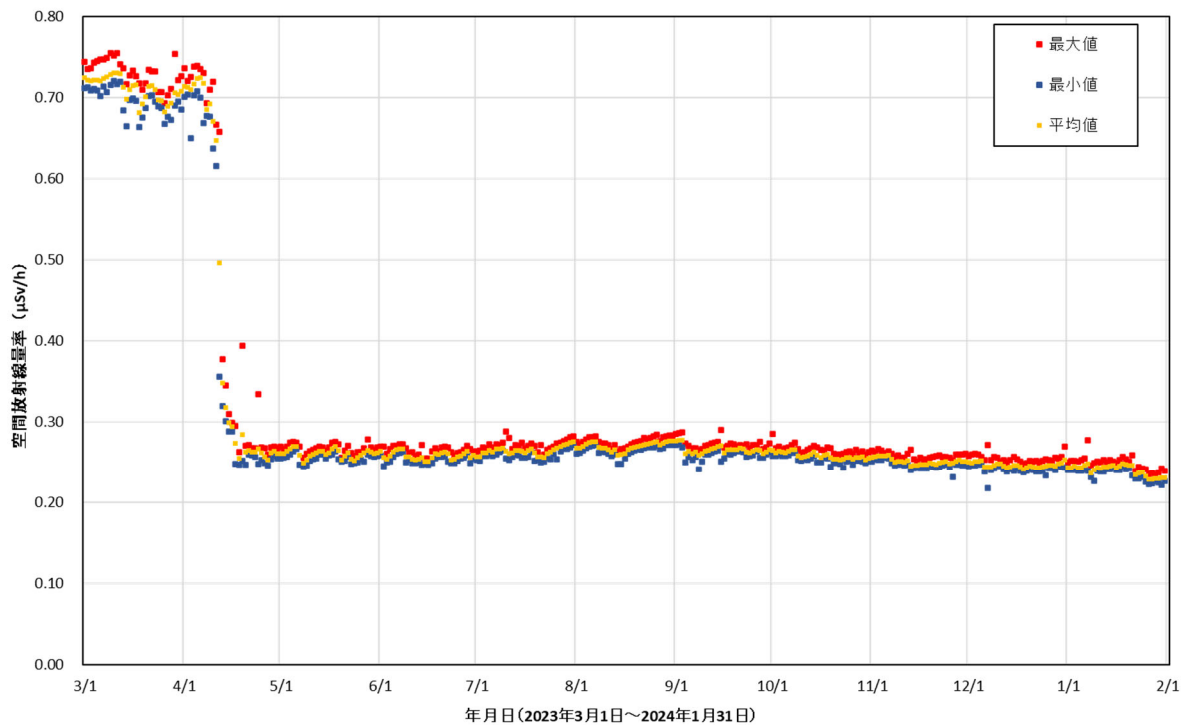


図 2-10-2(23) 各地点のトレンドグラフ

No.50 中屋敷多目的研修集会施設



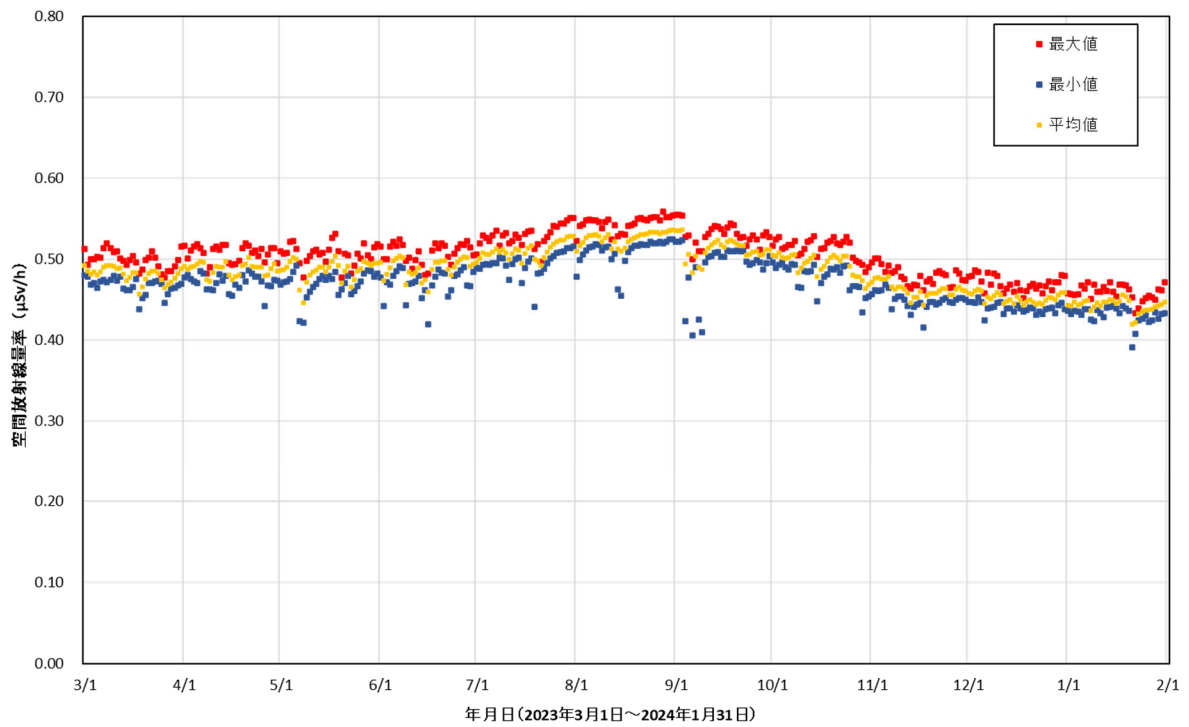
No.51 野上一区地区集会所



2023/2/1 ~ 2023/4/25 除染実施

図 2-10-2(24) 各地点のトレンドグラフ

No.52 北部コミュニティセンター



No.53 双葉総合公園

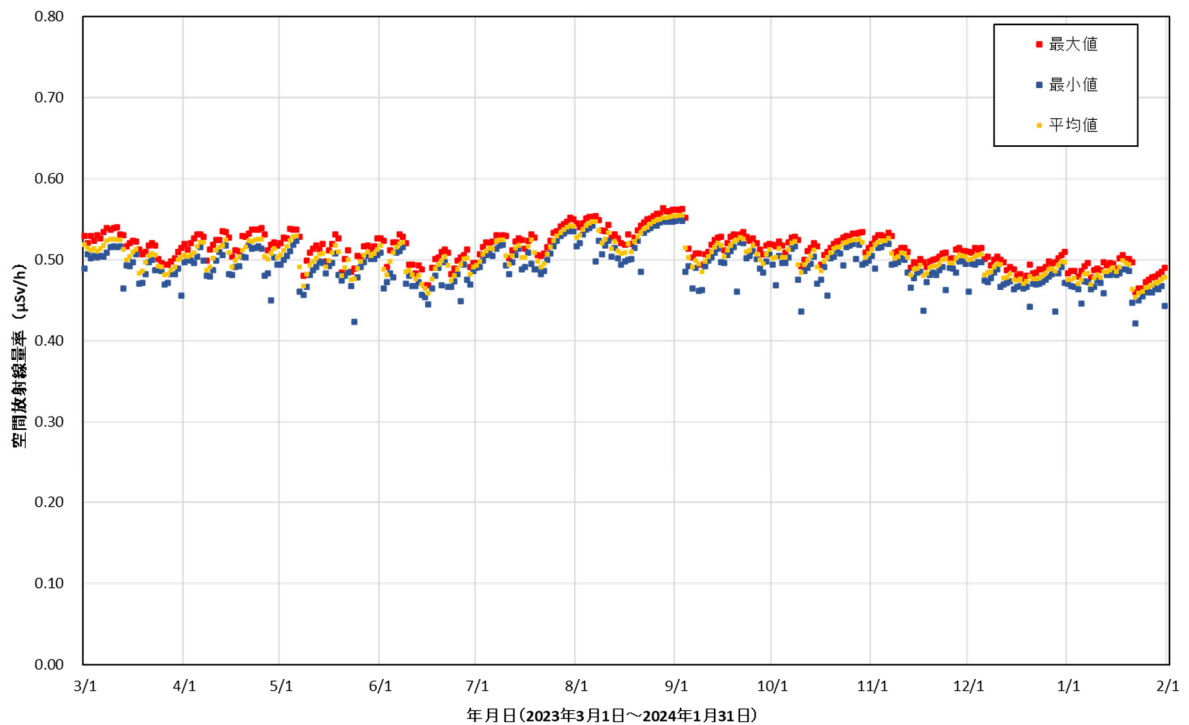
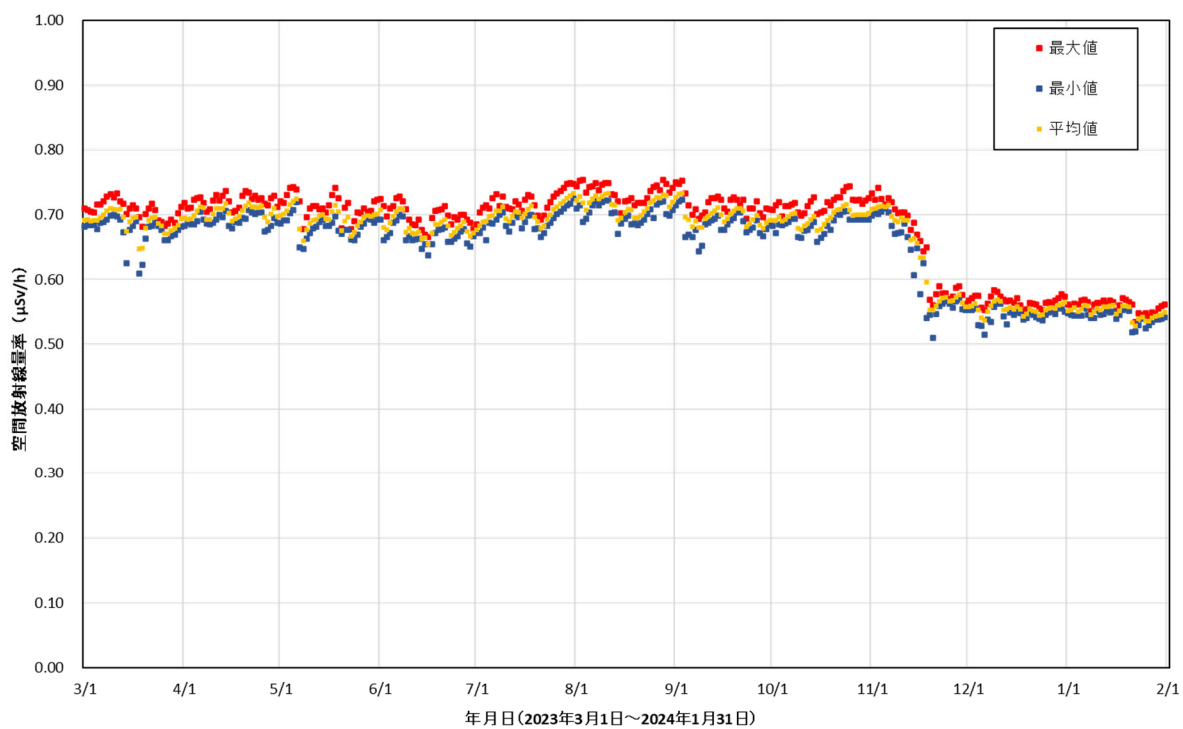


図 2-10-2(25) 各地点のトレンドグラフ

No.54 手七郎集会所



2023/10/19 ~ 2023/12/8 除染実施

No.55 赤宇木集会所

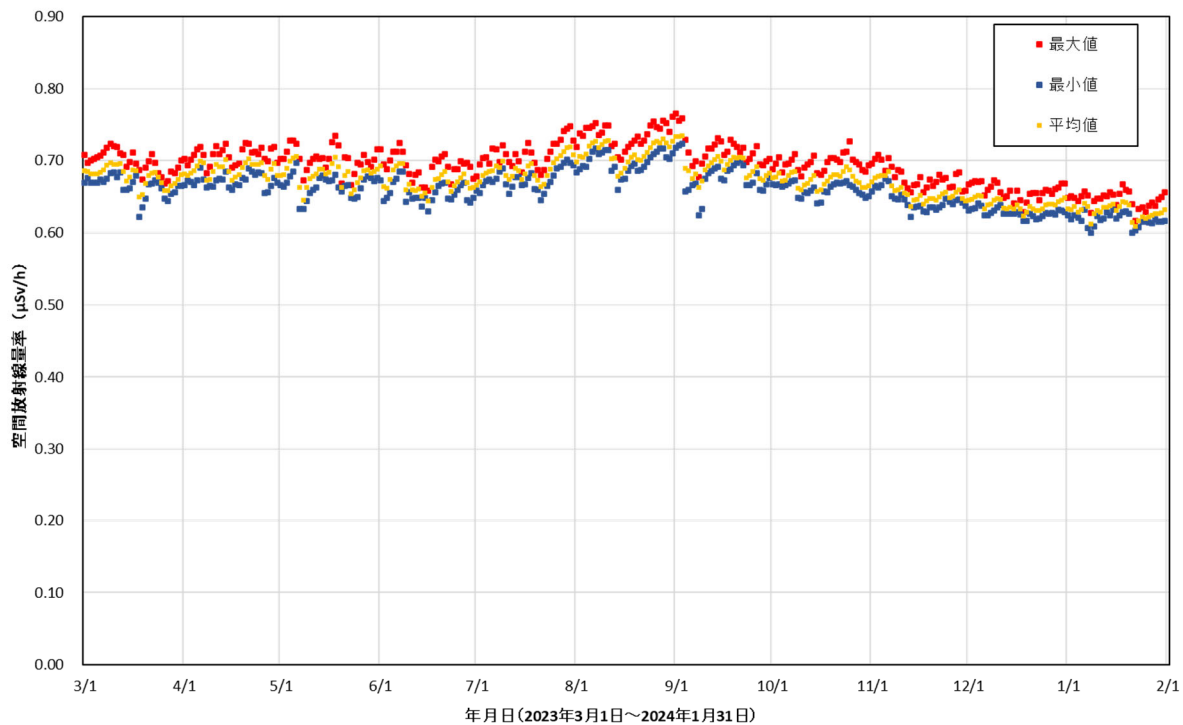
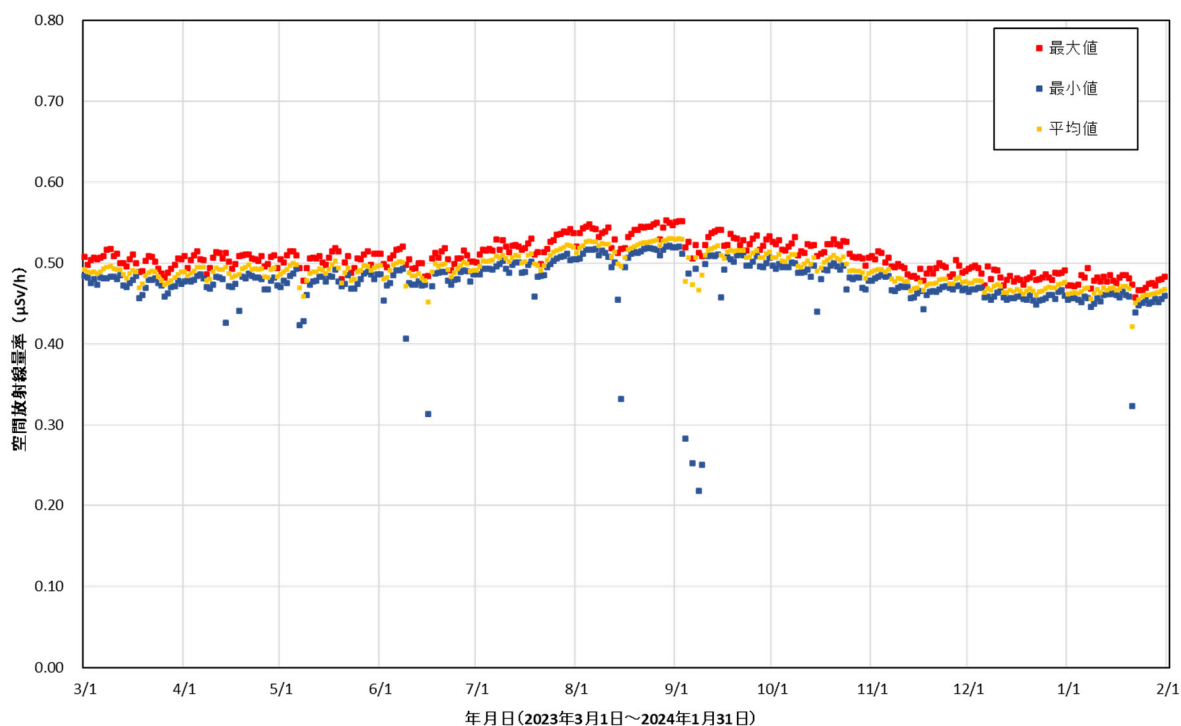
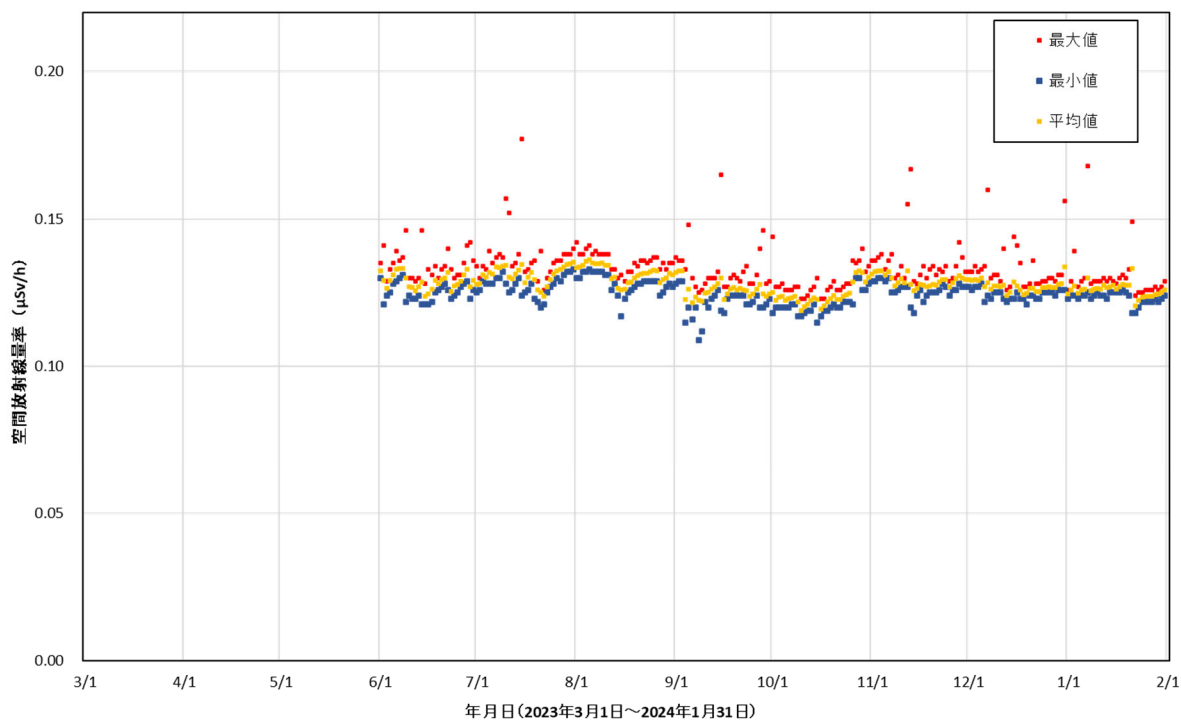


図 2-10-2(26) 各地点のトレンドグラフ

No.56 大堀小学校



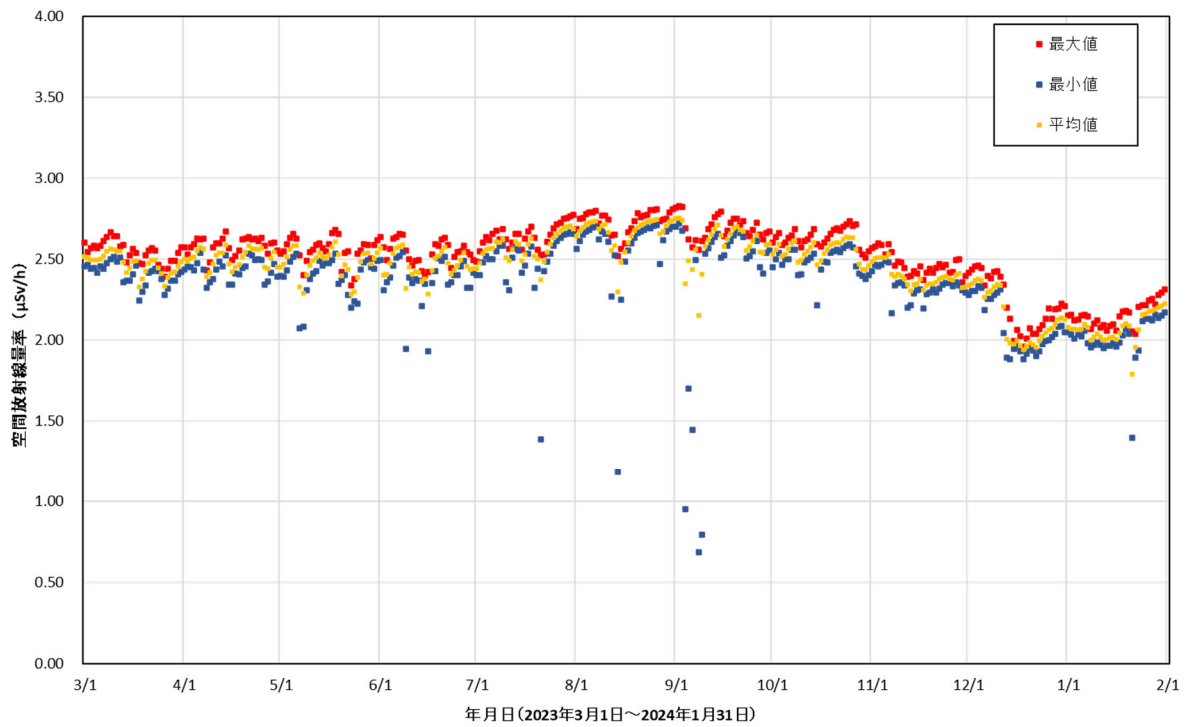
No.57 荻野防災コミュニティセンター



2023/5/17 再設置、2023/5/18～ データ公開 (2021/1/13 一時撤去)

図 2-10-2(27) 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)



No.59 浪江町役場

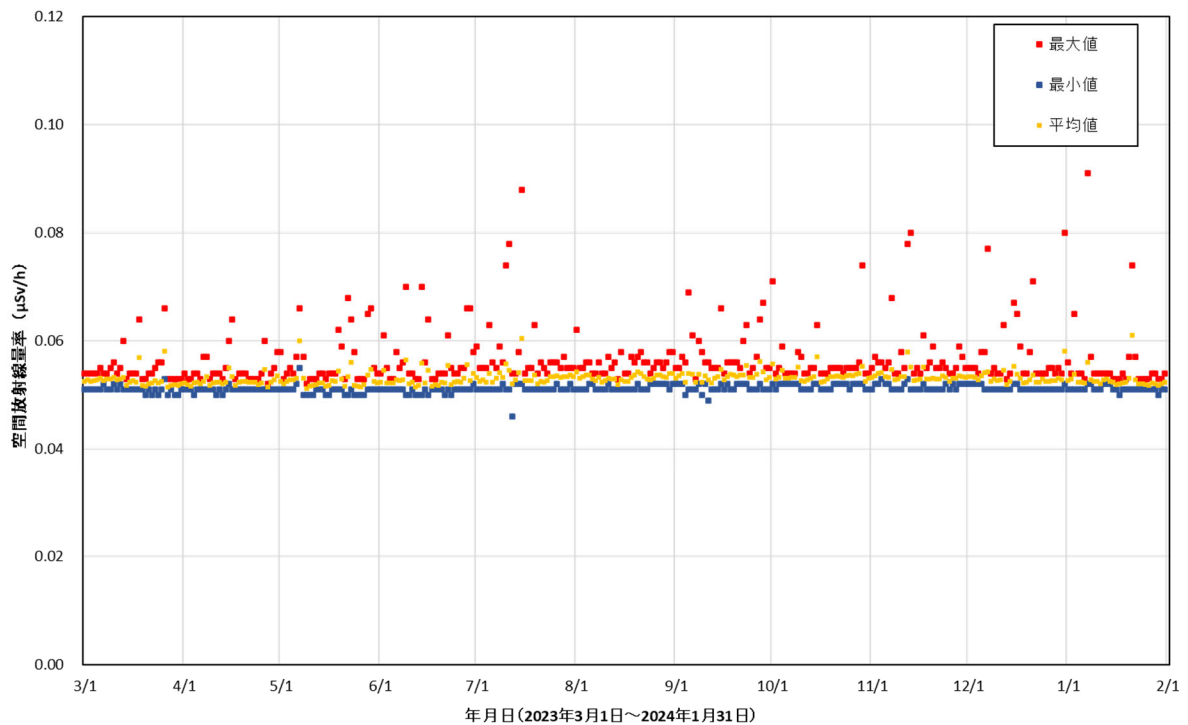


図 2-10-2(28) 各地点のトレンドグラフ

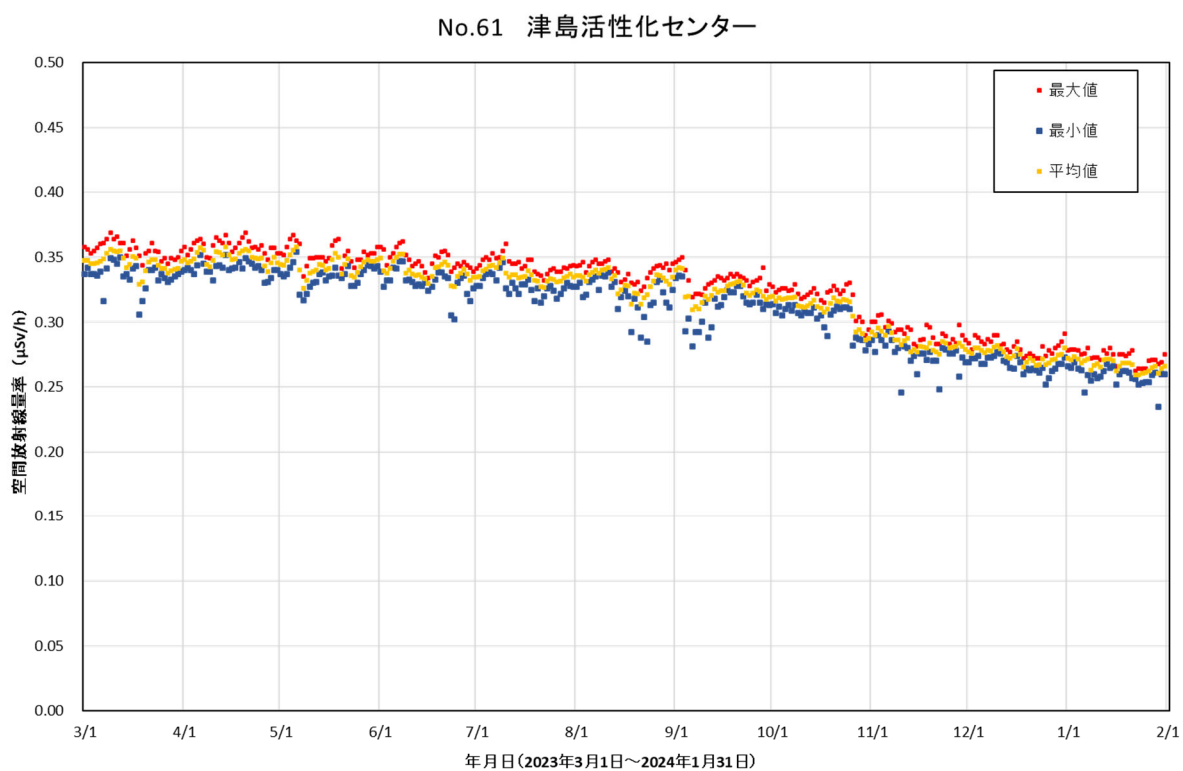
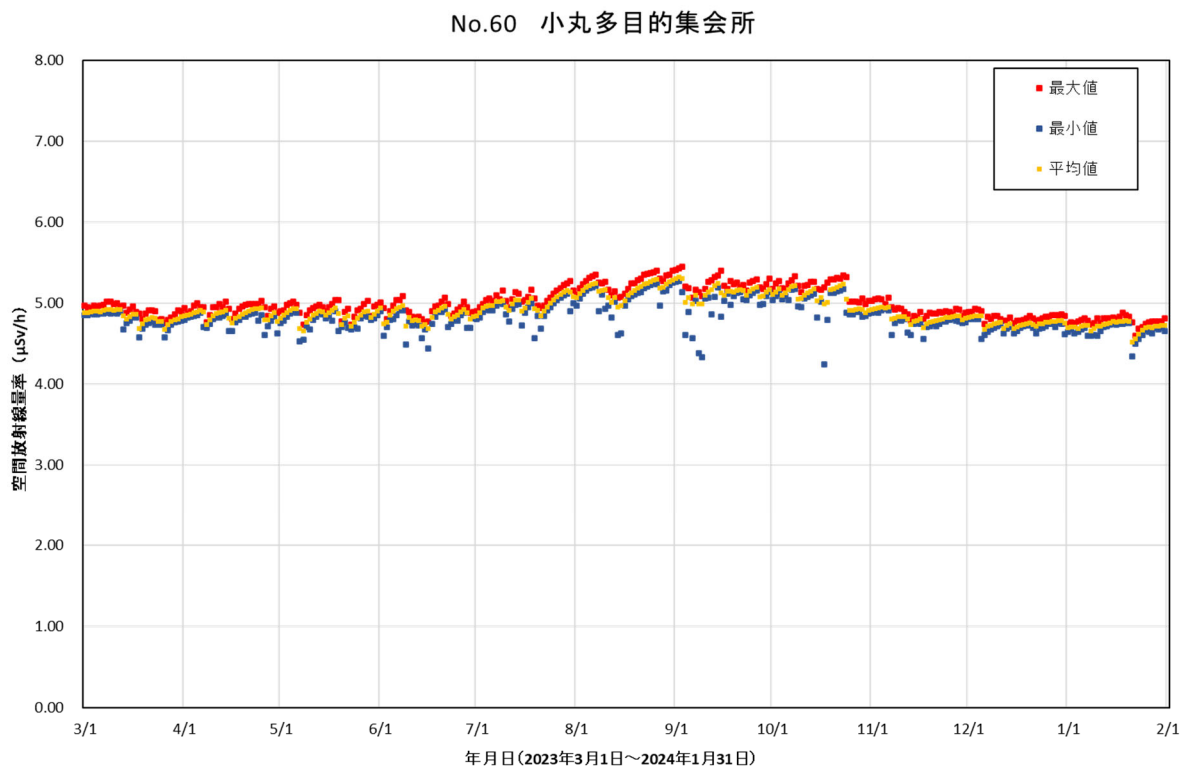
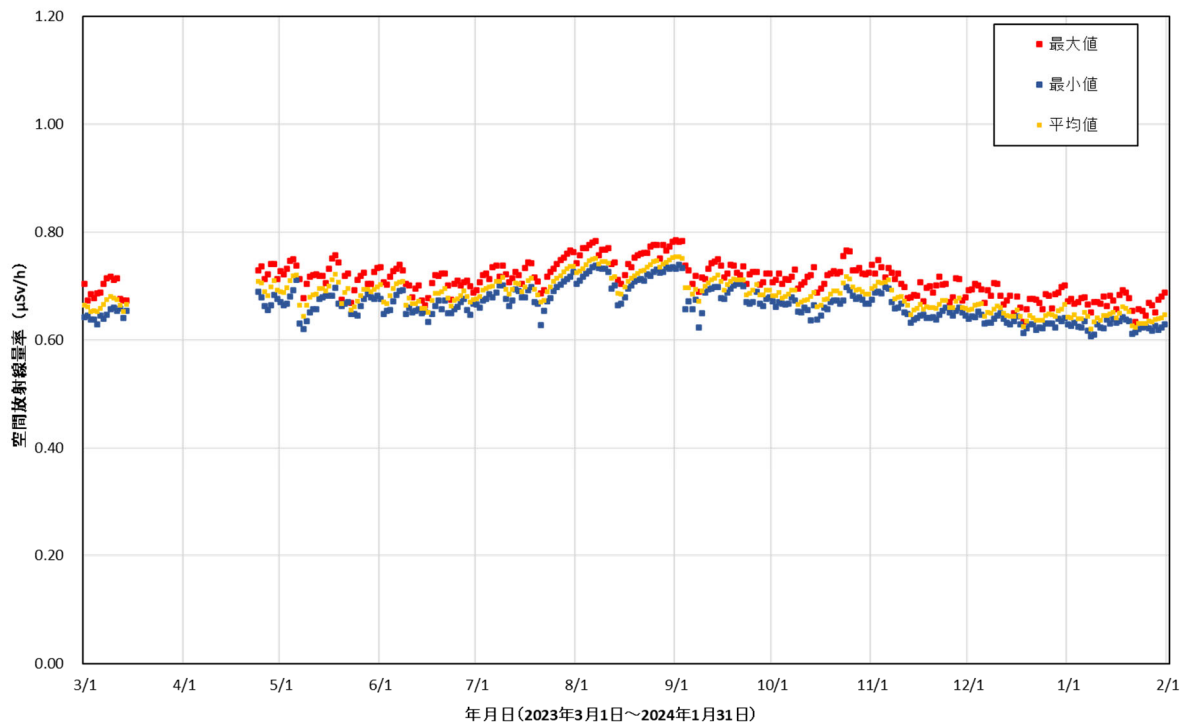


図 2-10-2(29) 各地点のトレンドグラフ

No.62 屋曽根屯所



2023/3/15 ~ 2023/4/23 機器不具合により欠測

No.63 家老集会所

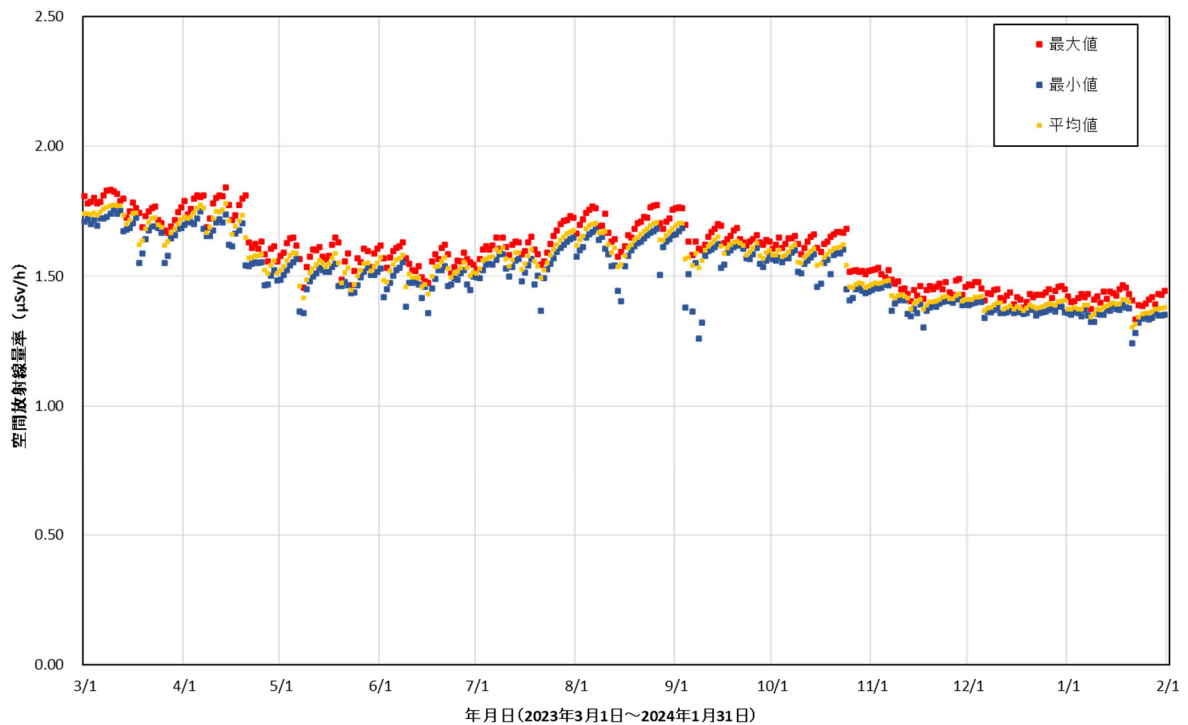
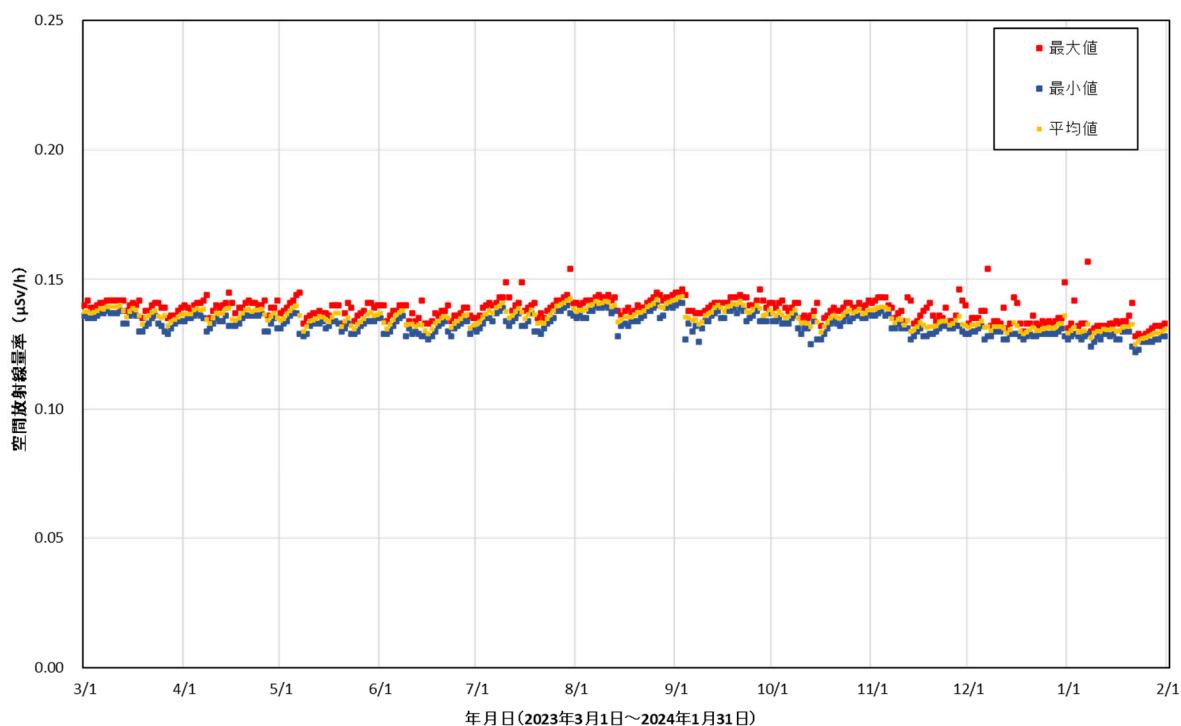
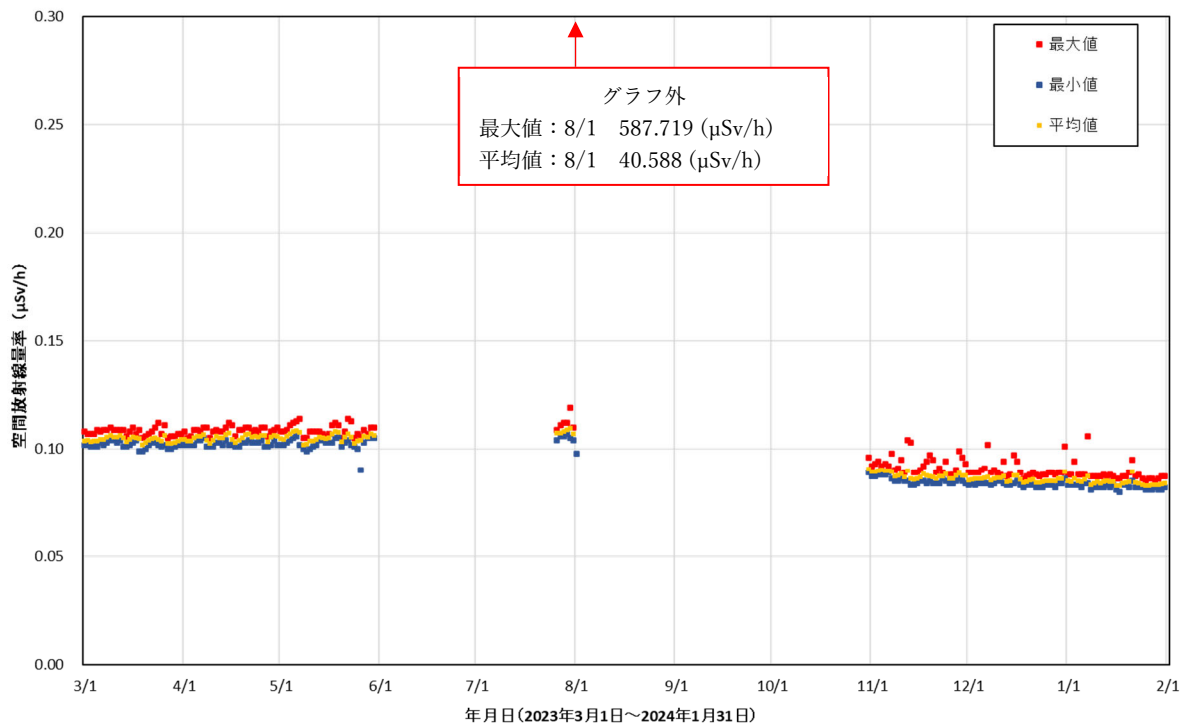


図 2-10-2(30) 各地点のトレンドグラフ

No.64 大放婦人ホーム跡地



No.65 葛尾村役場



2023/5/31～2023/7/25 機器不具合により欠測
2023/8/1 は機器故障による空間放射線量率異常値を含む
2023/8/2～2023/10/30 機器不具合により欠測

図 2-10-2(31) 各地点のトレンドグラフ

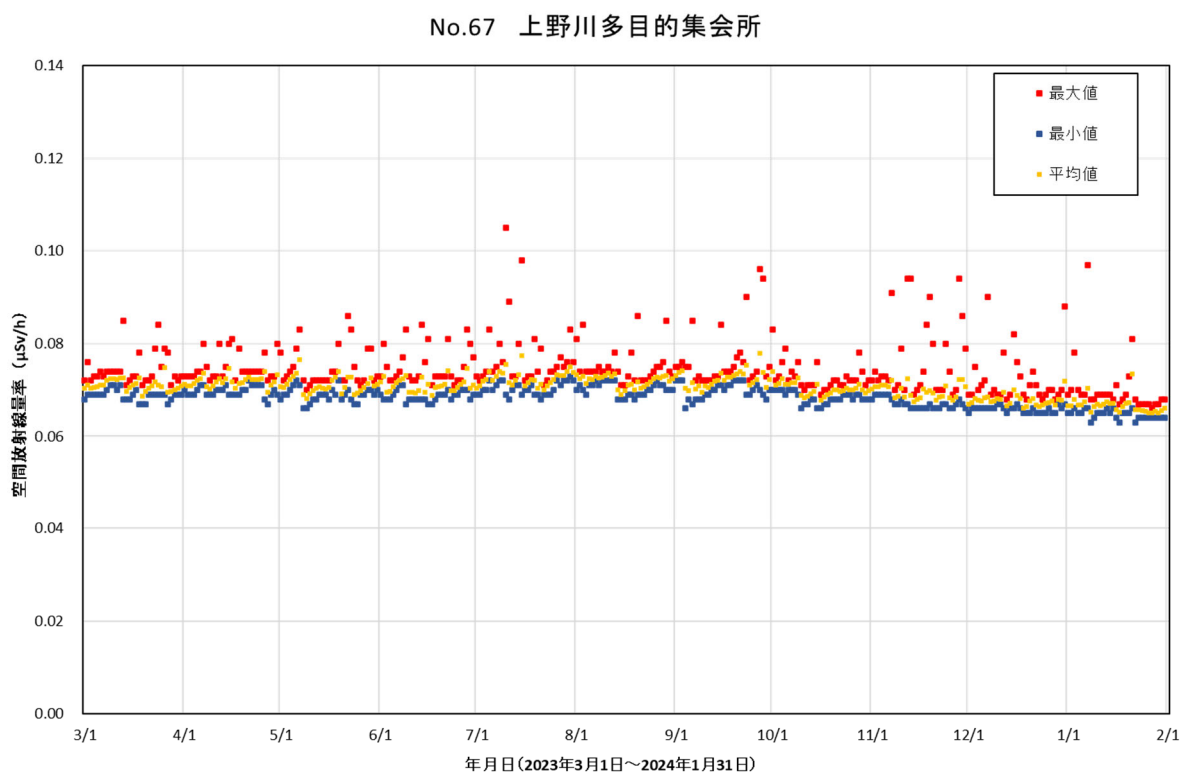
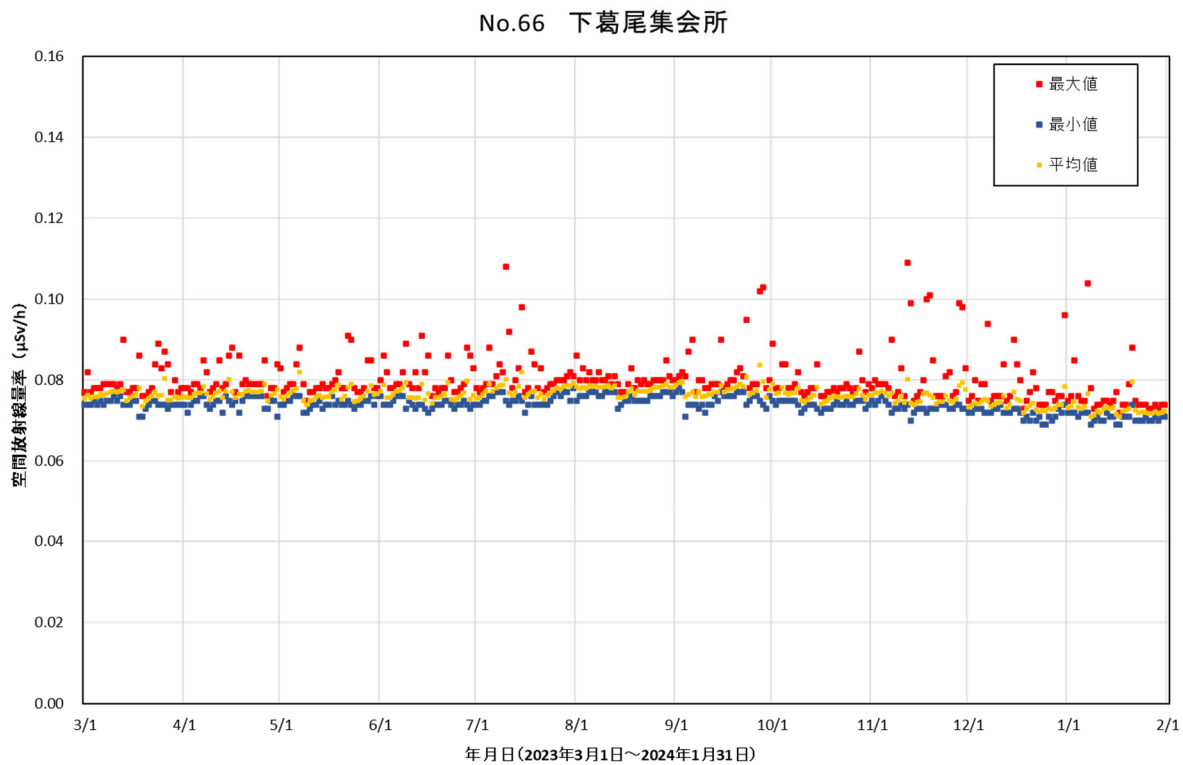
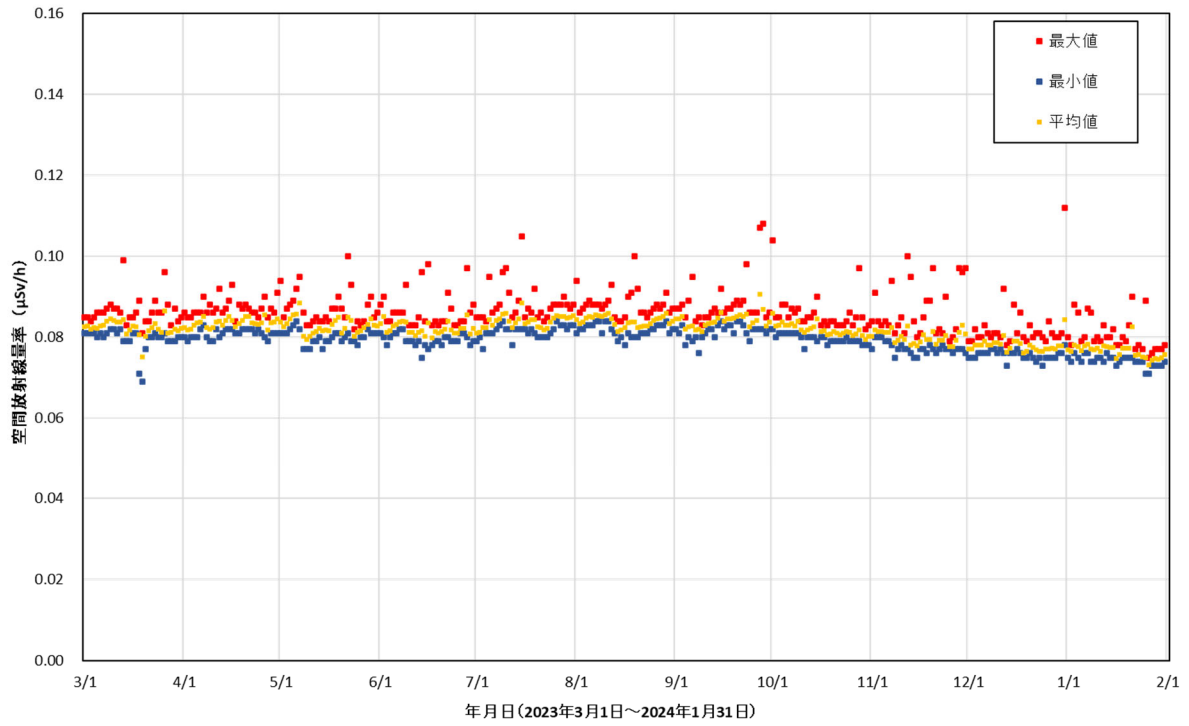


図 2-10-2(32) 各地点のトレンドグラフ

No.68 上飯樋地区集会所



No.69 飯舘村防災センター

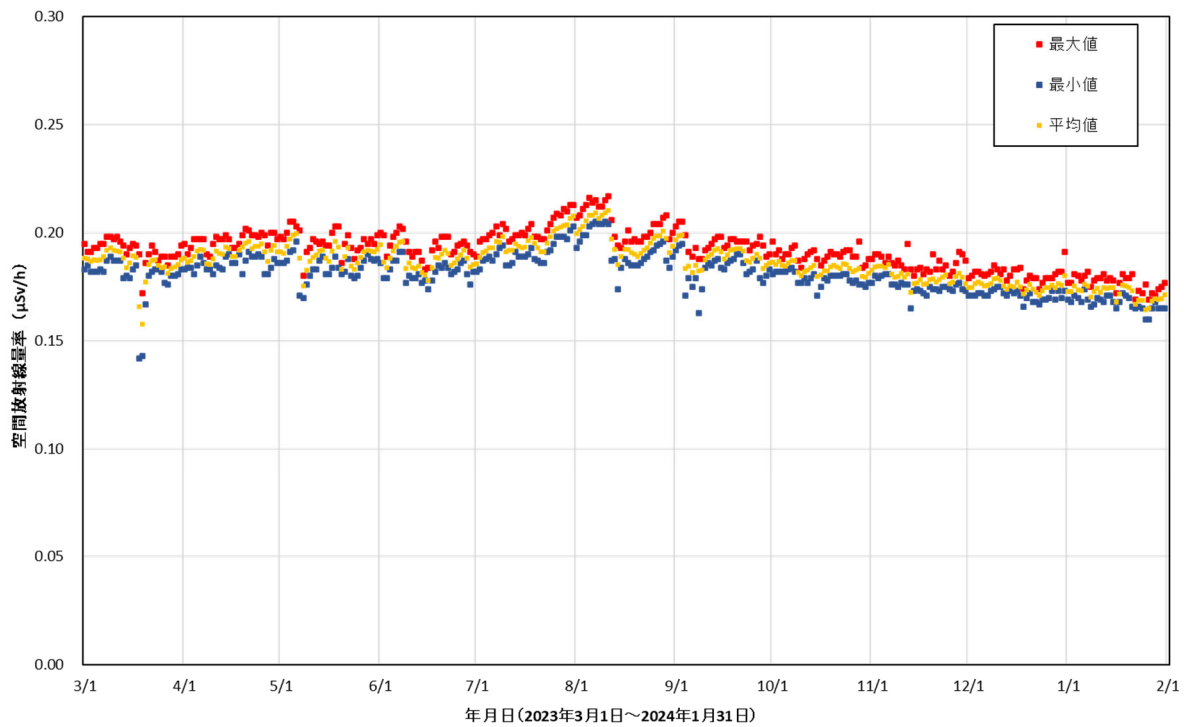
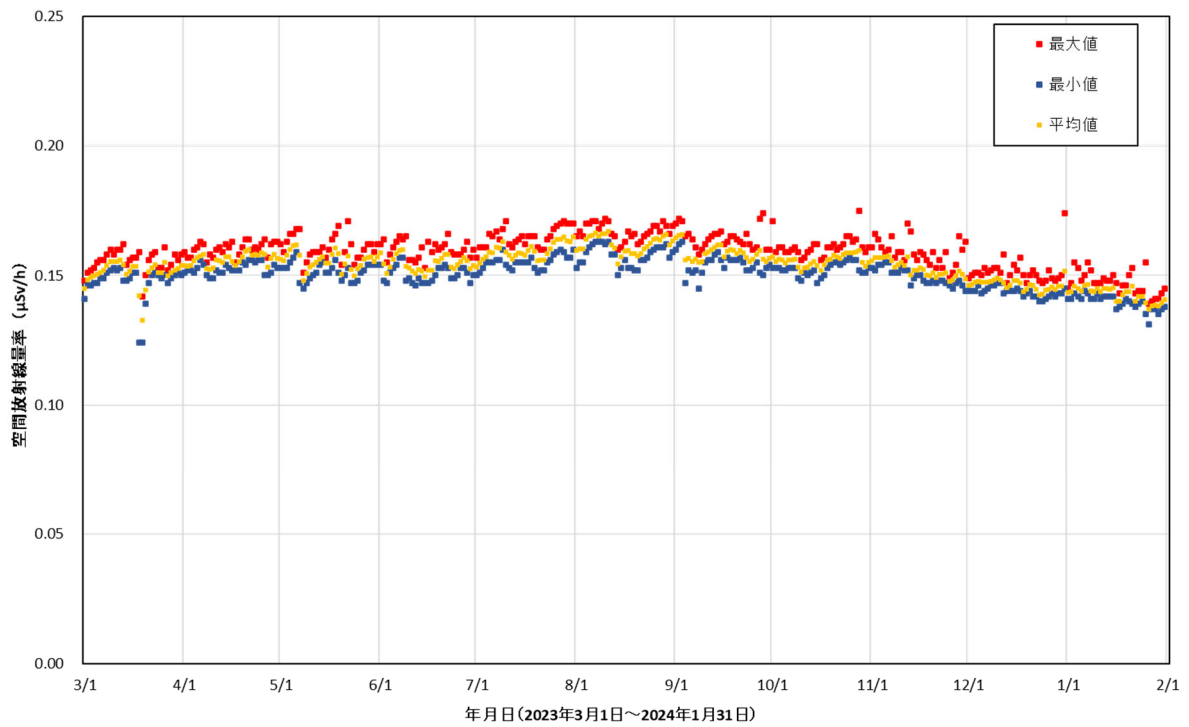


図 2-10-2(33) 各地点のトレンドグラフ

No.70 臼石小学校



No.71 大倉体育館

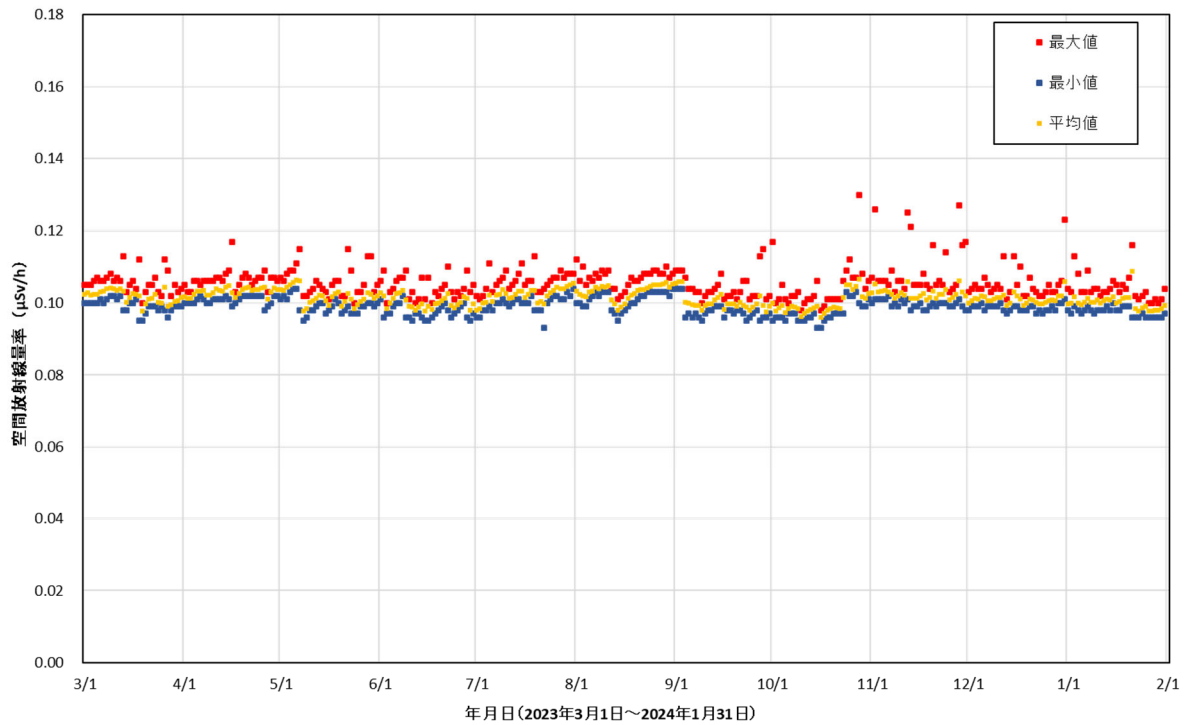
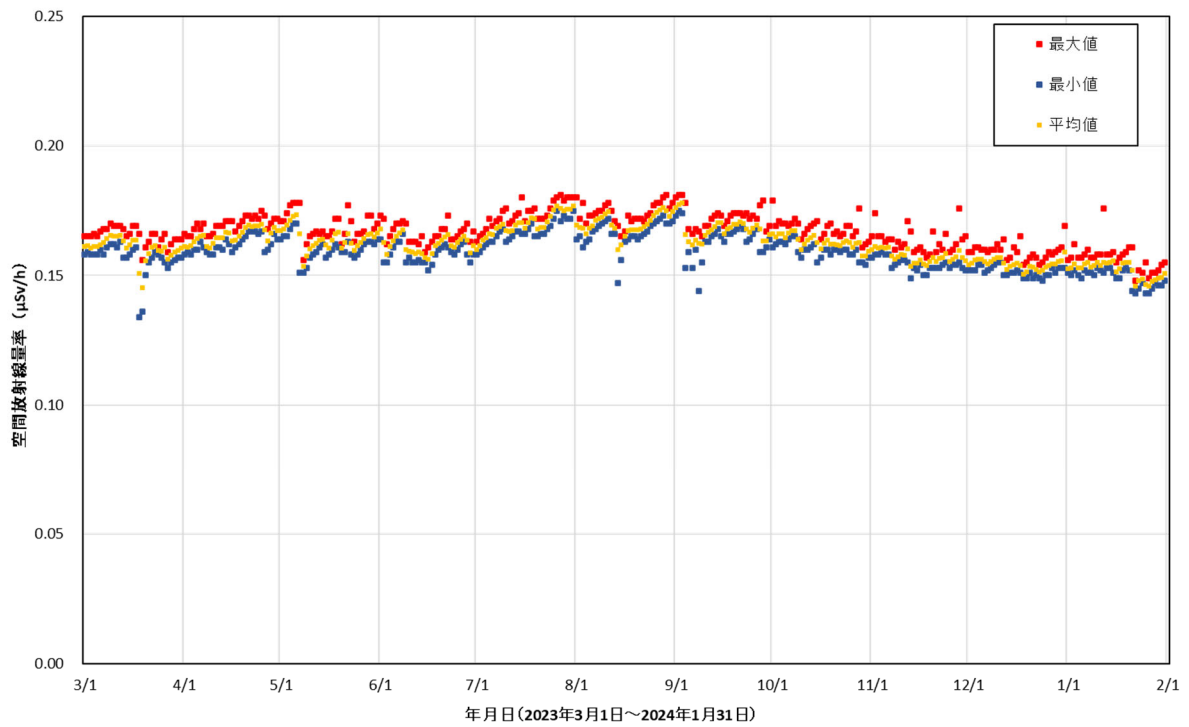


図 2-10-2(34) 各地点のトレンドグラフ

No.72 草野小学校



No.73 小宮コミュニティセンター

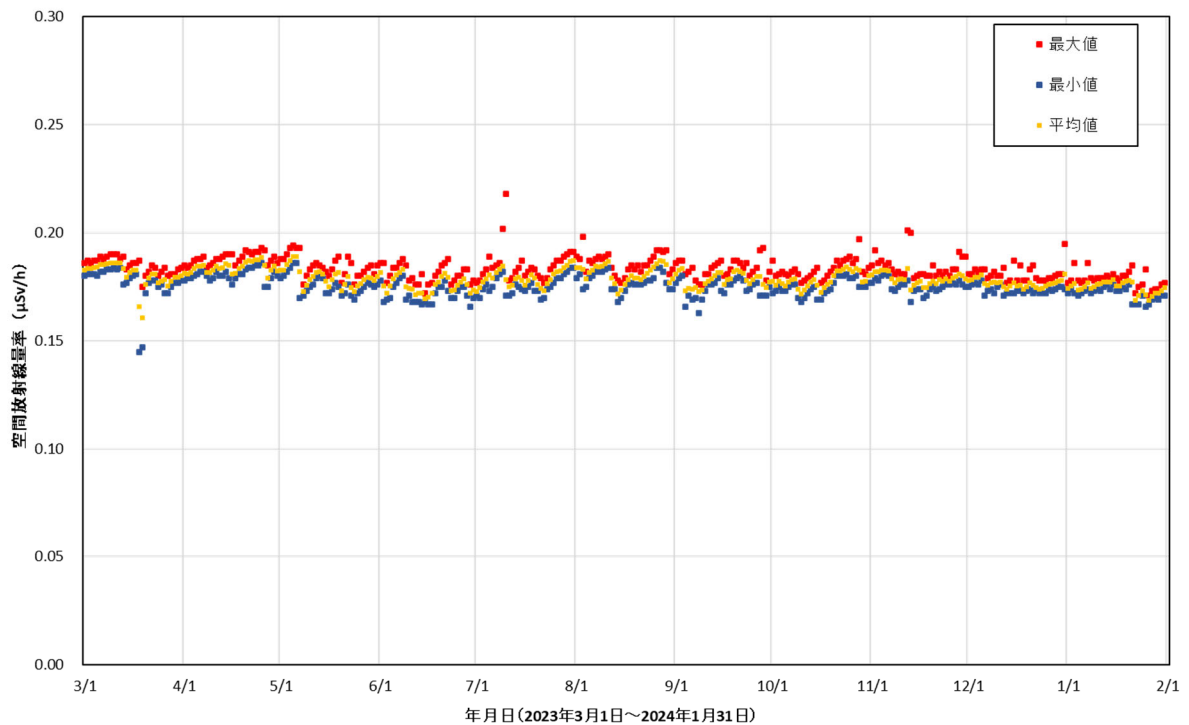
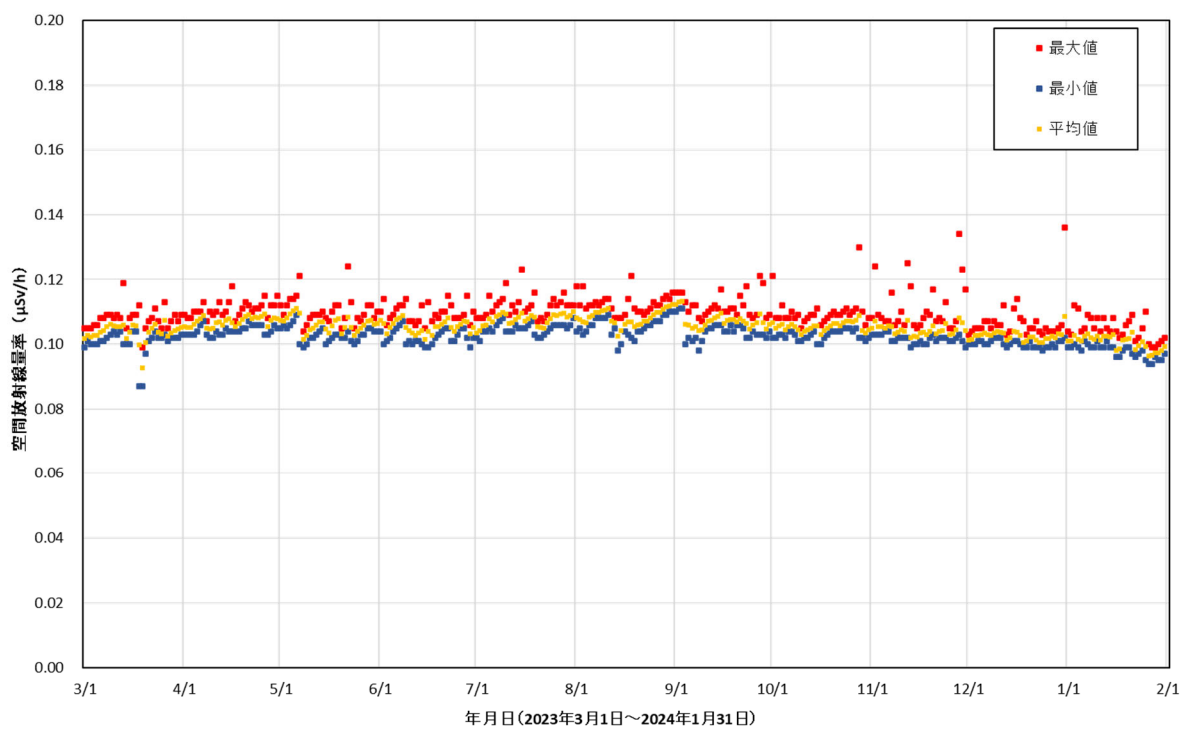
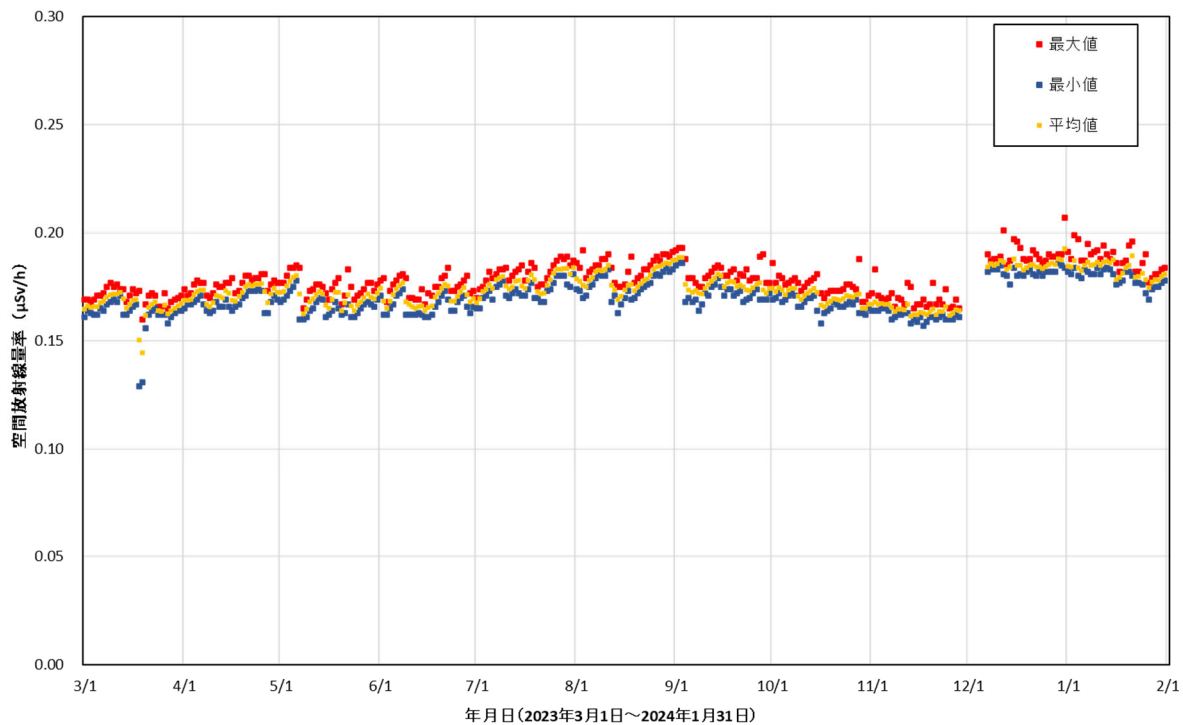


図 2-10-2(35) 各地点のトレンドグラフ

No.74 佐須公民館



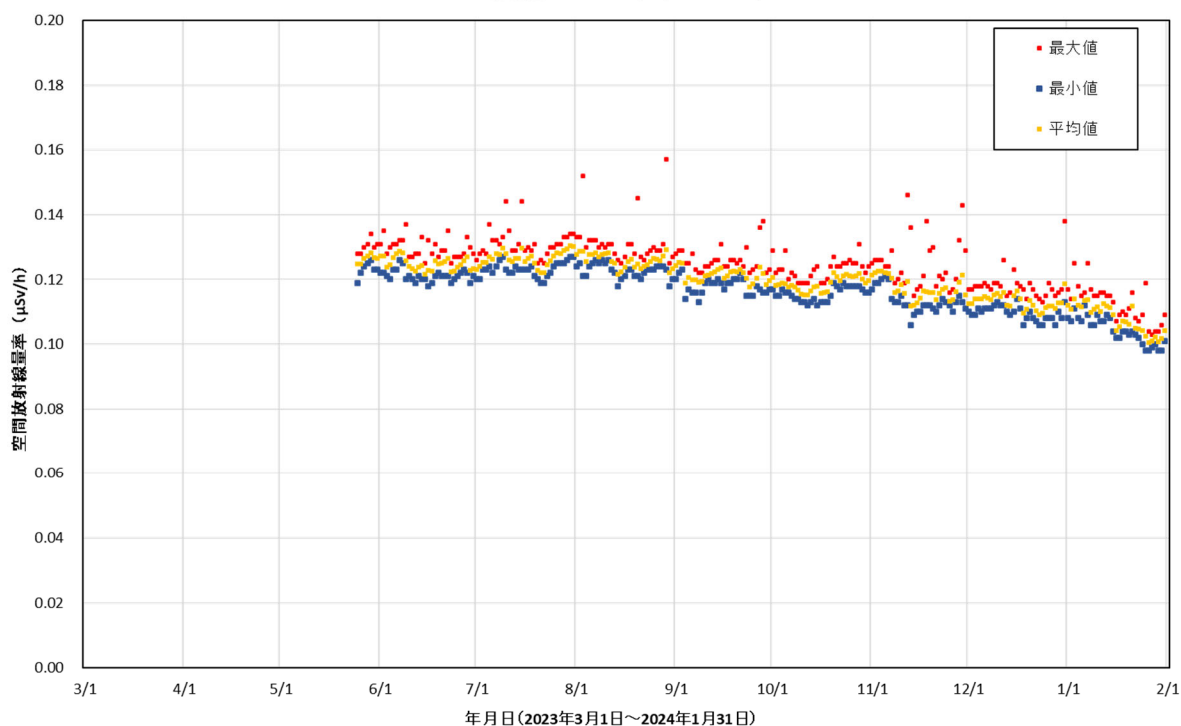
No.75 前乗集会所



2023/11/28 ~ 2023/12/7 機器更新作業実施

図 2-10-2(36) 各地点のトレンドグラフ

No.76 長泥コミュニティーセンター



2023/5/23 再設置、2023/5/25 ~ データ公開 (2019/11/26 一時撤去)

No.77 比曽公民館

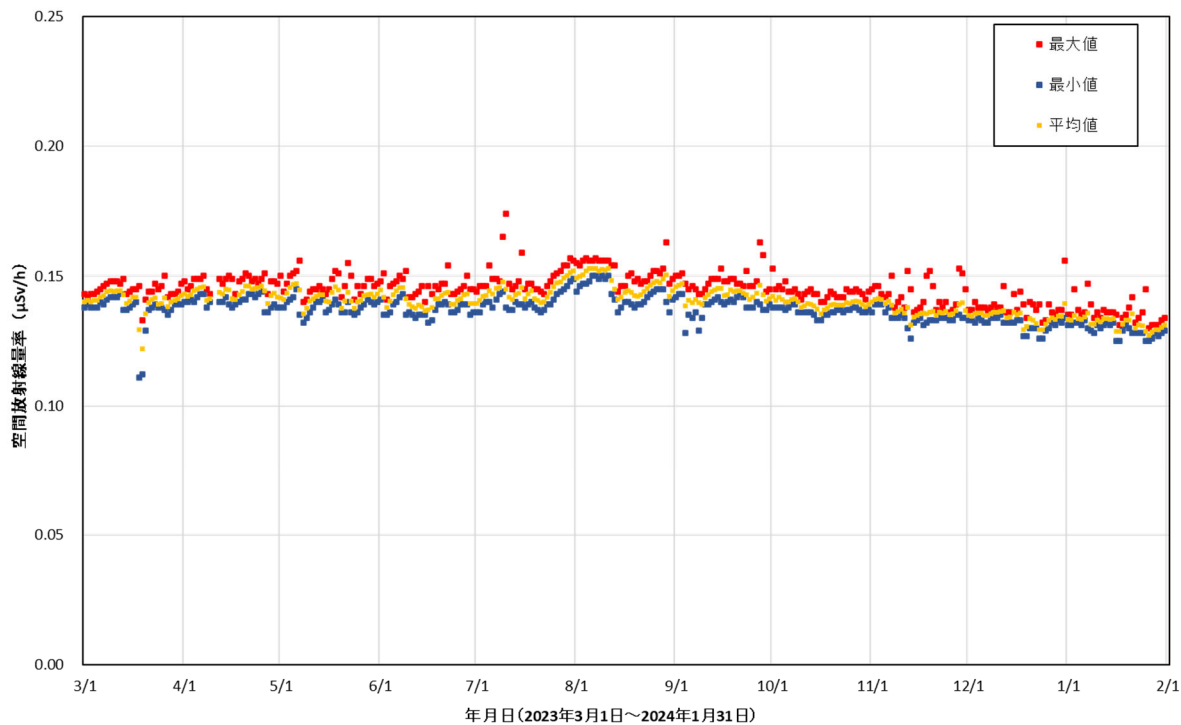
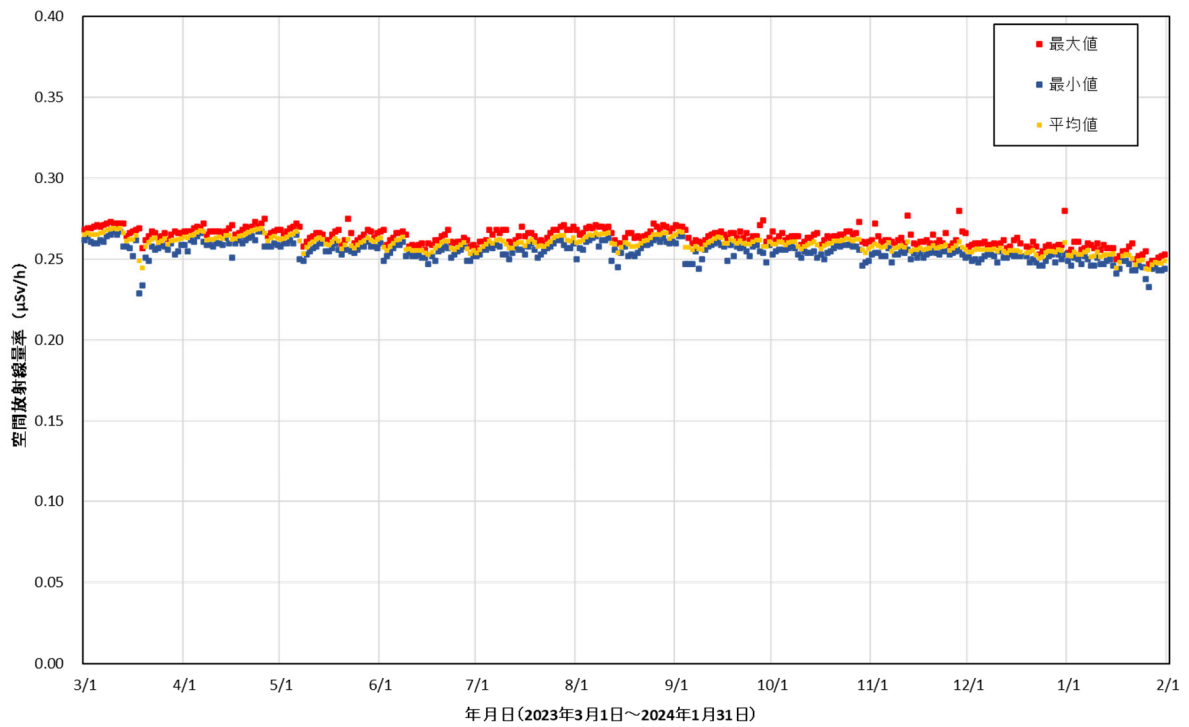


図 2-10-2(37) 各地点のトレンドグラフ

No.78 前田公民館



No.79 八木沢芦原多目的集会所

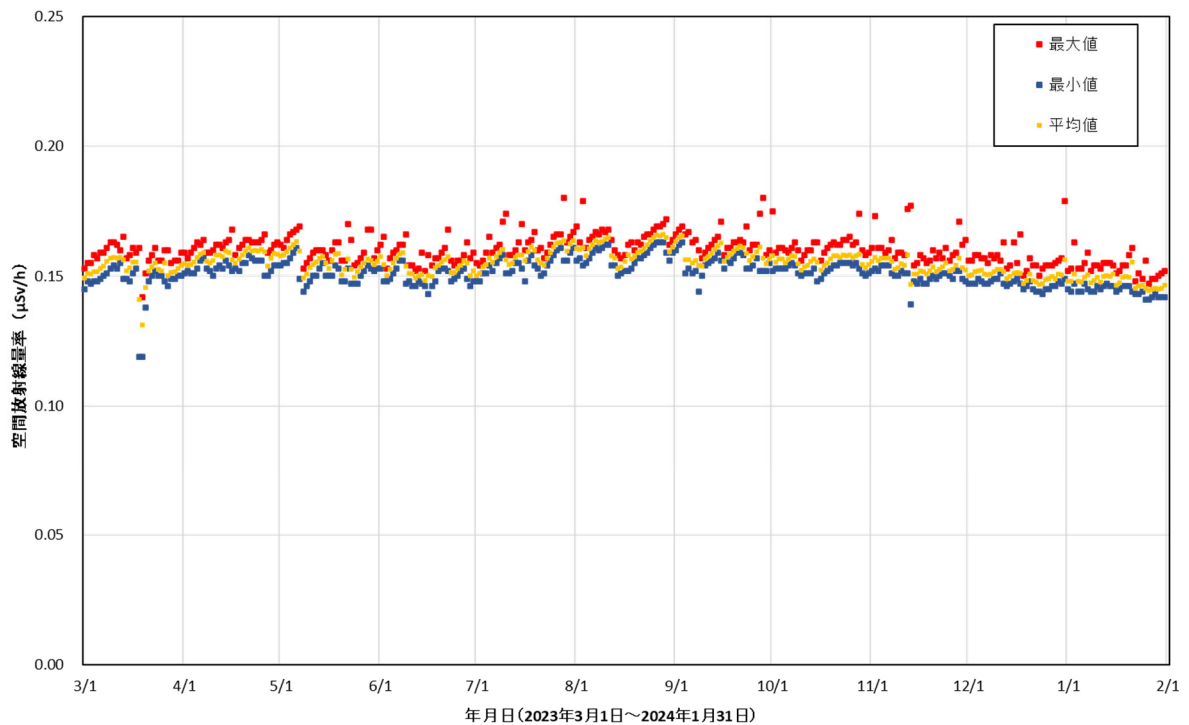


図 2-10-2(38) 各地点のトレンドグラフ

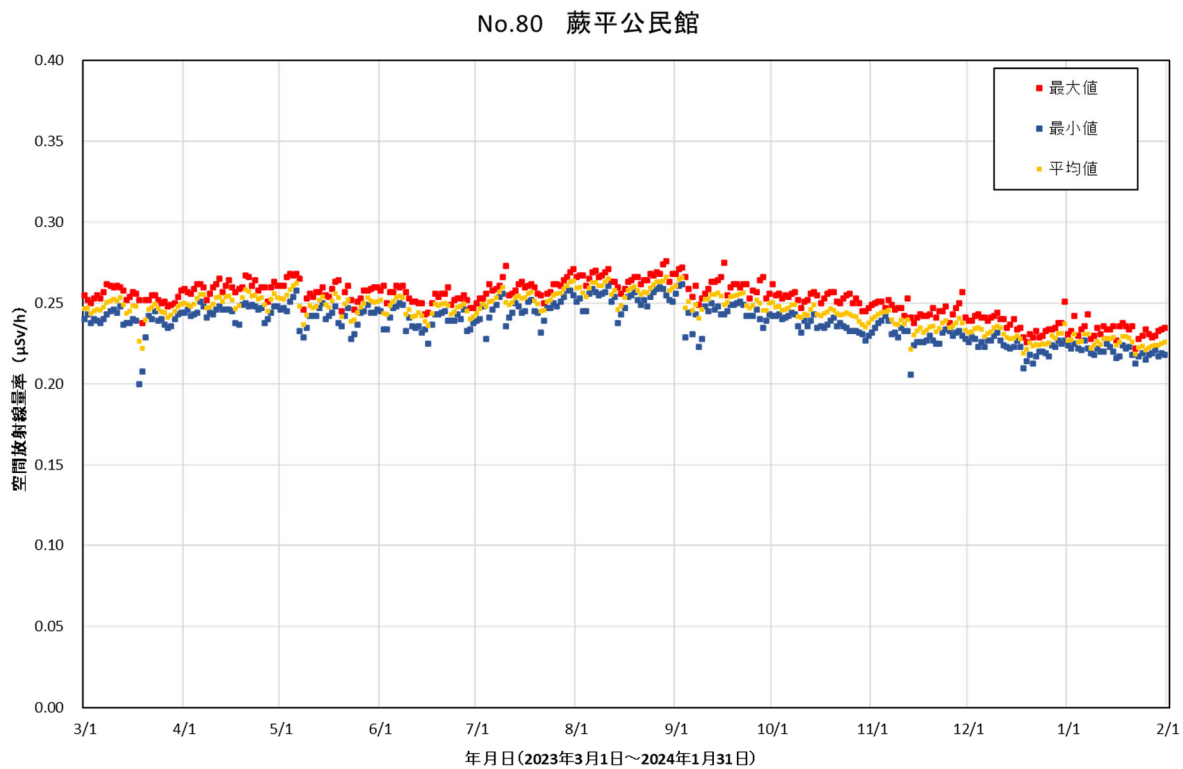


図 2-10-2(39) 各地点のトレンドグラフ

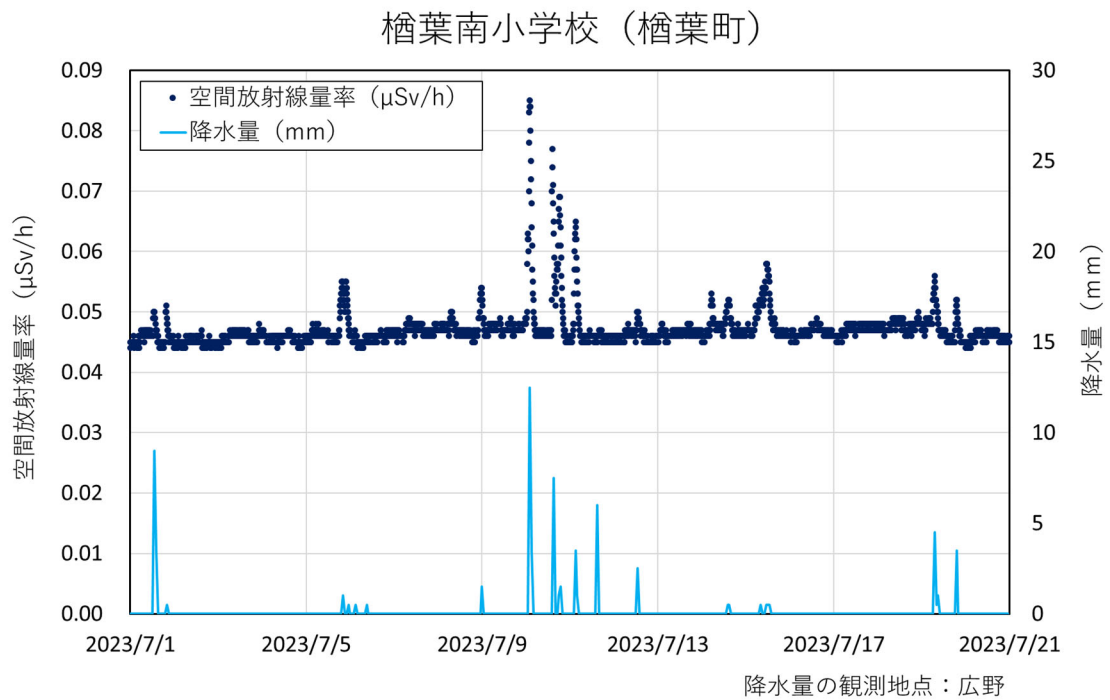


図2-10-3 降雨による空間放射線量率上昇の例
(檜葉南小学校(檜葉町))

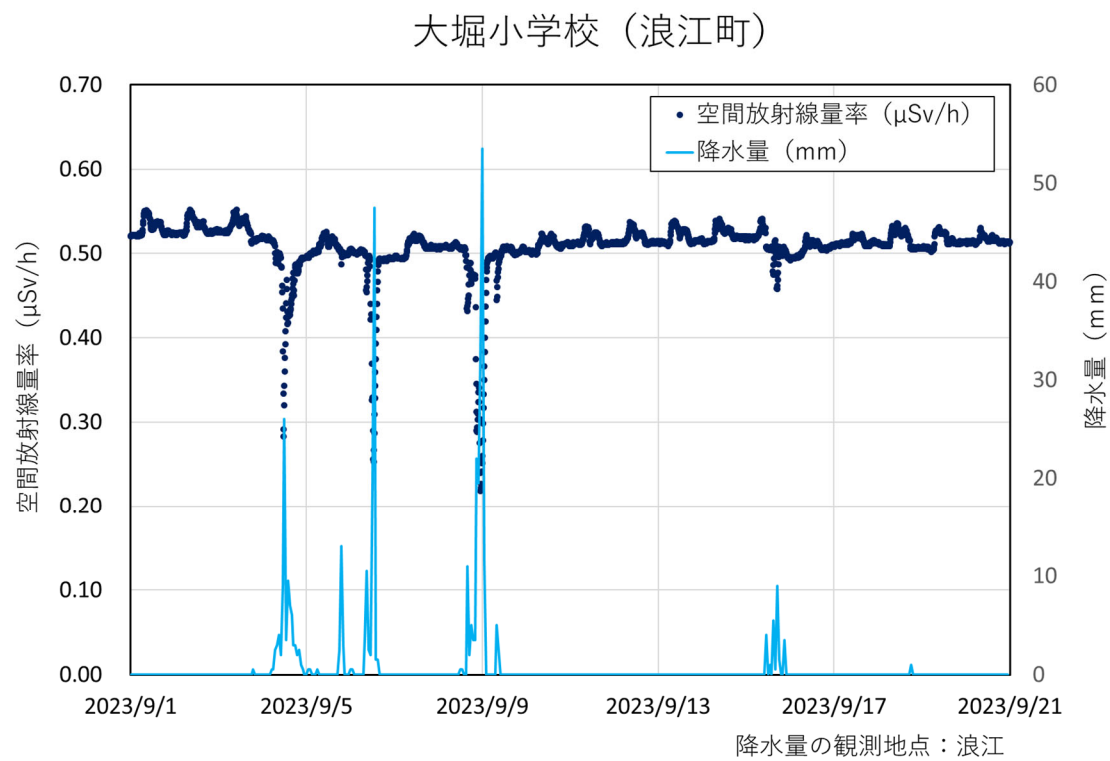


図2-10-4 降雨による空間放射線量率下降の例
(大堀小学校(浪江町))

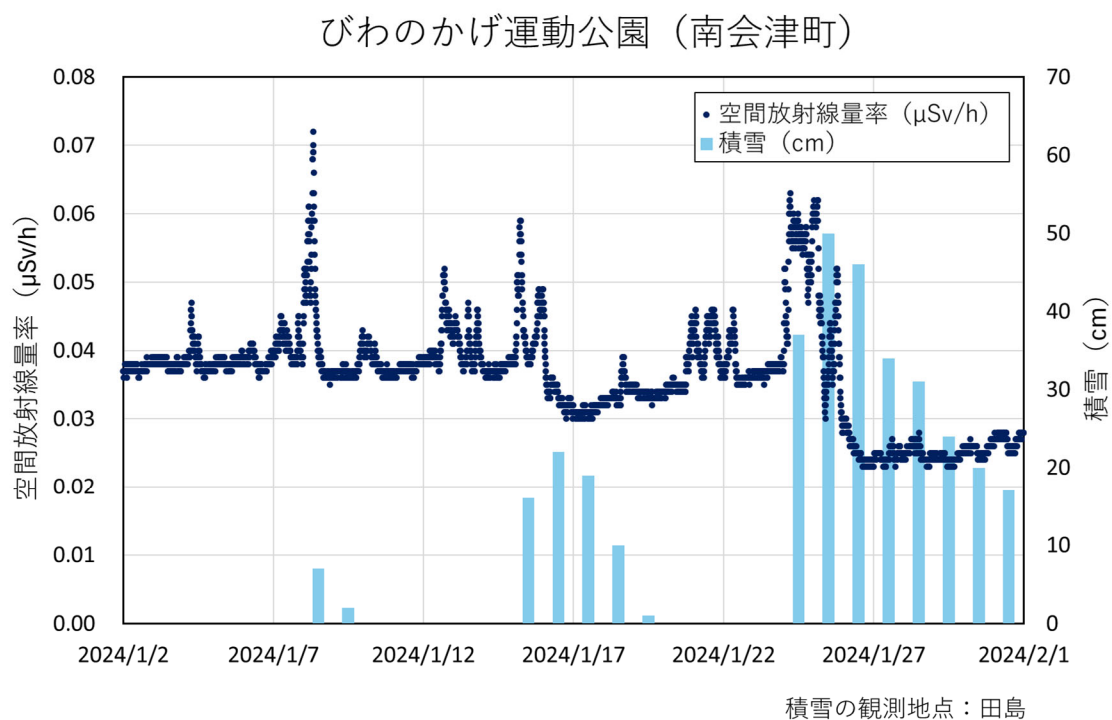


図2-10-5 積雪による空間放射線量率下降の例
(びわのかげ運動公園(南会津町))

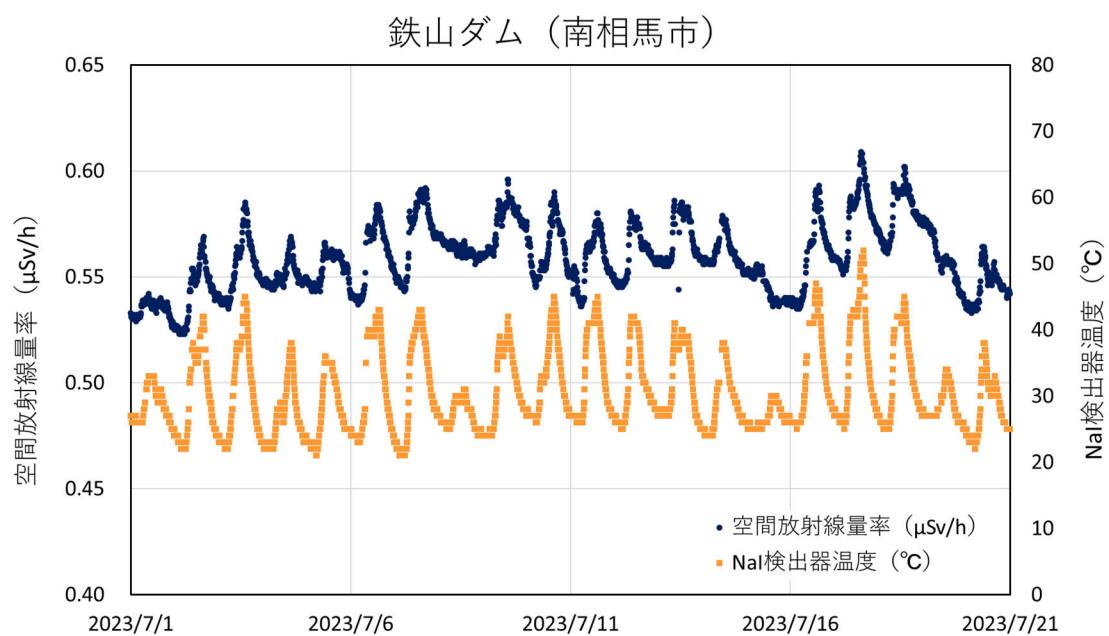


図2-10-6 検出器の温度依存性による空間放射線量率の変動の例
(鉄山ダム(南相馬市))(NaI検出器)

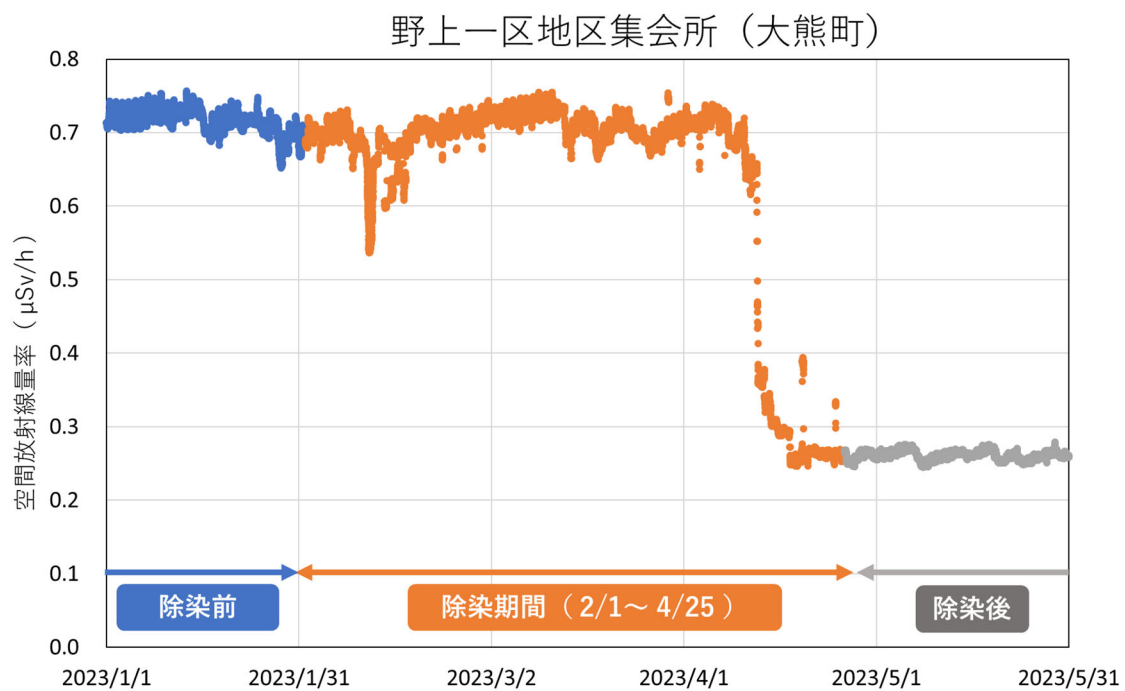


図2-10-7(1) 測定地点敷地内の除染に伴う空間放射線量率の変動
(野上一区地区集会所(大熊町))

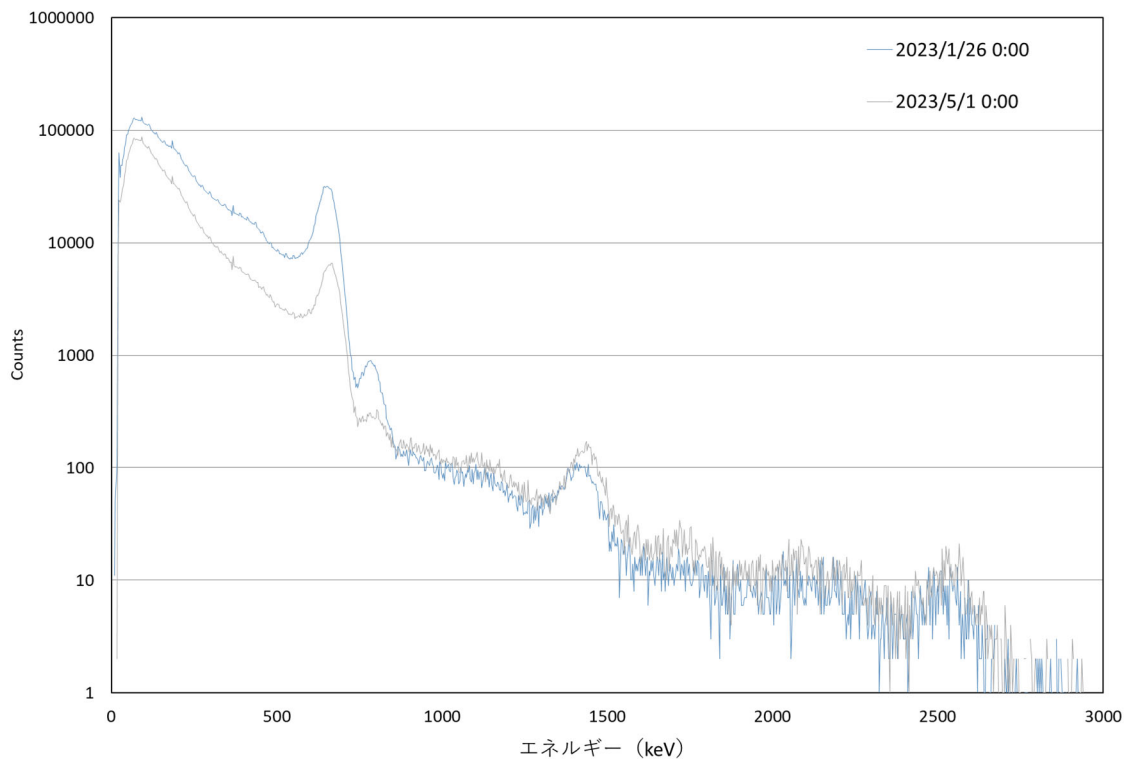


図2-10-7(2) 波高スペクトル
(野上一区地区集会所(大熊町))

小良ヶ浜多目的集会所（富岡町）

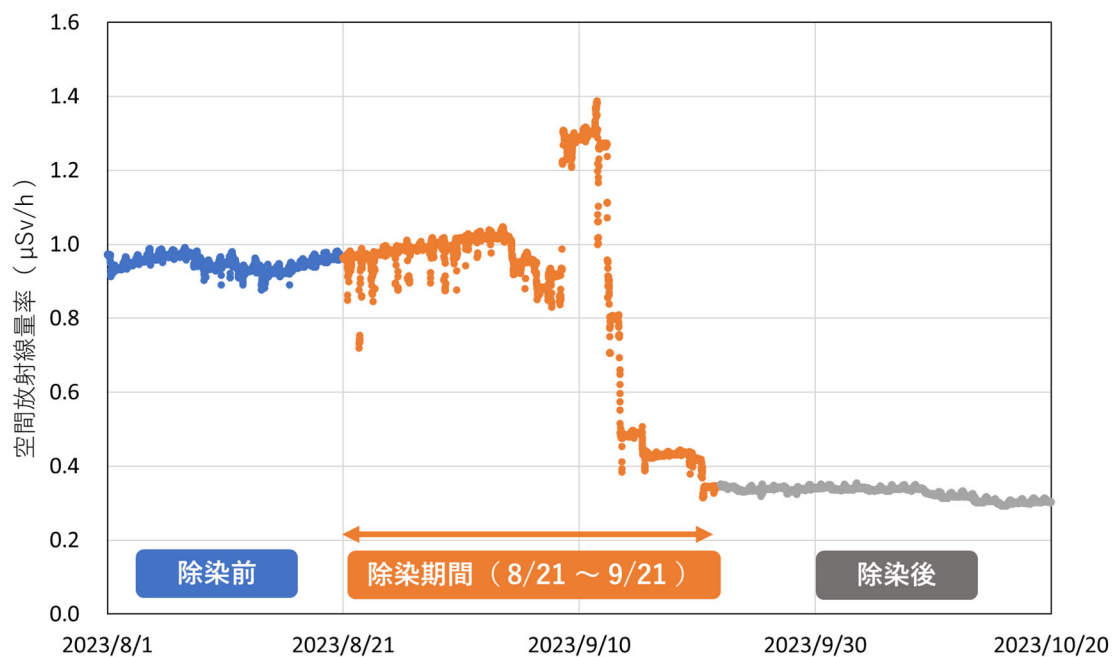


図2-10-8(1) 測定地点敷地内の除染に伴う空間放射線量率の変動
（小良ヶ浜多目的集会所（富岡町））

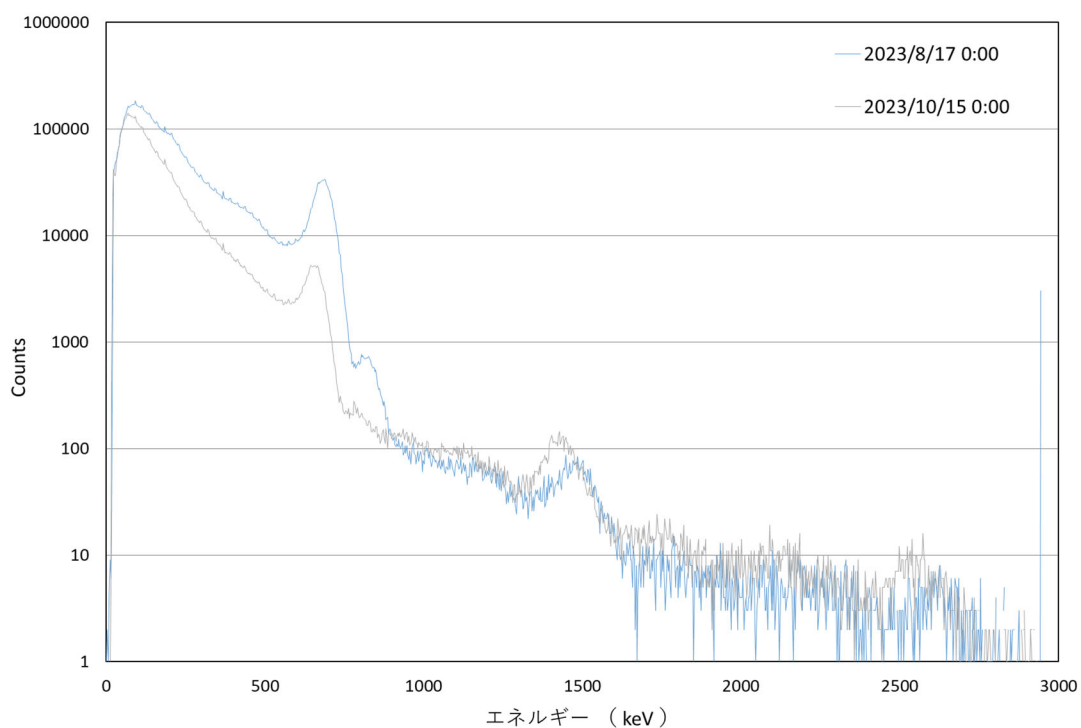


図 2-10-8(2) 波高スペクトル
（小良ヶ浜多目的集会所（富岡町））

手七郎集会所（浪江町）

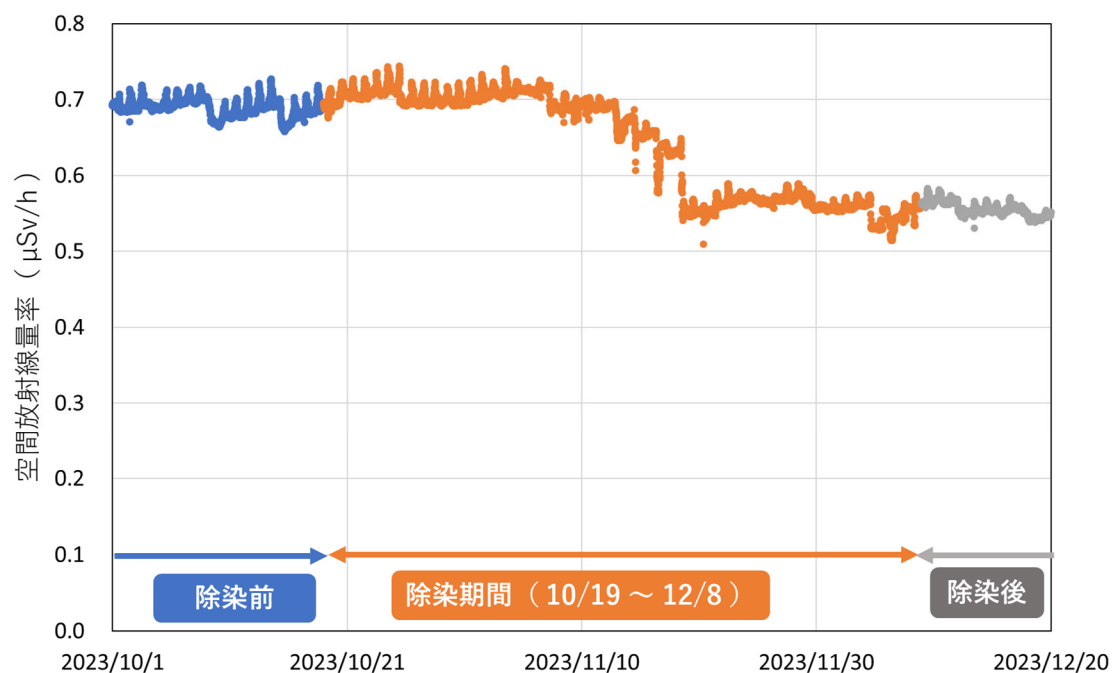


図2-10-9(1) 測定地点敷地内の除染に伴う空間放射線量率の変動
(手七郎集会所(浪江町))

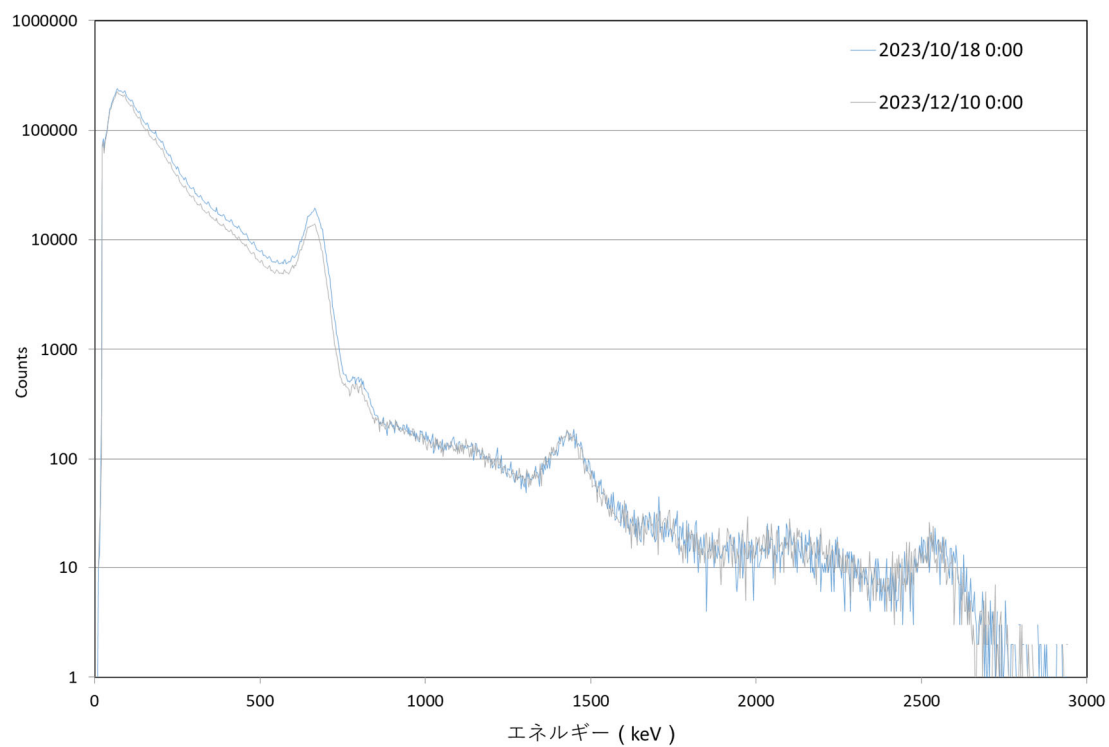


図2-10-9(2) 波高スペクトル
(手七郎集会所(浪江町))

表2-10-2 可搬型モニタリングポスト撤去前設置場所
(金房幼稚園(南相馬市))

設置場所	住所	緯度・経度*
金房幼稚園建物手前	南相馬市小高区飯崎字 北原 61-1	N 37.55549 E 140.9594

*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2-10-10(1) 撤去前の様子
(金房幼稚園(南相馬市)：2023年4月12日撮影)



図2-10-10(2) 撤去作業の様子
(金房幼稚園(南相馬市)：2023年5月17日撮影)



図2-10-10(3) 保管の様子
(環境放射線センター(南相馬市)：2023年5月17日撮影)

表2-10-3 可搬型モニタリングポスト撤去前設置場所
(いわき市海竜の里センター(いわき市))

設置場所	住所	緯度・経度*
いわき市海竜の里センター建物手前	いわき市大久町大久字柴崎 9	N 37.16693 E 140.9657

*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2-10-11(1) 撤去前の様子
(いわき市海竜の里センター(いわき市)：2023年6月21日撮影)



図2-10-11(2) 撤去作業の様子
(いわき市海竜の里センター(いわき市)：2024年1月15日撮影)

表2-10-4 可搬型モニタリングポスト再設置場所
(荏野防災コミュニティセンター(浪江町))

	設置場所	住所	緯度・経度*
一時撤去前	荏野小学校グラウンド	浪江町大字荏宿字鹿畑	N 37.50586 E 140.9542
再設置	荏野防災コミュニティ センター駐車場脇	浪江町大字荏宿字鹿畑	N 37.50562 E 140.9543

*緯度・経度は原子力規制委員会webページで公開されている数値を記載



図2-10-12(1) 設置作業の様子
(荏野防災コミュニティセンター(浪江町)：2023年5月17日撮影)



図2-10-12(2) 設置後の様子
(荻野防災コミュニティセンター(浪江町)：2023年5月18日撮影)

表2-10-5 可搬型モニタリングポスト再設置場所
(長泥コミュニティーセンター(飯舘村))

	設置場所	住所	緯度・経度*
一時撤去前	長泥コミュニティーセンター建物横	飯舘村大字長泥字長泥	N 37.61407 E 140.7513
再設置	長泥コミュニティーセンター道路向かい	飯舘村大字長泥字長泥	N 37.61306 E 140.7507

*緯度・経度は原子力規制委員会webページで公開されている数値を記載



図2-10-13(1) 設置作業の様子
(長泥コミュニティーセンター(飯舘村)：2023年5月23日撮影)



図2-10-13(2) 設置後の様子
(長泥コミュニティーセンター(飯舘村)：2023年5月23日撮影)

表2-10-6 除染が実施された測定地点及び実施期間

地点	実施期間
野上一区地区集会所(大熊町)	2023年2月1日 ～ 4月25日
小良ヶ浜多目的集会所(富岡町)	2023年8月21日 ～ 9月21日
手七郎集会所(浪江町)	2023年10月19日 ～ 12月8日



図 2-10-14(1) 除染前後と作業の様子(野上一区地区集会所(大熊町))

上段 : 除染前の様子(2022 年 12 月 28 日撮影)

中段 : 除染中の様子(2023 年 4 月 13 日撮影)

下段 : 除染後の様子(2023 年 5 月 10 日撮影)



図 2-10-14(2) 除染前後と作業の様子(小良ヶ浜多目的集会所(富岡町))
 上段 : 除染前の様子(2023 年 6 月 26 日撮影)
 中段 : 除染中の様子(2023 年 9 月 15 日撮影)
 下段 : 除染後の様子(2023 年 10 月 20 日撮影)

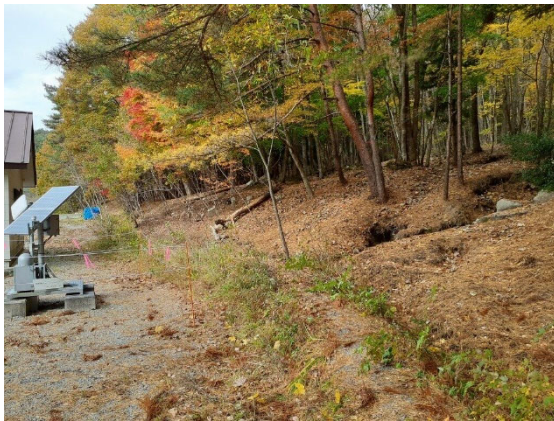


図 2-10-14(3) 除染前後と作業の様子(手七郎集会所(浪江町))

上段 : 除染前の様子(2023 年 6 月 17 日撮影)

中段 : 除染中の様子(2023 年 11 月 6 日撮影)

下段 : 除染後の様子(2023 年 12 月 12 日撮影)



図 2-10-15(1) 更新前の可搬型モニタリングポスト
(養護老人ホーム「東風荘」(富岡町) : 2023 年 8 月 16 日撮影)



図 2-10-15(2) 更新後の可搬型モニタリングポスト
(養護老人ホーム「東風荘」(富岡町) : 2023 年 12 月 5 日撮影)

表 2-10-7 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	1	Si 半導体	BG ～ 100 mGy/h	エネルギー弁別無し	パルス換算	衛星回線通信	なし
	2	NaI	BG ～ 10 μ Gy/h	50 keV ～ 3 MeV	G(E) 関数法	衛星回線通信	あり
		Si 半導体	10 μ Gy/h ～ 100 mGy/h	エネルギー弁別無し	パルス換算		
後	3	CsI	BG ～ 10 mGy/h	50 keV ～ 3 MeV	G(E) 関数法	携帯回線通信	あり

表 2-10-8 更新地点一覧

No.	地点名	市町村名	タイプ	作業日	データ公開日
1	あづま総合運動公園	福島市	タイプ 1 Si 半導体 (AC 電源)	12/14	12/21
2	二本松市役所	二本松市		11/27	12/7
3	伊達市役所保原本庁舎	伊達市		12/13	12/21
4	石神生涯学習センター	南相馬市		12/1	12/7
5	須賀川市役所	須賀川市		12/19	12/25
6	飯舘村役場	飯舘村		11/23	11/30
7	白河市総合運動公園	白河市		12/20	12/25
8	会津若松市役所追手町第二庁舎	会津若松市		11/20	11/30
9	びわのかげ運動公園	南会津町		11/21	11/30
10	スポーツアリーナそうま	相馬市		12/5	12/14
11	広野町役場	広野町		12/8	12/14
12	川内村役場	川内村		11/22	11/30
13	田村市常葉行政局	田村市		12/4	12/14
14	いわきの里鬼ヶ城オートキャンプ場	いわき市		11/24	11/30
15	いわき市海竜の里センター	いわき市		保管中※	
16	郡山市役所	郡山市	タイプ 1 Si 半導体 (ソーラー)	12/18	12/25
17	養護老人ホーム「東風荘」	富岡町		12/7	12/14
18	福島県浪江ひまわり荘	浪江町		12/6	12/14
19	場々多目的研修センター	田村市	タイプ 2 NaI + Si 半導体 (ソーラー、衛星回 線通信)	12/11	12/21
20	合子集落農事集会所	田村市		12/12	12/21
21	福浦小学校	南相馬市		11/29	12/7
22	小高区団第 3 分団第 10 部屯所	南相馬市		11/30	12/7
23	前乗集会所	飯舘村		11/28	12/7

※更新機器は設置せずに保管中

伊達市役所保原本庁舎（伊達市）

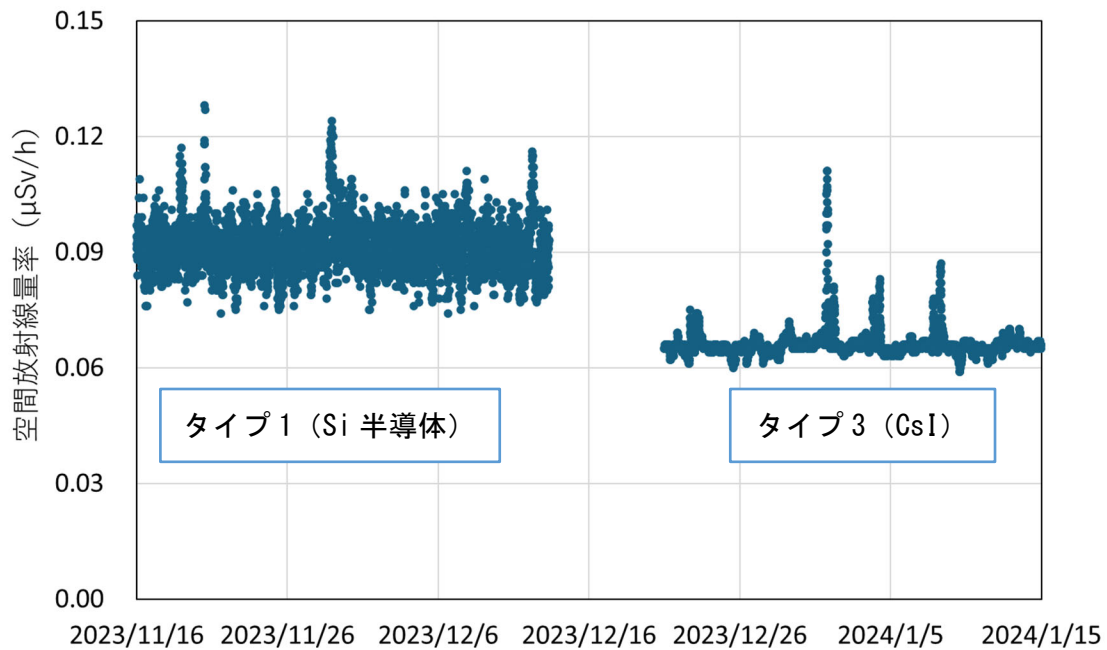


図 2-10-16 (1) 機器更新による空間放射線量率変動の例
(伊達市役所保原本庁舎（伊達市）)

合子集落農事集会所（田村市）

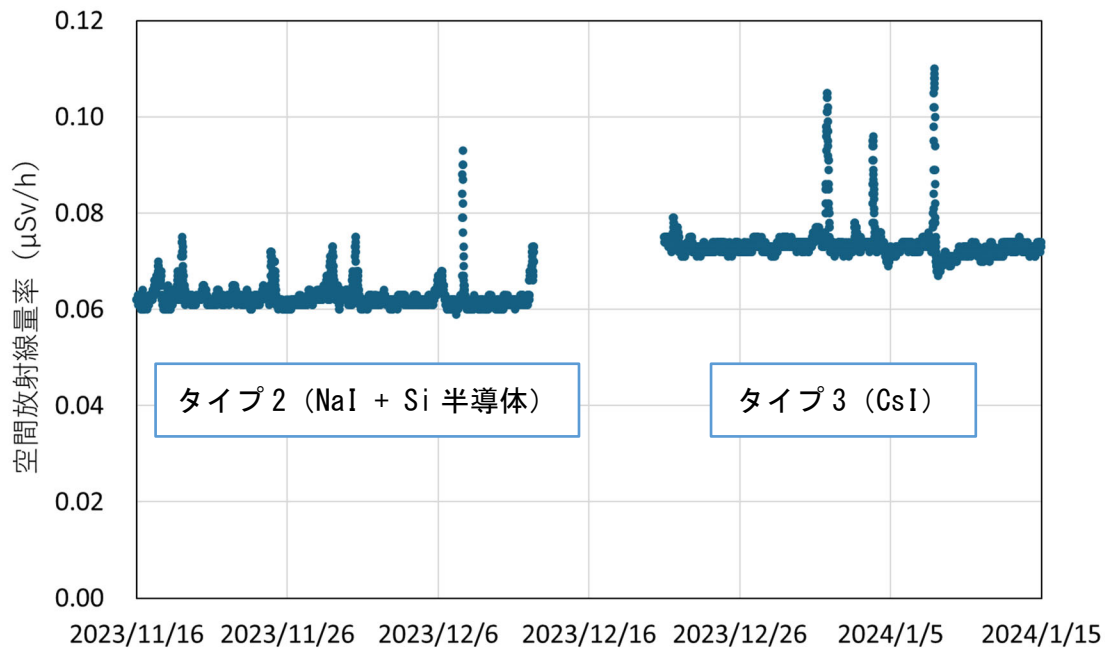


図 2-10-16 (2) 機器更新による空間放射線量率変動の例
(合子集落農事集会所（田村市）)

表 2-10-9 機器更新に伴う空間放射線量率の集計データ

集計 (降水を除く)	伊達市役所保原本庁舎 (図 2-10-16 (1))		合子集落農事集会所 (図 2-10-16 (2))	
	タイプ 1 (Si 半導体)	タイプ 3 (CsI)	タイプ 2 (NaI + Si 半導体)	タイプ 3 (CsI)
集計期間	12/6 - 12/12	12/21 - 12/27	12/5 - 12/11	12/21 - 12/27
平均値 (μSv/h)	0.090	0.065	0.061	0.073
標準偏差	0.005	0.001	0.001	0.001
変動係数 (%)	6.1	2.1	1.2	1.0

表 2-10-10 空間放射線量率の変動内訳

	伊達市役所保原本庁舎の例	合子集落農事集会所の例
	タイプ 1 (Si 半導体) からタイプ 3 (CsI)	タイプ 2 (NaI + Si 半導体) からタイプ 3 (CsI)
遮へいが少なくなる ように設計を変更	+ 0.005 μSv/h (更新前から 6 %程度上昇)	+ 0.012 μSv/h (更新前から 19 %程度上昇)
検出器の変更	- 0.03 μSv/h (宇宙線感度の違いによる、 更新前から 34 %程度下降)	影響なしと仮定
上記の結果	- 0.025 μSv/h (更新前から 28 %程度の下降)	+ 0.012 μSv/h (更新前から 19 %程度の上昇)

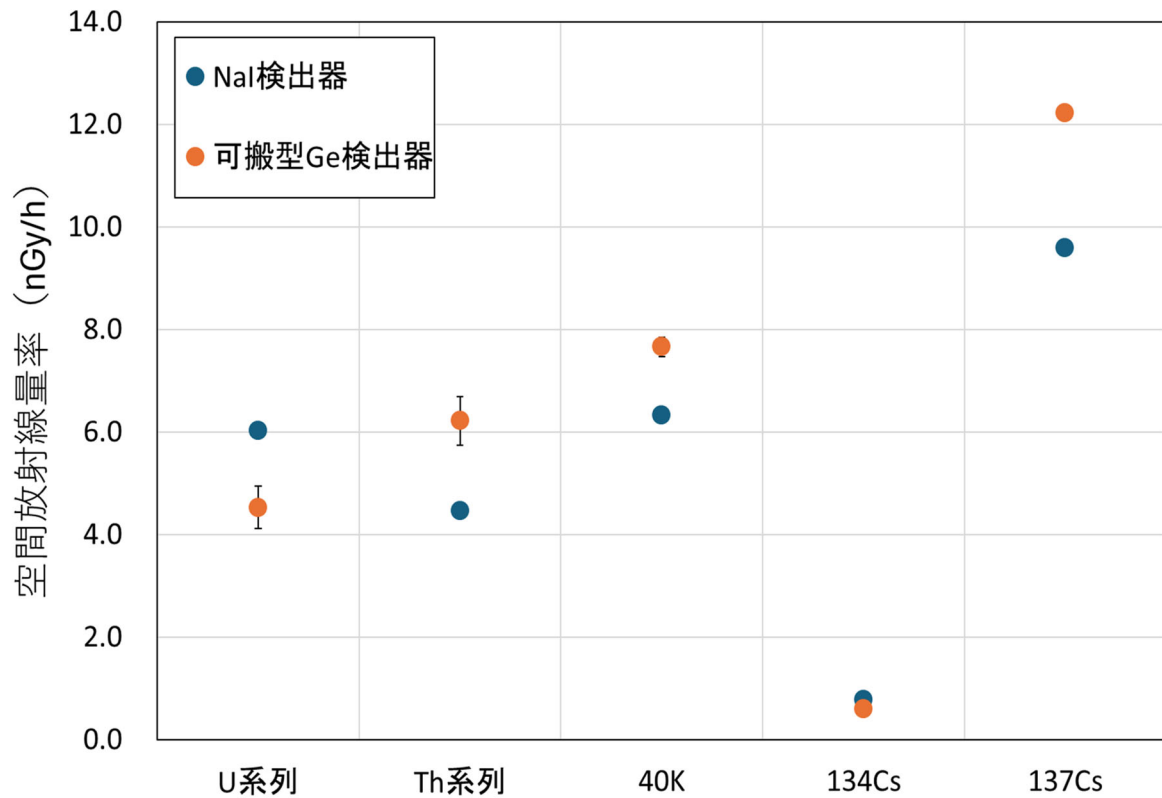


図 2-10-17(1) NaI 検出器と可搬型 Ge 検出器の並行測定結果
 ※可搬型 Ge 検出器においては、U 系列は ^{214}Pb (352 keV)、Th 系列は ^{228}Ac (911 keV) から評価した結果を示した。
 可搬型 Ge 検出器の誤差は、計数誤差を示した。

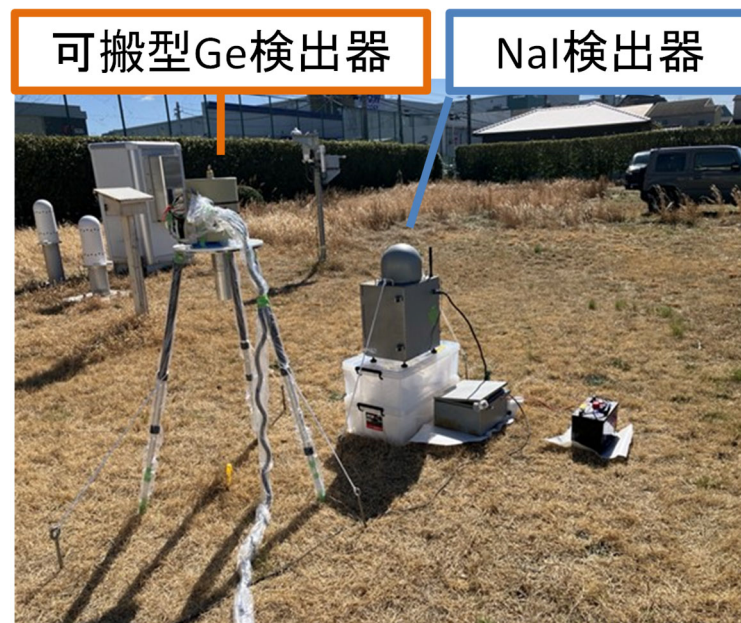


図 2-10-17(2) NaI 検出器と可搬型 Ge 検出器の並行測定の様子

荏野防災コミュニティセンター

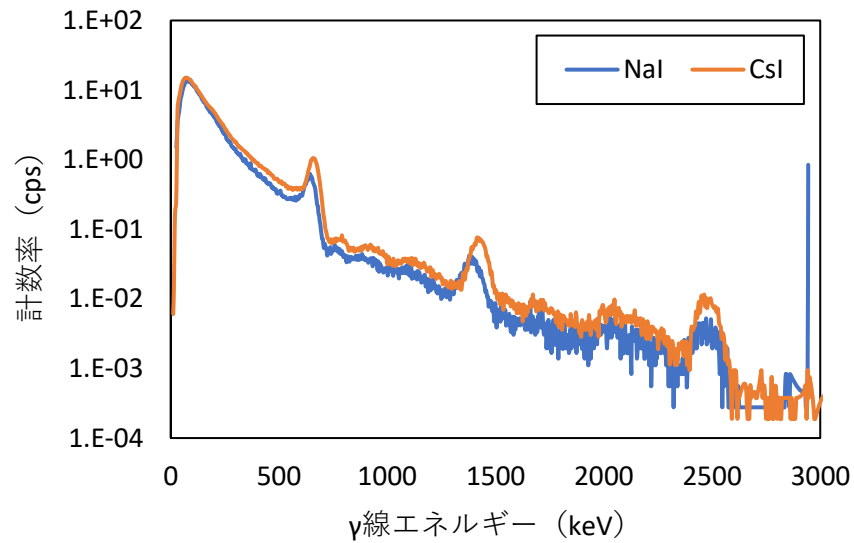


図 2-10-17(3) NaI 検出器と CsI 検出器※の波高スペクトルの比較
 ※ 更新後の機器に搭載された CsI 検出器と同等のものを使用

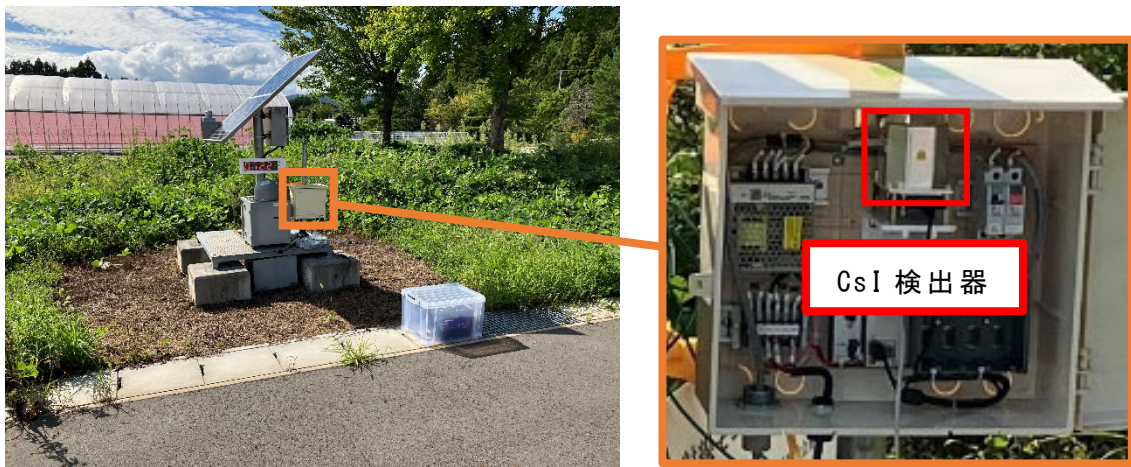


図 2-10-17(4) 可搬型モニタリングポストと CsI 検出器の
 並行測定の様子
 (荏野防災コミュニティセンター(浪江町))

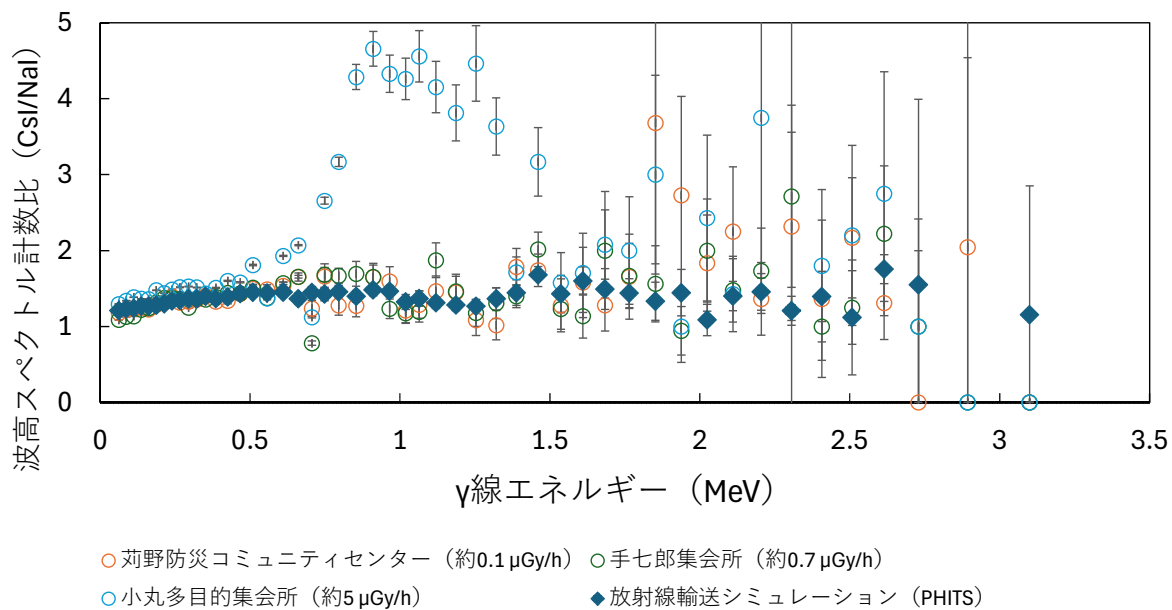
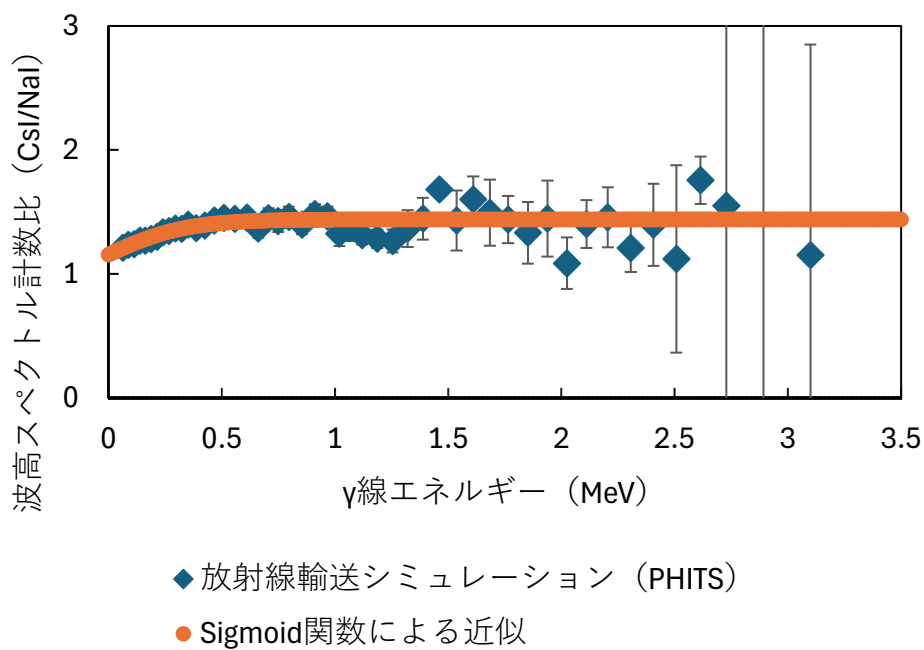


図 2-10-17(5) NaI 検出器と CsI 検出器の波高スペクトル計数比



$$R = w_0 + \frac{w_1}{1 + \exp(-x/w_2)}$$

R : 波高スペクトル計数比 (CsI/NaI)

$w_0 = 0.87233$
 $w_1 = 0.56655$
 $w_2 = 0.17071$

図 2-10-17(6) 放射線輸送シミュレーション (PHITS) により得られた波高スペクトル計数比とシグモイド関数による近似

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 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、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

ロウボリウムエアサンプラにダストモニタのろ紙(HE-40T)及び活性炭(CP-20)を装着して吸引することで大気浮遊じんをろ紙上に捕集した。

なお、ろ紙は原則 1 週間毎に交換し、1 ヶ月分(約 3000 m³)をプラスチック製測定容器(U4)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 cm²)を用い、1 ヶ月間の降下物を採取し、ストロンチウム担体を添加した後、蒸発濃縮した。これらをプラスチック製測定容器(U8)に入れ測定試料とした。

③ 高感度分析用大気浮遊じん

大容量エアサンプラにガラス繊維ろ紙(570 mm×460 mm)を装着して、680 m³/h の流量で約 3.5 日間の大気を連続吸引し、約 57000 m³の大気浮遊じんをろ紙上に捕集した。捕集後のろ紙は専用のプレス機で成型して、プラスチック製測定容器(U8)に入れ測定試料とした。なお、2017 年 4 月 10 日採取分よりろ紙を 2 枚(約 7 日間の大気)重ねて成型し、測定試料とした。

④ 粉乳

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

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

1) 効率のチェック

月 1 回の頻度で標準線源を測定し、ゲルマニウム半導体検出器のピーク効率に変化の無いことを確認した。ピーク効率は、¹⁵²Eu (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70 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

乾物を粉碎後によく混合し、無トリチウム水を加え、凍結乾燥を行った。この操作を繰り返し、交換型の有機結合型トリチウムを取り除いた。得られた試料から燃焼法により燃焼生成水を回収し、過マンガン酸カリウムを加え、還流による湿式分解の後、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 70 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 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、外部標準チャンネル比法により得た値とクエンチング補正曲線との関係により計数効率を求めた。また、電解濃縮時に対照用として濃度既知のトリチウム溶液を同時に電気分解し、電解濃縮前後における対照試料の濃度変化や試料毎の体積変化から電解濃縮係数を求めた。正味計数率、計数効率、測定供試量及び電解濃縮係数よりトリチウム放射能濃度を算出した。分析結果は試料採取日に減衰補正した。

② 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、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、外部標準チャンネル比法により得た値とクエンチング補正曲線との関係により計数効率を求めた。正味計数率、計数効率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、1000 分（50 分×20 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、外部標準チャンネル比法により得た値とクエンチング補正曲線との関係により計数効率を求めた。正味計数率、計数効率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、外部標準チャンネル比法により得た値とクエンチング補正曲線との関係により計数効率を求めた。正味計数率、計数効率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（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）～ 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、外部標準チャンネル比法により得た値とクエンチング補正曲線との関係により計数効率を求めた。また、電解濃縮時に対照用として濃度既知のトリチウム溶液を同時に電気分解し、電解濃縮前後における対照試料の濃度変化や試料毎の体積変化から電解濃縮係数を求めた。正味計数率、計数効率、測定供試量及び電解濃縮係数よりトリチウム放射能濃度を算出した。分析結果は試料採取日に減衰補正した。

⑥ 海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、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、外部標準チャンネル比法により得た値とクエンチング補正曲線との関係により計数効率を求めた。正味計数率、計数効率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。

(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°C に加熱後、塩酸で溶解しイオン交換法によりストロンチウムを分離精製して硝酸ストロンチウム溶液とした。溶液に塩化鉄(Ⅲ)溶液とアンモニア水を加えて、 ^{90}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°C で有機物を加熱分解後、塩酸を加えて加熱浸出した。不溶解物をろ別・洗浄した後、ろ液及び洗液を合わせて安定ストロンチウム測定溶液とした。

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

後、ろ液及び洗液を合わせて安定カルシウム測定溶液とした。

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

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

④ 放射能の測定及び計算方法

低バックグラウンドベータ線測定装置により放射能測定を行った。

^{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。

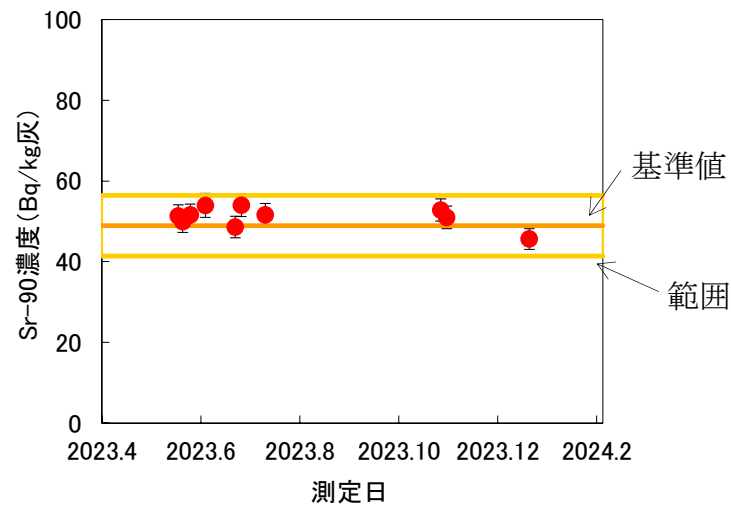


図 3-4-1 所内灰標準試料の分析結果

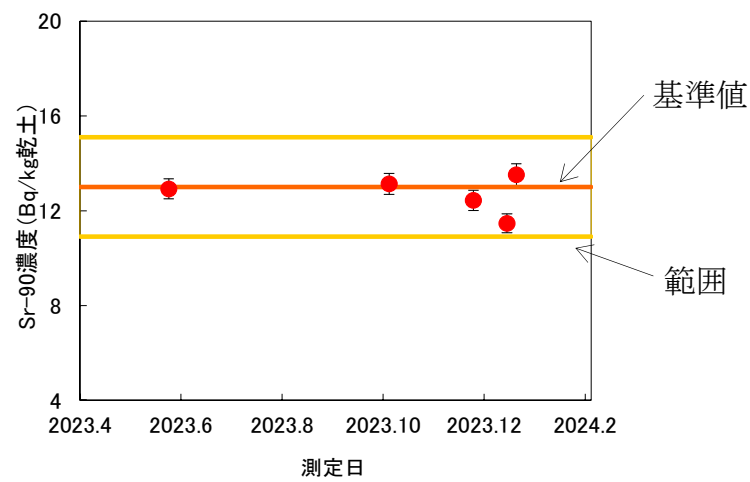


図 3-4-2 所内土壌標準試料の分析結果

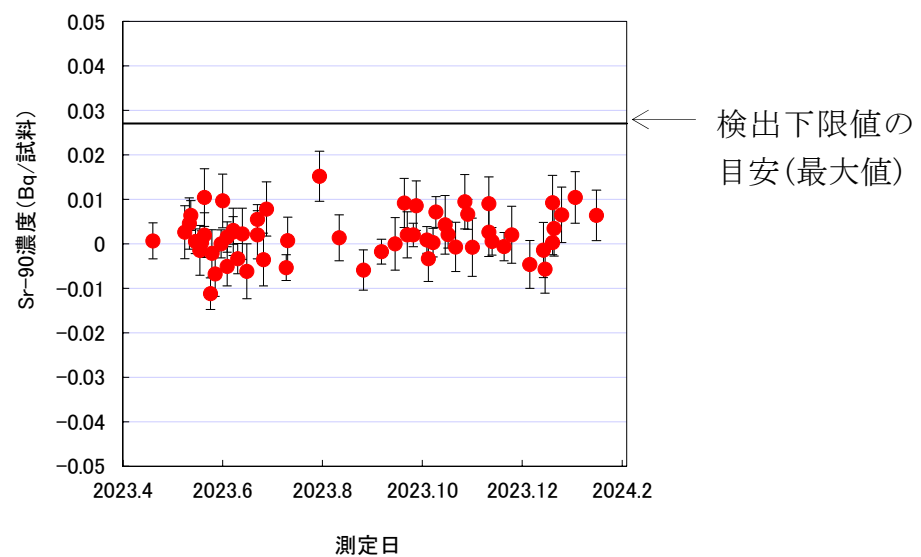


図 3-4-3 ブランク試料の分析結果

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 $^{239+240}\text{Pu}$ 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

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

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

2) 前処理及び化学分離方法

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

$^{239+240}\text{Pu}$ の分析目標レベル

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

(2) 妥当性確認

放射能濃度を算出するための ^{242}Pu 収率補正用トレーサー溶液は、国際的なトレーサビリティがとれた標準溶液を使用した。また、認証標準物質を分析・測定し、 ^{238}Pu 及び $^{239+240}\text{Pu}$ 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

0.45 μm 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 溶液から一部分取り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、2.5~4.0 倍量のニオブ粉末を加えてよく混合した後、プレス成型して、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 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 同位体比を測定した。得られた結果より ^{129}I 濃度を算出した。

(2) ヨウ素 127 の定量

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

(3) 妥当性確認

加速器質量分析装置 (AMS) の測定では、キャリア試料を測定して測定状態を確認する必要がある。本調査で使用している国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 青森研究開発センター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。また、海水試料分析に係る妥当性確認として、国立大学法人東京大学 MALT と同一試料の比較分析を行った。標準試料の分

析結果及び参考データを表 3-6-3～表 3-6-4 に示す。比較分析の結果については表 3-6-5 に示す。

表 3-6-2 2023 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	$^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$
大気浮遊じん SNOW WHITE 採取 (2023 年 3 月)	9.3E-07 ± 2.67E-08	4.0E-08 ± 1.1E-09
	8.1E-07 ± 2.38E-08	4.5E-08 ± 1.3E-09
	8.7E-07 ± 2.52E-08	4.8E-08 ± 1.3E-09

注) 「E-X」は「10^{-X}」を意味している。

表 3-6-3 2023 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	$^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比	乗数
Peach Leaves NIST-1547	0.272 ± 0.0024	0.174 ± 0.0057	(0.97 ± 0.030)	10 ⁻⁷
IAEA412	—	0.293 ± 0.0104	(1.16 ± 0.041)	10 ⁻⁹

※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	$^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 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
IAEA412	—	0.299 ± 0.090 ※4	—	—

※2：分析証明書より引用（参考値）

※3：JAEA-Conf 2010-001 より引用

※4：IIAEA/AQ/54：IAEA Analytical Quality in Nuclear Applications Series No.54 より引用

表 3-6-5 海水の比較分析

試料名	^{129}I 濃度 (mBq/kg)			$^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$		
	JCAC	東大 MALT	乗数	JCAC	東大 MALT	乗数
千葉 海水 夏季	2.2 ± 0.19	2.4 ± 0.07	10^{-5}	4.9 ± 0.34	6.2 ± 0.18	10^{-11}
	2.1 ± 0.18			4.8 ± 0.33		
	1.9 ± 0.17			4.4 ± 0.31		

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、尚且つ両機関の同一試料の比較分析結果が同程度であるため、本調査において実施した分析工程の妥当性が確認された。

3.7 炭素 14 分析

(1) 分析法

1) 試料の前処理

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

精米はそのまま、野菜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 2~3mg となるように分析試料から一定量を分取し、大気試料は専用の分解セルに、精米及び野菜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 $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 同位体比の測定

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

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

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

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

測定条件等は表 3-7-1 のとおりである。

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

装置	サーモフィッシャーサイエンティフィック製	
	・ 元素分析計 : Flash2000 Organic Elemental Analyzer ・ 安定同位体比質量分析計 : DELTA V Advantage	
酸化炉温度	1000~1050℃	
還元炉温度	700~730℃	
カラム温度	45℃	
キャリアガス	He (100ml/min)	
燃焼ガス	O ₂ (175 ml/min)	
標準ガス	CO ₂ (純度 99.999%以上)	
測定イオン	44, 45, 46 (m/z)	

(2) 妥当性確認

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

表 3-7-2 標準試料の分析結果

試料名	NIST SRM 4990C	IAEA C1	IAEA C6
pMC ($^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$)			
1	134.0 $\pm$ 0.65	0.25 $\pm$ 0.01	150.4 $\pm$ 0.60
2	134.1 $\pm$ 0.81	0.14 $\pm$ 0.01	150.3 $\pm$ 0.69
3	133.9 $\pm$ 0.56	0.28 $\pm$ 0.01	150.9 $\pm$ 1.10
4	134.2 $\pm$ 0.59	0.22 $\pm$ 0.03	150.7 $\pm$ 0.95
参照値 (1 σ)	134.07 ¹⁾	0.00 $\pm$ 0.02 ²⁾	150.61 $\pm$ 0.11 ²⁾

試料名	NIST SRM 4990C	IAEA C1	IAEA C6
$\delta^{13}\text{C}$ (‰)			
	-18.0 $\pm$ 0.06	2.4 $\pm$ 0.16	-11.1 $\pm$ 0.09
参照値 (1 σ)	-17.80 ³⁾	2.42 $\pm$ 0.03 ⁴⁾	-10.80 $\pm$ 0.47 ⁴⁾

- 1) Ugo Zoppi, Radiocarbon AMS data analysis: From measured isotopic ratio to ^{14}C concentrations, Radiocarbon, **52**, 165-170 (2010)
 2) IAEA reference sheet for quality control materials (2014)
 3) M. Stuiver, Radiocarbon, 25 2 (1983) 793.
 4) Rozanski, K., Consultants' group meeting on ^{14}C 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 180g 充填しており、上部のフィンを通じた大気のうち希ガス等の低融点成分は活性炭に吸着される。大気試料の捕集は負圧下で行われるため、主要大気成分である窒素や酸素は活性炭に吸着されにくくなっている。希ガス吸着捕集容器を通過した大気は、エアーポンプから排気される。

大気試料の捕集装置への導入は 1L/分の流速で、約 1 週間連続して行った。約 10m^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、+0.4MPa に到達するまで加圧充填した。

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

3) ^{85}Kr 分析

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

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

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

閉鎖系ループに導入したクリプトンを、ループ内での濃度を均質にするため、ポンプによりかくはんした。濃度の均質達成後に、ガスフロー式 GM 計数管により ^{85}Kr の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、試料のページを確認した。

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

放射線測定及び全クリプトン量測定で得られる ^{85}Kr 比放射能（Bq/mL）に、大気中のクリプトン存在比（ $=1.14\text{mL}/\text{m}^3$ ）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。

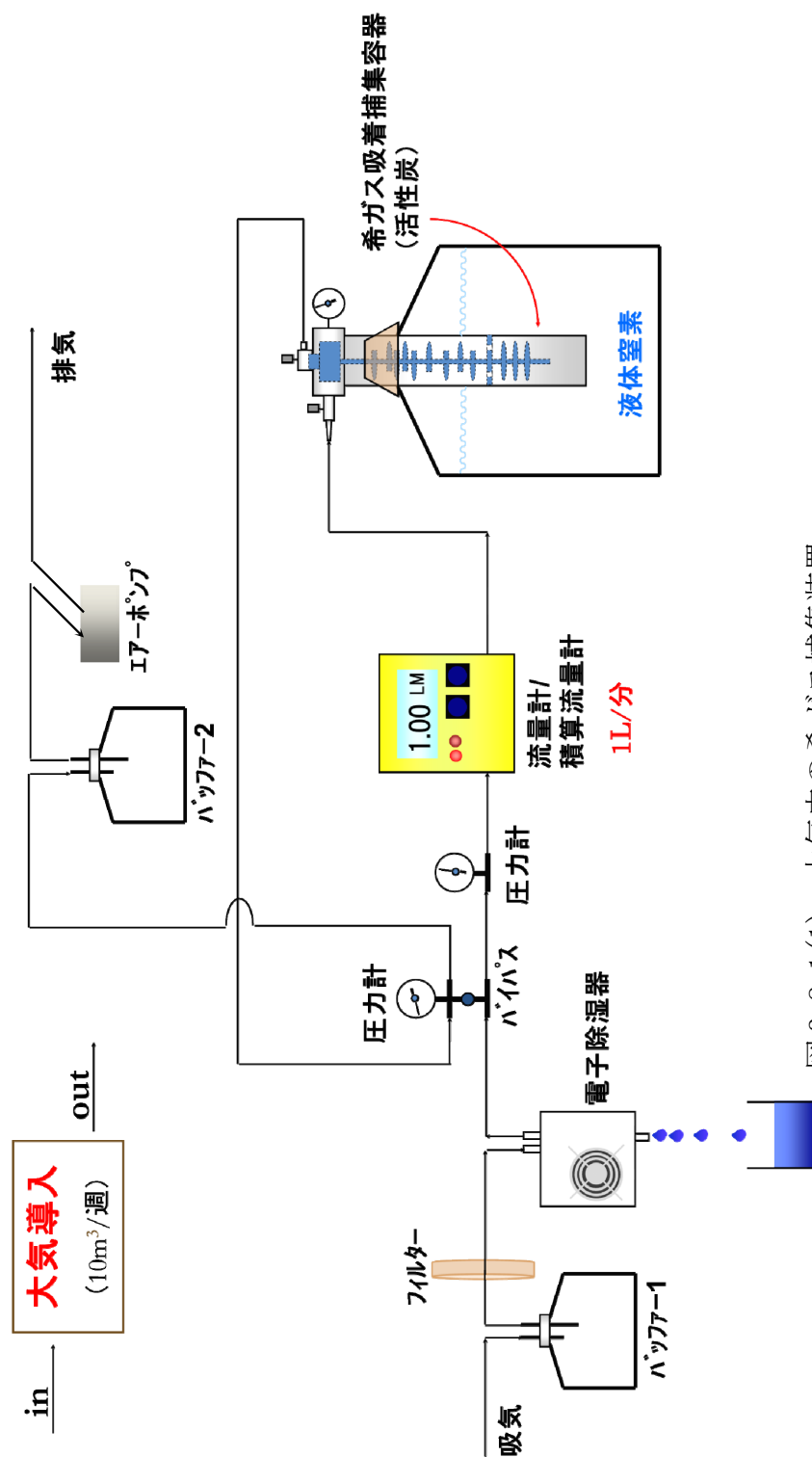


図 3-8-1(1) 大気中の希ガス捕集装置



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)

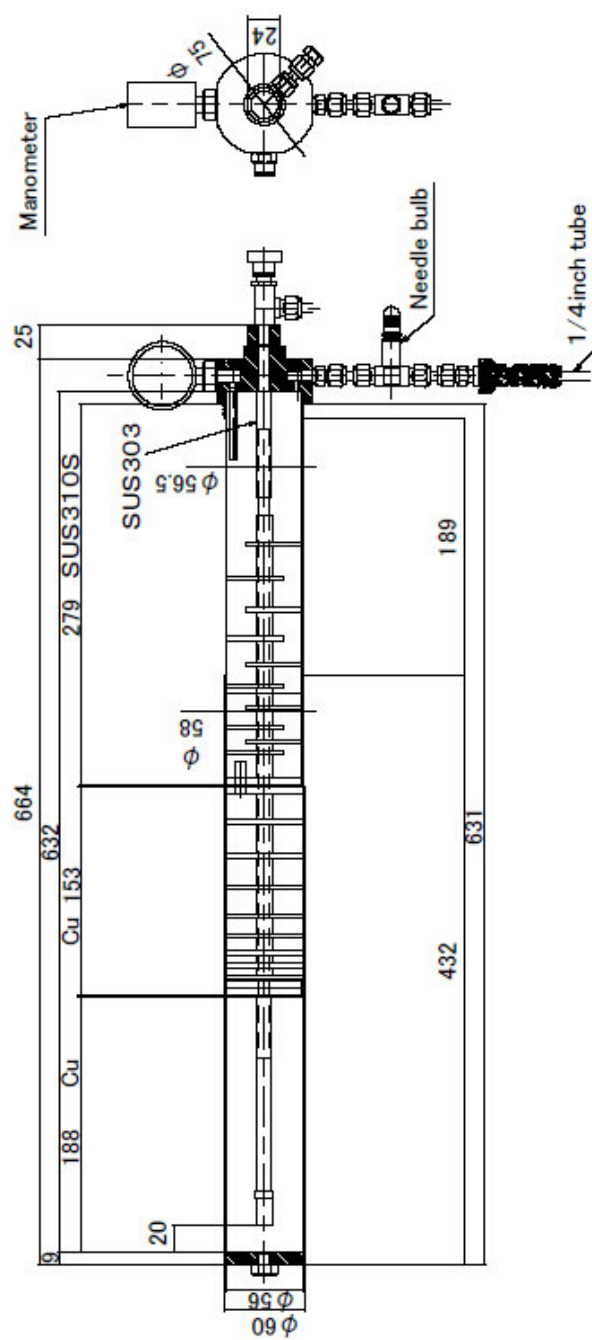


図 3-8-2 希ガス吸着捕集容器の構造

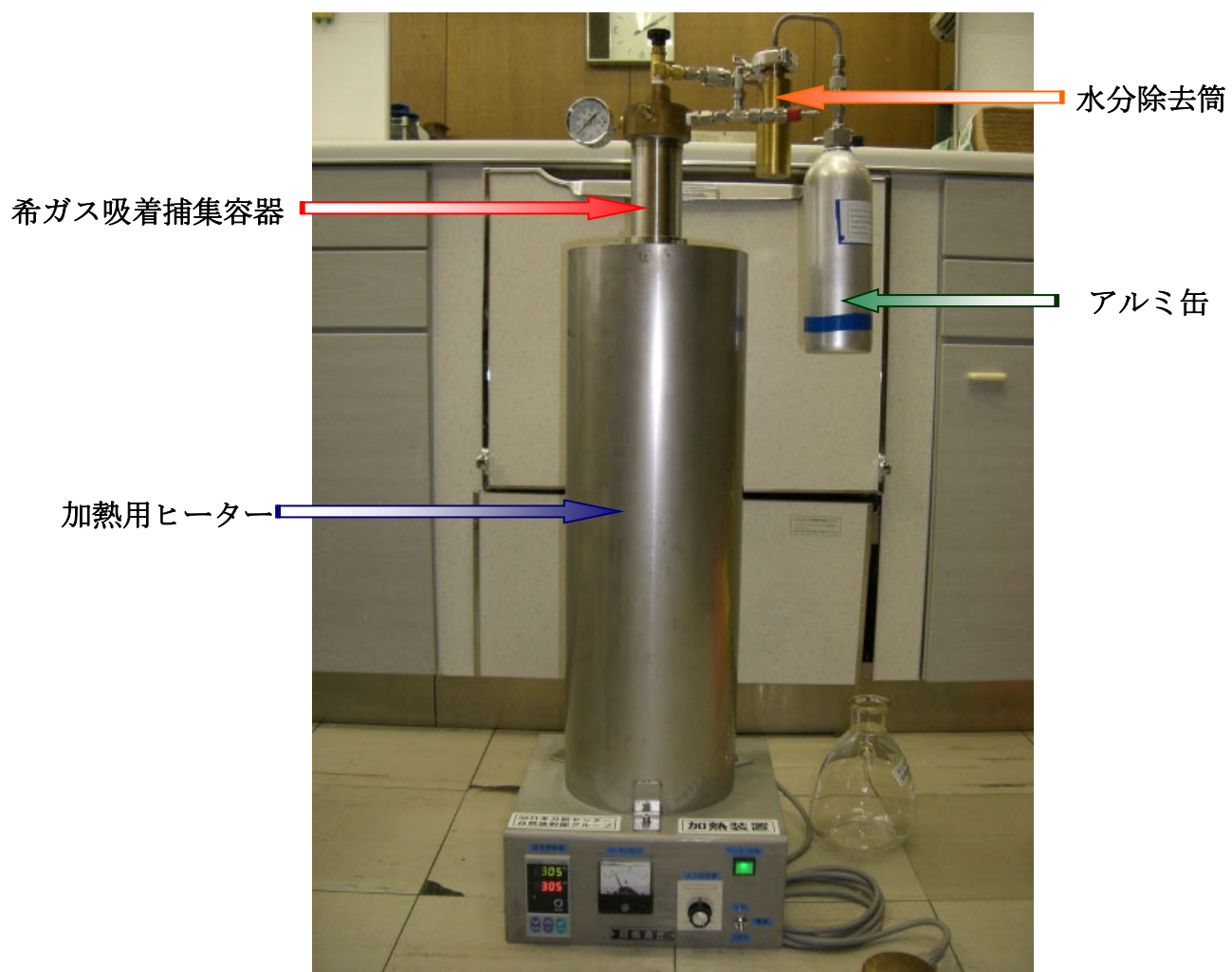


図 3-8-3 希ガスのアルミ缶への封入
(写真は北海道立衛生研究所に設置した装置)



図 3-8-4 前処理装置

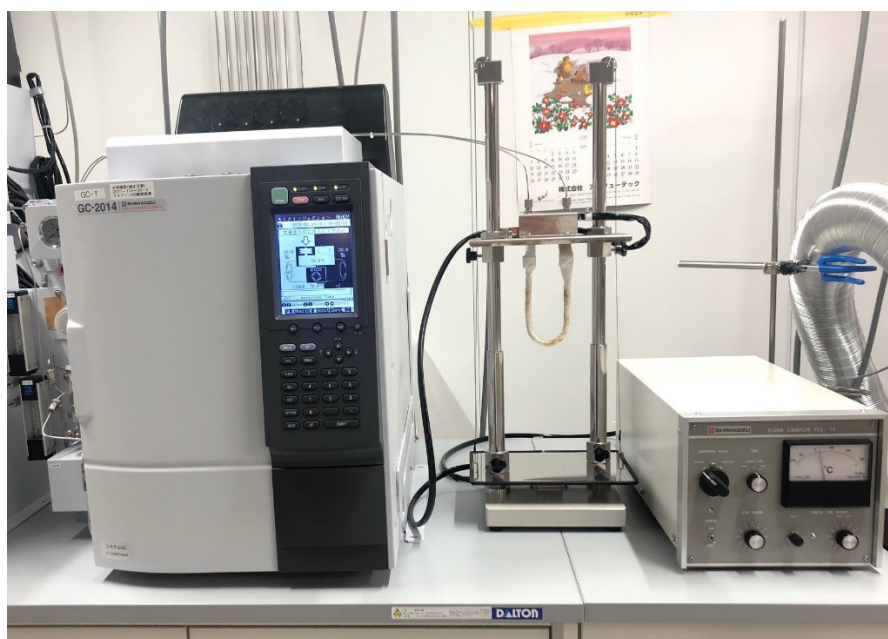
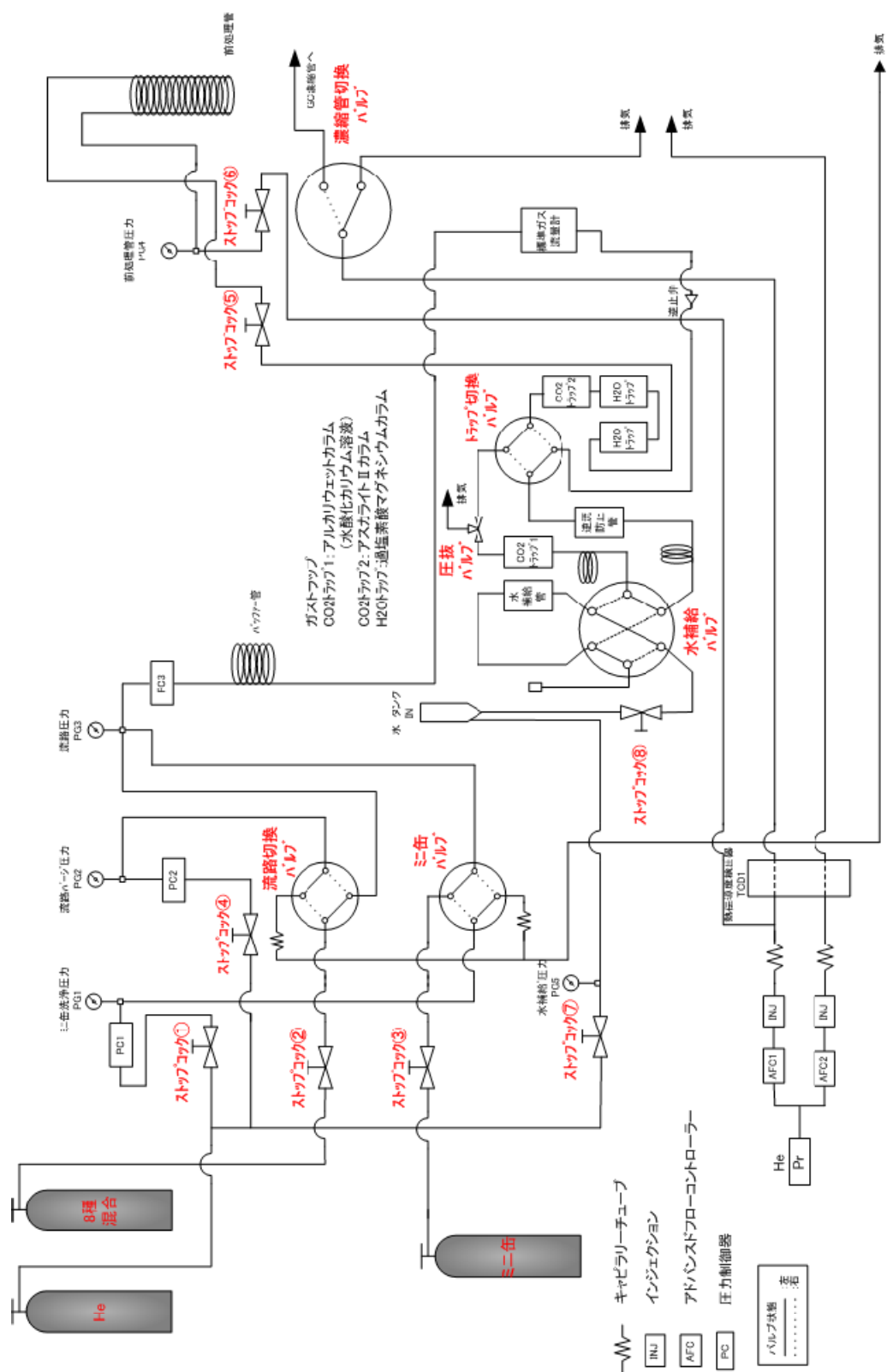


図 3-8-5 ガスクロマトグラフ 1 (クリプトン粗分離用)



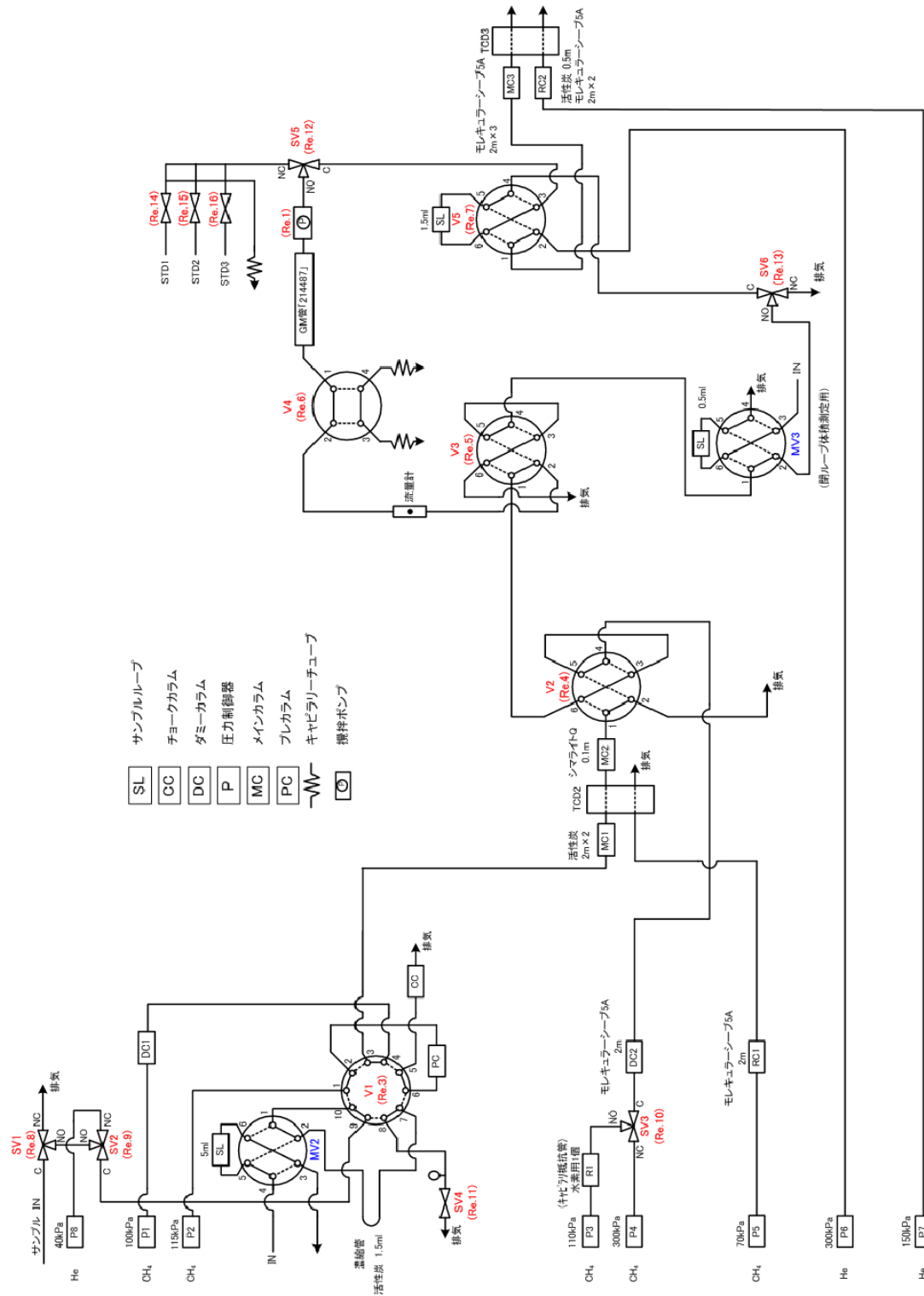


図 3-8-6(2) ガス流路概略図 (ガスクロマトグラフ)



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。

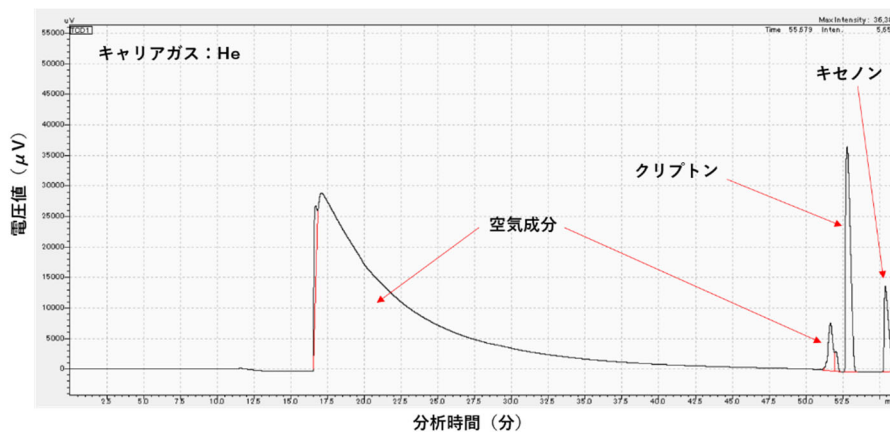


図 3-8-8 空気成分の粗分離後のガスクロマトグラム

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 8.50 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。

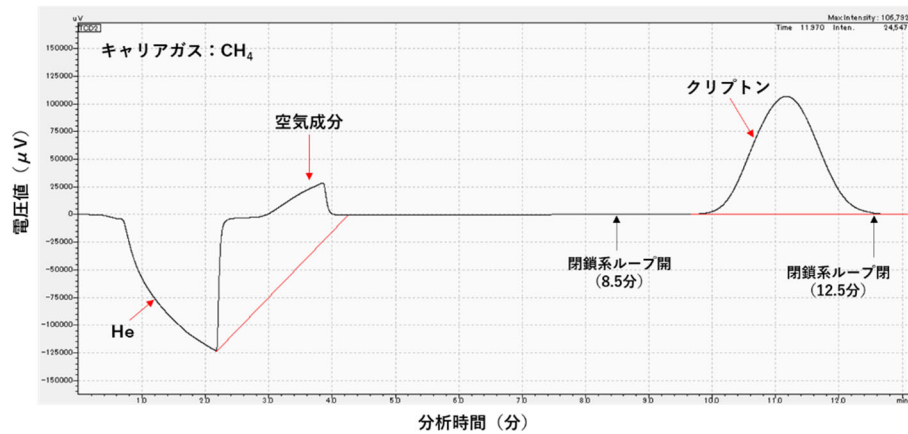


図 3-8-9 クリプトン分離・精製時のガスクロマトグラム

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。2023 年度は 9 月から 1 月の保守点検実施後、効率範囲が変化した。図 3-8-10 に GM 計数効率の経時変化を示す。

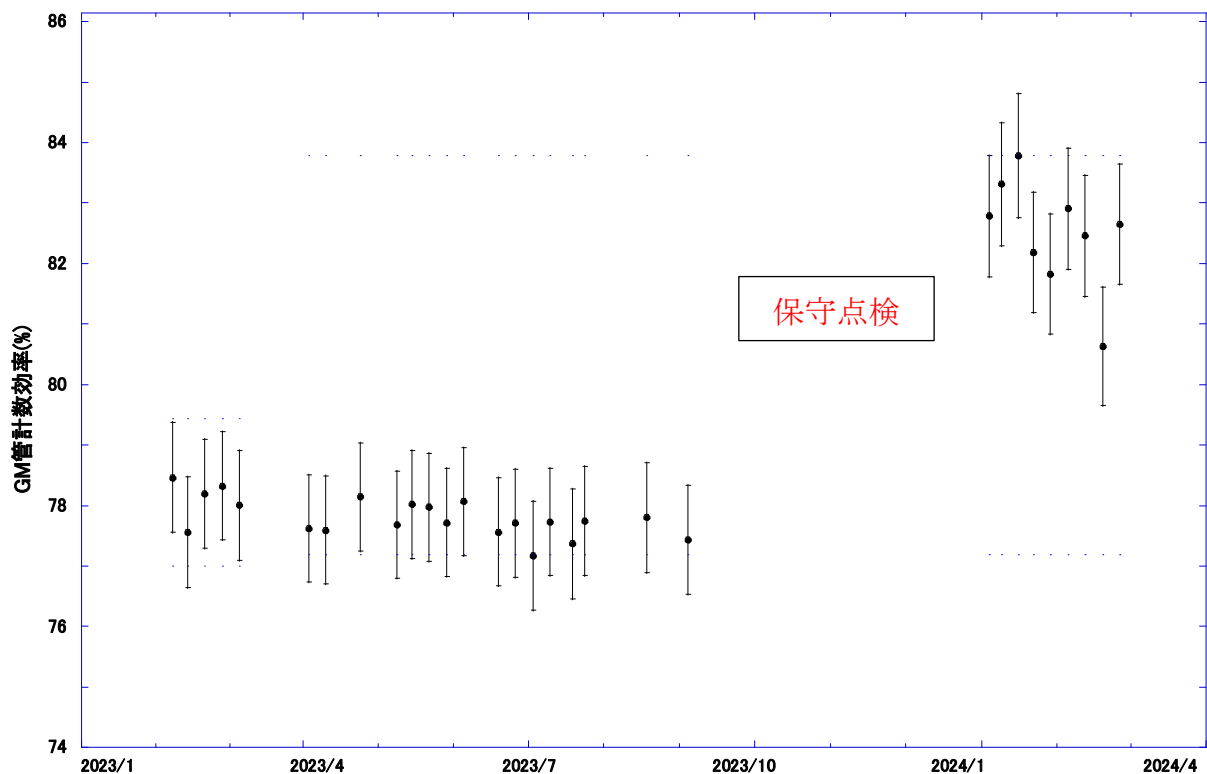


図 3-8-10 GM 計数効率の経時変

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、0.90～1.00とおおむね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0.999、0.03及び2.5%であり、よく一致した結果が得られた。

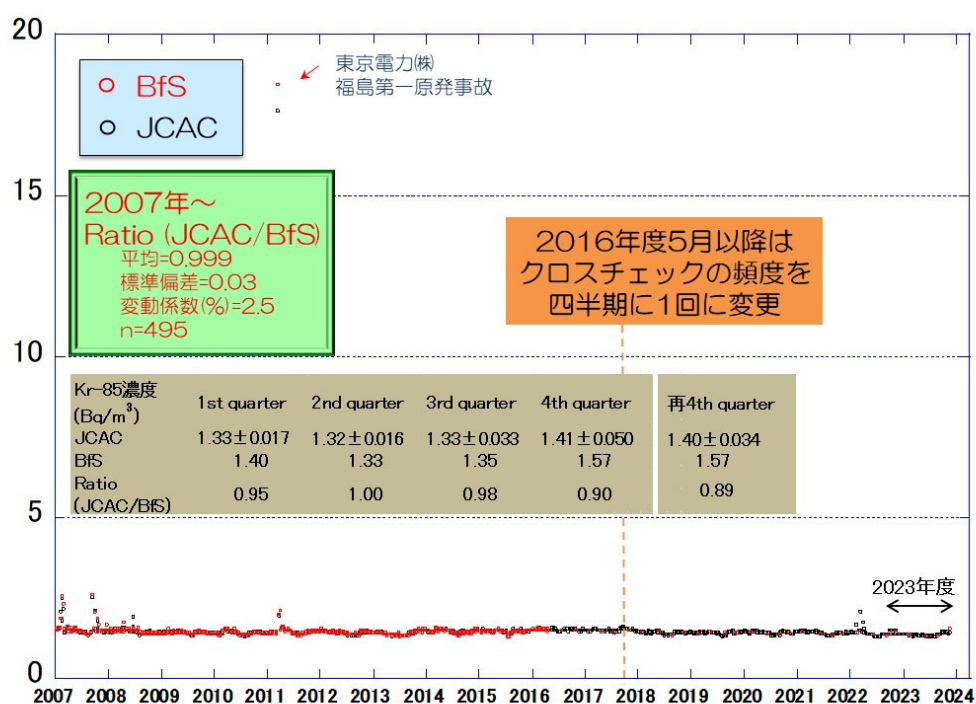


図 3-8-11 ドイツ大気放射能研究所（BfS）との相互比較分析結果

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、サンプリングオープン（A、B で 6 時間ずつ）やプロセスオープン（1 及び 2）において、モレキュラーシーブカラムによる 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°C ）による脱着を繰り返し、キセノン分離・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。プロセスオープ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

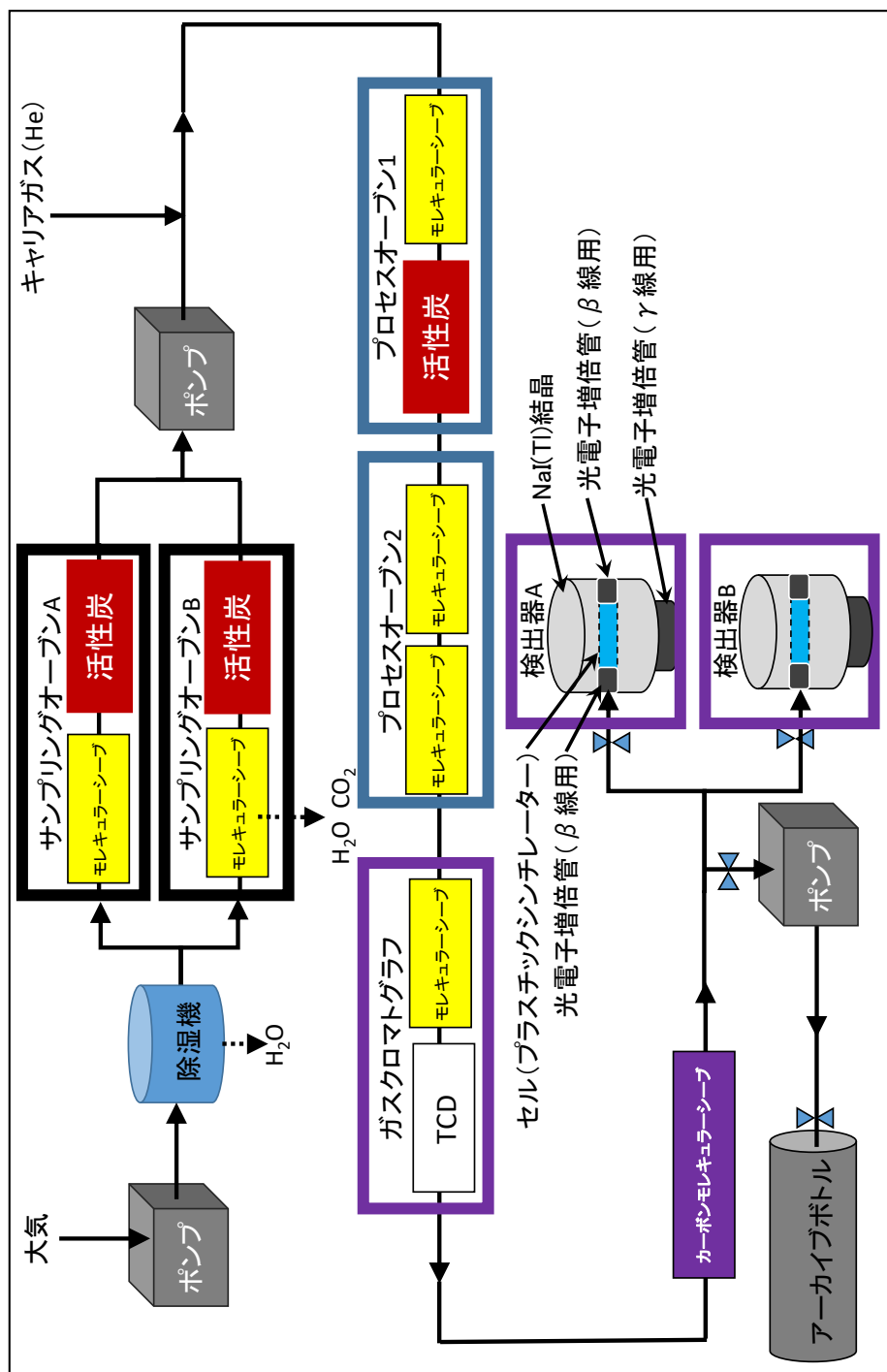


図 3-9-2 装置構成図 (SAUNA-II)

(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（チャンネル）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）

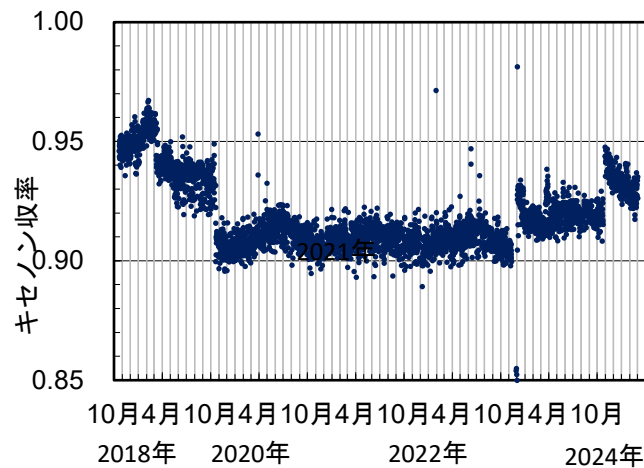


図 3-9-3 キセノン収率の経時変化

2024 年 10 月は保守点検の影響で変動している

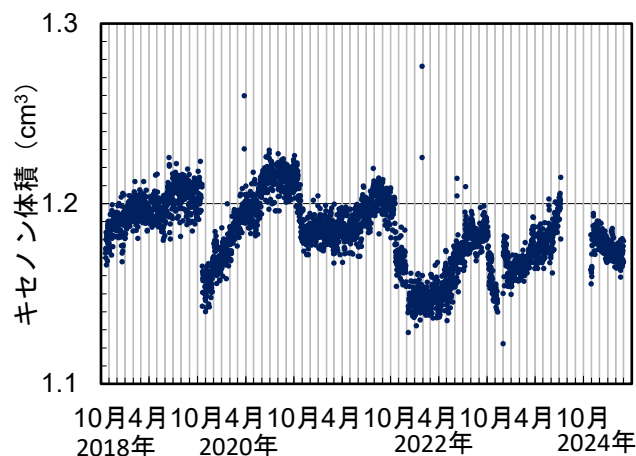


図 3-9-4 キセノン体積の経時変化

2024 年 10 月は保守点検の影響で変動している

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

メーカーによる点検作業を実施した。機器の稼働確認試験に加え、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、その指示値がメーカーの判定基準(線源の照射値に対して、NaI 検出器は $\pm 10\%$ 以内、CsI 検出器は $\pm 15\%$ 以内、シリコン半導体検出器は $\pm 20\%$ 以内)の範囲内となるよう調整、確認した。結果を表 3-10-1 に示す。

結果、小丸多目的集会所(浪江町)において、メーカーの判定基準から外れる結果となり($+13.17\%$)、これは検出器の経年劣化が原因だと推測される。保管している機器や故障により停止している機器を除き、その他については、適切に調整されていること、測定器が正常に稼働していることが確認された。

2) 日本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、14 基について日本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。なお、空間放射線量率が $1.0\ \mu\text{Gy/h}$ を超える地点では検出器を遮へい体で囲み、周辺からの環境 γ 線の影響を低減化した上で照射を行った。

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 $0.84\sim 1.00$ の範囲であり、機器調整は概ね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指示値確認

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指示値と NaI(Tl)サーベイメータ指示値を比較した。

結果を表 3-10-4 及び図 3-10-1 に示す。並行測定の結果、概ね可搬型モニタリングポスト指示値と NaI(Tl)サーベイメータ指示値は $\pm 20\%$ 以内で一致した。なお、 $\pm 20\%$ 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・向きに指示値が依存することとなり、可搬型モニタリングポスト指示値と NaI(Tl)サーベイメータ指示値の間に差が見られたと考えられた。

4) 日本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指示値がその場所の空間放射線量率を反映していることを確認するため、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、宇宙線寄与線量率及びセルフドーズ寄与分を考慮しつつ、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日本分析センターの比較換算値*の差が比較換算値に対して $\pm 15\%$ 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、場々多目的研修センター(田村市)、飯舘村防災センター(飯舘村)、熊一区地区集会所(大熊町)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、日本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・校正作業

No	施設名	メーカー	外観・構造 検査	バッテリー電圧検査		太陽電池モジュール出力電圧検査		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(点検日)	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					
				BATT1	BATT2	太陽電池モジュール1	太陽電池モジュール2		低レンジ			高レンジ*2						基準値 (低レンジ) (μGy/h)	基準値 (高レンジ) (μGy/h)	サバ 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 (%)	伝送日時	表示器	w e b	誤差 (%)	判定
									調整前	調整後	調整幅	調整前	調整後	調整幅																					
1	あづま総合運動公園	富士電機株式会社	良	+12.43V	+12.60V	—	—	—	—	—	—	—	—	0185	2012-11-01	2023-10-18	2.456	—	0.075	0.072	-4.00	0.072	2.400	2.328	-5.21	—	—	—	—	2023-10-18 11:40	0.072	0.072	±0.00	良	
2	二本松市役所	富士電機株式会社	良	+12.16V	+12.11V	—	—	—	—	—	—	—	—	0185	2012-11-01	2023-10-20	2.456	—	0.096	0.093	-3.13	0.093	2.326	2.233	-9.08	—	—	—	—	—*4	—*4	—*4	—*4	—*4	
3	伊達市役所原本庁舎	富士電機株式会社	良	+12.05V	+12.07V	—	—	—	—	—	—	—	—	0185	2012-11-01	2023-10-18	2.456	—	0.072	0.079	+9.72	0.079	2.267	2.188	-10.91	—	—	—	—	2023-10-18 15:30	0.079	0.079	±0.00	良	
4	石神生涯学習センター	富士電機株式会社	良	+12.33V	+12.27V	—	—	—	—	—	—	—	—	0185	2012-11-01	2023-10-10	2.458	—	0.093	0.103	+10.75	0.103	2.363	2.260	-8.06	—	—	—	—	2023-10-10 12:30	0.103	0.103	±0.00	良	
5	須賀川市役所	富士電機株式会社	良	+12.50V	+12.34V	—	—	—	—	—	—	—	—	0185	2012-11-01	2023-10-19	2.456	—	0.057	0.064	+12.28	0.064	2.263	2.199	-10.46	—	—	—	—	2023-10-19 14:40	0.064	0.064	±0.00	良	
6	飯館村役場	富士電機株式会社	良	+12.31V	+12.25V	—	—	—	—	—	—	—	—	0185	2012-11-01	2023-10-11	2.458	—	0.159	0.162	+1.89	0.162	2.242	2.260	-8.06	—	—	—	—	2023-10-11 12:20	0.162	0.162	±0.00	良	
7	白河市総合運動公園	富士電機株式会社	良	+12.28V	+12.40V	—	—	—	—	—	—	—	—	0185	2012-11-01	2023-10-19	2.456	—	0.088	0.096	+9.09	0.096	2.323	2.227	-9.32	—	—	—	—	2023-10-19 11:00	0.096	0.096	±0.00	良	
8	会津若松市役所追手町第二庁舎	富士電機株式会社	良	+12.27V	+12.29V	—	—	—	—	—	—	—	—	0185	2012-11-01	2023-10-17	2.457	—	0.059	0.057	-3.39	0.057	2.366	2.309	-6.02	—	—	—	—	2023-10-17 11:30	0.057	0.057	±0.00	良	
9	びわのかけ運動公園	富士電機株式会社	良	+12.38V	+12.30V	—	—	—	—	—	—	—	—	0185	2012-11-01	2023-10-17	2.457	—	0.052	0.061	+17.31	0.061	2.352	2.291	-6.76	—	—	—	—	2023-10-17 14:40	0.061	0.061	±0.00	良	
10	スポーツアリーナそうま	富士電機株式会社	*3	+12.69V	+12.74V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
11	郡山市役所	富士電機株式会社	良	+12.92V	+12.86V	+19.86V	+20.37V	—	—	—	—	—	—	0185	2012-11-01	2023-10-20	2.456	—	0.101	0.104	+2.97	0.104	2.334	2.230	-9.20	—	—	—	—	2023-10-20 10:30	0.104	0.104	±0.00	良	
12	広野町役場	富士電機株式会社	良	+12.62V	+12.62V	—	—	—	—	—	—	—	—	0185	2012-11-01	2023-10-16	2.457	—	0.079	0.083	+5.06	0.083	2.324	2.241	-8.79	—	—	—	—	2023-10-16 12:20	0.083	0.083	±0.00	良	
13	川内村役場	富士電機株式会社	良	+12.37V	+12.30V	—	—	—	—	—	—	—	—	0185	2012-11-01	2023-10-12	2.457	—	0.068	0.076	+11.76	0.076	2.283	2.207	-10.18	—	—	—	—	2023-10-12 14:30	0.076	0.076	±0.00	良	
14	葛尾村柏原地区 (撤去中)	富士電機株式会社	*3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
15	田村市常業行政局	富士電機株式会社	良	+12.67V	+12.65V	—	—	—	—	—	—	—	—	0185	2012-11-01	2023-10-12	2.457	—	0.066	0.077	+16.67	0.077	2.294	2.217	-9.77	—	—	—	—	2023-10-12 11:20	0.077	0.077	±0.00	良	
16	いわきの里鬼ヶ城オートキャンプ場	富士電機株式会社	良	+12.66V	+12.65V	—	—	—	—	—	—	—	—	0185	2012-11-01	2023-10-13	2.457	—	0.086	0.084	-2.33	0.084	2.281	2.197	-10.58	—	—	—	—	2023-10-13 11:50	0.084	0.084	±0.00	良	
17	いわき市海竜の里センター	富士電機株式会社	*3	+12.19V	+12.15V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
18	養護老人ホーム「東風荘」	富士電機株式会社	良	+12.74V	+12.75V	+19.59V	+19.57V	—	—	—	—	—	—	0185	2012-11-01	2023-10-16	2.457	—	0.189	0.189	±0.00	0.189	2.392	2.203	-10.34	—	—	—	—	2023-10-16 15:10	0.189	0.189	±0.00	良	
19	石熊公民館	株式会社松浦電弘社	良	+13.36V	+13.36V	+15.76V	—	—	189ch	—	調整なし	188ch	—	調整なし	0321	2023-04-03	2023-10-5	2.895	2.895	—	1.376	—	1.376	4.539	3.163	+9.26	1.255	3.915	2.66	-8.12	2023-10-05 14:00	—*9	—*9	±0.00	良
20	福島県浪江ひまわり荘	富士電機株式会社	良	+12.40V	+12.41V	+19.76V	+19.73V	—	—	—	—	—	—	0185	2012-11-01	2023-10-11	2.458	—	0.263	0.270	+2.66	0.270	2.499	2.229	-9.32	—	—	—	—	2023-10-11 15:30	0.270	0.270	±0.00	良	
21	場々多目的研修センター	富士電機株式会社	良	+13.05V	+13.05V	+19.51V	+19.56V	良	234ch	230ch	-4ch	—	—	0187	2012-11-01	2023-10-16	2.485	12.12	0.078	0.075	-3.85	0.075	2.711	2.636	+6.08	0.091	11.67	11.58	-4.46	2023-10-16 15:40	0.075	0.075	±0.00	良	
22	合々集落農事集会所	富士電機株式会社	*5	+12.87V	+12.98V	+19.63V	+19.52V	良	227ch	229ch	+2ch	—	—	0187	2012-11-01	2023-10-16	2.485	12.12	0.068	0.062	-8.82	0.062	2.683	2.621	+5.47	0.091	12.09	12.00	-0.99	2023-10-06 13:00	0.062	0.062	±0.00	良	
23	福浦小学校	富士電機株式会社	良	+13.23V	+13.15V	+21.18V	+21.30V	良	228ch	230ch	+2ch	—	—	0187	2012-11-01	2023-10-27	2.483	12.11	0.053	0.053	±0.00	0.053	2.683	2.630	+5.92	0.061	10.77	10.71	-11.56	2023-10-27 11:10	0.053	0.053	±0.00	良	
24	金芳幼稚園 (撤去中)	富士電機株式会社	*3	—	—	+20.00V	+20.03V	良	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
25	鳩原小学校	富士電機株式会社	*5	+13.56V	+13.32V	+19.86V	+19.75V	良	232ch	230ch	-2ch	—	—	0188	2012-11-01	2023-10-24	2.453	11.97	0.086	0.086	±0.00	0.086	2.658	2.572	+4.85	0.111	10.92	10.81	-9.69	2023-10-24 15:20	0.086	0.086	±0.00	良	
26	小高区団第3分団第1 0 部屯所	富士電機株式会社	良	+13.13V	+13.12V	+20.37V	+20.27V	良	223ch	230ch	+7ch	—	—	0187	2012-11-01	2023-10-26	2.483	12.11	0.075	0.076	+1.33	0.076	2.764	2.688	+8.26	0.087	11.89	11.80	-2.56	2023-10-26 14:20	0.076	0.076	±0.00	良	
27	小高区役所	富士電機株式会社	良	+13.34V	+13																														

表3-10-2 校正実施日一覧

地点名	市町村名	空間線量率 ($\mu\text{Gy/h}$) *	実施日
鉄山ダム	南相馬市	0.54	2023年7月13日
戸草集会所	川俣町	0.07	2023年9月26日
女平地区集会所	檜葉町	0.08	2023年9月28日
檜葉南小学校	檜葉町	0.04	2023年9月28日
富岡第二小学校	富岡町	0.20	2023年9月27日
毛戸集会所	川内村	0.08	2023年9月27日
夫沢二区地区集会所	大熊町	2.61	2023年10月16日
熊一区地区集会所	大熊町	0.26	2023年10月17日
北部コミュニティーセンター	双葉町	0.48	2023年10月17日
浪江町役場	浪江町	0.05	2023年7月12日
小丸多目的集会所	浪江町	4.84	2023年10月18日
大放婦人ホーム跡地	葛尾村	0.14	2023年9月27日
佐須公民館	飯舘村	0.10	2023年9月26日
前田公民館	飯舘村	0.26	2023年9月26日

* 2023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 ($\mu\text{Gy/h}$)	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 ^{2) 3) 4)}
鉄山ダム	660 keV (^{137}Cs)	NaI	0.40	0.88	0.87	5.7	0.95
戸草集会所			0.38	0.97	0.95		0.97
女平地区集会所			0.39	0.89	0.91		0.92
檜葉南小学校			0.40	0.86	0.92		0.94
富岡第二小学校			0.37	0.98	0.88		0.95
毛戸集会所			0.37	1.02	0.87		0.94
夫沢二区地区集会所 ¹⁾			0.38	0.96	0.87		0.92
熊一区地区集会所			0.43	0.72	0.96		0.95
北部コミュニティーセンター			0.41	0.80	0.86		0.94
浪江町役場			0.41	0.80	1.00		0.98
小丸多目的集会所 ¹⁾			0.43	0.75	0.84		0.88
大放婦人ホーム跡地			0.40	0.88	0.94		0.98
佐須公民館			0.23	2.59	0.87		0.95
前田公民館			0.36	1.07	0.95		0.96

¹⁾ 遮へい体を使用²⁾ 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。³⁾ メーカーの照射距離は約 0.50 m、基準線量率は約 2.5 $\mu\text{Gy/h}$ である。

4) メーカー一点検実施日

鉄山ダム	2023 年 10 月 25 日
戸草集会所	2023 年 10 月 12 日
女平地区集会所	2023 年 10 月 11 日
檜葉南小学校	2023 年 10 月 12 日
富岡第二小学校	2023 年 10 月 13 日
毛戸集会所	2023 年 10 月 17 日
夫沢二区地区集会所	2023 年 10 月 23 日
熊一区地区集会所	2023 年 10 月 20 日
北部コミュニティーセンター	2023 年 10 月 25 日
浪江町役場	2023 年 10 月 25 日
小丸多目的集会所	2023 年 10 月 24 日
大放婦人ホーム跡地	2023 年 10 月 11 日
佐須公民館	2023 年 10 月 16 日
前田公民館	2023 年 10 月 17 日

表3-10-4 可搬型モニタリングポスト指示値と
NaI(Tl)サーベイメータ指示値の比較
(期間：2023年3月～2024年1月)

平均値	1.03
データ数	539
最大値	1.45
最小値	0.74
標準偏差	0.081
変動係数	7.9 %

(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)サーベイメータ指示値を可搬型モニタリングポスト指示値で除した値から算出したものである。)

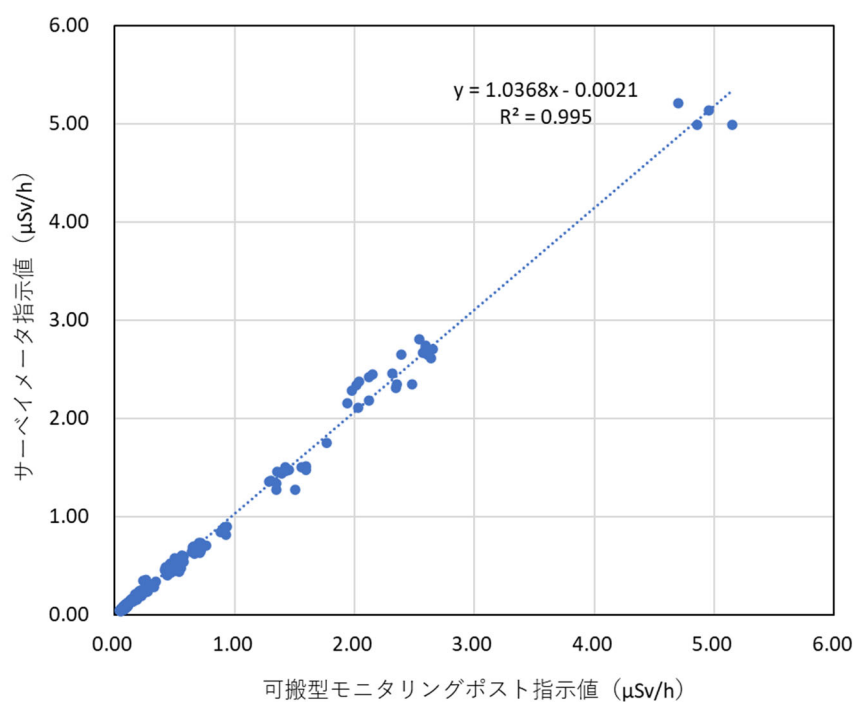
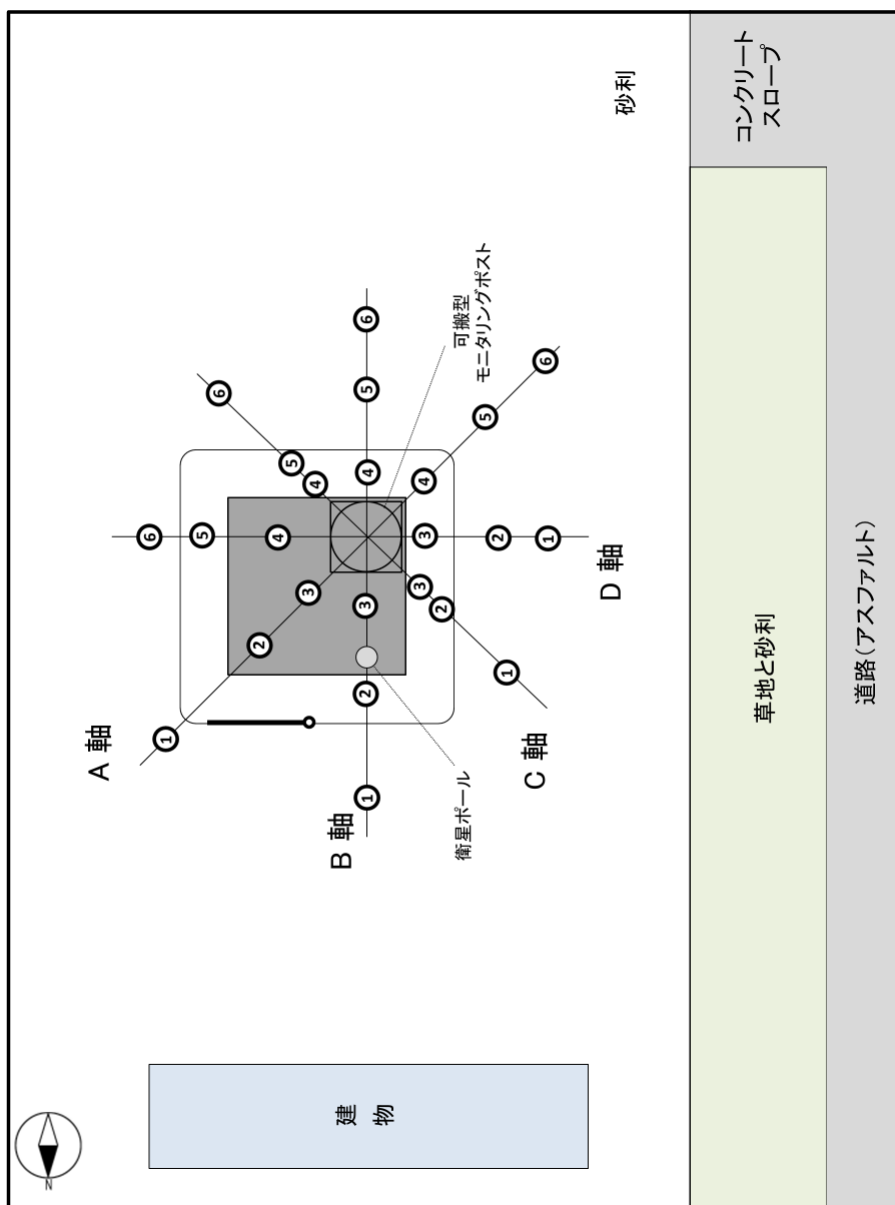


図3-10-1 可搬型モニタリングポスト指示値と
NaI(Tl)サーベイメータ指示値の比較

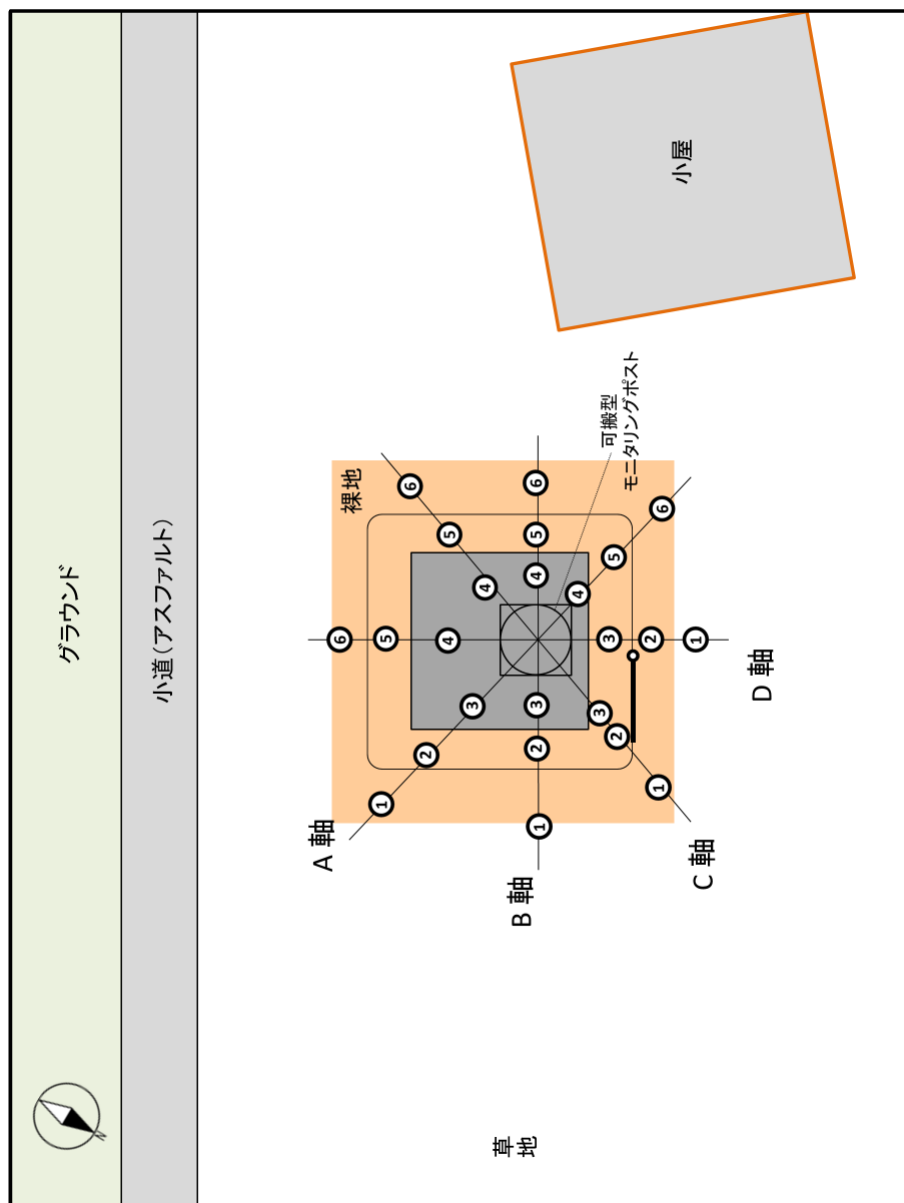
表3-10-5 環境場測定法の結果

地点名	市町村名	実施日	[A] 可搬型モニタリングポスト 指示値 (μGy/h)	[B] NaI (Tl) スペクトロメータ からの比較換算値 (μGy/h)	$\frac{[A] - [B]}{[B]} \times 100$
場々多目的研修セン ター	田村市	2023年5月22日	0.0773 ± 0.0017	0.0809	-4 %
飯舘村防災センター	飯舘村	2023年5月25日	0.189 ± 0.0033	0.214	-12 %
熊一区地区集会所	大熊町	2023年6月28日	0.258 ± 0.0034	0.293	-12 %



○付き数字は日本分析センターの測定番号を示す

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
(場々多目的研修センター(田村市))



○付き数字は日本分析センターの測定番号を示す

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
(飯館村防災センター(飯館村))

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

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の精度管理」及び「放射線監視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。

4.2 試料分割法

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「放射線監視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。

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超えた場合は、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。実施場所は長野県、山形県、京都府、高知県、鹿児島県、北海道、群馬県及び栃木県内の 8 自治体 15 地点（18 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
長野県	飯山市 飯山庁舎 長野市 環境保全研究所	水準	2023 年 4 月 24 日 ～4 月 26 日
山形県	山形市 県衛生研究所	水準	2023 年 6 月 19 日 ～6 月 22 日
京都府	京都市 伏見測定所 南丹市 美山測定所	水準	2023 年 7 月 3 日 ～7 月 7 日
	舞鶴市 倉梯測定所 舞鶴市 大山測定所	監視	
高知県	高知市 県保健衛生総合庁舎 安芸市 安芸広域公園里のゾーン	水準	2023 年 7 月 24 日 ～7 月 27 日
鹿児島県	霧島市 霧島局	水準	2023 年 10 月 23 日 ～10 月 26 日
	薩摩川内市 小平局	監視	

自治体	実施地点	事業 種別*	実施期間
北海道	札幌市 北海道原子力環境センター 札幌分室	水準	2023 年 11 月 13 日 ～11 月 16 日
	共和町 気象観測局	監視	
群馬県	太田市 ぐんまこどもの国	水準	2023 年 12 月 6 日 ～12 月 8 日
栃木県	宇都宮市 子ども総合科学館	水準	2023 年 12 月 12 日 ～12 月 13 日

*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		
長野県	飯山市 飯山庁舎	水準	NaI	○	○	-	-
	長野市 環境保全研究所		NaI	○	○	○	-
山形県	山形市 県衛生研究所	水準	NaI	○	○	○	○
京都府	京都市 伏見測定所	水準	NaI	○	○	-	-
	南丹市 美山測定所		NaI	○	○	○	-
	舞鶴市 倉梯測定所	監視	NaI	○	○	-	-
	舞鶴市 大山測定所		NaI	○	○	-	-
			電離箱	○	○	-	-
高知県	高知市 県保健衛生総合庁舎	水準	NaI	○	○	○	-
	安芸市 安芸広域公園里のゾーン		NaI	○	○	-	-
鹿児島県	霧島市 霧島局	水準	NaI	○	○	○	-
	薩摩川内市 小平局	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		
北海道	札幌市 北海道原子力環境センター 札幌分室	水準	NaI	○	○	○	-
	共和町 気象観測局	監視	NaI	○	○	-	-
			電離箱	○	○	-	-
群馬県	太田市 ぐんまこどもの国	水準	NaI	○	○	○	○
栃木県	宇都宮市 子ども総合科学館	水準	NaI	○	○	○	○

(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 ($\mu\text{Gy/h}$)	
		NaI	電離箱
^{137}Cs	660	約 0.3-0.7	約 1-3

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決定した基準値の差が、分析センターが決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 ($\mu\text{Gy/h}$)	
		NaI	電離箱
^{241}Am	60	約 0.2-0.5	約 0.1-0.4
^{57}Co	110	約 0.1-0.5	約 0.1-0.5
^{133}Ba	270	約 0.7-1.6	約 0.4-1.1
^{137}Cs	660	約 0.3-0.7	約 1-3

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 (T1) 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 (T1) 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、宇宙線寄与線量率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都道府県においては、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、長野市 環境保全研究所を除いて 0.89～1.02 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 1.20 であった長野市 環境保全研究所については、メーカーによる定期点検時の高電圧値 (HV 値) 設定の誤操作により、HV 値が低下したことによる線量率の低下が原因であると考えられ、適切な HV 値に調整することで改善した。

JCSS 校正証明書を 8 自治体 (14 地点 17 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)～(3)に示す。また、個別の結果を表 4-3-4(1)～(18)、図 4-3-2(1)～(18)に示す。

^{241}Am (60 keV) について、NaIモニタでは12地点、電離箱モニタでは3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、基準線量率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0.24 (−76 %) であった舞鶴市 倉梯測定所については、波高電圧のわずかな差により

^{241}Am (60 keV) のピーク領域の低エネルギー側が多くカットされたことによる影響が原因であると考えられ、ディスクリ電圧の調整により改善した。また、比較値が0.48 (−52 %) であった安芸市 安芸広域公園里のゾーンについては、ソフトウェアの不具合により、低エネルギー領域において適切な線量率演算が行われなかったことが原因であると考えられ、ソフトウェアの改修により改善した。

^{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った。比較値が1.28 (+28 %) であった舞鶴市 大山測定所については、メーカーによる機器調整は適切に行われており、機器の特性によるものと考えられる。

^{133}Ba (270 keV) 及び ^{137}Cs (660 keV) について、NaIモニタ1地点で検討基準よりも低めの結果であった。 ^{133}Ba (270 keV) の比較値が0.77 (−23 %) 及び ^{137}Cs (660 keV) の比較値が0.79 (−21 %) であった長野市 環境保全研究所については、①in-situ校正に記載した原因と同一であると考えられ、HV値の調整により改善した。

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、長野市 環境保全研究所を除き、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た。比較値が0.75 (−25 %) であった長野市 環境保全研究所については、①in-situ校正に記載した原因と同一であると考えられ、HV値の調整により改善した。検討基準内となったモニタリングポストについては、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)～(3)、図 4-3-4(1)～(3)に示す。

3 地点全てにおいて、人工放射性核種である ^{137}Cs が検出された。山形市 県衛生研究所においては、モニタリングポストの空間放射線量率に寄与する ^{137}Cs の寄与割合が1 %未満であり、ほぼ自然放射性核種による組成であることが確認できた。太田市 ぐんまこどもの国及

び宇都宮市 子ども総合科学館においては、 ^{137}Cs の寄与割合が 10 % 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 ($\mu\text{Gy/h}$)	校正 定数	不確かさ* (%)
長野県	飯山市 飯山庁舎	NaI	^{137}Cs	660	0.66	0.95	5.9
	長野市 環境保全研究所				0.46	1.20	
山形県	山形市 県衛生研究所				0.50	0.91	
京都府	京都市 伏見測定所				0.41	0.95	
	南丹市 美山測定所				0.38	0.97	
高知県	高知市 県保健衛生総合庁舎				0.36	0.96	
	安芸市 安芸広域公園里のゾーン				0.41	0.97	
鹿児島県	霧島市 霧島局				0.40	0.92	
北海道	札幌市 北海道原子力環境センター 札幌分室				0.30	0.96	
群馬県	太田市 ぐんまこどもの国				0.48	0.95	
栃木県	宇都宮市 子ども総合科学館				0.38	1.02	

* 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 ($\mu\text{Gy/h}$)	校正 定数	不確かさ* (%)
京都府	舞鶴市 倉梯測定所	NaI	^{137}Cs	660	0.34	0.93	5.9
	舞鶴市 大山測定所	NaI			0.28	0.89	5.9
		電離箱			1.70	0.96	6.4
鹿児島県	薩摩川内市 小平局	NaI			0.29	0.91	5.9
		電離箱			0.89	0.96	6.4
北海道	共和町 気象観測局	NaI			0.47	0.94	5.9
		電離箱			2.82	0.96	6.4

* 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。

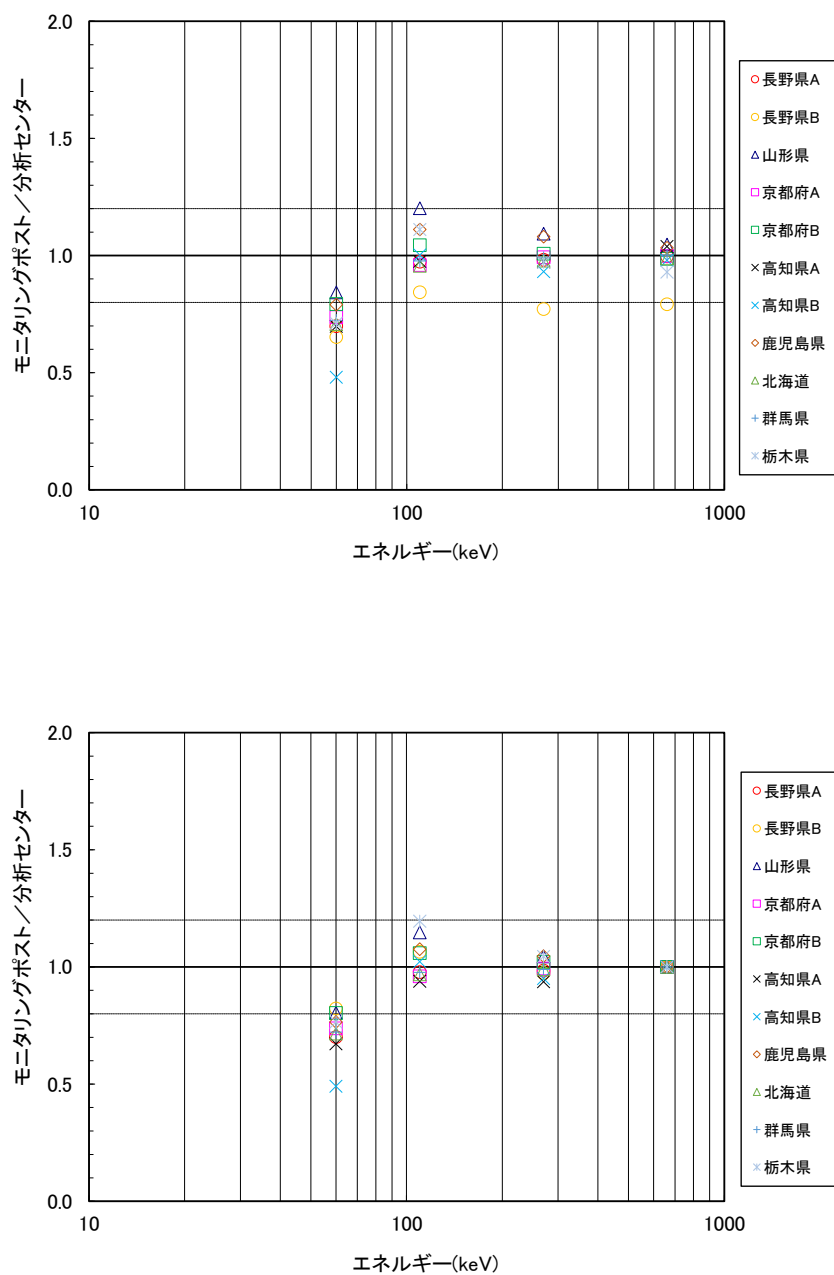


図 4-3-1(1) 測定結果比較図（上）及びエネルギー特性図*（下）
（環境放射能水準調査用モニタリングポスト（NaI モニタ））

*エネルギー特性図は、 ^{137}Cs の比較値で規格化した。

長野県 A：飯山市 飯山庁舎、長野県 B：長野市 環境保全研究所

京都府 A：京都市 伏見測定所、京都府 B：南丹市 美山測定所

高知県 A：高知市 県保健衛生総合庁舎、高知県 B：安芸市 安芸広域公園里のゾーン

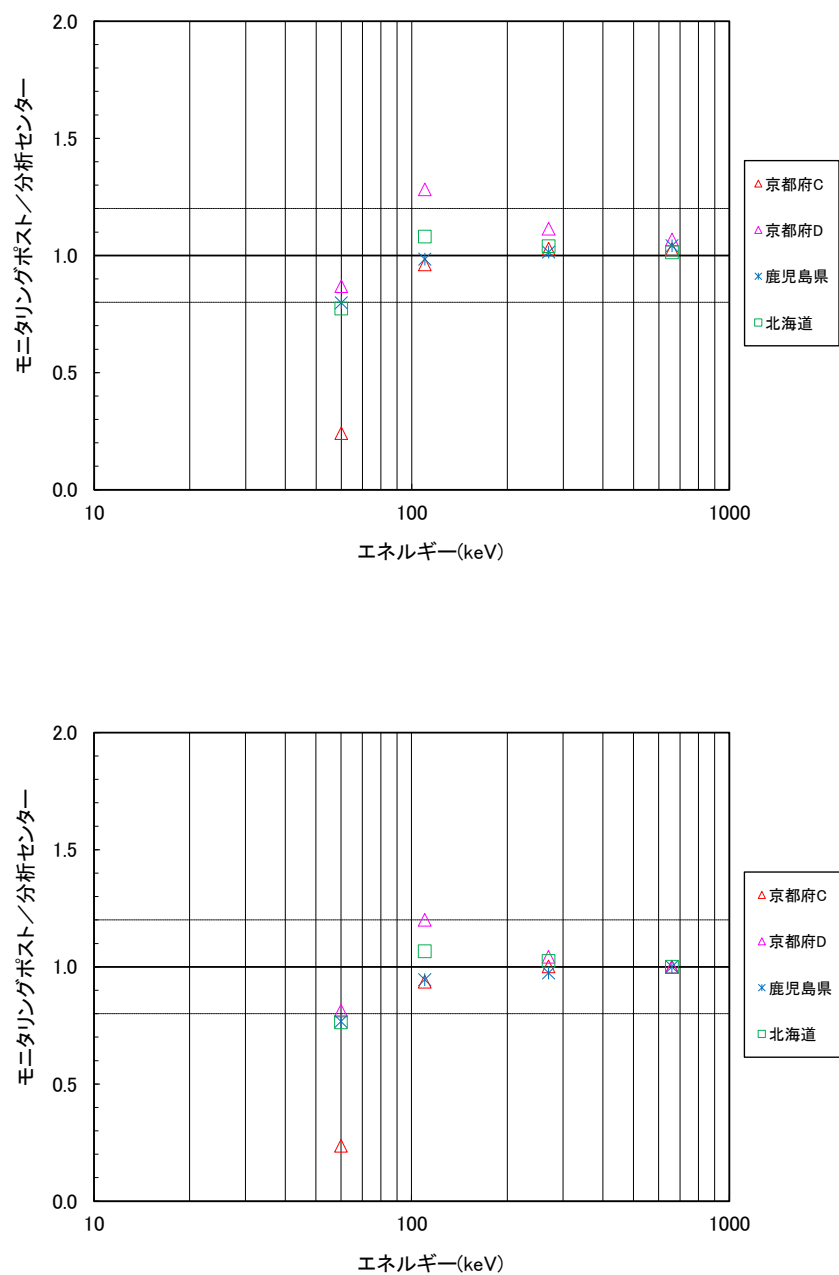


図 4-3-1(2) 測定結果比較図（上）及びエネルギー特性図*（下）
（放射線監視等交付金事業用モニタリングポスト（NaI モニタ））

*エネルギー特性図は、 ^{137}Cs の比較値で規格化した。

京都府 C：舞鶴市 倉梯測定所、京都府 D：舞鶴市 大山測定所

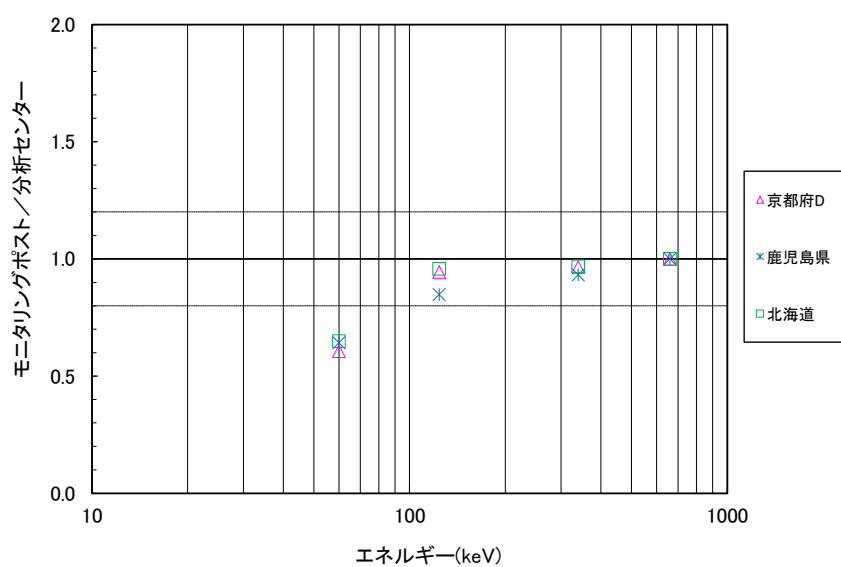
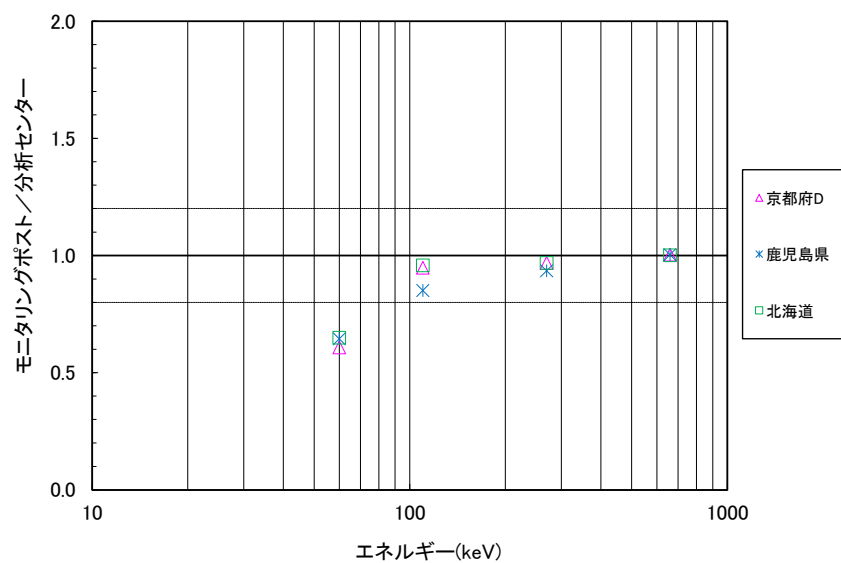


図 4-3-1(3) 測定結果比較図（上）及びエネルギー特性図*（下）
（放射線監視等交付金事業用モニタリングポスト（電離箱モニタ））

*エネルギー特性図は、 ^{137}Cs の比較値で規格化した。

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]		[B]		比較値*1	$\frac{[A] - [B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
		モニタリング ポスト (μGy/h)	モニタリング ポスト (μGy/h)	分析センター (μGy/h)	分析センター (μGy/h)				
²⁴¹ Am	60	0.359	0.359	0.513	0.513	0.70	-30 %	×	0.70
⁵⁷ Co	110	0.389	0.389	0.399	0.399	0.97	-3 %	○	0.98
¹³³ Ba	270	1.594	1.594	1.624	1.624	0.98	-2 %	○	0.98
¹³⁷ Cs	660	0.686	0.686	0.688	0.688	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 ¹³⁷Cs の比較値で規格化した

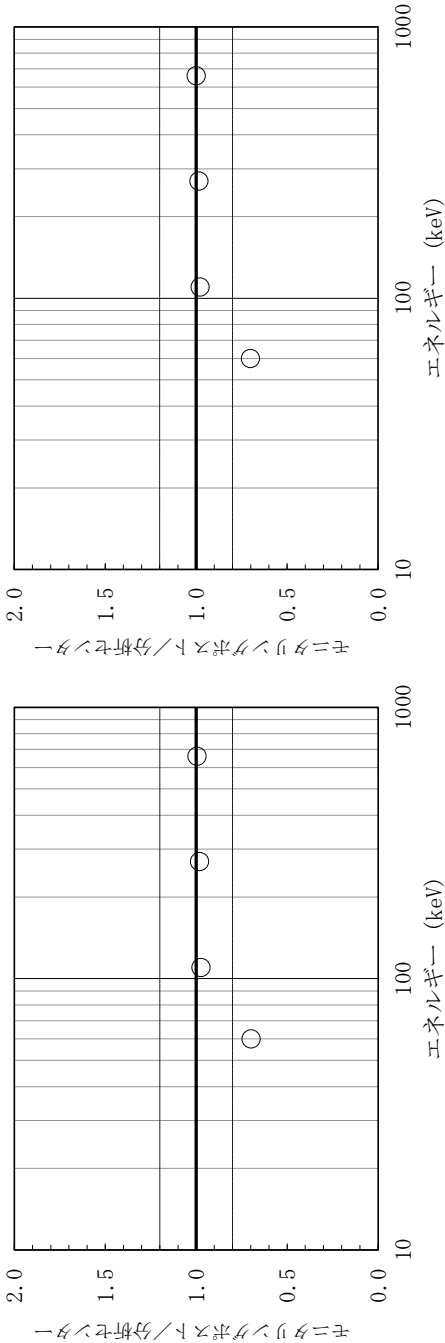


図 4-3-2(1) 測定結果比較図 (左) 及びエネルギー特性図 (右)
(飯山市 飯山庁舎 (水準 - NaI モニタ))

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]		[B]		比較値*1	$\frac{[A] - [B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
		モニタリング ポスト (μGy/h)		分析センター (μGy/h)					
²⁴¹ Am	60	0.222		0.341		0.65	-35 %	×	0.82
⁵⁷ Co	110	0.235		0.278		0.84	-16 %	○	1.06
¹³³ Ba	270	0.876		1.136		0.77	-23 %	×	0.97
¹³⁷ Cs	660	0.381		0.481		0.79	-21 %	×	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 ¹³⁷Cs の比較値で規格化した

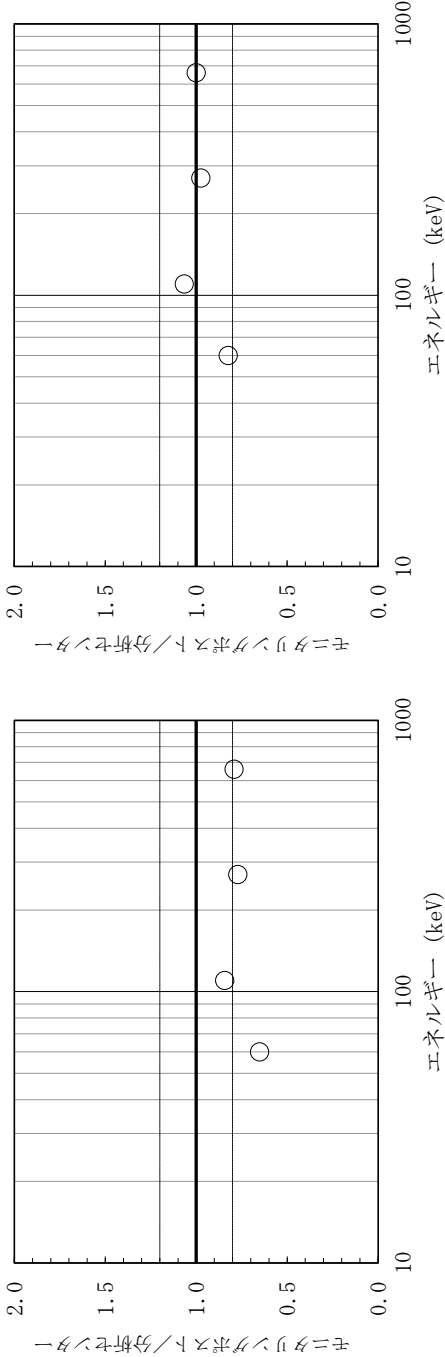


図 4-3-2(2) 測定結果比較図 (左) 及びエネルギー特性図 (右)
(長野市 環境保全研究所 (水準 - NaI モニタ))

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]		[B]		比較値*1	$\frac{[A] - [B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
		モニタリング ポスト (μGy/h)	モニタリング ポスト (μGy/h)	分析センター (μGy/h)	分析センター (μGy/h)				
²⁴¹ Am	60	0.320	0.320	0.380	0.380	0.84	-16 %	○	0.80
⁵⁷ Co	110	0.320	0.320	0.266	0.266	1.20	+20 %	○	1.15
¹³³ Ba	270	1.355	1.355	1.239	1.239	1.09	+9 %	○	1.04
¹³⁷ Cs	660	0.553	0.553	0.529	0.529	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 ¹³⁷Cs の比較値で規格化した

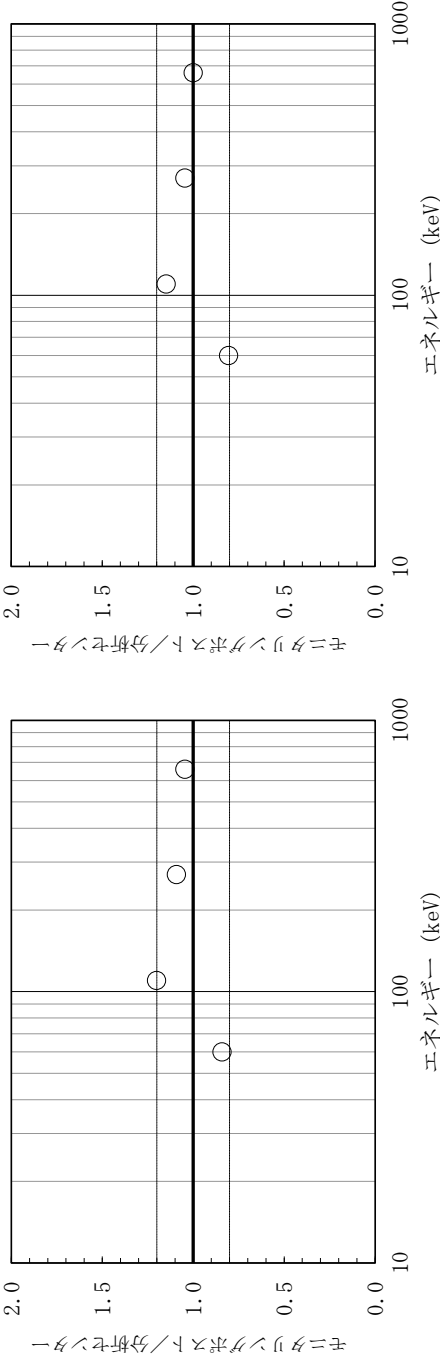


図 4-3-2(3) 測定結果比較図 (左) 及びエネルギー特性図 (右)
(山形市 県衛生研究所 (水準 - NaI モニタ))

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]		[B]		比較値*1	$\frac{[A] - [B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
		モニタリング ポスト (μGy/h)	モニタリング ポスト (μGy/h)	分析センター (μGy/h)	分析センター (μGy/h)				
²⁴¹ Am	60	0.220	0.220	0.299	0.299	0.74	-26 %	×	0.74
⁵⁷ Co	110	0.199	0.199	0.208	0.208	0.96	-4 %	○	0.96
¹³³ Ba	270	0.991	0.991	0.998	0.998	0.99	-1 %	○	0.99
¹³⁷ Cs	660	0.426	0.426	0.427	0.427	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 ¹³⁷Cs の比較値で規格化した

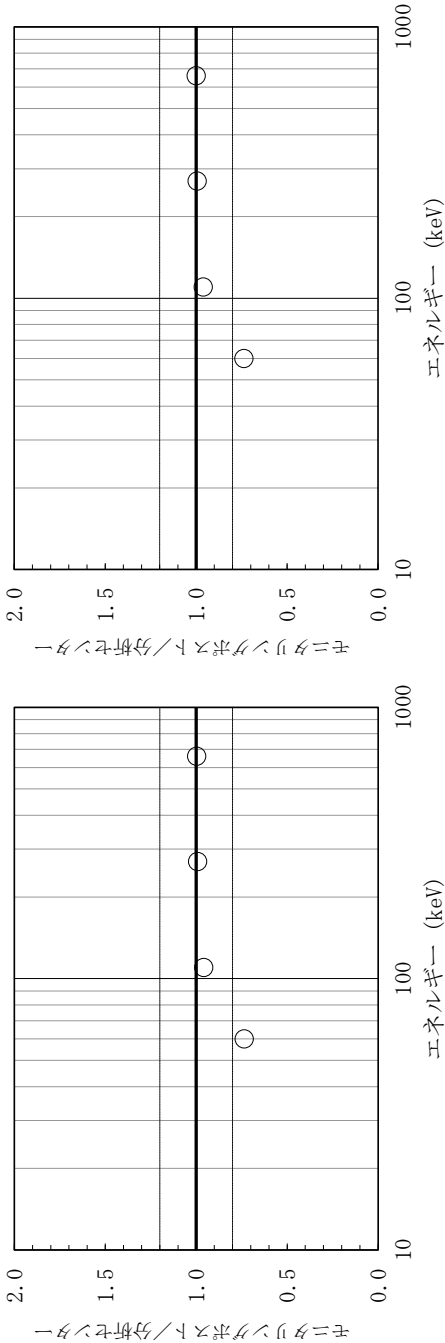


図 4-3-2(4) 測定結果比較図 (左) 及びエネルギー特性図 (右)

(京都市 伏見測定所 (水準 - 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]		[B]		比較値*1	$\frac{[A] - [B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
		モニタリング ポスト (μGy/h)	モニタリング ポスト (μGy/h)	分析センター (μGy/h)	分析センター (μGy/h)				
²⁴¹ Am	60	0.219	0.219	0.276	0.276	0.79	-21 %	×	0.80
⁵⁷ Co	110	0.202	0.202	0.193	0.193	1.04	+4 %	○	1.06
¹³³ Ba	270	0.937	0.937	0.930	0.930	1.01	+1 %	○	1.02
¹³⁷ Cs	660	0.392	0.392	0.397	0.397	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 ¹³⁷Cs の比較値で規格化した

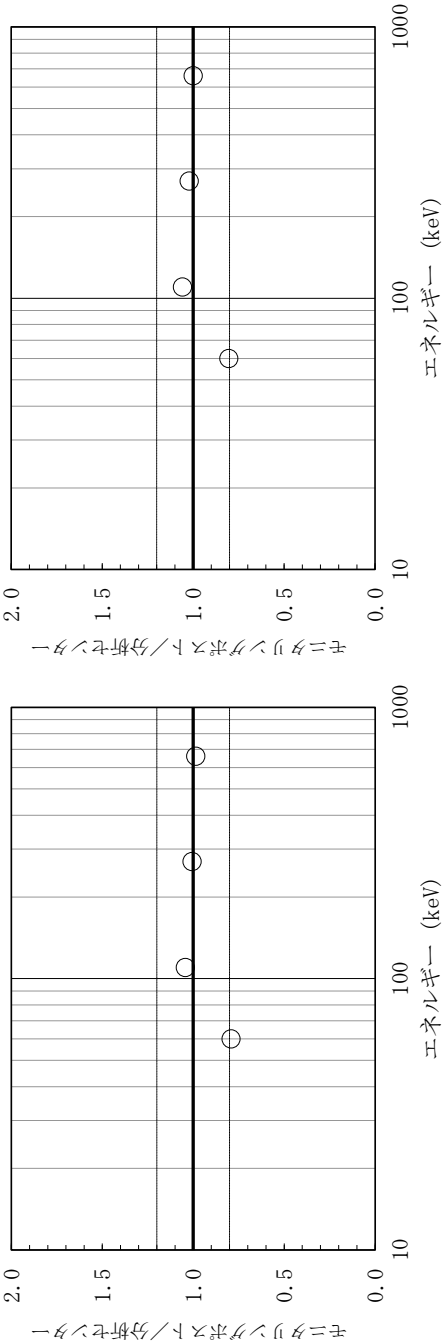


図 4-3-2(5) 測定結果比較図 (左) 及びエネルギー特性図 (右)
(南丹市 美山測定所 (水準 - NaI モニタ))

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]		[B]		比較値 ^{*1}	$\frac{[A] - [B]}{[B]} \times 100$	判定 ^{*2}	エネルギー ^{*3} 特性
		モニタリング ポスト (μGy/h)		分析センター (μGy/h)					
²⁴¹ Am	60	0.060		0.247		0.24	-76 %	×	0.24
⁵⁷ Co	110	0.167		0.174		0.96	-4 %	○	0.94
¹³³ Ba	270	0.864		0.841		1.03	+3 %	○	1.00
¹³⁷ Cs	660	0.369		0.359		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} ¹³⁷Cs の比較値で規格化した

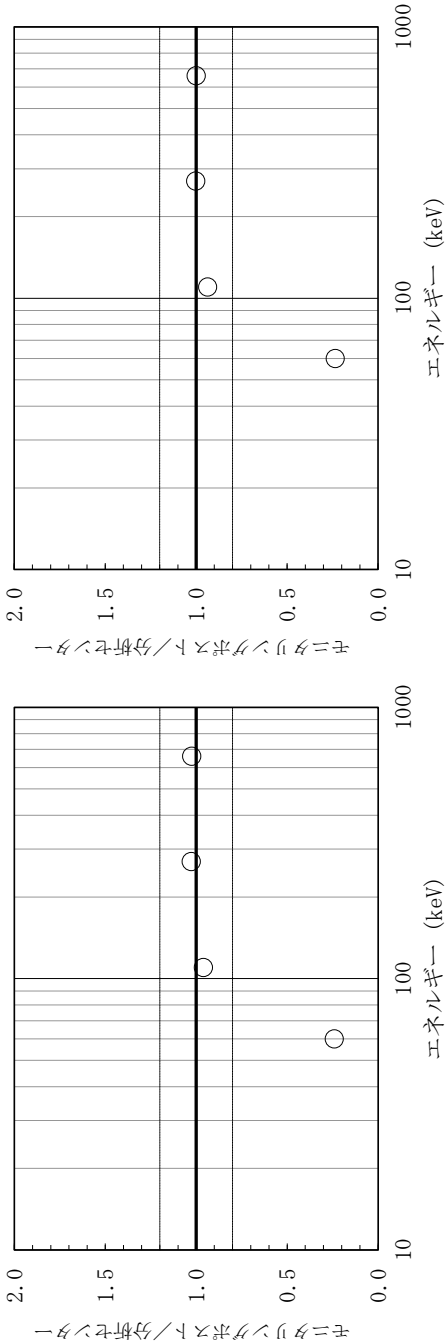


図 4-3-2(6) 測定結果比較図 (左) 及びエネルギー特性図 (右)
(舞鶴市 倉梯測定所 (監視 - NaI モニタ))

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]		[B]		比較値*1	$\frac{[A] - [B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
		モニタリング ポスト (μGy/h)		分析センター (μGy/h)					
²⁴¹ Am	60	0.175		0.201		0.87	-13 %	○	0.81
⁵⁷ Co	110	0.185		0.145		1.28	+28 %	×	1.20
¹³³ Ba	270	0.779		0.700		1.11	+11 %	○	1.04
¹³⁷ Cs	660	0.319		0.299		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 ¹³⁷Cs の比較値で規格化した

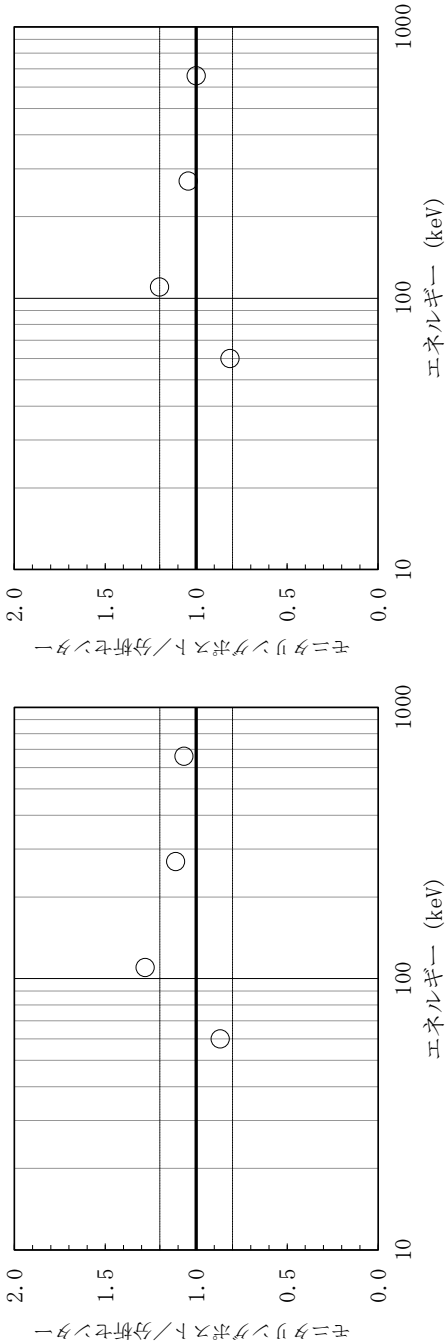


図 4-3-2(7) 測定結果比較図 (左) 及びエネルギー特性図 (右)
(舞鶴市 大山測定所 (監視 - NaI モニタ))

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]		[B]		比較値*1	$\frac{[A] - [B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
		モニタリング ポスト (μGy/h)		分析センター (μGy/h)					
²⁴¹ Am	60	0.122		0.201		0.61	-39 %	×	0.61
⁵⁷ Co	110	0.137		0.144		0.95	-5 %	○	0.94
¹³³ Ba	270	0.676		0.698		0.97	-3 %	○	0.96
¹³⁷ Cs	660	1.769		1.763		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 ¹³⁷Cs の比較値で規格化した

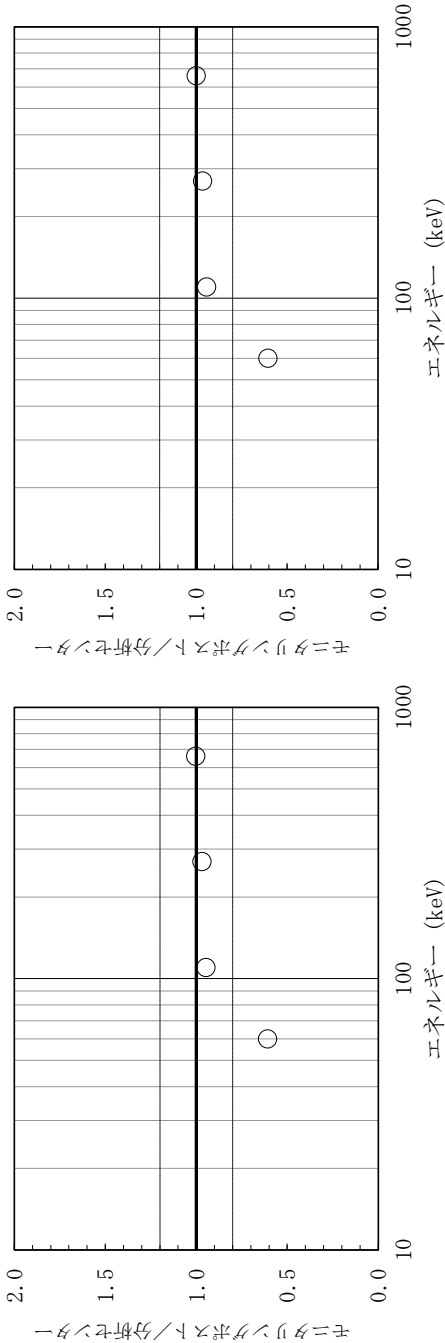


図 4-3-2(8) 測定結果比較図 (左) 及びエネルギー特性図 (右)
(舞鶴市 大山測定所 (監視 - 電離箱モニタ))

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]		[B]		比較値*1	$\frac{[A] - [B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
		モニタリング ポスト (μGy/h)	モニタリング ポスト (μGy/h)	分析センター (μGy/h)	分析センター (μGy/h)				
²⁴¹ Am	60	0.184	0.184	0.264	0.264	0.70	-30 %	×	0.71
⁵⁷ Co	110	0.172	0.172	0.176	0.176	0.97	-3 %	○	0.99
¹³³ Ba	270	0.866	0.866	0.890	0.890	0.97	-3 %	○	0.98
¹³⁷ Cs	660	0.377	0.377	0.381	0.381	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 ¹³⁷Cs の比較値で規格化した

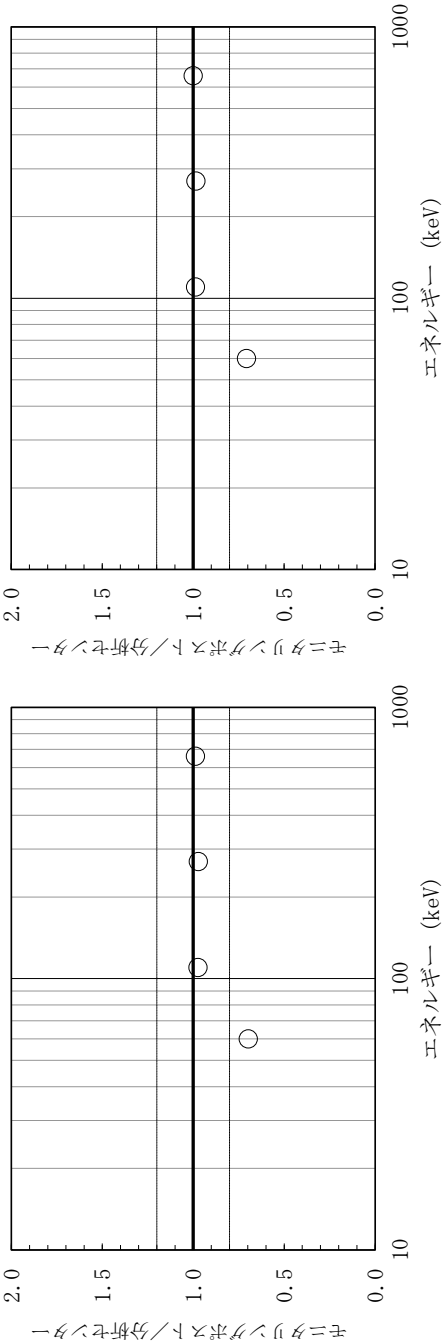


図 4-3-2(9) 測定結果比較図 (左) 及びエネルギー特性図 (右)
(高知市 県保健衛生総合庁舎 (水準 - NaI モニタ))

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]		[B]		比較値*1	$\frac{[A] - [B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
		モニタリング ポスト (μGy/h)		分析センター (μGy/h)					
²⁴¹ Am	60	0.144		0.300		0.48	-52 %	×	0.49
⁵⁷ Co	110	0.197		0.197		1.00	0 %	○	1.02
¹³³ Ba	270	0.929		0.997		0.93	-7 %	○	0.95
¹³⁷ Cs	660	0.419		0.427		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 ¹³⁷Cs の比較値で規格化した

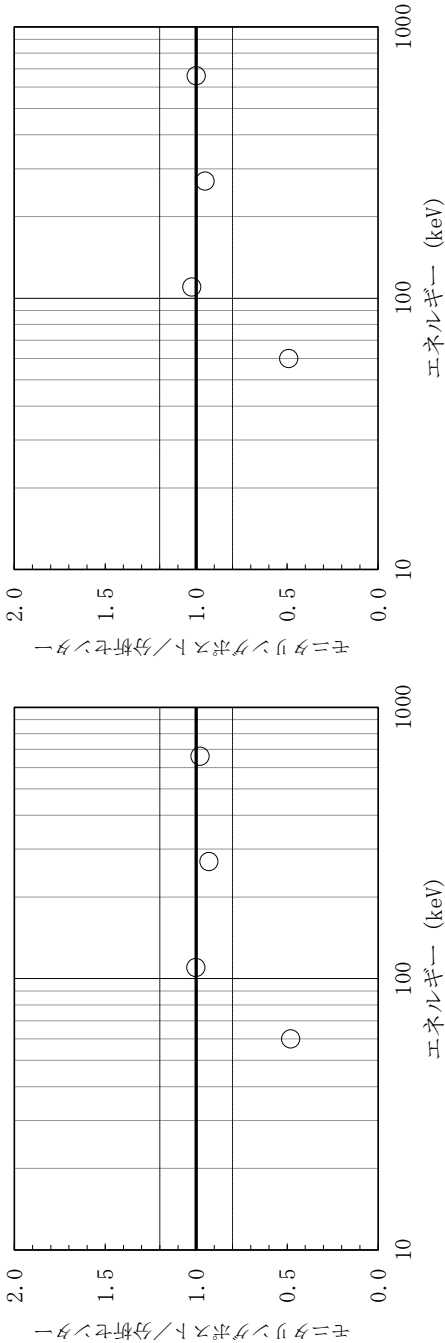


図 4-3-2(10) 測定結果比較図 (左) 及びエネルギー特性図 (右)
(安芸市 安芸広域公園里のゾーン (水準 - NaI モニタ))

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]		[B]		比較値 ^{*1}	$\frac{[A] - [B]}{[B]} \times 100$	判定 ^{*2}	エネルギー ^{*3} 特性
		モニタリング ポスト (μGy/h)		分析センター (μGy/h)					
²⁴¹ Am	60	0.233		0.295		0.79	-21 %	×	0.77
⁵⁷ Co	110	0.449		0.404		1.11	+11 %	○	1.08
¹³³ Ba	270	1.046		0.968		1.08	+8 %	○	1.05
¹³⁷ Cs	660	0.433		0.419		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} ¹³⁷Cs の比較値で規格化した

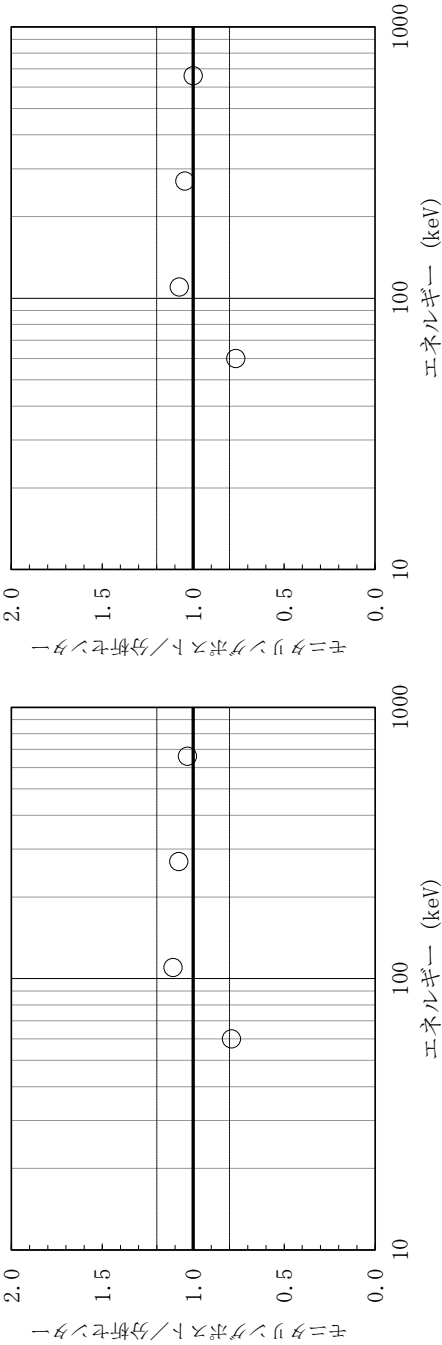


図 4-3-2(11) 測定結果比較図 (左) 及びエネルギー特性図 (右)
(霧島市 霧島局 (水準 - NaI モニタ))

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]		[B]		比較値*1	$\frac{[A] - [B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
		モニタリング ポスト (μGy/h)		分析センター (μGy/h)					
²⁴¹ Am	60	0.162		0.203		0.80	-20 %	○	0.77
⁵⁷ Co	110	0.283		0.288		0.98	-2 %	○	0.95
¹³³ Ba	270	0.701		0.692		1.01	+1 %	○	0.97
¹³⁷ Cs	660	0.312		0.300		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 ¹³⁷Cs の比較値で規格化した

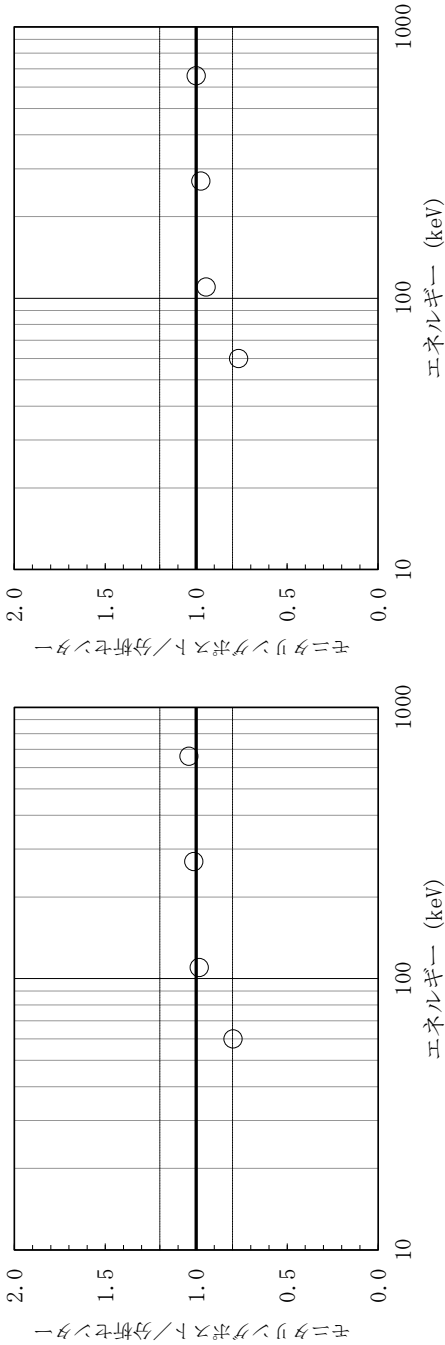


図 4-3-2(12) 測定結果比較図 (左) 及びエネルギー特性図 (右)
(薩摩川内市 小平局 (監視 - NaI モニタ))

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]		[B]		比較値*1	$\frac{[A] - [B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
		モニタリング ポスト (μGy/h)	モニタリング ポスト (μGy/h)	分析センター (μGy/h)	分析センター (μGy/h)				
²⁴¹ Am	60	0.064	0.064	0.100	0.100	0.64	-36 %	×	0.64
⁵⁷ Co	110	0.127	0.127	0.150	0.150	0.85	-15 %	○	0.85
¹³³ Ba	270	0.336	0.336	0.360	0.360	0.93	-7 %	○	0.93
¹³⁷ Cs	660	0.924	0.924	0.921	0.921	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 ¹³⁷Cs の比較値で規格化した

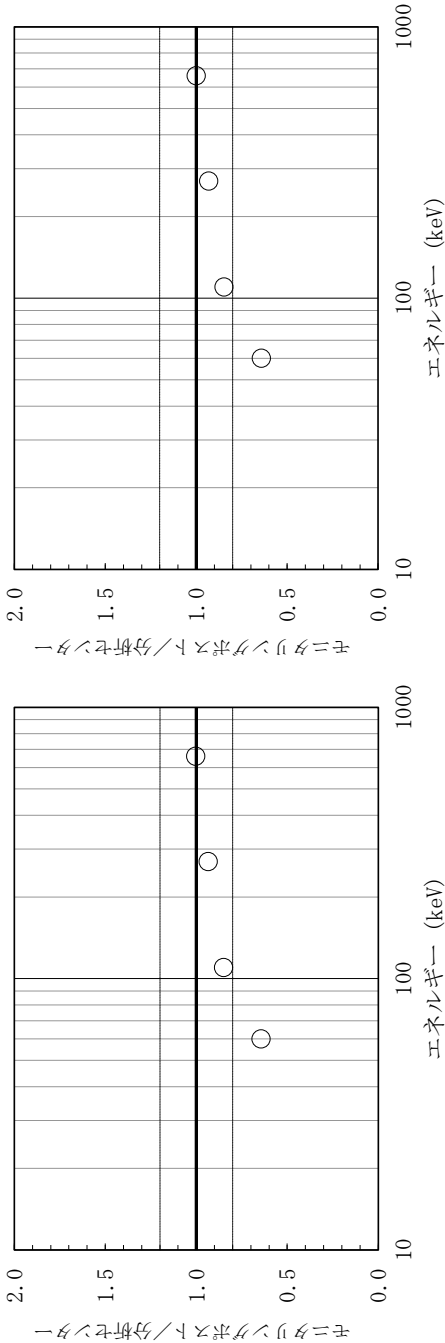


図 4-3-2 (13) 測定結果比較図 (左) 及びエネルギー特性図 (右)
(薩摩川内市 小平局 (監視 - 電離箱モニタ))

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]		[B]		比較値 ^{*1}	$\frac{[A] - [B]}{[B]} \times 100$	判定 ^{*2}	エネルギー ^{*3} 特性
		モニタリング ポスト (μGy/h)		分析センター (μGy/h)					
²⁴¹ Am	60	0.154		0.218		0.71	-29 %	×	0.72
⁵⁷ Co	110	0.279		0.292		0.96	-4 %	○	0.97
¹³³ Ba	270	0.719		0.735		0.98	-2 %	○	0.99
¹³⁷ Cs	660	0.315		0.319		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} ¹³⁷Cs の比較値で規格化した

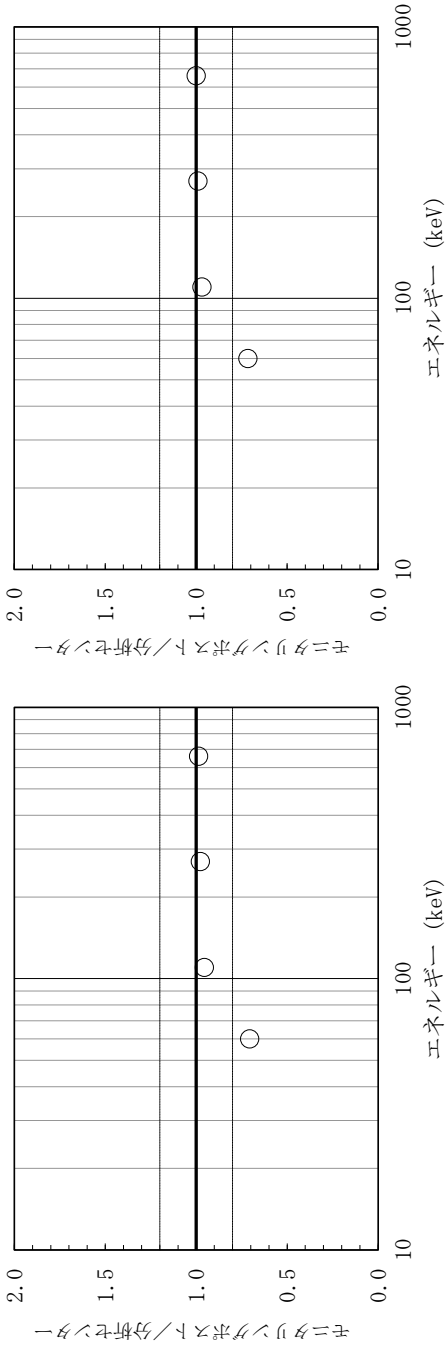


図 4-3-2(14) 測定結果比較図 (左) 及びエネルギー特性図 (右)
(札幌市 北海道原子力環境センター札幌分室 (水準 - NaI モニタ))

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]		[B]		比較値*1	$\frac{[A] - [B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
		モニタリング ポスト (μGy/h)		分析センター (μGy/h)					
²⁴¹ Am	60	0.277		0.358		0.77	-23 %	×	0.76
⁵⁷ Co	110	0.489		0.453		1.08	+8 %	○	1.07
¹³³ Ba	270	1.188		1.144		1.04	+4 %	○	1.03
¹³⁷ Cs	660	0.503		0.497		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 ¹³⁷Cs の比較値で規格化した

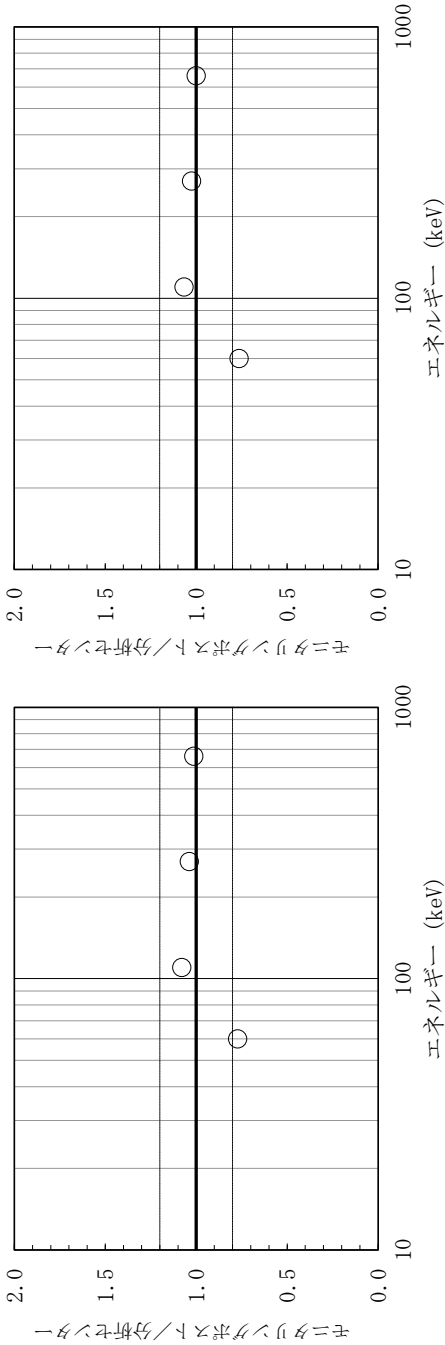


図 4-3-2 (15) 測定結果比較図 (左) 及びエネルギー特性図 (右)
(共和町 気象観測局 (監視 - NaI モニタ))

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]		[B]		比較値*1	$\frac{[A] - [B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
		モニタリング ポスト (μGy/h)		分析センター (μGy/h)					
²⁴¹ Am	60	0.232		0.358		0.65	-35 %	×	0.65
⁵⁷ Co	110	0.434		0.453		0.96	-4 %	○	0.96
¹³³ Ba	270	1.108		1.144		0.97	-3 %	○	0.97
¹³⁷ Cs	660	2.937		2.936		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 ¹³⁷Cs の比較値で規格化した

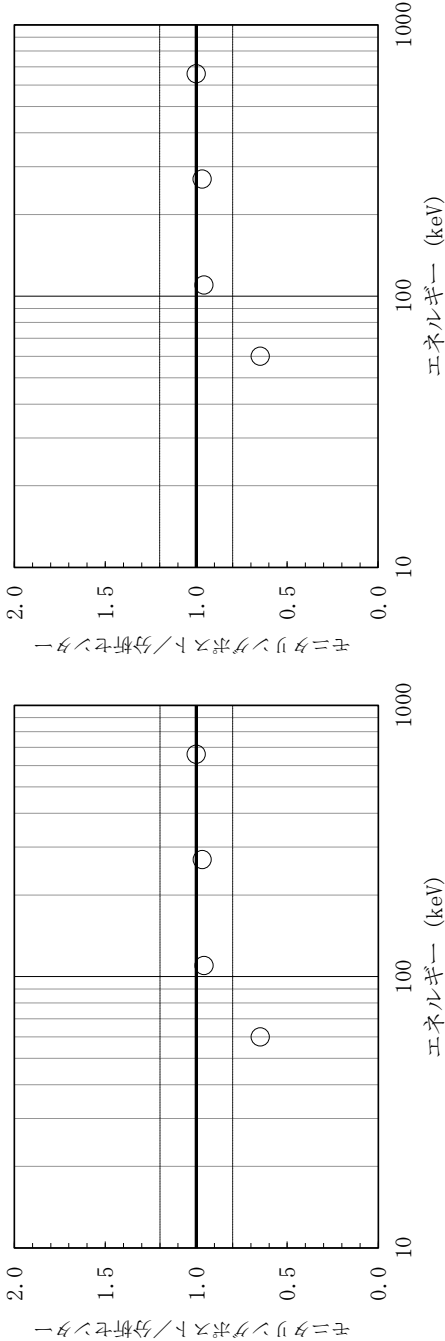


図 4-3-2 (16) 測定結果比較図 (左) 及びエネルギー特性図 (右)
(共和町 気象観測局 (監視 - 電離箱モニタ))

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]		[B]		比較値*1	$\frac{[A] - [B]}{[B]} \times 100$	判定*2	エネルギー*3 特性
		モニタリング ポスト (μGy/h)		分析センター (μGy/h)					
²⁴¹ Am	60	0.261		0.361		0.72	-28 %	×	0.72
⁵⁷ Co	110	0.422		0.432		0.98	-2 %	○	0.98
¹³³ Ba	270	1.136		1.147		0.99	-1 %	○	0.99
¹³⁷ Cs	660	0.500		0.499		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 ¹³⁷Cs の比較値で規格化した

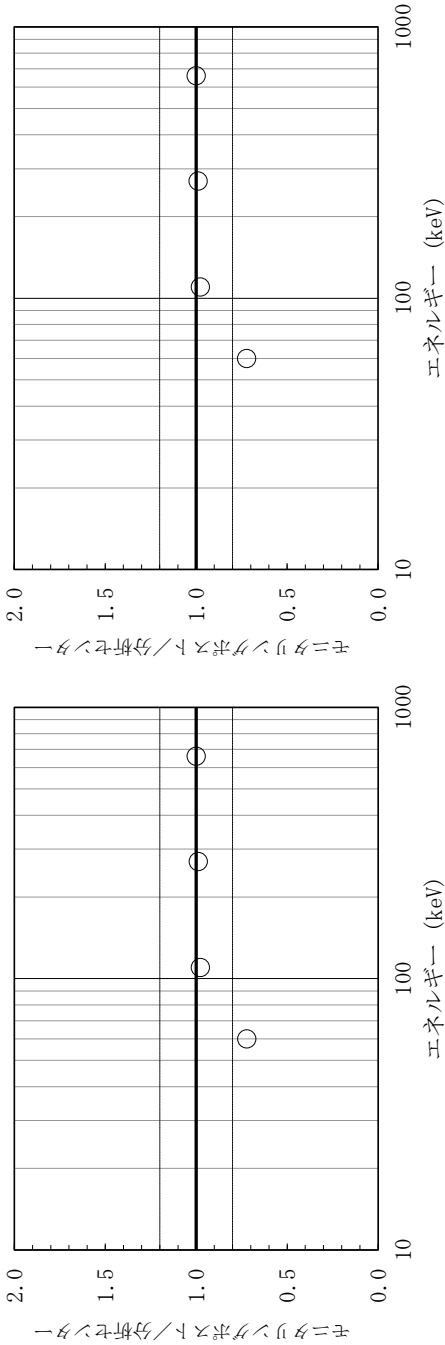


図 4-3-2(17) 測定結果比較図 (左) 及びエネルギー特性図 (右)
(太田市 ぐんまこどもの国 (水準 - NaI モニタ))

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]		[B]		比較値 ^{*1}	$\frac{[A] - [B]}{[B]} \times 100$	判定 ^{*2}	エネルギー ^{*3} 特性
		モニタリング ポスト (μGy/h)		分析センター (μGy/h)					
²⁴¹ Am	60	0.197		0.277		0.71	-29 %	×	0.76
⁵⁷ Co	110	0.374		0.336		1.11	+11 %	○	1.20
¹³³ Ba	270	0.881		0.906		0.97	-3 %	○	1.05
¹³⁷ Cs	660	0.367		0.395		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} ¹³⁷Cs の比較値で規格化した

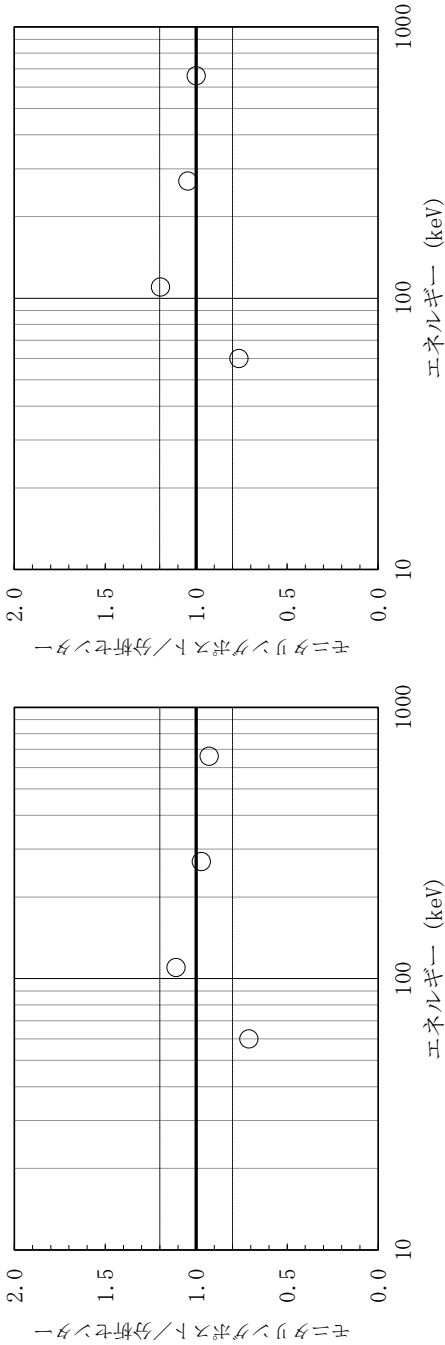


図 4-3-2 (18) 測定結果比較図 (左) 及びエネルギー特性図 (右)
(宇都宮市 子ども総合科学館 (水準 - NaI モニタ))

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]	[B]	$\frac{[A] - [B]}{[B]} \times 100$	判定 ^{*3}
			モニタリングポスト 測定値 ^{*1} (nGy/h)	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)		
長野県	長野市 環境保全研究所	NaI	32.3 ± 0.9	43.0	-25 %	×
山形県	山形市 県衛生研究所	NaI	44.9 ± 1.2	42.6	+5 %	○
京都府	南丹市 美山測定所	NaI	32.1 ± 0.8	37.4	-14 %	○
高知県	高知市 県保健衛生総合庁舎	NaI	21.1 ± 0.7	20.7	+2 %	○
鹿児島県	霧島市 霧島局	NaI	46.8 ± 1.9	49.7	-6 %	○
北海道	札幌市 北海道原子力環境センター 札幌分室	NaI	35.9 ± 1.0	37.8	-5 %	○
群馬県	太田市 ぐんまこどもの国	NaI	49.3 ± 1.3	48.9	+1 %	○
栃木県	宇都宮市 子ども総合科学館	NaI	51.5 ± 1.1	52.4	-2 %	○

^{*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} 宇宙線寄与線量率及びセル 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

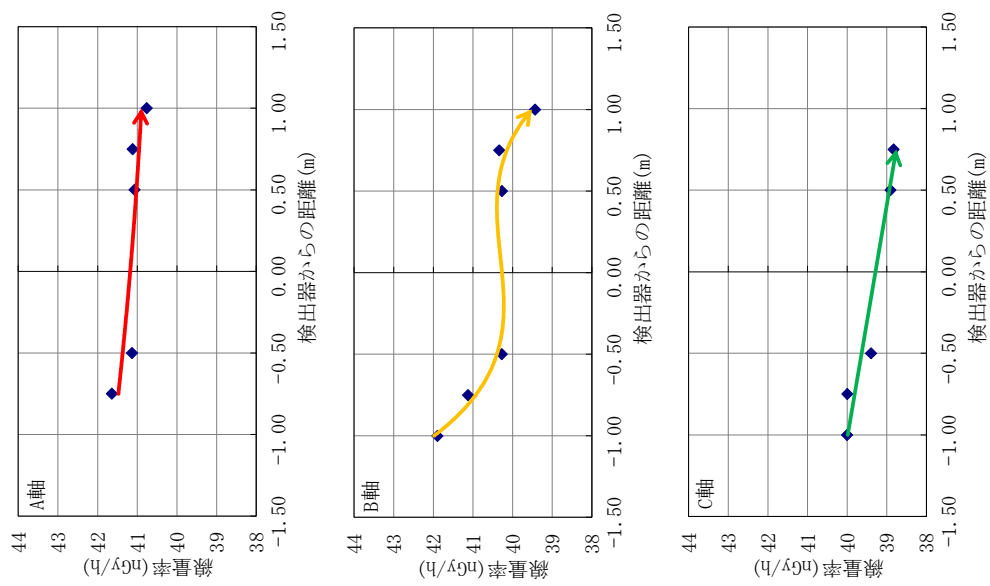
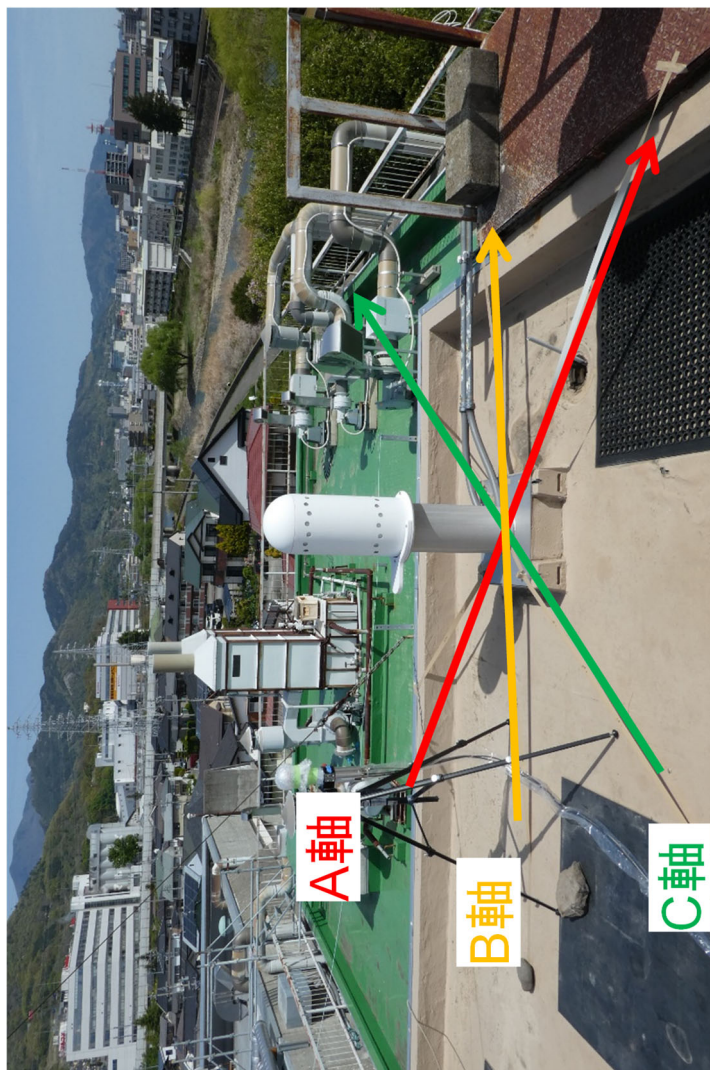


図 4-3-3 (1) 環境場測定法 測定軸及び各軸の環境 γ 線量率分布図

(長野市 環境保全研究所)

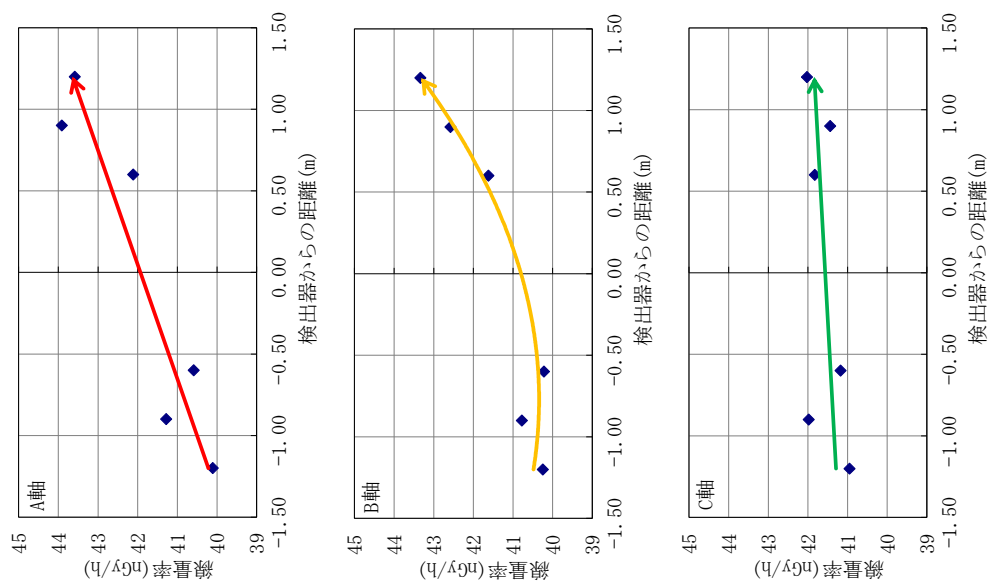
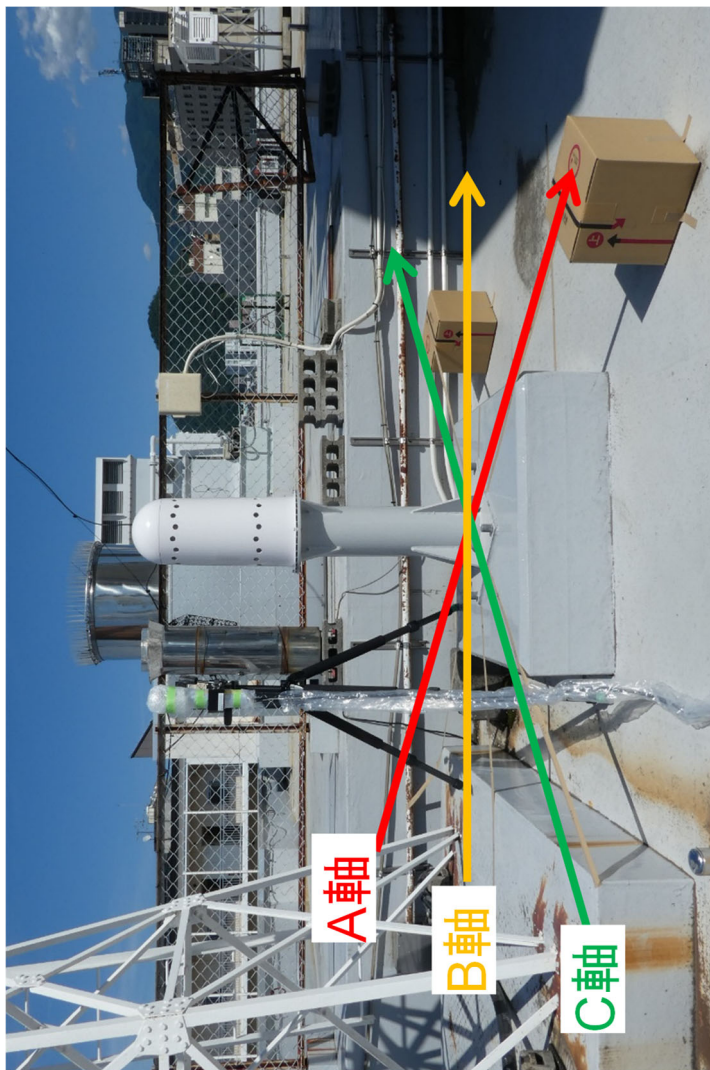


図 4-3-3 (2) 環境場測定法 測定軸及び各軸の環境 γ 線量率分布図

(山形市 県衛生研究所)

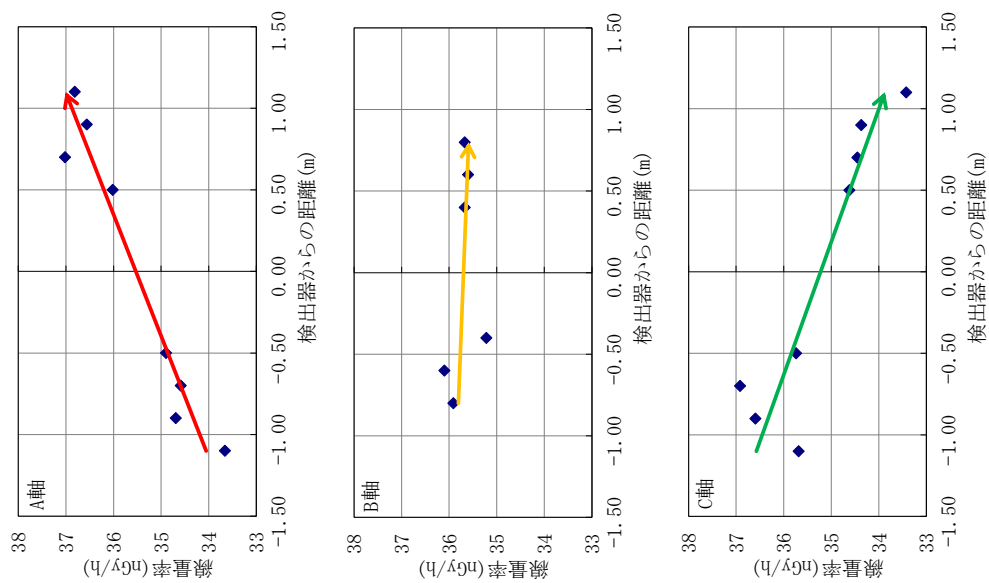


図 4-3-3 (3) 環境場測定法 測定軸及び各軸の環境 γ 線量率分布図

(南丹市 美山測定所)

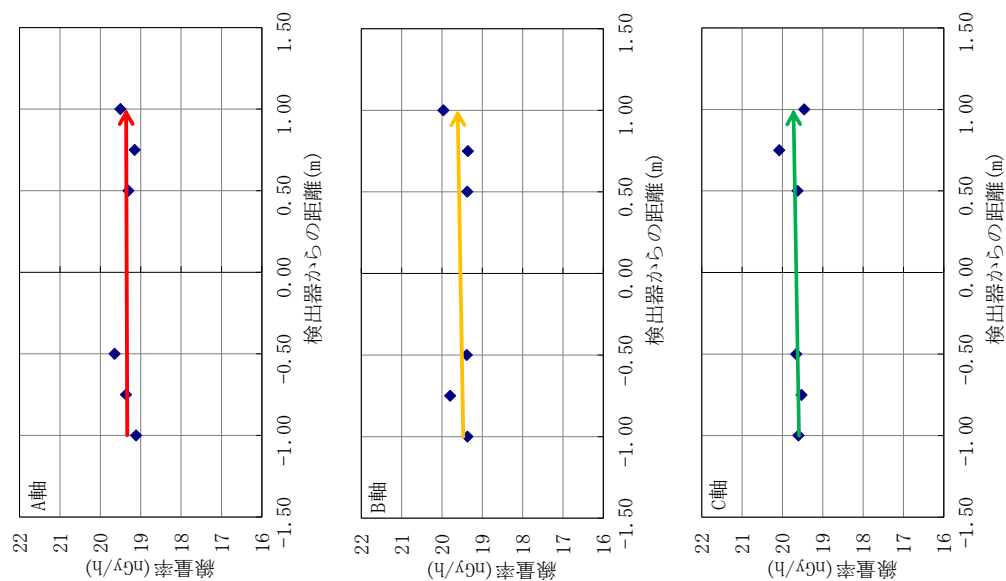
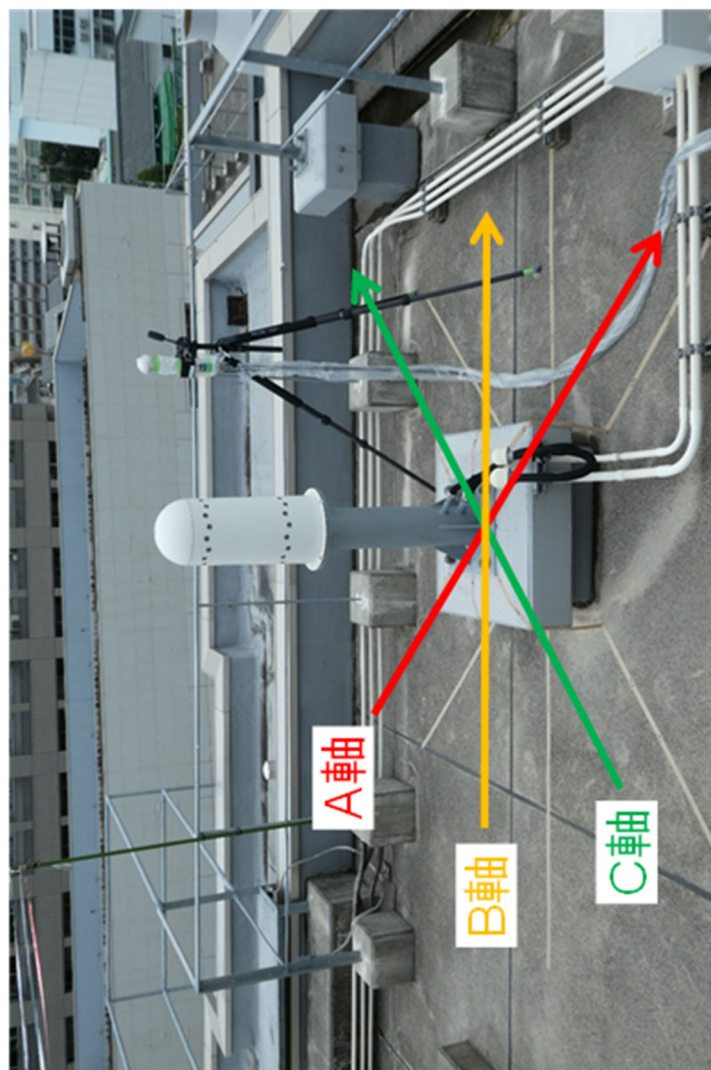


図 4-3-3 (4) 環境場測定法 測定軸及び各軸の環境 γ 線量率分布図

(高知市 県保健衛生総合庁舎)

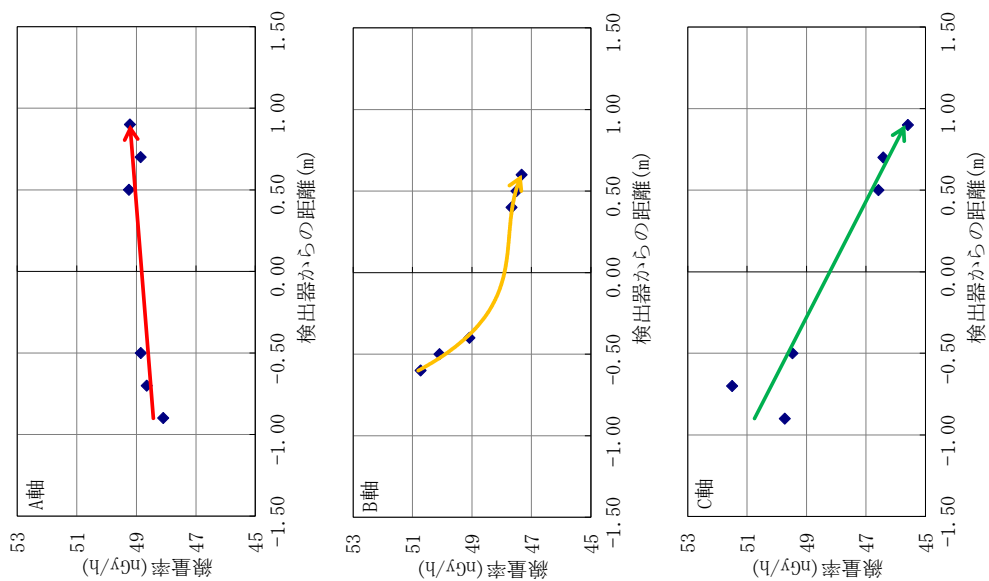
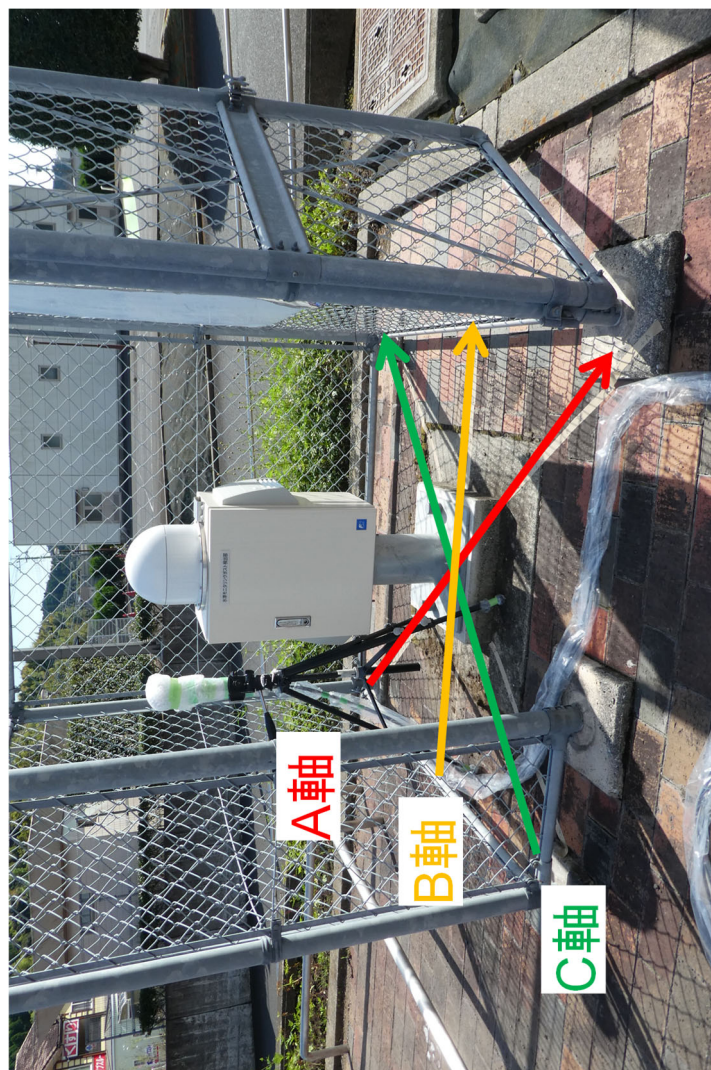


図 4-3-3(5) 環境場測定法 測定軸及び各軸の環境 γ 線量率分布図
(霧島市 霧島局)

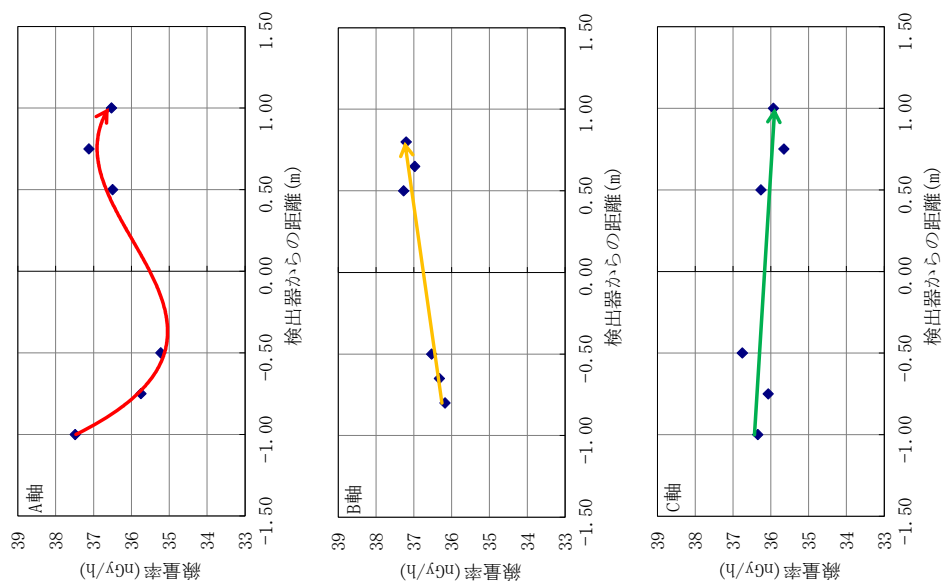
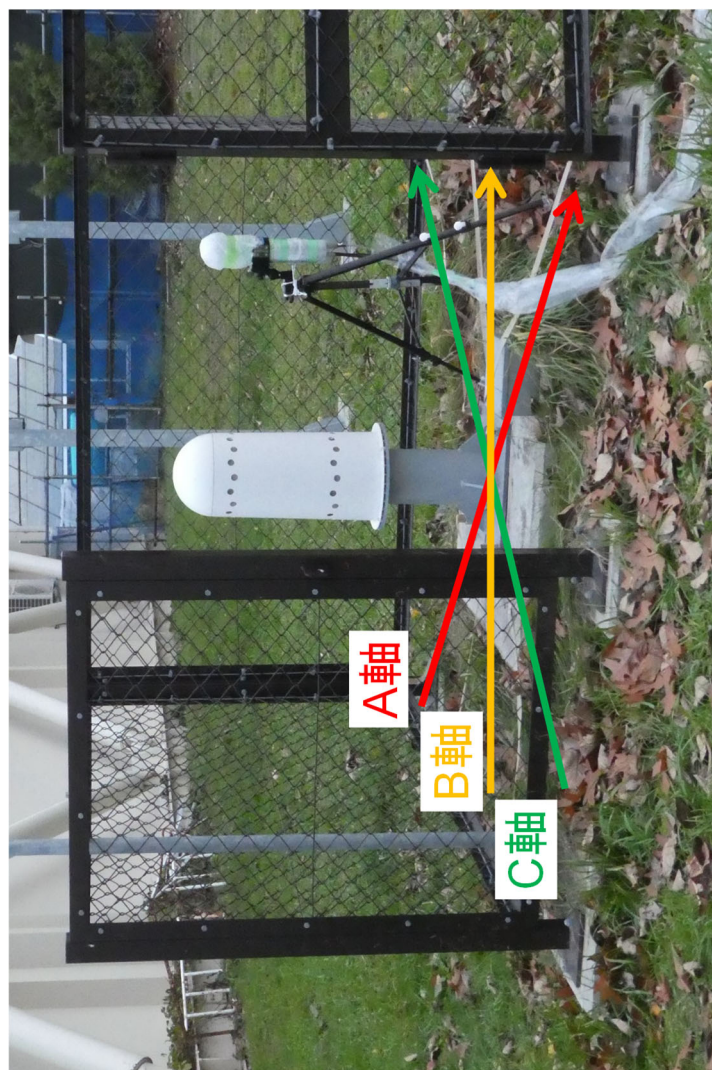


図 4-3-3(6) 環境場測定法 測定軸及び各軸の環境 γ 線量率分布図
(札幌市 北海道原子力環境センター札幌分室)

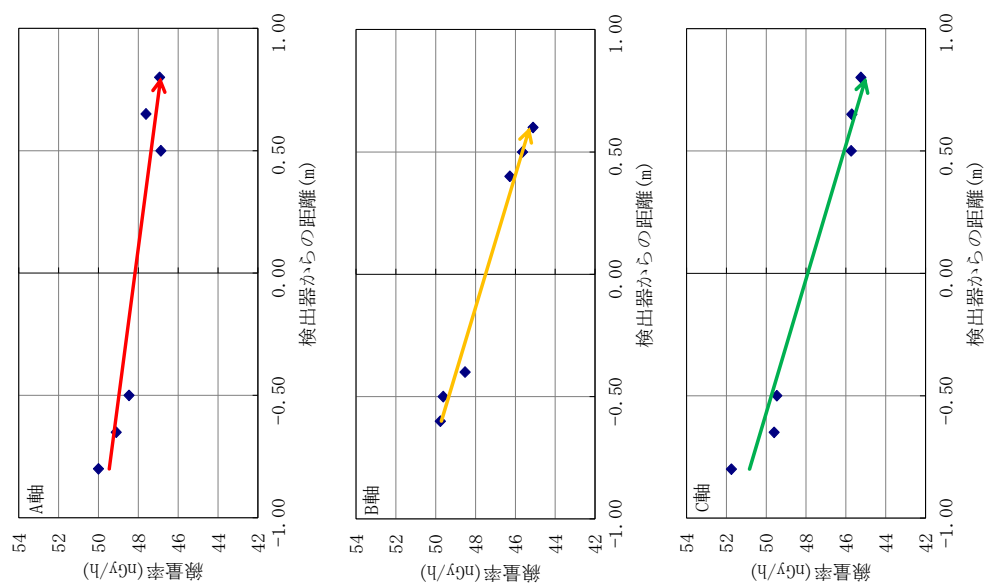
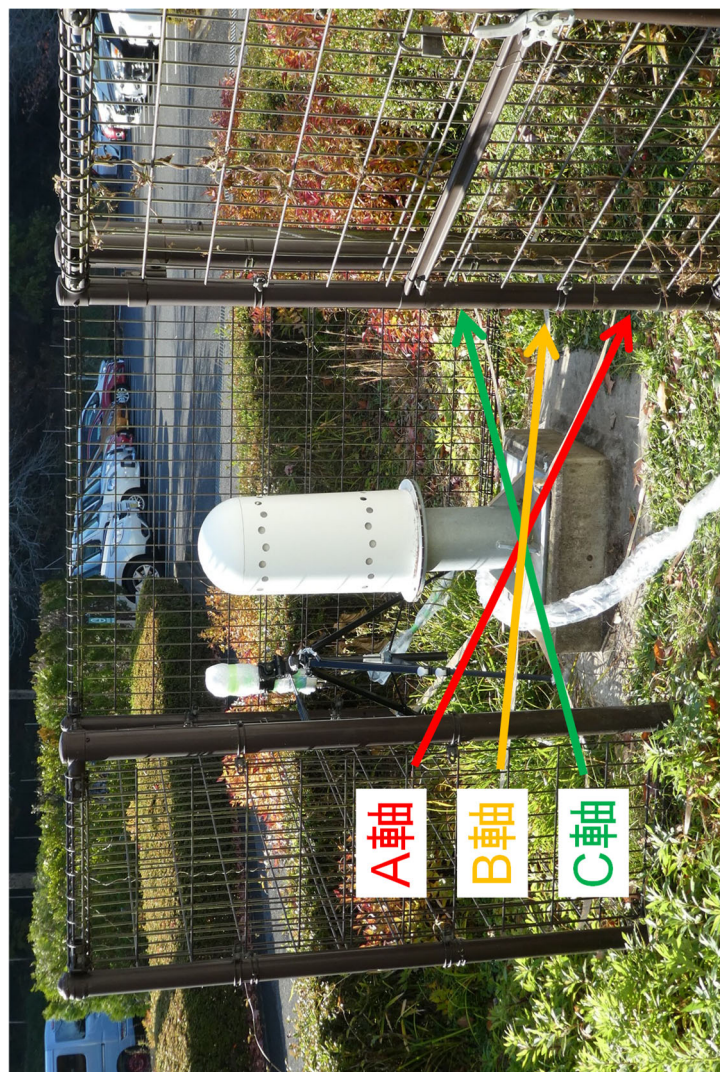


図 4-3-3 (7) 環境場測定法 測定軸及び各軸の環境 γ 線量率分布図

(太田市 ぐんまこども国)

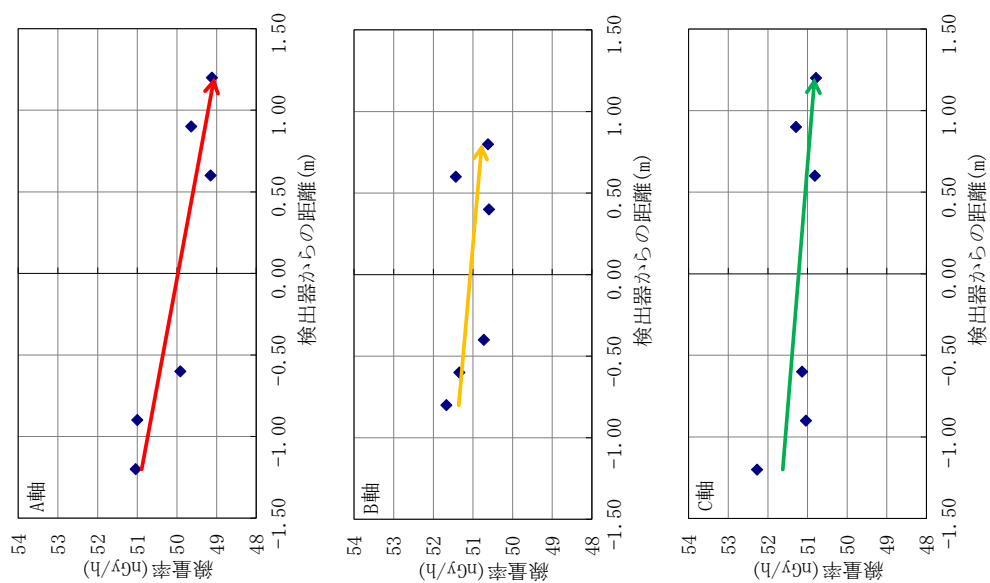
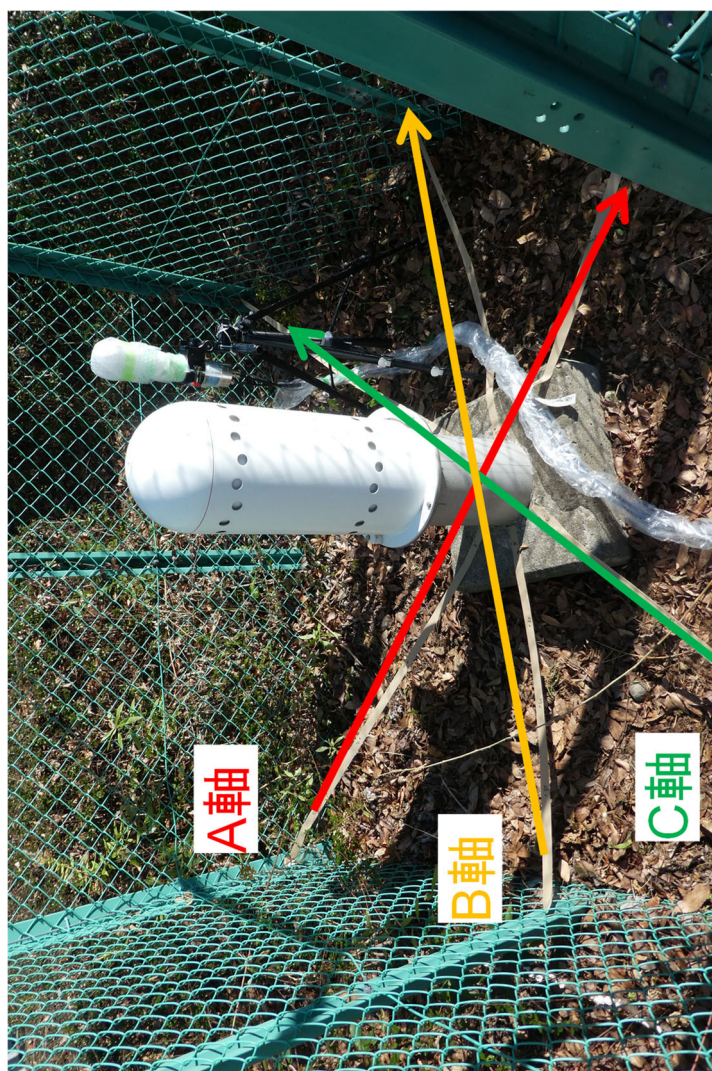


図 4-3-3 (8) 環境場測定法 測定軸及び各軸の環境 γ 線量率分布図
(宇都宮市 子ども総合科学館)

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		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 (%)
1	37.7	7.79	20.7	10.5	27.8	19.3	51.2	0.105	0.3
2	38.3	8.74	22.8	10.0	26.2	19.5	50.9	0.00704	0.0
3	36.9	7.64	20.7	10.1	27.3	19.0	51.5	0.164	0.4
平均	37.6	8.06	21.4	10.2	27.1	19.3	51.2	0.0918	0.2

* 重量緩衝深度 $\beta = 4.31 \text{ g/cm}^2$ を使用した。

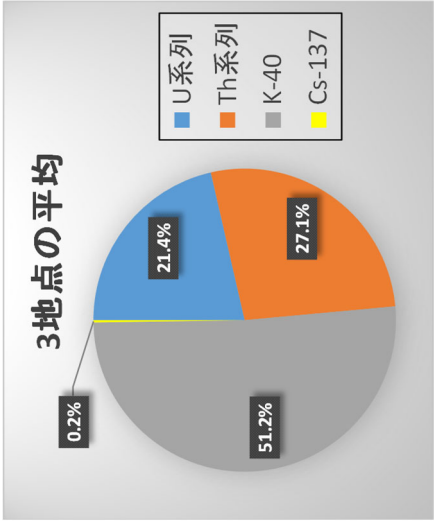


図 4-3-4(1) Ge 検出器測定地点及び平均の核種組成比率
(山形市 県衛生研究所)

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		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 (%)
1	40.0	6.86	17.2	13.3	33.1	15.6	39.0	4.29	10.7

* 重量緩衝深度 $\beta = 4.31 \text{ g/cm}^2$ を使用した。

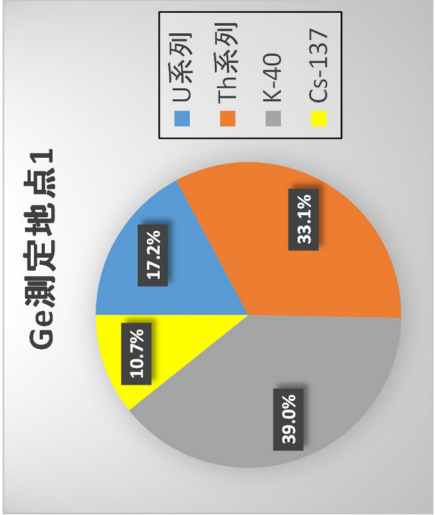


図 4-3-4 (2) Ge 検出器測定地点及び平均の核種組成比率
(太田市 ぐんまこどもの国)

表 4-3-6(3) 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		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 (%)
1	46.4	10.3	22.2	14.2	30.6	17.0	36.6	4.91	10.6
2	39.9	8.10	20.3	10.9	27.4	18.3	45.8	2.58	6.5
3	41.1	8.91	21.6	13.0	31.6	16.2	39.3	3.07	7.5
平均	42.5	9.10	21.4	12.7	29.9	17.1	40.4	3.52	8.3

* 重量緩衝深度 $\beta = 4.31 \text{ g/cm}^2$ を使用した。

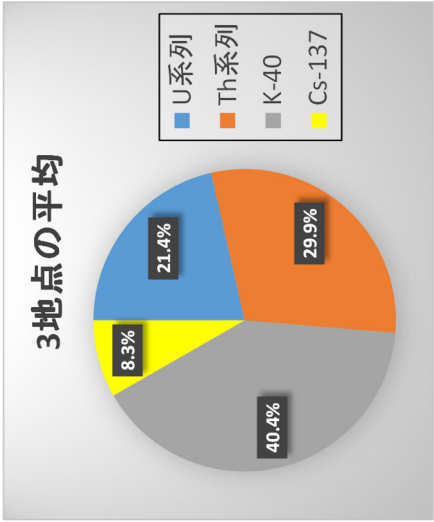
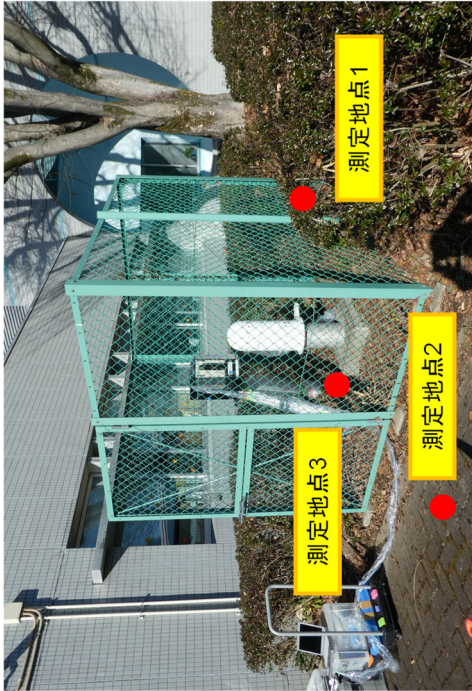


図 4-3-4(3) Ge 検出器測定地点及び平均の核種組成比率
(宇都宮市 子ども総合科学館)

5. 47 都道府県における放射能測定への補助

環境放射能水準調査（放射能測定）事業にて沖縄県及び香川県が実施している放射能分析について、ゲルマニウム半導体検出器の故障及び修繕により調査を実施できなくなったため、日本分析センターで代理測定を行った。測定結果は両県に報告した。

代理測定の対象は以下の 7 試料である。

試 料 名			数 量
沖 縄 県	降 下 物	4 月 分	1
		5 月 分	1
香 川 県	降 下 物	11 月 分	1
		12 月 分	1
	大 気 浮 遊 じ ん	10～12 月 分	1
	野 菜 類	ダイコン	1
		ホウレンソウ	1
合 計			7

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 5 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 トリチウム研究センター 次長 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 ユニットリーダー
飯本 武志	東京大学 環境安全本部 教授
高橋 和紀	北海道原子力環境センター 所長
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 名誉教授
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 上級主任研究員
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 主幹研究員
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 アイソトープ部研究開発課 課長

6.2 委員会開催日と議題

令和5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5年度 第1回環境放射能水準調査検討委員会

1. 日時 令和5年6月26日(月) 13:30~16:00

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
	高橋 和紀	北海道原子力環境センター
	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
	脇谷 雄一郎	公益社団法人日本アイソトープ協会
委託元	竹本 亮	原子力規制庁監視情報課放射線環境対策室
	伊藤 克秀	同上
	須藤 貴史	同上
	鎌田 直	同上
事務局	川原田、磯貝、金子、新田、王、大槻、檜原、阿部、豊岡、丹、杉山、西森、日比野、石原、江	

3. 議題

(1) 令和5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) その他

4. 配付資料

水準 1-1 令和5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5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5年度)

水準 1-3-2 環境放射能水準調査の充実化のための提案

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

参考資料 2 環境放射能水準調査におけるトリチウム用月間降水の採取地点の見直しについて

(2) 令和 5 年度 第 2 回環境放射能水準調査検討委員会

1. 日時 令和 5 年 12 月 4 日 (月) 13 : 30～15 : 50

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
	高橋 和紀	北海道原子力環境センター
	廣瀬 勝己	元 気象研究所
	古川 雅英	琉球大学
	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
	相川 輝充	同上
事務局	川原田、磯貝、太田、新田、大槻、阿部 (剛)、檜原、豊岡、丹、鈴木、石原、日比野、江	

3. 議題

- (1) 令和 5 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 5 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
- (4) 大容量エアサンプラ (Snow White) で採取された大気浮遊じん試料の Pu 同位体比
- (5) その他

4. 配付資料

水準 2-1	令和 5 年度第 1 回環境放射能水準調査検討委員会議事録
水準 2-2	令和 5 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 5 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	大容量エアサンプラ (Snow White) を用いた Na-22 の大気中濃度測定

5. 投影資料

水準 2-5	大容量エアサンプラ (Snow White) で採取された大気浮遊じん試料の Pu 同位体比について
--------	--

6. 参考資料

参考資料 1 令和 5 年度環境放射能水準調査委託実施計画書

参考資料 2 R. Kierepko et al. (2016), Plutonium isotopes in the atmosphere of Central Europe, Science of the Total Environment

(3) 令和 5 年度 第 3 回環境放射能水準調査検討委員会

1. 日時 令和 5 年 3 月 7 日 (木) 13 : 30 ~ 16 : 40

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	高橋 和紀	北海道原子力環境センター
	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
	伊藤 克秀	同上
	須藤 貴史	同上
	田中 宏樹	同上
事務局	日本分析センター	
	川原田、磯貝、岸本、太田、王、田中、大槻、佐野、阿部、	
	檜原、丹、石原、吉田、脇田、日比野、富川、新田	

3. 議題

(1) 令和 5 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の充実化のための提案について

(3) 環境放射能水準調査委託実施計画書(案)について

(4) その他

4. 配付資料

水準 3-1	令和 5 年度第 2 回環境放射能水準調査検討委員会議事録
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 環境放射能水準調査の充実化のための提案
 (トリプル四重極 ICP-MS による ^{135}Cs 分析の検討)
- 水準 3-15 委託業務報告書 目次案
- 水準 3-16-1 環境放射能水準調査委託実施計画書 (令和 5 年度)
- 水準 3-16-2 「環境放射能水準調査委託実施計画書 (案)」の変更箇所
- 水準 3-17 大容量エアサンプラ (Snow White) で採取された大気浮遊じん
 試料の Pu 同位体比について

5. 参考資料

- 参考資料 1 OBT/TFWT 比による評価について

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6年3月15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5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(^3H 、 ^{90}Sr 、 Pu))
3. 空間放射線測定
4. 自治体からの2件の発表（青森県、埼玉県）

第2部 特別講演

リスクコミュニケーション ―放射線のリスクをどう伝える―

◇国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 小野田 眞 氏

8. 精度管理の強化

8.1 IAEA が実施する技能試験への参加

分析、測定の精度管理の一環として IAEA が実施する技能試験に参加し、国際的な視点において分析技術を客観的に評価し、環境放射能水準調査の精度管理を行った。

(1) 技能試験参加実績

本年度参加した技能試験は次のとおり。

- 1) IAEA-TERC-2023-01 World Wide Proficiency Test
- 2) IAEA-TERC-2023-02 ALMERA Proficiency Test
- 3) IAEA-RML-2023-01 Proficiency Test

(2) 技能試験実施内容

- 1) IAEA-TERC-2023-01 World Wide Proficiency Test

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
Sample 01	Spiked water	γ 線放出核種、全 α 、全 β 、 H-3、U 同位体
Sample 02	Spiked water	γ 線放出核種、全 α 、全 β 、 Sr-90、Ra-226 と子孫核種
Sample 04	Japanese Soil	γ 線放出核種
Sample 05	Simulated contaminated surface sample (purple)	γ 線放出核種、Sr-90
Sample 06	Simulated contaminated surface sample (blue)	γ 線放出核種
Sample 07	Simulated contaminated surface sample (magenta)	Sr-90

② 評価結果

IAEA から分析機関ごとの個別報告書 (Individual Evaluation Report) が送付された。個別報告書については、参考資料 4.1 に示す。この技能試験では、分析結果を正確さ (Accuracy)、精密さ (Precision) について評価し、最終的に総合評価 (Final Score) として、満足は「Accepted」、疑わしいは「Warning」、不満足は「Not accepted」を示している。今回の技能試験では、Sample 01 の Am-241 と全 β 分析以外について「Accepted」であった。

2) IAEA-TERC-2023-02 ALMERA Proficiency Test

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
Sample 01	Spiked water	γ 線放出核種、全 α 、全 β 、 H-3、U 同位体
Sample 02	Spiked water	γ 線放出核種、全 α 、全 β 、 Sr-90、Ra-226 と子孫核種
Sample 04	Japanese Soil	γ 線放出核種
Sample 05	Simulated contaminated surface sample (purple)	γ 線放出核種、Sr-90
Sample 06	Simulated contaminated surface sample (blue)	γ 線放出核種
Sample 07	Simulated contaminated surface sample (magenta)	Sr-90

② 評価結果

IAEA から分析機関ごとの個別報告書 (Individual Evaluation Report) が送付された。個別報告書については、参考資料 4.2 に示す。この技能試験では、分析結果を正確さ (Accuracy)、精密さ (Precision) について評価し、最終的に総合評価 (Final Score) として、満足は「Accepted」、疑わしいは「Warning」、不満足は「Not accepted」を示している。今回の技能試験では、Sample 01 の全 β 分析以外について「Accepted」であった。

3) IAEA-RML-2023-01 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
Sea water	H-3、Sr-90、Ba-133、Cs-134、Cs-137、未知の γ 線放出核種 (Mn-54、Co-57)

② 評価結果

IAEA から分析機関ごとの個別報告書 (Individual Evaluation Report) が送付された。個別報告書については、参考資料 4.3 に示す。この技能試験では、分析結果を正確さ (Accuracy)、精密さ (Precision)、真度 (Trueness) について評価し、最終的に総合評価 (Final Score) として、満足は「Accepted」、疑わしいは「Warning」、不満足は「Not accepted」が示される。今回の技能試験では、全ての項目について「Accepted」であった。

8.2 IAEA-ALMERA 年次会合の参加

IAEA ALMERA が主催する Coordination Meeting にオンラインで参加した。JCAC からは ALPS 処理水の放出に関する海域モニタリングの現状についての報告を行った。

(1) 開催期間

2023 年 11 月 14 日～11 月 17 日 (4 日間)

(2) 内容

- ・ 2023 年技能試験解析結果の報告
- ・ 分析法の開発の現状と今後の計画
- ・ 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。（下表参照）

2023 年度は新たに「大容量エアサンプラ (SNOW WHITE) を用いた Na-22 の大気中濃度測定」の提案を行った。また、6 件の提案について調査を開始または調査内容の強化を行っており、このうちの 5 件については 2. 調査結果においてそれぞれ報告を行った。ここでは次の 1 件の提案について報告する。

⑥ICP-MS/MS を利用した長半減期核種の分析

また、2024 年度からの調査開始を計画している次の 1 件の提案については先行して現状調査を開始したので、併せて報告する。

⑱大容量エアサンプラ (SNOW WHITE) を用いた Na-22 の大気中濃度測定

表 環境放射能水準調査の充実化のための提案

提案の背景等	提案内容	実績と計画			
		2022	2023	2024	2025 以降
放射性核種の 移行と循環	①トリチウム調査の拡大（海水）	●3地点	●15地点		
	②トリチウム調査の拡大（大気）	●千葉市			
	③トリチウム調査の拡大（月間降水）		● 地点追加		
	④ ¹⁴ C調査の拡大（ブルーカーボン）				●
	⑤ ¹²⁹ I調査の拡大（海水等）	●			
	⑥ICP-MS/MSを利用した長半減期核種の分析		●	●	●
	⑦安定同位体比等を用いた評価手法の高度化				●
	⑱大容量エアサンプラ (SNOW WHITE) を用いたNa-22の大気中濃度測定			●	
国外からの 影響評価	⑧SAUNA cubeによる放射性キセノン同位体観測の強化				●
自然起源放射性 物質 (NORM)	⑨自然放射性核種水準調査の再開				●
精度管理の改善	⑩福島県下における空間放射線量率測定の品質保証	●	●	●	●
	⑪福島県内に設置された可搬型モニタリングポストの更新	●	●	●	●
	⑫試料分割法の改良に関する提案		●	●	●
分析の高度化と 自動化	⑬大容量エアサンプラによる試料採取の充実化				●
	⑭γ線スペクトロメトリーにおける検出下限値の低減化	●			
	⑮福島県下における空間放射線量率測定データ評価手法の高度化				●
	⑯大型水盤を用いた検出下限値の低減化				●
	⑰小麦の放射能分析				●

9.1 ICP-MS/MS を利用した長半減期核種の分析

(1) 概要

東京電力福島第一原発事故により放出された放射性セシウム (^{134}Cs , ^{135}Cs , ^{137}Cs など) のうち、半減期が比較的短い ^{134}Cs が検出され難くなった。 $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比は起源の推定に有効であるが、長半減期核種である ^{135}Cs においても $^{135}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 同位体比による事故の影響評価は可能である。

^{135}Cs は β 線放出核種であるが、 ^{137}Cs との分離は困難であり、長半減期核種であることから質量分析が有利である。そこで、 ^{134}Cs に代わる指標として ^{135}Cs を用いることを目的に、トリプル四重極 ICP 質量分析計 (ICP-MS/MS) を用いた ^{135}Cs 放射化学分析の検討を行った。

(2) 国内調査

検討に先立ち、 ^{135}Cs 分析の経験が豊富である、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 (QST) の鄭博士を訪問し、ICP-MS/MS による ^{135}Cs 分析について情報収集した (訪問日: 2024 年 4 月 24 日(月))。

鄭博士の検討された化学分離手順¹⁾を図 9-1-1 に示す。脱溶媒装置 APEX (図 9-1-2) を用いた APEX-ICP-MS/MS システムにより $^{135}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 同位体比を測定する。分析の妥当性は、標準物質の分析を行い、 $^{135}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 同位体比を文献値と比較することで確認した。ICP-MS による同位体分析で問題となる質量差別効果については、表面電離型質量分析装置 (TIMS) で得た文献値との比較により、補正なしでよいと判断している。

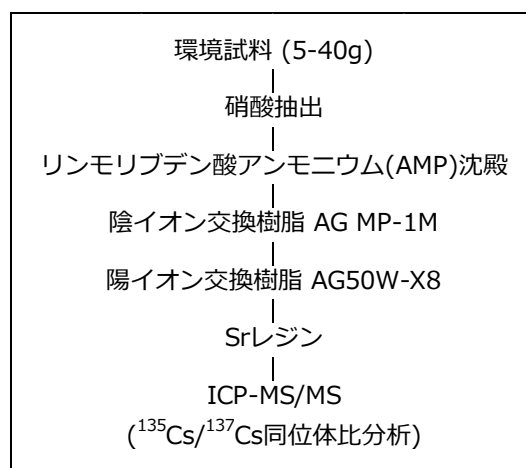


図 9-1-1 QST 鄭先生の分析フロー



図 9-1-2 QST 所有の脱溶媒装置 (APEX)

(3) 検討実験

QST 鄭博士の方法をもとに、検討実験の分析フローを構築した (図 9-1-3)。 ^{135}Cs 定量の流れは次の通りである。土壌の ^{137}Cs 放射能濃度を測定 (Ge 半導体検出器) 後、化学分離により Cs を精製する。ICP-MS/MS により $^{135}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 同位体比を測定後、Ge の ^{137}Cs 放射能濃度結果を用い ^{135}Cs 濃度を算出する。参考として、抽出液及び精製後試料の ^{133}Cs (安定 Cs) を測定し、化学分離の回収率を算出する。 ^{135}Cs 測定において妨害となる Ba は、化学分離による除去及び ICP-MS/MS のコリジョン・リアクションセルにおける N_2O (酸化二窒素) ガスとの反応による除去を行う。

土壌試料の検討を行った結果、 ^{133}Cs 化学分離の回収率は 80-100 %と良好であったが、Ba 除染係数が文献値¹⁾より 1 桁低く、 ^{135}Cs 測定への妨害がみられる結果となった。一方、脱溶媒装置を用いた ICP-MS/MS 測定においては、 $^{133}\text{Cs}/^{135}\text{Ba}$ 感度比 (値が高いほど Ba がよく除去され、Cs の感度が高いことを示す) が文献¹⁾より高く、かつ ^{133}Cs 感度が同等である良好な結果を得た。

今後の改善すべき課題は、化学分離における Ba 除染係数の改善である。加えて、Ba 以外の測定妨害元素である Mo, Sn, Sb についても除染係数を確認する必要がある。分析法が確立した後、 ^{134}Cs に代わる指標として ^{135}Cs の評価を行っていく。

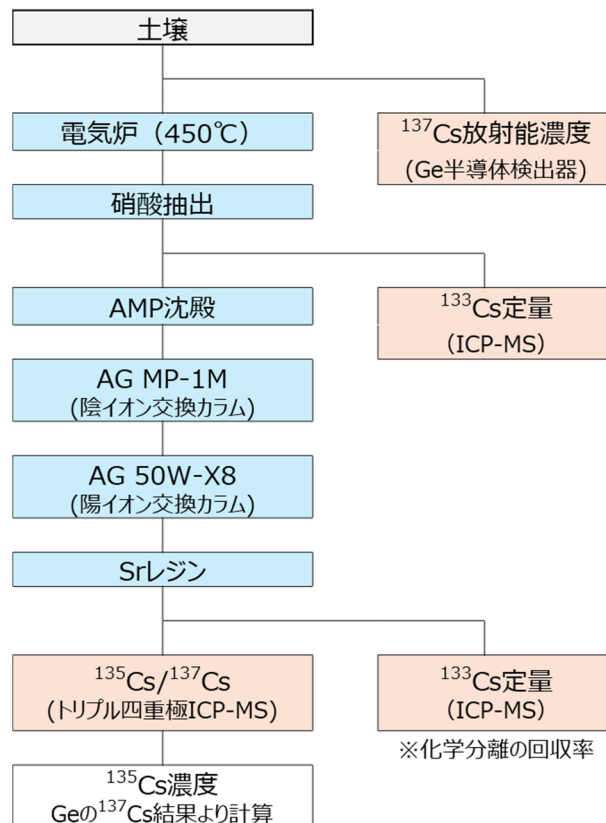


図 9-1-3 分析センターにおける ^{135}Cs 分析検討フロー

(4) 参考文献

- 1) Jian Zheng, et al., *Anal. Chem.* **2016**, 88, 8772-8779.

9.2 大容量エアサンプラ (SNOW WHITE) を用いた ^{22}Na の大気中濃度測定

(1) 概要

地球に降り注ぐ宇宙線が大気中の成分と破碎反応を起こすことによって ^7Be (半減期 53.2 日) および ^{22}Na (半減期 2.60 年) 等の放射性核種が生成され、地上に降下する。これら半減期の異なる宇宙線由来の放射性核種を観測することで、成層圏と対流圏間の大気交換など詳細な大気循環解析が可能となる。

大気中の濃度が ^7Be に比べてかなり低い ^{22}Na は通常の大気浮遊じんの測定では観測できなかったが、吸引量の大きい大容量エアサンプラ (SNOW WHITE) を用いることで観測が可能となったことから、その結果について報告する。

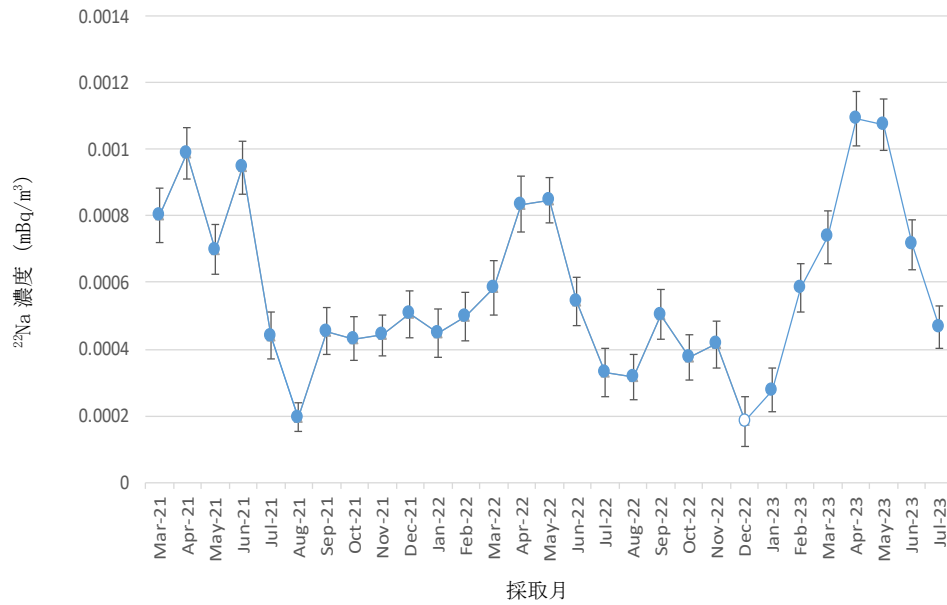
(2) 方法

千葉市において、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。週単位ごとに Ge 半導体検出器を用いた γ 線スペクトロメトリーを実施したのち、月単位ごとに試料をまとめて均質化した。月単位の試料全量を V9 容器に詰め、再度 γ 線スペクトロメトリーを実施し、月単位 ^{22}Na 濃度を定量した。

(3) 結果

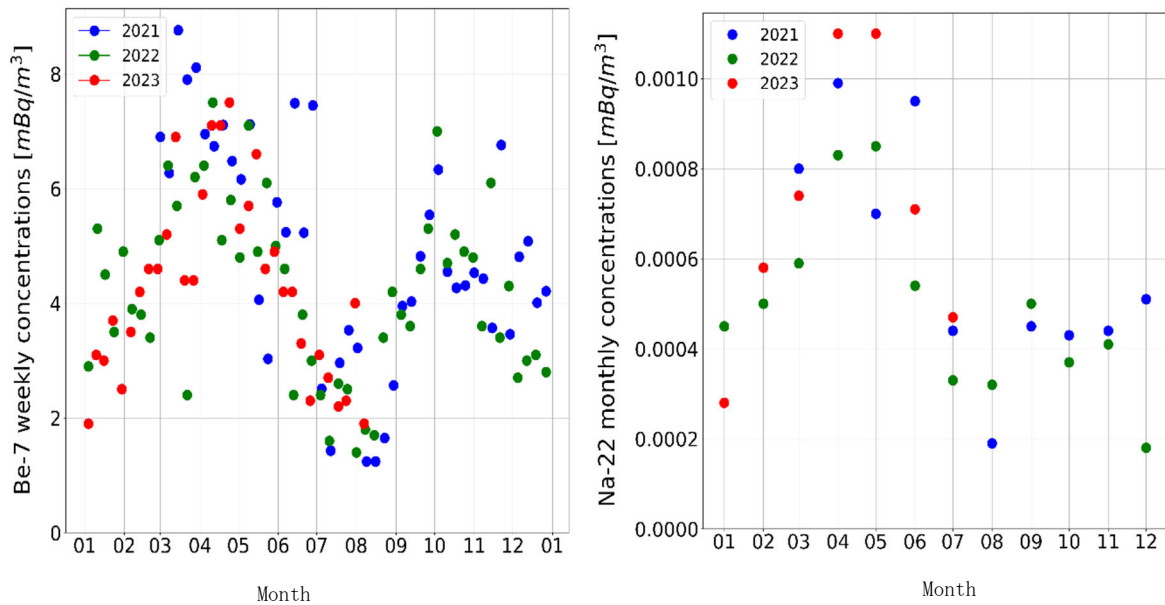
2021 年 3 月から 2023 年 7 月までの月単位 ^{22}Na 濃度を図 9-2-1 に示す。その結果、千葉市における大気中 ^{22}Na 濃度は春に極大となる傾向を示した。また、図 9-2-2 はそれぞれ週単位 ^7Be 濃度、月単位 ^{22}Na 濃度を月毎にプロットしたものである。 ^7Be については、春 (3 月～5 月) および秋 (9 月～11 月) に極大、夏 (6 月～8 月) に極小となる 1 年間でダブルピークの季節変動となり、一方の ^{22}Na については春 (3 月～5 月) に極大、夏 (6 月～8 月) に極小となるシングルピークの季節変動を示している。さらに、図 9-2-3 は月単位 $^7\text{Be}/^{22}\text{Na}$ 放射能比を表しており、4 月～7 月に極小となる季節変動となった。

^{22}Na の季節変動は大気圏内核実験時の人工放射性核種の挙動、評価において重要な情報となるため引き続き検討をし、環境放射能水準調査の拡充を目指す。



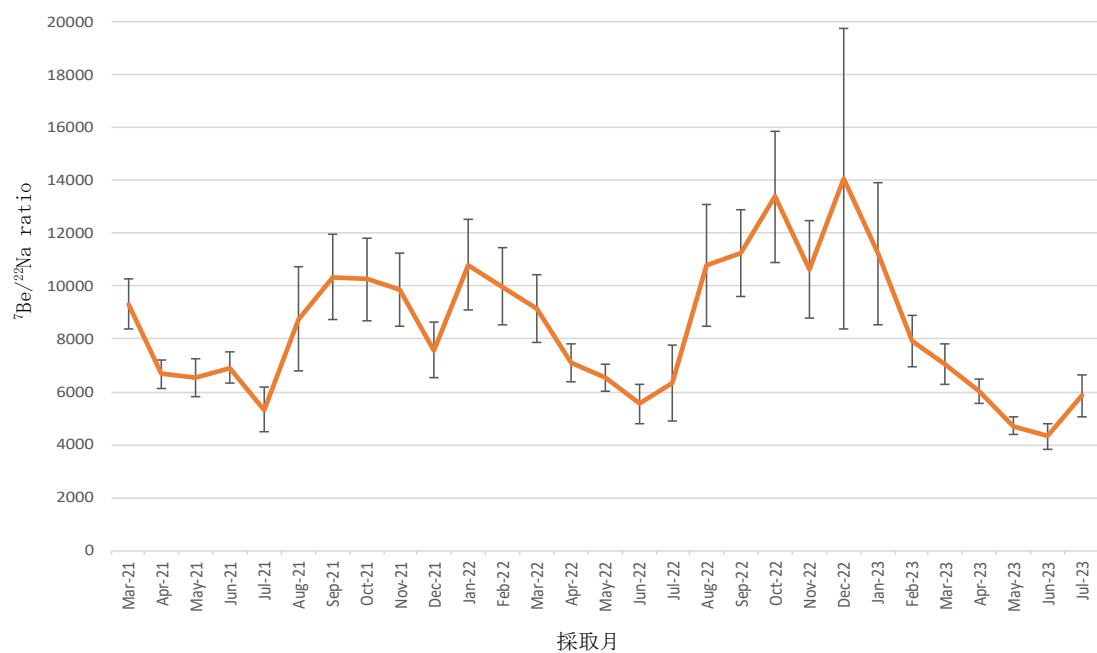
※エラーバーは、計数誤差を示す。

図 9-2-1 2021 年 3 月から 2023 年 7 月までの月単位 ²²Na 濃度（千葉市）



※両核種とも 2021 年 3 月から 2023 年 7 月までの期間である。

図 9-2-2 週単位 ⁷Be 濃度（左図）及び月単位 ²²Na 濃度（右図）



※エラーバーは、両核種の計数誤差の比から評価した誤差を示す。

図 9-2-3 月単位 ${}^7\text{Be}/{}^{22}\text{Na}$ 濃度比



この印刷物は、印刷用の紙へ
リサイクルできます。