

平成28年度  
原子力施設等防災対策等委託費  
(環境放射能水準調査(放射能分析))  
事業報告書

平成29年3月

公益財団法人 日本分析センター

本報告書は、原子力規制委員会 原子力規制庁の平成28年度原子力施設等防災対策等委託費事業における委託業務として、公益財団法人 日本分析センターが実施した平成28年度「環境放射能水準調査（放射能分析）」の成果を取りまとめたものである。

## 目 次

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 1. 調査概要                     | 1   |
| 2. 調査結果                     | 4   |
| 2.1 全ベータ放射能測定               | 4   |
| 2.2 ガンマ線放出核種の測定             | 6   |
| 2.3 トリチウム分析                 | 17  |
| 2.4 ストロンチウム 90 分析           | 21  |
| 2.5 プルトニウム分析                | 31  |
| 2.6 ヨウ素 129 分析              | 38  |
| 2.7 炭素 14 分析                | 47  |
| 2.8 大気中の放射性希ガス濃度測定          | 49  |
| 2.9 福島県下における環境放射能調査         | 54  |
| 2.9.1 環境試料の調査               | 54  |
| 2.9.2 空間線量の調査               | 56  |
| 3. 分析法及び妥当性の確認              | 115 |
| 3.1 全ベータ放射能測定               | 115 |
| 3.2 ガンマ線放出核種の測定             | 116 |
| 3.3 トリチウム分析                 | 118 |
| 3.4 ストロンチウム 90 分析           | 120 |
| 3.5 プルトニウム分析                | 125 |
| 3.6 ヨウ素 129 分析              | 126 |
| 3.7 炭素 14 分析                | 129 |
| 3.8 大気中の放射性希ガス濃度測定          | 132 |
| 3.9 福島県下における環境放射能調査         | 149 |
| 3.9.1 環境試料の調査               | 149 |
| 3.9.2 空間線量の調査               | 151 |
| 4. 環境放射能水準調査における精度管理の取組について | 160 |
| 4.1 空間線量率測定に係る精度管理          | 160 |
| 4.2 相互比較分析の実施               | 176 |
| 5. 環境放射能水準調査検討委員会           | 181 |
| 5.1 委員会構成                   | 181 |
| 5.2 委員会開催日と議題               | 181 |



## 1. 調査概要

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

実施した調査の内容を以下に示す。

### ① 全ベータ放射能測定

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

### ② ガンマ線放出核種の測定

分析センター（千葉市）で、毎月採取した大気浮遊じん及び降下物について、ゲルマニウム半導体検出器によりガンマ線放出核種を測定した。なお、大気浮遊じんについては、別途大容量エアサンプラを用いて採取（週 2 回）を行い、ゲルマニウム半導体検出器によりガンマ線放出核種を測定した。また、分析センターが購入した粉乳についても、ガンマ線放出核種を測定した。

### ③ トリチウム分析

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

### ④ ストロンチウム 90 分析

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

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

### ⑤ プルトニウム分析

47 都道府県が平成 27 年度に採取した土壌について、アルファ線スペクトロメトリーによりプルトニウムを分析した。なお、プルトニウム放射能濃度が高い試料は同位体別に放射能濃度を求めた。さらに、 $^{241}\text{Am}$ 、 $^{242}\text{Cm}$  についての放射能濃度も求めた。

また、ガンマ線放出核種を測定済の大気浮遊じん（大容量エアサンプラ）に

ついてアルファ線スペクトロメトリーにより  $^{238}\text{Pu}$ 、 $^{239+240}\text{Pu}$  を分析、ICP 質量分析装置により  $^{239}\text{Pu}$ 、 $^{240}\text{Pu}$  を分析した。

⑥ ヨウ素 129 分析

北海道、秋田県及び千葉県で採取した土壌、牛乳、海藻、野菜について、加速器質量分析法 (AMS) により  $^{129}\text{I}$  の放射能濃度を測定した。また、分析センターで採取した大気浮遊じんについて  $^{129}\text{I}$  の分析を検討した。

⑦ 炭素 14 分析

北海道、秋田県及び千葉県で採取した大気中二酸化炭素 (夏季、冬季)、精米及び野菜について、加速器質量分析法 (AMS) により炭素の同位体比 ( $^{14}\text{C}/^{13}\text{C}$ ) を測定した。

⑧ 大気中の放射性希ガス濃度測定

札幌市、秋田市、千葉市及び三春町で捕集した大気について、ガスクロマトグラフにより  $^{85}\text{Kr}$  を分離し、ベータ線測定装置により測定した。なお、千葉市で捕集した大気は、 $^{135}\text{Xe}$  も測定した。

⑨ 福島県下における環境放射能調査

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

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

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

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

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

また、本調査の精度管理の強化の観点から、水準ポストの動作確認等に係る各種調査及び IAEA や近隣諸国の放射能分析研究機関とのクロスチェックを行った。

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

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



## 2. 調査結果

### 2.1 全ベータ放射能測定

#### (1) 概要

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

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

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

#### (2) 結果と考察

平成 28 年 3 月から平成 29 年 2 月までの定時降水の全ベータ放射能測定結果を図 2-1-1 に示す。また、この調査期間の最小値及び最大値並びに平成 23 年度から平成 27 年度までの結果と併せて表 2-1-1 に示す。

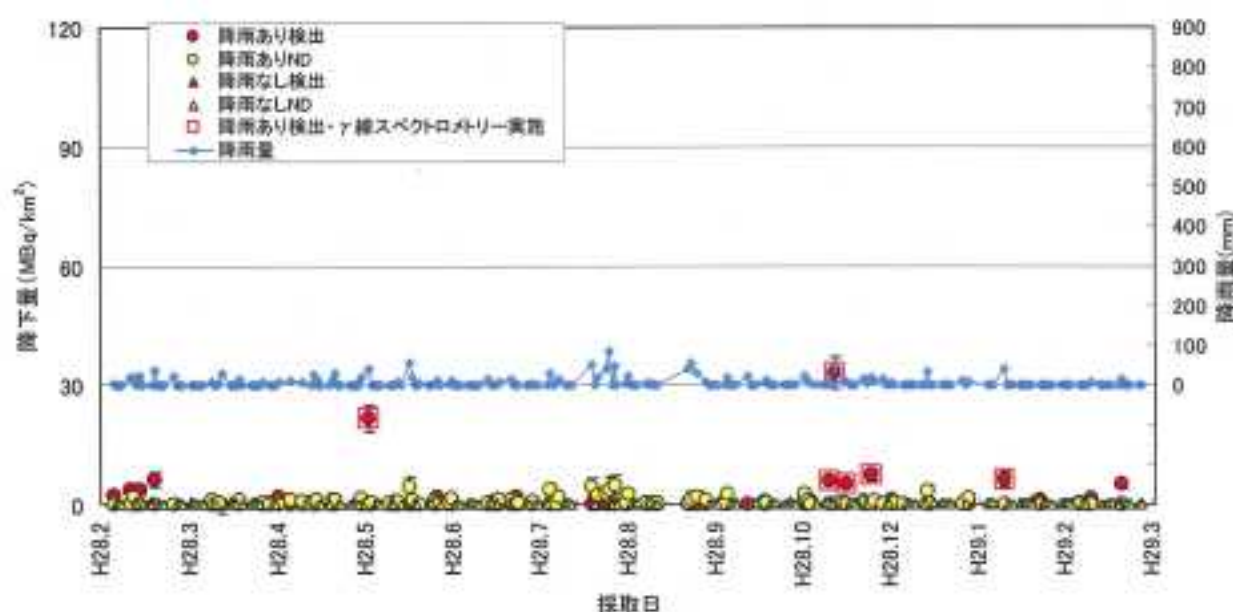


図 2-1-1 平成 28 年度の定時降水の全ベータ放射能測定結果



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<br>降雨あり | 検出数<br>降雨あり | 放射能濃度(Bq/L) | 降下量<br>(MBq/km <sup>2</sup> )<br>降雨あり |
|------|-----------|-------------|-------------|-------------|---------------------------------------|
| 28年度 | 28.3～29.2 | 90          | 28          | ND～0.92     | ND～33                                 |
| 27年度 | 27.3～28.2 | 90          | 28          | ND～1.4      | ND～11                                 |
| 26年度 | 26.3～27.2 | 92          | 35          | ND～1.1      | ND～14                                 |
| 25年度 | 25.3～26.2 | 79          | 45          | ND～1.6      | ND～90                                 |
| 24年度 | 24.3～25.2 | 87          | 44          | ND～2.1      | ND～21                                 |
| 23年度 | 23.3～24.2 | 79          | 73          | ND～5400     | ND～47000                              |

平成 28 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～0.92Bq/L、降下量が ND～33MBq/km<sup>2</sup>であり、過去 5 年間の調査結果の範囲内であった。

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

また、平成 28 年度の「降雨なし」の試料は、ND～1.3MBq/km<sup>2</sup>であった。

全ベータ放射能検出率（誤差の 3 倍以上を検出した日数を全試料数（日数）で除したもの）については、東京電力福島第一原子力発電所事故後の平成 23 年度に 81%まで上昇したが、平成 28 年度は 25%となった。

## 2.2 ガンマ線放出核種の測定

### 2.2.1 大気浮遊じん及び降下物

#### (1) 概要

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

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

#### 1) 大気浮遊じん

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

#### 2) 降下物

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

試料の測定については、文部科学省放射能測定法シリーズ 7「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」(平成 4 年改訂)に準じて、ガンマ線スペクトロメトリーを行い、核種ごとに放射能濃度を算出した。なお、測定時間は 70000 秒間以上とし、核データは原則として Evaluated Nuclear Structure Data File, NNDC, Brookhaven (2016 年 1 月) (<http://www.nndc.bnl.gov/ensdf/>) に従った。

#### (2) 結果と考察

大気浮遊じん中の <sup>7</sup>Be、<sup>134</sup>Cs 及び <sup>137</sup>Cs の分析結果(平均値、最小値及び最大値)を平成 23 年度から平成 27 年度までの結果と併せて表 2-2-1 に示す。

降下物中の <sup>7</sup>Be、<sup>134</sup>Cs 及び <sup>137</sup>Cs の分析結果(平均値、最小値及び最大値)を平成 23 年度から平成 27 年度までの結果と併せて表 2-2-2 に示す。

表 2-2-1 過去の調査結果との比較 (大気浮遊じん)

単位: mBq/m<sup>3</sup>

| 核 種               | 平均値、最小値、最大値 | 平成 23～平成 27 年度    | 平成 28 年度分析分          |
|-------------------|-------------|-------------------|----------------------|
| <sup>7</sup> Be   | 平均値         | 3.4               | 3.7                  |
|                   | 最小値～最大値     | 1.4 ～ 7.7         | 1.3 ～ 5.6            |
| <sup>134</sup> Cs | 平均値         | 6.1               | 0.0012               |
|                   | 最小値～最大値     | ND(-0.0057) ～ 360 | ND(-0.0039 ～ 0.0073) |
| <sup>137</sup> Cs | 平均値         | 5.9               | 0.0083               |
|                   | 最小値～最大値     | ND(0.00087) ～ 340 | ND(0.0036) ～ 0.019   |

表 2-2-2 過去の調査結果との比較 (降下物)

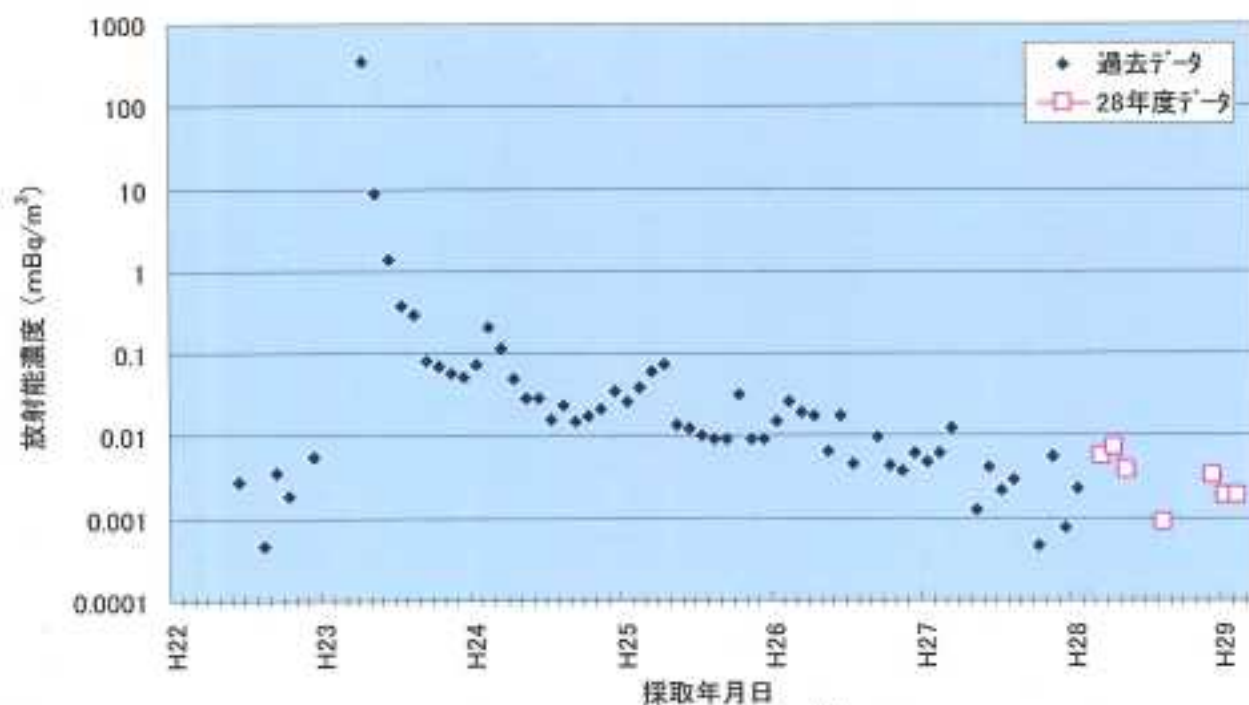
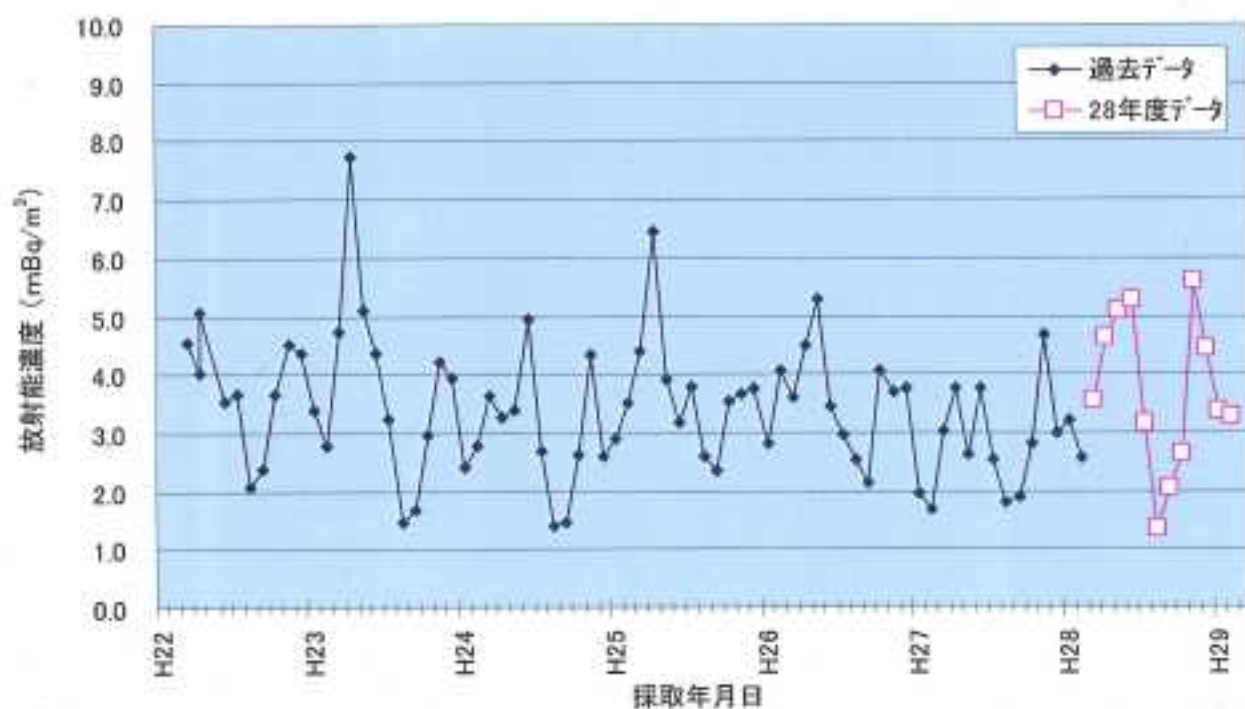
単位: MBq/km<sup>2</sup>

| 核 種               | 平均値、最小値、最大値 | 平成 23～平成 27 年度    | 平成 28 年度分析分 |
|-------------------|-------------|-------------------|-------------|
| <sup>7</sup> Be   | 平均値         | 100               | 98          |
|                   | 最小値～最大値     | 32 ～ 320          | 36 ～ 150    |
| <sup>134</sup> Cs | 平均値         | 250               | 0.25        |
|                   | 最小値～最大値     | ND(0.031) ～ 12000 | 0.12 ～ 0.43 |
| <sup>137</sup> Cs | 平均値         | 250               | 1.2         |
|                   | 最小値～最大値     | ND(0.014) ～ 11000 | 0.58 ～ 2.2  |

平成 28 年度における大気浮遊じん中の <sup>7</sup>Be 濃度は 1.3～5.6mBq/m<sup>3</sup>、<sup>134</sup>Cs 濃度は ND(-0.0039～0.0073mBq/m<sup>3</sup>)、<sup>137</sup>Cs 濃度は ND(0.0036)～0.019mBq/m<sup>3</sup>であった。<sup>7</sup>Be 濃度については、平成 23 年度から平成 27 年度までの調査結果と差は見られず、夏季に低くなる傾向が見受けられた。<sup>134</sup>Cs 及び <sup>137</sup>Cs については、平成 23 年 3 月以前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。特に、大気浮遊じん中の <sup>134</sup>Cs については、通常の測定方法では検出されない濃度レベルまで減少している。

平成 28 年度における降下物中の <sup>7</sup>Be 降下量は 36～150MBq/km<sup>2</sup>、<sup>134</sup>Cs 降下量は 0.12～0.43MBq/km<sup>2</sup>、<sup>137</sup>Cs 降下量は 0.58～2.2MBq/km<sup>2</sup>であった。<sup>7</sup>Be 降下量については、平成 23 年度から平成 27 年度までの調査結果と差は見られなかった。<sup>134</sup>Cs 及び <sup>137</sup>Cs については、平成 23 年 3 月以前は検出されたことはなく、<sup>134</sup>Cs/<sup>137</sup>Cs 放射能比の結果からも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。

平成 22 年度から平成 27 年度までの大気浮遊じん中の <sup>7</sup>Be、<sup>134</sup>Cs 及び <sup>137</sup>Cs 濃度比較図を図 2-2-1、図 2-2-2 及び図 2-2-3 に、降下物中の <sup>7</sup>Be、<sup>134</sup>Cs 及び <sup>137</sup>Cs 降下量比較図を図 2-2-4、図 2-2-5 及び図 2-2-6 に示す。



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



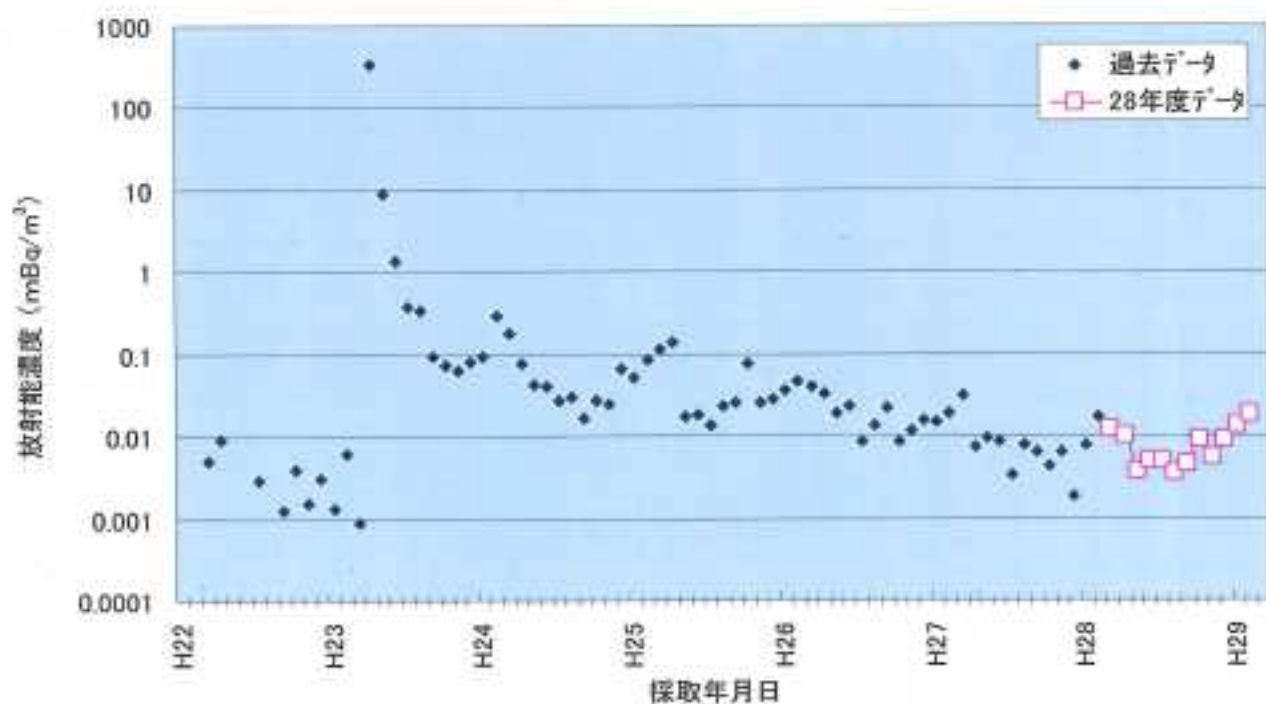


図2-2-3 大気浮遊じん中の $^{137}\text{Cs}$ 濃度

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

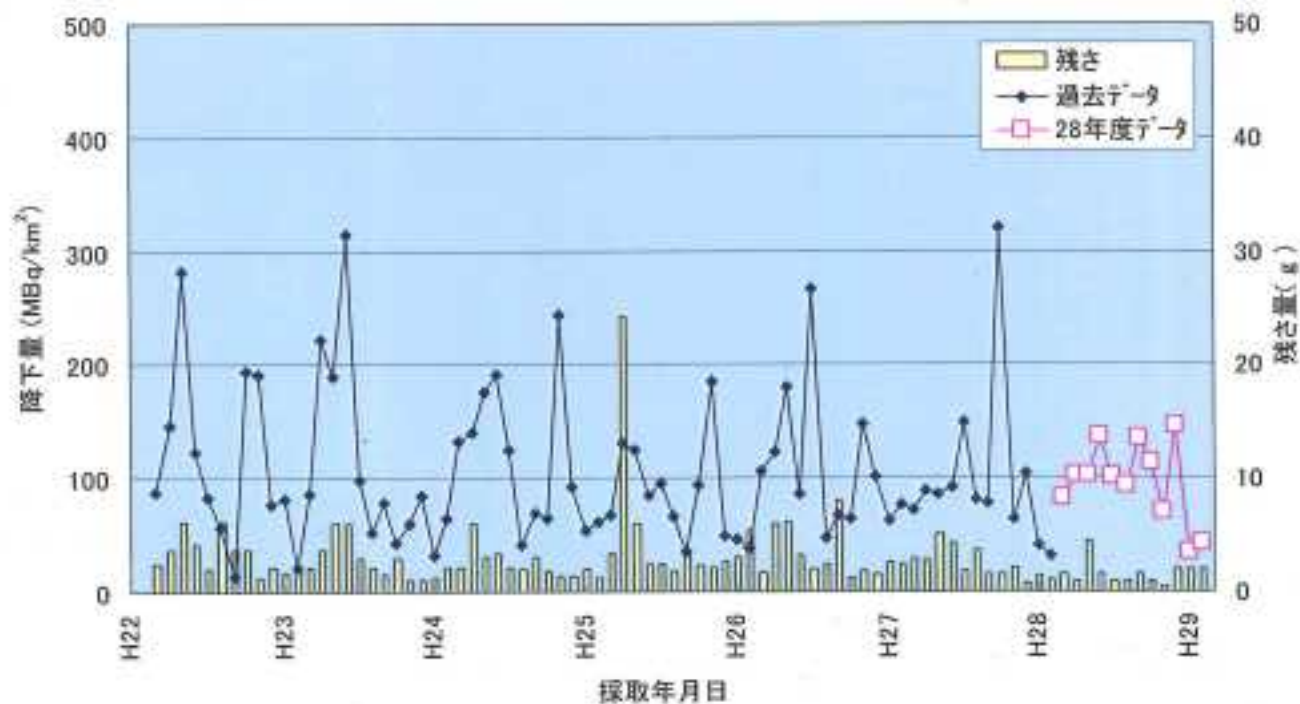


図2-2-4 降下物中の $^7\text{Be}$ 降下量

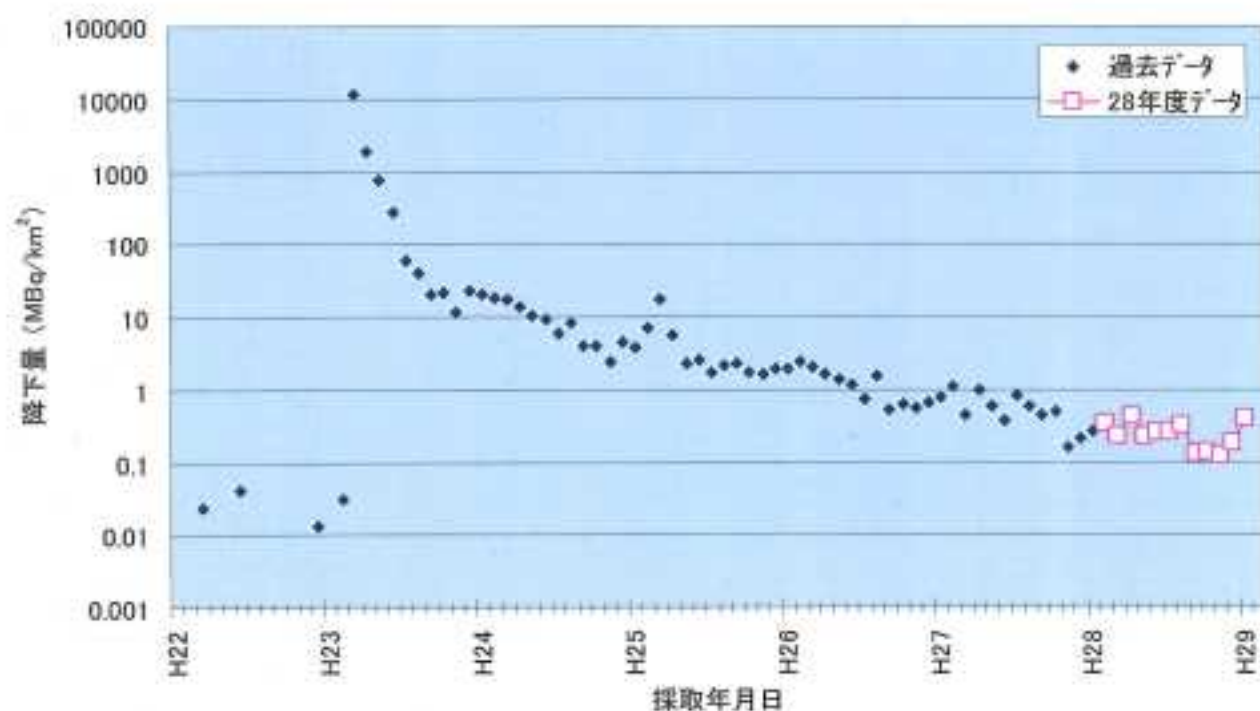


図2-2-5 降下物中の $^{134}\text{Cs}$ 降下量

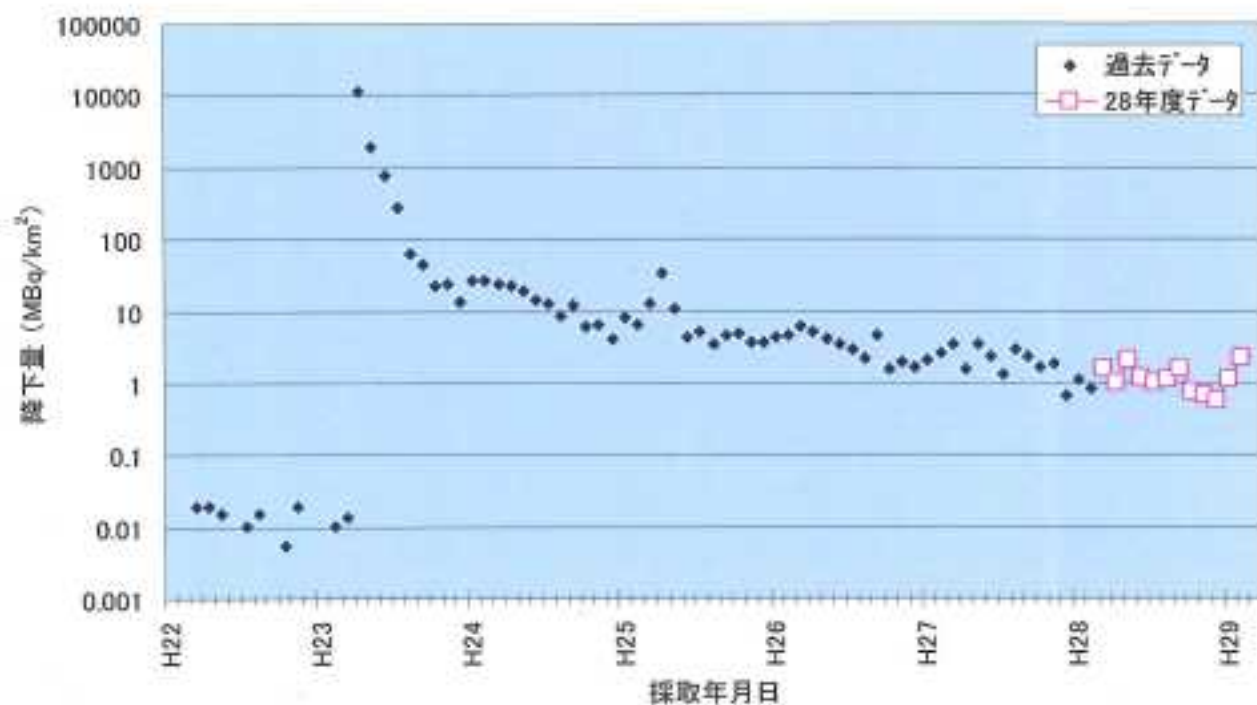


図2-2-6 降下物中の $^{137}\text{Cs}$ 降下量

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



## 2.2.2 大気浮遊じんの高感度分析

### (1) 概要

近年の大気浮遊じんの測定結果 ( $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ ) は不検出 (ND) となる場合が多く、環境放射能水準の定量的な把握ができない状況である。そこで、大容量エアサンプラ (Snow White) を用いて、大気試料の採取量を大幅に増やし、超低レベルの分析・測定を行った。

### (2) 試料の採取

大容量エアサンプラ (Snow White; 図 2-2-7 参照) にガラス繊維ろ紙 (570mm×460mm) を装着して、680m<sup>3</sup>/h の流量で約 3.5 日間の大気を連続吸引し、約 57000m<sup>3</sup> の大気浮遊じんをろ紙上に捕集した (図 2-2-8 参照)。捕集後のろ紙は専用のプレス機 (図 2-2-9 参照) で整形して、プラスチック製の測定容器に入れ測定試料とした。



図 2-2-7 大容量エアサンプラ



図 2-2-8 捕集後の大気浮遊じん



図 2-2-9 測定試料整形用のプレス機

### (3) 試料の測定

試料の測定については、文部科学省放射能測定法シリーズ 7「ゲルマニウム半導体検出器によるγ線スペクトロメトリー」（平成 4 年改訂）に準じて、ガンマ線スペクトロメトリーを行い、核種ごとに放射能濃度を算出した。なお、測定前に試料を 1 週間以上保管して、 $^{222}\text{Rn}$  からの壊変生成物等の減衰を待ってから測定を行った。測定時間は 70000 秒間以上とし、核データは原則として Evaluated Nuclear Structure Data File, NNDC, Brookhaven (2016 年 1 月) (<http://www.nndc.bnl.gov/ensdf/>) に従った。

### (4) 結果と考察

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

表 2-2-3 大容量エアサンプラによる調査結果

単位：mBq/m<sup>3</sup>

| 核 種               | 平均値、最小値、最大値    | 集じん期間<br>平成 28 年 2 月 1 日～平成 29 年 2 月 2 日 |
|-------------------|----------------|------------------------------------------|
| $^7\text{Be}$     | 平均値<br>最小値～最大値 | 4.3<br>1.1 ～ 11                          |
| $^{134}\text{Cs}$ | 平均値<br>最小値～最大値 | 0.0015<br>ND～0.0057                      |
| $^{137}\text{Cs}$ | 平均値<br>最小値～最大値 | 0.0068<br>0.0022～0.040                   |

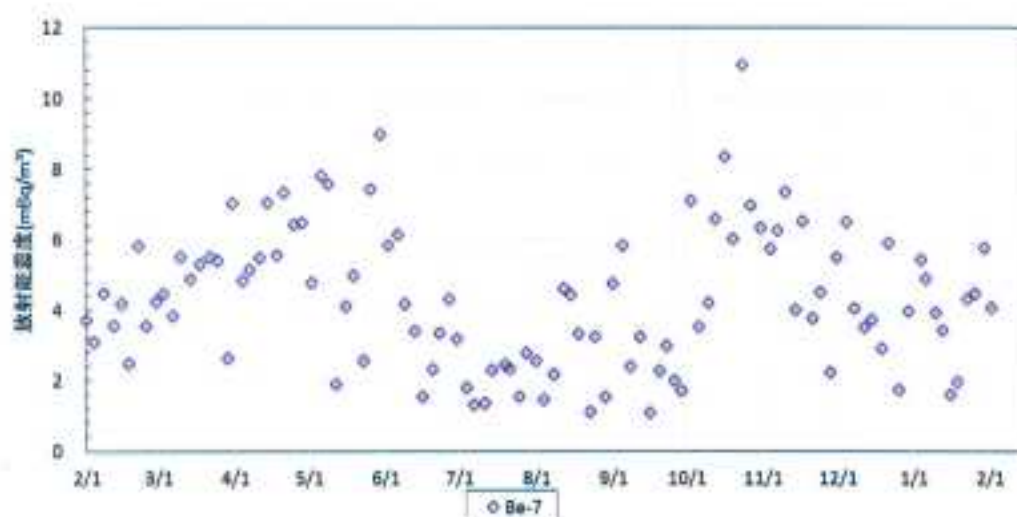


図 2-2-10 大気浮遊じん中の  $^7\text{Be}$  濃度

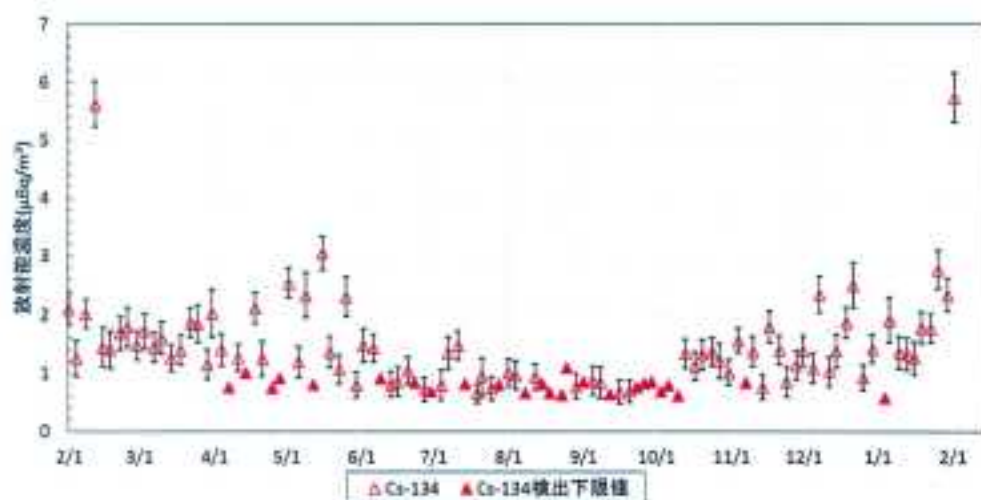


図 2-2-11 大気浮遊じん中の  $^{134}\text{Cs}$  濃度

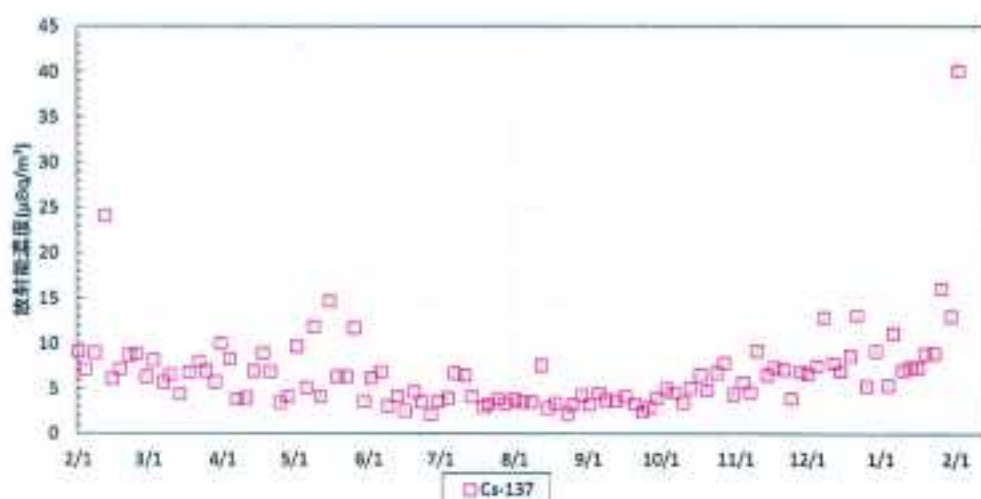


図 2-2-12 大気浮遊じん中の  $^{137}\text{Cs}$  濃度

大容量エアサンプラによる大気浮遊じん中の  $^7\text{Be}$  濃度は、 $1.1 \sim 11 \text{ mBq/m}^3$ 、 $^{134}\text{Cs}$  濃度は  $\text{ND} \sim 0.0057 \text{ mBq/m}^3$ 、 $^{137}\text{Cs}$  濃度は  $0.0022 \sim 0.040 \text{ mBq/m}^3$  であった。

表 2-2-1 に示したロウポリウムエアサンプラによる大気浮遊じんの調査結果と比較すると、ほぼ同程度の調査結果であったが、捕集期間が約 3.5 日と時間分解能に優れているため、短期的な変動を把握することが可能となり、結果として濃度の変動幅が広がっている。特にロウポリウムエアサンプラを用いての大気浮遊じんでは、 $^{134}\text{Cs}$  が平成 26 年 6 月以降不検出、 $^{137}\text{Cs}$  も平成 28 年度の大半の調査結果が不検出であったが、大容量エアサンプラによる調査結果は、大半の試料から  $^{134}\text{Cs}$  が検出され  $^{137}\text{Cs}$  は全ての試料から検出された。ロウポリウムエアサンプラと比較して、大気導入量を約 20 倍程度増やしたことにより、年々減少傾向を示して、不検出となりつつあった  $^{134}\text{Cs}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  を検出することが可能となった。しかしながら、一部の試料については  $^{134}\text{Cs}$  が不検出であった



あったことから、試料量を増やすなどして、定量的な把握をするための対策が必要であることも判明した。

平成 28 年 2 月（採取期間：平成 28 年 2 月 8 日～2 月 12 日）と平成 29 年 2 月（平成 29 年 1 月 30 日～2 月 2 日）に、数倍高い  $^{134}\text{Cs}$  濃度、 $^{137}\text{Cs}$  濃度が観測された。図 2-2-13 及び図 2-2-14 に、上記採取期間における風速と湿度の経時変化を示す。比較対照として、 $^{134}\text{Cs}$  が不検出であった採取期間（平成 28 年 12 月 30 日～平成 29 年 1 月 4 日）における風速と湿度の経時変化を図 2-2-15 に示した。



図 2-2-13 風速と湿度の経時変化  
(平成 28 年 2 月 8 日～2 月 12 日)



図 2-2-14 風速と湿度の経時変化  
(平成 29 年 1 月 30 日～2 月 2 日)

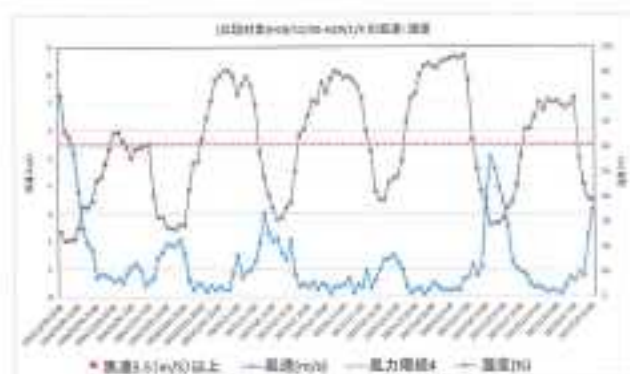


図 2-2-15 風速と湿度の経時変化（比較対照）  
(平成 28 年 12 月 30 日～平成 29 年 1 月 4 日)

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

図 2-2-13、図 2-2-14 及び図 2-2-15 より、 $^{134}\text{Cs}$  濃度及び  $^{137}\text{Cs}$  濃度が数倍高い採取期間において、風速が 5.5 m/秒（ビューフォート風力階級表における風力階級 4）以上の

時間帯が認められ、湿度も低い傾向が認められる。一方、比較対照として示した  $^{134}\text{Cs}$  が検出されなかった採取期間では、全体的に風速が低く、湿度が高い傾向を示していた。このことから、 $^{134}\text{Cs}$  濃度及び  $^{137}\text{Cs}$  濃度が高くなった原因として、湿度が低く、風速が高いことによる土壌からの舞い上がりによるものと推測することができる。



### 2.2.3 粉乳

#### (1) 概要

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

#### (2) 試料の内訳

ドライミルク・・・A社、B社、C社、D社

スキムミルク・・・B社、D社

#### (3) 結果

測定結果を表2-2-4に示す。

表 2-2-4 粉乳の測定結果

単位：Bq/kg

|        |                   | 今回の調査結果    | 参考① <sup>※1</sup> | 参考② <sup>※2</sup> |
|--------|-------------------|------------|-------------------|-------------------|
| 全体     | $^{137}\text{Cs}$ | 不検出 ～ 1.2  | 不検出 ～ 1.2         | 不検出 ～ 10          |
|        | $^{40}\text{K}$   | 150 ～ 540  | 140 ～ 510         | 150 ～ 490         |
|        | $^{134}\text{Cs}$ | 不検出 ～ 0.29 | 不検出 ～ 0.39        | 不検出 ～ 0.34        |
| ドライミルク | $^{137}\text{Cs}$ | 不検出 ～ 0.10 | 不検出 ～ 0.51        | 不検出 ～ 0.79        |
|        | $^{40}\text{K}$   | 150 ～ 240  | 140 ～ 220         | 150 ～ 200         |
|        | $^{134}\text{Cs}$ | 不検出        | 不検出               | 不検出               |
| スキムミルク | $^{137}\text{Cs}$ | 0.71 ～ 1.2 | 0.67 ～ 1.2        | 0.23 ～ 10         |
|        | $^{40}\text{K}$   | 500 ～ 540  | 420 ～ 510         | 420 ～ 490         |
|        | $^{134}\text{Cs}$ | 不検出 ～ 0.29 | 不検出 ～ 0.39        | 不検出 ～ 0.34        |

※1：平成25年度～平成27年度の粉乳を測定した結果である。

※2：環境放射線DBに登録されている全国の調査結果（平成23年度から平成27年度）である。

#### (4) まとめ

平成28年度に購入した粉乳及び脱脂粉乳の $^{137}\text{Cs}$ 濃度は、全国の測定結果や、平成25～27年度に購入した同一製品の測定結果と同程度であった。 $^{134}\text{Cs}$ 濃度は、スキムミルクの1試料で検出されたが、検出下限値と同程度であり、平成25～27年度に購入した同一製品の測定結果と同程度であった。

## 2.3 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3か所（むつ市、福島市、千葉市）に設置した降水採取装置を用いて、文部科学省放射能測定法シリーズ16「環境試料採取法」（昭和58年）に準じて1ヶ月毎に降水を採取した。採取場所の詳細を表2-3-1に示す。

分析は、文部科学省放射能測定法シリーズ9「トリチウム分析法」（平成14年改訂）の電解濃縮法に準じて行った。採取した試料から約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55 mLになるまで電解し、電解終了後、再び蒸留を行った。留出液50 mLと乳化シンチレータ（ULTIMA GOLD LLT、パーキンエルマー社製）50 mLを十分に振り混ぜ均質にし、低バックグラウンド液体シンチレーションカウンタ（LSC）によりトリチウム濃度を定量した。なお、採取した試料が600 mLに満たない場合は、採取した試料から約100 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を十分に振り混ぜ均質にし、低バックグラウンド液体シンチレーションカウンタ（LSC）によりトリチウム濃度を定量した。

表2-3-1 月間降水の採取場所

| 採取場所    | 機関                    | 採取器直径<br>[mm] |
|---------|-----------------------|---------------|
| 青森県 むつ市 | 日本分析センター<br>むつ分析科学研究所 | 213           |
| 福島県 福島市 | 福島県環境創造センター<br>福島支所   | 213           |
| 千葉県 千葉市 | 日本分析センター<br>千葉本部      | 200           |

#### (2) 結果と考察

平成28年2月から平成29年1月に3か所で採取された月間降水のトリチウム濃度を表2-3-2に、月間降下量（単位面積あたりのトリチウム量）を表2-3-3に示す。また、むつ市の月間降水中のトリチウム濃度及び月間降下量を図2-3-1に、福島市の月間降水中のトリチウム濃度及び月間降下量を図2-3-2に、千葉市の月間降水中のトリチウム濃度及び月間降下量を図2-3-3に示す。

千葉市で採取された月間降水のトリチウム濃度及び月間降下量は、平成23年3月に発生した東京電力福島第一原子力発電所事故の影響によるものと考えられる平成23年3月分の試料を除く過去5年間の調査結果と同程度であった。むつ市及び福島市については、平成27年12月から採取を開始したのでデータ数が少ないため、今後もデータを蓄積して傾向等を注視していく。

表 2-3-2 月間降水中のトリチウム濃度

単位: Bq/L

| 採取場所 | 平均値、最小値、最大値 | 平成 23～平成 27 年度 | 平成 28 年度  |
|------|-------------|----------------|-----------|
| むつ市  | 平均値         | —*1            | 0.50      |
|      | 最小値～最大値     |                | 0.15～0.83 |
| 福島市  | 平均値         | —*2            | 0.42      |
|      | 最小値～最大値     |                | 0.15～0.86 |
| 千葉市  | 平均値         | 0.33*3         | 0.27      |
|      | 最小値～最大値     | 0.11～0.69*3    | 0.15～0.41 |

表 2-3-3 月間降下量

単位: Bq/m<sup>2</sup>

| 採取場所 | 平均値、最小値、最大値 | 平成 23～平成 27 年度 | 平成 28 年度 |
|------|-------------|----------------|----------|
| むつ市  | 平均値         | —*1            | 48       |
|      | 最小値～最大値     |                | 22～72    |
| 福島市  | 平均値         | —*2            | 35       |
|      | 最小値～最大値     |                | 5.8～92   |
| 千葉市  | 平均値         | 36*3           | 32       |
|      | 最小値～最大値     | 9.3～170*3      | 9.1～61   |

\*1: むつ市の採取が平成 27 年 12 月 15 日からであるため省略。

\*2: 福島市の採取が平成 27 年 12 月 7 日からであるため省略。

\*3: 平成 23 年 3 月分を除く



図 2-3-1 月間降水中のトリチウム濃度及び降下量 (むつ市)





図 2-3-2 月間降水中のトリチウム濃度及び降下量（福島市）

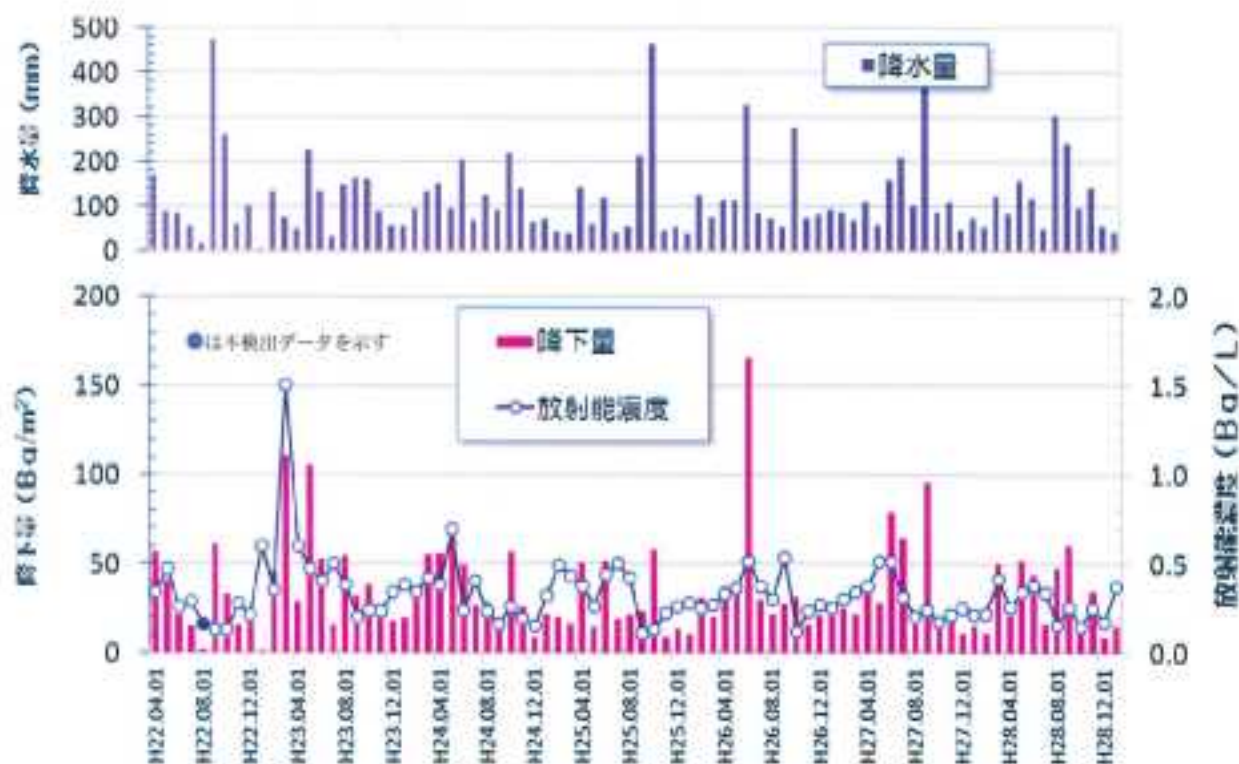


図 2-3-3 月間降水中のトリチウム濃度及び降下量（千葉市）

## 2.3.2 生物試料中のトリチウム分析

### (1) 概要

国内3地域（北海道、東北、関東）において、海藻、野菜及び精米をそれぞれ1試料ずつ採取し、組織自由水及び非交換型の有機結合同型トリチウムについて分析を行った。有機結合同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（有機結合同型トリチウム）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同型トリチウム試料とした。非交換型有機結合同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。留出液と乳化シンチレータを混合し、低バックグラウンド液体シンチレーションカウンタによりトリチウム濃度を定量した。組織自由水は還流及び蒸留を行った後、低バックグラウンド液体シンチレーションカウンタにより定量した。

### (2) 結果と考察

平成28年度に実施した調査結果を表2-3-4に示す。海藻、野菜及び精米の結果は種類毎に同程度の結果であり、昨年度までと同様に組織自由水に比べると非交換型有機結合同型トリチウムの方が同程度かやや低いと思われる結果であった。

また、組織自由水において野菜及び精米は、放射能濃度が北海道は僅かに高い傾向を示した。

表2-3-4 生物試料中のトリチウム調査結果

単位：Bq/L

| 試料名  | 採取地点 |           | 組織自由水       | 非交換型<br>有機結合同型トリチウム |
|------|------|-----------|-------------|---------------------|
| コブ   | 北海道  | 余市町       | < 0.37      | 0.37 ± 0.11         |
| アカモク | 秋田県  | 男鹿市船川港双六沖 | < 0.37      | < 0.32              |
| アラメ  | 千葉県  | 御宿漁港沖     | < 0.33      | < 0.34              |
| キャベツ | 北海道  | 恵庭市       | 0.75 ± 0.11 | 0.38 ± 0.10         |
|      | 秋田県  | 大仙市       | < 0.33      | < 0.32              |
|      | 千葉県  | 市原市       | < 0.32      | < 0.32              |
| 精米   | 北海道  | 石狩市       | 0.61 ± 0.13 | 0.32 ± 0.10         |
|      | 秋田県  | 山本郡三種町    | < 0.33      | 0.38 ± 0.11         |
|      | 千葉県  | 千葉市緑区     | < 0.34      | < 0.32              |

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



## 2.4 ストロニウム 90 分析

### (1) 概要

平成 27 年度に 47 都道府県の環境センター等が採取し、所定の前処理を施した後に分析センターが送付を受けた環境試料（大気浮遊じん、降下物、陸水、土壌、海水、海底土及び各種食品試料）及び分析センターが採取した大気浮遊じん、降下物試料並びに分析センターが購入した粉乳試料の  $^{90}\text{Sr}$  の分析結果を以下にまとめた。また、平成 28 年度に分析した環境試料（平成 28 年度に採取または受領した試料の一部）の結果は、参考資料に記載した。

#### 1) 分析対象試料

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

#### 2) 分析方法

文部科学省放射能測定法シリーズ 2「放射性ストロニウム分析法」（平成 15 年改訂）に準じた方法で行った。

### (2) 結果と考察

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

また、試料毎の過去 30 年の経年変化を図 2-4-1 に示す。

#### 1) 大気浮遊じん

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

$^{90}\text{Sr}$  : 0.00044 ( 0.00000 ~ 0.0062 ) MBq/m<sup>3</sup> n=204

#### 2) 降下物

47 都道府県及び分析センターにおける月間降下物

$^{90}\text{Sr}$  : 0.014 ( 0.0000 ~ 0.14 ) MBq/km<sup>2</sup> n=576

#### 3) 陸水

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

$^{90}\text{Sr}$  : 0.89 ( 0.069 ~ 2.6 ) MBq/L n= 57

淡水

$^{90}\text{Sr}$  : 1.2 ( 0.000 ~ 2.6 ) MBq/L n= 10

#### 4) 土壌

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

0 ~ 5 cm

$^{90}\text{Sr}$  : 38 ( 0.0 ~ 140 ) MBq/km<sup>2</sup> n= 49

1.3 ( 0.000 ~ 6.0 ) Bq/kg 乾土

5 ~ 20 cm

$^{90}\text{Sr}$  : 120 ( 0 ~ 520 ) MBq/km<sup>2</sup> n= 49

- 1.2 ( 0.000 ~ 6.1 ) Bq/kg 乾土
- 5) 精 米  
31 道県で年 1 回採取した試料  
 $^{90}\text{Sr}$  : 0.0048 ( 0.0000 ~ 0.016 ) Bq/kg 生 n= 31  
 0.11 ( 0.000 ~ 0.43 ) Bq/gCa
- 6) 野 菜 類  
40 道府県で年 1~2 回採取した試料 (根菜類、葉菜類)  
 根菜類 (主にダイコン)  
 $^{90}\text{Sr}$  : 0.036 ( 0.0000 ~ 0.14 ) Bq/kg 生 n= 41  
 0.20 ( 0.000 ~ 1.1 ) Bq/gCa  
 葉菜類 (主にホウレンソウ)  
 $^{90}\text{Sr}$  : 0.044 ( 0.0026 ~ 0.43 ) Bq/kg 生 n= 41  
 0.077 ( 0.0032 ~ 0.54 ) Bq/gCa
- 7) 茶  
10 府県で年 1~2 回採取した試料  
 $^{90}\text{Sr}$  : 0.21 ( 0.019 ~ 1.0 ) Bq/kg n= 19  
 0.097 ( 0.010 ~ 0.43 ) Bq/gCa
- 8) 牛乳 (原乳)  
37 都道府県で年 1~3 回採取した試料  
 $^{90}\text{Sr}$  : 0.0095 ( 0.0000 ~ 0.022 ) Bq/L n= 39  
 0.0088 ( 0.0000 ~ 0.020 ) Bq/gCa
- 9) 粉 乳  
分析センターが 2 道県で年 2 回購入した試料  
 $^{90}\text{Sr}$  : 0.067 ( 0.0000 ~ 0.22 ) Bq/kg 粉乳 n= 12  
 0.0080 ( 0.0000 ~ 0.019 ) Bq/gCa
- 10) 淡水産生物  
9 道府県で年 1 回採取した試料 (フナ、イワナ、アメリカナマズ、ニジマス、ワカサギ、コイ)  
 $^{90}\text{Sr}$  : 0.080 ( 0.0027 ~ 0.37 ) Bq/kg 生 n= 9  
 0.032 ( 0.0054 ~ 0.093 ) Bq/gCa
- 11) 海 水  
14 道府県で年 1~2 回採取した試料  
 $^{90}\text{Sr}$  : 0.99 ( 0.73 ~ 1.3 ) mBq/L n= 15
- 12) 海 底 土  
14 道府県で年 1~2 回採取した試料  
 $^{90}\text{Sr}$  : 0.074 ( 0.000 ~ 0.21 ) Bq/kg 乾土 n= 15
- 13) 海産生物  
24 都道府県で年 1~2 回採取した試料 (魚類、貝類、藻類)  
 魚 類  
 $^{90}\text{Sr}$  : 0.0056 ( 0.0000 ~ 0.022 ) Bq/kg 生 n= 22  
 0.017 ( 0.0000 ~ 0.18 ) Bq/gCa

## 貝 類

$^{90}\text{Sr}$  : 0.0065 ( 0.0000 ~ 0.011 ) Bq/kg 生 n= 12  
 0.016 ( 0.000 ~ 0.046 ) Bq/gCa

## 藻 類

$^{90}\text{Sr}$  : 0.017 ( 0.0034 ~ 0.038 ) Bq/kg 生 n= 12  
 0.020 ( 0.0025 ~ 0.043 ) Bq/gCa

平成 27 年度採取分における各種試料中の  $^{90}\text{Sr}$  濃度は、過去 5 年間(平成 22 年度から平成 26 年度まで)の調査結果とほぼ同程度であった。

ただし、以下に示す 25 試料では、過去 5 年間の最大値を超えたものの、過去 20 年間の変動の範囲内であった。

| 県名            | 試料         | $^{90}\text{Sr}$ 濃度 | 過去 5 年間の<br>$^{90}\text{Sr}$ 変動の範囲 | 過去 20 年間の<br>$^{90}\text{Sr}$ 変動の範囲 | 単位       |
|---------------|------------|---------------------|------------------------------------|-------------------------------------|----------|
| 島根            | 蛇口水        | $2.6 \pm 0.14$      | 1.4~2.3                            | 1.4~3.6                             | mBq/L    |
| 福島            | 土壌 0-5 cm  | $3.9 \pm 0.25$      | 1.5~3.5                            | 0.97~7.3                            | Bq/kg 乾土 |
| 広島            | 土壌 0-5 cm  | $0.42 \pm 0.081$    | ND~0.41                            | ND~0.83                             | Bq/kg 乾土 |
| 山口            | 土壌 0-5 cm  | $0.86 \pm 0.12$     | 0.60~0.84                          | 0.51~3.7                            | Bq/kg 乾土 |
| 大分            | 土壌 0-5 cm  | $1.7 \pm 0.17$      | 0.79~1.1                           | 0.79~2.9                            | Bq/kg 乾土 |
| 青森<br>(五所川原市) | 土壌 5-20 cm | $0.90 \pm 0.12$     | 0.56~0.81                          | 0.37~7.1                            | Bq/kg 乾土 |
| 福島            | 土壌 5-20 cm | $1.9 \pm 0.18$      | 0.97~1.5                           | 0.69~5.7                            | Bq/kg 乾土 |
| 岡山            | 土壌 5-20 cm | $0.63 \pm 0.10$     | 0.28~0.57                          | ND~0.77                             | Bq/kg 乾土 |
| 広島            | 土壌 5-20 cm | $0.99 \pm 0.12$     | 0.32~0.64                          | 0.31~1.9                            | Bq/kg 乾土 |
| 青森<br>(五所川原市) | ジャガイモ      | $0.029 \pm 0.0083$  | ND~0.026                           | ND~0.038                            | Bq/kg 生  |
| 岩手            | ダイコン       | $0.062 \pm 0.011$   | 0.026~0.055                        | 0.026~0.096                         | Bq/kg 生  |
| 富山            | ダイコン       | $0.066 \pm 0.011$   | ND~0.064                           | ND~0.12                             | Bq/kg 生  |
| 三重            | ダイコン       | $0.11 \pm 0.013$    | 0.031~0.066                        | ND~0.14                             | Bq/kg 生  |
| 鹿児島           | ダイコン       | $0.060 \pm 0.011$   | ND~0.030                           | ND~0.13                             | Bq/kg 生  |
| 岩手            | ハクサイ       | $0.087 \pm 0.012$   | 0.048~0.073                        | 0.048~0.14                          | Bq/kg 生  |



|     |         |              |            |           |          |
|-----|---------|--------------|------------|-----------|----------|
| 福井  | ホウレンソウ  | 0.080±0.012  | ND~0.058   | ND~0.10   | Bq/kg 生  |
| 愛知  | ホウレンソウ  | 0.037±0.0090 | ND~0.033   | ND~0.19   | Bq/kg 生  |
| 三重  | ホウレンソウ  | 0.039±0.0086 | ND~0.026   | ND~0.23   | Bq/kg 生  |
| 鹿児島 | ホウレンソウ  | 0.055±0.010  | ND~0.053   | ND~0.10   | Bq/kg 生  |
| 奈良  | 茶(やぶきた) | 0.26±0.036   | 0.093~0.24 | 0.093~1.0 | Bq/kg 乾物 |
| 奈良  | 茶(あさぎり) | 0.27±0.044   | 0.15~0.25  | 0.15~0.46 | Bq/kg 乾物 |
| 和歌山 | 茶       | 1.0±0.07     | 0.51~0.91  | 0.51~1.4  | Bq/kg 乾物 |
| 北海道 | 海水      | 1.2±0.17     | 0.84~1.1   | 0.84~2.0  | mBq/L    |
| 山形  | ワカメ     | 0.038±0.0091 | ND~0.031   | ND~0.049  | Bq/kg 生  |
| 石川  | ワカメ     | 0.022±0.0073 | ND         | ND~0.035  | Bq/kg 生  |

なお、福島県は、平成 27 年度の海産生物（魚類）を採取していない。

平成 28 年度採取試料のうち、平成 28 年度中に分析を行った各種試料中の  $^{90}\text{Sr}$  濃度は、過去 5 年間(平成 23 年度から平成 27 年度まで)の調査結果とほぼ同程度であった。

ただし、以下に示す 11 試料では、過去 5 年間の最大値を超えたものの、過去 20 年間の変動の範囲内であった。

| 県名 | 試料        | $^{90}\text{Sr}$ 濃度 | 過去 5 年間の<br>$^{90}\text{Sr}$ 変動の範囲 | 過去 20 年間の<br>$^{90}\text{Sr}$ 変動の範囲 | 単位       |
|----|-----------|---------------------|------------------------------------|-------------------------------------|----------|
| 福岡 | 源水        | 1.4±0.12            | 0.87~1.3                           | 0.87~2.1                            | mBq/L    |
| 宮城 | 蛇口水       | 0.77±0.089          | 0.69~0.70                          | 0.56~2.1                            | mBq/L    |
| 山梨 | 蛇口水       | 0.82±0.086          | 0.53~0.79                          | 0.53~1.4                            | mBq/L    |
| 宮城 | 土壌 0-5 cm | 2.2±0.18            | 0.99~1.6                           | 0.99~2.8                            | Bq/kg 乾土 |
| 大阪 | 土壌 0-5 cm | 0.37±0.077          | ND~0.33                            | ND~1.3                              | Bq/kg 乾土 |
| 岡山 | 土壌 0-5 cm | 0.80±0.11           | 0.57~0.78                          | ND~1.3                              | Bq/kg 乾土 |
| 広島 | 土壌 0-5 cm | 0.61±0.11           | ND~0.42                            | ND~0.83                             | Bq/kg 乾土 |
| 長崎 | 土壌 0-5 cm | 0.86±0.12           | 0.47~0.66                          | 0.47~3.0                            | Bq/kg 乾土 |



|                |            |                    |           |          |          |
|----------------|------------|--------------------|-----------|----------|----------|
| 広島             | 土壌 5-20 cm | $1.0 \pm 0.13$     | 0.32~0.99 | 0.31~1.9 | Bq/kg 乾土 |
| 三重<br>(多気郡大台町) | 茶          | $0.23 \pm 0.042$   | 0.12~0.18 | ND~0.35  | Bq/kg 乾物 |
| 秋田             | アカモク       | $0.045 \pm 0.0095$ | ND~0.041  | ND~0.065 | Bq/kg 生  |

### (3) 大気浮遊じんの高感度分析

近年の大気浮遊じんの測定結果は<sup>90</sup>Srが不検出(ND)となる場合が多く、環境放射能水準の定量的な把握ができない状況である。そこで、大容量エアサンプラ(Snow White)を用いて、大気試料の採取量を大幅に増やし、文部科学省放射能測定法シリーズ2「放射性ストロンチウム分析法」(平成15年改訂)に準じた方法で分析・測定を行った。結果は $0.000018 \pm 0.000025 \sim 0.00011 \pm 0.000027 \text{ mBq/m}^3$ であった。

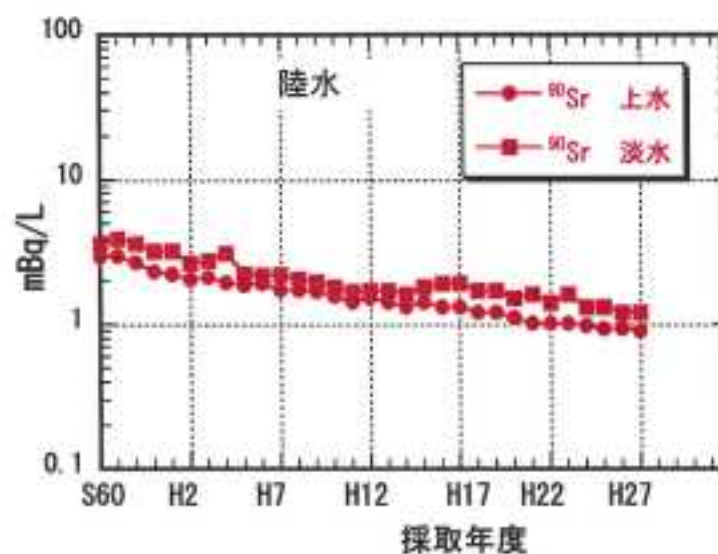
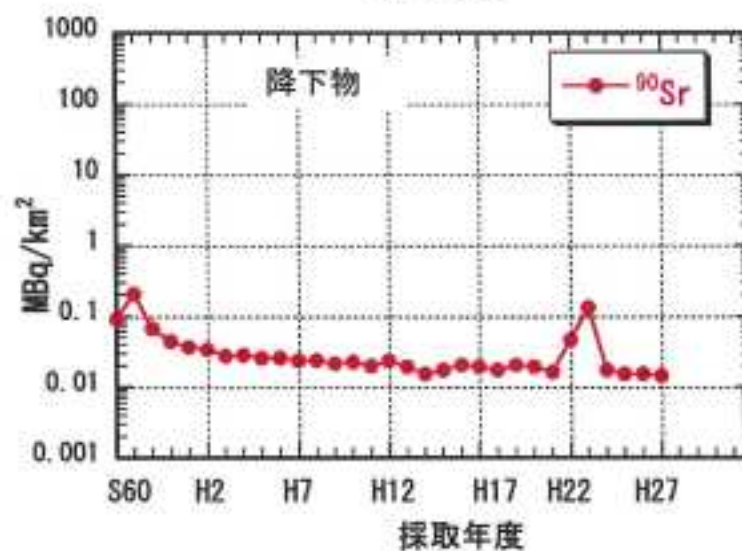
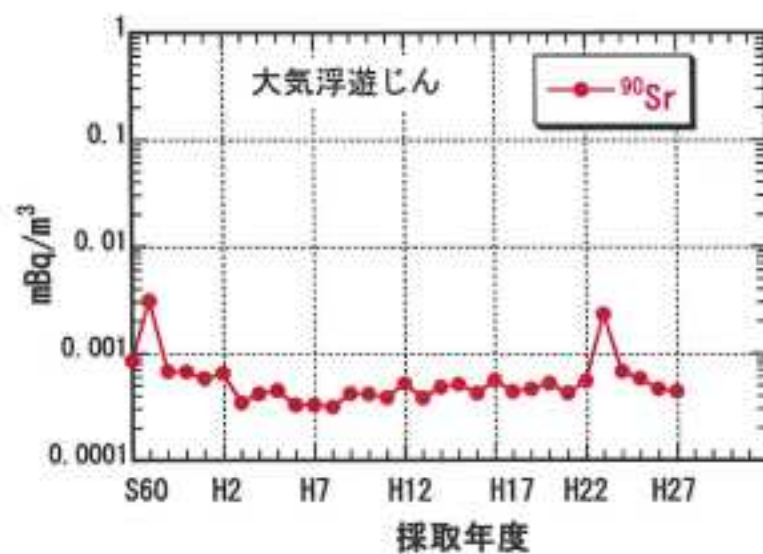


図 2-4-1 各種環境試料の  $^{90}\text{Sr}$  放射能濃度の経年変化

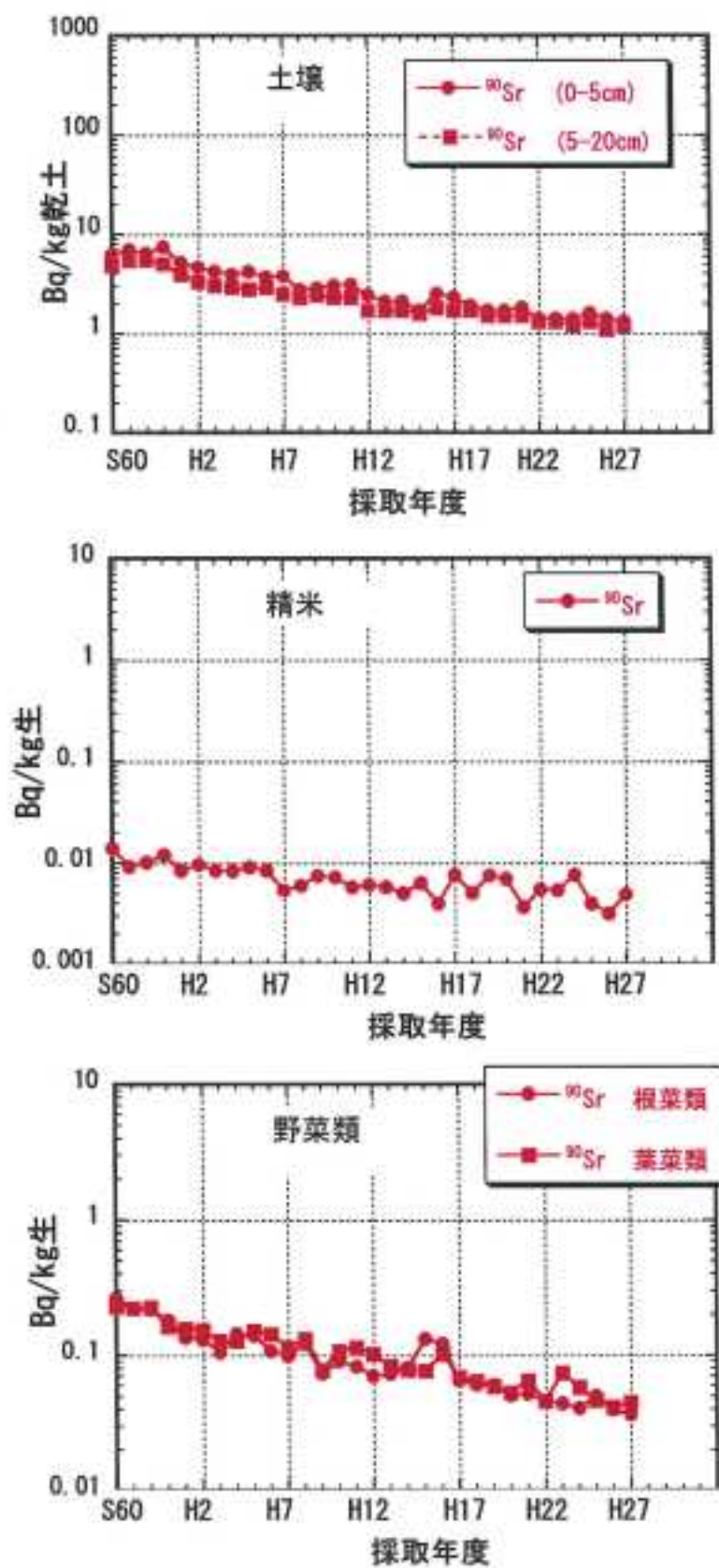


図 2-4-1 各種環境試料の  $^{90}\text{Sr}$  放射能濃度の経年変化 (つづき)

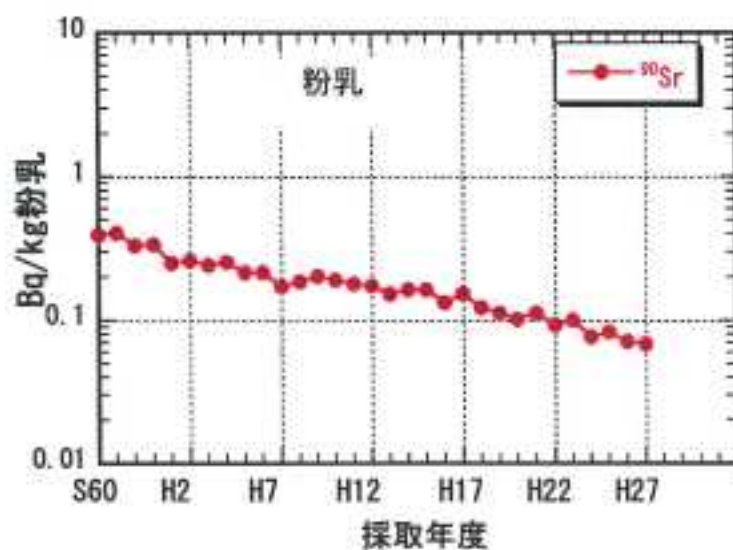
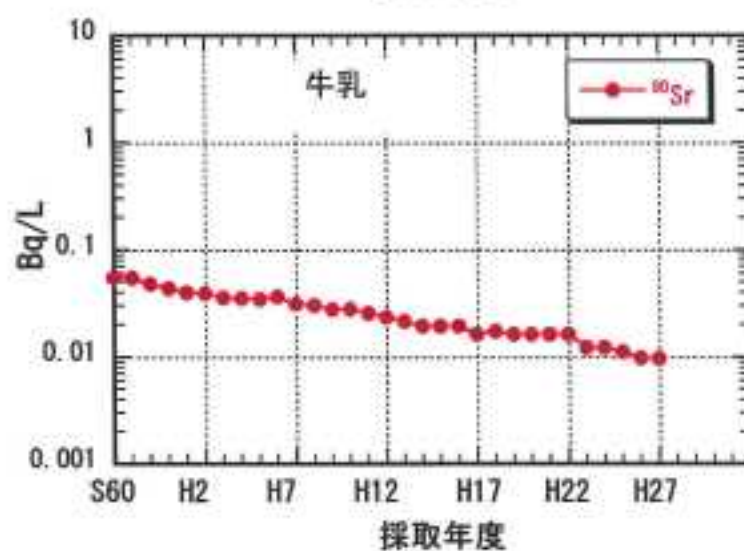
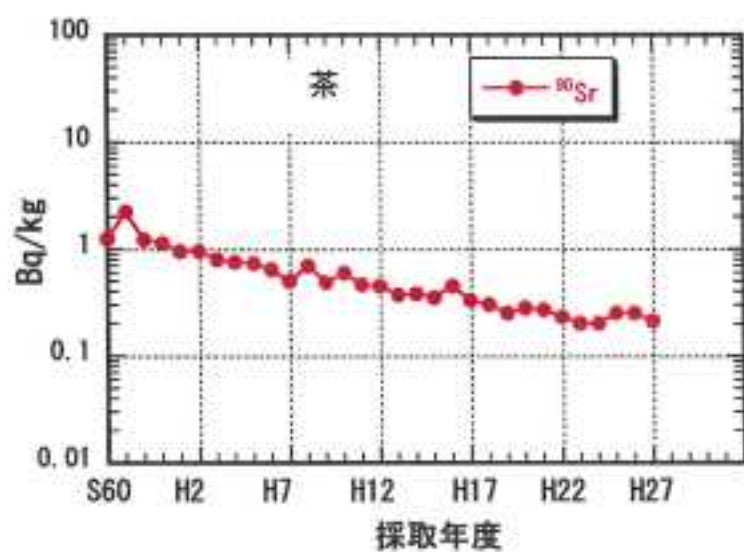


図 2-4-1 各種環境試料の  $^{90}\text{Sr}$  放射能濃度の経年変化 (つづき)



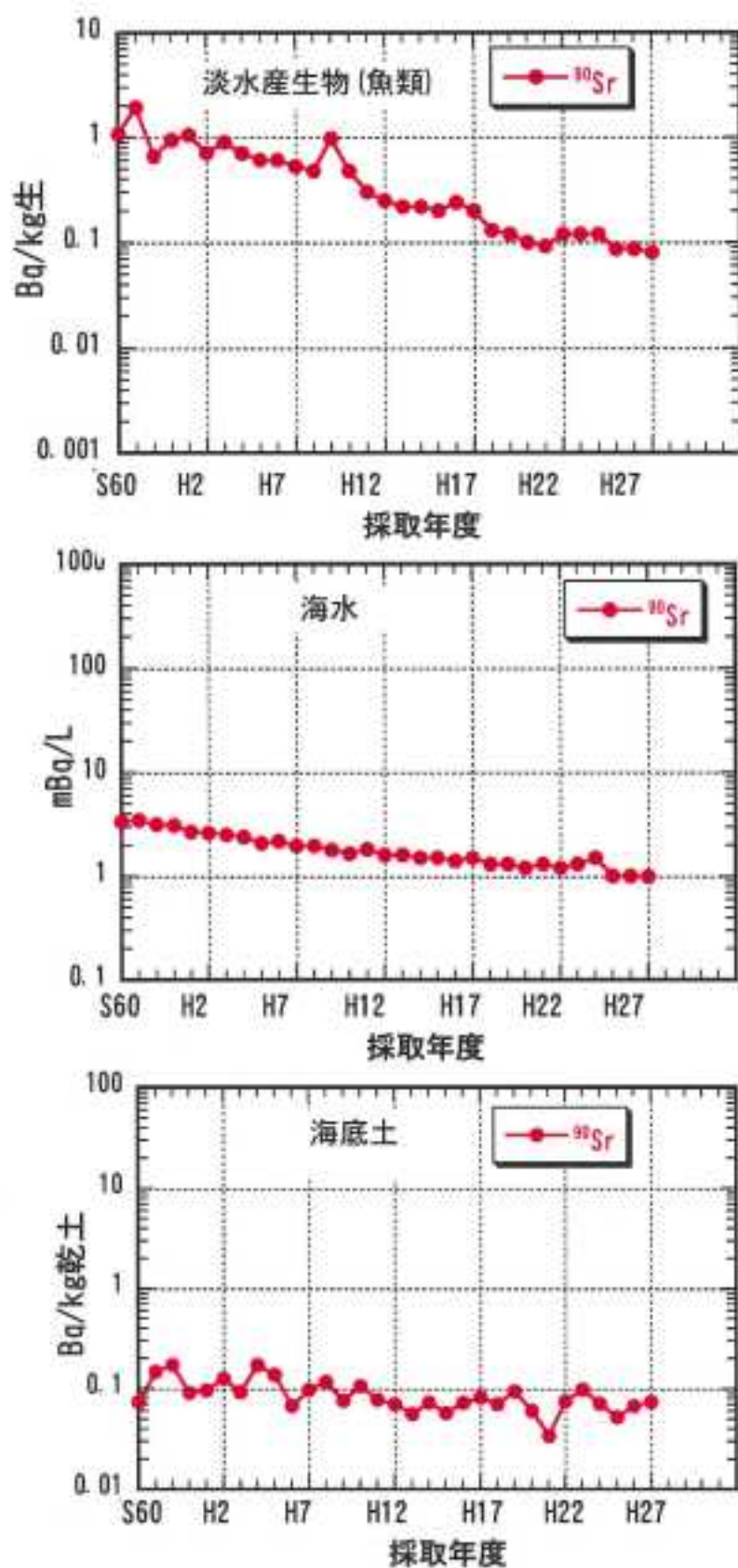


図 2-4-1 各種環境試料の  $^{90}\text{Sr}$  放射能濃度の経年変化 (つづき)

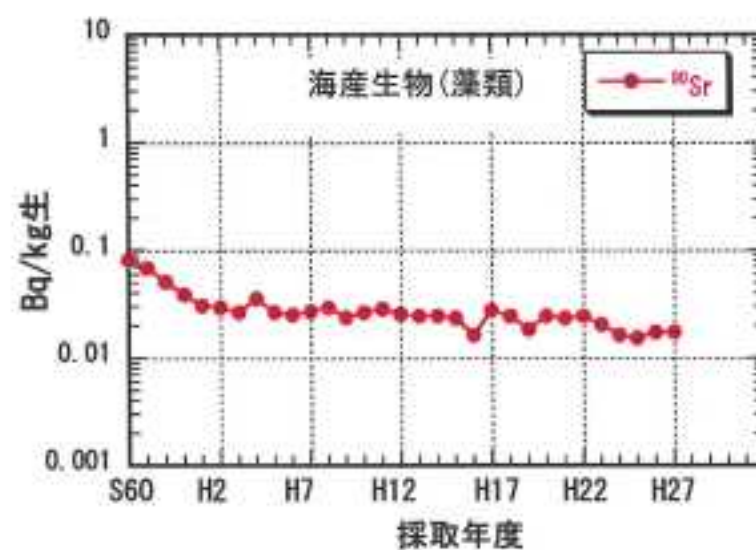
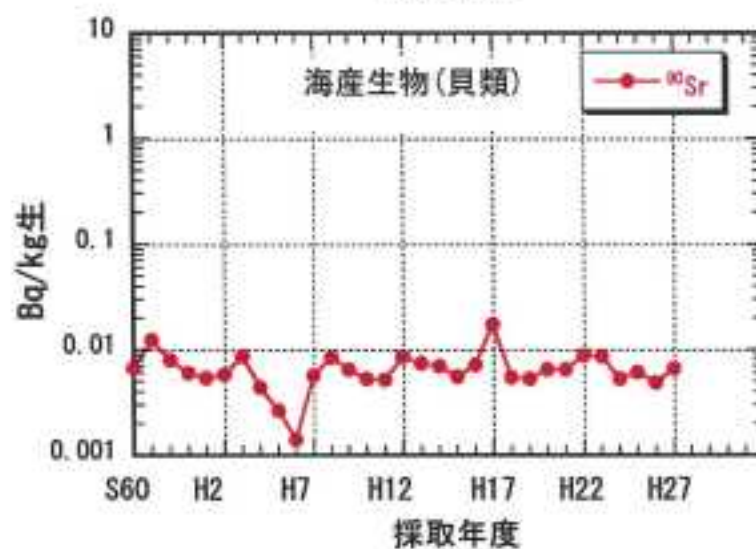
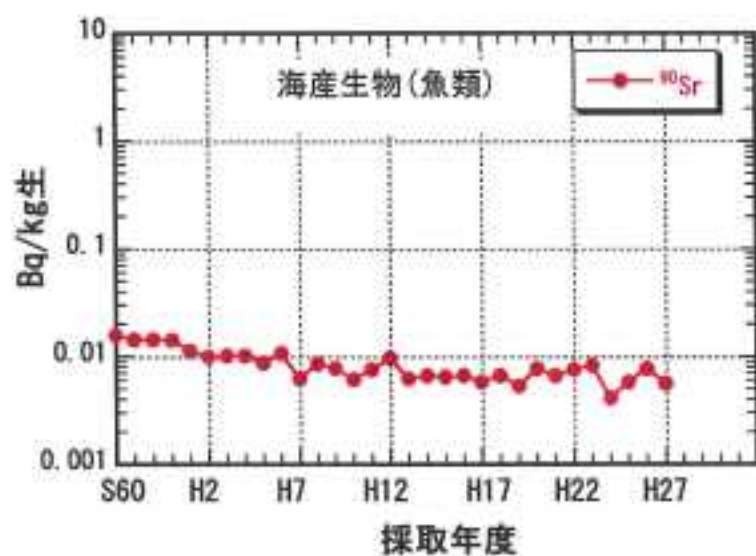


図 2-4-1 各種環境試料の  $^{90}\text{Sr}$  放射能濃度の経年変化 (つづき)

## 2.5 プルトニウム分析

### 2.5.1 土壤中のプルトニウム分析

#### (1) 概要

平成 27 年度に 47 都道府県の環境センター等が採取し、乾燥細土とした後に分析センターが送付を受けた、47 都道府県各 1 地点（青森県と沖縄県は 2 地点）で採取された表層（0～5cm）及び下層（5～20cm）の土壌、合計 98 試料について分析を行った。分析方法は、文部科学省放射能測定法シリーズ 12「プルトニウム分析法」（平成 2 年改訂）に準じた。

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

#### (2) 結果と考察

土壤中のプルトニウムの分析結果（平均値、最小値及び最大値）を、平成 22 年度から 26 年度までに採取された土壌の分析結果と合わせて表 2-5-1 に示す。

表 2-5-1 過去の調査結果との比較（放射能濃度）

Bq/kg 乾土

| 核種                    | 採取深さ (cm) | 平均値、最小値、最大値 | 平成 22～26 年度<br>採取分 (n=241) | 平成 27 年度<br>採取分 (n=49) |
|-----------------------|-----------|-------------|----------------------------|------------------------|
| $^{238}\text{Pu}$     | 0～5       | 平均値         | 0.012                      | 0.010                  |
|                       |           | 最小値～最大値     | ND ～ 0.12                  | ND ～ 0.072             |
|                       | 5～20      | 平均値         | 0.0058                     | 0.0048                 |
|                       |           | 最小値～最大値     | ND ～ 0.046                 | ND ～ 0.027             |
| $^{239+240}\text{Pu}$ | 0～5       | 平均値         | 0.42                       | 0.42                   |
|                       |           | 最小値～最大値     | ND ～ 3.8                   | ND ～ 3.1               |
|                       | 5～20      | 平均値         | 0.21                       | 0.19                   |
|                       |           | 最小値～最大値     | ND ～ 1.5                   | ND ～ 1.2               |

平成 27 年度における採取深さ 0～5cm の各地点の  $^{238}\text{Pu}$  濃度は ND（検出されず）～0.072 Bq/kg 乾土、 $^{239+240}\text{Pu}$  濃度は ND～3.1 Bq/kg 乾土であり、採取深さ 5～20cm の  $^{238}\text{Pu}$  濃度は ND～0.027 Bq/kg 乾土、 $^{239+240}\text{Pu}$  濃度は ND～1.2 Bq/kg 乾土の範囲であり、いずれも平成 22 年度から 26 年度の調査結果と差は見られなかった。

採取地点毎の  $^{239+240}\text{Pu}$  濃度を図 2-5-1 に、プルトニウム同位体（ $^{238}\text{Pu}$ 、 $^{239+240}\text{Pu}$ ）の放射能比を図 2-5-2 に示す。例年同様、数地点（岩手県、茨城県、長野県、熊本県、大分



県) の  $^{239+240}\text{Pu}$  濃度がやや高い値を示したが、平成 27 年度に採取された土壌中のプルトニウム濃度は、平均値及び範囲ともに平成 22 年度から平成 26 年度までの結果と同程度の値であった。また、プルトニウム同位体の放射能比 ( $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ ) は約 0.021 であった。UNSCEAR1982 報告書による北半球におけるグローバルフォールアウトの値 (0.026) と同程度であることを確認した。

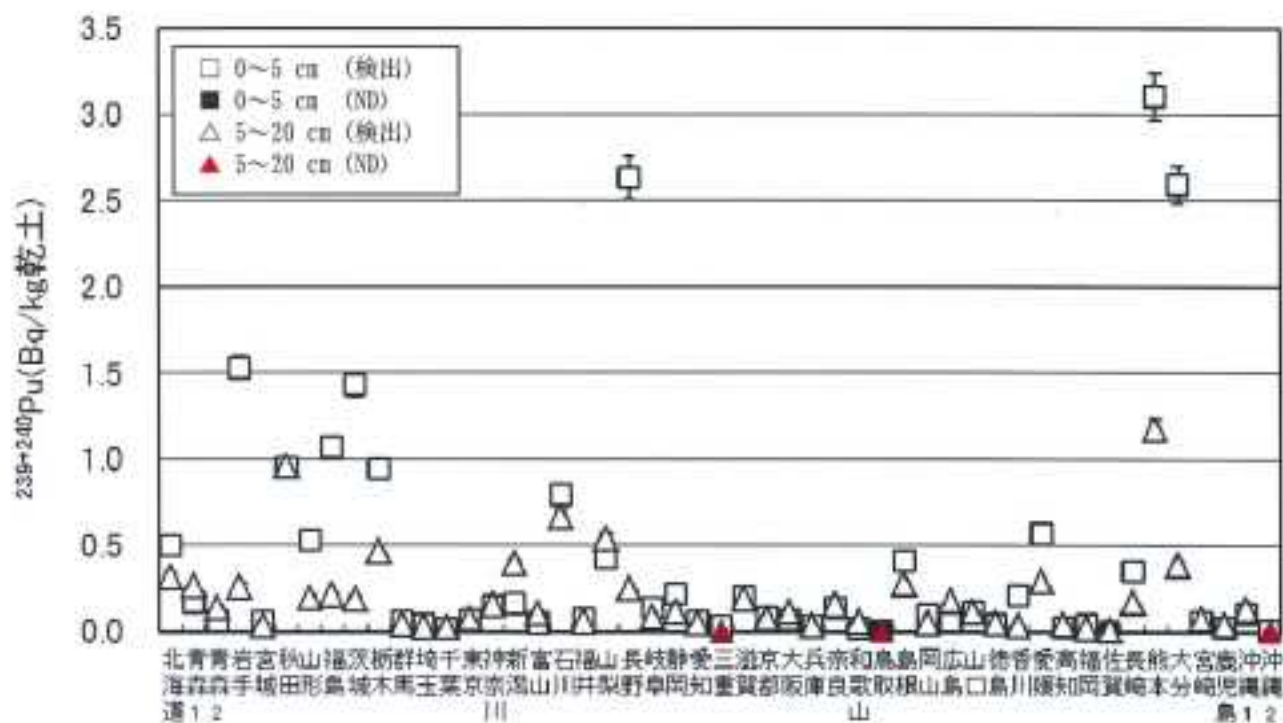


図 2-5-1 土壌中の  $^{239+240}\text{Pu}$  濃度 (平成 27 年度採取分)

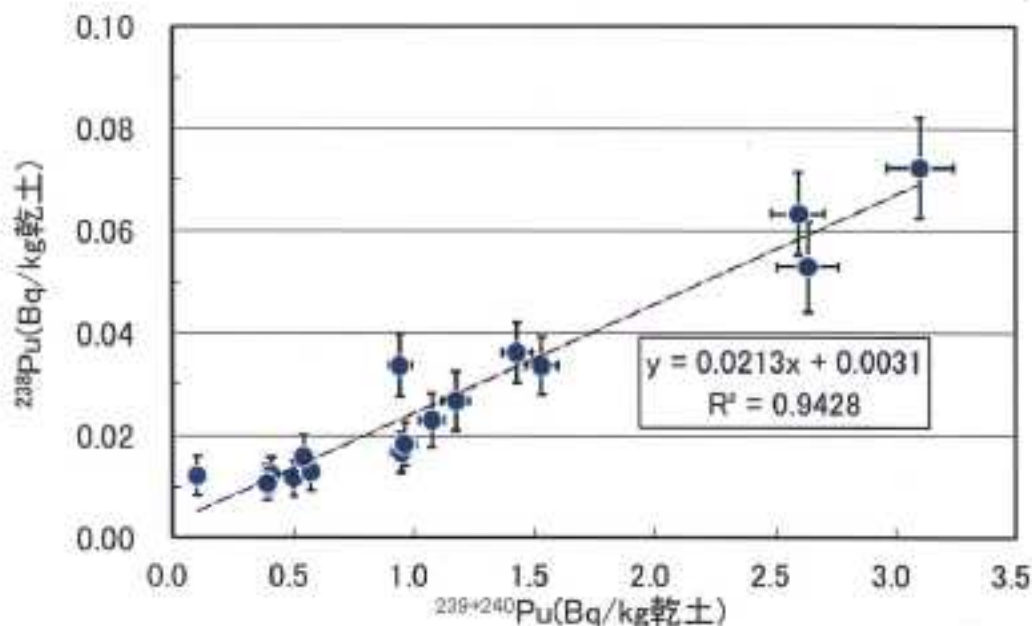


図 2-5-2 土壌中  $^{238}\text{Pu}$  と  $^{239+240}\text{Pu}$  放射能比



表 2-5-2 に示すとおり、平成 27 年度における  $^{239+240}\text{Pu}$  の蓄積量は ND (検出されず) ～153 MBq/km<sup>2</sup> (平均値 32 MBq/km<sup>2</sup>)、であり、いずれも平成 22 年度から 26 年度の調査結果と同程度であった。なお、UNSCEAR1982 レポートによれば、北半球の  $^{239+240}\text{Pu}$  降下量はおよそ 40MBq/km<sup>2</sup> である。

表 2-5-2 過去の調査結果と比較 (蓄積量)

単位: MBq/km<sup>2</sup>

| 核種名                   | 深さ (cm) | 項目             | 平成 22 年～26 年度<br>採取分 (n=241) | 平成 27 年度採取分<br>(n=49) |
|-----------------------|---------|----------------|------------------------------|-----------------------|
| $^{239+240}\text{Pu}$ | 0～20    | 平均値<br>最小値～最大値 | 33<br>ND ～ 205               | 32<br>ND ～ 153        |

プルトニウム ( $^{239+240}\text{Pu}$ ) とセシウム ( $^{137}\text{Cs}$ ) の放射能比を図 2-5-3 に示す。長崎に投下されたプルトニウム型原子爆弾の影響を含むと推定された熊本県と、福島第一原子力発電所事故の影響と考えられる  $^{134}\text{Cs}$  が検出された試料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 0.043 (n=64) であった。

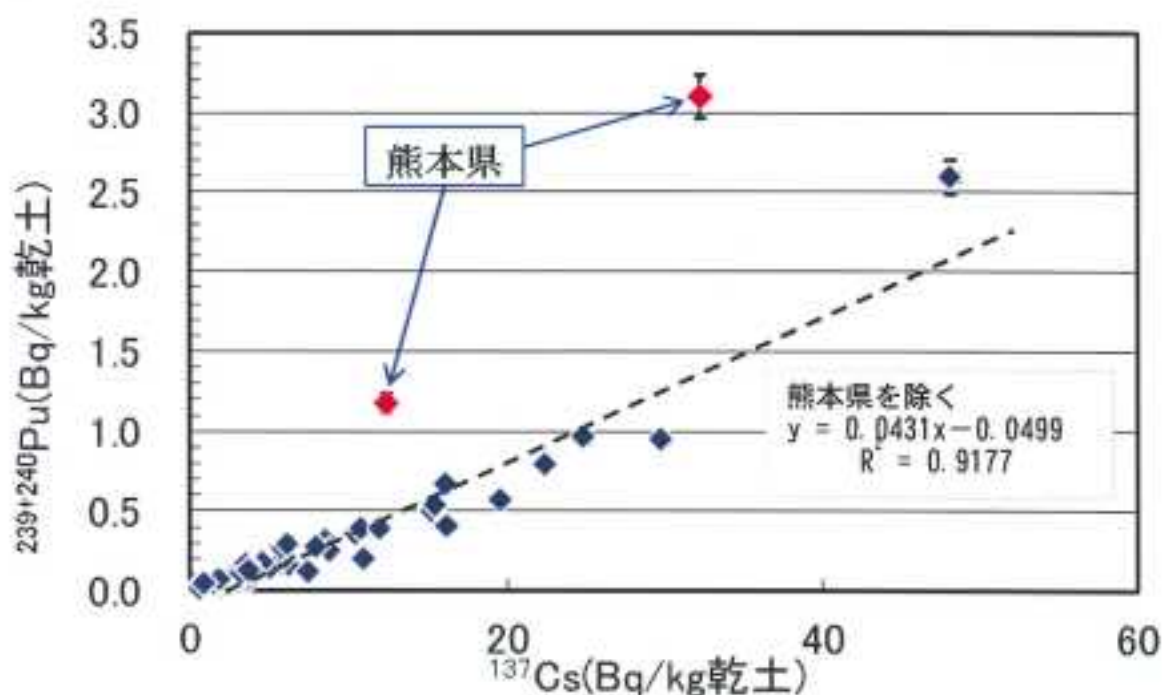


図 2-5-3 土壌中の  $^{239+240}\text{Pu}$  と  $^{137}\text{Cs}$  放射能比

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

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

| No | 県名  | 深度<br>(cm) | 採取<br>年月日   | $^{239+240}\text{Pu}$<br>放射能濃度<br>(Bq/kg 乾土) | No | 県名  | 深度<br>(cm) | 採取<br>年月日   | $^{239+240}\text{Pu}$<br>放射能濃度<br>(Bq/kg 乾土) |
|----|-----|------------|-------------|----------------------------------------------|----|-----|------------|-------------|----------------------------------------------|
| 1  | 熊本県 | 0-5        | H27. 8. 28  | $3.1 \pm 0.14$                               | 9  | 秋田県 | 0-5        | H27. 9. 17  | $0.95 \pm 0.044$                             |
| 2  | 長野県 | 0-5        | H27. 7. 27  | $2.6 \pm 0.13$                               | 10 | 栃木県 | 0-5        | H27. 10. 16 | $0.94 \pm 0.048$                             |
| 3  | 大分県 | 0-5        | H27. 8. 4   | $2.6 \pm 0.11$                               | 11 | 石川県 | 0-5        | H27. 8. 10  | $0.79 \pm 0.043$                             |
| 4  | 岩手県 | 0-5        | H27. 7. 29  | $1.5 \pm 0.07$                               | 12 | 石川県 | 5-20       | H27. 8. 10  | $0.67 \pm 0.037$                             |
| 5  | 茨城県 | 0-5        | H27. 5. 14  | $1.4 \pm 0.06$                               | 13 | 愛媛県 | 0-5        | H27. 9. 29  | $0.57 \pm 0.030$                             |
| 6  | 熊本県 | 5-20       | H27. 8. 28  | $1.2 \pm 0.06$                               | 14 | 山梨県 | 5-20       | H27. 8. 5   | $0.54 \pm 0.030$                             |
| 7  | 福島県 | 0-5        | H27. 10. 19 | $1.1 \pm 0.05$                               | 15 | 山形県 | 0-5        | H27. 8. 10  | $0.53 \pm 0.033$                             |
| 8  | 秋田県 | 5-20       | H27. 9. 17  | $0.96 \pm 0.045$                             |    |     |            |             |                                              |

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

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

$^{239}\text{Pu}$  : 0.35 ~ 2.1 Bq/kg 乾土、 $^{240}\text{Pu}$  : 0.22 ~ 1.1 Bq/kg 乾土

これらの値は平成 26 年度採取土壌の値と同程度であった。

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

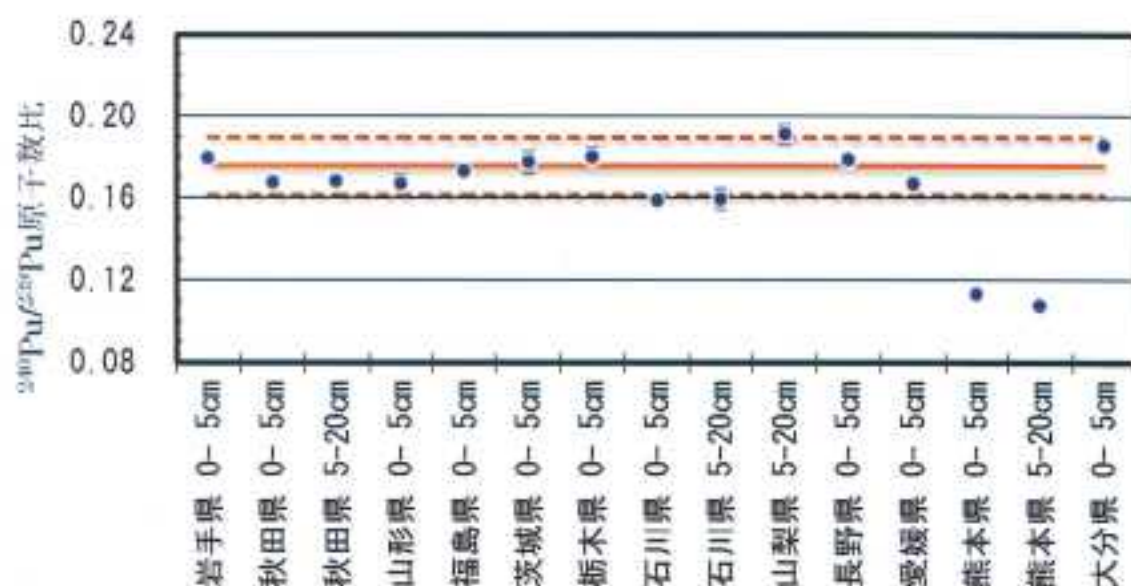


図 2-5-4 プルトニウム同位体の原子数比 ( $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ )

ブルトニウム型原子爆弾の影響を含むと推定される熊本県の値を除く13試料の原子数比 ( $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ ) の平均値は、0.174であり、Kreyら(1976)が測定した世界の土壌60試料の平均値 ( $0.176 \pm 0.014$ ) と同程度であった。

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

$^{241}\text{Pu}$ : ND (検出されず) ~ 2.9 Bq/kg 乾土

これらの値は平成26年度採取土壌の値と同程度であった。

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

$^{241}\text{Am}$ : 0.20~1.2 Bq/kg 乾土、 $^{242}\text{Cm}$  及び  $^{243+244}\text{Cm}$ : 全て ND (検出されず)

これらの値は平成26年度採取土壌の値と同程度であった。

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

$^{241}\text{Pu}$  と  $^{239+240}\text{Pu}$  放射能比 ( $^{241}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ ) は1.0 (熊本県を除く)、 $^{241}\text{Am}$  と  $^{239+240}\text{Pu}$  放射能比は ( $^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu}$ ) は0.43 (熊本県を除く) であった。

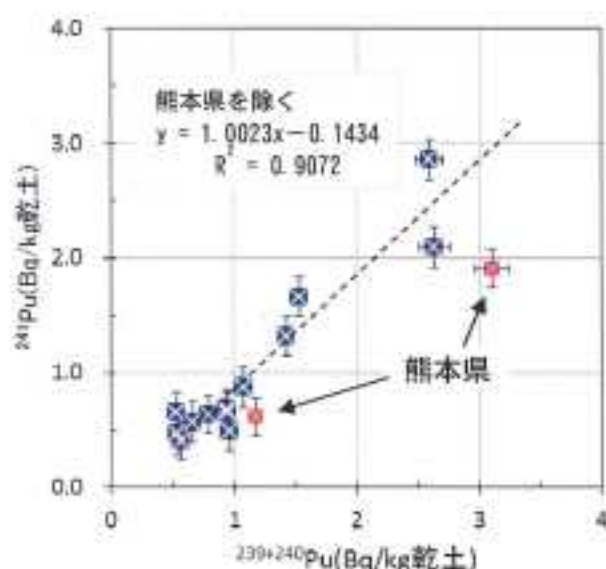


図2-5-5  $^{241}\text{Pu}$  と  $^{239+240}\text{Pu}$  放射能比

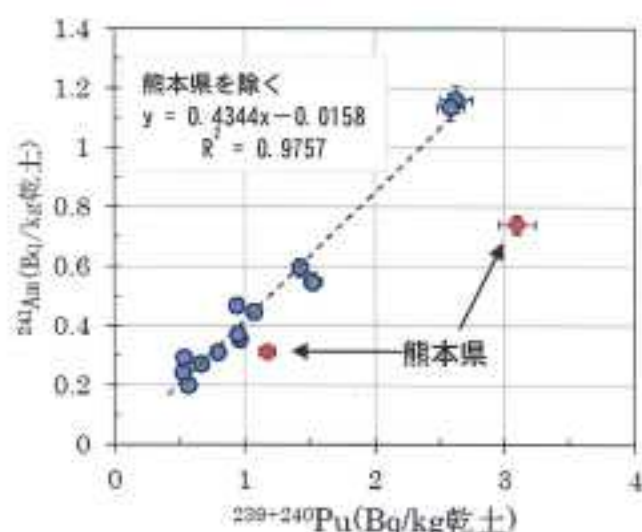


図2-5-6  $^{241}\text{Am}$  と  $^{239+240}\text{Pu}$  放射能比

## 2.5.2 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。平成 28 年 3 月から 12 月に捕集した後、硝酸を用いてプルトニウムを浸出して分析試料とした。 $\alpha$ 線スペクトロメトリーによる  $^{238}\text{Pu}$ 、 $^{239+240}\text{Pu}$  の分析及び ICP 質量分析装置（ICP-MS）による  $^{238}\text{Pu}$ 、 $^{240}\text{Pu}$  の分析を行った。分析方法は、文部科学省放射能測定法シリーズ 12「プルトニウム分析法」（平成 2 年改訂）及び 28「環境試料中プルトニウム迅速分析法」（平成 14 年）に準じた。

### (2) 結果と考察

$\alpha$ 線スペクトロメトリーによる大気浮遊じん中の  $^{238}\text{Pu}$  濃度は、分析した全ての試料が ND（検出されず）であった。 $^{239+240}\text{Pu}$  濃度は、ND（検出されず）～ $0.000015\text{ mBq/m}^3$ であった。採取月毎のプルトニウム濃度を図 2-5-7 に示す。3 月～5 月にかけて  $^{239+240}\text{Pu}$  が高い値を示したが、データ数が少ないため、これが季節特有の現象か判断できない。今後もデータを蓄積して傾向等を注視していく必要がある。

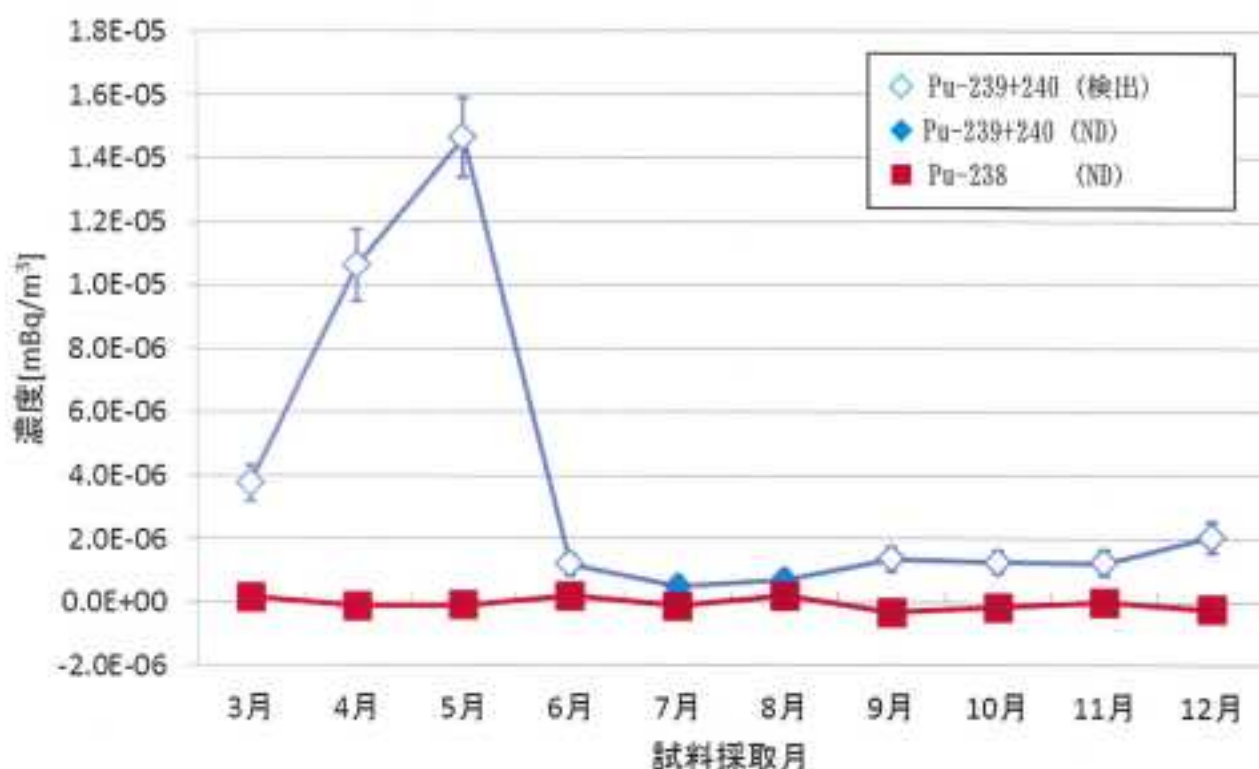


図 2-5-7 採取月毎の  $^{238}\text{Pu}$  と  $^{239+240}\text{Pu}$  濃度



ICP-MSによる大気浮遊じん中の $^{239}\text{Pu}$ 、 $^{240}\text{Pu}$ の濃度は、 $^{239}\text{Pu}$ がND(検出されず)  $\sim 0.0000090$   $\text{mBq}/\text{m}^3$ 、 $^{240}\text{Pu}$ がND(検出されず)  $\sim 0.0000065$   $\text{mBq}/\text{m}^3$ であった。プルトニウム同位体の原子数比( $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ )は、 $^{239}+^{240}\text{Pu}$ 濃度が高い3月～5月の3ヶ月分の平均値が0.176となり、Kreyら(1976)が測定した世界の土壌60試料の平均値( $0.176 \pm 0.014$ )と同程度であった。

## 2.6 ヨウ素 129 分析

### (1) 概要

平成 28 年度に北海道、秋田県及び千葉県において採取した土壌(採取深度 0-5、5-20cm)、牛乳、海藻及び野菜試料を対象として  $^{129}\text{I}$  分析を実施した。なお、この調査は平成 23 年度から開始し、平成 27 年度まで同様に実施している。

また、環境放射能水準の正確な実態を把握するため、分析センターに採集した大気浮遊じんのヨウ素 129 分析について検討した。

### (2) 分析方法

分析及び測定方法は以下のとおりである。

試料中のヨウ素を燃焼法により TMAH (Tetramethylammonium Hydroxide) 溶液に捕集し、この溶液から一部を分取したものを安定ヨウ素定量用試料とした。残りの溶液にヨウ素担体を加え、有機溶媒を用いた溶媒抽出法によりヨウ素を分離・精製した。ヨウ素精製溶液に銀担体を添加し、生成したヨウ化銀沈殿を遠心分離後、乾燥した。沈殿に 2.5 倍量のニオブ粉末を加えてよく混合し、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構青森研究開発センターの加速器質量分析装置 (AMS) でヨウ素の同位体比 ( $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ ) を測定した。また、 $^{129}\text{I}$  の比放射能を算出するため、安定ヨウ素定量用試料を測定に適した濃度に調製し、内標準としてインジウムを用いて ICP-MS で安定ヨウ素 ( $^{127}\text{I}$ ) を定量した。

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

### (3) 結果と考察

#### 1) 北海道、秋田県、千葉県の調査

平成 28 年度に採取した試料の分析結果を表 2-6-1、平成 23 年度から平成 27 年度までの過去の分析結果との比較を図 2-6-1～図 2-6-8 に示す。

北海道、秋田県、千葉県の土壌試料の  $^{129}\text{I}$  放射能濃度は、採取深度 0-5 cm で 0.30～0.54 (mBq/kg 乾土)、採取深度 5-20cm で 0.10～0.39 (mBq/kg 乾土) であった。牛乳(市販乳)は、0.00043～0.0027 (mBq/L)、海藻(コンブ、アカモク、アラメ)は、0.16～0.37 (mBq/kg 生)、野菜(キャベツ)は、0.000016～0.000046 (mBq/kg 生) であった。 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比については、採取深度 0～5cm の土壌試料で  $2.5 \times 10^{-9} \sim 1.2 \times 10^{-8}$ 、採取深度 5～20 cm で  $1.4 \sim 3.4 \times 10^{-9}$  であった。牛乳(市販乳)は、 $3.2 \times 10^{-10} \sim 2.6 \times 10^{-9}$ 、海藻は、 $5.4 \times 10^{-11} \sim 1.2 \times 10^{-10}$ 、野菜(キャベツ)は、 $4.8 \times 10^{-10} \sim 1.7 \times 10^{-9}$  であった。

土壌の比較結果を図 2-6-1、図 2-6-2 に示す。過去と同様に、0～5 cm の表層における  $^{129}\text{I}$  濃度は 5～20 cm における  $^{129}\text{I}$  濃度より高かった。 $^{129}\text{I}$  放射能濃度及び  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比は過去の結果に比べて低めのデータがあるものの、過去と同程度の結果であった。

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

海藻の比較結果を図 2-6-5、図 2-6-6 に示す。北海道（コンブ）、千葉県（アラメ）の  $^{129}\text{I}$  放射能濃度は低下傾向が認められた。また、 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比は秋田県、千葉県において、過去における同種試料の調査結果中で最小値であった。 $^{129}\text{I}$  放射能濃度及び  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比は過去の結果に比べて低めのデータがあるものの、過去と同程度の結果であった。

野菜の比較結果を図 2-6-7、図 2-6-8 に示す。 $^{129}\text{I}$  放射能濃度及び  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比において、過去における結果と比べて最小値のものが多かったが、過去と同程度の結果であった。

## 2) 大気浮遊じんのヨウ素 129 分析の検討

大容量エアサンプラ (Snow White) により採取した大気浮遊じん中のヨウ素 129 分析法の検討に資するため、ハイボリウムエアサンプラ (SIBATA AH-600F) を用いて大気浮遊じんを捕集して分析法の検討を行った。検討用の大気浮遊じんを捕集した際の採取記録を表 2-6-2 に示す。検討には 2 種類のろ紙 (HE40-T 及び Whatman GF/A) を用い、ろ紙上に捕集された大気浮遊じんから燃焼法でヨウ化銀沈殿を調製し、AMS により測定した。

結果を表 2-6-3～表 2-6-5 に示す。ハイボリウムエアサンプラ用ガラスフィルタ (HE40-T) 及び大容量エアサンプラ (Snow White) 用ガラスフィルタ (Whatman GF/A) により捕集された大気浮遊じん中の  $^{129}\text{I}$  濃度はブランク試料と比較して約 10～100 倍であり、大気浮遊じんの  $^{129}\text{I}$  分析において、燃焼法が有効であることが確認された。また、ろ紙の部位ごとの分析結果から、HE40-T 及び Whatman GF/A とも中心部の  $^{129}\text{I}$  濃度がやや高く、適切なサブサンプリング方法が必要であることが示唆された。なお、 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比は千葉県市原市に採取した土壌試料の分析結果とほぼ同程度であった。

表 2-6-1 ヨウ素 129 分析結果

| 試料採取地 | 種類<br>深さ | 採取地点             | 採取年月日        | ヨウ素 129   |   |            | 単位             | 原子数比 ( $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ ) |            |
|-------|----------|------------------|--------------|-----------|---|------------|----------------|------------------------------------------|------------|
| 北海道   | 0-5cm    | 江別市              | 2016. 11. 17 | 0. 41     | ± | 0. 012     | mBq/kg<br>(乾土) | 6. 0E-09                                 | ± 1. 6E-10 |
|       | 5-20cm   |                  | 2016. 11. 17 | 0. 17     | ± | 0. 005     |                | 2. 2E-09                                 | ± 6. 1E-11 |
| 秋田県   | 0-5cm    | 秋田市              | 2016. 09. 30 | 0. 54     | ± | 0. 013     |                | 2. 5E-09                                 | ± 5. 7E-11 |
|       | 5-20cm   |                  | 2016. 09. 30 | 0. 39     | ± | 0. 010     |                | 1. 4E-09                                 | ± 3. 6E-11 |
| 千葉県   | 0-5cm    | 市原市              | 2016. 08. 08 | 0. 30     | ± | 0. 007     |                | 1. 2E-08                                 | ± 2. 6E-10 |
|       | 5-20cm   |                  | 2016. 08. 08 | 0. 10     | ± | 0. 004     |                | 3. 4E-09                                 | ± 1. 2E-10 |
| 北海道   | 市販乳      | 十勝               | 2016. 09. 28 | 0. 0027   | ± | 0. 00005   | mBq/L          | 2. 6E-09                                 | ± 4. 2E-11 |
| 秋田県   |          | 鹿角市              | 2016. 08. 16 | 0. 00043  | ± | 0. 000049  |                | 3. 2E-10                                 | ± 3. 7E-11 |
| 千葉県   |          | 八千代市             | 2016. 07. 29 | 0. 0020   | ± | 0. 00009   |                | 2. 4E-09                                 | ± 1. 0E-10 |
| 北海道   | コンブ      | 余市郡余市町           | 2016. 06. 29 | 0. 23     | ± | 0. 006     | mBq/kg<br>(生)  | 8. 6E-11                                 | ± 2. 3E-12 |
| 秋田県   | アカモク     | 秋田県男鹿市<br>船川港双六沖 | 2016. 05. 20 | 0. 37     | ± | 0. 009     |                | 1. 2E-10                                 | ± 2. 9E-12 |
| 千葉県   | アラメ      | 御宿漁協沖            | 2016. 08. 08 | 0. 16     | ± | 0. 007     |                | 5. 4E-11                                 | ± 2. 4E-12 |
| 北海道   | キャベツ     | 恵庭市              | 2016. 10. 03 | 0. 000016 | ± | 0. 0000110 | mBq/kg<br>(生)  | 4. 8E-10                                 | ± 3. 4E-10 |
| 秋田県   |          | 大仙市              | 2016. 11. 04 | 0. 000046 | ± | 0. 0000172 |                | 1. 7E-09                                 | ± 6. 5E-10 |
| 千葉県   |          | 市原市              | 2016. 09. 16 | 0. 000037 | ± | 0. 0000120 |                | 1. 3E-09                                 | ± 4. 4E-10 |

注) 「E-0X」は「 $10^{-X}$ 」を意味している。

測定値がその誤差の 3 倍以下のものについては\*で示した。



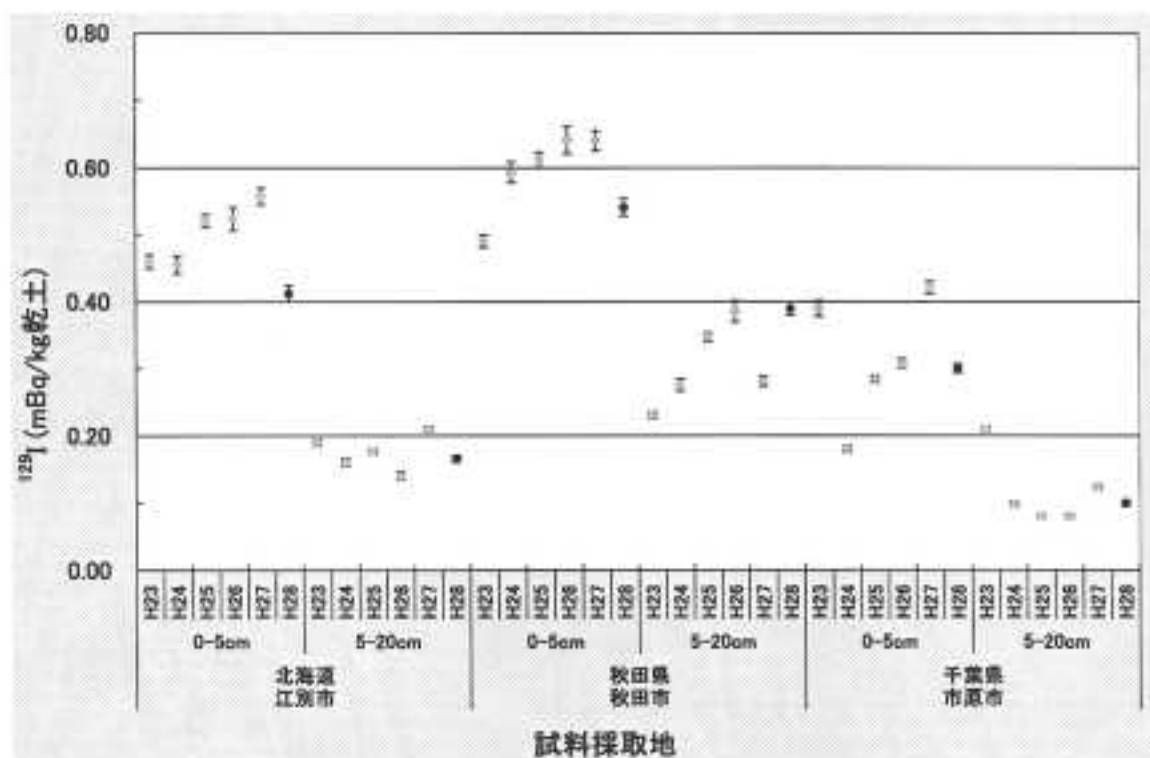


図 2-6-1 土壌 (0-5cm、5-20cm) の  $^{129}\text{I}$  濃度

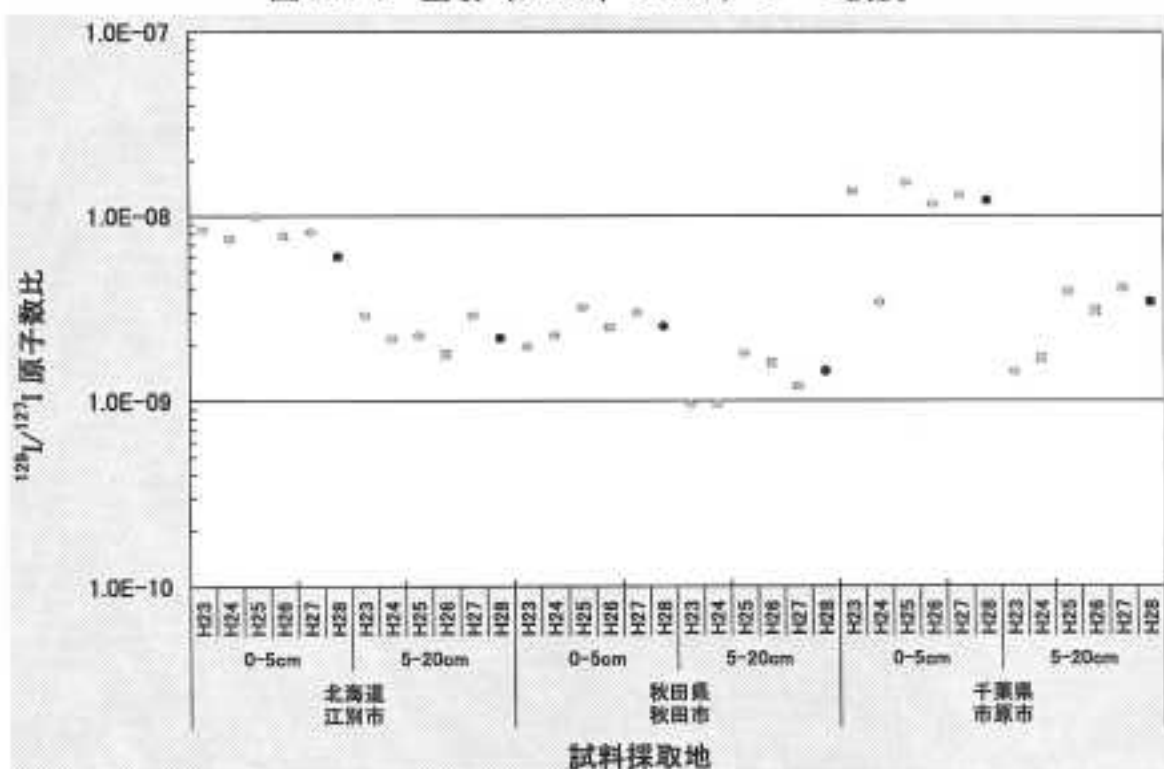


図 2-6-2 土壌 (0-5cm、5-20cm) の  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比

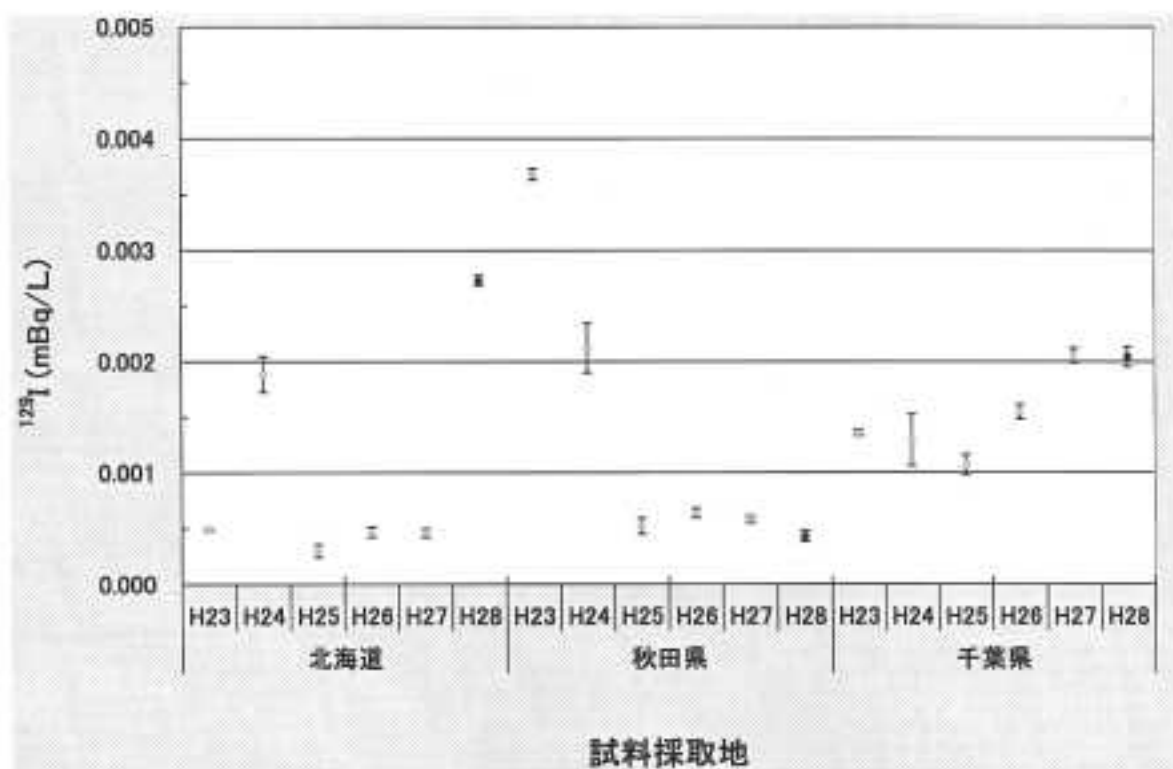


図 2-6-3 牛乳の  $^{129}\text{I}$  濃度

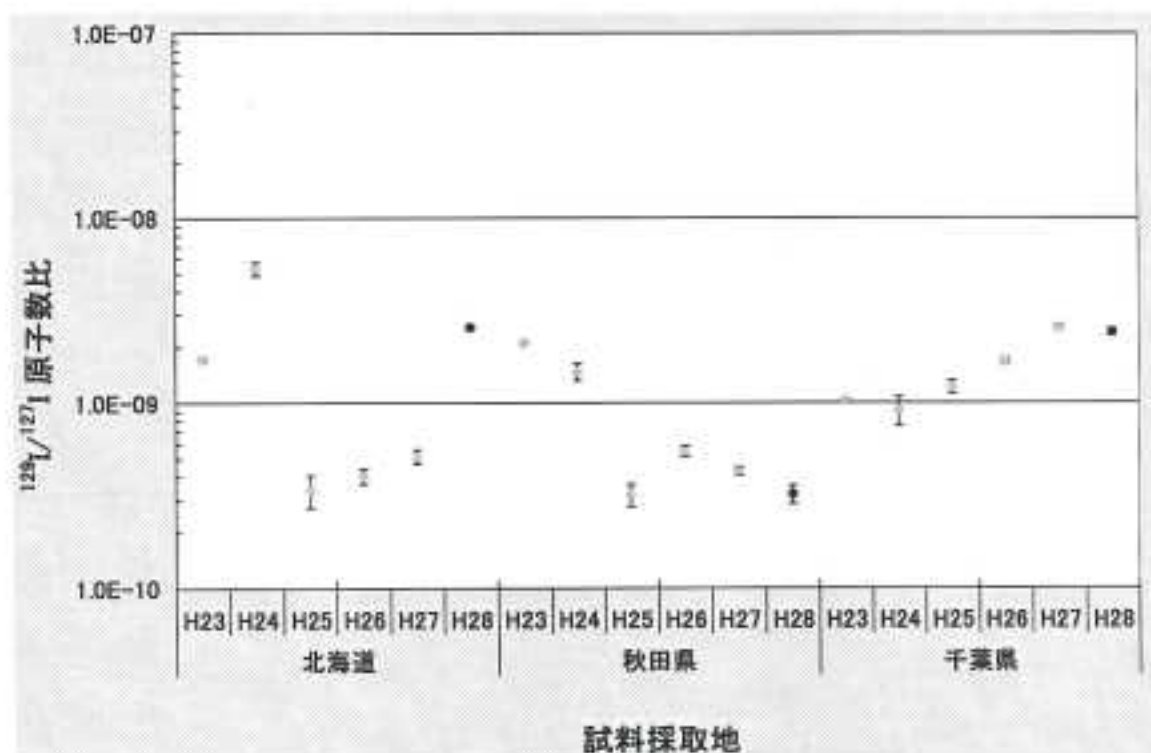


図 2-6-4 牛乳の  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比

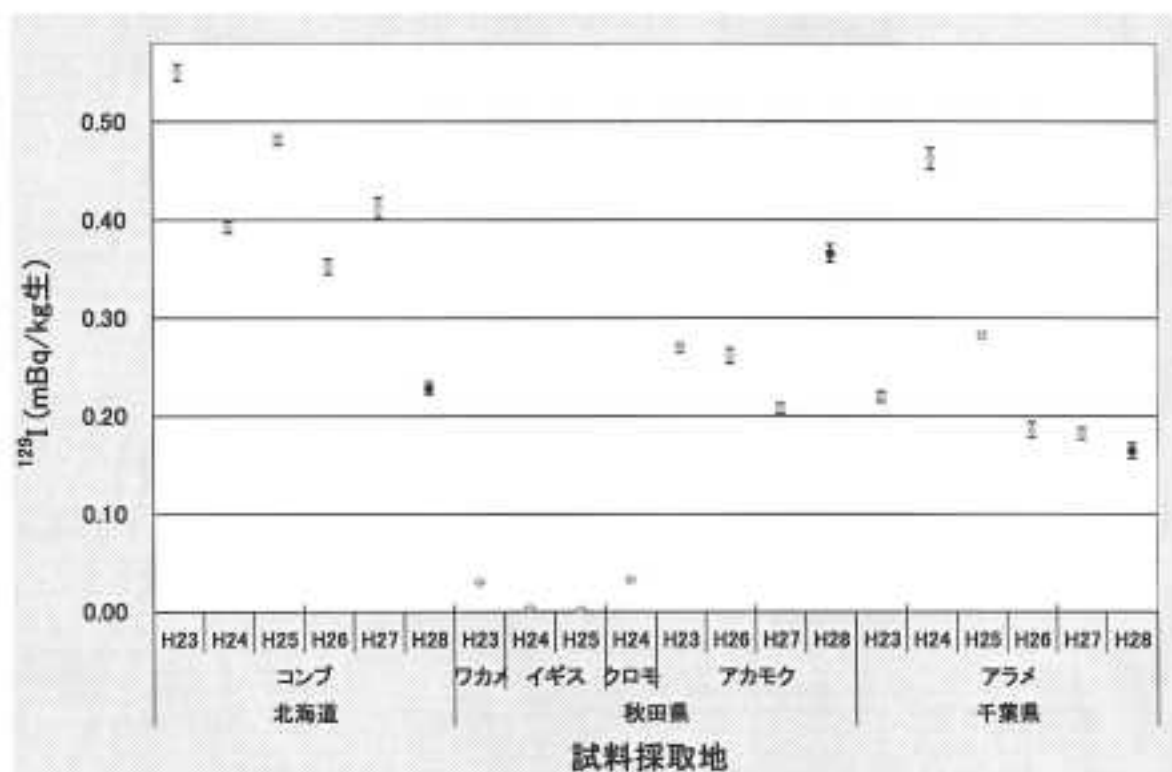


図 2-6-5 海藻の  $^{129}\text{I}$  濃度

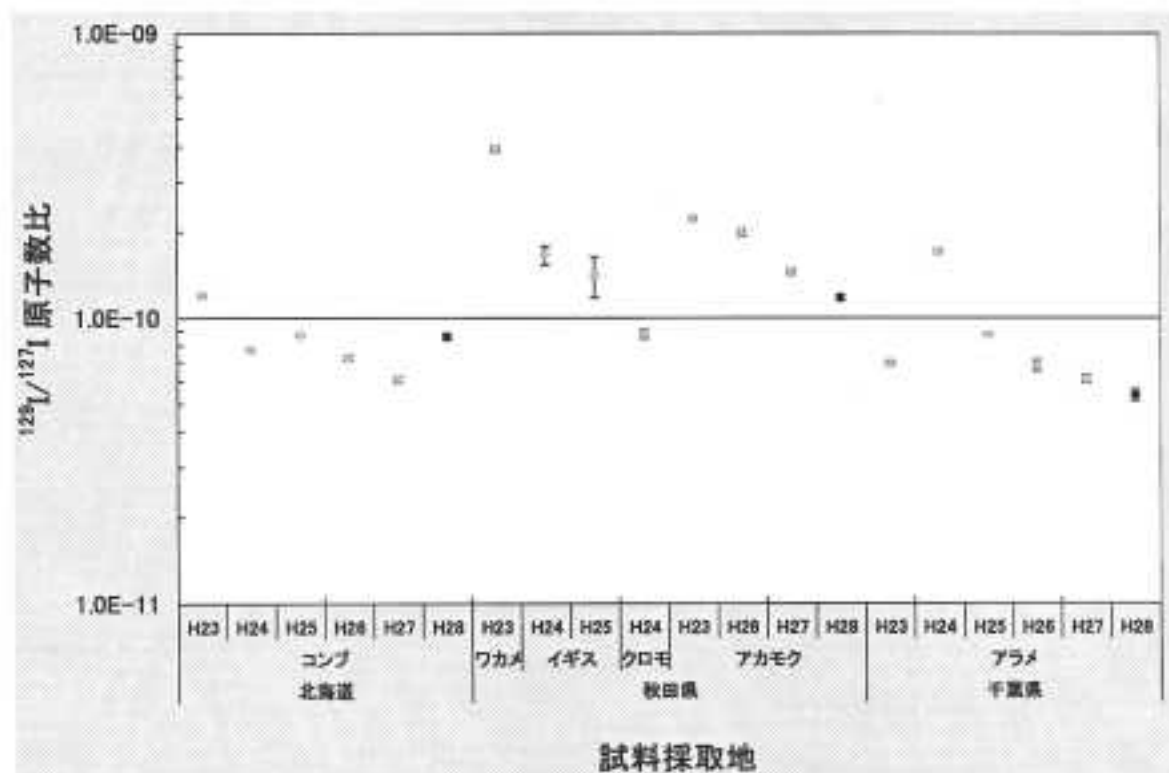


図 2-6-6 海藻の  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比

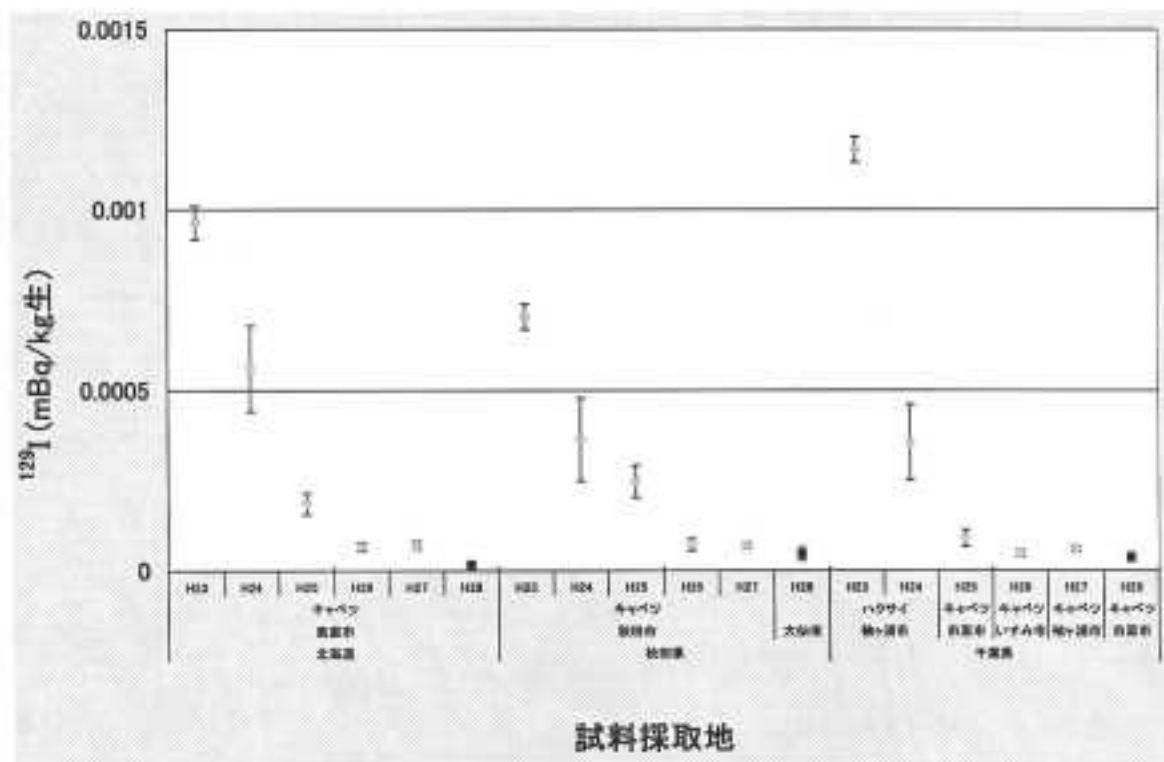


図 2-6-7 野菜の  $^{129}\text{I}$  濃度

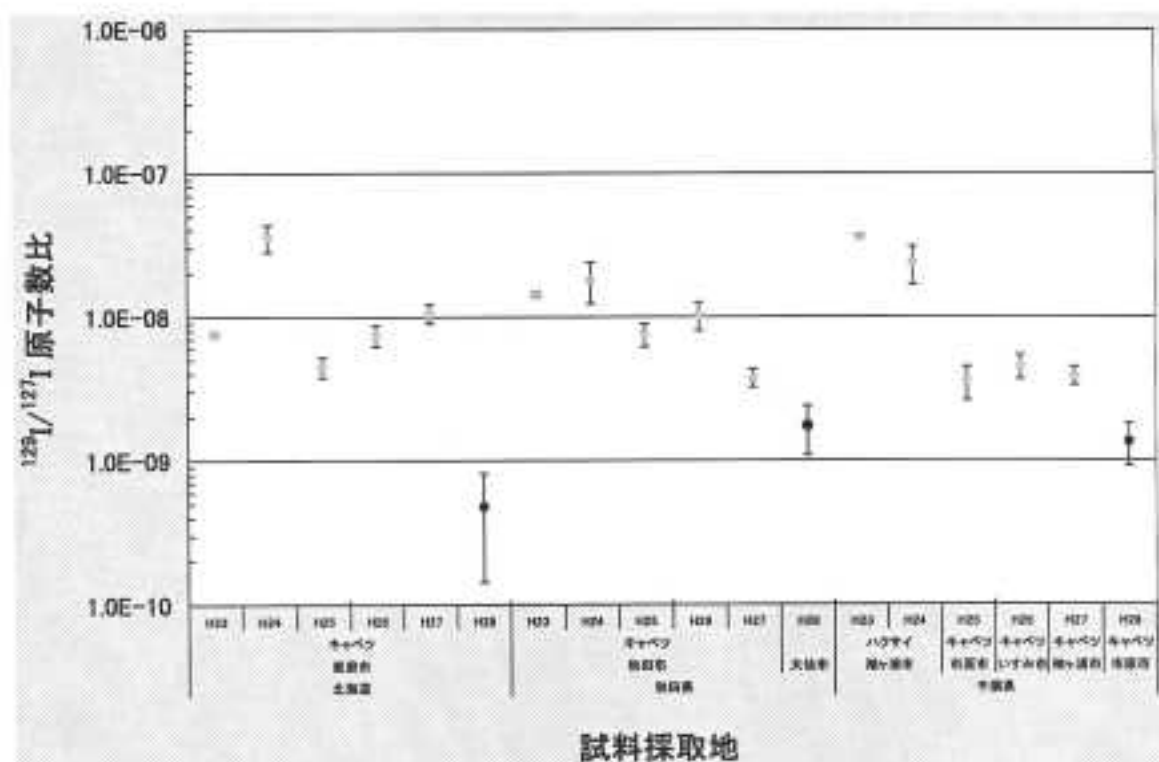


図 2-6-8 野菜の  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比



表 2-6-2 大気浮遊じんの採取記録  
(検討)

|      |                                                        |                                           |
|------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 採取機器 | SIBATA (AH-600F)                                       |                                           |
| フィルタ | HE40-T ガラスフィルタ<br>(ハイポリウムエアサンプラ) 用                     | Whatman GF/A<br>(大容量エアサンプラ(Snow White)) 用 |
| 採取日  | 2016年5月12日 9:18<br>～<br>2016年5月13日 9:18                | 2016年6月2日 10:32<br>～<br>2016年6月3日 16:32   |
| 天候   | 晴れ                                                     |                                           |
| 採取地点 | 公益財団法人 日本分析センター 千葉本部<br>(N 35° 39' 41" E 140° 08' 12") |                                           |
| 捕集面積 | 40,533 mm <sup>2</sup>                                 |                                           |
| 積算流量 | 1,151.9 m <sup>3</sup>                                 | 1,439.9 m <sup>3</sup>                    |

表 2-6-3 ブランク試料（ガラスフィルタのみ）中の  $^{129}\text{I}$  分析結果  
(検討)

| ブランク試料         | 換算流量<br>( $\text{m}^3$ ) | ヨウ素129放射能濃度<br>( $\text{mBq}/\text{m}^3$ ) |           |      |           | $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比 |           |       |            |
|----------------|--------------------------|--------------------------------------------|-----------|------|-----------|--------------------------------------|-----------|-------|------------|
|                |                          |                                            |           |      |           |                                      |           |       |            |
| HE40-T ガラスフィルタ | 191.83                   | 2.3                                        | $10^{-8}$ | 4.38 | $10^{-9}$ | 5.2                                  | $10^{-8}$ | 9.78  | $10^{-9}$  |
|                | 358.07                   | ND                                         |           | ND   |           | ND                                   |           | ND    |            |
| Whatman GF/A   | 341.03                   | 6.5                                        | $10^{-9}$ | 1.66 | $10^{-9}$ | 8.7                                  | $10^{-9}$ | 22.18 | $10^{-10}$ |
|                | 398.58                   | 18.4                                       |           | 1.98 |           | 4.9                                  |           | 5.26  |            |
|                | 511.55                   | 3.0                                        |           | 1.06 |           | 1.2                                  |           | 4.29  |            |

注)「ND」は、安定ヨウ素未検出のためである。

表 2-6-4 ハイボリウムエアサンプラ用ガラスフィルタ試料捕集の  $^{129}\text{I}$  分析結果  
(検討)

| 試料<br>HE40-T ガラスフィルタ | 換算流量<br>( $\text{m}^3$ ) | ヨウ素129放射能濃度<br>( $\text{mBq}/\text{m}^3$ ) |           |      |           | $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比 |           |      |            |
|----------------------|--------------------------|--------------------------------------------|-----------|------|-----------|--------------------------------------|-----------|------|------------|
| 中心部                  | 150.62                   | 1.5                                        | $10^{-7}$ | 8.05 | $10^{-9}$ | 4.3                                  | $10^{-8}$ | 2.22 | $10^{-10}$ |
| エッジ部                 | 240.99                   | 0.9                                        |           | 5.61 |           | 4.8                                  |           | 2.73 |            |
| 角 部                  | 358.07                   | 1.4                                        |           | 5.46 |           | 4.7                                  |           | 1.73 |            |

表 2-6-5 大容量エアサンプラ (Snow White) 用ガラスフィルタ試料捕集の  $^{129}\text{I}$  分析結果  
(検討)

| 試料<br>Whatman GF/A | 換算流量<br>( $\text{m}^3$ ) | ヨウ素129放射能濃度<br>( $\text{mBq}/\text{m}^3$ ) |           |      |           | $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比 |           |      |            |
|--------------------|--------------------------|--------------------------------------------|-----------|------|-----------|--------------------------------------|-----------|------|------------|
| 中心部                | 341.03                   | 3.0                                        | $10^{-7}$ | 8.16 | $10^{-9}$ | 1.3                                  | $10^{-8}$ | 3.44 | $10^{-10}$ |
| 角 部                | 398.58                   | 2.5                                        |           | 6.79 |           | 1.2                                  |           | 3.20 |            |

## 2.7 炭素 14 分析

### (1) 概要

国内 3 地域（北海道、秋田県、千葉県）において、平成 27 年度と同様に大気中二酸化炭素（夏季）、精米及び野菜をそれぞれ 1 試料採取した。また、季節ごとに大気中二酸化炭素変動を把握するため、冬季に大気中二酸化炭素（北海道、秋田県、千葉県）を 1 試料ずつ採取した。分析試料を表 2-7-1 に示す。 $^{14}\text{C}$  前処理装置を用いて試料に含まれる炭素を二酸化炭素ガスとして抽出しグラフアイト化して測定試料とした。加速器質量分析装置を用いて炭素原子数比を測定し、 $^{14}\text{C}$  比放射能を算出した。また、炭素安定同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ ）を元素分析/同位体比質量分析計を用いて測定した。

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

表 2-7-1  $^{14}\text{C}$  分析試料

| 試料名              | 採取法<br>または品種等 | 採取場所                   | 採取時期             |
|------------------|---------------|------------------------|------------------|
| 大気中二酸化炭素<br>(夏季) | オープンエア法       | 北海道立衛生研究所<br>(札幌市北区)   | H28. 08. 23      |
|                  |               | 秋田県健康環境センター<br>(秋田市)   | ～<br>H28. 9. 06  |
|                  |               | 日本分析センター本部<br>(千葉市稲毛区) |                  |
| 大気中二酸化炭素<br>(冬季) | オープンエア法       | 北海道立衛生研究所<br>(札幌市北区)   | H28. 12. 06      |
|                  |               | 秋田県健康環境センター<br>(秋田市)   | ～<br>H28. 12. 20 |
|                  |               | 日本分析センター本部<br>(千葉市稲毛区) |                  |
| 精米               |               | 北海道石狩市                 | H28. 9. 27       |
|                  |               | 秋田県秋田市                 | H28. 11. 7       |
|                  |               | 千葉県千葉市                 | H28. 9. 7        |
| 野菜               | キャベツ          | 北海道恵庭市                 | H28. 10. 3       |
|                  |               | 秋田県秋田市                 | H28. 11. 4       |
|                  |               | 千葉県袖ヶ浦市                | H28. 9. 16       |

## (2) 結果と考察

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

表 2-7-2 炭素 14 分析結果

| 試料名              | 採取場所                   | 炭素14比放射能<br>(Bq/g炭素) | $\delta^{13}\text{C}$<br>(‰) |
|------------------|------------------------|----------------------|------------------------------|
| 大気中二酸化炭素<br>(夏季) | 北海道立衛生研究所<br>(札幌市北区)   | 0.233±0.0018         | -23.8                        |
|                  | 秋田県健康環境センター<br>(秋田市)   | 0.232±0.0021         | -20.3                        |
|                  | 日本分析センター本部<br>(千葉市稲毛区) | 0.230±0.0012         | -18.4                        |
| 大気中二酸化炭素<br>(冬季) | 北海道立衛生研究所<br>(札幌市北区)   | 0.219±0.0015         | -28.3                        |
|                  | 秋田県健康環境センター<br>(秋田市)   | 0.228±0.0011         | -21.5                        |
|                  | 日本分析センター本部<br>(千葉市稲毛区) | 0.216±0.0027         | -24.5                        |
| 精米               | 北海道石狩市                 | 0.230±0.0012         | -28.4                        |
|                  | 秋田県秋田市                 | 0.227±0.0051         | -27.5                        |
|                  | 千葉県千葉市                 | 0.225±0.0042         | -28.2                        |
| 野菜               | 北海道恵庭市                 | 0.233±0.0007         | -28.1                        |
|                  | 秋田県秋田市                 | 0.221±0.0017         | -27.5                        |
|                  | 千葉県袖ヶ浦市                | 0.225±0.0042         | -27.4                        |

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

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

表 2-7-3 過去の調査結果との比較

|        | 大気 (夏季)                 | 精米          | 野菜          |
|--------|-------------------------|-------------|-------------|
|        | 炭素 14 比放射能<br>(Bq/g 炭素) |             |             |
| 本調査    | 0.230~0.233             | 0.225~0.230 | 0.221~0.233 |
| 過去の調査* | 0.221~0.247             | 0.226~0.260 | 0.222~0.270 |

\* : 過去の調査 : 2003 年度~2015 年度に実施された環境放射能水準調査及び原子力施設周辺環境放射線モニタリング調査の結果



## 2.8 大気中の放射性希ガス濃度測定

### (1) 調査概要

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

#### 1) 調査対象地区

##### ① クリプトン 85 分析

大気中  $^{85}\text{Kr}$  濃度の調査対象地区は、北海道地区（札幌市）、東北地区（秋田市、三春町）、関東・中部・近畿・中国地区（千葉市）、四国・九州地区（太宰府市）及び沖縄地区（南城市）の 5 地区（図 2-8-1 参照）である。平成 28 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。また本年度より調査対象地区に三春町を追加した。大気中  $^{85}\text{Kr}$  濃度の調査地点及び希ガス捕集装置を設置した機関を表 2-8-1 に示す。

##### ② キセノン 133 分析

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



図 2-8-1 放射性希ガス濃度の調査対象地区

表 2-8-1 大気中  $^{86}\text{Kr}$  濃度の調査地点及び希ガス捕集装置設置機関

| 調査対象地区            | 調査地点 |             | 緯度                  |
|-------------------|------|-------------|---------------------|
|                   | 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<br>141.3° E |
| 東北地区              | 秋田市  | 秋田県健康環境センター | 39.7° N<br>140.1° E |
|                   | 三春町  | 福島県環境創造センター | 37.4° N<br>140.5° E |
|                   | 千葉市  | 日本分析センター    | 35.7° N<br>140.1° E |
| 関東・中部・近畿・<br>中国地区 | 太宰府市 | 福岡県保健環境研究所  | 33.5° N<br>130.5° E |
| 沖縄地区              | 南城市  | 沖縄県衛生環境研究所  | 26.2° N<br>127.8° E |

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

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

## 2) 調査期間

① 大気中  $^{86}\text{Kr}$  濃度の調査

札幌市、秋田市及び千葉市において、平成 28 年 2 月 29 日より平成 29 年 2 月 27 日まで調査を実施した。なお、札幌市及び秋田市については、平成 28 年 12 月 26 日より平成 29 年 1 月 10 日の年末・年始期間は大気試料の捕集操作を実施せず、調査を中断した。また、三春町において、平成 29 年 3 月 24 日より平成 29 年 3 月 27 日まで調査を実施した。

② 大気中  $^{133}\text{Xe}$  濃度の調査

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

### 3) 分析方法

#### ① 大気試料の捕集（詳細については、3.8を参照のこと。）

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

#### ② <sup>86</sup>Kr 分析

分析試料を、ガスクロマトグラフにより分離・精製し、閉鎖系のループに導入した。ガスフロー式の GM 計数管により放射線測定を行うと同時に、ガスクロマトグラフにより全クリプトンの定量を行った。大気中のクリプトン存在比（=1.14mL/m<sup>3</sup>）を用いて大気中 <sup>86</sup>Kr 放射能濃度（Bq/m<sup>3</sup>）を算出した。

#### ③ <sup>133</sup>Xe 分析

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

### (2) 調査結果と考察

#### ①大気中 <sup>86</sup>Kr 濃度の調査結果と考察

平成 18 年 7 月から平成 29 年 2 月までの札幌市、秋田市、千葉市、太宰府市及び南城市の大気中 <sup>86</sup>Kr 濃度（Bq/m<sup>3</sup>）を図 2-8-2 に、平成 28 年度の調査地点である札幌市、秋田市、千葉市及び三春町の大気中 <sup>86</sup>Kr 濃度（Bq/m<sup>3</sup>）を図 2-8-3 に示す。

平成 28 年度の札幌市、秋田市及び千葉市の大気中 <sup>86</sup>Kr 濃度調査結果（平成 28 年 3 月から平成 29 年 2 月）は、1.43～1.63 Bq/m<sup>3</sup> で、平均値は 1.53 Bq/m<sup>3</sup> であった。また、平成 28 年度の三春町の大気中 <sup>86</sup>Kr 濃度調査結果（平成 29 年 3 月 24 日から平成 29 年 3 月 27 日）については、1.56 Bq/m<sup>3</sup> であった。これらの結果は、大気中 <sup>86</sup>Kr 放射能濃度のバックグラウンドレベル（1.3～1.6 Bq/m<sup>3</sup>）であった。

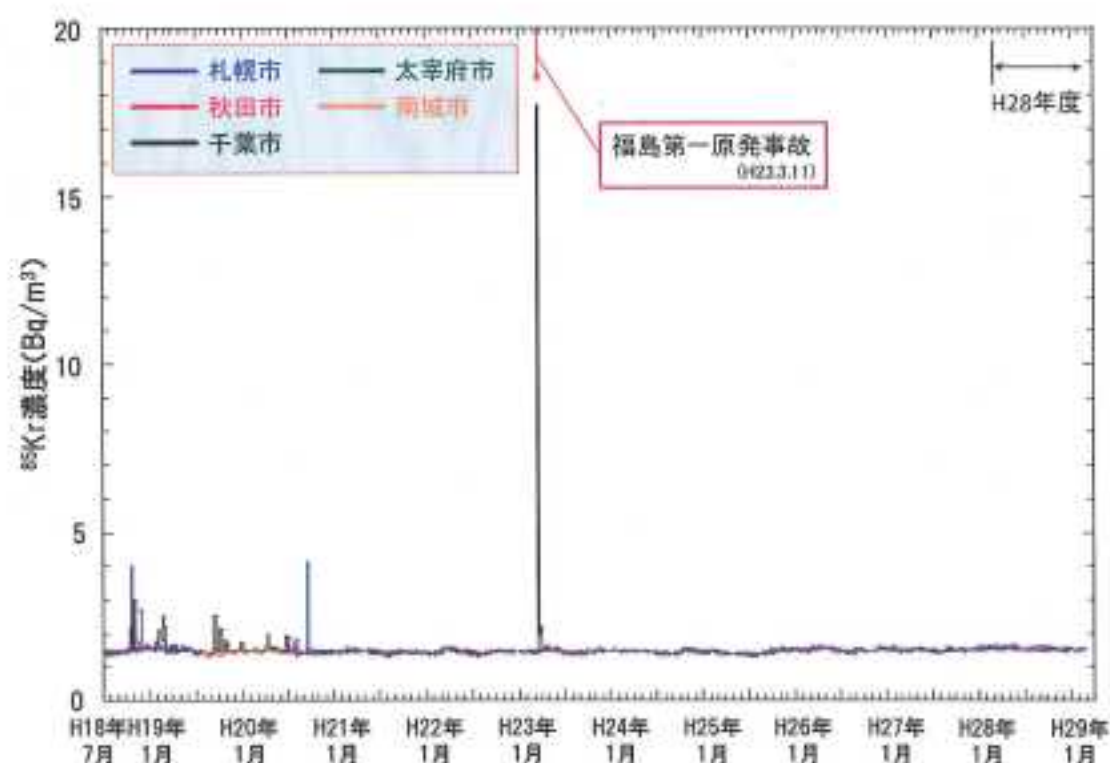


図 2-8-2 大気中  $^{85}\text{Kr}$  濃度調査結果 (平成 18 年度～平成 28 年度)

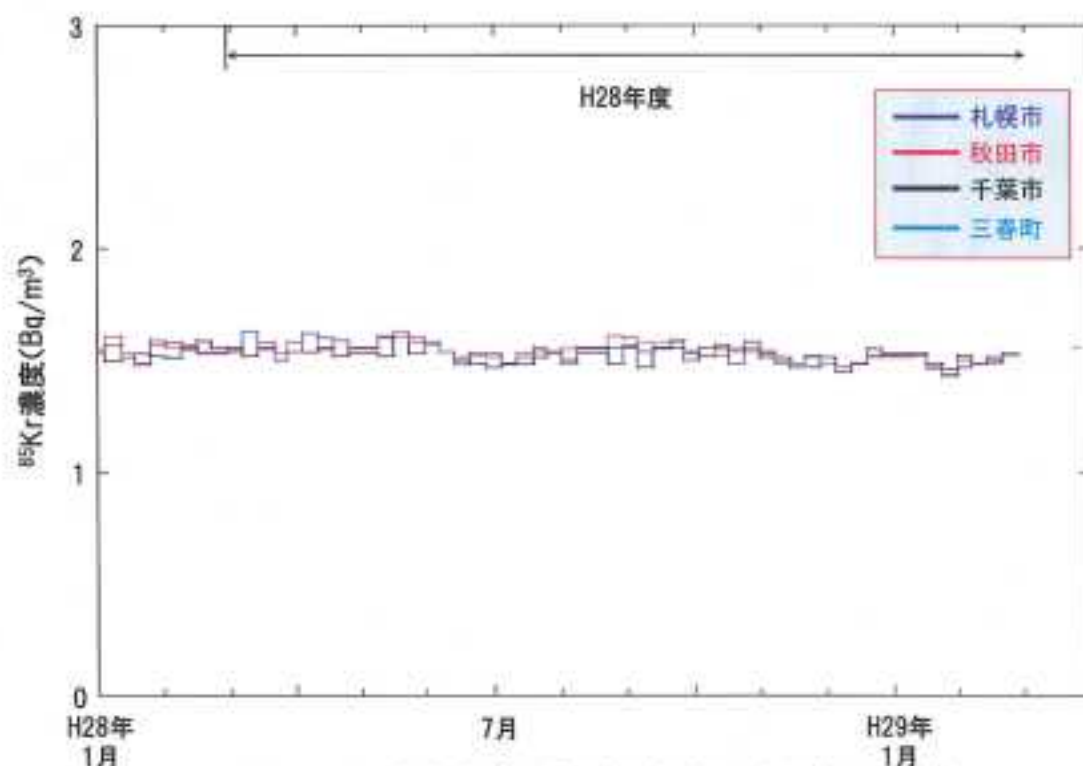


図 2-8-3 大気中  $^{85}\text{Kr}$  濃度調査結果 (平成 28 年度)



## ② 大気中 $^{133}\text{Xe}$ 濃度の調査結果と考察

平成 20 年 11 月から平成 29 年 2 月までの千葉市における大気中  $^{133}\text{Xe}$  濃度 ( $\text{mBq}/\text{m}^3$ ) を図 2-8-4 に示す。

平成 28 年度の大気中  $^{133}\text{Xe}$  濃度調査結果(平成 28 年 3 月から平成 29 年 2 月)については、不検出から  $2.4 \text{ mBq}/\text{m}^3$  であった。これらの結果は、 $^{133}\text{Xe}$  放射能濃度のバックグラウンドレベル ( $1 \sim 100 \text{ mBq}/\text{m}^3$ ) (\*1:Auer(2004), \*2: Saey(2007)) の範囲内であったと考えられる。

- \*1:M. Auer, A. Axelsson, X. Blanchard, T. W. Bowyer, G. Brachet, I. Bulowski, Y. Dubasov, K. Elmgren, J. P. Fontaine, W. Harms, J. C. Hayes, T. R. Heimbigner, J. I. McIntyre, M. E. Panisko, Y. Popov, A. Ringbom, H. Sartorius, S. Schmid, J. Schulze, C. Schlosser, T. Taffary, W. Weiss, B. Wernsperger, 2004; *Intercomparison Experiments of Systems for the Measurement of Xenon Radionuclides in the Atmosphere*; Applied Radiation and Isotopes Volume 60, pp. 863-877
- \*2:Paul R. J. Saey, 2007; *Ultra-Low-Level Measurements of Argon, Krypton and Radioxenon for Treaty Verification Purposes*; ESARDA BULLETIN, No. 36, pp. 42-56

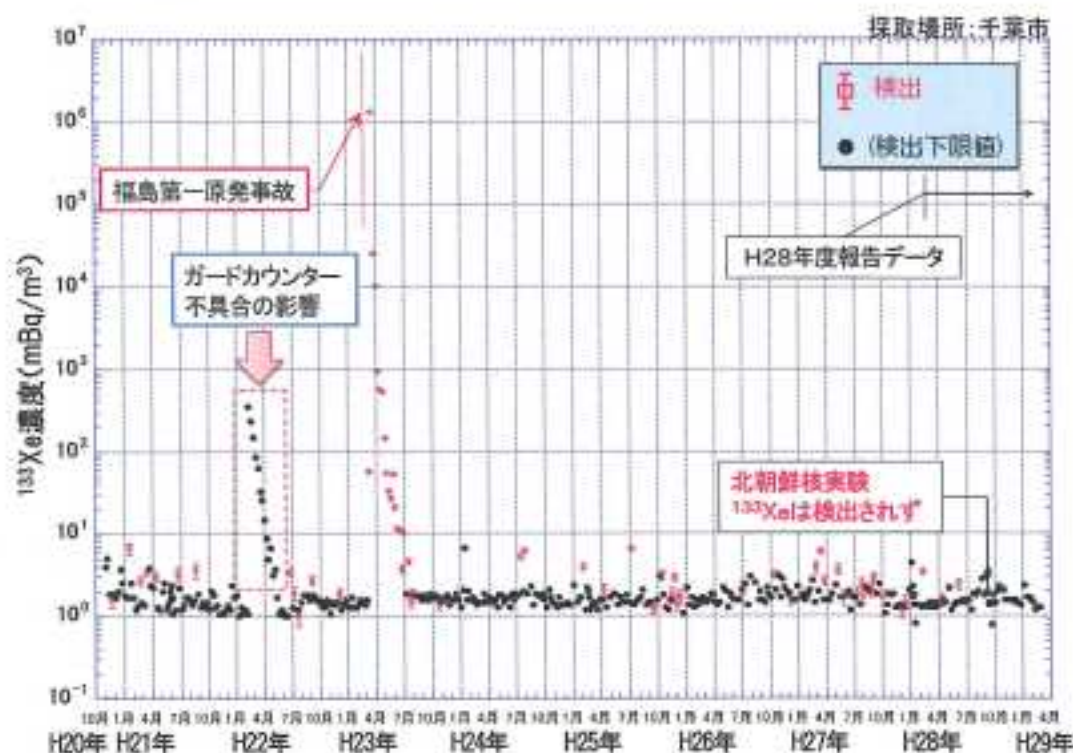


図 2-8-4 大気中  $^{133}\text{Xe}$  濃度調査結果

## 2.9 福島県下における環境放射能調査

### 2.9.1 環境試料の調査

#### (1) 概要

福島県内で採取した日常食のガンマ線スペクトロメトリーを行い、ガンマ線放出核種の放射能濃度を算出した。日常食は、福島県が51市町村から100試料採取し、そのうち81試料について分析を行った。なお、採取方法は、対象者の1～3日分の日常食(朝、昼、夕及び間食)を回収し分析試料とした。

#### (2) 結果及び考察

平成28年度の調査で得られた日常食の放射能濃度の範囲を表2-9-1-1に示す。なお、詳細は参考資料に示した。

表2-9-1-1 日常食の $^{134}\text{Cs}$ 及び $^{137}\text{Cs}$ の放射能濃度

| 試料種類 | 試料数 | $^{134}\text{Cs}$ | $^{137}\text{Cs}$ | 単位      |
|------|-----|-------------------|-------------------|---------|
| 日常食  | 81  | 不検出～0.23          | 不検出～1.4           | Bq/kg 生 |
|      |     | 不検出～0.60          | 不検出～3.6           | Bq/人・日  |

平成25年度から平成28年度の調査結果を比較するため、 $^{134}\text{Cs}$ 及び $^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度分布を図2-9-1-1及び図2-9-1-2に示した。調査内容が同じものではないことから、一概に比較することはできないが、平成28年度は日常食を灰化しており、結果として検出下限値が低減化され、平成27年度と比較して検出頻度が増えている。

また、平成28年度の調査で得られた最大の $^{134}\text{Cs}$ 及び $^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度で預託実効線量を評価するとそれぞれ $3.1\mu\text{Sv}$ 及び $13\mu\text{Sv}$ となり、法令に定める周辺監視区域外の実効線量限度( $1\text{mSv/年}$ )と比べて十分低い結果であった。

なお、これらの結果は、福島県へ速報した。

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

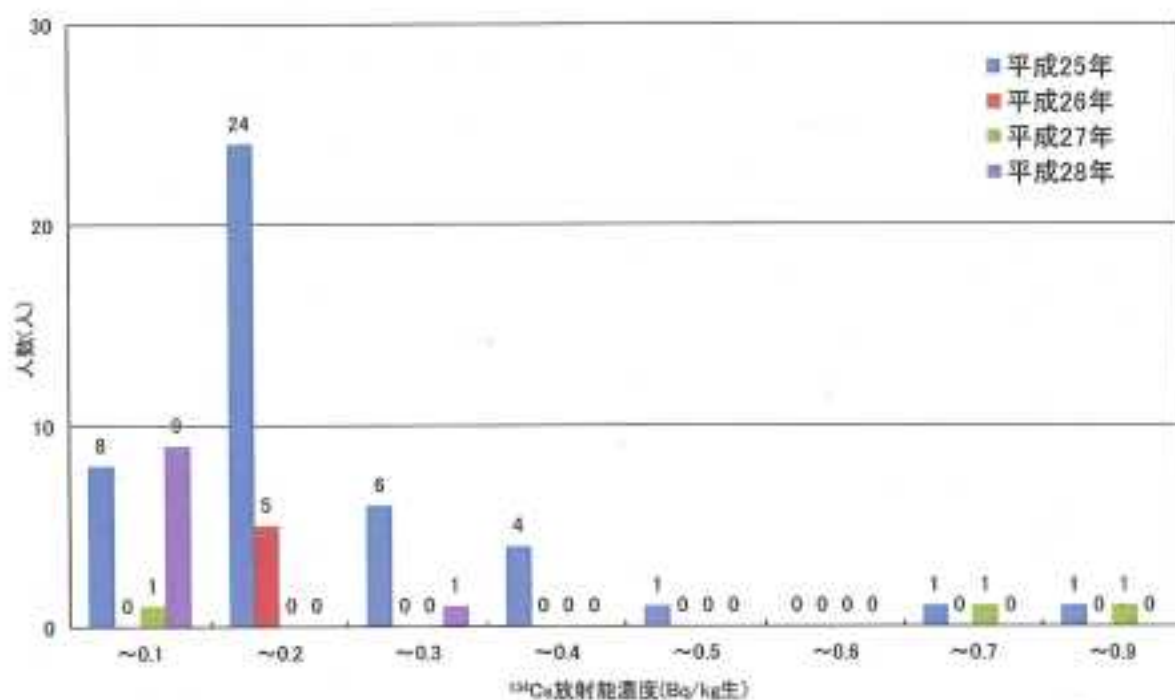


図2-9-1-1 日常食中の $^{134}\text{Cs}$ 放射能濃度分布

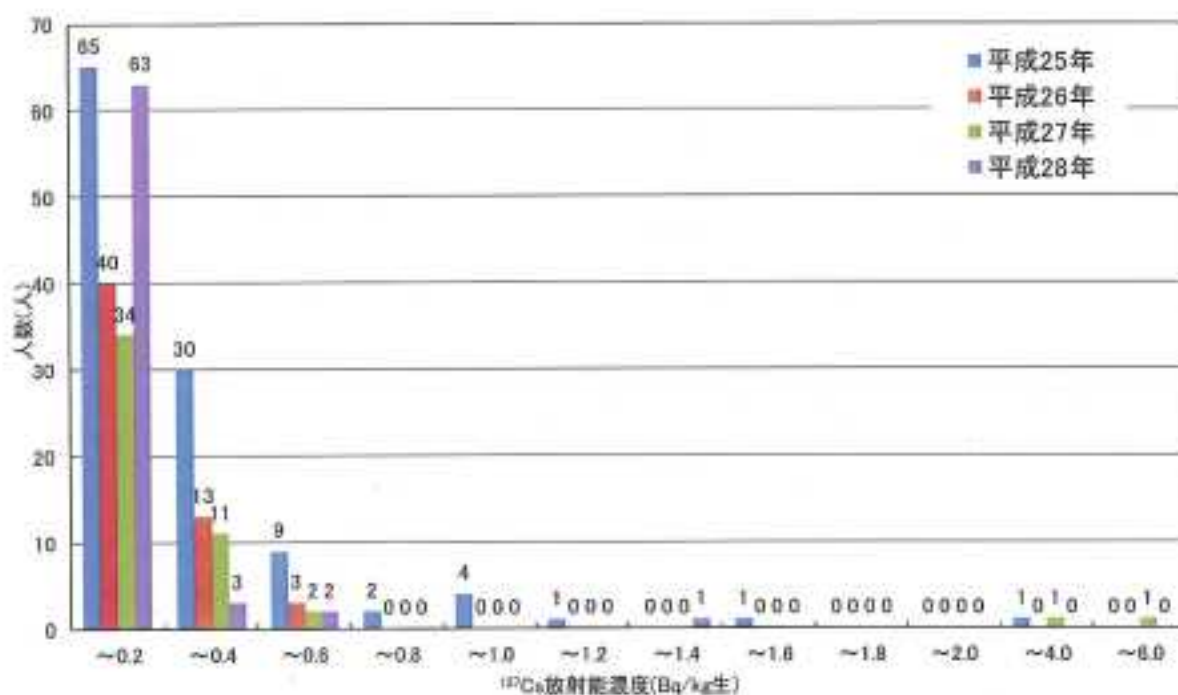


図2-9-1-2 日常食中の $^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度分布

## 2.9.2 空間線量の調査

### (1) 概要

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

### (2) 結果と考察

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

#### 1) 10 分値における異常値の判断基準と変動要因

平成 28 年度のモニタリングを実施するにあたり、以下の判断基準を設けた。

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

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

#### ① 気象変動

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

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

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

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

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



の例を図 2-9-2-3 に、熊町小学校（大熊町）の例を図 2-9-2-4 に示す。また、冬季に多くの可搬型モニタリングポストにおいて、積雪による影響のため、空間放射線量率の下降が認められた。前乗集会所（飯館村）の例を図 2-9-2-5(1)～(2) に示す。

## ② 温度依存性による変動

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

確認の結果、可搬型モニタリングポスト指示値が 10%程度の日変動幅を示す地点が認められた。温度変化と空間放射線量率の関係の例を図 2-9-2-6(1)～(2) に示す。

## ③ 除染作業等による影響

①及び②による確認で要因の究明に至らなかった場合は、除染作業等による影響の有無の確認を現地で実施した。また、スペクトルデータを用いて放射性セシウムの増減の有無を調査した。

その結果、以下の要因を確認した。

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

除染作業による空間放射線量率の低下について、福島県浪江ひまわり荘（浪江町）の例を図 2-9-2-7(1)～(2) に示す。

また、除染物充填済みフレコンバッグの影響による一時的な空間放射線量率の上昇について、スペクトルデータの確認を実施した八木沢芦原多目的集会所（飯館村）の例を図 2-9-2-8(1)～(2) に示す。

空間放射線量率が上昇した時間帯のエネルギー分布は、放射性セシウムからの $\gamma$ 線による計数が増加しており、空間放射線量率が上昇した原因であると考えられた。

現地で確認した結果、モニタリングポスト近傍に除染物充填済みフレコンバッグが置かれており、周辺環境の変化が確認された（図 2-9-2-8(3) 参照）。

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

## 2) 長期的なデータによる測定器の健全性の確認

1ヶ月毎に各地点のトレンドグラフ（図 2-9-2-2(1)～(40)参照）を更新し、そのトレンドの傾きを、放射性セシウムの物理的減衰から予測された空間放射線量率のトレンドと比較することにより、測定器の健全性が保たれているか否かの確認を実施した。トレンドグラフは1日毎の平均値、最大値及び最小値を算出し、プロットした。

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

## 3) モニタリングポストの移設

### ① 小宮コミュニティセンター（飯舘村）

小宮コミュニティセンター敷地内の倉庫建設に伴い、モニタリングポストの同敷地内での移設作業を行った。移設前後の設置場所及び移設作業の様子を表 2-9-2-2 及び図 2-9-2-9(1)～(3)に示す。移設前後の空間放射線量率の変化を図 2-9-2-9(4)に示す。

なお、移設作業実施日時は、平成 28 年 8 月 18 日 13 時～17 時である。

### ② 八木沢芦原多目的集会所（飯舘村）

八木沢芦原多目的集会所モニタリングポスト設置位置に、飯舘村が管理するモニタリングポストを新規で設置することに伴い、モニタリングポストの同敷地内での移設作業を行った。移設前後の設置場所及び移設作業の様子を表 2-9-2-3 及び図 2-9-2-10(1)～(3)に示す。移設前後の空間放射線量率の変化を図 2-9-2-10(4)に示す。

なお、移設作業実施日時は、平成 29 年 3 月 15 日 13 時～18 時である。

表2-9-2-1(1) 可搬型モニタリングポスト設置地点一覧

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



表2-9-2-1(2) 可搬型モニタリングポスト設置地点一覧

| No. | 施設名               | 所在地              |
|-----|-------------------|------------------|
| 41  | 富岡第二小学校           | 富岡町大字本岡字王塚36     |
| 42  | 赤木多目的集会所          | 富岡町大字本岡字赤木275-1  |
| 43  | 村営バス停留所(貝ノ坂地区)    | 川内村大字下川内字貝ノ坂     |
| 44  | 五枚沢集会所            | 川内村大字下川内字五枚沢39-3 |
| 45  | 毛戸集会所             | 川内村大字下川内字毛戸      |
| 46  | 坂下ダム管理事務所         | 大熊町大字大川原字手の倉125  |
| 47  | 夫沢二区地区集会所         | 大熊町大字夫沢字長者原536-1 |
| 48  | 熊一区地区集会所          | 大熊町大字熊字旭台499     |
| 49  | 熊町小学校             | 大熊町大字熊川字緑ヶ丘10    |
| 50  | 中屋敷多目的研修集会所施設     | 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湊      |
| 56  | 大堀小学校             | 浪江町大字小野田字仲禅寺134  |
| 57  | 苅野小学校             | 浪江町大字苅宿字鹿畑16     |
| 58  | 大楠簡易郵便局(葛尾村営バス停脇) | 浪江町大字川原字大楠162    |
| 59  | 浪江町役場             | 浪江町大字幾世橋字六反田7-2  |
| 60  | 小丸多目的集会所          | 浪江町大字小丸字下平       |
| 61  | 津島活性化センター         | 浪江町大字下津島字原       |
| 62  | 昼曽根屯所             | 浪江町大字昼曽根字昼曽根     |
| 63  | 賀老集会所             | 浪江町大字室原字滝平       |
| 64  | 大放婦人ホーム           | 葛尾村大字落合字大放166    |
| 65  | 葛尾村役場             | 葛尾村大字落合字落合16     |
| 66  | 下葛尾集会所            | 葛尾村大字葛尾字北平       |
| 67  | 上野川多目的集会所         | 葛尾村大字野川字湯殿233-1  |
| 68  | 上飯桶地区集会所          | 飯館村大字飯桶          |
| 69  | 飯桶小学校             | 飯館村大字飯桶字町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17    |
| 73  | 小宮コミュニティセンター      | 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  | 長泥コミュニティセンター      | 飯館村大字長泥字長泥       |
| 77  | 比曾公民館             | 飯館村大字比曾字比曾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       | 飯館村大字八木沢上八木沢     |
| 80  | 蔵平公民館             | 飯館村大字蔵平字蔵平       |

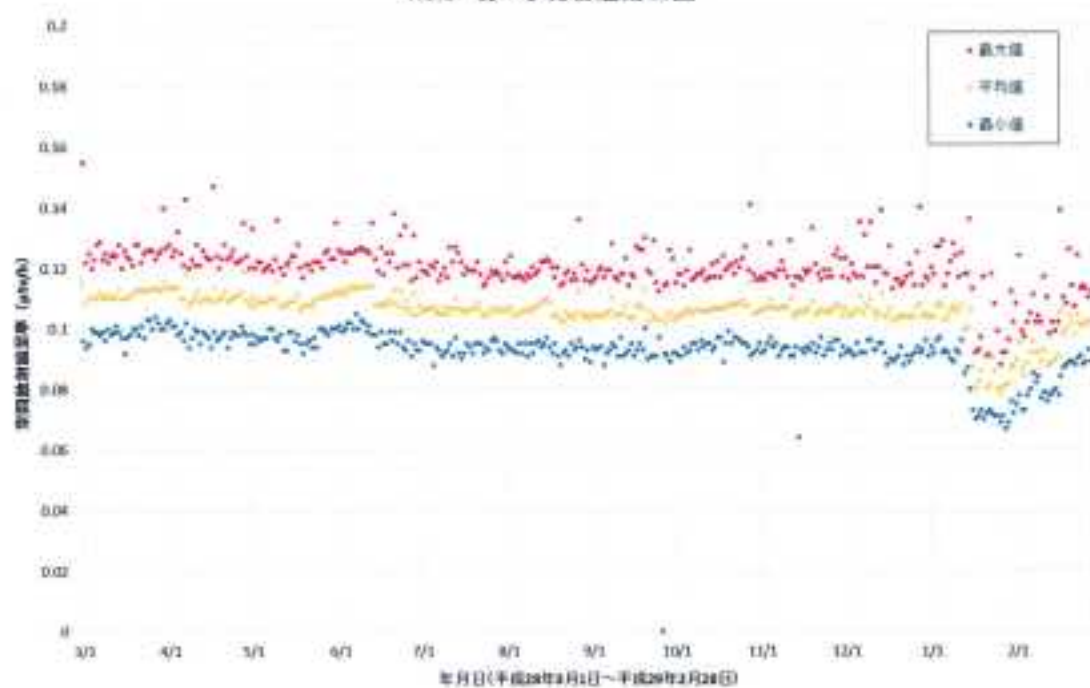




出典: 国土地理院ホームページ

図2-9-2-1 可搬型モニタリングポスト設置地点地図

No.1 あづま総合運動公園



No.2 二本松市役所

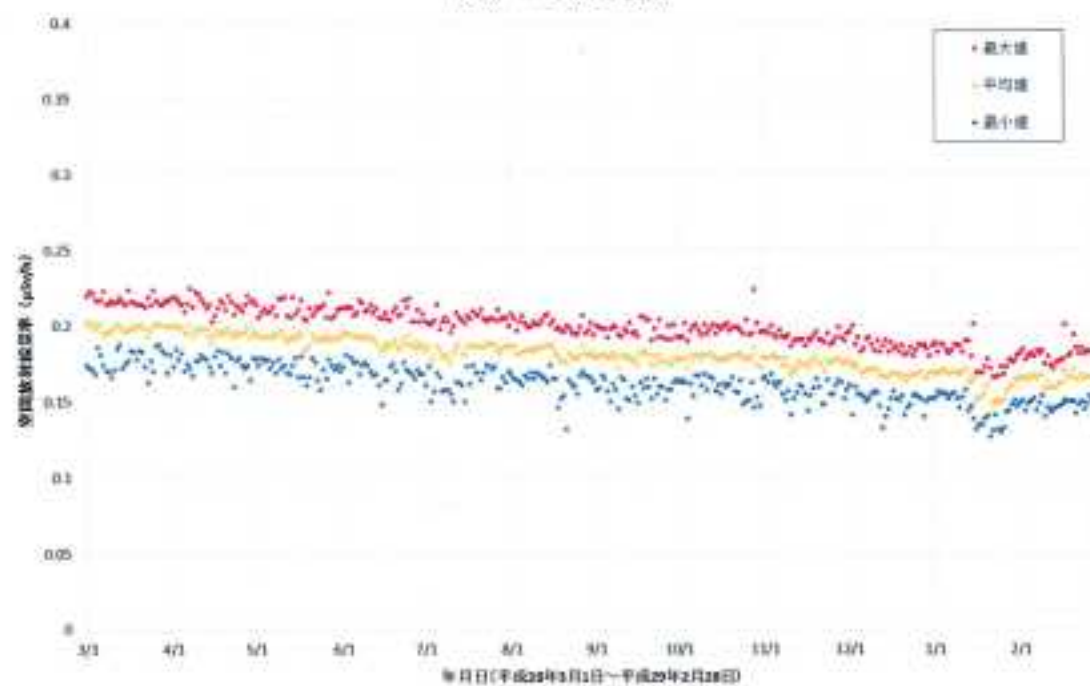
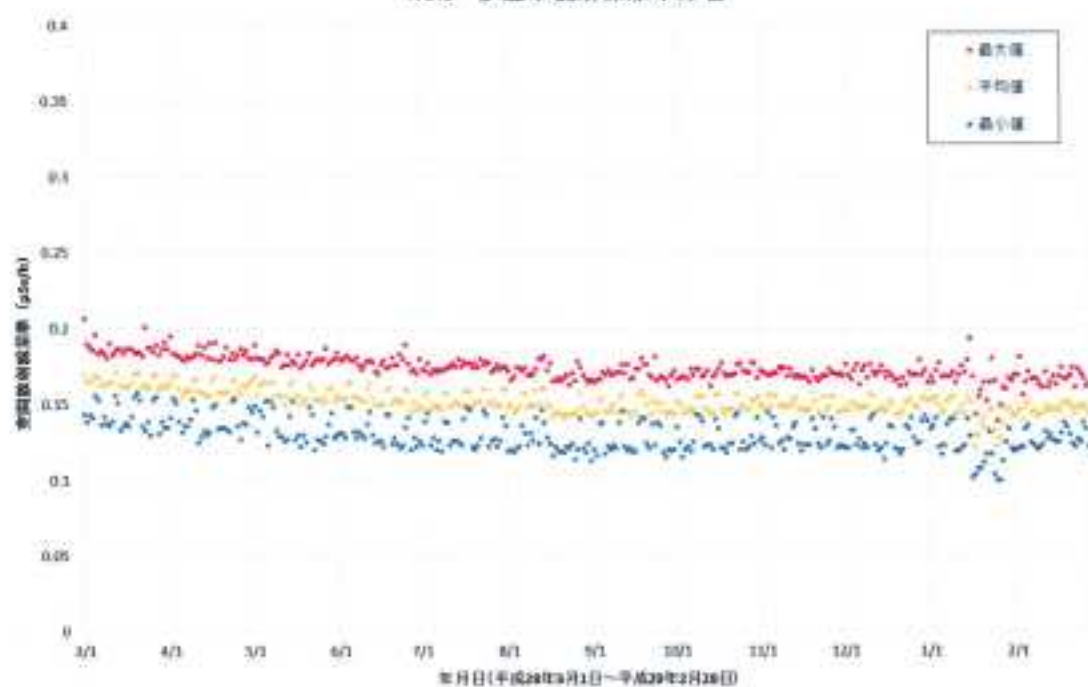


図 2-9-2-2(1) 各地点のトレンドグラフ

No.3 伊達市役所保原本庁舎



No.4 石神生涯学習センター

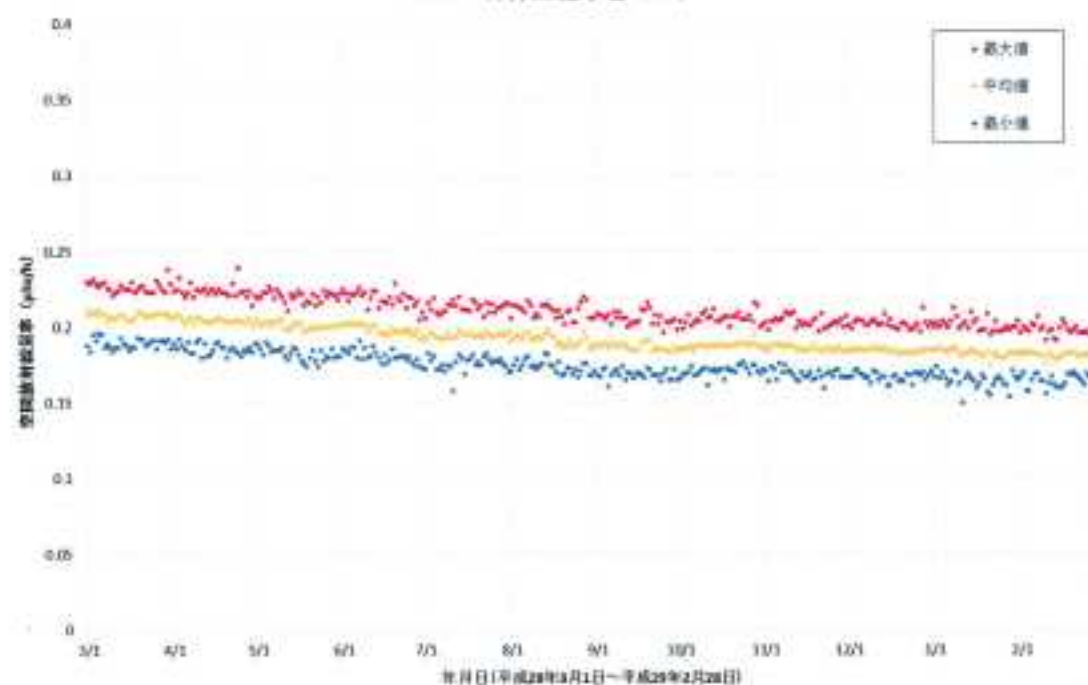
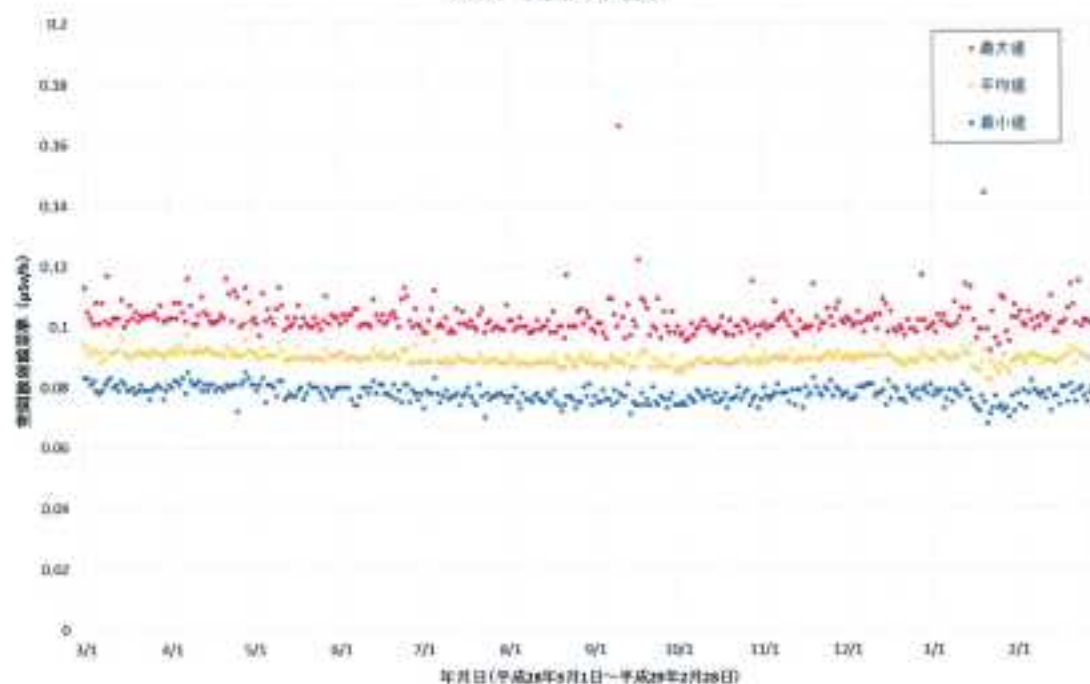


図 2-9-2-2(2) 各地点のトレンドグラフ

No.5 須賀川市役所



No.6 飯館村役場

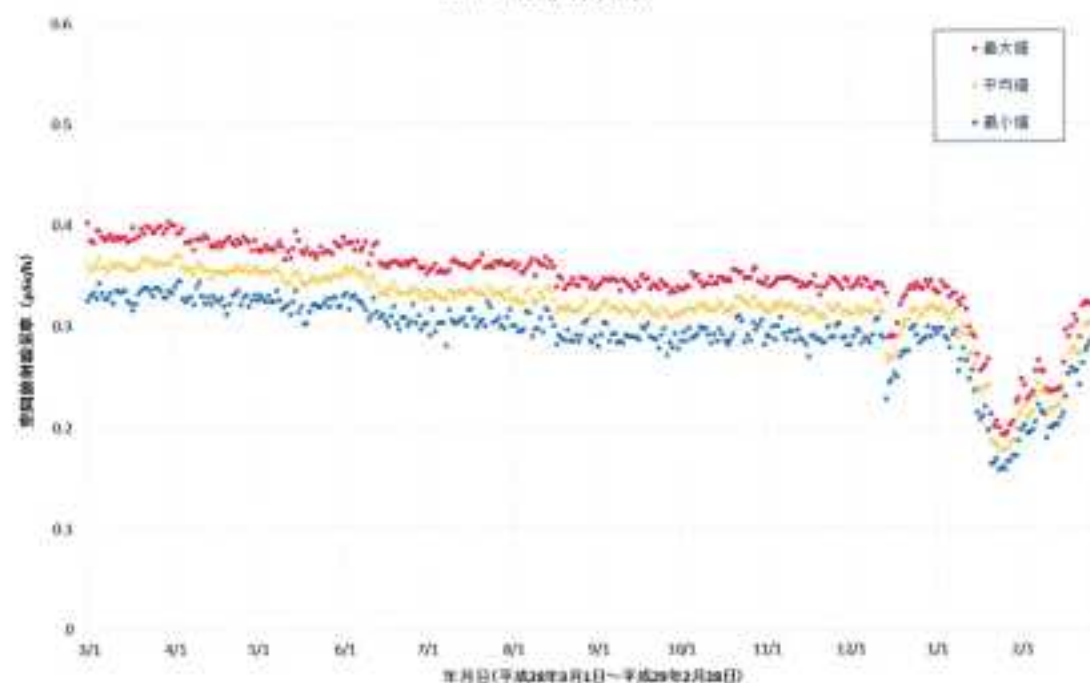
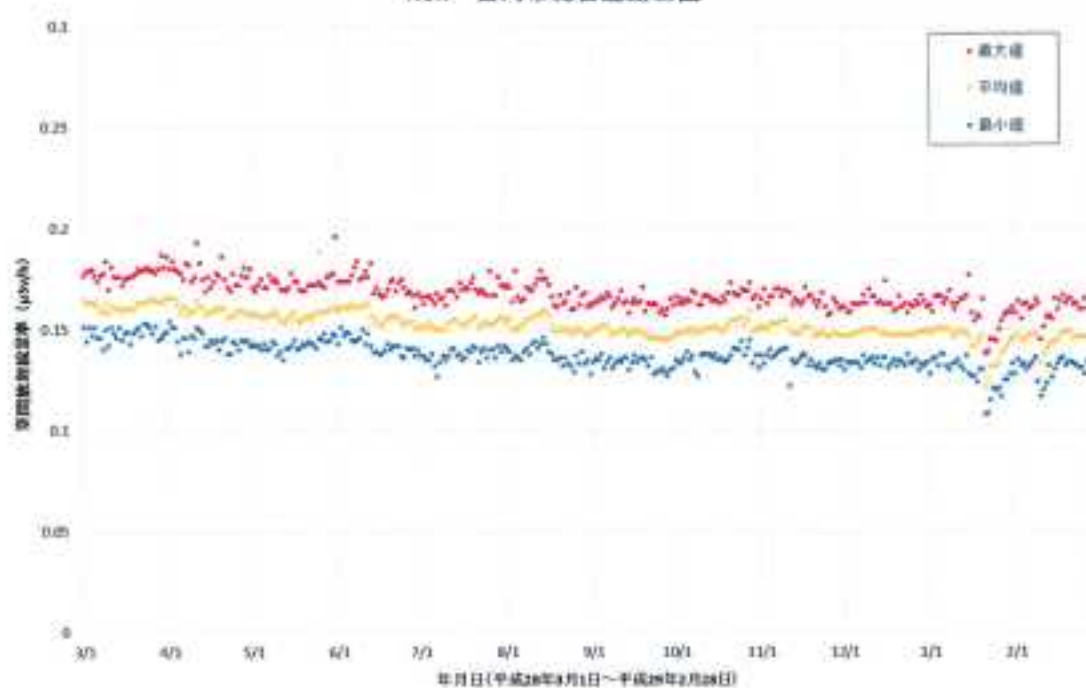


図 2-9-2-2(3) 各地点のトレンドグラフ



No.7 白河市総合運動公園



No.8 会津若松市役所

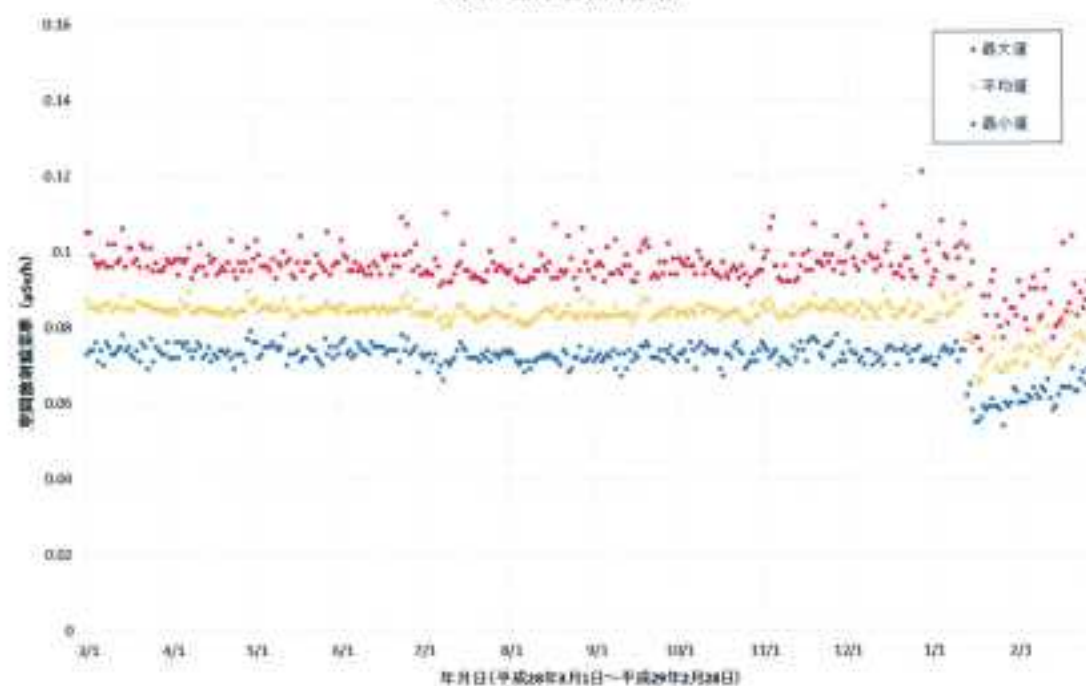
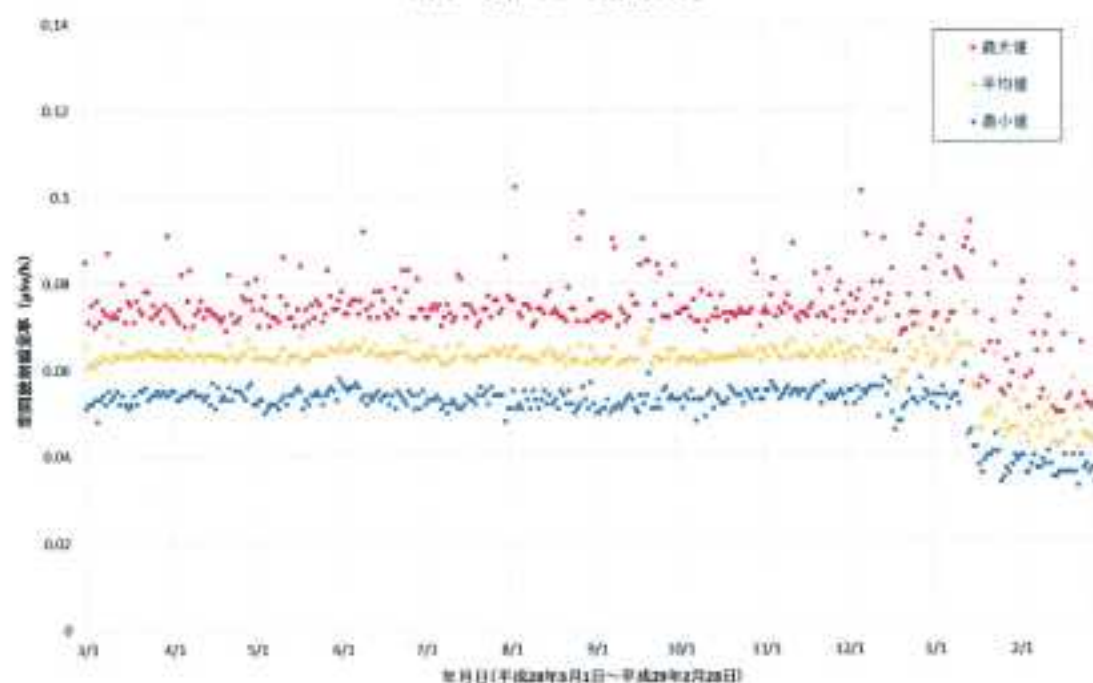


図 2-9-2-2(4) 各地点のトレンドグラフ

No.9 びわのかげ運動公園



No.10 スポーツアリーナそうま

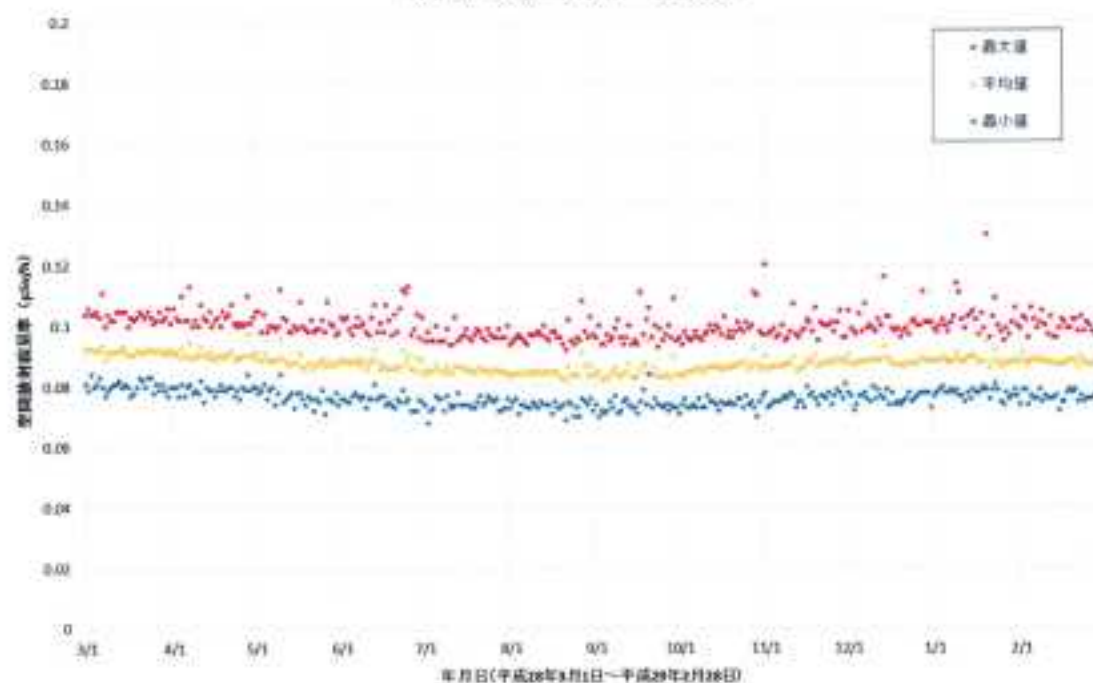


図 2-9-2-2(5) 各地点のトレンドグラフ

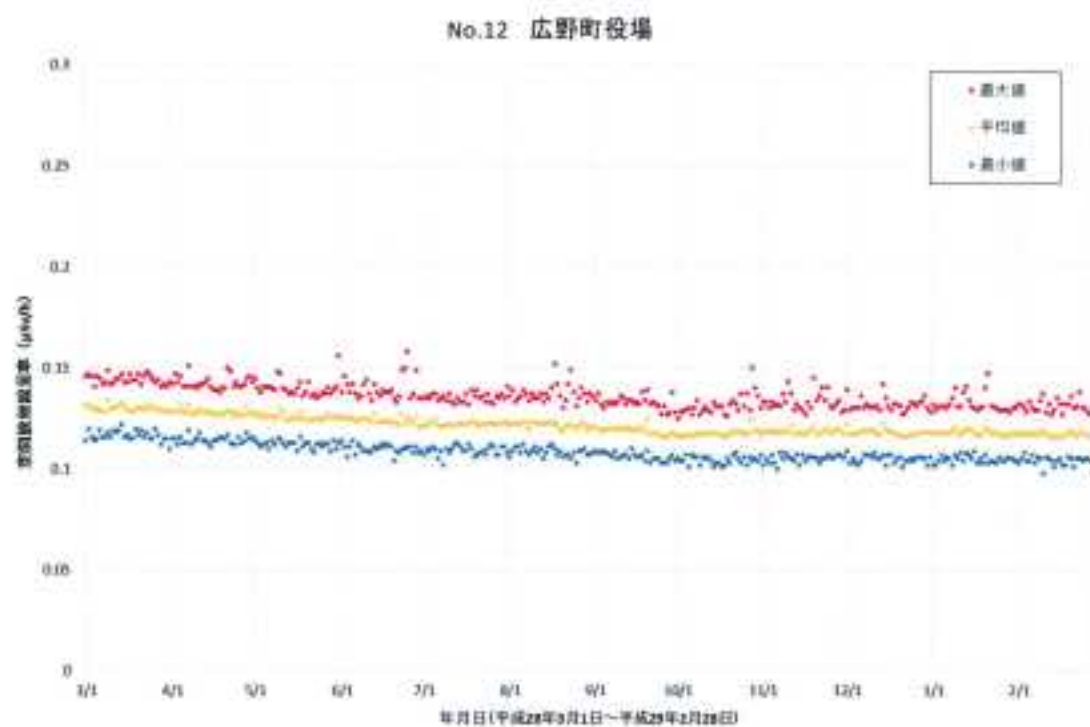
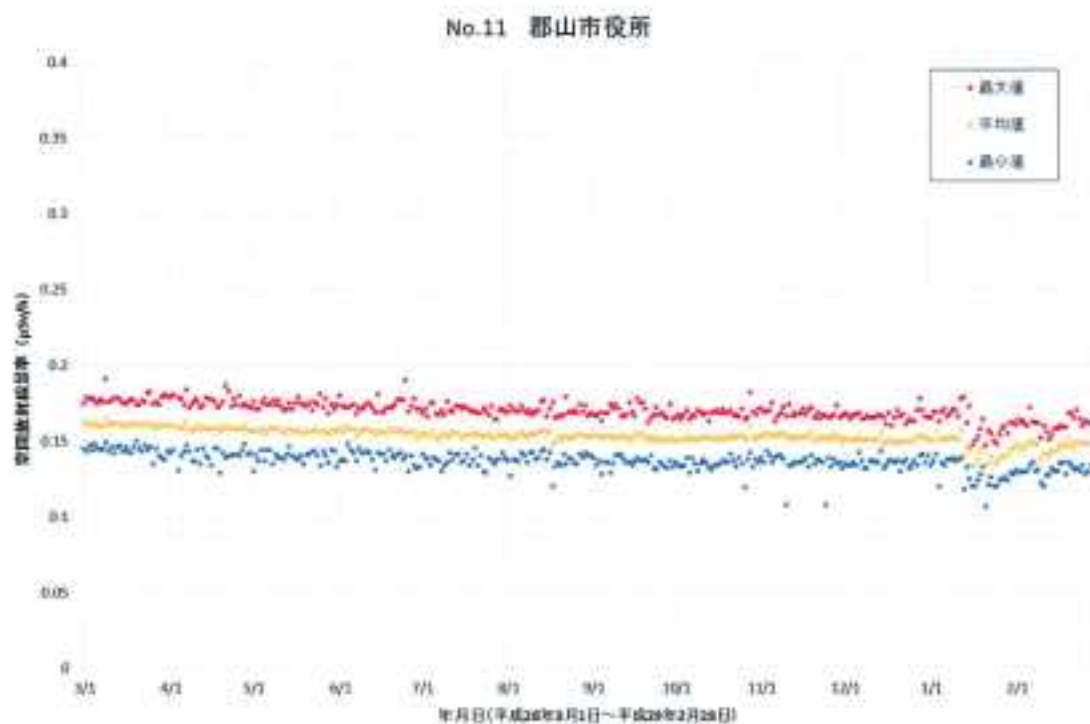
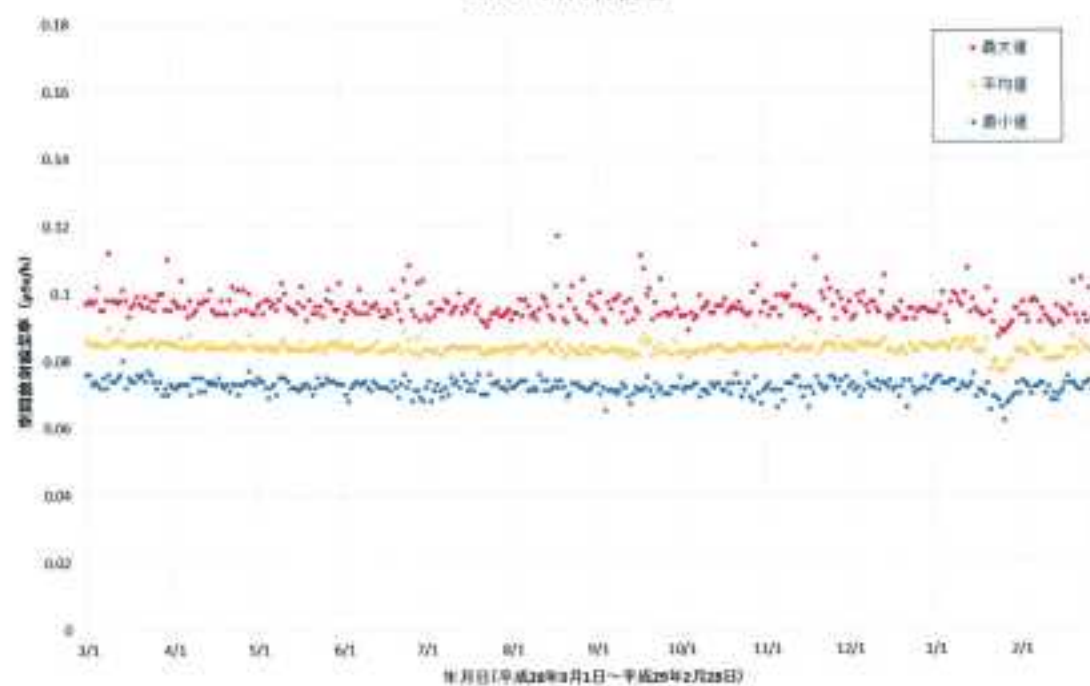


図 2-9-2-2(6) 各地点のトレンドグラフ

No.13 川内村役場



No.14 葛尾村柏原地区

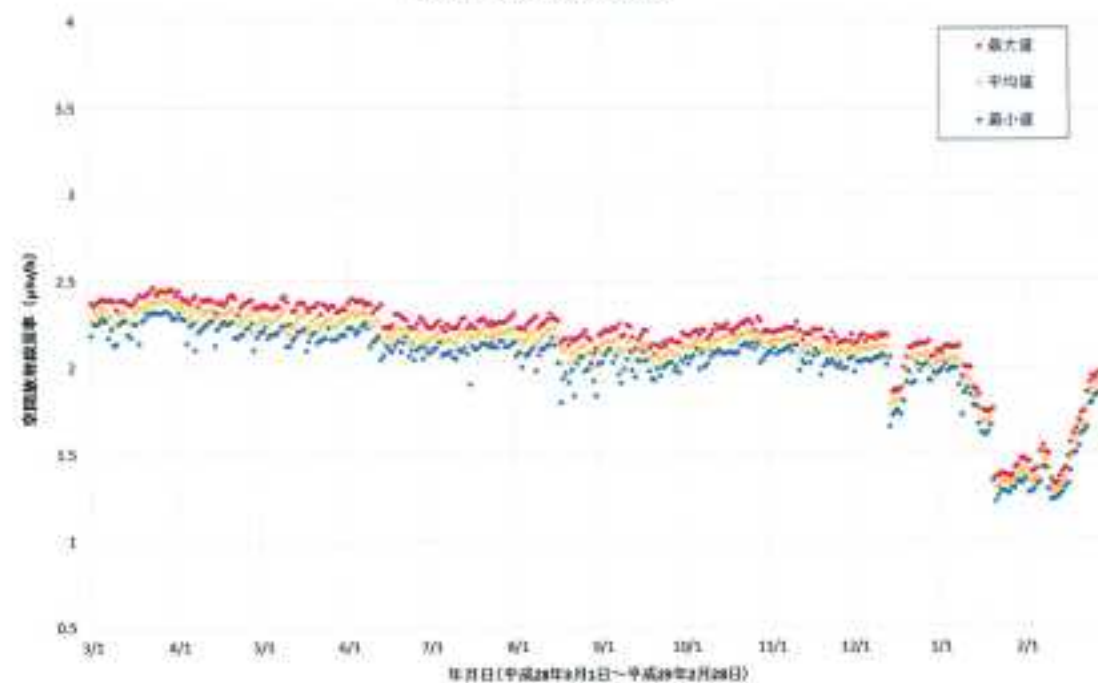
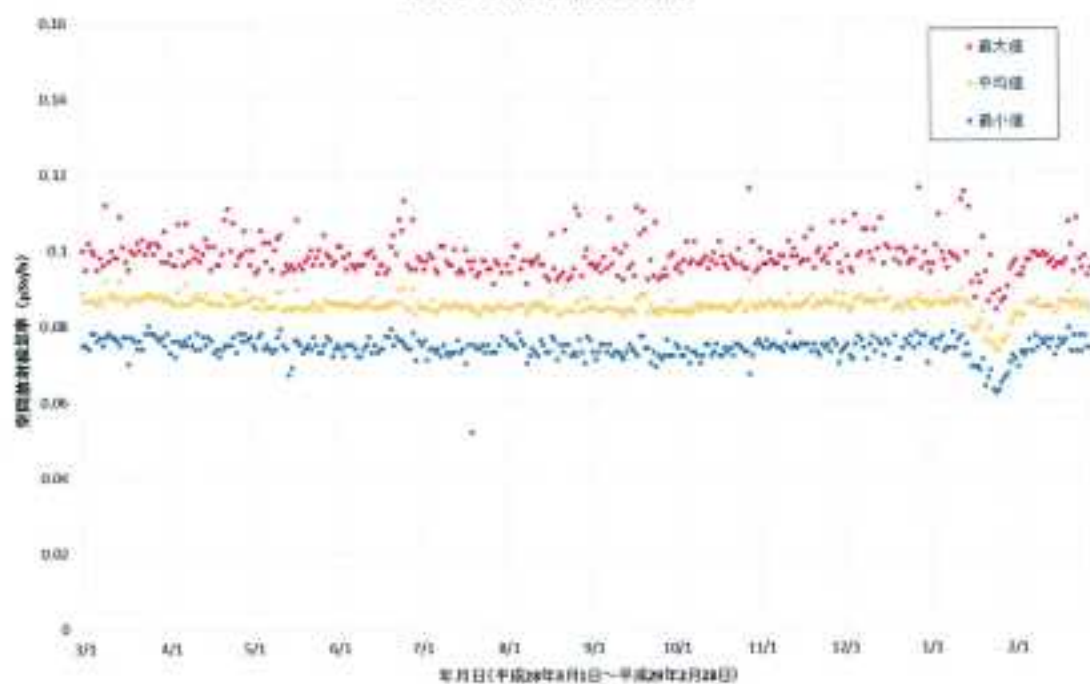


図 2-9-2-2(7) 各地点のトレンドグラフ



No.15 田村市常葉行政局



No.16 いわきの里鬼ヶ城オートキャンプ場

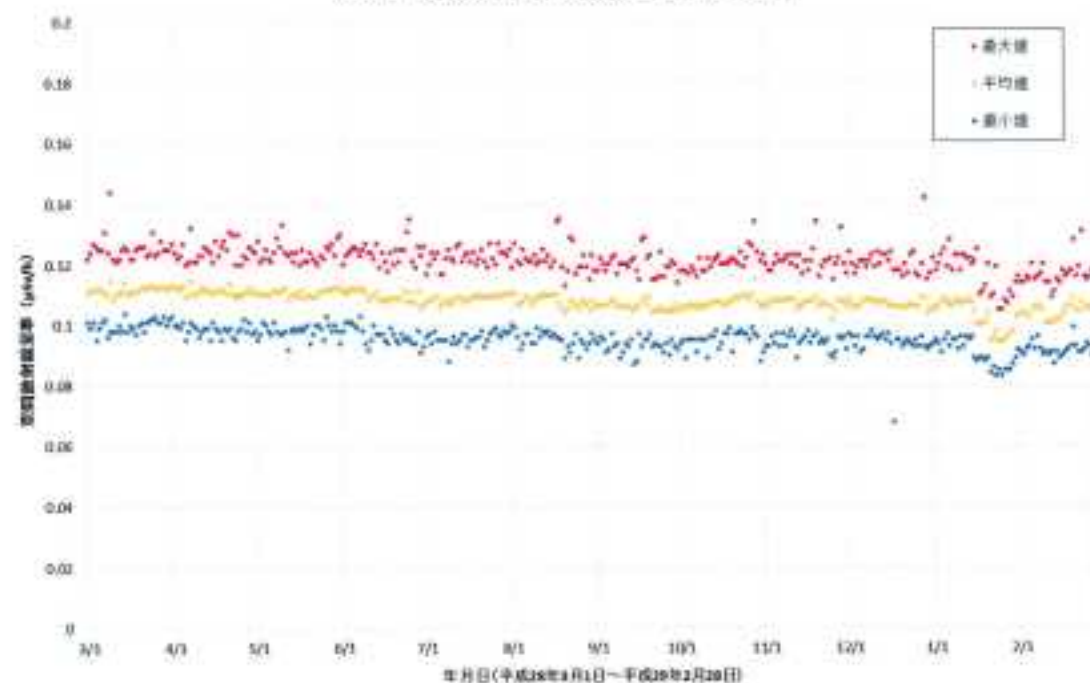
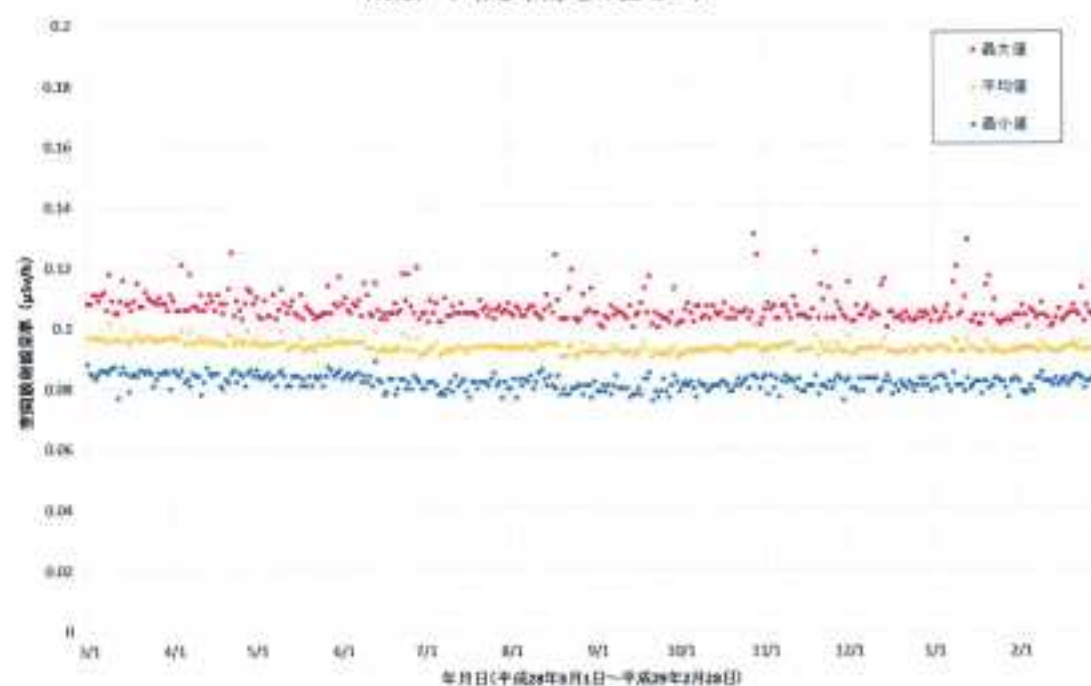


図 2-9-2-2(8) 各地点のトレンドグラフ

No.17 いわき市海竜の里センター



No.18 養護老人ホーム「東風荘」

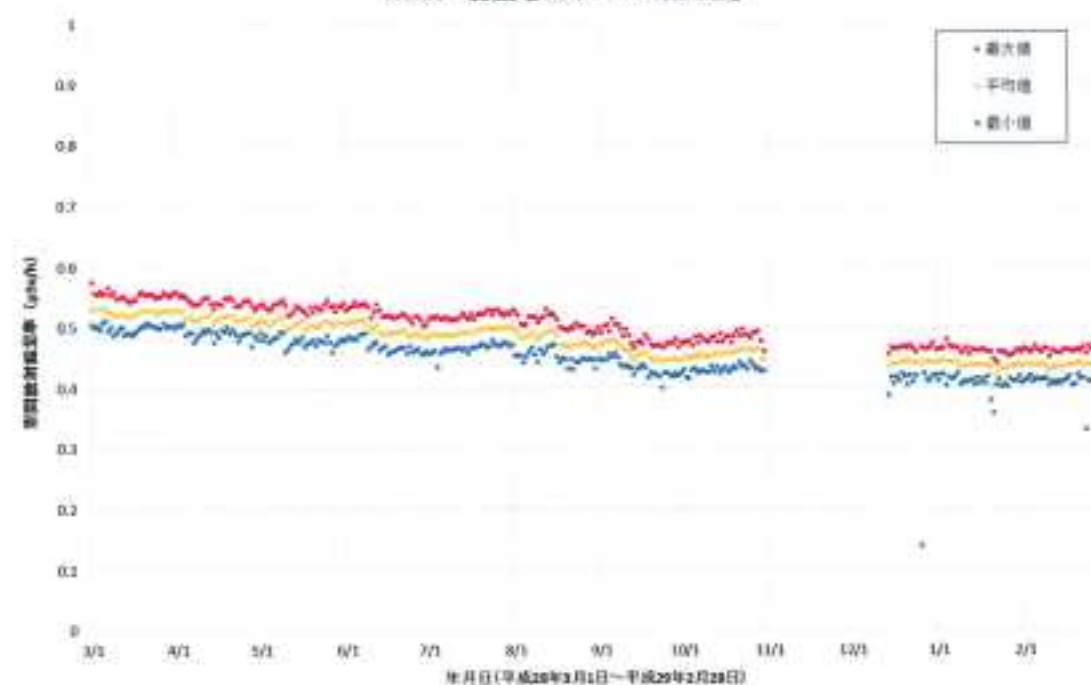
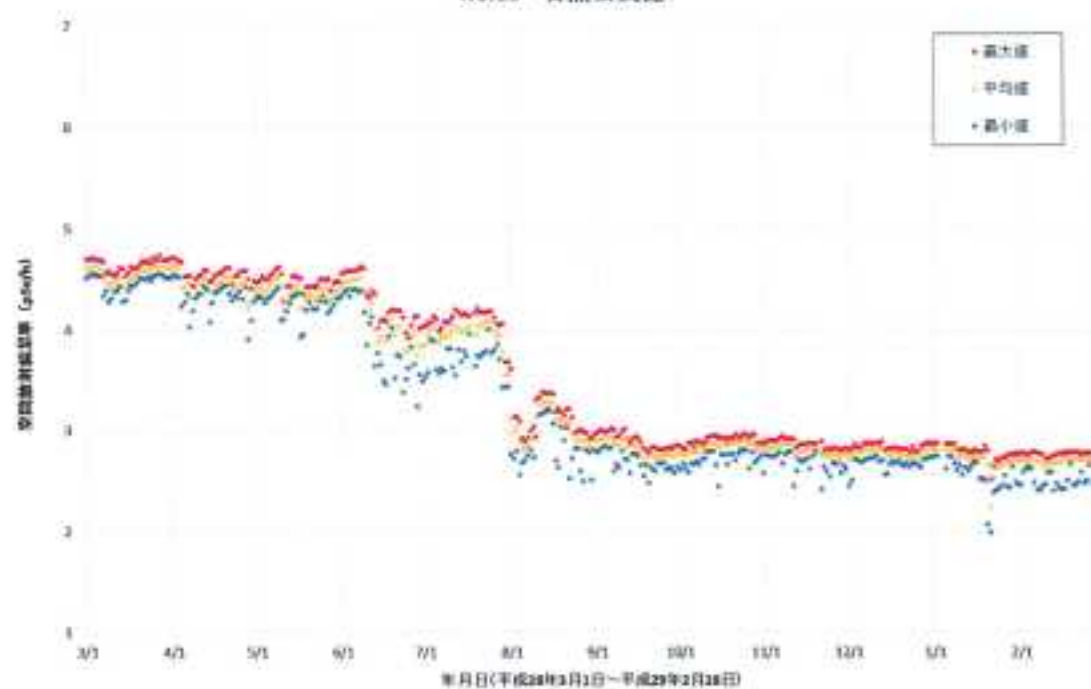


図 2-9-2-2(9) 各地点のトレンドグラフ

No.19 石熊公民館



No.20 福島県浪江ひまわり荘

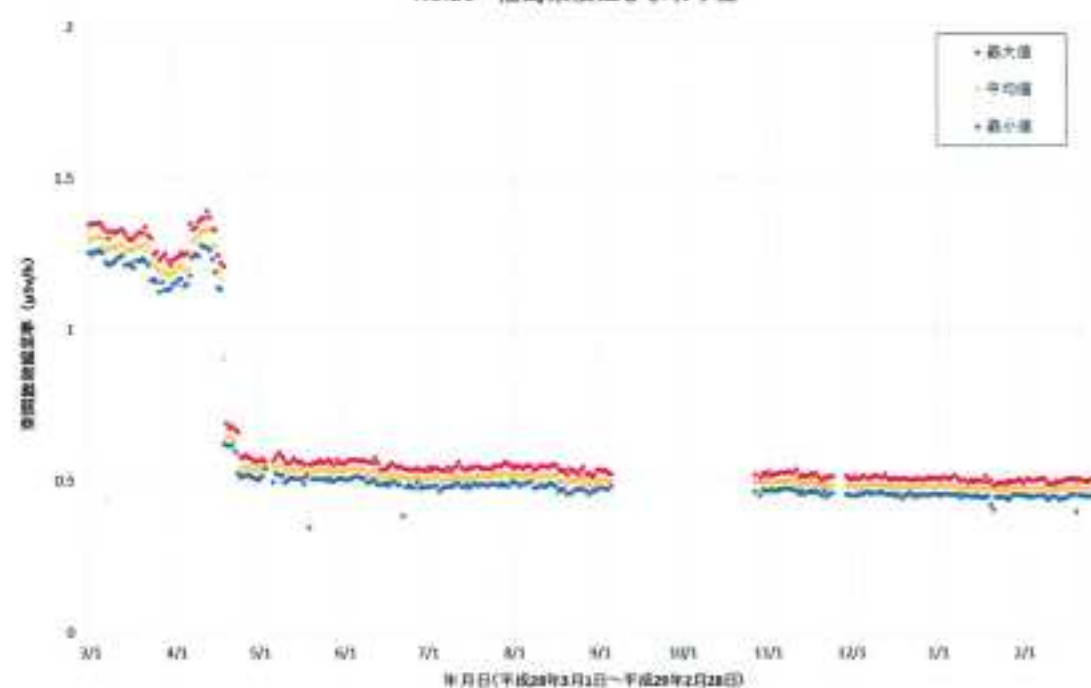
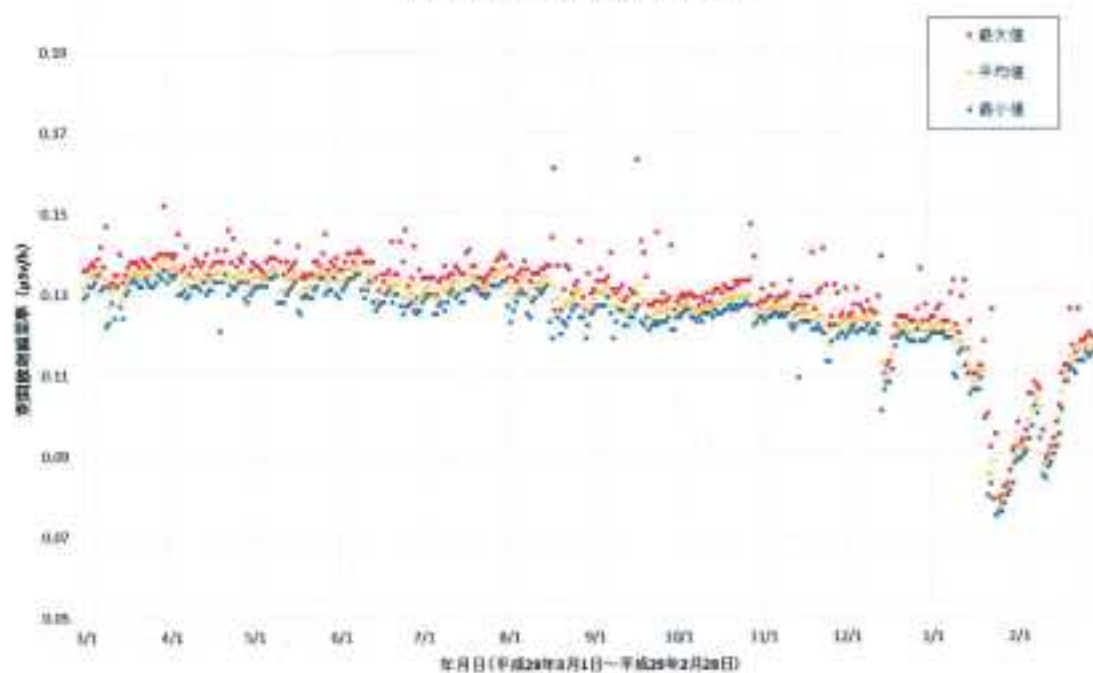


図 2-9-2-2(10) 各地点のトレンドグラフ

No.21 場々多目的研修センター



No.22 合子集落農事集会所

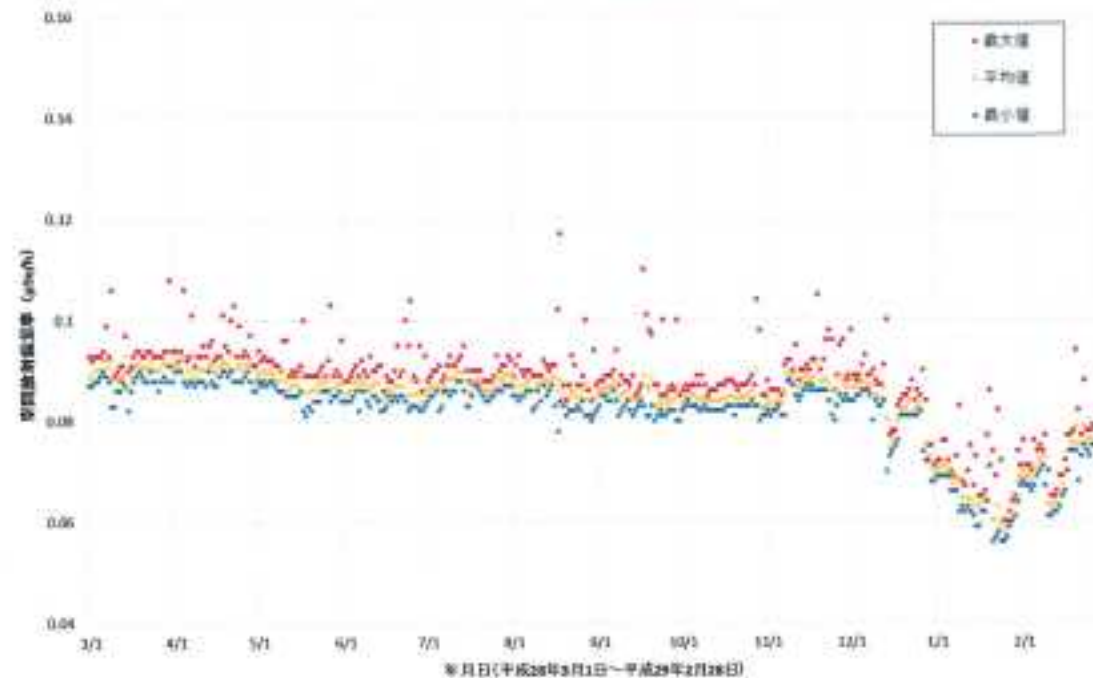


図 2-9-2-2(11) 各地点のトレンドグラフ



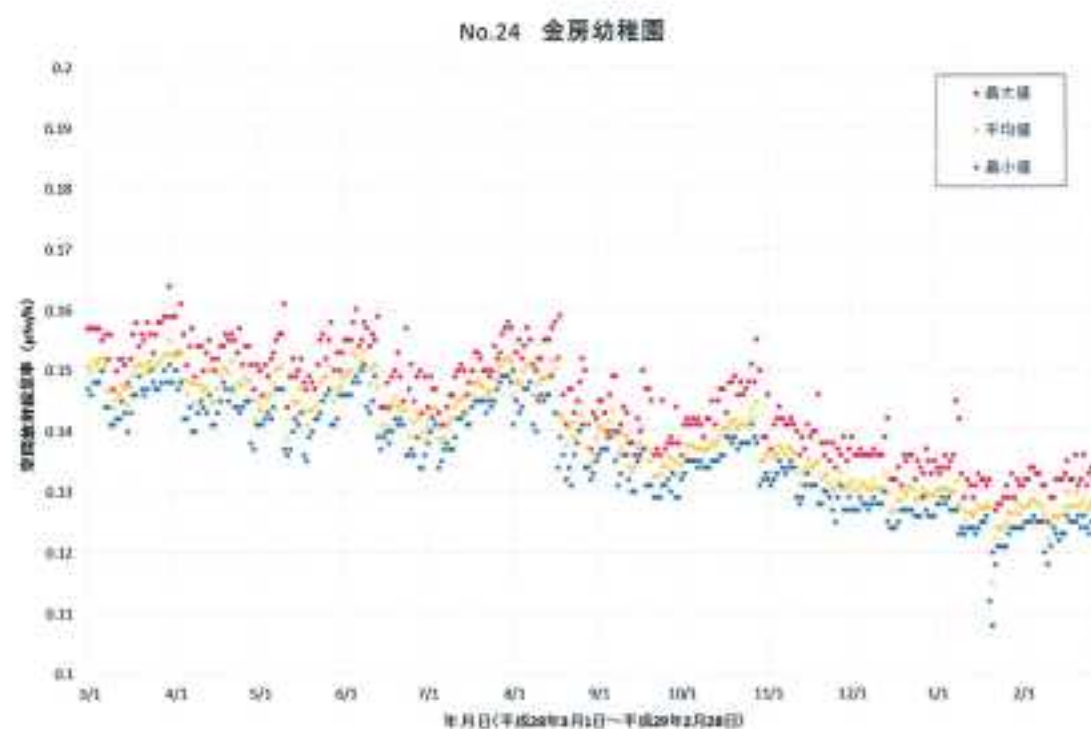
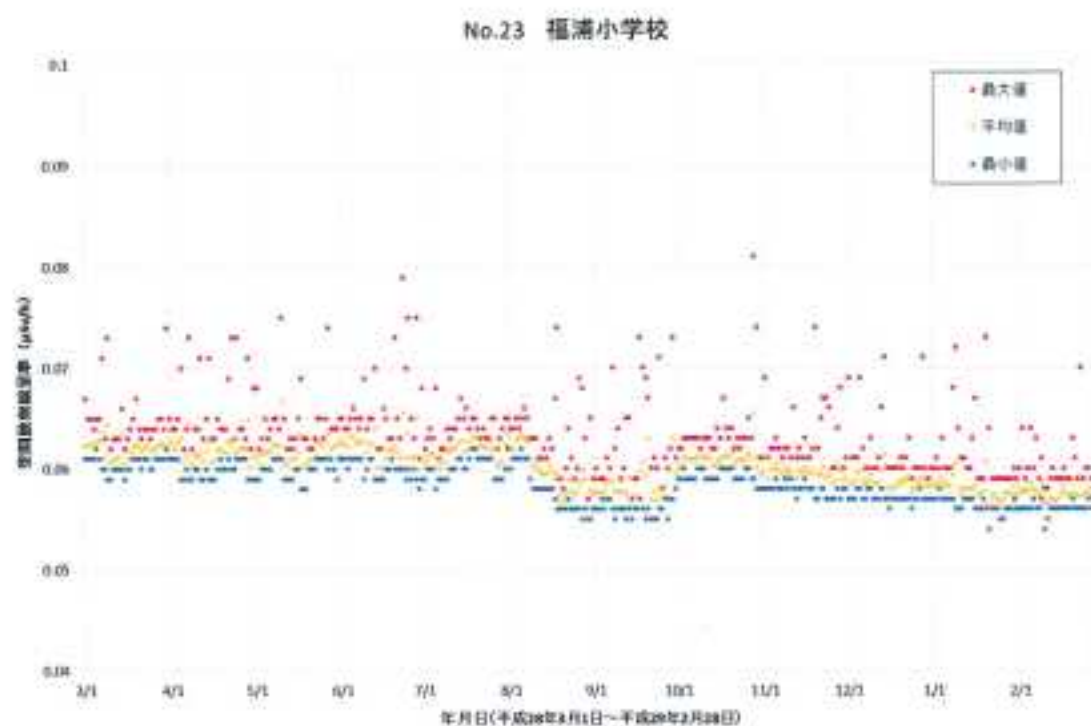
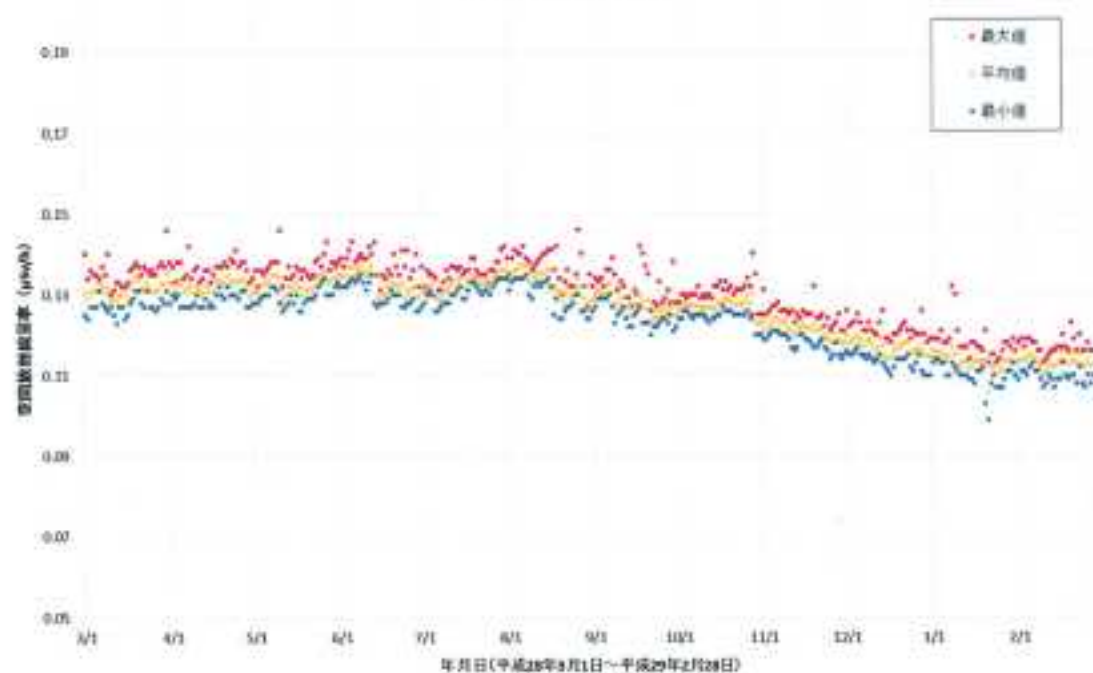


図 2-9-2-2(12) 各地点のトレンドグラフ

No.25 鳩原小学校



No.26 小高区団第3分団第10部屯所

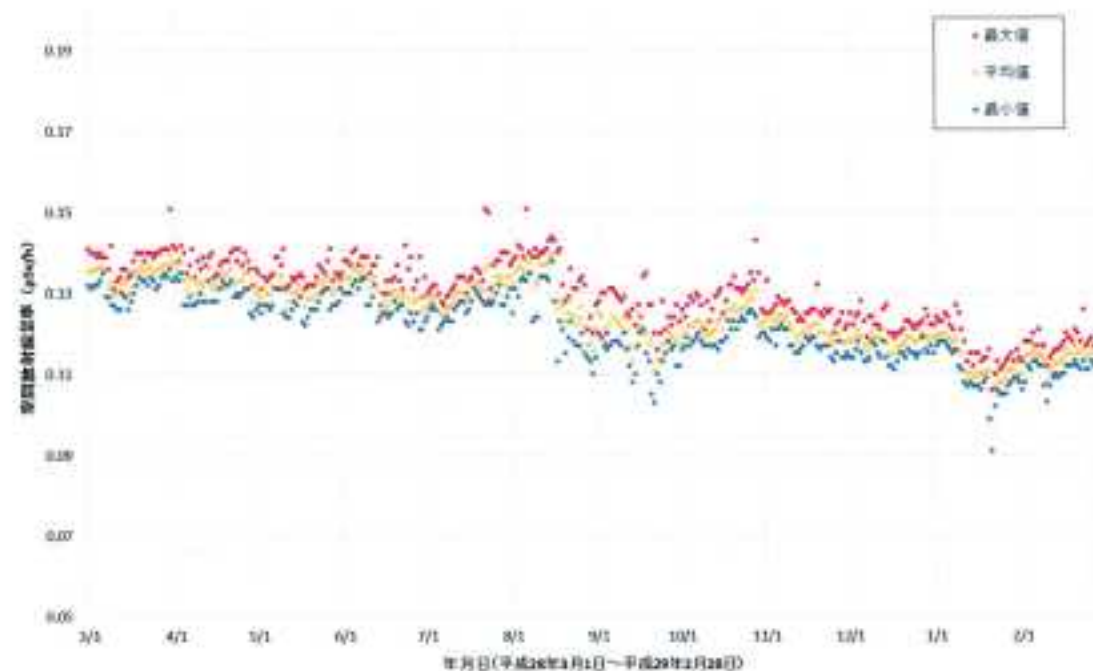
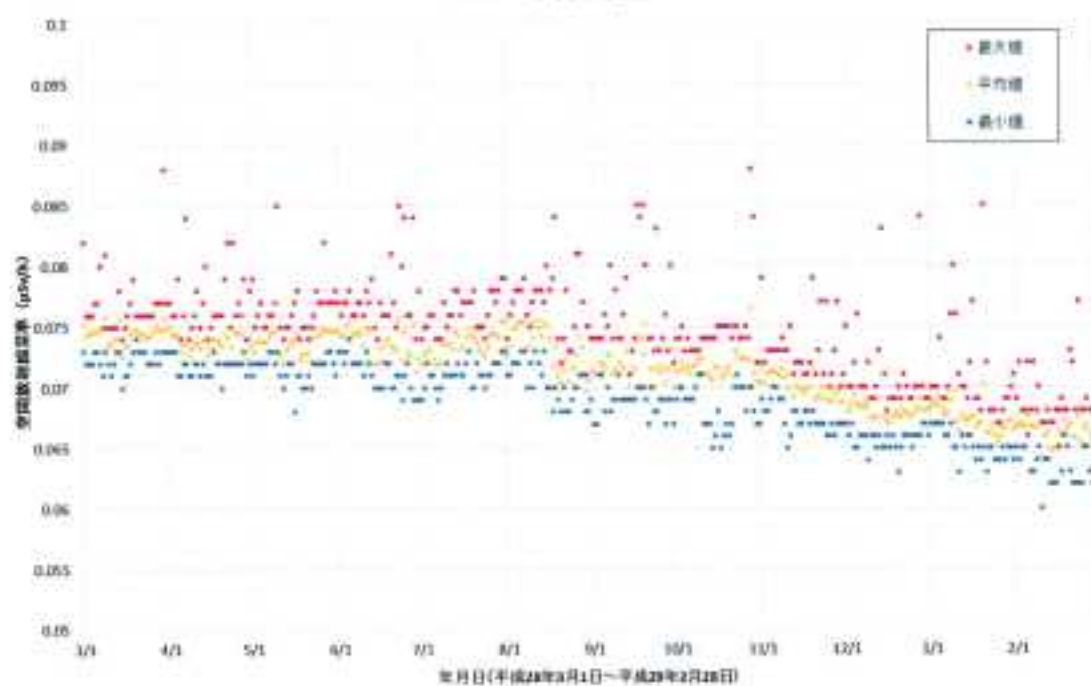


図 2-9-2-2(13) 各地点のトレンドグラフ

No.27 小高区役所



No.28 高の倉ダム助常観測所

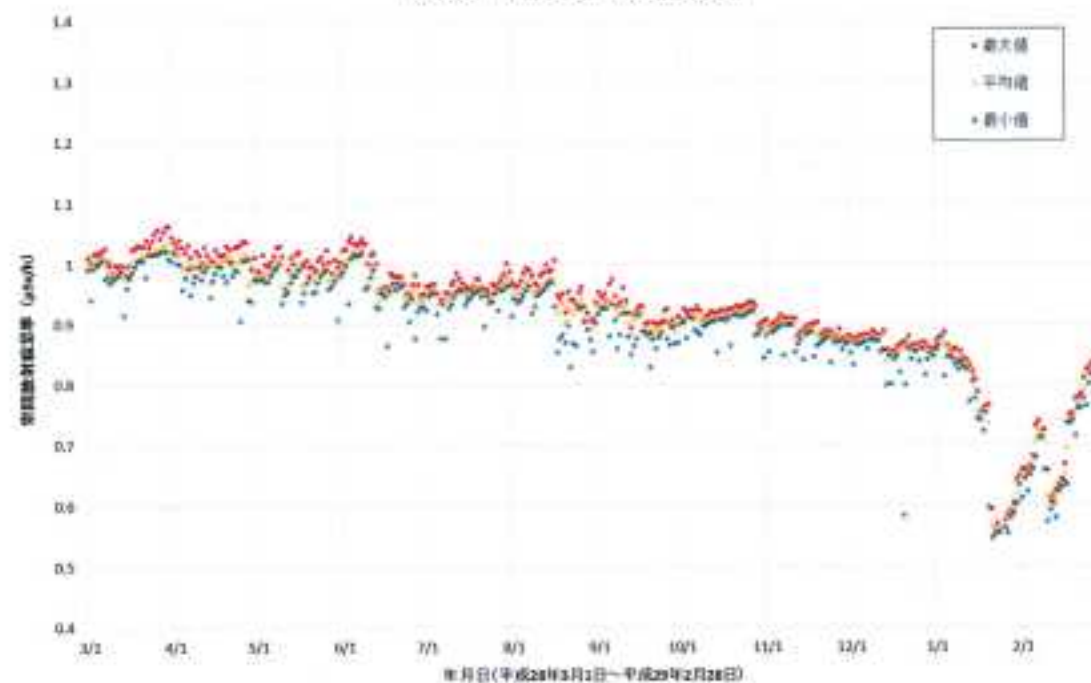


図 2-9-2-2(14) 各地点のトレンドグラフ

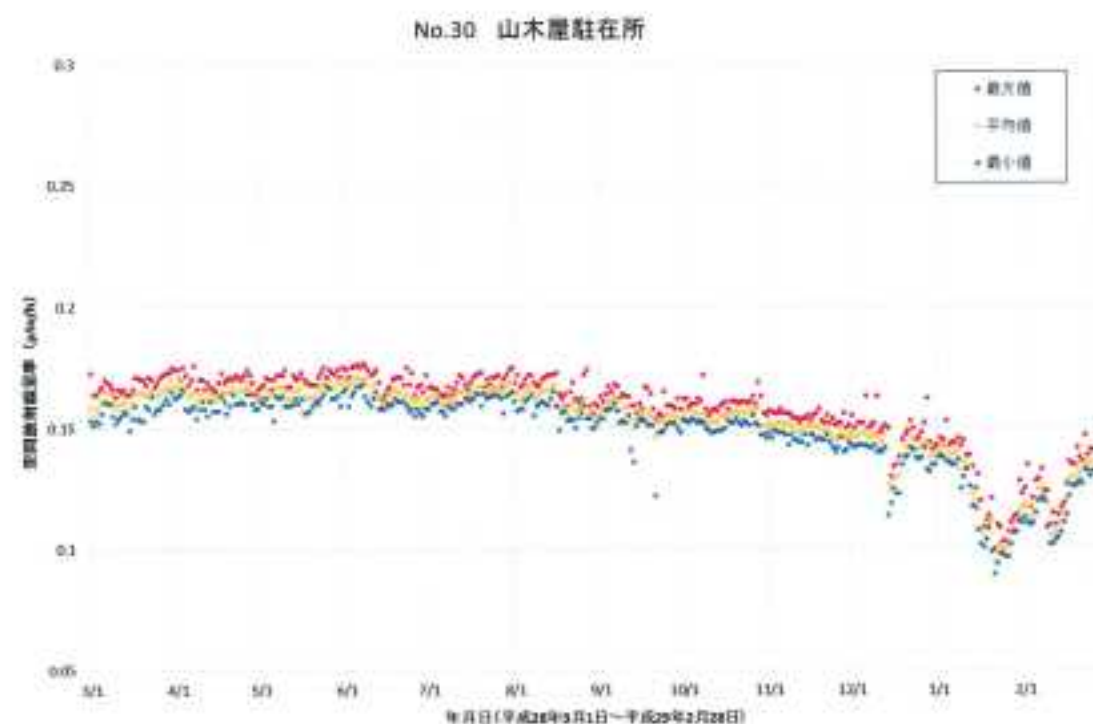
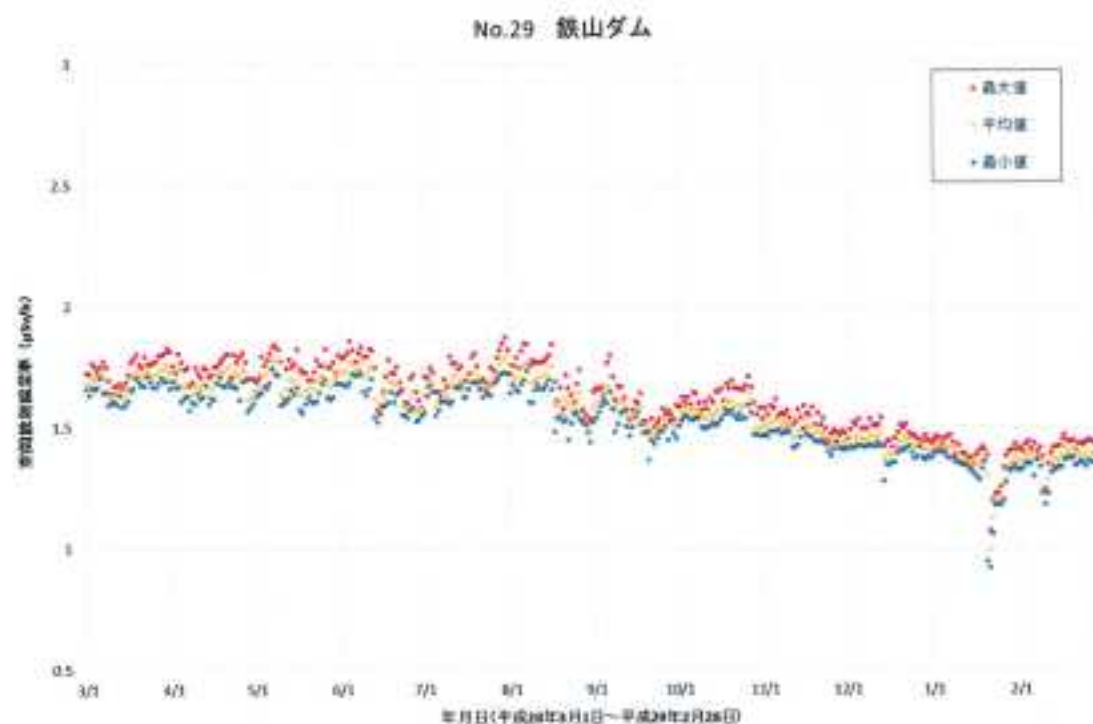
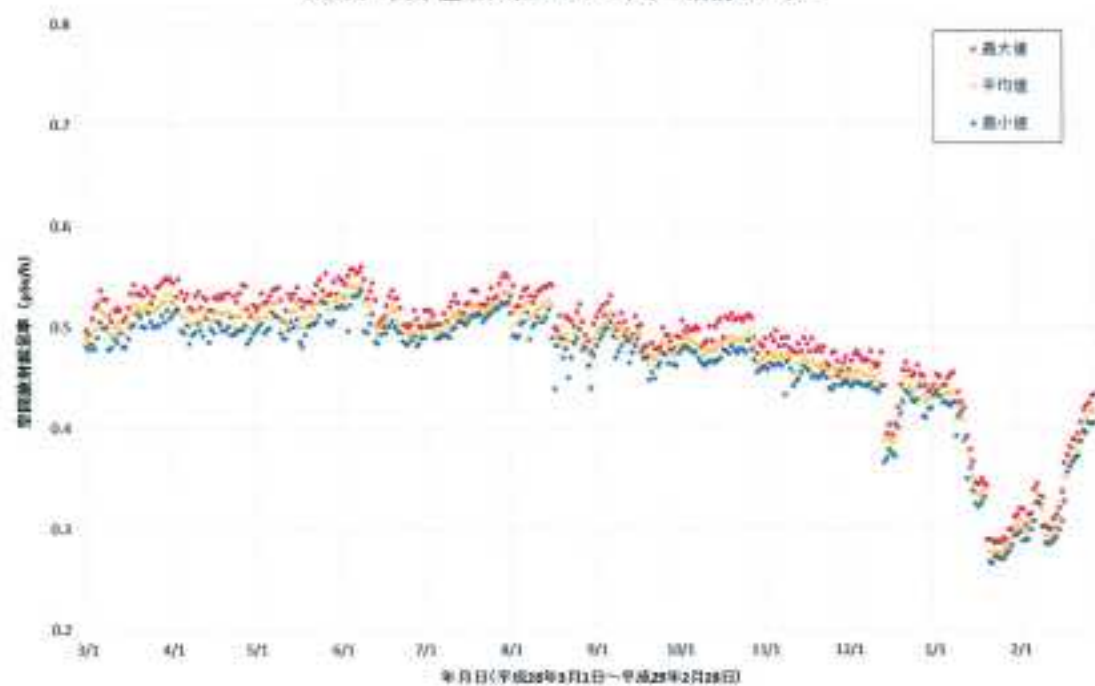


図 2-9-2-2(15) 各地点のトレンドグラフ



No.31 山本屋乙八区コミュニティ消防センター



No.32 戸草集会所

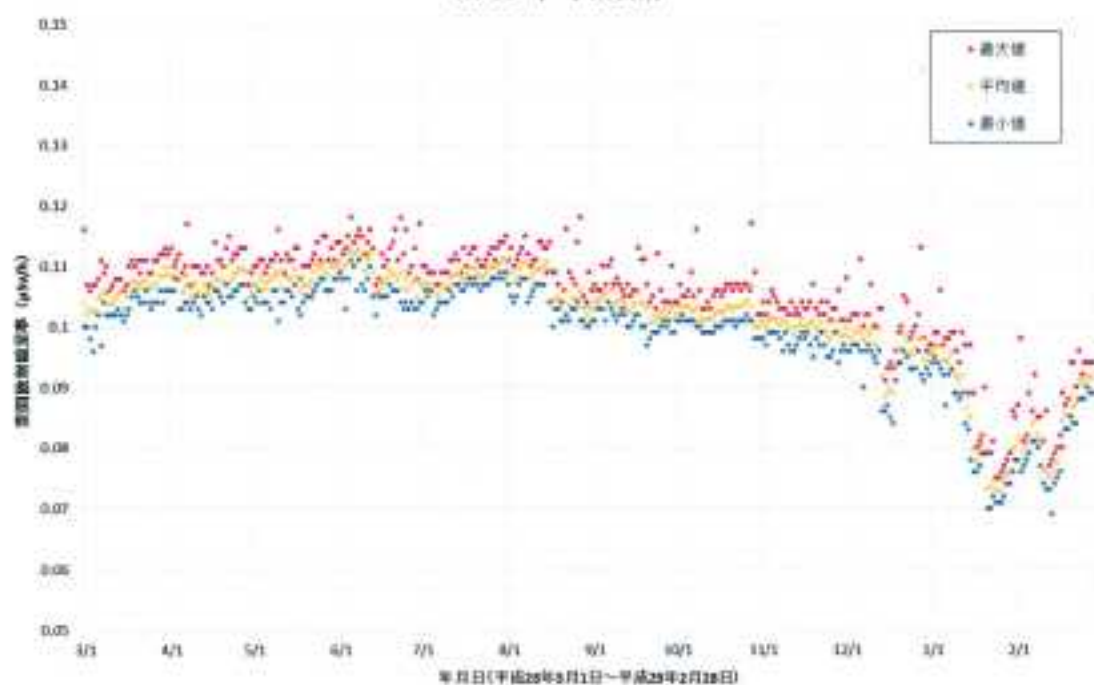
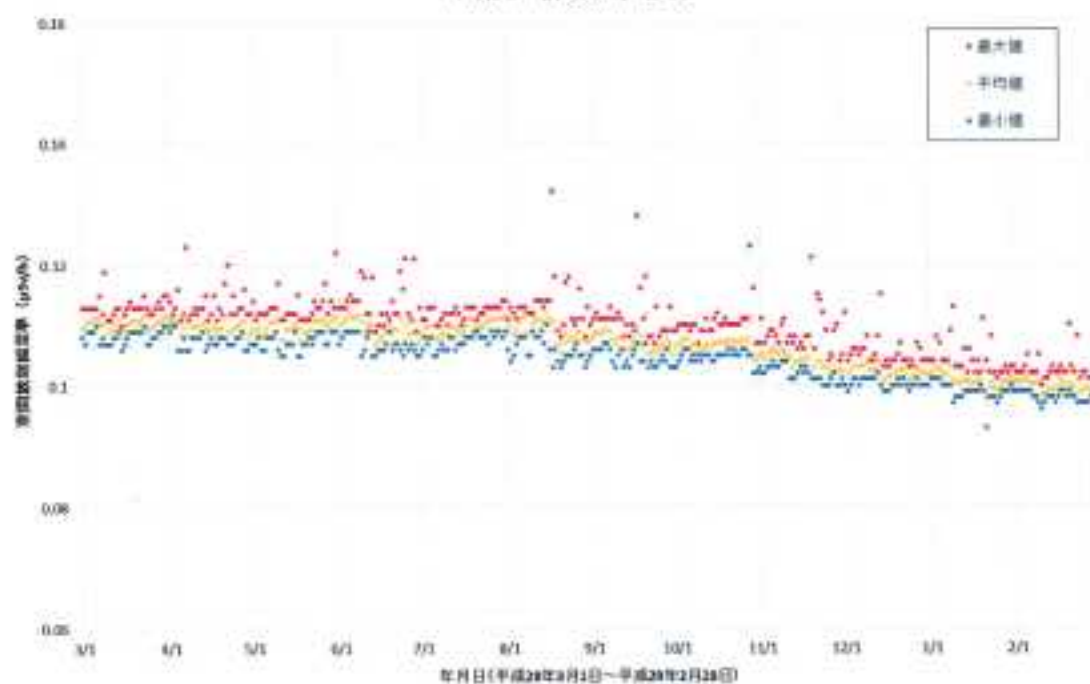


図 2-9-2-2(16) 各地点のトレンドグラフ

No.33 榎葉北小学校



No.34 女平地区集会所

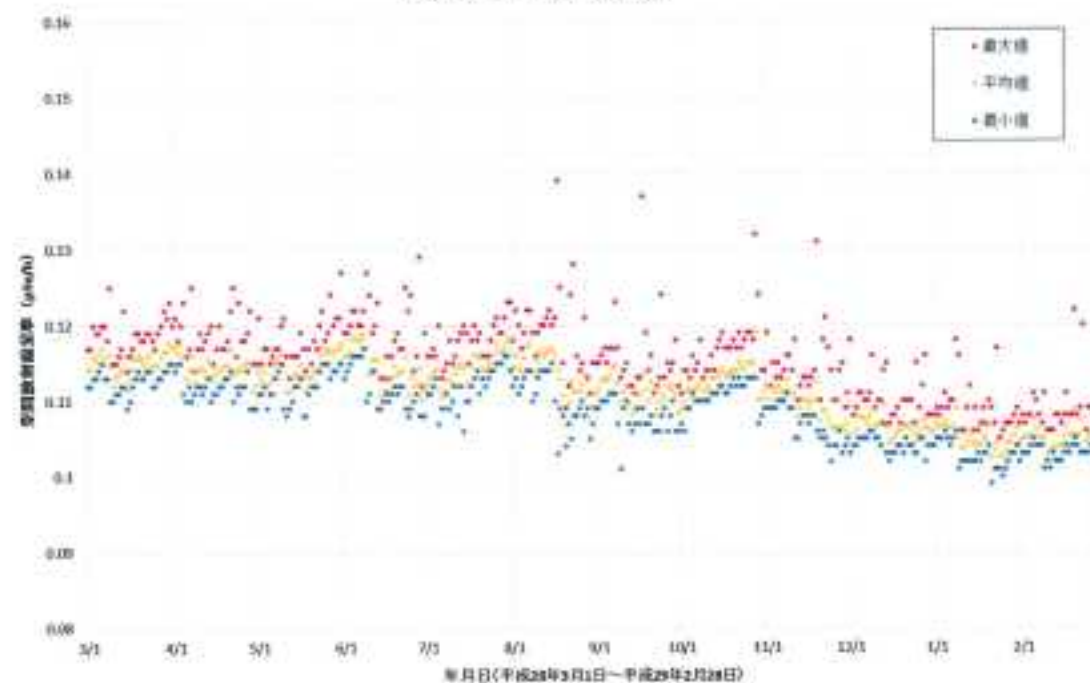


図 2-9-2-2(17) 各地点のトレンドグラフ

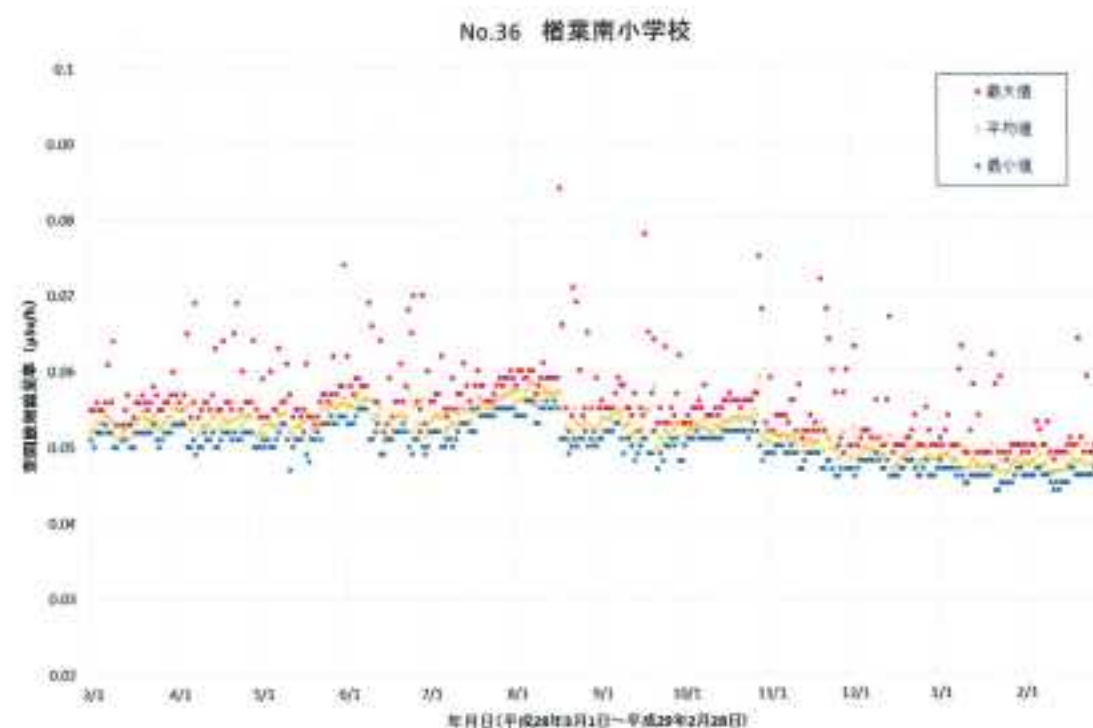
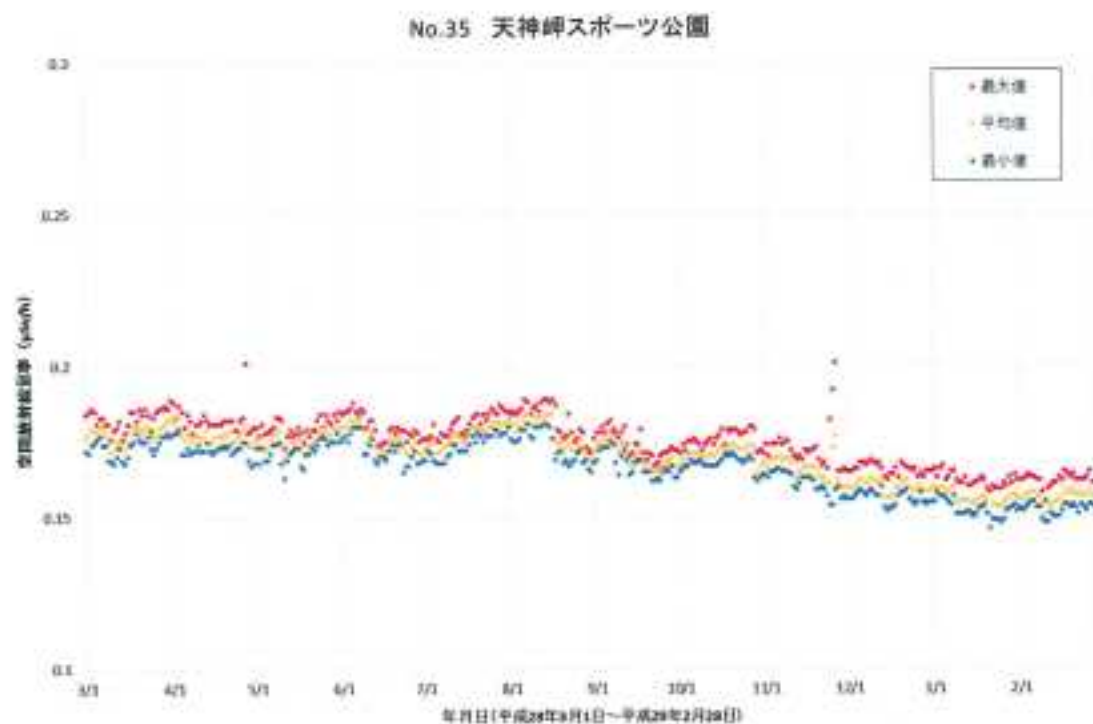
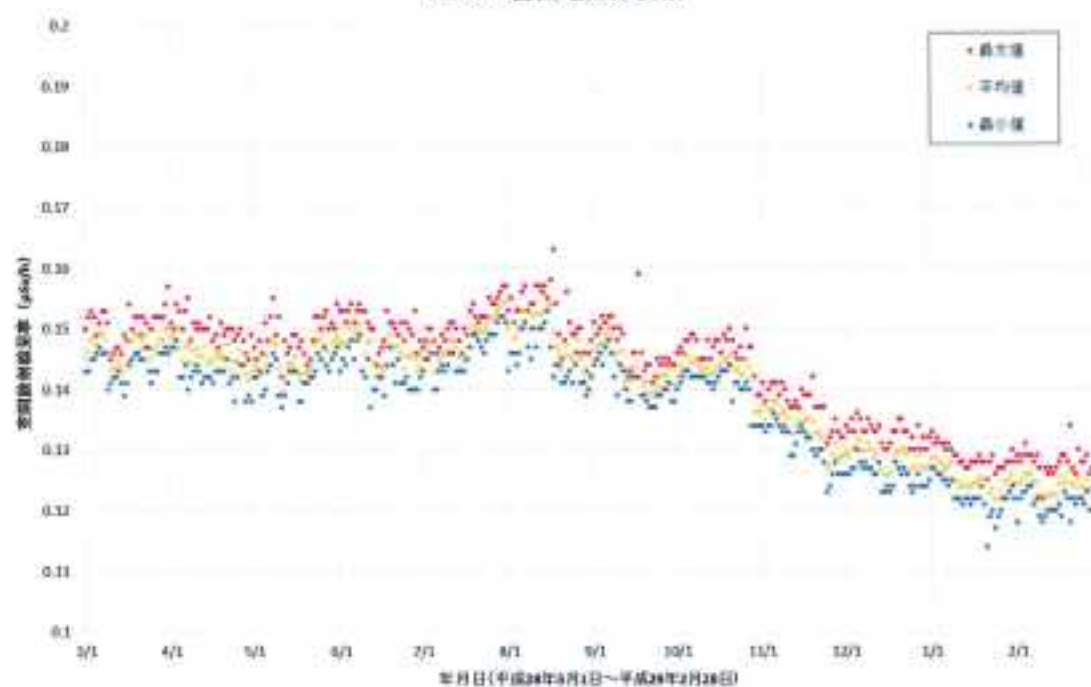


図 2-9-2-2(18) 各地点のトレンドグラフ

No.37 営団地区集会所



No.38 乙次郎地区集会所

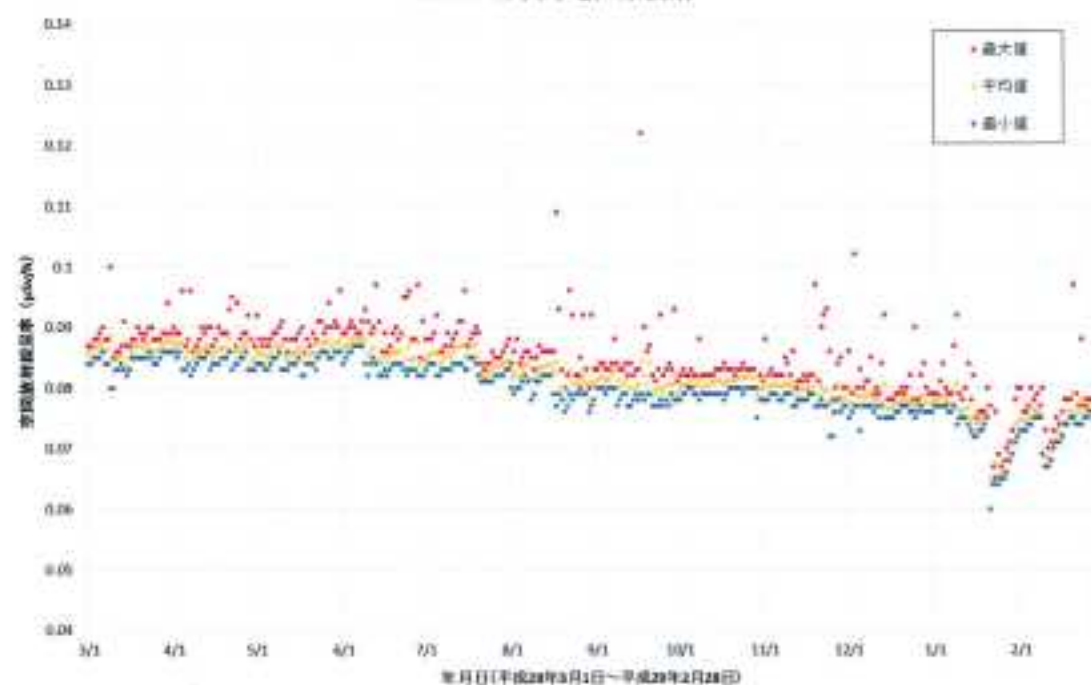
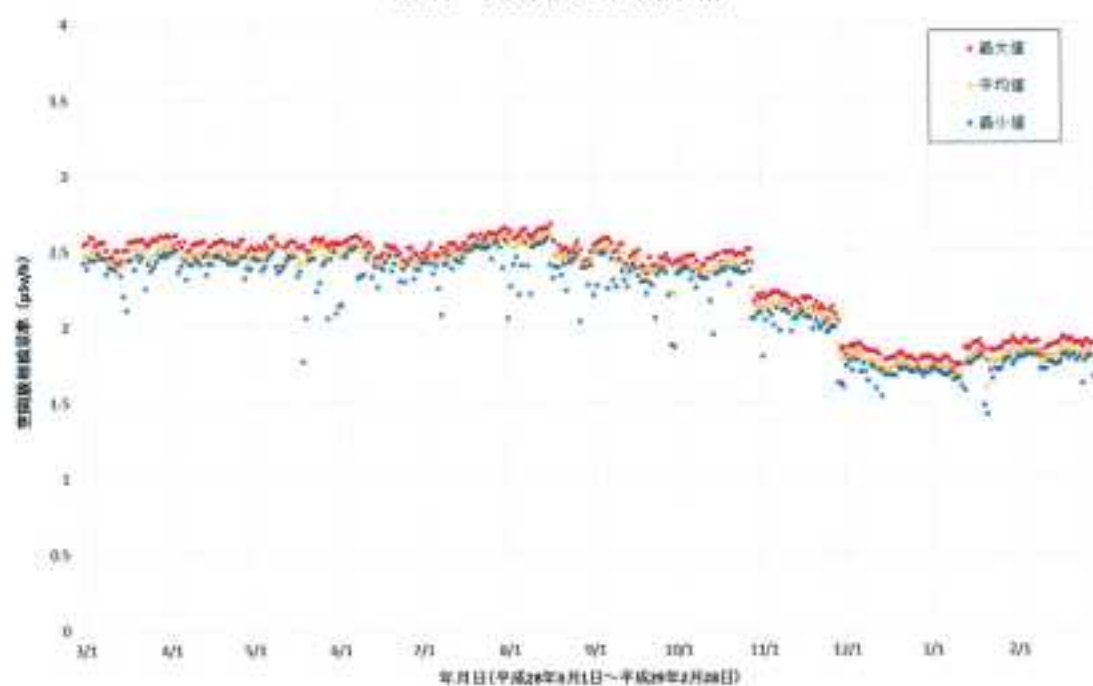


図 2-9-2-2(19) 各地点のトレンドグラフ



No.39 小良ヶ浜多目的集会所



No.40 富岡第一小学校

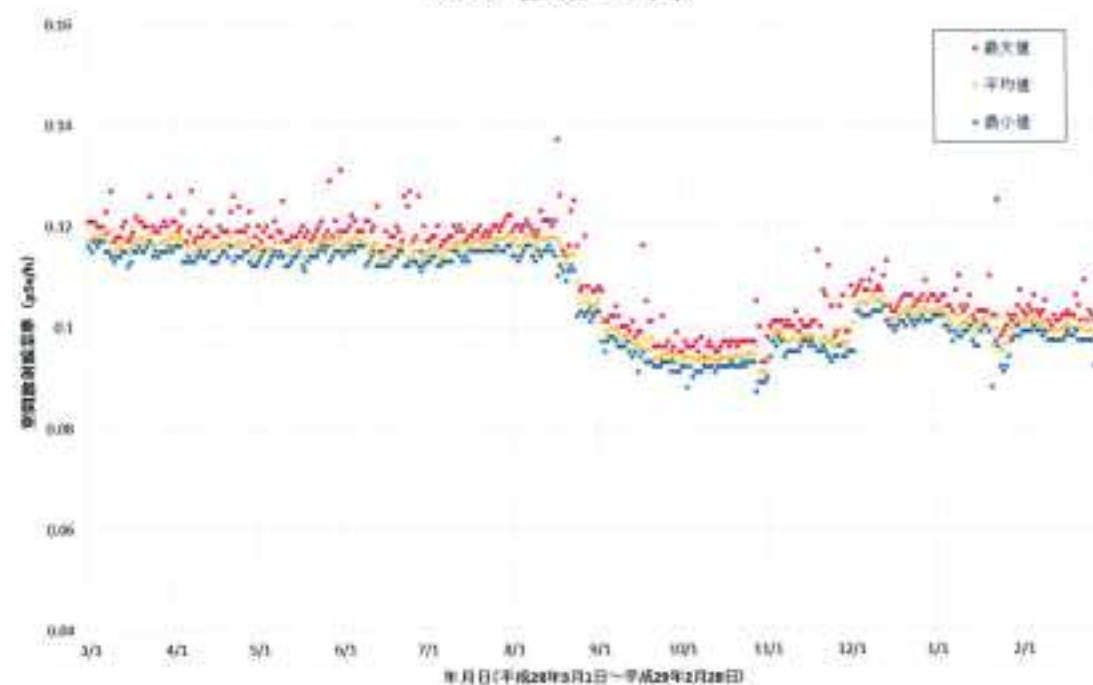


図 2-9-2-2(20) 各地点のトレンドグラフ

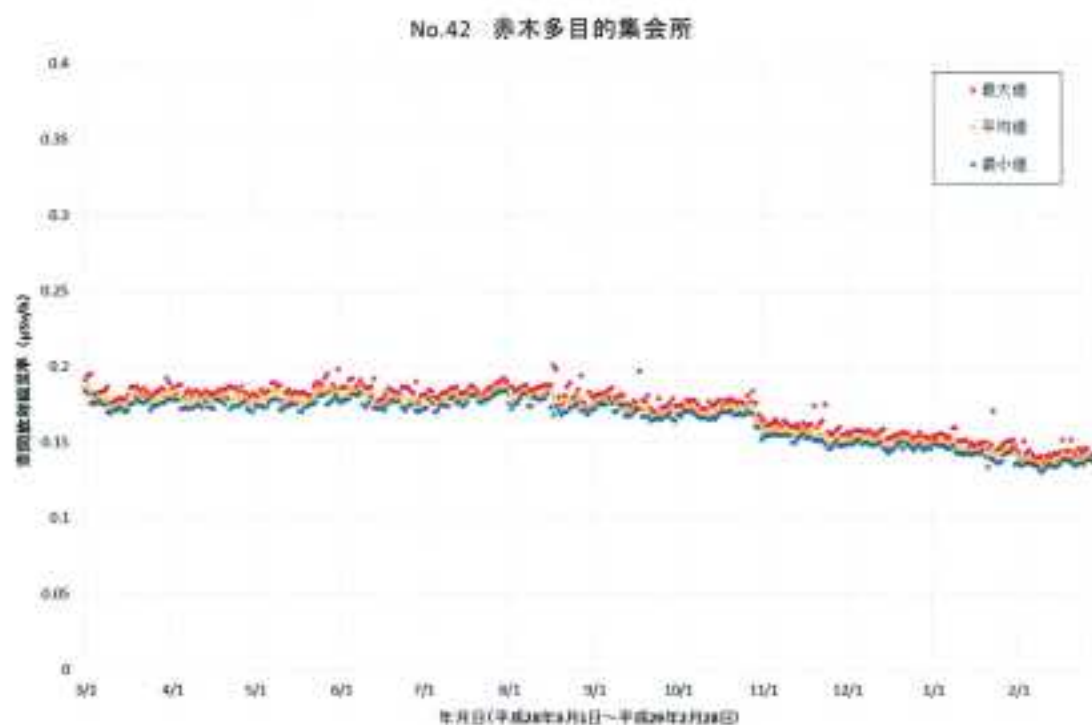
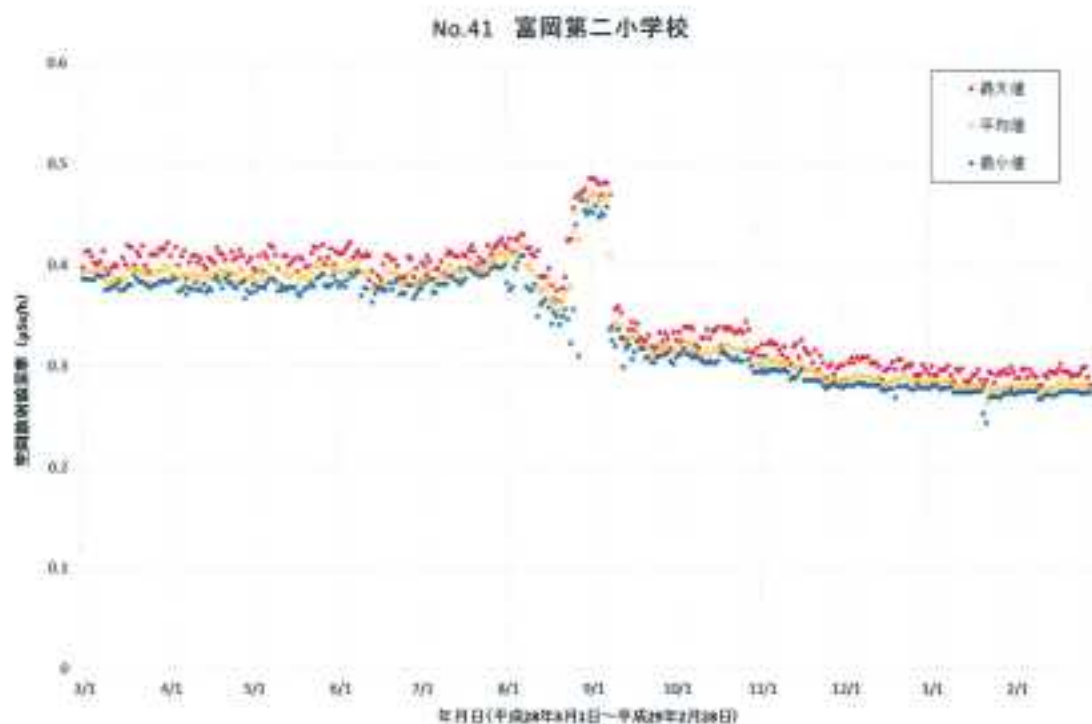
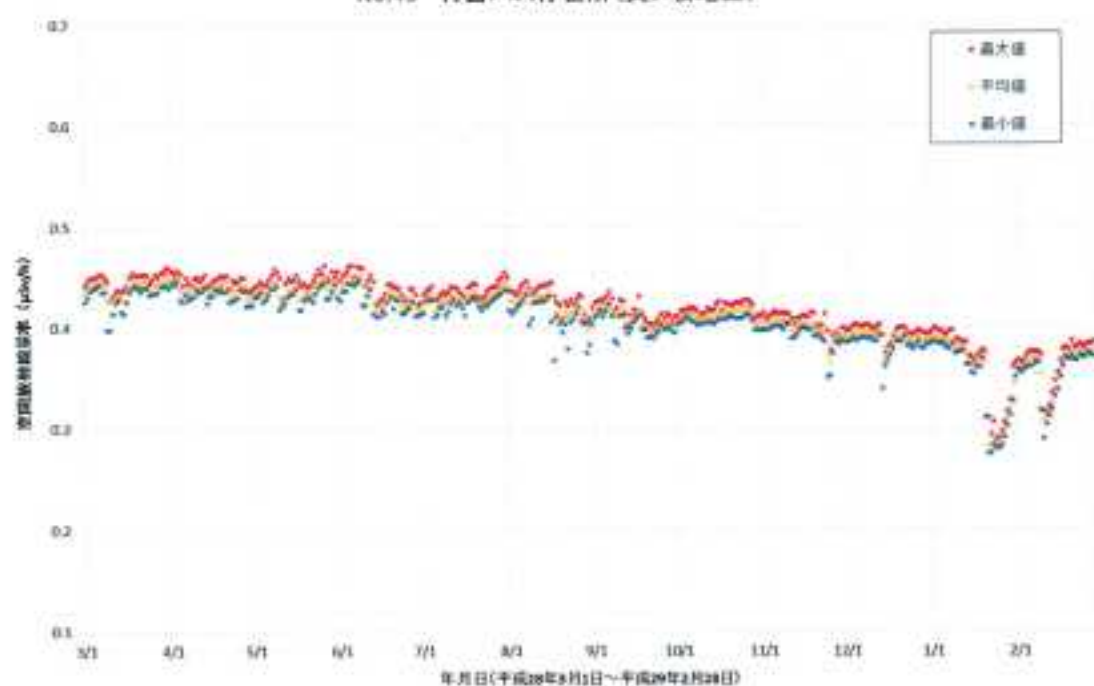


図 2-9-2-2(21) 各地点のトレンドグラフ

No.43 村営バス停留所(貝ノ坂地区)



No.44 五枚沢集会所

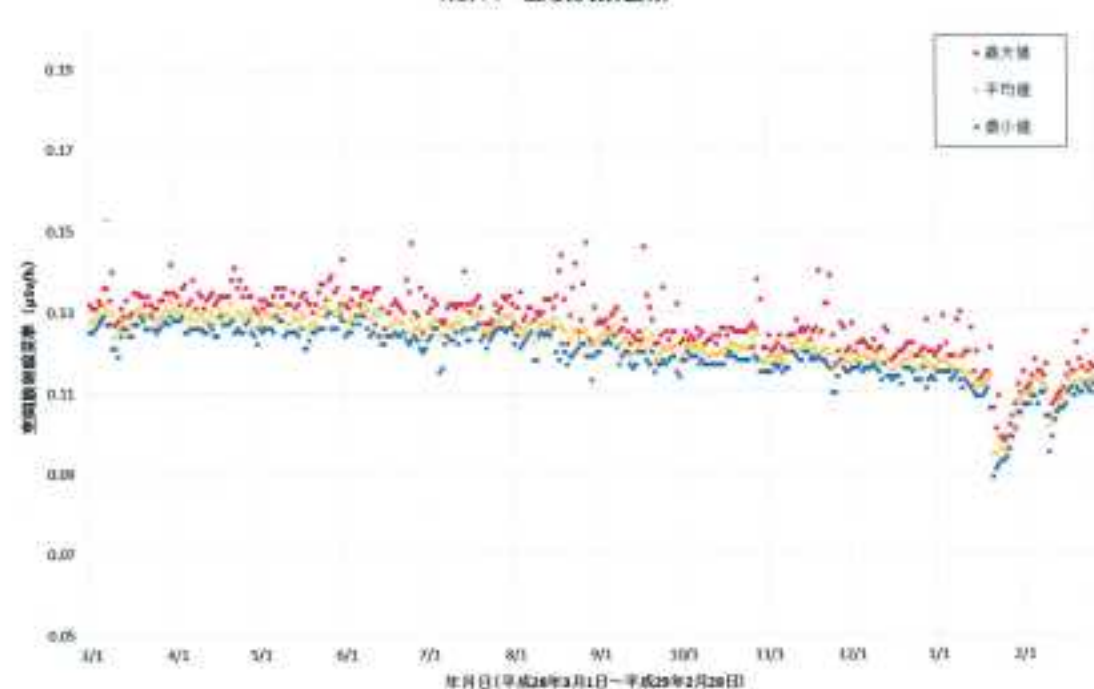
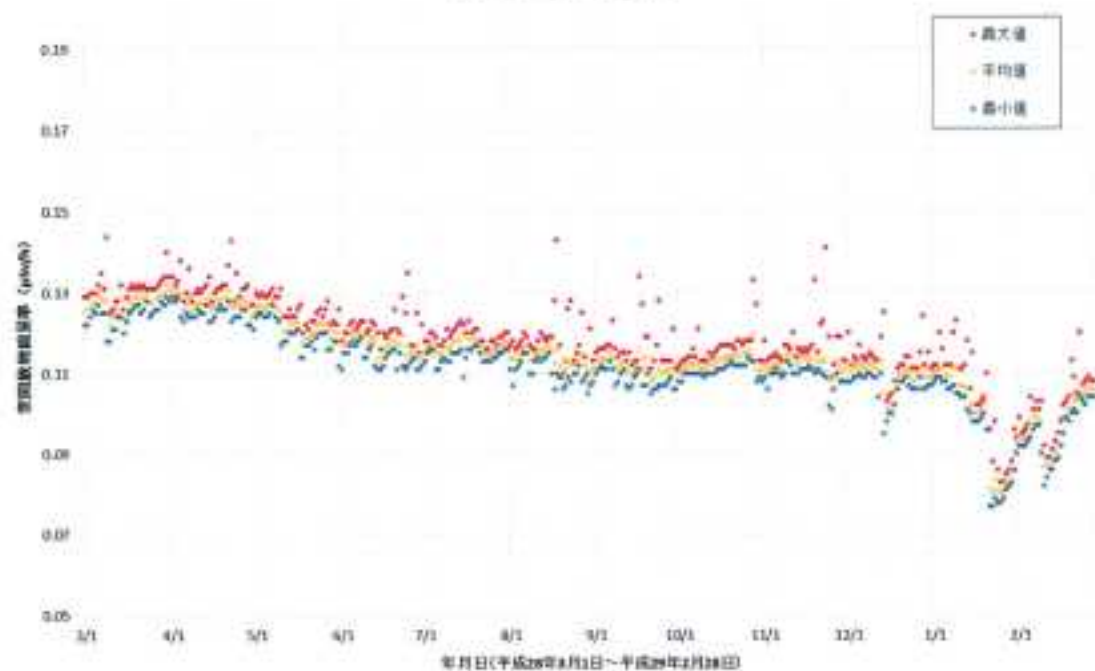


図 2-9-2-2(22) 各地点のトレンドグラフ

No.45 毛戸集会所



No.46 坂下ダム管理事務所

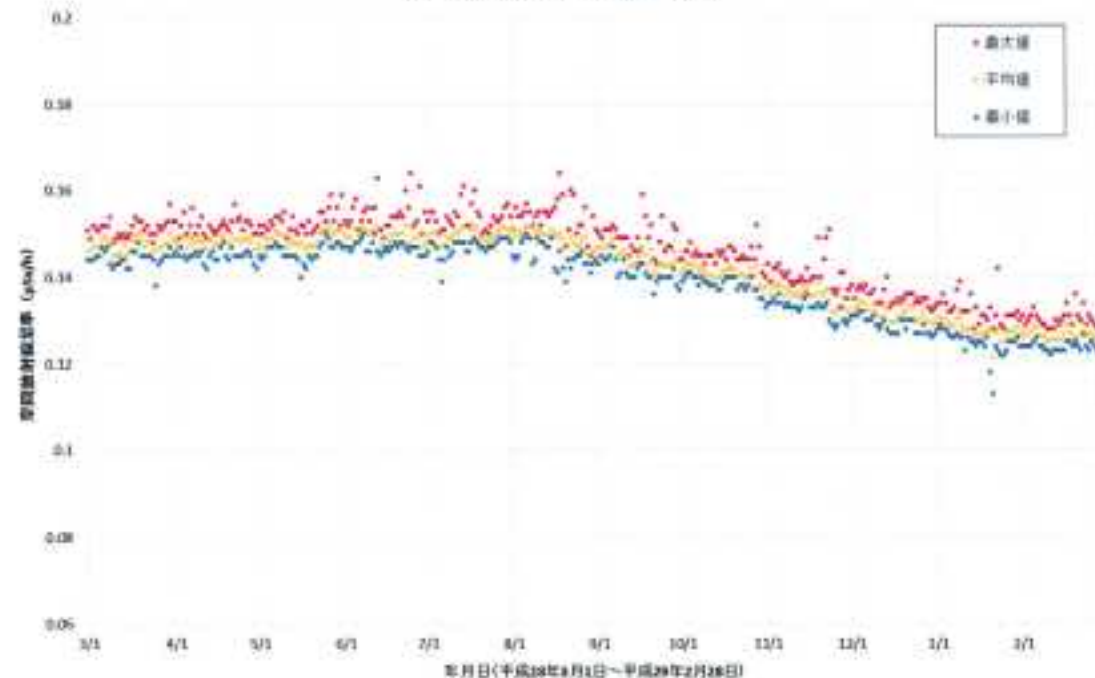
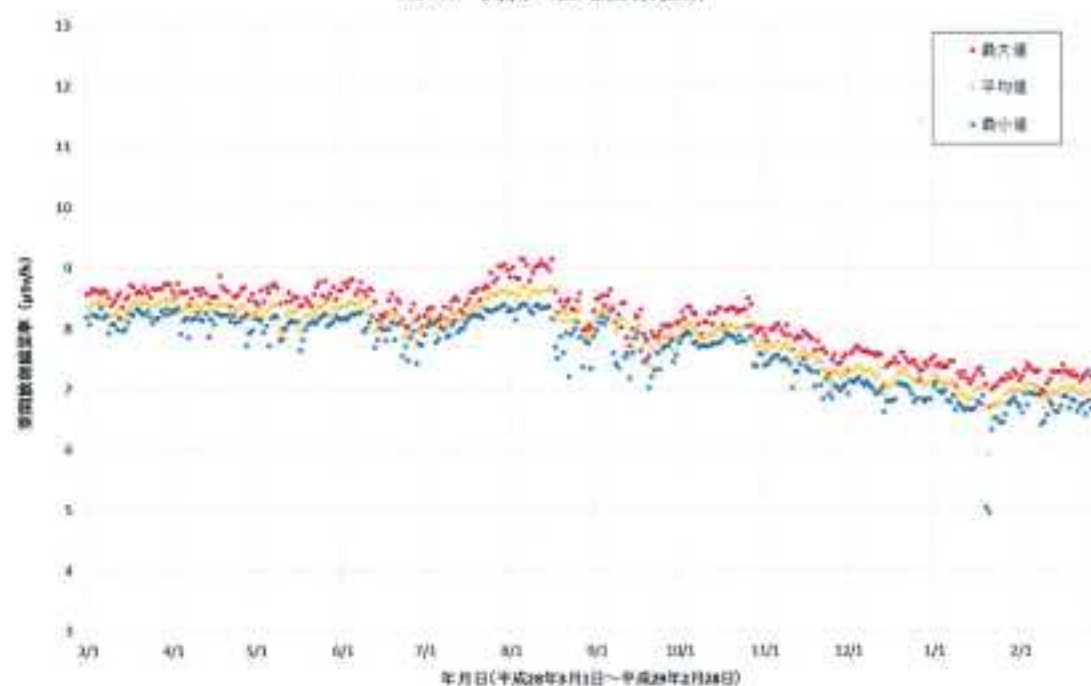


図 2-9-2-2(23) 各地点のトレンドグラフ



No.47 矢沢二区地区集会所



No.48 熊一区地区集会所

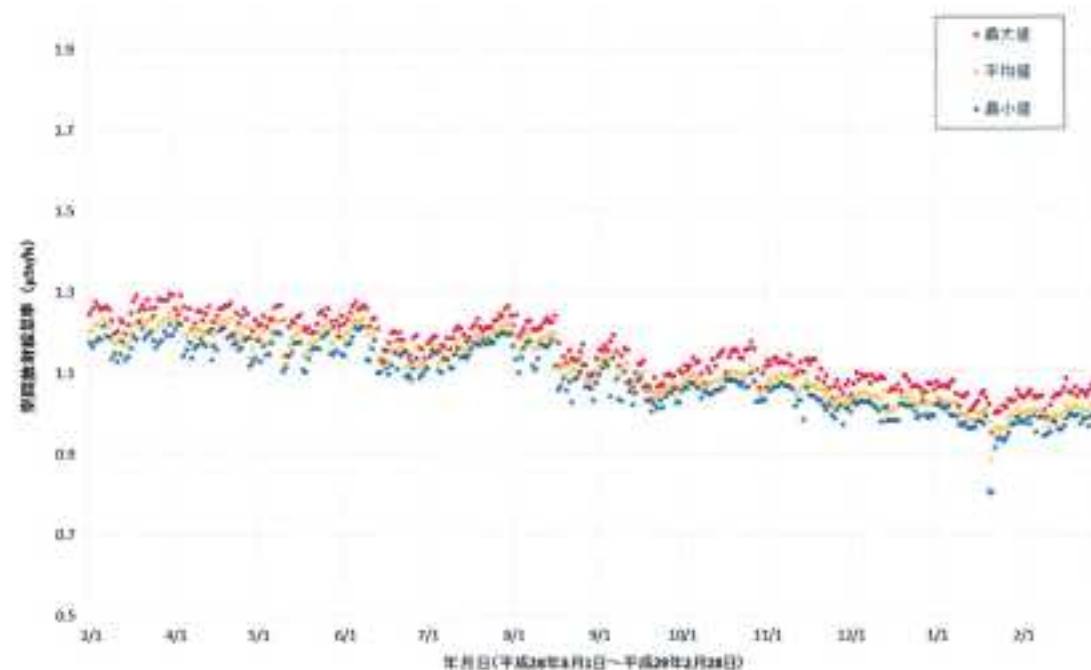
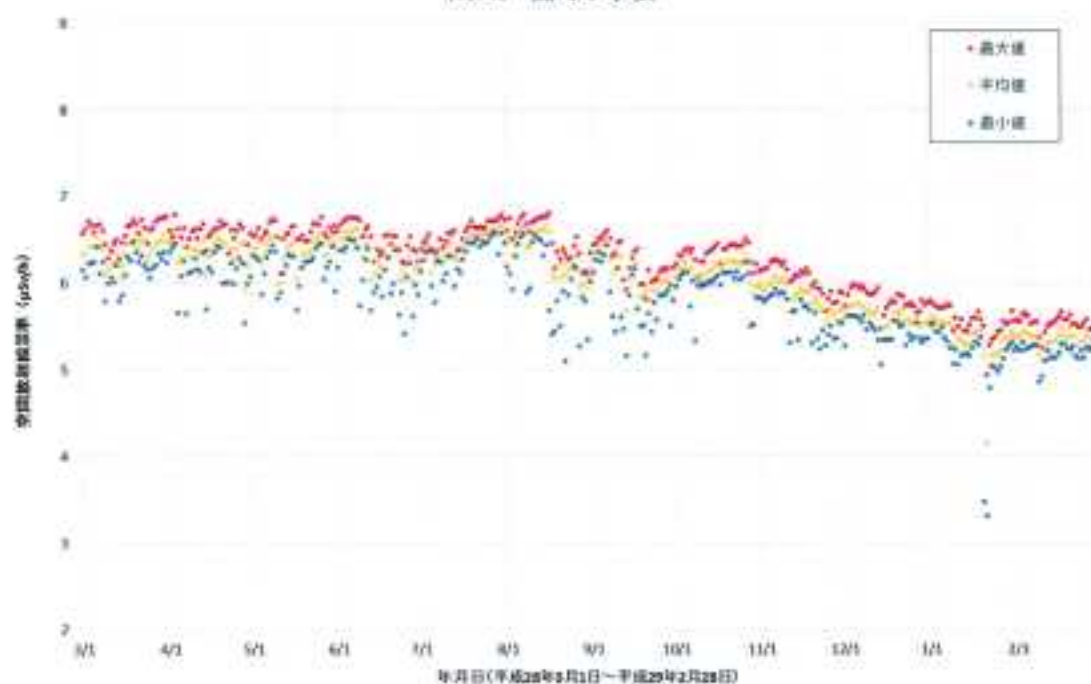


図 2-9-2-2(24) 各地点のトレンドグラフ

No.49 熊町小学校



No.50 中屋敷多目的研修集会施設

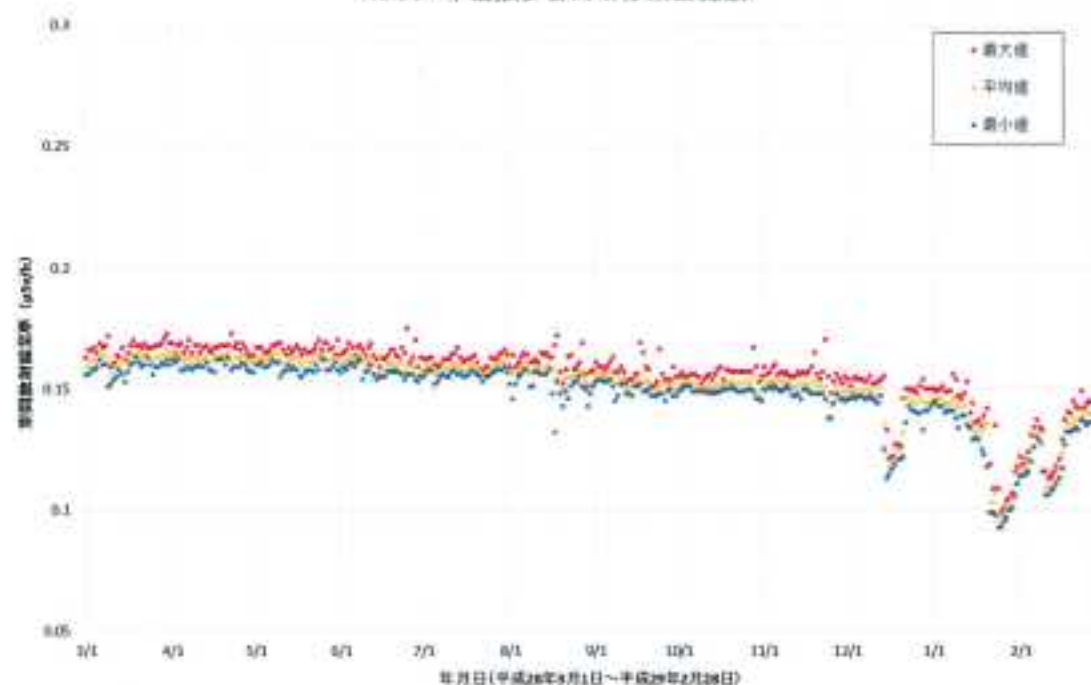


図 2-9-2-2(25) 各地点のトレンドグラフ

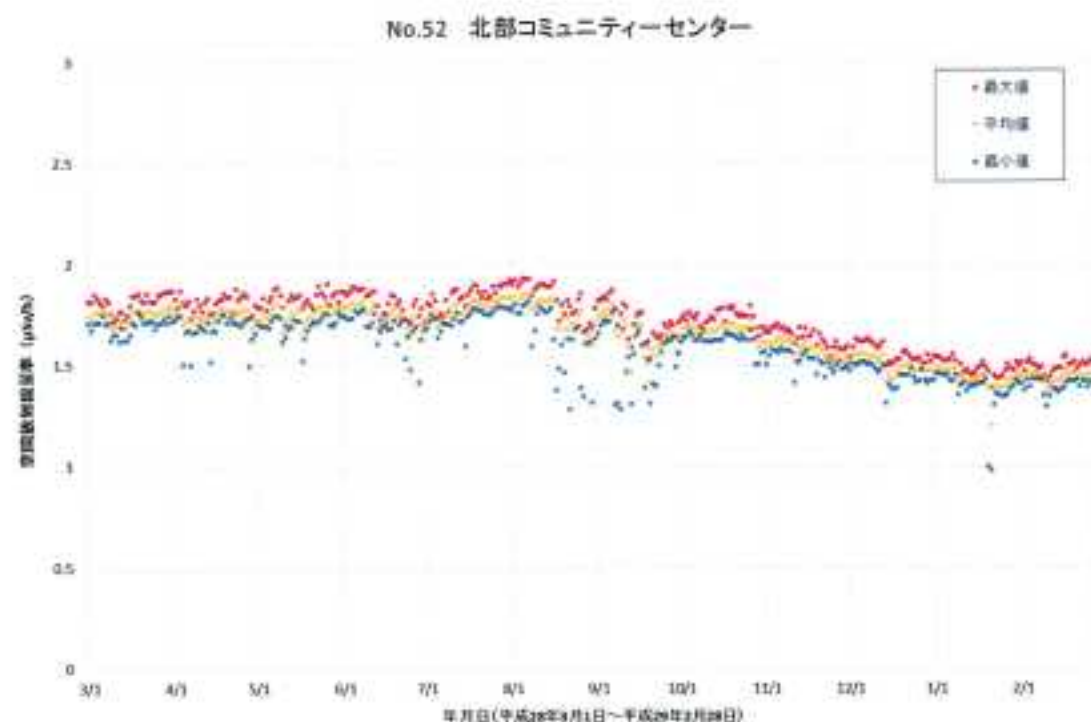
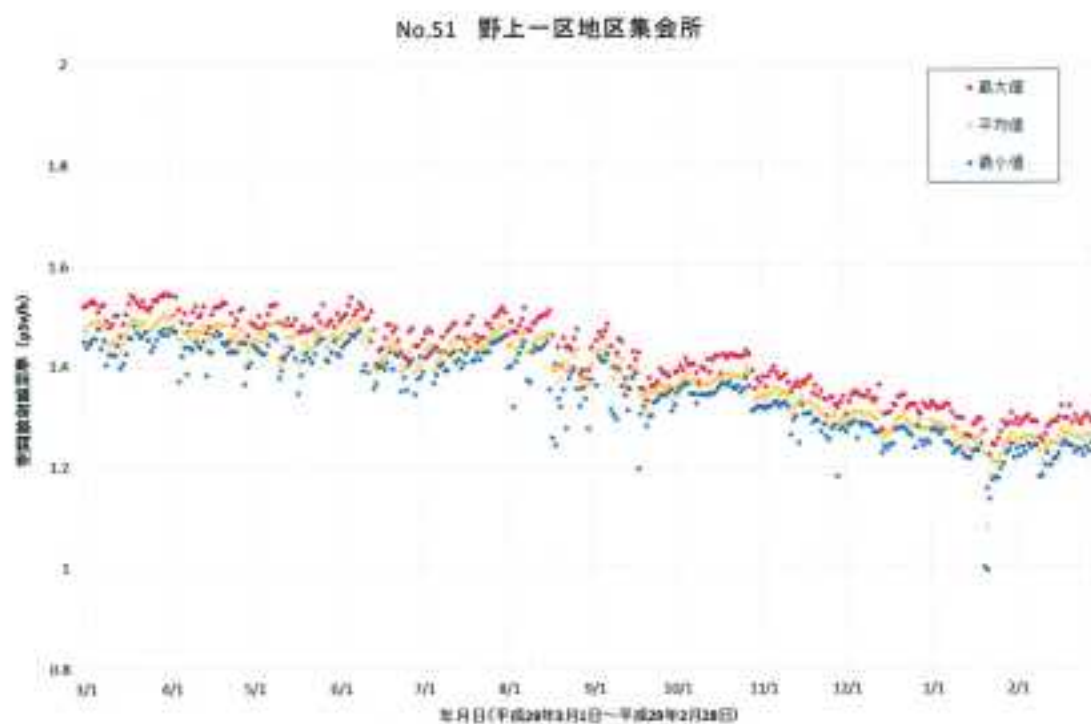
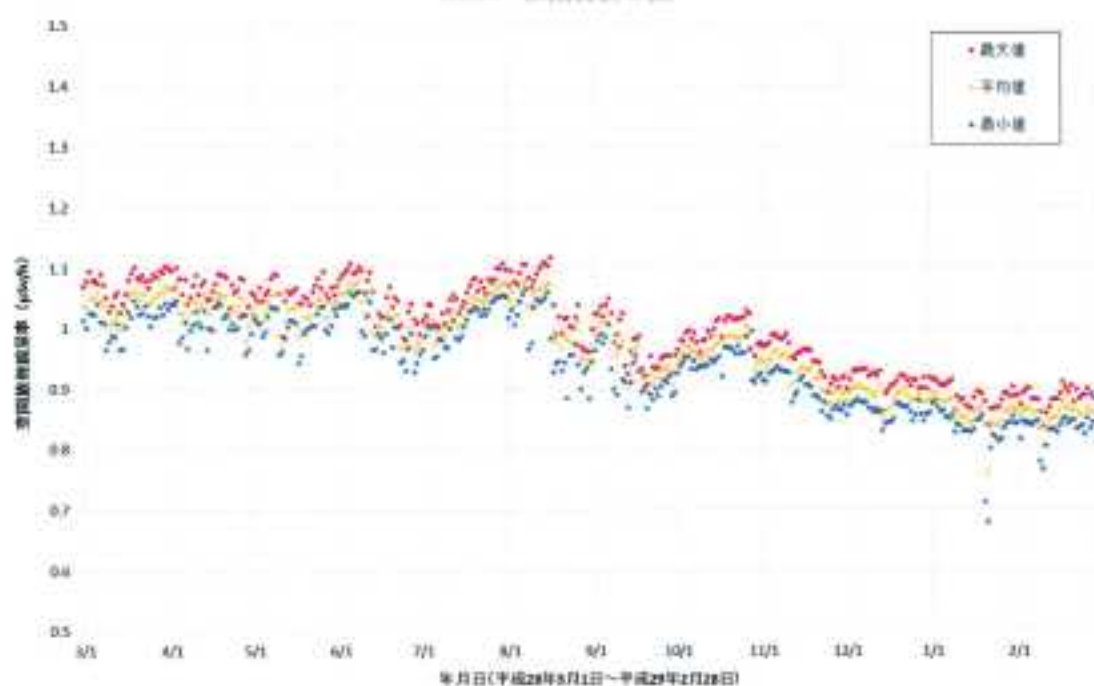


図 2-9-2-2(26) 各地点のトレンドグラフ

No.53 双葉総合公園



No.54 手七郎集会所

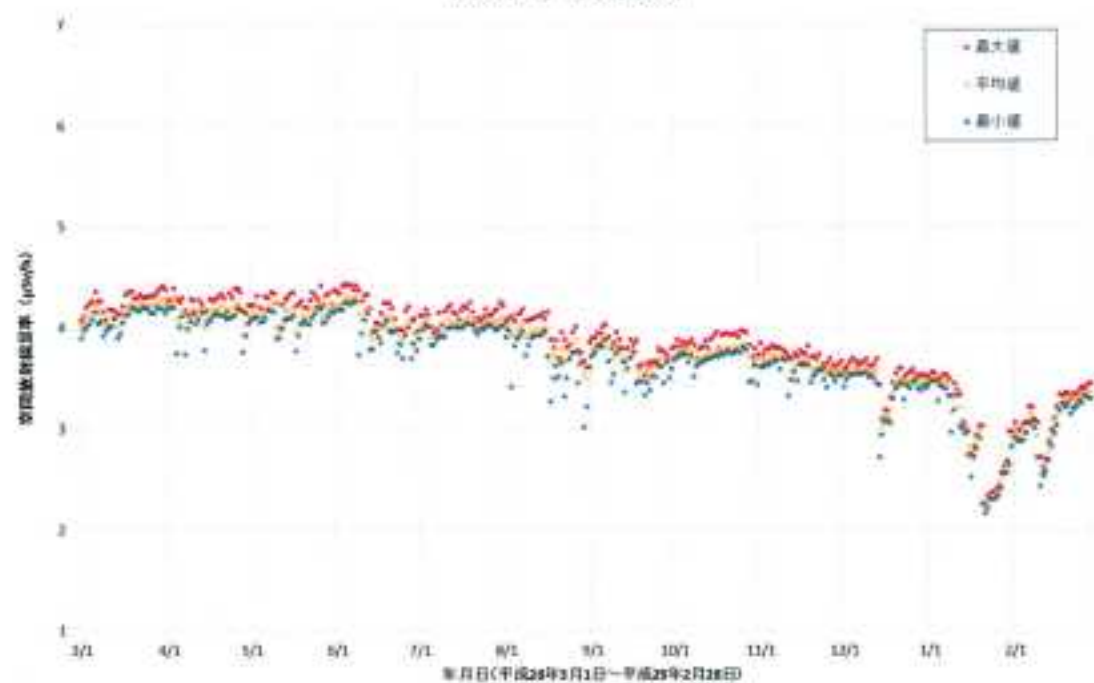
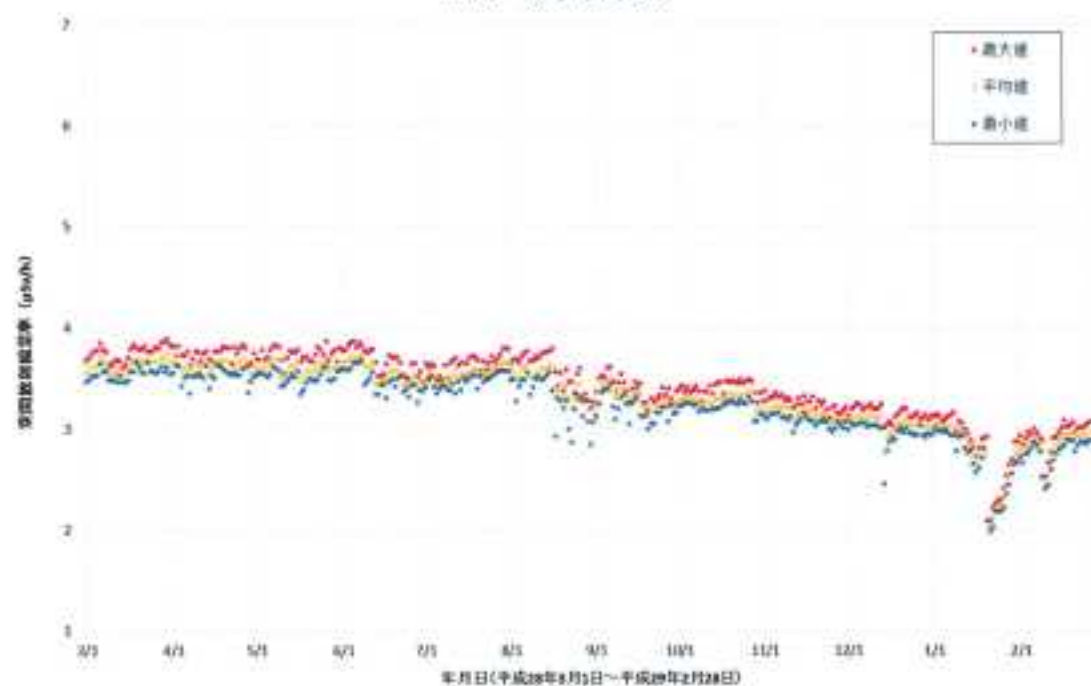


図 2-9-2-2(27) 各地点のトレンドグラフ



No.55 赤字木集会所



No.56 大壩小学校

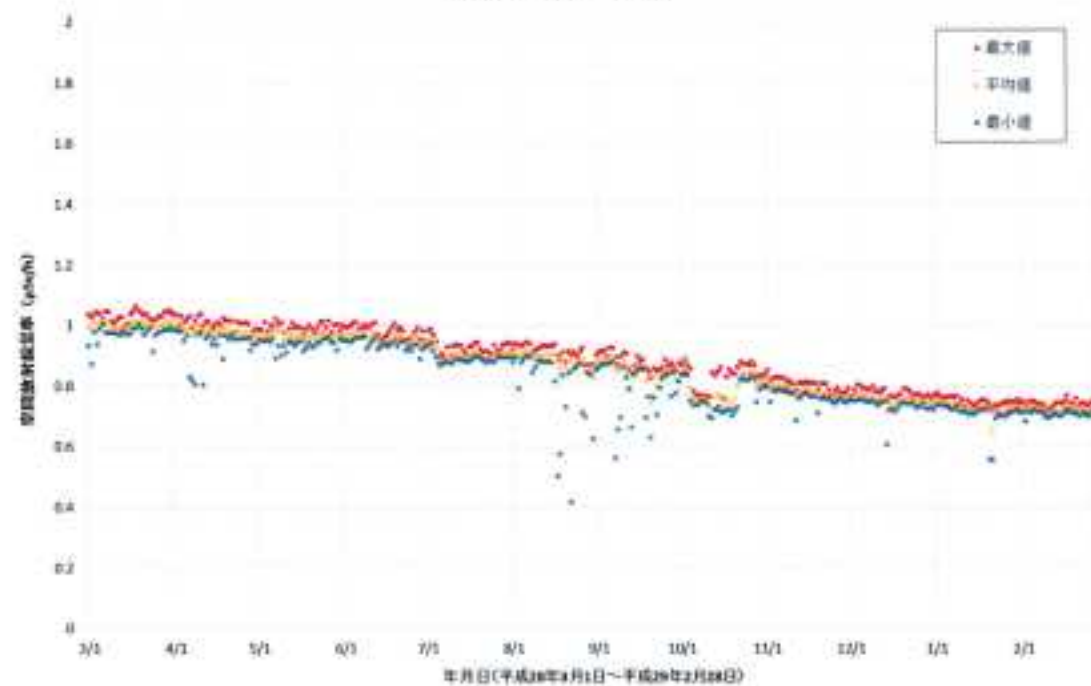
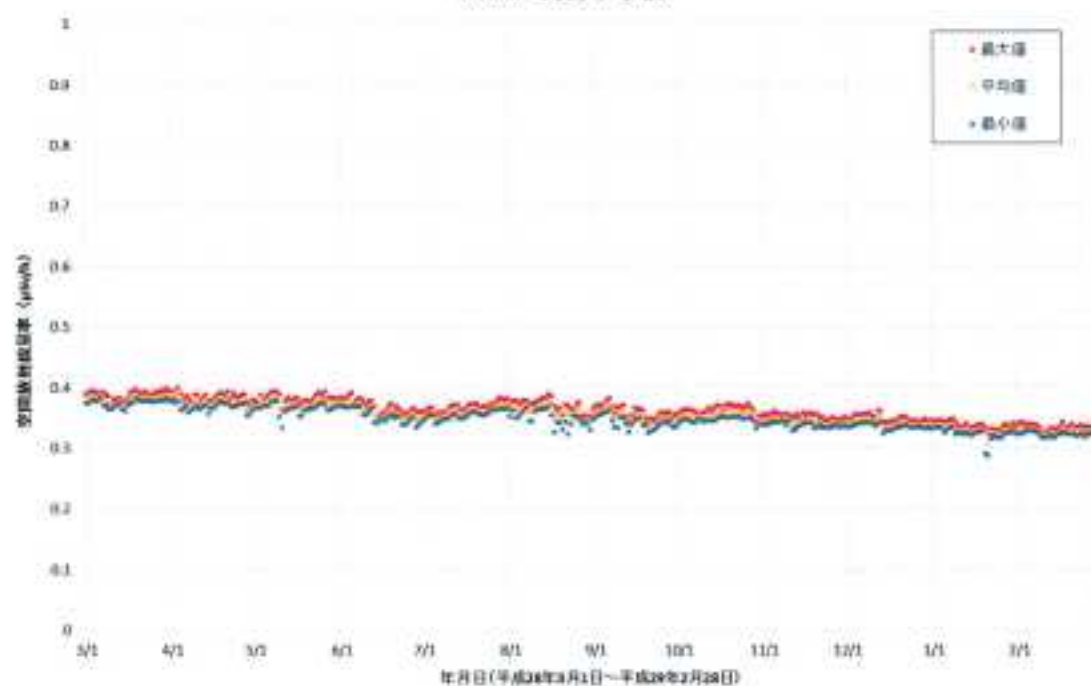


図 2-9-2-2(28) 各地点のトレンドグラフ

No.57 苅野小学校



No.58 大穂簡易郵便局(葛尾村営バス停脇)

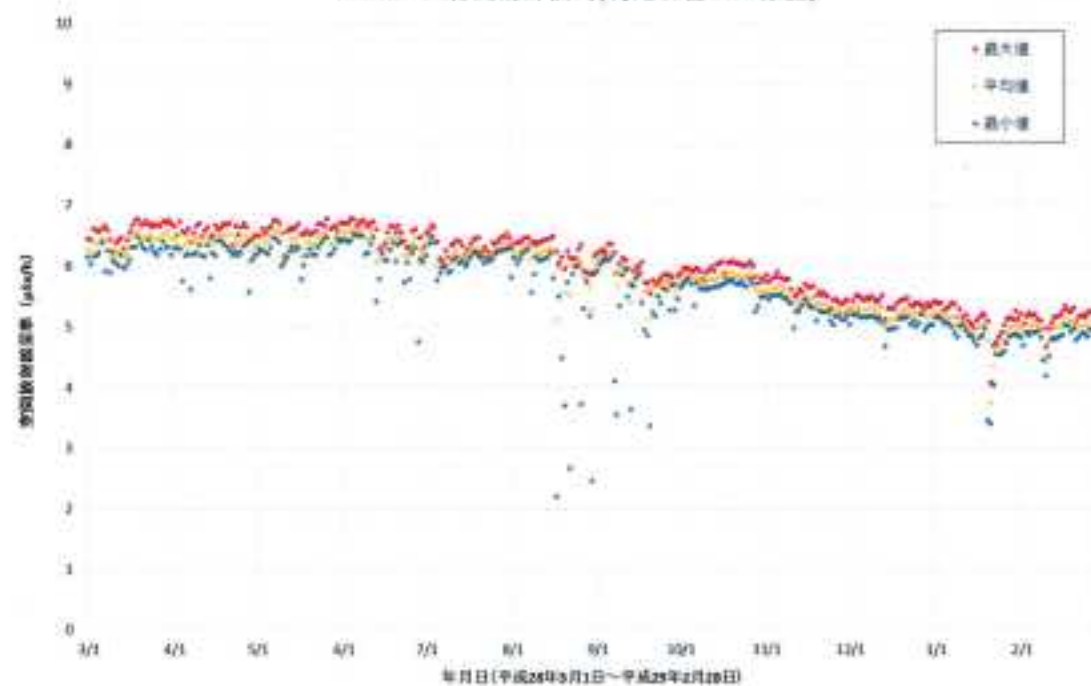
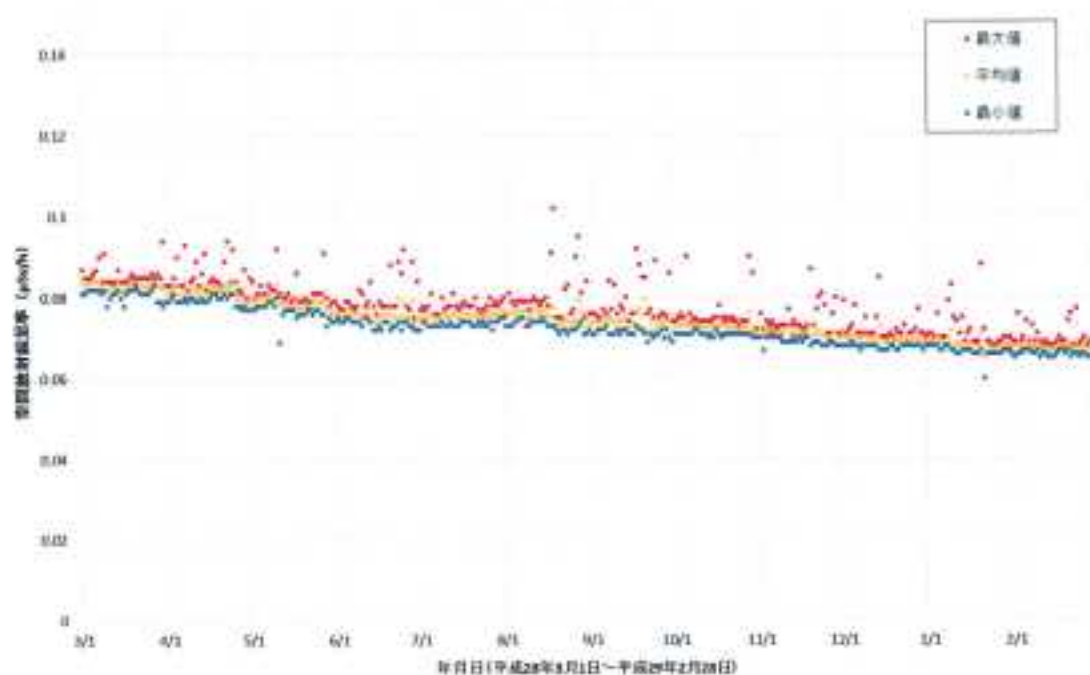


図 2-9-2-2(29) 各地点のトレンドグラフ

No.59 浪江町役場



No.60 小丸多目的集会所

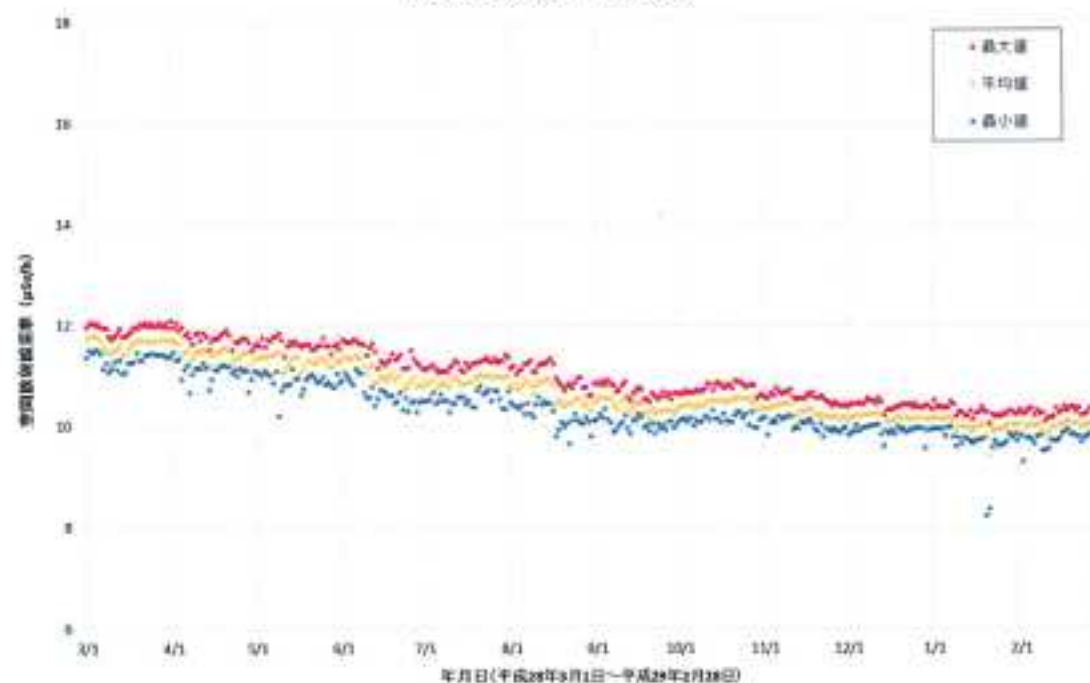


図 2-9-2-2(30) 各地点のトレンドグラフ

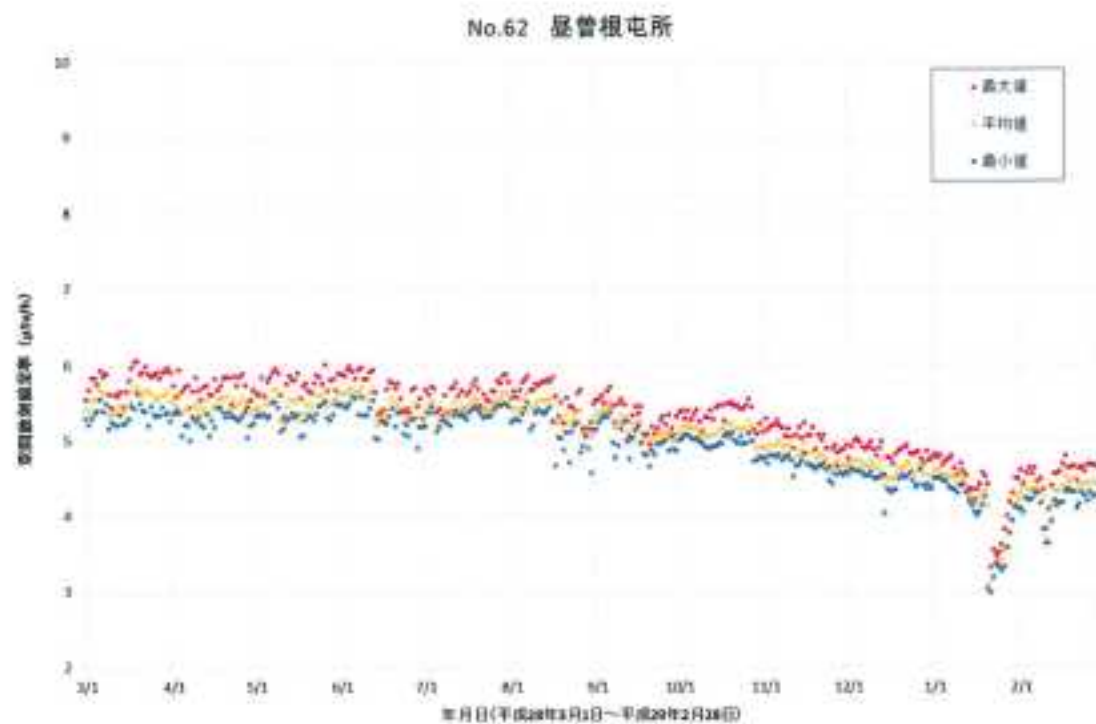
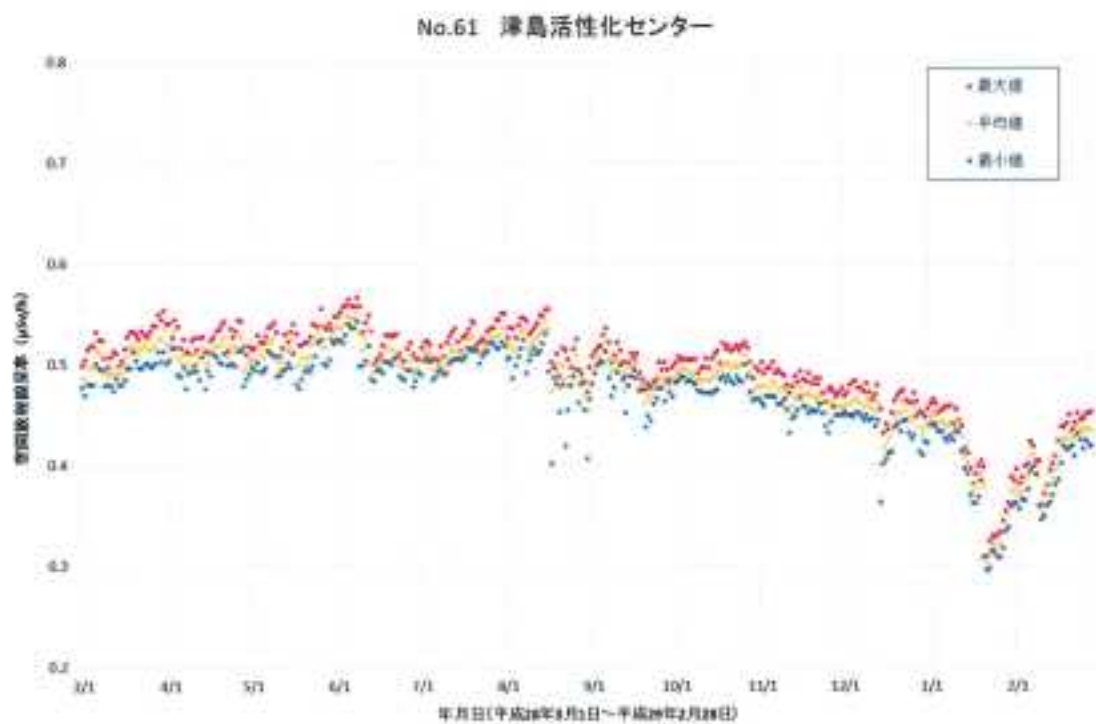
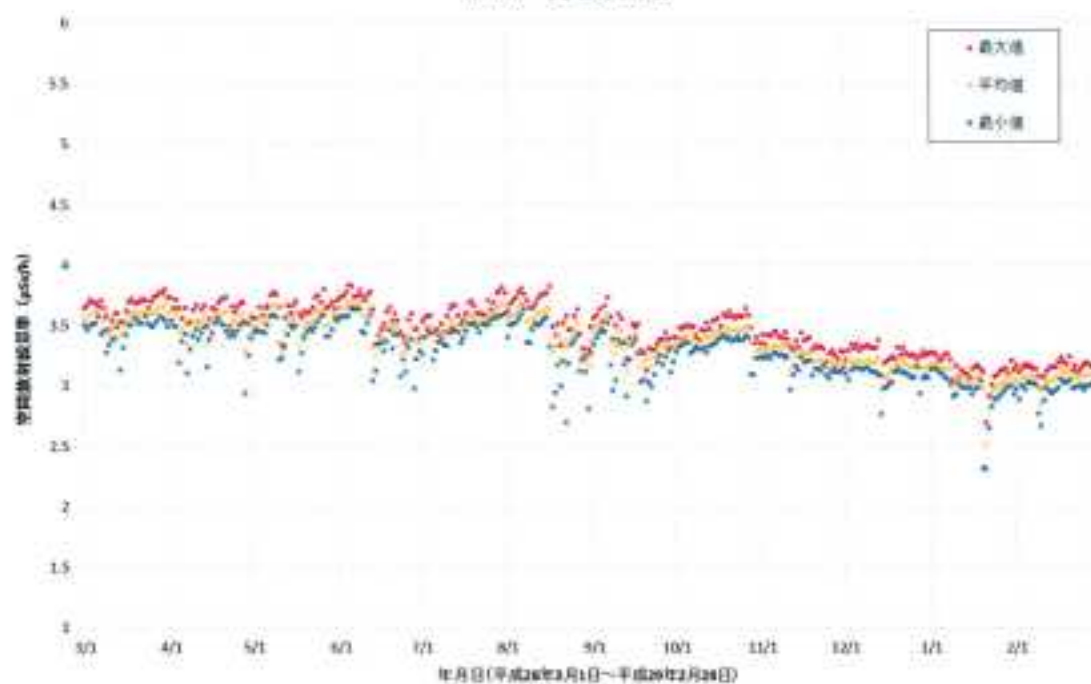


図 2-9-2-2(31) 各地点のトレンドグラフ



No.63 賀老集会所



No.64 大放婦人ホーム

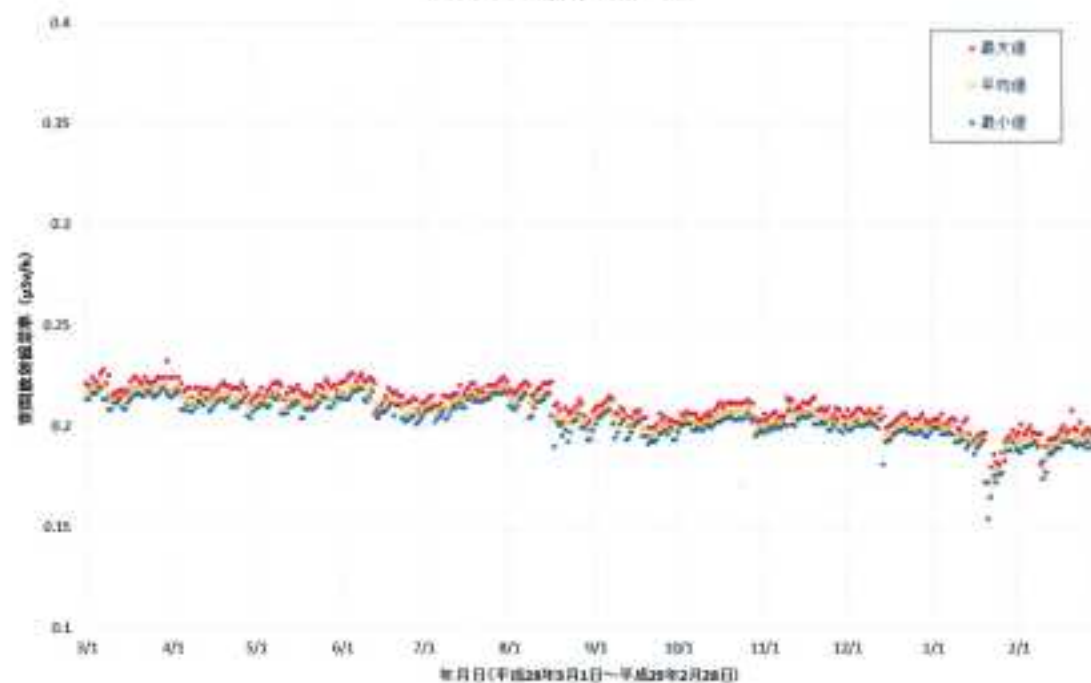
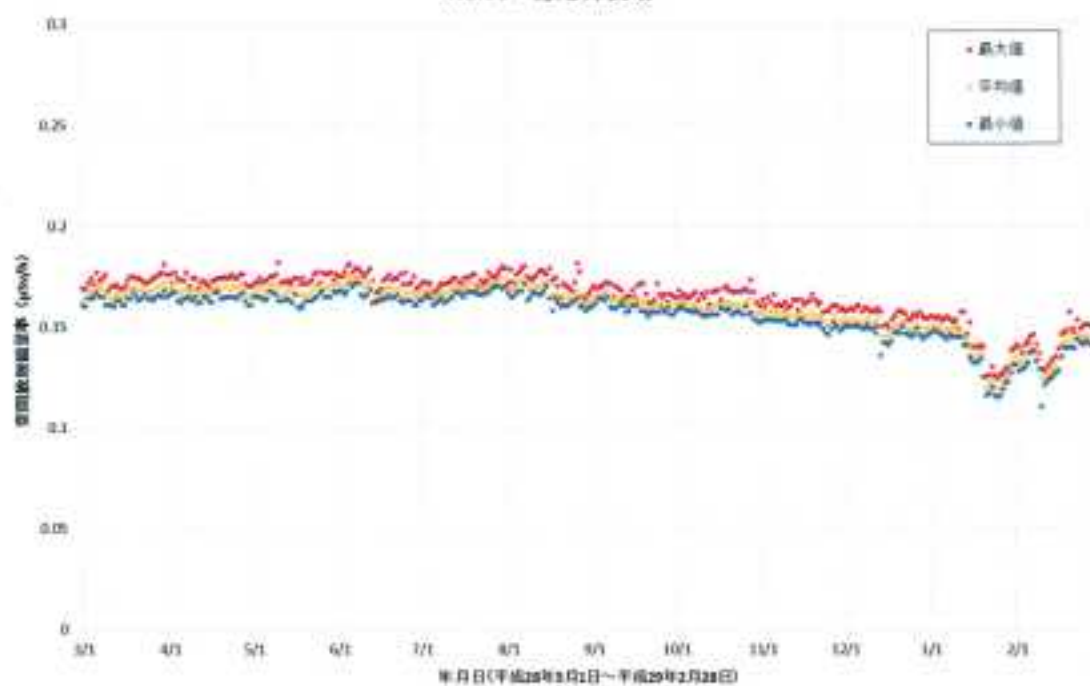


図 2-9-2-2(32) 各地点のトレンドグラフ

No.65 葛尾村役場



No.66 下葛尾集会所

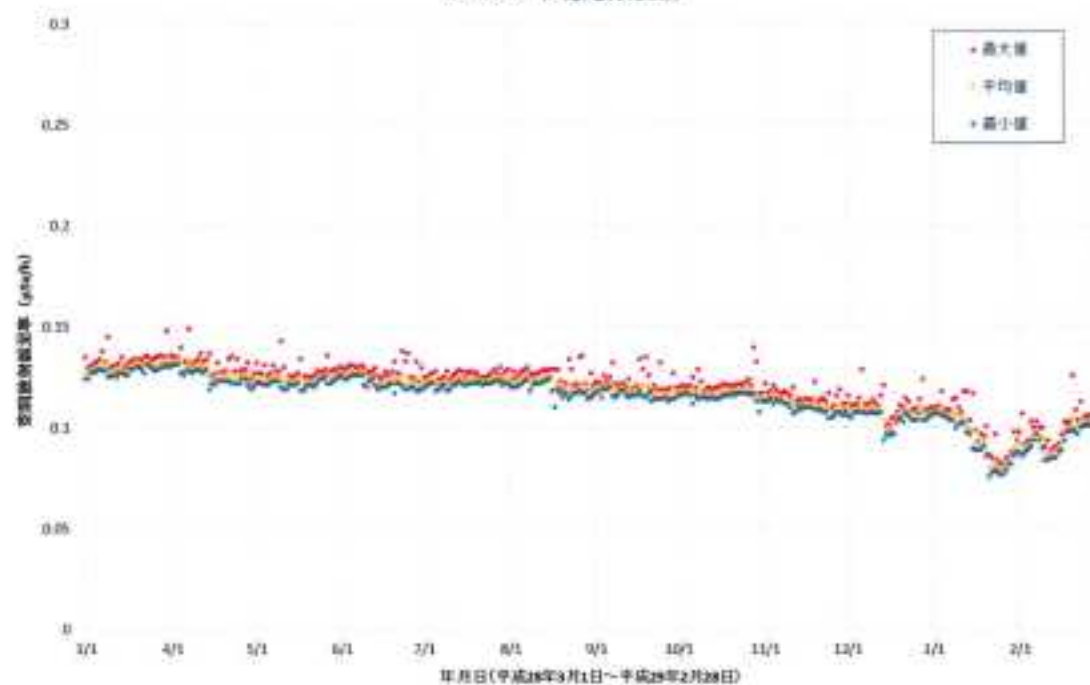
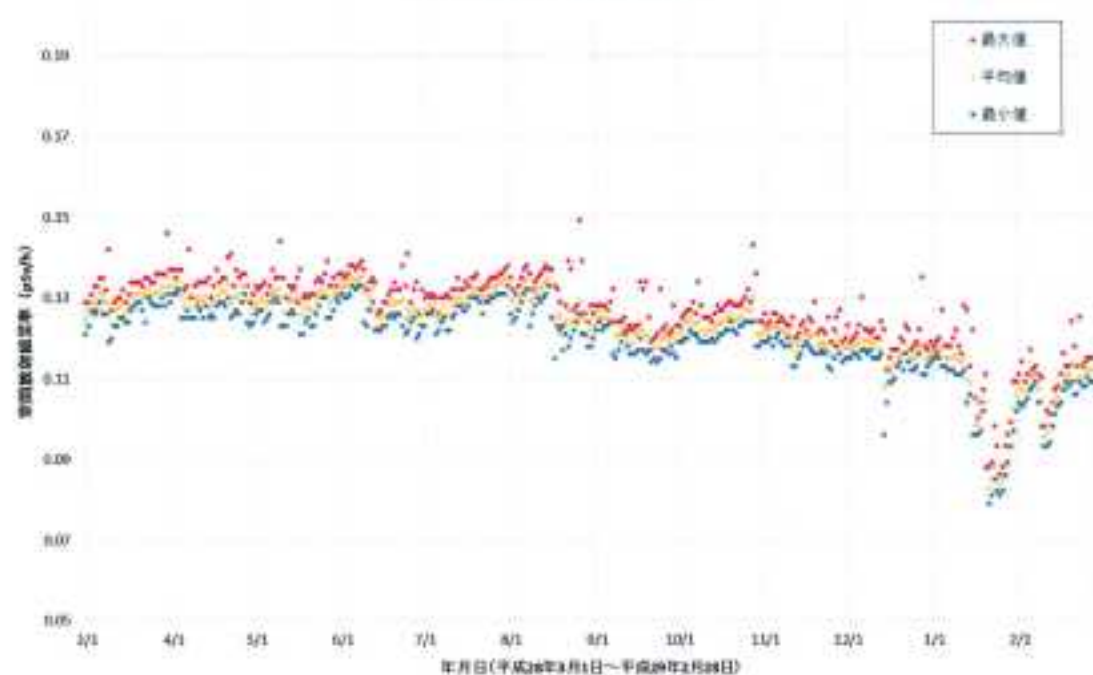


図 2-9-2-2(33) 各地点のトレンドグラフ

No.67 上野川多目的集会所



No.68 上飯樋地区集会所

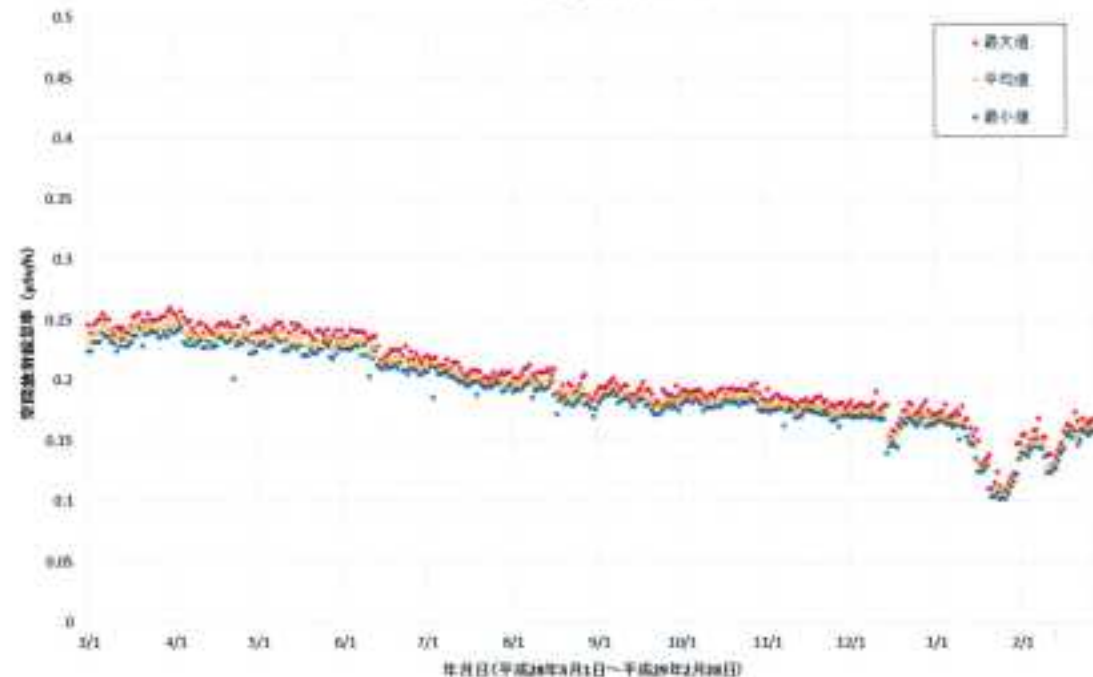
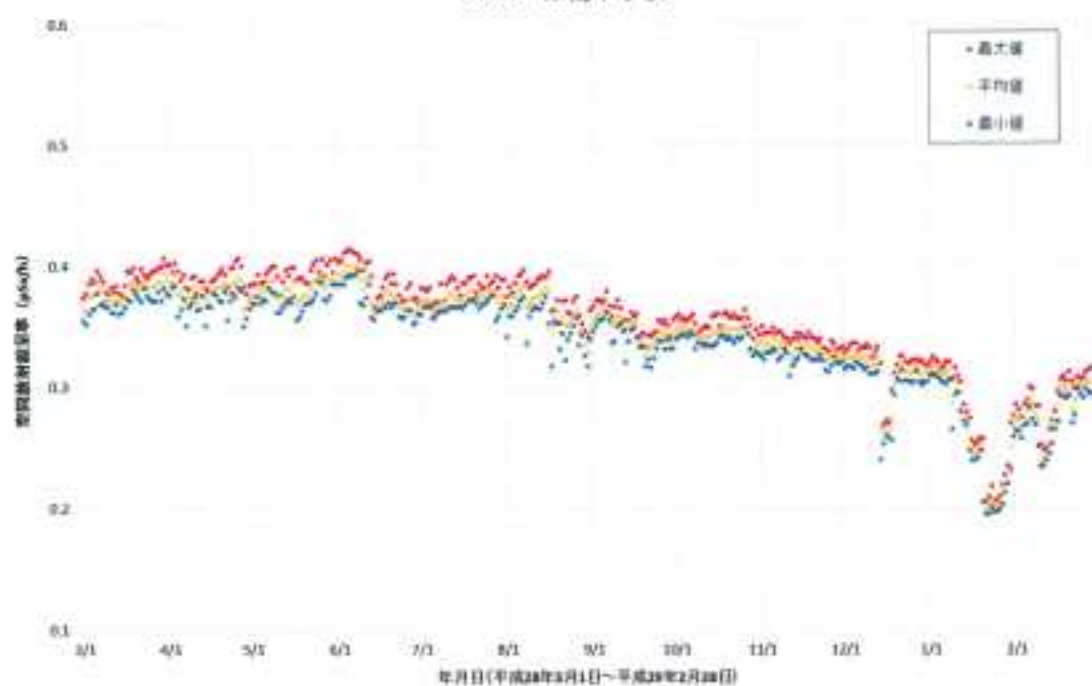


図 2-9-2-2(34) 各地点のトレンドグラフ

No.69 飯橋小学校



No.70 白石小学校

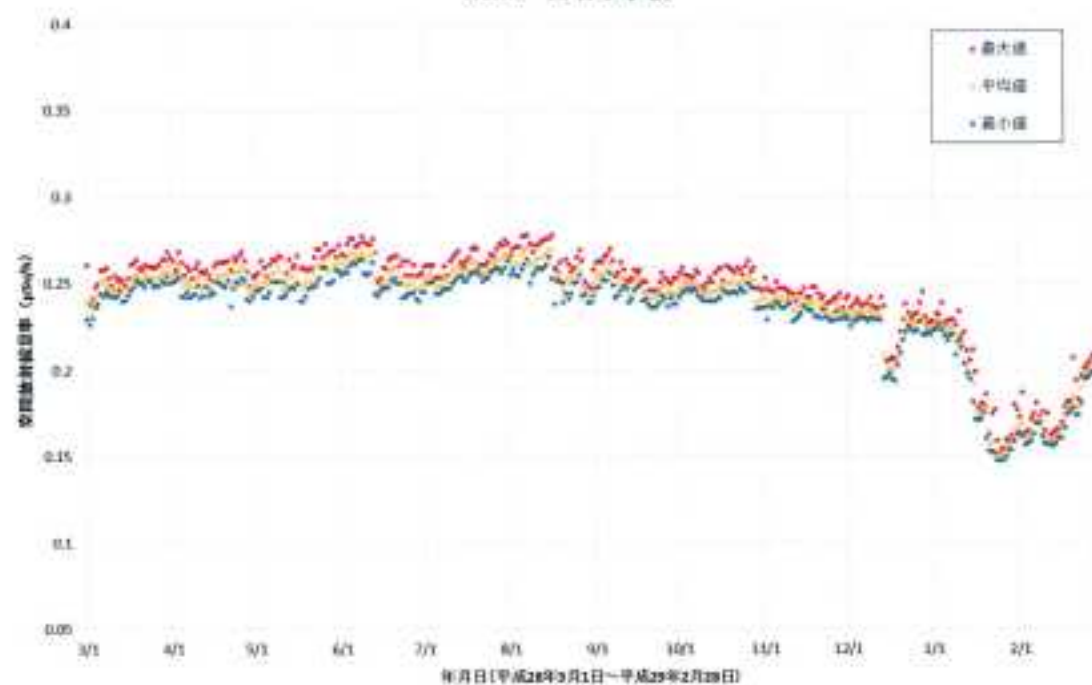


図 2-9-2-2(35) 各地点のトレンドグラフ



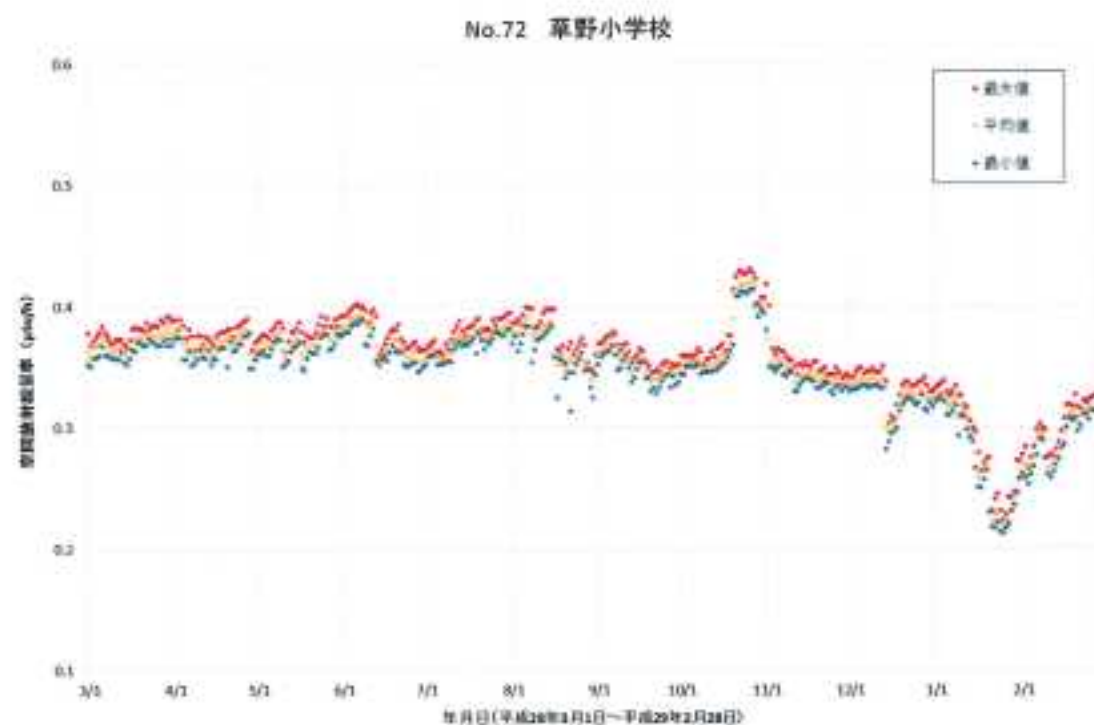
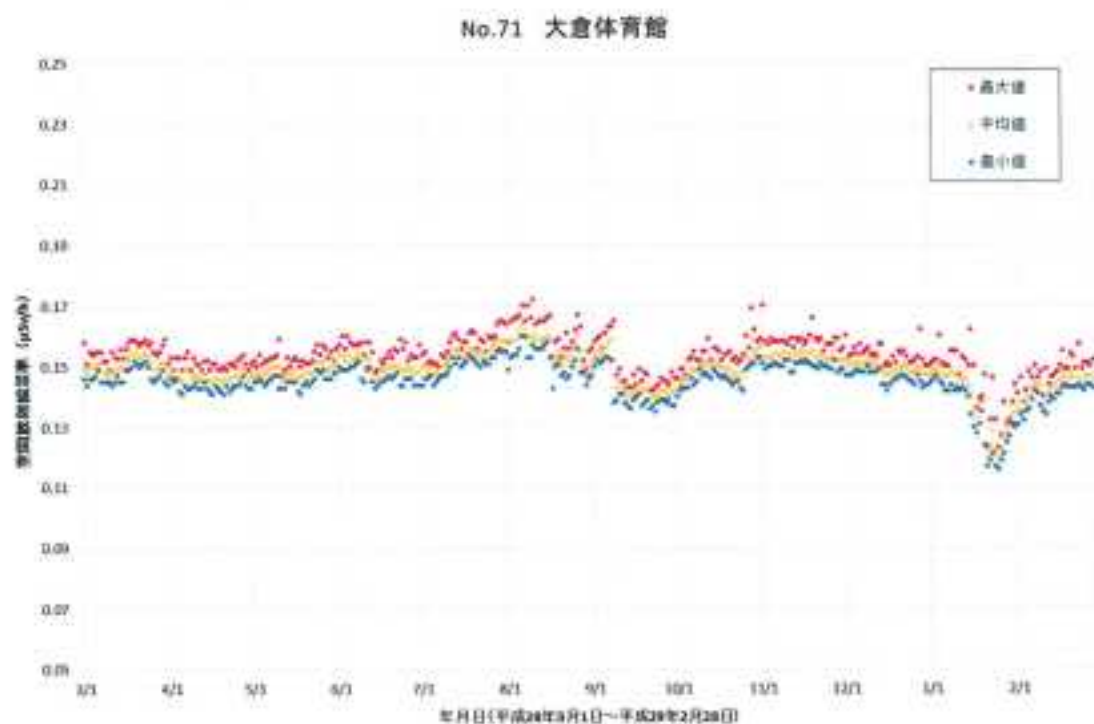
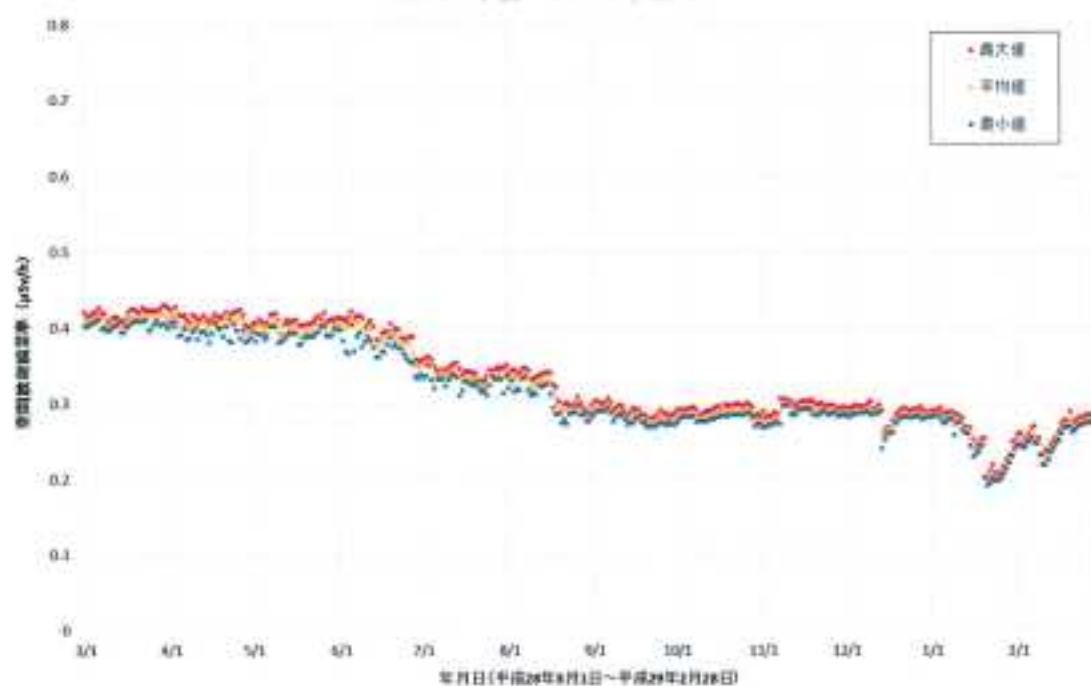


図 2-9-2-2(36) 各地点のトレンドグラフ

No.73 小宮コミュニティセンター



No.74 佐須公民館

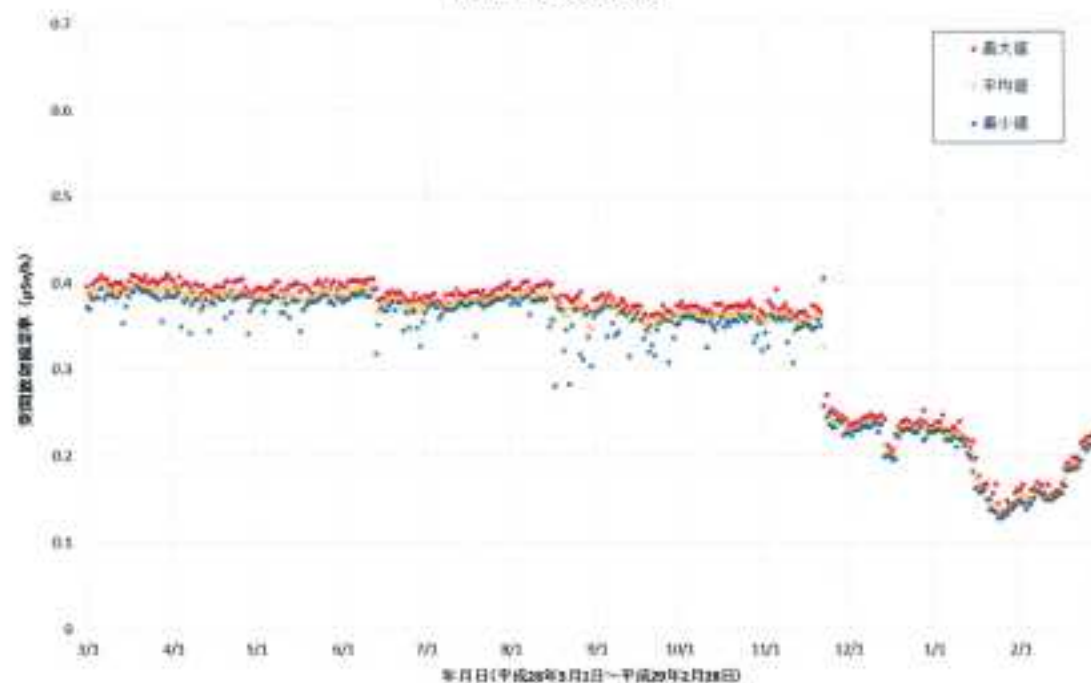
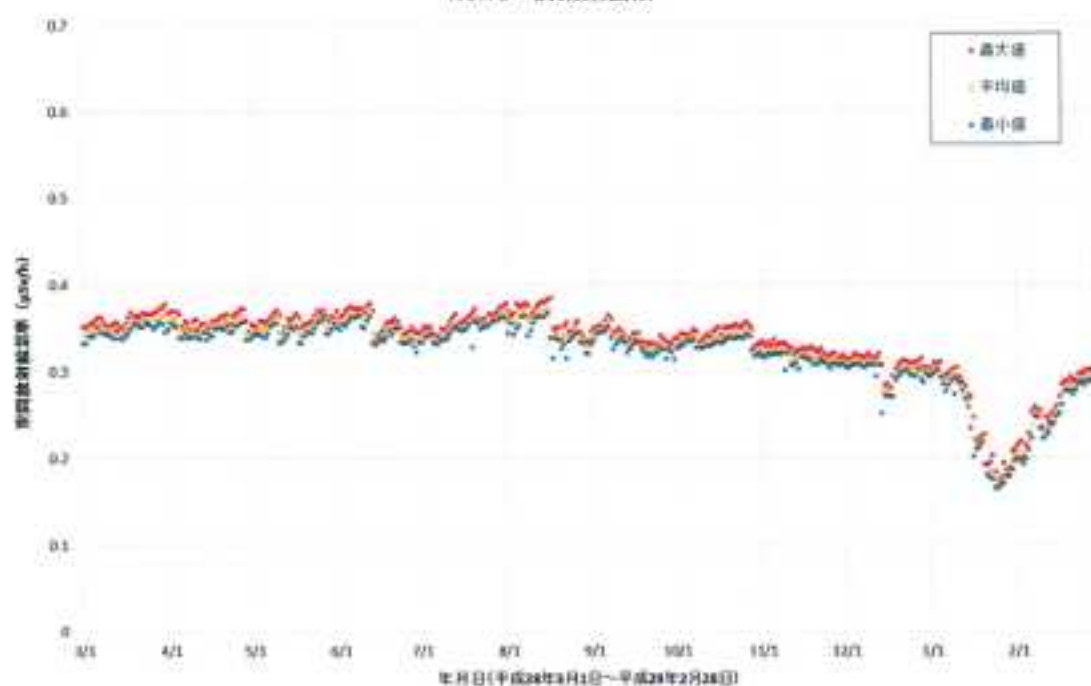


図 2-9-2-2(37) 各地点のトレンドグラフ

No.75 前乗集会所



No.76 長泥コミュニティセンター

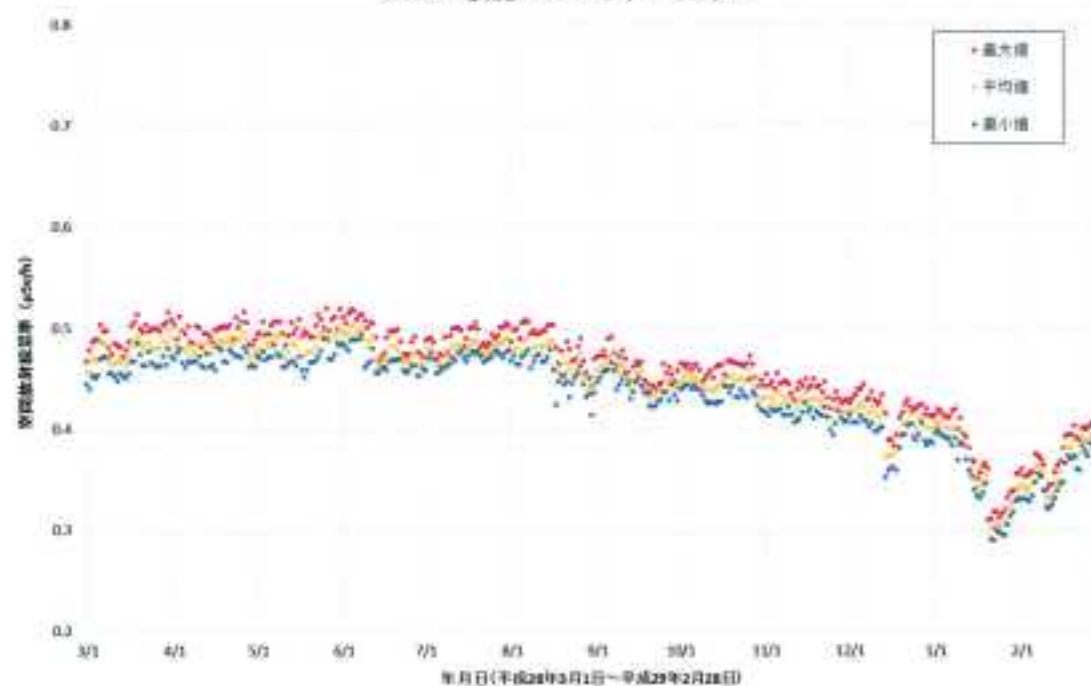
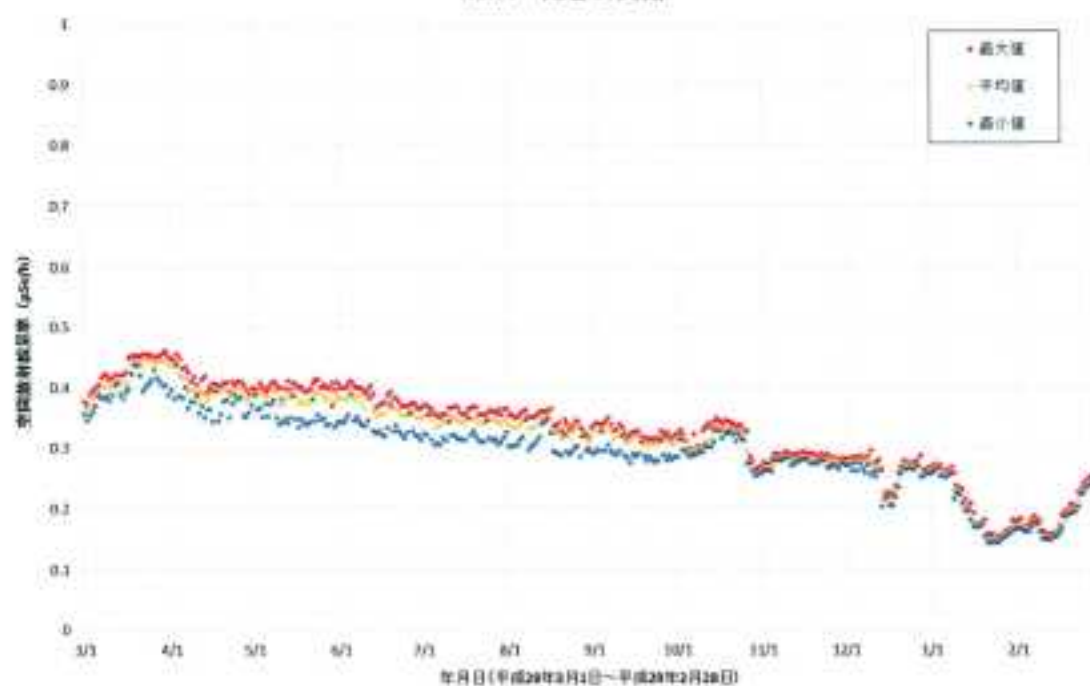


図 2-9-2-2(38) 各地点のトレンドグラフ

No.77 比叢公民館



No.78 前田公民館

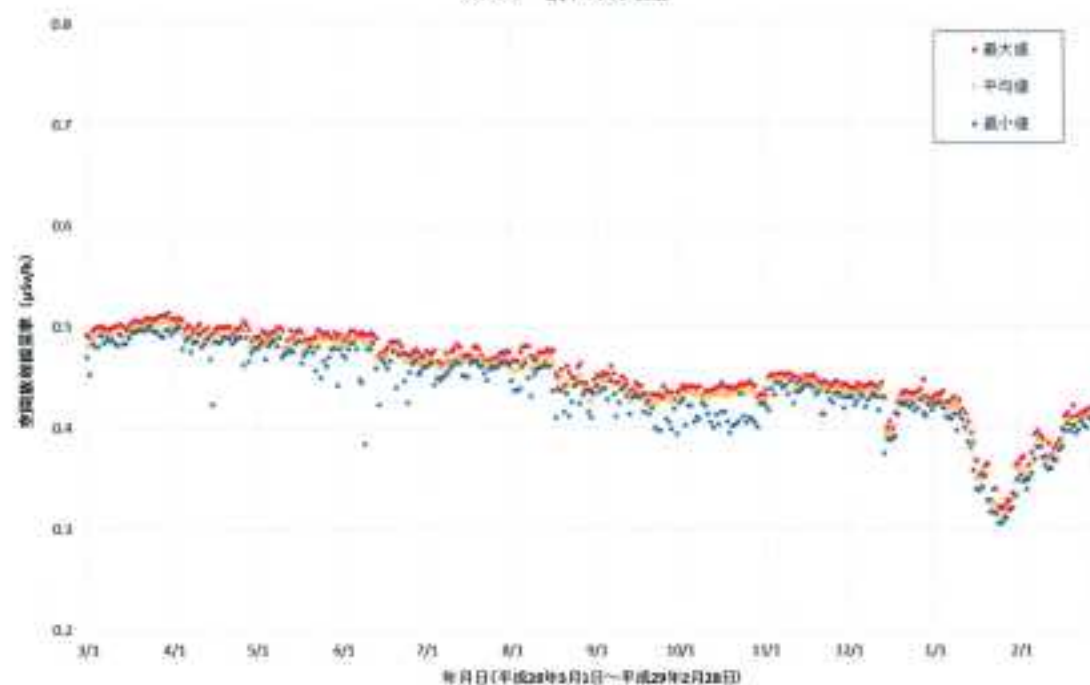
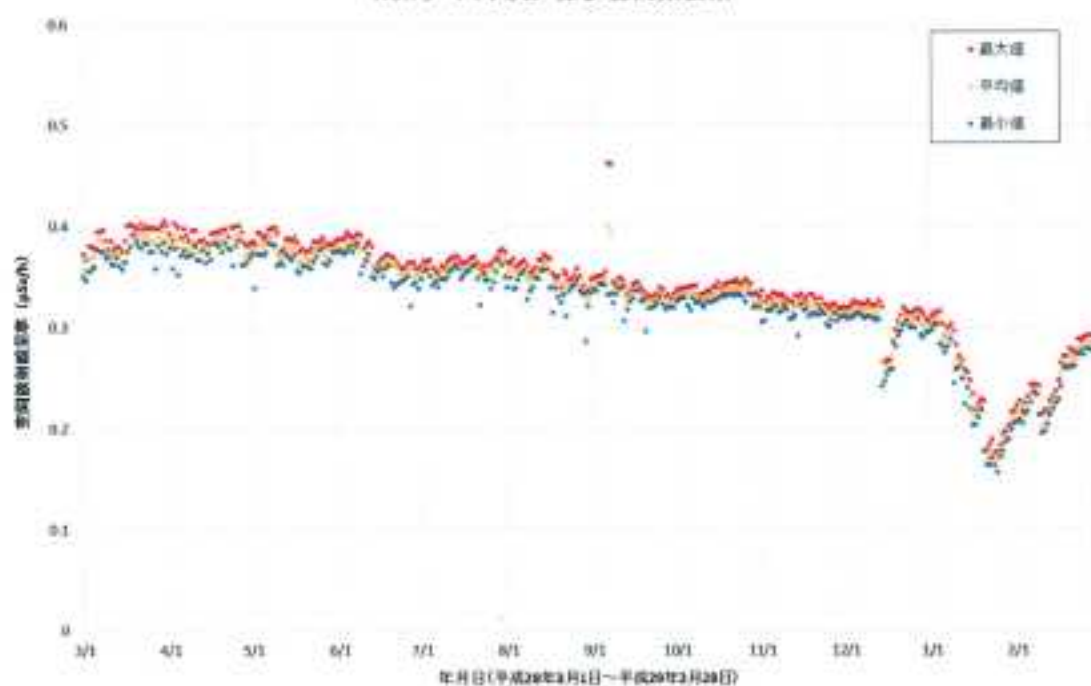


図 2-9-2-2(39) 各地点のトレンドグラフ

No.79 八木沢声原多目的集会所



No.80 蔵平公民館

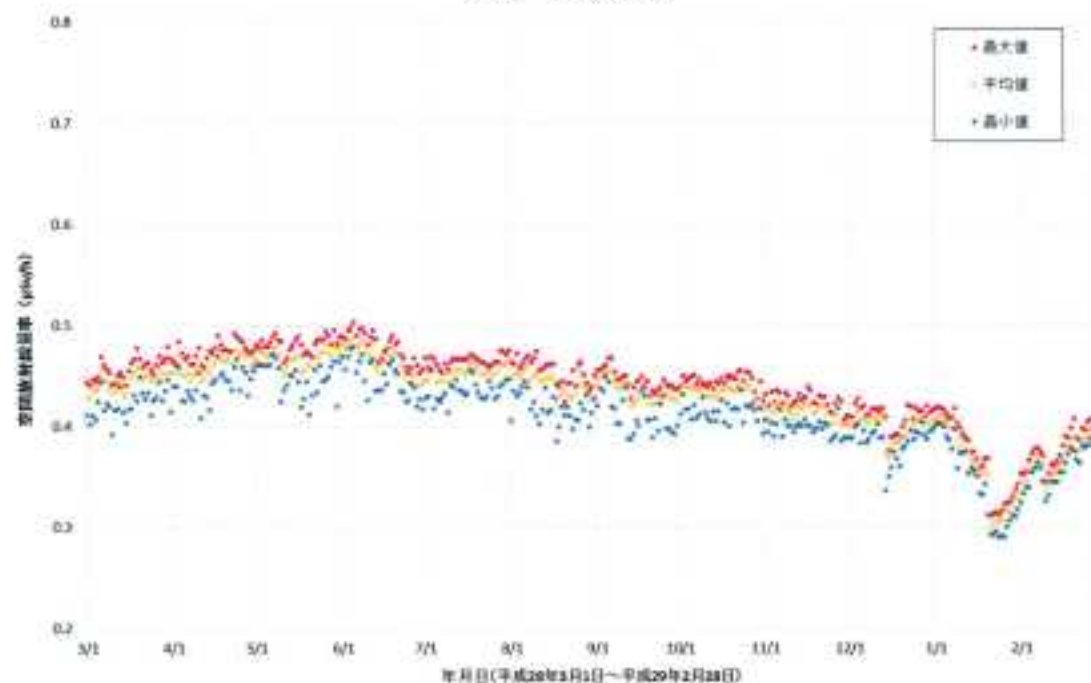


図 2-9-2-2(40) 各地点のトレンドグラフ



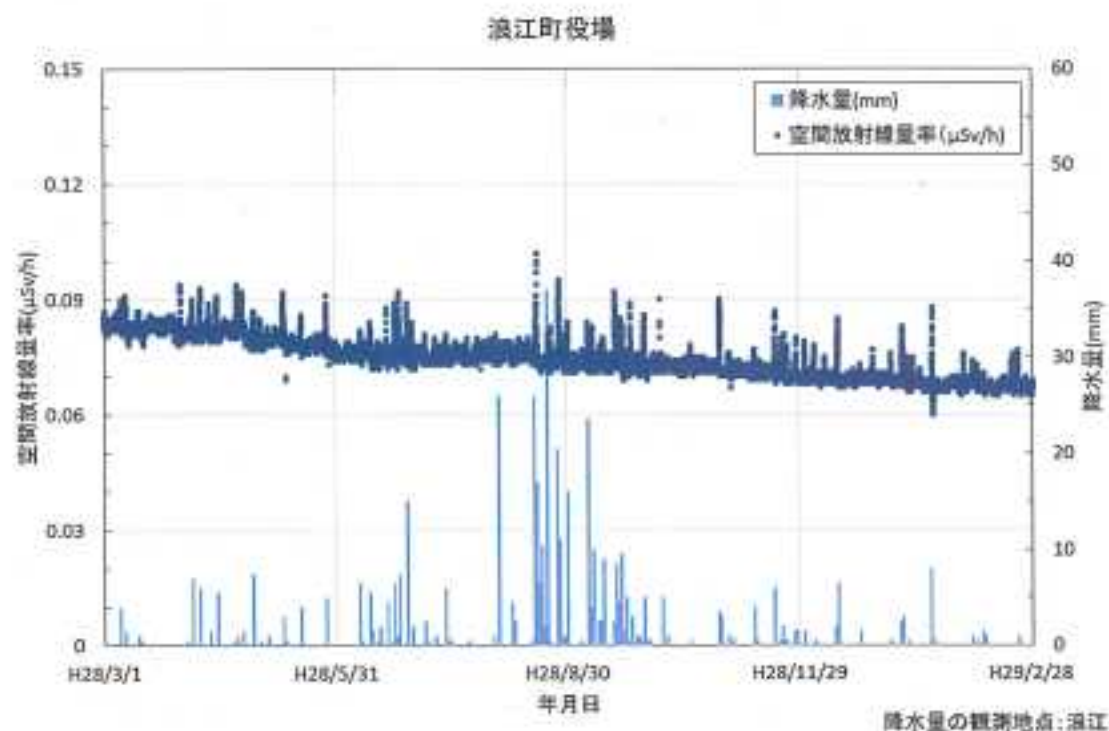


図 2-9-2-3 降雨による空間放射線量率上昇の例 (浪江町役場 (浪江町))

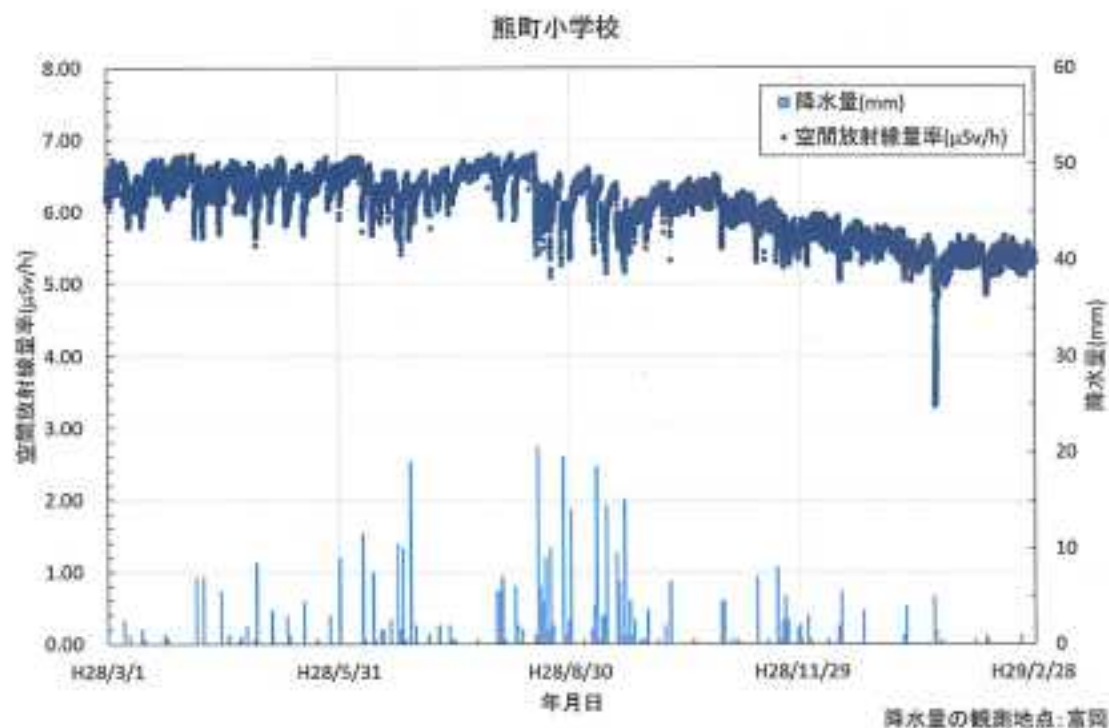


図 2-9-2-4 降雨による空間放射線量率下降の例  
(熊町小学校 (大熊町))

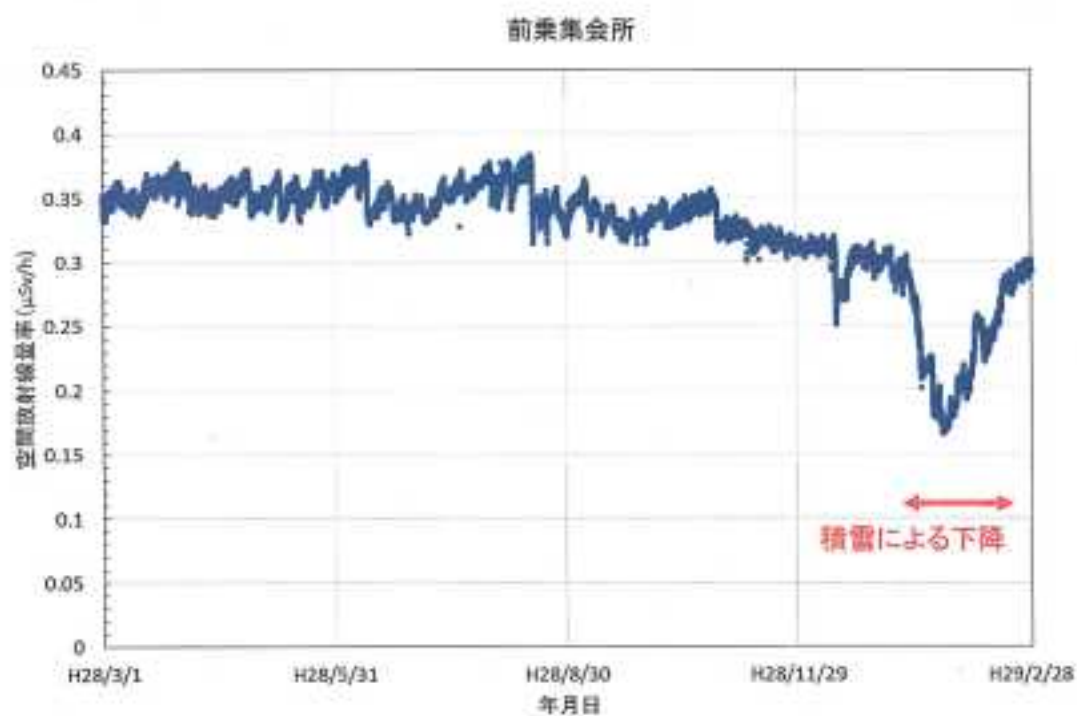


図 2-9-2-5(1) 積雪による空間放射線量率下降の例  
(前乗集会所 (飯館村))



図 2-9-2-5(2) 積雪による空間放射線量率下降時の様子  
(前乗集会所：平成 29 年 1 月 25 日撮影)

北部コミュニティセンター (NaI 検出器)

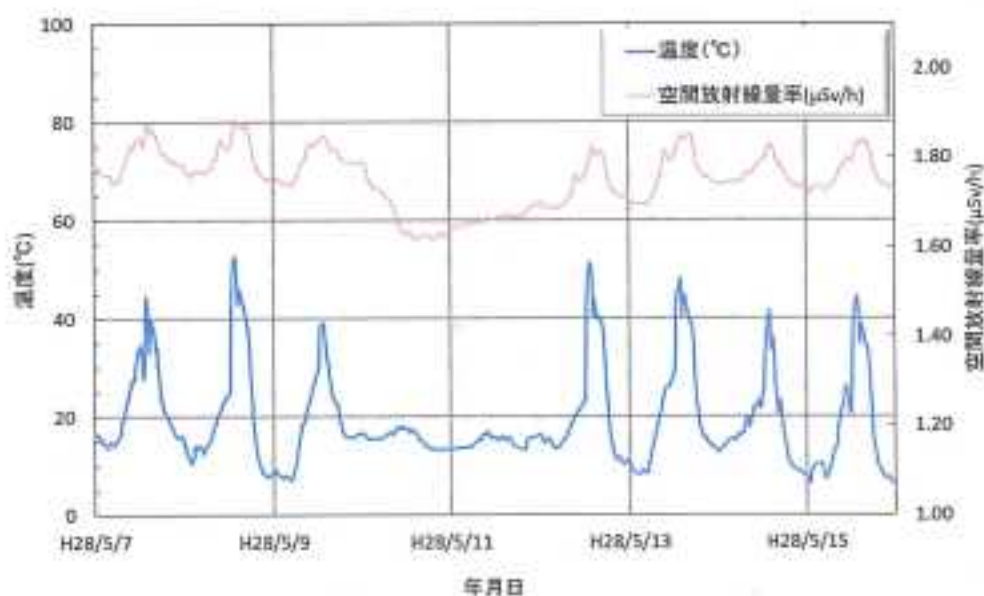


図 2-9-2-6(1) 温度依存性による空間放射線量率の変動の例  
(北部コミュニティセンター (双葉町)) (NaI 検出器)

葛尾村柏原地区 (シリコン半導体検出器)

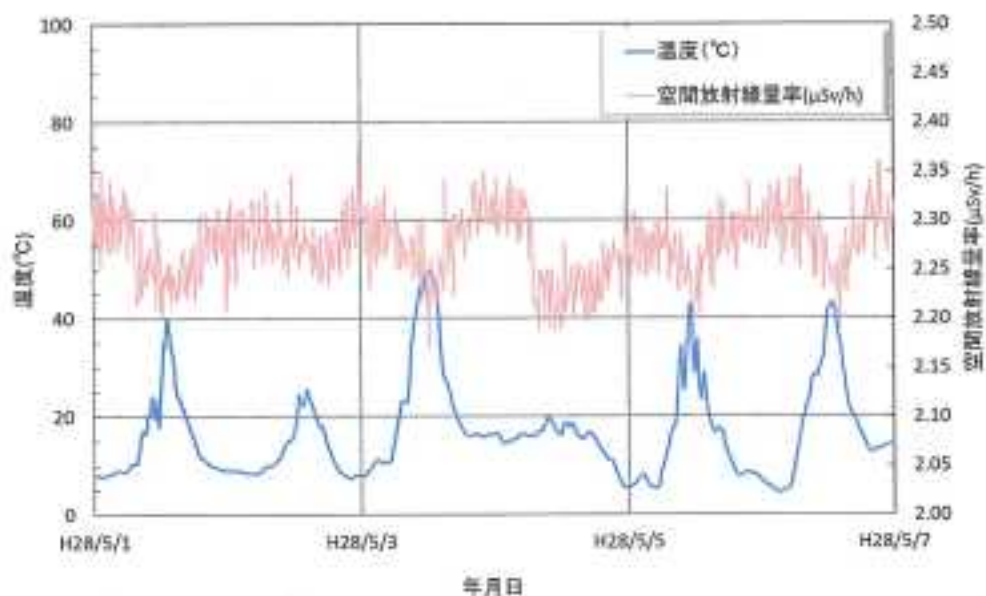


図 2-9-2-6(2) 温度依存性による空間放射線量率の変動の例  
(葛尾村柏原地区 (葛尾村)) (シリコン半導体検出器)

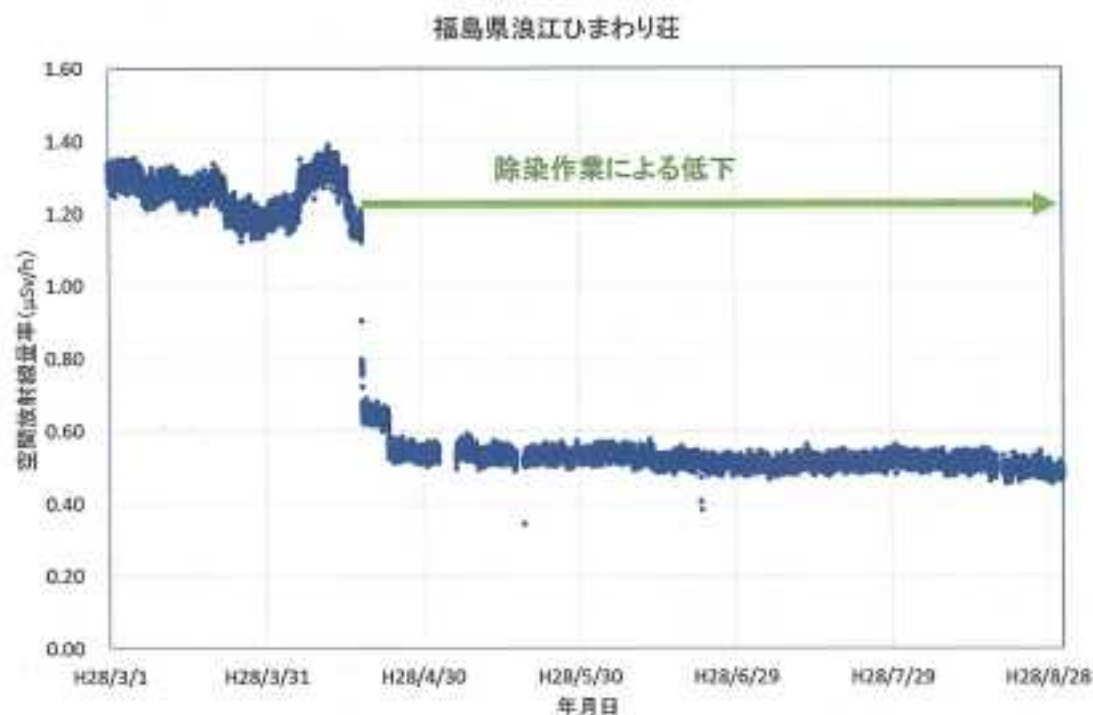


図 2-9-2-7(1) 除染作業による空間放射線量率低下の例  
(福島県浪江ひまわり荘(浪江町))



除染前

平成 27 年 7 月 21 日撮影



除染後

平成 28 年 5 月 18 日撮影

図 2-9-2-7(2) 除染作業前後におけるモニタリングポスト周辺の様子  
(福島県浪江ひまわり荘(浪江町))



八木沢芦原多目的集会所

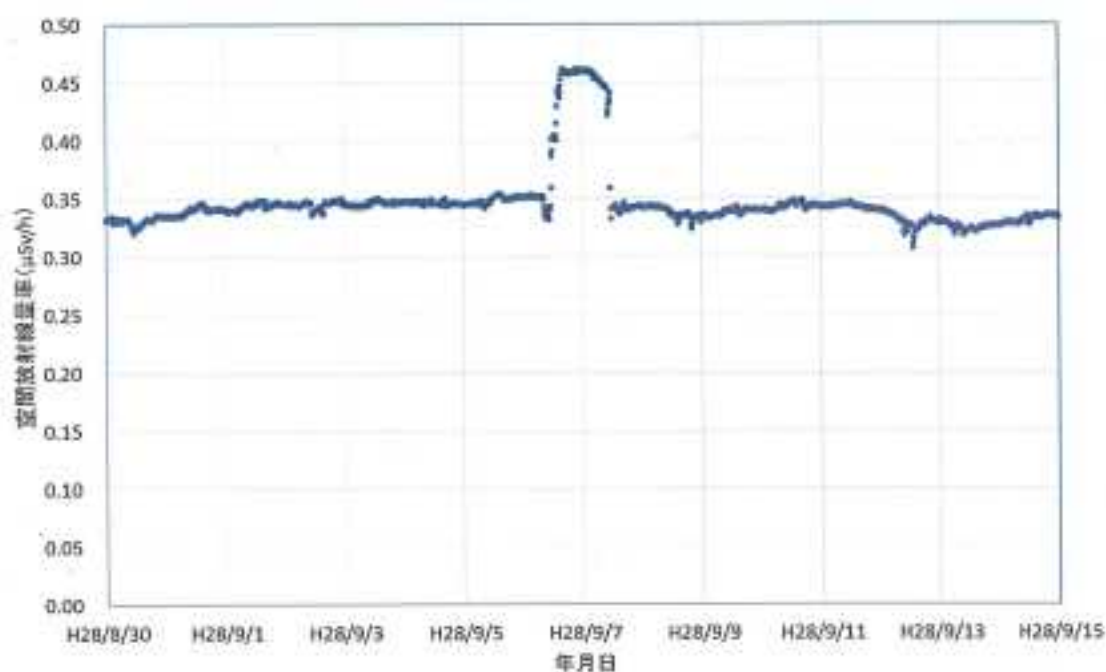


図 2-9-2-8(1) 気象変動等の影響以外で異常値が検出された例  
(八木沢芦原多目的集会所 (飯舘村))

八木沢芦原多目的集会所

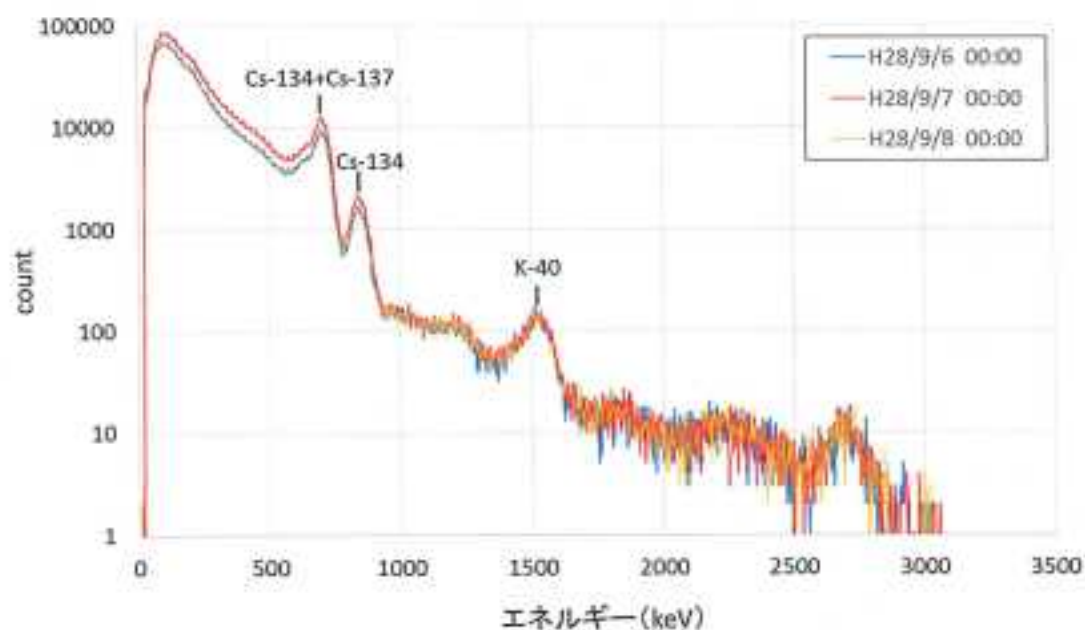


図 2-9-2-8(2) 気象変動等の影響以外で異常値が検出された際の  
エネルギー分布比較の例 (八木沢芦原多目的集会所 (飯舘村))





図 2-9-2-8(3) 線量増加時の周辺環境の変化  
(八木沢芦原多目的集会所：平成 28 年 9 月 7 日撮影)

表 2-9-2-2 モニタリングポスト移設前後の設置場所  
(小宮コミュニティセンター (飯館村))

| 地点  | 場所        | 住所       | 緯度・経度*                      |
|-----|-----------|----------|-----------------------------|
| 移設前 | 集会所敷地内西側  | 飯館村小宮字曲田 | N 37.658283<br>E 140.767764 |
| 移設後 | 集会所敷地内北西側 | 飯館村小宮字曲田 | N 37.6583<br>E 140.7678     |

\*緯度・経度は原子力規制委員会 web ページで公開されている数値を記載



図 2-9-2-9(1) 移設作業の様子  
(小宮コミュニティセンター (飯館村))



図 2-9-2-9(2) 移設前のモニタリングポスト  
(小宮コミュニティセンター (飯舘村) : 平成 28 年 6 月 23 日撮影)



図 2-9-2-9(3) 移設後のモニタリングポスト  
(小宮コミュニティセンター (飯舘村) : 平成 28 年 8 月 18 日撮影)

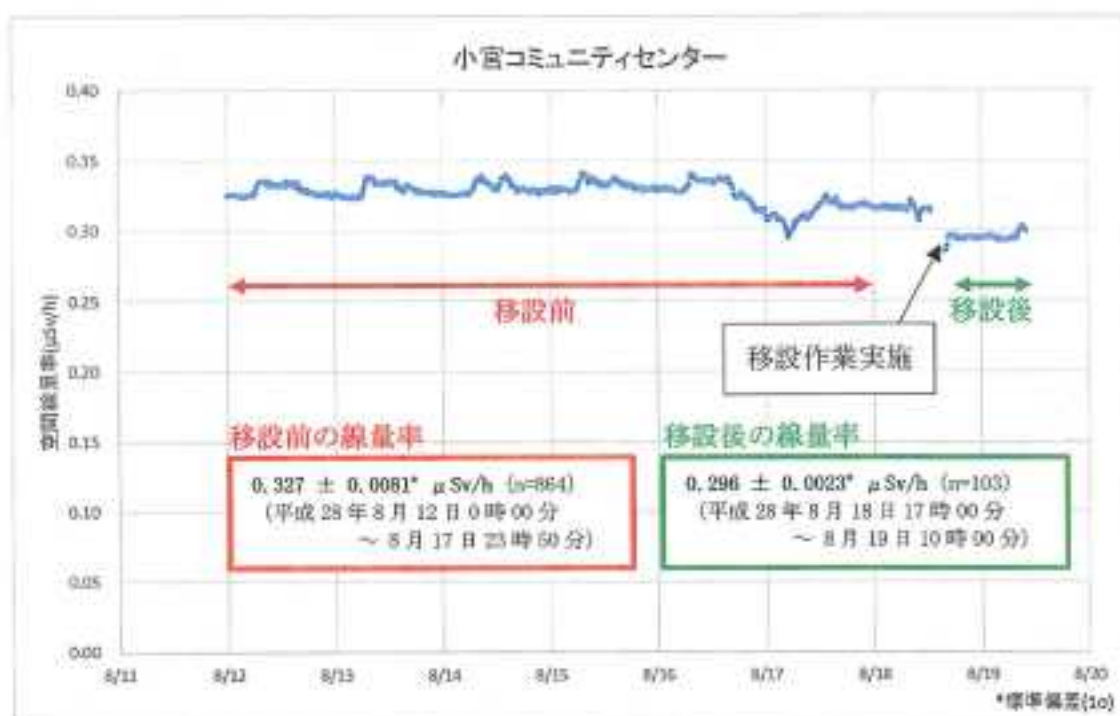


図 2-9-2-9(4) 移設前後の線量率の変化  
 (小宮コミュニティセンター (飯舘村))



表 2-9-2-3 モニタリングポスト移設前後の設置場所  
(八木沢芦原多目的集会所 (飯舘村))

| 地点  | 場所        | 住所           | 緯度・経度*                      |
|-----|-----------|--------------|-----------------------------|
| 移設前 | 集会所敷地内北東側 | 飯舘村大字八木沢上八木沢 | N 37.688135<br>E 140.802212 |
| 移設後 | 集会所敷地内西側  | 飯舘村大字八木沢上八木沢 | N 37.687816<br>E 140.801366 |

\*緯度・経度は原子力規制委員会 web ページで公開されている数値を記載



図 2-9-2-10(1) 移設作業の様子  
(八木沢芦原多目的集会所 (飯舘村))





図 2-9-2-10(2) 移設前のモニタリングポスト  
(八木沢芦原多目的集会所 (飯館村) : 平成 27 年 1 月 15 日撮影)



図 2-9-2-10(3) 移設後のモニタリングポスト  
(八木沢芦原多目的集会所 (飯館村) : 平成 29 年 3 月 15 日撮影)

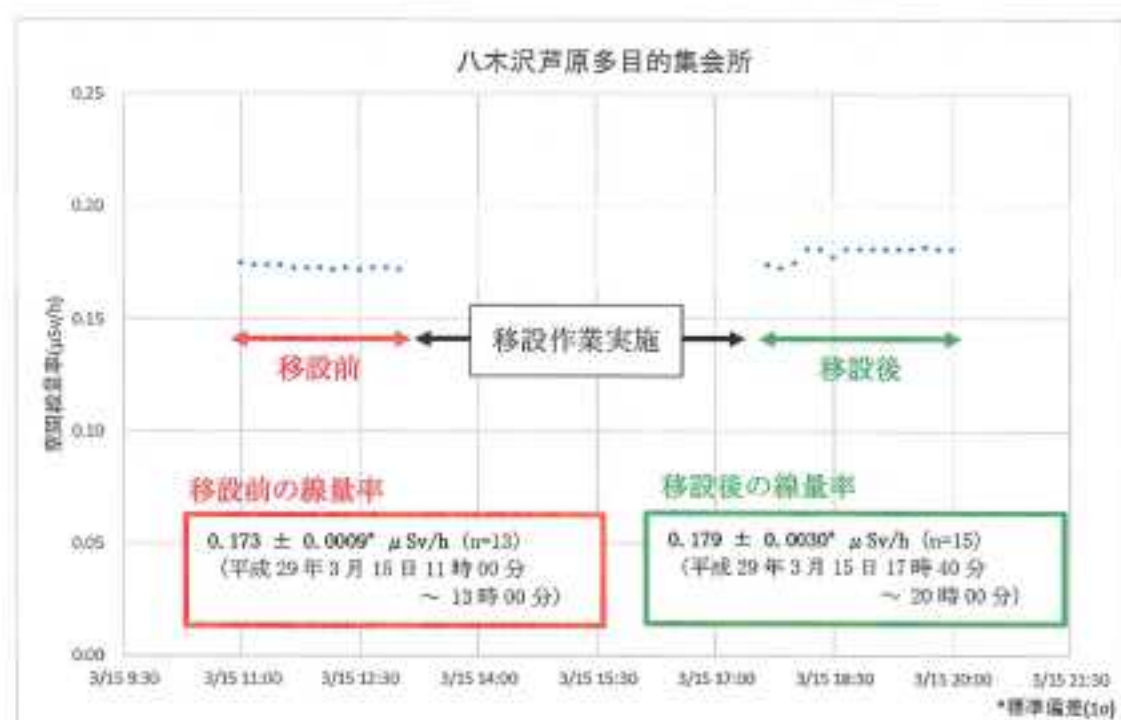


図 2-9-2-10(4) 移設前後の線量率の変化  
(八木沢芦原多目的集会所 (飯館村))

### 3. 分析法及び妥当性の確認

#### 3.1 全ベータ放射能測定

##### (1) 分析法

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

前処理、放射能測定及び放射能濃度算出の概要は、次のとおりである。

##### 1) 前処理

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

##### 2) 放射能測定

測定試料は、低バックグラウンドベータ線測定装置で、採取後約 6 時間を経過してから 3600 秒間測定した。

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

##### (2) 妥当性確認

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

### 3.2 ガンマ線放出核種の測定

#### (1) 分析法

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

##### 1) 大気浮遊じん

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

##### 2) 降下物

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

##### 3) 大気浮遊じんの高感度分析

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

##### 4) 粉乳

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

##### 5) 測定方法

文部科学省放射能測定法シリーズ7「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」(平成4年改訂)に準じて、ガンマ線スペクトロメトリーを行い、核種ごとに放射能濃度を算出した。なお、測定時間は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 (2016年1月) (<http://www.nndc.bnl.gov/ensdf/>) に従った。

#### (2) 妥当性の確認

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

##### 1) 効率のチェック

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

ピーク効率は、1年を通してその変動係数が基準(5%)以内であった。その結果を表3-2-1に示す。



2) バックグラウンドの測定

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

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

| 検出器番号 | 期間            | 変動係数 (%)                     |                              |                             |
|-------|---------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
|       |               | $^{152}\text{Eu}$ (121.8keV) | $^{137}\text{Cs}$ (661.7keV) | $^{152}\text{Eu}$ (1408keV) |
| 28    | H28.2 ~ H29.1 | 0.34                         | 0.35                         | 1.1                         |
| 40    | H28.2 ~ H29.1 | 0.25                         | 0.29                         | 0.51                        |
| 43    | H28.2 ~ H29.1 | 0.34                         | 0.16                         | 1.2                         |
| 51    | H28.2 ~ H29.1 | 0.26                         | 0.37                         | 0.95                        |
| 52    | H28.2 ~ H29.1 | 0.27                         | 0.48                         | 1.3                         |
| 53    | H28.2 ~ H29.1 | 0.29                         | 0.14                         | 0.75                        |
| 54    | H28.2 ~ H29.1 | 0.51                         | 0.32                         | 0.38                        |
| 55    | H28.2 ~ H29.1 | 0.25                         | 0.27                         | 0.82                        |
| 56    | H28.2 ~ H29.1 | 0.35                         | 0.27                         | 0.73                        |
| 57    | H28.2 ~ H29.1 | 0.42                         | 0.27                         | 0.87                        |
| 58    | H28.2 ~ H29.1 | 0.27                         | 0.31                         | 0.79                        |



### 3.3 トリチウム分析

#### (1) 分析法

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

前処理及び放射能測定の概要は、次のとおりである。

#### 1) 前処理

##### ① 月間降水中のトリチウム分析

採取した試料から約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を行った。留出液500 mLに過酸化ナトリウムを加えた後、電解セルに入れ約55 mLになるまで電解した。電解終了後、再び蒸留を行った。留出液50 mLと乳化シンチレータ(ULTIMA GOLD LLT、パーキンエルマー社製)50 mLを100 mLのテフロンバイアルに入れ、十分に振り混ぜ均質にし、測定試料とした。なお、採取した試料が600 mLに満たない場合は、約100 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のテフロンバイアルに入れ、十分に振り混ぜ均質にし、測定試料とした。

##### ② 生物試料中のトリチウム分析

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

##### ②-1 非交換型の有機結合型トリチウム

乾物を粉砕後よく混合し、無トリチウム水を加え、凍結乾燥を行った。この操作を繰り返し、交換型の有機結合型トリチウムを取り除いた。得られた試料から燃焼法により燃焼生成水を回収し、過マンガン酸カリウムを加え、還流にて湿式分解の後、過酸化ナトリウムを加えて蒸留を行った。留出液と乳化シンチレータ(Ultima Gold LLT、パーキンエルマー社製)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精製を行い、留出液と乳化シンチレータ(Ultima Gold LLT、パーキンエルマー社製)を測定容器(POLYVIALS145)に入れ、十分に振り混ぜ均質にし、測定試料とした。

## 2) 放射能測定

測定試料を低バックグラウンド液体シンチレーションカウンタ (LSC) で、原則として 500 分間 (50 分×10 回) 測定した。なお、月間降水で蒸留法の場合は 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、正味計数率を求めた。外部標準チャンネル比法より求めた計数効率と測定供試量よりトリチウム放射能濃度を算出した。また、月間降下量は、トリチウム放射能濃度、受水面積及び降水量より算出した。分析結果は試料採取日に減衰補正した。

## (2) 妥当性確認

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

### 3.4 ストロンチウム 90 分析

#### (1) 分析法

##### 1) 放射化学分析

$^{90}\text{Sr}$  の放射化学分析並びに安定カルシウム及び安定ストロンチウムの定量は、文部科学省放射能測定法シリーズ 2「放射性ストロンチウム分析法」(平成 15 年改訂) に準じて行った。

前処理、分離及び測定方法の概要は、次のとおりである。

#### ① 前処理方法

##### ・大気浮遊じん

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

##### ・降下物及び陸水 (源水、蛇口水、淡水)

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

##### ・土壌

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

##### ・海底土

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

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

精米は送付された生試料を、粉乳は購入した試料を 450℃ で灰化した。そ



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

#### ・海水

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

### ② $^{90}\text{Sr}$ の分離方法

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

### ③ 安定カルシウム及び安定ストロンチウムの定量方法

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

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

灰試料(精米及び牛乳を除く)は一定量を分取し、硝酸を加えて加熱分

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

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

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

#### ④ 放射能の測定及び計算方法

低バックグラウンドベータ線測定装置により放射能測定を行った。 $^{90}\text{Sr}$  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  $^{90}\text{Sr}$  の放射能濃度を算出した。

#### ⑤ 分析目標レベル

各種試料の分析目標レベルは、次のとおりである。

| 試料               | 大気<br>浮遊じん       | 降下物               | 陸水             | 土 壌<br>海底土        | 海水             | 精米               |
|------------------|------------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|------------------|
| 単位               | $\text{mBq/m}^3$ | $\text{MBq/km}^2$ | $\text{mBq/L}$ | $\text{Bq/kg 乾土}$ | $\text{mBq/L}$ | $\text{Bq/kg 生}$ |
| $^{90}\text{Sr}$ | 0.004            | 0.07              | 0.4            | 0.4               | 2              | 0.04             |

| 試料               | 野菜類              | 茶                 |                  | 牛乳            | 粉乳                | 水産<br>生物         |
|------------------|------------------|-------------------|------------------|---------------|-------------------|------------------|
| 単位               | $\text{Bq/kg 生}$ | $\text{Bq/kg 製茶}$ | $\text{Bq/kg 生}$ | $\text{Bq/L}$ | $\text{Bq/kg 粉乳}$ | $\text{Bq/kg 生}$ |
| $^{90}\text{Sr}$ | 0.04             | 0.2               | 0.04             | 0.04          | 0.04              | 0.04             |

#### 2) 妥当性確認

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



したがって、分析には福島第一原子力発電所事故の影響はなかったと考えられる。

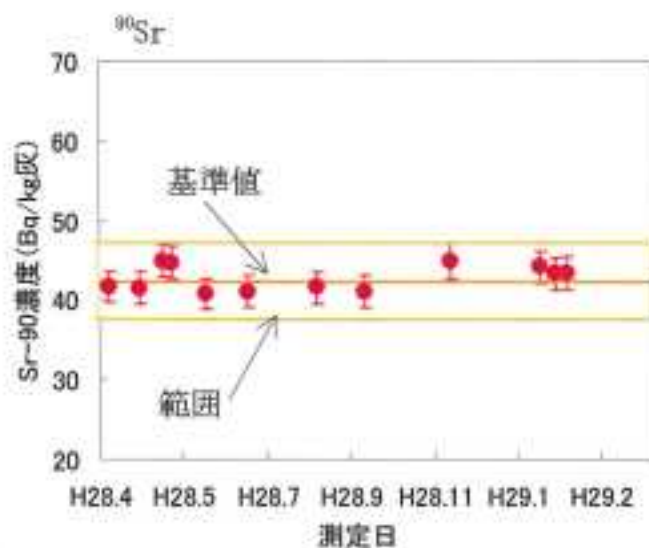


図 3-4-1 所内灰標準試料の分析結果

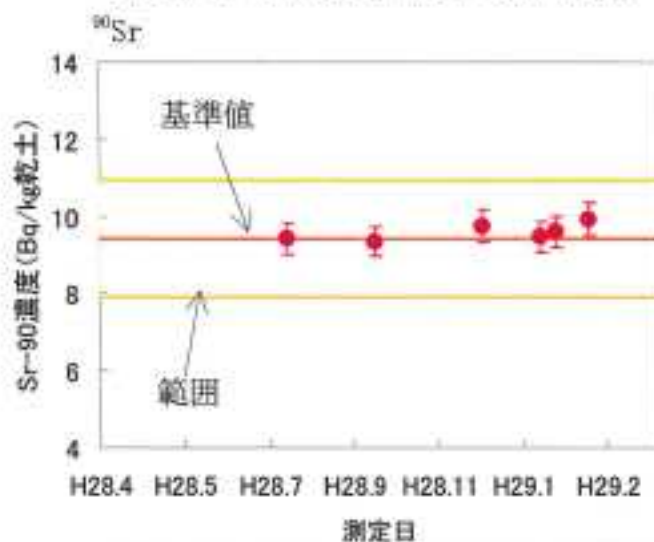


図 3-4-2 所内土壌標準試料の分析結果

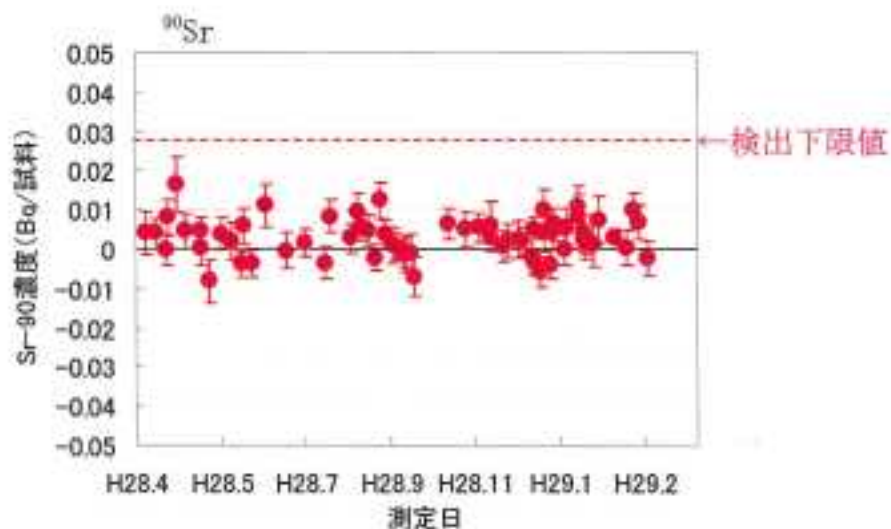


図 3-4-3 ブランク試料の分析結果

### 3.5 プルトニウム分析

#### (1) 分析法

分析対象核種は  $^{239}\text{Pu}$  及び  $^{239+240}\text{Pu}$  とし、文部科学省放射能測定法シリーズ12「プルトニウム分析法」(平成2年改訂)に準じて分析した。操作の概要は以下のとおりである。

##### 1) 前処理及び化学分離方法

送付された乾燥細土を縮分し、105℃で乾燥後、微粉碎した。この試料から50gを分取し、500℃の電気炉で加熱処理後、 $^{242}\text{Pu}$  収率補正用トレーサーを一定量添加し、硝酸を加えてプルトニウムを加熱抽出した。残留物をろ別後、ろ液を蒸発濃縮し、硝酸(3+2)及び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を調整後、プルトニウムをステンレス板上に電着し、測定試料とした。

##### 2) 前処理及び化学分離方法

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

$^{239+240}\text{Pu}$  の分析目標レベル

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

#### (2) 妥当性確認

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

### 3.6 ヨウ素 129 分析

#### 3.6.1 前処理

前処理方法を表 3-6-1 に示す。

表 3-6-1 前処理方法

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

##### (1) 土壌

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

##### (2) 牛乳

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

##### (3) 海産生物（褐藻類）

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

##### (4) 農作物（キャベツ）

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

#### 3.6.2 分析方法

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



(1) ヨウ素 129 の定量 (加速器質量分析法)

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

ヨウ素精製溶液に銀担体を添加し、生成したヨウ化銀沈殿を遠心分離した後に乾燥し、2.5 倍量のニオブ粉末を加えてよく混合した後、プレス成型して、加速器質量分析装置 (AMS) を用いて  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  同位体比を測定した。得られた結果よりヨウ素 129 比放射能を算出した。

(2) ヨウ素 127 の定量

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

(3) 妥当性確認

加速器質量分析装置 (AMS) の測定では、キャリア試料を測定して測定状態を確認する必要がある。本調査で使用している国立研究開発法人日本原子力研究開発機構青森研究開発センターの AMS では、測定パッチ毎に必ずヨウ素 129 濃度既知のキャリアを測定し、測定結果 (同位体比) の安定性を確認している。

分析に係る妥当性確認として、分析工程毎にブランク試料を分析するとともに、濃度既知の標準試料の分析を行った。標準試料の分析結果を表 3-6-2~表 3-6-4 に示す。

表 3-6-2 平成 24～平成 27 年度までに実施した標準試料の分析結果 ※1

| 試料名             | 商品<br>番号      | 安定ヨウ素<br>mg/kg 乾物 | <sup>129</sup> I<br>mBq/kg 乾物 | <sup>129</sup> I/ <sup>127</sup> I 原子数比 | 乗数               |
|-----------------|---------------|-------------------|-------------------------------|-----------------------------------------|------------------|
| Peach<br>Leaves | NIST<br>-1547 | 0.30 ± 0.016      | 0.20 ± 0.017                  | (1.02 ± 0.056)                          | 10 <sup>-7</sup> |

※1：分析数 n=9

表 3-6-3 文献値

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

※2：分析証明書より引用（参考値）

※3：JAEA-Conf 2010-001 より引用

表 3-6-4 平成 28 年度に実施した標準試料の分析結果 ※4

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

※4：分析数 n=3

標準試料の分析結果は文献値とよく一致しており、本調査において実施した分析工程の妥当性が確認された。

### 3.7 炭素 14 分析

#### (1) 分析法

##### 1) 試料の前処理

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

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

##### 2) グラファイト化のための前処理

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

##### 3) 加速器質量分析装置を用いた $^{14}\text{C}/^{13}\text{C}$ 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  $^{14}\text{C}/^{13}\text{C}$  同位体比を測定し、炭素 14 比放射能を算出した。

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

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

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

測定条件等は表 3-7-1 のとおりである。

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

|        |                                                                                     |  |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 装置     | サーモフィッシャーサイエンティフィック製                                                                |  |
|        | ・ 元素分析計 : Flash2000 Organic Elemental Analyzer<br>・ 安定同位体比質量分析計 : DELTA V Advantage |  |
| 酸化炉温度  | 1050℃                                                                               |  |
| 還元炉温度  | 750℃                                                                                |  |
| カラム温度  | 40℃                                                                                 |  |
| キャリアガス | He (100ml/min)                                                                      |  |
| 燃焼ガス   | $\text{O}_2$ (175 ml/min)                                                           |  |
| 標準ガス   | $\text{CO}_2$ (純度 99.999%以上)                                                        |  |
| 測定イオン  | 44, 45, 46 (m/z)                                                                    |  |

## (2) 妥当性の確認

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



表 3-7-2 標準試料の分析結果

| 試料名               | NIST SRM 4990C                        | IAEA C1              | IAEA C6                |
|-------------------|---------------------------------------|----------------------|------------------------|
|                   | pMC ( $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ ) |                      |                        |
| 1                 | $133.85 \pm 0.62$                     | $0.39 \pm 0.02$      | $151.76 \pm 0.52$      |
| 2                 | $134.21 \pm 0.47$                     | $0.38 \pm 0.02$      | $149.91 \pm 1.80$      |
| 参照値 ( $1\sigma$ ) | $134.07^{1)}$                         | $0.00 \pm 0.02^{2)}$ | $150.61 \pm 0.11^{2)}$ |

1) Ugo Zoppi, Radiocarbon AMS data analysis: From measured isotopic ratio to  $^{14}\text{C}$  concentrations, Radiocarbon, 52, 165-170 (2010)

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

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

### 3.8 大気中の放射性希ガス濃度測定

#### (1) 分析法

##### 1) 大気試料の捕集

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

大気中の希ガスを、液体窒素温度に冷却した希ガス吸着捕集容器に捕集した。図 3-8-2 に希ガス吸着捕集容器の構造を示す。希ガス吸着捕集容器内の上部は、フィンが 10 数枚取り付けられており、希ガス吸着捕集容器を液体窒素で冷却して大気を通すと、大気中の水分と二酸化炭素はそれぞれ凝固して氷とドライアイスとして除去される。希ガス吸着捕集容器内の下部には、活性炭が約 180g 充填してあり、上部のフィンを通した大気のうち希ガス等の低融点成分は活性炭に吸着される。大気試料の捕集は負圧下で行われるため、主要大気成分である窒素や酸素は活性炭に吸着されにくくなっている。希ガス吸着捕集容器を通した大気は、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<sup>3</sup> の大気から活性炭に吸着した希ガスは、希ガス吸着捕集容器を加熱することにより脱着し、専用のアルミ缶に封入した。

表 3-8-1 捕集装置に使用する各機器

| 機器名       | 目的・機能               |
|-----------|---------------------|
| バッファー1    | 大気導入の脈動を抑制          |
| フィルター     | ほこり、ごみ等の除去          |
| 電子除湿器     | 大気中湿分の予備的な除去        |
| バイパス      | 流路内差圧の調整            |
| 圧力計 1     | 流路（取入口側）内の圧力（大気圧）表示 |
| 希ガス吸着捕集容器 | 大気中の希ガスを吸着捕集する容器    |
| デュワー瓶     | 希ガス吸着捕集容器冷却用        |
| 圧力計 2     | 流路（排出口側）内の圧力（負圧）表示  |
| バッファー2    | 大気導入の脈動を抑制          |
| エアーポンプ    | 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) $^{85}\text{Kr}$ 分析

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

前処理装置を用いて、二酸化炭素、水分及び大部分の窒素、酸素を除去した。クリプトンを、約-85℃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℃で加熱することにより脱着して、ガスクロマトグラフ 1 に導入した。

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

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

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

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

### 4) $^{133}\text{Xe}$ 分析

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

キセノンを含む試料ガスは、110℃のモレキュラーシーブ（MS-5A）を充填した二酸化炭素除去カラムに導入され、試料ガスから二酸化炭素を除去した。続いて、試料ガスは活性炭を充填した U 字管に導入され、液体窒素温度で U 字管を冷却することにより、試料ガス中のキセノンを捕集した。同時に U 字管内を



真空ポンプで排気することにより、大部分の窒素、酸素を除去した。U 字管を 200℃ に加熱して活性炭からキセノン脱着して、分離・精製用のガスクロマトグラフに導入した。

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

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

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

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



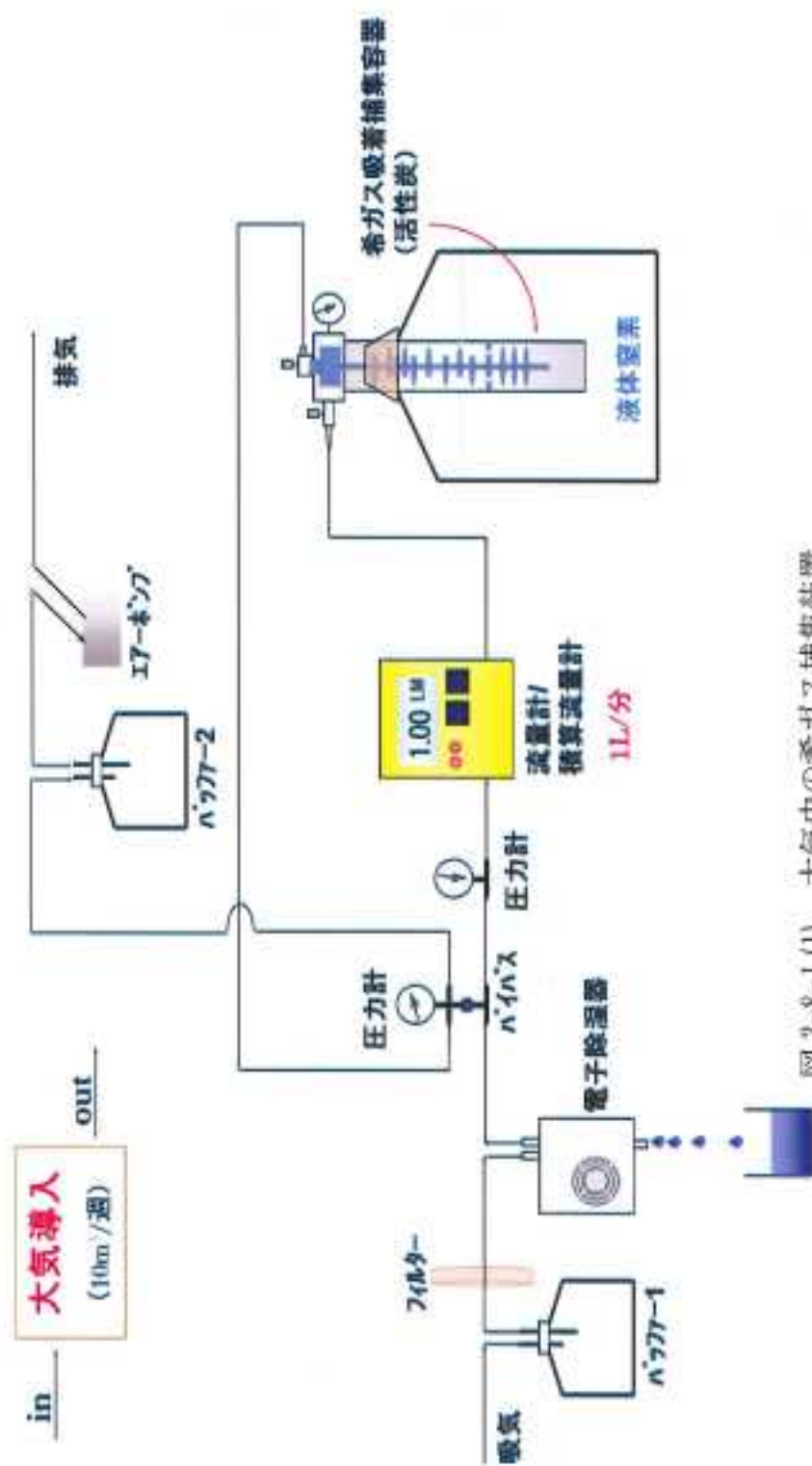


図 3-8-1 (1) 大気中の希ガス捕集装置



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

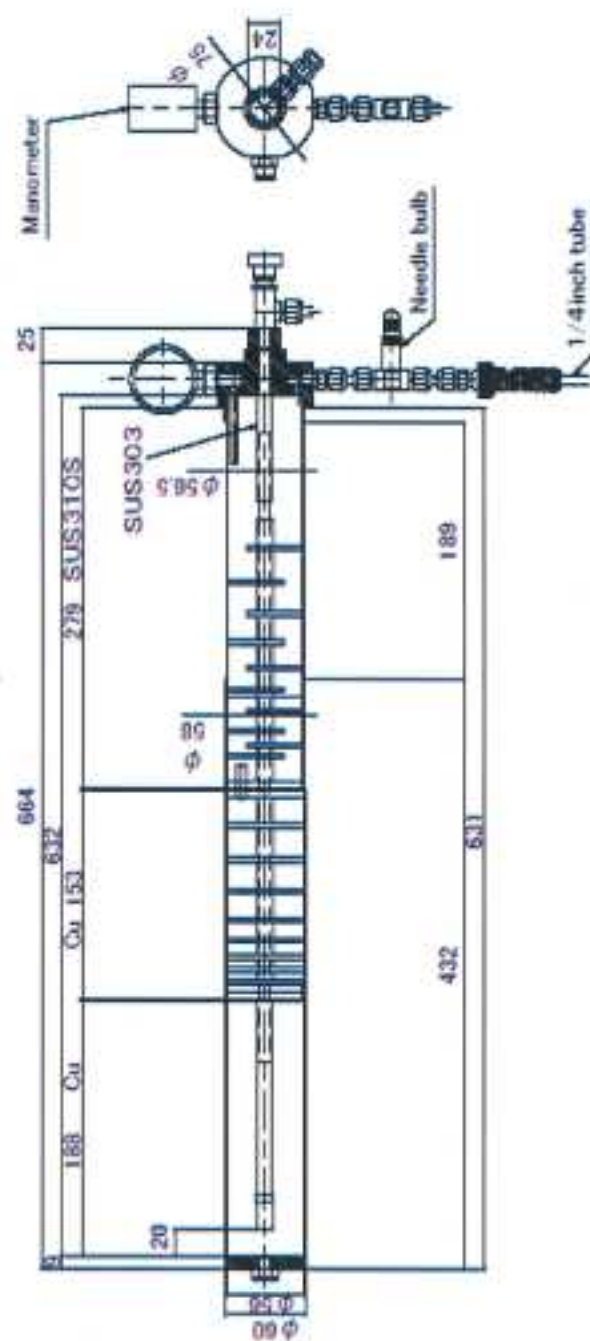


図 3-8-2 希ガス吸着捕集容器の構造

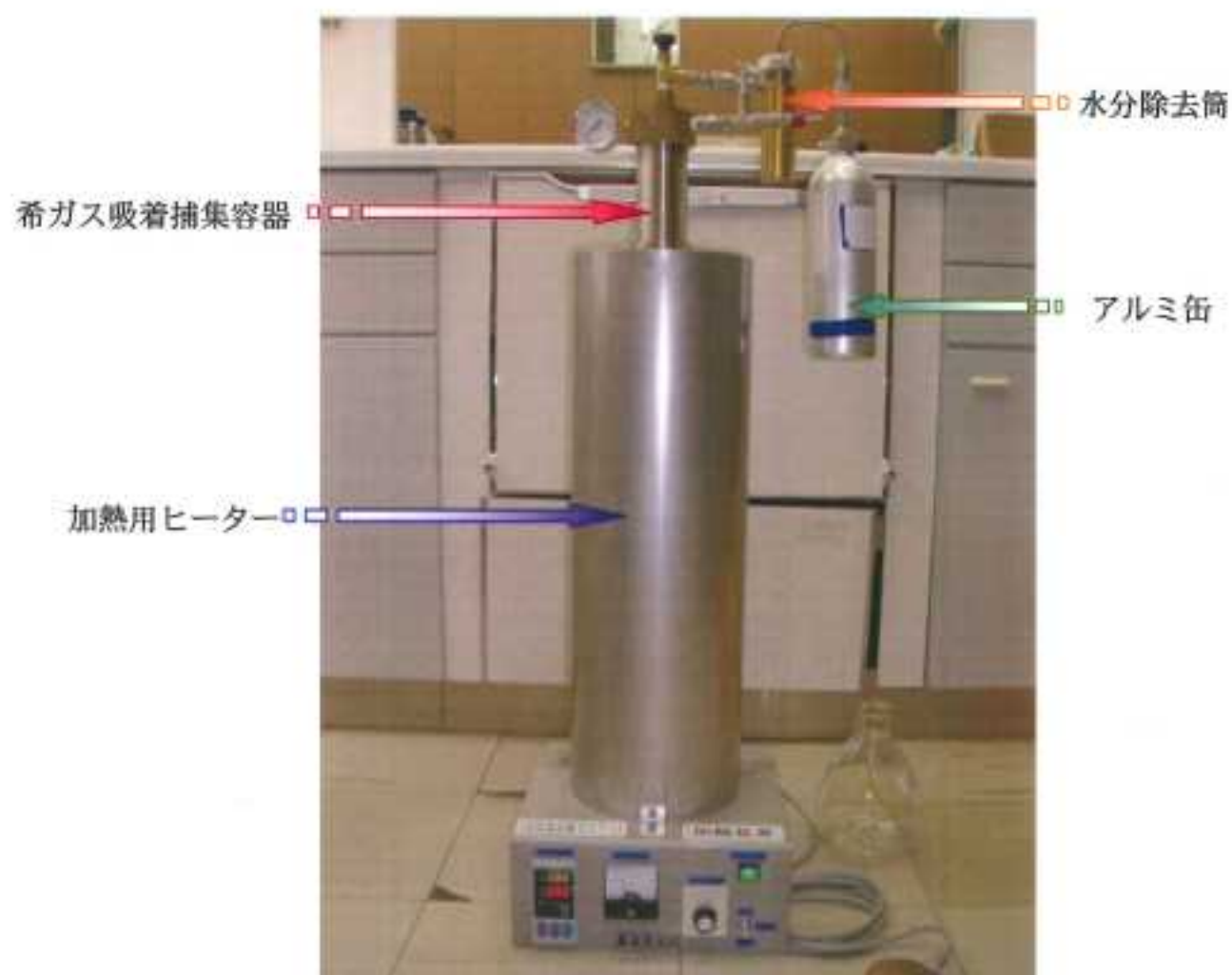


図 3-8-3 希ガスのアルミ缶への封入  
(写真は北海道立衛生研究所に設置した装置)





図 3-8-4 前処理装置



図 3-8-5 ガスクロマトグラフ 1 (クリプトン分離・精製用)

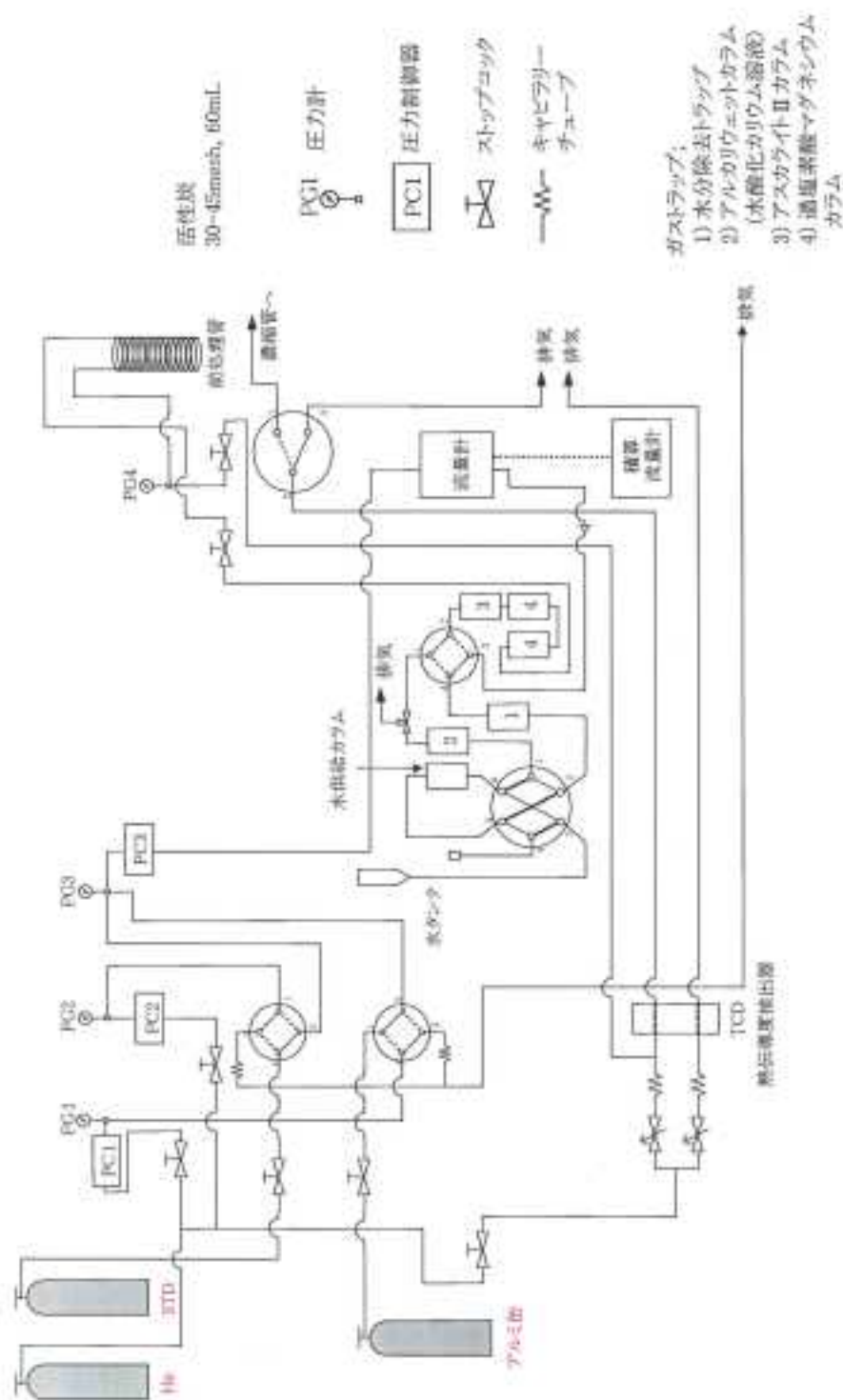


図 3-8-6 (1) ガス流路概略図 (前処理装置)

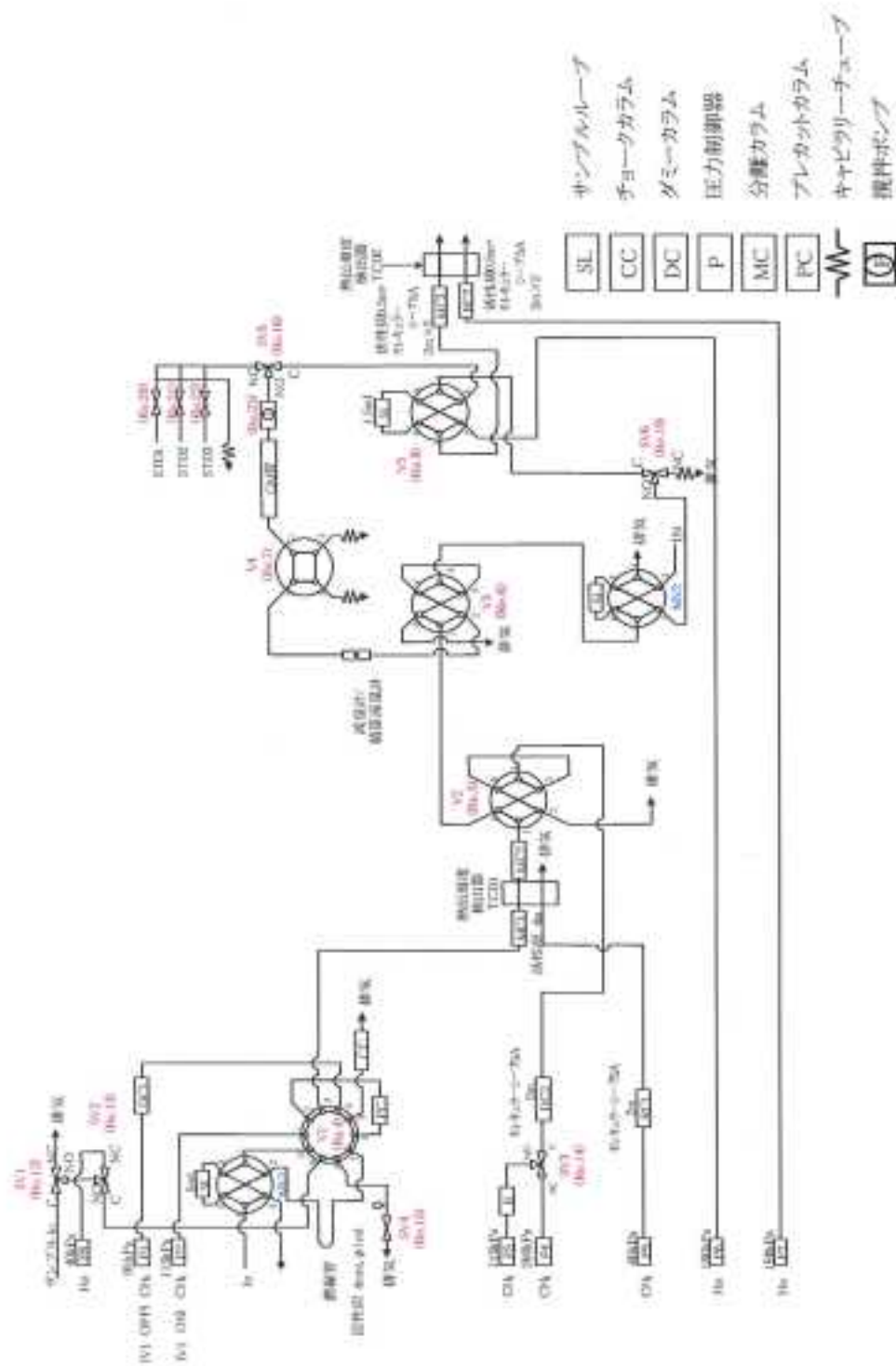


図 3-8-6 (2) ガス流路概略図 (ガスクロマトグラフ)



図 3-8-7 ガスクロマトグラフ 2 (全クリプトン定量用)



図 3-8-8  $^{133}\text{Xe}$  分析装置



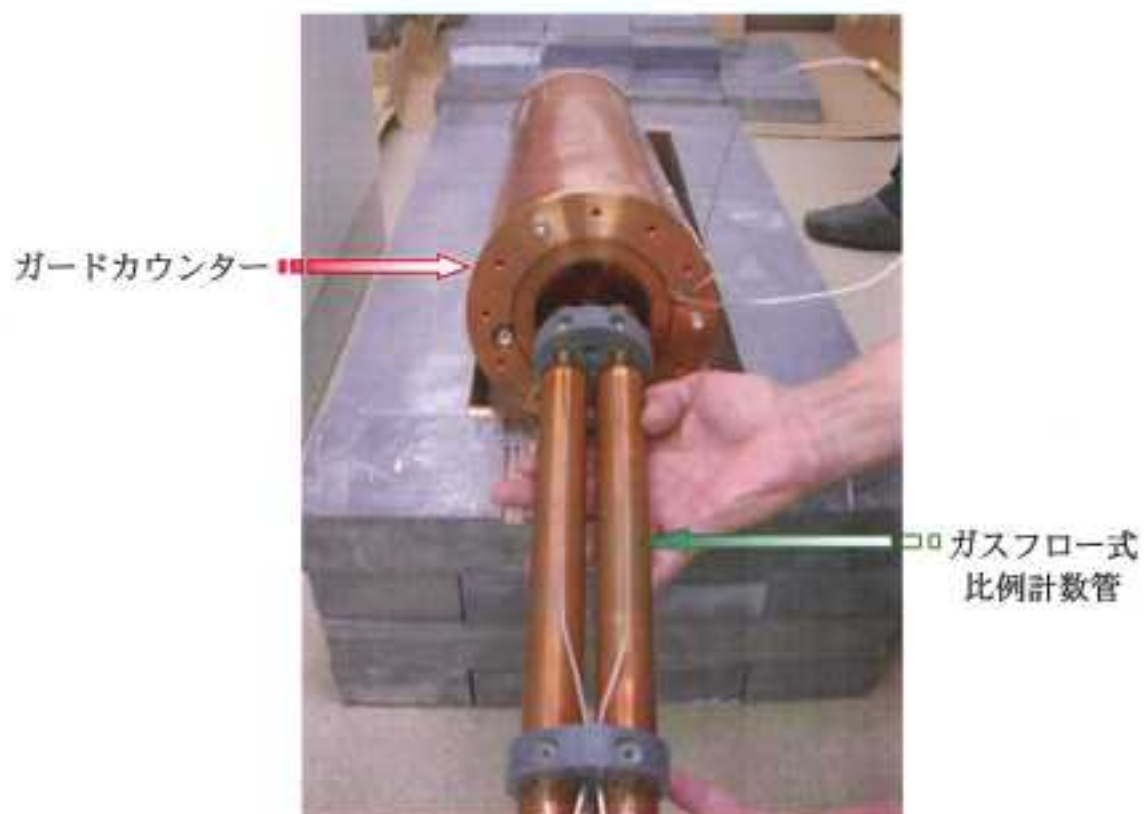


図 3-8-9 ガスフロー式比例計数管とガードカウンター

## (2) 妥当性確認

### 1) $^{85}\text{Kr}$ 分析

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

#### ① $^{85}\text{Kr}$ 分析装置の健全性確認

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

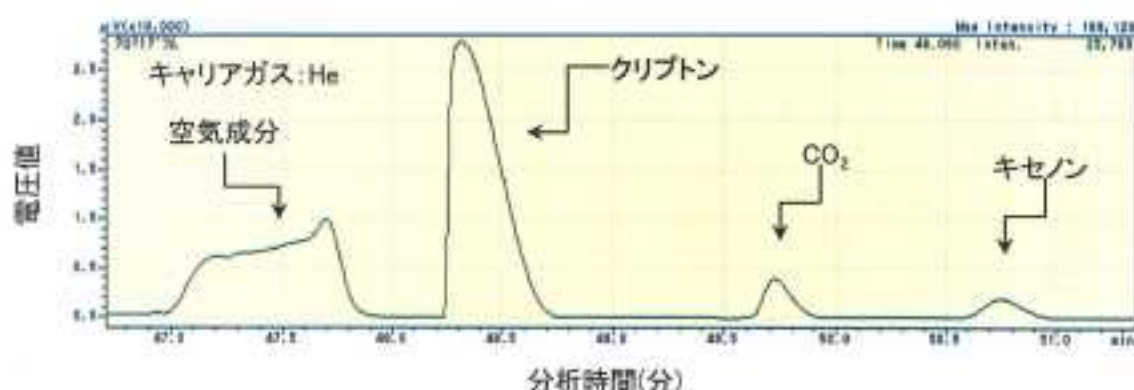


図 3-8-10 空気成分の粗分離後のガスクロマトグラム

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

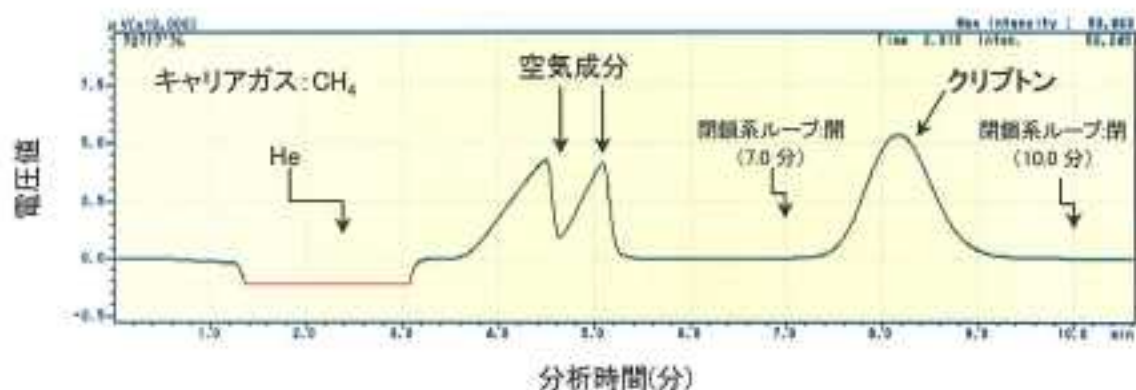


図 3-8-11 クリプトン分離・精製時のガスクロマトグラム

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

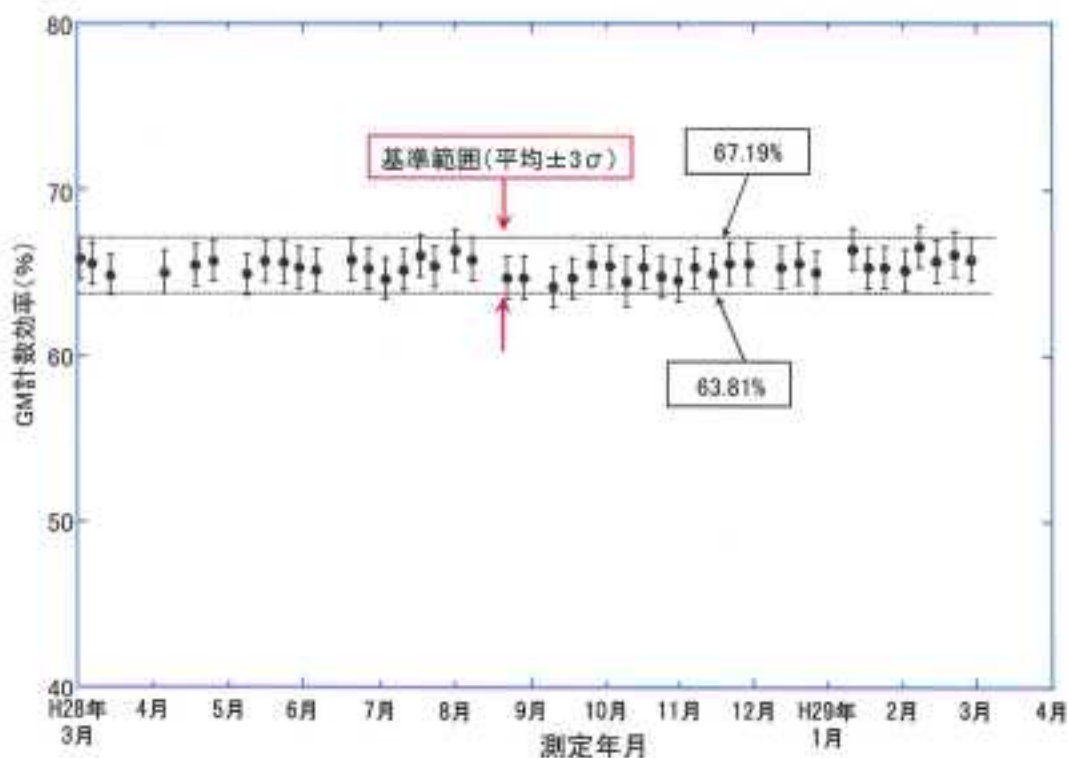


図 3-8-12 GM 計数効率の経時変化

## ② ドイツ大気放射能研究所（BfS）との相互比較分析

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

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

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

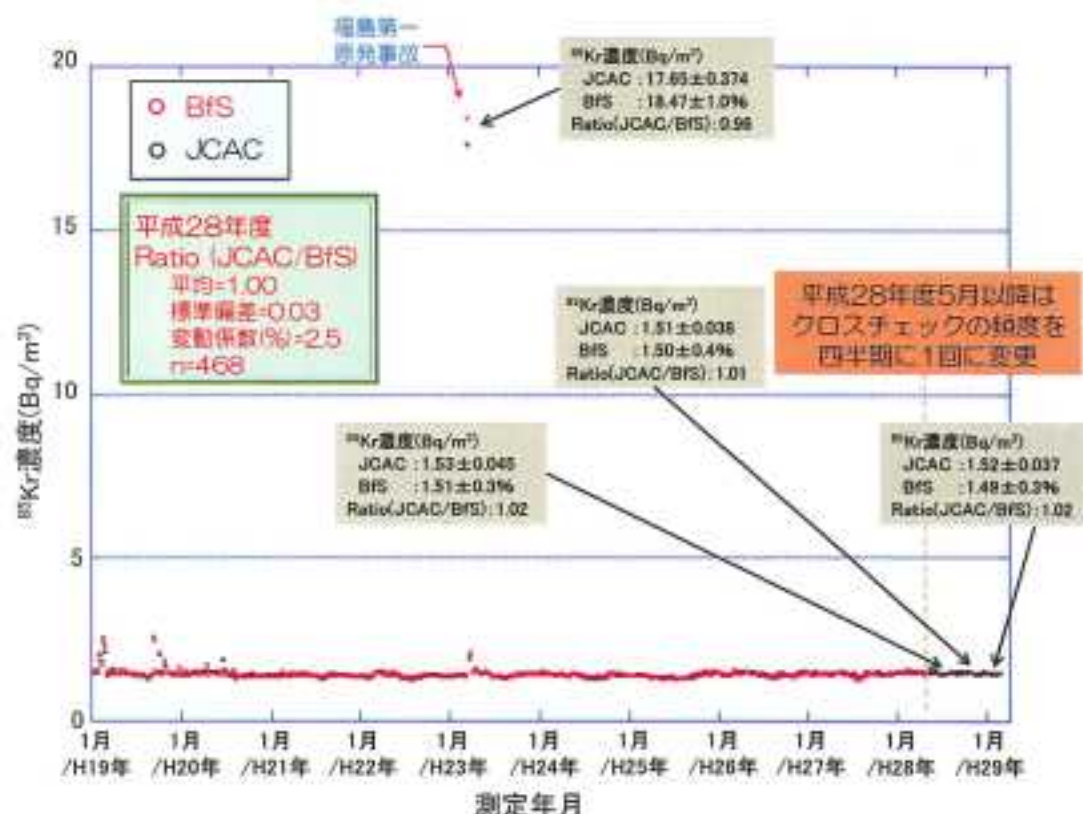


図 3-8-13 ドイツ大気放射能研究所 (BfS) との相互比較分析結果

## 2) $^{133}\text{Xe}$ 分析

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

### ① $^{133}\text{Xe}$ 分析装置の健全性確認

大部分の空気成分を粗分離した試料を、分離・精製用ガスクロマトグラフ (図 3-8-8 参照) により、キセノンを分離・精製し、キセノンピークがその他のガ



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



図 3-8-14 キセノン分離・精製時のガスクロマトグラム

## ② $^{85}\text{Kr}$ 分析装置との相互比較分析

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

両装置の  $^{85}\text{Kr}$  分析結果は、分析結果比（ $^{133}\text{Xe}$  分析装置 /  $^{85}\text{Kr}$  分析装置）の平均、標準偏差及び変動係数が、それぞれ 1.00、0.03 及び 2.6% であり、よく一致した結果が得られた。



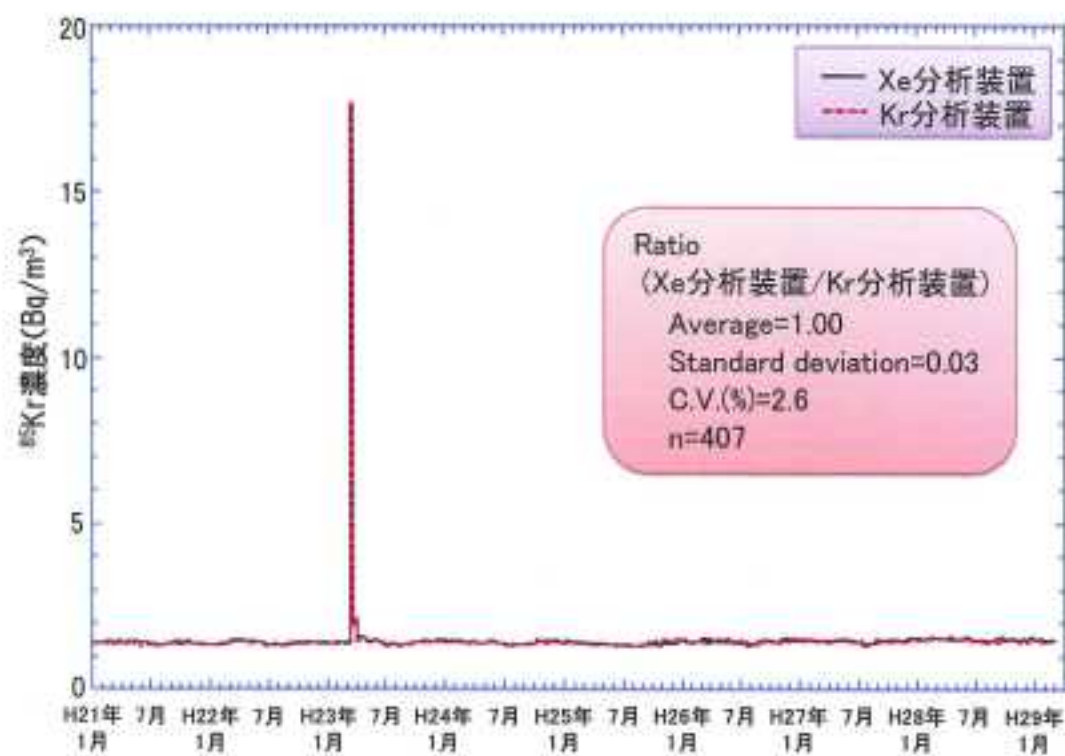


図 3-8-15  $^{85}\text{Kr}$  分析装置との相互比較分析結果

### 3.9 福島県下における環境放射能調査

#### 3.9.1 環境試料の調査

##### (1) 分析法

###### 1) 調製方法

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

送付試料(日常食)は灰化処理を行い、プラスチック製測定容器に詰めて測定試料とした。

###### 2) 測定方法

文部科学省放射能測定法シリーズ7「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」(平成4年改訂)に準じた。操作の概略は以下のとおりである。

ゲルマニウム半導体検出器を用いて、プラスチック製測定容器に詰めた測定試料を70,000秒間以上測定し、放射能濃度を算出した。なお、核データは原則としてEvaluated Nuclear Structure Data File, NNDC, Brookhaven(2016年1月)(<http://www.nndc.bnl.gov/ensdf/>)に従った。

##### (2) 妥当性の確認

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

###### 1) 効率のチェック

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

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

###### 2) バックグラウンドの測定

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

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

| 検出器番号 | 期間            | 変動係数（％）                      |                              |                             |
|-------|---------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
|       |               | $^{152}\text{Eu}$ (121.8keV) | $^{137}\text{Cs}$ (661.7keV) | $^{152}\text{Eu}$ (1408keV) |
| 14    | H28.2 ～ H29.1 | 0.39                         | 0.28                         | 0.97                        |
| 15    | H28.2 ～ H29.1 | 0.40                         | 0.50                         | 0.70                        |
| 31    | H28.2 ～ H29.1 | 0.32                         | 0.23                         | 0.92                        |
| 40    | H28.2 ～ H29.1 | 0.25                         | 0.29                         | 0.51                        |
| 41    | H28.2 ～ H29.1 | 0.47                         | 0.37                         | 0.62                        |
| 42    | H28.2 ～ H29.1 | 0.39                         | 0.39                         | 1.1                         |
| 43    | H28.2 ～ H29.1 | 0.34                         | 0.16                         | 1.2                         |
| 44    | H28.2 ～ H29.1 | 0.15                         | 0.28                         | 0.85                        |
| 45    | H28.2 ～ H29.1 | 0.44                         | 0.32                         | 0.88                        |
| 46    | H28.2 ～ H29.1 | 0.29                         | 0.22                         | 1.2                         |
| 51    | H28.2 ～ H29.1 | 0.26                         | 0.37                         | 0.95                        |
| 53    | H28.2 ～ H29.1 | 0.29                         | 0.14                         | 0.75                        |
| 54    | H28.2 ～ H29.1 | 0.51                         | 0.32                         | 0.38                        |
| 55    | H28.2 ～ H29.1 | 0.25                         | 0.27                         | 0.82                        |
| 56    | H28.2 ～ H29.1 | 0.35                         | 0.27                         | 0.73                        |
| 57    | H28.2 ～ H29.1 | 0.42                         | 0.27                         | 0.87                        |
| 58    | H28.2 ～ H29.1 | 0.27                         | 0.31                         | 0.79                        |

### 3.9.2 空間線量の調査

#### (1) 妥当性の確認

##### 1) 点検・校正作業

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

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

##### 2) 並行測定による指示値の確認

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

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

##### 3) 低線量率比較法

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

平成 28 年度は、対象地点を 3 地点/80 地点とし、空間放射線量率や測定条件の異なるあづま総合運動公園 (福島市)、草野小学校 (飯舘村) 及び福浦小学校 (南相馬市) を選定し実施した。

その結果を表 3-9-2-3、図 3-9-2-2(1)～(3)に示す。

比較した結果、あづま総合運動公園ではモニタリングポストの空間放射線量率が 32%高い値を示した。あづま総合運動公園は測定器にシリコン半導体を使用しており、かつ周辺の空間放射線量率が約  $0.1 \mu\text{Sv/h}$  と低線量率地域である。これらのことから、NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータよりも字



宇宙線電離成分に対して感度を有するシリコン半導体検出器の場合、宇宙線寄与線量率が 30nSv/h 程度含まれるため、それを考慮すれば±15%以内で一致していた。

草野小学校及び福浦小学校は、±15%以内で一致していた。

確認の結果、可搬型モニタリングポスト 80 台の測定値は、周辺線量率の偏在及び宇宙線に対する NaI 検出器とシリコン半導体検出器の感度の違いを考慮すると概ね妥当であると考えられた。



表3-9-2-1 可搬型モニタリングポストの点検・校正結果

| No. | 施設名              | 外観<br>構造 | バッテリー<br>電圧確認 |       | ソーラー<br>出力電圧 |       | データ<br>保存確認 | MCA測<br>定時間<br>(min) | エネルギー設定確認*1<br>(ピークチャンネル×2) |                | 基準線量率      |           | B G(低レンジ)  |                    | 線源校正(低レンジ)         |                    | 線源校正(高レンジ)     |           | データ伝送確認        |                |           |               | 判定    |                  |                |                 |         |       |      |       |
|-----|------------------|----------|---------------|-------|--------------|-------|-------------|----------------------|-----------------------------|----------------|------------|-----------|------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|-----------|----------------|----------------|-----------|---------------|-------|------------------|----------------|-----------------|---------|-------|------|-------|
|     |                  |          | 1             | 2     | 1            | 2     |             |                      | 調整前<br>(μGy/h)              | 調整後<br>(μGy/h) | 線源番号       | 検定日       | 使用日        | 線源強度(低)<br>(μGy/h) | 線源強度(高)<br>(μGy/h) | サーベイメータ<br>(μGy/h) | 表示器<br>(μGy/h) | 誤差<br>(%) | 照射時<br>(μGy/h) | NET<br>(μGy/h) | 誤差<br>(%) | BG<br>(μGy/h) |       | 照射時<br>(μGy/h)   | NET<br>(μGy/h) | 誤差<br>(%)       | データ伝送確認 |       |      |       |
|     |                  |          |               |       |              |       |             |                      |                             |                |            |           |            |                    |                    |                    |                |           |                |                |           |               |       |                  |                |                 | 確認日時    | 表示器   | web  | 誤差(%) |
| 1   | あづみ総合運動公園        | 良        | 12.81         | 12.92 | —            | —     | —           | —                    | 0186                        | 2012/11/1      | 2016/11/14 | 2.93      | —          | 0.093              | 0.098              | 5.38               | 3.025          | 2.927     | -0.10          | —              | —         | —             | —     | 2016/11/14 15:10 | 0.107          | 0.107           | 0.00    | 良     |      |       |
| 2   | 二本松市役所           | 良        | 12.92         | 12.92 | —            | —     | —           | —                    | 0186                        | 2012/11/1      | 2016/11/10 | 2.93      | —          | 0.148              | 0.161              | 8.78               | 3.016          | 2.858     | -2.56          | —              | —         | —             | —     | 2016/11/10 15:30 | 0.168          | 0.168           | 0.00    | 良     |      |       |
| 3   | 伊達市役所健康本庁舎       | 良        | 12.91         | 12.96 | —            | —     | —           | —                    | 0186                        | 2012/11/1      | 2016/11/14 | 2.93      | —          | 0.136              | 0.137              | 0.74               | 2.946          | 2.812     | -4.03          | —              | —         | —             | —     | 2016/11/14 12:00 | 0.130          | 0.130           | 0.00    | 良     |      |       |
| 4   | 石神生薬学館センター       | 良        | 12.93         | 12.90 | —            | —     | —           | —                    | 0186                        | 2012/11/1      | 2016/11/17 | 2.93      | —          | 0.180              | 0.185              | 2.78               | 3.023          | 2.838     | -3.14          | —              | —         | —             | —     | 2016/11/17 12:10 | 0.177          | 0.177           | 0.00    | 良     |      |       |
| 5   | 須賀川市役所           | 良        | 12.88         | 12.85 | —            | —     | —           | —                    | 0186                        | 2012/11/1      | 2016/11/11 | 2.93      | —          | 0.090              | 0.094              | 4.44               | 2.929          | 2.835     | -3.24          | —              | —         | —             | —     | 2016/11/11 12:10 | 0.084          | 0.084           | 0.00    | 良     |      |       |
| 6   | 無形村役場            | 良        | 12.91         | 12.86 | —            | —     | —           | —                    | 0186                        | 2012/11/1      | 2016/11/19 | 2.93      | —          | 0.319              | 0.318              | -0.31              | 3.252          | 2.934     | 0.14           | —              | —         | —             | —     | 2016/11/19 11:40 | 0.287          | 0.287           | 0.00    | 良     |      |       |
| 7   | 向河市総合運動公園        | 良        | 12.93         | 12.91 | —            | —     | —           | —                    | 0186                        | 2012/11/1      | 2016/11/11 | 2.93      | —          | 0.146              | 0.147              | 0.68               | 3.078          | 2.931     | 0.03           | —              | —         | —             | —     | 2016/11/11 15:40 | 0.139          | 0.139           | 0.00    | 良     |      |       |
| 8   | 釜淵若松市役所          | 良        | 12.91         | 12.84 | —            | —     | —           | —                    | 0186                        | 2012/11/1      | 2016/11/15 | 2.93      | —          | 0.079              | 0.086              | 8.86               | 2.904          | 2.818     | -3.82          | —              | —         | —             | —     | 2016/11/15 11:10 | 0.087          | 0.087           | 0.00    | 良     |      |       |
| 9   | びわのかけ道公園         | 良        | 12.90         | 12.92 | —            | —     | —           | —                    | 0186                        | 2012/11/1      | 2016/11/15 | 2.93      | —          | 0.053              | 0.061              | 15.09              | 2.902          | 2.841     | -3.04          | —              | —         | —             | —     | 2016/11/15 14:50 | 0.090          | 0.090           | 0.00    | 良     |      |       |
| 10  | スポーツアリーナナソー      | 良        | 12.92         | 12.90 | —            | —     | —           | —                    | 0186                        | 2012/11/1      | 2016/11/16 | 2.93      | —          | 0.081              | 0.083              | 2.47               | 2.946          | 2.865     | -2.22          | —              | —         | —             | —     | 2016/11/16 15:10 | 0.086          | 0.086           | 0.00    | 良     |      |       |
| 11  | 藤山市役所            | 良        | 25.12         | —     | 40.19        | —     | —           | —                    | 0186                        | 2012/11/1      | 2016/11/19 | 2.93      | —          | 0.145              | 0.154              | 6.21               | 2.988          | 2.834     | -3.28          | —              | —         | —             | —     | 2016/11/19 12:00 | 0.148          | 0.148           | 0.00    | 良     |      |       |
| 12  | 広野町役場            | 良        | 12.85         | 12.82 | —            | —     | —           | —                    | 0186                        | 2012/11/1      | 2016/11/24 | 2.93      | —          | 0.116              | 0.124              | 6.80               | 2.982          | 2.858     | -2.46          | —              | —         | —             | —     | 2016/11/24 16:00 | 0.108          | 0.108           | 0.00    | 良     |      |       |
| 13  | 川内村役場            | 良        | 12.92         | 12.87 | —            | —     | —           | —                    | 0186                        | 2012/11/1      | 2016/11/22 | 2.93      | —          | 0.076              | 0.084              | 10.53              | 2.857          | 2.773     | -3.36          | —              | —         | —             | —     | 2016/11/22 11:30 | 0.082          | 0.082           | 0.00    | 良     |      |       |
| 14  | 葛尾村柏原地区          | 良        | 12.88         | 12.88 | —            | —     | —           | —                    | 0186                        | 2012/11/1      | 2016/11/18 | 2.93      | —          | 2.110              | 2.091              | -0.88              | 4.053          | 2.762     | -5.73          | —              | —         | —             | —     | 2016/11/18 14:40 | 2.091          | 2.091           | 0.00    | 良     |      |       |
| 15  | 田村市常盤行旅所         | 良        | 12.92         | 12.93 | —            | —     | —           | —                    | 0186                        | 2012/11/1      | 2016/11/18 | 2.93      | —          | 0.081              | 0.083              | 2.47               | 2.884          | 2.801     | -4.40          | —              | —         | —             | —     | 2016/11/18 11:20 | 0.079          | 0.079           | 0.00    | 良     |      |       |
| 16  | いわきの東光ヶ城オートキャンプ場 | 良        | 12.90         | 12.86 | —            | —     | —           | —                    | 0186                        | 2012/11/1      | 2016/11/22 | 2.93      | —          | 0.095              | 0.104              | 9.47               | 2.930          | 2.826     | -3.55          | —              | —         | —             | —     | 2016/11/22 14:10 | 0.094          | 0.094           | 0.00    | 良     |      |       |
| 17  | いわき市海産物のセンター     | 良        | 12.87         | 12.93 | —            | —     | —           | —                    | 0186                        | 2012/11/1      | 2016/11/24 | 2.93      | —          | 0.104              | 0.110              | 5.77               | 2.973          | 2.883     | -2.29          | —              | —         | —             | —     | 2016/11/24 12:20 | 0.088          | 0.088           | 0.00    | 良     |      |       |
| 18  | 養老老人ホーム「東風荘」     | 良        | 24.89         | —     | 39.57        | —     | —           | —                    | 0186                        | 2012/11/1      | 2016/11/21 | 2.93      | —          | 0.444              | 0.456              | 2.70               | 3.298          | 2.842     | -3.00          | —              | —         | —             | —     | 2016/12/14 11:00 | 0.436          | 0.436           | 0.00    | 良     |      |       |
| 19  | 石島公民館            | 良        | 25.86         | —     | 41.09        | —     | —           | —                    | 0186                        | 2012/11/1      | 2016/11/21 | 2.93      | —          | 2.772              | 2.742              | -1.08              | 5.580          | 2.838     | -3.14          | —              | —         | —             | —     | 2016/11/21 13:10 | 2.741          | 2.741           | 0.00    | 良     |      |       |
| 20  | 福島県立いわき市立        | 良        | 25.86         | —     | 42.41        | —     | —           | —                    | 0186                        | 2012/11/1      | 2016/11/17 | 2.93      | —          | 0.482              | 0.487              | -1.02              | 3.192          | 2.706     | -7.68          | —              | —         | —             | —     | 2016/11/17 15:10 | 0.474          | 0.474           | 0.00    | 良     |      |       |
| 21  | 塩々多目的研修センター      | 良        | 13.20         | 13.23 | 20.44        | 20.44 | 良           | 60                   | 223                         | 未調整            | 0186       | 2012/11/2 | 2016/11/7  | 2.85               | 10.93              | 0.126              | 0.127          | 0.79      | 2.901          | 2.774          | -2.67     | 0.159         | 11.18 | 11.021           | 0.83           | 2016/11/7 11:30 | 0.124   | 0.124 | 0.00 | 良     |
| 22  | 金子集落農事集会所        | 良        | 13.36         | 13.23 | 21.32        | 21.38 | 良           | 60                   | 216                         | 未調整            | 0186       | 2012/11/2 | 2016/11/7  | 2.85               | 10.93              | 0.066              | 0.065          | -1.16     | 2.900          | 2.815          | -1.23     | 0.111         | 11.15 | 11.049           | 1.09           | 2016/11/7 13:00 | 0.089   | 0.089 | 0.00 | 良     |
| 23  | 塩原小学校            | 良        | 12.80         | 12.75 | 19.55        | 19.63 | 良           | 60                   | 224                         | 未調整            | 0186       | 2012/11/2 | 2016/11/2  | 2.85               | 10.93              | 0.060              | 0.060          | 0.00      | 2.884          | 2.824          | -0.91     | 0.073         | 10.20 | 10.127           | -7.35          | 2016/11/2 13:10 | 0.059   | 0.059 | 0.00 | 良     |
| 24  | 塩原幼稚園            | 良        | 12.92         | 12.86 | 20.04        | 19.97 | 良           | 60                   | 223                         | 未調整            | 0186       | 2012/11/2 | 2016/11/1  | 2.85               | 10.93              | 0.136              | 0.139          | 0.72      | 2.887          | 2.848          | -0.07     | 0.159         | 11.09 | 10.931           | 0.01           | 2016/11/1 13:10 | 0.132   | 0.132 | 0.00 | 良     |
| 25  | 塩原小学校            | 良        | 12.88         | 12.88 | 20.73        | 20.85 | 良           | 60                   | 229                         | 未調整            | 0186       | 2012/11/2 | 2016/11/1  | 2.85               | 10.93              | 0.126              | 0.124          | -1.59     | 3.089          | 2.975          | -4.39     | 0.150         | 10.56 | 10.410           | -4.78          | 2016/11/1 12:00 | 0.122   | 0.122 | 0.00 | 良     |
| 26  | 小高地区第3分団第10駐屯所   | 良        | 12.70         | 12.85 | 20.71        | 20.79 | 良           | 60                   | 231                         | 未調整            | 0186       | 2012/11/2 | 2016/11/2  | 2.85               | 10.93              | 0.123              | 0.122          | -0.81     | 3.039          | 2.917          | -2.35     | 0.146         | 11.24 | 11.094           | 1.50           | 2016/11/2 13:30 | 0.120   | 0.120 | 0.00 | 良     |
| 27  | 小高地区役所           | 良        | 12.82         | 12.85 | 19.80        | 17.02 | 良           | 60                   | 223                         | 未調整            | 0186       | 2012/11/2 | 2016/11/1  | 2.85               | 10.93              | 0.072              | 0.070          | -2.78     | 2.901          | 2.831          | -0.67     | 0.090         | 10.78 | 10.670           | -2.38          | 2016/11/1 15:00 | 0.071   | 0.071 | 0.00 | 良     |
| 28  | 高の倉ダム助産所         | 良        | 12.83         | 12.71 | 20.08        | 19.89 | 良           | 60                   | 224                         | 未調整            | 0186       | 2012/11/2 | 2016/10/31 | 2.85               | 10.93              | 0.                 |                |           |                |                |           |               |       |                  |                |                 |         |       |      |       |



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

(測定期間：平成 28 年 3 月 2 日～平成 29 年 2 月 27 日)

|      |       |
|------|-------|
| 平均   | 0.99  |
| n    | 565   |
| 最大   | 1.29  |
| 最小   | 0.64  |
| 標準偏差 | 0.086 |
| 変動係数 | 8.7%  |

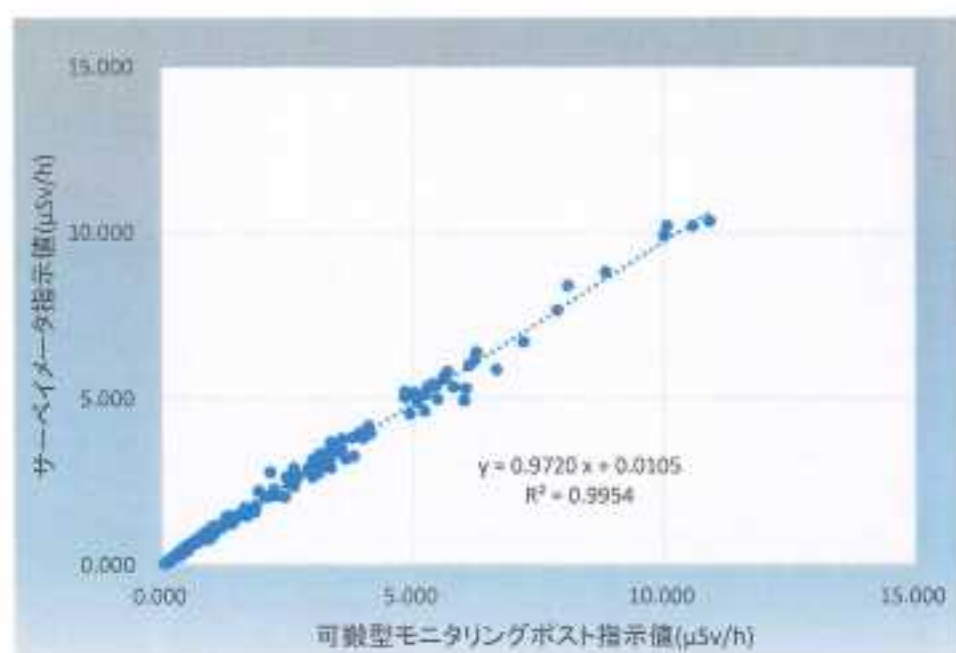


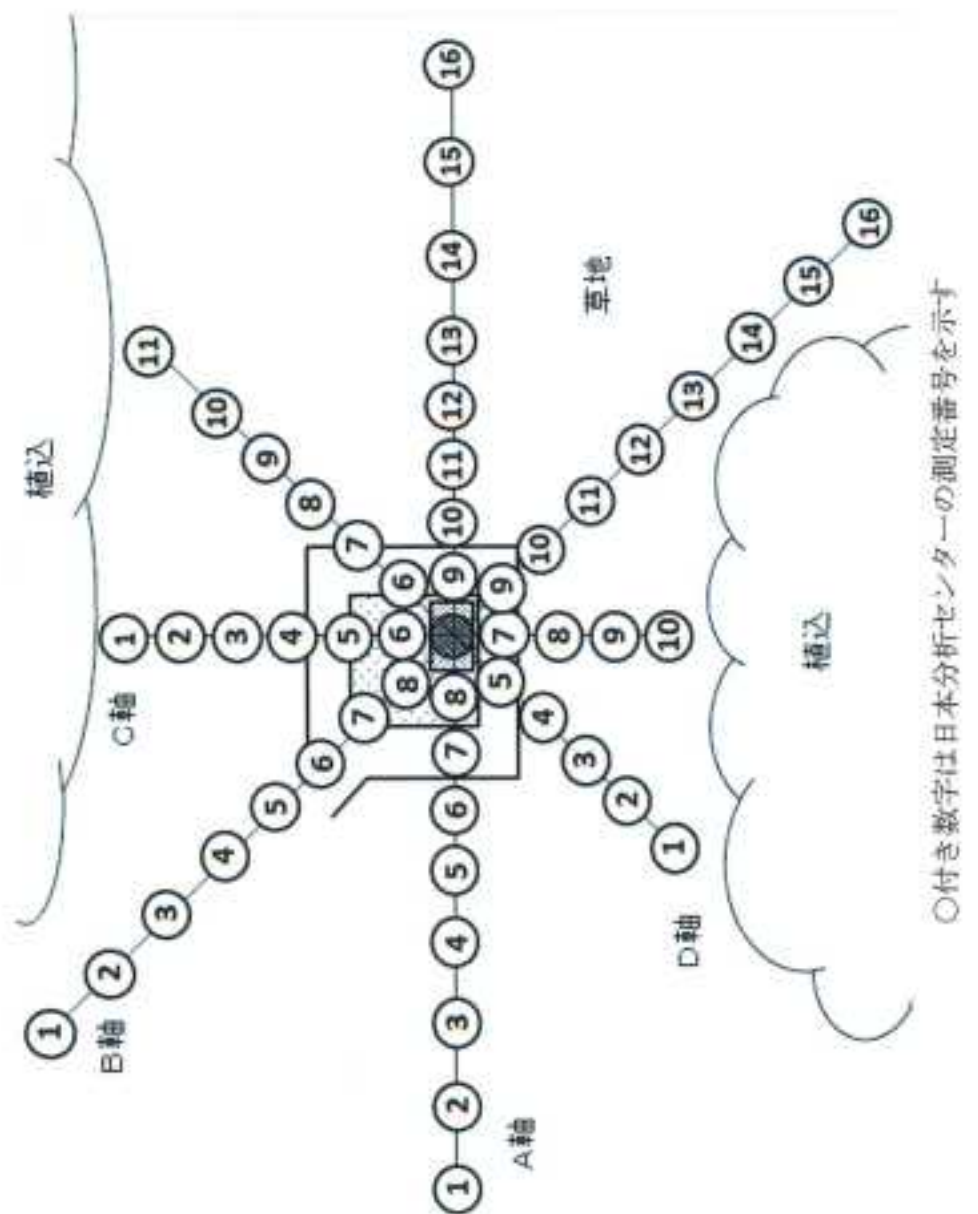
図 3-9-2-1 可搬型モニタリングポスト指示値と  
サーベイメータ指示値の比の比較

表 3-9-2-3 低線量率比較法 測定結果比較一覧

| モニタリングポスト地点名    | [A]<br>モニタリングポスト<br>指示値<br>(nSv/h) | [B]<br>NaI(Tl)スペクトロメータ<br>測定結果からの推定値<br>(nSv/h) | [A] / [B]      |
|-----------------|------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------|
| あづま総合運動公園 (福島市) | 107.4 ± 5.1                        | 81.3<br>(111.3)                                 | 1.32<br>(0.96) |
| 草野小学校 (飯舘村)     | 361.8 ± 5.7                        | 402.4                                           | 0.90           |
| 福浦小学校 (南相馬市)    | 60.6 ± 1.1                         | 66.5                                            | 0.91           |

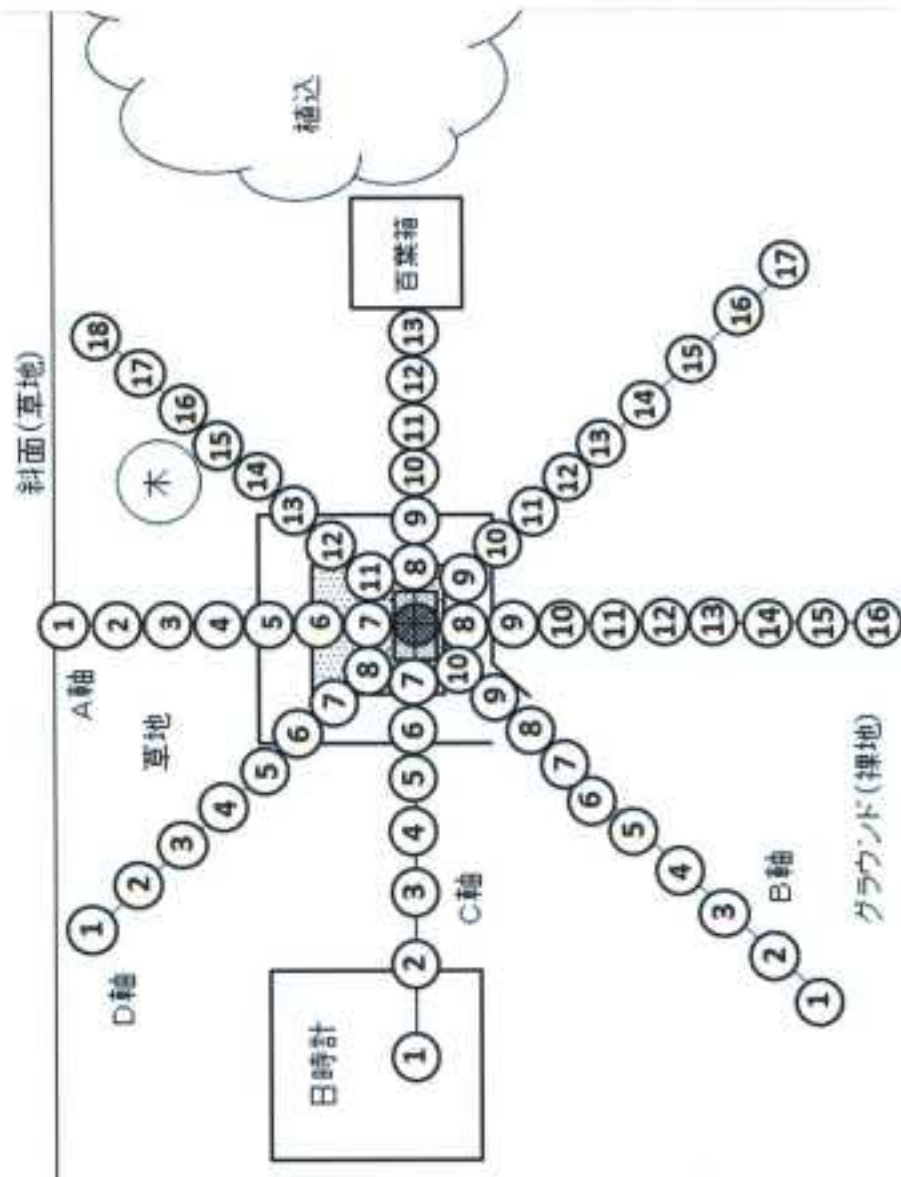
※ ( ) 内の数値は、宇宙線奇与線量率「30 nSv/h」を加えて評価した値である。





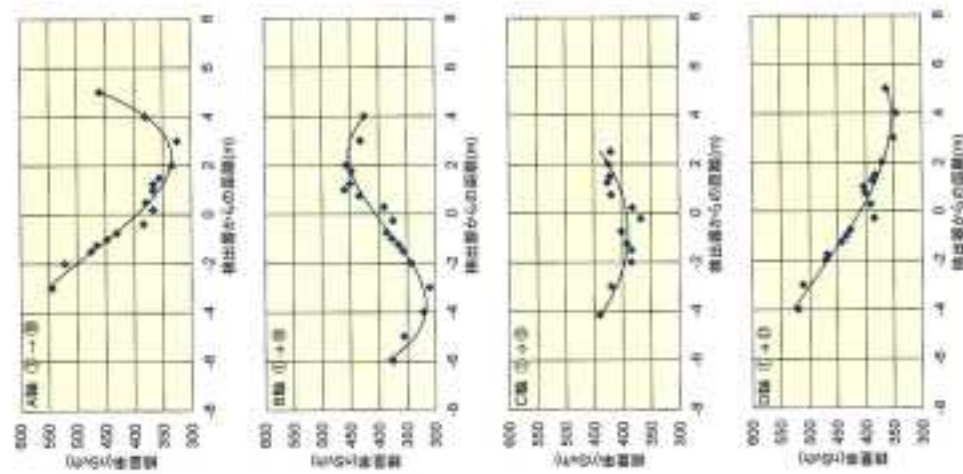
○付き数字は日本分析センターの測定番号を示す

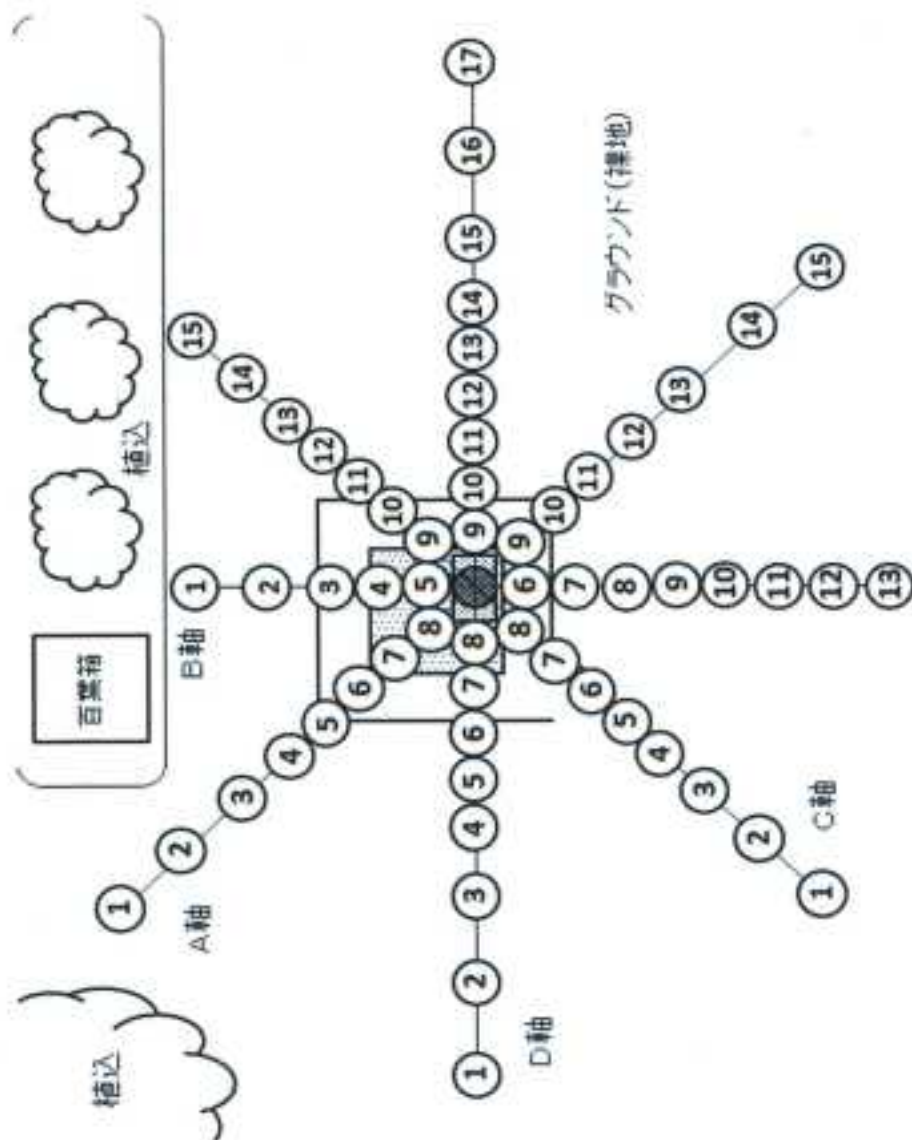
図 3-9-2-2 (1) 低線量率比較法 測定地点と空間放射線量率分布図  
(あづま総合運動公園 (福島市))



○付き数字は日本分析センターの測定番号を示す

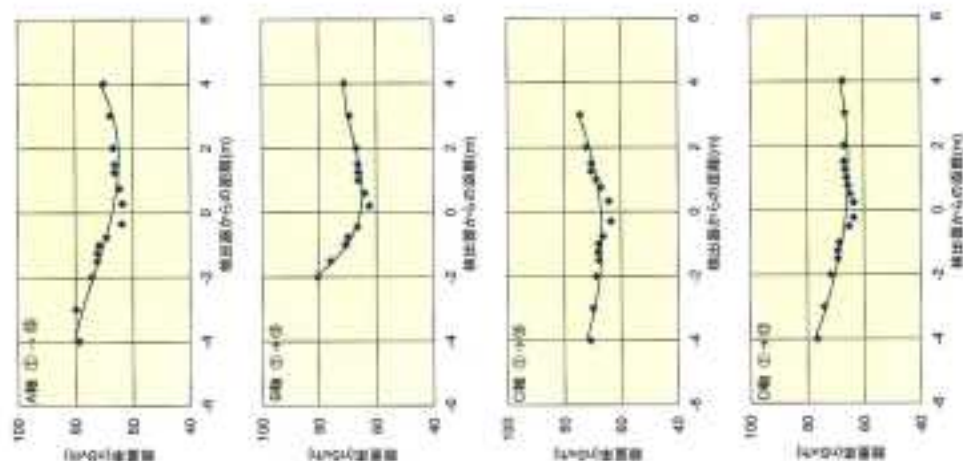
図 3-9-2-2 (2) 低線量率比較法 測定地点と空間放射線量率分布図  
(草野小学校 (飯館村))





○付き数字は日本分析センターの測定番号を示す

図 3-9-2-2 (3) 低線量率比較法 測定地点と空間放射線量率分布図  
(福浦小学校 (南相馬市))



#### 4. 環境放射能水準調査における精度管理の取組について

##### 4.1 空間線量率測定に係る精度管理

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

##### 4.1.2 水準ポストの動作確認等に係る各種調査

###### (1) 概要

水準ポストの動作確認等に係る各種調査として、バックグラウンドレベルでのクロスチェック（低線量率比較法）、基準 $\gamma$ 線源を用いた照射試験によるクロスチェック（高線量率比較法）及び水準ポスト近傍における核種組成確認測定を実施した。実施場所は宮城県、群馬県及び佐賀県内の各1地点を選定した。

###### (2) 実施内容

###### 1) 低線量率比較法

水準ポストによる線量率測定と並行して、分析センターがNaI スペクトロメータを用いて環境 $\gamma$ 線量率の測定を行い、その結果を比較検討した。

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

###### 2) 高線量率比較法

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

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

###### 照射条件

| 核 種               | エネルギー (keV) | 照射した線量率 ( $\mu$ Gy/h) |
|-------------------|-------------|-----------------------|
| $^{241}\text{Am}$ | 60          | 約 0.1                 |
| $^{57}\text{Co}$  | 124         | 約 0.1                 |
| $^{132}\text{Ba}$ | 340         | 約 0.4                 |
| $^{137}\text{Cs}$ | 660         | 約 1                   |

###### 3) 核種組成確認測定

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



### (3) 結果と考察

#### 1) 低線量率比較法

低線量率比較法の結果を表 4-1-1、図 4-1-1(1)～(3)に示す。

宇宙線及びセルフドーズの寄与を考慮して比較した結果、水準ポストの測定値は3地点全てにおいて、分析センターの比較換算値と比較して±15%以内で一致しており、周辺の環境γ線量率が反映された測定値が得られているものと考えられた。

#### 2) 高線量率比較法

高線量率比較法の結果を表 4-1-2(1)～(3)、図 4-1-2(1)～(3)に示す。

水準ポストの測定値は3地点全てにおいて、 $^{241}\text{Am}$  (60keV) を除いて分析センターの測定値と±20%以内で一致した。 $^{241}\text{Am}$  (60keV) については、水準ポストの検出器筐体や断熱カバー等が遮へいとなり、分析センターの測定値と比較して低めの結果となったものと考えられ、検出器の構造に起因するものと思われる。また、他のエネルギーについてはG(E)関数による線量率演算が適切に実施され、メーカーによる機器調整も適切に実施されていると考えられた。

#### 3) 核種組成確認測定

仙台市 県環境放射線監視センター局（宮城県）の結果を表 4-1-3(1)、図 4-1-3-1(1)～(2)に示す。なお、図 4-1-3-1(1)に示したGe測定地点2は、水準ポストから少し離れた、遮へいによる影響の少ない芝生上の地点である。そのため、表 4-1-3(1)に示した空間線量率等の平均を算出するデータとしては除外した。水準ポストの近傍における核種組成は、タイルで舗装されたGe測定地点1では放射性セシウム ( $^{134}\text{Cs}$  及び  $^{137}\text{Cs}$ ) の寄与が5%程度であり、芝生上のGe測定地点2～4では20%程度であった。Ge測定地点1とGe測定地点2～4では自然放射性核種の寄与割合が異なっていることが確認された。放射性セシウムの線量率寄与割合は約15%程度であるため、今後も物理減衰による線量率の低下が考えられる。

川場村 川場村武道館局（群馬県）の結果を表 4-1-3(2)、図 4-1-3-2(1)～(2)に示す。水準ポストの近傍における核種組成は、周囲の開けた土地に面しているGe測定地点1及び3では放射性セシウム ( $^{134}\text{Cs}$  及び  $^{137}\text{Cs}$ ) の寄与が40～50%程度であり、建物に近いGe測定地点2及び4では20～30%程度であった。Ge測定地点2及び4では建物の建材中に含まれる自然放射性核種が大きく寄与していることが確認された。放射性セシウムの線量率寄与割合は約30%程度であるため、今後も物理減衰による線量率の低下が考えられる。

佐賀市 佐賀県環境センター局（佐賀県）の結果を表 4-1-3(3)、図 4-1-3-3(1)～(2)に示す。水準ポストの近傍における核種組成は、Ge 測定地点 1～3 全地点で同様の傾向を示し、ウラン系列の寄与が 30%程度、トリウム系列が 20%程度、 $^{40}\text{K}$  が 50%程度であった。ただし、測定を実施した当日は降雨があったため、大気中のラドンの壊変生成物である  $^{214}\text{Bi}$  等の影響により、ウラン系列の寄与が大きくなっていることが確認された。後日、Ge 測定地点 1 において、降雨の影響が無い状況で測定したところ、ウラン系列とトリウム系列の寄与は同程度であった。全地点で人工放射性核種は検出されなかったため、自然環境におけるバックグラウンドレベルの核種組成を確認することができた。今後何らかの影響で線量率に変動があった場合に、周辺環境の変化等を把握するための基礎データに資することができると考えられる。

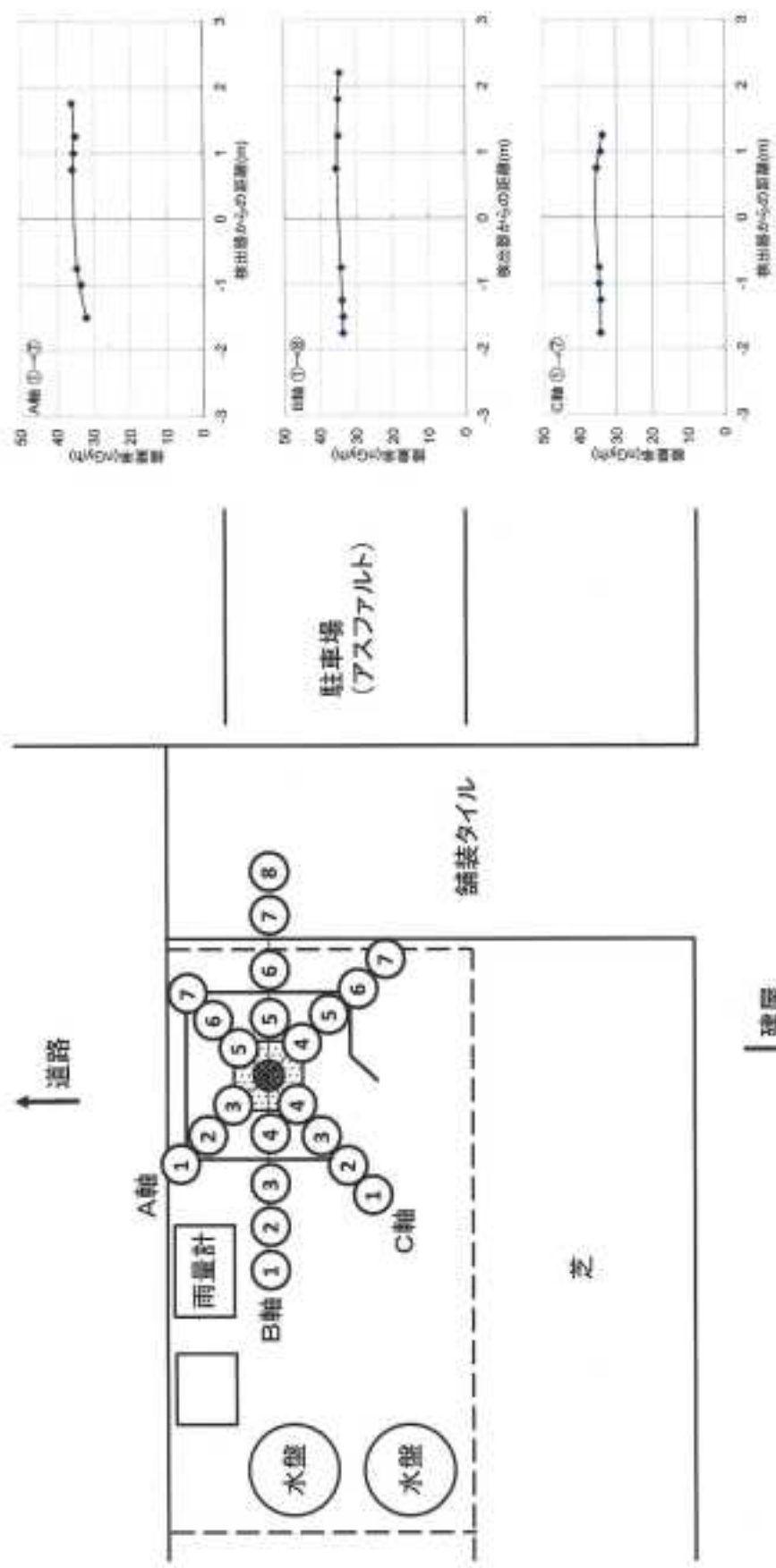
表 4-1-1 低線量率比較法 測定結果比較一覧

| 水準ポスト地点名               | [A]<br>水準ポスト<br>指示値 <sup>1)</sup><br>(nGy/h) | [B]<br>NaI(Tl)スペクトロメータ<br>測定結果からの推定値 <sup>2)</sup><br>(nGy/h) | [A] / [B] |
|------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------|
| 仙台市 県環境放射線監視センター (宮城県) | 38.2 ± 1.0                                   | 36.4                                                          | 1.05      |
| 川場村 川場村武道館 (群馬県)       | 43.3 ± 1.1                                   | 41.8                                                          | 1.04      |
| 佐賀市 佐賀県環境センター (佐賀県)    | 48.2 ± 1.1                                   | 45.2                                                          | 1.07      |

<sup>1)</sup> 低線量率比較法実施時間内の全データの平均値と標準偏差

<sup>2)</sup> 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、更に水準ポストの同寄与線量率を含めて推定した値。

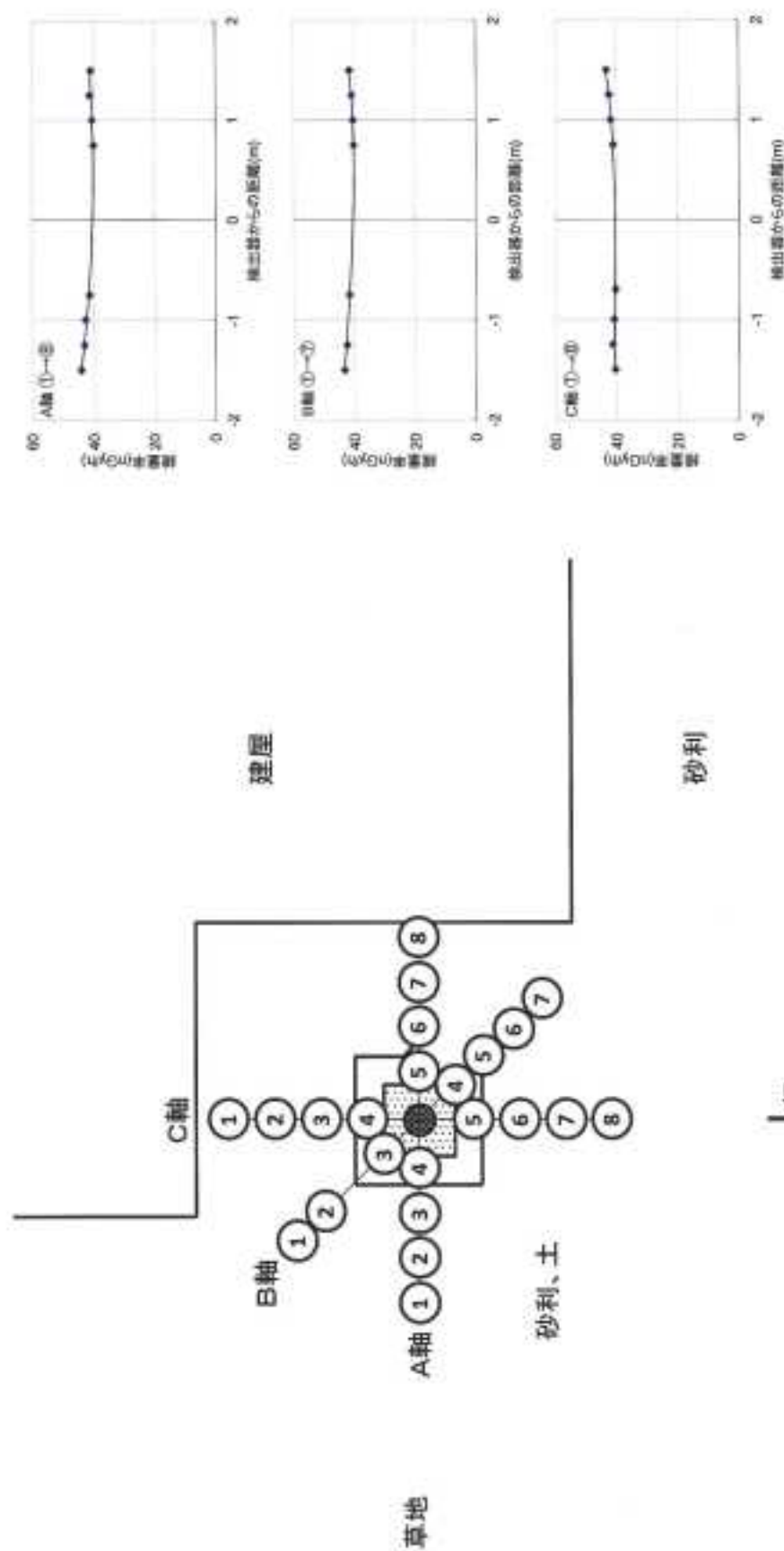
推定値 = 3 軸の荷重平均値 - (分析センター: 宇宙線寄与+セルフドーズ) + (水準ポスト: 宇宙線寄与+セルフドーズ)



○付き数字は日本分析センターの測定番号を示す

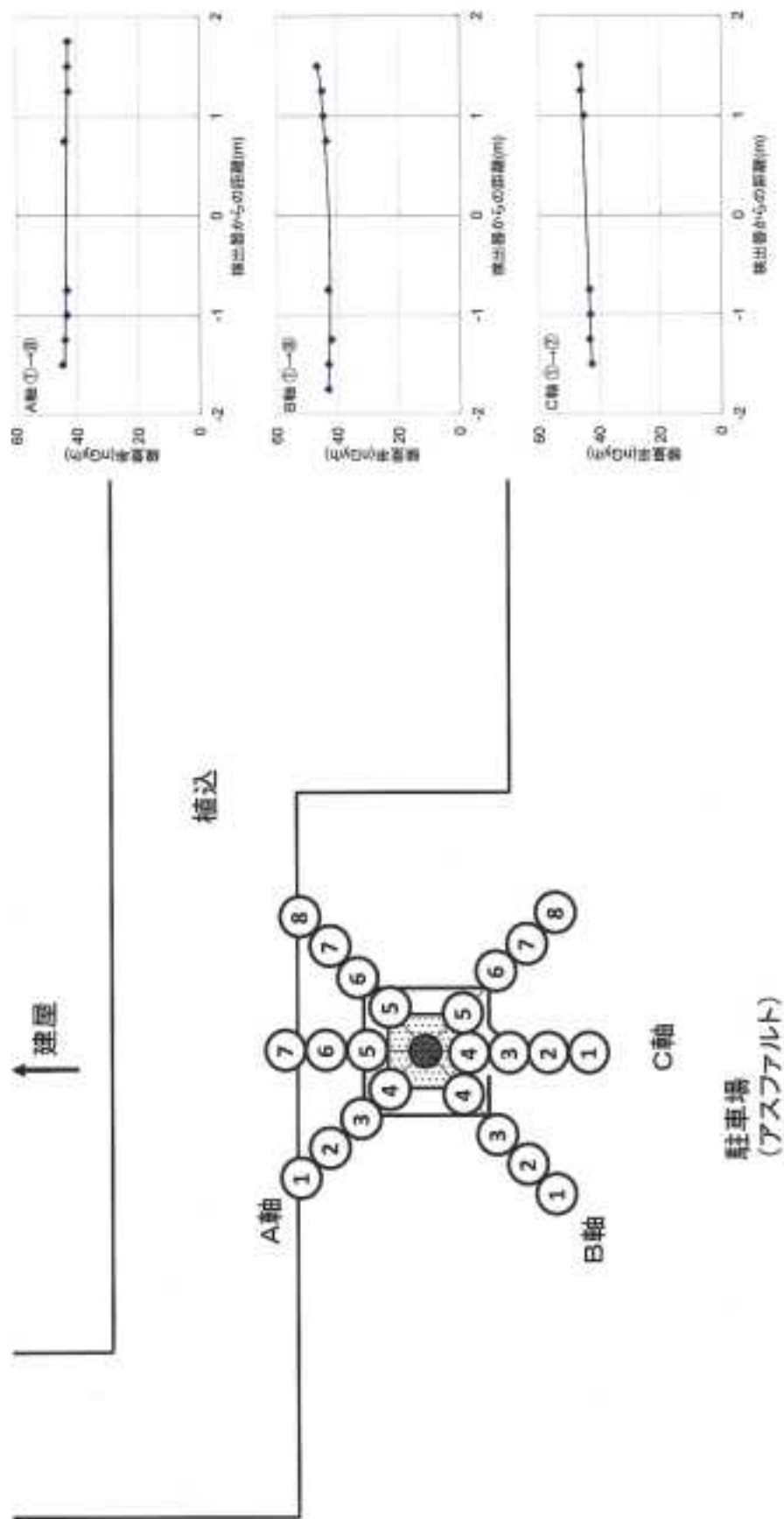
図 4-1-1(1) 低線量率比較法 測定地点と空間放射線量率分布図  
(仙台市 県環境放射線監視センター (宮城県))





○付き数字は日本分析センターの測定番号を示す

図 4-1-1(2) 低線量率比較法 測定地点と空間放射線量率分布図  
(川場村 川場村武道館 (群馬県))



○付き数字は日本分析センターの測定番号を示す

図 4-1-1(3) 低線量率比較法 測定地点と空間放射線量率分布図  
(佐賀市 佐賀県環境センター (佐賀県))

表 4-1-2(1) 高線量率比較法比較結果  
(仙台市 県環境放射線監視センター (宮城県))

| 核種                | エネルギー<br>(keV) | 水準ポスト                           | 分析センター                                     | 比較値  |
|-------------------|----------------|---------------------------------|--------------------------------------------|------|
|                   |                | NaI モニタ<br>( $\mu\text{Gy/h}$ ) | 21L 空気等価<br>電離箱線量計<br>( $\mu\text{Gy/h}$ ) |      |
| $^{241}\text{Am}$ | 60             | 0.03730                         | 0.04991                                    | 0.75 |
| $^{57}\text{Co}$  | 124            | 0.1175                          | 0.1294                                     | 0.91 |
| $^{133}\text{Ba}$ | 340            | 0.3974                          | 0.4076                                     | 0.97 |
| $^{137}\text{Cs}$ | 660            | 0.8916                          | 0.8997                                     | 0.99 |

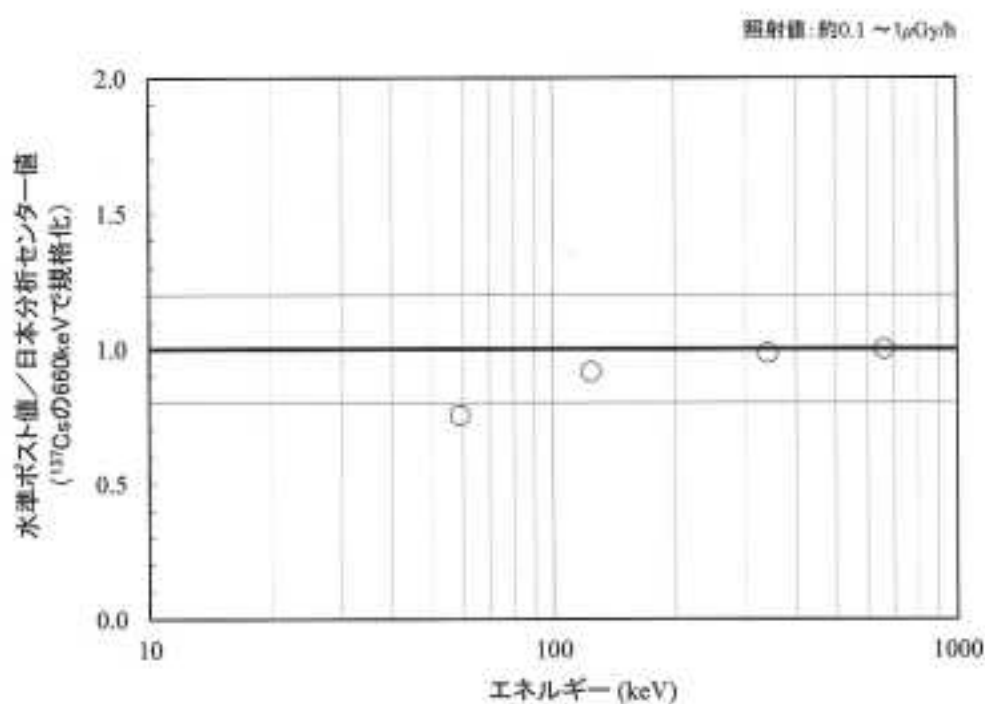


図 4-1-2(1) エネルギー特性図  
(仙台市 県環境放射線監視センター (宮城県))

表 4-1-2(2) 高線量率比較法比較結果  
(川場村 川場村武道館 (群馬県))

| 核種                | エネルギー<br>(keV) | 水準ポスト                           | 分析センター                                     | 比較値  |
|-------------------|----------------|---------------------------------|--------------------------------------------|------|
|                   |                | NaI モニタ<br>( $\mu\text{Gy/h}$ ) | 21L 空気等価<br>電離箱線量計<br>( $\mu\text{Gy/h}$ ) |      |
| $^{241}\text{Am}$ | 60             | 0.03530                         | 0.04867                                    | 0.73 |
| $^{57}\text{Co}$  | 124            | 0.1281                          | 0.1231                                     | 1.04 |
| $^{133}\text{Ba}$ | 340            | 0.4127                          | 0.4025                                     | 1.03 |
| $^{137}\text{Cs}$ | 660            | 0.8850                          | 0.8998                                     | 0.98 |

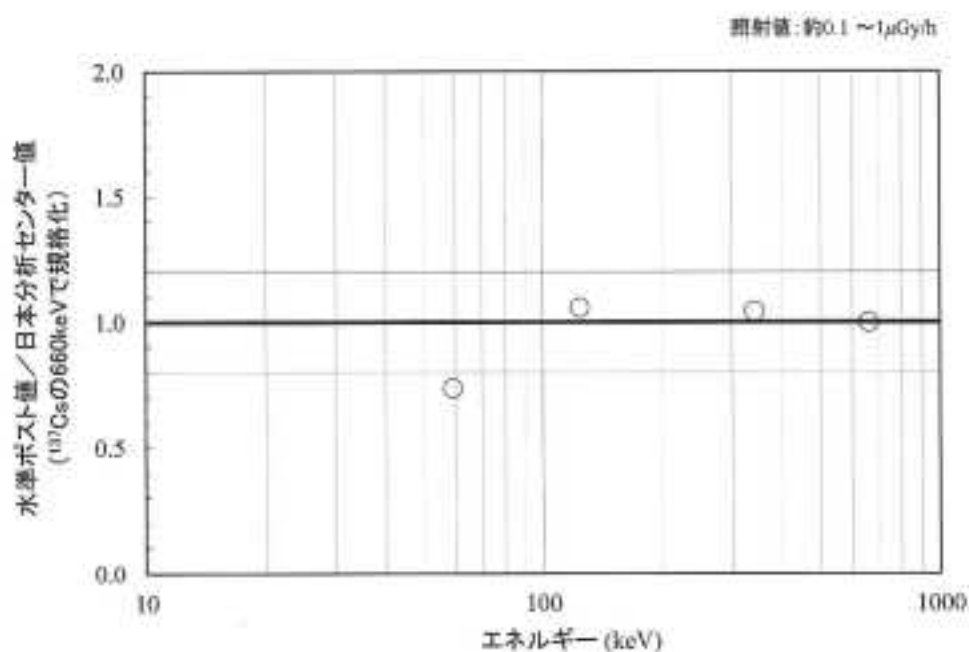


図 4-1-2(2) エネルギー特性図  
(川場村 川場村武道館 (群馬県))



表 4-1-2(3) 高線量率比較法比較結果  
(佐賀市 佐賀県環境センター (佐賀県))

| 核種                | エネルギー<br>(keV) | 水準ポスト                    | 分析センター                              | 比較値  |
|-------------------|----------------|--------------------------|-------------------------------------|------|
|                   |                | NaI モニタ<br>( $\mu$ Gy/h) | 21L 空気等価<br>電離箱線量計<br>( $\mu$ Gy/h) |      |
| $^{241}\text{Am}$ | 60             | 0.03973                  | 0.05502                             | 0.72 |
| $^{57}\text{Co}$  | 124            | 0.1202                   | 0.1243                              | 0.97 |
| $^{133}\text{Ba}$ | 340            | 0.4021                   | 0.4038                              | 1.00 |
| $^{137}\text{Cs}$ | 660            | 0.8757                   | 0.8859                              | 0.99 |

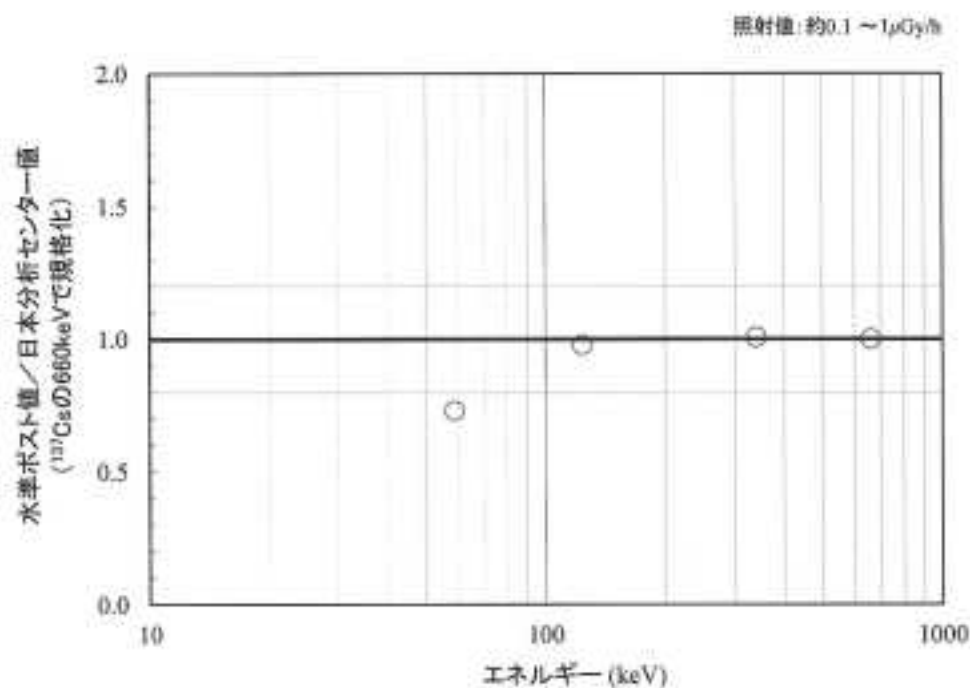


図 4-1-2(3) エネルギー特性図  
(佐賀市 佐賀県環境センター (佐賀県))

表 4-1-3(1) 空間線量率 (Ge 検出器) 及び核種組成比率一覧  
(仙台市 県環境放射線監視センター (宮城県))

| 測定地点             | 空間線量率 (Ge)<br>nGy/h | ウラン系列 |      | トリウム系列 |      | <sup>40</sup> K |      | <sup>134</sup> Cs |      | <sup>137</sup> Cs |      |
|------------------|---------------------|-------|------|--------|------|-----------------|------|-------------------|------|-------------------|------|
|                  |                     | 線量率   | 組成比率 | 線量率    | 組成比率 | 線量率             | 組成比率 | 線量率               | 組成比率 | 線量率               | 組成比率 |
|                  |                     | nGy/h | %    | nGy/h  | %    | nGy/h           | %    | nGy/h             | %    | nGy/h             | %    |
| 1                | 42.0                | 11.5  | 27.4 | 17.7   | 42.1 | 11.3            | 26.9 | 0.553             | 1.3  | 0.948             | 2.3  |
| 2                | 39.0                | 7.07  | 18.1 | 9.81   | 25.2 | 13.6            | 34.9 | 2.67              | 6.8  | 5.83              | 15.0 |
| 3                | 30.4                | 4.51  | 14.9 | 7.59   | 25.0 | 11.8            | 38.9 | 1.99              | 6.6  | 4.46              | 14.7 |
| 4                | 36.3                | 6.74  | 18.6 | 9.22   | 25.4 | 12.7            | 35.0 | 2.40              | 6.6  | 5.21              | 14.4 |
| 平均 <sup>a)</sup> | 36.2                | 7.58  | 20.9 | 11.5   | 31.8 | 11.9            | 33.0 | 1.66              | 4.6  | 3.54              | 9.8  |

<sup>a)</sup> 測定地点 1、3、4 の平均

\* 全地点において、その他検出された人工放射性核種はなかった。

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

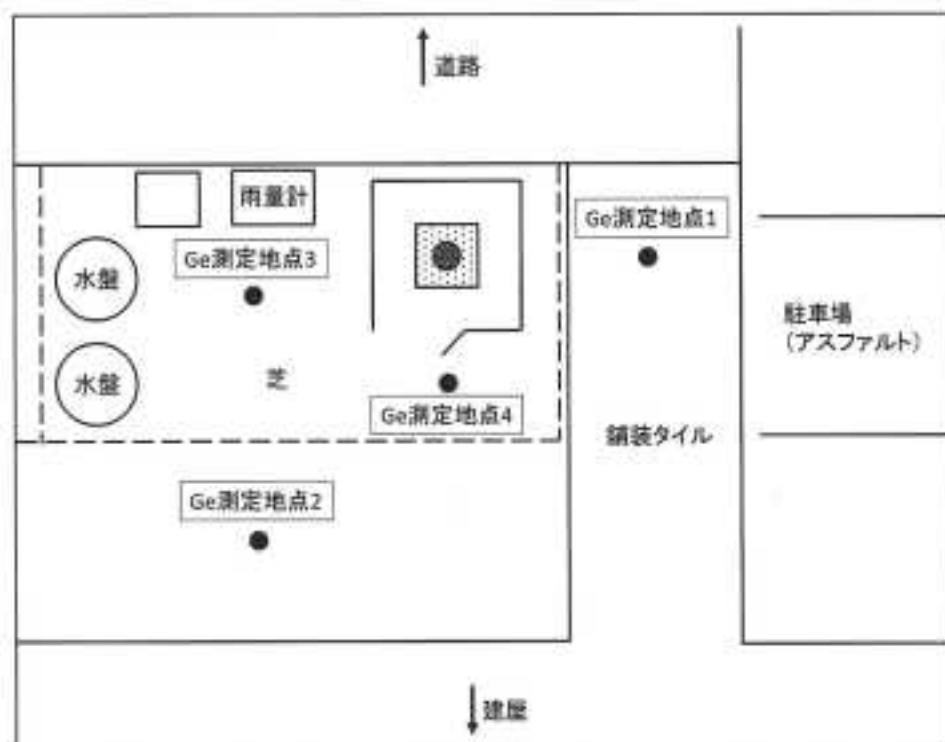


図 4-1-3-1(1) Ge 検出器測定地点  
(仙台市 県環境放射線監視センター (宮城県))

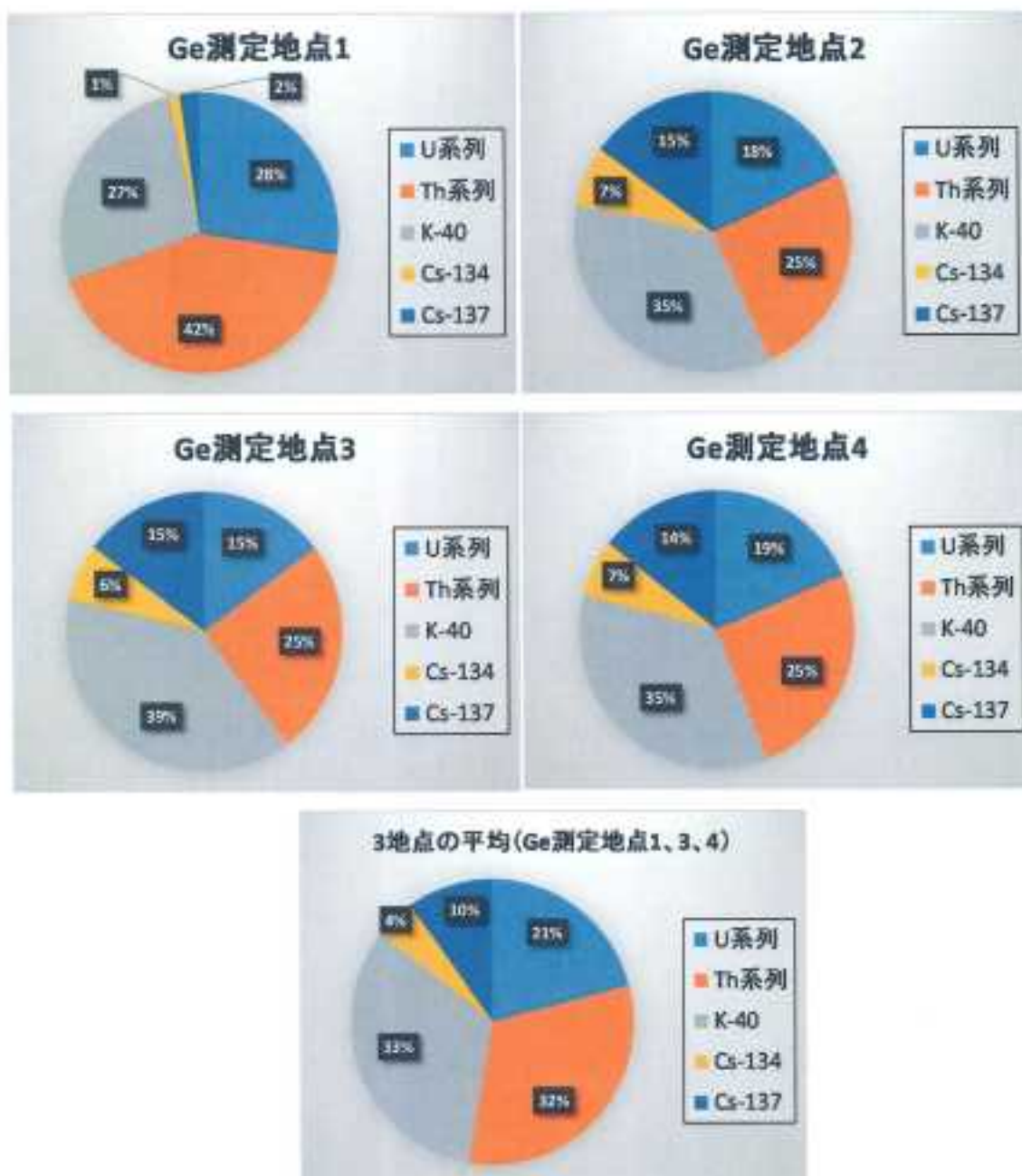


図 4-1-3-1(2) 測定地点別及び平均の核種組成比率  
(仙台市 県環境放射線監視センター (宮城県))

表 4-1-3(2) 空間線量率 (Ge 検出器) 及び核種組成比率一覧  
(川場村 川場村武道館 (群馬県))

| 測定<br>地点         | 空間<br>線量率<br>(Ge)<br>nGy/h | ウラン系列        |               | トリウム系列       |               | $^{40}\text{K}$ |               | $^{137}\text{Cs}$ |               | $^{134}\text{Cs}$ |               |
|------------------|----------------------------|--------------|---------------|--------------|---------------|-----------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|
|                  |                            | 線量率<br>nGy/h | 組成<br>比率<br>% | 線量率<br>nGy/h | 組成<br>比率<br>% | 線量率<br>nGy/h    | 組成<br>比率<br>% | 線量率<br>nGy/h      | 組成<br>比率<br>% | 線量率<br>nGy/h      | 組成<br>比率<br>% |
| 1                | 38.1                       | 5.93         | 15.6          | 8.05         | 21.1          | 8.96            | 23.5          | 4.79              | 12.6          | 10.4              | 27.3          |
| 2                | 33.6                       | 6.18         | 18.4          | 8.73         | 26.0          | 12.2            | 36.4          | 2.01              | 6.0           | 4.43              | 13.2          |
| 3                | 41.2                       | 5.09         | 12.4          | 8.17         | 19.8          | 8.56            | 20.8          | 6.08              | 14.8          | 13.3              | 32.3          |
| 4                | 32.5                       | 5.62         | 17.3          | 7.77         | 23.9          | 11.4            | 35.1          | 2.44              | 7.5           | 5.26              | 16.2          |
| 平均 <sup>a)</sup> | 36.3                       | 5.71         | 15.7          | 8.18         | 22.5          | 10.3            | 28.3          | 3.83              | 10.5          | 8.35              | 23.0          |

\* 全地点において、その他検出された人工放射性核種はなかった。

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

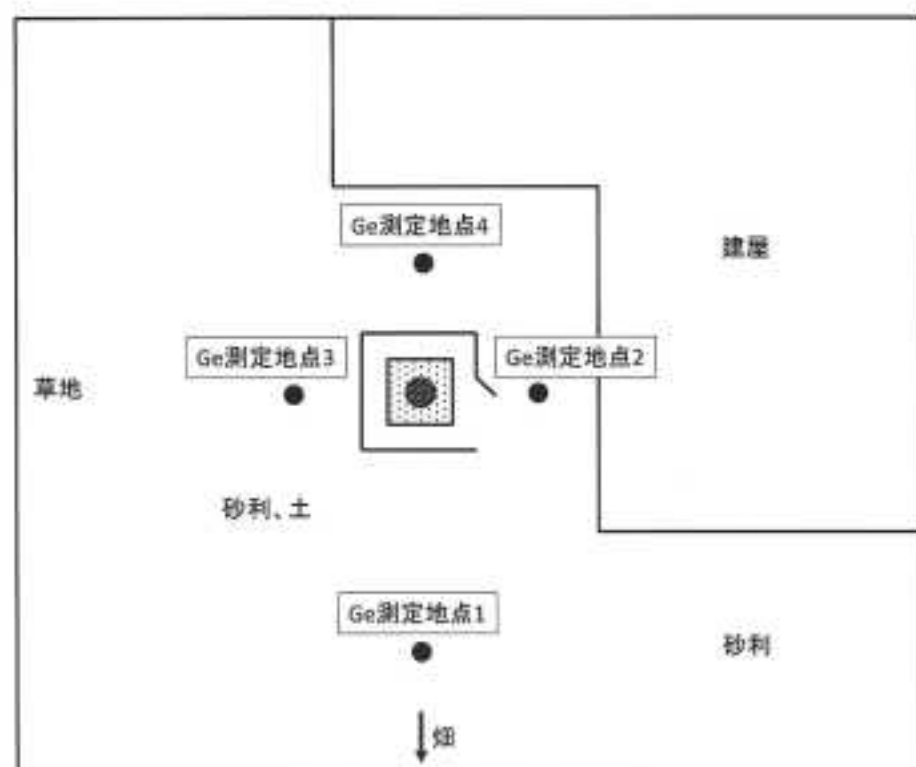


図 4-1-3-2(1) Ge 検出器測定地点  
(川場村 川場村武道館 (群馬県))





図 4-1-3-2(2) 測定地点別及び平均の核種組成比率  
(川場村 川場村武道館 (群馬県))

表 4-1-3(3) 空間線量率 (Ge 検出器) 及び核種組成比率一覧  
(佐賀市 佐賀県環境センター (佐賀県))

| 測定<br>地点 | 空間<br>線量率<br>(Ge)<br>nGy/h | ウラン系列 |               | トリウム系列 |               | <sup>235</sup> U |               |
|----------|----------------------------|-------|---------------|--------|---------------|------------------|---------------|
|          |                            | 線量率   | 組成<br>比率<br>% | 線量率    | 組成<br>比率<br>% | 線量率              | 組成<br>比率<br>% |
| 1        | 45.4                       | 13.9  | 30.6          | 10.3   | 22.7          | 21.2             | 46.7          |
| 2        | 48.1                       | 14.7  | 30.6          | 11.4   | 23.7          | 22.0             | 45.7          |
| 3        | 47.8                       | 15.3  | 32.0          | 10.2   | 21.3          | 22.3             | 46.7          |
| 平均       | 47.1                       | 14.6  | 31.1          | 10.6   | 22.6          | 21.8             | 46.4          |

\*全地点において、検出された人工放射性核種はなかった。

\*測定結果の解析には、重量緩和深度  $\beta=0.1\text{g/cm}^2$  を使用した (全ての測定地点はアスファルト舗装されていたため)。 $\beta$  は放射能濃度が地表の 37% (1/e) になる重量深度であり、地表面分布の場合  $\beta$  は限りなく 0 に近づき、土壌中均質分布の場合無限大となる。

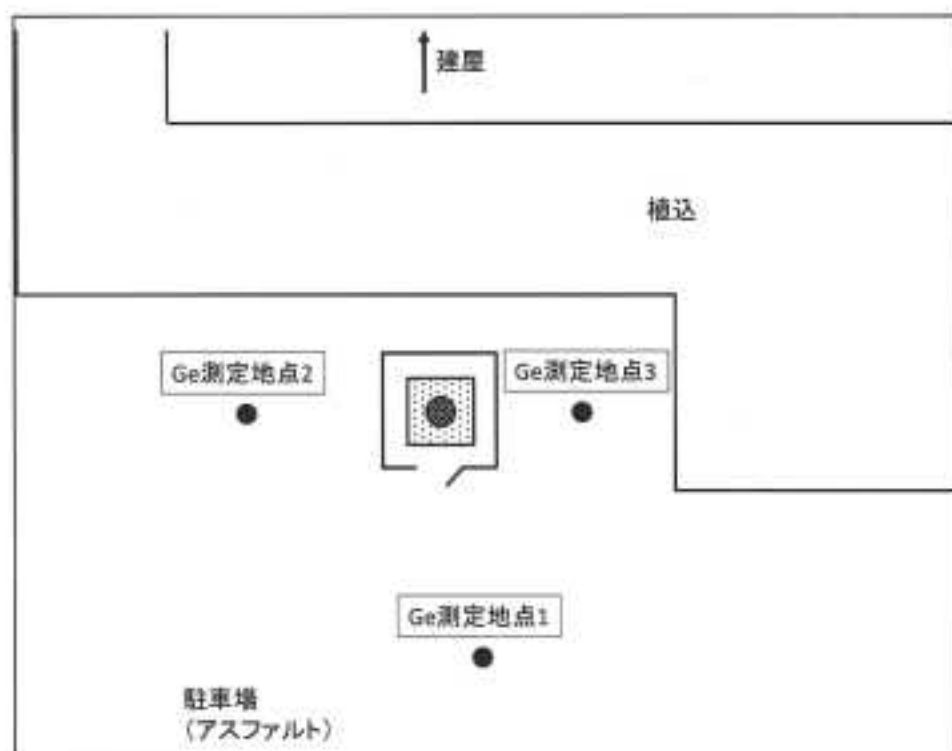


図 4-1-3-3(1) Ge 検出器測定地点  
(佐賀市 佐賀県環境センター (佐賀県))

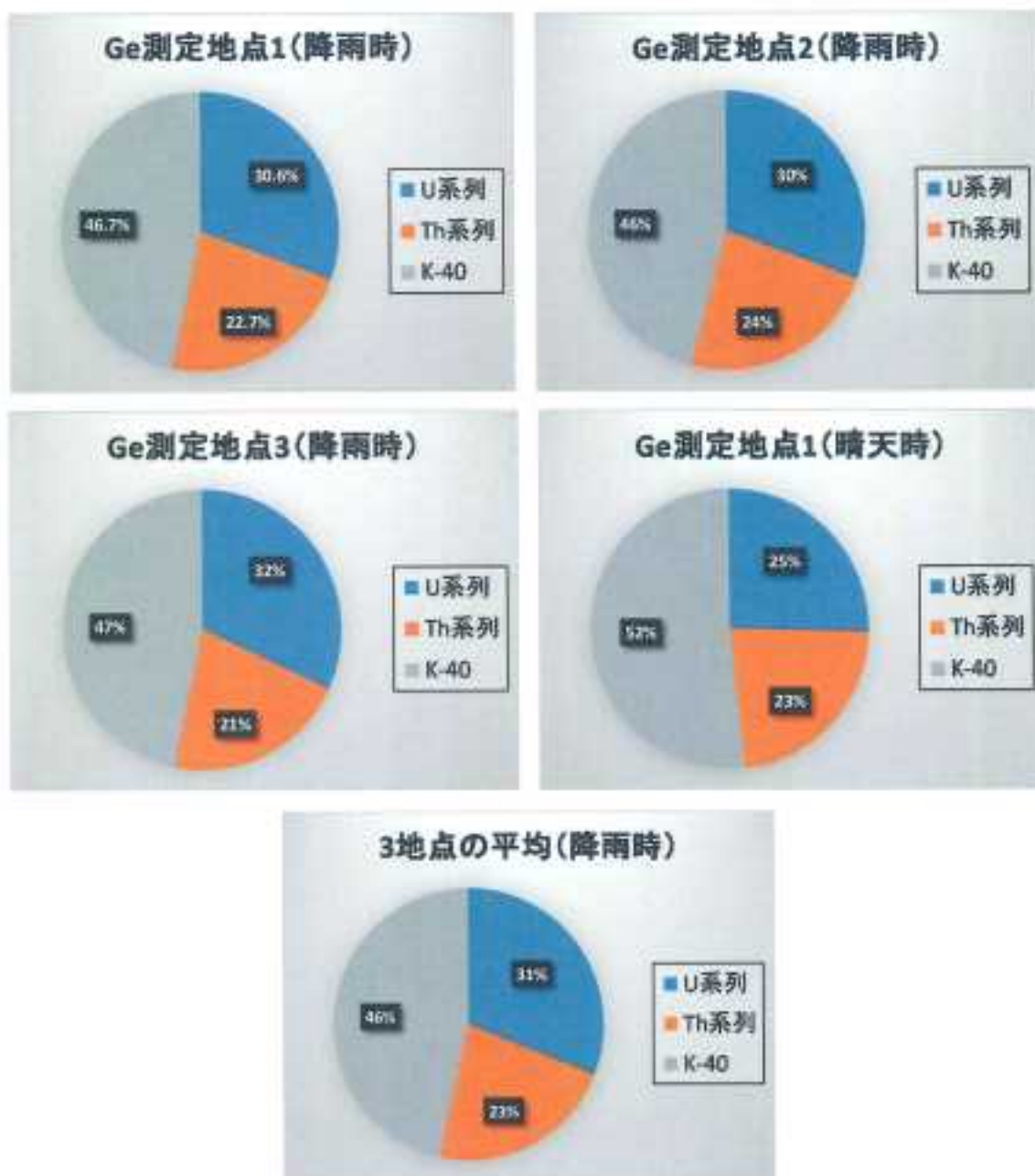


図 4-1-3-3(2) 測定地点別及び平均の核種組成比率  
(佐賀市 佐賀県環境センター (佐賀県))

## 4.2 相互比較分析の実施

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

### 4.2.1 IAEA との相互比較分析

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

#### (1) IAEA の技能試験参加実績

IAEA の技能試験参加実績を表 4-2-1 に示す。

表 4-2-1 IAEA の技能試験参加実績

| 技能試験                       | 対象試料       |
|----------------------------|------------|
| IAEA-TEL-2016-04-ALMERA PT | 水、トウヒ葉、堆積物 |
| IAEA-RML-2016-01           | 海水         |

#### (2) IAEA 技能試験実施内容

平成 28 年度に実施した技能試験の実施内容を表 4-2-2 に示す。

表 4-2-2 技能試験の実施内容

| IAEA-TEL-2016-04-ALMERA PT               |                   |             |
|------------------------------------------|-------------------|-------------|
| 対象試料                                     | 対象核種              | 分析方法        |
| <u>Sample 1</u> 水 1<br>(Spiked water1)   | γ線放出核種 (人工)       | γ線スペクトロメトリー |
|                                          | <sup>90</sup> Sr  | 放射化学分析      |
|                                          | 全 β               | 放射化学分析      |
| <u>Sample 2</u> 水 2<br>(Spiked water2)   | γ線放出核種 (人工)       | γ線スペクトロメトリー |
|                                          | <sup>90</sup> Sr  | 放射化学分析      |
|                                          | <sup>90</sup> Sr  | 放射化学分析      |
|                                          | 全 α               | 放射化学分析      |
|                                          | 全 β               | 放射化学分析      |
| <u>Sample 4</u> トウヒ葉<br>(Spruce Needles) | γ線放出核種            | γ線スペクトロメトリー |
|                                          | <sup>90</sup> Sr  | 放射化学分析      |
| <u>Sample 5</u> 堆積物<br>(Sediment)        | <sup>226</sup> Ra | 放射化学分析      |
|                                          | <sup>234</sup> U  | 放射化学分析      |
|                                          | <sup>238</sup> U  | 放射化学分析      |



| IAEA-RML-2016-01        |                   |                     |
|-------------------------|-------------------|---------------------|
| 試料                      | 対象核種              | 分析方法                |
| 海水<br>(Spiked Seawater) | $^3\text{H}$      | 放射化学分析              |
|                         | $^{90}\text{Sr}$  | 放射化学分析              |
|                         | $^{134}\text{Cs}$ | $\gamma$ 線スペクトロメトリー |
|                         | $^{137}\text{Cs}$ | $\gamma$ 線スペクトロメトリー |

### (3) IAEA 技能試験の結果

#### 1) IAEA-TEL-2016-04-ALMERA PT

IAEA から分析機関ごとの個別報告書 (Individual Evaluation Report for Laboratory Nr. 61) が送付された。個別報告書については、参考資料 3.1 に示す。この個別レポートでは、分析結果を正確さ (Accuracy)、精密さ (Precision) について評価し、最終的に総合評価 (Final Score) を示している。今回の技能試験では、Sample2 (Spiked water2) のストロンチウム 89 を除いたすべての対象試料、対象核種において良好な結果 (Accepted) であった。Sample2 (Spiked water2) のストロンチウム 89 については Precision の評価が Not Accepted であったので、総合評価は注意を要する結果 (Warning) であった。また、全  $\alpha$  及び全  $\beta$  については認証値がないため Z スコアによる評価を行っている。今回は Sample2 (Spiked water2) の全  $\beta$  を除いた対象試料において良好な結果 (Accepted) であった。Sample2 (Spiked water2) の全  $\beta$  については Z スコアが 2.53 で、注意を要する結果 (Warning) であった。注意を要する結果であった Sample2 (Spiked water2) のストロンチウム 89 と全  $\beta$  については計算工程に問題がないことを確認した。

技能試験の結果を表 4-2-3 に示す。

表 4-2-3 技能試験結果 (IAEA-TEL-2016-04-ALMERA PT)

| 対象試料                            | 対象核種              | 評価結果     |
|---------------------------------|-------------------|----------|
| Sample 1 水 1<br>(Spiked water1) | $^{22}\text{Na}$  | 良好な結果    |
|                                 | $^{134}\text{Cs}$ | 良好な結果    |
|                                 | $^{137}\text{Cs}$ | 良好な結果    |
|                                 | $^{90}\text{Sr}$  | 良好な結果    |
|                                 | 全 $\beta$         | 良好な結果    |
| Sample 2 水 2                    | $^{89}\text{Sr}$  | 注意を要する結果 |

|                                   |                   |          |
|-----------------------------------|-------------------|----------|
| (Spiked water2)                   | $^{90}\text{Sr}$  | 良好な結果    |
|                                   | 全 $\alpha$        | 良好な結果    |
|                                   | 全 $\beta$         | 注意を要する結果 |
| Sample 4 トウヒ葉<br>(Spruce Needles) | $^{137}\text{Cs}$ | 良好な結果    |
|                                   | $^{40}\text{K}$   | 良好な結果    |
|                                   | $^{90}\text{Sr}$  | 良好な結果    |
| Sample 5 堆積物<br>(Sediment)        | $^{226}\text{Ra}$ | 良好な結果    |
|                                   | $^{234}\text{U}$  | 良好な結果    |
|                                   | $^{238}\text{U}$  | 良好な結果    |

## 2) IAEA-RML-2016-01

IAEA から報告書案 (IAEA-RML-2016-01 Proficiency Test for Determination of Radionuclides in Sea Water) が送付された。報告書案については、参考資料 3.2 に示す (Laboratory Code: I)。この報告書では、分析結果を正確さ (Accuracy)、精密さ (Precision)、真度 (Trueness) について評価し、最終的に総合評価 (Final Score) を示している。今回の技能試験では、すべての対象核種において、良好な結果 (Accepted) であった。

技能試験の結果を表 4-2-4 に示す。

表 4-2-4 技能試験結果 (IAEA-RML-2016-01)

| 試料                      | 対象核種              | 評価結果  |
|-------------------------|-------------------|-------|
| 海水<br>(Spiked Seawater) | $^3\text{H}$      | 良好な結果 |
|                         | $^{90}\text{Sr}$  | 良好な結果 |
|                         | $^{134}\text{Cs}$ | 良好な結果 |
|                         | $^{137}\text{Cs}$ | 良好な結果 |

## 4.2.2 近隣諸国との相互比較分析

### (1) 相互比較分析実施機関

- ・ 中国 (National Institute for Radiological Protection and Nuclear Safety,  
Chinese Center for Disease Control and Prevention : NIRP)  
(State Environmental Protection Administration,  
Radiation Monitoring Technical Center : RNTC)
- ・ 韓国 (Korea Institute of Nuclear Safety : KINS)



| 中国（NIRP、RMT）          |                  |                     |
|-----------------------|------------------|---------------------|
| 試料                    | 対象核種             | 分析方法                |
| 土壌<br>(Soil)          | $\gamma$ 核種      | $\gamma$ 線スペクトロメトリー |
| ミルク(灰)<br>(Milk-ash)  | $\gamma$ 核種      | $\gamma$ 線スペクトロメトリー |
| 粉ミルク<br>(Milk powder) | $^{90}\text{Sr}$ | 放射化学分析              |
| TLD                   | 積算線量             |                     |

相互比較分析結果については、概ね良好であった。平成 28 年度に運営会議を開催した韓国 (KINS) との相互比較分析に関わる報告書を参考資料 3.3 に示す。なお、中国 (NIRP、RMT) 及び台湾 (RMC) との相互比較分析は継続的に実施しており、平成 29 年度に運営会議を開催し報告書を取りまとめる予定である。



## 5. 環境放射能水準調査検討委員会

### 5.1 委員会構成

本調査の実施計画、調査結果等について、審議・助言を受けるため、学識経験者等から構成される委員会を設置した。平成 28 年度の環境放射能水準調査検討委員会の構成員を表 5-1 に示す。

表 5-1 環境放射能水準調査検討委員会委員

| 委員名          | 所属及び職名                                                            |
|--------------|-------------------------------------------------------------------|
| 委員長<br>飯田 孝夫 | 名古屋大学 大学院工学研究科 名誉教授                                               |
| 青野 辰雄        | 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構<br>放射線医学総合研究所 福島再生支援本部<br>環境動態研究チーム チームリーダー |
| 大倉 靖         | 宮城県環境放射線監視センター 所長                                                 |
| 中村 尚司        | 東北大学 名誉教授<br>サイクロترونラジオアイソトープセンター 研究教授                           |
| 久松 俊一        | 公益財団法人 環境科学技術研究所 理事                                               |
| 廣瀬 勝己        | 上智大学 理工学部 物質生命理工学科 客員教授                                           |
| 吉田 勝彦        | 公益財団法人 海洋生物環境研究所 海生研フェロー                                          |

### 5.2 委員会開催日と議題

平成 28 年度は 2 回の委員会を開催した。以下に、審議した主な内容等を示す。

#### (1) 平成 28 年度 第 1 回環境放射能水準調査検討委員会

1. 日時 平成 28 年 5 月 27 日(金) 13 時 20 分～15 時 30 分
2. 場所 東京国際フォーラム G410 会議室
3. 出席者(敬称略)

委員長 飯田孝夫 名古屋大学

委員 青野辰雄 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構

大倉 靖 宮城県環境放射線監視センター

久松俊一 公益財団法人 環境科学技術研究所

中村尚司 東北大学

廣瀬勝己 上智大学

吉田勝彦 公益財団法人 海洋生物環境研究所  
委託元 笹平琳子 原子力規制委員会原子力規制庁 放射線環境対策室  
事務局 公益財団法人 日本分析センター  
森本理事、磯貝、伴場、新田、前山、平出、川辺、松田、岸本

#### 4. 議題

- (1) 平成 28 年度環境放射能水準調査の実施内容について
- (2) その他

#### 5. 配付資料

- (1) 水準 1-1 平成 28 年度環境放射能水準調査検討委員会委員名簿
- (2) 水準 1-2 平成 27 年度第 2 回環境放射能水準調査検討委員会議事録
- (3) 水準 1-3 平成 28 年度環境放射能水準調査の実施内容
- (4) 水準 参考 1 ガンマ線スペクトロメトリーにおける核データの更新について
- (5) 水準 参考 2 ATMOSPHERIC RADIOCARBON FOR THE PERIOD 1950-2010
- (6) 水準 参考 3 空間線量の調査における追加提案について
- (7) 水準 参考 4 水準調査の新規・拡大提案計画 (案)

#### (2) 平成 28 年度 第 2 回環境放射能水準調査検討委員会

- 1. 日時 平成 29 年 3 月 8 日 (水) 13 時 30 分～16 時 00 分
- 2. 場所 東京国際フォーラム G401 会議室
- 3. 出席者(敬称略)

委員長 飯田 孝夫 名古屋大学

委員 大倉 靖 宮城県環境放射線監視センター

中村 尚司 東北大学

廣瀬 勝己 上智大学

吉田 勝彦 公益財団法人 海洋生物環境研究所

事務局 森本、磯貝、伴場、新田、前山、篠田、松田、金子

#### 4. 議題

- (1) 平成 28 年度 第 1 回環境放射能水準調査検討委員会議事録 (案) について
- (2) 環境試料の放射能分析結果
  - ① 全ベータ放射能測定
  - ② ガンマ線放出核種の測定
  - ③ トリチウム分析
  - ④ ストロンチウム 90 分析

⑤ プルトニウム分析

⑥ ヨウ素 129 分析

⑦ 炭素 14 分析

(3) 大気中の放射性希ガス濃度測定結果

① クリプトン 85 分析

② キセノン 133 分析

(4) 福島県下における環境放射能調査結果

① 環境試料の調査

② 空間線量の調査

(5) 環境放射能水準調査における精度管理の取組

① 水準ポストの動作確認等に係る各種調査

② 相互比較分析の実施

(6) 国外における原子力関係事象発生時の対応

5. 配付資料

(1) 水準 2-1 平成 28 年度 第 1 回環境放射能水準調査検討委員会議事録  
(案)

(2) 水準 2-2 全ベータ放射能測定結果

(3) 水準 2-3-1 ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線放出核種の  
測定結果

(4) 水準 2-3-2 大気浮遊じんの高感度分析結果 (ガンマ線放出核種)

(5) 水準 2-4 トリチウム分析結果

(6) 水準 2-5 ストロンチウム 90 分析結果

(7) 水準 2-6 プルトニウム分析結果

(8) 水準 2-7 ヨウ素 129 分析結果

(9) 水準 2-8 炭素 14 分析結果

(10) 水準 2-9 大気中の放射性希ガス濃度測定結果

(11) 水準 2-10 福島県下における環境試料の調査結果

(12) 水準 2-11 福島県下における空間線量の調査結果

(13) 水準 2-12-1 水準ポストの動作確認等に係る各種調査結果

(14) 水準 2-12-2 相互比較分析の実施結果

(15) 水準 参考 2-1 国外における原子力関係事象発生時の対応

### 5.3 メール会合開催日と議題

ガンマ線放出核種の測定、トリチウム分析、ストロンチウム 90 分析及び大気中の放射性希ガス濃度測定については、分析・測定結果の迅速な報告を目的として、四半期毎にメール会合を開催し、委員の確認を得たのち、原子力規制庁に速報した。平成 28 年度は 3 回のメール会合を開催した。

以下に、確認した主な内容等を示す。

#### (1) 平成 28 年度 第 1 回環境放射能水準調査メール会合

1. 日時 平成 28 年 7 月 26 日 (火) ～ 8 月 1 日 (月)

2. 出席者(敬称略)

委員長 飯田孝夫 名古屋大学

委員 青野辰雄 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構

大倉 靖 宮城県環境放射線監視センター

中村尚司 東北大学

久松俊一 公益財団法人 環境科学技術研究所

廣瀬勝己 上智大学

吉田勝彦 公益財団法人 海洋生物環境研究所

事務局

磯貝、岸本、伴場、新田、北村

#### 3. 議題

(1) 環境試料の平成 28 年度第 1 四半期分析分の放射能調査結果について

① ガンマ線放出核種の測定

② ストロンチウム 90 分析

(2) 大気中の放射性希ガス濃度の平成 28 年度第 1 四半期分析分の測定結果について

① クリプトン 85 分析

② キセノン 133 分析

#### 4. 配布資料

(1) 平成 28 年度環境放射能水準調査(放射能分析) 委託業務成果報告書  
(速報) 案

(2) 平成 28 年度環境放射能水準調査(放射能分析) 結果(速報) 概要案

#### (2) 平成 28 年度 第 2 回環境放射能水準調査メール会合

1. 日時 平成 28 年 11 月 21 日 (月) ～ 11 月 28 日 (月)

2. 出席者(敬称略)

委員長 飯田孝夫 名古屋大学



委員 青野辰雄 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構  
大倉 靖 宮城県環境放射線監視センター  
中村尚司 東北大学  
久松俊一 公益財団法人 環境科学技術研究所  
廣瀬勝己 上智大学  
吉田勝彦 公益財団法人 海洋生物環境研究所

事務局

磯貝、太田、渡邊、岸本、伴場、新田、金子

### 3. 議題

- (1) 環境試料の平成 28 年度第 2 四半期分析分の放射能調査結果について
  - ① ガンマ線放出核種の測定
  - ② トリチウム分析
  - ③ ストロンチウム 90 分析
- (2) 大気中の放射性希ガス濃度の平成 28 年度第 2 四半期分析分の測定結果について
  - ① クリプトン 85 分析
  - ② キセノン 133 分析

### 4. 配布資料

- (1) 平成 28 年度環境放射能水準調査(放射能分析) 委託業務成果報告書(速報) 案
- (2) 平成 28 年度環境放射能水準調査(放射能分析) 結果(速報) 概要案

### (3) 平成 28 年度 第 3 回環境放射能水準調査メール会合

1. 日時 平成 29 年 2 月 14 日(火)～2 月 20 日(月)
2. 出席者(敬称略)

委員長 飯田孝夫 名古屋大学

委員 青野辰雄 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構  
大倉 靖 宮城県環境放射線監視センター  
中村尚司 東北大学  
久松俊一 公益財団法人 環境科学技術研究所  
廣瀬勝己 上智大学  
吉田勝彦 公益財団法人 海洋生物環境研究所

事務局

磯貝、太田、渡邊、岸本、伴場、新田、金子

3. 議題

- (1) 環境試料の平成 28 年度第 3 四半期分析分の放射能調査結果について
  - ① ガンマ線放出核種の測定
  - ② トリチウム分析
  - ③ ストロンチウム 90 分析
- (2) 大気中の放射性希ガス濃度の平成 28 年度第 3 四半期分析分の測定結果について
  - ① クリプトン 85 分析
  - ② キセノン 133 分析

4. 配布資料

- (1) 平成 28 年度環境放射能水準調査(放射能分析) 委託業務成果報告書(速報) 案
- (2) 平成 28 年度環境放射能水準調査(放射能分析) 結果(速報) 概要案

リサイクル適性 

この印刷物は、印刷用の紙へ  
リサイクルできます。