

令和2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

2021年3月

公益財団法人 日本分析センター

本報告書は、原子力規制委員会 原子力規制庁の令和2年度原子力施設等  
防災対策等委託費事業における委託業務として、公益財団法人 日本分析セ  
ンターが実施した令和2年度「環境放射能水準調査（放射能分析）」の成果  
を取りまとめたものである。

## 目 次

1. 調査概要	1
2. 調査結果	5
2.1 全ベータ放射能測定	5
2.2 ガンマ線放出核種の測定	7
2.3 トリチウム分析	19
2.4 ストロンチウム 90 分析	26
2.5 プルトニウム分析	40
2.6 ヨウ素 129 分析	50
2.7 炭素 14 分析	64
2.8 クリプトン 85 分析	67
2.9 放射性キセノン分析	73
2.10 福島県下における空間線量の調査	77
3. 分析法及び妥当性の確認	132
3.1 全ベータ放射能測定	132
3.2 ガンマ線放出核種の測定	133
3.3 トリチウム分析	135
3.4 ストロンチウム 90 分析	137
3.5 プルトニウム分析	142
3.6 ヨウ素 129 分析	143
3.7 炭素 14 分析	146
3.8 クリプトン 85 分析	149
3.9 放射性キセノン分析	162
3.10 福島県下における空間線量の調査	165
4. 都道府県における環境放射能水準調査、放射線監視等交付金事業の 精度管理	174
4.1 環境試料の放射能測定における精度管理(環境放射能水準調査)	174
4.2 環境試料の放射能測定における精度管理(放射線監視等交付金事業)	174
4.3 モニタリングポストの測定に係る精度管理(環境放射能水準調査)	175

5. 環境放射能水準調査検討委員会	216
5.1 委員会構成	216
5.2 委員会開催日と議題	217
6. 都道府県の水準調査担当者を交えた精度管理に関する検討会	220
7. 精度管理の強化	221



## 1. 調査概要

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

また、東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえ、福島県における空間放射線量の調査を実施した。

実施した調査の目的と内容を以下に示す。

### ① 全ベータ放射能測定

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

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

### ② ガンマ線放出核種の測定

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

分析センター（千葉市）で、月毎に大気浮遊じん及び降下物を採取し、ガンマ線放出核種を測定した。さらに、大気試料中のガンマ線放出核種濃度は極めて低いため、より低い濃度を把握するため、大容量エアサンプラを用いて採取した大気浮遊じんのガンマ線放出核種を測定した。また、分析センターが購入した粉乳についても、ガンマ線放出核種を測定した。

### ③ トリチウム分析

トリチウムは半減期 12.33 年の天然及び人工起源の放射性核種であり、人体の主要構成元素の一つである水素の同位体である。呼吸や飲食等により体内に取り込まれた場合は、被ばく線量評価上重要な核種となる。トリチウムのそのほとんどは水分子として存在しているため、降水中のトリチウムの放射能濃度を把握することは内部被ばくを評価する上で重要である。

むつ市、福島市、千葉市及び京都市で、毎月採取した月間降水について、電解

濃縮法によりトリチウムを分析した。また、精米、野菜及び海藻について、組織自由水トリチウムと非交換型の有機結合型トリチウムを分析した。

#### ④ ストロンチウム 90 分析

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

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、低バックグラウンドベータ線測定装置により測定した。海水は  $^{90}\text{Sr}$  分析を行う前にリンモリブデン酸アンモニウムによって放射性セシウムを捕集し、ゲルマニウム半導体検出器により放射性セシウム濃度を求めた。

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

#### ⑤ プルトニウム分析

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

47 都道府県が 2019 年度に採取した土壌について、アルファ線スペクトロメトリーにより  $^{238}\text{Pu}$ 、 $^{239+240}\text{Pu}$  を分析、ICP 質量分析装置により  $^{239}\text{Pu}$ 、 $^{240}\text{Pu}$  を分析、液体シンチレーションカウンタにより  $^{241}\text{Pu}$  を分析した。なお、プルトニウム濃度が高い試料は  $^{241}\text{Am}$  及び Cm 同位体の放射能濃度も求めた。

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

ヨウ素 129 は半減期が  $1.57 \times 10^7$  年の長半減期人工放射性核種である。ヨウ素 131 と同様、体内に取り込まれると甲状腺に選択的に集中して内部被ばくを与える。特に、ヨウ素 129 はその非常に長い半減期から、環境中に長く留まることとなるため、その変動を把握することは重要である。

北海道、秋田県及び千葉県で採取した土壌、牛乳、海藻及び野菜について、加速器質量分析法（AMS）により  $^{129}\text{I}$  の放射能濃度を測定した。

また、ガンマ線放出核種を測定済の大気浮遊じん（大容量エアサンプラ）につ

いて、 $^{129}\text{I}$  を分析した。

#### ⑦ 炭素 14 分析

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

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

#### ⑧ クリプトン 85 分析

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

札幌市、秋田市、三春町及び千葉市で捕集した大気について、ガスクロマトグラフにより  $^{85}\text{Kr}$  を分離し、ベータ線測定装置により測定した。

#### ⑨ 放射性キセノン分析

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

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

#### ⑩ 福島県下における空間線量の調査

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

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

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

一部の分析結果について、2011年3月に発生した東京電力福島第一原子力発電所事故の影響が認められた。

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

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

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

## 2. 調査結果

### 2.1 全ベータ放射能測定

#### (1) 概要

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

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

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

#### (2) 結果と考察

2020 年 3 月から 2021 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 2015 年度から 2019 年度までの結果と併せて表 2-1-1 に示す。

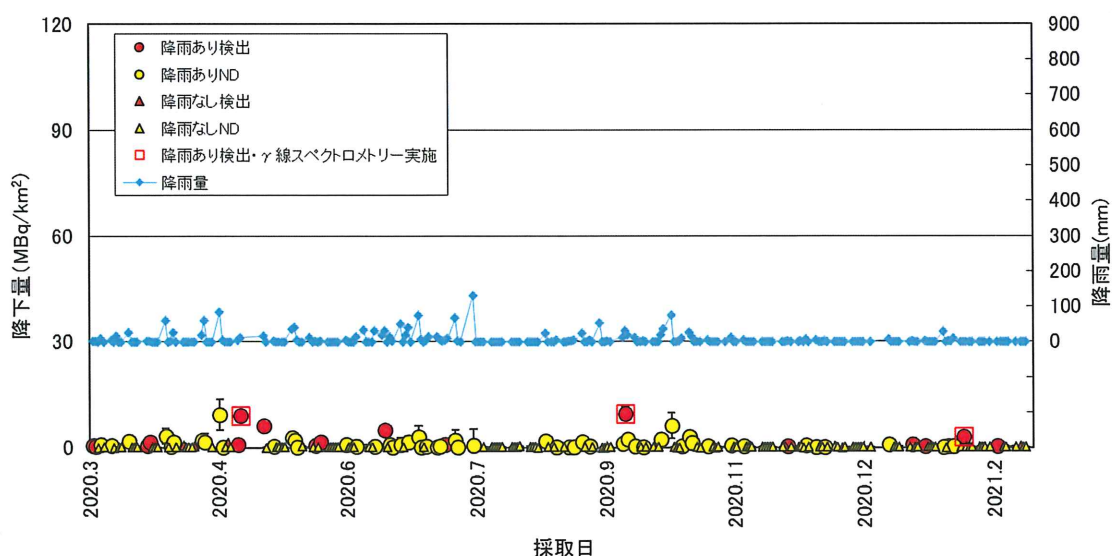


図 2-1-1 2020 年度の定時降水の全ベータ放射能測定結果

表 2-1-1 定時降水の全ベータ放射能調査結果

年度	採取期間	試料数 降雨あり	検出数 降雨あり	放射能濃度 (Bq/L) 降雨あり	降下量 (MBq/km <sup>2</sup> ) 降雨あり
2020年度	2020.3～2021.2	84	18	ND～0.75	ND～9.5
2019年度	2019.3～2020.2	102	44	ND～1.5	ND～16
2018年度	2018.3～2019.2	87	41	ND～1.3	ND～13
2017年度	2017.3～2018.2	74	31	ND～1.4	ND～28
2016年度	2016.3～2017.2	90	28	ND～0.92	ND～33
2015年度	2015.3～2016.2	90	28	ND～1.4	ND～11

2020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～0.75Bq/L、降下量がND～9.5MBq/km<sup>2</sup>であり、過去5年間の調査結果とほぼ同程度であった。

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

また、2020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（計数誤差の3倍以上を検出した試料数を全試料数で除したもの）については、東京電力福島第一原子力発電所事故後の2011年度に81%まで上昇したが、2020年度は9.6%であった。

## 2.2 ガンマ線放出核種の測定

### 2.2.1 大気浮遊じん及び降下物

#### (1) 概要

分析センター内において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、放射能測定法シリーズ 16「環境試料採取法」(昭和 58 年)に準じて行った。

#### 1) 大気浮遊じん

ロウボリウム・エアサンプラにダストモニター用のろ紙(HE-40T)及び活性炭ろ紙(CP-20)を装着して1ヶ月で約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(U9)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(U8)に入れ測定試料とした。

試料の測定については、放射能測定法シリーズ 7「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」(平成4年改訂及び令和2年9月改訂)に準じて、ガンマ線スペクトロメトリーを行い、核種ごとに放射能濃度を算出した。なお、測定時間は160000秒間以上とし、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2015年度から2019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2015年度から2019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	2015～2019 年度	2020 年度分析分
<sup>7</sup> Be	平均値	3.7	3.7
	最小値～最大値	1.3 ～ 6.7	1.9 ～ 5.1
<sup>134</sup> Cs	平均値	0.0017	-0.000069
	最小値～最大値	ND(-0.0043 ～ 0.012)	ND(-0.0049 ～ 0.0063)
<sup>137</sup> Cs	平均値	0.0073	0.0054
	最小値～最大値	ND(0.00016) ～ 0.031	ND(0.0028) ～ 0.0089

\* 不検出の値も含めて平均値を算出した。

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	2015～2019 年度	2020 年度分析分
<sup>7</sup> Be	平均値	100	140
	最小値～最大値	25 ～ 330	18 ～ 370
<sup>134</sup> Cs	平均値	0.22	0.031
	最小値～最大値	ND(0.020) ～ 1.1	ND(-0.0013) ～ 0.068
<sup>137</sup> Cs	平均値	1.2	0.52
	最小値～最大値	0.29 ～ 3.5	0.20 ～ 0.97

\* 不検出の値も含めて平均値を算出した。

2020年度における大気浮遊じん中の<sup>7</sup>Be濃度は1.9～5.1mBq/m<sup>3</sup>、<sup>134</sup>Cs濃度はND(-0.0049～0.0063mBq/m<sup>3</sup>)、<sup>137</sup>Cs濃度はND(0.0028)～0.0089mBq/m<sup>3</sup>であった。<sup>7</sup>Be濃度については、過去5年間（2015年度から2019年度まで）の調査結果の変動（1.3～6.7mBq/m<sup>3</sup>）の範囲内であり、夏季に低くなる傾向が見られた。

大気浮遊じん中の<sup>134</sup>Cs及び<sup>137</sup>Csについては、2011年3月以前の5年間（2006年2月～2011年2月）は検出されたことはなく、東京電力福島第一原子力発電所の事故に起因するものと考えられる。<sup>137</sup>Csについては年々減少傾向を示している。また、<sup>137</sup>Csに比べて半減期が短い<sup>134</sup>Cs（半減期2.07年）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である。

2020年度における降下物中の<sup>7</sup>Be降下量は18～370MBq/km<sup>2</sup>、<sup>134</sup>Cs降下量はND(-0.0013)～0.068MBq/km<sup>2</sup>、<sup>137</sup>Cs降下量は0.20～0.97MBq/km<sup>2</sup>であった。<sup>7</sup>Be降下量については、過去5年間（2015年度から2019年度まで）の調査結果の変動（25～330 MBq/km<sup>2</sup>）の範囲



と同程度であった。

降下物中の $^{134}\text{Cs}$ 及び $^{137}\text{Cs}$ については、2011年3月以前の5年間（2006年2月～2011年2月）は同時に検出されたことはない。東京電力福島第一原子力発電所事故時の放射能比を1とした $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比は物理的半減期のみを考慮すると、2020年2月末時点で0.061、2021年1月末時点で0.045となる。今回の結果から計算した $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比は0.054～0.078であった。これらの放射能比の推移の結果からも東京電力福島第一原子力発電所の事故に起因するものと考えられる。降下物中の $^{134}\text{Cs}$ 及び $^{137}\text{Cs}$ は年々減少傾向を示しているが、 $^{137}\text{Cs}$ 降下量は2011年3月以前のレベルより高い降下量で推移している。

2011年度から2020年度までの大気浮遊じん中の $^7\text{Be}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 及び $^{137}\text{Cs}$ 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 $^7\text{Be}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 及び $^{137}\text{Cs}$ 降下量比較図を図2-2-4、図2-2-5及び図2-2-6に示す。

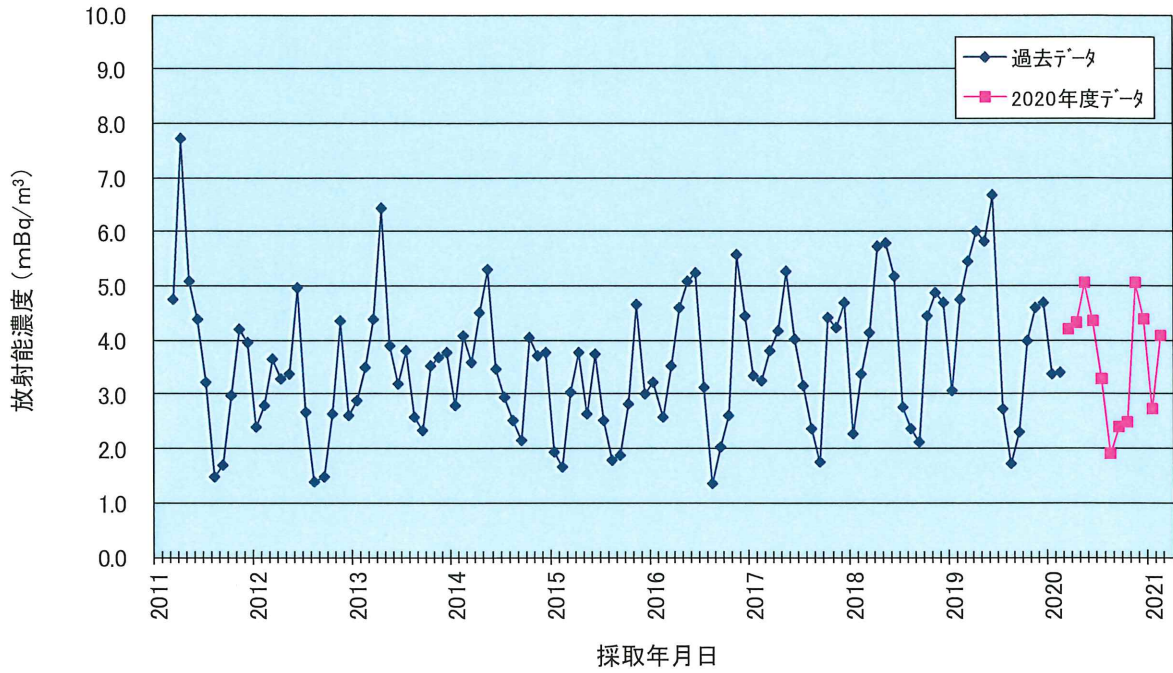


図2-2-1 大気浮遊じん中の<sup>7</sup>Be濃度

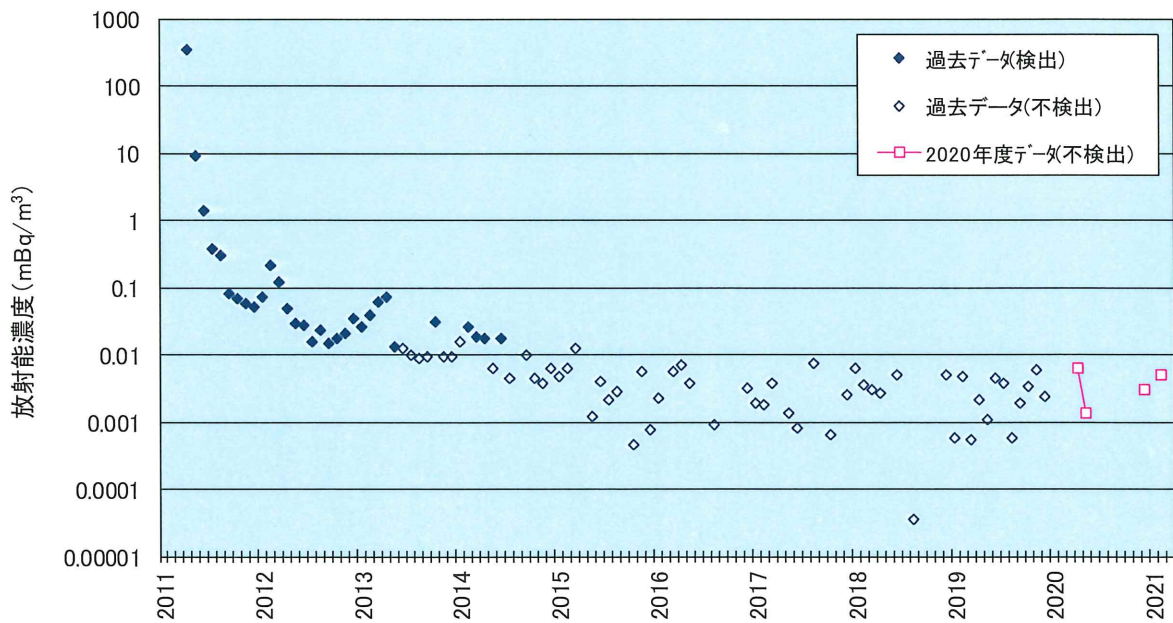


図2-2-2 大気浮遊じん中の<sup>134</sup>Cs濃度

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

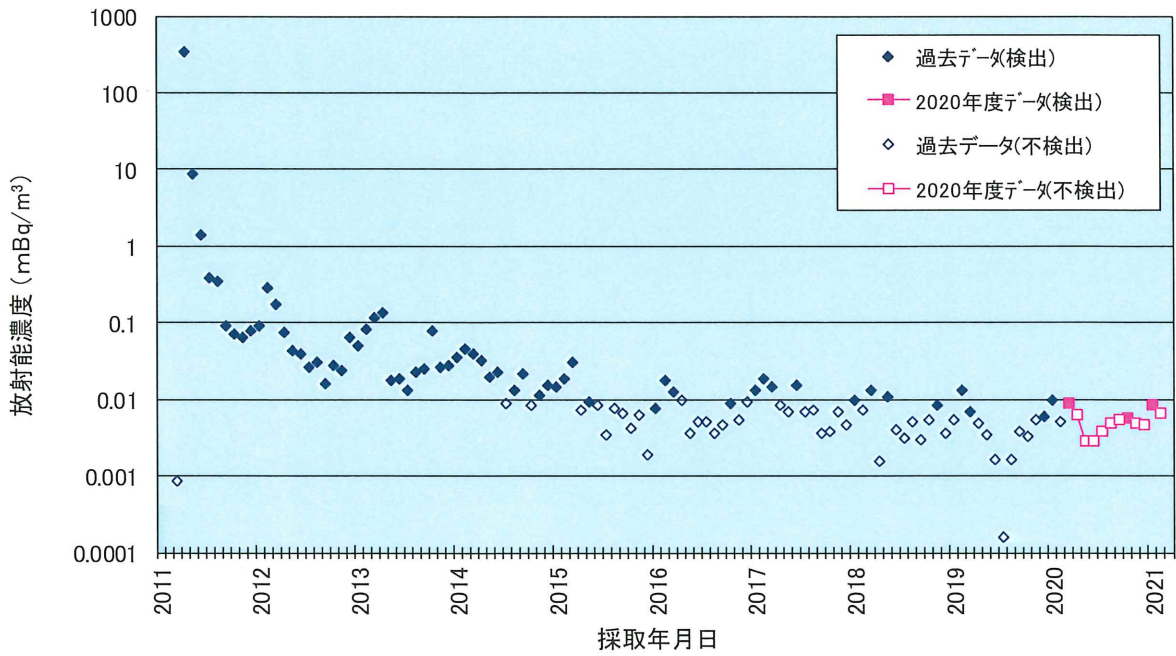


図2-2-3 大気浮遊じん中の<sup>137</sup>Cs濃度

注) <sup>137</sup>Cs 濃度の結果は不検出のものを含む

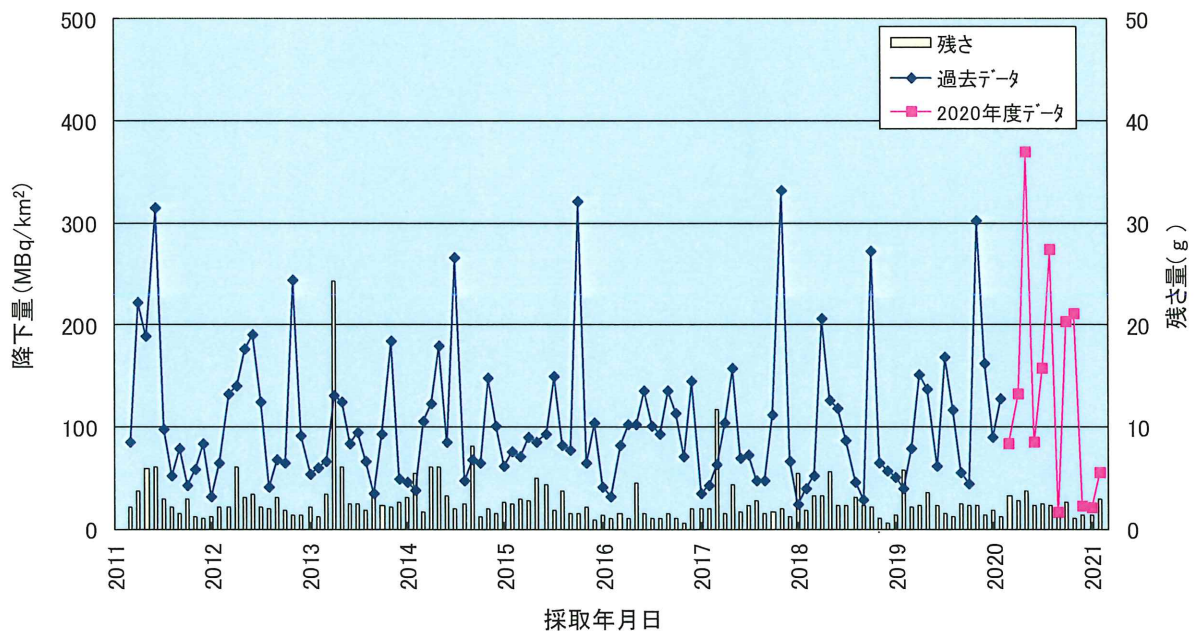


図2-2-4 降下物中の<sup>7</sup>Be降下量

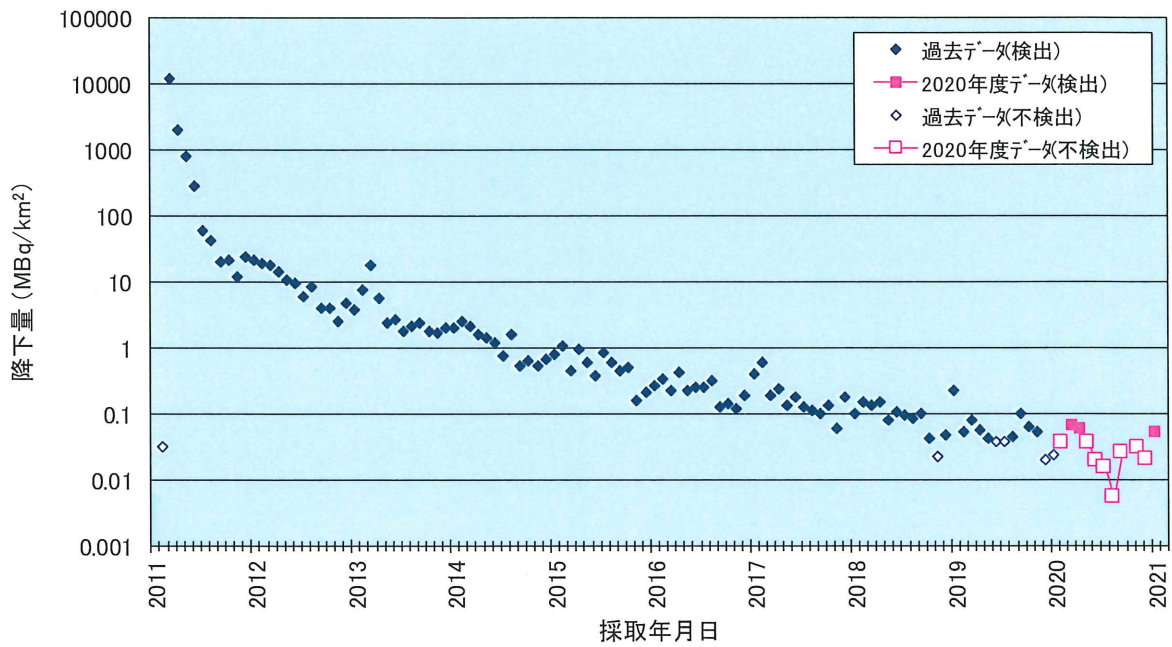


図2-2-5 降下物中の<sup>134</sup>Cs降下量

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

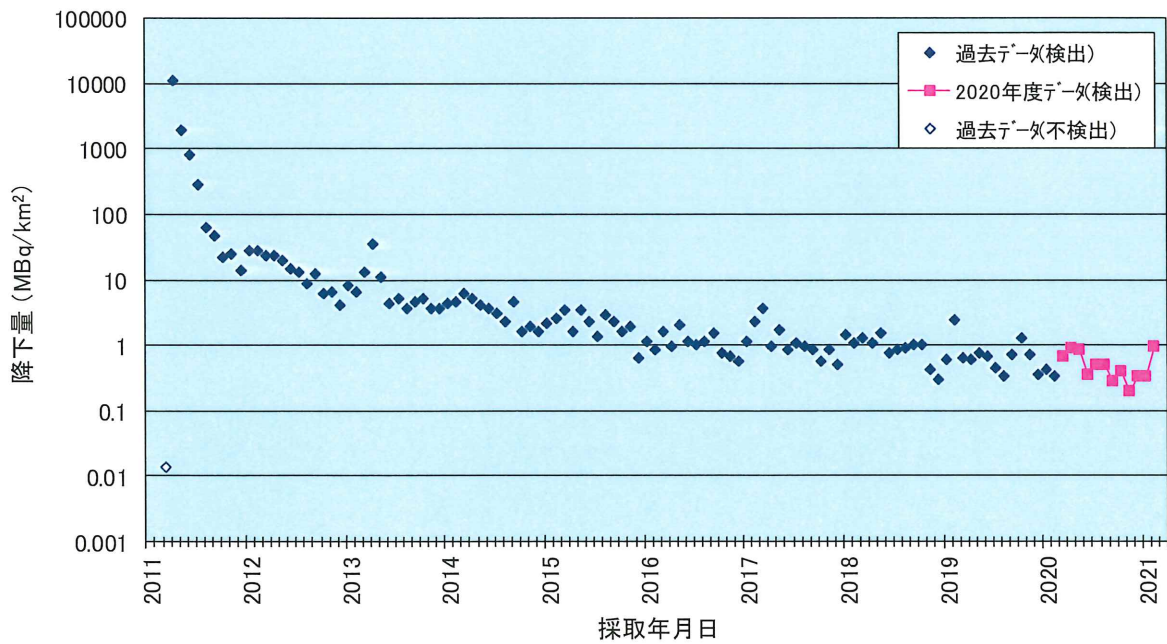


図2-2-6 降下物中の<sup>137</sup>Cs降下量

注) <sup>137</sup>Cs 濃度の結果は不検出のものを含む



## 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、超低レベル放射能の分析・測定を行った。

### (2) 試料の採取

大容量エアサンプラ (SENYA 製 SNOW WHITE ; 図 2-2-7 参照) にガラス繊維ろ紙 (570 mm × 460 mm) を装着して、680 m<sup>3</sup>/h の流量で約 3.5 日間の約 57,000 m<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 (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) で成型して、プラスチック製測定容器 (U8) に入れ測定試料とした。

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



図 2-2-7 大容量エアサンプラ



図 2-2-8 捕集後の大気浮遊じん



図 2-2-9 測定試料成型用のプレス機

(3) 試料の測定

試料の測定については、放射能測定法シリーズ 7「ゲルマニウム半導体検出器によるγ線スペクトロメトリー」(平成4年改訂及び令和2年9月改訂)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、<sup>222</sup>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70,000秒間以上(2019年4月8日採取分より160,000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。

(4) 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:μBq/m<sup>3</sup>(<sup>7</sup>BeはmBq/m<sup>3</sup>)

核種	平均値※、 最小値、最大値	2016～2019年度	2020年度 (2020年2月3日～2021年2月1日)
		<sup>7</sup> Be	平均値 4.4 最小値～最大値 0.72 ～ 11
<sup>134</sup> Cs	平均値 1.2 最小値～最大値 ND ～ 5.7	平均値 0.54 最小値～最大値 ND ～ 0.93	
<sup>137</sup> Cs	平均値 5.9 最小値～最大値 1.5 ～ 40	平均値 4.2 最小値～最大値 0.93 ～ 20	

※ 検出された値のみを用いて平均値を算出した。

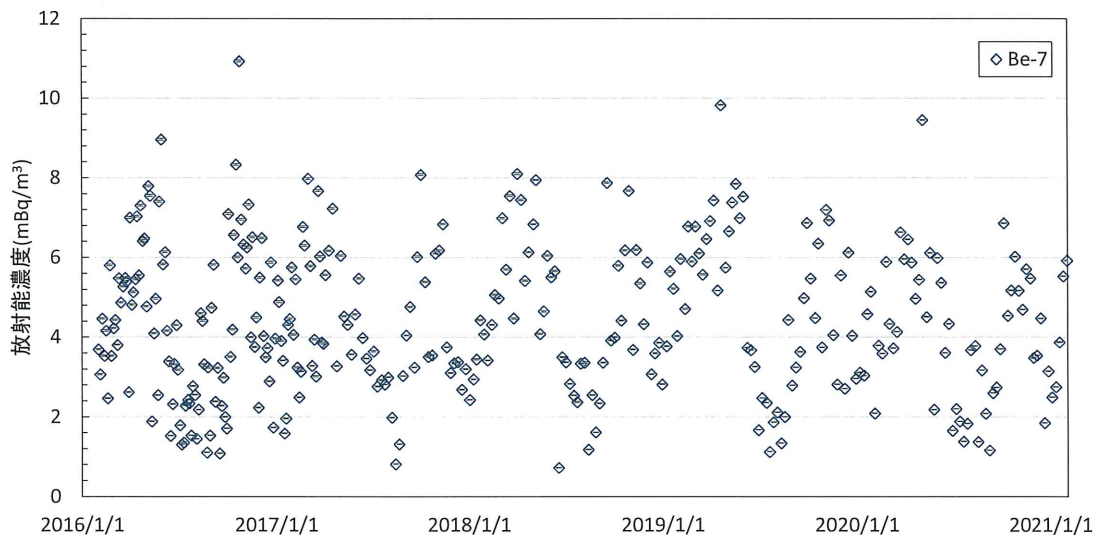


図2-2-10 大気浮遊じん中の<sup>7</sup>Be濃度

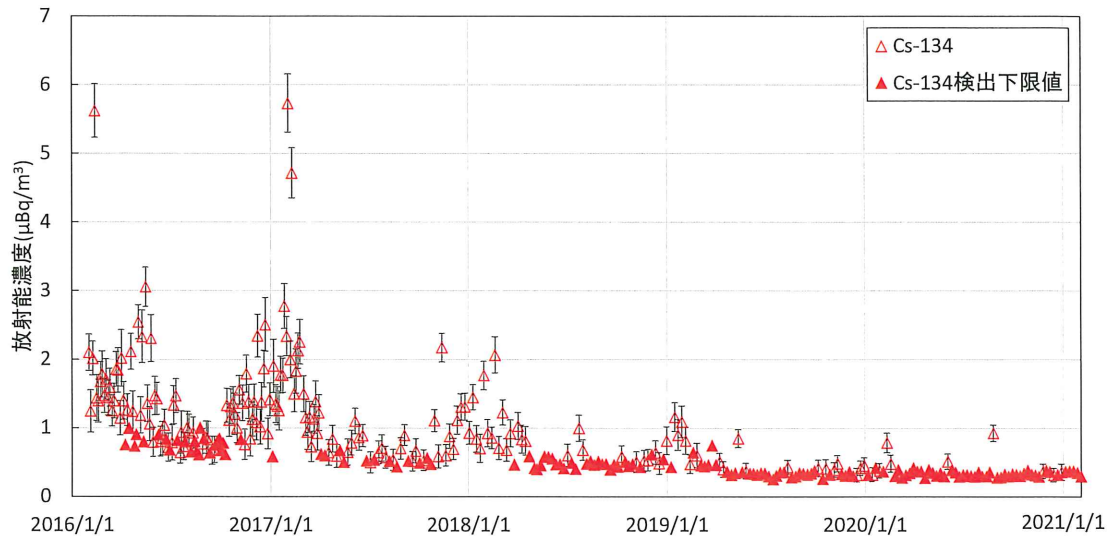


図 2-2-11 大気浮遊じん中の<sup>134</sup>Cs 濃度

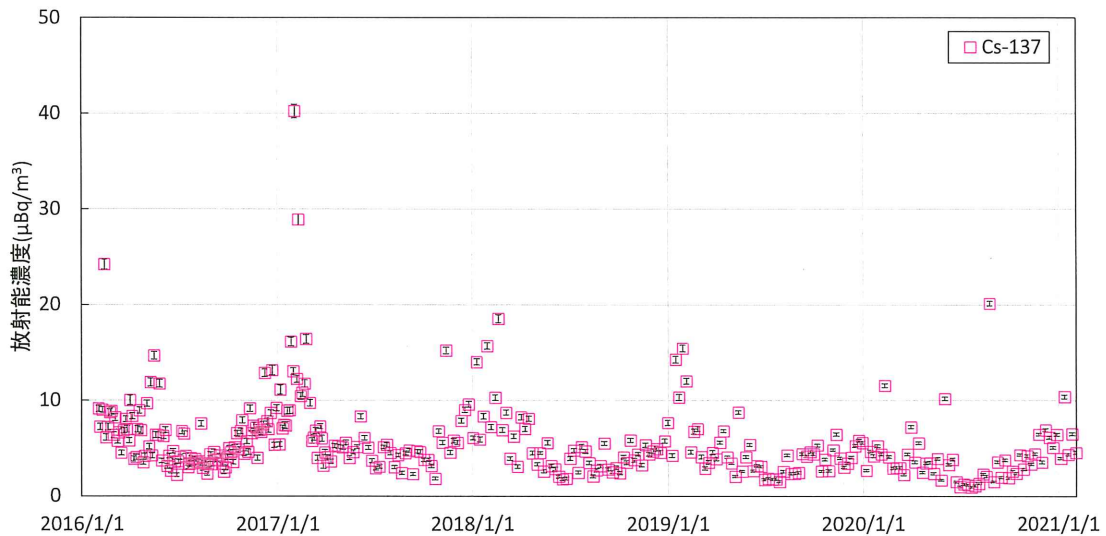


図 2-2-12 大気浮遊じん中の<sup>137</sup>Cs 濃度

大容量エアサンプラによる大気浮遊じん中の<sup>7</sup>Be 濃度は、1.2～9.5 mBq/m<sup>3</sup>、<sup>134</sup>Cs 濃度は ND～0.93 μBq/m<sup>3</sup>、<sup>137</sup>Cs 濃度は 0.93～20 μBq/m<sup>3</sup>であった。

表 2-2-1 に示したロウポリウム・エアサンプラによる大気浮遊じんの調査結果と比較すると、ほぼ同濃度程度の調査結果であったが、捕集期間が 1 週間と時間分解能に優れているため、短期的な変動を把握することが可能となり、結果として濃度の変動幅が広がっている。特にロウポリウム・エアサンプラによる調査結果は、<sup>134</sup>Cs が 2014 年 6 月以降不検出、<sup>137</sup>Cs も 2020 年度の大半の試料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、<sup>134</sup>Cs が一部の試料から検出され、<sup>137</sup>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 40 倍程度増やしたこと等により検出下限値が 10 分の 1 程度下がり、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。

2020 年度の調査結果において、 $^{134}\text{Cs}$  濃度及び  $^{137}\text{Cs}$  濃度の最大値はそれぞれ  $0.93 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$  及び  $20 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$  であった。採取期間は 2020 年 8 月 17～24 日であり、過去の同時期における調査結果と比較すると高い放射性 Cs 濃度が検出された。そこで、 $^{137}\text{Cs}$  量と浮遊じん量の相関及び流跡線解析を行うことで原因を調査した。

2020 年度調査結果における浮遊じん量と  $^{137}\text{Cs}$  量の相関図を図 2-2-13 に示す。 $^{137}\text{Cs}$  放射能の補正基準日は 2021 年 2 月 1 日とした。

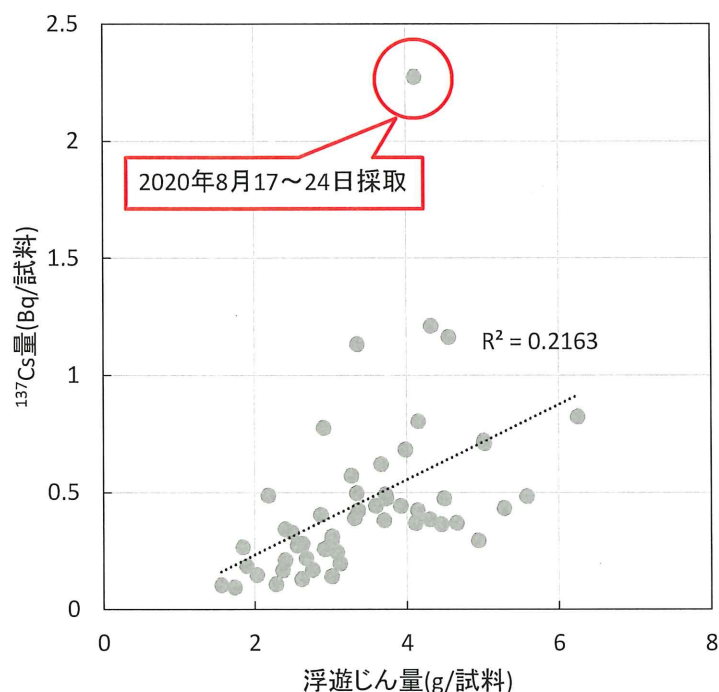


図 2-2-13 2020 年度調査結果における浮遊じん量と  $^{137}\text{Cs}$  量の相関図

浮遊じん量と  $^{137}\text{Cs}$  量に相関は見られなかったが ( $R^2=0.2163$ )、高い  $^{137}\text{Cs}$  濃度が検出された試料は他の試料と比較して異なる傾向が見られた。当該試料は浮遊じん量あたりの  $^{137}\text{Cs}$  量が他の試料と比較して多いことから、 $^{137}\text{Cs}$  を多く含む浮遊じんが捕集されたことがわかった。

高い  $^{137}\text{Cs}$  濃度が検出された期間 (2020 年 8 月 17 日～24 日) における、千葉市 (日本分析センター：北緯 35.66、東経 140.14) を起点とした気塊の 24 時間の後方流跡線解析<sup>1)</sup>を図 2-2-14 に示す。高度は大容量エアサンプラのフィルター設置高さ (約 1 m) に設定し、それぞれの線は 3 時間ごとの軌跡を示している。



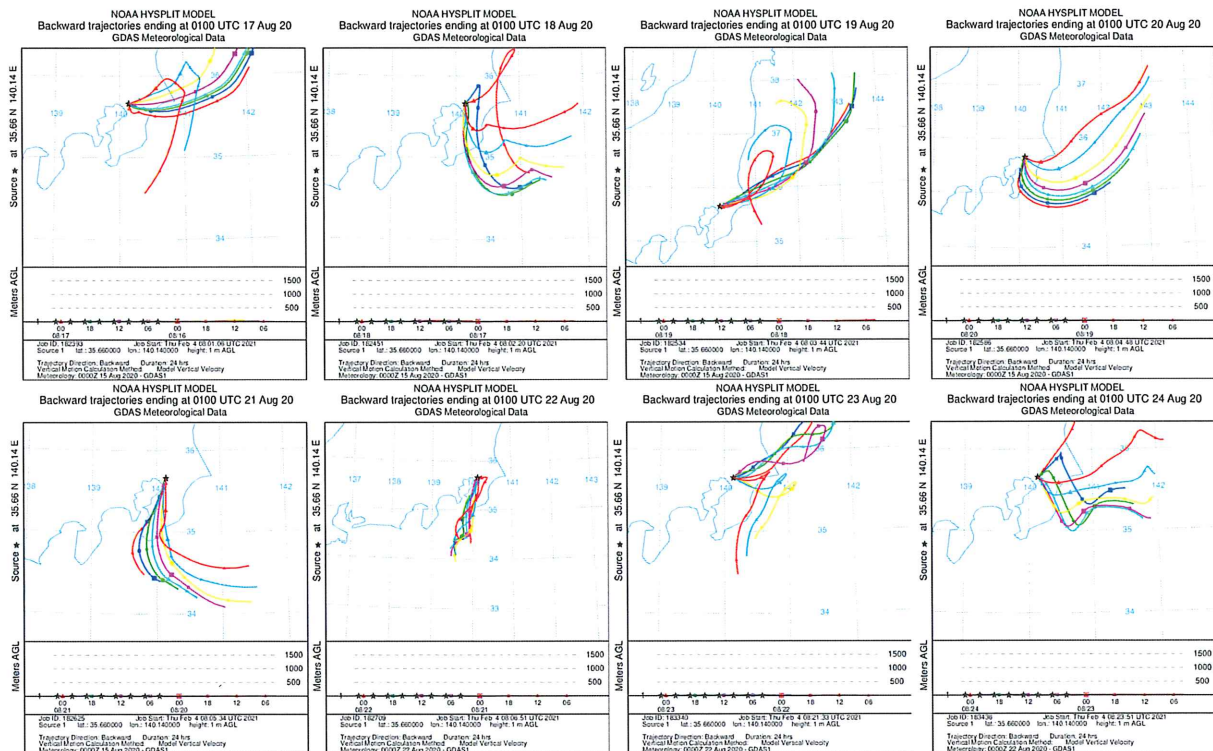


図2-2-14 後方流跡線解析結果 (2020年8月17日~24日)

後方流跡線解析により過去24時間遡った結果、海域を通過する気塊が多く見られたが、陸域を通過する気塊はあまり見られず、 $^{137}\text{Cs}$ を多く含む浮遊じんの起源を特定するには至らなかった。

1) NOAA, “HYSPLIT Trajectory Model”, [https://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT\\_disp.php](https://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT_disp.php)

### 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	2015年度～2019年度
全体	$^{137}\text{Cs}$	ND ～ 1.4	ND ～ 1.2
	$^{40}\text{K}$	140 ～ 510	150 ～ 540
	$^{134}\text{Cs}$	ND	ND ～ 0.34
ドライミルク	$^{137}\text{Cs}$	ND ～ 0.12	ND ～ 0.32
	$^{40}\text{K}$	140 ～ 230	150 ～ 240
	$^{134}\text{Cs}$	ND	ND
スキムミルク	$^{137}\text{Cs}$	0.52 ～ 1.4	0.41 ～ 1.2
	$^{40}\text{K}$	490 ～ 510	410 ～ 540
	$^{134}\text{Cs}$	ND	ND ～ 0.34

#### (4) まとめ

2020年度に購入した粉乳及び脱脂粉乳の $^{137}\text{Cs}$ 濃度は2015年度～2019年度に購入した同一製品の測定結果と同程度であった。 $^{134}\text{Cs}$ は、全ての試料で不検出であった。

## 2.3 トリチウム分析

### 2.3.1 月間降水中のトリチウム分析

#### (1) 概要

国内4か所（青森県、福島県、千葉県及び京都府）に設置した降水採取装置を用いて、放射能測定法シリーズ16「環境試料採取法」（昭和58年）に準じて1ヶ月毎に降水を採取した。採取場所の詳細を表2-3-1に示す。

分析は、放射能測定法シリーズ9「トリチウム分析法」（平成14年改訂）の電解濃縮法に準じて行った。採取した試料を分取し、過マンガン酸カリウム及び過酸化ナトリウムを添加して蒸留を行った。留出液を分取し、過酸化ナトリウムを加えた後、電解セルに入れ電気分解した。電気分解終了後、再び蒸留を行い、留出液と乳化シンチレータを混合し、低バックグラウンド液体シンチレーションカウンタによりトリチウム濃度を定量した。

採取した試料が少ない場合（0.6 L以下）は、過マンガン酸カリウム及び過酸化ナトリウムを添加して蒸留を行い、留出液と乳化シンチレータを混合し、低バックグラウンド液体シンチレーションカウンタによりトリチウム濃度を定量した。

表 2-3-1 月間降水の採取場所

場所	機関	採取器直径 [mm]
青森県 むつ市	日本分析センター むつ分析科学研究所	213
福島県 福島市	福島県環境創造センター 福島支所	213
千葉県 千葉市	日本分析センター 千葉本部	200
京都府 京都市	京都府保健環境研究所	213

#### (2) 結果と考察

2020年2月から2021年1月における月間降水中のトリチウム分析結果を表2-3-2に示す。

むつ市の月間降水中のトリチウム濃度及び降下量を図2-3-1に、福島市の月間降水中のトリチウム濃度及び降下量を図2-3-2に、千葉市の月間降水中のトリチウム濃度及び降下量を図2-3-3に、京都市の月間降水中のトリチウム濃度及び降下量を図2-3-4に示す。

表 2-3-2 月間降水中のトリチウム分析結果

調査地点	放射能濃度 (Bq/L)	過去5年間の放射能濃度 (Bq/L)	月間降下量** (Bq/m <sup>2</sup> )	過去5年間の月間降下量 (Bq/m <sup>2</sup> )
むつ市	0.35 - 0.88	0.15 - 1.2*	31 - 98	6.2 - 120
福島市	0.20 - 0.72	0.08 - 0.97*	4.1 - 160	3.6 - 120
千葉市	0.20 - 0.56	0.09 - 0.63	3.4 - 84	3.6 - 120
京都市	0.26 - 0.62	0.13 - 0.73*	6.3 - 110	6.5 - 95

\* むつ市と福島市については50ヵ月分、京都市については26ヵ月分

\*\* 単位面積当たりのトリチウム量

福島市 2020年11月分、千葉市 2020年11月分、12月分は蒸留法で分析

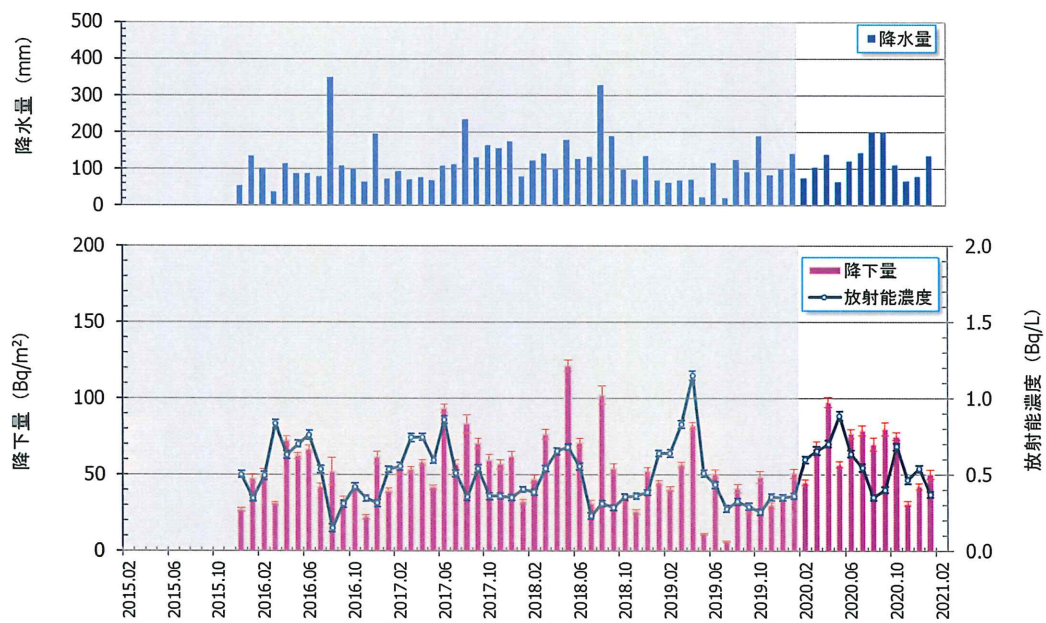


図 2-3-1 月間降水中のトリチウム濃度及び降下量 (むつ市)

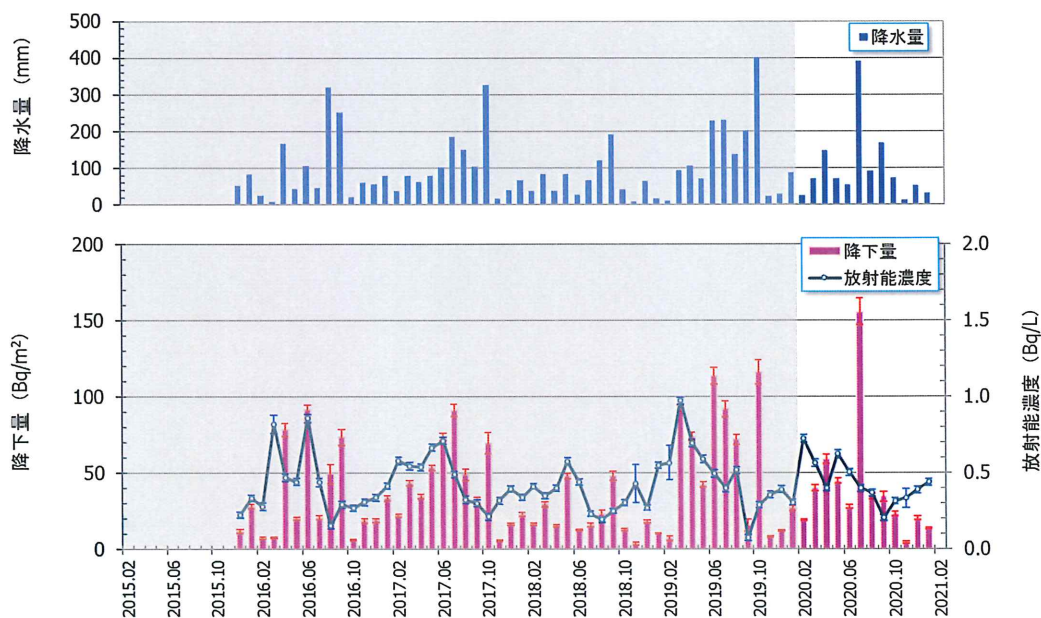


図 2-3-2 月間降水中のトリチウム濃度及び降下量（福島市）

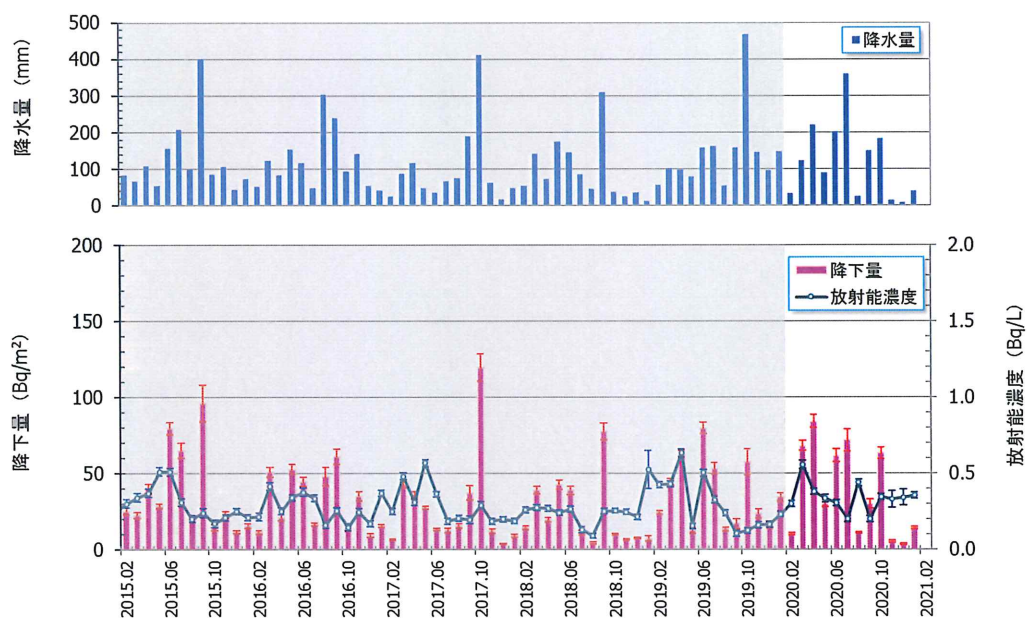


図 2-3-3 月間降水中のトリチウム濃度及び降下量（千葉市）



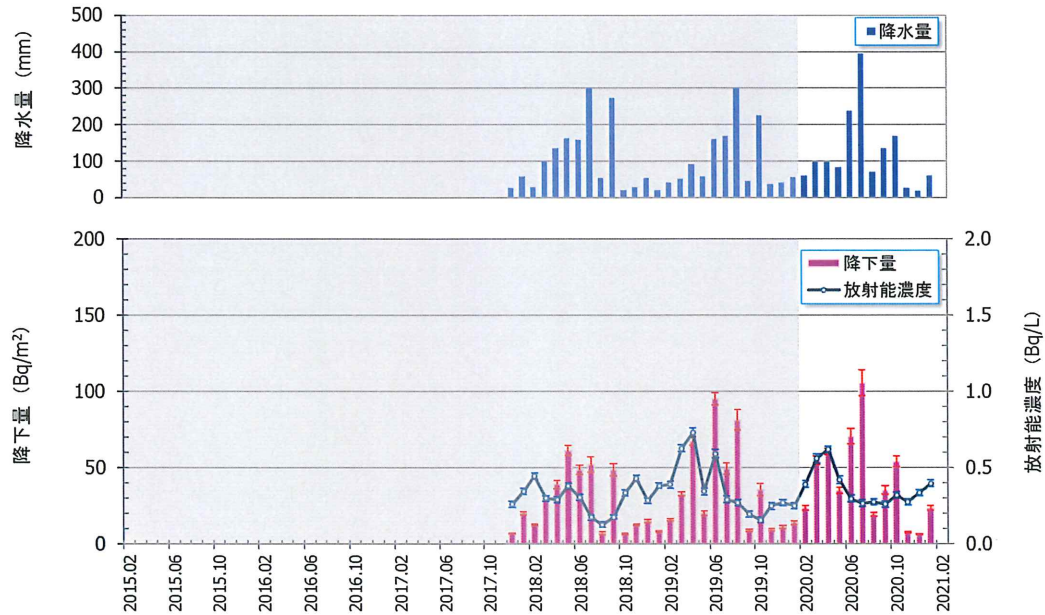


図 2-3-4 月間降水中のトリチウム濃度及び降下量（京都市）

トリチウム放射能濃度について、すべての地点で採取された月間降水は過去 5 年（むつ市と福島市については過去 4 年、京都市については過去 2 年）の範囲内であった。また、月間降下量については、むつ市及び千葉市ではそれぞれ過去 4 年及び過去 5 年の範囲内であり、福島市及び京都市ではどちらも 7 月分で過去 4 年及び過去 2 年の範囲を上回った（表 2-3-3 参照）が、降水量の多さに起因していると考えられた。月間降下量が高くなる要因として、「降水のトリチウム濃度が（比較的）高い、降水量が多い」ことがあげられ、春先や降水量の多い時期に高くなる傾向を示すと考えられる。

表 2-3-3 福島市、京都市の降水中のトリチウム放射能濃度と降下量

福島市				
月間降水	採水期間	採水量 (L)	放射能濃度 (Bq/L)	月間降下量 (Bq/m <sup>2</sup> )
2020年7月分	2020/7/1 - 2020/8/3	13.92	0.40 ± 0.022	160 ± 8.7
その他の月*	—	0.44 ~ 6.01	0.20 ~ 0.72	4.1 ~ 59

\* 2020年11月分は蒸留法で分析

京都市				
月間降水	採水期間	採水量 (L)	放射能濃度 (Bq/L)	月間降下量 (Bq/m <sup>2</sup> )
2020年7月分	2020/7/1 - 2020/8/3	14.07	0.27 ± 0.022	110 ± 8.6
その他の月	—	0.67 ~ 8.45	0.26 ~ 0.62	6.3 ~ 71

むつ市及び福島市については2015年12月より、京都市については2017年12月より採取を開始したため、まだデータ数が十分ではない。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。

トリチウムは原子力施設などからの放出に加え、宇宙線により生成する天然の放射性核種であるので、同じく宇宙線で生成するBe-7と比較すると良い相関があることが分かった。太陽活動が極小期に近づくと、成層圏におけるトリチウムやBe-7の生成量は増えると考えられることから、成層圏からの輸送を含む上層大気の影響が可能性として考えられる（太陽活動周期は2019年末頃に極小期を迎え、現在は新たなサイクルに入っている）。

2015年度から2020年度までの千葉市における降水中のBe-7及びトリチウム降下量比較図を図2-3-5に、Be-7及びトリチウム降下量相関図を図2-3-6に示す。

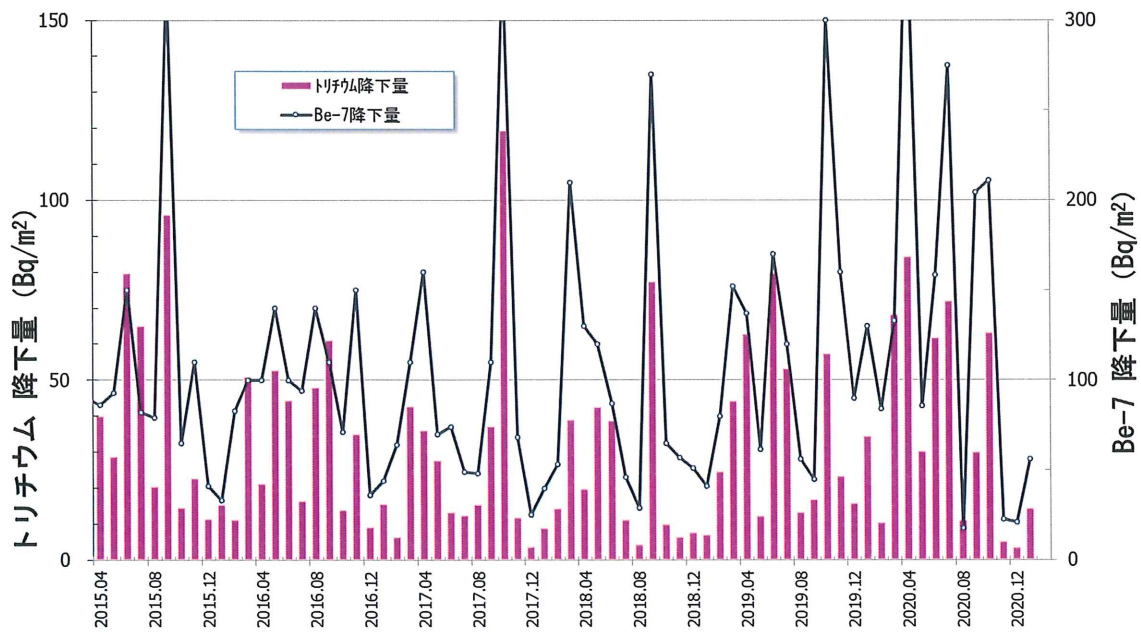


図 2-3-5 千葉市における降水中の Be-7 及びトリチウム降下量比較図

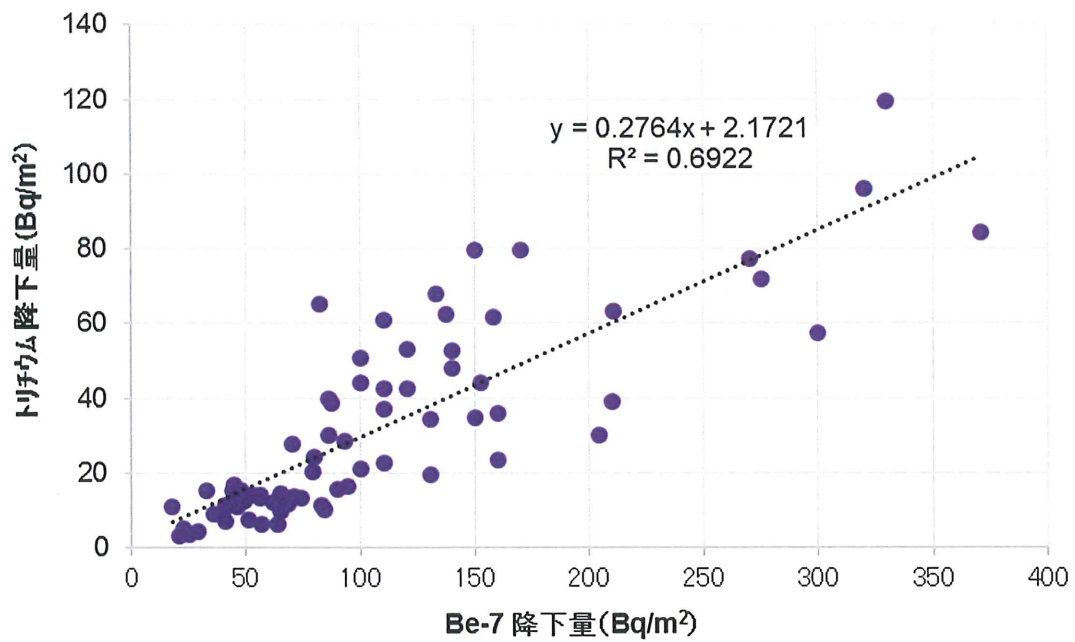


図 2-3-6 千葉市における降水中の Be-7 及びトリチウム降下量相関図



## 2.3.2 生物試料中のトリチウム分析

### (1) 概要

国内3地域（北海道、秋田県及び千葉県）において、海藻、野菜及び精米をそれぞれ1試料ずつ採取し、組織自由水及び非交換型有機結合型トリチウムについて分析を行った。有機結合型トリチウムのうち、非交換型は交換型に比べると体内に摂取されてからの生物学的代謝速度が遅く、線量への寄与が大きいいため、線量評価上で重要である。

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

### (2) 結果と考察

2020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った。今年度から測定時間を変更したことで検出された試料数が増加した。

表 2-3-4 生物試料中のトリチウム分析結果

		(Bq/L)			
試料名	採取地点	TFWT		OBT	
コンブ	北海道	<	0.3	<	0.3
アカモク	秋田	<	0.3	<	0.3
アラメ	千葉	<	0.3	<	0.3
キャベツ	北海道	0.47	± 0.088	0.27	± 0.073
	秋田	<	0.3	<	0.3
	千葉	0.35	± 0.078	0.35	± 0.086
精米	北海道	0.50	± 0.089	0.37	± 0.076
	秋田	0.37	± 0.088	0.36	± 0.088
	千葉	<	0.3	<	0.3

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

## 2.4 ストロンチウム 90 分析

### (1) 概要

2019 年度に自治体の環境センター等が採取し、所定の前処理を施した後に分析センターが送付を受けた環境試料（大気浮遊じん、降下物、陸水、土壌、海水、海底土及び各種食品試料）及び分析センターが採取した大気浮遊じん、降下物試料並びに分析センターが購入した粉乳試料の  $^{90}\text{Sr}$  の分析結果を以下にまとめた。また、2020 年度に分析した環境試料（2020 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

放射能測定法シリーズ 2「放射性ストロンチウム分析法」（平成 15 年改訂）に準じた方法で行った。

### (2) 結果と考察

各種試料中の  $^{90}\text{Sr}$  放射能濃度の平均値\*及び最小\*、最大値を以下に示す。

なお、n は参考データを除いた分析試料数である。

また、試料毎の過去 30 年の経年変化を図 2-4-1 に示す。

#### 1) 大気浮遊じん

自治体で四半期毎に採取した試料及び分析センターで月 1 回採取した試料

$^{90}\text{Sr}$  : 0.00047 ( 0 ~ 0.0039 ) mBq/m<sup>3</sup> n=200

#### 2) 降下物

自治体及び分析センターにおける月間降下物

$^{90}\text{Sr}$  : 0.012 ( 0 ~ 0.041 ) MBq/km<sup>2</sup> n=576

#### 3) 陸水

自治体で年 1 回採取した上水（源水、蛇口水）及び淡水

上水

$^{90}\text{Sr}$  : 0.77 ( 0 ~ 1.7 ) mBq/L n= 57

淡水

$^{90}\text{Sr}$  : 0.97 ( 0 ~ 1.9 ) mBq/L n= 10

#### 4) 土壌

自治体で年 1~2 回採取した試料（深さ 0~5 cm、5~20 cm の 2 種類）

0 ~ 5 cm

$^{90}\text{Sr}$  : 36 ( 0 ~ 150 ) MBq/km<sup>2</sup> n= 49

1.1 ( 0 ~ 10 ) Bq/kg 乾土

\*  $^{90}\text{Sr}$  放射能濃度がマイナスの場合、ゼロとして平均値を算出した。また、そのゼロを最小値とした。

	5 ~20 cm					
		<sup>90</sup> Sr	: 94 ( 0 ~ 390 )	MBq/km <sup>2</sup>	n= 49	
			0.93 ( 0 ~ 4.7 )	Bq/kg 乾土		
5)	精 米					
	自治体で年 1 回採取した試料					
		<sup>90</sup> Sr	: 0.0048 ( 0 ~ 0.013 )	Bq/kg 生	n= 31	
			0.11 ( 0 ~ 0.33 )	Bq/gCa		
6)	野 菜 類					
	自治体で年 1~2 回採取した試料 (根菜類、葉菜類)					
	根菜類 (主にダイコン)					
		<sup>90</sup> Sr	: 0.032 ( 0 ~ 0.10 )	Bq/kg 生	n= 40	
			0.16 ( 0 ~ 0.57 )	Bq/gCa		
	葉菜類 (主にホウレンソウ)					
		<sup>90</sup> Sr	: 0.033 ( 0.0020~ 0.16 )	Bq/kg 生	n= 40	
			0.054 ( 0.0042~ 0.21 )	Bq/gCa		
7)	茶					
	自治体で年 1~2 回採取した試料					
		<sup>90</sup> Sr	: 0.19 ( 0.0082 ~ 0.61 )	Bq/kg	n= 20	
			0.11 ( 0.014 ~ 0.99 )	Bq/gCa		
8)	牛乳 (原乳)					
	自治体で年 1~3 回採取した試料					
		<sup>90</sup> Sr	: 0.010 ( 0 ~ 0.025 )	Bq/L	n= 38	
			0.0086 ( 0 ~ 0.022 )	Bq/gCa		
9)	粉 乳					
	分析センターが年 2 回購入した試料					
		<sup>90</sup> Sr	: 0.060 ( 0.0082~ 0.18 )	Bq/kg 粉乳	n= 12	
			0.0067 ( 0.0020~ 0.015 )	Bq/gCa		
10)	淡水産生物					
	自治体で年 1 回採取した試料					
		<sup>90</sup> Sr	: 0.035 ( 0 ~ 0.18 )	Bq/kg 生	n= 8	
			0.026 ( 0 ~ 0.069 )	Bq/gCa		
11)	海 水					
	自治体で年 1~2 回採取した試料					
		<sup>90</sup> Sr:	0.83 ( 0.62 ~ 1.0 )	mBq/L	n= 15	
12)	海 底 土					
	自治体で年 1~2 回採取した試料					
		<sup>90</sup> Sr	: 0.070 ( 0.0063 ~ 0.14 )	Bq/kg 乾土	n= 15	
13)	海産生物					
	自治体で年 1~2 回採取した試料 (魚類、貝類、藻類)					
	魚 類					
		<sup>90</sup> Sr	: 0.0044 ( 0 ~ 0.013 )	Bq/kg 生	n= 22	
			0.0085 ( 0 ~ 0.063 )	Bq/gCa		

## 貝 類

$^{90}\text{Sr}$  : 0.0056 ( 0 ~ 0.019 ) Bq/kg 生 n= 12  
 0.0078 ( 0 ~ 0.038 ) Bq/gCa

## 藻 類

$^{90}\text{Sr}$  : 0.012 ( 0 ~ 0.034 ) Bq/kg 生 n= 12  
 0.012 ( 0 ~ 0.025 ) Bq/gCa

2019 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(2014 年度から 2018 年度まで)の調査結果とほぼ同程度であった。ただし、和歌山のダイコンを除く以下の試料では、過去 5 年間の最大値を超えたものの、過去 20 年間(1999 年度から 2018 年度まで)の変動の範囲内であった。和歌山のダイコンは過去 20 年間(1999 年度から 2018 年度まで)の変動の範囲外となったが、ダイコンを主とする根菜類の過去 20 年間(1999 年度から 2018 年度まで)における平均値の最大値(0.13 Bq/kg-生)と比較すると十分に低い値であった。

また、福島(双葉郡大熊町)の降下物試料が調査対象外となったこともあり、全ての分析結果には東京電力福島第一原子力発電所事故の影響は見られなかった。

県名	試料	$^{90}\text{Sr}$ 濃度	過去 5 年間の $^{90}\text{Sr}$ 変動の範囲	過去 20 年間の $^{90}\text{Sr}$ 変動の範囲	単位
静岡	蛇口水	0.41±0.081	ND~0.35	ND~0.76	mBq/L
奈良	蛇口水	0.96±0.11	0.52~0.87	0.52~2.4	mBq/L
長崎	蛇口水	0.78±0.10	0.64~0.77	0.59~1.5	mBq/L
栃木	土壌 0-5cm	10±0.30	4.7~6.8	2.3~30	Bq/kg
福井	土壌 0-5cm	0.62±0.10	0.22~0.33	ND~0.78	Bq/kg
広島	土壌 0-5cm	0.76±0.12	0.23~0.61	ND~0.83	Bq/kg
徳島	土壌 0-5cm	0.53±0.096	0.32~0.39	0.32~0.68	Bq/kg
高知	土壌 0-5cm	2.6±0.19	ND~2.1	ND~4.8	Bq/kg
福岡	土壌 0-5cm	2.6±0.19	1.7~2.3	1.7~5.3	Bq/kg
京都	土壌 5-20cm	0.44±0.086	ND~0.35	ND~1.1	Bq/kg
奈良	土壌 5-20cm	0.64±0.10	0.44~0.60	0.44~1.3	Bq/kg
高知	土壌 5-20cm	2.5±0.19	ND~2.4	ND~4.6	Bq/kg

県名	試料	$^{90}\text{Sr}$ 濃度	過去 5 年間の $^{90}\text{Sr}$ 変動の範囲	過去 20 年間の $^{90}\text{Sr}$ 変動の範囲	単位
福井	ダイコン	$0.041 \pm 0.0092$	ND~0.039	ND~0.12	Bq/kg-生
山梨	ダイコン	$0.048 \pm 0.010$	0.034~0.044	ND~0.18	Bq/kg-生
和歌山	ダイコン	$0.073 \pm 0.012$	ND~0.065	ND~0.065	Bq/kg-生
群馬	ホウレンソウ	$0.039 \pm 0.0088$	ND~0.035	ND~0.061	Bq/kg-生
佐賀	ホウレンソウ	$0.042 \pm 0.0094$	ND~0.041	ND~0.065	Bq/kg-生
鹿児島	海水	$0.95 \pm 0.14$	0.55~0.93	0.55~1.8	mBq/L

なお、福島県は、2019 年度の海産生物（魚類）を採取していない。

2020年度採取試料のうち、2020年度中に分析を行った各種試料中の<sup>90</sup>Sr濃度は、過去5年間(2015年度から2019年度まで)の調査結果とほぼ同程度であった。なお、鹿児島県の蛇口水は過去5年間の最大値を超えたものの、過去20年間(2000年度から2019年度まで)の変動の範囲内であった。東京の土壌は0-5cm、5-20cmともに過去5年間の最大値を超えたが、採取場所が新宿区から小平市に変更されており、その影響によるものと考えられる。

県名	試料	<sup>90</sup> Sr 濃度	過去5年間の <sup>90</sup> Sr 変動の範囲	過去20年間の <sup>90</sup> Sr 変動の範囲	単位
鹿児島	蛇口水	0.68±0.093	ND~0.46	ND~0.82	mBq/L
東京	土壌 0- 5 cm	0.91±0.12	0.25~0.55	ND~1.1	Bq/kg 乾土
東京	土壌 5-20 cm	1.1±0.13	ND~0.41	ND~1.0	Bq/kg 乾土

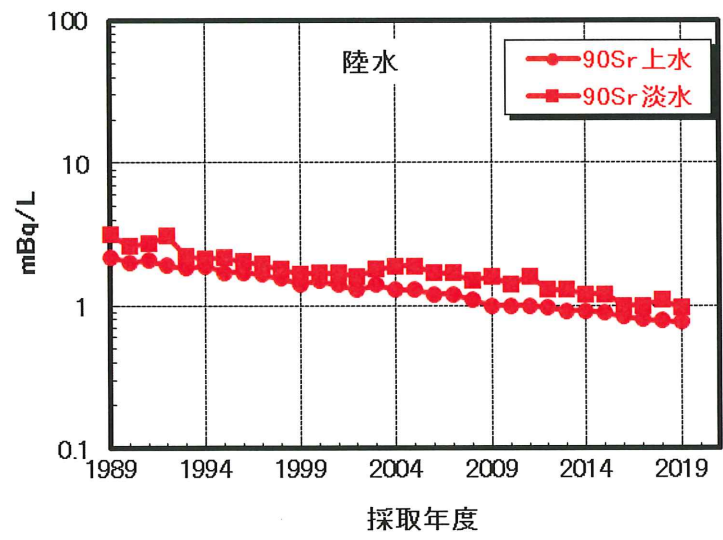
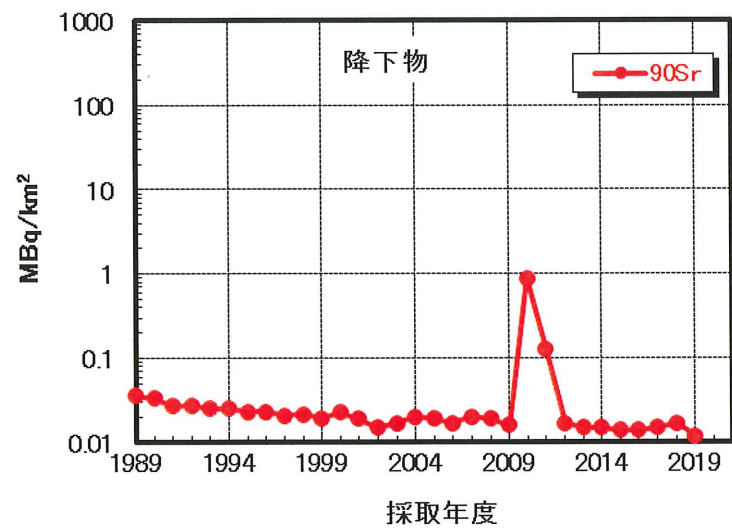
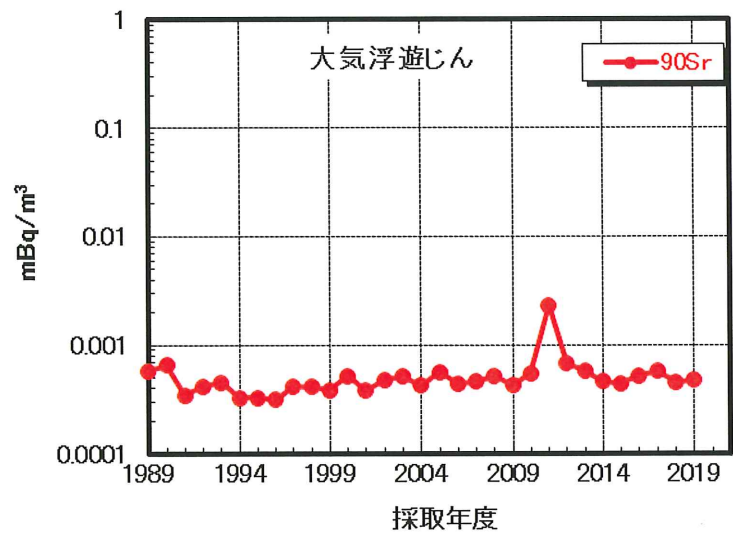


図 2-4-1 各種環境試料の <sup>90</sup>Sr 放射能濃度の経年変化

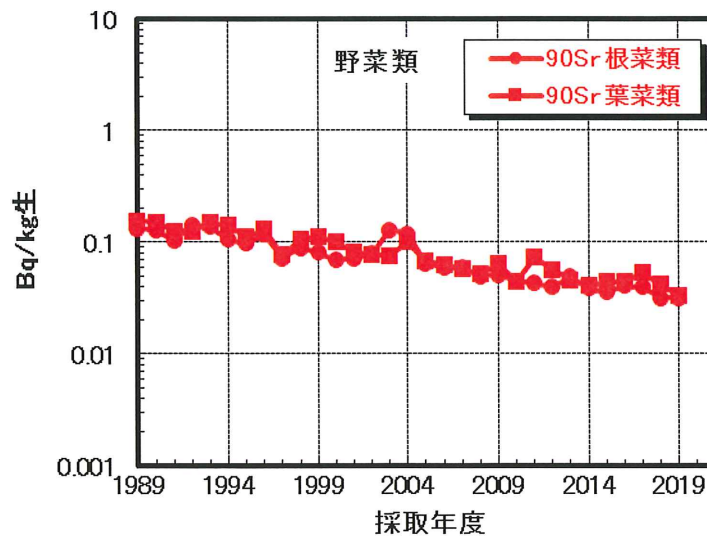
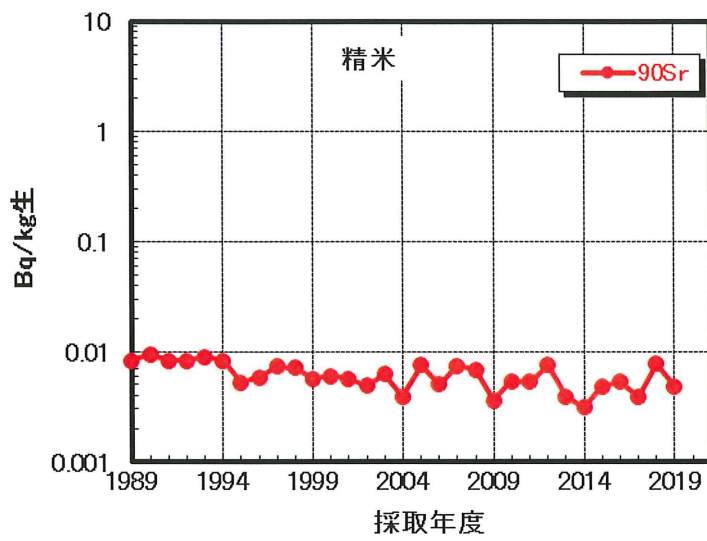
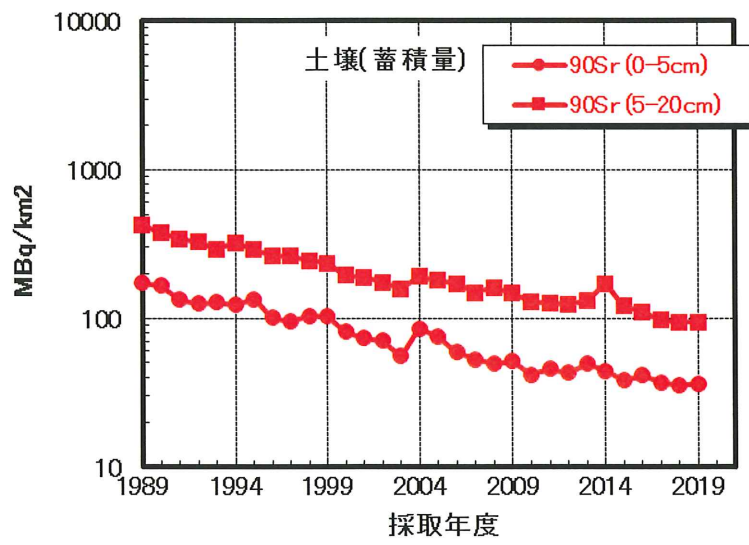


図 2-4-1 各種環境試料の <sup>90</sup>Sr 放射能濃度の経年変化 (つづき)



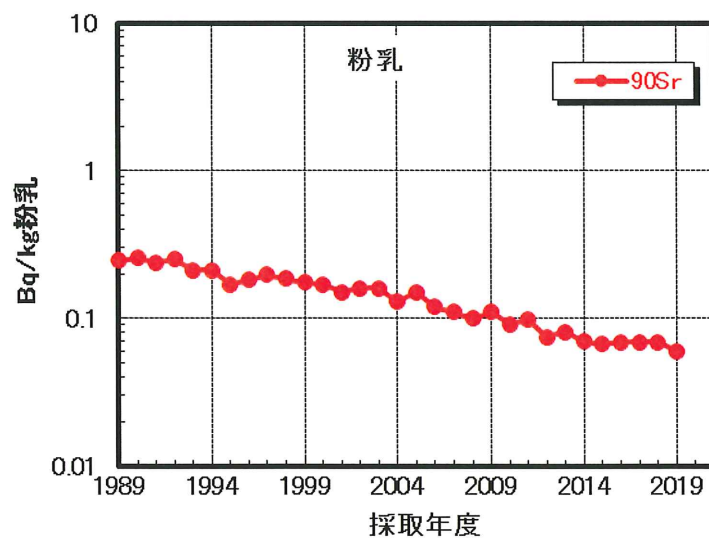
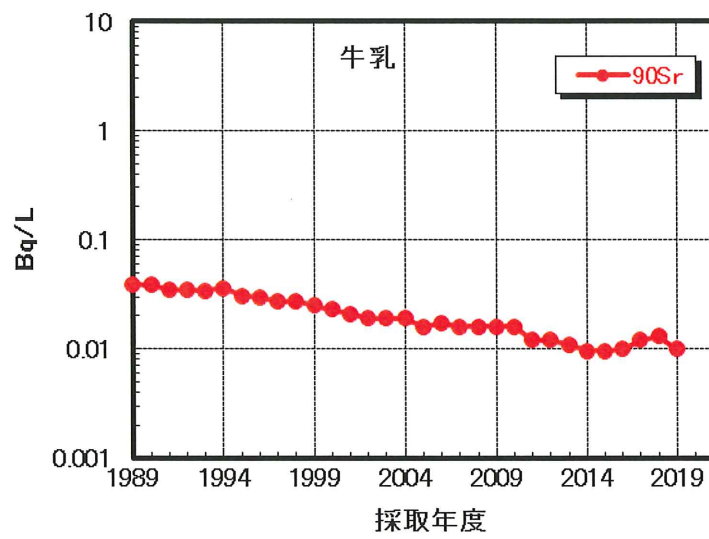
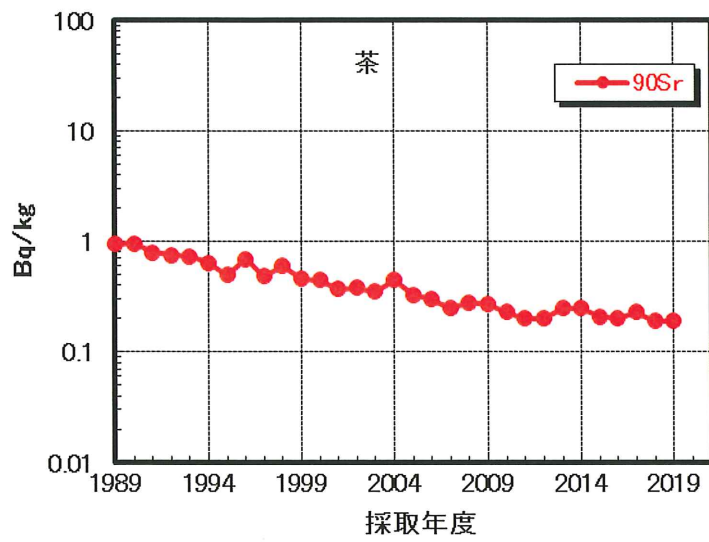


図 2-4-1 各種環境試料の<sup>90</sup>Sr 放射能濃度の経年変化 (つづき)

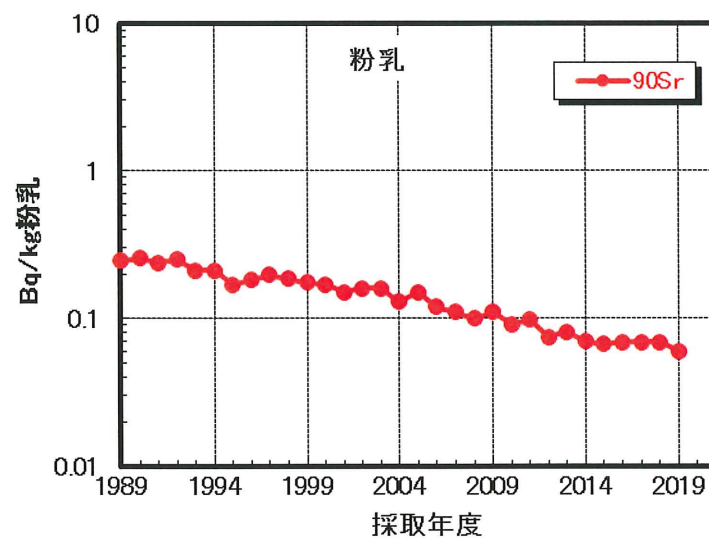
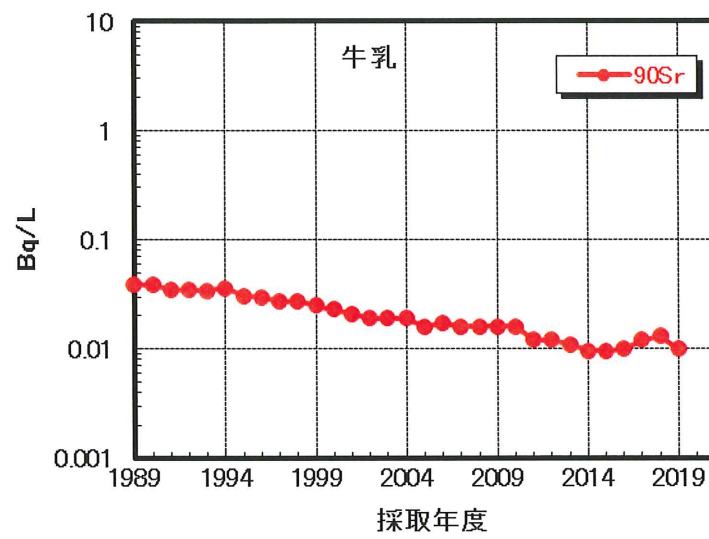
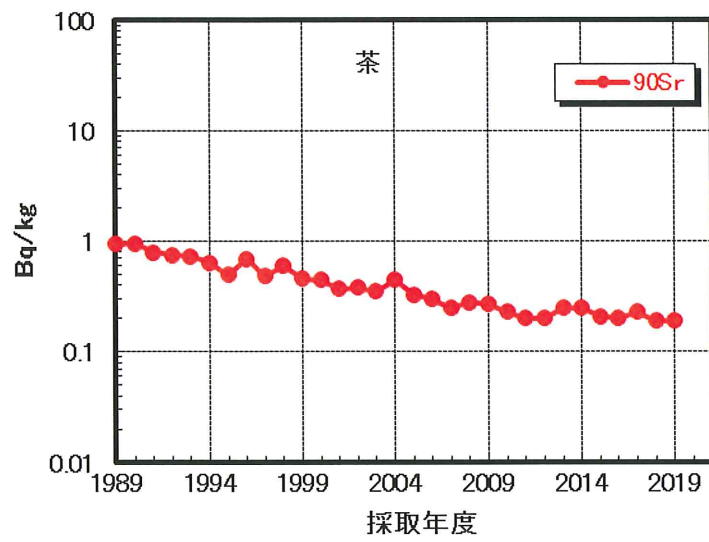


図 2-4-1 各種環境試料の  $^{90}\text{Sr}$  放射能濃度の経年変化 (つづき)

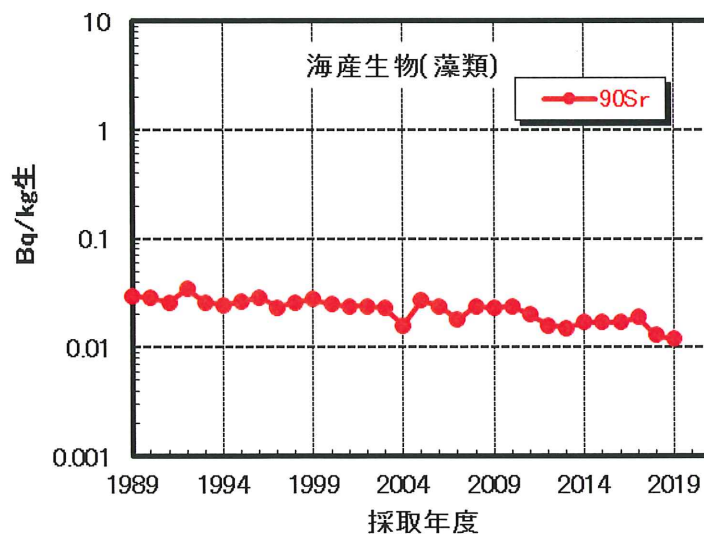
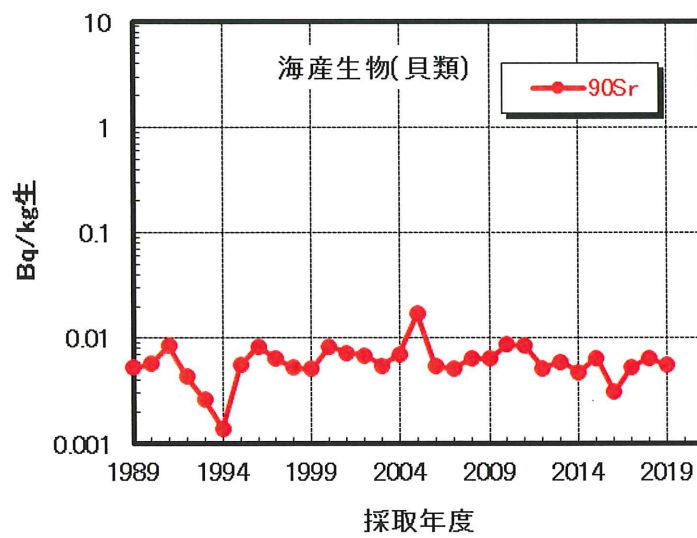
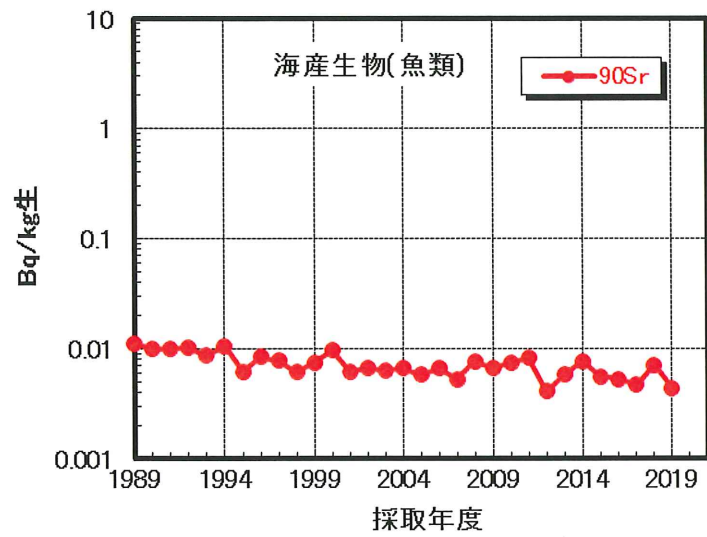


図 2-4-1 各種環境試料の  $^{90}\text{Sr}$  放射能濃度の経年変化 (つづき)

### (3) 大気浮遊じんの高感度分析

近年の大気浮遊じんの測定結果は  $^{90}\text{Sr}$  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、放射能測定法シリーズ 2「放射性ストロンチウム分析法」(平成 15 年改訂) に準じた方法で分析・測定を行った。結果を表 2-4-1 に示す。分析センターにおいて採取された大気浮遊じん中の  $^{90}\text{Sr}$  濃度は ND ( $0.000021 \pm 0.000022$ )  $\sim 0.00033 \pm 0.000037 \text{mBq/m}^3$  であった。分析した 12 試料のうち 7 試料で  $^{90}\text{Sr}$  が有意に検出されており、大容量エアサンプラによって大気浮遊じん中の  $^{90}\text{Sr}$  濃度をより正確に把握することができた。10 月分試料については、過去 4 年間 (2016 年度から 2019 年度) の経年変化と比較してやや高い値が得られたため、今後もデータを蓄積し、トレンドを注視していく。

表 2-4-1 大気浮遊じんの高感度分析(<sup>90</sup>Sr)結果

試料	採取開始日 採取終了日	吸引量 (m <sup>3</sup> )	<sup>90</sup> Sr	
			測定年月日	mBq/m <sup>3</sup>
2020年 1月分	2020. 1. 6 2020. 2. 3	402520.4	2021. 2. 24	0.00012 ± 0.000018
2020年 2月分	2020. 2. 3 2020. 3. 2	399706.9	2021. 2. 24	<0.00008
2020年 3月分	2020. 3. 2 2020. 4. 6	508676.6	2021. 2. 25	0.000060 ± 0.000014
2020年 4月分	2020. 4. 6 2020. 5. 4	406162.6	2021. 2. 25	0.000081 ± 0.000018
2020年 5月分	2020. 5. 4 2020. 6. 1	405382.1	2021. 2. 24	0.000087 ± 0.000027
2020年 6月分	2020. 6. 1 2020. 7. 6	510951.7	2021. 3. 11	<0.00004
2020年 7月分	2020. 7. 6 2020. 8. 3	386684.8	2021. 2. 25	<0.00007
2020年 8月分	2020. 8. 3 2020. 9. 7	513298.4	2021. 2. 25	<0.00006
2020年 9月分	2020. 9. 7 2020.10. 5	406158.9	2021. 2. 25	<0.00008
2020年 10月分	2020.10. 5 2020.11. 2	406101.5	2021. 2. 24	0.00033 ± 0.000037
2020年 11月分	2020.11. 2 2020.12. 7	505282.2	2021. 3. 11	0.000074 ± 0.000016
2020年 12月分	2020.12. 7 2021. 1. 4	404092.5	2021. 2. 24	0.00017 ± 0.000026

#### (4) 海水中の放射性セシウム

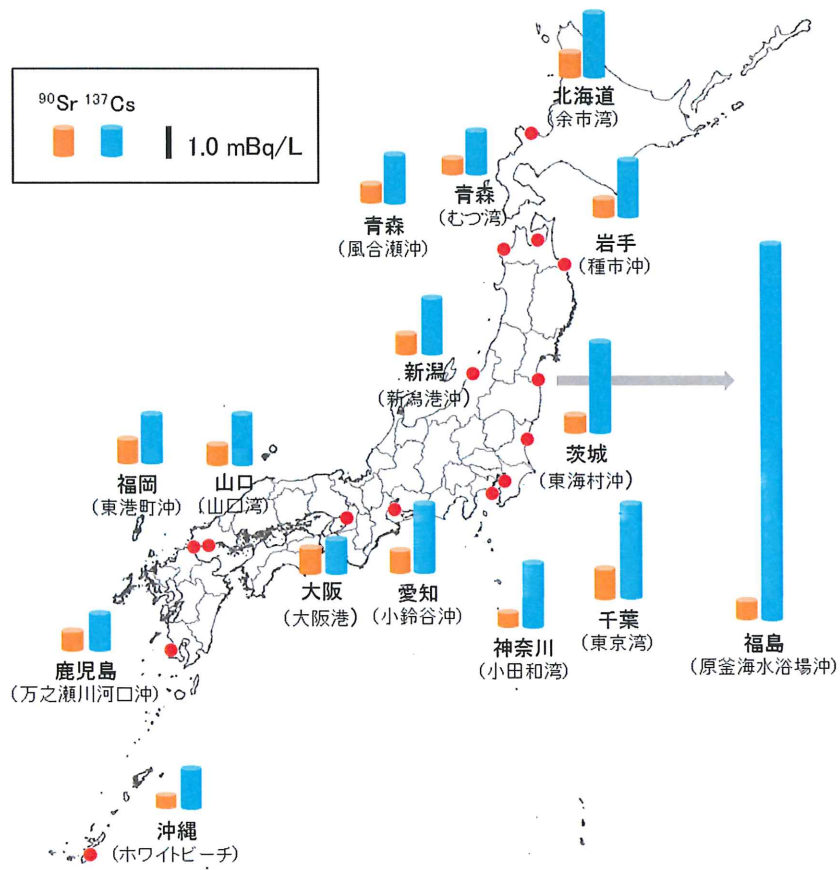
海水中の放射性セシウムは海水を採取した自治体が測定しているが、マリネリ容器等による測定のために検出されない場合が多い。このため、分析センターにおいて<sup>90</sup>Sr分析を行う前にリンモリブデン酸アンモニウムによって放射性セシウムを捕集し、ゲルマニウム半導体検出器により海水中の放射性セシウム濃度を求めた。結果を表 2-4-2 及び図 2-4-2 に示す。

表 2-4-2 2020 年度 海水中の <sup>90</sup>Sr 及び放射性セシウム分析結果

採取場所	<sup>90</sup> Sr (mBq/L)	<sup>137</sup> Cs (mBq/L)	<sup>137</sup> Cs/ <sup>90</sup> Sr 放射能比
北海道余市郡余市町(余市湾)	0.91 ± 0.14	2.1 ± 0.26	2.3
青森県東津軽郡平内町(むつ湾)	0.65 ± 0.18	1.5 ± 0.25	2.3
青森県西津軽郡深浦町(風合瀬沖)	0.73 ± 0.17	1.6 ± 0.25	2.3
岩手県九戸郡洋野町(種市沖)	0.74 ± 0.13	1.9 ± 0.24	2.6
福島県相馬市(原釜海水浴場沖)*	0.75 ± 0.15	12 ± 0.34	16
新潟県新潟市中央区(新潟港沖)	0.78 ± 0.16	1.9 ± 0.26	2.4
茨城県那珂郡東海村(東海村沖)	0.70 ± 0.13	3.0 ± 0.28	4.2
千葉県袖ヶ浦市(東京湾)	1.1 ± 0.17	3.1 ± 0.23	2.8
神奈川県横須賀市(小田和湾)	0.60 ± 0.16	2.2 ± 0.25	3.6
愛知県常滑市(小鈴谷沖)	0.85 ± 0.15	2.3 ± 0.35	2.7
大阪府大阪市港区(大阪港)	0.97 ± 0.16	1.2 ± 0.26	1.3
山口県山口市(山口湾)	0.80 ± 0.18	1.7 ± 0.24	2.2
福岡県北九州市門司区(父先沖)	0.90 ± 0.19	1.7 ± 0.26	1.9
鹿児島県南さつま市(万之瀬川河口沖)	0.77 ± 0.17	1.3 ± 0.26	1.7
沖縄県うるま市(ホワイトビーチ)	0.53 ± 0.13	1.4 ± 0.24	2.6

\* <sup>134</sup>Cs : 不検出

2020 年度に福島県相馬市(原釜海水浴場沖)において採取された海水は、<sup>134</sup>Cs が不検出であったが、他の海水と比較して <sup>137</sup>Cs 濃度が高く、また、<sup>137</sup>Cs/<sup>90</sup>Sr 放射能比についても他の海水と比較して高かった。



地理院地図

図 2-4-2 2020 年度 海水中の  $^{90}\text{Sr}$  及び放射性セシウム分析結果

## 2.5 プルトニウム分析

### 2.5.1 土壌中のプルトニウム分析

#### (1) 概要

2019 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、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、 $\alpha$  線スペクトロメトリーによる  $^{238}\text{Pu}$  及び  $^{239+240}\text{Pu}$  の分析、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  $^{241}\text{Pu}$  の分析を行った。また、プルトニウム（ $^{239+240}\text{Pu}$ ）濃度が高い 15 試料について、 $\alpha$  線スペクトロメトリーによる  $^{241}\text{Am}$  及び Cm 同位体の分析を行った。分析方法は、放射能測定法シリーズ 28「環境試料中プルトニウム迅速分析法」（平成 14 年）及び 21「アメリカシウム分析法」（平成 2 年）に準じた。液体シンチレーションカウンタによる  $^{241}\text{Pu}$  測定については、 $\beta$  線の最大エネルギーが  $^{241}\text{Pu}$  と近い  $^3\text{H}$  を効率校正に使用した。

#### (2) 結果と考察

土壌中のプルトニウムの分析結果（平均値、最小値及び最大値）を、2014 年度から 2018 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	2019 年度採取分 (n=49)	2014～2018 年度採取分 (n=245)
$^{238}\text{Pu}$	0～5	平均値 最小値～最大値	0.027 ND～0.060	0.028 ND～0.080
	5～20	平均値 最小値～最大値	0.016 ND～0.032	0.016 ND～0.033
$^{239+240}\text{Pu}$	0～5	平均値 最小値～最大値	0.35 ND～2.9	0.41 ND～3.1
	5～20	平均値 最小値～最大値	0.20 ND～1.1	0.20 ND～1.2

\*平均値は検出された値のみで算出

2019 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）～0.060 Bq/kg 乾土、 $^{239+240}\text{Pu}$  濃度は ND～ 2.9 Bq/kg 乾土であり、採取深さ 5～20cm の  $^{238}\text{Pu}$  濃度は ND～0.032 Bq/kg 乾土、 $^{239+240}\text{Pu}$  濃度は ND～1.1 Bq/kg 乾土の範囲であり、いずれも 2014 年度から 2018 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 に示す。 $^{238}\text{Pu}$  濃度を図 2-5-2、プルトニウム同位体 ( $^{238}\text{Pu}$ 、 $^{239+240}\text{Pu}$ ) の放射能比を図 2-5-3 に示す。例年同様、数地点（長野県、大分県）の  $^{239+240}\text{Pu}$  濃度がやや高い値を示したが、2019 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 2014 年度から 2018 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 0.019 であり、UNSCEAR1982 報告書による北半球におけるグローバルフォールアウトの値(0.026)と同程度であることを確認した。

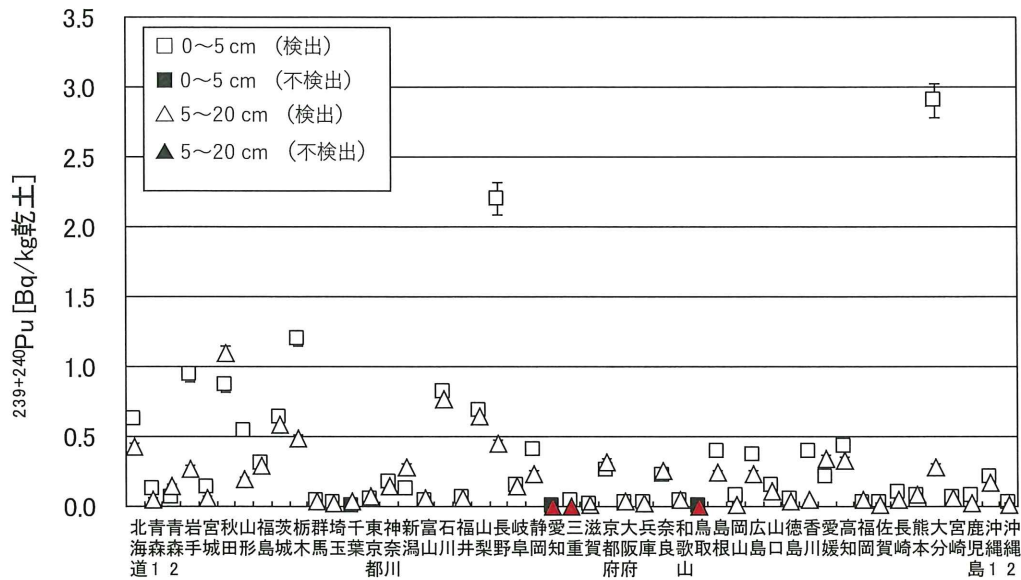


図 2-5-1 土壌中の  $^{239+240}\text{Pu}$  濃度 (2019 年度採取分)

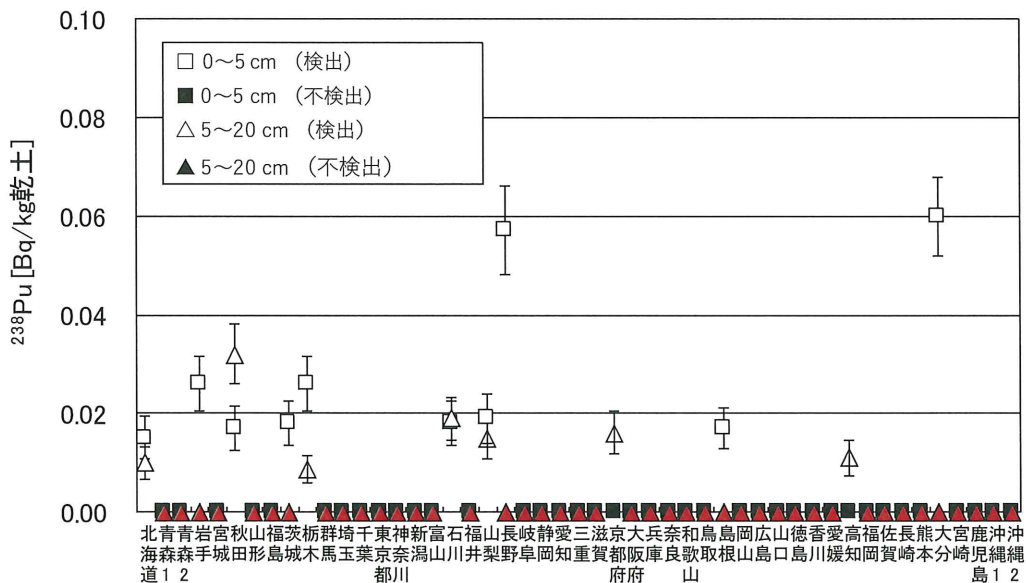


図 2-5-2 土壌中の  $^{238}\text{Pu}$  濃度 (2019 年度採取分)

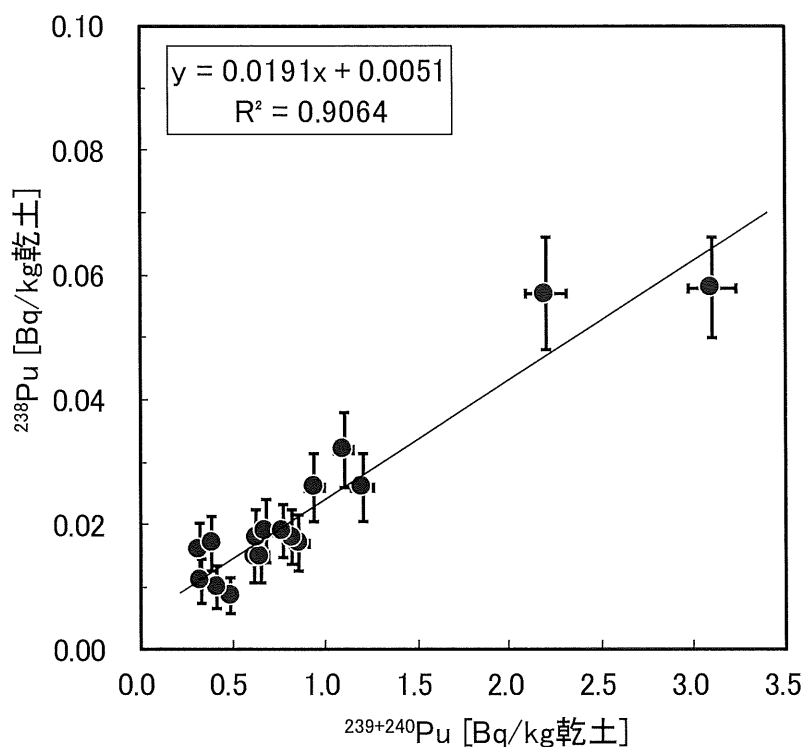


図 2-5-3 土壌中の  $^{238}\text{Pu}$  と  $^{239+240}\text{Pu}$  放射能比

表 2-5-2 に示すとおり、2019 年度における  $^{239+240}\text{Pu}$  の蓄積量は ND（検出されず）～ 135  $\text{MBq}/\text{km}^2$ （平均値 31  $\text{MBq}/\text{km}^2$ ）、であり、いずれも 2014 年度から 2018 年度の調査結果と同程度であった。なお、UNSCEAR2000 レポートによれば、北半球（北緯 20～50 度）の  $^{239+240}\text{Pu}$  降下量はおよそ 30～60  $\text{MBq}/\text{km}^2$  である。

表 2-5-2 過去の調査結果と比較（蓄積量）

単位： $\text{MBq}/\text{km}^2$

核種名	深さ (cm)	項目	2019 年度 採取分 (n=49)	2014～2018 年度 採取分 (n=245)
$^{239+240}\text{Pu}$	0～20	平均値 最小値～最大値	31 ND～135	31 ND～207

\*平均値は検出された値のみで算出

$^{239+240}\text{Pu}$  と  $^{137}\text{Cs}$  の放射能比を図 2-5-4 に示す。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 0.047 (n=71) であった。

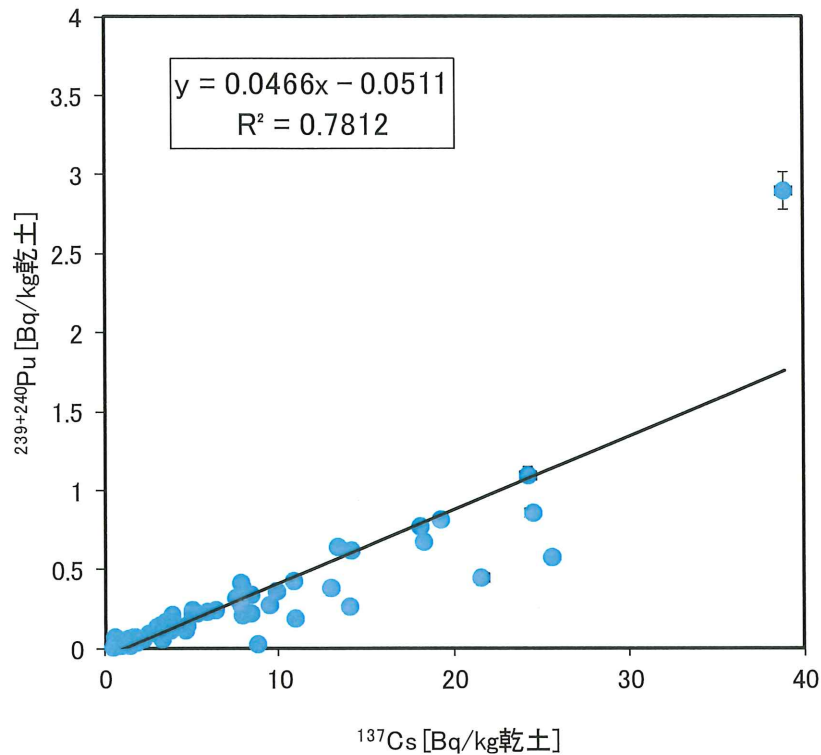


図 2-5-4 土壤中の  $^{239+240}\text{Pu}$  と  $^{137}\text{Cs}$  放射能比

図 2-5-4 の  $^{239+240}\text{Pu}$  と  $^{137}\text{Cs}$  放射能比の相関から下側に大きく外れた結果は、東日本で採取された試料であったことから福島第一原子力発電所事故の影響を受け、その寄与分の  $^{137}\text{Cs}$  がグローバルフォールアウト由来の  $^{137}\text{Cs}$  に加わるため、 $^{239+240}\text{Pu}$  との比が小さくなったものと考えられる。また、相関から上側に大きく外れた 1 地点の結果は、試料採取地点の土壤の組成により土壤中の Pu と Cs の挙動の違いが結果に表れたものと考えられる。

土壤全 98 試料について、ICP 質量分析装置 (ICP-MS) による  $^{239}\text{Pu}$ 、 $^{240}\text{Pu}$  の分析及び液体シンチレーションカウンタによる  $^{241}\text{Pu}$  の分析を実施した。 $^{239}\text{Pu}$  と  $^{240}\text{Pu}$  の原子数比を図 2-5-5 に、採取地点毎の  $^{239}\text{Pu}$  と  $^{240}\text{Pu}$  の原子数比を図 2-5-6 に、 $^{241}\text{Pu}$  と  $^{239+240}\text{Pu}$  の放射能比を図 2-5-7 に、 $^{241}\text{Pu}$  と  $^{239}\text{Pu}$  の原子数比を図 2-5-8 に示す。 $^{239}\text{Pu}$  と  $^{240}\text{Pu}$  の原子数比 ( $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ ) は 0.18 であり、Krey ら (1976) が測定した世界の土壤 60 試料の平均値 ( $0.176 \pm 0.014$ ) と同程度であった。図 2-5-6 に示した採取地点毎の  $^{239}\text{Pu}$  と  $^{240}\text{Pu}$  の原子数比には一部高い地点が見られたが、土壤中の Pu 濃度が低く測定の際のばらつきに起因したものと考えられる。 $^{241}\text{Pu}$  と  $^{239+240}\text{Pu}$  の放射能比 ( $^{241}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ ) は 0.46 であり、過去の調査結果 (0.56~1.3) と同程度であった。 $^{241}\text{Pu}$  と  $^{239}\text{Pu}$  の原子数比 ( $^{241}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ ) は 0.00090 であり、Kelley ら (1999) が測定したフォールアウト由来の北緯 0~30 度の土壤 0.00188 と同程度であった。

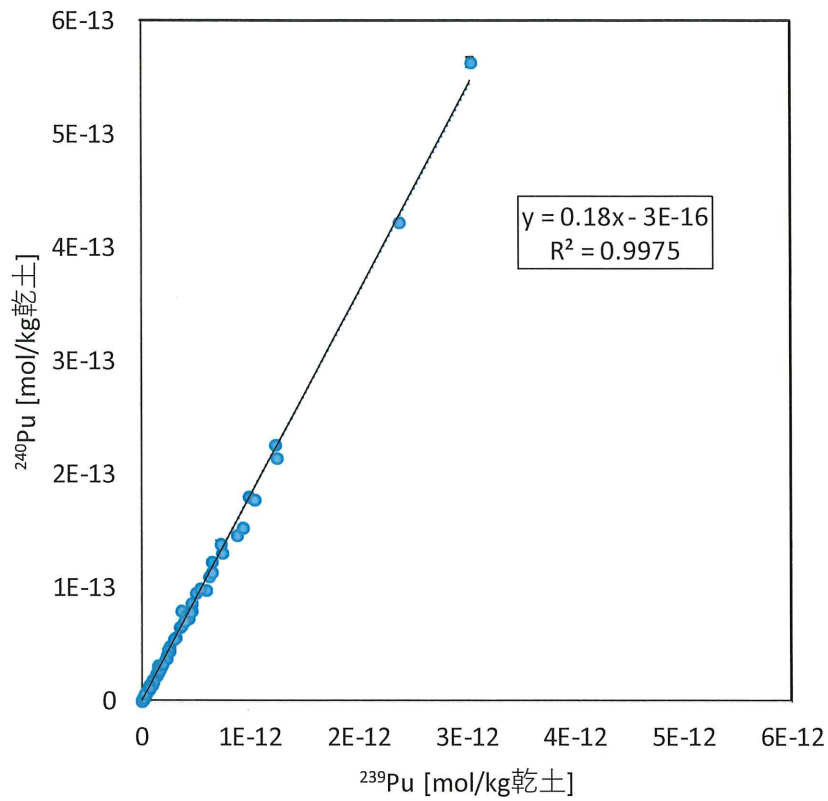


図 2-5-5 土壌中の  $^{239}\text{Pu}$  と  $^{240}\text{Pu}$  の原子数比 ( $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ )

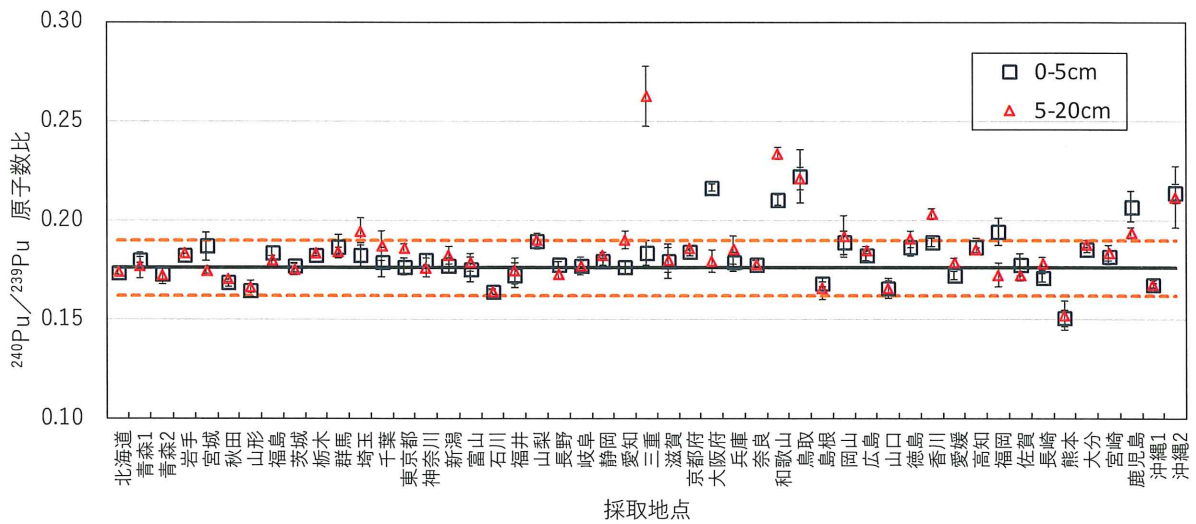


図 2-5-6 採取地点毎の土壌中の  $^{240}\text{Pu}$  と  $^{239}\text{Pu}$  の原子数比 ( $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ )

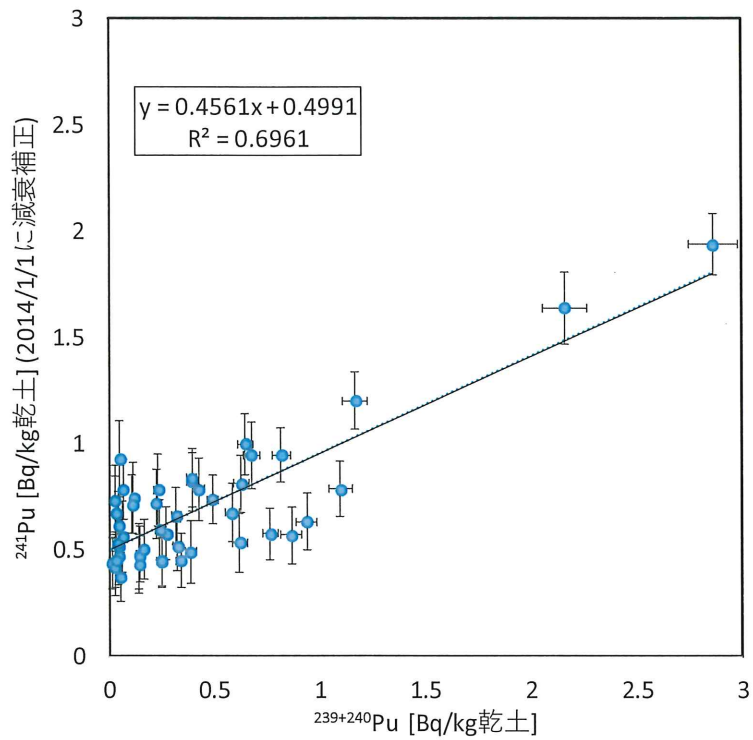


図 2-5-7 土壤中の  $^{241}\text{Pu}$  と  $^{239+240}\text{Pu}$  の放射能比  
 ※ $^{241}\text{Pu}$  の放射能は 2014 年 1 月 1 日に減衰補正した値である。

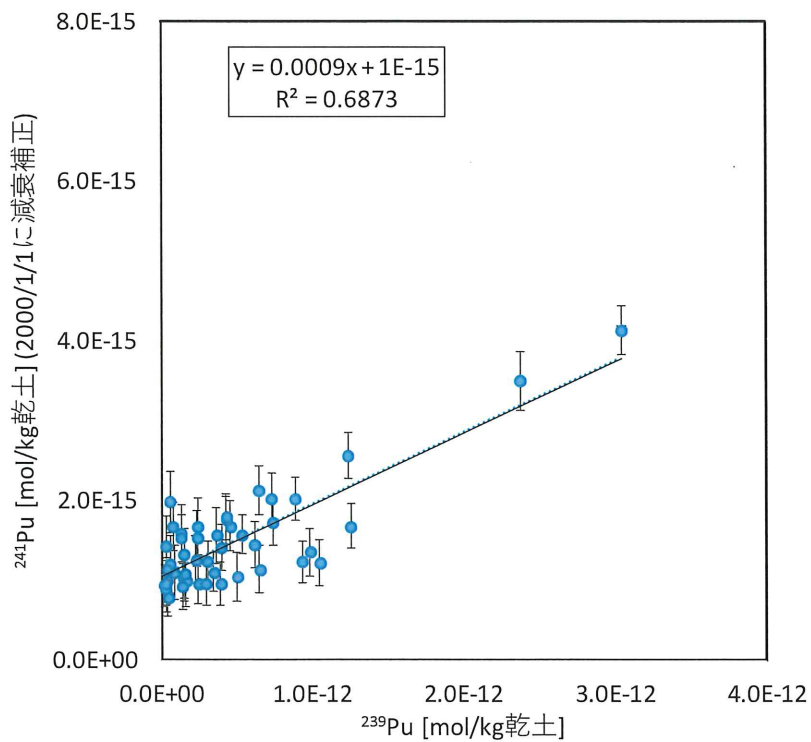


図 2-5-8 土壤中の  $^{241}\text{Pu}$  と  $^{239}\text{Pu}$  の原子数比  
 ※ $^{241}\text{Pu}$  の放射能は 2000 年 1 月 1 日に減衰補正した値である。

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 (cm)	採取年月日	$^{239+240}\text{Pu}$ 放射能濃度 (Bq/kg 乾土)	No.	県名	深度 (cm)	採取年月日	$^{239+240}\text{Pu}$ 放射能濃度 (Bq/kg 乾土)
1	大分県	0-5	2019. 8. 9	2.9 ±0.12	9	山梨県	0-5	2019. 7. 29	0.68±0.041
2	長野県	0-5	2019. 7. 8	2.2 ±0.11	10	山梨県	5-20	2019. 7. 29	0.65±0.038
3	栃木県	0-5	2019. 11. 27	1.2 ±0.06	11	茨城県	0-5	2019. 5. 27	0.63±0.035
4	秋田県	5-20	2019. 9. 25	1.1 ±0.05	12	北海道	0-5	2019. 11. 25	0.62±0.037
5	岩手県	0-5	2019. 7. 29	0.94±0.049	13	茨城県	5-20	2019. 5. 27	0.58±0.034
6	秋田県	0-5	2019. 9. 25	0.86±0.047	14	山形県	0-5	2019. 8. 2	0.54±0.035
7	石川県	0-5	2019. 7. 30	0.82±0.042	15	栃木県	5-20	2019. 11. 27	0.49±0.026
8	石川県	5-20	2019. 7. 30	0.77±0.038					

上記 15 試料については、 $\alpha$  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実施した。 $^{241}\text{Am}$  は 15 試料全てから検出され、その濃度は 0.20~1.1 Bq/kg 乾土と、過去 5 年間の調査結果 (0.17~1.2 Bq/kg 乾土) の範囲内であった。

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

$^{241}\text{Am}$  と  $^{239+240}\text{Pu}$  の放射能比を図 2-5-9 に示す。その放射能比 ( $^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu}$ ) は 0.38 であり、過去 5 年間の調査結果 (0.41~0.45) と同程度であった。また、 $^{241}\text{Am}$  と  $^{239+240}\text{Pu}$  の放射能は強い相関を示していることから、検出された  $^{241}\text{Am}$  は  $^{239+240}\text{Pu}$  と同じくグローバルフォールアウトに由来するものと推測された。

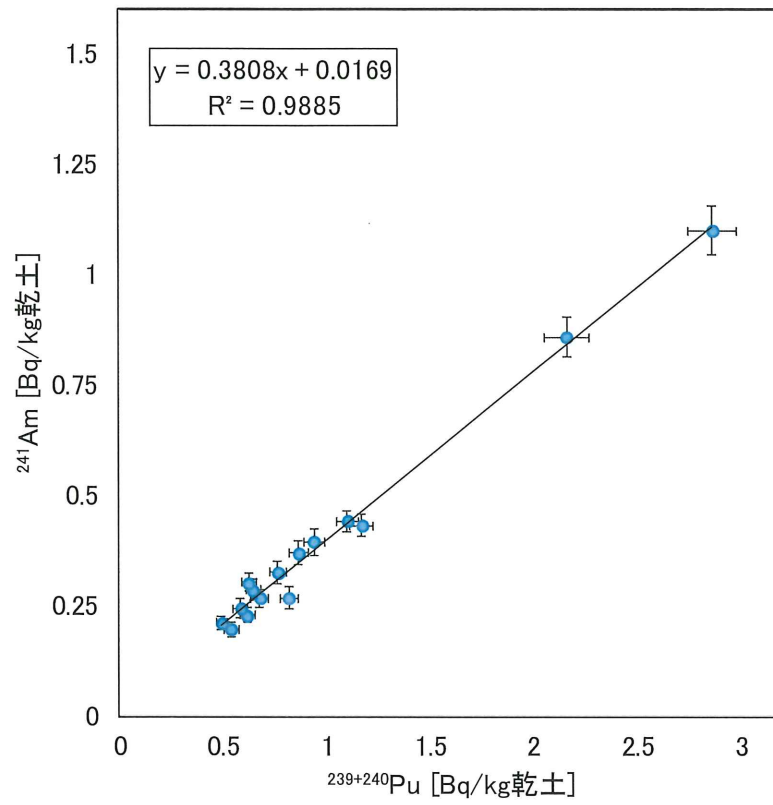


図 2-5-9 土壤中の  $^{241}\text{Am}$  と  $^{239+240}\text{Pu}$  の放射能比



## 2.5.2 大気浮遊じんの高感度分析

### (1) 概要

大容量エアサンプラ (SNOW WHITE) により大気を連続吸引し、大気浮遊じんをろ紙上に捕集した。捕集したろ紙を、硝酸を用いてプルトニウムを浸出して分析試料とし、 $\alpha$  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  $^{239}\text{Pu}$ 、 $^{240}\text{Pu}$  の分析を行った。分析方法は、放射能測定法シリーズ 12「プルトニウム分析法」(平成 2 年改訂) 及び 28「環境試料中プルトニウム迅速分析法」(平成 14 年) に準じた。

### (2) 結果と考察

$\alpha$  線スペクトロメトリーによる大気浮遊じん中のプルトニウム濃度を図 2-5-10 に、ICP-MS 測定によるプルトニウムの原子数比 ( $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ ) を図 2-5-11 に示す。 $^{238}\text{Pu}$  濃度は  $\text{ND}\sim 0.00000051\text{mBq}/\text{m}^3$ 、 $^{239+240}\text{Pu}$  濃度は  $\text{ND}\sim 0.0000050\text{mBq}/\text{m}^3$  であった。過去 3 年間の傾向と同様、4 月付近に  $^{239+240}\text{Pu}$  濃度が高い値を示した。2020 年 3 月採取分の大気浮遊じんからは  $^{238}\text{Pu}$  が検出され、プルトニウム同位体の放射能比 ( $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ ) は 0.10 であった。これは 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) と異なる結果であったが、 $^{238}\text{Pu}$  の放射能濃度が低く、計数の統計変動が大きいことから、有意な差と判断することは難しいと考えられる。 $^{238}\text{Pu}$  が検出されたのは 1 試料と少なく、今後も引き続きデータの蓄積を図るとともに、測定の精度を上げるために測定時間を長くするなどの対応をする必要がある。なお、 $^{239}\text{Pu}$  と  $^{240}\text{Pu}$  の原子数比 ( $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ ) は、2020 年 3 月採取分では  $0.15\pm 0.004$  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。また、2020 年 1 月から 12 月採取分の  $^{239}\text{Pu}$  と  $^{240}\text{Pu}$  の原子数比 ( $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ ) は、0.16 であった。

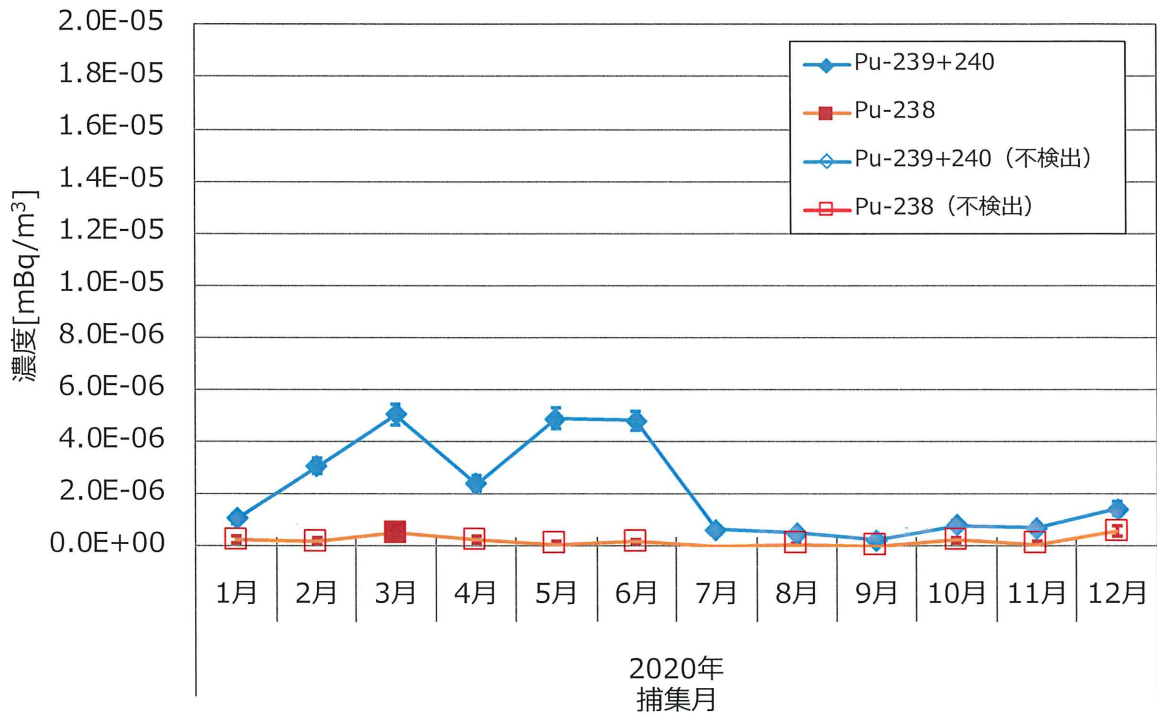


図 2-5-10 採取月毎の<sup>238</sup>Puと<sup>239+240</sup>Pu濃度

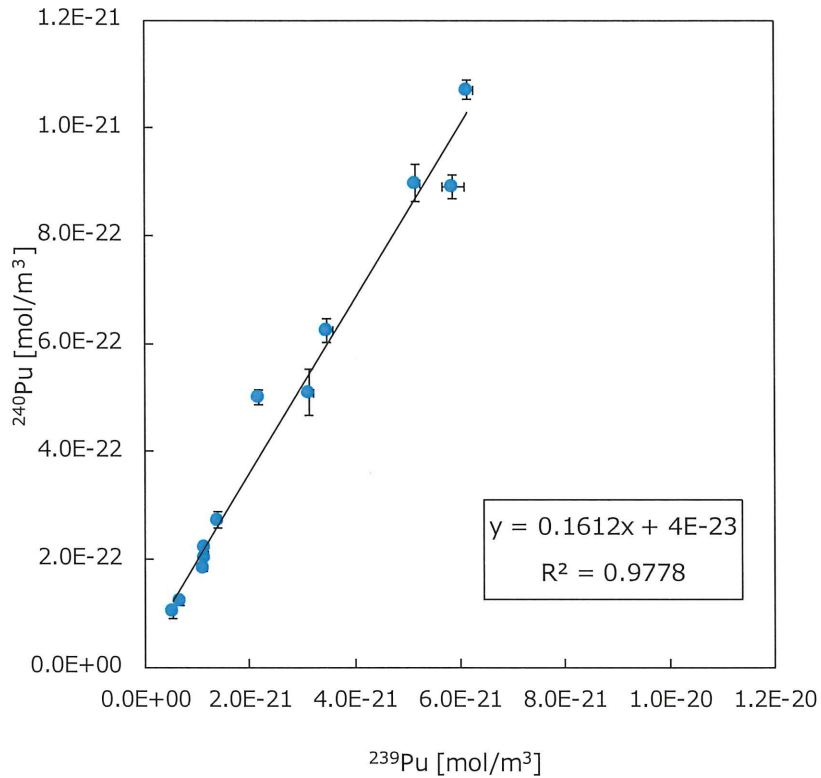


図 2-5-11 大気浮遊じんの<sup>239</sup>Puと<sup>240</sup>Puの原子数比 (<sup>240</sup>Pu/<sup>239</sup>Pu)

## 2.6 ヨウ素 129 分析

### (1) 概要

2020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<sup>129</sup>I分析を実施した。

また、環境放射能水準の正確な実態を把握するため、分析センターにおいて、大容量エアサンプラを用いて採取した大気浮遊じんの<sup>129</sup>I濃度及び<sup>129</sup>I/<sup>127</sup>I原子数比の経年変化について調査した。

### (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、加速器質量分析装置(AMS)でヨウ素の同位体比(<sup>129</sup>I/<sup>127</sup>I)を測定した。また、<sup>129</sup>I濃度を算出するため、安定ヨウ素定量用試料を測定に適した濃度に調製し、内標準としてインジウムを用いてICP-MSで安定ヨウ素(<sup>127</sup>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)を用いて試料と同様な工程で分析した。

### (3) 結果と考察

#### 1) 土壌、牛乳、海藻及び野菜の調査

2020年度に採取した試料の分析結果を表2-6-1、2011年度から2019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<sup>129</sup>I濃度は、採取深度0-5cmで0.25～0.61(mBq/kg乾土)、採取深度5-20cmで0.09～0.37(mBq/kg乾土)であった。牛乳(市販乳)は、0.0004～0.0036(mBq/L)、海藻(コンブ、アカモク、アラメ)は、0.13～0.75(mBq/kg生)、野菜(キャベツ)は、0.000074～0.000489(mBq/kg生)であった。<sup>129</sup>I/<sup>127</sup>I原子数比については、採取深度0～5cmの土壌試料で $2.5 \times 10^{-9}$ ～ $10 \times 10^{-9}$ 、採取深度5～20cmで $1.8 \times 10^{-9}$ ～ $5.3 \times 10^{-9}$ であった。牛乳(市販乳)は、 $3.9 \times 10^{-10}$ ～ $2.3 \times 10^{-9}$ 、海藻は、 $6.9 \times 10^{-11}$ ～ $1.6 \times 10^{-10}$ 、野菜(キャベツ)は、 $2.2 \times 10^{-9}$ ～ $1.6 \times 10^{-8}$ であった。

土壌の比較結果を示した図2-6-1、図2-6-2より、過去の分析結果と同様に、0～5cmの表層における<sup>129</sup>I濃度は5～20cmにおける<sup>129</sup>I濃度より高かつ

た。 $^{129}\text{I}$ 濃度及び $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比は過去の分析結果と同程度であった。

牛乳の比較結果を示した図 2-6-3、図 2-6-4 より、過去の分析結果に比べてやや高めのデータがあるものの、 $^{129}\text{I}$ 濃度及び $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比は過去の分析結果と同程度であった。

海藻の比較結果を図 2-6-5、図 2-6-6 に示す。北海道（コンブ）の $^{129}\text{I}$ 濃度は、過去の結果の最大値よりやや高い結果であったが、その他の試料の $^{129}\text{I}$ 濃度及び $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比は過去の分析結果と同程度であった。

野菜の比較結果を示した図 2-6-7、図 2-6-8 より、 $^{129}\text{I}$ 濃度及び $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比は過去の分析結果と同程度であった。

## 2) 大気浮遊じんのヨウ素 129 分析

昨年度までの調査結果を踏まえて、大容量エアサンプラ (SNOW WHITE) により採取した大気浮遊じん試料 (2020 年 1 月～12 月) を用いて、 $^{129}\text{I}$ 濃度の経年変化について調査した。大気浮遊じん試料の採取記録を表 2-6-2 に示す。

得られた大気浮遊じんの調査結果は、過去の調査結果 (2017～2019 年) と合わせて図 2-6-9、図 2-6-10 に示す。2017～2020 年までの 4 年間の調査結果には、いずれも 3 月に採取した大気浮遊じんの $^{129}\text{I}$ 濃度及び $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比が高くなる傾向が見られ、尚且つ年度ごとに似たような変動傾向 (3 月に高く、7 月が低い、7 月～10 月に上昇) が観測された。

大容量エアサンプラ (SNOW WHITE) により採取された 3 月分の大気浮遊じんのガラスフィルターろ紙では、花粉の存在が確認されたため、今年度は、昨年度に引き続き花粉中の $^{129}\text{I}$ 濃度を調査した。花粉の分析結果を示した図 2-6-11 と 2-6-12 より、全ての花粉中に放射性ヨウ素が含まれていることを確認した。これは、3 月に採取された大気浮遊じんの $^{129}\text{I}$ 濃度及び $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比が高くなる一因であると考えられる。

なお、季節毎に月間平均気温と大気浮遊じんの $^{129}\text{I}$ 濃度及び $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比の相関は図 2-6-13～図 2-6-18 に示す。

その中で、4～7 月分の大気浮遊じんの $^{129}\text{I}$ 濃度及び $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比と月間平均温度の相関係数がそれぞれ 0.65、0.66 であり、春から夏頃まで温度の上昇に伴い、大気浮遊じん中の $^{129}\text{I}$ 濃度の減少に影響を与えられられる。また、8～11 月分の大気浮遊じんの $^{129}\text{I}$ 濃度及び $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比において、温度下降に伴い大気浮遊じん中の $^{129}\text{I}$ 濃度が上昇する傾向が現れ、冬季 (12～2 月) では、月間平均温度が $10^{\circ}\text{C}$ 以下となり、温度の変化が少なく、 $^{129}\text{I}$ 濃度及び $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比は温度の変化に負の相関が存在することが観測されたが、他の気象パラメータ (降雨量など) を考慮しながら、さらなる検証・解析が必要と考えられる。

SNOW WHITE 大容量エアサンプラを用いて採取した大気浮遊じんの  $^{129}\text{I}$  濃度及び  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数に影響する因子を考察するには、データ数が十分ではないので、引き続き分析結果を蓄積しながら、大気浮遊じんのヨウ素 129 濃度の傾向を調査する必要がある。

表 2-6-1 ヨウ素 129 分析結果

試料名	試料採取地	種類 深さ	採取地点	採取年月日	ヨウ素129	単位	原子数比 ( $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ )
土壌	北海道	0-5cm	江別市	2020.11.25	0.49 ± 0.012		8.1E-09 ± 1.9E-10
		5-20cm					3.6E-09 ± 1.1E-10
土壌	秋田県	0-5cm	秋田市	2020.08.26	0.61 ± 0.011	mBq/kg (乾土)	2.5E-09 ± 4.5E-11
		5-20cm					1.8E-09 ± 3.7E-11
土壌	千葉県	0-5cm	市原市	2020.08.05	0.25 ± 0.007		1.0E-08 ± 2.5E-10
		5-20cm					5.3E-09 ± 2.0E-10
牛乳	北海道		河東郡	2020.05.14	0.0004 ± 0.00005		3.9E-10 ± 4.9E-11
	秋田県	市販乳	秋田市	2020.08.31	0.0036 ± 0.00015	mBq/L	2.3E-09 ± 9.6E-11
	千葉県		八千代市	2020.05.18	0.0017 ± 0.00008		2.2E-09 ± 1.1E-10
海藻	北海道	コンブ	余市郡余市町	2020.08.24	0.75 ± 0.013		1.0E-10 ± 1.6E-12
	秋田県	アカモク	秋田県男鹿市	2020.05.18	0.26 ± 0.009	mBq/kg (生)	1.6E-10 ± 5.5E-12
	千葉県	アラメ	御宿町岩和田 漁港沖	2020.07.27	0.13 ± 0.006		6.9E-11 ± 3.2E-12
野菜	北海道		恵庭市	2020.10.20	0.000489 ± 0.0000365		5.6E-09 ± 4.2E-10
	秋田県	キャベツ	秋田市	2020.10.15	0.000313 ± 0.0001040	mBq/kg (生)	1.6E-08 ± 5.4E-09
	千葉県		千葉市	2020.05.13	0.000074 ± 0.0000218		2.2E-09 ± 6.6E-10

注) 「E-X」は「10<sup>-x</sup>」を意味している。

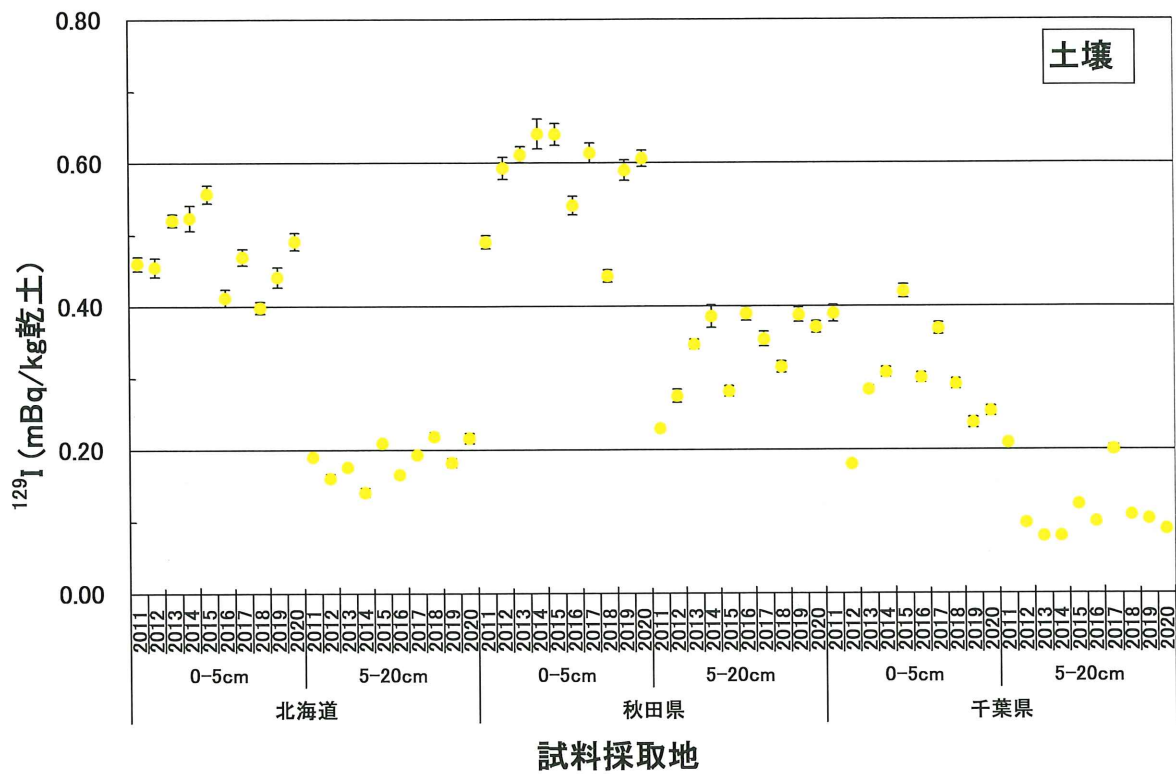


図 2-6-1 土壌 (0-5cm、5-20cm) の  $^{129}\text{I}$  濃度

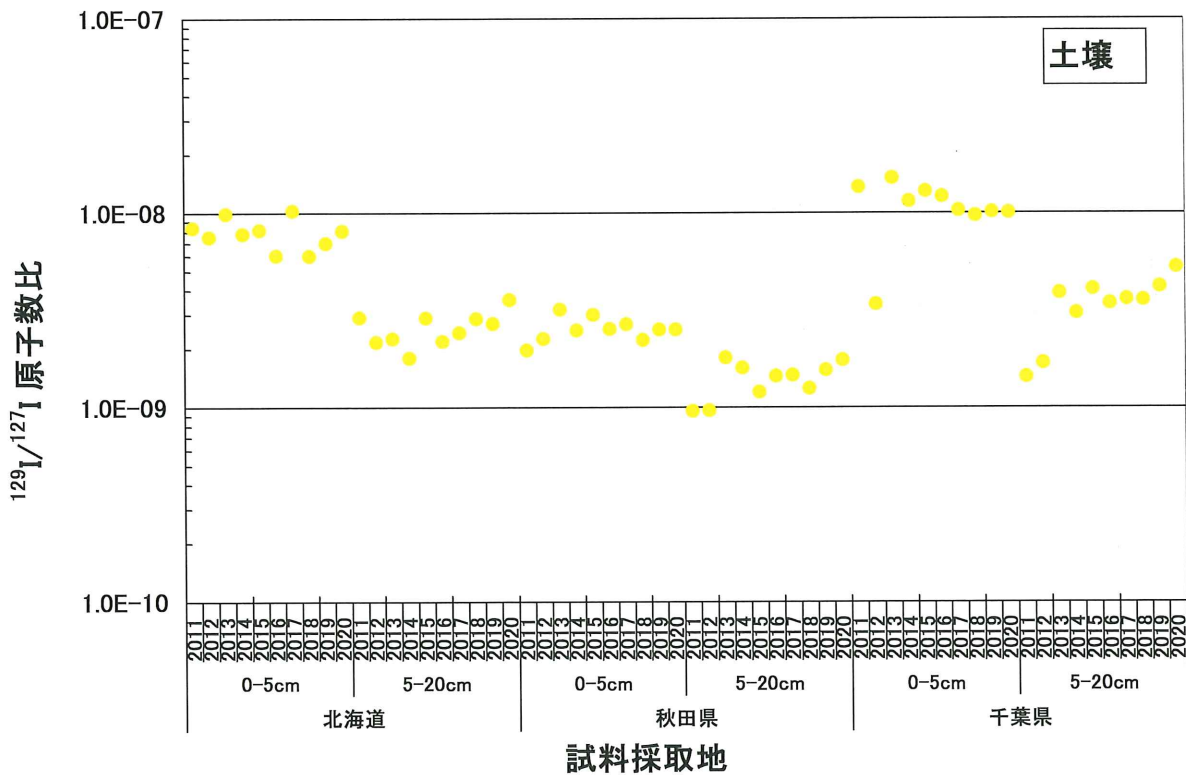


図 2-6-2 土壌 (0-5cm、5-20cm) の  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比



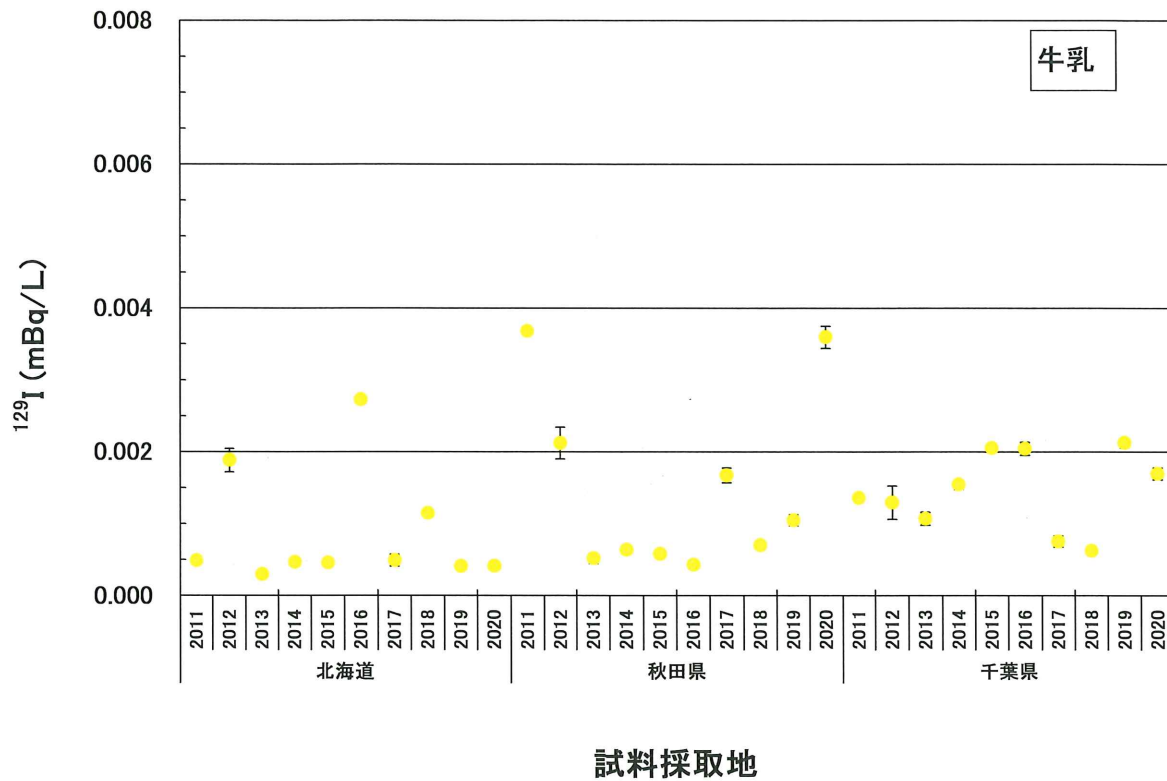


図 2-6-3 牛乳の  $^{129}\text{I}$  濃度

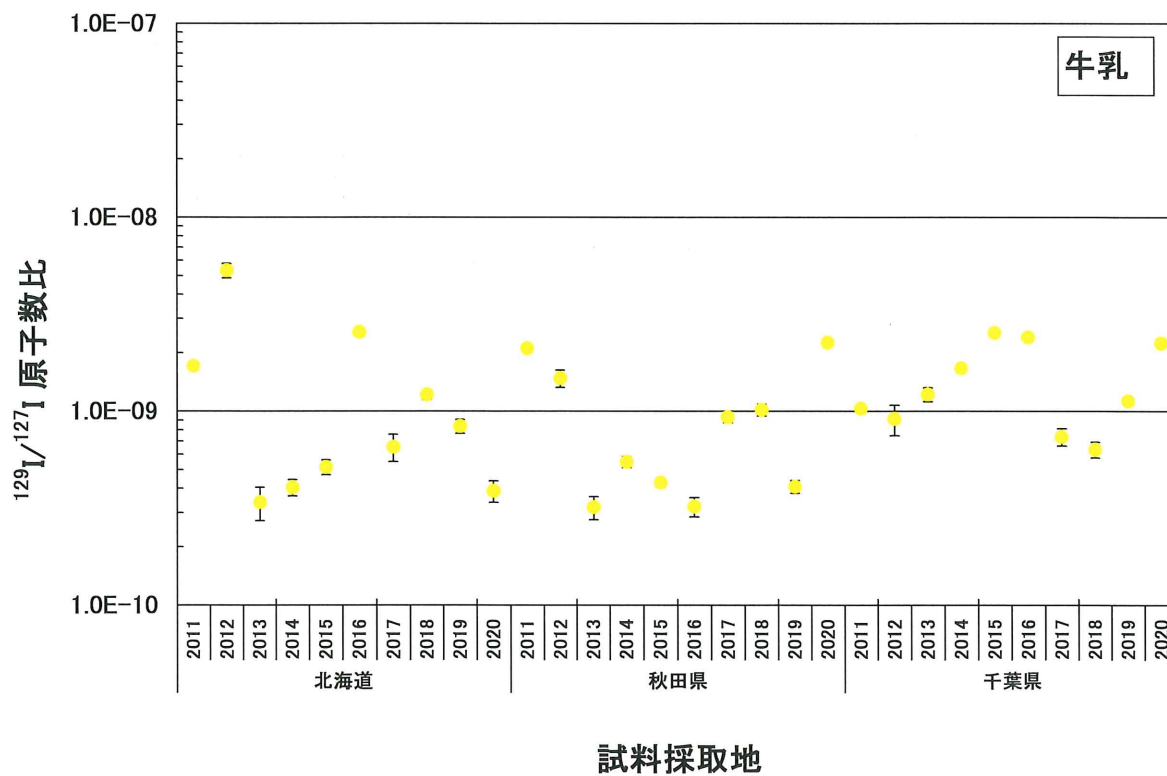


図 2-6-4 牛乳の  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比

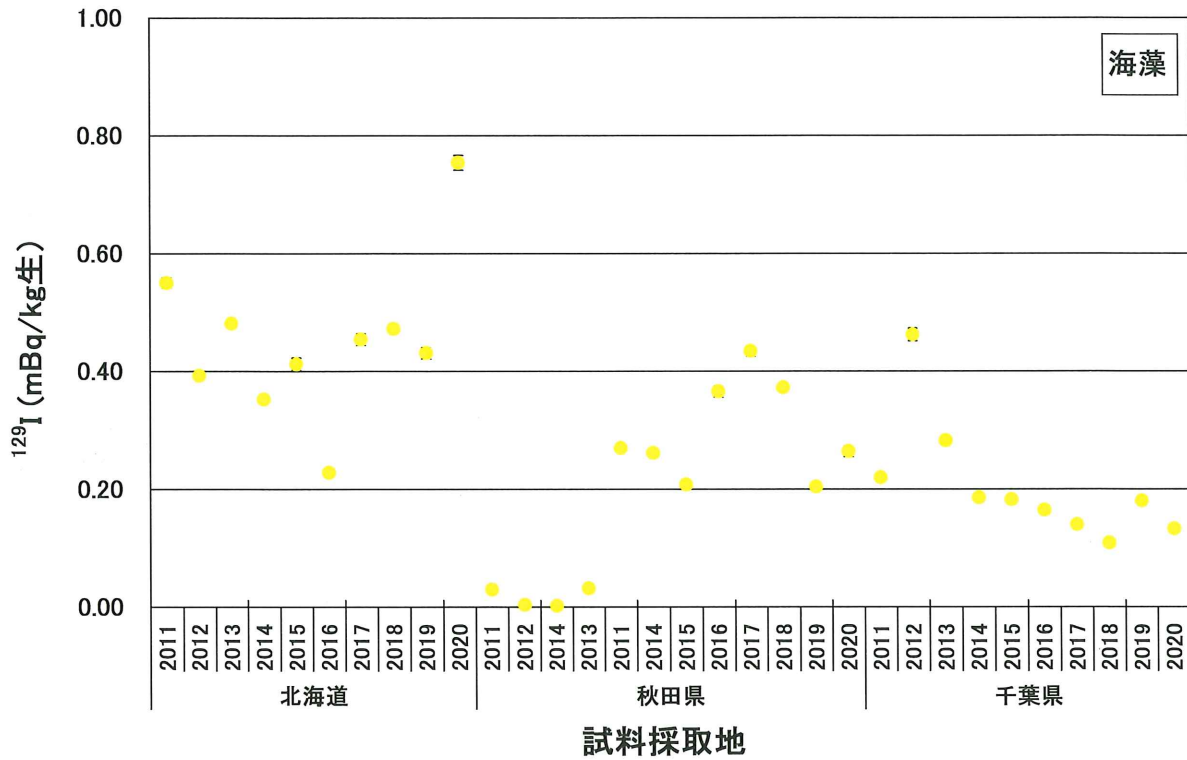


図 2-6-5 海藻の  $^{129}\text{I}$  濃度

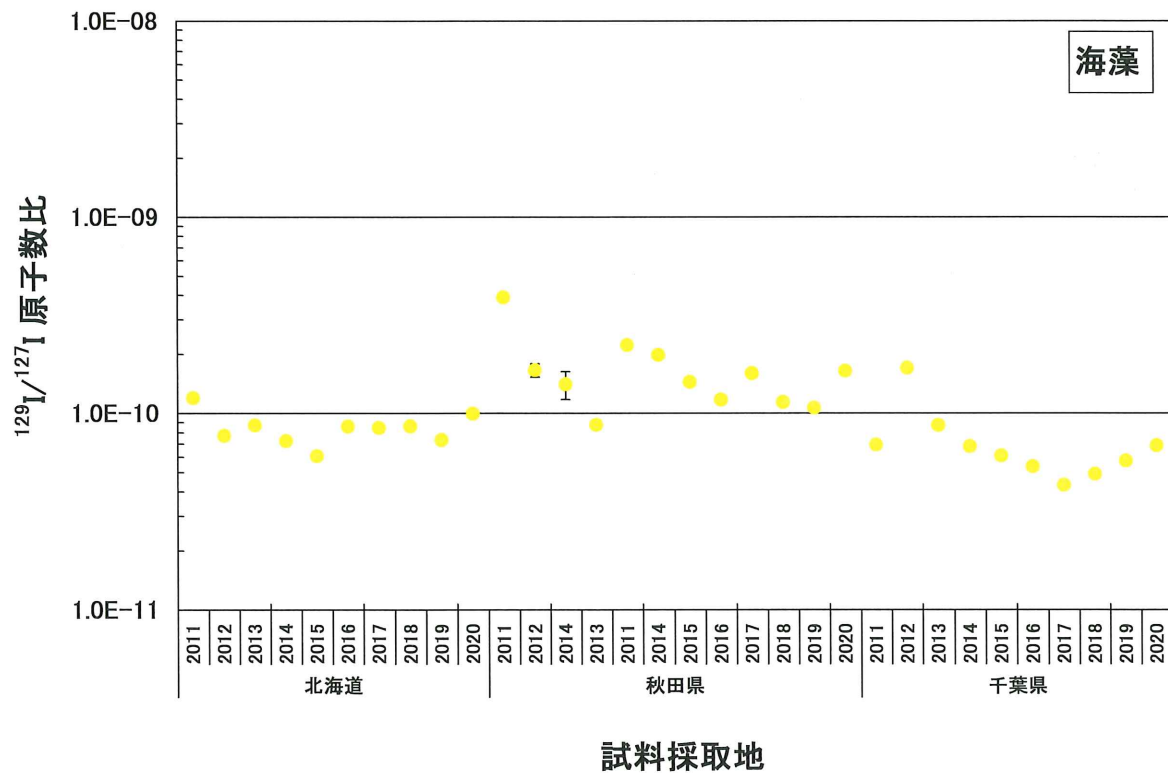
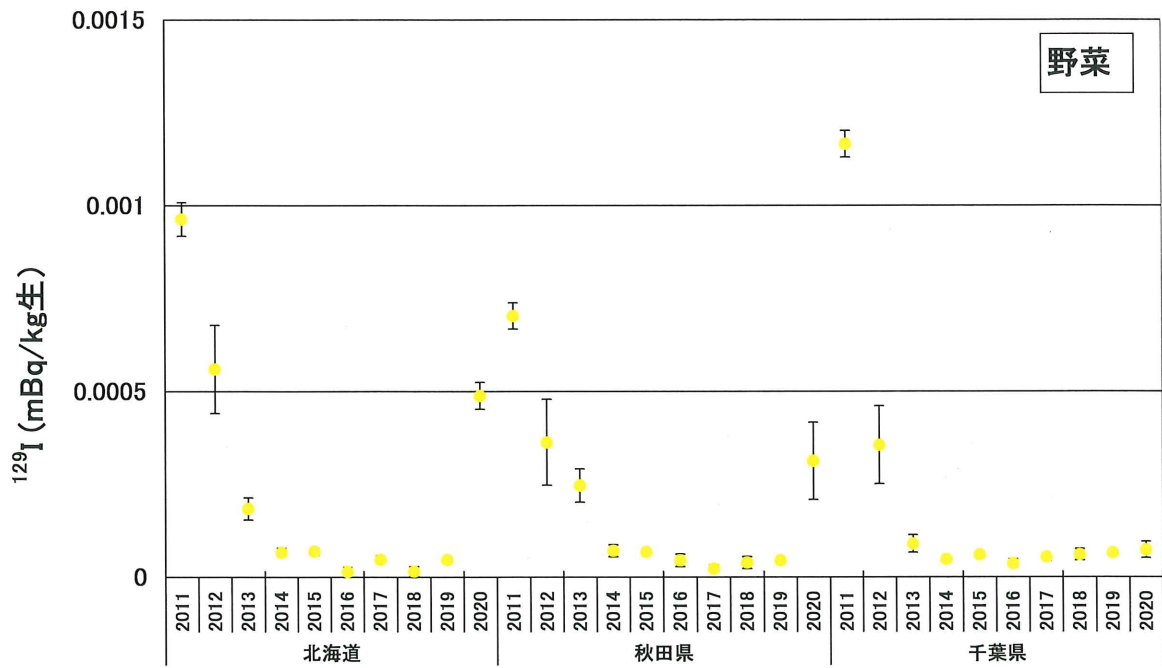
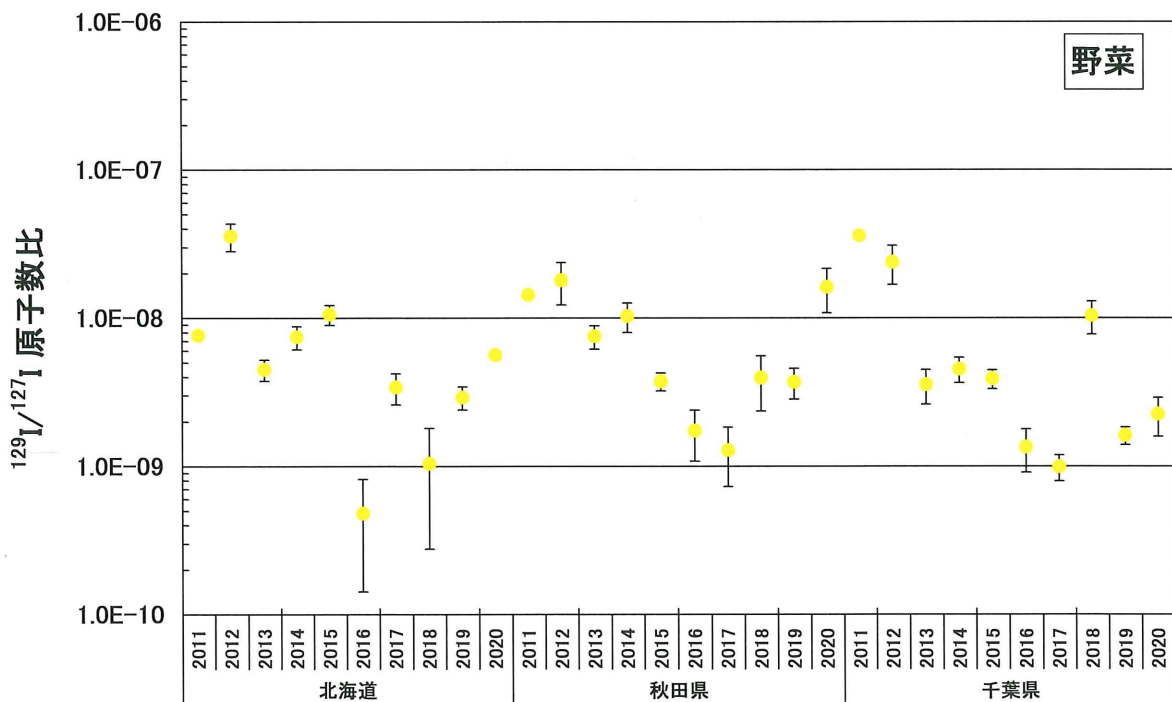


図 2-6-6 海藻の  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比



試料採取地

図 2-6-7 野菜の<sup>129</sup>I濃度



試料採取地

図 2-6-8 野菜の<sup>129</sup>I/<sup>127</sup>I原子数比

表 2-6-2 2020 年 大気浮遊じんの採取記録★

採取期間	20200106～20200203	20200203～20200302	20200302～20200406	20200406～20200504
積算流量 (m <sup>3</sup> )	447275.2	444707.7	564112.8	452792.8
試料重量 (g)	121.45	127.11	156.32	125.59
採取期間	20200504～20200601	20200601～20200706	20200706～20200803	20200803～20200907
積算流量 (m <sup>3</sup> )	450992.1	567753.5	430331.4	568888.4
試料重量 (g)	124.14	158.78	121.00	156.2
採取期間	20200907～20201005	20201005～20201102	20201102～20201207	20201207～20210104
積算流量 (m <sup>3</sup> )	452723.1	452468.9	561706.7	449068.6
試料重量 (g)	122.83	121.79	158.21	126.53

★採取地点：千葉市

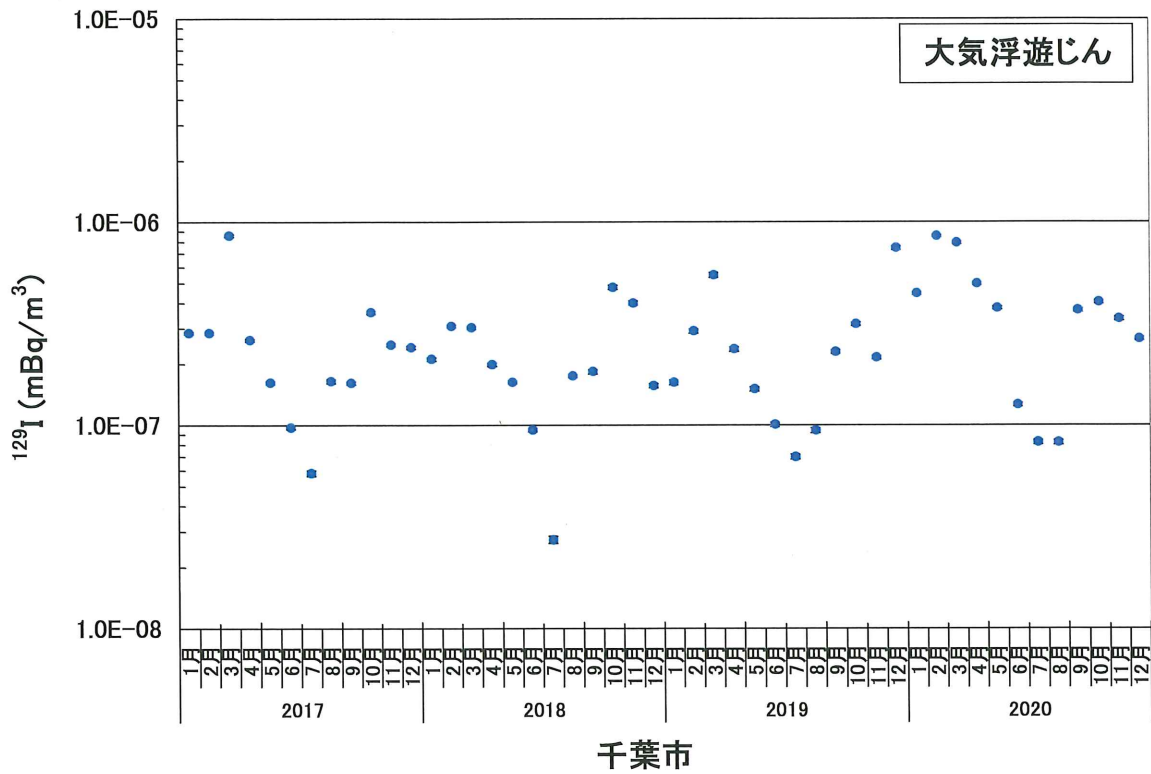


図 2-6-9 大気浮遊じんの  $^{129}\text{I}$  濃度

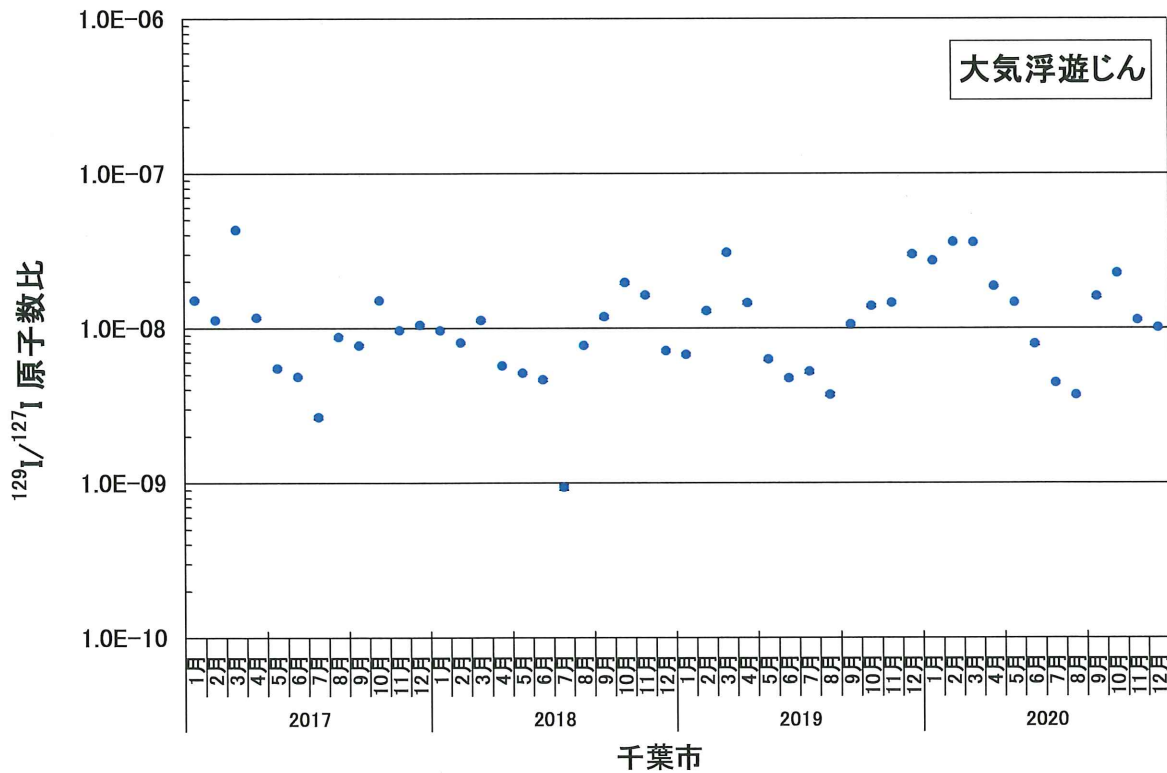


図 2-6-10 大気浮遊じんの  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比

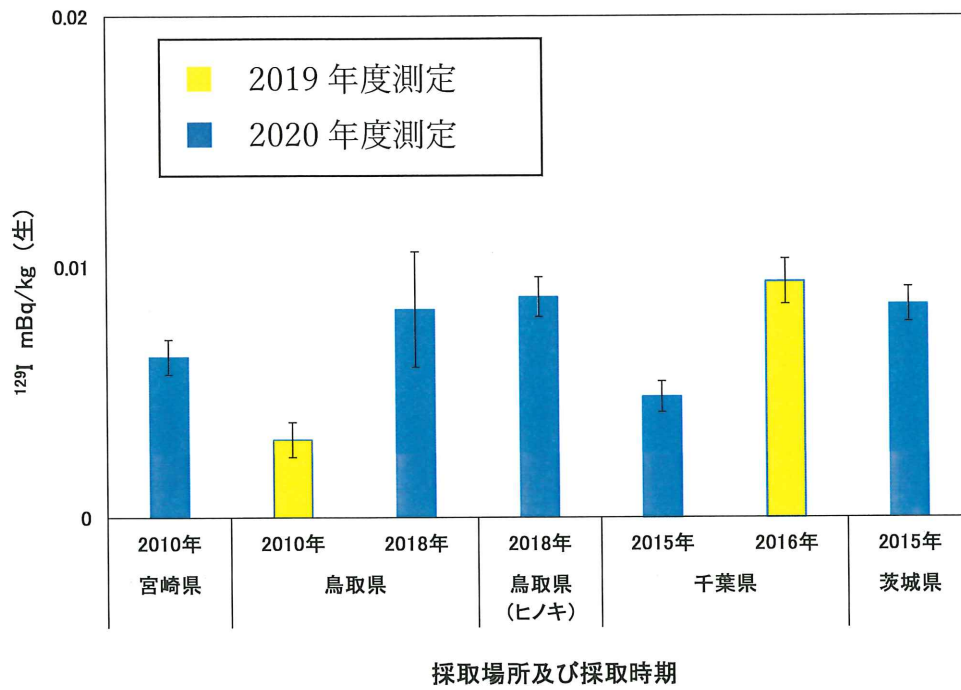


図 2-6-11 花粉中の  $^{129}\text{I}$  濃度

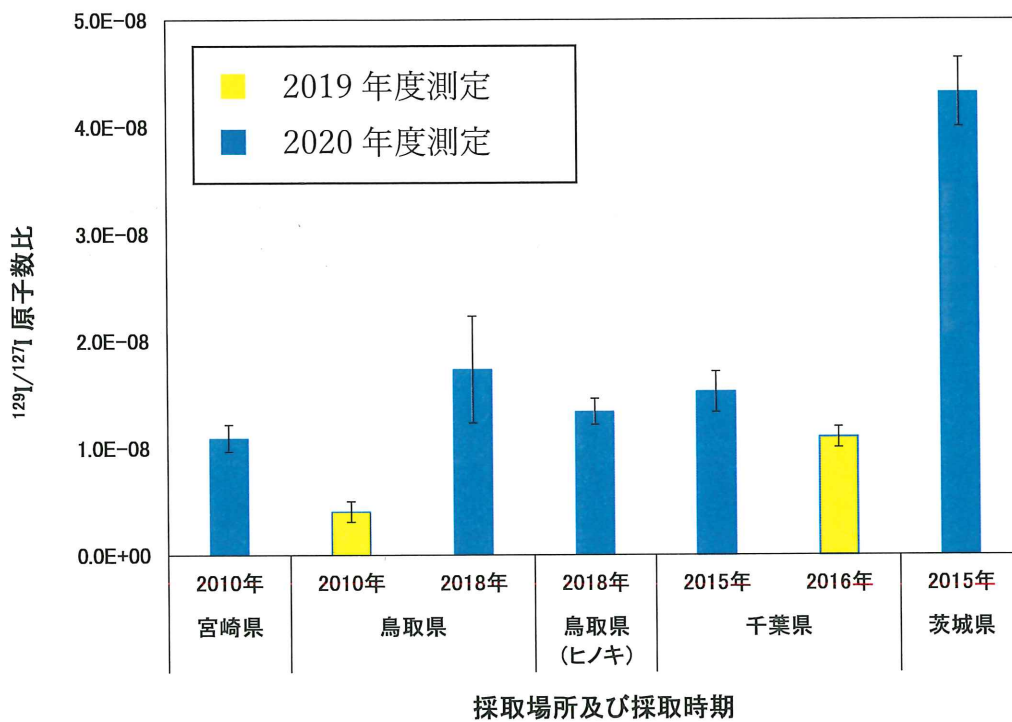


図 2-6-12 花粉中の  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比

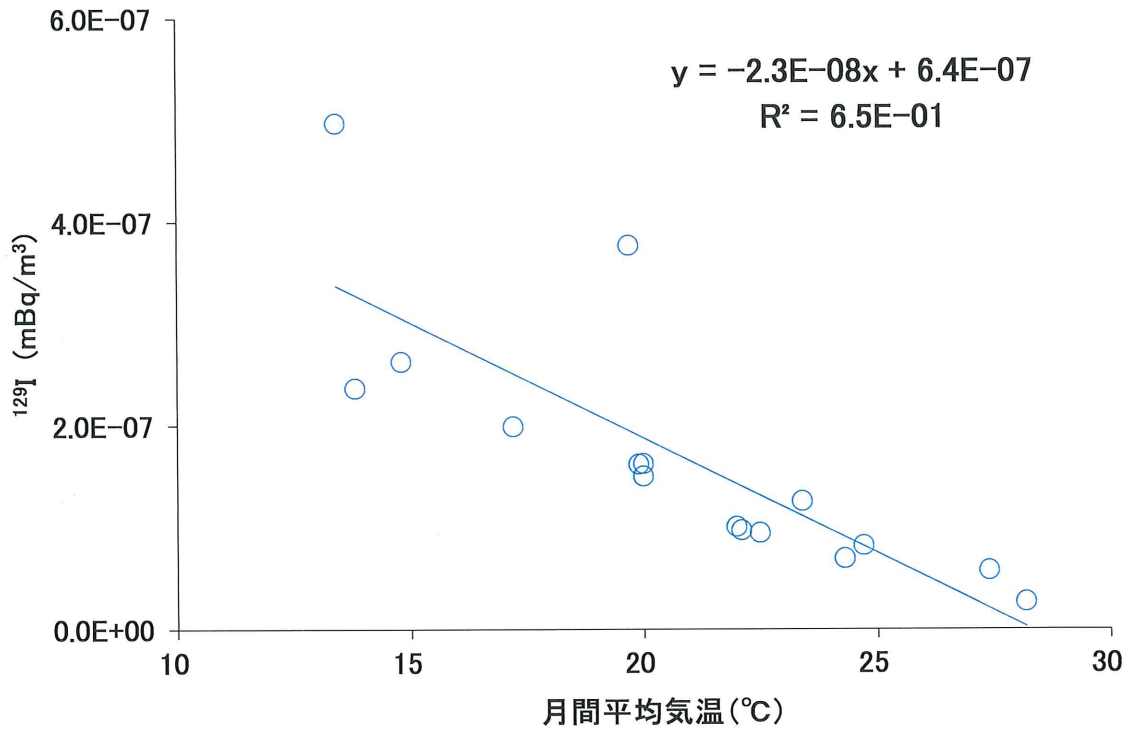


図 2-6-13 大気浮遊じんの  $^{129}\text{I}$  濃度と月間平均気温の相関  
(4月～7月、2017～2020年)

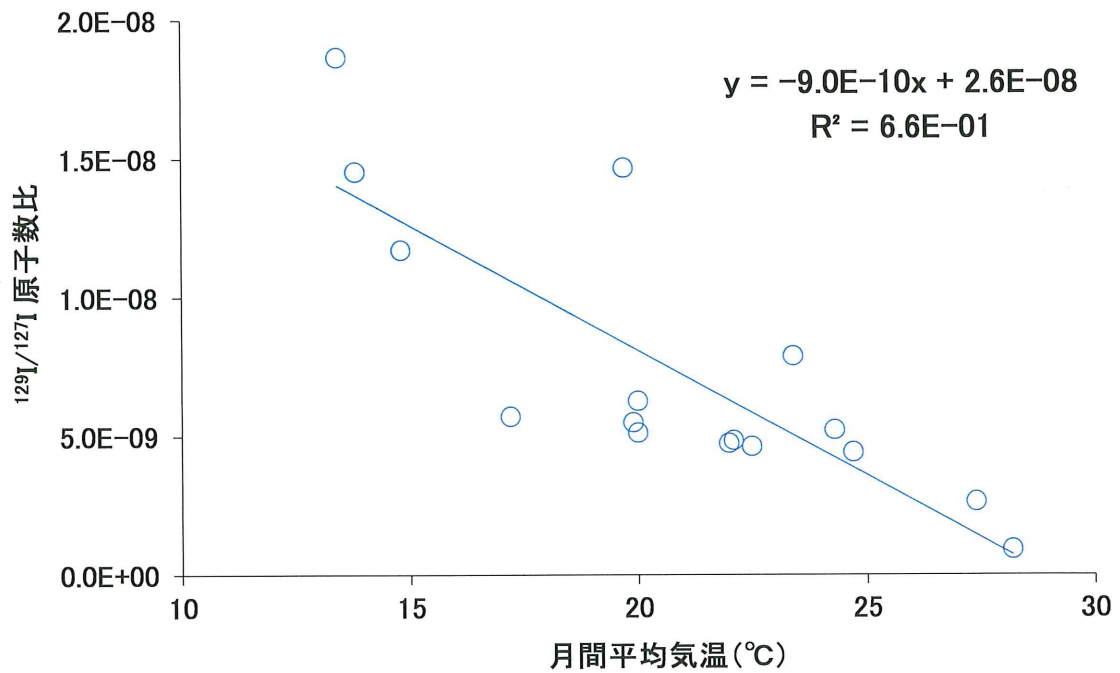


図 2-6-14 大気浮遊じんの  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比と月間平均気温の相関  
(4月～7月、2017～2020年)



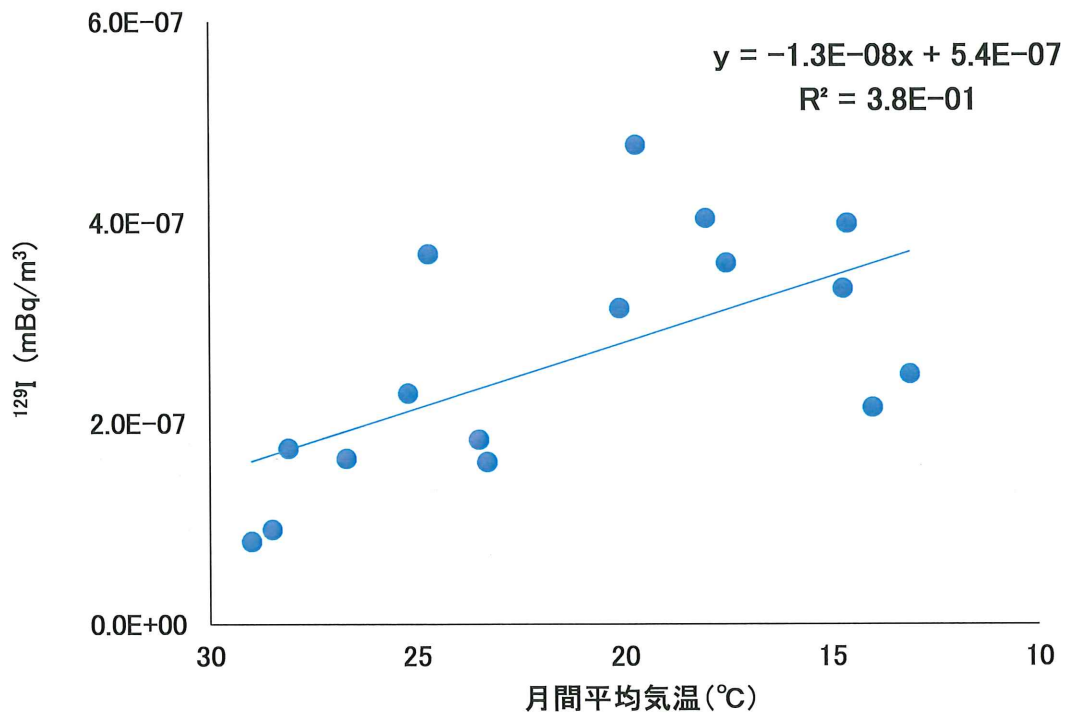


図 2-6-15 大気浮遊じんの  $^{129}\text{I}$  濃度と月間平均気温の相関  
(8月～11月、2017～2020年)

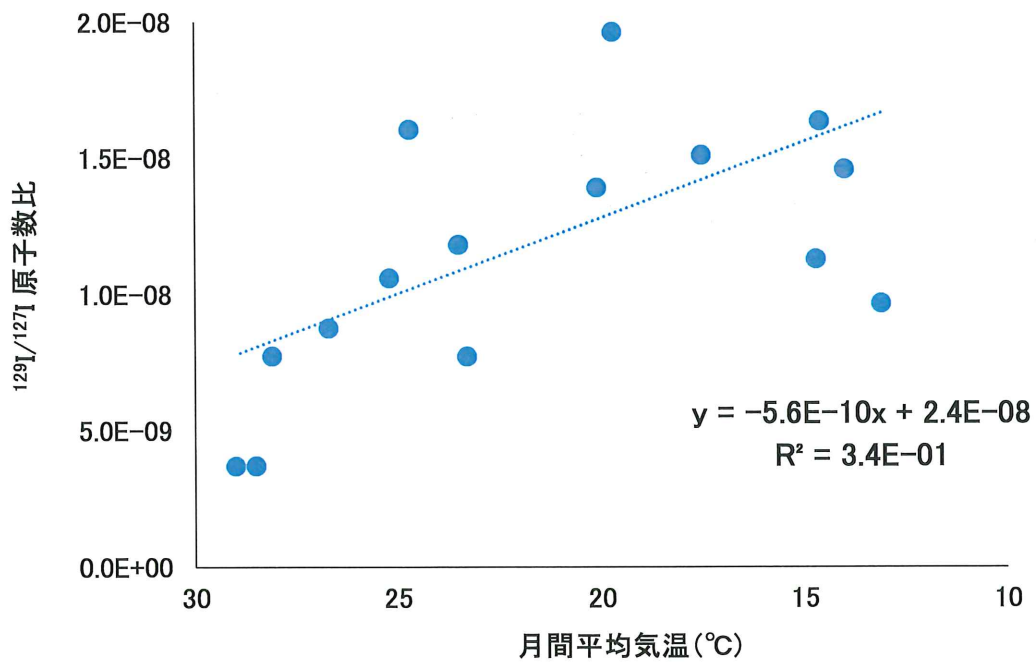


図 2-6-16 大気浮遊じんの  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比と月間平均気温の相関  
(8月～11月、2017～2020年)

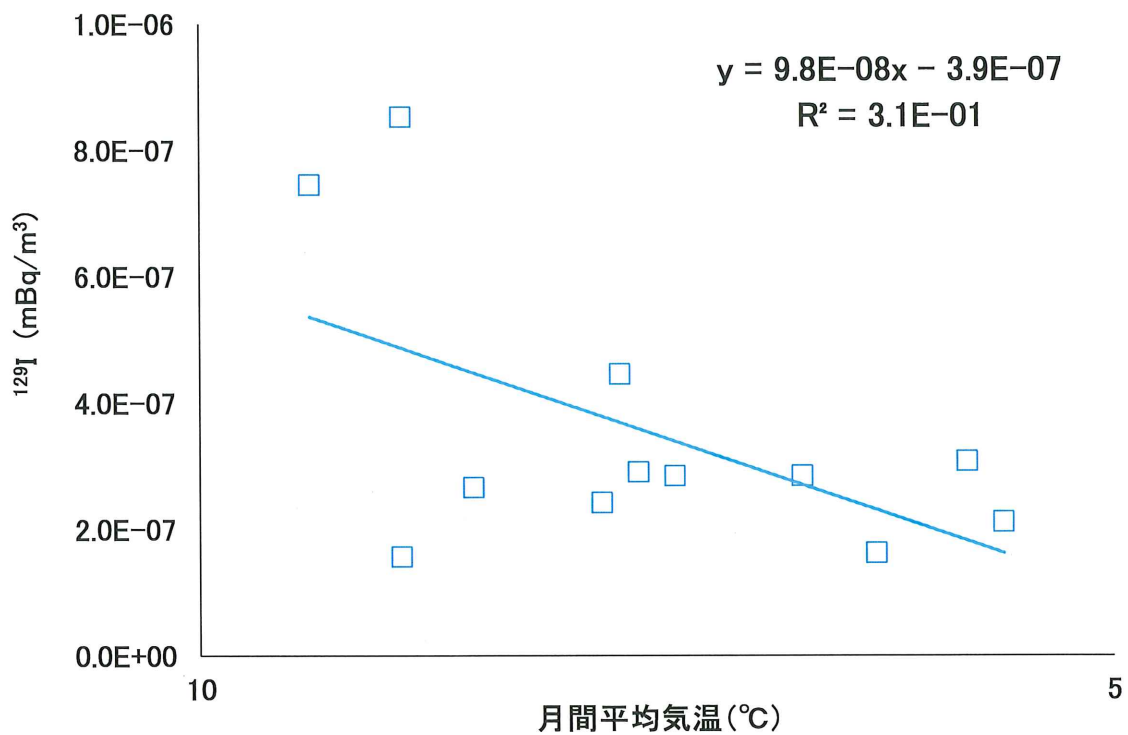


図 2-6-17 大気浮遊じんの  $^{129}\text{I}$  濃度と月間平均気温の相関  
(12月～2月、2017～2020年)

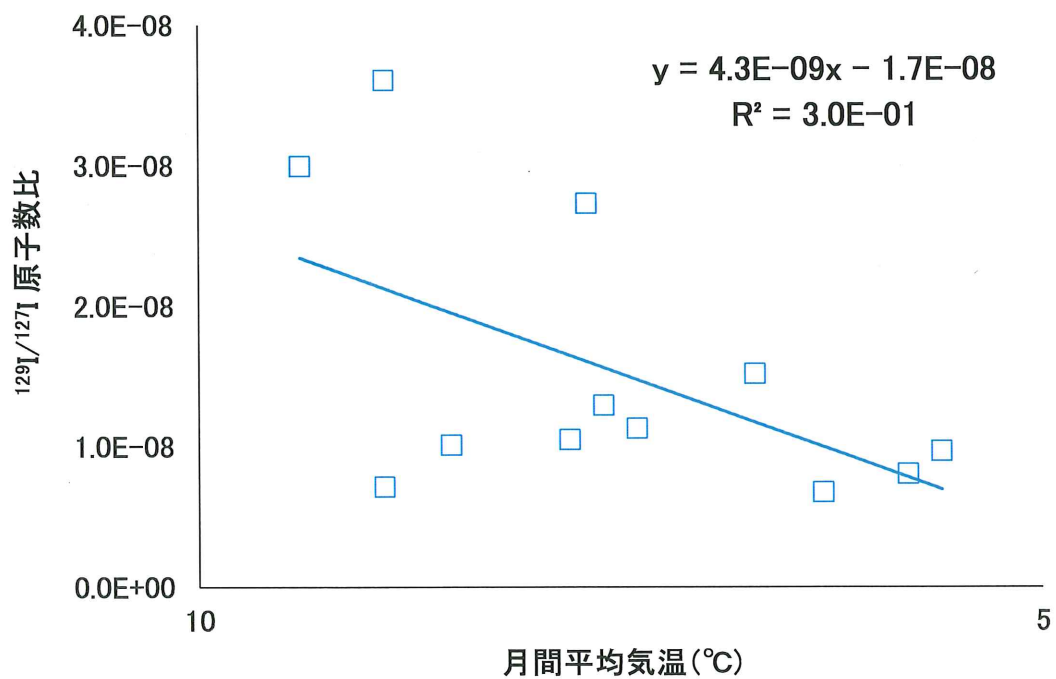


図 2-6-18 大気浮遊じんの  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  原子数比と月間平均気温の相関  
(12月～2月、2017～2020年)

## 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、2019 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ァイト化して測定試料とした。加速器質量分析装置を用いて炭素同位体比 ( $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ ) を測定し、 $^{14}\text{C}$  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 を試料と同様な工程で分析した。

表 2-7-1  $^{14}\text{C}$  分析試料

試料名	採取場所	採取時期
大気中二酸化炭素 (夏季)	北海道札幌市 (北海道立衛生研究所)	2020. 08. 18 ~ 2020. 09. 01
	秋田県秋田市 (秋田県健康環境センター)	
	千葉県千葉市 (日本分析センター千葉本部)	
大気中二酸化炭素 (冬季)	北海道札幌市 (北海道立衛生研究所)	2020. 12. 01 ~ 2020. 12. 15
	秋田県秋田市 (秋田県健康環境センター)	
	千葉県千葉市 (日本分析センター千葉本部)	
精米	北海道石狩市	2020. 10. 15
	秋田県秋田市	2020. 10. 15
	千葉県千葉市	2020. 11. 26
野菜 (キャベツ)	北海道恵庭市	2020. 10. 20
	秋田県秋田市	2020. 10. 15
	千葉県千葉市	2020. 05. 13

## (2) 結果と考察

結果を表 2-7-2 に示す。冬季に採取した大気中二酸化炭素の  $^{14}\text{C}$  比放射能の結果が夏季より低い傾向がみられた。この原因として、①夏季には、全球のバイオマスが増加し、軽い炭素 12 は生物圏にシフトし、大気中での重い炭素 14 の割合が相対的に増加した、②冬季では、化石燃料が多く消費され、炭素 14 を含まない二酸化炭素が放出されるため、大気中での重い炭素 14 の割合が減少した結果であるためと考えられる。一方、大気中二酸化炭素の安定同位体比の分析結果にも同様な傾向が観測された。冬季では、大気中での重い炭素 14 と共に炭素 13 の割合も相対的に減少した結果、 $\delta^{13}\text{C}$  も減少しており、大気中二酸化炭素の  $^{14}\text{C}$  比放射能の冬季結果の低下を裏付けるものであった。

大気中二酸化炭素の結果を含め、精米及び野菜においては過去の調査結果(表 2-7-3) と同程度であった。

表 2-7-2 炭素 14 分析結果

試料名	採取場所	炭素14比放射能 (Bq/g炭素)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
大気中二酸化炭素 (夏季)	北海道札幌市 (北海道立衛生研究所)	0.224 ± 0.0029	-23.3 ± 0.01
	秋田県秋田市 (秋田県健康環境センター)	0.223 ± 0.0032	-21.1 ± 0.03
	千葉県千葉市 (日本分析センター千葉本部)	0.225 ± 0.0025	-21.1 ± 0.00
大気中二酸化炭素 (冬季)	北海道札幌市 (北海道立衛生研究所)	0.217 ± 0.0011	-25.9 ± 0.03
	秋田県秋田市 (秋田県健康環境センター)	0.221 ± 0.0011	-22.5 ± 0.00
	千葉県千葉市 (日本分析センター千葉本部)	0.215 ± 0.0011	-21.3 ± 0.01
精米	北海道石狩市	0.229 ± 0.0012	-28.3 ± 0.14
	秋田県秋田市	0.227 ± 0.0011	-27.9 ± 0.13
	千葉県千葉市	0.223 ± 0.0011	-28.1 ± 0.34
野菜 (キャベツ)	北海道恵庭市	0.228 ± 0.0011	-28.5 ± 0.07
	秋田県秋田市	0.229 ± 0.0011	-27.8 ± 0.18
	千葉県千葉市	0.220 ± 0.0027	-26.6 ± 0.04

- 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、同一パッチで調製した 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。  
 3.  $\delta^{13}\text{C}$  の表示は、安定同位体比質量分析装置を用いて 3 回測定した結果の平均値±標準偏差 (1 $\sigma$ ) である。

表 2-7-3 過去の調査結果との比較

	大気 (夏季)	大気 (冬季)	精米	野菜
炭素14比放射能 (Bq/g炭素)				
本調査	0.223~0.225	0.215~0.221	0.227~0.228	0.228~0.229
過去の調査*	0.216~0.247		0.225~0.260	0.221~0.270
	大気 (夏季)	大気 (冬季)	精米	野菜
$\delta^{13}\text{C}$ (‰)				
本調査	-23.3~-21.1	-25.9~-21.3	-28.3~-27.9	-28.5~-26.6
過去の調査**	-23.8~-18.4	-28.3~-20.6	-28.3~-27.2	-28.4~-27.5

\*過去の調査：2003年度～2019年度に実施された環境放射能水準調査及び原子力施設周辺環境放射線モニタリング調査の炭素14比放射能結果

\*\*過去の調査：2016年度～2019年度に実施された環境放射能水準調査の炭素安定同位体比結果

## 2.8 クリプトン 85 分析

### (1) 概要

青森県における大型再処理施設の稼働に伴い大気中に放出されるクリプトン 85 ( $^{85}\text{Kr}$ : 半減期 10.76 年) の大気中濃度について調査を実施し、放射能水準を把握する。

#### 1) 調査対象地区

大気中  $^{85}\text{Kr}$  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。2020 年度は、昨年度より調査を継続している 3 地区（札幌市、秋田市及び千葉市）において、大気の連続捕集を 1 週間ごとに 1 年間通して実施して、大気中のクリプトンを採取した。また、2016 年度から 2018 年度まで調査対象地区に追加された三春町において、大気の連続捕集を 2 週間ごとに 1 年間通して実施して、大気中のクリプトンを採取した。大気中  $^{85}\text{Kr}$  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。

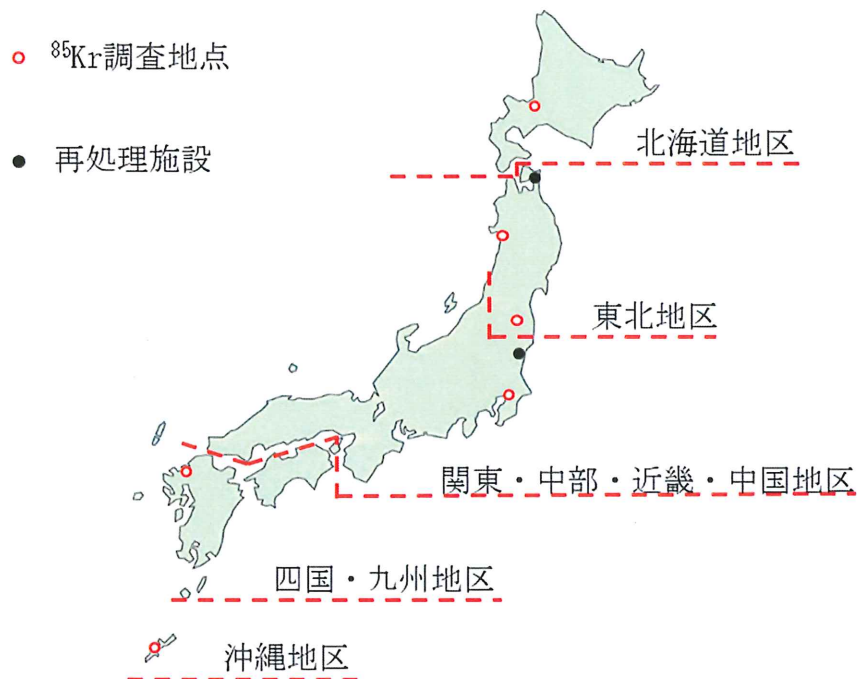


図 2-8-1 放射性希ガス濃度の調査対象地区

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

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

## 2) 調査期間

札幌市、秋田市及び千葉市において、2020年2月17日より2021年2月15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、2020年12月21日より2021年1月4日の年末・年始期間は大気試料の捕集操作を実施せず、調査を中断した。

## 3) 分析方法

### ① 大気試料の捕集（詳細については、3.8を参照のこと。）

放射性希ガス濃度調査の調査地点において、流量1L/分で1週間（三春町は流量0.5L/分で2週間）継続して行い、大気約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 $^{85}\text{Kr}$ 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 $^{85}\text{Kr}$ 放射能濃度(Bq/m<sup>3</sup>)を算出した。

## (2) 結果と考察

2006年7月から2021年2月までの札幌市、秋田市、三春町、千葉市、太宰府市及び南城市の大気中<sup>85</sup>Kr濃度(Bq/m<sup>3</sup>)を図2-8-2に、2020年度の調査地点である札幌市、秋田市、三春町及び千葉市の大気中<sup>85</sup>Kr濃度(Bq/m<sup>3</sup>)を図2-8-3に示す。

2020年度の札幌市、秋田市及び千葉市の大気中<sup>85</sup>Kr濃度調査結果(2020年2月から2021年2月)は、1.33~1.52 Bq/m<sup>3</sup>で、平均値は1.43~1.45 Bq/m<sup>3</sup>であった。

これらの結果から、大気中の<sup>85</sup>Kr放射能濃度はバックグラウンドレベル(1.3~1.6 Bq/m<sup>3</sup>)\*<sup>1,\*2,\*3</sup>にあると考えられる。

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

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

- ・国内再処理施設からの<sup>85</sup>Kr放出の影響を受けて、2006年から2008年の<sup>85</sup>Kr濃度の平均値と中央値に差が認められた。
- ・国内再処理施設からの<sup>85</sup>Kr放出がほぼない2009年以降は、<sup>85</sup>Kr濃度の平均値と中央値はほぼ一致していた(2011年の千葉は除く)。2011年の千葉の観測結果は、東京電力(株)福島第一原発事故の影響により、平均値と中央値に差が認められた。
- ・2009年~2013年の<sup>85</sup>Kr濃度はほぼ同程度で推移していた。
- ・2014年~2017年の<sup>85</sup>Kr濃度は微増傾向が見られた。
- ・2018年~2020年の<sup>85</sup>Kr濃度は微増傾向前(2009年~2013年)の濃度レベルで推移した。

札幌と秋田の大気中<sup>85</sup>Kr濃度の経年的な傾向は千葉と同様であると考えられ、昨年度の報告書で考察しているとおり、千葉だけではなく国内の大気中<sup>85</sup>Kr濃度は欧州の大型再処理施設の放出と相関があると考えられる。一方で、2018年以降、仏国 La Hague 再処理施設からの年間<sup>85</sup>Kr放出量が不明であるため、最近3年の<sup>85</sup>Kr濃度と再処理施設の影響が考察できていない。2018年~2020年の大気中<sup>85</sup>Kr濃度の傾向から、年間の<sup>85</sup>Kr放出量は減少していると推定されるが、La Hague 再処理施設の年間<sup>85</sup>Kr放出量による再評価は必要である。



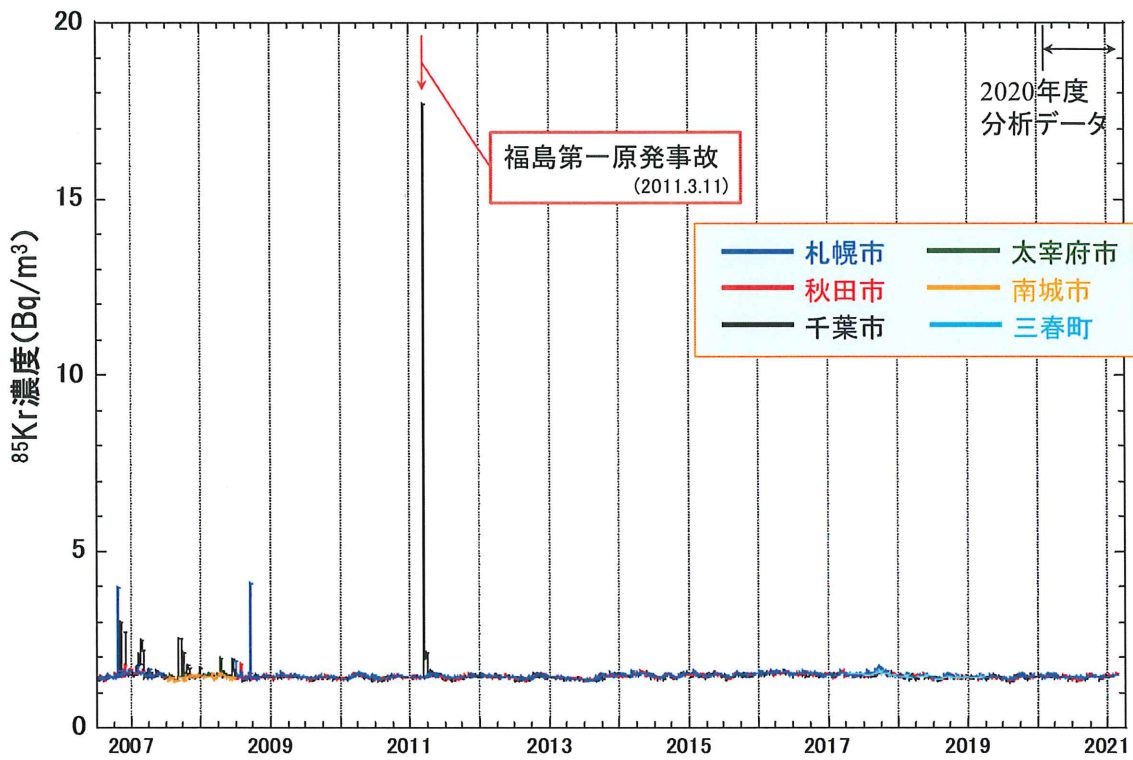


図 2-8-2 大気中  $^{85}\text{Kr}$  濃度調査結果 (2006 年度～2020 年度)

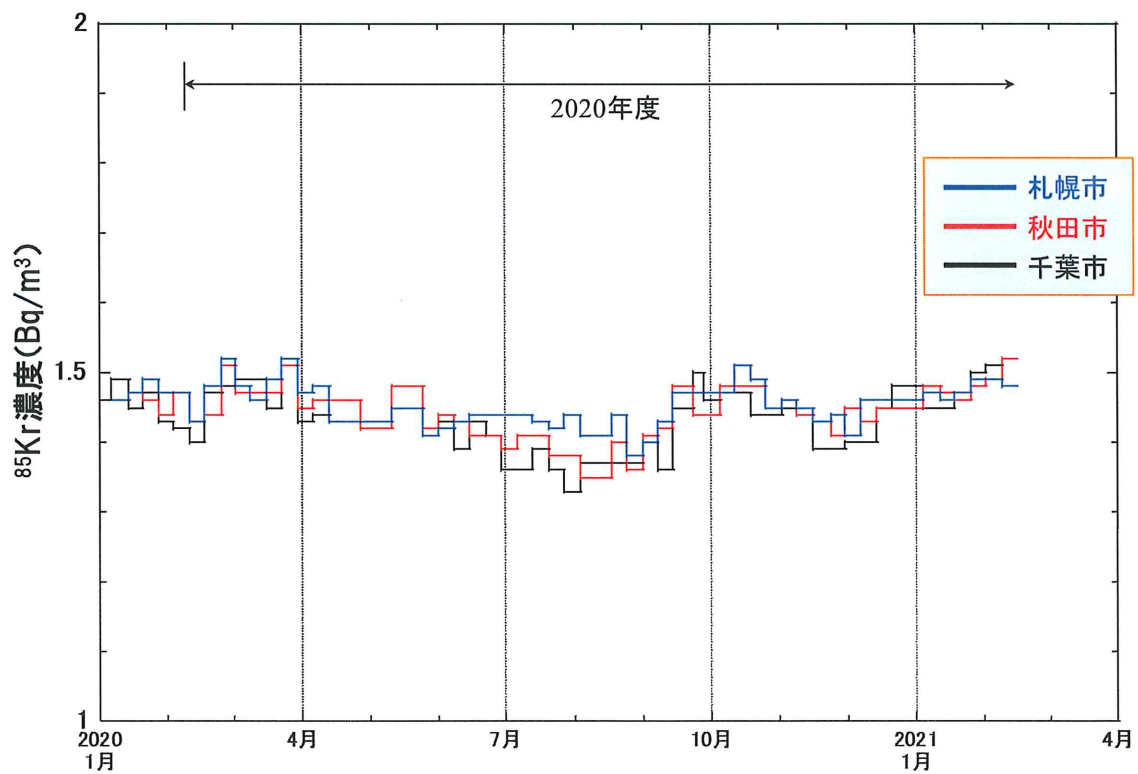


図 2-8-3 大気中  $^{85}\text{Kr}$  濃度調査結果 (2020 年度)

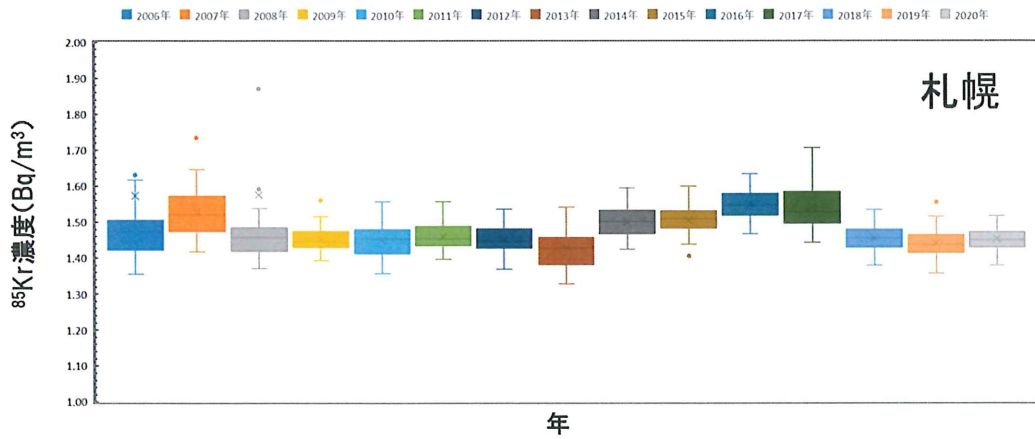


図 2-8-4 経年的な  $^{85}\text{Kr}$  濃度範囲の箱ひげ図 (札幌)

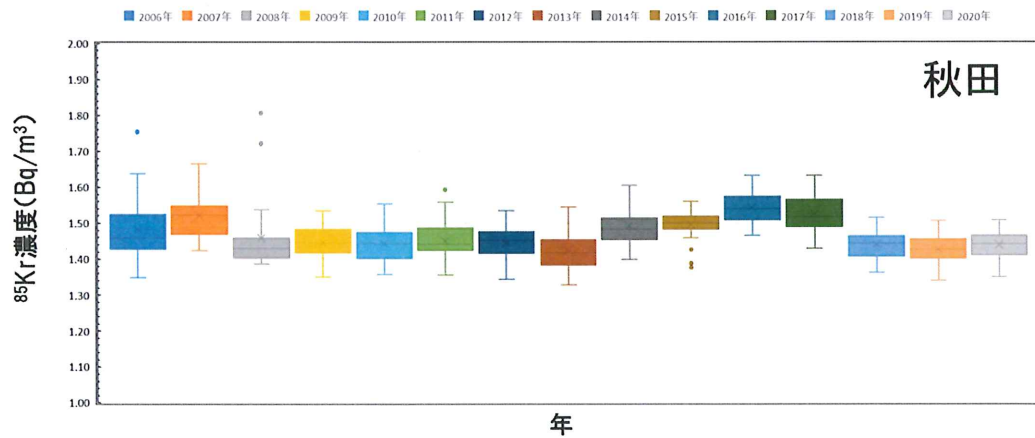


図 2-8-5 経年的な  $^{85}\text{Kr}$  濃度範囲の箱ひげ図 (秋田)

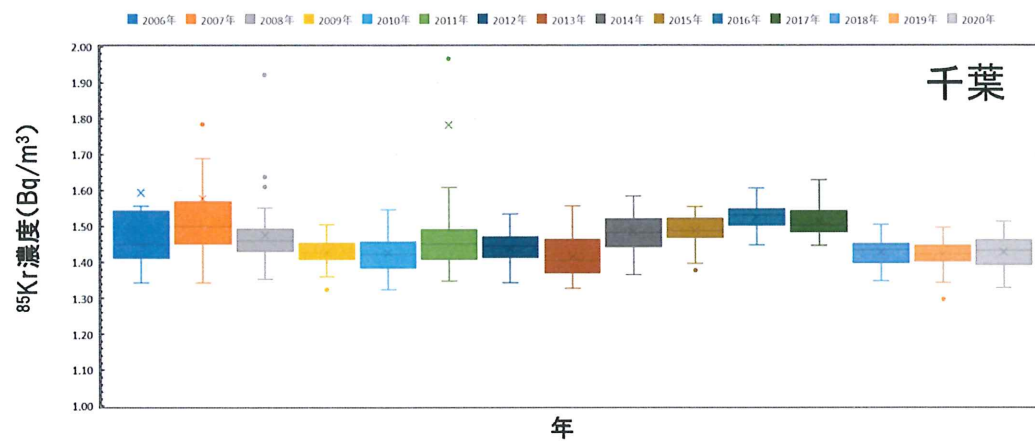


図 2-8-6 経年的な  $^{85}\text{Kr}$  濃度範囲の箱ひげ図 (千葉)

- \*1:Y. Igarashi, H. Sartorius, T. Miyao, W. Weiss, K. Fushimi, M. Aoyama, K Hirose, H. Y. Inoue, 2000;  $^{85}\text{Kr}$  and  $^{133}\text{Xe}$  monitoring at MRI, Tsukuba and its importance; Journal of Environmental Radioactivity, 48, 191-202
- \*2:Andreasöfer, Clemens Schlosser, Sabine Schmid, Martina Konrad, Roland Purtschert, Roman Kraus 2019; Half a century of Krypton-85 activity concentration measured in air over Central Europe: Trends and relevance for dating young groundwater; Journal of Environmental Radioactivity, 205-206, 7-16
- \*3 : 過去の本調査結果

## 2.9 放射性キセノン分析

### (1) 概要

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

#### 1) 調査対象地区

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

#### 2) 調査期間

2020 年 3 月 1 日より 2021 年 2 月 28 日まで調査を実施した。

#### 3) 分析方法

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

### (2) 結果と考察

2018 年 10 月から 2021 年 2 月捕集分の大気中  $^{131m}\text{Xe}$ 、 $^{133}\text{Xe}$ 、 $^{133m}\text{Xe}$  及び  $^{135}\text{Xe}$  濃度を図 2-9-1～図 2-9-4 に示す。調査期間中の大気中  $^{131m}\text{Xe}$  濃度は 0.05～0.64 mBq/m<sup>3</sup> で、平均値 (n=21) は 0.11 mBq/m<sup>3</sup> であった。 $^{133}\text{Xe}$  濃度は 0.11～2.62 mBq/m<sup>3</sup> で、平均値 (n=356) は 0.37 mBq/m<sup>3</sup> であった。調査期間中の  $^{133}\text{Xe}$  濃度の最大値は SAUNA-II 導入前 (2019 年 1 月 7 日捕集分まで) の検出下限値の範囲内 (1～3 mBq/m<sup>3</sup>) であった。 $^{133m}\text{Xe}$  濃度は 0.05～0.32 mBq/m<sup>3</sup> で、平均値 (n=10) は 0.08 mBq/m<sup>3</sup> であった。 $^{135}\text{Xe}$  は 0.62～0.85 mBq/m<sup>3</sup> で、平均値 (n=2) は 0.74 mBq/m<sup>3</sup> であった。これらの結果から、大気中の放射性キセノン濃度はバックグラウンドレベルにあると考えられる\*1～\*4。

また、日本原子力研究開発機構が採用しているキセノン比の基準\*5を用いて結果の評価を行った。包括的核実験禁止条約機関の放射性核種監視観測所において SAUNA-II を運用している同機構では放射性キセノン濃度による異常事象の監視に加え、キセノン比によるフラグ ( $^{133m}\text{Xe}/^{131m}\text{Xe} > 2.0$ 、 $^{133m}\text{Xe}/^{133}\text{Xe} > 0.3$ 、 $^{135}\text{Xe}/^{133}\text{Xe} > 5.0$ ) を立て、注目すべきデータを抽出している。そこで、 $^{131m}\text{Xe}$  と  $^{133m}\text{Xe}$ 、 $^{133}\text{Xe}$  と  $^{133m}\text{Xe}$  もしくは  $^{133}\text{Xe}$  と  $^{135}\text{Xe}$  が同時に検出された場合はそれぞれキセノン比 ( $^{133m}\text{Xe}/^{131m}\text{Xe}$ 、 $^{133m}\text{Xe}/^{133}\text{Xe}$ 、 $^{135}\text{Xe}/^{133}\text{Xe}$ ) を算出した。

調査期間において、 $^{133m}\text{Xe}/^{131m}\text{Xe}$  比は 3 回算出され、それぞれ 0.63 (2020 年

8月9日)、0.75(2020年8月21日)、0.86(2020年9月30日)と日本原子力研究開発機構が採用している基準(2.0)以下であった。 $^{133m}\text{Xe}/^{133}\text{Xe}$ 比は1回算出され、0.12(2021年1月30日)と日本原子力研究開発機構が採用している基準(0.3)以下であった。 $^{135}\text{Xe}/^{133}\text{Xe}$ 比は2回算出され、それぞれ0.38(2021年1月2日)、0.32(2021年1月30日)と日本原子力研究開発機構が採用している基準(5.0)以下であった。

- \*1: Workshop on Signatures of Medical and Industrial Isotope Production-A Review, Strassoldo, Italy, July 2009, PNNL-19294.
- \*2: 米沢仲四郎, 山本洋一, 2011; 核実験監視用放射性核種観測網による大気中の人工放射性核種の測定; ぶんせき, 2011-8, pp. 451-458.
- \*3: 木島 佑一, 山本 洋一, 小田 哲三, 2017; CTBT検証を目的とした青森県むつ市における国際希ガス共同観測; JAEA-Technology 2017-028.
- \*4: Paul R. J. Saey, 2007; Ultra-Low-Level Measurements of Argon, Krypton and Radon for Treaty Verification Purposes; ESARDA BULLETIN, No. 36, pp. 42-56.
- \*5: WOSMIP V-Workshop on Signatures of Medical and Industrial Isotope Production, Brussels, Belgium, May 2015, PNNL-25226.

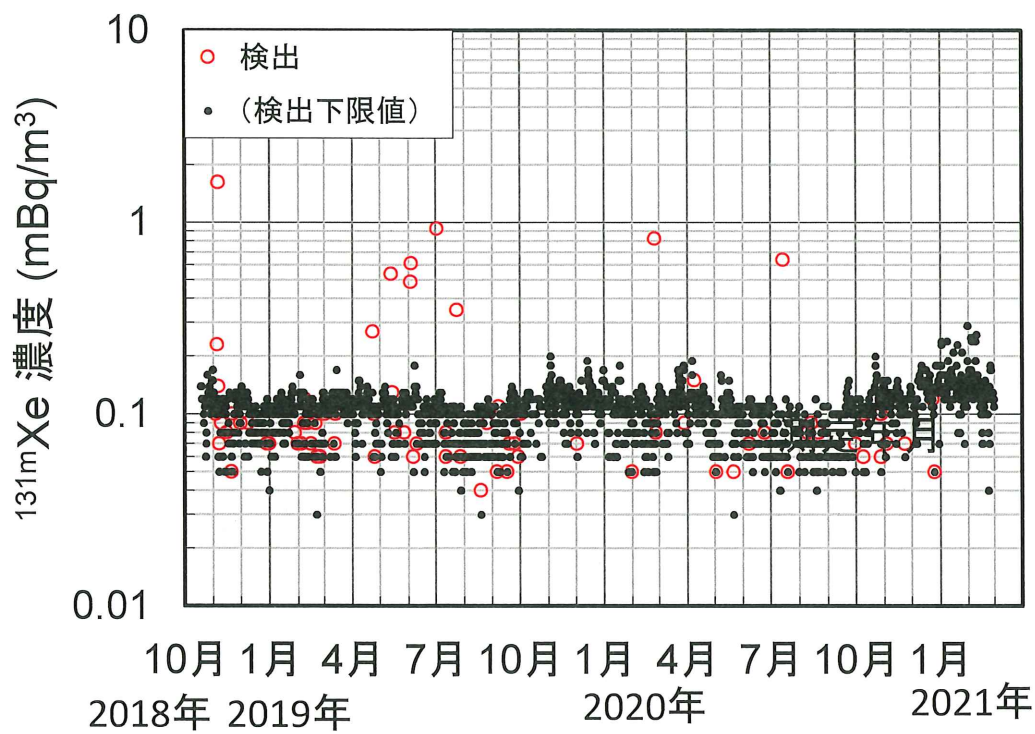


図 2-9-1 大気中 <sup>131m</sup>Xe 濃度調査結果

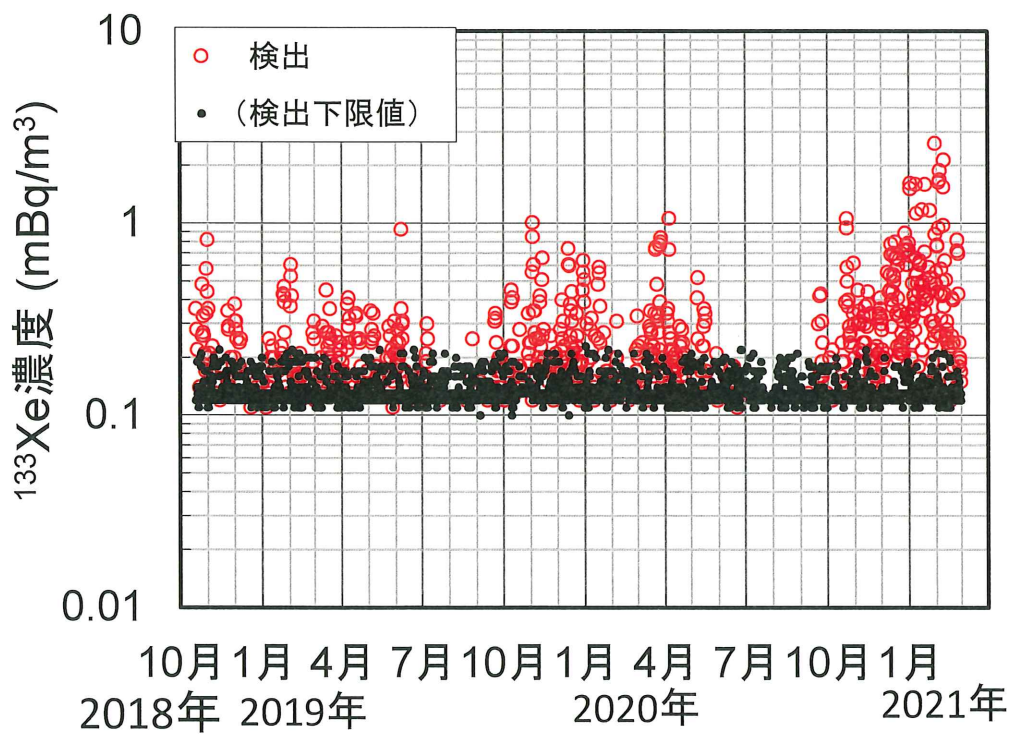


図 2-9-2 大気中 <sup>133</sup>Xe 濃度調査結果

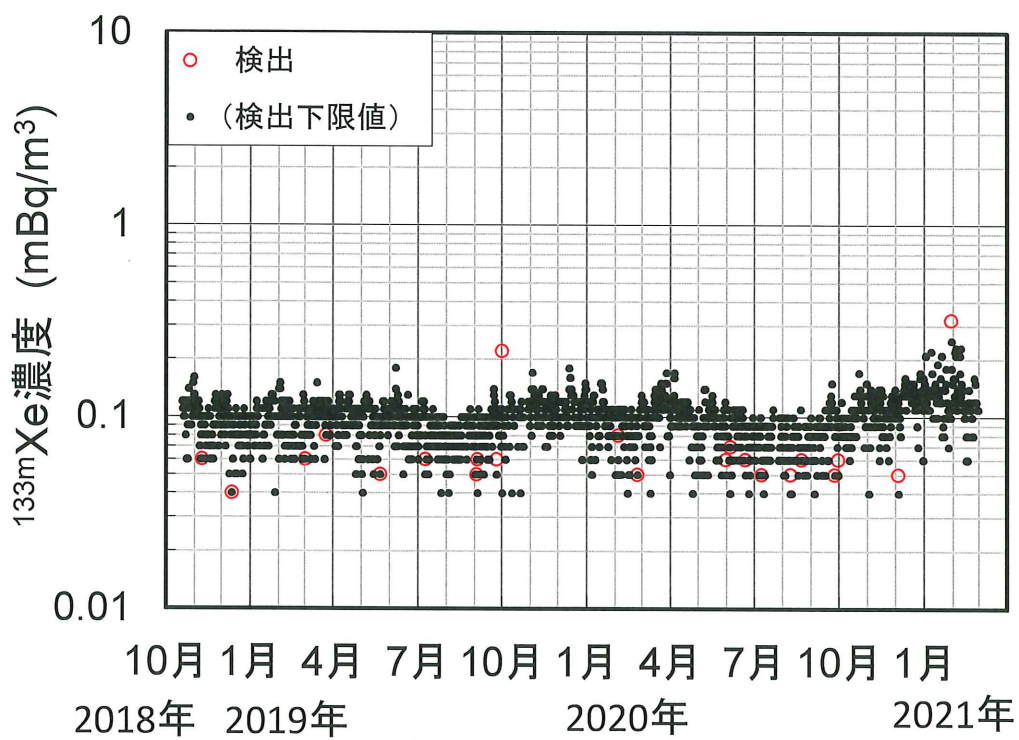


図 2-9-3 大気中  $^{133m}\text{Xe}$  濃度調査結果

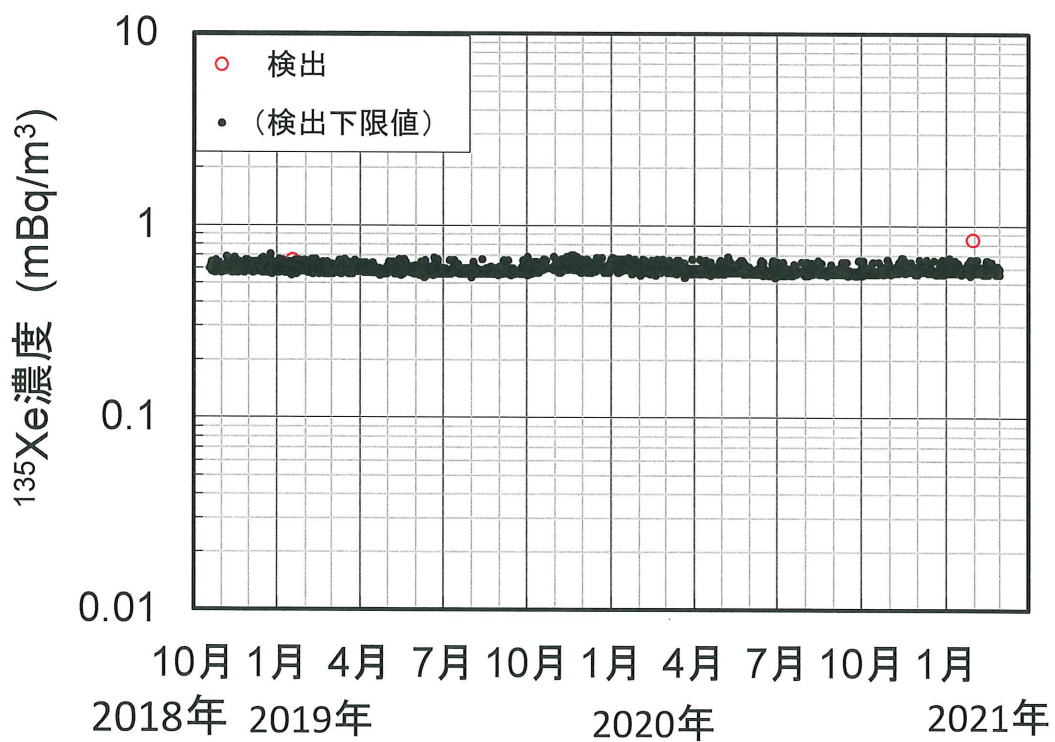


図 2-9-4 大気中  $^{135}\text{Xe}$  濃度調査結果