

平成 23 年 9 月 30 日

文部科学省による、 プルトニウム、ストロンチウムの核種分析の結果について

文部科学省 原子力災害対策支援本部
モニタリング班

1. 本調査の実施目的

文部科学省は、地表面に沈着した放射性物質による住民の健康への影響及び環境への影響を将来にわたり継続的に確認するため、梅雨が本格化し、土壌の表面状態が変化する前の時点において、東京電力(株)福島第一原子力発電所から概ね 100 km 圏内の約 2,200 箇所で、空間線量率を測定するとともに、各箇所 5 地点程度で表層 5cm の土壌を採取し、放射性セシウムやヨウ素 131 などのガンマ線核種について、核種分析を実施した。(空間線量率の測定結果は 8 月 2 日、12 日に公表済み、放射性セシウムの土壌濃度マップについては 8 月 30 日公表済み、ヨウ素の土壌濃度マップについては、9 月 21 日に公表済み)

他方で、福島第一原子力発電所から放出された、ガンマ線核種以外のアルファ線放出核種やベータ線放出核種の沈着状況についても確認するため、約 2,200 箇所の土壌調査箇所のうち、100 箇所を対象に、代表的なアルファ線放出核種やベータ線放出核種であるプルトニウム及びストロンチウムについて核種分析を実施した。

なお、プルトニウム 238、239+240^{*}、及びストロンチウム 89、90 の測定結果は、文部科学省内に設置した「放射線量等分布マップの作成等に係る検討会」(別紙 1)において、測定結果の妥当性の検証を行い、結果をまとめた。

※プルトニウム 239 とプルトニウム 240 は、それぞれの核種が放出するアルファ線のエネルギーがほぼ等しいため、アルファ線核種の通常分析では区別して定量できない。このため両核種の合計量として定量している。

2. 本調査の詳細

○土壌採取日：第 1 期 6 月 6 日～6 月 14 日、第 2 期 6 月 27 日～7 月 8 日

○土壌採取者：国立大学法人大阪大学、国立大学法人筑波大学、国立大学法人東京大学、(独)日本原子力研究開発機構、電気事業連合会「現地支援チーム」ほか(詳細は、8 月 2 日、12 日公表済の放射線量等分布マップの作成に向けた調査の協力組織一覧参照)

○核種分析者：(財)日本分析センター

○対象項目：単位面積あたりの地表面へのプルトニウム 238、239+240、及びストロンチウム 89、90 の沈着量【Bq/m²】

3. 本調査の結果

採取した土壌について、プルトニウム 238、239+240、及びストロンチウム 89、90 の核種分析結果を実施した結果を地図上に表記した資料は別紙 2-1～2-2 のとおりである。

なお、上記の核種分析結果を地図上に表記する際、以下の条件をもとに作成した。

- 平成 23 年度科学技術戦略推進費「放射性物質による環境影響への対策基盤の確立」『放射性物質の分布状況等に関する調査研究』において、文部科学省が 6 月 6 日から 7 月 8 日までの間、ある程度の広さを持った攪乱のない土地を選んで採取した土壌の核種分析の結果をもとに作成した。
- プルトニウム 238、239+240、及びストロンチウム 89、90 は、放射性セシウムやヨウ素 131 等のガンマ線を放出する放射性核種に比べて、分析前の試料調整等に時間を要することから、以下の要領で核種分析を実施する調査箇所を選定し、それぞれの箇所で採取された複数の土壌から 1 試料選択して、核種分析を実施した。
 - ①59 箇所については、福島第一原子力発電所から 80 km 圏内の各市町村（59 市町村）あたり調査箇所を 1 箇所選定した。選定にあたっては、土壌を採取可能であった場所のうち、空間線量率及び各市町村の人口の積が大きな箇所を中心に選定した。
 - ②残り 41 箇所については、警戒区域等の市町村の中から、選定した。選定にあたっては、福島第一原子力発電所を中心に、全方向において一様に選定した。
- プルトニウムの核種分析にあたっては、採取された土壌のうち、50 グラムを放射化学分析し、シリコン半導体検出器を用いて、約 20 時間計測した。検出下限値は、プルトニウム 238、239+240 とともに、約 0.5Bq/m²である。
- ストロンチウムについては、採取された土壌のうち、30 グラムを放射化学分析し、低バックグラウンドベータ線測定装置を用いて、約 60 分計測した。検出下限値は、ストロンチウム 89 で約 300Bq/m²であり、ストロンチウム 90 は、約 40Bq/m²である。
- 今回の調査結果は、第 1 期土壌採取期間から第 2 期土壌採取期間までの日数があることから、ヨウ素 131 や放射性セシウムの土壌濃度マップと同様に、地図上に表記する際、第 1 期土壌採取の最終日である 6 月 14 日時点の放射能に半減期を考慮して補正した。
- 4 月に実施した航空機モニタリングの結果において、東京電力(株)福島第一原子力発電所から 80km 圏内に、放射性物質の沈着量が多い箇所が集中していることが確認されたことから、原則として、80 km 圏内は 2km メッシュに 1 箇所の地点で土壌試料を採取した。

4. 考察

4.1 全体的な考察

- 今回採取した土壌は、ある程度の広さを持った攪乱のない土地を選んで採取し、測定されたものであり、地点数は限られているものの、福島第一原子力発電所から 80 km 圏内におけるプルトニウム 238、239+240 及びストロンチウム 89、90 の拡散状況を確認することができた。
- 本調査においてプルトニウム、ストロンチウムの沈着量の最高値が検出された箇所^{※1}において、仮に、50 年間滞在した場合に生じる、土壌からの再浮遊に由来する吸入被ばく、及び土壌からの外部被ばく線量の積算値（以下、「50 年間積算実効線量」と言う。）について、IAEA が提案している緊急事態時の被ばく評価方法^{※2}に基づき計算したところ、本調査においてセシウム 134 やセシウム 137 の沈着量の最高値が検出された箇所における 50 年間積算実効線量と比べて、非常に小さいことが確認された。

※1：警戒区域又は計画的避難区域の中にあり、現在、人は居住していない。

※2：IAEA-TECDOC-955、1162に記載されている被ばくの評価手法。本手法では、放射性核種が沈着した地面上に留まると仮定し、放射性核種が地表面に沈着した後のある期間（最初の1ヶ月間、2ヶ月目の1ヶ月間、50年間）の積算実効線量を評価する手法を定めている。なお、この実効線量には外部被ばく線量及び再浮遊した放射性核種を吸入することによる預託線量が含まれる。また、積算実効線量の算出に当たっては、放射性核種の崩壊、変換ならびにウェザリングの効果が考慮されている。加えて、放射性核種の再浮遊による吸入被ばくを安全側に評価するため、実際の事故時において観測されているよりも安全側の再浮遊係数として $10^{-6}/m$ を用いている。

（参考1）

●本調査において、プルトニウム 238、239+240 及びストロンチウム 89 及び 90 の沈着量の最高値が検出された各箇所における50年間積算実効線量

- ①プルトニウム 238 : 0.027mSv
- ②プルトニウム 239+240 : 0.12mSv
- ③ストロンチウム 89 : 0.61 μ Sv (0.00061mSv)
- ④ストロンチウム 90 : 0.12mSv

（参考2）

●本調査において、セシウム 134、137 の沈着量の最高値が検出された各箇所における50年間積算実効線量

- ⑤セシウム 134 : 71mSv
- ⑥セシウム 137 : 2.0Sv (2,000mSv)

○セシウム 134、137 の50年間積算実効線量に比べて、プルトニウムやストロンチウムの50年間積算実効線量は非常に小さいことから、今後の被ばく線量評価や除染対策においては、セシウム 134、137 の沈着量に着目していくことが適切であると考えられる。

4.2 プルトニウムの測定結果に対する考察

○別紙3に見られるように、事故発生前の全国において観測されているプルトニウム 239+240（プルトニウム 239 の半減期： 2.41×10^4 年、プルトニウム 240 の半減期：6564年）に対するプルトニウム 238（半減期：87.7年）の沈着量の比率は、全国平均で0.026程度であるのに対して、本調査においてプルトニウム 238、239+240 双方が検出された5箇所の調査箇所は0.33~2.2程度であり、事故発生前より比率が大きいことから、これらの5箇所については、今回の事故に伴い、新たに沈着したものと考えられる。

また、プルトニウム 239+240 は検出されていないものの、プルトニウム 238 が検出された1箇所の調査箇所についても、プルトニウム 239+240 よりもプルトニウム 238 の沈着量が大きいことから、今回の事故に伴い、新たに沈着したものと考えられる。

○本調査において確認されたプルトニウム 238、239+240 の沈着量は、いずれも、事故発生前に全国で観測されたプルトニウム 238、239+240 の測定値の範囲（過去の大気圏内核実験の影響の範囲）に入るレベルであった。

4.3 ストロンチウムの測定結果に対する考察

- ストロンチウム 89 は半減期が 50.53 日（ストロンチウム 90 は半減期 28.8 年）であることから、本調査においてストロンチウム 89 が検出されている箇所は、今回の事故に伴い、新たに沈着したものと考えられる。
- また、本調査において、ストロンチウム 89 は不検出であったものの、ストロンチウム 90 が検出された調査箇所で見出されたストロンチウム 90 の測定値は、事故発生前の全国において観測されているストロンチウム 90 の測定値の範囲（ $2.3\sim 950\text{Bq/m}^2$ ）内に入るレベルであった。
- なお、ストロンチウム 89、90 が検出された土壌試料について、ストロンチウム 90 に対するストロンチウム 89 の沈着量の比率を計算したところ、 $1.9\sim 6.5$ （平均 4.0）であり、概ね両核種の比率は一定であった。

他方で、ストロンチウム 89 が検出された土壌試料について、セシウム 137 に対するストロンチウム 89 の沈着量の比率について計算したところ、 $5.6\times 10^{-4}\sim 1.9\times 10^{-1}$ （平均： 9.8×10^{-3} ）と大きくばらついていた。また、ストロンチウム 90 が検出された土壌試料についても、セシウム 137 に対するストロンチウム 90 の沈着量の比率を計算したところ、 $1.6\times 10^{-4}\sim 5.8\times 10^{-2}$ （平均： 2.6×10^{-3} ）と大きくばらついていた。

本結果より、ストロンチウムと放射性セシウムの挙動は一様ではないことが確認された。今後、本調査において放射性セシウムに対するストロンチウムの沈着量の比率が大きな箇所を中心に追加調査を行うとともに、放射性物質の移行状況調査を通じて、ストロンチウムの挙動について詳細に検討する。

5. 今後の予定

- ヨウ素 131、放射性セシウム、ストロンチウム、プルトニウム以外の放射性核種の測定結果や放射性物質の移行調査の結果については、これまでも専門家の意見を踏まえて測定結果の妥当性の検証や成果の取りまとめ方等について検討を行っており、今後、検討結果を踏まえて、本調査の結果を集約した報告書を作成し、公表する予定である。なお、報告書の作成過程において、早急に公表すべき内容が確認された際にも、当該結果について公表していく。

放射線量等分布マップの作成等に係る検討会について

1. 開催の目的

「環境モニタリング強化計画」（平成 23 年 4 月 22 日 原子力災害対策本部）及び「原子力被災者への対応に関する当面の取組方針」（平成 23 年 5 月 17 日 原子力災害対策本部）に基づき、事故状況の全体像の把握や区域等の解除に向けて活用するため、放射線量等分布マップを作成する。

当該マップの作成にあたり、技術的検討を行うことを目的として「放射線量等分布マップの作成等に係る検討会」を開催する。

2. 検討内容

- 放射性物質の分布状況を把握するための「線量測定マップ」作成に係る技術的事項
- 土壌表層中の放射性物質の蓄積状況を把握するための「土壌濃度マップ」作成に係る技術的事項
- 農地土壌における放射性物質の蓄積状況を把握するための「農地土壌放射能濃度分布マップ」作成に係る技術的事項
- 地表面からの放射性物質の移行状況（河川、地下水等の水圏への移行、地表面等からの巻き上げ、土中への移行等）の確認に係る技術的事項

3. 庶務

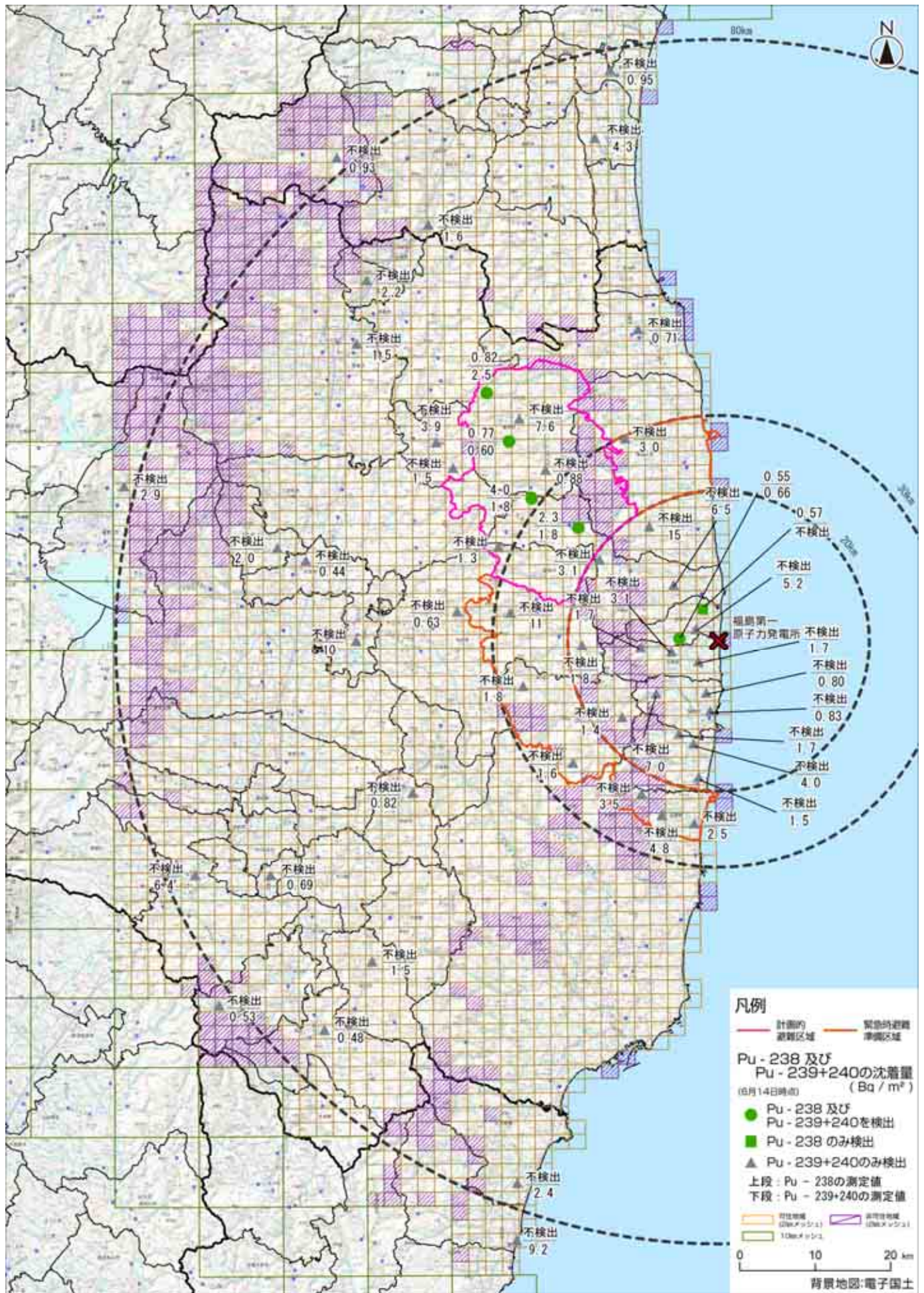
委員会の庶務は、科学技術・学術政策局原子力安全課において処理する。

4. 検討会構成員

名前	所属
池内 嘉宏	財団法人 日本分析センター 理事
木村 秀樹	青森県 環境生活部 原子力安全対策課 副参事
小山 吉弘	福島県 生活環境部 原子力安全対策課 課長
斎藤 公明	独立行政法人 日本原子力研究開発機構 福島支援本部 上級研究主席
柴田 徳思	独立行政法人 日本原子力研究開発機構 J-PARC センター 客員研究員
下 道國	藤田保健衛生大学 客員教授
杉浦 紳之	独立行政法人 放射線医学総合研究所 緊急被ばく医療研究 センター センター長
高橋 隆行	福島大学 副学長（研究担当）・附属図書館長
高橋 浩之	東京大学 原子力国際専攻 教授
高橋 知之	京都大学 原子炉実験所 原子力基礎工学研究部門 准教授
茅野 政道	独立行政法人 日本原子力研究開発機構 原子力基礎工学研究部門 副部門長
長岡 鋭	財団法人 高輝度光科学研究センター 安全管理室長
中村 尚司	東北大学 名誉教授
長谷部 亮	独立行政法人 農業環境技術研究所 研究統括主幹
久松 俊一	財団法人 環境科学技術研究所 環境動態研究部 部長
村松 康行	学習院大学 理学部 化学科 教授
吉田 聡	独立行政法人 放射線医学総合研究所 放射線防護研究センター 運営企画ユニット ユニット長

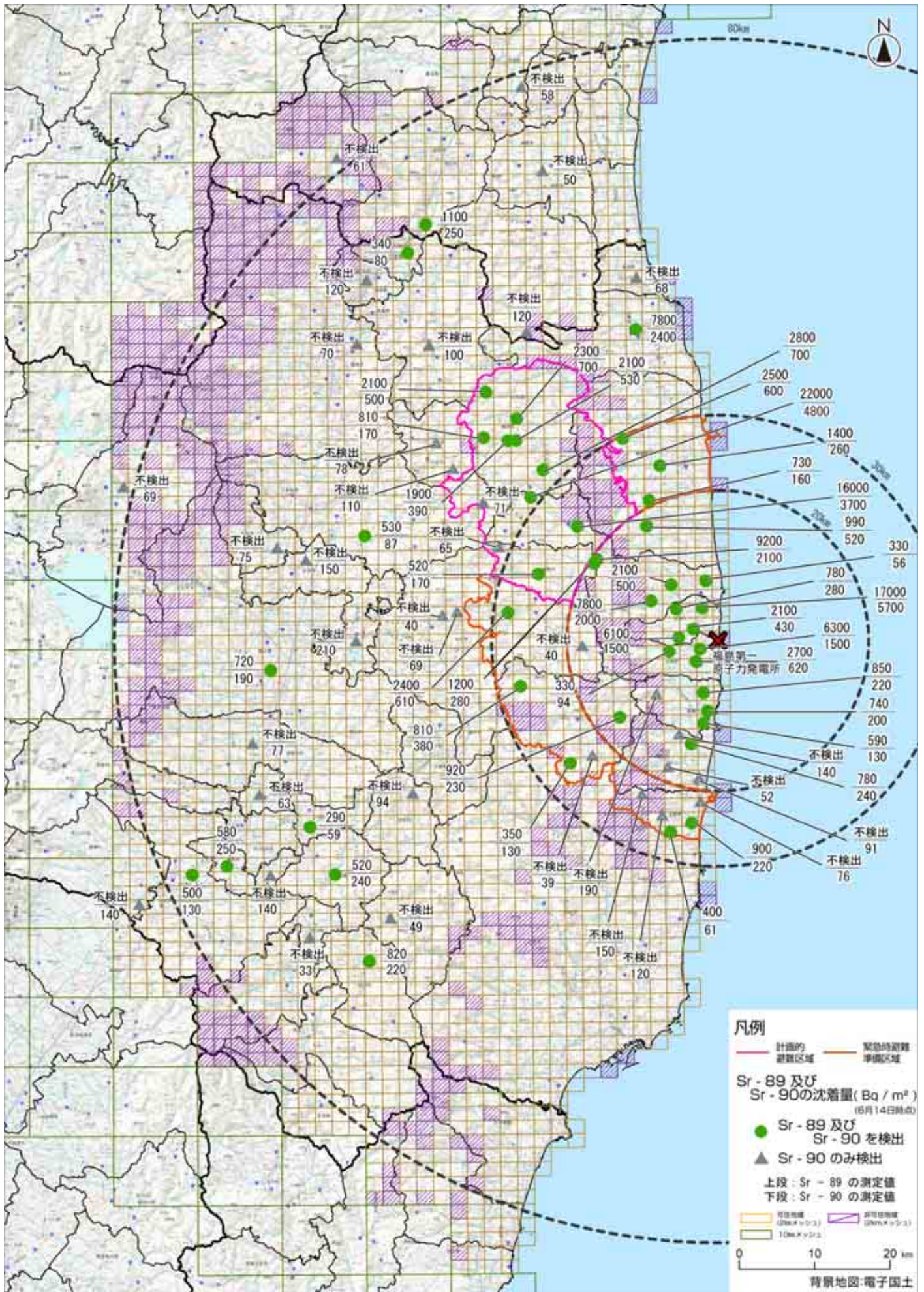
(敬称略、50音順)

プルトニウム238、239+240の測定結果について



※●■: 福島第一原子力発電所事故に伴い、新たにプルトニウム238、239+240が沈着したものと考えられる箇所

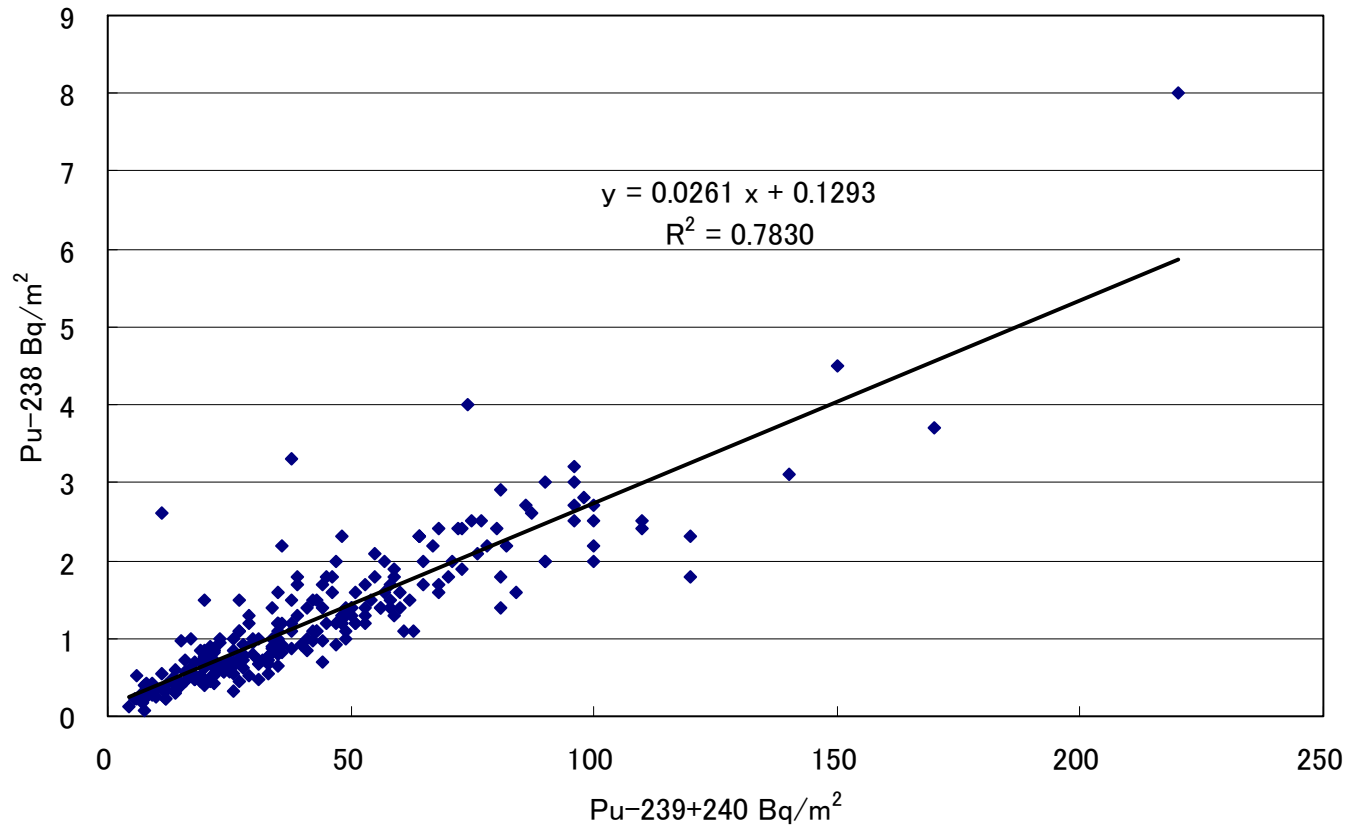
ストロンチウム89、90の測定結果について



※● : 福島第一原子力発電所事故に伴い、新たにストロンチウム89、90が沈着したものと考えられる箇所

全国におけるこれまでのプルトニウム238とプルトニウム239+240の関係について

●平成11～20年度までの環境放射能水準調査の結果



→平成11～20年度までの環境放射能水準調査において、採取された土壌1,054試料のうち、プルトニウム238、プルトニウム239+240が検出された252試料について、**プルトニウム239+240に対するプルトニウム238の沈着量の比率を確認したところ、全国平均で0.0261。**

(参考)

・平成11年度から20年度の調査で採取された1,054試料の土壌濃度の平均値及び範囲:

プルトニウム238 : 平均値: 0.498Bq/m² 範囲: 0～8.0Bq/m²

プルトニウム239+240 : 平均値: 17.8Bq/m² 範囲: 0～220Bq/m²