

4.2 プルトニウム 238、239+240、241 の沈着量の測定

池内 嘉宏（日本分析センター）

(1) 調査目的

日本分析センターは、原子力機構からの委託により、プルトニウムの土壌濃度マップの精緻化のため、第1次分布状況等調査において福島第一原発から約100 km圏内で採取した2,200箇所(11,000試料)の土壌試料から100試料を選定して、アルファ線放出核種であるプルトニウム238、プルトニウム239+240の沈着量を求めた。その結果、各調査箇所におけるプルトニウム238、プルトニウム239+240の沈着量は、いずれも福島第一原発事故発生前に全国で測定されているプルトニウム238、プルトニウム239+240の測定値の範囲であったが、一部の試料にはプルトニウム238とプルトニウム239+240の比から、福島第一原発事故に伴い放出されたプルトニウムの影響があることを確認した。

第2次分布状況等調査においては、更なる土壌濃度マップの精緻化のため、第1次分布状況等調査において調査対象範囲としなかった福島第一原発から80～100 km圏内で採取された土壌8試料について分析を行うとともに、第1次分布状況等調査においてプルトニウム238、239+240が検出された調査箇所の周辺で採取された土壌54試料について分析を行った。福島第一原発の北西方向30 kmまでに事故影響のプルトニウムが主に分布していることを確認した。プルトニウム241は被ばく線量評価上、換算係数はプルトニウム238、239+240に比べて1桁程度小さいものの、経済産業省原子力安全・保安院が公表している福島第一原発からの放射性物質の放出量試算値（平成23年10月20日公表）において、プルトニウム238の約63倍放出されていると試算されている。そこで、プルトニウム241について、第1次分布状況等調査においてプルトニウム238もしくはプルトニウム239+240が検出されたプルトニウム238、239+240の分析後の54試料及び福島第一原発から80～100 km圏内で採取されたプルトニウム238、239+240の分析後の土壌8試料について分析を行った。分析の結果、プルトニウム241が検出されたのは3試料であったが、この3試料のプルトニウム241の濃度とプルトニウム238の濃度の比（Pu-241/Pu-238）は、平均値が57、範囲は38～76であり、原子力安全・保安院の試算値である63と同程度の比が得られた。

本調査では、更なる土壌マップの精緻化のため、第1次分布状況等調査及び第2次分布状況等調査でプルトニウム238、239+240が検出された箇所の周辺でプルトニウム238、239+240の土壌試料量を50 g程度から倍の100 g程度とし、土壌試料を新たに採取して検出下限値を下げることにする。また、プルトニウム241は低エネルギーのベータ線しか放出しないため、検出下限値を下げるのが難しく、精度の良い測定が困難である。そのため、第2次分布状況等調査ではプルトニウム238、239+240分析工程の最後である電着板から酸により溶解して、この溶解した溶液から分析を行っていたが、プルトニウム238、239+240と同様に土壌試料量を50 g程度から倍の100 g程度とし、最初から放射化学分析を行い検出下限値を下げることにする。加えて、プルトニウム238、239+240とプルトニウム241の濃度の比を多くの分析結果から求めることにより、プルトニウム241を分析していない箇所におけるプルトニウム241の濃度を推定できるかを検討する。

(2) 調査内容

1) 土壌試料の採取期間

平成24年9月19日～9月21日及び9月25日～9月28日

2) 調査項目

プルトニウム 238、239+240 のアルファ線分析
プルトニウム 241 のベータ線分析

3) 調査箇所

第1次分布状況等調査及び第2次分布状況等調査で、プルトニウム 238、239+240 が検出された箇所の周辺。図 4.2-1 及び Appendix 4.2-表 1 に示す。

4) 試料の採取方法

草や枯葉がなく、小石等がない、土壌が直接見えている箇所で、直径 5 cm、高さ 5 cm の金属製の円筒に蓋ができる柄のついた用具をかぶせ、柄の上からハンマーでたたき、土壌試料を直近の 2 箇所で採取した。採取した試料は、500 mL の容器に移し、テフロン棒でよくかき混ぜ、容器のふたを閉め、プルトニウム 238、239+240 及びプルトニウム 241 の分析試料とした。

5) 試料の分析方法及び検出下限値

プルトニウム 238、239+240 については、上記 4) で採取した試料 100 g 程度について放射化学分析を行い、プルトニウムを分離し、シリコン半導体検出器を用いて 80,000 秒（約 22 時間）程度測定した。検出下限値は 0.6 Bq/m² 程度である。

プルトニウム 241 については、同じく上記 4) で採取した試料 100 g 程度について、放射化学分析を行い、プルトニウムを分離し、液体シンチレーションカウンタを用いて約 500 分間、プルトニウム 241 のベータ線を計測した。プルトニウム 241 の検出下限値は 30 Bq/m² 程度である。

(3) 結果と考察

1) 結果

プルトニウム 238、239+240 の調査結果を図 4.2-2 及び Appendix 4.2-表 1 に示す。第2次分布状況等調査結果から、プルトニウム 238 の濃度と 239+240 の濃度の比が 0.053 を超える箇所は福島第一原発事故の影響があるとして、図 4.2-2 に示す。福島第一原発の北西方向 50 km の範囲及びそれ以外の方向では、福島第一原発のごく近辺 10 km の範囲に事故の影響がある箇所が主に分布していることが分かった。

プルトニウム 241 の調査結果を図 4.2-3 及び Appendix 4.2-表 1 に示す。プルトニウム 238、239+240 と同様の分布状況であることが分かった。

2) プルトニウム 238、239+240 の測定結果に対する考察

今回の調査において、プルトニウム 239+240 に対するプルトニウム 238 の沈着量の比率を計算したところ、これらの比率は 0.028~2.7 程度であり、いくつかの箇所で事故前の平成 11~21 年度までの全国調査で観測されているプルトニウム 239+240 に対するプルトニウム 238 の沈着量の比率（平均値：0.031、最小値：0.012、最大値：0.120）に比べ、大きな比率を有する箇所が確認された。第2次分布状況等調査でプルトニウム 239+240 に対するプルトニウム 238 の沈着量が 0.053 以上の値は事故由来としたため、図 4.2-2 に事故由来として示した。

今回の調査で確認されたプルトニウム 238、239+240 の沈着量は、1 箇所で検出されたプルトニウム 238 の沈着量の値を除き、いずれの箇所においても事故前の平成 11 年~21 年度まで

の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による範囲^{*28}）に入るレベルであった。また、今回の調査では、事故前に観測されたプルトニウム 238 の沈着量の最大値を超えた箇所が 1 箇所確認されたが、当該箇所のプルトニウム 238 の沈着量は事故前に観測されたプルトニウム 238 の沈着量の最大値の 1.2 倍程度であった。

3) プルトニウム 241 の測定結果に関する考察

今回の調査では、最初から分析したこともあり、97 箇所のうち 38 箇所でプルトニウム 241 を検出した。その結果を図 4.2-3 に示す。土壤に沈着したプルトニウム 241 とプルトニウム 238 の比率を計算すると平均で 54 であり、旧原子力安全・保安院試算の 63 に近い値となっている。

(4) まとめ

今回の調査により、プルトニウム 238、239+240、プルトニウム 241 の沈着量及び沈着箇所がより明確に把握できた。しかしながら、今後、プルトニウム 241 とプルトニウム 238 及びプルトニウム 239+240 について、より多くの試料の比率を求めることにより、事故由来と考えられる比率を検討することとする。さらに、これらの比率を求めることにより、プルトニウム 241 を分析していない箇所について、プルトニウム 238 及びプルトニウム 239+240 からプルトニウム 241 の推測値を求めることができるかを検討することとする。

^{*28} プルトニウム 238: 検出下限値 $\sim 8.0 \text{ Bq/m}^2$ (平均値: 1.0 Bq/m^2)、プルトニウム 239+240: 検出下限値 $\sim 220 \text{ Bq/m}^2$ (平均値: 16 Bq/m^2)

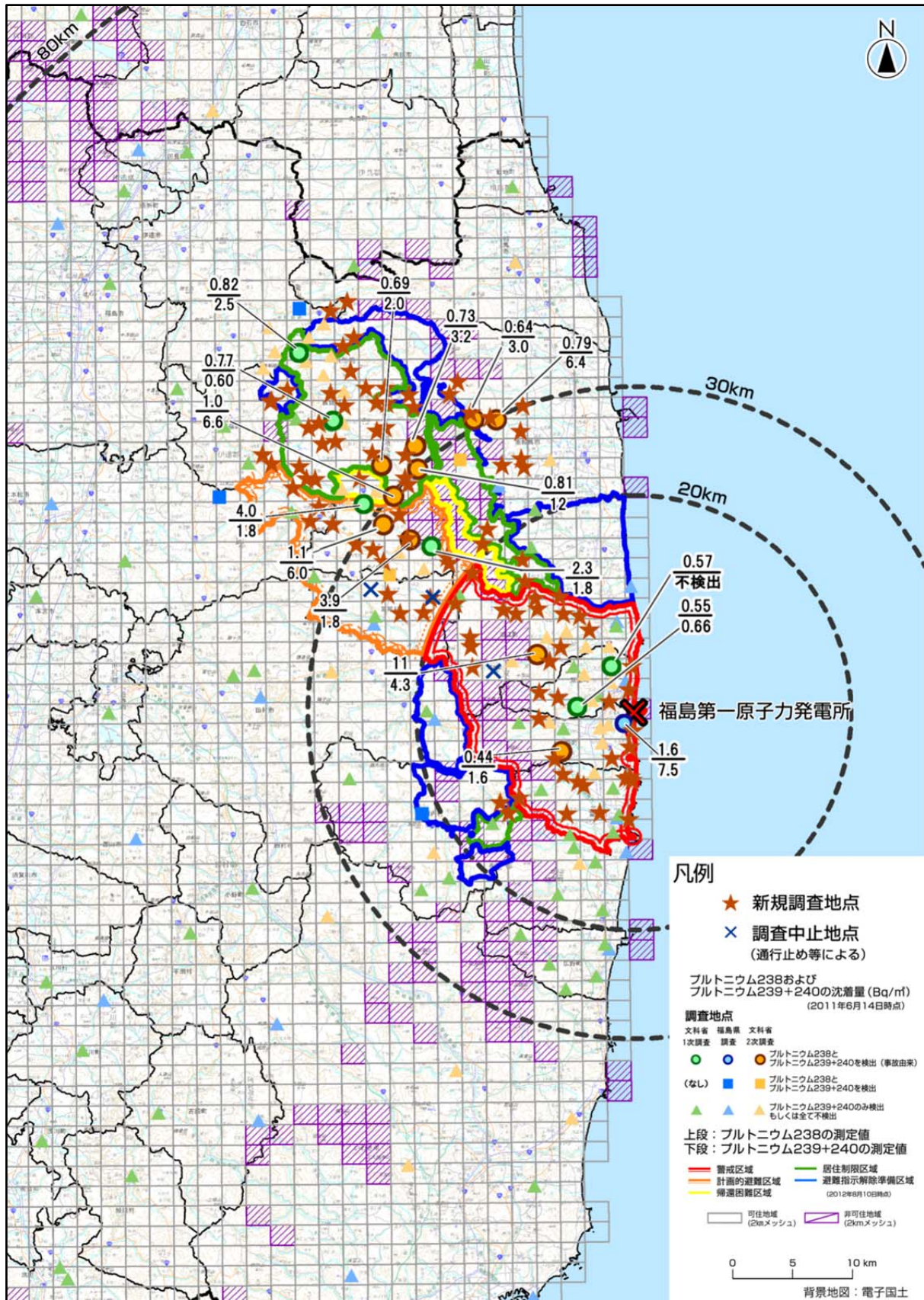


図 4.2-1 プルトニウム 238、239+240、241 分析試料の採取位置 (97 箇所)

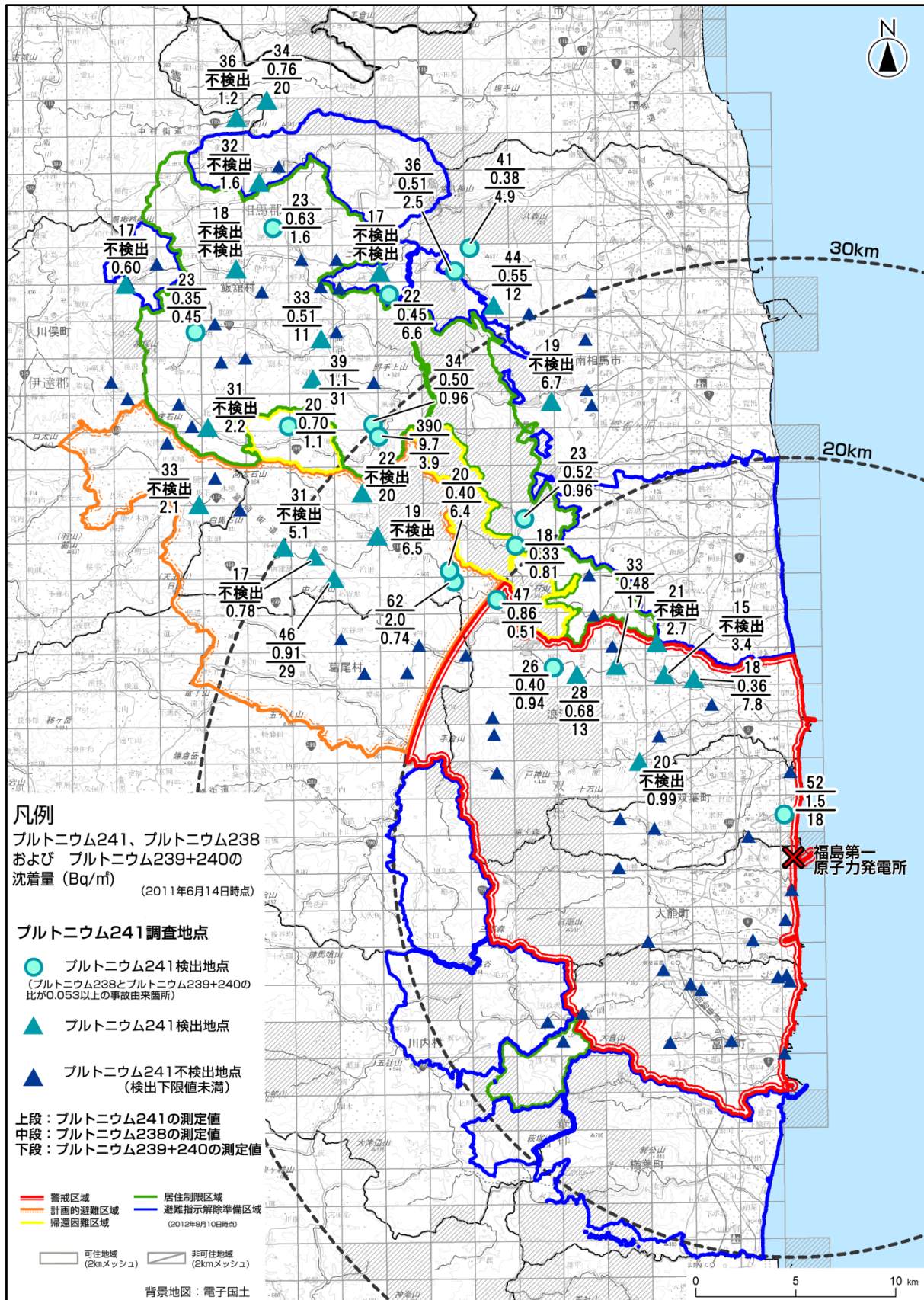


図 4.2-3 プルトニウム 241 の沈着量の測定結果