



平成24年3月13日

東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故に伴い 放出された放射性物質の分布状況等に関する 調査研究結果について

昨年6月6日から実施してきました、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』について報告書がまとまったので、お知らせします。

1. 本報告書について

- 文部科学省では、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』として、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昨年6月6日から、東京電力(株)福島第一原子力発電所（以下、「福島第一原発」という。）から概ね100km圏内の約2,200箇所、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、その土壌について核種分析を実施した。
- その結果、当該地域における空間線量率マップを作成するとともに、平成23年6月14日時点のセシウム134、137、ヨウ素131、テルル129m、銀110mの五つのガンマ線放出核種に加え、アルファ線放出核種としてプルトニウム238、239+240、ベータ線放出核種としてストロンチウム89、90の沈着量を地図上に示した土壌濃度マップを作成し、報告書として取りまとめた。
- また、地表面に沈着した放射性物質の蓄積状況は、風雨等の影響により、大きく変化することが予想されるため、放射性物質の蓄積状況、及び移行状況について確認が必要である。
- そこで、同時期における福島第一原発から放出された放射性物質の森林、河川、地下水、土壌深さ方向への移行状況を確認するため、それぞれの自然環境における放射性物質の分布状況や一定期間の存在量の変化傾向について調査を実施し、様々な土地利用における放射性セシウムの存在状態の確認、土壌中の放射性物質の深度分布や土壌中の移行し易さの確認、河川中の放射性物質の存在量の確認、梅雨前後の放射性物質の存在量の変化傾向の確認、森林、土壌、地下水、河川水における放射性物質の移行状況、及び樹木や土壌からの巻き上げによる放射性物質の移行状況等に関する調査結果を報告書として

取りまとめた。

- さらに、農林水産省では、農地の除染など、今後の営農に向けた取組を進めるため、文部科学省、宮城県、福島県、栃木県、群馬県、茨城県並びに千葉県と連携・協力して、農地土壌中に含まれる放射性物質の濃度を調査した。この結果、農地土壌における放射性物質の濃度分布は、文部科学省等による調査により判明している空間線量率の分布とほぼ同様の傾向を示すことが明らかとなった。
- 文部科学省及び農林水産省は、これらの結果について、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」において、測定結果の妥当性の検証を行い、「放射線量等分布マップの作成等に関する報告書」をまとめたので、公表する（報告書の簡略版は別添のとおり。また、報告書本体は下記に示す URL を参照）。
- 本調査は、平成 23 年 6 月期における福島第一原発の事故による放射性物質の分布状況等について詳細な結果が得られているほか、ここで得られた成果は今後の放射性物質の影響について確認していく上で、非常に有用な成果が得られている。そのため、本調査で得られた成果が、今後の被ばく線量評価、除染対策、今後の放射性物質の放射能濃度の経時変化の予測等に活用されることが期待される。

2. 報告書の構成

- ・放射線量等分布マップの作成等に関する報告書（報告書第 1 編）
- ・放射線量等分布マップ関連研究に関する報告書（報告書第 2 編）
- ・農地土壌の放射性物質濃度分布マップ関連調査研究報告書（報告書第 3 編）

3. URL

http://radioactivity.mext.go.jp/ja/distribution_map_around_FukushimaNPP/#distribution_map

<担当> 文部科学省 原子力災害対策支援本部 奥（おく） 電話：03－5253－4111（内線 4604、4605）

平成 24 年 3 月 13 日

「東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故に伴い放出された放射性物質の分布状況等に関する調査研究結果」の簡略版について

文部科学省 原子力災害対策支援本部
農林水産省 農林水産技術会議事務局

1. 放射線量等分布マップの作成等に関する報告書（報告書第 1 編）

1.1 放射線量等分布マップの作成等の目的

○本調査は、平成 23 年度科学技術戦略推進費によるプロジェクト「放射性物質による環境影響への対策基盤の確立」の一環として、福島第一原子力発電所（以下、福島第一原発）という。）の事故（以下、「福島第一原発事故」という。）により放出された放射性物質の影響を確認するため、地表面から 1m 高さの空間線量率の測定結果をまとめた「空間線量率マップ」、及び土壌に沈着した放射性核種ごとの放射能濃度の分布状況をまとめた「土壌濃度マップ」※を作成することとした。

○本調査は、文部科学省からの委託事業として、独立行政法人日本原子力研究開発機構を中心に多くの大学や研究機関の協力のもと、実施された。それぞれの調査は、文部科学省に設置した「放射線量等分布マップの作成等に係る検討会」において専門家による妥当性確認を経た上で実施された。

※本マップは、土壌表層近くに残留している単位面積当たりの放射エネルギーの分布状況を示しており、イメージをつかみやすくするため、便宜的に「土壌濃度マップ」と表現している。

1.2 調査期間

○本調査は、事故初期の被ばく評価において重要な核種であり、短半減期のため測定が困難になることが予想されたヨウ素 131 を検出すること、梅雨の降雨に伴い、地表面からの放射性物質の流出が起きる前の初期状態を把握することを目的として、平成 23 年 6 月 6 日～7 月 8 日の短期間で空間線量率の測定、土壌採取を実施した。

1.3 調査対象範囲

○調査対象範囲は、航空機モニタリングやその他の環境モニタリングの結果を参考にして、福島第一原発から 80km 圏内を 2 km メッシュに、80～100km の範囲及びその範囲外の福島県内を 10 km メッシュに分割し、各メッシュ内で調査箇所を 1 箇所定め、合計約 2,200 箇所、地表面から 1m の高さの空間線量率を測定するとともに、各箇所原則 5 個の土壌試料を採取した。

1.4 調査協力者

- ① 空間線量率の測定、及び土壌採取（107 機関、合計 440 名）
国立大学法人大阪大学、国立大学法人京都大学、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、（独）放射線医学総合研究所、（財）日本分析センターの研究者、電気事業連合会「現地支援チーム」のメンバーほか
- ② 土壌試料の核種分析（21 機関、合計 291 名）
（財）日本分析センター及び国立大学法人東京大学の研究者ほか
※アルファ線放出核種及びベータ線放出核種については（財）日本分析センターのみで実施

1.5 調査結果及び考察

(1) 空間線量率の測定結果及び考察

- 福島第一原発から概ね 100km 圏内及びその圏外の福島県内の土壌採取箇所（約 2,200 箇所）において、校正済みの NaI (TI) シンチレーション式サーベイメータ、及び電離箱式サーベイメータを用いて、地表面から 1m の高さの空間線量率を測定するとともに、GPS から緯度・経度情報（以下、「GPS 情報」という。）を読み取り、これらのデータを基に、各土壌採取箇所における地表面から 1m 高さの空間線量率の分布状況を示した空間線量率マップ（図 1 参照）を作成した。
- また、道路周辺における放射性物質の分布状況を詳細に把握するため、KURAMA システムを用いて同区域の国道や県道を中心に走行サーベイ^{※1}を実施し、連続的に測定された道路上の空間線量率の測定結果、及び GPS 情報を基に、道路上における地表面から 1m の高さの空間線量率の分布状況を示した走行サーベimap（図 2 参照）を作成した。
※1：走行サーベイは、道路周辺の空間線量率を連続的に測定するため、車内に放射線測定器を搭載し、地上に蓄積した放射性物質からのガンマ線を詳細かつ迅速に測定する手法。なお、本調査では、京都大学が独自に開発した走行サーベイシステム「KURAMA」を福島県の協力により使用。
- 土壌採取箇所における空間線量率の測定は、ある程度の広さを持った攪乱のない土地を選んで行われたものであり、6～7 月時点の放射性物質の蓄積量を反映した空間線量率の分布について、広域かつ詳細に確認することができた。
- また、走行サーベイによる空間線量率の測定は、6 月時点における人の生活環境の空間線量率について、広域かつ詳細に確認することができた。
- これらの結果は、被ばく線量評価や今後の放射性物質の蓄積量の経時変化を追跡するための貴重な初期データとなることが期待される。
- なお、その後の航空機モニタリングの結果から、本調査で対象とした地域の外側でも、相当量の放射性セシウムが沈着したと考えられる地域が確認されていることから、これらの地域も含めた詳細調査を行うことが必要である。（平成 23 年 12 月から岩手県から山梨県まで調査範囲を拡大して走行サーベイを実施し、現在、空間線量率マップを作成しているところ）

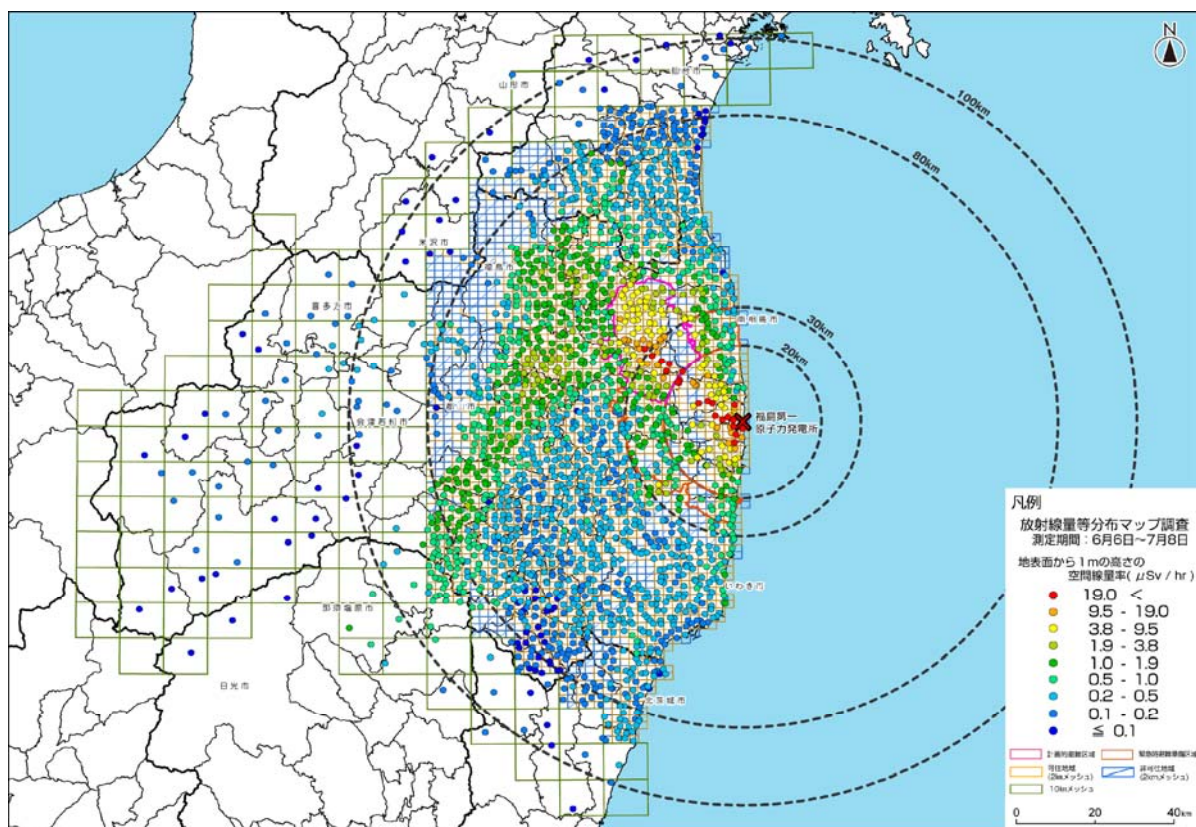


図1. 空間線量率マップ（土壌採取箇所における空間線量率の測定結果に基づく）



図2. 空間線量率マップ（走行サーベイによる連続的な空間線量率の測定結果に基づく）

(2) 土壌濃度マップの作成結果及び考察

1) ガンマ線放出核種の土壌濃度マップの作成結果及び考察

- 採取した約 11,000 個の土壌試料について、Ge 半導体検出器を用いてセシウム 134 (図 3 参照)、セシウム 137 (図 4 参照)、ヨウ素 131 (図 5 参照)、テルル 129m (図 6 参照)、銀 110m (図 7 参照) の五つのガンマ線放出核種の沈着量 (単位面積当たりの放射エネルギー) を求め、GPS 情報を基に、各放射性核種の土壌濃度マップを作成した。
- マップの作成にあたっては、各調査箇所では求められた放射能濃度のばらつきの影響を少なくするため、各調査箇所 (3m 四方内) で採取された最大 5 試料の測定結果をそれぞれ算術平均して、各調査箇所の土壌に沈着した放射性核種の沈着量とした。
- 放射性セシウムに関しては全ての調査箇所では統計的に有意なデータが得られたが、その他の核種については統計的に有意なデータが得られないケースが存在したため、一定の基準による整理のもと、放射性核種が検出されたと判断された箇所について最も確からしい放射能濃度を求めてマップ化した。
- いずれの土壌濃度マップも、ある程度の広さを持った攪乱のない土地を選んで採取された土壌試料について測定されたものであり、6~7 月時点の放射性物質の濃度分布について、広域かつ詳細に確認することができた。
- これらの結果は、被ばく線量評価や今後の放射性物質の濃度の経時変化を追跡するための貴重な初期データとなること、原子力発電所から初期に放出された放射性プルームの状況の検証、及び地表面への沈着経路の解明に活用されることが期待される。
- なお、ヨウ素 131 の測定結果については、事故直後の影響評価を行う上で重要な基礎データであるが、半減期の短さ (半減期 : 8 日) から有意な測定結果が得られていない箇所が多数存在した。そこで、今後、ヨウ素 131 と同時に放出された半減期の長いヨウ素 129 (半減期 : 1,570 万年) の放射能濃度を求めることで、ヨウ素 131 とヨウ素 129 の放射能濃度の関係を明らかにし、ヨウ素 131 の土壌濃度マップの精緻化を図ることが必要である。(平成 23 年 12 月から本調査で採取した土壌を中心にヨウ素 129 の定量化を行っているところ)

① 放射性セシウムの土壌濃度マップに関する考察

- 同一箇所 5 試料の放射能濃度の平均値に対する標準偏差の比率 (変動係数) を確認したところ、図 8 のように、変動係数の平均値は 36% で、中には 100% を超える場合もあり、同一箇所では採取された試料であっても放射性セシウムの沈着量の変動が大きいことが確認された。

この理由としては、各箇所における放射性物質の降下状況の違い、土質の違い、及び土壌内の有機物の存在等により放射性物質の沈着状況が異なることが想定される。

- セシウム 134、セシウム 137 の沈着量の合計値と土壌の採取地点における空間線量率を比較した結果、一定の相関があることが確認された (図 9 参照)。今後、セシウム 134、セシウム 137 の放射能濃度の比率を算出するとともに、地中への核種移行の度合いを適

切に評価することで、空間線量率の測定結果からセシウム 134、セシウム 137 の沈着量を概算することが可能であることが確認された。

② ヨウ素 131 の土壌濃度マップに関する考察

- 福島第一原発の事故に伴うヨウ素 131 の地表面への沈着状況について確認するため、セシウム 137 に対するヨウ素 131 の沈着量の比率について場所ごとの違いを確認したところ、図 10 に見られるように、福島第一原発から南方（以下、「福島第一原発南方」という。）に位置する調査箇所は福島第一原発から北方（以下、「福島第一原発北方」という）に位置する調査箇所に比べて、ヨウ素 131 の地表面への沈着量は多くはないものの、福島第一原発南方沿岸部では、福島第一原発北方や福島第一原発南方内陸部とは異なる比率で地表面に沈着している傾向が確認された。この理由としては、
 - ・放射性プルームの放出時期の違いにより、プルームに含まれるヨウ素 131 とセシウム 137 の比率や放出された際の化学形態が異なっていたこと
 - ・ヨウ素 131 及びセシウム 137 の地表面への沈着時における天候が異なっていたことなどが考えられる。

③ テルル 129m、銀 110m の土壌濃度マップに関する考察

- 福島第一原発の事故に伴うテルル 129m、銀 110m の地表面への沈着状況を確認するため、セシウム 137 に対する各核種の沈着量の比率について場所ごとの違いを確認した。
- その結果、テルル 129m については、図 11 に見られるように、福島第一原発南方は福島第一原発北方に比べセシウム 137 の沈着量は多くないものの、福島第一原発南方沿岸部では、福島第一原発北方や福島第一原発南方内陸部とは異なる比率で地表面に沈着している傾向が確認された。なお、福島第一原発南方沿岸部の内陸の一部の地域においては、セシウム 137 に対するテルル 129m の沈着量が顕著に高い傾向にあった。
- また、銀 110m については、セシウム 137 の沈着量と明確な相関関係は確認できなかったが、福島第一原発北方及び福島第一原発南方の沿岸に沿って、セシウム 137 に対する銀 110m の沈着量の比率が周辺より比較的高い傾向であることが確認された。
- これらの理由としては、
 - ・発電所からの放射性物質の放出時期の違いにより、形成された放射性プルームに含まれるテルル 129m、及び銀 110m とセシウム 137 の比率や放出された際の物理的・化学的形態が異なっていたこと
 - ・テルル 129m、及び銀 110m、並びにセシウム 137 の核種組成等が異なるいくつかの放射性プルームがそれぞれ通過した時の天候が異なっていたことなどが考えられる。

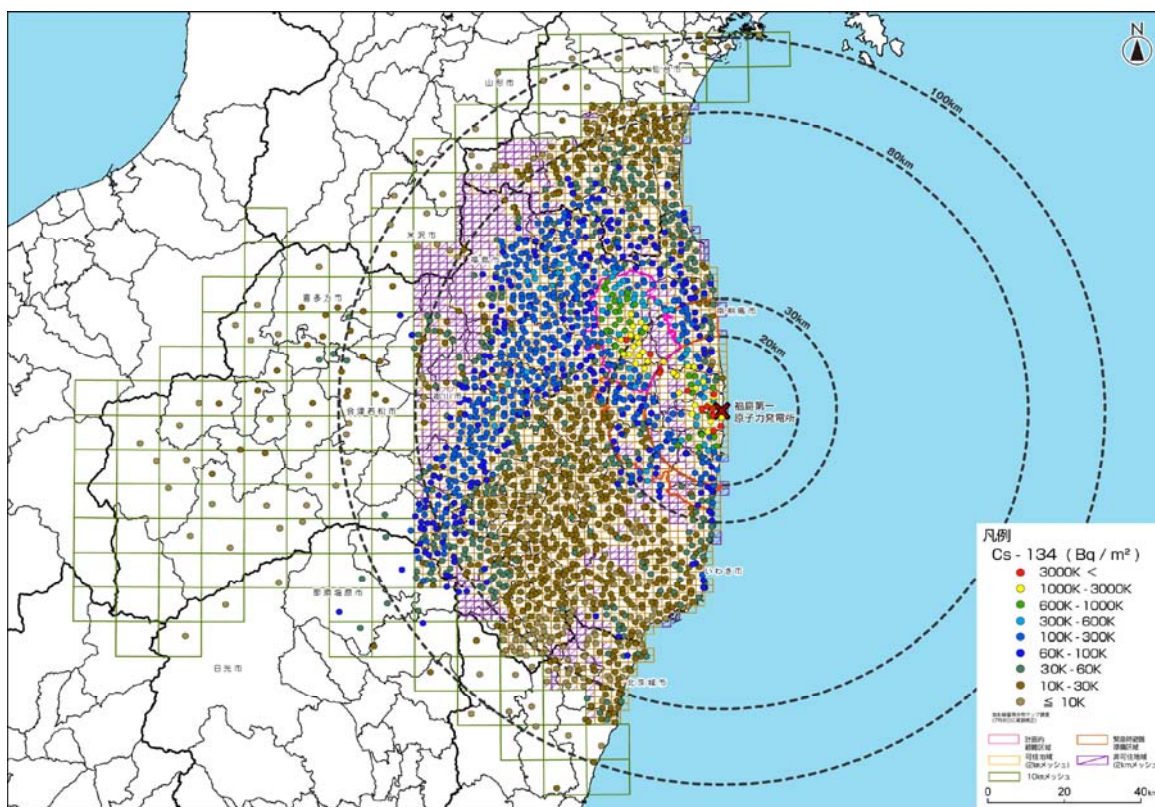
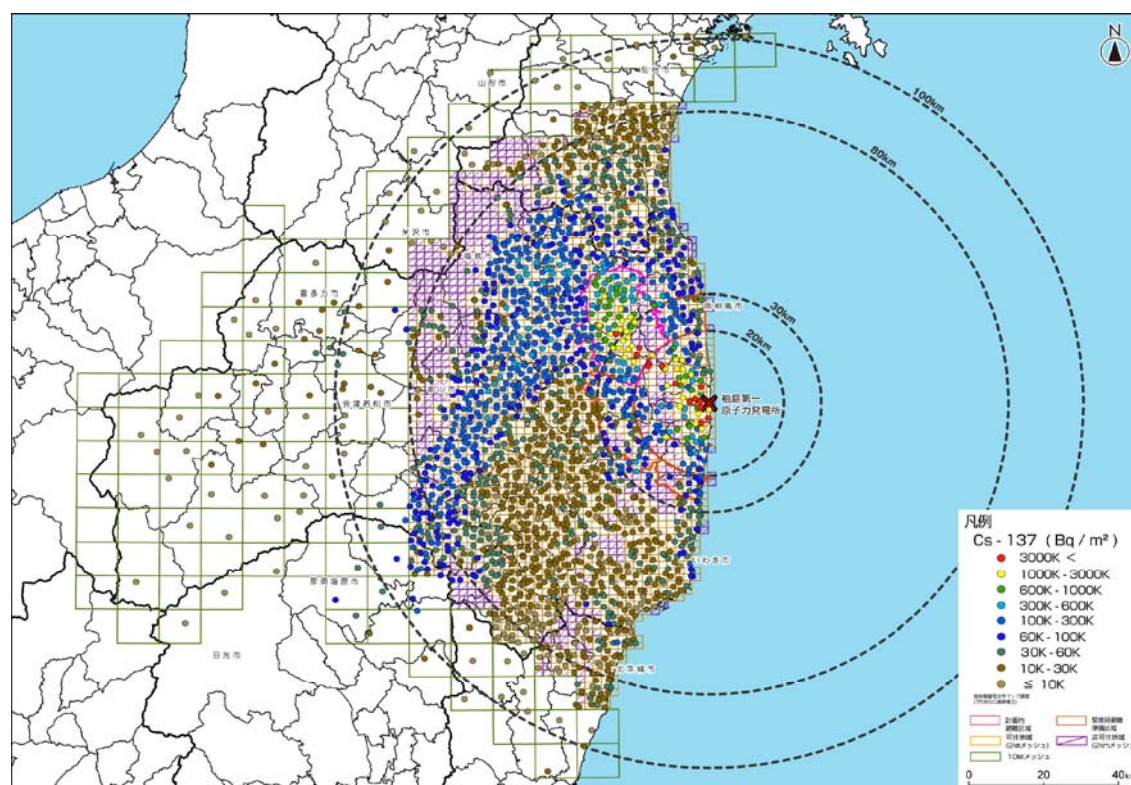


図3. セシウム134の土壌濃度マップ（平成23年6月14日時点に放射能濃度を換算）



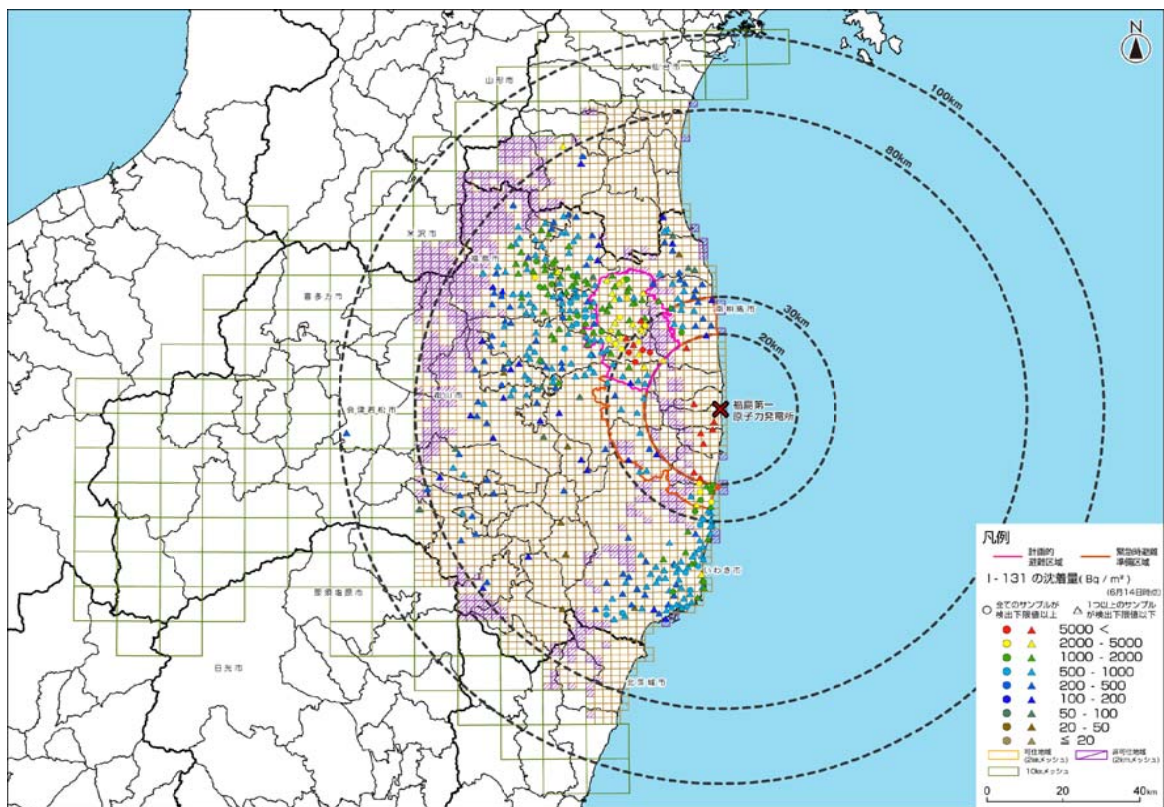


図 5. ヨウ素 131 の土壌濃度マップ（平成 23 年 6 月 14 日時点に放射能濃度を換算）

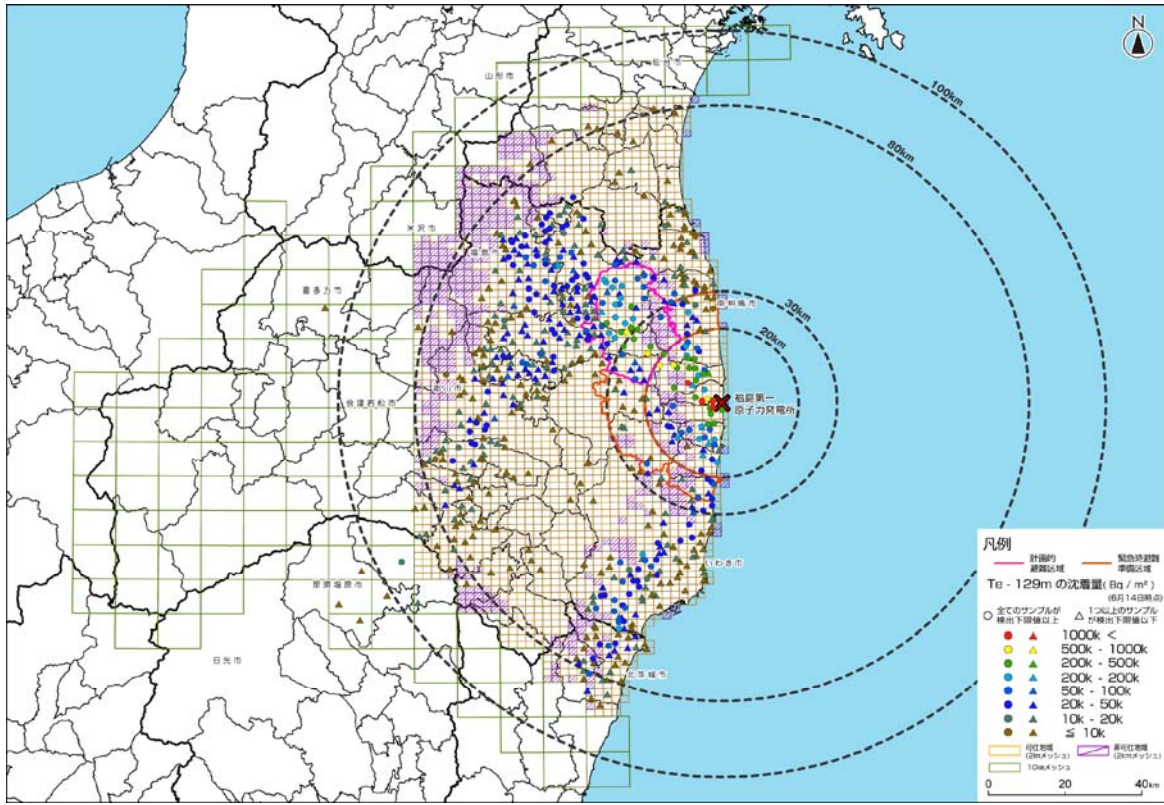


図 6. テルル 129m の土壌濃度マップ（平成 23 年 6 月 14 日時点に放射能濃度を換算）

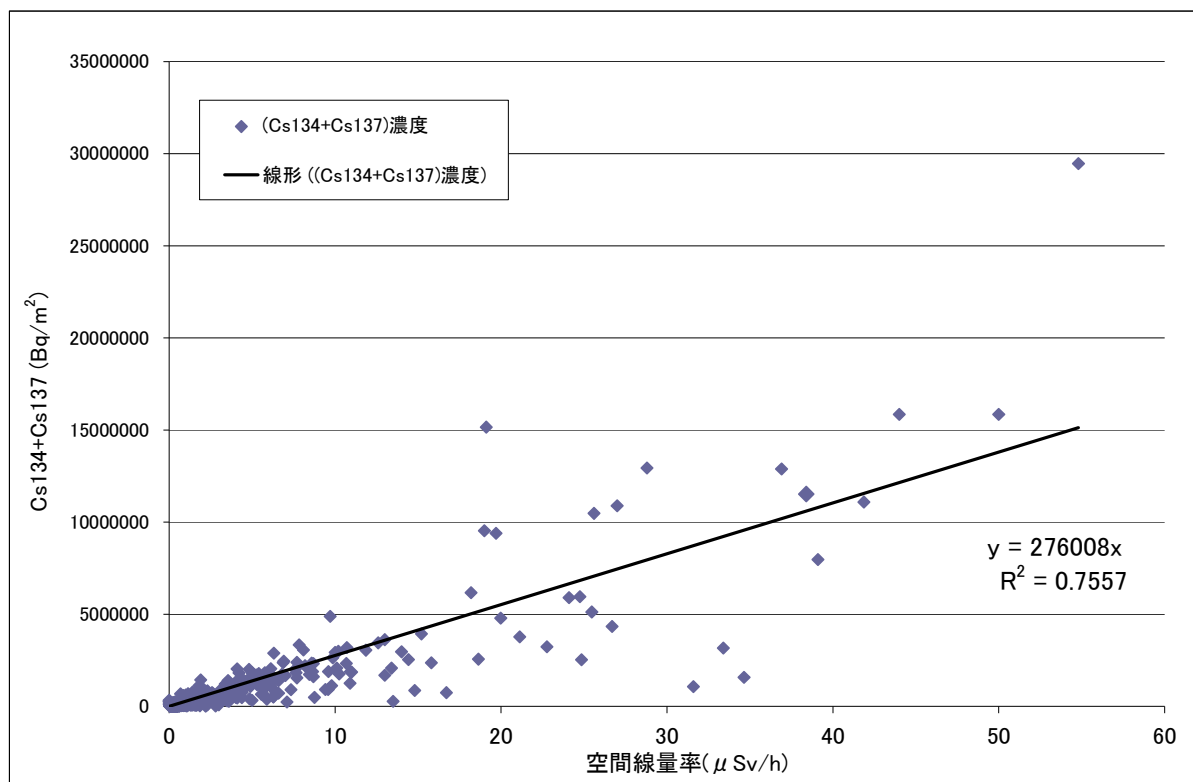
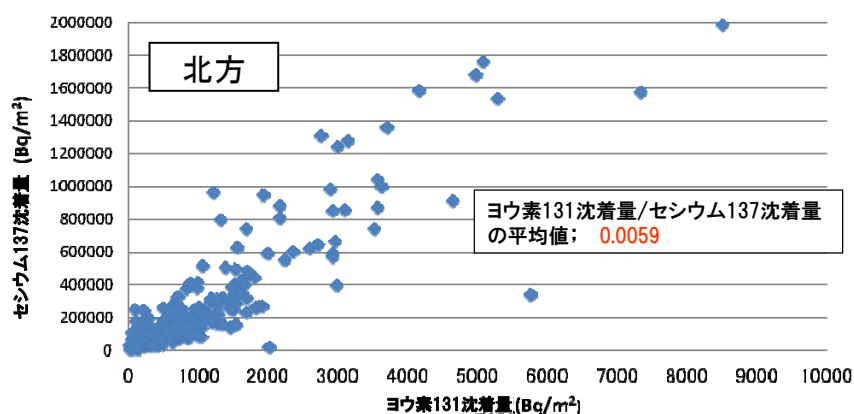
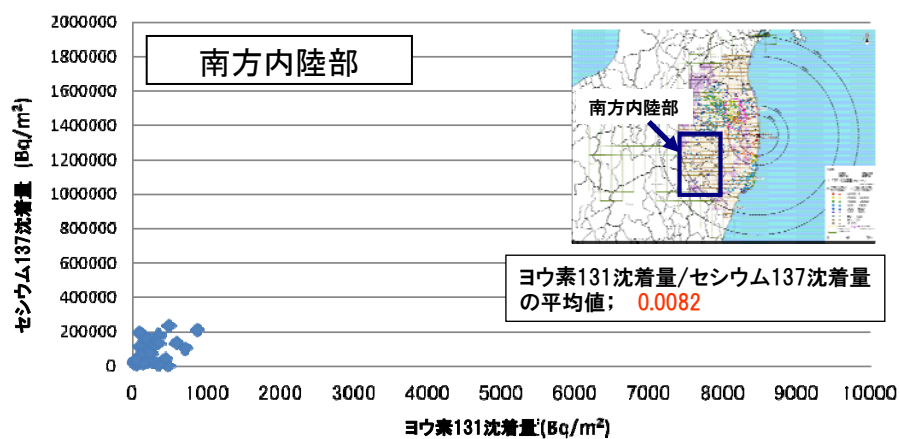


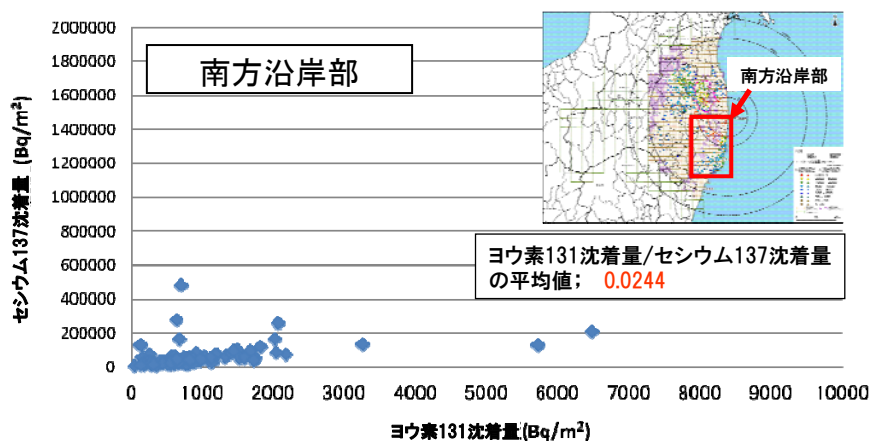
図 9. 空間線量率と土壌の放射性セシウムの沈着量との関係（平成 23 年 6 月 14 日時点）



(a) 福島第一原発より北方におけるヨウ素 131 とセシウム 137 の沈着量の関係



(b) 福島第一原発より南方内陸部（発電所より西側 34km 以遠）におけるヨウ素 131 とセシウム 137 の沈着量の関係



(c) 福島第一原発より南方沿岸部（発電所より西側 34km 未満）におけるヨウ素 131 とセシウム 137 の沈着量の関係

図 10. 各エリアにおけるヨウ素 131 とセシウム 137 の沈着量の相関関係

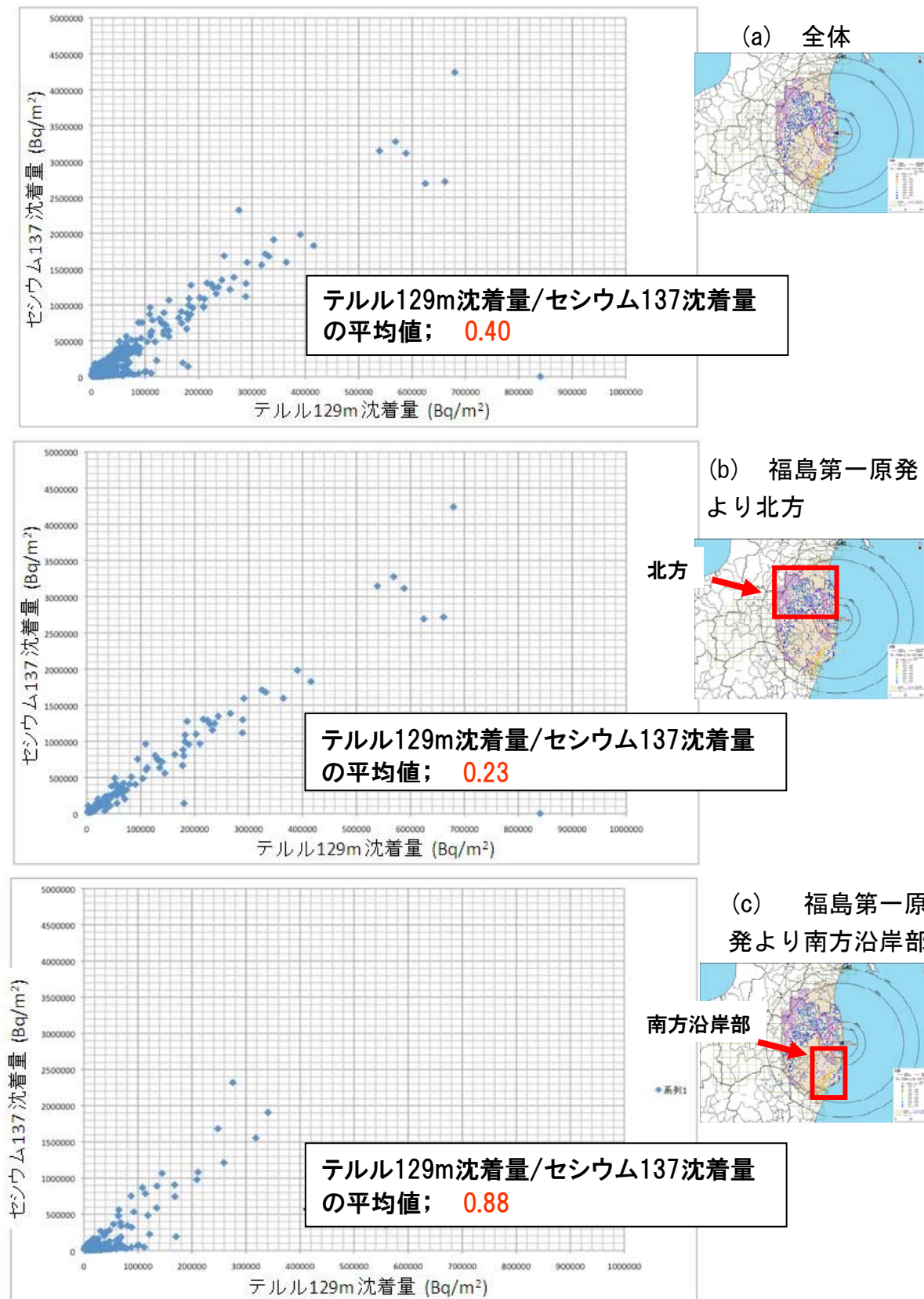


図 11. セシウム 137 とテルル 129m の沈着量の相関関係 (その 1)

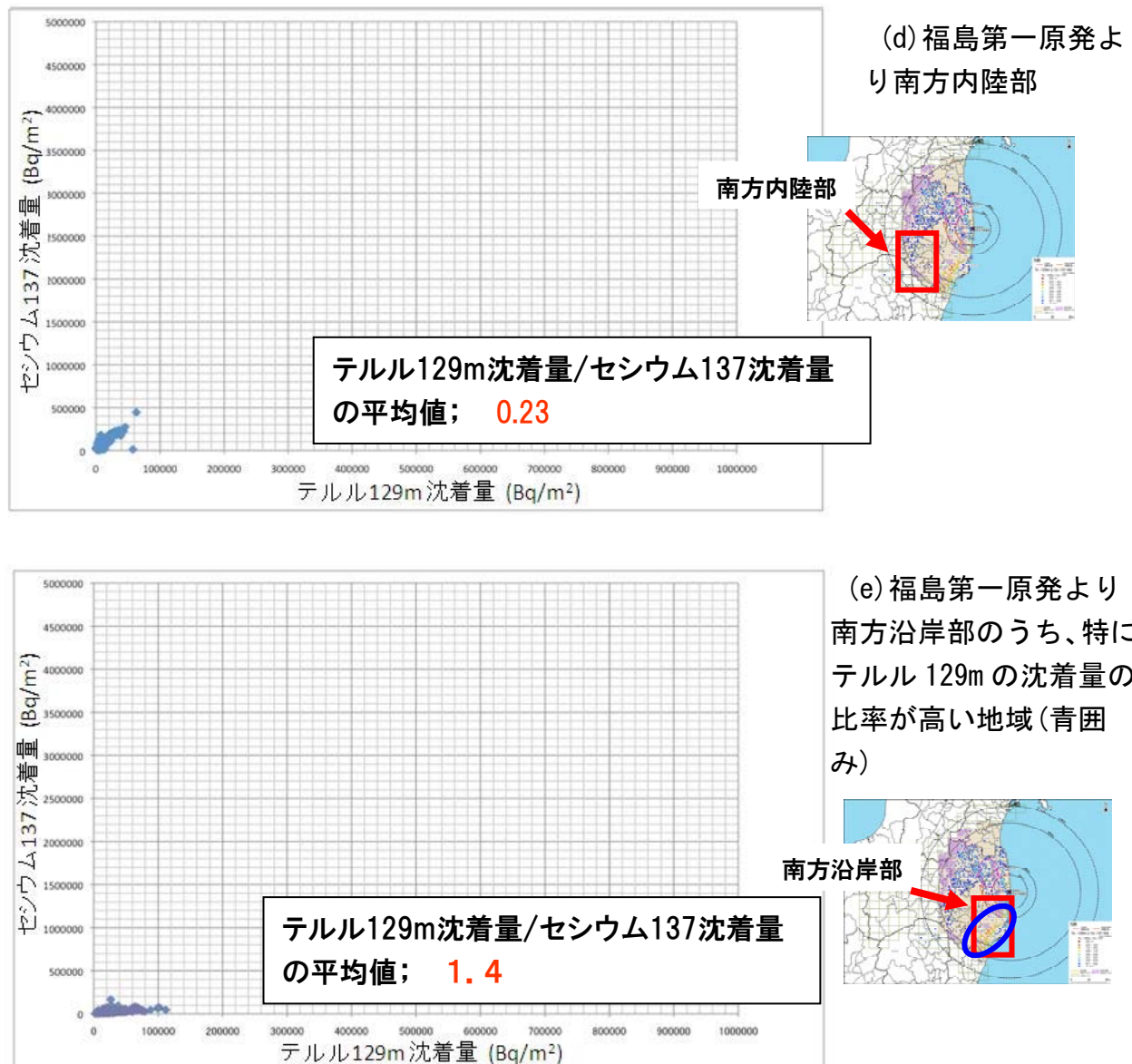


図 11. セシウム 137 とテルル 129m の沈着量の相関関係 (その 2)

2) アルファ線放出核種及びベータ線放出核種の土壌濃度マップ

- 福島第一原発から 100 km 圏内及びその圏外の福島県の約 2,200 の調査箇所のうち、100 箇所（各箇所で 1 試料）で採取された土壌試料について、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 及びベータ線放出核種であるストロンチウム 89、ストロンチウム 90 について放射化学分析を実施し、それぞれの放射性核種の沈着量を求め、GPS 情報を基に、プルトニウム 238、プルトニウム 239+240 及びストロンチウム 89、ストロンチウム 90 の土壌濃度マップを作成した。（図 12、13 参照）
- アルファ線放出核種及びベータ線放出核種は、ガンマ線放出核種に比べて、分析前の試料調整等に時間を要することから、試料を選択する上で、下記の要領で核種分析を実施する調査箇所を限定した。
 - ・福島第一原発から 80 km 圏内の市町村（59 市町村）ごとに調査箇所を 1 箇所選定。なお、調査箇所は、市町村ごとに人口分布と空間線量率の大きさを考慮し、選定。
 - ・警戒区域等の中から、福島第一原発を中心に、全方向で一様に 49 箇所選定。
- 各試料の核種分析にあたっては、文部科学省放射能測定法シリーズ「プルトニウム分析法（平成 2 年改訂）」、及び「放射性ストロンチウム分析法（平成 15 年改訂）」に従い、測定を実施した。
- なお、本調査では、地点数は限られているものの、福島第一原発から 80 km 圏内におけるプルトニウム 238、プルトニウム 239+240、ストロンチウム 89、ストロンチウム 90 の拡散状況を確認できた。他方で、これらの核種の分布状況の傾向を確認するためには、本調査で実施した 100 地点以外についても追加調査を行うことが必要である。（平成 23 年 12 月から、本調査で採取した土壌を及び新たに土壌を採取し、プルトニウム 238、239+240、ストロンチウム 89、90 について追加調査を実施しているところ。また、プルトニウム 238、239+240 の土壌濃度マップの精緻化に資する観点からプルトニウム 241 についても調査対象として追加しているところ。）

① プルトニウム 238、プルトニウム 239+240 の土壌濃度マップの作成結果及び考察

- 福島第一原発から北西方向の 5 箇所でプルトニウム 238、プルトニウム 239+240 の双方が検出されたほか、1 箇所でプルトニウム 238 のみが検出された。
- これらの箇所で検出されたプルトニウム 238、プルトニウム 239+240 は以下の理由から福島第一原発の事故により新たに沈着したものと考えられる。
 - ・平成 11～20 年度までの全国調査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：6,564 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、図 14 に見られるように、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
 - ・プルトニウム 238 のみが検出された 1 箇所については、プルトニウム 239+240 の検

出下限値（約 0.5Bq/m^2 ）に対して、プルトニウム 238 の沈着量が大きいこと

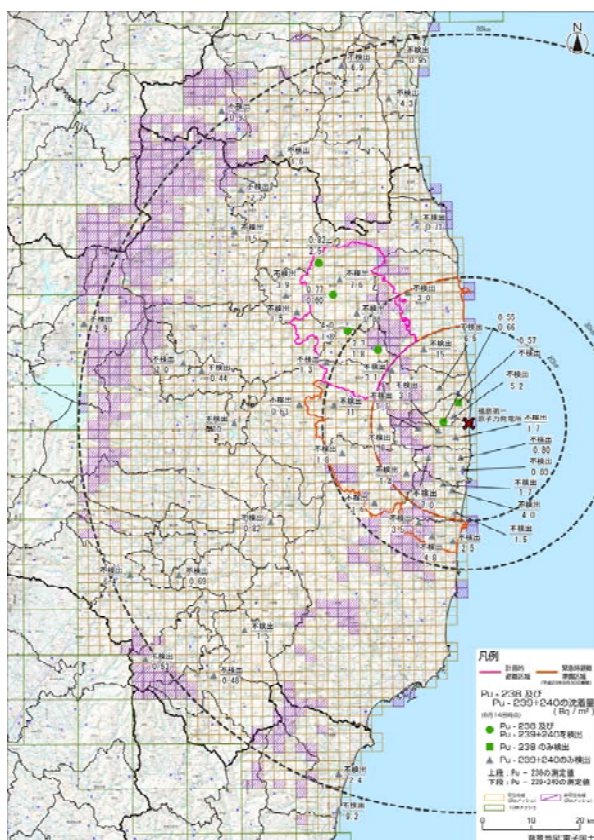
- 本調査において確認されたプルトニウム 238、239+240 の沈着量は、いずれも、事故発生前に全国で観測されたプルトニウム 238、239+240 の測定値の範囲（過去の大気圏内核実験の影響の範囲）に入るレベルであった。

② ストロンチウム 89、ストロンチウム 90 の土壌濃度マップの作成結果及び考察

- 福島第一原発から北西方向に高い放射能濃度のストロンチウム 89、90 が確認されている一方、福島県中通り並びに福島第一原発から南方向でもストロンチウム 89、ストロンチウム 90 が検出された。
- 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 が検出されている調査箇所は、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、ストロンチウム 90 のみが検出された調査箇所では検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 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ることが確認された。
- 本結果より、放射性ストロンチウムと放射性セシウムでは、それらの沈着分布に相違があることが確認された。

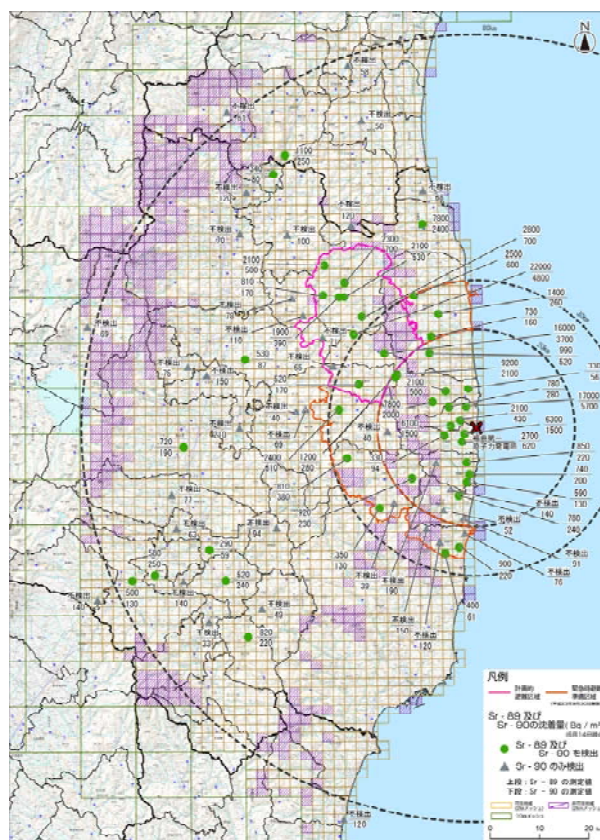
（参考）セシウム 137 に対するストロンチウム 90 の沈着量の比率の状況

ストロンチウム 90 が検出された土壌試料における、セシウム 137 に対するストロンチウム 90 の沈着量の比率： $1.6\times 10^{-4}\sim 5.8\times 10^{-2}$ （平均： 2.6×10^{-3} ）



※●: 福島第一原発事故に伴い、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

図 12. プルトニウム 238、239+240 の
土壌濃度マップ（平成 23 年 6 月 14 日
時点に放射能濃度を換算）



※●: 福島第一原発事故に伴い、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

図 13. ストロンチウム 89、ストロンチ
ウム 90 の土壌濃度マップ（平成 23 年
6 月 14 日時点に放射能濃度を換算）

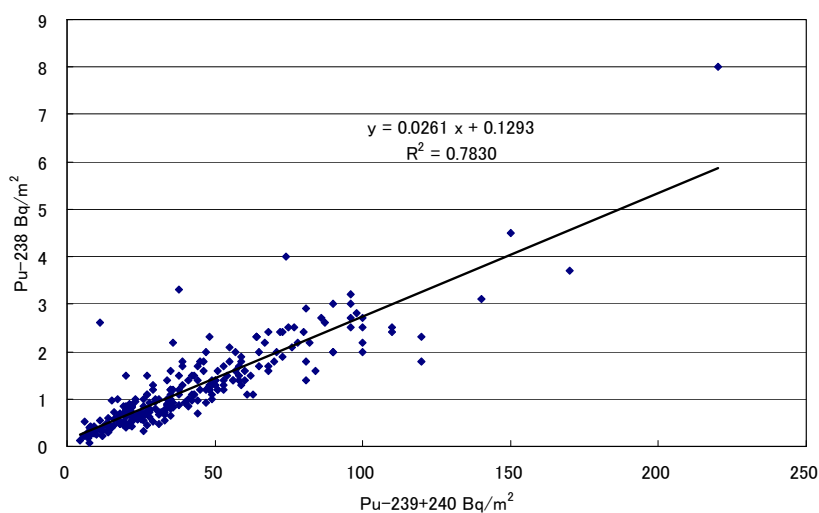


図 14. 平成 11～21 年度までの環境放射能水準調査の結果（プルトニウム 238 とプルトニウム 239+240 の沈着量の関係）（平成 11 年～21 年までに採取された土壌 1,054 試料のうち、プルトニウム 238、プルトニウム 239+240 が検出された 252 試料の測定結果を比較）

(3) IAEA-TECDOC-1162 の換算係数を用いた放射性核種ごとの 50 年間積算実効線量

- 本調査で検出された放射性核種ごとの被ばく影響について確認するため、IAEA が提案している緊急事態時の被ばく評価方法（IAEA-TECDOC-1162）に定められた換算係数を用いて、平成 23 年 6 月 14 日から 50 年間、放射性核種が沈着した地表面上に人間が留まると想定した際の外部被ばく線量及び再浮遊に起因する預託実効線量（以下、「50 年間積算実効線量」という。）を算出した。
- 放射性核種ごとの沈着量の最高値が検出された箇所に 50 年間留まる際の 50 年積算実効線量を下記の表 1 に示す。表 1 に見えられるように、福島第一原発事故により沈着した放射性セシウムの量がその他の放射性核種よりも非常に多いこともあり、セシウム 134、セシウム 137 の 50 年間積算実効線量に比べて、その他の放射性核種の 50 年間積算実効線量は非常に小さいことが確認された。
- 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、セシウム 137 の沈着量に着目していくことが適切であると考える。

（表 1：放射性核種ごとに最高値が検出された箇所における 50 年間積算実効線量）

核種名	半減期	最大濃度 *1 (Bq/m ²)	50 年間の積算実効線量	
			換算係数 (μ Sv/h) / (Bq/m ²)	計算結果 (mSv)
セシウム 134	2.065 年	1.4×10^7	5.1×10^{-3}	71
セシウム 137	30.167 年	1.5×10^7	1.3×10^{-1}	2000 (2.0Sv)
ヨウ素 131	8.02 日	5.5×10^4	2.7×10^{-4}	0.015
ストロンチウム 89	50.53 日	2.2×10^4	2.8×10^{-5}	0.00061 (0.61 μ Sv)
ストロンチウム 90	28.79 年	5.7×10^3	2.1×10^{-2}	0.12
プルトニウム 238	87.7 年	4.0	6.6	0.027
プルトニウム 239+240	2.411×10^4 年	15.0	8.5	0.12
銀 110m	249.95 日	8.3×10^4	3.9×10^{-2}	3.2
テルル 129m	33.6 日	2.7×10^6	2.2×10^{-4}	0.6

*1：平成 23 年 6 月 14 日時点に放射能濃度を換算

(4) ガンマ線放出核種による平成 23 年 6 月 14 日時点の空間線量率、及び平成 23 年 6 月 14 日からの 50 年間積算実効線量への寄与度合い

- 本調査箇所のうち、空間線量率が 0.1～5 μ Sv/h の範囲であり、空間線量率と放射性核種ごとの沈着量から評価した空間線量率が比較的良く一致する 43 箇所を選定し、IAEA が提案している緊急事態時の被ばく評価方法（IAEA-TECDOC-1162）の線量換算係数を用いて、平成 23 年 6 月 14 日時点での空間線量率へのガンマ線放出核種ごとの寄与度合いを評価した。その結果、調査時点での空間線量率へのガンマ線放出核種ごとの寄与度合いは、セシウム 134 が約 70%、セシウム 137 が約 30%を占め、ヨウ素 131、テルル 129m、及び銀 110m の寄与は 1%以内であることが確認された。

○また、これらのガンマ線放出核種について 50 年間積算実効線量への寄与度合いを評価したところ、セシウム 137 が全体の約 96%、セシウム 134 が約 4%、その他の核種の寄与は 1%以下であることが確認された。

(5) チェルノブイリ原子力発電所の事故による放射性物質の影響との比較

1) 福島第一原発事故に伴う大気中への放射性物質の放出量に関する考察

○福島第一原発事故の影響範囲とチェルノブイリ原子力発電所（以下、「チェルノブイリ原発」と言う）の事故（以下、「チェルノブイリ原発事故」という。）の影響範囲を比較するため、IAEA 及び UNSCEAR の報告書に記されているチェルノブイリ原子力発電所の事故時の大気中へのヨウ素 131 及びセシウム 137 の放出量と原子力安全委員会及び原子力安全保安院が発表している福島第一原発からの両核種の推定放出量について比較した。

○その結果、下記の表 2 のように、福島第一原発の事故による推計放出量は、チェルノブイリ原発事故による放出量に対して、ヨウ素 131 は概ね 1/11、もしくは 1/14、セシウム 137 は 1/6、1/8 程度であったと推定される。

（表 2：福島第一原発とチェルノブイリ原発の事故におけるヨウ素 131、及びセシウム 137 の大気放出量）

放射性核種	東京電力福島第一原発の事故による 推定放出量 (Bq)		チェルノブイリ原発 事故での放出量 (Bq)
	原子力安全保安院 ^{*1}	原子力安全委員会 ^{*2}	
ヨウ素 131	1.6×10^{17}	1.3×10^{17}	1.8×10^{18}
セシウム 137	1.5×10^{16}	1.1×10^{16}	8.5×10^{16}

※1 東京電力株式会社福島第一原発の事故に係る 1 号機、2 号機、3 号機の炉心の状態に関する評価について（平成 23 年 6 月 6 日（平成 23 年 10 月 20 日一部修正）

※2 原子力安全委員会発表（平成 23 年 8 月 24 日）

2) 土壌に沈着した放射性物質の放射能濃度に関する考察

○IAEA 及び UNSCEAR によるチェルノブイリ原発事故の報告書において、チェルノブイリ原発周辺の旧ソ連 3 カ国（ロシア連邦、ベラルーシ共和国、ウクライナ）やヨーロッパ全域について、事故発生後から 3 年 8 ヶ月後における各放射性核種の沈着量を沈着量の範囲ごとに区切って表示された土壌濃度マップが公開されている。

○そこで、公開されているチェルノブイリ原発事故による土壌濃度マップと本調査で作成した土壌濃度マップとを比較した。

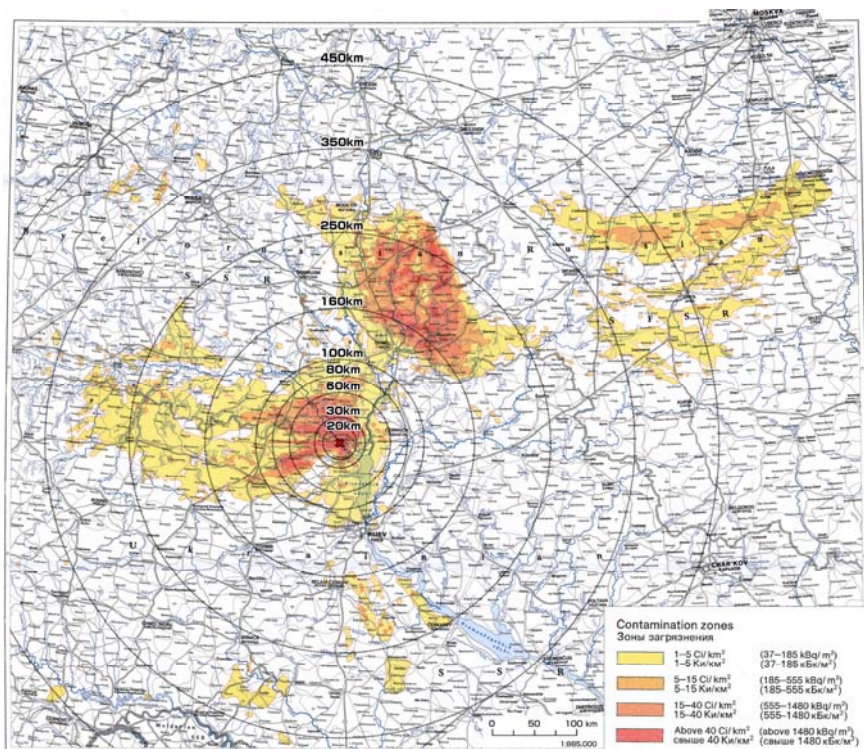
① セシウム 137 の沈着状況の比較に関する考察

○チェルノブイリ原発事故では、図 15 (a)に見られるように、セシウム 137 の沈着量が $1,480\text{Bq}/\text{m}^2$ を超える範囲（朱色の部分）が、チェルノブイリ原発から 30km 圏内の他、チェルノブイリ原発から 250km 程度離れた地域でも確認されている。

- 他方で、本調査における当該範囲の放射能濃度は、福島第一原発周辺の 34 箇所で確認されており、福島第一原発から最も遠い箇所は、福島第一原発から 32.5km 程度離れた箇所（浪江町）であった。
- また、チェルノブイリ原発事故では図 15(b)に見られるように、セシウム 137 の沈着量が 40kBq/m^2 を超える範囲（濃いオレンジ色の部分）がチェルノブイリ原発から 1,700km 程度離れたノルウェーでも確認されている。
- 他方で、平成 23 年 11 月 5 日の放射能濃度に換算した東日本全域における航空機モニタリングの測定結果（図 16 参照）も加えて、当該範囲の放射能濃度の分布状況について評価したところ、 40kBq/m^2 より多少低い放射性セシウムの沈着量（ 30kBq/m^2 ）を超える範囲（灰色の部分）は、福島第一原発から 250 km 程度の圏内にしか確認されていない。
- 以上から、セシウム 137 の沈着状況についてチェルノブイリ原発事故と福島第一原発事故を比較したところ、発電所近傍におけるセシウム 137 の放射能濃度はチェルノブイリ原発事故と比べて小さいとはいえないものの、チェルノブイリ原発事故による環境中への放出及び影響範囲は、福島第一原発事故の影響範囲に比べて一桁程度大きい水準であることが確認された。

② ストロンチウム 90、プルトニウム 239+240 の沈着状況の比較に関する考察

- 本調査におけるストロンチウム 90 の沈着量の最高値（ 5.7kBq/m^2 ）は、福島第一原発から 4.9km と発電所近傍で確認された。また、プルトニウム 239+240 の沈着量の最高値（ 15Bq/m^2 ）は福島第一原発から 18km 離れた箇所で確認された。
- 他方で、チェルノブイリ原発事故時には、図 17(a) 及び (b) に見られるように、ストロンチウム 90 の沈着量が 111kBq/m^2 を超える地域、プルトニウム 239+240 の沈着量が 3.7kBq/m^2 超えている地域が発電所から 30km 境界付近でも確認されている。
- 以上から、福島第一原発の事故によるストロンチウム 90、プルトニウム 239+240 の環境中への影響範囲は、チェルノブイリ原発事故と比較して限定的であることが確認された。



(a) チェルノブイリ原発事故に伴う、ロシア連邦、ベラルーシ共和国、ウクライナのセシウム137の沈着状況（1989年12月換算）



(b) チェルノブイリ原発事故に伴うヨーロッパ全域におけるセシウム137の沈着状況（1989年12月換算）

図 15. IAEA が作成したチェルノブイリ原発事故に伴う放射性セシウムの土壌濃度マップ（事故発生から 3 年 8 ヶ月後の土壌濃度マップ）

[ATLAS of caesium deposition on Europe after the Chernobyl accident. EUR 16733]

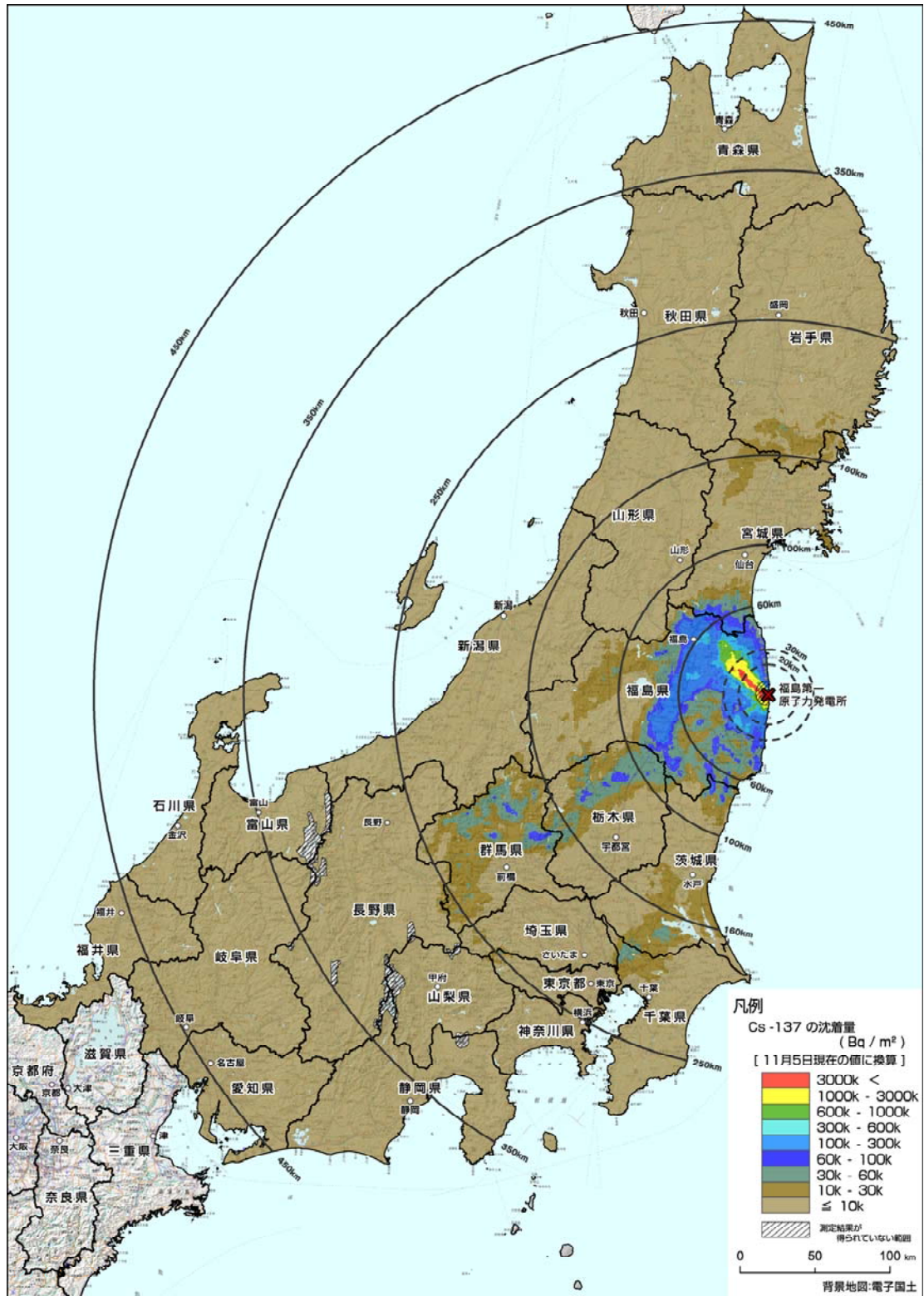


図 16. 東日本全域における航空機モニタリングの測定結果
 (地表面に沈着したセシウム 137 の放射能濃度) について (11 月 5 日換算)
 (事故発生から約 8 ヶ月後)



(a) チェルノブリ原発周辺のストロンチウム 90 の沈着状況



(b) チェルノブリ原発周辺のプルトニウム 239+240 の沈着状況

図 17. IAEA が作成したチェルノブイリ原発事故に伴う放射性核種（ストロンチウム 90、プルトニウム 239+240）の土壌濃度マップ（事故発生から 3 年 8 ヶ月後の土壌濃度マップ）

[The International Chernobyl Project. Assessment of radiological consequences and evaluation of protective measures. Technical Report. IAEA, Vienna (1991).]

(6) 将来的な影響

- 土壌濃度マップの作成において、放射能濃度を物理的な減衰補正を考慮して換算した基準日（平成 23 年 6 月 14 日）時点では、セシウム 134 とセシウム 137 の沈着量の比率はほぼ等しかった。
- また、この時点における土壌に沈着した放射性核種ごとの空間線量率への寄与は、セシウム 134 が 7 割、セシウム 137 が 3 割程度であることが確認されている。
- そこで、今後のセシウム 134 とセシウム 137 の物理的減衰に着目し、両核種の物理的半減期、IAEA-TECDOC-1162 に定められた空間線量率（周辺線量当量率）への換算係数から、将来の放射性物質の影響について試算した。
- その結果、平成 23 年 6 月 14 日時点でセシウム 134 とセシウム 137 の沈着量が等しいと仮定した場合、図 18 に示すとおり、放射性セシウムの沈着量（土壌濃度）と空間線量率の減衰傾向は、若干異なり、平成 23 年 6 月中旬時点の値の半減値となるのは、空間線量率では 3～4 年後、放射性セシウムの沈着量（土壌濃度）では約 6 年後となる。
- なお、図 18 に示す傾向は、風雨等の自然現象あるいは除染による放射性物質の沈着状況の変化による効果を含んでいない。除染活動に伴う空間線量率の減少は、当該箇所のモニタリング等の調査により確認できるが、自然現象に伴う放射性物質の移行については、今後、福島第一原発事故の影響を受けた地域における現地調査等を通じて解明していく必要がある。

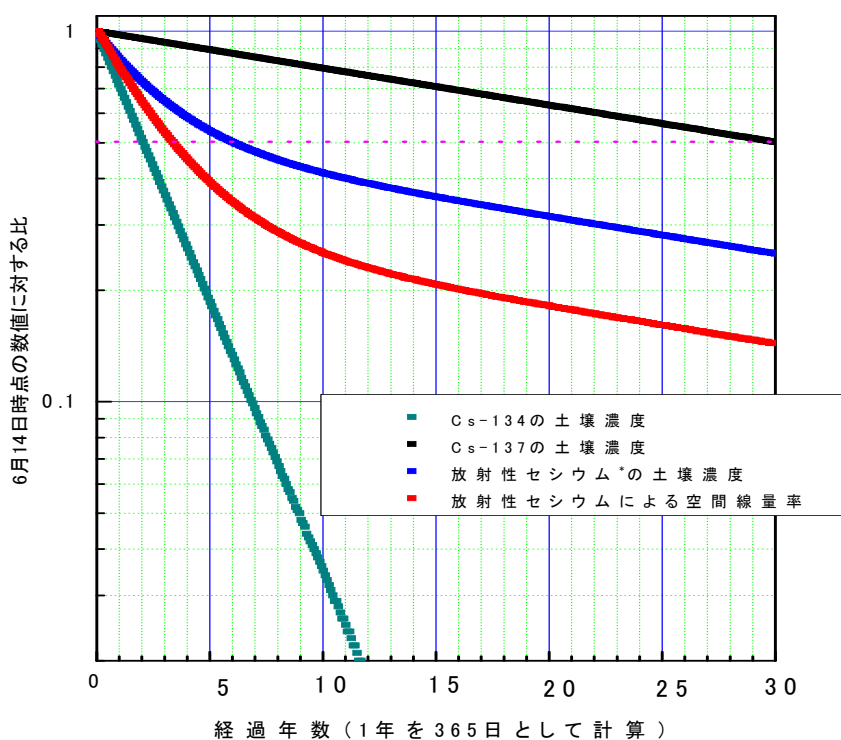


図 18. 放射性セシウムの沈着量、空間線量率の将来予測（グラフ中の放射性セシウムは、6 月 14 日換算日の段階でセシウム 134 とセシウム 137 の放射能濃度の数値が等しいと仮定）

(7) 放射線量等分布マップ拡大サイトの公開

- 文部科学省は、福島第一原発から放出された放射性物質の影響を詳細に確認することを目的として、放射線量等分布マップ（空間線量率マップや放射性セシウム等の土壌濃度マップ）、及び文部科学省がこれまでに実施してきた様々なモニタリングの結果（空間線量率や放射能濃度の分布状況）を示した地図について自在に拡大して表示できる「文部科学省放射線量等分布マップ拡大サイト」を作成した。（図 19 参照）
- 本サイトは、平成 23 年 10 月 18 日に公開した。（<http://ramap.jaea.go.jp/map/>）
- 公開後 10 日間で 30 万人を超えるアクセスがあり、サーバに対する総リクエスト数は 1 億 1 千万を超えたが、サイトは問題なく稼働した。
- 今後、新たな測定結果が得られ次第、現在掲載しているマップを更新していくとともに、新たな種類のマップが作成された場合も、必要に応じて「文部科学省放射線量等分布マップ拡大サイト」において公開していく。

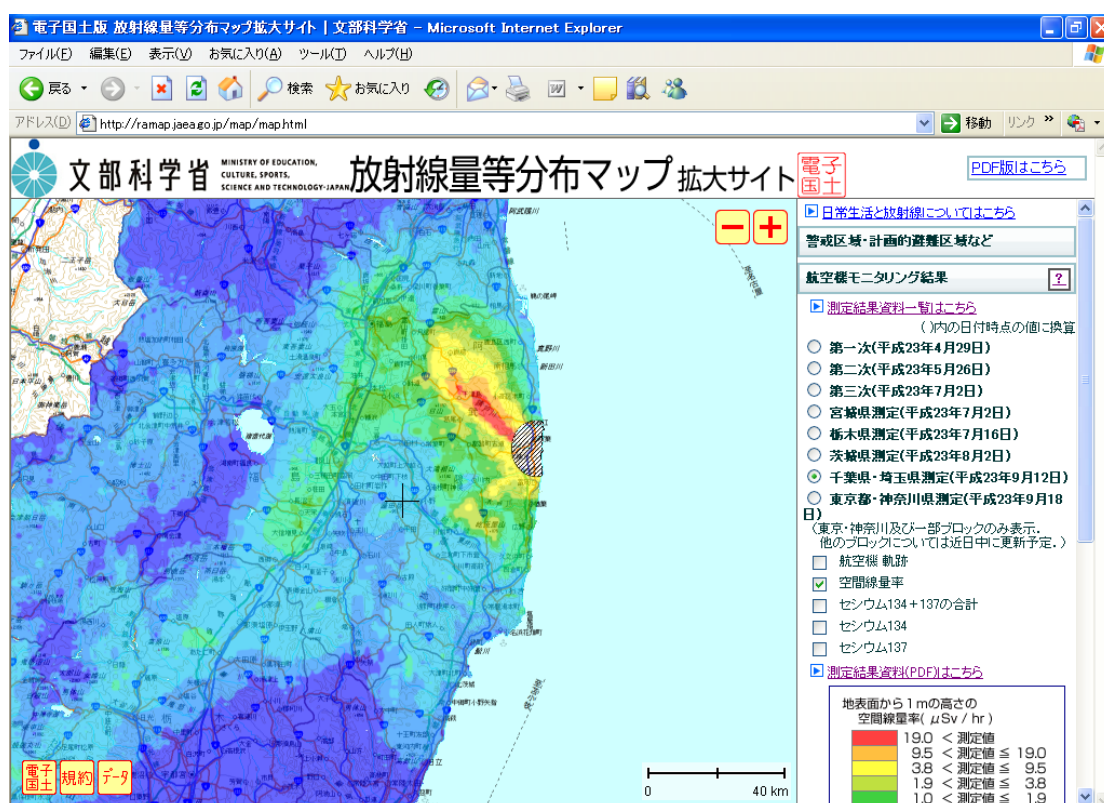


図 19. 放射線量等分布マップ拡大サイト（トップページ）

(8) 放射線量等データベースの公開

- 放射線量等分布マップの測定結果や文部科学省、福島県等が福島第一原発の事故発生初期から測定してきた空間線量率等の測定結果について整理・集約し、事故の検証等に活用できるようなデータベースはこれまでに存在していなかった。
- そこで、文部科学省は、これらの測定結果について、行政関係者あるいは関係市町村の住民等を含む一般の人々が容易に確認可能であり、世界中の研究者においても福島第一原発事故の検証等に活用できるようにするため、測定結果のほか、測定手法、分析手法、及び測定精度等の付帯情報を付加し、高いセキュリティで管理・運用可能なデータベース「文部科学省放射線量等データベース」を開発した。(図 20 参照)
- 本サイトは、平成 24 年 3 月中旬から公開予定である。
- 現在、本データベースに登録している測定データ以外についても、信頼性が確認できたものについては、測定データの付帯情報等の内容が確認でき次第、順次登録し公開していく。



文部科学省
MINISTRY OF EDUCATION,
CULTURE, SPORTS,
SCIENCE AND TECHNOLOGY JAPAN

放射線量等データベース 公開Webシステム

[トップ](#) > [測定データ選択](#) > 土壌試料中核種濃度分布結果 [福島県相馬郡飯館村]

一覧表示：土壌試料中核種濃度分布結果 [福島県相馬郡飯館村]

表示測定期間: 2011/06/04 から 2011/07/21 まで
 補正日: 2011/11/01 に補正

53 件中 1 ~ 10
 表示件数: 10

試料管理番号	試料採取日時	住所	緯度	経度	原発からの距離 (km)	補正済み核種濃度 (Bq/m ²) ¹³¹ I	補正済み核種濃度 (Bq/m ²) ¹³⁴ Cs	補正済み核種濃度 (Bq/m ²) ¹³⁷ Cs
03201106130503	2011-06-13 12:30:00	福島県 相馬郡 飯館村	37°38'17.0"	140°47'53.4"	31.7	3.0E-2	1.2E+6	1.5E+6
03201106120601	2011-06-12 10:55:00	福島県 相馬郡 飯館村	37°37'31.4"	140°48'37.9"	29.9	2.1E-2	1.1E+6	1.4E+6
03201106110506	2011-06-11 15:30:00	福島県 相馬郡 飯館村	37°41'23.3"	140°43'12.3"	40.6	2.0E-2	8.8E+5	9.9E+5
03201106120502	2011-06-12 11:00:00	福島県 相馬郡 飯館村	37°38'44.7"	140°44' 6.1"	36.2	1.9E-2	5.8E+5	7.3E+5
03201106120506	2011-06-12 14:20:00	福島県 相馬郡 飯館村	37°37'43.7"	140°46'23.2"	32.4	1.8E-2	9.7E+5	1.3E+6
03201106110705	2011-06-11 15:03:00	福島県 相馬郡 飯館村	37°42'15.8"	140°48'20.7"	37.2	1.7E-2	3.2E+5	3.9E+5
03201106120401	2011-06-12 12:35:00	福島県 相馬郡 飯館村	37°37'59.0"	140°43'15.1"	36.1	1.7E-2	6.7E+5	8.4E+5
03201106120403	2011-06-12 11:10:00	福島県 相馬郡 飯館村	37°36'57.3"	140°42'29.0"	35.8	1.7E-2	5.2E+5	6.5E+5
03201106110701	2011-06-11 10:33:00	福島県 相馬郡 飯館村	37°41'37.1"	140°45'26.8"	38.7	1.6E-2	7.1E+5	8.4E+5
03201106120603	2011-06-12 12:20:00	福島県 相馬郡 飯館村	37°36'48.8"	140°48' 0.9"	29.6	1.6E-2	7.9E+5	9.7E+5

53 件中 1 ~ 10

図 20. 放射線量等データベース（データ表示例）

2. 放射線量等分布マップ関連研究に関する報告書（報告書第2編）

2.1 放射線量等分布マップ関連研究の目的

- 文部科学省は、報告書第1編において、福島第一原発周辺から100km圏内及び100km圏外の福島県において、福島第一原発から80km圏内は2kmメッシュに1箇所、その他の地域は10kmメッシュに1箇所で空間線量率の測定を行い、空間線量率マップを作成するとともに、当該箇所で土壌試料を5地点で採取・核種分析を実施し、単位面積あたりの放射線量から土壌濃度マップを作成した。
- 他方で、放射性核種の土壌中における分布は、2kmメッシュ内でも土壌の性質等様々な要因により変化すると考えられる。
- また、チェルノブイリ原発事故等の経験から、土壌や森林等に沈着した放射性核種は、地中に移行するとともに水や風等の動きに伴い、環境中を様々な形で移行する結果が得られている。
- そこで、文部科学省では、福島第一原発事故による放射性物質の移行状況を調査するため、放射線量等分布マップ関連研究として、以下の重要な個別研究テーマについて調査研究を実施した。
- なお、文部科学省は、それぞれの研究テーマに関する専門の研究者がまとめた研究結果を基に編纂し、「放射線量等分布マップの作成等に係る検討会」の委員により妥当性確認を経た上で報告書第2編を取りまとめた。

- ①土壌狭域内における放射性物質の分布状況の確認とその要因の検討【永井晴康（日本原子力研究開発機構）他】
- ②土壌中の放射性物質の深度分布の確認と分布状況に関する要因の検討
【ジオスライサーを用いた土壌中の放射性物質の深度分布の確認調査：青木和弘（日本原子力研究開発機構）他】
【鉄パイプ（円筒管）を用いた土壌中の放射性物質の深度分布の確認調査：谷畑勇夫（大阪大学）他】
- ③河川中（河川水、河底土、及び浮遊砂）、及び井戸水における放射性物質の濃度の変化傾向の確認【池内嘉宏（日本分析センター）】
- ④モデル地域における放射性物質の包括的な移行状況の確認【恩田裕一（筑波大学）他】

2.2 調査の詳細(調査内容・調査結果、考察)

(1) 土壌狭域内における放射性物質の分布状況の確認とその要因の検討

1) 調査概要

○第1編の土壌濃度マップの作成で調査対象とした2 km メッシュ内の測定結果がもつ意味を確認するため、2 km メッシュ内で生態系の異なる場所の土壌を採取・分析し、地表面における放射性物質の沈着状況のばらつきを確認するとともに、そのばらつきに影響を及ぼしうる土壌の物理・化学的特性を把握し、蓄積状況との関連性を調査。

2) 調査期間

○平成23年6月18日～6月20日(梅雨前)及び7月19日～7月20日及び8月1日～8月2日(梅雨後)に試料を採取し、その後核種分析を実施。

3) 調査場所

○福島第一原発からの距離が約73 kmにある福島市南西部の2 km メッシュ内で調査を実施。
○調査地点は、農耕地6地点(畑3地点、水田1地点、果樹園2地点)、草地4地点(牧草地3地点、芝生1地点)、森林5地点(広葉樹3地点、針葉樹2地点)を選出。

4) 調査結果及び考察

○土壌への放射性セシウムの総沈着量は、図21に示すように2 km メッシュ内で土地利用形態の違いに関わらず同レベルであった。

○土壌中の放射性セシウムは、図22に示すように、攪乱された農耕地土壌を除き、そのほとんどが植生やリター層を含む土壌深さ5 cm までに存在していた。

○対象とした2 km メッシュの土壌について、地表面に蓄積した全セシウム量(植生・リター含む)に対する土壌表層(0～1 cm)へのセシウムの留まり易さ(残留率)との関係を確認したところ、図23に示すように、

- ・土壌中の放射性セシウムの割合が少なく、植生・リターへの放射性セシウムの付着割合が高いほど、地中深くまで移動し易い
 - ・また、土壌表層における炭素量が多い(植物性有機物質が多い)ほど、地中深くまで移動し易い
 - ・他方で、土壌表層に粘土量が多いほど、土壌表層に留まり易い
- ことが確認され、土壌特性と土壌表層(0～1 cm)における放射性セシウムの留まり易さに関連性があることが確認された。

○土壌中の放射性セシウムの深度分布を生態系ごとに、土壌特性を考慮しながら調査することは、効果的な除染方針の検討や今後の汚染の変化の推定に有効である。

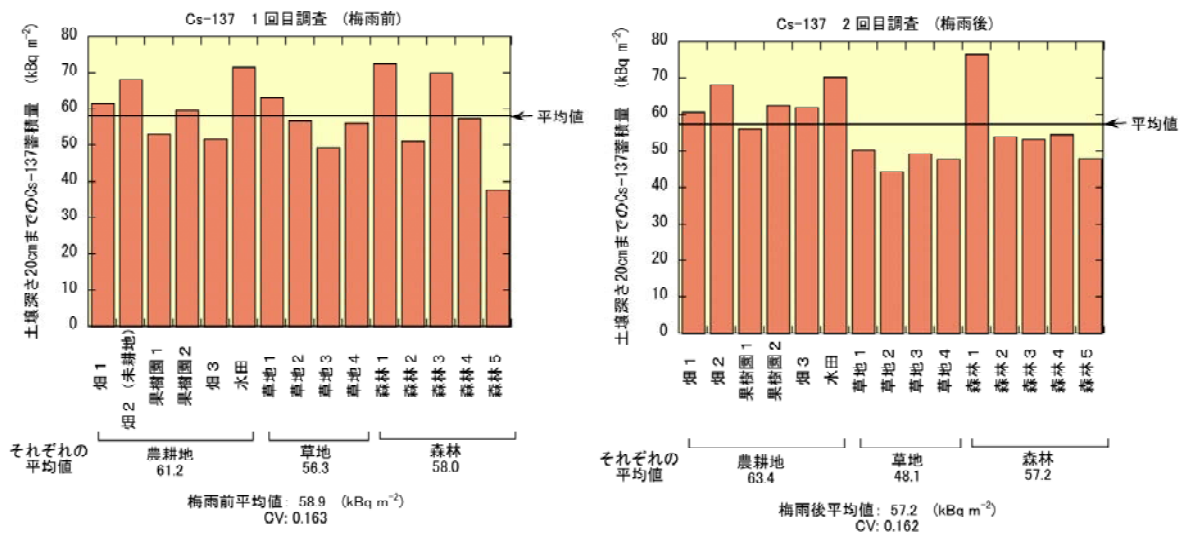


図 21. 表層の植生・リターを含む深さ 20cm までの放射性セシウムの蓄積量（本図はセシウム 137 の例）（平均値は算術平均）

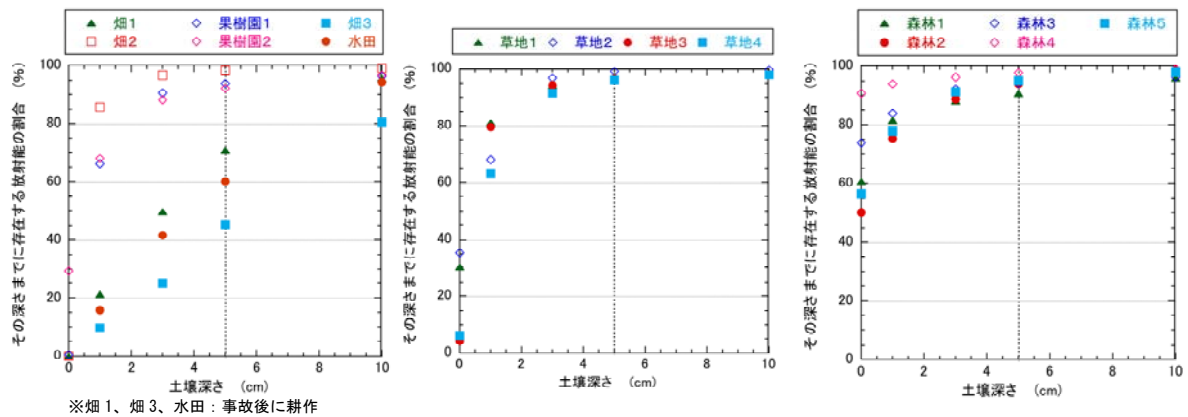


図 22. 放射性セシウムの深度分布（本図はセシウム 137 の梅雨前の測定結果）（ある土壌深さに対して、その層より上に存在する放射能の全放射能に占める割合：深さ 0cm は表層の植生・リター）

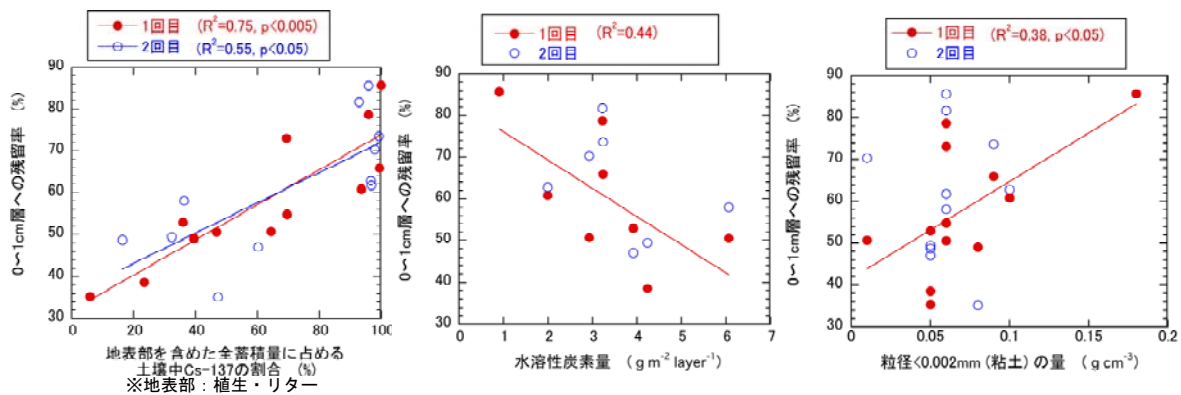


図 23. 植生・リターを含まない土壌全体 (0~20cm) のセシウムの蓄積量に対する 0~1cm 層へのセシウムの蓄積量の割合（残留率）と影響因子との関係（未攪乱土壌のみを対象、セシウム 137 の事例）

(2) 土壌中の放射性物質の深度分布の確認と分布状況に関する要因の検討

【ジオスライサーを用いた土壌中の放射性物質の深度分布の確認調査】

1) 調査概要

○平成 23 年 6 月期における土壌中の放射性物質の深度分布を調査するため、土壌採取器としてジオスライサー（図 24 参照）を用いて、土壌中の放射性セシウムの深度分布を調査するとともに、放射性物質の半減期や土壌の土質分布データ等から、土壌中の放射性物質の特性（拡散係数（見掛けの拡散係数）及び分散係数（見掛けの分散係数））を確認。

2) 調査期間

○平成 23 年 6 月 7 日～19 日に現地調査等を実施。

3) 調査場所

○放射性セシウムの沈着量が高く、物理的減衰を考慮してもヨウ素 131 が残留していると想定される、比較的空間線量率の高い地域（浪江町（半径 20km 圏内を除く）、川俣町等）を主な調査対象地域として選出。

4) 調査結果及び考察

○土壌中の放射性セシウム、テルル 129m、銀 110m の深度分布について確認したところ、コンタミネーションの影響が明らかに無いと判定できた試料については、図 25 に示すように、土壌表層から深度 5cm 以内にほぼ全ての放射性物質が留まっていることが確認された。また、コンタミネーションによる不確実性はあるものの、元農地と推定される土壌については、図 25 に示すように全ての場所で深度 14cm 以内にほぼ全ての放射性物質が存在していることが確認された。

○本調査から求められた、土壌の放射性物質の保持能力を表す土壌表層付近の収着分配係数は陽イオン（セシウム）と陰イオン（ヨウ素）で大きく異なるにもかかわらず、土壌中の放射能濃度の勾配に伴う移動しやすさを示す見掛けの拡散係数は同程度であることから、土壌表層付近の放射性物質の浸透は、雨が降った際、雨水が土壌表面へ浸み込む際に生じる移流による分散の効果が支配的であることが示唆される。

○ジオスライサーで採取された土壌の放射能濃度の測定結果及び本調査で求めた拡散係数から計算される土壌中の放射性物質の深度分布の結果から、事故発生から 3 ヶ月経過時点での放射性物質の深度分布は、地表面土壌及び元農地と推定される土壌においても最大 15cm 程度であると推定される。



(a) ワイドジオスライサー
(幅1.1m×深さ1.2m×厚さ10cm)
による土壌採取の状況



(b) ハンディジオスライサー
(幅10 cm×深さ1.0m×厚さ2cm)
による土壌採取の状況

図 24. ジオスライサーを用いた土壌中の放射性物質の深度分布調査の状況

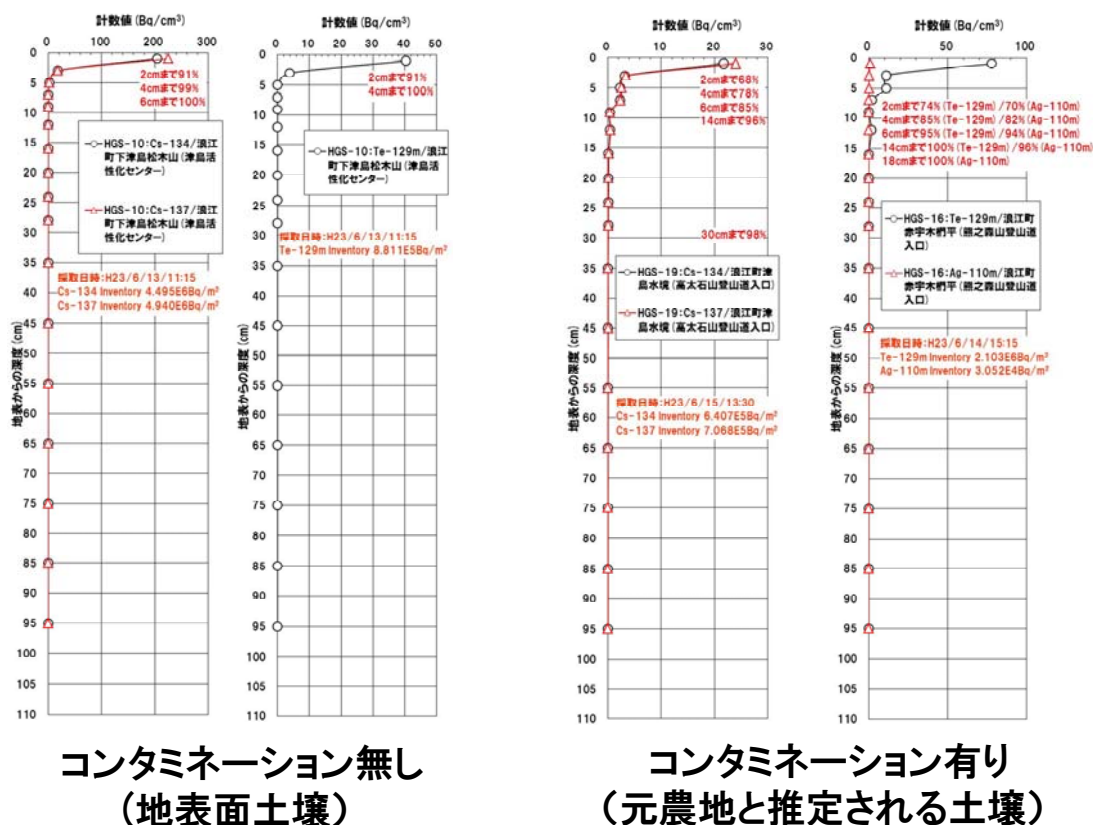


図 25. 地表面土壌(左図)、及び元農地と推定される土壌(右図)中の放射性物質の深度分布調査の結果 (調査結果の一例)

【鉄パイプ（円筒管）を用いた土壌中の放射性物質の深度分布の確認調査】

1) 調査概要

○平成 23 年 6 月期における土壌中の放射性物質の深度分布を調査するため、土壌採取器として鉄パイプ（円筒管）を用いて、土壌コア試料を採取（図 26 参照）し、その後、Ge 半導体検出器で各試料に含まれる放射性セシウムの計数率の測定結果から、土壌中の放射性セシウムの深度分布を調査。

2) 調査期間

○平成 23 年 6 月期に鉄パイプ（円筒管）を用いて、土壌コア試料を採取し、その後、核種分析を実施。

3) 調査場所

○報告書第 1 編の土壌濃度マップ作成のために土壌を採取した調査箇所（約 2200 箇所）のうち、土壌が柔らかく、石の少ない場所として約 300 箇所を調査箇所とした。

4) 調査結果及び考察

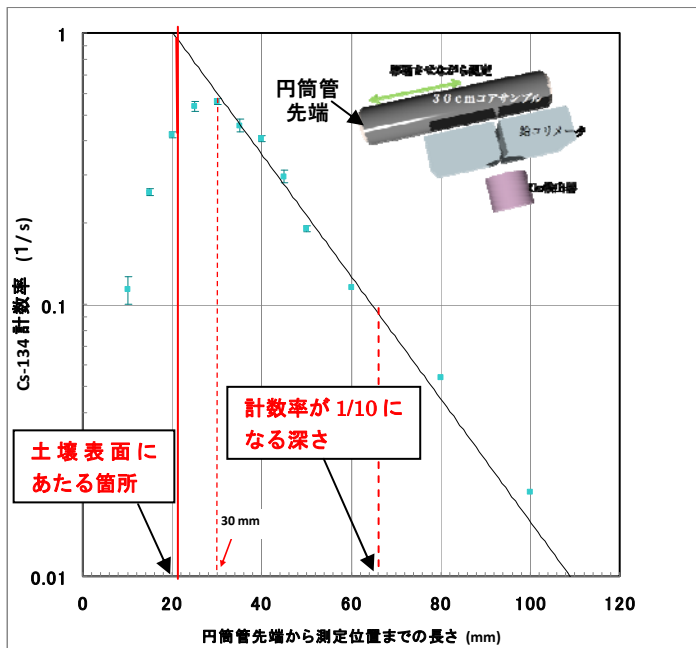
○本調査で 30cm 深さまでの土壌試料を採取した約 300 試料のうち、放射性セシウムの計数率が比較的多く、計測可能であった 77 試料について調査した結果、図 27 に示すように、いずれの試料も深さが深くなるにつれ、放射性セシウムの計数率が指数関数的な減少しており、放射性セシウムの計数率が $1/10$ になる深さは 5cm 以下であることが確認された。

（放射性セシウムの計数率が $1/10$ になる深さ（ $L_{1/10}$ ）の一覧は図 28 参照）

○なお、土壌中のセシウム 134 とセシウム 137 の深度分布はほぼ同じ傾向であり、有意な違いは確認されなかった。



図 26. 鉄パイプ（円筒管）を用いた土壌コア試料の採取方法



NS	ID	EW	浸透指数 (1/10)	土壌採取地点 の市町村	度	分	秒	10 進	度	分	秒	10 進	空間線量率 (μSv/h)
82	N	16	17	岩泊止	38	6	24.80	38.106889	140	50	40.60	140.844611	0.14
66	N	18	23	内田市	37	58	8.00	37.968889	140	48	17.00	140.804722	0.49
62	N	32	39	石石市	37	56	59.94	37.949982	140	38	26.89	140.640802	0.62
60	N	12	29	国見町	37	55	7.00	37.918611	140	53	35.50	140.893194	0.25
56	N	42	48	丸岡町	37	53	19.53	37.888759	140	31	26.97	140.524159	1.22
52	N	30	33	伊達市	37	51	21.00	37.855833	140	39	58.00	140.666111	0.60
52	N	40	48	桑折町	37	51	40.60	37.861278	140	32	10.80	140.536333	1.40
46	N	30	30	伊達市	37	48	36.80	37.810222	140	39	4.40	140.651222	0.50
46	N	36	59	伊達市	37	48	10.40	37.802889	140	35	16.40	140.587889	1.45
46	N	42	32	伊達市	37	48	52.00	37.814444	140	30	59.00	140.516389	1.10
44	N	44	26	福島市	37	47	52.70	37.797972	140	29	16.10	140.487806	0.85
40	N	56	37	福島市	37	45	18.90	37.755250	140	19	47.10	140.329750	0.36
38	N	36	30	福島市	37	44	48.00	37.746667	140	35	52.00	140.597778	1.40
38	N	48	34	福島市	37	44	50.50	37.747361	140	26	20.60	140.439056	0.88
36	N	40	33	福島市	37	43	36.10	37.726694	140	32	7.40	140.535389	1.71
34	N	10	30	南相馬市	37	42	37.00	37.710278	140	55	14.30	140.920639	1.15
34	N	18	27	飯館村	37	42	15.80	37.704389	140	48	20.70	140.805750	3.42
34	N	24	28	飯館村	37	42	25.20	37.707000	140	44	28.10	140.741139	5.70
34	N	28	36	飯館村	37	42	56.50	37.715694	140	41	41.00	140.694722	5.92
34	N	34	20	伊達市	37	42	57.50	37.715972	140	36	13.00	140.603611	1.40
34	N	38	33	伊達町	37	42	9.40	37.702611	140	33	43.80	140.562167	1.00
34	N	48	24	福島市	37	42	20.40	37.705667	140	26	42.70	140.445194	1.26
32	N	30	24	飯館村	37	41	4.20	37.684500	140	39	33.60	140.659333	1.60
32	N	42	25	福島市	37	41	4.40	37.684556	140	30	58.50	140.516250	1.30
32	N	44	29	福島市	37	41	25.70	37.690472	140	29	16.80	140.488000	1.35
30	N	20	30	飯館村	37	40	52.40	37.681222	140	46	48.70	140.780194	6.10
30	N	48	39	福島市	37	40	39.83	37.677731	140	26	40.43	140.444565	1.10
28	N	24	23	飯館村	37	39	51.20	37.664222	140	43	58.10	140.732806	4.71
28	N	26	18	飯館村	37	39	50.50	37.664028	140	43	15.70	140.721028	7.00
28	N	46	20	飯館村	37	39	31.40	37.658722	140	27	31.40	140.458722	0.87
26	N	26	37	飯館村	37	37	58.98	37.633050	140	43	15.13	140.720871	8.70
26	N	30	28	川俣町	37	38	57.00	37.649167	140	39	26.00	140.657222	1.50
26	N	38	28	川俣町	37	38	53.10	37.648083	140	34	4.50	140.567917	1.08
24	N	12	38	南相馬市	37	37	43.20	37.628667	140	53	53.70	140.898250	4.38
24	N	18	34	飯館村	37	37	31.40	37.625389	140	48	37.90	140.810528	14.42
24	N	56	38	二本松市	37	37	30.50	37.625139	140	20	39.90	140.344417	0.60
22	N	44	31	二本松市	37	36	40.90	37.611361	140	29	15.10	140.487528	1.70
20	N	10	36	南相馬市	37	35	43.40	37.595389	140	54	31.60	140.908778	3.27
20	N	24	40	浪江町	37	35	48.50	37.596806	140	44	17.60	140.738222	10.71
20	N	32	72	川俣町	37	35	27.30	37.590917	140	38	33.30	140.642583	1.22
20	N	40	41	二本松市	37	35	39.94	37.594429	140	32	27.64	140.541012	2.11
16	N	18	45	浪江町	37	33	37.90	37.560528	140	49	25.70	140.823806	41.86
16	N	40	24	二本松市	37	33	40.31	37.561196	140	31	50.41	140.530669	2.86
14	N	20	28	浪江町	37	32	15.95	37.537765	140	46	48.84	140.780232	8.10
14	N	42	35	二本松市	37	32	32.70	37.542417	140	30	19.00	140.505278	2.30
14	N	46	30	二本松市	37	32	57.00	37.549167	140	28	7.10	140.468639	2.30
14	N	50	30	大玉村	37	32	23.80	37.539944	140	24	23.20	140.406444	2.04
10	N	24	22	葛尾村	37	30	16.90	37.504694	140	44	33.50	140.742639	1.95
8	N	20	31	葛尾村	37	29	37.50	37.493750	140	47	16.50	140.787917	1.76
8	N	58	35	郡山市	37	29	9.50	37.485972	140	18	18.40	140.305111	0.36
6	N	20	27	葛尾村	37	28	54.90	37.481917	140	46	40.30	140.777861	2.67
6	N	50	33	郡山市	37	28	32.20	37.475611	140	25	11.40	140.419833	1.32
6	N	56	44	大宮市	37	28	54.50	37.481806	140	19	51.70	140.331028	0.63
4	N	24	23	田村市	37	27	18.70	37.455194	140	43	50.80	140.730778	0.48
4	N	44	26	三春町	37	27	25.00	37.456944	140	29	15.30	140.487583	1.00
0	N	58	30	郡山市	37	25	34.70	37.426306	140	18	24.80	140.306889	1.22
6	S	54	25	郡山市	37	22	29.00	37.374722	140	22	2.40	140.367333	1.52
8	S	62	23	郡山市	37	21	34.70	37.359639	140	15	32.30	140.258972	1.00
10	S	60	37	郡山市	37	20	50.10	37.347250	140	17	10.90	140.286361	0.80
16	S	22	21	いわき市	37	17	33.30	37.292583	140	45	29.60	140.758222	0.76
16	S	36	20	小野町	37	17	21.30	37.289250	140	35	24.50	140.590139	0.30
18	S	54	20	鏡石町	37	16	19.00	37.271944	140	21	21.30	140.355917	0.48
22	S	10	34	広野町	37	14	21.20	37.239222	140	54	42.20	140.911722	1.00
22	S	26	18	いわき市	37	14	49.50	37.247083	140	43	24.90	140.723583	0.70
22	S	52	17	鏡石町	37	14	12.52	37.236810	140	23	7.57	140.385435	0.27
22	S	64	24	六郷村	37	13	35.00	37.243056	140	13	50.00	140.230556	1.52
24	S	2	25	広野町	37	13	32.80	37.225778	141	0	12.00	141.003333	0.89
26	S	16	60	いわき市	37	12	51.40	37.214278	140	50	49.20	140.847000	1.13
26	S	32	28	小野町	37	12	40.79	37.211330	140	37	35.41	140.626502	0.70
34	S	2	33	いわき市	37	8	43.00	37.145278	141	0	9.00	141.002500	0.21
48	S	6	25	いわき市	37	1	32.40	37.025667	140	58	10.20	140.969500	0.59
50	S	12	28	いわき市	37	0	6.40	37.001778	140	53	42.60	140.895167	0.29
56	S	48	36	塙町	36	57	23.50	36.956528	140	26	24.00	140.440000	0.20
56	S	52	40	塙町	36	57	48.70	36.963528	140	23	42.60	140.395167	0.11
72	S	26	17	三好城市	36	49	36.30	36.826750	140	42	32.40	140.709000	0.32
74	S	26	17	三好城市	36	48	42.20	36.811722	140	43	9.00	140.719167	0.19
84	S	26	39	高萩市	36	43	22.30	36.722861	140	42	58.70	140.716306	0.15

図 28. 本調査の測定結果一覧（浸透指数（1/10） $L_{1/10}$ ：放射性セシウムの計数率が1/10になる深さ）

(3) 河川中（河川水、河底土、及び浮遊砂）、及び井戸水における放射性物質の濃度の変化傾向の確認

1) 調査概要

○福島第一原発から放出された放射性物質の河川や井戸中への移行状況を確認するため、福島県内の河川（河川水、及び河底土、並びに浮遊砂）、及び井戸（井戸水）中における梅雨前後での放射性物質の放射能濃度の変化を調査。

- ・河川水：放射性セシウム、ヨウ素 131、及びプルトニウム 238、プルトニウム 239+240、ストロンチウム 89、ストロンチウム 90 の放射能濃度の測定
- ・河底土：放射性セシウム、ヨウ素 131 の放射能濃度の測定
- ・浮遊砂：放射性セシウム、ヨウ素 131 の放射能濃度の測定
- ・井戸水：放射性セシウム、ヨウ素 131、及びストロンチウム 89、ストロンチウム 90 の放射能濃度の測定

2) 調査期間

○6 月下旬から 8 月初旬までに河川水、河底土、井戸水を 2 回採取（浮遊砂については、8 月下旬と 9 月下旬にそれぞれ採取）

3) 調査場所

○福島県内から河川試料採取箇所 50 箇所（河川水、及び河底土、並びに浮遊砂）及び井戸水採取箇所 51 箇所を選定。（詳細は図 29 参照）

○調査箇所は、放射性セシウムの蓄積量が比較的高い箇所から選定。

4) 調査結果及び考察

○本調査では、河川試料（河川水、河底土、及び浮遊砂）から放射性セシウム及び放射性ストロンチウム及び少数の試料からテルル 129m、銀 110m が検出された。また、いくつかの井戸水試料から、放射性セシウム、ストロンチウム 90 が検出された。なお、いずれの試料からもヨウ素 131、プルトニウム 238、プルトニウム 239+240 は検出されなかった。

○梅雨前後での河川試料（河川水、河底土、及び浮遊砂）における放射性セシウム及び放射性ストロンチウムの放射能濃度は図 30 に示すように、採取箇所に共通した傾向は確認されなかった。調査期間が短いこともあり、河川試料（河川水、河底土、及び浮遊砂）、における放射性物質の放射能濃度の変化を詳細に確認するためには、今後も長期的に調査を実施することが必要である。

○河川水、井戸水中のセシウム 134 の放射能濃度は最大で 0.85 Bq/kg、セシウム 137 の放射能濃度は最大で 1.1 Bq/kg であり、いずれも飲食物摂取制限に関する暫定規制値 200 Bq/kg よりも非常に低いことが確認された。

○本調査で検出された井戸水のストロンチウム 90 の濃度（ 1.4×10^{-3} Bq/kg）は、事故前の全国の蛇口水等のストロンチウム 90 の放射能濃度（検出下限値 $\sim 2.3 \times 10^{-3}$ Bq/kg（平

○河川水を 1 年間飲み続けた場合に生じる内部被ばく量について、ICRP Publication 23 で使用している成人の水分の摂取量（1 日当たり 2.65 リットル）及び「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に定められた実効線量係数（mSv/Bq）を用いて計算したところ、放射性セシウムの放射能濃度の最高値が検出された河川水を 1 年間飲み続けた場合に生じる内部被ばく線量と比べて、放射性ストロンチウムによる内部被ばく量は 100 分の 1 程度と非常に低いことが確認された。

○また、様々な土壌粒子の粒径特性を持つ異なった地点において、河底土の土壌粒子の粒度補正を行うことで、河底土の放射性セシウムの放射能濃度の測定結果から河川水の放射性セシウムの放射能濃度を推定することが可能であることが確認された（図 32 参照）。

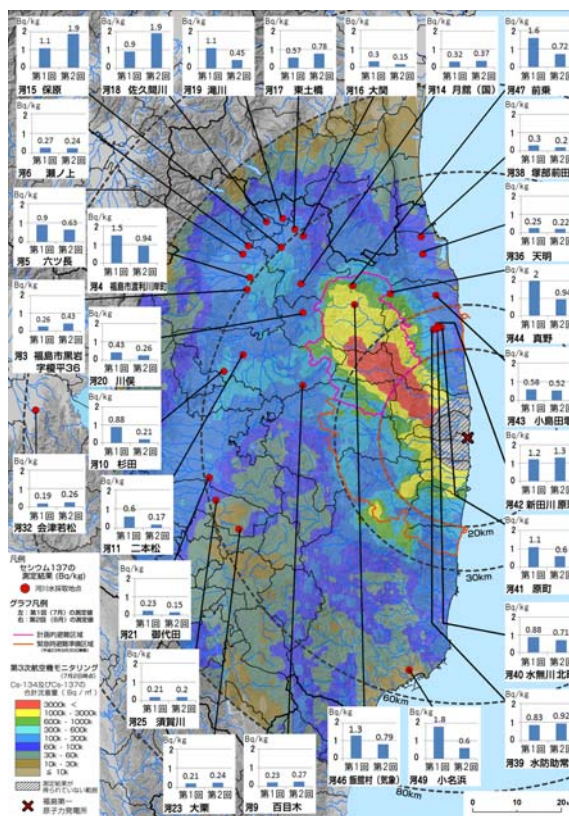


図 30. 河川水の採取試料中の放射性物質（セシウム 137 の例）の放射能濃度の変化

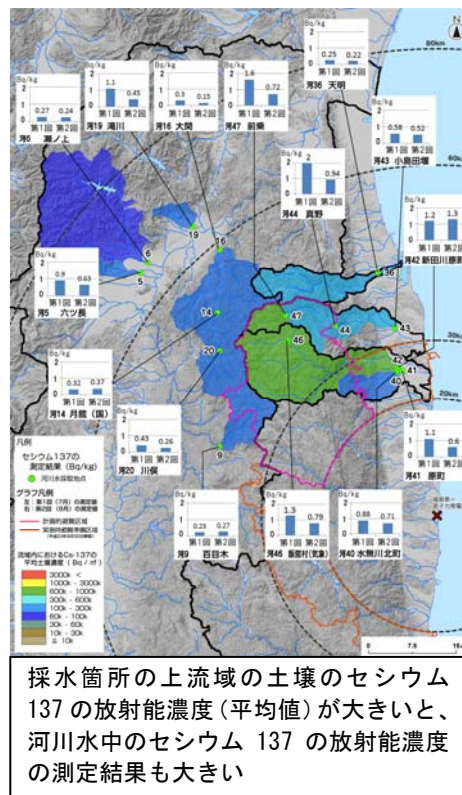
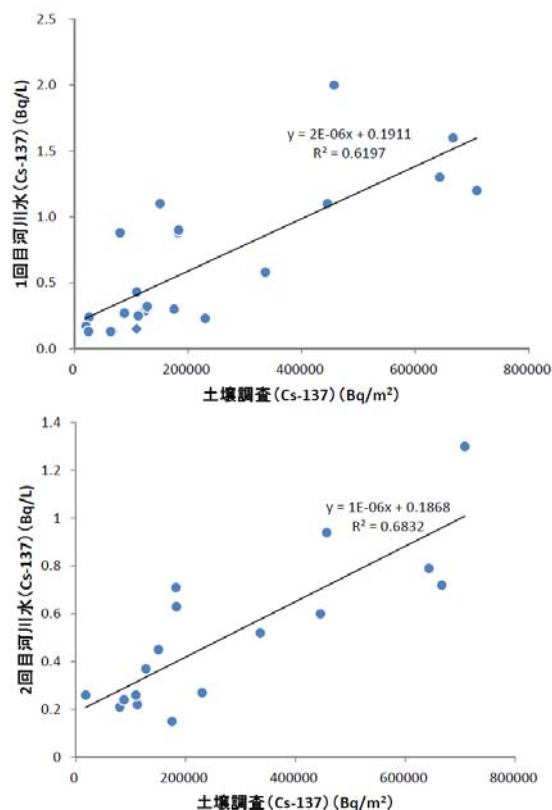


図 31. 河川中の放射性セシウムの放射能濃度 (Bq/m²) と河川採水箇所の上流域の土壌への放射性セシウムの沈着量 (Bq/m²) (平均値) との関係 (セシウム 137 の例)

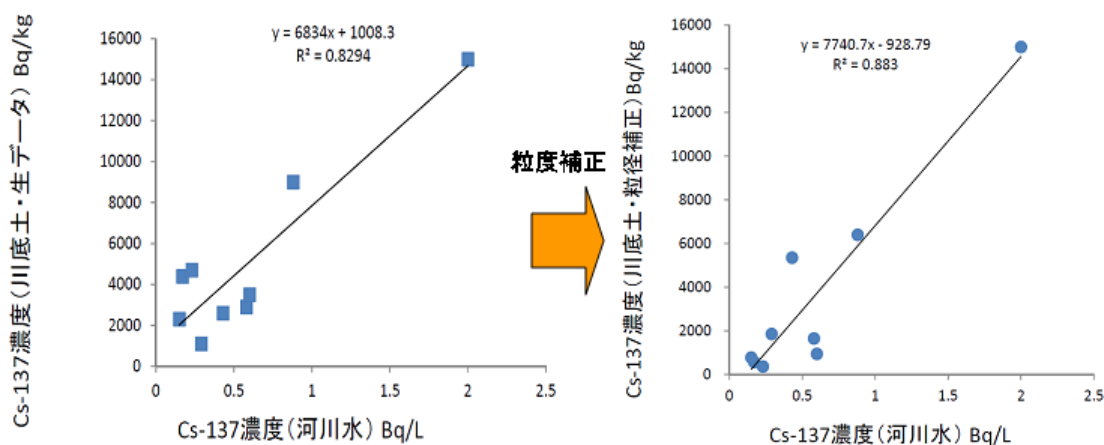


図 32. 河川中の放射性セシウムの放射能濃度 (Bq/L) と河底土中の放射性セシウムの沈着量 (Bq/kg) との関係 (セシウム 137 の例)

(4) モデル地域における放射性物質の包括的な移行状況の確認

1) 調査概要

- これまでのチェルノブリ原発事故等の経験から、地表面に降り積もった放射性物質は、その後、土壌や河川等の自然環境を通じて移行することが確認されている。
- そこで、今後の放射性物質の蓄積量の変化を予測するため、モデル地域を設けて、森林、土壌、地下水、河川水における放射性物質の移行状況、及び樹木や土壌からの巻き上げ状況等による放射性物質の移行状況について包括的な調査を実施(図 33 参照)。

2) 調査期間

6 月 6 日より計測機器の設置を行い、8 月 31 日まで現地調査を実施。

3) 調査場所(図 34 参照)

- 調査結果が今後の住民帰還のための基礎データとして重要となることも考慮し、比較的、放射性物質の沈着量が高く、計画的避難区域内である、阿武隈川水系口太川上流地域である伊達郡川俣町山木屋地区を調査対象地域とした。
- 河川調査箇所として、山木屋地区からの水・土砂の流出口となっている口太川に加え、口太川下流の阿武隈川本川を選定。
- 湖沼及び貯水池調査箇所として、阿武隈川本川の貯水池に加え、比較的、放射性物質の沈着量が多いことが確認されていた二本松市内の貯水池も調査箇所も含めることとした。

4) 調査結果及び考察

- 本調査では、福島県伊達郡川俣町山木屋地区を主な調査対象地域として、福島第一原発の事故後の短期間の間に、土壌、地下水、河川水等のそれぞれの自然環境における放射性物質の移行状況、及び樹木や土壌からの巻き上げ状況等についてモニタリングを実施した結果、包括的な移行状況の確認までは至らなかったが、それぞれの自然環境における、初期の放射性物質の移行状況について、一定の理解を得ることができた。(図 35 参照)
- 調査結果のうち、土壌水、渓流水、地下水への放射線セシウムの移行については、現時点では少ないことが確認された。
- いずれの貯水池についても、底泥における放射性セシウムの深度分布は、底泥表層で放射性セシウムの放射能濃度が最も高く、底泥表層から深さが深くなるにつれて、急激に放射能濃度が減少することが確認された。
他方で、ダム湖(蓬萊ダム湖)については、最大の調査深さである底泥表層から 20 cm 程度の底泥下層でも高い放射能濃度の放射性セシウムが検出されており、河川から流入した放射性セシウムが付着した土壌粒子が、大量に沈降していること、もしくは底泥の混合が非常に激しいことを示唆された。
- 河川中を輸送される放射性セシウムの輸送状況について調査したところ、河底を流れる

土砂（掃流砂）による輸送状況について調査していないが、水中に溶存している放射性物質と浮遊砂に含まれる放射性セシウムの放射能濃度を比較したところ、いずれの観測地点でも 90%以上が浮遊砂の形で、放射性セシウムが流下していることが確認された。

- 浮遊土砂を構成する粒径の小さな土砂の起源は、土壌侵食による河川への細粒な土壌粒子の流下によると考えられるため、様々な土地利用区画からの土砂侵食に伴う放射性セシウムの流出状況を確認したところ、植生量が多い調査箇所では放射性核種の流出量が少ないことが確認された。他方で、スギ若齢林では、下層植生が少ないものの、土壌がリターで覆われているため、雨水による土砂の流出が防止され、放射性セシウムの流出量が少ないものと示唆される。
- スギ林及び広葉樹林にタワーを設置し、放射性セシウムの分布状況を確認したところ、針葉樹林においては、樹冠に多くの放射性セシウムが存在していることが確認された。また、葉や樹木の幹に付着した放射性セシウムは、森林内に降雨した雨が樹冠を通過する過程で樹冠にトラップされている放射性セシウムを洗い流し、徐々に林床に移行しているものと考えられる。なお、樹幹を流れる雨より森林内に降雨する雨に含まれる放射性セシウムの放射能濃度が高いことから、森林内の地表面の放射性セシウムの存在量の増加要因は、葉に付着した放射性セシウムの降雨を通じた移行の寄与が大きいものと考えられる。
- 土壌・森林からの放射性物質の飛散（再浮遊）状況について確認したところ、大気浮遊塵中の放射性セシウムの放射能濃度は、土壌表面に沈着した放射性セシウムの沈着量と相関があり、土壌表面に沈着した放射性セシウムが大気へ飛散していることが確認された。

他方で、スギ若齢林、及び広葉樹混合林は、その他の土地利用区画と土壌における放射性セシウムの沈着量は変わらないものの、大気浮遊塵中に含まれる放射性セシウムの放射能濃度が高い傾向が確認された。このことは、樹冠からの放射性セシウムの飛散は、土壌からの飛散とは異なるメカニズムであることを示唆している。

さらに水田では、周囲の地点に比べて、飛散する放射性セシウムの放射能濃度が低いことが確認されており、放射性物質の飛散は、土壌水分により妨げられていることが示唆された。



図 33. 本調査の全体概要

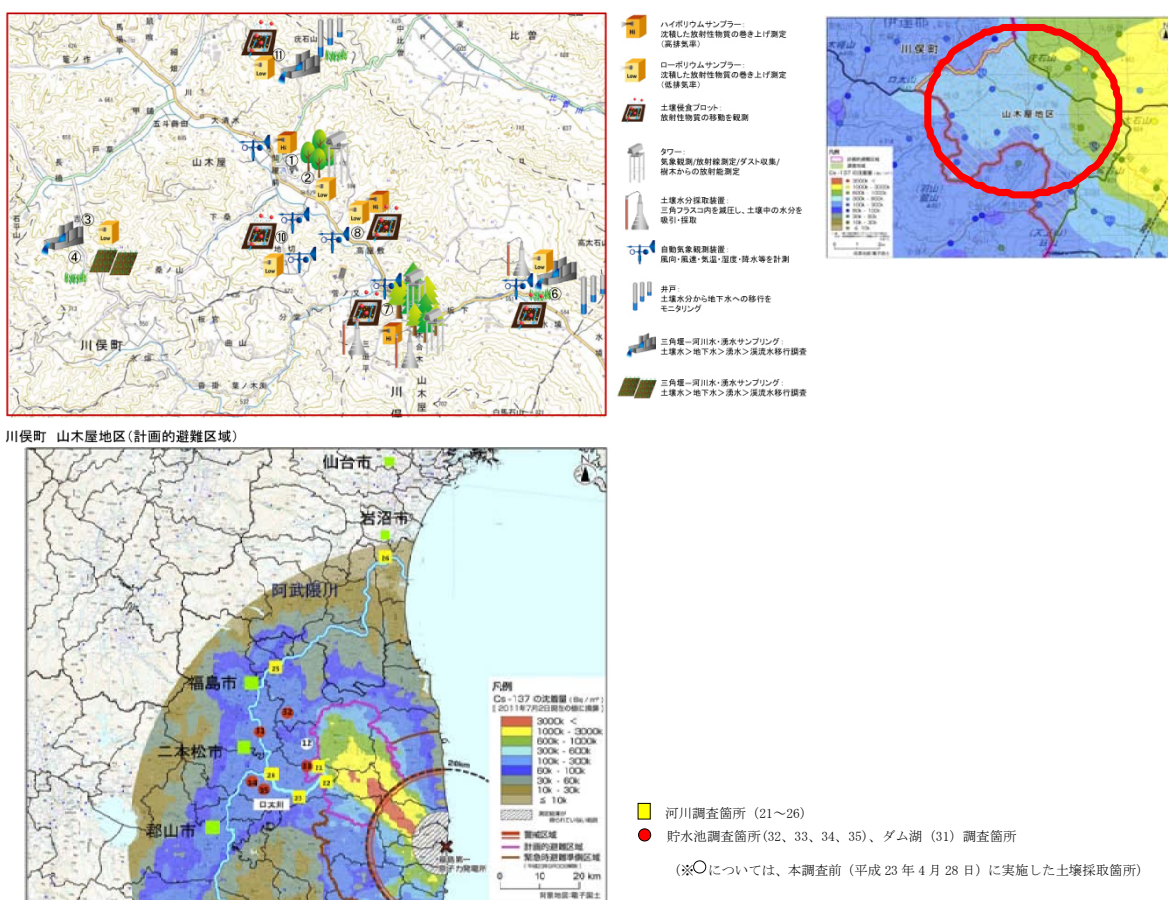


図 34. 放射性物質の包括的移行状況調査の調査箇所

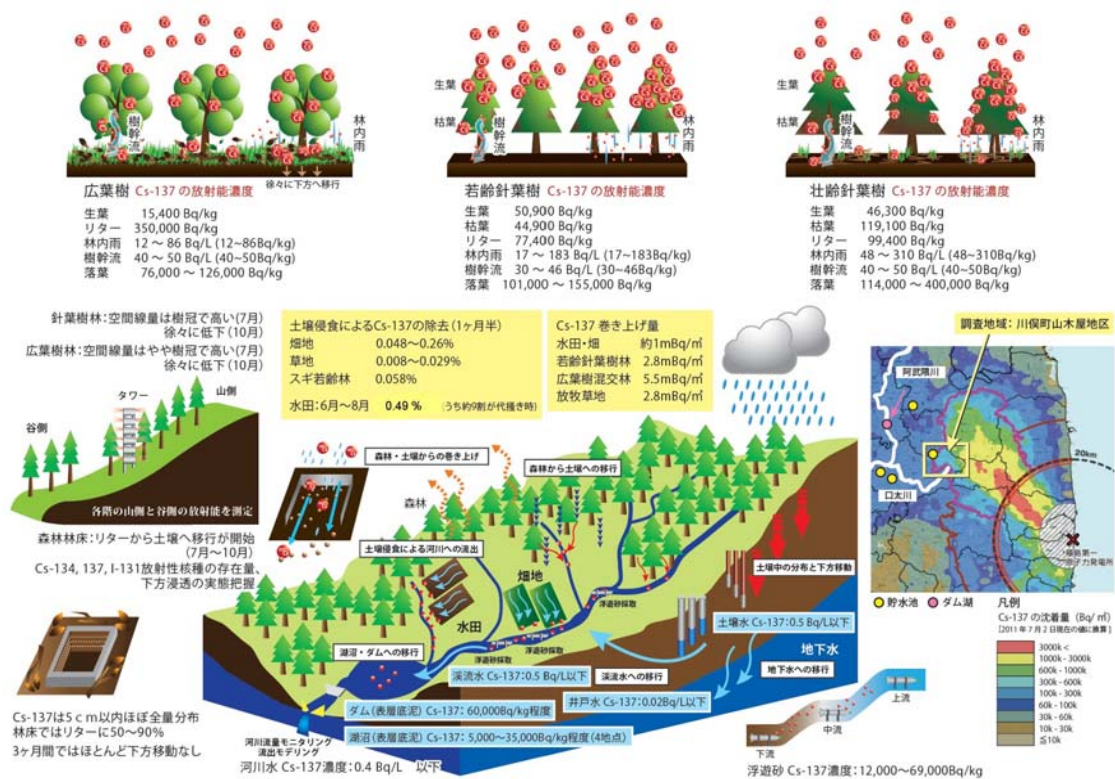


図 35. 本調査箇所における放射性物質（放射性セシウムの例）の存在状況、移行状況

(5) それぞれの調査研究のまとめ（様々な自然環境中での放射性物質の移行状況等に関する調査結果及び考察）

○放射線量等分布マップ関連研究では、全体を通じて、様々な自然環境中での放射性物質の移行状況等について調査結果が得られており、いくつかの調査研究では、共通して確認された事項がある。そこで調査内容ごとに整理・集約した。

1) 土壌深さ方向における放射性セシウムの分布状況

○本調査を実施した 6 月から 8 月の期間における、福島第一原発から 100 km 圏内の様々な土地利用（畑、森林（スギ林、広葉樹混合林）、水田、草地）の土壌中における放射性セシウムの深度分布は、いずれの土壌においても、土壌表層から深さ 5cm 以内に概ね存在していることが確認された。

○他方で、以下に示すように、土地利用により深度分布の状況が異なることが確認された。

① 森林

○いずれの森林土壌においても土壌表層から深さ 2cm 以内に放射性セシウムの全存在量の 8 割程度が沈着していることが確認された。

○いずれの森林においても、地表面に沈着した放射性セシウムの総存在量の 5 割以上（山木屋地区の広葉樹混合林では 9 割）がリター層（堆積した落ち葉層）に沈着していることが確認された。

② 畑（耕作・未耕作）

○未耕作の畑においては、土壌表層から深さ 5 cm 以内に放射性セシウムの全存在量の大部分が沈着していることが確認された。

○植生量の多い一部の畑では、植生への放射性セシウムの沈着が著しかったものの、植生量が少ない畑では大部分が土壌に沈着していることが確認された。なお、事故後に耕している畑については土壌表層から 5cm 程度まで、放射性セシウム濃度が高いことが確認された。

③ 草地

○事故発生後においても放牧等により土壌がかく乱されていた箇所（川俣町水境放牧地）は土壌表層から深さ 5 cm 以上に放射性セシウムが存在していたものの、草地の多くは、土壌表層から深さ 5 cm 以内に放射性セシウムの大部分が沈着していることが確認された。

○植生量の多い草地では、地表面の植生への放射性セシウムの沈着が著しかったものの、多くの草地では、植生への沈着は全体の約 2～3 割であることが確認された。なお、一部の放牧草地では、放牧家畜による表土のかく乱により、土壌表層から 4cm 程度まで、放射性セシウム濃度が高いことが確認された。

④ 水田(耕作、未耕作)

- 事故後に耕作を行っていない水田は、土壌表層から深さ 0.5～1.0cm 程度に放射性セシウムの全存在量のほとんどが存在しているが、事故後に耕作した水田は、特に放射性セシウムが土壌深くまで存在していることが確認された。
- 事故後に耕作した土壌は、土壌表層から 5 cm程度の範囲まで放射性セシウム濃度が高いことが確認された。

2) 河川中に含まれる放射性核種の状況

- 本調査を実施した 6 月下旬及び 10 月中旬までの期間における、福島県内の河川水、河底土、及び浮遊砂中の放射性セシウム濃度は、梅雨前後で増加、減少は見られるものの、採取箇所に共通した傾向は確認できなかった。ヨウ素 131 はいずれの調査地点でも検出されなかった。
- 河川から河口に輸送される放射性セシウムは、調査箇所によって、放射性セシウムの総輸送量に対する河川水及び浮遊砂による放射性セシウムの輸送量の比率は異なるものの、河川水に比べて浮遊砂による輸送量の方がはるかに大きいことが確認された。
なお、7 月中旬から 8 月中旬までの河口付近の流域を流れセシウム 137 の輸送量を概算したところ、20 日間で 7.4×10^{11} Bq 程度輸送されており、原子力安全保安院や原子力安全委員会が推定したセシウム 137 放出量推計値 (1.5×10^{16} Bq もしくは 1.1×10^{16} Bq) の 2 万分の 1 もしくは 1 万 5 千分の 1 程度であった。
- そのほか、本調査期間においては、福島県内の河川調査箇所のいくつかの箇所において、放射性セシウムに比べると非常に微量であるものの、放射性ストロンチウムが検出され、河川水に移行していることが確認された。
- 放射性ストロンチウムを分析した河川水については、プルトニウム 238、プルトニウム 239+240 も分析したが、全て検出下限値以下であった。

3) 土壌水、地下水(井戸水)、溪流水、湧水を通じた放射性核種の移行状況

- 福島県伊達郡川俣町山木屋地区を中心に、7 月初旬から 8 月中旬までの期間における、土壌水、地下水(井戸水)、溪流水、湧水に含まれる放射性セシウム濃度を測定したところ、ほとんどの試料が検出下限値以下であり、本期間では、これらの水循環プロセスに伴う放射性セシウムの移行状況は確認できなかった。
- この状況は、福島県内の 50 箇所で採取した井戸水試料についても同様の結果であった。

そのほか、調査地点は福島県伊達郡川俣町山木屋地区周辺に限定されるものの、森林内の放射性セシウムの分布状況、土壌侵食に伴う放射性物質の移行状況、水田から河川への浮遊砂を通じた放射性セシウムの移行状況、湖沼・貯水池の放射性セシウムの分布状況、及び森林・土壌等の自然環境からの放射性物質の飛散状況について確認したところ、以下のような結果が確認された。

4) 森林内の放射性セシウムの分布状況・移行状況

- 森林内の土壌中における放射性セシウムの蓄積量は、落葉の堆積や、葉に付着した放射性セシウムが降雨により森林内の地表面に移行することなどに伴い、現状でも徐々に増加してきているものと考えられる。
- 広葉樹混合林では、最表層（特にリター層）に堆積していた放射性セシウムが、雨水の浸透や有機物の分解により下方浸透を始めていることが示唆された。
- 現状において森林内の空間線量率の低減化を図るためには、広葉樹混合林では、落葉等のリター層における放射性セシウムの蓄積量が多いことから、生態系への影響を考慮しつつ、表面に堆積しているリター層を除去することが効果的であることが示唆された。
- スギ林では、樹冠付近の生葉や枯葉に付着した放射性セシウムの濃度が高いことから、生葉や枯葉を除去することが効果的であることが示唆された。なお、スギ壮齢林では、スギ若齢林や広葉樹混合林に比べて、地表面への放射性セシウムの蓄積量が多いことから、リター層の除去も効果的である。

5) 土壌侵食に伴う放射性物質の移行状況

- 植生量が多い箇所では、植生が土砂の流出および放射性物質の移動を妨げているため、放射性核種の流出量が少ないことが確認された。
- 他方で、スギ若齢林では、下層植生が少ないものの、土壌がリターで覆われているため、雨水による土砂の流出及び放射性物質の移動が妨げられているものと考えられる。
- 本調査期間内（1.5 ヶ月間）での土砂侵食に伴う放射性物質の移行量は各調査箇所の放射性セシウム存在量の最大でも約 0.3%未満であった。

6) 湖沼・貯水池における放射性セシウムの分布状況

- 貯水池底泥での放射性セシウム濃度は、表層の放射性セシウム濃度が高く、深くなるにつれて、急激に下がることが確認された。なお、貯水池に堆積した放射性セシウムの存在量は、周辺土壌で測定された放射性セシウムの存在量と概ね同水準であった。
- 他方で、ダム湖（蓬萊ダム湖）では、調査を行った底泥表層から深さ 20cm までに、高濃度の放射性セシウムが存在していることが確認され、他の貯水池で計測された放射性セシウムの存在量（一部の貯水池を除いて、 $200\sim400\text{kBq/m}^2$ ）の約 10 倍程度（ 3MBq/m^2 以上）が堆積していた。この理由としては、放射性セシウムが付着した土壌粒子が河川から大量に流入・沈降しているほか、河川からの連続的な流入や底泥の激しい攪拌等が要因として考えられる。

7) 土壌・森林等の自然環境からの放射性物質の飛散状況

- 土壌・森林からの放射性物質の飛散（再浮遊）状況について確認したところ、大気浮遊塵中の放射性セシウムの放射能濃度は、土壌表面に沈着した放射性セシウムの沈着量と相関があり、土壌表面に沈着した放射性セシウムが大気へ飛散していることが確認され

た。

- 他方で、スギ若齢林、及び広葉樹混合林は、その他の土地利用区画と土壌における放射性セシウムの沈着量は変わらないものの、大気浮遊塵中に含まれる放射性セシウムの放射能濃度が高い傾向が確認された。

(まとめ)

- 本調査では、様々な土地利用の土壌や針葉樹林、広葉樹林における放射性核種の分布状況の違いが確認されたほか、土壌侵食による放射性核種の移行状況、及び土壌・森林等からの放射性物質の移行状況、河川並びに土壌水、地下水、湖沼等の水循環系を通じた放射性物質の移行状況等について、事故発生初期の梅雨前後の期間における、非常に有意な調査結果が得られた。そのため、本調査で得られた知見が除染活動や今後のモニタリングに活用されることを期待する。
- 他方で、本調査は、平成 23 年 6 月～9 月頃までの一定期間における、限られた調査箇所における調査結果であり、放射性物質の移行状況について一般化することや本調査過程で新たに発生した課題の解決のためには、調査範囲の拡大、調査方法の工夫、及び調査項目の追加が必要である。
- そこで、今後、本調査で課題となったコンタミネーションの影響を排除した上で、放射性物質の深度分布調査を継続的に実施するとともに、河川・井戸水中の放射性物質の放射能濃度の状況、放射性物質の包括的な移行状況について継続的に調査し、放射性物質の動態挙動に関する測定結果を取得していく必要がある。(平成 23 年 12 月から、本調査の課題を踏まえ、追加調査を実施しているところ。)
- また、放射性物質の移行状況を確認していく上では、除染活動に伴う放射性物質の沈着状況の変化や人の生活に伴う放射性核種の移行も無視できない。そこで、今後の調査にあたっては、居住区域における放射性核種の移行状況の確認も実施していくことが必要である。(平成 23 年 12 月からの調査では、居住区域における放射性物質の移行状況調査について新たに実施しているところ)

3. 農地土壌の放射性物質濃度分布マップ関連調査研究報告書（報告書第3編）

3.1 農地土壌の放射性物質濃度分布マップ関連調査研究の概要

○本調査は、平成23年度科学技術戦略推進費によるプロジェクト「放射性物質による環境影響への対策基盤の確立」の一環として、福島第一原子力発電所事故により放出された放射性物質の農地土壌への影響を明らかにするとともに、その面的な分布を把握するため、宮城県、福島県、栃木県、群馬県、茨城県および千葉県の農地土壌における放射性セシウム※濃度を測定し、その結果をまとめた「農地土壌における放射性物質濃度分布図」および、空間線量率との関係を基にした、福島県における農地土壌の放射性物質濃度の推定図を作成した。

○また、農地土壌中の放射性セシウムの深度分布について調査した。本事業は、農林水産省からの委託事業として、独立行政法人農業環境技術研究所や大学、各県関係者の協力のもと実施された。それぞれの調査は、文部科学省に設置した「放射線量等分布マップの作成等に係る検討会」の委員による妥当性確認を経た上で実施された。

※ 本報告書ではセシウム134とセシウム137を合わせて放射性セシウムと記している。

3.2 調査研究者

(1) 農地土壌における放射性セシウム濃度の面的分布の把握と推定図の作成

高田裕介・神山和則・小原 洋・前島勇治・平舘俊太郎・木方展治・谷山一郎（農業環境技術研究所）、鷺尾英樹（宮城県古川農業試験場）、齋藤 隆（福島農業総合センター）
池羽正晴（茨城県農業総合センター）、鈴木 聡（栃木県農業試験場）
庄司 正（群馬県農業技術センター）、斉藤研二（千葉県農林総合研究センター）

(2) 農地土壌における放射性セシウムの深度分布と動態

村松康行（学習院大学）

3.3 調査期間及び調査場所

(1) 農地土壌における放射性セシウム濃度の面的分布の把握と推定図の作成

○宮城県においては平成23年7月15～22日に51地点で、福島県においては5月23日～8月5日に201地点、茨城県においては7月1～15日に44地点、栃木県においては6月20～24日に34地点、群馬県においては7月29日に5地点、千葉県においては7月1～13日に20地点で調査を行った。

○また、これらの地点に加えて、宮城県で4月1日に調査した14地点、福島県で4月1日に調査した134地点および4月15日に調査した26地点、茨城県で4月1～5日に調査した18地点、栃木県で3月31日～4月1日に調査した14地点、群馬県で4月2日に調査した8地点、千葉県で4月2日に調査した10地点の結果も濃度分布図の作成に用いた。これら調査地点の合計は579地点である。なお、農地の放射能濃度分布図は平成23年6月14日の基準日の濃度を地図上にプロットすることで作成した。

(2) 農地土壌における放射性セシウムの深度分布と動態

- 福島県農業総合センター内の水田、畑、果樹園、森林において平成23年4月23日から9月9日まで、福島県農業総合センター果樹研究所内の果樹園において、平成23年6月1日から6月22日まで、二本松市小浜地区の水田において、平成23年9月19日および10月2日に調査を行った。

3.4 調査結果及び考察

(1) 農地土壌における放射性セシウム濃度の面的分布の把握と推定図の作成

① 農地における土壌中の放射性セシウムの濃度分布

- 今回の調査結果を踏まえた、農地土壌における放射性セシウムの濃度分布図を図36に示す。
- 各県別にみると、宮城県では、土壌中の放射性セシウム濃度は24~2,215Bq/kg 乾土の範囲であった。福島県では、検出限界以下の値から28,041Bq/kg 乾土の範囲であった。茨城県では、検出限界以下の値から632Bq/kg 乾土の範囲であった。栃木県では、検出限界以下の値から3,971Bq/kg 乾土の範囲であった。群馬県では、55~688Bq/kg 乾土の範囲であった。千葉県では、19~777Bq/kg 乾土の範囲であった。なお、本報告書では、セシウム134とセシウム137の合計値については、どちらか一方の測定値が検出限界以下の場合は検出された測定値を、どちらも検出限界以下の場合は検出せずと記載した。
- 農地土壌中の放射性セシウム濃度の実測値は福島県浜通り地方や中通り地方で高く、その空間的な分布状況は文部科学省が行っている空間線量率の地上モニタリングの結果や航空機サーベイの結果と類似の傾向が認められた。特に、福島第一原発から北西方向の警戒区域、計画的避難区域に10,000Bq/kg 乾土を超える高い放射性セシウム濃度を示す場所が認められた。

② 土壌中の放射性セシウム濃度と空間線量率との関係

- 土壌中の放射性セシウム濃度と農地土壌調査の際に測定した1m高さでの空間線量率との関係を図37に示す。
- 土壌中の放射性セシウム濃度と空間線量率は正の相関関係 ($R^2=0.86$, サンプル数325) が認められ、土壌中の放射性セシウム濃度が増加すると空間線量率が増加することが明らかとなった。
- この関係性を詳細に検討した結果、福島第一原発事故以降に農地を耕起した地点と未耕起であった地点とを比較した際に、同等の土壌中の放射性セシウム濃度であっても空間線量率は耕起した地点の方が未耕起であった地点よりも低くなった。本結果は、主として耕起土壌と未耕起土壌では放射性セシウムの深度分布が異なるため、空間線量率と土壌中濃度との関係性が異なったためと考えられた。また、土壌の仮比重が異なるため同等の土壌中の放射性セシウム濃度であっても空間線量率は非黒ボク土壌群グループの方が黒ボク土壌群グループに比べて高いと考えられた。

○さらに、樹園地では他の地目に比べて同等の土壌中のセシウム濃度であっても空間線量率は高い傾向がみられた。樹園地では樹木の樹冠などに付着している放射性セシウムの間接的な影響を受けていることや耕起されていないことによって他の地目よりも同等の土壌中のセシウム濃度であっても空間線量率は高くなったと考えられた。

③ 農地土壌中の放射性セシウム濃度推定図

- 空間線量率のデータと上記②で明らかとなった回帰式を用いて、調査地全域の農地土壌中の放射性セシウム濃度推定図を作成した（図 38 参照）。
- 結果としては、福島第一原発が立地する福島県浜通りで農地土壌中の放射性セシウム濃度は最も高く、次いで中通りおよび会津地方の順であった。とくに警戒区域および計画的避難区域において農地土壌中の放射性セシウム濃度は高かった。
- なお、福島県農地土壌中の放射性セシウム濃度区分ごとに分布面積を推計したところ、土壌中の放射性セシウム濃度が 5,000Bq/kg 乾土を超えると推定される農地の分布面積は 8,300 ヘクタールであり、福島県の田畑の総面積の約 6%を占めた。

(2) 農地土壌における放射性セシウムの深度分布と動態

- 耕耘していない水田における深度分布については、表層における放射性セシウムの濃度が高く、多くが 0～4cm のところに溜まっていた。濃度と深度分布を測定し比べたところ、採取場所によって 10 倍近く変動があった。これは、汚染時には水田に水がはられていなかったため、放射性セシウムが水田の窪地など水が溜まりやすいところに蓄積する傾向にあったためと考えられた。
- また、耕耘していない畑地における深度分布については、水田と同様に、0～4cm のところに放射性セシウムの多くが溜まっていた。濃度と深度分布を測定し比べたところ、採取地点によるバラツキは水田に比較して大きくなかった。水田と異なり、水が溜まることがなかったためと考えられた。
- 果樹園および森林においては、同様に表層に放射性セシウムの多くが溜まっていた。森林では、表層のリター層に多くが蓄積していた。
- また、福島県二本松市の耕耘した水田における放射性セシウムの深度分布については、耕耘してあるにもかかわらず、深度分布は不均一で、表層 0～2.5cm で特に高い値が見られた。深くなると濃度が下がる傾向にあった。これは、調査地域の土壌は砂の割合が多く、耕耘・代掻き後、重い砂分（セシウムの濃度が低い）が先に沈み、上層にセシウムの濃度が高い軽く細かい成分が溜まったと考えられた。

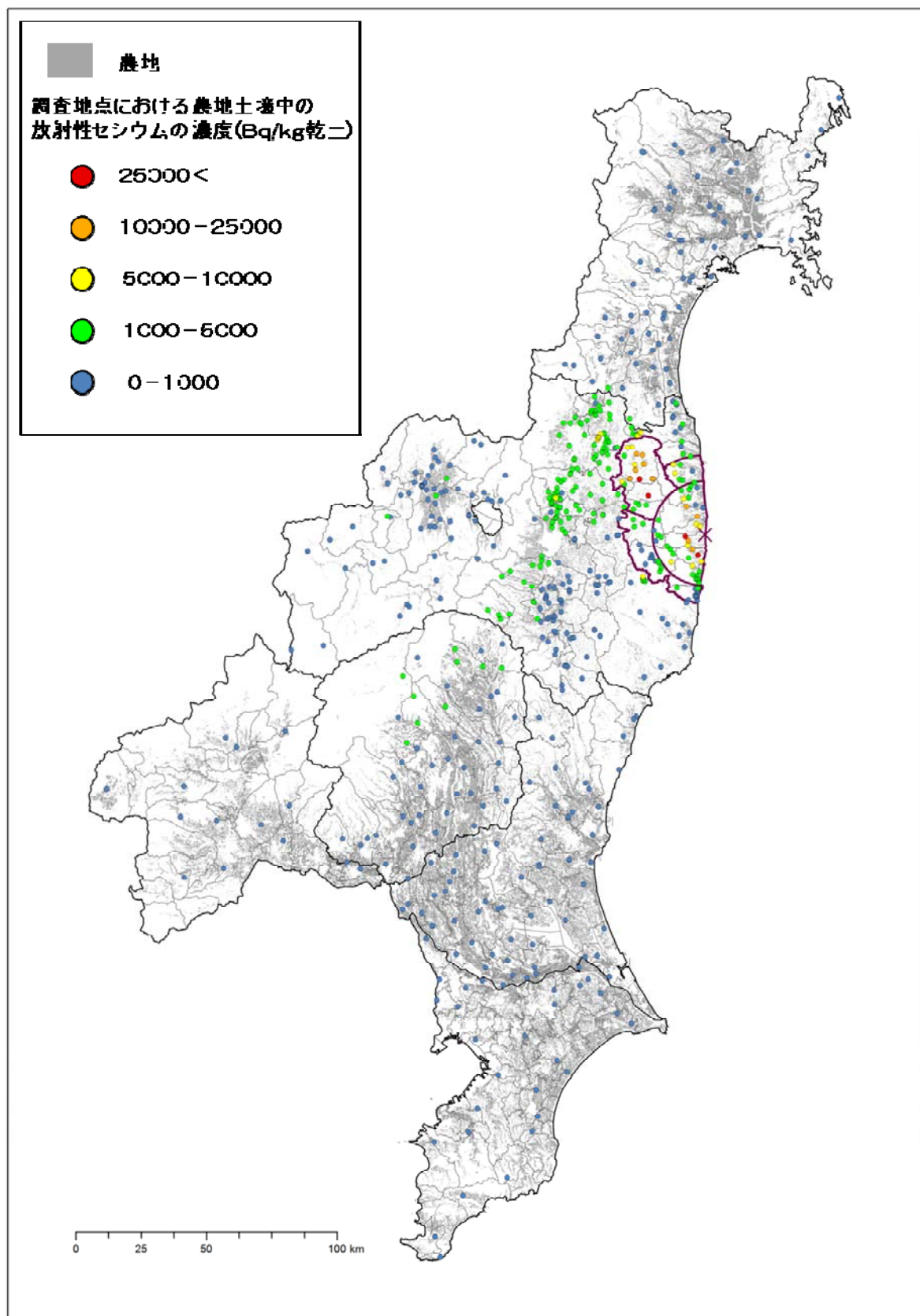


図 36. 農地土壌の放射性セシウム濃度分布図（調査地全域）

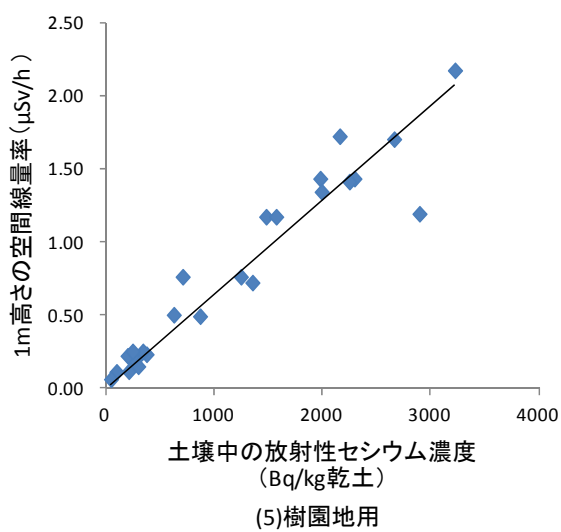
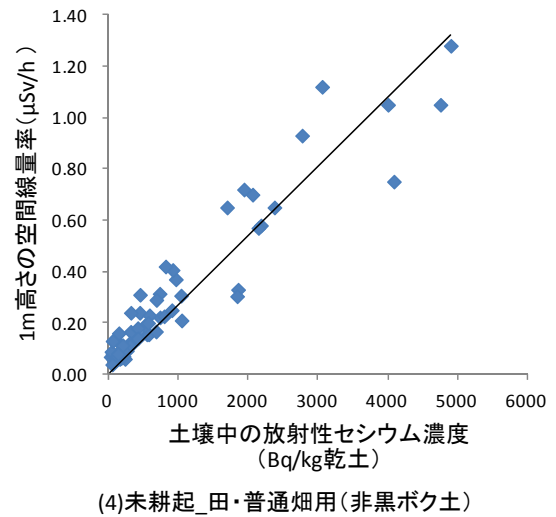
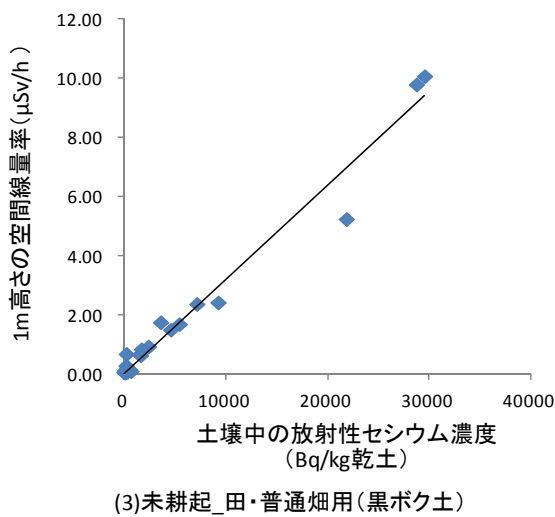
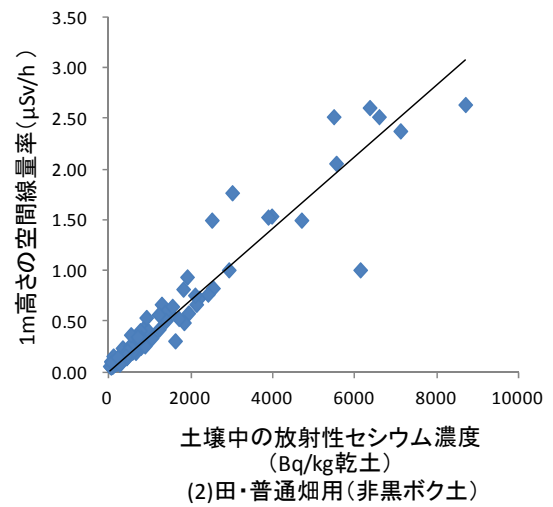
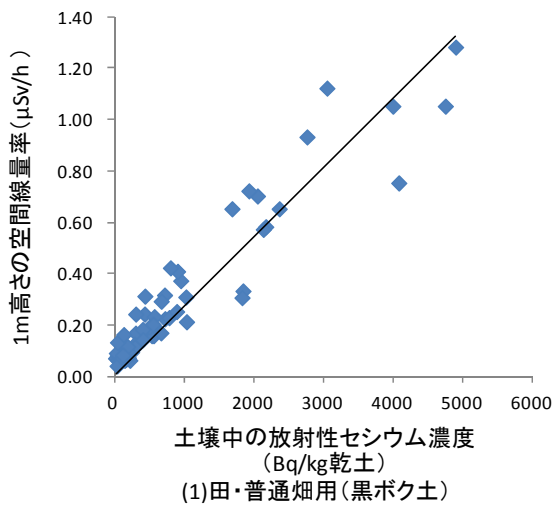


図 37. 1 m 高さの空間線量率と土壤中の放射性セシウム濃度との関係

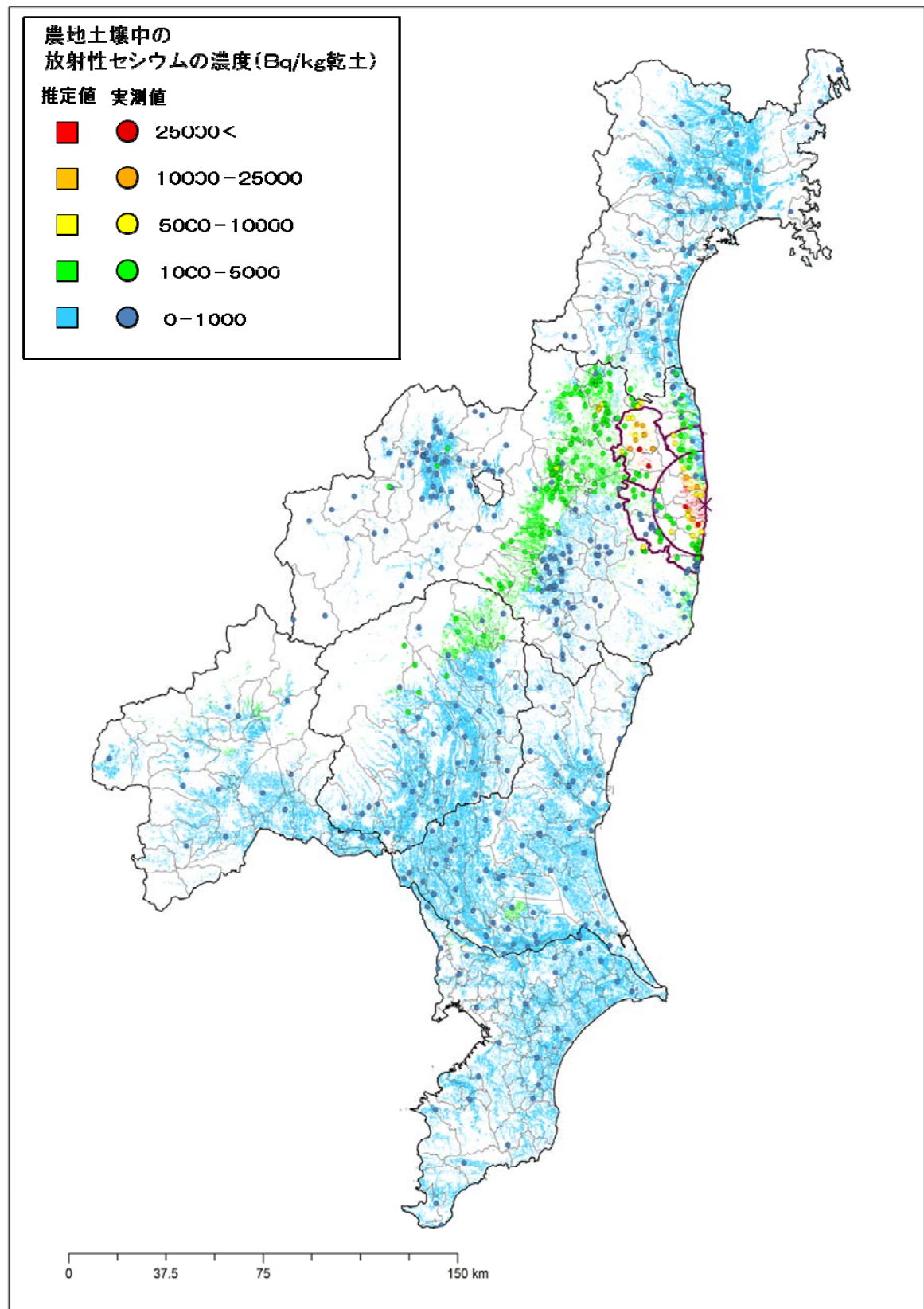


図 38. 調査対象地域の農地土壌中の放射性セシウム濃度分布推定図