

報告書 I -放射線量等分布マップの作成等に関する報告書構成案

平成 23 年 11 月 11 日

1. 背景

- ・ 東京電力（株）福島第一原子力発電所(以下、「福島第一原発」とする。)の事故により、大量の放射性核種が放出された事態を受けて、事故直後から継続的に、文部科学省等により、緊急的な放射線モニタリングが実施されている。
- ・ 原子力災害対策本部長である内閣総理大臣の指示を踏まえて、平成 23 年 4 月 22 日に「警戒区域」、「計画的避難区域」、「緊急時避難準備区域（平成 23 年 9 月 30 日解除）」が設定された。
- ・ 同日に、原子力災害対策本部は、「環境モニタリング強化計画」を決定し、関係機関が実施する環境モニタリングの測定データの取りまとめと公表を、文部科学省が行うこととされた。文部科学省は、平成 23 年 5 月 11 日に「環境モニタリング強化計画」の決定を受けたモニタリングの強化として、陸域モニタリングの測定点の追加及び適正化、航空機モニタリングの実施継続、海域モニタリングの広域化とともに、陸域モニタリングの結果に基づく放射線量分布等マップの作成を示した。
- ・ また、緊急的なモニタリングに加えて、農林水産省、(独)日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」とする。）、大学等と連携して、福島県を含む広域で土壌を採取、分析し、その結果に基づき、放射性物質の分布図を作成することとした。
- ・ その後、原子力災害対策本部は、平成 23 年 5 月 17 日に公表した「原子力被災者への対応に関する当面の取り組み方針」で、被災者住民の安心・安全の確保のため、環境モニタリング等の充実（環境モニタリング強化計画）を改めて示した。その中で、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、計画的避難区域等の重点的な測定と併せて、「放射線量分布マップ」等を策定・公表することを示した。
- ・ 以上の背景から、総合科学技術会議では、平成 23 年 5 月 19 日に「放射性物質による環境影響への対策基盤の確立」プロジェクトを発表した。同プロジェクトは、具体的な目標として、放射性物質の分布状況の把握等の調査研究、技術開発を行い、その基盤を確立して、これに引き続く関係府省による継続的な対策を可能とすることを設定した。
- ・ 関係省庁、自治体及び事業者が行うモニタリングの調整等を一元的に行う「モ

ニタリング調整会議」が平成 23 年 8 月 2 日に決定した「総合モニタリング計画」においても、空間線量率の分布状況を提供する「空間線量率マップ」、東京電力福島第一原発から概ね 100km 圏内の地表面への放射性物質の沈着状況を確認する「土壌濃度マップ」、農地土壌における広域での放射性物質の濃度分布を把握するための「農地土壌中の放射性物質濃度分布図」の作成が位置づけられている。

2. 実施内容

2.1 マップ作成のための測定

1) 基本的な考え方

- ・ 放射線量や放射性核種毎の沈着状況を示すマップについて、事故状況の把握、種々の対策に活用させるといった目的に合致させるとともに、今後も継続的に更新可能とするよう、測定方法等を定める。
- ・ そこで、I-131（半減期 8.04 日）の影響を観察するとともに、地表面での放射性物質の沈着状況に影響を与える梅雨を迎える前に土壌採取、空間線量率の測定を実施する。

2) 事前検討

- ・ 1)に示したスケジュールでマップ作成を進めることが可能で、かつ、詳細に放射線量や放射性核種毎の沈着状況をマップで示すよう、対象とするエリア、その分割方法並びに測定方法を検討した。
- ・ また、マップ作成に必要な測定を進めるに当たっては、多くの参加者を募る必要があった。協力者の招集に当たって、事故発生当初から、スクリーニング検査等で、大学等の研究者を招集する実績を有していた大阪大学に依頼した。
- ・ そこで、土壌の採取、空間線量率の測定等は、放射線量、放射性核種毎の沈着状況のマップ化で基本となるため、実施者間で相違が出ないように、これらの手法の統一化を図った。

3) 測定

- ・ 放射性核種毎の沈着状況は、各測定地点で表層土壌を採取し、採取した土壌について、各機関の協力の下に Ge 半導体検出器を用いたγ線スペクトロメトリで分析した結果に基づき、調査する。
- ・ 空間線量率を土壌採取地点においてサーベイメータにより測定する。この他、線量率の測定値と位置情報を同時に記録できる KURAMA システムを乗用車に搭載し、継続的に空間線量率を測定する（走行サーベイ）。
- ・ 土壌採取、空間線量率の測定については、将来的にマップを更新する際のフィードバック等に活用できるよう、必要な情報を記録する。

2.2 マップの作成及び公表

1) マップの作成

- ・ 測定結果に基づき、空間線量率、土壌表層の放射性核種毎の沈着状況等を詳細にマップ上に示す。
- ・ 作成したマップに基づき、放射性核種毎の沈着状況、今後の影響等を考察する。

2) マップの公表

- ・ 作成したマップは広く周知できるよう、閲覧用 Web システムを作成して公開する。また、測定データの一元管理を行うとともに、利用可能となるようデータベース化する。

2章の図表リスト

表 本調査研究における実施項目一覧（内容、報告書での記載箇所）

3. 放射線量、土壌濃度分布マップの作成

3.1 調査の対象範囲、地点数

3.1.1 空間線量率の測定、土壌採取等の調査エリア

- ・ 日本学術会議より、2km 以下のメッシュを設定した調査の提案があった一方、梅雨までの限られた期間で土壌採取を完了させる必要があった。これらの点を鑑みて、作成するマップの対象範囲、メッシュを設定した。
- ・ 航空機モニタリングで放射性セシウムの蓄積分布状況が確認されていた、福島第一原発から 80km 圏内を対象として、詳細な調査を実施することとした。このエリアのメッシュサイズは、2km×2km（2km メッシュ）とした。
- ・ この他、航空機モニタリングを実施中の福島第一原発から 80~100km 圏内、100km 圏外の福島県全域でも調査を実施することとした。このエリアのメッシュサイズは、10km×10km（10km メッシュ）とした。

3.1.2 メッシュ分割

- ・ メッシュの設定は、JISX0410 地域メッシュコードに基本的には準じた。
- ・ 最初に、対象とした福島第一原発から 100km 圏内及びそれ以外の福島県全域について、JIS の第 2 次メッシュ(10km×10km)を本調査における 10km メッシュとして設定した。
- ・ 続いて、福島第一原発から 80km 圏内は、10km メッシュをさらに細分化して 2km メッシュを設定した。

- ・ メッシュの設定に当たって、福島第一原発から 100km または 80km の境界線にかかるメッシュは、それぞれ 10km メッシュ、2km メッシュに含めた。
- ・ その結果、2km メッシュ数は 2,307 となり、10km メッシュ数は 109 となった。
- ・ また、各メッシュに対して、福島第一原発からの位置関係に応じた ID 番号を付した。

3.1.3 調査地点数

- ・ 基本的に空間線量率の測定、土壌の採取地点は、各メッシュあたり 1 地点で行った。ただし、当該メッシュが、国土地理院の地図情報より非可住区域であることが確認された場合、調査の対象外とした。
- ・ 同一メッシュに複数の市町村がある場合には、原則として面積の大きい市町村側で調査を実施することとしたが、複数地点で調査を実施したメッシュもあった。また、交通事情等により調査が実施できなかったメッシュもあった。さらに、メッシュによっては、測定器の不調により空間線量率が実施できなかった地点、土壌採取が不可能だった地点もあった。
- ・ 以上の結果、調査地点数は、約 2,200 地点となった。
- ・ 走行サーベイについては、メッシュを設定した市町村のほとんどで実施した。ただし、警戒区域内については、実施できなかった市町村もある。

3.2 放射能濃度を測定する土壌の採取

3.2.1 採取方法

- ・ Ge 半導体検出器の測定で用いる U-8 容器に土壌試料を採取、封入する方法を予備調査した。予備調査した手法は、以下の 3 種類である。
- ・ ①U-8 容器を土壌に差し込み採取（攪拌なし）
- ・ ②U-8 容器を土壌に差し込み採取後、容器内で土壌を使い捨てナイフで攪拌し、その後 150 回振動攪拌
- ・ ③100cc の円筒管を土壌に差し込んで採取、ビニール袋に入れ替えて振動攪拌後に U-8 容器に封入
- ・ 予備調査、検討の結果、③の方法が最適と判断された。
- ・ そこで、柔らかい土壌の場合、U-8 容器を地面に差し込み、プラスチックナイフで余量を除去する。その後、ビニール袋へ移した後、振動攪拌し、再び U-8 容器へ移し替える方法とした。
- ・ 一方、固い土壌の場合、金属製の 100cc 試料円筒管を土壌にハンマーで打ち込み、移植ゴテで掘り出し、U-8 容器に入れて量を調整する。その後、柔らかい土壌における方法と同様にビニール袋で振動攪拌を行った。

- ・ ただし、警戒区域内の作業では、土壌の再浮遊による被ばくを防ぐため、U-8 容器を地面に差し込み土壌を採取し、容器に蓋をした状態で攪拌した。
- ・ 植生が生えている場合には、雑草、根系層も合わせて採取し、土壌試料とした。
- ・ 採取地点を認識できるように、土壌試料を封入した U-8 容器については、メッシュ ID を記したラベルを貼付した。

3.2.2 採取場所

- ・ 継続的にマップを更新していくことを鑑みた場合、同じ場所での採取が予測される。そこで、採取場所として長期的に攪乱がない場所を選択することとした。
- ・ この他、後に記す空間線量率の測定の要件を満たす場所とした。
- ・ 採取場所については、GPS を用いて位置情報（緯度、経度）を測定した。
- ・ 土壌中の放射能濃度が急激に変化している可能性もあるため、1 地点につき 5 試料を採取することとした。3m 四方を原則とした範囲の中で、土壌を採取しやすい位置を選定し採取した。その際、採取場所はできるだけ等間隔となるようにした。
- ・ 警戒区域内については、高線量域での作業となるため、採取する試料数は 1~3 個とした。

3.2.3 マニュアル作成

- ・ およそ 2,200 地点での調査となったため、多くの参加者の協力により、土壌採取を行った。そこで、土壌採取の方法や場所の選定は、マニュアル化し、統一化を図った。

3.3 放射能濃度の測定の実施体制

3.3.1 測定機関

- ・ 各地点で概ね 5 試料を採取したため、試料の総数は約 11,000 個となった。
- ・ そこで、Ge 半導体検出器を有し、土壌試料の測定について信頼性のある結果を得ることが可能と考えられた日本国内の機関で、 γ 線の放射能測定を実施することとした。その結果、分析は日本分析センター及び東京大学を初めとする 21 の異なる機関で実施することとした。

3.3.2 土壌試料中の放射エネルギーの測定

- ・ 複数機関の協力を得る必要があったため、放射エネルギーの測定方法についても、可能な限り統一化を図った。

- Ge 半導体検出器は、放射エネルギーが既知の標準線源を用いて、適切に校正したもののみを使用することとした。校正用線源として IAEA の標準線源あるいは日本分析センターが独自に作成した標準線源を用いた。
- I-131、放射性セシウム（Cs-134、Cs-137）を測定対象の核種とした。
- 計測時間については、ライブタイムとリアルタイムが同程度の場合、I-131を検出できるよう 1 時間測定とした。（ライブタイムとリアルタイムに差が生じる場合は、10 分測定とした。）
- Ge 半導体検出器の容器内に汚染が確実にない状態として、放射能測定を実施した。
- 測定結果、データの解析結果の妥当性の確認について、各機関の責任者が実施するような体制を構築する等により、放射エネルギーの測定結果の信頼性を確保した。

3.4 空間線量率の測定

3.4.1 測定方法

- 測定の対象とする線種は γ 線として、基本的に NaI(Tl)サーベイメータを用いて、1 センチメートル線量当量率を測定した。
- ただし、 $30 \mu \text{ Sv/h}$ を超える場所では、電離箱式サーベイメータを使用した。
- 何れの場合も、正しく校正試験の経歴、結果が確認されているサーベイメータを使用した。
- 時定数を設定可能な測定器については、10 秒に設定して、測定時間はその 3 倍の 30 秒とした。

3.4.2 測定場所

- 周囲 5m 程度までに大きな障害物（建物等）がなく、平坦な地形である場所を測定位置とした。
- 測定位置を中心に 3m 四方の範囲でサーベイメータをゆっくりと移動させ、急激に空間線量率に変化する（高くなる）特異点が存在しないことを確認した。
- 同じ位置で土壌採取を行うため、地面は可能な限り土壌の上で設定し、アスファルト等の舗装面は極力避けた。
- この他、樹帯に多くの放射性降下物が付着していることが想定されたため、森林地域も、可能な限り避けることとした。
- 検出部の高さは、地表から 1m とし、メジャーを用いて正確に測定位置を合わせた。警戒区域を除き、地表から 5cm 高さでも空間線量率を測定する事とした。

3.4.3 マニュアル作成

- ・ 空間線量率の測定方法についても、マニュアル化し、統一化を図った。

3.5 走行サーベイ(KURAMA システム、Kyoto Univ. RAdiation MApping System)

3.5.1 KURAMA の特徴

- ・ KURAMAでは、市販のサーベイメータのアナログ出力から空間線量率の測定データ、同時にGPS による位置情報データを取得する。
- ・ そのデータは、携帯回線でサーバに送り、Google Map/Earth上で表示することができ、ほぼリアルタイムで測定の状態を確認、表示できる。
- ・ システム自体は、一般の乗用車に搭載可能である。

3.5.2 KURAMAによる走行サーベイ

- ・ KURAMAシステムを一般乗用車（タクシー）に搭載し、走行しながら位置情報と併せて、空間線量率データを取得した。
- ・ 測定体制は2名1組とし、1名が走行ルートのナビゲーション等を担当し、もう1名がKURAMAシステムの動作を確認した。
- ・ 通常、NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータを使用したが、 $30 \mu \text{ Sv/h}$ を超える場合、電離箱式サーベイメータによる測定結果を取得した。2種類のサーベイメータからのアナログ出力は、別の2チャンネルを用いて取得し、線量率に応じて($30 \mu \text{ Sv/h}$ 未満もしくは以上)、チャンネルの切り替えにより、何れかのサーベイメータからのアナログ出力信号を空間線量率の測定値とした。
- ・ また、同時にGPS による位置情報データを取得した。
- ・ サーベイメータは、車内の後部座席にある取っ手に取り付けた。
- ・ 走行サーベイの状況は、サーバとなるPC上で確認した。

3.6 測定記録

3.6.1 土壌採取、空間線量率の測定

- ・ マップの作成時、将来的に更新する際に、測定位置等の情報を確認する必要性が生じると予想された。そこで、土壌の採取、空間線量率の測定の実施時に、以下の情報を手書きで記録した。
- ・ 位置情報として、GPS で測定された緯度、経度情報、住所、施設等。
- ・ また、採取地点については、目標となる目印（施設等）、目印からの距離等を特定できる略図。
- ・ この他、採取地点の全景、土壌採取を採取した場所、地面の状態、採取した容器の写真を撮影。

- ・ 空間線量率の測定については、使用した測定器（型式、製造番号、認識番号など）、測定した線量率、校正定数、天候。
- ・ 土壌採取については、採取地点のメッシュの認識番号、土地の使用状況、各容器の表面線量率。
- ・ 採取記録については、平成 23 年 6 月 4 日から 6 月 5 日の現地での測定参加者への訓練及び平成 23 年 6 月 6 日から 6 月 14 日の第一期調査で問題点が確認されたため、平成 23 年 6 月 27 日以降の第二期調査ではフォーマットを差し替えた。

3.6.2 走行サーベイ

- ・ 基本情報として、使用した車（車両ナンバー）、走行区域、サーベイコース概略を記録した。
- ・ 測定に用いたサーベイメータについては、空間線量率と同様に、型式、認識番号、校正定数を記録した。
- ・ 車外の校正試験に係る情報として、車内外の線量率、両者の比を記録した。
- ・ なお、データは、上述のとおり、携帯回線を用いてリアルタイムでサーバとした PC に送付した。

3 章の図表リスト

表 各調査の地点数（80km 圏内、100km 圏内）(3.1)

表 放射能測定の実施機関集計(3.3)

図 土壌の採取方法(3.2)

図 土壌採取、線量率測定の実施フローチャート(3.2、3.4)

図 走行サーベイの実施フローチャート(3.5)

図 走行サーベイのセッティング（写真）(3.5)

図 記録フォーマット(3.6)

4. 空間放射線率及び土壌濃度分布マップの作成結果

4.1 マップ作成の基本方針

- ・ 基本的なコンセプトとして、測定点以外に実際の空間線量率等とは異なる値を生じさせる可能性があったため、得られたデータを調査地点間の内挿により、平面上での連続的なコンタマップ化は実施しない。調査を実施した地点に得られたデータをそのままプロットすることとする。
- ・ 調査地点の GPS 情報から推定されるポイントを国土地理院の地図上にプロット

し、空間線量率データまたは放射性核種毎の土壌中の面積あたりの濃度(単位：Bq/m²)(以下、「土壌濃度」とする。)の測定結果を重ねて示した。

- ・ 空間線量率あるいは放射性核種の土壌濃度は、その値の大きさを分類して色で各地点にプロットした。
- ・ 空間線量率及び土壌中の放射線の測定から得た、放射線量及び土壌濃度の値は、調査箇所のGPS情報から得られた点を国土地理院の地図上にプロットした。これにより、地図上に放射線量あるいは放射性核種毎の土壌濃度のデータを重ねて表示することができた。走行サーベイについては、10秒毎に取得したGPSの測定から得られた位置情報を国土地理院の地図上にプロットし、前後3秒間の平均空間線量率を、空間線量率の線量域(バンド)に応じた色で示し、走行ルート上の放射線量の状況を表示した。

4.2 線量測定マップ及び走行サーベイマップ

4.2.1 土壌採取地点で測定した空間線量率に基づくマップ化

- ・ 土壌採取の際に作成された手書きの記録シートに記入された、GPSからの緯度・経度情報と空間線量率の情報をエクセルシートに記録した。
- ・ 緯度・経度情報から計算された地点を地図上にプロットし、調査予定地点との大幅な違いがないか等のチェックを行い、必要な場合には修正作業を実施した。
- ・ 確定した緯度・経度情報に基づくポイントに、空間線量率のデータを重ねて図示した。
- ・ 航空機サーベイ結果等と比較し、結果の妥当性を確認した。

4.2.2 走行サーベイにより測定した空間線量率に基づくマップ化

- ・ KURAMAシステムから携帯回線を通して自動的に集計され、電子ファイル上に記録されたGPS情報と平均化された線量率データを基にマップを作成した。
- ・ 走行ルートを地図上にプロットし、想定したルートから大きく外れていないかをチェックした。道路上から大きく外れていてどの道路のデータか判断が難しい場合には、データを除外した。
- ・ 空間線量率の経時変化の図を参考にして、異常値のチェックを行った。ノイズ等の原因による異常値と明らかに判断されたデータは除外した。また、トンネル内の空間線量率の値は放射性物質の地表面への沈着状況を反映していないとの理由で除外した。
- ・ 車内の空間線量率を車外1mの線量率に換算するために、放射性物質の地表面への沈着状況のレベルの異なる平坦値での校正測定を実施し校正定数を決定した。校正定数として1.3を全てのデータに対して使用した。

- ・ 空間線量率値は基本的に地図上のポイントとして示したが、縮尺が小さな地図においては 500m 四方の地域の平均値として示した。
- ・ 航空機サーベイ結果等と比較し、結果の妥当性を確認した。

4.2.3 考察

- ・ 放射線量等分布マップとして、土壌採取地点における空間線量率の測定に基づく「線量測定マップ」、走行サーベイの測定による「走行サーベイマップ」を作成した。何れのマップも、信頼のおける測定器を用いて、共通の手法で測定されたデータに基づき作成されたものであり、事故直後の広域・詳細な線量率分布の初期値として貴重なデータである。
- ・ 作成された上記の 2 つのマップは、何れも福島第一原発から北西方向に高い線量率の地域が、また、福島県中通りに比較的高い線量率の地域が存在することを示した。
- ・ 走行サーベイで得られた結果と、ルート近くにある学校の校庭で測定された空間線量率を比較した結果、これらの異なる測定による空間線量率に相関があることが確認された。これにより、測定値は道路上の値ではあるが、周囲の線量率をある程度反映した値であることが分かった。
- ・ 航空機サーベイに基づく放射線量分布のマップと、地上の調査に基づく「線量測定マップ」、「走行サーベイマップ」は、概ね良く一致することが確認された。しかし、部分的に見ると線量率が明らかに異なる地点が存在しており、地上の詳細な線量分布を得るためには、地上における空間線量率の測定が必要であることが明らかになった。
- ・ 空間線量率と位置情報のデータを同時に取得し、リアルタイムで測定状況を確認できる KURAMA の有効性が確認された。

4.3 放射性セシウムの土壌濃度マップ

4.3.1 核種分析

- ・ 試料毎の測定により得られた Ge 半導体検出器スペクトルのピーク値から、検出器毎に評価した校正曲線を用いて放射性核種の放射エネルギーの定量を行った。試料の自己吸収補正ならびにサムピーク効果の補正を実施した。
- ・ Ge 半導体検出器のスペクトル解析において、バックグラウンド変動の 3σ 以上に相当するカウントを該当ピークが持つ場合に、統計的に有意な測定値が得られたと判断した。
- ・ 良く攪拌した試料を測定することで、採取した土壌質量当たりの放射能濃度(単位: Bq/kg)の核種濃度がまず得られた。この結果を、各試料の重量と U8 容器

の上部面積を考慮して換算することで、 Bq/m^2 単位で表される単位面積当たりの放射能濃度が得られた。この放射能濃度を土壤濃度としてマップ化した。

4.3.2 マップの作成結果及び考察

- 放射能セシウムに関しては、全ての試料に関して統計的に有意な結果が得られた。1 測定箇所では採取された 5 試料の Cs-134 と Cs-137 の濃度をそれぞれ平均して、その箇所の土壤濃度とした。採取試料が 5 試料未満の測定箇所についても、全ての試料の Cs-134、Cs-137 の濃度の平均値を用いた。
- 4.2.1 の線量測定マップで表示された空間線量率データのプロットと同一地点に、土壤濃度のデータを色分けしてプロットした。
- 放射能セシウムの土壤濃度が高い地点は、空間線量率の高い地域と符合した。
- 全試料数の 3% 程度の試料を異なる研究機関で分析し、定量した放射能セシウムの濃度を比較するクロスチェックを実施した。その結果、定量結果の平均値は日本分析センターの値と 10% 以内で一致し、変動係数の標準偏差は全て 20% 以内で一致した。
- Cs-134 と Cs-137 の土壤濃度の相関図を作成した。全ての機関の結果を重ねて示した図においても、Cs-134 と Cs-137 の間で、土壤濃度は良い相関を示した。この結果は、Cs-134 と Cs-137 の挙動が良く似ていることを示している。また、クロスチェックの結果とともに、異なる機関で測定された結果の信頼性を裏付けるものである。
- 同一箇所でも測定した 5 試料の間でも、測定された放射能の濃度に相当のばらつきがあることが確認された。放射能の濃度の変動係数の 5 試料間の標準偏差は 30% を越えた。
- IAEA の技術報告書 TECDOC-1162 にある土壤表面における放射能核種の沈着に基づく線量評価で用いる線量換算係数に基づき、放射能セシウムの土壤濃度から空間線量率を推定した。この推定値は、4.2.1 で得た空間線量率よりも全般に低い値を示した。放射能セシウムが地中の浅い部分に分布していると仮定した別の換算係数を用いた場合、空間線量率をより現実近く再現することが可能であった。
- Ge 半導体検出器による in-situ 測定を 6 地点において実施し、in-situ 測定から評価した土壤中の放射能セシウムの放射能濃度と、土壤試料から定量した放射能濃度を比較した。採取した 5 試料間で放射能セシウムの放射能濃度のばらつきが大きい地点においては、数十% 以内の誤差にて、異なる 2 つの測定法による放射能濃度の間で良い一致を示した。

4.4 放射性ヨウ素の土壌濃度マップ

4.4.1 核種分析とデータの選択方法

- Ge 半導体検出器による測定時間は最大で 1 時間としたが、I-131 の半減期が約 8 日と短いことが主な原因で、統計的に有意な結果が得られた試料の数は限定された。
- なるべく多くの地点のデータを基にマップを作成することを意図し、以下の考え方でデータの処理、選択を行った。
- 検出下限値以上の測定値が 1 つでもある場合には、統計的に有意なデータが存在したので、その地点で I-131 が検出されたと判断した。最も確からしい平均値を得るために、検出下限値以下の参考値も用いて 5 試料の平均濃度を計算した。検出下限値以上のデータが一つもない場合には、不検出との判断を下した。

4.4.2 マップの作成結果と考察

- マップ化に当たって、同一地点において、検出下限値以上の測定データが得られた資料の個数により、プロットの種類を区別した。ここで、全ての試料が検出下限値以上のデータの平均値は○で、検出下限値以下のデータを含む平均値は△で地図上に示した。
- 放射性セシウムと比較して、少ないデータ数ではあるが、I-131 分布の様子は見て取れる。
- 平成 23 年 6 月 14 日の時点においては、I-131 の外部被ばく線量への寄与は小さいことが確認された。
- I-131/Cs-137 の土壌濃度の比率を地図上にプロットすると、福島第一原発から南方の地域で比率の高い部分が明らかに存在する。この地域の汚染は、他の地域と異なるプルームにより汚染されたことを示唆する結果となっている。沈着経路の違いの影響もあり得る。
- 検出下限値以下のデータを、尤度関数を利用して補正し多くの地点のデータを取得する手法を試みたが、あり得ない地点に高濃度の測定結果が現れる等、適切な結果が得られなかった。わずかな誤差が減衰補正により増幅される傾向にあるため、このような補正は I-131 のように短半減期核種に対しては適用にあたって、注意が必要であることが確認された。この中で、 3σ 以下のデータの適否を判断するために、Ge 半導体検出器のスペクトルのピークの有無を直接に確認し直した。
- I-129 の濃度から I-131 の濃度を推定できないか検討するために、一部の試料に対して加速器質量分析(AMS)を利用した I-129 の定量を行ったが、I-131 濃度と

の関係は明らかではなかった。今後、試料数を増やして I-129 と I-131 の関係を明らかにし、本手法が有効であることが確認された場合には、I-129 測定による I-131 濃度分布の推定を実施する。

- ・ 上記 I-129 からの推定法や事故直後に他の地点で実施された I-131 の測定結果を参考にして、I-131 の土壤濃度マップの充実を図る。

4.5 放射性テルル及び放射性銀の土壤濃度マップ

4.5.1 核種分析とデータの選択方法

- ・ 当初の測定対象核種には入っていなかったが、 γ 線エネルギースペクトルの測定過程で相当数の試料で Te-129m あるいは Ag-110m のピークが検出されたため、これらの放射性核種についてもマップを作成することとした。
- ・ Te-129m は半減期が短く、Ag-110m の放出量が少ない（推定値より）ために、統計的に有意な結果が得られた試料の数は限定された。
- ・ なるべく多くの地点のデータを基にマップを作成することを意図し、I-131 と同様の考え方でデータの処理、選択を行った。

4.5.2 マップの作成結果と考察

- ・ Te-129m も Ag-110m も全般的には放射性セシウムの沈着と似た分布傾向が得られた。
- ・ Te-129m、Ag-110m について、観測された最大の土壤濃度に基づき、放射性セシウムと同様に TECDOC-1162 にある換算係数を用いて線量評価を行った結果、放射性セシウムと比較して、被ばく線量への寄与は大きくないことが確認された。
- ・ Cs-137 との土壤濃度の比率を計算してマップとして示した。Te-129m/Cs-137 の土壤濃度の比率は、I-131/Cs-137 の土壤濃度の比率と同様に南方に高い地域が存在する。Ag110m/Cs-137 の土壤濃度の比率は、北方も南方も含めて海岸地域で高い傾向が見てとれるが、地点数が少ないため詳細な議論を行うことは難しい。
- ・ Te-129m/Cs-137 の土壤濃度の比率をさらに詳細に観察した場合、南方では海岸沿いに比率が低い部分が存在することがわかる。このことは、同じ南方でも地域により異なるプルームで汚染が生じたことを示唆する結果となっている。
- ・ Te-129m と Cs-137 の土壤濃度の間には強い相関が見られた。Te-129m/Cs-137 の土壤濃度比は南部の一部を除いて、ほぼ 0.2 の直線にのっており、Te-129m と放射性セシウムの挙動が良く似ていることを示す結果となっている。
- ・ Ag-110m と Cs-137 の土壤濃度の相関図はかなりばらついており、両核種間で

の挙動の共通性は少ないと推察される。

- ・ これらのデータは、福島周辺の汚染経路を推定するための貴重な基礎データとなると期待される。

4.6 α 核種（プルトニウム）、 β 核種（放射性ストロンチウム）の土壌濃度マップ

4.6.1 試料の選定、核種分析

- ・ 福島県内及びその周辺地域で採取した土壌試料（概ね、1地点あたり5試料）から、全59市町村について最低1個、発電所近隣の市町村は各方位でなるべく均等となるよう複数個、合計で100試料を選択した。測定は、全て日本分析センターで実施した。
- ・ 選択した土壌試料について、 α 線を放出する放射性核種のPu-238、Pu-239+240及び β 線を放出する放射性核種のSr-89、Sr-90を放射線化学分析した。
- ・ プルトニウムは、イオン交換法により化学分離した後、電着を行い、放出される α 線を、シリコン半導体検出器を用いて測定した。
- ・ 放射性ストロンチウムは、沈殿法、イオン交換法により、化学分離し、炭酸塩でSr-89、Sr-90の鉄共沈でY-90のベータ線を、低バックグラウンドベータ線測定装置を用いて測定した。

4.6.2 プルトニウム及び放射性ストロンチウムの土壌濃度マップの作成結果と考察

1) プルトニウム

- ・ 放射性セシウムの土壌濃度が高く、沈着量が多かった福島第一原発発電所から北西方向を中心として、Pu-238、Pu-239+240が検出された。
- ・ 最大濃度は、Pu-238で4.0Bq/m²（浪江町）、Pu-239+240で15Bq/m²（南相馬市、20km圏内の場所）で、いずれも発電所の近隣で観測された。
- ・ プルトニウムの土壌濃度について、Pu-238/Pu239+240の比率が大気圏内核実験では、平均値が0.026であった。この値に対し、今回の調査では、Pu-238が検出された6試料のうち、5試料はPu-238/Pu239+240の比率が高く、0.33から2.2であった。これは、今回の事故の影響と考えられる。また、Pu-238だけが検出された試料も今回の事故の影響と考えられる。

2) 放射性ストロンチウム

- ・ 放射性セシウムの土壌濃度が高く、プルトニウムが検出された発電所から北西方向において、放射性ストロンチウムの土壌濃度の高い地点が存在した。この他にも、福島県中通り、発電所から南方向で、放射性ストロンチウムが検出された。

- ・ 検出された最大濃度は、Sr-89で22,000Bq/m²(浪江町)、Sr-90で5,700 Bq/m²(双葉町、20km圏内の箇所)で、いずれも発電所の近隣で観測された値である。
- ・ Sr-89の半減期は50.5日であるため、大気圏内核実験のSr-89は既にほぼなくなっており、検出された場合は、今回の事故の影響を受けたと考えられる。Sr-90の最大値は、平成11年度から平成20年度の全国における「環境放射能水準調査(文部科学省)」における最大濃度950Bq/m²よりも高かった。

3) 考察

- ・ 各放射性核種の土壌濃度の最大値に基づき、TECDOC-1162に示された線量換算係数を用いて、空間線量率を概算したが、何れも、放射性セシウムよりも小さい値となった。また、50年間の積算実効線量(外部被ばく線量と吸入による預託実効線量の合算値)についても同様であった。
- ・ Sr-90が検出された試料に対してCs-137との土壌濃度の比率を計算したところ、Sr-90/Cs-137の平均値は1/389で、最大値は1/17(相馬市)、最小値は1/6,300(浪江町)である。20kmメートル圏内に限って計算すると、平均値は1/2,700で、最大値は1/160(楢葉町)、最小値は1/5,700(大熊町)である。
- ・ 以上のように、放射性ストロンチウムの土壌濃度について、各地点で放射性セシウムとの比率は、かなりの幅があった。

4.7 総合的な考察

4.7.1 チェルノブイリ事故との比較

- ・ 放射性物質が、大量かつ広範囲に放出された過去の事例として、チェルノブイリ事故がある。福島第一原発の大気中への放出量について、原子力安全委員会で推定された値は、IAEAやUNSCEARの報告書にあるチェルノブイリ事故時の放出量と比較して、I-131で1/12、Cs-137で1/8程度とされている。
- ・ 今回の事故で、発電所近傍(10km圏内)では、チェルノブイリ事故の報告で、最も高いバンド範囲の1,480-3,700kBq/m²に該当する沈着量が、全方角の測定点で確認されている。
- ・ 3,000kBq/m²及び1,000kBq/m²を超える沈着量が確認された地点で、最も発電所から離れていたのは、それぞれ30km強及び40km強である。
- ・ 一方、チェルノブイリ事故では、1,480kBq/m²を超える沈着量が200km程度離れた点でも確認されている。
- ・ 今回の事故では、発電所からの距離80km以上の測定点では、100kBq/m²を超える沈着量は、ほとんど確認されていない。このことは、より広範な調査を実施している航空機モニタリングでも確認されている。

- ・ 以上から、Cs-137 の沈着量について、チェルノブイリ事故と比較した場合、発電所近傍での影響は小さいとは言い切れない。一方、Cs-137 が、 $1,480\text{kBq/m}^2$ を超えるような放射能濃度で拡散、沈着した範囲は狭いといえる。
- ・ 放射性ストロンチウム及びプルトニウムについては、現時点で測定点が 100 点ということもあり、限定的な評価となる。Sr-90 の沈着量は、発電所の近傍における 5.7kBq/m^2 という測定値が最大である。Pu-239+240 の最大値については、 15Bq/m^2 である。
- ・ チェルノブイリ事故時は、Sr-90 の沈着量が 111kBq/m^2 を超える領域、Pu-239+240 の沈着量が 3.7kBq/m^2 を超えているエリアが EPZ(発電所から 30km 圏内) で確認されている。
- ・ この点から、今回の事故における Sr-90、Pu-239+240 については、チェルノブイリ事故と比較して、沈着量、範囲ともに限定的であったと考えられる。

4.7.2 放射性核種の沈着状況、将来予測等

- ・ 今回の調査で、減衰補正の基準日とした平成 23 年 6 月 14 日の段階で、線量率に寄与している核種は、放射性セシウムと考えられる。
- ・ Cs-134 及び Cs-137 については、現時点で土壌濃度は 1 : 1 であるが、線量率への寄与としては、7:3 となっている。
- ・ 半減期の違いから、長期的には Cs-137 の影響が大きい、数年は Cs-134 の寄与が大きい。
- ・ 放射性セシウム以外の核種については、沈着量が少ない、あるいは、半減期が短いため、長期的には、放射性セシウムと比較して、影響は限定的であると推測される。

4 章の図表リスト

表 I-131 の測定地点数の集計（検出下限値以上、未満別）

表 TECDOC を用いた被ばく線量評価結果（放射性核種間の比較）

表 in situ 測定との比較（放射性セシウム）

表 プルトニウムの測定結果一覧

表 各放射性核種の沈着状況のまとめ

図 線量率マップ作成のフローチャート（土壌採取地点）

図 線量率マップ作成のフローチャート（走行サーベイ）

図 走行サーベイの異常値の例

図 放射線量マップ（土壌採取地点）

- ☒ 走行サーベイマップ
- ☒ 放射性セシウムの土壌濃度マップ
- ☒ Cs-134 と Cs-137 の相関図（または、Cs-134/Cs-137 比のマップ）
- ☒ 放射性ヨウ素（I-131）の土壌濃度マップ作成のフローチャート
- ☒ 放射性ヨウ素（I-131）の土壌濃度マップ
- ☒ I-131 と Cs-137 の相関図（または、I-131/Cs-137 比のマップ）
- ☒ 放射性テルル（Te-129m）の土壌濃度マップ
- ☒ 放射性銀（Ag-110m）の土壌濃度マップ
- ☒ Te-129m と Cs-137 の相関図（または、Te-129m/Cs-137 比のマップ）
- ☒ Ag-110m と Cs-137 の相関図（または、Ag-110m/Cs-137 比のマップ）
- ☒ 放射性ストロンチウムの土壌濃度マップ
- ☒ Sr-90 と Cs-137 の相関図（または、Sr-90/Cs-137 比のマップ）

5. マップサイトの公開とデータベースの構築

5.1 データ公開の基本的考え方

- ・ 福島第一原発から放出された放射性物質による各地点における空間線量率、放射性核種毎の沈着状況等の影響を詳細に確認できるようにすることを目的として、作成した放射線量等分布マップ及び走行サーベイマップ並びに文部科学省が実施している様々なモニタリングの結果を、広く公開する。
- ・ 公開データの利用者は、空間線量率、放射性核種毎の沈着の状況を定性的に把握したい多くの一般的な利用者、数値データを用いて放射性物質の影響の解析、予測等を実施したい研究者の二つに分類されると考えられる。そこで、線量率、核種の沈着状況をマップとして公開する一方、数値データをデータベースから利用可能な状態で公開することにより、何れのニーズにも対応可能とした。

5.2 マップサイトの公開

5.2.1 マップサイトシステム構成

- ・ マップサイトは、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、測定、分析結果をマップ化した結果を提供するシステムである。詳細な確認を可能とするために、分布状況を自在に拡大して表示できるマップ拡大表示機能を有する。
- ・ マップサイトは、地図情報を提供するマップサーバ、分布情報を提供するコンテンツサーバ、両者を重ね合わせた情報を生成する重ね合わせサーバという 3 つのサーバの連携処理により、マップ拡大表示機能を実現している。

5.2.2 公開に向けた検討

- ・ 公開時にはマップサイトに対する高い関心が予想されたことから、公開に先駆け負荷テストを実施した。負荷テストの内容は、日本地図センターサイト、原子力機構柏サイト、原子力機構東海サイト、マップサイト運用担当者サイトの4サイトからマップサイトに対し、ツールを用いて一斉にアクセスを行うものである。
- ・ 負荷テストでは、1日に最大50,000人のアクセスが発生することを想定し、20分間のアクセス負荷をかけたところ、地図と分布マップの重ね合わせ処理を行う重ね合わせサーバの負荷過多により50%程度のアクセスにおいて接続が切れてしまうというエラーが発生することが判明した。
- ・ 本課題を解決するために、これまで動的に実施していた地図と分布マップの重ね合わせ処理をやめ、事前に重ね合わせ処理を行っておくことで、重ね合わせサーバの負荷を軽減した。同時に、マップ拡大表示機能だけではなく、マップをPDFファイル化し、ダウンロード可能とするPDFダウンロード機能も提供することで、マップ拡大表示機能に対する負荷の分散を試みた。
- ・ 上記対策を実施後、前回と同様に4サイトからマップサイトに対して一斉にアクセスを行う負荷テストを実施した。今回の負荷テストでは、1日に最大100,000人のアクセスが発生することを想定して20分間のアクセス負荷を実施した。その結果、エラーの発生は、わずか0.0001%に抑えられ、事前に重ね合わせ処理を行っておくという対策の有効性を確認できた。また、PDFファイルをダウンロードする際に発生する通信トラフィックの検証も実施し、1日最大10万件のダウンロードが発生してもネットワーク的に問題ないことを確認した。

5.2.3 公開状況と考察

- ・ マップサイトは平成23年10月18日に公開された。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。
- ・ 最もアクセスが集中したのは公開後3日目（平成23年10月20日）であり、98,644人のアクセスが記録された。
- ・ 10日間の利用者の内訳は、拡大マップサイト利用者が約22万人、PDFダウンロードサイト利用者が約11万人で、1/3の利用者がPDFのダウンロードを行っている。アクセスログ詳細を解析したところ、当初想定されたPCからのアクセスだけではなく、スマートフォンやスマートパッド等、多様なメディアからのアクセスが記録されており、これらのメディアからPDFをダウンロードし、結果を表示して分布状況を確認したことが推定される。

5.3 データベースの構築

5.3.1 データベースの設計方針

- ・ 本データベースに格納されるデータは、放射性物質の分布状況の把握や今後の除染活動計画等にとって重要であるばかりでなく、社会的にも大きな影響を与え得るものである。したがって、データ公開に先駆けて、限られたメンバーによるデータの精査が必要であり、公開前のデータが漏洩することがあってはならない。一方、公開後は広く一般にデータを利用可能にすべきであるが、その際にもデータが改竄されたり、遺失したりするようなことがあってはならない。
- ・ これらの要求を満足するために、事業参画機関や自治体等が公開前のデータを確認、検証するためのアクセス制限付きデータベースと、広く一般にデータを配信する一般公開データベースの 2 種類のデータベースを開発した。
- ・ アクセス制限付きデータベースに関しては、電子認証技術を用いることにより、公開前のデータの漏洩を防ぎつつ、十分な吟味を可能とするシステムを開発した。電子認証技術としては、公開鍵暗号化方式を利用したセキュリティ基盤を利用した方式が電子商取引などに用いられているほか、指紋、虹彩など生体情報を利用した方式があるが、本データベースへのアクセスに際しては、自治体等セキュリティ技術に詳しくないメンバーがアクセス主体となることから、利用が容易である Secure ID 認証トークンによるワンタイムパスワード発行方式を採用した。
- ・ 一方、公開データベースにおいては、広く一般に情報を公開する必要があることから認証機構は特に設けない代わりに、データの改竄、遺失を防ぐためにデータベース本体に直接アクセスさせず、データベースから切り出した公開データをファイルとして格納しておき、ファイルをダウンロードすることによりデータを取得可能とした。

5.3.2 格納データの設計

- ・ データベースに格納されるデータの設計においては、① 土壌試料採取地点における空間線量率データ、② 走行サーベイによる空間線量率データ、③ 土壌試料中核種濃度データ、④ 陸水試料中核種濃度データの 4 種類のデータを対象として作業を実施した。
- ・ 設計においては、今後も種々の測定・分析データが格納されることが予想されることから、データベースの拡張性を重視して設計を行った。
- ・ 格納されるデータとして、空間線量率と放射性核種濃度及びその両者に共通する日時/座標データを基本データとして定義し、上記 4 種類のデータは、基本デ

ータと関連付けられた派生データとして定義した。このような方針で測定・分析データを設計することにより、今後例えば航空機サーベイによる空間線量率データ等を登録する際にも、他のデータに影響を及ぼすことなく比較的容易に設計が可能となるばかりでなく、最も重要な空間線量率や放射性核種濃度に関するデータ形式が共通化されることから、異なる手段による計測結果の比較が容易になる。

5.3.3 アクセス制限付きデータベースの構築

- アクセス制限付きデータベースでは、5.3.1 で述べた SecureID を用いた認証機構を活用して公開前データの漏えいや遺失を防止する一方、ウェブブラウザを用いて放射線量等測定・分析結果データベースに格納されている詳細なデータを検索する機能、検索結果を表示する機能、及びそれらをダウンロードする機能を提供した。
- 検索機能においては、検索条件を 8 種類のカテゴリに分類し、福島第一原発からの距離指定、測定領域の指定、測定値の範囲指定等、詳細な検索条件を、GUI を介して設定できるようにした。
- 検索結果の表示においては、今回の事業において実施された測定・分析結果の数が膨大であるだけでなく、データ項目自体も膨大であることから、収集された実装に際しては、利用者が必要に応じて表示するデータ項目を制御できる表示項目設定機能を実装した。
- 検索結果のダウンロードにおいては、データ圧縮などネットワークを介して結果を転送する処理に適したファイル形式である PDF フォーマットと、プログラムを用いたデータ解析に適したファイル形式である CSV フォーマットの 2 種類の形式のファイルを自動生成し、ダウンロード可能とする機能を実現した。

5.3.4 一般公開用データベースの構築

- 一般公開用 Web システムは、アクセス制限付きデータベースを用いて精査されたデータを広く一般に公開するためのデータベースと位置づけ、ブラウザを用いて本データベースにアクセスすることにより、特にアクセス制限を課すことなく自由にデータの閲覧、ダウンロードを可能とする機能を提供した。
- 分布状況の解析のためにデータをダウンロードすることが、一般公開用データベースの主たる利用形態の一つであると想定されることから、プログラムを用いたデータ解析に適したファイル形式である CSV フォーマットに加え、複雑なデータを柔軟に解析可能であることから最近のデータ処理において主流となつつある XML フォーマットのファイルも作成し、目的に応じてそれらをダウン

ロード可能とする機能を実現した。

5章の図表リスト

- 図 マップサイトシステム構成
- 図 負荷テスト実施結果
- 図 データベースシステム構成
- 図 データベース格納データの実体関連図
- 図 アクセス制限付きデータベースにおけるデータ表示例
- 図 一般公開用データベースにおけるデータ表示例

6. まとめ

- ・ 今回、福島第一原発より 100km 圏内で放射性物質の地表面への沈着状況の調査を進め、80km 圏内では 2km メッシュと、広範囲でかつ詳細に事故の影響を調査した。
- ・ 作成されたマップは、空間線量率（線量測定マップ、走行サーベマップ）、種々の放射性核種の土壌濃度マップである。
- ・ 事故全体の把握という観点で、特に、放射性ヨウ素(I-131)のマップ化について、充実化する必要がある。
- ・ 一方、各マップは、現在の放射性物質の地表面への沈着状況を示すもので、例えば、今後の除染計画の策定等への利用が期待される。
- ・ また、放射性核種の移行研究等を並行して進めることにより、長期的な影響評価にも役立てることができる。
- ・ 継続的に、広範囲での調査により、放射性物質の地表面への沈着状況を表示するマップは更新していく必要がある。今回作成したマップは、その初期段階でのデータと位置付けられる。
- ・ 今後の調査においては、より効率的にマップ化を進めるよう、測定方法、記録の保存方法等の見直しを行う。

報告書Ⅱ－放射線量等分布マップ関連調査－の構成案

平成23年11月11日

章・節・小節	主な内容	実施機関
1. 目的	<ul style="list-style-type: none"> 放射線量等分布マップの作成では、採取した土壌試料の放射エネルギーの測定結果に基づくが、その結果のばらつき要因等を検証する。 地中土壌、水域、森林等における放射性物質の分布状況について、より多角的な研究調査で確認する。 	
2. 実施内容	<ul style="list-style-type: none"> 土壌表面及び地中における放射性物質の分布状況を確認する。 <ul style="list-style-type: none"> 「メッシュ内におけるばらつき確認、要因の検証」 「土壌表面に蓄積した放射性物質の移行調査」 「土壌中深さ方向の放射性物質分布の確認」 河川・地下水、森林等における放射性物質の分布状況を確認、調査する。 <ul style="list-style-type: none"> 「河川、地下水の放射性物質分析」 「森林内における放射性物質の移行調査」 	
3.放射線量等分布マップにおける土壌狭域内分布の確認 3.1 はじめに 3.2 調査方法 3.2.1 試料採取および土壌試料前処理	<ul style="list-style-type: none"> 調査目的:2km 四方内で異なる生態系間の放射性核種蓄積状況のばらつきを確認し、そのばらつきに影響を与える因子を明らかにする。 調査内容:①2km 四方内 15 地点間の放射性核種蓄積状況のばらつき確認、②選択的抽出法により放射性セシウムの存在状態の調査、③各地点の土壌特性と粘土鉱物の種類と量の調査を実施する。 土壌採取日：梅雨前と梅雨後の2回採取。 調査地点及び試料採取方法：農耕地、草地、森林から数点ずつ、全15地点で採取。 試料処理：深さ分布を調べるため、層ごとに分割して各項目を測定。 	JAEA

節・小節	主な内容	実施機関
3.2.2 放射能測定及び土壌特性分析	<ul style="list-style-type: none"> 放射能測定と土壌特性について、分析項目とその測定方法。 	
3.2.3 選択的抽出法	<ul style="list-style-type: none"> 抽出方法（水抽出及び1 M 酢酸アンモニウム溶液抽出）と分析方法。 	
3.2.4 粘土鉱物測定	<ul style="list-style-type: none"> 粘土鉱物の同定分析と存在量評価方法。 	
3.3 結果		
3.3.1 2km 四方内での放射性セシウムの蓄積状況のばらつき	<ul style="list-style-type: none"> 生態系の違いにかかわらず蓄積量は同程度（変動係数約 17%）。放射性セシウムの多くが表層に存在。 梅雨前後で蓄積状況の変化なし。 	
3.3.2 放射性セシウムの分布状況に影響を与える因子	<ul style="list-style-type: none"> 地表面の植生またはリターに存在する放射性セシウムの量は、森林＞草地＞農耕地で、植生またはリターの量と比例。 土壌中放射性セシウムの下方への浸透と有機物量の間に関連がみられた。他の土壌特性とは明確な関連なし。 	
3.3.3 放射性セシウムの存在状態とその影響因子	<ul style="list-style-type: none"> 放射性セシウムは土壌表層で移動性・抽出性の低い状態で存在。 置換態の割合は、有機物量・塩基飽和度・pH と関連性がみられた。 粘土鉱物の同定結果と、それが移動性・抽出性に与えている影響。 	
3.4 考察	<ul style="list-style-type: none"> 放射性セシウムはほとんどが表層 5cm に存在しており、土壌濃度マップでの土壌採取方法の妥当性が確認された。 2km 区域内の蓄積量のばらつきは小さいが、その深度分布は生態系ごとの特徴を示して異なる。 	

節・小節	主な内容	実施機関
3.4 考察 (つづき)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 本調査対象土壌の放射性セシウムの存在状態は、大気圏内核実験及びチェルノブイリ事故起源の放射性セシウムの結果と比較して、ほぼ同程度の移動性・抽出性を示した。 ・ 土壌中で放射性セシウムが粗粒の雲母に分配されている可能性があり、除染の際に考慮が必要である。 ・ 放射性セシウムの分布を生態系ごとに調査すること、ならびに土壌特性とともに調査することは、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。 	
4. 土壌中深さ方向の放射性物質分布の確認 4.1 土壌中における深度方向の放射性物質分布の確認調査 4.1.1 はじめに 4.1.2 調査の目的 4.1.3 実施概要	(ジオスライサーによる採取) <ul style="list-style-type: none"> ・ 地表部から土中に至る土壌を対象とした放射性物質の深度方向の分布調査の背景等。 ・ 土壌に沈着した放射性物質の深度方向分布に基づく土壌サンプリング深度の根拠データの提供。 ・ 深度分布と経過時間等から事故発生直後の地表面への放射性物質の蓄積状況の推定。 ・ ジオスライサー (ワイド、ハンディ) による土壌の採取 ・ 土壌分布記載 ・ GM サーベイメータ、イメージングプレートによる測定 ・ Ge 半導体検出器を用いた核種分析 ・ 土質分布、収着特性分布の調査 	JAEA

節・小節	主な内容	実施機関
4.1.4 調査地点	<ul style="list-style-type: none"> ・ 調査地点の選定方法の考え方。 ・ 川俣町 3 地点、二本松市 1 地点、浪江町 7 地点の合計 11 地点の地形、地質、土壌の概要。 	
4.1.5 調査方法	<ul style="list-style-type: none"> ・ 4.1.3 に記した各調査項目の具体的な方法・手順。 	
4.1.6 調査結果	<p>(調査した 11 点の結果)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 土壌観察 ・ β γ 線放射能深度分布 ・ 平面上放射能分布 (イメージングプレート) ・ 土質分布 ・ 収着分配係数分布 (Cs、I)、核種毎の深度分布 (Cs-134、Cs-137、Te-129m、Ag-110m) ・ 拡散係数 	
4.1.7 事故発生直後の地表面への放射性物質の蓄積状況の推定	<ul style="list-style-type: none"> ・ 各調査地点での放射性物質の移行に関わる個別のデータや情報及びそれらのデータや情報に基づいて、試料採取時点 (6/10~16) 及び事故発生直後 (3/15) における各地点での地表面への放射性物質 (Cs-134、Cs-137、Te-129m、Ag-110m) の蓄積状況を推定 	
4.1.8 まとめ	<ul style="list-style-type: none"> ・ まとめ、今後の課題等 	

節・小節	主な内容	実施機関
<p>4.2 30cm 深さのコア土壌の採取と解析</p> <p>4.2.1 概要</p> <p>4.2.2 土壌の採取方法</p> <p>4.2.3 放射能の深さ分布の測定法</p> <p>4.2.4 Cs の浸透深さ分布とその地理的分布</p> <p>4.2.5 今後について</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 30cm 深さのコア土壌のデータを取得する意義と調査目的 ・ 土壌の採取箇所と 30cm コアの採取方法 ・ 測定機器と放射能深さ分の測定法と解析方法 ・ Cs-134、 Cs-137 の浸透分布の測定結果と、浸透深さの分布 ・ 浸透深さ分布の分布地図 ・ 今後の課題等 	<p>大阪大学</p>
<p>5. 河川・地下水における放射性物質</p> <p>5.1 概要</p> <p>5.2 調査内容</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 目的：福島第一原子力発電所から放出された放射性物質の河川・地下水への移行状況の確認。 ・ 試料採取：6月末から7月初め、8月初旬に福島県内で 50 箇所において河川水を 51 箇所において井戸水（8月初旬 50 箇所）を採取（何れも同一箇所）。 ・ γ線放出核種の分析：河川水の計 100 試料、井戸水の計 101 試料について、ガンマ線放出核種である I-131、Cs-134、Cs-137 等を、ゲルマニウム半導体検出器を用いて測定。 ・ α線放出核種の分析：河川水 20 試料について、100 リットルを分析供試量とし、プルトニウムを化学分離し、Pu-238、Pu-239+240 を、シリコン半導体検出器を用いて測定 	<p>日本分析センター</p>

節・小節	主な内容	実施機関
<p>5.2 調査内容（つづき）</p> <p>5.3 調査結果及び考察</p> <p>5.3.1 河川水の分析結果及び線量評価</p> <p>5.3.2 井戸水の分析結果及び線量評価</p>	<ul style="list-style-type: none"> • β線放出核種の分析：河川水 20 試料及び井戸水 12 試料について、40 リットルを分析供試量とし、ストロンチウムを化学分離し、Sr-89、Sr-90 を、低バックグラウンドベータ線測定装置を用いて測定。 • 河川水 20 試料の Pu-238、Pu-239+240 は、すべて検出限界値以下。 • Sr-89、Sr-90 について、検出された最大濃度は、それぞれ 0.055Bq/kg、0.018Bq/kg であった。Cs-134、Cs-137 について、検出された最大濃度は、それぞれ 1.9Bq/kg、2.0Bq/kg であった。いずれも福島第一原子力発電所から 60 キロメートル圏内で観測された値。 • 仮に最大濃度の水を、1 年間飲み続けたとして、線量を計算した場合、Sr-89 で 0.00014(1.4×10^{-4}) mSv、Sr-90 で 0.00049(4.9×10^{-4}) mSv、Cs-134 で 0.035mSv、Cs-137 で 0.025mSv と評価。 • 井戸水で放射性セシウムが検出された試料数（7 月初旬：Cs-134、Cs-137 とともに検出は 2 試料、Cs-134 のみ検出は 1 試料、Cs-137 のみが検出は 3 試料。8 初旬：Cs-134、Cs-137 とともに検出された試料なし、Cs-134 のみ検出は 1 試料、Cs-137 のみが検出は 1 試料。（検出された井戸水は、いずれも飲用せず。） • 検出された最大濃度は、7 月 1 日に採取した井戸水で、Cs-134、Cs-137 がそれぞれ 0.85Bq/kg、1.1Bq/kg（同一の井戸水）。1 ヶ月後の 8 月に採取したこの井戸水は、Cs-134、Cs-137 とともに、検出限界値以下。 • 飲用していないが、仮にこの井戸水を、1 年間飲み続けたとして、計算すると、Cs-134 で 0.016mSv、Cs-137 で 0.014mSv と評価。 • 放射性セシウムが検出された井戸水の状況。 	

節・小節	主な内容	実施機関
<p>5.3.2 井戸水の分析結果及び線量評価 (つづき)</p> <p>5.3.3 Sr と Cs の濃度比</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 井戸水で放射性ストロンチウムが検出された試料数 (7 月初旬 : Sr-90 のみ検出が 1 試料、8 月初旬 : Sr-90 のみ検出が 1 試料 (同一箇所)) 検出された最大濃度は、7 月に採取した井戸水で、Sr-90 が 0.0014Bq/kg。Sr-89 は全ての試料で、検出されず。 • 平成 21 年度に採取した 47 都道府県の 1~2 地点の蛇口水等 57 試料の Sr-90 の平均値は 0.0010 Bq/kg で、濃度範囲は検出限界値から 0.0023 Bq/kg。これらから、井戸水の Sr-90 の検出が今回の事故の影響があるとはいいきれず。 • この井戸水は飲用していないが、仮にこの水を、1 年間飲み続けたとして、計算すると、Sr-90 で 0.000038 (3.8×10^{-5}) mSv と評価。 • Sr-90 が検出された河川水の試料に対して Cs-137 との比を計算したところ、平均値は 1/115、最大値は 1/71 (水無川 北町)、最小値は 1/303 (二本松)。土壌の平均値 1/389 に比べて 3 倍程度高い。これは過去の大気圏内核実験によるファールアウトのストロンチウム及びセシウムの挙動に見られるように、土壌中のストロンチウムが、幾分、河川水に移行しているためと推測。 	
<p>6.放射性物質の大規模移行調査</p> <p>6.1 調査の目的及び調査地の概要</p> <p>6.2 放射性の降水による降下</p> <p>6-3 : 放射性核種の深度分布とその要因</p> <p>6-4 : 森林における放射性核種の分布と移行</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 調査の目的および調査地の紹介 • 放射性物質の沈着とそれをもたらした降雨の新たなデータを用いた解析 • 様々な土地利用の地点でスクレーパープレートを用いて、核種の深度分布を測定 • 森林タワーを用いた放射線量・核種調査 • 林内雨、林床の放射線量変化 	<p>大学連合チーム</p>

節・小節	主な内容	実施機関
6.5 放射性核種の巻き上げ	<ul style="list-style-type: none"> ・ グラウンドや様々な土地利用の地点における巻き上げによる放射性核種の飛散 	
6.6 再浮遊粒子の調査	<ul style="list-style-type: none"> ・ 再浮遊粒子の粒度分布と林内雨の化学特性、若齢林由来有機物質との相関 	
6.7 土壌水および地下水および溪流への移行	<ul style="list-style-type: none"> ・ 様々な土地利用の地点での土壌水、地下水および溪流への放射性核種の移行 	
6.8 畑地における土壌侵食による核種の移行	<ul style="list-style-type: none"> ・ 畑地における土壌侵食量と放射性核種の移行 	
6.9 田からの放射性核種の移行	<ul style="list-style-type: none"> ・ 試研水田における放射性核種の河川への移行に関する調査 	
6.10 河川への放射性核種の移行	<ul style="list-style-type: none"> ・ 河川への放射性核種の移行量とフラックスの算定 	
6.11 湖沼および貯水池での放射性核種の分布と移行	<ul style="list-style-type: none"> ・ 湖沼および貯水池に堆積した放射性核種の分布調査 	
6.12 放射性物質の化学特性	<ul style="list-style-type: none"> ・ 放射性核種の様々な化学特性 	
6.13 まとめと今後の課題	<ul style="list-style-type: none"> ・ まとめおよび今後の課題点 	
7.全体のまとめ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 関連調査の総合評価 ・ 今後に必要な研究課題 	