



平成23年8月30日

文部科学省による放射線量等分布マップ (放射性セシウムの土壤濃度マップ)の作成について

本年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、放射線量等分布マップ(土壤濃度マップ)のうち、放射性セシウムの土壤濃度マップを作成しましたので、お知らせします。

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、土壤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の土壤を採取し、土壤についてゲルマニウム半導体検出器を用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、土壤採取方法及び核種分析手法については別紙1のとおり)

なお、本結果は、全試料数の3%程度について、分析機関を替えて核種分析結果の相互比較を実施した上で、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2)において、核種分析結果のばらつきの程度の確認及び、その他のモニタリング結果との比較等を行い、妥当であることを確認した。

2. 本調査の詳細

○土壤採取日：第1期6月6日～6月14日

第2期6月27日～7月8日

○土壤採取者：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)日本分析センター及び国立大学法人東京大学ほか19機関(詳細は別紙3参照)

○対象項目：地表面に沈着した単位面積あたりのセシウム134、セシウム137の濃度

3. 本調査の結果

採取した土壌について、セシウム 134、セシウム 137 の核種分析結果をまとめた「土壌濃度マップ」は別紙 4-1、4-2 のとおりである。

また、核種分析結果の妥当性の検証のため、本調査で採取した一部の土壌について大学及び日本分析センターがそれぞれ核種分析した結果とこれらの土壌を採取した同一箇所で行ったゲルマニウム半導体検出器を用いた in-situ 測定[※]の結果を比較（別紙 5）するとともに、土壌の核種分析結果と第 3 次航空機モニタリングの結果を比較した（別紙 6）。

※ ゲルマニウム半導体検出器を用いた in-situ 測定： 可搬型ゲルマニウム半導体検出器を環境中に設置し、地中に分布した放射線源からのガンマ線を検出することにより、地中に蓄積している放射性核種の濃度を分析する手法。実際の地面全体を対象として測定を行うため、近くに建物等のない平坦な場所において、その場所の平均的な放射能濃度を求めるのに有効な方法である。

なお、上記の土壌濃度マップの作成にあたっては、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 日までに採取した土壌の核種分析結果をもとに作成した。
- 土壌の核種分析にあたっては、全国 21 研究機関のゲルマニウム半導体検出器を用いた。
- 今回の調査では、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、マップを作成するにあたっては、第 1 期土壌採取の最終日である 6 月 14 日に揃えて、核種ごとに半減期を考慮して放射能を補正した。
- 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 箇所の地点について調査を実施し、80~100 km及びこの圏外の福島県においては、10 kmメッシュに 1 箇所の地点について調査を実施した。

4. 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、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。そのため、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が期待される。
- また、別紙 5 に見られるように、ゲルマニウム半導体検出器を用いた in-situ 測定の結果と同一箇所では採取した土壌をゲルマニウム半導体検出器で核種分析した結果を比較したところ、7 箇所中、5 箇所のセシウム 134、セシウム 137 の分析結果は、約 20%以内の範囲で一致していることが確認された。
- さらに、別紙 6 に見られるように、採取した土壌中に含まれるセシウム 134、セシウム

137 の核種分析結果は、局所的には測定結果の違いがある程度見られる地点はあるものの、全体の傾向としては、航空機モニタリング手法で測定された結果と同様の傾向を示していることが確認された。

- なお、今回採取されたセシウム 134、セシウム 137 の合計濃度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（別紙 7）。今後、ゲルマニウム半導体検出器を用いた in-situ 測定等により、セシウム 134、セシウム 137 の土壌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、実測した空間線量率から土壌濃度を概算することが可能である。

5. 今後の予定

- 本日は、放射性セシウムについて公表したが、それ以外の核種（特にヨウ素 131）については、濃度が非常に低いことから、現在、測定結果の妥当性の確認及びマップの表現方法等について専門家の意見を踏まえた検討を行っている。今後、妥当性を確認し、マップの表現方法等を決定し、公表する予定である。
- また、放射性物質の移行状況の確認調査については、測定結果を 9 月中に取りまとめし、公表する予定である。

<担当> 文部科学省 原子力災害対策支援本部
堀田（ほりた）、奥（おく）（内線 4604、4605）
電話：03-5253-4111（代表）
03-5510-1076（直通）

土壌の採取方法及び土壌試料中の核種分析の手法について

1. 土壌の採取方法

- 土壌は、可能な限り3m×3m の範囲で採取しやすい位置の中から5 地点程度選定し、採取した。その際、できるだけ等間隔に採取するように心がけた。
- 事前調査により、ヨウ素131、セシウム134、137は、地表面から5cm以内の土壌中に存在することを確認したことから、U8容器を用いて、地表面から5cmの深さまで土壌を採取することとした。採取した土壌は良く攪拌した後に、U8容器に封入した。
- 福島第一原子力発電所から放出された放射性物質の沈着状況を把握するため、土壌試料採取位置に細かい雑草などの植生が生えている場合は、雑草も含めて土壌採取を行った。また、根系層もあわせて土壌試料として採取した。
- 採取した土壌試料は、判別のため、試料番号等のラベル、土壌の種類及び土色が判断できるように写真に撮り、記録した。また、土壌試料を封入した袋に、試料番号、採取年月日、時刻、採取者を記載したラベルを添付し、他の土壌試料との取り違いが起こらないように注意した。
- 土壌試料の核種分析時の参考にするため、土壌試料採取容器表面の線量当量率を測定し、記録した。
- 土壌採取に使用した綿手袋及びゴム手袋は、土壌試料採取の都度必ず交換することで、二次汚染及び試料間の放射性核種の混合の防止に努めた。
- 土壌試料採取に使用した道具類は二次汚染防止のために、採取の都度、除染を行った。
- 土壌試料採取容器が完全に密封されていることを確認し、アルコールティッシュ等で容器表面を除染した上で、袋に封入して、土壌試料を分析機関に輸送した。輸送にあたっては、L型輸送物の規準に準拠した。

2. 土壌試料の核種分析の手法

- 土壌試料中の放射能濃度の測定は、放射エネルギーが既知の標準線源を用いて校正したゲルマニウム半導体検出器（Ge 検出器）を用いて行った。
- 測定は、短半減期核種を検出することを考慮し、最長1時間まで測定を実施した。また、短半減期核種が検出下限値以下であったとしても、得られた見かけの放射能濃度の情報も合わせて示すこととした。（ $< A_{LD}$ （検出下限値） Bq/m^2 ； $A \pm B Bq/m^2$ ）
- 各土壌試料の測定後は、必ず、検出器の試料を置く遮蔽体内部を除染するか、または検出器に放射性物質が付着していないことを確認した。

3. 分析結果の確認体制

- 測定および分析は、土壌試料の測定時における試料の取り違えの防止、及び測定結果の信頼性の確保するため、作業項目毎のチェックリストを測定記録簿として作成し、複数人でチェックした。

○核種同定のためのスペクトルの解析手法をいつでもチェックできるように、スペクルデータからカウント数、標準試料の測定結果すべてを保管し、各測定機関の責任ある者が集計し、取りまとめ機関において、解析手法および結果を独立にチェックした。

4. 核種分析結果の相互比較について

○総試料数の 3%の試料について、日本分析センターと他の機関、東京大学と他の機関とで、同一試料を相互に測定した。

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)

放射線量等分布マップ（土壌濃度マップ）の作成に向けた核種分析の協力組織一覧

- 参加者総数 : 340人
- 協力研究機関 : 21機関

----- 所属大学・施設一覧(50音順) -----	人数
大阪大学 核物理研究センター 大学院理学研究科・理学部 大学院工学研究科・工学部 大学院薬学研究科 大学院医学研究科 安全衛生管理部	84名
大阪電気通信大学 工学部基礎理工学科・大学院工学研究科	11名
金沢大学 理工研究域物質化学系 自然科学研究科・理工学域物質化学類 医薬保健研究域保健学系 医学系研究科・医薬保健学域保健学類 学際科学実験センター	24名
九州大学 大学院理学研究院	10名
京都大学 原子炉実験所 大学院工学研究科 理学部	11名
高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 加速器研究施設	5名
甲南大学 理学部	6名
佐賀大学 文化教育学部	1名

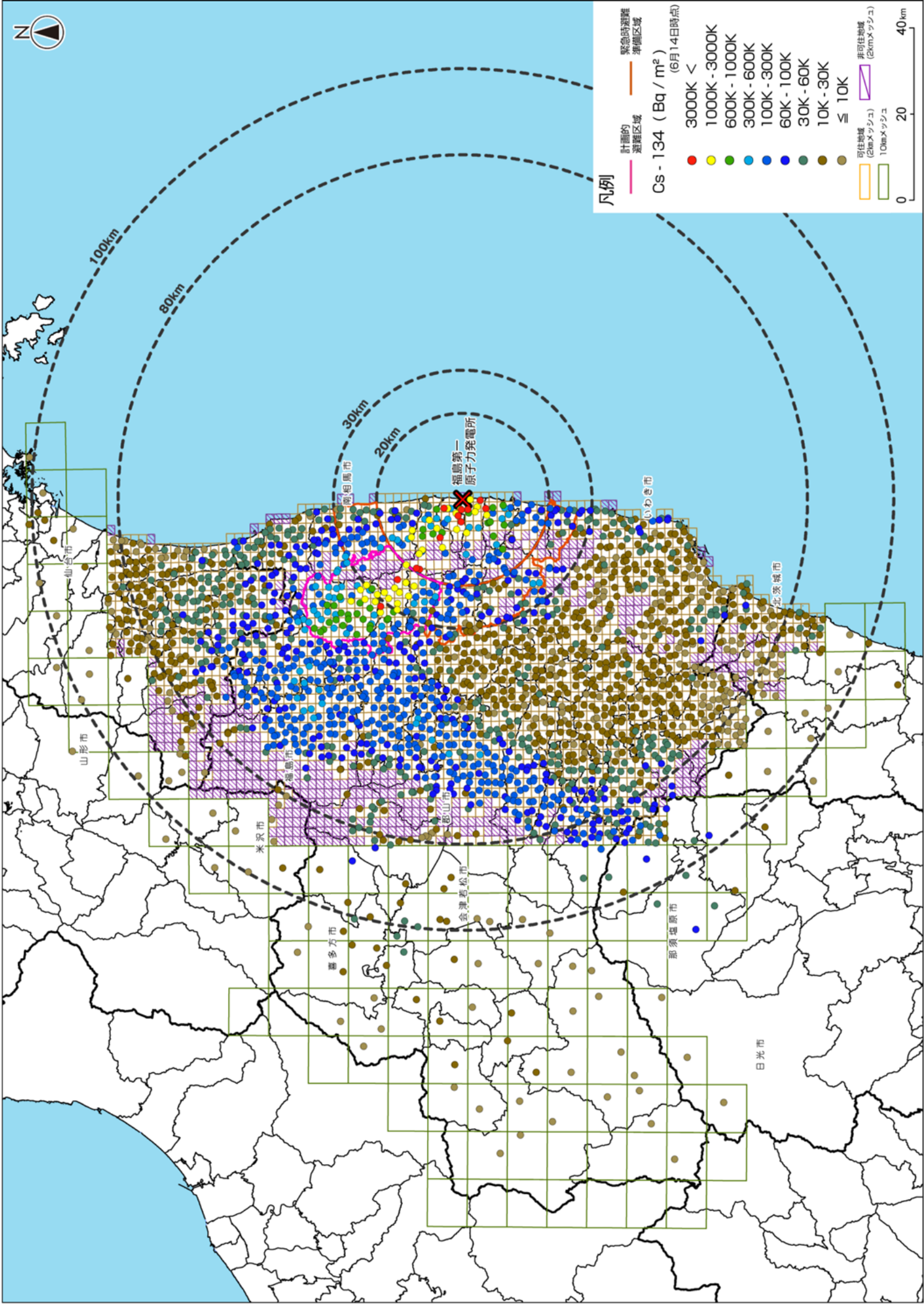
放射線量等分布マップ（土壌濃度マップ）の作成に向けた核種分析の協力組織一覧 (別紙3)

- 参加者総数 : 340人
- 協力研究機関 : 21機関

----- 所属大学・施設一覧(50音順) -----	人数
首都大学東京 大学院理工学研究科・都市教養学部理工学系	21名
信州大学 教育学部（理数科学教育講座）	1名
筑波大学 大学院理学研究科	1名
東京工業大学 大学院理工学研究科・理学部 バイオ研究基盤支援総合センター	21名
東京大学 大学院理学系研究科附属原子核科学研究センター	16名
東北大学 大学院理学研究科・理学部 電子光理学研究センター	29名
徳島大学 大学院ソシオ・アーツ・アンド・サイエンス研究部 大学院ヘルスバイオサイエンス研究部 総合科学部総合理数学科物質総合コース 医学部保健学科放射線技術科学専攻	7名
新潟大学 理学部・大学院自然科学研究科 機器分析センター	11名
日本大学 文理学部・大学院総合基礎科学研究科	5名
日本分析センター 放射能分析業務部	7名
宮崎大学 工学部・大学院工学研究科	5名
理化学研究所 仁科加速器研究センター 基礎基盤研究推進部	30名
立教大学 理学部・大学院理学研究科	34名

セシウム134の土壤濃度マップ

別紙4-1



土壌の核種分析結果とゲルマニウム半導体検出器を用いた in-situ 測定の結果との比較について

1. 目的

- 今回採取した約 2,200 箇所の土壌の核種分析結果の妥当性検証のため、いくつか箇所に
おいて、ゲルマニウム半導体検出器を用いた in-situ 測定を実施し、その箇所で採取し
た土壌のゲルマニウム半導体検出器による核種分析結果との比較を実施した。
- 比較対象としては、周囲に遮蔽物が無い平らな場所のうち、比較的高い線量率及び低い
線量率の土壌採取箇所を 7 箇所選定した。
- なお、上記 7 箇所の選定にあたっては、大学と日本分析センター双方の核種分析結果の
妥当性を検証するため、両者がそれぞれ単独で核種分析した箇所から選定した。
- また、ゲルマニウム半導体検出器を用いた in-situ 測定は、放射能測定法シリーズ「ゲ
ルマニウム半導体検出器を用いた in-situ 測定法」に基づき、実施することとし、測定
条件のうち、放射性物質の土壌中における鉛直分布を表すパラメータは、ICRU REP. 53
より、沈着後の経過時間は 0～1 年、降水量は 3mm 以上の条件における値を使用するこ
ととした。

2. 測定詳細

- 実施機関：(財) 日本分析センター
- 実施日： 8 月 13 日 (土)、14 日 (日)

3. 比較結果

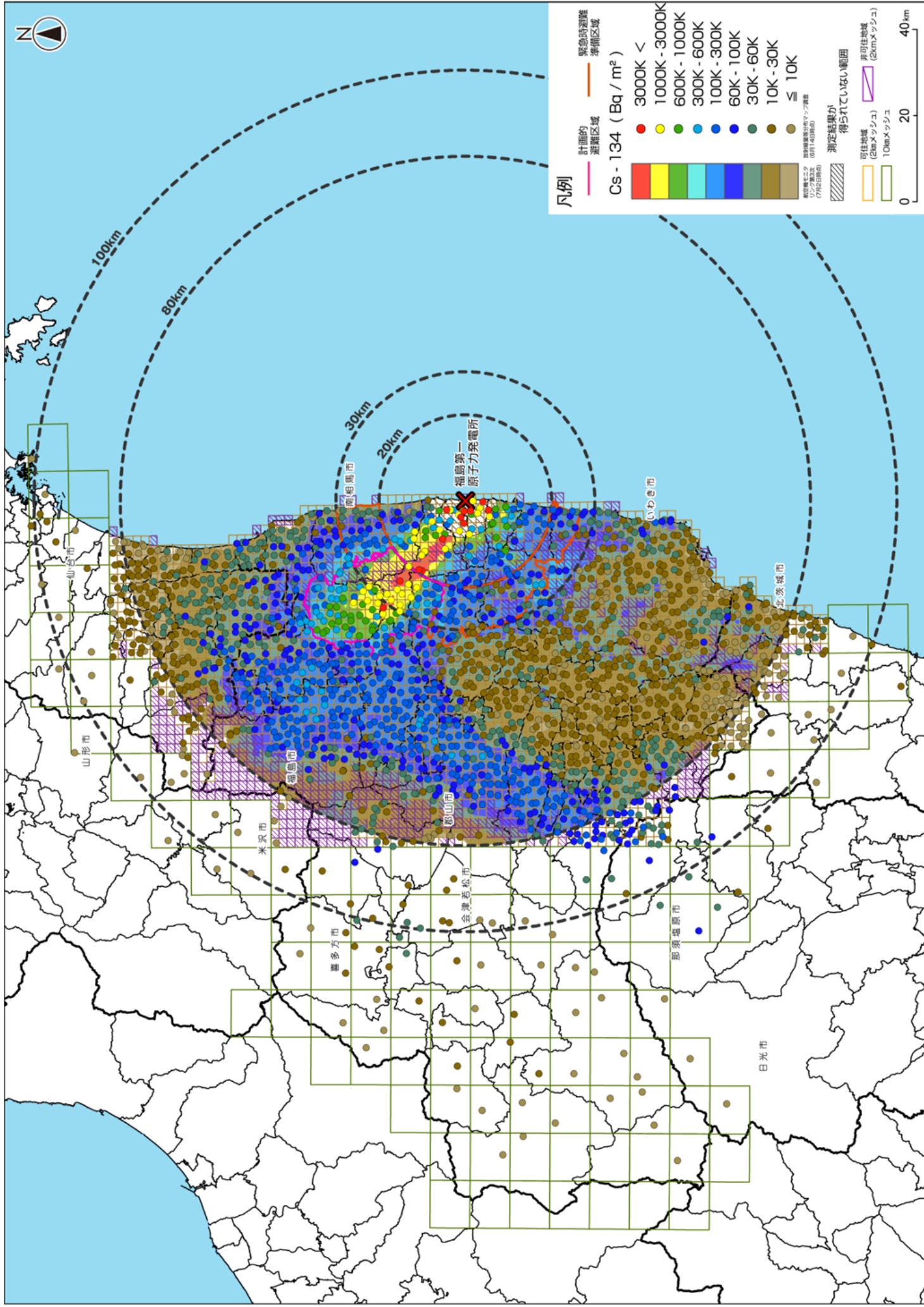
- 次頁の測定結果のとおり、ゲルマニウム半導体検出器を用いた in-situ 測定の結果と同
一箇所で採取した土壌についてゲルマニウム半導体検出器で測定した核種分析結果を比
較したところ、7 箇所中、5 箇所のセシウム 134、セシウム 137 の分析結果は、約 20%以
内の範囲で良く一致していることが確認された。
- 残り 2 箇所については、各箇所で採取された 5 試料のセシウム 134、セシウム 137 の核種
分析結果が 5 試料間で 3 倍程度異なっていることから、核種分析結果が一致しなかった。
5 試料間での核種分析結果の違いの要因としては、測定誤差だけでなく、地表面へ沈着し
た放射性物質の濃度分布の不均一性に起因するものと考えられる。今後、1 箇所あたりの
試料数を増やすことやゲルマニウム半導体検出器を用いた in-situ 測定において、地中
への核種移行の度合いを適切に評価することで、両者の値は一致する方向に向かうもの
と考えられる。

土壌の核種分析結果と
ゲルマニウム半導体検出器を用いたin-situ測定の結果の比較

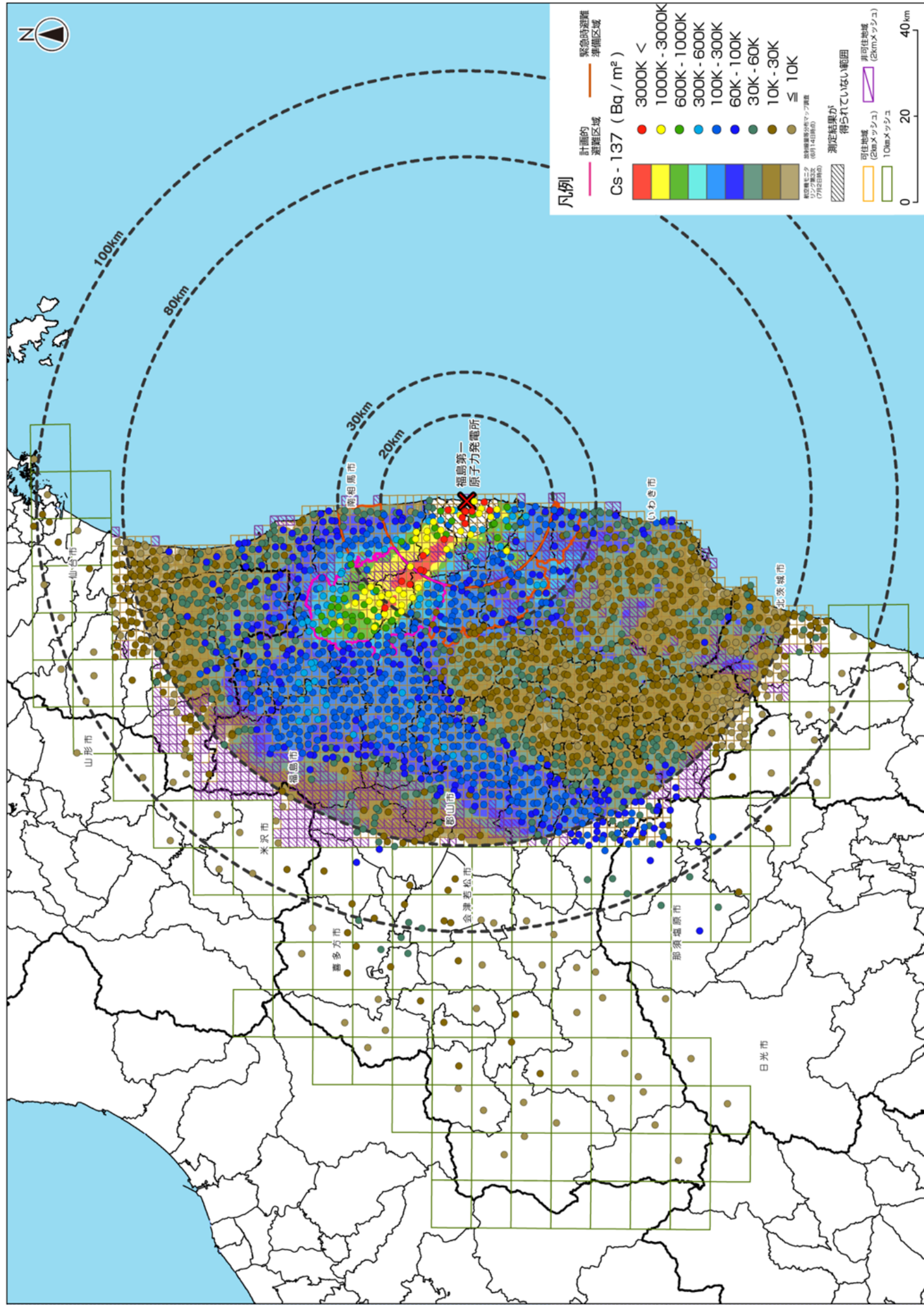
別紙5

土壌試料	分析実施機関	空間線量率 ($\mu\text{sv/h}$)	試料番号	Cs134濃度 (Bq/km^2)	Cs137濃度 (Bq/km^2)	ゲルマニウム半導体検出器を用いた in-situ測定の結果と土壌の核種分析結果の算術平均値の比較	
						Cs134濃度比	Cs137濃度比
サンプル①	大学	1.52	サンプル①-1	2.12E+11	2.18E+11		
			サンプル①-2	2.16E+11	2.17E+11		
			サンプル①-3	1.40E+11	1.41E+11		
			サンプル①-4	1.58E+11	1.61E+11		
			サンプル①-5	1.60E+11	1.64E+11		
			算術平均	1.77E+11	1.80E+11	0.92	0.86
			in-situ分析結果	1.93E+11	2.10E+11		
サンプル②	日本分析センター	2.15	サンプル②-1	5.92E+11	6.82E+11		
			サンプル②-2	2.09E+11	2.43E+11		
			サンプル②-3	1.96E+11	2.22E+11		
			サンプル②-4	6.23E+11	7.12E+11		
			サンプル②-5	2.97E+11	3.53E+11		
			算術平均	3.83E+11	4.42E+11	1.89	2.01
			in-situ分析結果	2.03E+11	2.20E+11		
サンプル③	大学	1.44	サンプル③-1	1.71E+11	1.64E+11		
			サンプル③-2	2.21E+11	2.17E+11		
			サンプル③-3	6.83E+10	5.88E+10		
			サンプル③-4	2.12E+11	2.01E+11		
			サンプル③-5	1.58E+11	1.50E+11		
			算術平均	1.66E+11	1.58E+11	0.79	0.69
			in-situ分析結果	2.11E+11	2.29E+11		
サンプル④	大学	0.24	サンプル④-1	3.57E+10	4.00E+10		
			サンプル④-2	3.79E+10	4.02E+10		
			サンプル④-3	3.04E+10	3.34E+10		
			サンプル④-4	3.08E+10	3.26E+10		
			サンプル④-5	3.39E+10	3.69E+10		
			算術平均	3.37E+10	3.66E+10	0.99	0.97
			In-situ分析結果	3.42E+10	3.76E+10		
サンプル⑤	大学	0.3	サンプル⑤-1	3.47E+10	3.83E+10		
			サンプル⑤-2	3.95E+10	4.20E+10		
			サンプル⑤-3	3.15E+10	3.38E+10		
			サンプル⑤-4	3.77E+10	4.01E+10		
			サンプル⑤-5	2.42E+10	2.85E+10		
			算術平均	3.35E+10	3.65E+10	0.95	0.95
			in-situ分析結果	3.52E+10	3.83E+10		
サンプル⑥	日本分析センター	0.56	サンプル⑥-1	8.20E+10	9.04E+10		
			サンプル⑥-2	6.96E+10	7.72E+10		
			サンプル⑥-3	8.89E+10	9.65E+10		
			サンプル⑥-4	6.48E+10	7.32E+10		
			サンプル⑥-5	1.05E+11	1.21E+11		
			算術平均	8.21E+10	9.17E+10	1.05	1.07
			in-situ分析結果	7.84E+10	8.53E+10		
サンプル⑦ (8S52)	日本分析センター	0.44	サンプル⑦-1	4.37E+10	5.28E+10		
			サンプル⑦-2	4.10E+10	4.64E+10		
			サンプル⑦-3	3.69E+10	4.15E+10		
			サンプル⑦-4	4.22E+10	4.80E+10		
			サンプル⑦-5	5.88E+10	6.94E+10		
			算術平均	4.45E+10	5.16E+10	1.09	1.17
			in-situ分析結果	4.09E+10	4.43E+10		

第3次航空機モニタリング結果とセシウム134の土壤濃度マップの比較について

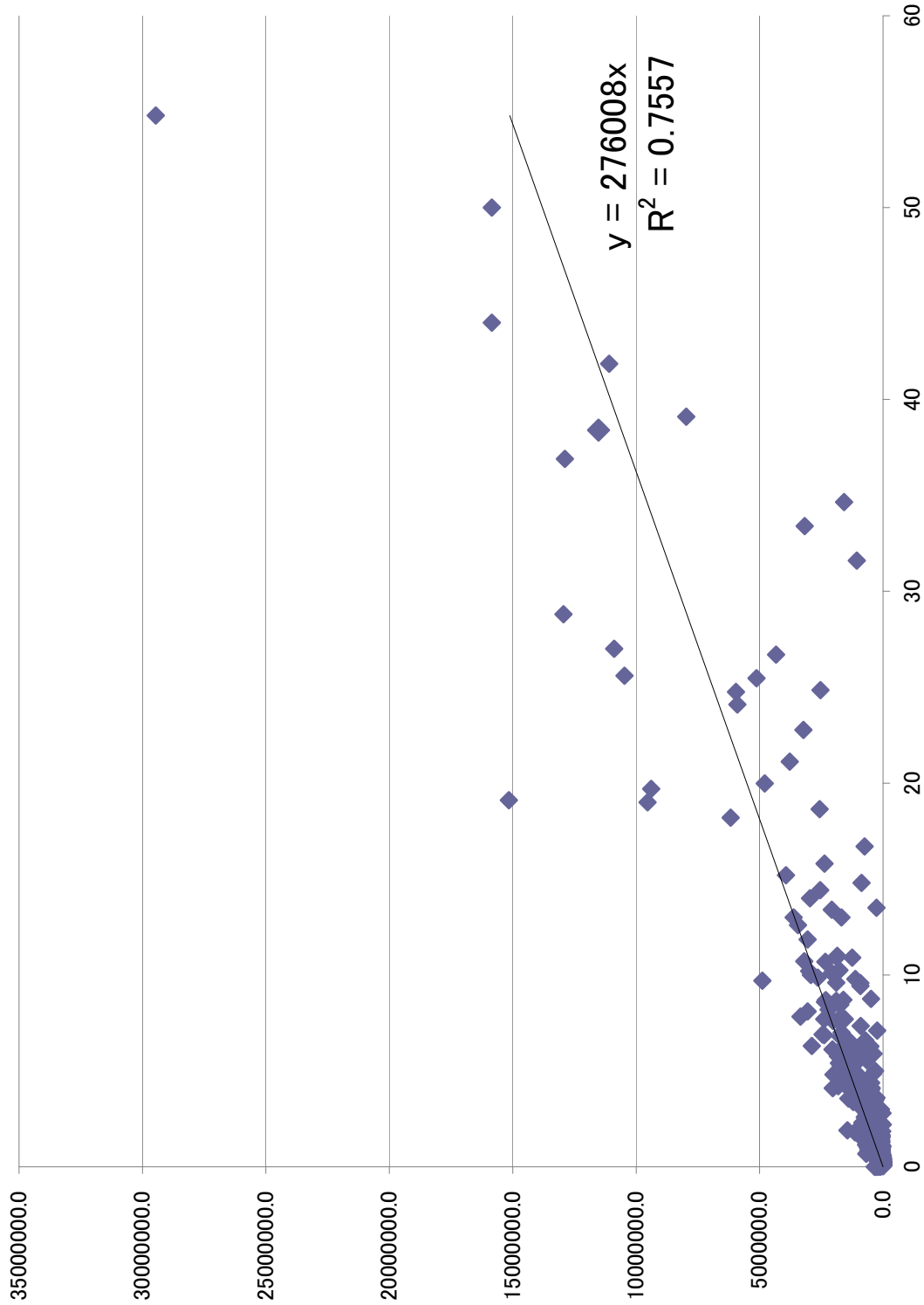


第3次航空機モニタリング結果とセシウム137の土壤濃度マップの比較について



空間線量率と土壌の核種分析結果の関係について

Cs134+Cs137
(Bq/m²)



本調査における核種分析結果の精度について

1. 目的

- 本調査では、福島第一原子力発電所から概ね100km圏内の約2,200箇所(各箇所5地点程度)で採取された土壌について、採取箇所ごとに分析機関を割り振った上で、日本分析センター及び全国20研究機関が核種分析を実施した。
- 分析機関が多機関にわたることから、分析機関の違いによる核種分析結果の違いについて検証するため、全ての土壌の3%程度について、分析機関を替えて核種分析結果の相互比較を行った。

2. 検証内容

- 同一箇所で採取された5試料の土壌の核種分析結果の平均値について、日本分析センターが測定した結果に対して、その他の分析機関の測定値と比較したところ、正規分布と仮定すると、その他の分析機関の測定結果の68.26%が、日本分析センターの測定値の98%±12%の範囲に入ることが確認された。(参考1)。
- 他方で、文部科学省のこれまでの調査において、地表面に沈着した放射性物質の濃度分布は、土壌の採取地点が近くても、濃度に大きな差が生じることが確認されている。
- そこで、同一箇所で採取した5地点の土壌の核種分析結果について、5地点の土壌の核種分析結果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、0.3を中心に1を超える高い値まで分布していることが確認された(参考2)。
- このことから、分析機関の違いに基づく測定値の差は、同一箇所で採取した5地点の試料の土壌濃度の平均値に対する標準偏差の違いに比べて、小さいことから、分析機関の違いによる核種分析結果の精度の違いは無視できるものとした。
- なお、日本分析センターは、IAEAが主催するproficiency testにおいて、IAEAが提供した土壌試料等について精度良く分析した実績があり、高い精度で分析する能力があることが示されている。
- 以上より、日本分析センター及びその他の分析機関との間に核種分析結果の違いが少ないことを考慮すると、今回、核種分析に参加した全ての分析機関の核種分析結果は一定の精度を有すると思われる。

分析機関ごとの核種分析結果の相互比較の結果について

1. 目的

分析機関ごとの核種分析結果の妥当性の検証のため、全土壌試料のうち、3%程度の275試料について、分析結果の相互比較を行った。

2. 相互比較の結果

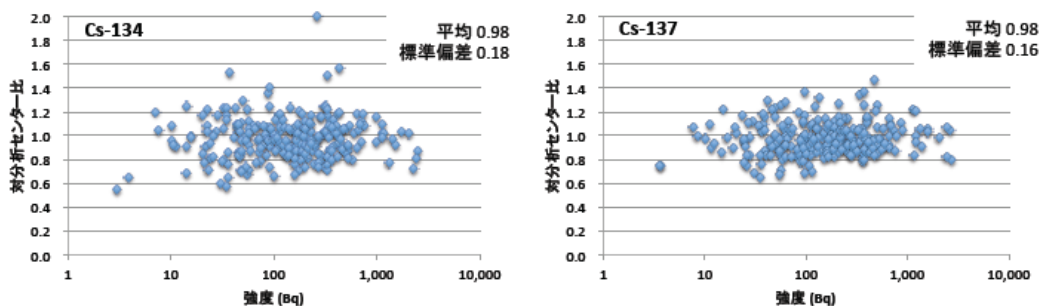
相互比較のため、日本分析センターが核種分析した土壌試料について、東京大学及び各大学等の機関が核種分析を実施し、その結果を比較した。

また、同一箇所で採取された5地点の土壌の核種分析結果の平均値について、日本分析センター及び東京大学及び各大学等の機関が実施した核種分析の結果を比較した。

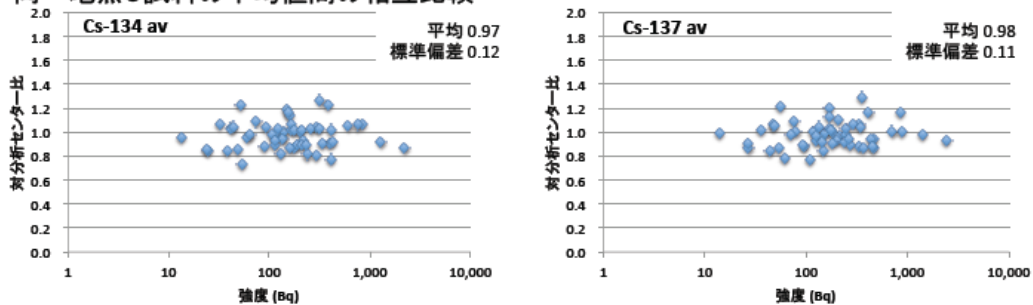
個々の土壌試料について、日本分析センター及び東京大学及び各大学等の機関が核種分析した結果を比較すると、一部の試料において2倍程度のばらつきはあるものの、標準偏差は0.2程度の範囲にあることが確認された。

また、同一箇所で採取された5地点の土壌の核種分析結果の平均値について比較すると、一部の箇所の5試料の平均値は、その他の箇所の5試料の平均値に比べて最大30%程度の違いはあるものの、標準偏差は概ね0.1程度の範囲内にあることが確認された。

分析センターと各大学、東大と各大学で同一試料を測定 (275試料を比較)



同一地点5試料の平均値間の相互比較



同一箇所では採取された5試料間での核種分析結果のばらつきの検証について

1. 目的

同一箇所の3m×3mの範囲内で採取された5地点の土壌試料は、その箇所に降下した放射性物質の降下状況の違い、及び採取した土質の違い、並びに土壌内に含まれる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から、5地点で採取した土壌の核種分析結果のばらつきについて検証を行った。

2. 同一箇所では採取された5試料間での核種分析結果のばらつき状況

同一箇所では採取された5試料間での核種分析結果の平均値に対するばらつき(標準偏差)を確認した。

結果は以下のとおり、同一箇所では採取された5試料の平均値に対する標準偏差は、概ね0.3程度あることが確認された。

