

11. まとめ

本報告書では、「平成 30 年度放射性物質測定調査委託費（東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の分布データの集約）事業」（平成 30 年度調査）で得られた結果について報告した。

空間線量率に関しては走行サーベイ（80km 圏内及び広域について 1 回ずつ）、定点サーベイ（80km 圏内で 1 回）、歩行サーベイ（80km 圏内で 1 回）、無人ヘリサーベイ（福島第一原発周辺で 1 回）を実施し、測定結果から空間線量率分布マップを作成するとともに空間線量率の経時変化を分析した。平成 29 年度との比較の結果、走行サーベイ及び定点サーベイについては、約 10%の減少であり物理的半減期による理論値と概ね整合した。一方、歩行サーベイについては、理論値よりも変化が小さい傾向にあった。無人ヘリサーベイでは、平成 29 年度から 16%の減少であった。

土壌における放射性セシウムの分布調査に関しては、可搬型ゲルマニウム半導体検出器を用いた in-situ 測定（80km 圏内で 1 回）及びスクレーパープレート法で採取（80km 圏内で 1 回）した土壌試料の分析による土壌中深度分布調査をそれぞれ実施した。深度分布調査の結果、平成 30 年度に得られた実効的な重量緩衝深度 β_{eff} （幾何平均値）は、3.83 g/cm²であった。また、in-situ 測定の結果から土壌沈着量分布マップを作成した。測定したガンマ線スペクトルから天然放射性核種による空間線量率を評価した（平均値 0.04 μ Sv/h）。

これまで蓄積した測定結果を基に空間線量率及び沈着量の実効半減期を評価した。走行サーベイによる測定結果を基に実効半減期を評価した結果、速い成分は 0.454 年及び遅い成分は 2.50 年となった（いずれも 80km 圏内を対象）。定点サーベイ及び歩行サーベイについては、速い成分の分析はできず、遅い成分は 2.46 年及び 2.75 年であった（同上）。また、in-situ 測定による土壌中放射性セシウムの沈着量については、セシウム 134 及びセシウム 137 の実効半減期はそれぞれ、1.70 年及び 19.9 年と求められた。

測定箇所の重要度分類のためのスコア化の検討においては、本事業で得られた放射線モニタリングデータや国税調査などで提供されているデータ及び既存のモニタリングポストの設置位置などを考慮した地域のモニタリング重要性の相対的な判断に使用できる「スコア」化を試みた。スコア化により、モニタリングポストの設置位置の重要性を相対的に比較することが可能となり、モニタリング位置の選定に有効な情報が得られることを示した。

80 km 圏内全域を対象として、階層ベイズ統計手法を用いて、航空機モニタリング、走行サーベイ、歩行サーベイにより取得した空間線量率分布データを統合し、平成 25 年、26 年、27 年、及び 29 年の統合マップを作成した。避難指示区域内外のデータを分けて相関解析を行い、それぞれの結果を用いて統合を行うことにより、地上の細かな空間線量率分布を反映しつつ全体的な航空機モニタリングの偏りを補正した統合マップを得た。

空間線量率等分布マップの作成と公開では、「放射線量等分布マップ拡大サイト」に平成 30 年度の測定結果を公開した。また、各種対策の基礎資料を提供するとともに分布マップシステムのログ解析からそれらの情報提供を定量的に示した。マップシステムの改善として、調査結果の地図をユーザ側でリアルタイムに変更できるかについて検討を行い、現時点の課題を抽出した。

総合モニタリング計画に基づく放射線モニタリング及び環境試料分析として、福島第一原発の 20

km 以遠において空間線量率、積算線量、大気浮遊じん中放射性物質濃度、並びに環境試料（土壌及び松葉）中放射性物質濃度を測定した。

本事業で取得した測定データ又は原子力規制庁や環境省が保有する測定データを当該分野の今後の調査等に活用するため、データを CSV（場合によっては Excel®、KMZ）の形式で保存した。これらのデータは原子力規制庁のホームページにて公開される。

平成 30 年度事業実施期間中、有識者からの助言を得るための検討会を 4 回開催した。各検討会の開催日時、出席者、議題等の概要を Appendix-2 に示す。

参考文献

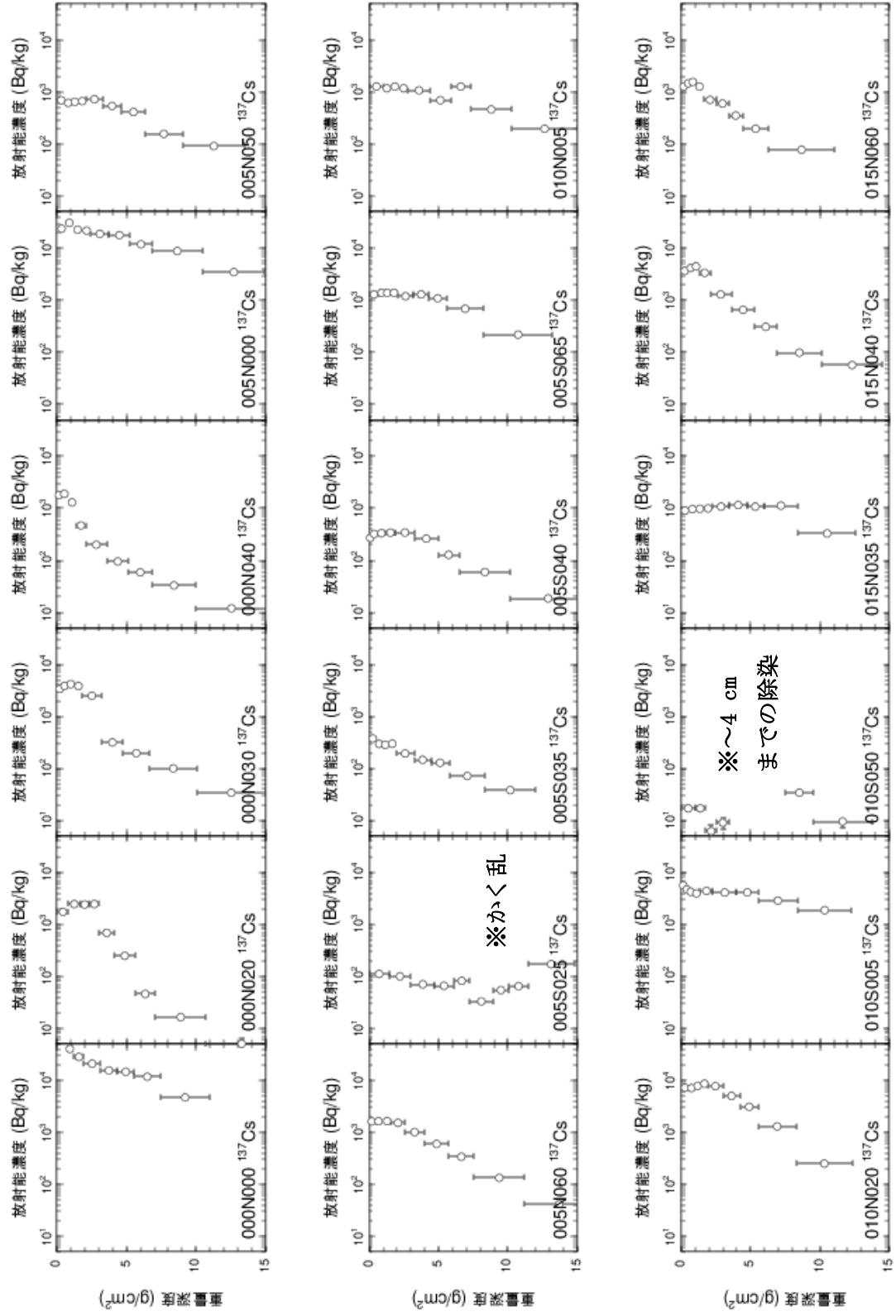
- 1) 原子力規制庁, 放射性物資の分布状況等に関する調査,
<http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/list/338/list-1.html>. (平成 31 年 1 月閲覧)
- 2) 津田修一, 吉田忠義, 中原由紀夫, 他, "走行サーベイシステム KURAMA-II を用いた測定の基盤整備と実測への適用", JAEA-Technology 2013-037 (2013).
- 3) Y. Sanada and T. Torii, Aerial radiation monitoring around the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant using an unmanned helicopter, J. Environ. Radioact., 139, pp. 294-299(2015).
- 4) Y. Sanada et al., Radiation monitoring using an unmanned helicopter in the evacuation zone around the Fukushima daiichi nuclear power plant, Explor. Geophys., pp. 45, 3-7(2014).
- 5) 眞田幸尚他, 原子力発電所事故後の無人ヘリコプターを用いた放射線測定, JAEA-Research 2013-049(2013).
- 6) Y. Sanada et al., Temporal variation of dose rate distribution around the Fukushima Daiichi nuclear power station using unmanned helicopter, Appl. Radiat. Isot., 118, pp. 308-316(2016).
- 7) 眞田幸尚他, 平成 26 年度福島第一原子力発電所周辺における航空機モニタリング(受託研究), JAEA-Research 2015-006 (2015).
- 8) 原子力規制庁,平成 27 年度放射性物質測定調査委託費（東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の分布データの集約）事業 成果報告書, 無人ヘリによる東京電力福島第一原子力発電所から 5km 圏内の空間線量率分布の測定, Appendix-1 無人ヘリによる測定結果の高精度化のための γ 線スペクトルから天然の放射性核種の影響を除去する方法の検討, pp. 48-52. <https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/12000/11995/29/part1-3.pdf> (平成 31 年 1 月閲覧).
- 9) Chernobyl forum expert group 'environment', Environmental consequences of the Chernobyl accident and their remediation: twenty years of experience, Report of the Chernobyl forum expert group 'environment', International Atomic Energy Agency (IAEA), Radiological assessment reports series, (2006).
- 10) Gamma-ray spectrometry in the environment, International Commission on Radiation Units and measurements (ICRU) report: 53 (1994).
- 11) N. Matsuda, et al., Depth profiles of radioactive cesium in soil using a scraper plate over a wide area surrounding the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant, Japan, J. Environ.

- Radioact., 139, pp. 427-434(2015).
- 12) K. Saito and P. Jacob, Fundamental data on environmental gamma-ray fields in the air due to source in the ground, JAERI-Data/Code 98-001, (1998).
 - 13) 原子力規制庁,平成 29 年度放射性物質測定調査委託費 (東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の分布データの集約) 事業, 成果報告書「土壌中の放射性セシウムの深度分布調査」, https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/14000/13993/33/Part2-2_20181130.pdf (平成 31 年 1 月閲覧).
 - 14) 原子力規制委員会, 放射能測定法シリーズ 33, ゲルマニウム半導体検出器を用いた in-situ 測定法, <http://www.kankyo-hoshano.go.jp/series/lib/No33.pdf> (平成 31 年 1 月閲覧).
 - 15) 斎藤公明, 遠藤章, 福島周辺における空間線量率の測定と評価 III 環境 γ 線の特徴と被ばく線量との関係, *RADIOISOTOPES*, 63, pp. 585-602(2014).
 - 16) 福島県、東京電力,平成 22 年度原子力発電所周辺環境放射能測定結果報告書, <https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/42296.pdf> (平成 31 年 1 月閲覧).
 - 17) 安藤真樹, 松田典宏, 斎藤公明, KURAMA-II を用いた走行サーベイ測定による東日本での天然放射性核種の空間線量率評価, 日本原子力学会和文論文誌, 16, pp. 63-80 (2017).
 - 18) 原子力規制庁, 総合モニタリング計画, <http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/list/204/list-1.html> (平成 31 年 1 月閲覧).
 - 19) 総務省, 統計に用いる標準地域コード, http://www.soumu.go.jp/toukei_toukatsu/index/seido/9-5.htm (平成 31 年 1 月閲覧).
 - 20) 総務省, 政府統計の総合窓口 (e-stat) , <https://www.e-stat.go.jp/> (平成 31 年 1 月閲覧).
 - 21) 国土交通省, 国土数値情報ダウンロードサービス, <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/> (平成 31 年 1 月閲覧).
 - 22) H. M. Wainwright, A. Seki, J. Chen, K. Saito, A multiscale Bayesian data integration approach for mapping air dose rates around the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, *Journal of Environmental Radioactivity*, 167, pp. 62-69 (2017).
 - 23) H. M. Wainwright, A. Seki, J. Chen, K. Saito, A multiscale Bayesian data integration approach for mapping air dose rates around the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant-17166, *Proceeding of WM2017 Conference*, March 5-9, 2017, Phoenix, Arisona, USA (2017).
 - 24) 宇宙航空研究開発機構, 高解像度土地利用土地被覆図ホームページ, https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/lulc/lulc_jindex.htm (平成 31 年 1 月閲覧).
 - 25) 原子力規制庁, 放射線モニタリング情報モニタリング結果, <https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/list/512/list-1.html> (平成 31 年 1 月閲覧).
 - 26) 環境省, 東日本大震災の被災地における放射性物質関連の環境モニタリング調査: 公共用水域, http://www.env.go.jp/jishin/monitoring/results_r-pw.html (平成 31 年 1 月閲覧).

Appendix-1 セシウム 137 の深度分布

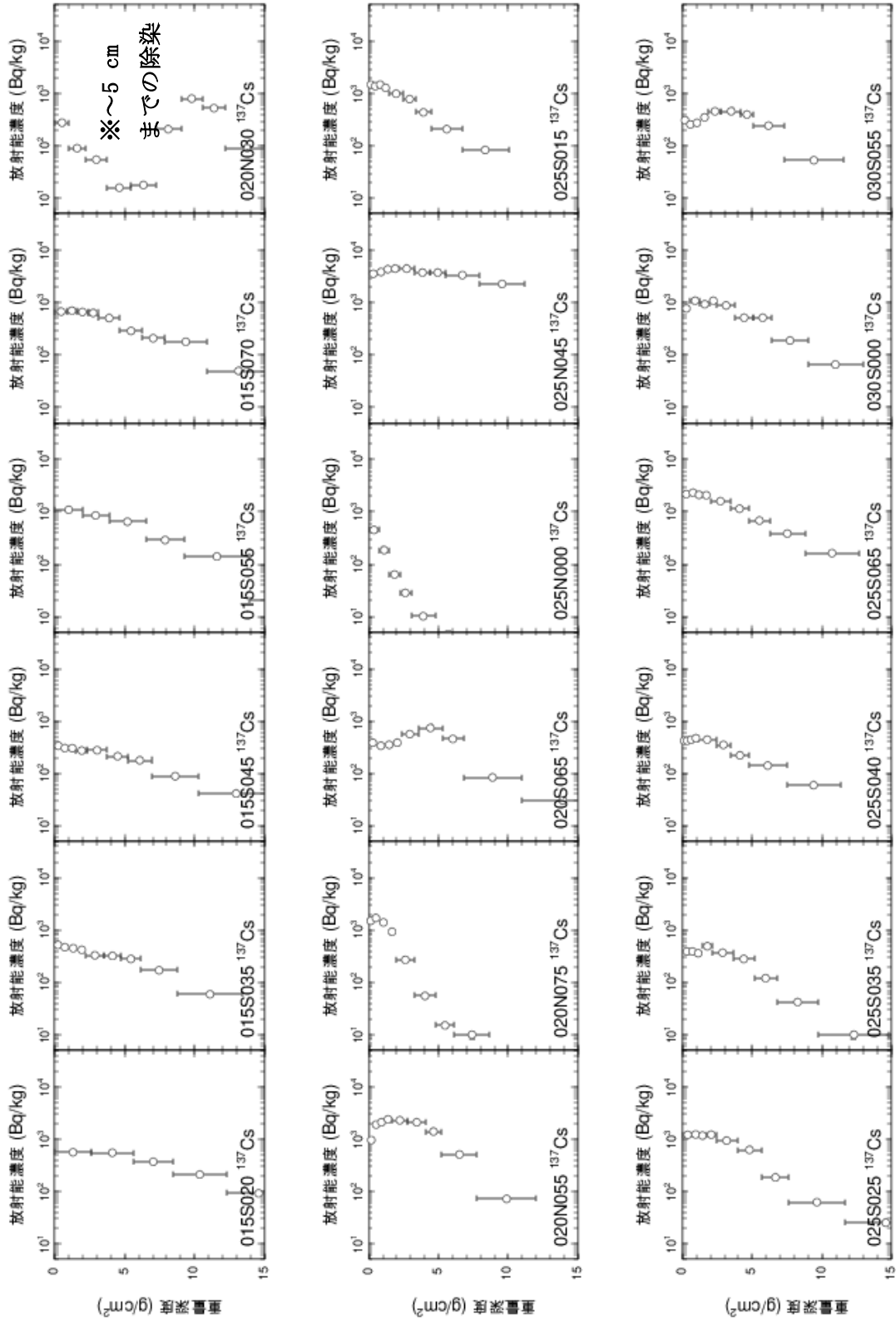
セシウム 137 の深度分布 (1/5)

※深度分布の変遷から読み取れる除染等の可能性



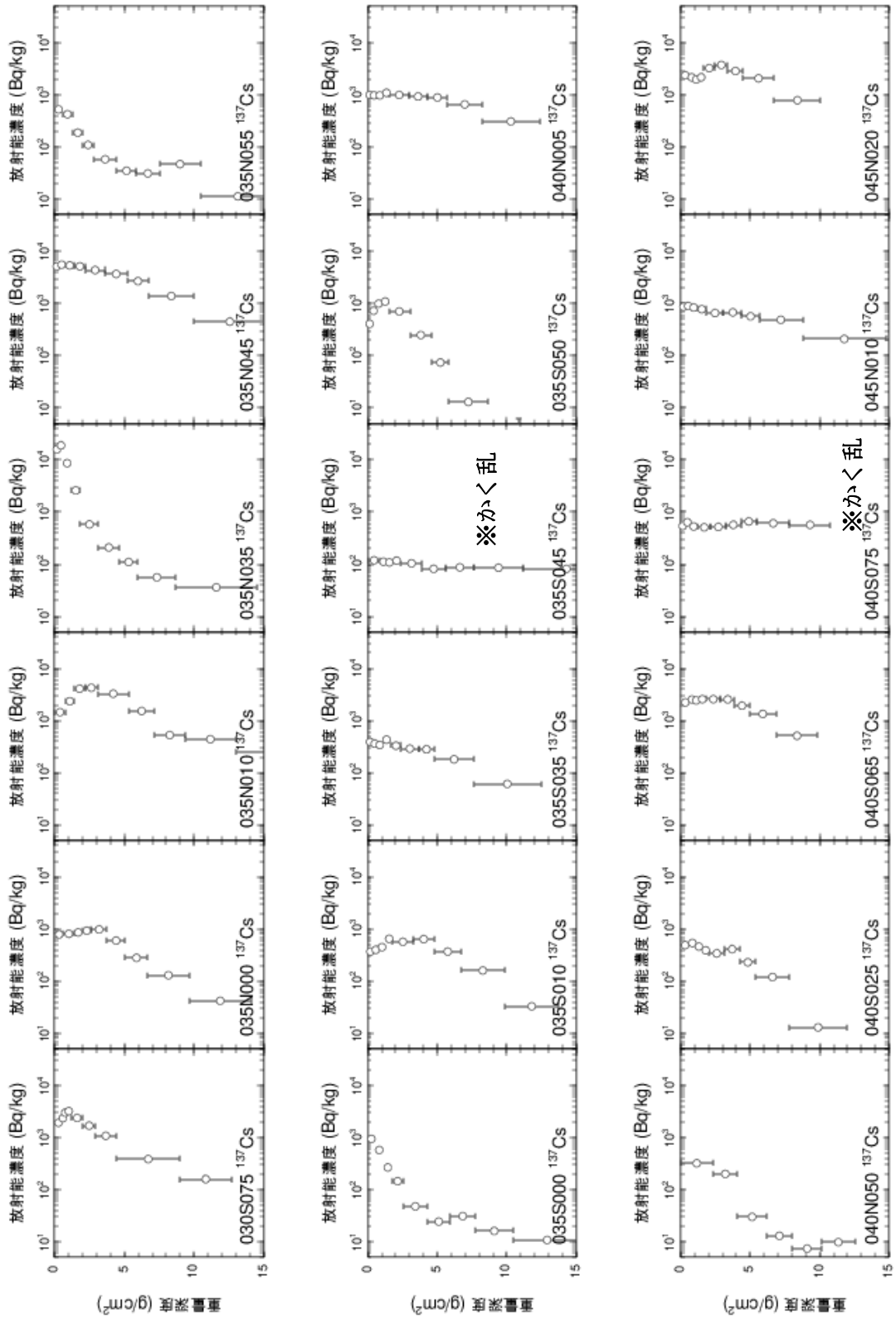
セシウム 137 の深度分布 (2/5)

※深度分布の変遷から読み取れる除染等の可能性



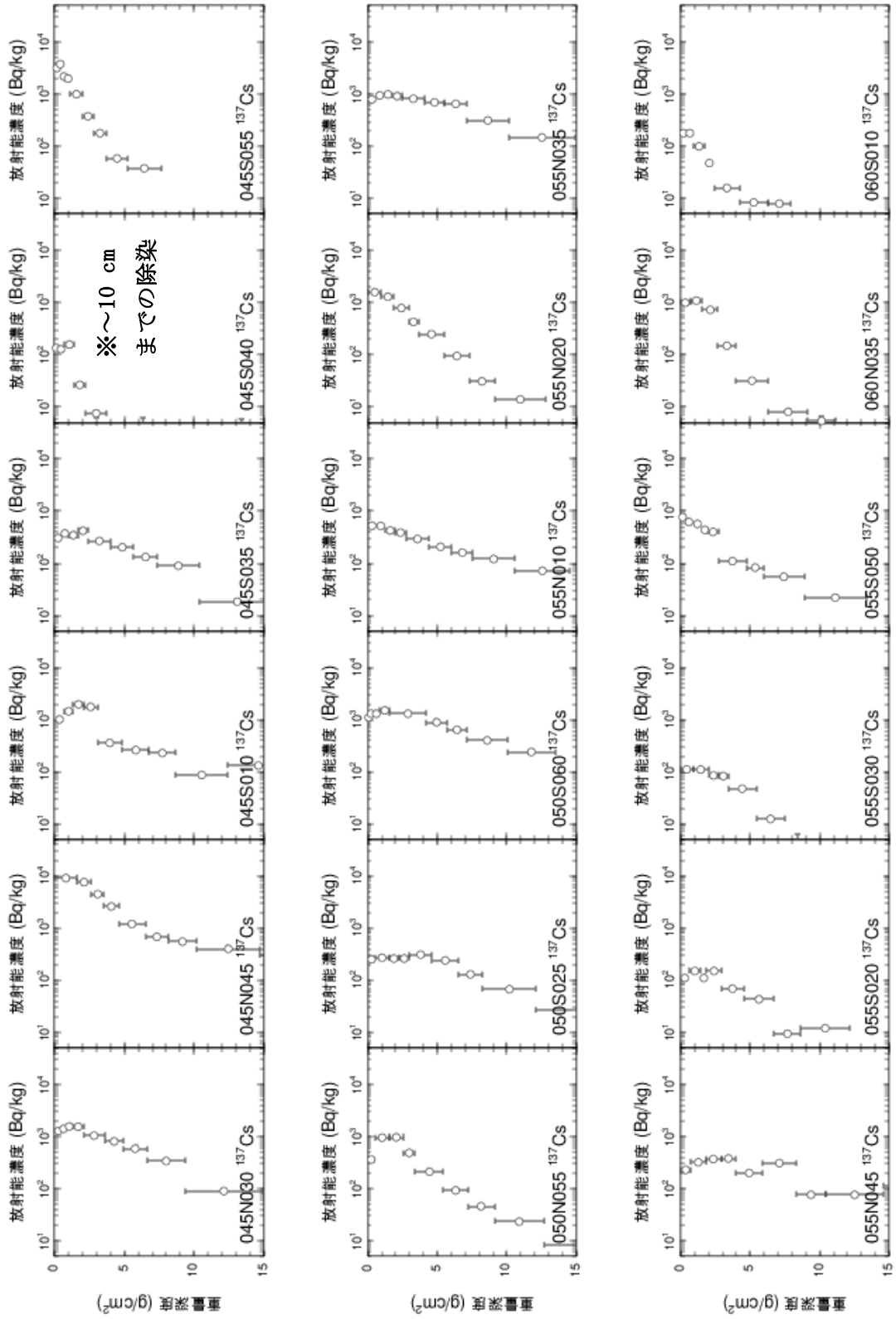
セシウム 137 の深度分布 (3/5)

※深度分布の変遷から読み取れる除染等の可能性



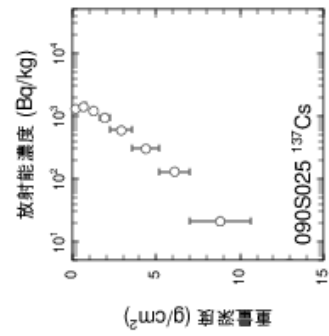
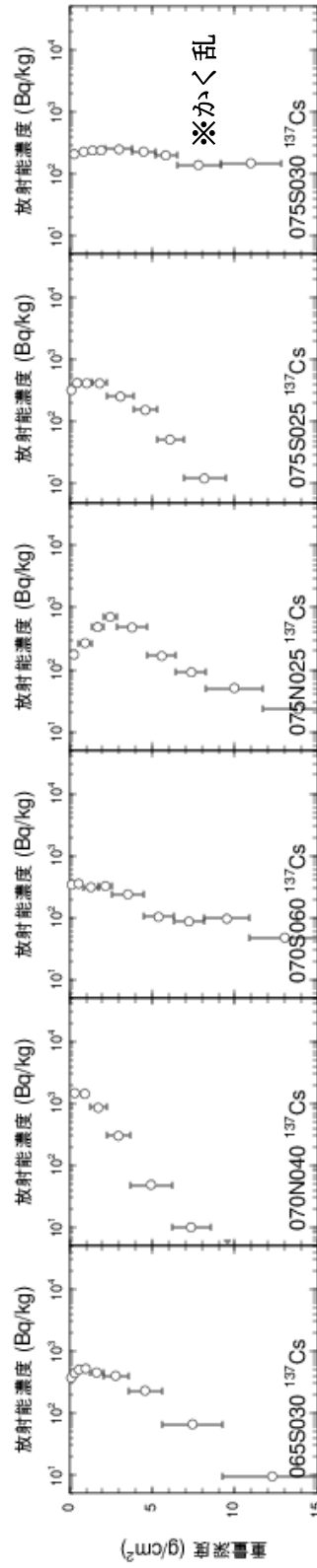
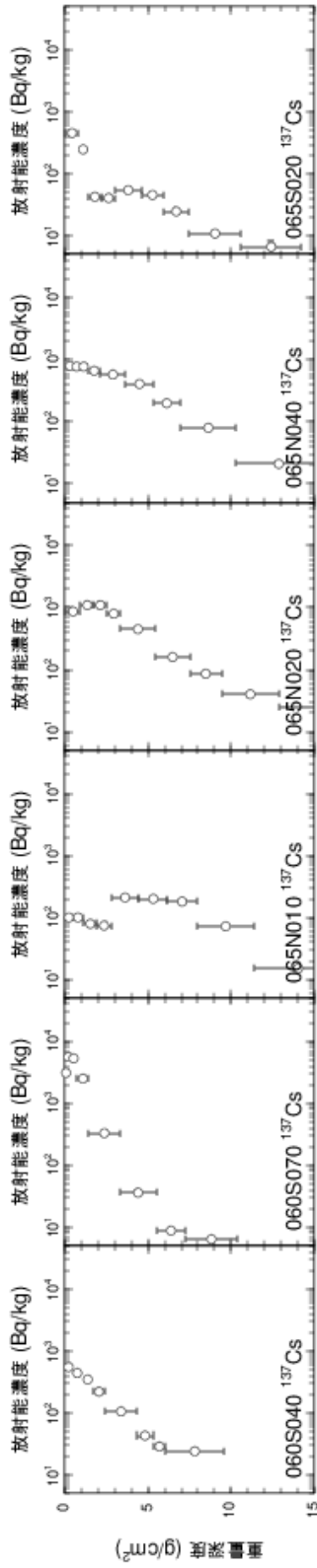
セシウム 137 の深度分布 (4/15)

※深度分布の変遷から読み取れる除染等の可能性



セシウム 137 の深度分布 (5/5)

※深度分布の変遷から読み取れる除染等の可能性



Appendix-2 検討会の概要

「東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の分布データの集約」検討会の概要

1) 第1回

- ・日時：平成30年7月30日（月） 13:31～15:26
- ・場所：東京都千代田区内幸町 2-2-2 富国生命ビル 28階 中会議室
- ・出席委員：百島則幸委員長（(一財)九州環境管理協会）、吉田浩子委員（東北大学大学院）、高橋知之委員（京都大学）、酒井広行委員（福島県）、紺野慎行オブザーバー（福島県）
- ・規制庁出席者：武山松次、滝田敏宏、小口拓郎、宮野敬治、伊藤拓哉、上杉正樹
- ・議題：
 1. 「放射性物質の分布データの集約検討会」の開催について
 2. 東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の分布データの集約（平成30年度調査）の実施内容
 3. その他
- ・配付資料：
 - 資料第1-1号：平成30年度 東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の分布データの集約事業 検討会の開催について（案）
 - 資料第1-2号：平成30年度放射性物質測定調査委託費（東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の分布データの集約）事業計画
 - 資料第1-3号：マップ事業における線量率測定場所の最適化検討
 - 参考資料第1-1号：仕様書
- ・議事内容：
 - (1)資料第1-1号により検討会の開催に関する説明が行われた。
 - (2)資料第1-2号により事業計画に関する説明に対して、質疑応答が行われた。委員からのコメントに対して、統合解析結果のマップ数や地図の表示の仕方についてニーズをふまえて規制庁や地図センターと相談して検討することとした。
 - (3)資料第1-3号により線量率測定場所の最適化検討に関する説明に対して、質疑応答が行われた。委員からのコメントに対して、スコア化の際の自然放射能の扱いについて県のデータを参考に検討する、スコア化の案のいくつかを次回掲示することとした。

2) 第2回

- ・日時：平成30年10月17日（水） 13:32～15:53
- ・場所：東京都千代田区内幸町 2-2-2 富国生命ビル 28階 中会議室
- ・出席委員：百島則幸委員長（(一財)九州環境管理協会）、吉田浩子委員（東北大学大学院）、高橋知之委員（京都大学）、酒井広行委員（福島県）、紺野慎行オブザーバー（福島県）
- ・規制庁出席者：武山松次、滝田敏宏、小口拓郎、宮野敬治、上杉正樹、斎藤公明

・議題：

1. 測定の進捗状況について
2. 空間線量率の統合的評価について
3. マップ事業における線量率測定場所の最適化検討
4. その他

・配付資料：

- 資料第 2-1 号：測定の進捗状況
資料第 2-2 号：空間線量率の統合的評価
資料第 2-3 号：マップ事業における線量率測定場所の最適化検討
参考資料第 2-1 号：仕様書

・議事内容：

- (1)資料第 2-1 号により測定の進捗状況に関する説明に対して、質疑応答が行われた。規制庁より、in-situ 測定の相互比較は引き続き実施するよう、またその目的と結果について追記する旨のコメントがあった。
- (2)資料第 2-2 号により空間線量率の統合的評価に関する説明に対して、質疑応答が行われた。委員からのコメントに対して、2017 年の標準偏差が大きくなった原因を今後詰めていく、天然放射性核種の寄与が大きい空間線量率が低い領域における歩行サーベイとの関連の 1 次回帰からのズレについて検証していくこととした。
- (3)資料第 2-3 号により線量率測定場所の最適化検討に関する説明に対して、質疑応答が行われた。今後の課題として、モニタリングポスト設置箇所のスコア分布の可視化、ランドマーク的なものとして復興再生拠点へのスコアの与え方、住民減少率の処理方法の最適化などが挙げられた。

3) 第 3 回

- ・日時：平成 31 年 1 月 22 日（火） 13:31～16:07
- ・場所：東京都千代田区内幸町 2-2-2 富国生命ビル 28 階 中会議室
- ・出席委員：百島則幸委員長（(一財)九州環境管理協会）、吉田浩子委員（東北大学大学院）、山澤弘実委員（名古屋大学）、高橋知之委員（京都大学）、酒井広行委員（福島県）、紺野慎行オブザーバー（福島県）
- ・規制庁出席者：武山松次、滝田敏宏、小口拓郎、宮野敬治、伊藤拓哉、上杉正樹、斎藤公明
- ・議題：
1. データ取得結果
 2. 空間線量率の統合的評価
 3. マップ事業における線量率測定場所の最適化検討
 4. その他
- ・配付資料：
- 資料第 3-1 号：東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の分布データの集約 - データ取得結果 -

資料第 3-2 号：東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の分布データの集約事業 - 空間線量率の統合的評価 -

資料第 3-3 号：マップ事業における線量率測定場所の最適化検討

参考資料 3-1：H30 年度 放射性物質測定調査委託費 東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の分布データの集約 成果報告書（案）

・議事内容：

- (1)資料第 3-1 号によりデータ取得結果に関する説明に対して、質疑応答が行われた。
- (2) 資料第 3-2 号により空間線量率の統合的評価に関する説明に対して、質疑応答が行われた。委員からのコメントに対して、2016 年より 2017 年の方が線量率が高く見える福島市付近のエリアで観測データと計算結果が大きくズレていないことを別途検討する、統合マップと測定データとのズレの表現を報告書には定量的に記載することとした。また、規制庁より、航空機サーベイで前年に比べ高いところを明確にし、それが統合マップにどう反映されたかを報告書に記載すること、平成 30 年度は 80km 圏内に加えて福島県全域について統合的評価を実施するよう要望があった。
- (3)資料第 3-3 号により線量率測定場所の最適化検討に関する説明に対して、質疑応答が行われた。

4) 第 4 回

- ・日時：平成 31 年 3 月 6 日（水） 13:30～15:43
- ・場所：東京都港区新橋 1-18-1 航空会館 2 階 201 会議室
- ・出席委員：百島則幸委員長（(一財)九州環境管理協会）、吉田浩子委員（東北大学大学院）、山澤弘実委員（名古屋大学）、高橋知之委員（京都大学）、紺野慎行オブザーバー（福島県）
- ・規制庁出席者：武山松次、滝田敏宏、伊藤拓哉、上杉正樹、斎藤公明

・議題：

1. H30 年度調査の実施状況について
 - 1.1 データ取得結果
 - 1.2 空間線量率の統合的評価
2. その他

・配付資料：

資料第 4-1 号：東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の分布データの集約 - データ取得結果 -

資料第 4-2 号：東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の分布データの集約事業 - 空間線量率の統合的評価 -

参考資料 4-1：H30 年度 放射性物質測定調査委託費 東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の分布データの集約 成果報告書（案）

参考資料 4-2：報告書提出までのスケジュール

・議事内容：

- (1)資料第 4-1 号によりデータ取得結果に関する説明に対して、質疑応答が行われた。実効半

減期に関する委員からのコメントに対して、実効半減期の定義を記載するとともに天然放射性核種による空間線量率寄与の有無を明記することとした。

(2)資料第 4-2 号により空間線量率の統合的評価に関する説明に対して、質疑応答が行われた。

(3)参考資料 4-1 及び 4-2：成果報告書（案）に関する説明に対して、質疑応答が行われた。

委員及び規制庁からのコメントに対して、報告書に要旨を記載する、検討会実施について付録として記載することとし、平成又は西暦の表記について規制庁に検討いただくこととした。また、3月29日の規制庁への報告書提出までのスケジュールを確認した。