

## 12.まとめ

本報告書では、「令和 3 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」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（80 km 圏内及び広域について 1 回ずつ）、定点サーベイ（80 km 圏内で 1 回）、歩行サーベイ（80 km 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。令和 2 年度との比較の結果、いずれの測定も放射性セシウムの物理半減期による理論値よりも減少が小さく（または微増）、空間線量率が減少し多くの地点でバックグラウンドレベルに近づきつつあることを示唆する結果であった。

土壌における放射性セシウムの分布調査に関しては、スクレーパープレート法で採取（80 km 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及び可搬型 Ge 検出器を用いた in-situ 測定による放射性セシウム沈着量の面的調査（80 km 圏内で 1 回）をそれぞれ実施した。深度分布調査の結果、令和 3 年度に得られた実効的な重量緩衝深度 $\beta_{eff}$ （幾何平均値）は、4.11 g/cm<sup>2</sup>であった。放射性セシウム沈着量の面的調査を行い土壌沈着量分布マップ（in-situ 測定の結果 383 箇所及び空間線量率から評価した沈着量を追加した詳細マップ）を作成した。また、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 0.05  $\mu$ Sv/h）。

これまで蓄積した 80 km 圏内の測定結果を基に空間線量率及び土壌沈着量の実効半減期を評価した。走行サーベイ、定点サーベイ及び歩行サーベイについては、二項指数関数によるフィッティングが良好ではなく、指数関数及び定数項による近似を採用し、それぞれの実効半減期は 1.9 年、1.7 年及び 1.3 年であった。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 の実効半減期を評価した。

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、平成 30 年度に開発した「スコア」化手法を基に福島県及び 80 km 圏内でのスコアマップを作成するとともに、そのスコアの「普遍性」を評価するために、多年度におけるモニタリングデータを使用した場合のスコアをその変化要因について考察した。

海洋のモニタリングデータについて、令和 2 年度までに総合モニタリング計画で実施された海域モニタリングの測定結果を集約するとともに、事故による影響が大きかったセシウム 137 について過去からの変動や濃度などの測定結果の詳細な解析評価を行なった。

階層ベイズ統計手法を用いて、令和 3 年度に測定された走行サーベイ、定点サーベイ及び歩行サーベイの測定結果に福島県によるモニタリングメッシュ調査及び規制庁による航空機サーベイの測定結果を加えるとともに、令和 2 年度に測定された林野庁調査の結果を減衰補正のうえ統合し 80 km 圏内及び福島県全域の空間線量率分布統合マップを作成した。

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」に令和 3 年度の走行サーベイ、定点サーベイ及び無人ヘリサーベイによる空間線量率及び in-situ 測定による土壌中放射性セシウムの沈着量の測定結果を公開した。

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。

分布状況調査で取得した測定データを CSV（場合によっては Excel<sup>®</sup>、KMZ）形式にて保存した。又、当該分野の今後の調査等に活用するため、原子力規制庁や環境省が保有する測定データの一部を公開資料から抽出し CSV（場合によっては Excel<sup>®</sup>、KMZ）形式にて保存した。これらのデータの一部は原子力規制庁の Web サイトにて公開される。

令和 3 年度調査実施期間中、有識者からの助言を得るための技術検討会を 3 回開催した。各技術検討会の開催日時、出席者、議題等の概要を付録 2 に示す。

## 参考文献

- 1) 原子力規制庁, 放射性物質の分布状況等に関する調査,  
<http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/list/338/list-1.html>, (参照 : 2022 年 2 月 28 日) .
- 2) 津田修一ほか, 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, 54p.(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. Geophy., 45, pp.3-7(2014).
- 5) 眞田幸尚ほか, 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, 129p.(2014).
- 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) 眞田幸尚ほか, 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, 81p.(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  $\gamma$  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, (2016),  
<https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/12000/11995/29/part1-3.pdf>, (参照 : 2022 年 2 月 28 日) .
- 9) 国土地理院, 地理院地図, <https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>, (参照 : 2022 年 2 月 28 日) .
- 10) R.J. Loughran, et al., Handbook for the Assessment of Soil Erosion and Sedimentation Using Environmental Radionuclides (Chapter 3 Sampling methods), pp. 41-57 (2002).
- 11) 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, STI/PUB/1239, 166p.(2006).
- 12) ICRU, Gamma-ray spectrometry in the environment, International Commission on Radiation Units and measurements (ICRU) report: 53, 84p.(1994).
- 13) 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).
- 14) 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, 93p.(1998).
  - 15) 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, (2018),  
[https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/14000/13993/33/Part2-2\\_20181130.pdf](https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/14000/13993/33/Part2-2_20181130.pdf), (参照 : 2022 年 2 月 28 日) .
  - 16) 原子力規制庁, 平成 28 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, (2017),  
[https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/14000/13159/35/Part1-6\\_放射性セシウムの深度分布調査.pdf](https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/14000/13159/35/Part1-6_放射性セシウムの深度分布調査.pdf), (参照 : 2022 年 2 月 28 日) .
  - 17) 原子力規制庁, ゲルマニウム半導体検出器を用いた *in-situ* 測定法, 放射能測定法シリーズ 33, 150p.(2017),  
<https://www.kankyo-hoshano.go.jp/wp-content/uploads/2020/12/No33.pdf>, (参照 : 2022 年 2 月 28 日) .
  - 18) 三上智ほか, 可搬型ゲルマニウム半導体検出器を用いた in situ 測定による福島第一原子力発電所から 80km 圏内の土壌中天然放射性核種の空気カーマ率調査, 日本原子力学会誌和文論文誌, 20, pp.159-178(2021).
  - 19) 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  $\gamma$  線の特徴と被ばく線量との関係, RADIOISOTOPES, 63, pp.585-602(2014).
  - 20) 福島県, 東京電力株式会社, 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, (2013), <https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/42296.pdf>, (参照 : 2022 年 2 月 28 日) .
  - 21) Y. Sanada, et al., Distribution map of natural gamma-ray dose rates for studies of the additional exposure dose after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Station accident, J. Environ. Radioact., 223-224, pp.106397(2020).
  - 22) 安藤真樹ほか, 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).
  - 23) 原子力規制庁, 航空機モニタリングによる空間線量率の測定結果,  
<https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/list/362/list-1.html>, (参照 : 2022 年 2 月 28 日) .
  - 24) 原子力規制庁, 総合モニタリング計画, <https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/list/204/list-1.html>, (参照 : 2022 年 2 月 28 日) .
  - 25) 動力炉・核燃料開発事業団, 日本のウラン資源, PNC TN7420 94-006, 391p. (1994).
  - 26) 原子力規制委員会, 福島県及びその近隣県における航空機モニタリングの測定結果について, (2017),  
[https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/13000/12701/24/170213\\_11th\\_air.pdf](https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/13000/12701/24/170213_11th_air.pdf), (参照 :

- 2022年2月28日)。
- 27) 日本原子力研究開発機構, 放射性物質モニタリングデータの情報公開サイト, 放射性物質の分布状況等調査による走行サーベイ(KURAMA),  
[https://emdb.jaea.go.jp/emdb\\_old/portals/b1010202/](https://emdb.jaea.go.jp/emdb_old/portals/b1010202/), (参照: 2022年2月28日)。
  - 28) 日本原子力研究開発機構, 放射性物質モニタリングデータの情報公開サイト, 放射性物質の分布状況等調査による空間線量率測定,  
[https://emdb.jaea.go.jp/emdb\\_old/portals/b1010116/](https://emdb.jaea.go.jp/emdb_old/portals/b1010116/), (参照: 2022年2月28日)。
  - 29) 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, 歩行サーベイによる生活経路における空間線量率の測定, (2018),  
[https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/14000/13993/28/Part1-2\\_20181130.pdf](https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/14000/13993/28/Part1-2_20181130.pdf), (参照: 2022年2月28日)。
  - 30) 原子力規制庁, 東京電力株式会社福島第一原子力発電所の20km以遠の空間線量率の測定結果(2017年11月), (2019), <https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/list/207/list-201711.html>, (参照: 2022年2月28日)。
  - 31) 福島県, 環境放射線モニタリング・メッシュ調査結果,  
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/ps-monitoring-mesh.html>, (参照: 2022年2月28日)。
  - 32) 福島県, 平成29年度森林におけるモニタリング調査結果について, (森林における放射性物質の状況と今後の予測について),  
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/267364.pdf>, (参照: 2022年2月28日)。
  - 33) 福島県, 福島県環境放射線モニタリング調査(観光地第13回)結果, (2017),  
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/ps-kankouti-13.html>, (参照: 2022年2月28日)。
  - 34) 福島市, 全市放射線量測定マップ, (平成29年2月7日~3月7日実施),  
<http://www.city.fukushima.fukushima.jp/kankyo-houshasen/bosai/bosaikiki/shinsai/hoshano/sokute/shiniaisokute/documents/map17040385000a2a4.pdf>, (参照: 2022年2月28日)。
  - 35) 富岡町, 町内の放射線量調査(町内142ヶ所の定点測定),  
<https://tomioka-radiation.jp/air-dose/kukan.html>, (参照: 2022年2月28日)。
  - 36) 総務省統計局, 平成22年国勢調査, <http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2010/>, (参照: 2022年2月28日)。
  - 37) 環境省, 追加ばびく線量年間1ミリシーベルトの考え方, 平成23年10月10日災害廃棄物安全評価検討会・環境回復検討会第1回合同検討会資料, (2011),  
[http://www.env.go.jp/press/file\\_view.php?serial=18437&hou\\_id=14327](http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=18437&hou_id=14327), (参照: 2022年2月28日)。
  - 38) 国土交通省, 国土数値情報ダウンロード, <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>, (参照: 2022年2月

28日)。

- 39) 経済産業省, 平成 26 年商業統計メッシュデータ・ダウンロード, 1 km メッシュデータ : 世界測地系 (2017),  
<https://www.meti.go.jp/statistics/tyo/syogyo/mesh/download.html#1km>, (参照 : 2022 年 2 月 28 日)。
- 40) 原子力規制庁, 平成 31 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, 6.測定箇所の重要度分類のためのスコア化の検討, (2020),  
[https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/16000/15217/31/JAEArep\\_MAPproject\\_H31\\_20200807\\_6.pdf](https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/16000/15217/31/JAEArep_MAPproject_H31_20200807_6.pdf), (参照 : 2022 年 2 月 28 日)。
- 41) IAEA, Sediment distribution coefficients and concentration factors for biota in the marine environment, IAEA-TECDOC 422 (2004).
- 42) 公益財団法人海洋生物環境研究所, 平成 30 年度海洋環境における放射能調査及び総合評価事業調査報告書 (2019).
- 43) H. M. Wainwright et al., A multiscale Bayesian data integration approach for mapping air dose rates around the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, J. Environ. Radioact., 167, pp.62-69 (2017).
- 44) 原子力規制庁, 平成 28 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, Part1-7\_空間線量率の統合評価, (2017), <https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/14000/13159/36/空間線量率の統合評価.pdf>, (参照 : 2022 年 2 月 28 日)。
- 45) 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, Part3 空間線量率の統合評価, (2018),  
[https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/14000/13993/34/Part3\\_20181130.pdf](https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/14000/13993/34/Part3_20181130.pdf), (参照 : 2022 年 2 月 28 日)。
- 46) 原子力規制庁, 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 成果報告書, 7.実測データの統合的解析, (2019),  
[https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/15000/14765/31/JAEArep\\_MAPproject\\_H30\\_20200302\\_7.pdf](https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/15000/14765/31/JAEArep_MAPproject_H30_20200302_7.pdf), (参照 : 2022 年 2 月 28 日)。
- 47) 原子力規制庁, 平成 31 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, 7.実測データの統合的解析, (2020),  
[http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/16000/15217/32/JAEArep\\_MAPproject\\_H31\\_20200807\\_7.pdf](http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/16000/15217/32/JAEArep_MAPproject_H31_20200807_7.pdf), (参照 : 2022 年 2 月 28 日)。
- 48) 原子力規制庁, 令和 2 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, 7.実測データの統合

- 的解析, (2021),  
[https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/17000/16277/33/JAEA\\_MAPprojectR2\\_20210802\\_7-1.pdf](https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/17000/16277/33/JAEA_MAPprojectR2_20210802_7-1.pdf), (参照 : 2022 年 2 月 28 日) .
- 49) 林野庁関東森林管理局, 福島県内に所在するレクリエーションの森等における空間線量率調査の実施結果について, <https://www.rinya.maff.go.jp/kanto/press/kikaku/190712.html>.  
(参照 : 2022 年 2 月 28 日)
- 50) 林野庁関東森林管理局, これまでの調査結果 1.旧避難指示区域等国有林内におけるモニタリング調査事業,  
<https://www.rinya.maff.go.jp/kanto/seibi/jyosensennta/chousakekka01.html>, (参照 : 2022 年 2 月 28 日) .
- 51) 宇宙航空研究開発機構, 高解像度土地利用土地被覆図,  
[https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/jp/dataset/lulc\\_j.htm](https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/jp/dataset/lulc_j.htm), (参照 : 2022 年 2 月 28 日) .
- 52) 放射線量等分布マップ拡大サイト, <https://ramap.jmc.or.jp/map/>, (参照 : 2022 年 2 月 28 日) .
- 53) 原子力規制庁, 緊急時における環境試料採取法, 放射能測定法シリーズ 35, 148p.(2021),  
<https://www.kankyo-hoshano.go.jp/wp-content/uploads/2021/06/No35.pdf>, (参照 : 2022 年 3 月 29 日) .
- 54) 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>, (参照 : 2022 年 2 月 28 日) .
- 55) 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](http://www.env.go.jp/jishin/monitoring/results_r-pw.html), (参照 : 2022 年 2 月 28 日) .