

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

成果報告書

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

本報告書は、原子力規制庁による令和 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）事業の成果をとりまとめたものである。

## 要 旨

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。）事故発生後、文部科学省（後に原子力規制庁）からの委託を受け、平成 23 年 6 月から令和 3 年度まで放射性物質の分布状況調査等を実施してきた。本報告書は、「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」（以下「令和 3 年度調査」という。）における以下の調査結果をとりまとめたものである。

周辺線量当量（以下「空間線量率」という。）の分布測定では、主に福島第一原発から 80 km 圏内（以下「80 km 圏内」という。）において走行サーベイ（2 回；ただし、1 回は地方自治体との協働による測定を含め東日本広域での測定）、サーベイメータによる平坦地上の測定（1 回）、歩行サーベイ（1 回）及び無人ヘリコプターサーベイ（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。放射性セシウムの土壌沈着量に関しては、可搬型ゲルマニウム半導体検出器を用いた in-situ 測定（1 回）及びスクレーパープレート法で採取した土壌試料の分析による土壌中深度分布調査（1 回）をそれぞれ実施した（いずれも 80 km 圏内）。さらに、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。測定箇所の重要度分類のためのスコア化の検討では、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、スコアの「普遍性」を評価するため、多年度のモニタリングデータを使用した場合のスコア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。実測データの統合的解析では、階層ベイズ統計手法を用いて、走行サーベイ、サーベイメータによる平坦地上の測定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林野庁調査の結果を統合し、80 km 圏内及び福島県全域の空間線量率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 年度調査において取得した空間線量率や土壌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では、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。測定データの CSV 化では、本事業で取得した測定データを CSV（場合によっては Excel®、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®、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。

## 目 次

1.	はじめに .....	1
2.	地上における広域の空間線量率の分布測定 .....	3
2.1	調査目的 .....	3
2.2	調査手法 .....	3
2.2.1	走行サーベイ .....	3
2.2.2	定点サーベイ .....	4
2.2.3	歩行サーベイ .....	4
2.2.4	令和 2 年度との比較 .....	5
2.2.5	測定手法間の比較 .....	5
2.3	空間線量率測定結果 .....	10
2.3.1	空間線量率分布マップ .....	10
2.3.2	令和 2 年度との比較 .....	20
2.3.3	平成 23 年度との比較 .....	21
2.3.4	測定手法間の比較 .....	21
3.	無人ヘリによる発電所周辺の空間線量率測定 .....	27
3.1	調査目的 .....	27
3.2	調査手法 .....	27
3.2.1	調査場所・期間 .....	27
3.2.2	調査機器 .....	27
3.2.3	データ取得方法 .....	28
3.2.4	無人ヘリ測定データの空間線量率への換算 .....	28
3.2.5	空間線量率マップの作成 .....	29
3.3	調査結果 .....	31
3.3.1	空間線量率マップ .....	31
3.3.2	測定結果の妥当性の検証 .....	31
3.3.3	令和 2 年度との比較 .....	31
3.3.4	天然放射性核種による空間線量率マップ .....	31
3.3.5	福島第一原発から約 5 km 圏内の放射性セシウム沈着量評価 .....	32
4.	土壌における放射性セシウムの分布状況 .....	42
4.1	放射性セシウムの深度分布 .....	42
4.1.1	調査目的 .....	42
4.1.2	調査内容 .....	42
4.1.3	調査結果 .....	45
4.2	放射性セシウム沈着量の面的調査 .....	48

4.2.1	調査目的	48
4.2.2	調査内容	48
4.2.3	調査結果	51
4.2.4	天然放射性核種による空間線量率の評価	63
5.	空間線量率及び放射性セシウム土壌沈着量の実効半減期の評価	65
5.1	目的	65
5.2	測定結果の変化傾向	65
5.3	バックグラウンドの設定	70
5.4	実効半減期算出方法	71
5.5	空間線量率の実効半減期	72
5.6	放射性セシウム沈着量の実効半減期	77
5.7	同一メッシュにおける空間線量率の変化傾向	79
5.8	モニタリングポストによる空間線量率解析の試行	82
6.	測定箇所の重要度分類のためのスコア化の検討	86
6.1	目的	86
6.2	総合モニタリング計画	86
6.3	空間線量率等モニタリングを取り巻く状況	88
6.3.1	空間線量率の分布の状況	88
6.3.2	これまでの測定ポイントの設定方法	89
6.3.3	重点化・最適化の方向性	90
6.4	モニタリング代表性の高い場所を選定するための評価方法案	90
6.4.1	地域スコア化手法	90
6.4.2	スコア評価例	91
6.4.3	年度別の評価例	96
6.5	評価結果のまとめ	100
7.	海洋のモニタリングデータの評価	101
7.1	調査目的	101
7.2	調査内容	101
7.3	調査結果	102
7.3.1	海水モニタリングの解析	102
7.3.2	海底土モニタリングの解析	103
7.3.3	過年度評価結果との比較	105
8.	実測データの統合的解析	109
8.1	調査目的	109
8.2	調査内容	110
8.2.1	異なる測定方法による空間線量率の特徴	110
8.2.2	統合手法の概要	110
8.3	80 km 圏内を対象とした令和 2 年度統合マップの作成	111

8.3.1	対象とした測定データ .....	111
8.3.2	歩行サーベイ結果の空間分布パターンの解析 .....	114
8.3.3	走行サーベイと歩行サーベイの比較 .....	117
8.3.4	航空機サーベイと歩行サーベイの比較 .....	119
8.3.5	統合結果 .....	120
8.4	福島県全域を対象とした統合マップの作成 .....	121
8.4.1	対象とした測定データ .....	121
8.4.2	歩行サーベイを対象とした空間パターンの解析 .....	122
8.4.3	走行サーベイデータと歩行サーベイデータの比較 .....	124
8.4.4	航空機サーベイデータと歩行サーベイデータの比較 .....	125
8.4.5	統合結果 .....	126
8.5	統合マップの精度検証 .....	127
9.	空間線量率等分布マップの作成と公開 .....	130
9.1	目的 .....	130
9.2	空間線量率等分布マップの作成と公開 .....	130
9.3	空間線量率等分布マップの運用管理 .....	131
10.	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 .....	133
10.1	測定方法及び測定結果 .....	133
10.1.1	空間線量率 .....	133
10.1.2	積算線量 .....	133
10.1.3	大気浮遊じん中放射性物質濃度 .....	133
10.1.4	環境試料（土壌及び松葉）中放射性物質濃度 .....	133
10.2	測定結果の公開 .....	134
11.	測定データのCSV化 .....	140
11.1	CSV等の形式で保存した測定データ .....	140
11.2	保存した測定データの公開 .....	140
12.	まとめ .....	144
	参考文献 .....	146
	付録1 セシウム137の深度分布 .....	151
	付録2 令和3年度技術検討会の概要 .....	156

## 表リスト

表 1-1	各調査における測定項目ごとの実施時期	2
表 2-1	各測定手法における測定期間及び測定エリア	6
表 2-2	比較の組み合わせ	6
表 2-3	令和 2 年度と比較した令和 3 年度の空間線量率測定結果の相対変化率	20
表 2-4	平成 23 年度と比較した令和 3 年度の空間線量率測定結果の変化傾向	21
表 3-1	テストサイトにおける換算パラメータ取得条件	29
表 5-1	評価された実効半減期の一覧	73
表 5-2	モニタリングポストデータから求めた実効半減期（速い成分）	83
表 5-3	モニタリングポストデータから求めた実効半減期（遅い成分）	83
表 6-1	総合モニタリング計画における測定種別及び担当省庁	87
表 6-2	図 6-1 の作成に使用したモニタリング情報一覧	88
表 6-3	ランドマークデータの詳細情報	92
表 6-4	スコア付与例	92
表 6-5	平成 30 年度/平成 29 年度のスコア差	96
表 6-6	令和元年度/平成 29 年度のスコア差	96
表 6-7	令和 2 年度/平成 29 年度のスコア差	97
表 7-1	各海域の海水ランク分け結果	103
表 7-2	各海域の海底土ランク分け結果	104
表 7-3	令和 2 年度海域事業評価結果からランクが変化した地点（海水）	106
表 7-4	令和 2 年度海域事業評価結果からランクが変化した地点（海底土）	107
表 7-5	平成 31 年度海域事業から令和 3 年度調査にかけてのランク変化状況	107
表 8-1	使用データ一覧	112
表 8-2	関連のパラメータ	119
表 10-1	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の実施項目ごとの測定地点数及び測定（採取）頻度	134
表 11-1	分布状況調査で取得した測定データの項目とレコード数	141
表 11-2	原子力規制庁・環境省が保有する測定データの項目とレコード数	142
表 11-3	測定データを統一フォーマットに変換した自治体リスト	143

## 図リスト

図 2-1	令和 3 年度調査における定点サーベイによる空間線量率の測定箇所 .....	7
図 2-2	令和 3 年度調査における歩行サーベイによる空間線量率の測定箇所 .....	8
図 2-3	令和 3 年度調査における歩行サーベイに用いた測定システムの概要 .....	9
図 2-4	各測定場所のイメージ .....	9
図 2-5	令和 3 年度 1 回目 (第 22 回) 走行サーベイによる空間線量率の測定結果 .....	11
図 2-6	令和 3 年度 2 回目 (第 23 回) 走行サーベイによる空間線量率の測定結果 .....	12
図 2-7	平成 23 年度から令和 3 年度までの走行サーベイによる 80 km 圏内を中心とした空間線量率マップの変化 .....	13
図 2-8	令和 3 年度調査における定点サーベイによる空間線量率の測定結果 .....	15
図 2-9	平成 23 年度から令和 3 年度までの定点サーベイによる空間線量率マップの変化....	16
図 2-10	令和 3 年度調査における歩行サーベイによる空間線量率の測定結果 .....	18
図 2-11	平成 25 年度から令和 3 年度までの歩行サーベイによる空間線量率マップの変化..	19
図 2-12	令和 2 年度の測定結果に対する令和 3 年度の測定結果の比 .....	23
図 2-13	走行サーベイ及び定点サーベイによる空間線量率結果の平成 23 年度との比較 .....	24
図 2-14	令和 3 年度調査での測定手法間の比較 .....	25
図 2-15	定点サーベイに対する走行サーベイ及び歩行サーベイの空間線量率の相対偏差 .....	26
図 3-1	無人ヘリの仕様等 .....	28
図 3-2	令和 3 年度無人ヘリサーベイの飛行軌跡.....	30
図 3-3	令和 3 年度調査における無人ヘリサーベイによる空間線量率測定結果.....	33
図 3-4	平成 24 年度から令和 3 年度までの無人ヘリサーベイによる空間線量率マップの変化 .....	34
図 3-5	無人ヘリサーベイと地上測定 (定点サーベイ) による空間線量率の比較 .....	35
図 3-6	令和 2 年度と令和 3 年度の無人ヘリサーベイによる空間線量率測定結果の比較 .....	36
図 3-7	令和 2 年度に対する令和 3 年度の無人ヘリサーベイによる空間線量率測定結果の比の分布.....	37
図 3-8	令和 2 年度から令和 3 年度にかけて空間線量率が顕著に減少した場所の要因調査 .....	38
図 3-9	令和 3 年度調査における無人ヘリサーベイにより評価した天然放射性核種による空気カーマ率の分布測定結果.....	39
図 3-10	平成 28 年度～平成 30 年度の可搬型 Ge 検出器による放射性セシウム沈着量測定結果 (令和 3 年度に物理減衰補正) と無人ヘリサーベイによる放射性セシウム沈着量の換算結果との比較.....	40
図 3-11	無人ヘリサーベイによる放射性セシウム沈着量分布マップ .....	41
図 4-1	令和 3 年度の放射性セシウム深度分布調査での土壌採取箇所 .....	44
図 4-2	セシウム 137 の深度分布 (重量深度に対する放射能濃度の測定結果) の典型的な例 .....	45
図 4-3	令和 3 年度の深度分布調査による重量緩衝深度 $\beta$ の自然対数値の頻度分布 .....	46



図 4-4	令和 3 年度の深度分布調査による実効的な重量緩衝深度 $\beta_{eff}$ の自然対数値の頻度分布 .....	47
図 4-5	平成 23 年 12 月からの実効的な重量緩衝深度 $\beta_{eff}$ の経時的な変化 .....	47
図 4-6	平成 23 年 12 月からの 90%深度 $L_{90\%}$ 及びその幾何平均値の経時的な変化 .....	48
図 4-7	令和 3 年度調査における可搬型 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測定箇所 .....	50
図 4-8	可搬型 Ge 検出器による in-situ 測定の結果を基に求められた空間線量率と NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータによる空間線量率の相関 .....	51
図 4-9	令和 3 年度調査における可搬型 Ge 検出器を用いた in-situ 測定による放射性セシウムの沈着量分布マップ .....	53
図 4-10	NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータによる地表面から 1 m 高さの空間線量率と可搬型 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相関.....	55
図 4-11	可搬型 Ge 検出器を用いた in-situ 測定による沈着量と定点サーベイ最近傍点における NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータによる空間線量率から評価したセシウム 137 沈着量の比較 .....	56
図 4-12	令和 3 年度調査における放射性セシウムの土壌沈着量分布マップ .....	57
図 4-13	平成 23 年度から令和 3 年度調査までの in-situ 測定（一部、土壌試料採取による）及び空間線量率から評価した土壌沈着量の分布マップの変化 .....	59
図 4-14	in-situ 測定により評価した天然放射性核種による空気カーマ率の分布 .....	64
図 5-1	分布状況調査で得られた空間線量率の変化傾向 .....	67
図 5-2	分布状況調査で得られた放射性セシウム沈着量の変化傾向.....	69
図 5-3	天然放射性核種由来の線量率マップ .....	70
図 5-4	走行サーベイ結果（80 km 圏内）における空間線量率変化傾向及び指数関数の近似 .....	74
図 5-5	定点サーベイ、歩行サーベイ及び無人ヘリサーベイ結果における空間線量率変化傾向及び指数関数の近似 .....	75
図 5-6	航空機サーベイ結果における空間線量率変化傾向及び指数関数の近似 .....	76
図 5-7	可搬型 Ge 検出器を用いた in-situ 測定結果における放射性セシウムの沈着量変化傾向及び指数関数の近似 .....	78
図 5-8	走行サーベイ、定点サーベイ、歩行サーベイ及び航空機サーベイの全測定手法によるデータセットが存在する調査メッシュ箇所（データ抽出箇所） .....	80
図 5-9	各モニタリングのイメージと測定対象 .....	81
図 5-10	全測定手法によるデータセットがある調査メッシュにおける空間線量率の変化傾向 .....	81
図 5-11	モニタリングポストの概観と基本性能.....	84
図 5-12	モニタリングポストの測定データ例 .....	84
図 5-13	解析に使用したモニタリングポストの設置場所 .....	85
図 5-14	モニタリングポストデータから求めた実効半減期.....	85

図 6-1	基準地域メッシュ内の最大空間線量率マップ .....	89
図 6-2	福島市及び富岡町における空間線量率の測定状況（平成 29 年度測定例） .....	90
図 6-3	空間線量率の分布傾向と閾値.....	93
図 6-4	人口密度の分布傾向と閾値 .....	93
図 6-5	平成 29 年度に測定された空間線量率のスコアマップ例.....	94
図 6-6	平成 29 年時点における空間線量率及び事故前の人口密度を合計したスコアマップ例 .....	94
図 6-7	平成 29 年時点における空間線量率、事故前の人口密度及び避難指示区域を合計したスコアマップ例 .....	95
図 6-8	平成 29 年時点における空間線量率、事故前の人口密度、避難指示区域及びランドマークを合計したスコアマップ例 .....	95
図 6-9	平成 30 年時点における空間線量率、事故前の人口密度、避難指示区域及びランドマークを合計したスコアマップ .....	98
図 6-10	令和元年時点における空間線量率、事故前の人口密度、避難指示区域及びランドマークを合計したスコアマップ .....	98
図 6-11	令和 2 年時点における空間線量率、事故前の人口密度、避難指示区域及びランドマークを合計したスコアマップ .....	99
図 6-12	各年度のスコアの差異 .....	99
図 7-1	海底土のセシウム 137 濃度の測定結果例 .....	102
図 7-2	令和 2 年度海域事業評価結果からランクが上昇した地点（海水） .....	108
図 7-3	令和 2 年度海域事業評価結果からランクが上昇した地点（海底土） .....	108
図 8-1	令和 3 年度に実施された歩行、走行及び航空機サーベイ結果（80 km 圏内） .....	113
図 8-2	JAXA の高解像度土地利用土地被覆図に基づく土地利用状況 .....	114
図 8-3	令和 3 年度に実施された旧避難指示区域内外における歩行サーベイによる空間線量率のバリオグラム解析結果.....	116
図 8-4	令和 3 年度に実施された旧避難指示区域内外における走行サーベイ（Car survey）と歩行サーベイ（Walk survey）による空間線量率の相関分析結果 .....	118
図 8-5	令和 3 年度に実施された旧避難指示区域内外における航空機サーベイ（Air survey）と歩行サーベイ（Walk survey）による空間線量率の相関分析結果.....	120
図 8-6	各種測定結果を統合した統合マップ（80 km 圏内） .....	121
図 8-7	令和 3 年度に実施された歩行、走行及び航空機サーベイ結果（福島県全域） .....	122
図 8-8	令和 3 年度に実施された福島県全域における歩行サーベイによる空間線量率のバリオグラム解析結果 .....	123
図 8-9	令和 3 年度に実施された走行サーベイデータ（Car survey）と歩行サーベイ（Walk survey）との相関分析結果（福島県全域） .....	124
図 8-10	令和 3 年度に実施された航空機サーベイ（Air survey）と歩行サーベイ（Walk survey）との相関分析結果（福島県全域） .....	125
図 8-11	令和 3 年度に実施された各種測定結果を統合した統合マップ（福島県全域及び 80 km	

圈内)	126
図 8-12 統合マップに除外された歩行サーベイ相当データの箇所	128
図 8-13 統合マップ作成時に除外された歩行サーベイ相当データの結果との比較	128
図 8-14 令和 2 年度統合マップとの比較	129
図 9-1 拡大サイトにおける測定データ（第 22 回走行サーベイ）表示例	131
図 10-1 測定及び採取地点	135
図 10-2 総合モニタリング計画に基づく空間線量率の測定結果	136
図 10-3 積算線量の経時変化	137
図 10-4 大気浮遊じん中セシウム 137 濃度の経時変化	138
図 10-5 土壌中セシウム 137 濃度の経時変化	138
図 10-6 松葉中セシウム 137 濃度の経時変化	139