



JAEA-Technology

2025-013

DOI:10.11484/jaea-technology-2025-013

令和6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
(受託研究)

Investigations on Distribution of Radioactive Substances Owing to
the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Accident
in the Fiscal Year 2024
(Contract Research)

福島マップ事業対応部門横断グループ

Group for Fukushima Mapping Project

March 2026

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Technology

本レポートは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。本レポートはクリエイティブ・コモンズ表示 4.0 国際 ライセンスの下に提供されています。本レポートの成果（データを含む）に著作権が発生しない場合でも、同ライセンスと同様の条件で利用してください。（<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja>）
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ウェブサイト（<https://www.jaea.go.jp>）より発信されています。本レポートに関しては下記までお問合せください。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究開発推進部 科学技術情報課
〒 319-1112 茨城県那珂郡東海村大字村松 4 番地 49
E-mail: ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>).

Even if the results of this report (including data) are not copyrighted, they must be used under the same terms and conditions as CC-BY.

For inquiries regarding this report, please contact Library, Institutional Repository and INIS Section, Research and Development Promotion Department, Japan Atomic Energy Agency.

4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1112, Japan

E-mail: ird-support@jaea.go.jp

令和 6 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（受託研究）

日本原子力研究開発機構

福島マップ事業対応部門横断グループ

（2025 年 11 月 4 日受理）

東京電力株式会社福島第一原子力発電所（福島第一原発）事故による放射性物質の分布状況を平成 23 年 6 月より調査してきた。本報告書は、令和 6 年度の調査において得られた結果をまとめたものである。空間線量率については、走行サーベイ、平坦地上でのサーベイメータによる定点サーベイ、歩行サーベイ及び無人ヘリコプターサーベイを実施し、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その経時変化を分析した。山間部モニタリングへの無人航空機の適用可能性を確認するため、山間部における無人航空機の基礎性能試験を実施した。放射性セシウムの土壌沈着量に関しては、in-situ 測定及び土壌中深度分布調査をそれぞれ実施した。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。令和 6 年度調査での走行サーベイや歩行サーベイ等により取得した空間線量率分布データを階層ベイズ統計手法を用いて統合し、福島第一原発から 80 km 圏内及び福島県内の空間線量率統合マップを作成した。令和 6 年度測定結果の WEB サイトでの公開、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を実施した。避難指示解除区域への帰還後に想定される複数の代表的な生活行動パターンを設定し、積算の被ばく線量を算出するとともに当該地方自治体・住民に向けた説明資料を作成した。令和 6 年度調査や原子力規制庁等で実施した環境モニタリングの測定データの一部を CSV 等の形式で保存した。モニタリング地点の重要度を相対的に評価するスコアマップを作成するとともに、過去からのスコアの変化要因について考察しモニタリング地点の重点化及び最適化のための基礎評価を実施した。海水中のトリチウム濃度の評価結果を原子力規制庁へ報告する体制を構築・運用し、ALPS 処理水の海洋への放出前後のトリチウム濃度の変動に着目して解析評価した。総合モニタリング計画に基づき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、過去からの変動などに関して解析評価を行った。

本研究は、原子力規制庁からの委託事業「令和 6 年度放射性物質測定調査委託費及び原子力施設等防災対策等委託費（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」で得られた成果をとりまとめたものである。

原子力緊急時支援・研修センター：〒311-1206 茨城県ひたちなか市西十三奉行 11601-13

Investigations on Distribution of Radioactive Substances Owing to
the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Accident in the Fiscal Year 2024
(Contract Research)

Group for Fukushima Mapping Project

Japan Atomic Energy Agency
Hitachinaka-shi, Ibaraki-ken

(Received November 4, 2025)

This report presents results of the investigations on the distribution-mapping project of radioactive substances conducted in FY2024. Car-borne and walk surveys, a measurement using survey meters, and an unmanned helicopter survey were carried out to obtain air dose rate data on land to create their distribution maps, and temporal changes of those air dose rates were analyzed. In order to confirm the applicability of unmanned aircraft to monitoring in mountainous areas, a basic performance of unmanned aircraft was investigated in mountainous areas. Surveys on depth profile of radiocesium and in-situ measurements as for radiocesium deposition were performed. These measurement results were published on the WEB site. Based on these measurement results, effective half-lives of the temporal changes in the air dose rates and the deposition were evaluated. Using the Bayesian hierarchical modeling approach, we obtained maps that integrated air dose rate distribution data acquired through surveys such as car-borne and walk surveys. Radiation monitoring and analysis of environmental samples owing to the comprehensive radiation monitoring plan were carried out. Representative life patterns that can be expected after the return to the evacuation-designated restricted area were set, and the cumulative exposure doses were evaluated for the local governments and residents in the area. Score maps to classify the importance of the measurement points were created, and the temporal changes in the score were analyzed. A system to report the tritium concentration level in seawater to the Nuclear Regulation Authority was operated, and the variation of tritium concentration before and after the discharge of ALPS treated water to the ocean was analyzed. Monitoring data in coastal area performed owing to the comprehensive radiation monitoring plan until FY2024 was analyzed.

Keywords: Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Accident, Car-borne Survey, Walk Survey, NaI(Tl) Survey Meter, Unmanned Helicopter Survey, Deposit of Radiocesium, Depth Profile, Effective Half-life, Integrated Map, Monitoring Database, Life Patterns, Importance of Measurement Points, Tritium, Coastal Area Monitoring

This report summarized the results of the distribution-mapping projects that JAEA carried out as commissioned business by the Nuclear Regulation Authority in FY2024.

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	6
2.1	調査目的	6
2.2	調査手法	6
2.2.1	走行サーベイ	6
2.2.2	定点サーベイ	7
2.2.3	歩行サーベイ	7
2.2.4	令和 5 年度の測定結果との比較	7
2.2.5	測定手法間の比較	8
2.3	空間線量率測定結果	9
2.3.1	空間線量率分布マップ	9
2.3.2	令和 5 年度との比較	17
2.3.3	測定手法間の比較	17
3.	無人ヘリによる発電所周辺の測定及び無人航空機の山間部における基礎性能試験	23
3.1	調査目的	23
3.2	無人ヘリによるガンマ線測定及び空間線量率マップの作成	23
3.2.1	調査手法	23
3.2.2	福島第一原発から約 5 km 圏内の空間線量率測定結果	28
3.2.3	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	29
3.3	無人機を用いた山間部での空間線量率測定手法の検討	37
3.3.1	無人機の仕様及び調査手法	37
3.3.2	山間部での空間線量率測定手法の検討結果	39
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	46
4.2	放射性セシウム沈着量の面的調査	49
4.2.1	調査目的	49
4.2.2	調査内容	49
4.2.3	調査結果	51
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	61
5.1	目的	61
5.2	実効半減期算出方法	61

5.3	空間線量率の実効半減期	63
5.4	放射性セシウム沈着量の実効半減期	67
6.	実測データの統合的解析	69
6.1	調査目的	69
6.2	調査内容	69
6.2.1	測定データ統合手法の概要	69
6.2.2	統合マップ作成に用いた空間線量率測定データ	70
6.3	80 km 圏内を対象とした統合マップの作成	72
6.3.1	統合マップ作成に使用した測定データ	72
6.3.2	歩行サーベイ結果の空間分布パターンの解析	74
6.3.3	走行サーベイと歩行サーベイの比較	77
6.3.4	航空機サーベイと歩行サーベイの比較	79
6.3.5	統合結果	80
6.4	福島県全域を対象とした統合マップの作成	82
6.4.1	対象とした測定データ	82
6.4.2	歩行サーベイを対象とした空間パターンの解析	85
6.4.3	走行サーベイデータと歩行サーベイデータの比較	85
6.4.4	航空機サーベイデータと歩行サーベイデータの比較	85
6.4.5	統合結果	85
6.5	統合マップの精度検証	87
7.	空間線量率等分布マップの作成と公開	90
7.1	目的	90
7.2	EMDB の作成と公開	90
7.3	EMDB の運用管理	90
7.4	詳細モニタリング結果のマップ化	91
8.	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	99
8.1	測定方法及び測定結果	99
8.1.1	空間線量率	99
8.1.2	積算線量	99
8.1.3	大気浮遊じん中放射性物質濃度	99
8.1.4	環境試料（土壌及び松葉）中放射性物質濃度	100
8.2	総合評価の概要	102
8.3	測定結果の公開	102
9.	生活行動パターンを模擬した被ばく評価	112
9.1	調査目的	112
9.2	調査手法	112
9.2.1	生活行動パターンの設定	112
9.2.2	被ばく線量の算出	113

9.2.3	評価結果の図表化と説明資料の作成	114
9.3	調査結果	119
9.3.1	自治体設定パターン	119
9.3.2	標準パターン	119
10.	測定データのCSV化	124
10.1	CSV等の形式で保存した測定データ	124
10.2	保存した測定データの公開	124
11.	測定箇所の重要度分類のためのスコア化の検討	128
11.1	目的	128
11.2	スコア化手法によるモニタリング代表性評価	128
11.2.1	パラメータの選定	128
11.2.2	スコア評価結果	129
12.	海洋のモニタリングデータの評価	134
12.1	海水中のトリチウム濃度データの解析	134
12.1.1	海水のモニタリング計画	134
12.1.2	海水中のトリチウム濃度データの測定結果	140
12.2	海生生物中のトリチウム濃度データの解析	143
12.2.1	モニタリング計画	143
12.2.2	測定結果	144
12.3	ALPS処理水の海洋放出にあたって測定・評価を行う対象核種の濃度分布	147
12.4	海域モニタリング地点の重要度分類	150
12.4.1	調査内容	153
12.4.2	調査結果	154
12.4.3	過年度評価結果との比較	166
13.	まとめ	171
	謝辞	172
	参考文献	173
	付録1 セシウム137の深度分布	179
	付録2 詳細モニタリングでの解析結果	184
	付録3 環境モニタリング結果の総合評価	193

Contents

1. Introduction	1
2. Air dose rate measurements on the ground	6
2.1 Purpose	6
2.2 Measurement method	6
2.2.1 Car-borne survey	6
2.2.2 Flat-ground fixed-point measurement	7
2.2.3 Walk survey	7
2.2.4 Comparison with results in 2023	7
2.2.5 Comparison between measurement methods	8
2.3 Results of measurements	9
2.3.1 Air dose rate distribution map	9
2.3.2 Comparison with results in 2023	17
2.3.3 Comparison between measurement methods	17
3. Air dose rates measurement around FDNPS using unmanned helicopter and a basic performance test of unmanned aircraft in mountainous areas	23
3.1 Purpose	23
3.2 Gamma-ray measurement and creating air dose rate distribution map	23
3.2.1 Measurement method	23
3.2.2 Air dose rate measurement within 5 km from FDNPS	28
3.2.3 Deposition density measurement within 5 km from FDNPS	29
3.3 A study of air dose rate measurement methods in mountainous areas using unmanned aircraft	37
3.3.1 Unmanned aircraft specifications and survey methodology	37
3.3.2 Results of a study of air dose rate measurement in mountainous areas	39
4. Distribution of radiocesium in ground soil	42
4.1 Depth profile	42
4.1.1 Purpose	42
4.1.2 Method	42
4.1.3 Results	46
4.2 Deposition density	49
4.2.1 Purpose	49
4.2.2 Method	49
4.2.3 Results	51
5. Evaluation of effective half-life	61
5.1 Purpose	61
5.2 Analysis method for effective half-life	61

5.3	Effective half-life evaluated with air dose rate data	63
5.4	Effective half-life evaluated with radiocesium deposition data	67
6.	Integral analyses of measured data	69
6.1	Purpose	69
6.2	Survey contents	69
6.2.1	Outline of integral analyses method	69
6.2.2	Measurement data used for analysis	70
6.3	Evaluation of integrated map inside 80 km range	72
6.3.1	Measurement data used for analysis	72
6.3.2	Analysis of areal distribution of the result of walk survey	74
6.3.3	Comparison between car-borne and walk surveys	77
6.3.4	Comparison between air-borne and walk surveys	79
6.3.5	Results of integral analysis	80
6.4	Evaluation of integrated map as for whole area of Fukushima Prefecture	82
6.4.1	Measurement data used for the analysis	82
6.4.2	Analysis of areal pattern for corresponding walk survey data	85
6.4.3	Comparison between car-borne and walk surveys	85
6.4.4	Comparison between air-borne and walk surveys	85
6.4.5	Results of integral analysis	85
6.5	Validation of integrated map	87
7.	Creating air dose rate distribution map and its publishing on web	90
7.1	Purpose	90
7.2	Distribution map	90
7.3	Operation of distribution map	90
7.4	Mapping of detailed monitoring results	91
8.	Radiation monitoring and environmental sample analysis based on comprehensive monitoring plan	99
8.1	Method and result	99
8.1.1	Air dose rate	99
8.1.2	Integrated dose	99
8.1.3	Radioactivity density in air	99
8.1.4	Radioactivity density in samples (soil and pine leaf)	100
8.2	Summary of comprehensive evaluation	102
8.3	Publishing of measurement result	102
9.	Exposure assessment simulating life patterns	112
9.1	Purpose	112
9.2	Method	112
9.2.1	Setting of life patterns	112

9.2.2	Evaluation of exposure dose	113
9.2.3	Charting of results and preparation of explanatory materials	114
9.3	Result	119
9.3.1	Municipality setting pattern	119
9.3.2	Standard pattern	119
10.	Storing of measurement data as CSV	124
10.1	Storied measurement data	124
10.2	Publishing of stored data	124
11.	Scoring of importance in measurement points	128
11.1	Purpose	128
11.2	Evaluation of representativity using scoring method	128
11.2.1	Setting of parameters for scoring	128
11.2.2	Results of scoring	129
12.	Evaluation of monitoring data in coastal area	134
12.1	Analysis of tritium concentration in seawater	134
12.1.1	Monitoring plan for seawater	134
12.1.2	Results of tritium concentration in seawater	140
12.2	Analysis of tritium concentration in marine biota	143
12.2.1	Monitoring plan for marine biota	143
12.2.2	Monitoring results	144
12.3	Concentration distribution of target nuclides to be measured and evaluated for discharge of ALPS treated water to the sea	147
12.4	Importance classification of ocean monitoring sites	150
12.4.1	Survey contents	153
12.4.2	Results of evaluations	154
12.4.3	Comparison with results of previous years' evaluations	166
13.	Summary	171
	Acknowledgements	172
	References	173
	Appendix 1 Depth profile of Cesium-137	179
	Appendix 2 Results of detailed monitoring	184
	Appendix 3 Comprehensive evaluation of environmental monitoring	193

表リスト

表 1-1	分布状況調査における測定項目の年度ごとの実施時期.....	4
表 2-1	地上における空間線量率測定 of 測定期間及び測定エリア	9
表 2-2	測定手法間の比較の組み合わせ	9
表 2-3	令和 5 年度調査と比較した令和 6 年度調査の空間線量率測定結果の相対変化率	17
表 3-1	テストサイトにおける換算パラメータ及びそれらの取得条件	25
表 5-1	評価された実効半減期の一覧.....	64
表 6-1	統合マップ作成に使用したデータ一覧.....	71
表 6-2	走行サーベイ及び航空機サーベイと歩行サーベイの回帰分析により得たパラメータ	79
表 7-1	詳細モニタリングによる空間線量率測定を行った自治体とメッシュ数	91
表 7-2	各年度の詳細モニタリング結果をマップ化した成果実績	92
表 8-1	総合モニタリング計画に基づく福島第一原発の 20 km 以遠における放射線モニタリン 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.....	100
表 8-2	積算線量の測定結果.....	101
表 8-3	大気浮遊じん中放射性物質濃度の測定結果（セシウム 137）	101
表 8-4	土壌中セシウム 134 及びセシウム 137 濃度の測定結果	102
表 8-5	松葉中セシウム 134 及びセシウム 137 濃度の測定結果	102
表 9-1	自治体設定パターン及び標準パターンの設定数.....	115
表 9-2	常磐線駅区間の空間線量率（単位：μSv/h）	115
表 9-3	特定復興再生拠点区域及び帰還困難区域の自治体ごとの空間線量率代表値	115
表 9-4	各年度（平成 26 年度～令和 6 年度）における自治体別評価マップ数.....	116
表 9-5	標準パターン（就学カテゴリー）の年間の追加被ばく線量一覧.....	120
表 9-6	標準パターン（職業カテゴリー）の年間の追加被ばく線量一覧.....	121
表 10-1	令和 6 年度調査で取得した測定データの項目とレコード数.....	125
表 10-2	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	126
表 10-3	測定データをデータベースに保存した自治体リスト	127
表 11-1	令和 5 年度スコアマップの作成に使用した空間線量率測定データ一覧	130
表 11-2	ランドマークデータの参照先情報.....	130
表 11-3	スコア付与例	130
表 12-1	総合モニタリング計画に記載されているトリチウムに関する海水モニタリング...135	
表 12-2	総合モニタリング計画に記載されているトリチウムに関する海生生物モニタリング	143
表 12-3	海生生物中のトリチウム濃度の測定結果	145
表 12-4	告示濃度限度比総和に関する放射性核種	148
表 12-5	総合モニタリング計画に記載されているセシウム 137 に関する海水モニタリング	151

表 12-6	総合モニタリング計画に記載されているセシウム 137 に関する海底土モニタリング	153
表 12-7	各海域（海水採取ポイント）のランク分け結果.....	156
表 12-8	各海域（海底土採取ポイント）のランク分け結果.....	161
表 12-9	令和 5 年度調査での評価結果からランクが変化した地点（海水）	167
表 12-10	令和 5 年度調査での評価結果からランクが変化した地点（海底土）	167
表 12-11	令和元年度海域事業から令和 6 年度調査にかけてのランク変化状況	168

図リスト

図 2-1	令和 6 年度調査における第 28 回走行サーベイによる空間線量率の測定結果	11
図 2-2	令和 6 年度調査までの走行サーベイによる主に 80 km 圏内の空間線量率の変化	12
図 2-3	令和 6 年度調査における第 18 回定点サーベイによる空間線量率の測定結果	13
図 2-4	令和 6 年度調査までの定点サーベイによる空間線量率の変化	14
図 2-5	令和 6 年度調査における第 16 回歩行サーベイによる空間線量率の測定結果	15
図 2-6	令和 6 年度調査までの歩行サーベイによる空間線量率の変化	16
図 2-7	令和 5 年度調査と令和 6 年度調査の空間線量率測定結果の比較	19
図 2-8	令和 5 年度調査及び令和 6 年度調査における走行サーベイの走行ルートの違いの一例	20
図 2-9	令和 6 年度調査での空間線量率測定手法間の比較	21
図 2-10	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.....	22
図 3-1	無人ヘリサーベイの機材の仕様等.....	26
図 3-2	令和 6 年度調査での無人ヘリサーベイの飛行軌跡	27
図 3-3	令和 6 年度調査における第 16 回無人ヘリサーベイによる空間線量率測定結果.....	30
図 3-4	令和 6 年度調査までの無人ヘリサーベイによる空間線量率の変化	31
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.....	32
図 3-6	令和 5 年度調査と令和 6 年度調査での無人ヘリサーベイによる空間線量率測定結果の 比較.....	33
図 3-7	無人ヘリサーベイによる空間線量率測定結果の令和 5 年度調査に対する令和 6 年度調 査の相対変化率の分布	34
図 3-8	令和 5 年度調査から令和 6 年度調査に空間線量率が顕著に減少した要因の調査結果	35
図 3-9	無人ヘリサーベイによる放射性セシウム沈着量（換算値）分布マップ	36
図 3-10	無人機サーベイに用いた検出器の構成	38
図 3-11	無人機サーベイの機材等及び測定状況	38
図 3-12	令和 6 年度調査での無人機サーベイの飛行軌跡.....	39
図 3-13	令和 6 年度調査での無人機サーベイによる空間線量率測定結果.....	40
図 3-14	山間部エリアの高度別空間線量率の箱ひげ図	41
図 4-1	令和 6 年度調査における放射性セシウム深度分布測定箇所.....	45
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	46
図 4-3	令和 6 年度調査での深度分布測定による重量緩衝深度 β の自然対数値の頻度分布	47
図 4-4	令和 6 年度調査の深度分布測定による実効的な重量緩衝深度 β_{eff} の自然対数値の頻度 分布.....	48
図 4-5	平成 23 年 12 月からの実効的な重量緩衝深度 β_{eff} の経時的な変化	48
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	49

図 4-7	令和 6 年度調査における可搬型 Ge 検出器を用いた in-situ 測定（第 17 回）による放射性セシウムの沈着量分布マップ.....	53
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気カーマ率と NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータによる空気カーマ率の相関.....	55
図 4-9	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 4-10	令和 6 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.....	56
図 4-11	令和 6 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.....	58
図 4-12	令和 6 年度調査での 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.....	60
図 5-1	空間線量率変化傾向及び指数関数の近似.....	65
図 5-2	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（n：データ数）.....	68
図 6-1	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.....	72
図 6-2	令和 6 年度の統合マップ作成に使用した空間線量率データ（80 km 圏内）.....	73
図 6-3	令和 5 年 5 月 1 日時点の避難指示区域.....	74
図 6-4	令和 6 年度に実施された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.....	76
図 6-5	80 km 圏内の統合マップ作成に用いた避難指示区域内外及び全域（区域内外の区別なし）における走行サーベイと歩行サーベイによる空間線量率の相関分析結果.....	78
図 6-6	80 km 圏内の統合マップ作成に用いた避難指示区域内外及び全域（区域内外の区別なし）における航空機サーベイと歩行サーベイによる空間線量率の相関分析結果.....	80
図 6-7	令和 6 年度に実施された各種測定結果を統合した 80 km 圏内の統合マップ.....	81
図 6-8	令和 6 年度の統合マップ作成に使用した空間線量率データ（福島県全域）.....	83
図 6-9	令和 6 年度に実施された各種空間線量率測定結果を統合した福島県全域及び 80 km 圏内の統合マップ（上）及びその標準偏差（log ₁₀ ）の分布（下）.....	86
図 6-10	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箇所.....	88
図 6-11	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統合マップによるデータの比較.....	88
図 6-12	令和 5 年度統合マップとの比較.....	89
図 7-1	EMDB への令和 6 年度（令和 6 年 4 月 1 日～令和 7 年 1 月 31 日）アクセス状況..	91
図 7-2	詳細モニタリングによる空間線量率分布マップ（全体図）.....	93
図 7-3	詳細モニタリングによる空間線量率分布マップ（大熊町）.....	94
図 7-4	詳細モニタリングによる空間線量率分布マップ（双葉町）.....	95
図 7-5	詳細モニタリングによる空間線量率分布マップ（浪江町）.....	96
図 7-6	詳細モニタリングによる空間線量率分布マップ（葛尾村）.....	97
図 7-7	詳細モニタリングのマップ化に係る令和 6 年度調査スケジュール.....	98

図 8-1	総合モニタリング計画に基づき実施した空間線量率、積算線量、大気浮遊じん中放射性物質濃度、土壌並びに指標植物（松葉）中放射性物質濃度の測定（採取）地点	104
図 8-2	総合モニタリング計画に基づく空間線量率の測定結果	105
図 8-3	総合モニタリング計画に基づく積算線量の経時変化	106
図 8-4	総合モニタリング計画に基づく大気浮遊じん中セシウム 137 濃度の経時変化	108
図 8-5	総合モニタリング計画に基づく土壌中セシウム 137 濃度の経時変化	109
図 8-6	総合モニタリング計画に基づく松葉中セシウム 137 濃度の経時変化	110
図 9-1	標準パターンにおける終日のタイムスケジュール	117
図 9-2	生活行動パターンを模擬した被ばく評価に係る令和 6 年度調査スケジュール	118
図 9-3	年間追加被ばく線量の分布（自治体設定パターン：富岡町）	122
図 9-4	年間追加被ばく線量の分布（自治体設定パターン：大熊町）	122
図 9-5	年間追加被ばく線量の分布（自治体設定パターン：浪江町）	123
図 11-1	令和 5 年度の各パラメータを合計したスコアマップ	131
図 11-2	令和 4 年度から令和 5 年度にかけてスコア増減箇所	131
図 11-3	令和 4 年度から令和 5 年度にかけてパラメータのスコア増減箇所	132
図 12-1	モニタリングデータの報告レベルフローチャート	134
図 12-2	海水中のトリチウム濃度モニタリングポイント	136
図 12-3	海水中のトリチウム濃度の分析数	141
図 12-4	令和 6 年度のトリチウム濃度	141
図 12-5	ALPS 処理水放出口付近のトリチウム濃度の分布図	142
図 12-6	総合モニタリング計画に記載されている海生生物モニタリングの実施海域	144
図 12-7	海生生物中のトリチウム濃度の分析数	146
図 12-8	海生生物中の TFWT 濃度の変動傾向（上：東京電力実施、下：環境省実施）	146
図 12-9	海生生物中の OBT 濃度の変動傾向（上：東京電力実施、下：環境省実施）	147
図 12-10	告示濃度限度比総和の対象核種の濃度分布（Am-241、C-14、U-234、U-238、Y-90）	149
図 12-11	告示濃度限度比総和の対象核種の濃度分布（Sr-90）	150
図 12-12	告示濃度限度比総和の対象核種の濃度分布（Pu-239+240）	150
図 12-13	海底土のセシウム 137 濃度の測定結果に対して回帰分析した一例	154
図 12-14	令和 6 年度調査での海水モニタリング地点のランク結果	156
図 12-15	令和 6 年度調査での海底土モニタリング地点のランク結果	162
図 12-16	令和 5 年度調査での評価結果からランクが上昇した地点（海水）	169
図 12-17	令和 5 年度調査での評価結果からランクが上昇した地点（海底土）	170

執筆者リスト

福島マップ事業対応部門横断グループ：

舟木泰智⁺¹、吉村和也⁺¹、御園生敏治⁺¹、中間茂雄⁺¹、越智康太郎⁺¹、
阿部智久⁺¹、操上広志⁺¹、長尾郁弥⁺¹、
三上智⁺²、安藤真樹⁺²、志風義明⁺²、
石田睦司^{*1}、卜部嘉^{*1}、片岡亮平^{*1}、根本侑弥^{*1}、薮雅章^{*1}、沢田憲良^{*1}、宇野騎一郎^{*1}、
山田勉^{*2}、中曾根孝政^{*2}、
山崎義之^{*3}

+1 福島廃炉安全工学研究所廃炉環境国際共同研究センター

+2 原子力安全・防災研究所原子力緊急時支援・研修センター

*1 株式会社NESI

*2 日本放射線エンジニアリング株式会社

*3 原子力エンジニアリング株式会社

1.はじめに

平成 23 年 3 月 11 日に発生した太平洋三陸沖を震源とするマグニチュード 9.0 の東北地方太平洋沖地震とそれに伴って発生した津波により、東京電力株式会社福島第一原子力発電所（以下「福島第一原発」という。）の事故（以下「事故」という。）が発生し、その結果、福島第一原発の原子炉施設から環境中へ大量の放射性物質が放出された。事故状況の全体像を把握して影響評価や対策に資するために、文部科学省からの委託を受けた日本原子力研究開発機構（以下「原子力機構」という。）が多くの大学や研究機関と協力し、平成 23 年 6 月から平成 24 年度に「放射性物質の分布状況等に関する調査研究」、「福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の第二次分布状況等に関する調査研究」及び「福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の長期的影響把握手法の確立」を実施した。これら 3 回の調査を継承する形で、平成 25 年度には原子力規制庁からの委託を受け「平成 25 年度東京電力（株）福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の長期的影響把握手法の確立」、平成 26 年度は「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及び移行モデルの開発」を実施した。平成 27 年度以降は同一の調査名称となり、「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」を実施した。令和 5 年度からは原子力規制庁からの委託事業「原子力施設等防災対策等委託費（生活行動パターンを模擬した連続的な空間線量率の測定及び詳細モニタリング結果のマップ化）事業」（以下「生活行動パターン事業」という。）についても併せて実施した。以下、これら各年度の調査を「平成〇年度調査」又は「令和〇年度調査」といい、総称して「分布状況調査」という。これら各年度の分布状況調査の内容については文献¹⁾に公開されている。令和 6 年度調査においては、「令和 6 年度放射性物質測定調査委託費及び原子力施設等防災対策等委託費（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」として実施した。

一連の分布状況調査においては、

- 1) 放射性物質の土壌沈着量及び周辺線量当量率（以下「空間線量率」という。）に関する大規模環境測定と測定結果のマップ化、
- 2) 放射性セシウムの環境中移行メカニズムの調査（平成 26 年度終了）、
- 3) 空間線量率予測モデルの開発（平成 27 年度終了）、
- 4) 適正な調査地点及び頻度の検討（モニタリングポイントの分析）、
- 5) 実測データの統合的解析、
- 6) 海洋のモニタリングデータについての詳細な解析評価、
- 7) 放射性物質モニタリングデータの情報公開サイト（令和 3 年度調査までは「拡大マップサイト」）等を通じたデータの公開

等を実施してきた。これまでの分布状況調査において上記 1)にて実施してきた放射性物質の土壌沈着量及び空間線量率測定は、表 1-1 に示した各調査によって行われてきている。表 1-1 には本年度を含む年度ごとの実施時期をまとめた。なお、本報告書において、表中等の日付短縮表記は、年（和暦）/月/日（又は年（和暦）/月）とする（例：平成 23 年 6 月 4 日の場合 H23/6/4、令和 6 年 7 月 1 日の場合 R6/7/1 とする）。

また、生活行動パターン事業においては、

- 1) 生活行動パターンごとの空間線量率の積算量の算出、
- 2) 詳細モニタリング結果のマップ化、
- 3) 簡易に推定被ばく線量の算出等のできるアプリケーションソフトウェアの開発、
- 4) 得られた成果の地方公共団体への提供

等を実施してきた^{2)~5)}。

令和6年度調査の主な実施内容は、以下のとおりである。

- 1) 空間線量率等の分布測定（福島第一原発から80 km 圏内（以下「80 km 圏内」という。）を中心）

走行サーベイ、人為的なかく乱のない平坦な開かれた土地における定点測定（以下「定点サーベイ」という。）、歩行サーベイ及び無人ヘリコプターによる測定を行い、現状における空間線量率の状況や変化傾向を把握する。加えて、無人航空機の山間部への適用可能性を確認するため、無人航空機の山間部における基礎性能試験データを取得する。

- 2) 土壌における放射性セシウムの分布調査（80 km 圏内を中心）

①放射性セシウム沈着量の面的調査

放射性セシウムの単位面積あたりの放射能（以下「沈着量」という。単位： Bq/cm^2 ）を測定する。沈着量と空間線量率の関係を評価し、その関係を基に定点サーベイの空間線量率から沈着量を導出し、結果をマップ化する。

②放射性セシウムの深度分布の調査

放射性セシウム沈着量を推定するために重要な放射性セシウム深度分布を明らかにするため、スクレーパープレートを用いて深さ方向に9層程度の土壌試料を採取し、放射性セシウムの測定・分析を実施する。

- 3) 空間線量率及び放射性セシウム沈着量の経時変化の評価

これまで蓄積した測定結果を基に空間線量率及び放射性セシウム沈着量の経時変化傾向を評価する。

- 4) 測定データの統合的解析

異なる手法により測定した空間線量率のデータを統計的手法により統合したマップ（80 km 圏内及び福島県全域）を作成する。

- 5) 空間線量率等分布マップの作成と公開

取得したデータを基に作成した空間線量率分布等に関するマップ等を Web サイトで公開する。帰還困難区域等の地方自治体の要望により、原子力規制委員会が東京電力と連携して測定した空間線量率の結果をマップ化する。

- 6) 放射線モニタリング及び環境試料分析

総合モニタリング計画に基づき原子力規制委員会が行うこととしている福島県下の放射線モニタリングを実施し、これまでに得られた結果について総合的に評価する。

- 7) 生活行動パターンを模擬した被ばく評価

今後の避難指示区域の見直しが想定される地域等における生活行動パターンを想定した被ばく評価を実施し、得られた結果を基に当該地方自治体・住民に向けた説明資料を作成

する。

8) 測定データの収集、とりまとめ

令和6年度調査で取得又は原子力規制庁が保有する測定データ及び地方自治体が測定したデータを収集しとりまとめる。総合モニタリング計画に基づく海域モニタリングの令和6年度の測定結果について解析評価を行い、原子力規制庁が指定する報告レベルに従って速やかに報告を行うとともに、解析結果を集約し過去からの変動などに関して評価を行う。モニタリング地点の重点化及び最適化のための基礎評価を実施する。

本報告書では、令和6年度調査で得られた成果についてまとめる。

表 1-1 分布状況調査における測定項目の年度ごとの実施時期 (1/2)

調査	平成 23 年度 (第 1 次) ^{*4}	平成 23 年度 (第 2 次)	平成 24 年度 (第 3 次)	平成 25 年度 (第 4 次)	平成 26 年度 (第 5 次)	平成 27 年度 (第 6 次)	平成 28 年度 (第 7 次)	平成 29 年度 (第 8 次)
走行サーベイ ^{*1}	第 1 回 (J)H23/6/4-6/13	第 2 回 (J)H23/12/5-12/28 第 3 回 (自)H24/3/13-3/30	第 4 回 (J)H24/8/20-9/7 (自)H24/9/3-10/12 第 5 回 (J)H24/11/5-11/30 (自)H24/11/9-12/10	第 6 回 (J)H25/6/12-8/8 (自)H25/6/24-7/26 第 7 回 (J)H25/11/5-12/4 (自)H25/11/5-12/12	第 8 回 (J)H26/6/23-7/24 (自)H26/7/1-8/8 第 9 回 (J)H26/11/4-12/5 (自)H26/11/4-12/5	第 10 回 (J)H27/7/2-7/24 (自)H27/6/29-8/4 第 11 回 (J)H27/11/5-11/27 (自)H27/11/2-12/18	第 12 回 (J)H28/6/27-7/19 (自)H28/7/4-8/5 第 13 回 (J)H28/10/31-12/16 (自)H28/10/31-11/30	第 14 回 (J)H29/7/3-7/21 第 15 回 (J)H29/10/24-11/27 (自)H29/10/20-12/5
定点サーベイ ^{*2}	第 1 回 H23/6/4-6/14 H23/6/27-6/29 H23/6/28-7/8	第 2 回 H23/12/13- H24/5/29	第 3 回 H24/8/14-9/7 第 4 回 H24/11/5-12/7	第 5 回 H25/6/3-7/4 第 6 回 H25/10/28-12/4	第 7 回 H26/7/15-9/5 第 8 回 H26/11/4-12/5	第 9 回 H27/8/3-9/8	第 10 回 H28/8/22-10/4	第 11 回 H29/8/28-10/10
歩行サーベイ				第 1 回 H25/6/10-7/5 第 2 回 H25/11/5-12/4	第 3 回 H26/7/28-9/12 第 4 回 H26/10/30-12/16	第 5 回 H27/6/29-8/5 第 6 回 H27/10/26-12/4	第 7 回 H28/6/29-8/5 第 8 回 H28/10/27-12/13	第 9 回 H29/10/30-12/1
無人ヘリ				第 3 回 H25/6/6-7/31 第 4 回 H25/11/19-H26/1/7	第 5 回 H26/6/23-7/22 第 6 回 H26/11/14-H27/1/15	第 7 回 H27/9/2-10/22	第 8 回 H28/9/1-10/13	第 9 回 H29/6/13-9/5
沈着量 ^{*3} (in-situ)	土壌試料採取 第一期：H23/6/4- 6/14 第二期：H23/6/27- 7/8 (H23/6/14)	第 1 回 H23/12/13- H24/5/29 (H24/3/1)	第 2 回 H24/8/13-9/19 (H24/9/1) 第 3 回 H24/11/5-12/12 (H24/12/1)	第 4 回 H25/6/3-7/10 (H25/7/1) 第 5 回 H25/10/28-12/6 (H25/12/1)	第 6 回 H26/6/23-7/30 (H26/7/1) 第 7 回 H26/10/27-12/5 (H26/12/1)	第 8 回 H27/8/24-10/7 (H27/10/1)	第 9 回 H28/8/24-10/6 (H28/10/1)	第 10 回 H29/8/30-10/11 (H29/10/1)
深度分布 (スクレーパー プレート)	鉄パイプ試料 採取 ^{*5}	第 1 回 H23/12/12-12/22、 H24/4/17-4/19	第 2 回 H24/8/21-9/5、9/26 第 3 回 H24/11/26-12/7、 12/21	第 4 回 H25/6/3-6/27 第 5 回 H25/10/28-11/29	第 6 回 H26/7/14-7/24 第 7 回 H26/11/4-11/13	第 8 回 H27/8/24-9/25	第 9 回 H28/8/23-10/11	第 10 回 H29/8/23-9/13

*1 走行サーベイにおける(J)は原子力機構、(自)は自治体による測定。*2 定点サーベイ：人為的なく乱のない平坦な開かれた土地における空間線量率分布測定。*3 平成 23 年度(第 1 次及び第 2 次(一部))調査では in-situ 測定はせず土壌試料採取を実施。括弧内日付は放射能濃度を補正した基準日。*4 ()内は通算調査回数(第 1 次及び第 2 次(一部))調査の深度分布は鉄パイプ等により試料採取。

表 1-1 分布状況調査における測定項目の年度ごとの実施時期 (2/2)

調査	平成 30 年度 (第 9 次)*4	令和元年度 (第 10 次)	令和 2 年度 (第 11 次)	令和 3 年度 (第 12 次)	令和 4 年度 (第 13 次)	令和 5 年度 (第 14 次)	令和 6 年度 (第 15 次)
走行サーベイ*1	第 16 回 (J)H30/7/30-8/24 第 17 回 (J)H30/11/1-11/30 (自)H30/10/22-12/5	第 18 回 (J)R1/6/27-7/16 第 19 回 (J)R1/11/11-12/4 (自)R1/10/28-12/13	第 20 回 (J)R2/6/23-7/30 第 21 回 (J)R2/11/4-12/1 (自)R2/10/26-12/1	第 22 回 (J)R3/6/22-7/8 第 23 回 (J)R3/11/4-12/3 (自)R3/10/19-12/2	第 24 回 (J)R4/6/22-7/19 第 25 回 (J)R4/11/7-12/7 (自)R4/10/17-12/6	第 26 回 (J)R5/6/20-7/10 第 27 回 (J)R5/11/7-12/7 (自)R5/10/23-11/29	第 28 回 (J)R6/6/13-11/14 (自)R6/6/24-7/26
定点サーベイ*2	第 12 回 H30/9/13-10/26	第 13 回 R1/8/22-9/27	第 14 回 R2/8/20-10/1	第 15 回 R3/8/19-9/30	第 16 回 R4/8/23-10/20	第 17 回 R5/8/8-10/10	第 18 回 R6/9/9-11/11
歩行サーベイ	第 10 回 H30/11/1-12/5	第 11 回 R1/6/12-11/22	第 12 回 R2/6/9-11/6	第 13 回 R3/5/11-11/18	第 14 回 R4/5/11-11/18	第 15 回 R5/5/15-11/24	第 16 回 R6/5/10-10/31
無人へり	第 10 回 H30/7/11-10/16	第 11 回 R1/6/13-12/1	第 12 回 R2/6/9-10/6	第 13 回 R3/5/17-10/4	第 14 回 R4/5/11-9/15	第 15 回 R5/6/20-10/22	第 16 回 R6/5/10-10/2
沈着量*3 (in-situ)	第 11 回 H30/9/13-10/25 (H30/10/1)	第 12 回 R1/8/8-11/1 (R1/10/1)	第 13 回 R2/8/6-10/15 (R2/10/1)	第 14 回 R3/8/6-10/19 (R3/10/1)	第 15 回 R4/8/22-10/21 (R4/10/1)	第 16 回 R5/8/3-10/18 (R5/10/1)	第 17 回 R6/8/6-10/16
深度分布 (スクレーパー プレート)	第 11 回 H30/9/13-10/11	第 12 回 R1/8/21-9/13	第 13 回 R2/8/18-9/7	第 14 回 R3/8/18-9/10	第 15 回 R4/8/17-10/6	第 16 回 R5/8/22-9/13	第 17 回 R6/8/20-9/17

*1 走行サーベイにおける(J)は原子力機構、(自)は自治体による測定。*2 定点サーベイ：人為的なく乱のない平坦な開かれた土地における空間線量率分布測定。*3 括弧内日付は放射能濃度を補正した基準日。*4 () 内は通算調査次数の意味。

2. 地上における広域の空間線量率の分布測定

2.1 調査目的

分布状況調査では、事故により福島第一原発から放出された放射性物質の現状における沈着状況等を詳細に調査しその変化傾向を把握するとともに多角的に空間線量率を評価するため、地上において走行サーベイ、定点サーベイ及び歩行サーベイによる広域測定を継続実施している。令和6年度調査においても、これまでと同様の手法により地上における広域の空間線量率分布測定を行った。

走行サーベイでは、車載型の連続測定システムを使用して道路上の空間線量率を測定し、現状における空間線量率の分布状況を確認するとともに、過去の走行サーベイによる空間線量率の測定結果と現状での測定結果を比較・解析し、変化傾向を把握することを目的とした。

定点サーベイでは、人為的なかく乱のない平坦な開かれた土地を対象として現在の空間線量率の詳細な分布状況を把握するとともに、過去の測定結果との比較により空間線量率の経時的変化の特徴を調べることを目的とした。定点サーベイ測定点としては、住宅地内にある公共施設など開けた舗装されていない平坦地及び空間線量率が狭い範囲で急激に変化しない場所を選定しているため、他の測定結果と比較して、エリアを代表する数値として使用しやすい。

歩行サーベイでは、測定者が背負った連続測定システムにより、道路と平坦地との間の自動車が走行できない地域も含めた詳細な空間線量率測定を行うことで、走行サーベイや定点サーベイにおける測定結果を補完し、住民が生活する環境（生活経路）に近い空間線量率分布の特徴を明らかにすることを目的とした。

2.2 調査手法

2.2.1 走行サーベイ

KURAMA-II（小型 CsI(Tl)シンチレーション検出器と GPS が一体となった GPS 連動型放射線自動計測システム）⁶⁾ を自動車の後部座席の右側後方に設置し、3 秒ごとに空間線量率を測定した。測定はこれまでの調査結果を基に空間線量率が 0.2 $\mu\text{Sv/h}$ 以上の比較的空間線量率が高い地域の主要幹線道路について、主に 80 km 圏内を対象に 1 回実施した（以下「原子力機構による測定」という。）。また、地方自治体が希望する細かな道路を含む測定を地方自治体と協働で 1 回実施した（地方自治体が KURAMA-II を用いて測定し、原子力機構は解析を担当した。以下「自治体による測定」という。）。測定期間及び測定エリア等について表 2-1 に示す。なお、KURAMA-II の点検・校正にはセシウム 137 標準線源（日本アイソトープ協会製 CS402）を用いた（歩行サーベイに用いた KURAMA-II も同様）。

車内における空間線量率測定値を車外の空間線量率に換算するための補正係数⁶⁾を用いて、車内での測定結果から道路上 1 m 高さの空間線量率を求めた。現在の空間線量率への寄与の大部分がセシウム 137 によるものであり、測定実施期間中（約 5 ヶ月）での放射性セシウムの物理的減衰に伴う空間線量率の減少は 1.4%程度と評価される。この減少率は測定機器の有する不確かさよりも十分に小さいことを考慮して、空間線量率測定値を一定の日付に揃える減衰補正を行わず、測定した日の測定結果をそのまま使用した。道路上において

連続的に測定された空間線量率の測定結果を基に、これまでの分布状況調査と同様に、走行地域を総務省統計局により定義される1 km×1 kmの「基準地域メッシュ」をベースとした100 m×100 mのメッシュ（以下「100 mメッシュ」という。本報告書において、他の大きさのメッシュも同様に20 mメッシュや10 mメッシュなどという。）に分割し、そのメッシュ内に含まれる空間線量率の値を平均してメッシュの代表値とした。自治体による測定と原子力機構による測定を合わせて100 mメッシュ平均値を求めた。

2.2.2 定点サーベイ

セシウム137標準線源（QSA Global, Inc.製CDC804）を用いて点検・校正したNaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータ（日立製作所製TCS-172B）を使用して、地面から1 m高さの空間線量率を測定した。時定数10秒で5回読取った値の平均値をその地点での空間線量率測定値とした。GPSを用いて測定箇所の位置情報を取得した。

令和6年度調査では主に80 km圏内を対象に1回実施した。測定箇所は、80 km圏内を基準地域メッシュに分割し、各基準地域メッシュ内で測定に適した1箇所を選定した。なお、事故以前に人が居住していなかった地域（以下「非可住区域」という。）は測定対象から除いた。測定期間及び測定エリア等について表2-1に示す。

2.2.3 歩行サーベイ

KURAMA-IIシステムを測定者が背負い（空間線量率の測定高さは概ね地上1 m）歩くことで空間線量率データ及び位置情報を3秒ごとに収集した。本測定では令和元年度に改良したKURAMA-II測定システム⁷⁾を使用し、あらかじめ作成した測定ルート情報をタブレットに表示させ、その測定ルートをなぞりながら実施した。測定ルートは、主に道路脇や歩道の上であり、そのほとんどは舗装されている。測定対象の基準地域メッシュは、主に80 km圏内とし、走行サーベイの測定ルートが含まれ、かつ定点サーベイが行われているものの中から、土地利用状況、空間線量率範囲、地域の代表性を考慮して選んだ。令和6年度は、今後の避難指示区域解除に向けて、帰還困難区域内や特定復興再生拠点区域内の測定箇所を増やした。測定期間及び測定エリア等について表2-1に示す。

走行サーベイと同様の理由により、測定実施期間中（約6ヶ月）の空間線量率測定値を減衰補正により一定の日付に揃えることはしていない。測定値の統計的なばらつきを低減させると同時に、空間線量率の2次元的な分布が詳細に把握できるように、対象とした測定箇所（歩行地域）は基準地域メッシュをベースとした20 mメッシュに分割し、そのメッシュ内に含まれる空間線量率の値を平均して20 mメッシュの代表値とした。

2.2.4 令和5年度の測定結果との比較

令和5年度調査での測定結果からの変化を定量的に確認するため、式(1)のように相対変化率 RC を定義し、基準地域メッシュごとにメッシュ内に入る測定結果を平均した数値をヒストグラムにして平均値及び中央値を求めた。

$$RC = (D_1 - D_2) / D_2 \quad (1)$$

ここで、 D_1 及び D_2 はそれぞれ比較対象の測定時期での測定結果及び基準とする測定時期での測定結果である。例えば、令和 5 年度調査に対する令和 6 年度調査の相対変化率は、 $(D_{R6} - D_{R5}) / D_{R5}$ である（ここで、 D_{R5} 及び D_{R6} はそれぞれ令和 5 年度及び令和 6 年度調査での測定結果を示す）。なお、走行サーベイについて D_{R5} を求める際には、令和 5 年度調査での 2 回の測定データを平均した。また、 D_1 及び D_2 とも天然放射性核種による空間線量率寄与を含んだ数値である。

測定結果の妥当性を確認するため、令和 5 年度調査に対する令和 6 年度調査の空間線量率の相対変化率を式 (2) に示す放射性セシウムの半減期から計算した空間線量率の減少率と比較した。

$$D_t / D_0 = \frac{k \cdot \exp(-\lambda_{134} \cdot t) + \exp(-\lambda_{137} \cdot t)}{k + 1} \quad (2)$$

ここで、

D_t : 時間 t における空間線量率、 D_0 : 時間 $t=0$ での空間線量率、 λ_{134} : セシウム 134 の崩壊定数 (0.693/セシウム 134 の半減期)、 λ_{137} : セシウム 137 の崩壊定数 (0.693/セシウム 137 の半減期)、 k : 初期のセシウム 134 及び 137 の線量率比 (=2.7) である。 $k=2.7$ については、文部科学省と日本分析センターが平成 23 年 8 月 13 日に実施した土壌試料と in-situ 測定との相互比較を行った際の数値 0.917 を半減期補正した平成 23 年 3 月 15 日時点におけるセシウム 134/セシウム 137 放射能組成比 (1.04) 及び緩衝深度 β (第 4 章で後述) を 1 と仮定した沈着密度-線量率換算係数 (セシウム 134 : 0.00444 ($\mu\text{Gy/h}$)/(kBq/m²), セシウム 137 : 0.00173 ($\mu\text{Gy/h}$)/(kBq/m²))⁸⁾ を考慮して求めた。

2.2.5 測定手法間の比較

3 種類の測定手法は、それぞれ次のような特徴がある。走行サーベイは、車内に検出器を搭載して車道を走行しながら空間線量率を測定しているため、車道上の空間線量率変化の影響を受けやすい。定点サーベイは、アスファルト等で覆われていない平坦で開かれた場所を選定しており、人為的なかく乱の影響が少ない。歩行サーベイは、定点サーベイで選定された測定点周辺の車道や歩道で測定しており、走行サーベイと同様に車道上の空間線量率の影響を受けやすいが、場所によっては定点サーベイに近い測定環境であるといえる。これらの測定手法の特徴の違いが測定結果に与える影響を評価するために相互比較を行った。相互比較の方法は基準地域メッシュごとに、メッシュ内に入るそれぞれの測定結果を散布図として比較した。また、定量的に傾向を把握するために式 (3) のように相対偏差 RD を定義し、メッシュごとに計算した数値をヒストグラムにして平均値や中央値を求めた。

$$RD = (D_a - D_b) / D_b \quad (3)$$

ここで、 D_a , D_b は走行、歩行、定点サーベイによるいずれかの空間線量率である。 D_a , D_b の組み合わせは表 2-2 のとおりである。いずれも天然放射性核種による空間線量率寄与を含んだ数値である。

表 2-1 地上における空間線量率測定の実施期間及び測定エリア

測定	走行サーベイ		定点サーベイ	歩行サーベイ
	第 28 回		第 18 回	第 16 回
実施主体	原子力機構	地方自治体	原子力機構	原子力機構
測定期間	R6/6/13～11/14	R6/6/24～7/26	R6/9/9～11/11	R6/5/10～10/31
測定エリア	主に 80 km 圏内*1	6 県*2	主に 80 km 圏内*3	主に 80 km 圏内*1
測定距離 又は 測定箇所数	9,704 km	10,739 km	5,029 箇所	715 箇所*4

*1 測定エリアが存在する県：宮城県、福島県、茨城県

*2 同上：岩手県、福島県、茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県

*3 同上：山形県、宮城県、福島県、茨城県

*4 測定ルートが含まれる基準地域メッシュ（1 km×1 km）の数

表 2-2 測定手法間の比較の組み合わせ

No.	D_a	D_b
1)	走行サーベイ	定点サーベイ
2)	歩行サーベイ	定点サーベイ
3)	走行サーベイ	歩行サーベイ

2.3 空間線量率測定結果

2.3.1 空間線量率分布マップ

1) 走行サーベイ

令和 6 年度調査での走行サーベイの結果に基づき作成した空間線量率分布マップを図 2-1 に示す。なお、空間線量率分布マップでは天然放射性核種による空間線量率寄与を含んでいる（以下、本章において同様）。福島県内で空間線量率が 0.2 $\mu\text{Sv/h}$ 以上であった 100 m メッシュは県内の合計 59,868 メッシュのうち 7,401 メッシュ（約 12%）であったのに対して、福島県以外では茨城県の 1 メッシュのみであった。9.5 $\mu\text{Sv/h}$ を超える空間線量率であったのは大熊町での 12 $\mu\text{Sv/h}$ の 1 データのみであった。

各年度の比較のため、平成 23 年度調査（第 1 回走行サーベイ）から令和 6 年度調査までの空間線量率測定結果（主に 80 km 圏内について事故後 3 ヶ月、1 年 6 ヶ月、2 年 4 ヶ月、4 年 4 ヶ月、6 年 4 ヶ月、8 年 4 ヶ月、10 年 3 ヶ月及び 13 年 5 ヶ月における空間線量率分

布マップ) を図 2-2 に示す。福島第一原発周辺及び北西方向にかけて比較的高い空間線量率を示す赤から黄色で示される箇所が減少してきていることが分かる。なお、空間線量率の経時変化傾向の定量的評価については第 5 章で述べる(定点サーベイ及び歩行サーベイも同様)。

2) 定点サーベイ

令和 6 年度調査での定点サーベイによる空間線量率の測定結果を図 2-3 に示す。空間線量率が $0.2 \mu\text{Sv/h}$ 以上であった測定箇所は全体の約 10%だったが、 $9.5 \mu\text{Sv/h}$ を超える空間線量率であったのは、2 箇所(全体の 0.04%)のみであった。また、平成 23 年度調査から令和 6 年度調査までの空間線量率測定結果(事故後 3 ヶ月、1 年 5 ヶ月、2 年 3 ヶ月、4 年 5 ヶ月、6 年 6 ヶ月、8 年 6 ヶ月、10 年 6 ヶ月及び 13 年 7 ヶ月における空間線量率分布マップ) を図 2-4 に示す。走行サーベイと同様、比較的高い空間線量率を示す赤から黄色で示される箇所が減少してきていることが分かる。

3) 歩行サーベイ

令和 6 年度調査での歩行サーベイの結果に基づき作成した空間線量率分布マップを図 2-5 に示す。空間線量率が $0.2 \mu\text{Sv/h}$ 以上であった 20 m メッシュは全体の約 24%に達し、 $9.5 \mu\text{Sv/h}$ を超える空間線量率であったのは 114 メッシュ(全体の 0.05%)であった。また、平成 25 年度以降の歩行サーベイの空間線量率測定結果(事故後 2 年 3 ヶ月、3 年 5 ヶ月、4 年 4 ヶ月、5 年 4 ヶ月、6 年 8 ヶ月、8 年 6 ヶ月、10 年 5 ヶ月及び 13 年 5 ヶ月における空間線量率分布マップ) を図 2-6 に示す。比較的高い空間線量率を示す黄色で示される箇所が減少してきていることが分かる。

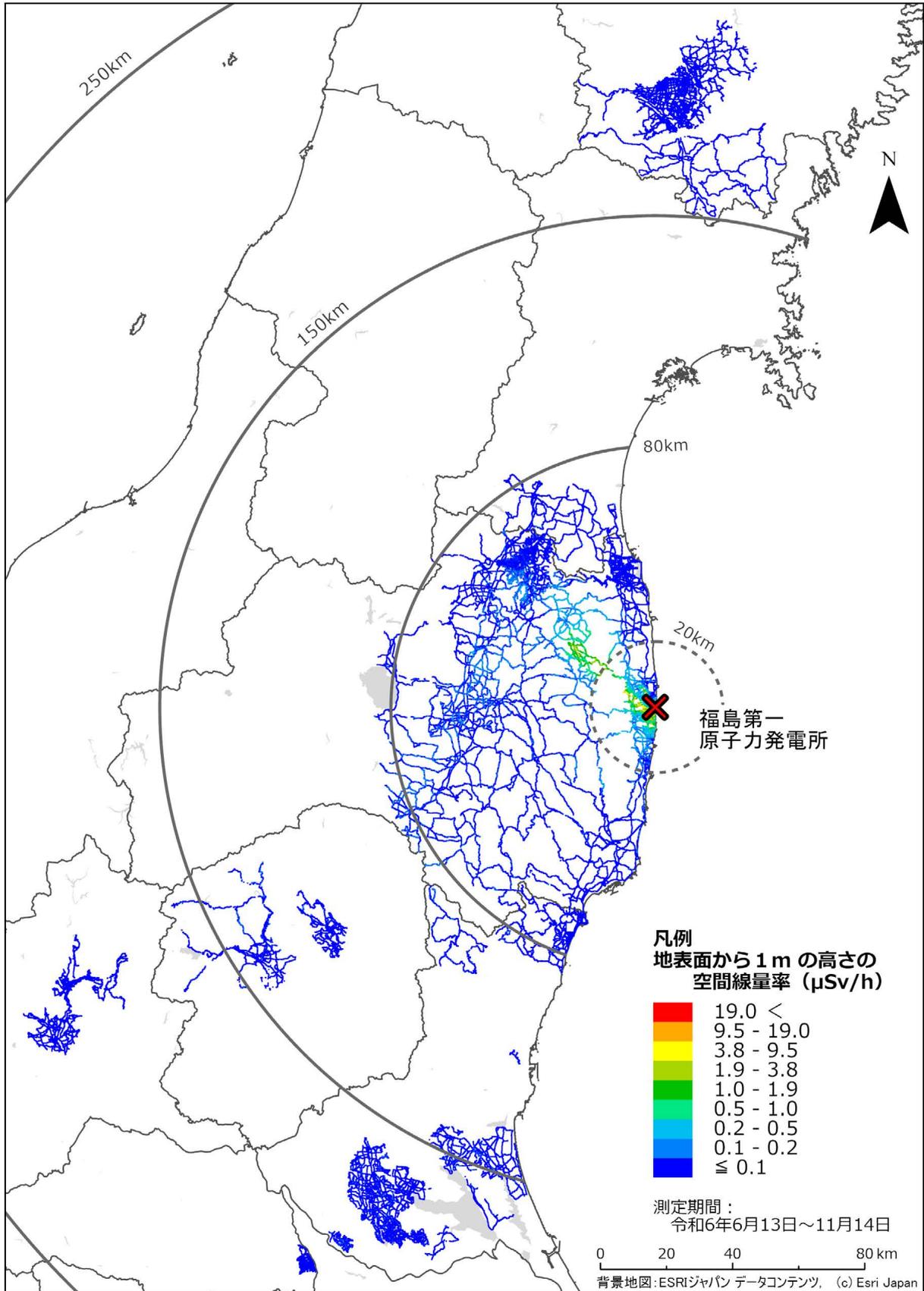


図 2-1 令和 6 年度調査における第 28 回走行サーベイによる空間線量率の測定結果
 (天然放射性核種による空間線量率寄与を含んでいる。)

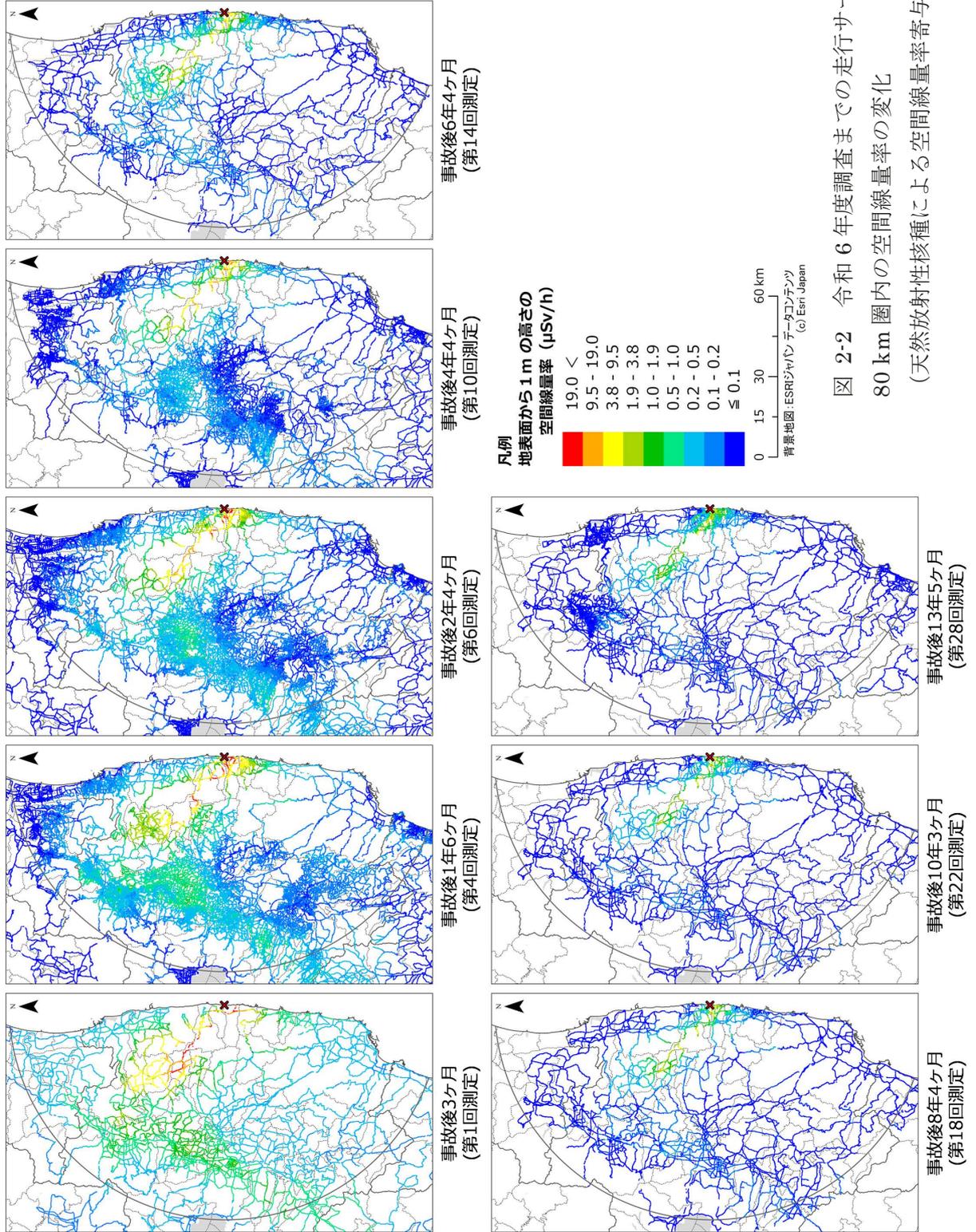


図 2-2 令和 6 年度調査までの走行サーベイによる主に 80 km 圏内の空間線量率の変化 (天然放射性核種による空間線量率寄与を含んでいる。)

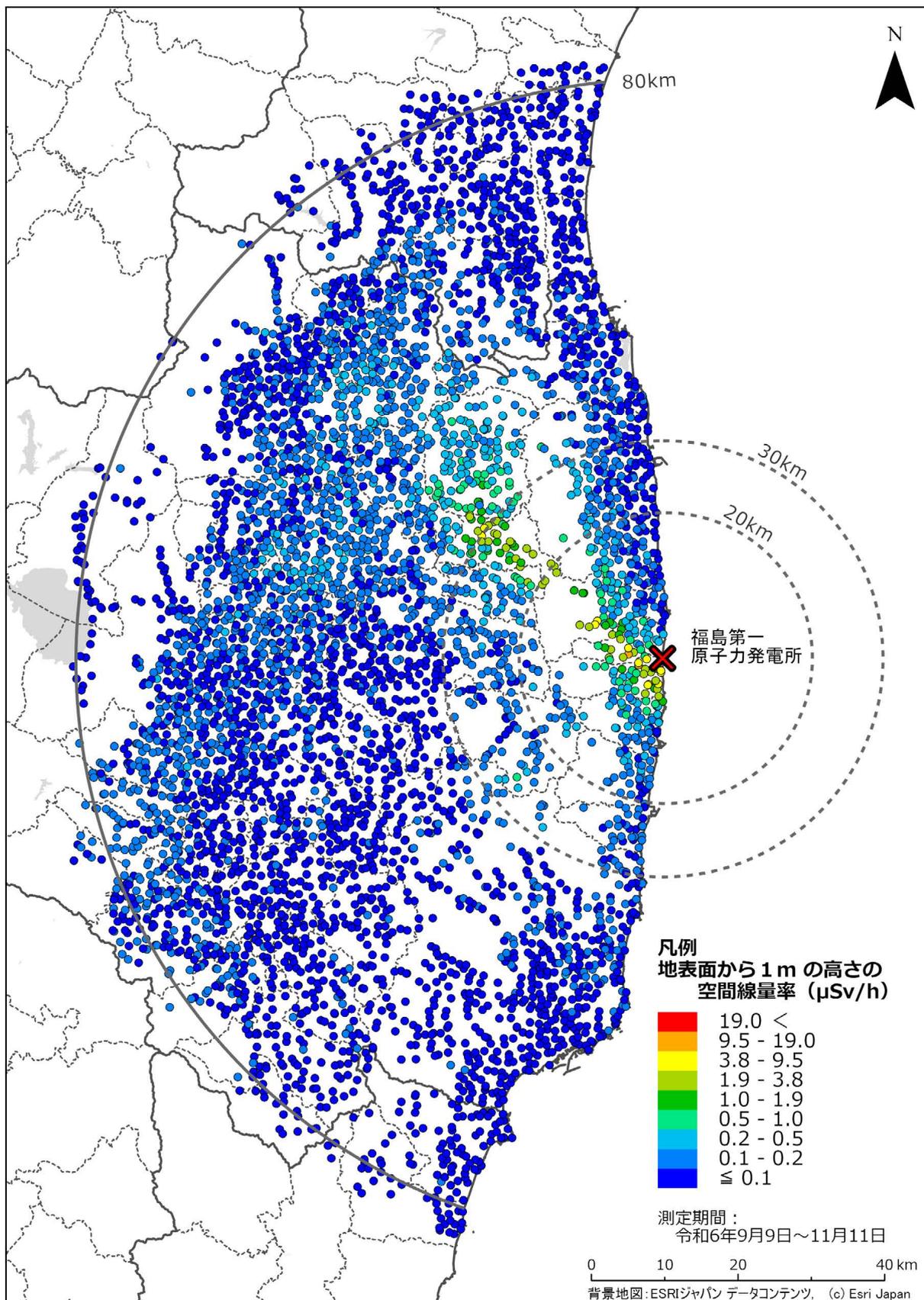


図 2-3 令和 6 年度調査における第 18 回定点サーベイによる空間線量率の測定結果
(天然放射性核種による空間線量率寄与を含んでいる。)

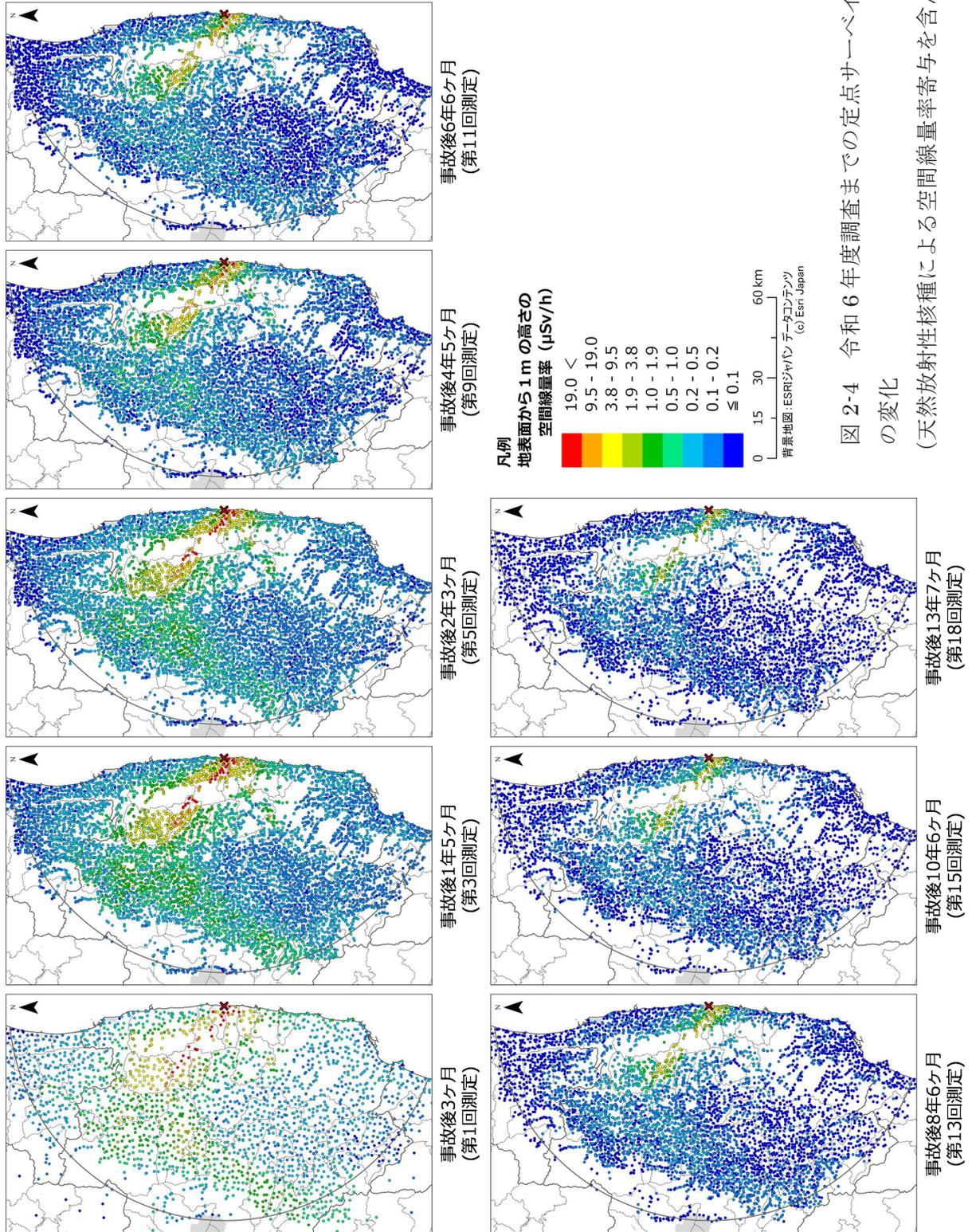


図 2-4 令和 6 年度調査までの定点サーベイによる空間線量率
 の変化

(天然放射性核種による空間線量率寄与を含んでいる。)

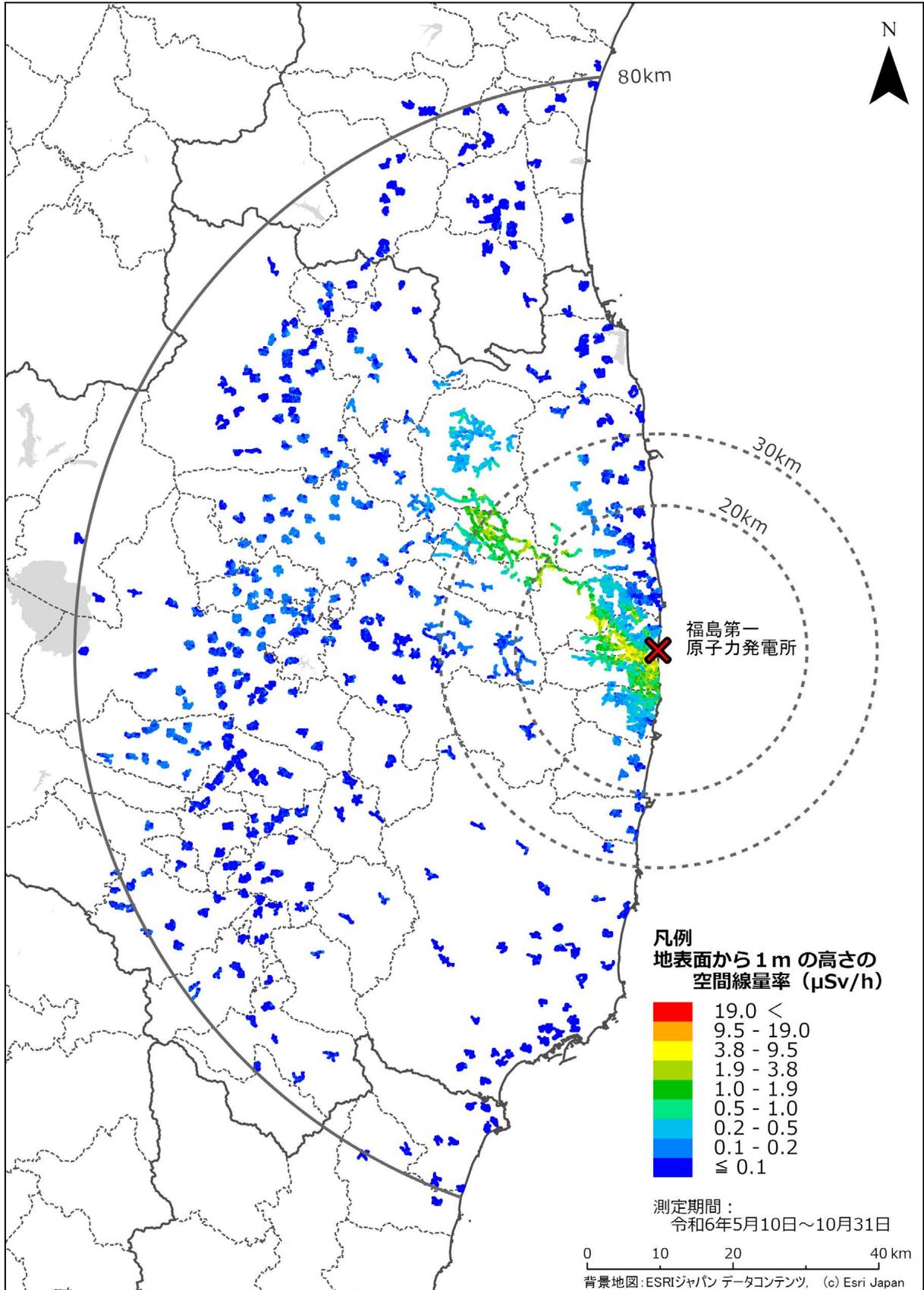


図 2-5 令和 6 年度調査における第 16 回歩行サーベイによる空間線量率の測定結果
 (天然放射性核種による空間線量率寄与を含んでいる。)

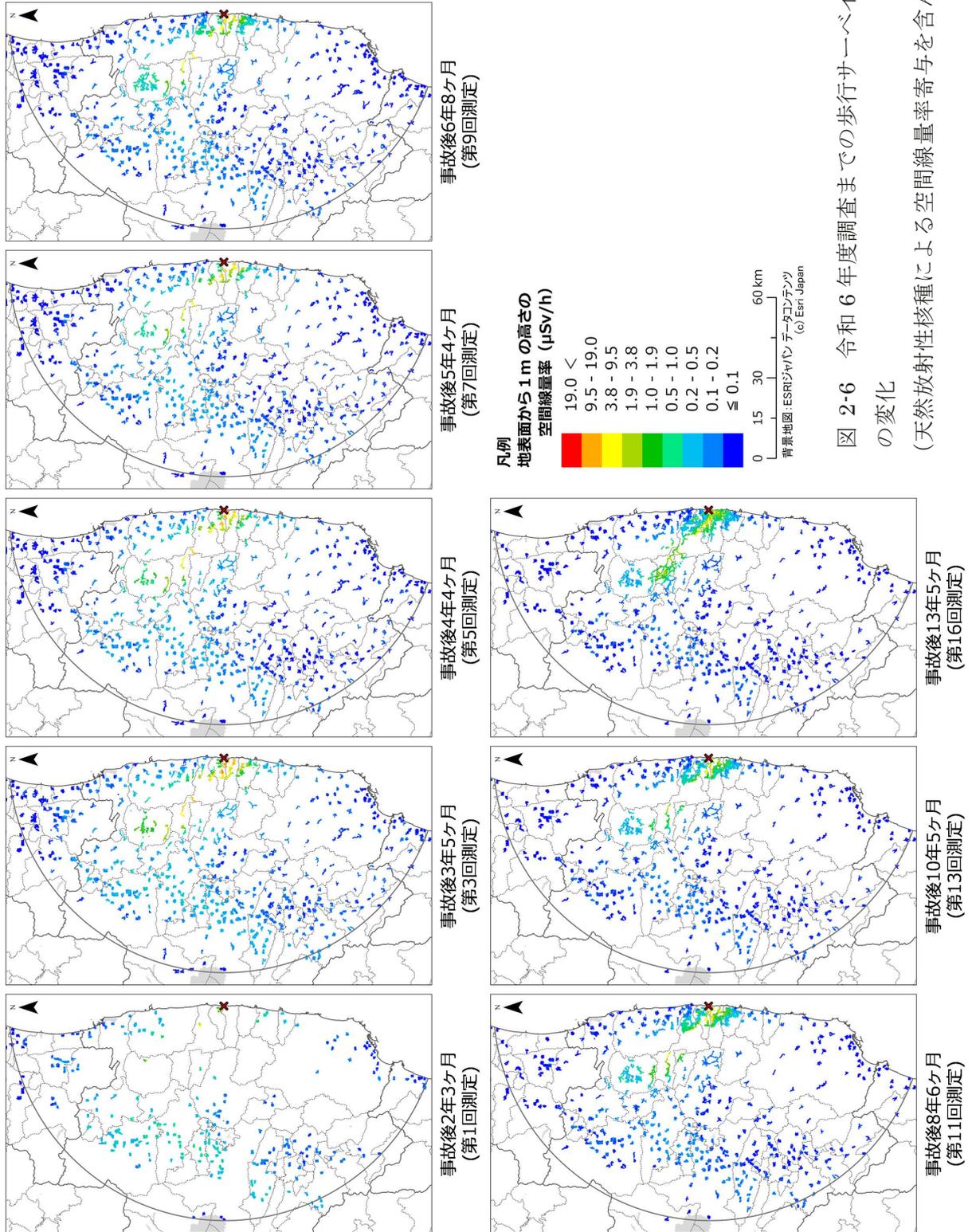


図 2-6 令和 6 年度調査までの歩行サーベイによる空間線量率
 の変化

(天然放射性核種による空間線量率寄与を含んでいる。)

2.3.2 令和5年度との比較

走行サーベイ、定点サーベイ及び歩行サーベイの令和5年度調査での測定結果との比較について、散布図及び式(1)により計算した相対変化率 RC のヒストグラム及び積算割合を図2-7に示す。全測定手法について令和5年度調査と令和6年度調査の空間線量率測定結果は決定係数 $R^2=0.90\sim 0.97$ と良い相関関係にあり、相対変化率 RC は正規分布に近い釣鐘型を示した。一部のデータは令和5年度よりも令和6年度で高い値が確認された。これは、測定地域の空間線量率が全体的に減少してバックグラウンドレベルに近づいた結果、空間線量率の低い地域では測定誤差が影響したものと考えられる。また比較的空間線量率が高い ($1\ \mu\text{Sv/h}$ 以上) 箇所でも、令和6年度で空間線量率の増加が認められたが、これは同一メッシュ内の走行ルートや定点での測定箇所が前年度と異なったことによる。一例として走行サーベイにおける令和5年度調査と令和6年度調査の測定経路の違いを図2-8に示す。図2-8に示した箇所では、令和6年度は令和5年度と比較して空間線量率の高い経路で測定しており、その結果メッシュの平均空間線量率が増加したことが分かる。ただし、この影響は等しい確率で空間線量率の減少要因にもなりうるものであり、増加と減少の双方の影響が相殺しているとした場合、 RC への影響は限定的であると考えられる。

各基準地域メッシュにおける相対変化率 RC の平均値及び放射性セシウム (セシウム134及びセシウム137) の半減期から計算した空間線量率の変化率を表2-3に示す。表2-3より、走行サーベイ、定点サーベイ及び歩行サーベイの全てにおいて、令和5年度調査に対する令和6年度調査の相対変化率 RC は、放射性セシウムの半減期から計算した空間線量率の変化率に比べて小さくなった。これは空間線量率に占める天然放射性核種の寄与が大きくなったためと考えられる。

表 2-3 令和5年度調査と比較した令和6年度調査の空間線量率測定結果の相対変化率

	走行サーベイ	定点サーベイ	歩行サーベイ
令和5年度の測定期間	R5/6/20-R5/12/7	R5/8/8-R5/10/10	R5/5/15-R5/11/24
令和6年度の測定期間	R6/6/13-R6/11/14	R6/9/9-R6/11/11	R6/5/10-R6/10/31
測定結果による 相対変化率の平均値	-0.78%	-2.4%	-1.4%
放射性セシウムの 半減期による変化率	-3.3%	-3.9%	-3.3%

2.3.3 測定手法間の比較

令和6年度調査での定点サーベイに対する走行サーベイ及び歩行サーベイによる空間線量率の比較結果 (2者間の相関及び式(3)により計算した相対偏差 RD) について、図2-9に示す。相対偏差 RD の平均値をみると、走行サーベイは定点サーベイより21%小さい (図2-9(a))。これは、定点サーベイは測定場所として開けた平坦な土壌の上を選定しているのに対し、走行サーベイがアスファルトの道路上を測定していることに起因している。歩行サー

ベイと定点サーベイによる空間線量率の相対偏差は-3%程度であり（図 2-9 (b)）、走行サーベイと定点サーベイの相違に比べて小さい。図 2-9 (c)を見ると走行サーベイは歩行サーベイより 14%小さくなっており、両者の測定対象の違い（車道と歩道）によりセシウムの移動状況の違いが表れていると考えられる。以上より、走行サーベイ及び歩行サーベイでは、定点サーベイによる人為的影響の少ない環境に比べ、空間線量率の減少が速いことが分かる。これは、道路上での測定（走行及び歩行サーベイ）では土壌上での測定（定点サーベイ）に比べセシウムの洗い流し効果が大きいためであると考えられる。

これら相対偏差の経時変化を確認するため、過去のサーベイ結果について定点サーベイに対する走行サーベイ又は歩行サーベイの空間線量率の比率（相対偏差）を図 2-10 に示す。なお、図 2-10 は、令和 5 年度調査で評価した相対偏差の経年変化⁹⁾に令和 6 年度調査での相対偏差を加えたものである。走行サーベイ/定点サーベイの結果は、事故から約 3 ヶ月後の平成 23 年度調査を除き平均値で-15%から-30%で推移している。定点サーベイに対する歩行サーベイの相対偏差の平均値は概ね 0% から-10%の間で推移している。事故直後を除いて空間線量率の経時的な変化に測定手法間での違いはほとんど見られないと言える。

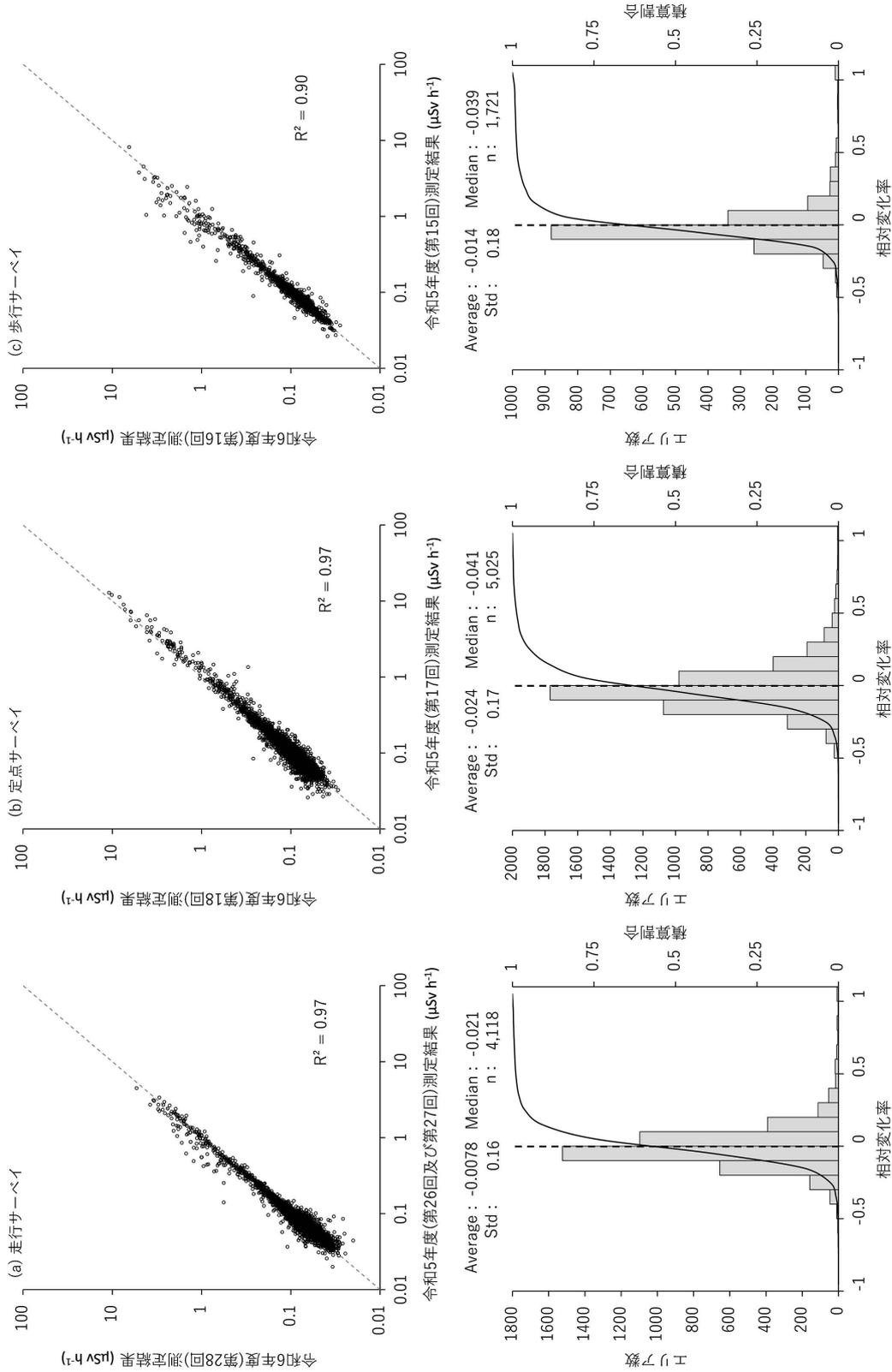


図 2-7 令和5年度調査と令和6年度調査の空間線量率測定結果の比較
(相関図の破線は $y=x$ 、 R^2 は決定係数、Std は標準偏差、n はデータ数を意味する。)

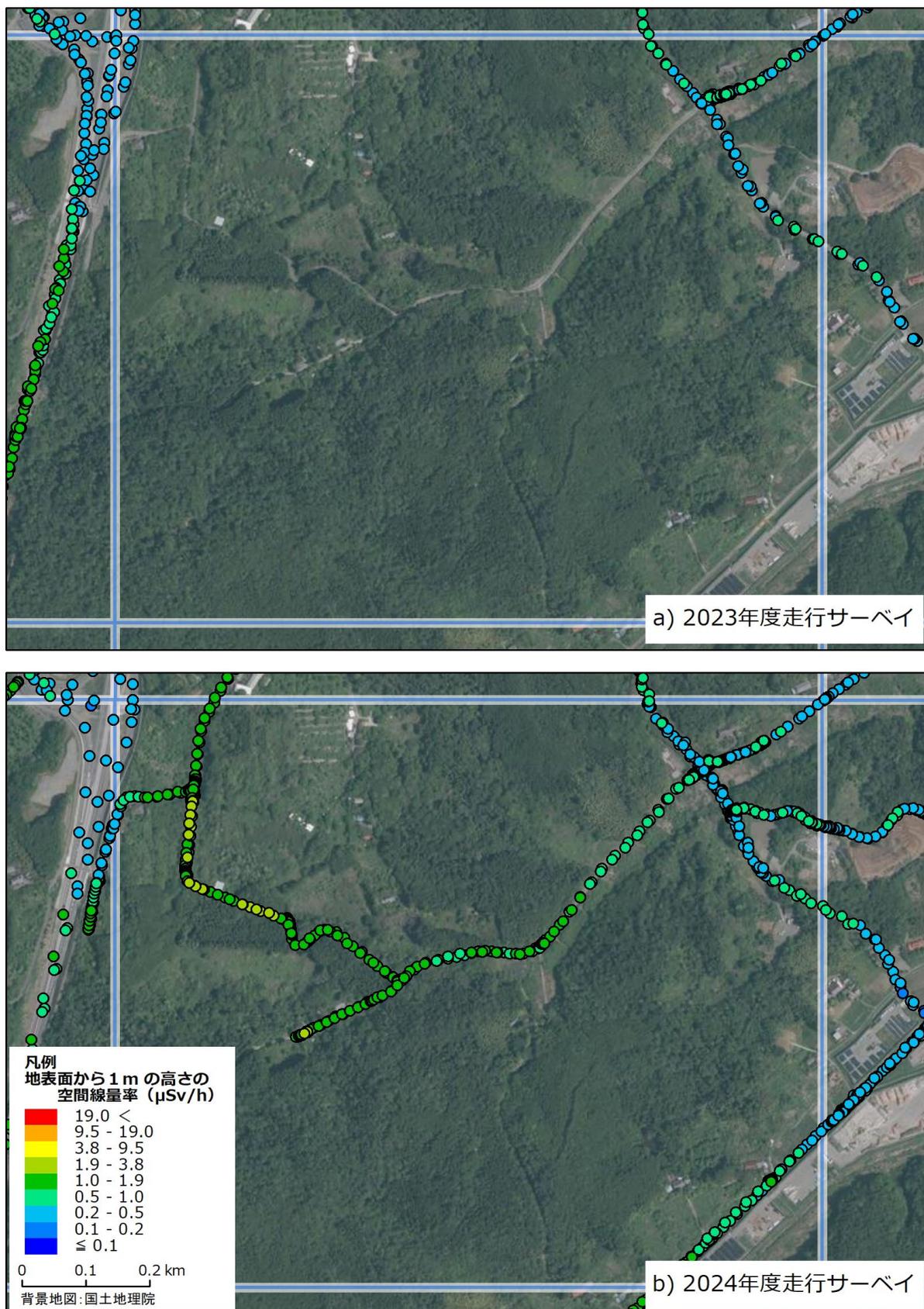


図 2-8 令和 5 年度調査及び令和 6 年度調査における走行サーベイの走行ルートの違いの一例
 (天然放射性核種による空間線量率寄与を含んでいる。)

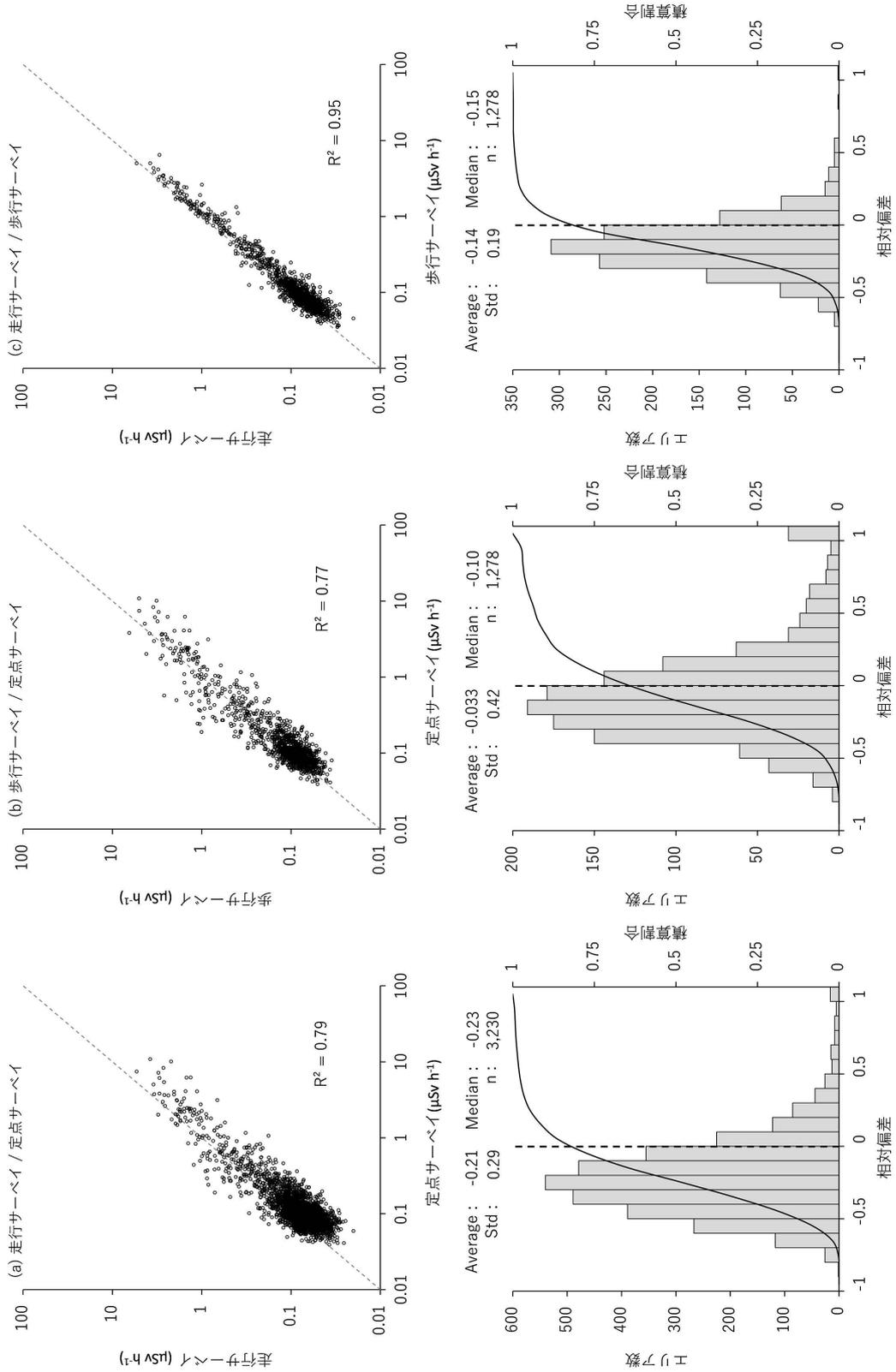


図 2-9 令和 6 年度調査での空間線量率測定手法間の比較

(相関図の破線は $y=x$ 、 R^2 は決定係数、Std は標準偏差、n はデータ数を意味する。)

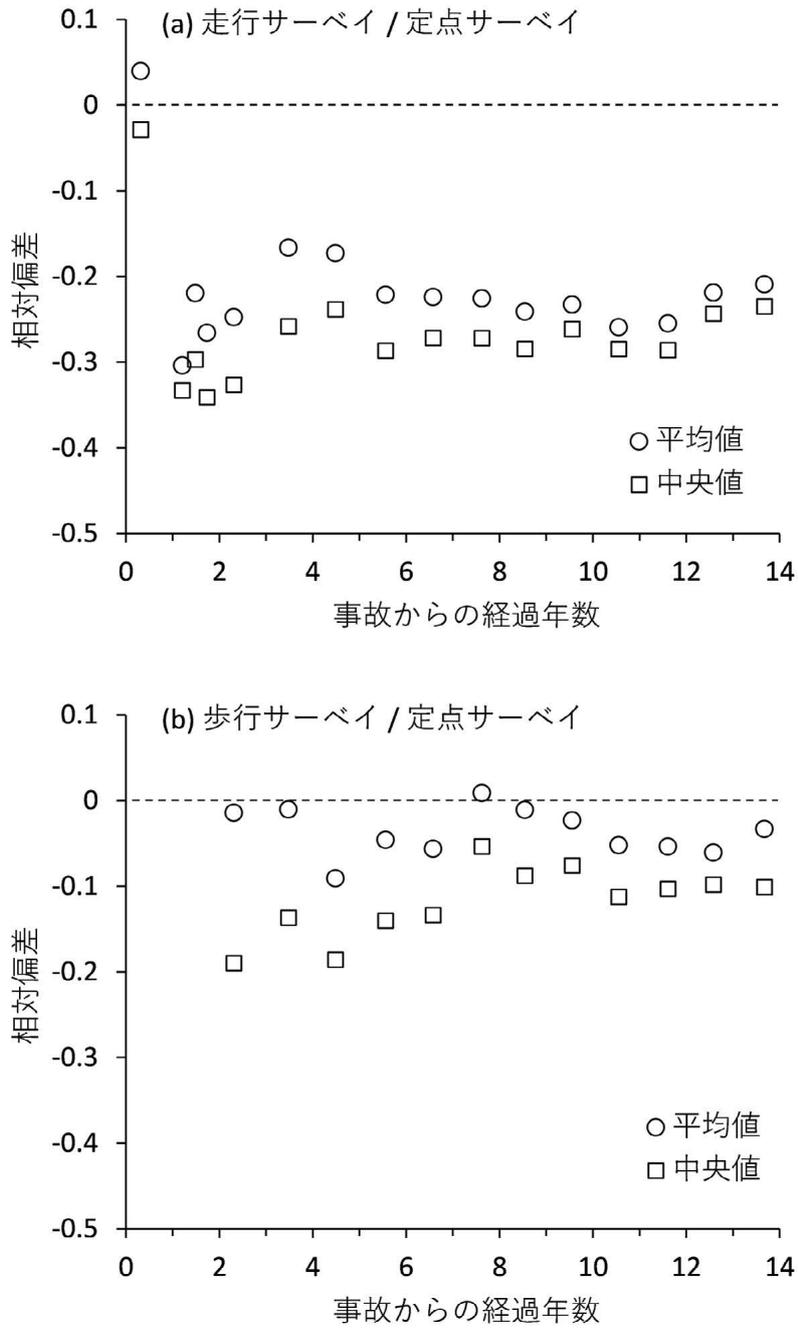


図 2-10 定点サーベイに対する走行サーベイ及び歩行サーベイの空間線量率の相対偏差

3. 無人ヘリによる発電所周辺の測定及び無人航空機の山間部における基礎性能試験

3.1 調査目的

無人ヘリコプター（以下「無人ヘリ」という。）は、有人ヘリコプターによるモニタリング（以下「航空機サーベイ」という。）と比較して低高度で飛行が可能でヘリコプターの軌跡幅（測線間隔）も細かく設定できるため、位置分解能の高い空間線量率分布の測定が可能である。具体的には、航空機サーベイでは 250 m メッシュの分解能に対し、無人ヘリでは 5 m メッシュの分解能で空間線量率分布の評価が可能である。令和 6 年度調査では、無人ヘリサーベイにより福島第一原発から概ね 5 km の範囲の空間線量率等の測定を実施した。また、無人航空機の山間部への適用可能性を確認するため、固定翼型無人航空機（以下「無人機」という。）を用い山間部において基礎性能試験データ取得試験を実施した。以下、これを「無人機サーベイ」という。

なお、事故後、福島第一原発から 3 km 圏内については、航空法による飛行制限区域（平成 25 年 2 月 5 日までは飛行禁止区域）であり航空機サーベイは実施されていなかった。分布状況調査では、平成 24 年度より航空法による規制を受けない無人ヘリを用いて福島第一原発から 3 km 圏内の放射線量率分布測定が開始され¹⁰⁾、平成 25 年度調査から航空機サーベイと 2 km 程度オーバーラップさせた約 5 km 圏内を測定対象とした¹¹⁾。

3.2 無人ヘリによるガンマ線測定及び空間線量率マップの作成

3.2.1 調査手法

令和 6 年度の無人ヘリサーベイ実施期間等は以下のとおりである。

- 調査期間：令和 6 年 5 月 10 日～10 月 2 日
- フライト範囲：74.2 km²
- 合計測定距離：865.8 km

測定には、ヤマハ発動機株式会社製の自律飛行型無人ヘリ FAZER-R G2 を使用し、地上からの直達ガンマ線及び空気による散乱線を合わせた全計数率とガンマ線エネルギースペクトルを 1 秒間に 1 回連続測定した。放射線検出器には LaBr₃ (Ce)シンチレーション検出器（2.0"Φ×2.0"長さ×3 本）を用いた。測定データの位置情報取得には差分全地球測位システム DGPS（Differential Global Positioning System）を用いた。無人ヘリサーベイに用いた機材の仕様等を図 3-1 に示す。なお、検出器の特性確認として、試験用標準線源（日本アイソトープ協会製 CS462CE）を用いて、正味の計数率とエネルギー分解能を評価するとともに、測定ごとに解析システムによりガンマ線エネルギーピークの位置に変動がないことを確認した。

無人ヘリの飛行高度は、安全面及び測定データの信頼性を考慮し、対地高度で 80 m を目安とした。上空で測定される放射線は、無人ヘリ下部の直径約 200 m 程度の円内のガンマ線量を平均化したものである¹²⁾。無人ヘリの飛行軌跡幅（測線間隔）は 80～100 m、飛行速度は 8 m/s（= 28.8 km/h）程度とした。これらフライト条件は測定結果の比較を容易にするため、第 3 回以降は全く同じとしている。フライトの飛行軌跡を図 3-2 に示す。

上空で測定されたガンマ線計数率には、地表の放射性セシウムや天然放射性核種に由来する計数率 (C_{net}) に加え、検出器結晶内に由来するバックグラウンド計数率が含まれる。バックグラウンド計数率の影響を除くため、事前に陸域の影響の無い海上でガンマ線計数率を求め、以後の解析においては取得データからこのバックグラウンド計数率を減じ、各種係数や空間線量率の算出に用いた。

上空で測定されたガンマ線計数率から地上のガンマ線計数率を推定するため、開けたテストサイト上空において、対地高度 20 m、30 m、40 m、60 m、80 m、100 m、120 m、150 m でホバリングし、ガンマ線計数率を取得した。各対地高度の平均値とガンマ線計数率の平均値は指数近似曲線で表され、この曲線の傾きを空気減弱係数 AF (Attenuation Factor、単位: m^{-1}) として求めた。また、上記ホバリング地点の中心座標から半径 80 m 範囲内の空間線量率の平均値を求め、高度 1 m の推定ガンマ線計数率との比から空間線量率換算係数 CD ($\text{cps}/(\mu\text{Sv/h})$) とした。令和 6 年度の AF と CD は、10 回のキャリブレーションで取得した平均値 (AF : -0.00675 m^{-1} , CD : $7,195 \text{ cps}/(\mu\text{Sv/h})$) とした。令和 6 年度調査にて取得したテストサイトにおけるキャリブレーション結果を表 3-1 に示す。

AF 及び CD を用い計数率 C_{net} から地上 1 m における空間線量率 (D) を式(4)により求めた。

$$D = \frac{C_{\text{net}} \times \exp^{(H_s - H_m) \cdot AF}}{CD} \quad (4)$$

ここで、 H_s は基準高度 (=1 m)、 H_m は測定高度である。

D は上述のように、天然放射性核種と放射性セシウムの両方に由来する。そのため放射性セシウムの減衰補正を行う前に、放射性セシウムに由来する空間線量率 (D_{cs}) のみを求める必要がある。ここでは、1,400 keV を超える高エネルギー帯のガンマ線が放射性セシウムに由来しない事に基づき、以下の手順にて放射性セシウムに由来する D_{cs} を求めた。

- ① あらかじめ放射性セシウムの無い地域でフライトすることでガンマ線スペクトルを取得し、(50 keV–2,800 keV の計数率) / (1,400 keV–2,800 keV の計数率) 比 (以下、「 $BG\text{-index}$ 」という。) を求める。
- ② 福島第一原発の周辺で取得されたガンマ線スペクトルの 1,400 keV–2,800 keV の計数率と①で求めた $BG\text{-index}$ から、天然放射性核種に由来する 50 keV–2,800 keV のガンマ線計数率を求める。
- ③ 天然放射性核種に由来するガンマ線計数率を減じて放射性セシウムに由来するガンマ線計数率を求める。
- ④ 式(4)に従い地上 1 m における放射性セシウムに由来する D_{cs} を求める。

求めた D_{cs} に放射性セシウムの減衰補正を施し、測定期間の最終日時点の値に換算した。地上高 1 m の空間線量率 D は、これに天然放射性核種に由来する空間線量率を足し合わせて求めた。求めた D は、同時取得された座標情報とともに GIS ソフトウェアを用いて、内挿法 (クリギング法) により 5 m メッシュの分解能で内挿補間しマップ化した。また、過去のデータ等との比較に用いるデータについては、無人ヘリの測定範囲 (線源視野範囲)

を考慮し、5 m メッシュのデータを基に 100 m メッシュごとに平均した。

表 3-1 テストサイトにおける換算パラメータ及びそれらの取得条件

ID	テストサイト場所		実施日	ホバリングの 対地高度(m)	基準高度計数率 (cps at 80m)	地上値 (μ Sv/h)	AF (m^{-1})	CD (cps/(μ Sv/h))
	緯度	経度						
1	37.41125842	140.9582196	R6.5.10	76	7619	2.19	-0.00928	7248
2	37.40474360	140.9912167	R6.5.22	76	2574	0.53	-0.00594	7508
3	37.38600586	140.9947473	R6.6.7	70	3288	0.86	-0.00681	6542
4	37.41125553	140.9582216	R6.6.17	79	7919	2.26	-0.00910	7178
5	37.40474327	140.9912158	R6.6.26	75	2646	0.50	-0.00561	8233
6	37.38602095	140.9947547	R6.7.2	73	3377	0.92	-0.00660	6161
7	37.40474865	140.9912227	R6.7.16	76	2498	0.51	-0.00573	7739
8	37.38602676	140.9947493	R6.7.29	73	3483	0.87	-0.00647	6674
9	37.38601725	140.9947445	R6.10.2	74	3279	0.84	-0.00643	6517
10	37.40474578	140.9912239	R6.10.2	76	2506	0.48	-0.00550	8147
						平均値	-0.00675	7195
						採用値	-0.00675	7195

ヤマハ発動機（株）自律飛行型無人ヘリコプターFAZER-R G2	
・最大離陸重量	: 110 kg*
・全長・全幅・全高	: 3,665 mm・770 mm・1,078 mm*
・飛行時間	: 100分*
・最大搭載可能測定器重量	: 28 kg*
・最高速度	: 72 km/h*
・搭載機器	: 全方位カメラ、GPSセンサー
・線量計からのデータを無線で基地局に送信できること	
*: 国土交通省機体登録届出値	



無人ヘリ搭載用放射線検出器の概要	
・検出部	: LaBr ₃ (Ce)検出器
・検出部サイズ	: 51mmΦ x 51mmH x 3本
・検出範囲	: BG ~0.1 mSv/h
・検出エネルギー	: 60keV以上
・データ収集周期	: 1回/秒
・測定器重量	: 約8.0kg (筐体含む)



無人ヘリの操縦（基地局）

図 3-1 無人ヘリサーベイの機材の仕様等

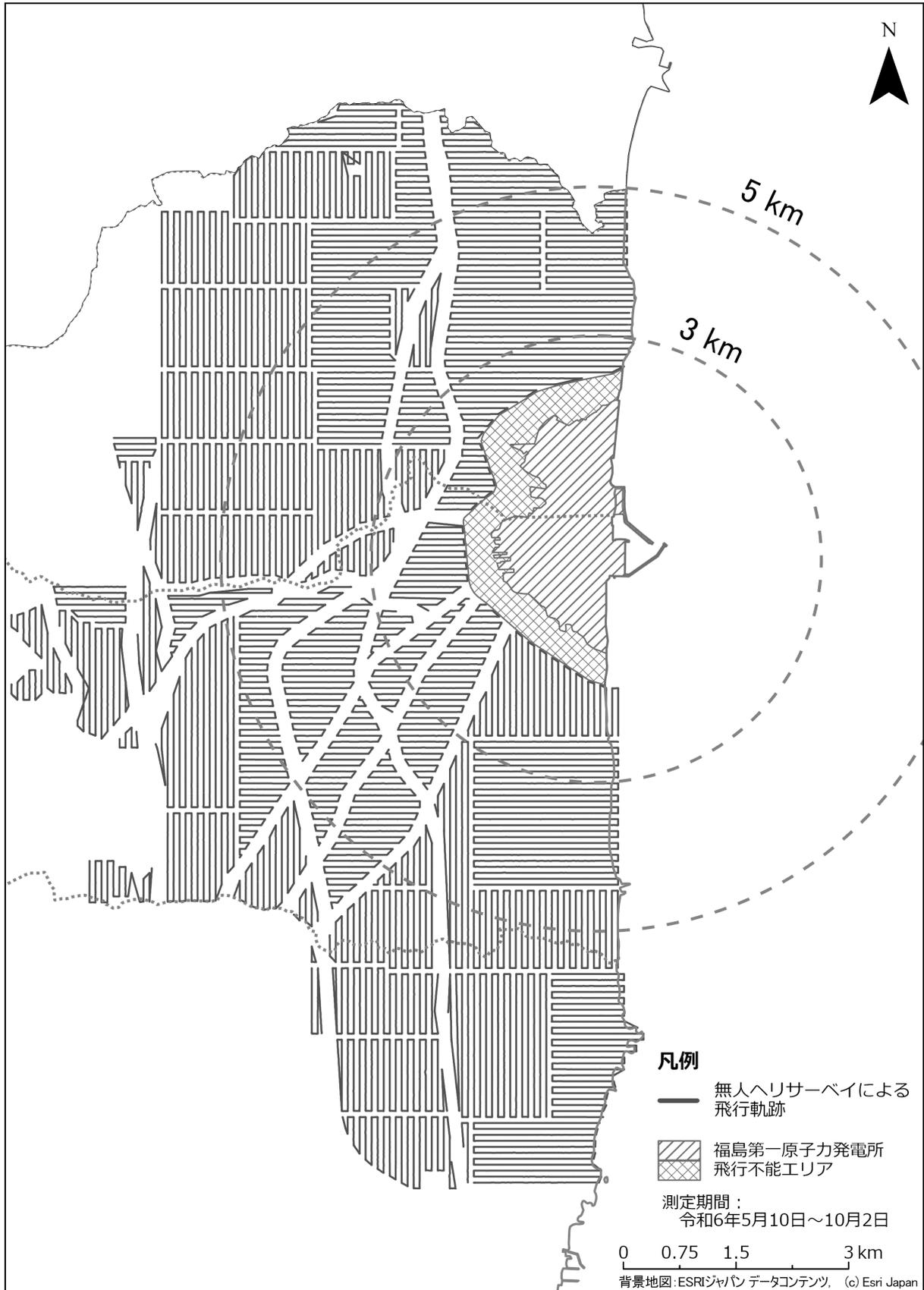


図 3-2 令和 6 年度調査での無人ヘリサーベイの飛行軌跡

3.2.2 福島第一原発から約 5 km 圏内の空間線量率測定結果

1) 空間線量率分布マップ

令和 6 年度調査において実施した無人ヘリサーベイによる空間線量率マップを図 3-3 に示す。また、第 1 回から令和 6 年度までの主に 5 km 圏内の空間線量率マップ（事故後 1 年 7 ヶ月、2 年 4 ヶ月、3 年 4 ヶ月、4 年 7 ヶ月、6 年 6 ヶ月、8 年 9 ヶ月、10 年 7 ヶ月及び 13 年 7 ヶ月）を図 3-4 に示す。図 3-4 から時間の経過とともに空間線量率の高い暖色系のエリアが小さくなってきていることが分かる。空間線量率の経時変化傾向の定量的評価については第 5 章で述べる。

2) 測定結果の妥当性の検証

結果の妥当性を検証するために、測定地点直下の地上で測定した結果（第 2 章の定点サーベイによる測定結果）と比較した。無人ヘリサーベイの測定結果から評価した 100 m メッシュデータと同地点における地上での測定結果を比較した散布図及び 2 測定間の相対偏差（式(3)において、無人ヘリサーベイの測定結果を D_a 、同地点における定点サーベイによる測定結果を D_b とした。）を図 3-5 に示す。なお、いずれも天然放射性核種による空間線量率寄与を含んだ数値である。散布図を見ると良い相関関係（決定係数 $R^2=0.87$ ）を示しており、令和 6 年度調査での結果は概ね地上の測定結果を再現できていたと考えられる。なお、図 3-5 上図では $1 \mu\text{Sv/h}$ 以下の低線量域において無人ヘリサーベイによる測定値が過大評価となり、図 3-5 下図では相対偏差が 1 以上となる頻度がやや大きくなる傾向が近年見られる。令和 6 年度調査ではその割合が 15%程度となった。この原因として、無人ヘリサーベイは広い範囲の平均的な線量を測定するのに対し、地上での測定が除染等の理由で周辺の空間線量率と比較して、局所的に低い測定ポイントで実施されることが多くなったことが考えられる。

3) 令和 5 年度との比較

測定区域を 100 m メッシュに分割し、メッシュごとに令和 5 年度調査と令和 6 年度調査での無人ヘリサーベイによる空間線量率測定結果を比較した。散布図及び式(1)で定義した相対変化率を図 3-6 に示す。散布図は良い相関関係（決定係数 $R^2=1.0$ ）を示している。また、変化率の平均値から令和 6 年度調査では令和 5 年度調査から約 5%減少したことが分かる。

図 3-7 に令和 5 年度調査の空間線量率測定結果に対する令和 6 年度調査の空間線量率の測定結果の比（相対変化率）をマップにして示す。福島第一原発周辺の地域を中心に顕著に空間線量率の減少が確認できる場所があることが分かった。この要因を調査した結果を図 3-8 に示す。ほとんどの地域は、現在、建設中である施設のエリア又は特定帰還居住区域のエリアと一致しており、施設建設における造成作業や農地の耕起による影響が表れているものと考えられる。

3.2.3 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

無人ヘリによる上空からの放射線測定結果を基に福島第一原発周辺（半径 5 km 程度）の放射性セシウム沈着量を求めた。沈着量評価には、平成 25 年度に確立したガンマ線スペクトル情報から放射性核種ごとに評価する手法¹³⁾を用いている。

放射性セシウムの沈着量の算出手順を以下に示す。

- ① 3.2.1 項に示した手法に従い *BG-index* と式(4)を用いて放射性セシウムのみ空間線量率 (D_{Cs}) を算出する。
- ② 式(5)より、 D_{Cs} を空間線量率－放射能換算係数 (CF : セシウム 134 で 3.25×10^{-6} 、セシウム 137 で 1.265×10^{-6} ($\mu\text{Sv/h}/(\text{kBq}/\text{m}^2)$) で除して放射性セシウムの沈着量 Rd を求める。

$$Rd = \frac{D_{Cs}}{CF} \quad (5)$$

CF を求めるには、重量緩衝深度の設定が必要であるが、4.1 節に示す結果から実効的な重量緩衝深度 $\beta_{eff} = 4.49 \text{ g}/\text{cm}^2$ を用いた。

検出下限値を求める際には、バックグラウンド計数率の標準偏差 (σ_{Nb}) から式(6)に示した Currie の式¹⁴⁾に当てはめ、検出下限値 (Nd) を算出した結果、 $9.1 \text{ kBq}/\text{m}^2$ と求められた。

$$Nd = 4.653\sigma_{Nb} + 2.706 \quad (6)$$

無人ヘリサーベイの測定結果から求めた沈着量（換算値）の分布マップを図 3-9（右）に示す。また、比較のため、令和 5 年度調査での測定結果を同図（左）に示す。福島第一原発から北西部分と南部分は $3 \text{ MBq}/\text{m}^2$ を超える比較的高いエリアが広がっていることが分かる。一方、北側の海岸沿いは、 $300 \text{ kBq}/\text{m}^2$ 以下のエリアも存在する。令和 5 年度調査での沈着量（換算値）と比較すると、測定範囲の全体で沈着量がわずかに低くなったことが分かる。

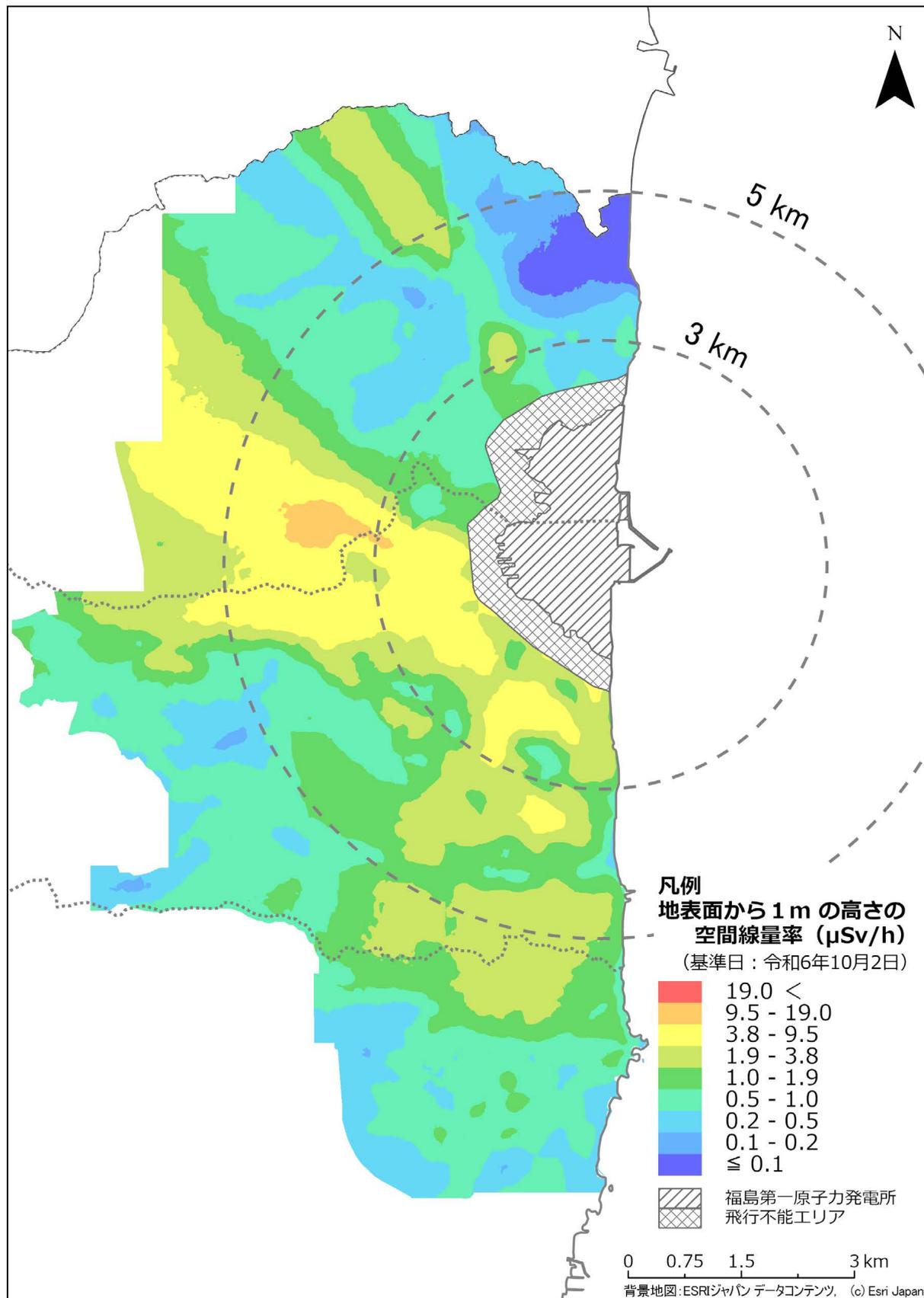


図 3-3 令和6年度調査における第16回無人ヘリサーベイによる空間線量率測定結果
 (天然放射性核種による空間線量率寄与を含んでいる。)

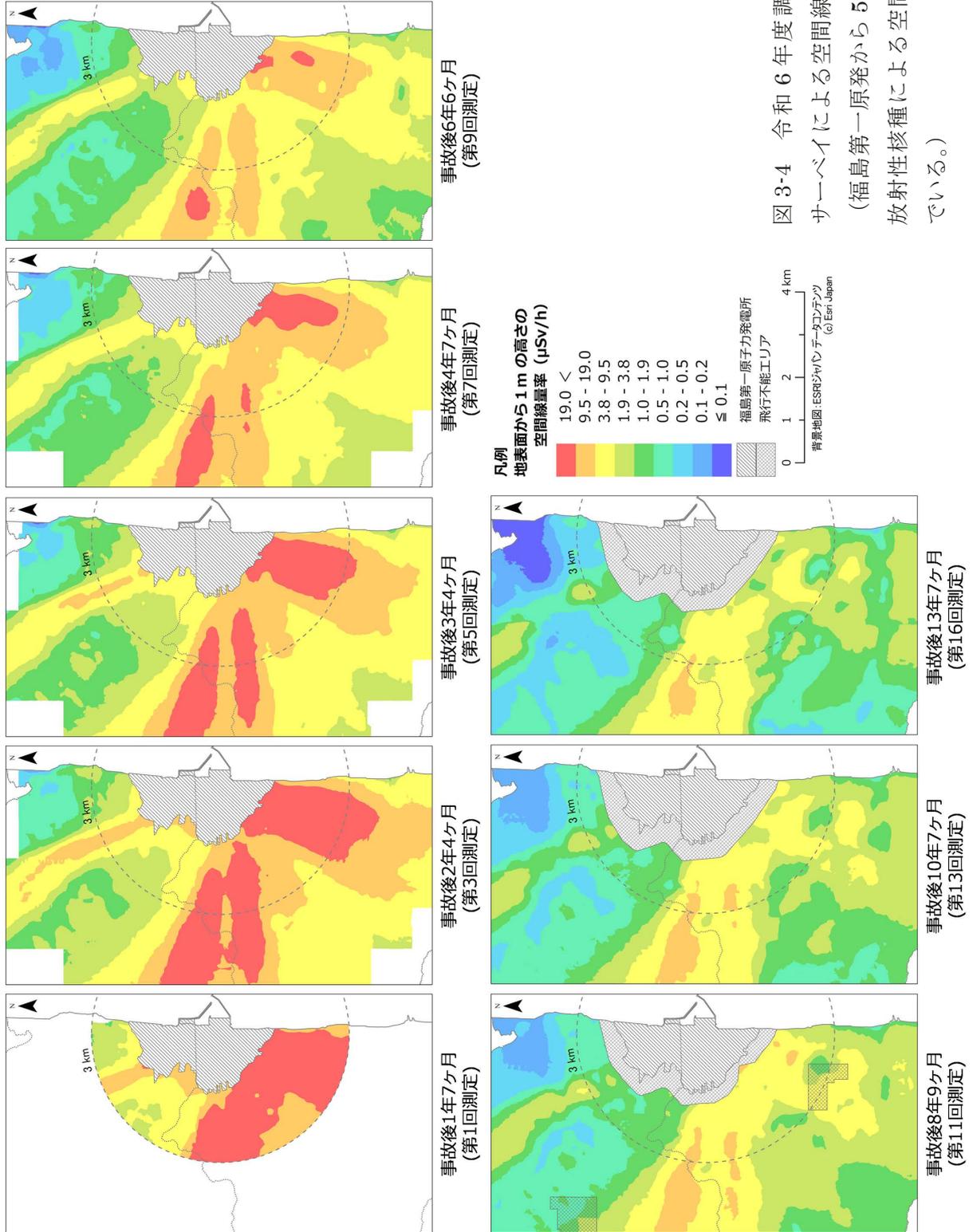


図3-4 令和6年度調査までの無人ヘリ
 サーベイによる空間線量率の変化
 (福島第一原発から5 km 圏内主体。天然
 放射性核種による空間線量率寄与を含ん
 でいる。)

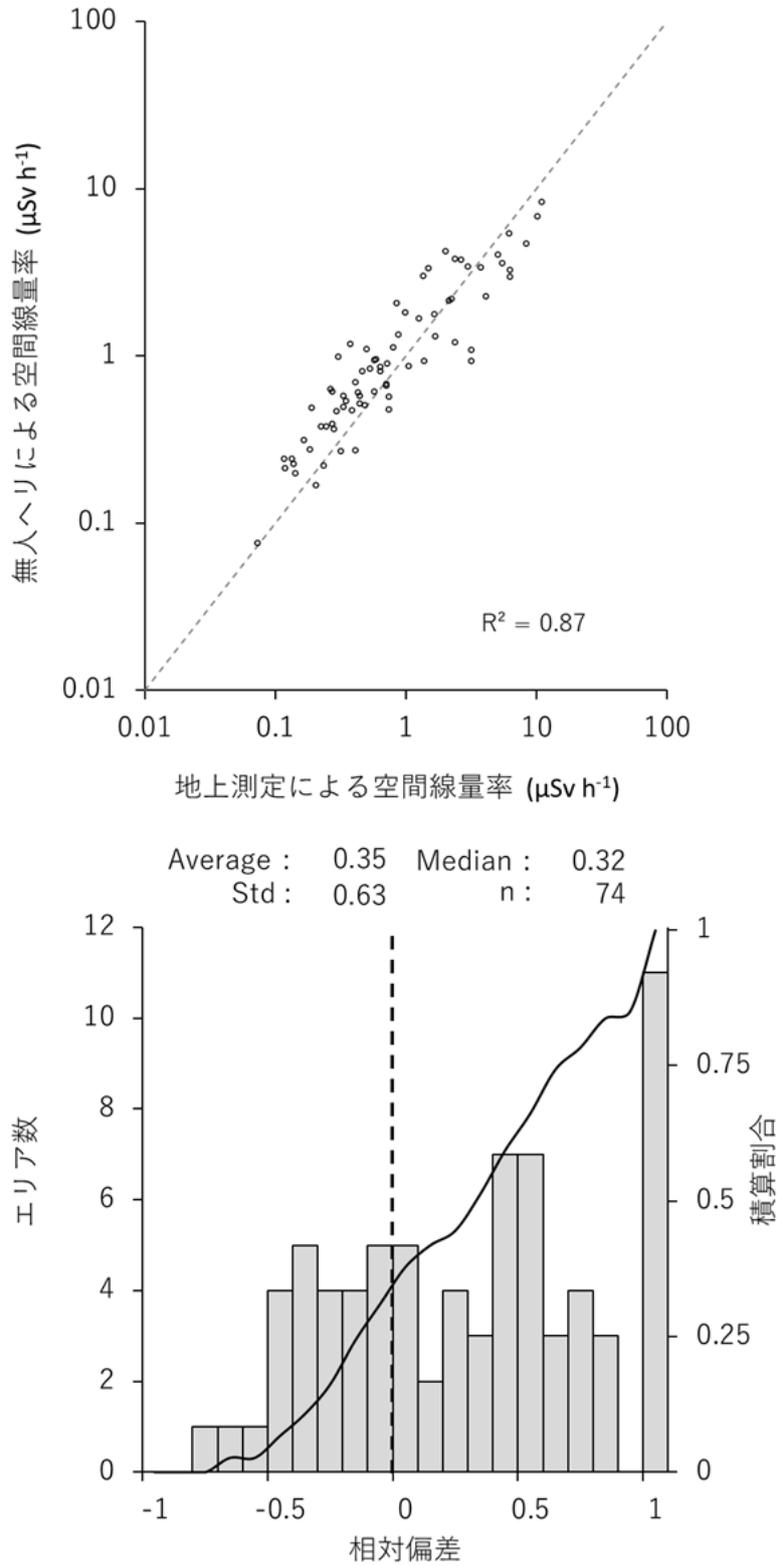


図 3-5 無人ヘリサーベイと地上測定（定点サーベイ）による空間線量率の比較
 （相関図の破線は $y=x$ 、 R^2 は決定係数、Std は標準偏差、n はデータ数を意味する。）

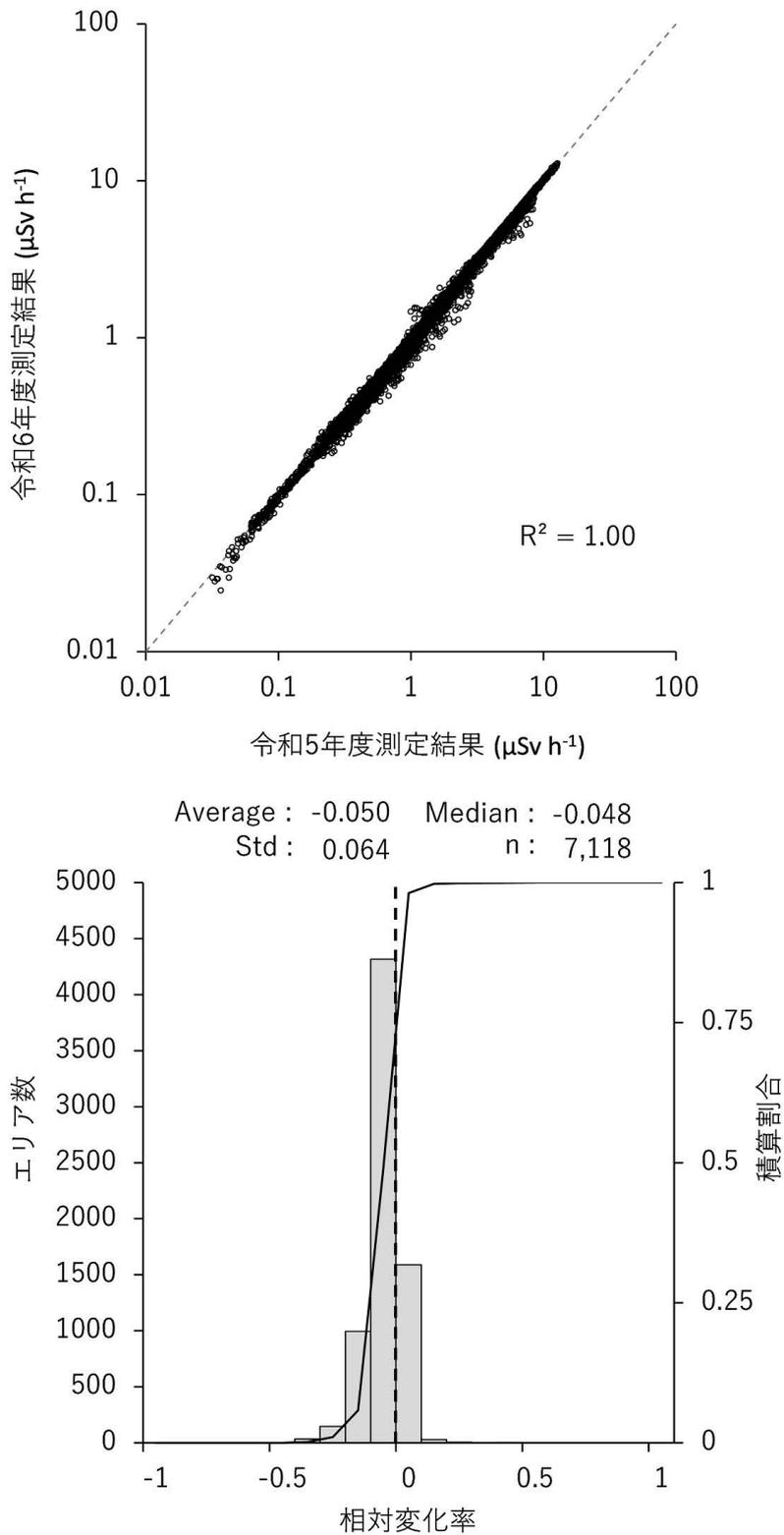


図 3-6 令和 5 年度調査と令和 6 年度調査での無人ヘリサーベイによる空間線量率測定結果の比較

(相関図の破線は $y=x$ 、 R^2 は決定係数、Std は標準偏差、n はデータ数を意味する。)

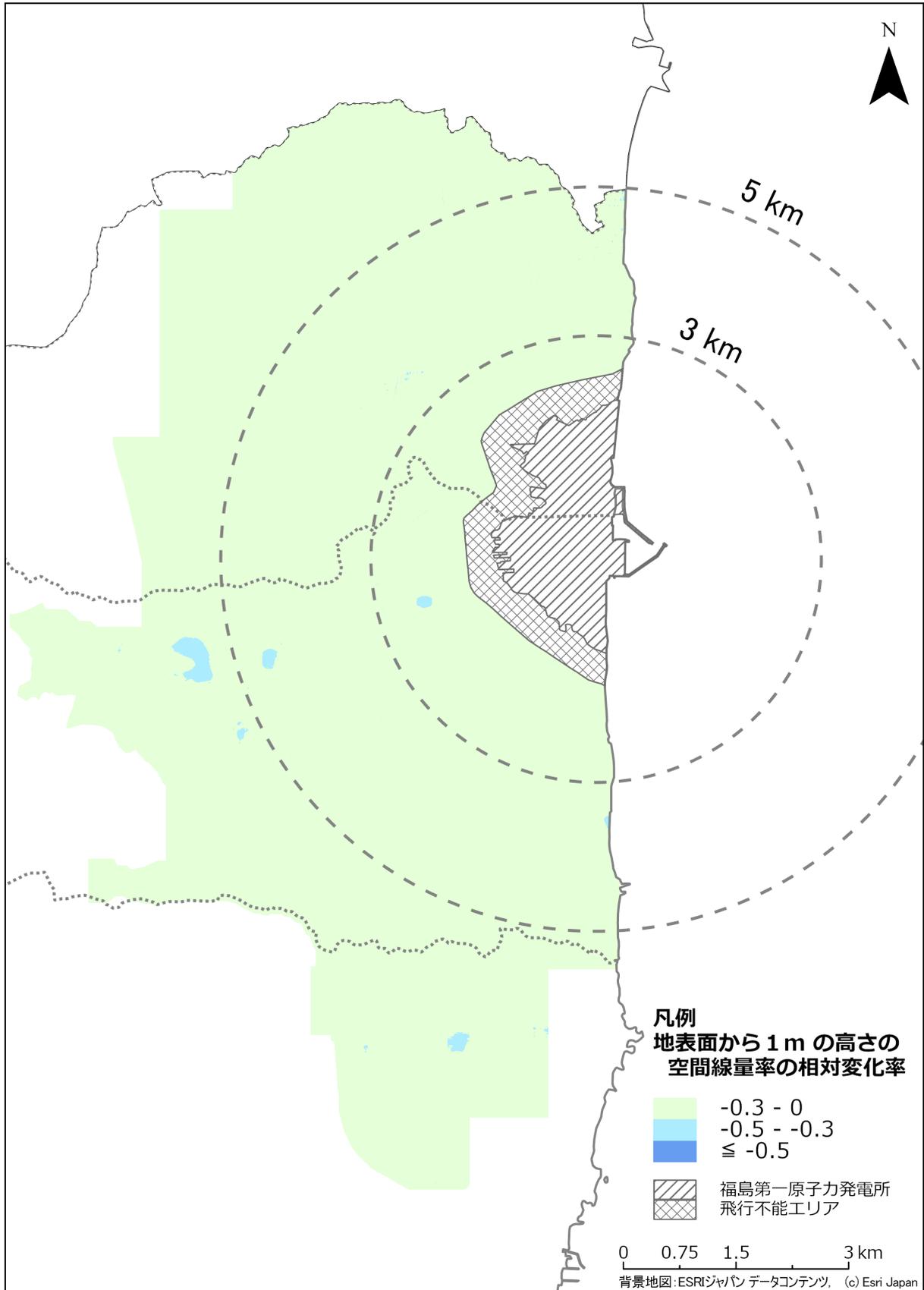


図 3-7 無人ヘリサーベイによる空間線量率測定結果の令和 5 年度調査に対する令和 6 年度調査の相対変化率の分布

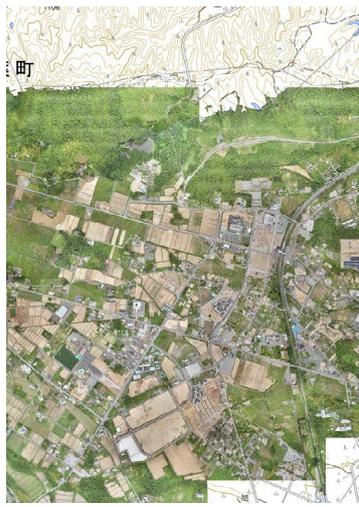
		<p>【大熊町下野上・大野駅西口付近】 大野駅西口及び特定帰還居住区域のエリアで線量が減少している。 大野駅西口に、新たに商業施設が建設されている。 特定帰還居住区域のエリアの農地の耕起が確認された。</p>
		<p>【大熊町夫沢】 著しく減少した場所では施設の造成工事が確認された。</p>
		<p>【富岡町本岡】 著しく減少した場所では農地の耕起が確認された。</p>

図 3-8 令和 5 年度調査から令和 6 年度調査に空間線量率が顕著に減少した要因の調査結果（左から地理院タイル 15）に相対変化率マップ（図 3-7 参照）を追記して掲載、地理院タイルに測定中に撮影した写真からオルソ画像（地図と同じく写真上の像の位置ズレをなくし、真上から見たような傾きのない正しい大きさと位置に表示される画像）を作成し追記。）

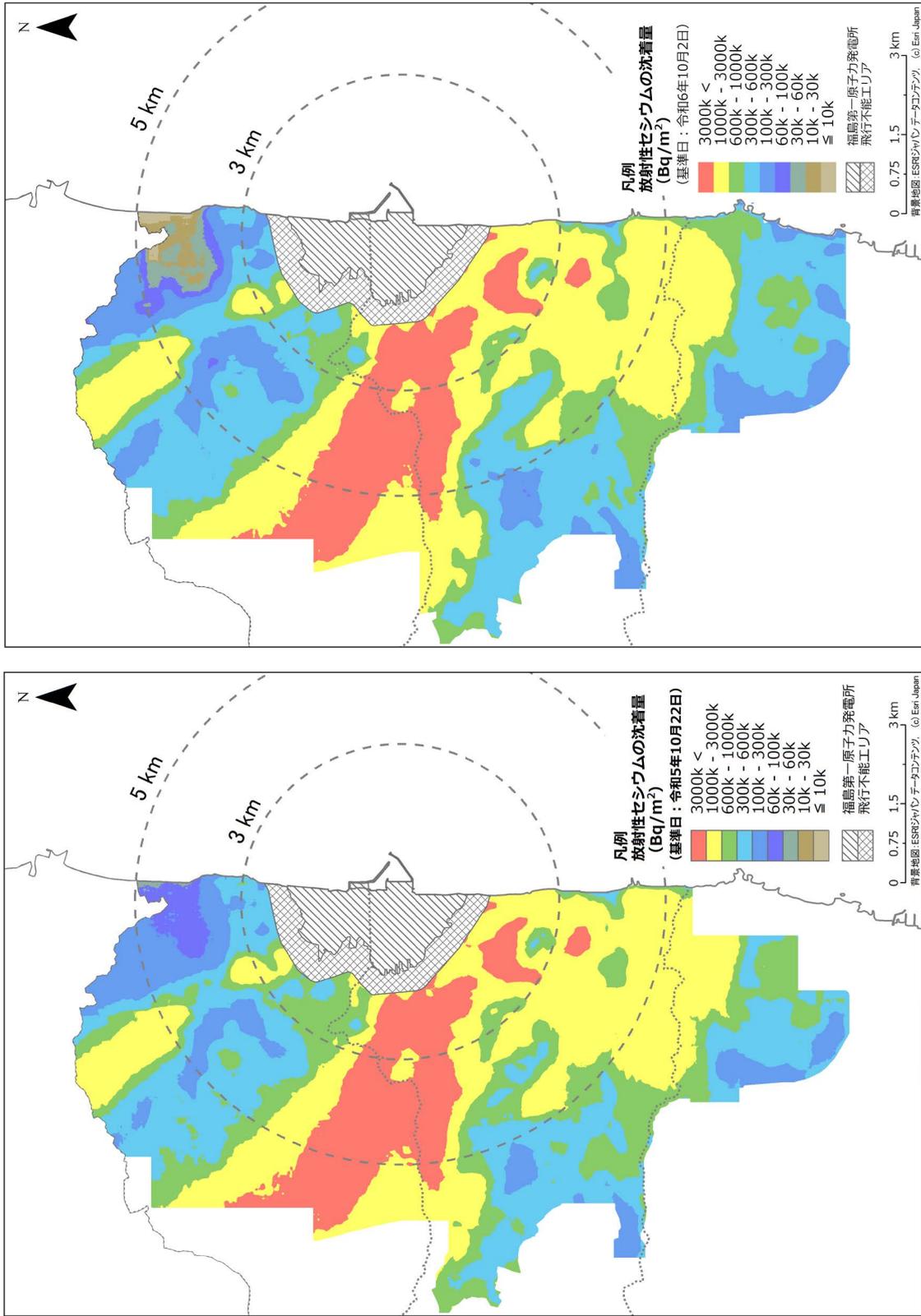


図 3-9 無人ヘリサーバイによる放射性セシウム沈着量 (換算値) 分布マップ (左：令和5年度調査、右：令和6年度調査)

3.3 無人機を用いた山間部での空間線量率測定手法の検討

3.3.1 無人機の仕様及び調査手法

無人機を用いた山間部サーベイ（無人機サーベイ）の実施期間等は以下のとおりである。

- 調査期間：令和7年1月27日～1月28日
- 飛行測定範囲：0.34 km²

山間部上空を円状に飛行した範囲（円の直径0.47 km）とし、2日間測定の面積の合計とした。

- 合計測定距離：2.9 km

合計測定距離は、各測定日の円の円周の合計とした。実際には、各高度で複数回旋回を行ったため、飛行測定範囲と合計測定距離は計算上の値よりも大きい。

無人機には、Edge Autonomy社製のPenguin Cを使用し、地上からの直達ガンマ線及び空気による散乱線を合わせた全計数率とガンマ線エネルギースペクトルを1秒間に1回連続測定した。無人機の頭頂部にクリアパルス株式会社製の放射線検出器HR-GAGG（10 mm × 10 mm × 10 mm）2個及びプラスチックシンチレーション検出器（0.98" × 0.98" × 0.012"）を設置した。これら放射線検出器の構成を図3-10に示す。測定データの位置情報取得には無人機のGPSを用いた。無人機サーベイに用いた機材等及び測定状況の写真を図3-11に示す。空間線量率の評価には、搭載検出器下部に位置するHR-GAGGシンチレーション検出器の計数率を用いた。

無人機の飛行高度は、山間部での安全面を考慮し、対地高度で200 m以上を目安とした。無人機は円状に飛行し、対地高度200、250、300 m、飛行速度は20 m/s (=72 km/h)程度とした。無人機サーベイの飛行軌跡を図3-12に示す。広域での無人機の飛行試験の実施可能な飛行試験場かつ近傍に山間部を有するという条件を満たすため、福島ロボットテストフィールド通信塔（小高）付近を調査地点として選定した。調査地点近傍で工事が行われ作業者の上空を飛行させることが難しいことから、国土交通省が定めたレベル2飛行（目視内での自動飛行）に準拠させる必要があった。そのため、飛行測定範囲は無人機の飛行許可の取得が可能かつ、目視内飛行が可能な範囲の山間部を選択した。離陸地点から北西方向及び南西方向の山間部を飛行測定範囲としたが、調査当日の風向きを考慮し、南西方向への飛行を行った。北西方向の山間部での測定を終了後、離陸地点の南側エリアでパラシュート開傘し、飛行測定範囲内の離陸地点南部に着陸させた。

空間線量率は前述の式(4)により評価した。上空で測定されたガンマ線計数率を空間線量率の値に換算するためのAF及びCDは、令和6年度原子力施設等防災対策等委託費及び放射性物質測定調査委託費（80 km圏内外における航空機モニタリング）事業により評価された数値（AF: -0.00424 m⁻¹, CD: 46.14 cps/(μSv/h)）を用いた。なお、空間線量率の値は、各測定日時点のものである。地上高さ1 mの空間線量率の値をリンクする位置情報とともにGISソフトウェアを用いてマップ化した。

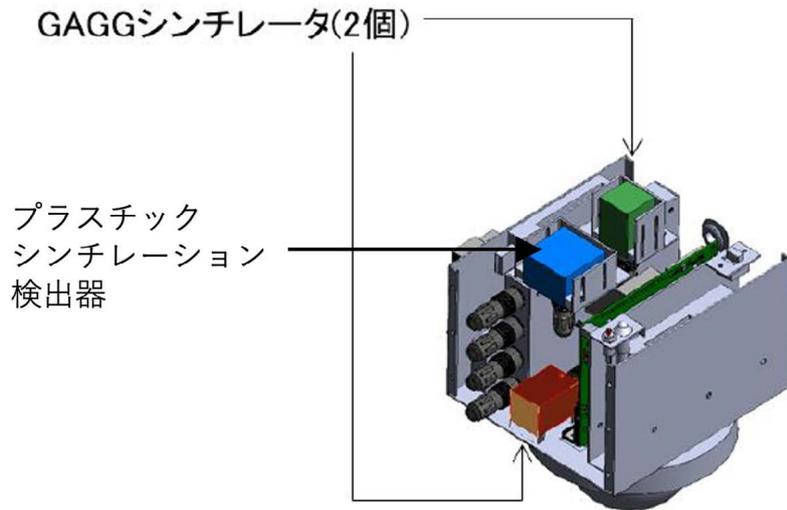


図 3-10 無人機サーベイに用いた検出器の構成

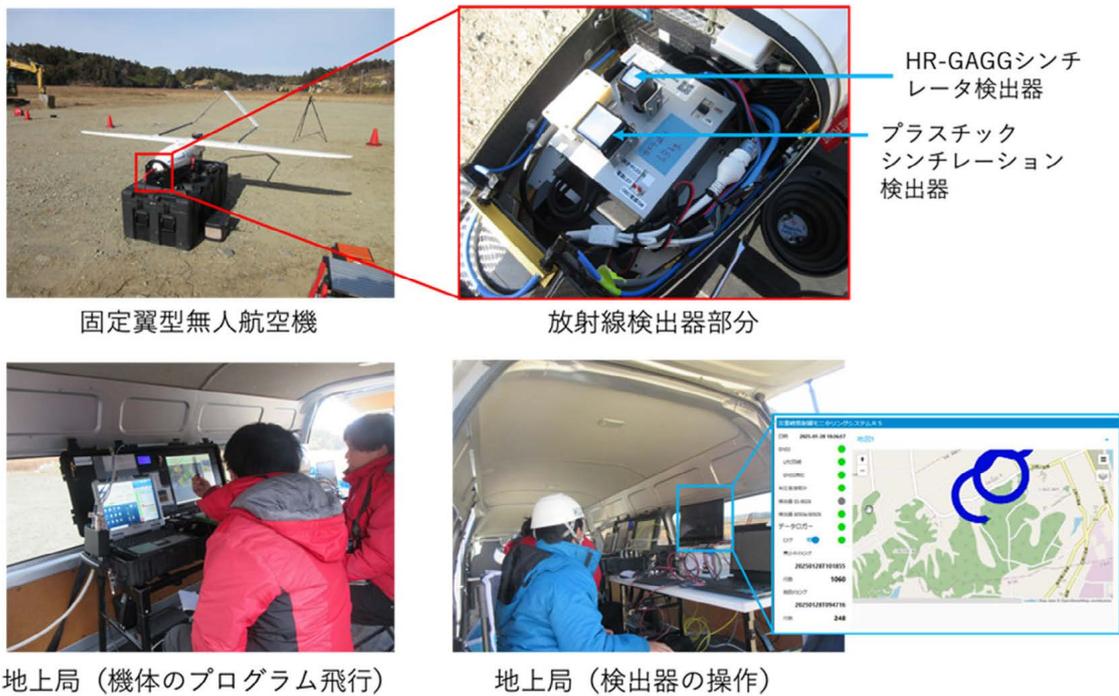


図 3-11 無人機サーベイの機材等及び測定状況

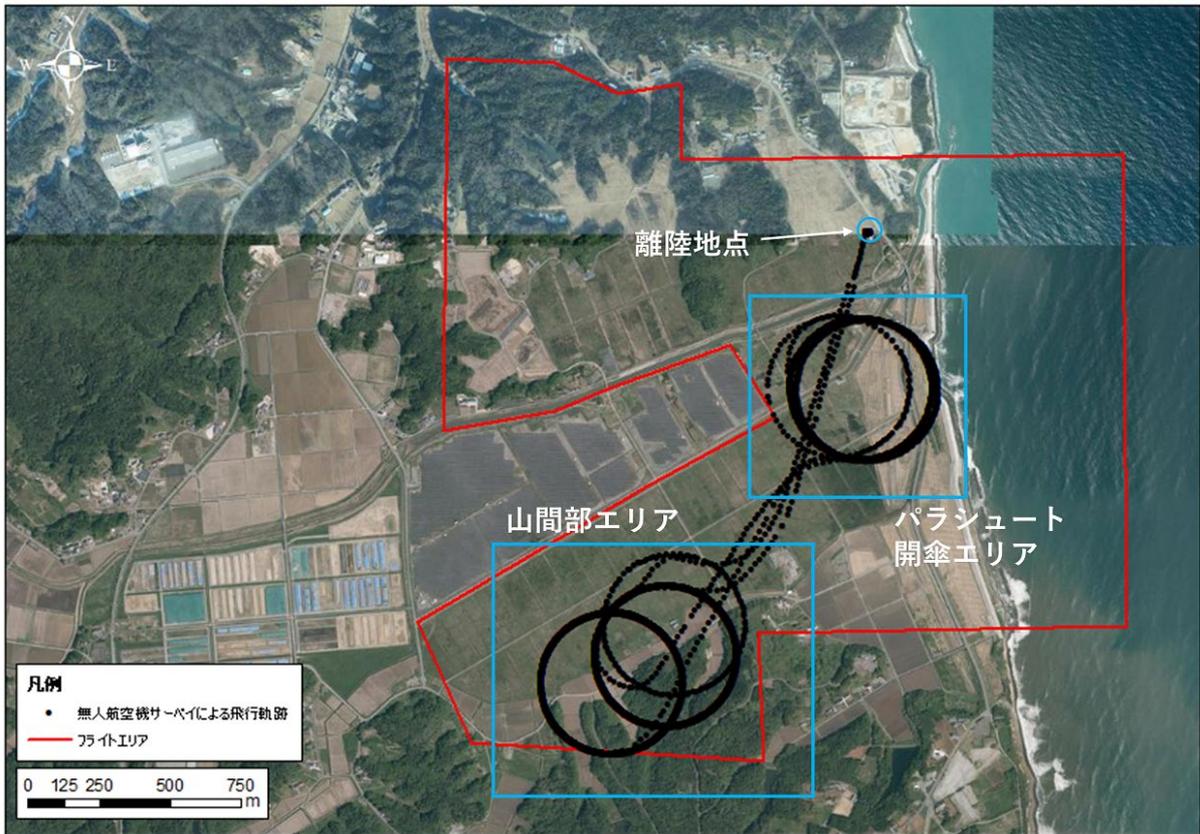


図 3-12 令和 6 年度調査での無人機サーベイの飛行軌跡
(背景地図は地理院地図 Vector 16)

3.3.2 山間部での空間線量率測定手法の検討結果

無人機サーベイによる空間線量率マップを図 3-13 に示す。無人機の地上局と機体との通信は良好であり、検出器の測定データも地上局 PC にほぼ途切れることなく連続的にダウンロードできた。山間部で無人機を飛行させる際に、風が複雑に変動しモニタリングに支障が出るのが予想されたが、地上局で機体の速度や周辺の風速と風向きを定期的に監視することで、問題なく運航することができた。これにより、実際に無人機を山間部の放射線モニタリングに適用できることを確認した。原子力災害などの緊急時に、無人機により平野と山間部を横断的に飛行することで、無人ヘリコプターよりも迅速に広域の空間線量率分布を把握することが可能となると考えられる。

高度別の空間線量率の箱ひげ図を図 3-14 に示す。高度 200 m のフライトの位置情報に基づいて 50 m 四方のメッシュを作成し、3 つの高度で共通しているメッシュ内の平均値同士を比較した。高度 200、250、300 m で帰還困難区域外の低線量率エリアの山間部を飛行させた結果を比較したところ、各高度の平均空間線量率に有意な差はなかった。しかし、最も低い高度 200 m で飛行した際に、最も幅広い線量率範囲を評価できたことから、無人機で飛行した際の直下の空間線量率分布を最もよく反映できていると考えられる。今後、帰還困難区域の高線量率エリアの山間部を飛行させる際には、山間部の地形に合わせて可能な限り低い対地高度で飛行することで、詳細な空間線量率分布を把握できると考えられる。

また、事故直後、山間部での放射性セシウムの沈着率が中腹で比較的高かった事例¹⁷⁾があることから、緊急時に山間部を無人機でモニタリングすることで、原子力災害が環境に与える影響の迅速な評価の一助となると期待される。

無人機を着陸させる際に、落下許容エリアを 300 m×300 m の範囲に設定する必要があり、モニタリングエリアを選定する際に制約がある。また、着陸に必要なパラシュート開傘地点を風向きや風速に応じて設定する必要がある。離発着地点の範囲の制約の少ない無人ヘリコプターと組み合わせることで、実効的な放射線モニタリングが可能となると考えられる。

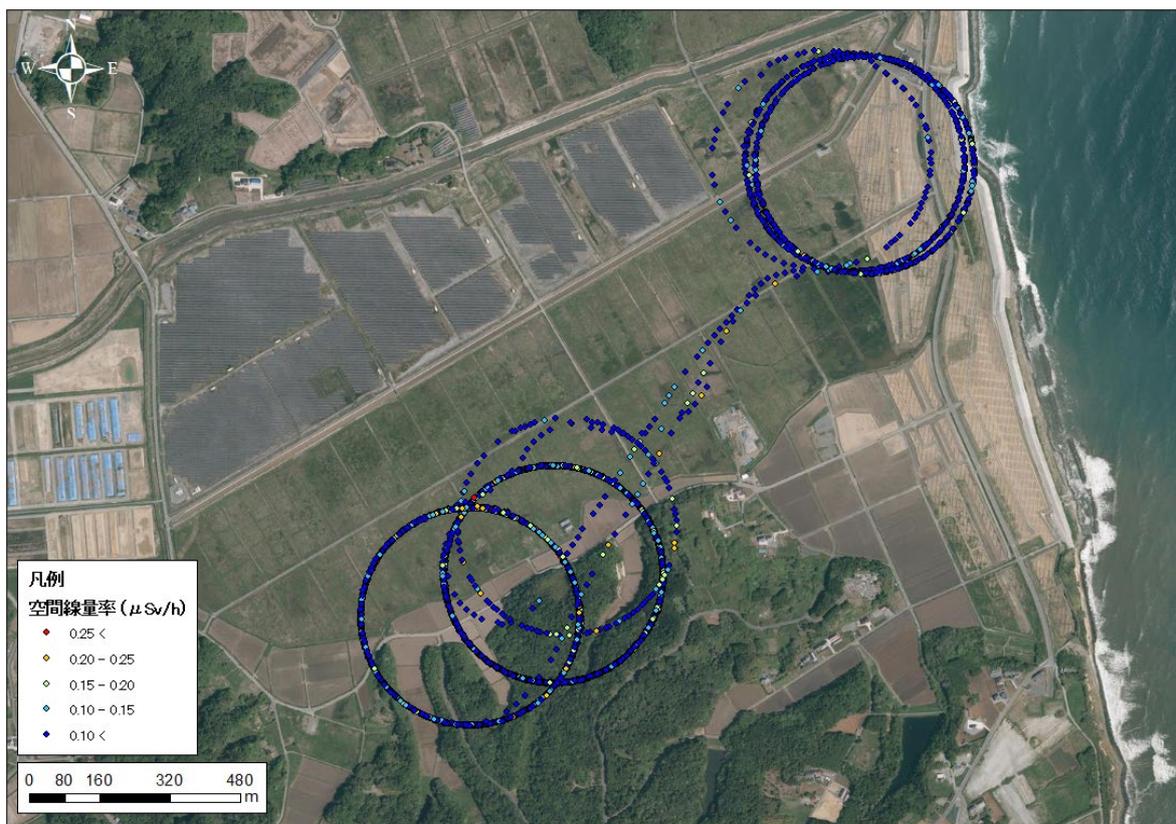


図 3-13 令和 6 年度調査での無人機サーベイによる空間線量率測定結果
(背景地図は地理院地図 Vector¹⁶⁾)

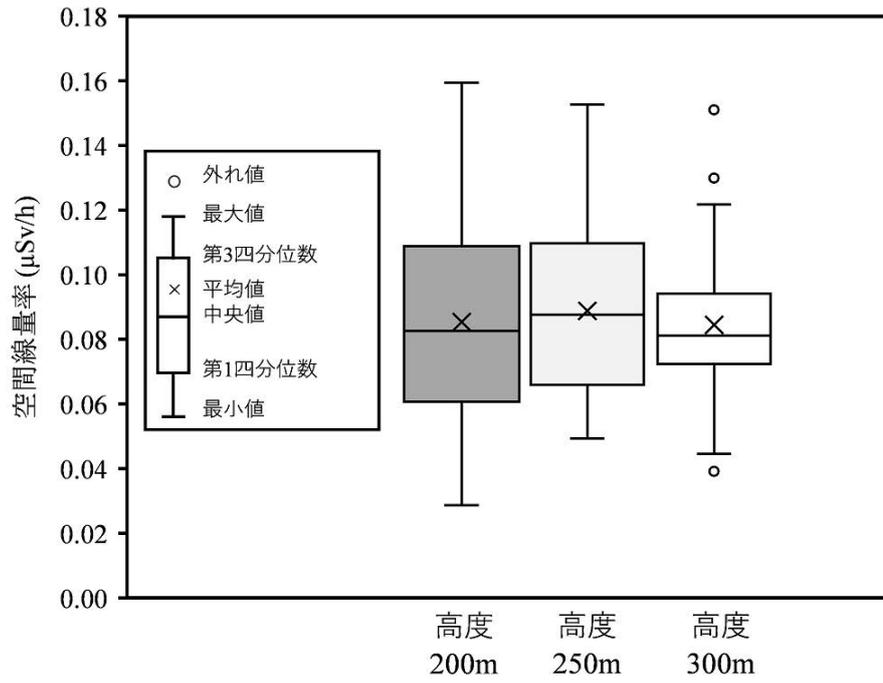


図 3-14 山間部エリアの高度別空間線量率の箱ひげ図

4. 土壌における放射性セシウムの分布状況

本章では、事故に起因して自然環境中に放出された放射性セシウムの沈着量の分布状況調査の結果を報告する。沈着量評価のためには土壌中の深度分布を表すパラメータである重量緩衝深度 β の情報が必要不可欠である。以下では、4.1 節で重量緩衝深度を求めるための放射性セシウムの深度分布測定について、4.2 節では放射性セシウム沈着量の分布状況を可搬型 Ge 検出器を用いた in-situ 測定により評価した面的調査について述べる。

4.1 放射性セシウムの深度分布

4.1.1 調査目的

土壌中の深度分布を把握し重量緩衝深度を評価するため、スクレーパープレート法による深度別土壌試料の採取及び放射能分析を実施した。スクレーパープレート法とは、土壌の表層から一定の間隔で土壌を削り取りながら採取できる装置（スクレーパープレート）を用いた土壌採取法であり、国際原子力機関（IAEA）においても標準的な土壌採取法として認められている¹⁸⁾。

4.1.2 調査内容

1) 深度別土壌試料の採取・測定方法

土壌試料の採取は次のように行った。

- ・採取箇所：福島県、宮城県南部及び茨城県北部の 85 箇所（詳細は図 4-1 参照）。4.2 節に示す放射性セシウム沈着量の面的調査とは独立に採取箇所を選定した。
- ・採取期間：令和 6 年 8 月 20 日～9 月 17 日
- ・採取方法：15 cm×30 cm=450 cm² 枠のスクレーパープレートを用い、地表面（0）～0.5、0.5～1.0、1.0～1.5、1.5～2.0、2.0～3.0、3.0～4.0、4.0～5.0、5.0～7.0、7.0～10（単位：cm）の計 9 層の土壌を採取した。採取した各層の土壌試料は、重量（小石等を含む）を測定した後、十分に攪拌し、既定量を U-8 容器に封入した。

U-8 容器に封入した土壌試料は、ゲルマニウム半導体検出器（多核種の標準線源（日本アイソトープ協会製 MX033U8PP）を用いて校正済み）によりガンマ線スペクトル解析を行い、セシウム 134 とセシウム 137 の放射能を定量した。

2) 重量緩衝深度の解析方法

採取した各層の土壌試料の定量分析で得られた放射性セシウムの単位湿重量あたりの放射能（以下「放射能濃度」という。）を土壌採取箇所ごとにまとめ、横軸を放射能濃度（単位：Bq/kg）、縦軸を単位面積あたりの土壌の湿重量で表される地表面からの深度（以下「重量深度」という。単位：g/cm²）とした深度分布の図を作成した。このとき、各層の重量深度は、地表面（0 cm）から土壌を採取した層の中間までの深度として、地

表面から当該層の中間までの土壌の重量及び土壌を採取した面積を用いて換算した。本調査では、放射能濃度が重量深度に対して指数関数的に減少する指数関数型と、ある深さにピークを持つ双曲線正割関数型について重量緩衝深度の解析を行った。これら 2 パターンの深度分布の解析方法を以下に示す（深度分布の典型的な例は図 4-2 参照）。

a) 指数関数型

放射性セシウムの深度分布は、多くの場合、その放射能濃度が重量深度に対して指数関数的に減少することが知られているため（図 4-2 (a) 参照）¹⁹⁾、重量深度を ζ (g/cm²)、重量深度における放射能濃度を $A_m(\zeta)$ (Bq/kg) とし、式(7) に示す指数関数式²⁰⁾ を用いて重量緩衝深度 β を解析した。

$$A_m(\zeta) = A_{m,0} \exp(-\zeta/\beta) \quad (7)$$

ここで、 $A_{m,0}$ は地表面における放射能濃度である。重量緩衝深度 β は、放射能濃度が地表面の $1/e$ ($\cong 1/2.7$) となる重量深度であり、放射性セシウムの地中（深さ方向）への移行状況を表す指標となる。 $A_{m,0}$ 及び β は、令和 6 年度調査で得られた深度分布を基に、最小二乗法で算出した。

b) 双曲線正割関数型

これまでの深度分布測定において、時間経過とともに放射能濃度分布が変化し、ある深さにピークを持つ深度分布（図 4-2 (b) 参照）となる場合があることが分かっている。このような深度分布に対しては、式 (8) に示す双曲線正割関数に基づく近似式²¹⁾を用いて重量緩衝深度 β を解析した。

$$A_m(\zeta) = A_{m,0} \cosh(\zeta_0/\beta) \operatorname{sech}\{-(\zeta - \zeta_0)/\beta\} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \operatorname{sech}(x) &= 1/\cosh(x) \\ \cosh(x) &= \{\exp(x) + \exp(-x)\}/2 \end{aligned}$$

ここで、 ζ_0 は放射能濃度が最大となる重量深度である。 $A_{m,0}$ 、 ζ_0 及び β は、令和 6 年度調査で得られた深度分布を基に、反復法アルゴリズムを利用した最小二乗法により算出した。式 (8)は土壌の深部において式 (7) と同じ関数形となる特徴を有しているため、土壌の深部での単位 β あたりの放射能濃度の減少割合は $1/e$ ($\cong 1/2.7$) となる。

除染作業等により深度分布が不連続若しくは不自然となり、深度分布の全体像を把握することができなかった場合には、重量緩衝深度の解析を行わなかった。全体的にかく乱の影響を受け不自然な深度分布になっている例を図 4-2 (c)に示す。

指数関数的な深度分布の場合は、式 (7) が 2 パラメータ ($A_{m,0}$ 及び β) で構成されており、その内の重量緩衝深度 β を与えることで深度分布の形状を特定することができるため、in-situ 測定によって、土壌に沈着した放射性セシウムの沈着量を定量することができる。しかし、ある深さに放射能濃度のピークを持つ深度分布の場合には、式 (8) が 3 パラメータ ($A_{m,0}$ 、 ζ_0 及び β) で構成されているため、 β を与えるだけでは深度分布の形状を特定

することができない。したがって、このような深度分布については、指数関数的な深度分布を仮定した実用的な重量緩衝深度（以下「実効的な重量緩衝深度」といい、略称を β_{eff} とする。）を評価しておくことが土壌中の放射性セシウムの深度分布と空間線量率の関係に係る解析上便利である。そのために、式(8)で解析した深度分布を持つ場合の沈着量と空間線量率の関係が指数関数的な深度分布を持つ場合の沈着量と空間線量率の関係と同じになるよう、地中に沈着したガンマ線源の強度に対する地上 1 m 高さでの空気カーマへの換算係数²²⁾を用いて実効的な重量緩衝深度 β_{eff} を算出した。加えて、放射性セシウムの地中への浸透の度合いを直接的に示す指標として、90%深度（放射性セシウムの沈着量の90%が含まれる地表面からの深度： $L_{90\%}$ ）を評価した。なお、 β_{eff} 及び $L_{90\%}$ の詳細な算出方法は、平成28年度の報告書²³⁾を参照のこと。

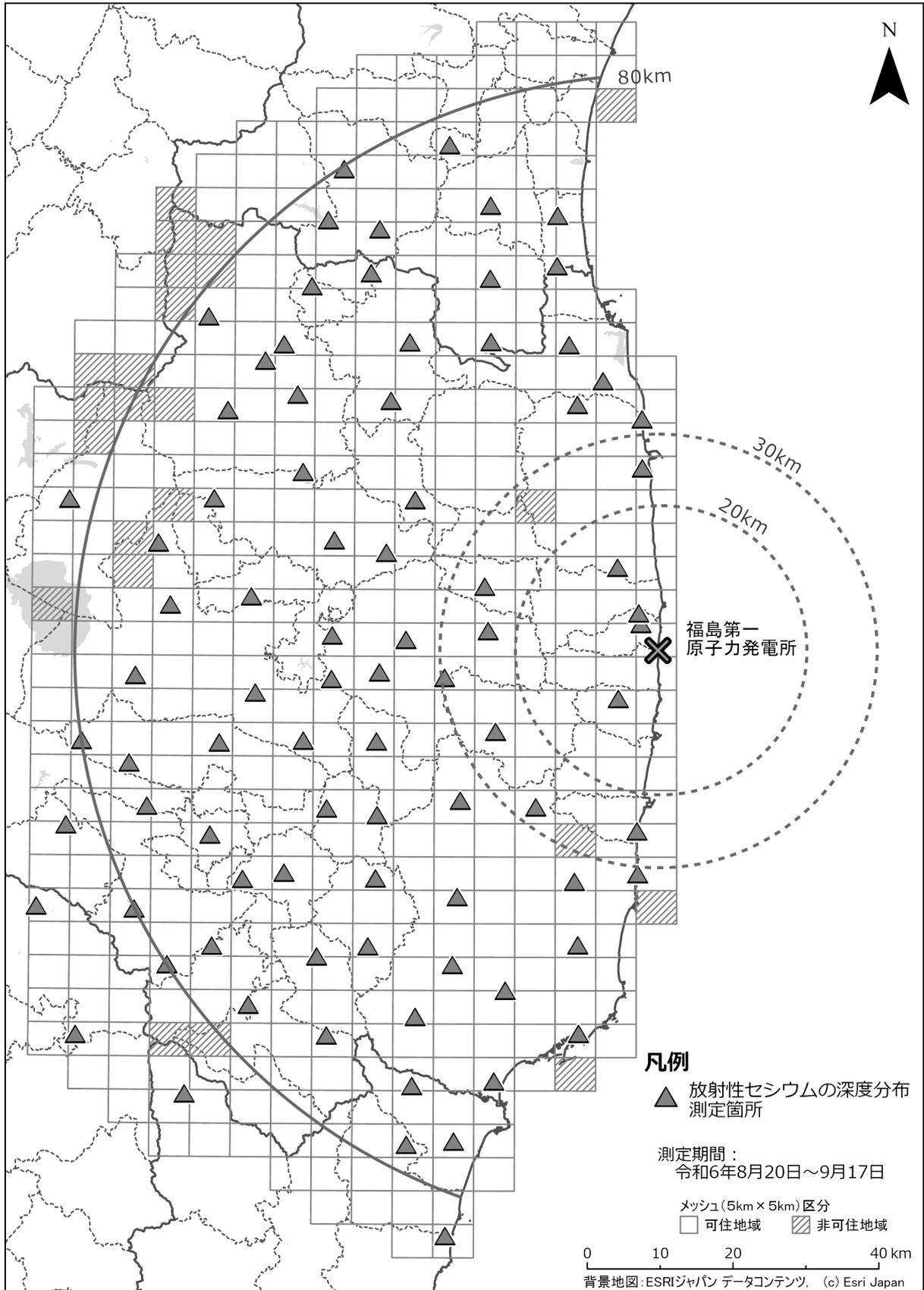


図 4-1 令和 6 年度調査における放射性セシウム深度分布測定箇所

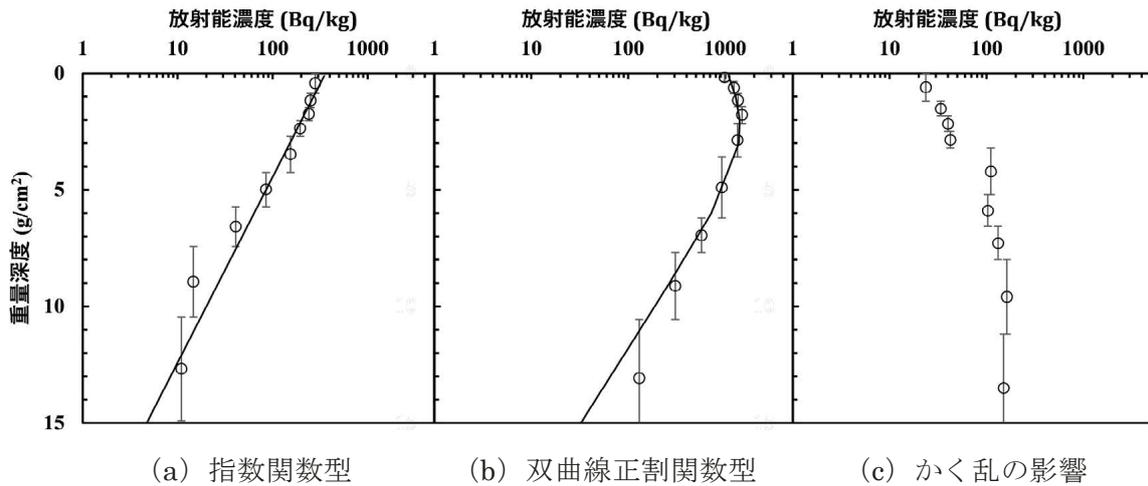


図 4-2 セシウム 137 の深度分布（重量深度に対する放射能濃度の測定結果）の典型的な例

4.1.3 調査結果

セシウム 134 とセシウム 137 は化学的性質が同じで深度分布も良く似ているため、ここでは半減期の長いセシウム 137 に注目した。令和 6 年度調査で得られた全 85 箇所のセシウム 137 の深度分布を付録 1 に示す。これらのセシウム 137 の深度分布を、目視により指数関数的な深度分布又はある深さに放射能濃度のピークを持つ深度分布に分類し、それぞれの深度分布に対して式 (7) 又は式 (8) を用いて β の解析を行った。85 箇所中、式 (7) を適用した深度分布は 12 箇所、式 (8) を適用した深度分布は 48 箇所であった。なお、令和 5 年度調査では式 (8) を適用した深度分布は 49 箇所（全 85 箇所中）で観測されており、全体に占める割合はほとんど変わらなかった。除染等で人の手が加わり深度分布が不連続若しくは不自然であったため β の解析を行わなかった採取箇所は、25 箇所であった。これらの β の解析を行わなかった採取箇所については、付録 1 の図中に「※かく乱」や「※～3cm までの除染」のように、放射性セシウムの土壌中深度分布の変遷から読み取れる除染等の可能性を付した。

1) 重量緩衝深度 β

解析の結果得られた重量緩衝深度の頻度分布は、図 4-3 に示すように対数正規分布に近い分布となったため、幾何平均値を代表値とした。

令和 6 年度調査での重量緩衝深度の幾何平均値、幾何標準偏差及び最小値・最大値は、以下のとおりであった。

- ・幾何平均値 2.89 g/cm²（データ数 n= 60）、幾何標準偏差 1.70 g/cm²
- ・最小値 0.953 g/cm²、最大値 12.9 g/cm²

2) 実効的な重量緩衝深度 β_{eff}

実効的な重量緩衝深度についても、図 4-4 に示すように頻度分布は対数正規分布に近い分布になったため、幾何平均値を算出した。令和 6 年度調査での実効的な重量緩衝深度の

幾何平均値、幾何標準偏差及び最小値・最大値は、以下のとおりであった。

- ・幾何平均値 4.49 g/cm² (データ数 n= 60)、幾何標準偏差 1.67 g/cm²
- ・最小値 1.60 g/cm²、最大値 12.9 g/cm²

放射性セシウムの土壌中深度分布の経時的な変化として、事故からの経過日数に対する各年度調査実施期間における実効的な重量緩衝深度 β_{eff} の幾何平均値を図 4-5 に示す。令和 6 年度調査での β_{eff} の幾何平均値は令和 5 年度調査時の 4.41 g/cm² からやや増加した。近年では、分布状況調査開始当初のような増加傾向はほとんどない状態が続いているといえる。放射性セシウムの土壌中深度分布の変化には降水量や土壌特性等の複数の要因が関わっており、 β_{eff} もそれらを反映した変動を示していると考えられる。

3) 90%深度 $L_{90\%}$

各年度調査実施期間における 90%深度及びその幾何平均値 (図 4-6 参照) は、平成 23 年 12 月から平成 30 年度頃までは時間の経過とともにわずかずつ増加 (深さ方向に移動) してきているが、平成 30 年度以降は変化がほとんど見られない。令和 6 年 9 月時点での $L_{90\%}$ の幾何平均値、幾何標準偏差及び最小値・最大値は、以下のとおりであった。

- ・幾何平均値 5.56 cm (データ数 n= 60)、幾何標準偏差 1.67 cm
- ・最小値 2.22 cm、最大値 19.0 cm

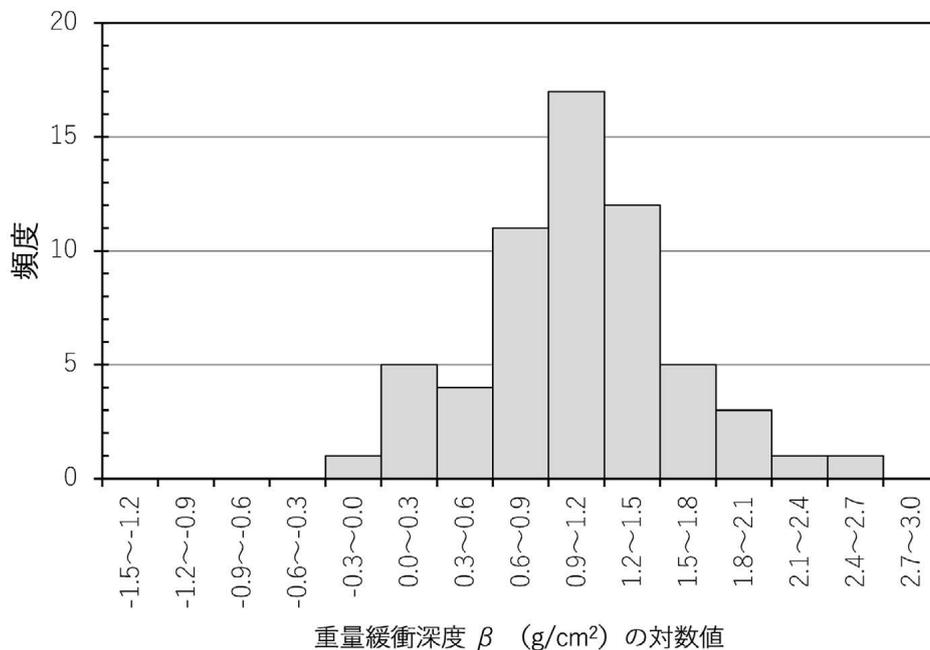


図 4-3 令和 6 年度調査での深度分布測定による重量緩衝深度 β の自然対数値の頻度分布

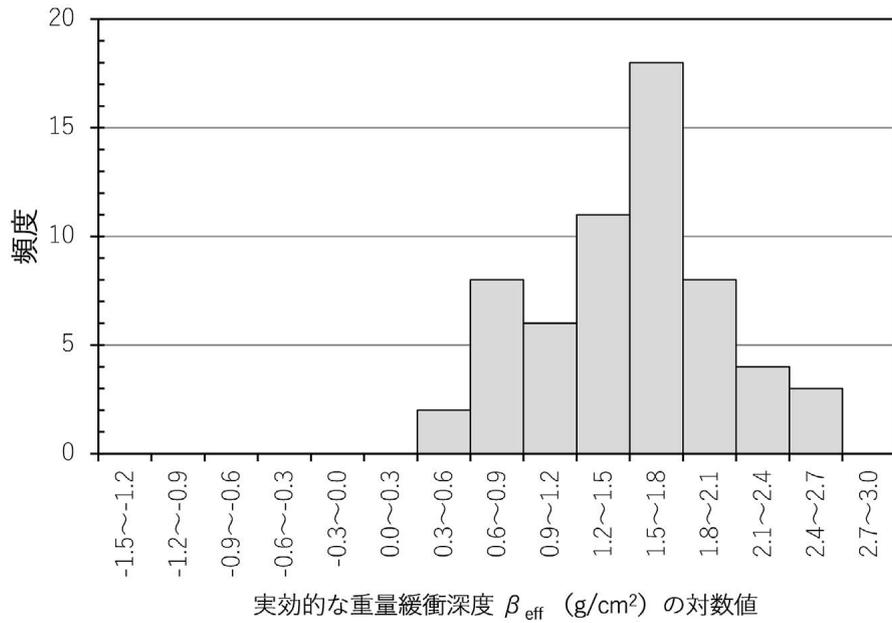


図 4-4 令和 6 年度調査の深度分布測定による実効的な重量緩衝深度 β_{eff} の自然対数値の頻度分布

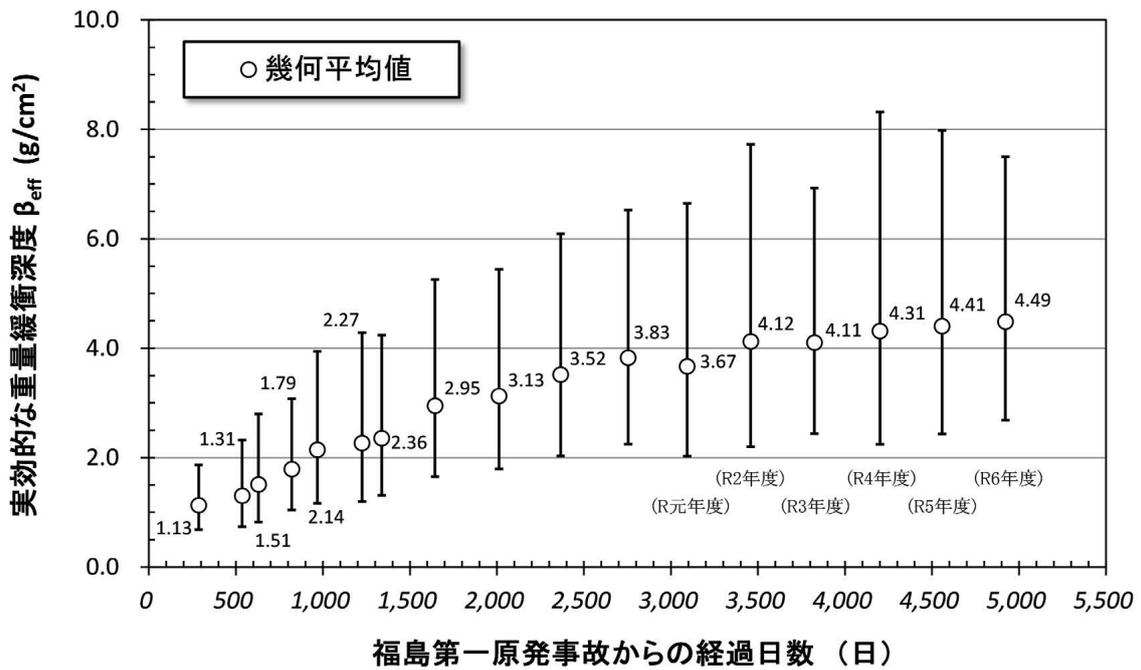


図 4-5 平成 23 年 12 月からの実効的な重量緩衝深度 β_{eff} の経時的な変化 (誤差棒は幾何標準偏差を示す。)

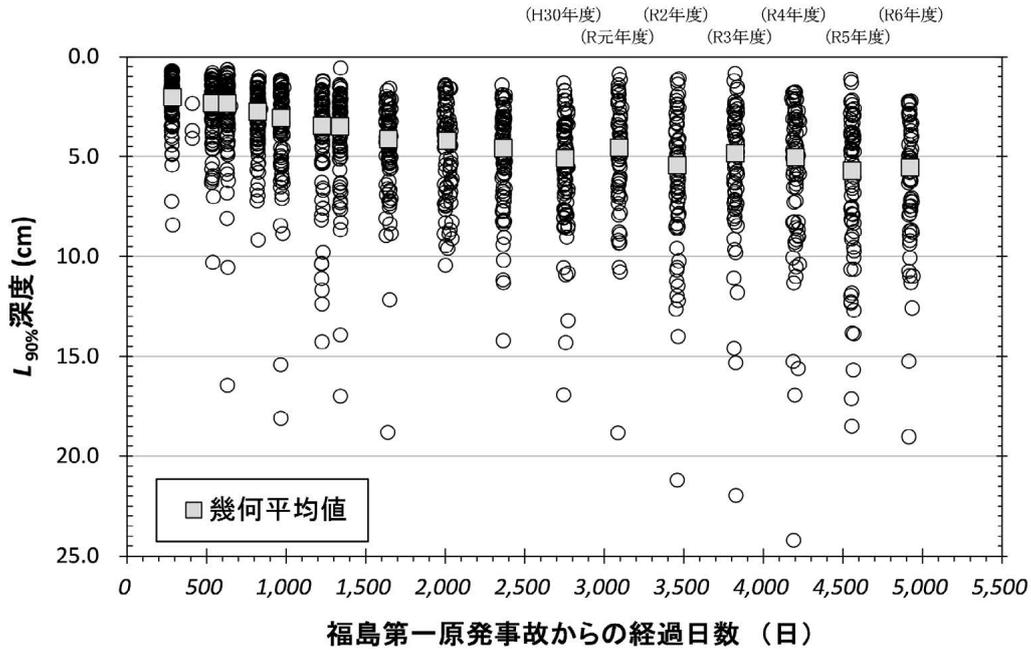


図 4-6 平成 23 年 12 月からの 90%深度 $L_{90\%}$ 及びその幾何平均値の経時的な変化

4.2 放射性セシウム沈着量の面的調査

4.2.1 調査目的

80 km 圏内において可搬型 Ge 検出器を用いた in-situ 測定を行い、現在の放射性セシウム沈着量の詳細な分布状況を把握するとともに、過去の測定結果との比較により沈着量の経時的変化を解析した。本節では、可搬型 Ge 検出器を用いた in-situ 測定を単に「in-situ 測定」と呼ぶ。

4.2.2 調査内容

1) 測定方法

in-situ 測定箇所は、主に 80 km 圏内（福島県東部、宮城県南部及び茨城県北部）から合計 384 箇所を選定した。まず、基準地域メッシュをベースとした 5 km メッシュに分割し、次に、各 5 km メッシュ内の可住区域から公有地を中心に、人為的なく乱の少ない平坦な開かれた土地である等測定に適した 1 箇所を選定した。なお、測定予定地点に人為的な変化が認められた場合であっても近傍の変化のない適当な場所の選定が難しい箇所が 1 箇所あり、場所を移動せず測定を実施した。測定期間は令和 6 年 8 月 6 日～10 月 16 日であった。

放射性セシウム沈着量の測定にあたっては、可搬型 Ge 検出器を地表面に向けて 1 m 高さに設置してガンマ線スペクトルを測定し、スペクトル解析（核種分析）により放射性セシウムの土壌への沈着量（土壌単位面積あたりの放射性核種ごとの放射エネルギー。単位： Bq/m^2 ）を求めた。測定時間は 30 分とした。ただし、天然放射線の測定精度向上のため全測定箇所の 1 割程度は 60 分測定とした。また、GPS を用いて測定箇所の位置情報を取

得した。

in-situ 測定は、原子力規制庁のマニュアル⁸⁾に基づき実施し、解析の基礎データは国際放射線単位測定委員会のレポート (ICRU Report 53)²⁰⁾を参照した。また、in-situ 測定のデータ解析では、重量緩衝深度の地域依存性はないという前提で、4.1 節に示した土壌深度分布調査によって導出した実効的な重量緩衝深度 β_{eff} の幾何平均値 (4.49 g/cm²) を全ての測定結果について用いた。

使用した可搬型 Ge 検出器の一部に対して標準線源 (日本アイソトープ協会製 CS402、BA402、EU402 及び 156、Eckert&Ziegler 製 AMRB12809、AJ-2423、AJ-2424、AJ-2425、AJ-2431、BD-6779、BD-6780、BD-6781、BD-6782 及び BD-6783) を用いた校正を実施するとともに、使用する可搬型 Ge 検出器の全てを用いて同一箇所ですべて同時測定を行い、同様の沈着量評価値が得られることを確認した。

2) 測定結果の信頼性の確認

可搬型 Ge 検出器による測定から求めた空間線量率の評価値 (ICRU Report 53²⁰⁾に従って $\mu\text{Gy/h}$ 単位で表した天然放射性核種と人工放射性核種を合計した空気カーマ率) と、同一箇所ですべて NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータ (日立アロカメディカル製 TCS-171 又は TCS-171B。以下、本章では特に断らない限り「サーベイメータ」と略称。校正に用いたセシウム 137 線源は日本アイソトープ協会製 CS456CE 又は CS454CE である。) によりグレイ単位 ($\mu\text{Gy/h}$) で測定した地表面から 1 m 高さの空気カーマ率を測定し結果を比較した。

3) 放射性セシウムの土壌沈着量分布マップの細密化

かく乱の少ない平坦地では土壌への放射性セシウムの沈着量と空間線量率が良好な直線関係を示すことが確認されており、空間線量率に寄与している人工放射性核種のほとんどが放射性セシウムであると仮定できる。そこで、in-situ 測定を行った 384 箇所ですべてサーベイメータを用いて空間線量率の測定を同時に行い、空間線量率と放射性セシウム沈着量との相関関係を求め、2.2.2 項で述べた定点サーベイにより測定した空間線量率に適用して放射性セシウムの沈着量を評価した。以下、この手法により評価した放射性セシウム沈着量を「空間線量率から評価した沈着量」という。重量緩衝深度の地域依存性はないという仮定で、この空間線量率から評価した沈着量を in-situ 測定による土壌沈着量測定結果に加えることにより、放射性セシウムの土壌沈着量分布マップを細密化し、80 km 圏内全体の放射性セシウム沈着量の可視化を行った。

4) 天然放射性核種による空間線量率の評価

可搬型 Ge 検出器による in-situ 測定では、放射性セシウム沈着量の評価と同時に土壌中に含まれる天然放射性核種濃度の定量も行った。核種濃度の定量は、鉛 214 (Pb-214) は 352 keV、ビスマス 214 (Bi-214) は 1764 keV、タリウム 208 (Tl-208) は 583 keV、アクチニウム 228 (Ac-228) は 911 keV、カリウム 40 (K-40) は 1461 keV のガンマ線

に着目して実施した。ウラン系列の全核種による空気カーマ率のうち鉛 214 とビスマス 214 からの寄与が 98.6%、トリウム系列に関してはタリウム 208 とアクチニウム 228 の寄与が 90.6%を占めるため^{20,22)}、ウラン系列核種による空間線量率を評価する場合には、上記 2 核種からの評価結果に 1.014 (100/98.6) を乗じ、また、トリウム系列核種による空間線量率を評価する場合には 1.104 (100/90.6) を乗じそれぞれの系列による空間線量率とした。補正を加えた 2 つの系列の空間線量率にカリウム 40 による空間線量率を加えて天然放射性核種による空間線量率とした。

4.2.3 調査結果

1) in-situ 測定の結果及びその信頼性の確認

in-situ 測定の結果を基に 80 km 圏内を中心としたエリアの放射性セシウムの土壌への沈着量分布マップを図 4-7 に示す。なお、令和 6 年度調査については令和 6 年 10 月 1 日時点の値に物理的減衰補正を行った。放射性セシウムの沈着量を評価する際に実効的な重量緩衝深度 β_{eff} の幾何平均値 (4.49 g/cm²) を用いたが、重量緩衝深度の分布 (10-90 パーセンタイル) に起因する沈着量評価値の不確かさは最大約 45%であった。

384 箇所において可搬型 Ge 検出器とサーベイメータを用いて求めた空気カーマ率を比較した結果、全体に良く一致した (図 4-8 参照)。この結果より、スクレーパープレートにより観察された平均的な重量緩衝深度を用いた in-situ 測定の妥当性が確認できた。なお、低線量率の領域でサーベイメータによる測定結果が in-situ 測定による測定結果より過大に評価されている傾向にあるが、サーベイメータによる測定では地上の構造物等による散乱線や NaI(Tl)結晶内の天然放射性核種 (セルフドーズ) による寄与分が含まれており、低線量率域ではそれら不確かさの影響が相対的に大きくなるためと考えられる²⁴⁾。

2) 放射性セシウムの土壌沈着量分布マップの細密化

4.2.2 項の 3) で述べた方法により放射性セシウムの土壌沈着量分布マップを細密化するために、令和 6 年度調査において in-situ 測定を行った 384 箇所におけるサーベイメータによる空間線量率と放射性セシウム沈着量の測定結果の相関関係を調べた。サーベイメータで測定した線量率はバックグラウンドを含んでいるため、空間線量率と放射性セシウム沈着量の比較にあたっては、過去の可搬型 Ge 検出器を用いた in-situ 測定により評価した天然放射性核種からの空間線量率の平均値を参考とし、0.05 μ Sv/h をサーベイメータによる空間線量率から一律に差し引いた。なお、上記 384 箇所のうち空間線量率が 0.05 μ Sv/h 以下であった 15 箇所は解析対象から除いた。

サーベイメータによる空間線量率と放射性セシウム沈着量の相関を図 4-9 に示す。サーベイメータにより測定した空間線量率にはセシウム 134 とセシウム 137 の両方の寄与があるが、これら核種の沈着量の比は一定と考えることができるので、図 4-9 のように空間線量率とそれぞれの核種の沈着量は直線関係になる。サーベイメータにより測定した空間線量率 x (μ Sv/h) に対する放射性セシウム沈着量 y (Bq/m²) の関係式は、以下のよう

・セシウム 134 : $y=1.15 \times 10^4 x$

・セシウム 137 : $y=7.87 \times 10^5 x$

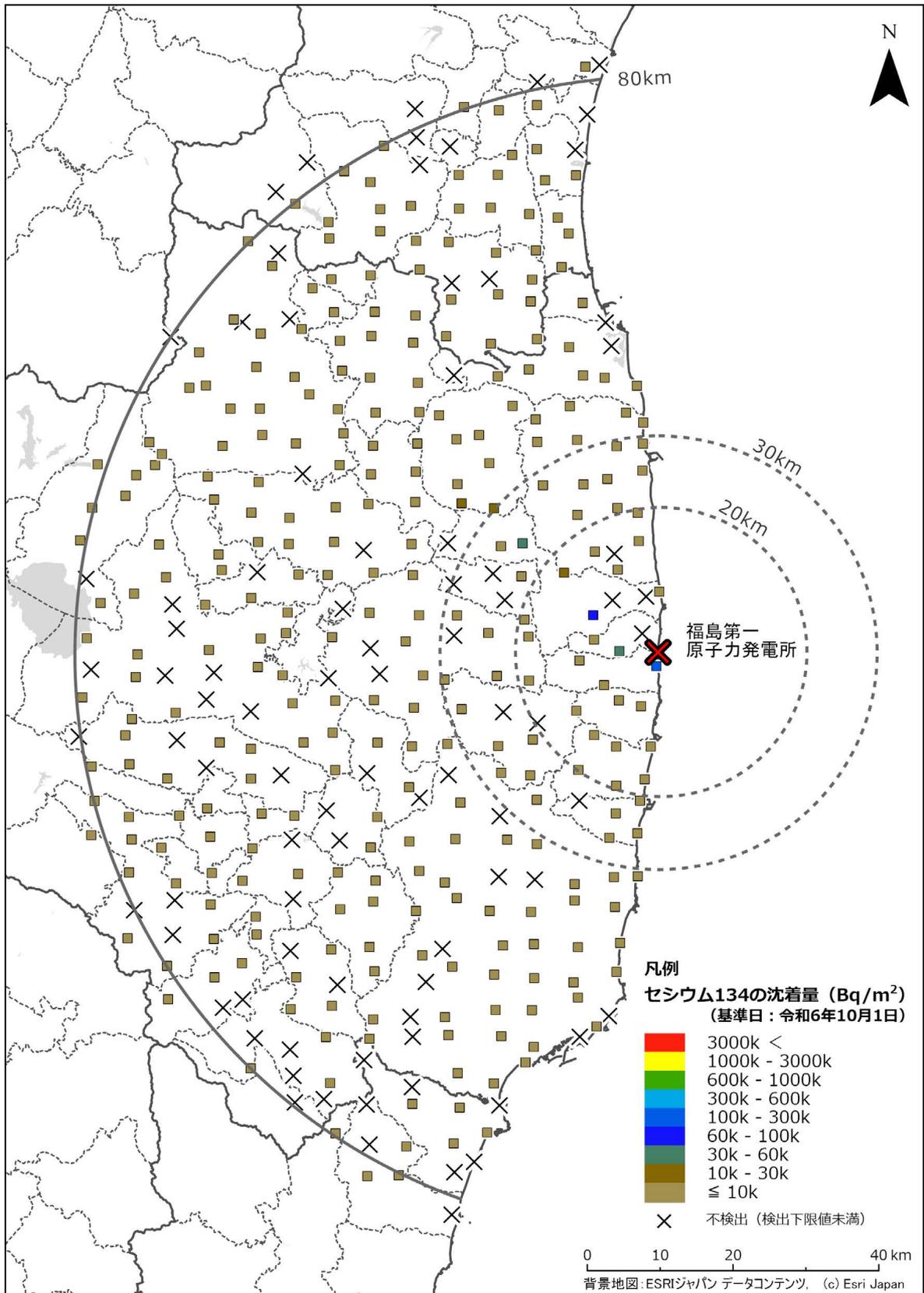
なお、空間線量率が約 0.3 $\mu\text{Sv/h}$ 以下の範囲でばらつきが大きくなる。これはサーベイメータにより測定した空間線量率には地上の構造物等による散乱線や NaI(Tl)結晶のセルフドーズによる寄与分が含まれており低線量率域ではそれら不確かさの影響が相対的に大きくなるためと考えられる。また、天然放射線核種からの寄与分を 0.05 $\mu\text{Sv/h}$ として一律に差し引いている影響も要因の一つとして考えられる。

これらの空間線量率と放射性セシウム沈着量の相関関係を令和 6 年度調査の定点サーベイにより測定された 4,930 箇所（全測定箇所のうち、空間線量率が 0.05 $\mu\text{Sv/h}$ 以下であった測定箇所を除外）での空間線量率に適用し、「空間線量率から評価した沈着量」を求めた。in-situ 測定により直接求めた沈着量に空間線量率から評価した沈着量を加えて記した土壌沈着量分布マップを図 4-10 に示す。また、平成 23 年度調査から令和 6 年度調査までの測定結果（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事故後 1 年 6 ヶ月、2 年 4 ヶ月、3 年 4 ヶ月、4 年 7 ヶ月、6 年 7 ヶ月、8 年 7 ヶ月、10 年 7 ヶ月及び 13 年 7 ヶ月における分布マップ）を図 4-11 に示す。なお、平成 23 年度調査では in-situ 測定はせず土壌試料採取による沈着量測定を実施した。図 4-11 より、事故後約 163 ヶ月の間にセシウム 134 の土壌沈着量分布マップでは赤や黄色で示される比較的高い濃度の測定箇所がほとんどなくなり沈着量の減少の様子が確認できる。セシウム 137 はセシウム 134 に比べて半減期が長いいため沈着量の変化は比較的小さい。放射性セシウム沈着量の経時変化に対する定量的評価については、in-situ 測定（一部、土壌試料採取）による結果を用い第 5 章にて述べる。

3) 天然放射性核種による空間線量率の評価

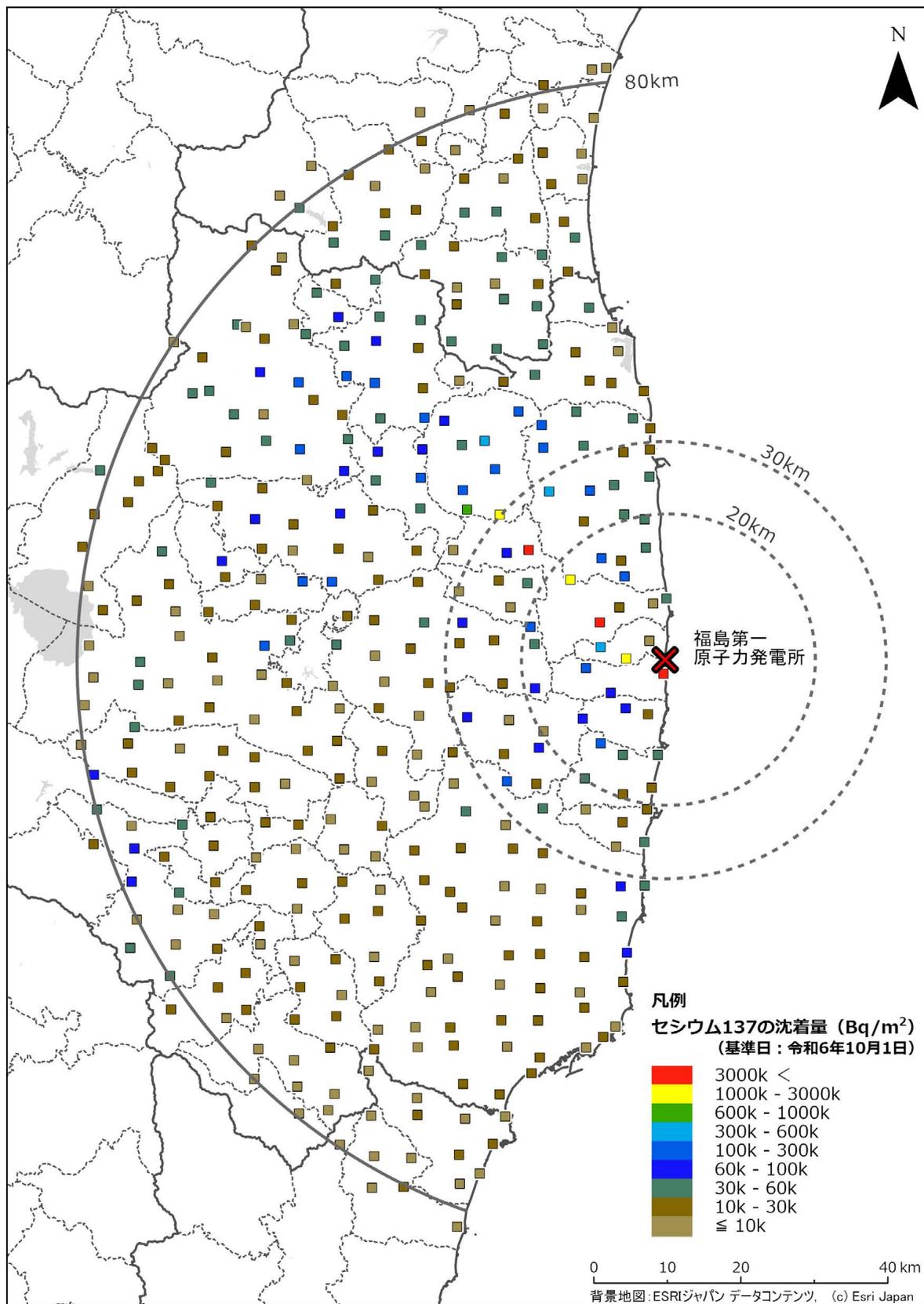
令和 6 年度調査の in-situ 測定において 4.2.2 項 4) に記載した天然放射性核種 5 核種が全て有意検出された 352 箇所の内、測定時に降雨があった 51 箇所を除く 301 箇所のデータを対象として、天然放射性核種による空気カーマ率を評価した。5 核種について ICRU Report 53²⁰⁾ の Table 5.2 の換算係数を用いて採取箇所ごとに空気カーマ率を求め、その合計値を地図上にプロットしたものを図 4-12 に示す。

301 箇所における天然放射性核種 5 核種による空気カーマ率の平均値は 0.036 $\mu\text{Gy/h}$ であった。これは空間線量率では約 0.044 $\mu\text{Sv/h}$ に相当する²⁵⁾。80 km 圏内における平均的な天然放射性核種による空間線量率として 0.05 $\mu\text{Sv/h}$ を仮定したことは妥当であると考えられる。なお、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（福島県、東京電力株式会社）²⁶⁾によると、震災前の平成 22 年 4 月 1 日から平成 23 年 3 月 10 日までの期間、地上約 3 m のモニタリングポスト（NaI(Tl)シンチレーション検出器）23 箇所 で福島県が測定した空間線量率（期間平均値）は 0.036~0.051 $\mu\text{Gy/h}$ と報告されており、本結果とも矛盾しない。



(a) セシウム 134

図 4-7 令和 6 年度調査における可搬型 Ge 検出器を用いた in-situ 測定 (第 17 回) による放射性セシウムの沈着量分布マップ (1/2)



(b) セシウム 137

図 4-7 令和 6 年度調査における可搬型 Ge 検出器を用いた in-situ 測定 (第 17 回) による放射性セシウムの沈着量分布マップ (2/2)

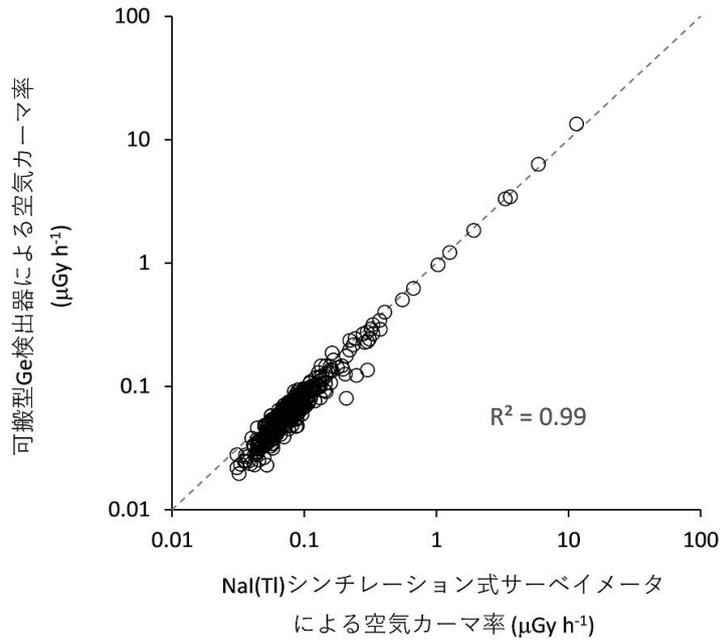


図 4-8 可搬型 Ge 検出器による in-situ 測定の結果を基に求められた空気カーマ率と NaI(Tl) シンチレーション式サーベイメータによる空気カーマ率の相関
(図中の破線は $y=x$ 、 R^2 は決定係数を意味する。)

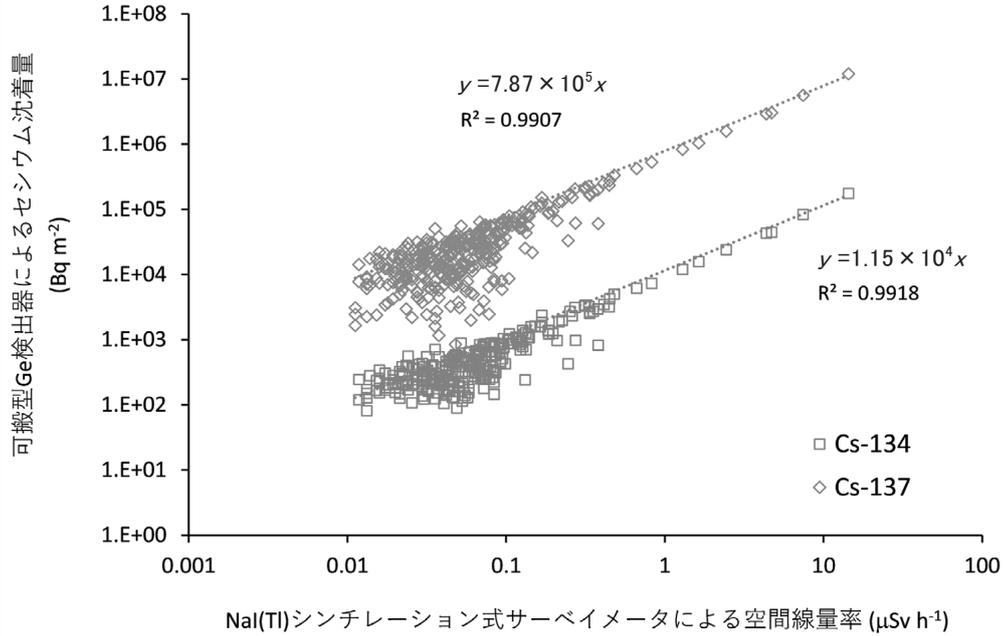


図 4-9 NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータによる地表面から 1 m 高さの空間線量率と可搬型 Ge 検出器を用いた in-situ 測定による放射性セシウム沈着量の相関
(□: 空間線量率とセシウム 134 沈着量との相関 (データ数 298)、◇: 空間線量率とセシウム 137 沈着量との相関 (データ数 384)、図中の破線はフィッティング直線、 R^2 は決定係数。天然放射性核種による空間線量率寄与を含まない。)

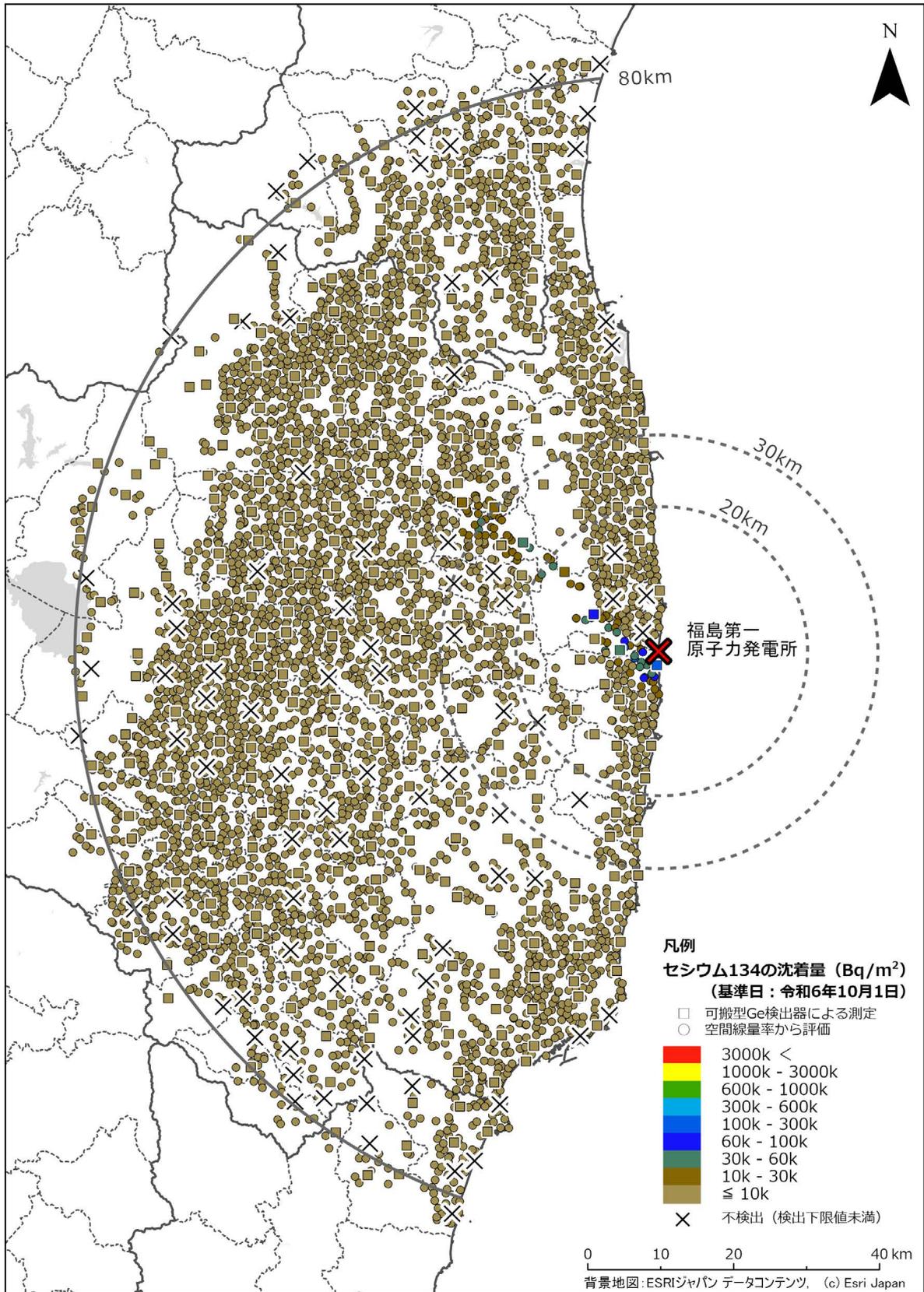


図 4-10 令和 6 年度調査における放射性セシウム134の土壌沈着量分布マップ (1/2)

(a) セシウム 134 (可搬型 Ge 検出器を用いた in-situ 測定による沈着量 (□) に空間線量率から評価した沈着量 (○) を追加。)

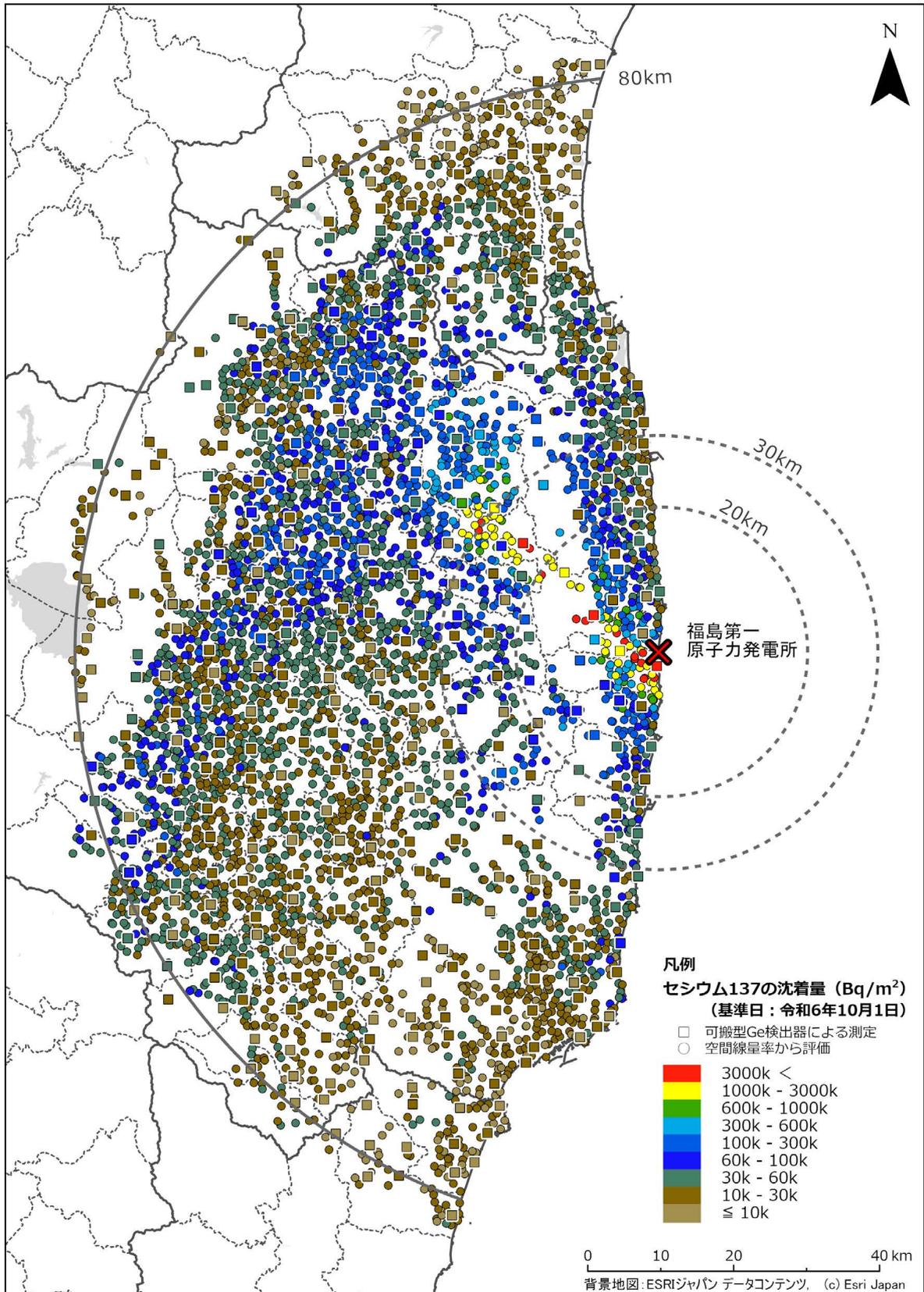
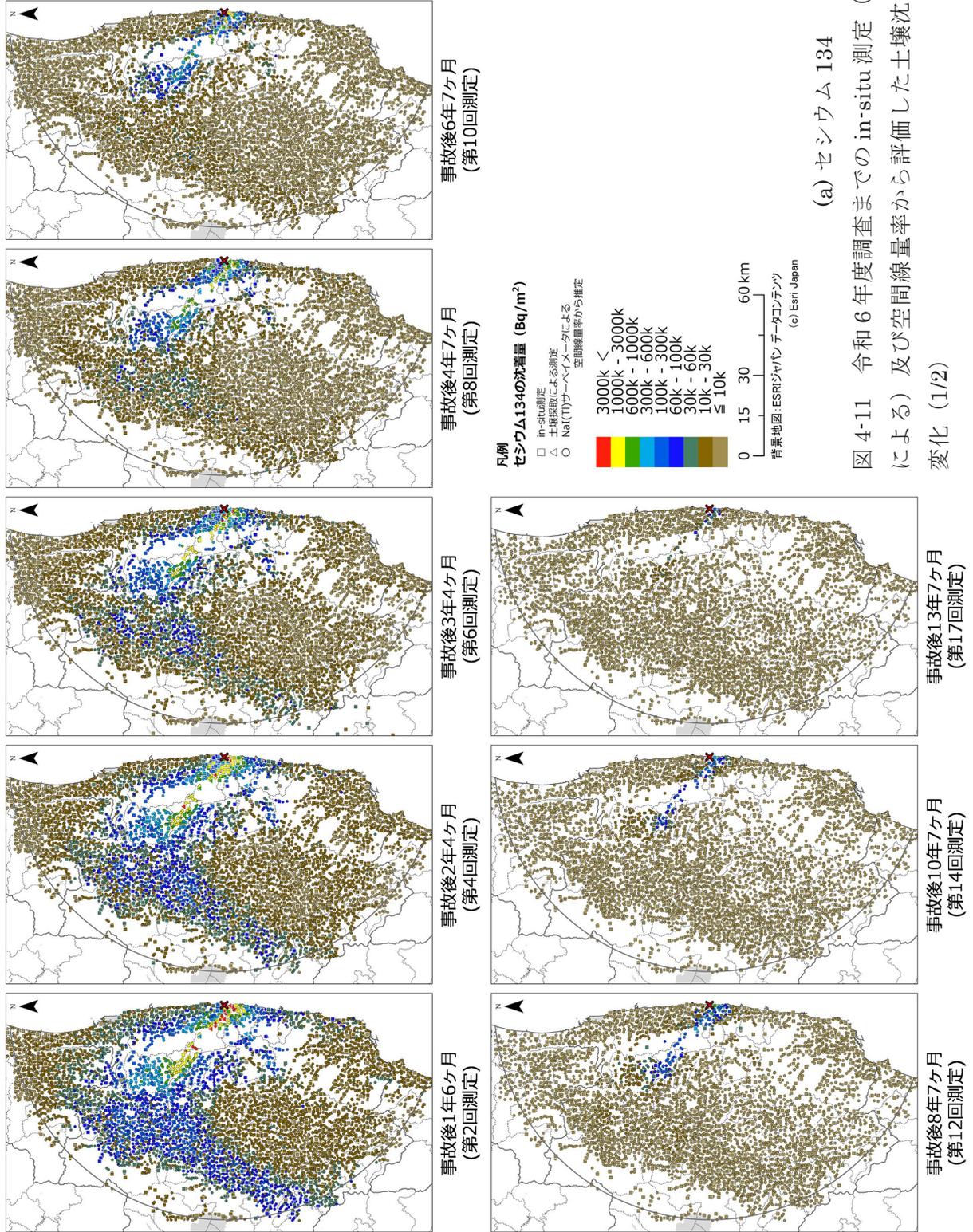


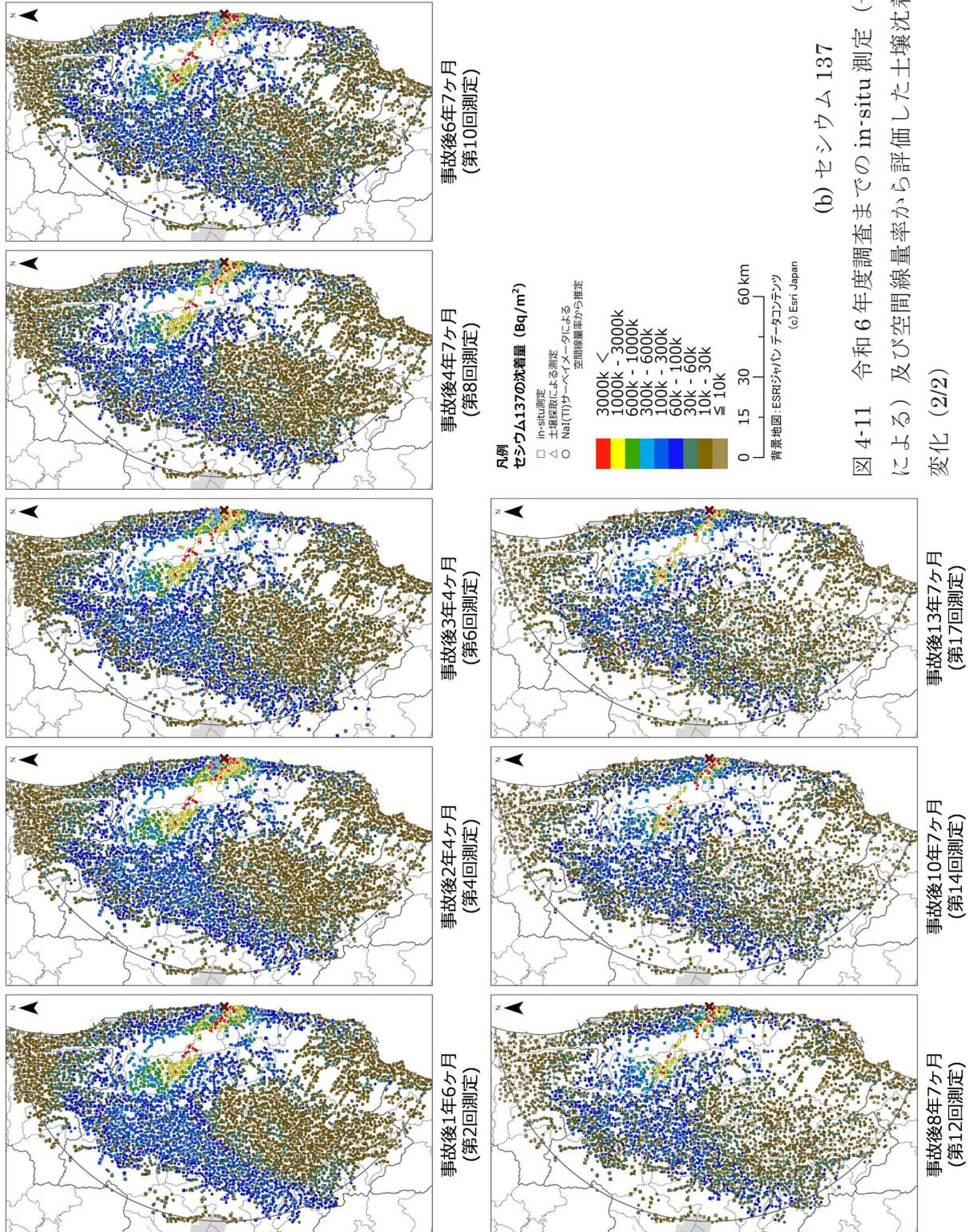
図 4-10 令和 6 年度調査における放射性セシウムの土壌沈着量分布マップ (2/2)

(b) セシウム 137 (可搬型 Ge 検出器を用いた in-situ 測定による沈着量 (□) に空間線量率から評価した沈着量 (○) を追加。)



(a) セシウム 134

図 4-11 令和 6 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（1/2）



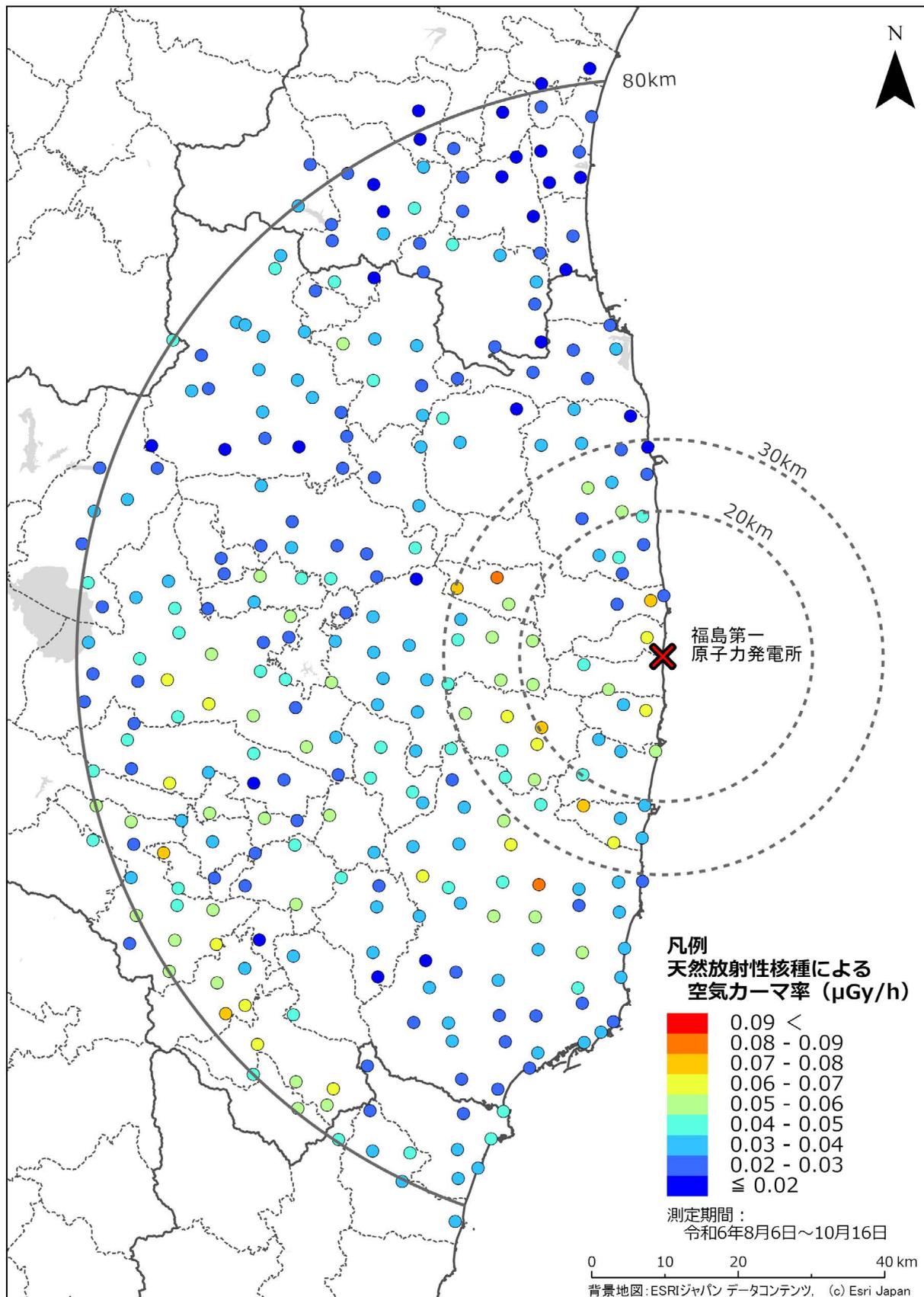


図 4-12 令和 6 年度調査での in-situ 測定により評価した天然放射性核種による空気カーマ率の分布

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

5.1 目的

事故直後から実施してきた分布状況調査の測定データから環境中の空間線量率は放射性セシウムの物理的減衰よりも速いペースで減少していることが分かってきた。そこで、これまでの測定データの変化傾向を定量的に把握するため、空間線量率や放射性セシウム土壌沈着量の実効半減期を評価することとした。実効半減期 T_{eff} は以下の式 (9) で表される。

$$\frac{1}{T_{eff}} = \frac{1}{T_{Cs}} + \frac{1}{T_{eco}} \quad (9)$$

ここで、 T_{Cs} は放射性セシウムの壊変による半減期及び T_{eco} は環境半減期である。環境半減期は、天候等の環境要因による減少率として定義される。

環境中における放射性物質の変化は、核実験場での継続的なモニタリングやチェルノブイリ原子力発電所事故のモニタリングから、多項の指数関数で近似できることが知られている。ここでは、測定データの二項（二成分）又は一項の指数関数近似により実効半減期を評価した。

5.2 実効半減期算出方法

実効半減期算出には走行サーベイ、定点サーベイ及び歩行サーベイによる空間線量率並びに可搬型 Ge 検出器による放射性セシウムの沈着量のデータを用いた。また、地上での測定結果との比較のため、無人ヘリサーベイ及び航空機サーベイ²⁷⁾のデータについても実効半減期を算出した。なお、沈着量はガンマ線スペクトルからバックグラウンドの影響なしに測定できるため直接的に放射性セシウムの半減期との比較が可能である。

本解析には、80 km 圏内のデータを対象とした。解析対象とした測定期間については、データ数を考慮し、以下のように選定した。

- ① 走行サーベイについては測定エリア数の少ない第 3 回（平成 23 年度調査（第 2 次調査）の 2 回目）を除いたデータを使用した。走行サーベイは、第 1 回から 4,000 メッシュ以上の場所について測定が行われている。他の測定と比較すると 80 km 圏内の地域を網羅的に測定している。しかしながら、走行ルートについては、避難指示区域の解除等の理由から必ずしも毎回同じではないこと、測定対象が舗装された車道上であることに注意が必要である。
- ② 定点サーベイについては、第 1 回及び第 2 回において迅速な調査を目的としたため、測定点数が他の測定に比べて極端に少ないため、第 3 回（平成 24 年度調査の 1 回目）以降のデータを使用した。
- ③ 歩行サーベイについては、定点サーベイで選定された測定点の周辺車道や歩道を測定対象としており、一定の場所での測定データが得られている第 3 回（平成 26 年度調査の 1 回目）以降のデータを使用した。
- ④ 無人ヘリサーベイ及び航空機サーベイについては全期間のデータをそれぞれ使用した。
- ⑤ 放射性セシウムの沈着量測定については全期間のデータを使用した。ただし、可搬型 Ge 検出器による in-situ 測定は測定時間がかかるため測定点数は比較的少ない。

測定データを取得した 80 km 圏内を基準地域メッシュで分割し、同一メッシュ内のデータを平均化し集計した。ただし、無人ヘリサーベイの結果については、測定範囲が狭いため基準地域メッシュに基づく 100 m メッシュを作成し、メッシュ内の平均値を集計した。指数関数近似に用いたデータには、測定手法ごとに全調査期間においてデータが存在しているメッシュを抽出して用いた。事故由来の空間線量率の変化傾向を定量化するためには、天然放射性核種による空間線量率（バックグラウンド線量率）を減算する必要がある。本章では、バックグラウンド線量率として、地上での測定及び航空機サーベイについては航空機サーベイの結果から作成したデータ²⁸⁾を採用し、無人ヘリサーベイについてはさらに位置分解能が細かい無人ヘリサーベイの結果から作成したデータ^{29,30)}等を採用した。

抽出した各測定手法によるデータについて、式(10)に示した二項（二成分）の指数関数近似を行い、実効半減期を算出した。ここで、 D は空間線量率、 t_{short} は実効半減期の速い成分、 t_{long} は実効半減期の遅い成分、 t は事故からの経過時間（年）を表す。なお、ここで切片である $a+b+c$ は事故直後の空間線量率を表す。 c は本解析対象期間では減衰傾向が確認できないような定数項を表している。この定数項については、今後のデータを加えることで指数関数の第3項として半減期の計算が可能になると考えられる。実効半減期、係数 a 及び b 、定数項 c については最小二乗法により推定値の95%の信頼区間を計算した。これらパラメータの信頼区間の計算値に対して95%下限信頼区間が負数となる場合には、式(10)が測定データの母集団に対して適用性がないと判断し、定数項のない式(11)を適用した。さらに、式(11)でもパラメータの信頼区間の計算値に対して95%下限信頼区間が負数となる場合には、一項の指数関数の式(12)を適用した（以下「1成分モデル」という。）。ここで t_e は1成分モデルの実効半減期である。式(12)における g は1成分モデルでの定数項である。なお、今回は実効半減期 t_{short} 及び t_{long} の導出が主目的であり、事故初期の数値を表す係数及び定数項 $a\sim g$ については参考値とする。

$$D = a \exp\left(-\frac{0.693}{t_{short}}t\right) + b \exp\left(-\frac{0.693}{t_{long}}t\right) + c \quad (10)$$

$$D = d \exp\left(-\frac{0.693}{t_{short}}t\right) + e \exp\left(-\frac{0.693}{t_{long}}t\right) \quad (11)$$

$$D = f \exp\left(-\frac{0.693}{t_e}t\right) + g \quad (12)$$

可搬型 Ge 検出器を用いた in-situ 測定による沈着量の実効半減期評価については、放射性セシウムの半減期と直接的に比較できるため、セシウム 134 とセシウム 137 の沈着量の結果に分けて、式(13)を適用した。ここで t_t は1成分モデルの実効半減期である。

$$D = h \exp\left(-\frac{0.693}{t_t}t\right) \quad (13)$$

5.3 空間線量率の実効半減期

走行サーベイ、定点サーベイ及び歩行サーベイについて指数関数近似を行った結果をそれぞれ図 5-1 (a)～(c)に示す。走行サーベイについては式(10)で、定点サーベイ及び歩行サーベイについては 1 成分モデルの式(12)により近似した。それぞれの測定手法について得られた実効半減期等を表 5-1 にまとめる。走行サーベイでは実効半減期の速い成分で 0.36 年、遅い成分で 1.8 年、定数項 c は $0.081 \mu\text{Sv/h}$ であった。また定点サーベイについては、1 成分モデルの実効半減期は 1.7 年となり、定数項 g は $0.30 \mu\text{Sv/h}$ と求められた。歩行サーベイでは 1 成分モデルの実効半減期は 1.8 年となり、定数項 g は $0.11 \mu\text{Sv/h}$ と求められた。これら地上での測定による遅い成分又は 1 成分モデルの実効半減期は似通っており、近年においても、セシウム 134 とセシウム 137 の半減期と比較して速い速度で減少していることが分かる。この要因の一部としては道路上のセシウムの洗い流し効果や、4.1 節で示した放射性セシウムの土壌の深度方向への移動が考えられる。

無人ヘリサーベイ及び航空機サーベイについて指数関数近似を行った結果を図 5-1 (d)、(e)に示す。無人ヘリサーベイについて式(10)により求めた実効半減期は、速い成分で 0.43 年、遅い成分で 2.7 年、定数項 c として $1.7 \mu\text{Sv/h}$ であった。他の測定に比べて定数項が比較的高いのは、測定対象が空間線量率の比較的高い福島第一原発近傍 5 km 圏内であることが要因として考えられる。航空機サーベイについて式(10)により求めた実効半減期は、速い成分で 0.48 年、遅い成分で 2.4 年、定数項 c として $0.28 \mu\text{Sv/h}$ であった。両者の速い成分及び遅い成分の実効半減期は似通った値となっている。

式(10)により求めた走行サーベイ、無人ヘリサーベイ及び航空機サーベイの実効半減期の速い成分を比較すると、走行サーベイが最も短く、道路上の空間線量率は減少が速いことを反映した結果となった。

表 5-1 評価された実効半減期の一覧

項目	測定手法	測定場所 又は対象	適用モデル	パラメータ		
				速い成分	実効半減期 (y)	遅い成分
空間線量率	走行 サーベイ	車道上	式(10)	0.36 (0.23-0.50)	1.8 (1.6-2.0)	0.081 (0.068-0.094)
	定点 サーベイ	平たん 土壌上	式(12)	1.7 (1.6-1.8)		0.30 (0.27-0.33)
	歩行 サーベイ	歩道上	式(12)	1.8 (1.5-2.1)		0.11 (0.095-0.13)
放射能	無人へり サーベイ	高度約 80 m	式(10)	0.43 (0.17-0.69)	2.7 (2.5-3.0)	1.7 (1.3-2.0)
	航空機 サーベイ	高度約 300 m	式(10)	0.48 (0.37-0.60)	2.4 (2.1-2.8)	0.28 (0.25-0.32)
放射性セシウム 沈着量	in-situ	セシウム 134	式(13)	1.8 (1.5-2.0)		-
		セシウム 137	式(13)	37* (-2.7-76)		-

パラメータの () 内数値は 95%信頼区間を示している。

* P 値= 0.35 > 0.05 (有意差なし)

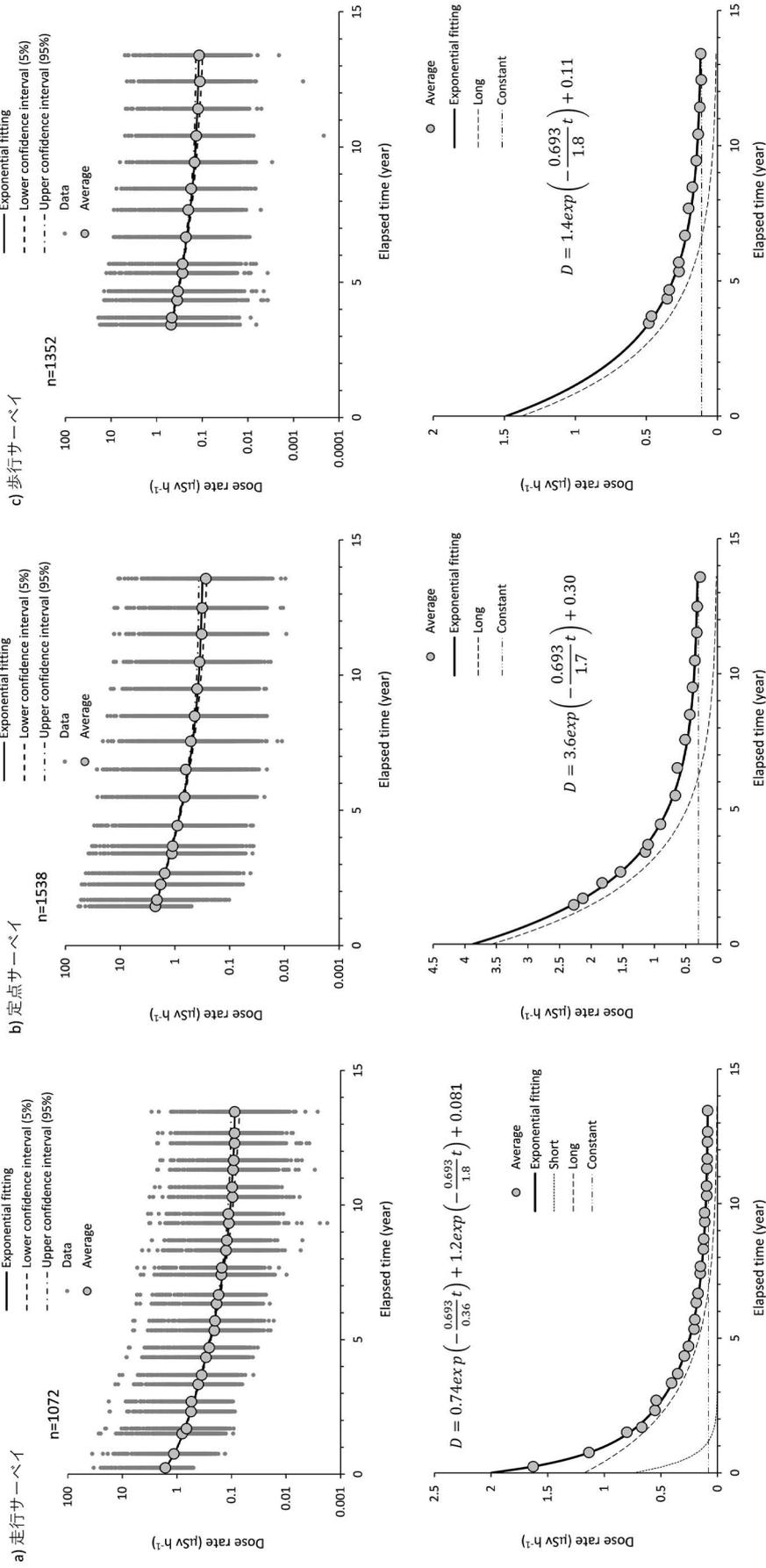


図 5-1 空間線量率変化傾向及び指数関数の近似 (1/2)

(Short : 速い成分、Long : 遅い成分、Constant : 定数項、n : データ数)

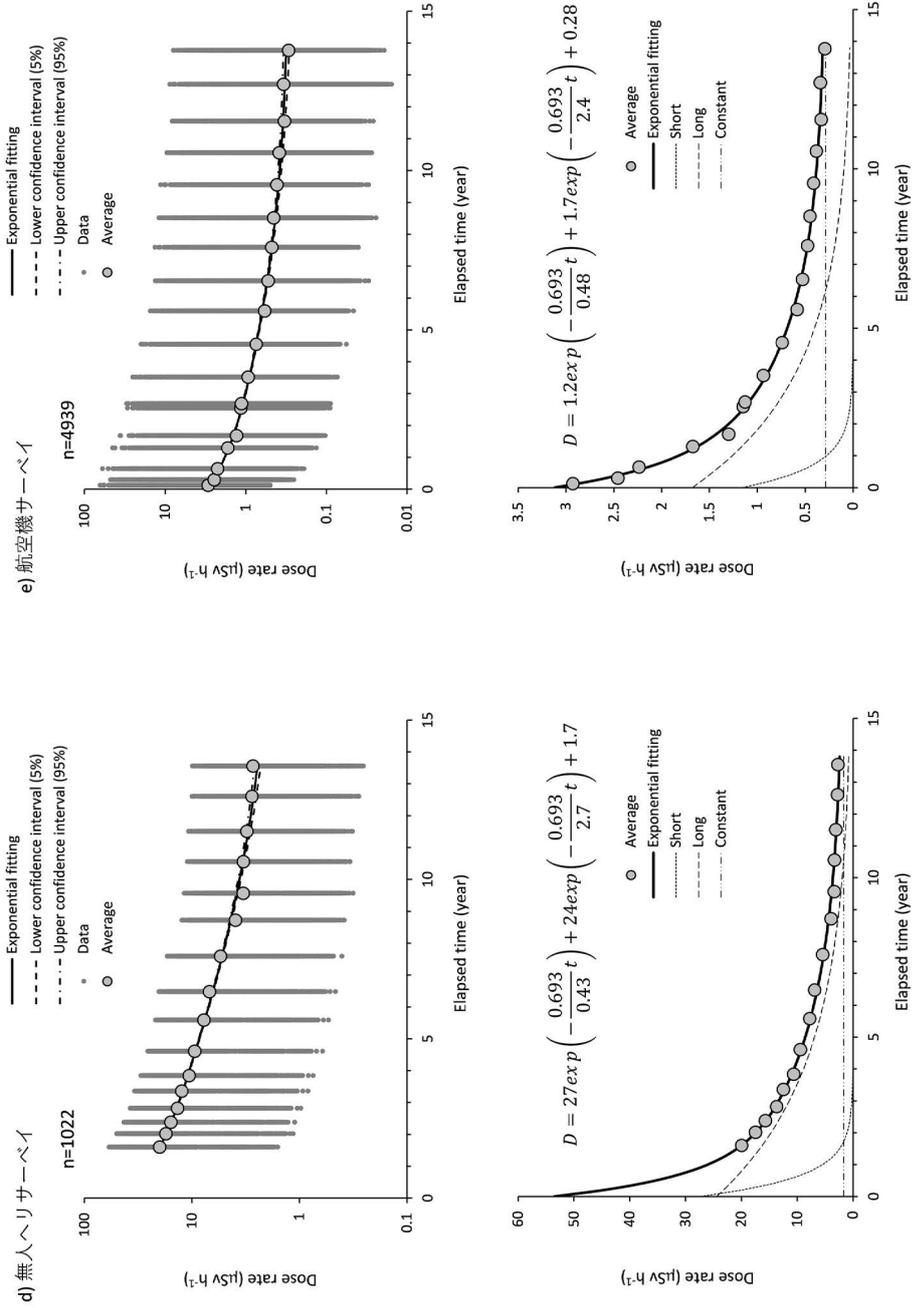


図 5-1 空間線量率変化傾向及び指数関数の近似 (2/2)

(Short : 速い成分、Long : 遅い成分、Constant : 定数項、n : データ数)

5.4 放射性セシウム沈着量の実効半減期

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に対して指数関数フィッティングした結果を図 5-2 及び表 5-1 に示す。図 5-2 に示すようにセシウム 134 は近似曲線と測定データ点の一致性が良く、近似した実効半減期は 1.8 年となった。ばらつき（95%信頼区間：1.5～2.0 年）を考慮するとセシウム 134 の半減期（約 2 年）と近い値であるといえる。セシウム 137 については、実効半減期は 37 年と評価されたが、ばらつきが比較的大きく（95%信頼区間：-2.7～76 年）、フィッティング結果（p 値=0.35）も有意とはいえないため、今後さらなる検討が必要と考える。なお、令和 5 年度調査において評価した放射性セシウム沈着量の実効半減期（セシウム 134：1.7 年、セシウム 137：39 年）からほとんど変化はなかった。

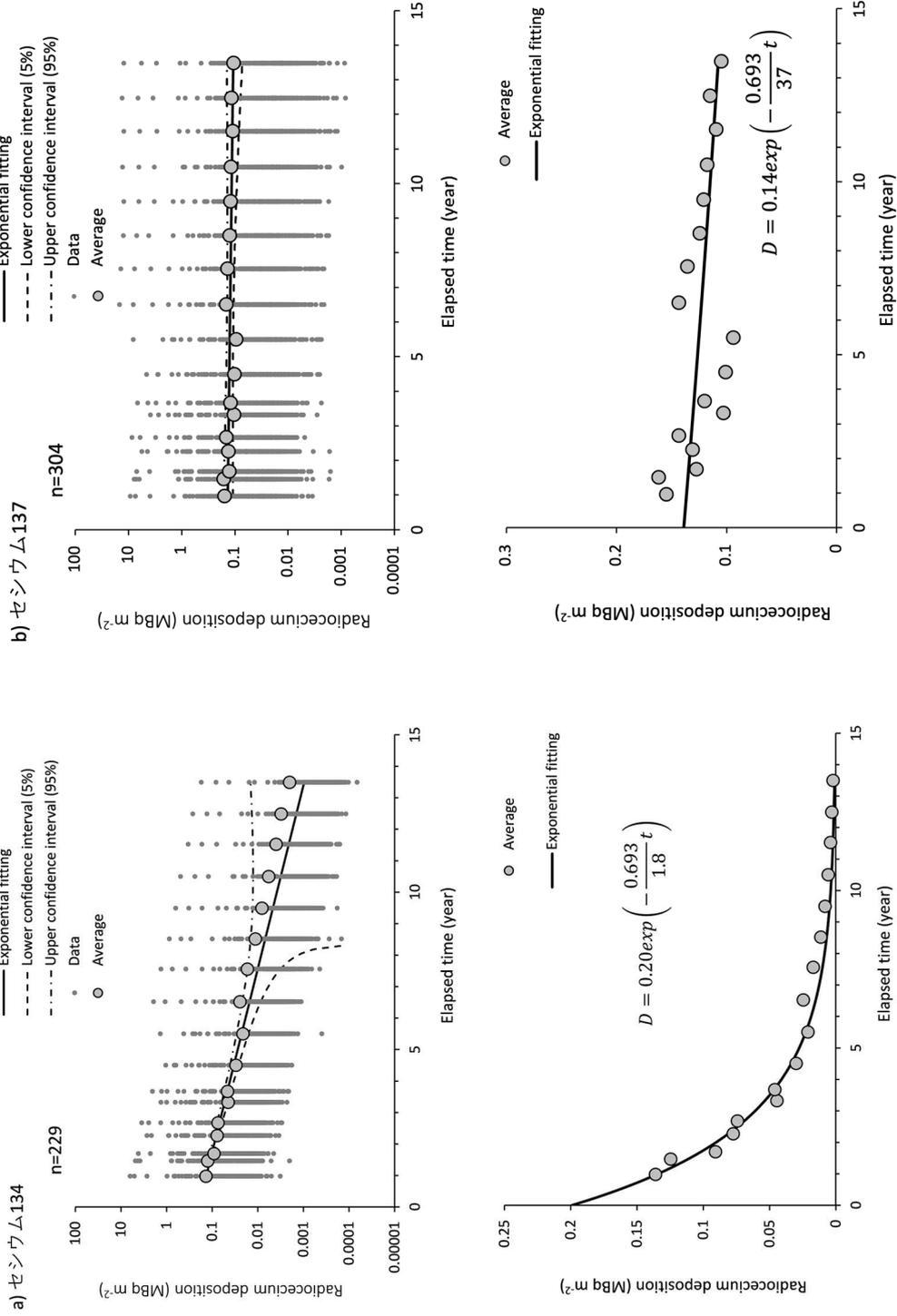


図 5-2 可搬型 Ge 検出器を用いた in-situ 測定結果における放射性セシウムの沈着量変化傾向及び指数関数の近似 (n: データ数)

6. 実測データの統合的解析

6.1 調査目的

分布状況調査では、数種類の異なる測定方法を用いて空間線量率分布に関する大規模な調査を行ってきた。また、航空機サーベイでは、人が立ち入れない場所を含むより広域を対象として空間線量率分布マップが作成されている²⁷⁾。本章では、これら多様な空間線量率情報を地図上で統合表示した高精度かつ空間分解能の高い詳細な空間線量率分布マップ（以下「統合マップ」という。）を作成することを目的とした。

令和6年度調査では、令和5年度と同様に、当該年度に測定されたデータ等を統合し80 km圏内及び福島県全域の統合マップを作成した。

6.2 調査内容

6.2.1 測定データ統合手法の概要

空間統計学の分野で用いられてきた階層ベイズモデルを空間線量率分布マップの統合に応用するためのアルゴリズムが原子力機構と米国ローレンス・バークレー国立研究所との共同研究により開発され、福島市周辺の狭い地域を対象に検証済みである³¹⁾。ここでは、統合マップ作成の理論について概説する。

上記手法は、同じ地域を対象とした同時期の測定により歩行サーベイの測定データセット \mathbf{z}_W 、走行サーベイの測定データセット \mathbf{z}_C 、航空機サーベイの測定データセット \mathbf{z}_A が得られた時に、最も信頼のおける空間線量率分布 \mathbf{y} を統計手法により推定するものである。具体的には以下の式(14)で表した条件確率 $p(\mathbf{y}|\mathbf{z}_W, \mathbf{z}_C, \mathbf{z}_A)$ が最大になるような \mathbf{y} 及びその分散を求める。 $p(\mathbf{y}|\mathbf{z}_W, \mathbf{z}_C, \mathbf{z}_A)$ は、 \mathbf{z}_W 、 \mathbf{z}_C 及び \mathbf{z}_A が観測されたという条件で空間線量率分布が \mathbf{y} である確率を意味する。 $p(\mathbf{y}|\mathbf{z}_W, \mathbf{z}_C, \mathbf{z}_A)$ はベイズの定理により以下のように分けて書くことができる。

$$p(\mathbf{y}|\mathbf{z}_W, \mathbf{z}_C, \mathbf{z}_A) \propto p(\mathbf{z}_A|\mathbf{y}) p(\mathbf{z}_C|\mathbf{y}) p(\mathbf{y}|\mathbf{z}_W) \quad (14)$$

ここで、

$p(\mathbf{z}_A|\mathbf{y})$: 空間線量率分布が \mathbf{y} の時に \mathbf{z}_A が観測される確率

$p(\mathbf{z}_C|\mathbf{y})$: 空間線量率分布が \mathbf{y} の時に \mathbf{z}_C が観測される確率

$p(\mathbf{y}|\mathbf{z}_W)$: \mathbf{z}_W が観測された時に空間線量率分布が \mathbf{y} である確率とする。

$p(\mathbf{y}|\mathbf{z}_W)$ を事前確率と呼び、観測値 \mathbf{z}_W に基づき得られた空間線量率分布 \mathbf{y} を事前分布と呼ぶ。また、 $p(\mathbf{y}|\mathbf{z}_W, \mathbf{z}_C, \mathbf{z}_A)$ を事後確率と呼び、得られた空間線量率分布 \mathbf{y} を事後分布と呼ぶ。前項で述べたように、歩行サーベイでは人間の生活に密着した空間線量率が得られるので、歩行サーベイにより得られた空間線量率が実際の空間線量率（統合により得たい空間線量率）であると仮定する。すなわち、歩行サーベイの測定データがある地点の空間線量率はその値を用い、測定データがない地点に対しては、仮に歩行サーベイをその地点で実施した時にどのような値が得られるかを推定する。

式(14)の条件を満たした \mathbf{y} を求めるために、右辺の3つの確率関数の基礎データを測定デ

ータの統計解析により取得することになる。 $p(\mathbf{z}_A|\mathbf{y})$ 及び $p(\mathbf{z}_C|\mathbf{y})$ と関連するデータモデルは、航空機サーベイと歩行サーベイの相関関係、走行サーベイと歩行サーベイの相関関係の解析により得られる。

$p(\mathbf{y}|\mathbf{z}_W)$ と関連したプロセスモデルは、歩行サーベイ結果の空間パターンの解析から得られる。具体的には歩行サーベイにおいて、離れた 2 メッシュ間の空間線量率が距離によりどのように変化するかを解析した。データモデル及びプロセスモデルの基となる環境モニタリング測定データ間の相関関係は土地利用状況により異なることが分かっているため、土地利用状況別に統計解析を実施しその結果を用いた。これらの関係を利用しながら確率が最大となる \mathbf{y} とその信頼区間（標準偏差）を推定した。

なお、上記において空間線量率は全て対数変換し解析を実施している。

6.2.2 統合マップ作成に用いた空間線量率測定データ

令和 6 年度の統合マップ作成には、分布状況調査にて得られた歩行サーベイ、走行サーベイ及び定点サーベイのほかに航空機サーベイ等の結果を用いた。歩行サーベイは人間が生活する様々な環境における空間線量率を取得でき、空間線量率の場所による変化を詳細に捉えた測定が可能であるが、人間の歩行による測定であるため福島県の全てをカバーすることは不可能である。これまでの統合マップ作成³²⁾では、80 km 圏外での歩行サーベイ測定データの不足を補うことを主な目的として、定点サーベイ、福島県が実施した「モニタリング・メッシュ調査」³³⁾の測定データ^a、林野庁による測定データ^b（以下「林野庁調査」という。）を用いてきた。以下では、これらデータを歩行サーベイと同等とみなし解析を行った（以下、これらを「歩行サーベイ相当データ」という）。令和 6 年度調査では、80 km 圏内の統合マップ作成について、内閣府原子力被災者生活支援チームが実施した走行サーベイ^c「避難指示区域等における詳細モニタリング結果」³⁴⁾も用いた。なお、林野庁調査の結果は前年度の測定データとなるため、統合マップ作成にあたって放射性セシウムの半減期による減衰補正をしている。

統合マップ作成に使用したデータの一覧を表 6-1 に示す。測定された全ての空間線量率を放射性セシウムの物理減衰を考慮して令和 6 年 12 月 19 日（航空機サーベイの補正基準日）での値となるように補正した。なお、後述の歩行サーベイの空間分布パターン解析を円滑に行うため、歩行サーベイ相当データのうち歩行サーベイの測定点に近すぎるもの及び歩

^a 福島県内を 2 km メッシュに分け、福島県内（帰還困難区域を除く）の主な生活道路等を対象として、原則としてメッシュごとに 1 調査地点を選定し、サーベイメータを用い地表面から 1 m 高さの空間線量率を測定している。測定地点は約 2,900 点である。

^b 「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」³⁵⁾は、旧避難指示区域等国有林内の約 1,400 地点において、サーベイメータを用いて地表面から 1 m 高さの空間線量率を測定している。

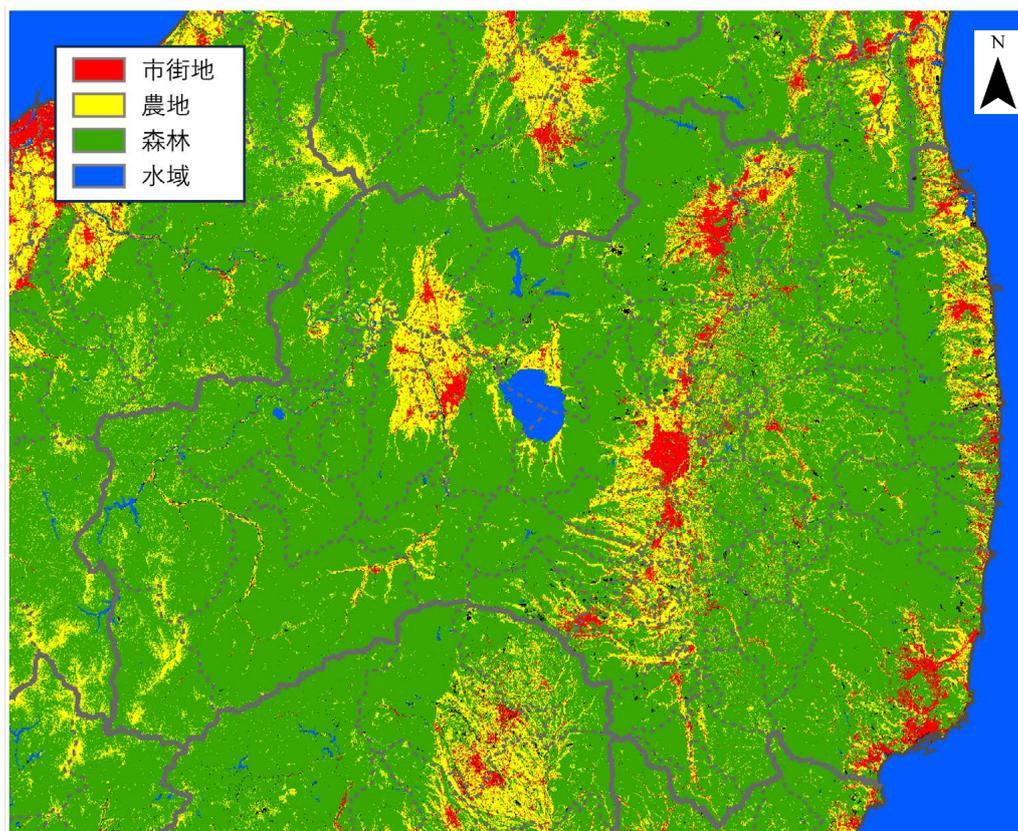
^c 内閣府は、東京電力ホールディングス株式会社の協力の下、「総合モニタリング計画」（モニタリング調整会議決定）に基づき避難指示区域等（避難指示が解除された区域を含む。）を対象としたモニタリングカーによる避難指示区域等の主要道路を対象にした地上 1 m における空間線量率を実施している。

行サーベイ相当データ内で測定点間距離が近すぎるデータ対の片方を取り除いた。データ対の片方を取り除く距離の基準は 18 m 未満とした。なお、歩行サーベイ相当データは、歩行サーベイのような連続測定ではないため、20 m メッシュでの平均化は行っていない。以下では、統合化に使用する歩行サーベイデータには、断らない限り歩行サーベイ相当データを含んでいる。また令和 6 年度調査では、これまでの統合マップ作成では除外していた 0.1 $\mu\text{Sv/h}$ 以下の航空機サーベイデータも使用した。

また、対象領域における土地利用状況によっても放射性物質の分布状況及び変化傾向が異なることが明らかになっていることから、宇宙航空研究開発機構（JAXA）より公開されている高解像度土地利用土地被覆図³⁶⁾（ver.23.12）に基づき測定データを分類して解析を実施した。今回の解析に使用した土地利用状況を図 6-1 に示す。

表 6-1 統合マップ作成に使用したデータ一覧

種別	実施者	測定年度	備考
航空機サーベイ	原子力規制庁	令和 6	
走行サーベイ	原子力規制庁	令和 6	分布状況調査
	内閣府	令和 6	第 41 巡
歩行サーベイ	原子力規制庁	令和 6	
歩行サーベイ相当 データ	原子力規制庁	令和 6	定点サーベイ
	福島県	令和 6	モニタリング・メッシュ調査
	林野庁	令和 5	国有林内調査



背景地図：ESRI ジャパンデータコンテンツ, (c)EsriJapan

図 6-1 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

6.3 80 km 圏内を対象とした統合マップの作成

6.3.1 統合マップ作成に使用した測定データ

80 km 圏内を対象として、令和 6 年度に測定された各種データを用い統合マップを作成した。統合化を行う各種データを図 6-2 に示す。

過去に実施した解析により、各測定結果間の関係が平成 28 年 7 月 12 日時点における避難指示区域内と区域外で異なることが明らかになっていることから、令和 6 年度調査においても避難指示区域内外に分割して解析を行った。その際、令和 5 年 5 月 1 日時点の避難指示区域区分（図 6-3 参照）を使用した。

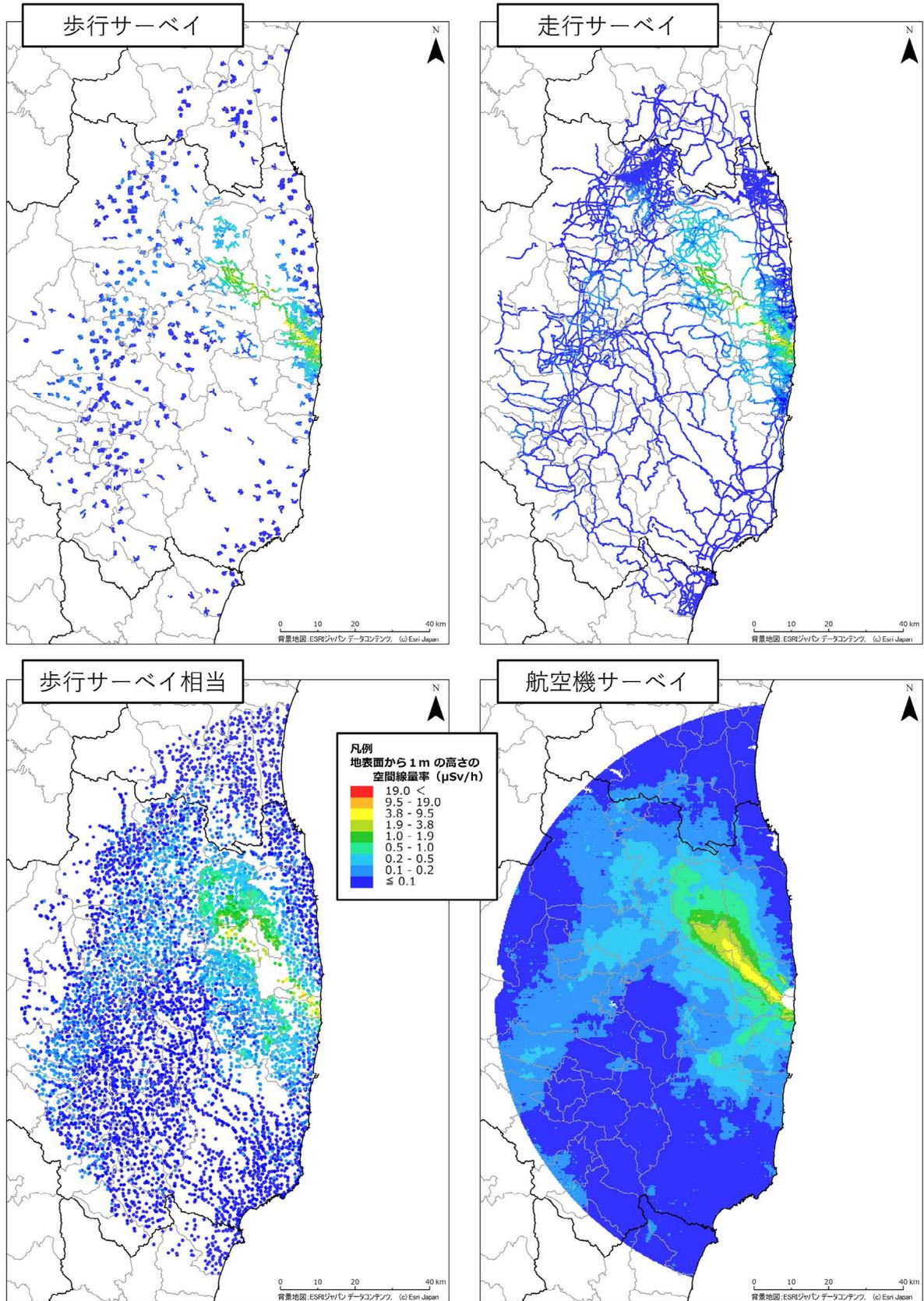


図 6-2 令和 6 年度の統合マップ作成に使用した空間線量率データ (80 km 圏内)
 (天然放射性核種による空間線量率寄与を含んでいる。背景地図：ESRI ジャパンデータコンテンツ, (c) Esri Japan。)

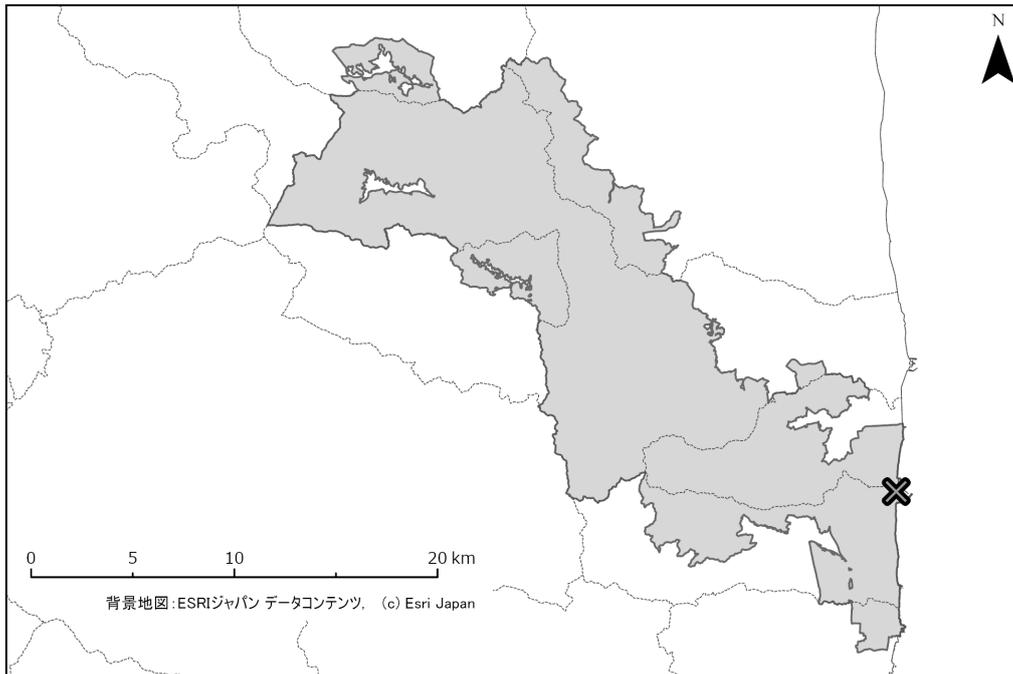


図 6-3 令和 5 年 5 月 1 日時点の避難指示区域（グレー塗り箇所）

6.3.2 歩行サーベイ結果の空間分布パターンの解析

$p(\mathbf{y}|\mathbf{z}_w)$ のプロセスモデルを決めるために、避難指示区域内外の歩行サーベイデータに関する空間分布パターンの解析（バリオグラム解析）を行った。避難指示区域内及び同区域外（ただし 80 km 圏内。以下、本節において同様とする。）におけるバリオグラム解析を、市街地、農地、森林の 3 種の土地利用状況ごとに実施した。バリオグラム解析結果を図 6-4 に示す。縦軸の値はセミバリエンスと呼ばれる量を表しており、2 点間で観測される空間線量率の差と距離の相関を示す指標である。セミバリエンスの定義を式 (15) に示す。

$$\Gamma(h) = \frac{1}{2|N(h)|} \sum_{N(h)} (z_i - z_j)^2 \quad (15)$$

ここで、 $N(h)$ は 2 点間の距離が h となる測定値の集合である。一般に、一定の距離を超えるとセミバリエンスはほぼ一定値になり、それ以遠の空間線量率は距離との相関を持たなくなる。バリオグラムのフィッティング関数は、式 (16) に示す指数関数型を採用した。

$$f(h) = n + (s - n) \left[1 - \exp\left(-\frac{d}{r}\right) \right] \quad (16)$$

距離とセミバリエンスの相関がほぼ無くなる時点での距離の値をレンジ r 、セミバリエンスの値をシル s と呼ぶ。シルは空間線量率のばらつきの大きさ（分散）を表す。距離 d がゼロのときの値をナゲット n と呼び、ランダムノイズの効果の大きさを表している。

各パラメータの初期値を複数設定し、最小二乗フィッティングを行ったうえで、最適なパラメータセットを決定した。図から認められるように、避難指示区域内のシルが区域外のシルよりも大きい値となっている。これは、区域内の方が空間線量率のばらつきが大きい

いためである。

歩行サーベイによる空間線量率測定結果を式 (14) の \mathbf{z}_w として用い、本分析において避難区域内外及び土地利用ごとに採用したシルやレンジ、ナゲットの値を用いてグラフの形状を上記の指数関数で近似しプロセスモデルとして用いることで、空間線量率の事前分布 \mathbf{y} を作成した。

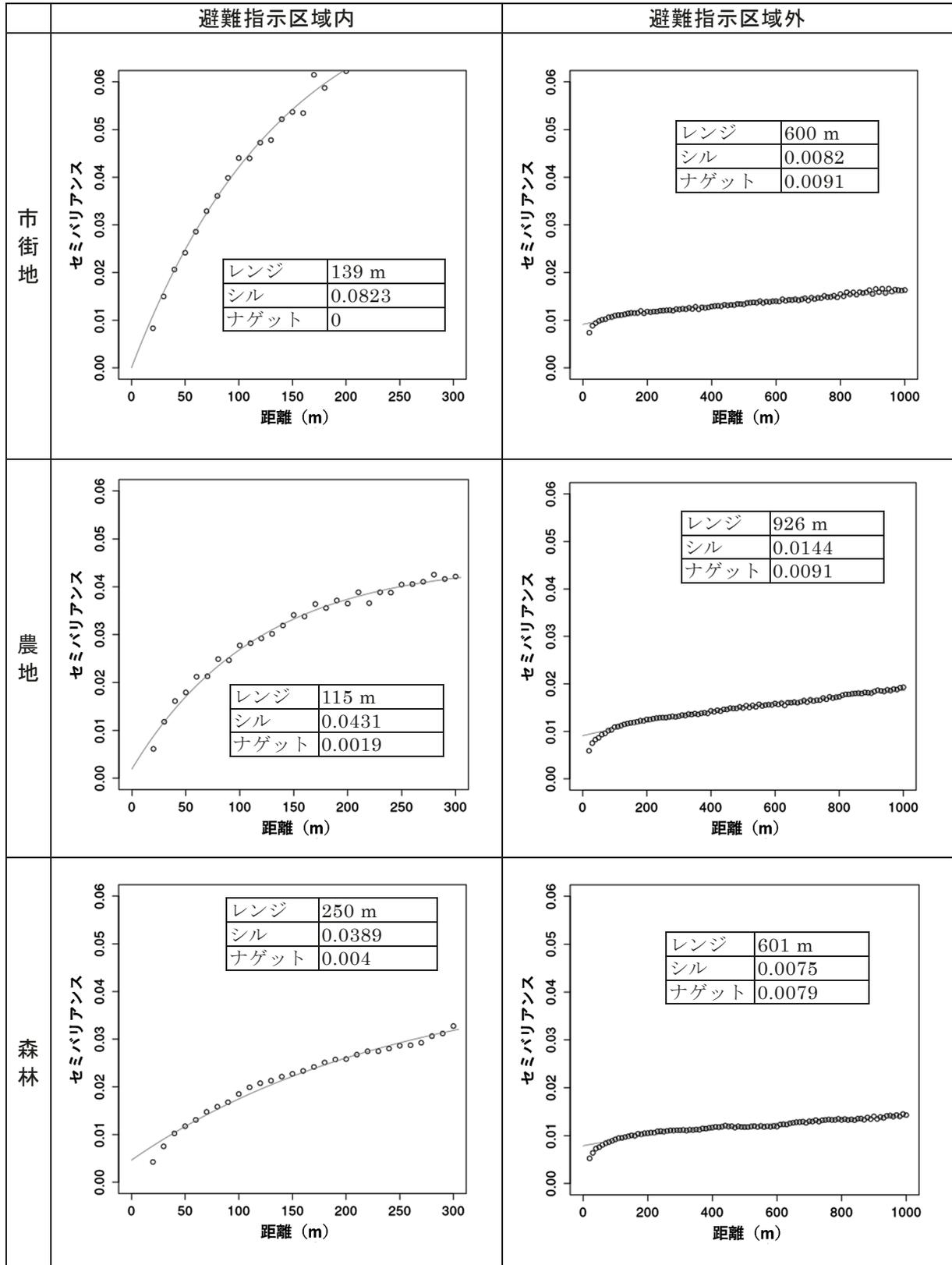


図 6-4 令和 6 年度に実施された避難指示区域内外における歩行サーベイによる空間線量率のバリオグラム解析結果

6.3.3 走行サーベイと歩行サーベイの比較

$p(\mathbf{z}_c|\mathbf{y})$ のデータモデルを決めるために、走行サーベイと歩行サーベイの避難指示区域内、同区域外及び区域内外を区別しない全域（80 km 圏内）での空間線量率を土地利用別に比較した。比較結果を図 6-5 に示す。平成 29 年度の解析³⁷⁾において、歩行サーベイのデータ（20 m メッシュ）を走行サーベイと同じ 100 m メッシュに平均化することで、相関が改善されるという知見が得られたことから、今回の解析においても平均化した歩行サーベイ結果と走行サーベイ結果の相関を分析した。この相関分析結果を基に、走行サーベイによる空間線量率と 100 m メッシュ内で平均化した歩行サーベイの空間線量率対数軸上で線形関係にあるとしたデータモデルを用いて走行サーベイデータを補正し、式 (14) における \mathbf{z}_c として用いた。得られた相関分析結果に関し、森林及び農地における相関分析結果においては 0.67 以上の相関係数が得られている。区域内外を区別せず 80 km 圏内全域で比較すると、避難指示区域内外を区別した場合よりも空間線量率の範囲が広がるため、相関係数は大きくなる。

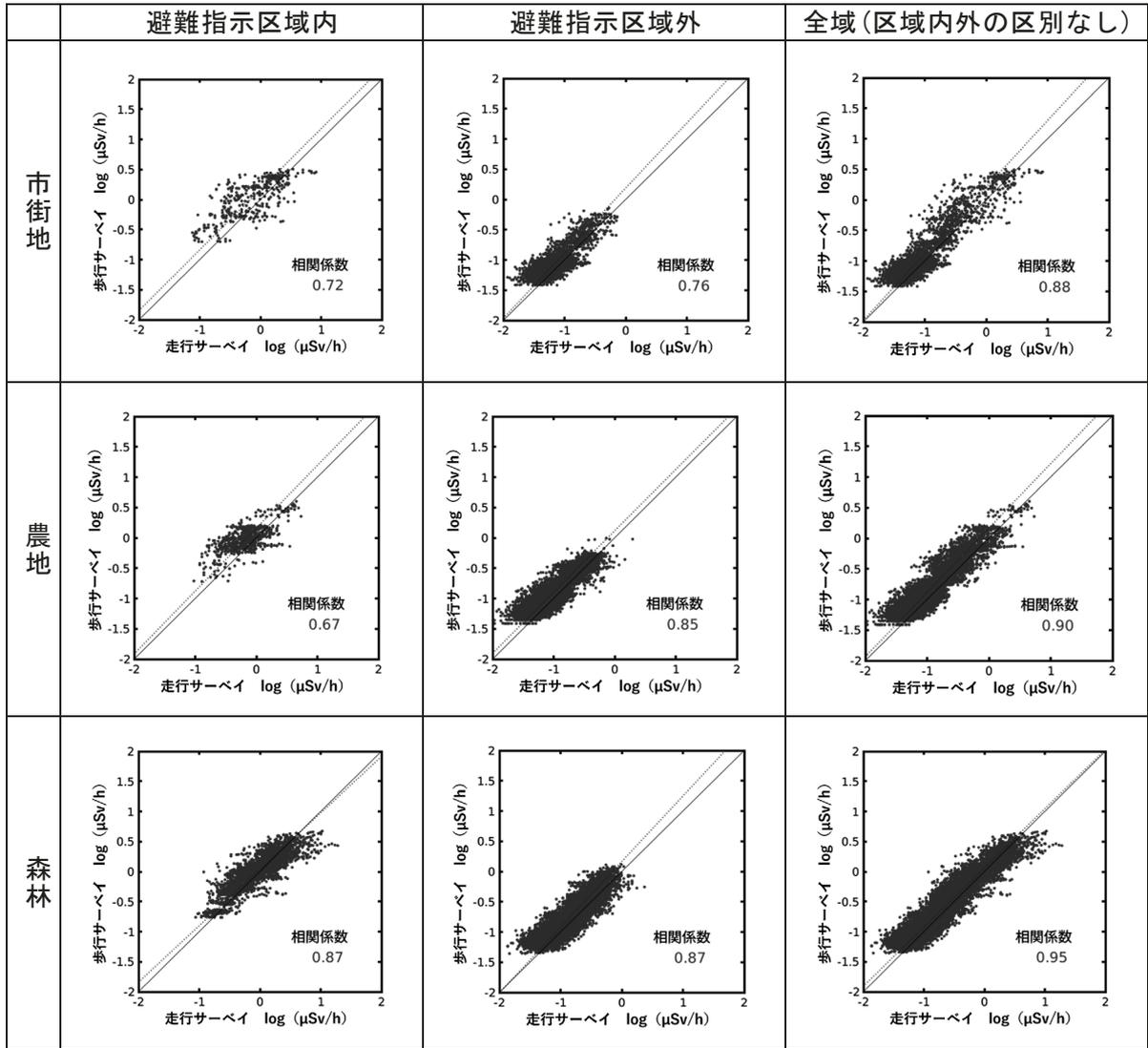


図 6-5 80 km 圏内の統合マップ作成に用いた避難指示区域内外及び全域（区域内外の区別なし）における走行サーベイと歩行サーベイによる空間線量率の相関分析結果

（図中の破線は最小二乗法による回帰直線、実線は $y=x$ の直線。天然放射性核種による空間線量率寄与を含んでいる。）

6.3.4 航空機サーベイと歩行サーベイの比較

$p(\mathbf{z}_A|\mathbf{y})$ のデータモデルを決めるために、避難指示区域内外の航空機サーベイと歩行サーベイの空間線量率を土地利用状況ごとに比較した。比較結果を図 6-6 に示す。平成 29 年度の解析³⁷⁾において、歩行サーベイのデータを比較対象である航空機サーベイのデータポイントまでの距離の逆数で加重平均化した値（参考文献 31）の **inverse-distance weighted (IDW) averaging**）とすることで相関が改善されるという知見が得られたことから、今回の解析においても航空機サーベイ結果と距離の逆数で加重平均した歩行サーベイ結果の相関を分析した。市街地では避難指示区域内の相関係数が高いものの、農地と森林では避難指示区域内外を区分しないケースの方がわずかではあるが相関係数が良い。この相関分析結果を基に、加重平均した歩行サーベイ結果と航空機サーベイ結果が対数軸上で線形関係にあるとしたデータモデルを用いて航空機サーベイデータを補正し、式 (14) における \mathbf{z}_A として用いた。前項及び本項において回帰分析により得たパラメータを表 6-2 に示す。表 6-2 には、 $\log_{10}(Y)=a \times \log_{10}(X)+b$ で最小二乗フィッティングして得た傾き a 、切片 b 及び分散を示した（ここで、 Y ：走行サーベイ又は航空機サーベイ、 X ：歩行サーベイ）。

表 6-2 走行サーベイ及び航空機サーベイと歩行サーベイの回帰分析により得たパラメータ

	走行サーベイ			航空機サーベイ		
	避難指示 区域内	避難指示 区域外	80 km 圏内 全域	避難指示 区域内	避難指示 区域外	80 km 圏内 全域
市街地						
傾き a	0.99	0.92	0.91	0.94	1.03	1.00
切片 b	-0.16	-0.17	-0.19	0.089	0.14	0.11
分散	0.87	0.022	0.026	0.016	0.014	0.014
農地						
傾き a	0.96	0.99	0.95	1.04	1.13	1.11
切片 b	-0.15	-0.11	-0.15	0.17	0.24	0.22
分散	0.052	0.022	0.025	0.015	0.018	0.018
森林						
傾き a	1.06	0.92	1.01	0.89	1.00	1.05
切片 b	-0.038	-0.15	-0.06	0.22	0.082	0.13
分散	0.034	0.022	0.025	0.013	0.022	0.023

傾き a 、切片 b は、フィッティング式 $\log_{10}(Y)=a \times \log_{10}(X)+b$ のパラメータ（ここで、 Y ：走行サーベイ又は航空機サーベイ、 X ：歩行サーベイ）

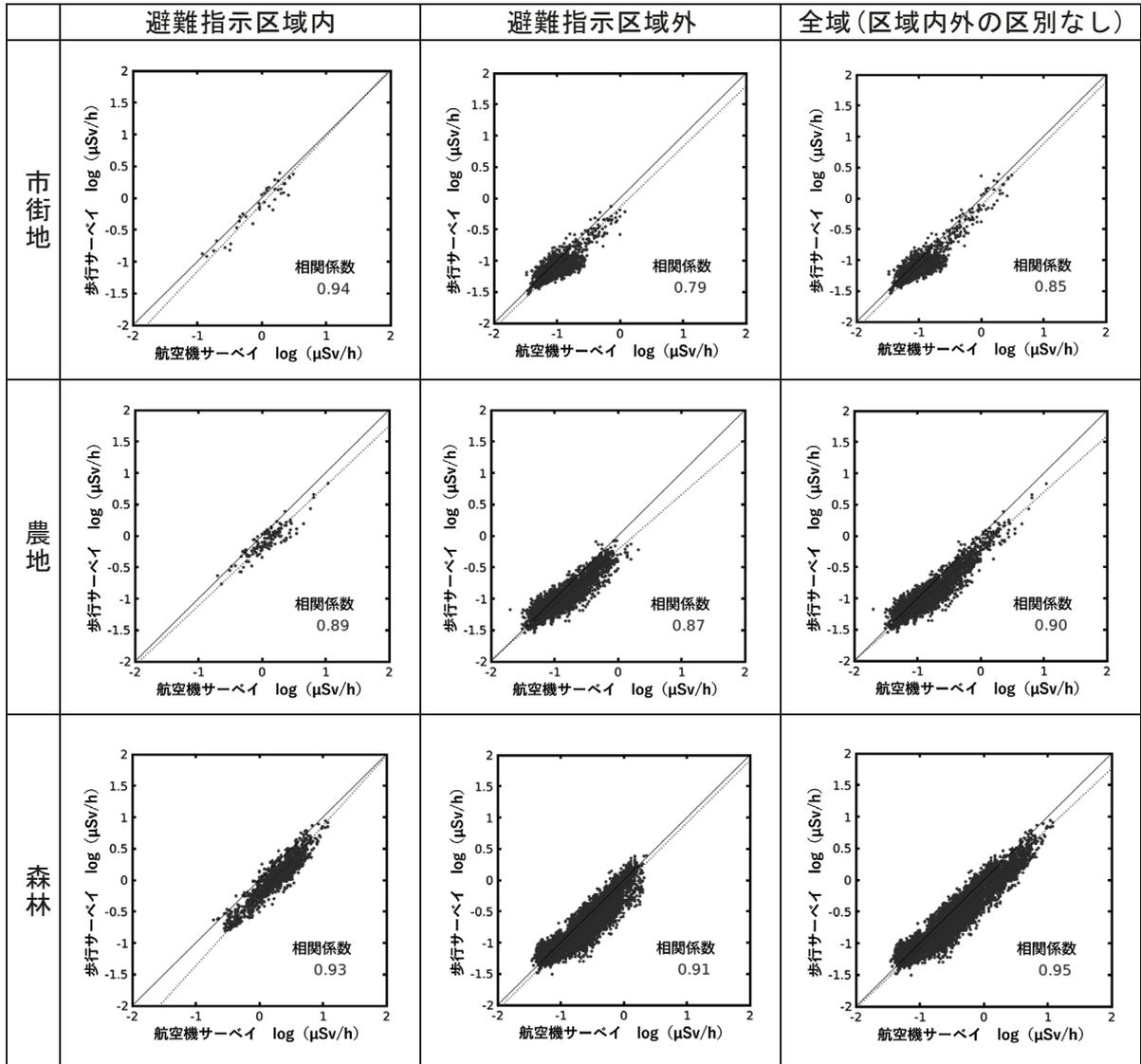


図 6-6 80 km 圏内の統合マップ作成に用いた避難指示区域内外及び全域（区域内外の区別なし）における航空機サーベイと歩行サーベイによる空間線量率の相関分析結果

（図中の破線は最小二乗法による回帰直線、実線は $y=x$ の直線。天然放射性核種による空間線量率寄与を含んでいる。）

6.3.5 統合結果

令和 6 年度の測定データを統合した 80 km 圏内の統合マップを図 6-7 に示す。避難指示区域内外それぞれに対して解析した結果により得られたモデルパラメータを用いて統合を行い、その結果を合成したものである。なお、相関パラメータについては、避難指示区域内外を区別したときよりも相関係数が良好となる全域の値を採用した。図 6-2 に示した歩行、走行及び航空機サーベイ結果と比較すると、空間線量率分布が航空機サーベイ結果よりも全体的に低くなっており、また歩行サーベイや走行サーベイ結果と同等の詳細かつ連続的な空間線量率分布が得られている。図 6-7 右に示した標準偏差分布については、歩行サーベイ、走行サーベイが実施されている地点で小さい値となっており、これらの測定によって

マップの精度が高まっていることが分かる。また航空機サーベイの $0.1 \mu\text{Sv/h}$ 以下のデータを利用することで、令和5年度調査に比べマップの精度が高くなる結果が得られた。避難指示区域内外において値のギャップが見られるが、これはバリオグラム解析における避難指示区域内外のシルの値の違いに依存している。シルは空間線量率分布のコントラストの大きさを反映していることから、避難指示区域内ではシルが大きい値となり（図6-4参照）、標準偏差も大きい値となっている。なお、統合マップは空間線量率を対数で扱うことから、標準偏差は空間線量率分布の倍率を示すこととなる。図中の標準偏差は常用対数で表示しているため、 0.1 は $10^{\pm 0.1}$ すなわち平均値から $0.79 \sim 1.26$ 倍の範囲を、 0.2 は $10^{\pm 0.2}$ すなわち平均値から $0.63 \sim 1.58$ 倍の範囲を意味する。

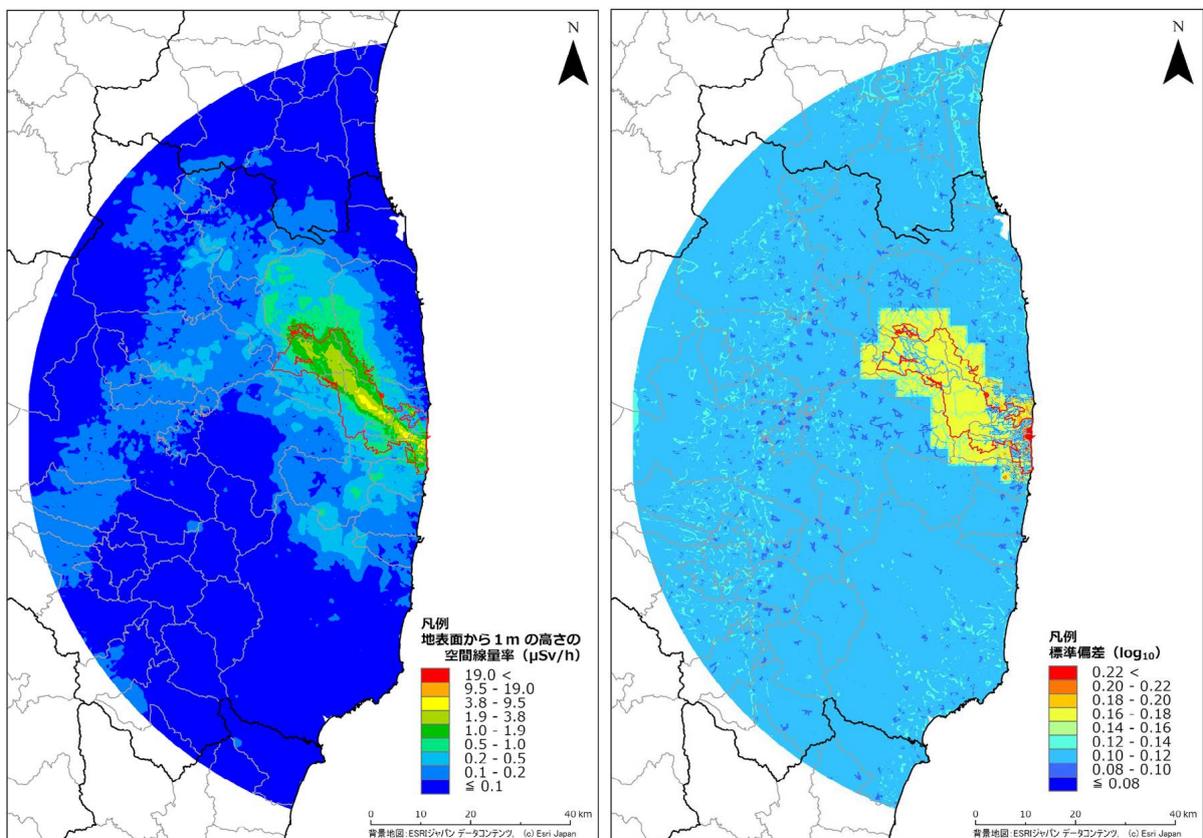


図 6-7 令和6年度に実施された各種測定結果を統合した80 km圏内の統合マップ

(左：確率が最大となる空間線量率分布、右：標準偏差 (log₁₀) の分布)

(天然放射性核種による空間線量率寄与を含んでいる。図中の赤枠線は避難指示区域境界を示している。背景地図：ESRI ジャパンデータコンテンツ, (c) Esri Japan。)

6.4 福島県全域を対象とした統合マップの作成

6.4.1 対象とした測定データ

福島県全域を対象として、令和6年度に測定された各種データを用いた空間線量率の統合化を行った。空間線量率の統合に用いた各データを図6-8に示す。土地利用状況データには図6-2に示したものを使用した。6.3節の80 km圏内を対象とした統合マップと同様、福島県全域を対象とした場合についても避難指示区域内外を分割して解析を実施した。

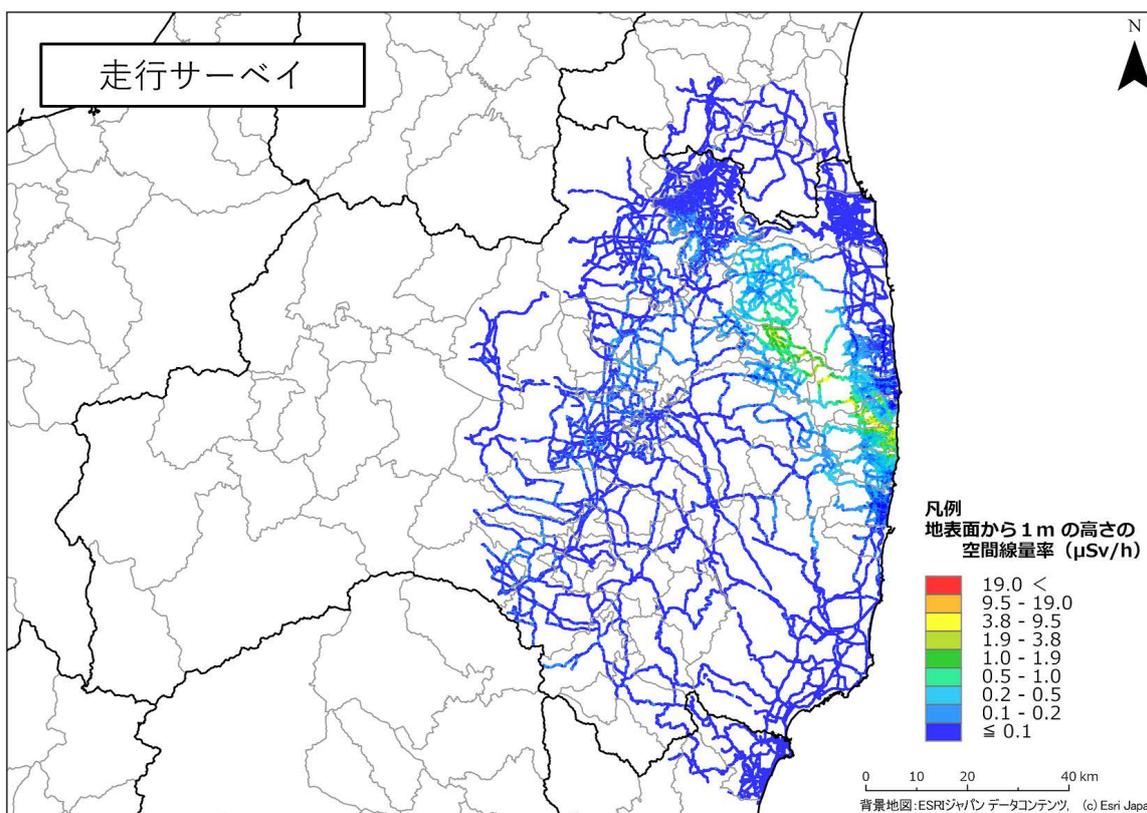
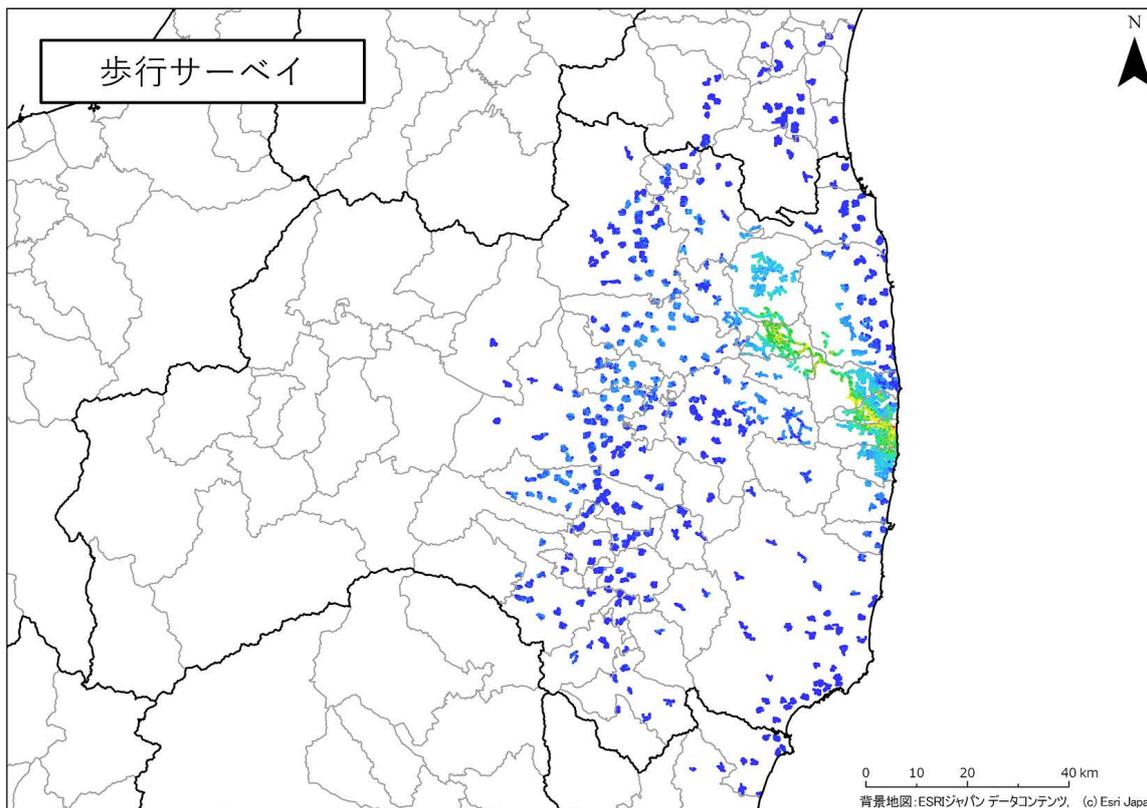


図 6-8 令和 6 年度の統合マップ作成に使用した空間線量率データ (福島県全域) (1/2)
(天然放射性核種による空間線量率寄与を含んでいる)

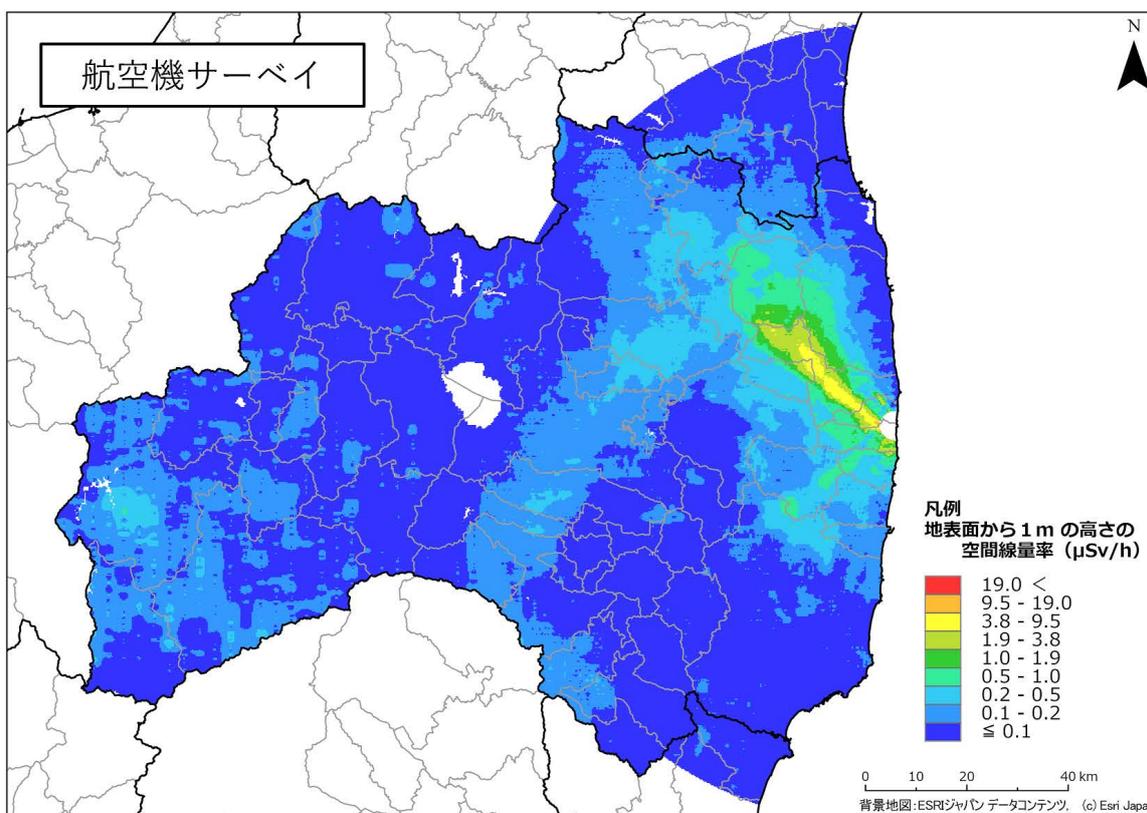
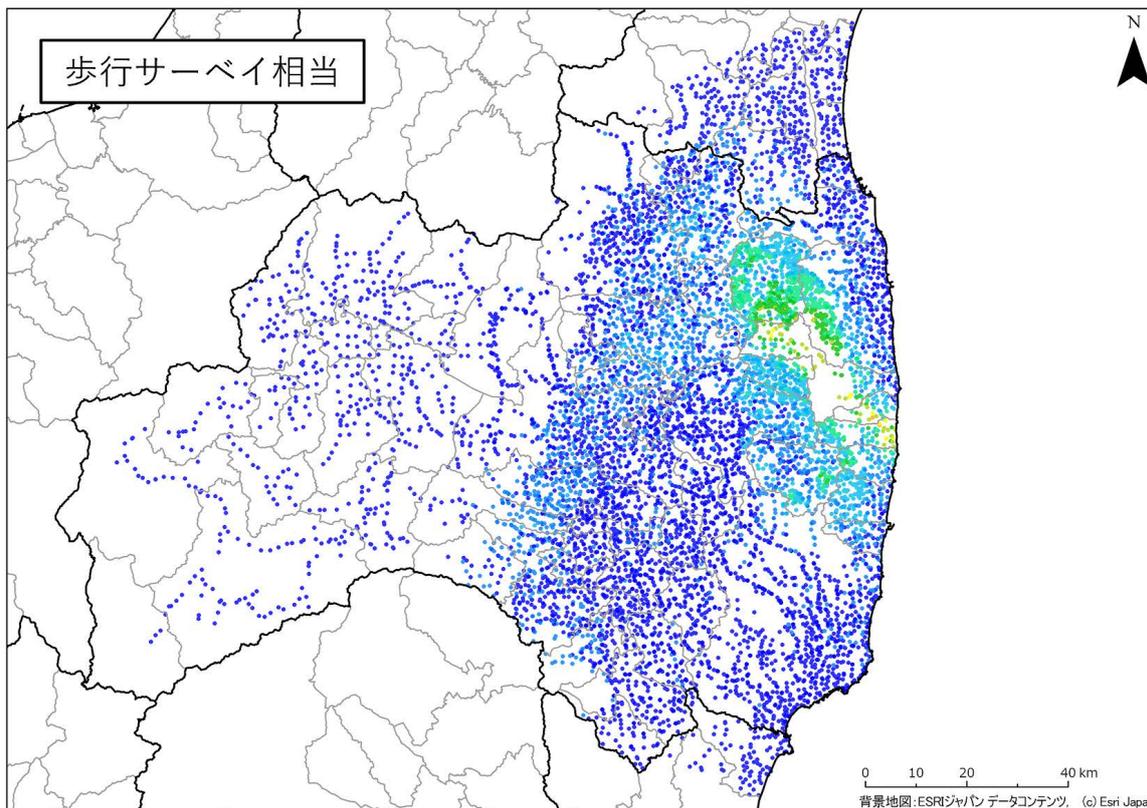


図 6-8 令和 6 年度の統合マップ作成に使用した空間線量率データ（福島県全域）（2/2）
（天然放射性核種による空間線量率寄与を含んでいる）

6.4.2 歩行サーベイを対象とした空間パターンの解析

歩行サーベイのデータを対象にバリオグラム解析を行った。これらの結果は、図 6-4 で示した 80 km 圏内の結果とほぼ同等であった。本分析において採用したシルやレンジ、ナゲットの値を用いてグラフの形状を指数関数で近似してプロセスモデルとして用いることで、空間線量率の事前分布 y を作成した。

6.4.3 走行サーベイデータと歩行サーベイデータの比較

福島県全域を対象として歩行サーベイと走行サーベイのデータに対して土地利用別に相関分析を実施した。これらの結果は、図 6-5 で示した 80 km 圏内の結果とほぼ同等であり、解析領域を広げることによる相関への影響はなかった。この相関分析結果を基に、走行サーベイによる空間線量率と 100 m メッシュ内で平均化した歩行サーベイの空間線量率が対数軸上で線形関係にあるとしたデータモデルを用いて走行サーベイデータを補正し、式 (14) における z_c として用いた。

6.4.4 航空機サーベイデータと歩行サーベイデータの比較

福島県全域を対象として歩行サーベイと航空機サーベイのデータを土地利用別に比較した。これらの結果は、やはり図 6-6 で示した 80 km 圏内の結果とほぼ同等であり、相関パラメータも表 6-2 で示したものと同じであった。この相関分析結果をもとに、歩行サーベイ結果と加重平均した航空機サーベイ結果が対数軸上で線形関係にあるとしたデータモデルを用いて航空機サーベイデータを補正し、式 (14) における z_A として用いた。

6.4.5 統合結果

令和 6 年度に実施された歩行サーベイ、走行サーベイ及び航空機サーベイの結果を用いた福島県全域の統合マップを図 6-9 に示す。80 km 圏内の統合マップと同様に、避難指示区域内外を区別しない全域の相関パラメータを使用した。80 km 圏外については、歩行サーベイ、走行サーベイ、航空機サーベイの各種データが 80 km 圏内に比べて少ないものの、空間線量率及び標準偏差ともに 80 km 圏内を対象とした統合マップ（図 6-7 参照）と相違ない結果が得られている。

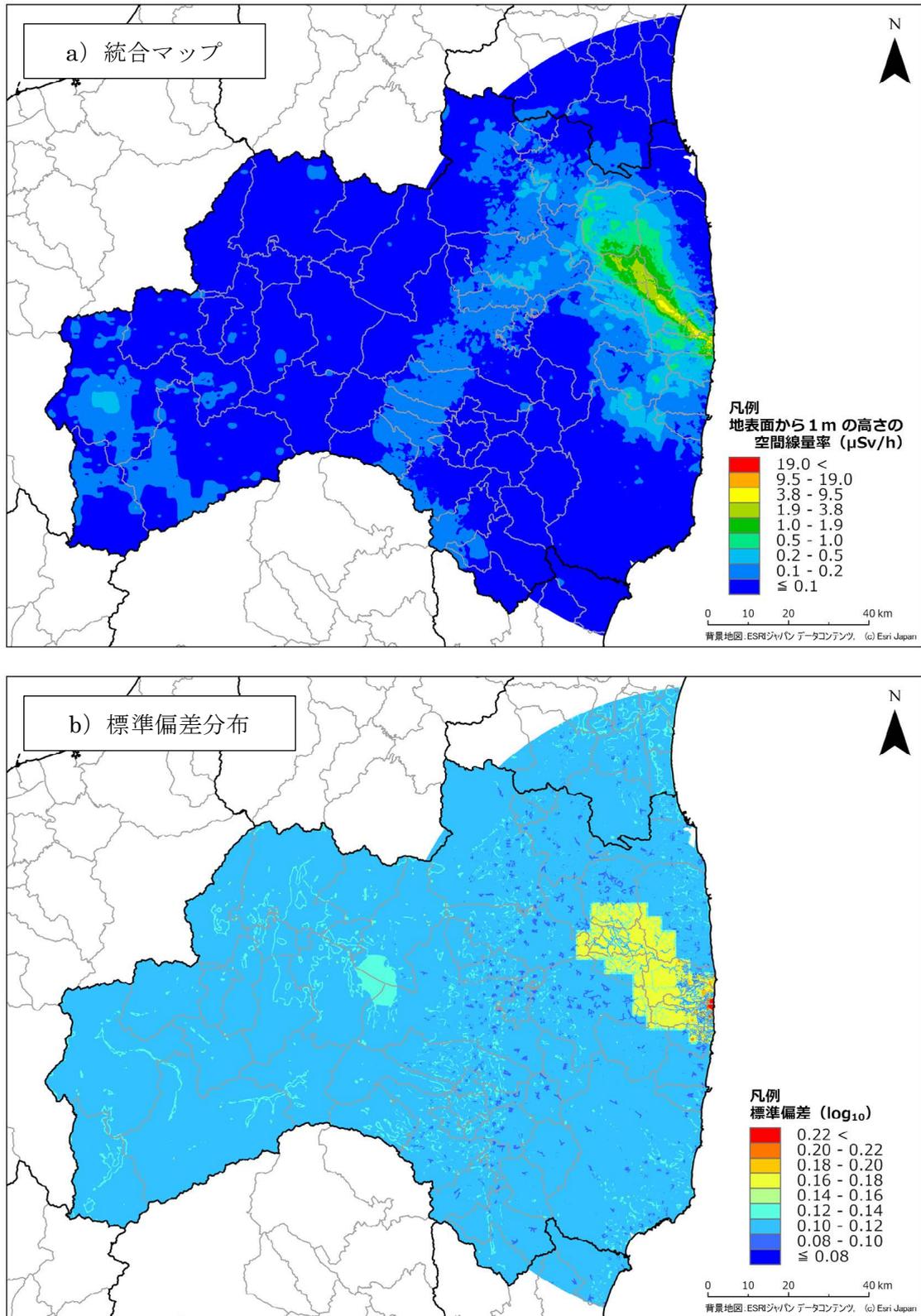


図 6-9 令和 6 年度に実施された各種空間線量率測定結果を統合した福島県全域及び 80 km 圏内の統合マップ (上) 及びその標準偏差 (\log_{10}) の分布 (下)
 (天然放射性核種による空間線量率寄与を含んでいる。)

6.5 統合マップの精度検証

統合マップでは標準偏差分布が得られるが、この標準偏差分布は使用するデータや相関分析手法に依存する。そのため、ここでは実態の精度を評価することを目的として、統合マップ作成時に歩行サーベイからの距離が近い等の理由で除外された歩行サーベイ相当データ（全データ数の10%程度）との比較を試みた。比較した歩行サーベイ相当データの場所について、図6-10に示す。このように除外された歩行サーベイ相当データは80 km圏内の全域に位置しており、不確かさ評価の対象データとして使用可能と考えられる。

比較には、令和6年度の福島県全域の統合マップと歩行サーベイ相当データの位置を重ね、同位置にあるデータを抽出し、除外された歩行サーベイ相当データと統合マップデータの散布図及び相対偏差（（統合マップの空間線量率－除外された歩行サーベイ相当データの空間線量率）／歩行サーベイ相当データの空間線量率）のヒストグラムとして比較した。比較結果を図6-11に示す。ヒストグラムの平均値を見ると0.039となり、除外された歩行サーベイ相当データと比較して統合マップは4%ほど高くなっている傾向にあることが分かった。統合マップの空間線量率が高い傾向を示すのは、歩行サーベイと定点サーベイなど歩行サーベイ相当データ測定場所が近い場合に、定点サーベイを優先して採用しており、歩行<定点という関係に影響を受けるためである。散布図を見ると両者の差の傾向に線量率の依存性は確認できない。また、ヒストグラムは正規分布に近い釣鐘型となっている。この結果から、統合マップは、利用しなかった歩行サーベイ相当データを再現しており、測定データのない箇所の空間線量率を良く推定していると言える。

令和6年度の統合マップを令和5年度の統合マップと比較するため、上記の手法と同様に分析を行った。すなわち、両年度の統合マップにおいて同位置にあるデータを抽出し、令和5年度の空間線量率を横軸、令和6年度の空間線量率を縦軸とした散布図及び相対偏差（（令和6年度の空間線量率－令和5年度の空間線量率）／令和5年度の空間線量率）のヒストグラムとして比較した。結果を図6-12に示す。ヒストグラムの平均値を見ると、令和6年度の統合マップの空間線量率は令和5年度の統合マップに比べて3%程低い傾向にある。一部線上に伸びるプロットが存在するが、令和5年度調査において歩行サーベイ測定が疎であった福島第一原発の近傍において令和6年度調査では密に測定を実施していることによる影響と考えられる。

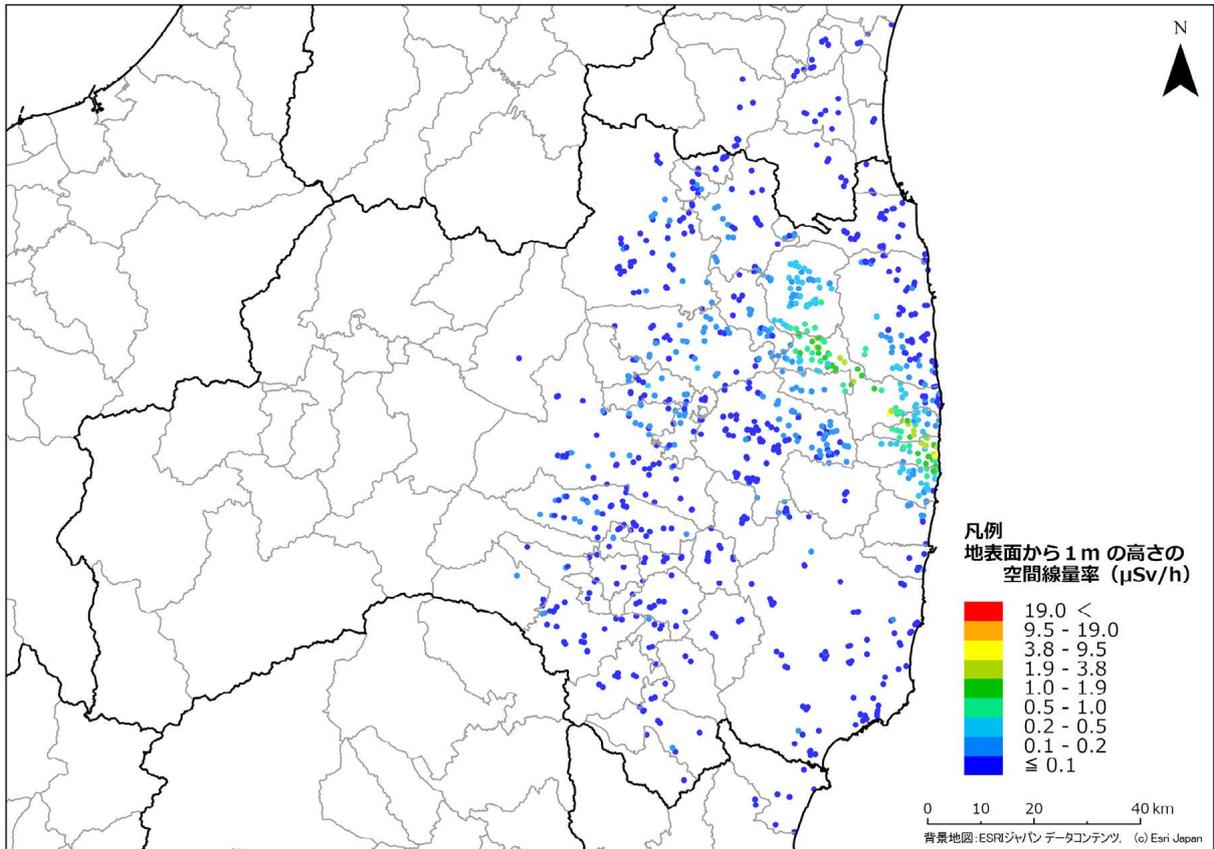


図 6-10 統合マップ作成時に除外された歩行サーベイ相当データの箇所

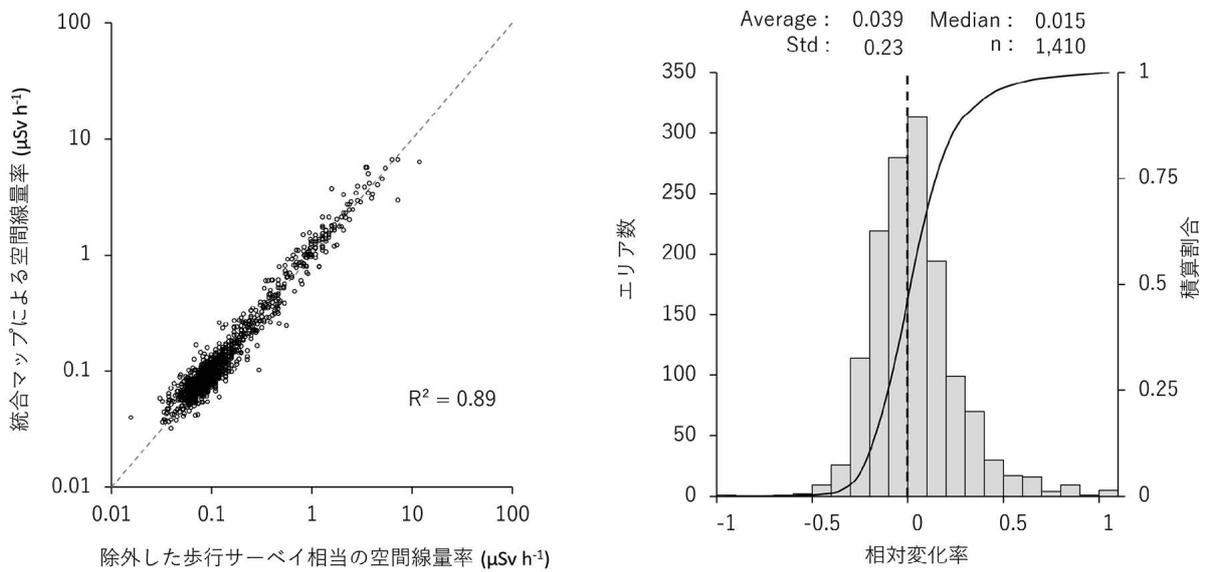


図 6-11 統合マップ作成時に除外された歩行サーベイ相当データの結果と統合マップによるデータの比較

(相関図の破線は $y=x$ 、 R^2 は決定係数、Std は標準偏差、 n はデータ数を意味する。)

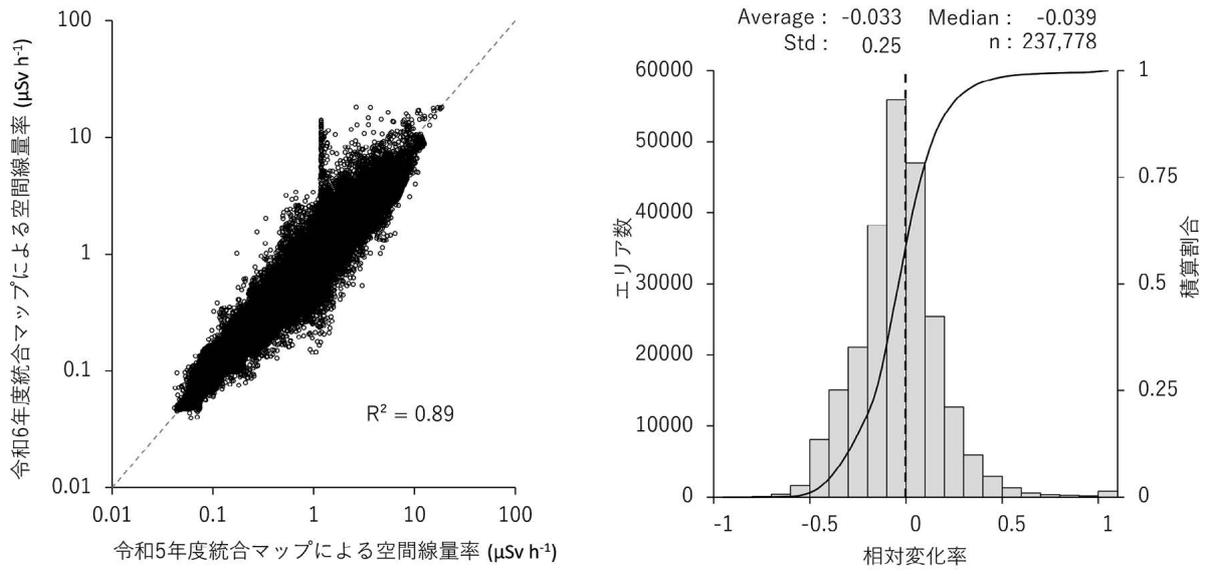


図 6-12 令和 5 年度統合マップとの比較
(相関図の破線は $y=x$ 、 R^2 は決定係数、Std は標準偏差、n はデータ数を意味する。)

7. 空間線量率等分布マップの作成と公開

7.1 目的

分布状況調査等で取得したデータ（走行サーベイ、定点サーベイ、無人ヘリサーベイ等）を、地方自治体や住民に広く公開し各種対策の基礎資料として提供するため、空間線量率等データの閲覧用 Web サイト「放射性物質モニタリングデータの情報公開サイト」（Environmental Monitoring Database、以下「EMDB」という。）³⁸⁾の運用作業を行った。

また、空間線量率の分布と変化傾向について自治体等に情報を提供することを目的とし、総合モニタリング計画における「避難指示区域等を対象とした詳細モニタリング」に基づき原子力規制委員会が東京電力ホールディングス株式会社と連携して実施した空間線量率の歩行サーベイ及び走行サーベイ（以下「詳細モニタリング」という。）の測定結果をマップ化するとともに令和 5 年度と令和 6 年度の調査結果を比較した。

7.2 EMDB の作成と公開

EMDB でのモニタリングデータの登録・公開は、以下のような手順で行った。まず、関係者のみが閲覧できる制限付きデータベースに登録し、関係者の確認を経た後、一般公開用のデータベースに登録し公開した。データベースの更新は登録データの準備ができ次第実施し、令和 6 年度はおよそ週に一度の頻度であった。令和 6 年度に EMDB に追加掲載した空間線量率等の主な内容は以下のとおりである。

- 走行サーベイ（第 28 回）
- 定点サーベイ（第 18 回）
- 歩行サーベイ（第 16 回）
- 無人ヘリサーベイ（第 16 回）
- 放射性セシウム土壌沈着量（in-situ 測定）（第 17 回）
- 深度分布（スクレーパープレート）（第 17 回）

7.3 EMDB の運用管理

EMDB を安定して運用するため、登録データの遺失防止のためのバックアップ作業や分布マップシステムへのアクセス管理を実施した。令和 6 年 4 月 1 日～令和 7 年 1 月 31 日現在までの 306 日間において、システムサーバ等に障害は生じなかった。サイト運営管理において、日々のアクセス数の動向を記録し、同一 IP アドレスについて重複して数えず 1 件とする「訪問者」及び同一 IP アドレスを重複してカウントする「ページ」を集計した（図 7-1 参照）。

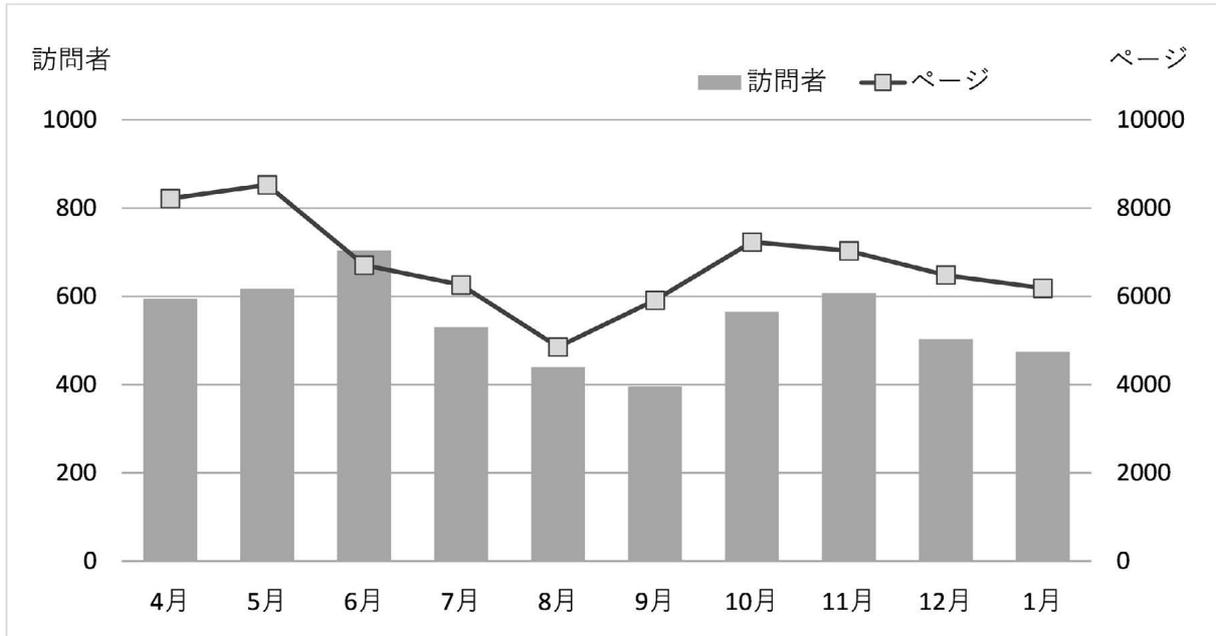


図 7-1 EMDB への令和 6 年度（令和 6 年 4 月 1 日～令和 7 年 1 月 31 日）アクセス状況

7.4 詳細モニタリング結果のマップ化

令和 6 年度調査における詳細モニタリングによる空間線量率測定は、表 7-1 の 4 自治体を評価対象とした。測定領域を 100 m メッシュに区切り、メッシュ内に含まれる空間線量率を平均し地図上に示したマップを図 7-2～図 7-6 に示す。

令和 5 年度と令和 6 年度の空間線量率と比較し、変化量についてマップ化するとともにその全体傾向を解析した。大熊町についての解析結果をとりまとめた例を付録 2 に示す。また、詳細モニタリング結果をマップ化した成果実績として、これまでに評価を行った自治体とメッシュ数を表 7-2 に示す。詳細モニタリング結果のマップ化に係る令和 6 年度調査スケジュールを図 7-7 に示す。

表 7-1 詳細モニタリングによる空間線量率測定を行った自治体とメッシュ数

自治体名	測定期間	メッシュ数	
		過年度*	令和 6 年度
大熊町	令和 6 年 8 月 26～29 日、9 月 4 日、6 日、9 日	1,071	1,098
双葉町	令和 6 年 9 月 17～18 日、24 日～26 日、10 月 15～17 日、21 日、23 日	1,075	1,098
浪江町	令和 6 年 8 月 6～7 日、28 日、9 月 2 日	547	549
葛尾村	令和 6 年 10 月 24 日、29 日、11 月 7～8 日	193	197

* 大熊町、双葉町、浪江町は令和 5 年度の、葛尾村は令和 4 年度のメッシュ数を示す。

表 7-2 各年度の詳細モニタリング結果をマップ化した成果実績 (マップ化したメッシュ数)

自治体	H26	H27	H28	H29	H30	H31	R2	R3	R4	R5	R6
川俣町	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-
檜葉町	-	-	-	-	-	-	3	3	-	-	-
飯舘村	-	-	-	-	14	-	-	-	-	-	-
富岡町	-	-	-	19	161	-	22	23	-	-	-
大熊町	-	-	-	14	24	43	152	124	88	55	47
双葉町	-	-	-	85	62	74	-	121	47	47	39
浪江町	-	-	-	53	37	60	49	53	66	33	106
葛尾村	-	-	-	21	20	29	40	22	24	-	8
合 計	-	-	-	192	318	226	266	346	225	135	200

平成 26 年度から平成 30 年度は株式会社日立ソリューションズ東日本が実施し、平成 31 年度以降は原子力機構が実施した。

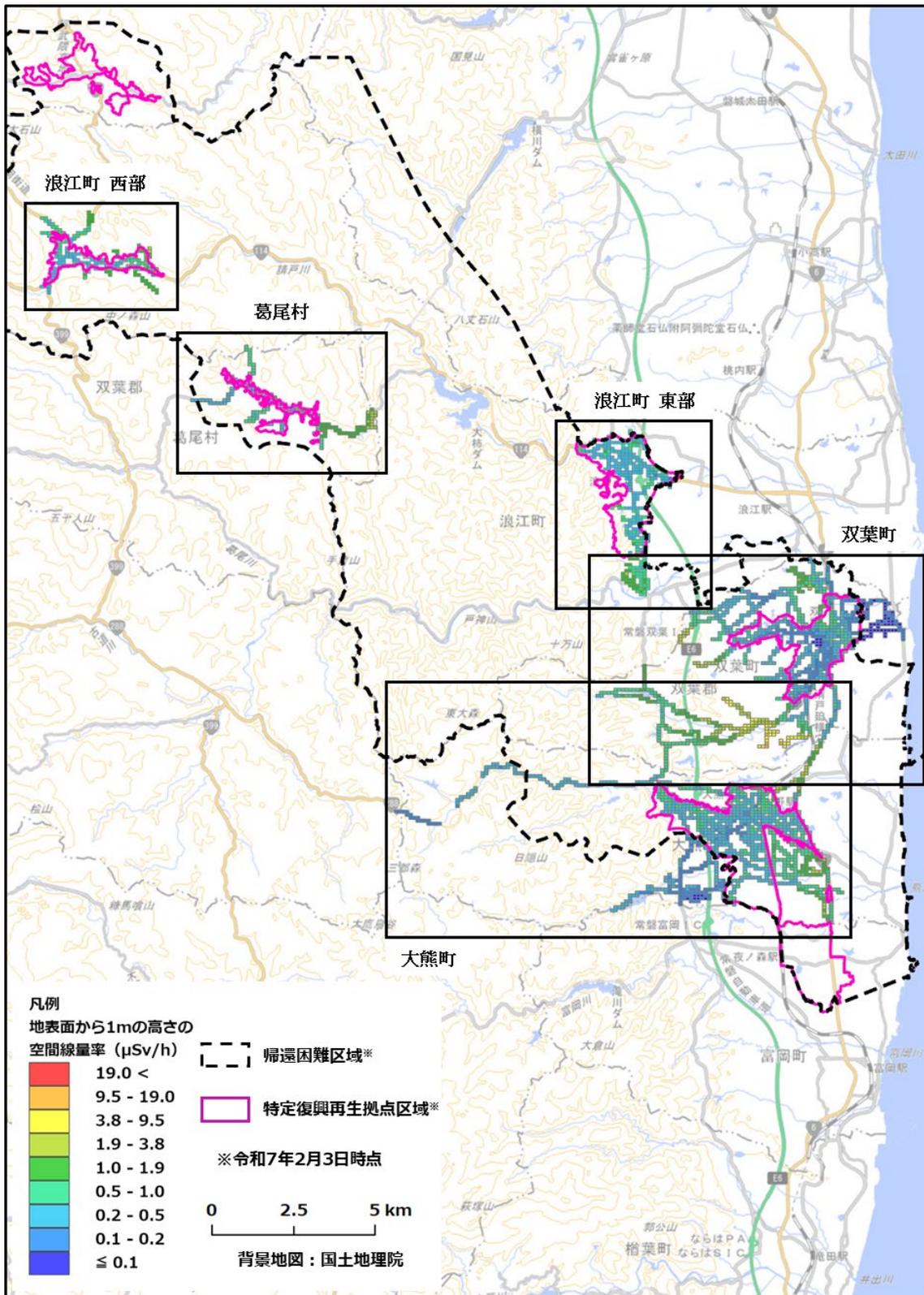


図 7-2 詳細モニタリングによる空間線量率分布マップ (全体図)

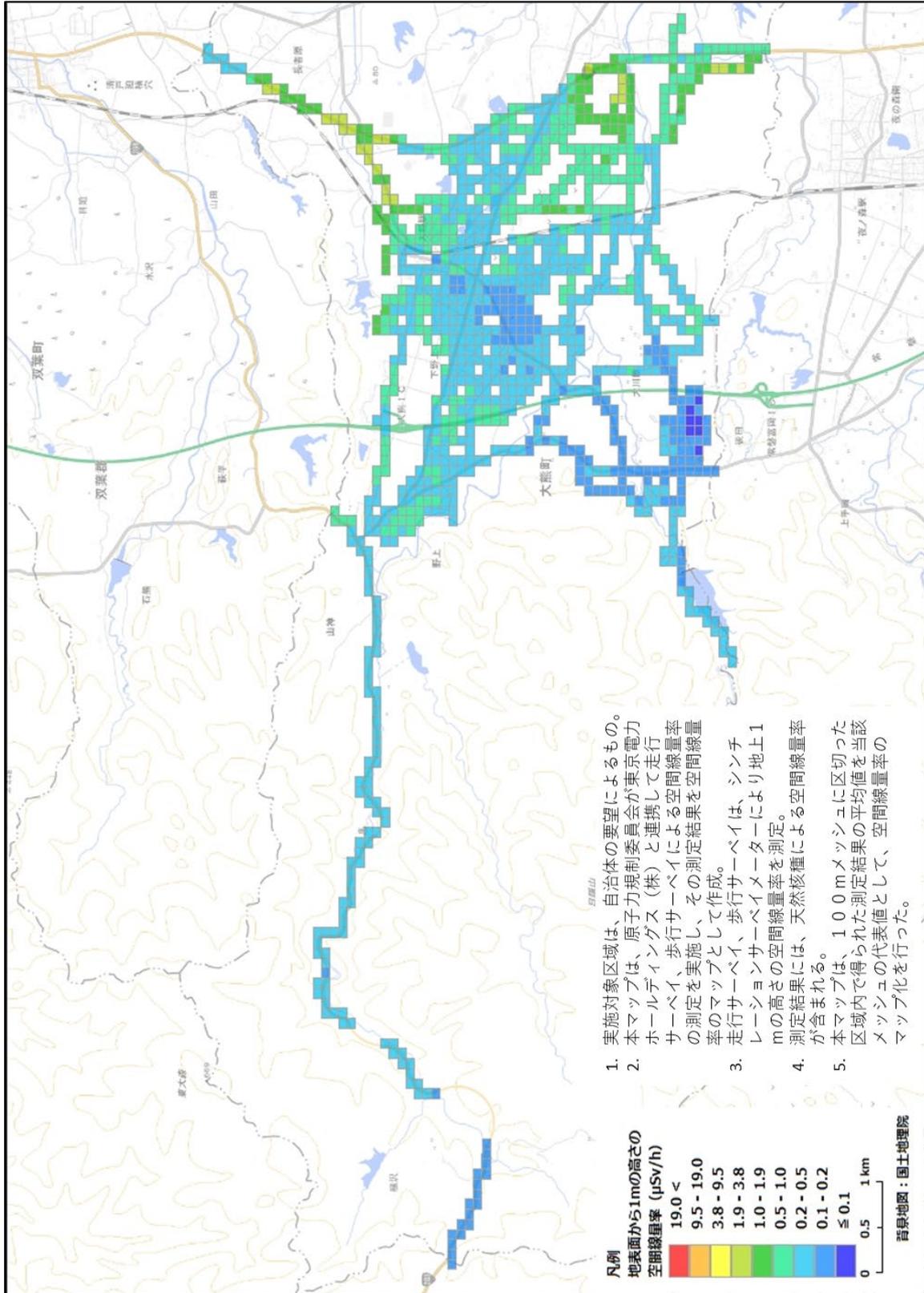


図 7-3 詳細モニタリングによる空間線量率分布マップ (大熊町)

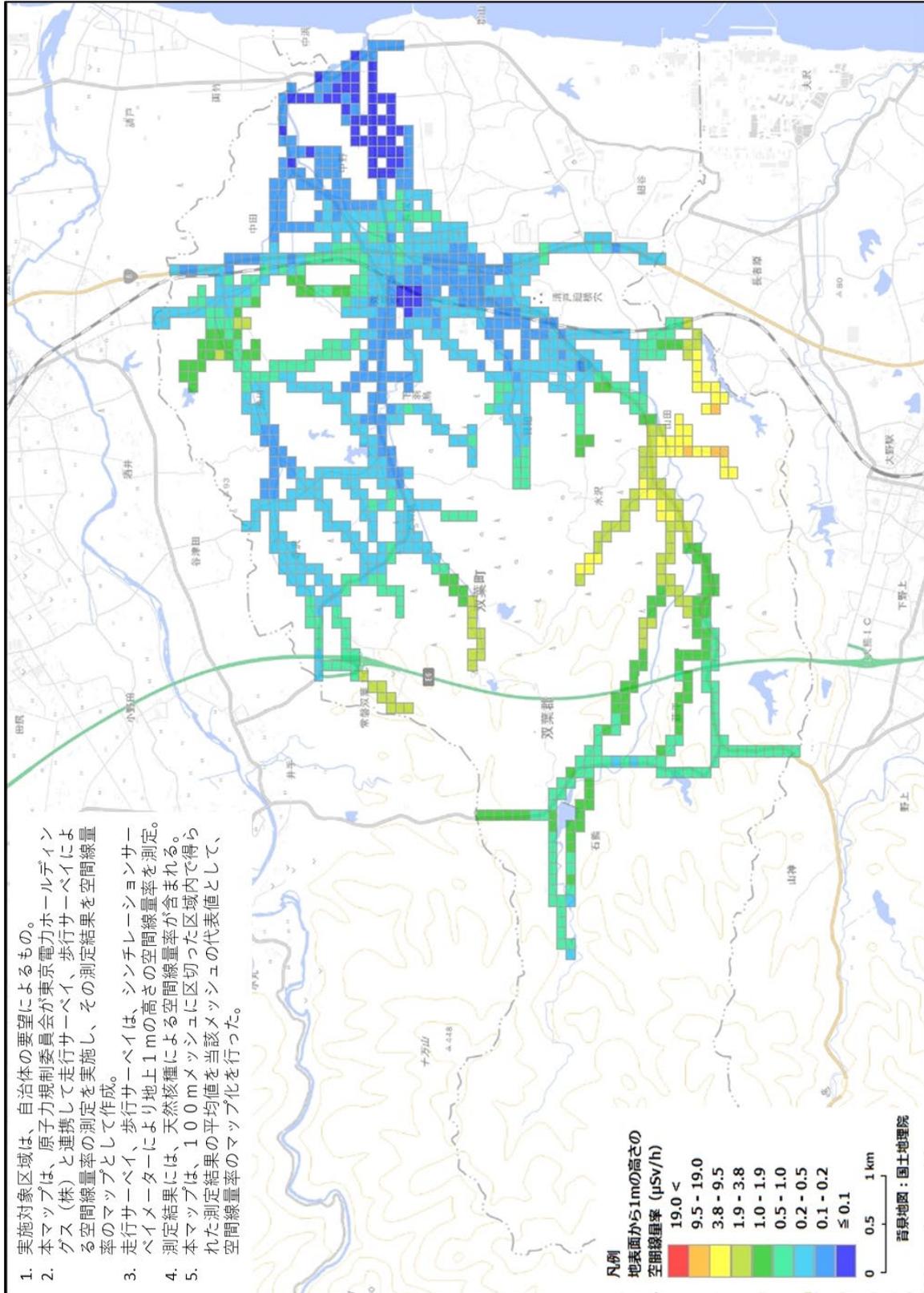


図 7-4 詳細モニタリングによる空間線量率分布マップ（双葉町）

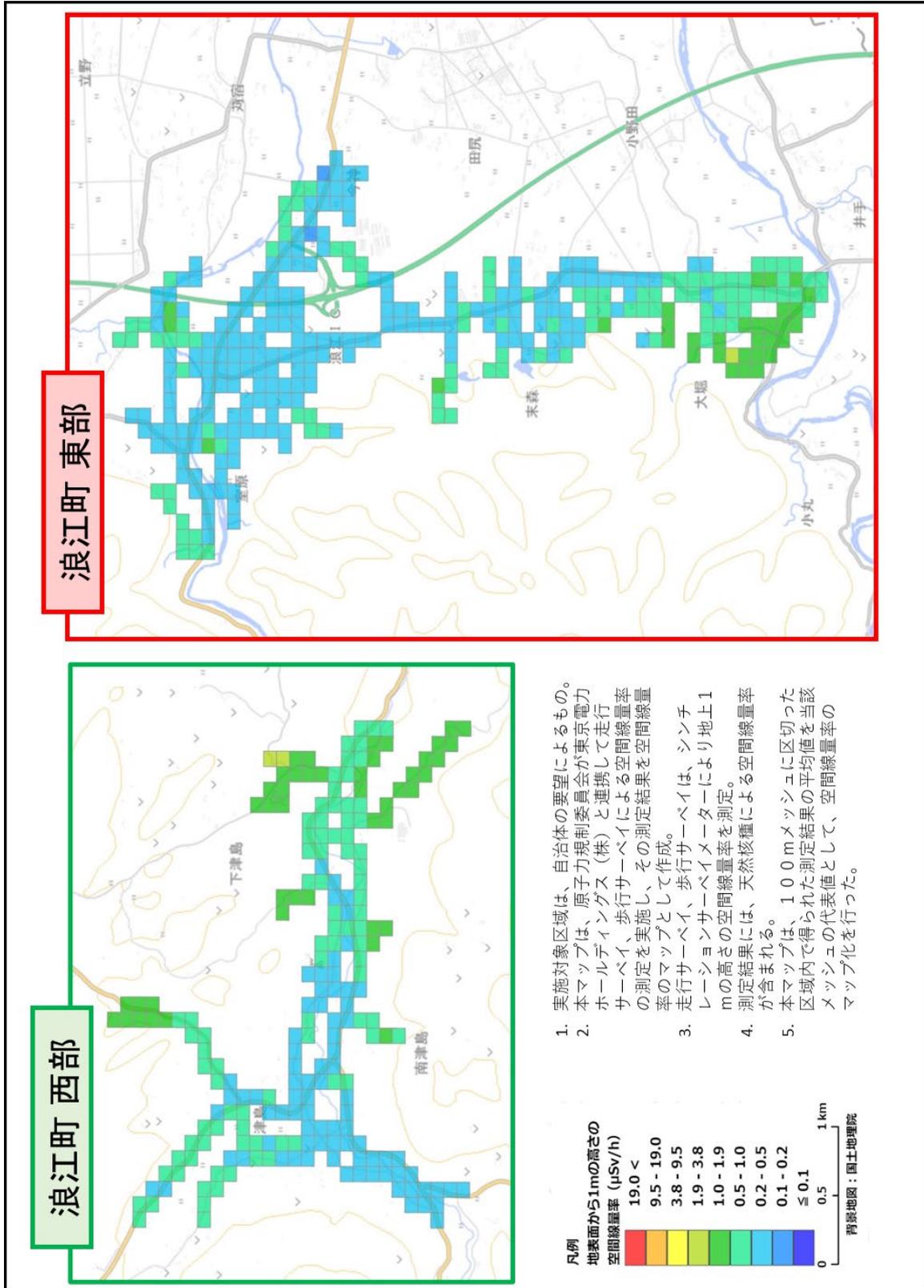


図 7-5 詳細モニタリングによる空間線量率分布マップ（浪江町）

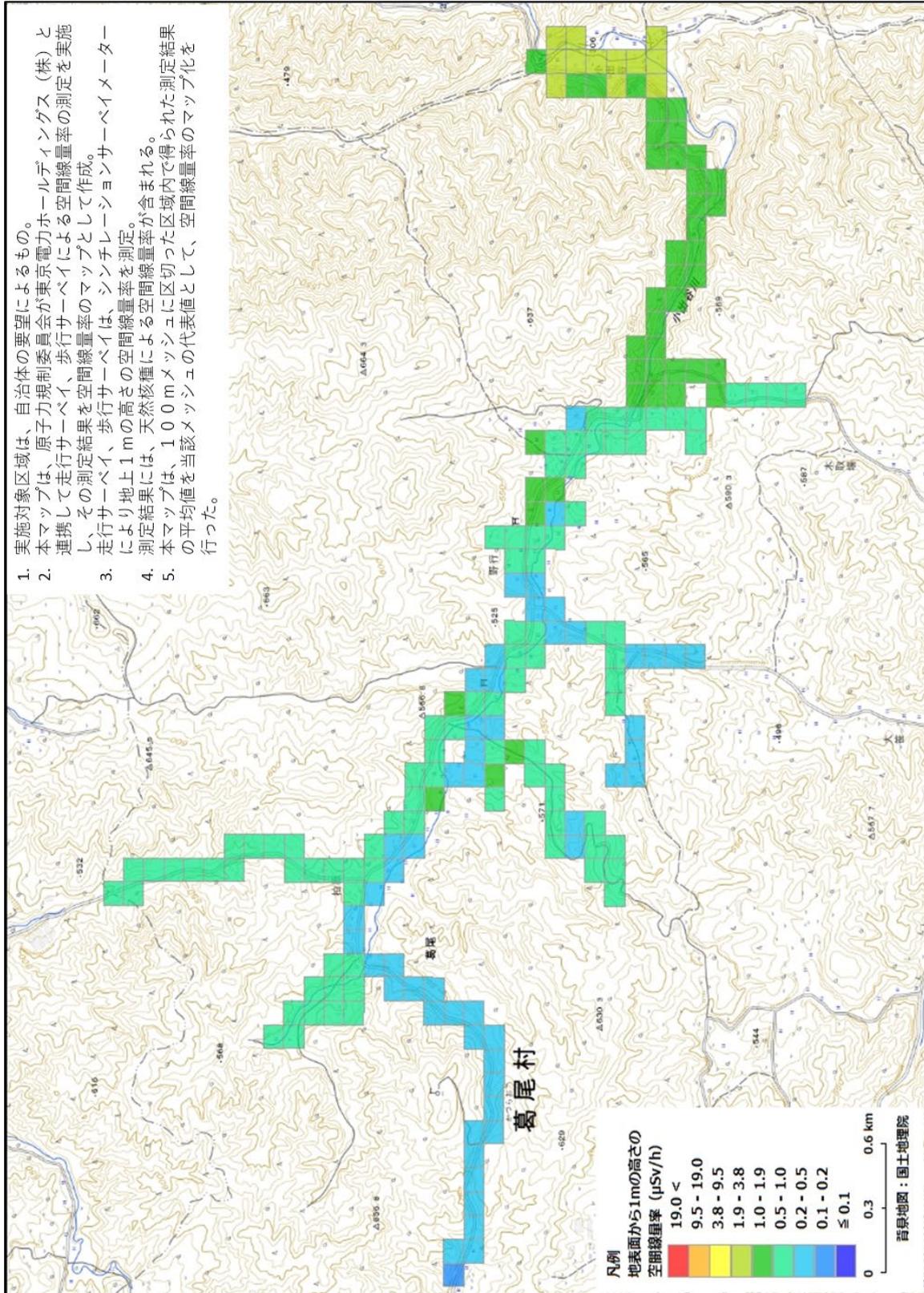


図 7-6 詳細モニタリングによる空間線量率分布マップ（葛尾村）



図 7-7 詳細モニタリングのマップ化に係る令和 6 年度調査スケジュール

8. 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

総合モニタリング計画³⁹⁾に基づき、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、土壌並びに指標植物（松葉）中放射性物質濃度を測定ないし分析した。各項目の測定方法及び測定結果について 8.1 節に示す。

第 2 期復興・創生期間が令和 7 年度で終了することを見据え、今後のモニタリング方針について検討する際の基礎資料とすべく、総合モニタリング計画にある実施項目のうち環境一般（空間線量率、大気浮遊じん、環境土壌、指標植物）を対象に、これまでに得られた結果について総合評価を行った。8.2 節にその概要を示す。

8.1 測定方法及び測定結果

各項目の測定地点数及び測定頻度を表 8-1 に、各項目の測定（採取）地点を図 8-1 にそれぞれ示した。測定及び分析は原子力規制庁福島第一原子力規制事務所の担当者と連携して実施した。また、測定場所の手配や試料採取に関しては各自治体職員と調整を図りながら実施した。測定結果については、原子力規制庁本庁及び原子力規制庁福島第一原子力規制事務所の担当者に逐次遅滞なく報告した。

8.1.1 空間線量率

空間線量率は NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータを用いて測定した。測定結果を図 8-2 に示す。

8.1.2 積算線量

積算線量は、ガラス式積算線量計を設置することにより測定した。3 ヶ月間設置し、その後回収することにより 3 ヶ月間の積算線量を測定した。それを繰り返すことにより、四半期ごとの積算線量を測定した。

令和 6 年度調査において 3 ヶ月間ごとに取得した積算線量データを表 8-2 に示す。また、過年度のデータを含め測定結果の経時変化を図 8-3 に示す。図には有効測定範囲下限値（0.1 mSv）以上のデータについてプロットした。なお、0.1 mSv 未満のデータは総計 1,263 点中 143 点であった。測定場所の移設や付近の除染が行われたことによりデータが不連続となっている（測定地点番号 79、31 及び 1）。また、その他の地点でデータがなめらかでない場合があるが、降雨や降雪による影響（地表に沈着した放射性セシウムからのガンマ線が遮へいされた、又は、天然放射性核種が地表面付近に集まった）が要因として考えられる。

8.1.3 大気浮遊じん中放射性物質濃度

大気浮遊じん中放射性物質濃度は、ハイボリュームダストサンプラーを用いて大気浮遊じんをろ紙上に採取することにより測定した。大気浮遊じんは 800 L/min で 2 日間採取した。ろ紙をゲルマニウム半導体検出器により測定することにより、セシウム 134 及びセシ

ウム 137 を定量した。この作業を毎月繰り返すことにより、毎月の大気浮遊じん中放射性物質濃度を測定した。

令和 6 年度調査においてセシウム 134 の放射能濃度は全期間で検出下限値未満であった。セシウム 137 の放射能濃度の測定結果を表 8-3 に示す。また、過年度のデータを含めセシウム 137 の測定結果の経時変化を図 8-4 に示す。図には検出下限値以上のデータについてプロットした。なお、セシウム 137 の検出下限値は、48 時間サンプリングで約 0.00003 Bq/m³ であり、検出下限値未満のデータは総計 350 点中 287 点であった。

8.1.4 環境試料（土壌及び松葉）中放射性物質濃度

土壌及び指標植物（松葉）の試料を採取し、ゲルマニウム半導体検出器によりセシウム 134 及びセシウム 137 濃度を測定した。土壌試料は、放射能測定法シリーズ No.35「緊急時における環境試料採取法」⁴⁰⁾に基づき U8 容器で直接表層から 5 cm 程度のサンプルを採取した。

令和 6 年度調査において測定した上記セシウム 134 及びセシウム 137 濃度の測定結果を土壌及び松葉中についてそれぞれ表 8-4 及び表 8-5 に示す。また、過年度のデータを含め土壌中セシウム 137 濃度の経時変化及び松葉中セシウム 137 濃度の経時変化を図 8-5 及び図 8-6 に示す。土壌の採取地点である「83」は、道路工事の影響で同一地点での採取が難しい状況となった。そのため、代替地点として、南側に約 80 m 離れた「83-r1」を設定した。松葉の採取地点も伐採により、「202 (32)」での採取継続が難しくなった。そのため、「202-r1 (32)」を設定し、サンプリングを継続した。また、「2-3p-r1」についても採取していた松は伐採されたが、近隣の松葉の採取が可能だったため地点名は変更せずに採取を継続した。なお、土壌中のセシウム 137 濃度は全試料で検出された一方、松葉中のセシウム 137 濃度は、総計 155 点中 23 点で検出下限値未満であった。

表 8-1 総合モニタリング計画に基づく福島第一原発の 20 km 以遠における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

測定項目	測定地点数	測定（採取）頻度
空間線量率の測定	134	1 回／年
積算線量の測定	14	1 回／3 ヶ月
大気浮遊じん中放射性物質濃度	4	1 回／月
土壌中放射性物質濃度	5	1 回／年
指標植物（松葉）中放射性物質濃度	14	1 回／年

表 8-2 積算線量の測定結果

採取地点	採取場所	3ヶ月毎の積算線量* (mSv)			
		R6年4~6月	R6年7~9月	R6年10~12月	R7年1~3月
21	葛尾村	0.196	0.196	0.214	0.186
76	川内村	0.098	0.098	0.107	0.093
84	いわき市	-	-	-	-
38	いわき市	0.098	0.098	0.107	0.093
71	広野町	-	-	-	-
80	南相馬市	0.098	0.098	0.107	0.093
79	浪江町	0.783	0.783	0.643	0.557
34	浪江町	0.587	0.587	0.536	0.464
31	浪江町	0.489	0.489	0.429	0.464
32	浪江町	2.837	2.641	2.679	2.505
33	飯舘村	1.467	1.370	1.393	1.299
1	福島市	0.098	0.098	0.107	0.093
39	相馬市	-	-	-	-
7	南相馬市	-	0.098	-	-

*：-は有効測定範囲下限値（0.1 mSv）未満であったことを示す。

表 8-3 大気浮遊じん中放射性物質濃度の測定結果（セシウム 137）

採取地点	採取場所	放射能濃度* (Bq/m ³)					
		R6/4	R6/5	R6/6	R6/7	R6/8	R6/9
300	相馬市役所	ND	ND	ND	ND	ND	ND
301	二本松市役所東和支所	ND	7.3E-5	ND	ND	3.5E-5	ND
303	田村市役所	ND	ND	ND	ND	2.8E-5	ND
302-r1	下津島消防屯所	4.1E-0	4.7E-5	ND	3.8E-5	2.3E-4	1.6E-4

*：NDは検出下限値未満であったことを示し、数値の7.3E-5は7.3×10⁻⁵を意味する（以下、同様）。

採取地点	採取場所	放射能濃度 (Bq/m ³)					
		R6/10	R6/11	R6/12	R7/1	R7/2	R7/3
300	相馬市役所	ND	ND	ND	ND	4.5E-5	ND
301	二本松市役所東和支所	ND	ND	ND	ND	ND	ND
303	田村市役所	ND	ND	ND	2.8E-5	ND	ND
302-r1	下津島消防屯所	7.7E-5	3.5E-5	5.1E-5	3.4E-5	3.5E-5	3.2E-5

表 8-4 土壌中セシウム 134 及びセシウム 137 濃度の測定結果

採取地点	採取場所	採取日	放射能濃度 (Bq/kg)	
			セシウム 134	セシウム 137
k8-r1	葛尾村	R6/9/24	2.6E+2	1.8E+4
83-r1	浪江町	R6/10/18	3.2E+2	2.4E+4
ms6	南相馬市	R6/10/18	2.7E+2	2.0E+4
81	浪江町	R6/11/7	4.3E+2	3.2E+4
32-r1	浪江町	R6/11/7	7.4E+2	5.3E+4

表 8-5 松葉中セシウム 134 及びセシウム 137 濃度の測定結果

採取地点	採取場所	採取日	放射能濃度 (Bq/kg)	
			セシウム 134	セシウム 137
204-r1(83)	浪江町	R6/8/29	ND	8.3E+1
202-r1(32)	浪江町	R6/8/29	ND	5.8E+1
79p	浪江町	R6/8/29	ND	1.3E+1
2-4p	南相馬市	R6/9/3	ND	4.1E+0
ms6p	南相馬市	R6/9/3	7.2E+0	4.6E+2
k8p-r1	葛尾村	R6/9/3	ND	1.7E+2
2-3p-r1	田村市	R6/9/5	ND	3.7E+0
2-7p	川俣町	R6/9/5	ND	4.1E+0
2-2p-r1	川俣町	R6/9/5	ND	ND
2-1p	飯舘村	R6/9/9	ND	3.6E+1
2-9p-r1	二本松市	R6/9/9	ND	3.9E+0
2-8p	伊達市	R6/9/9	ND	ND
2-5p	小野町	R6/9/11	ND	ND
2-6p	いわき市	R6/9/11	ND	ND

8.2 総合評価の概要

総合モニタリング計画にある実施項目のうち、環境一般（空間線量率、積算線量、大気浮遊じん、環境土壌、指標植物）を対象に、現在の放射能レベルやこれまでの減少傾向を把握するため、実効半減期を評価した。評価対象としたモニタリング結果は、以下の3種類である。

- ① 原子力機構が実施する福島第一原発から 20 km 圏外の環境一般モニタリング結果
- ② 東京電力が実施する福島第一原発から 20 km 圏内の環境一般モニタリング結果
- ③ モニタリングポストによる空間線量率測定結果

総合評価結果の詳細については付録 3 に示す。

8.3 測定結果の公開

本測定結果は以下の原子力規制庁の Web サイト上に公開されている。

- ・空間線量率

<https://radioactivity.nra.go.jp/ja/results/air-dose/beyond-20km>（参照：2025年10月8日）。

- ・積算線量

<https://radioactivity.nra.go.jp/ja/results/air-dose/integral-dose-nra>（参照：2025年10月8日）。

- ・大気浮遊じん中放射性物質濃度

<https://radioactivity.nra.go.jp/ja/results/dust/results>（参照：2025年10月8日）。

- ・土壌及び松葉中放射性物質濃度

<https://radioactivity.nra.go.jp/ja/results/soil-samples/nra-fukushima>（参照：2025年10月8日）。

<https://radioactivity.nra.go.jp/ja/results/environmental-samples/results>（参照：2025年10月8日）。

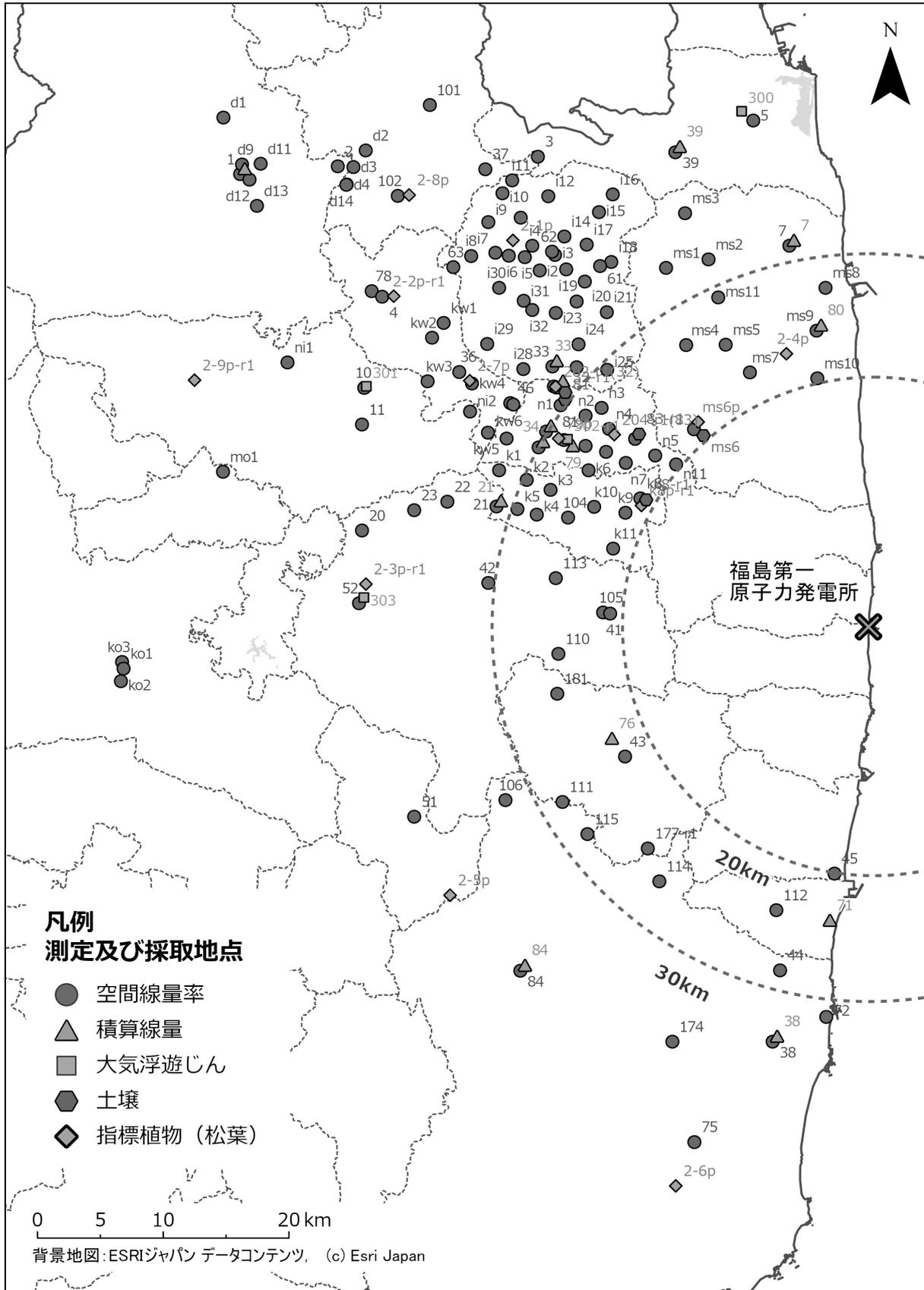


図 8-1 総合モニタリング計画に基づき実施した空間線量率、積算線量、大気浮遊じん中放射性物質濃度、土壌並びに指標植物（松葉）中放射性物質濃度の測定（採取）地点

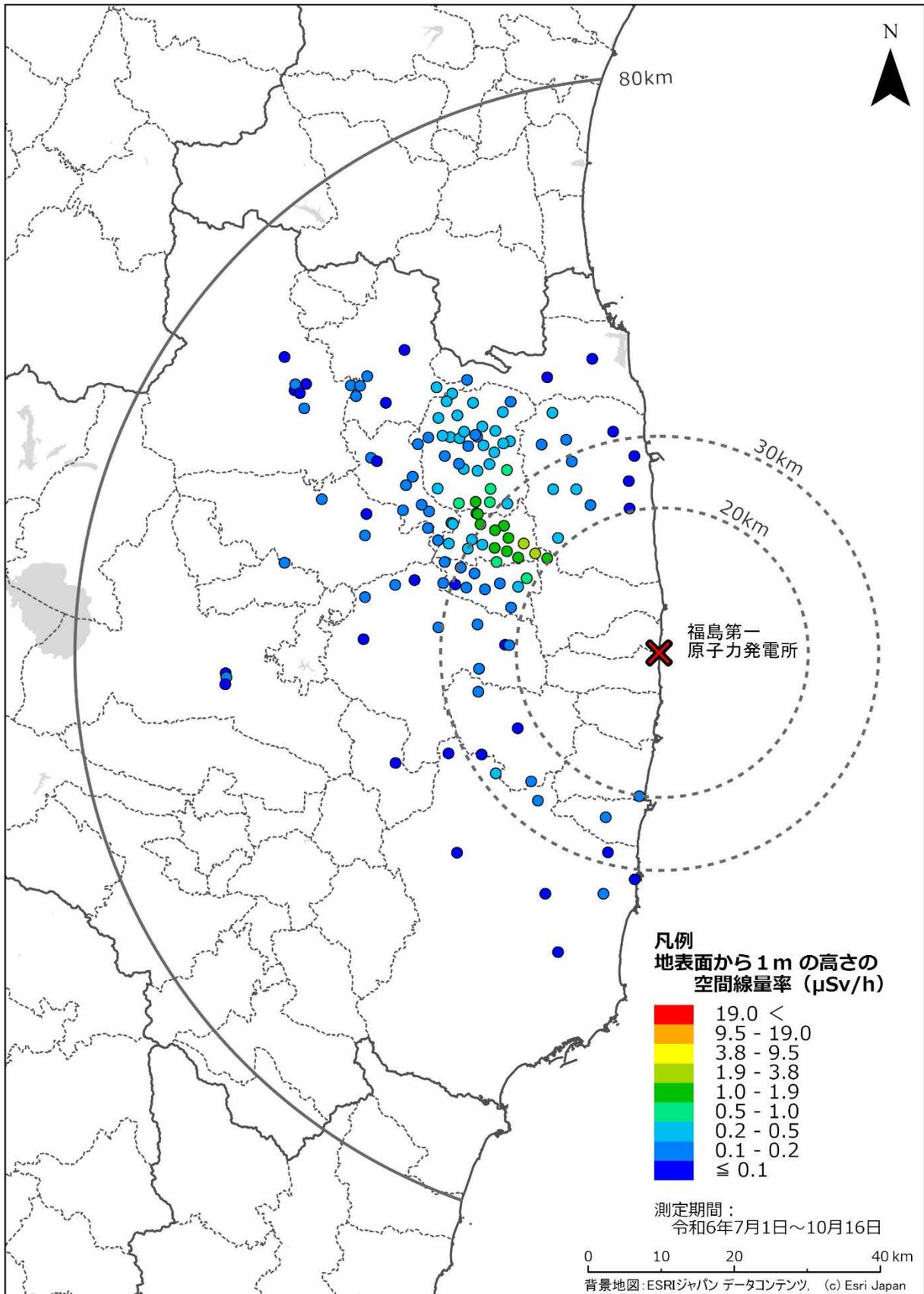


図 8-2 総合モニタリング計画に基づく空間線量率の測定結果

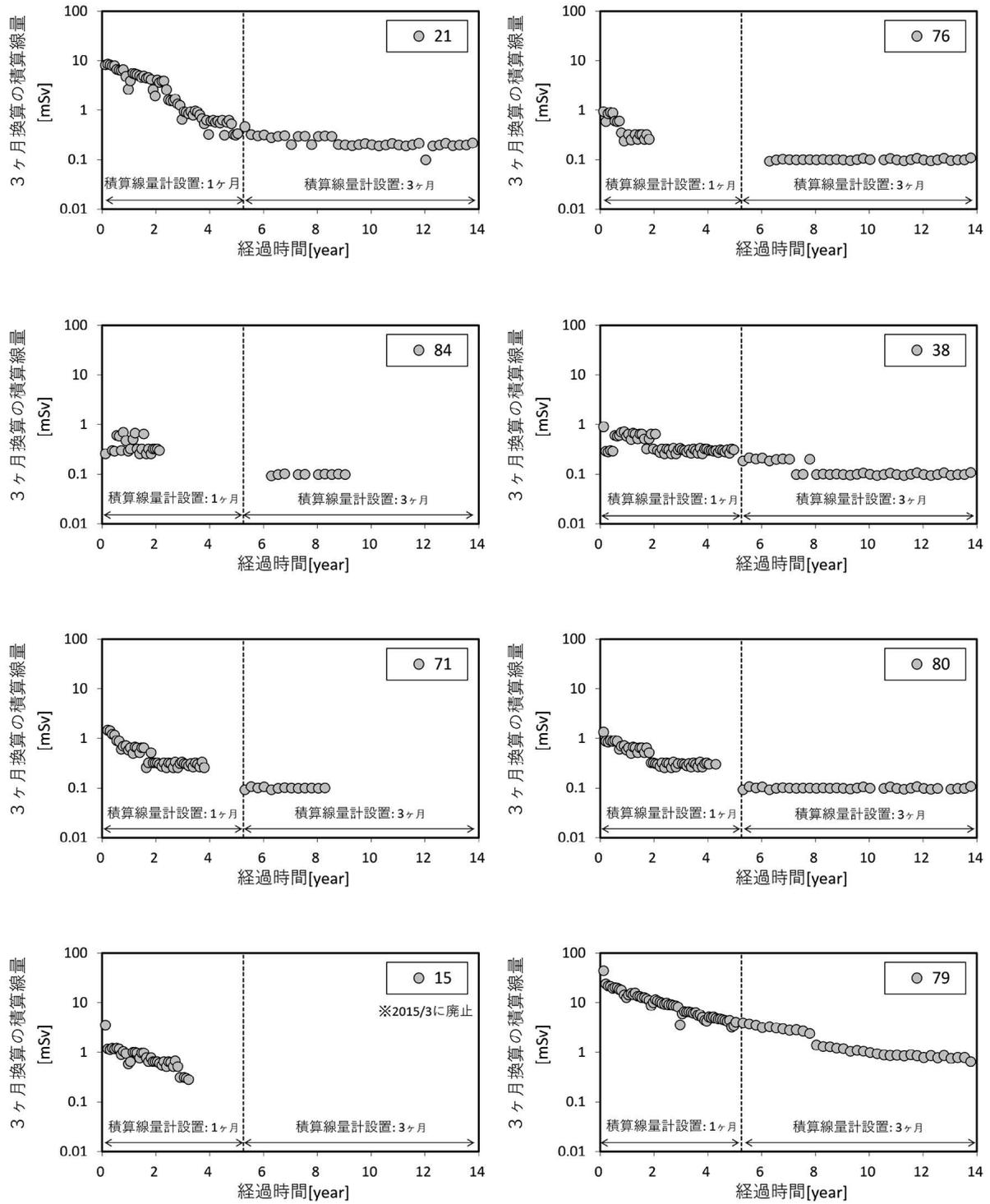


図 8-3 総合モニタリング計画に基づく積算線量の経時変化 (1/2)

(凡例の数字は測定地点番号 (図 8-1 参照)、横軸は 2011 年 3 月 15 日からの経過年数。)

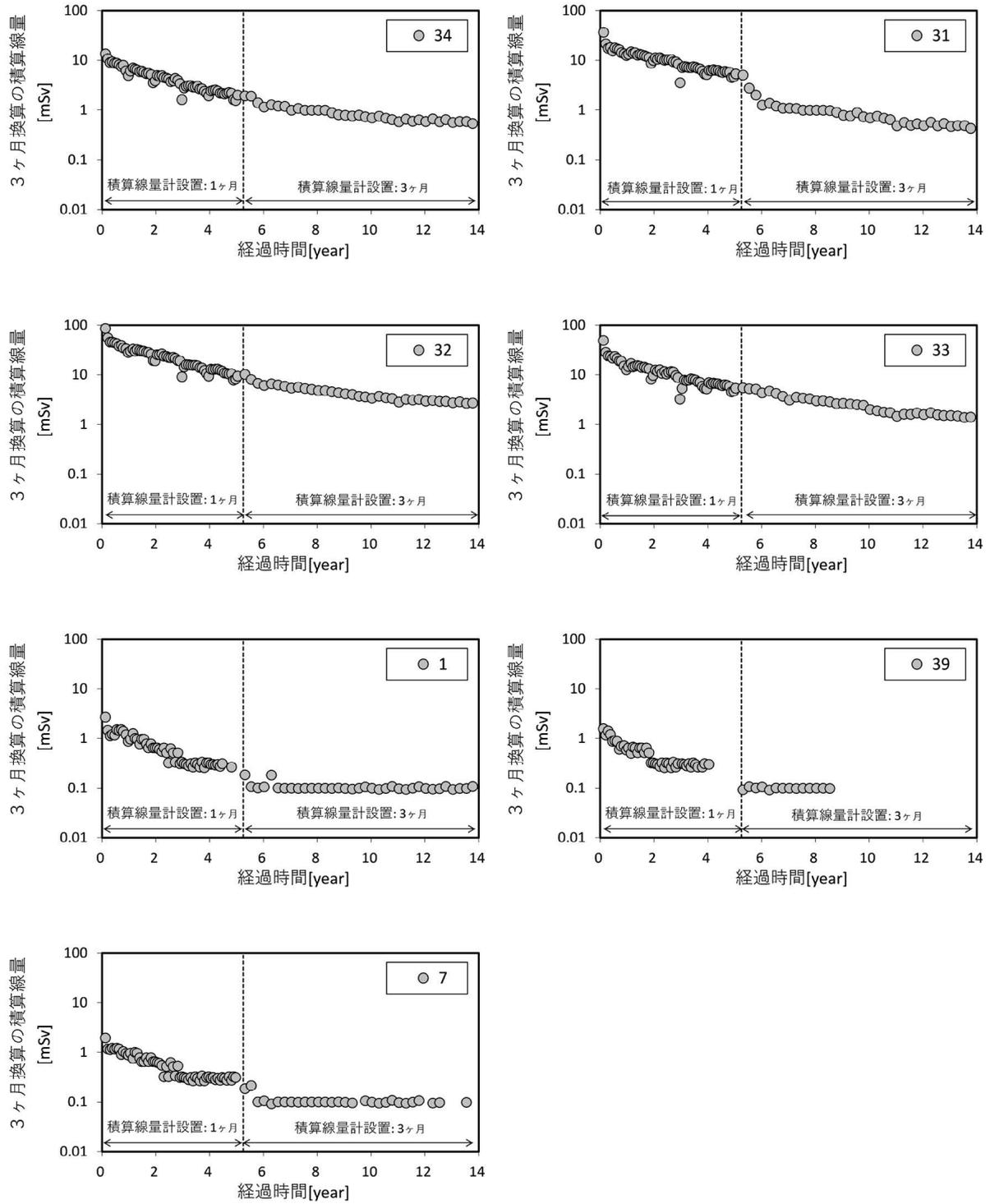


図 8-3 総合モニタリング計画に基づく積算線量の経時変化 (2/2)

(凡例の数字は測定地点番号 (図 8-1 参照)、横軸は 2011 年 3 月 15 日からの経過年数。)

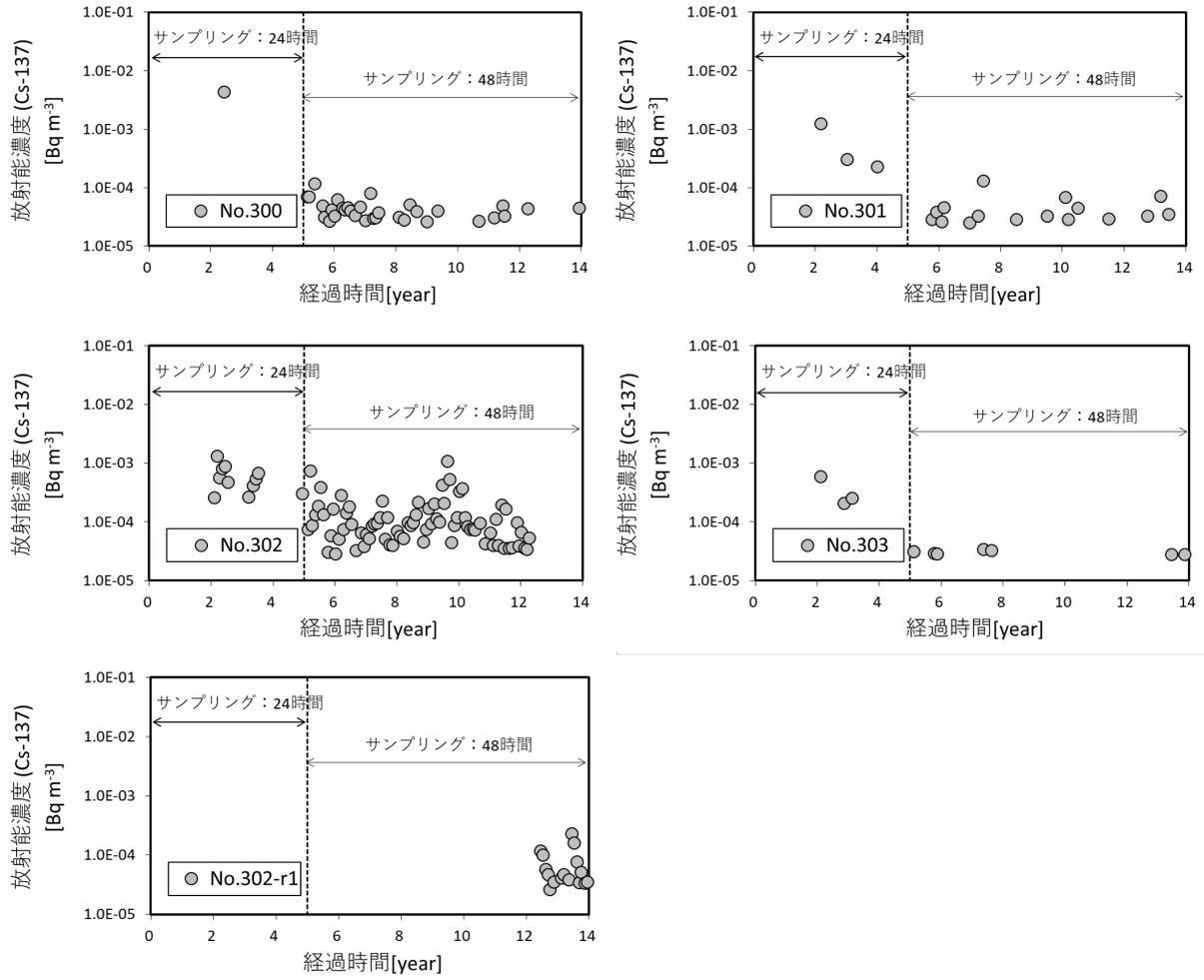


図 8-4 総合モニタリング計画に基づく大気浮遊じん中セシウム 137 濃度の経時変化 (凡例の No. 数字は測定地点番号 (図 8-1 参照)、横軸は 2011 年 3 月 15 日からの経過年数。)

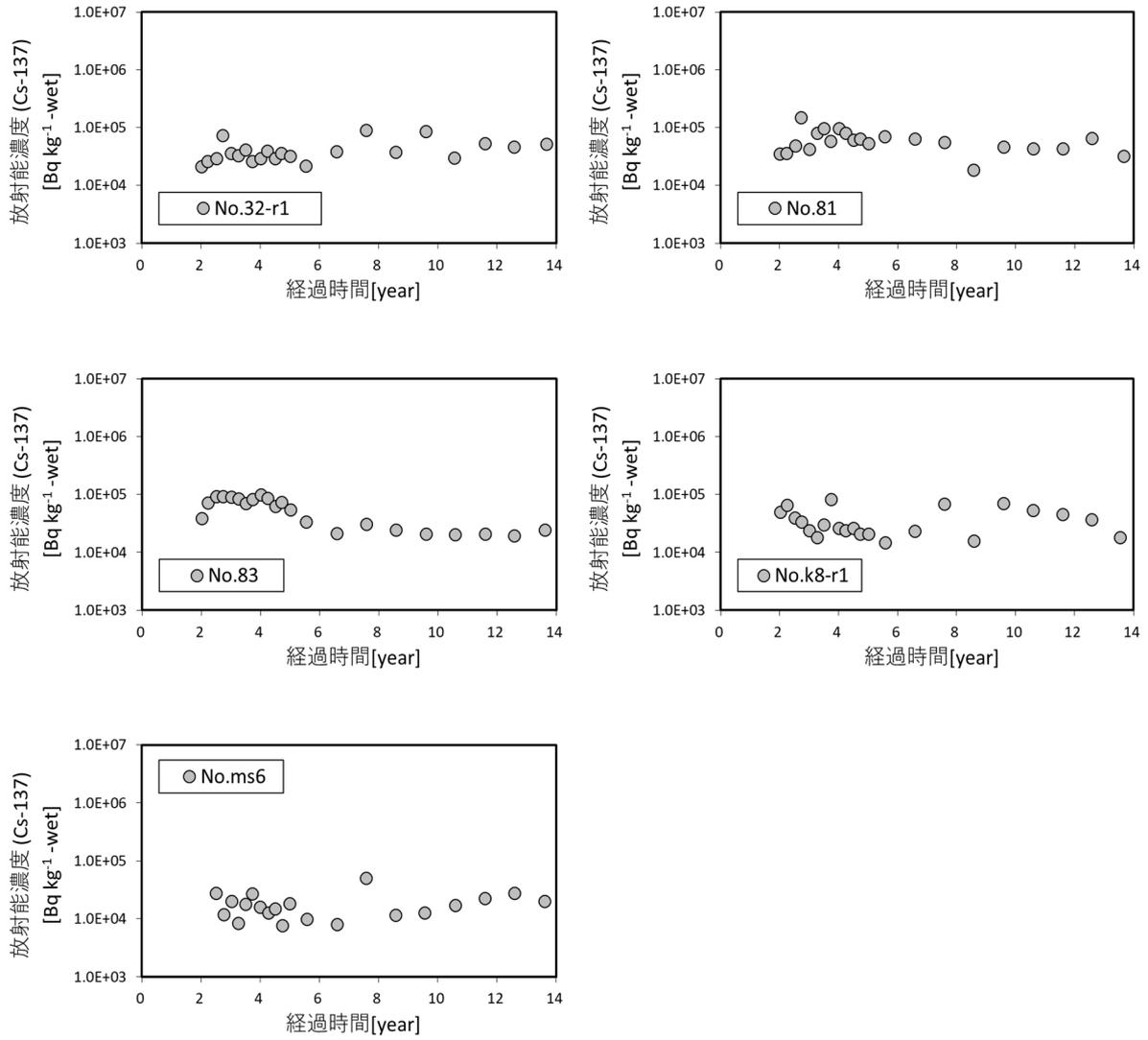


図 8-5 総合モニタリング計画に基づく土壤中セシウム 137 濃度の経時変化
(凡例の数字は測定地点番号 (図 8-1 参照)、横軸は 2011 年 3 月 15 日からの経過年数。)

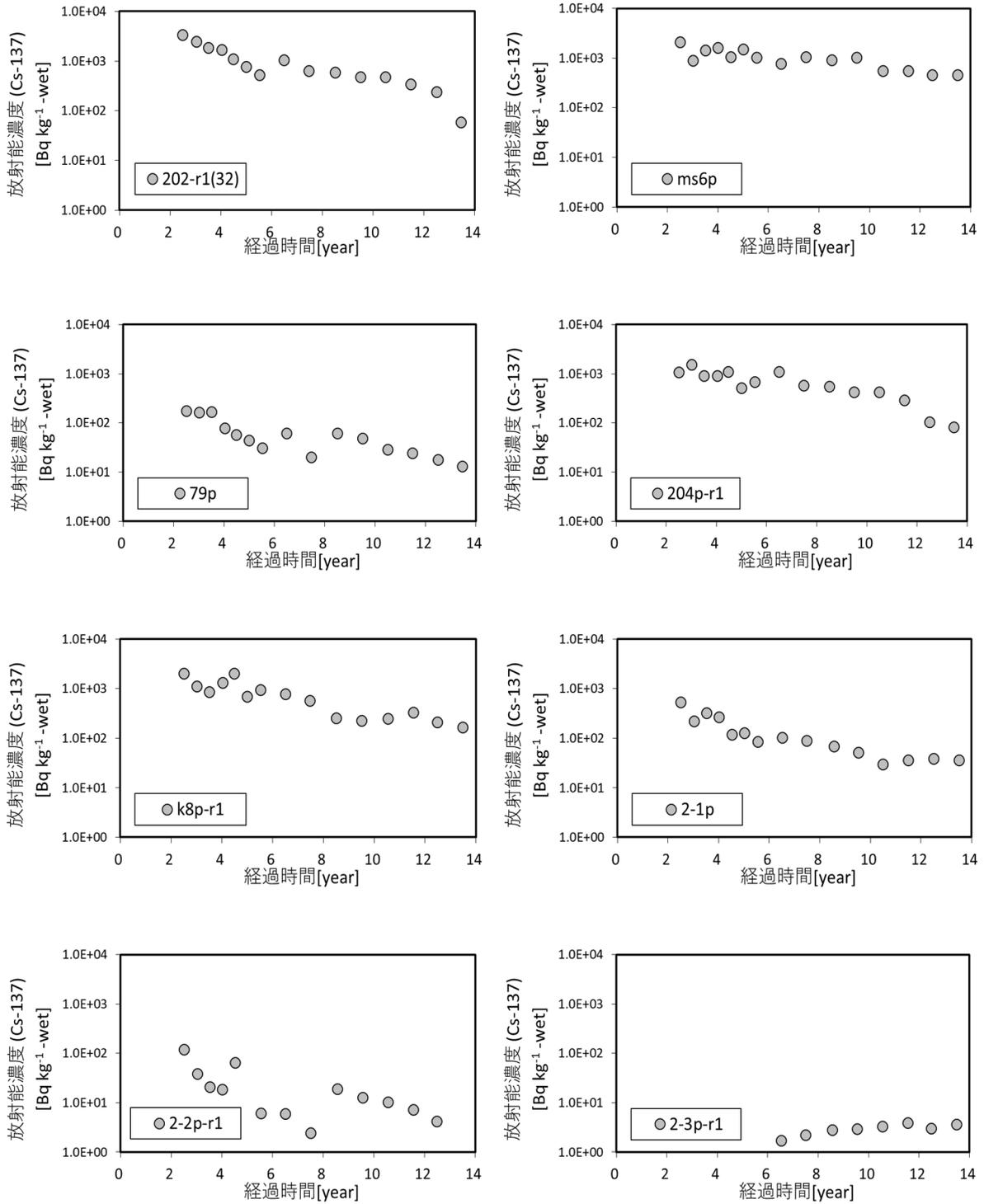


図 8-6 総合モニタリング計画に基づく松葉中セシウム 137 濃度の経時変化 (1/2)
 (凡例の数字は測定地点番号 (図 8-1 参照)、横軸は 2011 年 3 月 15 日からの経過年数。)

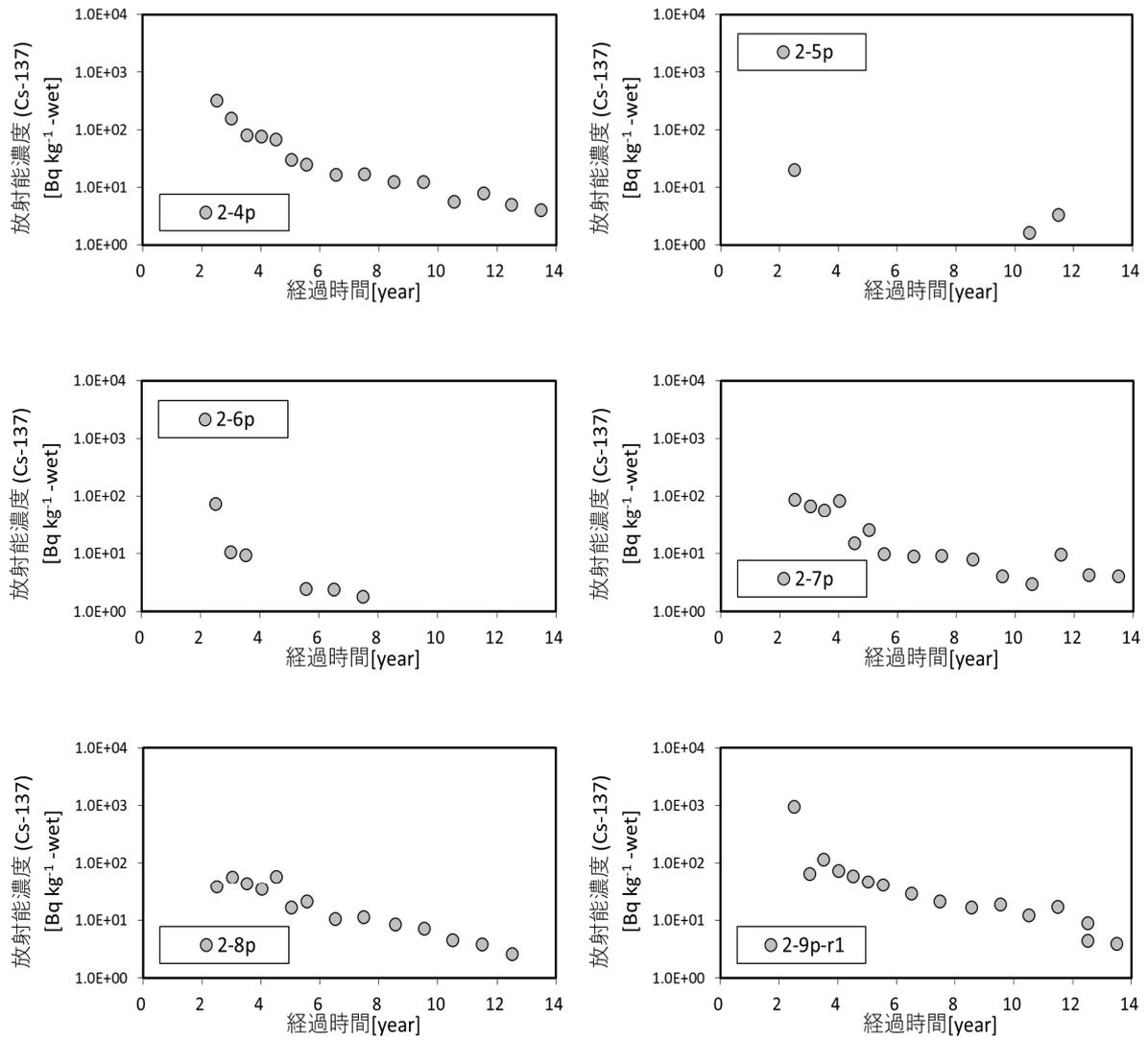


図 8-6 総合モニタリング計画に基づく松葉中セシウム 137 濃度の経時変化 (2/2)
 (凡例の数字は測定地点番号 (図 8-1 参照)、横軸は 2011 年 3 月 15 日からの経過年数。)

9. 生活行動パターンを模擬した被ばく評価

9.1 調査目的

従来、避難指示区域の設定時などに参照された被ばく線量は、一律の生活行動パターン（屋内で 16 時間、屋外で 8 時間滞在）を仮定し、居住地の空間線量率の積算値として推計されてきた。一方、従来の調査研究によれば、個人線量は空間線量率の積算値に比べて低い傾向にあることに加え、同じ居住地であっても個々の住民の生活や行動によってばらつきがあることが確認されている⁴¹⁾。平成 25 年に原子力規制委員会から示された「帰還に向けた安全・安心対策に関する基本的考え方」において、個人線量に基づいた被ばく線量の低減対策や健康管理が重要とされている。個人線量を把握するには個人線量計を携行して実測する必要があるが、これはすでに避難指示が解除されている地域に限定される手法であり、今後避難指示が解除される地域で実施することは困難である。また、避難指示が解除された地域においても、特定の生活行動パターンにおける被ばく線量をあらかじめ把握したいとの要望があり、個人線量計によらない被ばく線量の推計が求められている。

本調査は、自治体や住民に対するリスクコミュニケーションや不安対策に資するため、特定復興再生拠点区域や帰還困難区域等において設定した生活行動パターン（生活経路及び各経路における滞在時間）ごとに、実測した空間線量率を用いて被ばく線量を推計することを目的とした。

9.2 調査手法

生活行動パターンごとの被ばく線量評価は、大きく分けて「生活行動パターンの設定」、「被ばく線量の算出」及び「評価結果の図表化と説明資料の作成」という 3 つの作業からなる。

9.2.1 生活行動パターンの設定

本調査に参加した 3 自治体（富岡町、大熊町、浪江町）を対象にヒアリングを実施し、自治体が要望する生活行動パターン（以下「自治体設定パターン」という。）を設定した。加えて、職業・就学別人口割合や職業・就学カテゴリーごとの生活時間について統計情報を考慮し、対象地域における標準的な生活行動パターン（以下「標準パターン」という。）を設定した。

自治体設定パターンは生活行動の平日と休日の違い、季節による違いを考慮して対象者 1 人につき 2~4 パターンを想定して設定した。標準パターンは、対象者 1 人につき平日と休日の 2 パターンとし、特定復興再生拠点区域及び帰還困難区域（特定復興再生拠点区域を除く）のそれぞれについて設定した。参加自治体のうち、浪江町については室原と川房を境に北西側地域と南東側地域に分割して標準パターンを設定した。各パターンの設定数を表 9-1 に示す。

標準パターンの設定に際しては、以下に示す「①代表的な職業・就学カテゴリー」、「②職業・就学カテゴリーごとの生活時間」及び「③移手段」の順で条件を決定した。

①代表的な職業・就学カテゴリー

平成 22 年国勢調査⁴²⁾の人口等基本集計及び産業等基本集計より、特定復興再生拠点区域をもつ 6 自治体（富岡町・大熊町・双葉町・浪江町・葛尾村・飯館村）について、自治体ごとに職業・就学別人口割合を算出した。就業人口割合が高かった職業及び放射線の影響を受けやすい未就学児・小学生を対象に、代表的な 10 種の職業・就学カテゴリー（幼児、幼稚園児、保育園児、小学生、農業従事者、建設業従事者、製造業従事者、販売職・サービス職、医療・福祉従事者、主婦）を抽出した。抽出した職業・就学カテゴリーの人口割合は、6 自治体の全人口の約 60%を占める。

②職業・就学カテゴリーごとの生活時間

小学生及び職業カテゴリーについては NHK 放送文化研究所「国民生活時間調査」⁴³⁾を参考に、未就学児についてはベネッセ教育総合研究所「幼児の生活アンケート第 6 回」⁴⁴⁾、ベネッセ教育総合研究所「子どもの生活リズムと健康・学習習慣に関する調査」⁴⁵⁾及び NHK 放送文化研究所「幼児生活時間調査」⁴⁶⁾を参考にして、各行動に対する平均時間量を設定した。設定した平均時間量を基に職業・就学カテゴリーごとに終日のタイムスケジュールを平日及び休日のそれぞれについて設定した（図 9-1 参照）。なお、0:00～7:30 及び 19:30～0:00 の時間帯については全カテゴリーで「自宅」とした。

③移動手段

令和 3 年国土交通省都市局「全国都市交通特性調査」の個人属性別・目的別・代表交通手段別原単位（年齢 10 歳刻み）／経年分析／R3 手段分担率（グロス）⁴⁷⁾より、年齢階層、曜日、移動目的ごとに利用率が最も高い移動手段をもとに設定した。「小学生」の平日の移動手段は「徒歩」、大人の平日の移動手段は「自動車」、全職業・就学カテゴリーの休日の移動手段は「自動車」とした。5 歳未満のデータがないため、幼児、幼稚園児及び保育園児は保護者に同行すると仮定し、「自動車」で移動することとした。

9.2.2 被ばく線量の算出

自治体設定パターン、標準パターンにおける被ばく線量は、自然ガンマ線の影響を除いた追加被ばく線量として、以下の式(17)～(19)により求めた。

$$E_y = \sum_n (D_{dn} \times N_n) \times CF - BE \quad (17)$$

ここで

E_y ：年間の追加被ばく線量（実効線量ベース）（mSv）

D_{dn} ：パターン n における、一日間の積算空間線量（mSv）

N_n ：年間におけるパターン n の日数（day）

CF ：空間線量から実効線量への換算係数（成人の場合は 0.6、小中高生である場合は 0.7、幼児である場合は 0.8 とした⁴⁸⁾）

BE ：自然ガンマ線に由来する実効線量（年間）（mSv/y）

ここで標準パターンの N_n は、平日を 245 日間、休日を 120 日間として計算した。 BE は、

市町村ごとの天然核種由来の空間線量率⁴⁹⁾に実効線量換算係数を乗じて算出した。

D_{dn} は、以下の式により求めた。

$$D_{dn} = \sum_i (D_i \times V_i) \div 1000 \quad (18)$$

ここで

D_i : 地点 i の空間線量率 ($\mu\text{Sv/h}$)

V_i : 地点 i での滞在時間 (h)

D_i を、地点 i が屋内と屋外の場合で、それぞれ $D_{i,in}$ 、 $D_{i,out}$ とし、 $D_{i,in}$ は、以下の式により求めた。

$$D_{i,in} = (D_{i,out} - BG_{out}) \times RF + BG_{in} \quad (19)$$

ここで

$D_{i,out}$: 本分布状況調査の走行・歩行サーベイで得られた地点 i の屋外空間線量率 ($\mu\text{Sv/h}$)

RF : 低減係数 (屋外の線量率に対する屋内の線量率の比)⁵⁰⁾

BG_{out} : 屋外での自然ガンマ線に由来する空間線量率 ($\mu\text{Sv/h}$)

BG_{in} : 屋内での自然ガンマ線に由来する空間線量率 ($\mu\text{Sv/h}$)

BG_{out} と BG_{in} は、本調査において同等であると仮定し、市町村ごとに評価された天然核種由来の屋外空間線量率⁴⁹⁾を計算に用いた。したがって、本調査の $D_{i,in}$ では建物による屋外自然ガンマ線の遮へい及び建築材料中天然放射性核種からの放射線被ばくは無視している。また鉄道経路での空間線量率は、KURAMA-II システムを携行し、上り線、下り線の双方の車中で測定した後、乗車駅-降車駅間の平均値を求めた (表 9-2 参照)。

標準パターンの被ばく線量は、各地域の代表的な被ばく線量を評価するために、特定復興再生拠点区域内及び帰還困難区域 (特定復興再生拠点区域を除く) 内それぞれにおける、土地利用種別が居住域 (農用地、建物用地、道路、鉄道、その他用地) に該当するエリアの空間線量率中央値及び 95% 値を用いて推定した。土地利用種別は令和 3 年度国土数値情報土地利用細分メッシュデータを基に判別した。

各自治体で評価に用いた空間線量率を表 9-3 に示す。併せて各エリアの居住域に含まれる全道路の距離に対する、本調査で測定された道路距離の割合 (道路測定割合) を示す。道路測定割合はいずれの地域でも 50% 以上であり、概ね各地域の空間線量率の代表性が得られたものとする。

9.2.3 評価結果の図表化と説明資料の作成

令和 6 年度調査で取得した空間線量率測定結果を用いて 9.2.2 項において計算した自治体が想定した個々の生活行動パターンに対応した被ばく線量について図表化し、自治体向け説明資料を別途作成した。

生活行動パターンを模擬した被ばく評価に係る令和 6 年度調査スケジュールを図 9-2 に、平成 26 年度以降各年度の自治体別評価マップ数に関する成果実績を表 9-4 に示す。

表 9-1 自治体設定パターン及び標準パターンの設定数

自治体	自治体設定パターン	標準パターン	標準パターン設定数内訳
			職業数×(平日+休日)×エリア数
富岡町	94 (47人) *	40 (20人) *	10×2×2
大熊町	167 (83人)	40 (20人)	10×2×2
浪江町	60 (29人)	80 (40人)	10×2×4
合計	321 (159人)	160 (80人)	

* () 内は対象人数

表 9-2 常磐線駅区間の空間線量率 (単位: μSv/h)

降車駅	乗車駅									
	勿来	植田	いわき	広野	竜田	富岡	夜ノ森	大野	双葉	浪江
勿来										
植田	0.04									
いわき	0.04	0.04								
広野	0.05	0.05	0.05							
竜田	0.05	0.05	0.05	0.05						
富岡	0.05	0.05	0.05	0.06	0.07					
夜ノ森	0.05	0.06	0.06	0.08	0.09	0.13				
大野	0.06	0.07	0.08	0.10	0.13	0.16	0.20			
双葉	0.08	0.08	0.09	0.13	0.16	0.20	0.23	0.26		
浪江	0.08	0.08	0.10	0.13	0.16	0.19	0.21	0.21	0.15	
原ノ町	0.08	0.08	0.09	0.11	0.12	0.13	0.13	0.12	0.08	0.07

表 9-3 特定復興再生拠点区域及び帰還困難区域の自治体ごとの空間線量率代表値

避難指示区分	自治体	空間線量率	空間線量率	メッシュ数	道路測定割合
		中央値 (μSv/h)	95%値 (μSv/h)		
特定復興再生拠点区域	富岡町	0.39	0.80	269	60%
	大熊町	0.42	1.14	575	63%
	浪江町 (北西側地域)	0.73	1.82	332	98%
	浪江町 (南東側地域)	0.44	1.31	266	51%
帰還困難区域	富岡町	0.65	1.77	141	66%
	大熊町	1.10	3.49	466	75%
	浪江町 (北西側地域)	1.11	2.89	320	79%
	浪江町 (南東側地域)	1.03	4.89	271	73%

表 9-4 各年度（平成 26 年度～令和 6 年度）*1 における自治体別評価マップ数

	H26	H27	H28	H29	H30	H31	R2	R3	R4	R5	R6	
	自治体*2	自治体	自治体	自治体	自治体	自治体	自治体	標準*3	自治体	標準	自治体	標準
川俣町	-	63	22	-	80	44	-	-	-	-	-	-
檜葉町	15	-	110	-	-	-	-	-	-	-	-	-
富岡町	-	30	65	72	60	40	98	64	64	48	94	40
大熊町	-	-	51	-	24	56	146	102	118	56	155	40
双葉町	-	-	-	46	54	46	-	-	52	-	-	-
浪江町	-	-	59	62	62	36	56	24	28	48	52	60
葛尾村	-	13	-	166	-	156	-	204	199	48	-	40
合計	15	106	307	346	280	378	300	394	409	252	301	180
								790	661	481	481	481

*1 平成 26 年度から平成 30 年度は株式会社日立ソリューションズ東日本が実施し、平成 31 年度以降は原子力機構が実施した。

*2 自治体：自治体が要望した生活行動パターンである「自治体設定パターン」を意味する。平成 26 年度から令和 2 年度までは「自治体設定パターン」のみであった。

*3 標準：対象地域における標準的な生活行動パターンである「標準パターン」を意味する。

行動開始時刻	幼児		幼稚園児		保育園児		小学生		農業従事者		建設業従事者		製造業従事者		販売職・サービス職		医療・福祉従事者		主婦		
	平日	休日	平日	休日	平日	休日	平日	休日	平日	休日	平日	休日	平日	休日	平日	休日	平日	休日	平日	休日	
7:15																					
7:30							移動 校庭														
7:45							学校/外														
8:00							保育園/外														
8:15																					
8:30																					
8:45																					
9:00																					
9:15																					
9:30																					
9:45																					
10:00																					
10:15																					
10:30																					
10:45																					
11:00																					
11:15																					
11:30																					
11:45																					
12:00																					
12:15																					
12:30																					
12:45																					
13:00																					
13:15																					
13:30																					
13:45																					
14:00																					
14:15																					
14:30																					
14:45																					
15:00																					
15:15																					
15:30																					
15:45																					
16:00																					
16:15																					
16:30																					
16:45																					
17:00																					
17:15																					
17:30																					
17:45																					
18:00																					
18:15																					
18:30																					
18:45																					
19:00																					
19:15																					

図 9-1 標準パターンにおける終日のタイムスケジュール

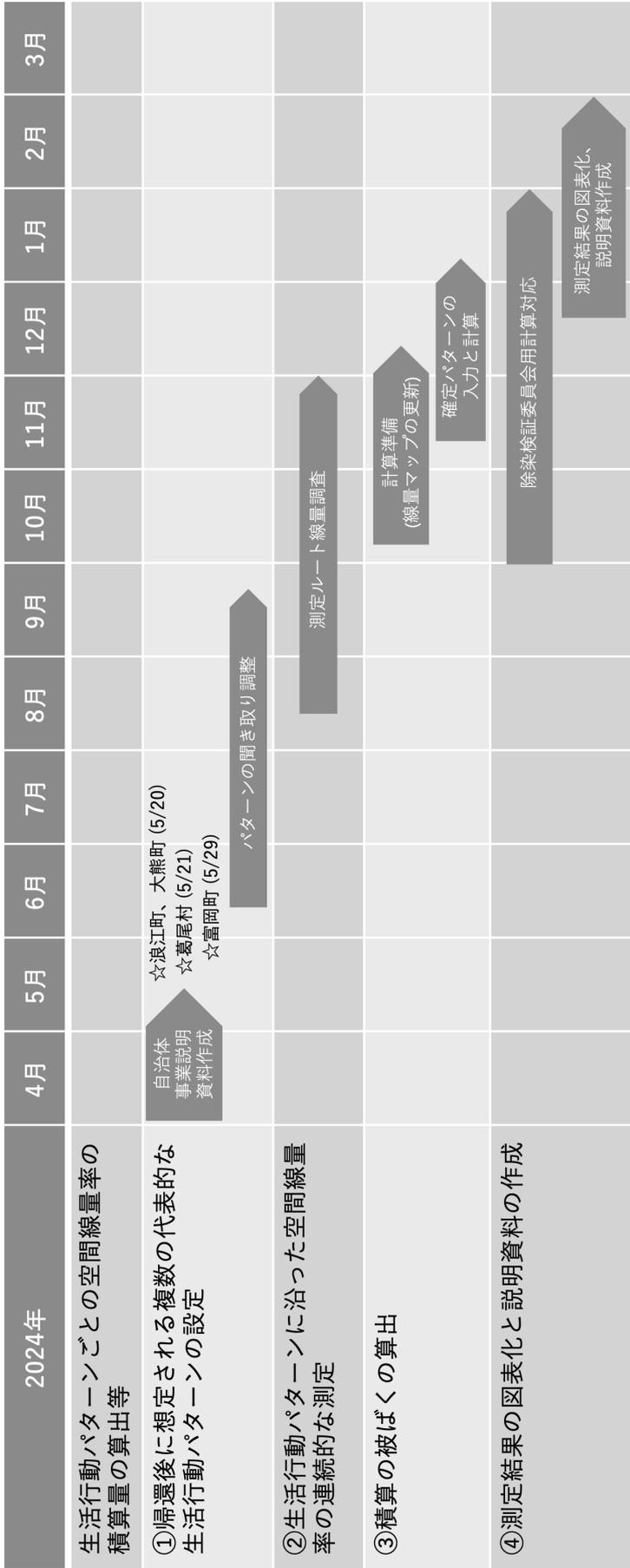


図 9-2 生活行動パターンを模擬した被ばく評価に係る令和 6 年度調査スケジュール

9.3 調査結果

9.3.1 自治体設定パターン

富岡町、大熊町、浪江町それぞれについて、自治体設定パターンにおける年間の追加被ばく線量を推定し、その分布を自宅の所在別（帰還困難区域内・外（帰還困難区域境界は令和5年11月30日の富岡町での一部避難指示区域解除後とした））で求めた（図9-3～図9-5参照）。年間の追加被ばく線量は、いずれの自治体でも自宅が帰還困難区域内にある場合が高く、最大値は富岡町で1.09 mSv、大熊町で19.31 mSv、浪江町で2.98 mSvとなり、全ての対象者で避難指示解除の指標とされる20 mSvを下回った。

また長期的な目標である年間の追加被ばく線量1 mSvを下回った対象者数は、富岡町の帰還困難区域外で40人中38人、帰還困難区域内で7人中6人、大熊町の帰還困難区域外で74人中55人、帰還困難区域内で9人中0人、浪江町の帰還困難区域外で21人中10人、帰還困難区域内では8人中0人であり、既に避難指示が解除された帰還困難区域外で多く認められた。

9.3.2 標準パターン

富岡町、大熊町、浪江町の特定復興再生拠点区域及び帰還困難区域について、標準パターンにおける年間の追加被ばく線量を求めた（表9-5及び表9-6参照）。全体的に評価に使用した空間線量率が高い大熊町及び浪江町の帰還困難区域で、年間追加被ばく線量が高い値を示した。また職業別では、実効線量への換算係数が大きい未就学児及び屋外作業時間の長い農業従事者や建設業従事者で高い値を示した。年間被ばく線量の最大値は、建設業従事者に浪江町帰還困難区域（南東側地域）の95%値を適用した場合の15.55 mSvであり、最大値であっても避難指示解除の指標とされる20 mSvを下回った。

表 9-5 標準パターン（就学カテゴリー）の年間の追加被ばく線量一覧（単位：mSv/y）

	幼児		幼稚園児		保育園児		小学生	
	中央値	95%値	中央値	95%値	中央値	95%値	中央値	95%値
富岡町								
特定復興再生拠点区域	1.13	2.39	1.15	2.43	1.11	2.34	1.01	2.19
帰還困難区域	1.98	5.43	2.01	5.54	1.95	5.33	1.80	5.03
大熊町								
特定復興再生拠点区域	1.19	3.46	1.21	3.52	1.17	3.40	1.06	3.18
帰還困難区域	3.31	10.81	3.37	11.01	3.25	10.61	3.04	10.04
特定復興再生拠点区域 (北西側地域)	2.21	5.64	2.25	5.75	2.17	5.54	2.02	5.22
浪江町								
特定復興再生拠点区域 (南東側地域)	1.27	4.01	1.30	4.08	1.25	3.93	1.15	3.70
帰還困難区域 (北西側地域)	3.38	8.94	3.45	9.11	3.32	8.77	3.12	8.31
帰還困難区域 (南東側地域)	3.15	15.20	3.20	15.48	3.09	14.91	2.89	14.15

表 9-6 標準パターン（職業カテゴリー）の年間の追加被ばく線量一覧（単位：mSv/y）

	農業		建設業		製造業		販売職・サービス職		医療・福祉		主婦	
	中央値	95%値	中央値	95%値	中央値	95%値	中央値	95%値	中央値	95%値	中央値	95%値
富岡町	1.01	2.25	1.06	2.37	0.80	1.77	0.81	1.80	0.78	1.74	0.77	1.73
特定復興再生拠点区域 帰還困難区域	1.82	5.22	1.92	5.50	1.46	4.14	1.47	4.19	1.43	4.06	1.42	4.03
大熊町	1.05	3.26	1.10	3.43	0.83	2.58	0.84	2.62	0.81	2.54	0.80	2.52
特定復興再生拠点区域	3.12	10.45	3.29	11.00	2.47	8.29	2.50	8.40	2.42	8.14	2.40	8.07
特定復興再生拠点区域 (北西側地域)	2.05	5.40	2.16	5.69	1.63	4.30	1.65	4.35	1.60	4.22	1.59	4.19
浪江町	1.15	3.82	1.21	4.02	0.91	3.03	0.92	3.07	0.89	2.97	0.88	2.95
特定復興再生拠点区域 (南東側地域)	3.21	8.64	3.38	9.11	2.54	6.86	2.58	6.95	2.50	6.73	2.48	6.68
特定復興再生拠点区域 (北西側地域)	2.97	14.76	3.13	15.55	2.36	11.71	2.39	11.87	2.32	11.50	2.30	11.41
特定復興再生拠点区域 (南東側地域)												

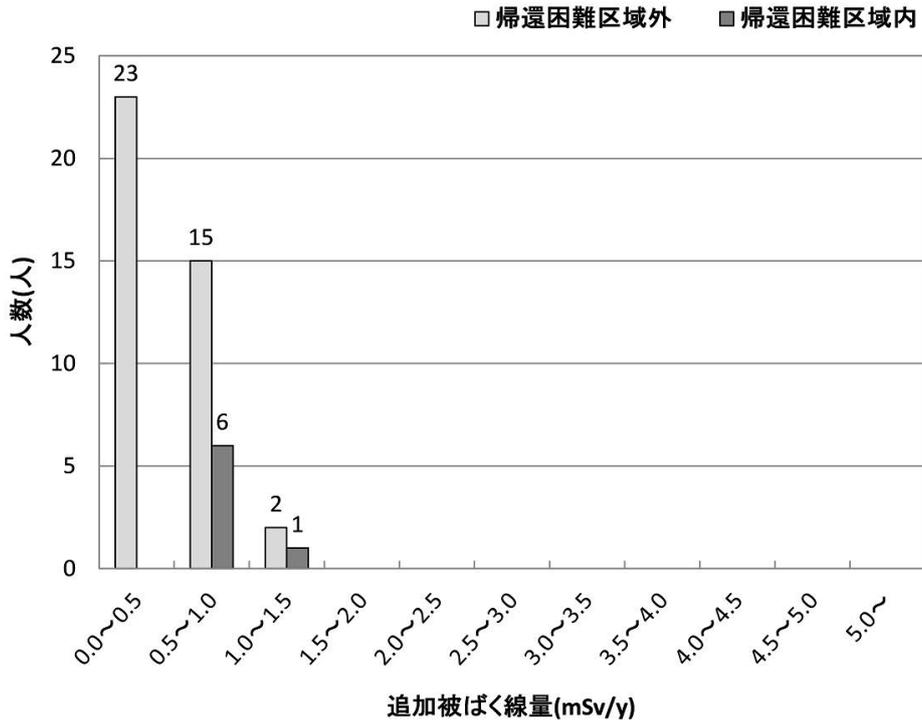


図 9-3 年間追加被ばく線量の分布（自治体設定パターン：富岡町）

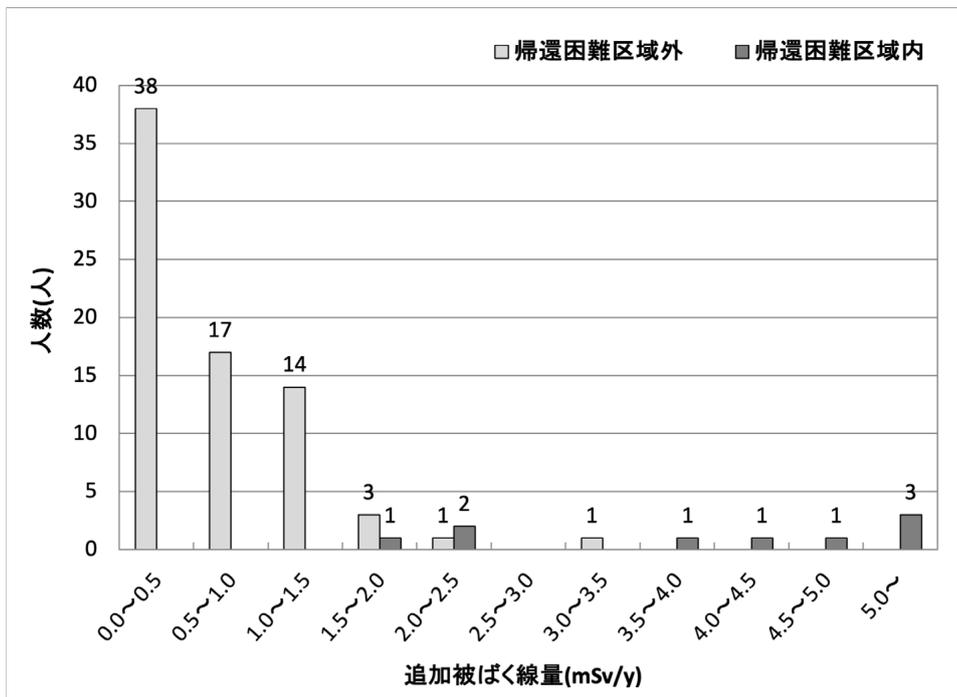


図 9-4 年間追加被ばく線量の分布（自治体設定パターン：大熊町）
 （5 mSv/y 以上の最大値は 19.3 mSv/y であった。）

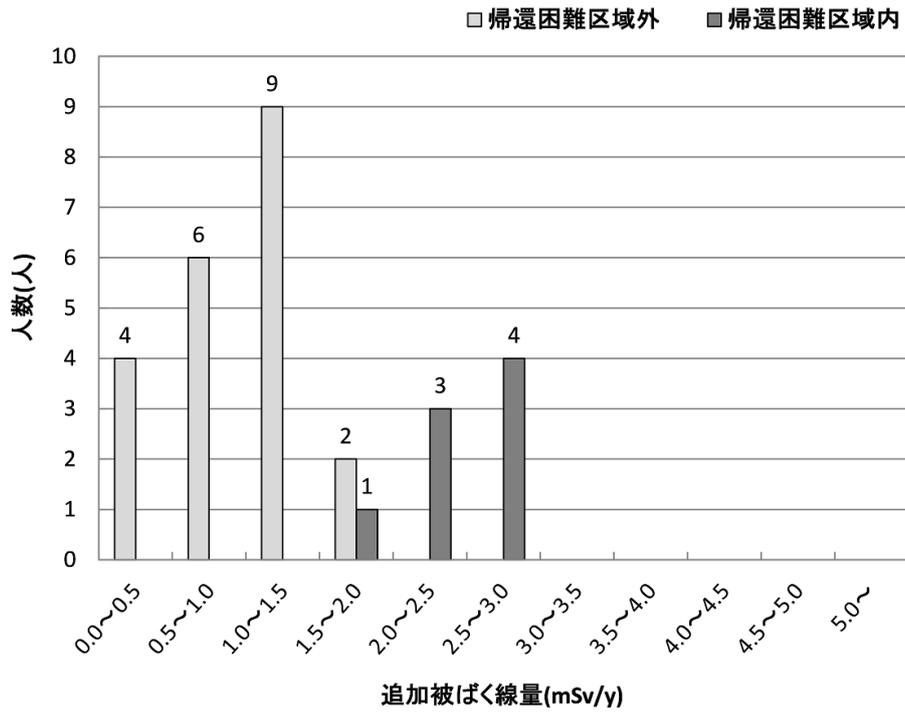


図 9-5 年間追加被ばく線量の分布（自治体設定パターン：浪江町）

10.測定データの CSV 化

10.1 CSV 等の形式で保存した測定データ

1) 分布状況調査で取得した測定データ

令和 6 年度調査で実施した環境モニタリングについて、今後の調査等に活用するため、測定データを CSV（場合によっては Excel®、KMZ）の形式で保存した。測定データは、測定実施者が解析を行い、原子力規制庁に報告された後のデータから抽出している。対象となった測定データは全 6 項目であり、各項目におけるレコード数を表 10-1 にまとめる。

2) 原子力規制庁が保有する測定データ

原子力規制庁が実施し Web サイト上で公開している環境モニタリングの測定データ⁵¹⁾の一部について、今後の調査等に活用するため、データを CSV 等の形式で保存した。保存した測定データは、令和 6 年 2 月から令和 7 年 1 月までに原子力規制庁が公開した資料（PDF）から抽出している。対象となった測定データは全 21 項目であり、各項目におけるレコード数を表 10-2（No. 1 から No. 21 まで）にまとめる。

3) 環境省が保有する測定データ

環境省が実施し Web サイト上で公開している環境モニタリングの測定データ⁵²⁾の一部について、今後の調査等に活用するため、データを CSV 等の形式で保存した。保存した測定データは、令和 6 年 2 月から令和 7 年 1 月までに環境省が公開した資料（PDF、Excel®）から抽出している。対象となった測定データは全 3 項目であり、各項目におけるレコード数を表 10-2（No. 22 から No. 24 まで）にまとめる。

4) 地方自治体が保有する測定データ

地方自治体が発行した環境モニタリングの測定データの一部について、今後の調査等に活用するため、データベースに登録するための統一フォーマットに変換し、Excel®等の形式で保存した。環境モニタリングの測定データをデータベースに保存した自治体を表 10-3 にまとめる。

10.2 保存した測定データの公開

CSV 等の形式で保存した測定データの一部は、以下の原子力規制庁の Web サイトにて公開される。

- ・分布状況調査で取得した測定データ：
<https://radioactivity.nra.go.jp/ja/docs/reps/rad-dist>（参照：2025 年 10 月 8 日）。
- ・原子力規制庁が保有する測定データ：
<https://radioactivity.nra.go.jp/ja/results>（参照：2025 年 10 月 8 日）。

表 10-1 令和 6 年度調査で取得した測定データの項目とレコード数

データ項目	レコード数
広域の空間線量率（第 28 回走行サーベイ）	1,081,225
広域の空間線量率（第 18 回定点サーベイ）	5,029
広域の空間線量率（第 16 回歩行サーベイ）	1,322,935
発電所周辺の空間線量率（第 16 回無人ヘリサーベイ）	空間線量率： 2,968,161 セシウム沈着量：2,968,161
土壌中の放射性セシウムの深度分布（第 17 回）	85
放射性セシウムの沈着量（第 17 回）	384

表 10-2 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

No.	データ項目	レコード数		
		作業開始時点	作業終了時点	新規測定データ
1	福島第一原子力発電所近傍の海水のモニタリング	18,941	21,441	2,500
2	福島県・宮城県・茨城県周辺の海水のモニタリング	25,996	28,038	2,042
3	福島県周辺の海水のモニタリング	2,371	2,503	132
4	宮城県・福島県・茨城県・千葉県沖における海域モニタリング結果	4,672	5,117	445
5	宮城県・福島県・茨城県・千葉県外洋における海域モニタリング結果	1,052	1,152	100
6	東京湾における海域モニタリング結果	217	236	19
7	東京電力による海底土のモニタリング結果	5,768	6,211	443
8	宮城県・福島県・茨城県・千葉県沖における海域モニタリング結果（海底土）	2,083	2,226	143
9	東京湾における海域モニタリング結果（海底土）	844	921	77
10	東京電力株式会社福島第一原子力発電所の 20 km 圏内の測定結果（空間線量率）	13,095	13,095	0
11	東京電力株式会社福島第一原子力発電所の 20 km 以遠の空間線量率の測定結果	35,805	35,939	134
12	緊急時環境放射線等モニタリング実施結果（福島県による測定）	10,833	10,833	0
13	簡易型線量計を用いた固定測定点における積算線量の測定結果	1,243	1,313	70
14	東京電力株式会社福島第一原子力発電所の 20 km 以遠の積算線量の測定結果	3,607	3,637	30
15	東京電力株式会社福島第一原子力発電所の 20 km 圏内の空気中放射性物質濃度の測定結果	1,172	1,243	71
16	原子力規制庁及び福島県による大気浮遊じん の測定結果	4,375	4,435	60
17	東京電力株式会社福島第一原子力発電所の 20 km 圏内の土壌中放射性物質濃度の測定結果	122	127	5
18	原子力規制庁及び福島県による土壌試料の測定結果	1,894	1,899	5
19	原子力規制庁及び福島県による環境試料の測定結果	3,491	3,505	14
20	上水（蛇口水）（環境放射能水準調査）	13,948	13,995	47
21	定時降下物のモニタリング（環境放射能水準調査）	20,202	20,766	564
22	環境省による公共用水域放射性物質モニタリング調査結果（水質）	45,678	49,952	4,274
23	環境省による公共用水域放射性物質モニタリング調査結果（底質）	34,836	38,015	3,179
24	環境省による公共用水域放射性物質モニタリング調査結果（周辺環境）	30,884	33,761	2,877

表 10-3 測定データをデータベースに保存した自治体リスト

広域圏	市町村*
浜通り	いわき市、相馬市、南相馬市、檜葉町、富岡町、大熊町、双葉町、 新地町 、飯舘村
中通り	福島市 、郡山市、白河市、須賀川市、二本松市、 伊達市 、桑折町、国見町、川俣町、大玉村、鏡石町、天栄村、 西郷村 、中島村、矢吹町、 棚倉町 、塙町、石川町、玉川村、平田村、浅川町、三春町、小野町
会津	会津若松市、 喜多方市 、只見町、南会津町、北塩原市、西会津町、磐梯町、猪苗代町、会津坂下町、湯川村、金山町、昭和村

*これまでに保存した市町村を全て記載している。**太字**は令和6年度に更新があった自治体。

11.測定箇所の重要度分類のためのスコア化の検討

11.1 目的

事故後のモニタリングは、総合モニタリング計画³⁹⁾（平成23年8月2日モニタリング調整会議制定）に則り、関係府省が地方公共団体や原子力事業者等と連携して実施してきた。住民数や現状の空間線量率などを根拠として地域ごとのモニタリングの重要度を評価することは、今後の陸域におけるモニタリング計画策定において、重要度に見合った費用配分やモニタリングすべき場所の見落としを防ぐためにも重要であると考えられる。

分布状況調査では、今後の陸域における空間線量率等測定ポイントの重点化・最適化に資するため、モニタリング代表性の高い場所を選定する評価方法として地域スコア化手法^dを採用し、1 km×1 kmで区切った場所のモニタリングの重要度をスコアにより相対的に評価する手法（以下「スコア化手法」という。）を令和元年度調査において開発した⁵³⁾。「スコア」の設定の目的は、住民や従業者の被ばくを与える地域的な影響度合いの尺度を加えることによって、線量の高低だけでなく総合的に地域の重要度を評価するものである。測定ポイントの選定には、住民等ステークホルダーとの共通理解の醸成が必要となるが、スコア化手法は、地域の特徴を加味し相対的にモニタリング代表性について議論するための基礎情報となり得る。

令和6年度調査では、令和5年度調査⁵⁴⁾に引き続き、各種モニタリングデータを使用した場合のスコア評価結果とその変化要因について考察を行った。

11.2 スコア化手法によるモニタリング代表性評価

11.2.1 パラメータの選定

スコア評価の対象範囲としては、福島県及び80 km圏内とし、対象範囲を1 km×1 kmの基準地域メッシュに区切った（全15,646メッシュ）。スコアのパラメータとして以下の4項目を選定した。

①空間線量率：基準地域メッシュ内の最大空間線量率

令和5年度に取得された空間線量率の測定結果を基に福島県及び80 km圏内について基準地域メッシュごとの空間線量率（最大値）を抽出した。最大値としたのは、メッシュごとに測定の点数にばらつきがあること及び空間線量率の数値から被ばく線量への換算時に過小評価となることを避けるためである。各測定結果は測定時期が異なるが半減期の補正はしていない。データの出典を表11-1に示す。

②事故前の人口密度：平成22年度の国勢調査結果⁴²⁾

③避難指示区域：令和5年4月1日における避難指示区域

④ランドマーク：令和5年度時点におけるランドマークの個数。以下の施設等を採用。

幼稚園/児童館/保育所/小学校/中学校/高等学校/高等専門学校/短期大学/大学/特別支援学校/市町村役場/公的集会施設/医療機関/駅/保護施設/身体障害者更生援護施設/知的障碍

^d スコア化とは、医療分野の疫学研究などで用いられる「傾向スコア」⁵⁵⁾の考え方に代表されるように、単位の異なる数値情報を相互比較するために数値集団ごとに一定の評価値（スコア）を与える手法である。

者援護施設/精神障害者社会復帰施設/商業施設（売り場面積 500 m² 以上）。データの詳細参照先については表 11-2 に示す。

11.2.2 スコア評価結果

11.2.1 項に示したスコアのパラメータ①～④の情報に対し、表 11-3 に示すようにパラメータごとに 0～5 までの 6 段階でスコアを付与した。なお、今回のスコア付与は試行であるため、実際に本手法を適用する場合にはスコアの付与方法について議論が必要である。

①空間線量率については以下のように全体の分布傾向を考慮した。

スコア 5：上位約 10%、スコア 4：上位から約 10～20%の範囲、スコア 3：上位から約 20～30%の範囲、スコア 2：上位から約 30～40%の範囲、スコア 1：上位から約 40%以降すべて

②人口密度については、全体の分布傾向を考慮し、100（人/km²）付近を中央の階級とした。

③避難指示区域については、該当する場所をスコア 5 とし、避難指示区域以外の場所はスコア 0 とした。

④ランドマークについては、メッシュ内に 1 箇所でもあればスコア 3、5 箇所以上でスコア 4 及び 10 箇所以上でスコア 5 とした。

令和 6 年度調査において令和 5 年度に得られたモニタリングデータを加味して作成したスコアマップを図 11-1 に示す。スコアは福島第一原発周辺及び空間線量率が比較的高いエリアや都市域で高い傾向にある。モニタリングデータの誤差や実施回数及び密度等は年度により異なるが、これによってスコアが大きく変化しないことが望まれる。そこでスコアマップの年度間での相同性を確認するため、令和 4 年度のスコアマップからのスコア増減箇所を評価した（図 11-2 参照）。福島県内の大部分で大きなスコアの変動は認められず、年度間でスコアマップの変動が限定的であり、重要な地点が大きく変動しないことが確認された。一方、福島第一原発の近傍でスコアが大きく減じた地点や、中通りや浜通り地域でスコアの増減した箇所が散見された。

スコアの変動に影響したパラメータを評価するため、令和 4 年度と令和 5 年度のスコアマップで異なるパラメータについて、パラメータのスコアの増減を評価した（図 11-3 参照）。福島第一原発近傍のスコアが減じた地点は、特定復興再生拠点区域で避難指示が解除された地点であった。避難指示解除後であってもモニタリングはリスクコミュニケーション等のため重要であるため、スコアの付与方法については状況に応じた調整が必要と考えられる。また、中通りや浜通り地域でスコアの増減が散見された箇所は、施設の統廃合に伴いランドマークのスコアが大きく変動した地点であった。以上のように、局所的ではあるが時間の経過とともに状況が変化しスコアが変動することに留意が必要である。

表 11-1 令和 5 年度スコアマップの作成に使用した空間線量率測定データ一覧

空間線量率測定データ	実施主体	文献
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	原子力規制委員会	56)
放射性物質の分布状況等調査における走行サーベイ、定点サーベイ及び歩行サーベイによる空間線量率の測定	原子力規制委員会	57)
東京電力株式会社福島第一原子力発電所の 20 km 以遠の空間線量率の測定結果	原子力規制委員会	58)
環境放射線モニタリング・メッシュ調査結果情報	福島県	33)
福島県環境放射線モニタリング調査（観光地）結果	福島県	59)
福島県の国有林内における環境放射線モニタリング調査	林野庁関東森林管理局	60)

表 11-2 ランドマークデータの参照先情報

データ項目	年度	引用データ
児童館/保育所	令和 5 年	国土交通省国土数値情報 ⁶¹⁾ 福祉施設データ
幼稚園/小・中学校/高等学校/ 高等専門学校/短期大学/大学/ 特別支援学校/認定こども園	令和 5 年	同 学校データ
市町村役場	平成 26 年	同 市区町村役場データ
公的集会施設	令和 4 年	同 市町村役場等及び公的集会施設データ
医療機関	令和 2 年	同 医療機関データ
駅	令和 5 年	同 鉄道時系列データ
保護施設/身体障害者更生援護施設/ 知的障害者援護施設/ 精神障害者社会復帰施設/その他	令和 5 年	同 公共施設データ
商業施設	平成 26 年	経済産業省 商業統計メッシュデータ ⁶²⁾

表 11-3 スコア付与例

パラメータ	スコア					
	5	4	3	2	1	
①空間線量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	≥ 0.30 (1-1610 位)	0.29-0.19 (1611-3399 位)	0.18-0.15 (3400-5112 位)	0.14-0.13 (5213-6524 位)	< 0.13 (6525-15418 位)	測定情報がない (227 箇所)
②人口密度 (人/ km^2)	≥ 279 (1-1604 位)	278-120 (1605-3200 位)	119-53 (3201-4802 位)	52-18 (4803-6416 位)	< 18 (6417-8146 位)	0 (7499 箇所)
③避難指示区域	避難指示区域	-	-	-	-	避難指示区域以外
④ランドマーク	≥ 16 箇所 (1-18 位)	10-15 箇所 (19-108 位)	1-9 箇所 (109-2372 位)	-	-	ランドマークなし

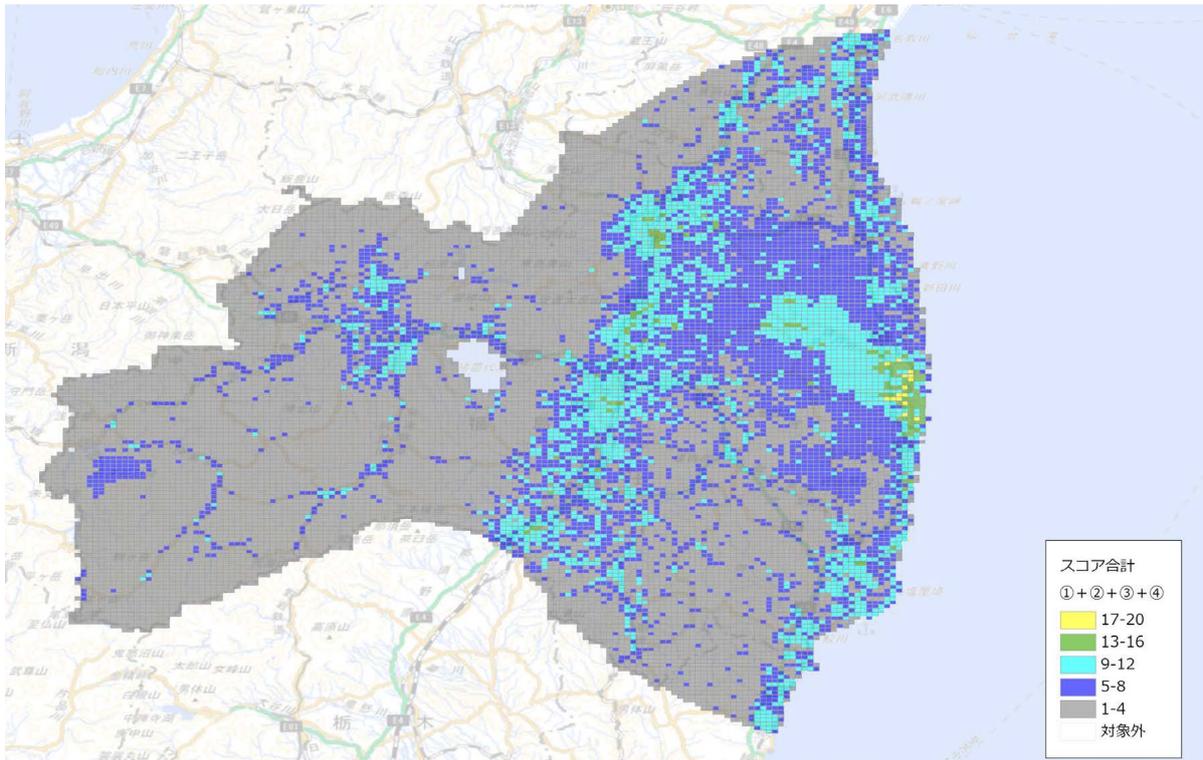


図 11-1 令和 5 年度の各パラメータを合計したスコアマップ
(背景地図：国土地理院発行 2.5 万分 1 地形図)

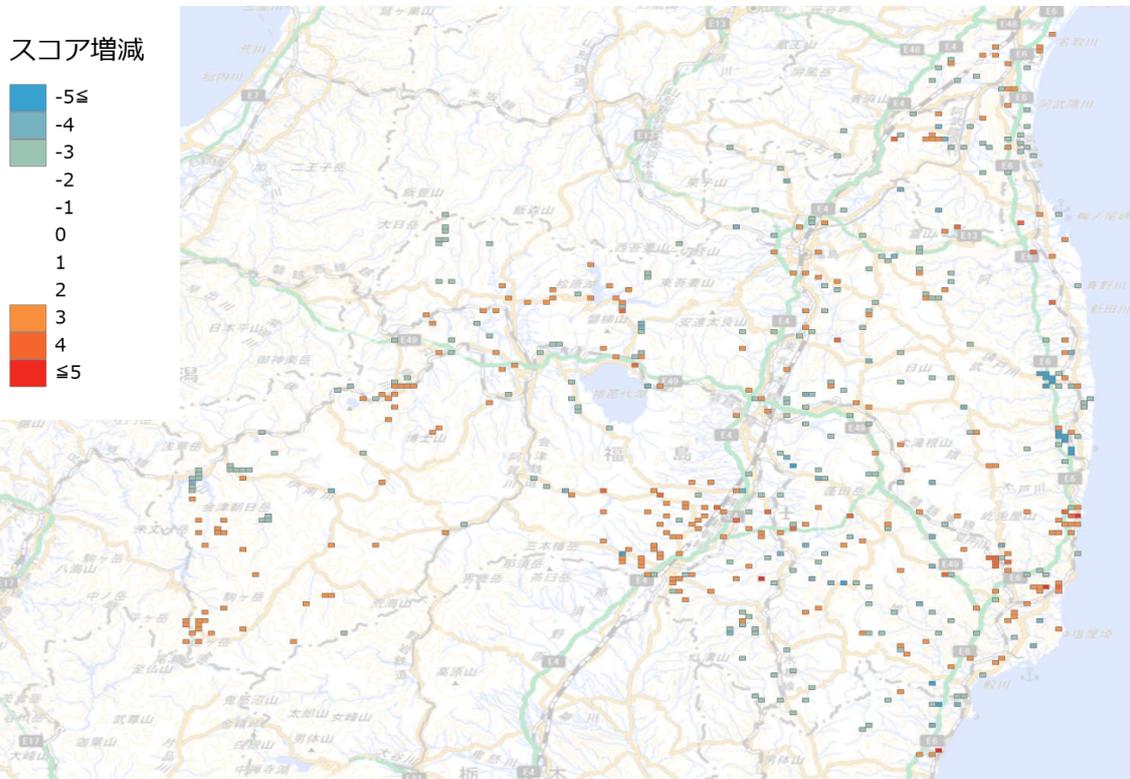


図 11-2 令和 4 年度から令和 5 年度にかけてのスコア増減箇所
(背景地図：国土地理院発行 2.5 万分 1 地形図)

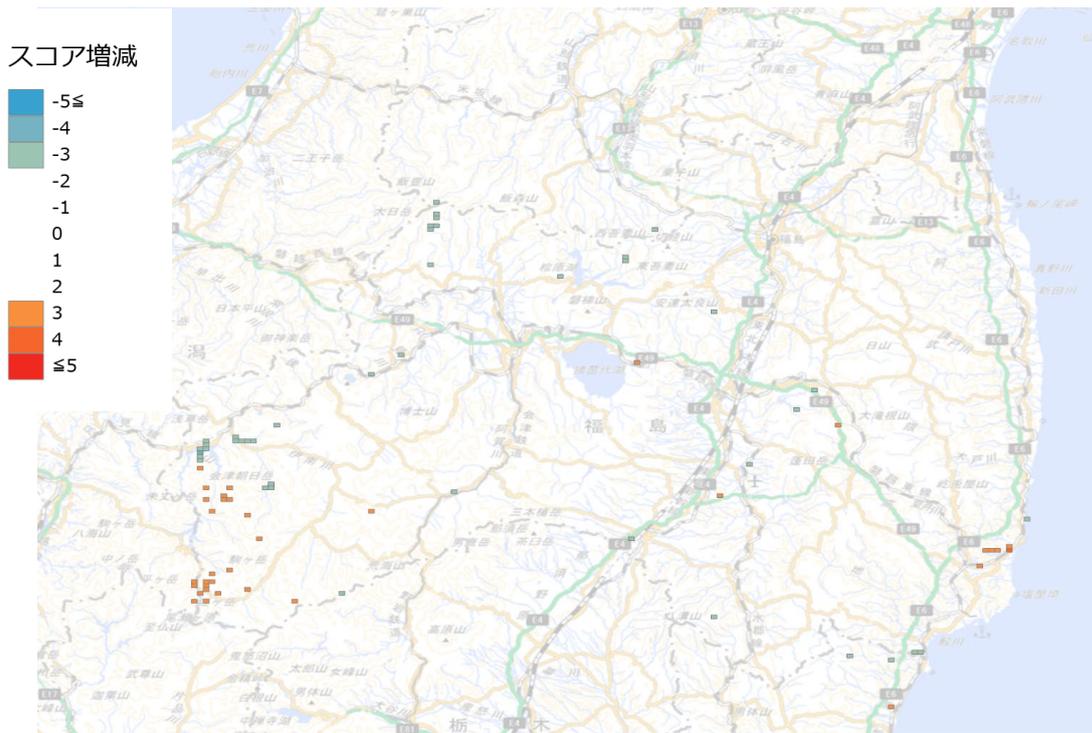


図 11-3 令和 4 年度から令和 5 年度にかけてのパラメータのスコア増減箇所 (1/3)
 (a) パラメータ①空間線量率 (背景地図：国土地理院発行 2.5 万分 1 地形図)



図 11-3 令和 4 年度から令和 5 年度にかけてのパラメータのスコア増減箇所 (2/3)
 (b) パラメータ③避難指示区域 (背景地図：国土地理院発行 2.5 万分 1 地形図)

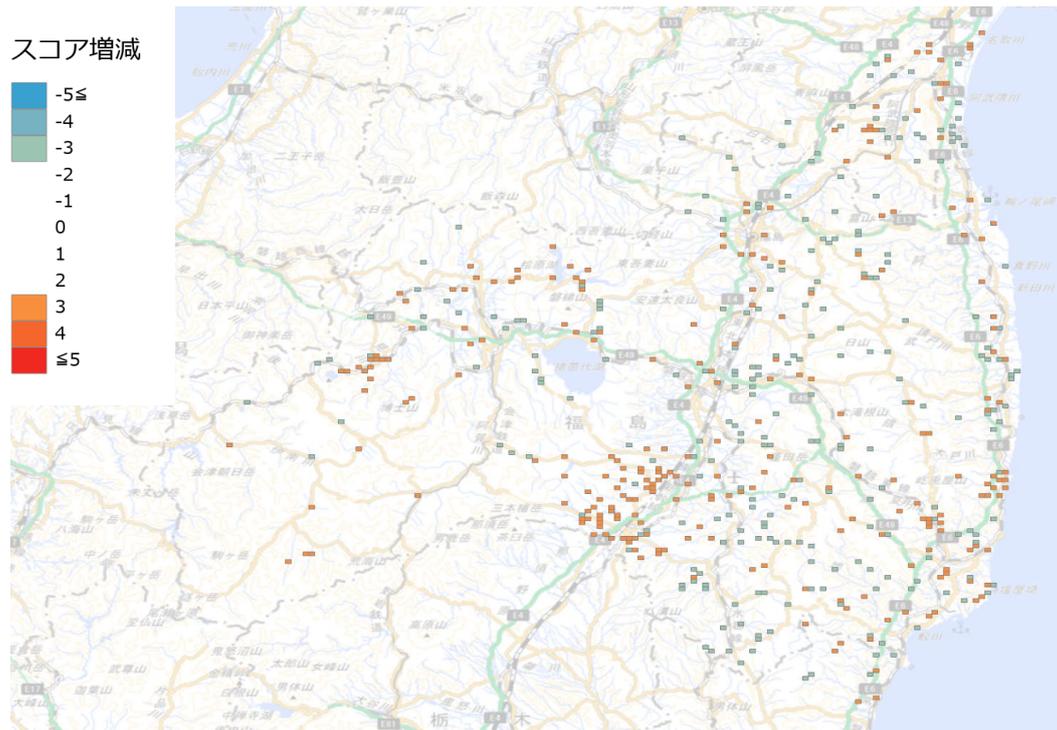


図 11-3 令和 4 年度から令和 5 年度にかけてのパラメータのスコア増減箇所 (3/3)
 (c) パラメータ④ランドマーク (背景地図：国土地理院発行 2.5 万分 1 地形図)

12.海洋のモニタリングデータの評価

12.1 海水中のトリチウム濃度データの解析

福島第一原発敷地内のタンクに保管されている ALPS 処理水（以下「処理水」という。）の海洋への放出が令和 5 年 8 月 24 日に開始された。令和 5 年度は、4 回に分けて合計約 3 万 m³ の処理水が希釈され海洋へ放出された。令和 6 年度も引き続き放出は実施されており、これまでに合計約 5 万 5 千 m³ が放出された。これに伴い、図 12-1 に示すモニタリングデータの報告レベルフローチャート（令和 5 年度調査における改定案）に従い、データ公開から 1 週間以内を目途に海水中のトリチウム濃度の評価を実施し、その結果を意思決定者（原子力規制庁）へ報告する体制を構築し運用してきた。ここでは、特に処理水の海洋への放出前後のトリチウム濃度の変動に着目して評価解析した結果の概要を報告する。

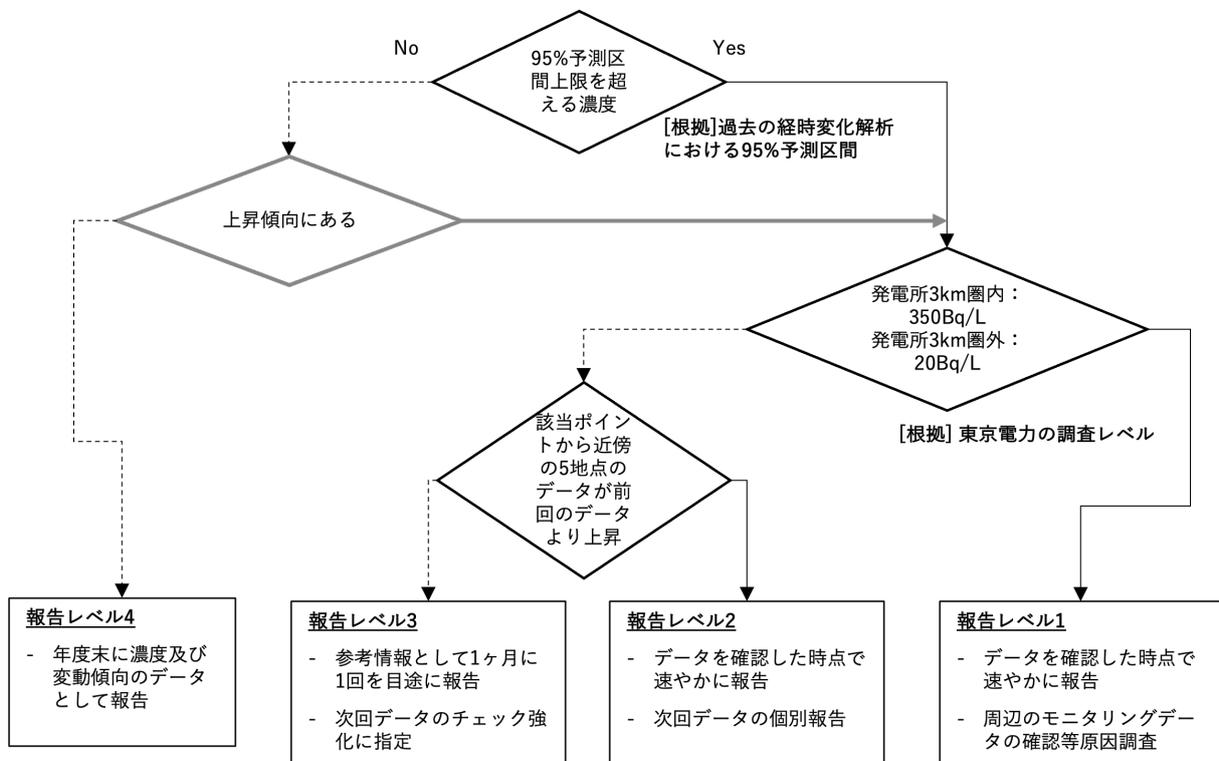


図 12-1 モニタリングデータの報告レベルフローチャート

12.1.1 海水のモニタリング計画

総合モニタリング計画³⁹⁾（令和 6 年 3 月 21 日改訂）の別紙に記載されているトリチウム濃度に係る海水モニタリングの採取ポイント、分析頻度及び検出下限値を表 12-1 にまとめる。実施機関としては、東京電力、環境省、原子力規制委員会及び福島県の 4 者であり、福島第一原発からの距離に応じて、モニタリングの頻度や検出下限値が設定されている。これらのモニタリングポイントについて図 12-2 に示す。本節で使用したモニタリングデータは、参考文献の 63)～66)である。なお、東京電力が実施している迅速分析の結果は採用していない。

表 12-1 総合モニタリング計画に記載されているトリチウムに関する海水モニタリング

実施機関	採取ポイント	採取深度	分析頻度	検出下限値 (Bq/L)
東京電力	T-1, T-2, T-0-1, T-0-2, T-0-3, T-0-1A, T-0-3A, T-A1, T-A2, T-A3	表層	1回/週	0.1
	T-3, T-5, T-6, T-D1, T-D5, T-D9	表層	1回/週	0.1*
	T-S1, T-S2, T-S3, T-S4, T-S5, T-S7, T-S8, T-B1, T-B2, T-B3, T-B4, T-13-1, T-7, T-18, T-12, T-17-1, T-20, T-22, T-MA, T-M10	表層	1回/月	0.1
環境省	E-S17, E-S18, E-S31, E-S33, E-S36, E-S32 (ALPS 処理水海域モニタリング)	表層	1回/3ヶ月	0.1
	E-S1, E-S3, E-S4, E-S5, E-S10, E-S13, E-S14, E-S15, E-S16, E-S19, E-S20, E-S21, E-S22, E-S23, E-S24, E-S25, E-S26, E-S27, E-S28, E-S29, E-S30, E-S34, E-S35 (ALPS 処理水海域モニタリング)	表層/底層	1回/3ヶ月	0.1
	福島沿岸 (海水浴場) E-SK1, E-SK2, E-SK3, E-SK4, E-SK5, E-SK6	表層	2回/年	0.1
原子力規制委員会	M-101, M-102, M-103, M-104	表層	1回/月	0.1
	M-B1, M-C3, M-D3, M-E3, M-E5, M-F3, M-G3, M-G4, M-H1, M-H3, M-I1	表層	1回/3ヶ月	0.1
	M-C1, M-D1, M-E1, M-F1, M-G1	表層/底層	1回/3ヶ月	0.1
福島県	F-P01, F-P02, F-P03, F-P04, F-P05, F-P06, F-P07, F-P08, F-P09	表層	1回/月	0.1
	福島沿岸 (浅海漁場) F-P29, F-P30, F-P31, F-P32, F-P33, F-P34, F-P35	表層	1回/2ヶ月	0.5
	T-1, T-2, F-P10, F-P11	表層	1回/3ヶ月	0.5
	F-P12	表層	1回/年	0.5
	福島沿岸 (海水浴場) F-P36, F-P37, F-P38, F-P39, F-P40, F-P41, F-P42, F-P43, F-P44, F-P45, F-P46, F-P47, F-P48,	表層	2回/年	0.5
	E-71, E-72, E-73, E-74, E-75, E-76, E-77, E-78, E-79, E-7A, E-7B, E-7F, E-7G, E-7H, E-7I	表層/底層	2回/年	0.5

* 検出下限値を 0.1 Bq/L とした分析は 1回/月、その他の週は 0.4 Bq/L にて実施する。

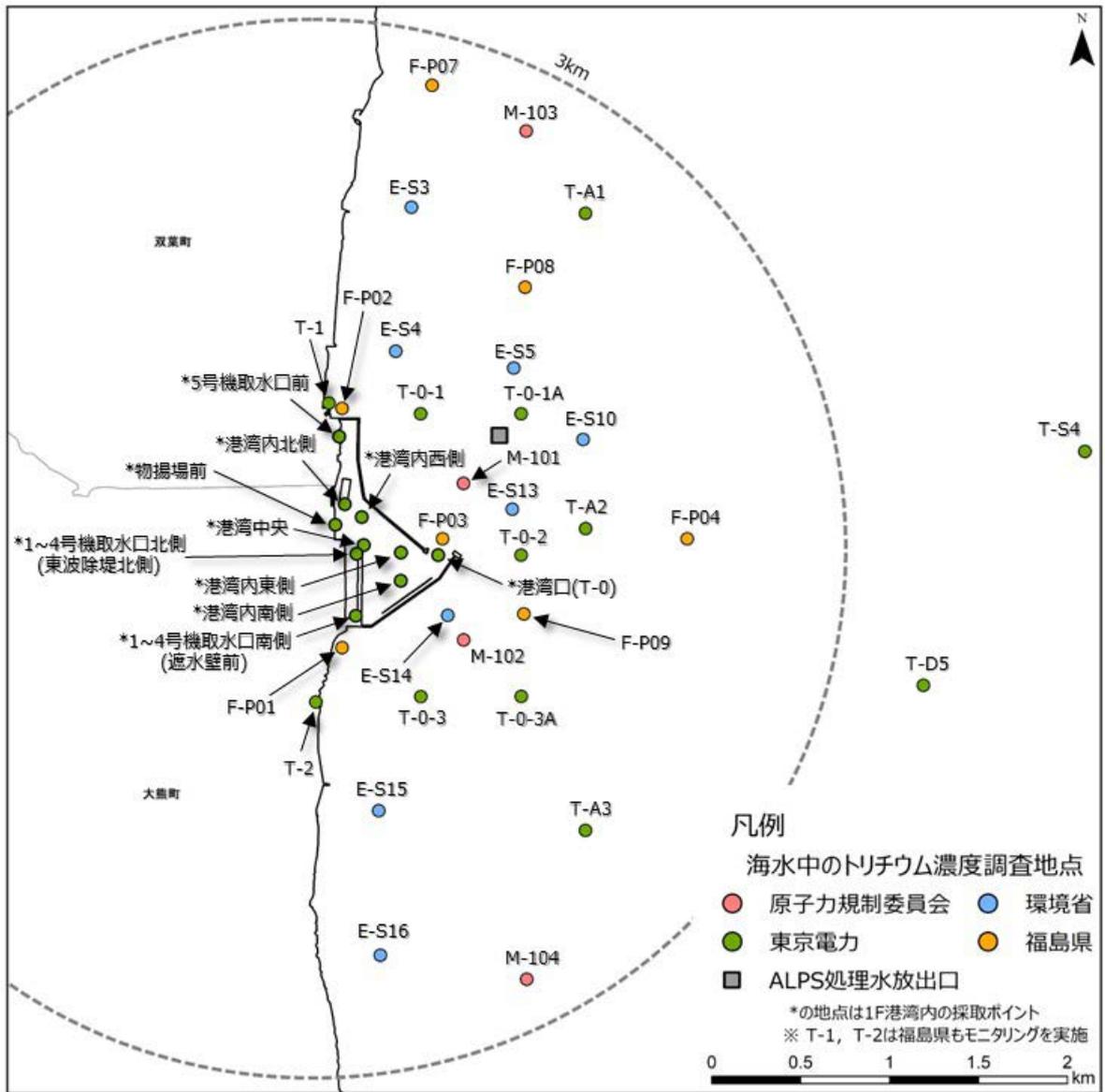


図 12-2 海水中のトリチウム濃度モニタリングポイント (1/5)
 (福島第一原発の港湾内から半径 3 km)
 (背景図は国土数値情報⁶¹⁾ (行政区域データ) を加工して作成)

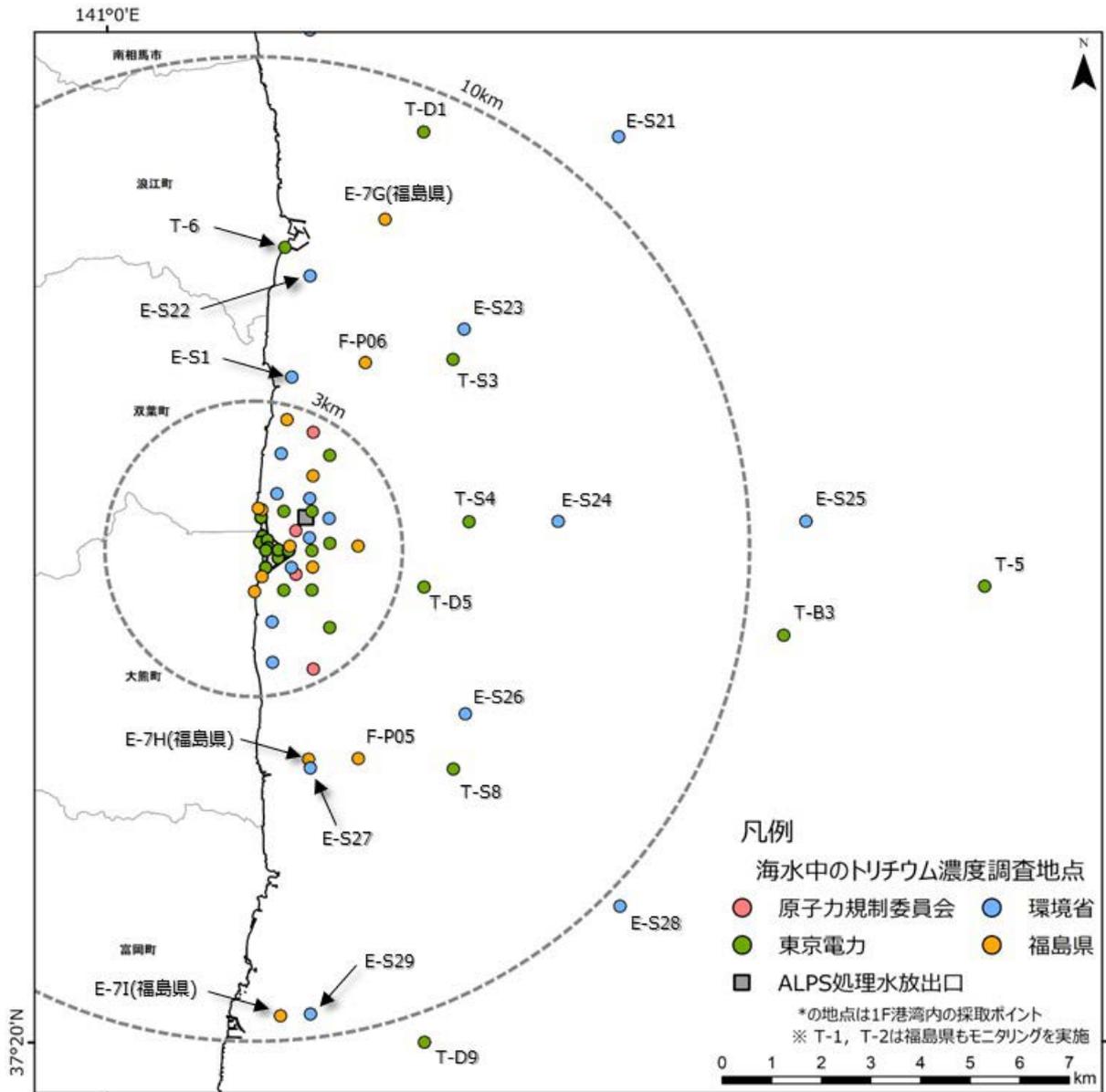


図 12-2 海水中のトリチウム濃度モニタリングポイント (2/5)
 (福島第一原発から半径 3~10 km)
 (背景図は国土数値情報⁶¹⁾ (行政区域データ) を加工して作成)

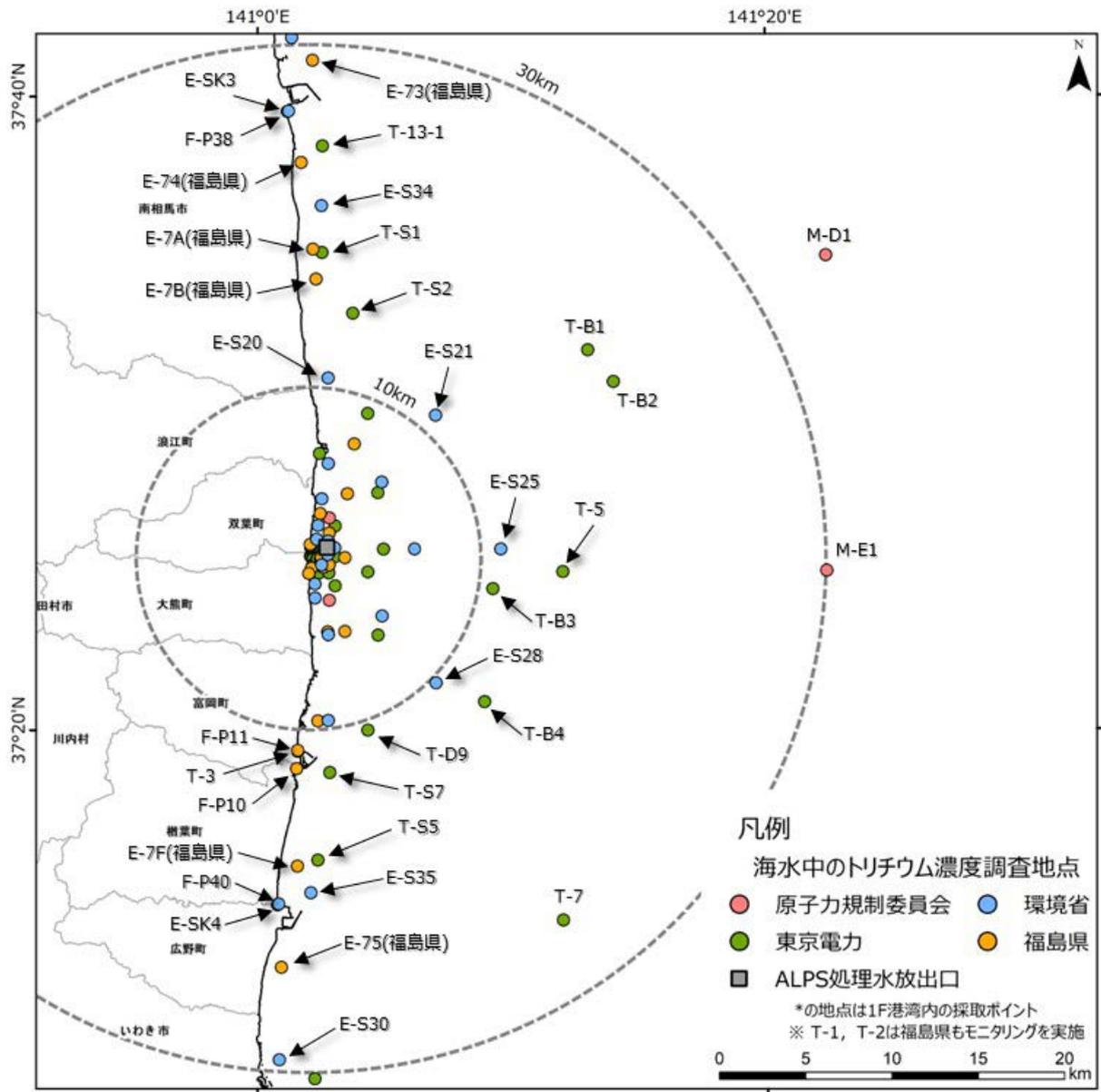


図 12-2 海水中のトリチウム濃度モニタリングポイント (3/5)
 (福島第一原発から半径 10~30 km)
 (背景図は国土数値情報⁶¹⁾(行政区域データ)を加工して作成)

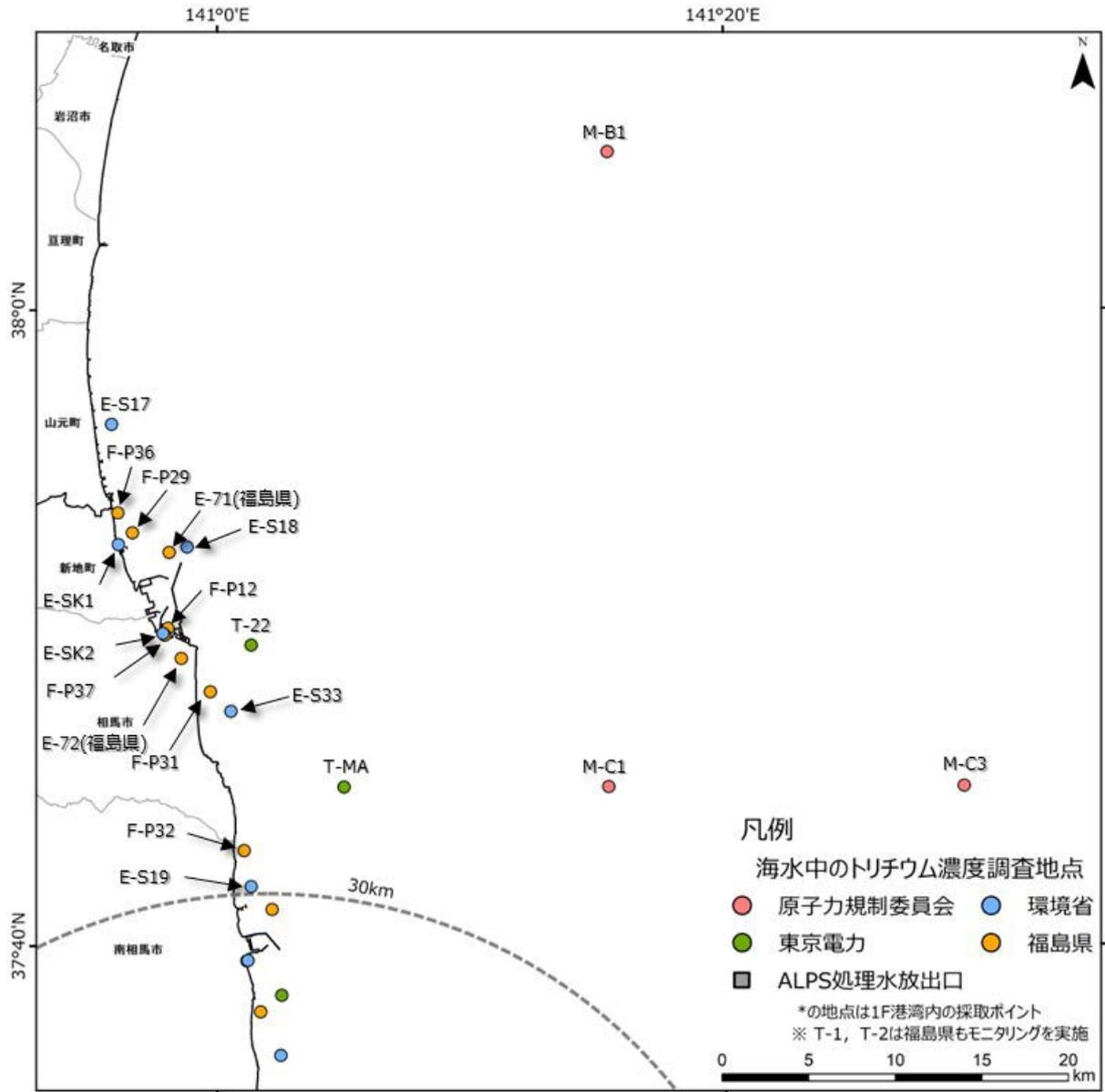


図 12-2 海水中のトリチウム濃度モニタリングポイント (4/5)
 (福島第一原発から半径 30 km 以遠 (主に北側))
 (背景図は国土数値情報⁶¹⁾ (行政区域データ) を加工して作成)

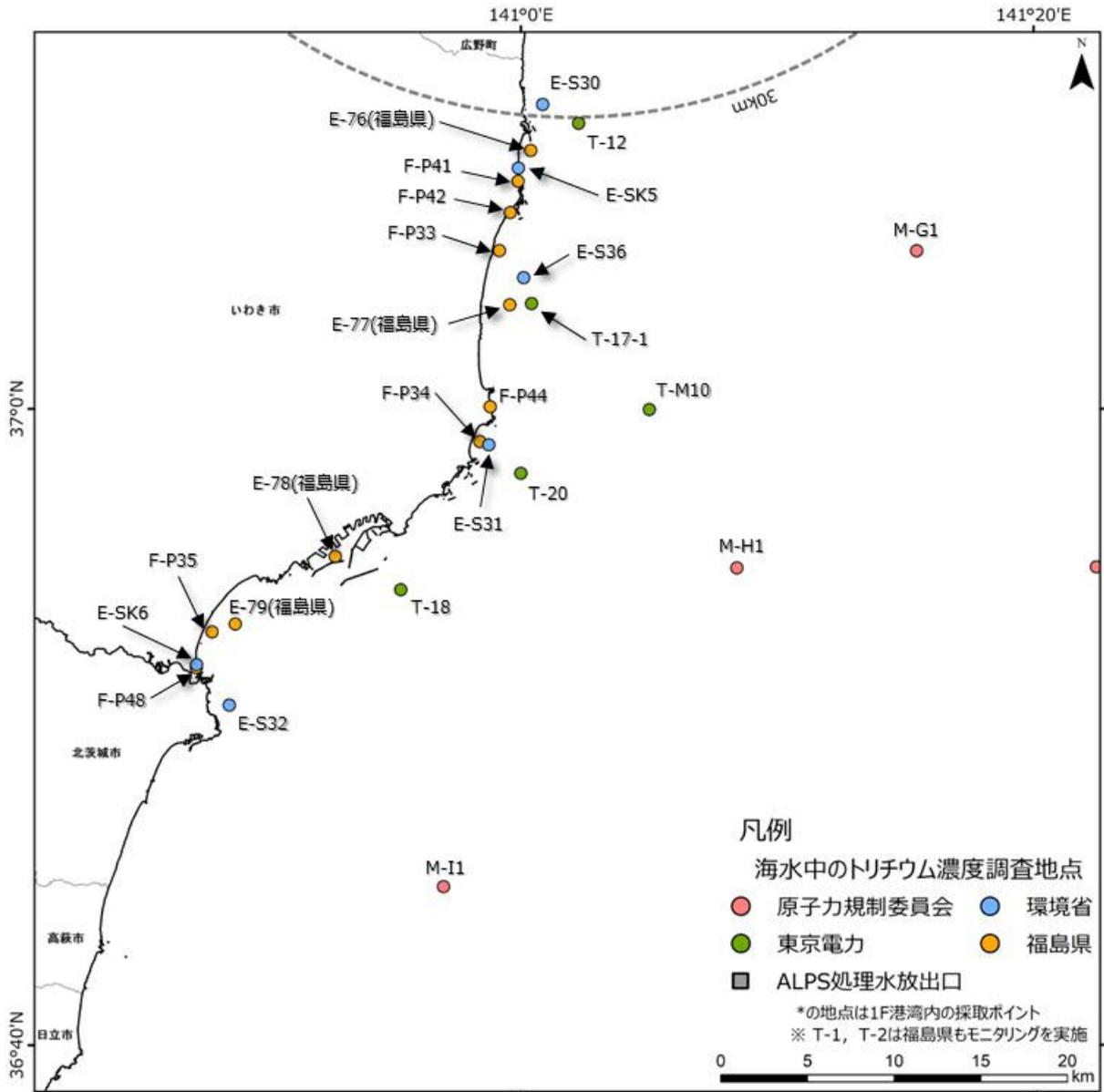


図 12-2 海水中のトリチウム濃度モニタリングポイント (5/5)
 (福島第一原発から半径 30 km 以遠 (主に南側))
 (背景図は国土数値情報⁶¹⁾ (行政区域データ) を加工して作成)

12.1.2 海水中のトリチウム濃度データの測定結果

令和 6 年 1 月から令和 6 年 12 月までに公表された海水中のトリチウム濃度の分析数を図 12-3 に示す。令和 6 年度の分析数は 4 機関の合計で 2,872 個となった。令和 6 年度の測定結果について、図 12-4 に箱ひげ図を示す。検出されたトリチウム濃度は、最大でも 50 Bq/L (T-0-1A (2024 年 10 月 28 日採取)) であり、東京電力が設定した発電所から 3 km 圏内における放出停止判断レベル (700 Bq/L) や調査レベル (350 Bq/L) に対して十分低

い濃度であることが示された。

放水口が位置する 0～3 km 範囲のトリチウム濃度のコンター図を各放出期間について作成し、図 12-5 に示した。概ね 5～10Bq/L の範囲以下で推移していることが分かる。また、各放出期間のトリチウム濃度の最大値を同図内に示すが、それらの採取地点は、ほとんどが放水口付近に限定されている。

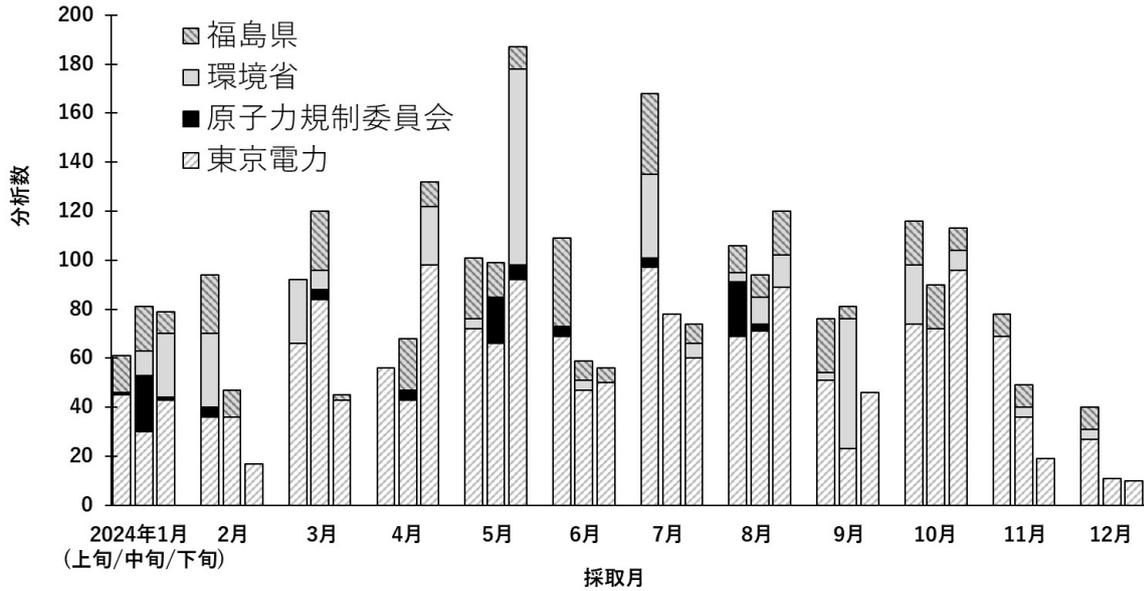


図 12-3 海水中のトリチウム濃度の分析数
(各月で左から上旬/中旬/下旬)

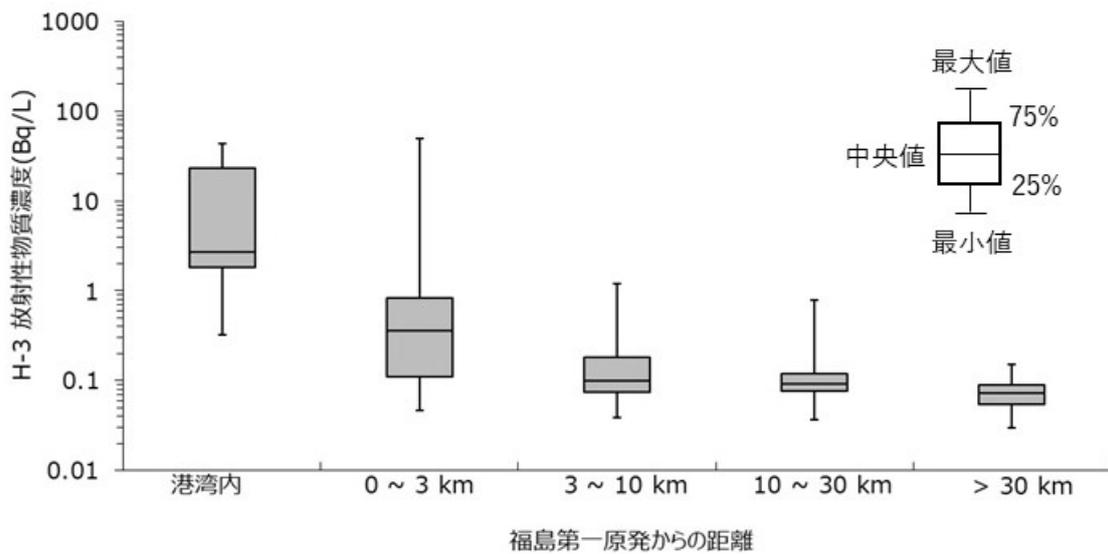


図 12-4 令和 6 年度のトリチウム濃度
(福島第一原発からの距離で大別)

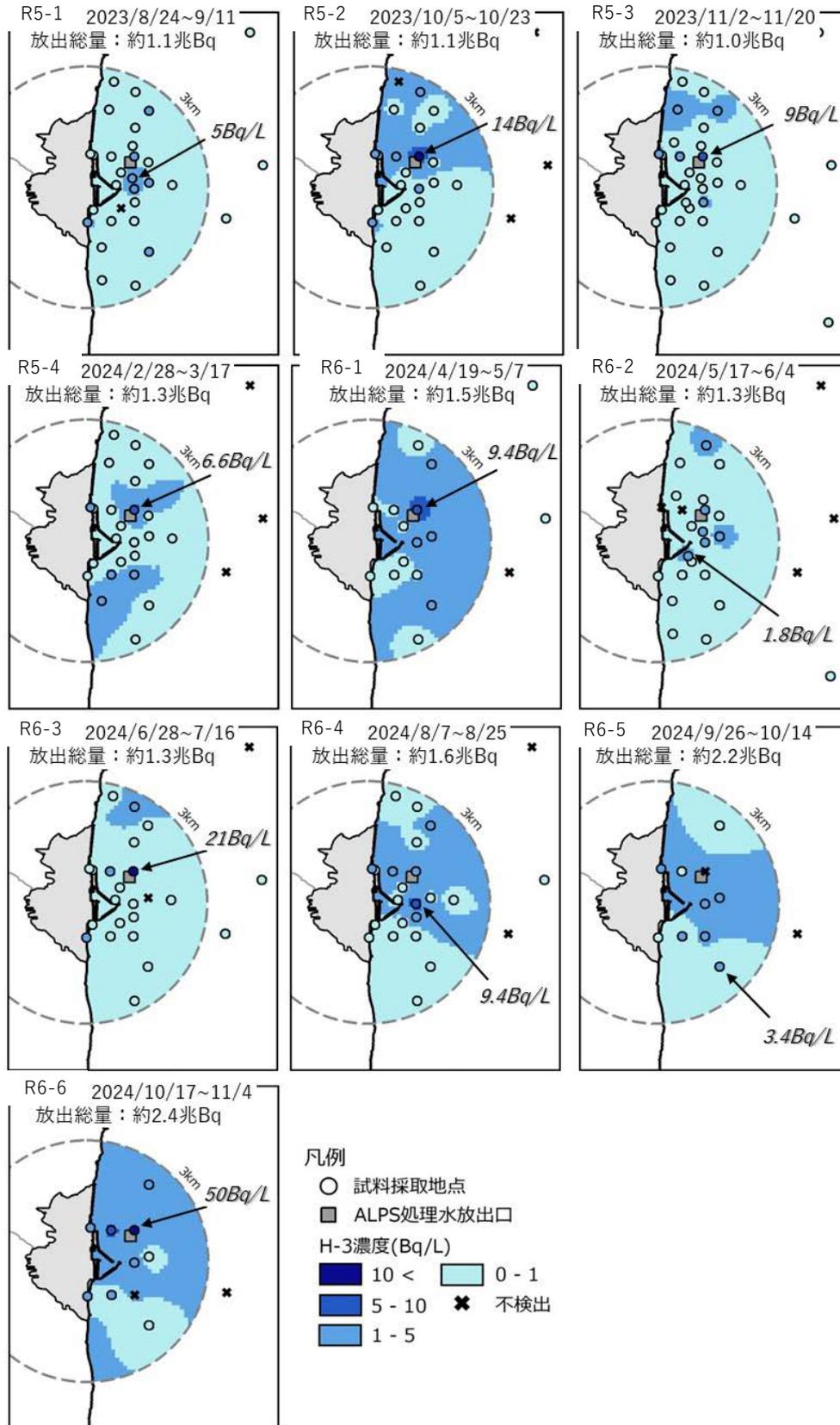


図 12-5 ALPS 処理水放出口付近のトリチウム濃度の分布図

(3 km 圏内のモニタリングデータのみを使用し、コンター図を IDW 法で作成した。各期間の最大値を図内に示す。なお、迅速分析の結果は含まない。)

12.2 海生生物中のトリチウム濃度データの解析

海生生物中のトリチウム濃度についても、海水中のトリチウム濃度の報告レベルフローチャートに倣い、データ公開から1週間以内を目途に評価結果を意思決定者（原子力規制庁）へ報告する体制を構築し運用してきた。ここでは、その評価解析結果の概要を報告する。なお、海生生物に関する東京電力の調査レベルの基準は無いため、暫定的に海水と同様とし、単位はBq/kg生重量とした。

12.2.1 モニタリング計画

海生生物のモニタリングについても総合モニタリング計画³⁹⁾の別紙に実施計画の詳細が記載されている。総合モニタリング計画（令和6年3月21日改訂）に記載がある採取海域、対象、分析頻度及び検出下限値を表12-2に、実施海域のイメージを図12-6に示す。実施機関は、東京電力、水産庁、環境省の3者である。また、表12-2に表示する検出下限値は分析の際の目標値であり、実際の測定ではこの目標値よりも低い濃度の測定結果が報告されている。本節では、参考文献の63)、64)及び67)で公開されているモニタリングデータを使用している。なお、水産庁が実施する分析は、検出下限値を10 Bq/L程度とする迅速分析（全トリチウム濃度の測定）を含む。

表 12-2 総合モニタリング計画に記載されているトリチウムに関する海生生物モニタリング

対象海域	対象	検出下限値 (Bq/L*)	分析頻度	実施機関
沿岸海域	魚類	1×10 ⁻¹ (組織自由水型) 5×10 ⁻¹ (有機結合型)	1回/月	東京電力
近傍海域	海藻類	1×10 ⁻¹ (組織自由水型) 5×10 ⁻¹ (有機結合型)	3回/年	
沿岸海域 沖合海域 外洋海域	水産物	3×10 ⁻¹ ~1 1×10 ¹ (迅速分析)	450検体/年	水産庁
近傍海域 沿岸海域	魚類	1×10 ⁻¹ (組織自由水型) 5×10 ⁻¹ (有機結合型)	4回/年	環境省

近傍海域：福島第一原発近傍で監視が必要な海域

※2号機排気筒と3号機排気筒の中間地点から概ね3kmの海域

沿岸海域：岩手県から宮城県、福島県、茨城県の海岸線から

概ね30km以内の海域（河口域を含み、近傍海域を除く）

沖合海域：海岸線から概ね30~90kmの海域

外洋海域：海岸線から概ね90km以遠の海域

* 有機結合型についてはBq/L-燃焼水の測定を実施

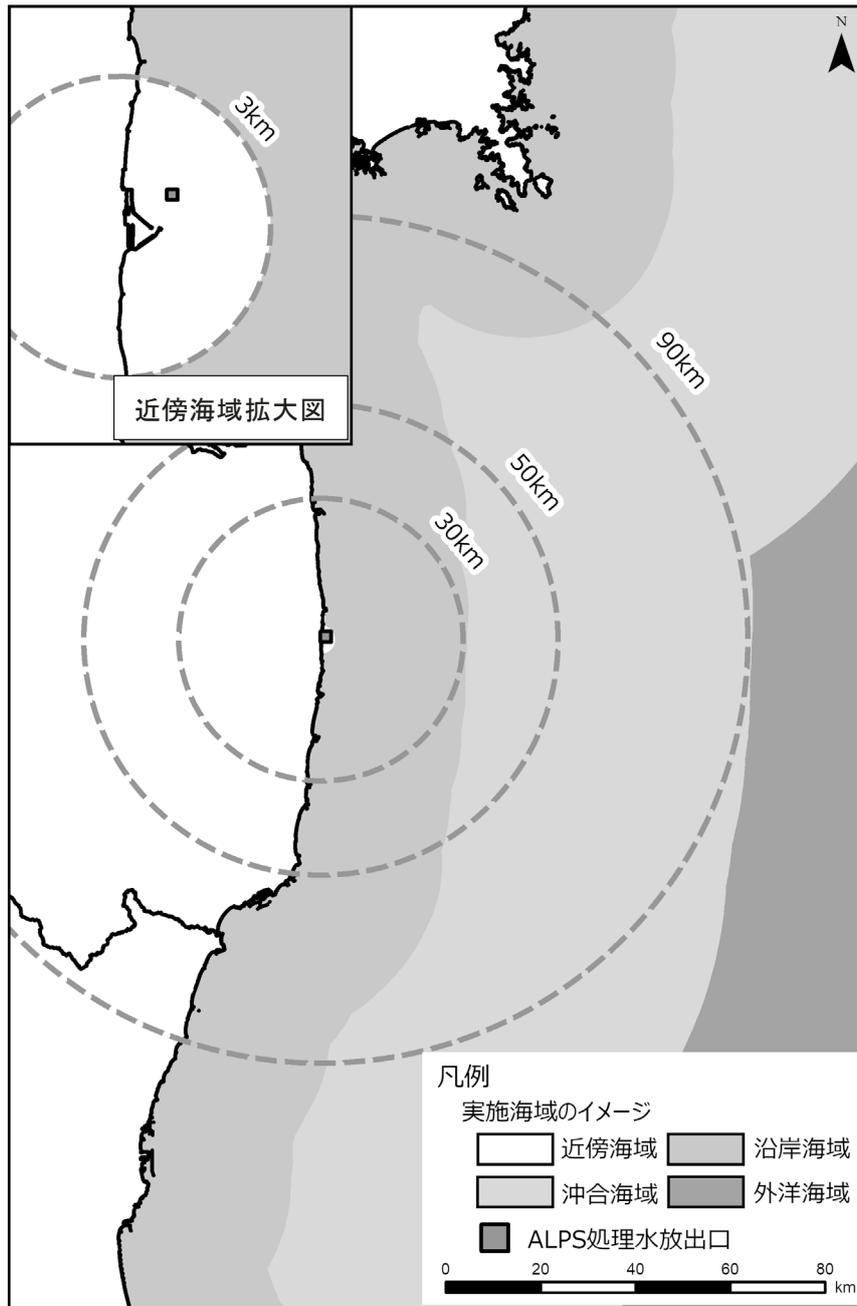


図 12-6 総合モニタリング計画に記載されている海生生物モニタリングの実施海域
(背景地図は国土数値情報⁶¹⁾(行政区画データ)を加工して作成)

12.2.2 測定結果

令和 6 年 1 月から令和 6 年 12 月までに公表された海生生物中のトリチウム濃度の分析数を図 12-7 に示す。迅速分析を含み、4 機関で計 872 個のデータが報告された。公開されているデータを基に放射能濃度と単位も加えた測定結果を表 12-3 に示す。東京電力が沿岸海域で実施した魚類(ヒラメ)の組織自由水型トリチウム TFWT (Tissue Free Water Tritium) 濃度は 0.032~0.14 Bq/kg 生重量、近傍海域で実施した海藻類(アラメ等)の TFWT 濃度は 0.09~0.31 Bq/kg 生重量と非常に低濃度であった。環境省が近傍海域・沿岸

海域で実施した魚類（ヒラメ、カスザメ等）の結果も同様に TFWT 濃度が 0.036～0.51 Bq/kg 生重量であった。また、水産庁が沿岸海域・沖合海域・外洋海域で実施した水産物（ヒラメ、ホウボウ、マゴチ、マダイ等）の迅速分析（全トリチウム）及び TFWT 測定結果はいずれも検出下限値以下（0.175～0.303 Bq/kg）であった。有機結合型トリチウム OBT（Organically Bound Tritium）の濃度測定は、東京電力では検出下限値以下（0.029～0.042 Bq/kg 生重量）となり、環境省では 0.048～0.054 Bq/kg 生重量となった。

東京電力（3 km 以遠の採取地点）及び環境省（3 km 圏内の採取地点）が実施した魚類の TFWT 濃度及び OBT 濃度の時間変化を処理水の放出時期と合わせてそれぞれ図 12-8 及び図 12-9 に示す。これまでに公表された測定結果より、処理水放出のタイミングに関わらず、TFWT は 10 Bq/kg 生重量（最大でも 1.3 Bq/kg 生重量）、OBT は 1 Bq/kg（最大でも 0.11 Bq/kg 生重量）を大きく下回っている。なお、水産庁のデータは未公開の座標も多く、検出下限値以下であるため、図示していない。

今後も濃度変動傾向の解析を引き続き実施し、海水と同様に異常な濃度が検知されないか監視を継続することが重要である。

表 12-3 海生生物中のトリチウム濃度の測定結果

実施機関	対象海域	対象	分析頻度	試料名	分析項目*	放射能濃度		
						検出値	検出下限値	単位
東京電力	沿岸海域	魚類	1回/月	ヒラメ	組織自由水型(TFWT)	0.041 ~ 0.18	-	Bq/L
						0.032 ~ 0.14		Bq/kg 生重量
				有機結合型(OBT)	検出されず	0.24 ~ 0.29	Bq/L	
						0.029 ~ 0.042	Bq/kg 生重量	
東京電力	近傍海域	海藻類	3回/年	アズマネジモク、アナアオサ、アラメ、ハリガネ、フダラク	組織自由水型(TFWT)	0.10 ~ 0.37	-	Bq/L
						0.09 ~ 0.31		Bq/kg 生重量
					有機結合型(OBT)	検出されず	0.24 ~ 0.32	Bq/L
						0.011 ~ 0.019	Bq/kg 生重量	
水産庁	沿岸海域	水産物	380検体/年	イシガレイ、ババガレイ、ヒラメ、メイタガレイ	迅速分析(全トリチウム)	6.77 ~ 10.96		Bq/kg
	沖合海域 外洋海域			ヒラメ、ホタテガイ、マダラ、エゾアワビ、スケトウダラ、ムシガレイ、マダイ、スルメイカ等	組織自由水型(TFWT)	0.175 ~ 0.303		
環境省	近傍海域	魚類	4回/年	アカエイ、カスザメ、ツマリカスベ、ヒラメ、マゴチ、混合魚種	組織自由水型(TFWT)	0.047 ~ 0.66	-	Bq/L
						0.036 ~ 0.51		Bq/kg 生重量
	沿岸海域			カスザメ、混合魚種	有機結合型(OBT)	0.33 ~ 0.36	Bq/L	
						0.048 ~ 0.054	Bq/kg 生重量	

* TFWT：組織自由水型トリチウム、OBT：有機結合型トリチウム

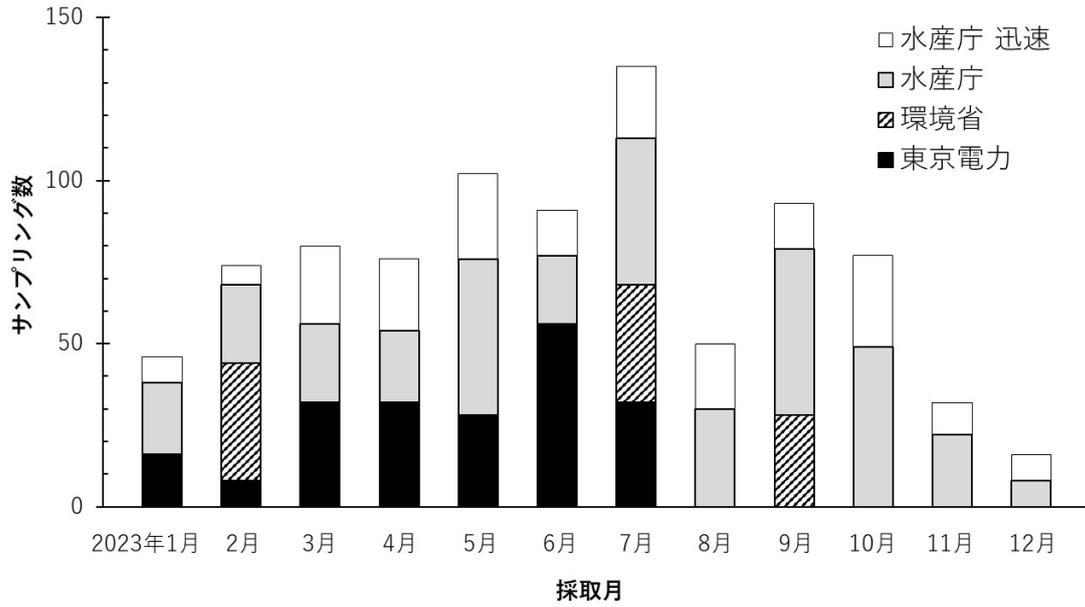


図 12-7 海生生物中のトリチウム濃度の分析数

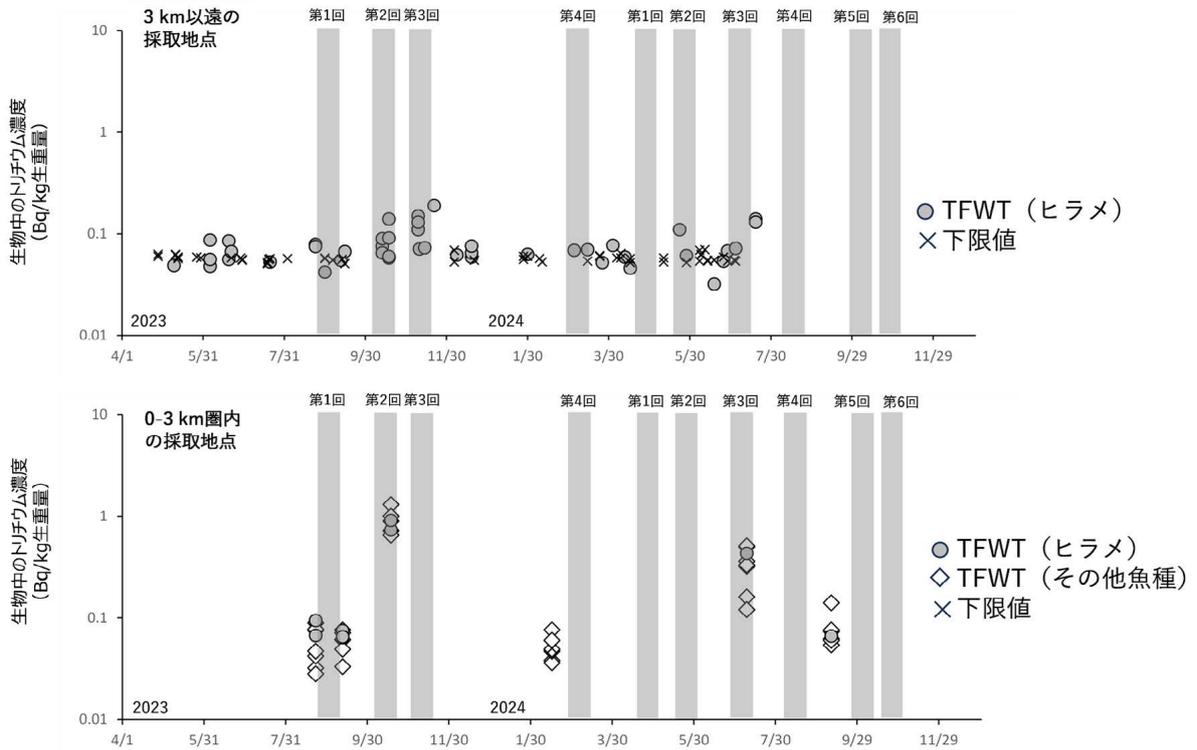


図 12-8 海生生物中の TFWT 濃度の変動傾向 (上：東京電力実施、下：環境省実施)
 (下限値：東京電力 (0.051~0.07 Bq/kg 生重量)、環境省 (0.05 Bq/kg 生重量))

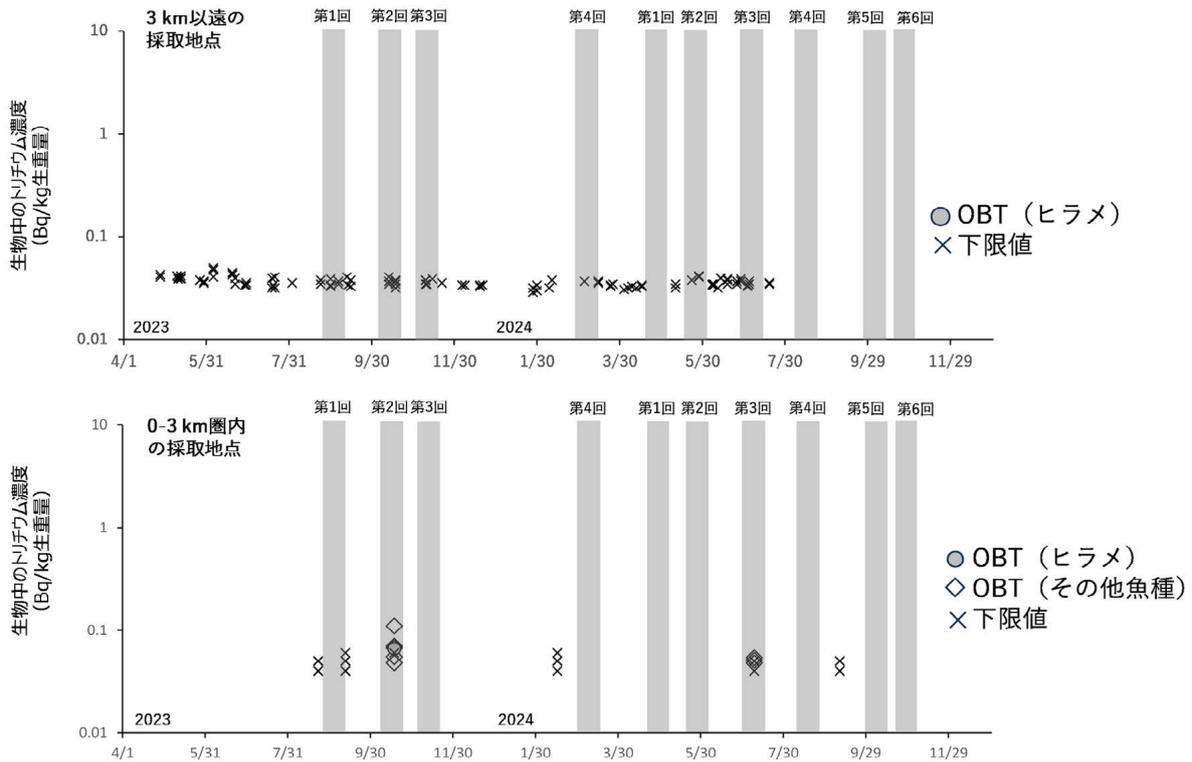


図 12-9 海生生物中の OBTC 濃度の変動傾向（上：東京電力実施、下：環境省実施）
 （下限値：東京電力（0.029～0.05 Bq/kg 生重量）、環境省（0.05～0.06 Bq/kg 生重量））

12.3 ALPS 処理水の海洋放出にあたって測定・評価を行う対象核種の濃度分布

処理水を放出する際、トリチウム以外の核種が規制基準以下であることを確認するため、放射性核種（表 12-4 に示す 30 核種）の告示濃度限度比総和が 1 を超えないことが求められている。表 12-4 に示す放射性核種のうち、モニタリング調査で検出値が報告された核種は、セシウム 134、セシウム 137、アメリシウム 241、炭素 14、ストロンチウム 90、プルトニウム 239+240、ウラン 234、ウラン 238、イットリウム 90（ストロンチウム 90 と放射平衡を仮定しているため、ストロンチウム 90 濃度と同値）の計 9 核種である。放射性セシウムについては 12.4 項で評価を実施するため、本項では、放射性セシウム以外の 7 核種について、濃度分布を図 12-10～図 12-12 に示す。図 12-10 にはアメリシウム 241、炭素 14、ウラン 234、ウラン 238、イットリウム 90 の 5 核種について示す。これらの点は環境省の調査点である E-S3、E-S10、E-S15 の 3 地点で実施されている。公開されているデータは、2023 年 9 月 13 日から 9 月 15 日に採取されたデータだけである。アメリシウム 241 は 10^{-6} Bq/L のオーダー、炭素 14 は 10^{-3} のオーダー、ウラン 234 及びウラン 238 は 10^{-2} のオーダー、イットリウム 90 は 10^{-4} から 10^{-3} のオーダーであった。図 12-11 及び図 12-12 にストロンチウム 90 及びプルトニウム 239+240 の濃度をそれぞれ示す。ストロンチウム 90 とプルトニウム 239+240 はそれぞれ 37 地点、8 地点で検出値が報告されている。また、処理水放出前から検出値が報告されているため、放出前、放出後（令和 5 年度、令和 6 年度）に分けて濃度を示した。ストロンチ

ウム 90 は 0.01～0.1 Bq/L の範囲以下で推移しており、放出前、放出後ともに変化は見られない。プルトニウム 239+240 は 0.00001～0.0001 の範囲以下で推移しており、放出前、放出後ともに変化は見られない。告示濃度限度比総和に関する 30 核種については、引き続き、異常な濃度が検知されないか監視を継続することが重要である。

表 12-4 告示濃度限度比総和に関する放射性核種

C-14 (炭素)	Sr-90 (ストロンチウム)	I-129 (ヨウ素)	Eu-154 (ユウロピウム)	Pu-239 (プルトニウム)
Mn-54 (マンガン)	Y-90 (イットリウム)	Cs-134 (セシウム)	Eu-155 (ユウロピウム)	Pu-240 (プルトニウム)
Fe-55 (鉄)	Tc-99 (テクネチウム)	Cs-137 (セシウム)	U-234 (ウラン)	Pu-241 (プルトニウム)
Co-60 (コバルト)	Ru-106 (ルテニウム)	Ce-144 (セリウム)	U-238 (ウラン)	Am-241 (アメリシウム)
Ni-63 (ニッケル)	Sb-125 (アンチモン)	Pm-147 (プロメチウム)	Np-237 (ネプツニウム)	Cm-244 (キュリウム)
Se-79 (セレン)	Te-125m (テルル)	Sm-151 (サマリウム)	Pu-238 (プルトニウム)	Cd-113m (カドミウム)

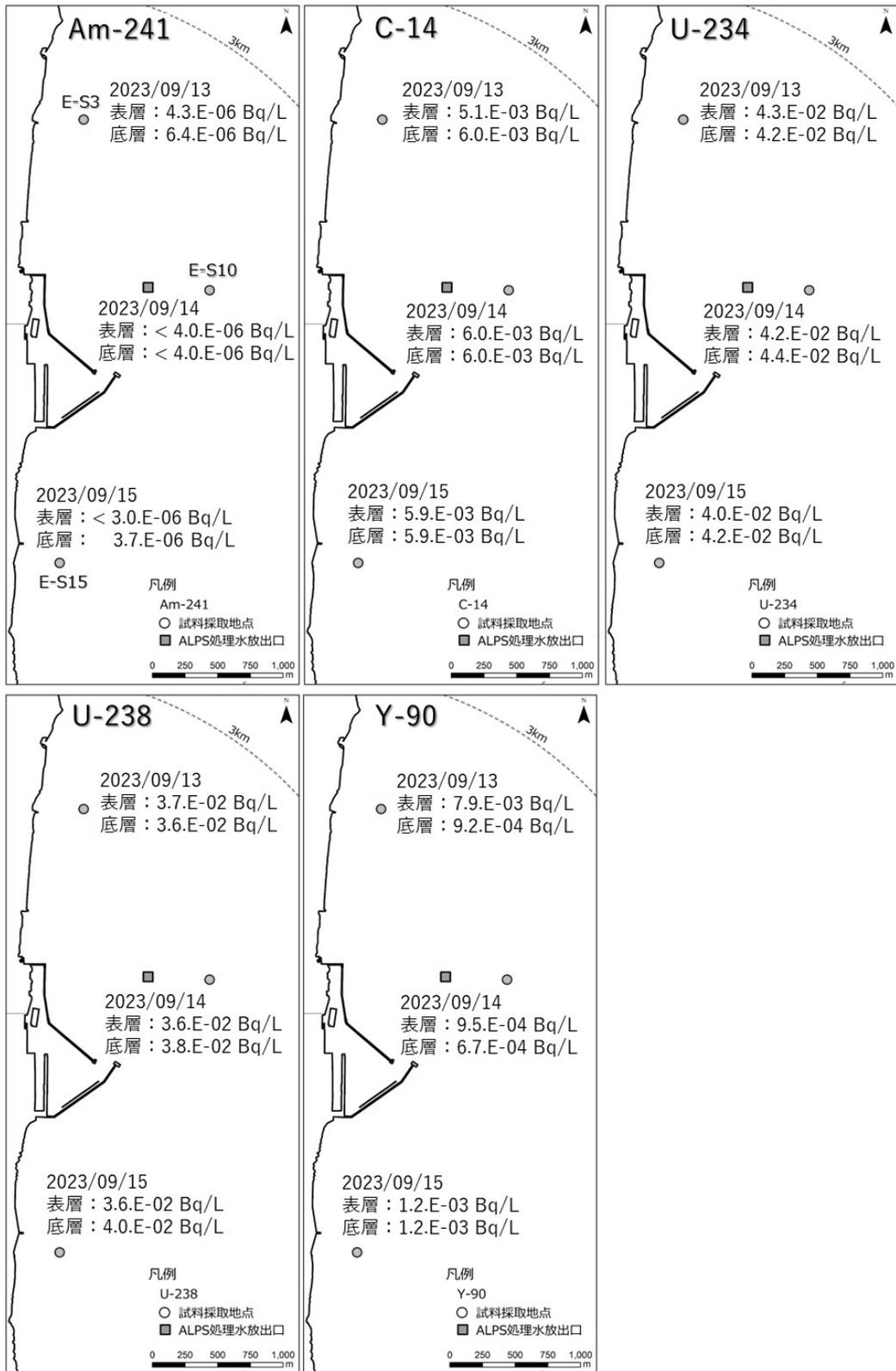


図 12-10 告示濃度限度比総和の対象核種の濃度分布 (Am-241、C-14、U-234、U-238、Y-90)

(背景図は国土数値情報⁶¹⁾(行政区域データ)を加工して作成)

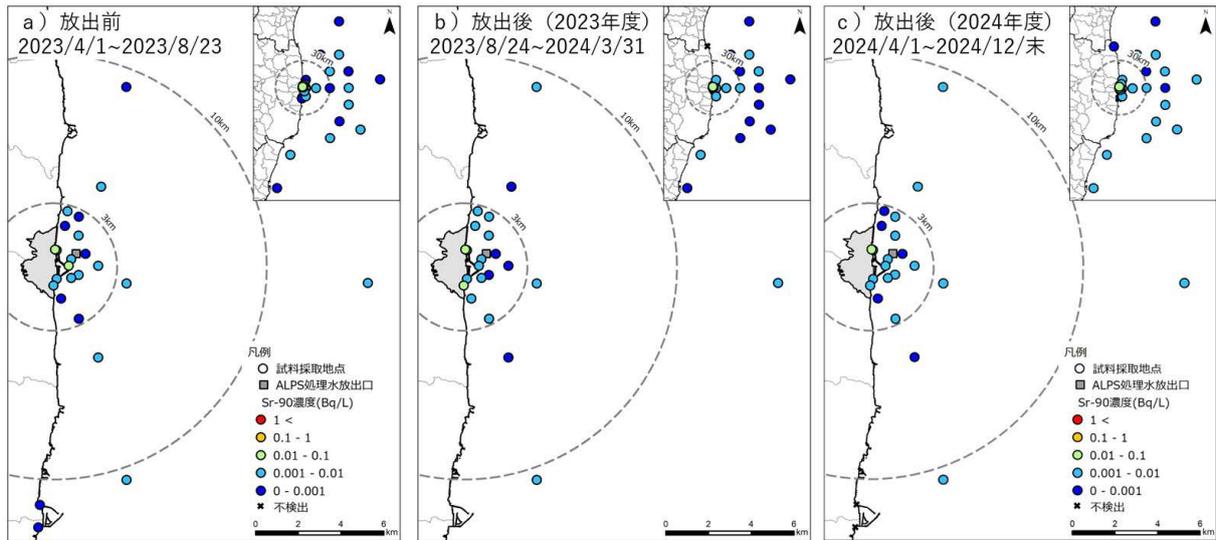


図 12-11 告示濃度限度比総和の対象核種の濃度分布 (Sr-90)
 (背景図は国土数値情報⁶¹⁾(行政区域データ)を加工して作成)

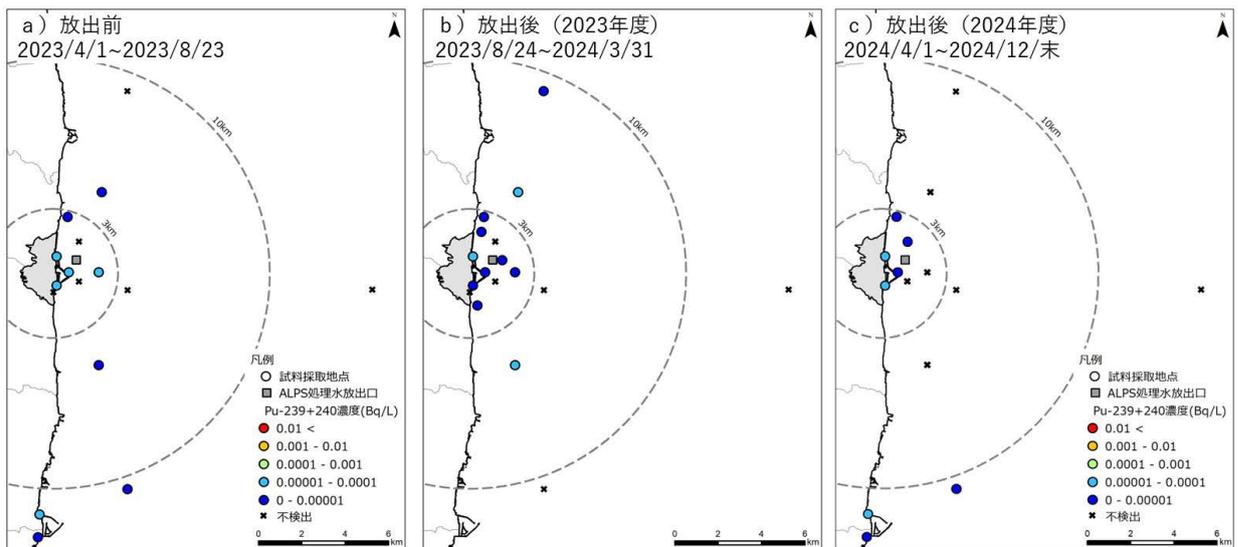


図 12-12 告示濃度限度比総和の対象核種の濃度分布 (Pu-239+240)
 (背景図は国土数値情報⁶¹⁾(行政区域データ)を加工して作成)

12.4 海域モニタリング地点の重要度分類

本項では、令和6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(海水・海底土)の測定結果について集約するとともに、事故による影響が大きいセシウム137に関して過去からの変動や濃度などの測定結果の評価を行った。総合モニタリング計画³⁹⁾(令和6年3月21日改訂)の別紙に記載されているセシウム137濃度に係る海水及び海底土モニタリングの採取ポイント、分析頻度及び検出下限値をそれぞれ表12-5及び表12-6にまとめる。なお、モニタリングデータの評価には公開されているデータ⁶³⁻⁶⁹⁾を使用した。

表 12-5 総合モニタリング計画に記載されているセシウム 137 に関する海水モニタリング
(1/2)

実施機関	採取ポイント	採取深度	分析頻度	検出下限値 (Bq/L)
東京電力	T-1, T-2	表層	1 回/日	1
			1 回/週	0.001
	T-3, T-6	表層	1 回/週	0.001
	T-0-1, T-0-2, T-0-3, T-0-1A, T-0-3A, T-A1, T-A2, T-A3	表層	1 回/週	1
	T-5, T-D1, T-D5, T-D9, T-4, T-11, T-14	表層・底層	1 回/週	0.001
	T-A, T-B, T-C, T-D, T-E, T-Z	表層・底層	1 回/月	1
環境省	T-MG0, T-MG1, T-MG2, T-MG3, T-MG4, T-MG5, T-MG6, T-S1, T-S2, T-S3, T-S4, T-S5, T-S7, T-S8, T-B1, T-B2, T-B3, T-B4, T-13-1, T-7, T-18, T-12, T-17-1, T-20, T-22, T-MA, T-M10	表層・底層	1 回/月	0.001
	E-71, E-72, E-73, E-74, E-75, E-76, E-77, E-78, E-79, E-7A, E-7B, E-7F, E-7G, E-7H, E-7I	表層・底層	1 回/1~2 ヶ月	1
	E-41, E-42, E-43, E-44, E-45, E-46, E-47, E-48, E-49, E-4A, E-4B, E-4C	表層・底層	1 回/1~6 ヶ月	1
	E-S3, E-S10, E-S15	表層・底層	1 回/3 ヶ月	0.001
	E-81, E-82, E-83, E-84, E-85	表層・底層	1 回/3~4 ヶ月	1
	E-31, E-32	表層・底層	1 回/6 ヶ月	1
E-T1, E-T2, E-T3, E-T4, E-T5, E-T6, E-T7, E-T8	表層・底層	4~7 回/年	1	
国土交通省	KK-U1	表層	1 回/月	5
原子力規制委員会	M-101, M-102, M-103, M-104	表層	1 回/月	0.001
	K-T1, K-T2	表層	6 回/年	0.001
	M-C3, M-D3, M-E3, M-E5, M-F3, M-G3, M-G4, M-H3, M-B3, M-C1, M-D1, M-E1, M-I0, M-J1, M-A1, M-A3, M-MI4, M-B1, M-B5, M-F1, M-G0, M-G1, M-H1, M-I1, M-I3, M-IB2, M-J3, M-K1, M-IB4, M-L1, M-L3, M-M1	表層、他*	1 回/3 ヶ月	0.001
	M-10, M-11, M-14, M-15, M-19, M-20, M-21, M-25, M-26, M-27	表層、他*	1 回/6 ヶ月	0.001
	E-T1, E-T2, E-T3, E-T4, M-C6, M-C9, KK-U1	表層	1 回/年	0.001

* 表層（海面～2 m 程度）並びに海面から 100、200、300 及び 500 m 程度

表 12-5 総合モニタリング計画に記載されているセシウム 137 に関する海水モニタリング
(2/2)

実施機関	採取ポイント	採取深度	分析頻度	検出下限値 (Bq/L)
福島県	福島沿岸（重要港湾） F-P13, F-P14, F-P15	海面～7 m 程度の範囲	1 回／月	1
	F-P01, F-P02, F-P03, F-P04, F-P07, F-P08, F-P09, F-P05, F-P06	表層	1 回／月	0.002
	福島沿岸（浅海漁場） F-P29, F-P30, F-P31, F-P32, F-P33, F-P34, F-P35	表層	1 回／2 ヶ月	1
	F-P10, F-P11	表層	1 回／3 ヶ月	0.002
	T-1, T-2	表層	1 回／3 ヶ月	0.05
	F-P12	表層	1 回／年	0.002
	福島沿岸（海水浴場） F-P36, F-P37, F-P38, F-P39, F-P40, F-P41, F-P42, F-P43, F-P44, F-P45, F-P46, F-P47, F-P48	表層	2 回／年	1

表 12-6 総合モニタリング計画に記載されているセシウム 137 に関する海底土モニタリング

実施機関	採取ポイント	分析頻度	検出下限値 (Bq/kg)
東京電力	T-1, T-2, T-3, T-4, T-5, T-11, T-14, T-B1, T-B2, T-B3, T-B4, T-D1, T-D5, T-D9, T-S1, T-S3, T-S4, T-S5, T-S7, T-S8, T-①, T-②, T-③, T-④, T-⑤, T-⑥, T-⑦, T-⑧, T-⑨, T-⑩, T-⑪, T-⑫, T-⑬	1 回/月	1
	T-7, T-12, T-13-1, T-17-1, T-18, T-20, T-22, T-M10, T-MA	1 回/2 ヶ月	1
環境省	E-71, E-72, E-73, E-74, E-75, E-76, E-77, E-78, E-79, E-7A, E-7B, E-7F, E-7G, E-7H, E-7I	1 回/1~2 ヶ月	10
	E-81, E-82, E-83, E-84, E-85	1 回/3~4 ヶ月	10
	E-T1, E-T2, E-T3, E-T4, E-T5, E-T6, E-T7, E-T8	4~7 回/年	10
	E-41, E-42, E-43, E-44, E-45, E-46, E-47, E-48, E-49, E-4A, E-4B, E-4C	1 回/1~6 ヶ月	10
	E-31, E-32	1 回/6 ヶ月	10
	E-37, E-38, E-39, E-3A, E-4F, E-4G, E-4H, E-4J, E-4K, E-4L, E-4M, E-7C, E-7D, E-7E, E-7J, E-7K, E-7L	1 回/年	1
原子力規制委員会	K-T1, K-T2	6 回/年	1
	(沖合海域) M-A1, M-A3, M-MI4, M-B1, M-B3, M-B5, M-C1, M-C3, M-D1, M-D3, M-E1, M-E3, M-E5, M-F1, M-F3, M-G0, M-G1, M-G3, M-G4, M-H1, M-H3, M-I0, M-I1, M-I3, M-IB2, M-IB4, M-J1, M-J3, M-K1, M-L1, M-L3, M-M1	1 回/3 ヶ月	1
	(東京湾) M-C1, M-C2, M-C3, M-C4, M-C5, M-C6, M-C7, M-C8, M-C9, M-C10, C-P1, C-P2, C-P3, C-P4, C-P5, C-P8	1 回/3 ヶ月	1
福島県	F-P01, F-P02, F-P03, F-P04, F-P05,	1 回/3 ヶ月	1.5
	F-P29, F-P30, F-P31, F-P32, F-P33, F-P34, F-P35, F-P49, F-P50, F-P51, F-P52, F-P53, F-P54, F-P55, F-P56, F-P57, F-P58, F-P59, F-P60, F-P61, F-P62, F-P63, F-P64, F-P65, F-P66, F-P67, F-P68, F-P69, F-P70, F-P71, F-P72, F-P73, F-P74, F-P75, F-P76, F-P77, F-P78, F-P79, F-P80, F-P81, F-P82, F-P83	1 回/2 ヶ月 ~2 回/年	10
	F-P12	1 回/年	1.5

12.4.1 調査内容

総合モニタリング計画に記載された、放射性セシウム濃度を測定している海水モニタリング地点全 376 地点及び海底土モニタリング地点全 202 地点における令和 6 年 3 月期までの測定結果を用い、以下の 3 項目について解析を実施した。なお、評価方法については、平成 31 年度及び令和 2 年度放射性物質測定調査委託費（福島県近沿岸海域等における放射性

物質等の状況調査) 事業^{70,71)} (以下これらをそれぞれ「令和元年度海域事業」及び「令和2年度海域事業」という。) で用いた方法を適用した。

- ① 事故から6年後以降(平成29年4月から令和6年3月まで)の平均放射性物質濃度(以下「現状の濃度」という。)の算出。
- ② 放射性物質濃度の変動ファクターの算出: 事故から1年後以降のモニタリングデータについて経過時間に対する対数線形回帰分析を行った。実測値と回帰関数から得られた予測値との相対誤差を求め、得られた誤差の標本標準偏差(標準誤差)の2倍を変動ファクター(90-95%信頼限界値)と定義した。
- ③ 実効半減期の算出: 上記の対数線形回帰直線の傾きから事故から1年後以降の実効半減期を求めた。

上記評価方法の一例として、福島第一原発5号機及び6号機放水口北側に位置するT-1地点における海底土のセシウム137の測定結果と近似直線を図12-13に示す。

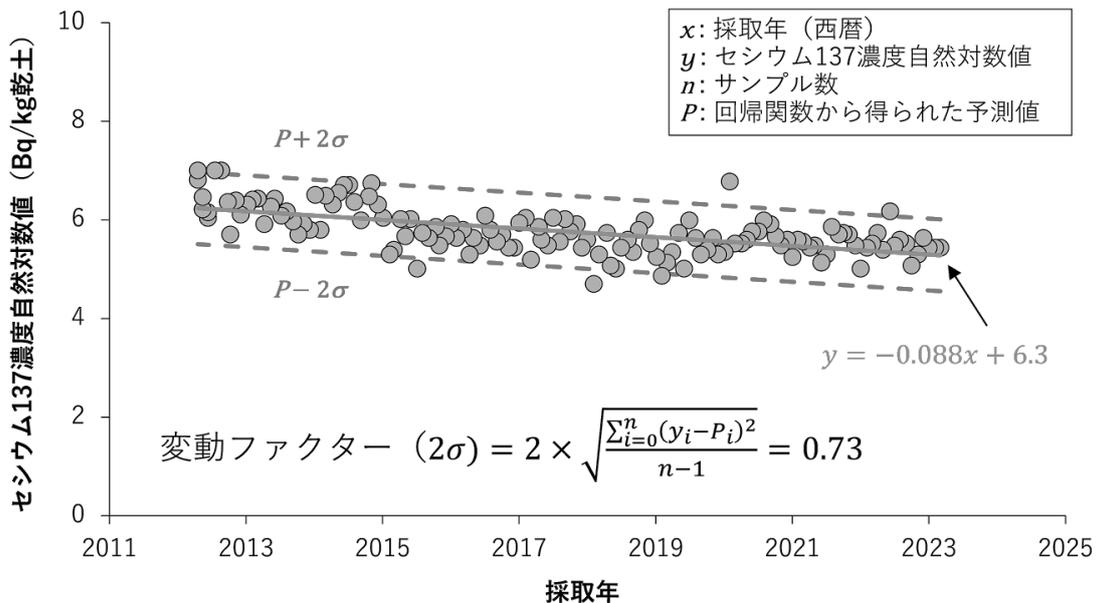


図 12-13 海底土のセシウム 137 濃度の測定結果に対して回帰分析した一例
(実線は近似曲線、点線は標本標準偏差(標準誤差)の2倍を意味する。)

12.4.2 調査結果

1) 海水モニタリングの解析

全 376 地点のセシウム 137 のモニタリング結果について 12.4.1 項に示した 3 項目の解析を行った。採取ポイントの重要度について相互比較を行うため、以下の 2 段階の判定基準を設定し、6 ランクに分類した。なお、後述する過年度評価結果との比較では、過年度に採水されていない(比較できない)地点及び検出下限値が 1 Bq/L 以上で ND(不検出)の 154 地点については対象外とした。

• 第1段階

「現状の濃度」及び「変動ファクターから推測される 95 パーセンタイル値^e（現状の濃度×変動ファクター、以下「95 パーセンタイル値」という。）」の2つの数値を用いて以下のように判定する。

ランク A：現状の濃度が 0.5 Bq/L 以上

ランク B：現状の濃度は 0.5 Bq/L 未満だが、95 パーセンタイル値が 0.5 Bq/L を超過する可能性がある

ランク C：0.5 Bq/L 超過の可能性は低いが、現状の濃度が平常の変動上限値 0.01 Bq/L 以上又は 95 パーセンタイル値が 0.01 Bq/L 超過の可能性はある

ランク D：現状の濃度が平常の変動上限値 0.01 Bq/L を下回り、95 パーセンタイル値も 0.01 Bq/L を超過する可能性が低い

判定基準である 0.5 Bq/L は、濃縮係数を 100⁷²⁾ とした場合の水産物の基準値 (100 Bq/kg 湿潤) に相当する海水濃度値 (1 Bq/L) に濃度値の誤差やバラつきを考慮した安全係数 2 で除した数値として設定した。もう一つの判定基準となる平常の変動上限値 0.01 Bq/L については、事故前の放射性セシウム濃度レベル (2006～2010 年 (平成 18～22 年)) 度の「海洋環境放射能総合評価事業」におけるモニタリング結果⁷³⁾ の最大値 (0.004 Bq/L) 及び「平常時モニタリングについて」(平成 30 年 4 月 4 日付原子力災害対策指針補足参考資料) の陸水セシウム 137 濃度測定目標値 (0.008 Bq/L) を参考として設定した。

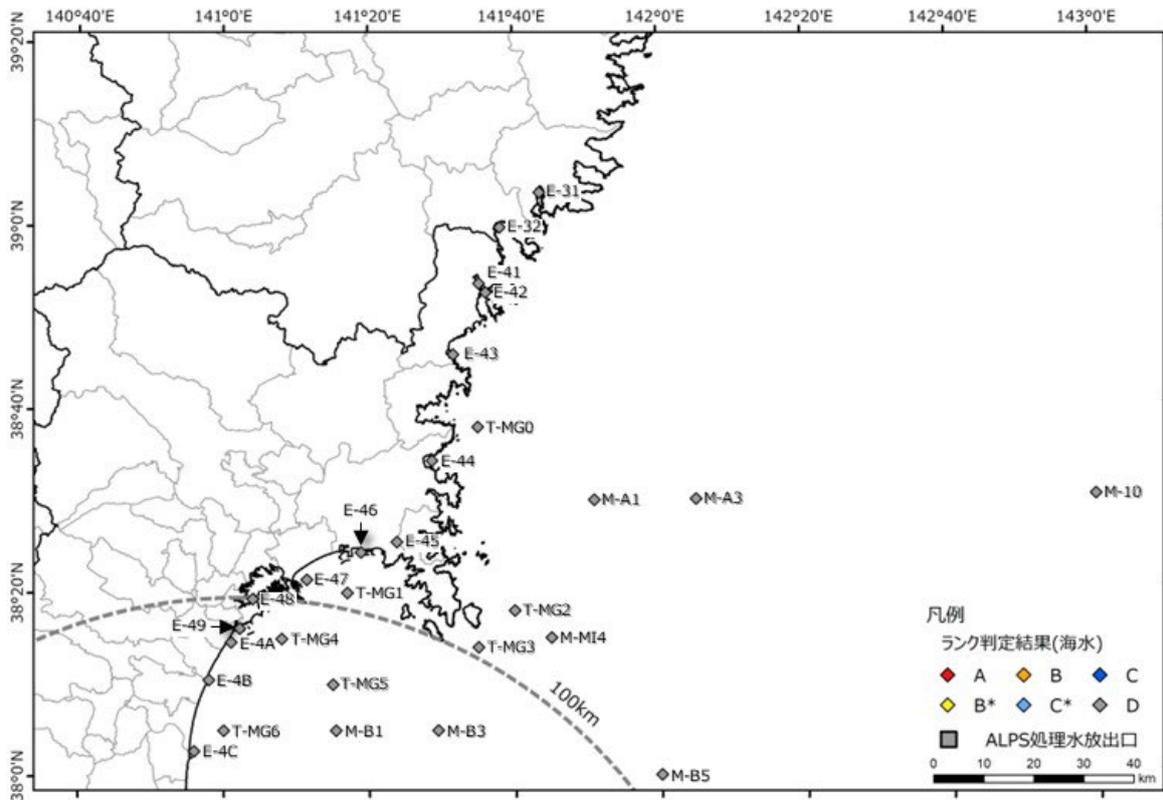
• 第2段階

第1段階においてランク B 及び C に該当した採取ポイントについて、実効半減期がセシウム 137 の物理的半減期相当である 30 年を超えた場合、新たな流入影響の可能性が考えられるため、それぞれランク B*及び C*として区別した。表 12-7 に各海域のランク分け結果について示す。また、図 12-14 に令和 6 年度調査 (令和 6 年 3 月期までのデータを採用) でのランク結果を示す。ランク分け結果の令和 5 年度調査との比較については 12.4.3 項に述べる。

^e 試料数により 95–97.5 パーセンタイル値となるが、本報告書では保守的に 95 パーセンタイル値と標記する。

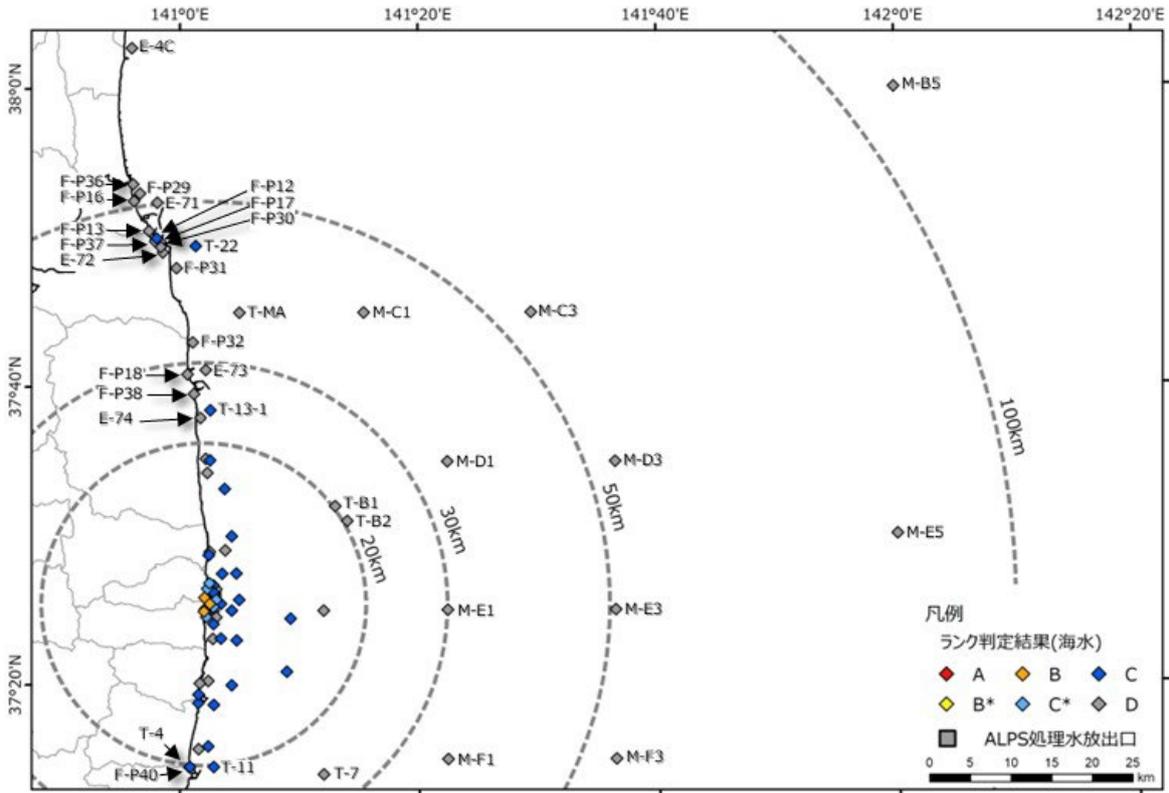
表 12-7 各海域（海水採取ポイント）のランク分け結果

	A	B*	B	C*	C	D	評価対象外	計
岩手県	0	0	0	0	0	0	D:4	4
宮城県	0	0	0	0	0	14	D:24	38
福島県	0	0	3	7	53	29	A:1 D:60	153
茨城県	0	0	0	0	0	0	D:22	22
沖合	0	0	0	0	0	84		84
外洋	0	0	0	1	0	49		50
東京湾	0	0	0	0	0	9	D:16	25
計	0	0	3	8	53	185	127	376

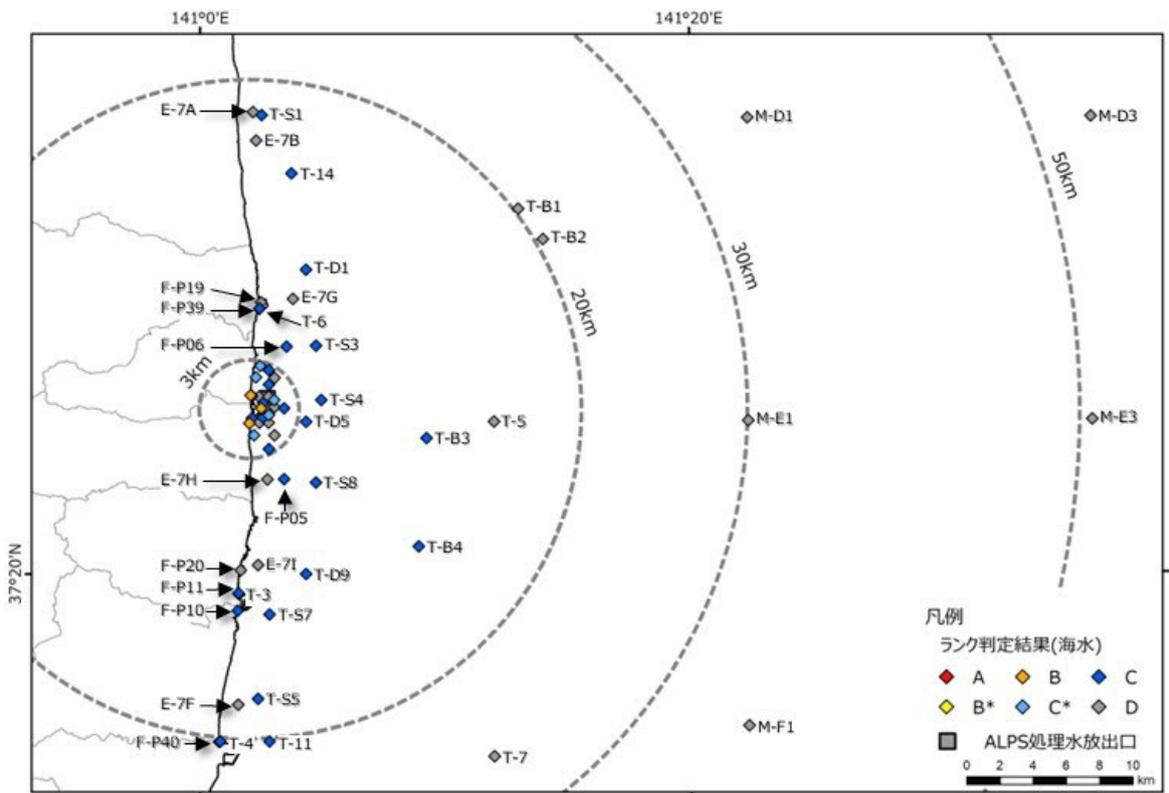


(a) 岩手・宮城県エリア

図 12-14 令和 6 年度調査での海水モニタリング地点のランク結果 (1/5) (背景図は国土数値情報⁶¹⁾ (行政区画データ) 及び ESRI ジャパンデータコンテンツ, (c) Esri Japan。)

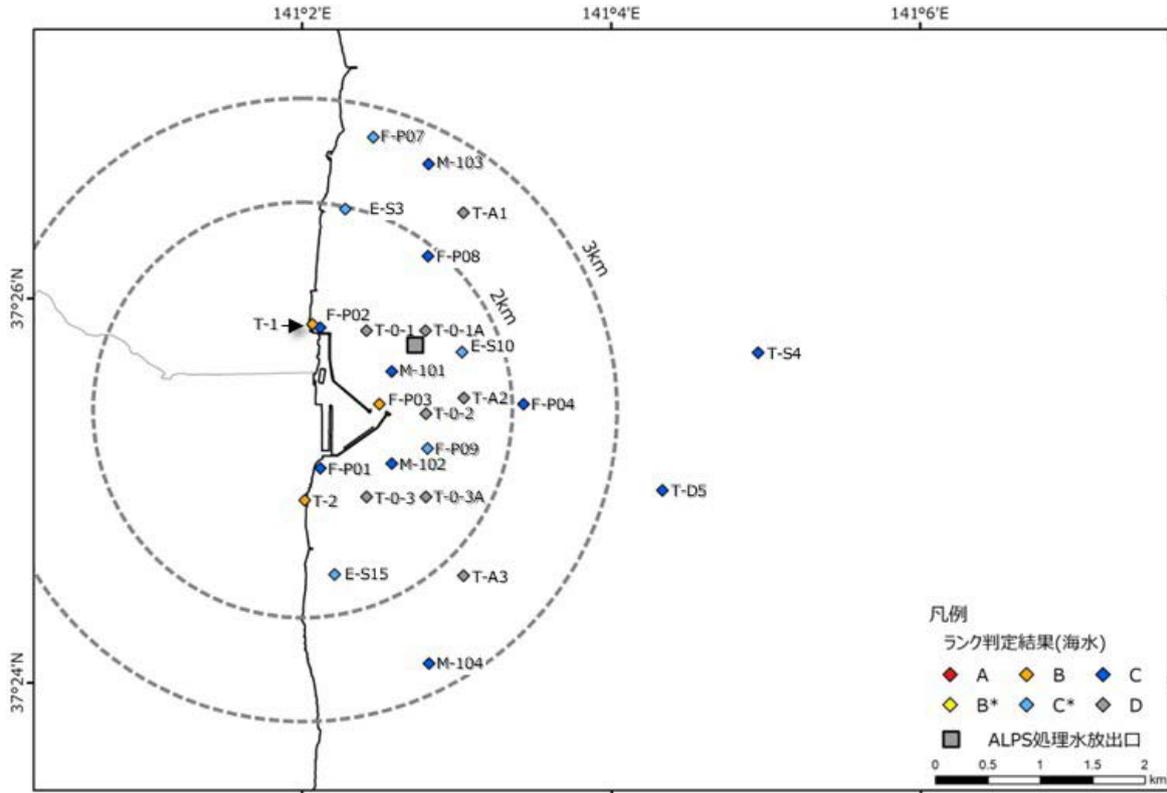


(b) 宮城・福島県エリア

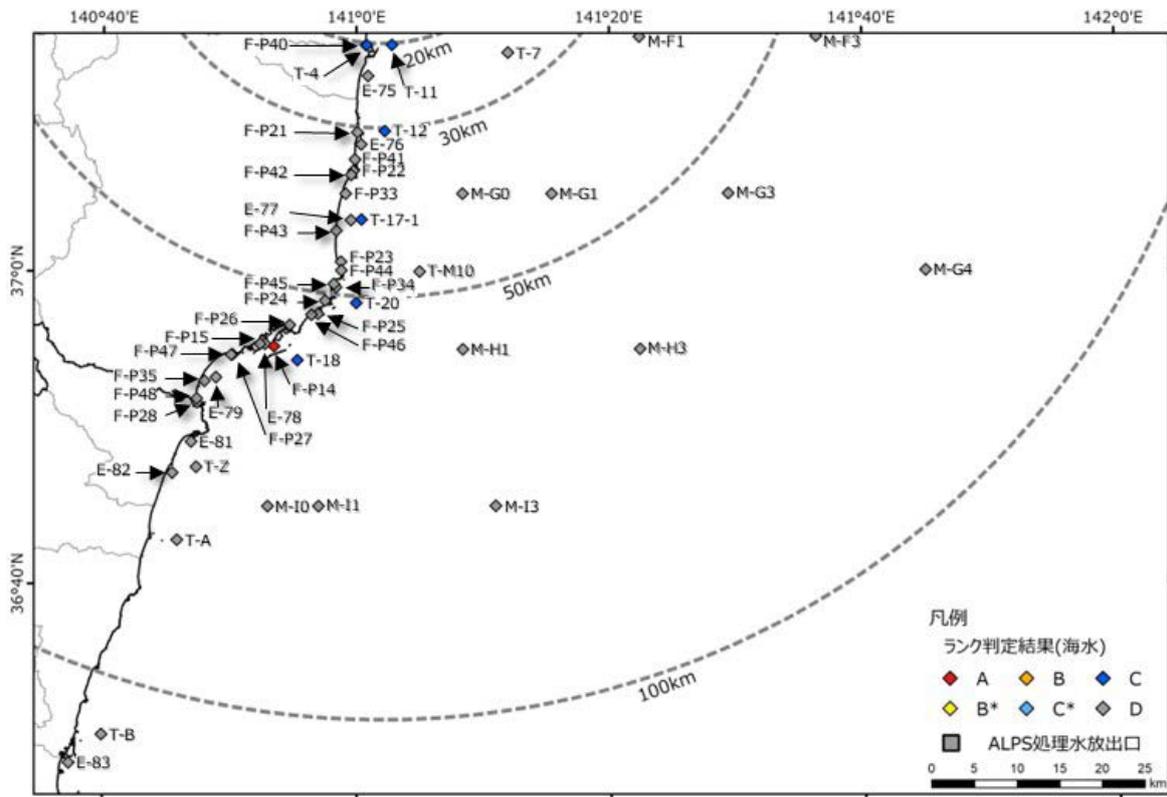


(c) 福島県エリア

図 12-14 令和 6 年度調査での海水モニタリング地点のランク結果 (2/5) (背景図は国土数値情報⁶¹⁾ (行政区画データ) 及び ESRI ジャパンデータコンテンツ, (c) Esri Japan。)

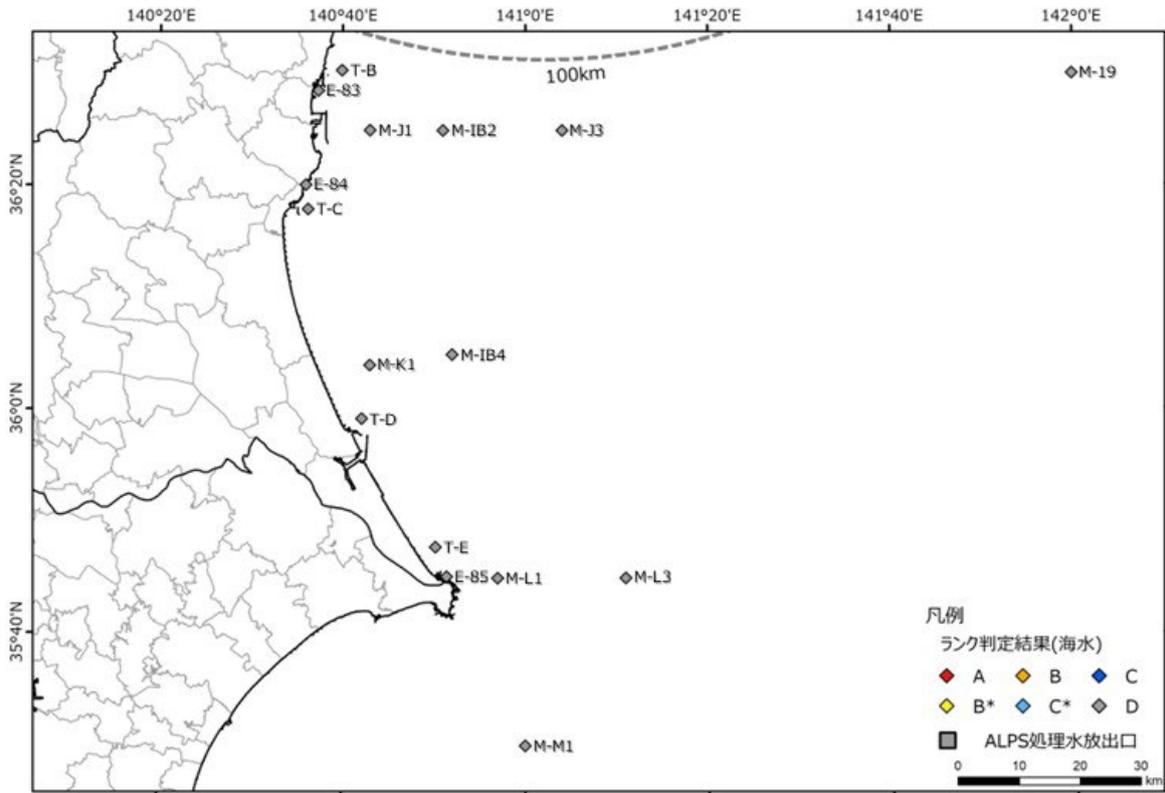


(d) 福島第一原発近傍エリア

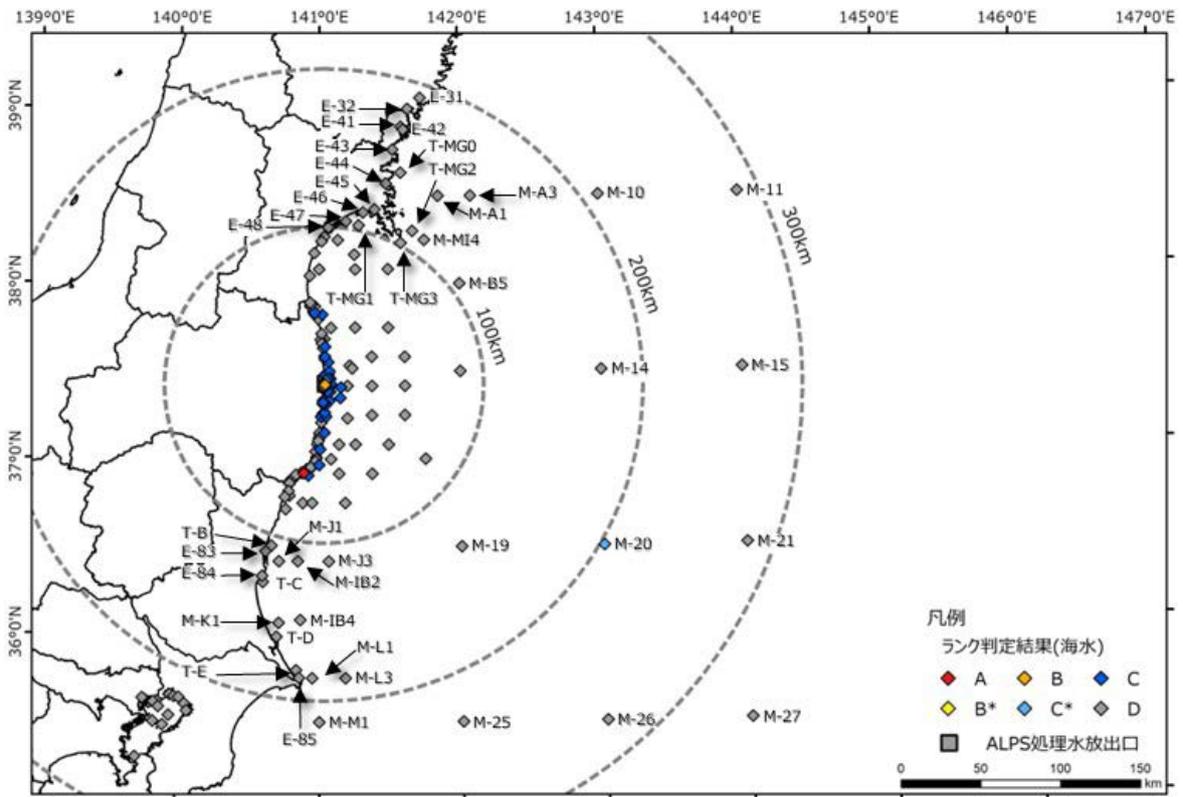


(e) 福島・茨城県エリア

図 12-14 令和 6 年度調査での海水モニタリング地点のランク結果 (3/5) (背景図は国土数値情報⁶¹⁾ (行政区画データ) 及び ESRI ジャパンデータコンテンツ, (c) Esri Japan。)

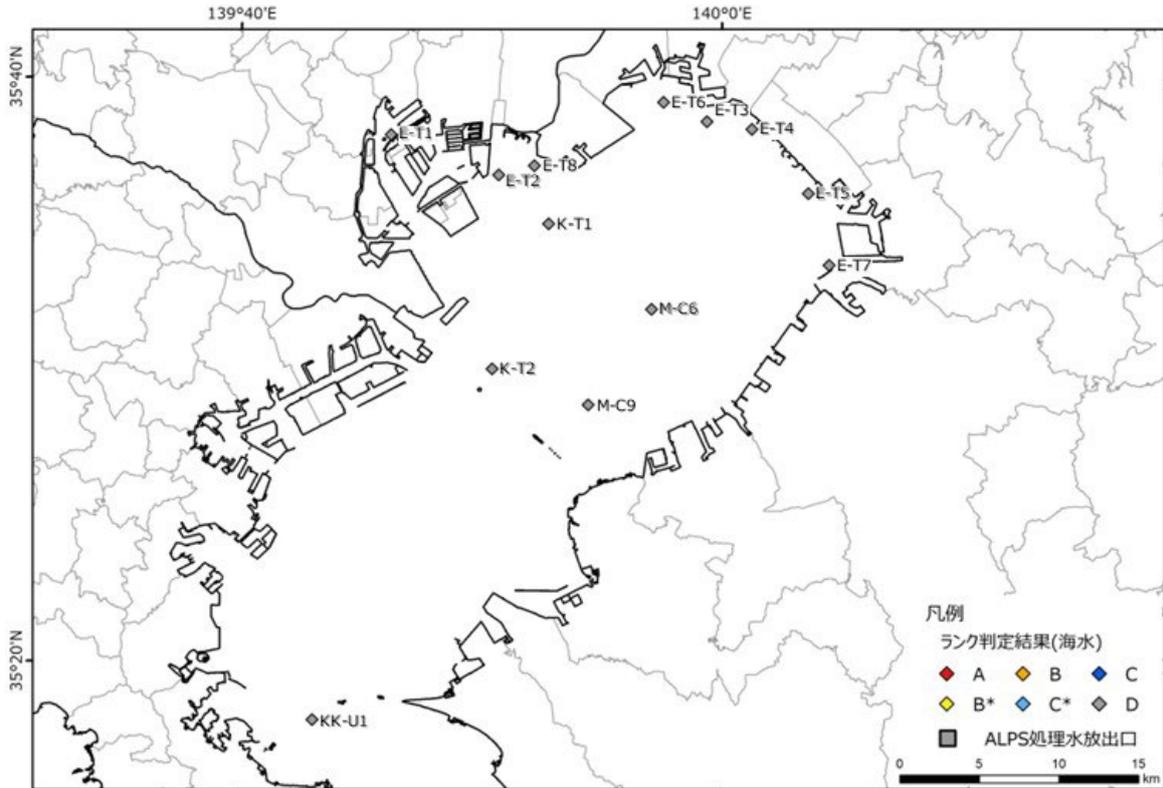


(f) 茨城・千葉県エリア



(g) 福島第一原発を中心とした 100 km 圏外エリア

図 12-14 令和 6 年度調査での海水モニタリング地点のランク結果 (4/5) (背景図は国土数値情報⁶¹⁾ (行政区画データ) 及び ESRI ジャパンデータコンテンツ, (c) Esri Japan。)



(h) 東京湾エリア

図 12-14 令和 6 年度調査での海水モニタリング地点のランク結果 (5/5) (背景図は国土数値情報⁶¹⁾ (行政区画データ) 及び ESRI ジャパンデータコンテンツ, (c) Esri Japan。)

2) 海底土モニタリングの解析

全 202 地点のセシウム 137 のモニタリング結果について 12.4.1 項に示した 3 項目の解析を行った。海水と同様、採取ポイントの重要度について相互比較を行うため、以下の 2 段階の判定基準を設定し、6 ランクに分類した。なお、後述する過年度評価結果との比較では、過年度に採泥されていない (比較できない) 3 地点については対象外とした。

・ 第 1 段階

「現状の濃度」及び「変動ファクターから推測される 95 パーセンタイル値 (現状の濃度×変動ファクター)」の 2 つの数値を用いて以下のように判定する。

ランク A : 現状の濃度が 50 Bq/kg 乾土以上

ランク B : 現状の濃度は 50 Bq/kg 乾土未満だが、95 パーセンタイル値が 50 Bq/kg 乾土を超過する可能性がある

ランク C : 50 Bq/kg 乾土超過の可能性は低いが、現状の濃度が 10 Bq/kg 乾土以上又は 95 パーセンタイル値が 10 Bq/kg 乾土超過の可能性がある

ランク D : 現状の濃度が平常の変動上限値 10 Bq/kg 乾土を下回り、95 パーセンタイル値も 10 Bq/kg 乾土を超過する可能性が低い

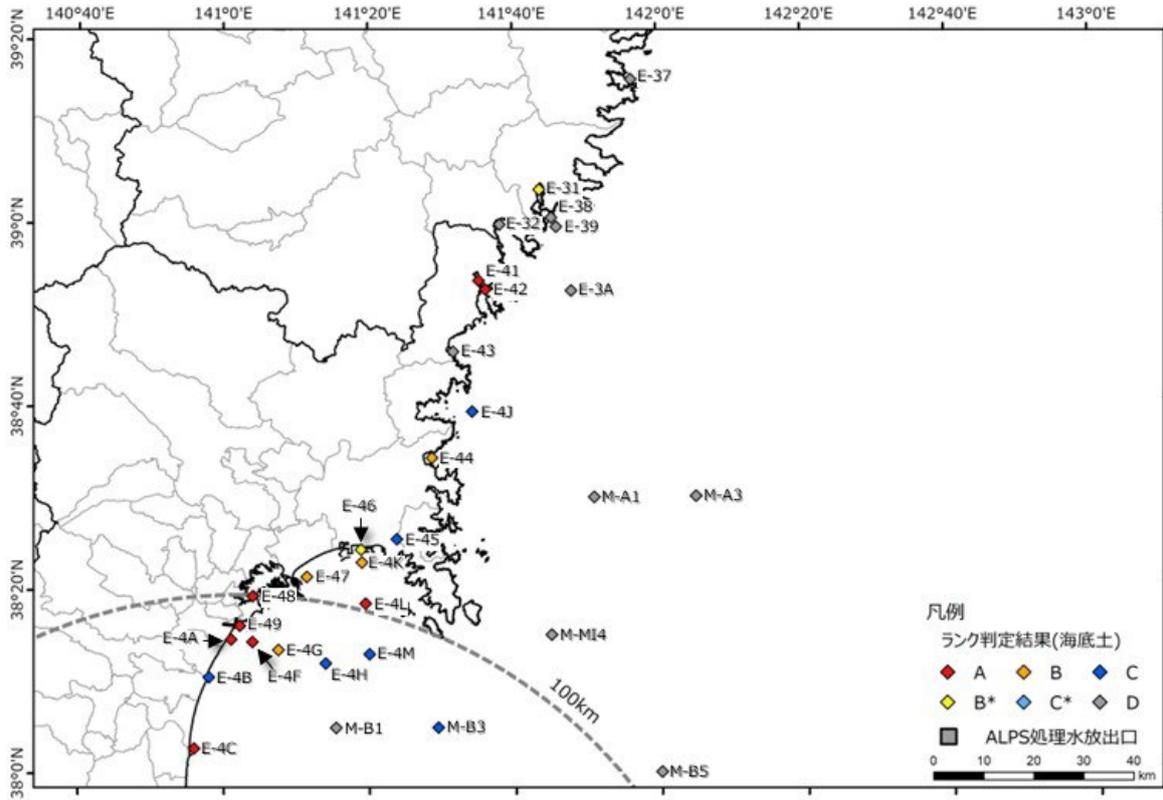
判定基準である 50 Bq/kg 乾土は、原子炉等規制法に定められる放射性セシウムのクリアランスレベルを参考に、廃棄物を安全に再利用できる基準（100 Bq/kg）に対して濃度値の誤差やバラつきを考慮した安全係数 2 で除した数値を設定した。もう一つの判定基準となる平常の変動上限値 10 Bq/kg 乾土については、事故前の放射性セシウム濃度レベル（2006～2010 年（平成 18～22 年）度の「海洋環境放射能総合評価事業」におけるモニタリング結果⁷³⁾の最大値（9.5 Bq/kg 乾土）及び「平常時モニタリングについて」（平成 30 年 4 月 4 日付原子力災害対策指針補足参考資料）の陸水セシウム 137 濃度測定目標値（3 Bq/kg 乾土）を参考として設定した。

• 第 2 段階

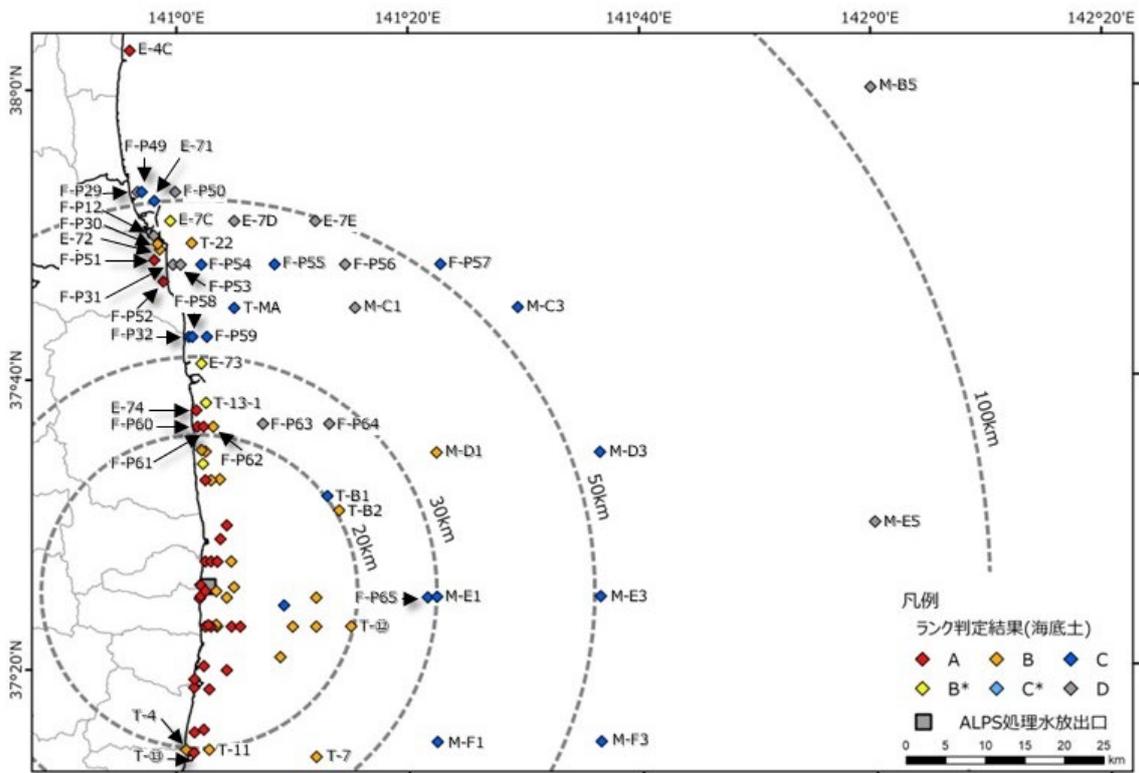
第 1 段階においてランク B 及び C に該当した採取ポイントについて、実効半減期がセシウム 137 の物理的半減期相当である 30 年を超えた場合、新たな流入影響の可能性が考えられるため、それぞれランク B*及び C*として区別した。表 12-8 に各海域の海底土ランク分け結果について示す。また、図 12-15 に令和 6 年度調査（令和 6 年 3 月期までのデータを採用）でのランク結果を示す。ランク分け結果の令和 5 年度調査との比較については 12.4.3 項に述べる。

表 12-8 各海域（海底土採取ポイント）のランク分け結果

	A	B*	B	C*	C	D	計
岩手県	0	1	0	0	0	5	6
宮城県	8	1	4	0	5	1	19
福島県	43	4	38	0	19	10	114
茨城県	0	0	2	0	3	0	5
沖合	3	0	2	0	17	10	32
東京湾	3	4	1	1	12	5	26
計	57	10	47	1	56	31	202

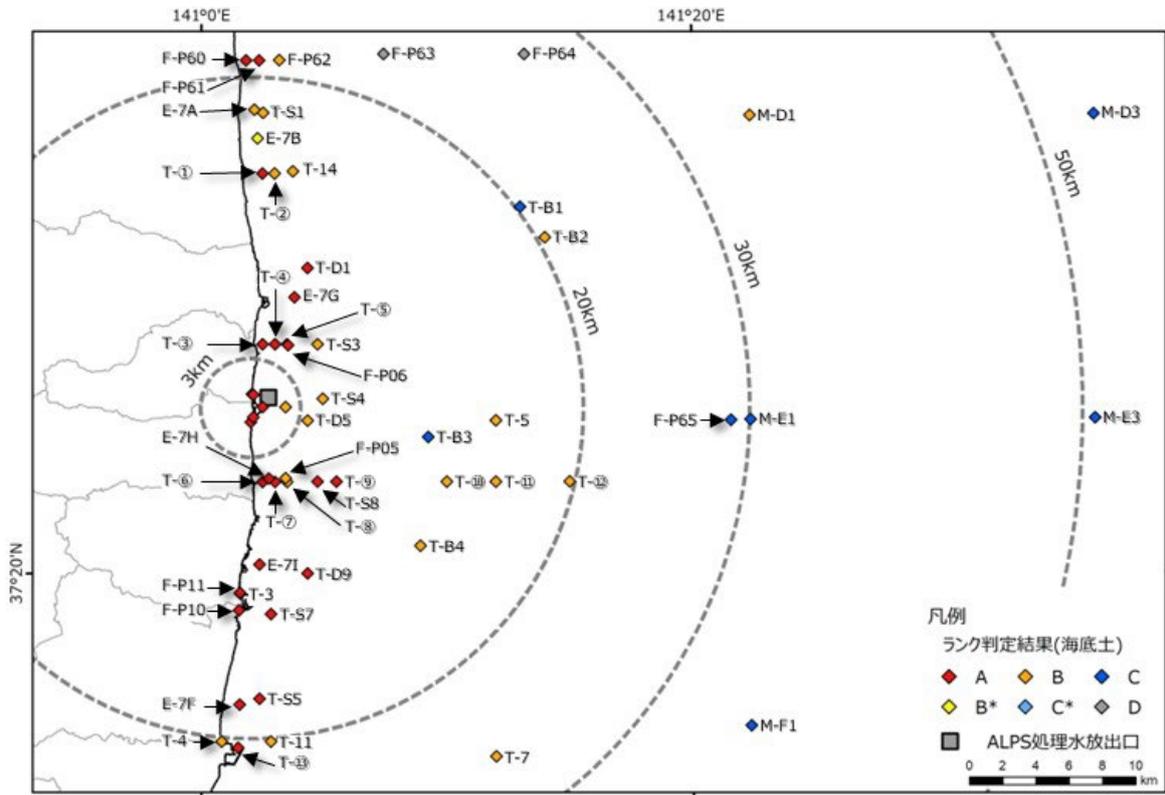


(a) 岩手・宮城県エリア

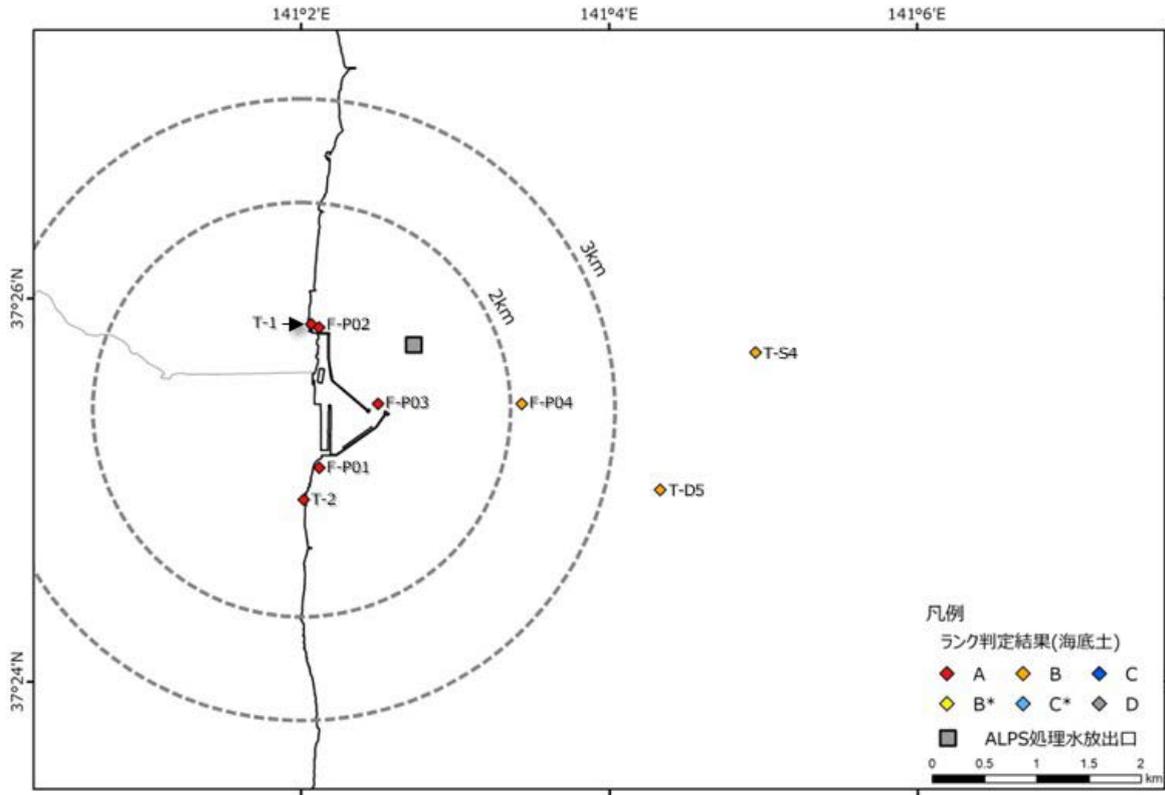


(b) 宮城・福島県エリア

図 12-15 令和 6 年度調査での海底土モニタリング地点のランク結果 (1/4) (背景図は国土数値情報⁶¹⁾ (行政区域データ) 及び ESRI ジャパンデータコンテンツ, (c) Esri Japan.)

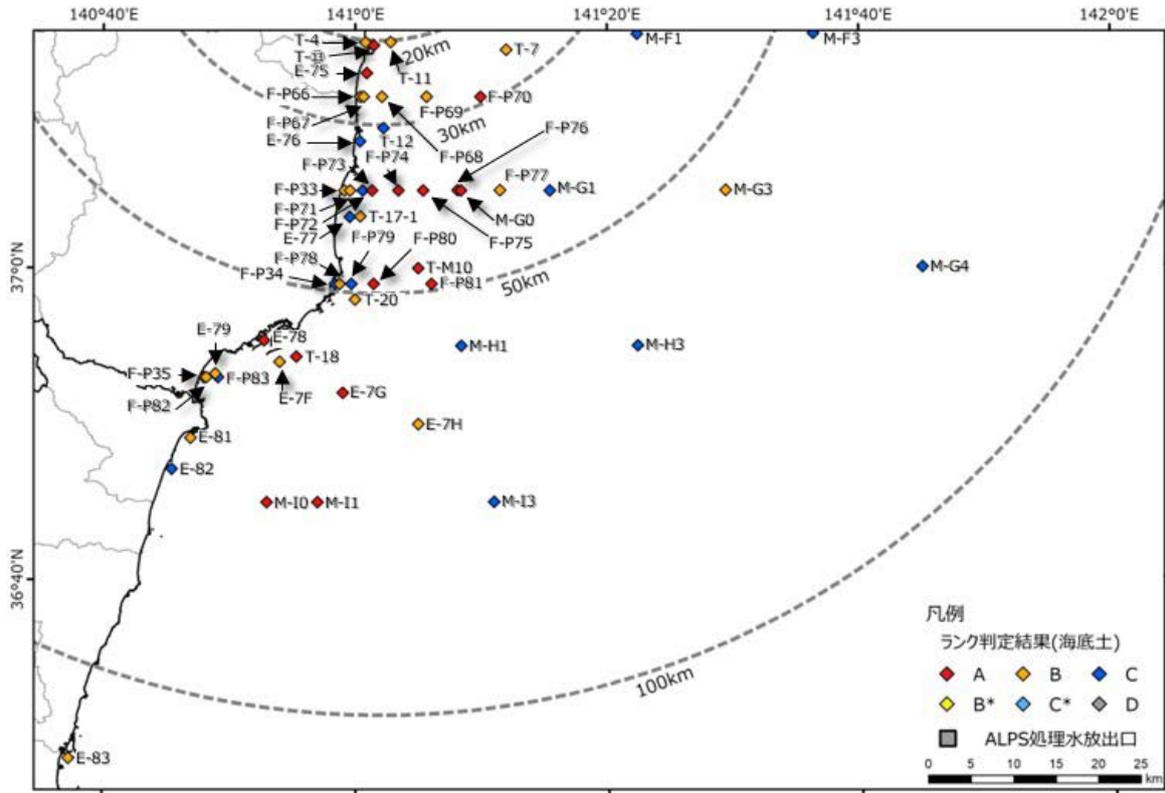


(c) 福島県エリア

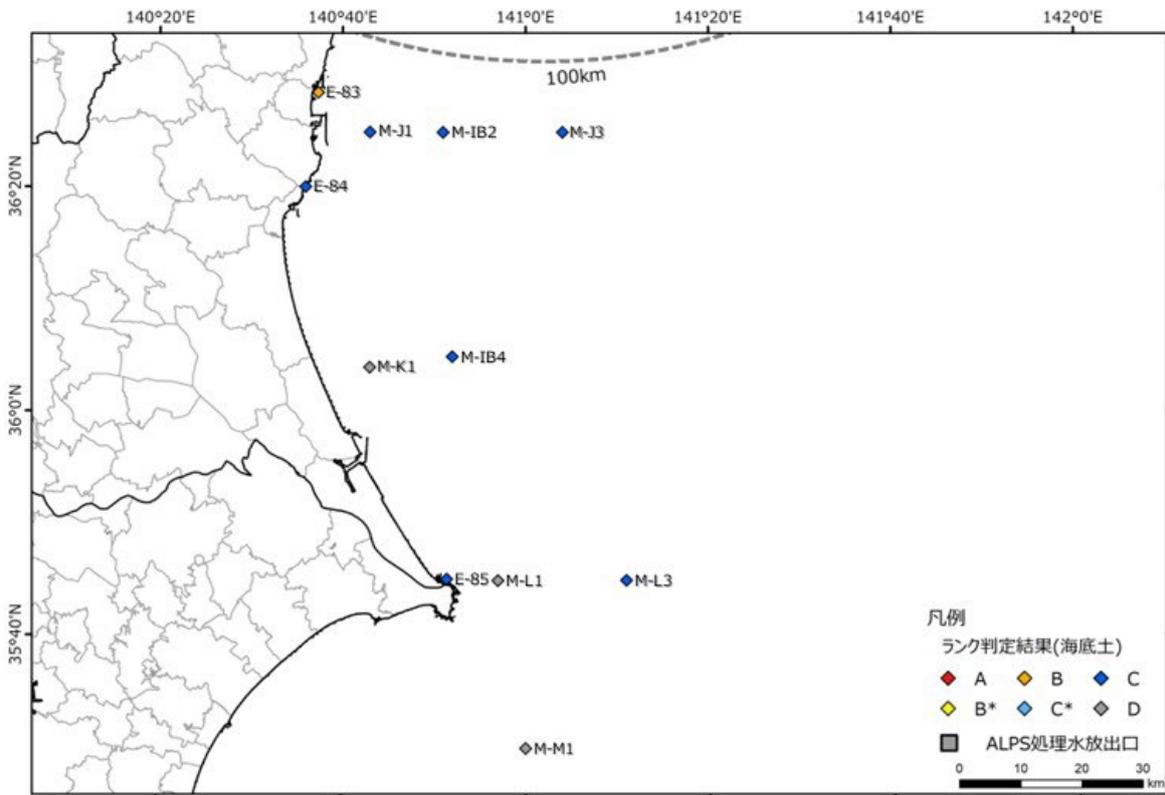


(d) 福島第一原発近傍エリア

図 12-15 令和 6 年度調査での海底土モニタリング地点のランク結果 (2/4) (背景図は国土数値情報⁶¹⁾ (行政区域データ) 及び ESRI ジャパンデータコンテンツ, (c) Esri Japan.)

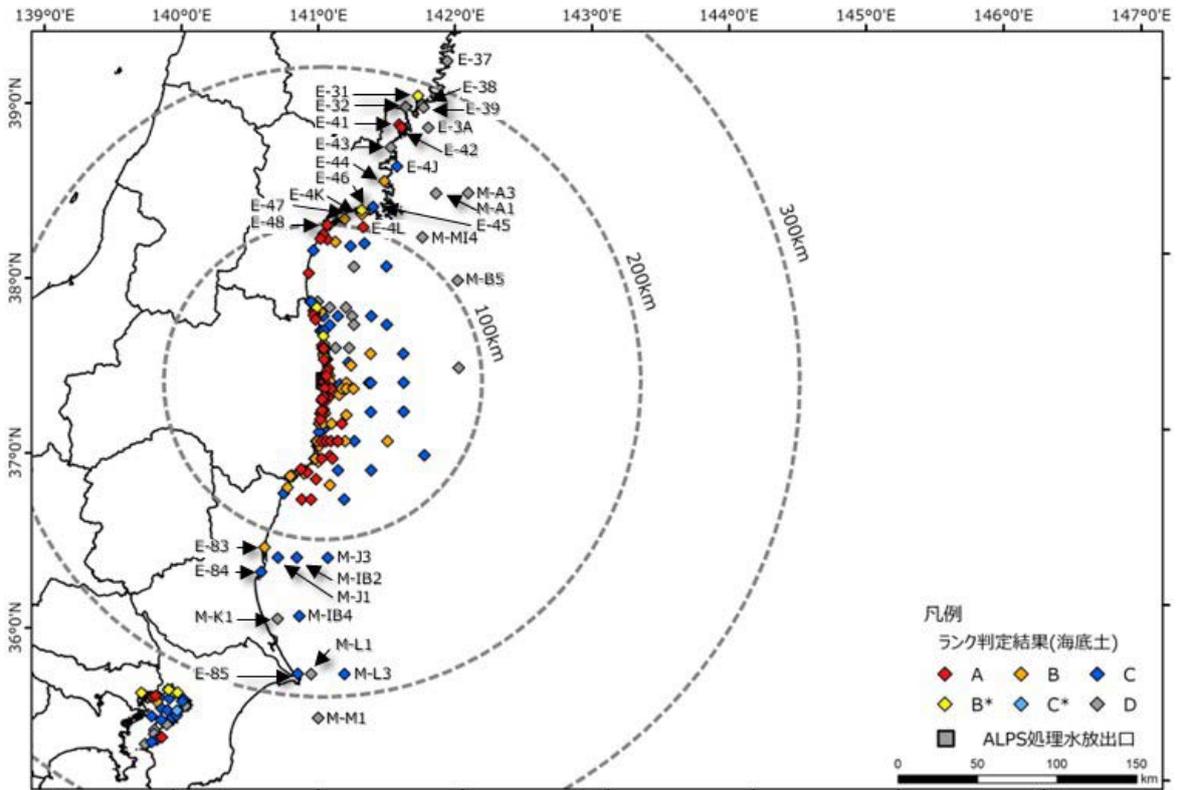


(e) 福島・茨城県エリア

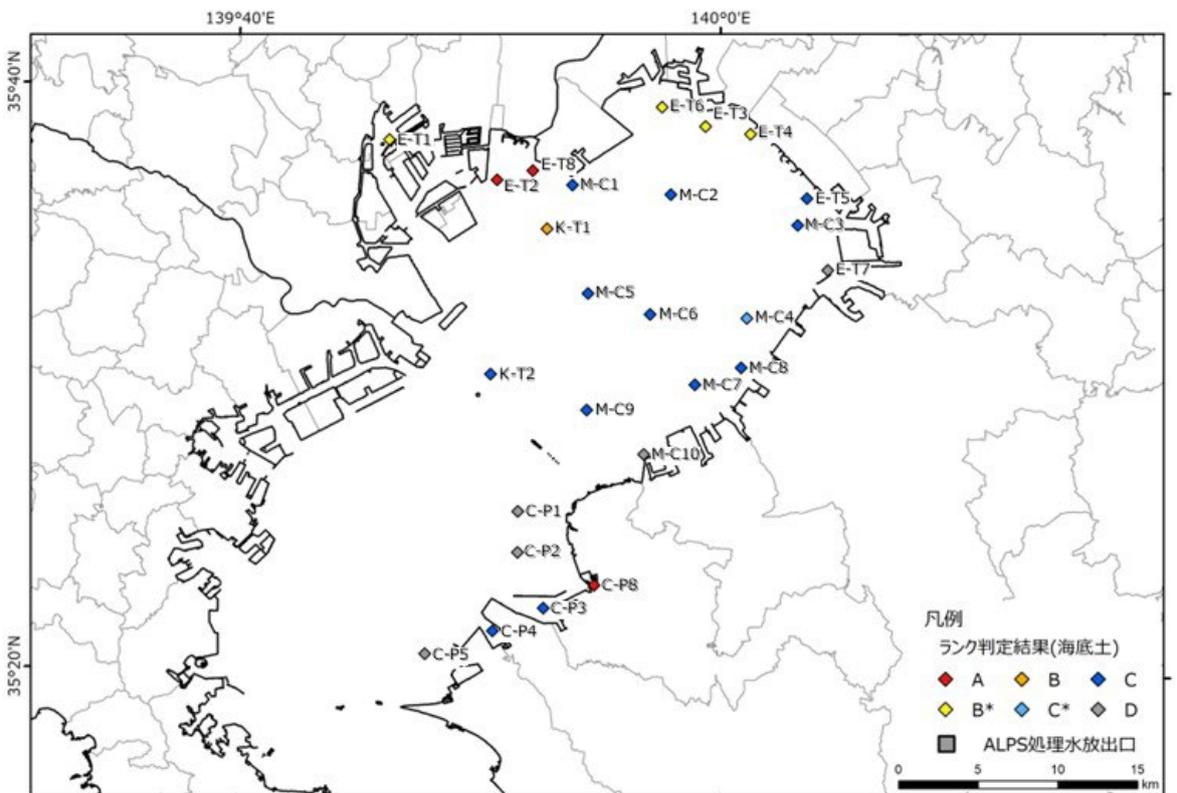


(f) 茨城・千葉県エリア

図 12-15 令和 6 年度調査での海底土モニタリング地点のランク結果 (3/4) (背景図は国土数値情報⁶¹⁾ (行政区域データ) 及び ESRI ジャパンデータコンテンツ, (c) Esri Japan.)



(g) 福島第一原発を中心とした 100 km 圏外エリア



(h) 東京湾エリア

図 12-15 令和 6 年度調査での海底土モニタリング地点のランク結果 (4/4) (背景図は国土数値情報⁶¹⁾ (行政区画データ) 及び ESRI ジャパンデータコンテンツ, (c) Esri Japan。)

12.4.3 過年度評価結果との比較

12.4.2 項で評価したランク分け結果について、令和 5 年度調査の結果から変化した地点を表 12-9 及び表 12-10 に整理した。令和 5 年度調査での評価結果からランクが上昇した採取ポイントは、海水で 4 地点（約 1%）、海底土で 4 地点（約 2%）であった。また、令和 5 年度調査での評価結果からランクが下降した採取ポイントは、海水で 2 地点（約 0.5%）、海底土で 7 地点（約 3.5%）であった。すなわち、海水の採取ポイントの約 98%、海底土の採取ポイントの約 94%で、1 年分（令和 5 年 4 月期～令和 6 年 3 月期）のモニタリングデータを追加しても、評価ランクが変動しなかったことになる。このことから、令和元年度及び令和 2 年度海域事業で策定したモニタリングデータの解析方法は、効率的かつ効果的な海域モニタリングの在り方について検討するにあたり、長期的な変動傾向の評価に一定の有効性があると考えられる。

令和 6 年度にランクが変動した海水の採取地点は、4 地点（E-S15 表層、E-S15 底層、F-P07 及び F-P09。表 12-9 及び図 12-16 参照）である。これらの地点は全て上昇傾向を示し実効半減期が物理的半減期を超えたが、ランクは C*であり、データ数が少ないため、一時的なランク変動の可能性が示唆される。また、95%の予測範囲に全データが入っているため、大きなセシウム濃度の増加が起きているとは考えにくい。引き続きデータを蓄積し、傾向を把握する必要があると考えられる。

令和 6 年度にランクが上昇した海底土の採取地点（表 12-10 及び図 12-17 参照）は 4 地点（F-P60、E-73、E-7A 及び T-B3）であった。この 4 地点は、それぞれ、A ランク、B* ランク、B ランク、C ランクとなっている。これらの地点（B ランク以上）は概ね河口から 5 km 以内であり、出水などの影響でセシウム濃度の変動が大きい地点と考えられる。一方、T-B3 は河口からは離れているが、2 回ほど 95%範囲を超えたセシウム濃度が検出されている。採取した土砂の物性による一時的な濃度変動の可能性も示唆される。このように出水（主として河口から 5 km 以内）や土砂物性によるセシウム濃度変動が示唆される地点はあるものの、同地点のランクが毎年度上昇する傾向は見られない。引き続き評価を継続して、ランク変動を確認する必要があると考えられる。

今回適用した評価方法では、一時的な濃度変化によってもランクが変化しうるため、ランク変動の要因となる濃度変化が継続的なものであるか十分な検討が必要となる。例えば、令和元年度と令和 6 年度を比較すると、ランクが上昇又は下降した地点は海水で 19 地点、海底土で 56 地点ある。一方、ランクが一定だった地点数は海水で 322 地点、海底土では 129 地点であった（表 12-11 参照）。したがって、海水・海底土でランク変動がない地点が、約 94%、約 65%を占めることとなった。複数年の結果を踏まえた評価を実施することによって、海域モニタリングの効率化・重点化をより適切に進めることができると考えられる。

表 12-9 令和 5 年度調査での評価結果からランクが変化した地点（海水）

		令和 5 年度調査での評価ランク（2023年3月までのデータを使用）					
		A	B*	B	C*	C	D
令和6年度調査でのランク（2024年3月までのデータを使用）	A						
	B*						
	B						
	C*					福島県 E-S15_表層 E-S15_底層 F-P07 F-P09	
	C				福島県 E-S3		
	D					東京湾 E-T2	

表 12-10 令和 5 年度調査での評価結果からランクが変化した地点（海底土）

		令和 5 年度調査での評価ランク（2023年3月までのデータを使用）					
		A	B*	B	C*	C	D
令和6年度調査でのランク（2024年3月までのデータを使用）	A		福島県 F-P60				
	B*	東京湾 E-T1		福島県 E-73			
	B	福島県 F-P04 T-22 沖合 M-D1				福島県 E-7A	
	C*						
	C			福島県 F-P34 F-P57 M-C5			福島県 T-B3
	D						

表 12-11 令和元年度海域事業から令和 6 年度調査にかけてのランク変化状況

評価対象	ランク変化	地点数
海水	令和元年度と令和 6 年度を比較した際に ランクが上昇	13 地点
	令和元年度と令和 6 年度を比較した際に ランクが下降	6 地点
	令和元年度から令和 6 年度までランクが 一定	322 地点
	令和元年度と令和 6 年度でランクが同じ だが、途中でランクの上昇と下降が見 られた	2 地点
海底土	令和元年度と令和 6 年度を比較した際に ランクが上昇	23 地点
	令和元年度と令和 6 年度を比較した際に ランクが下降	33 地点
	令和元年度から令和 6 年度までランクが 一定	129 地点
	令和元年度と令和 6 年度でランクが同じ だが、途中でランクの上昇と下降が見ら れた	14 地点

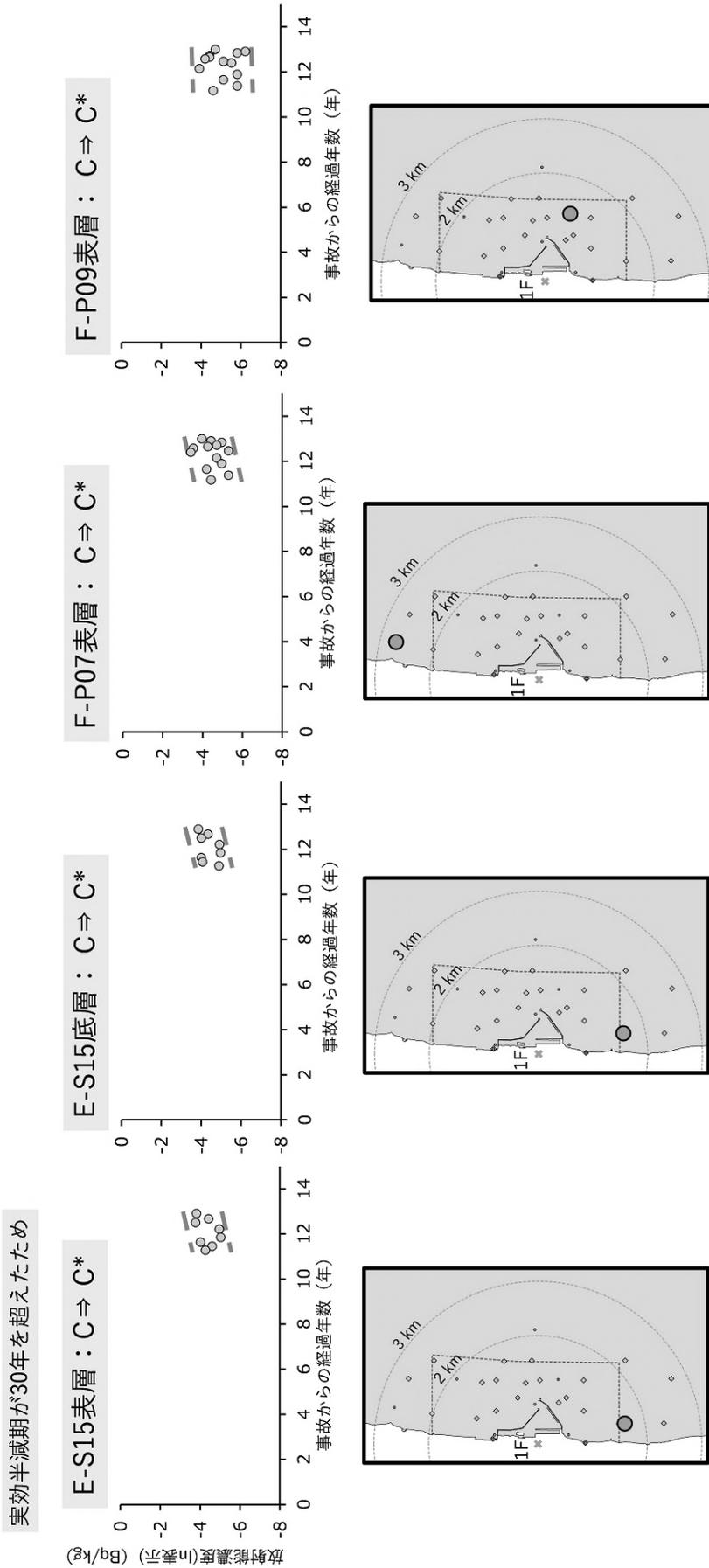


図 12-16 令和5年度調査での評価結果からランクが上昇した地点（海水）
 （上図の破線は95%予測範囲を示している。下図³⁹⁾は測定地点の位置をグレー丸で示している。）

過去の変動幅から10Bqを超える可能性あり

過去の変動幅から50Bqを超える可能性あり

実効半減期が30年を超えたため

現状の濃度が50 Bq/kgを超過

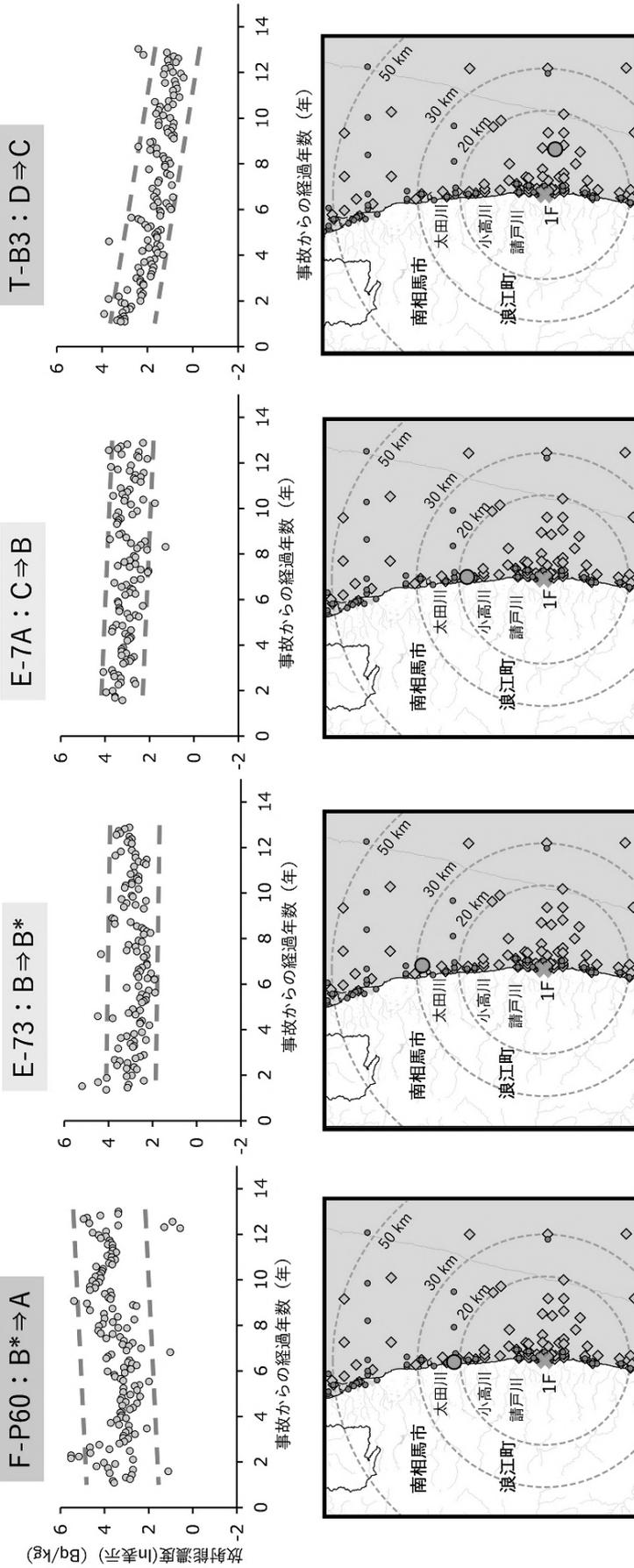


図 12-17 令和 5 年度調査での評価結果からランクが上昇した地点 (海底土)
 (上図の破線は 95% 予測範囲を示している。下図³⁹⁾は測定地点の位置をグレー丸で示している。)

13.まとめ

本報告書では、「令和 6 年度放射性物質測定調査委託費及び原子力施設等防災対策等委託費（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（原子力機構が測定：主に 80 km 圏内、地方自治体が測定：岩手県、福島県、茨城県、栃木県、群馬県及び埼玉県、各 1 回）、定点サーベイ（80 km 圏内 5,029 箇所 で 1 回）、歩行サーベイ（80 km 圏内 715 箇所 で 1 回）及び無人ヘリサーベイ（福島第一原発周辺 5 km 圏内で 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変化傾向を調べた。令和 5 年度の空間線量率と比べて、いずれの測定による結果もおおむね減少したが、減少率は放射性セシウムの半減期から評価した減少率よりも小さく、放射性セシウムによる寄与が減少し、多くの地点で空間線量率がバックグラウンドレベルに近づきつつあることを示唆した。また、固定翼型無人航空機を用いて山間部において基礎性能試験データ取得試験を実施し、無人航空機の山間部への適用可能性を評価した。

土壌における放射性セシウムの分布状況に関しては、スクレーパープレート法で採取（80 km 圏内 85 箇所 で 1 回）した土壌試料の分析による土壌中深度分布測定及び可搬型 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 384 箇所 で 1 回）をそれぞれ実施した。深度分布調査の結果、令和 6 年度に得られた実効的な重量緩衝深度 β_{eff} の幾何平均値は、4.49 g/cm²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。

これまで蓄積した 80 km 圏内の空間線量率及び土壌沈着量データを用い、2 項又は 1 項の指数関数を含む近似による実効半減期を評価した。地上での空間線量率測定では、2 項指数関数近似による遅い成分（走行サーベイ）と 1 項指数関数近似（定点サーベイ及び歩行サーベイ）の実効半減期は似通っており、近年においてもセシウム 134 とセシウム 137 の半減期と比較して速い速度で減少していることが分かった。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 それぞれの実効半減期を評価した。これらの空間線量率及び沈着量の実効半減期は、令和 5 年度調査において評価した実効半減期からほとんど変化はなかった。

階層ベイズ統計手法を用いて、令和 6 年度調査での歩行サーベイ、走行サーベイ及び定点サーベイの測定結果に福島県によるモニタリング・メッシュ調査及び原子力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 5 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。これまでの統合マップ作成では除外していた 0.1 $\mu\text{Sv/h}$ 以下の航空機サーベイデータも使用したことにより、令和 5 年度調査に比べマップの精度が高くなる結果が得られた。

令和 6 年度調査での走行サーベイ、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の分布マップを作成し「放射性物質モニタリングデータの情報公開サイト」に公開した。また、福島県内 4 町村を対象に詳

細モニタリング結果のマップ化を行った。

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。また、総合モニタリング計画にある実施項目のうち環境一般（空間線量率、大気浮遊じん、環境土壌、指標植物）を対象に、これまでに得られた結果について総合評価を行った。

生活行動パターンに基づいた線量評価については、3 町村を対象に約 480 の生活行動パターンを設定しそのパターンごとの空間線量率の積算量を算出した。

令和 6 年度調査で取得した測定データ、原子力規制庁や環境省等が保有・公開した測定データの一部を CSV（場合によっては Excel[®]、KMZ）の形式で保存した。これらのデータの一部は原子力規制庁の Web サイトにて公開される。

モニタリングの重要度を相対的に評価するため、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、過去からのスコアの変化要因について考察し、モニタリング地点の重点化及び最適化のための基礎評価を実施した。

海水中のトリチウム濃度の評価結果を報告レベルに従って意思決定者（原子力規制庁）へ報告した。処理水の海洋への放出前後のトリチウム濃度の変動に着目した解析結果を概説した。令和 6 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った。

謝辞

本報告書作成にあたり有用な助言をいただきました国立研究開発法人日本原子力研究開発機構福島廃炉安全工学研究所廃炉環境国際共同研究センター戦略推進部眞田幸尚次長、同原子力安全・防災研究所原子力緊急時支援・研修センター高橋史明副センター長に感謝いたします。第 6 章の統合マップの作成においては、米国ローレンスバークリー国立研究所の Dr. Haruko Wainwright（現所属、マサチューセッツ工科大学）、日本原子力研究開発機構システム計算科学センターの斎藤公明氏に協力いただきました。ここに感謝申し上げます。本分布状況調査における測定やデータ解析に携わっていただいた全ての関係機関及び自治体関係者に感謝の意を表します。

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,
<https://radioactivity.nra.go.jp/ja/docs/reps/rad-dist>, (参照: 2025年10月8日) .
- 2) 原子力規制庁, 平成31年度原子力施設等防災対策等委託費(生活行動パターンを模擬した連続的な空間線量率の測定及び詳細モニタリング結果のマップ化)事業,
<https://radioactivity.nra.go.jp/ja/docs/reps/lifestyle-dosimetry/2020-07>, (参照: 2025年10月8日) .
- 3) 原子力規制庁, 令和2年度原子力施設等防災対策等委託費(生活行動パターンを模擬した連続的な空間線量率の測定及び詳細モニタリング結果のマップ化)事業,
<https://radioactivity.nra.go.jp/ja/docs/reps/lifestyle-dosimetry/2021-12>, (参照: 2025年10月8日) .
- 4) 原子力規制庁, 令和3年度原子力施設等防災対策等委託費(生活行動パターンを模擬した連続的な空間線量率の測定及び詳細モニタリング結果のマップ化)事業,
<https://radioactivity.nra.go.jp/ja/docs/reps/lifestyle-dosimetry/2022-11>, (参照: 2025年10月8日) .
- 5) 原子力規制庁, 令和4年度原子力施設等防災対策等委託費(生活行動パターンを模擬した連続的な空間線量率の測定及び詳細モニタリング結果のマップ化)事業,
<https://radioactivity.nra.go.jp/ja/docs/reps/lifestyle-dosimetry/2023-09>, (参照: 2025年10月8日) .
- 6) 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).
- 7) 原子力規制庁, 平成31年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, 2_1 広域の空間線量率の分布測定 1, (2020) ,
https://radioactivity.nra.go.jp/cont/ja/docs/reps/rad-dist/aggregate-results-report/2019/JAEAreproject_MAPproject_H31_20200807_2_1.pdf, (参照: 2025年10月8日) .
- 8) 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.envraddb.go.jp/wp-content/uploads/2020/12/No33-1.pdf>, (参照: 2026年2月13日) .
- 9) 原子力規制庁, 令和5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 成果報告書, 2. 地上における広域の空間線量率の分布測定, (2025),
https://radioactivity.nra.go.jp/cont/ja/docs/reps/rad-dist/csv-kmz/2023/JAEA_MapprojectR5_20241220_02.pdf, (参照: 2025年10月8日) .
- 10) 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).

- 11)原子力規制庁,平成 25 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 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概ね 5 km 圏内の線量率分布等の測定,(2014),
https://radioactivity.nra.go.jp/cont/ja/docs/reps/rad-dist/aggregate-results-report/2013/1-3_UAV.pdf,(参照:2025年10月8日)。
- 12)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)。
- 13)原子力規制庁,平成 27 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 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 5 km 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(2016),
<https://radioactivity.nra.go.jp/cont/ja/docs/reps/rad-dist/aggregate-results-report/2015/part1-3.pdf>,(参照:2025年10月8日)。
- 14)G.F.Knoll,神野郁夫,木村逸郎,阪井英次(訳),放射線計測ハンドブック(第 4 版),日刊工業新聞社,2013,70p.
- 15)国土地理院,地理院タイル一覧,<https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>,(参照:2023年10月8日)。
- 16)国土地理院,地理院地図 Vector,<https://maps.gsi.go.jp/vector/>,(参照:2025年10月8日)。
- 17)Y. Sanada, et al., Altitudinal characteristics of atmospheric deposition of aerosols in mountainous regions: Lessons from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident, pp. 881-890 (2018).
- 18)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).
- 19)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).
- 20)ICRU, Gamma-ray spectrometry in the environment, ICRU Report 53, 84p.(1994).
- 21)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).
- 22)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).
- 23)原子力規制庁,平成 28 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 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.nra.go.jp/cont/ja/docs/reps/rad-dist/aggregate-results-report/2016/Part1-6_放射性セシウムの深度分布調査.pdf, (参照：2025年10月8日)。
- 24) 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).
- 25) 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).
- 26) 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：2023年10月8日)。
- 27) 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.nra.go.jp/ja/results/airborne/air-dose>, (参照：2025年10月8日)。
- 28) 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, 106397(2020).
- 29) 原子力規制庁, 平成 28 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 成果報告書, Part 1-3. 無人ヘリによる東京電力福島第一原子力発電所から 5 km 圏内の空間線量率分布の測定, (2016), https://radioactivity.nra.go.jp/cont/ja/docs/reps/rad-dist/aggregate-results-report/2016/Part1-3_無人ヘリによる空間線量率分布等の測定.pdf, (参照：2025年10月8日)。
- 30) 原子力規制庁, 令和 2 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 成果報告書, 3. 無人ヘリによる発電所周辺の空間線量率測定, (2021), https://radioactivity.nra.go.jp/cont/ja/docs/reps/rad-dist/csv-kmz/2020/JAEA_MAPprojectR2_20210802_3.pdf, (参照：2025年10月8日)。
- 31) 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).
- 32) 原子力規制庁, 令和 5 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 成果報告書, 8. 実測データの統合的解析, (2025), https://radioactivity.nra.go.jp/cont/ja/docs/reps/rad-dist/csv-kmz/2023/JAEA_MaprojectR5_20241220_08.pdf, (参照：2025年10月8日)。
- 33) 福島県, 環境放射線モニタリング・メッシュ調査結果情報, <https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/ps-monitoring-mesh.html>, (参照：2025年10月8日)。
- 34) 内閣府原子力被災者生活支援チーム, 避難指示区域等における詳細モニタリング結果 (モニタリングカーによる走行サーベイ第四十一巡) の公表について,

- https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/release/survey/2024/20240913_2monitoring-kekka.html.pdf, (参照：2025年10月8日)。
- 35) 林野庁関東森林管理局, 令和5年度旧避難指示区域等内国有林における環境放射線モニタリング調査,
<https://www.rinya.maff.go.jp/kanto/seibi/jyosensennta/attach/pdf/chousakekka01-28.pdf>, (参照：2025年10月8日)。
- 36) 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, (参照：2025年10月8日)。
- 37) 原子力規制庁, 平成29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 成果報告書, Part3 空間線量率の統合評価, (2018),
https://radioactivity.nra.go.jp/cont/ja/docs/reps/rad-dist/aggregate-results-report/2017/Part3_20181130.pdf, (参照：2025年10月8日)。
- 38) 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,
<https://emdb.jaea.go.jp/emdb/>, (参照：2025年10月8日)。
- 39) 原子力規制庁, 総合モニタリング計画, 計画概要,
<https://radioactivity.nra.go.jp/ja/plan/summary>, (参照：2025年10月8日)。
- 40) 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.envraddb.go.jp/wp-content/uploads/2021/06/No35.pdf>, (参照：2026年2月13日)。
- 41) 日本原子力研究開発機構, 放射線医学総合研究所, 東京電力(株)福島第一原子力発電所事故に係る個人線量の特性に関する調査. JAEA-Review 2015-007, 50p.(2015).
- 42) 総務省統計局, 平成22年国勢調査, <http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2010/>, (参照：2025年10月8日)。
- 43) NHK 放送文化研究所, 国民生活時間調査, <https://www.nhk.or.jp/bunken/yoron-jikan/>, (参照：2025年10月8日)。
- 44) ベネッセ教育総合研究所, 第6回 幼児の生活アンケート ダイジェスト版[2022年],
<https://berd.benesse.jp/jisedai/research/detail1.php?id=5803>, (参照：2025年10月8日)。
- 45) ベネッセ教育総合研究所, 子どもの生活リズムと健康・学習習慣に関する調査 2022,
<https://berd.benesse.jp/shotouchutou/research/detail1.php?id=5837>, (参照：2025年10月8日)。
- 46) NHK 放送文化研究所, 「2013年幼児生活時間調査」の主な結果について,
<https://www.nhk.or.jp/bunken/summary/yoron/lifetime/pdf/130904.pdf>, (参照：2025年10月8日)。
- 47) 国土交通省, 全国都市交通特性調査 (2021年) 個人属性別・目的別・代表交通手段別原単位 (年齢10歳刻み) / 経年分析 / R3 手段分担率 (グロス),
https://www.mlit.go.jp/toshi/tosiko/toshi_tosiko_fr_000024.html, (参照：2025年10月8日)。

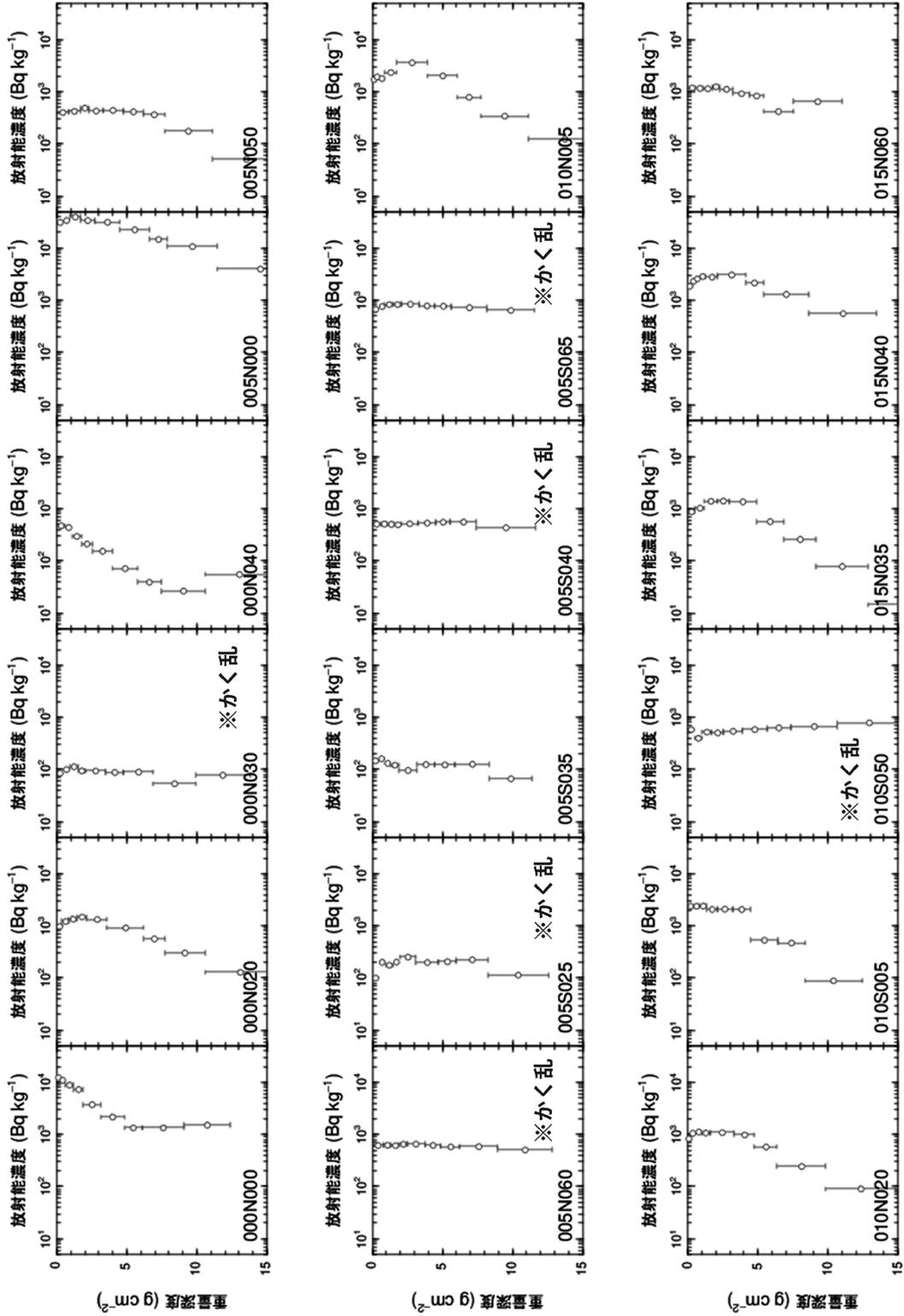
- 48) K. Saito and N. Petoussi-Henss, Ambient dose equivalent conversion coefficients for radionuclides exponentially distributed in the ground, *J. Nucl. Sci. Technol.*, **51**, pp. 1274-1287(2014).
- 49) 安藤真樹ほか, KURAMA-II を用いた走行サーベイ測定による東日本での天然放射性核種の空間線量率評価, *日本原子力学会和文論文誌*, **16**, pp.63-80 (2017).
- 50) IAEA, Generic procedures for assessment and response during a radiological emergency, IAEA-TECDOC-1162 (2000).
- 51) 原子力規制庁, 放射線モニタリング情報, モニタリング結果アーカイブ, <https://radioactivity.nra.go.jp/ja/results>, (参照: 2025年10月8日) .
- 52) 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, (参照: 2025年10月8日) .
- 53) 原子力規制庁, 平成31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 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.nra.go.jp/cont/ja/docs/reps/rad-dist/aggregate-results-report/2019/JAEAreps_MAPproject_H31_20200807_6.pdf, (参照: 2025年10月8日) .
- 54) 原子力規制庁, 令和5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 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, (2024), https://radioactivity.nra.go.jp/cont/ja/docs/reps/rad-dist/csv-kmz/2023/JAEA_MapprojectR5_20241220_06.pdf, (参照: 2025年10月8日) .
- 55) 大林準, ロジスティック回帰分析と傾向スコア (propensity score) 解析, *天理医学紀要*, **19**(2), pp.71-79 (2016).
- 56) 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結果について, (2023), https://radioactivity.nra.go.jp/cont/ja/results/airborne/air-dose/2022_17thAirborne_monitoring_press_JPN.pdf, (参照: 2025年10月8日) .
- 57) 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, 空間線量率, <https://emdb.jaea.go.jp/emdb/contents/1/>, (参照: 2025年10月8日) .
- 58) 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 (2022年2月), (2022), <https://radioactivity.nra.go.jp/ja/results/air-dose/beyond-20km>, (参照 2025年10月8日) .
- 59) 福島県, 福島県環境放射線モニタリング調査 (観光地第17回) 結果, (2021), <https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/ps-kankouti-17.html>, (参照: 2025年10月8日) .
- 60) 林野庁関東森林管理局, 福島県の国有林野内における環境放射線モニタリング調査の実施結果について, <https://www.rinya.maff.go.jp/kanto/press/kikaku/140716.html>, (参照: 2025年10月8日) .
- 61) 国土交通省, 国土数値情報ダウンロード, <https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>, (参照: 2025年10月8日) .

- 62)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/syougyo/mesh/download.html#1km>, (参照 : 2025 年 10 月 8 日) .
- 63)東京電力, 福島第一原子力発電所周辺の放射性物質の分析結果,
<https://www.tepco.co.jp/decommission/data/analysis/index-j.html>, (参照 : 2025 年 10 月 8 日) .
- 64)環境省, ALPS 処理水に係る海域モニタリング情報,
<https://policies.env.go.jp/water/shorisui-monitoring/>, (参照 : 2025 年 10 月 8 日) .
- 65)原子力規制庁, 海域モニタリング結果, <https://radioactivity.nra.go.jp/ja/results#sec-24>,
 (参照 : 2025 年 10 月 8 日) .
- 66)福島県, ALPS 処理水に係る海域モニタリング結果,
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/moni-k.html>, (参照 : 2025 年 10 月 8 日) .
- 67)水産庁, 水産物の放射性物質調査の結果について,
<https://www.jfa.maff.go.jp/j/housyanou/kekka.html>, (参照 : 2025 年 10 月 8 日) .
- 68)環境省, 福島県及び周辺都県の公共用水域における放射性物質モニタリング結果,
https://www.env.go.jp/jishin/monitoring/results_r-pw.html, (参照 : 2025 年 10 月 8 日) .
- 69)環境省, 東日本大震災に係る海洋環境モニタリング調査,
https://www.env.go.jp/water/kaiyo/monitoring_00002.html, (参照 : 2025 年 10 月 8 日) .
- 70)原子力規制庁, 平成 31 年度放射性物質測定調査委託費 (福島県近沿岸海域等における放射性物質等の状況調査) 事業, <https://radioactivity.nra.go.jp/ja/docs/reps/coastal-accumulation/2020-07>, (参照 : 2025 年 10 月 8 日) .
- 71)原子力規制庁, 令和 2 年度放射性物質測定調査委託費 (福島県近沿岸海域等における放射性物質等の状況調査) 事業, <https://radioactivity.nra.go.jp/ja/docs/reps/coastal-accumulation/2021-12>, (参照 : 2025 年 10 月 8 日) .
- 72)IAEA, Sediment distribution coefficients and concentration factors for biota in the marine environment, IAEA-TECDOC 422 (2004).
- 73)海洋生物環境研究所, 平成 30 年度原子力施設等防災対策等委託費 (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,
<https://www.kaiseiken.or.jp/publish/itaku/rep2019.pdf>, (参照 : 2025 年 10 月 8 日) .

付録1 セシウム 137 の深度分布

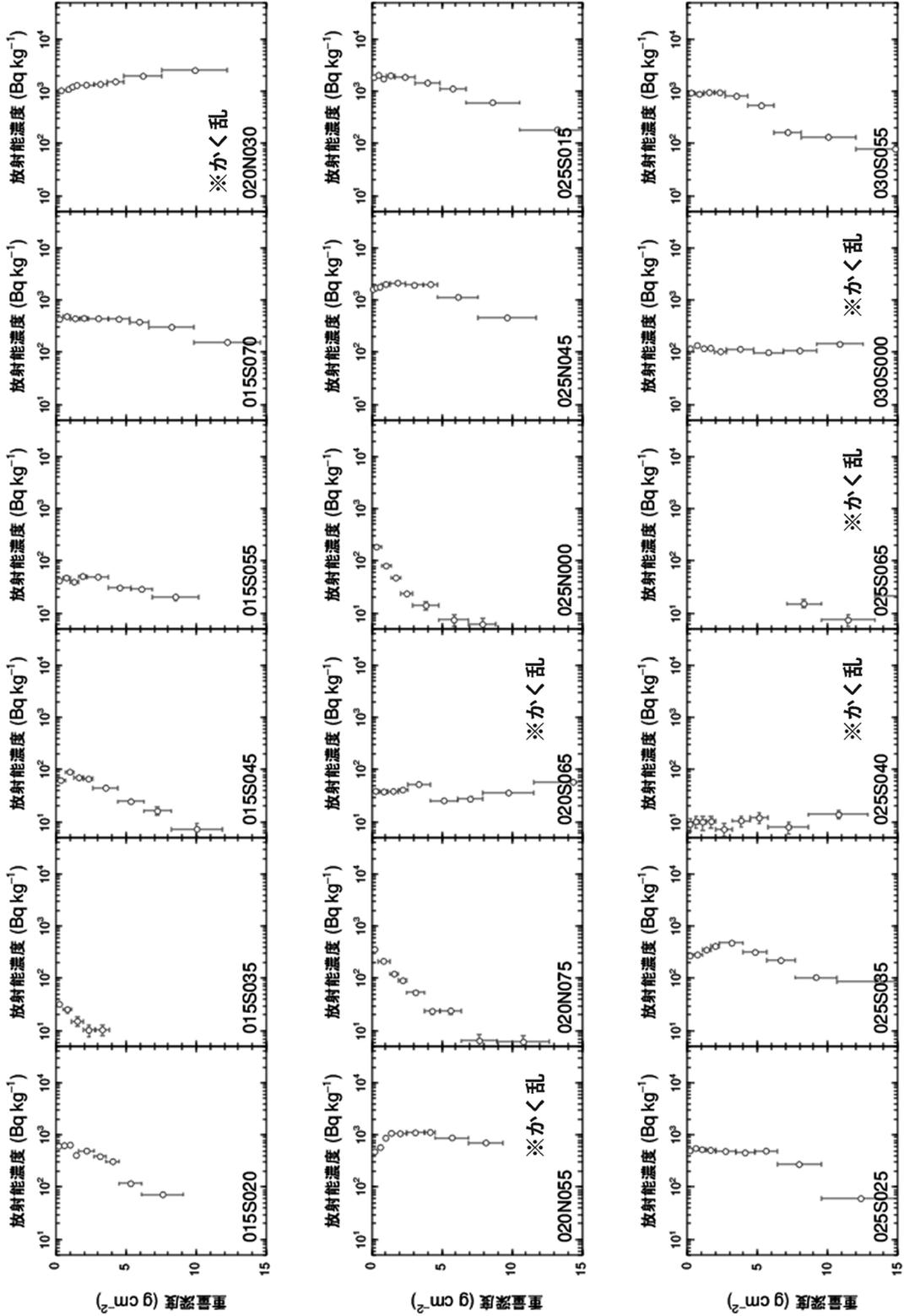
※深度分布の変遷から読み取れる除染等の可能性

セシウム 137 の深度分布 (1/5)



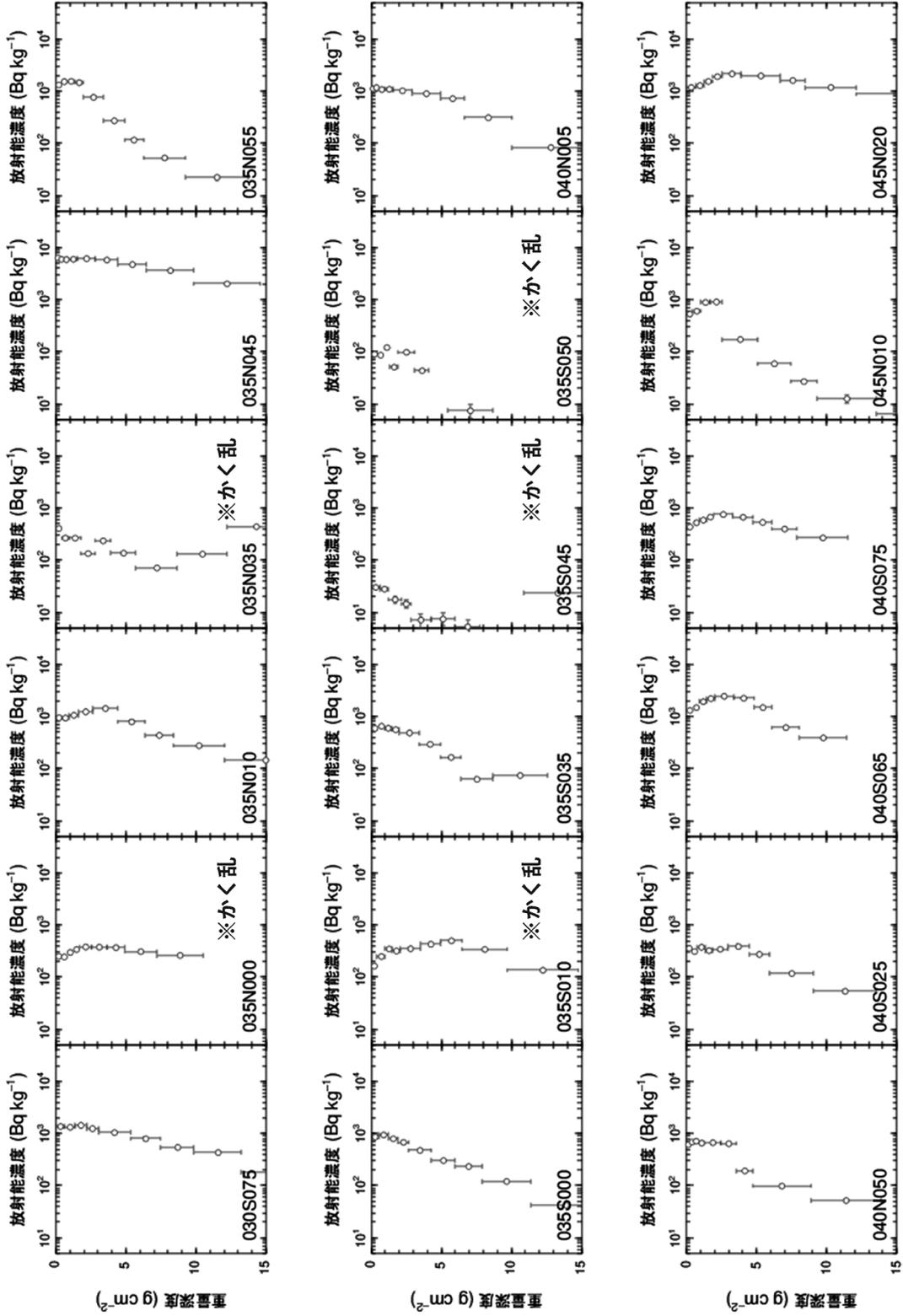
セシウム 137 の深度分布 (2/5)

※深度分布の変遷から読み取れる除染等の可能性



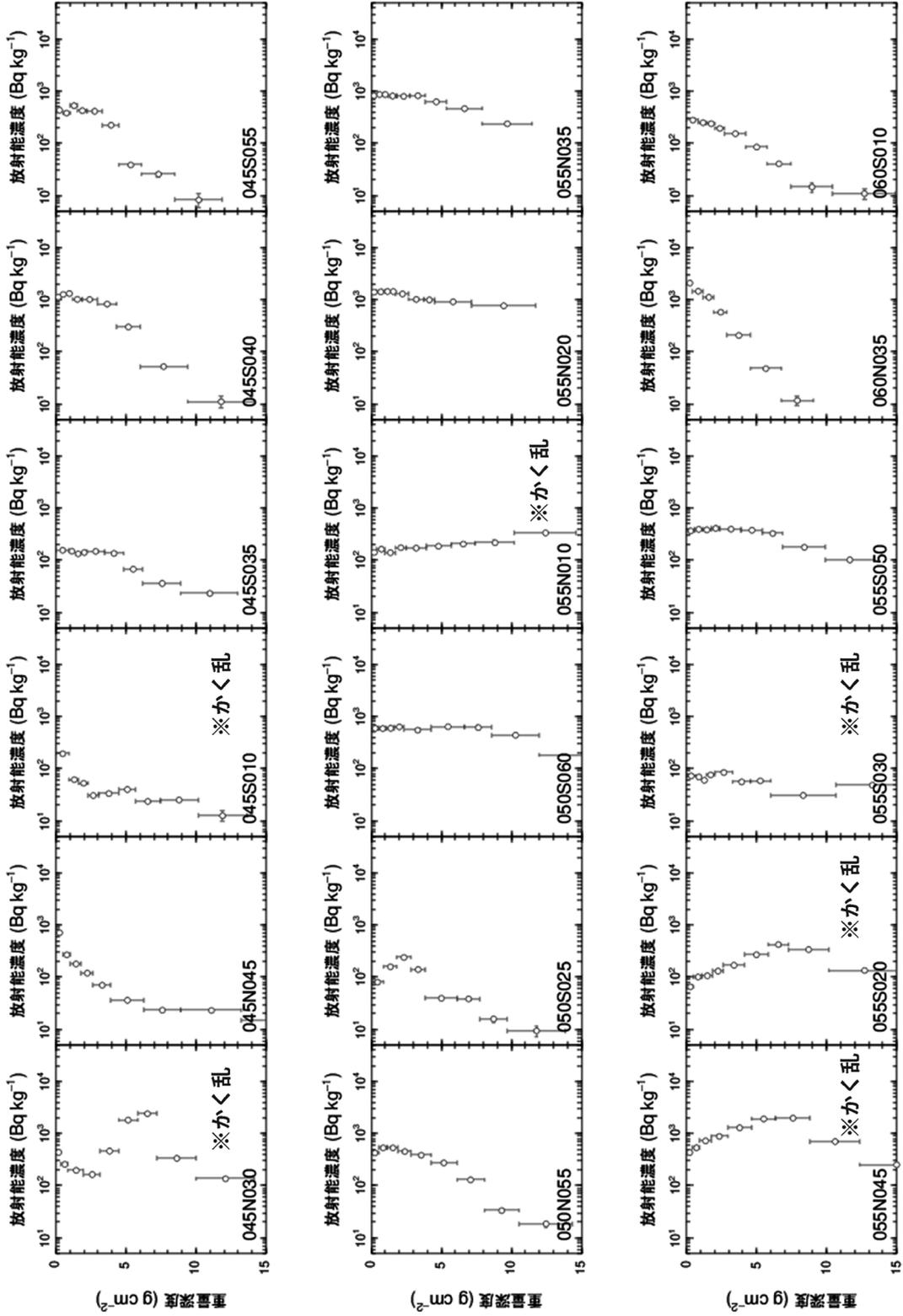
セシウム 137 の深度分布 (3/5)

※深度分布の変遷から読み取れる除染等の可能性



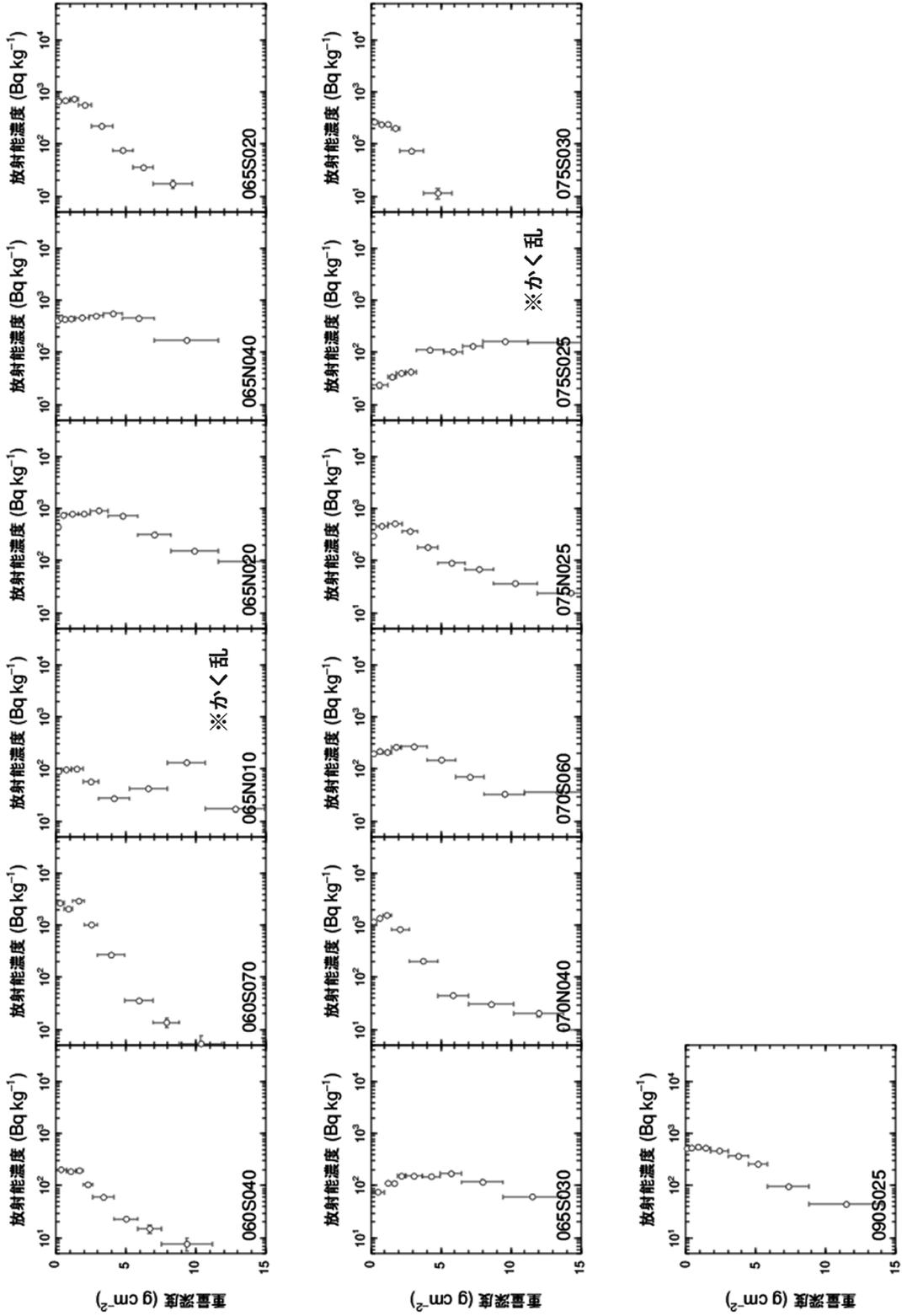
セシウム 137 の深度分布 (4/5)

※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 (5/5)

※深度分布の変遷から読み取れる除染等の可能性

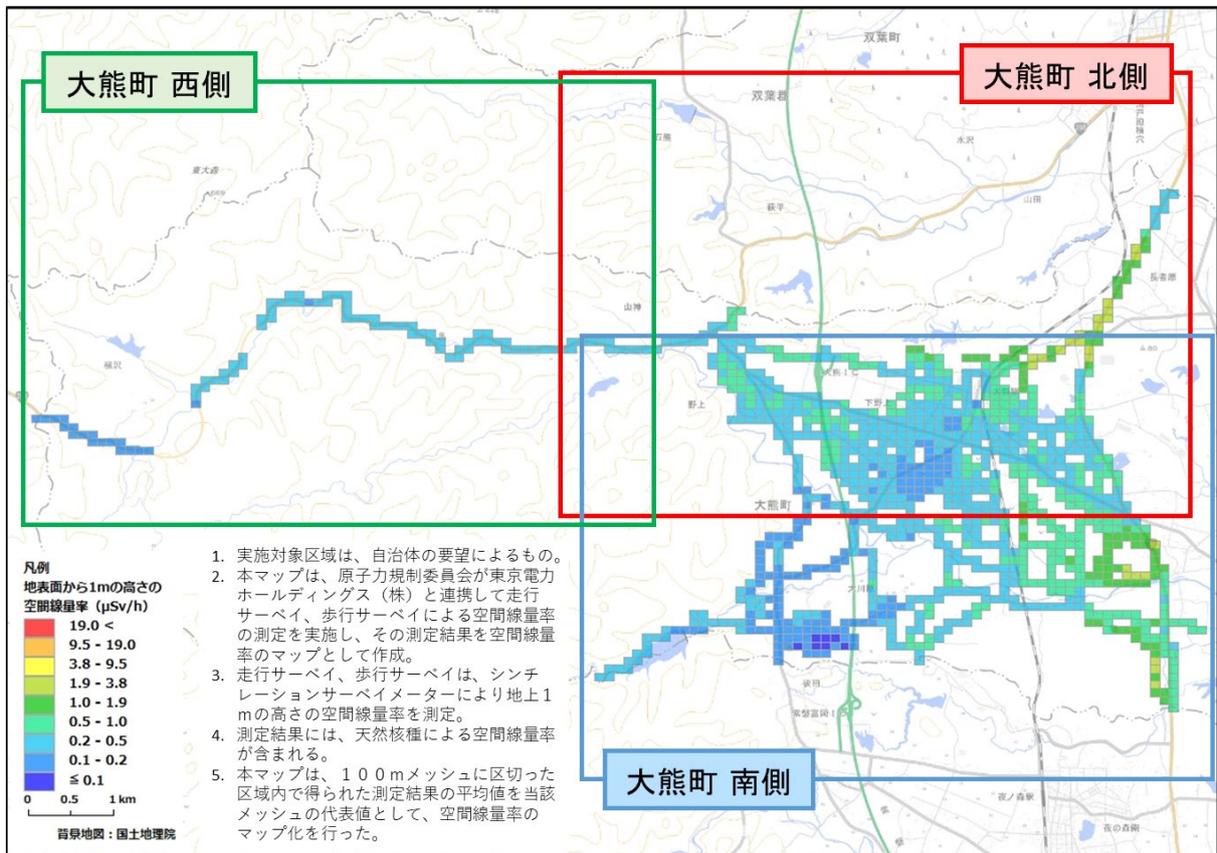


付録2 詳細モニタリングでの解析結果

第7章にて述べた詳細モニタリングについての解析結果の一例として、大熊町（令和6年8月26日～29日、9月4日、6日、9日測定）に関して実施した解析の結果を以下に示す。

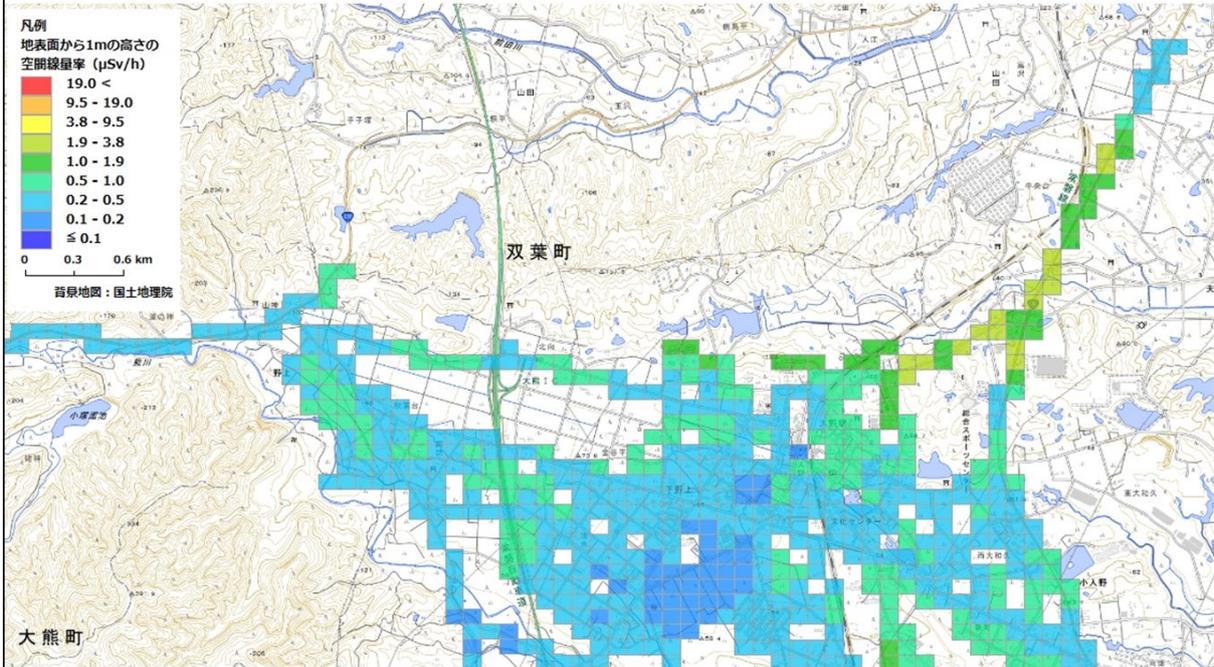
1) 令和6年度の空間線量率測定結果

詳細モニタリング(大熊町)

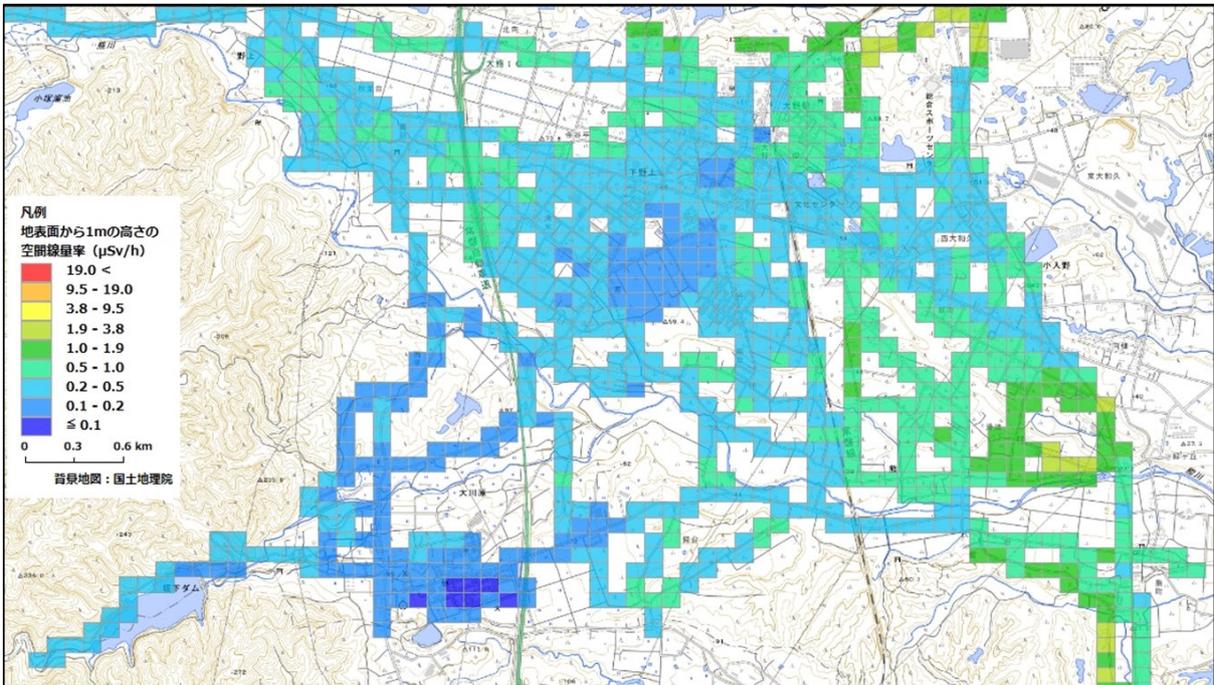


詳細モニタリング(大熊町 北側)

1. 実施対象区域は、自治体の要望によるもの。
2. 本マップは、原子力規制委員会が東京電力ホールディングス(株)と連携して走行サーベイ、歩行サーベイによる空間線量率の測定を実施し、その測定結果を空間線量率のマップとして作成。
3. 走行サーベイ、歩行サーベイは、シンチレーションサーベイメーターにより地上1mの高さの空間線量率を測定。
4. 測定結果には、天然核種による空間線量率が含まれる。
5. 本マップは、100mメッシュに区切った区域内で得られた測定結果の平均値を当該メッシュの代表値として、空間線量率のマップ化を行った。



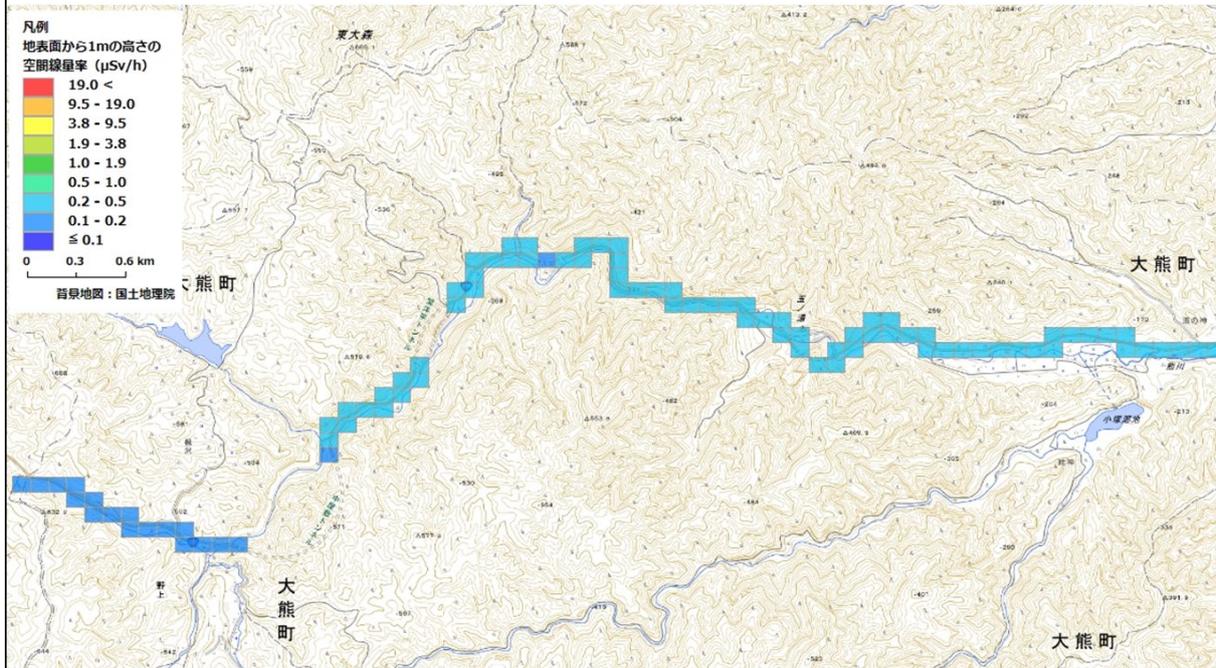
詳細モニタリング(大熊町 南側)



1. 実施対象区域は、自治体の要望によるもの。
2. 本マップは、原子力規制委員会が東京電力ホールディングス(株)と連携して走行サーベイ、歩行サーベイによる空間線量率の測定を実施し、その測定結果を空間線量率のマップとして作成。
3. 走行サーベイ、歩行サーベイは、シンチレーションサーベイメーターにより地上1mの高さの空間線量率を測定。
4. 測定結果には、天然核種による空間線量率が含まれる。
5. 本マップは、100mメッシュに区切った区域内で得られた測定結果の平均値を当該メッシュの代表値として、空間線量率のマップ化を行った。

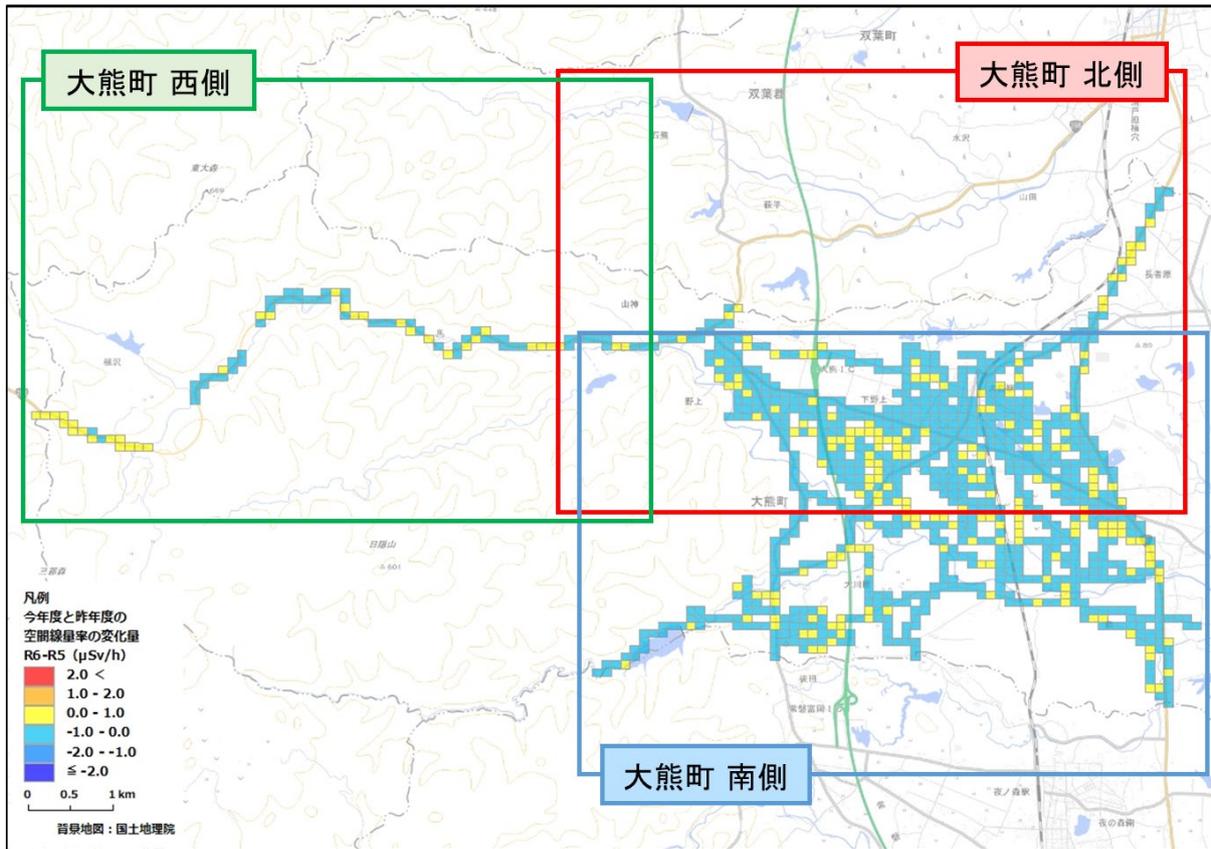
詳細モニタリング(大熊町 西側)

1. 実施対象区域は、自治体の要望によるもの。
2. 本マップは、原子力規制委員会が東京電力ホールディングス(株)と連携して走行サーベイ、歩行サーベイによる空間線量率の測定を実施し、その測定結果を空間線量率のマップとして作成。
3. 走行サーベイ、歩行サーベイは、シンチレーションサーベイメーターにより地上1mの高さの空間線量率を測定。
4. 測定結果には、天然核種による空間線量率が含まれる。
5. 本マップは、100mメッシュに区切った区域内で得られた測定結果の平均値を当該メッシュの代表値として、空間線量率のマップ化を行った。

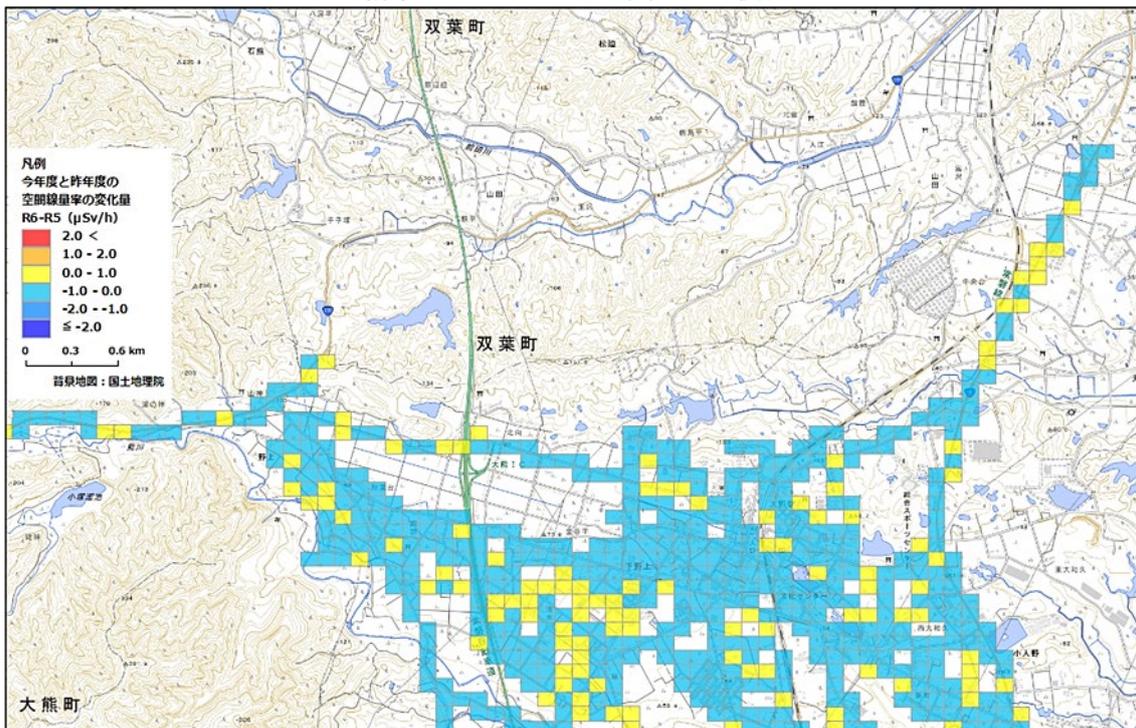


2) 令和6年度と令和5年度の空間線量率変化量

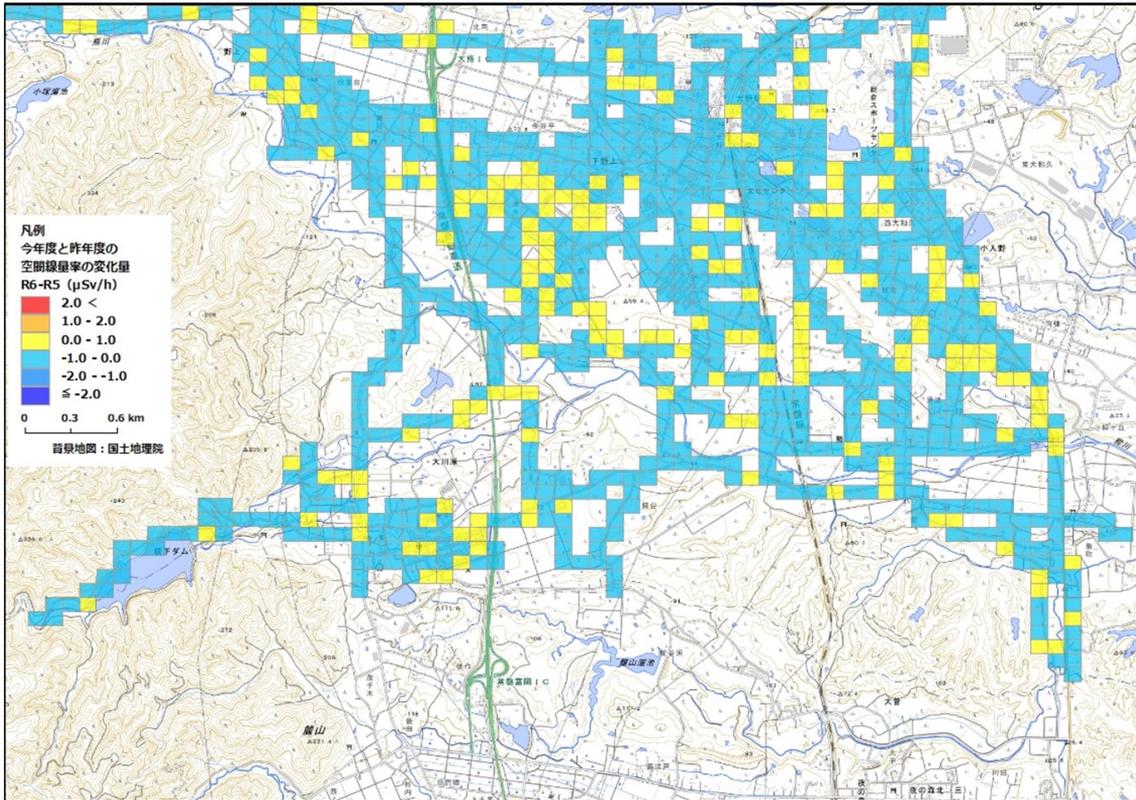
詳細モニタリング(大熊町)



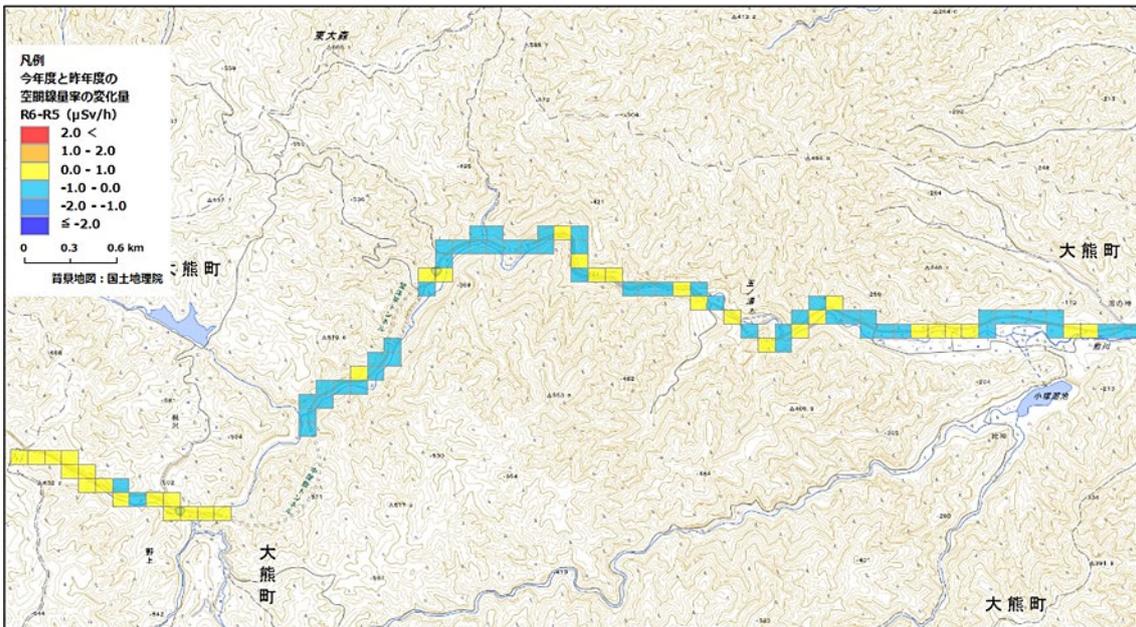
詳細モニタリング(大熊町 北側)

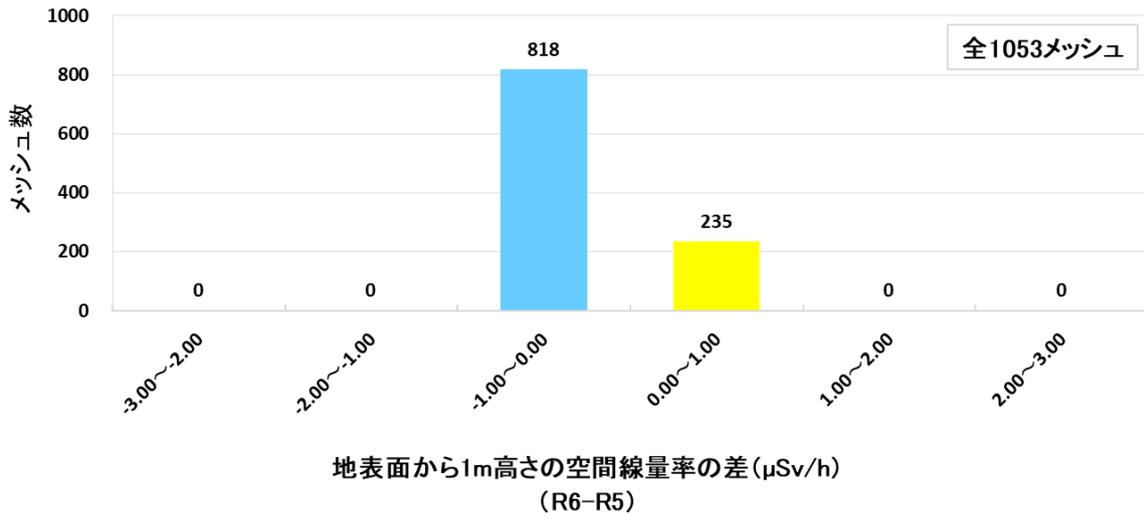


詳細モニタリング(大熊町 南側)



詳細モニタリング(大熊町 西側)

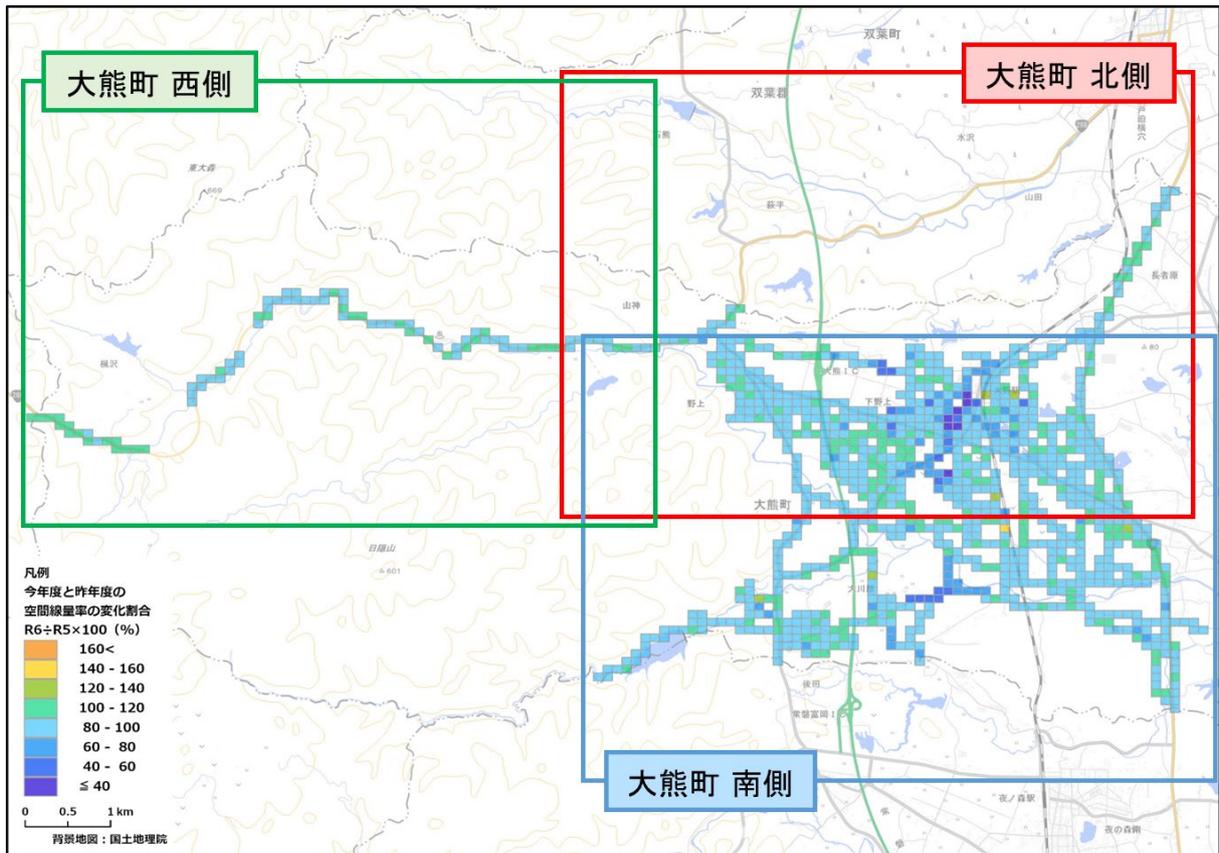




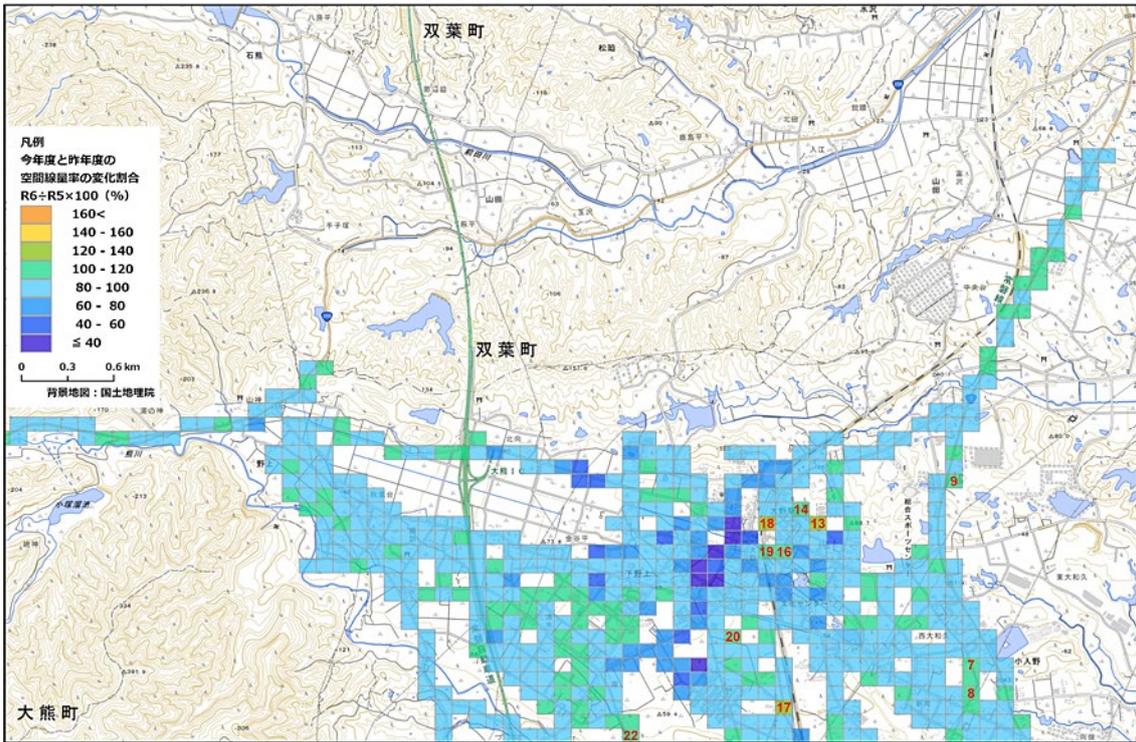
令和 6 年度と令和 5 年度の空間線量率の差（変化量）の分布を見ると、測定を行った全 1,053 メッシュのうち 818 メッシュで令和 6 年度に空間線量率が低くなったことが分かる。

3) 令和 6 年度と令和 5 年度の空間線量率変化割合

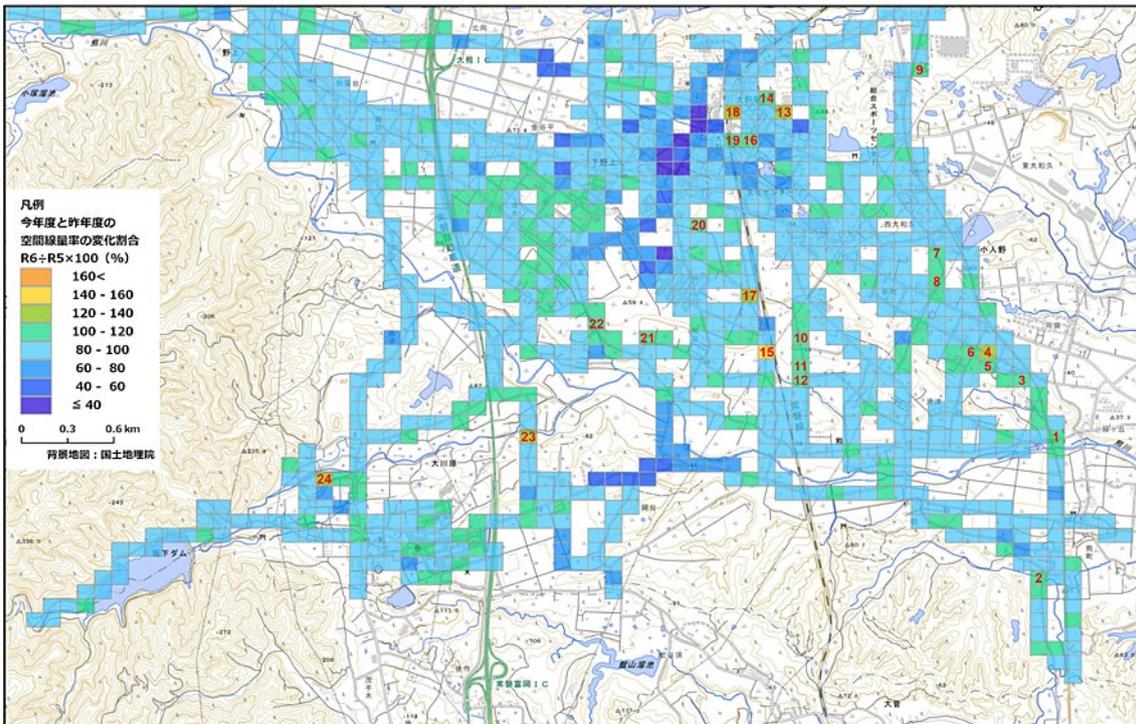
詳細モニタリング(大熊町)



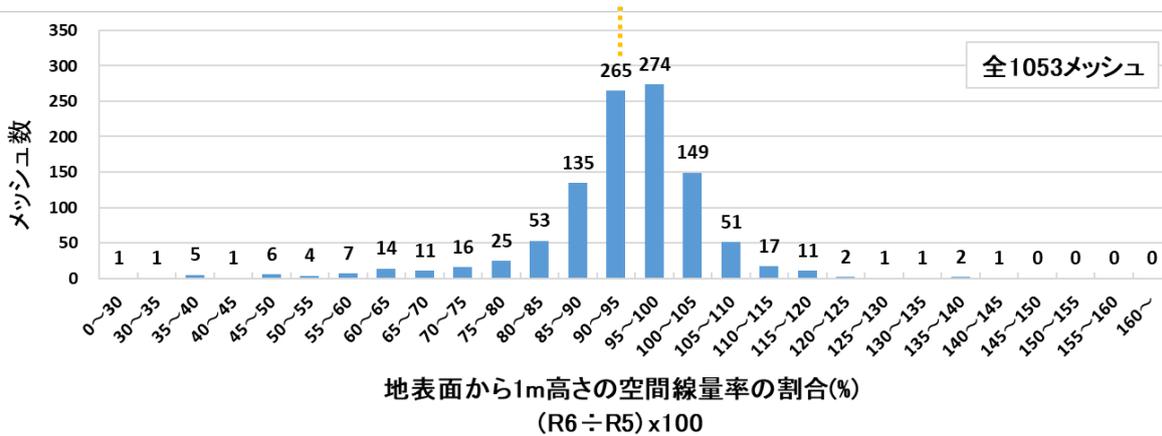
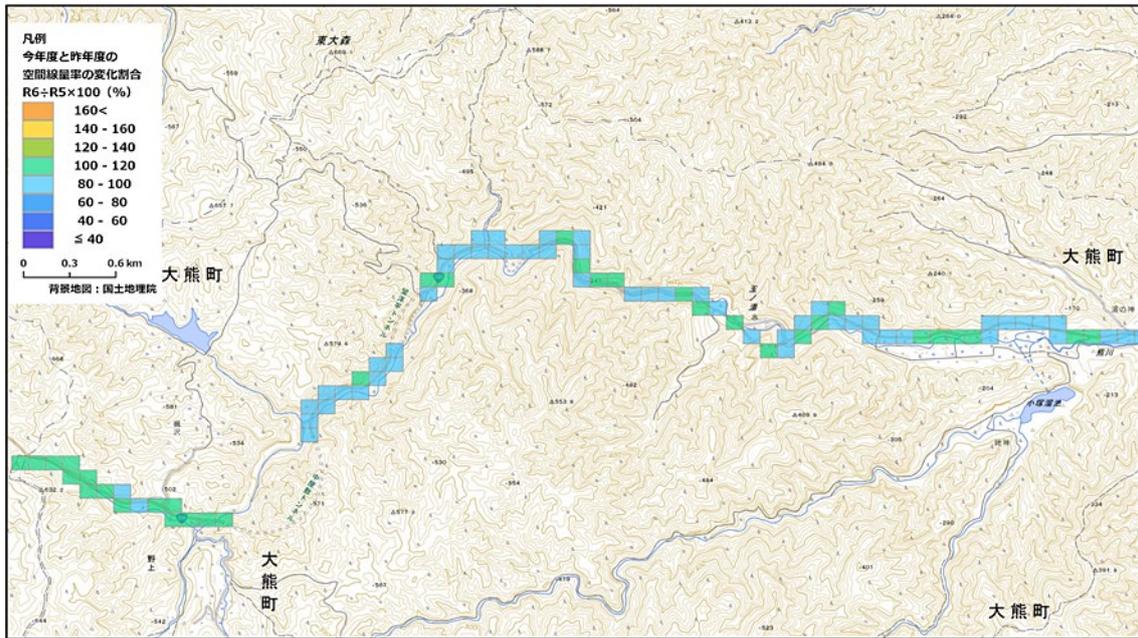
詳細モニタリング(大熊町 北側)



詳細モニタリング(大熊町 南側)



詳細モニタリング(大熊町 西側)



令和 5 年度に対する令和 6 年度の空間線量率の変化割合の分布は、以下のとおりであった。

平均値： 93.2%

最大値： 142.1%

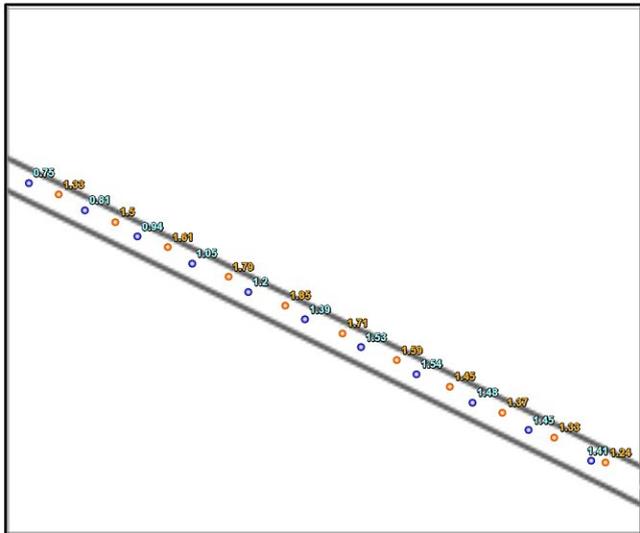
最小値： 14.4%

空間線量率の変化割合が 107.2%^fを超え、かつ測定器の誤差を考慮し、変化量が 0.05 μSv/h 以上であったのは以下の 24 メッシュであった。上図（空間線量率変化割合の分布マップ）には、当該メッシュを赤字でナンバリングした。

^f 複数地点で評価した補正係数（走行サーベイ測定結果（車内）を車外での空間線量率に補正）の変動係数 7.2%を考慮した。

No	測定結果						線量率の増減要因(要因コード: 要因区分)		
	測定点数		平均空間線量率(μSv/h)				1: 測定経路の差異	2: 測定方法の差異	3: 環境変化他
	R6	R5	R6	R5	割合(R6÷R5)	変化量(R6-R5)			
1	18	17	0.90	0.82	109.1	0.07	○		
2	11	11	1.24	1.13	109.5	0.11		○	○
3	3	2	1.54	1.41	109.4	0.13	○		
4	11	11	1.52	1.23	123.8	0.29		○	
5	5	5	1.77	1.55	113.9	0.22		○	
6	15	18	0.98	0.91	107.9	0.07		○	
7	8	9	0.72	0.67	107.3	0.05		○	
8	9	10	0.52	0.47	111.6	0.05		○	○
9	12	14	0.77	0.71	107.8	0.06			○
10	9	9	1.15	1.03	111.0	0.11		○	○
11	8	8	1.33	1.16	115.1	0.18		○	○
12	11	10	0.90	0.81	111.1	0.09		○	○
13	6	12	0.74	0.58	127.5	0.16	○		
14	7	6	0.94	0.87	107.3	0.06	○		
15	8	8	0.65	0.45	142.1	0.19		○	○
16	6	12	0.72	0.64	112.6	0.08	○		
17	17	19	0.46	0.37	123.9	0.09		○	○
18	4	28	0.53	0.40	133.0	0.13	○		
19	14	24	0.68	0.61	112.0	0.07	○		
20	9	8	0.90	0.77	117.6	0.14		○	
21	7	7	0.70	0.63	111.6	0.07			○
22	19	19	0.33	0.28	116.2	0.05			○
23	8	8	0.36	0.27	135.8	0.10		○	
24	5	5	0.31	0.22	139.3	0.09		○	○

上記 24 メッシュの一例として No.4 のメッシュにおける状況を以下に示す。



年度	凡例 走行 歩行	測定点数	平均線量率 (μSv/h)
令和5年	● ▲	11	1.23
令和6年	● ▲	11	1.52

○空間線量率の変化量 : +0.29 μSv/h

○空間線量率の変化割合: 123.8 %

○考察

今年度は測定経路上での進行方向が昨年度とは反対になった※。そのため、昨年度よりも平均線量率が若干高くなったと考えられる。

※検出器の位置が異なり、線源との距離が変わる。

付録 3 環境モニタリング結果の総合評価

1. はじめに

福島第一原発事故以降、総合モニタリング計画に則り環境中の放射能モニタリングが継続されている。環境中の放射能の状況は時間の経過とともに変化中、総合モニタリング計画も改定を繰り返しつつ最適化が図られてきた。令和 7 年度には第 2 期復興・創生期間が終了し、その後のモニタリング方針についても検討されることが予想される。このような背景において、これまで総合モニタリング計画に沿って実施されてきたモニタリング結果を取りまとめ、モニタリングの有用性を議論する際の基礎資料とすることは重要である。令和 6 年度調査では、総合モニタリング計画にある実施項目のうち、環境一般（空間線量率、積算線量、大気浮遊じん、環境土壌、指標植物）を対象に、これまでに得られた結果について総合評価を行い、現在の放射能レベルやこれまでの減少傾向を把握することを目的とした。

2. 評価方法

以下のモニタリング結果を解析対象とした。

- ① 原子力機構が実施する福島第一原発から 20 km 圏外の環境一般モニタリング結果
- ② 東京電力が実施する福島第一原発から 20 km 圏内の環境一般モニタリング結果
- ③ モニタリングポストによる空間線量率測定結果

解析では、非検出データ（以下「ND」という。）を除いた環境一般モニタリング結果（①及び②）につき、次式の一成分モデルをフィッティングし実効半減期を求めるとともに、直近の値及び ND の件数（以下「ND 数」という。）並びに積算線量については有効測定範囲下限値（0.1 mSv）未満のデータ数等を取りまとめた。

$$D = h \exp\left(-\frac{0.693}{t_t} \times t\right)$$

ここで、 D は空間線量率、 t_t は実効半減期 (y)、 t は事故からの経過時間 (y) を表す。

モニタリングポストによる測定結果（③）については、2 成分（速い成分と遅い成分）の指数関数をフィッティングしてそれぞれの実効半減期を求めるとともに直近の値を取りまとめた。2 成分の指数関数をフィッティングする際、遅い成分の減少速度が無限大に近い場合にフィッティングが収束せずにパラメータが得られないケースが多々あった。そのため、初期設定として遅い成分の実効半減期の上限を 1,000 y とし、2 成分の実効半減期を求めた。以下では、「実効半減期」を単に「半減期」と記した。

3. 原子力機構が実施する福島第一原発から 20 km 圏外の環境一般モニタリング結果

3.1 測定内容

福島第一原発から 20 km 圏外でのモニタリング項目ごとの測定地点数及び測定（採取）頻度を表 A1 に示す。

表 A1 20 km 圏外における測定地点数及び測定（採取）頻度

項目		現在の測定 地点数	測定（採取）頻度	
			H27年度まで	H28年度以降
空間線量率		134	1回／月	1回／年
積算線量	電子式線量計	—	H24年1月～H28年3月 1回／週	—
	ガラスバッジ	14	1回／月	1回／3ヶ月
大気浮遊じん		4	1回／月 (24時間採取)	1回／月 (48時間採取)
環境土壌		5	1回／3ヶ月	1回／年
指標植物（松葉）		14	1回／6ヶ月	1回／年

3.2 空間線量率

測定地点ごとの直近3年間の平均値、直近の値及び半減期を表A2に示す。直近3年間で明確な減少が確認されない地点が多数認められた。

3.3 積算線量

地点ごとの半減期、平均値及び有効測定範囲下限値（0.1 mSv）未満のデータ数を表A3に示す。直近3年間で明確な減少が確認できない地点が多く、また直近3年間の測定全てで有効測定範囲下限値（0.1 mSv）未満であった地点は3地点であった。

3.4 大気浮遊じん

地点ごとの半減期、平均値及びND数を表A4に示す。浪江町を除く3地点では、直近1年間のデータの大半はNDであった。

3.5 環境土壌

地点ごとの半減期、平均値及びND数を表A5に示す。統計上有意な半減期は得られなかった。全ての試料で値が得られている。

3.6 指標植物（松葉）

地点ごとの半減期、平均値及びND数を表A6に示す。直近1年間でNDであった地点は4地点であった。

表 A2 空間線量率の地点ごとの評価結果 (1/3)

地点番号	市町村名	調査開始日	調査終了日	半減期 (y)	95%信頼区間 (y)		直近3年間の	直近1年間の
					下限	上限	平均値	平均値
							($\mu\text{Sv/h}$)	($\mu\text{Sv/h}$)
1	福島市	2011/3/17	2024/8/7	2.0	1.8	2.2	0.087	0.090
2	福島市	2011/3/17	2024/8/7	2.0	1.8	2.2	0.123	0.120
3	伊達市	2011/3/17	2024/8/7	1.9	1.8	2.0	0.147	0.140
4	伊達郡川俣町	2011/3/17	2024/10/16	2.1	2.0	2.3	0.083	0.080
5	相馬市	2011/3/17	2024/8/7	2.7	2.5	3.1	0.070	0.060
7	南相馬市	2011/3/17	2024/8/7	2.8	2.6	3.2	0.090	0.090
10	二本松市	2011/3/17	2024/10/16	2.6	2.4	2.9	0.087	0.090
11	二本松市	2011/3/17	2024/10/16	2.6	2.4	2.9	0.133	0.130
20	田村市	2011/3/17	2024/10/16	3.7	3.4	4.2	0.123	0.120
21	双葉郡葛尾村	2011/3/17	2024/8/2	1.9	1.8	2.0	0.137	0.130
22	田村市	2011/3/17	2024/10/16	3.7	3.2	4.4	0.100	0.100
23	田村市	2011/3/17	2024/10/16	3.2	2.9	3.6	0.110	0.110
31	双葉郡浪江町	2011/3/17	2024/8/9	2.2	2.0	2.4	0.430	0.390
32	双葉郡浪江町	2011/3/17	2024/8/9	2.2	2.0	2.4	1.233	1.200
33	相馬郡飯舘村	2011/3/17	2024/9/2	2.4	2.2	2.6	1.233	1.100
34	双葉郡浪江町	2011/3/19	2024/8/9	2.7	2.5	2.8	0.443	0.420
36	二本松市	2011/3/20	2024/8/9	2.1	1.9	2.2	0.153	0.150
37	伊達市	2011/3/31	2024/8/7	2.5	2.3	2.6	0.297	0.290
38	いわき市	2011/3/31	2024/7/2	4.4	4.0	4.9	0.103	0.110
39	相馬市	2011/4/1	2024/8/7	3.0	2.8	3.2	0.070	0.070
41	田村市	2011/3/17	2024/7/30	3.7	3.3	4.1	0.130	0.130
42	田村市	2011/3/17	2024/10/16	3.6	3.3	4.0	0.130	0.130
43	双葉郡川内村	2011/3/17	2024/7/30	3.6	3.3	3.9	0.093	0.090
44	いわき市	2011/3/17	2024/7/2	2.9	2.5	3.5	0.090	0.090
45	双葉郡檜葉町	2011/3/17	2024/7/2	3.2	2.8	3.7	0.113	0.110
46	伊達郡川俣町	2011/3/17	2024/8/9	2.0	1.9	2.1	0.193	0.160
51	田村郡小野町	2011/3/17	2024/7/10	4.5	3.9	5.5	0.073	0.070
52	田村市	2011/3/17	2024/7/10	4.2	3.7	4.9	0.100	0.100
61	相馬郡飯舘村	2011/3/17	2024/7/19	2.4	2.2	2.5	0.383	0.350
62	相馬郡飯舘村	2011/3/17	2024/7/19	1.5	1.4	1.5	0.143	0.140
63	相馬郡飯舘村	2011/3/17	2024/7/19	2.0	1.9	2.2	0.147	0.140
72	いわき市	2011/3/20	2024/7/2	3.1	2.7	3.7	0.080	0.080
75	いわき市	2011/3/20	2024/7/2	6.2	4.7	8.8	0.087	0.080
78	伊達郡川俣町	2011/3/20	2024/10/16	4.0	3.3	5.1	0.137	0.130
79	双葉郡浪江町	2011/3/20	2024/7/3	2.0	1.9	2.1	0.457	0.440
81	双葉郡浪江町	2011/3/24	2024/8/9	2.5	2.4	2.6	1.300	1.300
83	双葉郡浪江町	2011/3/24	2024/7/19	3.1	2.9	3.2	4.933	3.600
84	いわき市	2011/3/26	2024/7/2	4.2	3.8	4.8	0.090	0.090
101	伊達市	2011/4/7	2024/8/7	3.1	2.6	3.8	0.080	0.080
102	伊達市	2011/4/7	2024/8/7	2.3	2.2	2.5	0.093	0.100
104	双葉郡葛尾村	2011/4/7	2024/8/2	2.5	2.3	2.6	0.127	0.120
105	田村市	2011/4/7	2024/7/30	3.9	3.5	4.3	0.093	0.090
106	いわき市	2011/4/7	2024/7/2	3.5	3.2	4.0	0.083	0.080
110	田村市	2011/5/20	2024/7/30	3.0	2.9	3.2	0.113	0.110
111	双葉郡川内村	2011/5/20	2024/7/30	3.2	3.0	3.4	0.100	0.100

表 A2 空間線量率の地点ごとの評価結果 (2/3)

地点番号	市町村名	調査開始日	調査終了日	半減期 (y)	95%信頼区間 (y)		直近3年間の	直近1年間の
					下限	上限	平均値	平均値
							($\mu\text{Sv/h}$)	($\mu\text{Sv/h}$)
112	双葉郡広野町	2011/5/21	2024/7/2	3.5	3.3	3.8	0.123	0.120
113	田村市	2011/5/20	2024/10/16	3.4	3.2	3.6	0.193	0.180
114	いわき市	2011/5/23	2024/7/30	2.6	2.4	2.7	0.147	0.150
115	いわき市	2011/5/30	2024/7/30	2.5	2.3	2.6	0.237	0.240
174	いわき市	2011/5/23	2024/7/2	4.3	3.1	6.6	0.080	0.080
177	双葉郡川内村	2011/5/23	2018/8/2	2.6	2.4	2.9	-	-
177-r1	双葉郡川内村	2019/9/12	2024/7/30	-	-	-	0.173	0.170
181	双葉郡川内村	2011/5/20	2024/7/30	4.0	3.8	4.2	0.120	0.120
d1	福島市	2011/4/27	2024/7/11	2.4	2.1	2.8	0.100	0.100
d2	伊達市	2011/4/27	2024/7/11	2.2	2.0	2.5	0.173	0.160
d3	伊達市	2011/4/27	2024/7/11	2.4	2.2	2.7	0.170	0.160
d4	伊達市	2011/4/27	2024/7/11	2.3	2.1	2.6	0.220	0.210
d9	福島市	2011/4/27	2024/7/11	3.8	3.3	4.4	0.110	0.120
d11	福島市	2011/4/27	2024/7/11	2.1	1.9	2.2	0.087	0.090
d12	福島市	2011/4/27	2024/7/11	2.7	2.4	3.1	0.073	0.080
d13	福島市	2011/4/27	2024/7/11	2.8	2.5	3.2	0.150	0.140
d14	伊達市	2011/9/15	2024/7/11	3.0	2.7	3.4	0.160	0.150
i2	相馬郡飯館村	2011/4/25	2024/9/6	2.2	2.1	2.3	0.183	0.170
i3	相馬郡飯館村	2011/4/25	2024/7/1	2.5	2.3	2.7	0.200	0.190
i4	相馬郡飯館村	2011/4/25	2024/9/6	2.5	2.4	2.7	0.480	0.440
i5	相馬郡飯館村	2011/4/25	2024/9/6	2.4	2.3	2.6	0.243	0.230
i6	相馬郡飯館村	2011/4/25	2024/7/1	2.3	2.1	2.5	0.277	0.270
i7	相馬郡飯館村	2011/4/25	2024/7/1	2.4	2.2	2.6	0.287	0.270
i8	相馬郡飯館村	2011/4/25	2024/7/1	2.0	1.8	2.2	0.117	0.110
i9	相馬郡飯館村	2011/4/25	2024/9/6	2.7	2.5	2.9	0.360	0.350
i10	相馬郡飯館村	2011/4/25	2024/9/6	3.0	2.8	3.2	0.383	0.360
i11	相馬郡飯館村	2011/4/25	2024/7/1	2.7	2.6	2.9	0.263	0.260
i12	相馬郡飯館村	2011/4/25	2024/7/1	3.1	2.9	3.4	0.283	0.280
i13	相馬郡飯館村	2011/4/25	2024/9/6	2.4	2.2	2.5	0.253	0.230
i14	相馬郡飯館村	2011/4/25	2024/7/1	2.4	2.2	2.5	0.237	0.230
i15	相馬郡飯館村	2011/4/25	2024/7/1	3.1	2.9	3.3	0.263	0.250
i16	相馬郡飯館村	2011/4/25	2024/7/1	2.5	2.4	2.7	0.163	0.160
i17	相馬郡飯館村	2011/4/25	2024/9/6	2.9	2.7	3.2	0.273	0.270
i18	相馬郡飯館村	2011/4/25	2024/9/6	2.9	2.7	3.1	0.310	0.290
i19	相馬郡飯館村	2011/4/26	2024/9/6	2.4	2.3	2.5	0.243	0.230
i20	相馬郡飯館村	2011/4/26	2024/9/6	2.5	2.4	2.7	0.297	0.270
i21	相馬郡飯館村	2011/4/26	2024/9/2	3.3	3.1	3.5	0.643	0.610
i22	相馬郡飯館村	2011/4/26	2024/9/2	2.8	2.7	3.0	0.530	0.440
i23	相馬郡飯館村	2011/4/26	2024/9/2	2.5	2.4	2.7	0.353	0.340
i24	相馬郡飯館村	2011/4/26	2024/9/2	3.2	2.9	3.5	0.813	0.740
i25	相馬郡飯館村	2011/4/26	2024/9/2	2.1	2.0	2.3	0.317	0.300
i26	相馬郡飯館村	2011/4/26	2024/9/2	3.2	3.1	3.4	0.867	0.770
i28	相馬郡飯館村	2011/4/26	2024/9/2	2.4	2.2	2.6	0.677	0.620
i29	相馬郡飯館村	2011/4/26	2024/9/2	2.5	2.4	2.7	0.353	0.340
i30	相馬郡飯館村	2011/4/26	2024/9/2	2.4	2.2	2.5	0.200	0.170

表 A2 空間線量率の地点ごとの評価結果 (3/3)

地点番号	市町村名	調査開始日	調査終了日	半減期 (y)	95%信頼区間 (y)		直近3年間の	直近1年間の
					下限	上限	平均値	平均値
							($\mu\text{Sv/h}$)	($\mu\text{Sv/h}$)
i31	相馬郡飯館村	2011/4/26	2024/9/2	2.2	2.0	2.4	0.223	0.200
i32	相馬郡飯館村	2011/4/26	2024/9/2	2.8	2.6	3.0	0.310	0.290
K1	双葉郡葛尾村	2011/4/25	2024/8/2	3.1	2.8	3.4	0.190	0.170
K2	双葉郡葛尾村	2011/4/25	2024/8/2	2.3	2.1	2.5	0.120	0.110
K3	双葉郡葛尾村	2011/4/25	2024/8/2	3.1	2.9	3.3	0.147	0.140
K4	双葉郡葛尾村	2011/4/25	2024/8/2	2.8	2.6	3.0	0.187	0.180
K5	双葉郡葛尾村	2011/4/25	2024/8/2	2.5	2.3	2.8	0.107	0.100
K6	双葉郡葛尾村	2011/4/25	2024/8/2	3.2	3.0	3.5	0.710	0.700
K8	双葉郡葛尾村	2011/4/25	2024/8/2	2.4	2.3	2.6	0.673	0.630
K9	双葉郡葛尾村	2011/4/25	2024/8/2	2.7	2.5	2.9	0.233	0.230
K10	双葉郡葛尾村	2011/4/25	2024/8/2	2.7	2.6	2.9	0.113	0.110
K11	双葉郡葛尾村	2011/4/25	2024/8/2	2.9	2.7	3.1	0.170	0.160
ko1	郡山市	2011/4/25	2024/9/4	2.6	2.3	2.9	0.113	0.110
ko2	郡山市	2011/4/25	2024/9/4	2.6	2.4	2.9	0.107	0.100
ko3	郡山市	2011/5/27	2024/9/4	2.4	2.2	2.7	0.110	0.100
kw1	伊達郡川俣町	2011/4/26	2024/8/9	3.6	3.3	4.0	0.167	0.160
kw2	伊達郡川俣町	2011/4/26	2024/7/19	3.0	2.7	3.4	0.113	0.110
kw3	伊達郡川俣町	2011/4/26	2024/8/9	2.7	2.5	3.1	0.137	0.130
kw4	伊達郡川俣町	2011/4/26	2024/8/9	2.5	2.4	2.7	0.130	0.130
kw5	伊達郡川俣町	2011/4/26	2024/8/9	2.9	2.7	3.2	0.167	0.150
kw6	伊達郡川俣町	2011/4/26	2024/8/9	2.1	2.0	2.3	0.280	0.280
mo1	本宮市	2011/4/25	2024/9/4	3.1	2.8	3.4	0.197	0.200
ms1	南相馬市	2011/4/26	2024/8/6	2.2	2.1	2.4	0.177	0.180
ms2	南相馬市	2011/4/26	2024/8/6	2.6	2.4	2.8	0.127	0.120
ms3	南相馬市	2011/4/26	2024/8/6	4.8	4.4	5.3	0.243	0.220
ms4	南相馬市	2011/4/26	2024/8/6	2.9	2.8	3.1	0.353	0.340
ms5	南相馬市	2011/4/26	2024/8/6	2.8	2.6	3.1	0.260	0.260
ms6	南相馬市	2011/4/26	2024/8/6	2.2	2.1	2.3	0.370	0.360
ms7	南相馬市	2011/4/26	2024/8/6	2.8	2.5	3.2	0.113	0.110
ms8	南相馬市	2011/4/26	2024/8/6	4.4	3.9	5.1	0.080	0.080
ms9	南相馬市	2011/4/26	2024/8/6	4.6	4.0	5.4	0.080	0.080
ms10	南相馬市	2011/4/26	2024/8/6	5.0	4.5	5.7	0.090	0.090
ms11	南相馬市	2011/4/26	2024/8/6	2.8	2.5	3.0	0.173	0.170
n1	双葉郡浪江町	2011/4/27	2024/7/3	3.5	3.3	3.7	1.967	1.900
n2	双葉郡浪江町	2011/4/27	2024/7/19	3.3	3.1	3.5	1.967	1.800
n3	双葉郡浪江町	2011/4/27	2024/7/19	3.2	3.0	3.4	1.200	1.100
n4	双葉郡浪江町	2011/4/27	2024/7/19	2.7	2.6	2.9	1.400	1.300
n5	双葉郡浪江町	2011/4/27	2024/7/19	2.9	2.7	3.1	3.400	3.200
n6	双葉郡浪江町	2011/4/27	2024/7/3	3.2	3.1	3.4	1.033	1.000
n7	双葉郡浪江町	2011/4/27	2024/7/3	2.6	2.5	2.8	1.133	1.100
n8	双葉郡浪江町	2011/4/27	2024/7/3	3.2	3.0	3.4	1.433	1.400
n10	双葉郡浪江町	2011/4/27	2024/8/9	3.8	3.5	4.2	0.273	0.270
n11	双葉郡浪江町	2011/5/23	2024/7/19	2.5	2.4	2.6	1.200	1.100
ni1	二本松市	2011/4/25	2024/9/4	3.6	3.3	4.0	0.150	0.140
ni2	二本松市	2011/5/4	2024/8/9	3.3	3.0	3.7	0.100	0.110

表 A3 積算線量の地点ごとの評価結果

地点番号	市町村名	調査開始日	調査終了日	半減期 (y)*	95%信頼区間 (y)		直近3年間の 平均値 (mSv/3ヶ月)	直近1年間の 平均値 (mSv/3ヶ月)	有効測定範囲下限値 (0.1mSv) 未満 のデータ数/測定数		
					下限	上限			全期間	直近3年間	直近1年間
					21	双葉郡葛尾村	2016/7/4	2024/12/18	9.0	6.8	14
76	双葉郡川内村	2017/6/28	2024/12/18	-	-	-	0.1	0.1	1 / 31	0 / 12	0 / 4
84	いわき市	2017/6/28	2024/12/18	-	-	-	-	-	21 / 31	12 / 12	4 / 4
38	いわき市	2016/7/4	2024/12/18	7.7	5.9	11	0.1	0.1	0 / 35	0 / 12	0 / 4
71	双葉郡広野町	2016/7/4	2024/12/18	-	-	-	-	-	22 / 35	12 / 12	4 / 4
80	南相馬市	2016/7/4	2024/12/18	-	-	-	0.1	0.1	2 / 35	1 / 12	0 / 4
79	双葉郡浪江町	2016/7/4	2024/12/19	3.2	2.8	3.7	0.8	0.8	0 / 35	0 / 12	0 / 4
34	双葉郡浪江町	2016/7/4	2024/12/19	5.5	4.8	6.4	0.6	0.6	0 / 35	0 / 12	0 / 4
31	双葉郡浪江町	2016/7/4	2024/12/19	3.7	3.1	4.5	0.5	0.5	0 / 35	0 / 12	0 / 4
32	双葉郡浪江町	2016/7/4	2024/12/19	5.2	4.7	5.9	2.9	2.8	0 / 35	0 / 12	0 / 4
33	相馬郡飯舘村	2016/7/4	2024/12/19	4.1	3.8	4.6	1.6	1.5	0 / 35	0 / 12	0 / 4
1	福島市	2016/7/4	2024/12/19	30	16	311	0.1	0.1	0 / 35	0 / 12	0 / 4
39	相馬市	2016/7/4	2024/12/19	-	-	-	-	-	21 / 35	12 / 12	4 / 4
7	南相馬市	2016/7/4	2024/12/19	22	12	149	0.1	0.1	6 / 35	5 / 12	3 / 4

※3ヶ月間の積算線量を測定開始したH28年度以降のデータについて評価

表 A4 大気浮遊じんの地点ごとの評価結果

地点番号	市町村名	調査開始日	調査終了日	半減期 (y)	95%信頼区間 (y)		直近3年間の 平均値 (Bq/m ³)	直近1年間の 平均値 (Bq/m ³)	ND数/測定数		
					下限	上限			全期間	直近3年間	直近1年間
					300 (新)	相馬市	2016/12/20	2024/12/9	36	8.8	-
301	二本松市	2013/4/16	2024/12/9	3.9	2.3	15	0.000043	0.000054	121 / 140	32 / 36	10 / 12
302-r1	双葉郡浪江町	2023/8/22	2024/12/10	-	-	-	0.000076	0.000079	3 / 17	3 / 17	3 / 12
303 (新)	田村市	2017/1/24	2024/12/10	48	7.8	-	0.000028	0.000028	92 / 96	35 / 36	11 / 12

表 A5 環境土壌の地点ごとの評価結果

地点番号	市町村名	調査開始日	調査終了日	半減期 (y)	95%信頼区間 (y)		直近3年間の 平均値 (Bq/kg)	直近1年間の 平均値 (Bq/kg)	ND数/測定数		
					下限	上限			全期間	直近3年間	直近1年間
					ms6	南相馬市	2013/9/11	2024/10/18	-	-	-
k8-r1	双葉郡葛尾村	2021/10/14	2024/9/24	-	-	-	33667	18000	0 / 4	0 / 3	0 / 1
32-r1	双葉郡浪江町	2022/10/12	2024/11/7	-	-	-	50667	53000	0 / 3	0 / 3	0 / 1
81	双葉郡浪江町	2012/3/27	2024/11/7	-	-	-	47000	32000	0 / 26	0 / 3	0 / 1
83-r1	双葉郡浪江町	2024/10/18	2024/10/18	-	-	-	24000	24000	0 / 1	0 / 1	0 / 1

表 A6 指標植物（松葉）の地点ごとの評価結果

地点番号	市町村名	調査開始日	調査終了日	半減期 (y)	95%信頼区間 (y)		直近3年間の 平均値 (Bq/kg)	直近1年間の 平均値 (Bq/kg)	ND数/測定数		
					下限	上限			全期間	直近3年間	直近1年間
ms6p	南相馬市	2012/3/16	2024/9/3	3.2	2.1	6.4	494	463	0 / 20	0 / 3	0 / 1
k8p-r1	双葉郡葛尾村	2021/9/21	2024/9/3	-	-	-	235	166	0 / 4	0 / 3	0 / 1
202-r1	双葉郡浪江町	2024/8/29	2024/8/29	-	-	-	58	58	0 / 1	0 / 1	0 / 1
79p	双葉郡浪江町	2012/3/16	2024/8/29	1.7	1.3	2.8	18	13	0 / 20	0 / 3	0 / 1
204-r1	双葉郡浪江町	2019/9/10	2024/8/29	1.7	1.1	3.5	158	83	0 / 6	0 / 3	0 / 1
2-1p	相馬郡飯館村	2013/9/13	2024/9/9	3.1	2.5	4.1	37	36	0 / 15	0 / 3	0 / 1
2-2p-r1	伊達郡川俣町	2019/10/1	2024/9/5	1.9	1.6	2.5	6	-	1 / 6	1 / 3	1 / 1
2-3p-r1	田村市	2019/10/1	2024/9/5	-	-	-	4	4	0 / 6	0 / 3	0 / 1
2-4p	南相馬市	2013/9/13	2024/9/3	2.0	1.7	2.5	6	4	0 / 15	0 / 3	0 / 1
2-5p	田村郡小野町	2013/9/13	2024/9/11	-	-	-	3	-	12 / 15	2 / 3	1 / 1
2-6p	いわき市	2013/9/13	2024/9/11	-	-	-	-	-	9 / 15	3 / 3	1 / 1
2-7p	伊達郡川俣町	2013/9/13	2024/9/5	2.5	1.8	3.8	6	4	0 / 15	0 / 3	0 / 1
2-8p	伊達市	2013/9/13	2024/9/9	2.3	2.0	2.8	3	-	1 / 15	1 / 3	1 / 1
2-9p-r1	二本松市	2023/9/12	2024/9/9	-	-	-	4	4	0 / 2	0 / 2	0 / 1

4. 東京電力が実施する福島第一原発から 20 km 圏内の環境一般

4.1 測定内容

モニタリング地点数と頻度を表 A7 に示す。

表 A7 モニタリング地点数及び頻度

項目		現在の測定 地点数	測定（採取）頻度	
			H27年度まで	H28年度以降
空間線量率		50	1回/月	1回/年
積算線量	電子式線量計 ※20 km圏外に設置	6	1回/週	H28年4月～10月 1回/1ヶ月 H28年9月以降 1回/3ヶ月
大気浮遊じん		6	1回/月 (24時間採取)	1回/月 (48時間採取)
環境土壌		5	1回/3ヶ月	1回/年

4.2 空間線量率

地点ごとの直近 3 年間の平均値、直近 1 年間の平均値及び半減期を表 A8 に示す。大多数の地点で直近 3 年間での減少が認められたものの、地点により明確な減少が確認されなかった。

4.3 積算線量

地点ごとの半減期、平均値及び有効測定範囲下限値（0.1 mSv）未満のデータ数を表 A9 に示す。直近 3 年間で明確な減少が確認できない地点が多く、また直近 1 年間の測定で有効測定範囲下限値未満であった地点は 2 地点であった。

4.4 大気浮遊じん

地点ごとの半減期、平均値及び ND 数を表 A10 に示す。直近 3 年間で明確な減少が確認できない地点が多かったが、直近 1 年間を通じて ND であった地点はなかった。

4.5 環境土壌

地点ごとの半減期、平均値及び ND 数を表 A11 に示す。全ての試料で値が得られている。

表 A8 空間線量率の地点ごとの評価結果 (1/2)

地点番号	市町村名	調査開始日	調査終了日	半減期 (y)	95%信頼区間 (y)		直近3年間の	直近1年間の
					下限	上限	平均値	平均値
							($\mu\text{Sv/h}$)	($\mu\text{Sv/h}$)
1	南相馬市小高区大井	2011/5/6	2023/9/25	3.0	2.8	3.1	0.097	0.090
2	浪江町北幾世橋	2011/5/6	2023/9/25	3.2	3.0	3.4	0.107	0.100
3	南相馬市小高区方草	2011/5/6	2023/9/25	3.9	3.7	4.1	0.180	0.160
4	南相馬市小高区泉沢	2011/5/6	2023/9/25	4.4	4.1	4.7	0.157	0.140
5	南相馬市小高区行津	2011/5/6	2023/9/25	3.4	3.2	3.6	0.110	0.110
6	南相馬市小高区大富	2011/5/6	2023/9/25	1.8	1.7	1.9	0.173	0.160
7	南相馬市小高区神山	2011/5/6	2023/9/25	3.2	3.1	3.4	0.300	0.280
8	双葉町長塚	2011/5/6	2023/9/25	2.5	2.4	2.6	0.480	0.460
9	浪江町酒井	2011/5/6	2023/9/25	3.0	2.9	3.1	1.073	0.420
10	双葉町長塚	2011/5/6	2023/9/25	2.3	2.2	2.4	0.237	0.230
11	双葉町新山	2011/5/6	2023/9/25	3.4	3.3	3.6	0.760	0.710
12	南相馬市小高区金谷	2011/5/6	2011/8/29	0.9	0.6	2.2	-	-
13	浪江町立野	2011/5/6	2023/9/25	2.4	2.3	2.5	0.257	0.230
14	浪江町昼曾根	2011/5/6	2023/9/26	3.5	3.4	3.6	3.710	0.730
15	浪江町室原	2011/5/6	2023/9/26	2.7	2.6	2.8	2.767	2.600
16	浪江町立野	2011/5/6	2023/9/25	2.0	1.9	2.1	0.407	0.360
17	浪江町末森	2011/5/6	2023/9/25	2.3	2.3	2.4	0.227	0.220
18	双葉町寺沢	2011/5/6	2023/9/25	3.3	3.2	3.4	1.060	1.000
19	浪江町川房	2011/5/6	2023/9/26	2.7	2.6	2.8	3.033	2.900
20	浪江町小丸	2011/5/6	2011/9/14	1.7	0.9	17.7	-	-
21	浪江町井手	2011/5/6	2023/9/25	2.2	2.1	2.2	1.233	1.100
22	双葉町前田	2011/5/6	2023/9/25	2.7	2.7	2.8	0.627	0.590
23	大熊町夫沢	2011/5/6	2023/9/25	2.9	2.8	3.0	2.700	2.500
24	田村市都路町	2011/5/6	2023/9/26	2.8	2.7	3.1	0.127	0.130
25	大熊町野上	2011/5/6	2023/9/26	3.0	2.9	3.1	0.290	0.270
26	大熊町野上	2011/5/6	2023/9/25	2.8	2.7	3.0	0.483	0.450
27	双葉町石熊	2011/5/6	2023/9/25	3.2	3.2	3.3	2.400	2.200
28	双葉町山田	2011/5/6	2023/9/25	3.0	2.9	3.1	1.267	1.100
29	大熊町夫沢	2011/5/6	2023/9/25	1.7	1.6	1.7	2.200	1.800
30	大熊町夫沢	2011/5/6	2023/9/25	3.1	3.0	3.2	3.600	3.500
31	田村市都路町	2011/5/6	2023/9/26	3.1	2.9	3.3	0.207	0.200
32	川内村下川内	2011/5/6	2023/9/26	2.9	2.7	3.0	0.203	0.190
33	川内村下川内	2011/5/6	2023/9/26	2.1	2.0	2.3	0.103	0.100
34	大熊町大川原	2011/5/6	2023/9/25	2.2	2.1	2.3	0.303	0.270
35	大熊町野上	2011/5/6	2023/9/25	2.5	2.5	2.6	1.100	1.000
36	大熊町下野上	2011/5/6	2023/9/25	2.1	1.9	2.3	1.167	1.100
37	大熊町夫沢	2011/5/6	2023/9/25	2.8	2.7	2.9	8.600	5.800
38	大熊町小入野	2011/5/6	2023/9/25	2.6	2.5	2.7	0.810	0.770
39	富岡町上手岡	2011/5/6	2023/9/26	3.0	2.9	3.1	0.673	0.610
40	富岡町上手岡	2011/5/6	2011/9/14	0.8	0.4	4.4	-	-
41	檜葉町井出	2011/5/6	2011/9/6	0.6	0.5	0.8	-	-
42	富岡町上手岡	2011/5/6	2023/9/26	1.8	1.7	1.8	0.243	0.230
43	富岡町上郡山	2011/5/6	2023/9/26	2.6	2.5	2.7	0.273	0.240
44	檜葉町上繁岡	2011/5/6	2023/9/25	1.7	1.6	1.9	0.130	0.130
45	富岡町本岡	2011/5/6	2023/9/25	3.0	2.9	3.1	1.083	0.620

表 A8 空間線量率の地点ごとの評価結果 (2/2)

地点番号	市町村名	調査開始日	調査終了日	半減期 (y)	95%信頼区間 (y)		直近3年間の 平均値 ($\mu\text{Sv/h}$)	直近1年間の 平均値 ($\mu\text{Sv/h}$)
					下限	上限		
46	富岡町小良ヶ浜	2011/5/6	2023/9/25	3.0	2.9	3.0	1.200	1.200
47	大熊町熊川	2011/5/6	2023/9/25	4.3	4.2	4.5	7.300	7.100
48	檜葉町井出	2011/5/6	2023/9/25	2.7	2.6	2.8	0.107	0.110
49	富岡町小浜	2011/5/6	2023/9/25	1.1	1.0	1.2	0.120	0.120
50	大熊町熊川	2011/5/6	2023/9/25	3.1	3.0	3.2	2.233	2.000
51	南相馬市小高区川房	2011/9/6	2023/9/25	1.6	1.5	1.8	0.287	0.280
52	檜葉町上小埜	2011/9/14	2023/9/26	3.1	2.8	3.5	0.123	0.120
53	浪江町井手	2011/10/4	2011/10/4	-	-	-	-	-
54	富岡町上手岡	2011/10/4	2023/9/26	3.1	2.9	3.2	0.477	0.450
55	浪江町井手	2011/10/25	2023/9/25	3.7	3.6	3.9	5.700	5.300

表 A9 積算線量の地点ごとの評価結果

地点番号	市町村名	調査開始日	調査終了日	半減期 (y)*	95%信頼区間 (y)		直近3年間の 平均値 (mSv/3ヶ月)	直近1年間の 平均値 (mSv/3ヶ月)	有効測定範囲下限値 (0.1mSv) 未滿のデータ数/測定数		
					下限	上限			全期間	直近3年間	直近1年間
41	田村郡路	2016/9/27	2024/12/24	15	12	18	0.4	0.4	0 / 33	0 / 12	0 / 4
42	田村常業	2016/9/27	2024/12/24	10	8.6	13	0.3	0.3	0 / 33	0 / 12	0 / 4
43	川内下川内	2016/9/27	2024/12/24	42	27	89	0.2	0.2	0 / 33	0 / 12	0 / 4
44	いわき大久	2016/9/27	2024/12/24	21	17	27	0.2	0.2	0 / 33	0 / 12	0 / 4
45	檜葉山田岡	2016/9/27	2024/12/24	10	9.2	12	0.4	0.3	0 / 32	0 / 12	0 / 4
46	川俣山木屋	2016/9/27	2024/12/24	7.0	5.7	9.1	0.9	0.9	0 / 33	0 / 12	0 / 4

※3ヶ月間の積算線量を測定開始したH28年度以降のデータについて評価

表 A10 大気浮遊じんの地点ごとの評価結果

地点番号	市町村名	調査開始日	調査終了日	半減期 (y)	95%信頼区間 (y)		直近3年間の 平均値 (Bq/m ³)	直近1年間の 平均値 (Bq/m ³)	ND数/測定数		
					下限	上限			全期間	直近3年間	直近1年間
60	南相馬市	2013/4/23	2024/12/10	3.0	2.4	3.8	0.000030	0.000037	82 / 181	20 / 36	6 / 12
61	双葉郡浪江町	2013/4/23	2024/12/10	3.3	2.7	4.2	0.000108	0.000106	34 / 181	5 / 36	3 / 12
62	双葉郡双葉町	2013/4/23	2024/12/10	2.1	1.8	2.5	0.000179	0.000126	23 / 141	1 / 36	1 / 12
63-r1	双葉郡大熊町	2024/8/19	2024/12/10	-	-	-	0.000128	0.000128	1 / 5	1 / 5	1 / 5
64	双葉郡富岡町	2013/4/23	2024/12/10	2.5	2.2	2.8	0.000063	0.000062	13 / 181	1 / 36	1 / 12
65	双葉郡檜葉町	2013/4/23	2024/12/10	2.8	2.3	3.5	0.000012	0.000011	105 / 181	26 / 36	9 / 12

表 A11 環境土壌の地点ごとの評価結果

地点番号	市町村名	調査開始日	調査終了日	半減期 (y)	95%信頼区間 (y)		直近3年間の 平均値 (Bq/kg湿)	直近1年間の 平均値 (Bq/kg湿)	ND数/測定数		
					下限	上限			全期間	直近3年間	直近1年間
8	双葉郡双葉町	2012/4/12	2024/9/3	6.6	3.5	73	20554	26362	0 / 25	0 / 3	0 / 1
37	双葉郡大熊町	2012/4/12	2024/9/3	-	-	-	79823	97468	0 / 25	0 / 3	0 / 1
46	双葉郡富岡町	2012/4/12	2024/9/3	8.5	6.1	14	10018	8054	0 / 25	0 / 3	0 / 1
51	南相馬市	2012/4/12	2024/9/3	-	-	-	4355	4264	0 / 25	0 / 3	0 / 1
55	双葉郡浪江町	2012/4/12	2024/9/3	-	-	-	54389	53168	0 / 25	0 / 3	0 / 1

5. モニタリングポストによる空間線量率測定結果

5.1 実効半減期の分布

モニタリングポスト（全 2,728 箇所）の空間線量率の減少傾向について、2 成分の指数関数をフィッティングして実効半減期を得た。実効半減期の速い成分及び遅い成分とその頻度分布を図 A1 に示す。速い成分は単峰性の分布を示し、中央値は 1.2~1.3 y であった。一方、遅い成分は 5~30 y と 50 y 以上の 2 つの分布に分かれた。遅い成分の分布をより広範囲で確認した結果（図 A2 参照）、約 60%のデータは 200 y 未満であり、残りの 200 y 以上のデータは上限の 1,000 y ないしはそれに近い値を示しており、定数項と見なせる。ただし、特にこのような 200 y 以上という長い実効半減期については、実質的に減少傾向がないデータに半減期を持たせるようフィッティングしているため、統計上の 95%有意水準を満たしていない。減少傾向の適切なモデル化には、定数項を含むなど複数のフィッティング式を適用する必要がある。

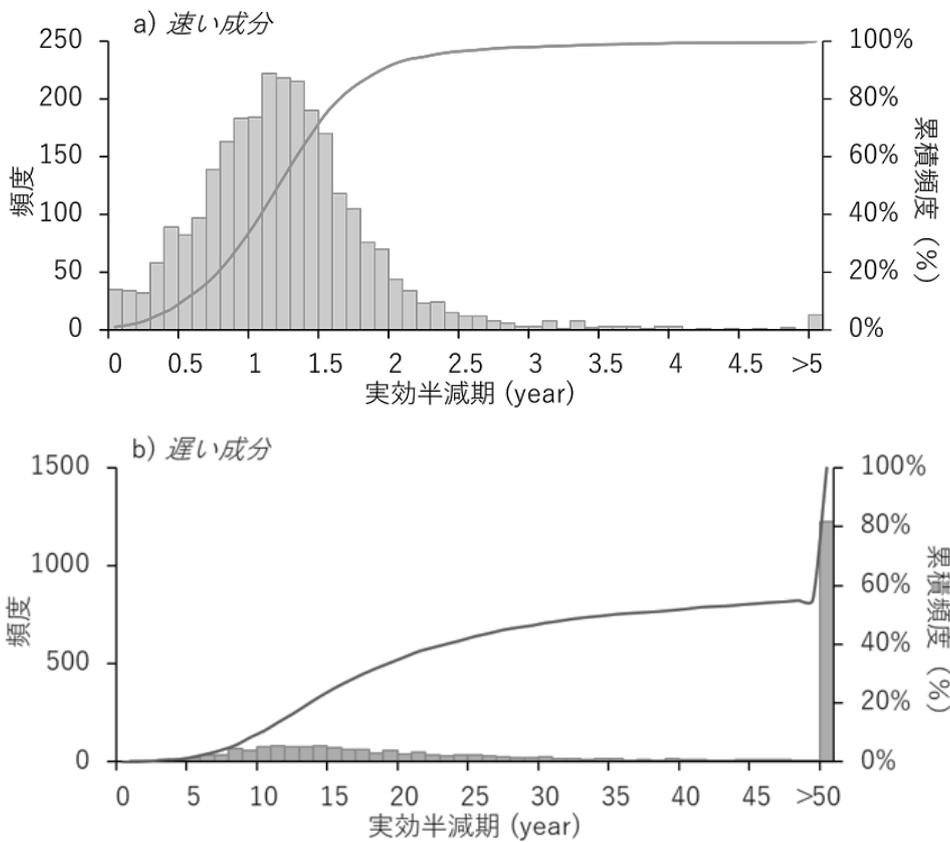


図 A1 モニタリングポストの空間線量率の減少傾向から得られた実効半減期とその頻度分布

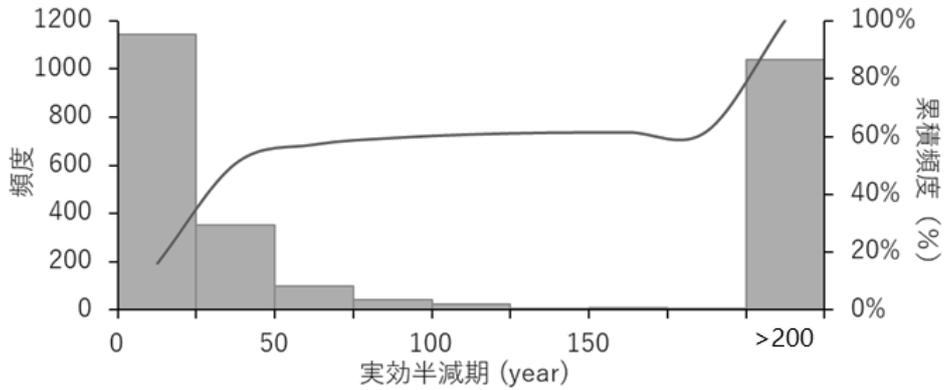


図 A2 実効半減期の遅い成分の頻度分布

5.2 実効半減期の遅い成分及び直近 1 年間の平均空間線量率の分布

実効半減期の遅い成分の分布を図 A3 に示す。上述したように、実効半減期が 200 y 以上のモニタリングポストはほぼ空間線量率が不変であることから、自然放射線レベル (BG レベル) として記載する。BG レベルのモニタリングポストは、浜通り、中通り、会津地域それぞれに分布していた。実効半減期が 50 y 以下と比較的速い成分も同様の地域に分布していたが、同地域内で比較した場合、これらは主に都市域近傍に分布していたのに対し、BG レベルのモニタリングポストは主に会津地域の西部や中通りの東部 (阿武隈山地側) に分布していた。

直近 1 年間の平均空間線量率 (95%ile 値) の分布を図 A4 に示す。福島県内の BG レベルは大部分で 0.1 $\mu\text{Sv/h}$ 未満であり、このような低レベルの空間線量率は会津地域、中通りの東部 (阿武隈山地側)、いわき市、相双地域の海側に分布していた。また実効半減期が BG レベルであったモニタリングポストの大半で、空間線量率が 0.1 $\mu\text{Sv/h}$ 未満であった。

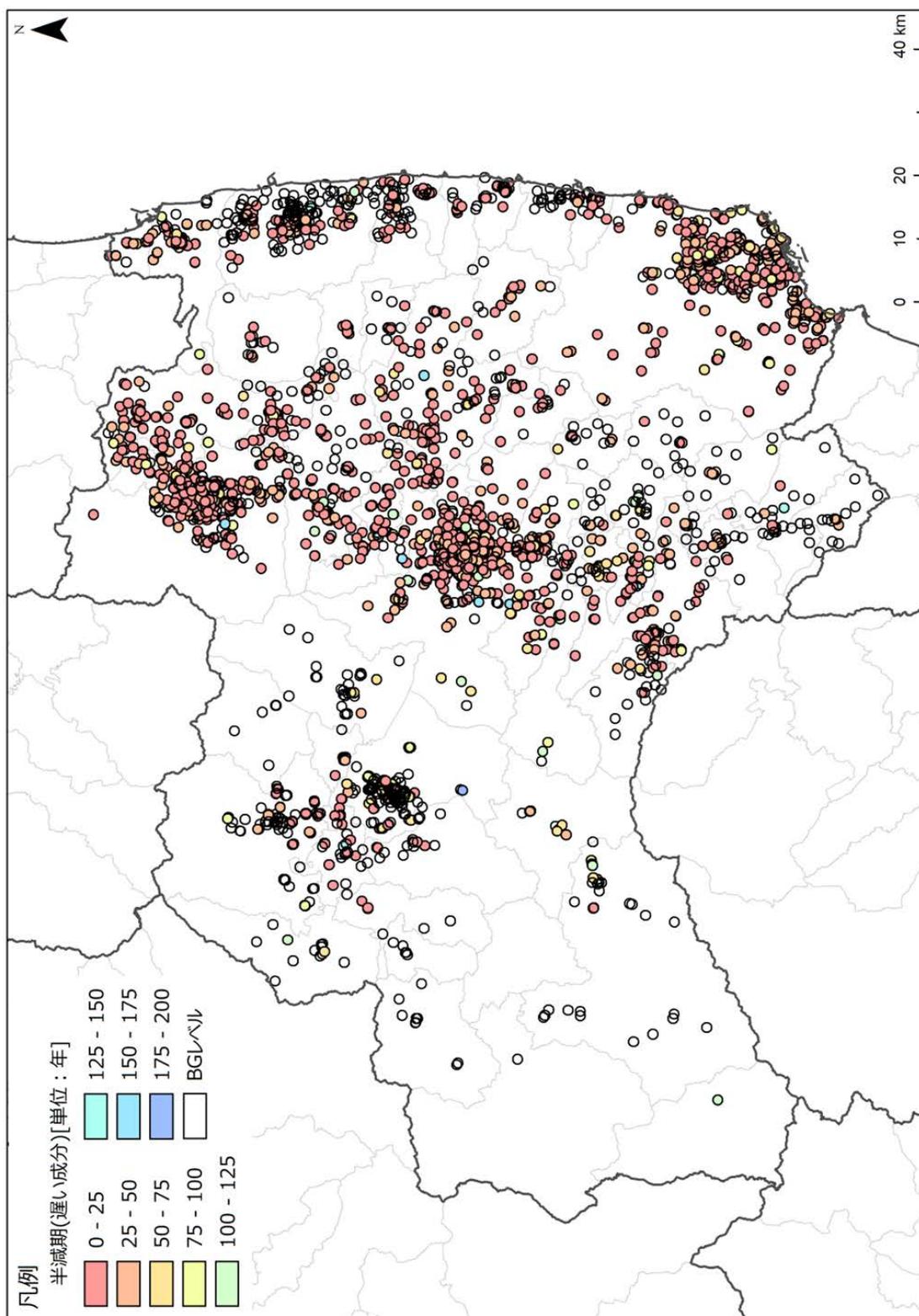


図 A3 実効半減期の遅い成分の分布 (背景地図：国土地理院)

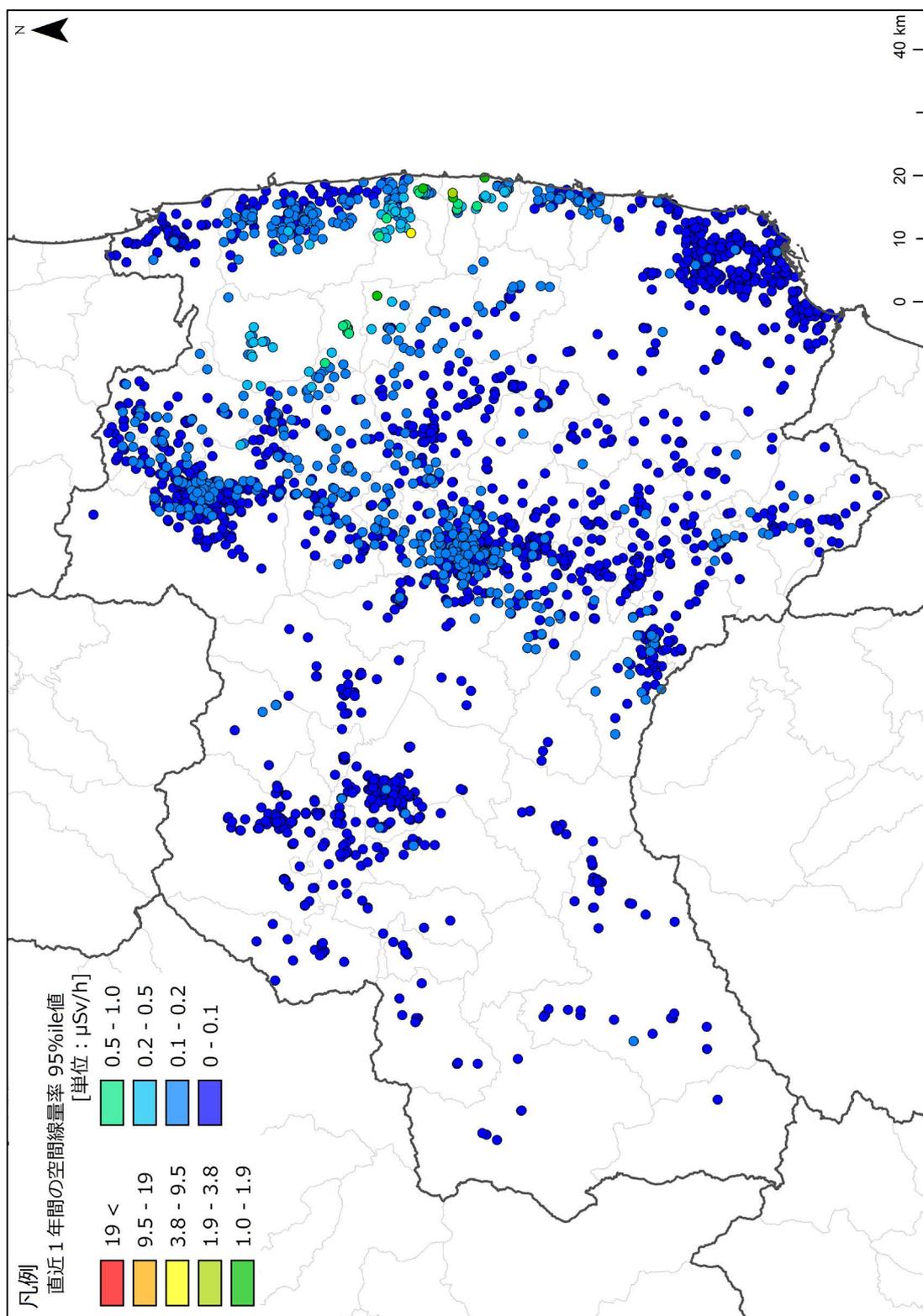


図 A4 直近1年間の平均空間線量率95%ile値の分布 (背景地図: 国土地理院)

