

令和 5 年度 帰還困難区域における
内部及び外部被ばく線量に関する検討事業

委託業務成果報告書

令和 6 年 3 月
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

本報告書は、内閣府による令和5年度 帰還困難区域における内部及び外部被ばく線量に関する検討事業の成果をとりまとめたものである。

目次

1. はじめに	7
2. 特定復興再生拠点区域における大気放射能濃度調査	9
2.1 調査方法	9
2.1.1 調査期間	13
2.1.1.1 拠点区域内での調査期間	13
2.1.1.2 拠点区域外での調査期間	17
2.1.2 試料採取と気象、空間線量率の観測	19
2.1.3 前処理	21
2.1.4 放射能分析	22
2.1.5 再浮遊係数の評価	23
2.1.6 空間線量率測定に基づく外部被ばく評価	25
2.1.7 実測値に基づく吸入に伴う内部被ばく評価	25
2.1.8 確率論に基づく吸入に伴う内部被ばく評価の概要	25
2.1.9 評価モデルのパラメータ	26
2.2 調査結果	29
2.2.1 拠点区域内の調査結果	29
2.2.1.1 気象観測結果	29
2.2.1.2 放射能濃度の測定結果	33
2.2.1.3 大気浮遊塵濃度の調査結果	33
2.2.1.4 大気放射能濃度の調査結果	35
2.2.1.5 年度別の調査結果の比較	37
2.2.1.6 再浮遊係数の評価	39
2.2.1.7 実測値に基づく吸入に伴う内部被ばく評価結果	47
2.2.1.8 確率論に基づく吸入に伴う内部被ばく評価結果	48
2.2.2 拠点区域外の調査結果	51
2.2.2.1 気象観測結果	51
2.2.2.2 放射能測定結果	53
2.2.2.3 大気浮遊塵濃度の測定結果	53
2.2.2.4 大気放射能濃度の調査結果	55
2.2.2.5 再浮遊係数の評価	57
2.2.2.6 実測値に基づく吸入に伴う内部被ばく評価結果	66

3. 個人外部被ばく線量実測値の評価のための位置情報記録用端末及びソフトウェアの整備・運用	67
3.1 機材の整備・運用	67
3.2 自治体への貸出	67
4. 個人外部被ばく線量の推計のための端末及びソフトウェアの整備・運用	69
4.1 機材の整備・運用	69
4.2 自治体への貸出	69
5. 住民への説明に活用可能な個人被ばく線量データの解析・資料作成	70
6. まとめ	71
謝辞	72
参考文献	72
7. 参考資料	73
7.1 放射能測定データ	74

図表目次

表 2-1	調査地点概要と実施期間	10
表 2-2	調査地点毎の測定実施項目	12
表 2-3	拠点区域内での試料採取期間 (1/4)	13
表 2-4	拠点区域内での試料採取期間 (2/4)	14
表 2-5	拠点区域内での試料採取期間 (3/4)	15
表 2-6	拠点区域内での試料採取期間 (4/4)	16
表 2-7	拠点区域外での試料採取期間 (1/2)	17
表 2-8	拠点区域外での試料採取期間 (2/2)	18
表 2-9	ダストサンプラーの仕様	19
表 2-10	気象観測装置の仕様	20
表 2-11	被ばく線量評価モデルのパラメータ	28
表 2-12	拠点区域内の気象データ (双葉町)	29
表 2-13	拠点区域内の気象データ (大熊町)	30
表 2-14	拠点区域内の気象データ (富岡町)	31
表 2-15	大気浮遊塵濃度の統計値	33
表 2-16	大気放射能濃度の統計値	35
表 2-17	土壤深度ごとの放射能濃度 (1/2)	40
表 2-18	土壤深度ごとの放射能濃度 (2/2)	41
表 2-19	¹³⁷ Cs 地表面濃度	42
表 2-20	再浮遊係数の統計値	44
表 2-21	実測値に基づく吸入に伴う内部被ばく実効線量の統計値と空間線量率から 試算した外部被ばく実行線量	47
表 2-22	確率論の基づく吸入に伴う内部被ばく実効線量の統計値	49
表 2-23	拠点区域外の気象データ (双葉町)	51
表 2-24	拠点区域外の気象データ (大熊町)	51
表 2-25	拠点区域外の気象データ (富岡町)	51
表 2-26	拠点区域外の気象データ (浪江町)	52
表 2-27	大気浮遊塵濃度の統計値	53
表 2-28	大気放射能濃度の統計値	55
表 2-29	土壤深度ごとの放射能濃度 (1/4)	58
表 2-30	土壤深度ごとの放射能濃度 (2/4)	59
表 2-31	土壤深度ごとの放射能濃度 (3/4)	60
表 2-32	土壤深度ごとの放射能濃度 (4/4)	61
表 2-33	¹³⁷ Cs 地表面濃度	62
表 2-34	再浮遊係数の統計値	64

表 2-35 実測値の基づく吸入に伴う内部被ばく実効線量の統計値と空間線量率から試算した外部被ばく実行線量	66
表 3-1 スマートフォン (jetfon S20i) の仕様	67
表 3-2 シミュレーションサーバの仕様	67
表 3-3 自治体への貸出実績	67
表 3-4 システムの改修項目	68
表 4-1 デジタルサイネージ (ELC-E430U) の仕様	69
表 4-2 シミュレーションサーバの仕様	69
表 4-3 自治体への貸出実績	70
表 7-1 抛点区域内の放射能分析結果 (1/4)	74
表 7-2 抛点区域内の放射能分析結果 (2/4)	75
表 7-3 抛点区域内の放射能分析結果 (3/4)	76
表 7-4 抛点区域内の放射能分析結果 (4/4)	77
表 7-5 抛点区域外の放射能分析結果	78
 図 2.1-1 調査位置 ⁶⁾	11
図 2.1-2 気象観測装置の設置状況	20
図 2.1-3 採取試料の放射能測定容器への封入作業	21
図 2.1-4 ゲルマニウム半導体検出器を用いた放射能測定作業	22
図 2.1-5 in-situ 測定作業風景	24
図 2.1-6 コアサンプラー用いた土壤試料採取風景	24
図 2.2-1 調査地点毎の気象データ	32
図 2.2-2 調査地点ごとの大気浮遊塵濃度	34
図 2.2-3 大気浮遊塵濃度の経時変化	34
図 2.2-4 調査地点ごとの大気放射能濃度	36
図 2.2-5 大気放射能濃度の経時変化	36
図 2.2-6 大気浮遊塵濃度の調査結果比較	38
図 2.2-7 大気放射能濃度の調査結果比較	38
図 2.2-8 土壤中 ¹³⁷ Cs の深度プロファイル	43
図 2.2-9 調査地点ごとの再浮遊係数	45
図 2.2-10 再浮遊係数の経時変化	45
図 2.2-11 再浮遊係数の評価結果比較	46
図 2.2-12 各自治体における特定復興再生拠点区域内に滞在した際の内部被ばく実効線量	50
図 2.2-13 年度別の確率論に基づく吸入に伴う内部被ばく実効線量	50
図 2.2-14 調査地点毎の気象データ	52

図 2.2-15 調査地点毎の大気浮遊塵濃度.....	54
図 2.2-16 調査地点毎の大気放射能濃度.....	56
図 2.2-17 土壤中 ^{137}Cs の深度プロファイル.....	63
図 2.2-18 調査地点毎の再浮遊係数.....	65
図 4.2-1 デジタルサイネージの設置状況	70

1. はじめに

東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所（以下「福島第一原子力発電所」という。）の事故に伴って環境中に放出された放射性物質による被ばくのリスクを回避することを目的として、空間線量率の状況に応じた避難指示区域（避難指示解除準備区域、居住制限区域、帰還困難区域）が設定された。このうち、避難指示解除準備区域や居住制限区域では除染や復旧工事等が進められ、2017年春までに大熊町・双葉町を除く各市町村の両区域は解除された。また、避難指示の解除に当たっては、放射線の健康影響等に関する不安に答える対策を取りまとめた「帰還に向けた安全・安心対策に関する基本的考え方」（2013年11月20日）¹⁾を踏まえた放射線防護対策が講じられてきた。

一方、長期にわたって居住を制限するとされていた帰還困難区域に対しても、“区域の見直しは行わず、線量の低下状況も踏まえて避難指示を解除し、居住を可能とすることを目指す「復興拠点」の整備を可能とする”との方針が、「帰還困難区域の取扱いに関する考え方」（2016年8月31日）²⁾で示された。この方針を受けて、福島復興再生特別措置法が改正（2017年5月19日公布・施行）され、帰還困難区域内についても概ね5年以内に避難指示を解除し、居住を可能とすることを目指す「特定復興再生拠点区域」を町村ごとに定めることができとなり、帰還困難区域をもつ6町村（浪江町、双葉町、大熊町、富岡町、飯舘村、葛尾村）において「特定復興再生拠点区域復興再生計画」が策定された。特定復興再生拠点の整備に先立ち、2020年3月にはJR常磐線の全線開通に合わせ駅周辺の一部を避難指示解除や2021年には立ち入り規制緩和など、段階的な避難指示解除が行われた。また全ての特定復興再生拠点区域は、2023年11月までに6町村すべてにおいて当該区域の避難指示が解除された。2023年6月には、特定復興再生拠点区域外の帰還困難区域においても、避難指示を解除し、住民の帰還・居住を可能とする「特定帰還居住区域」の設定が可能となる制度が整備された。

内閣府原子力災害対策本部原子力被災者生活支援チーム（以下「支援チーム」という。）は、こうした避難指示解除に向けた動きが進んでいることを踏まえ、2018年8月から、特定復興再生拠点区域への住民の帰還を現実のものとすべく、必要な放射線防護対策の検討を開始した³⁾。具体的には、2013年11月に示された「帰還に向けた安全・安心対策に関する基本的考え方」を踏まえつつ、高線量地域を含む帰還困難区域の一部を特定復興再生拠点区域として解除することに鑑み、これまで以上に住民の放射線に関する種々の不安にきめ細かく対応するために以下のよう対策を講じることが「特定復興再生拠点における放射線防護対策について」（2018年12月12日）⁴⁾で示された。

- 1) 個人線量管理の着実な実施
- 2) 詳細な線量マップの提示

- 3) 区域内における代表的な行動パターンに基づく外部被ばく線量の推計値の提示
- 4) 内部被ばく調査のためのダストサンプリングの実施
- 5) 代表地点における特定復興再生拠点区域内に残置された物の汚染度合いの調査
- 6) 実走による放射性物質の付着調査
- 7) 住民等を対象とした相談窓口の確保 等

また、特定帰還居住区域の制度整備に伴い、当該区域への住民の帰還に際しての放射線防護対策が「特定帰還居住区域における放射線防護対策について」(2023年8月2日)⁵⁾に示され、「帰還に向けた安全・安心対策に関する基本的考え方」に従うことを基本としつつ、「特定復興再生拠点における放射線防護対策について」の策定以降の状況を踏まえた対策が講じられることとなった。

避難指示解除は自治体との協議を含めて、必要な手続きを踏まえて実施されるが、実際の住民の帰還には「安全」だけではなく「安心」の醸成も不可欠であり、未だ放射線による健康不安を抱える住民は少なくない。

このような背景を踏まえ、本事業では帰還困難区域への住民の帰還の「安心」に資するべく、特定復興再生拠点区域内外において大気中の放射能濃度を評価、内部被ばく線量を推定するとともに、帰還困難区域全域での住民の被ばく評価及び管理に係る手法の開発、検証を実施することによって、住民の安心の醸成ひいては避難指示解除にあたっての住民の帰還の促進に資することを目的とする。

支援チームは2019年度から内部被ばく評価のために特定復興再生拠点区域内（以下、拠点区域内）においてダストサンプリングを実施するとともに、2022年度から新たに帰還困難区域全域における住民の外部被ばく線量の評価及び管理に係る検討を開始した。

2022年から2023年にかけて、本事業でダストサンプリングを実施していた自治体である双葉町、大熊町、富岡町の特定復興再生拠点の避難指示が解除されたため、今年度事業においては、拠点区域内で実施していたダストサンプリング地点を特定復興再生拠点区域外（以下、拠点区域外）に変更するとともに、新たに浪江町の拠点区域外にダストサンプリング地点を設けて、帰還困難区域における内部及び外部被ばく線量について検討した。

2. 特定復興再生拠点区域における大気放射能濃度調査

2.1 調査方法

大気放射能濃度を測定するために、表 2-1 及び図 2.1-1 に示す調査地点にハイボリュームエアーサンプラー（以下「ダストサンプラー」という。）を設置し、大気浮遊塵を採取した。なお大熊町の O-1、O-2 地点は、測定地点敷地内の施設解体工事のため自治体からの要望によりそれぞれ 10 月 25 日、8 月 2 日から拠点区域外に移設するまでの期間で測定を中断した。富岡町の T-1 地点及び T-2 地点は、12 月以降に予定していた拠点区域外への電源設備導入を見越し 11 月 28 日に運転を停止し、拠点区域外に移設するまでの期間で測定を中断した。拠点区域外での調査は、双葉町、大熊町、富岡町、浪江町内の計 8 地点で 1 月下旬より実施した。調査地点ごとの今年度実施した測定項目について表 2-2 にまとめる。各測定項目の詳細については、2 章で後述する。

表 2-1 調査地点概要と実施期間

市町村	地点番号	拠点区域内外	地点	地面の状態	測定実施期間											
					4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
双葉町	F-5	拠点区域内	長塚越田スクリーニング場	碎石交じり土												
	F-6	拠点区域内	長塚越田スクリーニング場	アスファルト												
	F-7	拠点区域外	北部コミュニティセンター	砂利												
	F-8	拠点区域外	双葉町山田字鹿島平地内	土												
大熊町	O-1	拠点区域内	保育所	土												
	O-2	拠点区域内	老人福祉センター	アスファルト												
	O-3	拠点区域外	大熊町野上山神地内	土												
	O-4	拠点区域外	農村公園	土												
富岡町	T-1	拠点区域内	夜ノ森つつみ公園	草地												
	T-2	拠点区域内	夜ノ森駅北側駐車場	アスファルト												
	T-3	拠点区域外	富岡町小良ヶ浜赤坂地内	アスファルト												
	T-4	拠点区域外	富岡森林事務所	砂利												
浪江町	N-1	拠点区域外	津島中学校（ポンプ場）	土												
	N-2	拠点区域外	やすらぎ荘	土												

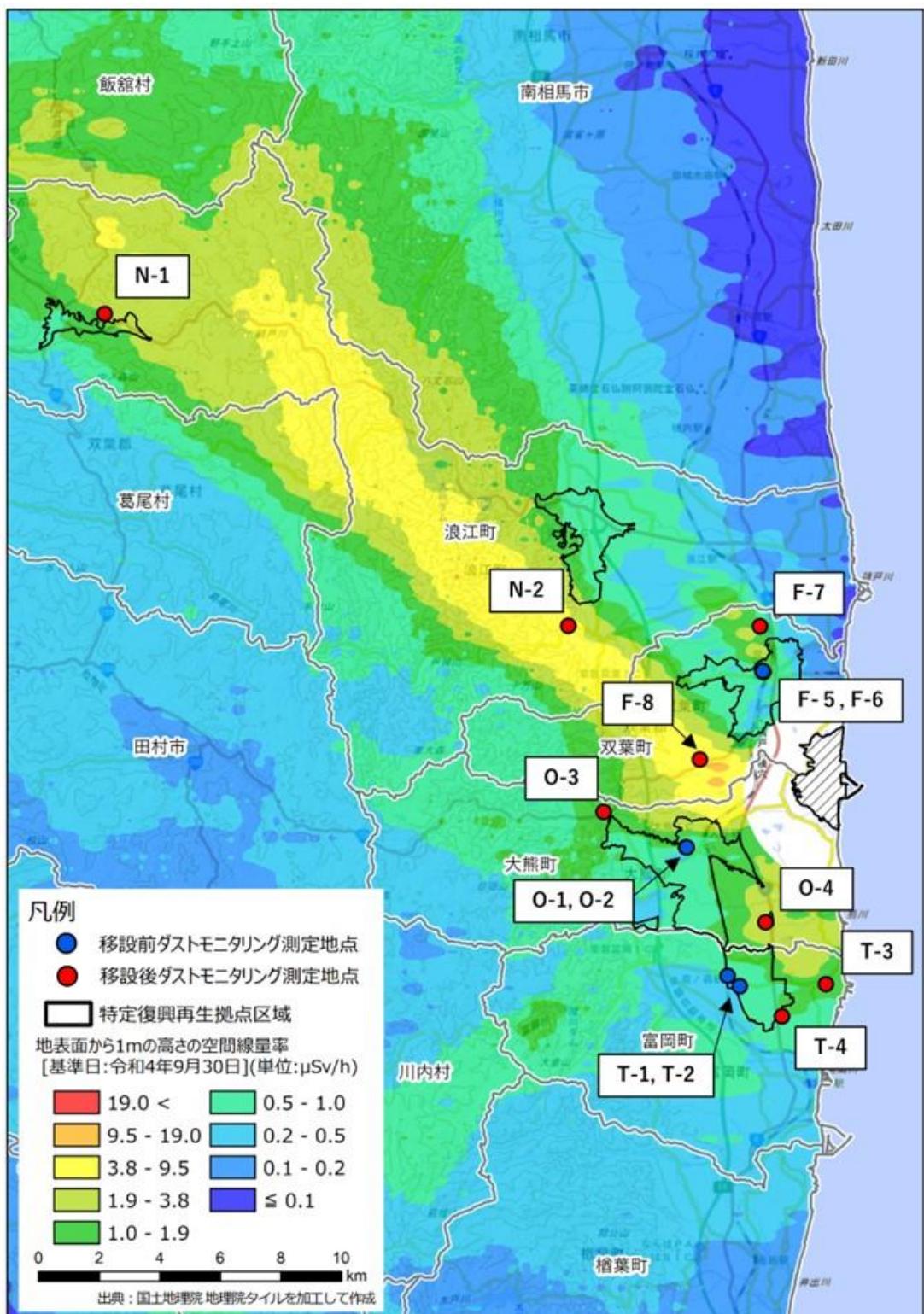


図 2.1-1 調査位置⁶⁾

表 2-2 調査地点毎の測定実施項目

地点名	拠点区域内外	気象データ	空間線量率測定	大気放射能濃度測定	地表面濃度測定	再浮遊係数評価	実測値に基づく吸入に伴う確率論に基づく吸入に伴う	
							内部被ばく線量評価	内部被ばく線量評価
F-5	拠点区域内	○ (移設前)	○	○	○	○	○	○
F-6	拠点区域内	-	○	○	○	○	○	○
F-7	拠点区域外	○ (移設後)	○	○	○	○	○	-
F-8	拠点区域外	-	○	○	○	○	○	-
O-1	拠点区域内	-	○	○	○	○	○	○
O-2	拠点区域内	○ (移設前)	○	○	○	○	○	○
O-3	拠点区域外	-	○	○	○	○	○	-
O-4	拠点区域外	○ (移設後)	○	○	○	○	○	-
T-1	拠点区域内	○ (移設前)	○	○	○	○	○	○
T-2	拠点区域内	-	○	○	○	○	○	○
T-3	拠点区域外	-	○	○	○	○	○	-
T-4	拠点区域外	○ (移設後)	○	○	○	○	○	-
N-1	拠点区域外	○ (移設後) *	○	○	○	○	○	-
N-2	拠点区域外	○ (移設後) *	○	○	○	○	○	-

※ 気象庁の観測所データを取得して、使用した。

2.1.1 調査期間

2.1.1.1 抛点区域内での調査期間

双葉町、大熊町、富岡町における抛点区域内での大気浮遊塵は、表 2-3~表 2-6 に示す期間にかけて定期的に採取した。

表 2-3 抛点区域内での試料採取期間 (1/4)

採取地点	試料 No.	採取開始日	採取終了日	採取期間 (日)	採取時間 (時間)	空間線量率 ($\mu\text{Sv h}^{-1}$)
双葉町						
F-5	F-5-1	2023/4/11	2023/4/25	14	335.37	0.24
F-6	F-6-1				335.35	0.36
F-5	F-5-2	2023/4/25	2023/5/9	14	336.45	0.25
F-6	F-6-2				335.95	0.37
F-5	F-5-3	2023/5/9	2023/5/23	14	335.60	0.23
F-6	F-6-3				335.43	0.36
F-5	F-5-4	2023/5/23	2023/6/6	14	335.78	0.24
F-6	F-6-4				335.75	0.36
F-5	F-5-5	2023/6/6	2023/6/20	14	335.88	0.24
F-6	F-6-5				335.88	0.34
F-5	F-5-6	2023/6/20	2023/7/4	14	341.55	0.23
F-6	F-6-6				341.65	0.34
F-5	F-5-7	2023/7/4	2023/7/18	14	329.98	0.23
F-6	F-6-7				329.98	0.34
F-5	F-5-8	2023/7/18	2023/8/2	15	360.15	0.23
F-6	F-6-8				360.05	0.36
F-5	F-5-9	2023/8/2	2023/8/17	15	359.65	0.25
F-6	F-6-9				359.57	0.34
F-5	F-5-10	2023/8/17	2023/8/30	13	311.97	0.24
F-6	F-6-10				312.05	0.35
F-5	F-5-11	2023/8/30	2023/9/13	14	335.97	0.25
F-6	F-6-11				336.05	0.35
F-5	F-5-12	2023/9/13	2023/9/28	15	359.92	0.22
F-6	F-6-12				359.97	0.33

表 2-4 抛点区域内での試料採取期間 (2/4)

採取地点	試料 No.	採取開始日	採取終了日	採取期間 (日)	採取時間 (時間)	空間線量率 (μ Sv h ⁻¹)
F-5	F-5-13	2023/9/28	2023/10/11	13	316.87	0.23
F-6	F-6-13				317.03	0.32
F-5	F-5-14	2023/10/11	2023/10/25	14	331.10	0.22
F-6	F-6-14				331.13	0.31
F-5	F-5-15	2023/11/1	2023/11/14	13	315.62	0.22
F-6	F-6-15				315.37	0.33
F-5	F-5-16	2023/11/14	2023/11/28	14	336.32	0.23
F-6	F-6-16				336.32	0.33
F-5	F-5-17	2023/11/28	2023/12/12	14	333.13	0.22
F-6	F-6-17				333.15	0.32
F-5	F-5-18	2023/12/12	2023/12/26	14	334.95	0.23
F-6	F-6-18				334.93	0.32
F-5	F-5-19	2023/12/26	2024/1/9	14	335.63	0.23
F-6	F-6-19				335.65	0.31
F-5	F-5-20	2024/1/9	2024/1/23	14	335.98	0.22
F-6	F-6-20				335.52	0.31
大熊町						
O-1	O-1-01	2023/4/11	2023/4/25	14	335.22	0.34
O-2	O-2-01				335.23	1.06
O-1	O-1-02	2023/4/25	2023/5/9	14	336.43	0.38
O-2	O-2-02				336.42	1.10
O-1	O-1-03	2023/5/9	2023/5/23	14	335.57	0.33
O-2	O-2-03				335.57	1.07
O-1	O-1-04	2023/5/23	2023/6/6	14	335.88	0.34
O-2	O-2-04				335.82	1.03
O-1	O-1-05	2023/6/6	2023/6/20	14	335.85	0.33
O-2	O-2-05				335.87	1.07
O-1	O-1-06	2023/6/20	2023/7/4	14	340.13	0.35
O-2	O-2-06				340.13	1.06
O-1	O-1-07	2023/7/4	2023/7/18	14	331.35	0.33
O-2	O-2-07		2023/7/10	6	140.25	1.02
O-1	O-1-08	2023/7/18	2023/8/2	15	360.25	0.35
O-2	O-2-08	-	-	-	-	-

表 2-5 抱点区域内での試料採取期間 (3/4)

採取地点	試料 No.	採取開始日	採取終了日	採取期間 (日)	採取時間 (時間)	空間線量率 (μ Sv h ⁻¹)
O-1	O-1-09	2023/8/2	2023/8/17	15	359.50	0.34
O-2	O-2-09	-	-	-	-	-
O-1	O-1-10	2023/8/17	2023/8/30	13	312.18	0.33
O-2	O-2-10	-	-	-	-	-
O-1	O-1-11	2023/8/30	2023/9/13	14	336.05	0.35
O-2	O-2-11	-	-	-	-	-
O-1	O-1-12	2023/9/13	2023/9/28	15	359.77	0.33
O-2	O-2-12	-	-	-	-	-
O-1	O-1-13	2023/9/28	2023/10/11	13	314.80	0.30
O-2	O-2-13	-	-	-	-	-
富岡町						
T-1	T-1-1	2023/4/11	2023/4/25	14	336.33	0.21
T-2	T-2-1				336.25	0.24
T-1	T-1-2	2023/4/25	2023/5/9	14	335.83	0.22
T-2	T-2-2				335.82	0.26
T-1	T-1-3	2023/5/9	2023/5/23	14	335.38	0.24
T-2	T-2-3				335.30	0.22
T-1	T-1-4	2023/5/23	2023/6/6	14	335.65	0.22
T-2	T-2-4				335.78	0.25
T-1	T-1-5	2023/6/6	2023/6/20	14	335.60	0.22
T-2	T-2-5				336.00	0.23
T-1	T-1-6	2023/6/20	2023/7/4	14	336.95	0.21
T-2	T-2-6				336.93	0.24
T-1	T-1-7	2023/7/4	2023/7/18	14	333.18	0.21
T-2	T-2-7				333.03	0.23
T-1	T-1-8	2023/7/18	2023/8/2	15	361.72	0.21
T-2	T-2-8				361.73	0.24
T-1	T-1-9	2023/8/2	2023/8/17	15	358.10	0.21
T-2	T-2-9				358.05	0.23
T-1	T-1-10	2023/8/17	2023/8/30	13	313.62	0.20
T-2	T-2-10				313.55	0.23
T-1	T-1-11	2023/8/30	2023/9/13	14	336.12	0.24
T-2	T-2-11				336.25	0.20

表 2-6 投点区域内での試料採取期間 (4/4)

採取地点	試料 No.	採取開始日	採取終了日	採取期間 (日)	採取時間 (時間)	空間線量率 ($\mu\text{Sv h}^{-1}$)
T-1	T-1-12				359.92	0.20
T-2	T-2-12	2023/9/13	2023/9/28	15	359.87	0.22
T-1	T-1-13				309.07	0.18
T-2	T-2-13	2023/9/28	2023/10/11	13	309.08	0.22
T-1	T-1-14				336.75	0.19
T-2	T-2-14	2023/10/11	2023/10/25	14	336.88	0.24
T-1	T-1-15				308.77	0.20
T-2	T-2-15	2023/11/1	2023/11/14	13	308.50	0.24
T-1	T-1-16				335.98	0.20
T-2	T-2-16	2023/11/14	2023/11/28	14	337.53	0.24

2.1.1.2 抛点区域外での調査期間

双葉町、大熊町、富岡町、浪江町における抛点区域外での大気浮遊塵は、表 2-7～表 2-8 に示す期間にかけて定期的に採取した。

表 2-7 抛点区域外での試料採取期間 (1/2)

採取地点	試料 No.	採取開始日	採取終了日	採取期間 (日)	採取時間 (時間)	空間線量率 (μ Sv h ⁻¹)
双葉町						
F-7	F-7-1	2023/12/26	2024/1/9	14	334.87	0.46
F-8	F-8-1	-	-	-	-	-
F-7	F-7-2	2024/1/9	2024/1/23	14	336.20	0.48
F-8	F-8-2	-	-	-	-	-
F-7	F-7-3	2024/1/23	2024/2/7	15	358.38	0.36
F-8	F-8-3	-	-	-	357.15	8.99
F-7	F-7-4	2024/2/7	2024/2/20	13	313.48	0.43
F-8	F-8-4	-	-	-	314.55	8.48
F-7	F-7-5	2024/2/20	2024/3/5	14	337.27	0.43
F-8	F-8-5	-	-	-	336.03	9.23
大熊町						
O-3	O-3-01	2024/1/24	2024/2/8	15	359.22	0.32
O-4	O-4-01	-	-	-	354.91	0.97
O-3	O-3-02	2024/2/8	2024/2/21	13	310.65	0.31
O-4	O-4-02	-	-	-	309.68	1.09
O-3	O-3-03	2024/2/21	2024/3/6	14	333.88	0.31
O-4	O-4-03	-	-	-	335.00	0.96
富岡町						
T-1	T-1-1	2024/1/24	2024/2/8	15	358.85	0.63
T-2	T-2-1	-	-	-	359.15	0.26
T-1	T-1-2	2024/2/8	2024/2/21	13	311.78	0.67
T-2	T-2-2	-	-	-	311.43	0.24
T-1	T-1-3	2024/2/21	2024/3/6	14	335.78	0.61
T-2	T-2-3	-	-	-	335.62	0.28

表 2-8 投点区域外での試料採取期間 (2/2)

採取地点	試料 No.	採取開始日	採取終了日	採取期間 (日)	採取時間 (時間)	空間線量率 ($\mu\text{Sv h}^{-1}$)
浪江町						
N-1	N-1-1	2024/1/30		8	195.03	2.05
N-2	N-2-1	2024/1/23	2024/2/7	15	357.22	7.37
N-1	N-1-2				308.08	1.77
N-2	N-2-2	2024/2/7	2024/2/20	13	311.63	7.05
N-1	N-1-3				335.78	2.04
N-2	N-2-3	2024/2/20	2024/3/5	14	335.78	7.46

2.1.2 試料採取と気象、空間線量率の観測

大気浮遊塵は、ダストサンプラーを用いてシリカろ紙（株式会社 ADVANTEC 社製 QR-100）上に採取した。大気浮遊塵の採取高さは地表面から約 1.25m とし、採取流量は 1000 L min^{-1} とした。採取した大気浮遊塵試料は、浮遊塵濃度 (mg m^{-3}) 及び放射性セシウム 137 (以下「 ^{137}Cs 」という。) 濃度の測定に供した。また、同一地点で NaI サーベイメータ (TCS-172B、アロカ株式会社) を用い空間線量率を測定した。

気象データは、気象観測装置を双葉町、大熊町、富岡町に 1 台ずつ設置して取得した。拠点区域外に移設後も同様に、双葉町、大熊町、富岡町に 1 台ずつ設置してデータを取得した。なお、新たにサンプリング地点を設けた浪江町については、気象庁ホームページ (<https://www.jma.go.jp/jma/index.html>) の浪江観測所の気象データを取得した。気象観測装置は図 2.1-2 に示す周囲に障害物の少ない開けた場所に設置し、集積センサーは地上 2.3 m の高さとした。気象データの記録間隔は 10 分間とし、その間隔における平均温度、平均湿度、平均風速、最頻風向、積算降水量を記録した。

ダストサンプラー及び気象観測装置の仕様をそれぞれ表 2-9～表 2-10 に示す。

表 2-9 ダストサンプラーの仕様

柴田科学株式会社製	
製品名	HV-RW
標準吸引流量	1000 L min^{-1}
設定流量範囲	$100 \sim 1200 \text{ L min}^{-1}$
流量精度	設定流量に対し $\pm 5\%$ 以内
ろ紙	$203 \times 254 \text{ mm}$ 角形ろ紙
捕集効率	99.9 % ($0.3 \mu\text{m}$ DOP 粒子)
電源	AC100V 10A
寸法 (使用時)	$575(\text{W}) \times 575(\text{D}) \times 1420(\text{H})$ mm
重量	約 31 kg

表 2-10 気象観測装置の仕様

Davis 社製	
製品名	ワイヤレス・ウェザーステーション Vantage Vue
動作温度範囲	-40°C～+65°C
センサー	風速センサー：マグネットセンサー式風杯 風向センサー：マグネットエンコーダー式矢羽根 温度センサー：PN 接合半導体センサー 相対湿度センサー：フィルムキャパシター式センサー 雨量計：転倒升式
風向	16 方位 0～360° 誤差 3°
風速	0.5～67 m s ⁻¹
屋外温度	-40°C～+60°C 誤差±0.5°C
屋外湿度	1～100% 相対湿度 誤差±3%
雨量率	0～1016 mm hr ⁻¹ 誤差±5%



図 2.1-2 気象観測装置の設置状況

2.1.3 前処理

所定量の大気を吸引したろ紙は、付着した塵を落とさないように注意して恒温槽（ヤマト科学株式会社製、DKM300）で12時間乾燥後、電子天秤（ザルトリウス・ジャパン株式会社製、AP225W-AD）で試料採取後重量を測定した。その後、放射能測定用U-8容器（外形φ55mm、高さ65mm）に詰めるために、12枚の円形に打ち抜き容器に重ねて詰めて測定試料とした（図2.1-3）。

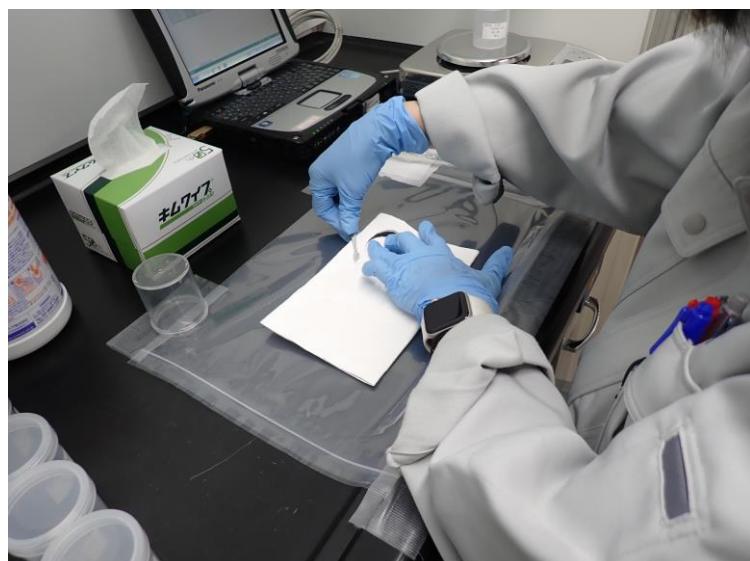


図2.1-3 採取試料の放射能測定容器への封入作業

2.1.4 放射能分析

^{137}Cs の分析はゲルマニウム半導体検出器（ミリオンテクノロジーズ・キャンベラ株式会社製）を用いて行った（図 2.1-4）。得られたガンマ線スペクトルデータはガンマエクスプローラで解析した。効率校正には放射能標準ガンマ体積線源（日本アイソトープ協会）を使用した。



図 2.1-4 ゲルマニウム半導体検出器を用いた放射能測定作業

2.1.5 再浮遊係数の評価

大気放射能濃度は、地表面へ沈着した放射性物質の再浮遊に影響される。放射性物質の地表面濃度と大気放射能濃度の関係を評価するため、それぞれの調査地点における再浮遊係数を求めた。再浮遊係数は一般的に次式で算出される。

$$RF = \frac{C_{air}}{I_{dep}} \quad (1)$$

ここで、

RF : 再浮遊係数 (m^{-1})

C_{air} : 大気放射能濃度 ($Bq m^{-3}$)

I_{dep} : 地表面濃度 ($Bq m^{-2}$)

大気放射能濃度 ($Bq m^{-3}$) は、フィルター上の捕集された ^{137}Cs の放射能 (Bq) を大気吸引流量 (m^{-3}) で除して求めた。

^{137}Cs 地表面濃度 ($Bq m^{-2}$) は、ゲルマニウム半導体検出器を用いた in-situ 測定法⁷⁾に基づき γ 線スペクトル測定を実施し、得られたスペクトルを解析して算出した。舗装面では、スペクトル解析に ^{137}Cs の重量緩衝深度（放射能濃度が地表面の $1/e$ ($\approx 1/2.7$) になる深度）として、ICRU の推奨値である $0.1 g cm^{-2}$ を採用⁸⁾ した。また未舗装面ではスペクトル解析に重量緩衝深度を用いず、 ^{137}Cs 濃度の深度分布の実測値を用いた。

未舗装面土壤中の ^{137}Cs 濃度深度分布を調べるため、拠点区域内の 3 地点 (F-5, O-1, T-1)、及び今年度から新たに設定した拠点区域外の 7 地点 (F-7, F-8, O-3, O-4, T-4, N-1, N-2) において、コアサンプラーを用い表層から 15 cm 深度の土壤を採取した。採取した土壤試料は深度ごとに分画後、ゲルマニウム半導体検出器で ^{137}Cs 濃度を測定した。In-Situ Object Calibration Software (CANBERRA, USA)によるスペクトル解析法の標準ジオメトリーに深度ごとの放射能濃度を与え、 γ 線スペクトルの解析を行った。

得られた ^{137}Cs 地表面濃度は、測定日からの物理減衰を考慮し 2023 年 4 月 1 日時点における濃度として (1) 式に供した。



図 2.1-5 in-situ 測定作業風景



図 2.1-6 コアサンプラー用いた土壤試料採取風景

2.1.6 空間線量率測定に基づく外部被ばく評価

環境 γ 線による外部被ばく線量は、NaI サーベイメータで実測した空間線量率に基づき、屋外に 24 時間滞在すると仮定して、次式を用いて評価した。

$$E = D \times CF_E \times T \quad (2)$$

E : 成人の場合の実効線量 (μSv)

D : 地点の平均空間線量率 ($\mu\text{Sv h}^{-1}$)

CF_E : 周辺線量当量から実効線量への年齢ごとの換算係数 (^{137}Cs : 0.59 (成人の場合)) ⁹⁾

T : 屋外滞在時間 (24h)

2.1.7 実測値に基づく吸入に伴う内部被ばく評価

^{137}Cs の吸入に伴う内部被ばく線量は、実測した大気放射能濃度に基づき、次式を用いて評価した。

$$E = AR \times CF_I \times R \times T \quad (3)$$

ここで、

E : 成人の場合の吸入による預託実効線量 (将来 50 年にわたって受ける実効線量の積算値) (μSv)

AR : 大気放射能濃度 (Bq m^{-3})

CF_I : 吸入の場合の預託実効線量係数 (^{137}Cs : $3.9 \times 10^{-2} \mu\text{Sv Bq}^{-1}$ ¹⁰⁾ を採用)

R : 呼吸率係数 ($46.32 \text{ m}^3 \text{ 日}^{-1}$ ¹¹⁾)

T : 屋外滞在時間 (1 日)

2.1.8 確率論に基づく吸入に伴う内部被ばく評価の概要

実効線量は、(i) 大気浮遊塵や土壤、環境水等の環境媒体中濃度（本稿では大気浮遊塵中の放射性物質濃度を指す）または外部放射線や吸入等による内部被ばくに起因する被ばく線量率の特定に加えて、(ii) 経路別の生活習慣または行動パターンを特定し、これらの情報と線量換算係数を組み合せることで評価することができる。これらの (i) 及び (ii) に関する情報は、集められたデータの中から代表値を選択して点推定に用いるか、またはデータの分布を用いることで、実効線量を評価することができる。2.1.6 節では、代表値を用いた点推定（一般に決定論的評価と呼ばれる）方法を述べたが、本節では、データの分布を用いて

モンテカルロ解析により線量分布を評価する方法（一般的に確率論的評価と呼ばれる）について述べる。

ここでは、特定復興再生拠点区域での活動を再開した際に、大気の吸入により生ずる内部被ばくの実効線量について、活動範囲内の空間線量率や解析期間中の再浮遊係数、吸入に関する線量換算計数などのパラメータはばらつきを含むため、それを考慮した統計値を設定し、拠点区域内に滞在することによる潜在的な実効線量の範囲を確率論的に評価した。

確率論に基づく吸入に伴う内部被ばく評価は、データ分布を用いて解析を行うため十分なデータ量が必要とされる。本年度は拠点区域外での観測データが限定的であるため、拠点区域内のみを対象とし確率論に基づく吸入に伴う内部被ばく評価を実施した。

2.1.9 評価モデルのパラメータ

住民グループ j に属する個人の再浮遊核種の吸入による内部被ばく実効線量 E_j^{RI} は以下の式（4）で表される。

$$E_j^{res} = K \cdot B_j \cdot (RF_{res} \cdot p_{l,in,j} + p_{l,out,j}) \cdot A_{137}(0) \cdot (C_{134} \cdot k_{134}^{RI} + k_{137}^{RI}) \quad (4)$$

ここで、

K	：再浮遊係数 (m ⁻¹)
B_j	：住民グループ j の呼吸率 (m ³ h ⁻¹)
RF_{res}	：建屋のフィルタリング効果による被ばく低減係数
$p_{l,in,j}$	：住民グループ j の場所 l の屋内における 1 日当たりの滞在割合
$p_{l,out,j}$	：住民グループ j の場所 l の屋外における 1 日当たりの滞在割合
$A_{137}(0)$	：空間線量率実測値に基づく ¹³⁷ Cs 地表面濃度 (Bq m ⁻²)
C_{134}	： ¹³⁷ Cs 地表面濃度に対する ¹³⁴ Cs の地表面濃度の比 (-)
$k_{134,j}^{RI}$	：住民グループ j に対する ¹³⁴ Cs の吸入に関する線量換算係数 (Sv Bq ⁻¹)
$k_{137,j}^{RI}$	：住民グループ j に対する ¹³⁷ Cs の吸入に関する線量換算係数 (Sv Bq ⁻¹)

である。

空間線量率実測値 H に基づく ¹³⁷Cs 地表面濃度 $A_{137}(0)$ は、以下の式（5）で表される。

$$A_{137}(0) = \frac{(H - H_n)}{C_{134} \cdot k_{134}^g + k_{137}^g} \quad (5)$$

ここで、

$A_{137}(0)$	：空間線量率実測値に基づく ¹³⁷ Cs 地表面濃度 (Bq m ⁻²)
H	：空間線量率実測値 (μ Sv h ⁻¹)
H_n	：自然放射線の寄与 (μ Sv h ⁻¹)

$$\begin{aligned}
 k_{134}^g &: {}^{134}\text{Cs } 1\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2} \text{ から空間線量率への換算係数 } (\mu \text{Sv/h per } 1\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}) \\
 k_{137}^g &: {}^{137}\text{Cs } 1\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2} \text{ から空間線量率への換算係数 } (\mu \text{Sv/h per } 1\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2})
 \end{aligned}$$

${}^{134}\text{Cs}$ 、 ${}^{137}\text{Cs}$ の存在割合に関しては、2011年3月15日時点における比を $C_{134}/C_{137} = 1.0$ として、物理減衰を考慮した空間線量率実測時点における存在割合を求めた。また、自然放射線の寄与 H_n は $0.04 \mu \text{Sv h}^{-1}$ とした。

住民グループ j の場所 l の屋内外における 1 日当たりの滞在時間 $p_{l,in(or out),j}$ は、その場所での平均的な滞在時間 $t_{l,in(or out),j}$ を用いて以下の式 (6) で表される。

$$p_{l,in(or out),j} = \frac{t_{l,in(or out),j}}{24} \quad (6)$$

なお、建屋のフィルタリング効果による被ばく低減係数 RF_{res} は本評価ではすべて屋外に滞在することを想定することから 1.0 と設定した。また、再浮遊係数は、確率論に基づく評価では、双葉町、富岡町、大熊町で測定された合計のデータに対して対数正規分布を仮定して再浮遊係数値の分布形を決定し、時間に依存してないモデルとして評価した。

再浮遊核種の吸入による実効線量を確率論的に評価する際に用いたパラメータセット及び評価に用いた空間線量率を整理してそれぞれ表 2-11 に示す。

表 2-11 被ばく線量評価モデルのパラメータ

名称	単位	定数値	統計値					設定根拠
			分布形	GM	GSD	Min.	Max	
k_{134}^g	$\mu \text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ per Bq	8.50E-6	—	—	—	—	—	Saito et al ⁹⁾ により示された $\beta=0.0$ に対する単位地表面濃度から周辺線量当量への換算係数を用いた。
k_{137}^g	m^{-2}	3.15E-6	—	—	—	—	—	
k_{134}^{RI}	Sv Bq^{-1}	—	一様	—	—	6.6E-9	2.0E-8	ICRP Publication 71 ¹⁰⁾ に示された AMAD=1 μm 、Absorption Type F,M,S の範囲の最小値、最大値を設定
k_{137}^{RI}		—	一様	—	—	4.6E-9	3.9E-8	
双葉町	—	0.022	—	—	—	—	—	2011 年 3 月 15 日時点の ^{134}Cs と ^{137}Cs の存在割合を 1:1 として、物理減衰を考慮して空間線量率測定時点における存在割合を求めた。
C_{134}	大熊町	—	0.022	—	—	—	—	
	富岡町	—	0.022	—	—	—	—	
$p_{l,in,j}$	—	0.0	—	—	—	—	—	評価時間 24 時間、屋外滞在割合 1.0 とした。
$p_{l,out,j}$	—	1.0	—	—	—	—	—	
K	m^{-1}	—	対数正規	1.5E-9	3.2	1.6E-10	1.1E-8	2023 年 4 月から 2024 年 1 月までに測定されたデータを使用。平均値、分散値は、双葉町、富岡町、大熊町の計 6 か所の全データ全部に対して求めた。
B_j	$\text{m}^3 \text{h}^{-1}$	1.93	—	—	—	—	—	ラドン濃度測定・線量評価最終報告書(放射線医学総合研究所, 1998) に示された速やかな歩行の値とした。
H	双葉町	—	—	0.26	1.8	—	—	2023 年 5 月 15 日から 9 月 29 日までのそれぞれの地区における拠点区域内の歩行サーベイ結果。自然放射線を含めた値。
	大熊町	$\mu \text{Sv h}^{-1}$	—	対数正規	0.51	1.7	—	
	富岡町	—	—	0.46	1.8	—	—	

2.2 調査結果

2.2.1 抱点区域内の調査結果

2.2.1.1 気象観測結果

気象観測結果を大気浮遊塵の採取期間中における平均値とし、表 2-12~表 2-14 に示す。また、これらの気象観測結果の経時変化を図 2.2-1 に示した。

表 2-12 抱点区域内の気象データ (双葉町)

採取開始日	採取終了日	温度 (°C)	湿度 (%)	風速 (m s ⁻¹)	最頻 風向	積算降水量 (mm)
2023/4/11	2023/4/25	14.1	63.1	1.2	NE	21.8
2023/4/25	2023/5/9	14.8	76.2	1.2	NE	134.0
2023/5/9	2023/5/23	16.6	78.5	0.9	NE	42.0
2023/5/23	2023/6/6	18.9	76.5	1.0	SE	47.2
2023/6/6	2023/6/20	21.2	86.2	0.7	NE	172.2
2023/6/20	2023/7/4	23.0	87.4	0.7	SE	43.0
2023/7/4	2023/7/18	26.8	82.3	0.7	SE	57.0
2023/7/18	2023/8/2	27.2	83.6	0.7	SE	47.8
2023/8/2	2023/8/17	28.1	87.3	1.5	SSE	51.8
2023/8/17	2023/8/30	28.2	87.2	1.2	SE	4.6
2023/8/30	2023/9/13	26.5	89.9	1.1	SE	188.0
2023/9/13	2023/9/28	26.6	89.8	0.6	SE	12.2
2023/9/28	2023/10/11	19.4	77.9	1.2	NW	63.4
2023/10/11	2023/10/25	15.7	78.5	0.5	NE	43.0
2023/11/1	2023/11/14	14.1	82.1	0.7	NE	41.6
2023/11/14	2023/11/28	9.7	78.8	0.6	NE	37.4
2023/11/28	2023/12/12	7.9	78.6	0.6	NE	23.2
2023/12/12	2023/12/26	4.7	77.3	0.6	NE	7.2
2023/12/26	2024/1/9	5.9	74.5	0.6	NE	16.4
2024/1/9	2024/1/23	7.5	52.0	0.4	NE	0.0

表 2-13 抱点区域内の気象データ（大熊町）

採取開始日	採取終了日	温度 (°C)	湿度 (%)	風速 (m s ⁻¹)	最頻 風向	積算降水量 (mm)
2023/4/11	2023/4/25	14.5	60.4	0.99	WNW	21.0
2023/4/25	2023/5/9	15.5	71.9	0.83	NW	130.6
2023/5/9	2023/5/23	17.2	73.3	0.65	W	38.4
2023/5/23	2023/6/6	19.1	73.4	0.71	S	49.2
2023/6/6	2023/6/20	21.3	84.1	0.49	NNE	205.8
2023/6/20	2023/7/4	23.1	85.9	0.37	SSW	54.8
2023/7/4	2023/7/18	27.0	80.2	0.54	WNW	64.2
2023/7/18	2023/8/2	27.2	82.5	0.29	SE	35.6
2023/8/2	2023/8/17	27.9	87.4	0.46	SE	133.8
2023/8/17	2023/8/30	28.0	87.2	0.41	SE	2.4
2023/8/30	2023/9/13	26.3	89.6	0.34	SE	387.4
2023/9/13	2023/9/28	23.9	88.8	0.37	W	52.4
2023/9/28	2023/10/11	21.1	80.5	0.53	W	12.6

表 2-14 拠点区域内の気象データ（富岡町）

採取開始日	採取終了日	温度 (°C)	湿度 (%)	風速 (m s ⁻¹)	最頻 風向	積算降水量 (mm)
2023/4/11	2023/4/25	14.1	56.3	1.9	SSW	17.8
2023/4/25	2023/5/9	15.3	72.3	1.8	SSE	113.2
2023/5/9	2023/5/23	16.9	74.1	1.4	SSE	37.2
2023/5/23	2023/6/6	19.1	73.0	1.7	SSE	45.6
2023/6/6	2023/6/20	21.1	83.8	1.1	NNE	193.8
2023/6/20	2023/7/4	22.8	86.1	0.9	SSE	61.6
2023/7/4	2023/7/18	26.7	80.1	1.1	SSE	67.6
2023/7/18	2023/8/2	26.9	81.4	1.0	SSE	28.0
2023/8/2	2023/8/17	27.7	86.9	2.0	SSE	152.2
2023/8/17	2023/8/30	27.9	86.1	1.6	SSE	9.8
2023/8/30	2023/9/13	26.0	87.1	1.5	SSE	247.0
2023/9/13	2023/9/28	24.0	86.8	0.9	NNW	50.2
2023/9/28	2023/10/11	19.4	76.9	1.3	NW	61.4
2023/10/11	2023/10/25	16.5	73.2	1.3	NW	37.8
2023/11/1	2023/11/14	14.6	78.3	1.6	NNW	38.0
2023/11/14	2023/11/28	10.4	76.3	1.5	NW	38.6

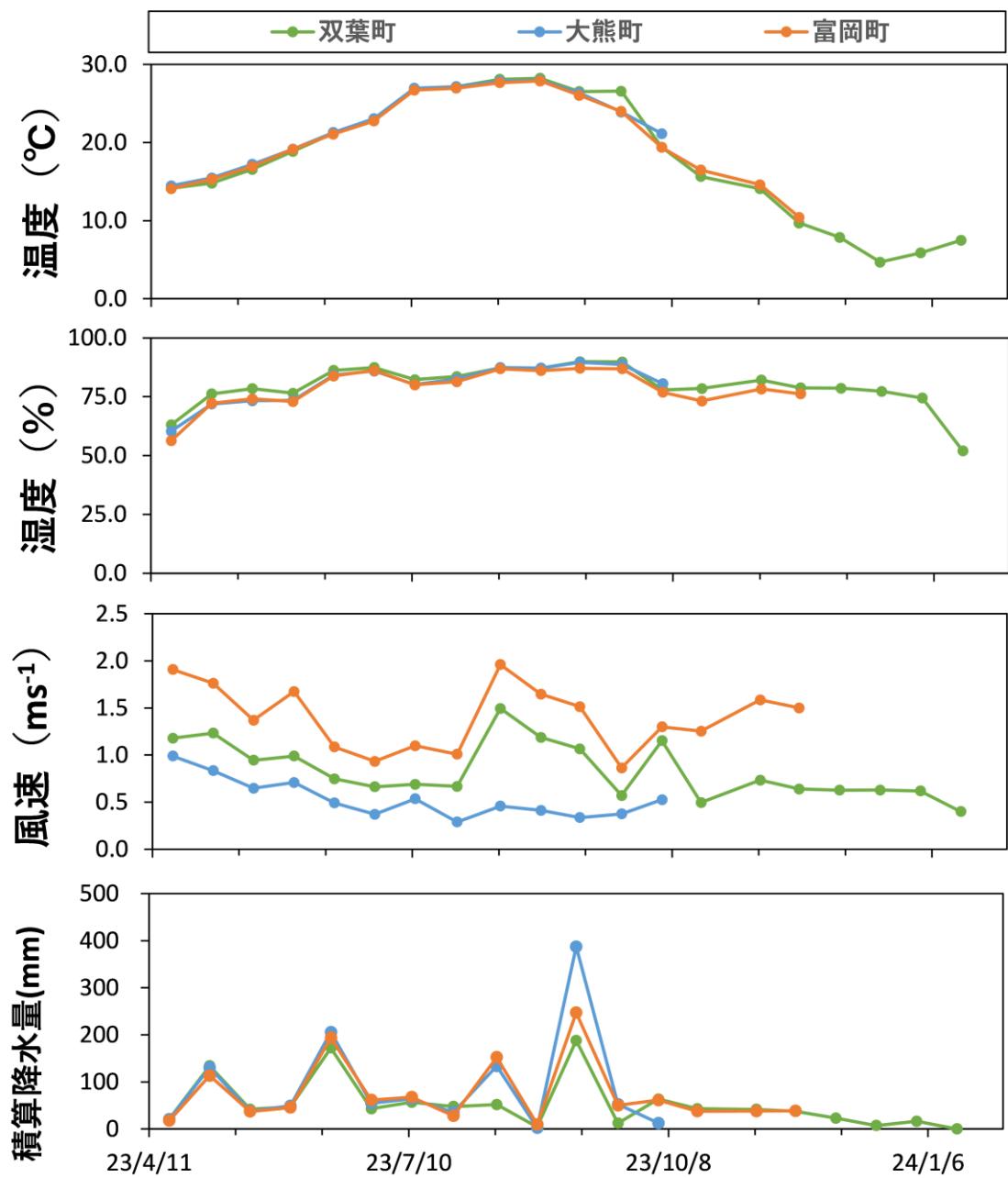


図 2.2-1 調査地点毎の気象データ

2.2.1.2 放射能濃度の測定結果

大気浮遊塵中の放射能濃度の測定結果として、市町村ごとの大気浮遊塵濃度、大気放射能濃度及び測定期間の大気吸引流量について整理した。整理した結果については参考資料として 7.1 節に示す。

2.2.1.3 大気浮遊塵濃度の調査結果

大気浮遊塵濃度は、双葉町（F-5 地点及び F-6 地点）で 6.5×10^{-3} ~ 6.1×10^{-2} mg m⁻³、大熊町（O-1 地点及び O-2 地点）で 1.4×10^{-2} ~ 6.0×10^{-2} mg m⁻³、富岡町（T-1 地点及び T-2 地点）で 7.4×10^{-3} ~ 5.8×10^{-2} mg m⁻³ であり、いずれの調査地点も同程度の濃度を示した（表 2-15 及び図 2.2-2）。また、いずれの町も舗装面と未舗装面とで大気浮遊塵濃度については有意な濃度差は認められなかった。

大気浮遊塵濃度の経時変化を図 2.2-3 に示す。大気浮遊塵濃度は、いずれの地点においても 5 月に一時的に大気浮遊塵濃度の上昇が確認された。また、双葉町と富岡町において 10 月以降に大気浮遊塵濃度が低下する傾向が見られた。

表 2-15 大気浮遊塵濃度の統計値

		大気浮遊塵濃度 (mg m ⁻³)		
	データ数	中央値	算術平均	標準偏差
F-5	碎石交じり土	20	1.7E-02	1.9E-02
F-6	アスファルト	20	1.8E-02	1.9E-02
O-1	土	13	2.0E-02	2.3E-02
O-2	アスファルト	7	2.2E-02	2.8E-02
T-1	草地	16	2.1E-02	2.1E-02
T-2	アスファルト	16	1.7E-02	1.9E-02
全地点		92	1.8E-02	2.1E-02

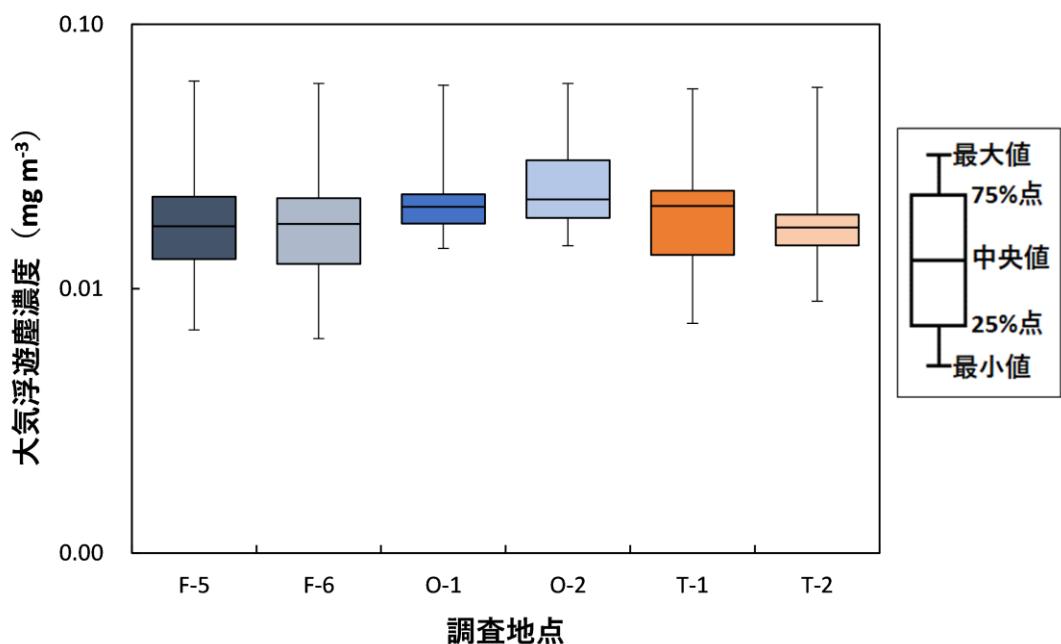


図 2.2-2 調査地点ごとの大気浮遊塵濃度

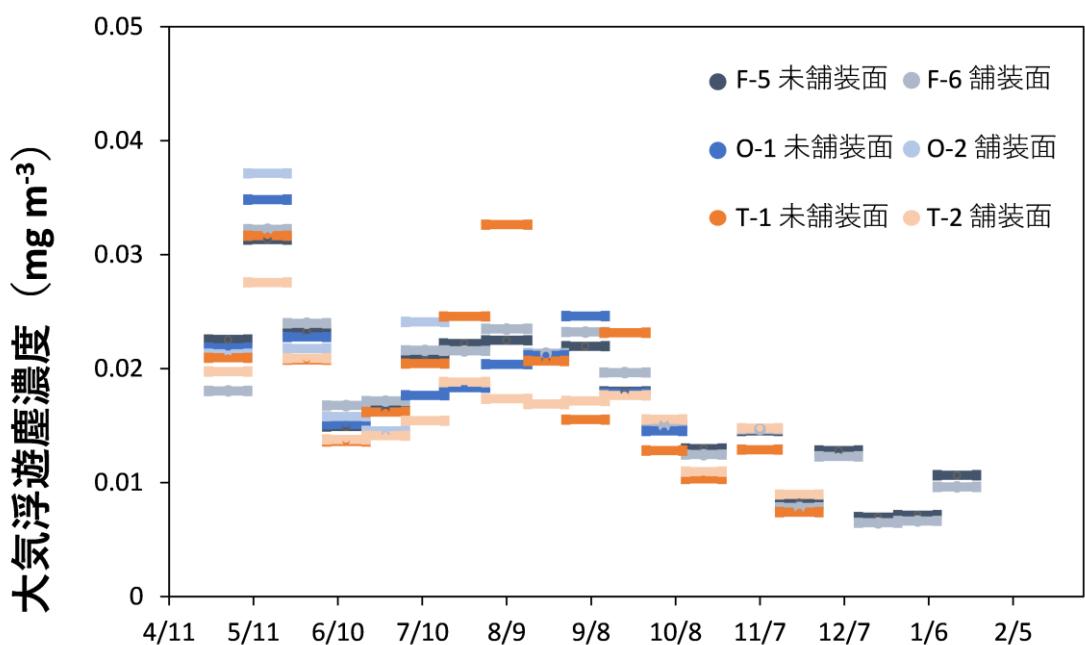


図 2.2-3 大気浮遊塵濃度の経時変化

2.2.1.4 大気放射能濃度の調査結果

大気放射能濃度は、双葉町（F-5 地点及び F-6 地点）で $1.3 \times 10^{-2} \sim 3.3 \times 10^{-1} \text{ mBq m}^{-3}$ 、大熊町（O-1 地点及び O-2 地点）で $7.1 \times 10^{-2} \sim 2.2 \times 10^{-1} \text{ mBq m}^{-3}$ 、富岡町で $2.5 \times 10^{-2} \sim 1.2 \times 10^{-1} \text{ mBq m}^{-3}$ であり、富岡町の T-2 地点において他の調査地点より低い結果を示した。また、いずれの町も舗装面と未舗装面とで大気放射能濃度については有意な濃度差は認められなかった（表 2-16 及び図 2.2-4）。

大気放射能濃度の経時変化を図 2.2-5 に示す。双葉町は 9 月に大気放射能濃度が期間中最も高くなり、10 月以降に大気放射能濃度が低下する傾向が見られた。大熊町は O-1 地点において、9 月に大気放射能濃度が期間中最も高く検出された。富岡町は期間中に顕著な濃度変化傾向は確認できず、 $10^{-2} \sim 10^{-1} \text{ mBq m}^{-3}$ オーダーの大気放射能濃度で推移した。

表 2-16 大気放射能濃度の統計値

大気放射能濃度 (mBq m^{-3})				
	データ数	中央値	算術平均	標準偏差
F-5 砕石交じり土	20	1.5E-01	1.5E-01	8.1E-02
F-6 アスファルト	20	1.4E-01	1.5E-01	8.7E-02
O-1 土	13	1.4E-01	1.4E-01	4.3E-02
O-2 アスファルト	7	1.4E-01	1.4E-01	3.3E-02
T-1 草地	16	7.6E-02	7.3E-02	3.0E-02
T-2 アスファルト	16	5.5E-02	6.1E-02	2.2E-02
全地点	92	1.0E-01	1.2E-01	7.2E-02

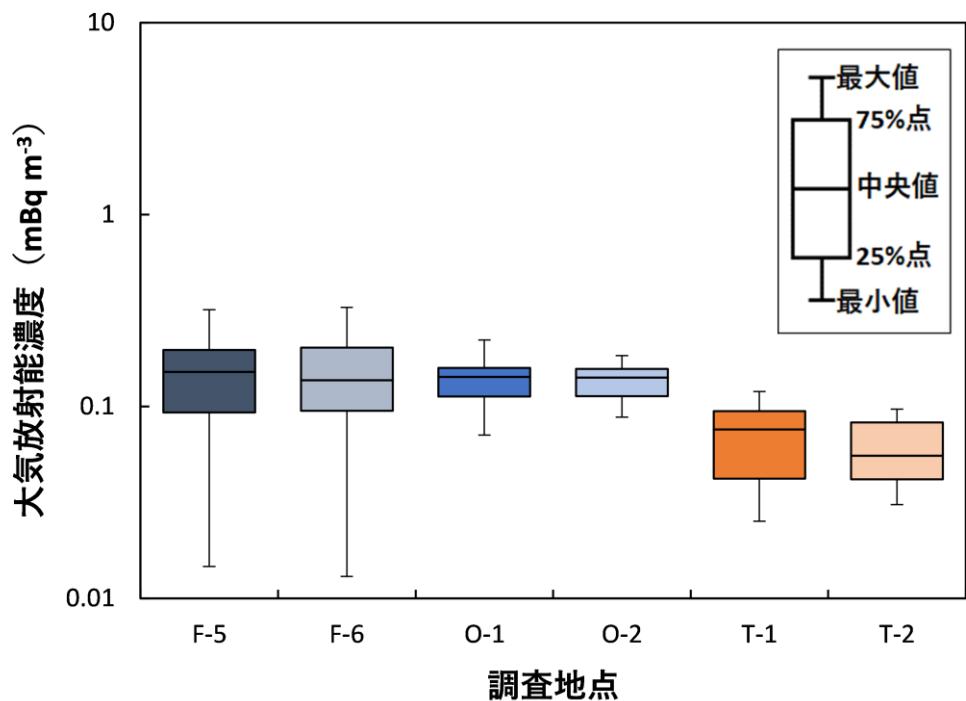


図 2.2-4 調査地点ごとの大気放射能濃度

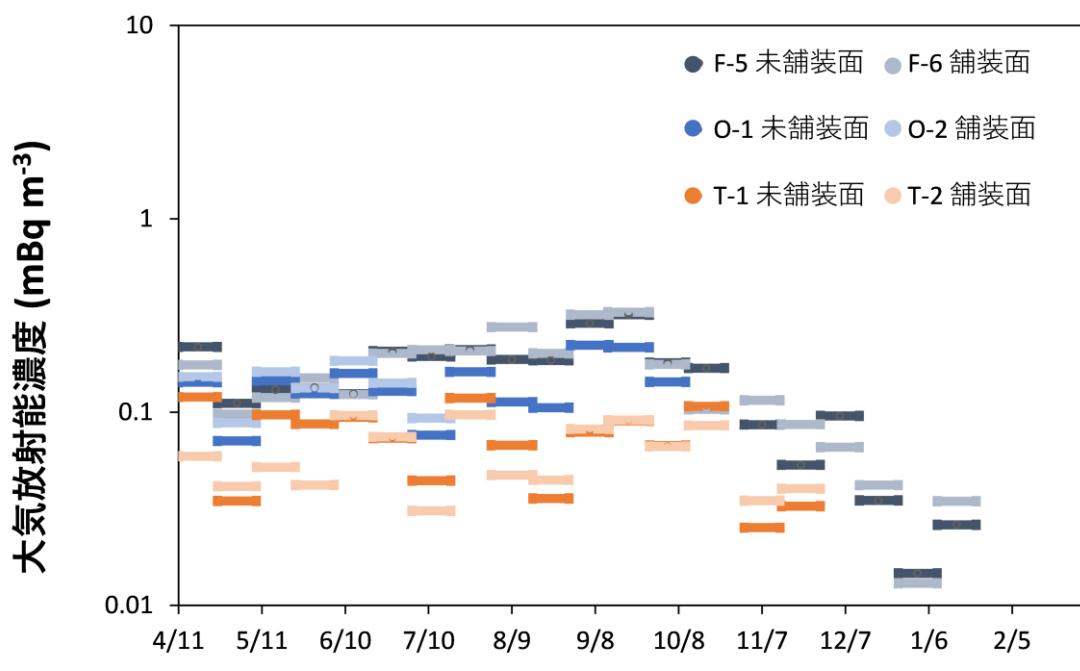


図 2.2-5 大気放射能濃度の経時変化

2.2.1.5 年度別の調査結果の比較

大気浮遊塵濃度及び大気放射能濃度について、同条件で試料を採取した 2019 年 6 月以降のデータにつき、年度別に各調査地点の測定結果を比較した。

大気浮遊塵濃度及び大気放射能濃度について、2019 年度から 2023 年度までの結果を図 2.2-6～図 2.2-7 に示す。なお、本年度は年度途中で観測を停止しているため、評価対象となる期間が従来と異なることに留意する必要がある。

大気浮遊塵濃度は、2022 年度より本年度の方が高い傾向にある一方、本年度の大気放射能濃度は 2022 年度と同定度であった。その要因としては、避難指示の解除に伴う交通量や建設工事といった活動に伴って大気浮遊塵濃度が増加した一方で、除染の進捗に伴う大気浮遊塵中の放射能濃度の低下が寄与した可能性が考えられる。

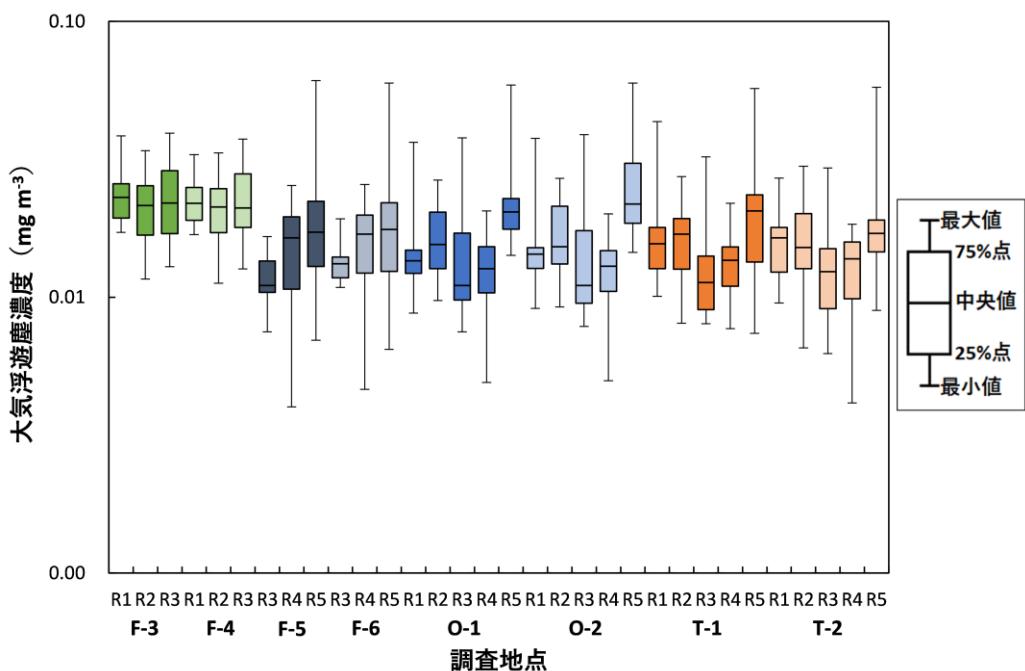


図 2.2-6 大気浮遊塵濃度の調査結果比較

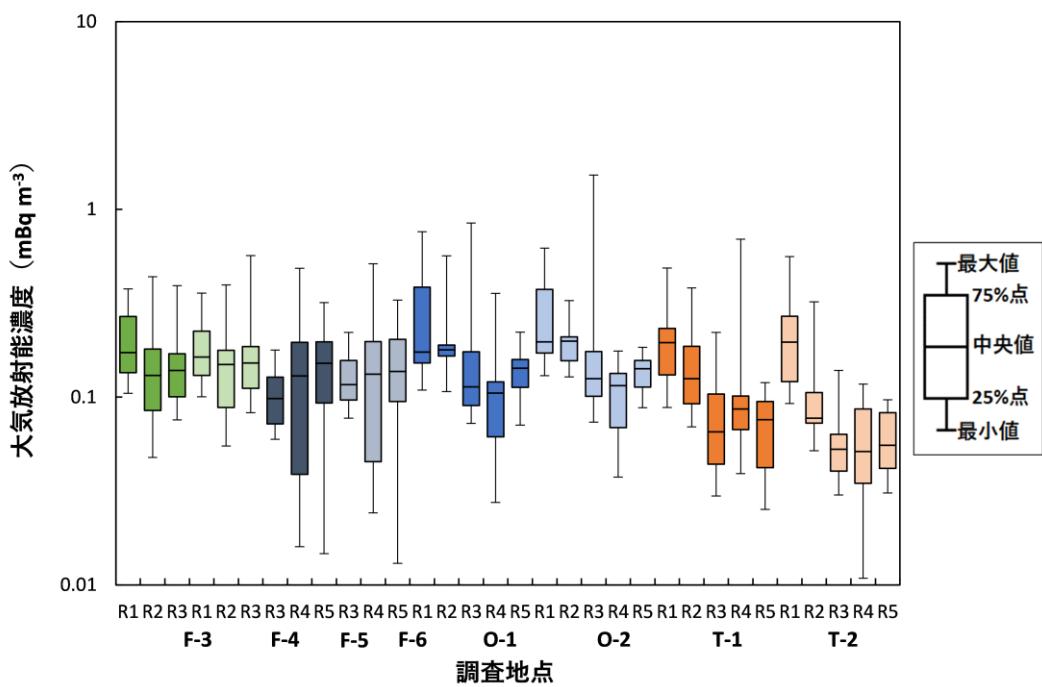


図 2.2-7 大気放射能濃度の調査結果比較

2.2.1.6 再浮遊係数の評価

a) 放射性セシウムの ^{137}Cs 地表面濃度

再浮遊係数の算出に当たり、土壤中の ^{137}Cs の鉛直分布を求めた。コアサンプラーにより深度ごとに採取した土壤中の ^{137}Cs 濃度の分析結果を表 2-17～表 2-18 及び図 2.2-8 示す。

得られた深度分布は土壤面における γ スペクトル解析に供し、 ^{137}Cs 地表面濃度を求めた。土壤面、及び舗装面を含む各地点の ^{137}Cs 地表面濃度を表 2-19 に示す。求められた ^{137}Cs 地表面濃度は、後述の再浮遊係数を算出するために用いた。

表 2-17 土壌深度ごとの放射能濃度 (1/2)

採取地点	重量深度 (g cm ⁻²)	土壌 ¹³⁷ Cs 濃度 (Bq kg ⁻¹)
双葉町		
F-5	0.805	120±13
F-5	2.302	200±16
F-5	3.573	96±13
F-5	4.666	210±20
F-5	5.841	110±14
F-5	7.605	70±9
F-5	10.051	220±14
F-5	12.575	200±13
F-5	15.029	240±14
F-5	17.317	220±14
大熊町		
O-1	0.534	600±28
O-1	1.564	270±20
O-1	2.648	140±14
O-1	3.874	54±9
O-1	5.199	160±14
O-1	7.196	5,800±61
O-1	9.778	8,000±75
O-1	12.466	290±14
O-1	15.116	59±7
O-1	17.493	13±4

表 2-18 土壌深度ごとの放射能濃度 (2/2)

採取地点	重量深度 (g cm ⁻²)	土壌 ¹³⁷ Cs 濃度 (Bq kg ⁻¹)
富岡町		
T-1	0.441	1,500±47
T-1	1.524	1,200±37
T-1	2.795	1,500±39
T-1	4.219	2,800±48
T-1	5.664	3,400±57
T-1	7.708	3,100±42
T-1	10.483	1,400±28
T-1	13.038	250±13
T-1	15.225	140±11
T-1	17.383	160±12

表 2-19 ^{137}Cs 地表面濃度

		2019 年度 ^{137}Cs 地表面	2020 年度 ^{137}Cs 地表面	2021 年度 ^{137}Cs 地表面	2022 年度 ^{137}Cs 地表面	2023 年度 ^{137}Cs 地表面
		濃度 (Bq m ⁻²)				
F-3	草地	6.9E+04	3.4E+04	2.8E+04	—	—
F-4	アスファルト	3.9E+04	2.8E+04	3.1E+04	—	—
F-5	碎石交じり土	—	—	4.1E+04	3.4E+04	3.1E+04
F-6	アスファルト	—	—	2.5E+04	2.8E+04	2.9E+04
O-1	土	4.5E+05	3.8E+05	2.9E+05	1.7E+05	2.2E+05
O-2	アスファルト	4.9E+05	4.2E+05	4.1E+05	4.1E+05	3.9E+05
T-1	草地	1.0E+05	3.0E+05	1.6E+05	1.8E+05	1.5E+05
T-2	アスファルト	1.2E+05	3.8E+04	3.3E+04	3.0E+04	3.5E+04

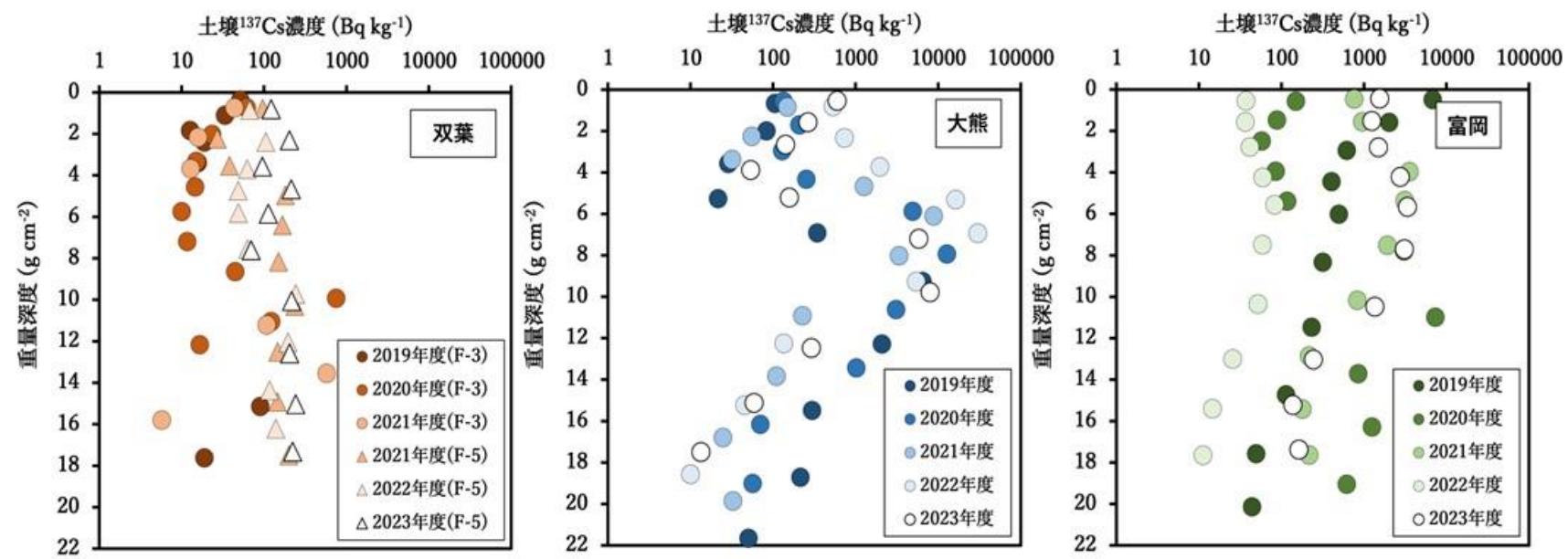


図 2.2-8 土壤中 ^{137}Cs の深度プロファイル

b) 再浮遊係数の評価結果

再浮遊係数は、双葉町 (F-5 地点及び F-6 地点) で $4.4 \times 10^{-10} \sim 1.1 \times 10^{-8} \text{ m}^{-1}$ 、大熊町 (O-1 地点及び O-2 地点) で $2.3 \times 10^{-10} \sim 1.0 \times 10^{-9} \text{ m}^{-1}$ 、富岡町 (T-1 地点及び T-2 地点) で $1.6 \times 10^{-10} \sim 2.8 \times 10^{-9} \text{ m}^{-1}$ であった (表 2-20 及び図 2.2-9)。再浮遊係数は測定地点が離れている富岡町を除き、土壤面と舗装面とで有意差が認められなかった。

再浮遊係数の経時変化を図 2.2-10 に示す。再浮遊係数は前述したとおり、 ^{137}Cs 地表面濃度の 2023 年 4 月 1 日時点における値を定数として、大気放射能濃度を除した値であるため、2023 年度の経時変化の傾向は大気放射能濃度に依存する。

得られた再浮遊係数は、確率論に基づく吸入に伴う内部被ばく評価に用いた。

表 2-20 再浮遊係数の統計値

		再浮遊係数 (m^{-1})			
		データ数	中央値	算術平均	標準偏差
F-5	碎石交じり土	20	4.8E-09	4.7E-09	2.6E-09
F-6	アスファルト	20	4.7E-09	5.2E-09	3.0E-09
O-1	土	13	6.6E-10	6.4E-10	2.0E-10
O-2	アスファルト	7	3.7E-10	3.5E-10	8.4E-11
T-1	草地	16	4.9E-10	4.7E-10	2.0E-10
T-2	アスファルト	16	1.6E-09	1.8E-09	6.5E-10
全地点		92	1.3E-09	2.7E-09	2.8E-09

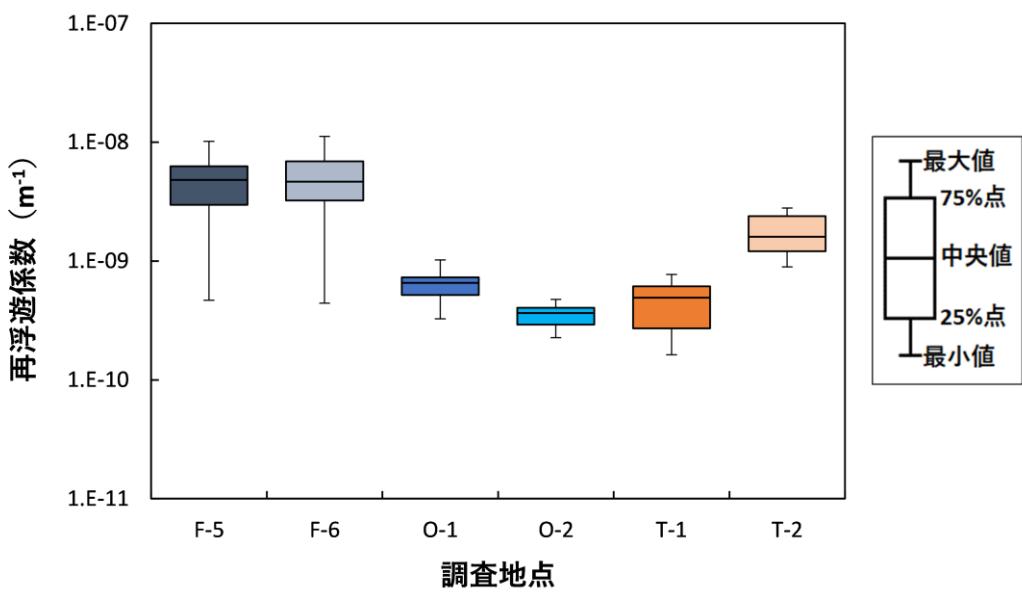


図 2.2-9 調査地点ごとの再浮遊係数

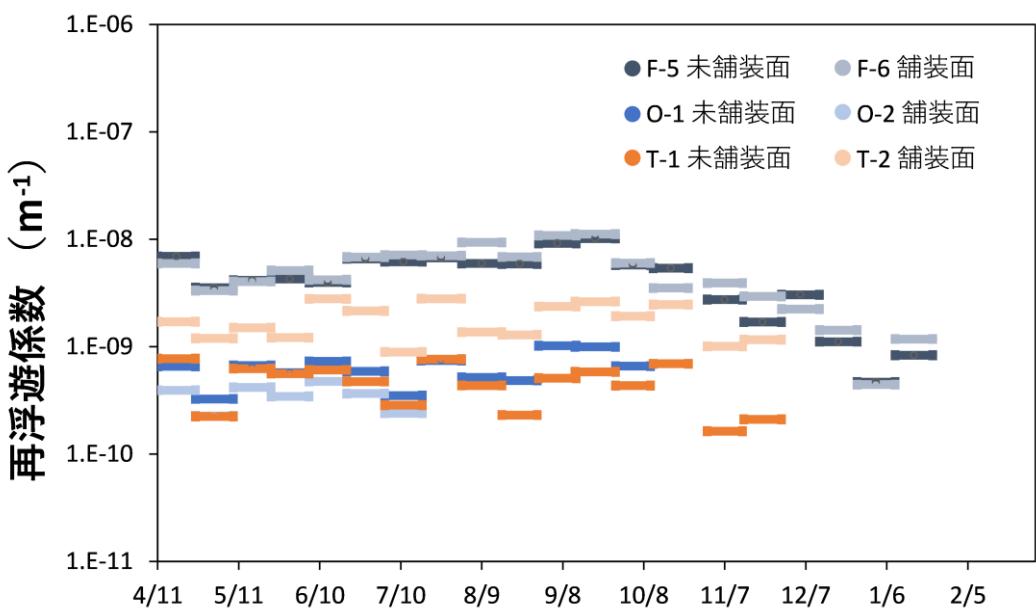


図 2.2-10 再浮遊係数の経時変化

c) 年度別の評価結果の比較

2019 年度から 2023 年度までの結果を図 2.2-11 に示す。本年度の結果は、従来の調査と測定期間が異なることに留意が必要である。

再浮遊係数は昨年度と比較し同程度の値を示しており、有意な増減は認められなかつた。

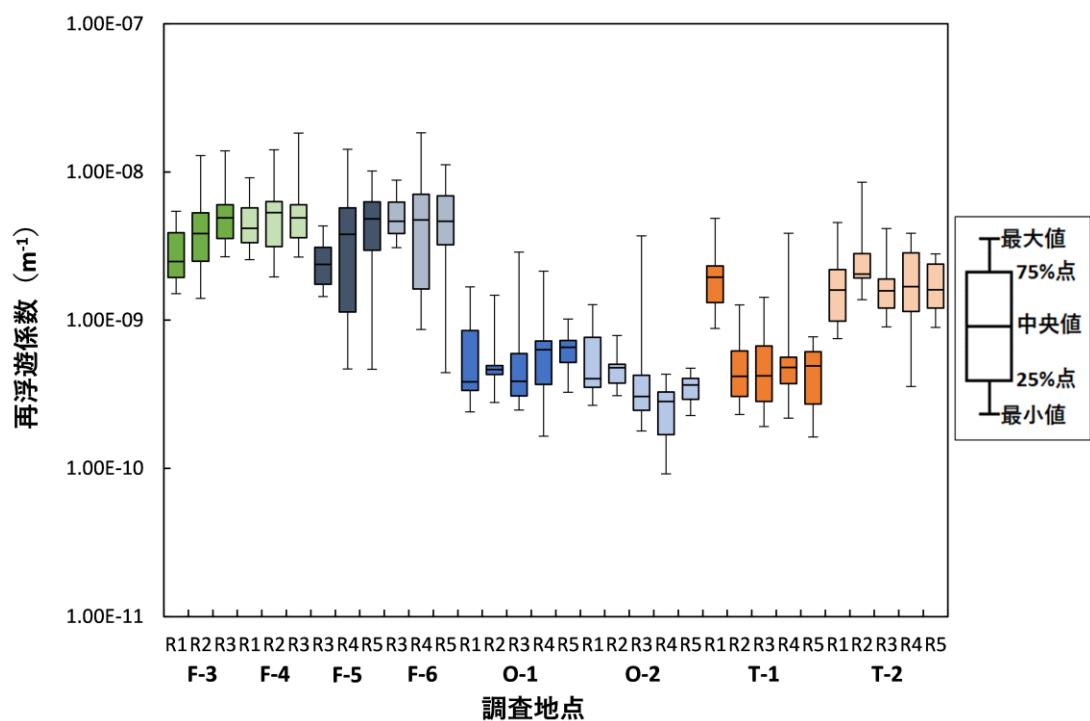


図 2.2-11 再浮遊係数の評価結果比較¹

¹ 2023 年度の結果は、参考値として記載。

2.2.1.7 実測値に基づく吸入に伴う内部被ばく評価結果

吸入に伴う内部被ばく実効線量を表 2-21 に示す。内部被ばく実効線量は、双葉町 (F-5 地点及び F-6 地点) で $2.4 \times 10^{-5} \sim 5.9 \times 10^{-4} \mu\text{Sv}$ 、大熊町 (O-1 地点及び O-2 地点) で $1.3 \times 10^{-4} \sim 4.0 \times 10^{-4} \mu\text{Sv}$ 、富岡町 (T-1 地点及び T-2 地点) で $4.6 \times 10^{-5} \sim 2.2 \times 10^{-4} \mu\text{Sv}$ であり、算術平均値ではいずれの地点においても $10^{-4} \mu\text{Sv}$ オーダーの値であった。また内部被ばく実効線量は、大気放射能濃度に定数を乗じて算出しているため、その変動傾向は大気放射能濃度の変動傾向で表される。

比較のため外部被ばく実効線量を併せて表 2-21 に示す。本年度の解析においては、内部被ばく実効線量の算術平均値は、試料採取地点の外部被ばく線量に比べて双葉町 (F-5 地点) で $8.2 \times 10^{-3} \%$ (約 1 万 2 千分の 1)、双葉町 (F-6 地点) で $5.1 \times 10^{-3} \%$ (約 1 万 8 千分の 1)、大熊町 (O-1 地点) で $5.3 \times 10^{-3} \%$ (約 2 万分の 1)、大熊町 (O-2 地点) で $1.7 \times 10^{-3} \%$ (約 6 万分の 1)、富岡町 (T-1 地点) で $4.6 \times 10^{-3} \%$ (約 2 万分の 1)、富岡町 (T-2 地点) で $3.0 \times 10^{-3} \%$ (約 3 万分の 1) であった。

表 2-21 実測値に基づく吸入に伴う内部被ばく実効線量の統計値と空間線量率から試算した外部被ばく実行線量

		内部被ばく実効線量 (μSv)			外部被ばく実効 線量 (μSv)	
		データ 数	中央 値	算術 平均	標準 偏差	
F-5	碎石交じり土	20	2.7E-04	2.7E-04	1.5E-04	3.3E+00
F-6	アスファルト	20	2.5E-04	2.7E-04	1.6E-04	4.9E+00
O-1	土	13	2.6E-04	2.5E-04	7.8E-05	4.9E+00
O-2	アスファルト	7	2.6E-04	2.5E-04	5.9E-05	1.5E+01
T-1	草地	16	1.4E-04	1.3E-04	5.5E-05	3.0E+00
T-2	アスファルト	16	1.0E-04	1.1E-04	4.0E-05	3.4E+00
全地点		92	1.9E-04	2.1E-04	1.3E-04	

2.2.1.8 確率論に基づく吸入に伴う内部被ばく評価結果

各自治体の特定復興再生拠点に滞在した場合に、特定復興再生拠点内の空間線量率分布を踏まえて、生じ得る被ばく線量の分布を評価した。2.1.9 項の表 2-11 からエリア内移動の統計値を用いて、特定復興再生拠点内を散策した場合について、吸入に伴う被ばくの線量分布を評価した結果を図 2.2-12 及び表 2-22 に示す。確率論的評価の結果、双葉町、大熊町及び富岡町における吸入に伴う内部被ばくによる 1 日当たりの実効線量の幾何平均値はそれぞれ $3.5 \times 10^{-5} \mu \text{Sv day}^{-1}$ 、 $7.4 \times 10^{-5} \mu \text{Sv day}^{-1}$ 及び $6.7 \times 10^{-5} \mu \text{Sv day}^{-1}$ 程度となった。

確率論に基づく吸入に伴う被ばく評価結果について、2019 年度から評価結果を比較した(図 2.2-13)。2023 年度からの 2024 年度における実効線量の相対変化率は、双葉町で-12.6 %、大熊町で-7.4 %、富岡町で 1.0 % であった。

表 2-22 確率論の基づく吸入に伴う内部被ばく実効線量の統計値

経路	5%値	50%値	95%値	算術平均値	幾何平均値	標準偏差	幾何標準偏差	
	($\mu\text{ Sv day}^{-1}$)							
双葉町	3.8E-06	3.5E-05	3.0E-04	8.0E-05	3.5E-05	1.4E-04	3.7E+00	
再浮遊吸入	大熊町	8.6E-06	7.4E-05	5.9E-04	1.6E-04	7.4E-05	2.6E-04	3.6E+00
	富岡町	7.9E-06	6.7E-05	5.3E-04	1.4E-04	6.7E-05	2.3E-04	3.6E+00

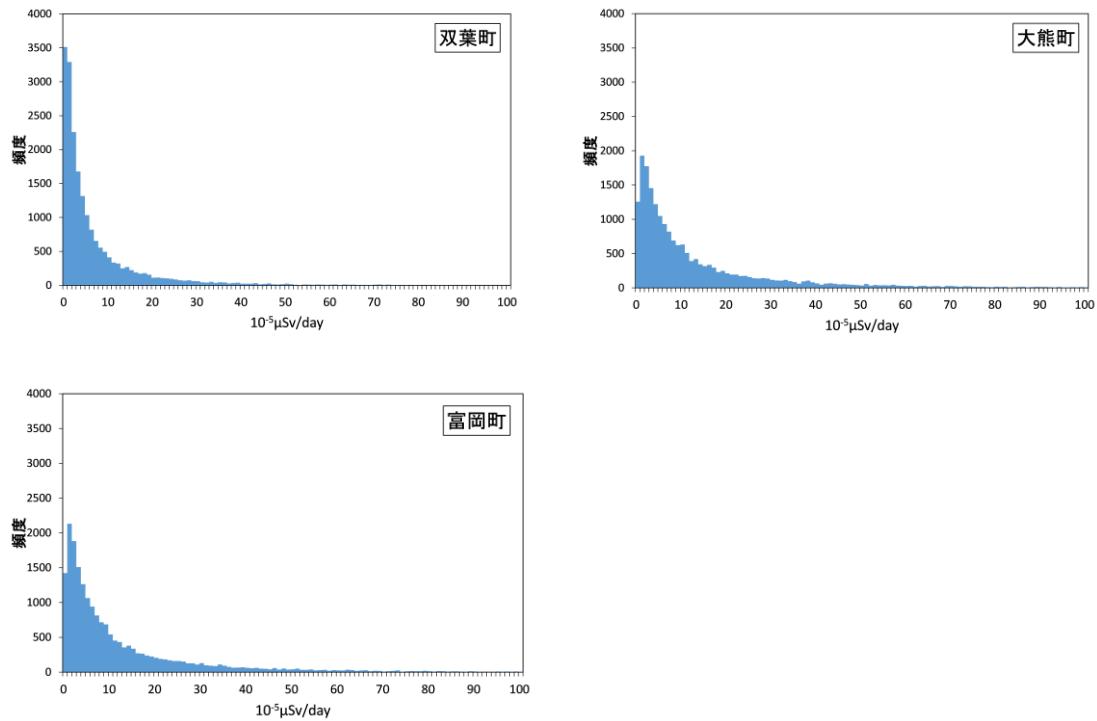


図 2.2-12 各自治体における特定復興再生拠点区域内に滞在した際の内部被ばく実効線量
(周辺散策を想定した場合)

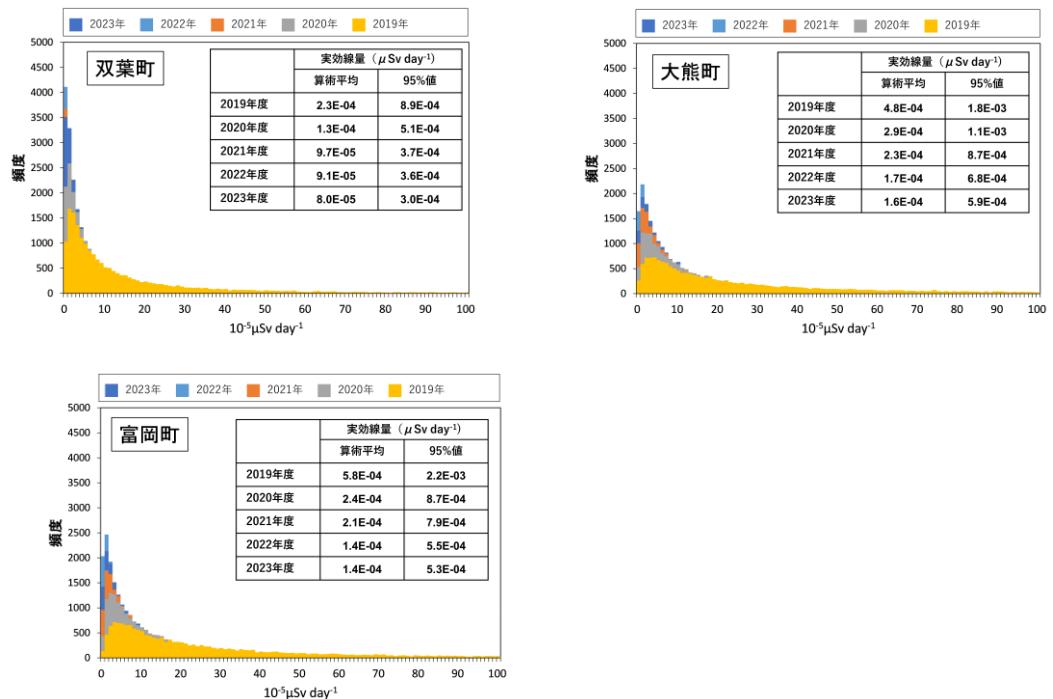


図 2.2-13 年度別の確率論に基づく吸入に伴う内部被ばく実効線量

2.2.2 拠点区域外の調査結果

2.2.2.1 気象観測結果

気象観測結果を大気浮遊塵の採取期間中における平均値とし、表 2-23～表 2-26 に示す。また、これらの気象観測結果の経時変化を図 2.2-14 に示した。

表 2-23 拠点区域外の気象データ（双葉町）²

採取開始日	採取終了日	温度 (°C)	湿度 (%)	風速 (m s ⁻¹)	最頻 風向	積算降水量 (mm)
双葉町						
2023/12/26	2024/1/9	5.0	76.9	0.7	NW	15.6
2024/1/9	2024/1/23	4.3	71.7	1.1	NW	13.4
2024/1/23	2024/2/7	2.5	71.1	0.9	NW	8.0
2024/2/7	2024/2/20	-	-	-	-	-
2024/2/20	2024/3/5	3.9	74.8	1.5	NW	66.6

表 2-24 拠点区域外の気象データ（大熊町）

採取開始日	採取終了日	温度 (°C)	湿度 (%)	風速 (m s ⁻¹)	最頻 風向	積算降水量 (mm)
2024/1/24	2024/2/8	2.5	71.0	0.8	WNW	12.6
2024/2/8	2024/2/21	6.9	71.5	1.0	WNW	6.0
2024/2/21	2024/3/6	3.3	75.9	1.5	WNW	89.0

表 2-25 拠点区域外の気象データ（富岡町）

採取開始日	採取終了日	温度 (°C)	湿度 (%)	風速 (m s ⁻¹)	最頻 風向	積算降水量 (mm)
2024/1/24	2024/2/8	3.2	62.1	1.0	W	28.8
2024/2/8	2024/2/21	7.9	66.5	0.7	W	4.4
2024/2/21	2024/3/6	3.8	72.6	0.6	W	92.6

² 2024年2月7日～2月20日の期間において、気象観測装置の不調・機器確認によりデータ欠測。

表 2-26 拠点区域外の気象データ（浪江町）³

採取開始日	採取終了日	温度 (°C)	湿度 (%)	風速 (m s ⁻¹)	最頻 風向	積算降水量 (mm)
2024/1/23	2024/2/7	3.4	60.5	2.5	WNW	12.0
2024/2/7	2024/2/20	6.4	65.1	2.5	WNW	0.0
2024/2/20	2024/3/5	4.4	69.8	3.0	NW	56.5

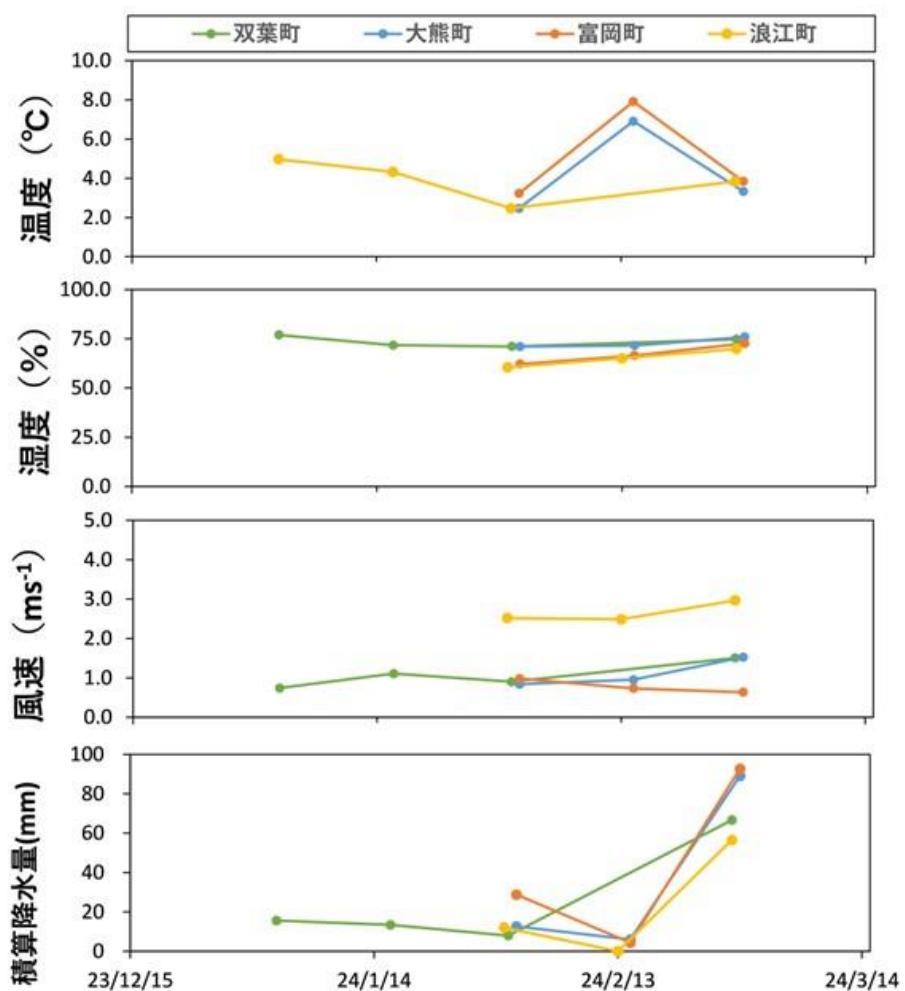


図 2.2-14 調査地点毎の気象データ

³ 浪江町の気象データは、気象庁の浪江観測所の該当期間における気象データ（温度、湿度、風速・風向、降水量）を使用した。

2.2.2.2 放射能測定結果

大気浮遊塵中の放射能濃度の測定結果として、市町村ごとの大気浮遊塵濃度、大気放射能濃度及び測定期間の大気吸引流量について整理した。整理した結果については参考資料として 7.1 節に示す。

2.2.2.3 大気浮遊塵濃度の測定結果

大気浮遊塵濃度は、浪江町（N-1 地点及び N-2 地点）で $3.6 \times 10^{-3} \sim 2.0 \times 10^{-2} \text{ mg m}^{-3}$ 、双葉町（F-7 地点及び F-8 地点）で $4.4 \times 10^{-3} \sim 1.4 \times 10^{-2} \text{ mg m}^{-3}$ 、大熊町（O-3 地点及び O-4 地点）で $6.2 \times 10^{-3} \sim 2.7 \times 10^{-2} \text{ mg m}^{-3}$ 、富岡町（T-3 地点及び T-4 地点）で $8.5 \times 10^{-3} \sim 3.6 \times 10^{-2} \text{ mg m}^{-3}$ であった（表 2-27 及び図 2.2-15）。

表 2-27 大気浮遊塵濃度の統計値

大気浮遊塵濃度 (mg m^{-3})					
		データ数	中央値	算術平均	標準偏差
N-1	土	3	5.9E-03	5.5E-03	9.7E-04
N-2	土	3	1.4E-02	1.3E-02	6.8E-03
F-7	土	5	7.2E-03	8.5E-03	3.6E-03
F-8	砂利	3	1.3E-02	1.1E-02	3.9E-03
O-3	土	3	2.5E-02	2.0E-02	8.3E-03
O-4	土	3	1.2E-02	1.2E-02	4.2E-03
T-3	アスファルト	3	2.4E-02	2.3E-02	1.1E-02
T-4	砂利	3	1.4E-02	1.8E-02	6.3E-03
全地点		26	1.2E-02	1.3E-02	8.3E-03

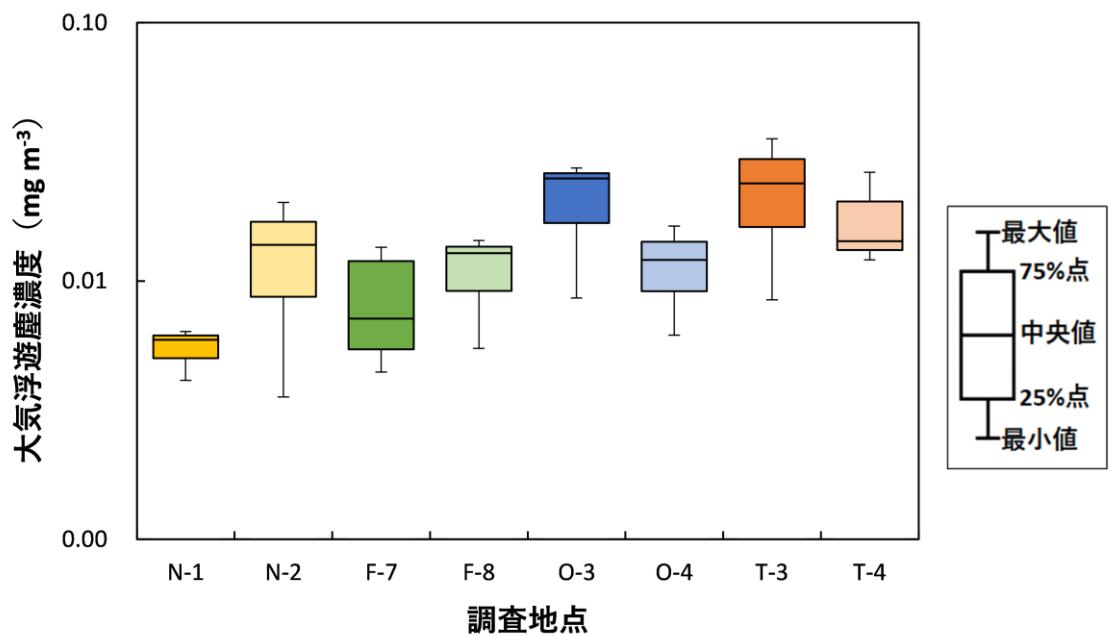


図 2.2-15 調査地点毎の大気浮遊塵濃度

2.2.2.4 大気放射能濃度の調査結果

大気放射能濃度は、浪江町（N-1 地点及び N-2 地点）で $6.9 \times 10^{-3} \sim 3.7 \times 10^{-1} \text{ mBq m}^{-3}$ 、双葉町（F-7 地点及び F-8 地点）で $9.6 \times 10^{-3} \sim 2.1 \times 10^{-1} \text{ mBq m}^{-3}$ 、大熊町（O-3 地点及び O-4 地点）で $1.9 \times 10^{-2} \sim 1.0 \times 10^{-1} \text{ mBq m}^{-3}$ 、富岡町（T-3 地点及び T-4 地点）で $6.0 \times 10^{-2} \sim 3.0 \times 10^{-1} \text{ mBq m}^{-3}$ であった（表 2-28 及び図 2.2-16）。

表 2-28 大気放射能濃度の統計値

大気放射能濃度 (mBq m^{-3})					
		データ数	中央値	算術平均	標準偏差
N-1	土	3	1.1E-02	1.5E-02	8.4E-03
N-2	土	3	2.2E-01	2.1E-01	1.4E-01
F-7	土	5	2.0E-02	3.3E-02	3.1E-02
F-8	砂利	3	1.3E-01	1.4E-01	5.5E-02
O-3	土	3	7.4E-02	6.4E-02	3.4E-02
O-4	土	3	5.2E-02	6.6E-02	2.5E-02
T-3	アスファルト	3	8.4E-02	9.6E-02	3.4E-02
T-4	砂利	3	2.4E-01	2.1E-01	9.4E-02
全地点		26	7.7E-02	9.8E-02	9.5E-02

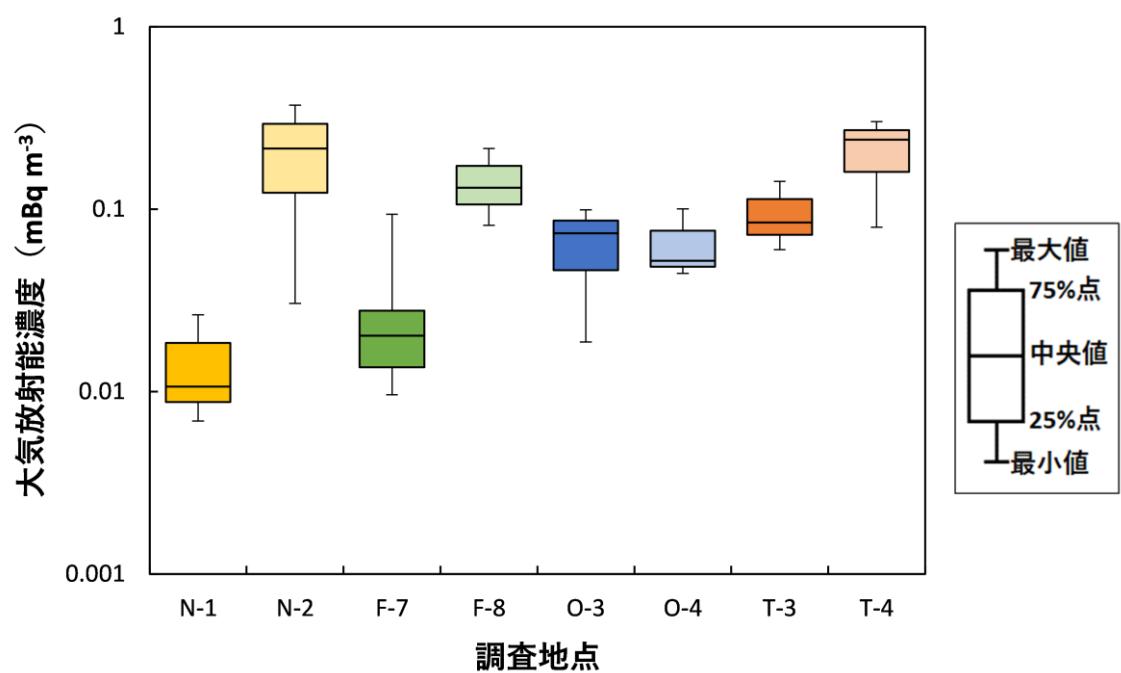


図 2.2-16 調査地点毎の大気放射能濃度

2.2.2.5 再浮遊係数の評価

a) 放射性セシウムの ^{137}Cs 地表面濃度

深度ごとに採取した土壤中の ^{137}Cs 濃度の分析結果を表 2-29～表 2-32 及び図 2.2-17 に示す。得られた深度分布は土壤面における γ スペクトル解析に供し、 ^{137}Cs 地表面濃度を求めた。土壤面、及び舗装面を含む各地点の ^{137}Cs 地表面濃度を表 2-33 示す。求められた ^{137}Cs 地表面濃度は、後述の再浮遊係数を算出するために用いた。

表 2-29 土壌深度ごとの放射能濃度 (1/4)

採取地点	重量深度 (g cm ⁻²)	土壌 ¹³⁷ Cs 濃度 (Bq kg ⁻¹)
双葉町		
F-7	0.372	9,700±140
F-7	1.241	12,000±130
F-7	2.100	12,000±150
F-7	2.836	12,000±140
F-7	3.791	11,000±130
F-7	5.772	8,100±83
F-7	8.320	4,000±65
F-7	10.538	1,300±36
F-7	12.565	1,400±36
F-7	14.450	1,600±38
双葉町		
F-8	0.340	160,000±520
F-8	1.050	160,000±490
F-8	1.807	150,000±470
F-8	2.819	99,000±320
F-8	3.927	84,000±330
F-8	5.661	23,000±120
F-8	7.919	1,400±32
F-8	9.832	1,700±42
F-8	11.841	2,000±48
F-8	14.019	3,500±78

表 2-30 土壌深度ごとの放射能濃度 (2/4)

採取地点	重量深度 (g cm ⁻²)	土壤 ¹³⁷ Cs 濃度 (Bq kg ⁻¹)
大熊町		
O-3	0.405	220±20
O-3	1.567	20,000±140
O-3	2.810	28,000±220
O-3	3.809	18,000±170
O-3	4.879	9,200±110
O-3	6.740	2,200±47
O-3	9.319	1,000±30
O-3	11.861	310±17
O-3	14.371	91±10
O-3	16.626	73±9
大熊町		
O-4	0.687	2,200±69
O-4	1.776	3,500±140
O-4	2.691	14,000±220
O-4	3.775	28,000±220
O-4	4.992	37,000±250
O-4	6.585	50,000±230
O-4	8.699	33,000±160
O-4	11.109	11,000±90
O-4	13.204	1,800±44
O-4	15.011	1,600±39

表 2-31 土壌深度ごとの放射能濃度 (3/4)

採取地点	重量深度 (g cm ⁻²)	土壌 ¹³⁷ Cs 濃度 (Bq kg ⁻¹)
富岡町		
T-4	1.105	46±9
T-4	2.679	43±12
T-4	4.200	16±4
T-4	6.113	13±2
T-4	7.868	16±3
T-4	9.860	3,200±70
T-4	12.741	8,500±90
T-4	16.312	800±28
T-4	19.780	170±14
T-4	22.986	180±15

表 2-32 土壌深度ごとの放射能濃度 (4/4)

採取地点	重量深度 (g cm ⁻²)	土壌 ¹³⁷ Cs 濃度 (Bq kg ⁻¹)
浪江町		
N-1	0.509	55,000±490
N-1	1.278	52,000±490
N-1	1.884	46,000±340
N-1	2.783	42,000±320
N-1	4.269	37,000±250
N-1	6.243	26,000±200
N-1	8.425	7,900±99
N-1	10.942	6,500±99
N-1	13.622	7,200±91
N-1	16.269	17,000±170
浪江町		
N-2	1.318	230,000±470
N-2	3.032	40,000±320
N-2	4.086	15,000±160
N-2	5.304	7,200±110
N-2	6.499	2,900±63
N-2	8.455	2,000±42
N-2	11.139	590±25
N-2	12.932	490±32
N-2	16.109	350±25
N-2	19.500	65±13

表 2-33 ^{137}Cs 地表面濃度

		測定日	^{137}Cs 地表面濃度
			(Bq m^{-2})
F-7	土	2024/1/16	5.4E+05
F-8	砂利	2024/1/16	6.7E+06
O-3	土	2024/1/15	1.2E+05
O-4	土	2024/1/15	1.1E+06
T-3	アスファルト	2024/1/15	2.7E+05
T-4	砂利	2024/1/15	2.2E+05
N-1	土	2024/1/30	1.8E+06
N-2	土	2024/1/16	5.7E+06

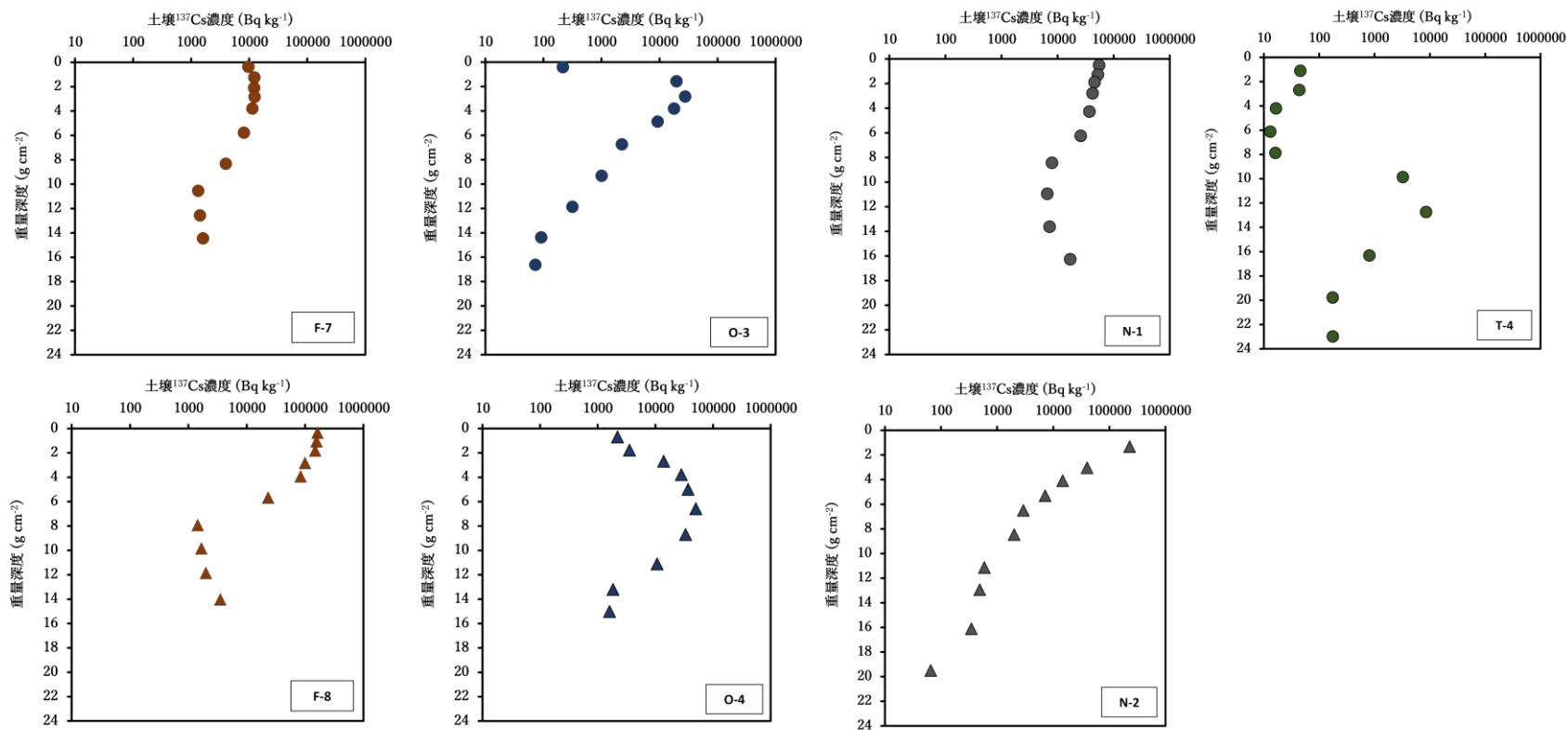


図 2.2-17 土壤中 ^{137}Cs の深度プロファイル

b) 再浮遊係数の評価結果

表 2-33 に示す ^{137}Cs 地表面濃度と大気放射能濃度の測定結果から、それぞれの地点における再浮遊係数を算出した。浪江町 (N-1 地点及び N-2 地点) で $3.8 \times 10^{-12} \sim 6.5 \times 10^{-11} \text{ m}^{-1}$ 、双葉町 (F-7 地点及び F-8 地点) で $1.2 \times 10^{-11} \sim 1.7 \times 10^{-10} \text{ m}^{-1}$ 、大熊町 (O-3 地点及び O-4 地点) で $4.2 \times 10^{-11} \sim 8.0 \times 10^{-10} \text{ m}^{-1}$ 、富岡町 (T-3 地点及び T-4 地点) で $2.2 \times 10^{-10} \sim 1.4 \times 10^{-9} \text{ m}^{-1}$ であった (表 2-34 及び図 2.2-18)。

表 2-34 再浮遊係数の統計値

		再浮遊係数 (m^{-1})			
		データ数	中央値	算術平均	標準偏差
N-1	土	3	5.9E-12	8.2E-12	4.7E-12
N-2	土	3	3.8E-11	3.6E-11	2.5E-11
F-7	土	4	4.4E-11	7.0E-11	6.1E-11
F-8	砂利	3	2.0E-11	2.1E-11	8.2E-12
O-3	土	3	6.0E-10	5.2E-10	2.7E-10
O-4	土	3	4.9E-11	6.2E-11	2.3E-11
T-3	アスファルト	3	3.1E-10	3.5E-10	1.3E-10
T-4	砂利	3	1.1E-09	9.5E-10	4.3E-10
全地点		25	5.1E-11	2.4E-10	3.6E-10

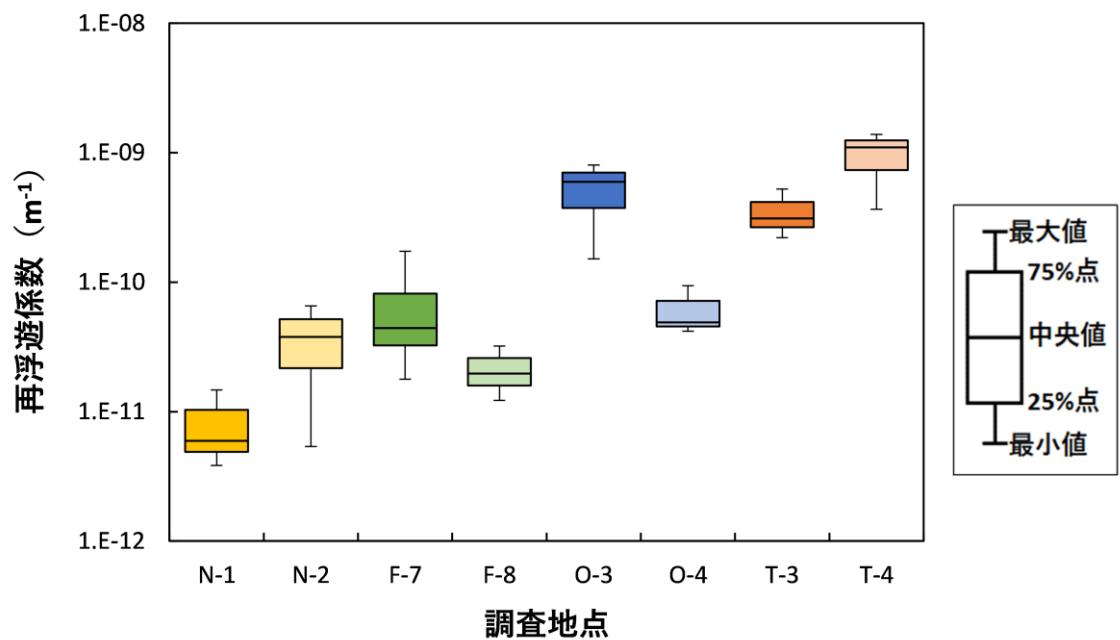


図 2.2-18 調査地点毎の再浮遊係数

2.2.2.6 実測値に基づく吸入に伴う内部被ばく評価結果

2.1.7 節で示した式 (3) から吸入に伴う内部被ばく実効線量を算出した (表 2-35)。浪江町 (N-1 地点及び N-2 地点) で 1.2×10^{-5} ~ $6.7 \times 10^{-4} \mu\text{Sv}$ 、双葉町 (F-7 地点及び F-8 地点) で 1.7×10^{-5} ~ $3.9 \times 10^{-4} \mu\text{Sv}$ 、大熊町 (O-3 地点及び O-4 地点) で 3.4×10^{-5} ~ $1.8 \times 10^{-4} \mu\text{Sv}$ 、富岡町 (T-3 地点及び T-4 地点) で 1.1×10^{-4} ~ $5.4 \times 10^{-4} \mu\text{Sv}$ であった。また内部被ばく実効線量は、大気放射能濃度に定数を乗じて算出しているため、その変動傾向は、大気放射能濃度の変動傾向で表される。

比較のため外部被ばく実効線量を併せて表 2-35 に示す。本年度の解析においては、内部被ばく実効線量の算術平均値は、試料採取地点の外部被ばく線量に比べて浪江町 (N-1 地点) で $9.4 \times 10^{-5} \%$ (約 110 万分の 1)、浪江町 (N-2 地点) で $2.5 \times 10^{-5} \%$ (約 400 万分の 1)、双葉町 (F-7 地点) で $4.3 \times 10^{-4} \%$ (約 23 万分の 1)、双葉町 (F-8 地点) で $2.1 \times 10^{-5} \%$ (約 480 万分の 1)、大熊町 (O-3 地点) で $5.8 \times 10^{-4} \%$ (約 17 万分の 1)、大熊町 (O-4 地点) で $1.8 \times 10^{-4} \%$ (約 55 万分の 1)、富岡町 (T-3 地点) で $2.9 \times 10^{-4} \%$ (約 35 万分の 1)、富岡町 (T-4 地点) で $7.1 \times 10^{-4} \%$ (約 14 万分の 1) であった。

表 2-35 実測値の基づく吸入に伴う内部被ばく実効線量の統計値と空間線量率から試算した外部被ばく実行線量

		内部被ばく実効線量 (μSv)			外部被ばく実効 線量 (μSv)	
		データ 数	中央 値	算術 平均	標準 偏差	
N-1	土	3	1.9E-05	2.6E-05	1.5E-05	2.8E+01
N-2	土	3	3.9E-04	3.7E-04	2.5E-04	1.1E+02
F-7	土	5	3.7E-05	6.0E-05	5.6E-05	6.2E+00
F-8	砂利	3	2.4E-04	2.6E-04	9.9E-05	1.3E+02
O-3	土	3	1.3E-04	1.2E-04	6.1E-05	4.5E+00
O-4	土	3	9.4E-05	1.2E-04	4.4E-05	1.4E+01
T-3	アスファルト	3	1.5E-04	1.7E-04	6.2E-05	9.2E+00
T-4	砂利	3	4.3E-04	3.7E-04	1.7E-04	3.7E+00
全地点		26	1.4E-04	1.8E-04	1.7E-04	

3. 個人外部被ばく線量実測値の評価のための位置情報記録用端末及びソフトウェアの整備・運用

3.1 機材の整備・運用

仕様書の動作環境に合致するスマートフォン (jetfon S20i、30 台)、データ通信用 SIM (Docomo、30 枚)、被ばく線量シミュレーション用のサーバ (1 台) を準備した。各スマートフォンに SIM をセットし、移動記録取得用及び被ばく線量推定用のスマートフォンアプリケーションをインストールした。シミュレーションサーバには、最新の線量率マップ (2022 年度統合マップ) の登録、サーバ証明書の配置や更新等のセキュリティ対策を行った。また、スマートフォンからシミュレーションサーバへ通信して生活行動線量シミュレータが動作することを確認した。スマートフォン、データ通信用 SIM、被ばく線量シミュレーション用のサーバは、それぞれ 2023 年 6 月 1 日から使用開始できるよう準備し、納期まで運用した。スマートフォン及びシミュレーションサーバの仕様をそれぞれ表 3-1、表 3-2 に示す。

表 3-1 スマートフォン (jetfon S20i) の仕様

OS	Android 9
メモリ	4GB
解像度	2280×1080
ストレージ容量	64GB

表 3-2 シミュレーションサーバの仕様

OS	CentOS 7.9
メモリ	8GB
ストレージ容量	100GB

3.2 自治体への貸出

移動記録取得用及び被ばく線量推定用のアプリケーションをインストールしたスマートフォンの貸出実績を表 3-3 に示す。大熊町と浪江町にそれぞれ 10 台、11 台の計 21 台を貸出した。大熊町では利用者からの使用感想をいただいた。またシステムのメンテナンスの一環として、昨年度に大熊町より頂いた使用感のアンケート結果に対応して、画面の表示機能等の改修を行った (表 3-4)。

表 3-3 自治体への貸出実績

自治体	貸出台数	貸出期間
-----	------	------

大熊町	10台	2023/6/06～2023/9/29
浪江町	11台	2023/4/01～2024/2/09

表 3-4 システムの改修項目

アンケート結果	改修内容
端末のホーム画面で、シミュレーションを終了する操作が簡単にできてしまう。「本当に終了しますか？」など、警告メッセージが出れば、間違って途中で消してしまうようなことは防げると思う。	
時々計測が勝手にキャンセルされていることがあった。(スリープ時に表示されるキャンセルによるもの?)	アプリをバックグラウンドで動作させている際に通知として表示される「記録終了」ボタンと「キャンセル」ボタンをなくし、アプリ画面へ戻って明示的に操作させるように変更。
データの取得を始めてから終了するまでの間、シミュレーションが中断されないようにする必要があったようです。GPS ログの記録がよくわからない時点で勝手に切れてしまっていた(それぞれのシミュレーションはできた)という報告が 1 件ありました。	
時間別での線量予測が分かる画面で「～〇：〇〇」の～が画面左の端から始まっているが、空白を開けた方が良い。	空白を空けるよう修正。
積算線量を見るアプリと経路を記録するアプリが行き来できない(結果を表示したら 1 度ホーム画面に戻って開きなおす必要がある)ことが少し混乱した。使い初めにアナウンスがあればよい。	初期表示時に通知するよう修正。
3 日間連続で記録を取ろうとした 2 人と、1 日ごと(朝から晩まで)の記録をとっていた 1 人から、GPS ログが残ってはいるようではあったものの、シミュレーションが実行できないという状況が合計 3 件報告されました。	アプリの設定でタイムアウト値を長く設定し直し、シミュレーションできるよう修正。

4. 個人外部被ばく線量の推計のための端末及びソフトウェアの整備・運用

4.1 機材の整備・運用

デジタルサイネージ (ELC-E430U、4 台)、データ通信用 Wifi ルータ (4 台)、被ばく線量シミュレーション用のサーバ (1 台) を準備した。シミュレーションサーバには、最新の線量率マップ (2022 年度統合マップ) の登録、Google Maps API キーの設定、サーバ証明書の配置や更新等のセキュリティ対策を行った。また、デジタルサイネージからシミュレーションサーバへ通信して簡易被ばく評価システムが動作することを確認した。デジタルサイネージ、データ通信用 Wifi ルータ、被ばく線量シミュレーション用のサーバは、2023 年 4 月 1 日から使用開始できるよう準備し、納期まで運用した。デジタルサイネージ及びシミュレーションサーバの仕様をそれぞれ表 4-1、表 4-2 に示す。

表 4-1 デジタルサイネージ (ELC-E430U) の仕様

OS	Android 9
解像度	1920×1080
パネルサイズ	43 インチ
外形寸法	1545(高)×630(幅)×44(奥)mm
質量	42kg
タッチ方式	capacitive touch
ブラウザ	Google Chrome (バージョン 103)

表 4-2 シミュレーションサーバの仕様

OS	Ubuntu20.04LTS
メモリ	16GB
ストレージ容量	100GB

4.2 自治体への貸出

簡易被ばく評価システムが使用できるデジタルサイネージの貸出実績を表 4-3、設置状況を図 4.2-1 に示す。富岡町に 1 台、浪江町に 2 台、葛尾村に 1 台、計 4 台を貸出した。

Google Maps の API 使用量を基に推計すると、簡易被ばく評価システムでのページ表示は、2023 年 4 月～2024 年 2 月の期間で 1,114 回/4 台、シミュレーション実行数は 488 回/4 台であった。

表 4-3 自治体への貸出実績

自治体	貸出台数	設置場所	貸出期間
富岡町	1 台	富岡町役場	2023/4/1～2024/3/31
浪江町	2 台	浪江町役場本庁舎、津島支所	2023/4/1～2024/3/31
葛尾村	1 台	葛尾村復興交流館あぜりあ	2023/4/1～2024/3/27



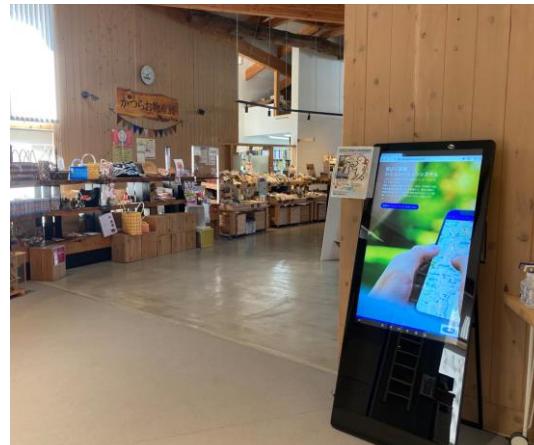
(a) 富岡町役場



(b) 浪江町役場本庁舎



(c) 浪江町役場津島支所



(d) 葛尾村復興交流館あぜりあ

図 4.2-1 デジタルサイネージの設置状況

5. 住民への説明に活用可能な個人被ばく線量データの解析・資料作成

内閣府支援チームの指示に従い被ばく線量評価や拠点区域内外での歩行サーベイを実施し、大熊町除染検証委員会（2024/1/22）（資料：特定帰還居住区域での歩行サーベイ）、および第25回原子力規制委員会（2023/8/2）（内閣府支援チーム資料：「特定帰還居住区域における放射線防護対策」について）において参考資料を作成、提供した。

6. まとめ

本事業では、拠点区域内及び拠点区域外で 2023 年 4 月から 2024 年 3 月にかけて大気浮遊塵を採取するとともにその放射能濃度の測定を実施し、内部被ばく線量の評価を行った。主な成果を以下にまとめる。

【拠点区域内】

- 1) 拠点区域内における測定期間中の大気浮遊塵濃度は、平均 $2.1 \times 10^{-2} \pm 1.2 \times 10^{-2} \text{ mg m}^{-3}$ であった。舗装状況の違いによる測定結果には有意な差は確認されなかった。
- 2) 拠点区域内における測定期間中の ^{137}Cs の大気放射能濃度は、平均 $1.2 \times 10^{-1} \pm 7.2 \times 10^{-2} \text{ mBq m}^{-3}$ であった。舗装状況の違いによる測定結果には有意な差は確認されなかった。
- 3) 実測値に基づく内部被ばく線量の評価の結果、拠点区域内の屋外に 24 時間滞在すると仮定した場合の内部被ばく線量は平均 $2.1 \times 10^{-4} \pm 1.3 \times 10^{-4} \mu\text{Sv}$ と推定された。また、確率論に基づく同様の活動の内部被ばく線量の推定値は双葉町、大熊町及び富岡町でそれぞれ平均 $8.0 \times 10^{-5} \pm 1.4 \times 10^{-4}$ 、 $1.6 \times 10^{-4} \pm 2.6 \times 10^{-4}$ 及び $1.4 \times 10^{-4} \pm 2.3 \times 10^{-4} \mu\text{Sv day}^{-1}$ となり、実測値の評価と同程度もしくはそれよりも 1 オーダー低い推定結果となった。

【拠点区域外】

- 1) 拠点区域外における測定期間中の大気浮遊塵濃度は平均 $1.3 \times 10^{-2} \pm 8.3 \times 10^{-3} \text{ mg m}^{-3}$ であった。
- 2) 拠点区域外における測定期間中の ^{137}Cs の大気放射能濃度は平均 $9.8 \times 10^{-2} \pm 9.5 \times 10^{-2} \text{ mBq m}^{-3}$ であった。

さらに本事業では、外部被ばく線量の評価及び管理に係る手法として、移動記録取得用及び被ばく線量推定用のアプリケーションをインストールしたスマートフォン 30 台と、簡易被ばく評価システムが使用できるデジタルサイネージ 4 台の運用・自治体への貸出を行った。また個人外部被ばく線量に関する解析を実施し、大熊町による除染検証委員会や原子力規制委員会に解析結果について資料を作成・提供した。提供したシステム及び資料は、自治体と住民のリスクコミュニケーションに活用された。

全ての拠点区域において、2023 年夏までに避難指示が解除された。今後は特定帰還居住区域が帰還困難区域内に設けられ、住民の帰還に向けた様々な施策が予定されている。住民の帰還を促すうえで、継続的な環境放射線モニタリングと被ばく評価、及びその情報発信は重要である。

謝辞

本事業に関しまして、双葉町役場、大熊町役場、富岡町役場及び浪江町役場の皆様には、現場の測定に関する調整等にご協力いただきました。ここに深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 原子力規制委員会、帰還に向けた安全・安心対策に関する基本的考え方、
<http://www.env.go.jp/jishin/rmp/conf/10/ref04.pdf> (2013年11月20日参照).
- 2) 原子力災害対策本部復興推進会議、帰還困難区域の取扱いに関する考え方、
http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/kinkyu/pdf/2016/0831_01.pdf (2016年8月31日参照).
- 3) 内閣府原子力被災者生活支援チーム、特定復興再生拠点区域における放射線防護対策に関する協力依頼について、
<https://www.da.nra.go.jp/file/NR000055527/000243080.pdf> (2018年8月22日参照).
- 4) 内閣府原子力被災者生活支援チーム他、特定復興再生拠点区域における放射線防護対策について (案)、
<https://www.da.nsr.go.jp/file/NR000058473/000255825.pdf> (2018年12月12日参照)
- 5) 内閣府原子力被災者生活支援チーム他、特定帰還居住区域における放射線防護対策について、
<https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/kinkyu/pdf/2023/20230815honbun.pdf> (2023年8月15日)
- 6) 福島マップ事業対応部門横断グループ、令和4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) , 2023.
- 7) 文部科学省、放射能測定法シリーズ「ゲルマニウム半導体検出器を用いた in-situ 測定法」(平成 29 年 3 月 改定)
- 8) International Commission on Radiation Units & Measurements (ICRU), 1994. Gamma-ray spectrometry in the environment. ICRU Rep. 53.K.
- 9) Saito and N. Petoussi-Henss (2014): Ambient dose equivalent conversion coefficinets for radionuclides exponentially distributed in the ground, Journal of Nuclear Science and Technology, 51, 1274-1287.
<https://www.nsr.go.jp/data/000254389.pdf> (2018年11月28日参照) .
- 10) International Commission on Radiological Protection (ICRP) (1995): Age-dependent Doses to Members of the from Intake of Radionuclides: Part 4 Inhalation Dose
- 11) 放射線医学総合研究所 (1998) : ラドン濃度測定・線量評価最終報告書,平成9年度.

7. 參 考 資 料

7.1 放射能測定データ

表 7-1 拠点区域内の放射能分析結果 (1/4)

試料 No.	流量 (m ³)	大気浮遊塵濃度 (mg m ⁻³)	大気放射能濃度 (mBq m ⁻³)
双葉町			
F-5-1	20122	6.1E-02	2.2E-01±3.6E-03
F-6-1	20121	6.0E-02	1.8E-01±3.3E-03
F-5-2	20187	2.3E-02	1.1E-01±2.7E-03
F-6-2	20157	1.8E-02	9.8E-02±2.6E-03
F-5-3	20136	3.1E-02	1.3E-01±2.9E-03
F-6-3	20126	3.2E-02	1.2E-01±2.8E-03
F-5-4	20147	2.3E-02	1.3E-01±3.0E-03
F-6-4	20145	2.4E-02	1.5E-01±3.1E-03
F-5-5	20153	1.5E-02	1.2E-01±2.8E-03
F-6-5	20153	1.7E-02	1.2E-01±2.8E-03
F-5-6	20493	1.6E-02	2.1E-01±3.4E-03
F-6-6	20499	1.7E-02	2.0E-01±3.5E-03
F-5-7	19799	2.1E-02	1.9E-01±3.4E-03
F-6-7	19799	2.2E-02	2.1E-01±3.6E-03
F-5-8	21609	2.2E-02	2.1E-01±3.4E-03
F-6-8	21603	2.2E-02	2.1E-01±3.3E-03
F-5-9	21579	2.2E-02	1.9E-01±3.2E-03
F-6-9	21574	2.3E-02	2.7E-01±3.8E-03
F-5-10	18718	2.1E-02	1.9E-01±3.4E-03
F-6-10	18723	2.1E-02	2.0E-01±3.5E-03
F-5-11	20158	2.2E-02	2.9E-01±4.1E-03
F-6-11	20163	2.3E-02	3.2E-01±4.2E-03
F-5-12	21595	1.8E-02	3.2E-01±4.1E-03
F-6-12	21598	2.0E-02	3.3E-01±4.1E-03
F-5-13	19012	1.5E-02	1.8E-01±3.4E-03
F-6-13	19022	1.5E-02	1.8E-01±3.4E-03
F-5-14	19866	1.3E-02	1.7E-01±3.2E-03
F-6-14	19868	1.2E-02	1.0E-01±2.6E-03

表 7-2 投点区域内の放射能分析結果 (2/4)

試料 No.	流量 (m ³)	大気浮遊塵濃度 (mg m ⁻³)	大気放射能濃度 (mBq m ⁻³)
F-5-15	18937	1.5E-02	8.6E-02±2.5E-03
F-6-15	18922	1.5E-02	1.2E-01±2.8E-03
F-5-16	20179	8.2E-03	5.3E-02±1.9E-03
F-6-16	20179	7.8E-03	8.6E-02±2.4E-03
F-5-17	19988	1.3E-02	9.5E-02±2.6E-03
F-6-17	19989	1.2E-02	6.6E-02±2.3E-03
F-5-18	20097	7.0E-03	3.5E-02±1.8E-03
F-6-18	20096	6.5E-03	4.2E-02±2.0E-03
F-5-19	20138	7.1E-03	1.5E-02±1.6E-03
F-6-19	20139	6.6E-03	1.3E-02±1.5E-03
F-5-20	20159	1.1E-02	2.6E-02±1.7E-03
F-6-20	20131	9.6E-03	3.5E-02±1.9E-03
大熊町			
O-1-1	20113	5.9E-02	1.4E-01±3.0E-03
O-2-1	20114	6.0E-02	1.5E-01±3.1E-03
O-1-2	20186	2.2E-02	7.1E-02±2.3E-03
O-2-2	20185	2.1E-02	8.8E-02±2.5E-03
O-1-3	20134	3.5E-02	1.5E-01±3.0E-03
O-2-3	20134	3.7E-02	1.6E-01±3.1E-03
O-1-4	20153	2.3E-02	1.2E-01±2.8E-03
O-2-4	20149	2.2E-02	1.3E-01±2.9E-03
O-1-5	20151	1.5E-02	1.6E-01±3.1E-03
O-2-5	20153	1.6E-02	1.8E-01±3.3E-03
O-1-6	20408	1.4E-02	1.3E-01±2.8E-03
O-2-6	20408	1.5E-02	1.4E-01±2.9E-03
O-1-7	19879	1.8E-02	7.6E-02±2.4E-03
O-2-7	8415	2.4E-02	9.3E-02±4.7E-03
O-1-8	21605	1.8E-02	1.6E-01±3.0E-03
O-2-8	-	-	-

表 7-3 投点区域内の放射能分析結果 (3/4)

試料 No.	流量 (m ³)	大気浮遊塵濃度 (mg m ⁻³)	大気放射能濃度 (mBq m ⁻³)
O-1-9	21570	2.0E-02	1.1E-01±2.5E-03
O-2-9	-	-	-
O-1-10	18731	2.1E-02	1.1E-01±2.8E-03
O-2-10	-	-	-
O-1-11	20163	2.5E-02	2.2E-01±3.6E-03
O-2-11	-	-	-
O-1-12	21586	1.8E-02	2.2E-01±3.4E-03
O-2-12	-	-	-
O-1-13	18888	1.5E-02	1.4E-01±3.0E-03
O-2-13	-	-	-
富岡町			
T-1-1	20180	5.7E-02	1.2E-01±2.8E-03
T-2-1	20175	5.8E-02	5.9E-02±2.1E-03
T-1-2	20150	2.1E-02	3.5E-02±1.9E-03
T-2-2	20149	2.0E-02	4.1E-02±1.9E-03
T-1-3	20123	3.2E-02	9.7E-02±2.5E-03
T-2-3	20118	2.8E-02	5.2E-02±2.1E-03
T-1-4	20139	2.1E-02	8.7E-02±2.4E-03
T-2-4	20147	2.1E-02	4.2E-02±1.9E-03
T-1-5	20136	1.4E-02	9.4E-02±2.6E-03
T-2-5	20160	1.4E-02	9.6E-02±2.6E-03
T-1-6	20217	1.6E-02	7.3E-02±2.3E-03
T-2-6	20216	1.4E-02	7.4E-02±2.3E-03
T-1-7	19991	2.0E-02	4.4E-02±2.0E-03
T-2-7	19982	1.5E-02	3.1E-02±1.9E-03
T-1-8	21703	2.5E-02	1.2E-01±2.6E-03
T-2-8	21706	1.9E-02	9.7E-02±2.4E-03
T-1-9	21486	3.3E-02	6.7E-02±2.0E-03
T-2-9	21483	1.7E-02	4.7E-02±1.8E-03
T-1-10	18817	2.1E-02	3.6E-02±2.0E-03
T-2-10	18813	1.7E-02	4.5E-02±2.1E-03

表 7-4 投点区域内の放射能分析結果 (4/4)

試料 No.	流量 (m ³)	大気浮遊塵濃度 (mg m ⁻³)	大気放射能濃度 (mBq m ⁻³)
富岡町			
T-1-11	20167	1.6E-02	7.9E-02±2.4E-03
T-2-11	20175	1.7E-02	8.2E-02±2.4E-03
T-1-12	21595	2.3E-02	9.0E-02±2.4E-03
T-2-12	21592	1.8E-02	9.1E-02±2.4E-03
T-1-13	18544	1.3E-02	6.7E-02±2.2E-03
T-2-13	18545	1.6E-02	6.6E-02±2.3E-03
T-1-14	20205	1.0E-02	1.1E-01±2.6E-03
T-2-14	20213	1.1E-02	8.5E-02±2.3E-03
T-1-15	18526	1.3E-02	2.5E-02±1.6E-03
T-2-15	18510	1.5E-02	3.5E-02±1.9E-03
T-1-16	20159	7.4E-03	3.3E-02±1.8E-03
T-2-16	20252	9.0E-03	4.0E-02±2.0E-03

表 7-5 拠点区域外の放射能分析結果

試料 No.	流量 (m ³)	大気浮遊塵濃度 (mg m ⁻³)	大気放射能濃度 (mBq m ⁻³)
双葉町			
F-7-1	20092	5.4E-03	1.4E-02±1.5E-03
F-8-1	-	-	-
F-7-2	20172	7.2E-03	2.0E-02±1.6E-03
F-8-2	-	-	-
F-7-3	21503	4.4E-03	9.6E-03±1.4E-03
F-8-3	21429	5.5E-03	8.1E-02±2.4E-03
F-7-4	18809	1.4E-02	9.4E-02±2.8E-03
F-8-4	18873	1.3E-02	2.1E-01±3.9E-03
F-7-5	20236	1.2E-02	2.8E-02±1.9E-03
F-8-5	20162	1.4E-02	1.3E-01±3.1E-03
大熊町			
O-3-1	21553	8.6E-03	1.9E-02±1.6E-03
O-4-1	21295	6.2E-03	4.5E-02±1.9E-03
O-3-2	18639	2.5E-02	7.4E-02±2.5E-03
O-4-2	18581	1.6E-02	1.0E-01±2.9E-03
O-3-3	20033	2.7E-02	9.9E-02±2.7E-03
O-4-3	20100	1.2E-02	5.2E-02±2.2E-03
富岡町			
T-3-1	21529	8.5E-03	6.0E-02±2.2E-03
T-4-1	21549	1.2E-02	3.0E-01±4.2E-03
T-3-2	18707	3.6E-02	1.4E-01±3.3E-03
T-4-2	18686	2.6E-02	2.4E-01±4.1E-03
T-3-3	20147	2.4E-02	8.4E-02±2.6E-03
T-4-3	20137	1.4E-02	8.0E-02±2.6E-03
浪江町			
N-1-1	11702	4.1E-03	2.6E-02±2.7E-03
N-2-1	21433	3.6E-03	3.0E-02±1.8E-03
N-1-2	18491	5.9E-03	6.9E-03±1.6E-03
N-2-2	18687	1.4E-02	2.2E-01±3.9E-03
N-1-3	20147	6.4E-03	1.1E-02±1.5E-03
N-2-3	20147	2.0E-02	3.7E-01±4.9E-03