

## 第4章 施業前・施業中及び施業後の 空間線量の測定



#### 4.1 空間線量率等の測定概要

各事業地区において、森林施業が空間線量率に与える影響を把握するため、施業前、施業中及び施業後の測定を実施した。

定点測定は、施業前・中・後の各段階において、同一地点での測定を実施し、精度の高い基準となる空間線量率を把握するために実施した。

歩行移動測定は、定点測定を補完する位置づけとして施業前・施業後にを行い、空間線量率の分布状況を色彩濃淡の表現によって把握するために実施した。

経時測定は、各事業地区の定点測定から得られた測定値をもとに、比較的線量の高い測定点に積算線量計を設置し、施業前・中・後の経時変化を把握するために実施した。

樹皮中の放射性セシウム濃度測定は、林野庁で手順化した「樹皮中放射性物質濃度簡易測定マニュアル」に従い、GM 計数管サーベイメーター（以下 GM 管）で測定した表面計数率から算出した「推定値」と採取した樹皮をゲルマニウム半導体検出器（以下 Ge 検出器）で測定した「実測値」との比較分析をするために実施した。

表 4-1-1 空間線量率等の測定実施事項

町村名	事業地区名	定点測定	歩行移動測定	経時測定	樹皮中放射性 Cs 濃度測定
飯舘村	村民の森あいの沢	129 地点	○	167-1 ㌦地番	ミズナラ 10 本
富岡町	グリーンフィールド富岡	120 地点	○	388-1 ㌦地番	スギ 10 本
浪江町	立野地区大内返	55 地点	○	66-2 イ地番	—
	なみえ生活環境保全林及び丈六公園周辺林	115 地点	○	32-1 地番	—
	旧大堀総合グラウンド周辺林	138 地点	○	67-5 地番	ヒノキ 10 本

#### 4.2 空間線量率の測定方法

##### 4.2.1 定点測定（20mメッシュ測定）の実施方法

定点測定は、選定した事業地を 20m メッシュで分割し、各メッシュの中心点での地上高 1 m の空間線量率を施業前、施業中、施業後で測定した。

なお、測定機器は、「放射線測定に関するガイドライン（文部科学省 日本原子力研究開発機構 平成 23（2011）年 10 月 21 日）」に基づき、校正済みの NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータを用いた。また、測定時には、同ガイドラインで定められた時定数（10 秒）の 3 倍にあたる 30 秒以上でサーベイメータの検出部を静置し、測定値の信頼性を確保した。

使用機器の仕様、測定器外観及び測定器使用状況を以下に示す。

【表 4-2-1-1】【写真 4-2-1-1、写真 4-2-1-2】

また、測定結果については、原子力規制委員会が実施した航空機モニタリング結果（第15次：令和2（2020）年10月29日基準）並びに（第16次：令和3（2021）年10月25日基準）と比較分析を行い、測定値の信頼性確保に努めた。

表 4-2-1-1 NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータの仕様

項目	仕様
製品名	エネルギー補償型 ガンマ線用シンチレーションサーベイメータ
型式	TCS-172B
測定放射線	ガンマ線
検出器	NaI(Tl)シンチレーション検出器
測定範囲	0 ～ 30 $\mu$ Sv/h
重量	約 1.5 kg
電源	単2形アルカリ乾電池 4本
電池寿命	約 30 時間
メーカー名	株式会社日立製作所



写真 4-2-1-1 測定器外観



写真 4-2-1-2 測定器使用状況

#### 4.2.2 歩行移動測定の実施方法

事業地全域において、歩行サーベイ機器を用いて、連続的に空間線量率の測定を施業前・施業後で実施した。

歩行サーベイ機器は、「放射線測定に関するガイドライン」に基づき、校正済みである NaI シンチレーション式サーベイメータ及び高精度 GNSS 端末を用いた。使用機器の仕様を以下に示す。【表 4-2-2-1】

測定は地面から 1m の高さで実施し、測定ポイントは GNSS（衛星測位システム）と NaI で測定した放射線測定データを連動させ 10 秒ごとに測定点を落とし線量を記録した。空間線量分布図の参考例を以下に示す。【図 4-2-2-1】

また、測定器の使用状況を以下に示す。【写真 4-2-2-1、写真 4-2-2-2】

表 4-2-2-1 使用機器の仕様

機 器 名	仕 様
放射線測定器	NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータ
GPS 受信機	Trimble Geo 7 シリーズ
タブレット型PC	Panasonic TOUGHPAD シリーズ



写真 4-2-2-1 測定器外観

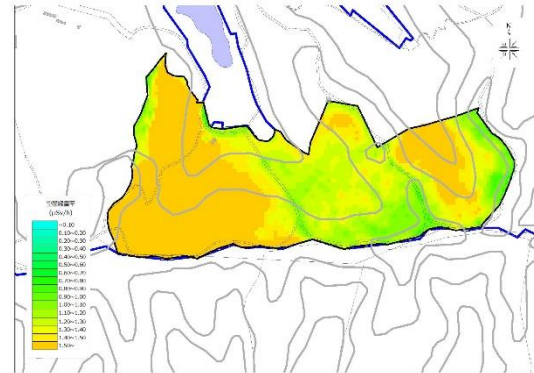


図 4-2-2-1 空間線量分布図



写真 4-2-2-2-① 測定器使用状況



写真 4-2-2-2-② 測定器使用状況

#### 4.2.3 経時測定（D-シャトル測定）

経時測定は、各事業地区で比較的空間線量率が高い測定点に環境測定用積算線量計を設置し、作業前・中・後に亘る経時測定を実施した。

使用する D-シャトルの仕様、測定器外観及び測定器設置状況を以下に示す。【表 4-2-3-1】【写真 4-2-3-1、4-2-3-2】

表 4-2-3-1 D-シャトル（環境タイプ）の仕様

項目	仕様
製品名	D-シャトル（環境タイプ）
測定放射線	ガンマ線
検出方式	半導体方式
誤検出防止機能	衝撃センサーを用いた誤検出防止機能付き
測定範囲	0.1 $\mu$ Sv ~ 99.9999 mSv
※線量率直線性	$\leq \pm 10\%$ ( $^{137}\text{Cs}$ - $\gamma$ 線において、2 $\mu$ Sv/h ~ 3mSv/h の範囲)
記録機能	1時間毎の線量を記録
電源	コイン型リチウム電池（CR2450[特殊コネクタ加]）
電池寿命	約1年間（1日2回の読取表示を行った場合）
測定記録の表示	方法1：表示器に線量計を差し込むことで表示 方法2：管理機でデータを取得し、測定記録を表示
サイズ・重量	約 68mm×32mm×14mm・23g
納入時対応	工場出荷時に線量を”0”設定
校正時対応	除染後のエネルギースペクトルを想定し、 エネルギー補正を実施
メーカー名	株式会社千代田テクノル

※測定器が線量率を期待通り測定できる能力



写真 4-2-3-1 測定器外観



写真 4-2-3-2 測定器設置状況

### 4.3 空間線量率の測定結果

#### 4.3.1 飯館村事業地区「村民の森あいの沢」

##### 4.3.1.1 定点測定（20mメッシュ測定）

同事業地区の森林施業は、2022年10月5日から12月16日の10週間に亘り実施した。

同事業地区における空間線量測定結果と測定位置を以下に示す。

【表 4-3-1-1】 【図 4-3-1-1】

施業前・施業後の空間線量率の平均値は、施業前  $0.924 \mu\text{Sv/h}$ 、施業後  $0.870 \mu\text{Sv/h}$  であり、約 6%程度 ( $0.054 \mu\text{Sv/h}$ ) の低減が認められた。

表 4-3-1-1 空間線量率測定結果

測定時期	測定日	天候	気温 【℃】	湿度 【%】	測定 点数	空間線量率【 $\mu\text{Sv/h}$ 】				備考
						最大値	最小値	平均値	標準偏差	
施業前	2022/8/10	晴	27.5	74.3	129	1.22	0.56	0.924	0.149	
施業中	2022/11/18	晴	4.0	50.0	129	1.28	0.52	0.936	0.163	
施業後	2023/1/19	晴	6.0	50.0	129	1.13	0.37	0.870	0.154	

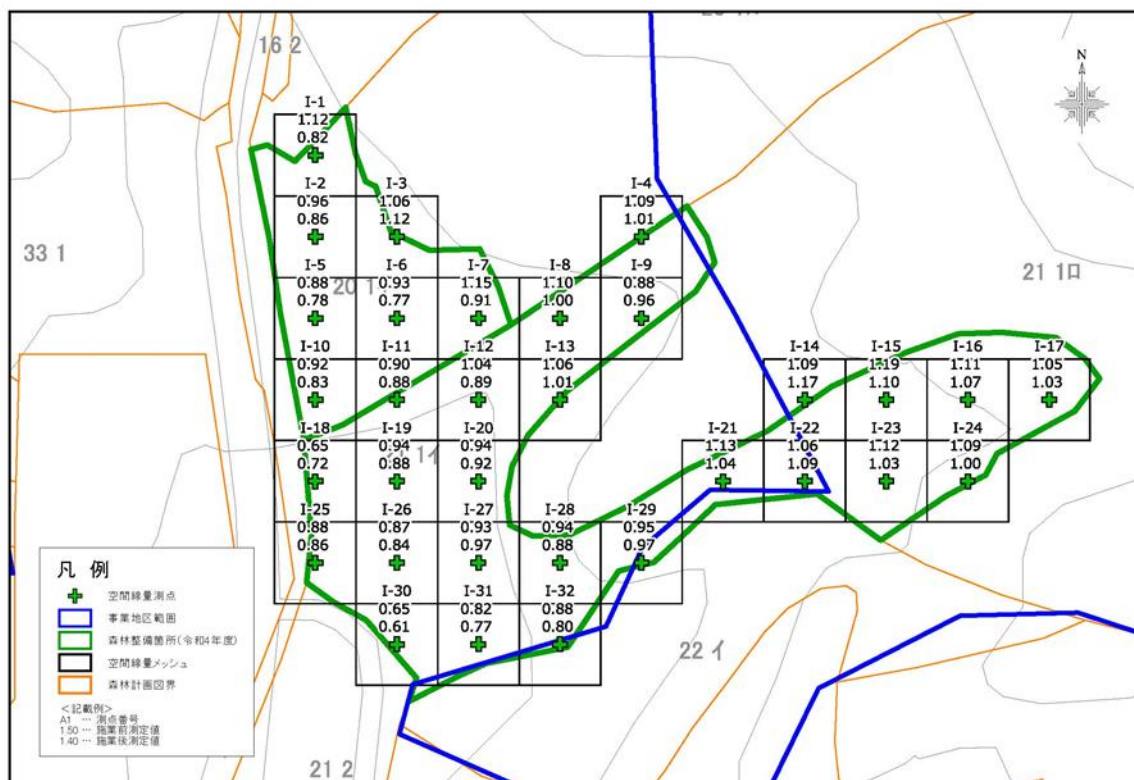


図 4-3-1-1-① 空間線量率測定位置図

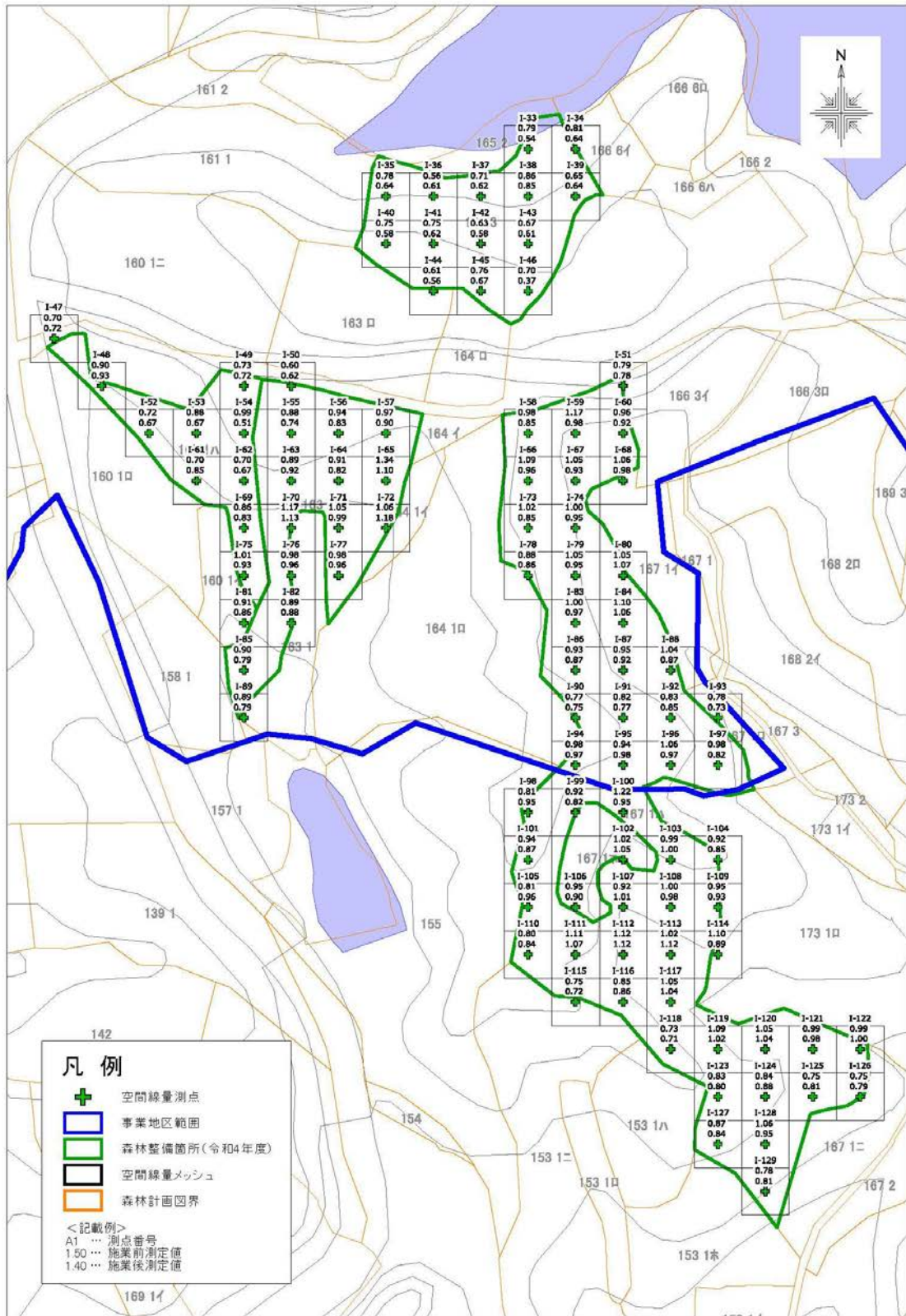


図 4-3-1-1-② 空間線量率測定位置図



#### 4.3.1.2 航空機モニタリング結果

原子力規制委員会が実施した航空機モニタリング結果（第15次：令和2（2020）年10月29日基準）並びに（第16次：令和3（2021）年10月25日基準）の概況を以下に示す。【表4-3-1-2】

航空機モニタリング結果は、該当する箇所を含む4分の1地域メッシュ（約250mメッシュ）4点とその平均値である。

表4-3-1-2 航空機モニタリング結果

単位：μSv/h

4分の1地域メッシュ (約250mメッシュ)	基準日：第15次. 2020年. 令和2年10月29日			基準日：第16次. 2021年. 令和3年10月25日		
	測定値	平均値	標準偏差	測定値	平均値	標準偏差
5640_4547_61	1.10	1.038	0.075	1.10	1.025	0.096
5640_4547_33	1.00			1.00		
5640_4537_81	0.95			0.90		
5640_4546_18	1.10			1.10		

#### 4.3.1.3 定点測定と航空機モニタリングの比較分析

定点測定値の信頼性を確保するため、同事業地区の20mメッシュ定点の空間線量率測定結果と航空機モニタリング結果の平均空間線量率を基準として、物理的半減期の減衰曲線の比較を行った。両者の減衰曲線は、近似した傾向が認められ、測定値の信頼性は確保されているものと判断される。以下に空間線量率の比較を示す。【図4-3-1-3】

なお、航空機モニタリングの減衰曲線と施業前基準の減衰曲線は、数値が近似しているため、重なって表現されている。

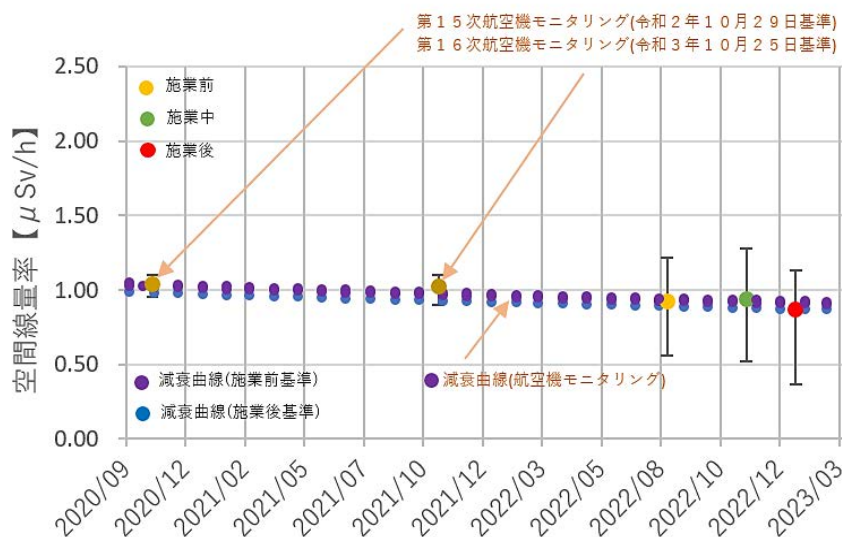


図4-3-1-3 空間線量率の比較

※丸は平均値、ひげは最大値と最小値

#### 4.3.1.4 歩行移動測定

施業前と施業後の空間線量率の変動や分布状況を視覚的に捉えるため、歩行移動測定を実施した。空間線量率の高低レベルを連続的・段階的に表現したグラデーション図を以下に示す。【図 4-3-1-4】

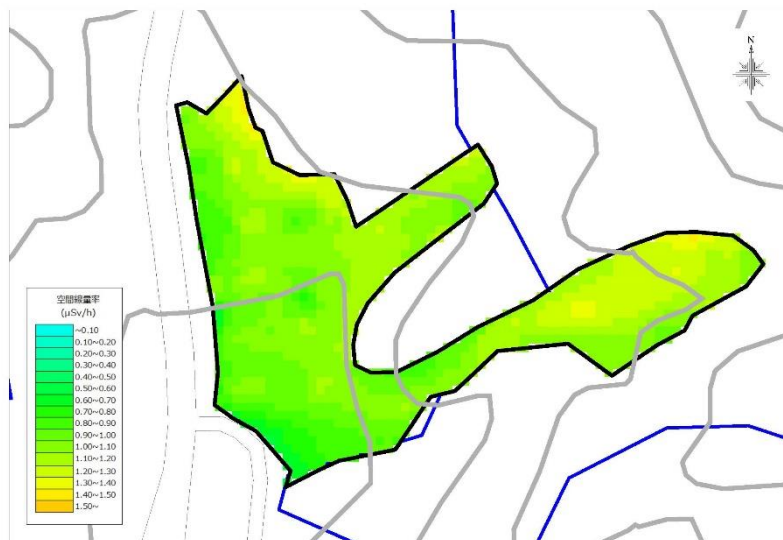


図 4-3-1-4-① 歩行移動測定結果・施業前(測定日:2022.8.19)



図 4-3-1-4-② 歩行移動測定結果・施業後(測定日:2023.1.19)

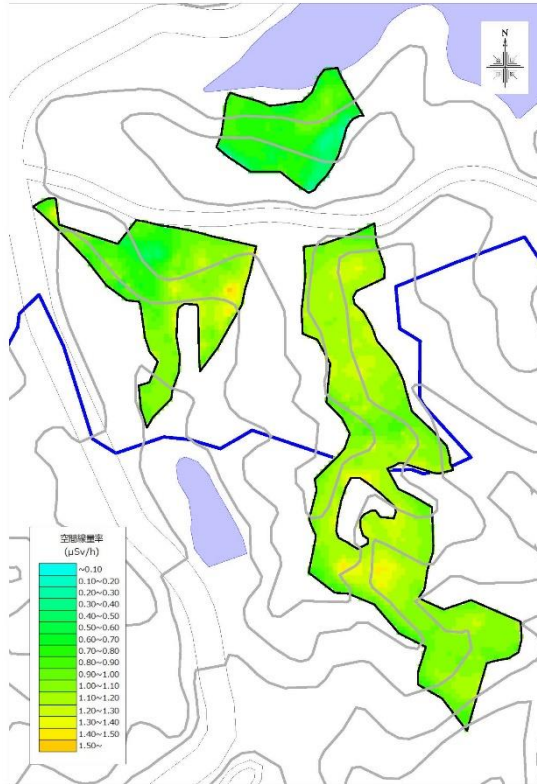


図 4-3-1-4-③ 歩行移動測定結果・施業前(測定日:2022.8.19)

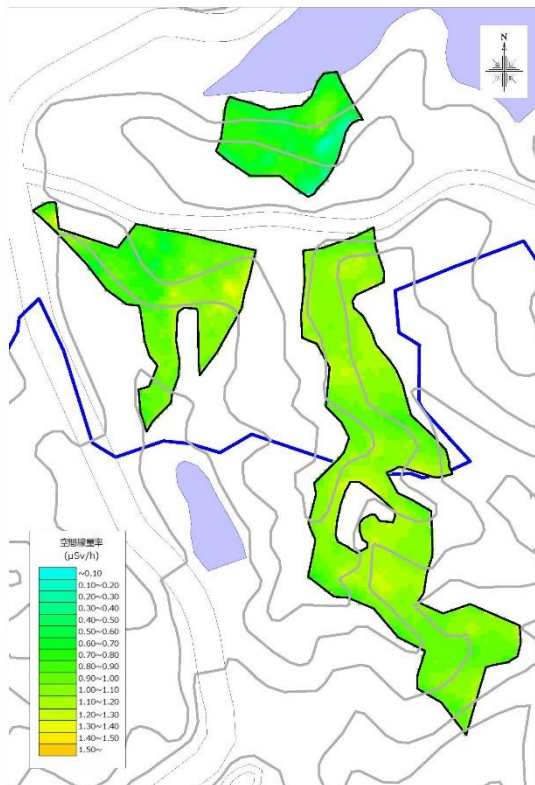


図 4-3-1-4-④ 歩行移動測定結果・施業後(測定日:2023.1.19)

#### 4.3.2 富岡町事業地区「グリーンフィールド富岡」

##### 4.3.2.1 定点測定（20mメッシュ測定）

同事業地区の森林施業は、2022年10月12日から2023年1月20日の14週間に亘り実施した。

同事業地区における空間線量測定結果と測定位置を以下に示す。

【表 4-3-2-1】 【図 4-3-2-1】

施業前・施業後の空間線量率の平均値は、施業前  $0.669 \mu\text{Sv/h}$ 、施業後  $0.693 \mu\text{Sv/h}$  であり、約 3%程度 ( $0.024 \mu\text{Sv/h}$ ) の上昇変動が認められた。

表 4-3-2-1 空間線量率測定結果

測定時期	測定日	天候	気温【℃】	湿度【%】	測定点数	空間線量率【 $\mu\text{Sv/h}$ 】				備考
						最大値	最小値	平均値	標準偏差	
施業前	2022/7/20	晴	25.0	63.0	120	0.98	0.25	0.669	0.150	
施業中	2022/11/22	曇	20.0	55.0	120	1.23	0.37	0.784	0.187	
施業後	2023/1/24	曇	6.0	60.0	120	1.10	0.31	0.693	0.153	

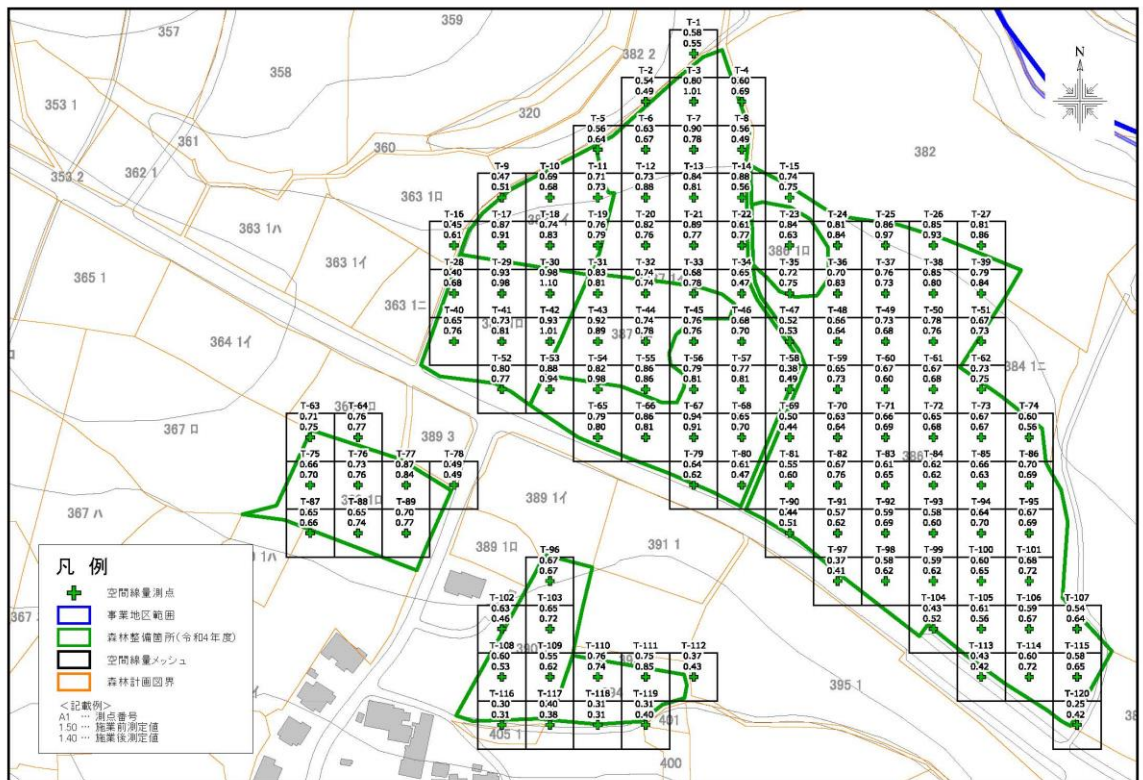


図 4-3-2-1 空間線量率測定位置図

#### 4.3.2.2 航空機モニタリング結果

原子力規制委員会が実施した航空機モニタリング結果（第15次：令和2（2020）年10月29日基準）並びに（第16次：令和3（2021）年10月25日基準）の概況を以下に示す。【表4-3-2-2】

航空機モニタリング結果は、該当する箇所を含む4分の1地域メッシュ（約250mメッシュ）4点とその平均値である。

表4-3-2-2 航空機モニタリング結果

単位：μSv/h

4分の1地域メッシュ (約250mメッシュ)	基準日：第15次, 2020年, 令和2年10月29日			基準日：第16次, 2021年, 令和3年10月25日		
	測定値	平均値	標準偏差	測定値	平均値	標準偏差
5641_0011_38_4	0.86	0.735	0.128	0.73	0.618	0.081
5641_0012_31_3	0.83			0.62		
5641_0012_11_1	0.64			0.57		
5641_0011_18_2	0.61			0.55		

#### 4.3.2.3 定点測定と航空機モニタリングの比較分析

定点測定値の信頼性を確保するため、同事業地区の20mメッシュ定点の空間線量率測定結果と航空機モニタリング結果の平均空間線量率を基準として、物理的半減期の減衰曲線の比較を行った。両者の減衰曲線は、近似した傾向が認められ、測定値の信頼性は確保されているものと判断される。以下に空間線量率の比較を示す。【図4-3-2-3】

なお、航空機モニタリングの減衰曲線と施業前基準の減衰曲線は、数値が近似しているため、重なって表現されている。

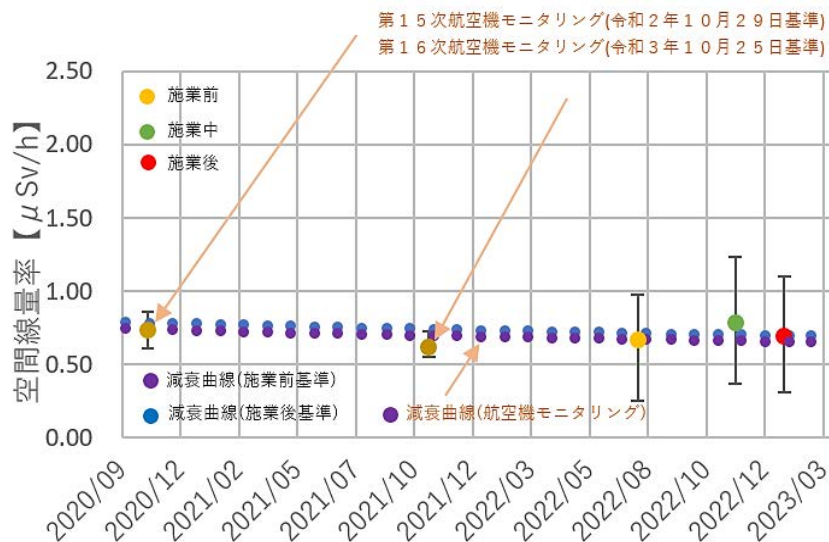


図4-3-2-3 空間線量率の比較

※丸は平均値、ひげは最大値と最小値

#### 4.3.2.4 歩行移動測定

施業前と施業後の空間線量率の変動や分布状況を視覚的に捉えるため、歩行移動測定を実施した。空間線量率の高低レベルを連続的・段階的に表現したグラデーション図を以下に示す。【図 4-3-2-4】



図 4-3-2-4-① 歩行移動測定結果・施業前(測定日:2022.7.27)

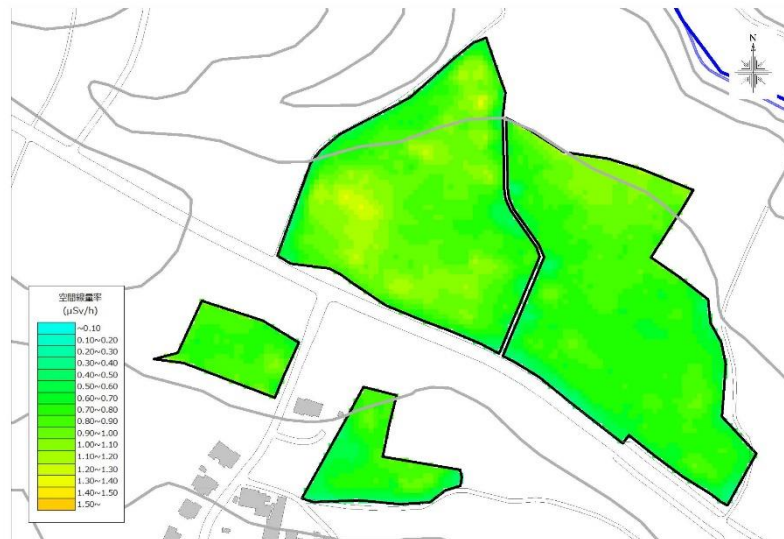


図 4-3-2-4-② 歩行移動測定結果・施業後(測定日:2023.1.23)

### 4.3.3 浪江町立野事業地区「大内返」

#### 4.3.3.1 定点測定（20mメッシュ測定）

同事業地区の森林施業は、2022年11月10日から12月1日の3週間に亘り実施した。

同事業地区における空間線量測定結果と測定位置を以下に示す。

【表 4-3-3-1】 【図 4-3-3-1】

施業前・施業後の空間線量率の平均値は、施業前  $1.699 \mu\text{Sv/h}$ 、施業後  $1.803 \mu\text{Sv/h}$  であり、約 8%程度 ( $0.134 \mu\text{Sv/h}$ ) の上昇変動が認められた。

表 4-3-3-1 空間線量率測定結果

測定時期	測定日	天候	気温 【℃】	湿度 【%】	測定 点数	空間線量率【 $\mu\text{Sv/h}$ 】				備考
						最大値	最小値	平均値	標準偏差	
施業前	2022/10/3	晴	25.0	70.0	55	2.23	1.11	1.669	0.254	
施業中	2022/11/14	晴	12.0	41.3	55	2.70	1.20	1.879	0.336	
施業後	2022/12/14	曇	9.0	40.0	55	2.38	1.27	1.803	0.256	

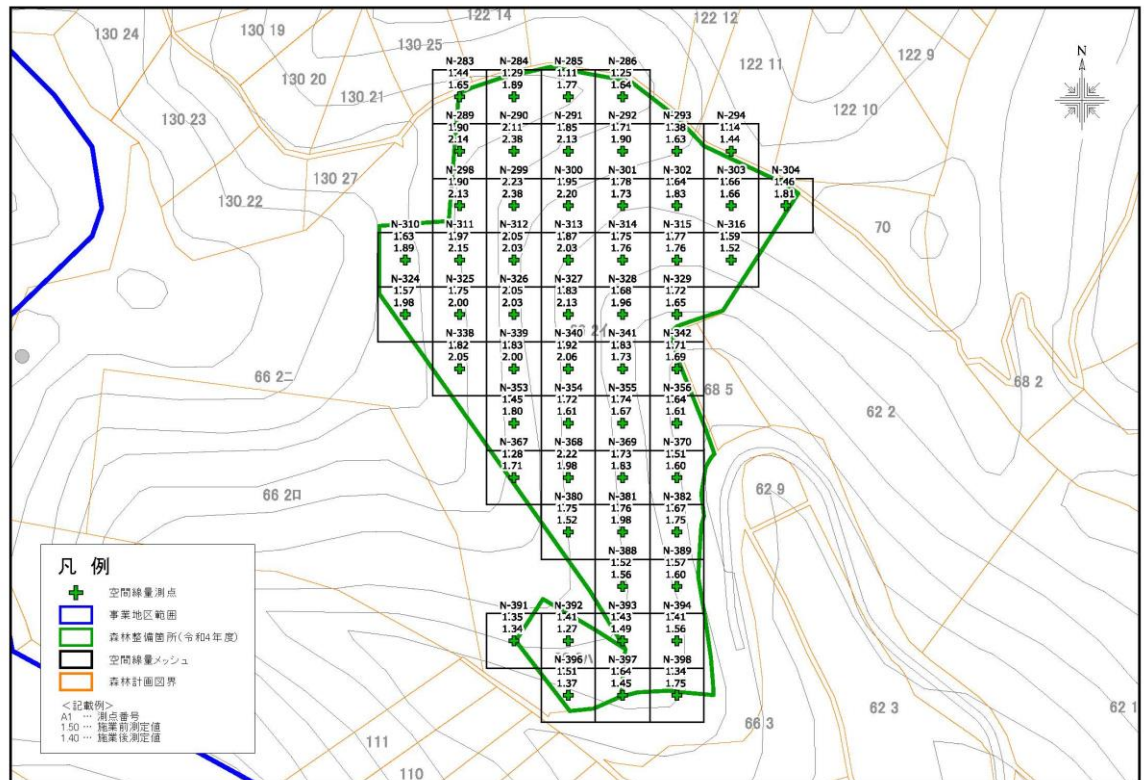


図 4-3-3-1 空間線量率測定位置図

#### 4.3.3.2 航空機モニタリング結果

原子力規制委員会が実施した航空機モニタリング結果（第15次：令和2（2020）年10月29日基準）並びに（第16次：令和3（2021）年10月25日基準）の概況を以下に示す。【表4-3-3-2】

航空機モニタリング結果は、該当する箇所を含む4分の1地域メッシュ（約250mメッシュ）4点とその平均値である。

表4-3-3-2 航空機モニタリング結果

単位：μSv/h

4分の1地域メッシュ (約250mメッシュ)	基準日：第15次, 2020年, 令和2年10月29日			基準日：第16次, 2021年, 令和3年10月25日		
	測定値	平均値	標準偏差	測定値	平均値	標準偏差
5640_2713_86_3	1.70	1.625	0.096	1.70	1.550	0.100
5640_2713_88_4	1.50			1.50		
5640_2713_68_2	1.70			1.50		
5640_2713_66_1	1.60			1.50		

#### 4.3.3.3 定点測定と航空機モニタリングの比較分析

定点測定値の信頼性を確保するため、同事業地区の20mメッシュ定点の空間線量率測定結果と航空機モニタリング結果の平均空間線量率を基準として、物理的半減期の減衰曲線の比較を行った。両者の減衰曲線は、近似した傾向が認められ、測定値の信頼性は確保されているものと判断される。以下に空間線量率の比較を示す。【図4-3-3-3】

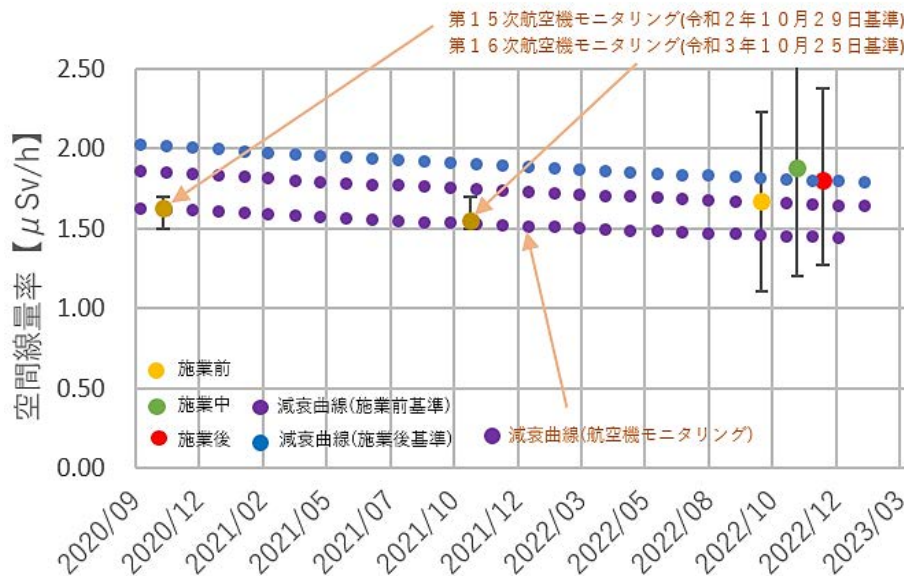


図4-3-3-3 空間線量率の比較

※丸は平均値、ひげは最大値と最小値



#### 4.3.3.4 歩行移動測定

施業前と施業後の空間線量率の変動や分布状況を視覚的に捉えるため、歩行移動測定を実施した。空間線量率の高低レベルを連続的・段階的に表現したグラデーション図を以下に示す。【図 4-3-3-4】

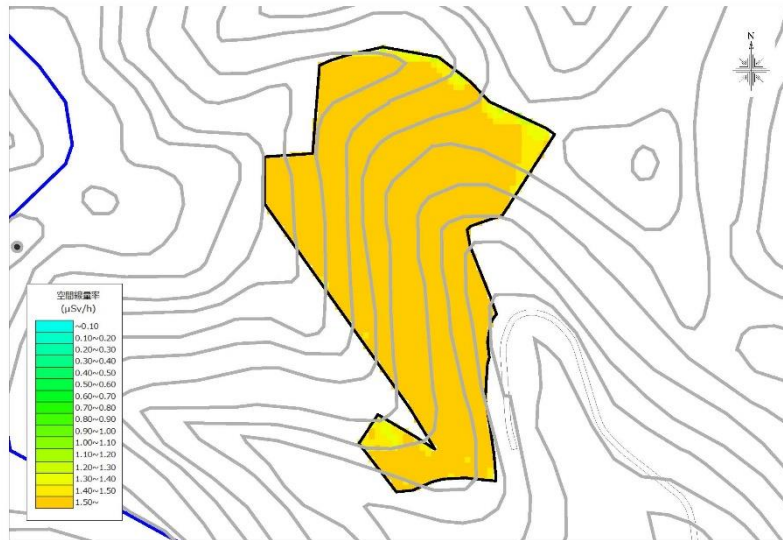


図 4-3-3-4-① 歩行移動測定結果・施業前(測定日:2022.11.10)

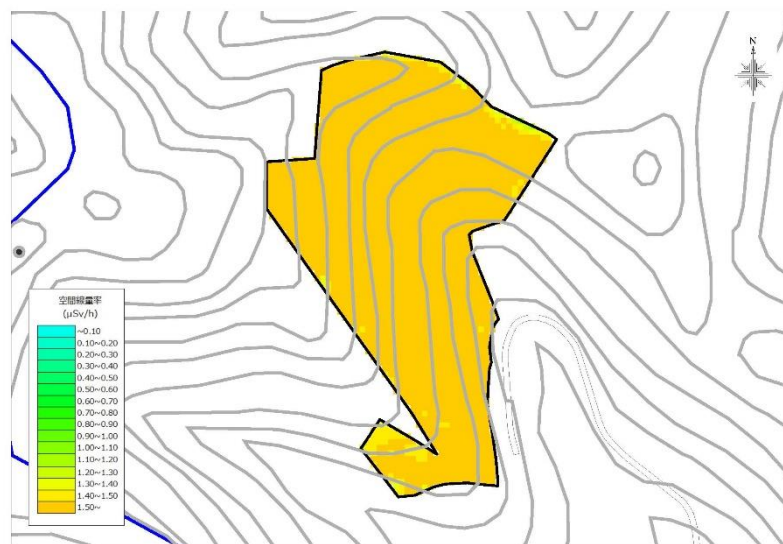


図 4-3-3-4-② 歩行移動測定結果・施業後(測定日:2022.12.14)

#### 4.3.4 浪江町なみえ生活環境保全林及び丈六公園事業地区

##### 4.3.4.1 定点測定（20mメッシュ測定）

当事業地区の森林施業は、2022年10月26日から12月12日の7週間に亘り実施した。

同事業地区における空間線量測定結果と測定位置を以下に示す。

【表 4-3-4-1】 【図 4-3-4-1】

施業前・施業後の空間線量率の平均値は、施業前  $1.357 \mu\text{Sv/h}$ 、施業後  $1.527 \mu\text{Sv/h}$  であり、約 12% ( $0.17 \mu\text{Sv/h}$ ) の上昇変動が認められた。

表 4-3-4-1 空間線量率測定結果

測定時期	測定日	天候	気温 【℃】	湿度 【%】	測定 点数	空間線量率【 $\mu\text{Sv/h}$ 】				備考
						最大値	最小値	平均値	標準偏差	
施業前	2022/8/8	曇	32.0	75.0	115	2.87	0.64	1.357	0.389	
施業中	2022/11/15	曇	15.0	60.0	115	2.89	0.58	1.507	0.446	
施業後	2022/12/16	晴	10.0	40.0	115	2.97	0.87	1.527	0.415	

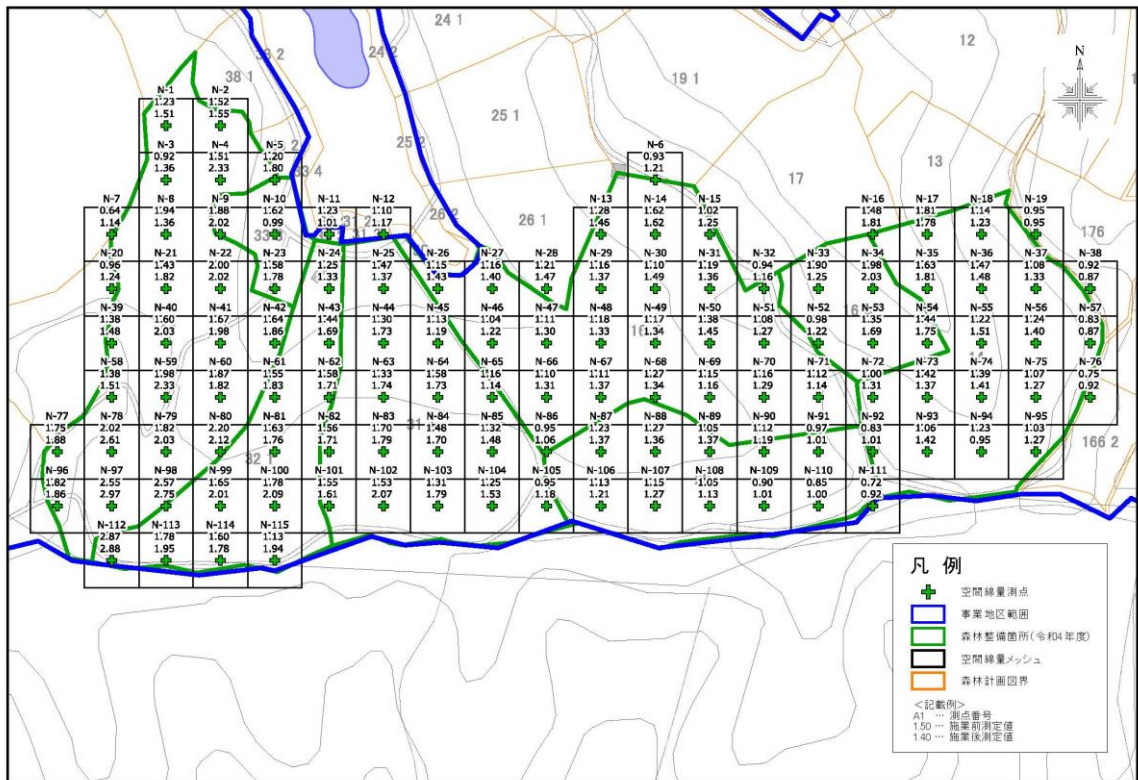


図 4-3-4-1-① 空間線量率測定位置図

#### 4.3.4.2 航空機モニタリング結果

原子力規制委員会が実施した航空機モニタリング結果（第15次：令和2（2020）年10月29日基準）並びに（第16次：令和3（2021）年10月25日基準）の概況を以下に示す。【表4-3-4-2】

航空機モニタリング結果は、該当する箇所を含む4分の1地域メッシュ（約250mメッシュ）4点とその平均値である。

表4-3-4-2 航空機モニタリング結果

単位： $\mu\text{Sv/h}$

4分の1地域メッシュ (約250mメッシュ)	基準日：第15次, 2020年, 令和2年10月29日			基準日：第16次, 2021年, 令和3年10月25日		
	測定値	平均値	標準偏差	測定値	平均値	標準偏差
5640_1779_66_1	1.50	1.425	0.250	0.93	0.920	0.225
5640_1779_68_2	1.10			0.65		
5640_1779_38_4	1.40			0.90		
5640_1779_36_3	1.70			1.20		

#### 4.3.4.3 定点測定と航空機モニタリングの比較分析

定点測定値の信頼性を確保するため、当該区域の20mメッシュ定点の空間線量率測定結果と航空機モニタリング結果の平均空間線量率を基準として、物理的半減期の減衰曲線の比較を行った。両者の減衰曲線は、近似した傾向が認められ、測定値の信頼性は確保されているものと判断される。以下に空間線量率の比較を示す。【図4-3-4-3】

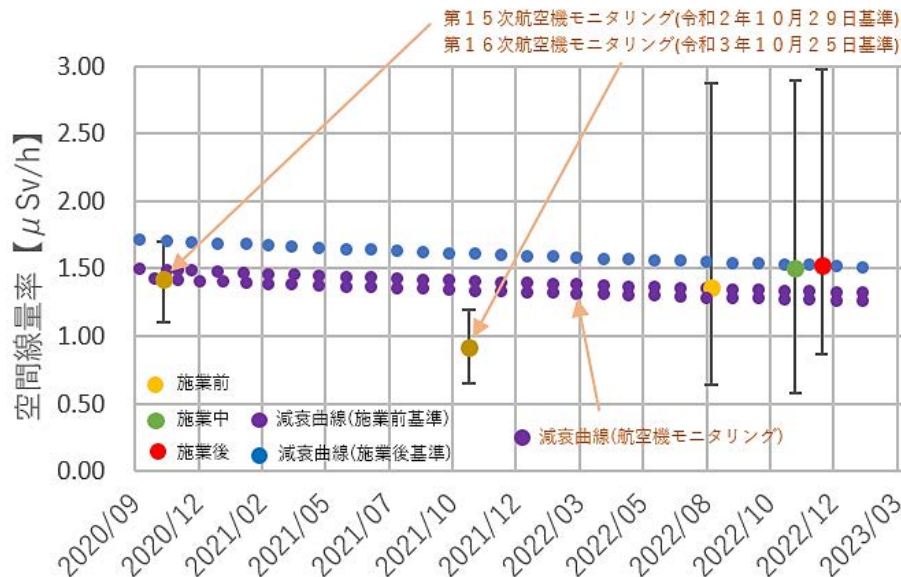


図4-3-4-3 空間線量率の比較

※丸は平均値、ひげは最大値と最小値

#### 4.3.4.4 歩行移動測定

施業前と施業後の空間線量率の変動や分布状況を視覚的に捉えるため、歩行移動測定を実施した。空間線量率の高低レベルを連続的・段階的に表現したグラデーション図を以下に示す。【図 4-3-4-4】

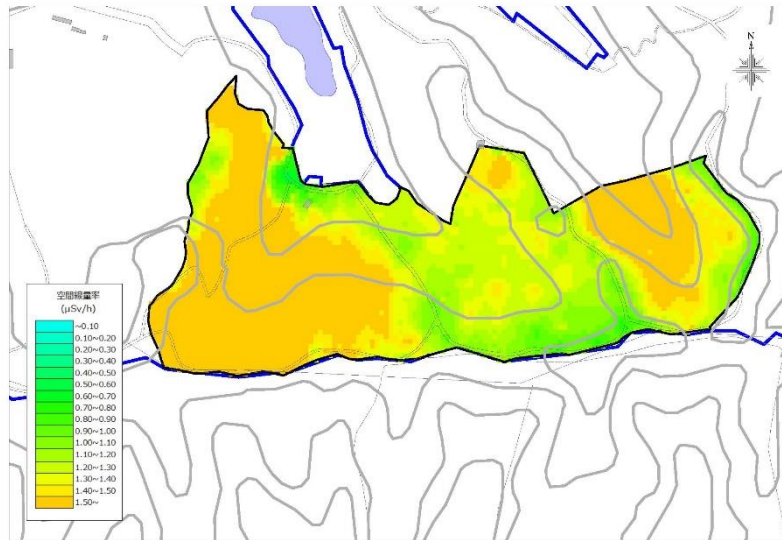


図 4-3-4-4-① 歩行移動測定結果・施業前(測定日:2022.11.15)

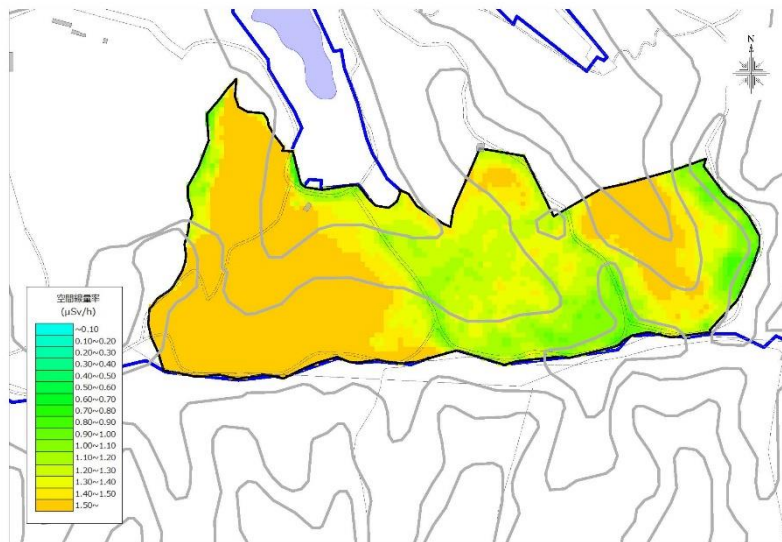


図 4-3-4-4-② 歩行移動測定結果・施業後(測定日:2022.12.28)

#### 4.3.5 浪江町旧大堀総合グラウンド周辺林事業地区

##### 4.3.5.1 定点測定（20mメッシュ測定）

同事業地区の森林施業は、2022年10月11日から11月30日の7週間に亘り実施した。

同事業地区における空間線量測定結果と測定位置を以下に示す。

【表 4-3-5-1】【図 4-3-5-1】

施業前・施業後の空間線量率の平均値は、施業前  $1.068 \mu\text{Sv/h}$ 、施業後  $0.985 \mu\text{Sv/h}$  であり、約 8% ( $0.083 \mu\text{Sv/h}$ ) の低減が認められた。

表 4-3-5-1 空間線量率測定結果

測定時期	測定日	天候	気温 【℃】	湿度 【%】	測定 点数	空間線量率【 $\mu\text{Sv/h}$ 】				備考
						最大値	最小値	平均値	標準偏差	
施業前	2022/9/7	晴	26.5	68.0	138	1.62	0.48	1.068	0.231	
施業中	2022/11/14	晴	15.0	46.0	138	1.95	0.52	1.223	0.295	
施業後	2022/12/21	曇	12.0	40.0	138	1.55	0.55	0.985	0.224	

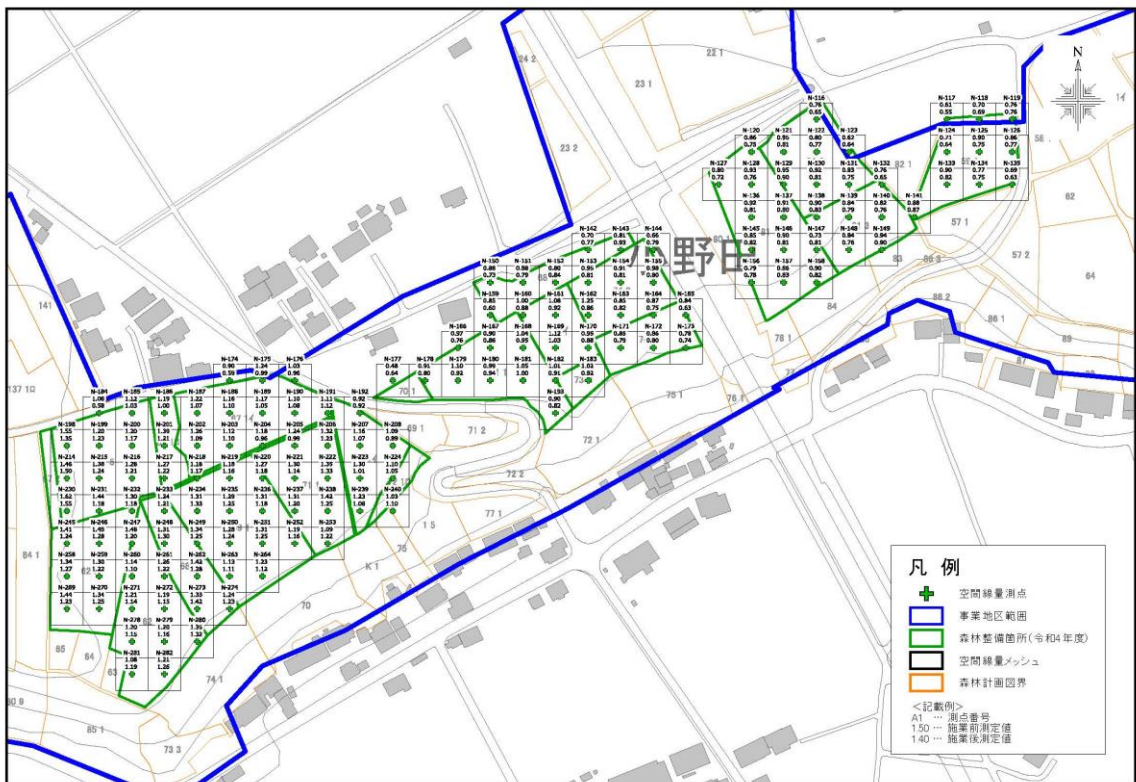


図 4-3-5-1 空間線量率測定位置図

#### 4.3.5.2 航空機モニタリング結果

原子力規制委員会が実施した航空機モニタリング結果（第15次：令和2（2020）年10月29日基準）並びに（第16次：令和3（2021）年10月25日基準）の概況を以下に示す。【表4-3-5-2】

航空機モニタリング結果は、該当する箇所を含む4分の1地域メッシュ（約250mメッシュ）4点とその平均値である。

表4-3-5-2 航空機モニタリング結果

単位：μSv/h

4分の1地域メッシュ (約250mメッシュ)	基準日：第15次. 2020年. 令和2年10月29日			基準日：第16次. 2021年. 令和3年10月25日		
	測定値	平均値	標準偏差	測定値	平均値	標準偏差
5640_1776_61_1	0.81	0.860	0.246	0.85	0.833	0.198
5640_1776_66_1	0.61			0.64		
5640_1776_36_3	0.82			0.74		
5640_1776_31_3	1.20			1.10		

#### 4.3.5.3 定点測定と航空機モニタリングの比較分析

定点測定値の信頼性を確保するため、当該区域の20mメッシュ定点の空間線量率測定結果と航空機モニタリング結果の平均空間線量率を基準として、物理的半減期の減衰曲線の比較を行った。両者の減衰曲線は、近似した傾向が認められ、測定値の信頼性は確保されているものと判断される。以下に空間線量率の比較を示す。【図4-3-5-3】

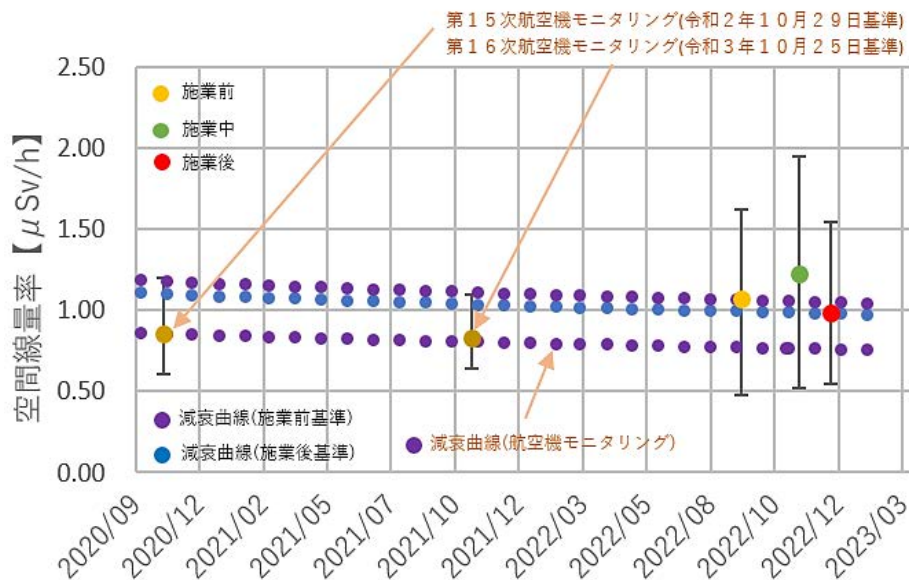


図4-3-5-3 空間線量率の比較

※丸は平均値、ひげは最大値と最小値

#### 4.3.5.4 歩行移動測定

施業前と施業後の空間線量率の変動や分布状況を視覚的に捉えるため、歩行移動測定を実施した。空間線量率の高低レベルを連続的・段階的に表現したグラデーション図を以下に示す。【図 4-3-5-4】



図 4-3-5-4-① 歩行移動測定結果・施業前(測定日:2022.9.9)



図 4-3-5-4-② 歩行移動測定結果・施業後(測定日:2022.12.21)

#### 4.4 空間線量率の経時変化の傾向

各事業地区において、積算線量計（D-シャトル）を設置し、施業が空間線量率に与える影響を測定した。

各事業地区の設置個所は、定点測定の結果により空間線量率の最も高い地点に各1台ずつ計5台を設置した。

設置期間は、各事業地区の施業進捗状況により異なるが、最短で84日間、最長で111日に亘り測定した。

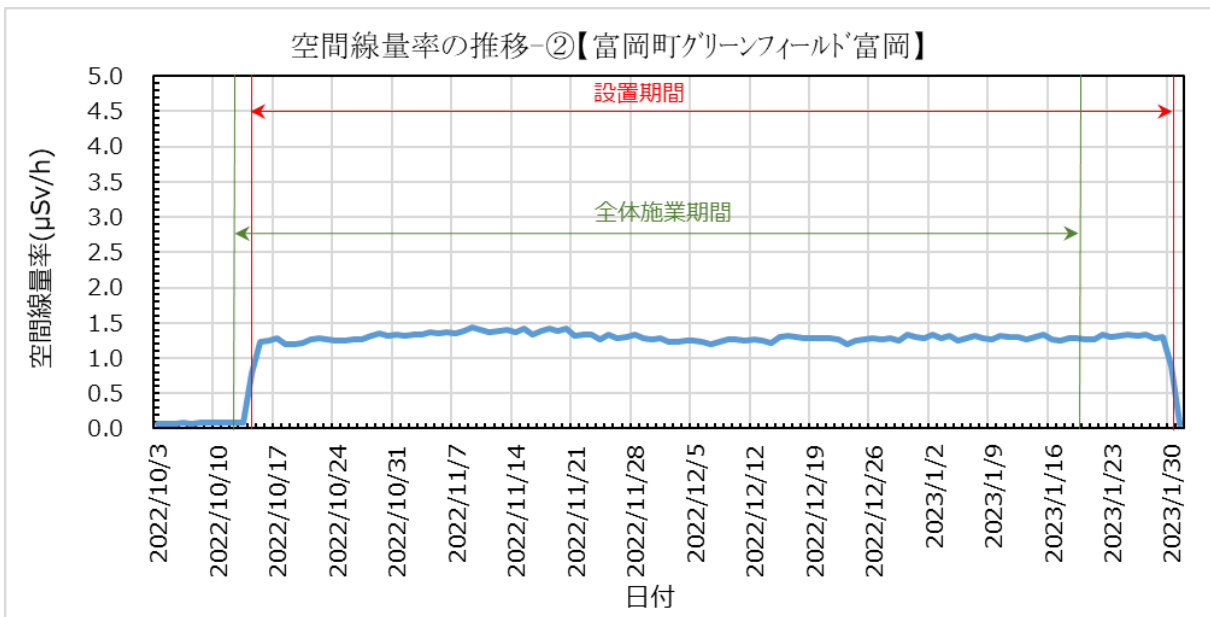
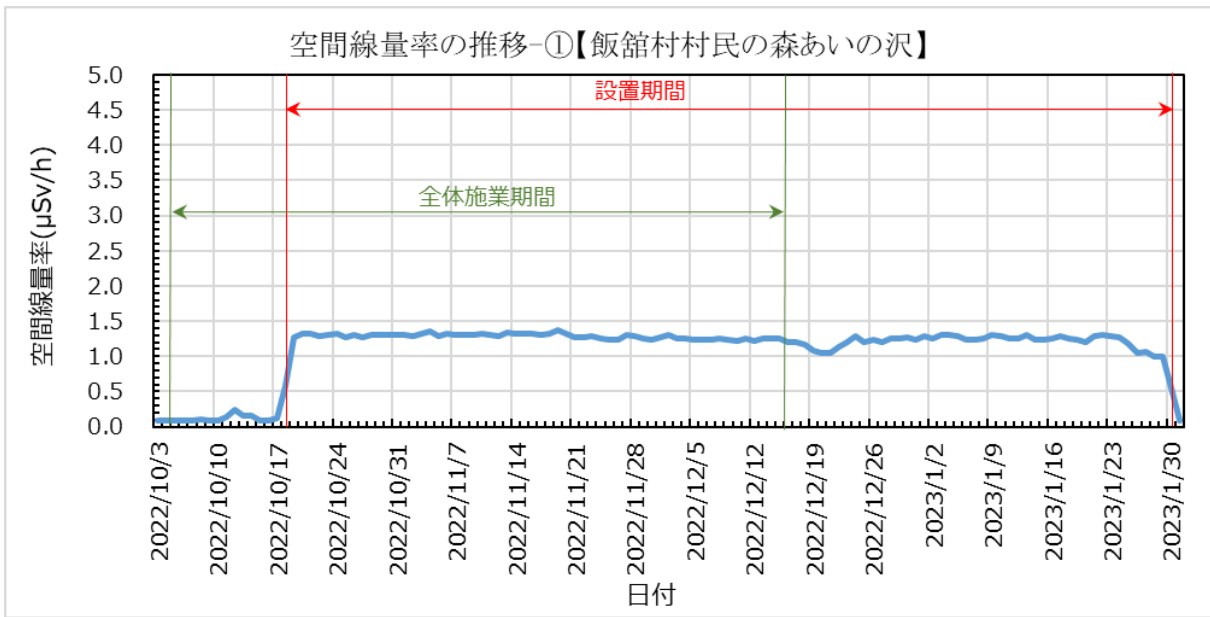
各事業地区とも空間線量率の推移に顕著な変動は認められず、施業による影響は確認できなかった。以下に積算線量計の測定結果、空間線量率の推移を示す。【表4-4-1】【表4-4-2】

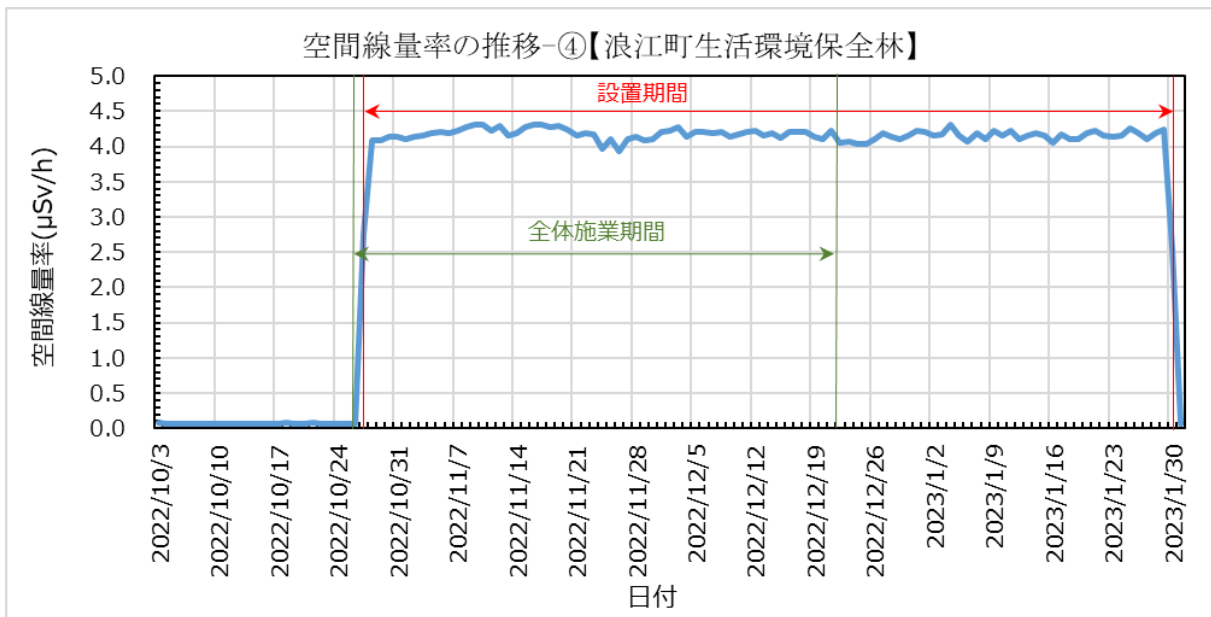
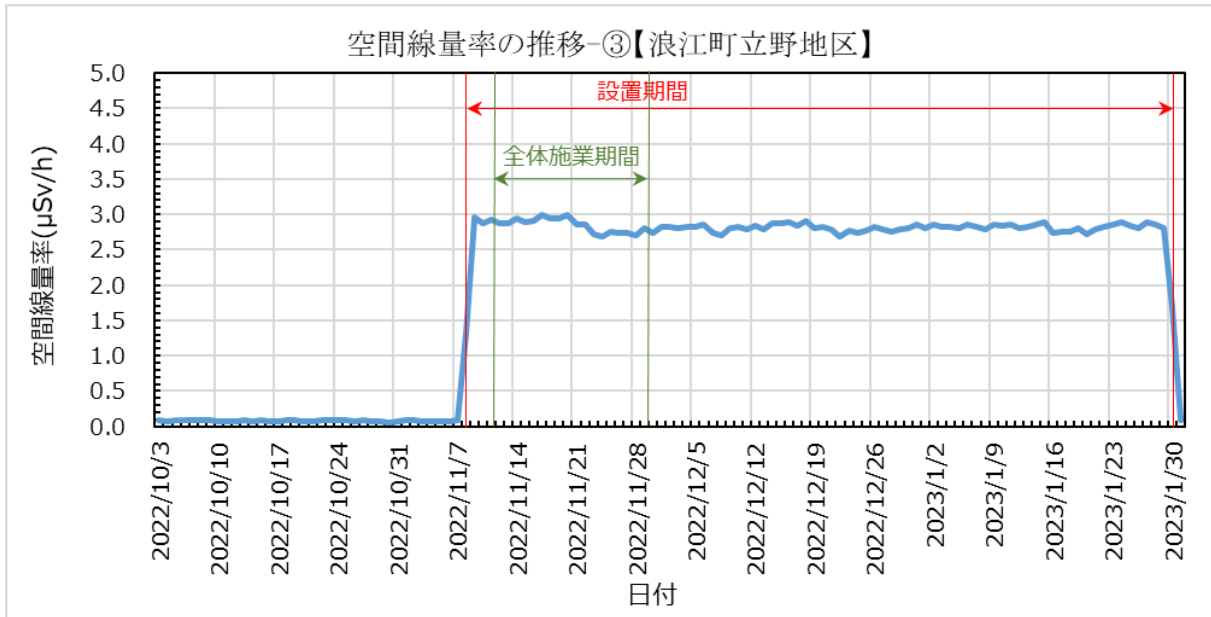
表4-4-1 積算線量計による測定結果

測定場所			設置日	回収日	設置期間 (日)	積算線量 (mSv)
飯舘村	村民の森あいの沢	167-1ハ地番 (I-100)	2022.10.18	2023.1.30	105	3.154
富岡町	グリーンフィールド富岡	388-1マ地番 (T-30)	2022.10.14	2023.1.30	109	3.367
浪江町	立野地区大内返	66-2イ地番 (N-299)	2022.11.8	2023.1.30	84	5.631
	なみえ生活環境保全林 及び丈六公園周辺林	32-1地番 (N-112)	2022.10.27	2023.1.30	96	9.529
	旧大堀総合グラウンド 周辺林	67-5地番 (N-230)	2022.10.12	2023.1.30	111	4.957

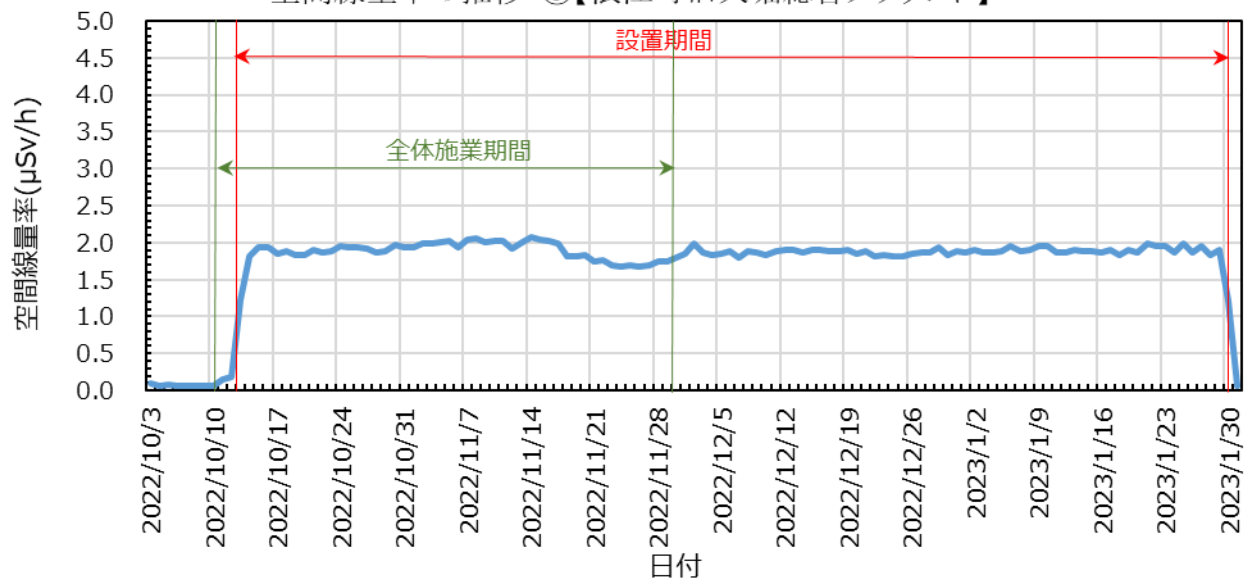


表 4-4-2 空間線量率の推移





空間線量率の推移-⑤【浪江町旧大堀総合グラウンド】



## 4.5 伐採木樹皮中の放射性物質濃度測定

### 4.5.1 測定概要

「福島県民有林の伐採木の搬出に関する指針」によれば、伐採木を搬出して木材として利用するに当たっては、搬出可能基準値として6,400Bq/kg（同指針の指定廃棄物基準である8,000Bq/kgの80%）を超えないことが前提となるが、現場にて簡易な方法で伐採前に樹皮の放射性物質濃度を推定できれば、伐採木の利用の可否を判断する有用な情報となる。

林野庁では、現場でも取り扱い易いGM計数管サーベイメータ（以下、GM管）で測定した表面計数率から樹皮の放射性物質濃度を推定する「樹皮中放射性物質濃度簡易測定マニュアル（暫定版）」※（以下、「簡易測定マニュアル」）が手順化されている。

「簡易測定マニュアル」では、スギ・ヒノキ・コナラ・アカマツについて、表面係数率から放射性物質濃度を求める推定式が示されている。

この「簡易測定マニュアル」に基づき測定した樹皮中の放射性セシウム濃度の推定値と、ゲルマニウム半導体検出器（以下、Ge検出器）を用いたガンマ線スペクトロメトリー法による実測値とを比較し、得られたデータの整合性を確認するとともに、実地データを蓄積する事により本手法の精度向上に資することを目的とした。

試料木は、3町村の事業地の代表的な樹種について、各事業地区の標準地から選木した。

飯舘村事業地区からはミズナラ、富岡町事業地区からはスギ、浪江町旧大堀総合グラウンド周辺林事業地区からはヒノキを選木した。

※「平成27年度 避難指示解除準備区域等の林業再生に向けた実証事業（南相馬市）樹皮中放射性物質濃度簡易測定マニュアル（暫定版）」（平成28(2016)年3月 林野庁）

各事業地区で測定並びに採取した標準地の位置を以下に示す。【図 4-5-1】

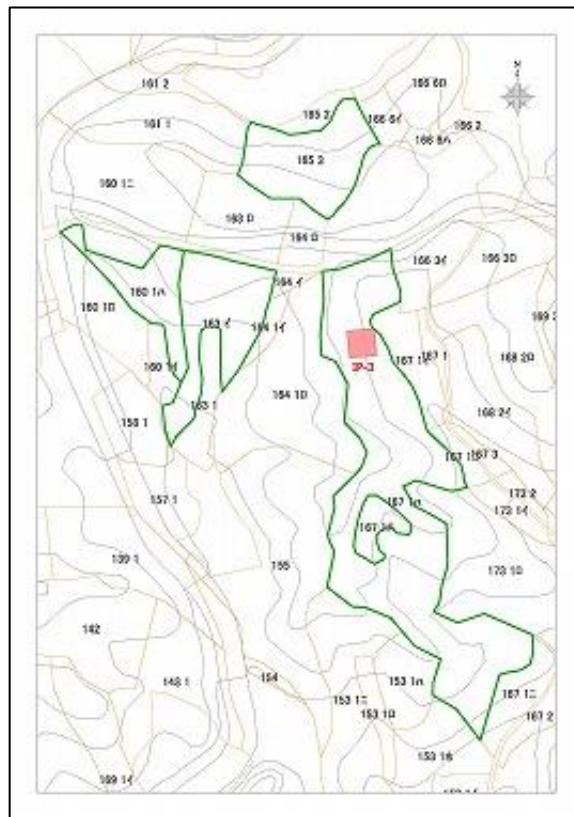


図 4-5-1-① 各事業地試料木の位置（飯館村事業地区）

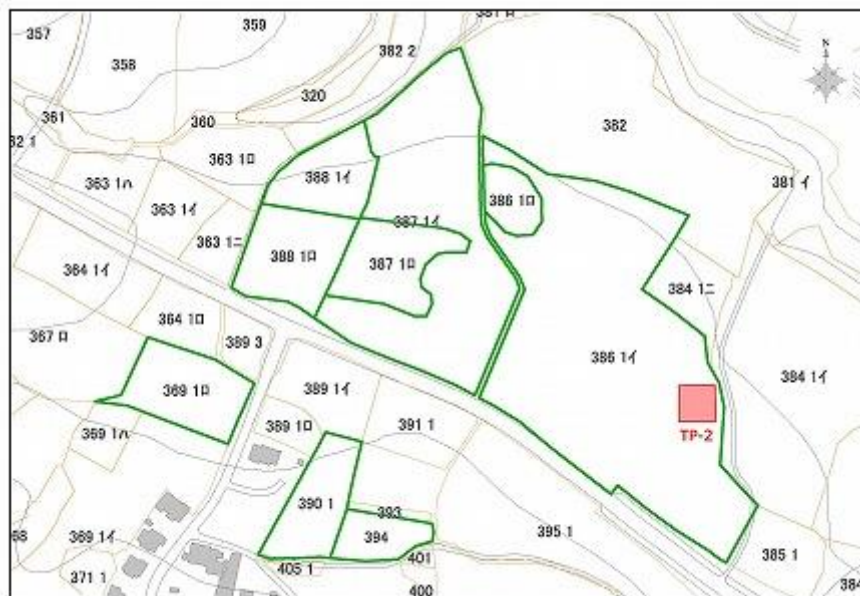


図 4-5-1-② 各事業地試料木の位置（富岡町事業地区）

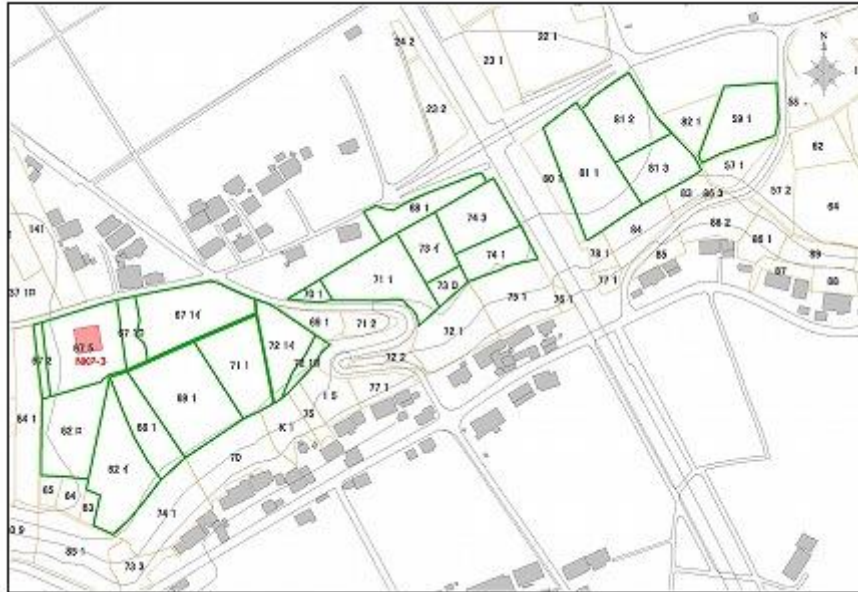


図 4-5-1-③ 各事業地試料木の位置（浪江町旧大堀事業地区）

#### 4.5.2 放射性物質濃度換算式による推定値の算出

「簡易測定マニュアル」に従い、以下のとおり測定を実施した。

- ① 対象木の樹皮の表面計数率を算出するため、対象木の東西南北の4方向からGM管で計測する。
- ② 計測はアクリル板（なし）・（あり）で行い、「積算計測モード」で動作させ、1分間の積算計数値を記録する。

表面計数率の測定方法と考え方を【図 4-5-2-1】に、測定状況を【写真 4-5-2-1】及び【写真 4-5-2-2】に示す。

また、得られたデータは以下のとおり計算した。

- ① アクリル板なしの状態ではGM管を用いて樹皮の表面計数率（東西南北の平均値）（cpm）を測定し、得られた数値を「A 値（cpm）」とする。
- ② アクリル板ありの状態では上記①と同様の測定を行い、得られた数値を「B 値（cpm）」とする。
- ③ ①と②の結果から、 $A-B$ ＝「C 値（cpm）」を算出する。

得られた「C 値」を用いて、以下に示すスギ・ヒノキ・コナラ換算式に照合し、推定値を算出した。なお、ミズナラについては、コナラの換算式を使用した。

スギ	:	$y=24.93x+333$
ヒノキ	:	$y=25.47x+1,404$
コナラ	:	$y=13.17x+651$
x	:	樹皮表面係数率（cpm）
y	:	樹皮中放射性物質濃度推定値（Bq/kg-wet）

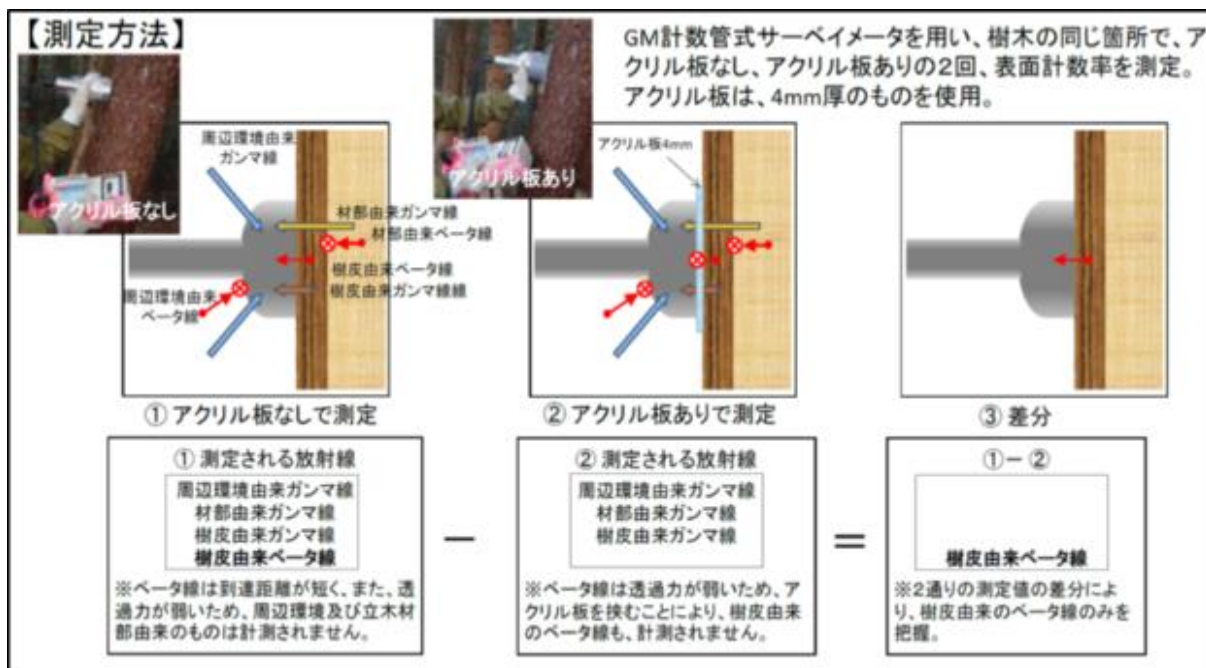


図 4-5-2-1 表面計数率の測定方法と考え方



#### 4.5.3 ゲルマニウム半導体検出器による実測値の測定

樹皮の採取は、選木した試料木の地上 1.2m の東西南北部分を直径 6.5cm のホールソーで剥皮し採取した。

分析は、Ge 検出器を用いてガンマ線スペクトロメトリー法により、放射性セシウム ( $^{134}\text{Cs}$  及び  $^{137}\text{Cs}$ ) (以下、Cs 濃度) を定量し、単位重量当たりの Cs 濃度 (Bq/kg) を求めた。



#### 4.5.4 樹皮中 Cs 濃度の推定値と測定値の比較分析

樹皮の表面計数率から測定算出した「推定値」と採取した切片を Ge 検出器により測定した「実測値」を比較し、得られたデータの整合性の確認を行った。

比較分析は、「樹皮中 Cs 濃度の推定値と実測値の測定結果」並びに「推定値と実測値の相関度合いの分析結果」及び「推定値と実測値の関係グラフ」として示す。なお、「樹皮中 Cs 濃度の推定値と実測値の測定結果」の中で、実測値に対して推定値がどの程度乖離しているか目安として捉えるため、便宜的に「相対差分」との用語を設定した。

以下に 3 事業地区の結果を示す。



#### 4.5.4.1 飯舘村事業地区「村民の森あいの沢」

飯舘村事業地区はミズナラ・コナラを主体とした落葉広葉樹が広く分布しており、令和4年度は「167-1-ハ地番」に設定した標準地内でミズナラを10本試料木とした。

測定結果並びに分析結果を以下に示す。

表 4-5-4-1-① 樹皮の表面計数率及びCs濃度測定結果

試料番号	樹種	胸高直径 (cm)	表面計数率 (cpm)			樹皮のCs濃度 (Bq/kg dry)		
			A値	B値	C値	推定値(a)	実測値(b)	相対差分
①	ミズナラ	18	708	478	230	3,680	7,586	51
②	ミズナラ	12	708	498	210	3,417	6,950	51
③	ミズナラ	12	713	523	190	3,153	7,242	56
④	ミズナラ	10	798	465	333	5,030	8,545	41
⑤	ミズナラ	15	663	475	188	3,120	6,148	49
⑥	ミズナラ	13	785	445	340	5,129	8,439	39
⑦	ミズナラ	12	688	465	223	3,581	5,443	34
⑧	ミズナラ	14	613	415	198	3,252	4,473	27
⑨	ミズナラ	15	680	433	248	3,911	6,908	43
⑩	ミズナラ	16	650	450	200	3,285	6,920	53
平均値			700	465	236	3,756	6,865	45

※   搬出基準である6,400Bq/kgを超過している試料

表 4-5-4-1-② 推定値と実測値の相関度合い

試料番号	GM管測定		Ge半導体検出器測定		共分散	相関度合
	推定値(a)	偏差(a)	実測値(b)	偏差(b)		
①	3,680	-76	7,586	720	-54,552	
②	3,417	-339	6,950	84	-28,614	
③	3,153	-603	7,242	377	-226,927	
④	5,030	1,274	8,545	1,679	2,139,855	
⑤	3,120	-635	6,148	-717	455,699	
⑥	5,129	1,373	8,439	1,574	2,160,544	
⑦	3,581	-175	5,443	-1,423	248,252	
⑧	3,252	-504	4,473	-2,392	1,205,039	
⑨	3,911	155	6,908	42	6,557	
⑩	3,285	-471	6,920	55	-25,954	
平均値	3,756		6,865			
共分散					587,990	正の相関関係
標準偏差		702		1,193		
相関係数						0.702

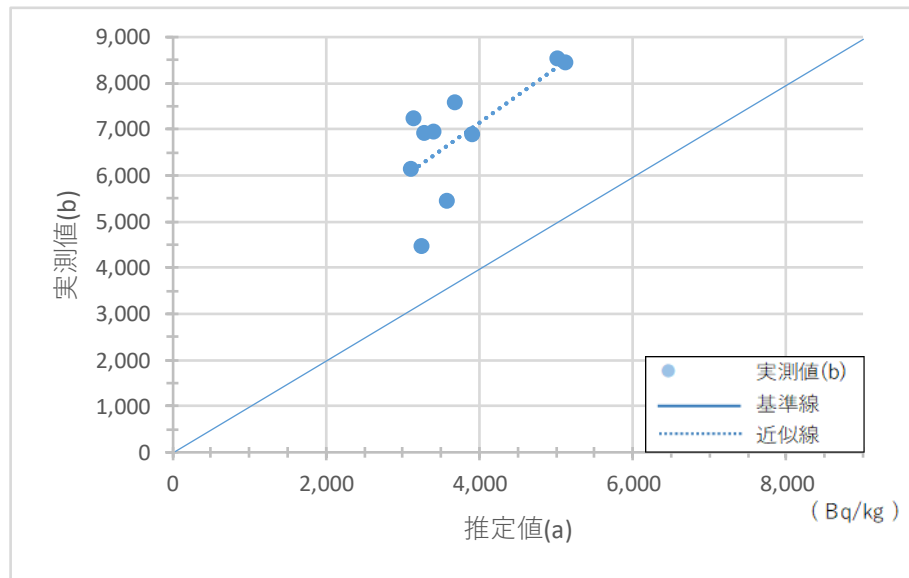


図 4-5-4-1 樹皮中 Cs 濃度の推定値と実測値の関係

これらの測定並びに分析から以下の結果を得た。

- ① 全ての試料において、推定値は実測値を下回っていた。
- ② 推定値は搬出基準値 6,400Bq/kg を超える値は確認できなかったが、実測値は試料木 10 本のうち 7 本が 6,400Bq/kg を超えていた。
- ③ 推定値と実測値の回帰直線は、基準線（推定値と実測値が等しい）と近似した傾きであり、強い「正の相関関係」が認められた。  
（相関係数=0.702）また、実測値は基準線より高い濃度側に分布していることから、推定値は実測値より低い値で推定されていることが確認できる。
- ④ 実測値に対する推定値の相対差分の平均値は 44%であった。

これらの結果から、近似直線が基準線の傾きと相似しており、表面計数率による判定が可能であることが推察され、ミズナラの推定値算定にコナラの推定式の利用は有効である可能性が認められる。

#### 4.5.4.2 富岡町事業地区「グリーンフィールド富岡」

富岡町事業地区にはスギが広範囲に造林されており、令和4年度は「386-1-イ地番」に設定した標準地内でスギを10本試料木とした。測定結果並びに分析結果を以下に示す。

表 4-5-4-2-① 樹皮の表面計数率及び Cs 濃度測定結果

試料番号	樹種	胸高直径 (cm)	表面計数率 (cpm)			樹皮の放射性Cs濃度 (Bq/kg dry)		
			A値	B値	C値	推定値(a)	実測値(b)	相対差分
①	スギ	31	375	325	50	1,580	3,065	48
②	スギ	26	388	318	70	2,078	5,368	61
③	スギ	28	408	325	83	2,390	10,257	77
④	スギ	26	408	355	53	1,642	5,014	67
⑤	スギ	22	368	315	53	1,642	1,456	-13
⑥	スギ	30	385	340	45	1,455	7,221	80
⑦	スギ	31	510	368	143	3,886	9,864	61
⑧	スギ	39	390	305	85	2,452	3,872	37
⑨	スギ	21	543	388	155	4,197	10,409	60
⑩	スギ	29	398	353	45	1,455	4,696	69
平均値			417	339	78	2,278	6,122	55

※ 搬出基準である6,400Bq/kgを超過している試料

表 4-5-4-2-② 推定値と実測値の相関度合い

試料番号	GM管測定		Ge半導体検出器測定		共分散	相関度合
	推定値(a)	偏差(a)	実測値(b)	偏差(b)		
①	1,580	-698	3,065	-3,057	2,133,957	
②	2,078	-199	5,368	-755	150,491	
③	2,390	112	10,257	4,135	463,869	
④	1,642	-636	5,014	-1,108	704,576	
⑤	1,642	-636	1,456	-4,666	2,966,402	
⑥	1,455	-823	7,221	1,098	-903,667	
⑦	3,886	1,608	9,864	3,742	6,016,565	
⑧	2,452	175	3,872	-2,250	-392,581	
⑨	4,197	1,920	10,409	4,287	8,228,754	
⑩	1,455	-823	4,696	-1,426	1,173,008	
平均値	2,278		6,122			
共分散					2,054,137	正の相関関係
標準偏差		949		3,011		
相関係数						0.719

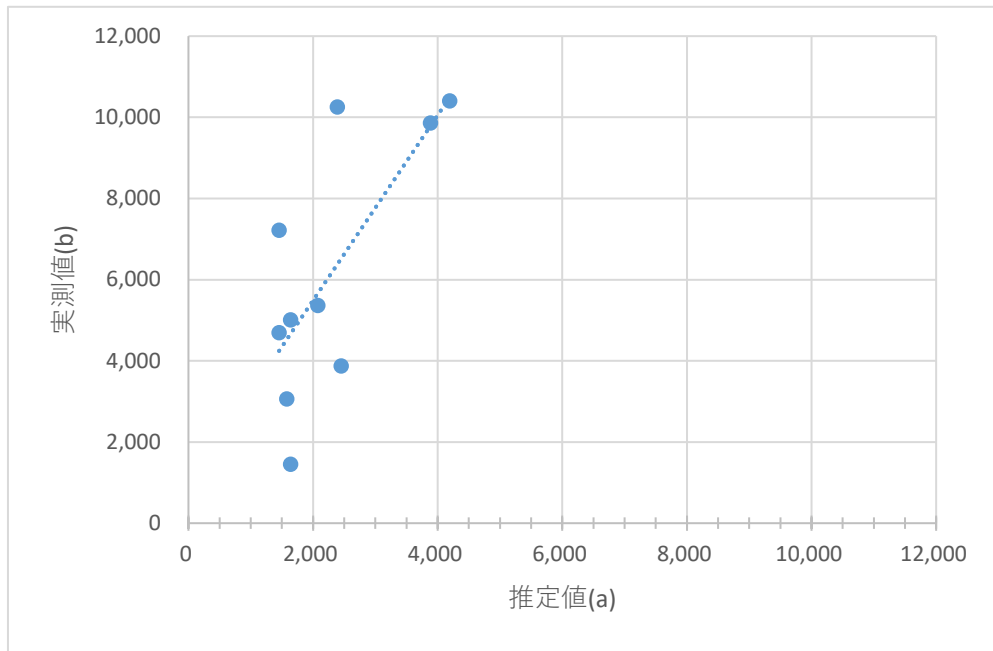


図 4-5-4-2 樹皮中 Cs 濃度の推定値と実測値の関係

これらの測定並びに分析から以下の結果を得た。

- ① 試料木 10 本のうち 9 本は、推定値は実測値を下回っていた。  
また、推定値が実測値を上回るケースは 1 例あったが、相対差分は僅かであり、総じて推定値は実測値を下回っていた。
- ② 推定値は搬出基準値 6,400Bq/kg を超える値は確認できなかったが、実測値は試料木 10 本のうち 4 本が 6,400Bq/kg を超えていた。
- ③ 推定値と実測値の回帰直線は、基準線と近似した傾きであり、強い「正の相関関係」が認められた。(相関係数=0.718)  
また、実測値は基準線より高い濃度側に分布していることから、推定値は実測値より低い値で推定されていることが確認できる。
- ④ 実測値に対する推定値の相対差分の平均値は 55%であった。  
これらの結果から、幾つかの外れ値はあるものの、近似直線が基準線の傾きと相似しており、表面計数率による判定が可能であることが推察される。

#### 4.5.4.3 浪江町旧大堀総合グラウンド周辺林事業地区

浪江町小野田事業地区はヒノキが広範囲に造林されており、令和4年度は「67-5地番」に設定した標準地内でヒノキを10本試料木とした。

測定結果並びに分析結果を以下に示す。

表 4-5-4-3-① 樹皮の表面計数率測定結果及びCs濃度測定結果

試料番号	樹種	胸高直径 (cm)	表面計数率 (cpm)			樹皮のCs濃度 (Bq/kg dry)		
			A値	B値	C値	推定値(a)	実測値(b)	相対差分
①	ヒノキ	22	625	575	50	2,678	353	-659
②	ヒノキ	14	650	608	43	2,486	941	-164
③	ヒノキ	15	673	623	50	2,678	741	-262
④	ヒノキ	15	670	615	55	2,805	1,267	-121
⑤	ヒノキ	14	668	610	58	2,869	373	-670
⑥	ヒノキ	13	650	610	40	2,423	2,201	-10
⑦	ヒノキ	14	708	653	55	2,805	1,248	-125
⑧	ヒノキ	17	665	575	90	3,696	424	-772
⑨	ヒノキ	13	705	648	58	2,869	1,005	-186
⑩	ヒノキ	12	710	665	45	2,550	2,116	-21
平均値			672	618	54	2,786	1,067	-299
※						搬出基準である6,400Bq/kgを超過している試料		

表 4-5-4-3-② 推定値と実測値の相関度合い

試料番号	樹種	胸高直径 (cm)	表面計数率 (cpm)			樹皮の放射性Cs濃度 (Bq/kg)		
			A値	B値	C値	推定値(a)	実測値(b)	相対差分
①	ヒノキ	22	69	56	13	1,741	353	-394
②	ヒノキ	14	99	58	41	2,448	941	-160
③	ヒノキ	15	104	63	42	2,461	741	-232
④	ヒノキ	15	96	66	30	2,162	1,267	-71
⑤	ヒノキ	14	73	53	20	1,907	373	-412
⑥	ヒノキ	13	93	59	34	2,270	2,201	-3
⑦	ヒノキ	14	111	54	57	2,862	1,248	-129
⑧	ヒノキ	17	63	57	6	1,563	424	-269
⑨	ヒノキ	13	96	59	38	2,365	1,005	-135
⑩	ヒノキ	12	118	64	54	2,767	2,116	-31
平均値			92	59	33	2,255	1,067	-184
※						搬出基準である6,400Bq/kgを超過している試料		

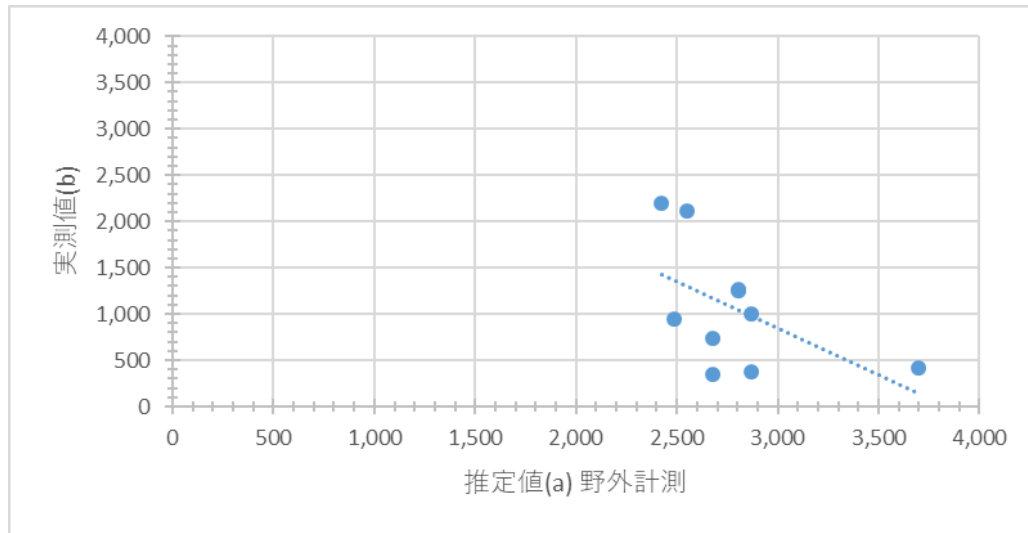


図 4-5-4-3-① 樹皮の表面計数率測定結果及び Cs 濃度測定

これらの測定並びに分析から以下の結果を得た。

- ① 全ての試料において、推定値は実測値より高い値で推定されていた。  
(飯舘村・富岡町事業地区…推定値は実測値より低い値で推定されていた)
- ② 推定値並びに実測値ともに搬出基準値 6,400Bq/kg を超過する値は確認されなかった。(飯舘村・富岡町事業地区…6,400Bq/kg を超過する個体を確認)
- ③ 推定値と実測値の回帰直線は、基準線と異なる傾きであり、「負の相関関係」(相関係数=0.538) が認められた。(飯舘村・富岡町事業地区…「正の相関関係」を確認)
- ④ 実測値に対する推定値の相対差分の平均値は-299%であった。
- ⑤ 推定値は実測値より高い値で推定されている。(推定平均値…2,789Bq/kg・実測平均値…2,786Bq/kg)、「実測平均値(飯舘村事業地区…6,865Bq/kg・富岡町事業地区…6,122Bq/kg)」

以上の結果から、本事業地区は他 2 事業地区と大きく異なる傾向を示しており、本事業地区で得られたデータの信頼性を確認する必要があることから、以下の補完測定を実施した。

- A) 野外では環境中からの放射線の影響を受けている可能性があることから、同じ試料を屋内にて GM 管で測定した。
- B) 野外での測定結果並びに Ge 検出器での測定結果の信頼性を確認するため、同一標準地内で追加試料木を 1 本(追加⑩)を選木し、同様に測定した。

表 4-5-4-3-③ 樹皮の表面計数率測定結果及び Cs 濃度測定結果【野外・屋内】

試料番号	樹種	胸高直径 (cm)	表面計数率 (cpm)						樹皮の放射性セシウム濃度 (Bq/kg)				
			野外測定			屋内測定			推定値(a)	推定値(a')	実測値(b)	相対差分(a)	相対差分(a')
			A値	B値	C値	A値	B値	C値					
①	ヒノキ	22	625	575	50	69	56	13	2,678	1,741	353	-659	-394
②	ヒノキ	14	650	608	43	99	58	41	2,486	2,448	941	-164	-160
③	ヒノキ	15	673	623	50	104	63	42	2,678	2,461	741	-262	-232
④	ヒノキ	15	670	615	55	96	66	30	2,805	2,162	1,267	-121	-71
⑤	ヒノキ	14	668	610	58	73	53	20	2,869	1,907	373	-670	-412
⑥	ヒノキ	13	650	610	40	93	59	34	2,423	2,270	2,201	-10	-3
⑦	ヒノキ	14	708	653	55	111	54	57	2,805	2,862	1,248	-125	-129
⑧	ヒノキ	17	665	575	90	63	57	6	3,696	1,563	424	-772	-269
⑨	ヒノキ	13	705	648	58	96	59	38	2,869	2,365	1,005	-186	-135
⑩	ヒノキ	12	710	665	45	118	64	54	2,550	2,767	2,116	-21	-31
追加⑪	ヒノキ	15	600	517	83	77	53	24	3,518	2,015	953	-269	-111
平均値			666	609	57	91	58	33	2,852	2,233	1,056	-296	-177

※ 追加試料木 ※ 推定値(a)… 野外測定  
推定値(a')… 屋内測定

表 4-5-4-3-④ 推定値と実測値の相関度合い【屋内】

試料番号	GM管分析結果		Ge半導体分析結果		共分散	相関度合
	推定値(a)	偏差(a)	実測値(b)	偏差(b)		
①	1,741	-513	353	-714	366,375	
②	2,448	194	941	-125	-24,250	
③	2,461	206	741	-326	-67,261	
④	2,162	-93	1,267	200	-18,605	
⑤	1,907	-348	373	-694	241,323	
⑥	2,270	15	2,201	1,134	17,328	
⑦	2,862	607	1,248	181	110,178	
⑧	1,563	-692	424	-643	444,555	
⑨	2,365	111	1,005	-62	-6,878	
⑩	2,767	512	2,116	1,049	536,968	
平均値	2,255		1,067		1,599,734	
共分散					159,973	正の相関関係
標準偏差		399		632		
相関係数						0.634241501

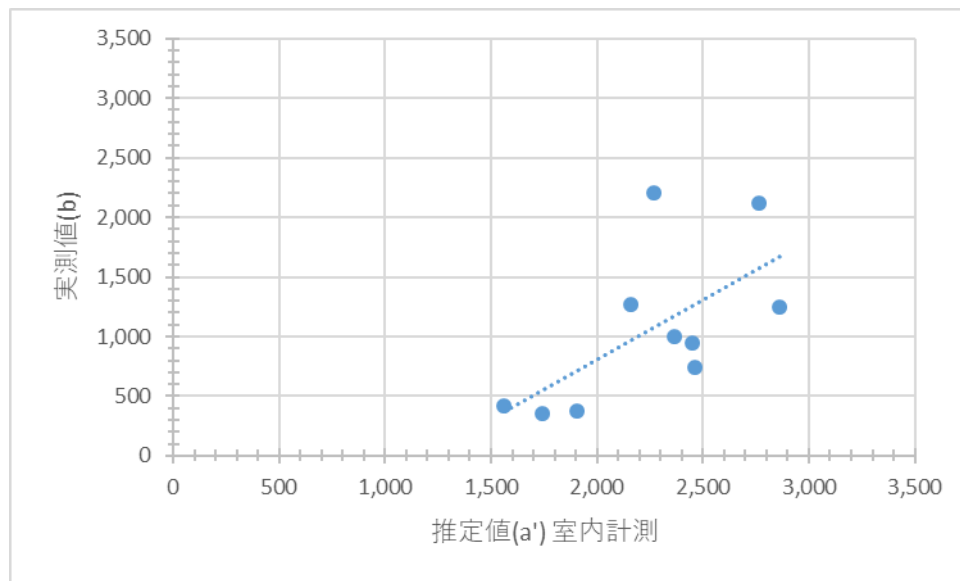


図 4-5-4-3-② 樹皮の表面計数率測定結果及び Cs 濃度測定【屋内】

これらの測定並びに分析から以下の結果を得た。

- ① 追加試料木（追加⑪）の GM 管並びに Ge 検出器での測定結果は、先に実施した①～⑩の結果と同程度の範囲であり、測定結果の信頼性は高いものと判断される。
- ② 全ての試料において、推定値は実測値より低い値で推定されている。
- ③ 推定値並びに実測値は、搬出基準値 6,400Bq/kg を超過する値は確認されなかった。
- ④ 推定値と実測値の回帰直線は、基準線と近似した傾きであり、「正の相関性」が認められた。（相関係数=0.634）

また、実測値は基準線より低い濃度側に分布していることから推定値は実測値より高い値で推定されていることが確認できる。

- ⑤ 実測値に対する推定値の相対差分の平均値は-117%であった。

これらの結果から、野外環境中からの放射線の影響を抑制すれば、推定値と実測値には相関関係が見られることが確認された。また、樹皮中放射性 Cs 濃度が低いケースでは、推定値が実測値を上回り推定されることが認められた。

本ケースの様に、樹皮の放射性セシウム濃度がある程度低い場合は、野外環境中からの放射線の影響を考慮する必要があることが改めて確認された。本ケースの場合、本手法での解釈の方法など、実地データを蓄積することは精度向上に資するものと判断される。