

東京電力福島第一原子力発電所事故により放出された放射性物質の影響を受けた地域において、林業は基幹産業の一つであり、避難していた住民の帰還後の林業・木材産業の再開が重要な課題となっています。

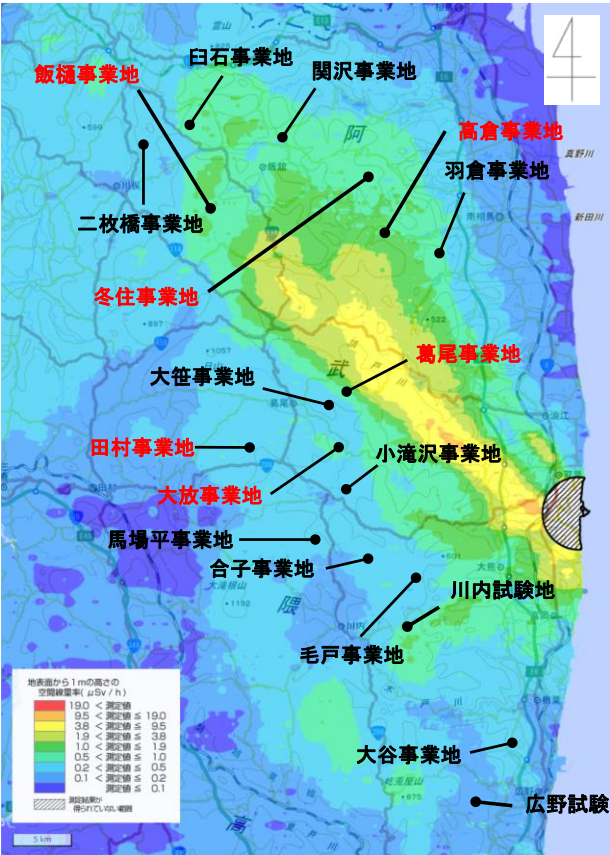
空間線量率等に影響を与える森林内の放射性セシウムは、その多くが表層土壌に滞留していますが、森林施業によってこれらの放射性セシウムがどのような影響を受けるかは未解明なままとなっています。

このため、令和3年度より森林施業と放射性セシウムの下方移動及び空間線量率の変動との関係を明らかにするとともに、空間線量率の低減に資する放射性セシウムの下方移動対策の検討を始めました。

本事業では、①森林内の放射性物質の下方移動の検証、②主要林業樹種であるスギやコナラのリターフォール量及び放射性セシウム濃度等の測定、③過年度に森林施業を実施した箇所の空間線量率モニタリングの実施を進めています。

※ 調査方法や調査結果の分析等については、学識経験者の指導・助言を得ながら行っています。なお、本事業では試験地及び調査試料数が限られていることから、本資料に記したことが全ての森林にそのまま当てはまるとは限りません。

試験内容	事業地
森林内の放射性物質の下方移動の検証	冬住事業地 高倉事業地 飯樋事業地
リターフォールの量及び放射性セシウム濃度等の測定	冬住事業地 高倉事業地 飯樋事業地 葛尾事業地 大放事業地 田村事業地
森林施業実施箇所の空間線量率モニタリング	冬住事業地 高倉事業地 飯樋事業地 川内試験地 広野試験地 小滝沢事業地 羽倉事業地 毛戸事業地 二枚橋事業地 合子事業地 大笹事業地 白石事業地 馬場平事業地 関沢事業地 大谷事業地



資料：原子力規制委員会
放射線量等分布マップ（令和2年10月29日時点）より
※赤字の事業地は令和3年度より新規に調査を開始した事業地を示す。

① 森林内の放射性物質の下方移動の検証：概要

森林内の空間線量率が低減する主な要因として、森林内の放射性物質の大部分が樹木から林床に移行し、林床の堆積有機物の放射性物質は徐々に土壌側に移行、土壌内でも表層からより深層への移動が進んでいることが考えられています。森林施業を実施することで、樹木の養分吸収が多いとされる0-5cmの土壌層より下方へ放射性セシウムが移動することにより、林内の空間線量率の低減、あるいは森林内での放射性セシウムの内部循環を減少させることが期待されます。

そこで、福島県の最重要林業樹種であるスギ林において、放射性物質の下方移動状況を定量的に把握することを目的として、森林施業前後に以下に関する調査を実施しています。

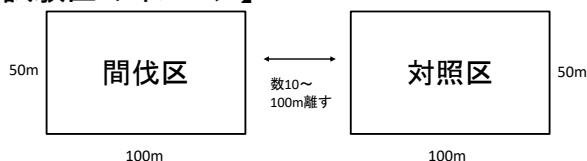
- (1) 土壌浸透水に含まれる放射性物質濃度の把握
- (2) 細根等による放射性物質移動の把握

これにより、森林土壌中の放射性セシウムの動態を把握するとともに、森林施業が放射性セシウムの下方移動を促進する可能性があることを科学的に示すための基礎資料とします。なお、本調査は国有林で実施しています。

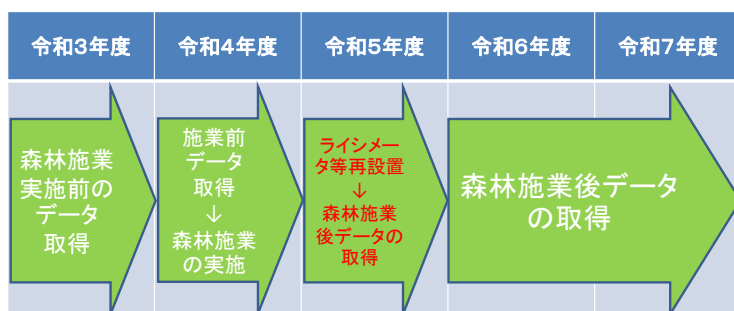
【調査設計】

- 対象樹種：スギ
- 森林施業方式：列状間伐
- 間伐区と対照区を試験区として設ける
- 間伐区は面積0.5ha程度(以上)
- 森林施業の影響が及ばない程度に対照区を離す

【試験区のイメージ】



【調査スケジュール(複数年度)】



【調査対象地概要】

事業地名	種別	林齢 ※1	空間線量率 ($\mu\text{Sv/h}$) ※2	初期沈着量 (kBq/m^2) ※3	林況
冬住事業地 (南相馬市)	間伐区	39	1.03	720	
	対照区		0.98		
高倉事業地 (南相馬市)	間伐区	56	0.80	990	
	対照区		0.75		
飯樋事業地 (飯舘村)	間伐区	58	0.87	900	
	対照区	66	0.93		

※1 林齢は令和6年時点

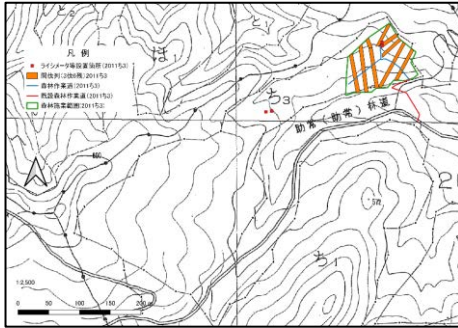
※2 空間線量率は複数実測(令和3年12月計測)値の平均値

※3 文部科学省：放射線量等分布マップ(平成23年7月2日時点)

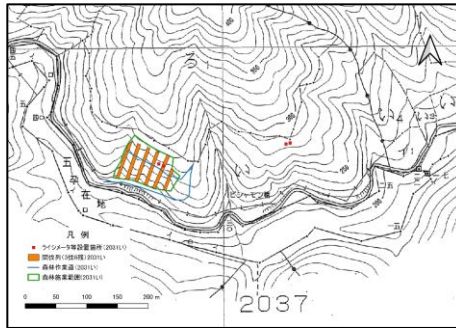
① 森林内の放射性物質の下方移動の検証：森林施業

事業の目的を果たすため、令和4年の10月から令和5年1月にかけて、3箇所の事業地において、森林施業を実施しました。森林施業内容は、間伐による光環境の改善をより明確なものとするため、3伐6残（伐採幅5.4m）の列状間伐としました。

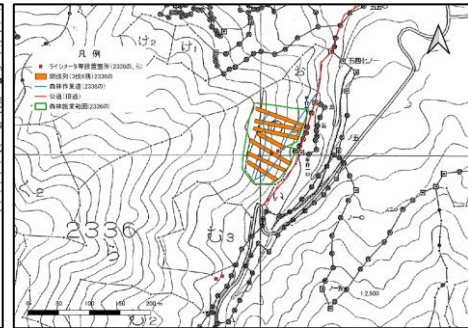
【間伐イメージ】



冬住事業地



高倉事業地



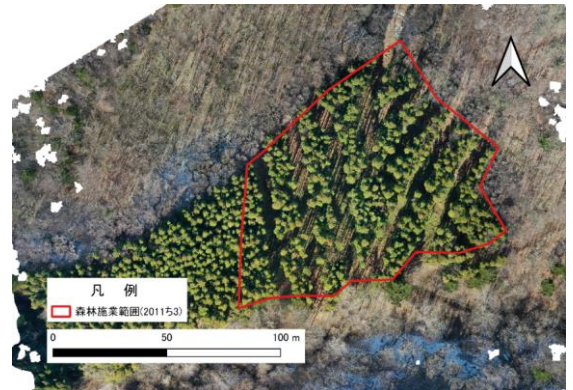
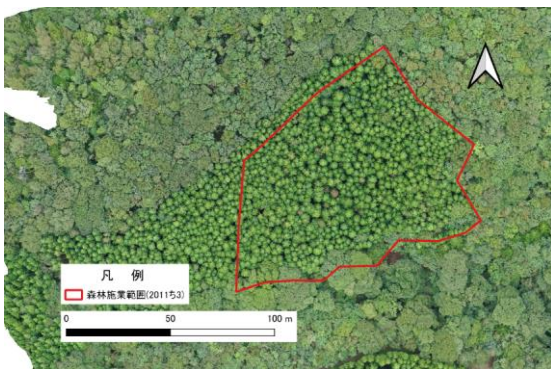
飯樋事業地

【空中写真による間伐前後の比較】

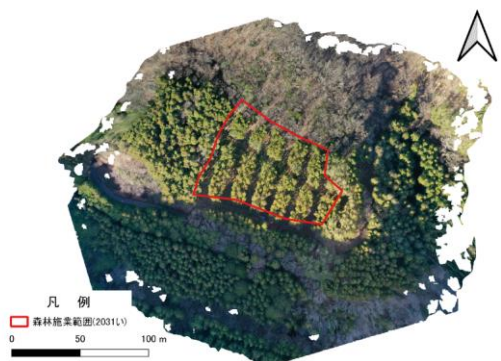
間伐前

間伐後

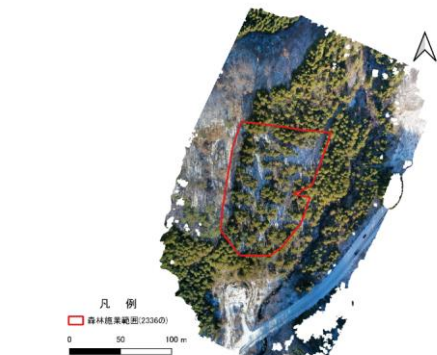
冬住事業地



高倉事業地



飯樋事業地



① 森林内の放射性物質の下方移動の検証：土壌浸透水調査

【調査(1)：土壌浸透水に含まれる放射性物質の下方移動量の検証】

【目的】

土壌浸透水による放射性Csの下方移動を土壌深度ごとに定量化する

【調査方法】

- ・浸透水を集水するゼロテンションライシメータを堆積有機物層下、土壌深度 5cm, 10cm, 20cm に設置。
- ・深度ごとに放射性Cs濃度を測定。設置面積から単位面積当たりの放射性Cs下方移行量を検証。



設置状況(全景)



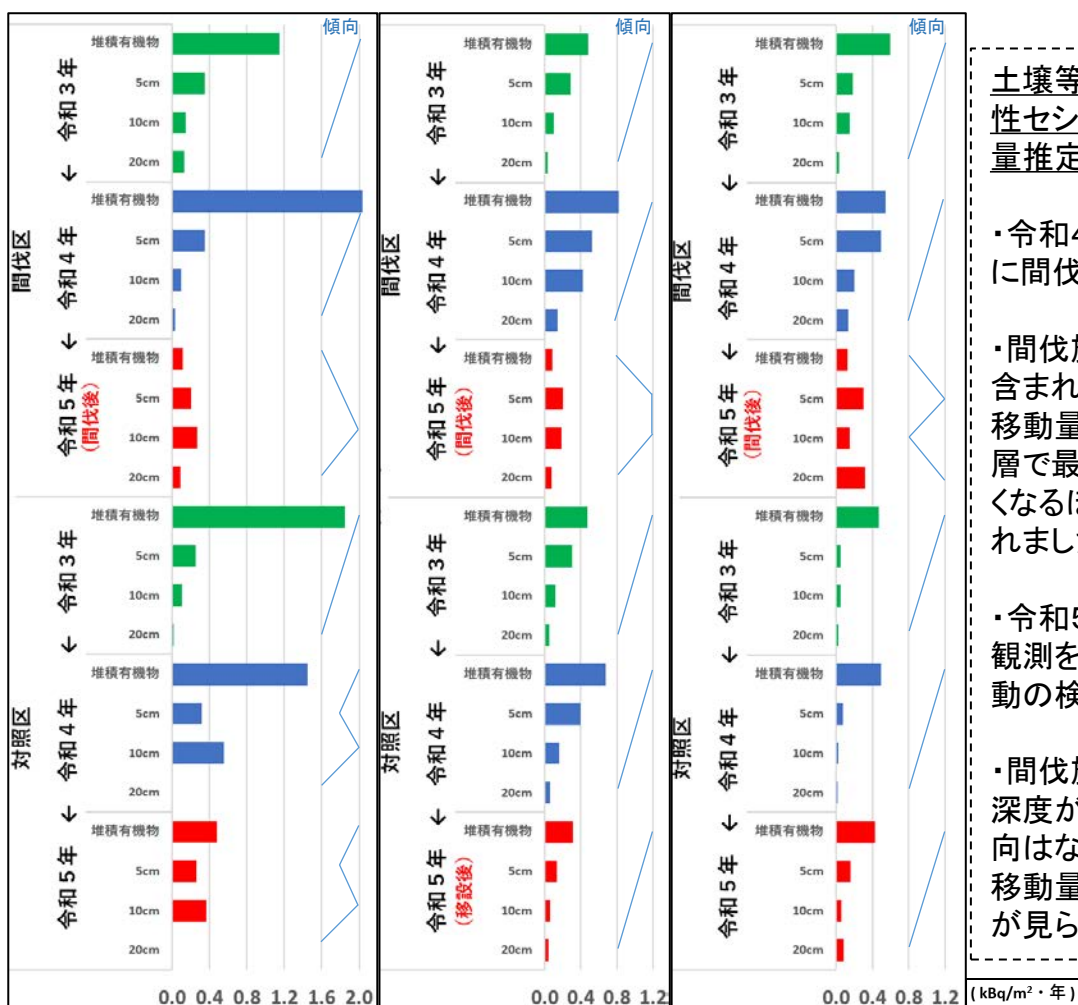
設置状況(近景)



浸透水集水状況

【調査結果】

土壌等浸透水に含まれる放射性セシウム(Cs-137)年間移動量推定値



土壌等浸透水に含まれる放射性セシウム(Cs-137)年間移動量推定値

・令和4年10月～令和5年1月に間伐施業を実施しました。

・間伐施業前の土壌浸透水に含まれる放射性Csの年間下方移動量推定値は、堆積有機物層で最も大きく、土壌深度が深くなるほど低下する傾向が見られました。

・令和5年度は間伐後の設置・観測を行い、施業による下方移動の検証を実施しました。

・間伐施業後の間伐区は、土壌深度が深くなるほど低下する傾向はなくなり、下層の方が年間移動量推定値が大きくなる傾向が見られました。

冬住事業地

高倉事業地

飯樋事業地

放射性セシウム(Cs-137)年間移動量推定値 ($\text{kBq/m}^2 \cdot \text{年}$)

① 森林内の放射性物質の下方移動の検証：細根調査

【調査(2)：細根等による放射性物質移動の把握】

【目的】

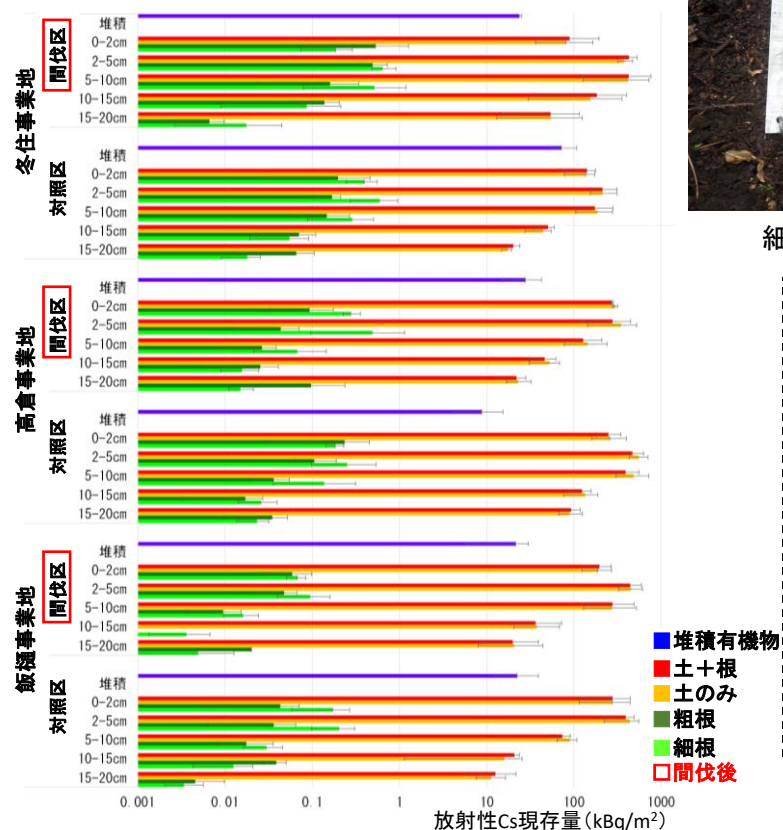
細根の枯死脱落による土壌深部への放射性Cs移動量の把握

【調査方法】

- ・スクレーパープレートを用いて、堆積有機物層および、土壌（深度0-2、2-5、5-10、10-15、15-20cm）の試料を採取。
- ・各深度で下記試料の放射性Cs濃度測定を実施。採取面積から細根による下方移行量を検証。
a: 根+土 b: 細根（φ2mm未満の根） c: 粗根（φ2mm以上、20mm未満の根） d: 土

【調査結果】

細根等に含まれる放射性Cs現存量 (kBq/m²)
令和5(2023)年度 測定結果



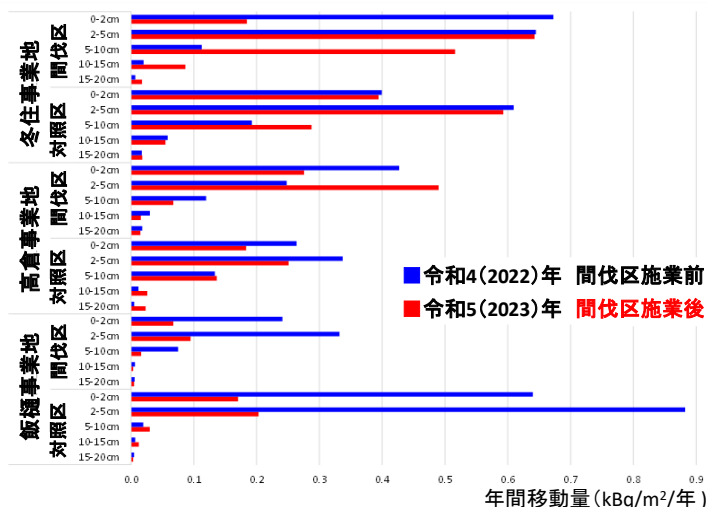
細根等に含まれる放射性Cs現存量

- ・令和5年度は間伐施業後の試料採取を行い、施業による下方移動の検証を実施しました。
- ・放射性Cs現存量は、土の2～5cmの現存量が最も高く、それより下層では深度が大きいほど低下する傾向がみられました。細根および粗根の重量がごく僅かであったため、根の放射性セシウム現存量は全体的に少ない傾向となりました。

細根による放射性Cs年間下方移動量

- ・枯死した細根が、放射性Csの下方移動に寄与します。
- ・細根による放射性Csの年間下方移動量は、間伐施業前と比較して、冬住事業地の間伐区では5cm以深で増加、高倉事業地の間伐区では2～5cmの深度が増加していましたが、それ以外の試験区では、全体的に低下する場所があるなど試料採取地点のばらつきが大きいと考えられるため、今後もモニタリング結果を注視し検証していく必要があります。

細根による放射性Cs年間下方移動量 (kBq/m²/年)



② リターフォールの量及び放射性セシウム濃度等の測定

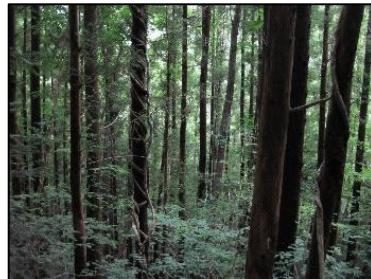
森林生態系（スギ林及びコナラ林）内における放射性セシウムの現存量分布を把握するとともに、リターフォール中の放射性セシウム現存量を分析し、系内における放射性セシウム移動の実態を把握しました。これにより、スギ林やコナラ林内の放射性セシウム動態を予測し、これらの林分の今後の活用を検討する際の基礎資料とすることを目的としました。

【調査項目】

- 立木（材・枝葉・樹皮）、堆積有機物・土壌、リターフォール中の放射性セシウム濃度の把握
- 分析結果を基に森林生態系内の放射性セシウム分布を把握

【調査対象地概要】

樹種	事業地名 (市町村名)	林齢	空間線量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	初期沈着量 (kBq/m^2)
スギ	冬住事業地 (南相馬市)	39	1.03	720
	高倉事業地 (南相馬市)	56	0.74	990
	飯樋事業地 (飯館村)	66	0.96	900
コナラ	葛尾事業地 (葛尾村)	39	0.85	1,020
	大放事業地 (葛尾村)	39	0.41	400
	田村事業地 (田村市)	68	0.46	410



スギ林（高倉事業地）



コナラ林（大放事業地）

※空間線量率は毎木調査プロット箇所における測定値
※林齢は令和6年現在

【調査・分析内容】

1. 毎木調査結果を基に立木のバイオマス量を把握。
2. 試料木を伐倒後、枝葉・材・樹皮を分別し放射性セシウム濃度を分析。
3. 試料木直近の土壌をスクレーパープレートで採取し放射性セシウム濃度を分析。
4. リターフォールを定期的に採取し放射性セシウム濃度を分析。



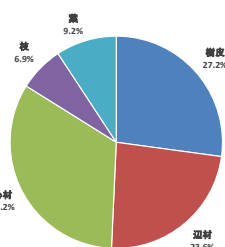
得られたデータから単位面積当たりの放射性セシウム現存量を算出し、調査部位別の分布割合を把握



枝葉の採取

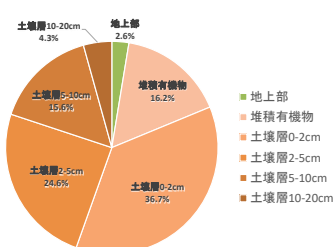
【調査結果例】

立木中の放射性セシウム分布



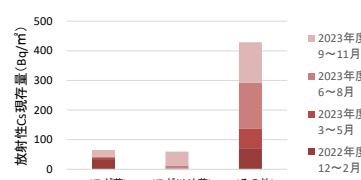
総現存量：14,207Bq/m²

森林生態系内の放射性セシウム分布



総現存量：572,456Bq/m²

リターフォール中の放射性セシウム現存量

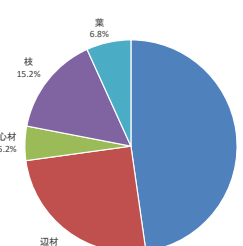


総現存量：553Bq/m²
※令和4年12月～令和5年11月

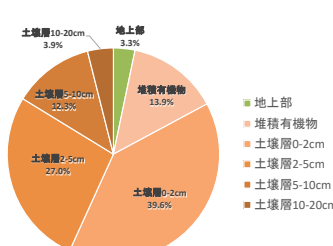
・立木においては樹皮や材に占める放射性セシウムが多い。
・コナラは樹皮中の放射性セシウムがスギと比較して多い傾向。
・森林生態系全体でみると林床中の放射性セシウムが多く、とくに堆積有機物と0-5cm深さの土壌に占める割合が大きい。
・リターフォール中の放射性セシウム量は系内でみると少ない。

スギ林（高倉事業地）

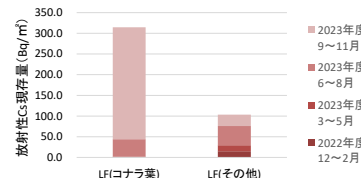
コナラ林（大放事業地）



総現存量：3,228Bq/m²



総現存量：189,233Bq/m²



総現存量：418Bq/m²
※令和4年12月～令和5年11月

③ 森林施業実施箇所の空間線量率モニタリング

森林施業等実施後の空間線量率の推移は、測定時期等によりバラツキがありますが、物理学的減衰を上回るペースで低減してきています。

過年度に林野庁が行った実証事業等の実施箇所における空間線量率を計測し、過年度の結果も含めてデータを取りまとめ、その推移の傾向を把握しました。これにより、過去、もしくは現在の森林施業により、空間線量率の低減状況を視覚的に示す基礎資料とすることを目的としました。

【主な成果その①：川内村スギ林A区】

【調査概要】

林野庁では平成24～25年にかけて川内村のスギ林A区と称する事業地において落葉等除去を伴う森林施業を実施しました(下表参照)。間伐は2伐4残の列状間伐を実施しています。森林施業実施箇所に空間線量率測定点を下図のように5m×5mメッシュ上に設定し、経年変化を追跡しています。

表 スギ林(A区)の各作業区での作業の概要

作業区	作業内容	作業日
落葉等除去 +皆伐区	作業道作設	平成24(2012)年12月11～15日
	落葉等除去	平成24(2012)年12月16日～平成25(2013)年1月10日
	皆伐	平成25(2013)年3月9～13日
	コナラ植栽 スギ植栽	平成25(2013)年4月6日 平成25(2013)年7月9日
落葉等除去 +間伐区	落葉等除去	平成25(2013)年1月31日～2月6日
	列状間伐	平成25(2013)年6月6日～24日
落葉等除去区	落葉等除去	平成24(2012)年12月16日～平成25(2013)年1月10日
間伐区	列状間伐	平成25(2013)年6月6日～24日
対照区	—	—

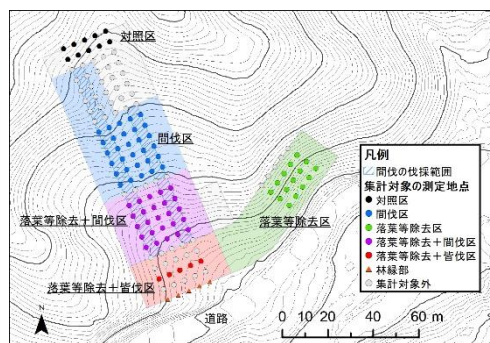
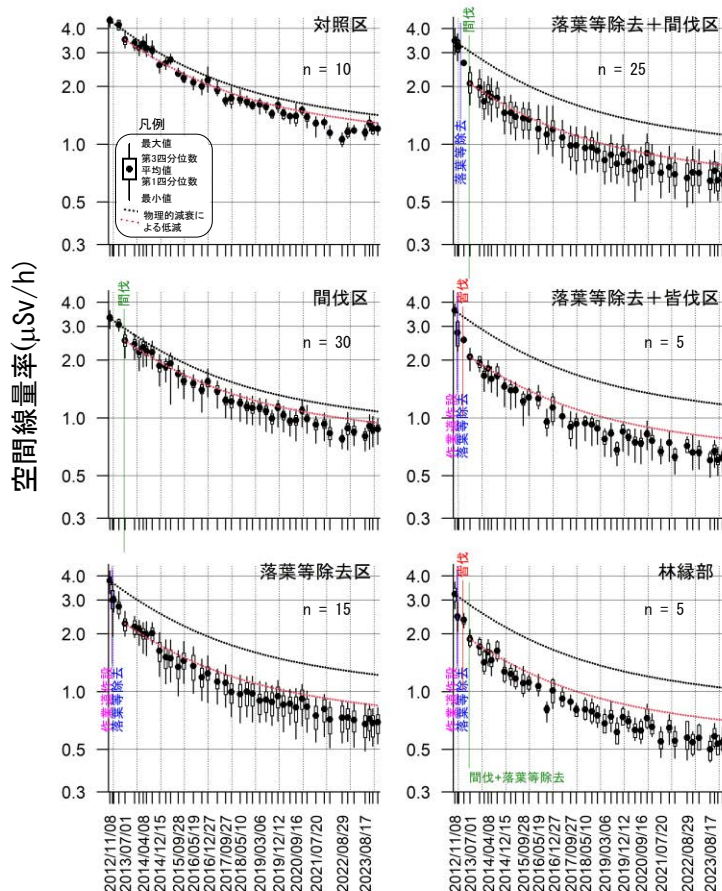


図 作業区の配置と空間線量率の測定範囲

【調査結果】



1. 各作業区の空間線量率は、作業道作設や落葉等除去、皆伐等の作業により低下した後も、引き続き、物理学的減衰のみによる推移よりも低い水準での低下傾向が継続。

2. 毎年晩秋から初冬の時期に一旦低下し、その後冬季にやや上昇する変動パターンが見られている。

3. 作業から約11年が経過した現時点では、落葉等除去、皆伐、間伐等の作業種ごとの追加的な空間線量率の低減は維持されている。

図の見方

- 空間線量率は実測値(地上1m)を示す。
- 黒丸は平均値、誤差線は、最大値及び最小値、誤差線に付属する矩形の上下端は、第3四分位数及び第1四分位数を示す。
- 図中の黒の点線は、作業開始前(平成24(2012)年11月8日)、赤の点線は、作業完了時点(平成25(2013)年7月1日)からの空間線量率の物理学的減衰をそれぞれ示す。

③ 森林施業実施箇所の空間線量率モニタリング

【主な成果その②：林野庁研究指導課過年度直轄実証事業地】

【調査概要】

林野庁研究指導課による森林再生のための実証事業は、平成26(2014)年から平成29(2017)年にかけて、森林施業が空間線量率に与える影響に加え、立木伐採時の作業被ばく低減措置、放射性物質の拡散抑制策、伐採木の林内活用を通じた放射性物質の拡散抑制策等を実証することを主目的として、避難指示解除準備区域に設定されていた森林において実施しました。

このうち、森林施業前後の空間線量率の変化等を測定し森林施業が空間線量率に与える影響を把握するために、主として20mもしくは30m間隔の格子状測定点を各事業地に設定し、令和5年度現在もモニタリングを継続しています。

表 各事業地の諸元

事業地名	森林情報		施業情報		平均空間線量率 ($\mu\text{Sv/h}$) ^{※3}	放射性Cs 平均沈着量 (kBq/m^2) ^{※4}
	樹種	林齢 ^{※1} (年生)	施業年	主な施業内容 ^{※2}		
小滝沢	コナラ等 広葉樹	50	2014	除伐 更新伐 植栽	0.62	390
羽倉	スギ アカマツ	66	2014	定性間伐 (31.4%)	1.69	760
		62		列状間伐 (1 伐 2 残)	2.62	
毛戸	スギ アカマツ カラマツ	60	2014	列状間伐 (2 伐 4 残)	1.87	570
		55		定性間伐 (26%)	1.87	
二枚橋	アカマツ	36~48	2014	皆伐・新植	2.29	1500
合子	コナラ等 広葉樹	50	2014	定性間伐 (15%)	1.97	410
			2015	更新伐 (60%) 植栽	2.60 2.50	
大笹	ヒノキ アカマツ	28	2015	更新伐 (60%)	0.67	0.37
		54		定性間伐 (20%)	0.01	
白石	スギ	38	2015	列状間伐 (2 伐 8 残)	2.94	0.78
		38		定性間伐 (24%)	0.25	
馬場平	アカマツ	40	2016	皆伐・新植	0.55	0.39
	ヒノキ	30		列状間伐 (2 伐 8 残)	1.16	
	スギ	60		定性間伐 (30%)	1.19	
関沢	ヒノキ	34	2016	皆伐・新植	0.55	1500
大谷	スギ ヒノキ	37、56	2017	利用型定性間伐	0.63	0.38
		37		保育型定性間伐	1.00	

※1：施業開始時の林齢(年生)を示す。

※2：本項の検証対象である皆伐、間伐に関する施業内容を抜粋したものである。

※3：森林施業前に地上1m高で測定した事業地内全測定点の平均値である。

※4：第3次航空機モニタリング結果(2011年7月2日時点)より算出したものである。

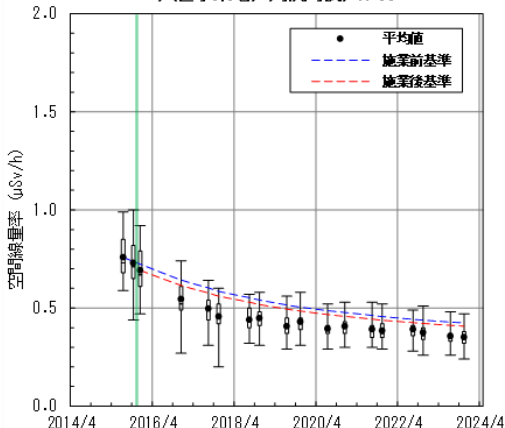


図 空間線量率の測定点例(大笹事業地)

【調査結果】

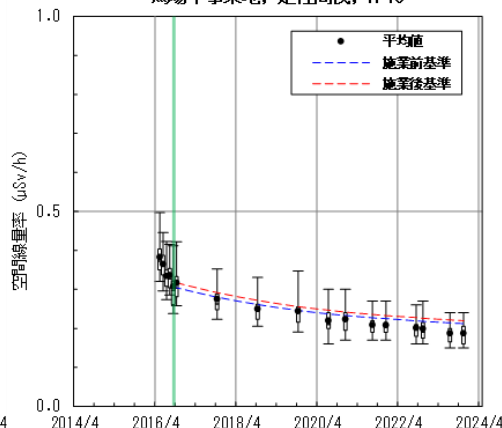
列状間伐箇所の例

大笹事業地、列状間伐、n=65



定性間伐箇所の例

馬場平事業地、定性間伐、n=15



1. 各事業区の空間線量率は、間伐や皆伐、更新伐等の森林施業により低下した後も、引き続き、物理学的減衰のみによる推移よりも低い水準での低下傾向が継続。

2. ただし、事業地により空間線量率の低減割合には差異があり、一部物理学的減衰による低減と変わらない結果を示す事業地もみられた。

図の見方

1: 空間線量率は実測値(地上1m)を示す。

2: 黒丸は平均値、誤差線は、最大値及び最小値、誤差線に付属する矩形の上下端は、第3四分位数及び第1四分位数を示す。

3: 青色の破線は施業前の空間線量率を基準とした物理学的減衰による空間線量率の低減を示し、赤色の破線は施業後の空間線量率を基準とした物理学的減衰による空間線量率の低減を示す。