

旧避難指示区域における林業再生のための実証事業 (平成27年度～令和2年度) 結果の概要について

1. 事業の概要

東京電力福島第一原子力発電所の原子力災害から10年が経過し、福島県では避難指示区域等の解除及び空間線量率の低下に伴い、徐々に森林施業の再開がされたところです。今後、本格的に林業生産活動が再開し、旧避難指示区域等からの木材供給が増加していくことが見込まれます。

関東森林管理局森林放射性物質汚染対策センターでは、旧避難指示区域等における林業再生を目的とし、平成27年度から令和2年度まで、旧避難指示区域内の国有林内において、有効な放射性物質対策を実証するため、間伐等の森林整備事業の実施・各種検証を行いました。

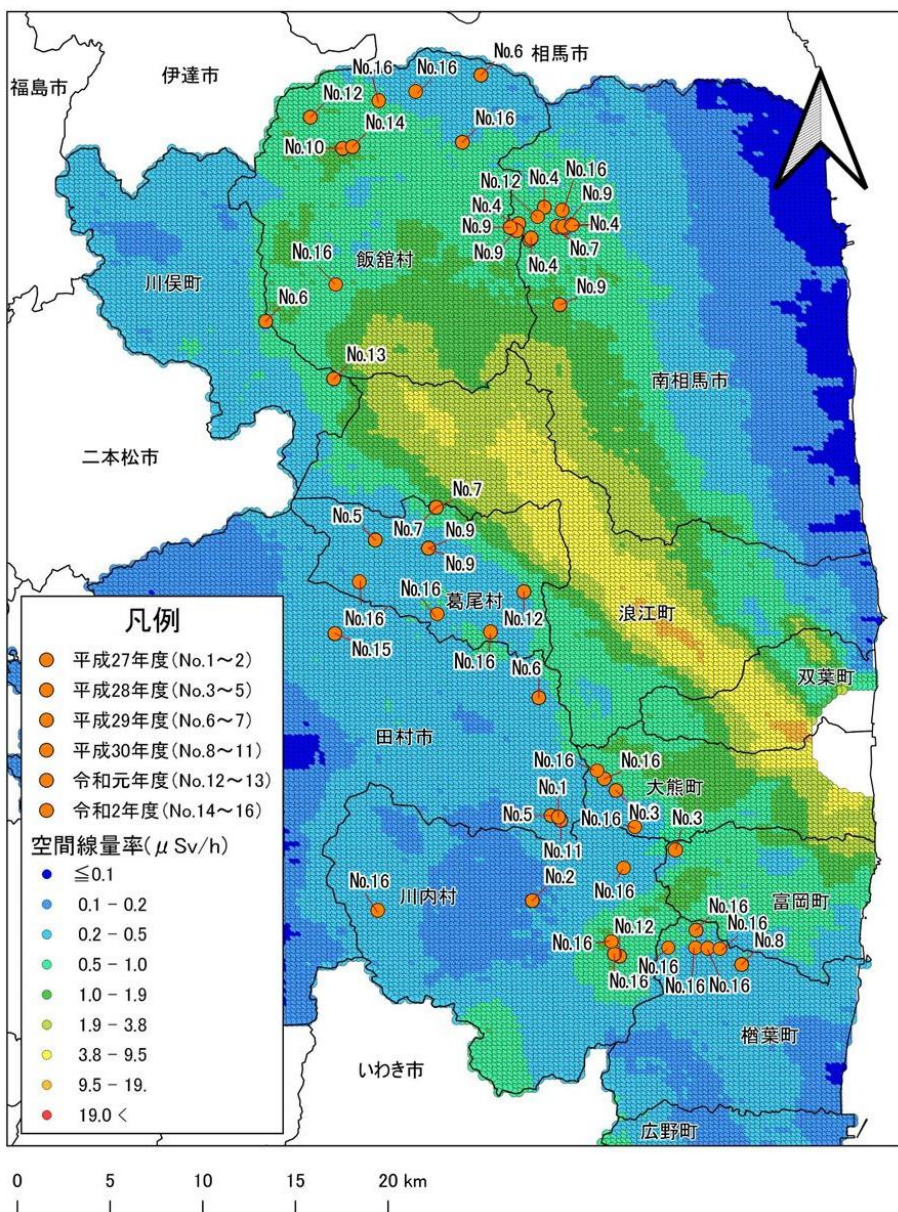
この度、これまで実施した実証事業の結果について整理して取りまとめを行ったところです。本取りまとめが今後の避難指示区域内の森林施業の実施に資する資料となれば幸いです。

※実証事業は、平成27年度から令和2年度にかけ、計16事業を実施しました。

※実証事業の位置図及び実証事業No.と実施年度を記載した事業名は下記のとおりです。

実証事業地位置図(年度別実行図)

実証事業



実証事業No.	実証事業名
No.1	平成27年度「森林における除染等実証事業」のうち「施業再開に向けた実証事業(田村市)」
No.2	平成27年度「森林における除染等実証事業」のうち「施業再開に向けた実証事業(川内村)」
No.3	平成28年度「森林における除染等実証事業」のうち「施業再開に向けた実証事業(富岡町・大熊町)」
No.4	平成28年度「森林における除染等実証事業」のうち「施業再開に向けた実証事業(南相馬市)」
No.5	平成28年度「森林における除染等実証事業」のうち「施業再開に向けた実証事業(田村市・葛尾村)」
No.6	平成29年度旧避難指示区域における林業再生のための実証事業(川俣町・田村市・飯館村)
No.7	平成29年度旧避難指示区域における林業再生のための実証事業(南相馬市・葛尾村)
No.8	平成30年度旧避難指示区域における林業再生のための実証事業(楡葉町)
No.9	平成30年度旧避難指示区域における林業再生のための実証事業(南相馬市)
No.10	平成30年度旧避難指示区域における林業再生のための実証事業(飯館村)
No.11	平成30年度旧避難指示区域における林業再生のための実証事業(田村市)
No.12	令和元年度旧避難指示区域における林業再生のための実証事業(川内村・葛尾村・飯館村・南相馬市)
No.13	令和元年度旧避難指示区域における林業再生のための実証事業(川俣町)
No.15	令和2年度旧避難指示区域における林業再生のための実証事業(田村市)
No.16	令和2年度旧避難指示区域における林業再生のための実証事業(施業箇所検討方法及び林道整備に係る検証)

※航空機モニタリング結果 令和2年(2020)年10月29日時点(資料:原子力規制委員会)

注: No.14については、林道の調査設計等の業務のため掲上省略

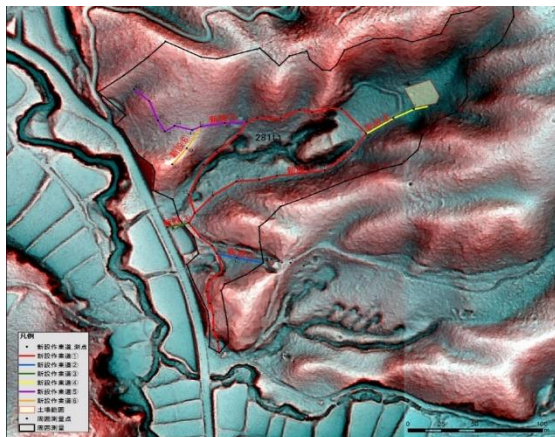
2. 調査項目別の取りまとめ

実証事業における調査項目別の結果等は下記となります。

調査項目別の取りまとめ

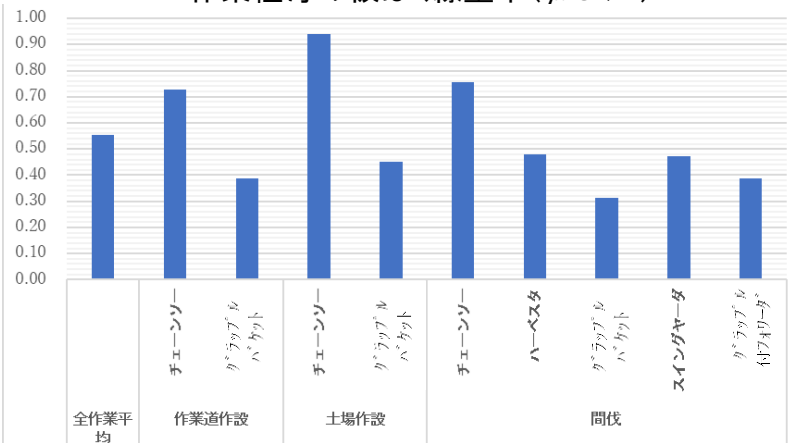
実証事業No.	調査項目	調査目的	調査結果と成果
1～8 10～13 15	森林情報活用システムの活用	放射性物質への配慮が必要な事業地では、事前の検討段階において情報システムを最大限活用し、現地調査を極力軽減する手法について実施した。	<ul style="list-style-type: none"> 赤色立体図やオルソ画像等から地形や森林情報を予め読取り、施業区域の選定や森林作業道・土場の作設計画、高性能林業機械の導入等の具体的な作業システムの検討などに活用し、現地調査を極力軽減することで、作業員の被ばく低減を図ることが可能であった。
1～16	被ばく線量低減対策	作業員の被ばく低減対策について、森林施業時の有効的な対策を実施し、その効果を検証した。	<ul style="list-style-type: none"> チェーンソー作業従事者と高性能林業機械のオペレーターとの比較では、単位時間あたりの外部被ばく線量には倍近い差異が認められ、高性能林業機械等の活用が被ばく低減において有効であった。 森林作業道・土場の作設は、天地返し等を行うことにより、被ばく線量低減に効果があった。 空間線量率の高い事業地では、森林作業道や土場等にチップ散布等を行い、地表面に被覆することによって、表層土壌中の放射性物質の拡散を防ぐことによる空間線量率の低減効果が発揮され、作業員の被ばく線量を低減することができた。 高性能林業機械等のキャビン内の土や泥は、内部被ばく原因の粉じん源なので、早期除去と除去時のマスク着用が重要である。
1～16	事業地の空間線量率の把握等	森林施業の実施に際し、事業地の空間線量率を把握する必要がある。その際、現地の環境条件や森林施業の内容等に応じた適正な測定密度等を選択するための方法について検証した。	<ul style="list-style-type: none"> 事前に空間線量率を把握する手段として、航空機モニタリング結果や1kmメッシュ毎の森林の空間線量率調査結果を活用し、空間線量率の調査方針を決定した。 県指針の測定ベースを基本とし、現地の地形や空間線量率に応じ、必要な場合にはより高い測定密度を選択した。 高い測定密度を検討する際は、20～30mのメッシュ法により可能だが、メッシュ法に代わる手法として歩行サーベイによる手法及び有効性を実証した。 森林内の空間線量率分布を把握する手段として、「森林内歩行サーベイ(第1次伐採・搬出確認調査)マニュアル」を作成し、メッシュ法に比較し、省力化による森林内空間線量率分布の把握が可能となった。

森林情報活用システムの活用



(赤色立体図の例)

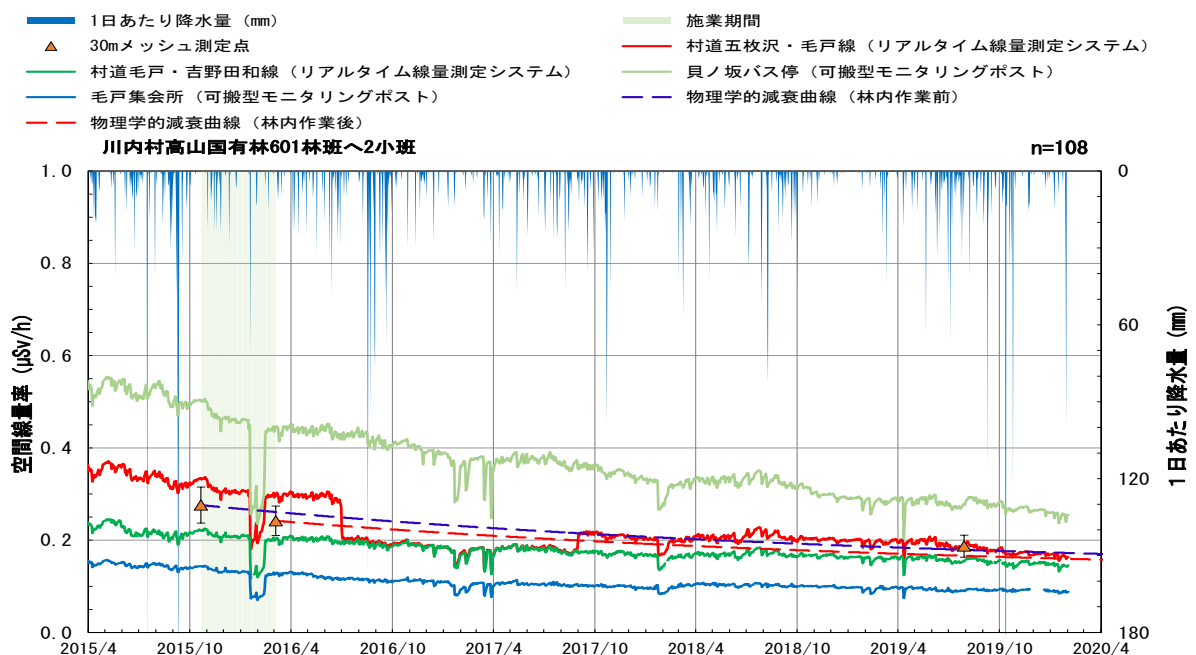
作業種毎の被ばく線量率 ($\mu\text{Sv/h}$)



2 (高性能林業機械使用時のオペレータの被ばく線量は低い)

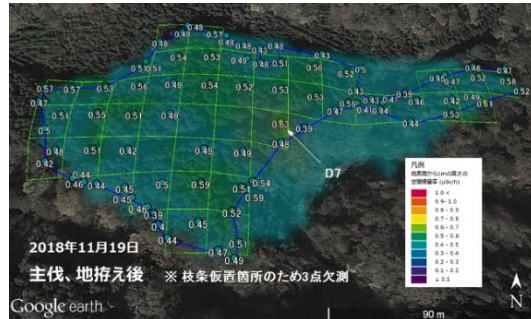
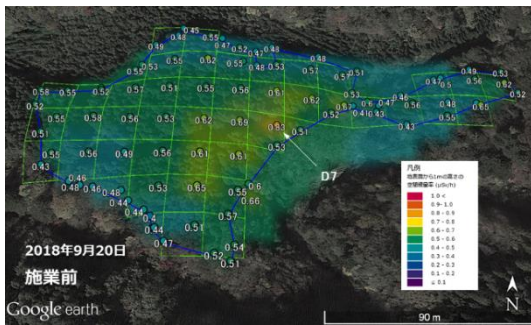
実証事業No	調査項目	調査目的	調査結果と成果
1～13 15	森林施業実施前後の空間線量率の変化	森林施業の実施前後の空間線量率を測定し、森林施業が空間線量率に与える影響を検証した。	<ul style="list-style-type: none"> 事業地毎の施業前後の空間線量率は、ほとんど全ての事業地において施業後の低下を確認した。 伐採木を林外へ搬出した間伐(列状)では、平均で15%の低減。その要因として、①森林作業道や土場作設等による空間線量率の低下の影響、②除伐、伐木枝条の地表被覆による低下の影響、③チップ散布工等土砂流出・放射性物質拡散防止対策による低下の影響、④木材の林外への搬出による影響等の総合的な効果が発揮された。 施業後1～4年経過した事業地の空間線量率は、施業直後の低減した状況を保ちつつ、概ね物理学的減衰に従って低減、施業前に比較すると平均で8.4%の低減率であった。
1～9 11～13 15	森林作業道・土場の作設等における空間線量率の低減効果の検証	森林作業道・土場の作設のための作業において、周辺への土砂流出や放射性物質の拡散を防止する路線計画や施工時の工種による効果を検証した。	<ul style="list-style-type: none"> 森林作業道の配置等の検討にあたって、森林情報活用システムを活用することにより、路線作設のための現地調査を軽減し、土工量を少なくして、土砂流出・放射性物質拡散を防止するとともに、作業員の被ばく低減が可能である。 森林作業道・土場の作設時に天地返しを行うことにより、施業前後で空間線量率が平均で3～4割ほど低減した。
1～13 15	土砂流出・放射性物質拡散防止対策等の効果の検証	森林作業道・土場の作設等森林施業時に実施した土砂流出・放射性物質拡散防止対策等の効果を検証した。	<ul style="list-style-type: none"> 土砂流出・放射性物質拡散防止対策工の効果を、土砂受け箱を設置し確認。表土や枝葉等の流出はほとんどみられず、事業による放射性物質の拡散の影響は少なかった。 森林作業道における木柵工等の作設や補修は、土砂流出や放射性物質の拡散防止に有効であった。 森林作業道・土場新設地におけるチップや枝条被覆工の施工前後の空間線量率を測定。平均で20～25%の低減。前述した作設時の天地返し後に実施するとさらなる効果発揮を確認した。

森林施業終了後の空間線量率の低減効果



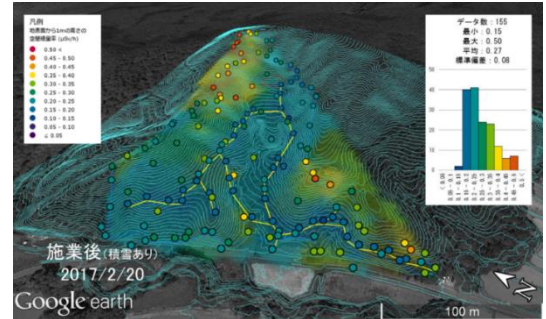
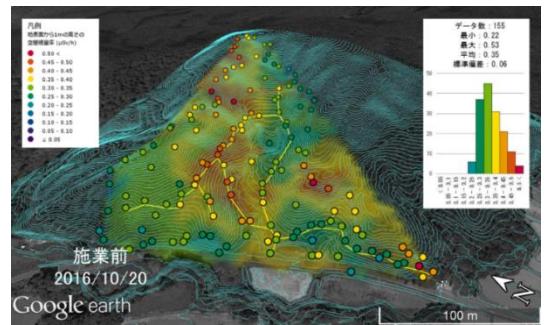
(実証事業No.2:H27川内村)

主伐(皆伐)前後の空間線量率の低減効果



(実証事業No.8:H30檜葉町)

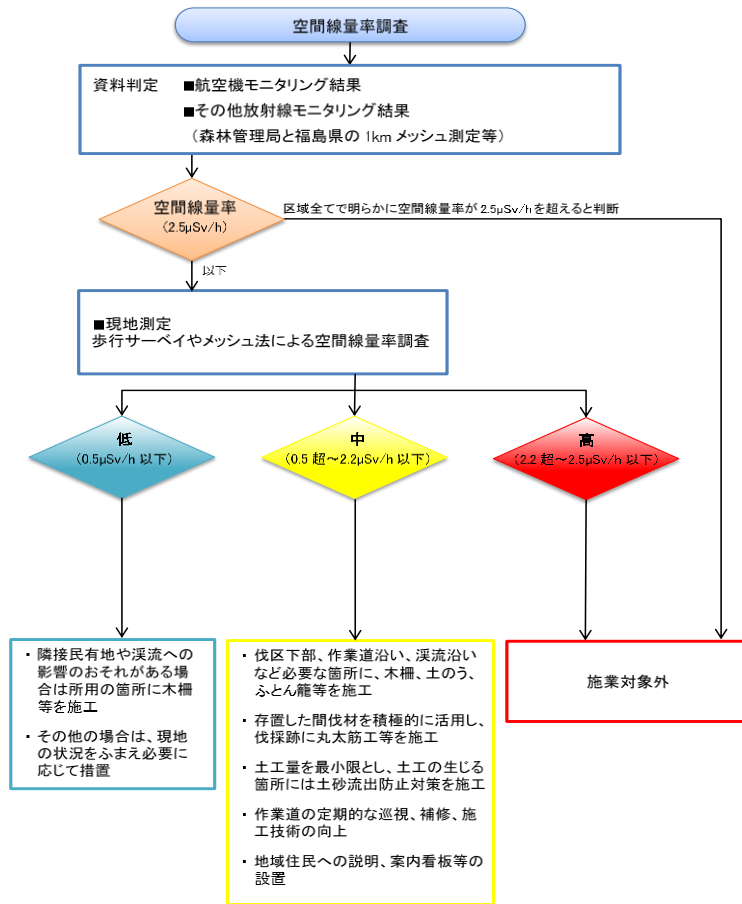
森林作業道・土場の作設等における空間線量率の低減効果の検証



(実証事業No.5:H28田村市)

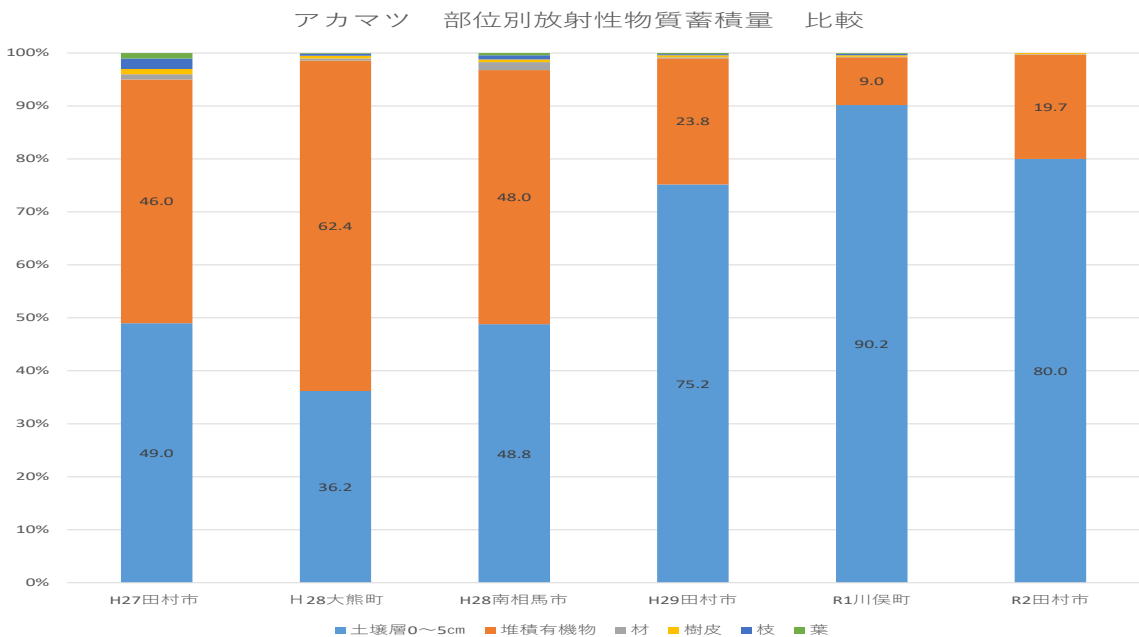
実証事業No	調査項目	調査目的	調査結果と成果
1~7 9 11~12	ウォーターサンプリャによる 渓流水中の放射性物質 の確認	森林作業道・土場の作 設等の森林施業や土 砂流出・放射性物質の 拡散防止対策が渓流 水中の放射性物質に 与える影響についてモ ニタリングを行った。	<ul style="list-style-type: none"> 森林作業道等の作設が渓流水中の放射性物質濃度に与える影響についてウォーターサンプリャによる観測を行った。 平成27~28年度の作業道作設中の降雨時に一時的な濁水流出を確認。工事終了後は、土砂流出・放射性物質拡散防止対策の効果が発揮され、また下層植生の繁茂により、林内が安定してきて、濁水流出は認められなくなった。平成29年度以降、放射性物質は未検出(ND)である。 事業実施による放射性物質拡散への影響をなくすための「流出・拡散防止フロー」を作成した。
1~13 15	樹木部位別、 堆積有機物 及び表層土 壌中の放射 性物質蓄積 量	各所に存在する実証 事業地の樹種別の樹 木部位別、堆積有機 物及び表層土壌中の 放射性物質蓄積量の 把握を行った。	<ul style="list-style-type: none"> 実証事業地における樹木部位別、堆積有機物及び表層土壌中の放射性物質蓄積量について、スギ14例、ヒノキ7例、アカマツ6例を調査した。 放射性物質が付着した枝葉については、経年により落葉落枝として地表に落下し、その後、堆積有機物から表層5cmまでの土壌に多くのセシウムが移動していた。
1~8 10~13 15~16	樹皮中の放 射性物質濃 度の推定	現地での出材可否に ついて簡易に判定でき る方法を評価するため、 試料の採取を伴わな い現地で計測可能な 方法において、樹皮中 の放射性物質濃度を 推測、判定する手法を 検討した。	<ul style="list-style-type: none"> GM計数管式サーベイメータによる樹皮の表面計数率を測定し、樹皮中の放射性物質濃度測定結果との相関関係を調査。推定濃度と測定濃度との間には、高い相関性が確認できた。 樹皮中の放射性物質濃度が低い場所では、推定精度が劣るが、推定値は安全側に判断可能。 伐採前に搬出の実施・見送りを確認する目的で、「樹皮中放射性物質濃度推定調査(第2次伐採・搬出確認調査)マニュアル」(実証事業No.16)を作成し検証した。一定程度の精度が確認され、試料の採取を伴わず現地で完結できる手法であることが確認できた。

流出・拡散防止フロー

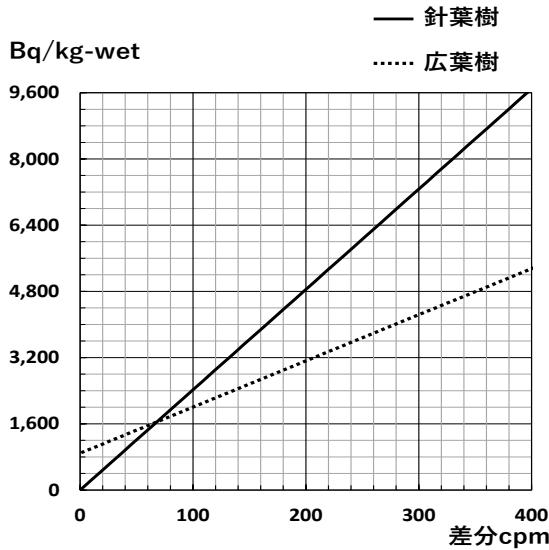


※フローイメージ図中に記載した空間線量率区分による対応策は、本実証事業の実施に伴い得たデータ等に基づき検討したものであり、旧避難指示区域に所在する森林全般を対象とするものではありません。

樹木部位別、堆積有機物及び表層土壌中の放射性物質蓄積量



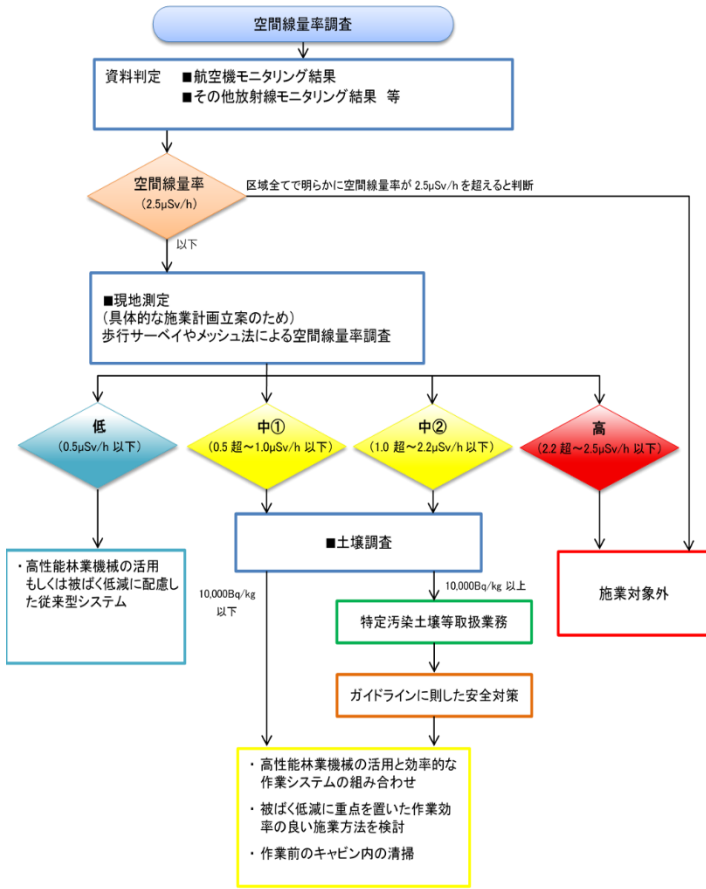
樹種ごとの樹皮中放射性物質濃度推定図



(「樹皮中放射性物質濃度推定調査(第2次伐採・搬出確認調査)マニュアル」より)

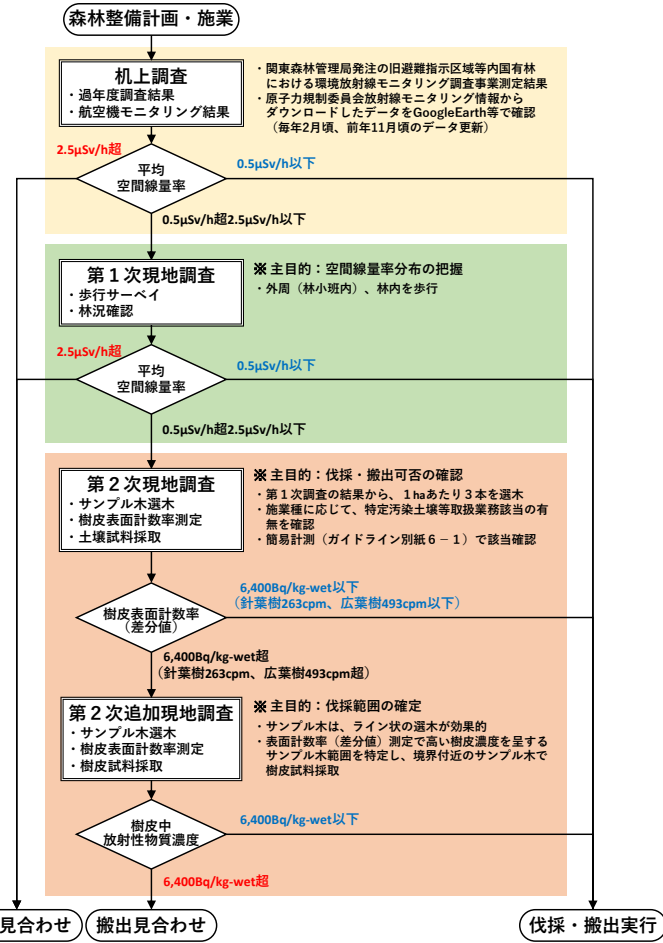
実証事業No	調査項目	調査目的	調査結果と成果
1～2 4 7～8 12～13 15～16	特定汚染土壌等取扱業務の該当確認	「除染等業務に従事する労働者の放射線障害防止のためのガイドライン」における特定汚染土壌等取扱業務等に対応した作業員の被ばく対策を実施するための被ばく低減対策のフローを検討した。	<ul style="list-style-type: none"> 「除染等業務に従事する労働者の放射線障害防止のためのガイドライン」において、森林内の空間線量率が1.0 μSv/hを超える箇所では、土壌調査を実施し、土壌の放射性物質濃度が10,000Bq/kgを超えた場合は、特定汚染土壌等取扱業務に対応した作業員の被ばく対策を実施する必要がある。 作業員の被ばく対策選択のため、「被ばく低減フロー」を作成した。また、調査方法の統一化を目的に、「特定汚染土壌等取扱業務該当確認調査マニュアル」(実証事業No.16)を作成した。
16	主間伐等施業可否判断手法の検証	放射性物質の影響が残っている国有林等において、伐採・搬出を伴う施業の可否を判断する実践的な手法が求められており、その調査フローを検討した。	<ul style="list-style-type: none"> 国有林等における伐採・搬出を伴う施業の可否を判断する実践的な手法として、「森林整備計画・施業検討調査フロー」を作成した。 フローは、第1次調査として森林内の歩行サーベイ、第2次調査として樹皮中放射性物質濃度推定調査を実施することにより、簡易かつ効率的に施業可否の判断が可能である。 作成された「森林整備計画・施業検討調査フロー」に沿った手法において、現地調査を短時間で効率的に行うことが可能となり、比較的精度の高い施業の可否判断を行えることが確認された。
11 13 15	樹皮の剥皮	木材の放射性物質濃度は、樹皮が比較的高い事例が多い。樹皮を取り除き木材を有効利用する観点から、効率的な剥皮方法等を検証した。	<ul style="list-style-type: none"> 樹皮剥皮後の表面計数率は、平均で10～50%程度に減少した。剥皮の生産性は、クローラ式ハーベスタやローラー式ハーベスタが有利である。 コスト的にはクローラ式ハーベスタが有利。ストローク式ハーベスタは剥皮率は高かったが、剥皮後の表面に細かい傷が多い。 高圧洗浄機は、きれいに仕上がるが大量の水を必要とし、使用した水を溪流に流さない配慮が必要。
7～9 12～13 15	木材の流通と木材サプライチェーンの構築について	旧避難指示区域における森林施業の再開には、木材の活用が課題。また、木材の安定供給・有効利用を図るには、サプライチェーンの構築が必要。	<ul style="list-style-type: none"> 旧避難指示区域における今後の木材利用拡大に向けては、国有林や県、市町村との連携した対策が必要。そのため、県の指針に基づく、今後の木材流通についての判断基準(案)及び「木材の活用フロー」を作成した。 木材の安定供給・有効利用を図るには、サプライチェーンの構築が必要。そのため、福島県産材の安全性及び信頼を確保するため、消費者の風評の払拭、流通のための関係者とのきめ細かな情報共有等が必要。

被ばく低減フロー

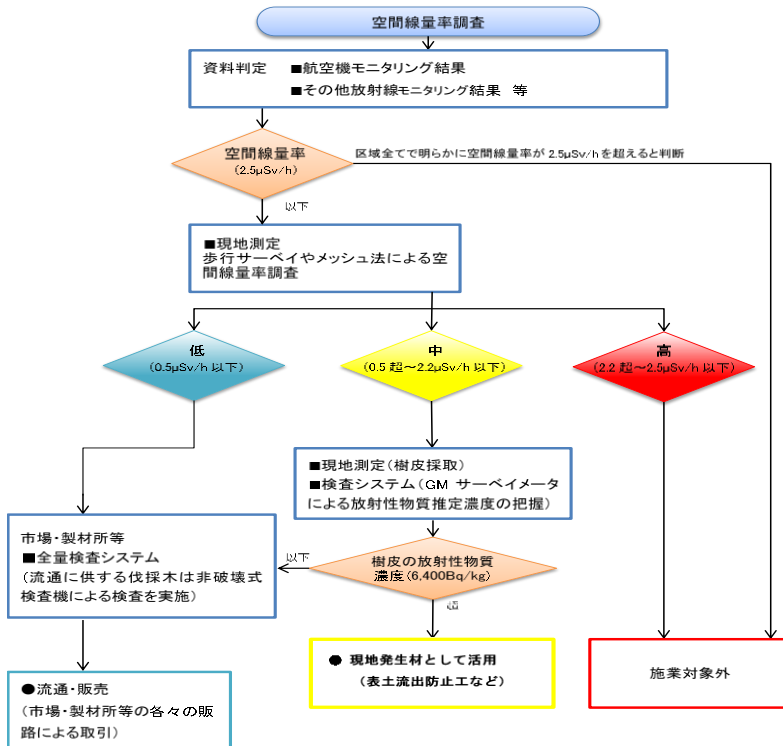


※フローイメージ図中に記載した空間線量率区分による対応策は、本実証事業の実施に伴い得たデータ等に基づき検討したものであり、旧避難指示区域に所在する森林全般を対象とするものではありません。

森林整備計画・施業検討調査フロー



木材の活用フロー



※フローイメージ図中に記載した空間線量率区分による対応策は、本実証事業の実施に伴い得たデータ等に基づき検討したものであり、旧避難指示区域に所在する森林全般を対象とするものではありません。



クローラ式ハーベスタによる樹皮の剥皮



ローラー式ハーベスタによる樹皮の剥皮



ストローク式ハーベスタによる樹皮の剥皮



木材市場と全木検査機(福島県中央木材市場)

3. 実証事業の成果を踏まえた今後の森林施業のあり方等に資する整理

森林内における放射性セシウムの動態を踏まえた今後の森林施業のあり方等

- 下層植生の繁茂は、根茎の発達を促し、表層土壌中の放射性セシウムの地中移動を促進し、土壌中に固定させる可能性が指摘される。
- 列状間伐等の実施は、林内の日照量を増加させ、施業後の下層植生の繁茂につながるため、その促進が推奨される。

森林施業等に伴う放射性セシウム及び空間線量率の低減技術のあり方等

- 皆伐、間伐等森林施業とそれに伴う森林作業道や土場の作設は、結果的に、表層土壌の天地返し等により、地表の放射性セシウムを地中に固定させ空間線量率の低減が図られる。

事業地における主間伐等の施業の判断を得る効果的な技術手法について

- 伐採・搬出を伴う施業の可否を判断する「森林整備計画・施業検討調査フロー」の活用が推奨される。
- 今後の木材利用拡大を踏まえ「木材の活用フロー」の活用が推奨される。

4. まとめ

平成27年度以降、旧避難指示区域内の国有林内において、間伐等の森林整備事業の実施にあたり、有効な放射性物質対策を実施し、各種検証を行ってきました。その結果、森林施業に伴う土砂流出や放射性物質の拡散防止対策を確立するとともに、被ばく線量低減等の検証を行ってきました。また、事業実施による放射性物質拡散への影響をなくすための「流出・拡散防止フロー」を作成し、有効な放射性物質対策の実施が可能であることがわかりました。

森林内における放射性セシウムの動態を踏まえた今後の森林施業のあり方等については、列状間伐等の森林整備を推進し、林内の下層植生の繁茂を促すとともに、森林施業に伴う森林作業道や土場の作設により地表の放射性セシウムの地中への固定を図り、空間線量率を低減させる施業の推進等が考えられます。

さらに、事業地における主間伐等の施業の判断を得る技術手法について、効果的な森林整備計画や施業を検討するための「森林整備計画・施業検討調査フロー」や「木材の活用フロー」等を作成し、伐採・搬出を伴う施業の可否や今後の木材利用拡大を推進する手段としての活用が考えられます。

以上より、今後はこれらの成果を活用して、避難指示区域内の森林施業の推進に資することが期待されます。