

参考資料目次

| | | |
|------|---|-----|
| * 1 | 放射性物質汚染対処特措法の概要 | 1 |
| * 2 | 主な諸法規等 | 2 |
| * 3 | 放射性物質汚染対処特措法 基本方針 | 3 |
| * 4 | 除染特別地域及び汚染状況重点調査地域 | 4 |
| * 5 | 空間線量率マップ(文部科学省航空モニタリング調査) | 5 |
| * 6 | 森林内の空間線量率と土壌等の放射性セシウム濃度 | 6 |
| * 7 | 森林内の放射性物質の分布状況 | 8 |
| * 8 | 「文部科学省による放射性物質の分布状況等に関する調査研究(森林内における放射性物質の移行調査)の結果について」(平成 23 年 9 月 14 日公表)の抜粋 | 1 2 |
| * 9 | 森林内における放射性セシウムの分布と動態 | 1 4 |
| * 10 | 森林の有する多面的機能 | 1 6 |
| * 11 | IAEA 除染に関する国際ミッション最終報告書 | 1 7 |
| * 12 | 落葉等除去による除染実証試験の概要 | 1 8 |
| * 13 | 枝打ちによる放射線量低減に関する実証試験の概要 | 2 2 |
| * 14 | 皆伐・間伐による放射性物質低減効果の実証試験の概要 | 2 3 |
| * 15 | 伐採等による放射線量低減に関する実証試験の概要 | 3 0 |
| * 16 | 人工林における収量比数と植被率及び土砂流出量 | 3 2 |
| * 17 | 表土流出防止工による放射性物質の拡散抑制実証試験の概要 | 3 3 |
| * 18 | 濁水防止工による放射性物質の拡散抑制実証試験の概要 | 3 8 |
| * 19 | 落葉等堆積有機物の除去手順 | 4 1 |
| * 20 | 枝葉等の除去手順 | 4 3 |
| * 21 | 警戒区域及び計画的避難区域における詳細モニタリングの結果 | 4 4 |
| * 22 | 伐採・集材方法の事例 | 4 5 |
| * 23 | 航空レーザ計測データの活用 | 4 6 |
| * 24 | 国有林野に係る放射線量低減技術策定調査費等委託費の執行について(23 林国第 115 号平成 23 年 12 月 7 日国有林野部長通知)の(別添 1)森林除染事業請負予定価格積算要領の概要 | 4 8 |
| * 25 | 除染電離則の概要 | 5 3 |
| * 26 | 空間線量率と落葉層及び土壌の放射性物質濃度との関係 | 5 6 |
| * 27 | 林内作業に伴う粉じんの発生状況等 | 5 7 |

* 1 放射性物質汚染対処特措法の概要

平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法の概要

目的

放射性物質による環境の汚染への対処に関し、国、地方公共団体、関係原子力事業者等が講ずべき措置等について定めることにより、環境の汚染による人の健康又は生活環境への影響を速やかに低減する

責務

- 国：原子力政策を推進してきたことに伴う社会的責任に鑑み、必要な措置を実施
- 地方公共団体：国の施策への協力を通じて、適切な役割を果たす
- 関係原子力事業者：誠意をもって必要な措置を実施するとともに、国又は地方公共団体の施策に協力

制度

基本方針の策定

環境大臣は、放射性物質による環境の汚染への対処に関する基本方針の案を策定し、閣議の決定を求める

基準の設定

環境大臣は、放射性物質により汚染された廃棄物及び土壌等の処理に関する基準を設定

監視・測定の実施

国は、環境の汚染の状況を把握するための統一的な監視及び測定の体制を速やかに整備し、実施

放射性物質による汚染された廃棄物の処理

- ① 環境大臣は、その地域内の廃棄物が特別な管理が必要な程度に放射性物質により汚染されているおそれがある地域を指定
- ② 環境大臣は、①の地域における廃棄物の処理等に関する計画を策定
- ③ 環境大臣は、①の地域外の廃棄物であって放射性物質による汚染状態が一定の基準を超えるものについて指定
- ④ ①の地域内の廃棄物及び③の指定を受けた廃棄物(特定廃棄物)の処理は、国が実施
- ⑤ ④以外の汚染レベルの低い廃棄物の処理については、廃棄物処理法の規定を適用
- ⑥ ④の廃棄物の不法投棄等を禁止

放射性物質により汚染された土壌等(草木、工作物等を含む)の除染等の措置等

- ① 環境大臣は、汚染の著しさ等を勘案し、国が除染等の措置等を実施する必要がある地域を指定
- ② 環境大臣が①の地域における除染等の措置等の実施に係る計画を策定し、国が実施
- ③ 環境大臣は、①以外の地域であって、汚染状態が要件に適合しないと見込まれる地域(市町村又はそれに準ずる地域を想定)を指定
- ④ 都道府県知事等(※)は、③の地域における汚染状況の調査結果等により、汚染状態が要件に適合しないと認める区域について、土壌等の除染等の措置等に関する事項を定めた計画を策定
- ⑤ 国、都道府県知事、市町村長等は、④の計画に基づき、除染等の措置等を実施
- ⑥ 国による代行規定を設ける
- ⑦ 汚染土壌の不法投棄を禁止
※政令で定める市町村長を含む

※原子力事業所内の廃棄物・土壌及び周辺に飛散した原子炉施設等の一部の処理については関係原子力事業者が実施

特定廃棄物又は除去土壌(汚染廃棄物等)の処理等の推進

国は、地方公共団体の協力を得て、汚染廃棄物等の処理のために必要な施設の整備その他の放射性物質に汚染された廃棄物の処理及び除染等の措置等を適正に推進するために必要な措置を実施

国の負担

- 国は、汚染への対処に関する施策を推進するために必要な費用についての財政上の措置等を実施
- 本法の措置は原子力損害賠償法による損害に係るものとして、関係原子力事業者の負担の下に実施
- 国は、社会的責任に鑑み、地方公共団体等が講ずる本法に基づく措置の費用の支払いが関係原子力事業者により円滑に行われるよう、必要な措置を実施

責務

- 本法施行から3年後、施行状況を検討し、所要の措置
- 放射性物質に関する環境法制の見直し
- 事故の発生した原子力発電所における原子炉等についての必要な措置

* 2 主な諸法規等

森林における放射性物質対策の実施にあたり、関係する主な諸法規等には次のものがあり、関係法令の遵守等に留意する必要がある。

- 1 平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法（平成 23 年法律第 110 号）
- 2 森林法（昭和 26 年法律第 249 号）
- 3 自然公園法（昭和 32 年法律第 161 号）
- 4 急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律（昭和 44 年法律第 57 号）
- 5 河川法（昭和 39 年法律第 167 号）
- 6 砂防法（明治 30 年法律第 29 号）
- 7 廃棄物の処理及び清掃に関する法律（昭和 45 年法律第 137 号）
- 8 土壌汚染対策法（平成 14 年法律第 53 号）
- 9 労働安全衛生法（昭和 47 年法律第 57 号）

* 3 放射性物質汚染対処特措法 基本方針

平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法基本方針（抜粋）

4. 土壌等の除染等の措置に関する基本的事項

(1) 基本的な考え方

土壌等の除染等の措置の対象には、土壌、工作物、道路、河川、湖沼、海岸域、港湾、農用地、森林等が含まれるが、これらは極めて広範囲にわたるため、まずは、人の健康の保護の観点から必要である地域について優先的に特別地域内除染実施計画又は除染実施計画を策定し、線量に応じたきめ細かい措置を実施する必要がある。この地域の中でも特に成人に比べて放射線の影響を受けやすい子どもの生活環境については優先的に実施することが重要である。また、事故由来放射性物質により汚染された地域には、農用地や森林が多く含まれている。農用地における土壌等の除染等の措置については、農業生産を再開できる条件を回復させるという点を配慮するものとする。森林については、住居等近隣における措置を最優先に行うものとする。

土壌等の除染等の措置に係る目標値については、国際放射線防護委員会（ICRP）の2007年基本勧告、原子力安全委員会の「今後の避難解除、復興に向けた放射線防護に関する基本的な考え方について」（平成23年7月19日原子力安全委員会）等を踏まえて設定するものとする。具体的には、

- ① 自然被ばく線量及び医療被ばく線量を除いた被ばく線量（以下「追加被ばく線量」という。）が年間20ミリシーベルト以上である地域については、当該地域を段階的かつ迅速に縮小することを目指すものとする。ただし、線量が特に高い地域については、長期的な取組が必要となることに留意が必要である。

この目標については、土壌等の除染等の措置の効果、モデル事業の結果等を踏まえて、今後、具体的な目標を設定するものとする。

- ② 追加被ばく線量が年間20ミリシーベルト未満である地域については、次の目標を目指すものとする。

ア 長期的な目標として追加被ばく線量が年間1ミリシーベルト以下のとなること。

イ 平成25年8月末までに、一般公衆の年得間追加被ばく線量を平成23年8月末と比べて、放射性物質の物理的減衰等を含めて約50%減少した状態を実現すること。

ウ 子どもが安心して生活できる環境を取り戻すことが重要であり、学校、公園など子どもの生活環境を優先的に除染することによって、平成25年8月末までに、子どもの年間追加被ばく線量が平成23年8月末と比べて、放射性物質の物理的減衰等を含めて約60%減少した状態を実現すること。

これらの目標については、土壌等の除染等の措置の効果等を踏まえて適宜見直しを行うものとする。

* 4 除染特別地域及び汚染状況重点調査地域

○除染特別地域

- ・指定対象 警戒区域又は計画的避難区域の対象区域等

| | 市町村数 | 指定地域 |
|-----|------|---|
| 福島県 | 1 1 | 檜葉町、富岡町、大熊町、双葉町、浪江町、葛尾村及び飯舘村の全域並びに田村市、南相馬市、川俣町及び川内村の区域のうち警戒区域又は計画的避難区域である区域 |

※汚染廃棄物対策地域及び除染特別地域を指定する件（平成 23 年 12 月 28 日環境省告示第 106 号）により指定

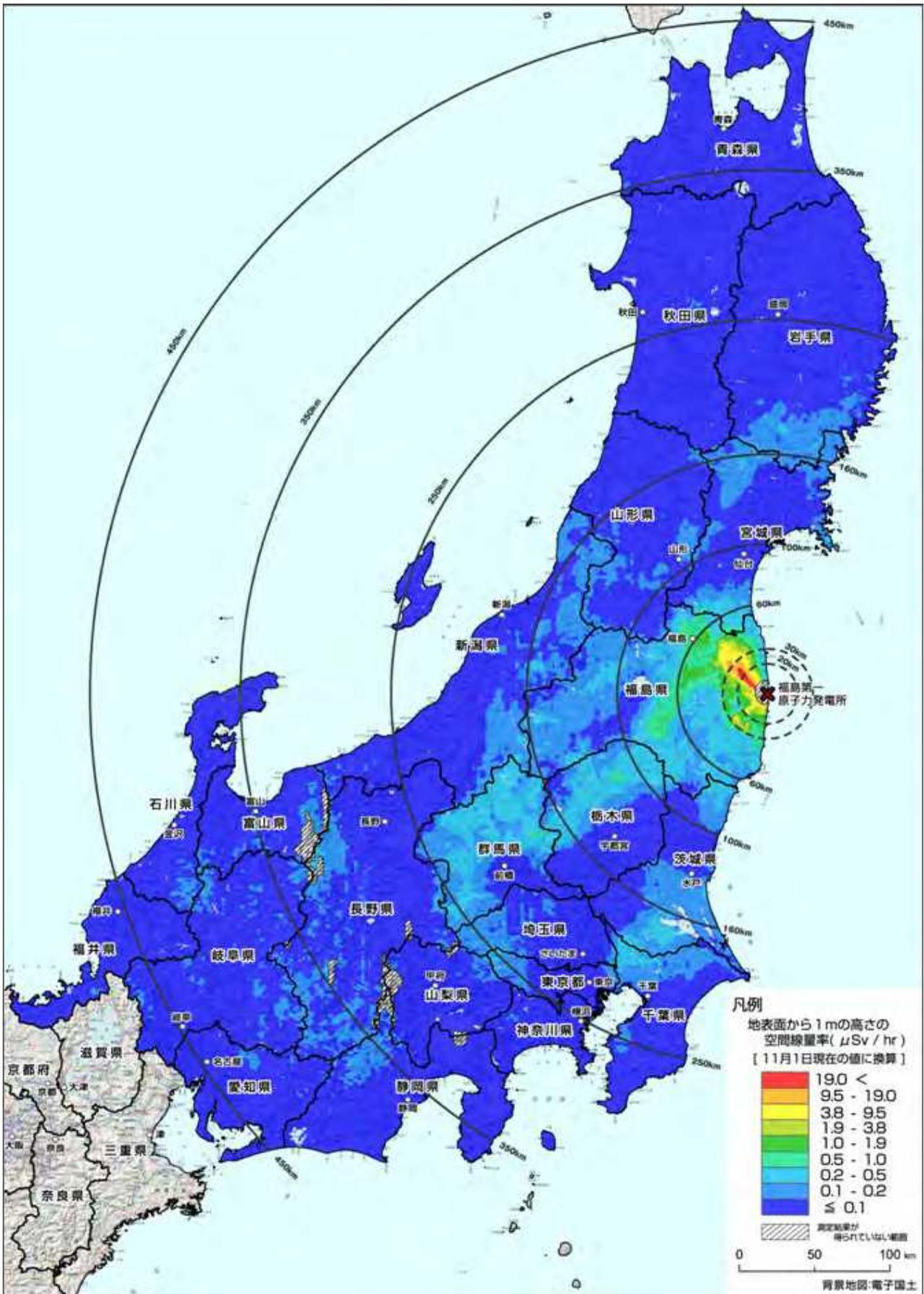
○汚染状況重点調査地域

- ・指定対象 放射線量が 1 時間当たり 0.23 マイクロシーベルト以上の地域

| | 市町村数 | 指定地域 |
|-----|-------|--|
| 岩手県 | 3 | 一関市、奥州市及び平泉町の全域 |
| 宮城県 | 9 | 石巻市、白石市、角田市、栗原市、七ヶ宿町、大河原町、丸森町、山元町及び亘理町の全域 |
| 福島県 | 4 1 | 福島市、郡山市、いわき市、白河市、須賀川市、相馬市、二本松市、伊達市、本宮市、桑折町、国見町、大玉村、鏡石町、天栄村、会津板下町、湯川村、三島町、昭和村、会津美里町、西郷村、泉崎村、中島村、矢吹町、棚倉町、矢祭町、塙町、鮫川村、石川町、玉川村、平田村、浅川町、古殿町、三春町、小野町、広野町、新地町及び柳津町の全域並びに田村市、南相馬市、川俣町及び川内村の区域のうち警戒区域又は計画的避難区域である区域を除く区域 |
| 茨城県 | 2 0 | 日立市、土浦市、龍ヶ崎市、常総市、常陸太田市、高萩市、北茨城市、取手市、牛久市、つくば市、ひたちなか市、鹿嶋市、守谷市、稲敷市、銚田市、つくばみらい市、東海村、三浦村、阿見町及び利根町の全域 |
| 栃木県 | 8 | 佐野市、鹿沼市、日光市、大田原市、矢板市、那須塩原市、塩谷町及び那須町の全域 |
| 群馬県 | 1 2 | 桐生市、沼田市、渋川市、安中市、みどり市、下仁田町、中之条町、高山村、東吾妻町、片品村、川場村及びみなかみ町の全域 |
| 埼玉県 | 2 | 三郷市及び吉川市の全域 |
| 千葉県 | 9 | 松戸市、野田市、佐倉市、柏市、流山市、我孫子市、鎌ヶ谷市、印西市及び白井市の全域 |
| 計 | 1 0 4 | |

※汚染状況重点調査地域を指定する件（平成 23 年 12 月 28 日環境省告示第 108 号）、汚染状況重点調査地域を指定する件（平成 24 年 2 月 28 日環境省告示第 15 号）により指定

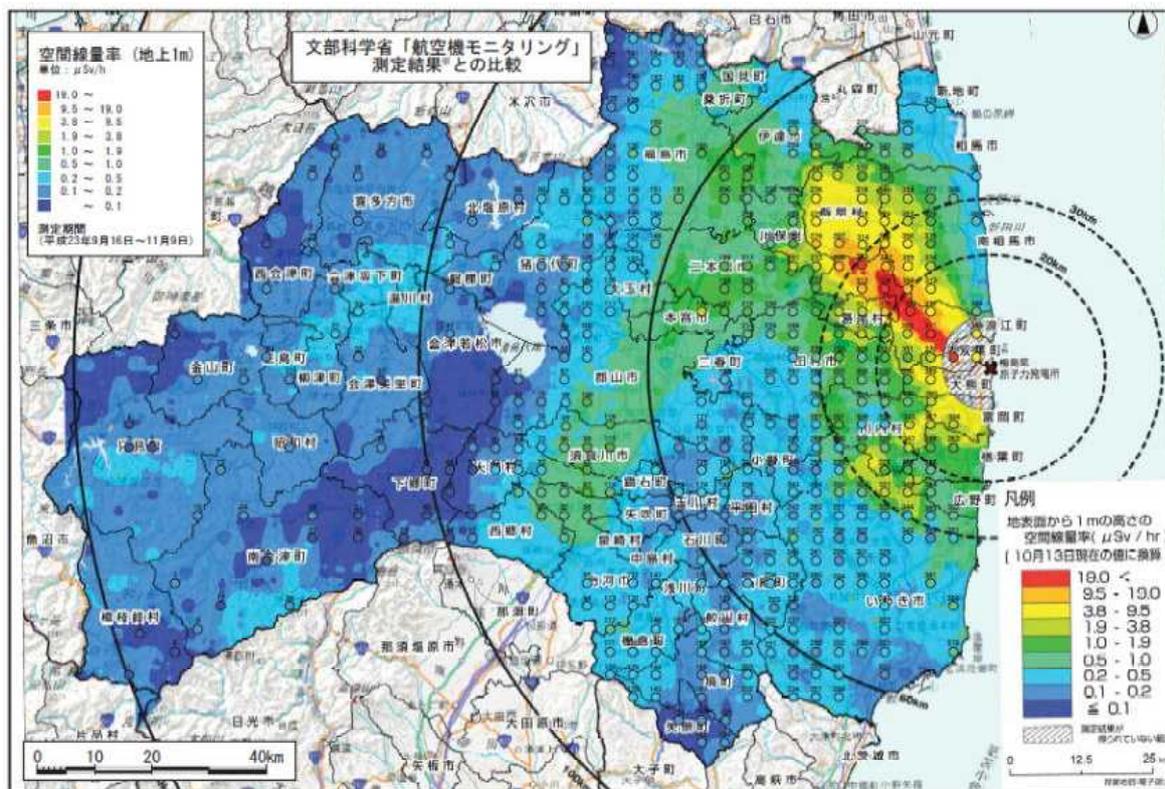
* 5 空間線量率マップ（文部科学省航空モニタリング調査）



*** 6 森林内の空間線量率と土壌等の放射性セシウム濃度**

- 1 林野庁では、平成 23 年度に福島県内の森林 391 箇所（東京電力福島第一原子力発電所から 80km 圏内は概ね 4km メッシュ相当、80km 圏外は概ね 10km メッシュ相当）において、空間線量率と土壌等の放射性セシウム濃度の調査を実施している。
- 2 各調査点においては、地上 1m の高さの空間線量率を測定するとともに、落葉等の堆積有機物及び土壌（表層 5cm）を採取し、それぞれの放射性セシウム（¹³⁷Cs, ¹³⁴Cs）の濃度を測定した。
- 3 森林内の空間線量率及び土壌等の放射性セシウム濃度については比例する関係となっており、それぞれを文部科学省が実施・公表している航空機モニタリングと重ね合わせると、同様の傾向を示している。（図 1 及び図 2）
- 4 なお、森林における土壌等の放射性セシウムの蓄積量（単位面積あたり）については、航空機モニタリングの調査結果に比して濃度が低い地点が多くなっており、森林内では地表部分だけでなく、樹冠や枝葉などの地上部にも放射性セシウムが分布していることが再確認できる結果となった。

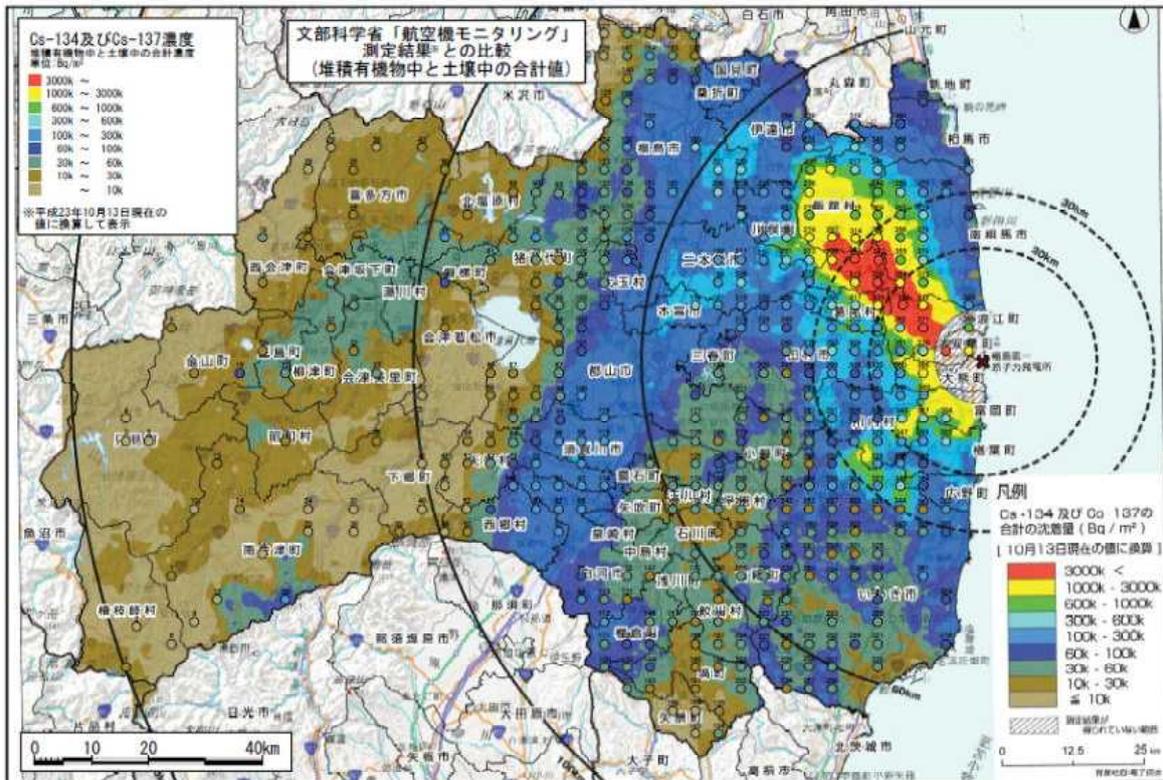
図 1 森林内の空間線量率の調査結果（地上高1mの空間線量率 $\mu\text{Sv/h}$ ）



※ 文部科学省「文部科学省による、岩手県、静岡県、長野県、山梨県、岐阜県、及び富山県の航空機モニタリングの測定結果」（平成23年11月11日公表）

※○印内が森林における空間線量率の測定結果であり、図は文部科学省航空機モニタリングの測定結果と重ね合わせた

図2 森林内の土壌等の放射性セシウム蓄積量 (Bq/m²)



※ 文部科学省「文部科学省による、岩手県、静岡県、長野県、山梨県、岐阜県、及び富山県の航空機モニタリングの測定結果」(平成23年11月11日公表)

※○印内が森林内の土壌等の放射性セシウム蓄積量の測定結果であり、図は文部科学省航空機モニタリングの測定結果と重ね合わせた

* 7 森林内の放射性物質の分布状況

1. 実施主体：独立行政法人森林総合研究所
2. 調査期間：平成 23 年 8 月 8 日～9 月 7 日
3. 調査地：福島県川内村、大玉村、只見町

| 調査地 | 空間線量率 (地上高 1m) | 樹種 | 林齢 |
|-----|-------------------|------|-------|
| 川内村 | 3.11 μ Sv/h | スギ | 42 年生 |
| 大玉村 | 0.31 μ Sv/h | スギ | 41 年生 |
| | 0.33 μ Sv/h | アカマツ | 42 年生 |
| | 0.33 μ Sv/h | コナラ | 42 年生 |
| 只見町 | 0.12 μ Sv/h | スギ | 40 年生 |



スギ調査地（只見町）



コナラ調査地（大玉村）



アカマツ調査地（大玉村）

4. 調査方法：

各調査地にプロットを設定して空間線量率を測定するとともに、林分の生長量を調査したほか、既存の推定式を用いて幹材積や葉、枝、根の重量を推定。

プロットから生育程度の異なる試料木を 3 本ずつ選定・伐倒し、葉、枝、樹皮、幹に分けてサンプリングするとともに、試料木の周囲から落葉等堆積有機物と土壌をサンプリングし、採取した試料は乾燥・粉碎した後に、 γ 線スペクトロメトリー法により放射性物質を定量。

部位別の単位面積当たりの放射性セシウム蓄積量は、面積当たりの落葉層、土壌、樹木の各部位の現存量に、それぞれの放射性セシウム濃度を乗じて求めた。



空間線量率の測定



土壌試料のサンプリング



伐採時の試料の汚染防止のため養生



材の試料サンプリング

5. 調査結果：

大玉村の 3 種類の樹種（スギ、アカマツ、コナラ）を比較すると、同程度の空間線量率でも樹種によって部位別の放射性セシウム濃度が異なることが分かった。（図 1）常緑樹であるスギ林とアカマツ林では落葉層と葉の放射性セシウムの濃度が高い一方、落葉樹であるコナラ林では、落葉層の放射性セシウムが最も濃度が高い結果となった。この結果は、福島第一原子力発電所事故発生当時に、コナラ林では着葉していなかったために、放射性物質が林床に降下したことを示唆している。

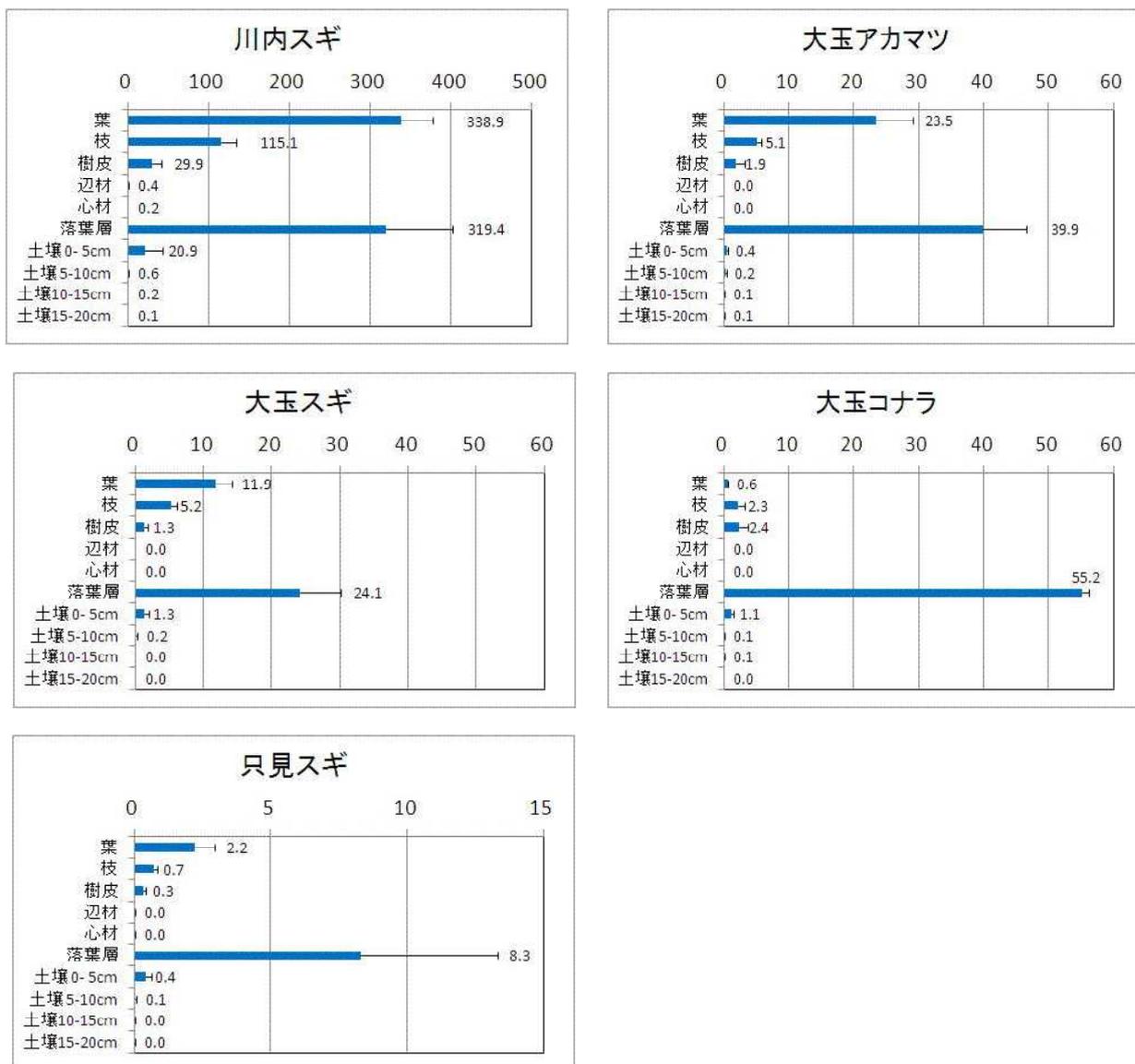
また、空間線量率の異なる 3 地点のスギ林を比較すると、森林内の放射性セシウム濃度は空間線量率の高低と概ね比例関係にあり、部位別に比較すると、葉及び落葉層の放射性物質濃度が高い状況が明らかとなった。（図 1）

なお、只見町スギ林において、落葉層や土壌の放射性物質濃度が最も高くなったことについては、只見町が福島第一原子力発電所から最も離れた低汚染地域であり、原発事故発生以前にフォールアウトした放射性セシウムの影響と考えられる。（日本の森林土壌の表層には、大気核実験の影響等で 100Bq/kg 程度の ^{137}Cs が含まれている。※ Chisato Takenaka ら、The Science of the Total Environment 222 1998. 193-199 (1998)より）

森林全体の放射性セシウム蓄積量と、森林内における放射性セシウムの立体的な分布状況を把握するため、部位別の放射性セシウム濃度と単位面積当たりのそれぞれの重量をかけ合わせて部位別の蓄積量を計算したところ、森林内に蓄積している放射性セシウムの量は、空間線量率の高低と比例する結果となった。（図 2）

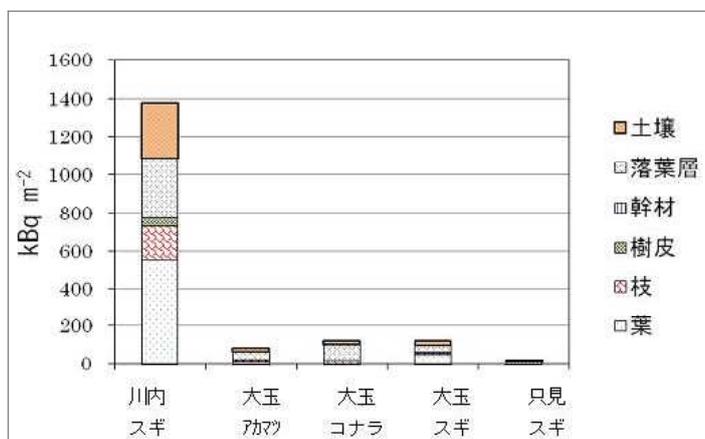
また、部位別の放射性セシウム蓄積量の分布割合を比較したところ、常緑樹であるスギ林では樹冠の葉と林床の落葉層に多くの放射性セシウムが分布し、落葉樹であるコナラ林では、林床の落葉層に 6 割の放射性セシウムが分布している結果となった。また、アカマツ林はスギ林と落葉樹の中間的な分布割合となった。（図 3）

図1 部位別の放射性セシウムの濃度 (kBq/kg)



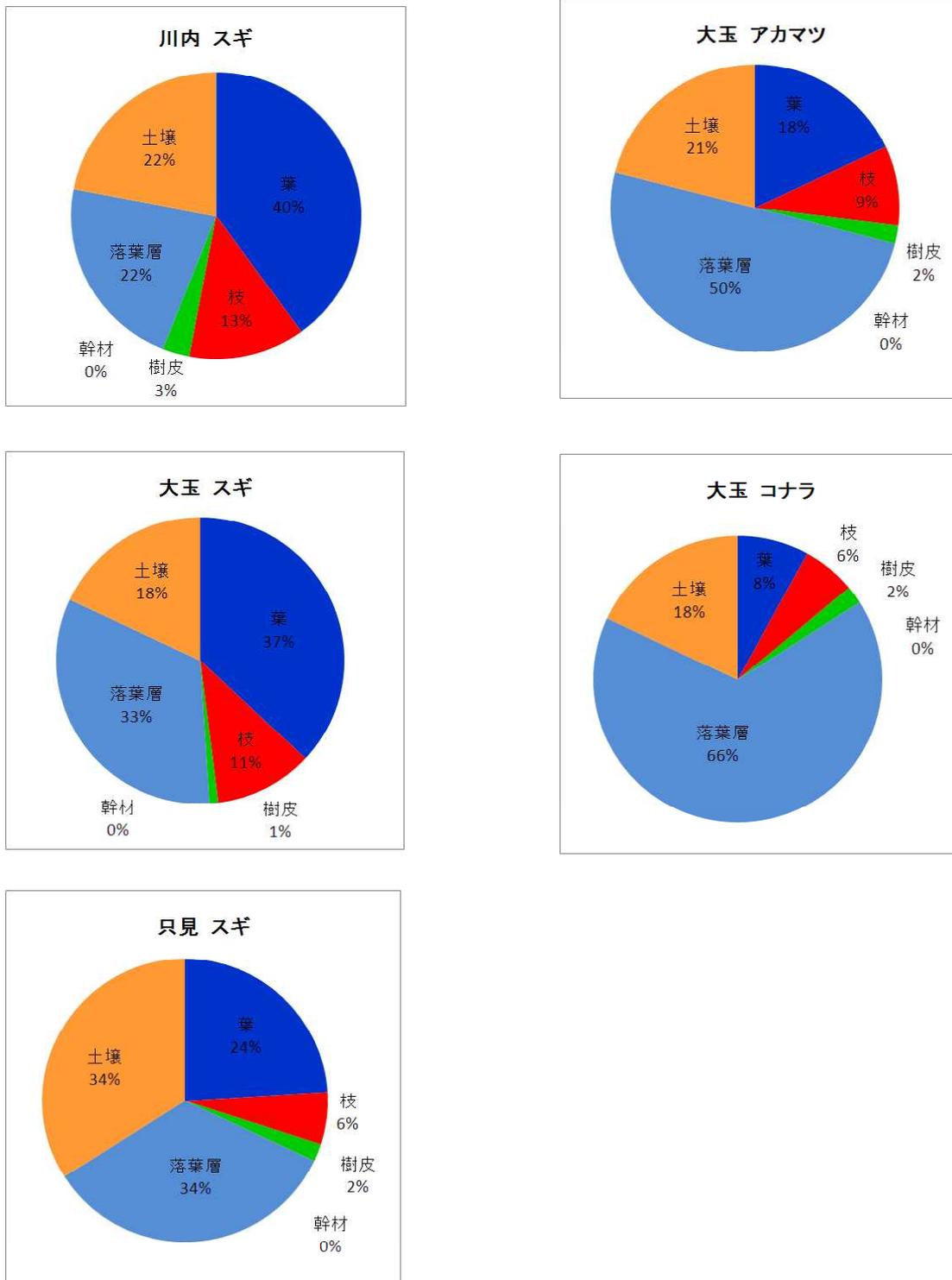
※濃度の単位は乾燥試料 1 キログラムあたりのキロベクレル。図中のバーは標準偏差を示す。

図2 部位別の単位面積あたり放射性セシウム蓄積量 (kBq/m²)



※部位別等の放射性セシウム濃度に、単位面積あたりのそれぞれの部位の重量を掛け合わせて放射性セシウム蓄積量を算出した。

図3 放射性セシウムの部位別分布割合



※幹材については心材と辺材の合量であり、土壌は深さ 0-20cm の全層の含量
 ※落葉層は落葉や落枝及びそれらの腐朽した有機物からなる堆積有機物層全体をさす。

*** 8 「文部科学省による放射性物質の分布状況等に関する調査研究（森林内における放射性物質の移行調査）の結果について」（平成23年9月14日公表）の抜粋**

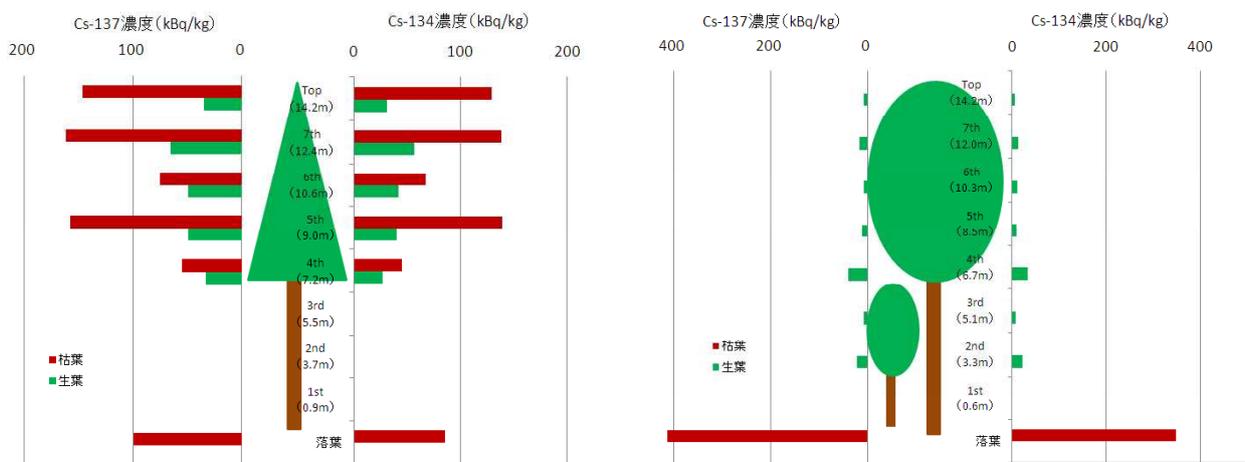
※調査期間：平成23年6月6日～8月31日

○地表面にしか放射線源がない場合、通常、空間線量率は高さが高くなるほど低くなる傾向にあるが、スギ林内は、別紙 3 の結果に見られるように、樹冠に顕著に放射性セシウムが付着しているため、樹冠に近いほど空間線量率が増加する傾向にあるものと考えられる。他方で、事故発生初期に放射性セシウムが放出された際、広葉樹林内の樹木の葉は生育途中であったことから、別紙 3、4 の結果に見られるように、降下した放射性セシウムは葉に蓄積されずに土壌表層の落葉等のリター層に直接付着したため、リター層への放射性セシウム量がスギ林に比べて大きくなり、地表面に近いほど、空間線量率が増加する傾向にあるものと考えられる。

○これらの結果を踏まえると、森林内の土壌中における放射性セシウムの蓄積量は、落葉の堆積や、葉に付着した放射性セシウムが降雨により森林内の地表面に移行することなどに伴い、現状でも徐々に増加してきているものと考えられる。そこで、現状において森林内の空間線量率の低減化を図るためには、広葉樹混合林では、落葉等のリター層における放射性セシウムの蓄積量が多いことから、生態系への影響を考慮しつつ、表面に堆積しているリター層を除去することが効果的である。他方で、スギ林では、樹冠付近の生葉や枯葉に付着した放射性セシウムの濃度が高いことから、生葉や枯葉を除去することが効果的である。なお、スギ壮齢林では、スギ若齢林や広葉樹混合林に比べて、地表面への放射性セシウムの蓄積量が多いことから、リター層の除去も効果的である。

（以下、別紙 3 及び 4 より）

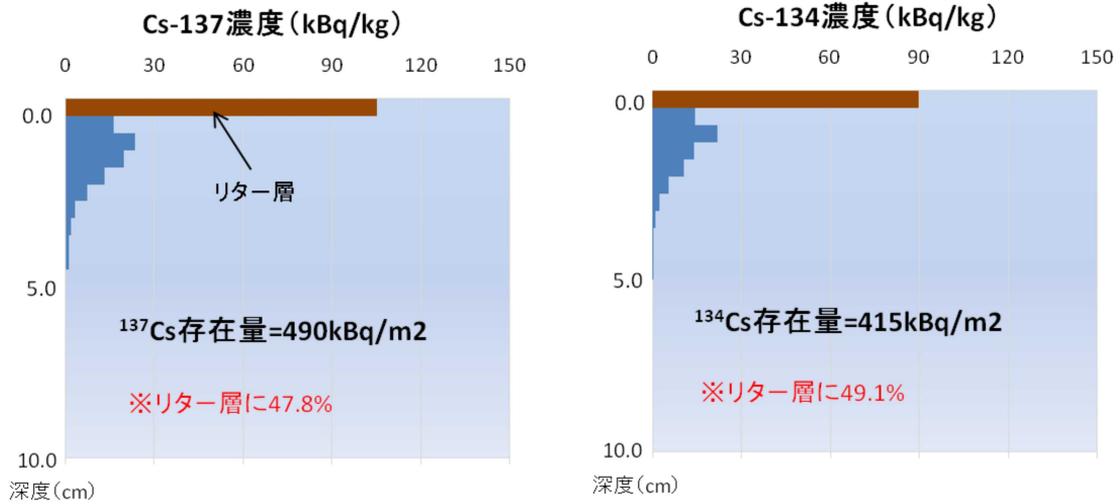
樹木の放射性セシウムの分布状況



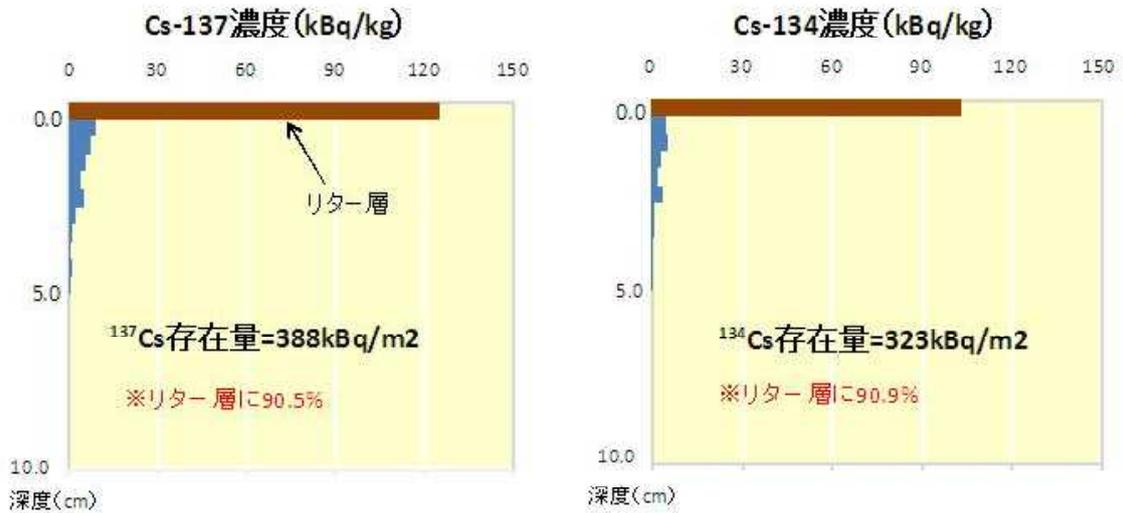
スギ壮齢林 (40-50 年生)

広葉樹林 (ナガシ・ウカヒ等)

土壤中の深度別放射性セシウムの蓄積状況（スギ壮齢林）



土壤中の深度別放射性セシウムの蓄積状況（広葉樹林）



* 9 森林内における放射性セシウムの分布と動態

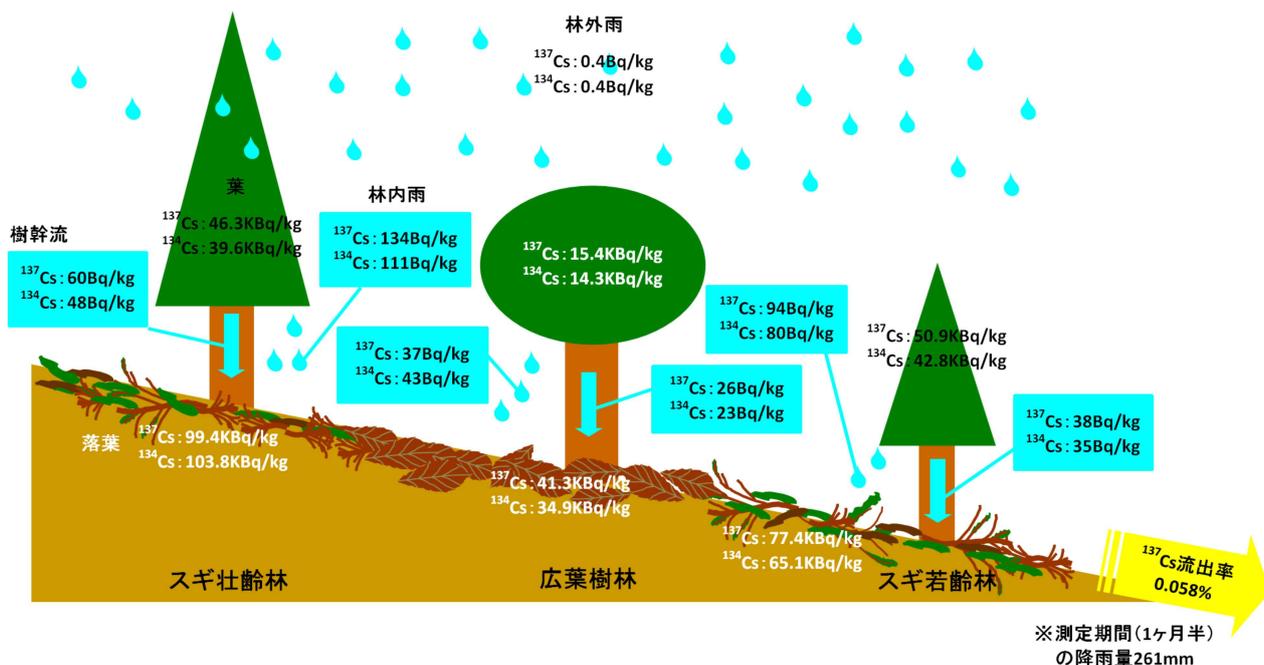
文部科学省では、東京電力福島第一原子力発電所から放出された放射性物質の地表面や森林等の環境における包括的な移行状況を確認するため、福島県伊達郡川俣町の山木屋地区をモデル地区として、森林内外への移行、土壌侵食による移行、土地表面からの地下水への移行状況、森林・土壌からの巻き上げ状況について調査を実施している。

具体的な調査手法としては、森林内に 8-12m の櫓を設置して階層別の空間線量率、葉に含まれる放射性セシウム濃度を測定しているほか、森林土壌の深度別放射性セシウム濃度、林外雨・林内雨、樹幹流の放射性セシウム濃度を測定している。

また、土壌侵食に伴う放射性核種の移行を把握するため、森林内に土壌侵食プロットを設置して流出した土壌および放射性核種の量の測定等を行っている。



図1 森林内における放射性セシウムの分布と動態

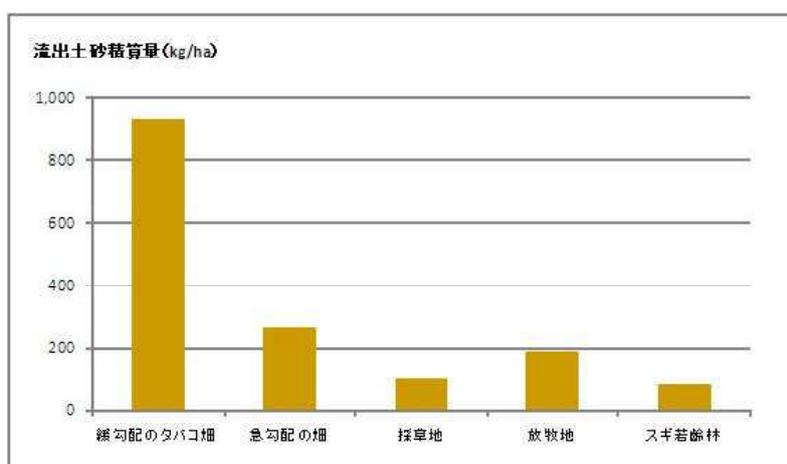


※測定結果(平均値)を模式図として表示

表 森林内外の降雨中の放射性セシウム濃度

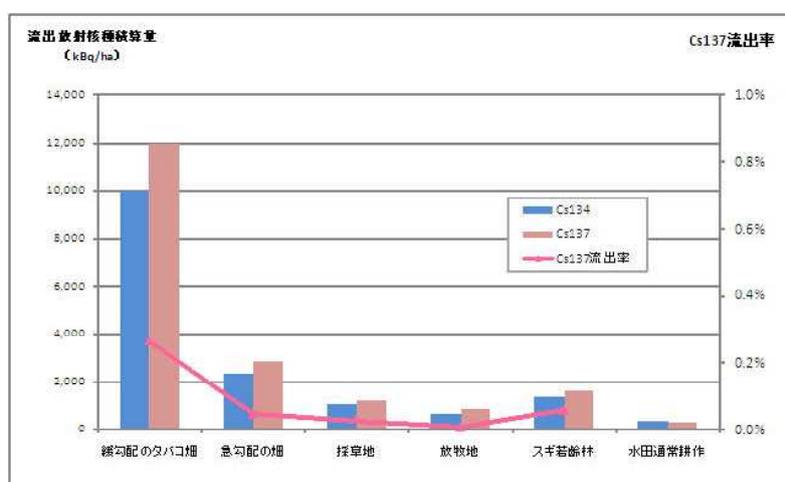
| 期 間 | スギ壮齢林の林内雨 | | スギ若齢林の林内雨 | | 広葉樹混合林の林内雨 | | スギ林サイトの林外雨 | | 広葉樹混合林サイトの林外雨 | |
|------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | ¹³⁴ Cs濃度 (Bq/L) | ¹³⁷ Cs濃度 (Bq/L) |
| 2011/07/08-07/10 | 34.5 | 47.5 | 14.8 | 17 | 37.3 | 49.2 | | | | |
| 2011/07/10-07/23 | 242.2 | 327.3 | 145.4 | 183.8 | 24.5 | 29.5 | 0.7 | 1.4 | 0.3 | 0.3 |
| 2011/07/23-08/01 | 65.3 | 82.9 | 60.5 | 72.6 | 11.9 | 14.2 | 0.5 | 0.5 | 0.1 | 0.2 |
| 2011/08/01-08/06 | 73.4 | 87.6 | 77.5 | 98.1 | 30.8 | 39.1 | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| 2011/08/06-08/12 | 104.8 | 139.2 | 81.9 | 106.2 | 67 | 86.2 | | | | |
| 2011/08/12-08/19 | 243.2 | 309.7 | 73.7 | 88.6 | 32 | 39.5 | | | | |
| 2011/08/19-08/23 | 126.5 | 171.9 | 48.5 | 66.7 | 8.1 | 12.2 | | | | |

図2 各調査地点における流出土砂積算量



※2011.7.17-9.4の期間での計測、降雨量261mm

図3 各調査地点における流出放射性核種積算量とCs137流出率



※2011.7.17-9.4の期間での計測、降雨量261mm

安全で豊かな生活を支える森林の力

～森林は適切な整備・保全により、国土の保全、水源涵養、生物多様性の保全等、多面的な機能を発揮～



流出土砂量の比較事例



水資源貯留機能



* 1 1 IAEA除染に関する国際ミッション最終報告書

福島第一原子力発電所外の広範囲に汚染された地域の除染に関する国際ミッションの最終報告書（要旨部分）（抜粋）

助言

ポイント1：除染戦略に係わる日本の当局は、被ばく量低減を確保するため、除染措置の純益に影響を及ぼす諸要素を慎重にバランスさせることが奨励される。日本の当局は、被ばく量の低減に効果的に寄与し得ない、過剰に安全側に立った考え方を回避することが奨励される。この目標は、現状において「正当化の原則」及び「最適化の原則」の現実的な実施を通して達成することができる。より多くの放射線防護専門家（及び規制機関）を、政策決定者を補佐する組織的な構造において関与させることが、この目的の達成にとって有益かもしれない。IAEAは、新しい、適切な基準の検討に当たって、日本を支援する用意がある。

ポイント5：特別な放射線防護措置を是認するような被ばくを引き起こさない廃棄物を「放射性廃棄物」と分類しないようにすることが重要である。チームは、各当局に対し、関連する被ばくに関し、現実的かつ信頼できる限度（クリアランス・レベル）を確立するという点につき再考するよう慫慂する。クリアランス・レベルを満たす残余物は、建物、堤防、道路の建設等の様々な方策にリサイクルし又は再利用することができる。IAEAは、日本が新規の適切な基準について検討することに対して支援する用意がある。

ポイント6：チームは、仮に人々が、被ばく線量よりも、専ら又は主に汚染濃度（地表濃度レベル（ Bq/m^2 ）又は体積濃度（ Bq/m^3 ））のみを懸念した場合に生じ得る誤解の潜在的な危険性について当局の注意を喚起する。森林地域及び追加的放射線量が比較的低い地域のようなあらゆる場所から一定の値（いわゆる最適化値）を超える汚染を除去するための時間及び努力の投資は、人々の被ばく線量の低下に自動的につながる訳ではない。また、これは、大量の残余物質を不必要に発生させるリスクを含む。チームは、当局が、人々の被ばく線量を低下させる上で最善の結果をもたらす除染活動に集中するよう慫慂する。

ポイント10：森林地域の除染に多くの時間と努力を投資する前に、そのような活動が公衆の被ばく線量の低下につながるかどうかを示すべく安全評価が行われるべきである。もし行われないのであれば、取組はより多くの利点がある地域に集中されるべきである。この安全評価は、実証試験の結果を活用すべきである。

* 1 2 落葉等除去による除染実証試験の概要

1. 実施主体：独立行政法人森林総合研究所（協力：福島県林業研究センター）
2. 試験地：福島県郡山市（福島県林業研究センター多田野試験林）
3. 林況：スギ・ヒノキ人工林（昭和 39 年植栽）、コナラ等落葉広葉樹林（昭和 27 年更新）
4. 試験日程：平成 23 年 9 月 14 日～ 16 日



スギ・ヒノキ人工林

コナラ等落葉広葉樹林

5. 試験方法：

スギ・ヒノキ人工林、コナラ等落葉広葉樹林の林内に、それぞれ正方形の調査区（20m×20m）を設け、その中心から外側に向かって段階的に落葉等堆積有機物の除去範囲を拡げながら（1m×1m → 2m×2m → … → 20m×20m）、調査点の空間線量率と落葉等除去物の発生量を測定。（図 1）



落葉等堆積有機物の除去の様子

除去前後の状況
（右側：除前後、左側：除去後）

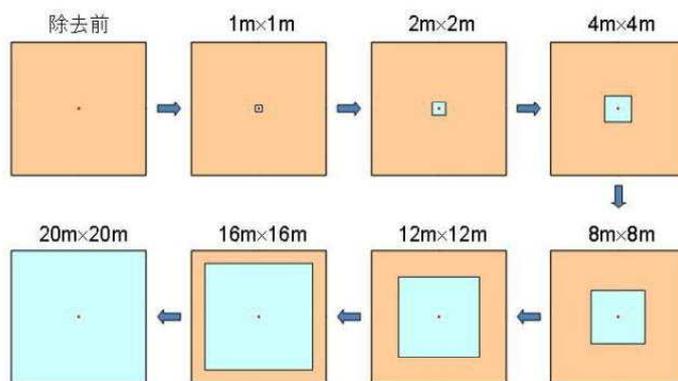


図 1 調査方法のイメージ（図中青色が落葉等の除去範囲）

6. 試験結果：

落葉等堆積有機物の除去により、全体として除去範囲の拡大とともに空間線量率が低下した範囲も広がり（図2）、調査区中心における高さ1mの空間線量率は、スギ・ヒノキ人工林で0.77 μ Sv/hから0.57 μ Sv/hと約7割まで、コナラ等落葉広葉樹林では1.22 μ Sv/hから0.77 μ Sv/hと約6割まで低減した。（図3）

また、スギ・ヒノキ人工林、コナラ等落葉広葉樹林ともに除去範囲が拡大するにつれて線量率が低下する割合が小さくなり、12m \times 12m以上除去しても空間線量率ほとんど変化しない一方、除去に伴い発生する落葉等除去物の量は面積に比例して増加した。（図3）

なお、除染により発生した落葉等の堆積有機物の発生量（湿重）については、スギ・ヒノキ人工林で34.5t/ha、落葉広葉樹林で36.4t/haであった。（表1及び写真1）

この結果は、落葉等除去による空間線量率の低減効果をシミュレートして得られた傾向と一致したものとなり、落葉等の除去は林縁から20m程度の範囲で行うことが効果的・効率的であると考えられる。（図4及び図5）

図2 各調査区における下草・落葉除去による空間線量率（高さ1m）の低減割合分布
（上図：針葉樹林調査区、下図：落葉広葉樹林調査区）

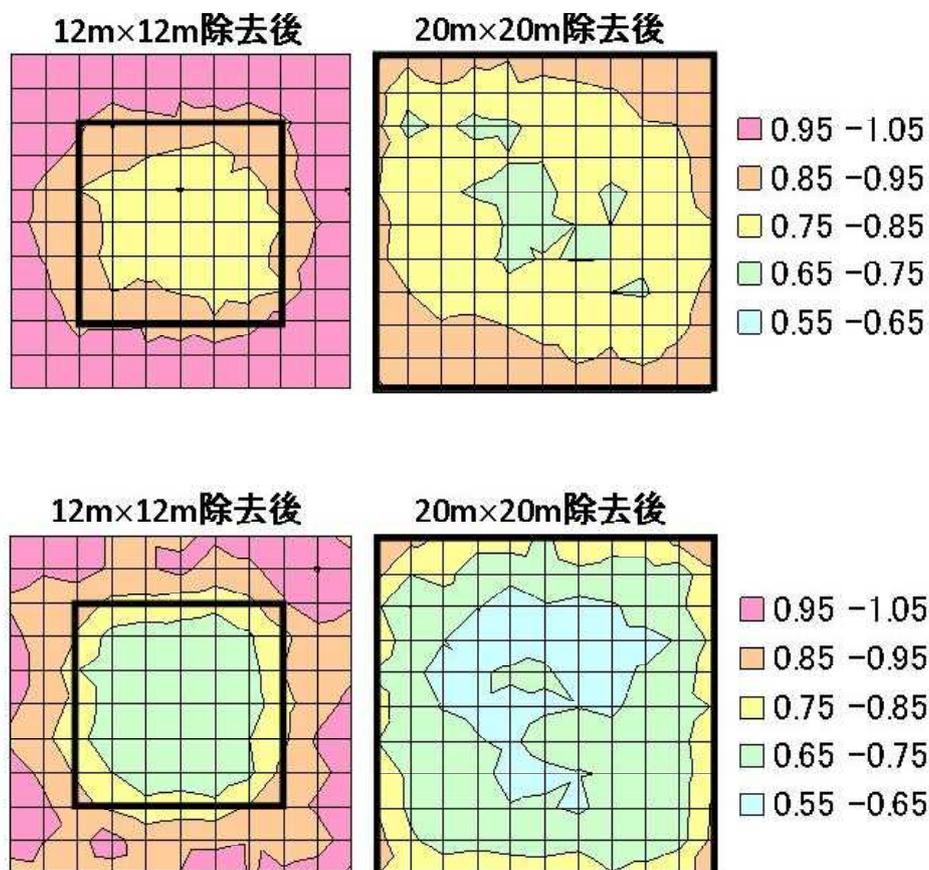


図3 除染範囲の拡大に伴う空間線量率（上段）、除去物累積重量の変化（下段）

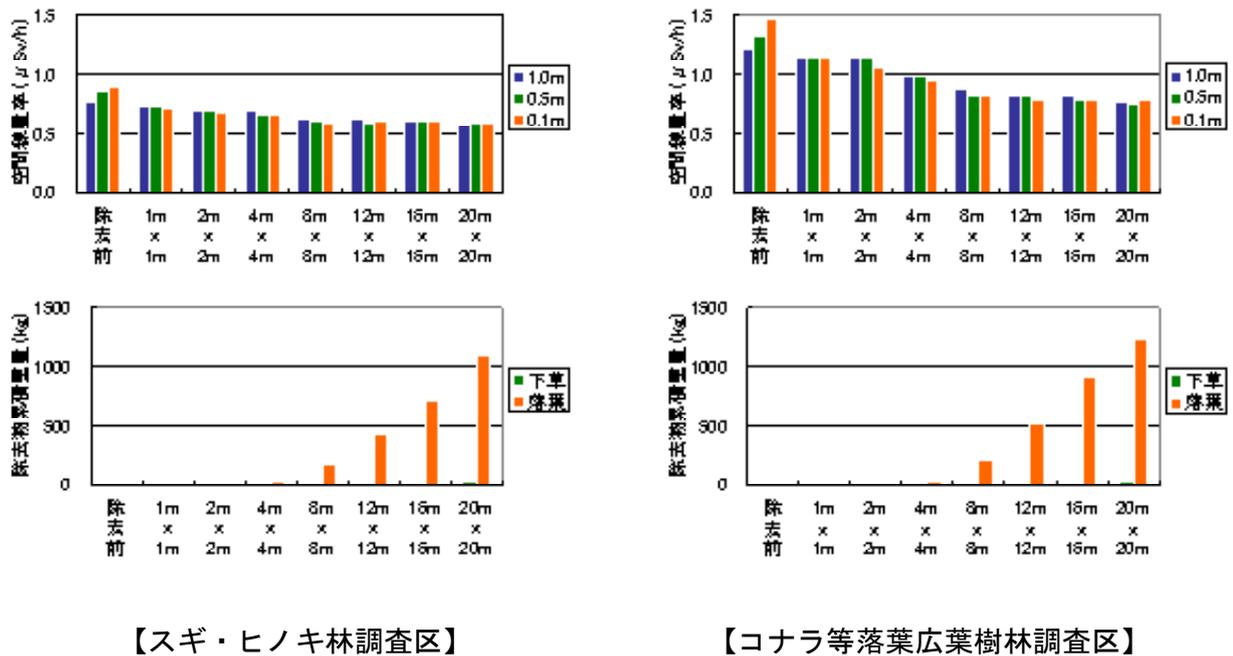


表1 発生した下草と落葉の累積重量

| | スギ・ヒノキ人工林 | | | コナラ等落葉広葉樹林 | | |
|---------|-----------|-------|-------|------------|-------|-------|
| | 下草 | 落葉 | 合計 | 下草 | 落葉 | 合計 |
| 湿重 (kg) | 26 | 1,086 | 1,112 | 38 | 1,232 | 1,270 |
| (t/ha) | 0.8 | 33.7 | 34.5 | 1.1 | 35.3 | 36.4 |

※スギ・ヒノキ人工林の平均傾斜 36 度、コナラ等落葉広葉樹林の平均傾斜 29 度として平面あたりの重量を計算

写真1 除去した落葉等の現場保管の状況

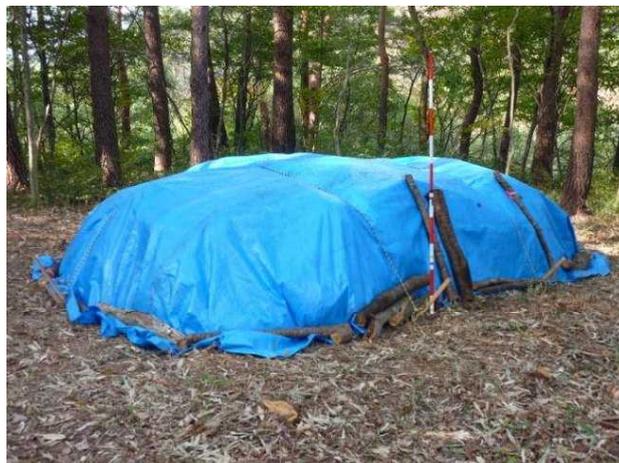


図4 地表の放射性物質の除去率と線量率逓減比の関係

放射性物質が一様に分布している地表面において、中心から半径 r の放射性物質を除去した時の地上高 1m の空間線量率を試算。

実際の森林で落葉等の除去を行う場合、取りこぼしなどがあるため、除去される放射性物質の割合を 1-10 割の範囲で変化させて試算した結果、同じ範囲で放射性物質を除去しても、除去率が小さくなるにつれて、空間線率の下がり方は小さくなった。

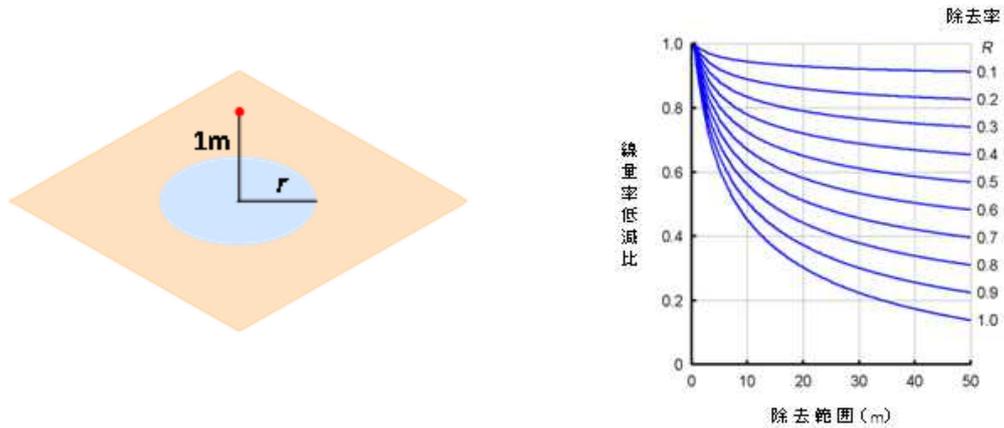
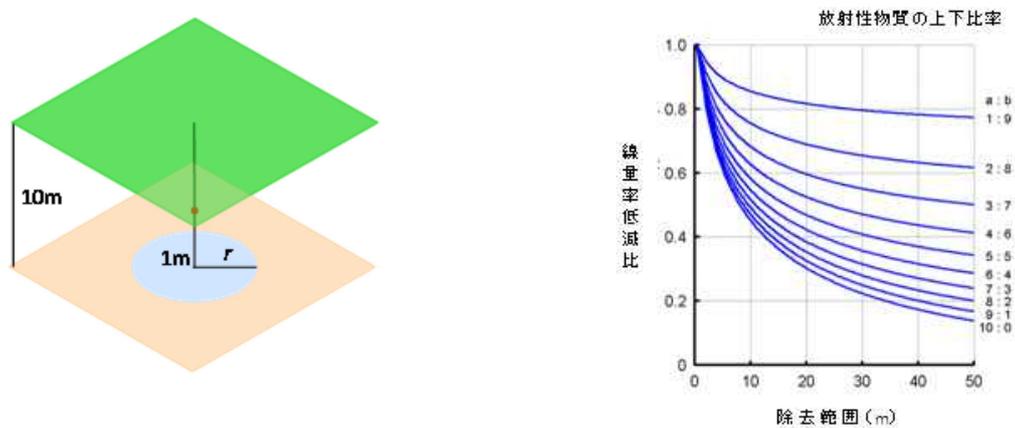


図5 樹冠に放射性物質が付着している場合の空間線量率の変化

スギ等常緑樹では樹冠にも放射性物質が付着していることが明らかとなっていることから、上空の一定の高さにも放射性物質が一様に分布していると仮定して、上側の放射性物質の比率と落葉等除去による空間線量率の低減効果を試算。

放射性物質の全てが地表にある場合 (10 : 0) から 9 割が樹冠にある場合 (1 : 9) まで上下の比率を変えて同様の試算を行った結果、樹冠の放射性物質の比率が大きくなると、落葉等の除去範囲を拡げても空間線量率の下がり方は小さくなった。



* 13 枝打ちによる放射線量低減に関する実証試験の概要

1. 実施主体：福島県林業研究センター
2. 試験地：福島県飯舘村八木沢地内（計画的避難区域）
3. 林況：ヒノキ人工林（26年生）、樹高12m
4. 試験期間：平成24年1月11日～2月23日



5. 試験方法：

ヒノキ人工林内に調査区（60m × 60m）を設け、調査区の中央点から周辺に向かって高さ4m、6m、8mの枝打ちを順に行い、それぞれの作業終了ごとに空間線量率の測定を行った。枝打ちはハシゴ等により、ノコギリ又は柄の長いノコギリにより実施し、枝は搬出して仮置き場に積み重ねた。なお、調査地では作業当初から積雪があった。

6. 試験結果：

ヒノキ人工林内で枝打ちを開始すると、地上高0.1mの空間線量率は未作業時の2.24 μ Sv/hから2.54 μ Sv/hまで上昇し、20m × 20mの範囲の枝打ち高6mまで一定の数値を示した。これは、作業開始時に雪が攪乱された可能性が考えられる。

一方、地上高1mの空間線量率は、20m × 20m範囲で4m高の枝打ちすると、2.47 μ Sv/hから2.23 μ Sv/hまで10%減少し、その後、一定の数値を推移した後、20m × 20mの範囲で8m高まで枝打ちすると、未作業時から19%減と空間線量率が大きく減少した。（図1）

調査区の平均的な林木の高さ毎の葉の重量分布は表1のとおりであり、高さ4m以下は枯枝のみ、4～6mでわずかに全体の6%の葉の重量しかないが、8mまででトータル37%の葉の重量となるため、8mまで枝打ちを行うことで、空間線量率が大きく低下したと推測できる。（表1）

図1 枝打ちによる空間線量率の変化

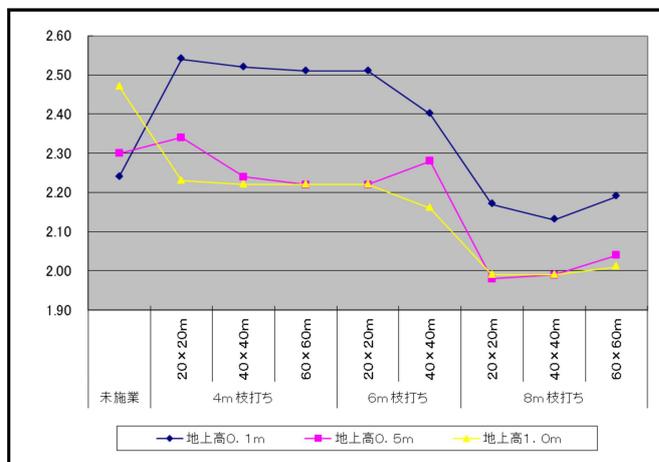


表1 ヒノキ林高さごとの葉の重量

| 高さ | 生重 (g) | 乾重 (g) | 比率 |
|------|--------|--------|------|
| 0～4m | 0 | 0 | 0% |
| 4～6m | 1,498 | 674 | 6% |
| 6～8m | 7,508 | 3,435 | 31% |
| 8m～ | 15,085 | 7,014 | 63% |
| 計 | 24,091 | 11,123 | 100% |

* 14 皆伐・間伐による放射性物質低減効果の実証試験の概要

1. 実施主体：林野庁
2. 試験地：福島県広野町（旧緊急時避難準備区域）
3. 林況：アカマツ広葉樹混交林、スギ人工林、広葉樹二次林
4. 試験期間：平成24年1月25日～3月21日

| 樹種 | 空間線量率 (地上高1m) | 林齢 |
|-----------|-----------------------|---------|
| アカマツ・広葉樹 | 0.65 $\mu\text{Sv/h}$ | 46-63年生 |
| スギ(定性間伐区) | 0.52 $\mu\text{Sv/h}$ | 49年生 |
| スギ(列状間伐区) | 0.48 $\mu\text{Sv/h}$ | 49年生 |
| 広葉樹 | 0.82 $\mu\text{Sv/h}$ | 59年生 |



アカマツ広葉樹混交林



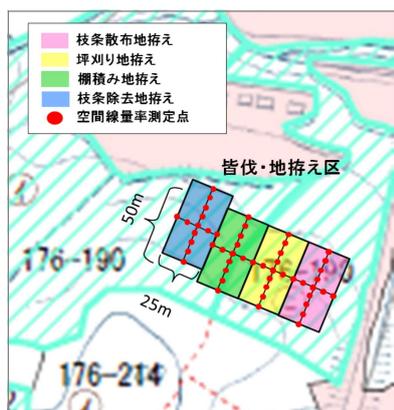
スギ人工林



広葉樹二次林

5. 試験方法：

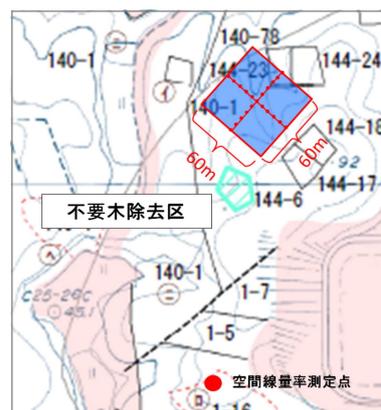
アカマツ広葉樹混交林内に 25m×50m の調査区を短冊状に 4 箇所、スギ人工林内に 60m×60m の調査区を 2 箇所、広葉樹二次林内に調査区を 1 箇所設け、以下の方法により皆伐や間伐等の実施に伴う空間線量率の変化や放射性物質の挙動等を調査した。



アカマツ広葉樹混交林



スギ人工林



広葉樹二次林

(1) 空間線量率及び土壌等の放射性セシウム濃度の測定

各調査区内の中心点から十字方向に等間隔で設定した測点における空間線量率を皆伐や間伐等の施業実施前後（皆伐は地拵え実施後）に測定した。

(2) 樹木中の放射性セシウム濃度の測定

各調査区付近において、落葉落枝及び土壌のサンプルを採取するとともに、生育程度の異なる調査対象木を 3 本ずつ選定して伐倒して、葉、枝、樹皮、幹材に分けてサンプルを採取し、その放射性セシウム濃度を測定した。

また、面積あたりの落葉層、土壌、樹木の各部位の現存量に、上記測定から求めた放射性セシウム濃度をそれぞれ乗じて、調査区内における放射性セシウムの蓄積量を推定した。

(3) 森林施業等の実施

皆伐や間伐等の異なる伐採方法での放射性物質の低減効果等を把握するため、①アカマツ広葉樹混交林において皆伐を実施した後、調査区ごとに異なる地拵え（枝条散布、坪刈り、棚積み、枝条除去）を、②スギ人工林内において定性間伐（本数間伐率 25%）及び列状間伐（3 残 1 伐）を、③広葉樹二次林において、中下層の常緑樹、株立ち・雑灌木等の不要木や枯損木の除去を実施した。

(1) 及び (2) の測定により、森林施業等による空間線量率の変化を測定するとともに、森林施業に伴う放射性セシウムの森林外への除去量を推定した。

(4) 流出土砂等の量及び放射性セシウム濃度の測定

森林施業等の実施後、各調査区内及び隣接対照区に、試験斜面枠（2m × 5m）、ステンレス製捕捉箱、転倒升式雨量計を設置して、捕捉箱により捕捉・分離された流出土砂、地表流水について、その流出量と放射性セシウム濃度を測定するとともに、転倒升式雨量計により降雨量を測定した。

なお、定性間伐及び列状間伐の調査区の試験斜面枠の一部については、間伐後に枠内及び枠周辺部の落葉等堆積有機物の除去を行い、間伐とあわせて落葉等堆積有機物の除去を行った場合の土壌流出の傾向も把握できるようにした。



空間線量率の測定
(広葉樹二次林)



間伐作業の様子
(スギ人工林列状間伐)



設置した試験斜面枠
(アカマツ・広葉樹混交林)

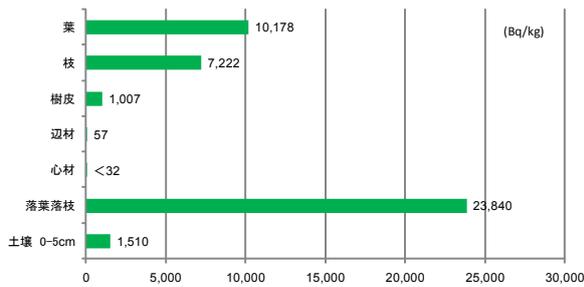
6. 試験結果：

(1) 放射性物質濃度と蓄積量

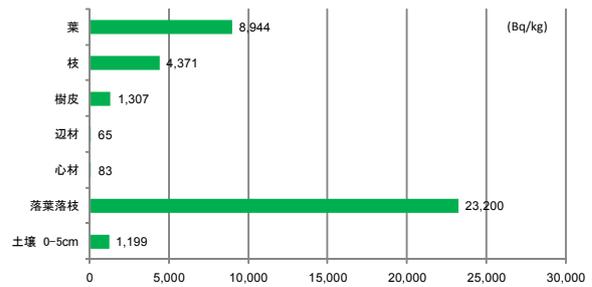
スギ人工林における樹木の部位別及び土壌等の放射性物質濃度については、落葉落枝が最も高く約 2.3 万 Bq/kg、次いで、葉 8,944-10,178Bq/kg、枝 4,371-7,222Bq/kg、土壌 1,199-1,510Bq/kg の順となり、辺材及び心材では検出限界未満のサンプルが多く見られ、その濃度は数十 Bq/kg と低い値となった。(検出限界未満のものは、検出限界

値の 1/2 として取扱い、濃度を算出した。)

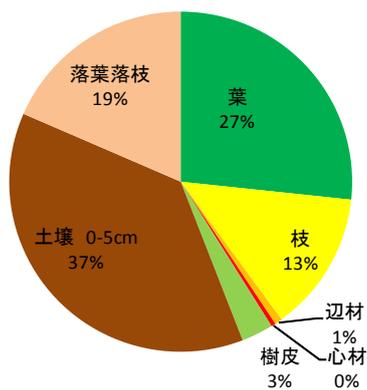
また、放射性物質の部位別の分布割合を見ると、土壌、葉、落葉層の順に、放射性物質の分布割合が高い結果となった。なお、平成 23 年 8-9 月に福島県の川内村、大玉村、只見町のスギ人工林で実施した同様の調査では、土壌に分布する放射性物質の割合は、それぞれ 22%、18%、34%となっており、今回の調査結果は、これらの結果と比べて土壌の放射性物質の分布割合が高い結果となっている。このことは、土壌の容積重の差、落葉が分解して腐葉層に変化したことにより生じた結果と推測される。



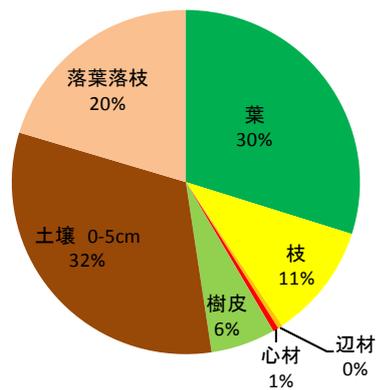
部位別の放射性セシウム濃度
(スギ定性間伐区)



部位別の放射性セシウム濃度
(スギ列状間伐区)



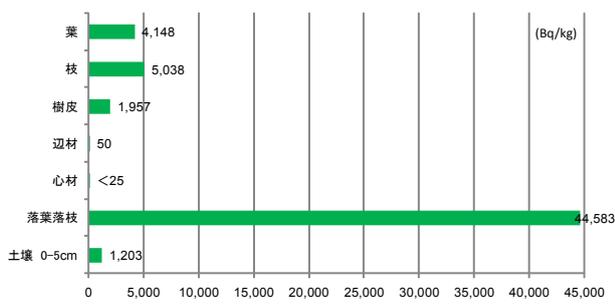
部位別の放射性セシウムの分布割合
(スギ定性間伐区)



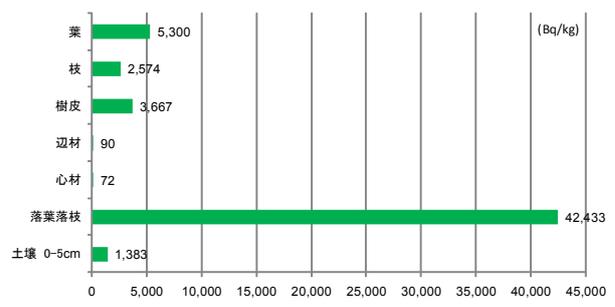
部位別の放射性セシウムの分布割合
(スギ列状間伐区)

アカマツ・広葉樹混交林、落葉広葉樹二次林においても放射性物質濃度は、落葉落枝が最も高く、それぞれ 44,583Bq/kg、42,433Bq/kg となり、アカマツについては枝 5,038Bq/kg、葉 4,148Bq/kg にも放射性物質が付着している状況が明らかとなった。

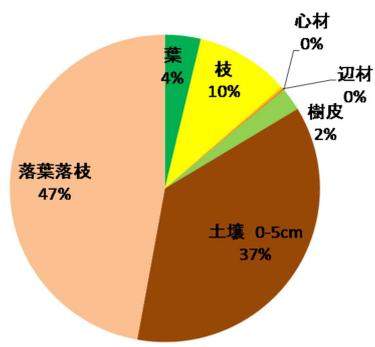
また、放射性物質の部位別の分布割合を見ると、土壌、落葉層に多くの放射性物質が分布しており、特に土壌における分布割合が高くなった。平成 23 年 8-9 月に福島県大玉村のコナラ林で実施した同様の調査結果（放射性物質の分布割合は落葉層 66%、土壌 18%）と比較すると、土壌における放射性物質の分布割合が高くなっており、このことは、落葉が分解して腐葉層へと変化したことを示唆している。



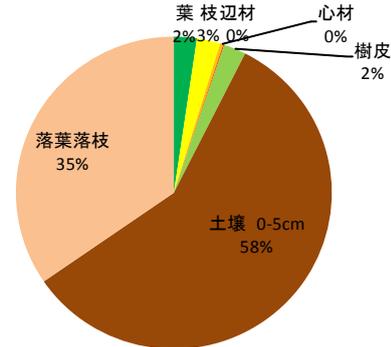
部位別の放射性セシウム濃度
(アカマツ・落葉樹混交林)



部位別の放射性セシウム濃度
(落葉広葉樹二次林)



部位別の放射性セシウムの分布割合
(アカマツ・落葉樹混交林)



部位別の放射性セシウムの分布割合
(落葉広葉樹二次林)

(2) 森林施業実施前後の空間線量率及び放射性物質蓄積量の変化

施業実施前後の空間線量率（地上高 1m）を測定して比較したところ、皆伐で 9%減、不要木除去で 1%減、定性間伐で 16%増、列状間伐で 20%増となった。

なお、間伐については、施業前の空間線量率測定時点では約 10cm の積雪があった一方、施業後の空間線量率測定時点では殆どの積雪が融けた状態となっていたことから、雪の遮蔽効果により施業前の空間線量率が低く測定されている可能性が高い。

このことから、積雪前の事前調査時点で測定していた空間線量率のうち、積雪時点の測点と同じ位置にある 10 測点について比較し、遮蔽率を算出 (23%) して数値の補正を行った。

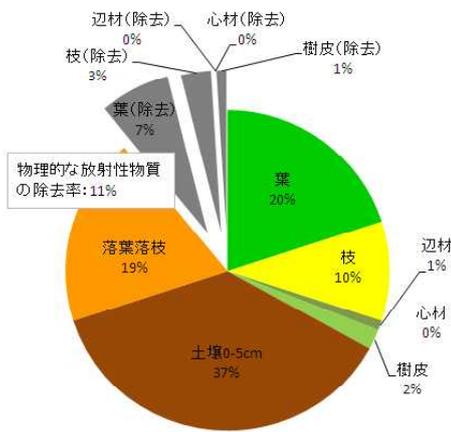
間伐の前後に積雪をはさんだことで、土壌の水分状況等が完全には一致しないが、推定の結果から、定性間伐、列状間伐ともに、間伐実施後の空間線量率は実施前と比較して 8%程度減少していると推定できる。

| | 25%定性間伐 | | | 列状間伐(3残1伐) | | | 不要木除去 | | | 皆伐 | | |
|------------------------|---------|--------|-------|------------|--------|-------|-------|------|-----|------|------|-----|
| | 施業前 | 施業後 | 増減率 | 施業前 | 施業後 | 増減率 | 施業前 | 施業後 | 増減率 | 施業前 | 施業後 | 増減率 |
| 空間線量率 (μ Sv/h) | 0.52 | 0.48 | ▲8% | 0.48 | 0.45 | ▲8% | 0.82 | 0.82 | ▲1% | 0.65 | 0.59 | ▲9% |
| | (0.41) | (0.48) | (16%) | (0.37) | (0.45) | (20%) | | | | | | |

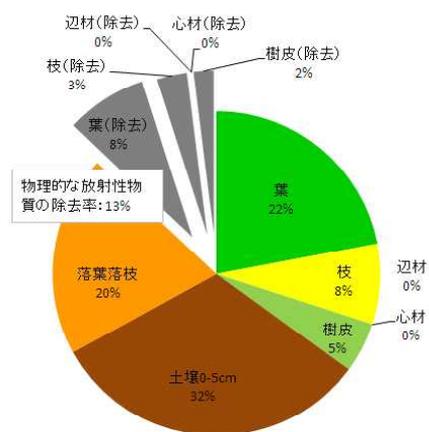
※間伐の下段 () 書きは生データであり、上段は積雪による遮蔽効果 (23%) を算定して補正した推計値

更には、間伐・全木搬出した木のサイズを測定して、森林外へ物理的に除去した放射性物質の割合を推定した。その結果、25%定性間伐を実施した場合には、森林内に蓄積されている放射性物質の11%を、3残1伐の列状間伐では13%を森林外へと除去できたことが分かった。仮に、間伐とあわせて落葉落枝のすべてを除去した場合、理論的には最大で約3割の放射性物質を除去できる結果となった。

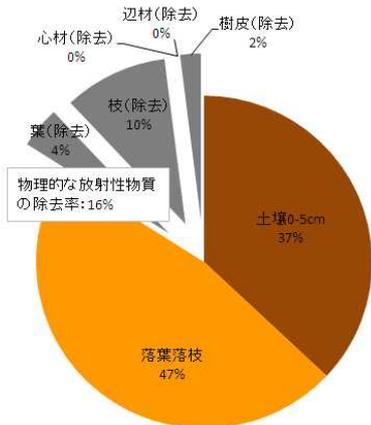
なお、皆伐区においては伐採・搬出した木のサイズ測定は行っていないが、枝条のすべてを除去した区画では、立木に付着した放射性物質は基本的には森林外へと除去されていると考えられることから、皆伐による放射性物質の物理的な除去率は16%となり、仮に皆伐と併せて落葉落枝のすべてを除去した場合、理論的には最大で約6割の放射性物質を除去できる結果となった。



放射性セシウムの物理的除去率
(スギ定性間伐区)



放射性セシウムの物理的除去率
(スギ列状間伐区)



放射性セシウムの物理的除去率
(アカマツ・広葉樹混交林皆伐区)

(3) 流出土砂等の量、放射性セシウムの流出量

皆伐・地拵え実施後、3月10日～21日の12日間（期間中の降雨量は30mm）の土砂等の流出量を測定したところ、棚積み区が4.0g/m²と最も少なく、次に、坪刈り区13.2g/m²、枝条散布区13.4g/m²、枝条除去区14.9g/m²の順となった。また、地表流水の量を比較すると、土砂等の流出量の多い坪刈り区画、枝条除去区画の地表流水の量は多くなる傾向にあった。

今回の測定においては、皆伐実施区画の方が対照区に比較して土砂等の流出量が少なくなっているが、①地拵えにより林床に据え置いた枝条が土砂等の移動を一時的に抑制したこと、②落葉時期の冬季における調査であったため、立木のある対照区においても葉による降雨の遮蔽が行われなかったこと等が考えられる。

なお、新葉が展開する春季以降は、降雨が葉に遮られて雨滴の衝撃が少なくなることから、対照区の土砂等の流出量が減少することが予想される。また、中期的にも立木の無い状態にある皆伐実施区画の方が土砂等の流出量が多くなることが予想されることから、継続的なモニタリングを実施する予定である。

更には、流出土砂等及び地表流水のサンプルを採取して放射性セシウム濃度を測定したところ、土砂等は 465 ～ 935Bq/kg、地表流水はいずれも検出限界未満となった。

これらの結果から、土砂等の流出に伴う放射性セシウムの流出率について、流出量と濃度をかけあわせて推定したところ、ほとんどが 0.05%程度に留まり、流出率の最も高い枝条除去区でも 0.092%と小さな結果となった。

このことは、①森林から土砂等及び地表流水として流出する放射性セシウムの流出率は大きなものではないこと、②皆伐を実施した場合でも、棚積みにより土砂等の移動を抑制する、枝条散布を行い林床を被覆するなど適切な方法を講ずることで、放射性物質の付着した土砂等の流出量を抑制できることを示唆しており、これまでに蓄積されている林業的な知見と異なるものではなかった。

皆伐及び不要木除去区における土砂等の移動によるCsの流出量

| | 皆伐区 | | | | 不要木除去区 | | |
|----------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|-------------------------|
| | 枝条散布 | 坪刈り | 棚積み | 枝条除去 | 対照区 (未施業) | 不要木除去 | 対照区 (未施業) |
| 流出した土砂等の量 | 13.4 g/m ² | 13.2 g/m ² | 4.0 g/m ² | 14.9 g/m ² | 17.2 g/m ² | 9.4 g/m ² | 7.0 g/m ² |
| 上記に伴い流出したCsの量 | 79.8 Bq/m ² | 61.0 Bq/m ² | 51.4 Bq/m ² | 123.7 Bq/m ² | 67.7 Bq/m ² | 101.9 Bq/m ² | 111.1 Bq/m ² |
| 施業後の堆積有機物及び土壌のCs現存量 | 134,350 Bq/m ² | | | | | 111,167 Bq/m ² | |
| Cs流出率 | 0.059 % | 0.045 % | 0.038 % | 0.092 % | 0.050 % | 0.092 % | 0.100 % |
| 【参考】プレ調査で把握した流出土砂等の量 | 42.5 g/m ² | 53.7 g/m ² | 53.3 g/m ² | 84.0 g/m ² | 39.9 g/m ² | 277.4 g/m ² | 48.6 g/m ² |

※測定期間は3/10～3/21の12日間であり、期間中の降雨量は30mm (7.4g/ster-ka)

※土砂等の流出量については、RUSLE法により傾斜角を30度 (リルや流水の影響が小さい場合) に補正して計算した。

※放射性Csの流出率は、流出したCsの量を施業後の堆積有機物及び土壌のCs現存量で除して算出した。(※Csの流出量は試験斜面枠内での移動量であって、そのまま森林外へ流出する量を示すものではない。)

※参考は、地表流水の採取装置設置前にプレ調査として、流出土砂等のみサンプル回収したものであり、RUSLE法により傾斜角を30度に補正した数値【皆伐区は2/29～3/9の10日間・降雨量80mm (7.4g/ster-ka)、不要木除去区は3/1～3/9の9日間・降雨量68.5mm (7.4g/ster-ka)】。試験斜面枠設置による攪乱の影響で土壌流出量が多くなっている可能性がある。

間伐を実施した区画についても、3月10日～20日の11日間 (期間中の降雨量は30mm) で土砂等及び地表流水について同様の調査を行った。

定性間伐区、列状間伐区、対照区 (無間伐) を比較すると、土砂等の流出量については間伐前後で顕著な変化は見られなかったが、地表流水の流出量は間伐実施後

に多くなる傾向にあった。このことは、間伐実施によりギャップが生じ、林内へと通過する降雨が多くなり地表流水も多くなった可能性が考えられる。

また、落葉等堆積有機物の除去を行った区画と、除去をしていない区画とを比較すると、定性間伐、列状間伐、間伐を行わなかった場合のいずれにおいても、落葉等堆積有機物の除去を行うと、土砂等の流出量が増加する結果となった。

更には、皆伐実施区と同様に、土砂等の流出に伴う放射性セシウムの流出量及び流出率を算出（地表流水はいずれも検出限界未満）したところ、間伐を実施していない対照区で $9.4 \sim 10.7\text{Bq/m}^2$ (0.011 ~ 0.012%)、間伐実施区で $9.2 \sim 29.3\text{Bq/m}^2$ (0.011 ~ 0.032%) と、間伐実施前後で放射性セシウムの流出率が顕著に増加するような結果は見られなかった。

一方、落葉等堆積有機物の除去を行った区画では、放射性セシウムの流出量及び流出率は $20.4 \sim 177.8\text{Bq/m}^2$ (0.126 ~ 1.019%) と増加する傾向にあった。

これらの結果からは、間伐実施直後であっても、伐採・搬出作業による林床攪乱の程度は、それほど大きなものではない一方で、落葉等堆積有機物の林床攪乱による影響は比較的大きいものと推定され、落葉等堆積有機物の除去後には、必要な土壌保全措置を講ずる必要があるものと考えられる。

なお、これらのデータは計測期間が短時間に限られており、攪乱を伴う試験斜面枠の設置直後に測定を行ったことから、土砂等の流出量を過大評価している可能性が否定できない。また、梅雨期など降雨の多い時期等における流出量の変化、間伐実施による林床植生の成長促進による土砂等の流出抑制効果についても中長期的にモニタリングすることが重要である。

間伐区における土砂等の移動によるCsの流出量

| | 定性間伐区 | | | | 列状間伐区 | | | |
|---------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 間伐 | 間伐+落葉除去 | 対照区 (無間伐) | 対照区 (無間伐+落葉除去) | 間伐 | 間伐+落葉除去 | 対照区 (無間伐) | 対照区 (無間伐+落葉除去) |
| 流出した土砂等の量 | 3.2 g/m ² | 17.5 g/m ² | 3.1 g/m ² | 29.1 g/m ² | 1.8 g/m ² | 13.1 g/m ² | 0.6 g/m ² | 7.4 g/m ² |
| 上記に伴い流出したCsの量 | 29.3 Bq/m ² | 71.8 Bq/m ² | 10.7 Bq/m ² | 177.8 Bq/m ² | 9.2 Bq/m ² | 20.4 Bq/m ² | 9.4 Bq/m ² | 63.8 Bq/m ² |
| 施業後の堆積有機物及び土壌のCs現存量 | 90,450 Bq/m ² | 17,450 Bq/m ² | 90,450 Bq/m ² | 17,450 Bq/m ² | 86,550 Bq/m ² | 16,217 Bq/m ² | 86,550 Bq/m ² | 16,217 Bq/m ² |
| Cs流出率 | 0.032 % | 0.412 % | 0.012 % | 1.019 % | 0.011 % | 0.126 % | 0.011 % | 0.394 % |

※測定期間は3/10~3/20の11日間であり、期間中の降雨量は30mm (7メタースター)

※土砂等の流出量については、RUSLE法により傾斜角を30度（リルや流水の影響が小さい場合）に補正して計算した。

※放射性Csの流出率は、流出したCsの量を施業後の堆積有機物及び土壌のCs現存量で除して算出した。（※Csの流出量は試験斜面枠内での移動量であって、そのまま森林外へ流出する量を示すものではない。）

* 15 伐採等による放射線量低減に関する実証試験の概要

1. 実施主体：福島県林業研究センター
2. 試験地：福島県川俣町山木屋地内（計画的避難区域）
3. 林況：スギ人工林（40年生）、落葉広葉樹林（30年生）
4. 試験期間：平成23年11月18日～平成24年2月22日



作業前のスギ人工林



作業前の落葉広葉樹林

5. 試験方法：

スギ人工林及び落葉広葉樹林内のそれぞれに調査区（60m × 60m）を設け、調査区の中央点から周辺に向かって下草と落葉等の除去範囲を段階的に拡大しつつ空間線量を測定した。40m × 40mの落葉等の除去後は、30%間伐、50%間伐、皆伐について同様の調査を行い、次に60m × 60mについて30%間伐、50%間伐、皆伐について一部実施し、同様の測定を行った。



落葉等除去作業



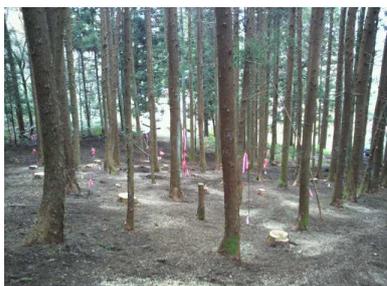
スギ人工林の間伐



間伐木の搬出



落葉等除去後のスギ人工林



30% 間伐後のスギ人工林



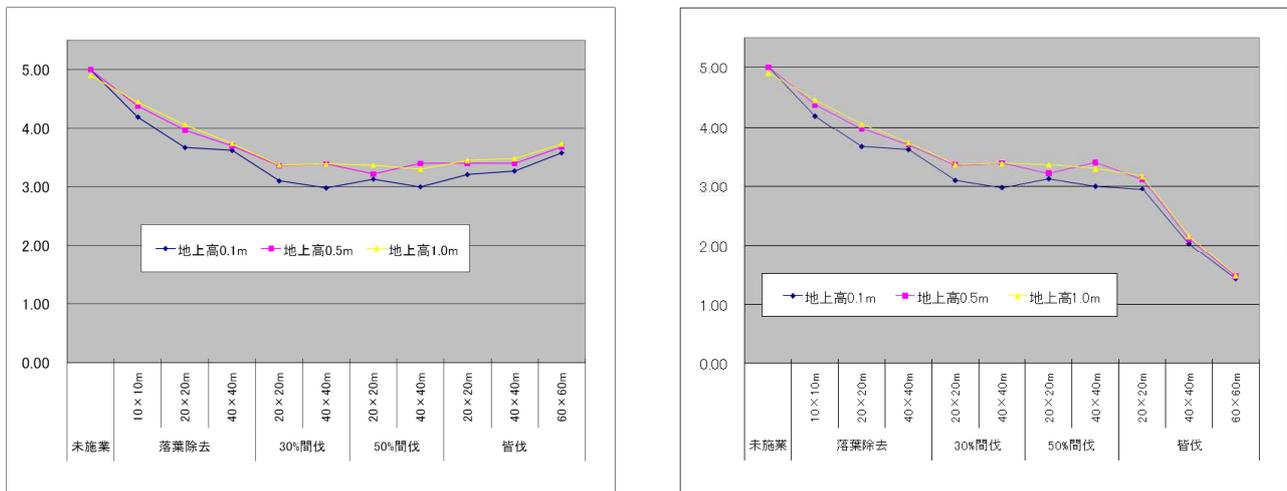
皆伐後のスギ人工林

6. 試験結果：

スギ人工林において、40m × 40mの範囲で落葉等除去、30%間伐、50%間伐を行った結果、調査区中央点の地上高1mの空間線量率は、未施業時と比較して、落葉等除去で約24%減少、30%間伐で約31%減少、50%間伐で約33%減少という結果となった。

なお、皆伐 20m × 20m 以降の作業では、積雪による空間線量率低下の影響を受けたため、数値補正を行い、雪の影響を排除したが、補正は、作業による減少の率を小さめに評価する方法で行っており、実際には減少割合がさらに大きく、また、今回空間線量率に変化がなかった皆伐も減少している可能性がある。

図1 スギ人工林における空間線量率(μSv/h)の変化

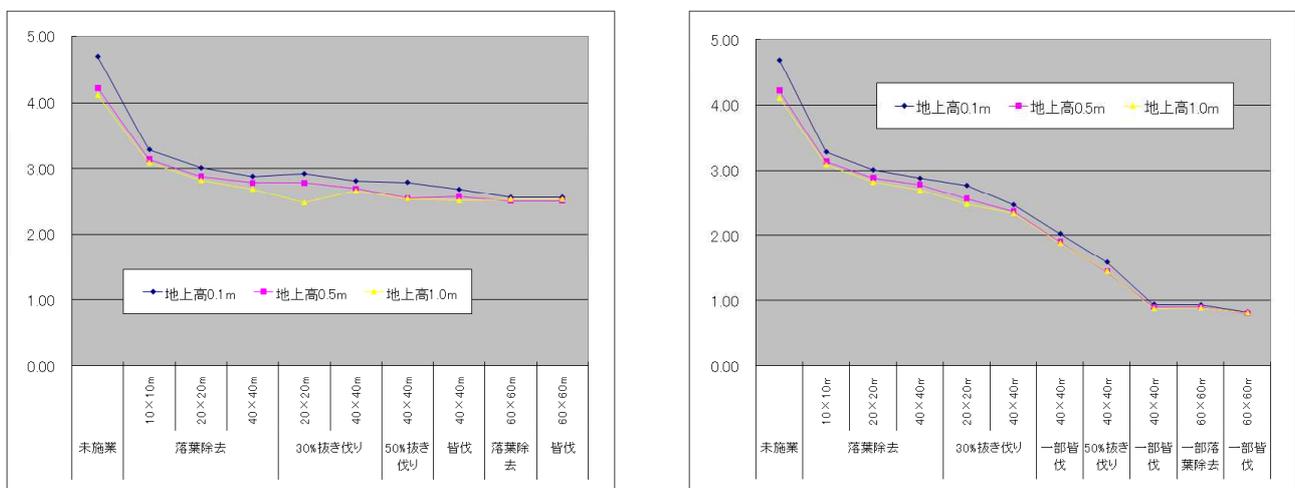


※左図：皆伐について降雪による補正値を使用、右図：補正していない実数値を使用

落葉樹林においては、40m × 40m の範囲で落葉等除去を行った場合、調査区中央点の地上高 1m の空間線量率は約 35%減少した。30%間伐実施では変化はあまり見られなかったが、40m × 40m の範囲で 50%間伐を行った場合、空間線量率は更に 3%減少した。

なお、20m × 20m 範囲での 30%間伐以降の作業については、降雪の影響により数値が大きく減少したため、スギ人工林と同様の補正を行った。

図2 落葉広葉樹林における空間線量率(μSv/h)の変化



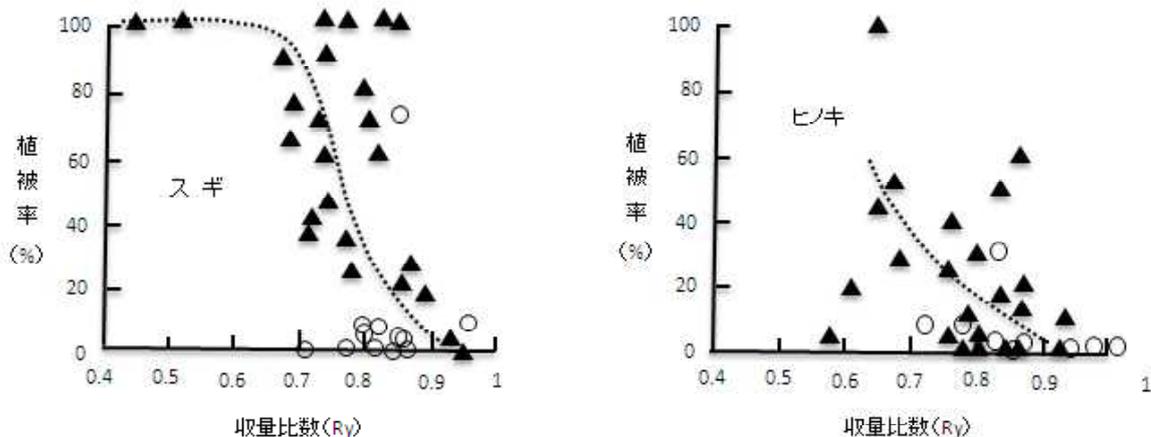
※左図：降雪による補正値を使用、右図：補正していない実数値

* 16 人工林における収量比数と植被率及び土砂流出量

収量比数とは、ある林齢の森林が最も込み合った状態を 1 として表したものであり、一般にスギ・ヒノキ等の人工林においては収量比数 0.8 程度となった時を間伐実施の目安としている。

収量比数が高い（＝込み合った）森林では、植被率が低く（＝下草が少なく）なり、土砂等の流出量が増加する傾向にあることが知られている。

図1 スギ・ヒノキ林内における収量比数と下層植生の植被率



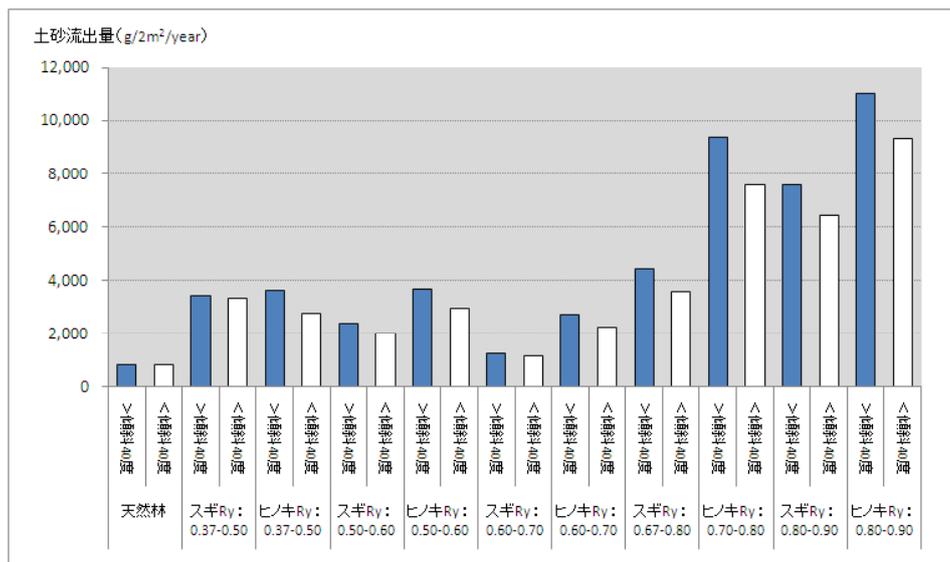
※災害に強い国土づくりのための間伐方法に関する調査報告書（平成13年林野庁）

※林齢40年生以下のスギ、ヒノキ林

※○：間伐、枝打ちを行っていないか、施業後10年以上経過した林分

▲：間伐、枝打ち後3～9年経過した林分

図2 傾斜別・樹種別の収量比数と土砂流出量



※ Bam H.N. Razafindrabe・He Bin・Shoji Inoue・Tsugio Ezaki・Rajib Shaw（2008, Environ Monit Asses）

※愛媛県の天然林、スギ人工林、ヒノキ人工林について1×2mの堆積物トラップで土砂流出量を計測

* 17 表土流出防止工による放射性物質の拡散抑制実証試験の概要

1. 実施主体：林野庁
2. 試験地：福島県広野町（旧緊急時避難準備区域）
3. 林況：スギ人工林 49 年生 (0.51 $\mu\text{Sv/h}$)
4. 試験期間：平成 24 年 2 月 13 日～平成 24 年 3 月 21 日
5. 試験方法：

スギ人工林内に 25m × 30m の調査区を 4 箇所設け、以下の方法により落葉等除去や表土流出防止工施工に伴う空間線量率や放射性物質の挙動等を調査した。



スギ人工林調査地

(1) 空間線量率及び土壌等の放射性セシウム濃度の測定

各調査区内の中心点から等間隔に設定した測点における空間線量率を測定するとともに、各調査区内において、堆積有機物及び土壌の放射性セシウム濃度についても測定した。

(2) 落葉等堆積有機物の除去及び表土流出防止工の設置

落葉等除去による表土流出、表土流出防止工設置による土壌流出防止の効果を把握するため、①各調査区の斜面垂直方向半分について落葉等堆積有機物を除去、②異なる工法での表土流出防止工を 3 調査区で設置するとともに、対照区を設置した。

表土流出防止工の具体的な工法は、藁工（セシウム吸着土のうを使用）、藁工及び伏工（セシウム吸着土のう及びマットを使用）、積み土のう工（セシウム吸着土のうを使用）を採用した。

図 1 藁工・藁工及び伏工の標準図

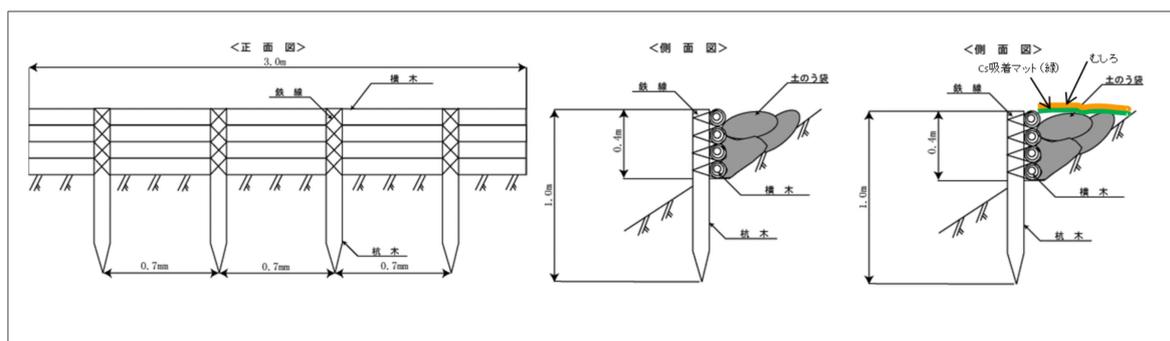


図2 積み土のう工の標準図

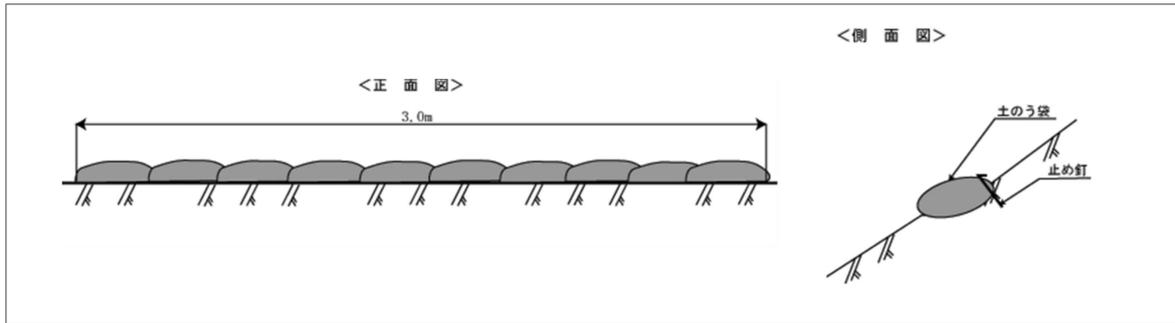


図3 土のう等に使用した資材



メッシュ土のう素材
吸着マット (ブルー・ゼオライト)



吸着材 (パーミキュライト・木炭)



吸着材 (パーライト・ゼオライト)

(3) 流出土砂等の量及び放射性セシウム濃度の測定

落葉除去、表土流出防止工の施工後、各調査区内及び対照区に、試験斜面枠 (5m × 10m)、捕捉箱、転倒升式雨量計を設置して、捕捉箱により捕捉された流出土砂等について、その流出量と放射性セシウム濃度を測定するとともに、転倒升式雨量計により降雨量を測定した。

(4) 放射性セシウムの吸着効果の測定

流出土砂の回収時に、放射性セシウム吸着マット、土のうの一部を調査区内から均等に回収して試料を採取。採取した試料について放射性セシウムの濃度を測定し、表土流出防止工の設置期間における放射性セシウムの吸着効果を把握した。



表土流出防止工の施工
(遠景)



表土流出防止の施工
(近景)



試験斜面枠と雨量計
(右: 落葉除去、左: 落葉除去なし)

6. 試験結果：

(1) 調査区の空間線量率

調査区内の空間線量率（地上高 1m）は 0.36–0.50 μ Sv/h であり、全点の平均の空間線量率は 0.40 μ Sv/h であった。なお、空間線量率の測定時には、約 10cm の積雪があったことから、間伐実施箇所と同様に雪による遮蔽率を乗じて補正したところ、全点の平均の空間線量率は 0.51 μ Sv/h であった。

(2) 流出土砂等の量及び放射性セシウム濃度の測定

表土流出防止工の設置後、3月10日～20日の11日間に各区画における土砂等の流出量を測定したところ、落葉等堆積有機物の除去を行った区画の方が、除去しなかった区画に比べて2～9倍程度流出量が多くなっており、落葉等堆積有機物除去による林床攪乱の影響が大きいことを示唆する結果となった。

また、それぞれの区画において流出土砂のサンプルを回収し、放射性セシウム濃度を測定したところ、落葉等堆積有機物の除去を行った区画の流出土砂の濃度は比較的低い結果となった。これは、放射性セシウムが多く付着した落葉等が取り除かれることにより、そこから流出する土砂等の放射性セシウム濃度も低くなったためと推測できる。

更には、流出した土砂等の量と放射性セシウム濃度を乗じて、土砂等流出に伴う放射性セシウムの流出量を算出した。その結果、落葉等除去を行った区画で 13.7～42.4Bq/m²、落葉等除去を行わなかった区画で 17Bq/m²～40.4Bq/m² となり、顕著な差は見られなかった。

なお、表土流出防止工については、治山等の工事で一般的に適用されており、土砂等の流出抑制効果は認められているが、本実証では表土流出防止工設置からの期間が短く、有効なデータを把握するまでには至らなかったことから、今後も継続的なモニタリングを実施する予定である。

表 1 表土流出防止工区画における放射性Csの流出量

| | | 筋工 | | 筋工+伏工 | | 土のう積工 | | 対照区(施工なし) | |
|---------------------|------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | | 落葉除去 | 除去なし | 落葉除去 | 除去なし | 落葉除去 | 除去なし | 落葉除去 | 除去なし |
| 流出した土砂等 | 流出量 | 14.6 g/m ² | 3.2 g/m ² | 17.7 g/m ² | 9.8 g/m ² | 13.4 g/m ² | 1.5 g/m ² | 1.8 g/m ² | 2.6 g/m ² |
| | Cs濃度 | 943 Bq/kg | 5,300 Bq/kg | 1,787 Bq/kg | 4,120 Bq/kg | 3,173 Bq/kg | 9,700 Bq/kg | 7,800 Bq/kg | 8,400 Bq/kg |
| 土砂等流出に伴うCs総流出量 | | 13.8 Bq/m ² | 17.0 Bq/m ² | 31.6 Bq/m ² | 40.4 Bq/m ² | 42.4 Bq/m ² | 15.0 Bq/m ² | 13.7 Bq/m ² | 21.6 Bq/m ² |
| 施業後の堆積有機物及び土壌のCs現存量 | | 13,594 Bq/m ² | 70,594 Bq/m ² | 17,400 Bq/m ² | 55,067 Bq/m ² | 13,822 Bq/m ² | 40,322 Bq/m ² | 7,217 Bq/m ² | 31,417 Bq/m ² |
| Cs流出率 | | 0.101 % | 0.024 % | 0.181 % | 0.073 % | 0.307 % | 0.037 % | 0.190 % | 0.069 % |

※測定期間は3/10～3/20の11日間であり、期間中の降雨量は30mm（7.4 \times 10⁻⁴）

※土砂等の流出量については、RUSLE法により傾斜角を30度（リルや流水の影響が小さい場合）に補正して計算した。

※Cs流出率は、Cs総流出量を施業後の堆積有機物及び土壌（落葉除去区画については土壌のみ）のCs現存量で除して算出した。（Csの流出量は試験斜面枠内での移動量であって、そのまま森林外へ流出する量を示すものではない。）

(3) 放射性セシウムの吸着効果

土砂等の回収とあわせ、表土流出防止工の土のうちの中詰め材、伏工のシートをサンプル回収して放射性物質の濃度を測定し、その吸着効果を把握した結果、測定期間が短期間であったこともあり、多くのサンプルで検出限界未満となった。

しかし、筋工の区画では土壌の流出量が多い落葉等の除去区において、土のうちの中詰め材が 45Bq/kg、バーミキュライトが 87.5Bq/kg となり、その吸着効果が確認された。

また、筋工+伏工の区画でも、土壌の流出量が多い落葉等の除去区において、土のうちの中詰め材が 39.5Bq/kg、伏工として使用したゼオライトマットが 1,450Bq/kg となったほか、落葉等除去を行わなかった区画の伏工で使用したプルシアンブルーのマットでも 470Bq/kg となり、その吸着効果が確認された。

本実証試験の測定期間は期間が短くなったため、十分なデータを把握するまでは至らなかったが、放射性セシウムを吸着する中詰め材を使用した表土流出防止工を設置することで、放射性物質の拡散を抑制する可能性があることを示唆する結果となった。

表2 表土流出防止工の中詰め材の放射性セシウム吸着状況

| | | 筋工 | | | | | | | |
|---------|----------------|----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | 落葉等除去あり | | | | 落葉等除去なし | | | |
| | | パーライト | ゼオライト | バーミキュライト | 木炭 | パーライト | ゼオライト | バーミキュライト | 木炭 |
| 土壌の中詰め材 | 回収サンプルの放射性Cs濃度 | ND Bq/kg | 45.00 Bq/kg | 87.5 Bq/kg | ND Bq/kg |
| | | ND Bq/m ³ | 9.53 Bq/m ³ | 1.05 Bq/m ³ | ND Bq/m ³ |
| | 使用した吸着材の量 | - m ³ | 288 m ³ | 288 m ³ | - m ³ |
| | 吸着した放射性Csの総量 | - Bq | 12,960 Bq | 25,200 Bq | - Bq | - Bq | - Bq | - Bq | - Bq |

※使用した吸着材の量は、表土流出防止工1基あたり（長さ3m、土嚢6袋×2段積み）に換算した数値（以下の表すべて同じ）

| | | 筋工+伏工 | | | | | | | |
|---------|----------------|----------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | 落葉等除去あり | | | | 落葉等除去なし | | | |
| | | パーライト | ゼオライト | バーミキュライト | 木炭 | パーライト | ゼオライト | バーミキュライト | 木炭 |
| 土壌の中詰め材 | 回収サンプルの放射性Cs濃度 | ND Bq/kg | 39.50 Bq/kg | ND Bq/kg | ND Bq/kg | ND Bq/kg | ND Bq/kg | ND Bq/kg | ND Bq/kg |
| | | ND Bq/m ³ | 9.47 Bq/m ³ | ND Bq/m ³ |
| | 使用した吸着材の量 | - m ³ | 288 m ³ | - m ³ |
| | 吸着した放射性Csの総量 | - Bq | 11,376 Bq | - Bq | - Bq | - Bq | - Bq | - Bq | - Bq |

| | | 土のう積工 | | | | | | | |
|---------|----------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|
| | | 落葉等除去あり | | | | 落葉等除去なし | | | |
| | | バーライト | ゼオライト | バーミキュライト | 木炭 | バーライト | ゼオライト | バーミキュライト | 木炭 |
| 土壌の中詰め材 | 回収サンプルの放射性Cs濃度 | ND Bq/kg | 54.00 Bq/kg | ND Bq/kg | ND Bq/kg |
| | | ND Bq/m ³ | 10.30 Bq/m ³ | ND Bq/m ³ | ND Bq/m ³ |
| | 使用した吸着材の量 | - m ³ | 288 m ³ | - m ³ | - m ³ |
| | 吸着した放射性Csの総量 | - Bq | 15,552 Bq | - Bq | - Bq |

表3 表土流出防止工のマットの放射性セシウム吸着状況

| | 回収サンプルの放射性Cs濃度 | 使用したマットの量 | 吸着した放射性Csの総量 |
|----------------------|----------------|-----------|--------------|
| ゼオライトマット(落葉等除去あり) | 1,450.00 Bq/kg | 0.44 kg | 639.45 Bq |
| プルシアンブルーマット(落葉等除去なし) | 470.00 Bq/kg | 0.39 kg | 183.30 Bq |

※使用したマットの量は、表土流出防止工1基あたり(長さ3m、幅1m)に換算した数値

* 18 濁水防止工による放射性物質の拡散抑制実証試験の概要

1. 実施主体：林野庁
2. 試験地：福島県広野町（旧緊急時避難準備区域）
3. 試験期間：平成 24 年 1 月 30 日～ 3 月 10 日
4. 周辺林況等：スギ人工林 49 年生、河川支流の源流域に相当し集水面積 140ha
5. 試験方法：

透過性のある鋼製枠による濁水防止工（放射性セシウムの吸着材を中詰め材として使用）を溪間に 85m の間隔をおいて 2 基設置し、濁水防止工設置前後の渓流水を採取し、放射性セシウム濃度を測定。

また、濁水防止工設置後に一定期間をおき、中詰め材の一部を回収して、吸着された放射性セシウム濃度を測定し、吸着された放射性セシウムの量を推定・算出。



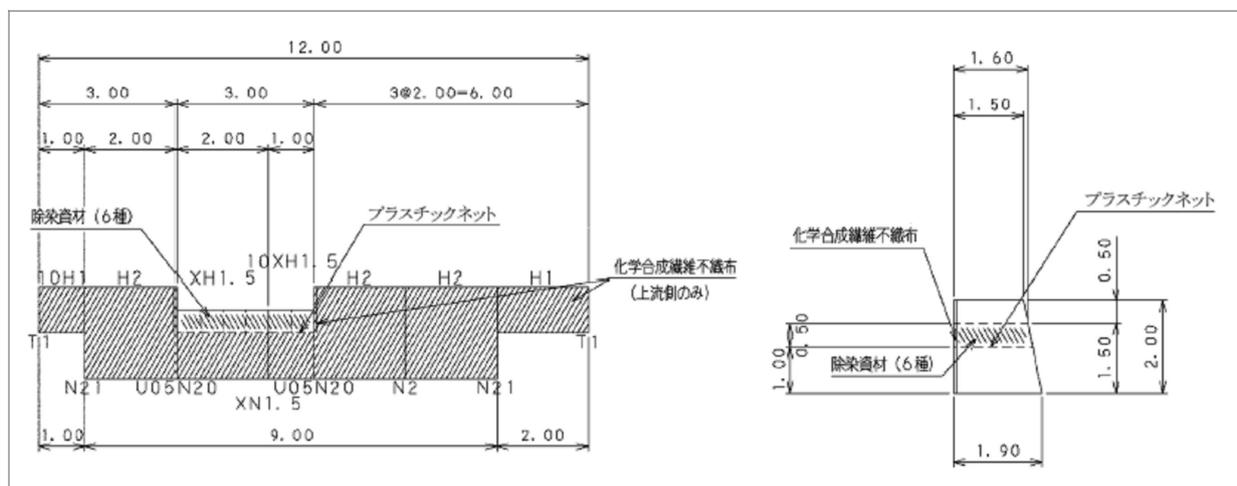
濁水防止工の設置箇所

6. 濁水防止工の構造等：

鋼製の枠組みに石材を詰め込んだ鋼製枠で、堤高 2.0m、水通し 3.0m、水通し天端部分に 0.5m 間隔の仕切りを設けて 6 列の吸着材入り土のうを収納できる構造。

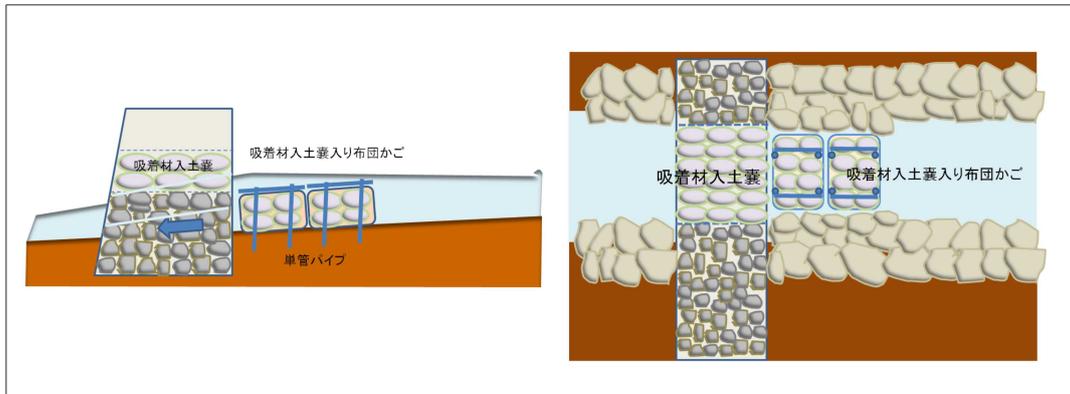
吸着材を入れた土のうと中詰の石材が摩擦し破損しないよう、プラスチックネットを敷設し、吸着材に流水が確実に通過するよう、水通し側面と上流面に不織布を設置。

なお、水通し天端の蓋は、ボルトで脱着可能な構造として、吸着材を定期的に交換することが可能。（※試験で使用した吸着材は、ゼオライト、焼成パーライト、木炭、焼成パーミキュライト）



濁水防止工の設計図

また、季節による流量変動に対応するため、鋼製枠工の上流部に吸着材入り土のう布団かごを設置して、流量が少なく鋼製自在枠の放水路に流水が通過しない冬季などであっても、布団かごで懸濁物質等を捕捉できるような工夫を行った。



鋼製枠と布団かごの配置状況



鋼製枠と布団かごの設置状況

7. 試験結果：

濁水防止工の設置前後に、渓流水の放射性物質濃度を測定したところ、いずれも検出限界未満となり、水溶性の形では放射性物質は渓流中に流出していなかった。

また、中詰め材として使用した吸着資材のサンプル回収を行い、放射性物質の濃度を測定することで、その吸着状況を把握したところ、放射性物質を最も吸着した資材は木炭であり、その放射性セシウム濃度は 125Bq/kg、次いで、バーミキュライト 116Bq/kg、ゼオライト 59Bq/kg、パーライト 33Bq/kg となった。

なお、上流部 (No.2) と下流部 (No.1) に設置した濁水防止工の吸着資材の放射性物質濃度を比較すると、上流部のパーライトと木炭が検出限界未満だった一方、下流部では、それぞれ 65Bq/kg、250Bq/kg となった。これは、上流部の工事に伴う攪乱、下流部付近にある斜面上方の駐車場の排水施設から流出した土砂等の影響があると推測される。

濁水防止工による放射性物質の吸着

| | | 濁水防止工の吸着材として使用した資材 | | | |
|----------|----------------|--------------------|------------|------------|------------|
| | | ゼオライト | パーライト | 木炭 | バーミキュライト |
| 上流(No.2) | 回収サンプルの放射性Cs濃度 | 43 Bq/kg | ND Bq/kg | ND Bq/kg | 75 Bq/kg |
| | 使用した吸着材の量 | 180 kg/基 | 36 kg/基 | 26 kg/基 | 48 kg/基 |
| | 吸着した放射性Csの総量 | 7,740 Bq/基 | － Bq/基 | － Bq/基 | 3,600 Bq/基 |
| 下流(No.1) | 回収サンプルの放射性Cs濃度 | 75 Bq/kg | 65 Bq/kg | 250 Bq/kg | 156 Bq/kg |
| | 使用した吸着材の量 | 180 kg/基 | 36 kg/基 | 26 kg/基 | 48 kg/基 |
| | 吸着した放射性Csの総量 | 13,500 Bq/基 | 2,340 Bq/基 | 6,500 Bq/基 | 7,488 Bq/基 |
| 平均 | 回収サンプルの放射性Cs濃度 | 59 Bq/kg | 33 Bq/kg | 125 Bq/kg | 116 Bq/kg |
| | 使用した吸着材の量 | 180 kg/基 | 36 kg/基 | 26 kg/基 | 48 kg/基 |
| | 吸着した放射性Csの総量 | 10,620 Bq/基 | 1,170 Bq/基 | 3,250 Bq/基 | 5,544 Bq/基 |

※濁水防止工No. 1の測定期間は2/27-3/9の12日間であり、期間中の降雨量は80mm（アメダスデータ）

※濁水防止工No. 2の測定期間は2/25-3/10の15日間であり、期間中の降雨量は101mm（アメダスデータ）

※濁水防止工No. 1は、No. 2の下流80mに設置（集水面積は140ha）

※サンプル回収については、常時湛水していた布団かごの中の吸着材について採取・分析した。

河川中に浮遊する懸濁物質の総量を把握することは非常に困難であり、当該土砂総量に対する濁水防止工の補足効果（率）までは評価できていない。また、短期間での測定であったため、各資材の吸着能力の変化等についても不明な点もあることから、今後、濁水の発生状況、吸着材の吸着効果等を継続的に観測するとともに、効果的な配置方法や構造等について検討していく必要がある。

* 19 落葉等堆積有機物の除去手順

①下草、灌木等の刈り払い



②刈り払った灌木等の裁断・整理



③伐り捨て間伐木の処理



④刈り払った灌木等の袋詰め



⑤落葉等のかき集め



⑥落葉等の袋詰め



⑦粗朶の整理・結束



⑧土のう袋の搬出



⑨土のう袋と粗朶の集積



⑩現場保管



⑪除染作業前の林床の状況



⑫除染作業後の林床の状況



※写真は福島県外で行った工程調査の写真であり、実際の除染作業時には、「東日本大震災により生じた放射性物質により汚染された土壌等を除染するための業務等にかかる電離放射線障害防止規則（平成23年労働省令第152号）」により、放射線管理の方法や保護具等を選択する。

* 20 枝葉等の除去手順

①枝葉の除去



②枝葉の集積・裁断



③枝葉の袋詰め



※粗朶の整理・結束、土のう袋の搬出、集積、現場保管の作業手順は、落葉等堆積有機物と同様

※写真は福島県外で行った工程調査の写真であり、実際の除染作業時には、「東日本大震災により生じた放射性物質により汚染された土壌等を除染するための業務等にかかる電離放射線障害防止規則（平成23年労働省令第152号）」により、放射線管理の方法や保護具等を選択する。

* 21 警戒区域及び計画的避難区域における詳細モニタリングの結果

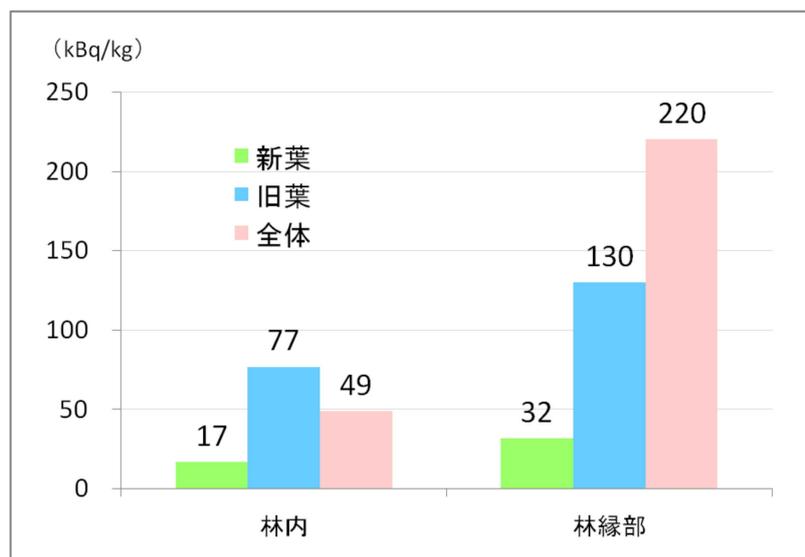
1 内閣府原子力被災者支援チーム及び文部科学省では、総合モニタリング計画（平成 23 年 8 月 2 日モニタリング調整会議決定）に基づき、警戒区域及び計画的避難区域を対象としたモニタリングを実施している。（実施者：電力中央研究所、東京電力）

2 警戒区域内にある富岡町のスギ人工林（4.3-6.2 μ Sv/h）の測定では、林内に比べて林縁部の立木の葉に、より多くの放射性物質が付着している結果となった。

※ 警戒区域及び計画的避難区域における詳細モニタリングの結果の公表について別紙3-1（平成23年11月16日原子力被災者支援チーム）

※ 測定期間：平成23年9月12日～16日

図 葉における放射性物質の付着状況（スギ人工林）



* 22 伐採・集材方法の事例



【スイングヤーダによる集材】

- ・チェーンソー伐倒→スイングヤーダ木寄→プロセッサ造材→フォワーダ運材が標準的。
- ・30-150m 範囲の木寄せ集材に適用が可能で、効率の良い集材距離は 50-80m。
- ・急傾斜地、転石や岩の多い地形など、高密路網の整備が難しい箇所を中心に活用でき、列状間伐との組合せが効率的。



【ロングリーチグラップルによる集材】

- ・チェーンソー伐倒→ロングリーチグラップル集材→プロセッサ造材→フォワーダ運材が標準的。
- ・中～急傾斜と幅広い地形に適用可能で、スーパーロングリーチの長さは水平で 20m。
- ・安全で効率的な作業が可能であるが、定性間伐で 170-230 m/ha、列状間伐で 100-180m/ha の路網が必要となる。



【タワーヤーダによる集材】

- ・チェーンソー伐倒→タワーヤーダ集材→プロセッサ造材→フォワーダ運材が標準的。
- ・集材距離は 150-800m で、路網整備が難しい急傾斜地等を中心に活用可能。
- ・車両系システムに比較すると、林地攪乱による影響は極めて低いが、索張りコストを縮減することが重要。



【架線による集材】

- ・チェーンソー伐倒→架線集材→プロセッサ造材→運材が標準的。
- ・路網整備が難しい急傾斜地等を中心に活用し、長スパンの集材が可能。
- ・車両系システムに比較すると、林地攪乱による影響は極めて低いが、索張りコストがかかる。索の張り方により、エンドスタイヤ式、ランニングスカイライン式などがある。

* 23 航空レーザ計測データの活用

1 林野庁では、平成 23 年度に航空機の飛行が許可されている東京電力福島第一原子力発電所から 20-30km 圏内において、原発事故後の詳細な森林の状況等を把握するため、航空レーザ計測と計測データの解析を行った。

※平成 24 年度は 30km 圏外でも航空レーザ計測を実施する予定

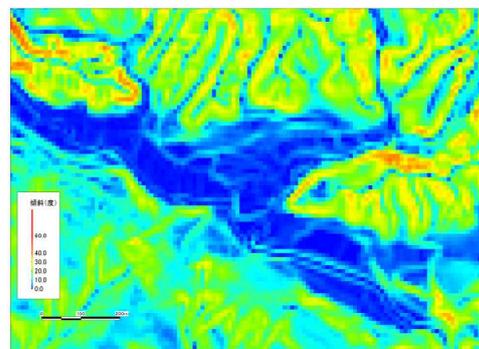
2 具体的には、下表に示すデータを整備しており、路網計画や作業計画、濁水防止工等の実施箇所の判断材料として、本データを活用することが期待できる。なお、整備したデータは、申請に応じて主に行政機関に提供する予定。

| 分類 | データの種類 | データ形式 |
|------|--------------------|---------|
| 地形等 | 地盤高、水系網 | ベクトルデータ |
| | 傾斜、崩壊土砂流出危険度、土壌侵食量 | ラスタデータ |
| 森林情報 | 樹高分布、樹種 | ラスタデータ |
| 保全対象 | 空中写真（住宅地、水田、水域等） | ラスタデータ |

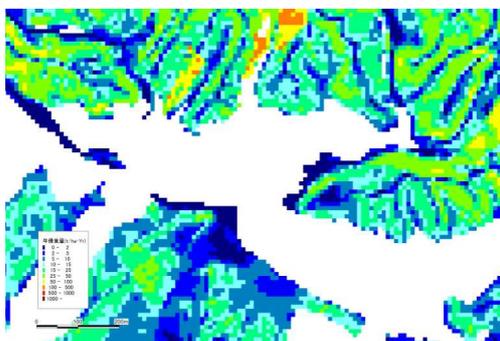
写真 データを画像化した事例（A 地区周辺）



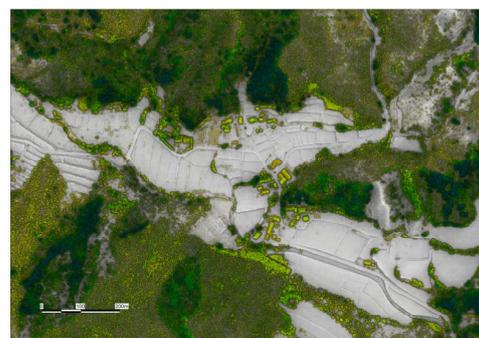
【空中写真（住宅地・水田・水域等）】



【傾 斜】



【土壌侵食量】

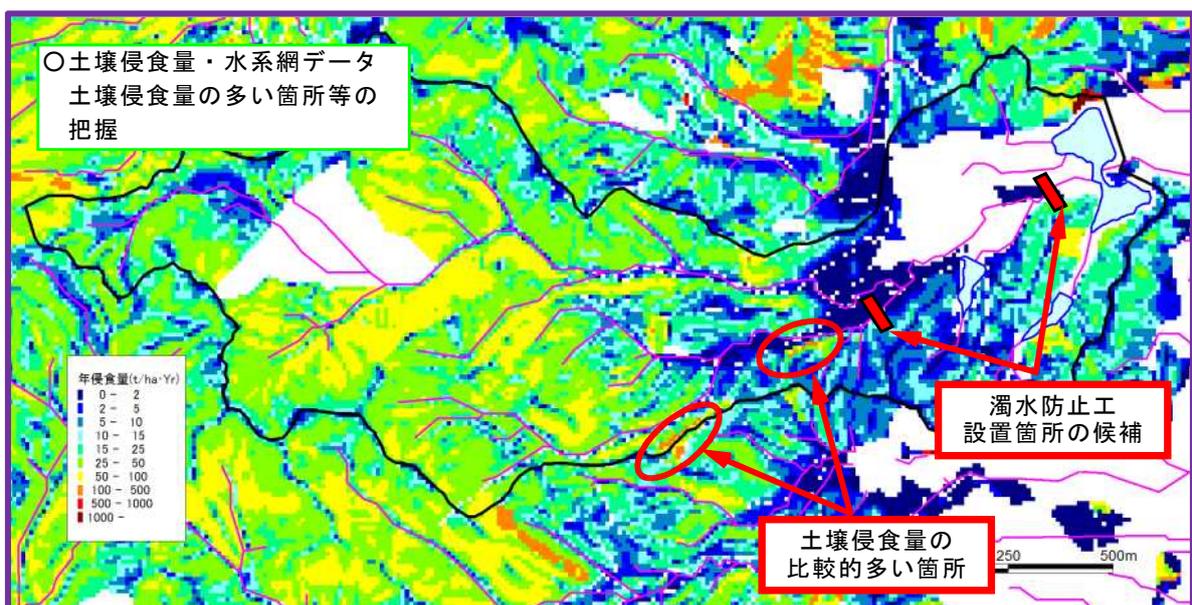
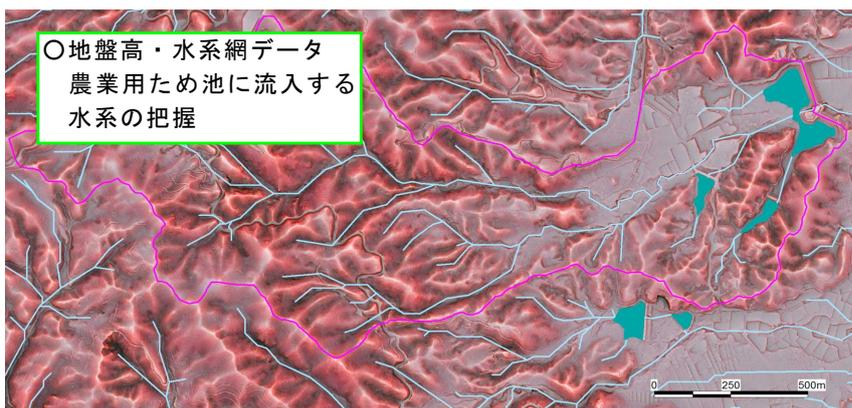
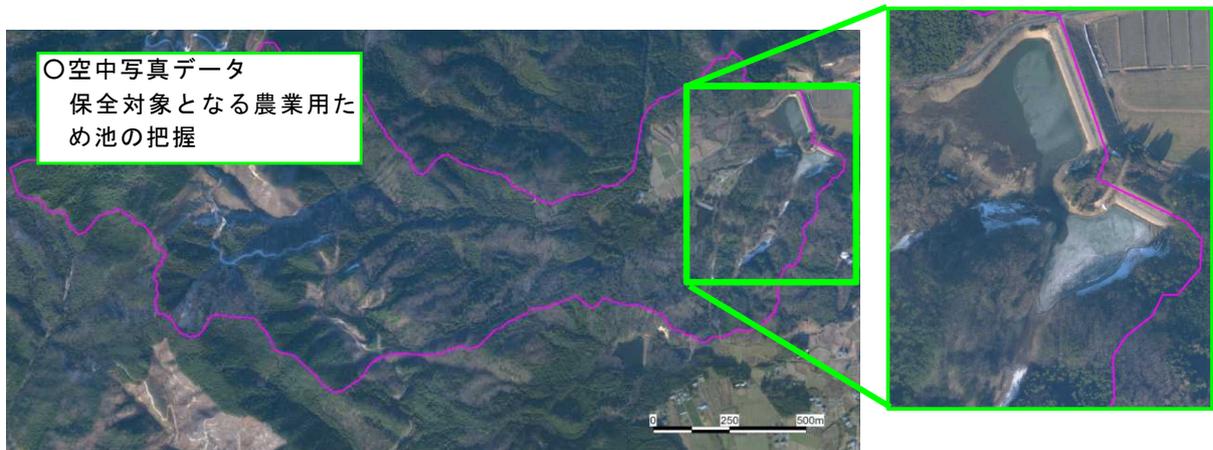


【樹高分布】

期待できるデータ活用方法の例（濁水防止工の設置箇所の選定の場合）

濁水防止工は懸濁物質を捕捉することで、当該土砂に付着した放射性物質を吸着する効果が確認されており、その活用が期待される。

その設置箇所を検討する場合には、地形地質及び周辺の利水状況等を勘案して、土壌の流入を防止すべき箇所、例えば、農業用ため池や取水箇所等の周辺に設置することが考えられる。



※ここではデータを一部加筆・修正している。

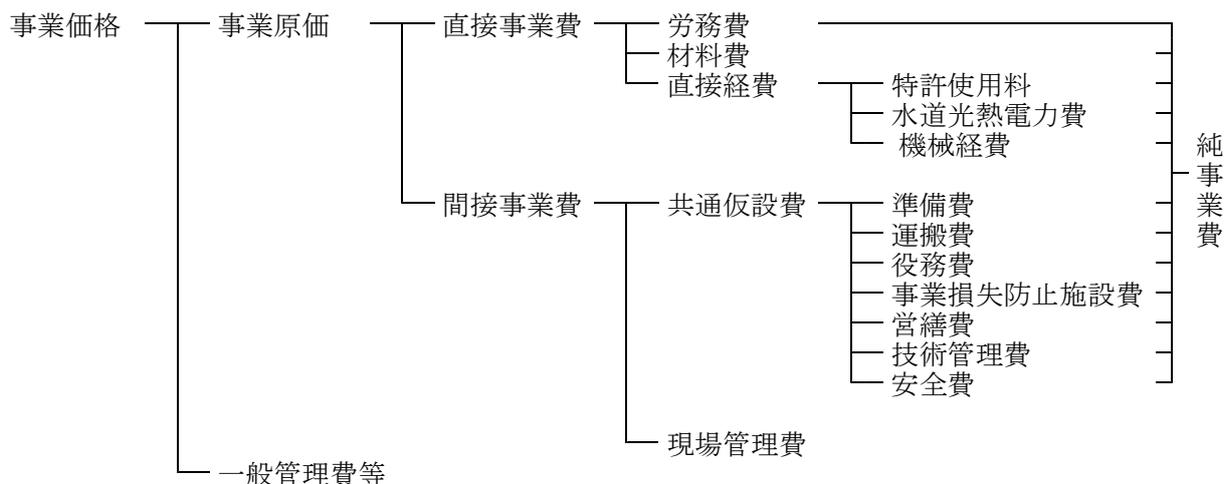
* 24 国有林野に係る放射線量低減技術策定調査費等委託費の執行について（23 林国第 115 号平成 23 年 12 月 7 日国有林野部長通知）の（別添 1）森林除染事業請負予定価格積算要領の概要

○ 森林除染事業請負予定価格の構成

1 落葉等堆積有機物及び枝葉等の除去

予定単価＝事業価格／予定作業量 ＋ 消費税及び地方税消費税相当額

（事業価格の構成）



（予定作業量）

予定作業量＝作業面積 × 標準作業量

2 土壌流亡等の防止措置

予定価格＝事業価格 ＋ 消費税及び地方税消費税相当額

（事業価格の構成）

1 と同一

○ 森林除染事業請負予定価格積算の内容

森林除染事業の請負予定価格は、事業の目的を達成するために直接必要な事業実行に係る費用とし、その内訳は、直接事業費、間接事業費及び一般管理費等並びに消費税及び地方消費税（以下「消費税」と総称する。）相当額とする。

1 直接事業費

直接事業費は、事業費及び事業に必要な仮施設の設置（共通仮設費に含まれるものを除く。）に直接必要な労務費、材料及び直接経費（特許使用料、水道光熱電力量及

び機械経費)とする。

労務費の所要人員については、(別紙1) 森林除染事業請負標準功程表を使用して求め、材料費は事業の実行に必要な土のう袋、ブルーシート等に要する費用とし、その数量は、(別紙2) 標準使用量に作業中の損失量を加算して求める。

2 間接事業費

間接事業費は、共通仮設費及び現場管理費とする。

※共通仮設費率、現場管理費率は非公表

3 一般管理費等

一般管理費等は、請負者等の本店及び支店における業務の処理に要する費用(以下「一般管理費」という。)並びに付加利益とする。

※一般管理費等率は非公表

4 予定作業量

予定作業量は、(別紙3) 標準作業量表を使用して求めるものとし、これにより難しい場合は別途定めることができるものとする。

5 消費税相当額

消費税相当額は、事業単価に係る消費税及び地方消費税相当分を計上して積算するものとし、事業原価に係る各項目の積算に使用する材料等の価格等には、消費税等相当分を含まないものとする。

(別紙1) 標準工期表

1 作業種別標準工期表

(1) 落葉等堆積有機物及び枝葉等の除去

① 落葉等堆積有機物の除去

(単位：人工／ha)

| 樹種 | 常緑針葉樹（スギ・ヒノキ） | | 常緑針葉樹 （アカマツ） | 落葉広葉樹 （ナラ等） |
|----|---------------|---------|-----------------|----------------|
| | VII 齢級以上 | VI 齢級以下 | | |
| 工期 | 108.0 | 64.7 | 111.7 | 47.0 |

(参考) 林地内に一時保管を行わない場合

(単位：人工／ha)

| 樹種 | 常緑針葉樹（スギ・ヒノキ） | | 常緑針葉樹 （アカマツ） | 落葉広葉樹 （ナラ等） |
|----|---------------|---------|-----------------|----------------|
| | VII 齢級以上 | VI 齢級以下 | | |
| 工期 | 91.8 | 54.3 | 96.0 | 39.7 |

(注) 「林地内に一時保管を行わない場合」は、森林除染において除去した落葉等堆積有機物を搬入する仮置場が決定しており、林地内での一時保管を必要としない場合に用いる。

② 切り捨て間伐木の処理

(単位：人工／ha)

| | |
|---------------------------|------|
| 常緑針葉樹林のうちIV 齢級からXII 齢級のもの | 10.0 |
|---------------------------|------|

(注) IV 齢級からXII 齢級の常緑針葉樹林（スギ・ヒノキ）であって、切り捨て間伐実施後5年以上経過していない場合に、上記の工期を加える。

③ 枝葉の除去（枝打ち）

(単位：人工／100m)

| | |
|----------------------|-----|
| 常緑針葉樹林のうちIII 齢級以上のもの | 0.8 |
|----------------------|-----|

(注) III 齢級以上の常緑針葉樹林（スギ・ヒノキ）について、林縁部の延長100mにつき上記の工期を加える。

(2) 土壌流亡等の防止措置

(単位：人工／10m)

| 名称 | 数量 | 備考 |
|---------------|------|---|
| 袋詰め | 0.5 | 1列平積み 袋詰め込み(2.5袋分)、土砂 量0.5 m ³ |
| 張り付け仕上げ止め打ち込み | 0.15 | 1袋当たり1本使用 |

(別紙2) 標準使用量

1 落葉等堆積有機物及び枝葉等の除去

(単位：枚・巻／ha)

| 樹種 | 常緑針葉樹 (スギ・ヒノキ) | | 常緑針葉樹 (アカマツ) | 落葉広葉樹 (ナラ等) |
|--------|----------------|--------|-----------------|----------------|
| | VII齢級以上 | VI齢級以下 | | |
| 土のう袋 | 5, 500 | 3, 600 | 5, 600 | 2, 500 |
| ブルーシート | 275 | 180 | 280 | 125 |
| トラロープ | 55 | 36 | 56 | 25 |

(注) 土のう袋20個につき、1枚のブルーシートで梱包し、ロープで梱包するものとする。
また、本表の資材については、現場の状況により不足することのないよう、1割程度多く用意する。

2 土壌流亡等の防止措置

(単位：個／10m)

| 名称 | 数量 | 備考 |
|--------|--------------------|------------|
| 土のう | 25 | 中詰め土砂は購入する |
| 土砂量 | 0.5 m ³ | |
| アンカーピン | 20 | |

(別紙3) 標準作業量表

(単位：個／ha)

| 樹種 | 常緑針葉樹 (スギ・ヒノキ) | | 常緑針葉樹 (アカマツ) | 落葉広葉樹 (ナラ等) |
|------------------------|----------------|--------|-----------------|----------------|
| | VII齢級以上 | VI齢級以下 | | |
| 落葉等堆積有機物を 詰めた土のう袋の数 | 5, 500 | 3, 600 | 5, 600 | 2, 500 |

* 25 除染電離則の概要

1. 被ばく低減のための措置

(被ばく限度)

- 労働者が受ける実効線量は5年間で100mSv、かつ、1年間で50mSvを超えてはならない。
(※妊娠する可能性のある女性については、3か月で5mSvを超えてはならない。)

(線量の測定)

- 2.5 μ Sv/時(週40h、52週で年5mSv相当)超の区域※では、除染等作業による外部被ばく線量を個人線量計で測定しなければならない。
- 0.23 μ Sv/時(24h換算で年1mSv相当)超2.5 μ Sv/時以下の区域では、簡易な方法の測定可。
※概ね、計画的避難区域、警戒区域内になる見込み

- 高濃度粉じん※1の中で、高濃度汚染土壌等を取り扱う作業※2に従事する者については、3か月につき1回内部被ばくの測定を行わなければならない。
- それ以外の者については、スクリーニングを実施し、スクリーニング基準を超えた場合には、内部被ばくの測定を行わなければならない。

※1 セシウムを含む粉じん濃度が10mg/m³を超えるもの

※2 セシウムの濃度が50万Bq/kgを超える汚染土壌等を取り扱う作業

(線量の測定結果の記録、保存等)

- 測定した労働者の線量を、記録し、30年間保存するとともに、労働者に通知しなければならない。(5年間保存の後、指定機関への引渡し可)

(事前調査、作業計画、作業指揮者、作業の届出)

- 除染等作業の前に、あらかじめ事前調査を行い、作業計画を定め、作業指揮者により作業を指揮させなければならない。
- 2.5 μ Sv/時超の区域での土壌等の除染等の業務は、所轄署長に作業届出を提出しなければならない。

2. 汚染拡大の防止措置

(粉じん発散の抑制の措置)

- セシウムを含む高濃度粉じんが発生するおそれがある場合、土壌等を湿潤にする等粉じんの発散を抑制するための措置を講じなければならない。

(除去土壌等の保管等の場合の汚染防止措置)

- 除去土壌等を保管等する場合には、一定の要件を備えた容器※を用い、立入禁止等の措置を講じなければならない。

※ 除去土壌等が飛散・流出するおそれがなく、容器の表面から1mの距離における1cm線量当量率が0.1mSv/時を超えないもの。

(汚染検査)

- 除染等作業を行う作業場の近隣の場所に、汚染検査場所を設け、除染作業場から労働者が退出するときは、身体、衣服等の汚染検査を行わなければならない。
- 40Bq/cm³を超えた汚染が認められるときは、身体汚染について当該基準以下になるよう洗身等をさせ、装具汚染については取り外す等しなければならない。
- 作業場から持ち出す物品について汚染検査を行い、40Bq/cm³を超えた汚染が認められるときは、持ち出しをしてはならない。

(保護具)

- 高濃度粉じんが発生するおそれがある作業、高濃度汚染土壌等を取り扱う作業のいずれかの作業を行う場合には、防じんマスク、保護衣等の保護具を使用させなければならない。

(喫煙・飲食の禁止)

- 放射性物質を吸入摂取するおそれのある作業場で、喫煙・飲食することを禁止しなければならない。

3. 労働者教育、健康管理措置等

(労働者に対する特別教育)

- 労働者を除染等作業に就かせる際、放射線の影響、線量管理、作業方法、関係法令について教育を行わなければならない。
※ ①土壌の除染作業、②除去土壌の運搬等作業、③汚染廃棄物の運搬等の各作業に分けて要件を定める。

(健康診断)

- 作業の雇い入れ時、配置替え時及び6か月に1回、被ばく歴等の特別健康診断をこない、健康診断個人票を作成して、これを30年間保存するとともに、労働者に通知しなければならない。(5年間保存の後、指定期間への引渡し可)
- 特別健康診断の結果、放射線による障害等が発生している等の場合、その障害等がなくなるまで、就業上の措置(業務転換、時間の短縮等)を講じなければならない。

(離職者への線量記録等の交付)

- 労働者が離職する時又は事業を廃止する時には、労働者の被ばく線量記録と健康診断個人票を厚生労働大臣が指定する機関に引き渡し、労働者にその写しを交付しなければならない。

(健康診断の結果の報告)

- 事業者は、定期の特別健康診断結果について、所轄署長に報告しなければならない。

被ばく線量管理の対象及び方法について

- ① 業として除染等を行う労働者は、以下の(A)及び(B)を合算し、職業被ばく限度(注3)を超えない管理をする。
 ② ボランティア等は、計画的避難・警戒区域の外側で、年数十回程度を上回らない回数(実効線量が年1mSvを十分に下回る範囲内、これ以上は、業として作業を行うとみなせるレベル)の作業とする。

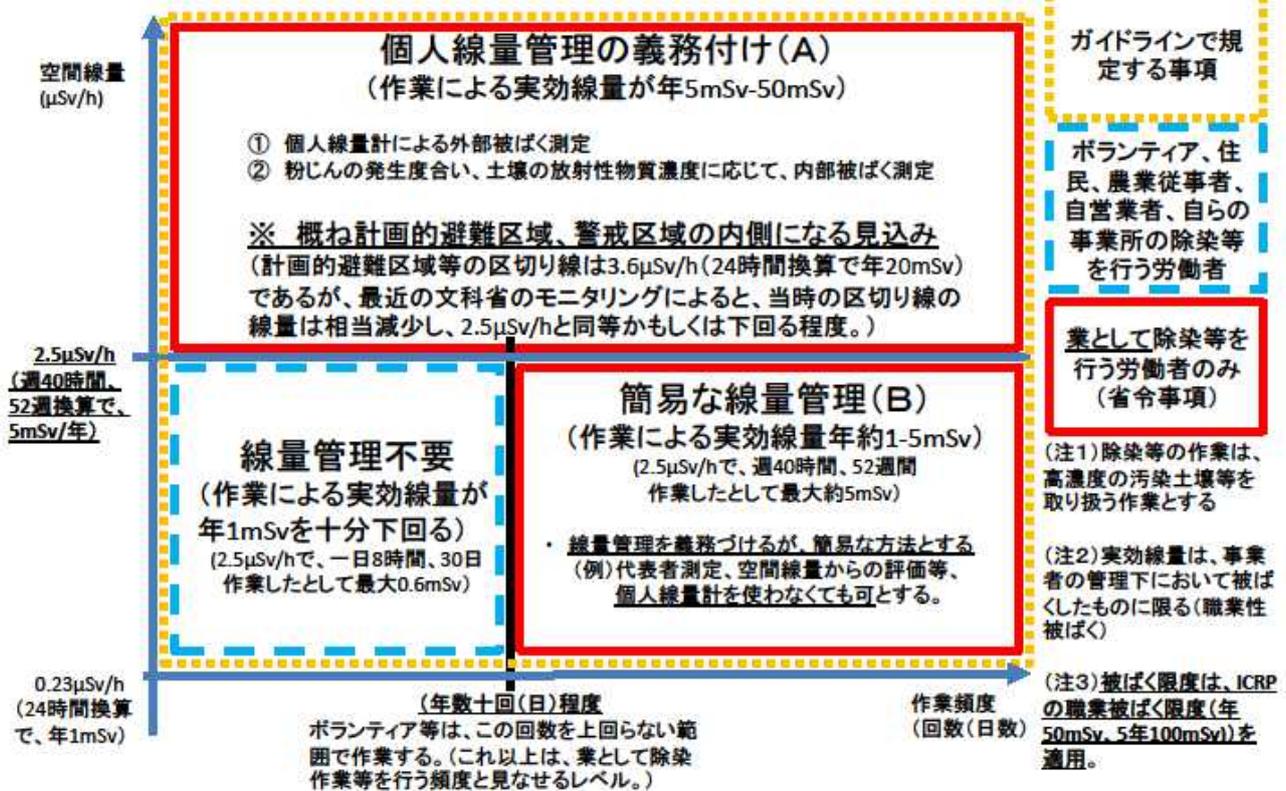


表 内部被ばく測定、保護具等の選択に関する基準

| | | 50万 Bq/kg を超える汚染土壌等 (高濃度汚染土壌等) | 高濃度汚染土壌等以外 |
|----------|---|--|----------------------------------|
| 内部被ばくの測定 | 粉じんの濃度が10mg/m ³ を超える作業 (高濃度粉じん作業) | 3月に1回の内部被ばく測定 | スクリーニング検査 |
| | 高濃度粉じん作業以外の作業 | スクリーニング検査 | スクリーニング検査(突発的に高い粉じんにばく露された場合に限り) |
| 防じんマスク | 粉じんの濃度が10mg/m ³ を超える作業 (高濃度粉じん作業) | 捕捉効率95%以上 | 捕捉効率80%以上 |
| | 高濃度粉じん作業以外の作業 | 捕捉効率80%以上 | 捕捉効率80%以上 |
| 保護衣 | 粉じんの濃度が10mg/m ³ を超える作業 (高濃度粉じん作業) | 長袖の衣服の上に全身化学防護服(例:密閉型タイベックスーツ)、ゴム手袋(綿手袋と二重)、ゴム長靴 | 長袖の衣服、綿手袋、ゴム長靴 |
| | 高濃度粉じん作業以外の作業 | 長袖の衣服、ゴム手袋(綿手袋と二重)、ゴム長靴 | 長袖の衣服、綿手袋、ゴム長靴 |

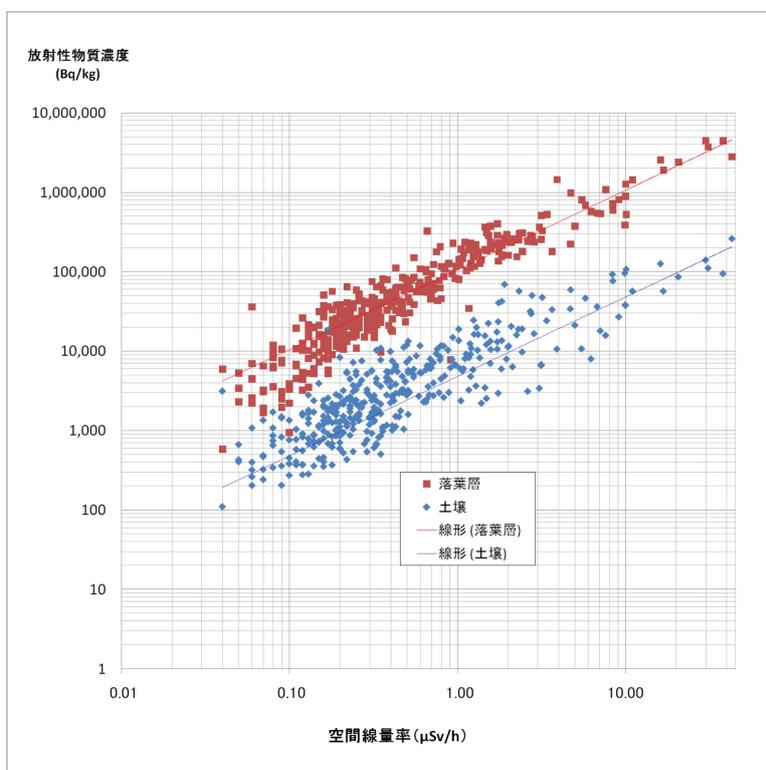
* 2 6 空間線量率と落葉層及び土壌の放射性物質濃度との関係

林野庁が福島県内の森林 391 箇所で実施した空間線量率と土壌等の放射性セシウム濃度の調査結果について分析した結果は下図のとおりであり、一定の相関関係があることが確認された。

また、調査点ごとの落葉層と土壌の放射性セシウムの濃度を比較すると、ほぼ全ての地点で土壌の放射性セシウム濃度より落葉層の方が高いことが明らかとなった。

これらの結果は、林内で除染等の作業を行う場合に、50 万 Bq/kg 以上の高濃度汚染土壌かどうかを判断する上での参考となると考えられる。

図 空間線量率と落葉層及び土壌の放射性物質濃度



* 27 林内作業に伴う粉じんの発生状況等

1. 実施主体：林野庁、福島県
2. 試験地：福島県広野町（旧緊急時避難準備区域、皆伐・間伐・不要木除去につき林野庁が測定）
福島県本宮市（落葉等堆積有機物除去作業につき福島県が測定）
3. 試験期間：平成24年1月27日～3月16日
4. 林況：アカマツ広葉樹混交林、スギ人工林、広葉樹二次林

| 樹種 | 空間線量率 (地上高1m) | 林齢 | 作業 |
|------------|-----------------------|---------|-------|
| アカマツ広葉樹混交林 | 0.65 $\mu\text{Sv/h}$ | 46-63年生 | 皆伐 |
| スギ人工林 | 0.52 $\mu\text{Sv/h}$ | 49年生 | 定性間伐 |
| スギ人工林 | 0.48 $\mu\text{Sv/h}$ | 49年生 | 列状間伐 |
| 広葉樹二次林 | 0.82 $\mu\text{Sv/h}$ | 59年生 | 不要木除去 |
| スギ人工林 | 1.44 $\mu\text{Sv/h}$ | 20年生 | 落葉等除去 |



5. 試験方法：

アカマツ広葉樹混交林において皆伐、スギ人工林において間伐、広葉樹二次林において不要木除去作業、スギ人工林において落葉等堆積有機物の除去作業を行い、作業前、作業中（主な工程ごと、午前午後1回ずつ、落葉等堆積有機物は午前1回のみ）、作業終了後における粉じん濃度をデジタル粉じん計により測定するとともに、主な工程ごとの空間線量率を測定して外部被ばくの傾向を把握した。

6. 試験結果：

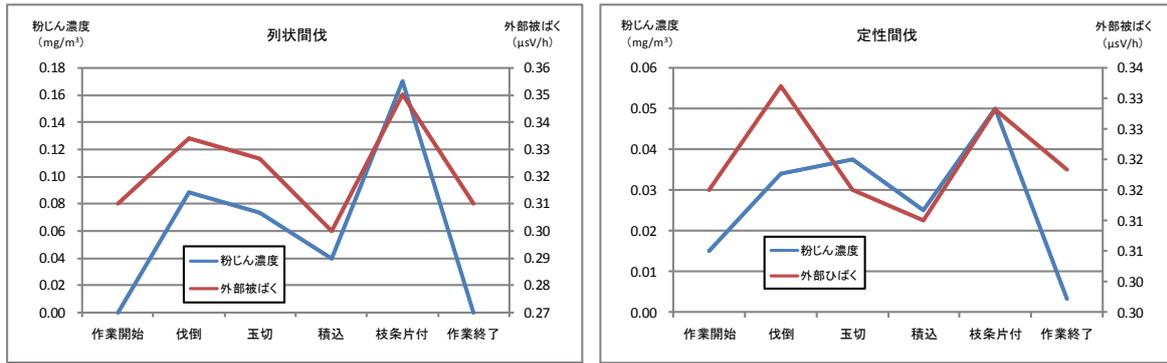
皆伐、間伐、不要木除去、落葉等堆積有機物除去のいずれの作業でも、作業に伴う粉じん発生量は僅かであり、高濃度粉じん作業（ 10mg/m^3 以上）には該当しなかった。

伐採作業について主な工程ごとの粉じん発生量を比較すると、伐倒作業と枝条片付け作業の際に粉じん発生量が増加する傾向にあった。また、外部被ばくについては、放射性物質が多く付着している枝葉に接近する作業となる伐採枝の切断、枝条片付けの際に大きくなる傾向が見られた。

また、作業期間中に7.5mm/日の降雨のあった定性間伐における粉じん発生量（工程ごとの平均）が枝条片付けの 0.05mg/m^3 が最大であったのに比べ、作業期間中に降雨の無かった列状間伐では枝条片付けの 0.17mg/m^3 が最大となっており、作業時の気象条件の差が粉じんの発生に影響を及ぼしているものと推定できる。

落葉等堆積有機物の除去作業については、部分的に林内に雪が残り、日当たりの良い箇所では、表面が乾燥しているものの下層は湿っている状態にあったことから、乾燥季や晴天時など様々なデータを採取し、評価することが重要である。

図1 間伐時の粉じん濃度と外部被ばく

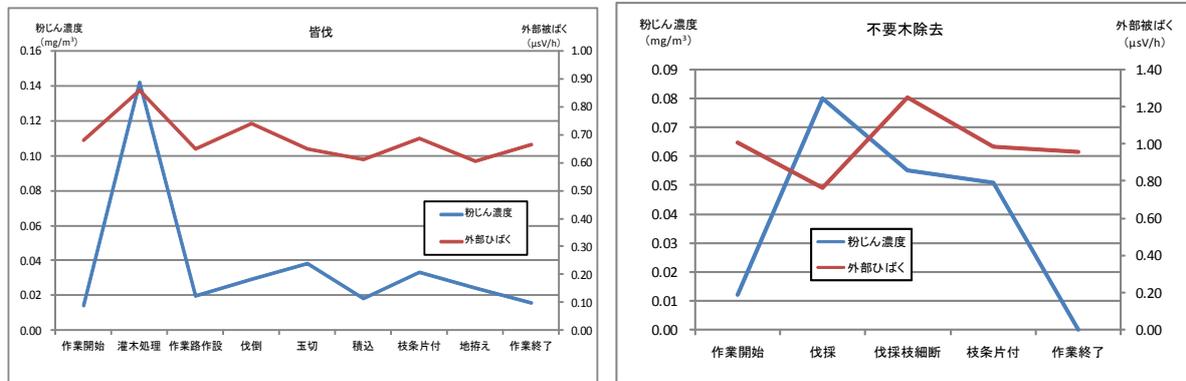


※測定値は各工程の平均値

※測定期間中の気象条件 (アメダス、広野町)

列状間伐：降水量0mm、日平均風速の最大7.7m/s、定性間伐：降水量7.5mm、日平均風速の最大4.7m/s

図2 皆伐・不要木除去時の粉じん濃度と外部被ばく

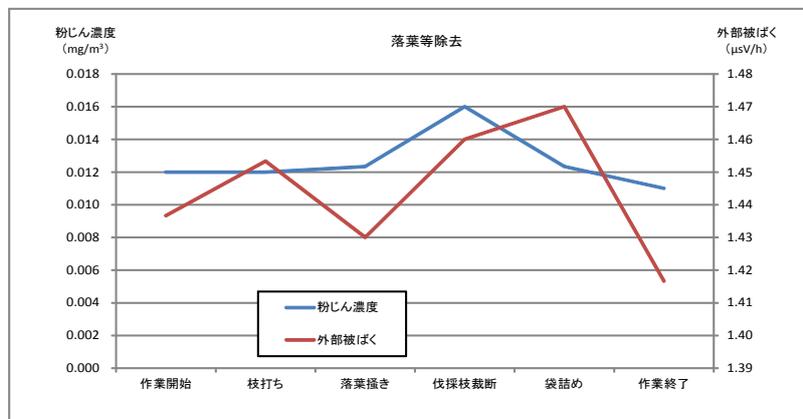


※測定値は各工程の平均値

※測定期間中の気象条件 (アメダス、広野町)

皆伐：降水量2.5mm、日平均風速の最大2.7m/s、不要木除去：降水量0mm、日平均風速の最大4.7m/s

図3 落葉等除去時の粉じん濃度と外部被ばく



※測定値は各工程の平均値、測定期間3/16

※測定期間中の気象条件 (アメダス、二本松)：降水量0mm/風速1.5m/s