

今後の森林除染の在り方に関する当面の整理について

平成24年9月

環境回復検討会

「環境回復検討会」委員名簿（五十音順、平成 24 年 7 月時点）

	氏 名	所 属
1	稲垣 隆司	元愛知県副知事
2	大迫 政浩	（独）国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター センター長
3	太田 猛彦	東京大学名誉教授
4	大塚 直	早稲田大学教授
5	崎田 裕子	ジャーナリスト・環境カウンセラー NPO法人持続可能な社会をつくる元気ネット理事長
6	鈴木 基之（座長）	東京大学名誉教授
7	田中 俊一※	NPO 法人放射線安全フォーラム副理事長
8	中静 透	東北大学大学院生命科学研究科 教授
9	中杉 修身	上智大学元教授
10	新美 育文	明治大学教授
11	林 誠二	（独）国立環境研究所 地域環境研究センター土壌環境研究室 室長
12	古田 定昭	（独）日本原子力研究開発機構 東海研究開発センター核燃料サイクル工学研究所放射線管理部 部長
13	古米 弘明	東京大学大学院都市工学専攻 教授
14	細見 正明	東京農工大学教授
15	森 久起	（財）原子力研究バックエンド推進センター専務理事
16	森口 祐一	東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻 教授

※平成 24 年 9 月 18 日付辞任

今後の森林除染の在り方に関する当面の整理について 検討経緯

環境回復検討会（第4回） 平成24年7月9日

- 森林除染の在り方に関する論点整理
- 除染実施状況の報告

環境回復検討会（第5回） 平成24年7月31日

- 森林除染の考え方の整理について

環境回復検討会（第6回） 平成24年8月29日

- 福島県関係者からのヒアリング

環境回復検討会（第7回） 平成24年9月19日

- 今後の森林除染の在り方に関する当面の整理について

目次

1. はじめに	1
2. 森林での放射性物質の汚染の状況	2
(1) 森林内における放射性物質の汚染の状況	2
(2) 森林外への放射性物質の流出・拡散	5
3. 森林の除染の方法	11
(1) 落葉落枝及び枝葉の除去	11
(2) 間伐・皆伐	13
4. 森林の除染の在り方	16
(森林除染を検討する上での視点)	16
(関係者からのヒアリング結果)	17
(森林除染を検討するエリア)	18
(1) 住居等近隣の森林 (エリア A)	18
(2) 利用者や作業者が日常的に立ち入る森林 (エリア B)	19
(ほだ場など)	19
(キャンプ場など)	19
(3) エリア A、B 以外の森林 (エリア C)	20
5. 調査・研究の在り方	21
6. 森林除染に伴う廃棄物等の処理とバイオマス発電	21
7. リスクコミュニケーション	22
8. 終わりに	22

1. はじめに

平成 23 年 3 月 11 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、当該原子力発電所から放出された放射性物質による環境の汚染が生じた。放射性物質による環境の汚染に対処するため、同年 8 月に「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」（以下「特措法」という。）が成立した。特措法に基づき、国等は放射性物質に汚染された土壌等の除染等の措置等を講じていくとともに、除染等に伴う費用については、同法第 44 条に基づき、関係原子力事業者の負担の下に実施されるものとされている。このことを踏まえ、国等は、合理的かつ相当であると判断される措置を実施することとし、関係原子力事業者に必要な費用を求償することとしている。

森林の除染については、同年 9 月に原子力災害対策本部より示された「森林の除染の適切な方法等の公表について」の中で、住居等近隣の森林における除染を最優先に行い、住民の被ばく線量の低減を図ることとされた。

また、同年 11 月には特措法に基づく基本方針が閣議決定された。その中では、除染の対象範囲が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ことが必要であるとされた。また、上記と同様に、森林については、住居等近隣における除染を最優先に行うものとされた。

これらを受け、国が直接除染を行う除染特別地域では、平成 24、25 年度においては、住居、農用地、道路等の居住空間を優先して除染を進めるとともに、これらに隣接する森林についても林縁から約 20m の範囲について除染を行うことになっている。

さらに、平成 24 年 7 月に閣議決定された福島復興再生基本方針においては、住居等近隣以外の森林の除染の在り方について、国は、蓄積されつつある技術的知見を踏まえ、できる限り早期に検討を進め、一定の方針を示すこととされた。

これら経緯等を踏まえ、同年 7 月より有識者からなる環境回復検討会において森林除染の在り方についての検討を開始し、今般、今後の課題を含めて、現時点における知見に基づき、当面の整理を行ったものである。

その過程において、地元関係者からのヒアリングも行ったが、その際、森林は生活圏と離れた存在ではなく、生活の一部でもある、いわゆる里山としての側面が大きいといった主旨の発言があった。今般の当面の整理においては、委員各位がこのような地元の森林再生等に関する要望・意見を踏まえた上で、とりまとめたものである。

以下に示す整理の考え方をベースに、引き続き必要な調査・研究を行いつつ、適時・適切に対策の見直しや充実を検討していくことが適切である。

このうち、除染特別地域については、前述のとおり、平成 24、25 年度において除染を進めつつ、除染の進捗状況や結果について定期的に点検・評価を行い、その結果必要と認められる場合等には、計画の見直しを実施し、適切な措置を講ずることとしている。

森林除染についても、必要な調査・研究を推進し、当該計画の進捗及び見直しの状況を勘案しつつ、さらに検討を進めることとする。

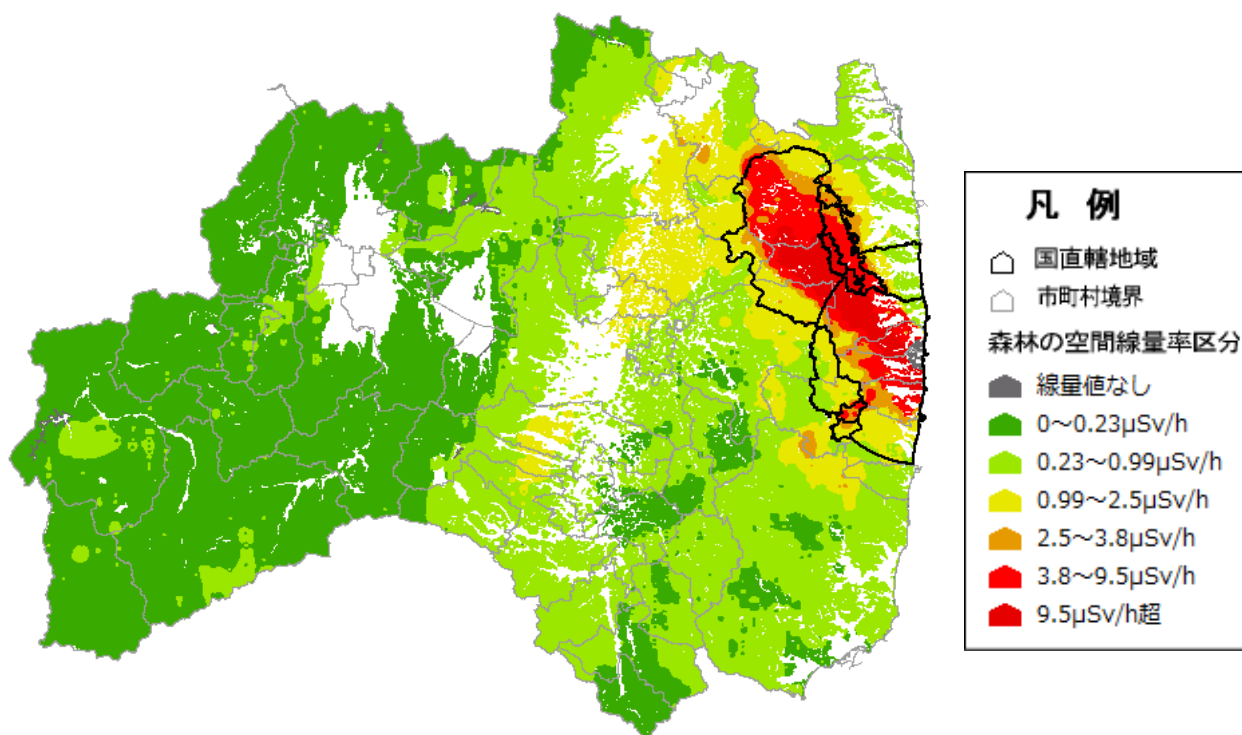
2. 森林での放射性物質の汚染の状況

- 落葉樹林では、平成 24 年 1～3 月の調査で、放射性物質は大部分（約 8 割）が落葉落枝等の堆積物に付着しており、常緑樹林では、約 6 割が落葉落枝等の堆積物に付着し、残りの約 4 割が枝葉に付着している。ただし、常緑樹林については、落葉に伴い、今後数年間で林床に下降していくと考えられる。
- 森林内に蓄積している放射性物質が、水、大気系を通じて森林外に流出・拡散する割合は、現時点の知見によれば、かなり小さい（集水域に流入した放射性物質のうち流出した割合が 0.3%程度とのデータ等）ものと考えられる。
- いずれにせよ、福島県内でのデータが十分でないなど、現時点で得られている知見は十分ではないため、今後ともデータを蓄積していく必要がある。

（1）森林内における放射性物質の汚染の状況

平成 23 年 3 月 11 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事故により、環境中に放出された放射性物質は、風等の影響により拡散し、その一部については、雪や雨により森林を含む地上に降下したと考えられる。

航空機による放射線モニタリングによれば、地表に降下した放射性物質の量は地域により異なり、事故原発の後背山地である阿武隈高地における森林では、 $3.8 \mu\text{Sv/h}$ を超えるような汚染の広がりが見られる。一方、福島県の中通りでは、 $0.99 \mu\text{Sv/h}$ を越える汚染が見られるものの、 $0.99 \mu\text{Sv/h}$ 以下の森林もある。また、会津地方では、一部の森林を除き多くの森林において $0.23 \mu\text{Sv/h}$ 以下となっている。【資料 1】

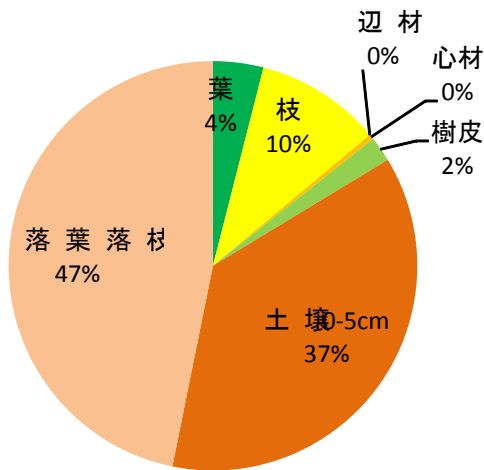


福島県の森林における空間線量率分布
空間線量率別森林面積内訳

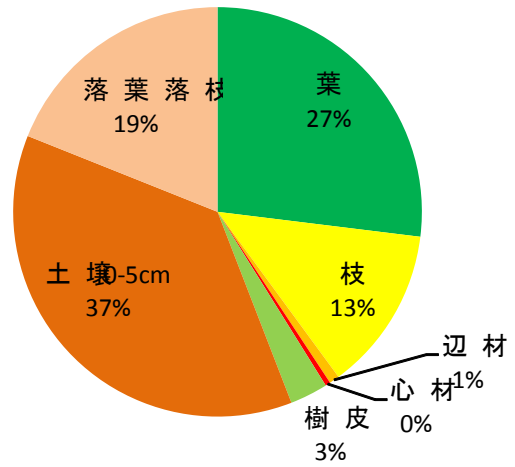
空間線量率区分	森林面積 (千 ha)	構成比
0～0.23 μ Sv/h 以下	480	48.8%
0.23～0.99 μ Sv/h 以下	356	36.2%
0.99～2.5 μ Sv/h 以下	87	8.9%
2.5～3.8 μ Sv/h 以下	19	1.9%
3.8～9.5 μ Sv/h 以下	24	2.4%
9.5 μ Sv/h 超	16	1.6%
線量値なし	1	0.1%
合計	984	100.0%

※図中の白地は森林以外の土地利用。「線量値なし」は航空機モニタリングによる空間線量率データのない範囲。
(資料)「文部科学省：航空機モニタリング結果(平成24年5月31日換算値)」及び「国土交通省：国土数値情報 H23 森林データ」を用いて作成。

資料1 福島県の森林の汚染状況

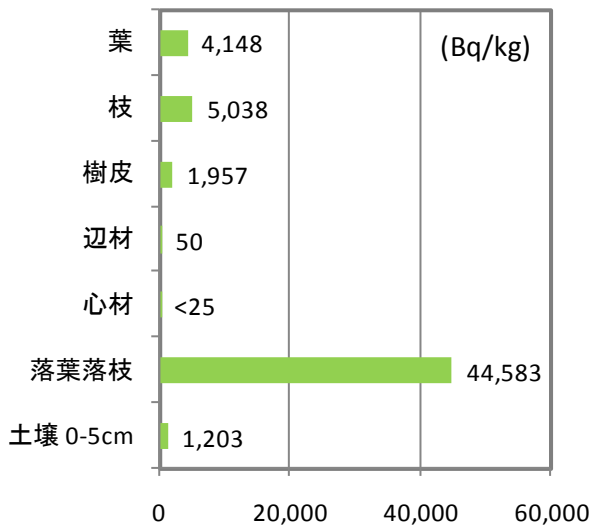


<アカマツ・落葉樹混交林>

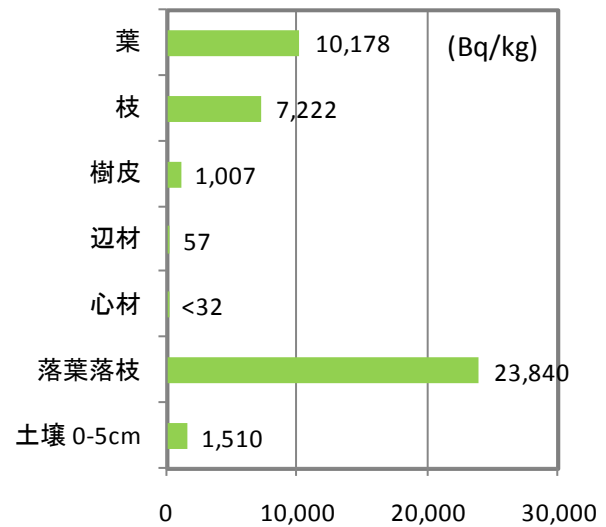


<スギ定性間伐区>

部位別の放射性セシウム濃度の分布割合



<アカマツ・落葉樹混交林>



<スギ定性間伐区>

部位別の放射性セシウム濃度

※福島県双葉郡広野町における調査結果（平成24年1～3月）

（出典）林野庁：森林における放射性物質の除去及び拡散抑制等に関する技術的な指針（参考資料）（平成24年4月）

資料2 部位別の放射性セシウム濃度及び分布状況

森林に降下した放射性物質は、発災時点で新葉が展開していなかった落葉広葉樹林では、一部が枝・幹に付着したものの、大部分の放射性物質が林床（森林の地表面）へ下降し、落葉落枝等の堆積物に付着している傾向にある。林野庁が作成した技術指針（以下「林野庁技術指針」という。）¹によれば、部位別の放射性物質の分布割合や濃度が示されている。

部位別の分布割合では、アカマツ・落葉樹混交林、スギ定性間伐区とも、落葉落枝や土壌に多く分布しており、それぞれ、84%、56%となっている。一方、葉、枝への分布状況は、林の種類により異なっており、アカマツ・落葉樹混交林では、14%となり、スギ定性間伐区では、40%となっている。【資料2】

部位別の放射能濃度については、アカマツ・落葉樹混交林では、落葉落枝の濃度が約4.5万Bq/kgと最も高く、次いで、枝、葉、樹皮、土壌の順となり、辺材及び心材は低い値となっている。【資料2】

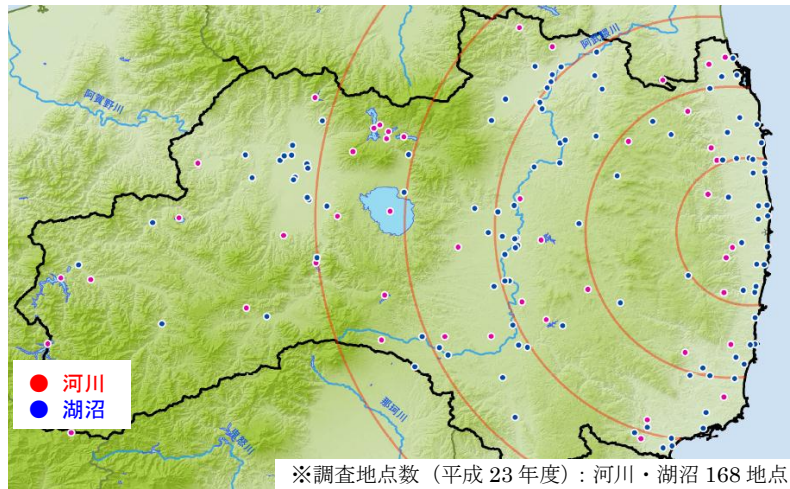
一方、スギ等の常緑樹林においても、2.4万Bq/kgと落葉落枝の濃度が高くなっているが、アカマツ・落葉樹混交林と比較して、枝葉の濃度が高くなっている。【資料2】ただし、常緑樹林も3～4年で葉が生えかわるため、今後数年の間には林床に下降することになる。

（2） 森林外への放射性物質の流出・拡散

地表に降下し、粘土に固定された放射性物質は、水には容易には溶解しないため、地表水、地下水とも、水そのものには放射性物質は多くの場合、検出下限値以下である。環境省が総合モニタリング計画に基づき平成23年9月から河川・湖沼などの水環境において実施している調査によると、福島県内における表流水の水質については、放射性物質はほぼ不検出（検出下限値：1Bq/L）となっている。また、底質については、東京電力福島第一原子力発電所から20km圏内などの一部の限られた地点で増加が見受けられるが、概ね横ばい又は減少している地点が多く、2,000～3,000Bq/kg程度以下となっている。【資料3】

地下水については、同年10月から測定しており、東京電力福島第一原子力発電所の20km圏内の2地点で1～2Bq/Lが検出されているが、それ以外の地点では不検出（検出限界値：1Bq/L）となっている。【資料3】

¹ 「森林における放射性物質の除去及び拡散抑制等に関する技術的な指針」（林野庁、平成24年4月）」



※調査地点数（平成 23 年度）：河川・湖沼 168 地点

河川・湖沼モニタリング調査地点

河川・湖沼、地下水モニタリング調査結果

	地点数	1Bq/L 未満	1～5Bq/L	5～10Bq/L	11Bq/L 以上			
河川・湖沼の水質	145 地点	136 地点	8 地点	1 地点	0 地点			
	地点数	1,000 Bq/kg 以下	1,001～2,000 Bq/kg	2,001～4,000 Bq/kg	4,001～6,000 Bq/kg	6,001～8,000 Bq/kg	8,000～10,000 Bq/kg	10,001 Bq/kg 以上
河川・湖沼の底質	145 地点	99 地点	19 地点	9 地点	3 地点	3 地点	0 地点	11 地点
	地点数	1Bq/L 未満	1Bq/L	2Bq/L				
地下水	306 地点	304 地点	1 地点	1 地点				

※河川、湖沼それぞれの直近の調査結果より（河川：5～6月、湖沼：2～3月）

※Cs-134、Cs-137の合計値。検出下限値未満（水質 1 Bq/L、底質 10 Bq/kg）の値は0としている。

資料3 福島県内における河川・湖沼、地下水のモニタリング

一方、土壌等が下流に流出することに伴う放射性物質の流出や拡散量について、現在得られた知見は以下のとおりである。

- 環境省が国立環境研究所に委託して実施した調査²では、筑波山における集水域への放射性物質の流入量（雨水中濃度×雨量）と、集水域外への放射性物質の流出量（土砂中濃度×土砂流出量）について調査した結果、森林からの放射性物質の流出量は、発災後1年間で森林内に流入した量の0.3%程度と推定されている。【資料4】

² 「平成 23 年度環境中の放射性物質の動態解明及び放射性物質に汚染された廃棄物等の効率的な処理処分等」（国立環境研究所、平成 24 年 6 月）

- 文部科学省が実施した調査³では、森林、畑、牧草地等の区画から流出する土壌量を測定しており、スギ若齢林について、平成 23 年 7 月中旬から同年 9 月上旬にかけて約 1.5 ヶ月のうちに、放射性物質が 0.058%流出する結果となっている。

【資料 4】

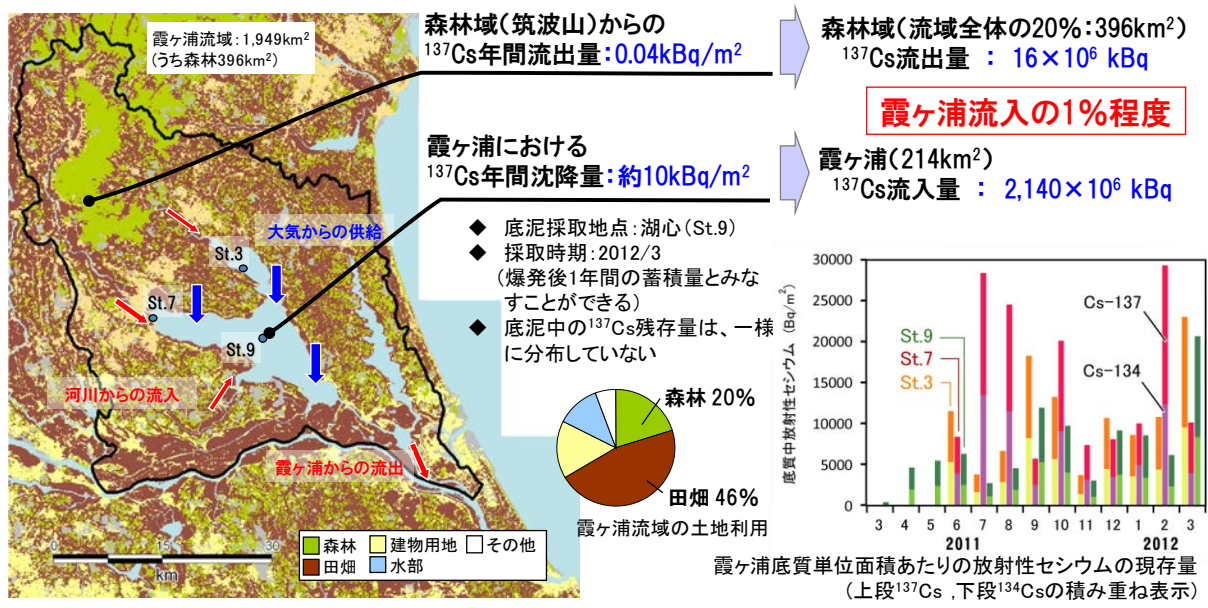
- チェルノブイリ発災後 20 年間における環境影響等をまとめた IAEA 報告書⁴によれば、チェルノブイリの事例では、森林生態系からの放射性物質の流出割合は、年間 1%以下との報告がある。
- 前述の国立環境研究所の調査結果を踏まえて、森林域（筑波山）からの放射性物質の流出量と、霞ヶ浦における放射性物質の年間沈降量等を活用して、霞ヶ浦へ流入する放射性物質のうち、森林由来の寄与率の試算をした。霞ヶ浦における放射性物質は、市街地、農地、森林等、様々な土地に由来しているが、霞ヶ浦流域の土地利用として森林は 20%程度であること等を留意する必要があるものの、森林の寄与率は全体の 1%程度との結果となった。【資料 5】

小流域 (67.5ha) : 筑波山	プロット (110m ²) : 川俣町山木屋地区
¹³⁷Cs 流出率 (スギ・ヒノキ・広葉樹) : 0.3%	¹³⁷Cs 流出率 (スギ若齢林) : 0.058%
<p>流域への流入量 = 雨水中濃度 × 雨量 13.4 kBq/m² 林外雨観測期間: 2011/3~2011/5</p> <p>0.04 kBq/m² 流出観測期間: 2011/3~2012/3 流域からの流出量 = 土砂総流出量 × ¹³⁷Cs含有割合</p> <p>※検出下限値 (水 1Bq/L、土砂 1Bq/kg) (出典) (独)国立環境研究所: 平成 23 年度環境中の放射性物質の動態解明及び放射性物質に汚染された廃棄物等の効率的な処理処分等研究委託業務報告書</p>	<p>観測期間: 2011/7月中旬~2011/9月上旬</p> <p>【参考】緩勾配のタバコ畑: 0.263% 採草地: 0.029% 急勾配の畑: 0.048% 放牧草地: 0.008%</p> <p>※土砂の 1 サンプルの測定時間は、信頼度 95%、計数誤差 10%以下となるまで測定。 (出典) 文部科学省原子力災害対策支援本部: 放射線量等分布マップ関連研究に関する報告書(第 2 編)(平成 24 年 6 月 15 日修正)</p>

資料 4 水経由の放射性物質拡散（森林からの流出割合）

³ 「放射線量等分布マップ関連研究に関する報告書（第 2 編）（文部科学省原子力災害対策支援本部、平成 24 年 3 月）」

⁴ Environmental Consequences of the Chernobyl Accident and their Remediation: Twenty Years of Experience (IAEA、2006 年)



※土地分類は、国交省の国土数値情報・土地利用3次メッシュデータを使用

(出典)「国立環境研究所：平成23年度環境中の放射性物質の動態解明及び放射性物質に汚染された廃棄物等の効率的な処理処分等研究委託業務報告書」を基に作成

資料5 水経由の放射性物質拡散（森林由来の寄与率）

また、林野庁技術指針によれば、森林によっては、下層植生が衰退した箇所、落葉落枝の除去により林床被覆を失った箇所等については、降雨時等の土壌浸食により放射性物質が流出する懸念が否定できないとされている。

一方、大気由来の放射性物質については、以下の知見が得られている。

- 文部科学省が実施している福島県内のダストモニタリング結果⁵によると、平成24年1月以降は、ほとんどが検出限界値以下となっている。【資料6】
- 林野庁において、スギ花粉を吸入することにより人体が受ける放射線量の試算が実施されており、その結果によると、0.000192μSv/hと極めて小さな値となった。【資料7】
- なお、前述の文部科学省が実施した調査によると、近傍地区における水田、たばこ畑、学校グラウンド、採草地、放牧地、スギ若齢林、広葉樹林における大気中の放射性物質濃度測定の結果、スギ若齢林及び広葉樹混合林の双方については、タバコ畑、学校グラウンド、採草地と比較して放射性セシウムの沈着量が同程度にも関わらず、放射性物質の濃度が高い傾向が確認された。このことは、樹木の樹冠からの放射性物質飛散は、土壌からの飛散とは異なるメカニズムであることを示唆する旨、考察がなされている。【資料8】

⁵ <http://radioactivity.mext.go.jp/ja/contents/6000/5619/view.html>

ダストサンプリング モニタリング地点		周辺土地 利用	ダストサンプリングモニタリング結果(Bq/m ³)											
			平成23年					平成24年						
No.	測定場所		8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	
1	双葉郡広野町上浅見川	林縁	—	—	—	—	—	N.D.	0.58	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
2	田村市都路町岩井沢	集落	2.50	0.64	N.D.	1.47	N.D.	N.D.	0.12	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
3	いわき市川前町下桶売荻	集落	1.38	1.04	0.96	1.13	N.D.	N.D.	0.12	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
4	双葉郡川内村上川内	集落	—	—	—	—	—	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
5	双葉郡浪江町赤字木葛久保	林縁	—	—	—	—	—	N.D.	N.D.	N.D.	0.15	N.D.	N.D.	
6	南相馬市原町区馬場字中内	田畑	—	—	—	—	—	N.D.	N.D.	N.D.	0.24	N.D.	N.D.	
7	双葉郡葛尾村落合大笹	集落	—	—	—	—	—	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	

※2011年8月から12月のデータについては、採取時間を900秒としており、検出限界値は0.24～0.79Bq/m³（測定日により異なる）の範囲にある。

※2012年1月から6月のデータについては、採取時間を3600秒としており、検出限界値は0.066～0.14Bq/m³（測定日により異なる）の範囲にある。

※周辺土地利用は、サンプリングの位置情報より、Google マップを活用して判断した。

（出典）文部科学省：ダストサンプリングの測定結果

資料6 大気経由の放射性物質拡散（ダストモニタリング）

区分（前提条件）	セシウム 137	セシウム 134
スギの花粉に含まれる放射性セシウムの濃度（①）	14.5 万 Bq/kg	10.8 万 Bq/kg
飛散するスギの花粉の大気中の濃度（②）	2,207 (97) 個/m ³	
スギの花粉の1個当たりの重量	12 ナノグラム	
大気中に飛散するスギの花粉に含まれる放射性セシウムの濃度 （①、②の濃度及び重量により計算）	0.00384 (0.000169) Bq/m ³	0.00286 (0.000126) Bq/m ³
上記大気を成人が吸入することにより 受ける放射線量 （上記濃度及び③、④により計算）	1 時間	0.000192 (0.00000843) μSv
	花粉の飛散期間で の累計（2月～5月）	0.000553 (0.0000243) mSv

※前提条件：① スギの花粉に含まれる放射性セシウムの濃度は、今回、調査を行ったスギの雄花の測定結果の最高値（25.3 万 Bq/kg）を使用。（花粉に含まれる放射性セシウムの濃度が雄花の濃度と同一と仮定）

② 飛散するスギ花粉の大気中の濃度は、環境省花粉情報システムによる測定結果の最高値 2,207 個/m³を使用。（）内は同測定結果の全体平均 97 個/m³を使用）

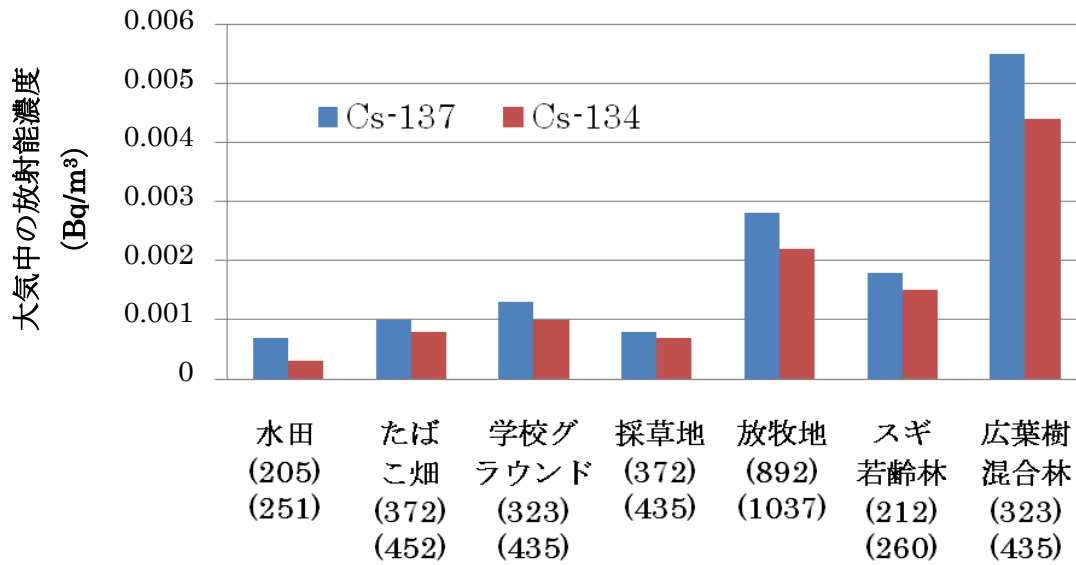
③ 成人が1日に吸入する空気量は、国際放射線防護委員会の数値（22.2m³）を使用し、1時間あたりの吸入量はこれを24で割ったものとした。

④ 実効線量係数（吸引摂取）は、セシウム 137 は 0.039 μSv/Bq、セシウム 134 は 0.020 μSv/Bq を使用。

（参考：実効線量係数（経口摂取）は、セシウム 137 は 0.013 μSv/Bq、セシウム 134 は 0.019 μSv/Bq）

（出典）林野庁：スギ雄花に含まれる放射性セシウムの濃度の調査結果について（平成24年2月8日）

資料7 大気経由の放射性物質拡散（スギ花粉）



※各種調査地点での大気浮遊塵中の放射性セシウム濃度の中央値 (Bq/m³)

- ・エアサンプラーを設置し、採取は2日～1週間程度連続で実施
- ・測定箇所は、福島県伊達郡川俣町山木屋地区
- ・学校グラウンド、畑、水田、牧草地：地上1m
- ・スギ若齢林：地上8m、広葉樹混合林：地上12m

※括弧の数値は、各調査箇所における土壌中の放射性セシウムの沈着量※ (kBq/m²)

(上の括弧内が Cs-134、下の括弧内が Cs-137 の沈着量)

(出典)「文部科学省原子力災害対策支援本部：放射線量等分布マップ関連研究に関する報告書(第2編)(平成24年6月15日修正)」に加筆

資料8 大気経由の放射性物質拡散(森林、土壌等)

以上より、現時点で得られている知見を踏まえると、森林内に蓄積している放射性物質が、水、大気系を通じて森林外に流出、拡散する割合は、流域単位で捉えた場合、かなり小さいものと考えられる。ただし、森林内において部分的に下層植生が衰退した箇所から放射性物質が流出する可能性があることに留意する必要がある。

いずれにせよ、現時点で得られている知見は十分ではなく、例えば、流域からの放射性物質の流出実態等について、豪雨時の流出挙動や福島県内でのデータ等が十分でないなど、今後とも、データを蓄積し、森林外への流出、拡散に係る挙動について明らかにしていく必要がある。

3. 森林の除染の方法

- 空間線量率の低減効果の観点からは、落葉落枝及び枝葉の除去が一定の効果（落葉落枝：2～3割程度減、枝葉：1～2割程度減）が期待できると考えられるため、住居等近隣の森林において、この方法を活用して除染が実施されることとなっている。一方で落葉落枝の除去を広範囲にわたって実施することについては、土壌流出、樹木の育成への影響のおそれや大量に発生することが懸念される除去物の処理などに留意する必要もある。
- 間伐は育木を主目的として実施され、併せて下層植生の育成を促し地表浸食の防止に一定の効果があると考えられるが、空間線量率の低減の観点からは、間伐は、落葉樹林では効果は小さいと考えられる。常緑樹林では、8%程度と低減効果は限定的であり、さらに、常緑樹の葉は、通常3～4年程度かけて落葉するため、今後数年のうちに低減効果は小さくなると考えられる。落葉樹林の場合は、常緑樹林と比較して、低減効果はさらに小さくなると考えられる。
- いずれにしても、現時点でのデータの蓄積は十分とは言えず、引き続き関係省庁等が連携して知見を集積して評価を行うことが適当である。

森林における放射性物質の汚染の状況は、2. のとおりであるが、放射性物質に汚染された森林の除染に関して、具体的技術に対する知見の整理や今後の検討の方向性を以下に示す。

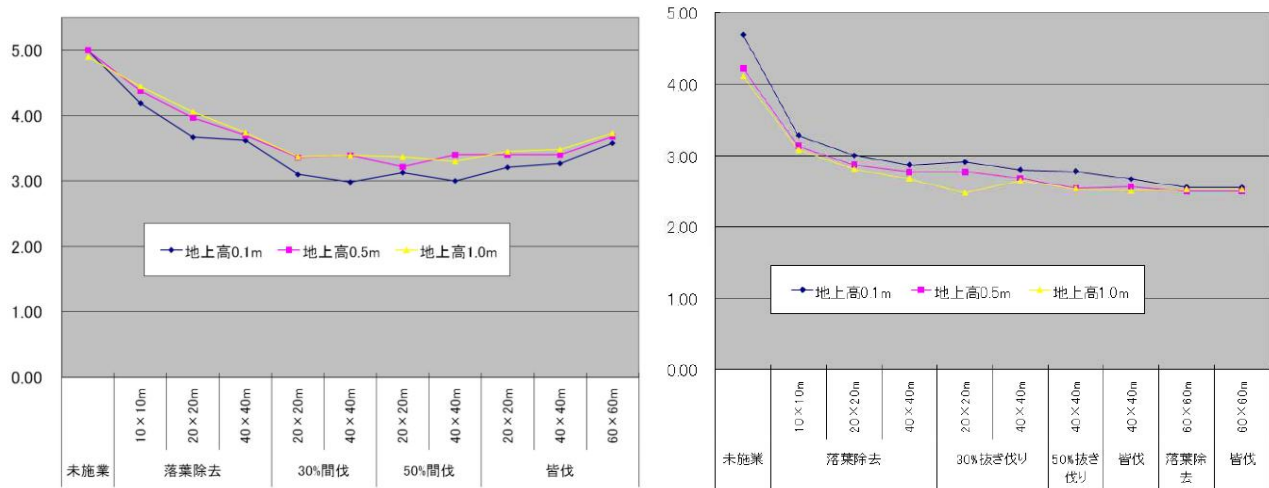
（1）落葉落枝及び枝葉の除去

住居等近隣の森林は、平成23年12月に環境省が策定した除染関係ガイドラインにおいて、人の健康の保護の観点から、林縁から20mの範囲を目安に、空間線量の低減効果が大きい落葉落枝の除去を基本とすることとされている。これは、2.（1）で紹介したとおり、放射性物質の大宗は、落葉落枝等の堆積有機物に付着している傾向にあるためである。林野庁技術指針において、落葉落枝を除去した際には、スギ人工林及び落葉広葉樹林の場合、線量低減効果はそれぞれ約24%、約35%となっている。

【資料9】

なお、落葉落枝の除去を広範囲にわたって行うことは、樹木の生育への悪影響が懸念されるとともに、斜面の森林において実施した場合、土壌が露出して降雨により土壌が流出するおそれがある。また、この場合、大量に発生すると見込まれる除去物の処理などに留意する必要がある。

落葉落枝の除去を行っても十分な除染効果が得られない場合には、常緑樹林については、同ガイドラインに記載のとおり、林縁部周辺について立木の枝葉等の除去を行うことが適当である。これは、2. で紹介したとおり、スギやヒノキ等の常緑樹林においては、落葉広葉樹と比較して、依然、放射性物質が枝葉に付着している割合が高い傾向にあるためである。林野庁技術指針において、枝葉を除去した際には、ヒノキ人工林の場合、線量低減効果は、4 mまでの場合、8 mまでの場合でそれぞれ、約 10%、約 19%となっている。【資料 10】



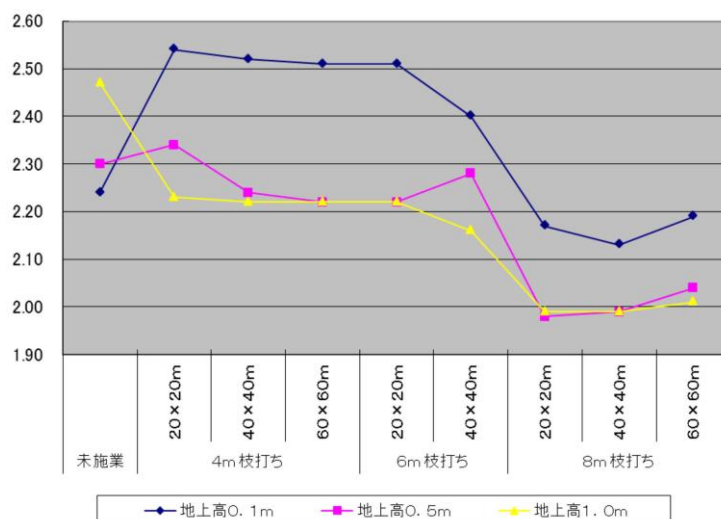
<スギ人工林>

<落葉広葉樹林>

※福島県川俣町山木屋地内における調査結果（平成 23 年 11 月～平成 24 年 2 月）

（出典）林野庁：森林における放射性物質の除去及び拡散抑制等に関する技術的な指針（参考資料）（平成 24 年 4 月）

資料 9 落葉落枝の除去及び間伐・皆伐による空間線量率の低減効果



※福島県飯館村矢木沢地内におけるヒノキ人工林の調査結果（平成 24 年 1 月～2 月）

（出典）林野庁：森林における放射性物質の除去及び拡散抑制等に関する技術的な指針（参考資料）（平成 24 年 4 月）

資料 10 枝打ちによる空間線量率の低減効果

(2) 間伐・皆伐

森林管理の一環として実施されてきた間伐は、育木を主目的として行われるものであり、併せて、林床に光を入れて下層植生の育成を促すことで、地表浸食の防止に中長期的な観点で一定の効果があると考えられている。例えば、福島県では、平成 22 年福島県森林・林業統計書によると、県民有林の約 6 割に相当する約 12 万 ha が要間伐林であり、平成 21 年度では、約 8 千 ha の間伐が実施されており、近年、間伐面積は増加しつつあるが、避難地域などでは、間伐等が行われていない地域もある。

間伐による空間線量率の低減効果は、林野庁の調査によれば、事故後約 1 年後において空間線量率で 8 % 程度の低減（スギ人工林）と限定的であった。【資料 11】これは、放射性物質が主に林床の堆積物に蓄積しており、伐採（間伐）だけでは、多くの放射性物質が除去されないためと考えられる。さらに、スギなど常緑樹の葉は、通常 3～4 年程度かけて落葉するため、今後数年のうちに低減効果はさらに小さくなると考えられる。

	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へい効果（23%）を算定して補正した推計値
 ※スギ人工林において定性・列状間伐を実施した場合及びアカマツ・落葉樹混交林において皆伐を実施した場合の空間線量率の変化

※福島県広野町における調査結果（平成 24 年 1 月～3 月）

※皆伐のデータは、アカマツ・落葉樹混交林であるため、枝葉に付着している放射性物質が少ないことに留意が必要。

（出典）林野庁：森林における放射性物質の除去及び拡散抑制等に関する技術的な指針（参考資料）（平成 24 年 4 月）

資料 11 間伐・皆伐による空間線量率の低減効果

一方、落葉樹林の場合は、2.（1）で示したとおり、大部分が落葉落枝等の堆積物に付着しているため、常緑樹林と比較し、空間線量率の低減効果は小さくなると考えられる。

また、上記の空間線量率 8 % 程度の低減効果は、森林の内部で間伐を実施した場合における調査結果であるため、林縁部で間伐を実施した場合の低減効果については、8 % よりもさらに小さくなると考えられる。

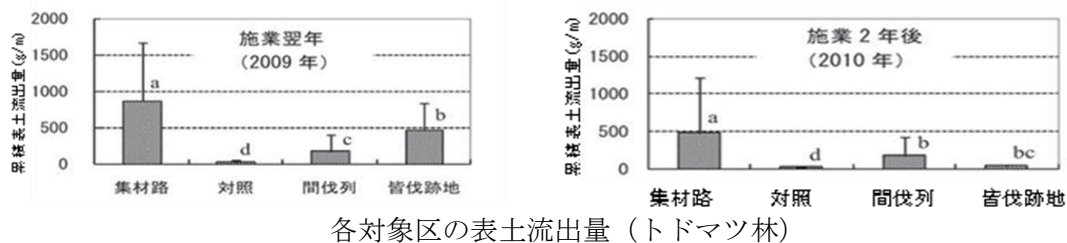
皆伐については、アカマツ・落葉樹混交林のデータではあるが、皆伐の実施により、空間線量率は9%程度の低減効果となっている。【資料11】一方、スギ人工林において皆伐を実施した場合であっても、間伐と同程度の空間線量率の低減効果となる事例がある。【資料9】

しかしながら、これらはいずれも山中において面的な間伐を行った場合のデータであり、間伐・皆伐とも住居等近隣などの林縁部における空間線量低減効果に係るデータの蓄積は十分とは言えず、引き続き関係省庁等が連携し、知見を集積して評価を行うことが適当である。

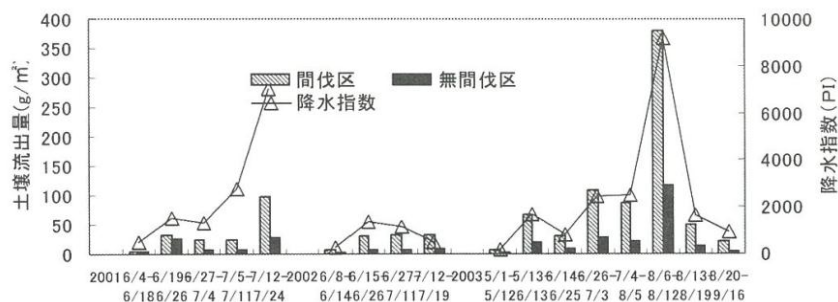
他方、間伐の実施による土壌流出の抑制の効果に関しては、長期的には、林床植生が豊かになることで土壌流出が減少することが期待されるが、短期的には、作業道の設置も含め、林床の攪乱により土壌流出が促進される場合がある。【資料12】

ただし、間伐や作業道の設置については、近年では、土砂流出しにくい技術が開発されていることに留意する必要がある。【資料13】

間伐・皆伐に伴うその他の課題として、枝葉、樹木等の除去物の処分について考える必要がある。特に広い面積で間伐・皆伐を実施した場合には、大量の除去物が発生する。処分の方法としては、焼却による減容化等が考えられるが、放射性物質を含む焼却残渣の処理・処分先等の確保にも留意する必要がある。



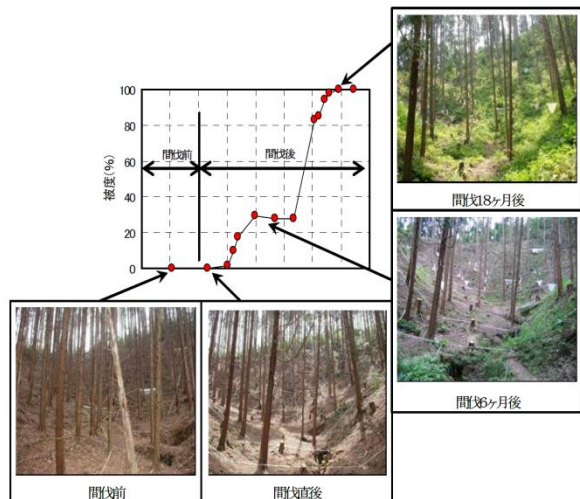
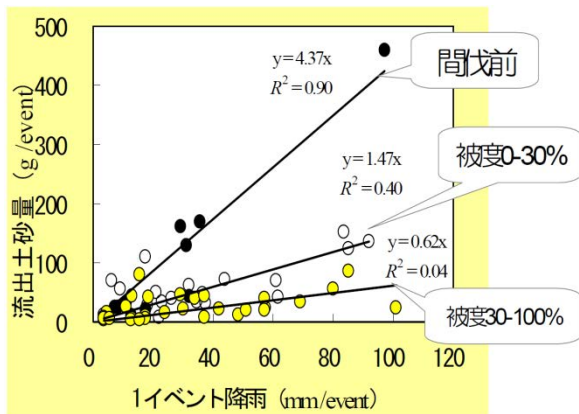
(出典) 長坂有,今博計,長坂晶子,棚橋生子: 森林施業後の林床被覆の違いが表土流出に及ぼす影響, 日林北支論, No.59, p137-139 (2011)



間伐区と無間伐区の土砂流出量の比較 (ヒノキ林 定性間伐)

(出典) 手島志穂: 間伐の推進にかかる施業効果の総合評価に関する研究, 大分県林業試験場年報, No.46, p22-25 (2004)

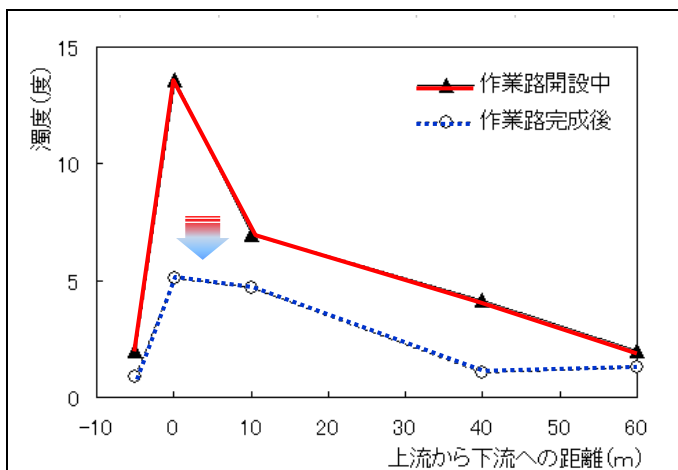
資料12 間伐・皆伐による土砂流出(1)



強度間伐実施後の被度変化と土砂流出量の関係（ヒノキ林）

(出典) JST/CREST プロジェクト「森林荒廃が洪水・河川環境に及ぼす影響の解明とモデル化」研究終了報告書 (平成 21 年 3 月)

資料 12 間伐・皆伐による土砂流出（2）



作業路と交差する谷の濁度測定結果

※0m は、新設作業路と谷が交差する位置

(資料)「杉山正典：環境に配慮した作業路開設 森林整備方法について、岐阜県森林研究所報告 (2007) <http://www.cc.r.d.pref.gifu.jp/forest/rd/kankyou/0705mori.html>」に加筆



最小限の伐開による作業道（スギ林）

(出典) 大橋慶三郎, 岡橋清元：写真図解作業道づくり (2007)

搬出路のつけ方の違いによる渓流水の細粒物質濃度

流下状況	渓流内搬出路設置 (mg/l)	尾根のみ搬出路設置 (mg/l)	対照区 (mg/l)
平水時	257.13	9.16	3.88
高水時	3,296.63	52.48	11.85

(資料)

「柳井清治, 寺沢和彦：北海道南部沿岸山地流域における伐採が溪流の土砂および有機物の流出に及ぼす影響, 北海道林業試験場報告, No.35 (1998)」に加筆

資料 13 森林の路網整備に伴う土砂流出

4. 森林の除染の在り方

(住居等近隣の森林 (エリア A))

- 森林の除染については、基本方針に従い、住居等近隣の森林を優先的に実施することとし、除染特別地域においては、計画に従い、平成 24、25 年度に住居等近隣の林縁から 20m を目安に落葉落枝の除去を進める。その中で、線量が高く谷間の居住地を取り囲む森林等における空間線量率の低減効果の評価を実施した上でその対応について検討するとともに、除染特別地域などにおける住民が利用する沢水に関するモニタリングを強化する。

(利用者や作業者が日常的に立ち入る森林 (エリア B))

- ほだ場やキャンプ場等の人が日常的に利用する場所について、利用の目的や利用の頻度などの活動形態や空間線量率の高低等を踏まえつつ、除染の具体的な進め方を検討する。

(エリア A、B 以外の森林 (エリア C))

- 放射線量の低減の観点からは、落葉落枝の除去が効果的であるが、広範囲にわたり落葉落枝の除去を行うことにより土壌流出等が懸念される。また、間伐については、常緑樹林で 8 % 程度の効果があるが、今後数年のうちに落葉するため効果がさらに小さくなると考えられる。
- 放射性物質の流出、拡散については、現時点でのデータを踏まえると、流域単位でとらえた場合は、かなり小さいものと考えられる。一方で、部分的には下層植生が衰退した箇所があり、放射性物質が流出する可能性も否定できないが、このような箇所がどの程度あるか、また、どの程度下流への流出の要因となるかについては、不明な点が多い。
- このように現時点において知見が十分ではないことから、今後、調査・研究を進め、その結果を踏まえた上で判断することが適当である。
- また、福島県関係者からのヒアリングにおける意見を踏まえて、地域の復興に向けて、政府としてどう対応すべきかといった、大きな視点からの検討が必要である。その中で、森林施業と放射性物質対策を組み合わせた方策について、検討していくことも肝要である。

(森林除染を検討する上での視点)

森林は、福島県においては県土の約 7 割を占めており、生活圏の一部としての森林から、沢水を飲料水として、山菜、キノコなどを食料として、木材を燃料として得ているなど、住民の生活と密接な関係を有していることから、長期的な視点に立った検

討が必要であることに、まず留意する必要がある。

その上で、前述のとおり、特措法の基本方針では、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除染を実施することとしており、森林については、住居等近隣における除染を最優先に行うことが示されている。

森林の除染の考え方については、IAEA の訪日調査団が、平成 23 年 10 月に公表した報告書において、「森林の除染は、一般公衆の被ばく線量の低減に自動的に繋がる訳ではなく、また、森林の除染が一般公衆の被ばく線量の低下に繋がるかどうかを示す安全評価が行われるべき」と指摘している。加えて、「大量の残余物質を不必要に発生させるリスクを含む」旨を指摘している。

これらを踏まえ、森林の除染の検討にあたっては、除染による効果という観点からは、森林及びその周辺の空間線量の高さと、人がその空間にどの程度ばく露する可能性があるかの双方にまず着目することが重要である。併せて、除染に伴う作業者のばく露評価等についても適切に実施することが重要である。

また、特措法第 44 条において、特措法に基づき講ぜられる措置は、「原子力損害の賠償に関する法律（昭和三十六年法律第百四十七号）第三条第一項の規定により関係原子力事業者が賠償する責めに任ずべき損害に係るものとして、当該関係原子力事業者の負担の下に実施されるものとする。」とされており、このことを踏まえ、国等は、合理的かつ相当であると判断される措置を実施し、関係原子力事業者に必要な費用を求償することとしている。

（関係者からのヒアリング結果）

森林除染の検討に資するため、第 6 回環境回復検討会において、福島県の行政機関、事業者、住民からヒアリングを実施した。主な意見は以下のとおりであった。

- 空間線量率低減の一定の効果があるため、間伐等の伐採を森林除染の方法として明確に位置づけてほしい。
- 除染としてだけでなく、林業再生の観点から、森林施業と放射性物質の影響低減を一体的に行う事業を組み合わせ検討してほしい。
- 住民の安心を担保していくため、除染関係ガイドラインに定められている住居等近隣の森林としての林縁 20m に限定せず、状況に応じてそれ以上の森林の除染も必要ではないか。

- 放射性物質で汚染された場所で生活することは相当程度心的ストレスになる。間伐の効果がいまいちとしても、間伐を実施してほしい。
- これまで実施してきたような間伐であれば森林整備の予算で進めることはできるが、例えば、放射線防護や土砂流出の少ない作業道建設など追加的な費用が必要となるため、予算の支援をお願いしたい。
- 住民の安心、安全に繋げるため、森林再生のための除染を進めてほしい。

(森林除染を検討するエリア)

森林の除染の対象範囲については、人の健康の保護の観点から必要な地域について除染を検討することが適当であり、具体的には、以下のエリアごとに森林の除染について整理・検討すべきである。

エリアA：住居等近隣の森林

エリアB：利用者や作業者が日常的に立ち入る森林

エリアC：エリアA、B以外の森林

(1) 住居等近隣の森林（エリアA）

特措法に基づく基本方針や除染関係ガイドラインに規定されているとおり、住居等近隣の森林については、除染が必要な場合において、当該除染により土壌の流出が生じる可能性に留意しつつ、林縁から20m程度の範囲をめやすとしつつ、空間線量の低減の状況を確認しながら落葉落枝の除去を段階的に実施することにより、その範囲を決定することが適当である。その際、常葉樹林については、落葉落枝の除去を行っても十分に効果が得られない場合には、林縁部周辺について立木の枝葉等の除去を行うことが適当である。

除染実施後の空間線量率等の状況により、立木の伐採を実施する場合がある。例えば、除染特別地域においては、住居等近隣の森林において落葉落枝の除去、枝葉の除去の実施後、特別地域内除染実施計画の期間終了時点における住居等近傍の線量が依然として20mSv/年を上回っており、立木に付着した放射性物質が要因となっている場合に立木の伐採を実施することがある。

特別地域内除染実施計画においては、除染の結果について定期的に点検・評価を行い、その結果必要と認められる場合等には、計画の見直しを実施することとしており、今後、国が除染特別区域で実施する除染事業などにおいて、住居等近隣の林縁 20m における除染効果を点検、評価することが重要である。また、除染特別地域など特に線量が高く、森林に隣接している生活圏や森林に囲まれている谷間の居住空間などについては、周囲の森林からの空間線量への寄与が大きい懸念があることから、このような状況における空間線量率の寄与に関する検討を行った上で、その対応について検討することが適当である。

また、除染特別地域などにおいて、住民が利用する沢水については、日常的な管理のために立ち入る区域の除染を進めつつ、モニタリングを強化すること等の対応を行うことが適当である。

(2) 利用者や作業者が日常的に立ち入る森林（エリアB）

森林は、住居などの生活の場を提供しているほか、住民かどうかを問わず、利用者や作業者が日常的に立ち入る場所があり、具体的には、特用林産物の生産の場、キャンプ場などレクリエーションのための場などがある。

このため、これらの場の利用の実態を把握し、それに応じて、効果的・合理的な除染方法及び除染の範囲・対象を適切に検討することが必要である。

森林内で除染する場所を選定する場合、当該場所の利用の目的、必要性及び緊急性、放射線管理が必要になる場合はその対象者（作業員、利用者（子供を含む。））、利用の頻度・滞在時間などの活動形態や空間線量率の高低等を踏まえつつ、除染の具体的な進め方を念頭におくことが適当であり、例えば、以下のような場所が想定される。

(ほだ場など)

作業員が日常的に同一の場所に立ち入る森林としては、ほだ場、炭焼場、わらび園等が想定される。当該場所については、森林地域における産業としての重要性、作業員等の放射線のばく露量や費用対効果の観点等を踏まえ、必要に応じた除染の具体的な進め方を検討することが重要である。

(キャンプ場など)

利用者が一定期間同一の場所に立ち入る森林としては、キャンプ場、フィールドアスレチック、ビジターセンター、林間学校用施設等のレクリエーション施設が想定さ

れる。当該場所については、利用者の選好に応じて利用場所が選定される施設であり、滞在期間や利用実態を踏まえ、空間線量の状況、放射線の被ばく量、子どもなどの利用者層等に応じて除染の対象や具体的方法を検討することが必要である。

(3) エリア A、B 以外の森林（エリア C）

3. (1) で指摘したように、放射線量低減の観点からは、落葉落枝の除去が効果的であるが、エリア A、B と比較して面積が広いエリア C を、広範囲にわたって落葉落枝の除去を行うことは、土壌流出や地力低下による樹木への悪影響が懸念される。

堆積物の除去を伴わない間伐だけでは、その線量低減の効果は、落葉樹林では放射性物質の大部分が林床に存在しているため効果が期待できず、常緑樹林については、発災後約 1 年後のデータでは、約 8 % 程度と限定的であり、また、今後数年のうちに落葉するため効果がさらに小さくなると考えられる。しかしながら、間伐による空間線量率低減効果に係るデータの蓄積は十分とは言えず、引き続き知見を集積して評価を行うことが適当である。

エリア C は、広大な森林であり、下流の河川等への放射性物質の流出や拡散の懸念に関する指摘もあるが、2. で示したとおり、現時点で得られている知見を踏まえると、放射性物質の流出、拡散については、流域単位でとらえた場合、森林内に蓄積している放射性物質が、水、大気系を通じて森林外に流出、拡散する割合は、0.3% 程度等であるとのデータがあり、かなり小さいものと考えられる。

一方で、森林内には部分的に下層植生が著しく衰退している箇所もあり、このような箇所から放射性物質が流出する可能性も否定できない。ただし、このような箇所がどの程度あるか、また、どの程度下流への流出の要因となるかについては、不明な点が多い。

以上のように、エリア C の森林の除染については、現時点で得られている知見は十分ではない。例えば、部分的に下層植生が衰退している箇所の面積、当該箇所より放射性物質が下流に流出する可能性やその量、放射性物質の流出防止の観点から適切な対策を実施する可能性や合理性等について明らかにするなど、今後とも、さらに調査を実施して、その上で判断することが適当である。

また、福島県の関係者よりヒアリングを実施した際に、地域再生の観点から、間伐などの森林施業と放射性物質の影響低減を一体的に実施すべき、周辺住民の安心、安全に繋げるための森林の除染による森林再生を進めるべき、との意見があった。

これらの点については、上述の除染方法等に関する知見の集積を図りつつ、地域の復興に向けて、政府としてどう対応すべきかといった、大きな視点からの検討が必要である。その中で、森林施業と放射性物質対策を組み合わせた方策について、検討していくことも肝要である。

今後、上記の視点も踏まえて、エリアCの森林への対応について検討していくことが重要である。

5. 調査・研究の在り方

今回の当面の整理は、現時点で得られているデータや知見に基づいて取りまとめたものであり、今後とも調査・研究を重ねて、知見を集積した上で、さらに検討を深める必要がある。例えば以下のような分野における調査・研究を進めることが適当である。

- 森林内における放射性物質の媒体（水、土壌、大気、生物）における移動、蓄積等
- 森林外への放射性物質の流出、拡散（溶存態、懸濁態の評価を含む）
- 除染手法の効果の評価
- 森林に囲まれている居住地等における空間線量率の影響分析

上述の調査・研究を総合的に実施することが必要であり、現在福島県が中心となって検討されている、福島県環境創造センター（仮称）の整備も含めて、関係者が一体となって連携して調査・研究を進めることが重要である。

6. 森林除染に伴う廃棄物等の処理とバイオマス発電

住居等近隣の森林の除染を含めた森林除染に伴い発生する枝葉等の有機物を保管する場合、仮置場における臭気の発生等がないように適切に仮置場を管理するとともに、仮置場の確保が課題となるため、可能な範囲で早期に焼却して減容化し、仮置場の必要容量を下げるなどの対応が重要であり、そのためには、焼却炉の設置が必要である。

その際、地域の実情に応じ、一定の量と質の有機物を確保できるか等の集材性や一定の採算性が見込める場合には、焼却により発生する熱を発電に利用するバイオマス

発電を活用することが考えられる。その際、焼却残渣やフィルターの取り扱い、運搬・保管方法等について、周辺環境への影響等を検討することが重要である。

再生可能エネルギーであるバイオマスを活用した発電については、平成 24 年 7 月 1 日より、固定価格買取制度が開始され、バイオマスの調達価格は、1 kWh あたり 13 円～32 円（税抜）と設定されたところである。このうち、林地残材などの未利用木材の調達価格は、山間部における収集・運搬等に必要なコストを考慮して、1 kWh あたり 32 円に設定されているため、今後、F/S 調査を行い、その結果を踏まえて、この制度を活用したバイオマス発電や除染から出たバイオマスの利用の検討が期待される。

7. リスクコミュニケーション

森林除染を進める上で、放射性物質汚染の状況やその影響とリスク、流出・拡散等の知見に関して適切な理解を深め、双方向のリスクコミュニケーションを円滑に進めることが重要である。例えば、放射性物質の森林からの流出、拡散の実態や、様々な除染方法による除染の効果、実際に除染を実施した後の空間線量率の低減効果の評価、廃棄物等の焼却に関する安全性等を、関係者にわかりやすく伝え、紹介していくことが重要である。

8. 終わりに

今回の当面の整理は、現時点での知見を踏まえた、今後の森林除染の方向性や課題の整理を行ったものである。

前述のとおり、除染特別地域においては、平成 24、25 年度において、住居、学校、農地、住宅等近隣の森林等の除染を進めることとしており、除染の結果を点検・評価し進捗状況について定期的に点検を行いつつ、その結果必要と認められる場合等には、計画を見直して、必要な措置をとることとしている。

このような方向を踏まえ、地域の持続可能な復興の将来像を視野に入れつつ、森林の除染については、当面の整理を受けて、今後、関係省庁等が連携を強化しながら必要なデータの蓄積や調査・研究を行い、除染特別地域等における事業の進捗の状況等を勘案し、除染の点検・評価を踏まえて早期に森林の対応方針の検討を進めることが必要である。