

平成26年度 森林における放射性物質対策関係事業の結果について

平成27年8月

林野庁

1 森林における放射性物質対策技術の検証・開発

(1) 主な事業実施箇所

- 林野庁では、平成23年度から福島県広野町、川内村、田村市の民有林及び飯舘村の国有林等に試験地を設定し、
- 落葉等の除去や樹木の伐採等による放射性物質の影響低減
 - 森林土木の手法による放射性物質の拡散防止 等
- 森林における放射性物質対策に係る技術について検証・開発等を実施。

【飯舘試験地（国有林）】

主な試験内容	試験区概要		
	樹種	林齢	空間線量率
	スギ (一部ヒノキ)	25年生	1.9 μSv/h
表土流出防止工による放射性物質拡散抑制効果の検証 樹木の伐採による放射性物質の影響軽減効果の検証 林床被覆による放射性物質の影響低減方策の検証	アカマツ	40年生	2.2 μSv/h

※ 空間線量率は平成24年10月の測定値。

【田村試験地（民有林）】

主な試験内容	試験区概要		
	樹種	林齢	空間線量率
	アカマツ・広葉樹	47-64年生	0.5 μSv/h
表土流出防止工による放射性物質拡散抑制効果の検証	コナラ・クリ ・サクラ・クヌギ	26年生	0.3 μSv/h

※ 空間線量率は表土流出防止工施工区が平成25年11月、カリウム施肥施工区は平成26年11月の測定値。

【川内試験地（民有林）】

主な試験内容	試験区概要		
	樹種	林齢	空間線量率
	スギ	54年生	2.4～5.0 μSv/h
落葉等除去や樹木の伐採による放射性物質の影響軽減効果の検証	スギ	43年生	2.2～4.5 μSv/h
ぼう芽更新木の放射性物質濃度の把握	広葉樹	53年生	1.7～2.4 μSv/h
林床被覆による放射性物質の影響低減方策の開発	アカマツ・広葉樹	44-45年生	2.8～5.4 μSv/h

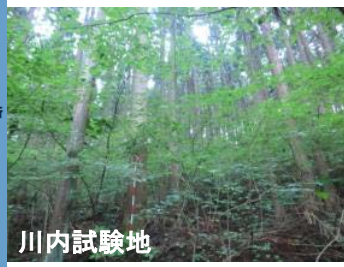
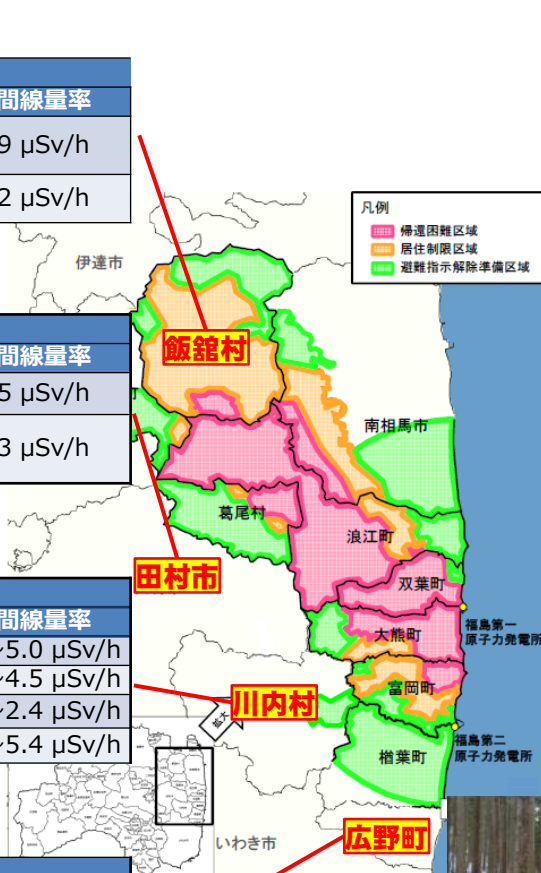
※ 空間線量率は林床被覆施工区が平成25年11月、その他は平成24年11月の測定値。

【広野試験地（民有林）】

主な試験内容	試験区概要		
	樹種	林齢	空間線量率
	アカマツ・広葉樹	47-64年生	0.7 μSv/h
皆伐による放射性物質の影響低減効果の検証 ぼう芽更新木の放射性物質濃度の把握	アカマツ・広葉樹	47-64年生	0.7 μSv/h
間伐による放射性物質の影響低減効果の検証	スギ	50年生	0.5 μSv/h

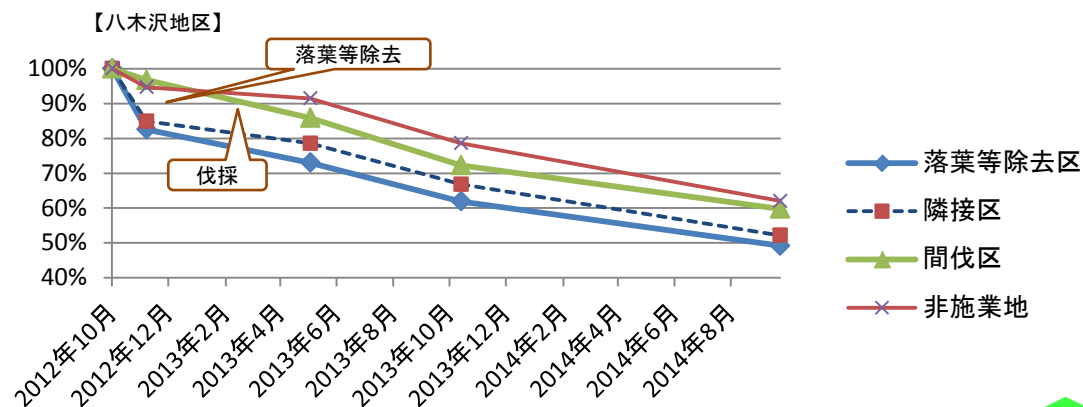
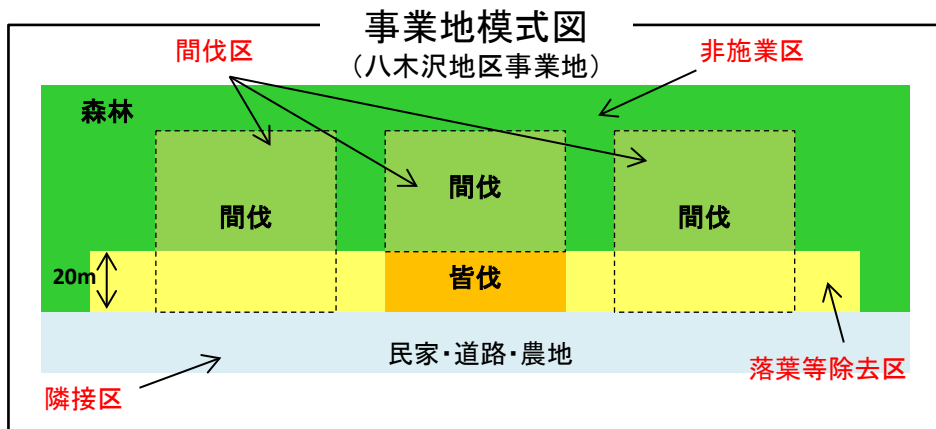
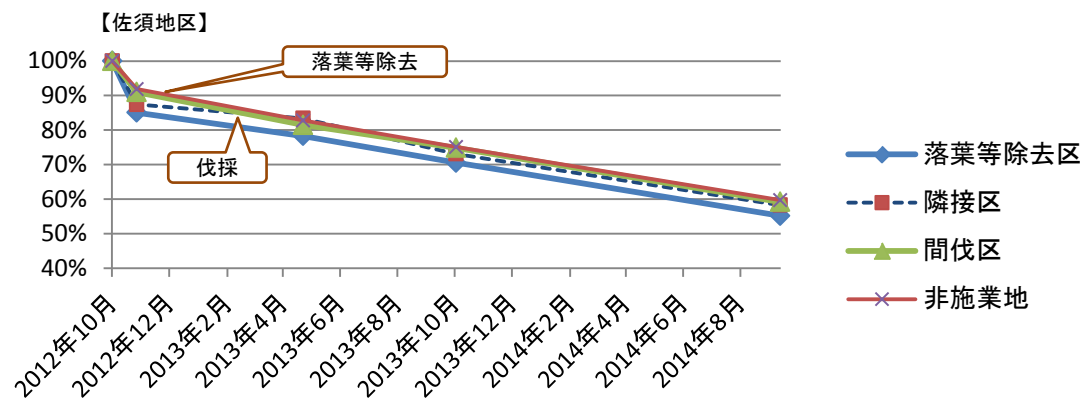
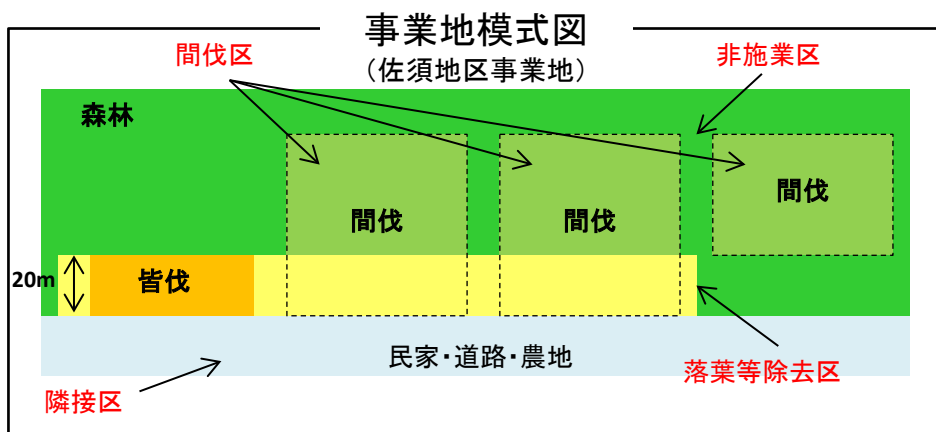
※ 空間線量率は平成24年1月の測定値。

※ 各試験地とも林齢は空間線量率測定時点。



(2) 伐採等による空間線量率への影響とその後の推移 ①

- 平成24年度に飯舘試験地において、落葉等除去、皆伐、間伐を実施し、作業前後及びその後の空間線量率を測定。
- その結果、落葉等除去で15～18%、落葉等除去後の皆伐で8%、間伐で3～9%、間伐のみの実施では4～14%空間線量率が低減。
- 平成24年度事業を終えた平成25年5月から、平成26年10月までの空間線量率の低減は、佐須地区では落葉等除去区で33%、間伐区で30%、八木沢地区では落葉等除去区で30%、間伐区で27%。
- 平成26年までは、おおむね落葉等除去や樹木の伐採による効果を維持したまま推移。

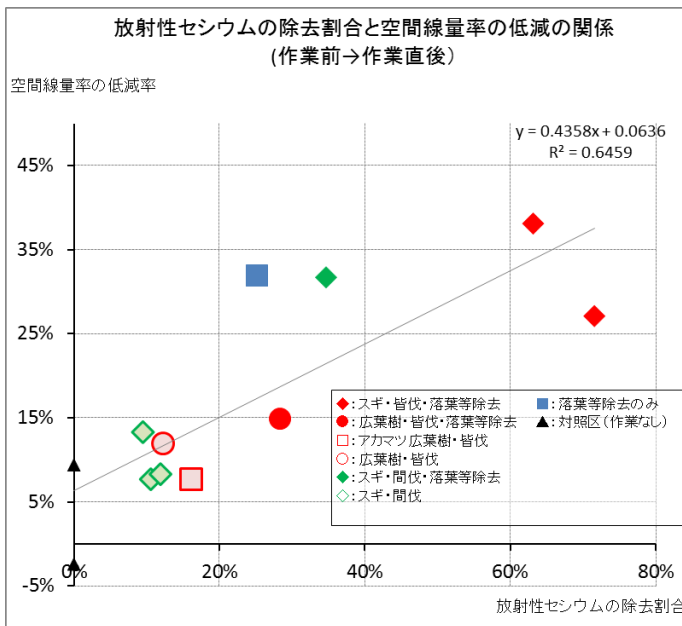


※縦軸は作業前の空間線量率に対する割合

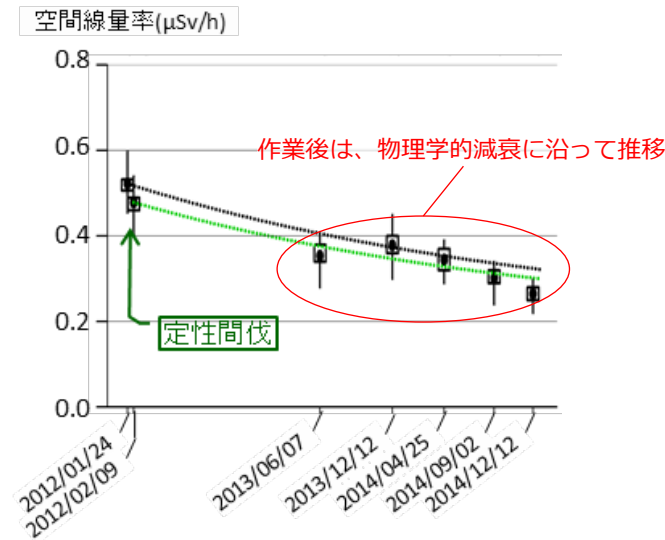
(2) 伐採等による空間線量率への影響とその後の推移 ②

- 川内試験地及び広野試験地において、落葉等除去や皆伐、間伐などによる空間線量率の低減効果を継続的に調査。伐採等の作業は平成23～24年に実施し、作業前後及びその後の空間線量率の推移を測定。
- 落葉等除去や樹木の伐採では、放射性セシウムを除去した割合※に応じて空間線量率が低減。
- 作業完了後の空間線量率は、おおむね物理学的減衰に沿って低減。皆伐区では物理学的減衰より大きな低減が見られた箇所があるが、一部の試験区では低減しにくくなっている箇所も存在。このような箇所では、放射性セシウムを含む落葉等が影響しているものと推察。

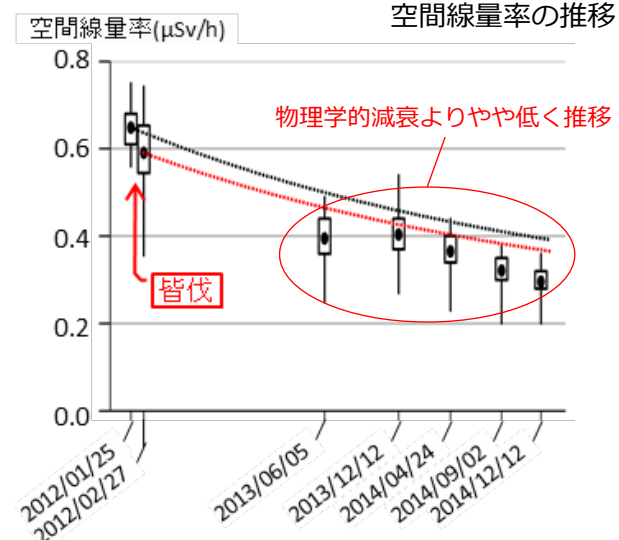
※ 樹木、落葉等堆積有機物及び土壌に含まれる森林内の放射性セシウム総量に対する落葉等除去や樹木の伐採で除去した放射性セシウム量の割合



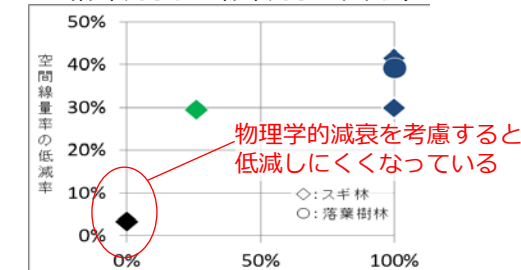
広野試験地 定性間伐区（スギ林）空間線量率の推移



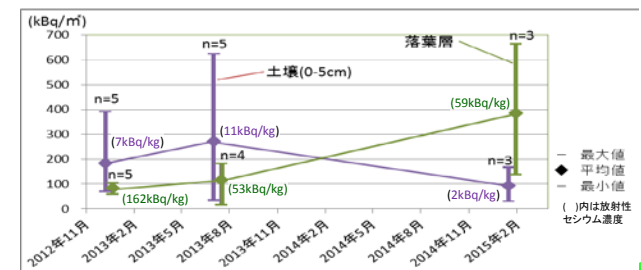
広野試験地 皆伐区（アカマツ・広葉樹混交林）空間線量率の推移



樹木の伐採率と空間線量率の低減率
(作業完了後→作業完了1年半後)



空間線量率が低減しにくくなっている箇所の
林床の放射性セシウム量の推移



注：調査箇所はすべて落葉等除去実施箇所
物理学的減衰を補正した数値で算出

注：上記グラフと同様に落葉層の放射性セシウム量が増加していても、空間線量率は低減している箇所もある。

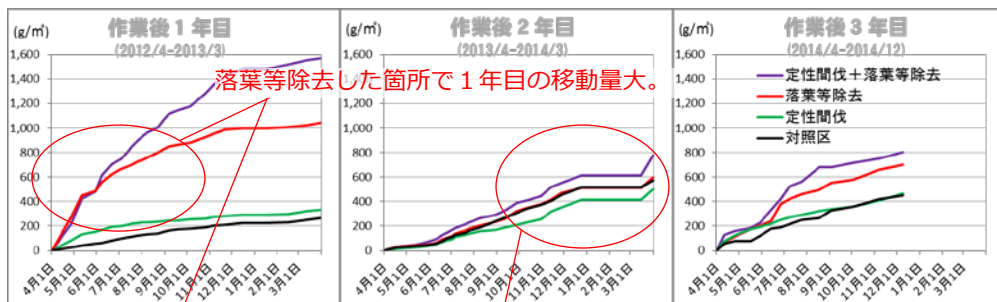


(3) 落葉等除去や伐採に伴う放射性物質の移動

- 広野試験地において、間伐又は皆伐を実施した区画、落葉等除去を実施した区画、対照区を設け、各試験区に試験斜面枠を設置して土砂等及び放射性セシウム137の移動量を調査（移動量は森林からの流出量とは異なる。）。
- 土砂等と放射性セシウム137の移動は、ほぼ同様の傾向。放射性セシウム137は土砂等に付着したものが移動していると推察。
- 施工後1年目の放射性セシウム137移動量は、間伐区の落葉等除去実施箇所では対照区の2～4倍程度、間伐、皆伐のみ実施箇所の移動は比較的軽微。
- 間伐区の施工後2年目は、落葉等除去実施箇所でも土砂等及び放射性セシウム137の移動量は半減し、対照区との差は縮小。皆伐実施箇所は施工後2年目、3年目に土砂等移動量が対照区を若干上回るが、放射性セシウム137の移動量は同程度。

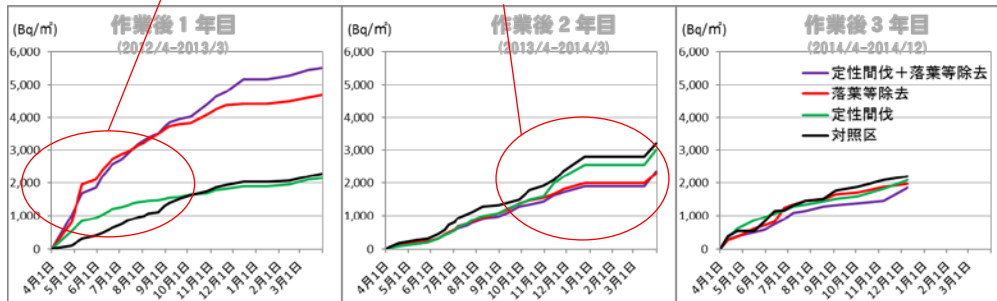
○間伐区(スギ50年生)

【土砂等移動量 累計】



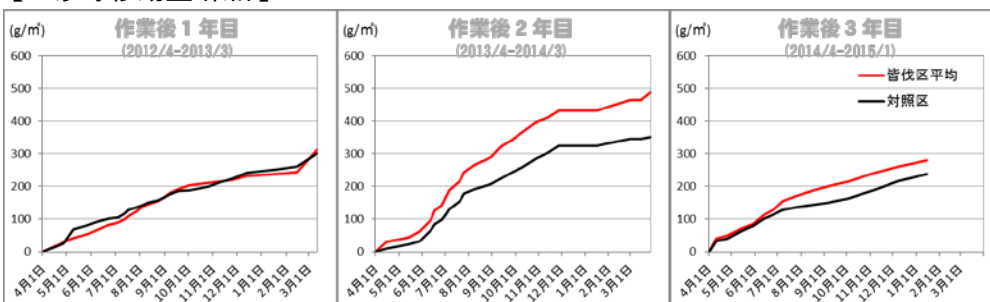
1年目と比較し、
2年目は対照区との差が大幅に縮小。

【Cs-137移動量 累計】

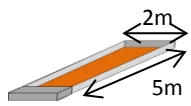
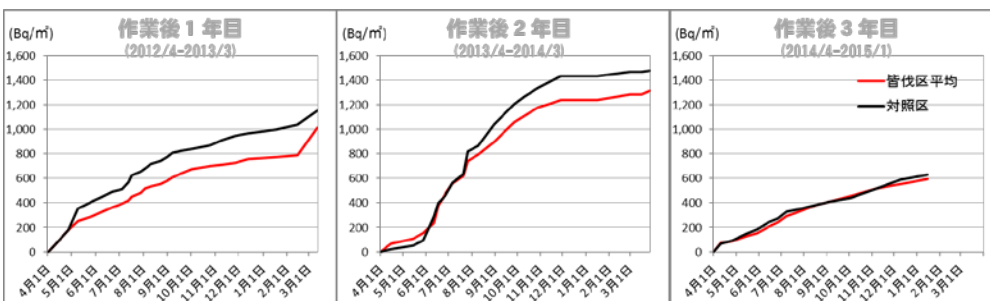


○皆伐区(アカマツ・広葉樹混交林47～64年生)

【土砂等移動量 累計】

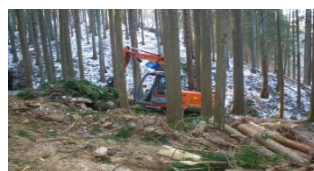
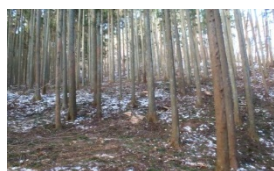


【Cs-137移動量 累計】



試験斜面枠

(金属製の枠を設置し、その内部で
移動する土砂等の量を測定する装置)



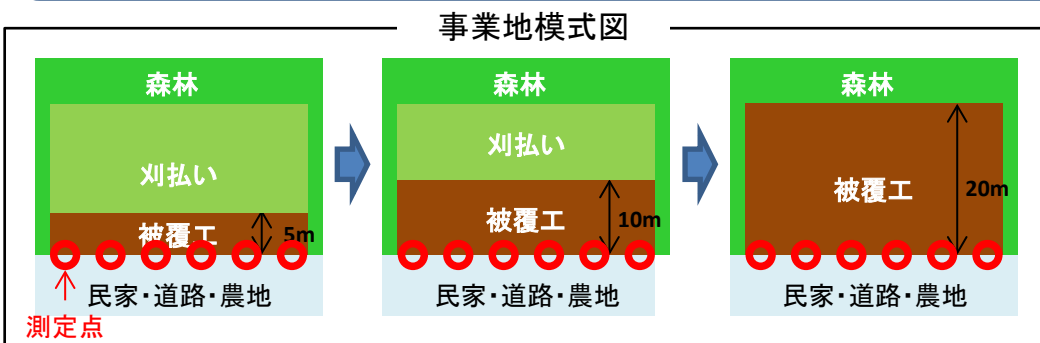
※ Cs-134は半減期が約2年と短いことから、物理的減衰の影響を排除するため、半減期が約30年のCs-137の分析結果のみを表した。

※ 作業は2012年2月に実施した。

※ 移動量については、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。

(4) 林床の被覆による放射線の遮蔽効果 ①

- 飯館試験地において、既存の森林土木の工法である①チップ活用基材吹付工(5cm厚)、②植生基材吹付工(5cm厚)、③客土吹付工(3cm厚)、④クズレイン工法(5cm厚)により林床を被覆し、放射線低減効果とコストを調査。
- 施工に当たっては、事前の落葉等除去及びラス(金網)張を省略し、落葉等除去後に施工した前年度事業結果と比較。
- 吹付幅は、林縁部から5m、10m、20mと順次広げて施工し、それぞれ空間線量率を測定。
- 林縁部における空間線量率は被覆前後で10%～20%低減しており、落葉等除去及びラス張り等を行った前年度試験とおおむね同等の結果。
- 種子、肥料を混合せずに吹付を行ったが、施工後6ヶ月の状況は安定しており、現地由来の草本類の植生が回復。
- 客土吹付では吹付幅による低減率の違いが見られるが、チップ活用基材及び植生基材吹付においては明確な差は見られない。



- ①チップ活用基材吹付工
伐採木を破碎した木材チップを堆肥化したものを高圧をかけ吹付
- ②植生基材吹付工
バーク堆肥、接合剤を混合したものを高圧をかけ吹付
- ③客土吹付工
バーク堆肥、接合剤を混合したものを吹付
- ④クズレイン工
ラス網の代わりにクズ蔓を用い、植生基材吹付工と同様の方法で吹付
※いずれの工法も、種子、肥料を混合せずに施工



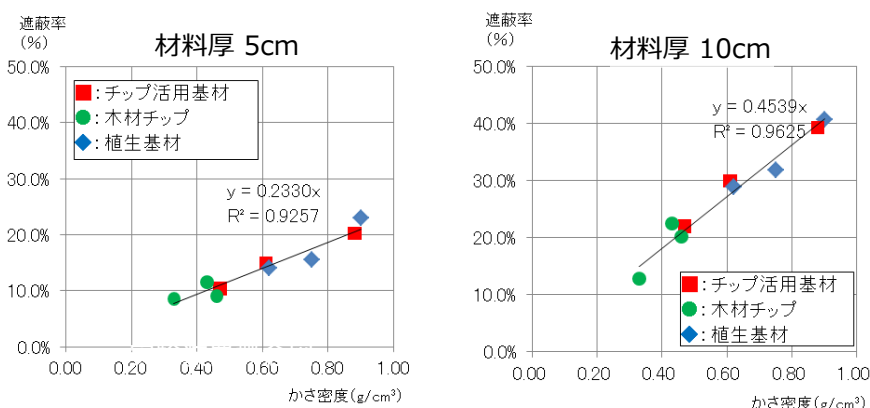
【被覆による空間線量率の低減率の比較】

工種	①チップ活用基材吹付 (5cm厚)			②植生基材吹付(5cm厚)			③客土吹付(3cm厚)			④クズレイン(5cm厚)		
	5m区	10m区	20m区	5m区	10m区	20m区	5m区	10m区	20m区	5m区	10m区	20m区
施工前	1.55			1.18			1.40			1.06		
施工後	1.24	1.32	1.27	0.96	1.00	1.08	1.29	1.24	1.18	0.93	0.93	0.86
H26 低減率	20%	15%	18%	19%	15%	9%	8%	11%	16%	12%	12%	19%
H25 低減率	20%	21%	21%	12%	17%	21%	10%	9%	7%	—	—	—
H26 施工単価	4,046円/㎡			2,532円/㎡			1,283円/㎡			3,125円/㎡		

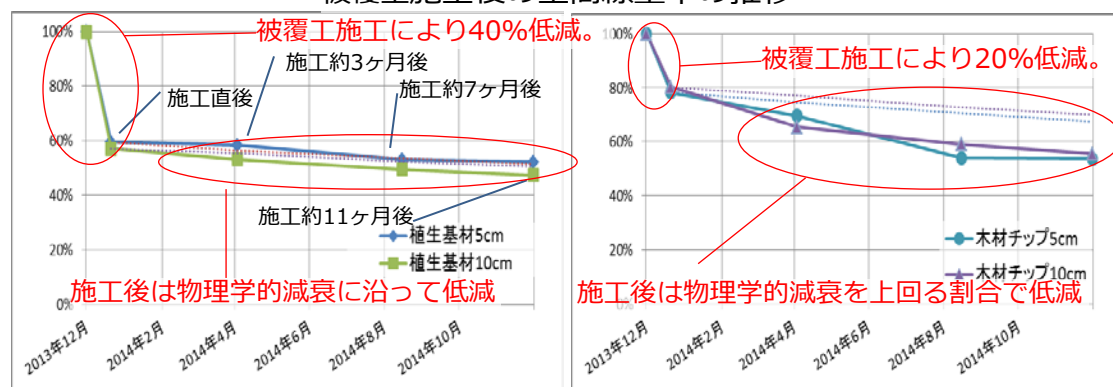
(4) 林床の被覆による放射線の遮蔽効果 ②

- 実験室内で、被覆材料の放射線遮蔽率を測定したところ、材質による違いはなく、かさ密度と厚みに比例。
- 前年度施工箇所では施工後の空間線量率の推移を測定。植生基材吹付箇所は物理学的減衰に沿って低減し、木材チップ散布箇所は物理学的減衰を上回る割合で低減。降雨等により木材チップの含水率が増し、遮蔽効果が向上したものと推察。
- 施工地の条件にもよるが、ラス(金網)張を省略した植生基材吹付工や木材チップ散布工は、落葉等除去+木柵工と同程度のコストで施工可能。一方、施工の安定性については、川内試験地の傾斜35度程度の斜面に試験区を設け、被覆材の移動状況を調査中。施工後4ヶ月(12月～3月)の間では、被覆材の大きな移動は無し。一般的な吹付工施工地と異なり、樹木の根株や地形の起伏等により被覆材の移動が抑制されているものと推察。引き続き大雨時等の移動状況を調査。

実験室内での遮蔽率測定試験結果



被覆工施工後の空間線量率の推移



植生基材吹付工

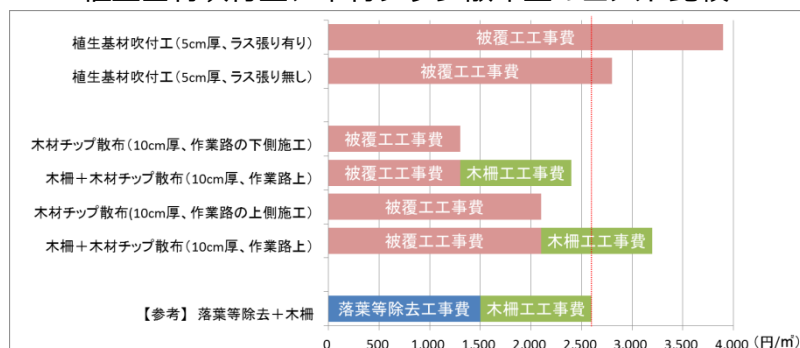
木材チップ散布工



注: コリメータを用いて、測定高10cmで空間線量率を測定。縦軸は施工前の空間線量率に対する割合。点線はそれぞれ施工直後からの物理学的減衰の推移。

※両工法とも10cm厚と5cm厚で遮蔽効果に差がないことについて、実験室と異なりで線源が複雑に分布していること等が原因と考えられるが詳細は不明。

植生基材吹付工、木材チップ散布工のコスト比較



注: 試験地の施工結果及び一定の条件の下での試算であり、施工地の条件により異なる。

施工の安定性(被覆材の移動状況)の調査

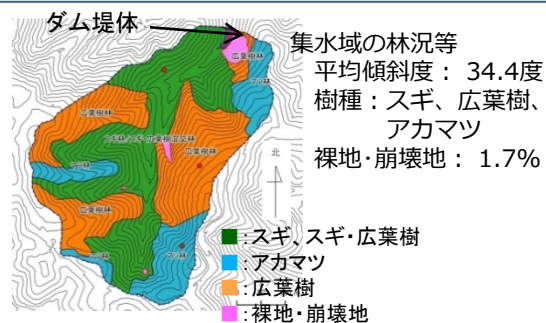
木材チップ散布後、チップにペンキでマーキングし、インターバルカメラで移動状況を調査。



(5) 溪間工（治山ダム）の放射性物質拡散抑制効果

- 荒廃溪流復旧等を目的として設置された溪間工（治山ダム）による放射性セシウムの流出抑制効果を検証するため、条件の異なる2つのダムにおいて、溪流及びダム堆砂敷に含まれる放射性セシウム量を計測。
- 集水域の森林などの状況により流出土砂量等は異なるが、いずれのダムも放射性セシウムの年間流出量は、集水域内の初期沈着量の1%未満。
- 放射性セシウム捕捉率は、ダム1で1%、ダム2で28%程度と2つのダムで大きな差。また、ダム1では、平成25年12月までに堆積している放射性セシウム量との差が大きく、精査が必要。測定機器を増設し、より詳細なモニタリングを実施。

ダム1（川内村）



集水域
面積：9.64 ha
Cs-137初期沈着量：
20,677 MBq

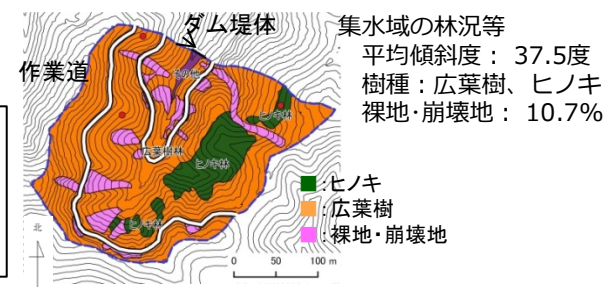
土砂流入量：7.5 t/年
(0.8 t/ha・年)
Cs-137流入量：97 MBq
(集水域沈着量の0.5%)

堆砂敷
堆積土砂量(2014)：1.7t/年
※ 流入量の23%を捕捉
Cs-137堆積量(2014)：0.9MBq
※ 流入量の0.9%を捕捉

昨年度調査した事故後～2013年12月間のCs-137堆積量(約24MBq)と比較して2014年の堆積量(0.9MBq)が著しく少ない。
→測定機器を追加し、より詳細な調査を実施。

土砂流出量：5.8t/年
Cs-137流出量：96MBq
(集水域沈着量の0.5%)

ダム2（桤葉町）



集水域
面積：6.03 ha
Cs-137初期沈着量：
16,231 MBq

土砂流入量：67.4 t/年
(11.2 t/ha・年)
Cs-137流入量：131 MBq
(集水域沈着量の0.8%)

堆砂敷
堆積土砂量(2014)：51.0t/年
※ 流入量の76%を捕捉
Cs-137堆積量(2014)：36.0MBq
※ 流入量の27.5%を捕捉

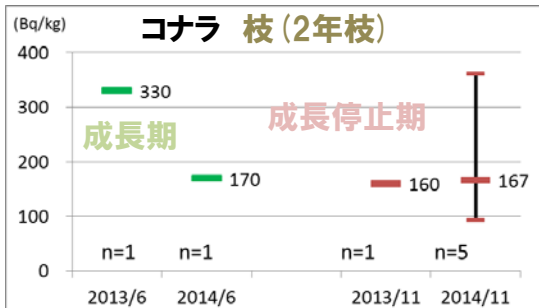
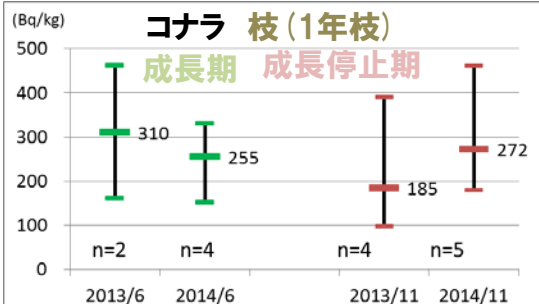
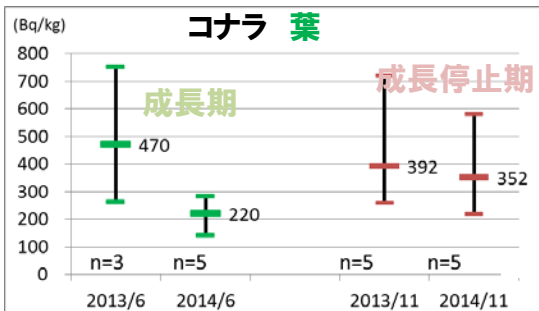
土砂流出量：16.4t/年
Cs-137流出量：96MBq
(集水域沈着量の0.6%)

(6) ぼう芽更新木に含まれる放射性物質の把握

- 川内試験地及び広野試験地で、事故後伐採した根株から発生したぼう芽更新木等に含まれる放射性セシウム濃度を測定。
- 葉と枝の比較では葉、コナラとクヌギの比較ではコナラの放射性セシウム濃度が高い傾向。
- 平成25年と平成26年を比較すると、葉は低減、枝については箇所により増減があり明確な傾向は見られず。落葉等除去の有無の比較では、除去した箇所の方がやや低い傾向。
- これまでの調査で今後の推移を予測することは困難であり、引き続きモニタリングを実施。また、カリウム施肥による放射性セシウムの吸収抑制効果を検証する試験地を新たに設置しており、ぼう芽更新木等の放射性セシウム吸収量を測定。

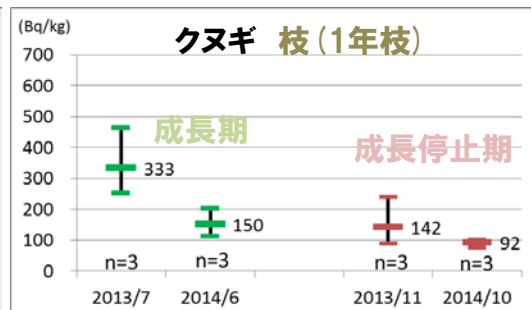
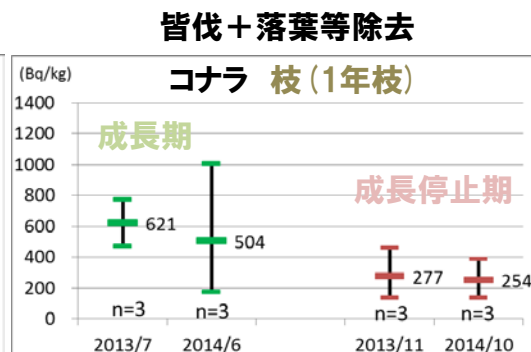
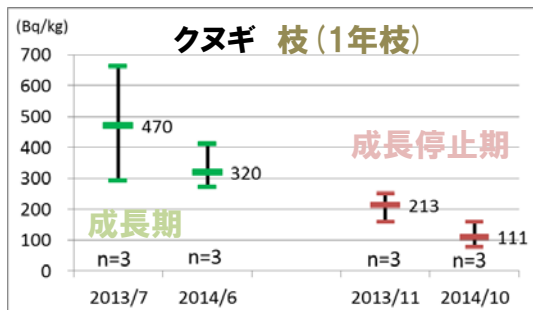
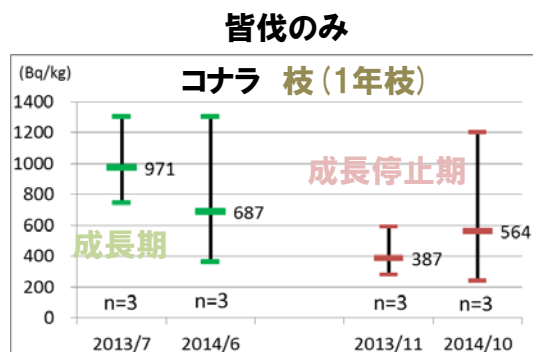
● 広野試験地

(放射性セシウム(Cs-137)沈着量：110kBq/m²)

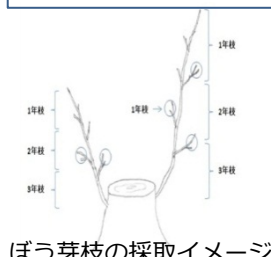


● 川内試験地

放射性セシウム(Cs-137)沈着量：580kBq/m²



※ 放射性セシウム沈着量は、第3次航空機モニタリング(平成23年7月時点)のデータを使用。



2 避難指示解除準備区域等における実証事業

(1) 事業の概要

- 避難指示区域等放射性物質の影響の大きな地域の森林については、原発事故以降、森林整備や林業生産活動が行われていない状況。
- こうした中、一部地域で避難指示が解除されるなど早期帰還に向けた動きが本格化していることから、帰還後に地域の森林の整備等を円滑に再開できるよう、林野庁において、地方公共団体や関係者の意向も踏まえつつ、これまでに得られた知見を活用した放射性物質対策技術について実証。

事業実施市村と主な実証内容

【飯舘村二枚橋地区 4.20ha】

- ・アカマツ人工林の間伐における作業員の被ばく低減策
- ・丸太柵等による放射性物質の拡散抑制策
- ・マツ枯れ対策における放射性物質対策

【南相馬市小高区羽倉地区 4.31ha】

- ・スギ等人工林の間伐における作業員の被ばく低減策
- ・丸太柵等による放射性物質拡散抑制策
- ・主要樹種の放射性物質濃度計測(市内全域)
- ・試験挽き後の製材の放射性物質濃度計測

【田村市小滝沢地区(都路) 3.67ha】

- ・しいたけ原木林の更新伐等における作業員の被ばく低減策
- ・丸太柵等による放射性物質の拡散抑制策
- ・実証事業の実施に向けた所有者からの同意取付手法

【川内村毛戸地区 5.26ha】

- ・スギ等人工林の主間伐、植栽における作業員の被ばく低減策
- ・伐採木の林内活用を通じた放射性物質の拡散抑制策
- ・植栽後の管理の省力化策(下刈り作業等の省力化)

主な実証結果の概要

◆空間線量率

- ・各市村ともに、おおむね減衰傾向。同一林分内でも差があることを確認。
- ・間伐等の伐採による低減効果は限定的。作業道作設やチップ散布による低減効果を確認。

◆林床及び樹木等の放射性物質濃度等

- ・放射性物質濃度は落葉層が最も高く、次いで土壌層が高い傾向。
- ・樹木では葉、枝、樹皮、材部で濃度に差があり、材部は心材、辺材ともに低い傾向。

◆作業員の被ばく低減対策

- ・キャビン付き林業機械等による作業では、放射線の遮蔽効果に加えて作業時間の短縮が図られることから、被ばく量を低減できることを確認。

◆放射性物質流出抑制対策

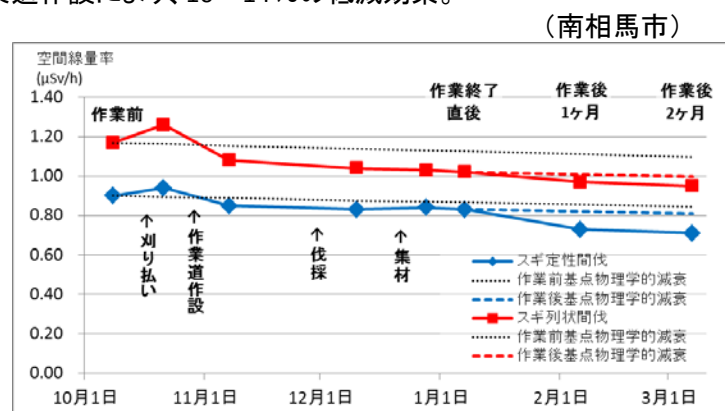
- ・伐採や作業道開設等に当たっての放射性物質流出抑制対策として、木柵工、土留め工、チップ散布工による効果を確認。
- ・これらの資材は、林内で発生した伐採木等を活用することにより、廃棄物の発生を抑制。

(2) 空間線量率及び放射性物質濃度について

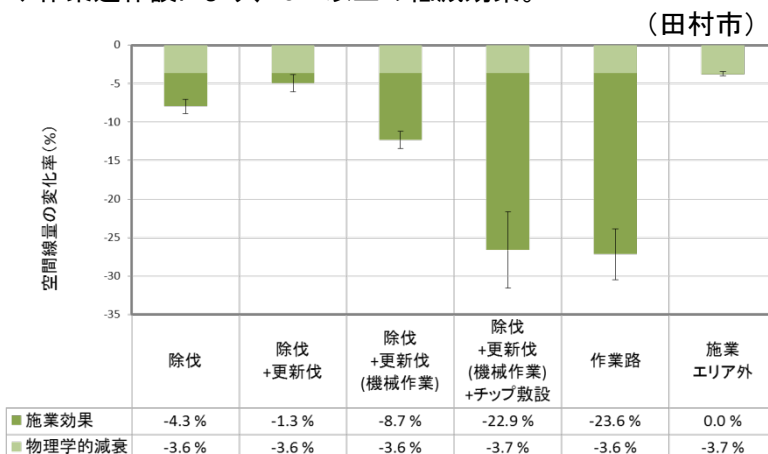
- 間伐等の森林施業に伴う空間線量率の変化を測定。一連の作業を行う中で、各作業種ごとに作業前後の変化を測定。
- 樹木や土壌等に含まれる放射性物質濃度を測定。樹木については、部位別に測定。また、伐採木の一部は製材加工後の放射線量についても計測。

① 林内作業による空間線量率の変化

- ◆ 下草の刈り払い作業において、一時的に空間線量率が上昇するが、その後低下し、物理学的減衰をやや下回る数値で推移。
- ◆ 作業道作設により、10～14%の低減効果。

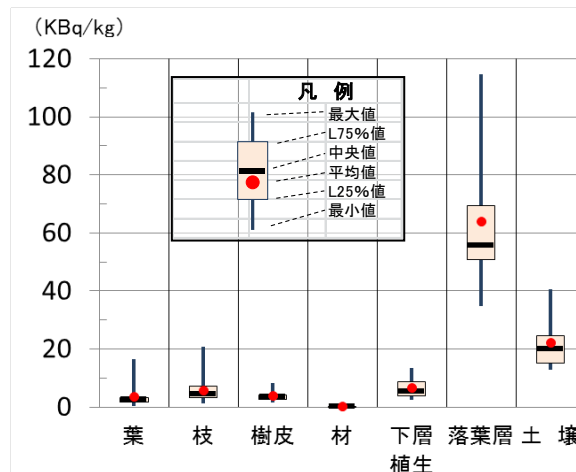


- ◆ 樹木の伐採により、1～9%低減効果。
- ◆ 作業道作設により、20%以上の低減効果。



② 森林内の放射性物質の濃度

放射性物質の分布割合



- ◆ スギ林内の放射性物質濃度を見ると、落葉層が最も高く、次いで土壌が高い傾向。材部の濃度は低く、100～400Bq/kg程度。

(川内村)



③ 製材品から放出される放射線量

- ◆ 製材品の表面計数率は100cpm前後(バックグラウンドを含む)。福島県木材協同組合連合会の定める自主基準を大幅に下回る数値。

(南相馬市)

スギ(小高区 胸高直径42cm、樹高22m)

検体丸太			製材品	バックグラウンド
長級	末口径	表面計数率 (樹皮あり)	表面計数率	計数率
2.4 m	32 cm	130 cpm	90 cpm	80 cpm
2.0 m	20 cm	120 cpm	100 cpm	80 cpm
2.0 m	11 cm	140 cpm	100 cpm	80 cpm

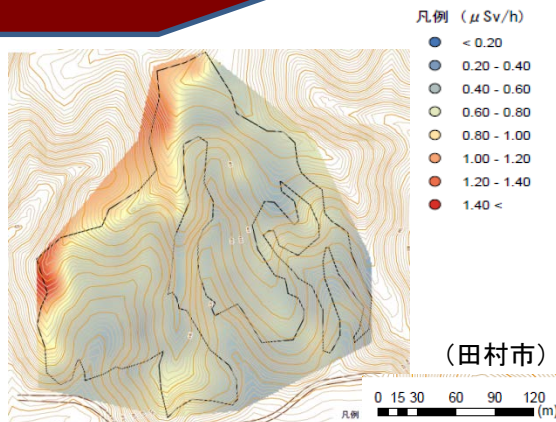
注: 計数率は測定値(バックグラウンドを含む)。
福島県の木材業界自主基準値1,000cpm以下。

(3) 林内作業者の被ばく低減について

- 林内作業者の被ばく量を低減するため、事業区域内の空間線量率の把握やキャビン付林業機械の活用、作業に伴い発生する粉じん量及びその放射性物質濃度の測定、放射線防護衣の効果について実証。

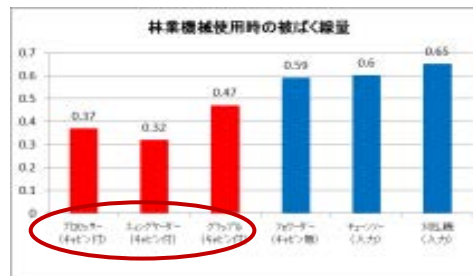
①空間線量率の把握

- ◆ 一つの事業区域内でも、地形や方位、標高等により空間線量率は異なる。
- ◆ 作業前に事業対象地内の空間線量率を測定し、その分布を作業者に周知。
- ◆ 空間線量率の高い箇所での休憩は避ける等、滞在時間が長ならないよう留意。



②機械化による被ばく低減

- ◆ キャビン付林業機械を使用することにより、2～4割程度の被ばく低減効果。
→キャビンによる放射線の遮蔽効果



(南相馬市)

- ◆ プロセッサの造材作業は、人力(チェンソー)による作業と比べて約3倍の生産性。キャビンによる放射線の遮蔽と作業時間の短縮で、単位事業量当たりの被ばく量は1/5に低減。

人力と機械による作業時間と被ばく量(造材作業)

	生産性	500m ³ 造材に必要な時間	時間当たり被ばく量	500m ³ 造材した場合の被ばく量
チェンソー	3.5 m ³ /時	143 時間	0.60 μSv/h	86 μSv
プロセッサ	10.0 m ³ /時	50 時間	0.37 μSv/h	19 μSv

③粉じん濃度の計測

- ◆ 伐採等作業時の粉じん濃度は、0.10～0.94mg/m³
(高濃度粉じん作業は10mg/m³以上)。
- ◆ 粉じんに含まれる放射性物質濃度は、検出限界値(<限界値)以下。

(田村市)

作業種	測定日	粉じん濃度 (mg/m ³)	Cs-134 (Bq/Nm ³)	Cs-137 (Bq/Nm ³)
除伐	2014/10/31	0.12	N.D. (<0.068)	N.D. (<0.063)
作業路作設	2014/11/26	0.14	N.D. (<0.076)	N.D. (<0.066)
更新伐	2014/11/26	0.12	N.D. (<0.072)	N.D. (<0.065)
植栽	2014/12/1	0.10	N.D. (<0.092)	N.D. (<0.092)
チップ化	2014/12/11	0.94	N.D. (<0.089)	N.D. (<0.083)

④放射線防護衣による被ばく低減

- ◆ 放射線防護衣により、17%程度被ばく低減効果。
ただし、作業のしやすいさや着心地について、改良の余地あり。

作業種	作業時間 (h)	被ばく量(μSv)		被ばく低減効果
		防護衣外側	防護衣内側	
伐倒	3:30	1.3	1.0	23 %
造材	3:00	0.5	0.4	20 %
搬出	3:30	1.1	1.0	9 %
計	10:00	2.9	2.4	17 %

(南相馬市)



放射線防護ベスト

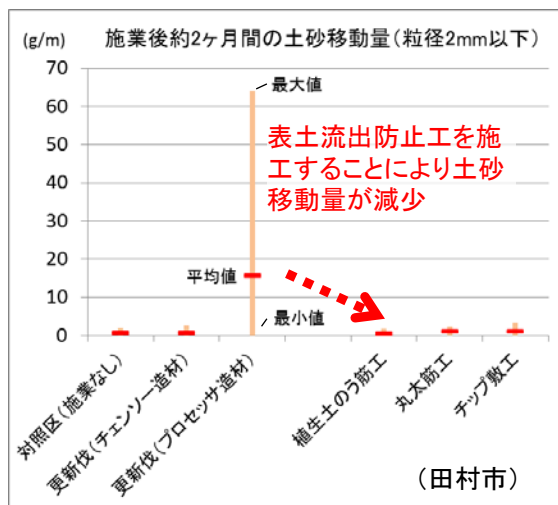
(4) その他

- 林内作業に伴う放射性物質の流出の抑制対策、森林所有者からの迅速な同意取得手法、マツ枯れ対策における放射性物質への対処手法について実証。

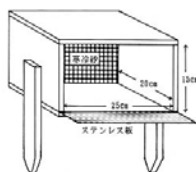
①放射性物質の流出抑制対策

- ◆ 森林内の放射性物質は土壌とともに移動することが知られている。プロセッサを用いて造材した場合、チェンソーによる造材と比べて土砂移動量が多くなる傾向があるが、土のう筋工や丸太筋工等の表土流出防止工を施工することにより、移動土砂の発生を抑え、放射性物質の流出を防止することが可能。

注：移動量は森林からの流出量とは異なる。



注：傾斜等、土砂受箱の設置箇所 conditions による補正を行っていない測定値の比較。



施業地の斜面に土砂受箱を設置して移動土砂量を測定



グラブによる造材作業



植生土のう筋工



丸太筋工

②事業に当たって迅速な同意取得

説明会の開催

実施結果の整理(課題整理)

迅速な同意取得にむけたポイント整理

- …所有者等が複数いる場合など、開催方法等の工夫が必要
- …理解を得るため、説明方法等の工夫が必要



◆地元精通者の協力確保など

(所有者等を取りまとめられるキーマン)
(とりまとめやすい開催方法の選択)

◆適時・適切な情報提供

(同意取得後も、進捗状況の定期的な情報発信)
(説明資料の工夫(写真、図表を中心))



③マツ枯れ対策における放射性物質対策

- ◆被害状況調査は、空中写真の活用。赤外線カラー写真を用いることにより、机上で被害木を特定することが可能。現地調査を省略できることから、踏査に伴う調査者の被ばくを回避。

- ◆被害木の処理に当たっては、チップ化処理を行うことにより放射性物質の大気中への拡散を回避。

