

「平成25年度 森林における放射性物質拡散防止等技術検証・開発事業」等の
調査結果について

平成26年8月22日

農林水産省

目 次

1 事業実施箇所	1
2 伐採等による空間線量率の推移	2
3 落葉等除去や伐採に伴う放射性物質の移動	3
4 表土流出防止工施工箇所の植生回復状況	4
5 林床の被覆による放射線の遮蔽効果	5
6 溪間工（治山ダム）における放射性物質の状況	7
7 ぼう芽更新木に含まれる放射性物質の把握	8
8 吸着材を活用した濁水防止工の効果	9
9 吸着材を活用した表土流出防止工の効果	10

1 事業実施箇所

○ 農林水産省では、平成23年度から福島県広野町の町有林に、平成24年度からは川内村の福島県林業研究センター試験林、飯舘村の国有林に試験地を設定し、これら試験地を主なフィールドとして

- 落葉等の除去や伐採等の森林施業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

について技術の検証・開発を実施。

【飯舘試験地】

試験区	樹種	林齢	作業内容	空間線量率
佐須地区	スギ (一部ヒノキ)	25年生	落葉等除去、皆伐、 間伐(定性・列状)	1.9 μSv/h
八木沢地区	アカマツ	40年生	落葉等除去、皆伐、 間伐(定性・列状)	2.2 μSv/h

※ 空間線量率は平成24年10月の測定値。

【川内試験地】

試験区	樹種	林齢	作業内容	空間線量率
スギ林(A区)	スギ	54年生	落葉等除去、皆伐、 列状間伐、植栽等	2.4~5.0 μSv/h
スギ林(B区)	スギ	43年生	落葉等除去、 皆伐、植栽	2.2~4.5 μSv/h
原木採取林 モデル地区	広葉樹	53年生	落葉等除去、 皆伐	1.7~2.4 μSv/h
被覆工試験区	アカマツ 広葉樹	44-45年生	落葉等除去、 被覆工(3種類)	2.8~5.4 μSv/h

※ 被覆工試験区における空間線量率は平成25年11月の測定値、その他は平成24年11月の測定値。

【広野試験地】

試験区	樹種	林齢	作業内容	空間線量率
皆伐区	アカマツ 広葉樹	47-64年生	落葉等除去、皆伐、 地拵え(4種類)	0.7 μSv/h
間伐区	スギ	50年生	落葉等除去、 間伐(定性・列状)	0.5 μSv/h
表土流出 防止工区	スギ	50年生	落葉等除去、 表土流出防止工(3種類)	0.4 μSv/h
濁水 防止工区	—	—	鋼製砕工、布団かご工	—

※ 空間線量率は平成24年1月の測定値。

※ 3試験地とも、試験区、作業内容等は主なものを記載。林齢は空間線量率測定時点。



飯舘試験地



川内試験地 スギ(A区)



広野試験地 間伐区



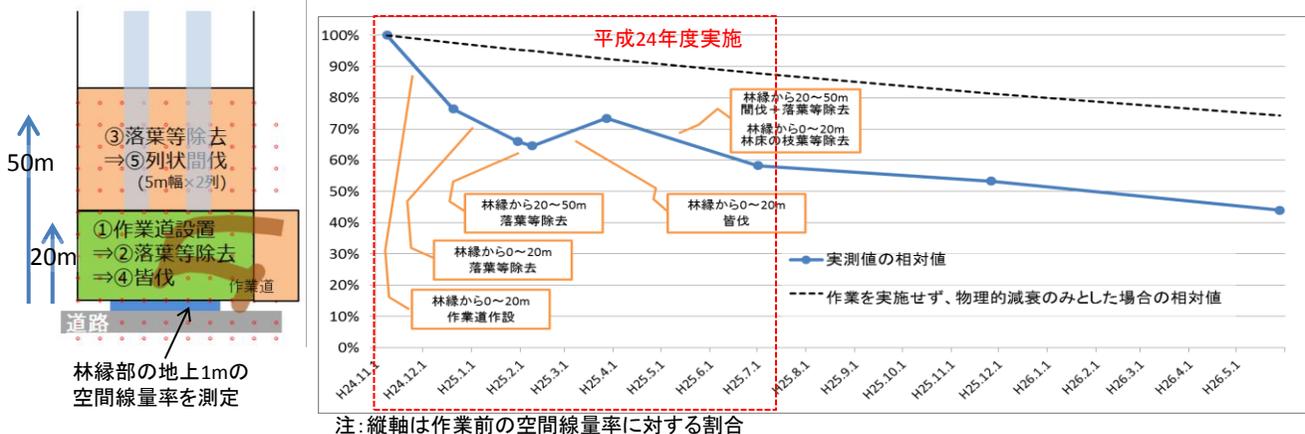
広野試験地 皆伐区

2 伐採等による空間線量率の推移

- 広野町、川内村、飯館村の各試験地において、落葉等除去や皆伐、間伐等による空間線量率の低減効果を調査。落葉等除去や伐採等の作業は平成23年度及び24年度に実施し、平成25年度は作業後の推移を調査。
- 作業後の推移を見ると、おおむね物理的減衰に応じて低減しており、安定的に推移。しかし、一部間伐箇所では物理的減衰ほど低減していない箇所も存在。その原因としては、放射性物質を含む葉等が新たに林床に落ちてきた可能性が考えられる。
- 平成26年度も引き続きモニタリングを行うほか、新たに発生する落葉等の調査を実施し、中長期的な推移を調査。

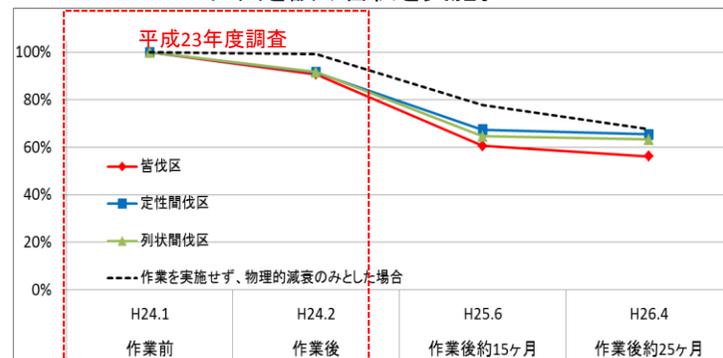
【川内試験地】

スギ54年生約1haの区域内で、皆伐、間伐、落葉等除去等を実施。



【広野試験地】

スギ50年生の林内に60m×60mの区画を2箇所設け定性間伐、列状間伐を、アカマツ・広葉樹混交林(47-64年生)内に50×100mの区画を設け皆伐を実施。

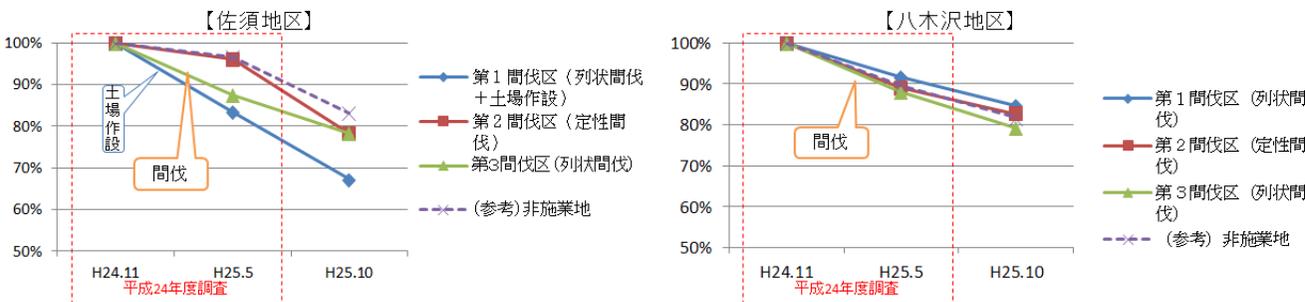


- ・ 落葉等除去で1割程度低減したが、皆伐後は一時的に上昇(造材作業による攪乱の影響と推測)。
- ・ 一連の作業後は物理的減衰のみで安定。

- ・ 皆伐、間伐で1割程度低減。
- ・ 作業後、空間線量率は低下。間伐箇所では物理的減衰を考慮すると低減が少なめ。

【飯館試験地】

佐須地区(スギ、ヒノキ25年生)、八木沢地区(アカマツ40年生)に3箇所ずつの試験区を設け、間伐を実施。



- ・ 両地区とも作業後の空間線量率は1割前後低下。佐須地区の列状間伐区は非施業地より低下、八木沢地区は非施業地と同程度の低下。
- ・ 作業後は各箇所とも非施業地とほぼ同様の変化。

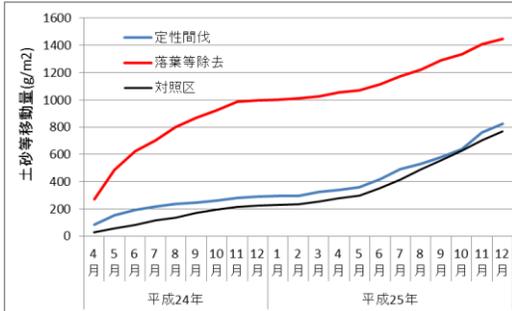
※施業前を100%とした相対値で表示。物理的減衰を含む。測定高は地上1m。

3 落葉等除去や伐採に伴う放射性物質の移動

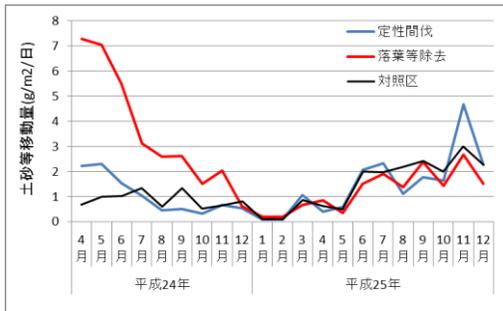
- 広野試験地において、①間伐又は皆伐を実施した区画、②落葉等除去を実施した区画、③対照区における土砂等や放射性セシウムの移動量を調査。(移動量は森林からの流出量を示すものではない。)
- 土砂等移動量と放射性セシウム移動量は、ほぼ同様の傾向。土砂等に付着した放射性セシウムが移動していると推察。
- 施工1年目(平成24年4月～平成25年3月)の放射性セシウム移動量(累計)は、落葉等除去実施箇所では対照区の2～4倍程度、間伐、皆伐実施箇所の移動は比較的軽微。
- 施工2年目(平成25年4月～平成25年12月)は、落葉等除去実施箇所でも対照区と同程度の土砂等移動量となり放射性セシウム移動量(1日当たり)はやや少ない傾向で推移。間伐、皆伐実施箇所は一時的に移動量の多い月もあるが、おおむね対照区と同様。

○間伐区(スギ50年生)

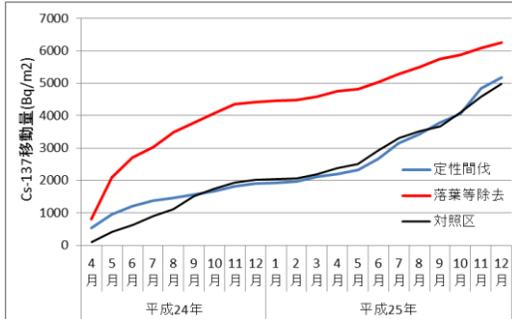
【土砂等移動量 累計】



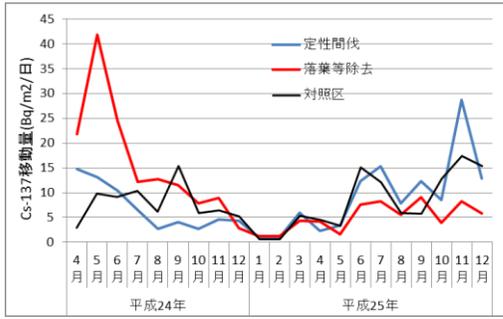
【1日当たり土砂等移動量】



【Cs-137移動量 累計】



【1日当たりCs-137移動量】



○皆伐区(アカマツ・広葉樹混交林47～64年生)

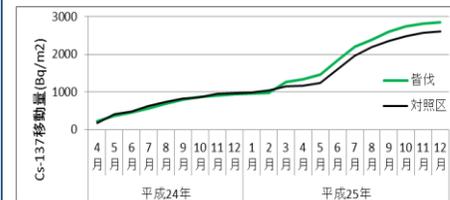
【土砂等移動量 累計】



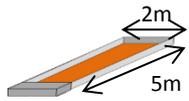
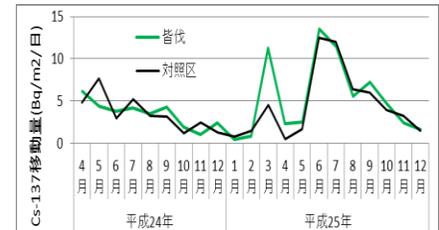
【1日当たり土砂等移動量】



【Cs-137移動量 累計】



【1日当たりCs-137移動量】



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。

※ 作業は平成24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 表土流出防止工施工箇所の植生回復状況

- 飯舘試験地において、平成24年度に落葉等除去及び皆伐を実施した箇所に表土流出防止工(植生シート敷設工)を施工し、その後の植生回復状況等を調査。
- 植生の回復状況は、植生シート施工箇所においては被度100%、一方、未施工箇所においても70~90%と比較的高い被度となっているが、植生高は、施工箇所が1.2m~1.8mとなっているのに対し、未施工箇所は0.4m~0.8mと低く、植生シート施工箇所の方が早期に植生が回復していると推察。
- また、施工箇所においては草本が主体であるのに対し、未施工箇所においては前生樹のぼう芽枝の生育が良好。

【植生シート敷設工】
(生物分解性ネット)
埋土種子:ヨモギ等の在来種

佐須地区:20m×25m×2箇所
八木沢地区:20m×25m×2箇所



	【佐須地区】 落葉等除去+皆伐区	【八木沢地区】 落葉等除去+皆伐区	
植生シート施工区	 <p>被度:100% 植生高:平均1.8m</p>	 <p>被度:100% 植生高:平均1.2m</p>	<p>植生シート施工箇所ではヨモギ等の草本を主体に被度が高く、旺盛な生長をされており植生丈も高い。木本類のぼう芽枝も散在。</p>
植生シート未施工区	 <p>被度:90% 植生高:平均0.8m</p>	 <p>被度:70% 植生高:平均0.4m</p>	<p>総体被度は70~90%におよび植生シート施工箇所と遜色ない。 植生高は植生シート施工箇所より低いが、前生樹のぼう芽枝の生育が良好。</p>

作業実施期間 落葉等除去・平成24年10月下旬
皆伐 : 平成24年11月下旬~12月上旬

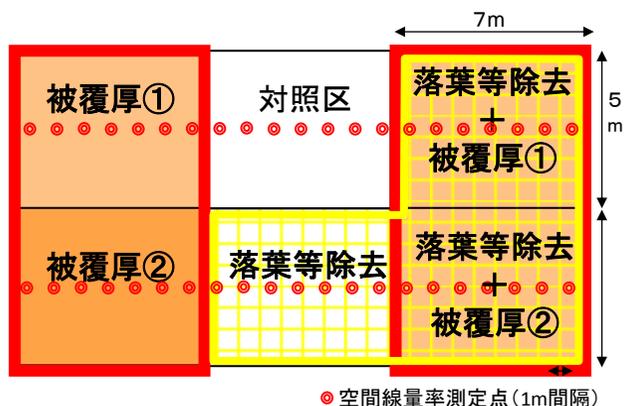
植生回復状況調査日:平成25年9月25日

5 林床の被覆による放射線の遮蔽効果 ①

- 川内試験地及び飯館試験地において、森林土木技術を活用し、林床を被覆することによる放射線の遮蔽効果を空間線量率を測定することにより検証。
- 川内試験地では、工法及び落葉等除去の有無による違いを検証、飯館試験地では、工法及び吹付幅による違いを検証。

【川内試験地】

- ◆ 植生マット、植生基材吹付、木材チップ散布の3工法により、林床を被覆。被覆箇所上の空間線量率を測定（施工直後と施工後3ヶ月の2回）し、施工費用について試算。
- ◆ 最も効果がみられた工法は植生基材吹付工10cm厚で2～3割程度空間線量率を低減。



植生マット工 (①1枚、②2枚)

ヤシ・ジュート製のマット。1枚の大きさは1m×3m。10cm間隔で種子、肥料等の入った植生基材袋を装着。最大厚5cm/枚。

植生基材吹付工 (①5cm厚、②10cm厚)

バーク堆肥、肥料、接合剤、種子を混合したものを使い、ラス(金網)張の後、コンプレッサーで高圧をかけ吹付。

木材チップ散布工 (①5cm厚、②10cm厚)

購入した木材チップを木枠で囲った中に散布。

○施工前後の空間線量率(地上1m、単位:μSv/h)

落葉等除去を実施して施工

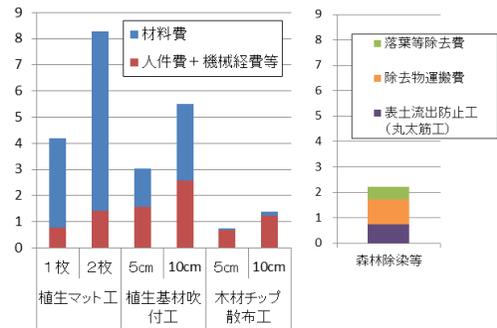
工種	植生マット工		植生基材吹付工		木材チップ散布工	
	1枚	2枚	5cm	10cm	5cm	10cm
施工前(a)	2.84	3.12	3.27	3.39	5.43	5.03
落葉等除去後(b)	2.85	2.79	3.15	3.29	4.97	4.72
施工直後(c1)	2.76	2.68	2.78	2.48	5.02	4.55
施工後3ヶ月(c2)	2.76	2.57	2.62	2.54	4.80	4.31
低減率(a→c1)	3%	14%	15%	27%	8%	10%
低減率(a→c2)	3%	18%	20%	25%	12%	14%

落葉等除去を実施せずに施工

工種	植生マット工		植生基材吹付工		木材チップ散布工	
	1枚	2枚	5cm	10cm	5cm	10cm
施工前(a)	3.03	3.30	3.47	4.04	4.92	4.45
施工直後(b1)	2.86	3.09	3.06	3.15	4.88	4.27
施工後3ヶ月(b2)	2.83	3.09	3.09	3.15	4.72	3.89
低減率(a→b1)	6%	6%	12%	22%	1%	4%
低減率(a→b2)	7%	6%	11%	22%	4%	13%

※空間線量率は各試験地7測定点のうち両端を除く5測定点の平均値。
※測定時の対照区平均空間線量率をもとにして各箇所の数値を補正。

○施工費用(千円/m²)



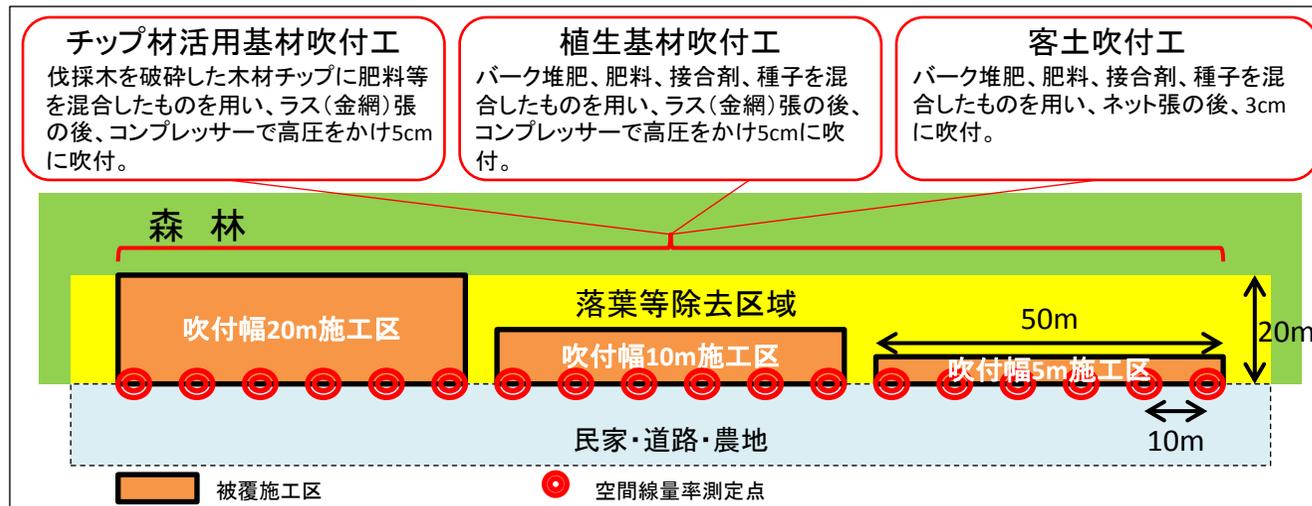
※ 費用は実際にかかった結果から試算した。
※ 落葉等除去費は含まない。

5 林床の被覆による放射線の遮蔽効果 ②

- 川内試験地の結果をみると工法によっては落葉等除去を実施しない場合でも一定の空間線量率の低減効果が見られ、除去物を発生させない放射性物質対策の一つとなり得るものと思料。
- 飯館試験地の結果をみると吹付幅の違いでは、5m幅と20m幅で同様の低減効果を示した工法もあれば違いが見られた工法もあり、引き続き効率的な工法の検討が必要。
- 林床の被覆は放射線の遮蔽のみならず土砂流出防止機能の発揮にも有効であるが、放射線遮蔽効果の持続性の検証や費用対効果の改善等に向け、引き続き、より効率的・効果的な資材、工法の開発・実証を行う。

【飯館試験地】

- ◆ 落葉等除去後、チップ材活用基材吹付、植生基材吹付、客土吹付の3工法により、林床を被覆。また、工法毎に、吹付幅20m、10m、5mの施工区を設け、施工直後の林縁部における空間線量率を測定し、施工費用について試算。
- ◆ 客土吹付工で約1割、チップ材活用基材吹付工及び植生基材吹付工で1～2割林縁部の空間線量率が低減。



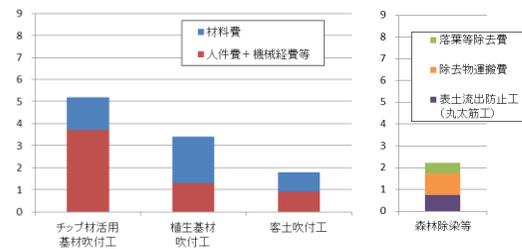
施工地概況(福島県飯館村八木沢地区)

○施工前後の空間線量率(地上1m、単位:μSv/h)

工種	チップ材活用基材吹付工 (5cm厚)			植生基材吹付工 (5cm厚)			客土吹付工 (3cm厚)		
	20m区	10m区	5m区	20m区	10m区	5m区	20m区	10m区	5m区
施工前(a)	2.00	2.15	2.06	2.09	2.33	2.20	1.96	2.22	2.10
施工直後(b)	1.58	1.70	1.65	1.66	1.94	1.94	1.83	2.03	1.89
低減率 (a→b)	21%	21%	20%	21%	17%	12%	7%	9%	10%

※空間線量率は、林縁部測定点における実測値の平均。

○施工費用(千円/m²)



※費用は実際にかかった結果から試算した。
※落葉等除去費は含まない。

6 溪間工（治山ダム）における放射性物質の状況

- 荒廃溪流復旧等のために設置された溪間工（治山ダム）による放射性セシウムの下流への流出抑制効果を検証するため、ダムの堆砂敷に含まれる放射性セシウム量を計測し、集水域全体の沈着量に対する割合を試算。
- 溪間工1（集水域の沈着量 500kBq/m²）では上流側 6~10m 程度までの湛水域の粘性土（表層部）、溪間工2（同 650kBq/m²）では上流側10m程度までの粘性土（深さ1mまで）で、最大5,000 Bq/kg程度の放射性セシウム濃度。
- 堆砂敷に含まれる放射性セシウム量は、集水域全体の沈着量に対して溪間工1で約0.1%、溪間工2で約1.1%と推測され、引き続きモニタリング等を実施。



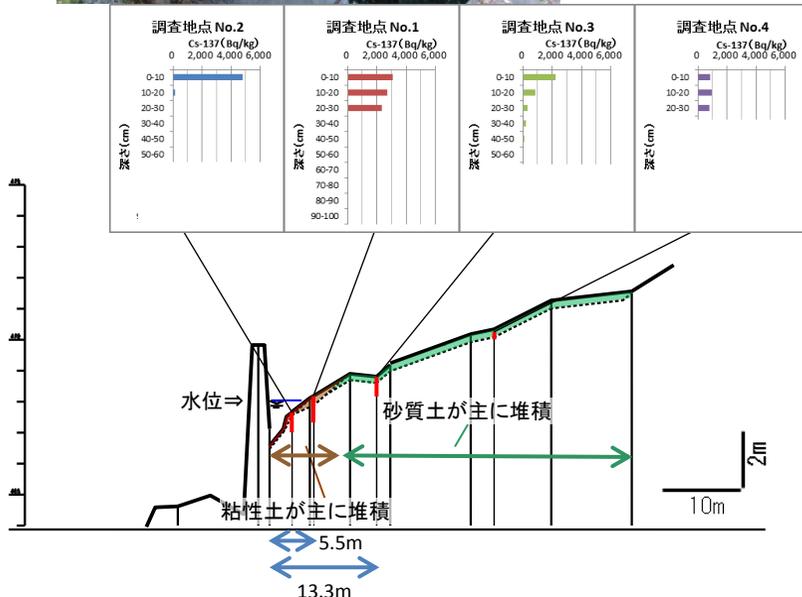
溪間工1（川内村）

昭和62年施工
L=23.5m
H=7.0m

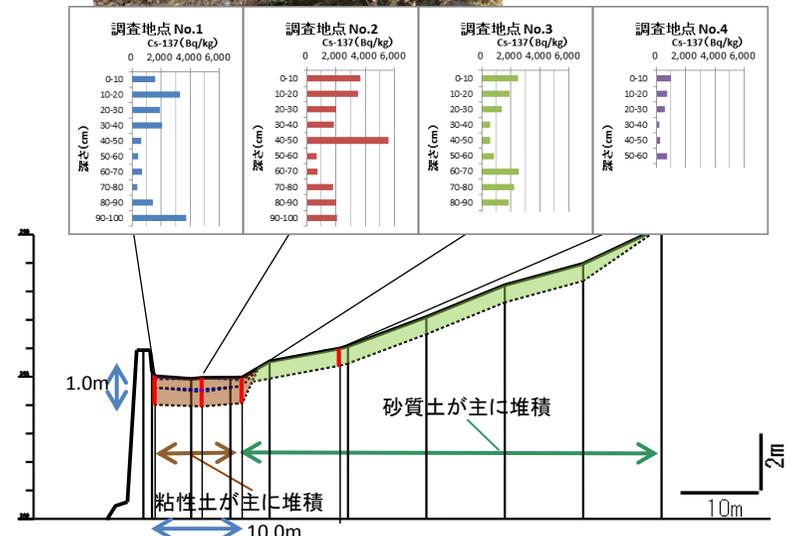


溪間工2（檜葉町）

平成13年施工
L=22.0m
H=7.5m



溪間工に堆積した土砂の推計量：97 t
 溪間工に堆積した土砂の放射性セシウム量：35 MBq
 （事故後約2年9ヶ月間の推計量）
 集水域面積：9.65 ha
 集水域放射性セシウム沈着量：30,600 MBq
 集水域沈着量に対する溪間工に堆積した放射性セシウムの割合：
 $35\text{MBq} \div 30,600\text{MBq} = \text{約}0.1\%$



溪間工に堆積した土砂の推計量：484 t
 溪間工に堆積した土砂の放射性セシウム量：260 MBq
 （事故後約2年9ヶ月間の推計量）
 集水域面積：6.03 ha
 集水域放射性セシウム沈着量：23,900 MBq
 集水域沈着量に対する溪間工に堆積した放射性セシウムの割合：
 $260\text{MBq} \div 23,900\text{MBq} = \text{約}1.1\%$

※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）のデータを使用。
 放射性セシウム濃度は粒度補正後数値。

7 ぼう芽更新木に含まれる放射性物質の把握

- 広野試験地及び川内試験地で、ぼう芽更新木に含まれる放射性物質の濃度を測定。
- コナラとクヌギの比較ではコナラに、枝と葉の比較では葉の方に放射性物質が多く含まれる傾向。
- 平成25年6、7月と11月を比較すると、この間に50%以上低減しているものもあり、初夏の発芽直後から秋の落葉前にかけて放射性物質が移動しているものと推測。
- 今回の調査で今後の推移を見通すことは困難であり、引き続きモニタリングを実施。さらに、放射性物質の吸収抑制方策について開発・検証を実施。

【広野試験地 皆伐区】

単位: Bq/kg

樹種	部位	核種	平成25年6月19日	平成25年11月8日
コナラ1年生 (4検体)	枝	Cs-134	80~240	36~100
		Cs-137	160~460	98~390
	葉	Cs-134	110~350	97~350
		Cs-137	260~750	260~720
コナラ2年生 (1検体)	枝	Cs-134	160	55
		Cs-137	330	160
	葉	Cs-134	200	140
		Cs-137	400	310
【参考】 アカマツ実生 (1検体)	枝	Cs-134	35	ND
		Cs-137	68	89
	葉	Cs-134	46	ND
		Cs-137	92	51

【川内試験地 原木採取林モデル地区】

単位: Bq/kg

採取区	樹種	部位	核種	平成25年7月3日	平成25年11月5日
皆伐区	クヌギ (3検体)	枝	Cs-134	130~300	72~130
			Cs-137	290~660	160~250
		葉	Cs-134	220~630	120~240
			Cs-137	590~1,200	340~580
	コナラ (3検体)	枝	Cs-134	350~670	130~300
			Cs-137	740~1,300	280~590
		葉	Cs-134	680~1,100	330~1,100
			Cs-137	1,300~2,200	900~2,600
皆伐+落葉 等除去区	クヌギ (3検体)	枝	Cs-134	100~310	< 100
			Cs-137	250~460	90~240
		葉	Cs-134	280~370	140~260
			Cs-137	580~790	360~550
	コナラ (3検体)	枝	Cs-134	210~390	68~230
			Cs-137	470~770	140~460
		葉	Cs-134	260~610	420~580
			Cs-137	1,000~1,500	900~1,700

試験地の空間線量率等

試験区		空間線量率	放射性セシウム沈着量
広野試験地	皆伐区	0.65 μSV/h	220kBq/m ²
川内試験地 原木採取林モデル地区	皆伐区	1.99 μSV/h	1,200kBq/m ²
	落葉等除去+皆伐区	2.18 μSV/h	

※ 空間線量率は広野試験地が平成24年2月。川内試験地が平成24年11月に測定。

※ 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。



枝と葉に分けて採取



コナラぼう芽更新木

8 吸着材を活用した濁水防止工の効果

- 広野試験地の溪流において、水位計や浮遊砂サンプラー等を設置し、渓流水等に含まれる放射性物質濃度を測定するとともに、吸着材入りの土のうを格納した濁水防止工を設置してその効果を検証。
- 渓流水等に含まれ流出する放射性物質は、1年間で集水域全体の沈着量の0.4%程度と推計。溶存態はごくわずかであり、放射性物質のほとんどは、粘土等細かな粒子に付着。
- 最も効果のあった吸着材はゼオライトであったが、濁水防止工(吸着材960L収納)1基の放射性物質捕捉率は流出量の0.1%未満であり、十分な効果は期待できないと考えられる。

渓流水等の放射性物質濃度

	渓流水(Bq/L)		浮遊砂(Bq/kg)	
	Cs-134	Cs-137	Cs-134	Cs-137
最大	ND	0.1	4,600	11,000
最小	ND	ND	1,000	2,700

期間流出放射性物質質量

	Cs-134	Cs-137	計
渓流水	31 MBq	30 MBq	61 MBq
浮遊砂	430 MBq	1,056 MBq	1,486 MBq
合計	461 MBq	1,086 MBq	1,547 MBq

※ 調査期間は平成24年12月14日～平成26年3月7日だが、平成25年9月27日から12月24日は測定機器の不具合により欠測。このため、観測期間合計日数は360日。

期間流量	900,000 m ³
期間流出土砂量	162 t
集水域面積	140 ha
集水域全体の放射性セシウム沈着量	395,000 MBq

放射性セシウム流出率

$$1,547\text{MBq} \div 395,000\text{MBq} = 0.4 \text{ \% / 年}$$

濁水防止工(吸着材960L収納)による放射性セシウム吸着量

	ゼオライト	パーライト	バーミキュライト	木炭
収納可能な吸着材の重量	628 kg	140 kg	168 kg	60 kg
単位重量当たりの吸着量	1.06 kBq/kg	1.93 kBq/kg	2.36 kBq/kg	2.66 kBq/kg
吸着総量	663 kBq	270 kBq	396 kBq	159 kBq

※ 吸着総量は、概ね1ヶ月毎に吸着材を交換し、約1年間で吸着する量。

濁水防止工による放射性物質捕捉率

$$663\text{kBq} \div 1,547\text{MBq} = 0.04\%$$



吸着材を使用した濁水防止工

9 吸着材を活用した表土流出防止工の効果

- 広野試験地において、ゼオライト等の吸着材を中詰めした土のうやマットを使用した表土流出防止工を施工し、放射性物質の吸着効果を検証。
- 土のうの放射性物質濃度は木炭が最も高かったが、最大値で2,600Bq/kg。マットでは、プルシアンブルーが最も高く、14,000Bq/kg。しかしながら、いずれも林床の落葉層の濃度と比べて同程度以下。
- 土のう1袋あたりの放射性物質量は、濃度と比べ、吸着材の種類による差は小さい。
- 土のう等の放射性物質濃度や放射性物質量、溶存態としての放射性物質がわずかであることから推察すると、土のう等に含まれる放射性物質の多くは粘土等に含まれているものである可能性が高く、表土流出防止工に吸着材を活用しても十分な効果は期待できないと考えられる。

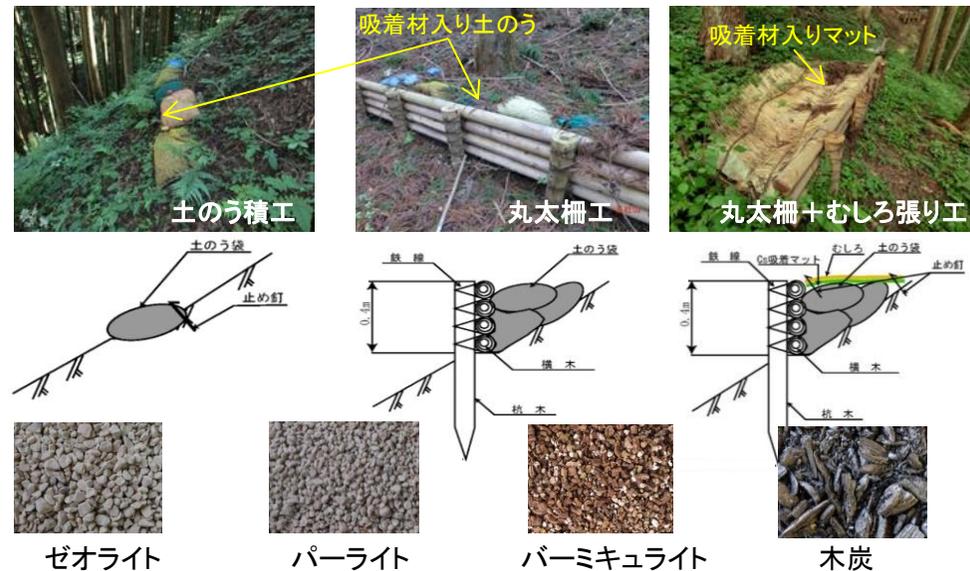
土のう、マットの放射性セシウム(Cs-137)濃度 単位: Bq/kg

工法	資材	吸着材	平均	最大	最小
土のう積工	土のう	ゼオライト	160	310	50
		パーライト	470	890	180
		バーミキュライト	630	1,200	190
		木炭	1,000	2,600	340
丸太柵工	土のう	ゼオライト	140	290	60
		パーライト	280	610	20
		バーミキュライト	420	1,100	20
		木炭	640	1,200	140
丸太柵+むしろ張り工	土のう	ゼオライト	50	120	10
		パーライト	70	220	10
		バーミキュライト	80	260	20
		木炭	150	300	30
	マット	ゼオライト	4,400	12,000	1,500
		プルシアンブルー	6,300	14,000	2,700

※ 土のう、マットは、平成24年3月から平成25年12月まで最長644日間林内に設置

林床の放射性セシウム(Cs-137)濃度 単位: Bq/kg

		平均	最大	最小
平成24年3月	落葉層	13,000	25,000	10,000
	土壌	590	2,100	110
平成25年6月	落葉層	6,100	12,000	2,500
	土壌	1,300	4,400	170



土のう1袋当たりの放射性セシウム(Cs-137)量

	土のう1袋当たりの重量	土のう1袋当たりの放射性セシウム量
ゼオライト	15.7kg/袋	2,500 Bq/袋
パーライト	3.5kg/袋	1,600 Bq/袋
バーミキュライト	4.2kg/袋	2,700 Bq/袋
木炭	1.5kg/袋	1,500 Bq/袋

※ 土のう袋の容量は24L/袋。

※ 吸着材の放射性物質濃度は、土のう積工の平均値を用いた。