

平成26年度第3回^{もり}森林の未来を考える懇談会資料

森林内の放射性物質対策について

- 森林における放射性物質対策の実証結果について
- 森林・木材と放射性物質 福島^の森林・林業再生に向けて

平成27年2月12日

福島県農林水産部森林計画課

森林における放射性物質対策 の実証結果について

福島県

1

森林放射性物質モニタリング調査の実施状況

調査箇所数の推移

| | 調査箇所数 | 調査項目の内訳 | | | | 調査実施主体 |
|--------------|-------|---------|-------|--------|-----------------|----------------------|
| | | 箇所数 | 空間線量率 | 材のCs濃度 | 材(部位別)、土壌等のCs濃度 | |
| 平成23(2011)年度 | 362 | 362 | ○ | | | 県(直営) |
| 平成24(2012)年度 | 925 | 785 | ○ | | | 県森林整備加速化・林業再生協議会(補助) |
| | | 90 | ○ | ○ | | |
| | | 50 | ○ | | ○ | |
| 平成25(2013)年度 | 1,006 | 849 | ○ | | | 県(委託) |
| | | 81 | ○ | ○ | | |
| | | 76 | ○ | | ○ | |

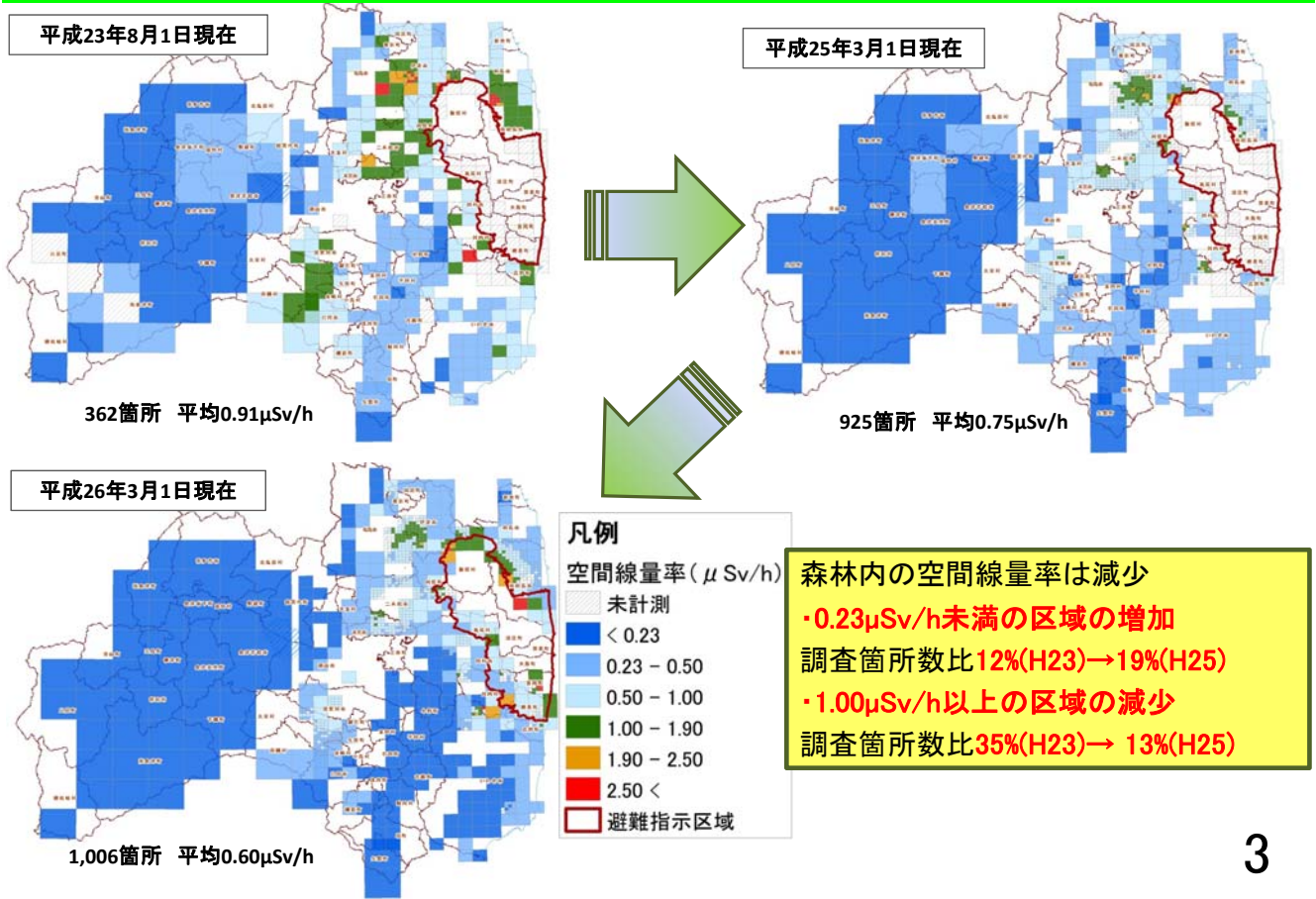
※Csは放射性セシウムの略

※調査地の樹種はスギ、アカマツ、ヒノキ、カラマツ及び広葉樹

- ・学識経験者の意見聴取(放医研、森林総研、北大等)
- ・IAEAに報告(福島県とIAEAとのプロジェクト H24.12.15締結)
- ・H25調査箇所を追加(一定線量(1.0 μ Sv/h)以上の16箇所、避難指示解除準備区域内65箇所)

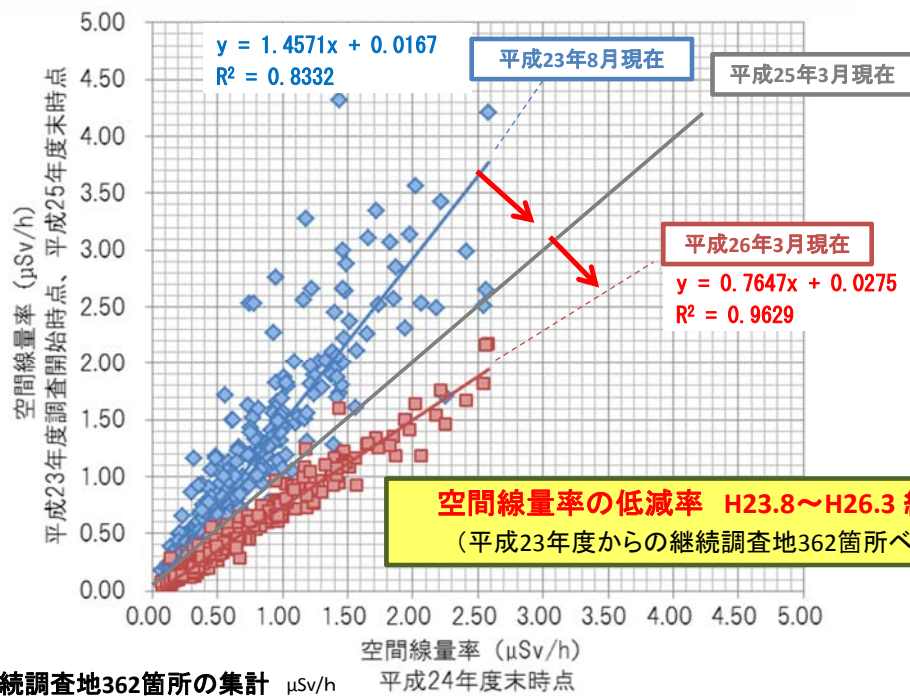
2

森林内における空間線量率の分布の推移



3

過去データとの比較(H23~H25)



| 調査年度 | 平均値 | 最大値 | 最小値 |
|--------|------|------|------|
| 平成23年度 | 0.91 | 4.32 | 0.09 |
| 平成24年度 | 0.62 | 2.58 | 0.07 |
| 平成25年度 | 0.44 | 2.18 | 0.05 |

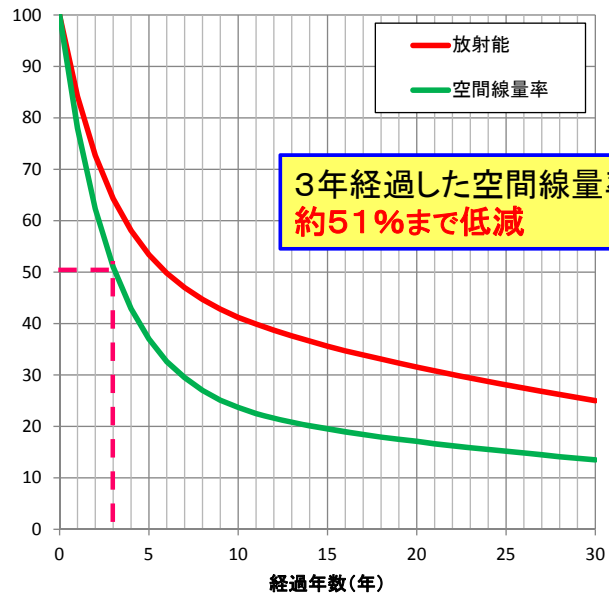
| (基準日) | (H23からの平均低減率) |
|-----------|------------------------------------|
| H23. 8. 1 | |
| H25. 3. 1 | <u>H23比Δ32%減</u> |
| H26. 3. 1 | <u>H23比Δ50%減</u> |

4

放射性セシウムの減衰曲線

| 経過年数(年次) | 放射能の減衰 | 空間線量率の減衰 |
|----------|--------|----------|
| 0 | H23 | 100.0 |
| 1 | H24 | 84.2 |
| 2 | H25 | 72.7 |
| 3 | H26 | 64.3 |
| 4 | H27 | 58.1 |
| 5 | H28 | 53.4 |
| 6 | H29 | 49.8 |
| 7 | H30 | 47.0 |
| 8 | H31 | 44.7 |
| 9 | H32 | 42.8 |
| 10 | H33 | 41.2 |
| 11 | H34 | 39.9 |
| 12 | H35 | 38.7 |
| 13 | H36 | 37.6 |
| 14 | H37 | 36.6 |
| 15 | H38 | 35.6 |
| 16 | H39 | 34.7 |
| 17 | H40 | 33.9 |
| 18 | H41 | 33.1 |
| 19 | H42 | 32.3 |
| 20 | H43 | 31.5 |
| 21 | H44 | 30.8 |
| 22 | H45 | 30.1 |
| 23 | H46 | 29.4 |
| 24 | H47 | 28.7 |
| 25 | H48 | 28.1 |
| 26 | H49 | 27.4 |
| 27 | H50 | 26.8 |
| 28 | H51 | 26.2 |
| 29 | H52 | 25.6 |
| 30 | H53 | 25.0 |

Cs134とCs137の放射能合計・空間線量率の合計
(相対値)



放射能と空間放射線量率の減衰割合の推計

本資料は「福島第一原発事故直後の福島県中通りにおける放射性物質の飛散状況はどのようなものだったか―事故直後に行われた高エネルギー加速器研究機構と理化学研究所の合同チームによる調査結果―」を基に作成

森林内の放線放射線量率は、自然減衰とほぼ同じく低減

5

今後の空間線量率の分布予測

原発事故から5年後
平成28年の予測

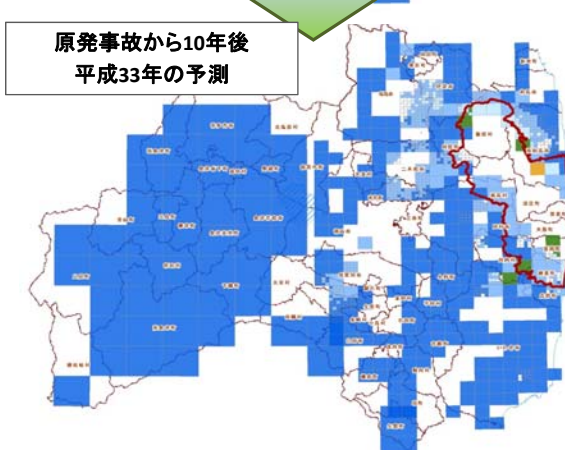


※平成25年度に調査を実施した1,006箇所の平均値

(単位はμSv/h)

| 平成26年3月現在 (再掲) | 原発事故5年後 平成28年3月現在 | 原発事故10年後 平成33年3月現在 | 原発事故20年後 平成43年3月現在 |
|-------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 0.60 | 0.42 | 0.26 | 0.18 |

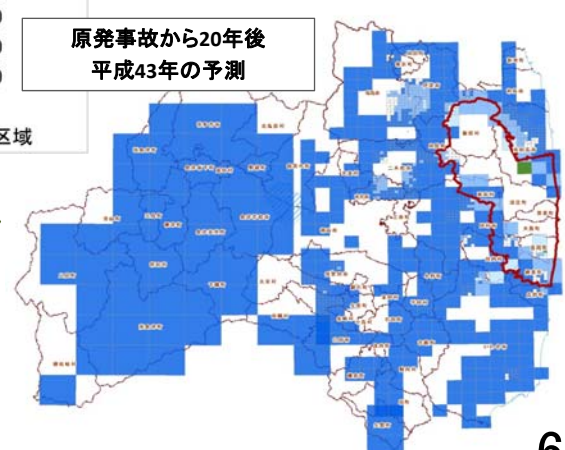
原発事故から10年後
平成33年の予測



- 凡例
- 空間線量率(μSv/h)
- 未計測
 - < 0.23
 - 0.23 - 0.50
 - 0.50 - 1.00
 - 1.00 - 1.90
 - 1.90 - 2.50
 - 2.50 <
 - 避難指示区域

原発事故20年後
避難指示区域周辺の一部を除き
0.23μSv/h以下に

原発事故から20年後
平成43年の予測

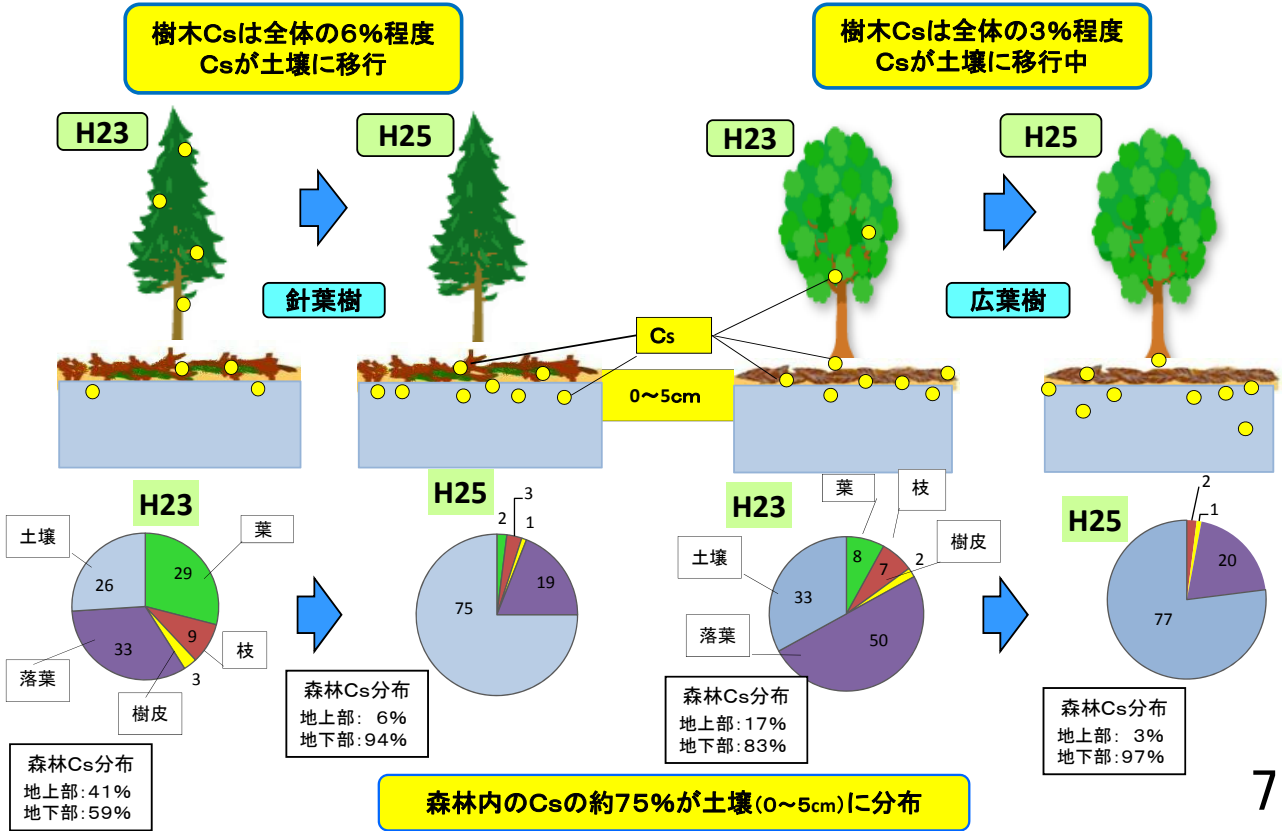


6

森林における放射性物質の動態変化

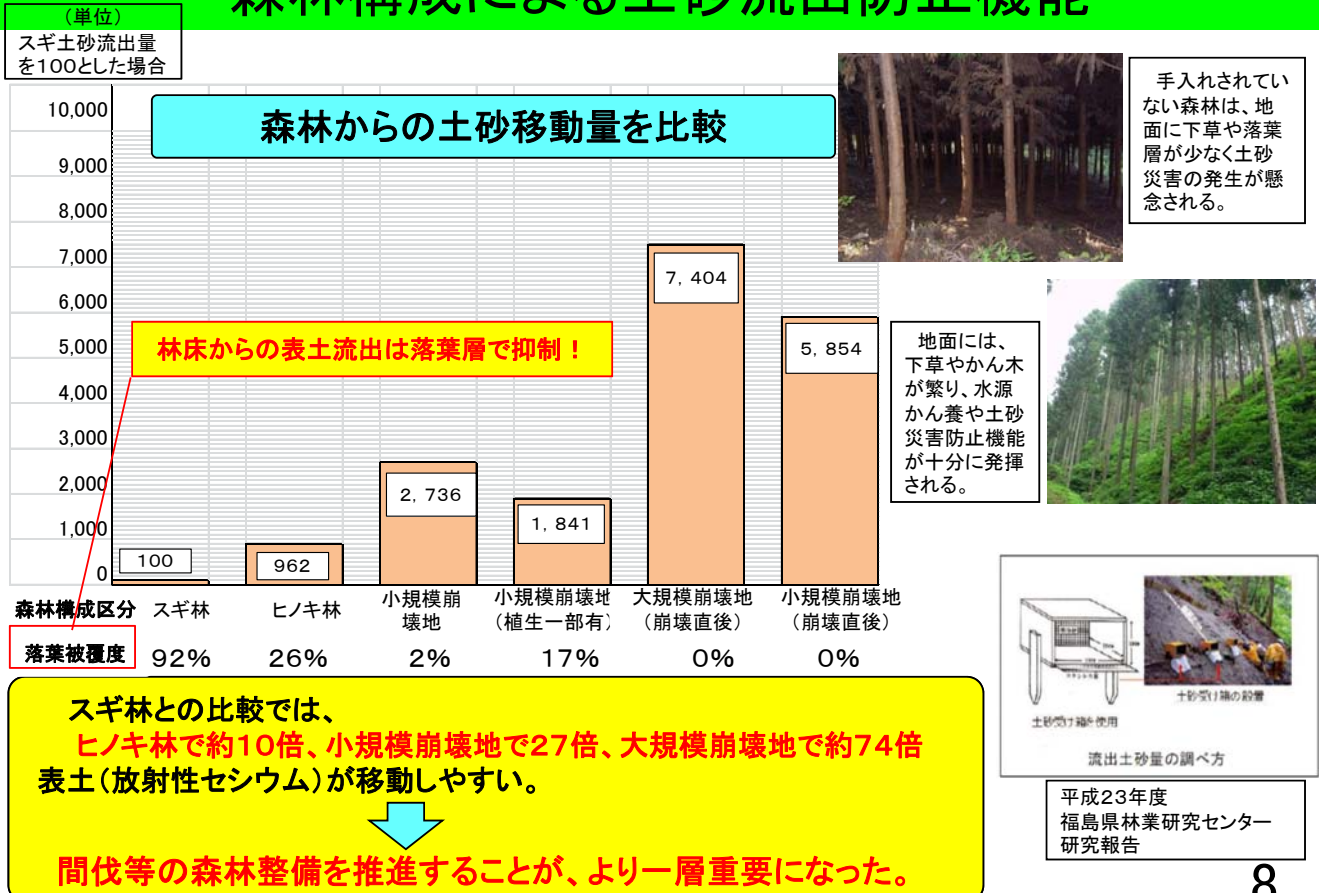
(農林水産省H26.4.1公表、福島県林業研究センター協力)

図中の「Cs」は放射性セシウムの略称



7

森林構成による土砂流出防止機能



8

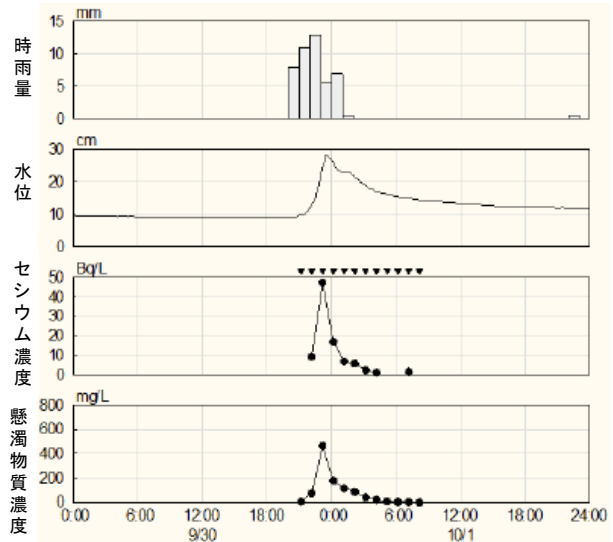
スギ林との比較では、
ヒノキ林で約10倍、小規模崩壊地で27倍、大規模崩壊地で約74倍
表土(放射性セシウム)が移動しやすい。

間伐等の森林整備を推進することが、より一層重要になった。

渓流水におけるCsの観測結果



渓流水中の放射性物質の観測結果



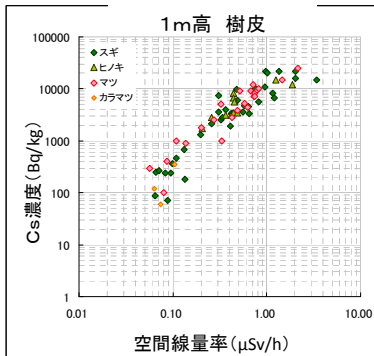
- ・ 大部分の渓流水から放射性物質は不検出。
- ・ 降雨後に水位が上昇し、懸濁物質が増加。
- ・ この懸濁水から1.1~48.5Bq/Lの放射性Csを検出。

独立行政法人森林総合研究所
H24.12.20プレスリリース資料
(福島県林業研究センター協力)

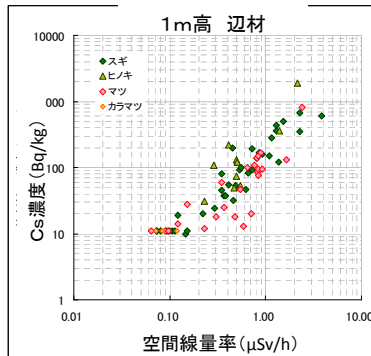
懸濁水濾過後は、すべて飲料水の放射性物質基準値10Bq/L以下。(大部分不検出)

空間線量率とCs濃度の関係

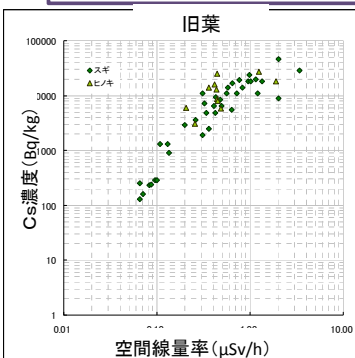
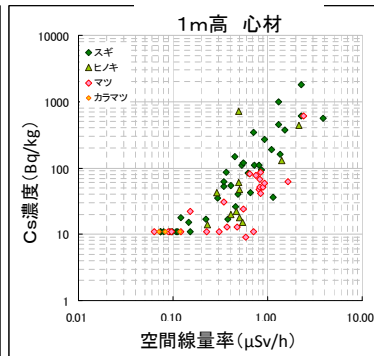
空間線量率と各種放射性Cs濃度との関係



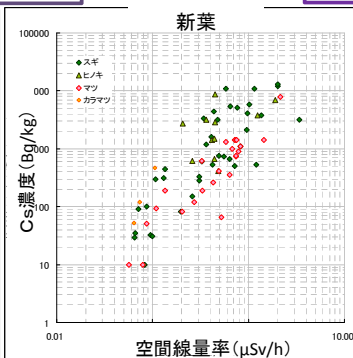
1m高さの樹皮との関係



1m高さの辺材・心材との関係



旧葉(H21^H22)・新葉(H24^H25)との関係

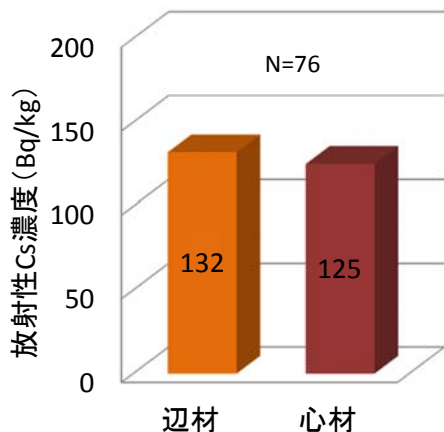


空間線量率が高いほど、材等に含まれる放射性Cs濃度も高い



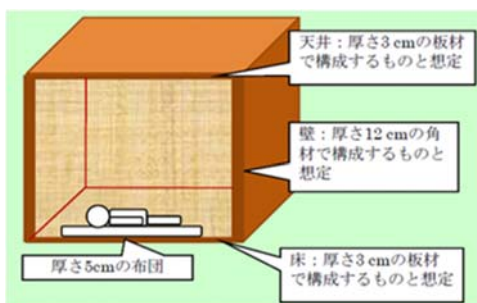
林業生産活動等の判断は、空間線量率の把握が重要。

木材に含まれるCs濃度



辺材の方が心材よりもわずかに濃度が高い
※スギは辺材に比べ心材の濃度が高い傾向

1m高さにおける辺材・心材の放射性Cs濃度(平均値の比較)



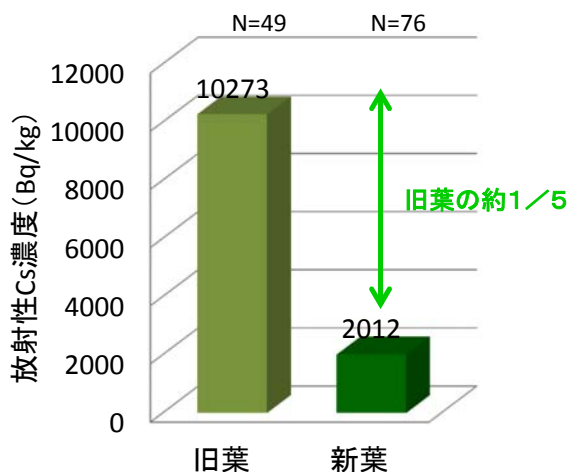
本調査でCs濃度の最大値※1を示した木材を住宅に使用した場合の追加被ばく量は年間**0.053mSv**※2

国内の一人当たりの天然の放射線による年間被ばく量は1.5mSv (事故前)

※1 2,200Bq/kg (避難指示解除準備区域内の調査地から採取)

※2 林野庁資料『木材で囲まれた居室を想定した場合の試算結果・IAEA-TECDOC-1376』に基づき試算

葉に含まれるCs濃度



新葉のCs濃度は旧葉の5分の1程度



旧葉・新葉の放射性Cs濃度 (平均値の比較)

※旧葉：H21^22生長分

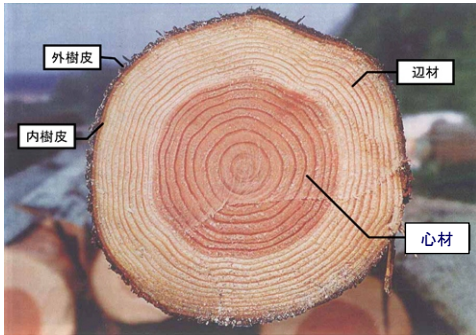
新葉：H24^25生長分

※旧葉はスギ、ヒノキのみ

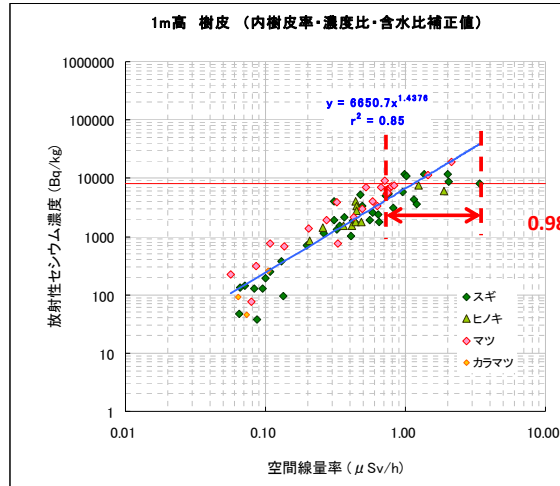
今後は落葉等により、旧葉に付着している放射性Csは、徐々に林床へ移動

樹皮に含まれるCs濃度

- ・8,000Bq/kg超の樹皮が見込まれる箇所空間線量率を、本調査結果の回帰式などから推定(スギの場合 1.3μSv/h)
- ・但し、その空間線量率のバラツキは大きい 0.98~3.41μSv/h

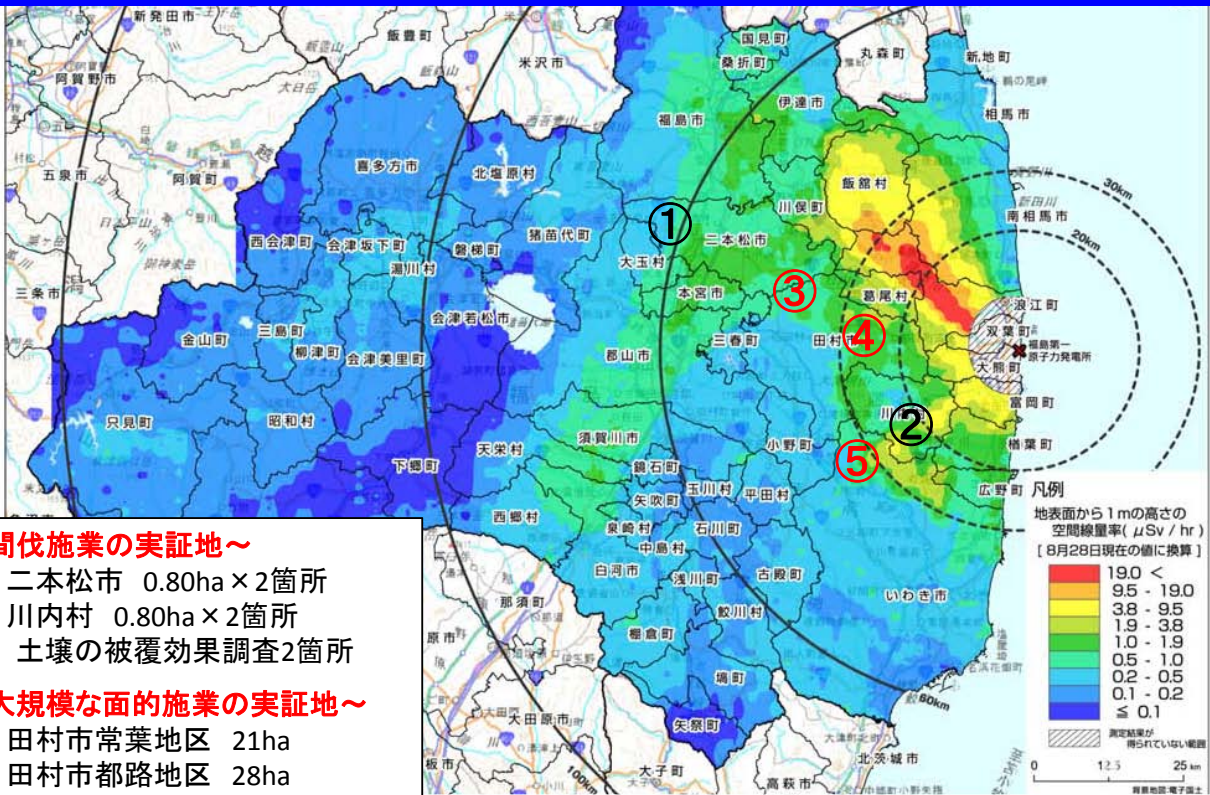


前提条件
 内樹皮率45%
 内樹皮の放射性Cs濃度比 外樹皮の0.15倍



空間線量率と1m高さの樹皮の放射性Cs濃度の関係から推定

森林における放射性物質対策実証地の位置図



～間伐施業の実証地～

- ① 二本松市 0.80ha × 2箇所
- ② 川内村 0.80ha × 2箇所
土壌の被覆効果調査2箇所

～大規模な面的施業の実証地～

- ③ 田村市常葉地区 21ha
- ④ 田村市都路地区 28ha
土砂移動量調査 9箇所
- ⑤ いわき市川前地区 15ha

線量分布は、H23.9.12報道発表 文科省航空機モニタリング結果より

森林における放射性物質対策実証(間伐の効果)

○ 間伐施業の手順



① 間伐前



② 作業道整備



③ 樹木伐採



④ 造材・枝払い



⑤ 枝葉集積



⑥ 丸太搬出



⑦ 間伐後



⑧ 間伐後3ヶ月

間伐後3ヶ月後には、林床に下層植生が繁茂。

15

森林における放射性物質対策実証(間伐の効果)



← 未間伐エリア 間伐エリア →

＜間伐施業の完了後、3ヶ月経過した状況＞
 間伐の有無によって、林床の下層植生に大きな差を確認。(公益的機能が向上)

(注) 実証地は、半径50mの円状に設定、1地区の面積は約0.80ha。

16

森林施業による線量低減効果等 (間伐の効果)

□ 森林施業による林床の植生回復 (H24調査結果)

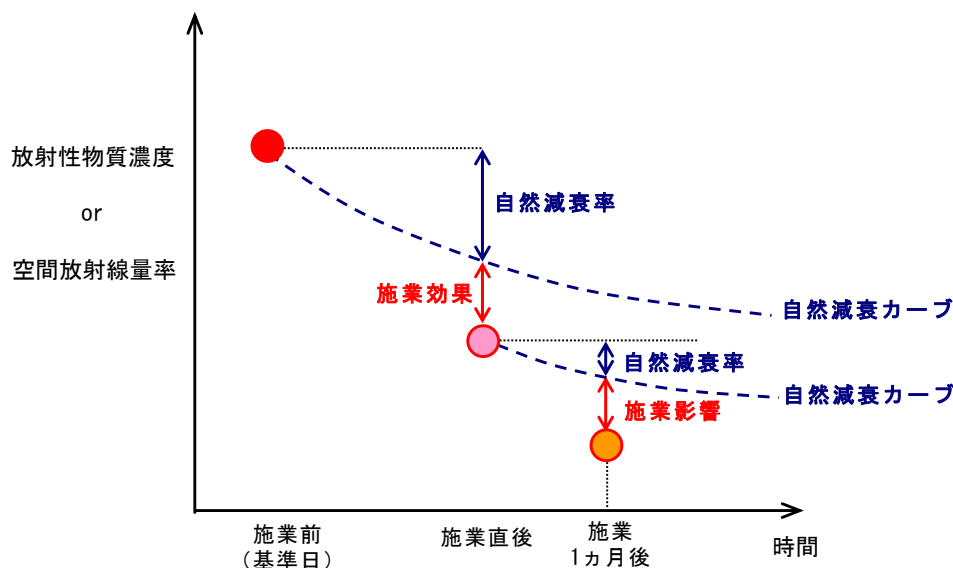
- 間伐施業の完了後、3ヶ月程度経過すると、林床に植生が回復し、森林の有する公益的機能を発揮。

□ 森林施業による線量低減効果 (H24調査結果)

- 針葉樹の間伐によって **8.7~12.5%程度の線量低減**を確認。
- 間伐施業の完了後、線量は、概ね放射性物質の自然減衰とほぼ同じく低減。
なお、実証区域内において、表流水等の影響により、斜面上部から下部方向への放射性物質の移動が見られる。
- 森林施業の未実施区においても、放射性物質の移動を確認。

17

放射性物質の低減効果検証の考え方



※放射性物質の出入が無い場合、測定値は自然減衰カーブに沿って低減する。

施業効果の解釈

値がプラス・・・施業により空間放射線量率が**上昇**
値がマイナス・・・施業により空間放射線量率が**低下**

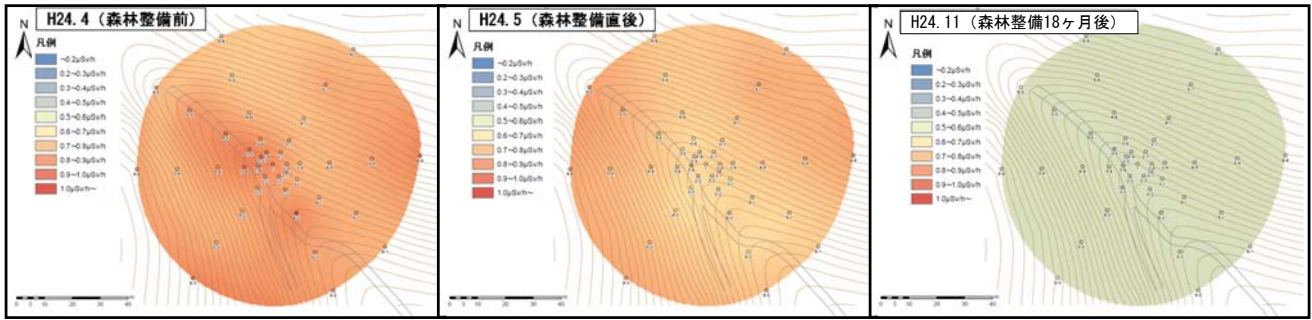
施業影響の解釈

値がプラス・・・施業以降、放射性物質が**流入傾向**
値がマイナス・・・施業以降、放射性物質が**流出傾向**

18

森林における放射性物質対策実証(間伐の効果)

○ 間伐による放射線量の推移 (二本松市 №1 0.80ha、スギ林)



間伐後18ヶ月経過後も線量低減効果を維持

放射線量の測定結果

| 所在地 | 樹種 | 施業内容 | 調査点数 | 平均線量 | | 平均低減率 | | 平均線量 施業18ヶ月後 (C) | 平均低減率 | |
|------|--------------|-------|------|------------|------------|-------------------|---------------|------------------------|-------------------|---------------|
| | | | | 施業前 (A) | 施業後 (B) | $((A-B)/B)$ | 自然減衰を 考慮 | | $((A-C)/C)$ | 自然減衰を 考慮 |
| 二本松市 | スギ 0.80ha | 間伐30% | 41 | 0.74 | 0.66 | (Δ 10.8%) | Δ 8.7% | 0.45 | (Δ 39.0%) | Δ 9.5% |
| | | 未施業 | 3 | 0.70 | | | | 0.46 | (Δ 34.0%) | Δ 3.6% |

※ 1 本表は、間伐施業による線量低減効果を実証したものの。

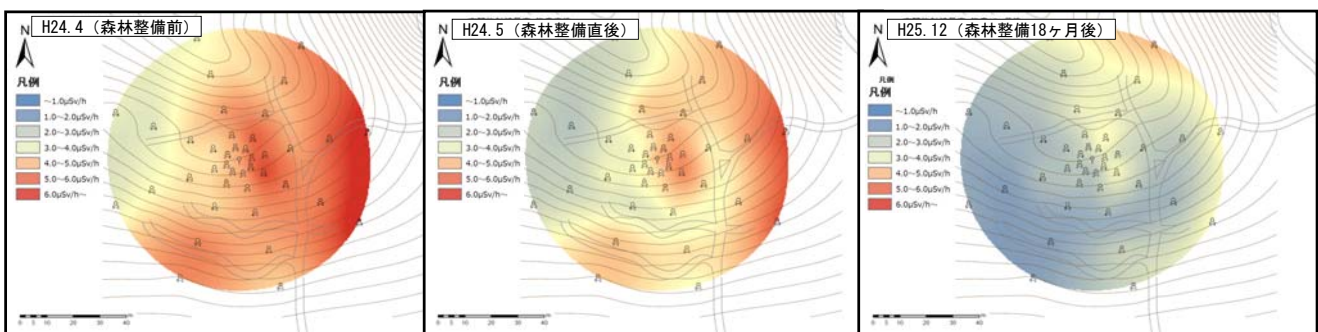
※ 2 実証地は、半径50mの円、面積0.80haで実施。(森林整備の実施期間:H24.4.15~H24.4.27)

※ 3 間伐の施業前後、施業18ヶ月後の線量の測定結果を取りまとめたもの。

19

森林における放射性物質対策実証(間伐の効果)

○ 間伐による放射線量の推移 (川内村 №1 0.80ha、アカマツ林)



間伐後18ヶ月経過後も線量低減効果を維持

放射線量の測定結果

| 所在地 | 樹種 | 施業内容 | 調査点数 | 平均線量 | | 平均低減率 | | 平均線量 施業18ヶ月後 (C) | 平均低減率 | |
|-----|----------------|-------|------|------------|------------|-------------------|----------------|------------------------|-------------------|---------------|
| | | | | 施業前 (A) | 施業後 (B) | $((A-B)/B)$ | 自然減衰を 考慮 | | $((A-C)/C)$ | 自然減衰を 考慮 |
| 川内村 | アカマツ 0.80ha | 間伐30% | 41 | 4.52 | 3.87 | (Δ 17.5%) | Δ 12.5% | 2.78 | (Δ 38.0%) | Δ 7.8% |
| | | 未施業 | 3 | 4.18 | | | | 2.65 | (Δ 37.0%) | Δ 5.8% |

※ 1 本表は、間伐施業による線量低減効果を実証したものの。

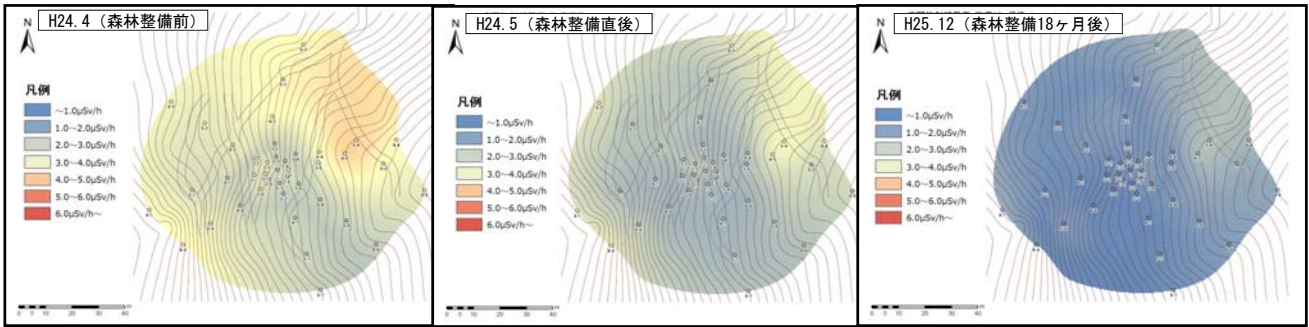
※ 2 実証地は、半径50mの円、面積0.80haで実施。(森林整備の実施期間:H24.4.13~H24.5.2)

※ 3 間伐の施業前後、施業18ヶ月後の線量の測定結果を取りまとめたもの。

20

森林における放射性物質対策実証(間伐の効果)

○ 間伐による放射線量の推移 (川内村 №2 0.80ha、アカマツ林)



間伐後18ヶ月経過後も線量低減効果を維持

放射線量の測定結果

| 所在地 | 樹種 | 施業内容 | 調査点数 | 平均線量 | | 平均低減率 | | 平均線量 施業18ヶ月後 (C) | 平均低減率 | |
|-----|----------------|-------|------|------------|------------|-------------------|----------------|------------------------|-------------------|----------------|
| | | | | 施業前 (A) | 施業後 (B) | $((A-B)/B)$ | 自然減衰を 考慮 | | $((A-C)/C)$ | 自然減衰を 考慮 |
| 川内村 | アカマツ 0.80ha | 間伐40% | 41 | 3.12 | 2.57 | (Δ 14.4%) | Δ 12.0% | 1.77 | (Δ 43.0%) | Δ 12.8% |
| | | 未施業 | 3 | 4.04 | | | | 2.74 | (Δ 32.0%) | Δ 1.7% |

- ※ 1 本表は、間伐施業による線量低減効果を実証したものの。
- ※ 2 実証地は、半径50mの円、面積0.80haで実施。(森林整備の実施期間:H24.4.24~H24.5.29)
- ※ 3 間伐の施業前後、施業18ヶ月後の線量の測定結果を取りまとめたもの。

21

林床の土壌被覆による線量率低減効果

○ 客土吹付工の施工手順



下刈
(雑灌木は木柵背面に集積)



線量等測定



客土吹付工(厚3cm)



線量等測定

○ 木材チップ散布工の施工手順



下刈
(雑灌木は木柵背面に集積)



線量等測定



木材チップ散布工(厚3cm)



木材チップ散布工(厚6cm)

22

林床の土壌被覆による線量率低減効果

客土吹付工 (吹付厚3cm)



木柵は標高
10mピッチ
で設置

約16%の線量低減効果

木材チップ散布工 (厚3cm、6cm)



約17%の線量低減効果

○ 客土吹付工の線量低減効果

| 区分 | 空間放射線量率 (単位: $\mu\text{Sv/h}$) | | 低減率 |
|-----|---------------------------------|------|----------------|
| | 最低値~最高値 | 平均値 | |
| 吹付前 | 1.45 ~ 1.96 | 1.71 | |
| 吹付後 | 1.23 ~ 1.64 | 1.41 | Δ 15.9% |

注1 面積0.16ha (40m \times 40m)、25点を調査 (10mメッシュ)

○ 木材チップ散布工の線量低減効果

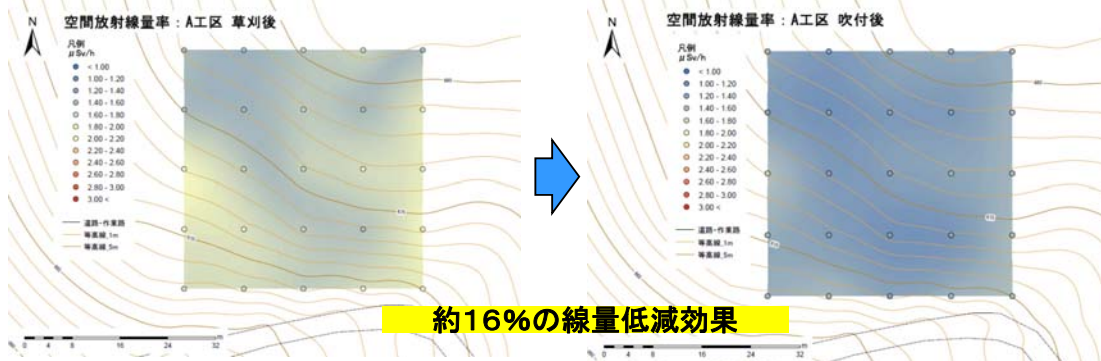
| 区分 | 空間放射線量率 (単位: $\mu\text{Sv/h}$) | | 低減率 |
|-----------|---------------------------------|------|----------------|
| | 最低値~最高値 | 平均値 | |
| 散布前 | 1.91 ~ 3.13 | 2.43 | |
| 散布後 (3cm) | 1.53 ~ 2.69 | 1.99 | Δ 17.2% |
| 散布後 (6cm) | 1.52 ~ 2.59 | 1.94 | Δ 18.5% |

注1 面積0.16ha (40m \times 40m)、25点を調査 (10mメッシュ)

23

林床の土壌被覆による線量率低減効果

□ 客土吹付工 (吹付厚3cm) による線量変化 (実証面積: 40m \times 40m)

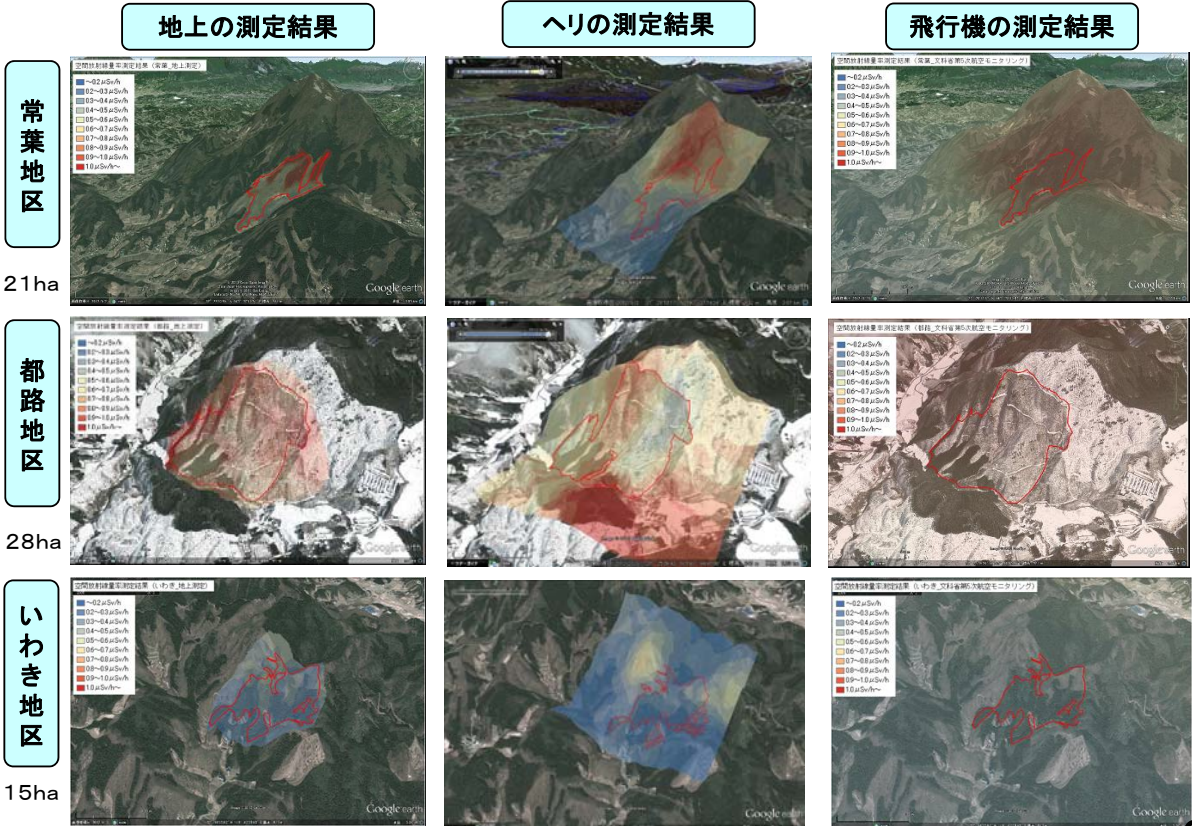


□ 木材チップ散布工 (厚3cm) による線量変化 (実証面積: 40m \times 40m)



24

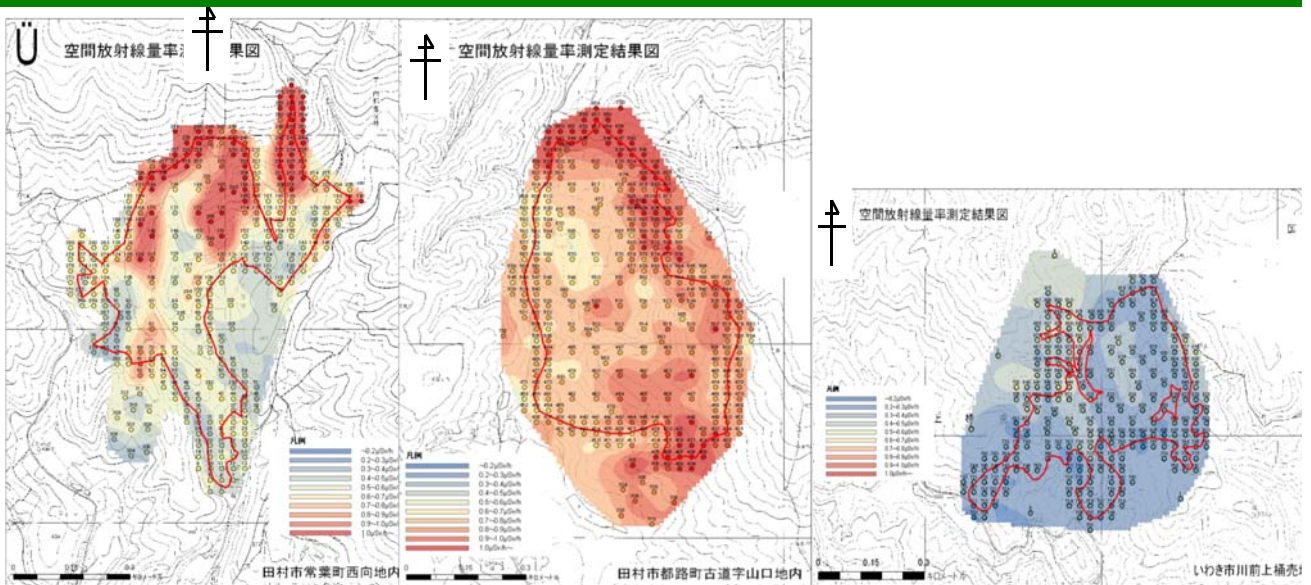
放射線量の平面分布を空中写真投影(大規模な面的実証地)



地上・ヘリ・飛行機の線量調査は、放射性物質対策の目的に応じて使い分け。

25

放射線量の平面分布(大規模な面的実証地)



田村市常葉地区
約21ha
0.30~3.82μSv/h

田村市都路地区
約28ha
0.49~1.43μSv/h

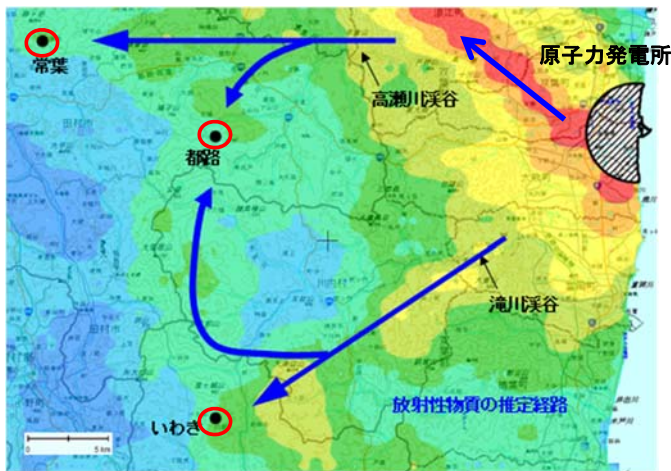
いわき市川前地区
約15ha
0.19~0.52μSv/h

- 森林内では空間放射線量率(地上1m)にバラツキを確認。
- 常葉、いわき地区は標高620m、東向き斜面で線量が高い。
- 都路地区では、線量と地理的条件との間に明確な関係がない。

26

放射性物質の拡散経路

(大規模な面的実証地)



Cs拡散の推定経路

- 放射性プルームは、南東からの風と原発の西に位置する急峻な阿武隈高地に規制され、主に北西方向に拡散。
- 常葉、いわき地区では、放射性プルームが渓谷沿いに標高620m以上を浮遊してきて山に衝突したと推測。
- 都路地区は、放射性プルームが直接到達したのではなく、南北方向から乱流上に流入してきたと推測。

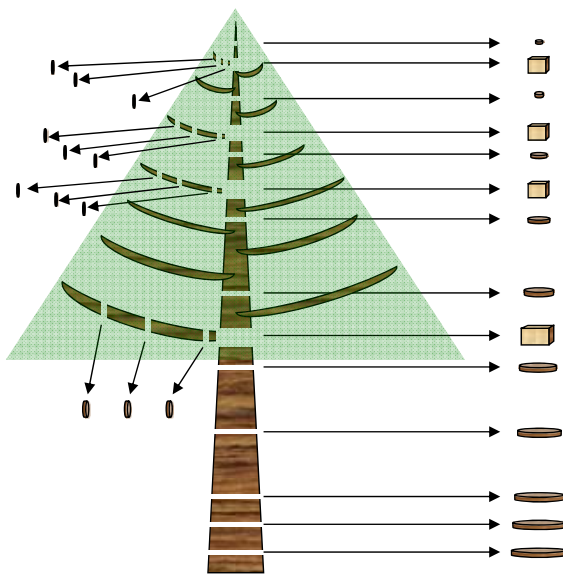
Cs拡散経路から見えてくる対策

- 放射性物質の分布は、地形や標高などで大きくバラツキ。
- 樹木の放射性物質の付着も均一でなく、偏り。

27

樹木における放射性物質濃度の分布

(大規模な面的実証地)



オートラジオグラフィ調査

放射線に感光するフィルムを使用した調査。

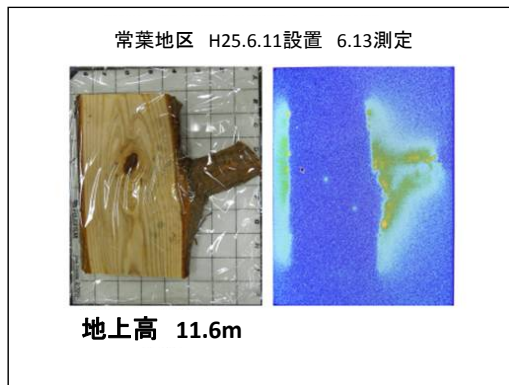
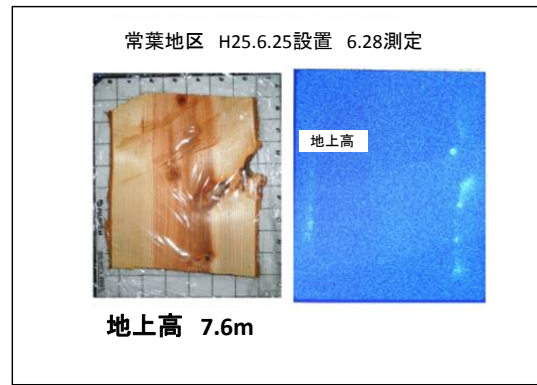
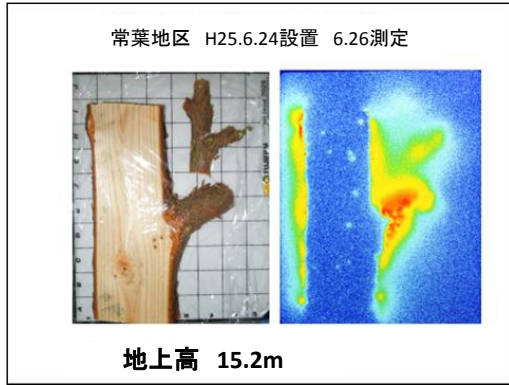
オートラジオグラフィ調査試料一覧

| | |
|------------|---|
| 胸高直径 | 25 cm |
| 樹高 | 16 m |
| 枝下高 | 7 m |
| 樹幹幅 | 4 m |
| 幹円板採取高さ | 0.5m,1.2m,2.0m,4.0m,6.0m,8.0m,10.0m,12.0m,14.0m,15.0m |
| 幹縦断面・枝採取高さ | 7.6m,11.6m,12.8m,15.2m |

計10検体

28

樹木における放射性物質濃度の分布 (大規模な面的実証地)



オートラジオグラフィの調査結果

- ・ 樹木の放射性物質は、位置別、部位別に偏りが見られる。
- ・ 樹木の放射性物質の垂直分布は、上部に多く分布、枝がついている高さより下は少ない。
- ・ 樹木の部位別放射性物質は、樹皮に多く分布。
- ・ 樹木内部の放射性物質は、辺材と心材の分布の差を確認できなかった。

29

森林における放射性物質対策実証 (大規模な面的実証)

○ 高性能林業機械の活用した森林整備 ~作業効率のアップ、労働者の被ばく低減~



作業道の整備状況



集材作業(ザウルス)



造材作業(プロセッサー)



造材作業(プロセッサー)



運材作業(フォワード)



山土場集積状況

30

森林における放射性物質対策実証 (大規模な面的実証)

○ 実証地の状況 ～施業完了後3月後の状況～



林床に光が差し込み植生が回復

針葉樹(常葉地区)



針葉樹(常葉地区)



日本一のきのこ原木林を再生

広葉樹(都路地区)



広葉樹(都路地区)

31

森林施業による線量低減効果等 (大規模な面的実証地)

□ 森林施業による林床の植生回復 (H25実施結果)

- 林床に植生が回復し、森林の有する公益的機能を発揮。

□ 森林施業による線量低減効果 (H25実施結果)

- 針葉樹の間伐によって3.5～11.8%程度の線量低減を確認。
- 広葉樹の更新伐によって11.1～21.1%程度の線量低減を確認。

放射線量の測定結果

| 樹種 | 施業内容 | 常葉地区 | | | | 都路地区 | | | | いわき地区 | | | |
|------|------------|--------|--------------|----------|----------|--------|--------------|----------|----------|--------|--------------|----------|----------|
| | | 面積(ha) | 施業前後の線量変化(%) | | | 面積(ha) | 施業前後の線量変化(%) | | | 面積(ha) | 施業前後の線量変化(%) | | |
| | | | (森林整備) | (自然減衰) | | (森林整備) | (自然減衰) | | (森林整備) | (自然減衰) | | (森林整備) | (自然減衰) |
| スギ | 間伐(枝葉搬出なし) | 12.68 | △ 15.4 | (△ 3.5) | (△ 11.9) | 5.43 | △ 15.3 | (△ 3.8) | (△ 11.5) | | | | |
| | 間伐(枝葉搬出) | 1.40 | △ 15.5 | (△ 3.6) | (△ 11.9) | | | | | 10.56 | △ 24.5 | (△ 11.8) | (△ 12.7) |
| | 皆伐 | 3.27 | △ 14.9 | (△ 3.0) | (△ 11.9) | | | | | | | | |
| ヒノキ | 間伐 | | | | | 0.37 | △ 22.6 | (△ 11.1) | (△ 11.5) | | | | |
| アカマツ | 皆伐 | 0.68 | △ 23.8 | (△ 12.0) | (△ 11.8) | 1.07 | △ 14.3 | (△ 2.8) | (△ 11.5) | | | | |
| 広葉樹 | 更新伐 | | | | | 10.65 | △ 22.0 | (△ 11.1) | (△ 10.9) | 1.44 | △ 27.4 | (△ 14.6) | (△ 12.8) |
| | 更新伐(落葉除去) | | | | | 10.47 | △ 31.8 | (△ 21.1) | (△ 10.7) | 3.00 | △ 30.4 | (△ 17.7) | (△ 12.7) |
| | 皆伐 | 2.33 | △ 23.7 | (△ 11.7) | (△ 12.0) | | | | | | | | |
| 計 | | 20.36 | | | | 27.99 | | | | 15.00 | | | |

※ 1 本表は、大規模な面的実証地において、施業による線量低減効果を実証したものの、施業は、常葉地区はH24. 12. 1～H25. 6. 29、都路地区はH24. 11. 1～H25. 7. 10、いわき地区はH24. 12. 10～H25. 5. 31に実施。

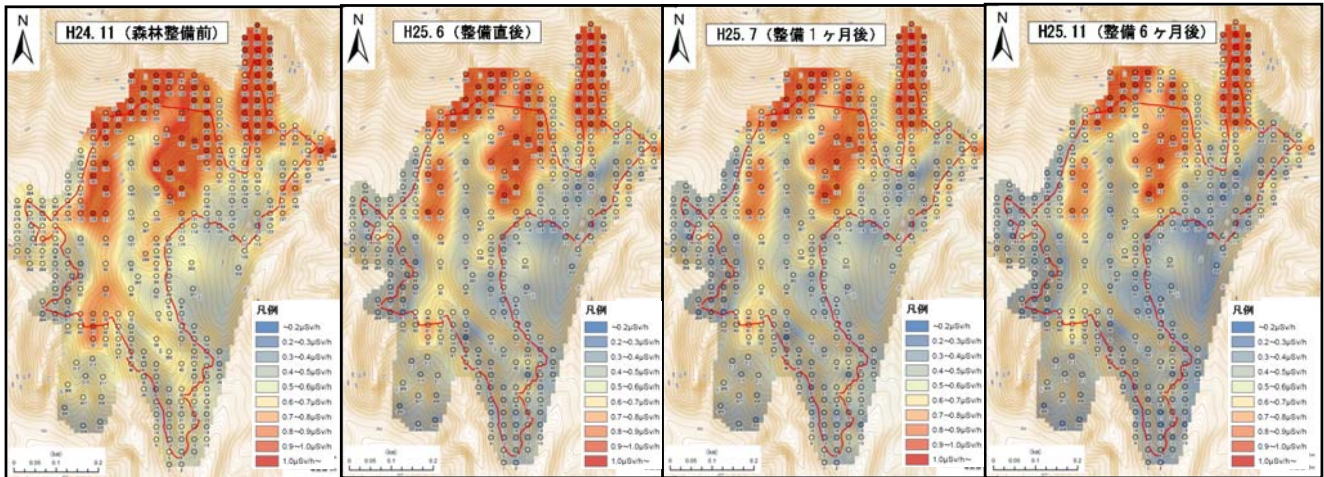
※ 2 実証は、間伐、更新伐等の施業を実施し、施業前後の線量変化を測定。

※ 3 線量変化は、施業前後の線量測定結果から、放射性物質の自然減衰を考慮し、森林整備による線量低減効果を求めた。

32

森林施業による線量低減効果 (大規模な面的実証地)

○ 森林整備による放射線量の推移 (田村市常葉地区 21ha)



放射線量の測定結果

施業後6ヶ月経過後も線量低減効果を維持

| 所在地 (線量率) | 樹種 | 面積 (ha) | 施業内容 | 調査 点数 | 平均線量率 ($\mu\text{Sv/h}$) | | | | 線量の平均低減率 (%) | | | |
|---|------|------------|---------------|----------|----------------------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|------------------|-------------------|---------------|
| | | | | | 施業前 (A) | 施業後 (B) | 施業1月後 (C) | 施業6月後 (D) | 施業前からの 線量変化 | 自然減衰を 考慮後 | 施業後からの 線量変化 | 自然減衰を 考慮後 |
| 田村市 常葉地区 (0.30~3.82 $\mu\text{Sv/h}$) | スギ | 12.68 | 間伐30%以上 | 303 | 0.72 | 0.60 | 0.57 | 0.55 | 施業前後((B-A)/A) | | | |
| | | 1.40 | 間伐20~30% | | | | | | (C-A) | (C-A) | (Δ 16.7%) | Δ 5.6% |
| | 3.27 | 皆伐 | Δ 0.12 | | Δ 0.15 | Δ 0.17 | 施業1月後((C-A)/A) | 施業1月後((C-B)/B) | | | | |
| | 0.68 | 皆伐 | (C-B) | | (C-B) | (Δ 20.8%) | Δ 6.9% | (Δ 5.0%) | Δ 0.8% | | | |
| | 広葉樹 | 2.33 | 皆伐 | | | | | 施業6月後((D-A)/A) | 施業6月後((D-B)/B) | | | |
| 計 | | 20.36 | | | | | | (Δ 23.6%) | Δ 2.8% | (Δ 8.3%) | 4.6% | |

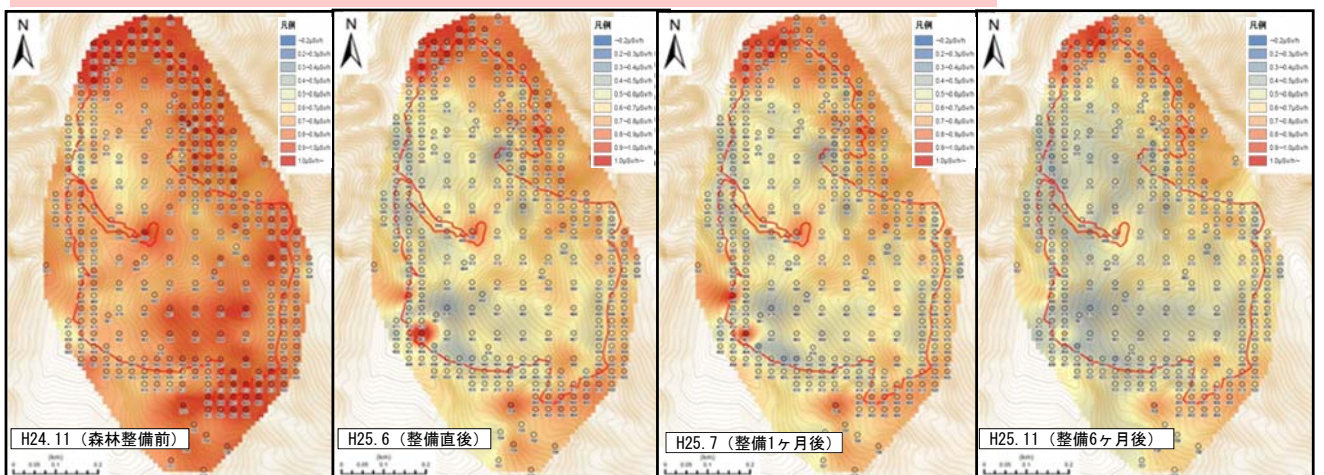
※ 1 本表は、森林施業と落葉除去による線量低減効果を実証したものの。実証は事業実践規模で面的に実施。(森林施業実施時期: H24.12.1~H25.6.29)

※ 2 森林施業の前後、施業1月後、6月後の線量の測定結果を取りまとめたもの。

33

森林施業による線量低減効果 (大規模な面的実証地)

○ 森林整備による放射線量の推移 (田村市都路地区 28ha)



放射線量の測定結果

施業後6ヶ月経過後も線量低減効果を維持

| 所在地 (線量率) | 樹種 | 面積 (ha) | 施業内容 | 調査 点数 | 平均線量率 ($\mu\text{Sv/h}$) | | | | 線量の平均低減率 (%) | | | |
|---|-------|------------|---------------|----------|----------------------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|------------------|-------------------|----------------|
| | | | | | 施業前 (A) | 施業後 (B) | 施業1月後 (C) | 施業6月後 (D) | 施業前からの 線量変化 | 自然減衰を 考慮後 | 施業後からの 線量変化 | 自然減衰を 考慮後 |
| 田村市 都路地区 (0.49~1.43 $\mu\text{Sv/h}$) | スギ | 5.43 | 間伐30%以上 | 286 | 0.86 | 0.66 | 0.65 | 0.60 | 施業前後((B-A)/A) | | | |
| | | 0.37 | 間伐 | | | | | | (C-A) | (C-A) | (Δ 23.3%) | Δ 11.7% |
| | 1.07 | 皆伐 | Δ 0.20 | | Δ 0.21 | Δ 0.26 | 施業1月後((C-A)/A) | 施業1月後((C-B)/B) | | | | |
| | 21.12 | 更新伐 | (C-B) | | (C-B) | (Δ 24.4%) | Δ 11.6% | (Δ 1.5%) | 0.3% | | | |
| | 広葉樹 | | | | | | | 施業6月後((D-A)/A) | 施業6月後((D-B)/B) | | | |
| 計 | | 27.99 | | | | | | (Δ 30.2%) | Δ 10.4% | (Δ 9.1%) | 0.3% | |

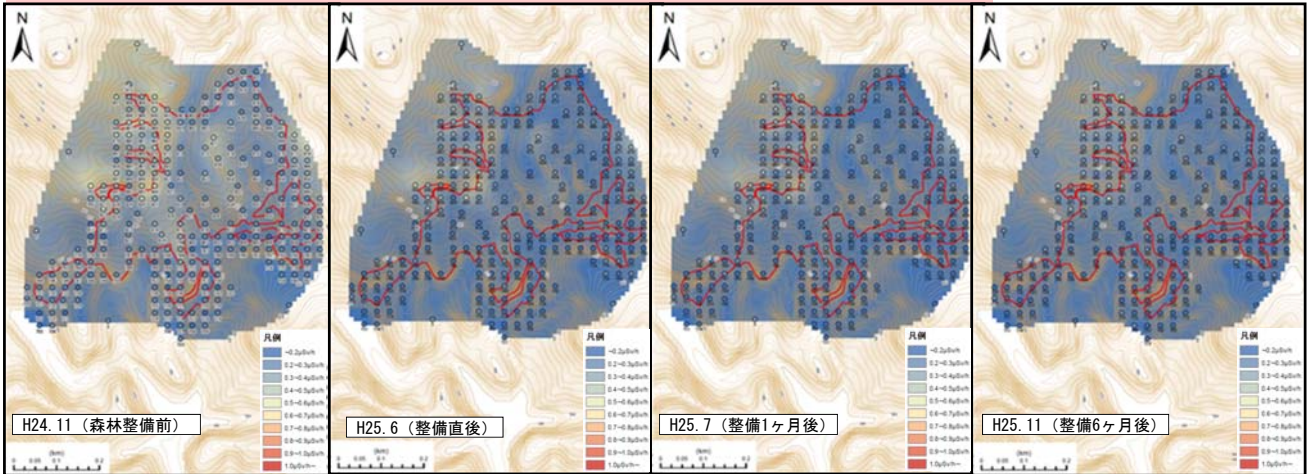
※ 1 本表は、森林施業と落葉除去による線量低減効果を実証したものの。実証は事業実践規模で面的に実施。(森林施業実施時期: H24.11.1~H25.7.10)

※ 2 森林施業の前後、施業1月後、6月後の線量の測定結果を取りまとめたもの。

34

森林施業による線量低減効果 (大規模な面的実証地)

○ 森林整備による放射線量の推移 (いわき市いわき地区 15ha)



放射線量の測定結果

施業後6ヶ月経過後も線量低減効果を維持

| 所在地 (線量率) | 樹種 | 面積 (ha) | 施業内容 | 調査 点数 | 平均線量率 ($\mu\text{Sv/h}$) | | | | 線量の平均低減率 (%) | | | | | | | |
|---|-----|------------|---------|----------|----------------------------|------------|--------------|---------------------|-----------------|---------------------|----------------|--------------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|
| | | | | | 施業前 (A) | 施業後 (B) | 施業1月後 (C) | 施業6月後 (D) | 施業前からの 線量変化 | 自然減衰を 考慮後 | 施業後からの 線量変化 | 自然減衰を 考慮後 | | | | |
| いわき市 いわき地区 (0.17~0.52 $\mu\text{Sv/h}$) | スギ | 10.56 | 間伐30%以上 | 235 | 0.28 | 0.22 | 0.21 | 0.22 | 施業前後((B-A)/A) | | | | | | | |
| | 広葉樹 | 1.44 | 更新伐 | | | | | | (B-A) | (C-A) | (C-A) | (C-A) | 施業前からの 線量変化 | 自然減衰を 考慮後 | 施業後からの 線量変化 | 自然減衰を 考慮後 |
| | | 3.00 | 皆伐 | | | | | | $\Delta 0.06$ | $\Delta 0.07$ | $\Delta 0.06$ | $\Delta 0.06$ | ($\Delta 21.4\%$) | $\Delta 9.9\%$ | 施業1月後((C-B)/B) | 施業6月後((D-B)/B) |
| 計 | | 15.00 | | | | | | ($\Delta 25.0\%$) | $\Delta 10.7\%$ | ($\Delta 4.5\%$) | $\Delta 2.2\%$ | | | | | |
| | | | | | | | | $\Delta 0.01$ | 0.00 | ($\Delta 21.4\%$) | $\Delta 3.5\%$ | ($\Delta 0.0\%$) | 8.5% | | | |

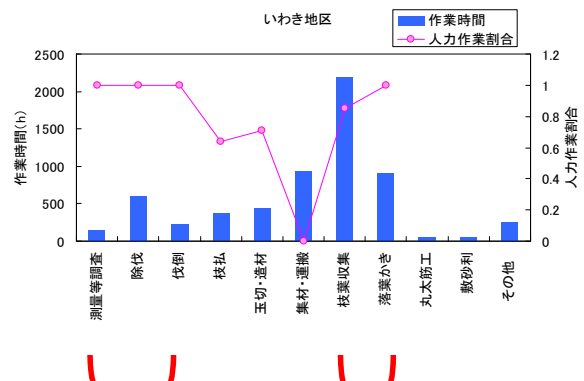
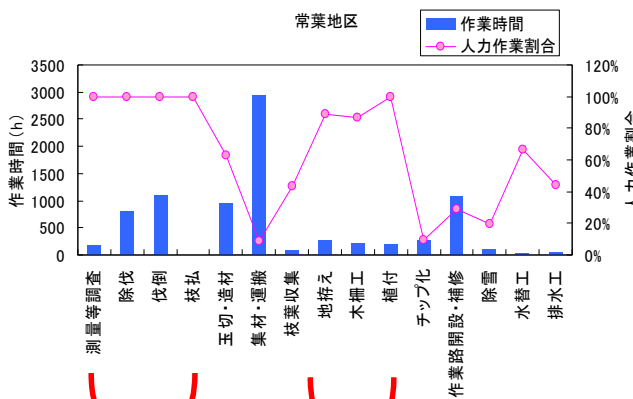
※ 1 本表は、森林施業と落葉除去による線量低減効果を実証したものの。実証は事業実践規模で面的に実施。(森林施業実施時期: H25.12.10~H25.5.31)
 ※ 2 森林施業の前後、施業1月後、6月後の線量の測定結果を取りまとめたもの。

35

林業労働者の被ばく低減対策

被ばく低減対策

- 線量の管理基準 **森林施業は2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 以下。**
- キャビン付機械活用 **屋外作業と比して35~40%被ばく低減。** (H25.8.27 農林水産省公表)
- 作業労働時間の短縮 **作業の効率化(高性能林業機械活用)。作業員増員など。**



高性能林業機械の活用や、作業の効率化などを検討

高性能林業機械の活用や、作業の効率化などを検討

36

施業地内における土砂とCsの移動量 (大規模な面的実証地)

○ 調査枠設置(スギ林)



○ 調査枠設置(ヒノキ林)



森林施業地内でCs移動を確認。表流水からはCsを未確認。

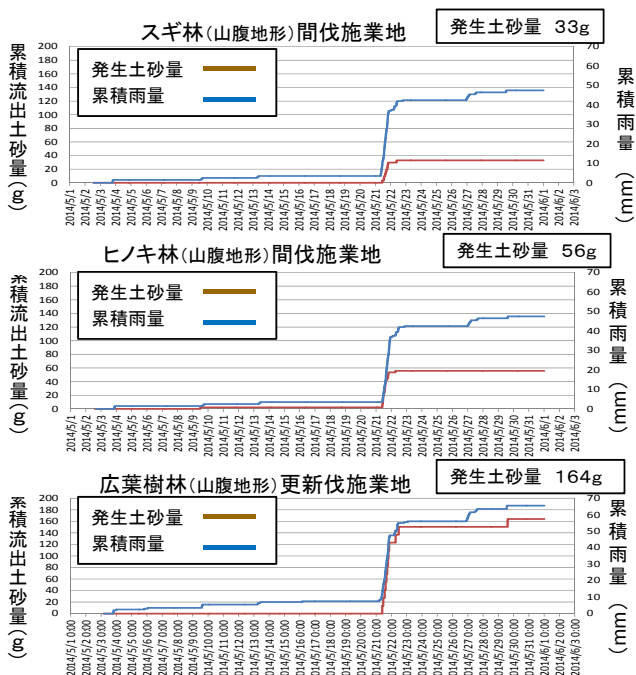
| 地形 | 樹種 | 施業種 | 傾斜 (度) | 累積 雨量 (mm) | 発生土砂量 | | 発生表流水 | |
|------|-----|----------|-----------|------------------|-------------|-----------------|-------------|----------------|
| | | | | | 土砂量 (kg) | Cs濃度 (Bq/kg) | 表流量 (mL) | Cs濃度 (Bq/L) |
| 山腹地形 | スギ | 間伐 | 33 | 62.5 | 0.033 | 3,800 | 6,500 | <2 |
| | ヒノキ | 間伐 | 34 | 62.5 | 0.056 | 4,400 | 15,500 | <2 |
| | 広葉樹 | 更新伐 | 35 | 88.5 | 0.164 | 14,000 | 8,000 | <2 |
| | | 更新伐、落葉除去 | 21 | 88.5 | 0.195 | 5,100 | 26,000 | <2 |
| | | 未施業地 | 24 | 88.5 | 0.000 | — | 0 | <2 |
| 谷地形 | スギ | 間伐 | 23 | 62.5 | 0.034 | 9,900 | 12,500 | <2 |
| | 広葉樹 | 更新伐 | 26 | 88.5 | 0.104 | 3,000 | 16,000 | <2 |
| | | 更新伐、落葉除去 | 26 | 88.5 | 0.091 | 3,400 | 8,500 | <2 |
| | | 未施業地 | 28 | 88.5 | 0.054 | 3,800 | 500 | <2 |

注1 本表は、森林整備実施箇所における土砂移動量を調査したもの。
 注2 土砂移動量調査の調査枠(2m×5m)9基と、雨量計を2基設置。
 注3 雨量及び調査枠内の土砂移動量を5分ピッチで観測。

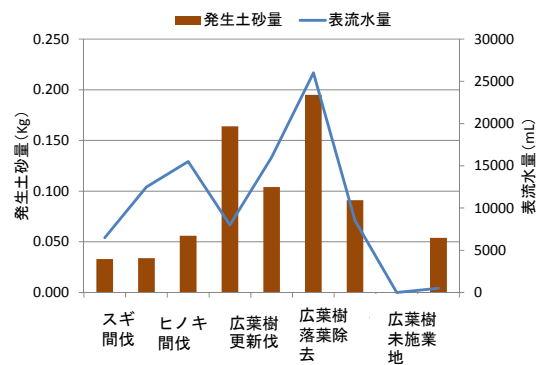
施業地内における土砂とCsの移動量 (大規模な面的実証地)

○ 雨量と発生土砂量

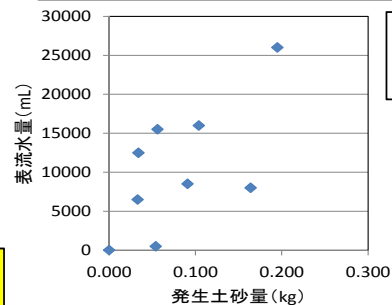
※ 土砂移動量調査の試験枠 2m×5mを設置



○ 表流水と土砂発生状況



表流水が多いほど土砂発生量が多い。



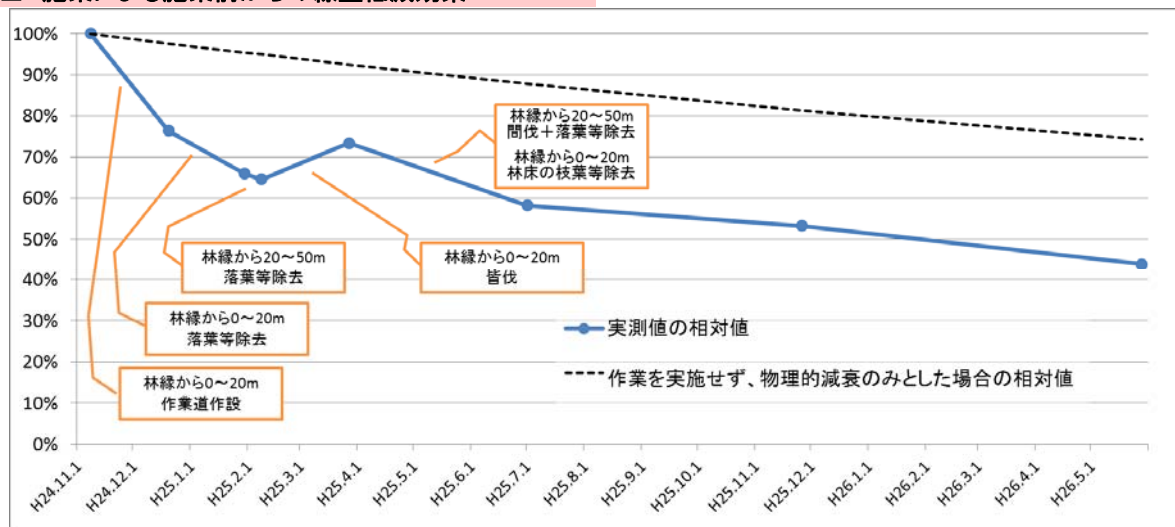
- ・ 一定量の降雨があると土砂移動が発生。
- ・ 発生土砂量は、広葉樹 > ヒノキ林 > スギ林

施業地内における土砂の移動量

農林水産省 H26.8.22公表

○ 川内村のスギ54年生、1haの林内で、皆伐、間伐、落葉等除去を実施。 ○ 施業はH24. 12～H25. 3実施。

□ 施業による施業前からの線量低減効果



(注) グラフ縦軸は、施業前の線量に対する割合。

○ 線量は、落葉等除去によって1割程度低減。皆伐後は一時的に上昇。

(造材作業による林床の攪乱が影響と推測)

○ 施業の完了後、線量は自然減衰と同じく減少。

39

間伐等施業地内における土砂の移動量

農林水産省 H26.8.22公表

○ 広野町のスギ50年生の林内に60m×60mの実証地を設定。 ○ 間伐等施業はH24. 1～H24. 2に実施。

□ 土砂移動量 累計



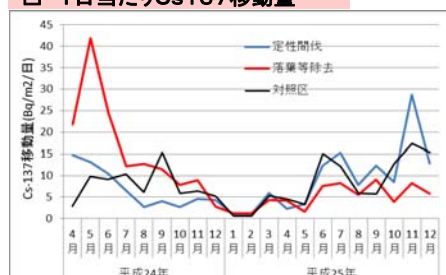
□ 1日当たり土砂移動量



□ Cs137移動量 累計



□ 1日当たりCs137移動量



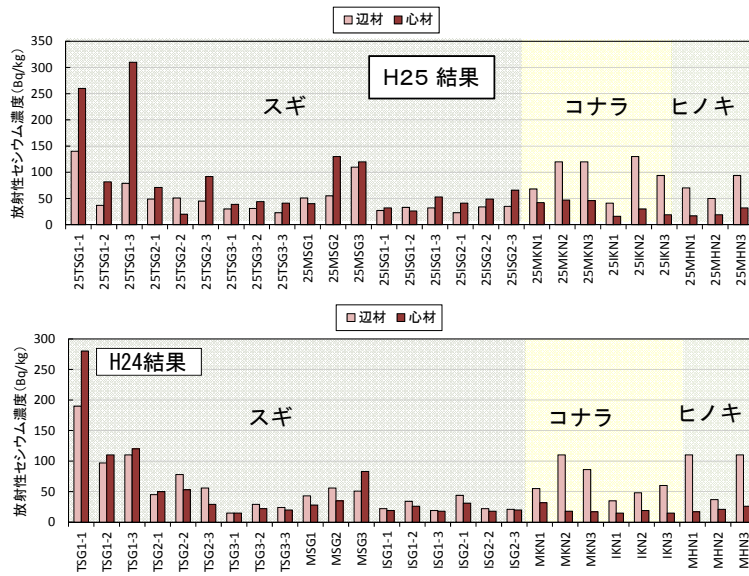
○ 間伐直後の3ヶ月程度は、一時的に土砂が移動、その後は、対照区と同じであり、土砂移動の抑制効果を発揮。

○ 落葉除去箇所の土砂移動量は、対照区の2～4倍程度。施業後6ヶ月程度で対照区と同程度の移動量。

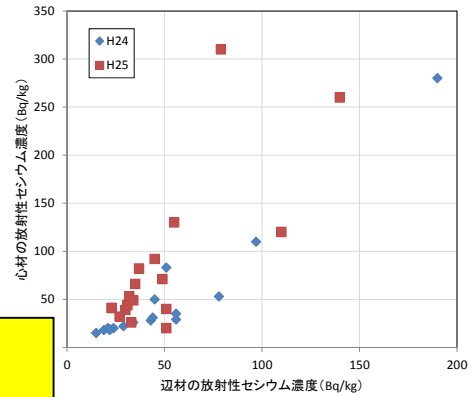
40

樹木内のCs部位別濃度 (大規模な面的実証地)

○ 樹木の部位別放射性セシウム濃度



| 樹種 | 辺材濃度平均値 (Bq/kg) | | 心材濃度平均値 (Bq/kg) | |
|------|-----------------|-----|-----------------|-----|
| | H24 | H25 | H24 | H25 |
| スギ | 53 | 49 | 54 | 91 |
| アカマツ | 24 | | 20 | |
| コナラ | 61 | 94 | 18 | 34 |
| ヒノキ | 86 | 71 | 21 | 23 |



- ・ 辺材のCs濃度は、H24結果とほぼ同程度の値。
- ・ スギとコナラは、H24結果から心材の濃度が上昇傾向。
- ・ スギは、辺材より心材が高い傾向。

41

広葉樹萌芽に含まれるCs濃度 (大規模な面的実証地)

○ 萌芽枝の放射性セシウム濃度



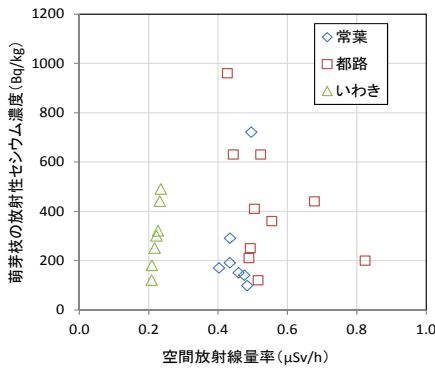
| 地区 | 樹種 | 検体数 | 最高値 Bq/Kg | 最低値 Bq/Kg | 平均値 Bq/Kg | 検出下限未満数/検体数 |
|-----|------|-----|--------------|--------------|--------------|-------------|
| 常葉 | コナラ | 7 | 720 | 98 | 251 | 0 / 7 |
| | ミズナラ | 1 | 150 | 150 | 150 | 0 / 1 |
| | サクラ | 2 | ND | ND | ND | 2 / 2 |
| 都路 | コナラ | 10 | 960 | 120 | 421 | 0 / 10 |
| いわき | コナラ | 7 | 490 | 120 | 300 | 0 / 7 |
| | ミズナラ | 3 | ND | ND | ND | 3 / 3 |

- ・ コナラは、ミズナラ、サクラに比べCsが高い傾向。
- ・ サクラ、ミズナラは、Cs未検出が多い。

42

広葉樹萌芽に含まれるCs濃度 (大規模な面的実証地)

○ 萌芽枝Cs濃度と線量との関係

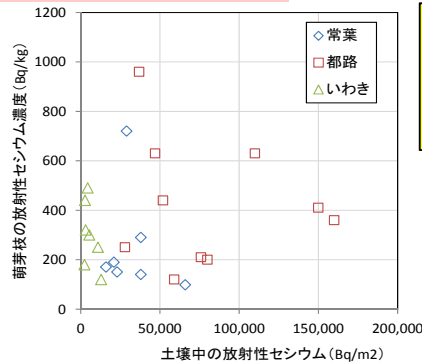
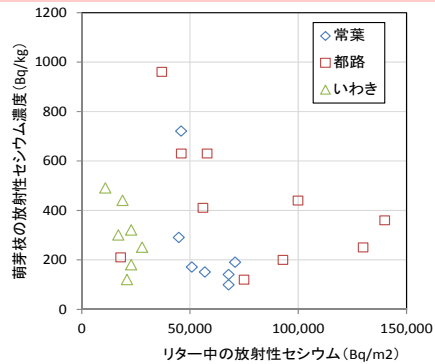


萌芽枝のCs濃度と線量との間には、明瞭な相関関係がない。

資料採取状況



○ 萌芽枝Cs濃度とリター・土壌のCs濃度との関係



萌芽枝のCs濃度とリターや、土壌のCs濃度との間には、明瞭な相関関係がない。

植栽木に含まれるCs濃度 (大規模な面的実証地)

○ 植栽木のCs134濃度 (H25.3植栽、H25.12調査)

| 地区 | 樹種 | 検体数 | 最高値 | 最低値 | 平均値 | 検出下限未満数/検体数 |
|----|-----|-----|-------|-------|-------|-------------|
| | | | Bq/Kg | Bq/Kg | Bq/Kg | |
| 常葉 | スギ | 10 | 110 | ND | - | 8 / 10 |
| 都路 | スギ | 10 | 420 | ND | - | 7 / 10 |
| | コナラ | 10 | 150 | 49 | 83 | 6 / 10 |

スギは20検体中15検体、コナラは10検体中6検体でCs134未検出。



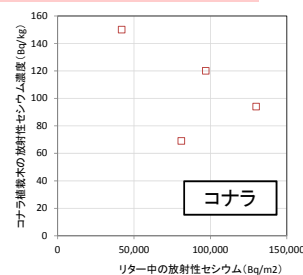
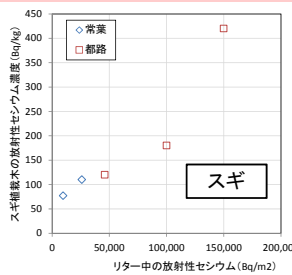
植栽木 スギ



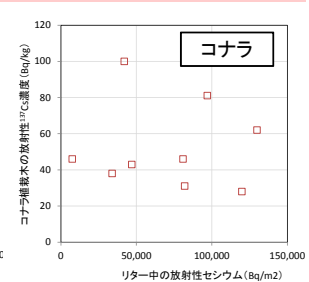
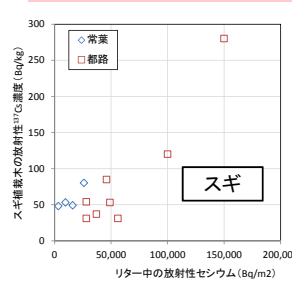
植栽木 コナラ

植栽木に含まれるCs濃度 (大規模な面的実証地)

○ 植栽木Cs濃度とリターCs濃度との関係

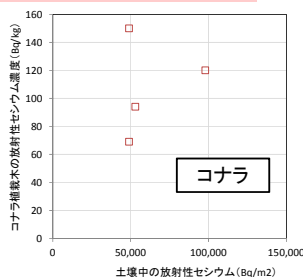
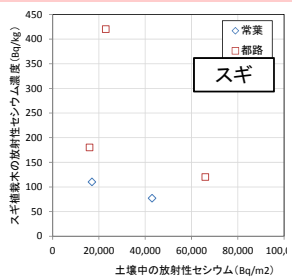


○ 植栽木Cs137濃度とリターCs濃度との関係

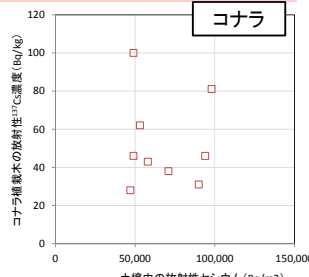
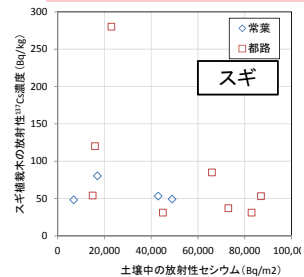


スギ植栽木Cs濃度とリターCs濃度には正の相関関係。

○ 植栽木Cs濃度と土壌Cs濃度との関係



○ 植栽木Cs137濃度と土壌Cs濃度との関係

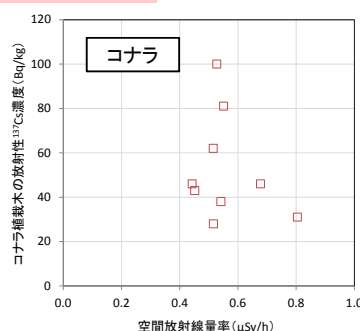
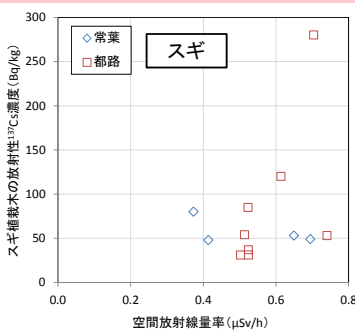


スギ、コナラ植栽木Cs濃度と土壌Cs濃度に相関関係は認められない。

45

植栽木に含まれるCs濃度 (大規模な面的実証地)

○ 植栽木Cs137濃度と線量との関係

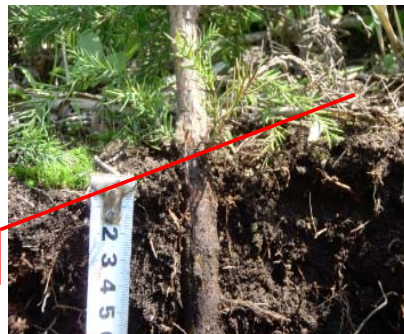


植栽木Cs137と線量に相関関係は認められない。

○ スギ植栽木へのCs吸収



地表面(A層上面)



植栽木のCsは、どこから？

- ・ リター層Csの吸収。
(植栽時に地表面が攪乱。リターの一部が根の深度まで混入。)
- ・ リター層Csが葉から吸収。
(リター層内に葉が生長。)

46

今後の追加調査の内容 (大規模な面的実証地)

1 放射線量率の継続観測

森林施業による放射線量率への長期的な影響を把握。

2 放射性物質の自然減衰率の計算方法を再考

今後、放射線量率に寄与する自然放射線の割合が増大。文献等から放射線量率のバックグラウンドを推定。

3 樹木の放射性物質濃度を継続観測

木材生産活動における安全性を確保するため、木材や樹皮等の放射性物質濃度の経年変化を観測。

4 植栽木や萌芽枝の放射性物質濃度を継続観測

森林整備を推進するため、植栽木や萌芽枝の放射性物質濃度の経年変化を観測。

5 森林からの土砂移動量を継続観測

森林内の放射性物質移動を把握するため、土砂や放射性物質の移動量を継続観測。

6 現地発生材を活用した林床被覆工の実証試験

間伐材等を活用した林床被覆工を実施し、放射性物質の拡散抑制技術を確立。

47

モニタリングや実証の取りまとめ No.1

1 平成25年度森林内モニタリング調査の結果 (H26.3現在)

- 森林内の空間線量率は、年々減少。
- H23からの継続調査地362箇所の結果
 - H23. 8. 1の平均線量 0.91 μ Sv/h
 - H25. 3. 1の平均線量 0.62 μ Sv/h H23比 Δ 32%低減
 - H26. 3. 1の平均線量 0.44 μ Sv/h H23比 Δ 50%低減
- **森林内の空間線量率は、放射性物質の自然減衰による低減とほぼ同じく低減。**
 - ・ 今後も放射性物質の自然減衰と同じく低減するものと推定。
 - ・ 原発事故20年後の線量は、避難指示区域周辺の一部を除き0.23 μ Sv/h以下に。
 - ・ 森林内からの放射性物質の流出は少ない。
- **森林内の放射性物質は、枝葉から土壌へと移行。土壌の表面から5cm以内に75%が分布。**
 - ・ 今後は、土壌に移行した放射性物質対策が重要。
- **森林からの土砂(放射性物質)移動は、落葉層で抑制。**
 - ・ **間伐等の森林整備を推進することが、放射性物質拡散抑制の観点からも重要。**
(間伐は、林床植生の成長促進を通じて、森林から土壌流出の抑制効果が高くなる。)
- 空間線量と樹木の放射性物質濃度は相関性が高い。
 - ・ **林業生産活動等の判断には、空間線量の把握が重要。**
- スギ新葉の放射性物質濃度は、旧葉の5分の1程度。

48

モニタリングや実証の取りまとめ No.2

2 森林施業による線量低減効果

- 針葉樹の間伐によって、線量は8.7～12.5%低減。(H24実施)
- 間伐施業後、3ヶ月程度で林床植生が回復。森林の有する公益的機能を発揮。
- 間伐施業後、18ヶ月経過も間伐による線量低減効果を維持。

3 林床の土壌被覆による線量低減効果

- 客土吹付(厚3cm)によって、線量は約16%低減。
- 木材チップ散布工(厚3cm、6cm)によって、線量は約17%低減。

4 森林内における放射線量の分布

- 森林内の放射線量にバラツキを確認。
- 樹木に付着している放射性物質は、上部に多く分布。

5 森林における大規模な面的施業による効果 (面積20ha程度)

- 針葉樹の間伐によって、線量は3.5～11.8%低減(H25実施)
- 広葉樹の更新伐によって、線量は11.1～21.1%低減(H25実施)
- 施業後、6ヶ月経過も施業による線量低減効果を維持。
- 施業後は、林床植生が回復。森林の有する公益的機能を発揮。
- 高性能林業機械のキャビン内部は、被ばくを35～40%低減。

49

モニタリングや実証の取りまとめ No.3

6 森林施業地内の土砂移動量

- 森林施業地内で放射性物質(Cs)の移動を確認。渓流水からはCsを未確認。
- 一定の降雨があると土砂移動が発生。表流水が多いほど土砂移動が多い。
発生土砂移動量 広葉樹林 > ヒノキ林 > スギ林
- 間伐施業後、3ヶ月程度で森林の土砂移動抑制効果が回復。
- 落葉除去によって線量は1割程度低減。皆伐後は一時的に線量が上昇。
- 落葉除去は、未施業地の2～4倍土砂移動量が多い。
6ヶ月で土砂移動抑制効果が回復。

7 樹木内部の放射性物質(Cs)濃度

- 辺材のCs濃度は、H24とほぼ同程度。
- スギのCs濃度は、辺材より心材が高い傾向。
- コナラ萌芽のCs濃度は、ミズナラ、サクラに比して高い傾向。
- スギ、コナラ植栽木は、大部分からCs未検出。
スギ植栽木Cs濃度とリターCs濃度には、相関を確認。
植栽木Cs濃度と土壌Cs濃度には相関がない。

8 今後、実証結果等の解析を進めるもの

- タケノコ、野生きのこ、コシアブラのCs低減効果。林業労働者の被ばく低減対策

50

森林における放射性物質対策

- 森林内の放射性物質(Cs)は、枝葉から土壌へと移行し、**土壌表面(0~5cm)に75%が分布。**



- 森林においては、**土壌の放射性物質(Cs)対策が重要。**
 - ・ 土壌のCs対策は、除去(Cs除去)、遮蔽(線量低減)、流出防止(Cs拡散抑制)の3工法。
 - ・ 土壌の除去は、自然災害の危険性が増大。仮置き場の確保も課題。
 - ・ **森林の有する多面的機能を維持しながら、放射性物質対策(線量低減、拡散抑制)を実施。**



放射性物質対策

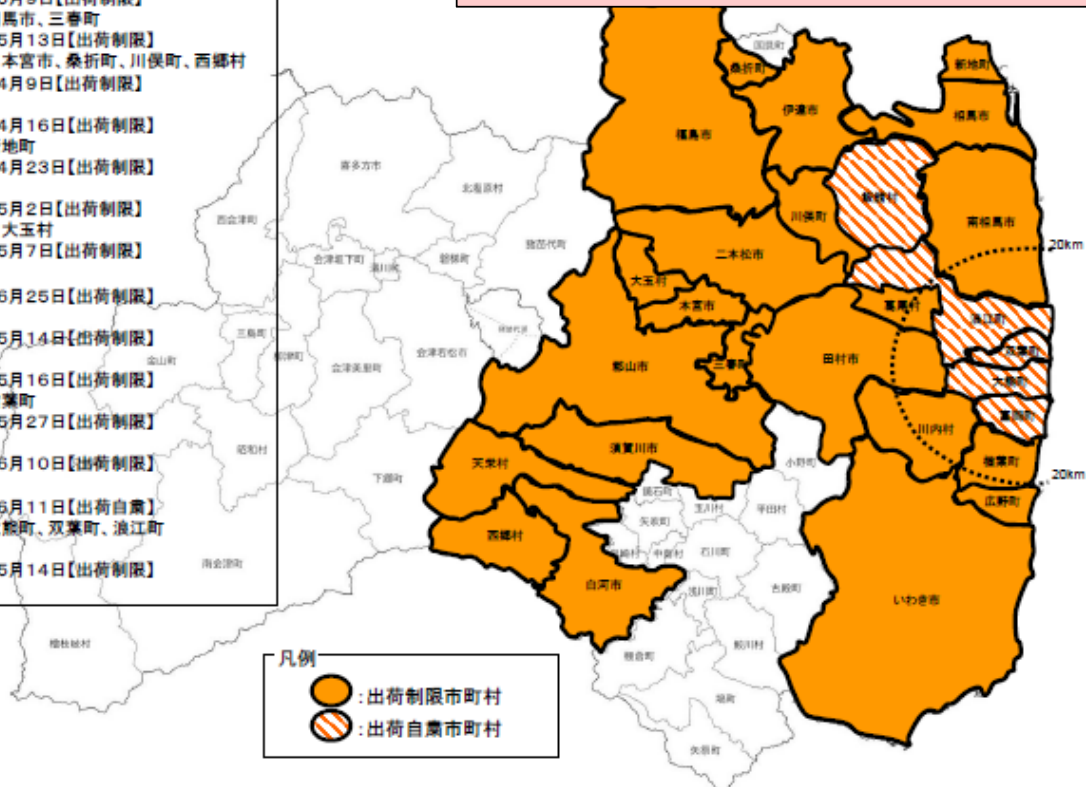
- **間伐や更新伐等の森林施業**によって、林床植生を回復。
- 産出木材は、放射性物質濃度を確認し、**建築用材やパルプ等**にフル活用。
- **枝葉等は、チップ化して林床に散布。**
(枝葉をチップ化しない場合は、林床に等高線上に集積。)
- 急傾斜地や住宅地周辺の森林は、**林床の客土吹付**も検討。
- **丸太筋工や丸太柵等を等高線上に設置。**

51

タケノコの出荷制限位置図

出荷制限等の状況(27市町村)
 平成23年5月9日【出荷制限】
 伊達市、相馬市、三春町
 平成23年5月13日【出荷制限】
 南相馬市、本宮市、桑折町、川俣町、西郷村
 平成24年4月9日【出荷制限】
 いわき市
 平成24年4月16日【出荷制限】
 福島市、新地町
 平成24年4月23日【出荷制限】
 広野町
 平成24年5月2日【出荷制限】
 二本松市、大玉村
 平成24年5月7日【出荷制限】
 須賀川市
 平成24年6月25日【出荷制限】
 郡山市
 平成25年5月14日【出荷制限】
 川内村
 平成25年5月16日【出荷制限】
 白河市、楢葉町
 平成25年5月27日【出荷制限】
 葛尾村
 平成25年6月10日【出荷制限】
 田村市
 平成25年6月11日【出荷自粛】
 富岡町、大熊町、双葉町、浪江町
 飯館村
 平成26年5月14日【出荷制限】
 天栄村

出荷制限市町村数 27市町村(福島県市町村数 59市町村)



食品中の放射性物質の基準値 100Bq/kg以下

52

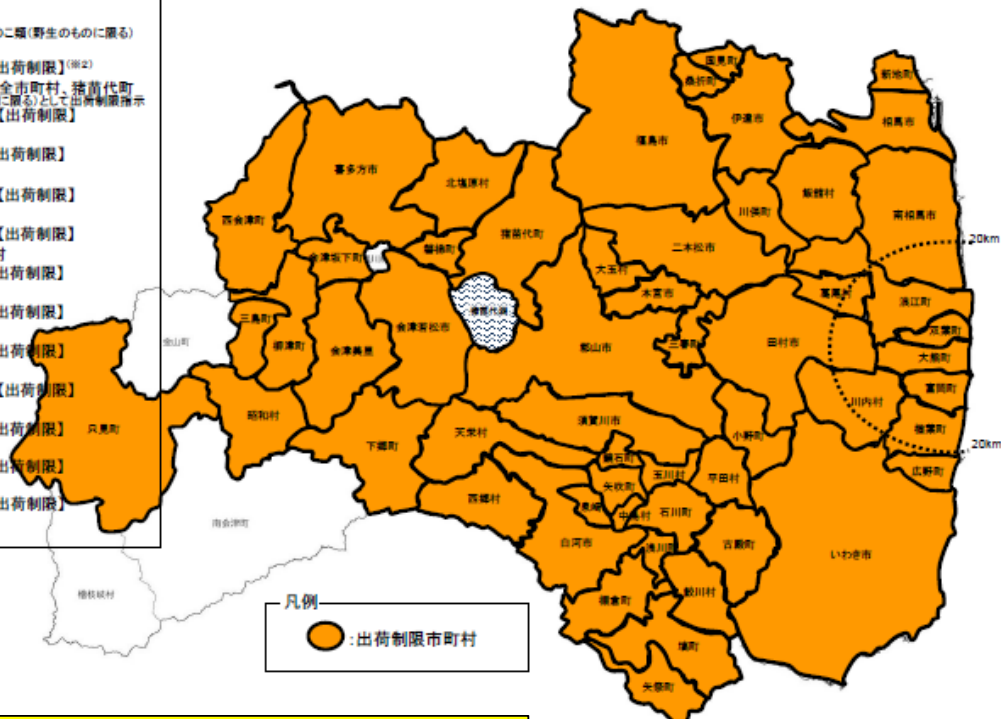
野生キノコの出荷制限位置図

出荷制限市町村数 55市町村(福島県市町村数 59市町村)

野生きのこ出荷制限位置図

平成26年10月2日 現在

出荷制限等の状況(55市町村)
 平成23年9月6日【出荷制限】^(※1)
 楡葉町、古殿町
 (※1): 楡葉圏に属するきのこ類(野生のものに限る)として出荷制限指示
 平成23年9月15日【出荷制限】^(※2)
 中通り、浜通り地区の全市町村、猪苗代町
 (※2): きのこ類(野生のものに限る)として出荷制限指示
 平成23年10月18日【出荷制限】
 喜多方市
 平成24年8月15日【出荷制限】
 昭和村
 平成24年10月11日【出荷制限】
 磐梯町
 平成24年10月18日【出荷制限】
 会津坂下町、北塩原村
 平成25年9月26日【出荷制限】
 下郷町
 平成25年10月1日【出荷制限】
 会津若松市
 平成25年10月2日【出荷制限】
 只見町
 平成25年11月12日【出荷制限】
 会津美里町
 平成26年8月25日【出荷制限】
 西会津町
 平成26年9月22日【出荷制限】
 三島町
 平成26年10月2日【出荷制限】
 柳津町



食品中の放射性物質の基準値 100Bq/kg以下

タケノコに含まれるCs濃度 (H24~H26調査)

県内20地区でタケノコを調査(H24~H26)
 ・ タケノコは、基準値(100Bq/kg)を下回る検体が年々増加。
 ・ 竹林の線量は年々低下、土壌のCs濃度は増加傾向。
 ・ タケノコと土壌に相関性はない。

○ 住宅や農地周辺の竹林



○ 竹の種類と主な用途



建築、農業資材
食用



茶道用具、
食用



竹細工、食料品包装

○ タケノコは食用

