

平成26年度第1回^{もり}森林の未来を考える懇談会資料

森林における放射性物質の状況と 今後の予測について

- 1 モニタリング調査の進め方
- 2 平成25年度調査の結果
- 3 放射性物質の動態変化
- 4 放射性物質の拡散
- 5 取りまとめ結果

平成26年 8月 5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の状況と今後の予測について

- 1 モニタリング調査の進め方
- 2 平成25年度調査の結果
- 3 放射性物質の動態変化
- 4 放射性物質の拡散
- 5 取りまとめ結果



福島県森林計画課

1

モニタリングの進め方

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 | ○ | ○ | | |
| 平成25(2013)年度 | 1,006 | 50 | ○ | | ○ | 県(委託) |
| | | 849 | ○ | | | |
| | | 81 | ○ | ○ | | |
| | | 76 | ○ | | ○ | |

※Csは放射性セシウムの略

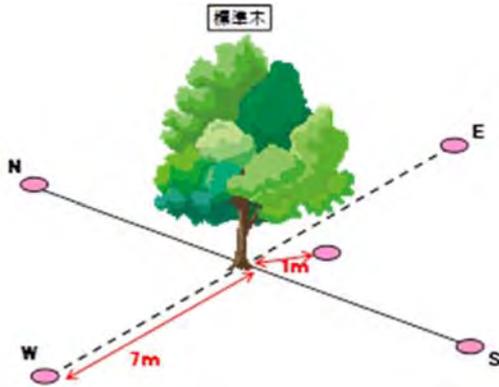
※調査地の樹種はスギ、アカマツ、ヒノキ、カラマツ及び広葉樹

・学識経験者の意見聴取(放医研、森林総研、北大等)

・調査箇所の追加(一定線量(1.0 μSv/h)以上の16箇所、避難指示解除準備区域内65箇所)

2

空間線量率の測定



選定した標準木の周辺5点で計測



空間線量率の測定状況

森林内の調査箇所における標準的な値を測定

- ・標準木から1m離れた地点と東西南北に7m離れた4地点で測定 (計5点の平均)
- ・各地点において、指示値が安定した後に1分間隔で3回測定値を記録
- ・測定高さは1m
- ・測定機器は1年以内に校正したシンチレーション式サーベイメーターとする
- ・検出器部分をビニル袋で覆うなど、機器の現場での汚染防止措置を講じる
- ・窪地の底や有機物が削れた急斜面等の箇所は避ける

3

測定機器の特性



NaIシンチレーション式サーベイメーター

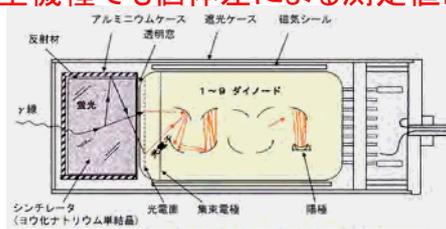


CsIシンチレーション式サーベイメーター

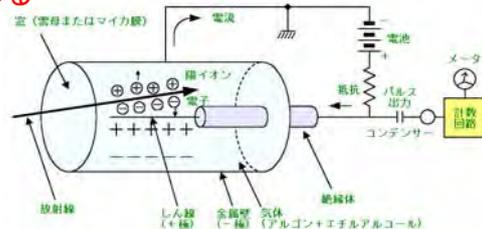


GM計数管式サーベイメーター等

- ・測定機器の違いにより測定値に差が生じる
- ・同型機種でも個体差による測定値に差が生じる



シンチレーション
結晶の発光作用を利用して、ガンマ線のエネルギーや量を検出する



GM
回路内に発生する信号により、検出器に入射した放射線の数を測定する

機器の特性による測定値の差を考慮し、NaIシンチレーション式サーベイメーターで測定した場合の値に補正

4

立木試料の採取



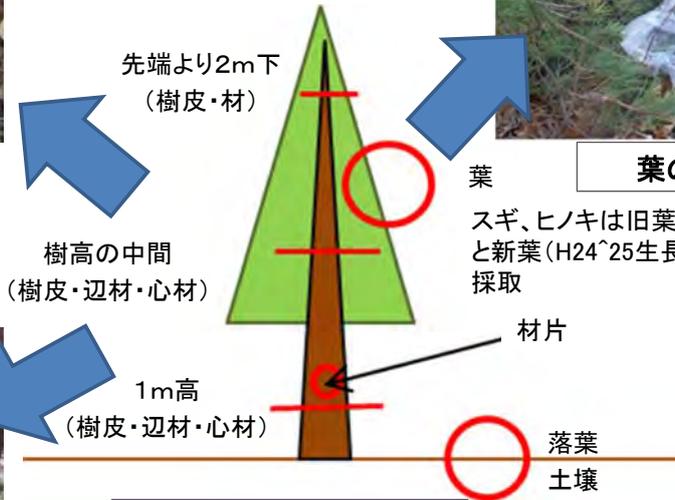
辺材・心材の採取
(おが粉状試料を採取)



葉の採取



樹皮の採取

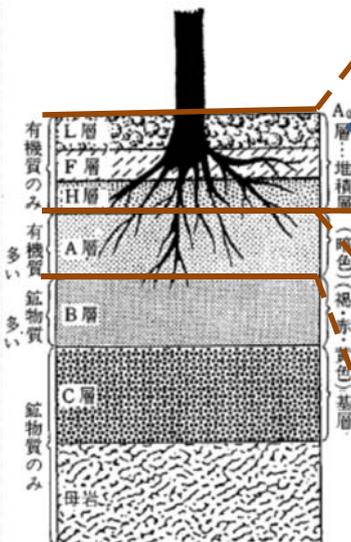


立木等試料の採取位置

部位別(樹皮、辺材、心材及び葉)に試料を採取

土壌試料の採取

落葉層と土壌層に
区分して試料採取



落葉、土壌試料
採取位置の模式図



25cm x 25cmから試料を採取

落葉試料の採取



土壌試料の採取

Cs
濃度
分析
へ



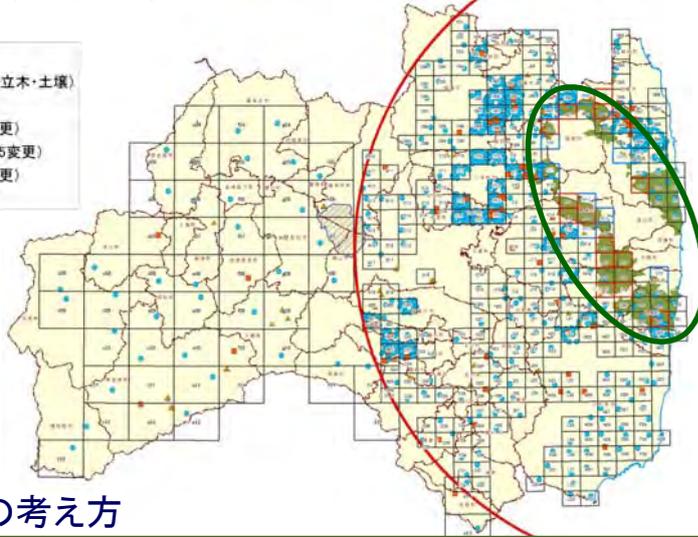
ゲルマニウム
半導体検出器

H25年度調査の実施時期 H25年7月からH26年2月

調査箇所(H25年度)

凡例

- 調査区分変更メッシュ(空間→立木・土壌)
- 追加メッシュ
- 土壌立木調査ポイント(H25変更)
- 空間・材試料調査ポイント(H25変更)
- 空間線量調査ポイント(H25変更)
- 避難指示解除準備区域



| 方部 | 箇所数 |
|-----|-------|
| 県北 | 387 |
| 県中 | 155 |
| 県南 | 89 |
| 会津 | 34 |
| 南会津 | 27 |
| 相双 | 218 |
| いわき | 96 |
| 計 | 1,006 |

調査箇所設定の考え方

- ・原発からの80km圏外は10kmメッシュ、80km圏内は4kmメッシュ
- ・過去の調査で一定以上の値※を計測した箇所は1kmメッシュ
(※H23年度調査では3.4μSv/h以上、H24年度調査では1.0μSv/h以上)
- ・H25年度から避難指示解除準備区域内の調査箇所を追加
(帰還困難区域、居住制限区域内は未実施)
- ・H26年度以降も区域の見直し等に応じて調査箇所を追加予定

7

基準とする調査開始日

平成23年8月(=汚染発生の5ヵ月後)

『空間線量率の予測について、Csのみを考慮』

(5ヵ月でヨウ素は影響が無視できるレベルに減衰)

原子力安全委員会から原子力災害対策本部への回答

『H23.8.24第64回原子力安全委員会資料第1-1号』による前提条件

- ・汚染発生5ヶ月後の核種組成 ^{134}Cs : ^{137}Cs =1:1
- ・ ^{134}Cs の半減期は2.06年、 ^{137}Cs の半減期は30.17年
- ・空間線量率寄与率 = ^{134}Cs : ^{137}Cs = 0.73:0.27

同一調査年における測定値の補正

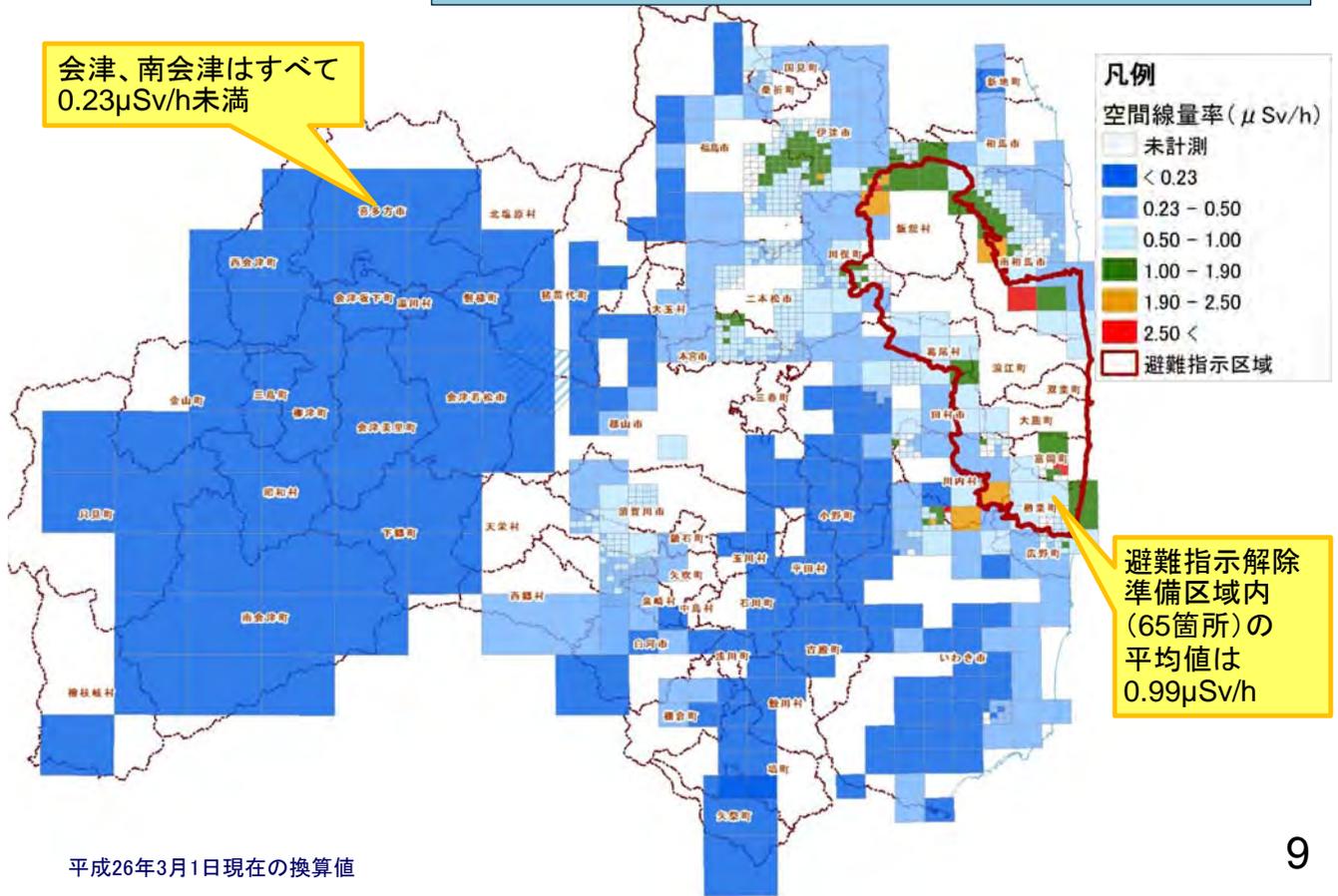
- ・年間の調査期間が長期間に渡る(半年程度)ため、測定値を別途定める基準日時点の値に補正

年度毎の比較を行う基準日

- ・長期的な変化を把握する観点から、年度毎の測定値を比較するため**基準日を設定(毎年3月1日)**

8

空間線量率の分布

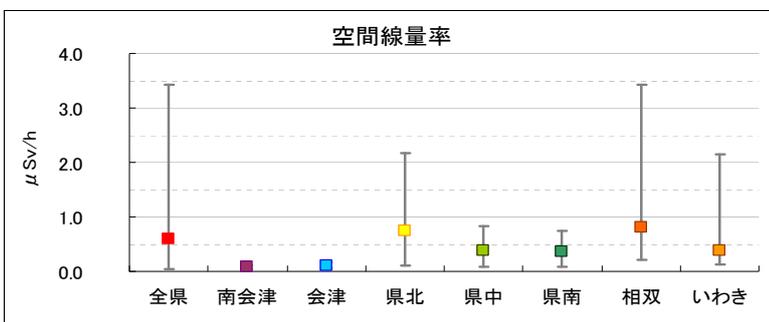


空間線量率の管内別測定結果

平成26年3月1日現在の換算値

単位 (μ Sv/h)

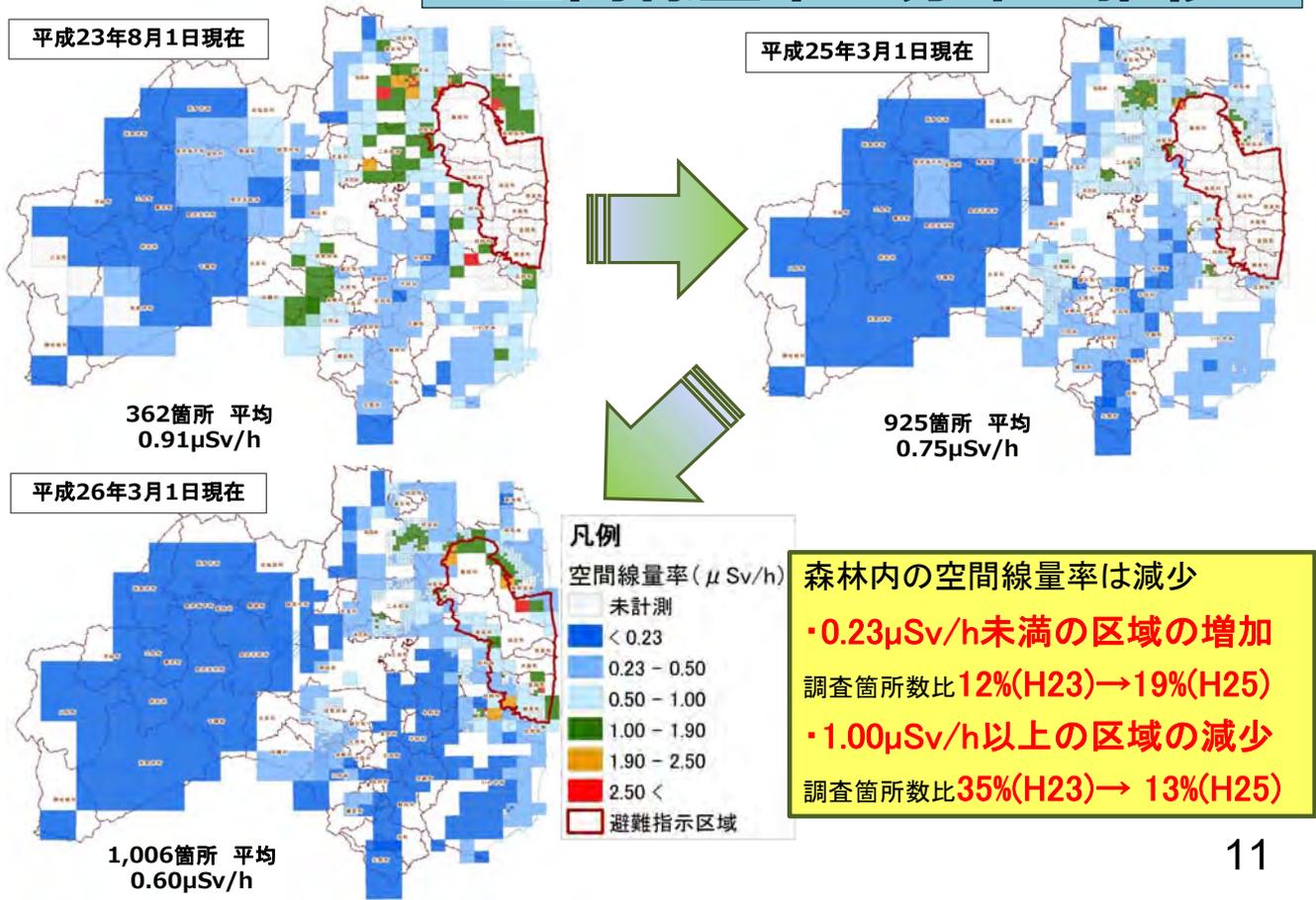
| 管内 | 箇所数 | 平均値 | 最大値 | 最小値 |
|-----|-------|------|------|------|
| 県北 | 387 | 0.74 | 2.18 | 0.11 |
| 県中 | 155 | 0.39 | 0.83 | 0.09 |
| 県南 | 89 | 0.36 | 0.75 | 0.09 |
| 会津 | 34 | 0.10 | 0.18 | 0.06 |
| 南会津 | 27 | 0.08 | 0.11 | 0.05 |
| 相双 | 218 | 0.81 | 3.43 | 0.21 |
| いわき | 96 | 0.39 | 2.14 | 0.12 |
| 全県 | 1,006 | 0.60 | 3.43 | 0.05 |



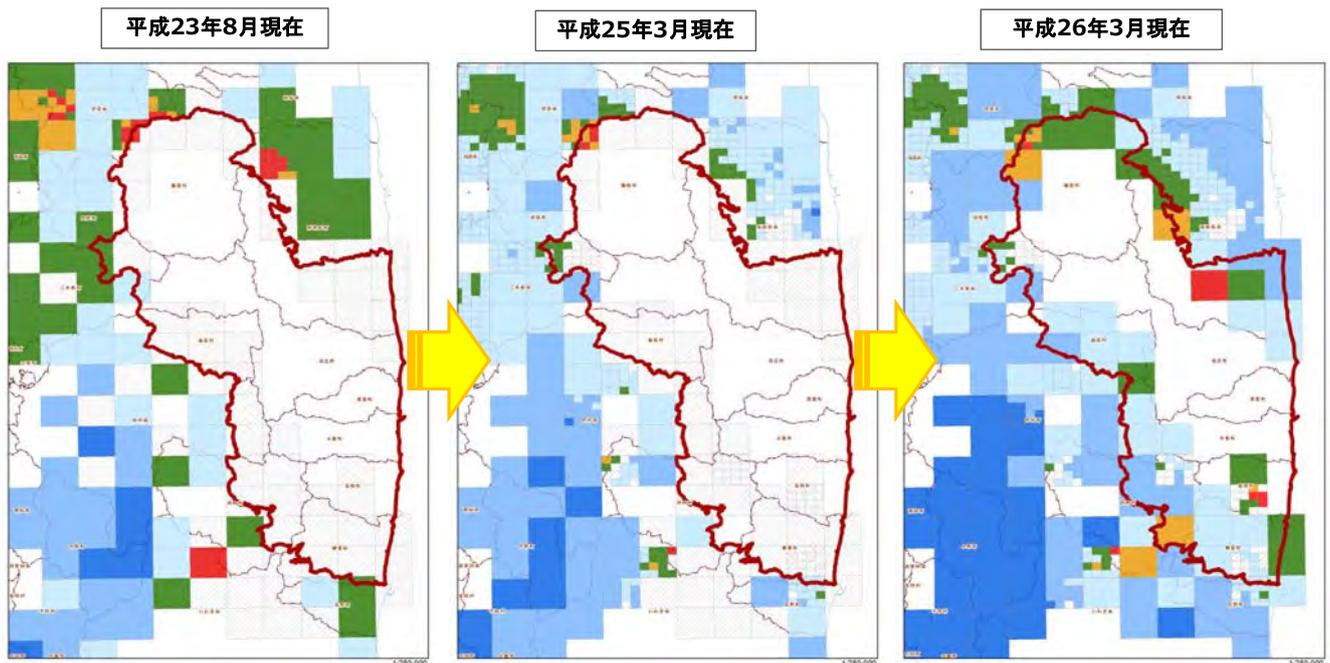
・全調査箇所の平均値は0.60 μ Sv/h
(最大値3.43 μ Sv/h,最小値0.05 μ Sv/h)

・県北、相双及びいわき管内の空間線量率はバラツキが大きい

空間線量率の分布の推移

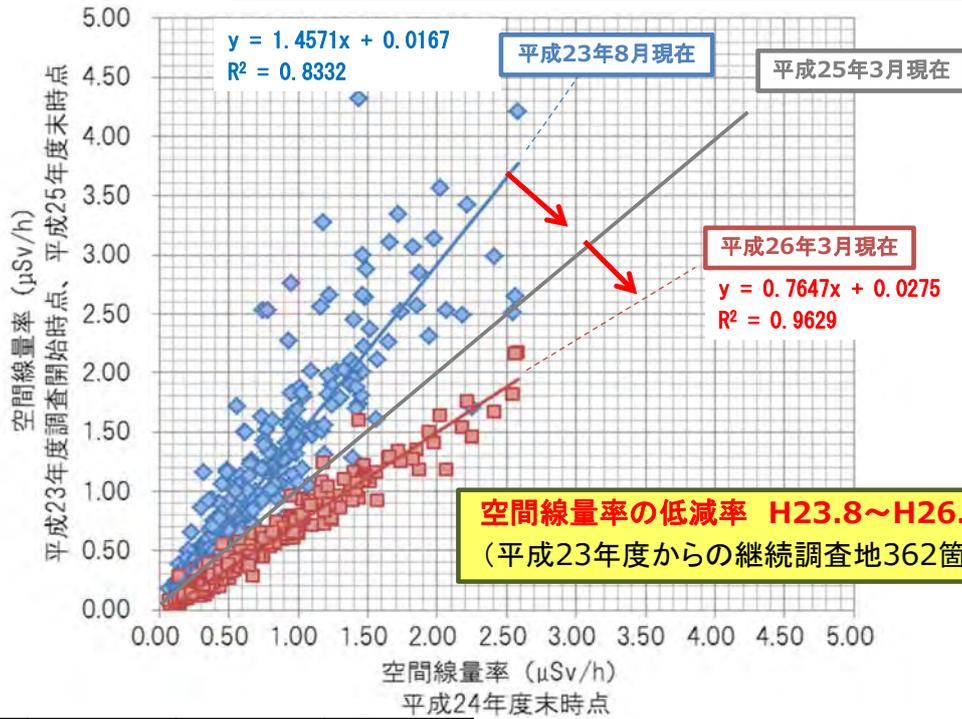


避難指示解除準備区域内及び周辺の空間線量率



- ・避難指示解除準備区域及び周辺の調査箇所の空間線量率も徐々に低下
- ・平成25年度から避難指示区域内の調査を開始(避難指示解除準備区域のみ)

過去データとの比較

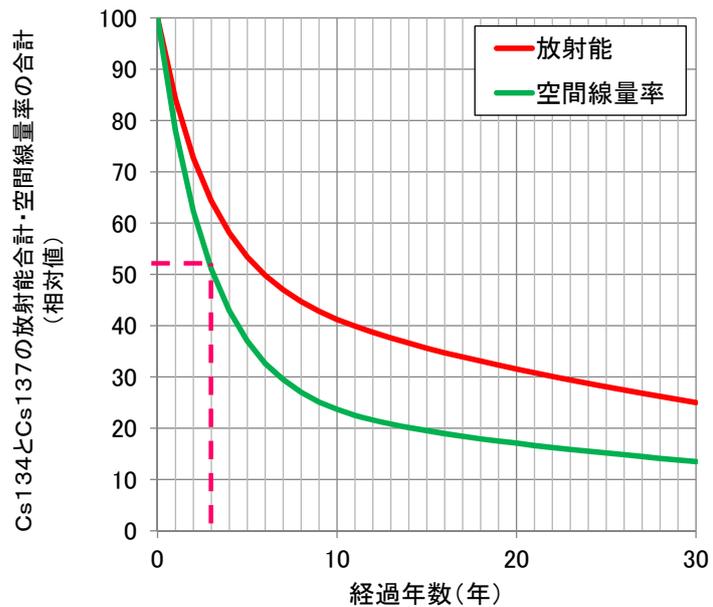


| 調査年度 | 平均値 | 最大値 | 最小値 |
|--------|------|------|------|
| 平成23年度 | 0.91 | 4.32 | 0.09 |
| 平成24年度 | 0.62 | 2.58 | 0.07 |
| 平成25年度 | 0.44 | 2.18 | 0.05 |

※平成23年度からの継続調査地362箇所の集計

Cs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 |

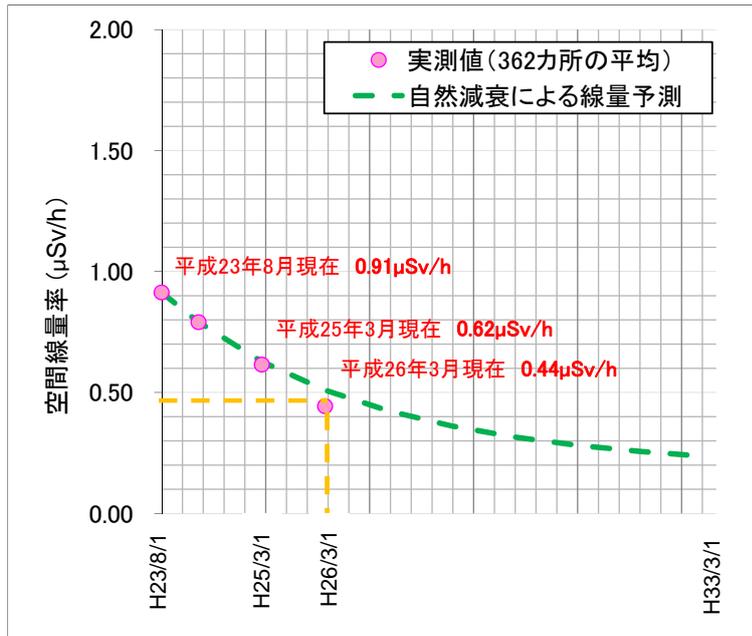


3年経過した現在の空間線量率は約51%まで低減

放射能と空間放射線量率の減衰割合の推計

HP「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

今後の空間線量率の予測

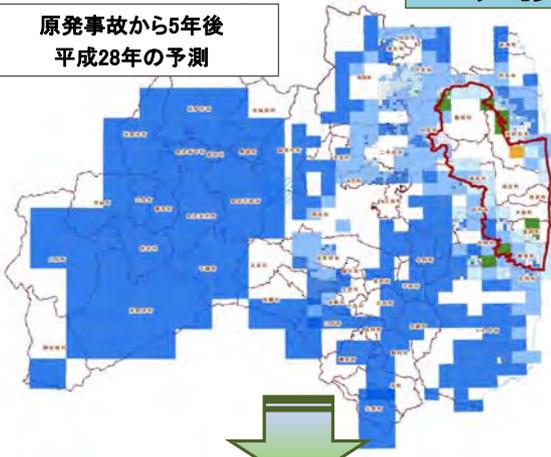


放射性Csの自然減衰曲線とモニタリング実測値(362箇所の平均値)の関係

- 現在まで、**森林内の空間線量率は自然減衰率とほぼ同じく低下**
- **今後も放射性Csの自然減衰率で低下が見込まれる**
※降雨等による流入・流出の影響(ウェザリング効果)は考慮していない

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

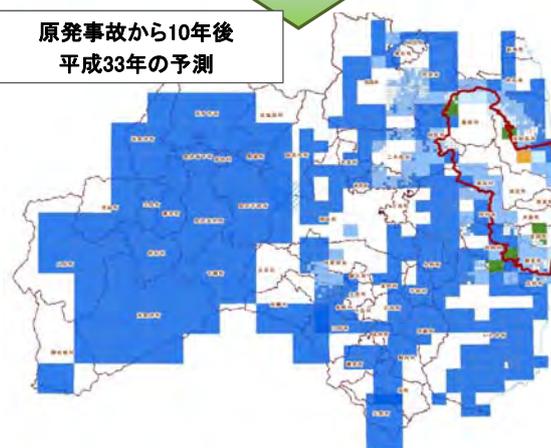


※平成25年度に調査を実施した1,006箇所の平均値

(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 |

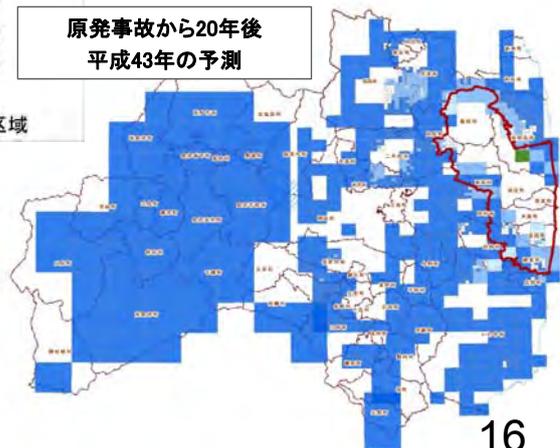
原発事故から10年後
平成33年の予測



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

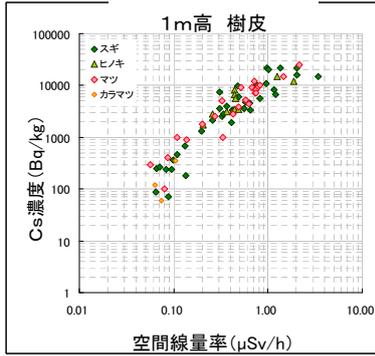
原発事故20年後
避難指示区域周辺の一部を
除き0.23μSv/h以下に

原発事故から20年後
平成43年の予測

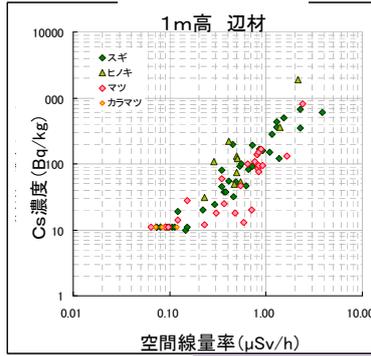


空間線量率とCs濃度の関係

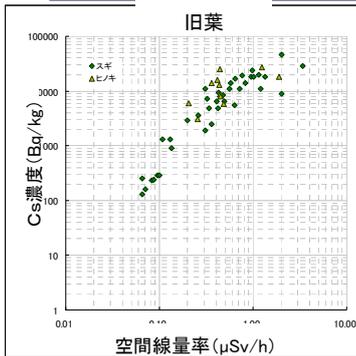
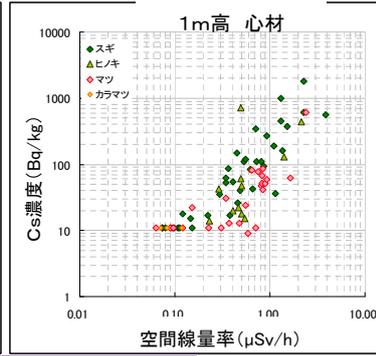
空間線量率と各種放射性Cs濃度との関係



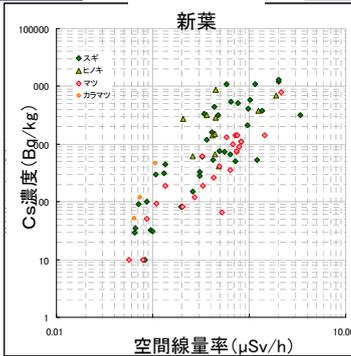
1m高さの樹皮との関係



1m高さの辺材・心材との関係



旧葉 (H21^H22)・新葉 (H24^H25) との関係

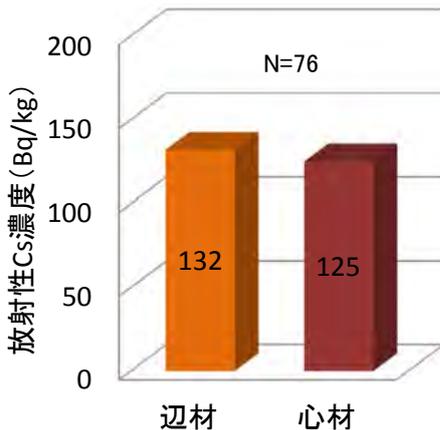


空間線量率が高いほど、材等に含まれる放射性Cs濃度も高い



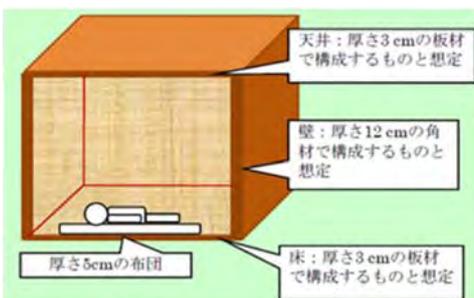
空間線量率の把握が今後の林業生産活動の目安に

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)



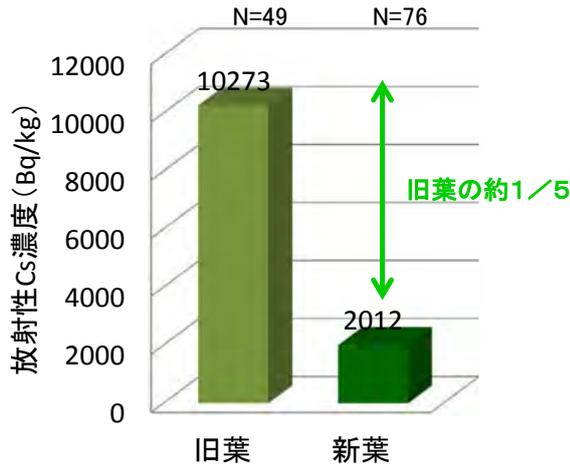
本調査でCs濃度の最大値※1を示した木材を住宅に使用した場合の追加被ばく量は年間0.053mSv※2

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



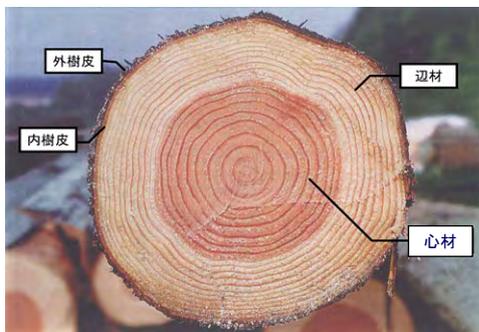
旧葉・新葉の放射性Cs濃度 (平均値の比較)

- ※旧葉:H21~22生長分
- 新葉:H24~25生長分
- ※旧葉はスギ、ヒノキのみ

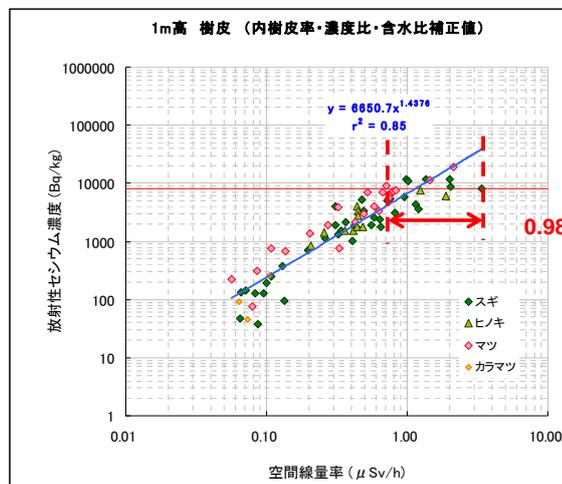
今後は落葉等により、旧葉に付着している放射性Csは、徐々に林床へ移動

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

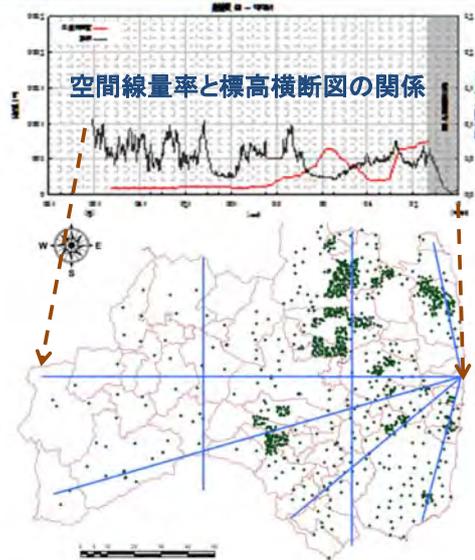
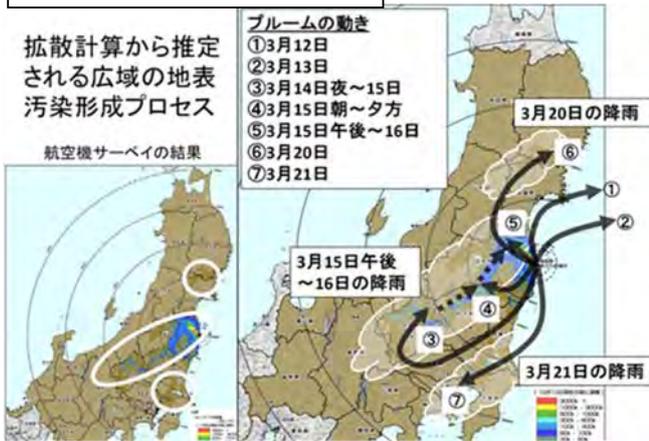


空間線量率と1m高さの樹皮の放射性Cs濃度の関係から推定

第18回原子力委員会臨時会議資料

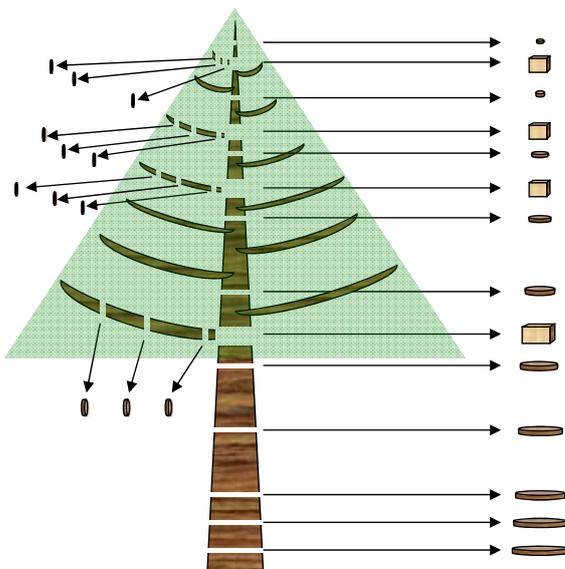
拡散計算から推定される広域の地表汚染形成プロセス

航空機サーベイの結果



放射性物質を含むブルームは
複数のルートで拡散

- ・放射性物質の分布は、地形や標高などにより大きくバラツキ
- ・樹木への放射性物質の付着も均一ではない



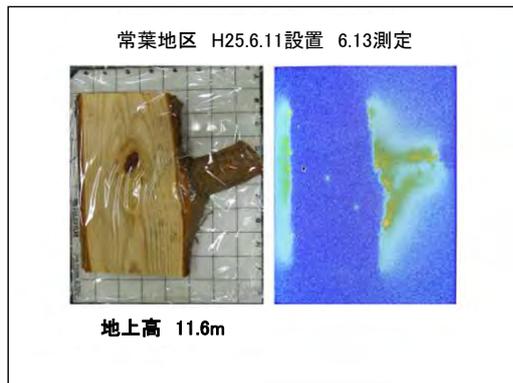
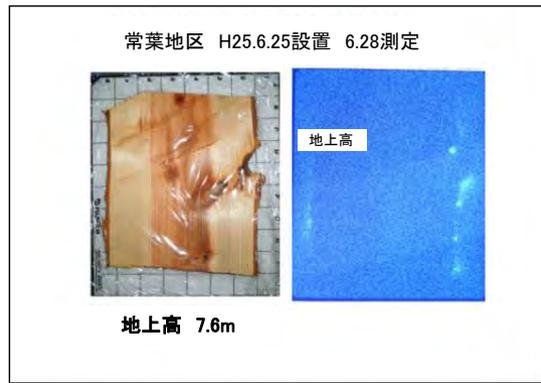
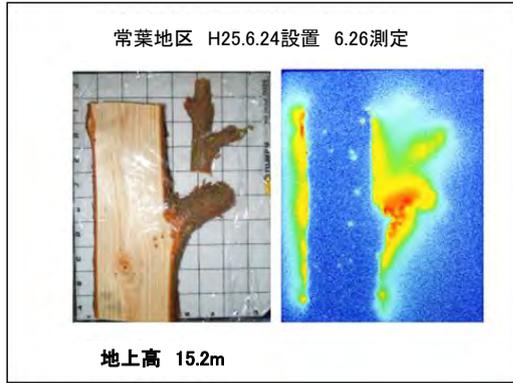
オートラジオグラフィ調査
 放射線に感光するフィルムを使用した調査。

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

樹木の放射性物質濃度の測定



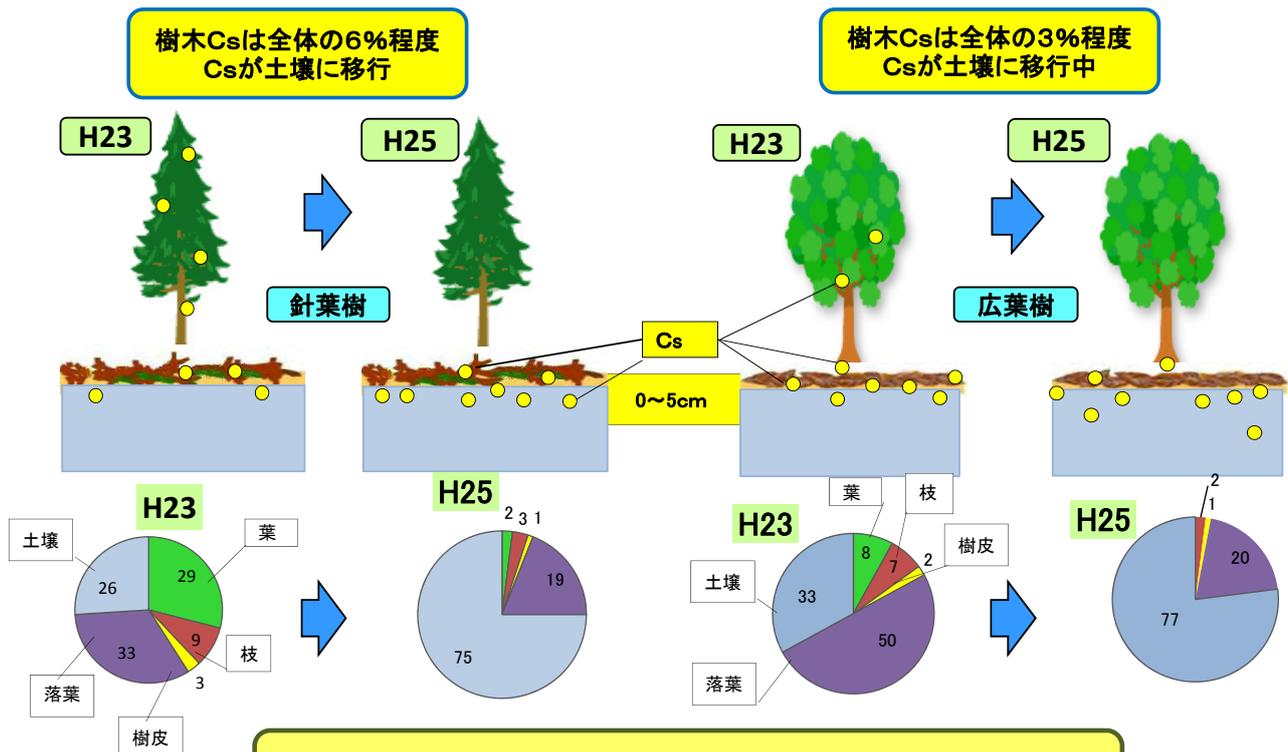
オートラジオグラフィの調査結果

- 放射線量は、樹皮に多く分布。
その分布は均一でなく、垂直・水平方向でも偏り。
- 放射線量は、樹皮が高く、材部は低い。
材部では心材、辺材の線量相違を検出できず。
- 枝は、葉が着いている先端部で線量が高い傾向。
- 樹幹上部で線量が高く、枝下高以下は低い。
- 樹皮周囲では、万遍なく分布せず、
線量が方位により偏りが見られる。

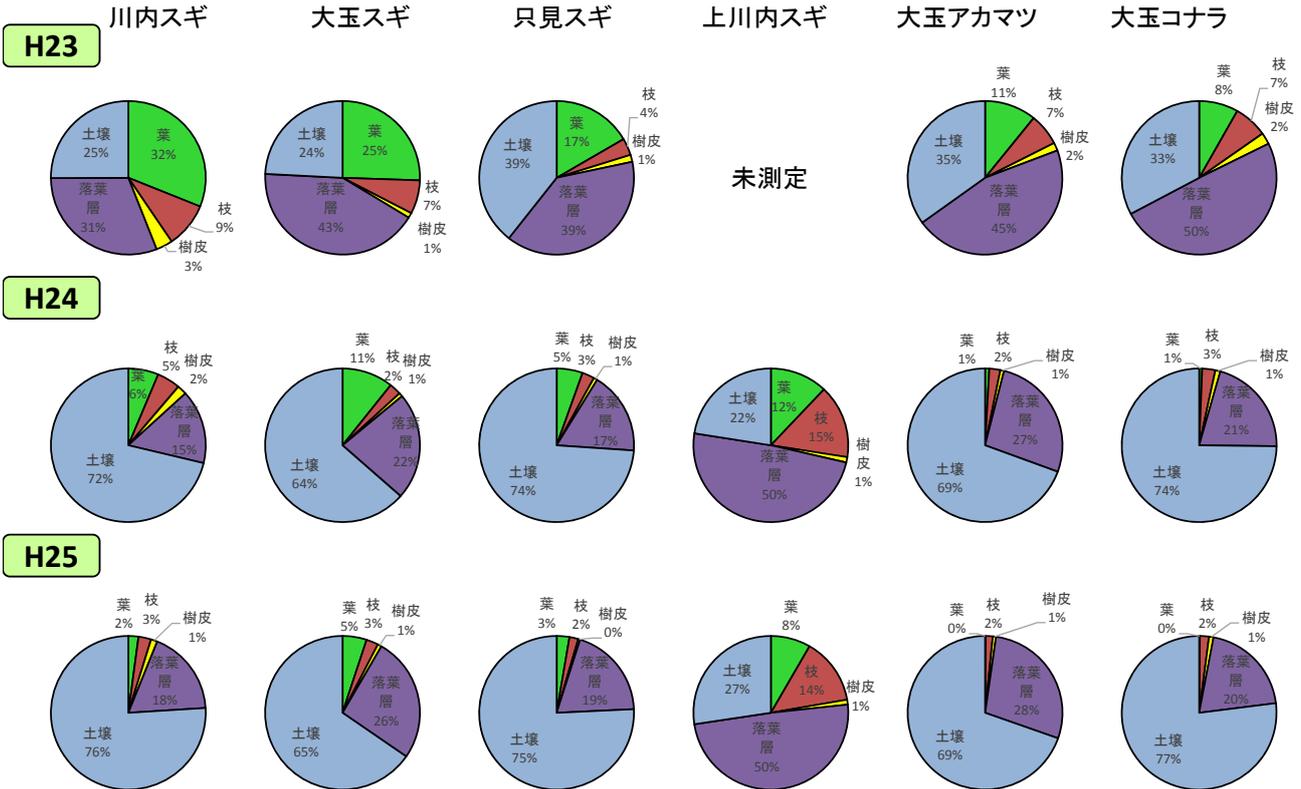
森林の放射性物質の動態変化

(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



森林内のCsの約75%が土壌(0~5cm)に分布

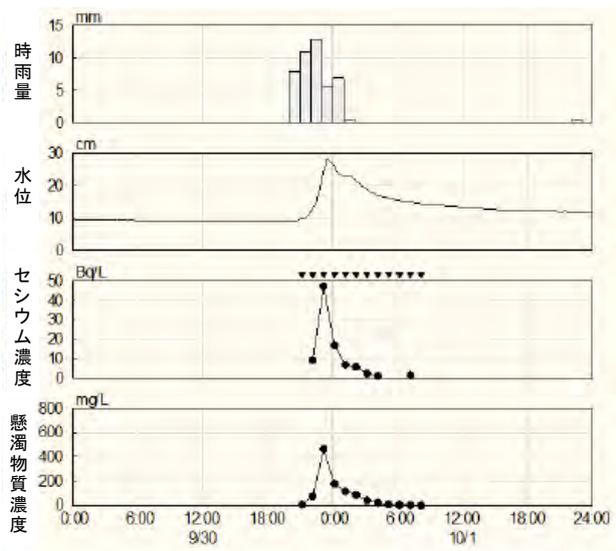


25



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
- ・降雨後の懸濁水から1.1~48.5Bq/kgの放射性Csを検出
- ・懸濁水の濾過後には、大部分がCs不検出



降雨後に水位が上昇し、懸濁物質が増加

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)

26

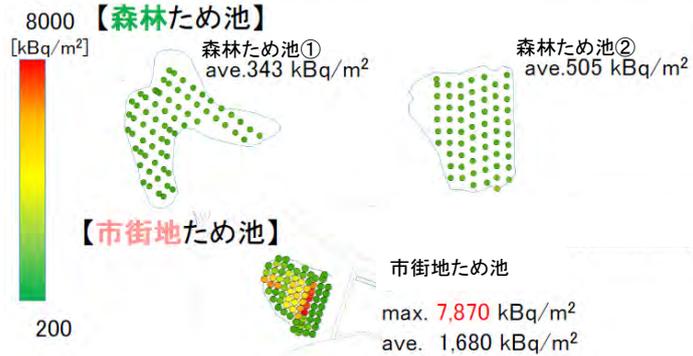
● 森林ため池①



● 森林ため池②



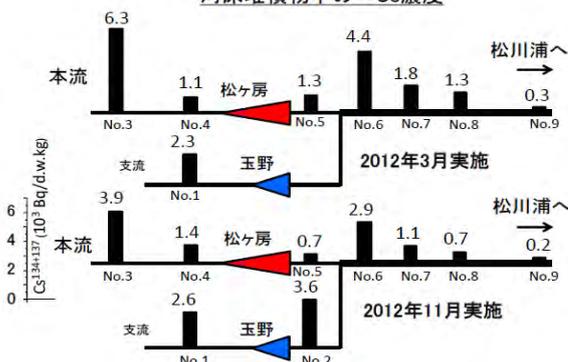
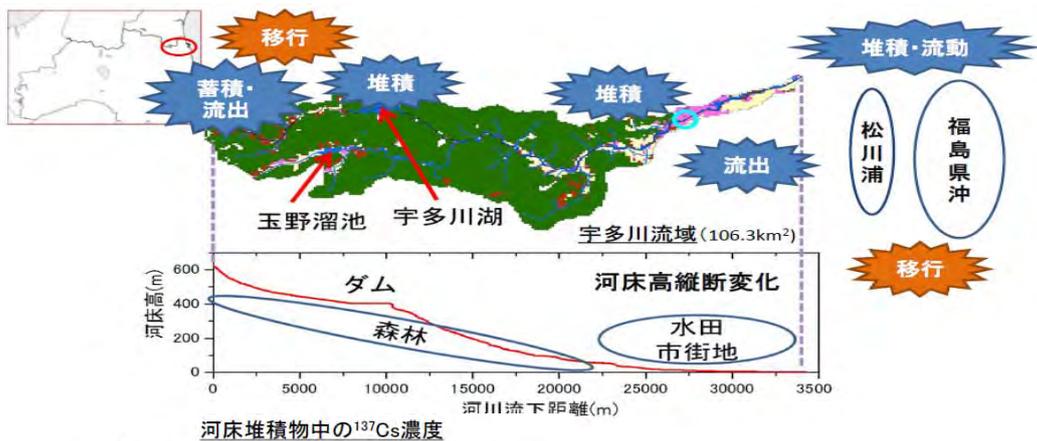
● 市街地ため池



ため池中の放射性物質蓄積量調査
H25.8.10 東京大学農学生命科学研究科資料

- ・森林を集水域とするため池底質のCsは当該森林土壌よりも少ない
- ・市街地を集水域とするため池には4倍程度のCsが流入

森林からため池へのCs流出は少ない

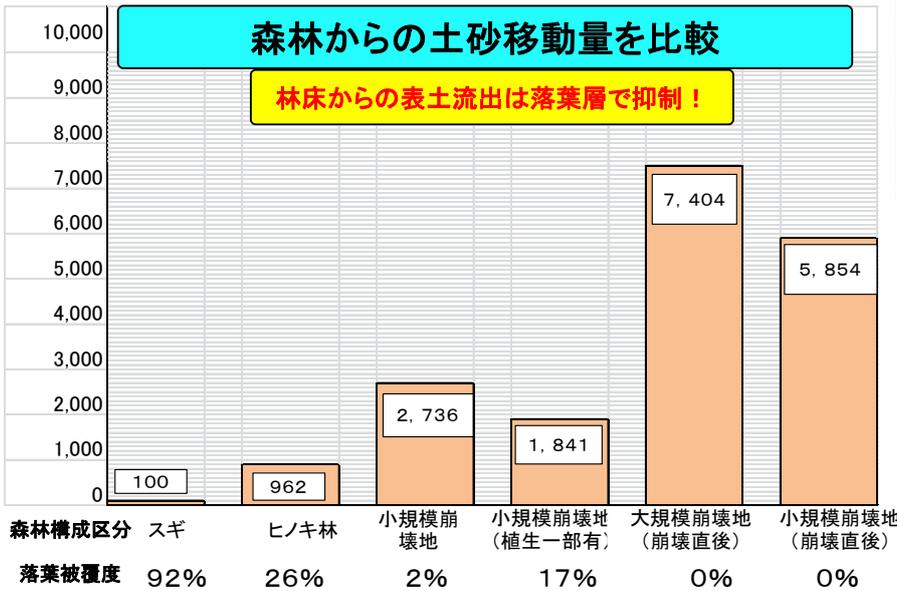


- ・Cs濃度は 上流>下流
- ・ダム、ため池の前後で変化は少ない
- ・上流の汚染堆積物の動きは遅い (20ヶ月経過後も河口には未到達)
- ・湖沼堆積物中のCsは周囲の山林と同等

流域における放射性物質の動態調査

独立行政法人国立環境研究所地域環境研究センター
H25.12.26 第9回環境回復検討会資料

流域における森林からのCs流出率は年間0.3%未満



流出土砂量の調べ方
平成23年度
福島県林業研究センター
研究報告

スギ林との比較

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。

取りまとめ 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)

- **1,006箇所を調査**
平均空間線量率 $0.60 \mu\text{Sv/h}$ ($0.05 \sim 3.43 \mu\text{Sv/h}$)
- **$0.23 \mu\text{Sv/h}$ 未満の区域は増加** (12%(H23)→19%(H25) 調査箇所数比)
- **$1.00 \mu\text{Sv/h}$ 以上の区域は減少** (35%(H23)→13%(H25) 調査箇所数比)
- 空間線量率はH23.8と比較して**約50%減少**
- 空間線量率はCs **自然減衰率とほぼ同じく減少**
- 立木や土壌のCs濃度は空間線量率と**正の相関**

2 今後の空間線量率を予測

- H26.3 (1,006箇所) : $0.60 \mu\text{Sv/h}$
- H28.3 (1,006箇所) : $0.42 \mu\text{Sv/h}$ (原発事故 5年後)
- H33.3 (1,006箇所) : $0.26 \mu\text{Sv/h}$ (原発事故 10年後)
- H43.3 (1,006箇所) : $0.18 \mu\text{Sv/h}$ (原発事故 20年後)

3 木材内部のCs濃度

- ・ **木材内部のCs濃度は辺材がやや高い傾向**
- ・ **心材平均Cs濃度 125 Bq/kg**
(最大Cs濃度 2,200 Bq/kg (スギ、避難指示解除準備区域内))
- ・ **辺材平均Cs濃度 132 Bq/kg**
(最大Cs濃度 1,800 Bq/kg (ヒノキ、避難指示解除準備区域内))
- ・ **Cs最大濃度で木造住宅を建築した場合**
年間追加被ばく量0.053 mSv (木材利用への影響なし)
(p18参照)

4 葉のCs濃度

- ・ **新葉のCs濃度は、旧葉の1/5程度**
- ・ **新葉平均Cs濃度 (H24~H25) 2,012 Bq/kg**
- ・ **旧葉平均Cs濃度 (H21~H22) 10,273 Bq/kg**

31

5 空間線量率とスギ樹皮Cs濃度の関係

- ・ **樹皮8,000 Bq/kg超となる森林は、回帰式から**
空間線量率1.3 μSv/h (0.98~3.41 μSv/h)

6 放射性物質の動態変化

- ・ **森林内のCsは75%が土壌に分布**

7 森林からの放射性物質の拡散

- ・ **溪流や流域へのCsの流出率は0.3%未満**

8 森林の土砂流出防止機能

- ・ **スギ林との比較において、ヒノキ林で約10倍、**
大規模崩壊地で約74倍、表土(Cs)が移動しやすい。

間伐などの森林整備の重要性が示唆された

32