

# みえ森と緑の県民税 災害に強い森林づくり推進事業

## 効果検証にかかる 調査・研究事業の結果



### 項 目

1. 災害に強い森林づくり推進事業による森林整備の概要
2. 災害に強い森林づくり推進事業の効果検証の結果
  - (1) 土砂流亡量調査
  - (2) 航空レーザ測量データを用いたモニタリング調査
  - (3) 立木引き倒し試験による根系抵抗力調査

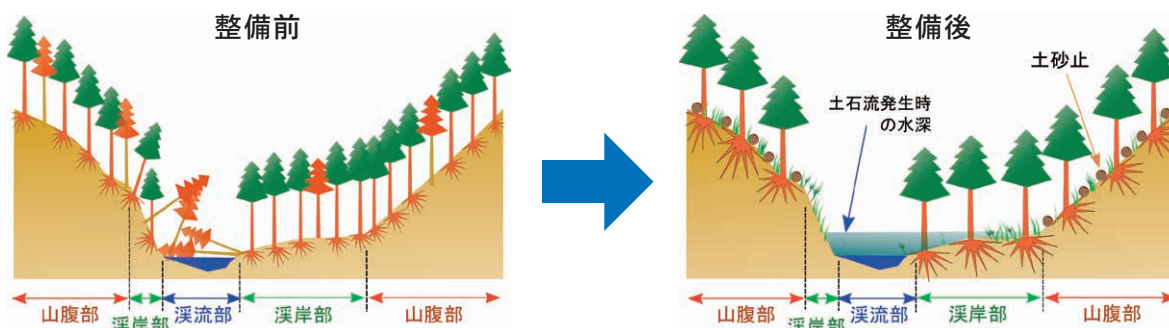
# 1. 災害に強い森林づくり推進事業による森林整備の概要

「みえ森と緑の県民税」を活用して実施している災害に強い森林づくり推進事業(災害緩衝林整備事業)では、下記の「目指す森林の姿」への誘導に向けて森林整備を行っています。

## 目指す森林の姿「土砂災害の発生時に流木等が出にくい森林」

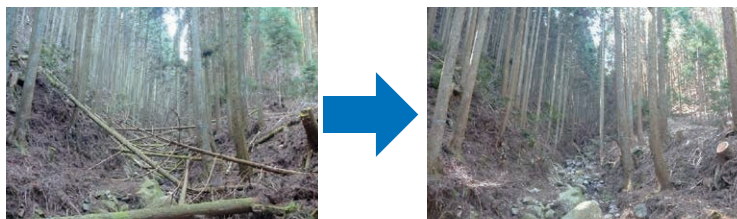
- ① 渓流内には倒木や枯損木などの危険木が存在しない。
- ② 渓流沿いには、土砂や流木等の流れを弱めることができる胸高直径30cm以上の木々が整備されている。
- ③ 渓流周辺の山腹斜面には、下草が生えて健全な木々が成長し、倒木が発生しない、あるいは倒木や土砂が渓流へ流出することを抑止する森林が整備されている。

事業では、整備区域を下記の3つのエリアに分けて、整備目標を設定しています



### (1) 渓流部…「流木発生抑制」のための整備

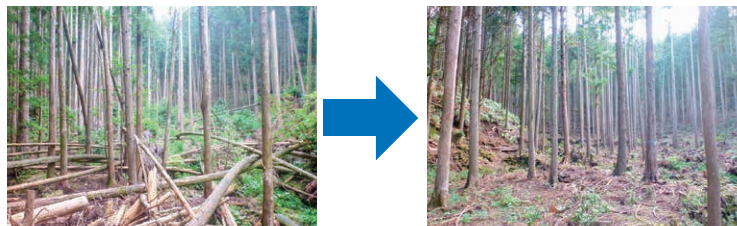
流木の発生源とならないよう、豪雨時等に流出する恐れのある渓流内の流木や倒木などの危険木を除去します。



### (2) 渓岸部…「流木・土砂等流下緩衝」のための整備

流下する流木や土砂、小規模な土石流等の捕捉・堆積を促進するため、樹幹の肥大成長や根系の発達等を促し、樹木が持つ緩衝機能を向上させる森林整備(調整伐<sup>※1</sup>)を行います。

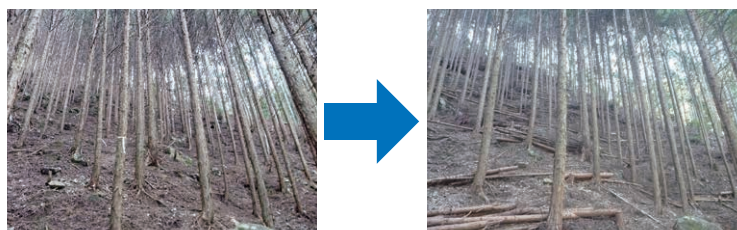
※1 立木の密度を緩和し、成長を促進するための抜き伐り



### (3) 山腹部…「流木・土砂等流出抑制」のための整備

倒木や土砂等の渓流への流出を抑制するため、樹木の根系支持機能を向上させ、斜面の安定を図る森林整備(調整伐、土砂止<sup>※2</sup>設置)を行います。

※2 調整伐で伐倒した木を等高線方向に横並べしたもの





## 2. 災害に強い森林づくり推進事業の効果検証の結果

災害に強い森林づくり推進事業では、同時に事業効果の検証を行っています。効果検証が必要な事項に対して下記の3項目の調査・研究を実施しました。次ページ以降に結果を紹介します。

### ■ 溪岸部…調整伐による立木の成長の促進、根系抵抗力向上に対して

効果検証が必要な事項

- ・立木の成長は促進されるか?……………項目2
- ・十分な根系抵抗力が得られるのか?……………項目3

### ■ 山腹部…調整伐による立木の成長の促進及び土砂流亡抑制に対して 土砂止設置による土砂流亡抑制に対して

効果検証が必要な事項

- ・立木の成長は促進されるか?……………項目2
- ・土砂流亡は抑制できるか?……………項目1

## 効果検証にかかる調査・研究

### 項目1 土砂流亡量調査

土砂流亡抑制効果を検証するために

斜面からの土砂流亡量を継続測定し、土砂流亡抑制効果を把握



調整伐と伐倒木を利用した土砂止の設置

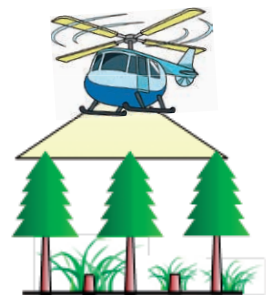


土砂受け箱を設置し、土砂流亡量を継続調査

### 項目2 航空レーザ測量データを用いたモニタリング調査

成長促進効果を検証するために

航空レーザ測量により事業実施箇所の森林状況の変化を把握



調整伐実施後の状態変化を調査

### 項目3 立木引き倒し試験による根系抵抗力調査

根系抵抗力がどの程度あるのか検証するために

立木引き倒し試験による抵抗力調査を実施し、流木等に対する緩衝効果を把握



立木引き倒し試験

# (1) 土砂流亡量調査

## 検証したいこと

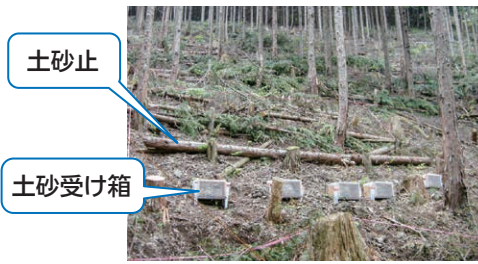
### Q. 山腹部で、調整伐と土砂止設置は土砂流亡を減らすのか？

土砂流亡を抑制するために調整伐と土砂止設置を行っています。三重大学との共同研究により、調整伐と土砂止設置に伴う土砂流亡量の変化を明らかにすることで、効果を検証しました。

## 調整伐の効果は？

### A. 調整伐による土砂流亡量の減少が確認できた

森林が有する表土保全機能には植生や落葉落枝による地表面被覆の役割が重要です。調整伐の実施により地表面被覆を高めることが期待されます。調整伐の効果を明らかにするために、県内4箇所のスギ、ヒノキ人工林に試験区を設定し、調整伐後の地表面被覆、土砂流亡量の経年変化の傾向を検討しました。同時に獣害防護柵を設置した試験区を設け、植生に悪影響を及ぼすシカ食害の影響も検証しました。



調整伐の効果を検証



シカ食害の影響も検証

## ●土砂流亡量の経年変化

スギ、ヒノキともに、ほとんどの試験区で、年々、地表面被覆率が増加し、土砂流亡量が減少する傾向がみられました。この傾向は、獣害防護柵を設置した試験区でもほぼ同様でした。一部では継続した検証が必要ですが、本事業が実施されるような溪流に近い山腹部では、シカが嫌いなタイプの植物が繁茂しやすく、シカ食害の影響は大きく出ない可能性があります。

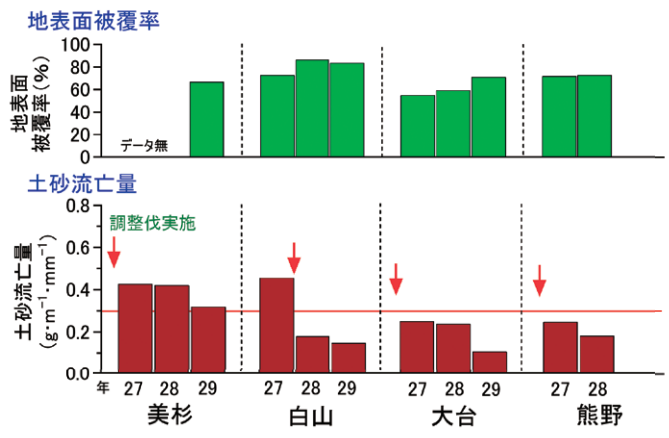


調整伐直後

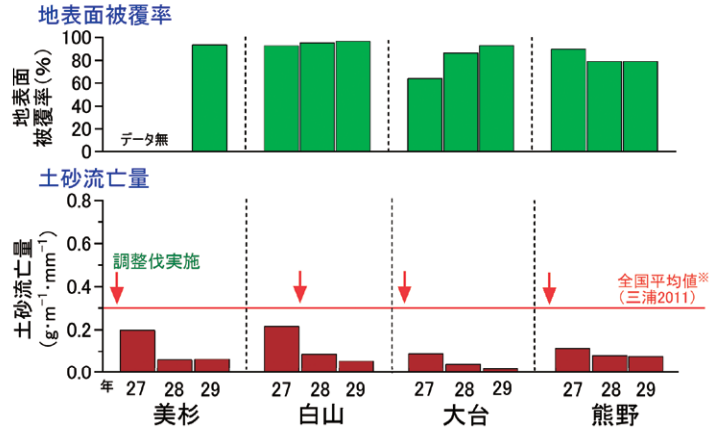
調整伐3年後

## ●スギ林の場合

獣害防護柵が無い試験区(通常施業)



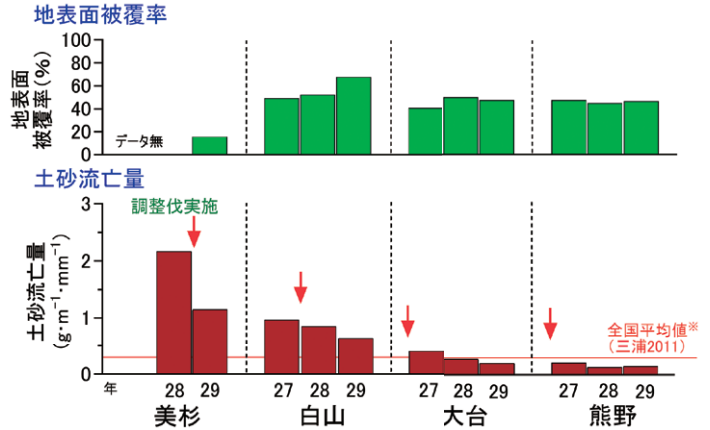
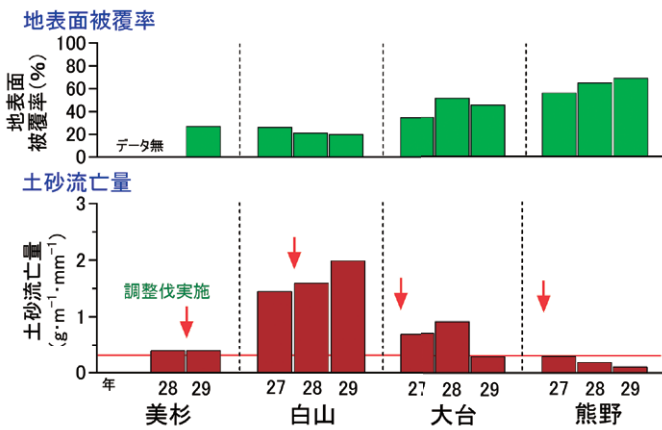
獣害防護柵を設置した試験区



## ●ヒノキ林の場合

獣害防護柵が無い試験区(通常施業)

獣害防護柵を設置した試験区

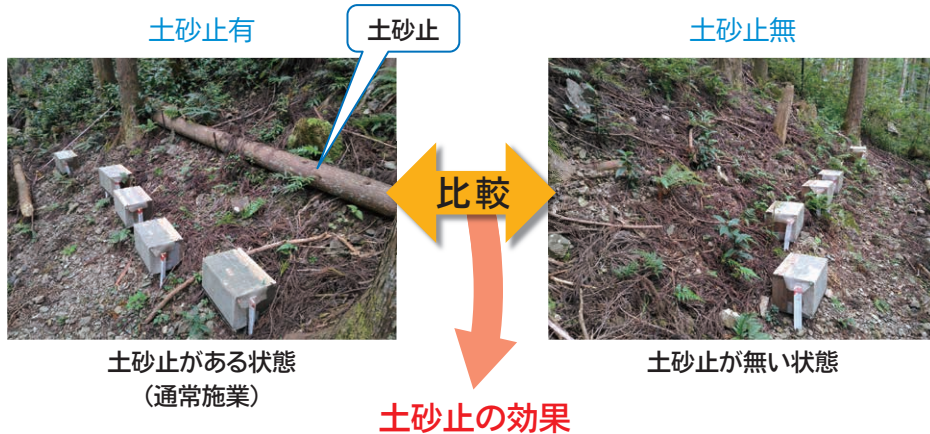


※三浦寛(2011) 柵なし土砂受け箱法による急傾斜林地における土壌侵食強度の変動範囲, 第122回日本森林学会大会学術講演集B-09

## 土砂止の効果は?

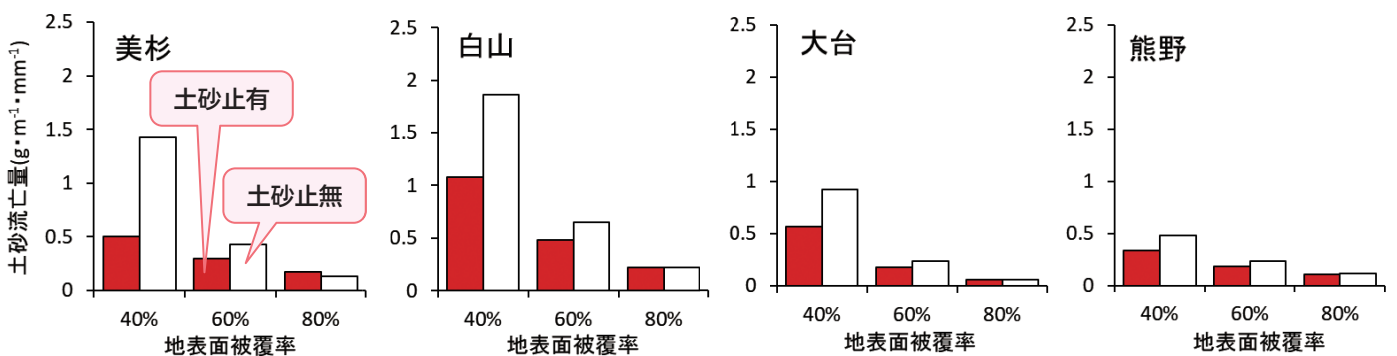
### A. 土砂止の設置による土砂流亡量の減少が確認できた

調整伐を行っても、立地条件等の影響で植生が侵入しにくいケースがあります。そのため、伐採した立木を等高線方向に横並べする土砂止の設置により、土砂流亡を緩和することを目指しています。土砂止の効果を明らかにするために、土砂止の有無による土砂流亡量の違いを比較しました。



## ●土砂止有無間の土砂流亡量の比較

地表面被覆の影響を揃えて土砂止有と無の土砂流亡量を比較したところ、いずれの試験地でも土砂止有は無よりも少ない傾向がみられました。また、地表面被覆率が低い箇所ほど土砂止の効果が大きいことがわかりました。





## (2) 航空レーザ測量データを用いたモニタリング調査

### 検証したいこと

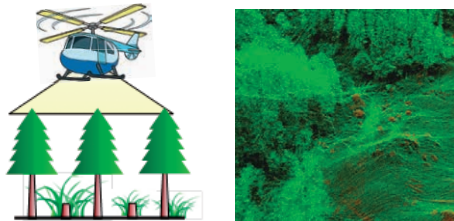
#### Q. 溪岸部、山腹部で、調整伐は立木の成長を促進するか？

調整伐を実施することで立木の肥大成長を促進し、胸高直径30cm以上の森林を育成することを目指しています。航空レーザ測量データの解析により、整備後の胸高直径の変化を広域的に明らかにすることで、成長促進効果を検証しました。

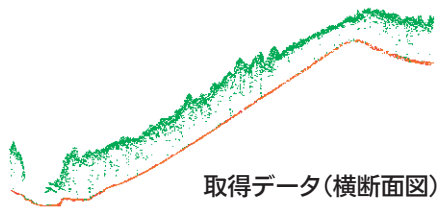
### 航空レーザ測量による森林モニタリング技術の開発

災害に強い森林づくり推進事業では、流域内を広域的に整備することで効果が発揮されることから、効果検証についても広域的に行う必要があります。航空レーザ測量は、航空機から地上に向けてレーザを照射し、その反射地点の地表面や地物の3次元位置構造を広範囲に取得する測量技術です。今回、名古屋大学、三重大学との共同研究により、航空レーザ測量データを用いた森林モニタリング技術を開発し、これにより高精度での広域的なモニタリングが可能となりました。

#### 航空レーザ測量の実施・データ取得



航空レーザ測量の実施 取得データ(鳥瞰図)



取得データ(横断面図)

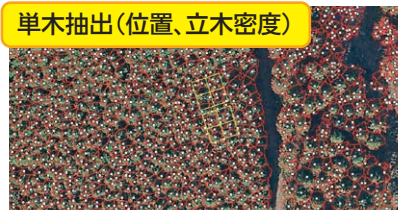
航空レーザ測量は  
広域的な評価が可能

#### データ解析

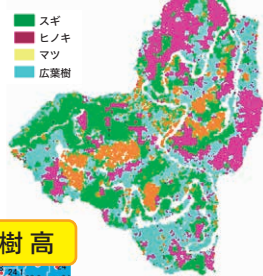
LiDARデータ  
解析システム

#### 森林情報 単木単位での解析

##### 単木抽出(位置、立木密度)



##### 樹種判別



##### 樹冠面積



##### 樹高



樹冠面積と樹高  
から直径推定

##### 胸高直径

樹種(スギ、ヒノキ)毎の式  
 $DBH = a \times \text{樹高}^b \times \text{樹冠面積}^c$

##### 林内相対照度の推定

レーザー透過率\*から  
相対照度を推定

\*照射したレーザのうち地面まで到達したものの単位面積あたりの割合

## 直径成長は促進されているか？

### A. 調整伐による成長促進が広域的に確認できた

調整伐の実施により立木の肥大成長の促進が期待されます。調整後の胸高直径の変化を把握するために、平成26年度に調整伐が行われた事業地の流域(多気郡大台町)を対象として、調整伐直後(平成27年8月)と調整伐後3年目(平成29年8月)の航空レーザ測量データを解析し、調整伐を行った調整伐区、調整伐を行っていない無調整区の直径成長を比較しました。

#### ●調整伐実施の有無による直径成長の違い

変化量の広域的傾向について、2年間の成長量はわずかでしたが、調整伐区の平均胸高直径成長量は無調整区よりも17%大きく、調整伐を行うことで直径成長が大きくなる傾向がみられました。

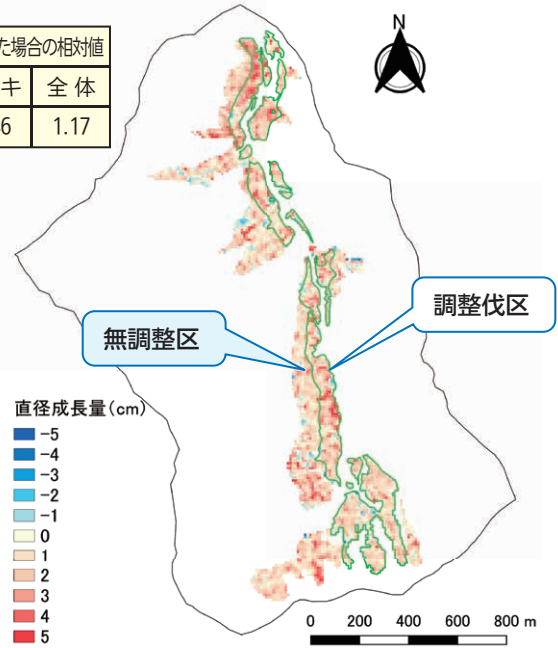
## ●解析対象流域の概要



## ●H27年からH29年の胸高直径の変化

平均胸高直径成長量

区域	無調整区を1とした場合の相対値		
	スギ	ヒノキ	全体
調整伐区	1.16	1.46	1.17



## 森林状態の現況は？

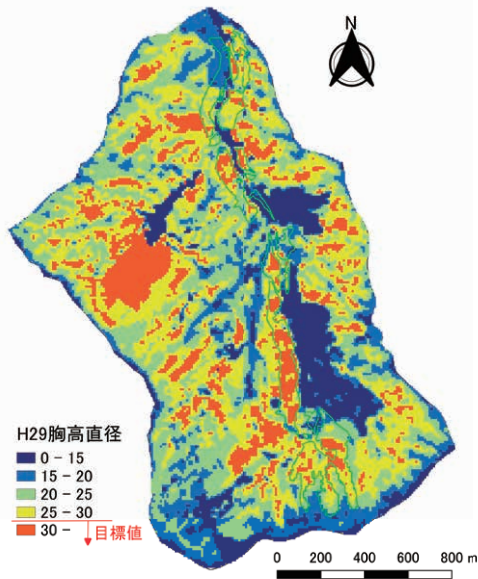
### A. 調整伐後の森林状態の現況が広域的に確認できた

調整伐後3年目(平成29年)の航空レーザ測量データを解析し、胸高直径、健全度(形状比)、林内相対照度の広域的な現状把握を行いました。

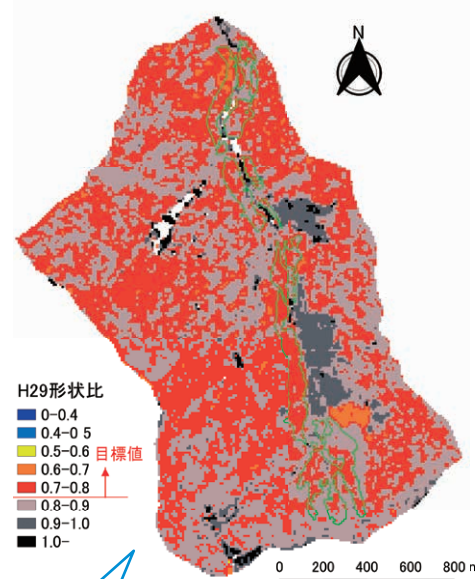
### ●森林状態の現況

調整伐区において、平成29年時点の胸高直径は平均26.8cmで、目標とする胸高直径30cm以上の部分は32%でした。ほとんどの部分では、今後も目標とする森林状態に達するまで、健全度や相対照度に注意しながら適切な管理を行う必要があります。

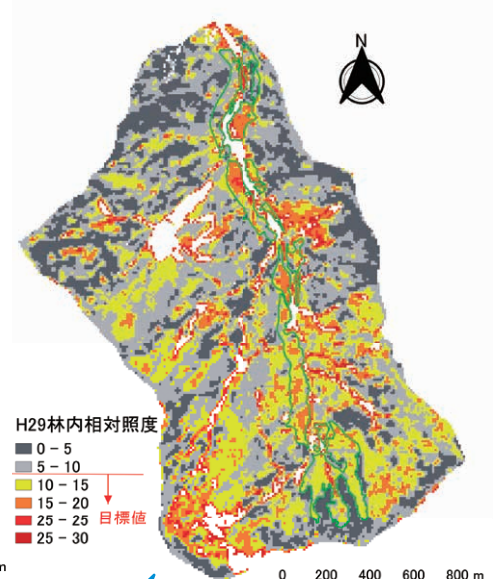
胸高直径(cm)



健全度(形状比)



林内相対照度(%)



樹高(m)を胸高直径(cm)で除した値。風害や雪害に対する強さを示す。0.8以上で危険、0.7以下で安全性が高いとされる。調整伐により値は小さくなる。

林内の明るさを示す。植生を侵入させ、成長させるには20%以上、植生を維持するには10%以上が必要とされる。



### (3) 立木引き倒し試験による根系抵抗力調査

#### 検証したいこと

#### Q. 溪岸部で、土石流に対して十分な緩衝機能が得られるか？

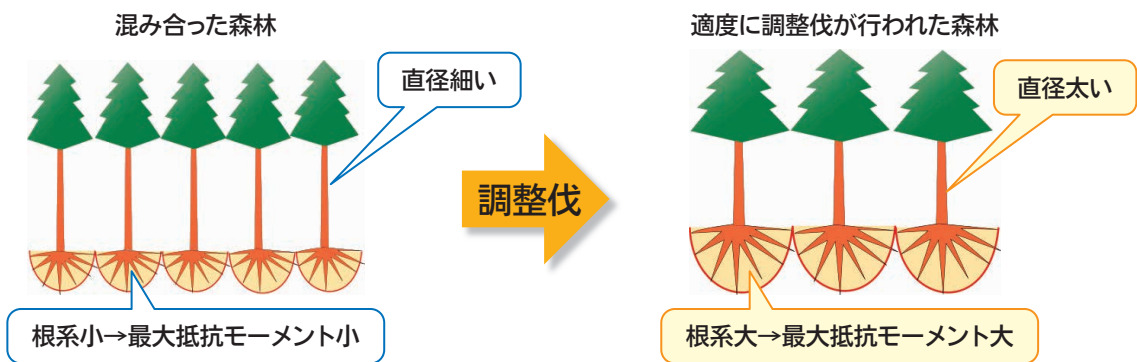
立木を肥大成長させることで、流木や土石流に対する緩衝機能を高めるために調整伐を行っています。目標とする森林状態に誘導することで、事業が想定する規模の土石流に対して十分な緩衝機能<sup>\*</sup>が得られるかどうかについて検証しました。

<sup>\*</sup>立木が倒れずに土石流等を捕捉する効果

#### 緩衝機能の発揮と調整伐の関係

森林の土石流等に対する緩衝機能は、立木を倒そうとする土石流の流体力に対する立木の抵抗力で示されます。このとき流体力を「流体モーメント」、抵抗力を「最大引き倒し抵抗モーメント(以下、最大抵抗モーメント)」と呼び、土石流の流体モーメントよりも立木の最大抵抗モーメントが大きいときに土石流に対する緩衝機能が発揮されます。

立木の抵抗力は、根系によって発揮され、根系の大きさに比例して大きくなります。一般的に根系の大きさは幹の直径に比例することから、直径と最大抵抗モーメントの関係においても、高い正の相関関係がみられ、直径が太い立木ほど土石流に対する緩衝機能が大きくなります。適切な調整伐を行い、立木を太らせることは土石流に対する緩衝機能を向上させることとなります。



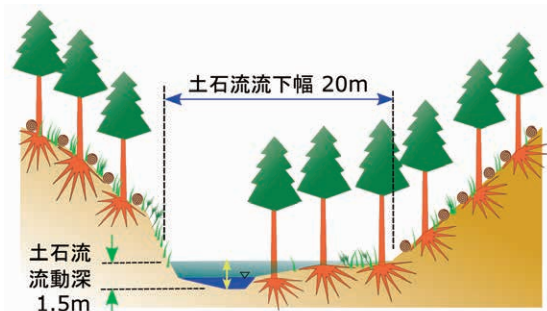
#### 事業が想定する土石流規模と検証が必要な理由

事業では、溪床勾配5°、土石流流下幅20mの場所でピーク流量100m<sup>3</sup>/秒の土石流が流下すると想定しています。この規模の土石流の流体モーメントに対して緩衝機能を発揮するために、国内で得られた既存の最大抵抗モーメント推定式を根拠として、胸高直径30cm以上の森林を育成することを目標としています。しかし、既存推定式は、胸高直径30cm以下の小～中径木の最大抵抗モーメント値をもとに、胸高直径から最大抵抗モーメントを推定する式を作成しているため、胸高直径が大きい立木では推定精度に不安があります。このため、胸高直径30cm以上の立木の最大抵抗モーメントを実測し、土石流の流体モーメントよりも大きいことを確認する必要があります。

##### 事業で想定する土石流規模

溪床勾配：5°  
土石流流下幅：20m  
ピーク流量：100m<sup>3</sup>/s

胸高直径30cmになった際、  
立木1本当たりにかかる土石流の流体モーメント：11kNm



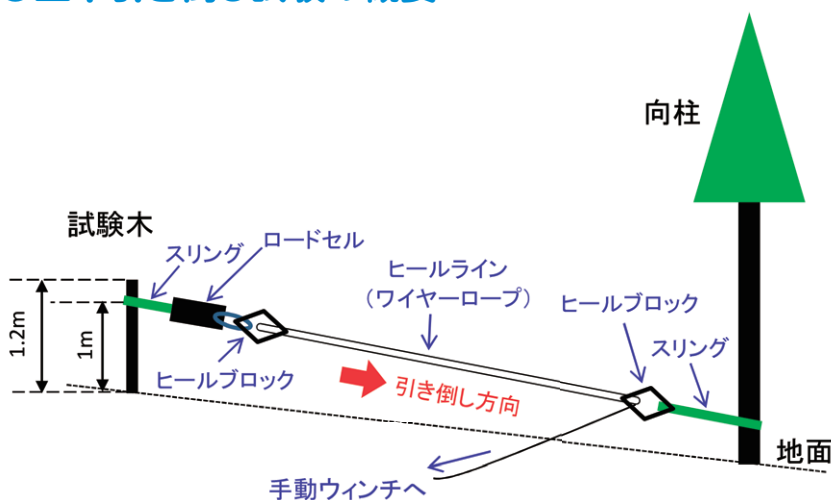


# 十分な根系抵抗力が得られるか？

## A. 調製伐により立木を太らせて目標とする森林状態に誘導することで、事業が想定する規模の土石流に対して十分な緩衝機能が得られることを確認できた

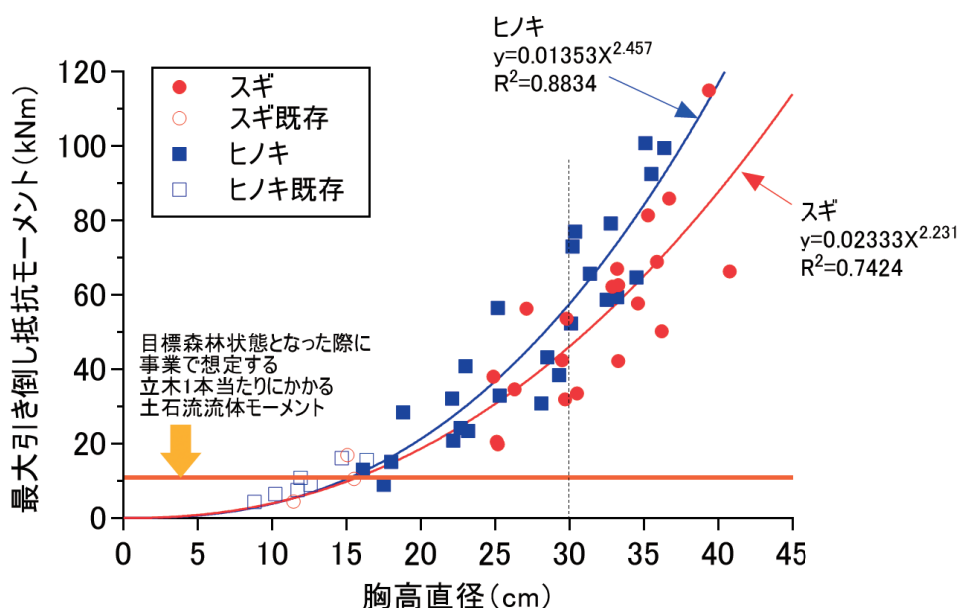
胸高直径が30cmになった際に、事業で想定する土石流の流体モーメントを上回る最大抵抗モーメントがスギ、ヒノキ立木で得られることを検証しました。津市内の森林において、胸高直径30cm以上の立木を中心にスギ20本、ヒノキ25本の試験木を選定し、立木引き倒し試験により最大抵抗モーメントを測定しました。このデータに過去に三重県内で行われた立木引き倒し試験のデータ(スギ3本、ヒノキ7本)を加え、スギ23本、ヒノキ32本のデータセットから、樹種毎に胸高直径と最大抵抗モーメントの関係を検討しました。

### ●立木引き倒し試験の概要



### ●胸高直径と最大抵抗モーメントの関係

胸高直径と最大抵抗モーメントの関係から、胸高直径30cmに成長した際に、事業が想定する立木1本当たりにかかる土石流の流体モーメント(11kNm)よりも大きな最大抵抗モーメントが得られることがわかりました。





**みえ森と緑の県民税  
災害に強い森林づくり推進事業  
効果検証にかかる調査・研究事業の結果**

発行年月：平成31年3月

編集・発行：三重県林業研究所  
〒515-2602 三重県津市白山町二本木3769-1  
電話：059-262-5351 / FAX：059-262-0960  
Email：ringi@pref.mie.lg.jp