

## 間伐遅れの過密林分のための 強度間伐施業のポイント

この冊子は、独立行政法人森林総合研究所運営費交付金研究プロジェクトにより平成 19 年度～ 21 年度に実施された課題「管理水準低下人工林の機能向上のための強度間伐施業技術の開発」における研究成果の一部を取りまとめたものです。

独立行政法人森林総合研究所では、第 2 期中期計画の成果として下記の重点分野ごとに成果集を刊行しております。

地球温暖化対策に向けた研究（温暖化対策）  
森林と木材による安全・安心・快適な生活環境の創出に向けた研究（安全・安心）  
社会情勢変化に対応した新たな林業・木材利用に関する研究（林業・木材利用）  
新素材開発に向けた森林生物資源の機能解明（生物機能）  
森林生態系の構造と機能の解明（生態系解明）

---

発行日	2010 年 7 月
編集・発行	独立行政法人 森林総合研究所四国支所 780-8077 高知市朝倉西町 2-915 Tel.088-844-1121(代) Fax.088-844-1130
お問い合わせ	連絡調整室 koho-ffpri-skk@gp.affrc.go.jp
ホームページ	<a href="http://www.ftpri-skk.affrc.go.jp/">http://www.ftpri-skk.affrc.go.jp/</a>
印刷所	(有)西村謄写堂 780-0901 高知市上町 1-6-4 Tel.088-822-0492

---

本誌から転載・複製する場合は、森林総合研究所四国支所の許可を得て下さい。



独立行政法人 森林総合研究所

# 間伐遅れの過密林分のための 強度間伐施業のポイント



独立行政法人 森林総合研究所

## は じ め に

山村地域における林業の担い手の減少や高齢化、長引く木材価格の下落などにより、林業を取り巻く経営環境がとても厳しい状況となっています。それに伴って、間伐などの手入れが十分にされていないスギ・ヒノキの過密林分が増加しています。このような間伐遅れの過密林分を手入れせずにそのまま放置すれば、森林が持っている木材を生産する機能や水土保持機能などが損なわれる心配があります。

このような中で、間伐遅れの過密林分に対して、人手がかからず、さらに間伐回数を減らすことで作業コストの削減が期待できる強度間伐が、近年、実施されるようになってきました。強度間伐は、作業のコスト削減のみならず、樹木の成長促進、水土保持機能向上、生物多様性の拡大などの効果も期待され、手入れ不足の森林を健康にするための省力的で効果的な方法のひとつと言えます。しかしその一方で、長期間放置されていた森林を一時に高い間伐率で伐採するために、「風害や虫害の発生に対しては大丈夫なのか?」、「残存木にストレスがかからないか?」といったことも懸念されますので、強度間伐のメリットやデメリットを把握したうえで実施することが大切です。また、強度間伐を進めていくためには、安全で効率的な搬出技術を開発することや、強度間伐によってどのくらいの収益が確保できるのかといった予測も必要となります。

そこで、このような問題を解決するために、森林総合研究所では平成 19 年度から研究プロジェクト「管理水準低下人工林の機能向上のための強度間伐施業技術の開発」を実施してきました。本冊子は、本研究プロジェクトにより得られた研究成果をもとに、強度間伐を進めていく上でのポイントを示したものです。強度間伐という施業については解決すべき課題がまだまだあるところですが、林業現場における取り組みの参考にいただければ幸いです。

なおプロジェクト研究の実施にあたり、国有林関係者、高知県林業振興・環境部関係者、高知県下の森林所有者など多方面の方々に試験地の提供や調査のサポートなど多大なご協力をいただきました。ここに心から感謝申し上げます。

森林総合研究所四国支所 支所長 今 富 裕 樹





# どうして強度間伐なのか？

間伐遅れの過密林分が増えており、そのまま放置し続けると、林木の成長にも林地の保全にもよくありません。少々思い切って、強度の間伐をしないと林内環境は改善しません。でも、一度にたくさん伐っても大丈夫？ そんな疑問にお答えします。



## 強度間伐施業のポイント

強度間伐で木は太く成長 (1) 四国のヒノキ林 .....	1
強度間伐で木は太く成長 (2) 九州のスギ林 .....	3
強度間伐をしても材の強度は変わらない .....	5
50%間伐でも水分ストレスの兆候なし .....	7
注意すべき立地条件 (1) 虫害リスク .....	9
注意すべき立地条件 (2) 風害リスク .....	11
強度間伐によって河川の水量は増える .....	13
強度間伐作業は効率的で低コスト .....	15
安全と省力化のための新作業システムの提案 .....	17
用語の解説 .....	19

# 強度間伐で木は太く成長（１） 四国のヒノキ林

強度間伐は、その後の成長にどのような影響を与えるのでしょうか？

四国（高知県）の 30 ～ 38 年生のヒノキ林を対象に、林分成長への影響を調べてみました。

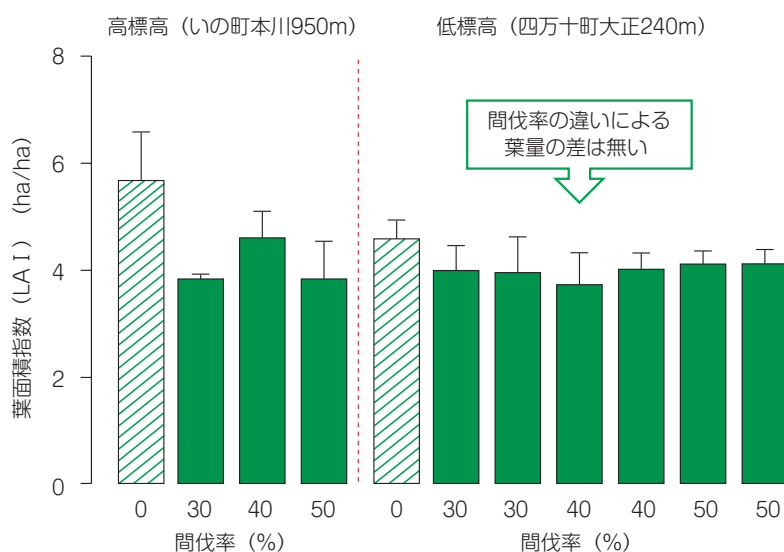
- 強度間伐後、一時的に葉の量が減りますが、6 年ほどで通常間伐<sup>注</sup>と同程度に回復しました。
- 間伐 6 年後の林分成長は、間伐率（本数）30 ～ 50%の範囲ではほとんど差がありませんでした。
- 直径成長は、間伐率が高い方が良く、形状比も低く改善されました。

注）ここでは過密林分に対する本数間伐率 30%の下層間伐を想定しています。

## 強度間伐とはどのくらい伐るのか

- Ry（収量比数）が 0.8 以上にもなっている混み合った林分では、本数間伐率で 40%以上伐ります。
- さらに混んでいる場合は、本数間伐率で 60%以上伐ります。

## 間伐率を変えても葉量への影響は変わらない



林分の葉の量は、強度間伐直後にいったん減りますが、間伐率にかかわらず 6 年ほどで通常間伐と同程度に回復しました。葉は光合成を行う器官であり、樹木にとって生産の基盤です。葉の量が回復すれば今後の材積成長の回復も望めます。

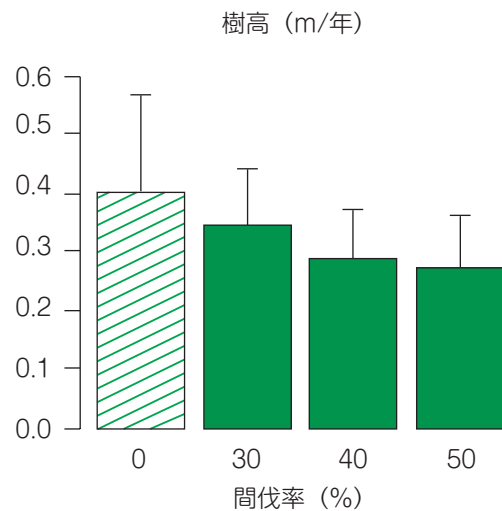
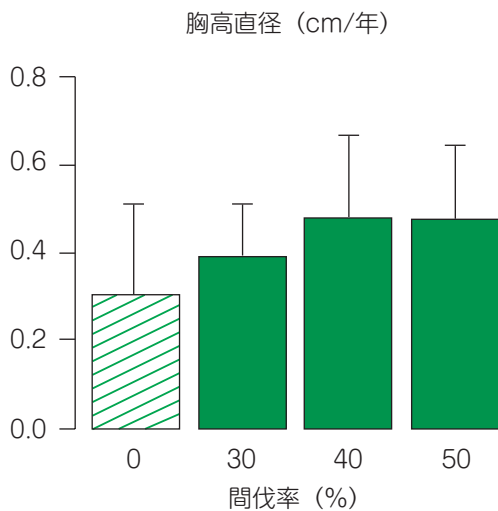
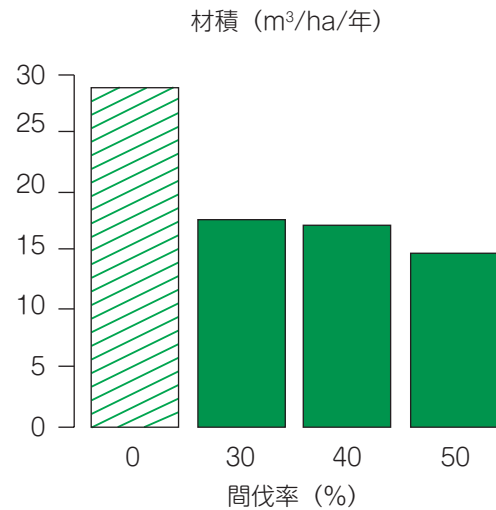
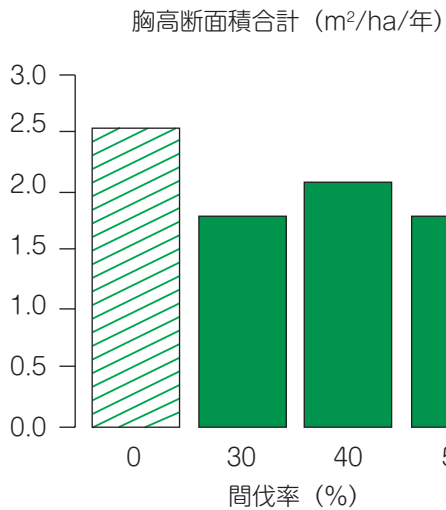
**生産の基盤は回復**

## 間伐率が高い方が個々の木は太く成長

林分での成長量の違い



胸高断面積合計、林分材積ともに無間伐区に追いついていない。ただし、通常間伐と強度間伐による成長の差は無い。



個体の大きさの変化



直径の成長は40%、50%間伐で良くなる。樹高は無間伐区より伸びない。結果として形状比は改善する。

間伐後6年経過した高標高ヒノキ林の成長

## 強度間伐で木は太く成長（２） 九州のスギ林

スギの場合はどうでしょうか？

間伐遅れではない33年生のスギ林（鹿児島県、地位Ⅰ等）で強度間伐と通常間伐を行い、17年後の林分構造と残存木の成長経過の違いを調べました。

- 強度間伐は、直径成長と材積成長に大きな促進効果がありました。
- 強度間伐は、形状比が改善しました。
- 強度間伐は、通常間伐より早期に太い材を多く生産できそうです。
- 強度間伐は、主伐までの間伐回数を減らせます。

### 強度間伐と通常間伐の、17年後の林分構造の違い

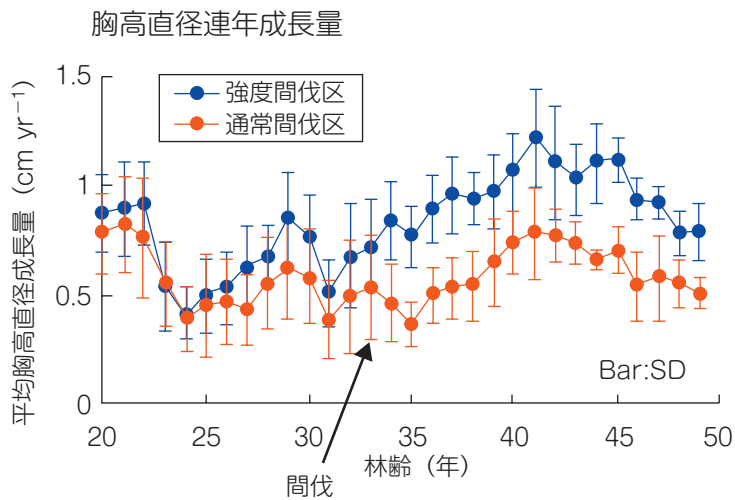
33年生時に  
本数で62%間伐

33年生時に  
本数で約20%間伐

	強度間伐	通常間伐	通常間伐に比べて強度間伐でどうなったか
立木密度 (本 ha <sup>-1</sup> )	441	697	→ 今までのところ大きな風害はない
収量比数	0.56	0.74	→ 間伐効果が顕著で、当面間伐は不要
平均胸高直径 (cm)	42.0	34.5	→ 太い木が多くなった
平均樹高 (m)	21.5	22.7	→ 若干低い
平均形状比	51.1	66.7	→ 間伐後に大きく低下（改善）した
平均枝下高 (m)	9.7	12.2	→ 枝の枯れ上がりがあまり進まない
平均樹冠長率 (%)	54.8	46.0	→ 相対的に樹冠が長くなった
断面積合計 (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	61.9	66.7	→ 通常間伐より小さい（差は縮まった）
林分材積 (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	598	703	→ 通常間伐より小さい（差は縮まった）

## 強度間伐によって直径成長や材積成長が促進される

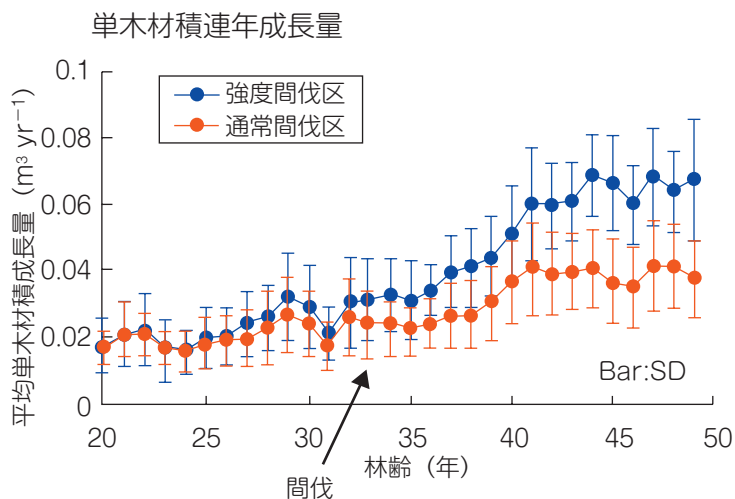
樹幹解析木5本ずつ  
の平均値から



直径成長量は、強度間伐後すぐに  
増え始め、強度間伐の方が大きく  
増加



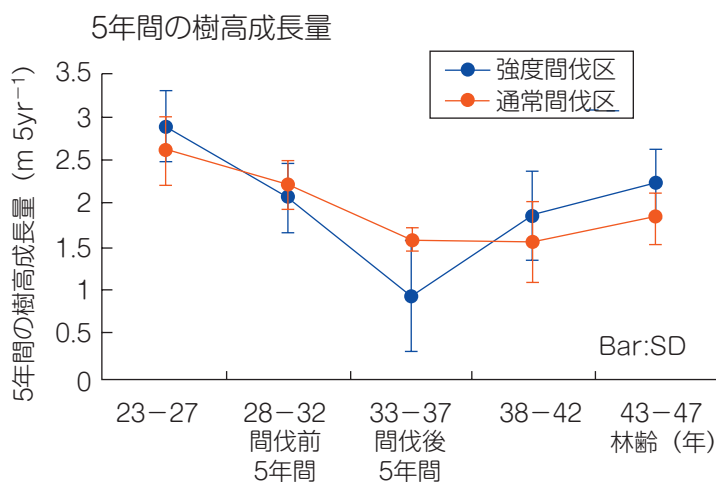
**直径成長は促進され、  
個々の木は太くなる**



単木の材積成長量は、強度間伐の方  
が大きく増加し、増加する期間  
も長い



**間伐効果が長く持続し、  
個々の木の材積は大きく  
なる**



樹高成長量は、強度間伐の方が間伐  
直後にやや減少するが、その後は大  
きな差はない



**形状比は改善する**

ヒノキでもスギでも、強度間伐すると木は太く成長し形状比が改善される傾向にあります。ただし、これは比較的若い林(6~7齢級)での調査例で、高齢林では成長が順調には回復しない例もあるようです。ですから、本当に手遅れにならないうちに間伐に着手しましょう。



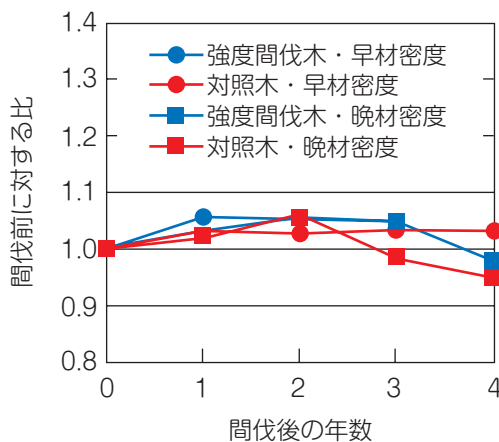
## 強度間伐をしても材の強度は変わらない

強度間伐は、木材の材質に影響するのでしょうか？ 間伐遅れのスギ林、ヒノキ林に強度間伐（本数間伐率 50%）を行い、1）間伐の前後、2）間伐の有無による材質の違い（密度、ヤング率等）を調べました。

- 間伐遅れの林分に対する強度間伐後に形成された材でも早材及び晩材の密度はほとんど変化しませんでした。
- 強度間伐後に形成された材のヤング率は、強度間伐していない材のヤング率とほとんど差がありませんでした。

つまり、間伐遅れの林分に対する強度間伐によって、材質が大きく低下することはなさそうです。

### 強度間伐から 4 年間の年輪構造の変化

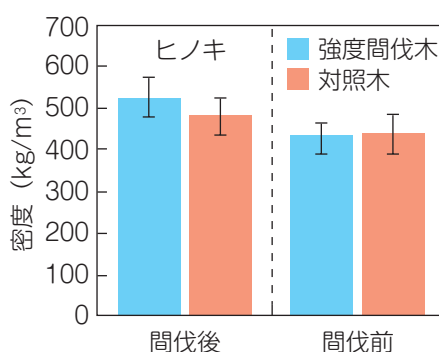
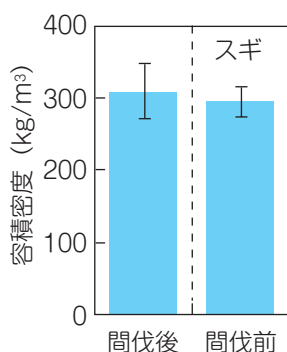


- 早材の平均密度は、強度間伐木と対照木とではほとんど差がなかった。
- 晩材の平均密度は、強度間伐木と対照木とではほとんど差がなかった。
- 間伐後の早材及び晩材の平均密度は間伐前とほとんど差がなかった。



密度は、通常木と同様に晩材率の影響を受ける。

### 強度間伐前後の密度の比較



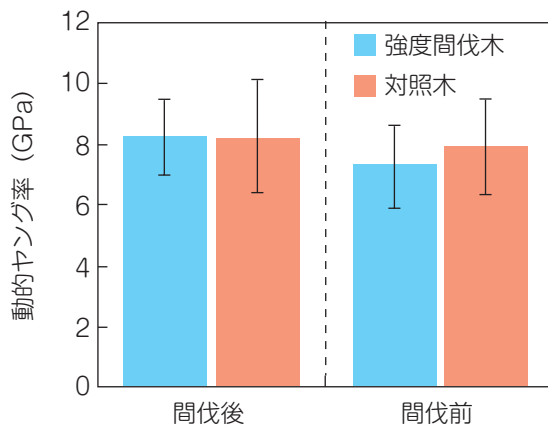
- スギでは、強度間伐の前後で、容積密度に差がなかった。
- ヒノキでは、間伐の前後でも、強度間伐木と対照木との間でも密度の差がなかった。



密度への影響はほとんどなかった。

## 強度間伐前後及び対照木とのヤング率の比較

強度間伐前後及び対照木との動的ヤング率の比較（スギ）

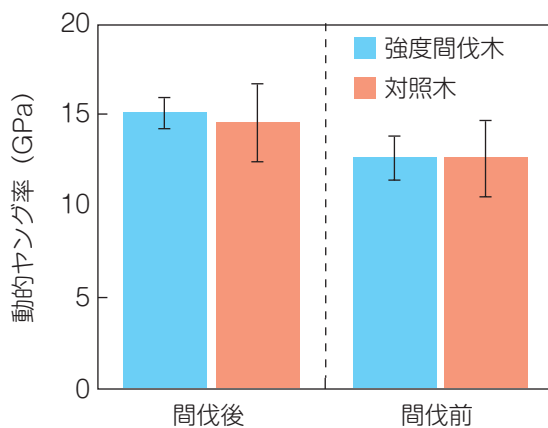


強度間伐の前後及び強度間伐木と対照木との間にはヤング率の差はみられなかった。



**ヤング率への影響はみられなかった。**

強度間伐前後及び対照木との動的ヤング率の比較（ヒノキ）



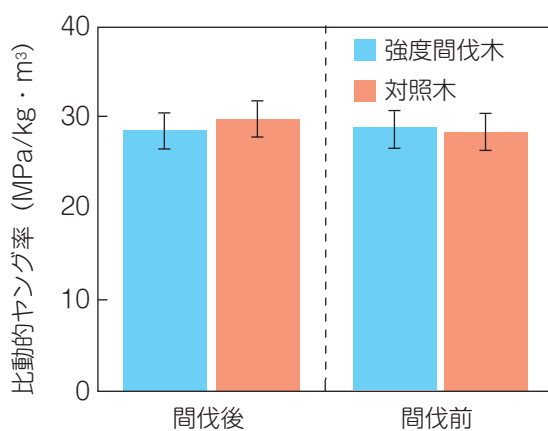
● 間伐年前後のヤング率には、強度間伐木、対照木ともに差がみられた。

● 強度間伐木と対照木との間にはほとんど差がなかった。



**ヤング率への影響はほとんどなかった。**

強度間伐前後及び対照木との比動的ヤング率の比較（ヒノキ）



ヒノキの比動的ヤング率は、間伐前後でも、強度間伐木と対照木の間でもほとんど差がなかった。



**ヤング率に対する密度以外の要因の影響はほとんどなかった。**

ただし、間伐遅れの林分に対する強度間伐は、施業法としての歴史が浅いので、長期的な影響についてはまだ十分にわかりません。

## 50%間伐でも水分ストレスの兆候なし

ヒノキ林で強度な間伐を行うと、急激な環境変化のために残存木のストレスが増大し、生育に変調を来すおそれがあります。

そこで、間伐強度の異なるヒノキ林で葉の炭素安定同位体比を測定したところ、本数で50%の間伐をした林分でも、**炭素同位体比**が高い傾向が認められず、水分ストレスの兆候はみられませんでした。

ただし、あまりに間伐率が大きいと（75%）、土壌中に十分な水があるにもかかわらず（→p13～14「強度間伐によって河川の水量は増える」参照）、残存木の水分ストレスが大きくなり、衰弱する可能性があります。

### 炭素同位体比と水分ストレスの関係

炭素には質量数 12 ( $^{12}\text{C}$ ) と 13 ( $^{13}\text{C}$ ) の安定同位体があります。

大気中での  $^{13}\text{C}$  と  $^{12}\text{C}$  の割合は ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ )、ほぼ一定です。

植物の体内では、その割合が変化します。たとえば葉の気孔開閉によって・・・

気孔を閉じている（水分ストレスが大きい）

→高い同位体比

気孔を開いている（水分ストレスが小さい）

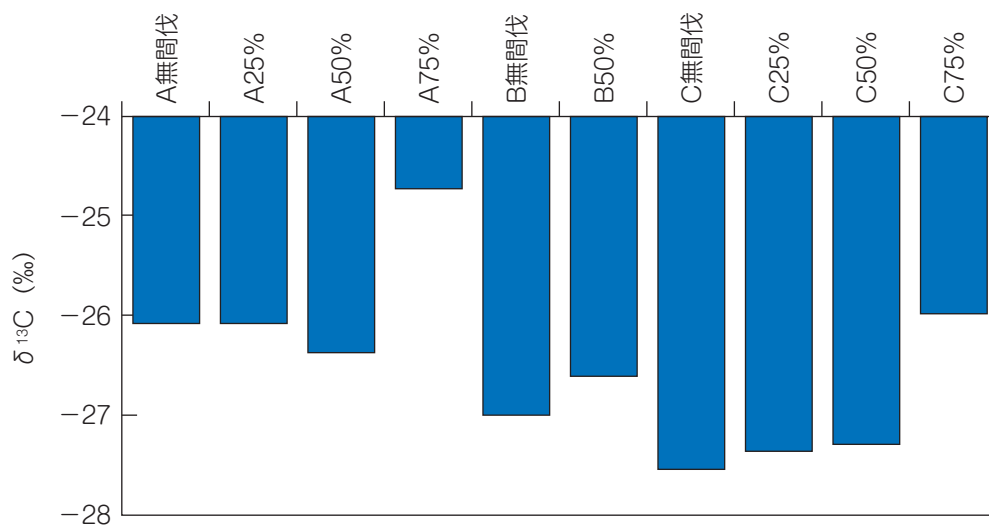
→低い同位体比

炭素安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) が大きいほど、気孔を閉じた状態であり、水分ストレスが大きいと考えられます。

炭素安定同位体比は質量分析計で分析します。葉の乾燥試料があれば、比較的多くの試料の炭素安定同位体比を高い精度で分析することが可能です。

## 高知県津野町のヒノキ林での調査結果

- 間伐強度の異なるヒノキ林 10 箇所で調査しました。ヒノキ残存木の生葉を採取し、炭素安定同位体比  $\delta^{13}\text{C}$  を測定しました。
- 間伐率が 75%（本数）の林分の炭素安定同位体比は、50%以下の林分よりも高い傾向がありました（下図）。
- 50% の強度間伐であっても、水分ストレスは顕著ではないことが明らかになりました。



間伐2年後のヒノキ葉の炭素安定同位対比  $\delta^{13}\text{C}$   
A、B、C 地域で調査をしました（数字は間伐率）。



無間伐区



50% 間伐区



## 注意すべき立地条件（１） 虫害リスク

ヒノキ林で強度な間伐を行うと、立ち枯れ木が発生することがあります。間伐後に残った立木が虫害を受けてヒノキが枯れる現象について、立地条件と枯損を引き起こす害虫マスダクロホシタマムシの生態から、どのような場合に被害が発生する危険性が高いか検討しました（四国での調査結果）。

- 間伐率が高いと、ヒノキの枯損を引き起こす害虫マスダクロホシタマムシが発生する確率が高くなります。
- マスダクロホシタマムシによるヒノキの立ち枯れは低標高の場所（四国では海拔600m以下）で多く発生していました。
- 南向き斜面では特にマスダクロホシタマムシによるヒノキの立ち枯れが発生しやすいので要注意です。
- このような条件の場所を除けば、強度な間伐を実施しても、マスダクロホシタマムシによる立ち枯れが発生する危険性は低いと言えます。

### ヒノキの立ち枯れと虫害、立地条件の関係

ヒノキは急激な環境変化に弱い

極端に強度な間伐は残った立木にとってはストレスになる可能性があります

弱った木は害虫にやられやすい

マスダクロホシタマムシは通常は健全な樹木を加害しませんが、弱って樹脂（ヤニ）があまり出ないヒノキには集中して加害して、枯損を引き起こします

立ち枯れが発生しやすい立地条件がある

こういう条件の場所のヒノキ林では、極端に強い間伐は避け、通常間伐を行った方がよい

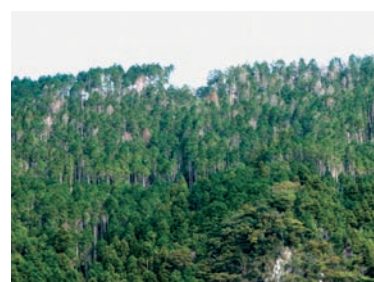
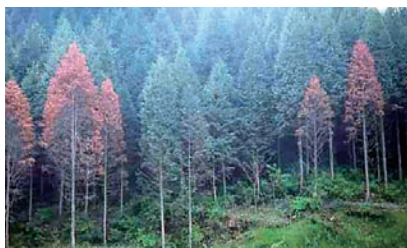
標高が低い場所で虫害によるヒノキの枯死が多く発生します

四国の場合は標高 600m 以下の場所

斜面の方位・位置によっても立ち枯れの発生しやすさがあります

南向き斜面（南東向き、南西向きも含む）では枯死が多発

尾根に近い場所では特に要注意



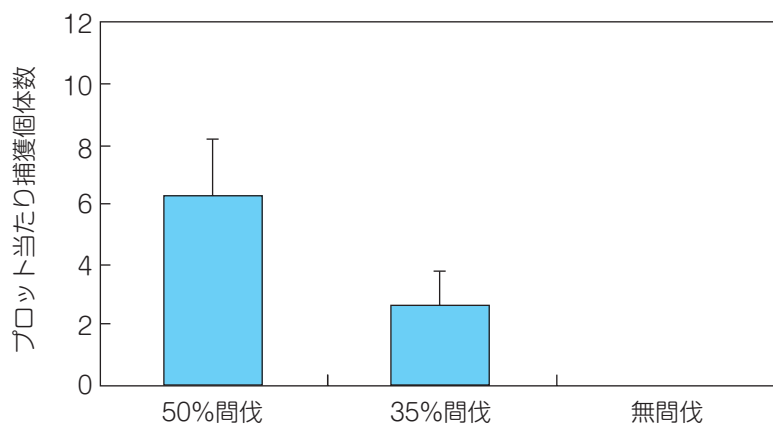
弱ったヒノキの内樹皮を食い荒らして枯らす害虫  
マスダクロホシタマムシ（左：幼虫、右：被害木）

間伐後に枯損が生じたヒノキ林



## こんな場所では通常間伐も併用しましょう（四国のヒノキ林）

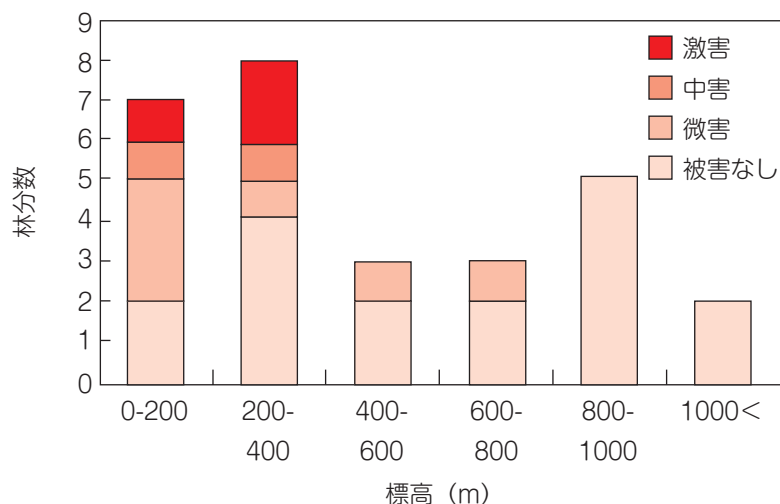
間伐したヒノキ林におけるマスダクロホシタマムシの発生状況



間伐率が高いと  
害虫の発生密度  
が高い

材積率50%間伐、35%間伐、無間伐のヒノキ林調査プロット（3回くりかえし）で、誘引器によるマスダクロホシタマムシの捕獲個体数を比較。

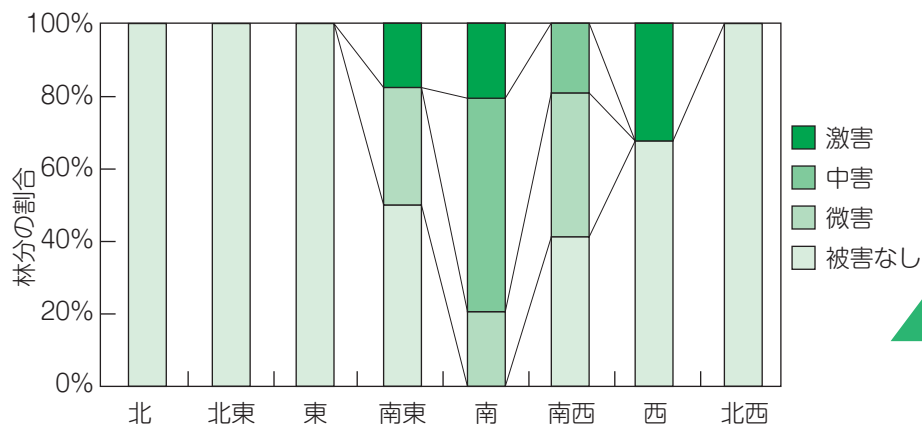
強度な間伐を行ったヒノキ林における立ち枯れ木の発生状況



虫害による  
立ち枯れは  
標高の低い場所  
ほど多い

激害 立木の20%以上が枯死  
中害 散発的に枯死が発生。枯損木は10～20%程度。  
微害 単木的に枯死木がみられる。枯損木は10%以下。

間伐後に立ち枯れが発生したヒノキ林の斜面方位



南向き斜面では  
特に立ち枯れが  
発生しやすい

## 注意すべき立地条件（２） 風害リスク

風害は風の力が樹木の耐えられる限界を超えたときに発生します。風によって林木にどの程度の力が働くのか、それによって風害はどの程度発生するのか、をモデルシミュレーションで評価し推定しました。

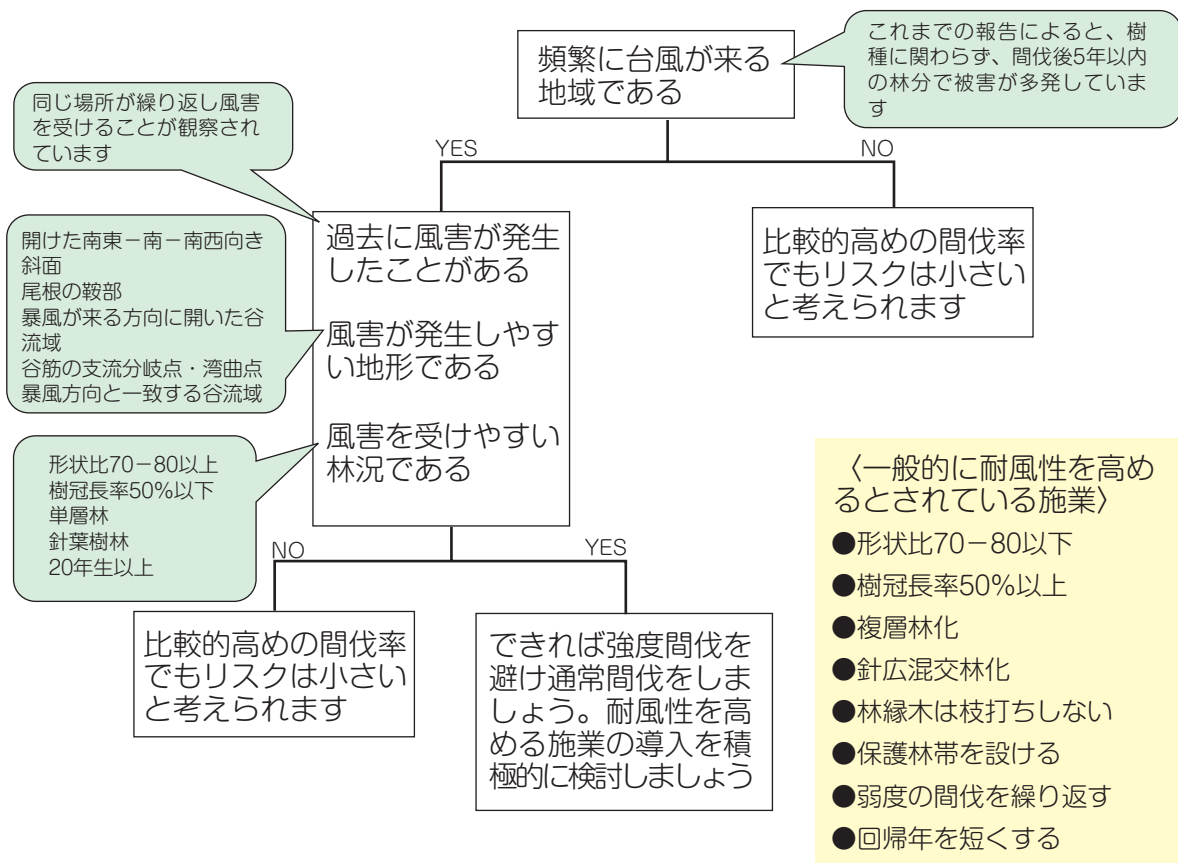
### ●過密林分を強度間伐すると、風害リスクが高まると予測できました。

→ 風害リスクの高い条件下（下記のフローチャートを参照）では強度間伐を避けたほうがよい。

### ●過密林分では間伐率を抑えることで風害リスクを軽減できると予測できました。

#### 耐風性を高めるために、場所や林況によって通常間伐の選択も必要

風や林の状況を以下のフローチャートに従って確認し、必要に応じて耐風性を高める施業の導入や間伐率を検討（「リスクの小さい間伐率」参照）しましょう



## 過密林分と風害リスク

過密林分をどのように扱うべきか、傾斜 30 度の林地にヒノキを 3000 本 /ha 植栽し、3つのシナリオに従って間伐した後に強風が吹いた場合を想定して、根返りする林木の割合を、数学モデルで推定しました。

### 3つのシナリオ

#### ①適正密度管理

収量比数0.7のとき0.6まで間伐（本数間伐率28%）

#### ②過密林分の強度間伐

収量比数0.9のとき0.6まで間伐（本数間伐率63%）

#### ③過密林分だが間伐率抑制

収量比数0.9のとき0.8まで間伐（本数間伐率29%）

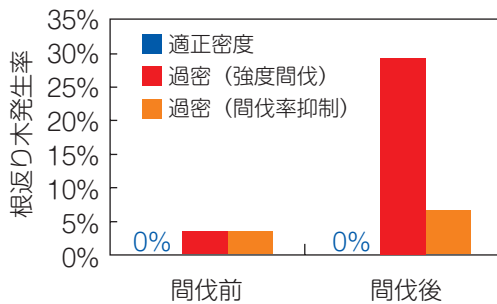
- 適正に密度管理したとき根返りが発生しないと推定できた
- 過密（強度間伐）は根返り木発生率が急上昇すると推定できた
- 過密（間伐率抑制）は上昇がわずか



- 過密林分にしないことが重要と考えられます
- 過密林分の強度間伐はリスクが高いと予測できました
- 過密林分でも間伐率を抑えればリスクは減らせると予測できました

ただし、適正密度にするには間伐回数が多くなります

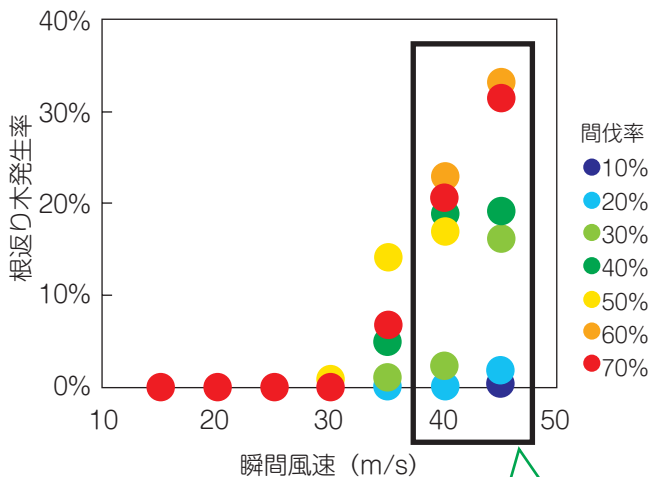
根返りと判定された林木の割合



## リスクの小さい間伐率

ひとたび根返りが発生すると、そこから周辺の林木へ被害が拡大すると言われています。最初の根返りを発生させないためには、間伐率はどの程度にすべきでしょうか。

間伐率ごとの根返り木の発生率（Ry0.9の例）



強風下では、Ry0.9のとき本数間伐率10～20%以下、Ry0.8、Ry0.7のとき20～30%以下で根返りの発生確率が低い



間伐率30%以下なら、風速40m程度までは比較的根返りが起きにくいと推定できました

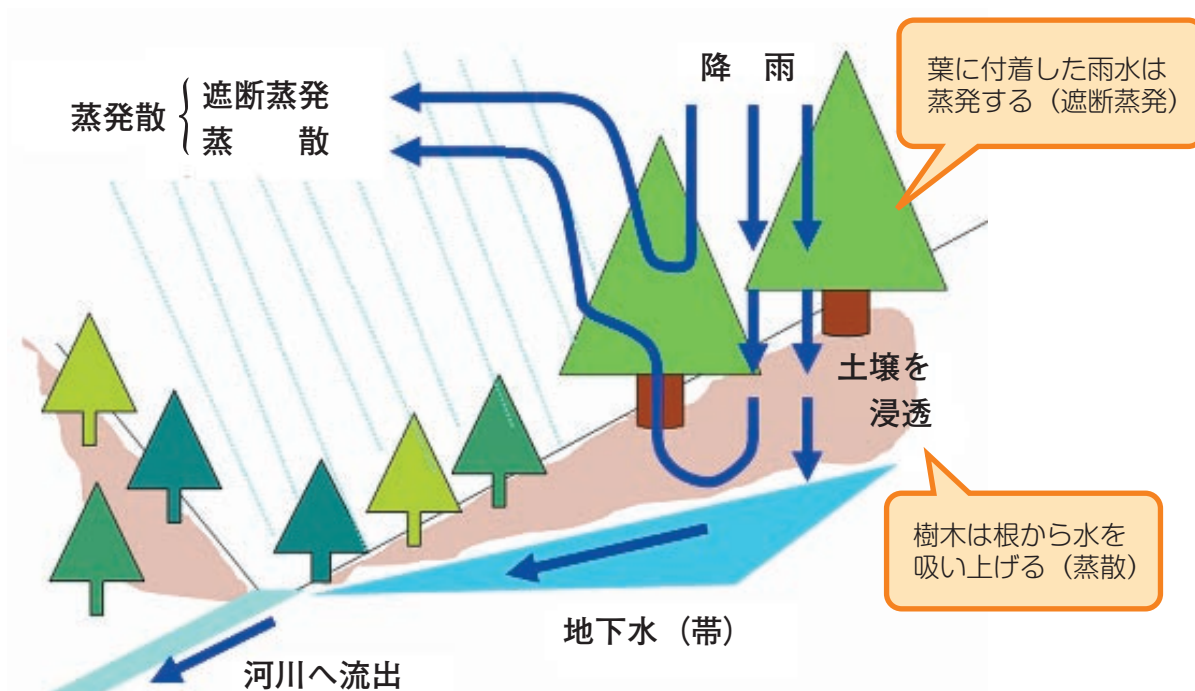
台風による強風（平均風速20m/s程度）に相当します

## 強度間伐によって河川の水量は増える

森林には洪水や渇水を緩和する機能があるといわれていますが、間伐すると、河川の流量はどうなるでしょうか？ 高知県・愛媛県の25～66年生のヒノキ林で、強度～通常の間伐を行い、間伐が土壌水分へ与える影響を調べました。森林での水の動きの研究を参考に、間伐が河川の流量へ与える影響を推定しました。

- 間伐すると、表層土壌の水分は増えます。
- 間伐すると、河川の流量は増えると考えられます。

### 森林における水の動きの概念図

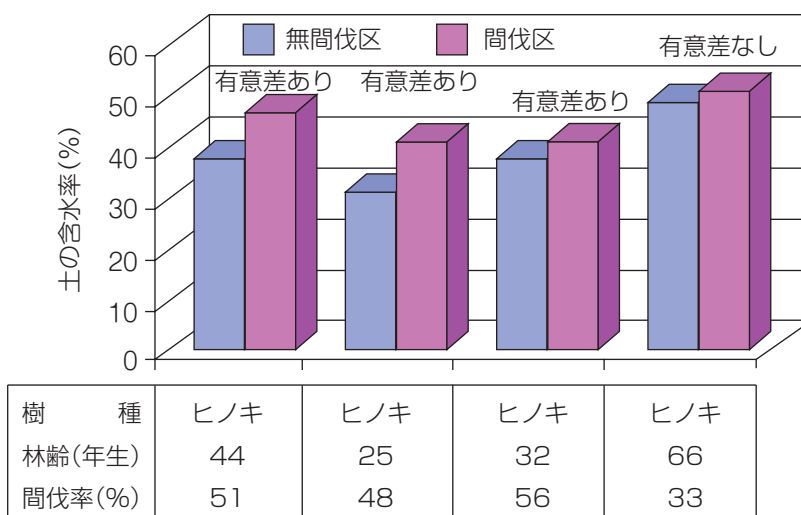
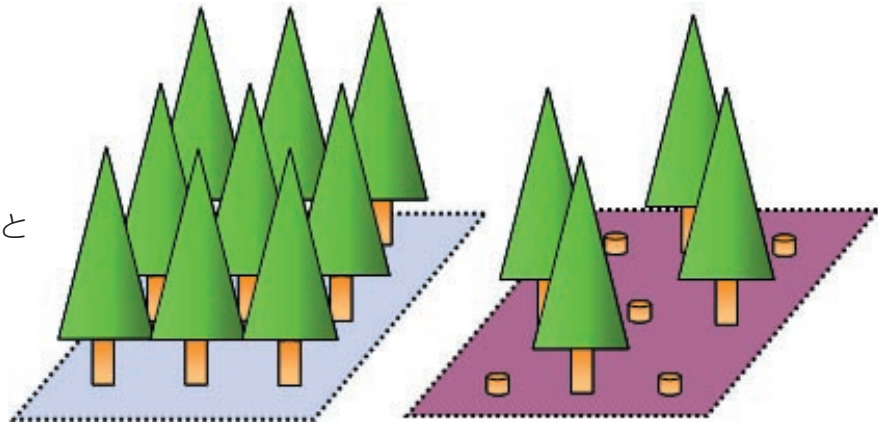


雨水  $\div$  遮断蒸発 + 蒸散 + 河川の流量

間伐すると、樹木が減ったぶんだけ、蒸発・蒸散に使われる水の量が減る。

## 間伐・無間伐の表層土壌の含水率の比較

隣接する無間伐区(左)と  
間伐区(右)で  
土の含水率を測定



強度間伐では、有意差がありました ( $p < 0.05$ )

土の含水率は、無間伐区より間伐区のほうが湿っているという傾向がありました。



間伐する → 樹木が減る → 蒸発・蒸散が減る  
→ 土に含まれる水が増える  
→ 河川の流量が増える



## 強度間伐作業は効率的で低コスト

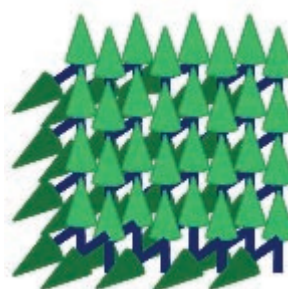
森林の伐採・集材作業では、まとめて伐るほど作業の能率が上がりコストを下げる効果が期待できます。傾斜地での作業システムとして普及している、スイングヤード作業システムを使って強度間伐を実施し、35%と45%（本数間伐率）での作業の能率を比較しました。

- 強度間伐では、伐採木の間隔が短くなるため、1回の運搬で複数の伐採木を運搬できる機会が増えます。
- 強度間伐では、残存木の間隔が長くなるため、残存木の間隙間を使って能率の良い作業が実施できます。
- この2つの効果によって能率が高まってコストの削減がはかれます。

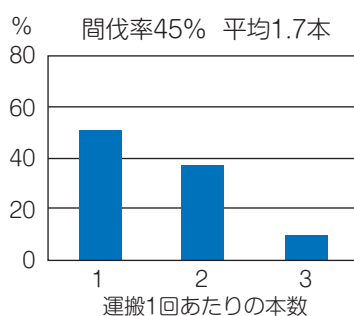
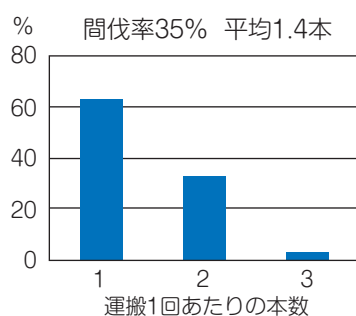
### まとめて運んで能率アップ



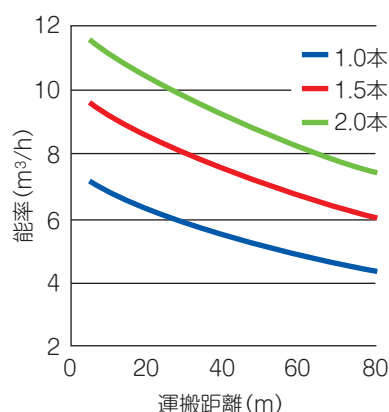
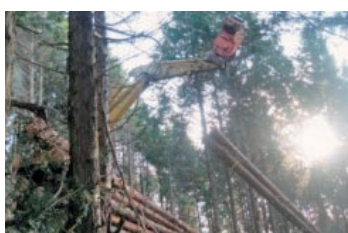
本数間伐率が低いと  
隣り合う伐採木の  
距離が長い



本数間伐率が高いと  
隣り合う伐採木の  
距離が短い

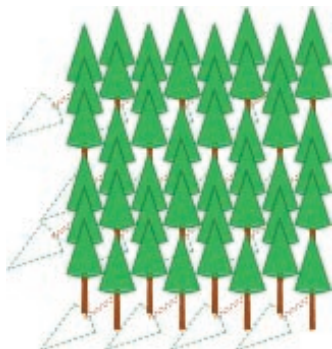


運搬1回あたりの運搬本数を35%と45%の間伐で比較すると運搬1回あたりの本数は、45%が多くなっています。

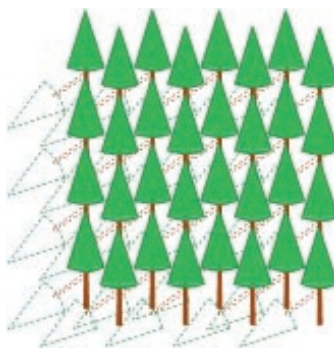


運搬本数が多くなると荷はすしの時間が長くなるなど、手間が増える場合もありますが、そのことを考慮しても能率は上がります。

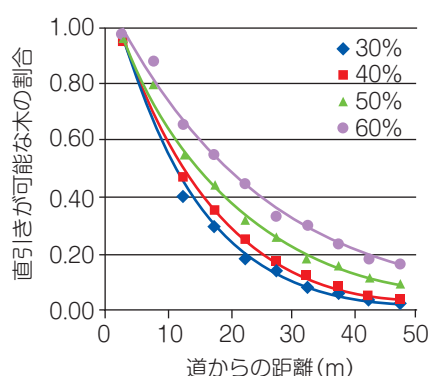
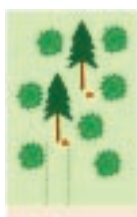
## 隙間をぬって能率アップ



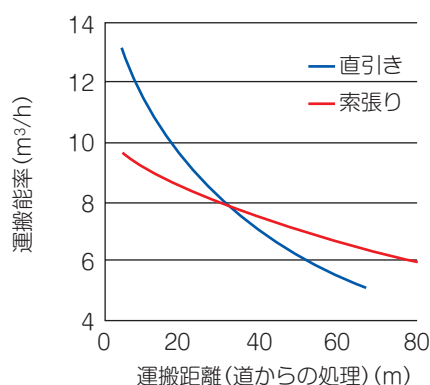
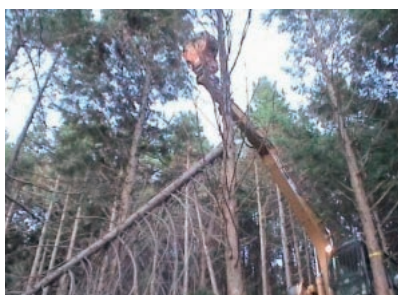
本数間伐率が低いと  
隣り合う残存木の  
距離が短い



本数間伐率が高いと  
隣り合う残存木の  
距離が長い



本数間伐率を上げ、残存木の隙間が増えると、道に直接面する伐採木が増えます。写真のように50cmの間隔で道に面する伐採木の割合を計算したところ、図のように50%の間伐では道から30m離れていても5本に1本の伐採木が道に直接面することがわかりました。



道に直接面する木は、ワイヤーロープで直引きすることができます。さらに、道の近く30m程度までは索張りを使った方法よりも直引きを行ったほうが能率が高いことがわかりました。

## 強度間伐でコストダウン

強度間伐では運搬1回あたりの運搬本数が増えること、道の近辺で能率の高い直引きを実行できることから、能率が上がるということがわかりました。調査地の条件では、強度間伐を行った場合の生産性は、通常間伐の8m³/時から10m³/時に増加しました。また、集材費は1,250円/m³から1,000円/m³に低下し、20%のコストダウンという試算結果でした。

# 安全と省力化のための新作業システムの提案

## スイングヤーダ作業の現状

間伐材搬出作業においては、スイングヤーダとプロセッサを組み合わせた作業システムが活用されていますが、以下のような問題点があります。

- a) 機体の転落事故、及び集材木の激突による重大事故の発生
- b) 荷はずし作業を人力で行うことによる時間生産性の低下
- c) オペレータと荷かけ作業者の2人作業による労働生産性の低下

そこで、これらの問題点を解決するための作業システム改良を検討し、それに必要な装置の開発を行いました。

## スイングヤーダ+プロセッサ全体での作業方法の改良

- A) 過大な作業索張力の検出による機体安定の確保
- B) 無線式のチョーカフックによる荷はずし作業の簡略化
- C) 搬器自動走行によるスイングヤーダオペレータの省略

### 改良システムに必要な装置



作業索の角度・移動量計測装置

上記の A) 及び C) で用います。

- ・ 作業索の張力計算に必要な角度データを計測します。
- ・ 搬器の現在位置を知るために、作業索の移動量を計測します。



無線操作式チョーカフック装置

上記の B) で用います。

- ・ 無線操作でフックを開放することにより、荷はずし作業を簡略化します。
- ・ 荷かけはワンタッチで行えます。



## 試作装置を用いた「スイングヤーダ+プロセッサ」改良システムの提案

### 従来システム

**プロセッサオペレータ**  
プロセッサの運転をします。



**スイングヤーダオペレータ**  
スイングヤーダの運転と  
荷はずし作業をします。



**荷かけ作業**  
荷かけ作業をします。



プロセッサ



スイングヤーダ



荷かけ作業



### 改良システム

**プロセッサオペレータ**  
プロセッサの運転をします。  
スイングヤーダとチョーカフックの  
無線操作もします。



**荷かけ作業**  
荷かけ作業をします。  
スイングヤーダの無線操作もします。



注：スイングヤーダの無線操作では、搬器の走行開始だけを行います。走行停止は自動です。

## 用語の解説

---

### 形状比

樹高と胸高直径（地上 130cm での樹木の直径、120cm の時もある）の比、樹高／胸高直径のこと。一般に平均の形状比が 70 未満の林分では風雪害を受けにくいとされる。

### 収量比数（Ry）

林分の相対的な混み具合を表す指標の一つ。

ある条件下で一定面積の土地に生育できる樹木の最大密度のときの材積を 1 として、それに対する個別の林分の材積の比で表す。値が大きいほどより混んでいることを示している。Ry が 0.9 になった時点で間伐する場合を密仕立、0.8 になった時点で間伐するのを中庸仕立、などとして間伐するための目安にもしている。

### 葉面積指数（LAI）

林分の単位面積あたりの葉の面積の合計値。葉の量の指標として用いられる。

### ヤング率

物体が弾性変形するときのひずみと応力の関係を示す数値で、物体の変形のしにくさをあらわす。ヤング率が高い木材ほど変形しにくい。強度との相関がよいことから、木材の機械等級区分に用いられている。

### 動的ヤング率

試験体に振動を与えた時の共振周波数や試験体に加えた応力波等の伝播速度から求めたヤング率。曲げ試験などでひずみと応力との関係から求める静的ヤング率と高い相関を示す。

### 密度

気温 20℃、相対湿度 65%の環境下で平衡に達したときの試験体の質量及び体積から求めた密度。気乾密度とも言う。

### 容積密度

試験体の全乾時の質量と生材時の体積から求めた密度。容積密度は気乾密度に比べてやや小さい値を示す。







### 執筆者一覧（編纂順）

強度間伐で木は太く成長（１）四国のヒノキ林

関西支所 奥田史郎

強度間伐で木は太く成長（２）九州のスギ林

九州支所 荒木眞岳

強度間伐をしても材の強度は変わらない

木材特性研究領域 藤原 健

50% 間伐でも水分ストレスの兆候なし

立地環境研究領域 稲垣善之

注意すべき立地条件（１）虫害リスク

四国支所 佐藤重穂

注意すべき立地条件（２）風害リスク

気象環境研究領域 鈴木 寛

強度間伐によって河川の水量は増える

立地環境研究領域 篠宮佳樹

強度間伐作業は効率的で低コスト

林業工学研究領域 田中良明

安全と省力化のための新作業システムの提案

林業工学研究領域 広部伸二

注：関西支所／森林総合研究所関西支所 京都府京都市 075-611-1201（代）  
 四国支所／森林総合研究所四国支所 高知県高知市 088-844-1121（代）  
 九州支所／森林総合研究所九州支所 熊本県熊本市 096-343-3168（代）  
 研究領域／森林総合研究所（本所） 茨城県つくば市 029-873-3211（代）