

# 第1章

## 強度間伐の知識

第1章では、強度間伐によって森林にどのような影響があるのかを、愛知県森林・林業技術センターでの研究成果や、国内外の文献で調べた成果からまとめました。強度間伐の良い点、悪い点をみていきましょう。

# 1. 強度間伐をする前に、もう一度よ〜く考えてみよう！！ ～強度間伐とは？間伐率とは？強度間伐の意味は？～

(はじめに) 従来は、個々の植栽木に対して枝打ちとの組み合わせで年輪幅のそろった材を作ろうとする間伐がよく行われました。

一方、近年は「公益的機能」の改善を目的とした間伐も多く行われています。中には、効率的に効果を発揮させるよう、より少ない回数で一気に抜き伐りする場合があります。強度間伐とは、より高い公益的機能を、より少ない回数で発揮させるための間伐だと考えられるでしょう。しかし、強度間伐は森林に及ぼす影響が強いため、注意深く実施する必要があります。

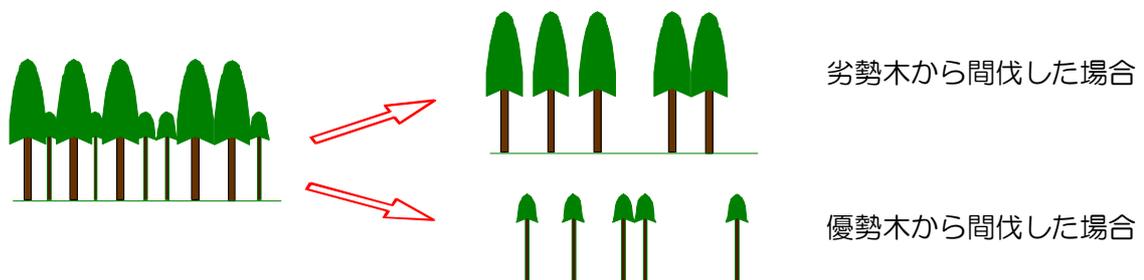
## 1. 強度間伐とは？

「強度間伐」には、どれ以上が強度かという明確な定義があるわけではありません。従来型の「繰り返しを前提とした間伐」ではないもの、と理解してください。本冊子は概ね材積間伐率で30～40%程度の間伐を考えて作成しています。



## 2. 間伐率とは？

事業的には本数間伐率を使うことが多いようです。しかし本数間伐率は太い木も細い木も同じ1本として数えるので、選木によってずいぶん結果が変わってしまいます。特に初回間伐を行う森林では、太い木と細い木が入り混じっていることが多く、同じ間伐率でも結果が大きく異なることとなるので十分な注意が必要です。



間伐前後の概念図（どちらも同じ本数間伐率50%！）

その間伐による森林への影響を正しく予測、評価するには材積間伐率や胸高断面積間伐率という森林の量に基づく間伐率を算定することが必要です。

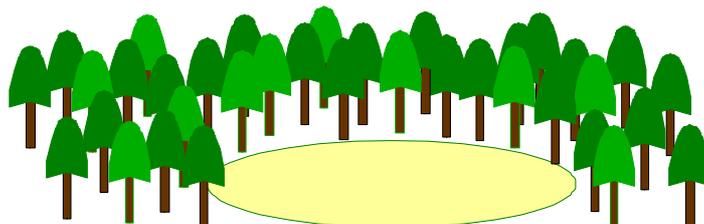
### 3. 小面積皆伐とは違う？

近年、列状間伐もよく行われます。また、針広混交林への誘導を考慮して群状に間伐することもあるかもしれません。では小面積の皆伐との違いは何でしょうか。

間伐でも皆伐でも森林にそれなりの大きさの穴、ギャップが空きます。注目すべきはその大きさです。

大きさが樹高以下なら、残った木の影響が強く、間伐と同様に見ることが出来ます。

一方、樹高の2倍を超えると先駆種が優占するという報告(1)もあり、こうなると間伐ではなく皆伐と見るべきでしょう。

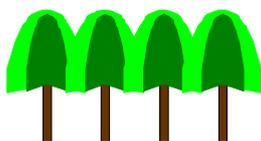


ギャップの大きさに注意！！

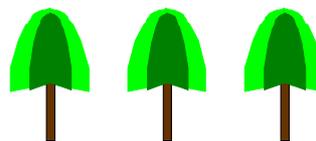
### 4. 森林か単木か・・・

森林では、上層木の葉がお互いに接しています（樹幹閉鎖）。間伐によって穴が開いてもその後の成長で再び接するようになります。しかし、あまりに強度に間伐すると再び接することなく離れたままになってしまいます。

通常スギ、ヒノキの枝張りは最大でも2～2.5m程度ですので、これから計算すると立木密度が500本/ha程度を下回ると樹冠閉鎖は難しくなると思われます。そうなれば、その森林に対して密度管理曲線等は適用できなくなるので注意してください。



ひつついた！！



うろう・・・ひつつかない・・・

数年後の様子を考えると・・・（薄い緑が間伐後の成長分）

### まとめ

- ・ 強度間伐とは、森林全体としてより高い公益的機能を、より少ない回数で発揮させるための間伐と考えること。
- ・ 本数間伐率は、材積間伐率等に置き換えるとどうなるかに注意すべき。
- ・ 間伐による開放の程度は樹高を目安とすること。
- ・ ha 当たり成立本数が少なくなると密度管理曲線等は適合しなくなる。

（山下 昇）

### <引用文献>

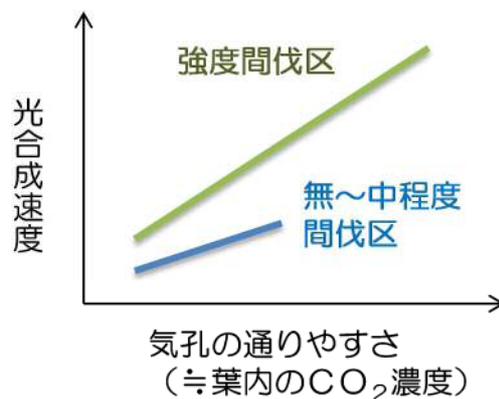
1. 藤堂（2009）ギャップサイズがヒノキ人工林の広葉樹林化に与える影響。兵庫県森林林業技術センターHP

## 2. 強度間伐による樹木の成長変化 ～林床植生と残存木の応答～

(はじめに) 強度間伐を行うと、林内の光環境がよくなるため、成長が促進されると予想されます。しかし、そんな単純な変化なのでしょうか？突然の光環境の改善は、林床植物にとって好ましい環境変化でしょうか、光合成や成長はすぐに促進されるのでしょうか？また、伐採されなかった残存木に関して、樹高成長・直径成長のどちらがより促進されるのでしょうか？この章では、このような疑問に答えながら、強度間伐によって成長特性がどうなるのか見ることにしましょう。

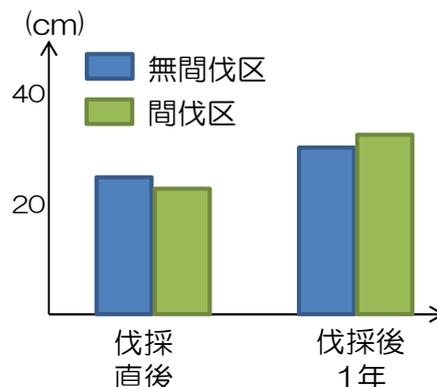
### 1. 林床植生の光合成と成長

強度間伐では林床の光環境が改善されるため、無間伐や通常間伐に比べて、更新木の光合成速度が増加するという報告があります(1)。すなわち、成長増加が期待されるのですが・・・、



ナラ幼樹の光合成速度 (1改)

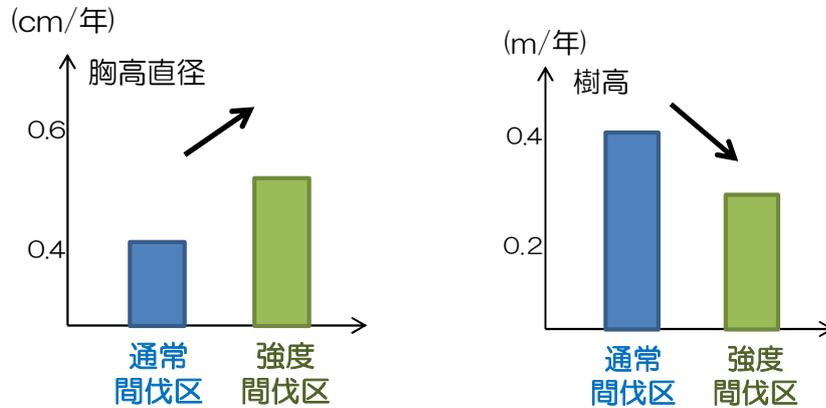
林床に生育する木本種の成長について、間伐後1年では顕著な変化は認められなかったという報告があります(2)。更新木の成長促進までには少し時間がかかるようです。



林床に生育する高木・亜高木種の平均樹高 (2改)

## 2. 残存木の成長特性

強度間伐によって、残存木の直径成長は増加する傾向がありますが、樹高成長は抑制される場合もあります。この傾向は、スギやヒノキ(3)、さらにマツ類(スコッチパイン)(4)でも認められました。



強度間伐に伴うヒノキの連年成長量(3改)

### まとめ

- ・強度間伐により、林床植生の光合成は促進されるが、間伐後すぐに成長に影響がでるわけではない。
- ・残存木について、強度間伐によって直径成長は促進するものの、樹高成長は抑制されることもある。

(江口則和)

### <引用文献>

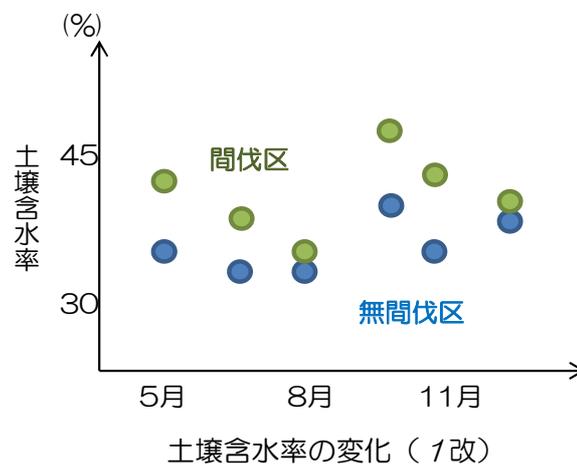
1. D' Alessandro et al.(2006)For. Ecol. Manage. 222:116-122
2. 中西、小林(2013)愛知県森林セ報 49:11-21
3. 森林総研(2010)(In 間伐遅れの過密林分のための強度間伐施業のポイント) pp.1-4
4. Mäkinen、Isomäki(2004)For. Ecol. Manage. 221:311-325

### 3. 強度間伐と水分環境の変化 ～樹木の水分生理特性に着目して～

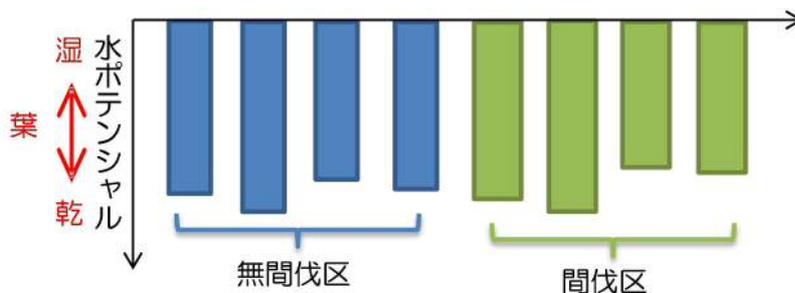
(はじめに) ヒノキ林の近辺を皆伐すると、伐採地に接するヒノキが乾燥によって萎れてしまうことがあります。では、強度間伐で林内を明るくした場合はどうでしょうか? 同じように萎れてしまうのでしょうか? 本章では、まず強度間伐によって林内の水分環境がどのように変化するかを見ていきます。そして、残存木の水分生理特性や乾燥耐性がどのようになるのか明らかにしていきましょう。

#### 1. 土壌含水率の変化と残存木の水分状態

強度間伐によって土壌含水率は増加します(1)。これは、蒸散量の大きい高木が少なくなり、林内の蒸発散量が少なくなったためだと考えられます。



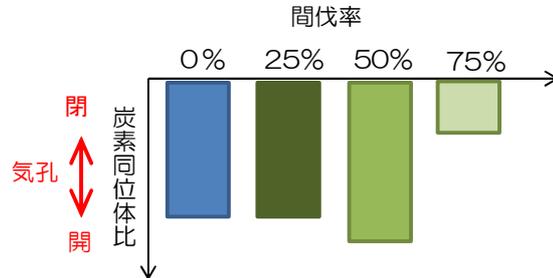
また、夜明け前水ポテンシャル\* (蒸散を行う直前の葉の水分状態で、値が大きいほど水分を多く保持している。) や葉の含水率に、間伐による低下は認められませんでした(2)。これは、土壌が湿潤になることで、植物の使える水が増えたためだと考えられます。



ヒノキの夜明け前水ポテンシャル (蒸散を行う直前の葉の水分状態) (2改)

## 2. 残存木の乾燥耐性

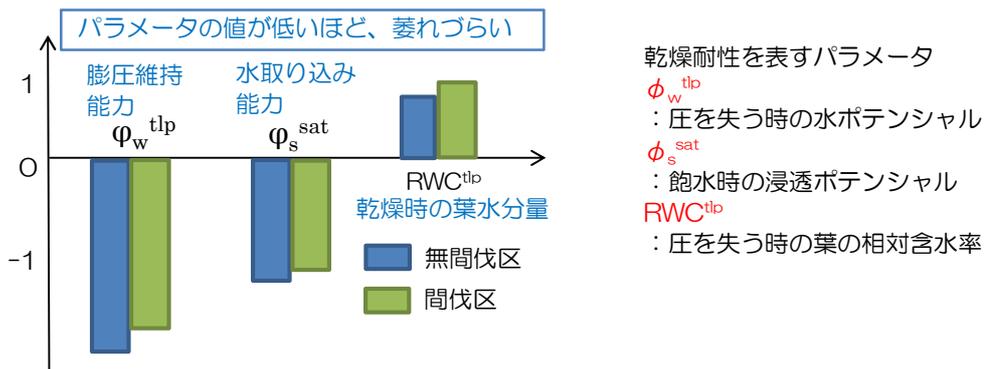
間伐による乾燥は生じないのでしょうか？ヒノキの場合、間伐率を極端に高めた間伐率 75%までは、乾燥することなく十分に気孔を開いていました (3)。ナラやタモの場合も、間伐率 50%程度では気孔を十分に開いていました (4)。



ヒノキの葉の炭素同位体比\* (=気孔の開き具合) (3改)

また、ヒノキの乾燥耐性を P-V 曲線\*を用いて調べてみたところ、強度間伐を行っても乾燥耐性に顕著な変化は認められませんでした (2)。

以上から、強度間伐が原因となる乾燥は生じていないといえます。



P-V曲線から算出したヒノキの乾燥耐性パラメータ (2改)

### まとめ

- 強度間伐により、土壌含水率が高くなる。
- 強度間伐を行っても、樹木の水分状態に顕著な変化は認められない。
- 強度間伐が原因で乾燥が生じることはほとんどない。

(江口則和)

### <引用文献>

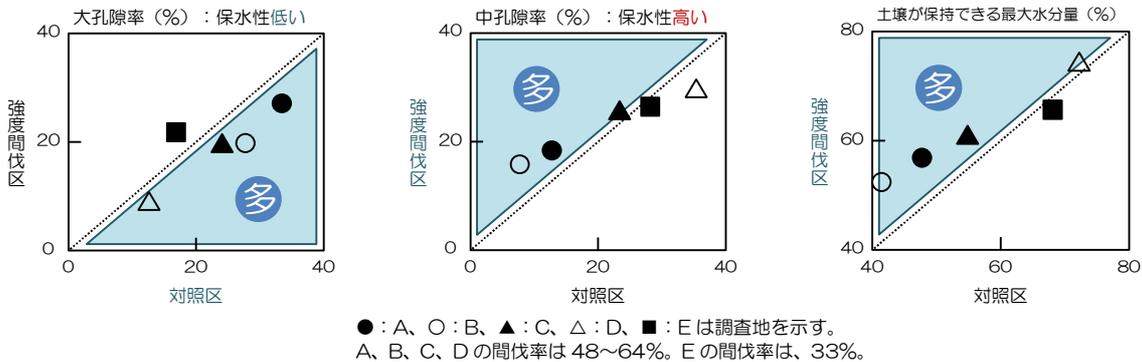
1. 篠宮ら(2006)森林応用研究 15:93-99
2. 宮本ら(2009)森林応用研究 18:27-31
3. 森林総研(2010)(In 間伐遅れの過密林分のための強度間伐施業のポイント) pp.7-8
4. D' Alessandro et al.(2006)For. Ecol. Manage. 222:116-122

## 4. 強度間伐と土壌環境の変化 ～ミクロな世界を覗いてみよう～

(はじめに) 森林土壌は、水源涵養や物質・エネルギーの循環、土壌中の生物の存在を支えるなど、森林生態系において、とても重要な役割を担っています。地上部における活動(強度間伐)は、目に見えない地下部(森林土壌)に対し、どのような影響を与えるのでしょうか?今回は、土壌の物理性、呼吸量、土壌動物に着目し、強度間伐との関係性について、まとめました。森林の根幹を支える土壌で繰り広げられるミクロな世界の変遷について、本章で迫ってみましょう。

### 1. 土壌の物理性

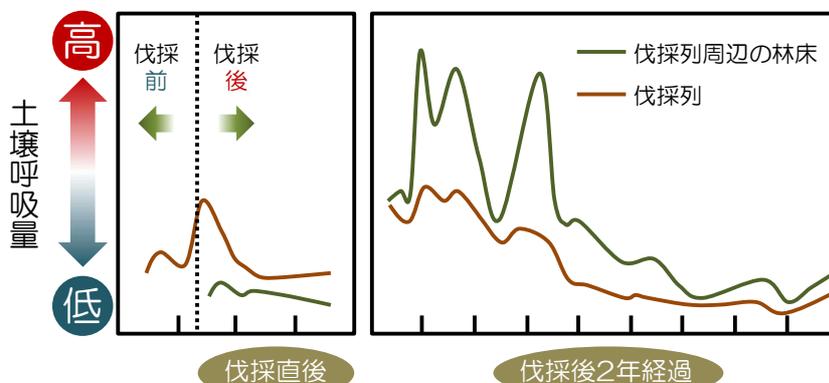
強度間伐により、水源涵養や残存木に対して有効な水分が増加する可能性があると言われています(1)。



ヒノキ人工林における強度間伐区・対照区の表層土壌の物理性の比較

### 2. 土壌呼吸\*

土壌呼吸量は、列状間伐における伐採列で一時的に上昇しますが、2年経過すると、伐採列周辺の林床で恒常的に高くなっています(2)。これは、間伐により、樹木や根の成長が高まるとともに、土壌微生物の活動が活発化していることを示しています。

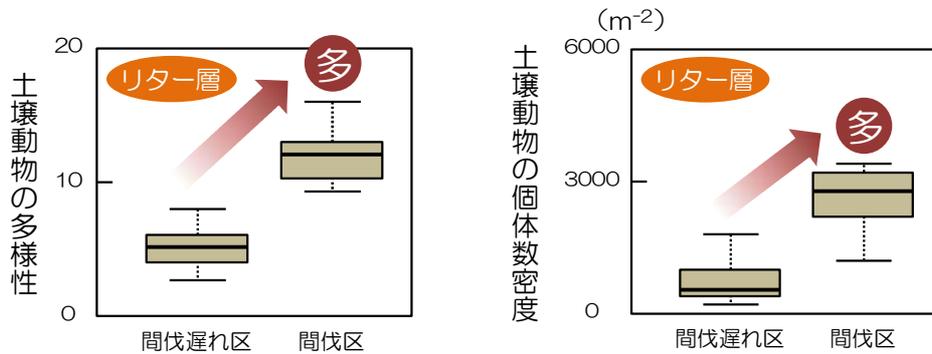


伐採列とその周辺の森林林床における土壌呼吸量\*

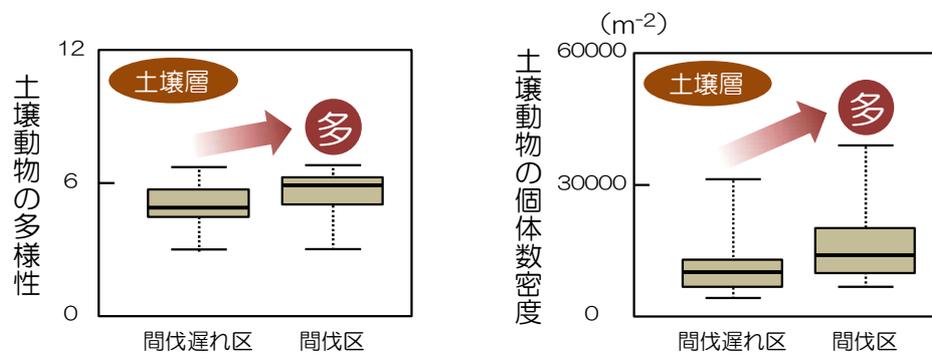
\*土壌呼吸量とは、根の呼吸と土壌動物の活動によって排出されるCO<sub>2</sub>の合計のこと。

### 3. 土壌動物

間伐を行うことで、リター（＝落葉落枝）層、土壌層の両方で土壌動物は多様化し、個体数密度は高くなります(3)。



ヒノキ人工林のリター層における土壌動物の多様性と個体数密度



ヒノキ人工林の土壌層における土壌動物の多様性と個体数密度

#### まとめ

- 強度間伐によって、土壌の水分環境が改善される可能性がある。
- 間伐により、林内環境が改善され、土壌呼吸量が大きくなる。
- 間伐は、土壌の分解に重要な土壌動物を増やす。

(中島寛文)

#### <引用文献>

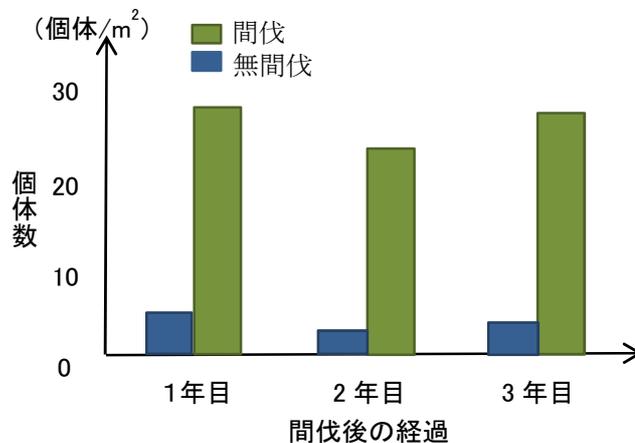
1. 篠宮ら (2012) 森林総合研究所研究報告 11 (3) :175-180
2. Olajuyigbe et al. (2012) Agr. For. Meteorol. 157:86-95
3. 高崎ら (2010) 日林誌 92:167-170

## 5. 強度間伐と生物の多様性 ～植物と動物との密接な関わり～

(はじめに) 強度間伐の効果として期待されることのひとつに、生物の多様性向上があります。間伐することで、まず林床の植生が回復し、そこを餌場やすみかとして利用する昆虫や動物が増えることが期待されます。この章では、間伐が林内の植物の生育や動物の生息にどのような影響を及ぼすか具体的に見ていきましょう。

### 1. 林床の植物群集の変化

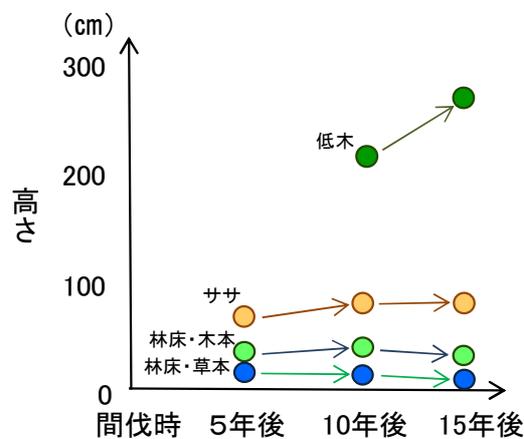
胸高断面積合計の 40%伐採を行うことにより、県内の平地から山間地にいたるまで、どの標高でも林床植生の個体数と種多様性の回復効果が認められました(1)。



間伐後の実生個体数の推移の例 (1改)

### 2. 階層構造\*の変化

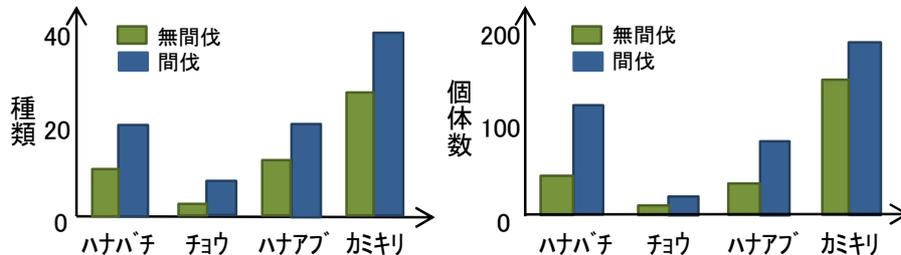
ヒノキ林の強度間伐では、林床植生がほとんどない状態から間伐後 10 年で 2m を超す低木層が形成されました(2)。



強度間伐後の各層の高さの変化 (2改)

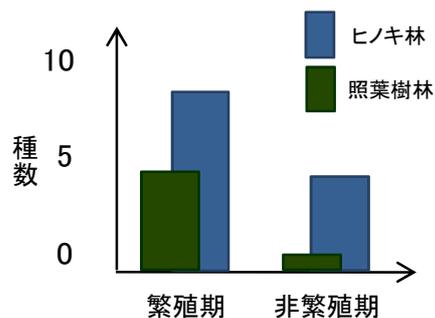
### 3. 動物群集の変化

25年生のスギ人工林では、間伐の1年後には林床植生の回復に伴いチョウ類やカミキリ類などの昆虫類の種数や個体数が増加しました(3)。間伐で回復した林床植生にはノウサギやニホンジカの採食した痕があり(1)、餌量が増加のため、草食動物による餌場としての利用も増えると考えられます。



間伐後に採集された昆虫の種類と個体数 (3改)

草食動物の採食による圧力が高い場合には更新が進まないこともあります(1)が、採食されずに低木層が十分に発達するようになった人工林では、低灌木性鳥類(ウグイス、ヤブサメ、ホオジロ等)が観察されるようになりました(4)。



80年生ヒノキ林の低灌木性鳥類の種数(地域の照葉樹林と比較しても多い)(4改)

#### まとめ

- 強度間伐により、林床植生が回復し、時間とともに階層構造も発達していく。
- 林内植生の変化は、そこに餌や住処を依存する昆虫類、鳥類、ほ乳類の分布にも影響を与え、生物多様性がアップする。

(石田 朗)

#### <引用文献>

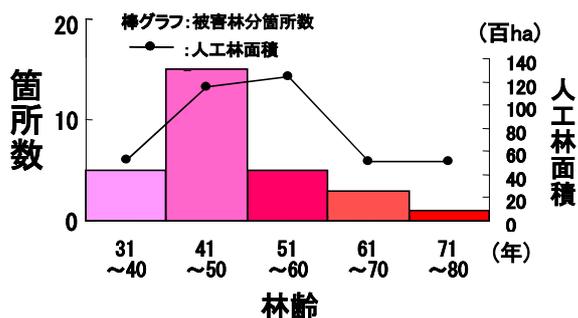
1. 中西、小林(2012)。愛知県森林セ報告 49:11-21
2. 城田ら(2010)強度間伐後15年間におけるヒノキ人工林の階層構造の応答。第121回日本森林学会学術講演集 CD-ROM。Pa1-66
3. Taki *et al.* (2010) For. Ecol. Manage. 259: 607-613
4. 佐野(2006)三重県科学技術振興センター林業研究部研究報告 18:13-22

## 6. 強度間伐と風害 ～地形や林分条件との関係について～

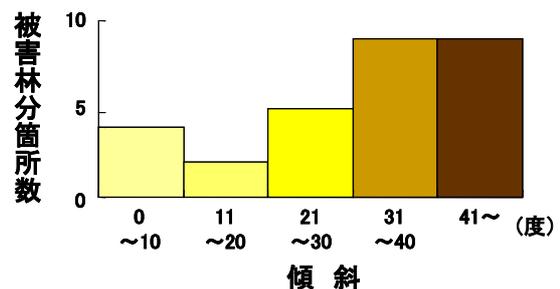
(はじめに) 台風被害箇所数は、林齢が41～50年生の割合が高く、最も面積の多い51～60年生林分では比較的被害数は少数でした。被害の発生数と林分の傾斜度の関係については、傾斜度が大きいほど被害の発生数が多く、斜面崩壊を誘発しやすい根返り木の発生割合が高いことが示されました。間伐率による風害発生への影響については、間伐率が30%を超えると風害の発生率が高く、特に過密林分での強度間伐では、根返り木の発生率が非常に高い結果となりました。これらのことから、急傾斜地の林分や過密林分での強度伐採は、台風被害など気象害に留意して間伐を進める必要があると考えられます。

### 1. 林齢、地形条件と台風被害の関係について

平成21年に発生した三河地域での台風被害林分調査を実施した結果、林齢は、9～10歳級\*の林分が最も多く、傾斜度が大きいほど台風被害が多いことが認められました(2)。



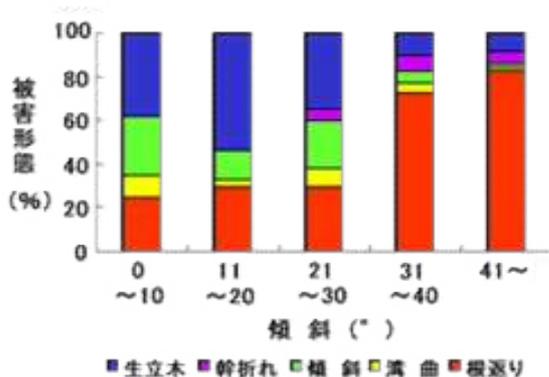
林齢と被害箇所数の関係



傾斜度と被害箇所数の関係

### 2. 被害形態と傾斜の関係について

被害形態は、傾斜度の大きいほど根返り被害が多く占めることが示されました(2)。写真のように傾斜地では根返り被害により斜面の崩壊を誘発する危険性があります。



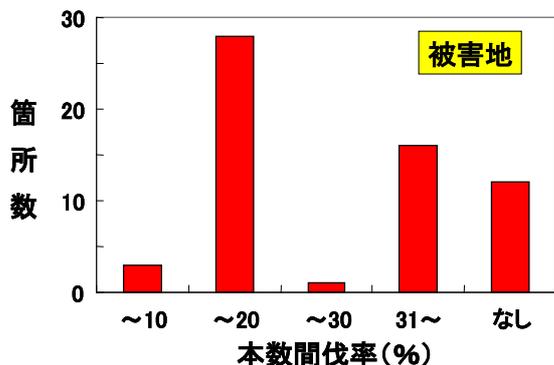
各被害形態の発生比率と傾斜の関係



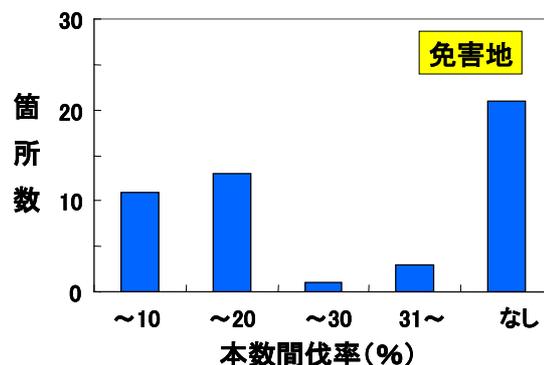
急傾斜地における台風被害状況(東栄町)

### 3. 間伐率と台風被害の関係

30%を超える間伐率では、被害を受ける割合が増加することが示されました (1)。



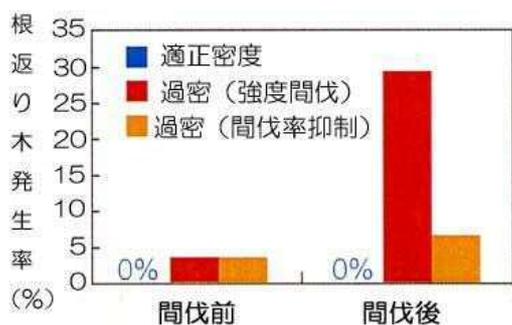
間伐率と被害地箇所数の関係



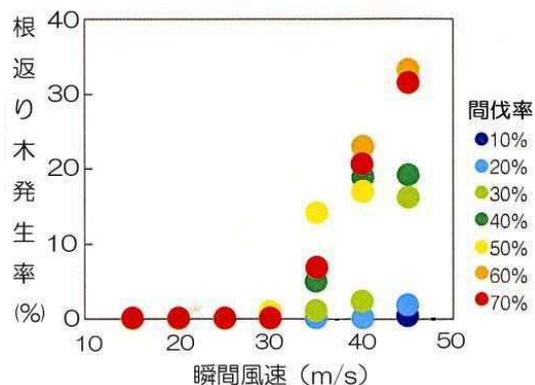
間伐率と免害地箇所数の関係

### 4. 強度間伐と根返り木発生率の関係

間伐前の林分密度が適正であった場合は、間伐後も根返り被害の発生はありませんでしたが、過密林分では、強度間伐を実施した場合、根返り被害の発生数が大幅に増加することがわかりました。過密林分での伐採では、間伐率を抑制し被害を軽減する必要があります (3)。



間伐前後における風害による根返り木発生率



間伐率と被害地箇所数の関係

### まとめ

- 傾斜度が大きいほど、台風被害の発生数が多く、被害形態では根返り木が高い割合で発生する。
- 間伐率が高いほど台風被害箇所数は増加する。
- 過密林分では、間伐率を抑制することが必要。

(豊嶋 勲)

### <引用文献>

1. 秋田県農林水産部(2006)林業普及冊子 14:43-56
2. 野口ら(2012)愛知森林セ報 40:55-56
3. 森林総研(2010) (In 間伐遅れの過密林分のための強度間伐施業のポイント) pp.11-12

## 7. 強度間伐と虫害 ～加害様式と防除法に着目して～

(はじめに) 強度間伐が実施されるとどうなると思いますか? 暗い森は明るくなり、下層に植生が蘇り、多様な環境が築かれます。しかし、良いことばかりではありません。急に間伐されることで、樹木は非常にストレスを感じており、害虫に対する樹木の抵抗力が低下します。その結果、これまで、それ程問題とされていなかった昆虫が一気に集まり、樹木に被害をもたらす可能性があります。実際に、様々な地域で、強度間伐後に樹木が昆虫の被害を受けているという報告があります。

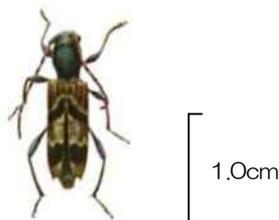
### 1. 注意すべき昆虫

スギ・ヒノキ人工林の間伐により、樹木被害が増加したと報告されている昆虫は、生立木を加害するスギノアカネトラカミキリ、ヒノキカワモグリガ、衰弱木・枯死木を加害するマダクロホシタマムシ、ニホンキバチです(1、2、3、4)。

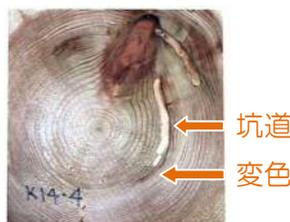
### 2. 樹木への加害様式と防除法

#### ①スギノアカネトラカミキリ

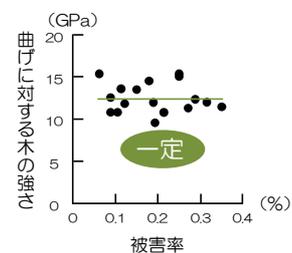
幼虫の食害により、生立木に変色や腐朽をもたらします(トビクサレ)。トビクサレにより、材価は低下しますが、強度は低下しません(5)。本種の産卵場所である枯れ枝を枝打ちすることで、被害を軽減できます。



スギノアカネトラカミキリ



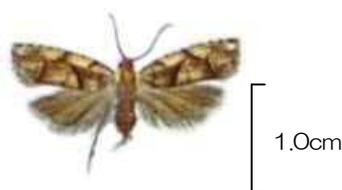
トビクサレ



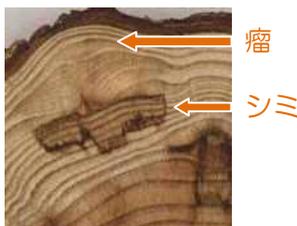
被害率と木の強度との関係

#### ②ヒノキカワモグリガ

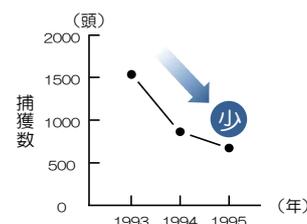
幼虫の食害痕を樹木が巻き込むことで、瘤ができ、その内部は、黒く変色してシミのようになります。傷のない良質材を生産する上で、本種の加害は大きな問題となります(6)。ライトトラップにより成虫個体数を減らすことで、被害を軽減できます(7)。



ヒノキカワモグリガ



瘤とシミ



ライトトラップによる捕獲数

### ③マダクロホシタマムシ

主に衰弱木や倒木を加害します。衰弱したヒノキが加害されると、枯死する場合があります。現在のところ、具体的な防除法がないので、被害が拡大しやすい低標高地（～400m）、南向き斜面で強度間伐を実施する際は、注意が必要です(8)。



### ④ニホンキバチ

メス成虫が産卵時に植え付ける共生菌（アミロステリウム）が、樹木に星型の変色をもたらします(9)。間伐1年後に本種による加害が増加する可能性があります(4)。間伐材を林内に放置しないことで、被害を予防できます。



### まとめ

- ・強度間伐は、樹木の重要害虫の被害を促進させる場合がある。
- ・スギノアカネトラカミキリ、ヒノキカワモグリガは、生立木の材質を劣化させる。
- ・マダクロホシタマムシは、ヒノキ生立木を枯らすことがある。
- ・ニホンキバチは、間伐材に星型変色をもたらす。

(中島寛文)

### <引用文献>

1. 江崎、竹内（1955）(In 原色日本昆虫図鑑（下）) pp.1-190
2. 江崎ら（1957）(In 原色日本蛾類図鑑（上）改訂新版) pp.1-318
3. 日本甲虫学会（1955）(In 原色日本昆虫図鑑（上）・甲虫編) pp.1-274
4. 佐藤（2007）森林総合研究所研究報告 6（3）:135-143
5. 山本、大林（2009）愛知県森林セ報 46:20-27
6. 森林総合研究所森林生物データベース (<http://www.ffpri.affrc.go.jp>)
7. 井上（1997）愛媛県林試研報 18:16-23
8. 森林総合研究所（2010）(In 強度間伐施業のポイント) pp.1-20
9. 秋田県（2004）(In 森林病虫害の防除法) pp.1-32

## 8. 強度間伐と獣害 ～ニホンジカによる森林被害の増加～

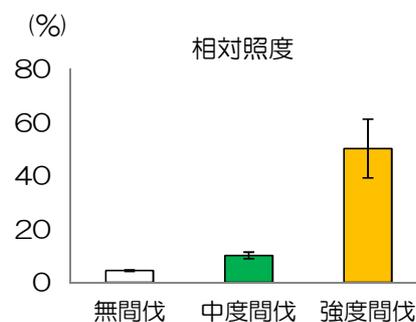
(はじめに) ニホンジカ(以下、シカ)による森林被害が全国各地で問題になっています。強度間伐を行うことで、シカによる森林被害に影響はあるのでしょうか?また、森林被害を防ぐために何を行えばよいのでしょうか?強度間伐によって、林内環境やシカ密度、森林被害がどのように変化するか見るとともに、現在愛知県内で普及している“使用済み海苔網を用いた簡易防鹿柵(以下、海苔網柵)”の効果を見ていきましょう。

### 1. 間伐による環境変化

シカの増加が全国各地で社会問題となっています。シカは明るい開けた箇所を好むといわれていますが(1)、強度間伐は、林内の光環境を改善し(2)、餌となる林床の植物を増加させるため(3)、シカにとって好適な環境を生み出すと考えられます。



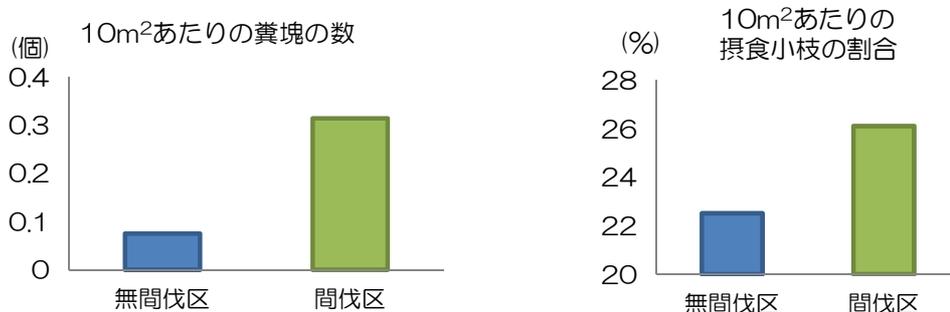
愛知県内でもシカが増加している(新城市内の写真)



間伐による光環境の変化  
(2改)

### 2. シカの密度

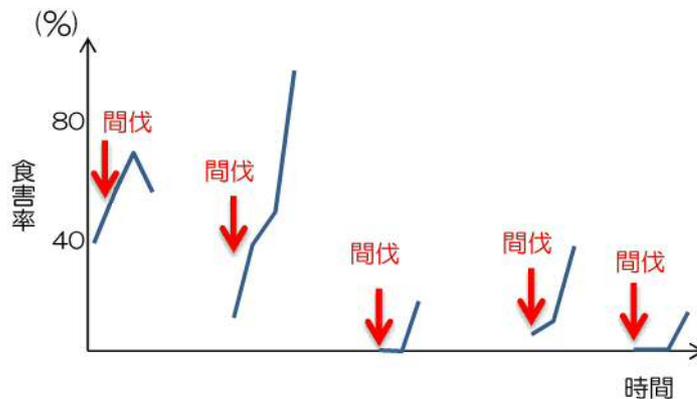
間伐を行った箇所では、シカの糞塊数の増加や、摂食小枝の増加が認められるとのことです(3)。つまり、間伐跡地はシカ密度が高いことが考えられます。



間伐地におけるシカ痕跡 (3改)

### 3. シカによる森林被害

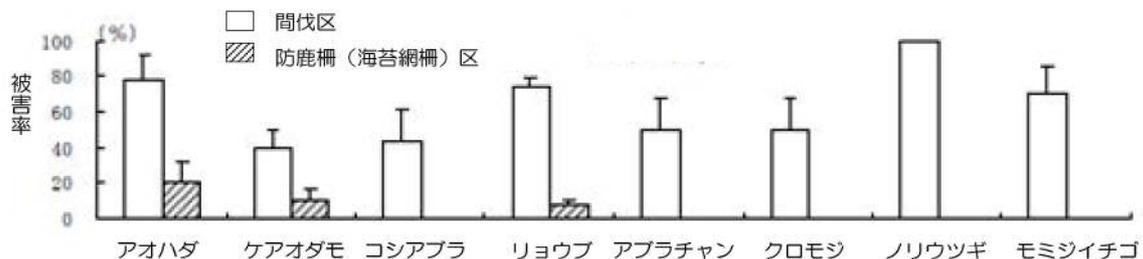
シカによる森林被害は、間伐後、急激に増加するといわれています（4）。間伐直後から対策を考えることが必要でしょう。



間伐時期と食害増加時期との関係 (4改)

### 4. 森林被害の防除例

強度間伐地で海苔網柵を設置したところ、林床植生の被害が軽減したという報告があります（5）。間伐地でのシカ害防除に防鹿柵は効果があると考えられます。



強度間伐地における海苔網柵の効果

### まとめ

- ・強度間伐地では、光環境が改善されて林床の植物が増えることも多いため、シカが増え、森林被害が増加する可能性がある。
- ・特に森林被害は、間伐後、急激に増加する。
- ・海苔網柵などの防鹿柵を設置すれば、強度間伐地でも森林被害を軽減できる。

(江口則和)

### <引用文献>

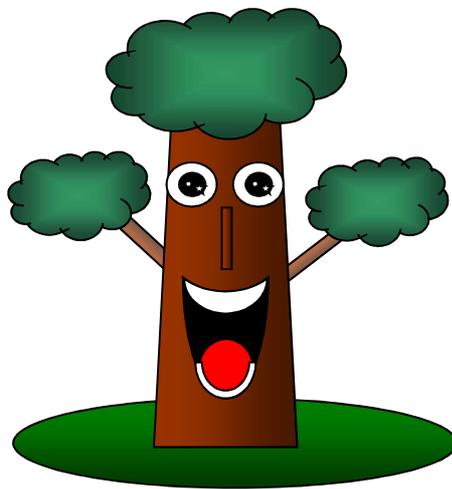
1. 三浦(2004)鳥獣害(In 森林保護学)pp.219-225
2. D' Alessandro et al.(2006)For. Ecol. Manage. 222:116-122
3. Doerr, Sandburg(1986)Forest Sci.32:1092-1095
4. 島田(2006)三重林研研報 18:1-12
5. 中西、小林(2013)愛知県森林セ報 49:11-21

## (第1章のまとめ)

強度間伐には、良い点、悪い点があることが明らかになりました。

### ○ 良い点

- 林床植生の光合成は促進される。
- 残存木の直径成長は促進される。
- 土壌含水率が高くなる。
- 乾燥ストレスが生じる可能性は低い。
- 土壌の水分環境が改善される可能性がある。
- 林内環境が改善され、土壌呼吸量が大きくなる。
- 土壌の分解に重要な土壌動物を増やす。
- 林床植生が回復し、時間とともに階層構造も発達していく。
- 林床植生の変化は、そこに餌や住処を依存する昆虫類、鳥類、ほ乳類の分布にも影響を与え、生物多様性がアップする。



### ○ 悪い点

- 残存木の樹高成長は抑制されることもある。
- 傾斜度が高いほど、台風被害の発生数が多く、被害形態では根返り木が高い割合で発生する。
- 間伐率が高いほど台風被害箇所数は増加する。
- 過密林分での強度間伐では、根返り木の発生率は大幅に高くなる。
- 樹木の重要害虫の被害を促進させる場合がある。
- シカが増え、森林被害が増加する可能性がある。特に間伐後、急激に増加する恐れがある。(ただし、海苔網柵などの防護柵を設置すれば森林被害を軽減できる。)



木材生産の面ではデメリットとなる面がありますが、公益的機能を発揮させる面ではメリットが多いといえます。