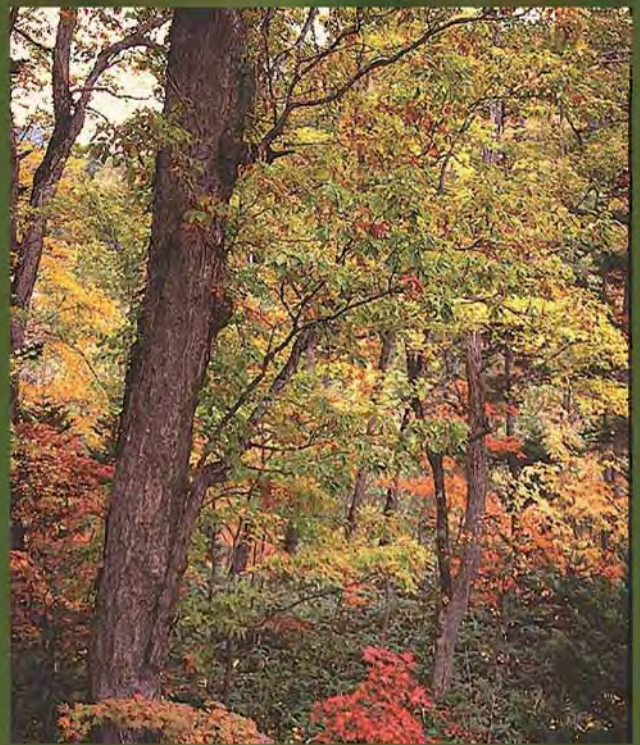


広葉樹林化ハンドブック 2012

—人工林を広葉樹林へと誘導するために—



「広葉樹林化」 研究プロジェクトチーム
独立行政法人 森林総合研究所
平成24年 3月

目次



I	はじめに	1
II	天然更新の促進	
1.	上木伐採の考え方（林冠デザイン）	2
2.	鳥を利用した散布種子の誘導	4
III	更新促進のための工夫	
1.	更新稚樹を枯らさない（上木との関係）	6
2.	帯状伐採地で失敗しないために	8
3.	広葉樹下木が豊富な人工林	10
4.	誘導した散布種子を効果的に利用する	12
5.	シカが嗜好しない樹種の選択	14
IV	植栽による更新促進	
1.	菌根菌を使う（その種類と機能）	16
2.	菌根菌を使う（感染苗による成長促進）	17
3.	ヒノキ林における外生菌根菌の分布	18
4.	広葉樹の種内変異（地理的分化）	20
5.	地域性種子の確保	22
6.	異なる地域の苗木を植える危険性	24
7.	地域性種苗の安定生産	26
V	土壌保全機能の維持向上と評価	
1.	土砂受け箱を使った評価	28
2.	広葉樹の定着と土壌保全機能	30
3.	伐採の影響（スギ林）	32
4.	伐採の影響（トドマツ林）	34
5.	植生による土壌保全機能の発揮	36
VI	施業を検証する	
1.	更新作業の検証	38
2.	判定シートによる検証事例	40
VII	施業を組み立てる	
1.	施業の実践に向けて	42
2.	施業の計画と実行	46
VIII	資料・解説	
1.	用語の説明	48
2.	参考図書・問い合わせ先	48

本文中にある上付き文字*^{○○}については、ハンドブック2010もしくは他の文献に、より詳しい説明があることを示しています。巻末の資料・解説をあわせてお読みください。

I はじめに

このハンドブックは、人工林を混交林・広葉樹林へと誘導する場合にどのような点に注意すべきか、施業の手順はどうすべきかを解説しています。ハンドブックは2010年版（ISBN:978-4-902606-78-2、平成22年12月発刊）と、この2012年版（ISBN:978-4-905304-08-1、平成24年3月発刊）に分かれています。2010年版では、広葉樹林化の適地の判定法や天然更新の可能性を判定する方法について述べましたが、2012版では以下の5つについて、広葉樹林化の考え方や施業法を解説しています。

- 1 天然更新を促進し、更新を確実にする方法
- 2 植栽による更新の新しい手法や考え方
- 3 公益的機能を維持向上させるための施業法やその評価方法
- 4 更新作業の妥当性を検証し、確実な更新に導くための方法
- 5 更新を完了させるまでの施業の流れと作業例

2010年版と2012年版の内容はお互いに補完し合う形になっています。2つのハンドブックを見ながら、ご自身の現場で最適な施業法を選択して下さい。

なお、これらの成果は、人工林の広葉樹林への誘導を図る技術開発を目指した、「広葉樹林化のための更新予測および誘導技術の開発」（農林水産省実用技術開発プロジェクト、平成19-23年度）によるものです。多様な森林の育成が求められる中で、広葉樹林の育成も一つの選択肢となってきます。その際に、森林所有者や現場技術者、関係する行政担当者等の皆さんが、技術的な参考としてこれらの情報を利用いただければと思います。また、今後もさらなる改良を進めていきますので、巻末の問い合わせ先にご意見等ご連絡下さい。また、プロジェクトのWebサイト（ホームページ）にアクセスいただければ、最新情報や2010年版が入手できるようになっております。

多様で健全な森林の育成のために、このハンドブックを是非ご活用ください。

「広葉樹林化」研究プロジェクトチーム

平成24年 3月

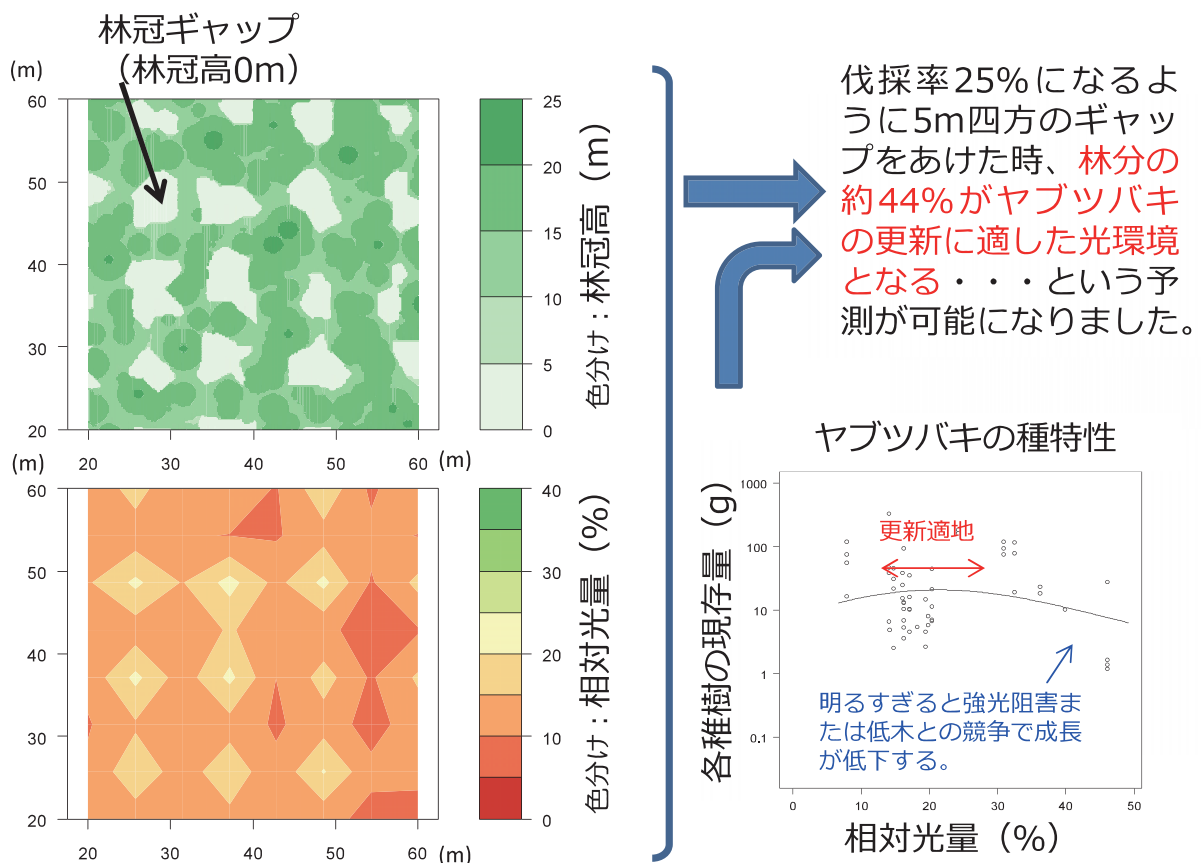
Ⅱ．天然更新の促進

Ⅱ-1. 上木伐採の考え方（林冠デザイン）

スギやヒノキの人工林を抜き伐りして林冠ギャップをあければ、林床の光環境が好転し、定着した広葉樹の稚樹が成長する環境が生じます。しかし、その具体的な効果や持続時間については明らかにされてきませんでした。そこで林冠デザインモデル^注を開発して予測したところ、

1. 環境の好転は一時的である
2. 一定以上に明るいと低木や高茎草本との競争に負ける場合があることが予想されました。これは他頁に掲載されている例とも合致します。したがって、抜き切り方法や繰り返しスケジュールは、更新させたい樹種の特性にあわせてアレンジし、施業計画をたてる必要があります。

林冠デザインモデルによる抜き伐りのシミュレーションと光環境の変化の予測



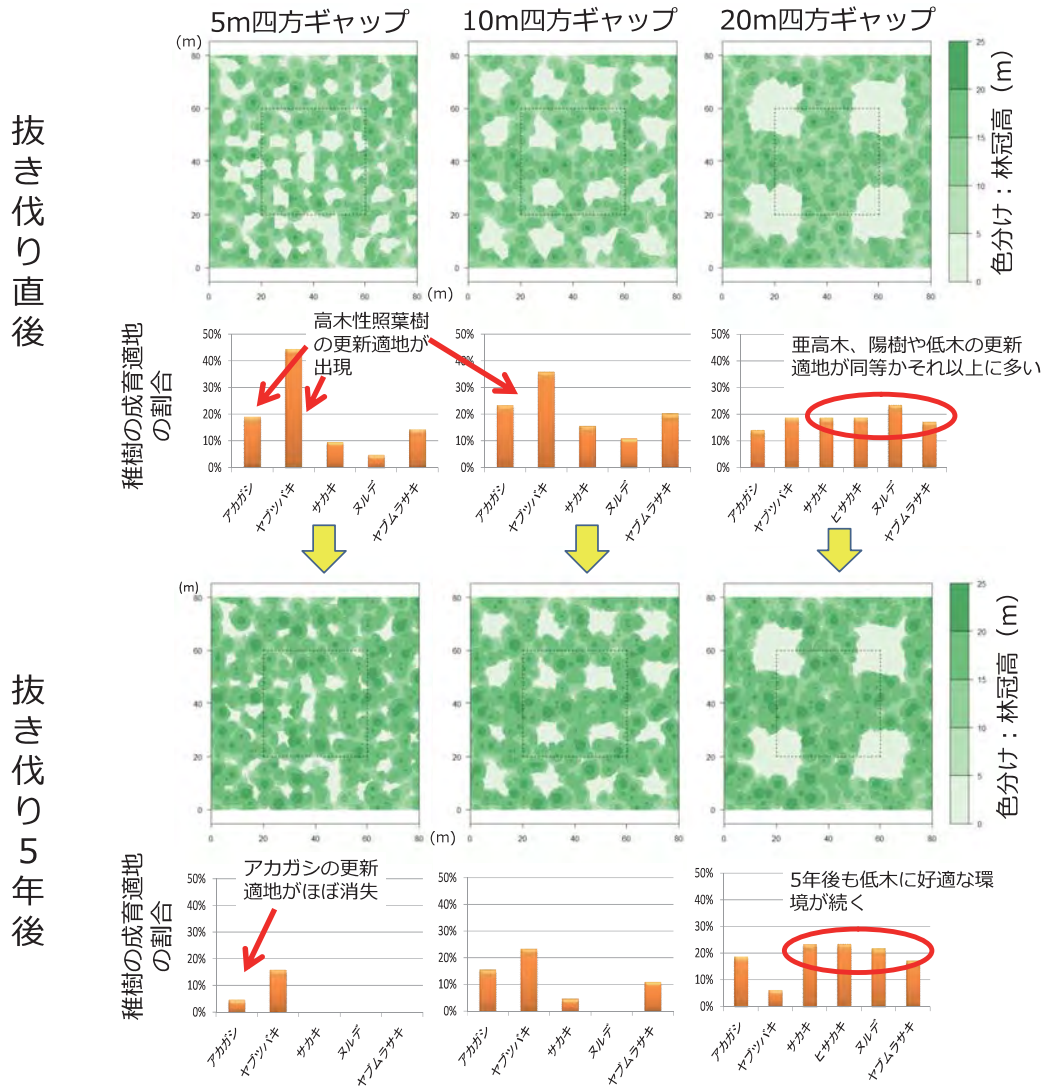
※ここでいう相対光量とは相対光合成有効光量子量のこと、相対照度とほぼ同じものと考えてください。

どのような広葉樹（陽樹か陰樹か）を更新・育成したいかによって、効果的な上木処理法（林冠ギャップの作り方）が異なります。また上木の樹種や密度等によっても処理方法は異なります。こうした違いに対応できるようなモデルが開発されました。

注：林冠デザインモデルは操作をしやすいように調整した後、公開する予定です

林冠デザインモデルによる予測の例

高木性常緑樹（アカガシ、ヤブツバキ等）の更新を目的としてスギ林を本数で25%抜き伐りした時、伐採形状の違いによって生じる更新適地を予測しました。



- ・ 樹高の1/3程度の幅のギャップ（5m四方伐採）では更新適地が生じましたが、5年後には耐陰性の高いヤブツバキ以外の適地が消失しました。
- ・ 樹高よりやや大きい幅のギャップ（20m四方伐採）では陽樹や低木にとっても適地となります。その傾向は5年後も持続し、低木との競争に弱い高木種は生育しにくいと考えられました。

上木の伐採方法は、対象樹種特性によって、小さなギャップを多めにあけ、定期的に伐採を繰り返すか、大きなギャップで低木と共に成長させるかを判断します。ただし、大きなギャップではススキやササ、ツル植物などが優占することが予想されます*07)ので注意が必要です。

Ⅱ．天然更新の促進

Ⅱ-2. 鳥を利用した散布種子の誘導

地域に現存する天然林から散布される種子によって更新が促進出来れば、天然更新の確実性が高まります。広葉樹の種子散布者となる鳥は針葉樹人工林内でも活動していて、人工林内に広葉樹の種子を散布しています*16。そこで、次のような手順で種子散布者を誘引して地域の広葉樹に由来する後継樹の集団（更新コア）を形成することができれば、広葉樹林化の有効な方法となります。

その手順は、

1. 針葉樹人工林に人為的に林冠ギャップを作り出す（Ⅱ-1を参照）。
2. 針葉樹人工林と広葉樹林の両方で行動する鳥類を林冠ギャップに誘引する。
その結果、
3. 誘引した鳥類によって広葉樹林からの種子散布量が増加する。
4. 散布された種子に由来した更新コアが形成される。
こととなります。

林冠ギャップは鳥散布種子を誘導する。ただし…

林冠ギャップの形成によって鳥類が散布する種子を誘導する可能性を検証するために、ヒノキ人工林に4つのサイズ（5×5m、10×10m、20×20m、30×30m）で抜き伐りした林冠ギャップと近隣の閉鎖林冠下（無処理）において、鳥の活動量と落下種子量を観測して比較しました。その結果、次のようなことがわかりました。

1. 抜き伐りによって林冠ギャップができると、そこにはキイチゴやヤブムラサキなどの低木類が結実し、周辺の広葉樹林から多様な鳥散布性樹種の種子が誘導されます。
2. サイズが10×10m以下のギャップではその効果は小さく、20×20m以上の林冠ギャップでは効果が顕著になります。
3. 大きな林冠ギャップでも、鳥散布種子を誘導する効果は林冠ギャップ形成から数年経過しないと顕著になりません。

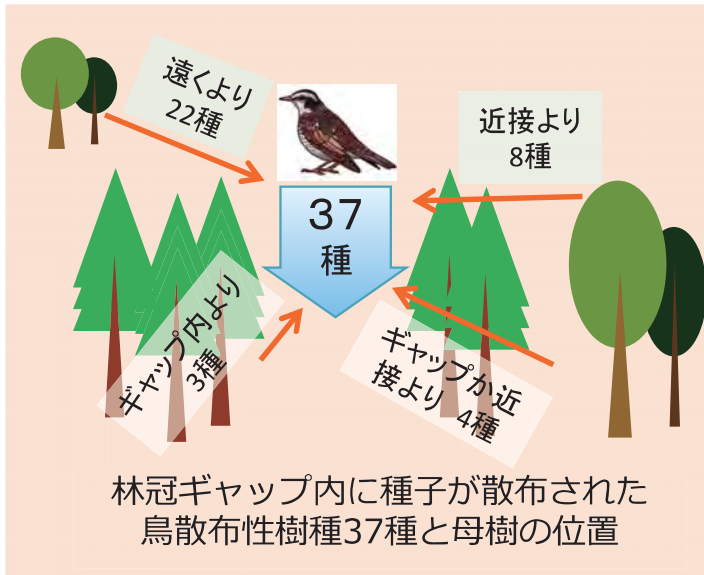


落下種子量を観測する
トラップ

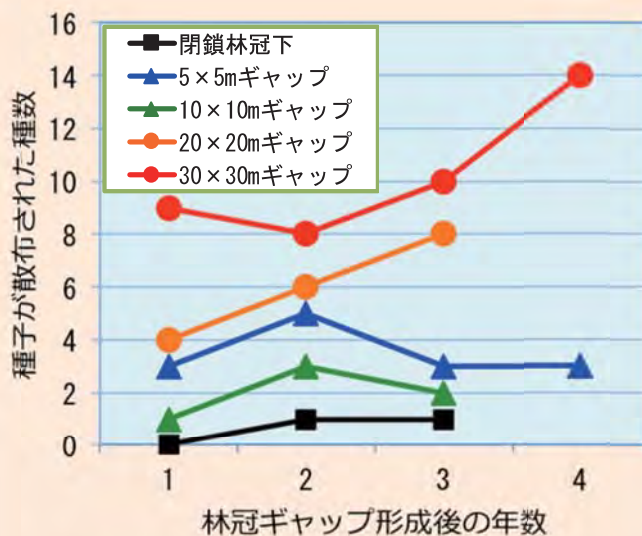
林冠ギャップ形成には鳥散布種子を誘導する効果がありますが、その効果を広葉樹林化に活用するためには、a) 幅20m以上の林冠ギャップを開けること、b) ササやツルの繁茂などの更新阻害要因が数年間は生じないことが前提になります。前生稚樹の成長促進などの目的でa)とb)を満たす施業を行った場合には、その副次的な効果として鳥散布種子の誘導（稚樹の増加）も期待できるでしょう。

林冠ギャップ形成による鳥散布種子の多様化

4つのサイズの林冠ギャップを作り、そのギャップ内に鳥によって散布された種子数を調べました（前頁参照）。また、ギャップ内に結実木がある樹種群とない樹種群とでの比較もしました。



種子が鳥によって林冠ギャップ内に散布された樹種（低木を含む）37種のうち8種（27%）は近隣の広葉樹林から、22種（59%）はさらに離れた種子供給源（母樹）から運ばれてきたことが解りました。



林冠ギャップサイズと広葉樹林から散布された種子の種数との関係

近接もしくは遠くの広葉樹林から運ばれてきたと考えられる樹種では、大きな林冠ギャップ（20×20m以上）の方がより小さな林冠ギャップや閉鎖林冠下よりも散布された種子の種類が多くなりました。さらに、ギャップ形成後の年数と共に散布種数が増える傾向がみられました。

これは、大きなギャップが、鳥を誘引し、鳥は林外にある広葉樹の種子をギャップ内に散布していることを示しています。

人工林でも大きな林冠ギャップが形成されると、3-4年後には近隣の広葉樹林から多様な種子の散布を誘導（促進）できる可能性が高くなります。但し、周辺に散布の元となる広葉樹があるか^{*16}、更新阻害要因があるか^{*06, *22}などの確認が必要です。また、種子が発芽更新するかは、次の項を参考にして下さい（Ⅲ-4参照）。

Ⅲ. 更新促進のための工夫

Ⅲ-1. 更新稚樹を枯らさない（上木との関係）

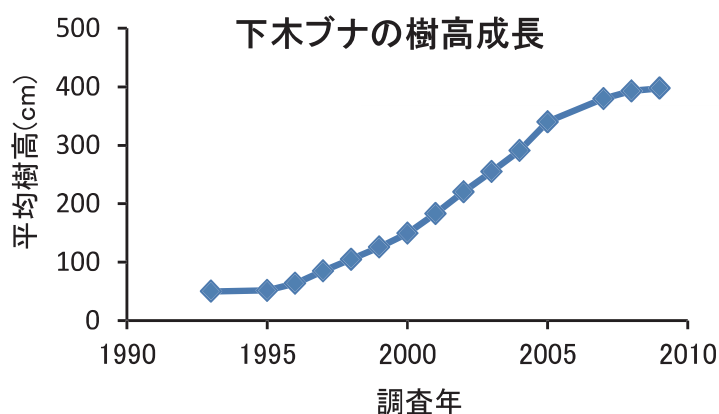
Ⅱ-1の「予測1」のように、抜き伐りなどで稚樹が定着しても、それで充分だとはいえないかもしれません。そこで、強度の抜き伐りを行った針葉樹林の樹下に植栽した広葉樹の成長を調べたところ、やはり稚樹が定着しただけでは安心できないことがわかりました。

1. 下層にある広葉樹は、上木の枝下に近づくことで、樹高成長が停滞してしまいます。
2. 強度な抜き伐りを行っても、上木の成長が進むと、約10年で林冠が閉鎖してしまう場合もあります。
3. 下層の広葉樹を確実に成林させるためには、上木の管理法の改善など今後の課題が残されています。

下層木の樹高は停滞する

カラマツ人工林の例

40年生で200本/ha程度まで本数を減らしたカラマツ林で、針広混交林の造成を目指してブナを植え、約20年間その成長を調査しました。



ブナは植栽後13年目までは順調に成長しましたが、樹高4mに近づいたところで、樹高成長が止まり始めました。上木のカラマツ林は、樹高24mですが、枝下高が6~9mと低く、平均枝張りが4mもありました。カラマツを強度に抜き伐りしたことで、低い位置の枝が枯損せずに成長し、枝下高が低く枝張りの大きなカラマツとなり、下木の成長を押さえ込んでしまったと考えられました。

伐採から10年後、真っ暗になることも

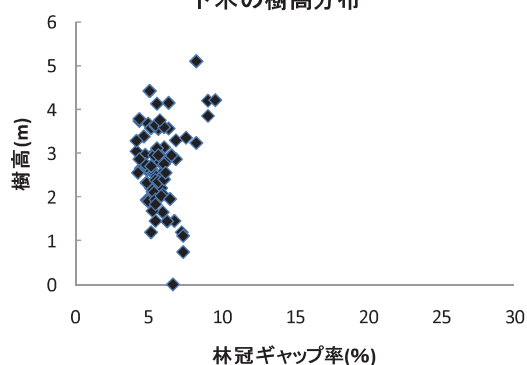
ドイツトウヒ人工林の例

全体の65%（本数率）という強度な抜き伐りしたドイツトウヒ林で、伐採2年後にトチノキを植え、10年後に測定を行いました。



林冠の状況（2011年）
（抜き伐り9年後）

抜き伐り9年後の林冠ギャップ率と
下木の樹高分布



上木（ドイツトウヒ）の生育状況

調査年	2001	2002	2011
	施業前	施業直後	9年後
林齢	25	26	35
成立本数 (本/ha)	900	300	300
平均樹高 (m)	15.8	17.3	23.5
平均DBH (cm)	26.3	30.7	39.2

伐採から10年後にトチノキの樹高を調べたところ、4mを超えた木がある一方で、枯死木も認められました。その時点での林冠ギャップ率は4～10%と少なく、下木の成長に必要な光が確保されていませんでした（Ⅱ-1参照）。

今後も上木に手を加えないままだと、十分な光が確保できずに、せっかく植えたトチノキがすべて枯れてしまうかもしれないことが解りました。

上木を強度に抜き伐りすると、下木の広葉樹の成長は促されますが、それでも林冠ギャップの閉鎖などにより、伐採後10年以内に下木への成長阻害が始まると考えてください。

Ⅲ. 更新促進のための工夫

Ⅲ-2. 帯状伐採地で失敗しないために

天然更新の可能性を高めるためには、林内をより明るくした方が多くの高木性広葉樹を育成できるでしょう。では、伐採面積を大きくすれば広葉樹の更新はよくなるのでしょうか。1か所の伐採面積が広がる帯状伐採地2か所のカラマツ林で検証した結果、以下のことがわかりました。

1. 10m幅の帯状伐採時に広葉樹を残しても、それまで被圧状態にあつて形状比が高く、直径の細い広葉樹は生き残らないことがあります。

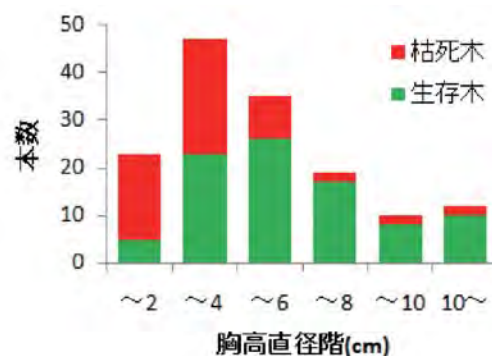
➤ これは、単純に本数だけで更新がうまくいくかどうかを判断することは難しく、できるだけ慎重に臨むべきであることを意味します。

2. 20m幅の帯状伐採後に丁寧に地ごしらえを行うと、低木や草本が旺盛に繁茂し、更新した広葉樹の成長を阻害してしまうことがあります。

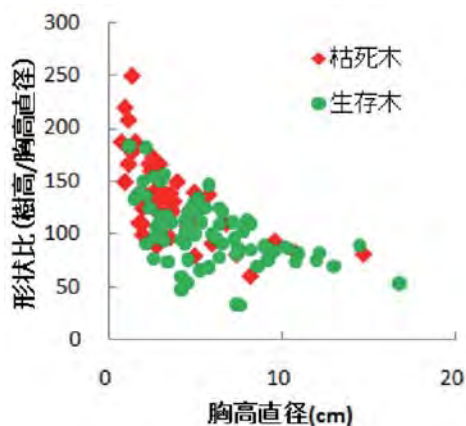
➤ これはII-1で示した「予測2」のケースです。この程度の幅の伐採であっても、注意が必要であることを意味します。

形状比の高い広葉樹は生き残らない

標高1,300mの南向き斜面で、下木の広葉樹を残して、樹高19mのカラマツ林を10m幅で帯状に伐採しました。

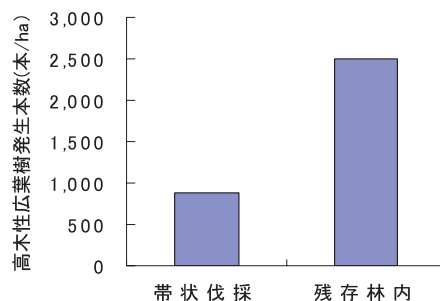


伐採後2年目の広葉樹密度

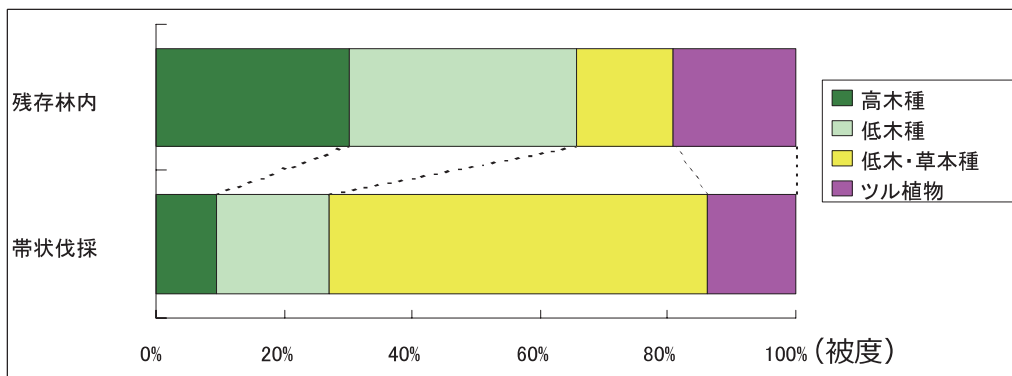


伐採幅を広くすると低木や 草本が広葉樹の成長を阻害する

下木が多く残る樹高22mのカラマツ林で、20m幅の帯状伐採を行い、残存林内も含めて3年間下刈りを行い、その後5年間放置させました。



伐採後8年目の稚樹本数
(樹高30cm以上)



伐採後8年目の下層植生

20mの帯状伐採では、高木性広葉樹の稚樹本数は残存林内のほうが多くなりました。また、林分全面の下刈りを行うと、伐採帯ではキイチゴ類やノリウツギなどの低木や、ヨツバヒヨドリなどの高茎草本が繁茂しやすくなり、高木性広葉樹の更新を妨げることがありました。

帯状伐採は光環境を大幅に改善しますが、サイズが小さく形状比の高い前生稚樹の枯死率が高まります。また、伐採幅が広いと低木や高茎草本などが繁茂し、稚樹の生育（更新）が阻害されやすくなります。稚樹の状態によっては高い割合での定着が期待できないこと、また伐採幅や方法に配慮する必要があることを理解してください（Ⅱ-1参照）。