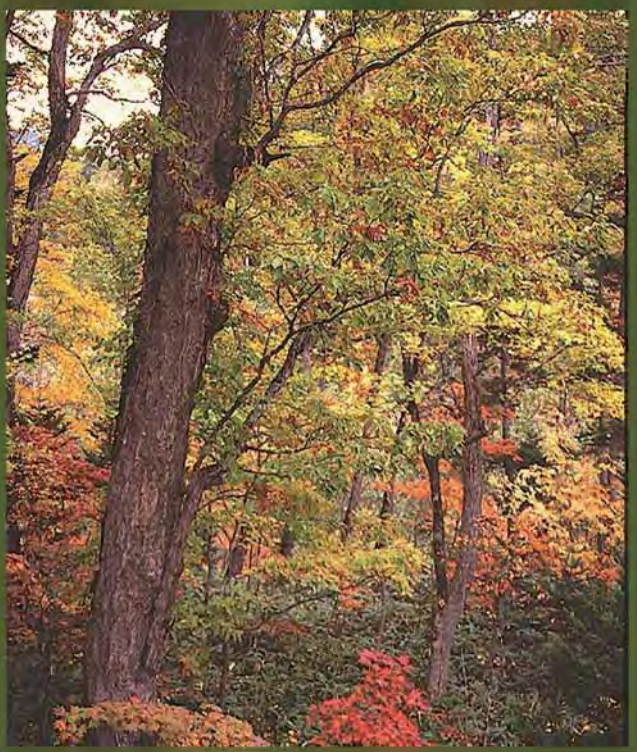
ISBN:978-4-905304-08-1

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

【森林総合研究所　第3期中期計画成果1（森林・林業再生―1）】

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して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

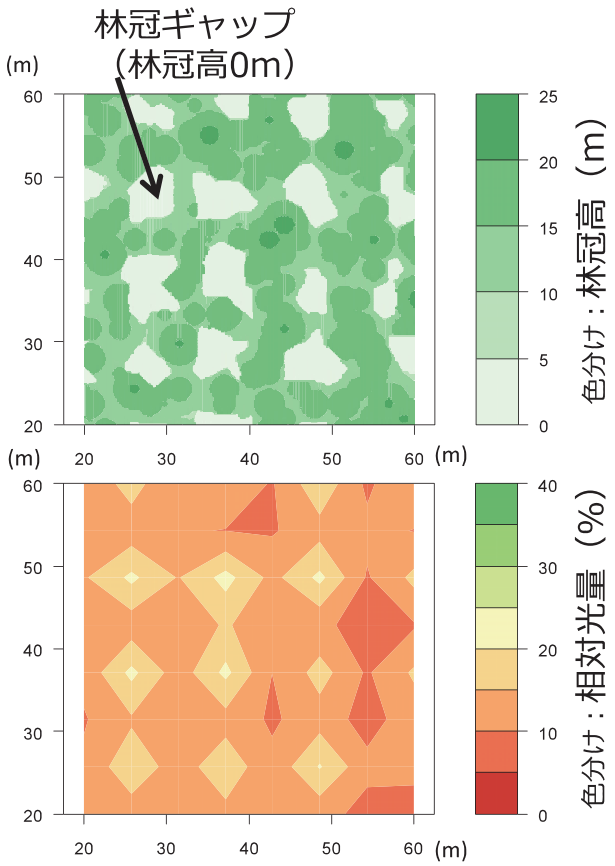
Ⅱ-1．上木伐採の考え方（林冠デザイン）

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

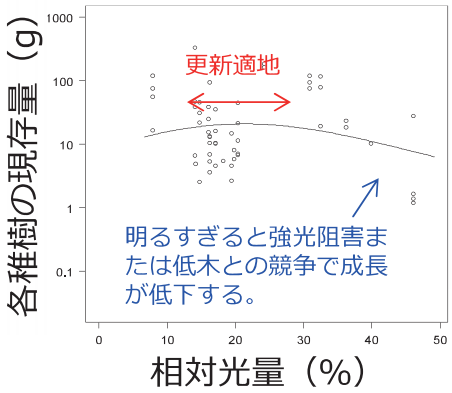
ことが予想されました。これは他頁に掲載されている例とも合致します。したがって、抜き切り方法や繰り返しスケジュールは、更新させたい樹種の特性にあわせてアレンジし、施業計画をたてる必要があります。

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



伐採率25%になるように5m四方のギャップをあけた時、林分の約44%がヤブツバキの更新に適した光環境となる・・・という予測が可能になりました。

ヤブツバキの種特性



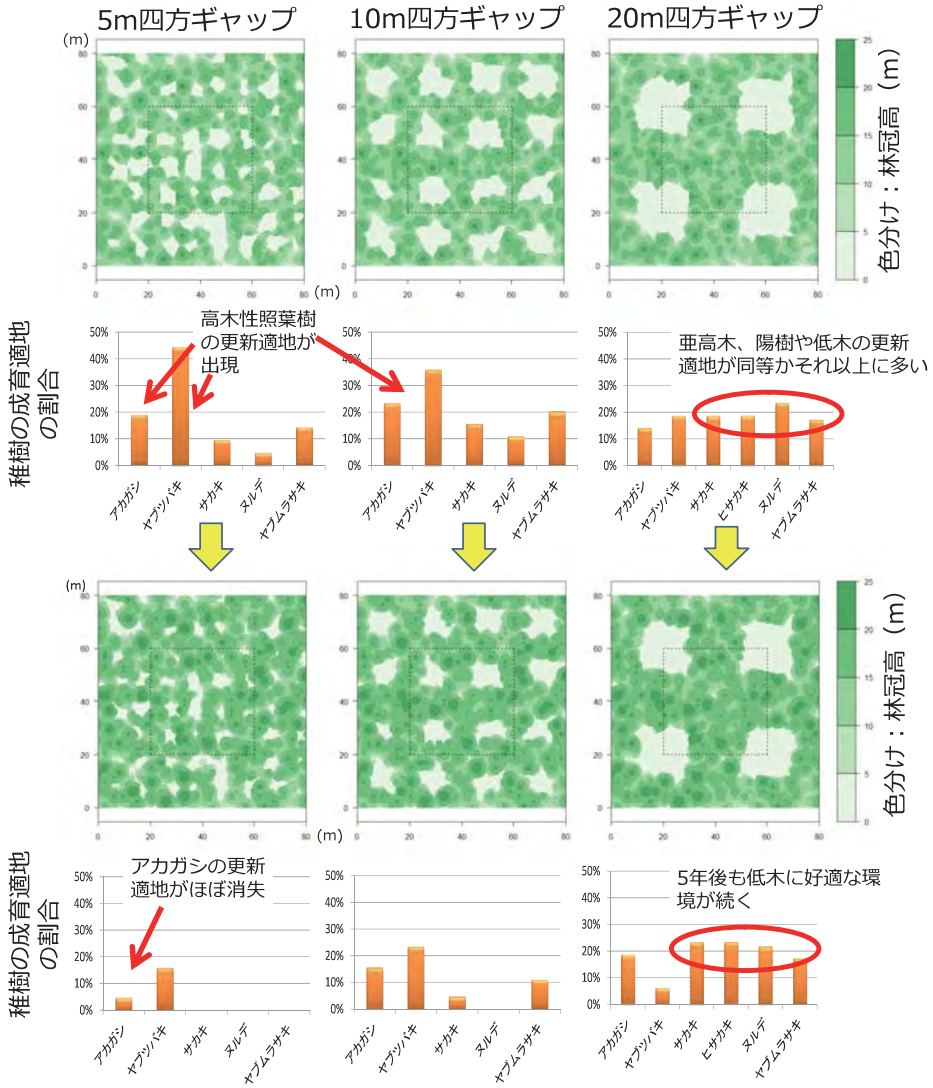
※ここでいう相対光量とは相対光合成有効光量子量のことで、相対照度とほぼ同じものと考えてください。

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、対象樹種の特性によって、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。

ことになります。

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

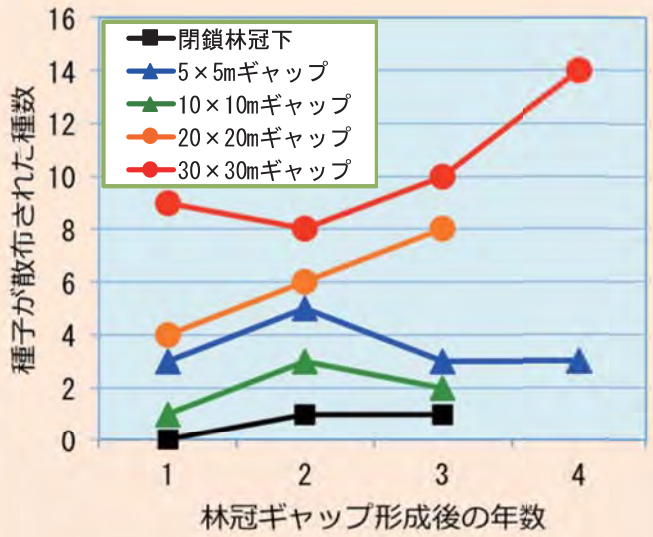
林冠ギャップ形成には鳥散布種子を誘導する効果がありますが、その効果を広葉樹林化に活用するためには、a) 幅20m以上の林冠ギャップを開けること、b) ササやツルの繁茂などの更新阻害要因が数年間は生じないことが前提になります。前生稚樹の成長促進などの目的でa)とb)を満たす施業を行った場合には、その副次的な効果として鳥散布種子の誘導（稚樹の増加）も期待できるでしょう。

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。

林冠ギャップ内に種子が散布された鳥散布性樹種37種と母樹の位置

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）

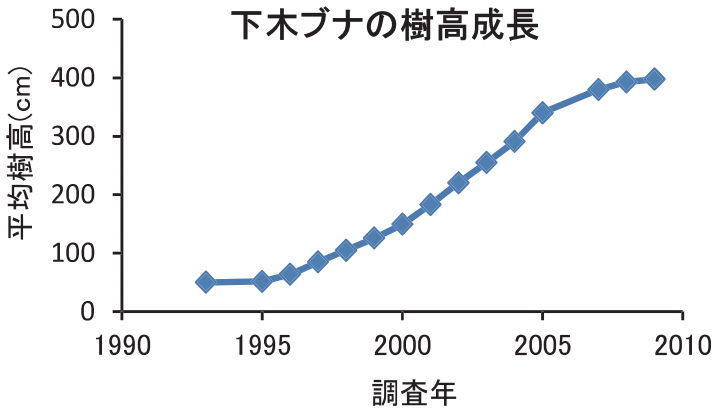
II-1の「予測１」のように、抜き伐りなどで稚樹が定着しても、それで充分だとはいえないかもしれません。そこで、強度の抜き伐りを行った針葉樹林の樹下に植栽した広葉樹の成長を調べたところ、やはり稚樹が定着しただけでは安心できないことがわかりました。

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。



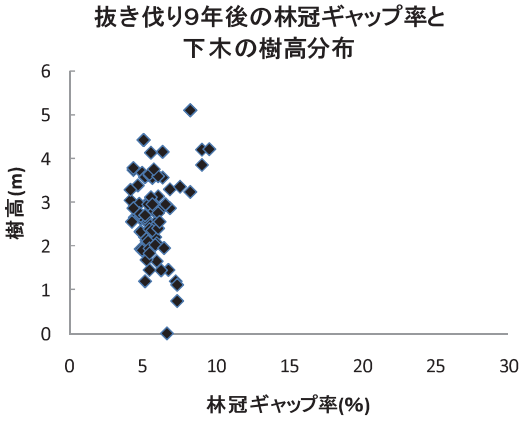
ブナは植栽後13年目までは順調に成長しましたが、樹高4mに近づいたところで、樹高成長が止まり始めました。上木のカラマツ林は、樹高24mですが、枝下高が6～9mと低く、平均枝張りが4mもありました。カラマツを強度に抜き伐りしたことで、低い位置の枝が枯損せずに成長し、枝下高が低く枝張りの大きなカラマツとなり、下木の成長を押さえ込んでしまったと考えられました。

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)



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、充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くなる帯状伐採地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って形状比が高く、直径の細い広葉樹は生き残らないことがあります。

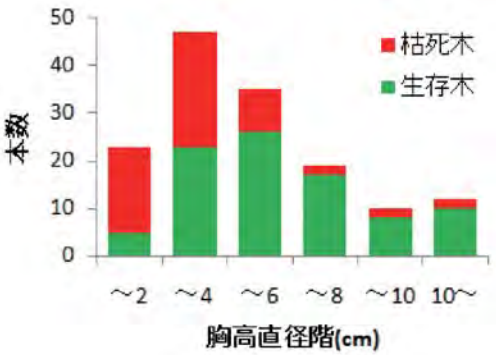
- これは、単純に本数だけで更新がうまくいくかどうかを判断することは難しく、できるだけ慎重に臨むべきであることを意味します。

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。

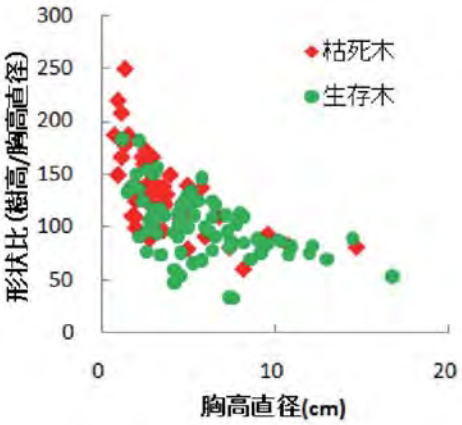
- これはII-1で示した「予測２」のケースです。この程度の幅の伐採であっても、注意が必要であることを意味します。

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



伐採後2年目の広葉樹形状比

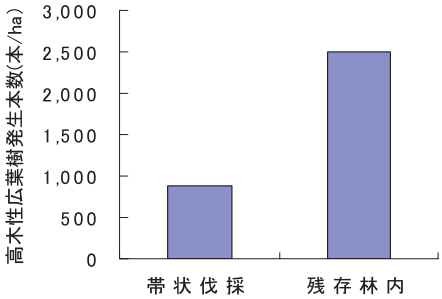
10m幅の帯状伐採地では、伐採後2年目には、以前下層に生育していた広葉樹の30%が枯死しており、その大半は直径4cm以下で、形状比が120以上という、ひょろ長い木が多いことが解りました。
より伐採幅を広くすれば、更に枯死率が上がると予想されます。

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

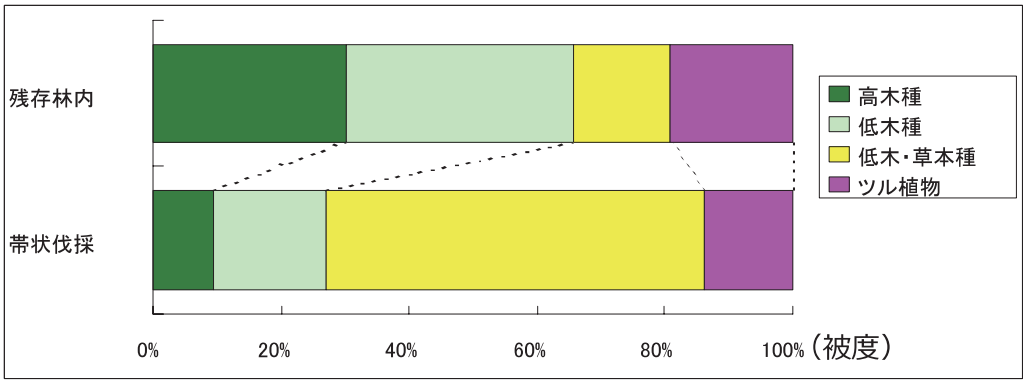
下木が多く残る樹高22mのカラマツ林で、20m幅の帯状伐採を行い、残存林内も含めて３年間下刈りを行い、その後5年間放置させました。

帯状伐採区

残存林内



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）。

Ⅲ. 更新促進のための工夫

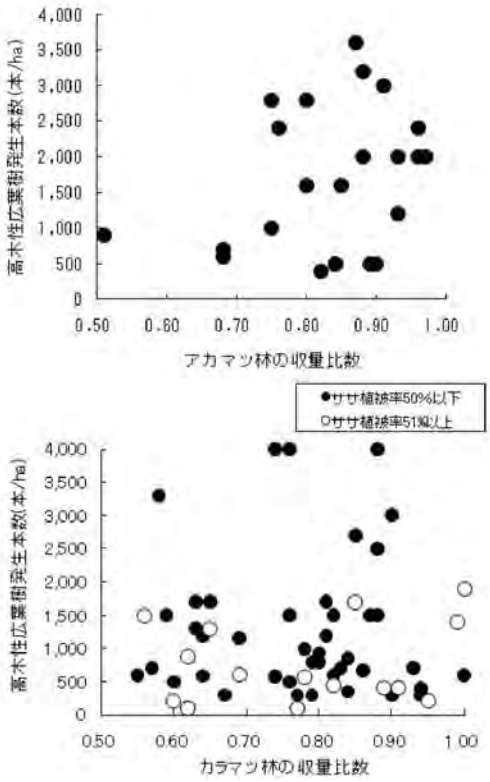
Ⅲ-3. 広葉樹下木が豊富な人工林

針葉樹人工林でも、林内に広葉樹が多く見られる林もたくさんあります。林内に一定量の広葉樹の下木（稚樹を含む）が見られる場合は、それだけで更新（広葉樹林化）が可能になると考えてよいでしょうか。

1.アカマツ林やカラマツ林では、収量比数が高い林でも、林内が明るく、下層に広葉樹が生えている場合が多く見られました。
2.下層に一定量の広葉樹があれば、列状伐採や皆伐後に萌芽更新だけで充分な稚樹数が確保できるかもしれません。
3.これは II-1の「予測２」とは異なるもので、広い伐採跡地でも萌芽発生が旺盛な広葉樹の稚樹群が元々あれば、更新（広葉樹林化）がうまくいく可能性が高まります。

アカマツ林やカラマツ林は広葉樹が多い

長野県内のアカマツ林やカラマツ林で、収量比数と高木性広葉樹の成立本数をしらべました。

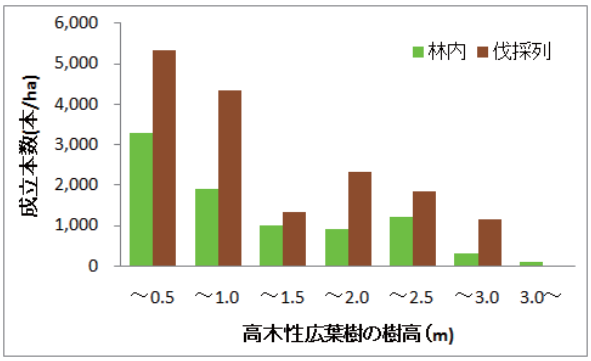


収量比数と林内下木密度との関係

アカマツ林、カラマツ林共に、収量比数が非常に高くても高木性広葉樹の成立本数が多い林分がありました。しかし、ササに覆われたカラマツ林では高木性広葉樹が少ない傾向がありました。

カラマツ林での列状抜き伐り

1伐3残で列状に抜き伐りしたカラマツ林（47年生、樹高23m）で、伐採列だけ広葉樹を伐採し、残存列の広葉樹は残しました。



伐採5年後の広葉樹の本数

伐採後5年目には、伐採列と残存列の広葉樹の樹高差がわからなくなっていました。伐採列の広葉樹は、残存列よりも本数が多く、樹高成長も良好でした。これは、伐採された広葉樹が萌芽更新したことに加えて、新たな実生も発生したためです。

カラマツ林での皆伐

下層に広葉樹が生育しているカラマツ林（59年生）を皆伐し、更新状況を調べました。

59年生カラマツ林
広葉樹は800本/ha
（直径5cm以上）

当年秋の萌芽
更新状況

	種名	株/ha
高木種	ウリハダカエデ	650
	サクラ類（*Cerasus*）	400
	ウワミズザクラ	400
	クリ	313
	ミズナラ	125
	その他	400
	小計	2,288
亜高木種	リョウブ	813
	ヒトツバカエデ	538
	ハウチワカエデ	338
	その他	350
	小計	2,038
	合計	4,325

樹高10cm以上の高木性広葉樹が、2,200株/ha成立
（平均樹高：53cm　最大樹高：215cm）

伐採年の秋までに、萌芽由来の稚樹が平均樹高50cm以上に育ち、これらで更新が可能だと考えられました。

前生樹が多い森林では、特段の配慮をしなくても更新が容易な場合もあります。特にカラマツやアカマツ等林内が明るい林分で萌芽性の強い下木が生えている場合は、省力的に広葉樹林へと誘導出来る可能性が高くなります。

Ⅲ. 更新促進のための工夫

Ⅲ-4. 誘導した散布種子を効果的に利用する

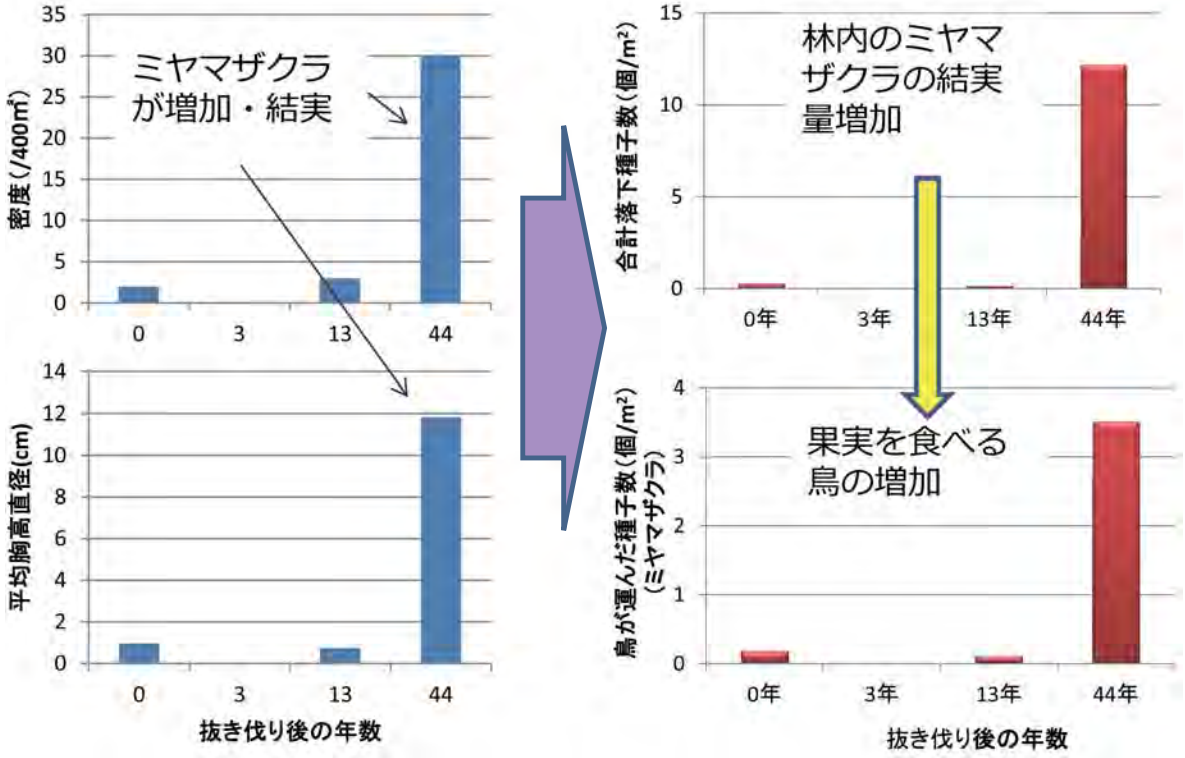
抜き伐りで林冠を疎開すること（林冠ギャップの形成）は、Ⅱ-2で示したとおり、鳥散布種子を誘導する効果があります。それが広葉樹林化につながるかどうかには、抜き伐り後に誘導された種子が発芽して実生や稚樹になるかどうか、また定着した鳥散布樹種が結実し、さらなる誘導効果を発揮するかが重要です。

1.山梨県のカラマツ人工林の間伐（以降、抜き伐りと記述）跡地で調べた結果、抜き伐りから40年以上経過した林分で、主要な構成種であるミヤマザクラの本数・サイズが増加し、一部が結実を始め、新たな林内への鳥散布種子の誘導効果がみられました。

2.しかし、誘導された種子は発芽前に大半がネズミなどの捕食によって死亡し、実生も林床がすでに暗くなっているために、新たに定着するのは困難な状況でした。

抜き伐り後に定着した鳥散布樹種による誘導効果

抜き伐り後の時間経過にともなうミヤマザクラの定着、結実の状況を調査すると



抜き伐りして44年後にはミヤマザクラが結実を始め、果実を食べる鳥によって散布される種子数が新たに増加し、稚樹数が増えました。

鳥散布種子を誘導した後も上木の処理が必要

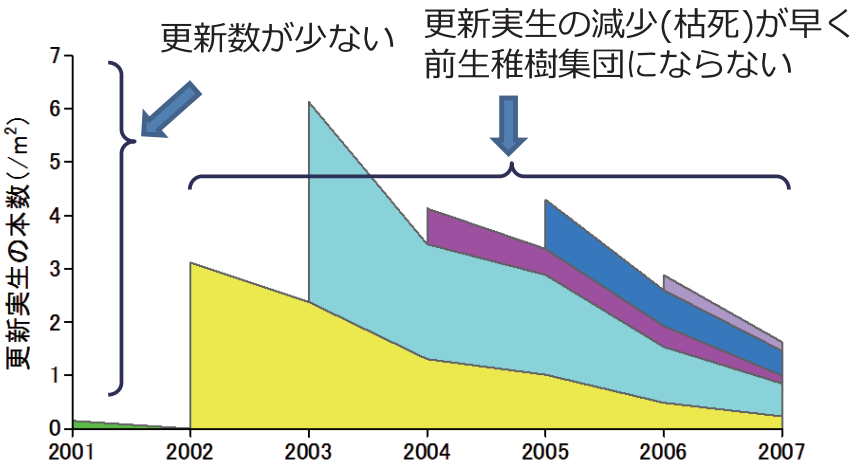


図１　1963年に抜き伐りしたカラマツ人工林における実生の増減

その背景にあるものは・・・

第１の原因：種子が捕食されている

図２　カラマツ人工林に置いた種子が野ネズミに食べられた割合

第２の原因：林床がすでに暗い

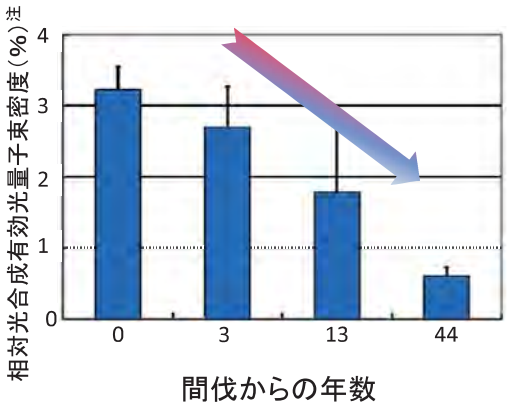


図３　抜き伐り後の年数にともなう光環境の変化

注：相対照度とほぼ同じものと考えてください。

伐採後年数が経過すると、1）この林分ではミヤマザクラが更新し、2）それが結実を開始し、3）その果実を食べに鳥類が来る事がわかりました。
これを利用してさらに更新を進めるためには、阻害要因の改善が必要（種子捕食者を排除する、光環境を改善する）であることも解りました。

林内に結実している鳥散布型樹木がある場合は、結実による散布誘導効果によって稚樹が増えることが期待できますが、散布された種子の捕食回避や光環境の改善等、追加的な施業が必要となります。

Ⅲ. 更新促進のための工夫

Ⅲ-5. シカが嗜好しない樹種の選択

ニホンジカによる食害は、広葉樹林化を図る上で大きな障害です。シカが非常に多く生息する地域で広葉樹が更新するとすれば、食害を受けない樹種か、あっても生き残れるものに限られます。

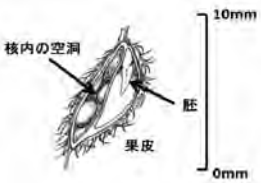
そうした樹種の１つにエゴノキ科の落葉小高木・オオバアサガラがあります。シカの食害を受けた森林は下層植生が衰退・消失しますから、小高木とはいえ、水土保全の面からもオオバアサガラによる更新は有効といえます。

オオバアサガラは本来の広葉樹林の主要構成種ではありませんので、シカ害の回避や密度管理対策が可能になれば、目的とする広葉樹林の組成に戻していくことが必要ですが、ほとんどの場合、目的樹種の前生稚樹がないことから、植栽を検討する必要があります。

オオバアサガラの生態

オオバアサガラは6年生前後から開花・結実します。種子は水に浮く構造となっていますが、風でも運ばれます。種子の寿命は長く埋土種子となり、一定の明るさと湿り気の下で発芽します。

結実の様子



種子の構造

根系による
崩壊防止の様子

一斉林化した伐採跡地

スギ林内での稚樹

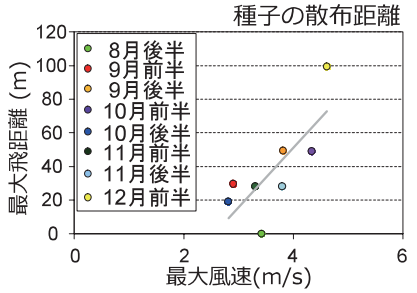
萌芽枝とシカ摂食害

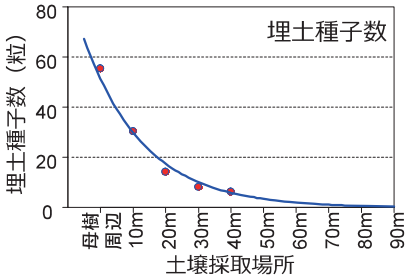
樹皮剥ぎ害
（これでも枯れない）

旺盛な萌芽再生力

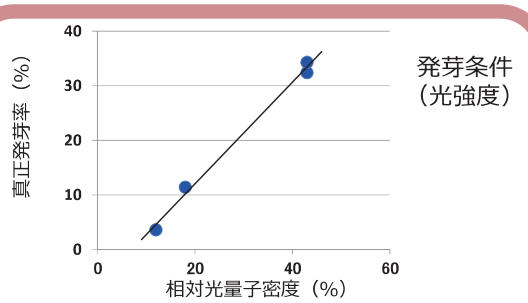
ある程度成長して定着すれば、暗い林床でも生育できます。通常シカはこの木を食害しません（不嗜好性）が、他に食べるものが無くなると摂食を始めます。しかし、萌芽再生力が強いため、多少の摂食害では枯死しません。

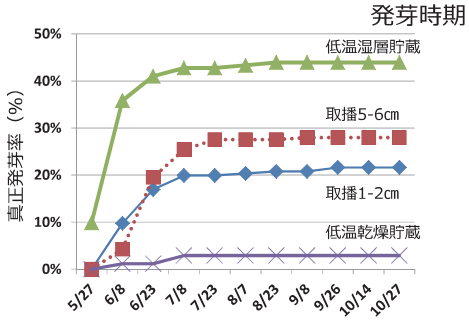
オオバアサガラの発芽・更新・成長特性



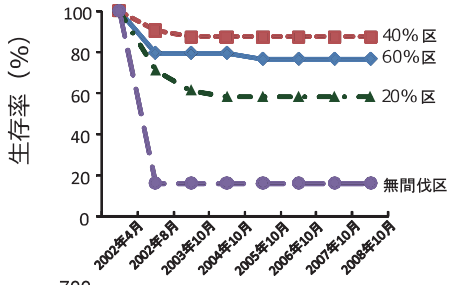


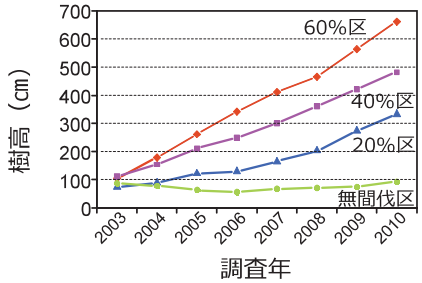
1）オオバアサガラの種子は樹高の１０倍程度距離まで風で散布され、埋土種子集団も形成する。





2）６月初旬から中旬頃に、一定の明るさと湿潤な条件があれば発芽する。





3）林内においても、初期に大きく減少するが、それを乗り越えた個体は容易に枯死しない。

増殖方法

発根率

	6月（8週目）	7月（12週目）	8月（16週目）
吸収剤なし	0%	0%	40%
吸収剤あり	0%	20%	20%

生存個体での発根率

	6月（8週目）	7月（12週目）	8月（16週目）
吸収剤なし	0%	0%	100%
吸収剤あり	0%	40%	100%

吸収剤あり

吸収剤なし

4）若枝を採取し、直挿しでの更新も可能である。高分子吸収剤を用いれば、発根の成績も良好である。

オオバアサガラのような、シカ不嗜好性、耐食害性を持つ樹種がある場合は、シカ害地域における広葉樹育成の有効な手段となり、公益的機能の維持にも役立ちます。

Ⅳ. 植栽による更新促進

Ⅳ-１. 菌根菌を使う（その種類と機能）

樹木の根に感染する菌根菌を利用した、つまり菌根菌感染苗を使った植栽技術は、熱帯の荒廃地植林等で実用化されています。天然更新による広葉樹林化が難しく、植栽による更新の補助が必要な場合でも、菌根菌を活用すれば、樹木の成長が促進され良好な結果を得ることが期待できます。菌根菌の種類は樹木や土壌の種類によって異なります。菌根菌を活用した植栽技術を効率的に進めるためにも、菌根菌の特徴を理解しておく必要があります。

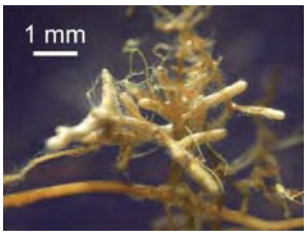
菌根の種類とはたらき

種類

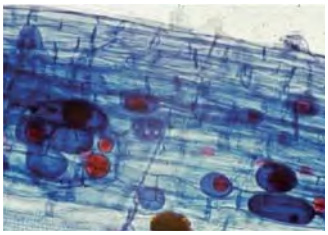
菌根菌は、土壌に生息する真菌（カビ、キノコなど）の一種であり、植物の根に感染して菌根という構造物を形成し、感染した植物との間で物質の授受に関する共生関係を成立させています。

・外生菌根･･･ブナ科（ブナ、ナラ、カシ類）やカバノキ科（カンバ、ハンノキ類）に形成されます。菌糸は細根の表面を覆います。外生菌根を形成する菌には、マツタケ、ホンシメジ、テングタケ、イグチ類などキノコを作るものがあります。

・内生菌根（アーバスキュラー菌根）･･･スギやヒノキなどの樹木に形成されます。菌糸は根の表面を覆うことなく、根の組織の細胞壁内部にまで侵入します。



外生菌根



内生菌根

はたらき

菌根菌の菌糸は土壌中を広範囲に拡がり、養水分を効率的に吸収し、樹木に供給します。そのため、樹木の成長は向上します。

左：菌根菌接種苗
右：非接種苗

1. 菌根菌は、内生菌根菌と外生菌根菌とに大きく分けられます。
2. 我が国における人工林の主要樹種であるスギやヒノキは内生菌根を形成します。一方、ブナ科やカバノキ科などの広葉樹は外生菌根を形成します。ですから、広葉樹植栽には外生根菌を上手に活用することが有効となります*R1。

Ⅳ. 植栽による更新促進

Ⅳ-2. 菌根菌を使う（感染苗による成長促進）

共生微生物である菌根菌を活用して広葉樹林化を行う場合、実生苗に菌根菌を接種して感染苗を作成して、それを現場に植栽することになります。そこで、具体的な感染苗の作成方法を検討しました。また、菌根菌感染の効果を人工林皆伐跡地の土壌に植栽して実証試験をしました。

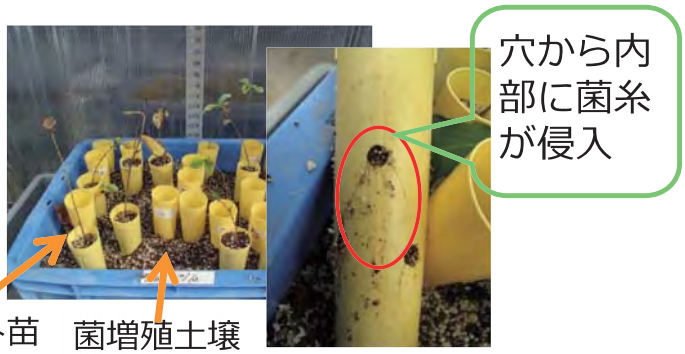
菌根菌感染苗の作り方とその効果

作り方

菌が増殖した土壌に穴の開いたポットを埋め込む

↓

穴を通じて菌が侵入感染します



ツチグリ菌の簡易接種法

成長促進効果

菌根菌を感染させた苗を人工林皆伐跡地土壌にて6ヶ月栽培。
左より、ツチグリ接種、ニセショウロ接種、非接種。

1. 菌根菌としては、ツチグリ、ニセショウロ、ウラムラサキ、コツブタケのような、植生の遷移の早い時期に出現する種を用いると容易に感染苗をつくることができます。
2. ツチグリ、ニセショウロを接種したシイ・カシの苗木は、人工林伐採跡地のような養分の乏しい積悪土壌に植栽しても順調に成長し、現地に植栽した場合でも感染苗の成長は順調でした。
3. 国内でも、感染苗育成技術が実用化されています。

感染苗作成等についての詳細は、巻末の問い合わせ先をご覧下さい。

Ⅳ. 植栽による更新促進

Ⅳ-3.ヒノキ林における外生菌根菌の分布

スギ・ヒノキなどの人工林植栽樹種は、ブナ科の広葉樹とは菌根菌の種類が異なります。そのことが、スギ・ヒノキ人工林では容易に天然更新による広葉樹林化が図れない原因となる可能性があります。

植栽木の根にアーバスキュラー（内生）菌根菌が優占するヒノキ林分においても、ブナ科の広葉樹と共生する外生菌根菌は見られるのでしょうか？また、どれくらい、どのような種類の外生菌根菌がいるのでしょうか？

三重県内のヒノキ林内に生育するブナ科の実生や林縁部から異なる場所に植えたコナラ実生における外生菌根の形成状況を調べるとともに、ヒノキ林土壌を採取して、その土壌に定着する外生菌根菌を調べました。それらの結果から、感染苗木植栽の有効性を考えて見ました。

ヒノキ林には外生菌根菌が少ない

コナラ細根に外生菌根菌が定着している（上）、していない（下）状態

調査を行った三重県内のヒノキ人工林９林分

- ヒノキ林内に自生するブナ科実生の根にも外生菌根は形成されるものの、その程度は個体によって大きく異なりました。
- ヒノキ林分内の土壌には外生菌根菌が潜在していますが、その量は林縁から数10m程度の短い距離で急激に減少します。その種類数も林縁からの距離に伴い減少しました。

キノコが見つからなくても大丈夫

野外植栽法

無菌的に育成した
コナラ実生苗を
現場に埋設

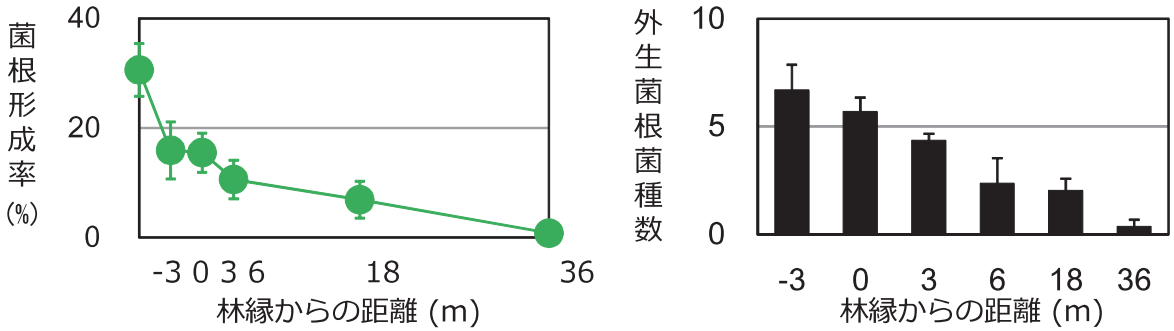
釣菌法

採取してきた土壌に
コナラ種子を
無菌播種して育成

外生菌根菌にはキノコを作るものが多く含まれますが、キノコが出ていなくても、外生菌根性の苗木を野外に植えたり、野外の土で育てたりすることで、土の中に潜んでいる菌を引っ張り出すことが出来ます。

外生菌根菌の多様性は林内に行くほど単調化

外生菌根の形成に関わる菌の種多様性を遺伝子解析で調べました。
菌類の種の特定は、核リボソームDNAの塩基配列を読み取りました。



ヒノキ人工林における菌根菌の分布状況

外生菌根菌は、ヒノキ林の林縁から林内に行くにつれて少なくなり、種多様性も低下しました。

外生菌根菌と共生しないスギ・ヒノキの人工林内で、外生菌根性のブナ科などの広葉樹稚樹が順調に育つためには、土壌中の外生菌根菌が少なすぎることが想定されます。広葉樹稚樹が見られない一斉林や積悪地などでは特に共生菌の利用が有効で、外生菌根菌を施用して林内土壌の菌根菌の密度を高めるか、接種苗（Ⅳ-２参照）を使うことで促進効果が期待できます。

Ⅳ.植栽による更新促進

Ⅳ-4. 広葉樹の種内変異（地理的分化）

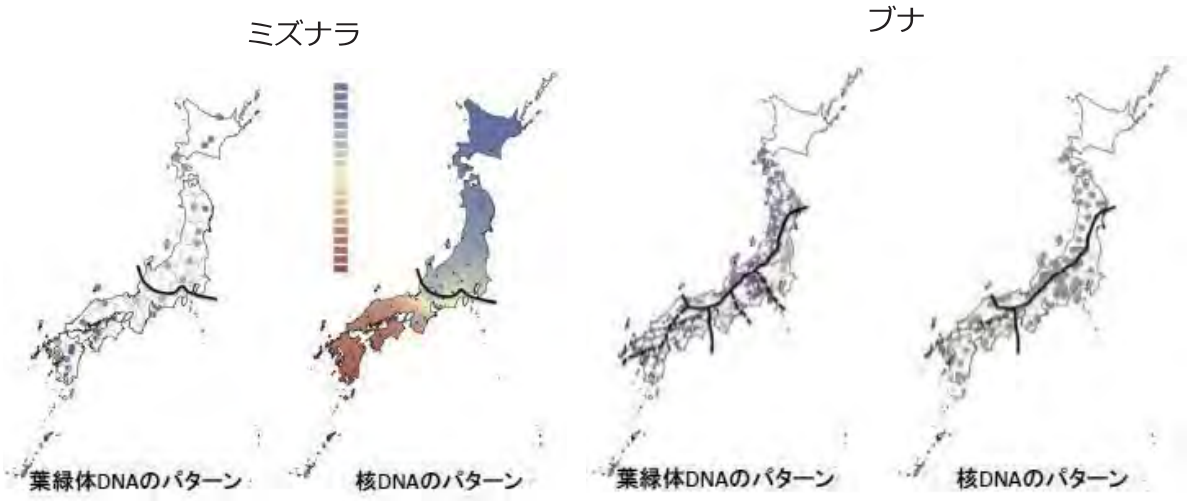
樹木は長期にわたって環境変化に適応しながら、分布域を拡大または縮小させてきました。そのため、同じ樹種であっても地域によって異なる遺伝的変異を持つ集団があること（地理的分化）が知られています。

広葉樹林化のために、苗木の植栽が必要となる場合、地理的分化を無視して遺伝的に遠いものを植栽すると、その気候など立地条件に適応できずに枯死、成長不良を起こす可能性があります。また成林したとしても、そこから発生する花粉や種子によって、自然集団が遺伝的に攪乱され、生態系を壊す恐れがあります。

つまり、採種や苗木育成にあたっては、対象樹種の地理的分化についての情報を得て、適正な処理をすることが重要です。そこで、主要な樹種の地理的分化を調べました。

DNAのパターンから見た地理的分化

遺伝子（DNA）は、細胞の中の「核」と呼ばれる部分と「葉緑体」と呼ばれる部分に入っています。核DNAと葉緑体DNAのそれぞれについて地理的分化を調査し、明確に大きく不連続な違いが見られるところに線を引いて、ゾーニングを行いました。*R2



※実線は地理的分化が明確で、遺伝的に不連続になる境界線を示しています。

- ミズナラでは大別して東日本、西日本型の２つのグループに分かれます（境界線の存在）。ブナでは、葉緑体DNAでは７グループに分かれましたが、核DNAの分析からは、太平洋側、日本海側、西日本型の３グループに分かれます。
- この不連続線を超えて、種子や苗木を移動させることは、遺伝子撹乱を生じさせる行為となる可能性があります。

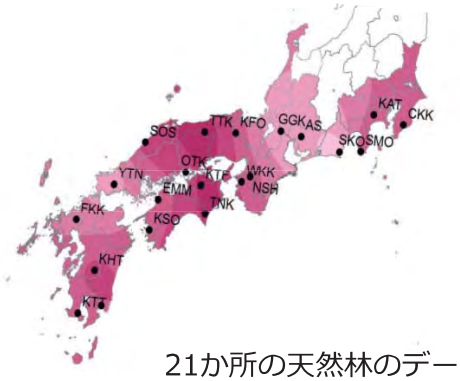
常緑性カシ類の地理的分化

西南日本での広葉樹林化で植栽の可能性がある常緑のカシ類について、シラカシとアラカシを対象として、核DNAの地理的分化を調べました。

シラカシ

12か所の天然林集団内の３つの遺伝要素の割合を円グラフで表しました。関東の集団に遺伝要素３が目立つこと、日本海側の集団で遺伝要素２の割合が高いことなどが示されました。

アラカシ



21か所の天然林のデータをもとに、空間補完を行って全体の遺伝要素の分布を推定しました。地理的な違いがあることがわかりました

この2種のカシ類では、明確な不連続性を示す境界線は引かれませんでしたが、地域によって遺伝的変異に違いがあり、地理的分化が起こっていることがわかりました。
この他の主要なカシ類をはじめ、分布域の広い広葉樹を中心に、地理的分化を明らかにする調査・解析が進んでいます。

1. 広域に分布するブナやミズナラでは、地域的な変異の差が大きく、不連続な地理的分化が見られます。
2. 照葉樹林帯に分布するシラカシやアラカシでは、地理的分化はあるものの、不連続になることはありませんでした。
3. 地理的分化を考慮しない遠距離移動による苗木の植栽は、その後の適応不良を引き起こし、成長が不良になったり枯死率が高くなったりする可能性があります（Ⅳ-6参照）。
4. 植栽個体が成長したとしても、周囲の個体と交雑することで遺伝的な撹乱を招きます。その結果、世代が進むうちに不適応な個体の割合が増加し、集団全体が衰退していく可能性が高くなります。
5. 広葉樹10種の地理的分化については、既刊の「広葉樹の種苗の移動に関する遺伝的ガイドライン」*R2をご覧ください。

Ⅳ. 植栽による更新促進

Ⅳ-５．地域性種子の確保

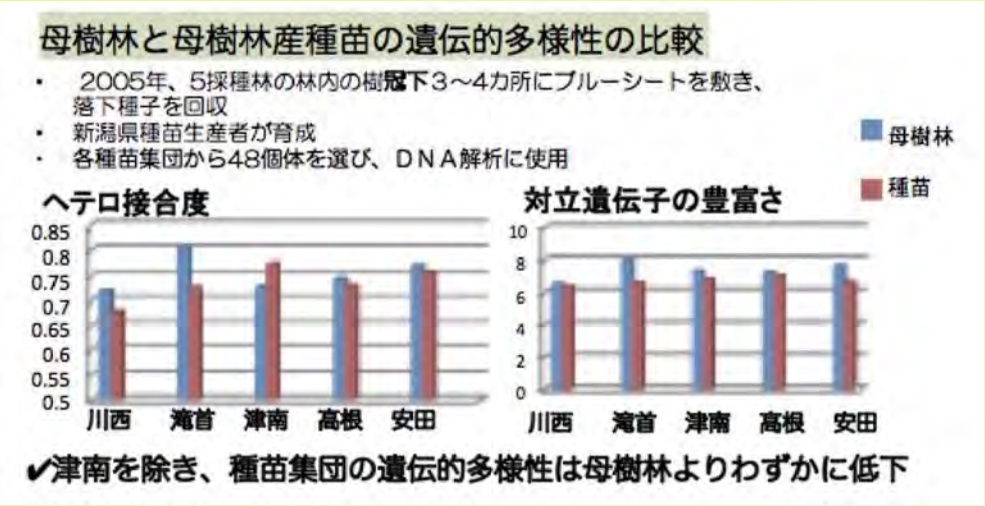
植栽を行う地域に適した種子を確保するには、Ⅳ-4で述べたような同じゾーンの中（同一の地理的分化内の集団）であったとしても、なるべく近くの種子源から採種することが最も適切な方法です。また、種子源とする母樹の数が少ないと遺伝的多様性の低下を引き起こします。このようなことを考慮して母樹林（採種林）を設定し、十分な個体数の母樹から種子を集めて育苗することが推奨されます。

そこで、新潟県と山梨県のブナの事例から、母樹林の持つ遺伝的多様性と、そこから採種して育苗した苗木が持つ遺伝的多様性を調べました。

母樹林と遺伝的多様性（新潟県の例）

新潟県では、県内に９か所のブナの母樹林（採種林）を設定しています。これらは県境地域の優良な天然林もあれば、標高の低い地域の二次林などもあります。そこで遺伝的多様性を調査しました。

その結果、このような二次林も十分な遺伝的多様性を保有しており、地域の採種林としては適当であることがわかりました。なお、隔離された小さな林分は遺伝的多様性が低く、採種林としては不適当でした。

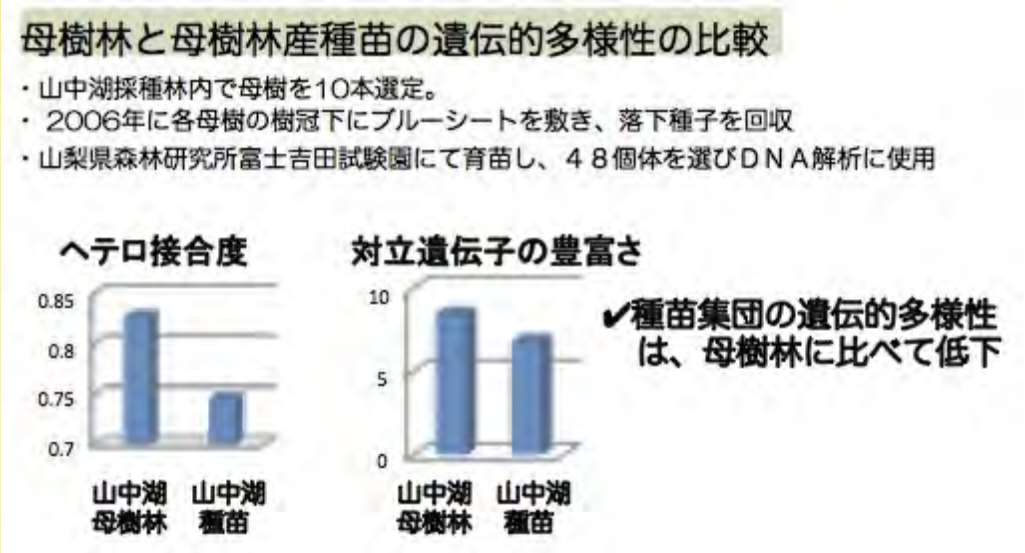


「ヘテロ接合度」と「対立遺伝子の豊富さ」は、遺伝的多様性の指標として使われており、これらの値が高ければ多様性が高いと言えます。

各母樹林で３-４ヶ所に採取用シートを敷き、その落下種子から得られた苗木(種苗）は、元の母樹林よりもやや低い遺伝的多様性を持つことがわかりました。母樹林内で、幅広く採種する場合は少なくとも４-５ヶ所以上の場所で採種することが望ましいといえます。

母樹林と遺伝的多様性（山梨県の例）

山梨県では、植栽事業を進めている富士山周辺で、天然林２か所と二次林１か所を母樹林（採種林）として整備を進めています。
これらは同一ゾーン（地理的分化）内にありいずれも、十分な遺伝的多様性を保有しており、この地域の採種林としては適切であることがわかりました。



１つの母樹林内で、10本の母樹から採種する方法で得られた苗木は、元の母樹林よりもやや低い遺伝的多様性を持つことがわかりました。このことより、母樹を選んで採種する場合は少なくとも10本以上の母樹から採種することが望ましいといえます。

1. Ⅳ-4で述べた各ゾーン内でも遠く離れると少しずつ遺伝的変異は変化していきますので、その地域の種子を用いて育苗し、植栽することが最も安全です。
2. 地域の単位としては県内を基本とすることが考えられます。遺伝子の調査によって県内が異なるゾーンに分けられる場合には、県内を複数に分ける必要があります。また、県内で環境条件が大きく異なる地域がある場合には、可能であれば複数の地域に分けその内に母樹林を設定することが推奨されます。
3. そのため、遺伝子調査が行われていない樹種については、当面、県内を地域の単位（１ゾーン）として考えて下さい。
4. 母樹林での採種方法にも配慮し、少数の母樹の種子に偏らないように、多くの母樹から種子を得るようにして下さい。

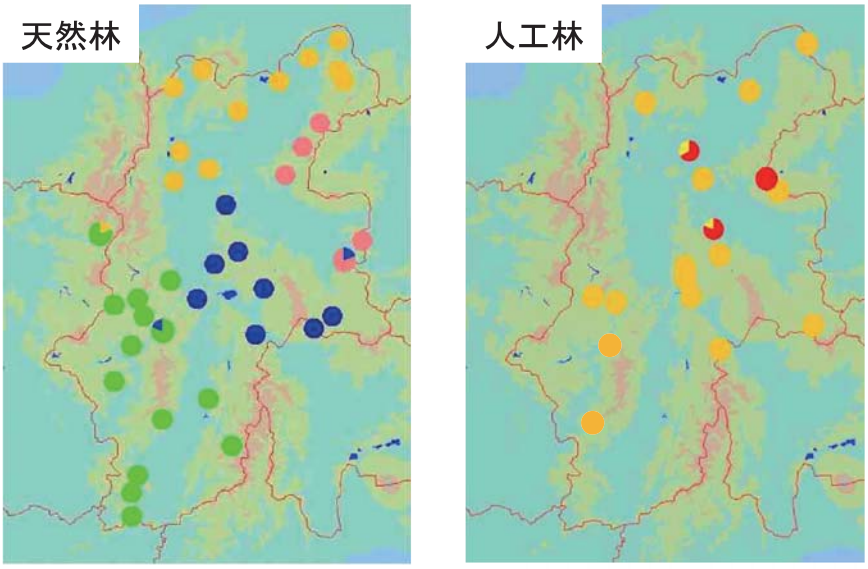
Ⅳ.植栽による更新促進

Ⅳ-6. 異なる地域の苗木を植える危険性

さて、現在植栽されている苗木はどこから来ているのでしょうか。また、地域産（同一ゾーン産）ではない苗木を植栽すると、どのような問題があるのでしょうか。ブナを事例として長野県で調査を行ったところ、次のようなことがわかりました。

1.長野県内に植えられたブナには、天然林の系統（地域産）と異なる場合があることが確認できました。
2.地域を越えてブナを植えると、雪や寒さの影響で苗木に障害を起こす可能性が高まることがわかりました。
3.広葉樹の種苗生産者も、種子を外部から購入している場合があるので、地域性種苗を求める場合は、原産地を確かめる必要があります。

ブナ天然林と人工林の系統



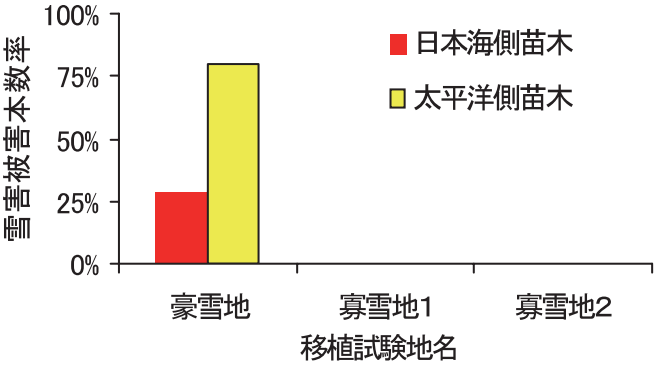
凡例にある記号は Fujii et al.（2002）が示した系統に準じています

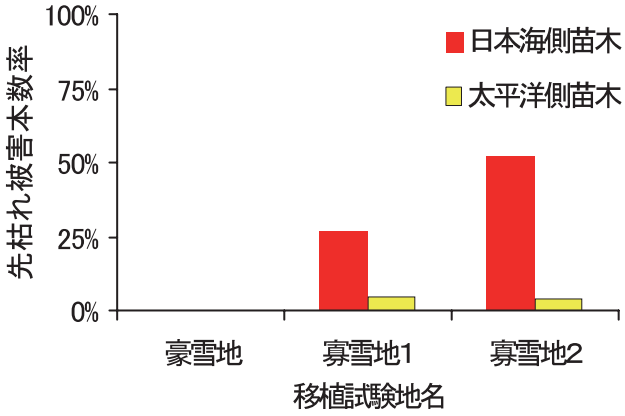
ブナ林の葉緑体DNAを調べたところ、長野県内のブナ天然林には4種類の系統が見られ、これらの地理的な分化が明らかになりました（注：ここでは、Ⅳ-4よりも詳細に地域による系統の違いを分けています）。一方、人工林には長野県の北部の天然林に見られる系統（B）と、長野県の天然林には存在しない系統（A）が植えられている事が解りました。長野県の中南部の天然林に見られたD、E、Fの系統は、人工林には植栽されていませんでした。

異なる地域の苗木を植えてみたら

地域性種子や種苗の重要性を明らかにするために、日本海側母樹を起源とするブナ苗と、太平洋側の母樹を起源とするブナ苗（３年生）を混ぜて、長野県北部の豪雪地１か所と、中部の寡雪地２か所に植栽し、翌春の状況を調べました。

雪による幹折れ（豪雪地）





先枯れ(寡雪地)

豪雪地では雪による幹折れや幹曲がりが太平洋側産の苗木で多発していました。一方、寡雪地では、梢端だけが個損する先枯れが、日本海側産の由来のブナに、多くみられました。ブナは地理的分化によって、それぞれの自然条件に適応していることがわかります。

ブナは、地域によって系統が異なり、他の地域の系統の苗木を植えると、成長が悪くなることがあります。広域に分布する広葉樹の苗木を利用する場合、種子の原産地を確認し、地域性種子、種苗を用いることが重要です。
また、今後このような個体が開花、結実をした場合、周辺天然個体と交雑して遺伝子撹乱を起こし、地域の生態系を壊す（脆弱にする）恐れがあります。

Ⅳ. 植栽による更新促進

Ⅳ-7. 地域性種苗の安定生産

ブナの豊作は数年に一回で、種子の生産量の変動が著しいため、豊作後の数年間は新たな種子の供給（採種）が期待できません。その間、ブナの地域性種苗はどのようにして供給を維持すればよいのでしょうか？

近年、採取種子を長期間保存できるようになりました。また、根切りを行うことにより、地上部の成長を抑制し地下部の充実した苗をストックすることができます。

そこで、種子の冷凍保存の可能性と、根切りの苗の形質に与える効果や枯損などのリスクを検証し、種苗の安定供給の可能性を探りました。

種子の取り扱いと保存

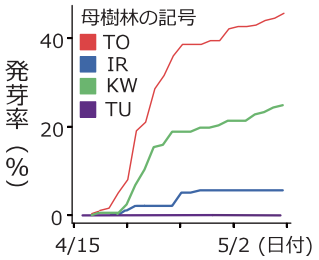
低温湿層処理*R3

なるべく落下直後のものを拾い集めて水選する。その後、同量の川砂と混ぜて土中埋蔵するか、果皮にわずかの湿りを与えてポリエチレン袋に密封し、３～５℃の低温で貯える。

冷凍保存*R4

採種後水選し風乾（室温20℃、２-３日）した種子をポリ袋に密封し、-20℃の冷凍庫で保存する。秋蒔きならばそのまま、春蒔きならば２℃の冷湿処理後播種する。

検証：冷凍して1年経過後（2007年4月）冷凍庫から取り出してすぐに播種し、室温で発根数を観測しました。その結果、発芽率には採種地による差がありました（右図）。



ブナの種子は、豊作年に採種し、湿らせ低温で蓄えることで翌春に確実に発芽させることができます。冷凍保存については、２年以上の保存についても報告されています*R4が、まだ実用化にはいたっていません。

根切りや根揚げは根を重くする

夏に根切りや根揚げの作業を行った苗を秋に堀り取り、その枝、葉、根の部位別の重さを何もしなかった苗と比較しました。

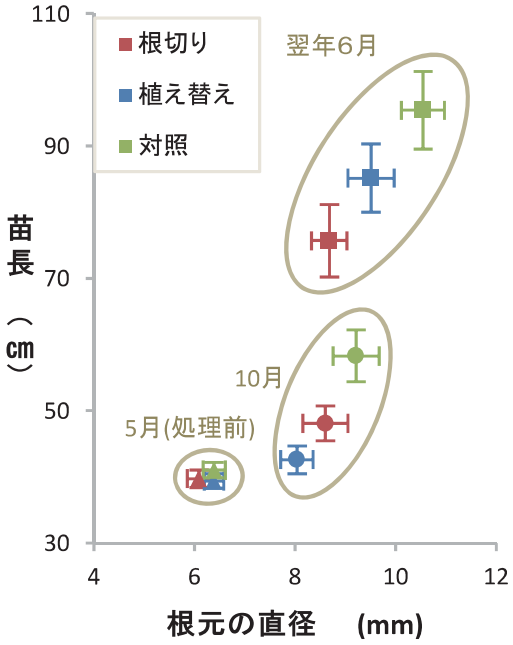
作業方法	枝の重さ	葉の重さ	根の重さ
１／３切除または植え替えをした苗	より軽い	より軽い	より重い
根切り鍬（処理５回）をした苗	より軽い	より軽い	より重い
根揚げ機（処理１回）をした苗	より軽い	より重い	より重い

根切り鍬

根揚げ機

どのような作業方法でも、夏に根切りを行うと地上部の成長は抑えられ、根の重量が重くなります。
ヨーロッパブナでも同様なことが報告されています。

作業後翌年まで続く成長抑制効果

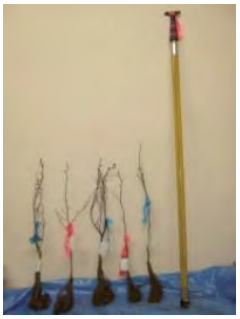


※エラーバーは標準誤差

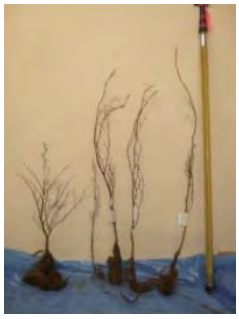
処理前（５月）に比べ、ひと夏を経た１０月には植え替え、根切りの順で抑制効果が現れ、１年を経た翌年６月には根切りの効果が強く、その差はさらに大きくなりました。

成長抑制方法を変え、その効果の違いを比較しました。
根切り区：主根と一次側根の上位３本の長さの1/3を切除
植え替え区：掘り出したのち、再び植栽

処理の様子（6月）



10月
根切り、植え替え



10月
対照（無処理）

根切りが苗長、直径の成長に及ぼす影響は翌年の春まで（１年以上）続くことが認められました。ブナは特に、前年のうちに翌春の成長量が決まる性質を持つためと考えられます。植林地での旺盛な成長を求めるためには、山出し前年の強い根切りは避ける必要があります。

1. ブナ種子は翌年の春までは低温湿層処理で保存可能です。風乾後冷凍することで数年間発芽率を保つことができますが、ほとんど発芽しなかった場合もあり、実行に際してはまだリスクがあります。
2. 成長期に根切りを行うと、地上部の成長が抑制され、根の発達した苗を育成できました。枯損も発生しなかったことから、苗の成長をコントロールするために有効な作業となると考えられます。ただし、翌年の成長にも影響を与えるため、山出しの前年に強い根切りを行うことは避けたほうが良さそうです。ブナの成長は庇陰処理によっても抑制できるので、根切りと庇陰処理を併用した育苗システムを構築するのが得策です。

Ⅴ.土壌保全機能の維持向上と評価

Ⅴ-1. 土砂受け箱を使った評価

広葉樹林に対しては、公益的機能が高いという期待感があります。実際に、人工林を広葉樹林へと誘導した場合やその過程において、この機能はどのように変わるのでしょうか？

機能の変動が著しいと言われる土壌（表土）の保全機能について簡便な手法で評価が出来れば、森林経営上の的確な判断ができるようになります。

抜き伐りなど施業による土壌保全機能への影響は、土砂受け箱法によってその変化を評価することができます。土砂受け箱は作成・設置が簡単で、すでにこの方法で、継続的に土壌保全機能を評価したデータが日本各地で蓄積されています。これらを比較することにより、施業の影響や広葉樹林化の効果が理解・評価でき、森林の持続的管理にとって、きわめて重要な情報となります。

土砂受け箱法とは

1. 土砂受け箱による土砂移動量の測定は、簡便な装置を用いるので利用しやすく、土壌保全機能の評価に使えます。
2. 個々の林分間の土壌侵食強度の違いや施業前後の土砂移動量の経年変化が比較できます。
3. 土砂受け箱は作成が容易で、10個から20個を林内に設置すると、施業法や樹種の違いが土砂移動量に与える影響を検出できます。
4. 日本各地でデータがすでに蓄積されており、調査した林分の土砂移動量と他の地方の土砂移動量とを、同じ単位で比較ができます。
5. 強度の抜き伐りと土砂移動量抑制の関係がよく説明できます。なぜなら、強度の抜き伐り後に林床植生が繁茂して植被率が増加し、結果として雨滴浸食による土砂移動が抑制されるという因果関係が明らかだからです（Ⅴ-2, 3参照）。

林内に設置された土砂受け箱（左）とそこに溜まった土砂及びリター（右）

土砂受け箱法については巻末参考文献*R5もご覧ください

土砂受け箱の仕様と設置方法

1. 土砂受け箱の仕様（写真1）
- 内法で、幅25cm、高さ15cm、奥行き20cm
- 厚さ15mmのスギ板（推奨）を使用する（赤味の板が腐りにくい）
- ペンキ塗りは不要
- 前面に、アルミ板（厚さ0.5mm,6.5×28cm）をネット釘で固定する（挟み込み1.5cm、張り出し 5cm）
- 背面には、寒冷紗（縦32cm、横44cm）を網戸用スクリーンベルトなどで固定

写真１　土砂受け箱の前（左、山側に設置）と後ろ（右）

写真3　土砂受け箱の配置

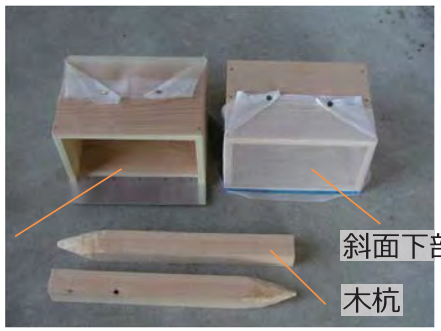


写真2　ばらした状態の土砂受け箱

2. 土砂受け箱設置のコツ
箱と杭はばらして別々に運ぶ（写真2）。まず箱よりわずかに狭い幅で杭を打ち込む。次に箱が斜面にぶつかる位置（地面）に剪定バサミで水平に切れ目を入れる。切れ目にアルミ板を差し込むように箱全体を押し込み、２本の釘で内側から固定する。

3. 箱の配置と繰り返し数
土砂受け箱は、通常１調査地につき5～10個を等高線に沿って均等に配置する（写真3）。試験目的によって、箱をプロット内にランダム配置したり、特定の位置に配置したりしてもよい。

4. 試料の回収と処理
寒冷紗の覆いをはずして箱の背面から試料を回収する。木製ヘラなどを用いて、ちりとり様の受け器（写真4）に箱内の土砂、リターを掻き出す。これをビニール袋に移して持ち帰る。試料は風乾する。風乾試料は、リター、細土、礫に分けてから、乾燥重量を測定する（105℃、24時間乾燥）。試料回収の間隔は、１降雨毎から年２回程度まで調査目的に応じて決める。

写真4　土砂受け箱(上）と土砂回収用受け器(下）

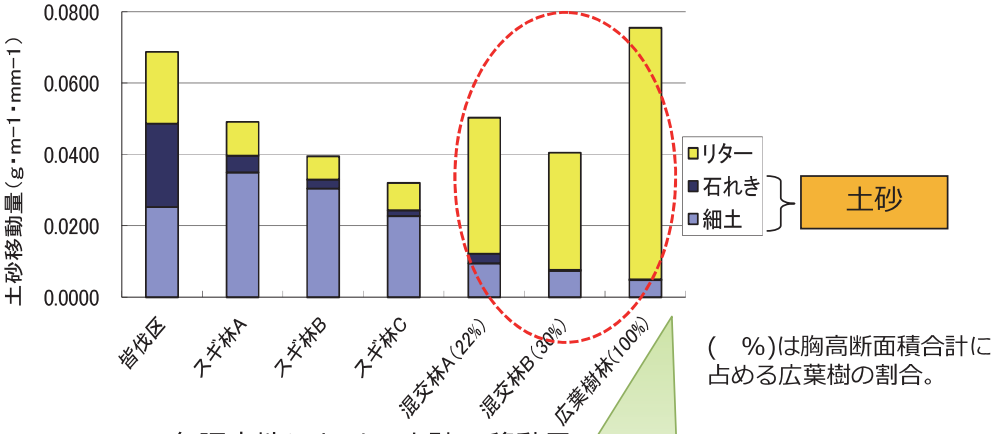
V.土壌保全機能の維持向上と評価

V-2. 広葉樹の定着と土壌保全機能

広葉樹林化や混交林化によって、森林の土壌保全機能の発揮が期待されています。しかし、人工林内に広葉樹が定着することでその機能は向上するのでしょうか？森林の土壌保全機能について、広葉樹の混交割合が異なるスギ林で土砂受け箱を用いて土砂移動量を測定して比較しました。また、スギの抜き伐り後の広葉樹の定着状況についても調べ、土壌保全機能との関係を分析しました。

混交林や広葉樹林の土壌保全機能

広葉樹の混交割合が異なるスギ林および周辺の混交林や広葉樹林において１年間の土砂移動量を調査しました。（秋田県大館市、2008年、年間降水量1,476mm）



各調査地における土砂の移動量

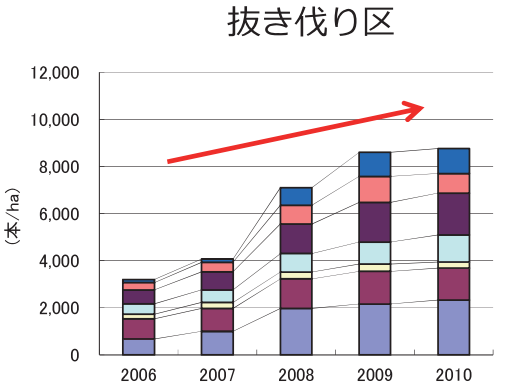
広葉樹林や混交林はスギ林と比べて落葉（リター）の移動が多く、土砂（土や石）の移動は少ない事が解りました。これは、土壌保全機能が高い事を示しています。

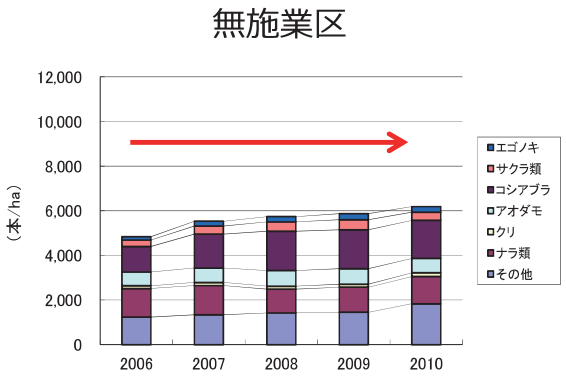
広葉樹の落葉による林地の被覆

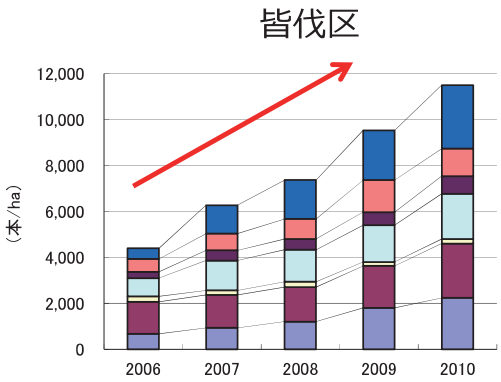
雨滴による土壌浸食の緩和は、林床植生だけでなく、落葉の豊富さにも左右されます（V-3，5参照）。

広葉樹林化の効果

抜き伐り後の広葉樹の定着状況







抜き伐り後の広葉樹の定着本数の推移
（秋田県大館市、2007年３月に伐採、高さ30cm以上の幹を対象。
矢印は定着本数の傾向を示している）

前生稚樹がある程度ある林分では、抜き伐りの強度が強いほど、その後の広葉樹の定着本数が増加していきます（いずれは頭打ちが始まります）。このように、抜き伐り後に早急な更新が見込める林分では、混交林・広葉樹林化によって、土壌保全機能が向上することが期待できます。

1. 広葉樹林や混交林では、林地の土砂（細土や石礫）の移動量がスギ林と比較して少なく、大部分がリター（落葉）の移動でした。
2. この事例では、スギ林であっても土砂移動量が少なく、土壌保全上の問題はありませんでしたが、広葉樹林化や混交林化によってさらなる機能の向上が期待できます。
3. 抜き伐り後、エゴノキなど高木性広葉樹の定着本数が増加し、抜き伐りによる更新促進と機能向上効果が認められました。
4. 土砂の移動は、降水が地面を打ちつけるときに発生する雨滴浸食の影響が大きいとされています。人工林の場合、林床に広葉樹が定着することによって、植生や落葉による被覆が増大し、機能が向上するものと考えられます。

Ⅴ-3. 伐採の影響（スギ林）

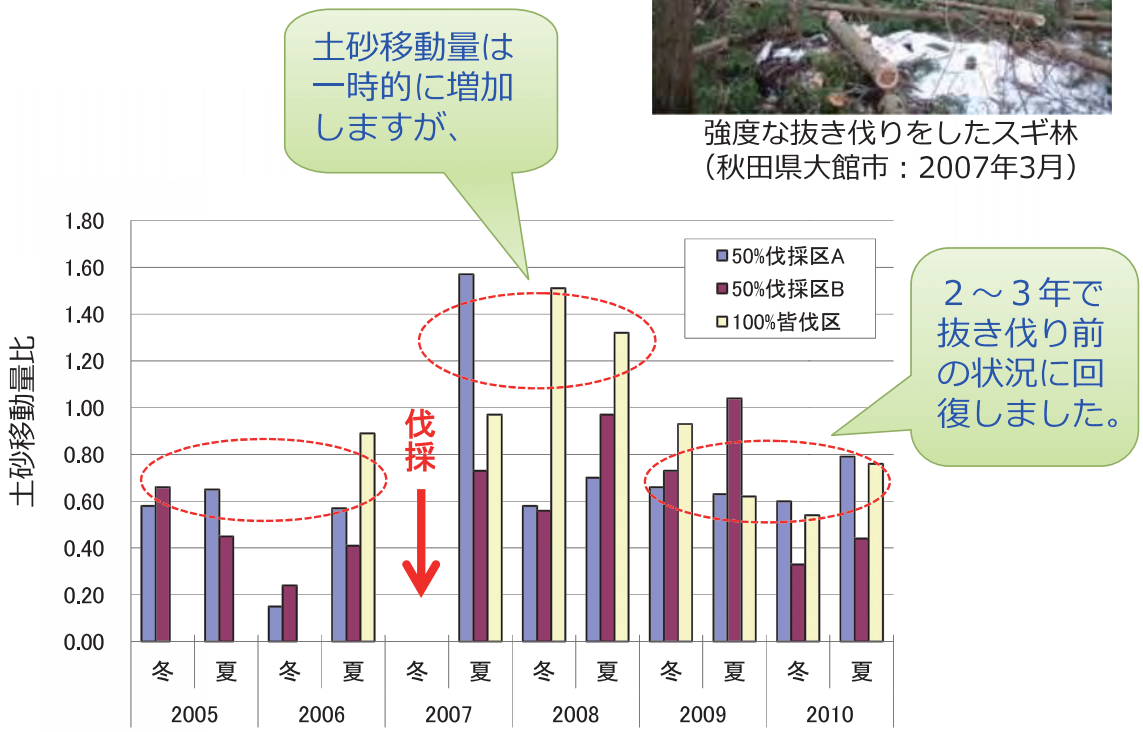
人工林内での広葉樹の更新を図る上で、抜き伐りは欠かすことのできない施業です。では、抜き伐りという作業は土壌保全機能にどのような影響を及ぼすのでしょうか？

実際のスギ人工林において強度の抜き伐りを実施し、表土の移動量や下層植生の変化を無施業林と比較しながら観測しました。

抜き伐り後の土砂移動量

スギ人工林（約40年生）において、強度（本数率50%）の抜き伐りを行い、土砂受け箱法によって、土砂の移動量を測定しました。

強度な抜き伐りをしたスギ林
（秋田県大館市：2007年3月）

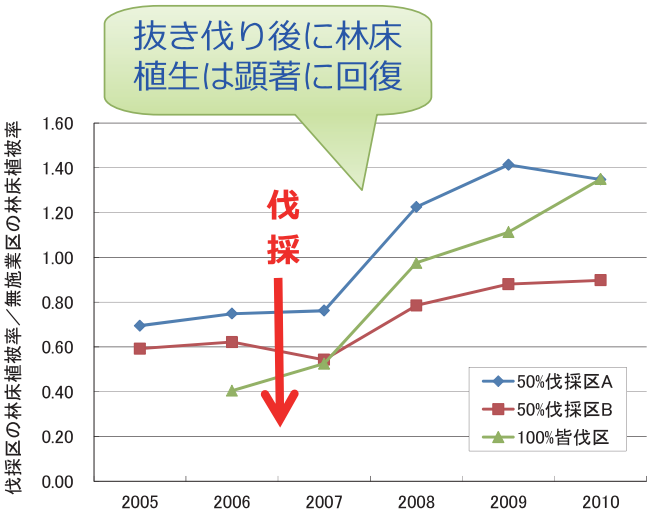


隣接した無施業林と比較した抜き伐り区の土砂移動量
（無施業林の移動量に対する比率）の推移（リターを除く）

強度の抜き伐りをすると、土砂の流出量は一時的に上がります。これは、伐採した場合、いずれの場合でも土壌撹乱が起きるためで、多少の土砂流出が生じますが、この施業そのものの影響は皆伐と比べてそれ程大きくなく、影響が一時的であることがわかりました。

林床の植被率

抜き伐り後３年目の林床植生の回復



隣接した無施業林と比較した抜き伐り処理区の林床植被率の推移
（地上50cmまで）

冬期（落葉期）には積雪が林床をカバー

冬期の土砂移動量は春・夏（無積雪期）と比べて少なく、これは雪のカバーが土砂流出を防いでいる影響と考えられます。

土砂流出量の減少は、抜き伐り後の植生の回復に対応していました。植生の回復に伴う林床の植被率の上昇は、土壌保全機能を高めると考えられ、抜き伐り前より植被率が上昇した林分では、機能が更に高くなると予想されます。
また、冬期の積雪も、土壌保全機能の維持に役だっていることがわかりました。

1. 抜き伐り後、土砂の移動量は一時的に増加しましたが、２～３年後には伐採前の状況程度に回復しました。これは、伐採作業に伴う林地の攪乱が収まったことや、林床植生の回復によるものと考えられます。
2. 植生が回復して、植被率が以前より高くなれば、土壌保全機能はより高くなると考えられます。
3. このスギ林の事例では、強度な抜き伐りを実施しても土壌保全機能の発揮に大きな影響はありませんでした。抜き伐りに際しては、林地の攪乱を抑えることや林床植生の回復を促すなどの林地保全に配慮することが機能の維持・向上に繋がります。

V. 土壌保全機能の維持向上と評価

V-4. 伐採の影響（トドマツ林）

森林の更新のために抜き伐りや小面積皆伐などを行う際、なるべく地表の撹乱を少なくするため、北海道では冬期に伐採を行うことが一般的です。それでも、林床植生の少ない間伐遅れのトドマツ林や、搬出のための作業道などでは施業後に地表面が露出しやすくなります。そこで、緩傾斜のトドマツ林で抜き伐り、皆伐後の林床被覆の変化と、土砂移動量の関係を調べました。

抜き伐り、皆伐後の土砂移動量は？

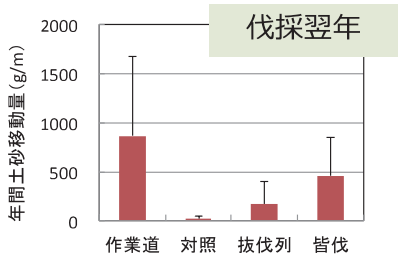
皆伐区　抜き伐り区

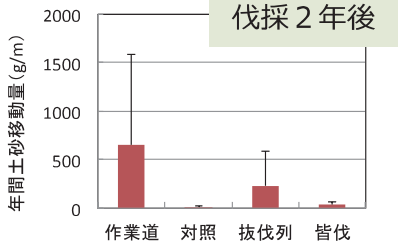
トドマツ伐採地の全景
（傾斜約15°）

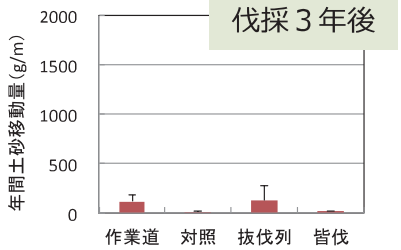
作業道

対照
（25年前伐採列）

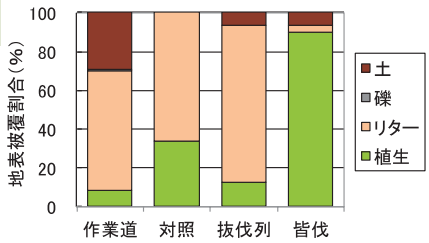
抜伐列

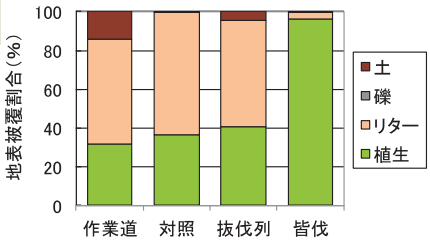


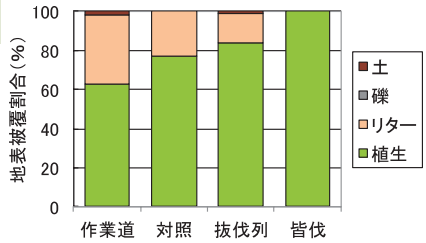




各年の年間土砂移動量







各年８月の林床被覆状況

約40年生のトドマツ林を、1伐2残で抜き伐りしました。25年前の伐採列（幅3m）は林床植生とリターに覆われており、そこを対照区としました。

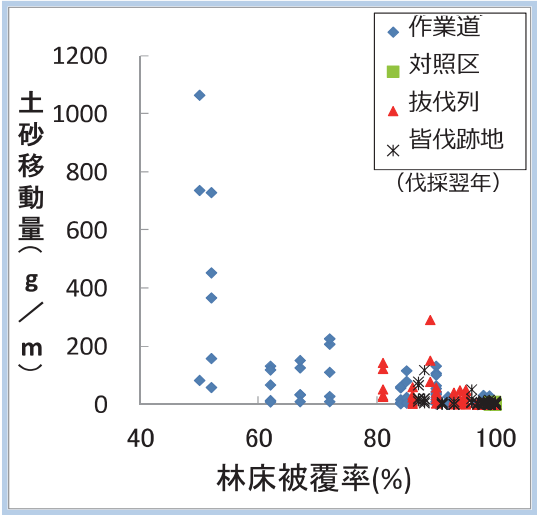
伐採翌年の土砂移動量は、作業道が最も多く、次いで皆伐跡地、抜き伐り列の順となりました。対照区は植生とリターの被覆で、土砂流出量は低く抑えられていました。

林床被覆による土壌保全効果

皆伐跡地

作業道

作業道のわだち付近（上）と、伐採２年後の植生回復（下）



林床被覆率（植生とリターが地表面を覆っている割合）と土砂移動量との関係

皆伐跡地は初夏には草本に覆われたため、伐採直後でも土砂流出量は減少しました。
土砂流出には表土の硬さも影響し、作業道では強雨時に明瞭な表面流が発生し、土砂が移動しました。
土砂移動と林床の被覆率には負の相関がみられ、被覆率が60%より少なくなると土砂移動量が急増しました。

緩傾斜のトドマツ林の場合、皆伐地では直後に土砂の移動が多くなりますが、翌年の夏には植生が回復し、移動量は低減しました。重機が入らなかった伐採列では土砂移動は少なく、作業道では３年後に林床被覆が回復し、土砂移動量が大幅に減りました。土壌保全には、林床の被覆が重要で（被覆率60%以上が望ましい）、地表面を露出させない施業や作業後に早期に植生回復させ、リターを保持させることが求められます。

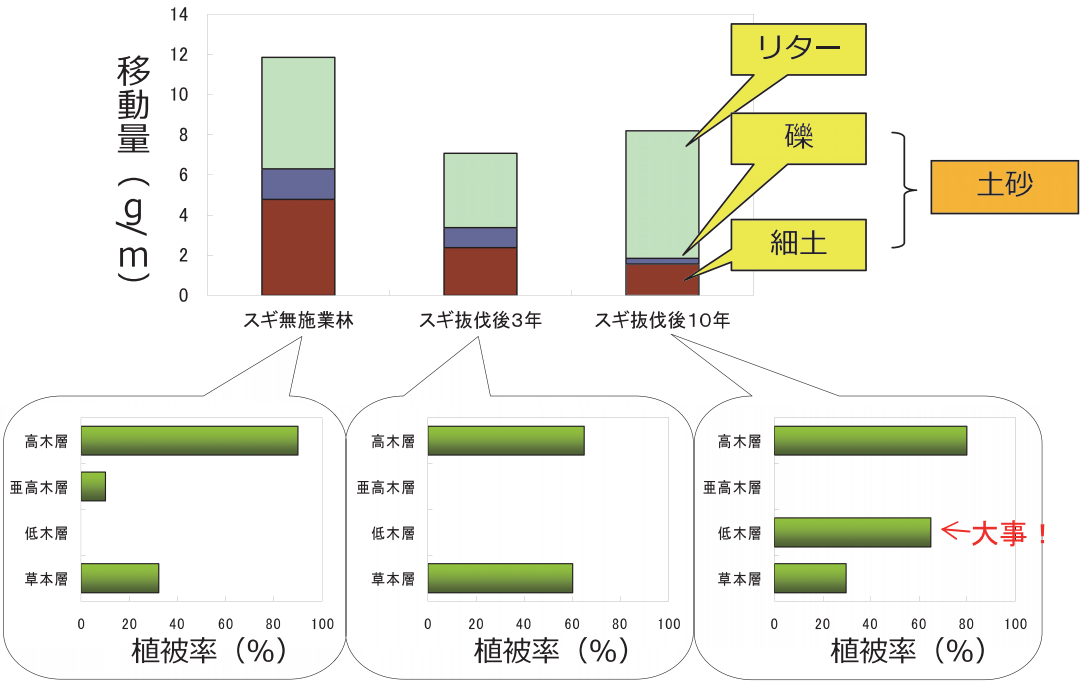
Ⅴ.土壌保全機能の維持向上と評価

Ⅴ-5.植生による土壌保全機能の発揮

人工林の広葉樹林化を図る場合、どのような機能を森林に求めるかで目標とする林型が異なってきます（景観や生物多様性を重視したい、有用樹を育成したい、など）。では表土の流出を防ぐには、どのような林型を目標とすればよいのでしょうか？　タイプの異なるスギ人工林において、土砂の移動量（土砂受け箱法）と林床植生（植被）の関係を調べました。（山形県の例）

まずは草本、つぎに広葉樹の低木層が機能する

スギ人工林（37年生）において、抜き伐り後の経過時間と植被・土砂の移動量との関係を明らかにしました。

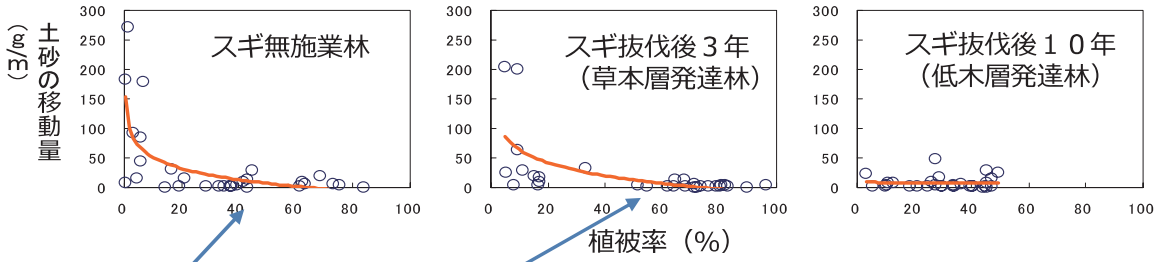


1. 土壌保全機能を高めるためには、雨滴による土壌浸食を避けることが大切で、いかに地表面を植生で覆うかが重要となります。
2. 抜き伐り直後地表面を覆う草本類でも、その機能は得られますが、草本類は種類、量とも数年で変化し、機能の安定性が低いと考えられます。
3. 短・中期的には、草本層に加えしっかりとした低木層を発達させること（広葉樹で林内植生を充実させること）が、土壌保全機能を高めることになりますが、広葉樹林化の観点から見ると高木性樹種が豊富で、高木・亜高木・低木層何れもが存在する林分へと誘導することが重要です。

草本層・低木層の植被率がポイント

試験地の主な林床植生

	スギ無施業林	スギ抜伐後３年	スギ抜伐後１０年
低木層	―	―	コシアブラ、ウワミズザクラ、オオバクロモジなど（高木種を含む）
草本層	シシガシラ、リョウメンシダ、ヒカゲスゲ、フジなど	シシガシラ、リョウメンシダ、タチツボスミレ、イカリソウなど	ヒメアオキ、シシガシラ、ヒカゲスゲ、タチツボスミレなど



土砂受け箱ごとの草本層の植被率と土砂移動量の関係

草本層（H＝50cm）の植被率が50%を超えると、土砂の移動量は安定的に少なくなる。

【ポイントカウンティング法】
５cmメッシュの交点（100ポイント）を①植生, ②リター, ③細土, ④礫に分類してカウントし、地表面を評価します。

土砂受け箱

ポイントメッシュ枠
５cm毎に蛸糸を張設したもので、測定時に置きます

林床植生は少ない

草本層が発達

広葉樹林化進行中

1. スギ人工林において、無施業林・抜き伐り後３年経過した林では、草本層が多くなるほど、土砂の移動量が減少しました。
2. 抜き伐り後１０年経過した林では、草本層が少ない場所でも、低木層（木本）類が発達すれば、土砂の移動量は少なくなります。

1. 草本層＋低木層の植被が土砂移動の抑制には重要です（植被率で50%以上が望ましい）。
2. 草本類と一部の木本類は寿命が短く盛衰の変動が大きいので、長命な木本類を主体とした植生が機能を充実させます。
3. 土壌保全機能を考えると、木本類が早期に生育し、充実する林型作りを目標として下さい。

Ⅵ.施業を検証する

Ⅵ-1. 更新作業の検証

すでにハンドブック2010（6～9頁）において、施業後５年程度以内の初期に更新完了基準を満たしていても、その後うまく成林しないリスク（森林の動きの不確実性）があることを紹介しました。では、広葉樹林化を成功させるための鍵は何でしょうか？この疑問に答えるためには、これまでの成功（または失敗）した事例を分析（検証）することが重要です。

これまでの研究によって、天然更新には前生林分の状況や前生稚樹の密度などが重要であること等が解ってきました。そこで、広葉樹の更新・定着にプラスに働く要因（項目）が、過去に施業された林分でどの程度当てはまっていたのかを検証するための「判定シート」を作成しました。これによって、実際の施業を振り返ることで、成功もしくは失敗要因を浮き彫りにすることができます。一方で、今後施業を行う場合の、事前判断シートとしても使えます。

判定のための３つのステップ

「判定シート」は大別して３つのポイントから成っています。

ポイント①：対象とした林分が広葉樹林化の適地であったか否か

適地を事前に抽出する方法については、ハンドブック2010（28～33頁）を参照してください。

ポイント②：対象林分に十分な密度の前生稚樹が生育していたか否か

前生稚樹の重要性については、ハンドブック2010（18～19頁）を参照してください。

目的樹種が前生稚樹を作る種群かどうかは、樹木データベースやハンドブック2010（4～5頁）を参照してください。

萌芽再生による更新が期待できる林分も存在します。目的樹種の萌芽能力については樹木データベースで確認できます。

ポイント③：成林のための更新補助施業が的確に実施されたか否か

更新した広葉樹が成長し、成林するまでには、光環境の改善、阻害要因の排除、苗木の植栽等の様々な補助作業が必要となる場合があります。これらについては、本ハンドブックⅡ、Ⅲ、Ⅳ章をご覧下さい。

人工林植栽前

植栽前に草地などの非森林であった場合、広葉樹稚樹の密度は低い

更新施業前

高木性広葉樹の前生稚樹が十分な密度で生育しているか？

更新施業後

広葉樹の更新を促進する施業は適切だったか？

判定シートで広葉樹林化の成否のポイントを整理

３つのポイントから、判断要因を整理し、施業を検証できる判定シートを作成しました。

広葉樹林化成功のための判定シート　～段階を追って判定する～

ポイント①　対象林分は、広葉樹林化の適地であったか？

- □ 周辺に広葉樹があった
- □ 造林前に草地などの非森林ではなかった
- □ 獣害や病虫害が認められなかった [a]
- □ 顕著な更新阻害要因はなかった

ポイント②　伐採前には前生稚樹が存在していたか？

- □ 十分な密度の前生稚樹が生育 [b]
- □ 萌芽による更新も確認
- □ 除伐、間伐/抜き伐りなどで広葉樹を伐採せず残した

ポイント③　広葉樹林化施業やその後の保育作業は適切であったか？

- □ 除伐、間伐/抜き伐りなどで広葉樹を伐採せず残した
- □ 伐採に伴う光環境の改善
- □ 更新阻害要因（ササやシダ）を排除
- □ 獣害防止対策の実施

判定シートに示されたポイントごとの更新の鍵となった要因（施業や立地環境など）を整理することによって、これからの広葉樹林化施業に応用可能な情報[c]を得ることができます。
この判定シートを使って、過去に天然更新した林分の検証を行いました（Ⅵ−2参照）。このような検証データが蓄積されると、成否の要因がより明確となり、今後施業する上での有益な判断資料となります。

a. 植栽前に獣害が発生していなかった林分でも現在では被害が顕著な場合もあるので、その発生時期と対策実施の有無などを確認する必要があります。
b. 求められる前生稚樹の密度は、対象とする林分の地域や目標林型により異なります。目的樹種の稚樹が更新完了基準を上回っていることが目安となります。
c. 上記判定項目は広葉樹林化成功のための必要条件ですが、十分条件ではないことに留意する必要があります。

1. 施業地の過去の土地利用、施業前の前生稚樹の状況、施業後の補助作業等を振り返ることで、成林までの施業の妥当性を判断することができます。
2. そのための判定シートを作成し、判定項目をチェックすることによって、施業の成否に関わる要因がわかるようにしました。
3. この判定シートは、施業の計画時における事前判断シートとしても活用してください（Ⅶ−2参照）。

Ⅵ.施業を検証する

Ⅵ-2. 判定シートによる検証事例（北海道）

道民の森655林班57小班
（北海道石狩郡当別町）

標高：200m
林種：トドマツ36年生
混交する広葉樹：キハダ、イタヤカエデ、ダケカンバ、ミズナラ
ササの有無：有り

施業履歴の一覧

	施業の種類	実施年	備考
施業履歴	植栽	1975	植栽密度2500本/ha、補植700本/ha（1976-77）
	下刈	1975～1986	7年生まで年2回刈り、以後は年1回刈り
	除伐	-	実施せず
	枝打ち	-	実施せず
	間伐（抜き伐り）	1997	林齢23年時に強度間伐を実施

段階を追って判定すると？

各判定項目でYesの場合は■印

ポイント①　対象林分は、広葉樹林化の適地であったか？

■　周辺に広葉樹があった
■　造林前に草地などの非森林ではなかった
■　獣害や病虫害が認められなかった
■　顕著な更新阻害要因はなかった

上記判定からは、広葉樹が侵入するための条件は整った林分であると考えられる。

ポイント②　伐採前には前生稚樹が存在していたか？

■　十分な密度の前生稚樹が生育　（具体的数値：密度2300本/ha　高さ1.3m以上　23年生時）
■　萌芽による更新も確認
□　除伐、間伐/抜き伐りなどで広葉樹を伐採せず残した

植栽木（上木）の生育が良好でない箇所で、陽樹を中心とした広葉樹の定着が認められる。

ポイント③　広葉樹林化施業やその後の保育作業は適切であったか？

□　除伐、間伐/抜き伐りなどで広葉樹を伐採せず残した
■　伐採に伴う光環境の改善
□　更新阻害要因（ササやシダ）を排除
□　獣害防止対策の実施（実施の場合、その時期）

林冠層の閉鎖に伴って稚樹の枯死が見られ、強度伐採の効果もなくなっている。

判定結果からみた分析

干害の影響もあり植栽後のトドマツの成績が良好ではないことから、除間伐がない状態でも林内にキハダ、ダケカンバなどの陽樹が侵入・定着することができた。しかし、23年生時の強度の間伐（抜き伐り）にも関わらず、その後14年経過しトドマツの成長とともに林冠がうっ閉したことで、稚樹が死亡し始めている。したがって、前生稚樹があり、強度の抜き伐りを行っても、その後も定期的に誘導伐を行わないと広葉樹林化に失敗する可能性がある。

Ⅵ.施業を検証する

Ⅵ-2. 判定シートによる検証事例（三重県）

三重県林業研究所実習林
（三重県津市）

標高：260m
林種：ヒノキ43年生
混交する広葉樹：アラカシ、タブノキ、ツブラジイ、ヤマザクラ、カナクギノキ
ササの有無：なし

施業履歴の一覧

	施業の種類	実施年	備考
施業履歴	植栽	1969	植栽密度3000本/haで下刈り省略試験地として植栽
	下刈	1969～1974	区域毎に方法（全刈、筋刈、坪刈、薬剤）が異なる
	除伐	1974	一部の区域（樹下植栽区）で残存する広葉樹を除去
	枝打ち	-	実施せず
	間伐（抜き伐り）	2006	本数率62%、材積率51%、抜き伐り木は林外に搬出

段階を追って判定すると？

各判定項目でYesの場合は■印

ポイント①　対象林分は、広葉樹林化の適地であったか？

■　周辺に広葉樹があった
■　造林前に草地などの非森林ではなかった
■　獣害や病虫害が認められなかった
■　顕著な更新阻害要因はなかった

上記判定からは、広葉樹林が侵入するための条件は備わった林分であったと考えられる。

ポイント②　伐採前には前生稚樹が存在していたか？

□　十分な密度の前生稚樹が生育
□　除伐、間伐/抜き伐りなどで広葉樹を伐採せず残した
□　萌芽による更新も確認

試験地全体ではアラカシ、タブノキを中心に400本/ha程度（樹高1.2m～3.0m）、3000本/ha程度（樹高1.2m未満）の前生稚樹が生育していたが、大部分は尾根付近（林縁部）に分布していた。

ポイント③　広葉樹林化施業やその後の保育作業は適切であったか？

■　除伐、間伐/抜き伐りなどで広葉樹を伐採せず残した
□　更新阻害要因（ササやシダ）を排除
■　伐採に伴う光環境の改善
■　獣害防止対策の実施（実施の場合、その時期）

相対散乱光強度は抜き伐り前2.7%から抜き伐り直後26.7%（最大43.3%）に上昇した。抜き伐りや抜き伐り木搬出の際には広葉樹を極力伐採しないように配慮した。

判定結果からみた分析

間伐/抜き伐り後6年経過した時点では、谷部や斜面下部では間伐（抜き伐り）後に侵入した多数のカナクギノキ、ヤマザクラ、キハダなどが、尾根部や斜面上部では主として前生稚樹として侵入していたアラカシ、タブノキ、シイなどが順調に成長している。強度の伐採により大きく光環境を改善したこと、周囲に種子供給源があること、抜き伐り直後に獣害防護柵を設置してシカの侵入を防いだことが現在の状況をもたらしたと考えられる。

Ⅶ. 施業を組み立てる

Ⅶ-１. 施業の実践に向けて

森林の動きのように、将来に不確実性がある場合は、ある施業を成功させるためには、施業前のプランニング（予想）、それに基づいた適切な施業、施業効果の確認（検証）が必要で、場合によっては修正を施しながら、これらを繰り返すことが重要となります。検証の方法については、前述のⅥ－１で説明しましたが、最後に施業全体を通じた流れ（手順）を纏めてみました。

A. **［現況把握］**施業予定地の現況調査を行います。まずは資料より過去の土地利用形態や林分位置情報等を、現地では林分内容を調べます。これらよりどのような樹種群が更新可能かを検討します。

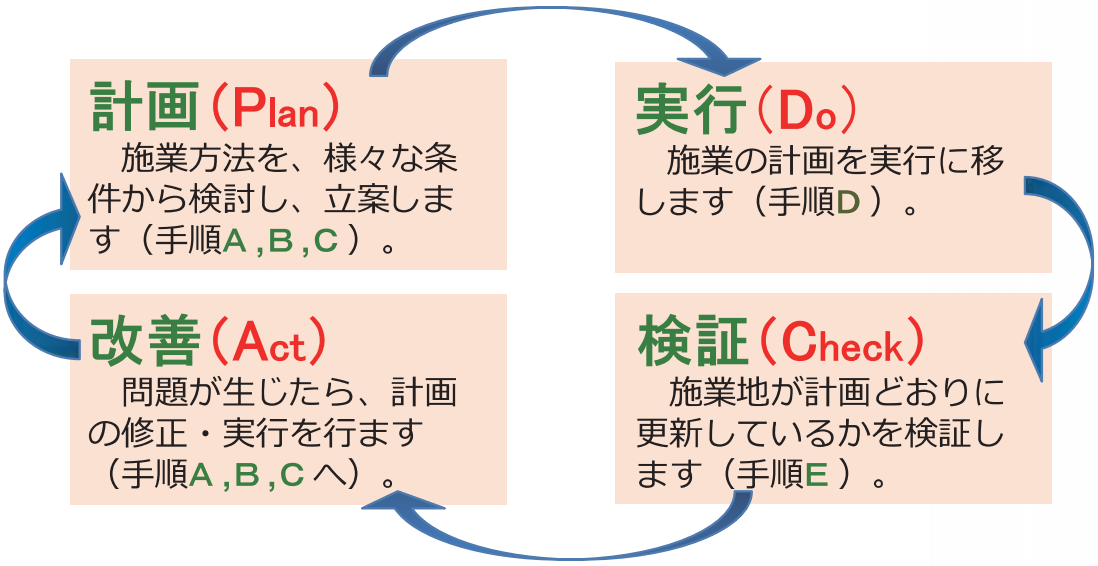
B. **［経営目標］**目標林型を決定します。その林型にどのような機能を求めるかで、更新樹種群が決まります。また、施業実行のために法的な制限がないか、更新補助のための経費負担ができるか等の確認をします。

C. **［施業決定］**施業手順の計画を作成します。上記手順A, B に基づき、更新のタイプを決め、上木の伐採方法や更新補助の方法を決めます。

D. **［施業実行］**計画にそって、更新作業を進めます。

E. **「施業検証」**およそ５年後という短期的な視点で、更新の状況や求める機能が発揮されているかの確認（検証）をします。また、長期的な確認も行います。そして、その達成状況によってはその都度再検討を行い、施業の手直しをします。

順応的管理手法に基づく確実な施業を



不確実性がある森林の動きに対応するため、PDCAサイクルを取り入れた順応的管理手法を施業に取り入れる必要があります。

作業手順および確認シート

A　現況把握

A.1　資料による林分履歴・配置の把握

- □　天然更新による可能性がある地域・林分か？

A.2　現地調査による林分内容の把握

- □　上木は抜き伐り等の伐採が可能か？
- □　林内には稚樹・若木が十分にあるか？
- □　埋土種子、侵入種子が十分に期待できるか？

A.3　立地条件の把握

- □　立地条件に対応した更新可能な樹種群が判別できたか？

B　経営目標

B.1　目標林型の設定

- □　Aの条件下で更新できる樹種群で目標とする林型に誘導できるか？

B.2　社会的条件等の確認

- □　森林法、公園法等に準拠した目標林型設定や施業が可能か？
- □　伐採、更新補助作業、植栽経費、獣害対策等の費用が確保できるか？（Cと連動）

C　施業決定

C.1　更新手法（稚樹の更新、定着まで）

- □　Aの条件下で天然更新は可能か？植栽が必要か？
- □　更新補助作業の必要性およびその方法は決まったか？
- □　より強い更新促進の必要性およびその方法は決まったか？

C.2　成林までの誘導方法（定着した稚樹の育成）

- □　更新樹種群の成長を維持するための追加抜き伐り（光環境の確保）が可能か？
- □　他樹木や更新木間の競争の緩和（除伐等）が必要か？

C.3　更新・成林阻害要因の把握と対策

- □　獣害・気象害等阻害要因を回避もしくは軽減することが可能か？

D　施業実行

- □　計画通りの施業が行えたか？

E　施業検証

E.1　短期的（5～10 年以内）な検証

- □　更新は完了したと判断できたか？
- □　目的機能が発揮され始めたか？

E.2　中長期（20～50 年以上）に渡る検証

- □　当初の目標に沿った林型へと成林したか？

A～Eの作業手順のうち、確認すべき事項が□の項目です。□項目について、「可能」「はい」と判断できない場合は前の手順に戻り、計画の変更が必要です。施業前に広葉樹の若木、稚樹がまばらな人工林を、広葉樹林へと誘導するのは、再造林よりも時間や経費がかかる場合が多いことを理解して施業方針を決定して下さい。
なお、各確認事項の具体的な判定基準については、次ページの「確認内容」を参考にして下さい。

作業手順A、Bの結果に基づいて、計画（手順C）を作成し、実行（手順D）後には、必ず短期、中・長期的に確認作業（手順E）を行い、施業の手直しをする（森林の動きに順応した管理を行う）ことが重要です。

作業上確認すべき事項（その１）

ここでは、作業手順確認シートの各項目別に、実際作業すべきことを示しています。

はじめに

広葉樹林への誘導にあたっては、現在の社会環境下では、より低コストで省力的な施業が期待されています。まず、天然更新による誘導の可能性を判断し、その後植栽などの更新補助/誘導作業がどれくらい必要かを見積もり、誘導施業を行うか否かの経営的判断が必要となります。以下に、各施業手順における確認事項を記述します。

A 現況把握

A.1 資料による林分履歴・配置の把握

天然更新の可能性があるか否かを写真や地図等で判断します。特に人工林造成以前の土地利用が草地の場合や、周辺に広葉樹林がない場合は、天然更新が難しい場所であると事前にわかるわけです。（ハンドブック 2010:5-1, 2, 3）

A.2 現地調査による林分内容の把握

現地で誘導施業ができるかを確認します。上木の抜き伐りは必須であるため、踏査や林分調査によって、それが可能であるか路網や地形等から判断をします。

（ハンドブック 2010:4-1, 2, 3, 4、3-4）

林床調査を行い、稚樹やその他の植生の調査を行います。稚樹や幼木が、すでに更新完了基準を上回っていれば天然更新による誘導の可能性は非常に高くなりますがB.1の目標林型に会うかどうかを確認して下さい。（ハンドブック 2010:2-2、3-1, 4/樹木DB）

埋土種子については、調査に時間がかかりますが、目標林型（B.1参照）に合う樹種群が埋土種子を作る場合は、土壌を持ち帰っての調査[*14]を推奨します。表土が流亡しているような場所では、埋土種子は期待できません。（ハンドブック 2010:3-2/樹木DB）

また、周辺に母樹となる樹種群（広葉樹）があるかどうかを確認します。有効な種子散布距離はそれほど大きくありませんから、承知のうえで上木伐採後の種子移入についてはあまり期待しないで下さい。（ハンドブック 2010:3-3/樹木DB）

A.3 立地条件の把握

自然条件の調査をします。対象林分が位置する気候帯、森林帯を調べ、現地調査によって、土壌型や地形等を把握します。A.1、A.2の結果と合わせ、その林分で天然更新（もしくは植栽）可能な樹種群を絞り込みます。（樹木DB）

B 経営目標

B.1 目標林型の設定

Aの現況調査によって、更新可能な樹種群が把握できます。経営上、目的とする機能を発揮させるための目標林型（例えばミズナラなどの高木性樹種が優占する高木林など）を設定します。

（ハンドブック 2010:2-1）

B.2 社会的条件等の確認

法や規則によって目標林型への誘導施業が禁止もしくは制限されていないかを確認します。

また、誘導のためには経費が必要です。更新完了後も成林までには従来の人工林施業と同じような雑草木の刈払いや上木の更なる伐採等、場合によっては再造林よりも経費が掛かり増しになるので、Cの施業方法を考慮した、注意深い見積による確認が必要です。

作業上確認すべき事項（その２）

C 施業決定

C.1 更新手法 （稚樹の更新、定着まで）

Aの条件から天然更新のみによる更新が不可能と判断された場合、植栽が必要となります。苗木の確保等が可能か検討し、植栽方法を決定します。 （本ハンドブック：Ⅳ-4, 5, 6）

上木伐採方法や更新補助作業方法を決定します。 （本ハンドブック：Ⅱ-1, 2、Ⅲ-1, 2, 3, 4）

林床が荒廃している場合の植栽方法や、種子の移入を更に促進させる方法なども検討します。 （本ハンドブック：Ⅱ-2、Ⅳ-1, 2, 3）

C.2 成林までの誘導方法 （定着した稚樹の育成）

定着した稚樹の成長を促進し、成林させるためにはどのような抜き伐りが必要かを検討し、その方法を決定します。 （本ハンドブック：Ⅱ-1）

競争木による成長阻害や枯死を避けるため、どのような施業が必要かを決定します。

C.3 更新・成林阻害要因の把握と対策

獣害や気象害等のリスクを把握し、その防止/回避/軽減方法を決定します。

（ハンドブック 2010：2-4、本ハンドブック：Ⅲ-5）

これら、Cの施業に伴う時間や経費を見極めた上で、Bの経営目標を再度見直し、決定します。

D 施業実行

Cの施業計画に沿って施業を実行します。更新から成林（誘導完了）までの時間は数十年以上と長い期間を必要としますので、施業の段階ごとにEの施業検証を行いながら進めていきます。

E 施業検証

E.1 短期的（５～10年以内）な検証

短期的には、更新な完了したかどうかを検証することが重要です。更新完了基準を満たしているか？完了と判断された後に成長阻害が起こっていないか等の現場チェック（検証）を行い、その結果に基づき計画（A～C）を見直し、施業方法の修正、再実行します。

また、目的とする機能が発揮され始めたかを林内現況を把握しながら判断し、機能が不十分な場合は、計画を見直し、再実行します。 （本ハンドブック：Ⅴ-1, 2, 3, 4, 5）

E.2 中長期（20～50年以上）に渡る検証

成林に至る（誘導が完了）までには、長い時間が必要となります。その間、想定外のリスク等森林の動きの不確実性によって、当初計画した目標林型に達しないこともあります。従来の人工林施業と同様に、定期的に林分の現況を把握し、その内容が経営目標に沿っているかを、判断することが必要です。今までの施業を振り返りながら検証し、必要に応じて経営方針や施業方法の修正を行います。 （ハンドブック 2010：2-3、本ハンドブック：Ⅵ-1, 2）

施業を確実なものとするために 前項（Ⅶ-1）の施業手順に沿って各項目をチェックしながら計画・実行してください。検証のための判定シート（Ⅵ-1）も、事前判断のために利用できますので併用してください。具体的な施業方法にあたっては次項（Ⅶ-2）の作業流れ図も参考にして下さい。

上記青字部分は参照して欲しい項目等です。ハンドブック2010、樹木DB（樹木データベース）については、巻末に資料入手先を記載しています。

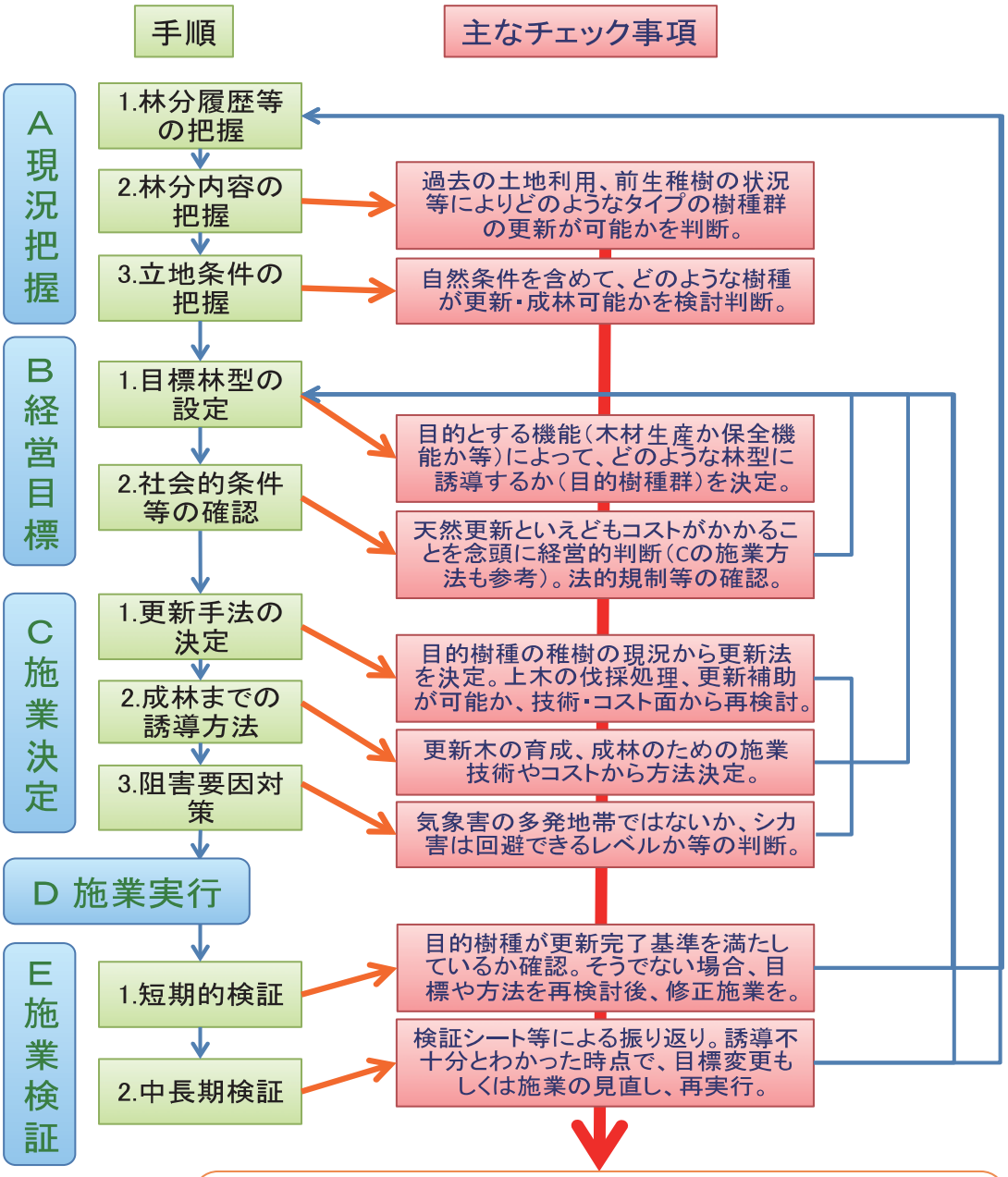
林分の履歴や位置図、更新完了基準や法令・規則等の各種資料は、地域を管轄しているもよりの森林組合や林務事務所等にありますのでお問い合わせください。なお、施業経費については、従来の間伐や植栽経費に基づいて算出してください。

Ⅶ. 施業を組み立てる

Ⅶ-2. 施業の計画と実行

目標とする林型への広葉樹林化が可能なのか、そのためには何をしなければいけないのか、前頁の施業手順を踏まえながら、その注意点を纏めてみました。
また、ある林型へ誘導する場合の施業例（施業モデル）を次頁に示しました。

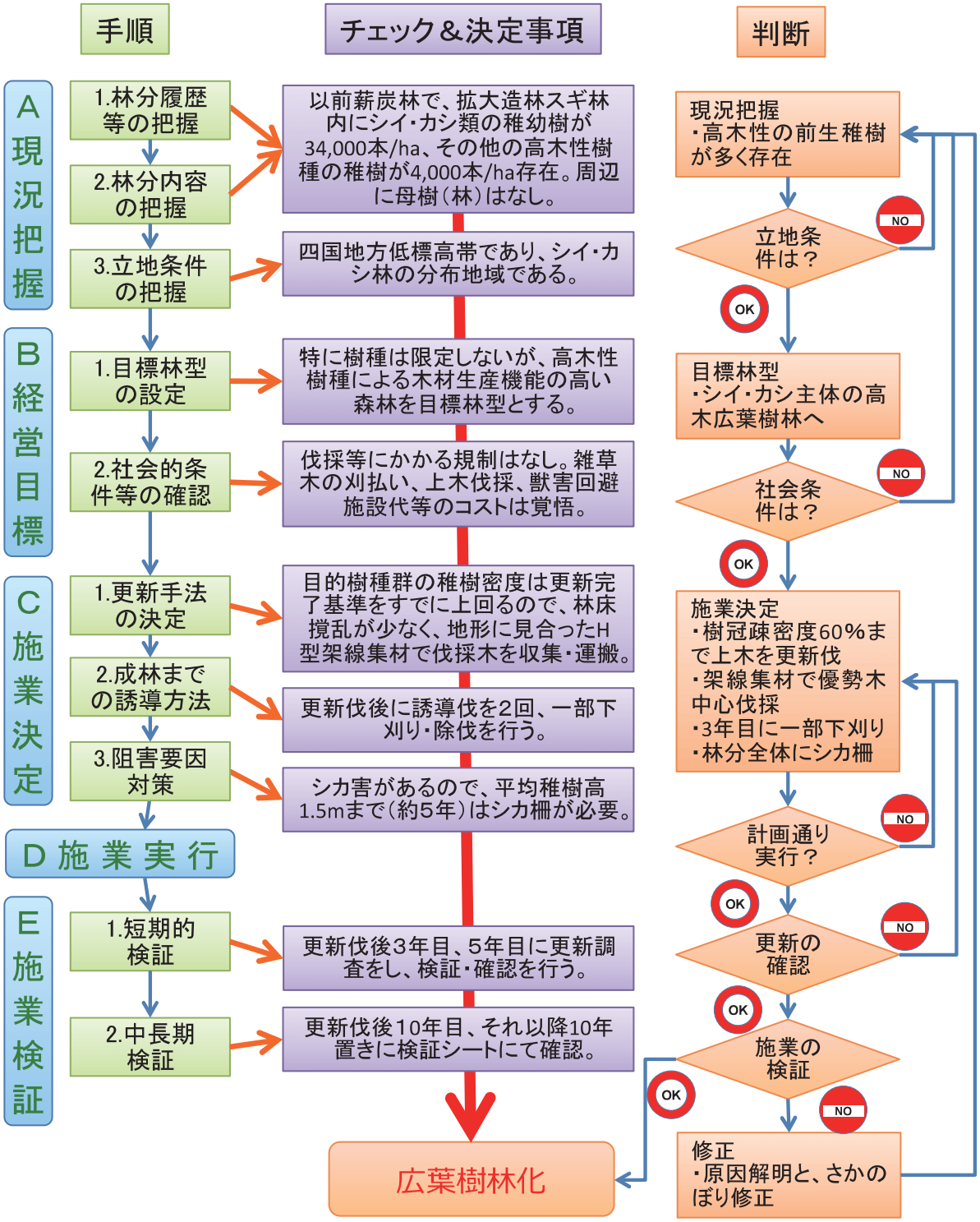
計画と実行の作業流れ図と注意点



各チェック事項で検討後もその条件が満たされない場合は、広葉樹林化は不適と考える。従来の人工林施業中心に目標林型や施業法を再検討する。

施業モデル（シイ林への誘導例）

将来はシイ・カシ類が優占する高木林へ誘導したい場合の作業例



丁寧な現況把握が、目標とする広葉樹林化を成功させます。また、誘導のためにはコストと時間がかかることを理解の上、実行してください。

Ⅷ.資料・解説

Ⅷ－１　用語の説明

陽樹・陰樹　「陽樹」とは明るい環境で急速に成長することのできる樹種のこと。「陰樹」とはその対になる言葉で、比較的暗い環境においても成長、生存することができる。遷移初期種（先駆種）・遷移後期種（極相種）の区分[*35,36]と、関連性が高い。遷移初期種は陽樹的な性質をもち、遷移後期種は陰樹的な性質をもつ。

間伐・抜き伐り　「間伐」とは上木の一部を伐採して残った木の成長を促す行為をいう。広葉樹林化の場合は、更新を促すために上木を伐採する（林内の光環境を改善する）ので、「抜き伐り」（択伐の一種）という言葉を使う。なお、本ハンドブックでは間伐試験地での調査結果が含まれており、その場合は「間伐」を使っている。

鳥散布　果実が鳥によって採食され、そのうちの種子が糞と共に散布されること。被食散布もしくは周食散布[*35]の一つである。

Ⅷ.資料・解説

Ⅷ-２　参考図書・問い合わせ先

参考文献（文中の*○○に対応しています）

*R1: 森林総合研究所（2010）森林の早期回復に貢献する菌根形成・管理マニュアル（第2期中期計画成果15、ISBN978-4-902606-63-8）.
URL: http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/2nd-chuukiseika15.html
*R2: 森林総合研究所（2011）広葉樹の種苗の移動に関する遺伝的ガイドライン（第2期中期計画成果20、ISBN978-4-902606-75-1）.
URL: http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/2nd-chuukiseika20.html
*R3: 小山浩正（2008）ブナの種子貯蔵方法の開発：地元産種苗の安定供給のために. ブナ林再生の応用生態学. 寺澤和彦・小山浩正偏, 文一総合出版.
*R4: 山中寅文（1975）植木の実生と育て方. 誠文堂新光社.
*R5: 塚本次郎（2010）: 移動土砂量の簡易測定法. 森林立地調査法, 森林立地調査法編集委員会編, 195-196, 博友社.
*○○（○が数字の場合）：ハンドブック2010に説明がありますので、その○○ページをご覧下さい。

さらなる情報は、

- 林冠デザインモデル（Ⅱ-1）、菌根菌感染苗の作り方（Ⅳ-2）やその他各項目に関しては、次頁の執筆者連絡先もしくは下記広葉樹林化プロジェクトホームページへお問い合わせください。
- 当ホームページでは、プロジェクトの内容が紹介されており、すでに公開されているハンドブック2010を始め、樹木データベース、ハンドブック2012追加資料等が入手でき、問い合わせもできます。是非ご覧ください。

広葉樹林化プロジェクトホームページ

URL: http://www2.ffpri.affrc.go.jp/labs/bl_pro_1/top.html/

検索サイトで、「広葉樹林化」 検索 で見つけられます。

執筆者一覧

Ⅰ	はじめに	田中浩・田内裕之	森林植生研究領域・四国支所
Ⅱ	天然更新の促進		
	1. 上木伐採の考え方（林冠デザイン）	水永博己・正木 隆	静岡大学・森林植生研究領域
	2. 鳥を利用した散布種子の誘導	小南陽亮・水永博己	静岡大学・静岡大学
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）	小山泰弘	長野県
	2. 帯状伐採地で失敗しないために	小山泰弘	長野県
	3. 広葉樹下木が豊富な人工林	小山泰弘	長野県
	4. 誘導した散布種子を効果的に利用する	長池卓男	山梨県
	5. シカが嗜好しない樹種の選択	佐藤 明	東京農業大学
Ⅳ	植栽による更新促進		
	1. 菌根菌を使う（その種類と機能）	山中高史	森林微生物研究領域
	2. 菌根菌を使う（感染苗による成長促進）	山中高史・香山雅純	森林微生物研究領域・九州支所
	3. ヒノキ林における外生菌根菌の分布	松田陽介	三重大学
	4. 広葉樹の種内変異（地理的分化）	松本麻子・金谷整一	森林遺伝研究領域・九州支所
	5. 地域性種子の確保	吉丸博志・塚原雅美・西川浩己	多摩森林科学園・新潟県・山梨県
	6. 異なる地域の苗木を植える危険性	小山泰弘	長野県
	7. 地域性種苗の安定生産	塚原雅美	新潟県
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	三浦 覚・新山 馨	立地環境研究領域・東北支所
	2. 広葉樹の定着と土壌保全機能	和田 覚・金子智紀	秋田県
	3. 伐採の影響（スギ林）	和田 覚・金子智紀	秋田県
	4. 伐採の影響（トドマツ林）	長坂 有	北海道
	5. 植生による土壌保全機能の発揮	上野 満	山形県
Ⅵ	施業を検証する		
	1. 更新作業の検証	佐藤 保	森林植生研究領域
	2. 判定シートによる検証事例	今 博計・島田博匡	北海道・三重県
Ⅶ	施業を組み立てる		
	1. 施業の実践に向けて	田内裕之	四国支所
	2. 施業の計画と実行	田内裕之	四国支所

連絡先（所属）

北海道	北海道立総合研究機構林業試験場	北海道美唄市	0126-63-4164（代）
秋田県	秋田県農林水産技術センター森林技術センター	秋田県秋田市	018-882-4511（代）
山形県	山形県森林研究研修センター	山形県寒河江市	0237-84-4301（代）
新潟県	新潟県森林研究所	新潟県村上市	0254-72-1171（代）
長野県	長野県林業総合センター	長野県塩尻市	0263-52-0600（代）
山梨県	山梨県森林総合研究所	山梨県富士川町	0556-22-8001（代）
三重県	三重県林業研究所	三重県津市	059-262-0110（代）
東京農業大学	東京農業大学地域環境科学部	東京都世田谷区	03-5477-2207（代）
静岡大学	静岡大学農学部・教育学部	静岡県静岡市	054-237-1111（代）
三重大学	三重大学大学院生物資源学研究科	三重県津市	059-232-1211（代）
東北支所	森林総合研究所東北支所	岩手県盛岡市	019-641-2150（代）
多摩森林科学園	森林総合研究所多摩森林科学園	東京都八王子市	042-661-1121（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）

編集者　田内裕之　森林総合研究所四国支所
田中浩・平田晶子　森林総合研究所森林植生研究領域

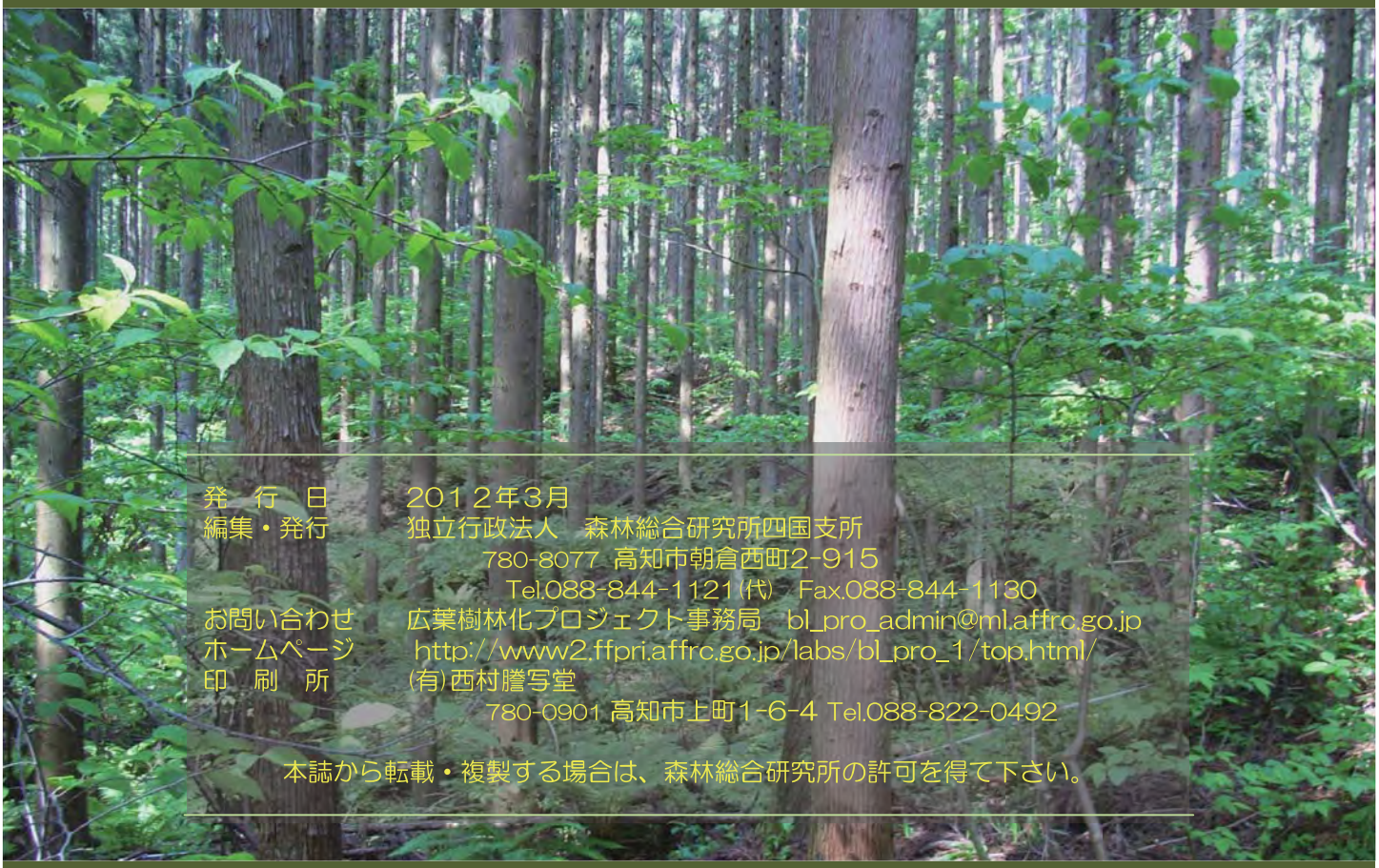
広葉樹林化ハンドブック2012

-人工林を広葉樹林へと誘導するために-

この冊子は、農林水産技術会議「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」において実施されている「広葉樹林化のための更新予測および誘導技術の開発」（平成１９～２３年度）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は、第３期中期計画の成果として下記の重点分野において成果集を刊行しております。

森林・林業の再生に向けた森林管理技術・作業体系と林業経営システムの開発（森林・林業再生）



発　行　日　　２０１２年３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　広葉樹林化プロジェクト事務局　bl_pro_admin@ml.affrc.go.jp
ホームページ　http://www2.ffpri.affrc.go.jp/labs/bl_pro_1/top.html/
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、森林総合研究所の許可を得て下さい。

独立行政法人 森林総合研究所
Forestry and Forest Products Research Institute

【この印刷物は、印刷用の紙にリサイクルできます】