



第Ⅱ章 市町村管理森林の施業指針

～ 解 説 ～



II-1 市町村森林経営管理事業の対象となる針葉樹人工林

II-1-1 代表的な針葉樹人工林

市町村森林経営管理事業の対象となる針葉樹人工林は、主に表 2-1 のスギ、ヒノキ、サワラ、アカマツ、カラマツ、ヨーロッパトウヒの樹種です。

表 2-1 市町村森林経営管理事業の対象となる主な針葉樹人工林

樹種	未整備の森林
<p>【スギ】 杉 (<i>Cryptomeria japonica</i>) は、ヒノキ科スギ亜科スギ属で、日本原産の常緑針葉樹 国内で最も多い人工林樹種 手遅れのスギ林は、林内が暗く、他の樹種の成長が進まない また、雪害による幹折れなどが発生しやすい</p> 	
<p>【ヒノキ】 檜、桧 (<i>Chamaecyparis obtusa</i>) は、ヒノキ科ヒノキ属の針葉樹 手遅れのヒノキ林は、林内が暗く、他の樹種の成長が進まない 土壌が酸性化しやすく、他の樹種の侵入を拒む 葉裏の白い気孔線が Y 字形に見える</p> 	
<p>【サワラ】 榎 (<i>Chamaecyparis pisifera</i>) は、ヒノキ科ヒノキ属の日本特産の針葉樹 右の写真は、ヒノキとサワラが混交している人工林 サワラは比較的湿潤な箇所を好む 葉裏の白い気孔線が X 字形に見える</p> 	



樹種	未整備の森林
<p>【アカマツ】 赤松 (<i>Pinus densiflora</i>) は、マツ科マツ属の常緑針葉樹 手遅れのアカマツ林は、自然枯死木が多く、雪害による幹折れが発生しやすい 松くい虫の被害が拡大している 樹冠を他樹種と競合すると衰退する</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>	
<p>【カラマツ】 落葉松、唐松 (<i>Larix kaempferi</i>) は、マツ科カラマツ属の落葉針葉樹。日本の固有種で、日当たりのよい乾燥した場所が生育適地 県内針葉樹人工林で最も多い面積を占める 手遅れのカラマツ林は、自然枯死木が多く、雪害による幹折れが発生しやすい 強風による根倒れなどが発生しやすく、一斉に倒れる共倒れ型の被害となる</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>	
<p>【ヨーロッパトウヒ】 欧州唐檜 (<i>Picea abies</i>) は、マツ科トウヒ属の針葉樹。別名ドイツトウヒ、欧州トウヒ 手遅れのヨーロッパトウヒ林は、林内が極めて暗く、他の樹種の成長が進まない</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>	

※右列未整備森林写真は県内事例

※樹種別の枝葉写真は東北森林管理署管内の樹木図鑑より <https://www.rinya.maff.go.jp/tohoku/sidou/jumoku/index.html>.



第Ⅱ章 市町村管理森林の施業指針 ～解説～

森林計画制度の森林簿情報では、ヨーロッパトウヒは「その他針葉樹」に区分されます。「その他針葉樹」はヨーロッパトウヒ以外に、モミ、シラビソなどが該当しますが、それらの多くは、標高の高い場所に人工林として存在しています（写真 2-1）。市町村森林経営管理事業で該当するのはほぼないと思われます。



写真 2-1 標高 2,170m の私有林のシラビソ造林地

表 2-1 のスギ、ヒノキ、サワラ、アカマツ、カラマツ、ヨーロッパトウヒは、代表的な造林樹種です。これらの樹種は、それぞれ樹高成長（図 2-1、参考：第Ⅱ章 92～94 ページ）も幹の肥大成長も異なります。これらの樹種の標準的な成長は「収穫表」として取りまとめられています（参考：第Ⅱ章 94 ページ、第Ⅳ章 96 ページ）。

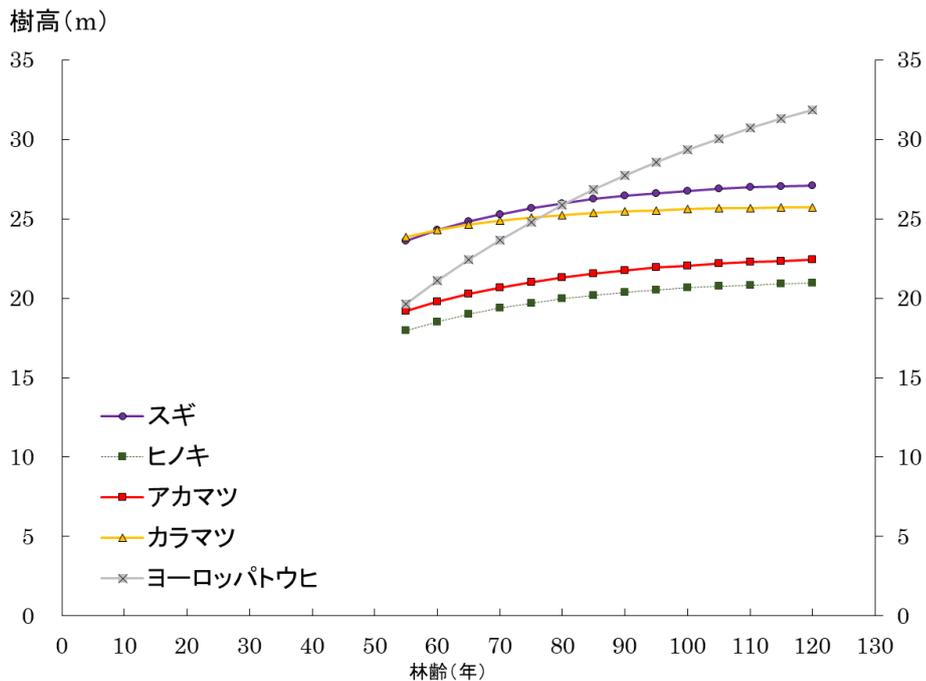


図 2-1 樹種別の地位Ⅲ樹高曲線 (55 年生から 120 年生まで)



また、成長が異なることは、二酸化炭素（CO₂）の吸収量も異なります。長野県では「気候非常事態宣言 -2050 ゼロカーボンへの決意- 」として、2050 年度に二酸化炭素排出量を実質ゼロにするための方針を策定しました。森林は光合成により二酸化炭素から糖質を作り成長します（光合成により酸素は排出）。ゼロカーボンにおける吸収源として森林は重要な役割を担っています。この二酸化炭素（CO₂）の吸収量は、「長野県森林 CO₂ 吸収評価認証制度」の算定基準となっています（参考：第Ⅳ章 123～134 ページ）。

同じ樹種であっても立地条件によって樹高成長が異なります。これを示したものが地位となります（参考：第Ⅰ章 9 ページ、第Ⅱ章 94～96 ページ）。

Ⅱ-1-2 未整備や間伐遅れの森林

(1) 未整備の森林を見分ける

表 2-1 に掲載した樹種別の写真は、未整備や間伐遅れの森林です。未整備の森林を見分けるには、林外（近～遠景）から森林を確認する場合と、林内で確認する場合があります。

① 林外（近～遠景）から森林を確認する場合

林外（近～遠景）から森林を望めるようであれば、次を確認してください（写真 2-2）。

- 🌲 ヒョロヒョロしたような立木で構成されている
- 🌲 立木の間隔が狭い
- 🌲 集団の中に枯れ木がある
- 🌲 樹高に優劣がはっきり表れている

上記が当てはまれば、未整備や間伐遅れの森林です。

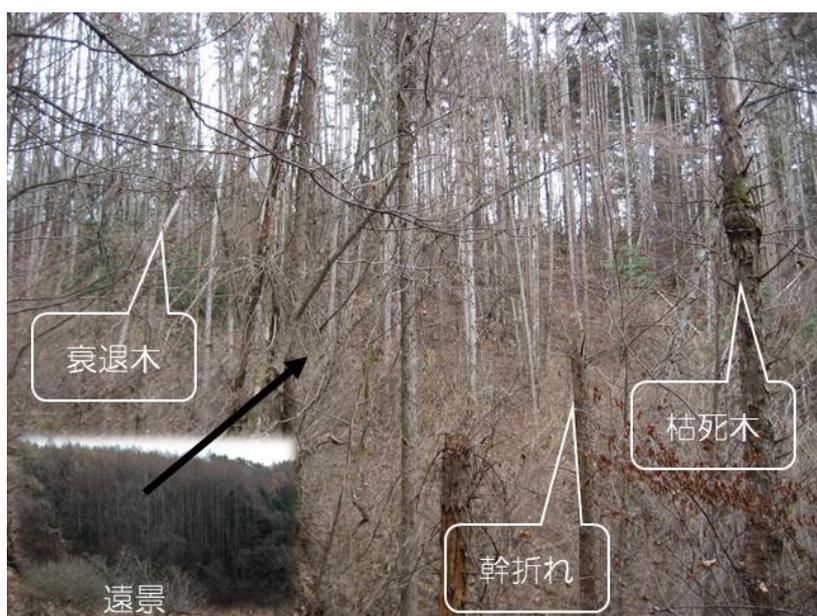


図 2-2 遠景から確認した未整備のカラマツ林



② 林内で確認する場合

林内に入林した場合は、次を確認してください。

- 🌲 切株がない（除伐・間伐の痕跡がない）
- 🌲 枝が枯れあがっている（樹冠^{※2-1}を見ます。写真 2-4）
- 🌲 枯木がある
- 🌲 倒れた木がある
- 🌲 幹折れがある

上記が当てはまれば、未整備や間伐遅れの森林です。一番簡単な見分け方は、除伐や間伐による切株の有無です。50年生を超えた森林でも約35～40年前の除伐の切株は確認できます（写真 2-3）。



写真 2-3 除伐・間伐の痕跡（切株）がないカラマツ林（左）と除伐の痕跡（切株）があるヒノキ林（右）



写真 2-4 未整備森林で最多密度に達したカラマツ林（左）とスギ林（右）

※2-1 樹木の枝と葉の集まりをいい、'クラウン（英語）' または 'クローネ（独語）' という。林冠とは、森林において樹冠同士が並び、横に相接して森を覆う層のこと。キャンピー（英語）という。



さらに、一斉人工林（樹種も年も一緒＝“同種同齢”）であれば、樹高はほぼそろいますが、未整備の森林では、劣勢木が明確に表れたり、立ち枯れしたりしています。これは最多密度に達したことになる、自然枯死が発生した状態です（参考：第Ⅳ章 78 ページ）。

また、上を見上げると枝張り（樹冠）が確認できます。その時、枝が枯れあがり、枝がほとんど付いていない立木があったり、幹が折れていたり、枯れている物があれば、同様に最多密度に達したことになる、自然枯死が発生した状態です。

このような森林が、市町村森林経営管理事業の対象となります。

(2) 未整備の森林には留意すべき事項が多い

上記のような放置され続けた人工林では、間伐時に劣勢木を残存させた場合、その残存木の成長が旺盛になるとは限りません。既に成長に必要な枝葉が少なく、間伐後も枝葉を成長させることができない場合もあります（写真 2-5 左）。

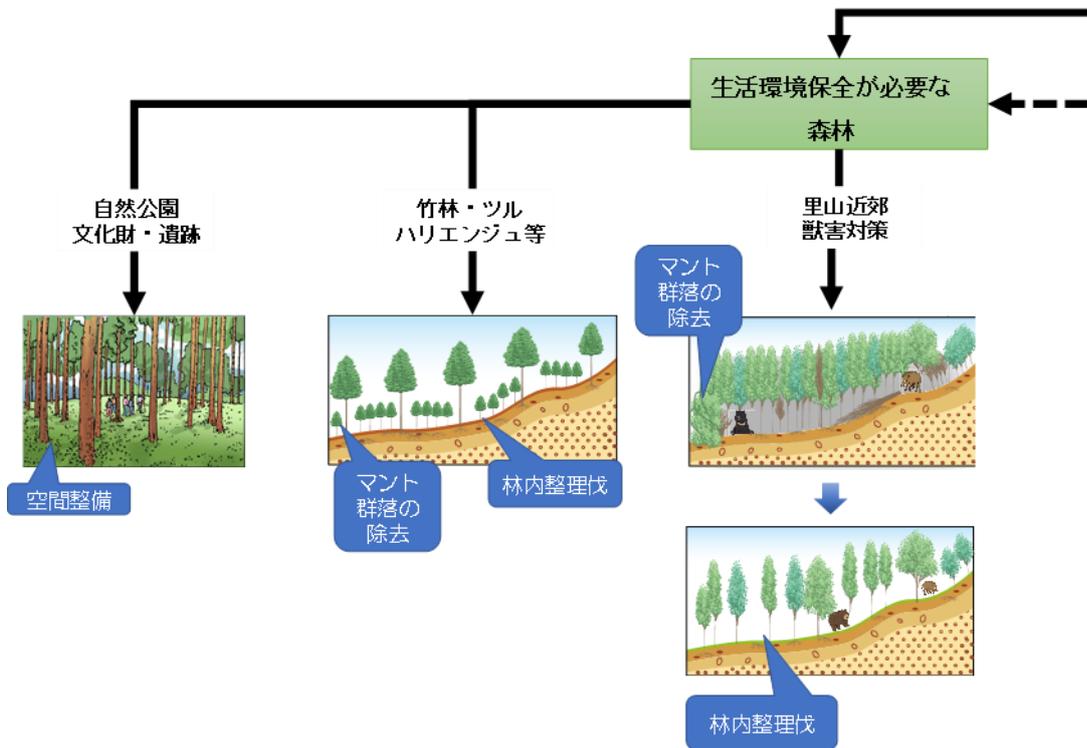
また、強めの間伐（多くの立木を伐る）をすると風害・冠雪害を受ける危険性があります（写真 2-5 右）。

この章で解説する「針広混交林」への誘導では、間伐や小さな空間（ギャップ）を作る抜き切りなどが、重要な施業になります。未整備の森林の「針広混交林」への誘導は、ただ本数を減らすだけでは難しいと考えてください。

現状の森林の状態を把握して、先を見越した「目標」を定めて、施業を考える必要があります。



写真 2-5 間伐後の森林における立木の損傷



II-2 市町村森林経営管理事業の目標林型

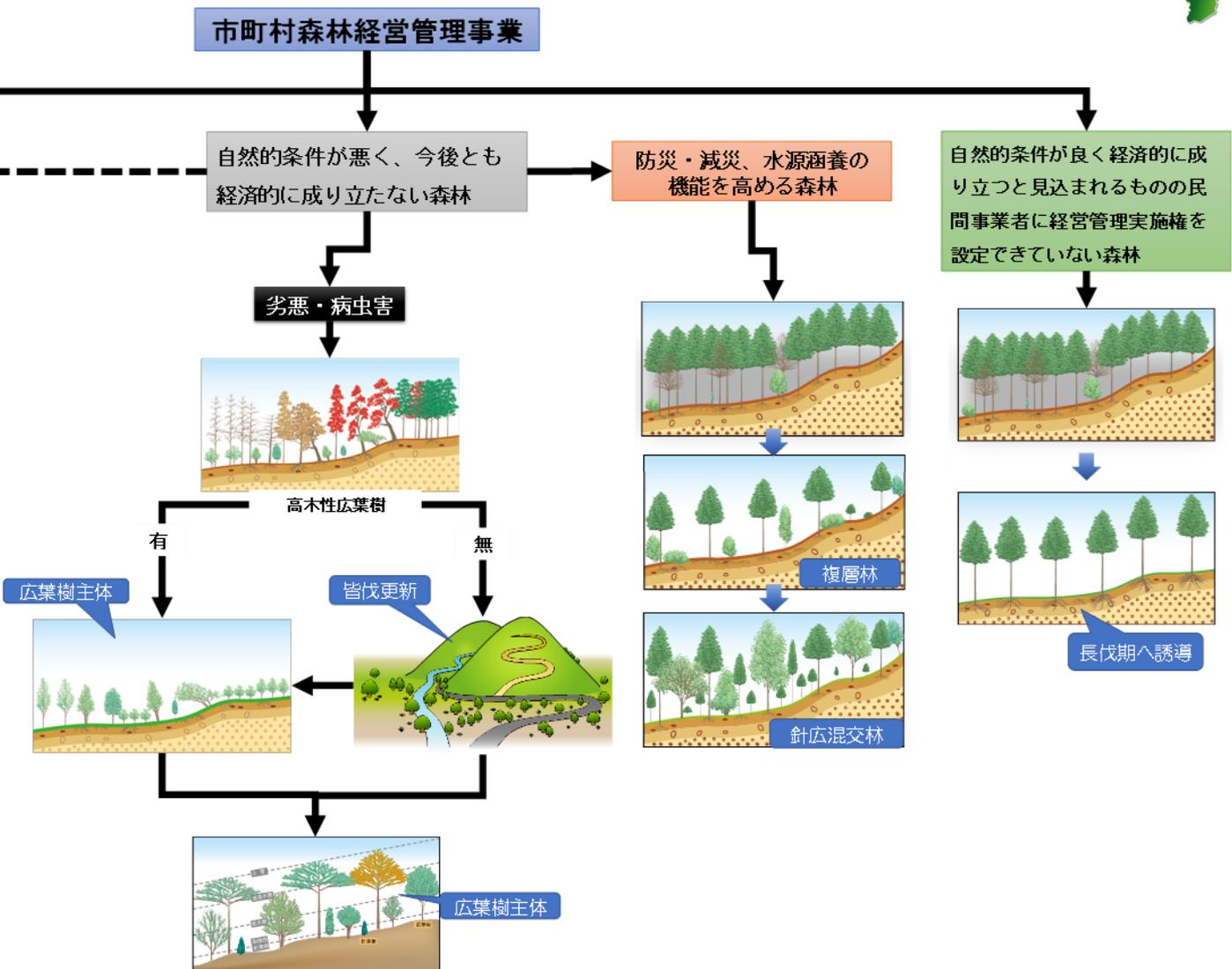
II-2-1 目標林型とは

(1) 市町村森林経営管理事業の施業

市町村森林経営管理事業によって管理する森林は、次の森林です（第I章3ページ）。

- ① 自然的条件が悪く、今後とも経済的に成り立たない森林
- ② 自然的条件が良く経済的に成り立つと見込まれるものの民間事業者に経営管理実施権を設定できていない森林

「当該市町村森林経営管理事業の対象となる森林の状況を踏まえて、複層林化その他の方法により、当該森林について経営管理を行う」とは、自然的条件が悪く、今後とも経済的に成り立たない森林においては間伐を繰り返して複層林化する。自然的条件が良く経済的



II
森林施業指針

図 2-2 市町村森林経営管理事業の対象森林施業体系

に成り立つと見込まれるものの民間事業者に経営管理実施権を設定できていない森林においては間伐により長伐期施業を実施する等、その森林の自然的条件等の状況を踏まえ施業方法を選択することとします（長官通知第 11 の 2）。

（市町村森林経営管理事業）
 第三十三条 市町村は、経営管理権を取得した森林（第三十七条第二項の規定により経営管理実施権が設定されているものを除く。）について経営管理を行う事業（以下「市町村森林経営管理事業」という。）を実施するものとする。
 2 市町村森林経営管理事業を実施する市町村は、民間事業者の能力の活用に配慮しつつ、当該市町村森林経営管理事業の対象となる森林の状況を踏まえて、複層林化その他の方法により、当該森林について経営管理を行うものとする。

👉 「森林経営管理制度に係る事務手続き_他（令和2年6月）」 p056-057



「自然的条件が悪く、今後とも経済的に成り立たない森林」は、“複層林化”の施業を実施することになります。最終的には複層林化の先の“針広混交林化”や“広葉樹林化”への誘導施業となります（図 2-2）。

“その他の方法”は、「自然的条件が良く経済的に成り立つと見込まれるものの民間事業者に経営管理実施権を設定できていない森林」の間伐による“長伐期施業”を実施することを指します（図 2-2）。

森林の管理を正しく進め、適切な施業技術を適用するためには、対象とする林分^{※2-2}をどのような森林に導くかという目標の設定が不可欠です。対象林分の目標を設定するに当たっては、その林分の現状のみならず、周辺の林分も含む森林の将来像、森林に求められる機能の発揮（期待される）を常に意識することが必要です。

こうした目標とする森林の姿を「目標林型」といいます。

(2) 目標とする森林の姿

目標林型を考えるうえでは、地域全体や流域レベルと林分レベルの目標林型があります。市町村森林経営管理事業の対象の森林は林分レベルが対象となり、木材生産を積極的に目指す森林ではなく、山地災害防止・水源涵養・生物多様性保全などの機能を発揮する安定した成熟した森林を目標とします。

ただし、一つの林分だけでその機能を発揮させることはできないため、地域の合意形成のもと、対象となる林分を中心に、山地災害防止・水源涵養・生物多様性保全などの機能を発揮する安定した成熟した森林を形成できるようにしていくことが重要です。

Ⅱ-2-2 目標林型を考えるうえでの時間軸

(1) 森林の発達段階

森林を時間軸で見ると、林分初期段階（～15年） ➡ 若齢段階（15年～50年） ➡ 成熟段階（50年～150年） ➡ 老齢段階（150年～）といった「森林の発達段階」という図 2-3 の概念になります（藤森 1997、2002）。

年数は目安で、樹種や条件によって異なります。ここでは、人工林（図 2-3 の下段）について記載します。

※2-2 林相がほぼ一様であって森林の取り扱いの単位となる樹木の集団及びそれが生えている林地を合わせて林分という。樹木の集団のみを林分ということもある。森林を区画したり、管理する場合の基本単位である。長野県では 0.01ha の施業番号が最小単位。

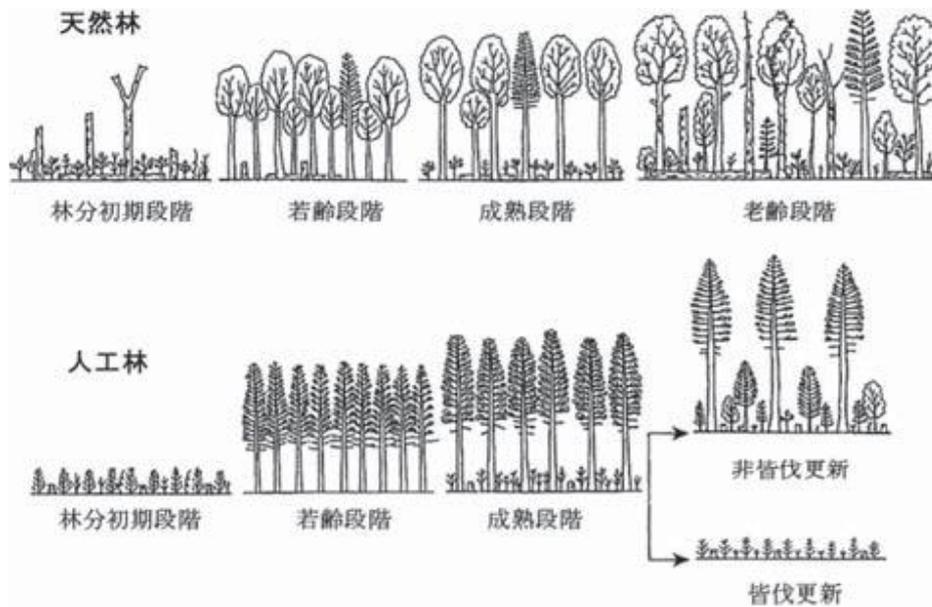


図 2-3 森林の発達段階（藤森 1997）

① 林分初期段階（～15年）

人工林では、植栽から目的樹種が樹冠をうっ閉させるまでの段階で、植栽～下刈り～除伐までの施業が必要な段階です（写真 2-6 の手前）。

② 若齢段階（15年～50年）

若齢段階は、林冠が強く閉鎖して下層植生が目立たない状態の段階です（15～50年生ぐらいに相当することが多い）。除伐・間伐の施業が必要な段階です（写真 2-6 の奥）。



写真 2-6 林分初期段階（手前）と若齢段階の森林（奥）
ヒノキ植林 3 年程度の初期段階の区域と 30 年生程度の若齢段階のヒノキ林



③ 成熟段階（50年～150年）

現在、長野県の多くの人工林は、この段階にあります（50～150年生ぐらいに相当することが多い）。成熟段階は、樹冠同士の間隙ができて林内が適度に明るくなり、下層植生の豊かな段階です（写真2-7）。

なお、成熟段階で樹冠同士の間隙ができるのは、木が高くなるにつれて風による樹冠同士の摩擦が強まり、枝葉の先端が擦り落とされるようになるからと考えられています（第Ⅳ章 64 ページ）。主伐（皆伐・択伐）の施業になります。皆伐すると林分成立段階に戻り、択伐すると成熟段階が続きます。



写真 2-7 間伐が実施された 50 年生のスギ林（左）と 57 年生のカラマツ林（右）

④ 老齢段階（150年～）

老齢段階（150年～）は、それまで優勢木であった木の中に衰退木、立枯れ木、倒木などが生じ、随所に随時に生じるギャップ（林冠に生じた孔）の履歴によりパッチ構造（周囲と構造が異なる部分）の発達した、若齢・成熟・老齢の全ての段階が共生する構造で、環境保全機能は最も高くなるとされます（写真2-8）。

大径木の立枯れなどは、それらがいないと生きていけない生物がいるために、老齢段階の森林は健全な森林生態系にとって代替の利かない重要なものです。通常、林業経営では人工林の大径木を伐採利用するため、成熟段階の途中までで回転させるのが普通なので、この段階は天然林のみの特徴になっています（図2-3上）。



写真 2-8 老齢段階の天然林（左）とその土壌断面（右）
樹齢 200 年を越すモミの大木と広葉樹が混交する天然林で、土壌は適潤性森林褐色土壌（B₀）。

(2) 時間軸における公益的機能性

図 2-4 は、森林の発達段階に伴う機能の変化を示しています。

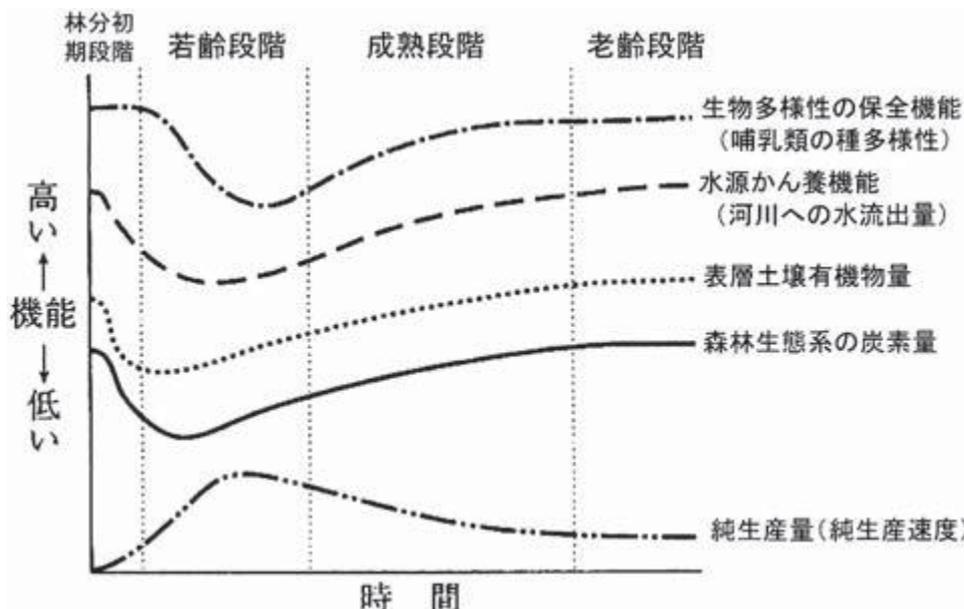


図 2-4 森林の発達段階に応じた機能の変化（藤森 2003）
多くの文献を引用して描いたものである。上の 4 本の線は天然林または天然生林の資料に基づく。一番下の線は人工林、天然林、天然生林の資料を合わせて描いたもの。

藤森（2010）は、「縦軸はそれぞれの線についての機能が相対的に高いか低いかを示すものであり、お互いの線の上下には何の関係もない。5 本の線は見やすいように、ただ上下



に並べただけである。大事なことは、それぞれの線が時間（発達段階）とともにどのように変化していくかのパターンを読み取ることである。5本の線を見て一目で分かることは、純生産量（速度）の線とその他の線の変化のパターンが全く異なることである。すなわち純生産速度は若齢段階で最大値を示すのに対して、生物多様性（ここでは哺乳類の種多様性）や水源かん養（ここでは河川への水流出量）などの機能は若齢段階で低くなっていることなどである。森林生態系の炭素貯蔵量の変化のパターンと生物多様性などの変化のパターンはよく似ていることに注目する必要がある。なお、図における生物多様性は、哺乳類の種の多様性を示したもので、生物種のタイプによって変化のパターンは多少異なるようである（例えば鳥類では林分初期段階では低い値から増加していく）。しかし様々な生物種のタイプにおいて、若齢段階では生物多様性は低く、成熟段階と老齢段階では高いという大きな傾向はあるようである。機能の変化のパターンの特色を知ることにより、森林の多面的機能をどのように調和的に発揮させるかを考えていくことが大事である。図2-4はその羅針盤として大事な役割を果たすものである。」としています。

さらに、森林の管理と人工林の施業のあり方について、「量的生産だけから見ると平均成長量最多の伐期齢が好ましく、それは若齢段階から成熟段階に移行するあたりにある。だがそうすると、生物多様性や水源涵養機能の低い段階で森林を回転させることになり、森林の多面的機能の発揮から好ましいとはいえない。したがって生物多様性の保全などのためには、成熟段階の期間を長くとれる大径材生産の長伐期施業へ持っていくことが好ましいということになる。適切に管理された高齢の人工林は、構造の多様性が高くなり、生物多様性の高くなることが示唆されている。そしてさらにできれば択伐林施業（単木状、群状、帯状）によって回転させていけば生物多様性との同調性は高まろう。」としています（図2-5）。

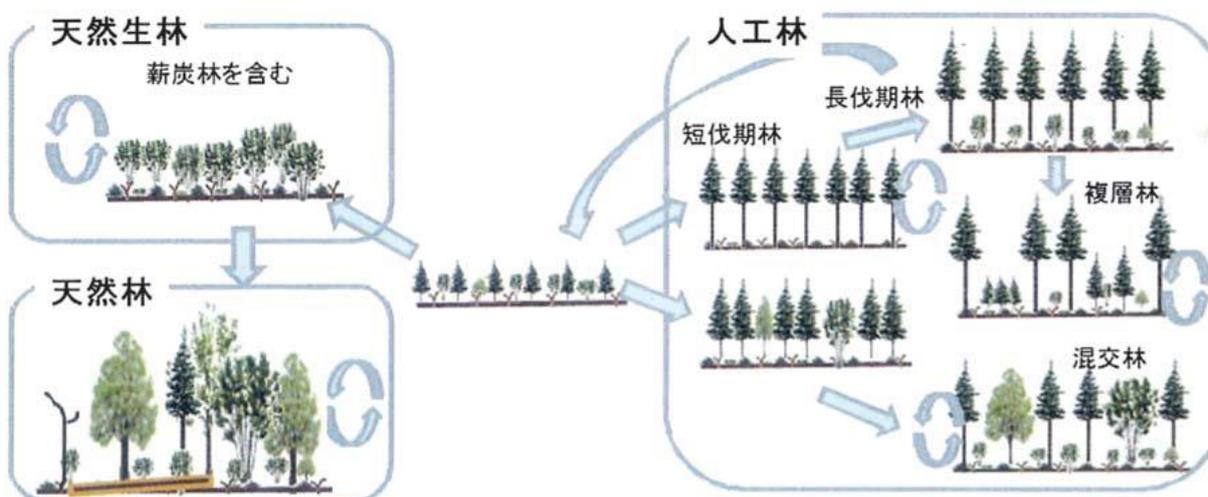


図 2-5 代表的な森林タイプ、目標林型、施業体系（藤森他 2010）



Ⅱ-2-3 市町村森林経営管理事業の目標林型

(1) 市町村森林経営管理事業の対象となる森林

目標林型は、第Ⅰ章 14 ページの「市町村森林経営管理事業の対象となる森林」に掲載した図 1-7 を基本として、木材生産に適した生産性の高い地形・土壌条件の場所では、木材生産機能を重視した人工林を維持していけば良く、若齢段階から成熟段階で木材を生産する目標林型でよいと考えます。

一方、市町村森林経営管理事業対象となる「自然的条件が悪く、今後とも経済的に成り立たない森林」は、木材生産機能に重点に置く人工林よりも、生物多様性や水源涵養機能が高く、森林の構造の多様性がある混交林や針広混交林への誘導を目標林型とすべきです。人工林としての生産に向かない場所を天然林に近い形に誘導することが必要です（図 2-6）。

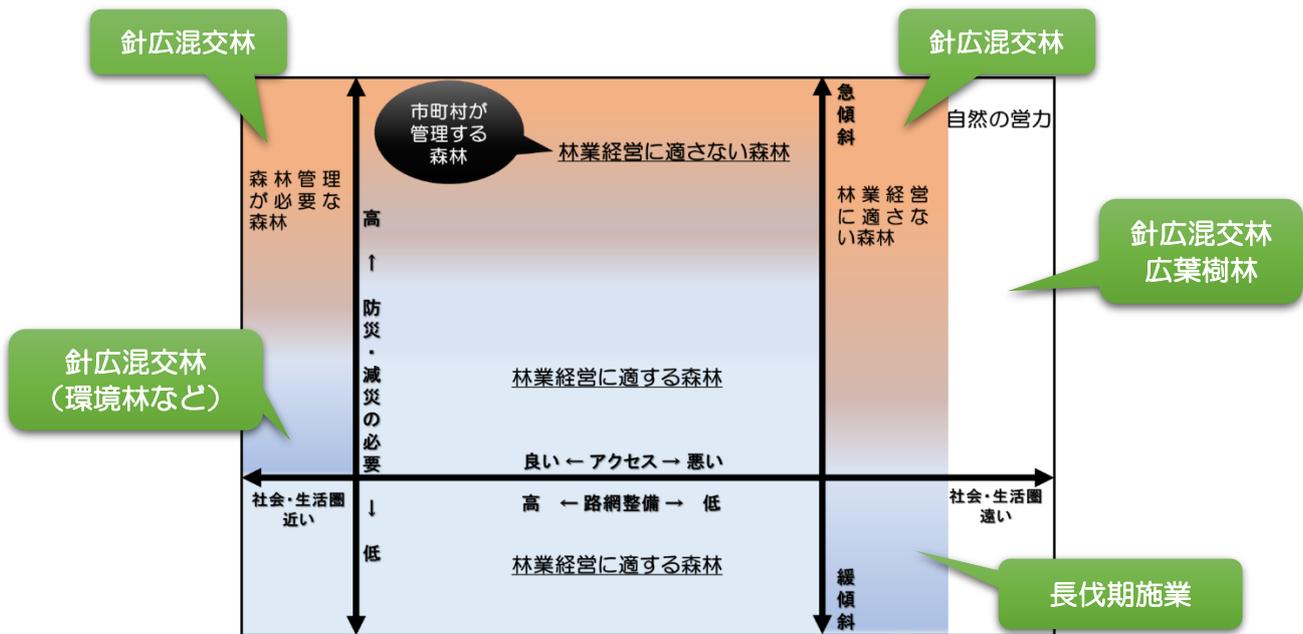


図 2-6 森林経営管理制度における森林管理の簡易区分と目標林型（図 1-7 を基に記載）

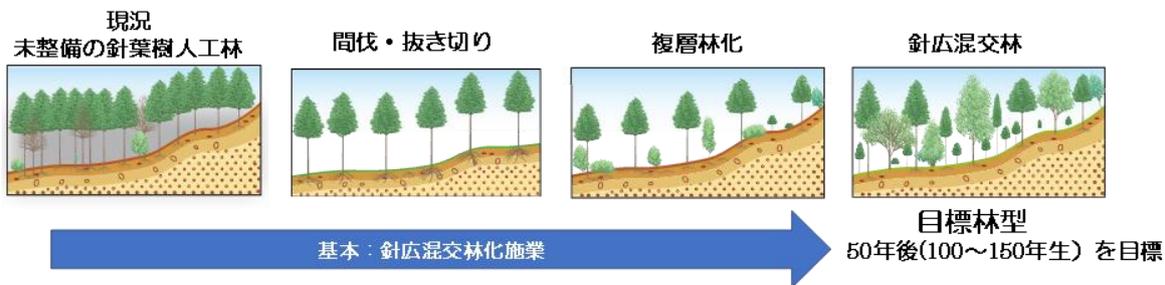
市町村森林経営管理事業における「防災・減災・生活環境に資する森林」の最終目標は「針広混交林」で人為的な手を加えない「**老齢段階**」の森林とします（図 2-7）。

そのためには、人工林を間伐（一部植栽を伴う）して、複層林（二段林や多段林）や針広混交林誘導の施業を行います。松くい虫等被害林や成熟段階に至らない劣悪な森林以外は、非皆伐施業として実施することが望ましく、適地適木の広葉樹、針葉樹が階層を成す森林を目指します（図 2-8）。

- 市町村森林経営管理事業では、原則的には林業経営が成り立たない針葉樹人工林を対象
- 限られた財源（森林環境譲与税）の中で、できるだけ手を掛けない方法での森林整備
 - ◇ 第Ⅰ章（8～10 ページ）で記載した森林の機能に応じて目標林型を設定（多くの森林が、防災・減災、水源涵養に資する森林、生活環境に資する森林）

◇ 森林の構造の多様性がある針広混交林・天然林に近い形に誘導することが必要

- 針広混交林、かつ老齢段階が目標林型



※最優先に求める機能により目標林型が異なる。

図 2-7 市町村森林経営管理事業の目標林型

なお、生活環境を守る森林のうち、森林空間利用タイプ（森林公園や遺跡周辺）などは常に人為的な空間整備が必要なため「針広混交林」で成熟段階と老齢段階の中間的な目標林型が望ましいと考えられます。

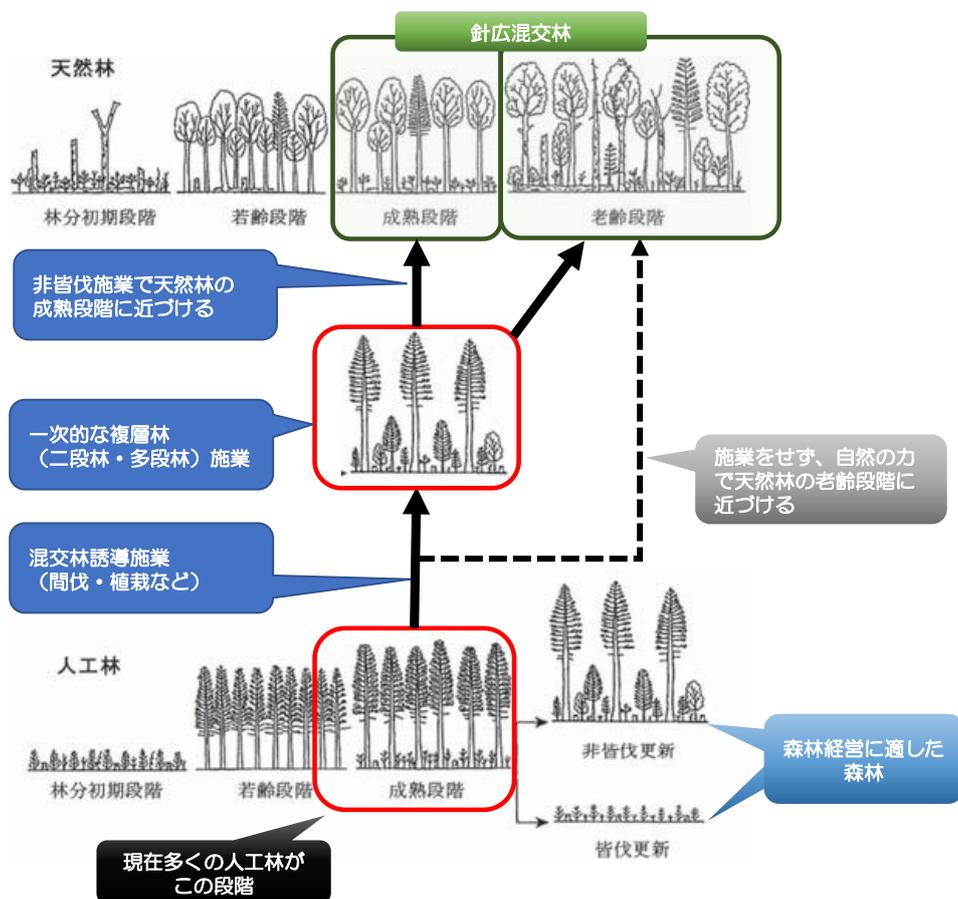


図 2-8 目標林型と目標林型への誘導（藤森 1997 を基に作図）



(2) 民間事業者に経営管理実施権を設定できていない森林

「自然的条件が良く経済的に成り立つと見込まれるものの民間事業者に経営管理実施権を設定できていない森林」は、木材生産に適した生産性の高い地形・土壌条件の場所なので、木材生産機能を重視した人工林を維持していけば良く、若齢段階から成熟段階で木材を生産する目標林型でよいと考えます。「標準伐期」前後であれば、伐期をその2倍（80～90年）以上に設定し、大径木からなる森林に誘導します（参照：第Ⅱ章 89～92 ページ）。



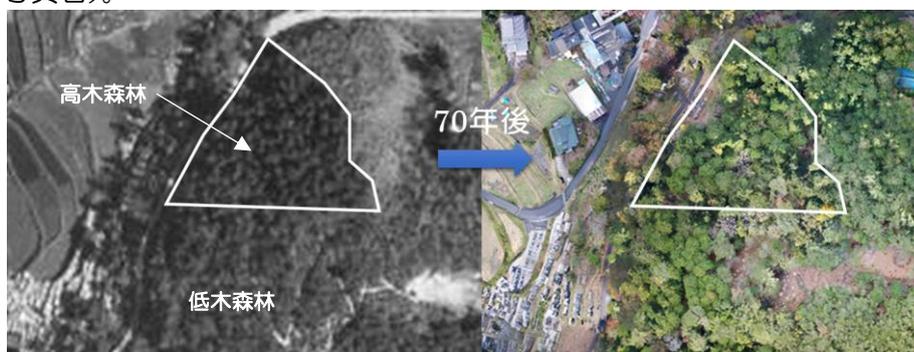
【成熟した針広混交林】

長野県木曾地方の最南端、南木曾町は年平均気温 11.3℃、年平均降水量 2,410mm で県内でも比較的温暖な気候です。旧中山道三留野宿の里山である東山（右写真）の約 1.5ha の範囲には、維管束植物 76 科 212 種（亜種、変種、品種含む）が確認されました。



この東山の一部には、老齢段階に達した県内では希少な森林構成である温暖帯落葉～常緑樹林型の「モミ・ツガー ヤブツバキ群落」があります。上層はモミ、ツガ、ゴヨウマツ、ヒノキ、ホオノキ、コナラ、上層～亜高木層にタカノツメ、ウラジログシ、低木にヤブツバキ、ヒサカキ、ヤブコウジ、アセビなどの常緑広葉樹、ベニシダ、アカメガシワ、キツネノマゴ、キッコウハグマなど暖帯に生える植物が多くみられます。

この混交林は推定 150 年以上で、1948 年の空中写真（下写真左の白枠の森林）でも高木が確認でき、現在より 100 年オーダーで伐採等が行われていない極めて成熟した森林となっています。先の空中写真から 70 年後の現在、ギャップに広葉樹が成長し、針広混交林の構成となっています（下写真右）。



(1948：昭和23年撮影：米軍GHQ R135)

(2018：平成30年撮影：ドローンオゾン)

この森林の南側は、1948 年の空中写真では北側の樹木より低い樹高の森林となっています。現在は（推定 90 年程度）、北側の森林と上層樹高に大きな差は見られませんが、上層にヒノキ、アカマツ、亜高木層にはコナラや二次林で見られる常緑広葉樹のアラカシが生育しています。ヒノキは斜面下部の一部に見られるため植栽されたものと考えられますが、アカマツは天然更新で生育したものと考えられます。現在アカマツは松くい虫被害でほぼ枯れてしまい、その下層にはウリカエデ、ヤブツバキ、タカノツメ、ヒサカキなどが旺盛に生育しています。土壌水分的には、斜面下部は弱乾性の性質を有する偏乾亜型（B_{Da}）で、斜面下部から乾性の特徴が表れ、中上部は乾性型（B_b）の土壌で、土壌型を反映した伐採跡地等に生育する二次林植生の森林構成です。

この東山では、成熟段階と老齢段階の遷移過程が見られる希少な事例です。



Ⅱ-3 針広混交林への誘導

Ⅱ-3-1 針広混交林や複層林の定義

市町村森林経営管理事業における針広混交林や複層林は、次のように定義します。

(1) 針広混交林の定義

【針広混交林の定義】

針葉樹と広葉樹が混じり合った混交の森林（施業の関係上、一時的に単層の針葉樹林となる森林を含む）。この森林を成立させ、維持する施業を針広混交林施業という。

混交林（mixed forest）とは、二種類以上の樹種から構成される森林です。このうち、針葉樹と広葉樹から構成されるのが、針広混交林（mixed forest with coniferous and broad-leaved species）といいます（図 2-9）。

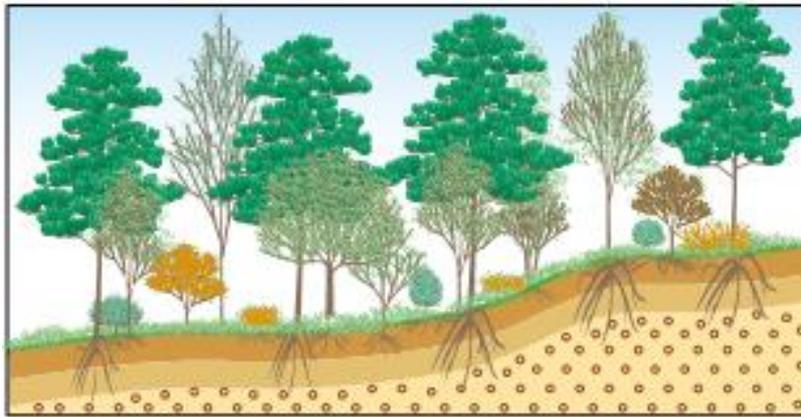


図 2-9 アカマツ林の針広混交林のイメージ

混交林は、針葉樹と広葉樹、陽樹と陰樹、浅根性樹種と深根性樹種などの性質の異なる樹種が適切に配置されることによって、地力が維持され、森林生態系の多様性が増大し、諸被害に対する抵抗性が増大します（小野寺 2001）。

針広混交林の利点については、次の効果があるとされています（河原 2001）。

- 🌲 土壌の物質循環がスムーズに行われる
- 🌲 表層土壌中の養分の適正化に役立つ（針葉樹単層林は不均衡）
- 🌲 気象的、生物的諸害に対して抵抗力が強い
- 🌲 風致、景観に優れている

県内では、亜高山帯付近からその上部にかけて、天然性の針広混交林が見られます（写真 2-9 左）。また、里山近郊においても、針広混交林を見ることもできます（写真 2-9 右）。

さらに、一部のカラマツやアカマツが多い地域では、スギやヒノキ林に比べ、広葉樹と混交している森林も見られます（写真 2-10）。





写真 2-9 亜高山帯付近の針広混交林（左）と里地後背の針広混交林（右）

亜高山付近では、ウラジロモミ、コメツガ等の針葉樹とミスナラ、カバノキ類、カエデ類が混交する
里地後背では、細分され所有形態によりヒノキ人工林、尾根部の天然アカマツ、モミ、薪炭利用だった
コナラなどパッチ状に生育していたものが、成熟段階に至り、針広混交林を形成

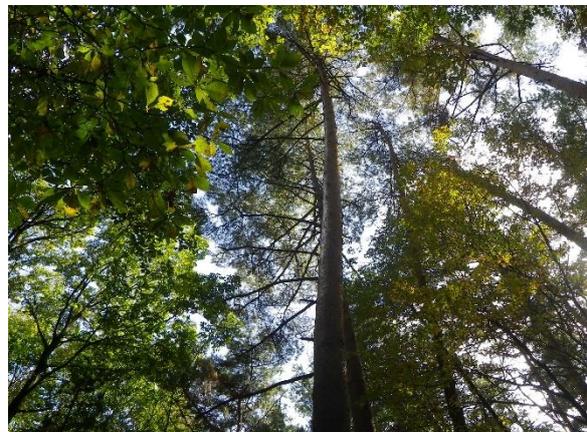


写真 2-10 亜高木層（林冠よりも低く、低木層よりも高い階層）まで達した広葉樹と混交する
カラマツ林（左）とアカマツ林（右）

左：ウワミズザクラ、クリ、ナラ類等と混交するカラマツ林
右：コナラ、クリ、イタヤカエデ等と混交するアカマツ林

そこで、市町村森林経営管理事業における針広混交林は、侵入した広葉樹の混交材積が10%以上を占めている場合と、带状伐採や群状伐採などの施業により、大面積で見れば広葉樹が10%以上混交している場合も、針広混交林と位置付けます。なお、これに満たない場合でも、混交林への進行途中として位置付けることができます。

(2) 複層林の定義

【複層林の定義】

森林を構成する林木を部分的に伐採し、人為により複数の樹冠層を構成する森林(施業の関係上、一時的に単層となる森林を含む)。将来的に針広混交林に誘導する森林をいう。その過程の二段林、多段林を含む。この森林を成立させ、維持する施業を複層林施業（育成複層林施業）という。



複層林（multi-storied）とは、樹冠が複層の森林です。一つの樹冠層から形成される単層林（一斉林）に対して、樹冠層が二つあるものを二段林、三つ以上の層に数によって三段林、多段林と呼びます（図 2-10）。

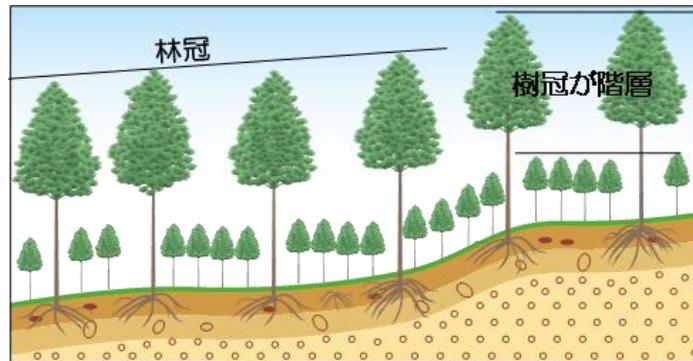


図 2-10 複層林（二段林）のイメージ

森林の公益的機能では、単層林に比べ次の効果があるとされています（河原 2001）。

- 🌲 凍害等の気象害に対する抵抗性が増大
- 🌲 表層土壌の流亡を防ぐ地力維持効果
- 🌲 根系の働きで崩壊防止機能の向上
- 🌲 水源涵養機能の向上
- 🌲 複雑な構造による風致の維持

県内においては、1990年代から治山事業の保安林を主に複層林誘導の施業が多く実施されてきました。一斉林のカラマツやアカマツの下層にヒノキ等を導入した二段林や（写真 2-11 左）や、カラマツの下層にケヤキ、ナラ類、ブナ等の広葉樹を導入した事例（写真 2-11 右）が多くあります。



写真 2-11 上層アカマツ・下層ヒノキの二段林（左）と
上層カラマツ・下層ケヤキの二段林施業地（右）



複層林は、市町村森林経営管理事業における防災・減災、生活環境に資する森林の目標林型である「針広混交林」へ誘導する段階の位置付けとなります（図 2-11）。

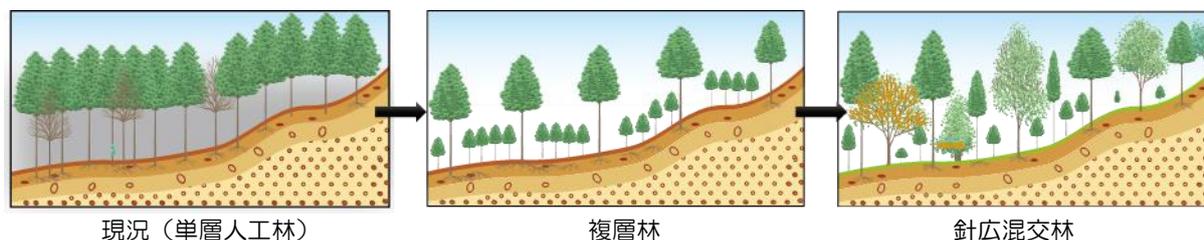


図 2-11 針広混交林誘導における複層林の位置付け

Ⅱ-3-2 針広混交林への誘導

(1) 適地適木

針広混交林への誘導を考えるうえで、「適地適木」を考える必要があります。

従来、林業において、先人たちは立地環境を読み取り、「尾根マツ、沢スギ、中ヒノキ」のように“山を見て、森林をつくり、育て、利用”してきました。その後、森林科学の研究成果として、「尾根マツ、沢スギ、中ヒノキ」は合理的な考え方であることが示され、立地環境に生理的に適した樹木を選定し、植栽を行う「**適地適木：Right tree Right site**」が提唱され、実施されてきました。適地適木は、主として地形や水分環境を反映して区分される「土壌型」と立地環境を総合的に指標する「植生」に判断基準を求めた造林技術です。

現在の森林、とくに針葉樹一斉林（人工林）をみると、確かに適地適木ではないと思われる森林があります。しかし、それらの中には、壮々とした相観を形成し、土地を支え、立派な森林もあります。そのような森林に共通することは、“人為＝施業”が介在していることです。適正な管理がなされている森林は、やはり健全な森林と考えられます。

一方、溪流内にまで経済林樹種（アカマツ、カラマツ、ヒノキ、ヨーロッパトウヒ等）を植林することは適地適木に反し、加えて水の流れを狭め、災害を助長させることもあります（写真 2-12）。

また、植林した後、まったく管理がなされない森林も多く存在しています（写真 2-13）。

市町村森林経営管理事業の対象森林は、「適地適木」でありながら“人為的管理がなされてこなかった森林”と、“適地適木ではない森林”が対象となります。





湿地のカラマツ林分



湿地のカラマツ林分（林床にクリンソウが生育）



谷田に植栽されたカラマツの根返り（倒伏）



溪流内に植栽されたヨーロッパトウヒ林分

写真 2-12 適地適木ではない湿地に植栽された林分



写真 2-13 カラマツの適地適木地の間伐が実施されたカラマツ林（左）と隣接する放置されたカラマツ林（右）

適地適木は、既存の「民有林適地適木調査」（長野県林務部）を参考として判定します。長野県の民有林適地適木調査は 17 地区別に報告されています（参照：第Ⅳ章 38 ページ）。これらは地区をさらに細分（図中細分：地形、地質、気象条件）し、細分された地域ごとに土壌型を基準として適木（第一適木）が示されています。



「適地適木調査」は、拡大造林計画地域において環境因子を調査し、それぞれの環境に適した樹種を選定したものです。調査以降 40 年前後が経過していますが、地質・気象・地形などに著しい変化は生じていないため、市町村森林経営管理事業における針葉樹人工林の現況判定に用いることができます（参照：第Ⅳ章 34～38 ページ）。

また、長野県林業総合センターでは「長野県樹種別特性表（広葉樹）・（針葉樹）」を作成しています。新たに光環境（陽～中～陰）の適合度を追加しました（苅住 1987）。これらを参考に適地適木及び針広混交林の候補樹種の参考にしてください（広葉樹：表 2-2①～④、針葉樹：表 2-3）。

(2) 針広混交林への誘導

市町村森林経営管理事業における針葉樹人工林を針広混交林に誘導するための施業は、間伐・抜き切りとして実施します（図 2-12）。

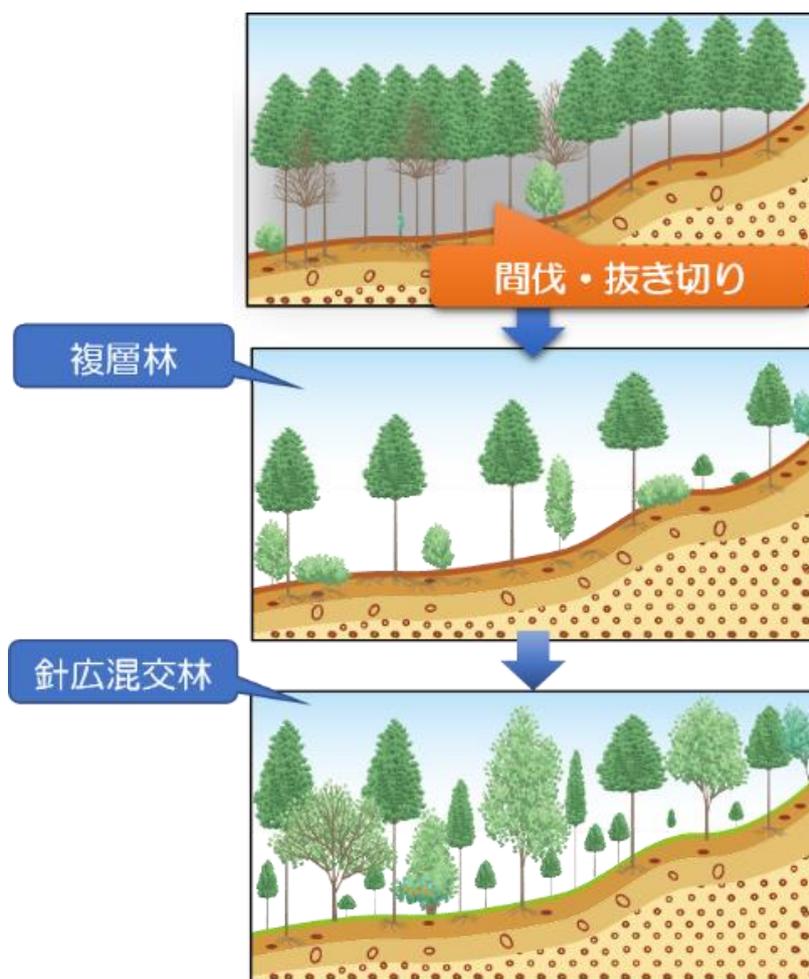


図 2-12 針広混交林への誘導（間伐・抜き切り）



今ある単層林（一斉林）をできる限り費用をかけず、省力化して、効率的に複層林や針広混交林に誘導することが重要です。

間伐遅れの若齢段階の50年生以下の単層の人工林では、適正な密度まで間伐を繰り返すことで、広葉樹の成長を促進できる可能性があります。

一方、壮齢段階に達した人工林では、強度の間伐の実施は、風害・冠雪害を受ける恐れが生じるため、立地条件（風が通りやすい、近くで雪害が発生しているなど）を十分に確認し、複数回の弱度の間伐をしながら管理して、針広混交林へ誘導していく必要があります（写真2-14）。



写真2-14 雪害による幹折れが発生したスギ林（左）とカラマツ林

間伐遅れの森林で、最多密度に達したり、風害・冠雪害が発生した森林は、強度の間伐により、さらに風害・冠雪害の危険が高まる。弱度の間伐が必要。



表 2-2 長野県樹種別特性表（広葉樹）・・・①

No.	科名	樹種	土壌型		積雪深		地域				標高		流通	獣害	根系	光環境
			乾性 弱湿性	岩石・ホル 受食性	BF, BL F, G	豪雪 多雪	寡雪	北信・北安	長野	佐久・上小	松本	木曾				
1	ヤナギ	ハッコヤナギ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	小	陽
2	ヤナギ	オノエヤナギ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—
3	ヤナギ	その他ヤナギ類	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—
4	クミ	サウガルミ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	大	陽
5	クミ	オニグルミ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	大	陽
6	カバノキ	ヨグミネハリ(ミスメ)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	大	陽
7	カバノキ	ウダイカンバ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	大	陽
8	カバノキ	シラカンバ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	小	陽
9	カバノキ	ダケカンバ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	大	陽
10	カバノキ	ネコシテ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	中	陽
11	カバノキ	ヤエガワカンバ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	大	陽
12	カバノキ	ハンキ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	中	陽
13	カバノキ	ケヤマハンキ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	中	陽
14	カバノキ	コハヤマンキ(タコカンノキ)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	大	陽
15	カバノキ	ヤハズハンキ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	大	陽
16	カバノキ	ミヤマハンキ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	大	陽
17	カバノキ	ヤシヤブシ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	中	陽
18	カバノキ	ミヤマヤシヤブシ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	中	陽
19	カバノキ	ヒメヤシヤブシ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	中	陽
20	カバノキ	オオバヤシヤブシ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	中	陽

注) 口に示した印は、植栽は不適であり、天然に残っている場合には積極的に残す事を意味する。



表 2-2 長野県樹種別特性表（広葉樹）一覽・・・②

No.	科名	樹種	土壌型		積雪深		地域						標高		流通	獣害	根系	光環境
			弱湿性	乾性 ～弱乾性	多雪 ～1.5m	豪雪 3m～	北信・北安	長野 川下流	千曲 川上流	佐久・上小	松本	木曾	諏訪	上伊那				
21	カバノキ	アサダ	○	○	○													陽
22	カバノキ	サウシハ	○	○	○													中～陽
23	カバノキ	クマシデ	○	○	○													陽
24	カバノキ	イヌシデ	○	○	○													陰
25	カバノキ	アカンデ	○	○	○													陰
26	ブナ	ブナ	○	○	○	□												陽
27	ブナ	イヌブナ	○	○	○													陽
28	ブナ	コナラ	○	○	○													陽
29	ブナ	ミスナラ	○	○	○	□												陽
30	ブナ	アカシ	○	○	○													中～陽
31	ブナ	シラカシ	○	○	○													陰
32	ブナ	アハメキ	○	○	○													陽
33	ブナ	クスギ	○	○	○													中～陽
34	ブナ	カンク	○	○	○													陽
35	ブナ	ク	○	○	○													陽
36	ニレ	オヒヨウ	○	○	○													中
37	ニレ	エノキ	○	○	○													中～陰
38	ニレ	エゾエノキ	○	○	○													中～陽
39	ニレ	ハルニレ	○	○	○	□												陽
40	ニレ	ケヤキ	○	○	○	□												陽

注) □に示した印は、植栽は不適であり、天然に残っている場合には積極的に残す事を意味する。



表2-2 長野県樹種別特性表（広葉樹）一覽・・・④

No.	科名	樹種	土壌型		積雪深		地域				標高		流通	獣害	根系	光環境
			弱湿性	乾性	寡雪	多雪	豪雪	北信・北安	長野	佐久・上小	松本	木曾				
61	カエデ	イタカエデ	○		○										中	中～陽
62	カエデ	ウリダカエデ			○										小	中～陽
63	カエデ	オオモミジ	○		○										中	中
64	カエデ	ヤマモミジ	○		○										中	中
65	カエデ	エミカエデ		○	○										中	中
66	カエデ	ミネカエデ		○	○										小	陽
67	トチノキ	トチノキ	○		○										大	陰
68	シナノキ	シナノキ	○		○										大	中～陽
69	シナノキ	オオハネダマダイジュ	○		○										大	中
70	ツハノキ	ナツツハノキ		○	○										中	中～陰
71	ウケギ	ハリギリ	○	△	○										小	陽
72	ウケギ	ゴンアブラ	○	○	○										小	陽
73	ミスギ	ヤマホウソク	○	○	○										小	陽
74	ミスギ	ミスギ	○	○	○										小	陽
75	ミスギ	クマノミズキ	○	○	○										小	陽
76	リウウギ	リウウギ		○	○										大	中～陽
77	エノキ	オオハリアサガラ			○										小	陽
78	モクセイ	シロシ	○		○										大	中
79	モクセイ	コハノトリノエ(アオダモ)		○	○										大	陽
80	モクセイ	ヤチダモ	○		○										大	中

注) □に示した印は、植栽は不適であり、天然に残っている場合には積極的に残す事を意味する。



表 2-3 長野県樹種別特性表（針葉樹）一覧

No.	科名	樹種	土壌型		積雪深		地域				標高		流通	獣害	根系	光環境		
			弱湿性	適潤性	乾性 ~弱乾性	乾性 ~弱乾性	寡雪 ~1.5m	多雪 ~3m	豪雪 3m~	北信・北安	長野	佐久・上小					松本	木曾
101	マツ	アカマツ	○	○	○	○	□	○	○	○	○	○	○	○	大	陽		
102	マツ	カラマツ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	小	陽		
103	マツ	コヨウマツ(ヒメコマツ)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	大	陽		
104	マツ	キナノコ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	大	陽		
105	マツ	チヨウセンゴヨウ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	大	陽		
106	マツ	モミ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	小	陰			
107	マツ	ウツシノミ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	大	中			
108	マツ	シラビソ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	大	陰			
109	マツ	オオシラビソ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	大	陰			
110	マツ	トウヒ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	中	陽			
111	マツ	ツガ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	大	陰~陽			
112	マツ	コマツガ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	大	中			
113	スギ	スギ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	大	陽			
114	コウヤマキ	コウヤマキ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	大	陰			
115	ヒノキ	ヒノキ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	小	陽			
116	ヒノキ	サワラ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	小	中			
117	ヒノキ	アスナロ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	中	陰			
118	ヒノキ	クロハ(ホスゴ)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	中	陰			
119	ヒノキ	ホスミザシ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	小	陽			
120	イチイ	イチイ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	大	陰			

注) □に示した印は、植栽は不適であり、天然に残っている場合には積極的に残す事を意味する。



II-4 針広混交林への誘導方法の判定

II-4-1 誘導方法の判定フロー

対象となる全ての針葉樹人工林を一様に針広混交林に誘導することはできません。森林の状況によって、誘導方法は異なります（図 2-13）。

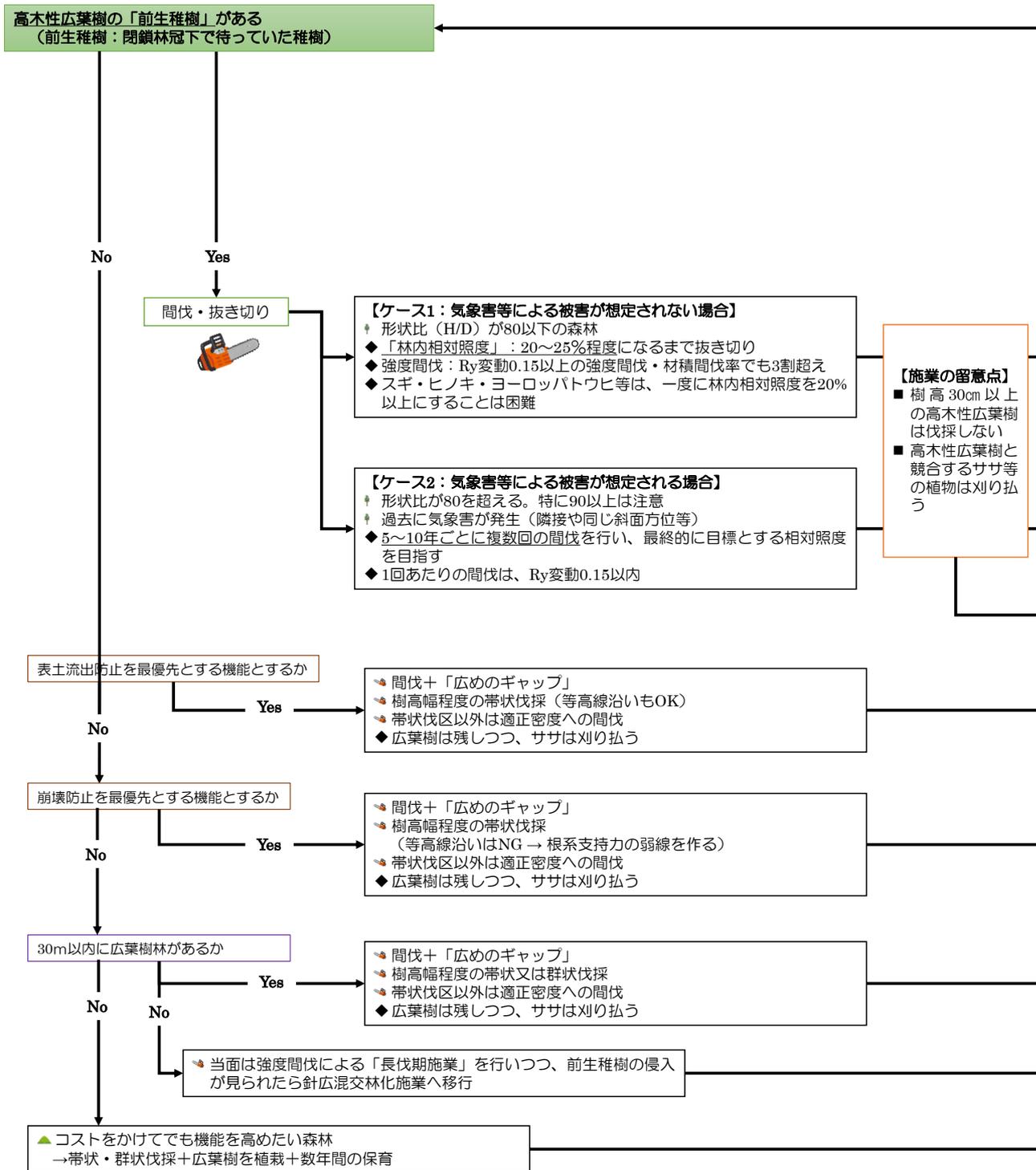
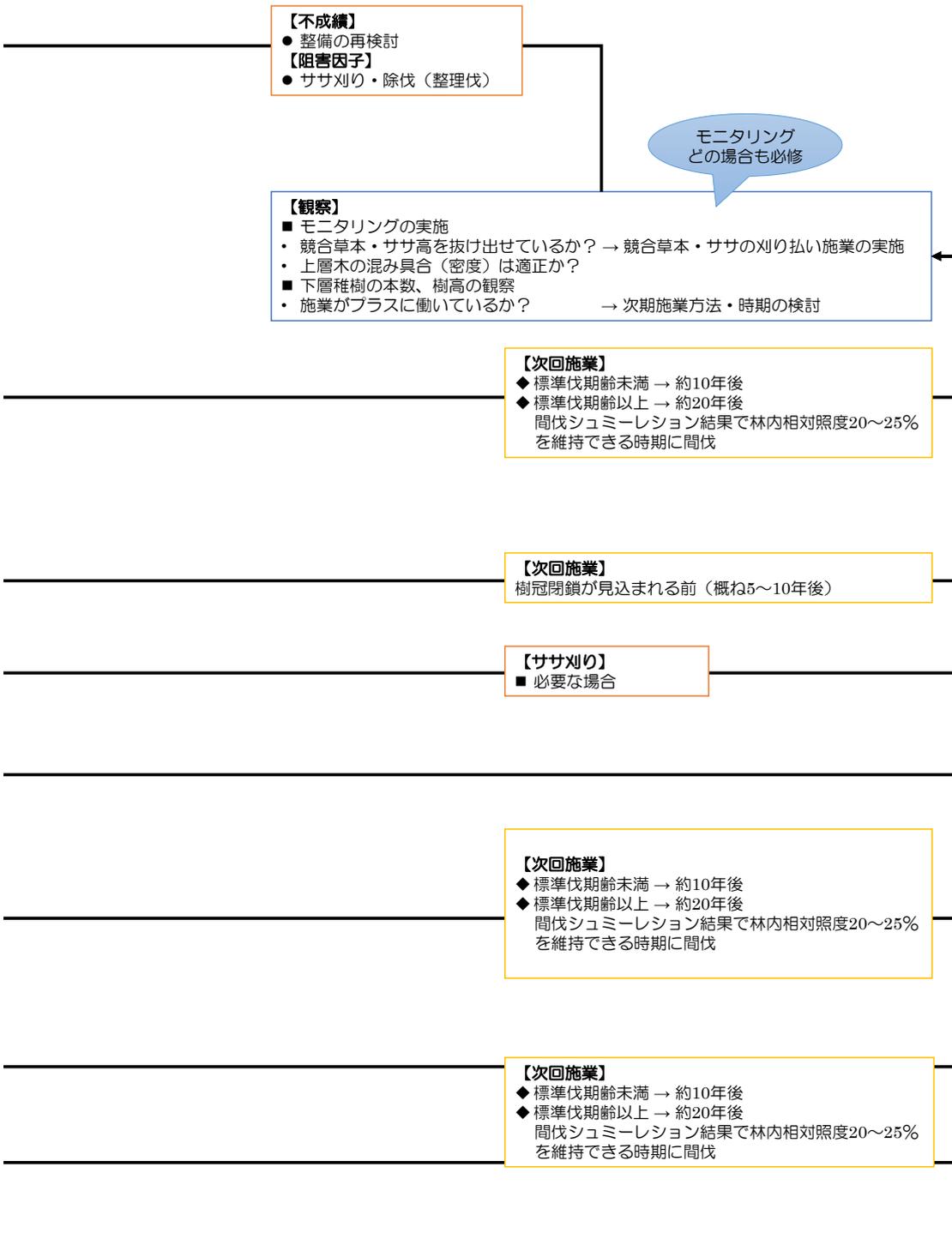


図 2-13 針広混交林への誘導方法の判定フロー





森林の状態を把握して図 2-13 を参考に、「どの森林の状態であるかを確認し → 施業実施 → モニタリング → 効果検証」のPDCA サイクルとして実施していくことになります。





(1) 代表的な誘導の流れ

針葉樹人工林を針広混交林に誘導する主な要因は、対象となる森林内に将来高木となる広葉樹が“有るか・無いか”によります。次に代表的な誘導の流れを記載します(図2-14)。

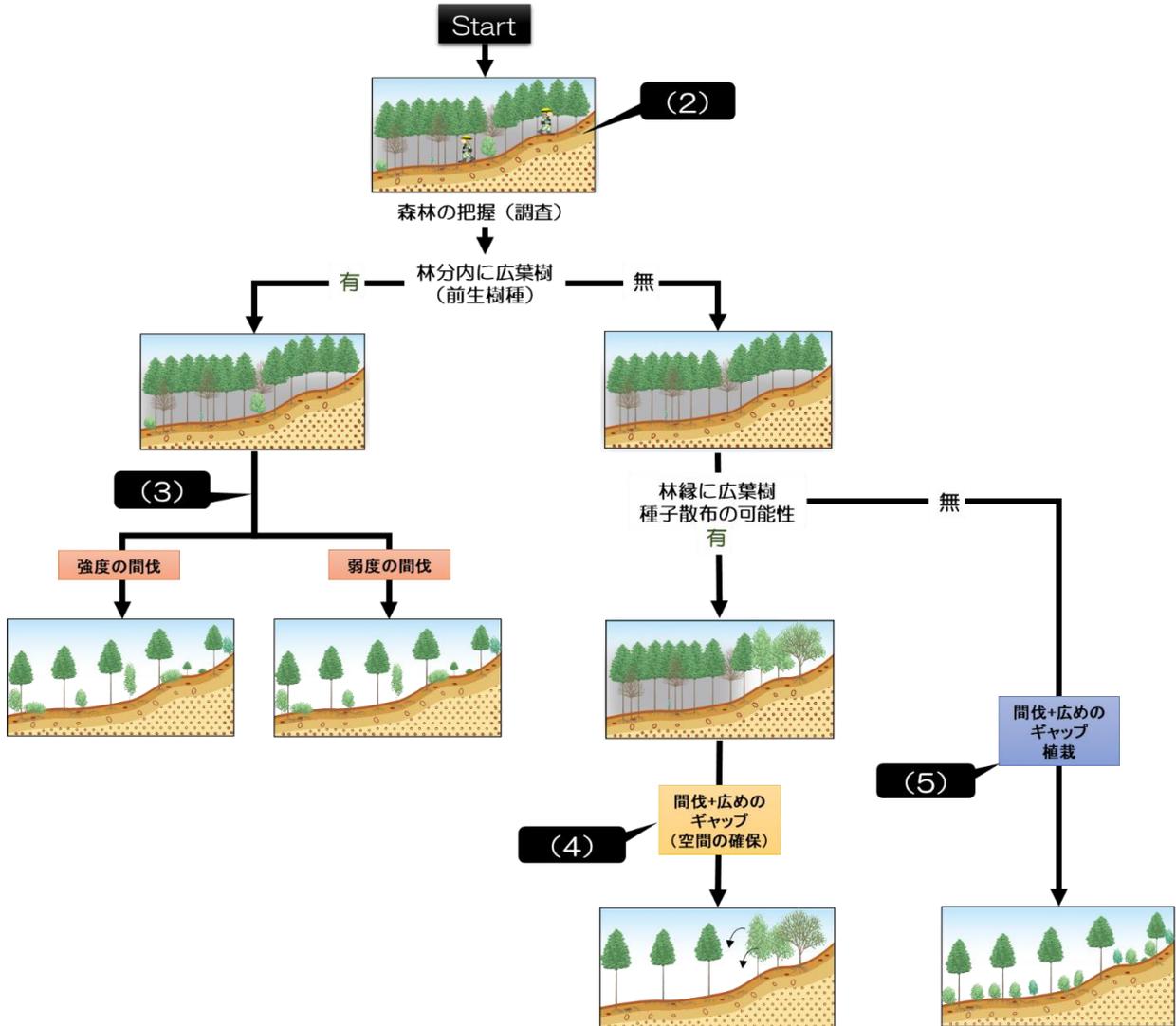


図2-14 針葉樹人工林から針広混交林への誘導
図中の(n)は次の項目

(2) 森林の把握

間伐により針広混交林になるかを予測するため、あらかじめ間伐前の林内を調べ、広葉樹(前生樹種)が生育しているかを確認します。特に高木性となる広葉樹を確認します(表2-4、表2-5:第II章37~38ページ)。

さらに、森林の樹高と平均的な胸高直径(地上1.2mの高さの立木直径)を定点となる方形や帯線などのプロット調査(参照:第IV章51~55ページ)により把握します。



【ポイント】

- ➔ 林床に植物があるか、高木性の樹種が生育しているかを調べます。
- ➔ 森林の樹高と平均的な胸高直径（地上 1.2m の高さの立木直径）を把握します。

(3) 広葉樹が生育している

間伐前の林内に広葉樹が生育している場合（写真 2-15）、その広葉樹を残し、その周囲のスギやヒノキ、アカマツ、カラマツを優先的に間伐して集中的に光を入れ、広葉樹の成長を促します（図 2-15）。



写真 2-15 広葉樹の稚樹が多いスギ林（左）と
低木から亜高木層の広葉樹が点在するカラマツ林（右）

ここで、樹高が高く、直径が細い立木で構成されている森林は、間伐による気象害の発生が危惧されます。隣接する森林や近くの森林で過去に気象害が発生していないか確認します。気象害の発生がなく、形状比（樹高÷胸高直径＝H/D）が 80 より低い場合は、強度の間伐を実施します（参照：第Ⅳ章-83 ページ）。

形状比が 80 以上でさらに 90 を超えるようであれば、弱度の間伐を実施します。この場合、複数回の弱度の間伐をしながら管理して、針広混交林への誘導していくことになります。

【ポイント】

- ➔ 幹の曲がりが多く、太くなった高木性の広葉樹を積極的に残します。
- ➔ アカマツ林とカラマツ林は比較的多くの広葉樹が生育しています。これらは、適地適木樹種である場合が多く、積極的に残します。
- ➔ 広葉樹だけでなく、ヒノキ、モミ、ツガ等の針葉樹（尾根などのネズミサシモ）の稚樹がある場合は、積極的に残します。

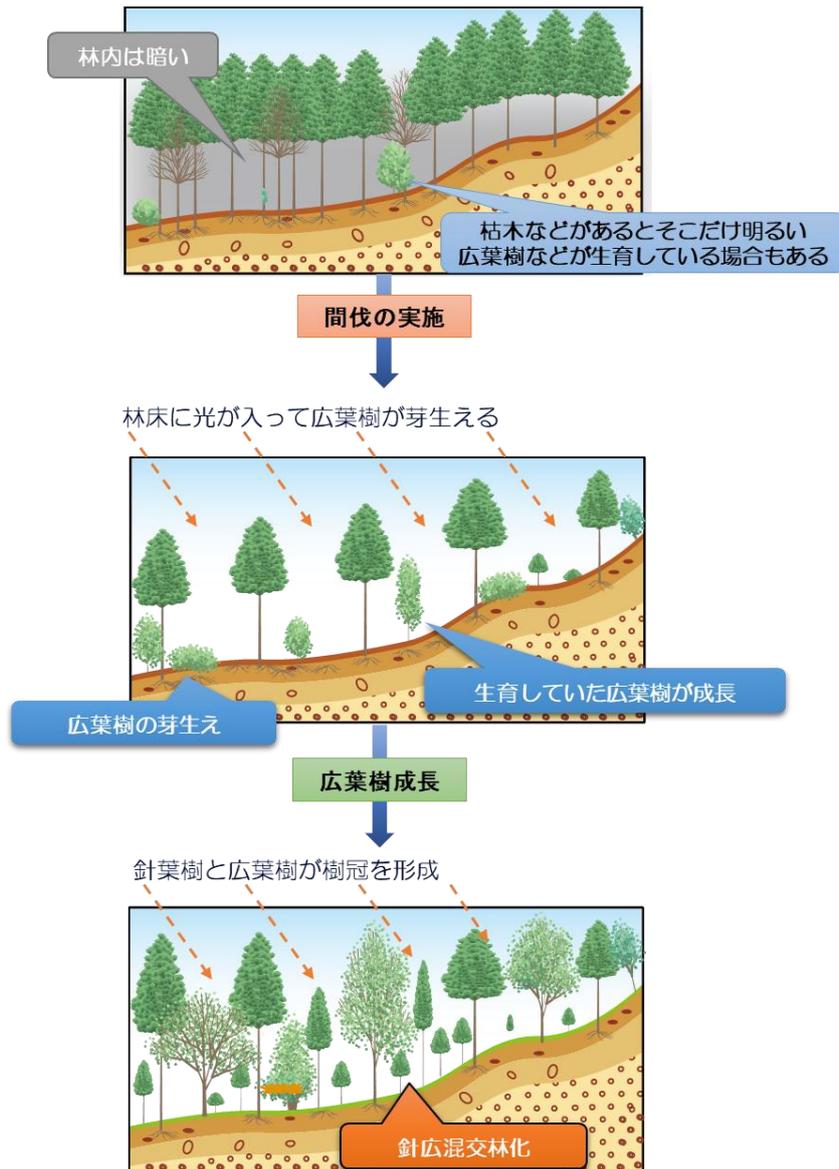


図 2-15 針葉樹人工林の針広混交林化

(4) 近くに広葉樹がある

間伐前の林内に広葉樹が生育していないか、少ない場合、近くに種子の供給源である広葉樹林があれば、小面積のまとまった間伐を実施し、間伐率をあげ（強い間伐）、林外から広葉樹を誘導します（図 2-16）。

対象となる森林からおおよそ 30m 以内の林縁部等に広葉樹があれば、この施業を実施します（写真 2-16）。



写真 2-16 広葉樹の自然発生を期待する強度間伐のカラマツ林



【アカマツ林・カラマツ林は有利】

県内の 156 箇所のアカマツ人工林とカラマツ人工林を調べた結果、県内全体の傾向として、アカマツ及びカラマツ林では収量比数と関係なく林床植生が発達し、高木性広葉樹が成立していました（下図）。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。

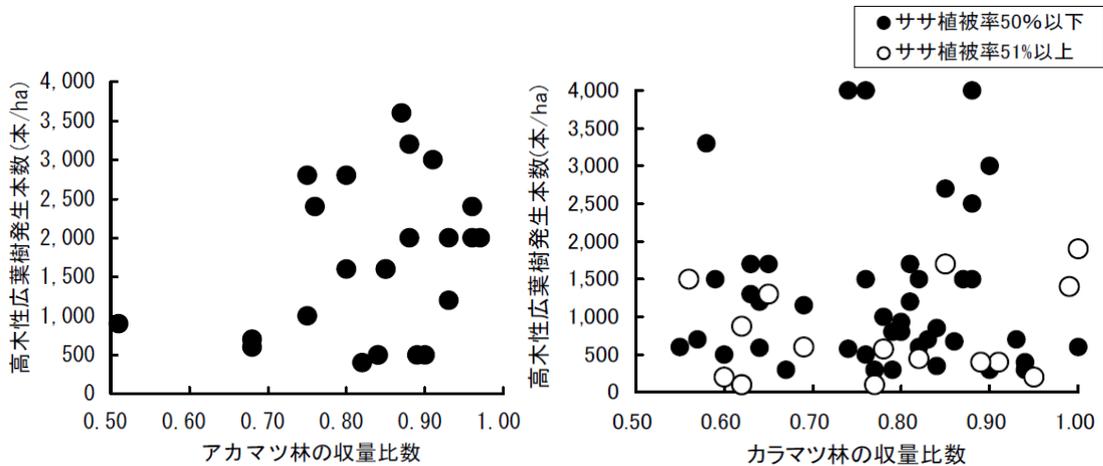


図.アカマツ林（左）及びカラマツ林（右）の収量比数と高木性広葉樹発生本数
 小山・山内（2011）針広混交林造成に向けた更新技術の開発，長野県林総セ研報 25：29-44

さらに、下層に高木性広葉樹が認められるカラマツ人工林において列状間伐を実施し、4年後の伐採列と残存列の広葉樹生育状況を調査した結果、伐採列では萌芽により広葉樹が更新しており、成立本数は樹高 3m 以上の樹高階を除き伐採列が残存列を上回っていました（下図）。

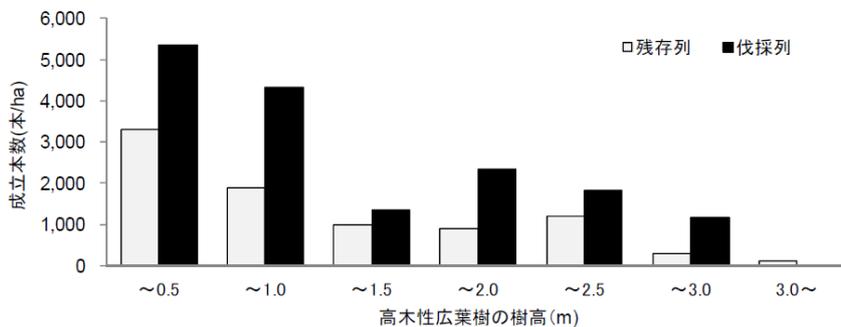


図.樹高階別の高木性広葉樹成立本数
 小山ら（2013）針広混交林の育成に向けた下層広葉樹の育成管理技術，長野県林総セ研報 27：25-44

アカマツ林やカラマツ林では、既にその林分に生育する前生樹*が多く、特段な配慮をしなくても更新が容易な場合も考えられます。明るい林分では、省力的・効率的に広葉樹林へと誘導できる可能性が高いと考えられます。

*（国研）森林総合研究所の「広葉樹林化ハンドブック 2010」では、伐採等の前から林床に生育している樹種を「前生稚樹」と定義している。前生稚樹（advance (young) growth）は、樹冠（林冠）が攪乱され、林内が明るくなると成長をはじめ、中層、上層に達する次世代の森林を担うために待機している稚樹や稚樹群を呼ぶ。



【ポイント】

- ➡ 林縁部に高木の広葉樹があるか調べます。斜面の両側や尾根部に広葉樹がある場合があります。
- ➡ 広葉樹の種子の供給は、自動（重力）散布や風散布、鳥や動物の散布者^{※2-3}によって供給されます。
- ➡ ササが密生している場合は、ササ刈りを行う必要があります。

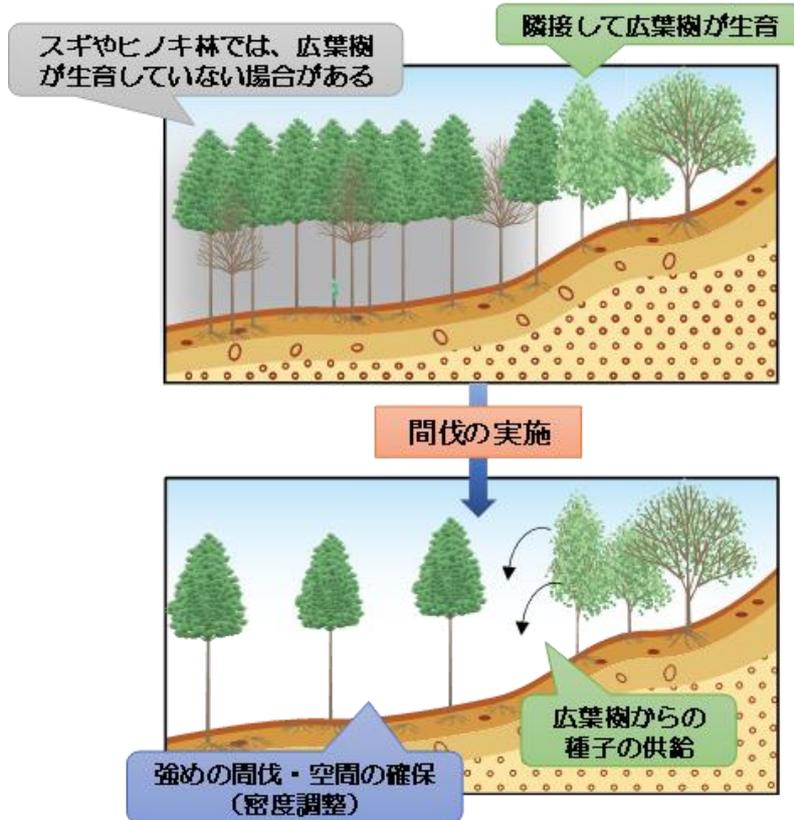


図 2-16 周囲の広葉樹から種子の供給を期待するイメージ

(5) 広葉樹がなく、近くにも広葉樹がない

間伐前の林内に広葉樹が生育していないか（写真 2-17）、少なく、種子の供給源である広葉樹林が近くになれば、当面は強度間伐による施業を行いつつ、広葉樹の稚樹の侵入が見られたら針広混交林化施業へ移行することを検討します。

※2-3 「散布者」とは鳥やネズミなどの動物が代表的で、植物の果実を採食もしくは貯蔵することで、種子を母樹から離れた場所まで運ぶ役割を持っている。
 果実を採食した動物が移動しながら糞とともに種子を排出する散布を「周食散布」という。
 ドングリなどの果実を動物が地中や樹木の洞などに貯えることによって、散布者が食べ残したものが発芽する散布を「貯食散布」という。
 風や水、動物などの力を借りずに種子を散布することを「自動（重力）散布」という。
 風の力を利用して種子を散布する方法を「風散布」という。

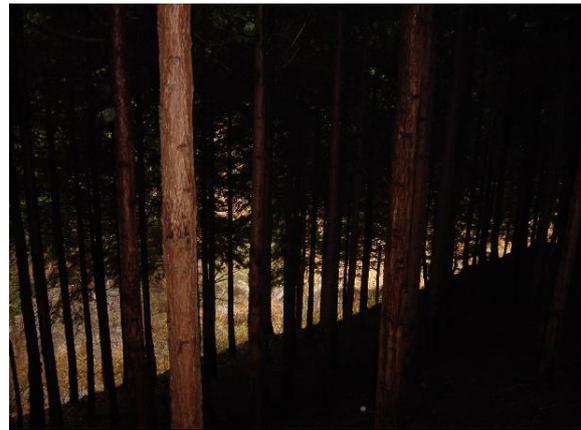


写真 2-17 下層植生の生育が認められないヨーロッパトウヒ林（左）とヒノキ林（右）

なお、費用を掛けてでも早急に針広混交林に誘導したい場合は、強度の間伐を実施して植栽を検討します（写真 2-18）。

【ポイント】

- ➡ 植栽木は、適地適木によって、確実に生育する樹種を選ぶ必要があります。慎重な選定が必要です。
- ➡ 植栽は、伐採 → 地拵え → 植栽 → 下刈り → 除伐といった作業が必須となります。費用も掛かるため、管理期間（存続期間）を考慮して慎重に検討する必要があります。

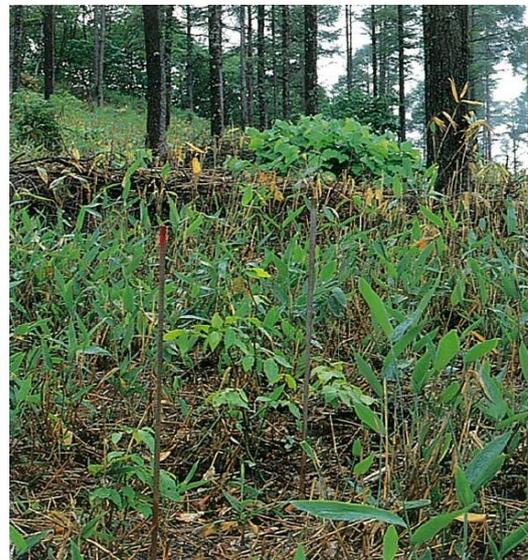


写真 2-18 カラマツ下層へのブナの植栽

Ⅱ-4-2 期待する広葉樹

針広混交林は、標高、地域別（多雪寡雪）、地形に適應する主要な広葉樹類をもって構成されることを期待します（標高 1,000m 以下：表 2-4、標高 1,000m 以上：表 2-5）。

表 2-4 標高 1,000m 以下の針広混交林の期待広葉樹

地形	寡雪地域（最深積雪深1.0m以下）	多雪地域（最深積雪深 1.0 ～ 3.0m）
尾 根	コナラ・カシワ	ミズナラ・アズキナシ
斜面上部	コナラ・カスミザクラ	ミズナラ・ブナ・ホオノキ
斜面中部	コナラ・クリ・カスミザクラ・ホオノキ	ブナ・ミズナラ・ホオノキ
斜面下部	ケヤキ・クリ・トチノキ・コナラ・コブシ	ブナ・トチノキ・キハダ・ケヤキ
沢 筋	トチノキ・カツラ・サワグルミ	トチノキ・キハダ・サワグルミ



表2-5 標高1,000～(1,600m)の針広混交林の期待広葉樹

地形	寡雪地域（最深積雪深1.0m以下）	多雪地域（最深積雪深 1.0 ～ 3.0m）
尾 根	ミズナラ・アズキナシ	ミズナラ・アズキナシ
斜面上部	ミズナラ・ウダイカンバ・オオヤマザクラ	ミズナラ・ホオノキ・ブナ・シナノキ
斜面中部	ブナ・ミズナラ・オオヤマザクラ・ホオノキ	ブナ・ミズナラ・ホオノキ
斜面下部	ミズナラ・ブナ・クリ・トチノキ・ホオノキ	ブナ・トチノキ・キハダ・ホオノキ
沢 筋	カツラ・トチノキ・サワグルミ・ハルニレ	サワグルミ・トチノキ・ハルニレ・キハダ

Ⅱ-5 針広混交林化に必要な間伐・抜き切り・皆伐

Ⅱ-5-1 間伐

(1) 間伐の定義

【間伐の定義】

林分の混み具合に応じて、目的とする樹種の個体密度を調整する作業で、一般に、除伐後、主伐までの間に育成目的に応じて間断的に実施

間伐には定性間伐と定量間伐があります。

針葉樹人工林では、どの立木を伐るか、どの立木を残すかといった“定性間伐”だけで間伐を実施する場合はほとんどありません。現在では、定性間伐でも定量的基準（密度指標）を基に、森林を把握して、選木に際して定性的な（良い木、悪い木）方法を採用しています。

- 🌲 定性間伐：立木の形質に重点を置いて、伐る木を決めて（選定して）行う間伐（図2-17）

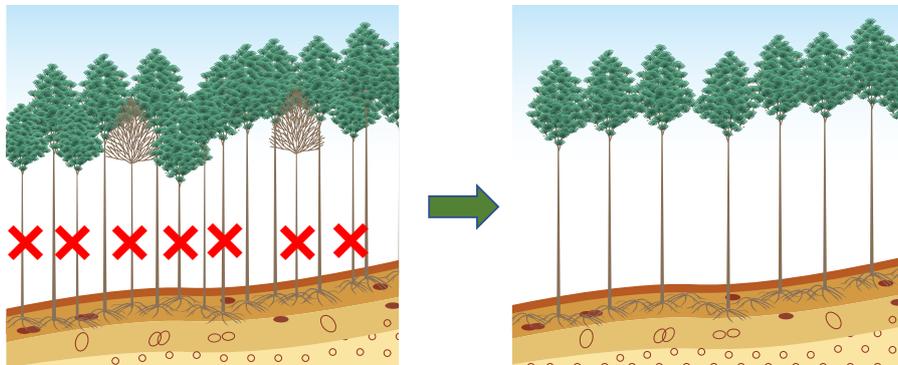


図 2-17 定性間伐のイメージ



- ◆ 定量間伐：林分の密度に重点を置いて、残存させる立木の本数や樹間距離、材積を決めて行う間伐（図 2-18）

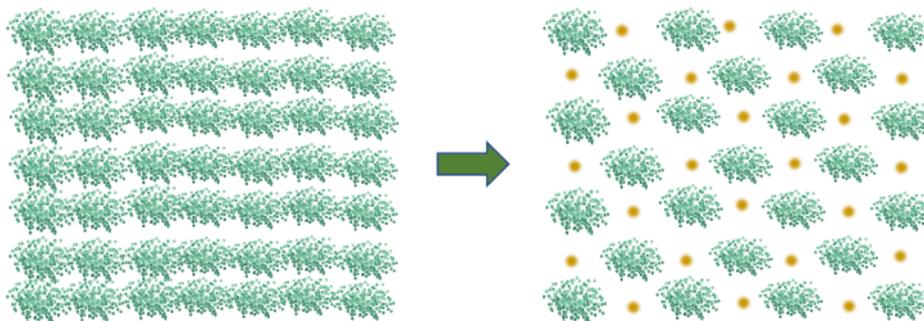


図 2-18 定量間伐のイメージ

(2) 間伐の方法

間伐の方法は“下層間伐”、“上層間伐”、“列状間伐”に大別されます（図 2-19）。

- 下層間伐：主として被圧された劣勢木を伐り、場合によっては優勢木の一部も伐る間伐
- 上層間伐：上層を形成している成長の良い優勢木を多く伐り、下層木を残す間伐法で、収入を目的とした場合等を実施
- 列状間伐：人工林においては、植栽した列を 3 列残して 1 列伐採する「3 残 1 伐」や 4 列残して 1 列伐採する「4 残 1 伐」などがあり、植栽列が定まっていない森林においても間隔（距離）から列または列よりも幅の広い帯を決めて伐採する定量間伐の一種

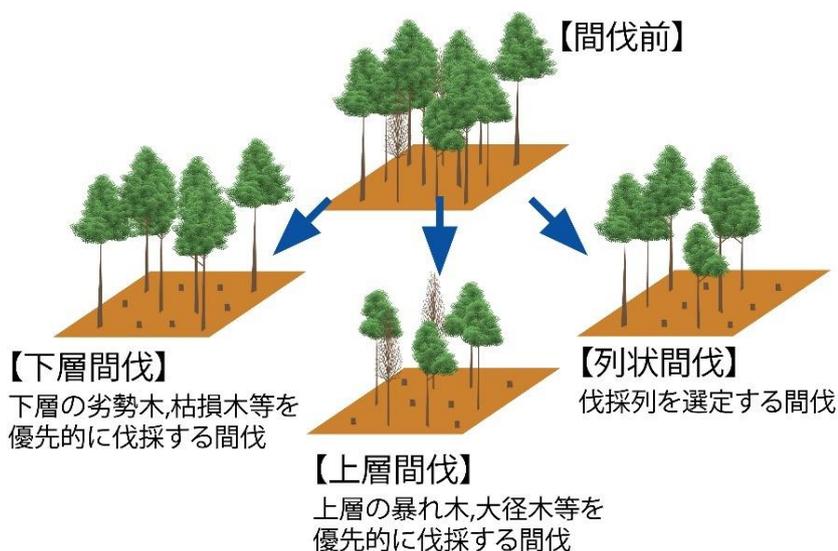


図 2-19 間伐の方法



(3) 針葉樹人工林の定量指標

針葉樹人工林の混み具合や、間伐の目安を決める一般的な定量的基準（以下：密度指標）として、①収量比数、②相対幹距比があります。これらを用いて、間伐量を決定します。

① 収量比数 (Ry)

収量比数 (Ry : Relative yield index) は材積に係る指標です。植栽樹種などは、立木ごとの競争によって自然に枯死して成立本数が減少します。成立本数が違って、生育段階において上限の密度が存在します。このときの値を「最多密度」と呼んでいます。収量比数 (Ry) は、平均樹高が同じ林分において最多密度の幹材積を 1 とした場合に、現実林分の幹材積の比で表した指標です (図 2-20)。値が小さいほど密度が低いことを表します。

この収量比数は、林分の成長に関する密度効果の法則を応用し、生育段階に応じた密度と材積などの関係を表す「密度管理図」として利用されています (参照：第Ⅳ章 78～81 ページ)。

一般的な間伐は、Ry の変動を 0.15 以内としています。強度間伐では、Ry の変動を 0.15 以上とします。

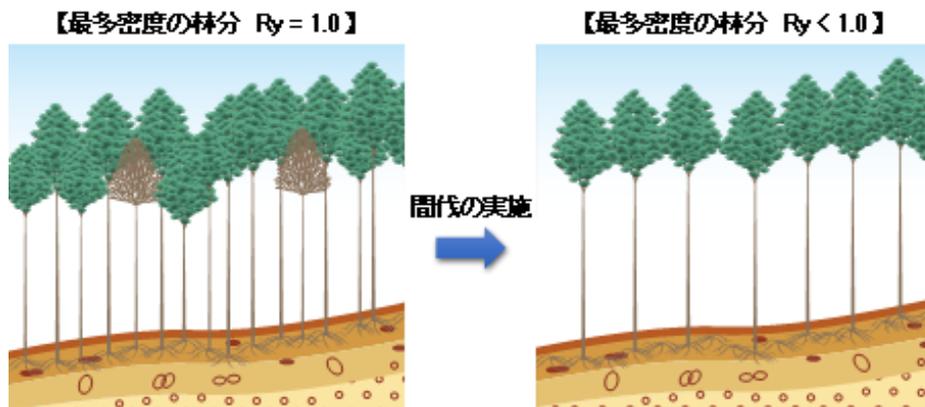


図 2-20 収量比数 (Ry) イメージ

② 相対幹距比 (Sr)

相対幹距比 (Sr : Relative spacing) は占有生育空間に係る指標で、樹種や林齢・地に関係なく、林分密度が簡単な計算式で求められます (図 2-21)。

$$Sr = \sqrt{\frac{10000}{\text{ha 当たりの本数}(N)}} \div \text{樹高}(H) \times 100$$

これは、1ha の面積に N 本の立木があるときの 1 本当たりの占有面積を正方形面積と仮定し、平方根を解くことで隣接木との平均距離を求めます。この平均距離 (幹距) と平均樹高との比を表したものが相対幹距比です。これは占有生育空間の立体的形状を相対的に表わしたもので、同じ平均樹高を有する林分では立木本数密度が小さくなるほど相対幹



距が大きくなります。一般的には若齢林では $Sr=25$ を超える場合がありますが、壮齢林では大体 $Sr=20$ をやや下回る値で安定しています（参照：第Ⅳ章 82 ページ）。

一般的な間伐は、 Sr の変動を 4 前後としています。強度間伐では、 Sr の変動を 4 以上とします。

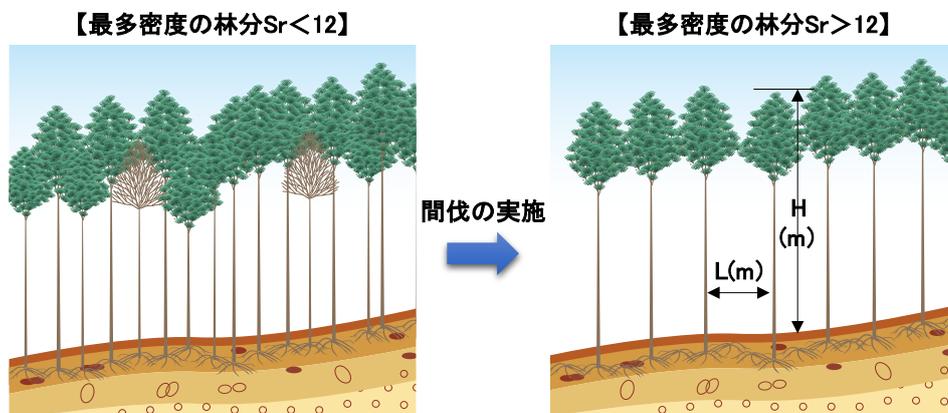


図 2-21 相対幹距比 (Sr)

Ⅱ-5-2 針広混交林化に必要な間伐・抜き切り・皆伐

(1) 光環境の調整

植生生育の基礎的要素は、「太陽エネルギー＝光」、「温度」、「空気」、「水分」です。森林生産の視点からは、「太陽エネルギー＝光」、「土」、「水分」の 3 要素が重要な要因となります。「土」、「水分」は、広大な森林帯において人為的土壌改良、灌漑などの操作、制御することは困難と言えます。「太陽エネルギー＝光」は、一般に制御が困難であると考えられますが、人工林などの同種、同齢林分では、上層を構成する立木の密度調整を行うことで林内、特に林床の光環境をコントロールすることが可能となってきました。森林内の光環境のコントロールは、針広混交林への誘導における広葉樹等の後継樹種の生育に重要な要素と言えます。

下層に広葉樹を生育させるためには、林内の光環境を改善し、下層植生が生育できる光を林内に届けるようにします。林外（樹冠の上部）の光を 1 とした場合の、林内の光の割合を林内相対照度（RLI、以下：相対照度）といいます（図 2-22）。

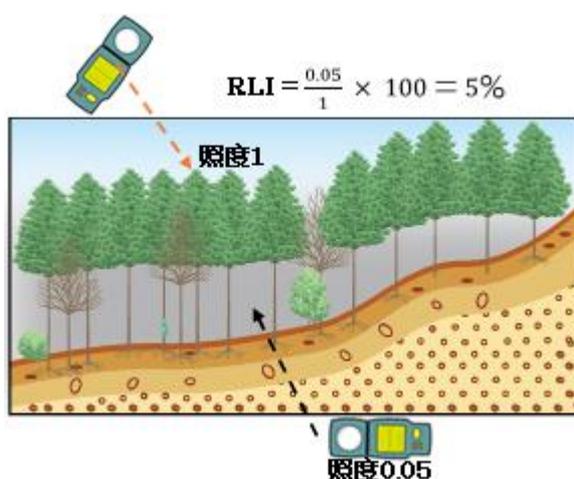


図 2-22 相対照度 (RLI) のイメージ
イラスト一部使用©いらすとや



一般的に、下層植生の生育には、次の相対照度が必要といわれています（参照：第Ⅳ章 89 ページ）。

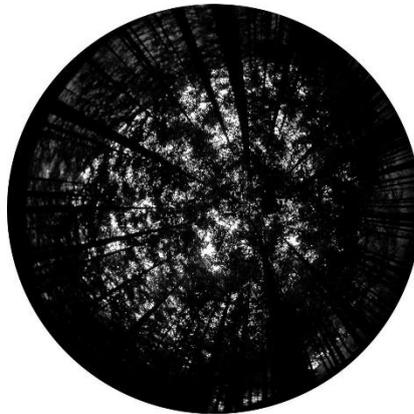
- ⊗ **A：下層植生の生存限界の相対照度は 5%以下**
- ⊖ **B：成長量が 0 となるのが 5～8%程度**
- ⊕ **C：ある程度健全に生育するためには 10%以上**

写真 2-19 上のヒノキ林は林齢 20 年生で、除伐や間伐が一度も行われていません。昼間なのに薄暗く、林床には植生が見られません。全天空写真からも空間度は 4.7%と樹冠（枝葉）の空間部が少ないことがわかります。また、土壌を被覆している落葉層（A₀ 層）がほとんど見られません。この林分の相対照度（RLI）は照度計実測で 4.4%でした。

薄暗いヒノキ林



閉鎖した樹冠構造



A₀層がなく、腐植が進まない土壌



明るいヒノキ林



適度に閉鎖した樹冠構造



A₀層があり、A層を保護している



写真 2-19 間伐が行われていないヒノキ林（上）と間伐が行われたヒノキ林（下）の林分状況と全天空写真及びその地点の土壌断面

一方、写真 2-19 下は除伐と枝打ちが行われた上の写真と同齢のヒノキ林です。森林整備が行われていると、明るい林を維持できます。全天空写真からも空間度は 23%と樹冠（枝葉）の空間部が多く、林内の光環境が良好であることがわかります。林床には植生が繁茂





しています。この林分の相対照度（RLI）は照度計実測で 20.6%、全天空写真解析（Gap Light Analyzer）で空間度が 17.8%、 R_y からの計算で 26.9%でした。

数々の研究が行われていますが、おおよそ相対照度（RLI）は、20～25%前後で管理することが理想です（図 2-23）。あまり相対照度を高めると、ススキなどの草茎の高い草本やササ、バラ科の低木、ツルなどが優占し、高木性の広葉樹稚樹が被圧されてしまう可能性があります。

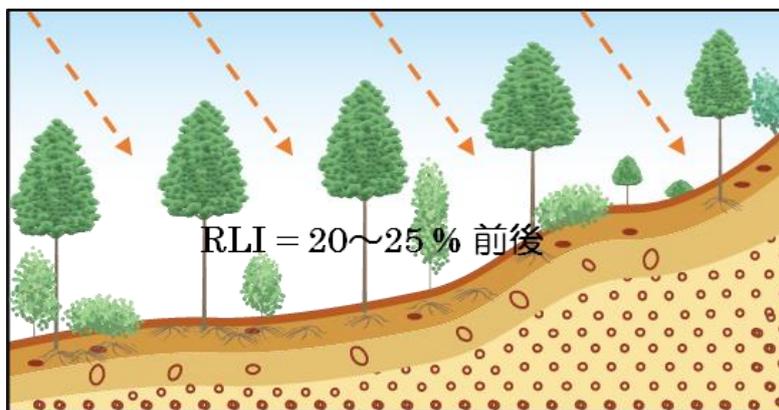


図 2-23 下層に広葉樹を生育させるための光環境の目安

スギ、ヒノキ、アカマツ、カラマツの人工林では、収量比数（ R_y ）を密度管理図等から求め、表 2-6、図 2-24 にあてはめることで、現在の森林の相対照度を推計し、下層植生の誘導に必要な 20～25%程度の相対照度誘導への間伐等の計画を立てます（参照：第Ⅳ章-89～95 ページ）。

表 2-6 針葉樹人工林主要樹種の収量比数（ R_y ）と相対照度（RLI）の関係

収量比数 (R_y)	相対照度 (RLI)			
	スギ	ヒノキ	アカマツ	カラマツ
1.00	1.0	—	6.3	9.5
0.95	2.5	—	8.6	10.6
0.90	4.1	2.2	11.1	11.8
0.85	5.8	5.3	13.7	13.0
0.80	7.6	8.6	16.4	14.4
0.75	9.4	12.1	19.3	15.8
0.70	11.5	15.8	22.4	17.3
0.65	13.6	19.8	25.8	18.9
0.60	16.0	24.1	29.4	20.7
0.55	18.5	28.8	33.3	22.6

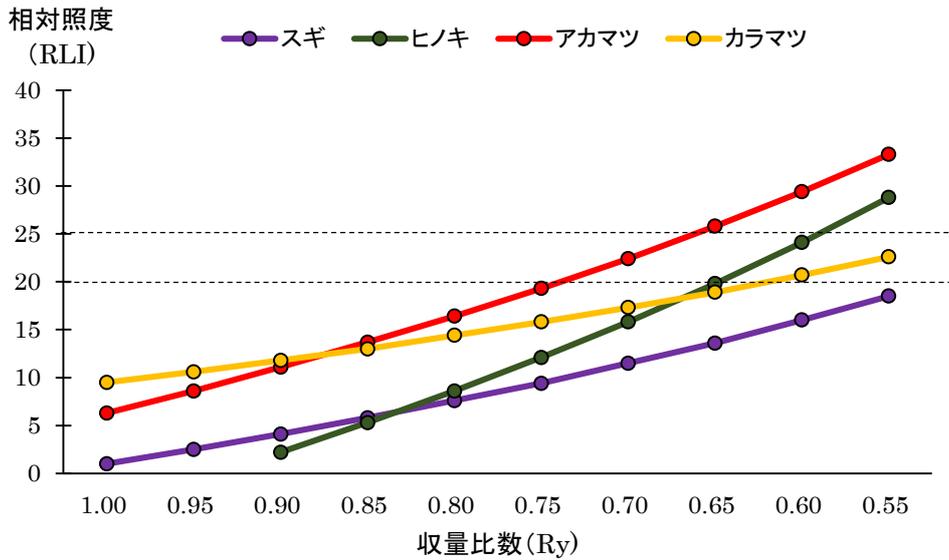


図 2-24 収量比数 (Ry) と相対照度の関係

(2) 間伐または抜き切りの大きさ

針葉樹人工林を抜き切りして林冠ギャップ※2-4を開ければ、林床の光環境が好転して定着した広葉樹の稚樹が成長する環境が生まれます。しかし、数々の研究が行われていますが、具体的な効果や持続時間については、まだ明らかとなっていません(森林総研 2012)。

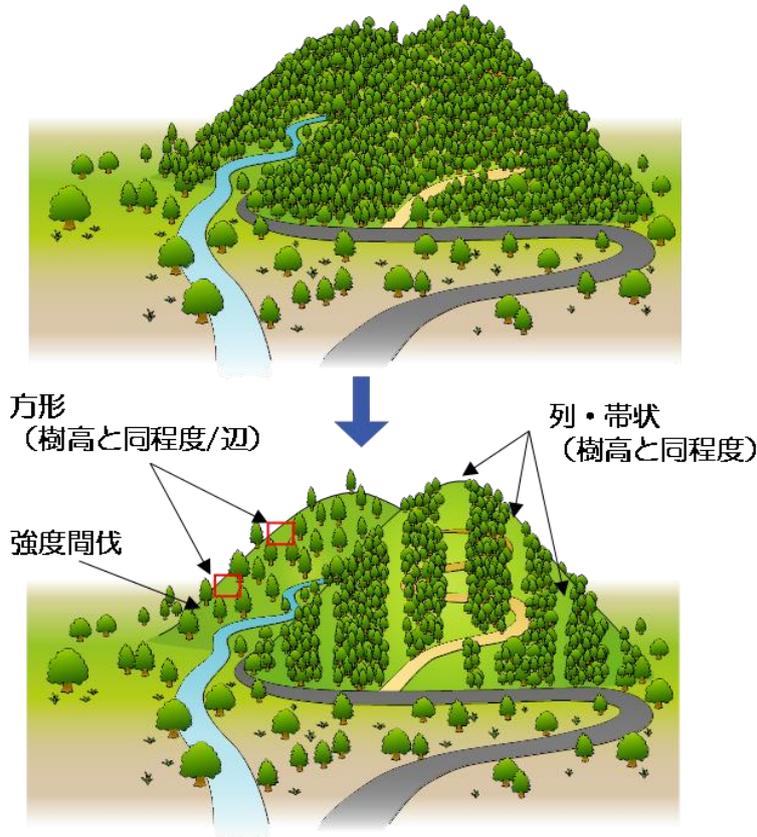


図 2-25 列状(带状)や群状の伐採による混交林誘導イメージ

※2-4 「林冠ギャップ」とは、林冠を形成している樹木が倒れたり、枯死したりすると、林冠に穴が開いたようになる状態をいう。





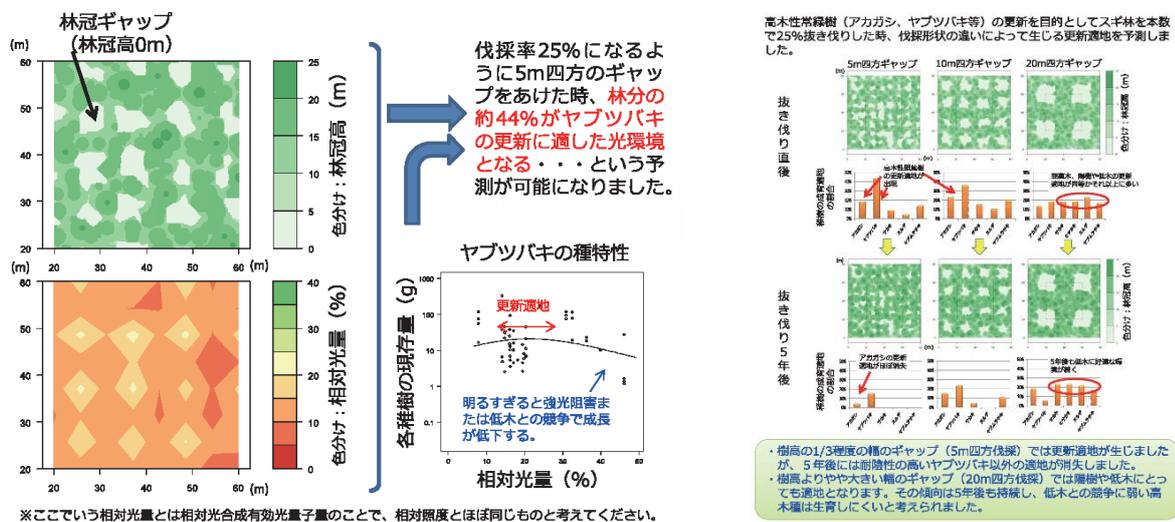
【広葉樹林化の参考文献】

(国研) 森林総合研究所では、針葉樹人工林からの広葉樹林化へ誘導するハンドブックを作成しています(下図)。これらは、国内の数々の事例を紹介しつつ、広葉樹林化に誘導するための方法などが、記載されています。



図.広葉樹林化ハンドブック 2010 (左) と 2012 (右)

本文(前ページ)の上木の伐採方法についても、林冠ギャップモデルによる事例紹介もあり、実際に施業するときの参考になります(下図)。



※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す、相対照度とほぼ同じものと考えてください。

図.「上木伐採の考え方(林冠デザイン)」のページ

長野県のカラマツの事例も記載されています(ハンドブック 2012)。是非参考にしてください。

広葉樹林化ハンドブック 2010 一人工林を広葉樹林へと誘導するために
<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/2nd-chuukiseika22.html>

広葉樹林化ハンドブック 2012 一人工林を広葉樹林へと誘導するために
<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/3rd-chuukiseika1.html>



混交林施業（ここでは針広混交林とは限らない）では、列状（帯状）や群状の伐採により造成することがあり（図 2-25）、列状では樹高と同程度の列幅、群状では樹高を 1 辺とする方形で伐採することが一応の基準とされてきました（河原 2001）。

最新の研究では、「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げ、定期的に伐採を繰り返すか、大きなギャップで低木ととも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想定されますので注意が必要です」とされています（森林総研 2012）。

先にも記載しましたが、ここでいう「大きなギャップ」は強度間伐となり、 R_y の変動は 0.15 以上、 S_r の変動は 4 以上（材積率で 3 割以上）です。ただし、形状比（ H/D ）80 を超え 90 以上の気象害の恐れのある森林は、「小さなギャップ」の通常間伐とします。

(3) 間伐・抜き切り施業時の留意事項

① 高木性広葉樹の残存

林内にある稚樹や低木層を構成している広葉樹のうち、樹高 30cm 以上に達した高木性広葉樹は伐採しないようにします。

また、あまりにも細くてヒョロヒョロの立木は枯死してしまう可能性があります。形状比（ H/D ）は、その値が高くなると細くて長い立木で、値が低いほど太くてどっしりした立木を表します。幼齢木の広葉樹は極めて形状比が大きい傾向にありますが、形状比が 120 を超えるような広葉樹は、その後衰退する可能性が高いため、残存する広葉樹は、枝葉の量やその形状も確認する必要があります（図 2-26）。

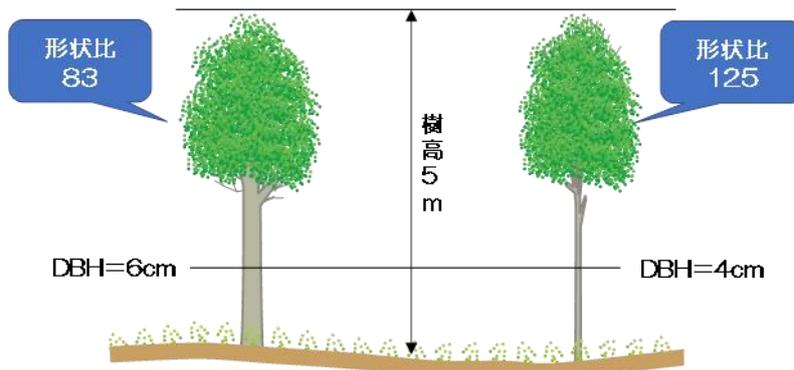


図 2-26 形状比（ H/D ）のイメージ

② ササ等の生育阻害種の刈払い

高木性広葉樹と競合するササ等植物は刈り払う必要があります。林床をササが覆うと、広葉樹の発生が阻害されます（写真 2-20）。針広混交林の誘導にとって、ササ等の刈払いは必要な作業となります。

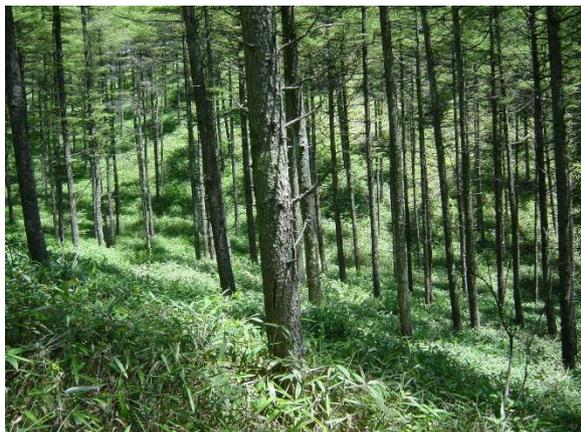


写真 2-20 スズタケに覆われたカラマツ林（左）と未整備のアカマツ林林床のスズタケ（右）



【ササ地の光環境】

森林の更新条件として「植生量」があります。とくに林床を構成する「種数、被覆度」により、天然下種更新の生育活性に影響を与えます。林床にササが生育する森林では顕著となります。



稗（かん）高 1.5m のクマイザサ (*Sasa senanensis* (Fr. et Sav.) Rehder) が一面に被覆しているカラマツ林（右写真：550 本/ha、平均樹高 14.7m）の林床 30cm と 1.6m の高さで全天空カメラを用いて林内を調べました。

複数回の記録結果、ササの下の林床 30cm の高さでは、空間度は 1～5% と空間部が少ない結果でした。一方、ササ上の林床高 1.6m での空間度は 15～35% の範囲にあましたが、通常のカラマツ林よりも空間度は低い結果です。これは斜面傾斜に影響を受け、山側のササが覆い被さるためです。



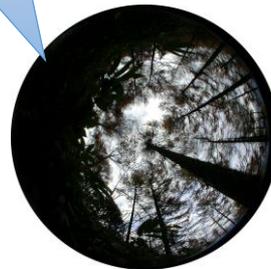
林床高 30cm



林床高 1.6m（ササ上）



林床高 30cm



斜面上部のササ

林床高 1.6m（ササ上）

ササが林床を被覆している森林は、林床までは光が届かない状況にあり、広葉樹等の発生が阻害されます。さらに、ササの生育は林分の閉鎖状態、林内の光環境に影響され、本数だけでなく、稗高や葉の大きさも変化するとされているため（河原・只木 1978）、ササが被覆している森林では、強度間伐等で光環境を改善しても一層ササの生育が活性化され、一段と広葉樹等の発生が阻害されます。

ササが被覆している場合は、ササの刈払いなどを行うことが、針広混交林への誘導において成否を決定する要因となります。



2018年からは南信、東信地域の一部を中心に120年ぶりにササ（スズタケ）の一斉開花によって、ササが枯れる現象が発生しました。このような現象は頻繁に発生することはありませんが、ササが枯れた場合は、針広混交林誘導の好機となります。自然状態でも広葉樹の発生があるかもしれません。また、ササ枯れが発生した場合は、生育しているササよりもササ刈りが容易となります。南信、東信地域の一部では、いまだ枯れた状態のササがあります。ササが再生する前に、針広混交林誘導の施業を実施することは有利となります。

なお、生育しているササや枯れているササにおいてもササ刈り（刈払い）の作業は、多大な労力が必要となるため、ササ刈り（刈払い）の費用を補正して施業を実施する必要があります。

③ 獣害

間伐やギャップなどの抜き切り施業の後、とくにニホンジカの食害が懸念されます。ニホンジカの個体密度の多い地域や既に食害が多く発生している地域では、広葉樹も食害が発生します。枝葉食害だけでなく幹の剥皮被害も発生します。ニホンジカの食害は、広葉樹の成長に影響を与えるため、樹高1.7m以下の広葉樹は枝葉食害に合う可能性が高いため施業後の観察が必要です。また、ニホン



写真 2-21 ニホンジカによるササの食害

ジカは冬季にはササ類を餌資源としています（写真 2-21）。ササの食害が発生している近隣の施業地では、広葉樹の生育に注意してください。

ニホンジカ他、ノウサギによる広葉樹の被害もあります。施業後の観察によって獣害が確認された場合は、獣害対策を検討します。（参照：第Ⅳ章 118～120 ページ）。

④ 伐採木の搬出と枝条整理

林道等に近い森林では、可能な限り材を搬出します。搬出できない場合は、植生の成長の阻害とならないように幹は玉切りしてしっかり床付け（地山に密着）し、枝条とともに筋上に棚積みしてください（図 2-27）。

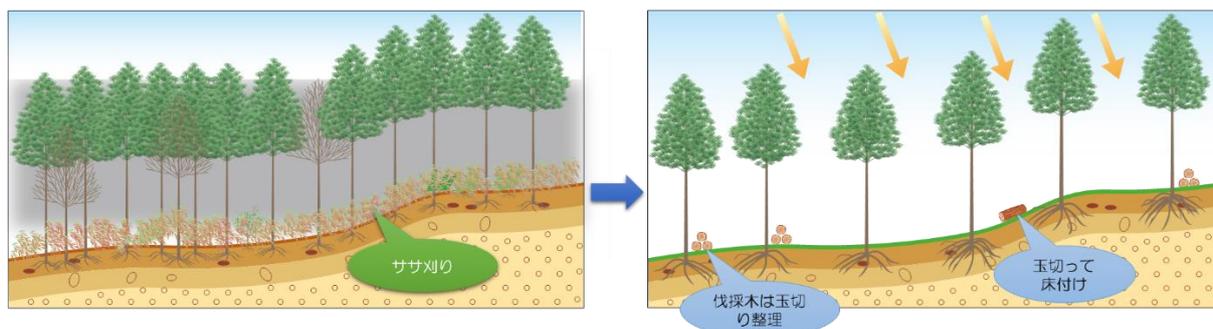


図 2-27 伐採木の搬出と枝条整理のイメージ

(4) 皆伐

長野県林業総合センターでは、下層に直径 5cm 以上の広葉樹が 800 本/ha 生育している 59 年生のカラマツ林を皆伐して、状況を調べました。その結果、伐採年の秋までに、萌芽由来の高木性の稚樹が 2,200 株/ha、平均樹高 53cm に育っていました（写真 2-22）。

このことから、下層に高木性の広葉樹が生育しているカラマツ林やアカマツ林であれば、広葉樹林化の更新が可能と判断されます。



写真 2-22 長野県林業総合センターカラマツ皆伐地調査

今後、アカマツ林においては、松くい虫被害林の更新伐、劣悪なカラマツ林や不成績造林地では、皆伐に伴う施業も想定されます。萌芽更新だけでなく、皆伐前に残存可能な広葉樹は積極的に残存させる施業が必要です。

なお、大面積の皆伐や、皆伐地の標高や斜面方位等によっては、十分な萌芽株があったり、稚樹があっても、ススキなどの草茎の高い草本やササ、バラ科の低木、ツルなどが優占し、高木性の広葉樹稚樹が被圧されてしまう可能性があるため、経過観察を十分行うことが必要です（図 2-28、写真 2-23）。

さらに、ニホンジカやノウサギ、ノネズミなどの食害地となる可能性があります（参照：第Ⅳ章 118～120 ページ）。

何れにせよ経過観察を十分行うことが必要です（図 2-13、第Ⅱ章 30～31 ページ）。





大規模な皆伐では、標高や立地（土壌、斜面方位）で、更新に斑ができる

十分検討して、皆伐更新を行う！経過観察も重要！

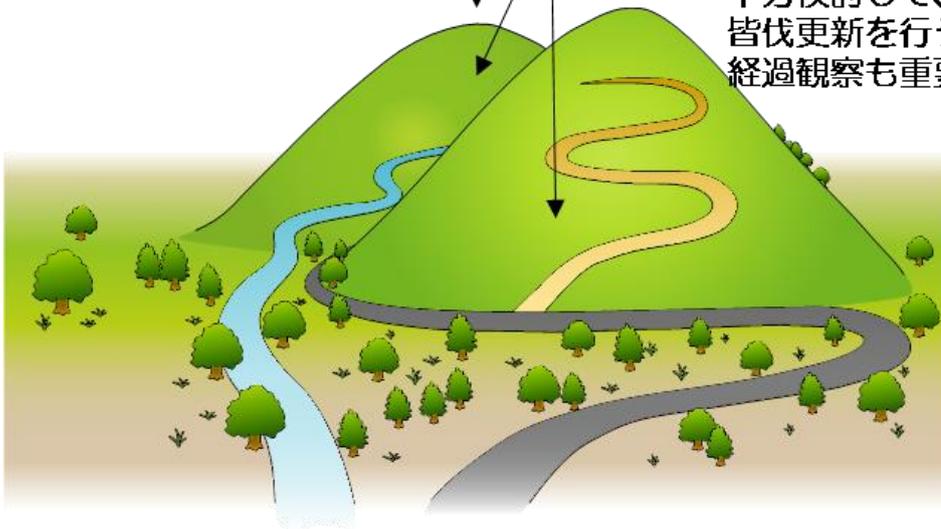


図 2-28 皆伐更新の留意すべきこと



写真 2-23 皆伐地（皆伐はその後の管理が重要）