

広葉樹林化マニュアル



令和4年4月

兵庫県農林水産部治山課・
兵庫県立農林水産技術総合センター
森林林業技術センター

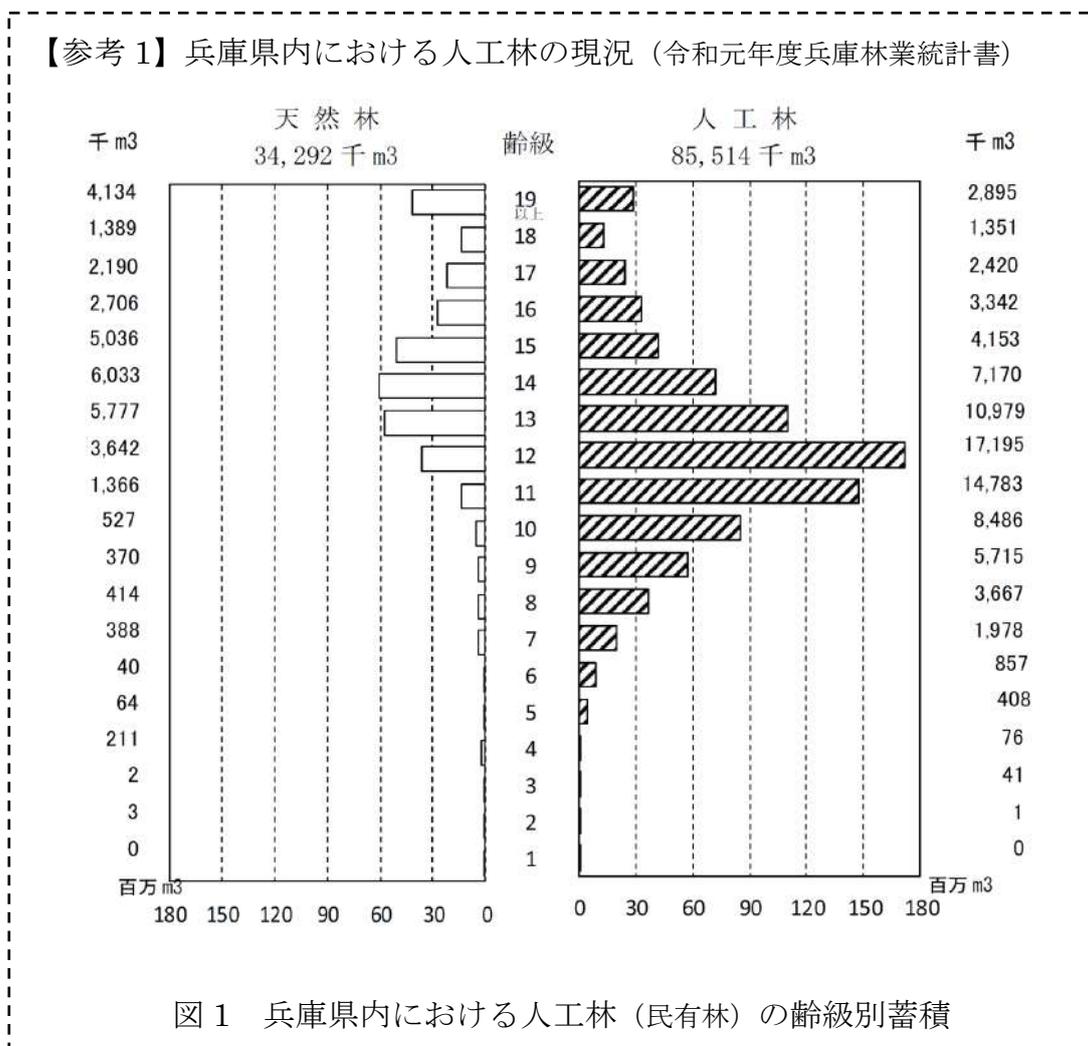
目 次

1	はじめに	1
2	本マニュアルの位置づけ	2
3	目標とする広葉樹林	4
4	対象となる人工林	5
(1)	木材生産に不向き	5
(2)	シカ生息密度が低い	6
(3)	広葉樹林に隣接している（※広葉樹植栽を伴わない場合）	7
(4)	前生稚樹が多く残っている（※広葉樹植栽を伴わない場合）	7
(5)	埋土種子が多く残っている（※広葉樹植栽を伴わない場合）	8
5	広葉樹林化の具体的手法	9
(1)	人工林の伐採面積はどれくらいなのか？	9
(2)	広葉樹は植栽した方がよいのか？	10
(3)	どのような立地環境（水分及び光環境）に植栽すればよいのか？	11
(4)	どのような植栽方法がよいのか？	12
(5)	どのような管理が必要になるのか？	13
(6)	伐採によって土壌保全機能は低下するのか？	14
6	まとめ	16
7	参考文献	17

1 はじめに

兵庫県内では、植栽当初に予定していた収穫期を迎えたにも関わらず、収穫に至っていない人工林¹が増えています【参考 1】。このような人工林では、間伐等の適切な管理が実施されていないことが多く、森林が有する水源かん養、地球温暖化防止といった多面的機能の低下が懸念されています。また、単一樹種で構成されることの多い人工林は、多様な樹種で構成される森林より生物多様性が低いため、生物多様性に依存している生態系サービス²が脆弱であるとの指摘もあります。

このため、兵庫県では、奥地林などの収益性が低く伐採が進まない人工林を群状に伐採して広葉樹林に転換し、多面的機能を高度に発揮する多様な森林へ誘導するため、平成 24 年度から令和 3 年度にかけて「広葉樹林化促進パイロット事業」に取り組んできました。このマニュアルは、事業で得られた成果やこれまでの知見をまとめたものです。



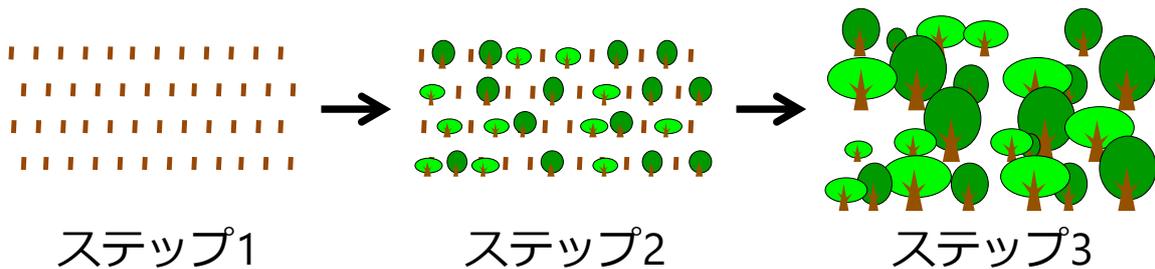
¹ 木材生産のために、スギ、ヒノキといった針葉樹を植え、人為的に造られた森林

² 人間が生態系から得られる恩恵のことで、森林の生態系サービスは、森林の多面的機能と同意

2 本マニュアルの位置づけ

広葉樹林が成林するまでには、相当の年数がかかるために、一定の期間ごとに広葉樹林化が順調に進んでいるかを判断していく必要があります。広葉樹林化の可否は、以下の3ステップ³で判断し、本マニュアルではステップ2の達成を目指すものとしています【参考2】。

- ステップ1：伐採が完了しているかどうか（事業の完了検査で判断）
- ステップ2：林分成立段階で将来的な高木層優占樹種が生育しているかどうか
- ステップ3：若齢段階で状態が継続的に推移できるかどうか

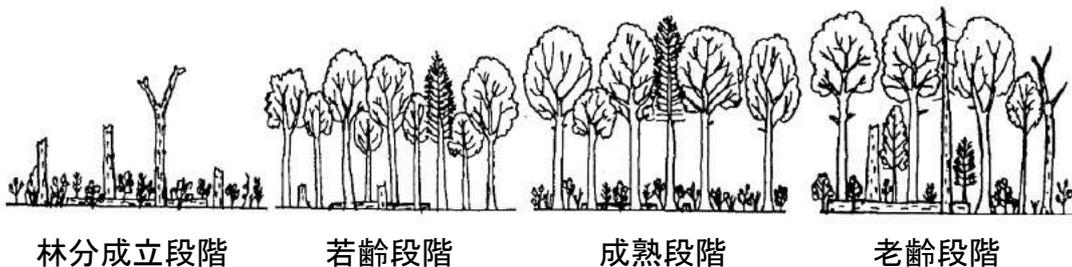


ステップ2の判断基準は、以下としています【参考3】。

- 時期：伐採後5年目（植栽した場合は、植栽後5年目）
- 樹高：樹高2 m以上の高木性樹種が一様に分布（樹高が2 m未満であって草本類が優占している場合は、将来の更新見込みを判断し、経過観察）
- 本数：3,000本/ha

【参考2】天然林の発達段階（藤森 2006）

- 林分初期段階：攪乱から15年程度（林冠を形成し始めるまで）
- 若齢段階：林冠が閉鎖してからの数十年間
（林床は暗く、新たな植生侵入は少ない）
- 成熟段階：攪乱後50年程度
（高木層の樹冠同士に隙間ができ、林床は明るい）
- 老齢段階：随所にギャップが生じ、林内には様々な大きさの木が成立



³ 最終的な確認は、成熟段階の森林で行なう必要があることから、それ以前の段階での広葉樹林化の可否は、必ずしも将来の森林を保証するものではない

【参考3】兵庫県で定めている更新完了の基準

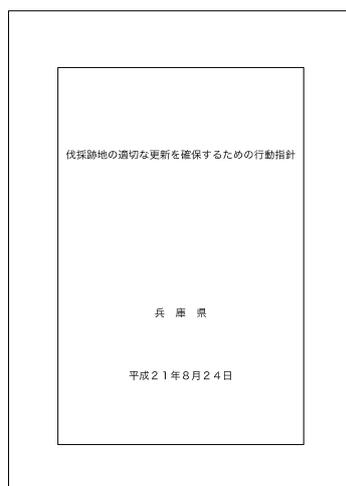
（「伐採跡地の適切な更新を確保するための行動指針」、地域森林計画「天然更新に関する指針」）

- 将来高木となりうる^{※1} 樹高2 m以上^{※2} の木本が一様に分布^{※3} している
- 更新すべき期間経過後（人工造林は概ね2年、択伐・天然更新は概ね5年経過後）の確認時において、将来高木となりうる木本は確認されるが、樹高が2 m未満であって草本類が優占している伐採跡地については、将来の更新見込みを判断した上で、更新状況について経過を観察する
- 天然更新すべき本数は、3,000本/ ha（期待成立本数10,000本/ haに10分の3（立木度）を乗じたもの）

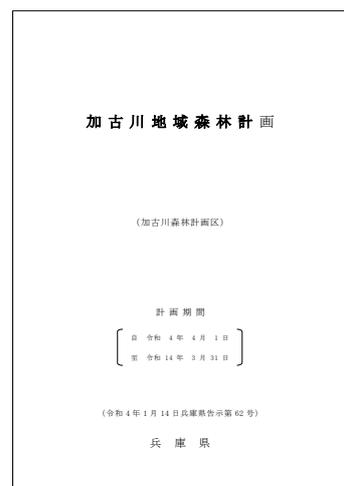
※1 スギ、ヒノキ、アカマツ、クロマツ、クリ・ナラ類、シイ・カシ類、ケヤキ、ミズメ、アカメガシワ、クサギ、カラスザンショウ、ヌルデ、タラノキ、シロダモ、リョウブ、ヤマウルシ、ヤマハゼ、ネズミモチ、ヤブニッケイ、ヤブツバキ、タブノキ、クスノキ、ヤマモモ等、造林木又は県内に自生する高木を対象とした。

※2 成長点である梢端部がシカにより摂食されないと考えられる高さであること、及び測量用ポール等により容易に計測しうる高さであることから定めた。

※3 木本が部分的に優占しているだけでは更新完了とみなすことができないこと、及び優占する樹種により成林に必要な本数が異なることから分布が一様であることを以て更新完了とみなすことが適当と考えられることから定めた。



伐採跡地の適切な更新を確保
するための行動指針



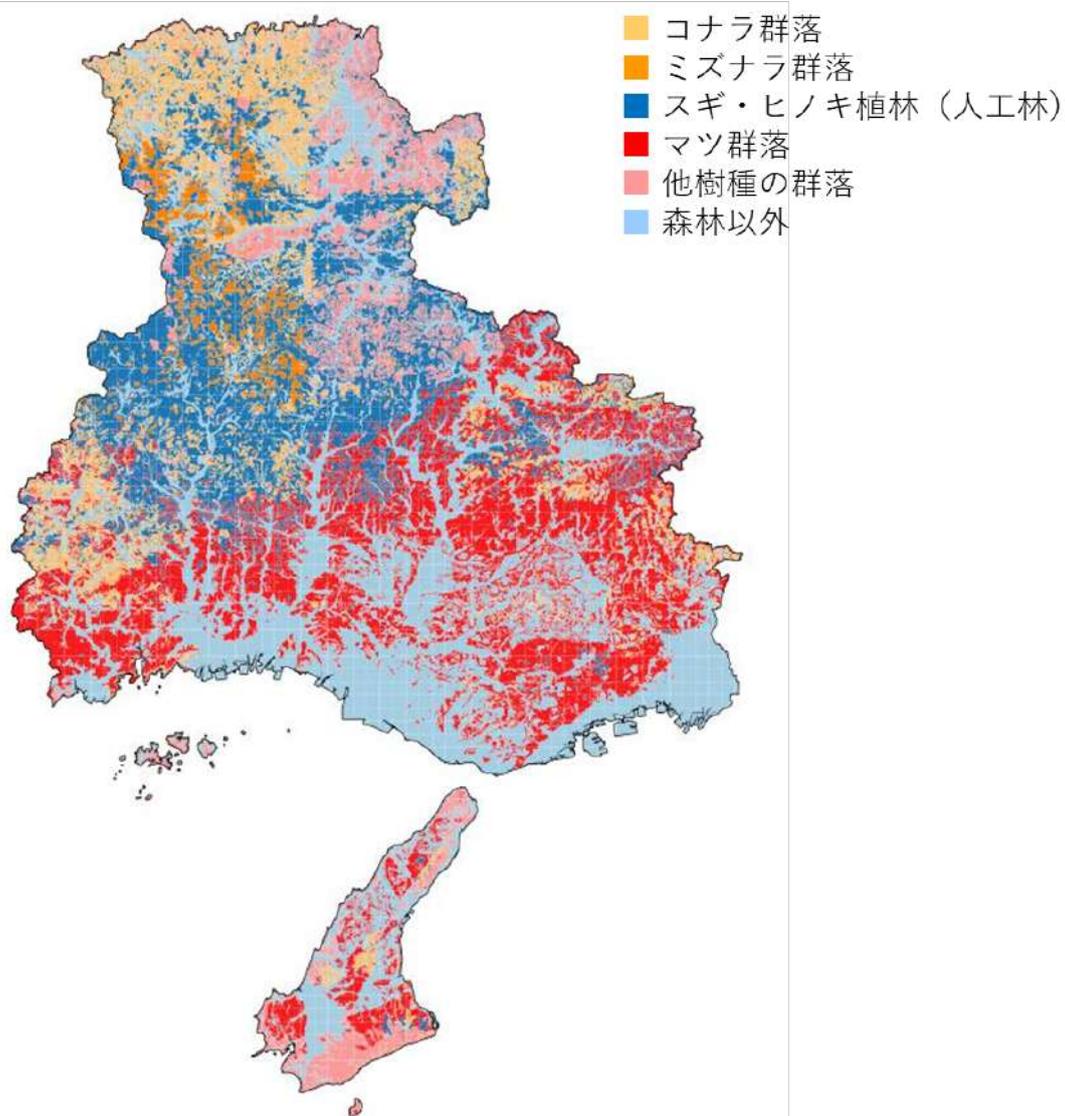
地域森林計画
(加古川森林計画区)

3 目標とする広葉樹林

根系が持つ斜面崩壊防止機能が最大限に発揮され、複数樹種（3種以上）が高木層を占め、階層構造が多層（3層以上）であるコナラ（高標高地ではミズナラ）を主体とした夏緑樹林⁴を目標としています【成果1】。

【成果1】兵庫県内の植生図（伊東ら2016）

兵庫県内の森林は、コナラ群落、ミズナラ群落、マツ群落（マツ枯れでマツが枯死し、大半がコナラ群落に移行していると考えられる）の夏緑樹林が多くの面積を占めています（環境省植生データ（1994-98年調査実施）から作成）。



⁴コナラ（高標高地ではミズナラ）、アベマキ、シデ（アカシデ、イヌシデ）、クリ、ヤマザクラ等の落葉樹が優占する森林のことで、兵庫県内の天然林及び二次林で多くの面積を占め、森林の有する多面的機能も高いと考えられている

4 対象となる人工林

(1) 木材生産に不向き

地位⁵及び地利⁶が低い、今後の維持管理が困難といった人工林は、本来の目的である木材生産に不向きであることが多く、広葉樹林化の対象と考えられます。

ただし、木材生産に不向きな人工林であっても、広葉樹林化の際には、伐倒したスギ、ヒノキを林外に搬出する必要があるため、そのような作業がしやすい立地であることも重要です。

地位は、現地の林床植物を指標にして、推定することも可能です【参考4】。

【参考4】地位と指標植物の関係（前田、宮川 1970 一部改変）

地位ごとに指標となる植物が存在しています。

表1 スギ人工林の林床型：暖帯上部～温帯下部

地位		I ←-----→ III			
地形		凹型地形 斜面下部	斜面下～中部	斜面中～上部 凸型地形	尾根
指標植物	低木層	アブラチャン、ヤマアジサイ、ミツバウツギ、アカソ	キイチゴ、ヤマブキ、ムラサキシキブ、アワブキ	クロモジ、コガクウツギ、コアジサイ、コバノガマズミ、ヤブムラサキ	ヤマツツジ、コウヤボウキ、コバノミツバツツジ、リュウウブ、アセビ、ネジキ、ソヨゴ、ツクバネウツギ、コバノガマツミ
	草本層	ジュウモンジシダ、イノデ、リュウメンシダ、ドクダミ、ミズヒキソウ、キンミズヒキ、フタリシズカ、カラスウリ、アマチャヅル	チヂミザサ、ヒメワラビ、アカショウマ	チゴユリ、イチヤクソウ、ヤブコウジ	シシガシラ、ヒカゲノカズラ、ヒカゲスゲ

⁵ 立木の成長に影響を与える土壌、傾斜、標高、斜面方位等の因子を数値化し、小班単位で採点を行い、I～IIIの3段階で評価している

⁶ 車道と各小班の重心との距離を算出し、I～IIIの3段階で評価している

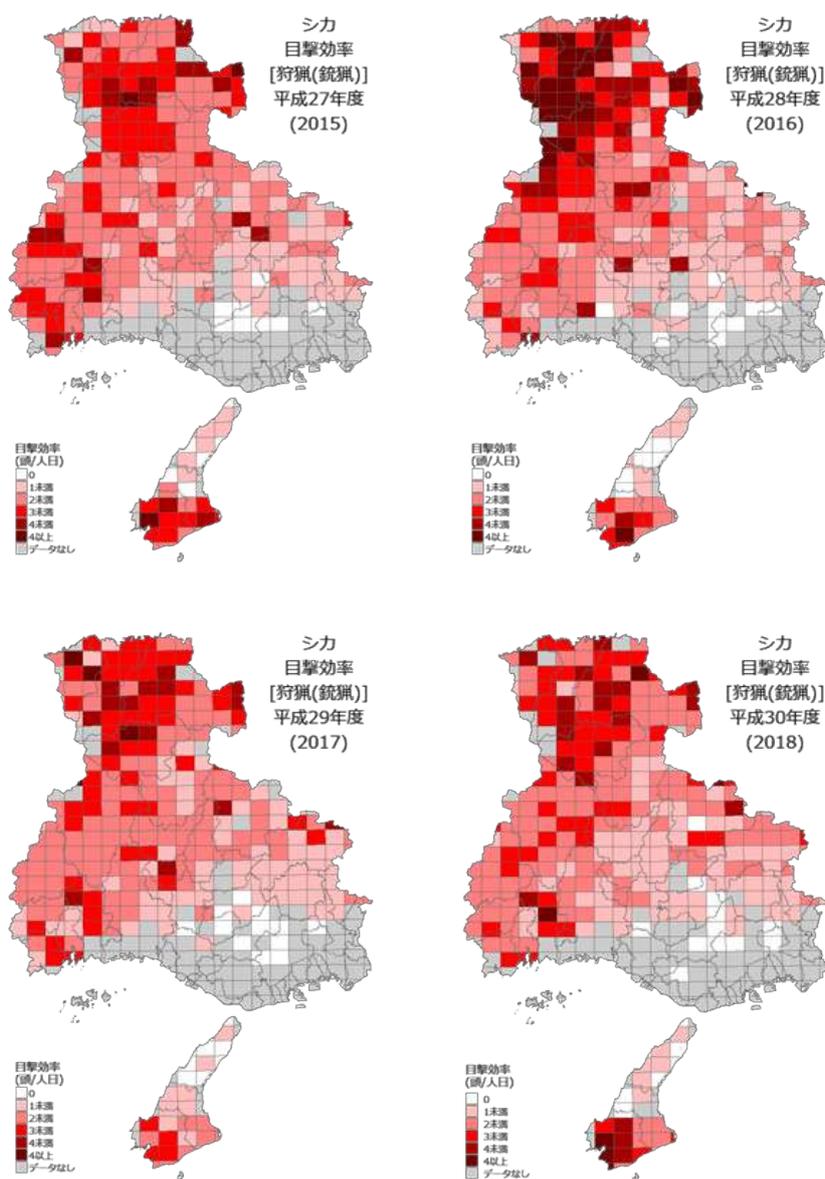
(2) シカ生息密度が低い

シカ生息密度が高い場合、侵入防止柵等のシカ食害防止対策を実施しても、突破され食害を受け、広葉樹林化の妨げとなる可能性が高いです。

事前にシカ生息密度を把握しておき、やむを得ず、シカ生息密度が高い場所で、広葉樹林化を実施する場合は、シカ食害防止対策とその維持管理を徹底的にする必要があります。また、シカは移動するために、現時点ではシカ生息密度が低い場所でも、今後、高まる可能性もあります【参考5】。

【参考5】 シカ目撃効率の変化（森林動物センターHP「兵庫県野生生物管理データ集」）

兵庫県森林動物センターでは、シカ目撃効率から生息密度を推定しています。色の濃い方が、シカ目撃効率は高くなっています。



(3) 広葉樹林に隣接している（※広葉樹植栽を伴わない場合）

広葉樹林に隣接している（種子源となる広葉樹林が30 m以内にある）人工林は、広葉樹林から散布される種子の成長が期待できます。

その一方で、種子の散布距離は大変短く、広葉樹林に隣接している人工林以外では、ほとんど期待できません【参考6】。また、広葉樹林に隣接している人工林でも、種子の豊凶⁷や種子散布者⁸の存在に影響を受けるため、過信は禁物です。

【参考6】 種子の散布距離（正木2018、Masaki et al. 2019）

- ・ 母樹につけた種子の約95 %が30 m以内（総論）
- ・ ドングリやブナの種子は、母樹からおおむね15 m
- ・ ハリギリやミズキ等の鳥に運ばれる種子は母樹から30 m以内
- ・ カンバやシデの仲間等の風に運ばれる種子は60 m以内
- ・ 滞空時間の長いカエデの種子は母樹から80 m以内

(4) 前生稚樹⁹が多く残っている（※広葉樹植栽を伴わない場合）

後生稚樹¹⁰は、一部の埋土種子を由来とする先駆樹種を除いて、多くの人工林であまり期待できないことから、広葉樹林化において前生稚樹の存在が最も重要です【成果2】。

ある程度の広葉樹が既に侵入している人工林（いわゆる不成績造林地）は、スギ、ヒノキを伐採するだけで、広葉樹林へ移行することが可能なため、広葉樹林化の有力な対象地となります。特に、コナラ（高標高地ではミズナラ）、アベマキ等の夏緑樹林優占種が既に侵入している場合は、容易に夏緑樹林に移行できると考えられます。また、将来、広葉樹林化を予定している人工林であれば、間伐や主伐の際に前生稚樹をなるべく残す森林管理も考えられます。

【成果2】 人工林伐採後の植生調査（山瀬ら2014）

新温泉町竹田の調査地において、人工林伐採後の植生を調べたところ、伐採1年目に出現した夏緑高木種は、コナラ-オクチョウジザクラ群集に普通にみられる18種（クリ、コナラ、ヤマザクラ等）で、その大半が前生稚樹でした。

⁷ 種子の豊作年と凶作年

⁸ ネズミ、鳥等の植物の種子を運ぶ生物

⁹ 伐採前から人工林内に存在している稚樹（本マニュアルでは実生や前生樹も含んでいる）

¹⁰ 散布種子や埋土種子を由来として伐採後に人工林内に出現する稚樹

(5) 埋土種子が多く残っている（※広葉樹植栽を伴わない場合）

30年生以上の人工林では、林床にわずかに生育する低木や草本の埋土種子が残っている程度と考えられ【成果3】、埋土種子からの成長はあまり期待できません。ただし、先駆樹種¹¹は、例外的に種子の寿命が長いことから、発芽し成長すると期待されています【参考7】。

また、埋土種子は過去の土地利用と関係しており、放牧、火入れ等を行っていた土地では埋土種子が少ないと言われています。

先駆樹種は、基本的に寿命が短く、明るい場所を好むので、林分の発達段階が進むにつれ、消失していくと考えられています。

【成果3】 スギ高齢林における埋土種子量（山瀬ら2015）

宍粟市波賀町赤西のスギ高齢林において、埋土種子を調べたところ、1地点（20 cm×20 cm）当たりの種数は0～15種、全出現種数は42種（木本種22種、草本種20種）、1地点当たりの平均種子数は302個/ m²（うちスギは41個/ m²）でした。1地点当たりの平均種子数が10個/ m²以上の木本種は、7種（調査地内に成木が確認されたスギ、フサザクラ、コハクウンボク、ヤマボウシの4種、成木が確認されなかったタラノキ、クマイチゴ、ヤマウルシの3種）でした。スギ高齢林では、埋土種子が減少している可能性が示されました。

【参考7】 埋土種子の寿命（正木2018）

- 大半の樹木の種子の寿命は、4～5年未満
- ブナやナラ類の種子、いわゆるドングリの寿命は半年
- サクラやカエデの種子の寿命は半年～数年
- カンバ類の種子の寿命は長くてせいぜい4～5年
- ハクウンボクやホオノキの種子の寿命はせいぜい10年
- 先駆樹種の種子の寿命は例外的にかなり長い

¹¹ アカメガシワ、ヌルデ、カラスザンショウ、タラノキ等の遷移初期段階の明るい環境に定着する樹種

5 広葉樹林化の具体的手法

(1) 人工林の伐採面積はどれくらいなのか？

伐採面積は、樹高の1.5倍程度が適切と考えられます。

伐採面積が小さい場合、すぐに林冠が閉鎖し、光環境が悪化することで、広葉樹が生育できなくなります。逆に、伐採面積が大きすぎると、草本や先駆樹種との競争が激しくなり、競争に弱い樹種は生存できません【成果4】。

また、上層木（スギ、ヒノキ）を伐採せずに広葉樹林化することは、成長に必要な光環境を十分確保できないことから、可能性はゼロではないですが、非常に難しいと考えられます。

【成果4】伐採面積の検討（藤堂ら2010）

豊岡市宮井のヒノキ人工林において、伐採面積を変え（樹高の0.5、1.0、2.0倍区）、出現種を調べたところ、伐採面積が大きくなるほど出現種は増加しました。夏緑樹林種は、1.0倍区で最も多く、2.0倍区では先駆樹種や林縁種が増加したのに伴って減少しました。2.0倍区では、出現種数が多く、林冠が閉鎖するまでの期間（良好な光環境が保たれる期間）が長くなりますが、夏緑樹林種が1.0倍区より減少することから、1.0倍区と2.0倍区の間である1.5倍区程度が最適であると考えられます。

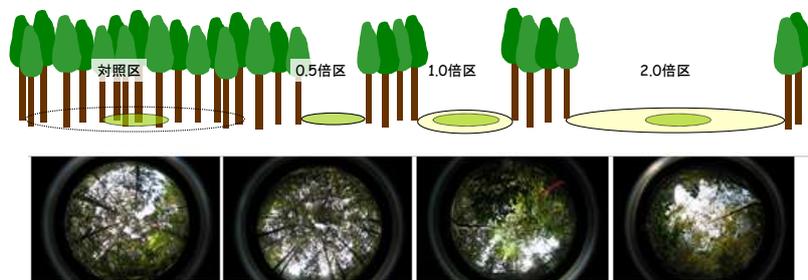


写真1 地上から各区の開空度を撮影した全天空写真

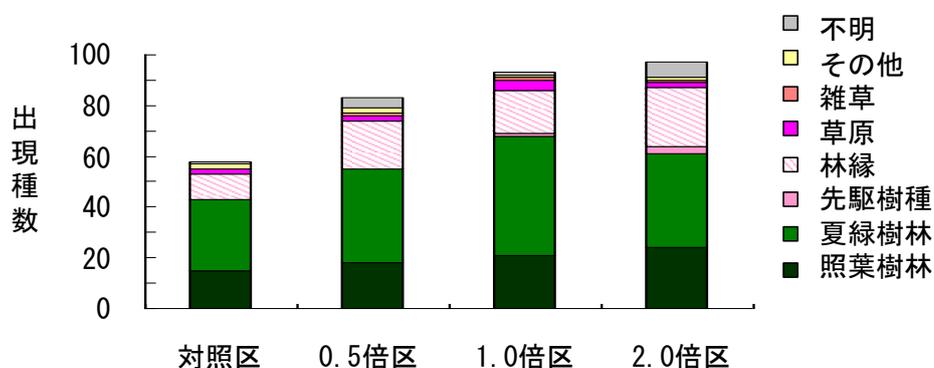


図2 調査区別の出現種数と生育環境区分

(2) 広葉樹は植栽した方がよいのか？

将来、目標とする広葉樹林（夏緑樹林）を成林させるためには、コナラ（高標高地ではミズナラ）、アベマキ、シデ（アカシデ、イヌシデ）、クリ、ヤマザクラ等を植栽した方がよいと考えられます。

前生稚樹が少ない場所を除いて、シカ食害防止対策とその維持管理を十分にできるのであれば、未植栽でも、ステップ2（伐採後5年目、伐採後樹高2mかつ成立本数3,000本/haの「将来高木となりうる木本」が一様に分布）の基準を満たすと考えられます【成果5】が、先駆樹種は将来消失していくであろうことから、未植栽だとステップ2の先にどういった森林になるのか非常に不透明です。

【成果5】植栽後の成立本数（未発表）

佐用町大日山、新温泉町竹田、宍粟市一宮町河原田の調査地において、広葉樹3種（クリ、コナラ、ヤマザクラ）植栽後の毎木調査をしたところ、佐用町大日山、新温泉町竹田では、ステップ2の基準を満たしましたが、宍粟市一宮町河原田では、ステップ2の基準を満たしませんでした。伐採前の植生が乏しかったことに加え、後生稚樹も少なかったのが原因と推察されました。

表2 植生調査区（25 m²）の植栽6年目及び7年目の調査結果

調査地	伐採前の植生状況			2m以上の高木性樹種の平均出現数	ステップ2基準	出現樹種		
	階層構造	低木層出現種数(植被率)	草本層出現種数(植被率)					
佐用町大日山	2層及び3層	5種(3.0%)	49種(10.0%)	7,974本/ha	○	アオハダ アカメガシワ アラカシ エゴノキ エドヒガン カナクギノキ カマツカ カラスザンショウ クサギ ザイフリボク	ソヨゴ タムシバ ヌルデ ネジキ ネムノキ ヒサカキ フジキ マルバアオダモ ヤブツバキ ヤマウルシ	ヤマハゼ リョウブ
新温泉町竹田	3層	9種(47.5%)	42種(53.3%)	8,160本/ha	○	アカメガシワ アズキナシ エゴノキ カキノキ カマツカ カラスザンショウ ナナカマド ヌルデ ホオノキ ミズキ	ヤマボウシ リョウブ	
宍粟市一宮町河原田	2層及び3層	1種(0.3%)	24種(0.6%)	2,720本/ha	△	カラスザンショウ クサギ タラノキ ヌルデ		

(3) どのような立地環境（水分及び光環境）に植栽すればよいのか？

植栽樹種に適した立地環境（特に水分環境）を考慮し、植栽するのがよいと考えられます。

人工林の伐採跡地では、水分環境は5年間あまり変化しませんでした。光環境は大きく変化しました【成果6】。水分環境は、傾斜等の地形条件に影響を受けるため、時間が経っても大きく変わりませんが、光環境は、周辺樹木の成長に影響を受けるため、時間が経てば変化すると考えられます。したがって、植栽時には水分環境をより考慮する必要があります。

植栽の適地は、コナラ（高標高地ではミズナラ）、アベマキが乾性～湿潤な立地（尾根～谷）、シデ（アカシデ、イヌシデ）、クリ、ヤマザクラが適潤な立地（斜面下部～谷）になります（兵庫県2005）。

立地環境の変化は、ステップ2の時点では、ほとんど影響を及ぼしませんでした。ステップ2の先で影響を及ぼす可能性もあります（光環境の悪化による植栽木の枯死等）。

【成果6】 植栽後5年間の水分及び光環境の変化（伊東ら2022）

佐用町大日山（O）において、伐採跡地の水分及び光環境を伐採後5年間計測しました（水分環境は植栽木から谷側に10cm離れた地点の土壌含水率、光環境は植栽木直上の開空度としました）。

水分環境は5年間で大きく変化しませんでした。光環境は大きく変化しました（左から調査プロットO1～O4、上段が1年目、下段が5年目、色の濃淡は相対的な値の大小を示しています）。

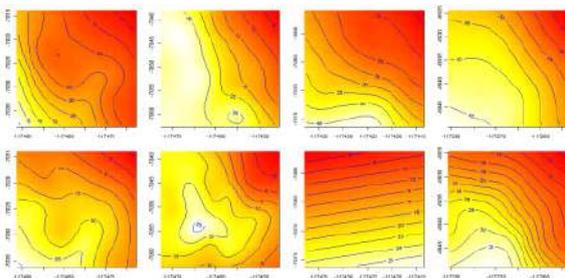


図3 XY座標で平滑化した各調査プロット内の水分環境

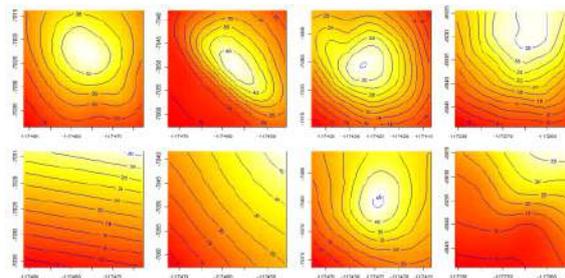


図4 XY座標で平滑化した各調査プロット内の光環境

(4) どのような植栽方法がよいのか？

2,000本/ha以上の植栽本数で、複数樹種を植栽するのがよいと考えられます。

植栽後5年間では、植栽本数が多いほど、順調な成長を示し、高い生存率を保ちました【成果7】が、前生稚樹が少ない等でステップ2の基準を満たすのが難しい場合は、植栽本数をさらに増やす必要があります。

【成果7】 植栽木の地際断面積合計及び生存率の変化 (伊東ら 2022)

佐用町大日山 (O)、新温泉町竹田 (T) の調査地において、植栽方法 (3樹種混植 (クリ、ヤマザクラ、コナラ) の植栽本数1,000、1,500、2,000本/ha、及びコナラ単植の植栽本数2,000本/ha) が異なる4プロットを設置し、地際断面積合計及び生存率の変化を調べたところ、植栽後5年間で、どのプロットでも順調な成長及び高い生存率を示しました (図5、6)。同調査地かつ同植栽本数のコナラ単植プロット (O4) と3樹種混植プロット (O3) では、地際断面積合計に差が出たことから、混植の方が、そのリスクを回避できると考えられました。

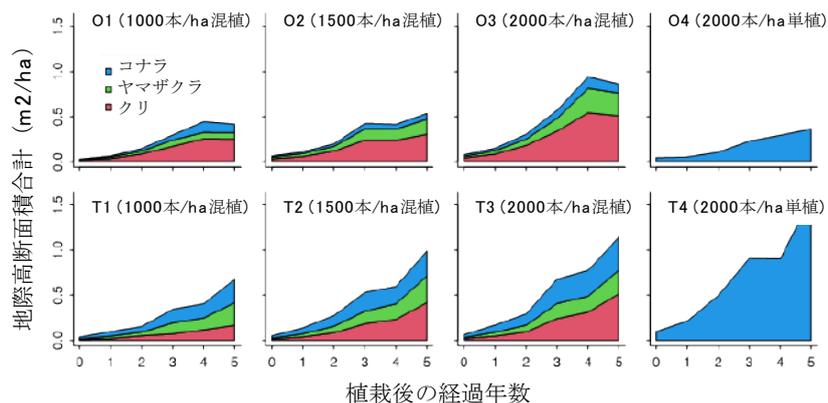


図5 樹種及びプロット別の植栽後経過年数と地際断面積合計の関係

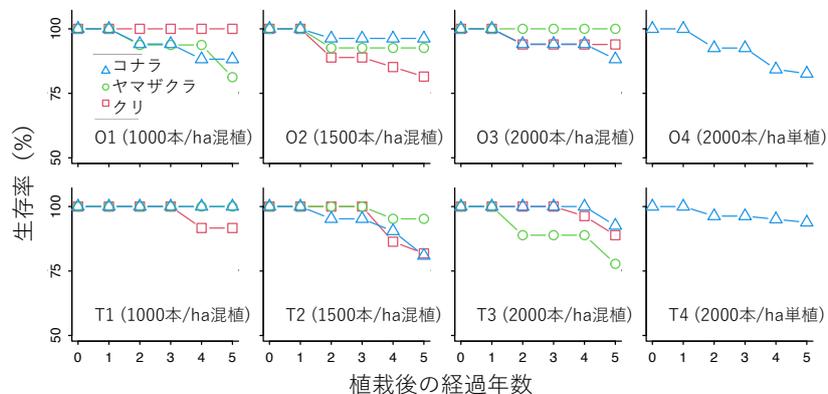


図6 樹種及びプロット別の植栽後経過年数と生存率の関係

(5) どのような管理が必要になるのか？

侵入防止柵等のシカ食害防止対策の設置とその維持管理、植栽した場合は、植栽木を成長させるのに必要な光環境を維持する下刈り及び除伐等が必要です。

特に、侵入防止柵等のシカ食害防止対策は、シカの侵入があれば、不嗜好性の草本やシダ類だけの植生になる可能性があるために、植栽有無に関わらず必要だと考えられます【成果8】。

下刈り及び除伐は、植栽木だけを残して全面的に実施する必要はなく、植栽木の成長を妨げている植栽木周辺を重点的に実施する必要があります。

ある程度の広葉樹が既に侵入している人工林（いわゆる不成績造林地）は、スギ、ヒノキを伐採するだけといった少ないコスト¹²で、広葉樹林へ移行することが可能ですが、それ以外の場所では、基本的に多くのコストがかかります。

【成果8】シカ食害対策の成功と失敗（未発表）

宍粟市一宮町河原田の調査地において、侵入防止柵の確実な設置と頻繁な維持管理で、柵が十分機能した場所では、植栽木が順調に成長しました（写真2）。しかし、柵が破損し、十分機能しなかった場所では、シカによる食被害で植栽木は枯死しただけではなく、伐採後に出現した後生稚樹もなくなり、シカ不嗜好性の草本やシダ類だけになりました（写真3）。

シカの柵内への侵入方法は、柵地際のすき間からの潜り込みが最も多いと考えられているために、柵地際のすき間が広がらないように維持管理をする必要があります。



写真2 広葉樹植栽後にシカ侵入防止柵が十分に機能した現場（左写真）

写真3 広葉樹植栽後にシカ侵入防止柵が破損し機能しなかった現場（右写真）

¹² 本文中のコストは、時間、労力、費用といった全てのコストを含めている

(6) 伐採によって土壤保全機能¹³は低下するのか？

侵入防止柵等のシカ食害防止対策を施せば、低下しないと考えられます。

伐採直後は土壤が剥き出しになる恐れがありますが、埋土種子が十分存在していれば、1年後には埋土種子由来の草本や先駆樹種が生えてきて、土壤の表面浸食を防ぎます。また、侵入防止柵等のシカ食害防止対策がしっかりできていれば、植栽後5年目には、植栽木等によって十分な根系支持力が発揮され【成果9】、将来、根系が持つ斜面崩壊防止機能が最大限に発揮されることが期待できます。

土壤の表面浸食や土砂崩れは、傾斜等の地形条件によって、元からリスクの高い立地（谷（凹）地形、急傾斜地）が存在します。CS立体図等でリスクを事前に確認しておく必要があります【参考8】。

【成果9】植栽5年間の根系成長（未発表）

宍粟市一宮町河原田の調査地において、植栽したヤマザクラの根系は、3年目には植栽木に最も近い（最短距離）と考えられる土壤断面の中央当り（横方向で100cmの付近）のみでしたが、5年目には土壤断面全面に広がっていました。

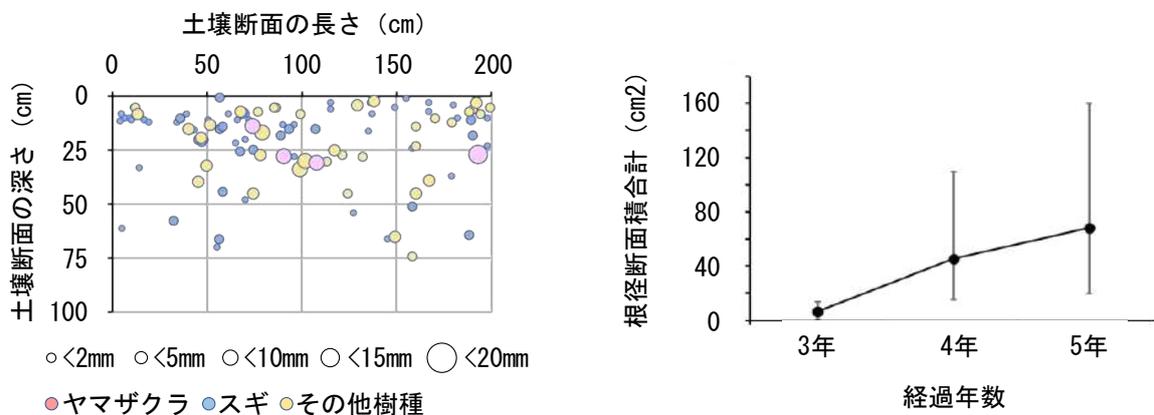


図7 植栽後5年経過した樹木間中央の根系分布図（左図）

図8 ヤマザクラの根系断面積合計推移（右図、上下のバーは最大値と最小値）

¹³ 土砂崩れや土壤表面浸食を防ぐ機能

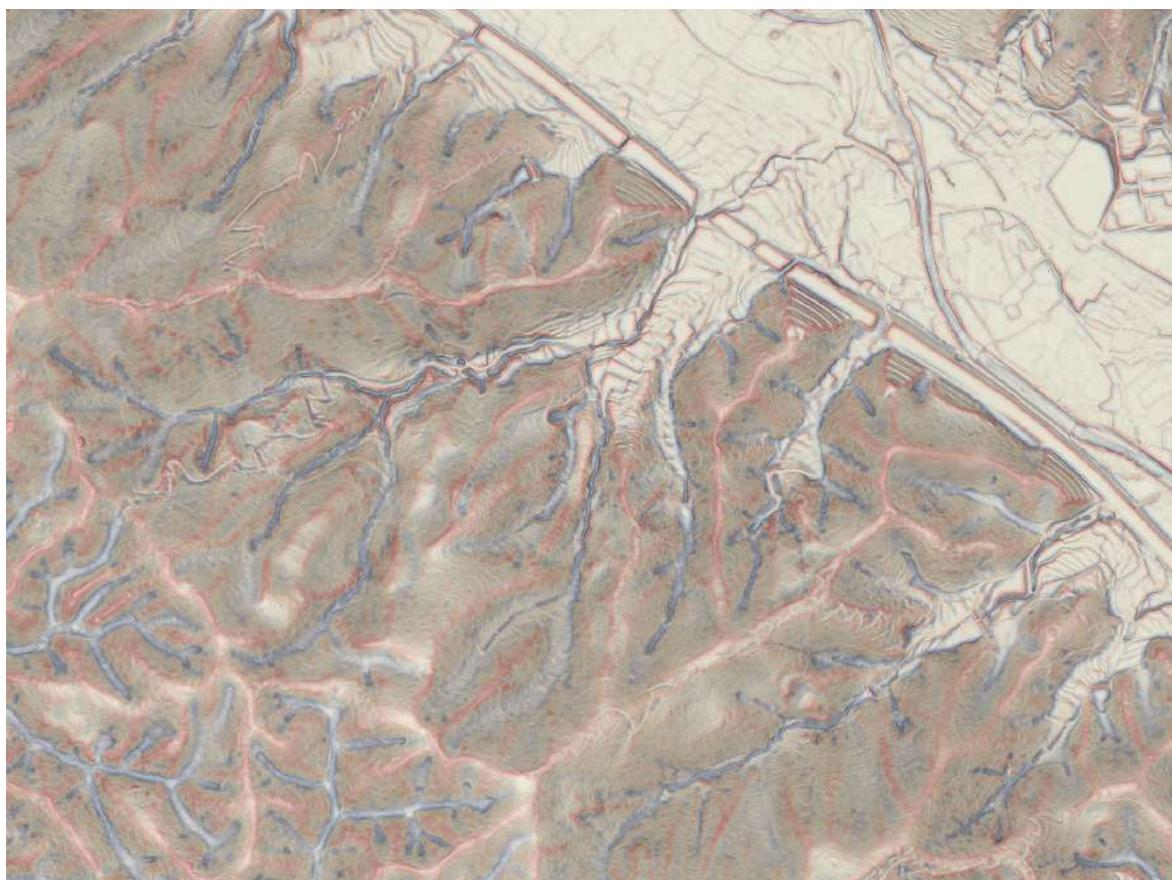
【参考 8】CS 立体図

G空間センターのホームページ

(<https://www.geospatial.jp/ckan/organization/hyogopref>) では、兵庫県下のCS立体図を公開しています。

CS立体図は、長野県林業総合センターが考案した地形表現図で、曲率 (Curvature) と傾斜 (Slope) との組み合わせにより、視覚的・直感的な地形判読を可能にしています (尾根 (凸) 地形が赤色、谷 (凹) 地形が青色、急斜面が濃い色、緩斜面が淡い色で表現されています)。

従来 of 等高線による地形表現では表現されなかった微細な地形の判読が可能になるために、事前に災害リスクを確認できます。



6 まとめ

ある程度の広葉樹が既に侵入している人工林（いわゆる不成績造林地）では、比較的、容易に広葉樹林化できる（特に、コナラ（高標高地ではミズナラ）、アベマキ、シデ（アカシデ、イヌシデ）、クリ、ヤマザクラ等の夏緑樹林優占種になり得る広葉樹が侵入している場合は、容易に夏緑樹林に移行できる）と考えられますが、それ以外の人工林で、広葉樹林化を行う場合は、ある程度のコストがかかります（前生稚樹が多く、後生稚樹が期待できれば、そのコストは多少削減できます）。

特に兵庫県の場合、多くの地域でシカ生息密度が高いために、侵入防止柵等のシカ食害防止対策が不可欠です。また将来、夏緑樹林を目指すのであれば、植栽をした方がより実現可能性が高まると考えられます。

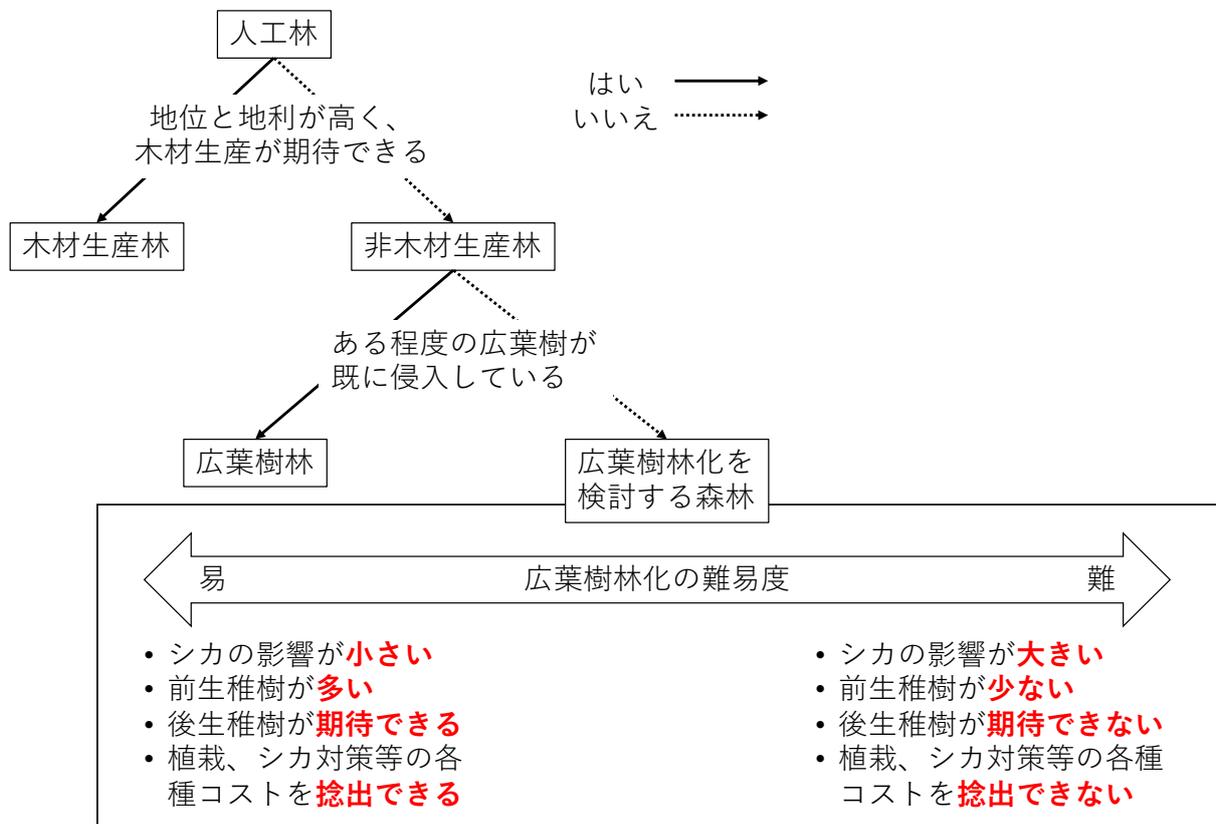


図9 広葉樹林化する人工林の考え方フロー

7 参考文献

- 藤森隆郎 (1991) 多様な森林施業. 林業改良普及双書 107. 全国林業改良普及協会. 東京
- 藤森隆郎 (2006) 森林生態学 持続可能な管理の基礎. 全国林業改良普及協会. 東京
- 兵庫県 (2005) 災害に強い森づくり指針.
- 前田禎三、宮川清 (1970) 林床植生による造林適地の判定 わかりやすい林業研究解説シリーズ No.40. 日本林業技術協会
- 正木隆 (2018) 森づくりの原理・原則 自然法則に学ぶ合理的な森づくり. 全国林業改良普及協会. 東京
- Masaki T., Nakashizuka T., Niiyama K., Tanaka H., Iida S., James M. B., Naoe S. (2019) Impact of the spatial uncertainty of seed dispersal on tree colonization dynamics in a temperate forest. OIKOS 128: 1816-1828.
- 藤堂千景、伊東康人、谷口慎吾、乾雅晴、山瀬敬太郎 (2010) ギャップサイズがヒノキ人工林の広葉樹林化に与える影響. 第 121 回日本森林学会大会学術講演集
- 伊東康人、山崎理正 (2016) ナラ枯れ被害量の推移と分布拡大様式は森林の広域的な分布パターンで説明できるか. 日本生態学会第 63 回大会講演要旨
- 伊東康人、藤堂千景、山瀬敬太郎、山崎理正 (2022) 小面積皆伐地に植栽した落葉広葉樹 3 種の初期 5 年間動態. 日本森林学会誌 104(3): 146-153.
- 山瀬敬太郎、藤堂千景、伊東康人 (2014) 針葉樹湯人工林における群状伐採 1 年後に出現した樹木の種特性と分布. 日本生態学会第 61 回全国大会講演要旨
- 山瀬敬太郎、伊東康人、藤堂千景 (2015) スギ高齢林における埋土種子分布とその環境要因. 日本生態学会第 62 回全国大会講演要旨



写真4 ドローンから撮影した広葉樹植栽現場
(人工林を方形(点線部分)に伐採し、広葉樹を植栽)