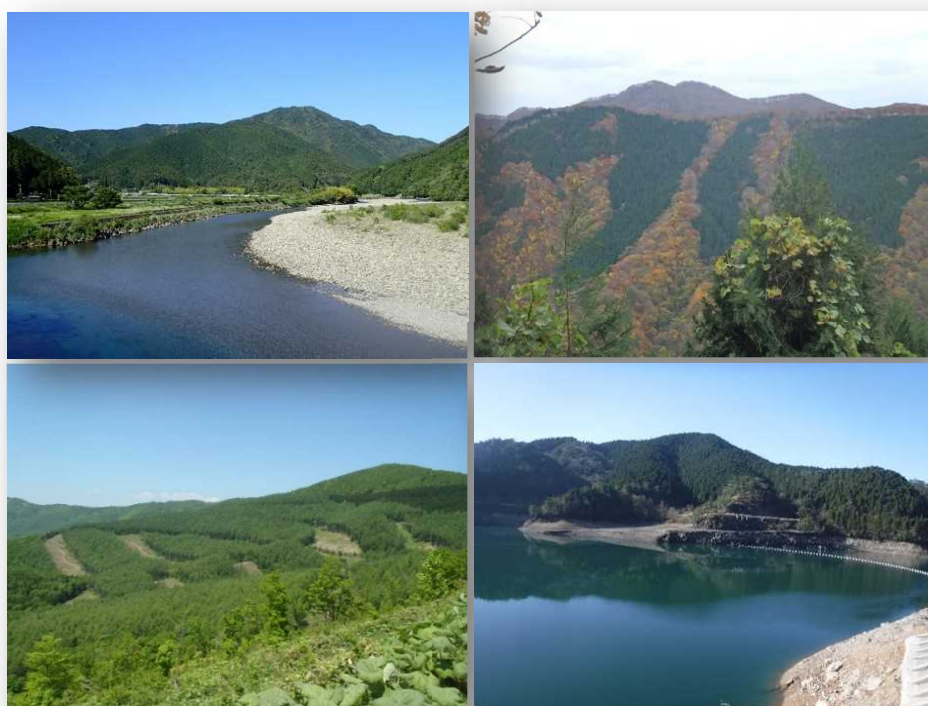


水源林造成事業 の施業指針



令和 3 年 3 月

私たちは森を創り、ゆたかな緑を育てています。



国立研究開発法人 森林研究・整備機構
森林整備センター

発行にあたって

地域の林業関係の方々をはじめ、皆様には、平素より水源林造成事業に特段のご理解とご協力をいただき、深く御礼申し上げます。

国立研究開発法人森林研究・整備機構森林整備センターが行っている水源林造成事業は、奥地水源地域の民有保安林で所有者の自助努力等によっては適正な整備が見込めない箇所において、分収造林契約方式により水源を涵養するための森林の造成を行い、もって森林の有する公益的機能の維持増進に資することを目的としています。

この水源林造成事業は、戦中・戦後の過伐等により荒廃した奥地水源地域の森林等を対象に、昭和 24 年から治山事業の一環として始まり、昭和 36 年から当時の森林開発公団が事業を承継し、その後、実施主体は数次にわたる組織改編を経て、現在、森林整備センターが事業を実施しています。

かつては、戦後の荒廃した森林・山地の早期復旧・保全を第一義としつつ、増大してきた木材需要にも対応していくため、一般造林と同様に集約的な森林施業に取り組み、スギやヒノキなどの針葉樹を主体する一斉林の造成を推進してきました。

しかしながら、近年、主伐期を迎える森林が増加する中で、水源涵養機能の高度発揮や生物多様性の保全等を図るため、急傾斜地等の立地条件に応じた針広混交林化や育成複層林化、長伐期化による多様で健全な森林づくりが求められるようになってきました。こうした中で、平成 28 年に政府が策定した「森林・林業基本計画」では、「水源林造成事業は、針広混交の育成複層林の造成等へ転換する施業を推進する。」との方向付けがなされ、森林整備センターではこれを受けて「針広混交林」、「育成複層林」の造成等の取り組みを強化したところです。

これらの森林づくりは、高度な技術的知見に基づいた取組が必要不可欠であり、森林整備センターでは全国の現場で試行錯誤しながら針広混交林・育成複層林の造成手法を確立してきました。令和 3 年 4 月から新たにスタートする第 5 期中長期計画では、これまで長年培ってきた森林施業の手法に基づき育成複層林の造成等への誘導を加速化することとしており、併せて、この度、各種の森林施業の目的・手法等と水源涵養機能等の森林の有する公益的機能などに係る科学的な知見に基づく解説を盛り込んだ「水源林造成事業の施業指針」をとりまとめました。

本指針が、森林整備センター職員のみならず造林者などの関係者、さらには地域の林業関係者の皆様にもご活用いただき、ひいては国土の強靱化や林業の成長産業化に貢献できれば幸甚です。

なお、機構が有している多様な分野における専門的な人材とノウハウ、全国の水源林を整備・管理している強みを活かし、引き続き、造林技術の開発やコスト低減等に取り組んで参る所存であり、必要に応じて、本指針は逐次見直しを行うこととしておりますのでご承知おきください。

国立研究開発法人 森林研究・整備機構
森林整備センター所長 猪島 康浩

目次

<u>1.水源林の公益的機能</u>	1
1.1 森林の多面的機能	1
1.2 水源林の公益的機能.....	3
(1) 水源林の公益的機能の評価	
(2) 水源涵養機能	
(3) 山地保全効果	
(4) 環境保全効果	
<u>2.水源林造成事業の概要</u>	12
2.1 水源林造成事業の目的	12
2.2 水源林造成事業の歴史	12
(1) 水源林造成事業が開始された経緯等	
(2) 組織の沿革	
2.3 水源林造成事業の仕組み	16
(1) 分収造林契約による事業の仕組み	
(2) 水源林造成事業の対象地についての要件	
(3) 分収造林契約までの手順	
(4) 事業実施の手順	
2.4 水源林造成事業の取組	22
(1) 水源林造成事業契約地の分布	
(2) 多様な森林づくり	
(3) 新たな技術の開発・普及	
(4) 木材利用の推進	
(5) 地域と連携した森林整備	
<u>3.水源林造成事業の施業指針</u>	29
3.1 針広混交林	29
(1) 針広混交林造成の取組	
(2) 針広混交林造成の目的	
(3) 針広混交林造成の効果	
(4) 針広混交林造成の考え方	
(5) 針広混交林造成の実行手順	
3.2 育成複層林.....	40
(1) 育成複層林造成の取組	

(2) 育成複層林造成の目的	
(3) 育成複層林造成の効果	
(4) 育成複層林造成の考え方	
(5) 育成複層林造成の実行手順	
3.3 植栽と保育	56
(1) 植栽	58
1) 地 拵	
2) 苗 木	
3) 植 付	
4) 補植等	
(2) 保育	73
1) 根踏	
2) 下刈	
3) 倒木起し	
4) 裾枝払	
5) つる切	
6) 除 伐	
7) 枝 払	
8) 間 伐	
9) 更新伐 (育成複層林)	
(3) 労働安全衛生	95

4. 資料リスト97

コラム目次

森林総合研究所における水源涵養機能に関する研究	2
森林土壌の中の孔	7
山地災害～林地におけるリスク～	9
保安林とは？	18
うっぺい度とは？	19
広葉樹の侵入促進を目指す場合のポイント	39
森の混み具合や樹形をみる指標	48
一貫作業システム	57
災害に備える唯一のセーフティネット“森林保険”	58
苗木のいろいろ① (コンテナ苗)	63
鳥獣対策(ニホンジカ)	66

ドローンによる物資の運搬	67
苗木のいろいろ②（エリートツリー・早生樹など）	72
水源の森林づくりとしての枝払	86
間伐による森林機能の向上	89
病虫害（ナラ枯れ）	92
病虫害（松くい虫被害）	93
樹皮剥ぎ（シカ剥ぎ・クマ剥ぎ）	94

※この「水源林造成事業の施業指針」は、検討委員会を設置し、下記委員のご意見・ご指導を受けながら作成したものです。なお、表記は 50 音順、所属は令和 3 年 3 月末現在のものです。

氏 名	所 属
五味 高志	東京農工大学 農学部 地域生態システム学科教授
玉井 幸治	森林総合研究所 森林防災研究領域長
重永 英年	森林総合研究所 植物生態研究領域長
原 哲郎	林野庁 森林整備部 整備課 課長補佐

※この「水源林造成事業の施業指針」に掲載されている施業中の写真は、「労働安全衛生規則の一部を改正する省令等の施行について」（平成 31 年 2 月 14 日付け基発第 0214 号第 9 号）が施行される前の写真を含むため、下肢の切創防止用保護衣未着用の写真が一部掲載されています。

1.水源林の公益的機能

1.1 森林の多面的機能

我が国における森林は、様々な働きを通じて国民生活の安定向上と国民経済の健全な発展に寄与しており、これらの働きは表 1-1 のとおり「森林の有する多面的機能」と呼ばれており、No.8 の物質生産機能を除いた機能を「森林の公益的機能」と呼んでいます。なお、その概要は次のとおりです。

表 1-1 森林の有する多面的機能

No.	機能	内容
1	生物多様性保全機能	・遺伝子保全 ・生物種保全 ・生態系保全
2	地球環境保全機能	・地球温暖化の緩和 ・地球気候システムの安定化
3	土砂災害防止機能／土壌保全機能	・表面侵食防止 ・表層崩壊防止 ・その他の土砂災害防止 ・土砂流出防止 ・土壌保全（森林の生産力維持） ・その他の自然災害防止
4	水源涵養機能	・洪水緩和 ・水資源貯留 ・水量調節 ・水質浄化
5	快適環境形成機能	・気候緩和 ・大気浄化 ・快適生活環境形成
6	保健・レクリエーション機能	・療養 ・保養 ・レクリエーション（遊び）
7	文化機能	・景観（ランドスケープ）、風致 ・学習、教育 ・芸術 ・宗教、祭礼 ・伝統文化 ・地域の多様性維持（風土形成）
8	物質生産機能	・木材 ・食糧 ・肥料 ・飼料 ・薬品その他の工業原料 ・抽出成分 ・緑化材料 ・観賞用植物 ・工芸材料

（出典：地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価について（答申）、2001/11/01、日本学術会議）

（1）生物多様性保全機能

生物多様性保全機能は、通常、遺伝子の保全、生物種の保全、生態系の保全を意味し、従来の鳥獣保護や天然記念物の保護、あるいは野生動植物の保護を含む、生物性そのものにかかわる概念です。特に新しい概念においては、多様な生物の生育を可能とする生育地を含めた生態系の多様性の保全を含めたものとされています。

（2）地球環境保全機能

地球環境保全機能は、森林生態系の活動に伴う二酸化炭素の吸収と放出、蒸発散作用が、炭素循環や水循環を通して地球規模で自然環境を調節するものです。

(3) 土砂災害防止機能・土壌保全機能

土砂災害防止機能は、表層土の移動にかかわる地域環境の構成要素として森林が機能するものです。また、土壌保全機能は、森林の養分循環を通して生産力の維持にかかわるものです。

(4) 水源涵養機能

水源涵養機能は、洪水の緩和や水質の浄化など、森林が水循環にかかわる地域環境の構成要素として機能した結果、発揮されるものです。

(5) 快適環境形成機能

快適環境形成機能は、大気の浄化や気温の緩和など、森林が大気やエネルギーの循環にかかわる地域環境の構成要素として森林が機能することにより発揮される機能です。

(6) 保健・レクリエーション機能

人々（個人）の肉体的、精神的向上にかかわる機能であり、諸機能の発現は森林空間の物理的特性、森林の視覚的特徴、森林の科学性にかかわるものです。

(7) 文化機能

文化機能は、人々（個人、民族）の精神的、文化的、あるいは知的向上を促す機能であり、かつての森の民・日本人の歴史性・民族性・地域性にかかわる機能です。

(8) 物質生産機能

物質生産機能は、森林の利用にかかわる主に経済的な機能です。この機能を発揮させるためには、物質を森林生態系から系外に取り出す必要があることから、環境保全機能等とトレードオフの関係にあります。

コラム 森林総合研究所における水源涵養機能に関する研究

森林総合研究所では、全国各地に研究拠点を置き、森林に降った雨の動きを把握するために、森林における遮断量（樹木に付着する水分量）を遮断計測装置を用いて測定〔写真・左〕、森林から河川へ流出し流下する水量を流量観測堰を用いて測定〔写真・中〕、さらに、森林からの蒸発散量をフラックス観測タワーを用いて測定〔写真・右〕などの各種観測を行い、森林における水源涵養機能の定量化のための研究を実施しています。






〔出典：森林総合研究所 研究成果 2014年 森林によるオゾン吸収量を雨の日でも推定できる新たな手法(左)、2017年 遮断蒸発メカニズムのカギを握るのは樹木に付着する雨水だった(中央)、2019年 極端に大きな出水では、濁り成分として流出する窒素の割合が圧倒的に高くなる(右)、森林総合研究所〕

1.2 水源林の公益的機能

(1) 水源林の公益的機能の評価

国立研究開発法人森林研究・整備機構森林整備センター（以下「森林整備センター」という。）が、水源林造成事業を始めた昭和 36 年度から令和元年度までの 59 年間に造成した全国約 48 万haの水源林造成事業地全体で、令和元年度の 1 年間に発揮した貨幣換算可能な「水源涵養機能」、「山地保全効果」、「環境保全効果」について試算した結果、表 1-2 のとおり年間約 8 千 6 百億円^{注1)}の効果を発揮していることが分かりました。

表 1-2 水源林の公益的機能

区分	水源涵養機能	山地保全効果	環境保全効果
具体的効果	・良質で豊かな水を供給 ・洪水防止や水質の浄化	・土砂の流出・崩壊の防止 ・災害に強い森林整備	・二酸化炭素の吸収 ・酸素の放出・大気浄化への寄与
イメージ			
効果量	年間約 29 億^m を貯水 東京都で使う約 2 年分の水量（※） に相当 ※東京都水道局ホームページより	毎年約 8 千 8 百万^m の土砂の流出を防止	年間約 240 万トン の二酸化炭素を吸収 約 162 万世帯の年間消費電力の発電時に排出される CO ₂ 量に相当

注 1) 日本学術会議による「地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的機能の評価について（答申）」（平成 13 年 11 月）による全国の森林の持つ多面的機能の貨幣評価額は約 70 兆円/年です。これを全国の森林面積に対する水源林造成事業面積の割合により試算すると約 1 兆 3 千億円となります。「水源林造成事業による公益的機能効果の試算」では、標準伐期齢未満の森林の機能量は林齢に比例して増加するとしていることや、保健・レクリエーション機能は試算していないことなど試算方法が異なることから、効果額に差（約 5 千億円）が生じています。

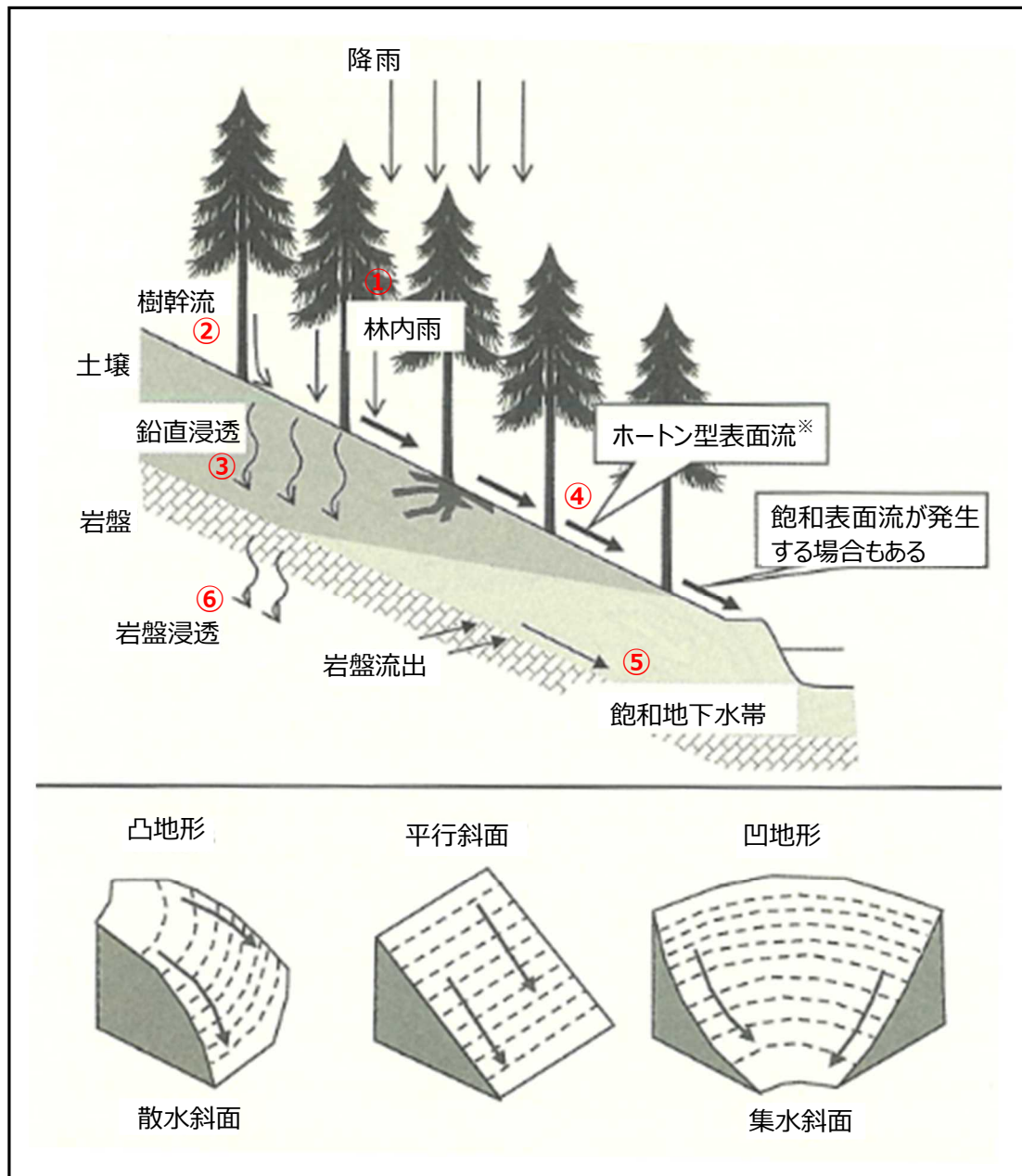
(2) 水源涵養機能

森林の水源涵養機能は、水資源の貯留、洪水の緩和、水質の浄化といった機能からなり、雨水の河川への流出量を平準化したり、あるいは、おいしい水を作り出すというような森林の働きです。

1) 森と水の関係

森林流域に降った雨は、図 1-1 のとおり立木の樹冠、土壌表面から土壌中を移動し、さまざまな経路を経て河川へ水が流れて行きます。

樹冠への降雨の一部は、蒸発散し、①森林内に降る雨は全降雨量の 70~80%程度になるといわれています。樹冠を通過して降雨は、②木の幹や樹木の枝葉から地面に到達し、③土壌に浸透して行きます。



※ ホートン型表面流：降雨強度が表層土壌の浸透能を超えた際に発生する土壌表面上の雨水の流れです。
 (出典：人工林荒廃と水・土砂流出の実態、2008.10、岩波書店、五味高志)

図 1-1 斜面における水流出プロセス（上図）と地形による集水の違い（下図）

④浸透せずに土壌表面に残された雨水が斜面を流れ、ホートン型表面流が発生します。浸透した水の一部は植物・樹木に吸収されますが、残りは③土壌深く浸透して行きます。土壌を移動した水が岩盤（浸透しにくい層）に到達すると、土壌と岩盤の境界面に飽和した状態の層が形成され、⑤飽和地下水が形成されます。飽和した地下水ができると、重力の作用を受けて斜面下方へ移動していきます。なお、土壌中をゆっくりと流れることから、⑥岩盤の割れ目などへの水の浸透も起こります。

また、斜面の水移動は斜面地形によって異なってきます。流域斜面は大きく図 1-1 のとおり凸地形、平行斜面、凹地形にわけることができます。凹地形の斜面では、窪地の中央部に向かって地下水が集まりやすい状態（集水地形）、凸斜面では中央部から周辺部へ分散（散水地形）していきます。一般に、凹地形では飽和表面流が発生しやすいとされています。

一般的に適切に管理された森林土壌では、浸透能が高く、降雨のほとんどは地面にしみ込んで行きます。また、森林土壌では落葉層や有機物層が厚く堆積し土壌の孔隙が大きく、保水能力も高くなります。しかし、裸地や山火事跡地などでは、降雨が浸透しにくい状態となっています。

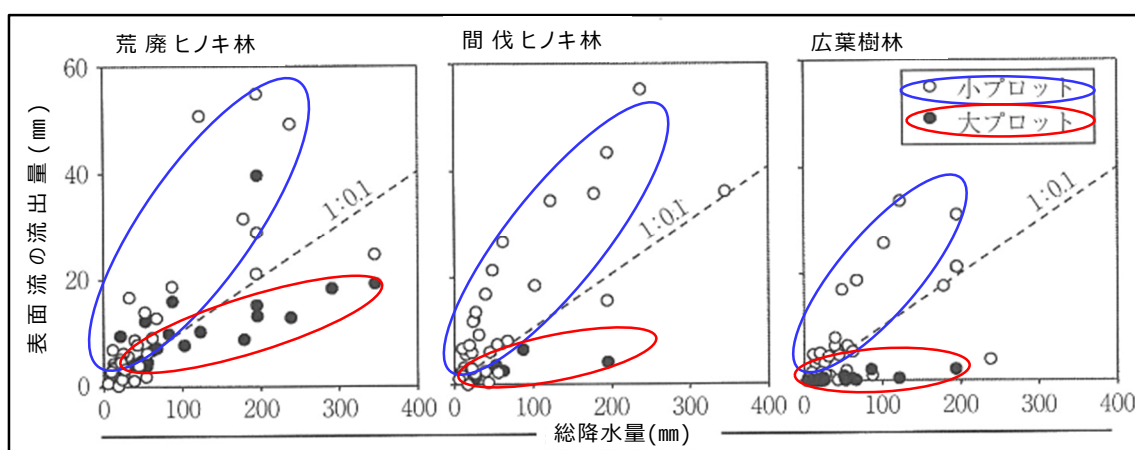
2) 森林の状態と水源涵養機能（表面流発生）の変化

荒廃ヒノキ林、間伐ヒノキ林及び広葉樹林における斜面スケールの違う2つの表面流観測区画（小プロット：幅 0.5m×長さ 2 m、大プロット：幅 8m×長さ約 25m）での降雨イベントごとの総降水量と流出量の関係を示したものが、図 1-2 のとおりです。

林床植生の有無や人工林と広葉樹林の森林タイプにかかわらず、大小プロットともに降雨に対し表面流が観測されました。

降雨に対し 20%程度の表面流が全ての表面流を集めやすい小プロットで発生しました。それに対して、大プロットの表面流出量は、地表面の不均一性が増えたことにより、小プロットと比べて全体に少なく、降雨規模（総降水量）が大きくなるほど、小プロットと大プロットの違いが顕著に現れました。

しかし、発生した表面流は流下する過程で、荒廃ヒノキ林では大プロットは小プロットの 1/2 程度、一方、林床植生のある間伐ヒノキ林や広葉樹林での表面流の流出量は、小プロットに対して大プロットでは 1/10~1/5 程度と浸透能が異なることが分かりました。

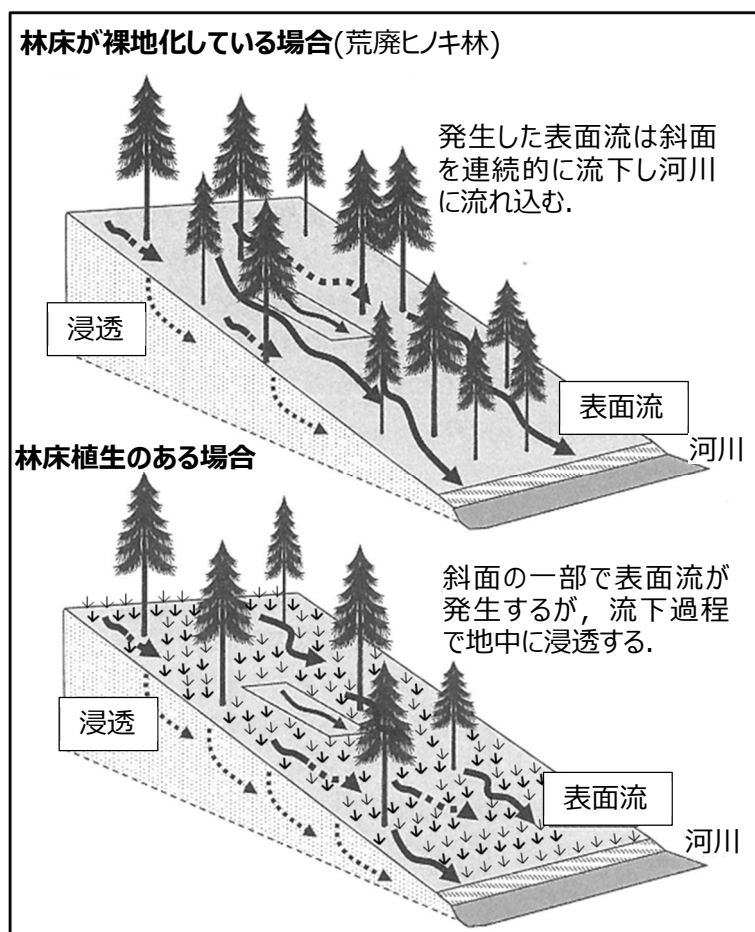


（出典：人工林荒廃と水・土砂流出の実態、2008.10、岩波書店、五味高志）

図 1-2 斜面プロットにおける降雨量に対する表面流の流出量

林床植生の乏しい荒廃ヒノキ人工林では、広葉樹林などの落葉層のある斜面に比べると、図 1-3 のとおり表面流は斜面を迅速に、かつ連続的に流れることが考えられました。

一方で、間伐ヒノキ林や広葉樹林の林床植生や落葉層が存在する斜面では、一部区間で表面流は発生するものの、落葉層や植物の根によって流速が弱まり土壌中への浸透が促されることが考えられます。



(出典：人工林荒廃と水・土砂流出の実態、2008.10、岩波書店、五味高志 加筆)

図 1-3 荒廃ヒノキ林と林床植生のある森林斜面における表面流の発生と流下の模式図

3) 森林のもつ洪水災害の軽減機能

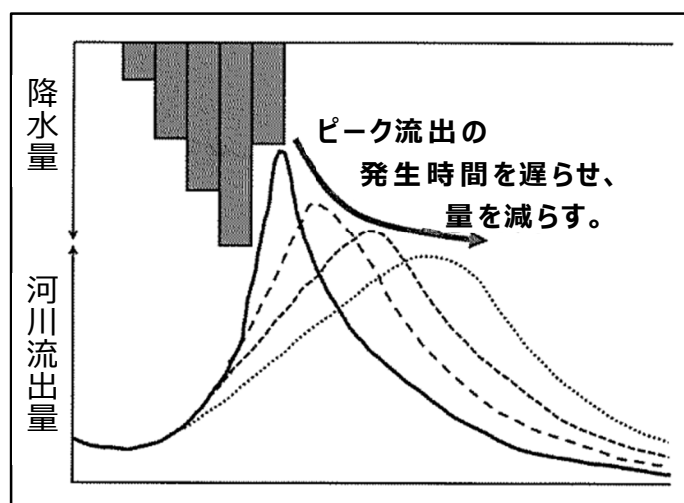
前述のとおり、雨水は森林の中のいろいろな所を移動して、河川に流れ出します。

森林土壌が未発達の場合には、地上に達した雨水は地表面を流れ下り、急速に河川へ流出します。一方、森林土壌が発達している場合には、林床に到達した雨水は森林土壌に浸透して行き、土壌中をゆっくりと流れ、時間をかけて河川へと流出していきます。

これが森林土壌による「流出遅延効果」と呼ばれるものです。森林土壌は、図 1-4 のとおり雨水をゆっくりと河川に流出させて河川流出量のピークを低くかつ、遅らせることによって、洪水災害を軽減する働きを担っています。

森林の樹木は、土壌中の水を根から吸収し葉から放出する「蒸散」によって土壌中の水分を減少させます。それにより、豪雨時には土壌中に浸透する雨水量を増加させると考えられています。

一方で、森林の樹木は降った雨水を樹皮などにいったん貯え、雨が止んだ後に大気中に蒸発させる「遮断蒸発」によって林床に到達する水量を減少させます。蒸散と遮断蒸発による効果を合わせた「蒸発散効果」によって、森林樹木は洪水災害を軽減する働きを担っているとされています。



(出典：森林の持つ「洪水災害の軽減機能」について
山林 No.1635、2020.8、(公社)大日本山林会、玉井幸治)

図 1-4 森林土壌の発達によりピーク流出量は減少する

4) 森林の水質浄化機能

森林は、主に森林土壌の働きにより、雨水を地中に浸透させ、ゆっくりと流出させます。

そのため、洪水を緩和させるとともに川の流量を安定させるほか、濁りが少なく適度にミネラルを含み、中性に近い水が森林から流出してきます。

雨水が森林を通過して土壌に染み込み、最後に溪流に流出するまでに、リンや窒素などの富栄養化の原因となる物質は、土壌中に保留されたり、植物に吸収されたりする一方で、土壌中のミネラル成分などがバランス良く溶け出すことにより、森林はおいしい水を作り出すと考えられます。

このような森林の働きは、水質の浄化機能と呼ばれています。

コラム 森林土壌の中の孔

林木の幹、枝葉などの地上部を支える地下部の土壌には、沢山の孔が開いています。

土壌の土粒子、礫、根などの固体の部分以外の、固体と固体の間の空間（隙間）を“土壌孔隙”といいます。この孔隙には、土壌空気と無機・有機成分を含んだ土壌水が詰まっています。

森林土壌は、その土壌粒子の粒径、構造の種類と発達の種類によって孔隙の大小の組成が異なり、ミズやダニなどの土壌生物の活動、根の成育と枯死による脱落などの影響を受けます。

森林の水保全機能は、土壌に占める孔隙の割合と組成によって左右されると言われています。大きな孔隙（粗孔隙）ばかりだと、土壌中の水は重力で下方に移動してしまい、逆に小さな孔隙（細孔隙）ばかりだと、透水性が悪くなります。林木は、その中間の大きさの毛管状の孔隙の中に毛管力によって保持されている水を利用して生育しています。

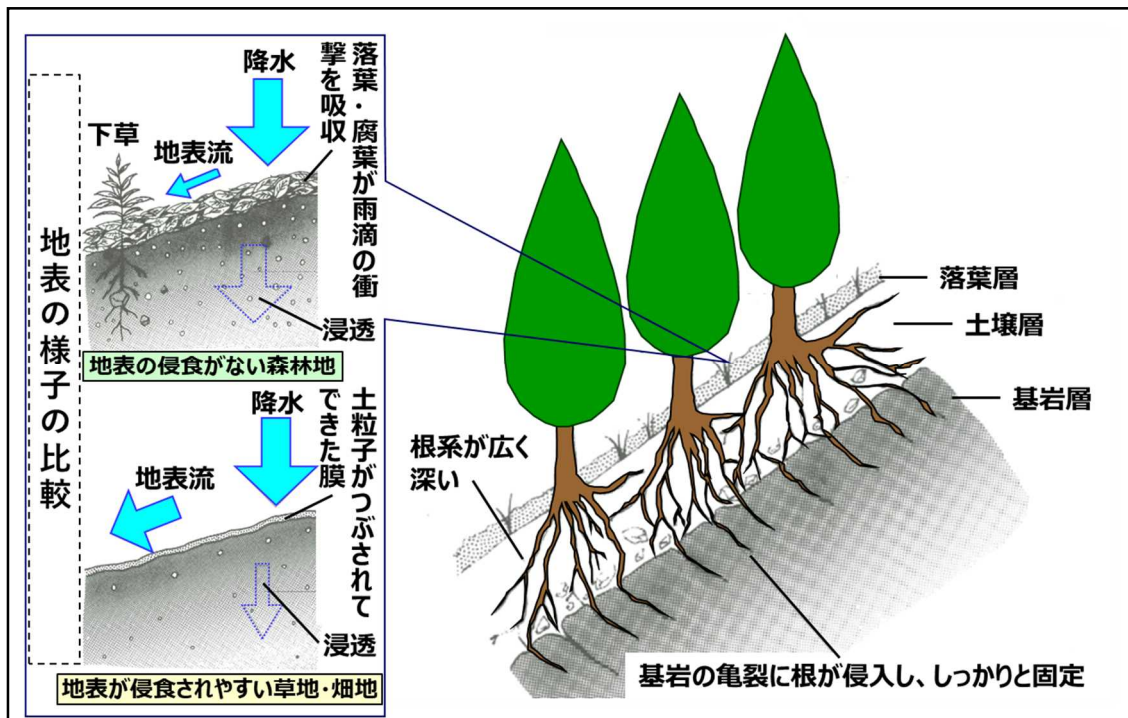
(参考：森林・林業百科事典 P.742、2001年、(社)日本林業技術協会(現(一社)日本森林技術協会))

(3) 山地保全効果

森林の持つ山地保全効果のうち、土砂災害防止機能は、森林の下層植生や落葉落枝が地表の侵食を抑制するとともに、森林の樹木が根を張り巡らすことによって発揮されます。

森林は樹冠により降水を遮断し、林床に到達する降水量を減少させます。また、林床には低木類、草本類、コケ類等の下層植生が生育するとともに、落葉が堆積することにより、降水による土壌への衝撃を吸収し、地表に水を通しにくい土粒子の膜ができることを防止します。これらの働きにより、森林では、土壌の浸透能力及び保水能力が確保されて、表面侵食が防止されます。

さらに、森林は、図 1-5 のとおり土壌下方に伸びる鉛直根とともに、土壌層に面的に広がる水平根の働きにより、土壌自体が崩壊しないように働きます。これにより森林では、土壌の表層崩壊を防いでいます。



(出典：森林のセミナーNo.2 くらしと森林、2005、(一社)全国林業改良普及協会) 加筆

図 1-5 山地災害防止機能／土壌保全機能

したがって、山地災害防止機能／土壌保全機能が発揮されるためには、樹木の樹冠や下層植生が発達するとともに、樹木の根系が深く、広く、発達した森林である必要があります。

このような機能を持つ森林は、人工林の場合、植栽、保育、間伐等の森林整備を適切に行うことによって形成され、維持されます。

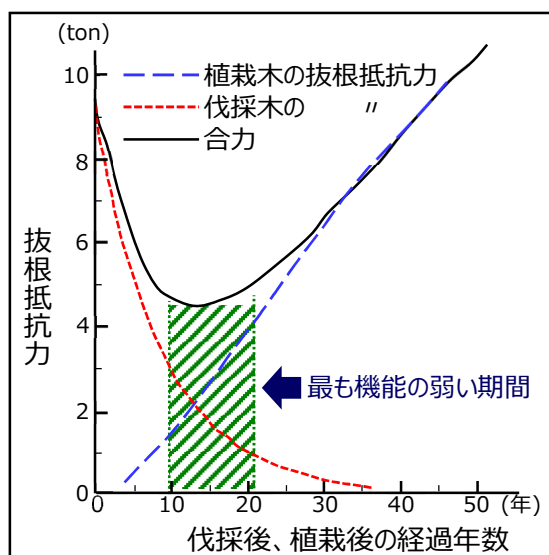
特に立木の伐採後は、その根系が腐朽することから、山地災害防止機能／土壌保全機能を維持するためには、根系の発達する高木性の樹種の速やかな植栽等が必要となります。

図 1-6 のとおり、一般に一斉人工林において、主伐時に伐採した樹木の抜根抵抗力（根株を地中

から引き抜くときの抵抗力) (細かい赤色点線) は伐採後から急激に右肩下がり減少しますが、逆に植栽した樹木の抜根抵抗力 (長い青色点線) は右肩上がりに徐々に増加します。

森林の山地災害防止機能は伐採した木の根と植栽した木の根によって発揮されるものなので、両者の合力 (黒色の実線) が山地災害防止機能の経時変化を示すことになります。

したがって、伐採後約 10 年～20 年の間にこの機能が最も弱くなり、山地災害が発生しやすくなることを示しています。



(出典：林業試験場研究報告 第 313 号 1981、農林水産省林業試験場 北村・難波 加筆)

図 1-6 林齢または伐採後の経過年数と抜根抵抗力の関係 (スギ)

コラム 山地災害～林地におけるリスク～

近年、地震による土砂崩れや局地的豪雨・長時間の降雨による土砂流出により、人命やライフラインに影響を及ぼすことが全国各地で発生しています。

山地災害、特に林地におけるリスク・被害が発生しやすい森林とはどのようなものでしょうか。豪雨で崩壊しやすい場所の共通的な特徴として、多田氏*は次のようにまとめています。

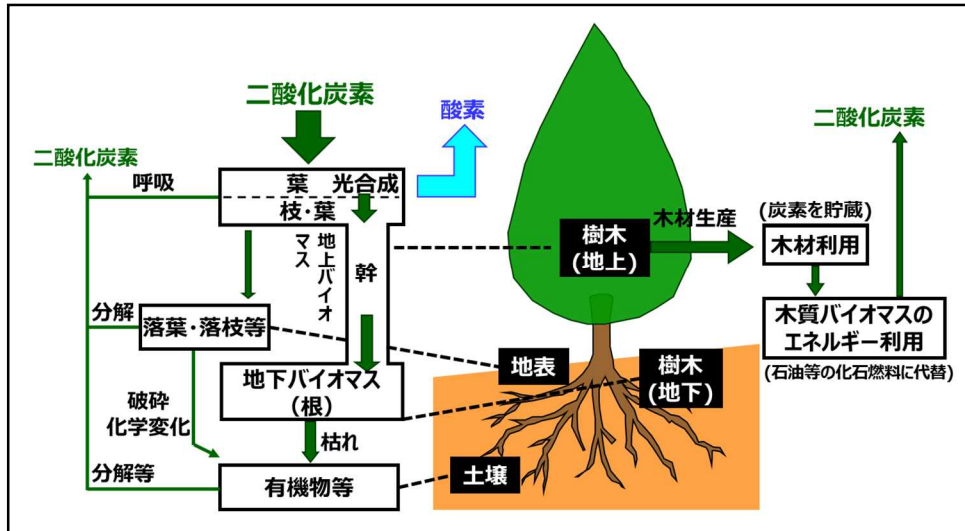
「1.傾斜 25 度以上の平衡～凹地形で、2.土層が粘土 (埴土) にまで風化した、3.地下水が集中する場所 (水分量：湿以上) である。山地でこの 3 条件が該当する場所は、危険地形と呼ばれる ①ゼロ次谷、②断層地形、③地すべり地形、④地質境界、⑤崩積土 (沖積錐) 等となる。」

自然災害について、その発生や規模を正確に予測することは困難なことです、そのリスクを事前に把握しておくとは重要なことです。

(出典：林業と国土保全の両立を目指して (1) -林業技術者のための林地の災害リスクの考え方- 山林 No.1640、2021.8、(公社)大日本山代会、多田泰之)

(4) 環境保全効果

森林を構成する樹木は、図 1-7 のとおり大気中から二酸化炭素を吸収し、土壌から吸収した水を用いて光合成を行うことによって炭素を有機物として固定するとともに、酸素を放出しています。この有機物が樹木の組織を形づくることによって、樹木が成長していきます。

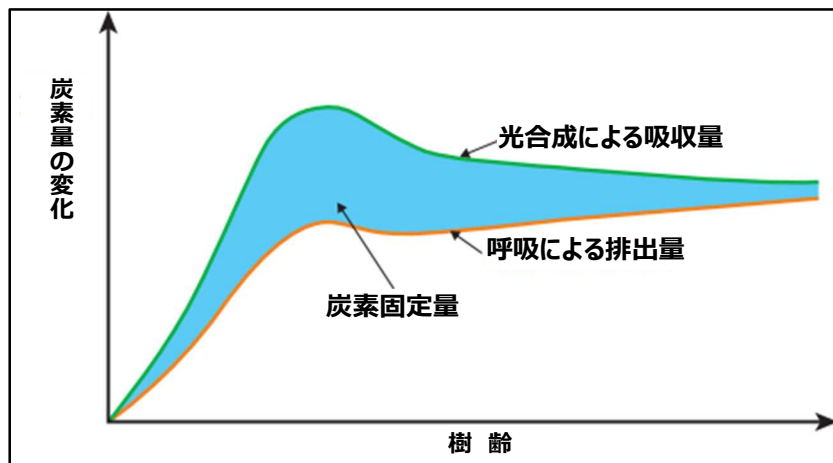


(出典：農林水産研究開発レポート No.8、2003、農林水産省農林水産技術会議 加筆)

図 1-7 森林生態系における炭素の流れ

このことから、森林の二酸化炭素の吸収や、炭素の固定などの地球環境保全機能が発揮されるためには、森林が二酸化炭素を吸収しながら健全に成長を続けていく必要があり、特に人工林では、植栽、保育、間伐等を適時適切に行う必要があります。

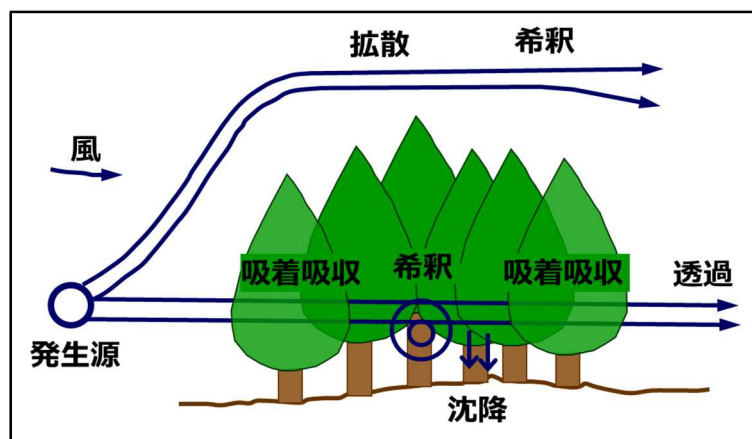
森林による二酸化炭素の吸収能力（炭素の固定速度）は、図 1-8 のとおり森林が若いうちは成長とともに上がり、高齡級化するに従って徐々に低下していくことから、森林全体の二酸化炭素の吸収機能が将来にわたり発揮されるためには、持続的に成熟した森林資源を伐採し、利用した上で、その跡地に再造林を行う「若返り」が必要です。



(出典：平成 25 年度 森林・林業白書、2014・5、林野庁 加筆)

図 1-8 森林の二酸化炭素の吸収量と排出量の推移（模式図）

また、森林が存在することで、塩分、塵埃、大気汚染物質等が図 1-9 のとおり枝葉等の表面に付着して吸着されたり、光合成等に伴うガス交換作用によって植物内に取り込まれて吸収されたり、森林の樹冠等で風速が低下することにより浮力を失い地表面に落下して沈降したりすることなどによって空気中から除去され、大気が浄化されて、人間にとっての快適な環境形成に役立っています。



(出典：平成 25 年度 森林・林業白書、2014・5、林野庁 加筆)

図 1-9 森林の大気浄化の例

2. 水源林造成事業の概要

水源林造成事業は、水源を涵養するために国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林整備センター（以下「森林整備センター」という。）が、分収林特別措置法（昭和 33 年法律第 57 号）に規定する分収造林契約の当事者となり、水源かん養保安林及び同予定地のうち森林所有者による造林が困難な奥地水源地域等（無立木地、散生地、粗悪林相地等を対象）において森林の造成を行うものであり、国民生活に不可欠な水資源の安定的な確保を図るうえで重要な役割を担っています。



北海道南富良野町



山形県東根市

2.1 水源林造成事業の目的

水源林造成事業は、水源を涵養するための森林の造成を行い、これによって森林の有する公益的機能の維持増進に役立てることを目的としています。

2.2 水源林造成事業の歴史

（1）水源林造成事業が開始された経緯等

森林整備センターが実施している水源林造成事業は、戦中・戦後の伐採等によって荒廃した水源地帯の森林を復旧及するために、昭和 24 年から補助事業として始められた「水源林造成事業」を引き継いできたものです。

この事業は、昭和 31 年にその当時度々発生していた台風災害を防止するために、森林整備の強化が急務であったこと、また、森林資源の更なる充実が必要であったことを受けて「公有林野等官行造林事業」として国（国有林野事業）自ら実施する事業となりましたが、国有林野事業の組織体制の変更等により官行造林事業として実施することが困難になってきたことから、公有林野等官行造林法を廃止するとともに、森林開発公団法を一部改正し、当時、林道事業を実施していた「森林開発公団」によって昭和 36 年から実施されることになりました。

1) 公団造林事業発足の背景

昭和 36 年から森林開発公団による水源林造成事業の発足を促した背景としては、昭和 33 年の「分収造林特別措置法の制定」と、この当時に急激に伸びてきた「民間における造林能力の向上」の 2 点があげられます。

このような状況を踏まえて、森林開発公団による分収造林契約の特色である造林者を設けた分収造林契約によって、官行造林とは異なる「民間の造林能力を活用した造林事業の実施」に踏み込むことができるようになったという林業情勢を背景に森林開発公団による水源林造成事業が発足したのです。



岐阜県白川村



京都府京丹波町

2) 水源林造成事業の変遷

① 水源林造成事業の発足（昭和 24 年）

水源林造成事業の当時の目的は、重要河川の奥地保安林内の無立木地や、戦中・戦後の乱伐により荒廃した伐採跡地等の水源涵養機能が著しく低下した森林を、早急に造林して森林の有する水源涵養機能等の諸機能を発揮させることにありました。

そのため、昭和 24 年に一般の補助造林と切り離し、都道府県自らが植栽して、植栽後の保育・管理は土地所有者が行う方式で、治山の補助事業の一部として発足しました。

② 補助事業から公有林野官行造林事業（以下「官行造林」という。）への移行（昭和 30 年）

ア 昭和 29 年「保安林整備臨時措置法」の制定に伴い策定された保安林整備計画の中に、水源林造成事業の全体計画が繰り込まれ、保安林制度を補う治山事業として位置づけられました。

イ 補助事業として実施していた水源林造成事業は、次第に造林地の管理が不十分となり、水源涵養機能を十分に発揮しない造林地が発生するようになりました。

このため、昭和 30 年に水源林造成事業の一部を官行造林で実施することとなり、昭和 32 年には水源林造成事業の全てが官行造林で実施されることになりました。

③ 官行造林から公団造林への移行（昭和 36 年）

次の理由により、昭和 36 年から森林開発公団が水源林造成事業を実施することとなりました。

ア 国有林野事業の組織体制の変更により、国が引き続き国有林野事業の官行造林事業として継続することが困難となったこと。

イ それらの対象地が年々分散し、また国有林野の所在地から遠距離のところが増加してきたために、営林署等では対応し難くなったこと。

また当時、森林組合等を造林者として契約当事者に参画させる公団分収造林方式は、直用労務で事業を実施する官行造林よりも、山村の労働力活用対策としては有効であり、「民活事業」として意義がありました。

このように、森林の管理体制が十分でない森林所有者等への従来の補助造林制度だけでは長期の保育・管理を含めた事業運営に継続性を持たせることは難しく、造林地の健全な育成が危惧されたことから、専門的な全国的組織である森林開発公団に水源林造成事業が引き継がれたのです。

これによって、造林から収穫まで一貫した管理体制の下に水源林の造成が行われるようになりました。



徳島県海陽町



高知県宿毛市



高知県四万十市



熊本県五木村

(2) 組織の沿革

水源林造成事業を担う組織の沿革は、表 2-1 のとおりです。

表 2-1 組織の沿革

森林開発公団		農用地整備公団	
昭和 31 年	森林開発公団設立 熊野・剣山地域林道事業	昭和 30 年	農地開発機械公団設立
昭和 34 年	関連林道事業	昭和 49 年	農用地開発公団設立 (農地開発機械公団の組織、権利、 義務を承継)
昭和 36 年	水源林造成事業	昭和 52 年	干拓地内生産団地整備事業
昭和 40 年	特定森林地域開発林道事業	昭和 53 年	旧八郎潟新農村建設事業団の業務を 承継 (賦課金及び対価の徴収)
昭和 48 年	大規模林業圏開発林道事業	昭和 57 年	海外農業開発協力業務
昭和 63 年	特定森林総合利用基盤整備事業 (NTT-A タイプ事業)	昭和 63 年	農用地整備公団に名称変更 農用地総合整備事業、農用地等緊急 保全整備事業、農業農村整備事業プロ ジェクト (NTT-A タイプ事業)
平成 11 年	農用地整備公団の業務を承継	平成 11 年	廃止 業務を森林開発公団に移管
緑資源公団			
平成 11 年 10 月 1 日	森林開発公団の名称を変更し、緑資源公団を発足 (特定中山間保全整備事業を追加)		
独立行政法人緑資源機構			
平成 15 年 10 月 1 日	独立行政法人緑資源機構を設立		
独立行政法人 森林総合研究所 森林農地整備センター			
平成 20 年 4 月 1 日	独立行政法人 森林総合研究所へ事業を承継し、森林農地整備センターを設置		
国立研究開発法人 森林総合研究所 森林整備センター			
平成 27 年 4 月 1 日	独立行政法人の3分類により、森林総合研究所は国立研究開発法人 森林総合研究所に分類 森林整備センターに名称変更		
国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林整備センター			
平成 29 年 4 月 1 日	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林整備センターへ名称変更		

(出典：森林整備センターホームページ (<https://www.green.go.jp/annai/enkaku.html>)、2020.12、
国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林整備センター 加筆)

2.3 水源林造成事業の仕組み

水源林造成事業の大まかな流れは、図 2-1 のとおりです。

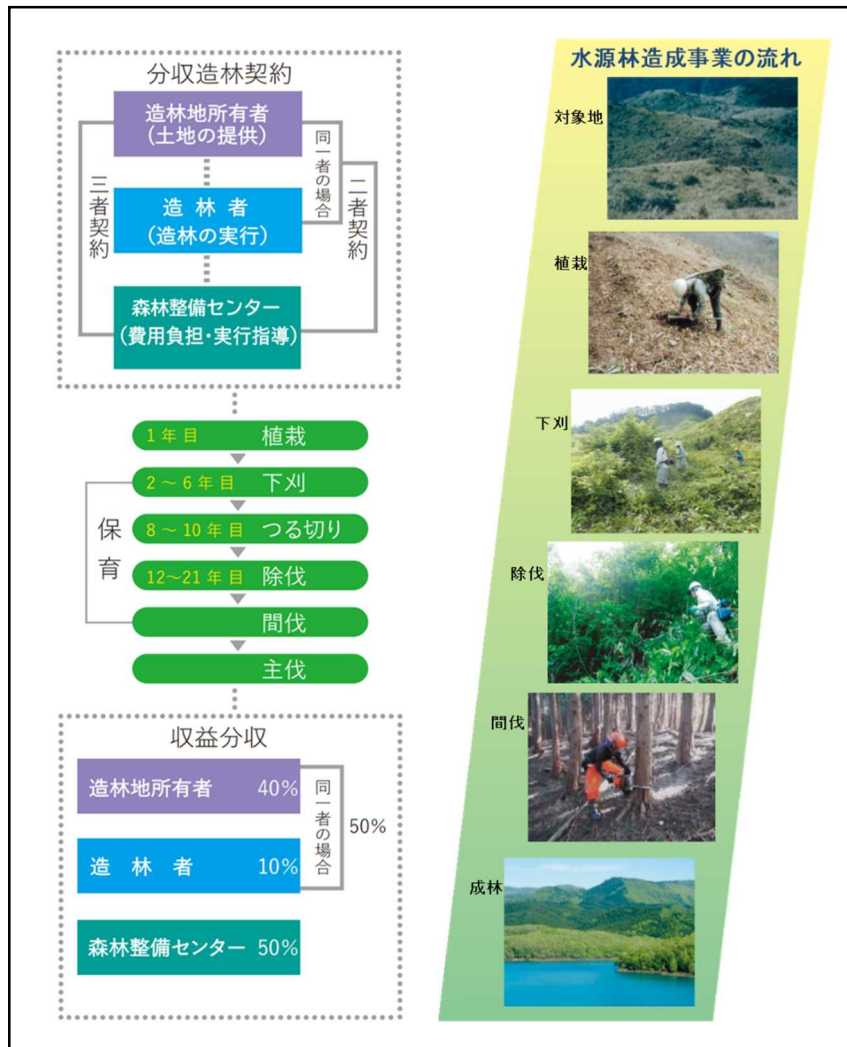


図 2-1 水源林造成事業の流れ (概要)

(1) 分収造林契約による事業の仕組み

水源林造成事業は、奥地水源地域の民有保安林で、所有者の自助努力等だけでは適正な森林整備が見込めない箇所において、分収造林契約方式によって森林を造成します。

水源林造成事業では、図 2-2 のとおり、①「造林地所有者」が『土地を提供』し、②「造林者」が『植栽、植栽木の保育及び造林地の管理』を行い、③「森林整備センター」が『費用の負担と技術指導等』を行う分収造林契約を締結し、植栽から保育・主伐に至るまで、契約者間で共同して、契約満了時に主伐収入を契約者で分収します。

このように基本的には①、②、③の三者契約となりますが、①と②が同一者の場合は、① + ②と③の二者契約となり、分収造林契約で定める分収割合が変わってきます。

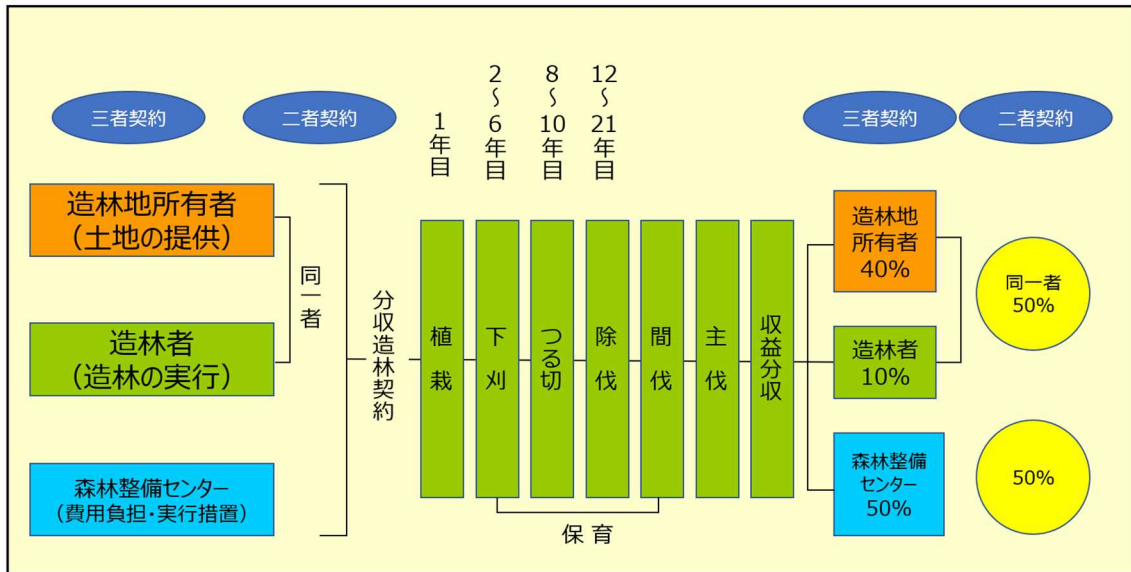


図 2-2 分収造林契約の仕組み

分収割合は、三者契約の場合は、

「造林地所有者」：「造林者」：「森林整備センター」= 40%：10%：50%

造林地所有者と造林者が同一の場合の二者契約の場合は、

「造林地所有者と造林者が同一者」：「森林整備センター」= 50%：50%

となります。

なお、分収造林契約及び森林整備センターが地上権を設定することによって、行政的な管理の下で水源林の長期間安定した適切な森林の整備と維持管理が担保されることとなります。

(2) 水源林造成事業の対象地についての要件

1) 水源林造成事業の対象地は、次の2つの要件に該当する土地が基本となります。

- ① 水源かん養保安林（又は同予定地）、水源涵養の目的を兼備する土砂流出防備保安林（又は同予定地）もしくは土砂崩壊防備保安林（又は同予定地）のいずれかに該当する土地。
- ② 無立木地、散生地、粗悪林相地等で、人工植栽の方法によって森林の造成を行う必要がある土地であり、一団地の見込み面積が 5ha 以上のもの。

ここで、対象となる土地の状況例は、写真 2-1～2-3 のとおりです。

なお、「複雑な権利関係が存在する契約の履行に当たり生じる恐れのある土地」、「成林の見込みのない土地」、及び「治山工事を適当とする土地」は対象とはなりません。



写真 2-1 無立木地

【ササ、カヤ、シダ等のみの生育地若しくは、うっぺい度 0.3 未満の疎林地】



写真 2-2 散生地

【水源涵養機能が十分に発揮されない丈の低い樹木が散生し、ササ、カヤ、シダ等が繁茂している、うっぺい度 0.3～0.5 の疎林地】

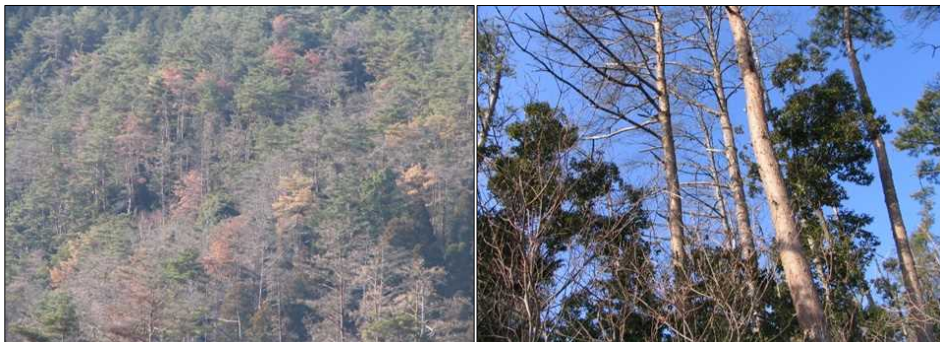


写真 2-3 粗悪林相地等

【水源涵養機能が十分に発揮されない丈の低い樹木が大部分を占める林地、松くい虫被害や台風等の気象害による被害地】

コラム 保安林とは？

保安林とは、水源の涵養、土砂崩壊その他の災害の防備、生活環境の保全・形成等、特定の公益目的を達成するため、農林水産大臣又は都道府県知事によって指定される森林です。

保安林の指定目的を達成するため、個々の保安林の立地条件等に応じて、立木の伐採方法及び限度、並びに伐採後に必要となる植栽の方法、期間及び樹種が定められています。これを保安林の「指定施業要件」と言います。

保安林における主な制限としては、次のとおりものがあります。

- (1) 立木の伐採 都道府県知事の許可が必要です。
- (2) 土地の形質の変更 都道府県知事の許可が必要です。
- (3) 伐採跡地へは指定施業要件に沿って植栽をしなければなりません。

(参考：林野庁 保安林制度 https://www.rinya.maff.go.jp/j/tisan/tisan/con_2.html)

2) 平成 20 年度以降の新規契約では、1)の要件に該当する土地のうち、「位置」に関する要件のいずれか 1 つを満たし、かつ「施業方法」に関する全ての要件を前提として契約できるものに限られています。水源林造成事業のイメージは、図 2-3 のとおりです。

【位置】次のいずれかの事項に該当するもの

- ・2 以上の都府県にわたる流域等の重要な流域※
- ・ダム等の上流域等

※重要流域：森林法第 25 条第 1 項に基づき農林水産大臣が指定した図 2-4 のとおりの 118 流域です。

【施業方法】次のすべての事項に該当するもの

- ・広葉樹等の現地植生を活かした長伐期の針広混交林を造成
- ・将来の主伐は小面積分散伐採により実施
- ・保育方法はコスト縮減等につながる効率的、効果的な施業により実施

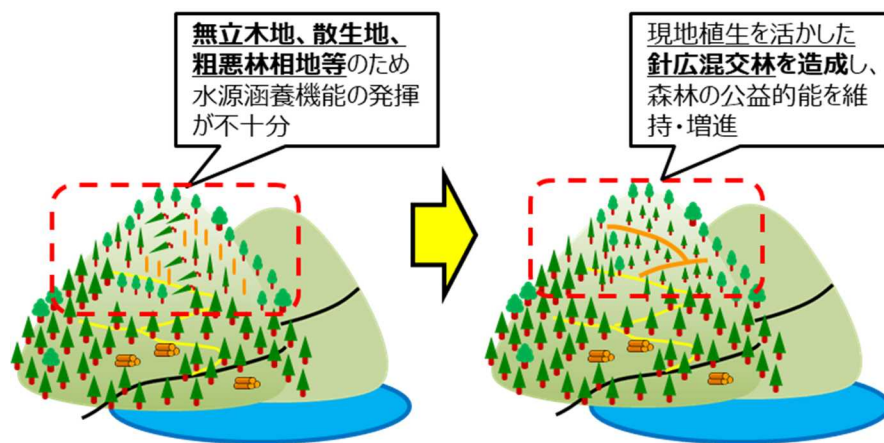
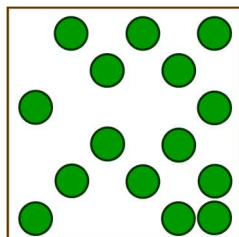


図 2-3 水源林造成事業のイメージ

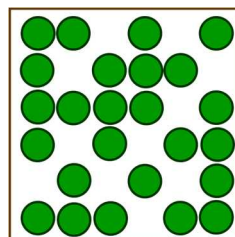
コラム うっぺい度とは？

樹冠粗密度とも言われ、一定の森林面積上で樹冠（樹木の枝葉の集まり）により覆われる地表面積をその地表面積で除して算出したものであり、樹冠の込み具合を表すものです。うっぺい度を模式化したものが次のとおりです。

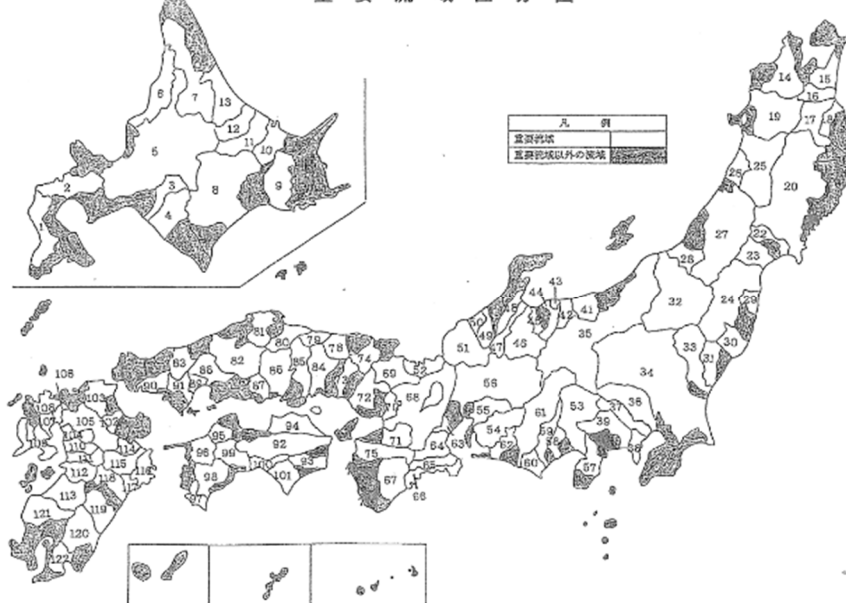
うっぺい度 0.3



うっぺい度 0.5



重要流域区分図



No.	流域名	関係都道府県	No.	流域名	関係都道府県	No.	流域名	関係都道府県
1	檜山地区	北海道	43	新潟県境～黒部川	新潟・富山	85	旭川	岡山
2	尻別川	北海道	44	黒部川	富山	86	高梁川	岡山・広島
3	鷲川	北海道	45	常願寺川	富山	87	芦田川	岡山・広島
4	沙流川	北海道	46	神通川	富山・岐阜	88	太田川	広島
5	石狩川	北海道	47	庄川	富山・岐阜	89	太田川～山口県境	広島・山口
6	留萌地区	北海道	48	庄川～石川県境	富山	90	厚東川～佐波川	山口
7	天塩川	北海道	49	手取川	石川	91	錦川	山口・島根
8	十勝川	北海道	50	手取川～福井県境	石川	92	吉野川	高知・愛媛・徳島
9	釧路川	北海道	51	九頭竜川	福井・岐阜	93	那賀川	徳島
10	網走川	北海道	52	九頭竜川～京都府境	福井	94	香川地区	香川
11	常呂川	北海道	53	富士川	長野・山梨・静岡	95	重信川	愛媛
12	湧別川	北海道	54	矢作川	長野・岐阜・愛知	96	肱川	愛媛
13	渚滑川	北海道	55	庄内川	岐阜・愛知	97	四万十川～愛媛県境	愛媛・高知
14	岩木川	青森	56	木曾川	長野・岐阜・愛知・三重	98	四万十川	愛媛・高知
15	駒込川～奥入瀬川	青森	57	北伊豆地区	静岡	99	仁淀川	愛媛・高知
16	奥入瀬川～五戸川	青森・秋田	58	安倍川	静岡	100	物部川	高知
17	馬淵川	青森・岩手	59	大井川	静岡	101	物部川～徳島県境	高知・徳島
18	新井田川	青森・岩手	60	大井川～天竜川	静岡	102	山国川	福岡・大分
19	米代川	岩手・秋田	61	天竜川	静岡・愛知・長野	103	遠賀川	福岡
20	北上川	岩手・宮城	62	豊川～矢作川	愛知	104	矢部川	福岡・熊本
22	鳴瀬川	宮城	63	鈴鹿川	三重	105	筑後川	福岡・佐賀・熊本・大分
23	名取川	宮城	64	鈴鹿川～宮川	三重	106	川上川	佐賀
24	阿武隈川	宮城・山形・福島	65	宮川	三重	107	川上川～長崎県境	佐賀
25	雄物川	秋田	66	宮川～熊野川	三重・奈良	108	佐賀北部	佐賀
26	子吉川	秋田	67	熊野川	三重・奈良・和歌山	109	中半島部	長崎
27	最上川	山形	68	淀川	志賀・京都・奈良・大阪・三重	110	菊池川	熊本・大分
28	荒川	山形・新潟	69	由良川	京都・兵庫	111	白川	熊本
29	宮城県境～請戸川	宮城・福島	70	神崎川	京都・大阪・兵庫	112	緑川	熊本
30	夏井川～茨城県境	福島・茨城	71	大和川	奈良・大阪	113	球磨川	熊本・宮崎・鹿児島
31	久慈川	福島・茨城・栃木	72	加古川	兵庫	114	大分川	大分
32	阿賀野川	福島・群馬・新潟	73	揖保川	兵庫	115	大野川	大分・熊本
33	那珂川	茨城・栃木	74	円山川	兵庫	116	番匠川	大分
34	利根川	茨城・栃木・群馬・長野・埼玉・千葉	75	紀ノ川	奈良・和歌山	117	北川	大分・宮崎
35	信濃川	長野・群馬・新潟	78	千代川	鳥取	118	五ヶ瀬川	熊本・宮崎
36	荒川	埼玉・東京	79	天神川	鳥取	119	一ツ瀬川	宮崎
37	多摩川	東京・山梨	80	日野川	鳥取	120	大淀川	宮崎・熊本・鹿児島
38	多摩川～相模川	神奈川	81	斐伊川	島根	121	川内川	宮崎・熊本・鹿児島
39	相模川	神奈川・山梨	82	江の川	島根・広島	122	肝属川～宮崎県境	鹿児島
41	関川	新潟・長野	83	高津川	島根			
42	姫川	新潟・長野	84	吉井川	岡山			

(出典：保安林制度の手引き 一令和元年一、2019年、(一財)日本森林林業振興会)

図 2-4 重要流域区分図

(3) 分収造林契約までの手順

分収造林契約までの関係者間のやり取りを含めた手順は、図 2-5 のとおりです。

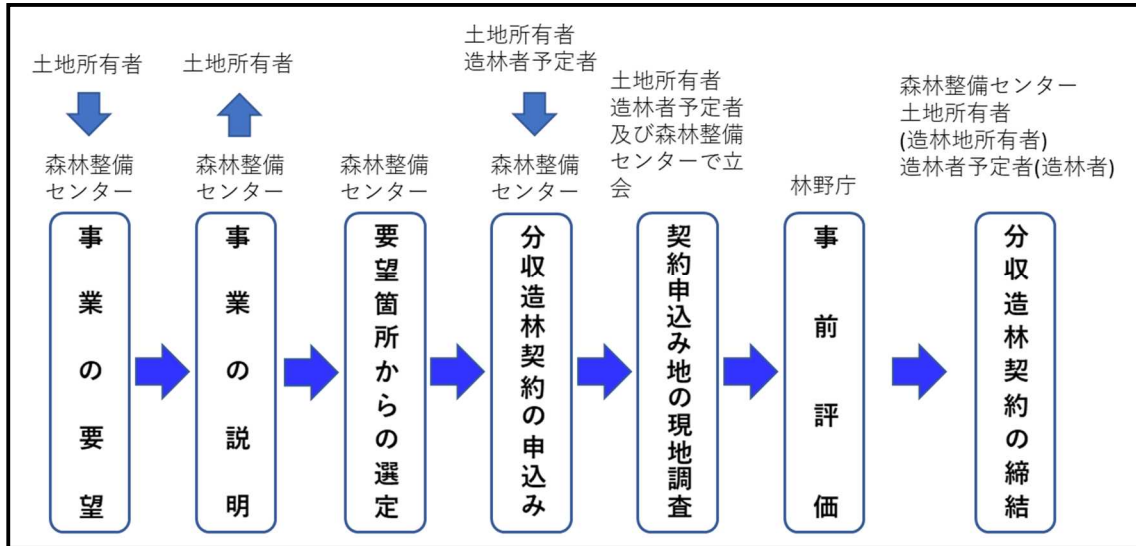


図 2-5 契約のプロセス

(4) 事業実施の手順

分収造林契約を締結した後、造林者が事業実施計画に基づいて施業を実施し、掛かった費用を森林整備センターが支払うまでの手順は、図 2-6 のとおりです。

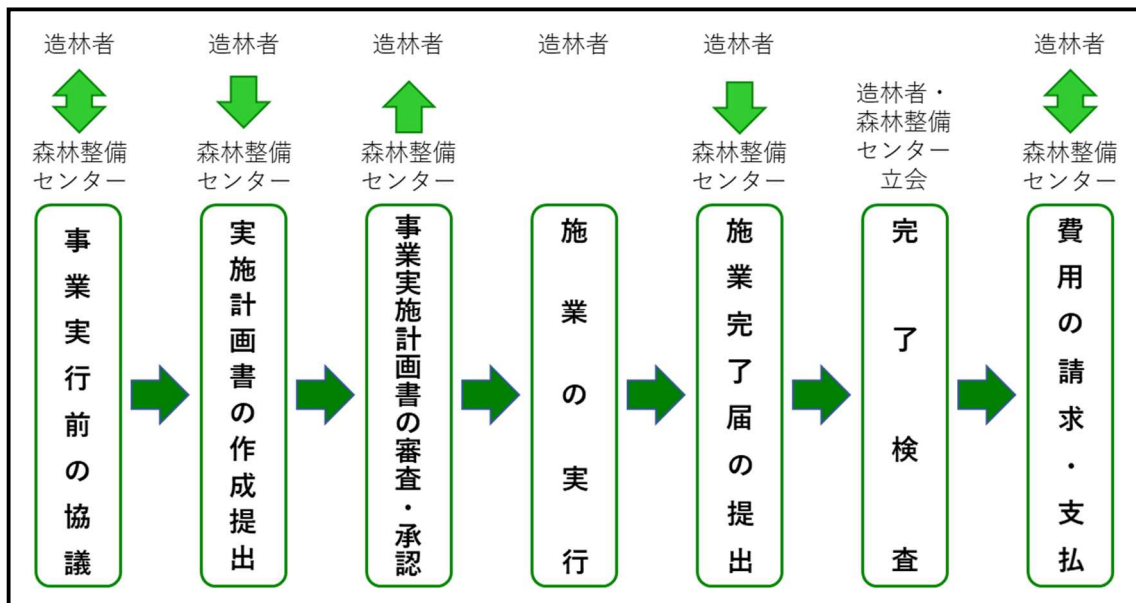


図 2-6 事業実施のプロセス

2.4 水源林造成事業の取組

(1) 水源林造成事業契約地の分布

水源林造成事業で植栽された水源林の分布状況及び面積は、図 2-7 のとおりです。

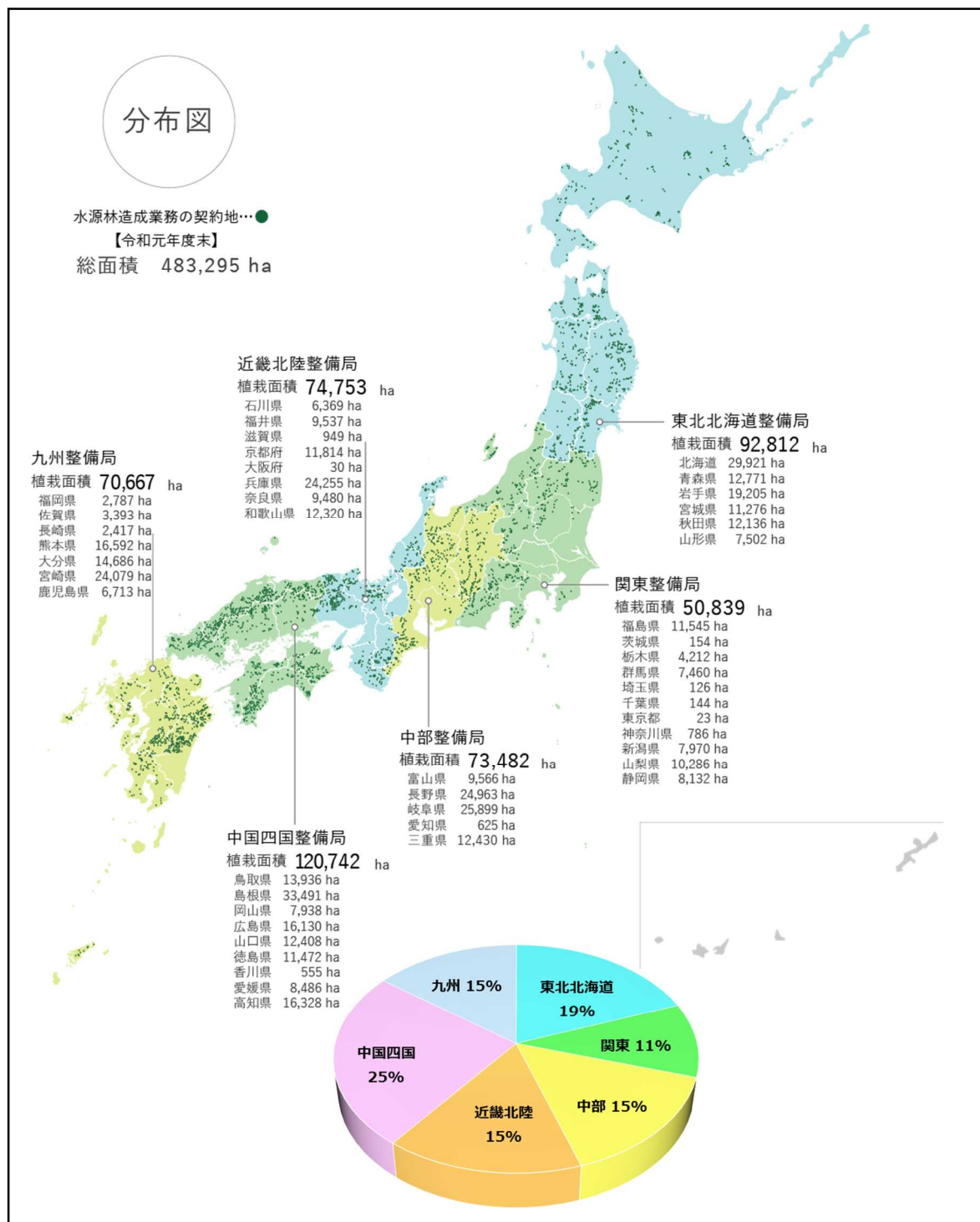


図 2-7 水源林造成事業契約地分布図 (2020 年 3 月現在)

なお、水源林造成事業における年度別植栽（新植）実績は図 2-8 のとおりであり、昭和 38 年度～昭和 48 年度にかけて毎年 15,000ha を上回る面積で植栽が行われ、昭和 42 年度に 22,028ha と最も植栽面積が多くなっていました。

その後は、次第に植栽面積は減少し、平成 23 年度に 1,247ha と最も少なくなりましたが、平成 25 年度以降は増加傾向となり年間 2,500ha 程度の植栽（新植）が行われています。

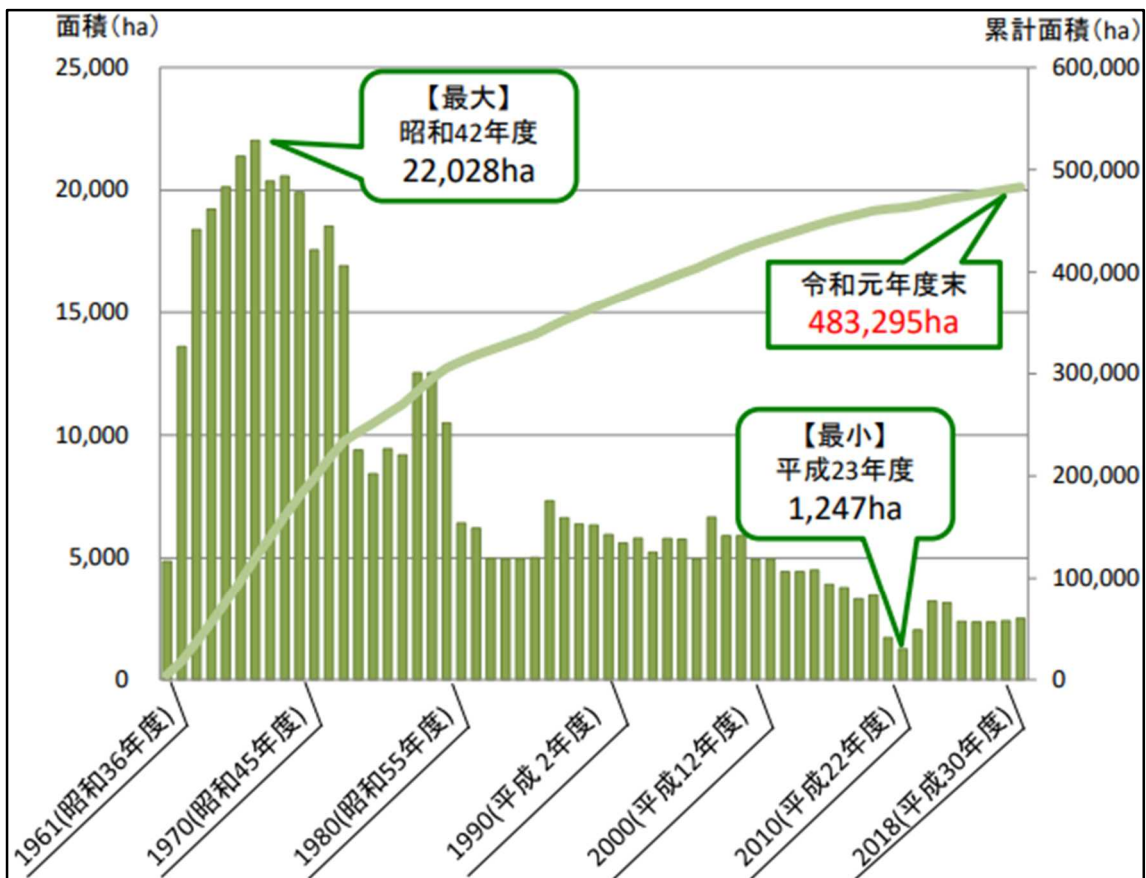


図 2-8 年度別植栽面積

(2) 多様な森林づくり

1) 従来水源林造成

森林開発公団で水源林造成事業を開始した昭和 36 年から戦時中の乱伐、薪炭材利用などにより荒廃した奥地水源地域の民有保安林内で森林を造成し、「針葉樹主体の一斉林」普通伐期（50 年程度）施業を実施しています。

また、これに加えて、平成 3 年から水源林特別対策事業による「長伐期・針広混交林」施業、平成 8 年から水源複層林整備事業による「育成複層林」施業を一部導入してきました。

2) 事業のリモデル

森林の持つ公益的機能を高度に発揮させる観点から、「独立行政法人整理合理化計画」（平成 19 年 12 月閣議決定）等において、契約内容・施業方法を抜本的に見直す「事業のリモデル」を行うこととされました。

これを受けて平成 20 年度以降の新規契約については、広葉樹等の現地植生を活かした長伐期施業等（針広混交林・育成複層林）に積極的に取り組むこと、植栽した造林木を将来主伐する時は、伐採面積を縮小・分散化する施業内容（小面積分散伐採）に限定しています。

また、これまでの契約についても、長伐期・育成複層林などの施業方法の見直しを進めています。

具体的なリモデルの内容は、表 2-2 のとおりです。

表 2-2 リモデルの内容

項目	従来	リモデル後
契約対象地	水源涵養機能の強化を図る重要性の高い流域内を優先し重点的に実施	水源涵養機能の強化を図る重要性の高い流域内に限定（2 都府県にわたる流域等の重要なダム等の上流などに限定）
森林の将来の姿	《普通伐期・単層林》 ・50 年生程度の針葉樹の単層林	《長伐期の針広混交林・育成複層林》 ・80 年生程度の針葉樹・広葉樹混交林 ・林齢が異なる森林が混じった育成複層林
施業方法 1. 伐採時期 2. 伐採方法 3. 広葉樹の取扱	《普通伐採・一斉皆伐》 1. 50 年程度（普通伐期） 2. 一斉皆伐（10～20ha） 3. 伐採して分収	《長伐期・小面積分散伐採》 1. 80 年程度以上（長伐期） 2. 小面積分散伐採（1 伐区 2 ha 程度） 育成複層林を造成する場合は、群状または帯状を基本とした複層林誘導伐（1 伐区概ね 2 ha 以下）を実施 3. 針広混交林が維持できるよう、可能な限り広葉樹を残置

【森林の将来の姿】

〈針広混交林〉

針広混交林は、当初から生育していた広葉樹等を群状もしくは帯状に残置させるとともに、事業実施後に侵入した広葉樹等も残置させ、これらを活かしながら育成することで写真 2-4 のとおりに造成します。

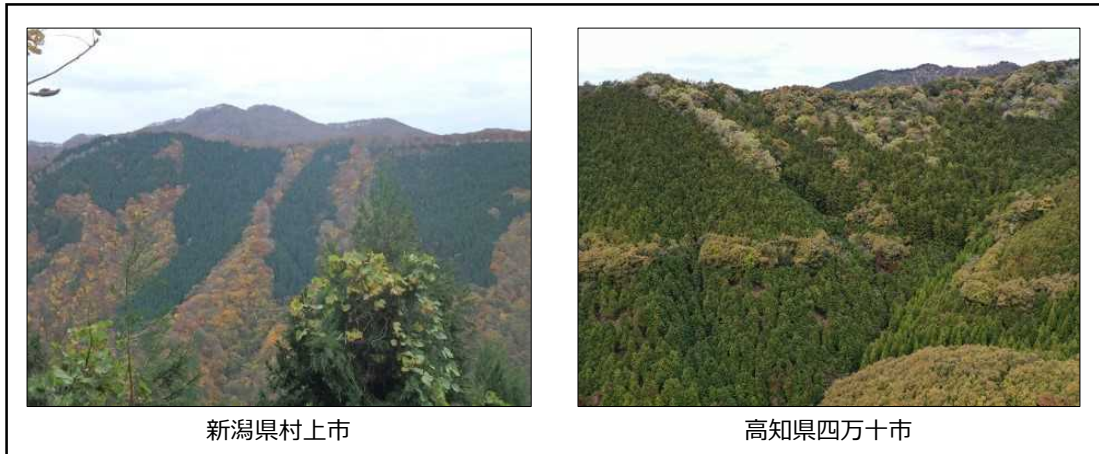


写真 2-4 針広混交林

〈育成複層林〉

育成複層林は、公益的機能を持続的かつ高度に発揮させるために、帯状また群状を基本として複数の樹冠層を写真 2-5 のとおり造成します。



写真 2-5 育成複層林

【施業方法】

〈育成複層林誘導伐〉

育成複層林誘導伐（以下「誘導伐」という。）は、育成複層林を造成するための伐採方法で、

公益的機能を持続的かつ高度に発揮させるために、初回の誘導伐を概ね 50 年生程度で行い、その伐採箇所に植栽を実施します。2 回目以降は、さらに概ね 30 年経過後に誘導伐・植栽を行い、複数の樹冠層からなる森林を造成します。

〈小面積分散伐採〉

小面積分散伐採は、図 2-9 のとおり植栽後 50 年～80 年程度に亘り小面積で分散させながら伐採します。伐採後は森林所有者が植栽し、森林の保全・整備を行います。

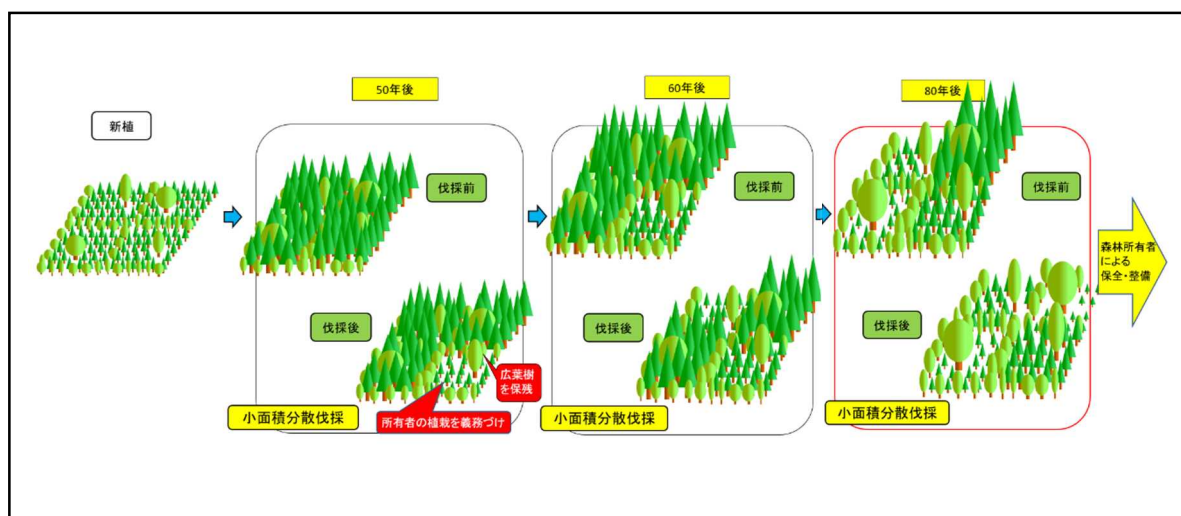


図 2-9 小面積分散伐採の流れ

(3) 新たな技術の開発・普及

森林整備センターでは、森林整備技術の高度化を図っています。具体的な新たな技術の開発・普及の事例は、次のとおりです。

1) 新たな造林技術の活用

効率的で低コストでの森林整備手法や花粉発生源対策にも取り組んでいます。



コンテナ苗木の活用



無花粉スギ苗木の活用

2) 獣害対策の実施

造林木の生育に深刻な影響を及ぼす、ニホンジカ・クマなどの野生獣に対する対策を実施しています。



シカ防護柵の設置



クマ剥ぎ防止ロープの設置

(4) 木材利用の推進

契約地へのアクセスを良くするために、必要に応じて環境に優しく、崩れにくい路網（作業道）を整備し、針広混交林等の森林造成を行い、間伐など適切に森林整備を行います。

1) 低コストで壊れにくい作業道の整備(丸太組工法)

切り取る土量が少なく、間伐材等の丸太を有効に活用できる丸太組工法（のり留工）に取り組んでいます。



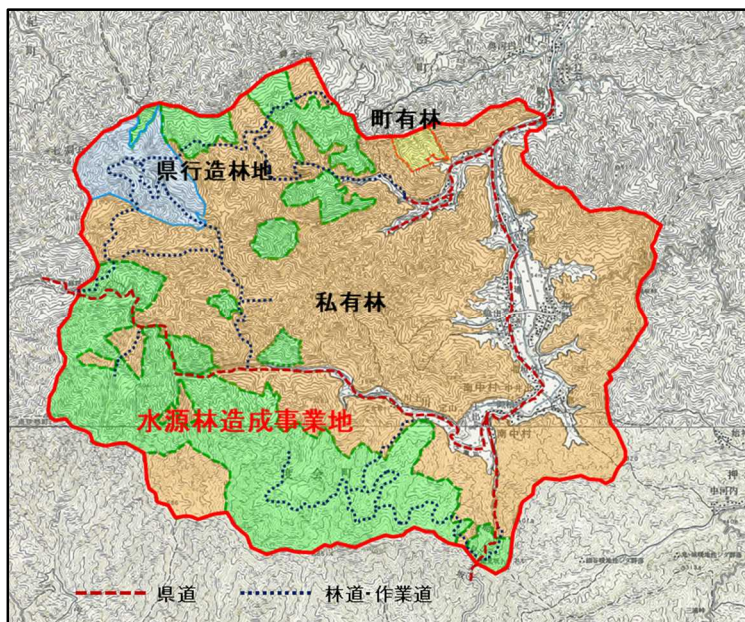
(5) 地域と連携した森林整備

森林整備センターでは、現地検討会等を活用して、森林整備に係る技術情報を地域の森林所有者や林業事業者等へ提供するとともに、周辺の民有林及び国有林と締結する森林整備推進協定に基づき、地域が一体となった取組を推進するとともに、被災森林の早期復旧にも貢献することとしています。

具体的な地域と連携した森林整備の事例は、次のとおりです。

一ノ瀬地域森林共同施業団地（三重県）

民有林内において、共同施業団地を設定し、集約的な森林整備はもとより、団地内を循環する効率的な路網の整備を行うことにより、間伐材などの搬出利用が可能になった事例です。



この地図は、国土地理院発行の5万分の1地形図（伊勢・賀浦）を使用しました。



3. 水源林造成事業の施業指針

水源林造成事業において、かつては戦後の荒廃した森林・山地の早期復旧・保全や、増大していた木材需要への対応のために、集約的な森林施業が実施され、針葉樹主体の一斉林が造成されてきました。しかし、現在では水源涵養機能などの一層の発揮はもとより、「生物多様性の保全」や「地球温暖化の防止」などの面からも貢献できるように、自然条件等に応じた多様で健全な森林づくりが進められています。

また、森林・林業基本計画（平成 28 年 5 月）では、奥地水源林等の人工林において高齢級化・過密化が進みつつある状況を踏まえて、帯状若しくは群状又は単木の伐採により、自然条件等に応じて針広混交林化を図るなど、育成複層林化を効率的に推進して、公益的機能の高度な発揮を図ることとされています。

3.1 針広混交林

針広混交林は、当初から生育していた広葉樹等を群状もしくは帯状に残置させるとともに、事業実施後に侵入した広葉樹等も残置させ、これらを活かしながら植栽木を育成して造成するものです。

（1）針広混交林造成の取組

針広混交林の造成は、全国各地の自治体で取り組まれており、その代表事例は表 3-1 のとおりです。

（2）針広混交林造成の目的

森林の有する公益的機能を将来にわたって持続的に発揮させていくためには、針広混交林等の多様で健全な森林整備を推進して行くことが重要であり、平成 3 年度より一部の造林地においては、水源林特別対策事業、また、平成 20 年度以降の新規契約地はすべて水源針広混交林整備事業として、針広混交林化を図っています。

このために、水源林造成事業で新植を行う場合には、前生広葉樹等を群状もしくは帯状に残置するように努力しながら針広混交林の造成を推進し、水源涵養機能などの公益的機能の持続的な発揮と水源林造成コストを縮減することに役立てます。

（3）針広混交林造成の効果

針広混交林の造成は、森林の有する公益的機能のうち、図 3-1 のとおりの機能を発揮することに役立つものと考えています。

表 3-1 各都道府県自身が実施している針広混交林の造成事例

都道府県 (開始年度)	定義	目標林型	(区 分)	施業基本方針
秋田県 (H20年度)	スギと様々な落葉広葉樹とが混交する森林	上層林冠における高木性広葉樹の占有割合が30～70%のスギ-広葉樹混交林	①高標高地型：ブナが中心 ②中間地型：ミズナラを中心として多様な樹種が混交 ③低標高地型：コナラなどの里山林に見られる樹種が混交	スギ人工林を混交林に誘導するために、誘導伐を実施して広葉樹の侵入・定着を図り、広葉樹の生育を促すために針葉樹を伐採して、針広混交林を造成して管理する。
千葉県 (H9年度)	地域の防災機能を担う森林や地形条件、経費面で再生産の難しい人工林等について行う育成複層林施業によるスギ、ヒノキ人工林から針広混交林を目指す施業	①2段林タイプ：上層木が針葉樹(スギ、ヒノキ)、下層木が広葉樹 ②高木層混交タイプ：針葉樹と広葉樹が高木層で混交		①2段林タイプ：帯状、群状に皆伐し、長期間にわたり広葉樹の低木層を維持できる空間を作る。低木層に広葉樹の侵入が見られない場合には、植栽を行う。 ②高木層混交タイプ：帯状、群状に皆伐して、高木層に達する広葉樹を育成する。必要とする高木性の広葉樹が生育していない場合には、植栽により更新する。
山梨県 (H19年度)	広葉樹苗木の植栽、天然更新した広葉樹稚樹の育成により針葉樹人工林を針広混交林に誘導する針広混交林造成施業	①公益的機能の高度発揮：天然更新稚樹の活用、あるいは広葉樹苗木樹下植栽 ②木材生産+公益的機能の発揮：広葉樹苗木樹下植栽		①公益的機能の高度発揮：・導入する広葉樹が有用樹種である必要はない。・種子源、前生稚樹がない場合は、植栽が必要。・必要に応じて下刈り等の初期保育を実施。 ②木材生産+公益的機能の発揮：・導入する広葉樹は、用材となる有用樹種。・原則として、広葉樹の苗木を樹下植栽し、造成。・下刈り等の初期保育の実施が必要。
長野県 (H7年度)	現存する針葉樹人工林を広葉樹林に転換するための経過的な林相（人工植栽され成育した針葉樹と、ミズナラやブナ等の高木性広葉樹が混交する森林）	①水土保全機能重視：最終的には、高木層・亜高木層・低木層・林床草本層の階層構造が発達した森林を構築 ②木材生産機能重視：用材として生産可能な針葉樹及び広葉樹が高木層を構成し、亜高木層や低木層には、次世代をなう用材生産可能な広葉樹が混交する森林 ③共生機能重視；③-1保健休養機能重視：針葉樹の間に高木性広葉樹が混交する見通しの良い明るい林分で、樹下には部分的にカエデやツツジ等の、花や紅葉などを楽しむことが出来る広葉樹が混交 ③-2 生物多様性機能を重視：針広混交林を経由して、広葉樹林へ誘導	①侵入した広葉樹の混交材積が、10%以上を占めていれば針広混交林 ②帯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	①水土保全機能重視：初期施業では、現存する針葉樹人工林を強度間伐し、下層広葉樹を発達させることを主眼とする。発生した下層の広葉樹は、誤伐の防止や樹種の多様性を確保する観点から、下刈り及び除伐は行わない。 ②木材生産機能重視：針葉樹人工林を強度間伐後、下層の広葉樹を育成させる。下層に成立している広葉樹のうち、市場取引がある樹種で、曲がりの少なく枝下高が確保されている樹高4m以上の形質良質木を積極的に残す。 ③共生機能重視； ③-1 保健休養機能重視：針葉樹人工林を強度に間伐して下層植生の発達を促す。間伐時には、見通しを良くするための林床整理を実施するが、その際にはカエデ類、ツツジ等の景観木を残すほか、景観にも配慮した針広混交林を構築する。 ③-2 生物多様性機能重視：下層植生が欠落している場合には、受光伐としての間伐を行う。下層植生が発生した後は、原則として施業を行わない。
岡山県 (H16年度)	針葉樹と広葉樹で構成される複数樹種の複層林	針葉樹林の伐採跡地に自生した広葉樹を自然力を活用しながら育てる方法と人工植栽する方法	・針葉樹人工林を択伐・間伐した場合は針広混交林、皆伐した場合は広葉樹林となる。	①針葉樹人工林において群状、帯状、あるいは格子状に伐採し、その択伐・間伐跡地に広葉樹を導入します。 ②-1 その跡地に地表の攪乱等による埋土種子、隣接広葉樹林からの風散布種子、動物散布種子などの自然力を活用して広葉樹を導入し、混交状態を形成する。 ②-2 種子供給源となる母樹が存在しない場合、広葉樹を人工植栽して混交状態を形成する。

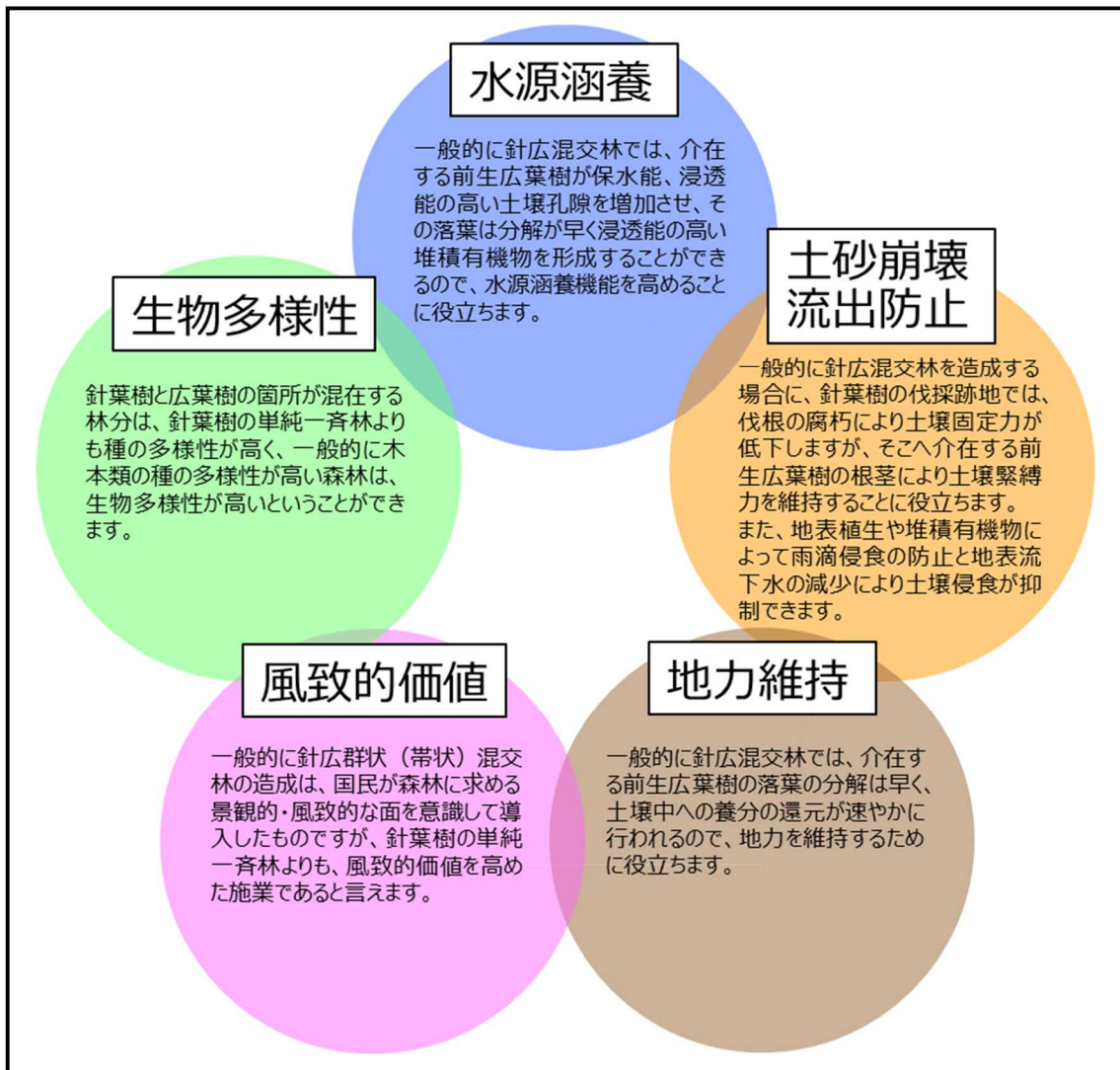


図 3-1 針広混交林の効果

（４）針広混交林造成の考え方

育成可能な前生広葉樹等が少ない水源林造成事業対象地においては、望ましい形で前生広葉樹等を活用できるとは限りませんが、可能な限り「前生広葉樹等を育成する区域と形状」を考慮しながら針広混交林へ誘導し、その効果を発揮させることに努めることとしています。

1) 前生広葉樹等を育成する区域

前生広葉樹等を育成する区域（以下「広葉樹区域」という。）は、前生広葉樹等の成林の可能性が高いと判断される区域を対象として、次の点に留意しながら、基本的に群状（または帯状）にまとめた状態で残置します。

① 広葉樹区域の考え方

広葉樹区域の形状としては、図 3-2 のとおり群状と帯状及びその両者の組み合わせがありますが、どのような配置、形状にするかは、次の事項を総合的に判断して、針葉樹植栽区域と広葉樹区域の配置等を現地の地理的条件も踏まえ、図面上に記入しながら検討します。

- ・事業対象地の地形（特に傾斜や起伏の状態）
- ・土壌
- ・気象（特に積雪量や霜穴のような凍害発生危険地）
- ・期待する効果
- ・事業対象地内の前生広葉樹等の成立状況や隣接林分の林況
- ・路網の現状等

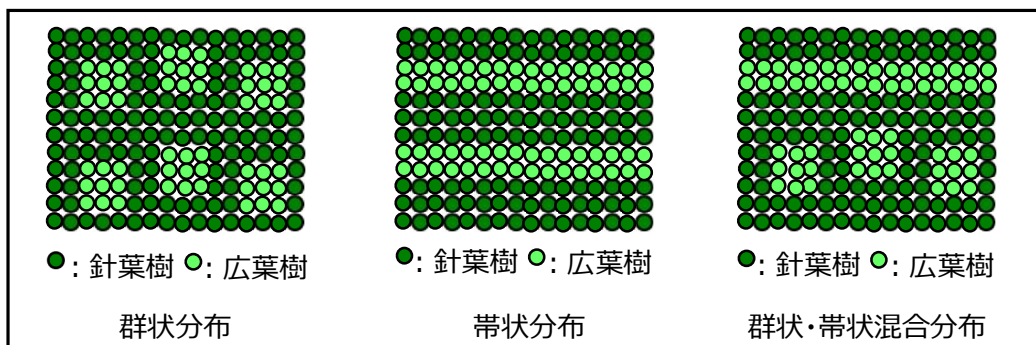


図 3-2 広葉樹区域の形状

② 広葉樹区域の面積割合

新植区域における広葉樹区域の面積割合は、図 3-3 のとおり一般的に 20%以上～50%未満を確保することが望ましいとされています。

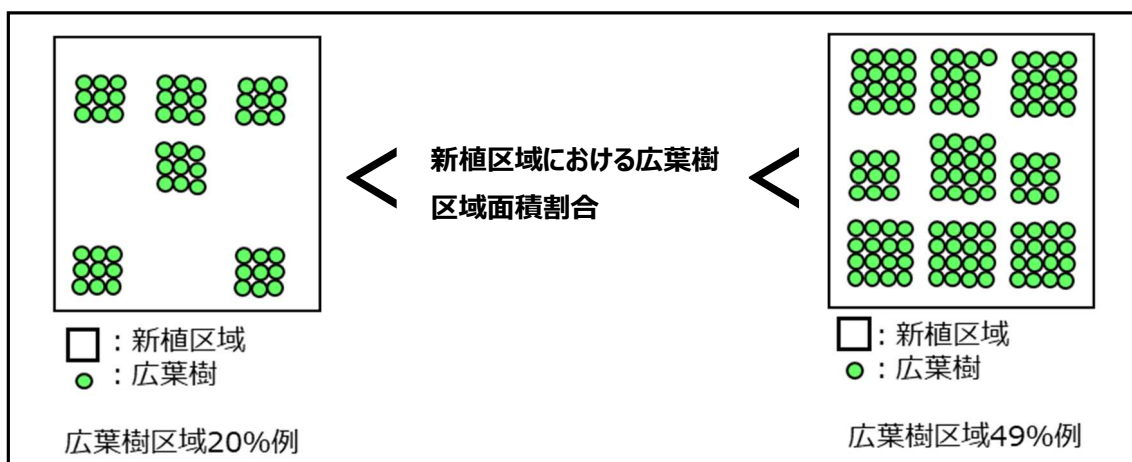


図 3-3 新植区域のうちの広葉樹区域の面積割合

③ 広葉樹区域の区画単位

広葉樹区域の区画単位は、土砂の崩壊や流出防止、水源涵養及び地力維持等の機能を発揮させるためには、一区画当たり0.5～2.0haの範囲内で設けることが望ましいとされています。



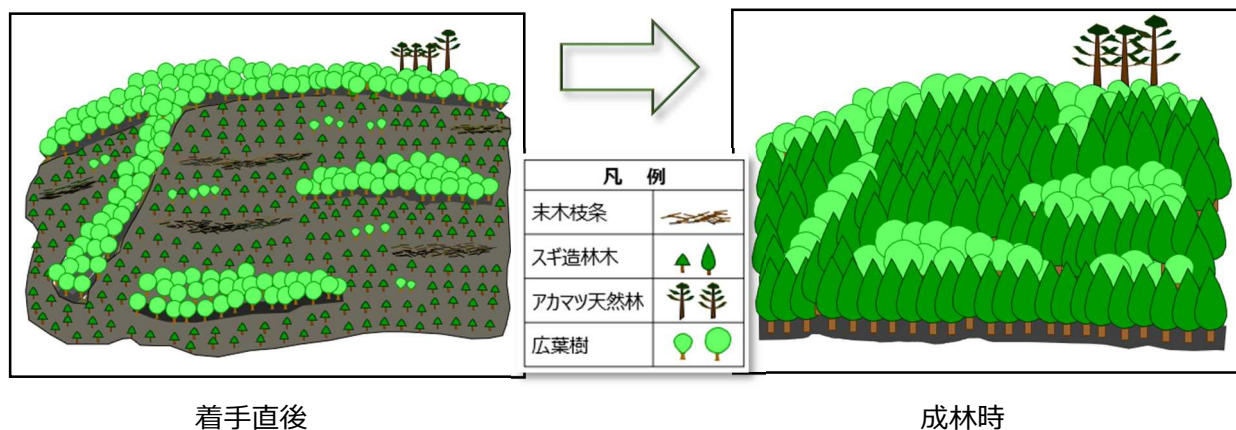
写真 3-1 広葉樹区域設置の事例（愛知県豊田市）

2) 広葉樹区域の配置と形状

① 地形条件に応じた広葉樹区域の配置と形状（望ましい姿の例示）

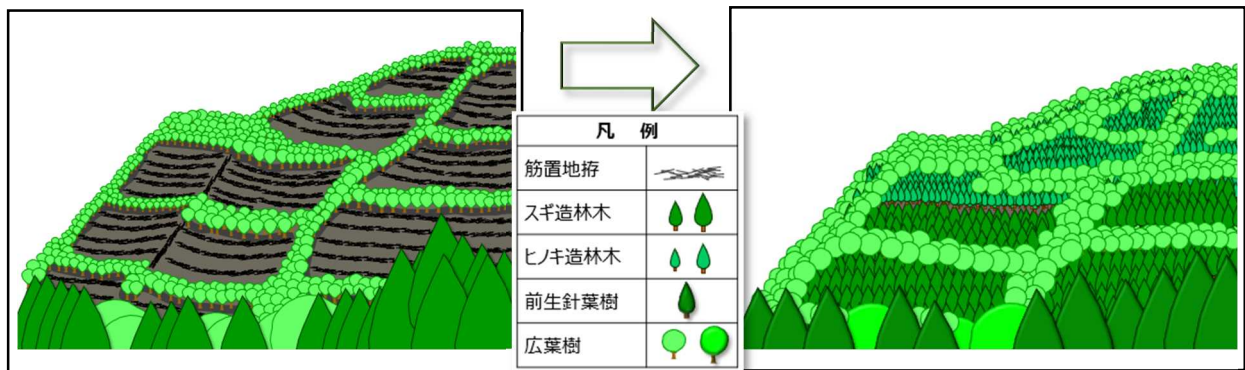
a 起伏、褶曲のある造林地

比較的突出した尾根筋には、10～30m幅の帯状に、起伏の緩い凸型地形の箇所には群状に広葉樹区域を設けます。



b 急傾斜地

山地の崩壊、土砂の流出の恐れのある急傾斜地には、水平帯状に広葉樹区域を設けます。
なお、尾根筋にも広葉樹区域を設け、ナラ類等の深根性広葉樹を育成できることがより好ましいと考えられます。



着手直後

成林時

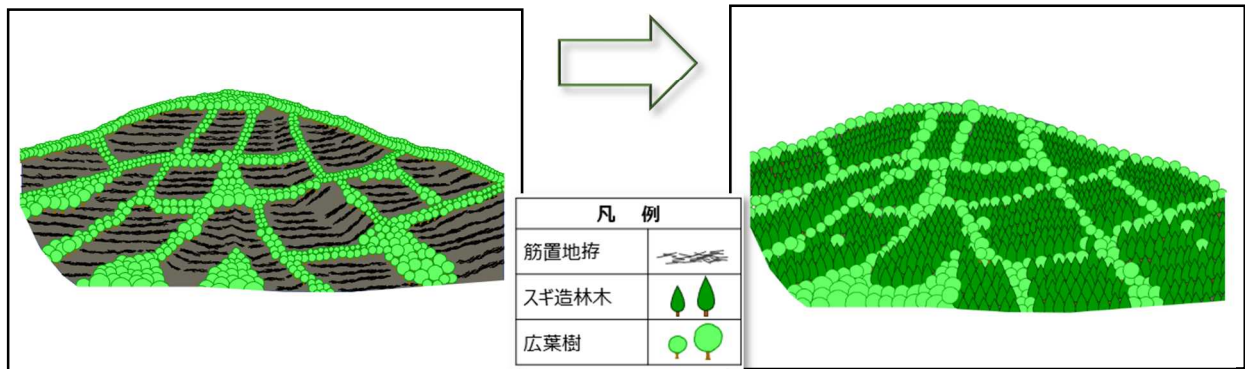
c 緩傾斜地

風害の恐れがある箇所では、格子状に帯状の広葉樹区域、他の一般的な箇所では、土壌の浅い箇所に群状の広葉樹区域を設けることに留意すればよいと考えられます。

② 気象災害を防止するための広葉樹区域の配置と形状（望ましい姿の例示）

a 雪害防止

積雪の多い地方（最大積雪深 1.5m以上）、特に湿雪地帯においては、積雪の葡行力（斜面下方向への雪圧）による植栽木の根抜けや倒伏に起因する曲がり被害が多発します。



着手直後

成林時

この積雪の葡行力を弱めるための緩衝地帯として、等高線に沿って（斜面に水平）幅 20m 程度以上の広葉樹区域を、尾根筋には帯状の広葉樹区域を、また、積雪量の多いと予想される沢筋や急傾斜地には努めて広葉樹区域を設置します。

b 寒風害防止

台地上地形や過去に寒風害の発生した地域では、事業対象地の主要な稜線に、防風帯とし

て積極的に広葉樹区域を設けます。また、毎年の寒風害により植栽木の成長が多少でも遅れると思われる箇所は広葉樹区域とします。

c 凍害防止

凹地形は霜穴になり易く、凍害がしばしば発生するので、可能な限り植栽を控え広葉樹区域にします。なお、緩傾斜地で針葉樹植栽区域を取り囲むように広葉樹区域を設ける場合には、その幅が狭いと霜穴になり易いことから、成林時の樹高の2倍以上とします。

d 干害防止

土壌の浅い尾根部や瓦礫地、南西向き斜面の乾燥しやすい箇所には、可能な限り植栽を控えて広葉樹区域とします。

③ 路網に応じた広葉樹区域の配置

急傾斜地における作業道の上下には、崩壊防止のために広葉樹区域を極力設けるように努めます。事業対象地の大部分が林道、作業道から遠く離れている場合には、将来の収穫事業の効率化に配慮して小面積の広葉樹区域は設けないようにするとともに、集材効率が著しく低下しないように留意します。

④ 各効果別の広葉樹区域の配置と形状（望ましい姿の例示）

a 土砂崩壊・流出の防止

土砂の崩壊や流出防止には、ナラ類等の深根性の広葉樹がより有効である一方、緩衝帯として十分な機能を発揮させるためには、針広の群状混交の配置単位は0.5～1.0ha、広くても2～3ha以下、帯状混交の場合には50～100m以下の単位幅が望ましいとされています。

さらに群状、帯状ともに針広混交率は少なくとも広葉樹区域を20～30%にすることが好ましいとされています。

b 水源の涵養

水源涵養機能をより発揮させるためには、保水能、浸透能の高い孔隙組成を高めるナラ類の深根性樹種がより適している。また、地表の保水能を高めるためには落葉の分解が早く、浸透能の高い堆積有機物を形成することが重要である。

その場合には、針葉樹植栽区域と広葉樹区域の配置単位は可能な限り小さい方が望ましく、群状混交では0.2～1.0ha以内、帯状混交では幅50m以内が望ましいとされています。

また、両者の区域の面積割合（すなわち混交率）は、可能な限り広葉樹比率を高くすることが望ましいとされています。

c 地力の維持

広葉樹林の落葉の分解は一般的に早く、土壌中への養分の還元が速やかに行われるので、地力を維持するために広葉樹区域をより多く設けることが望ましいとされています。

d 生物多様性の確保

生物多様性を確保するためには、対象面積が数 ha 以内の区域では単木混交、数ha~数十haの区域では群状もしくは帯状混交、さらに数十ha以上の区域では小面積混交で、しかも林業生産を考慮すると広葉樹混交率は 25~50%が適しているとされています。

e 風致的価値の向上

風致とは、景観が創り出す趣のことですが、各種形状の広葉樹区域を組み合わせてつ設けることによって、森林景観を極端に改変させるインパクトを防ぐとともに、樹種の違いによるコントラストで森林景観に変化を与えることができると言われています。



京都府南丹市



宮崎県延岡市



鹿児島県錦江町



島根県美郷町



岐阜県本巣市



福井県大野市

(5) 針広混交林造成の実行手順

針広混交林を造成する場合の手順は、図 3-4 のとおりです。

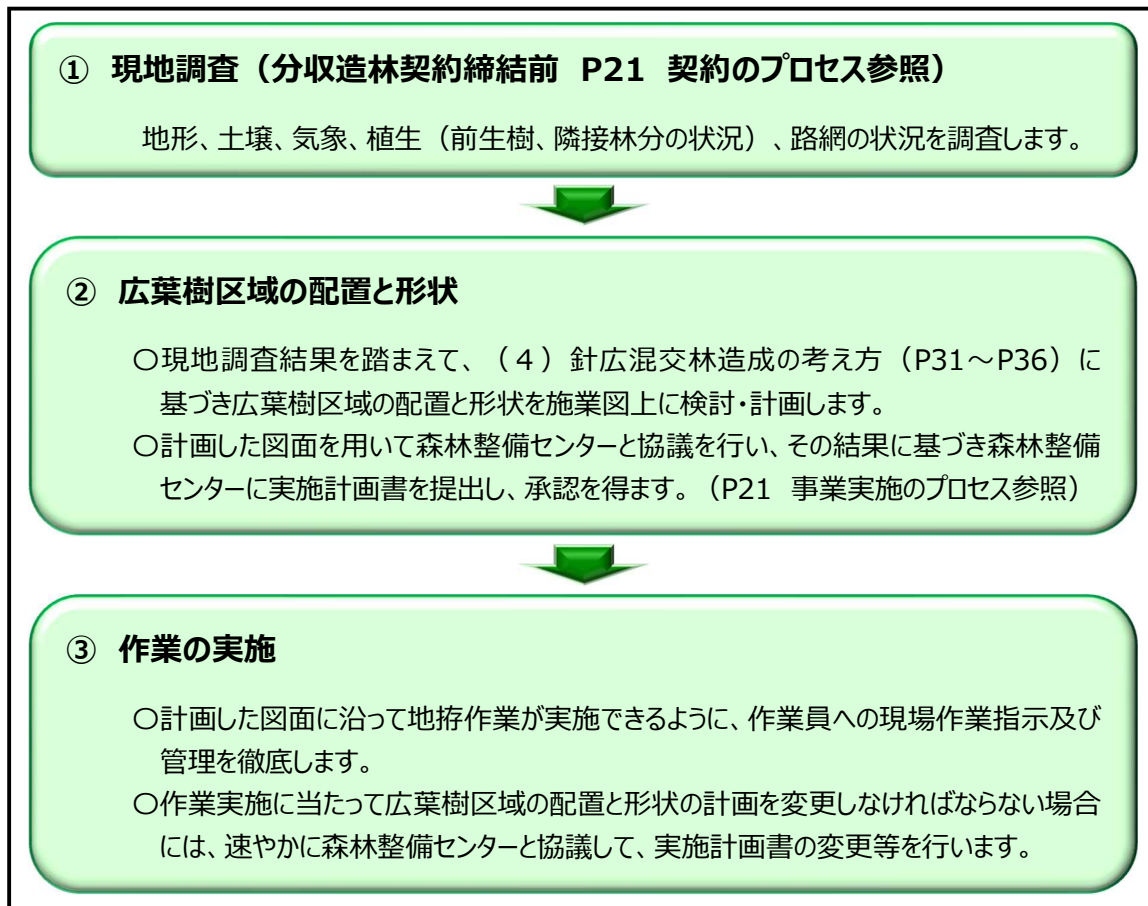


図 3-4 針広混交林造成の実行フロー

針広混交林の造成計画のイメージは、図 3-5 のとおりです。

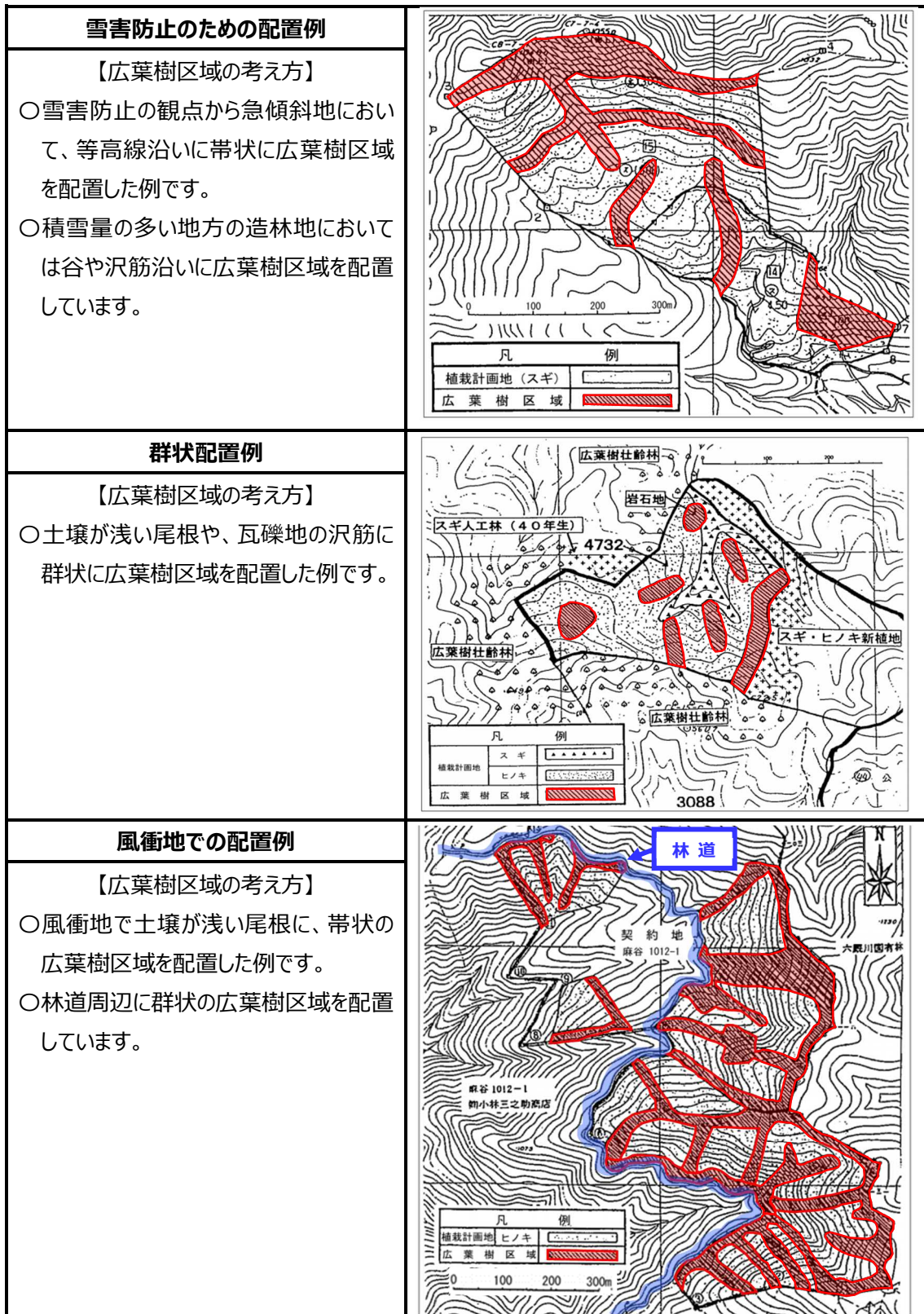


図 3-5 針広混交林造成の検討・計画のイメージ

コラム 広葉樹の侵入促進を目指す場合のポイント

森林整備センターでは、今後、天然力を活用した広葉樹の侵入促進を目的とした「更新伐（針広混交林）」を行うことも検討しています。そこで、「更新伐（針広混交林）」の実施にあたっては天然更新の確実性がポイントとなることから天然更新ができるかどうかの目安が必要です。


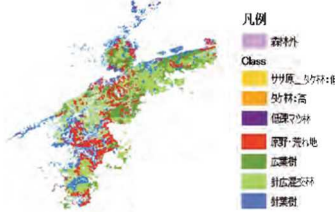
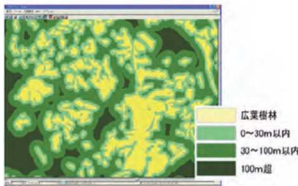

針広混交林化や広葉樹林化に向けた森林整備では、収益が期待できるわけではないため、極力費用をかけずに誘導する技術が必要となります。間雲に針葉樹を伐採するだけでは広葉樹の侵入は望めません。針広混交林化や広葉樹林化を目指したい林地の立地状況や過去の土地利用形態にも目を向けた判定が必要です。

判定のポイントは、以下のとおりです。

- 人工林に広葉樹を誘導するには広葉樹林からの距離が近いほど、誘導が有利
- 過去にその土地がどのように利用されていたかということも、広葉樹の誘導に大きく影響する
- GIS 上で作成された広葉樹林からの距離のデータと過去の土地被覆のデータを用いて、対象林分が広葉樹林化を図るのに適しているかどうか

森林整備センターと同一組織内の森林総合研究所において、広葉樹林化を目指す場合の目標とする林型の考え方、更新を決める要因、適地抽出方法と事例、施業後評価方法について、下記に示す「広葉樹林化ハンドブック」で詳しく説明していますので、参考にしてください。

広葉樹林化の適地判定のポイント

<p>人工林内に広葉樹の種子 が供給されることが必要</p>  <p>種子供給には、広葉樹林からの距離が影響する。</p>	<p>過去の土地利用形態も重要</p>  <p>人工林造成前の土地利用形態が、埋土種子や前生稚樹の有無に影響する。</p>
<p>GISは広葉樹林化適地判定の効率化のための有力なツール</p>  <p>広葉樹林からの距離の計算や、重ね合わせ処理による適地判定が可能である。</p>	<p>最後は現地における判定が重要</p>  <p>最終的に広葉樹林化が可能かどうかは現地を見て判断する必要がある。</p>

(出典：広葉樹林化ハンドブック 2010_人工林を広葉樹林へと誘導するために（2010年12月 森林総合研究所）
<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/documents/2nd-chuukiseika22.pdf>
 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（2012年3月 森林総合研究所）
<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/documents/3rd-chuukiseika1.pdf>)

3.2 育成複層林

育成複層林は、公益的機能を持続的に高度発揮させるため、帯状または群状を基本として複数の樹冠層を構成する森林を造成するものであり、平成8年度より一部の造林地で育成複層林を展開してきましたが、平成20年度からはダム等の上流など条件を満たす造林地については、契約相手方の同意を得たうえで積極的に育成複層林化を図っているところです。

(1) 育成複層林造成の取組

育成複層林の造成は、全国各地の自治体で取り組まれており、その代表事例は表3-2のとおりです。

表3-2 各都道府県自体が実施している育成複層林の造成事例

都道府県 (開始年度)	定義	種類	林型	条件
秋田県 (S55年度)	単一樹種を同時に植栽した人工林を、複数の樹冠層を有する複層林型に誘導して森林を管理する手法	①短期二段林 ②長期二段林 ③帯状複層林（群状複層林）	①短期二段林：上木の主伐期の10～20年ぐらい前に下木を植栽し、二段林化する ②長期二段林：短期二段林よりも長い20年以上の期間、複層林型を維持する ③帯状複層林（群状複層林）：二段林施業と異なり、上木と下木の配置が面的に異なるタイプ	①光環境 ②上木の林齢 ③上木の施業履歴 ④地形、気象条件 ⑤土地条件 ⑥社会的条件
石川県 (H9年度)	二層以上の林冠のある林の総称、林冠層の数によって区別され、アテ択伐林のように層の区別ができなくなったものが連続層林	【林冠層で類別】 ①二段林 ②三段林 ③連続相林（択伐林） 【林冠層の重複期間（二段林）】 ①一時的二段林 ②常時二段林	【樹種構成】 単一樹種：アテアテ 二樹種以上：スギアテ、スギアテ・ヒノキ、アカマツアテ	①専門的労働力 ②林分密度の調整 ③光環境の改善 ④収穫の実行 ⑤高度な技術
千葉県 (S62年度)	人工林において人工更新によって複数の樹冠層を持つように造成した森林	【樹冠層の垂直方向配置】 ①二段林 ②多段林 ③連続相林（択伐林） 【複層林状態の存続期間】 ①短期二段林 ②長期二段林 ③常時複層林（多段林、連続相林） 【複数樹冠層の水平方向の配置】 ①帯状複層林 ②群状複層林		①気象害に受けにくい立地 ②恒常的な労働力の確保 ③路網の整備 ④地位が良く（中以上）、上層木が高齢（50年生以上） ⑤間伐後の残存木の形状比が低い（80以下） ⑥上層木の定期的な伐採、枝打ちが実行可能 ※なお、④～⑥は上層木と下層木が上下に重ならない帯状複層林、群状複層林では考慮の必要なし。
神奈川県 (H9年度)	二層以上の階層を持つ森林であり、その階層構造により二段林、三段林、多段林等に分けて呼ばれる。	【林木の配置が均等なもの】 ①短期二段林 ②長期二段林 ③常時複層林 【林木の配置が集中型のもの】 ①群状複層（相）林 ②帯状複層（相）林		①光環境の維持 ②上木の収穫の時期 ③路網の整備 ④気象災害が少ない ⑤林地の生産力が高い

(2) 育成複層林造成の目的

水源林造成事業地においては、森林の有する水源涵養機能等の公益的機能を持続的かつ高度に発揮させることを目的として、育成複層林の造成を行います。

(3) 育成複層林造成の効果

育成複層林の造成は、森林の有する多面的機能のうち、図 3-6 のとおりの機能を発揮することに役立つものと考えられています。

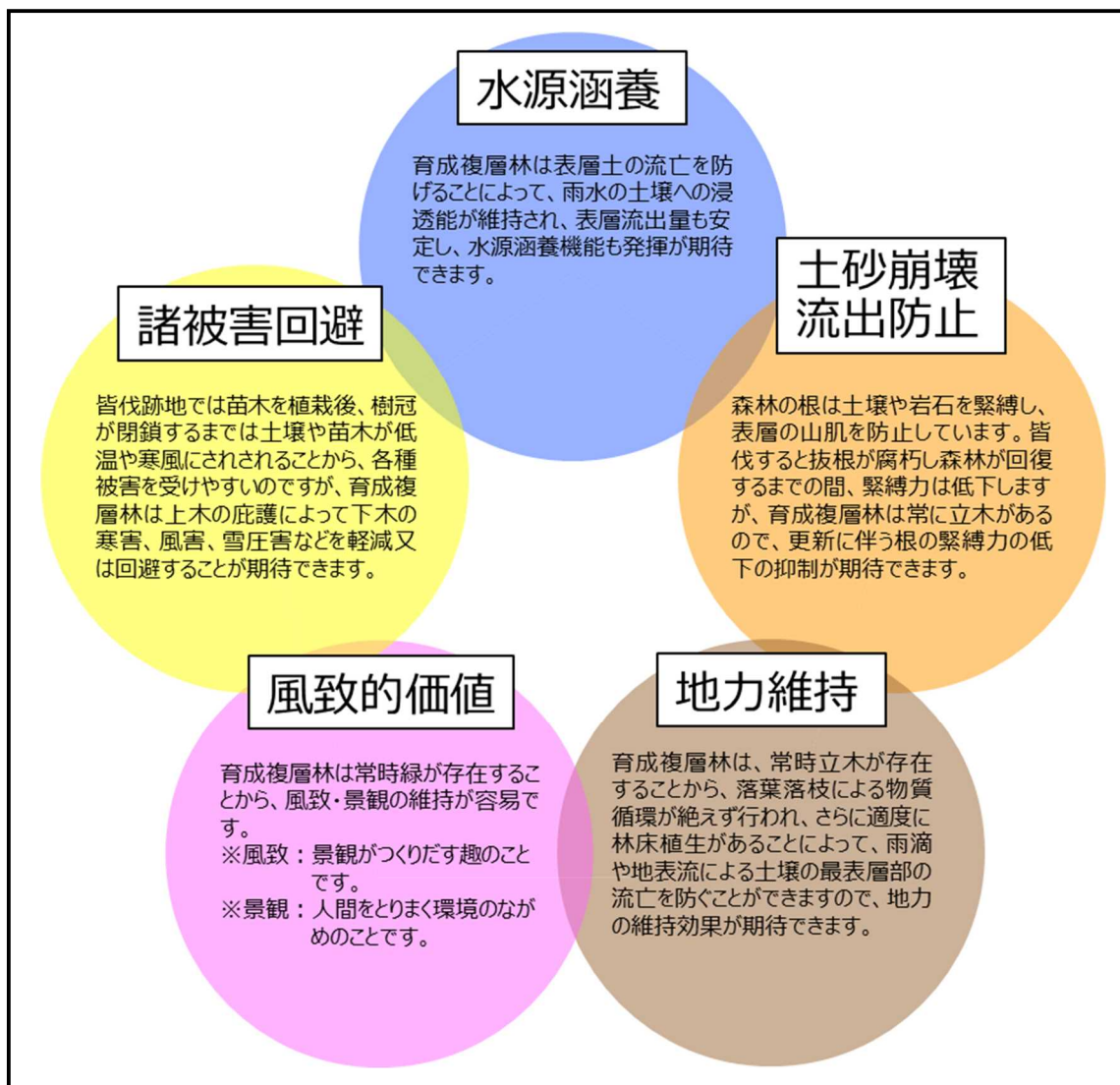


図 3-6 育成複層林の効果

(4) 育成複層林造成の考え方

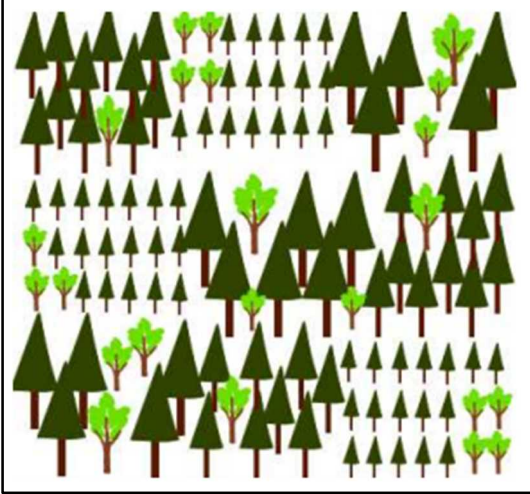
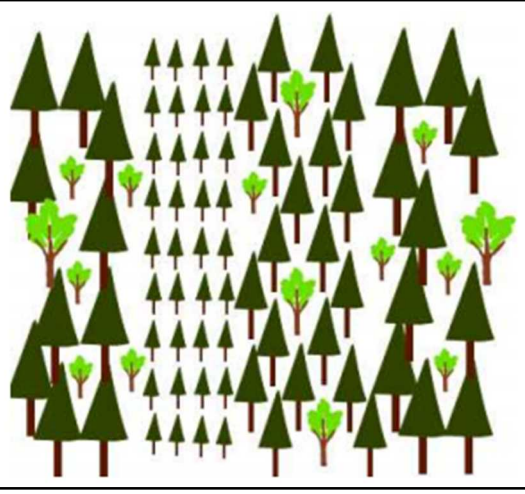
水源林造成事業においては、公益的機能を持続的かつ高度に発揮するために育成複層林に誘導する必要があり、かつ、分収造林契約の当事者が当該分収造林地を育成複層林に誘導することに同意した契約地を対象地に、次の考え方を踏まえて育成複層林へ誘導して、その効果を持続的に発揮させることに努めています。

1) 育成複層林の対象地

育成複層林は、①ダム、簡易水道等の上流に位置する森林か、あるいは②景観の保全その他の事由によって、契約地が所存する地域または下流域の地方公共団体の長から育成複層林への誘導を求められている森林のいずれかに該当する森林であり、下木の成長が見込まれる森林で、かつ作業道が十分設置されているなどの地理的条件が良いか若しくは、今後作業道の整備が見込まれる森林で優先的に実施します。

2) 育成複層林の区分

育成複層林の区分は基本的に次のとおりとし、いずれの場合も下木の成長に支障をきたさないように上木を配置します。

① 群状育成複層林	② 带状育成複層林
【植栽位置】 上木を群状に配置した残りの部分に植栽します	【植栽位置】 上木を带状に配置した残りの部分に植栽します
【イメージ】 	【イメージ】 

3) 育成複層林の造成方法

群状または带状の育成複層林を造成するときは、あらかじめ育成複層林誘導伐^{※1}を実施して、下木の植栽を三段林^{※2}の場合には3回、二段林^{※2}の場合には2回行い、当該地域で主伐が可能な

林齢を基準とする輪伐期^{※3}の林分（三段林または二段林）に誘導します。

※1 育成複層林誘導伐：育成複層林に誘導するための伐採

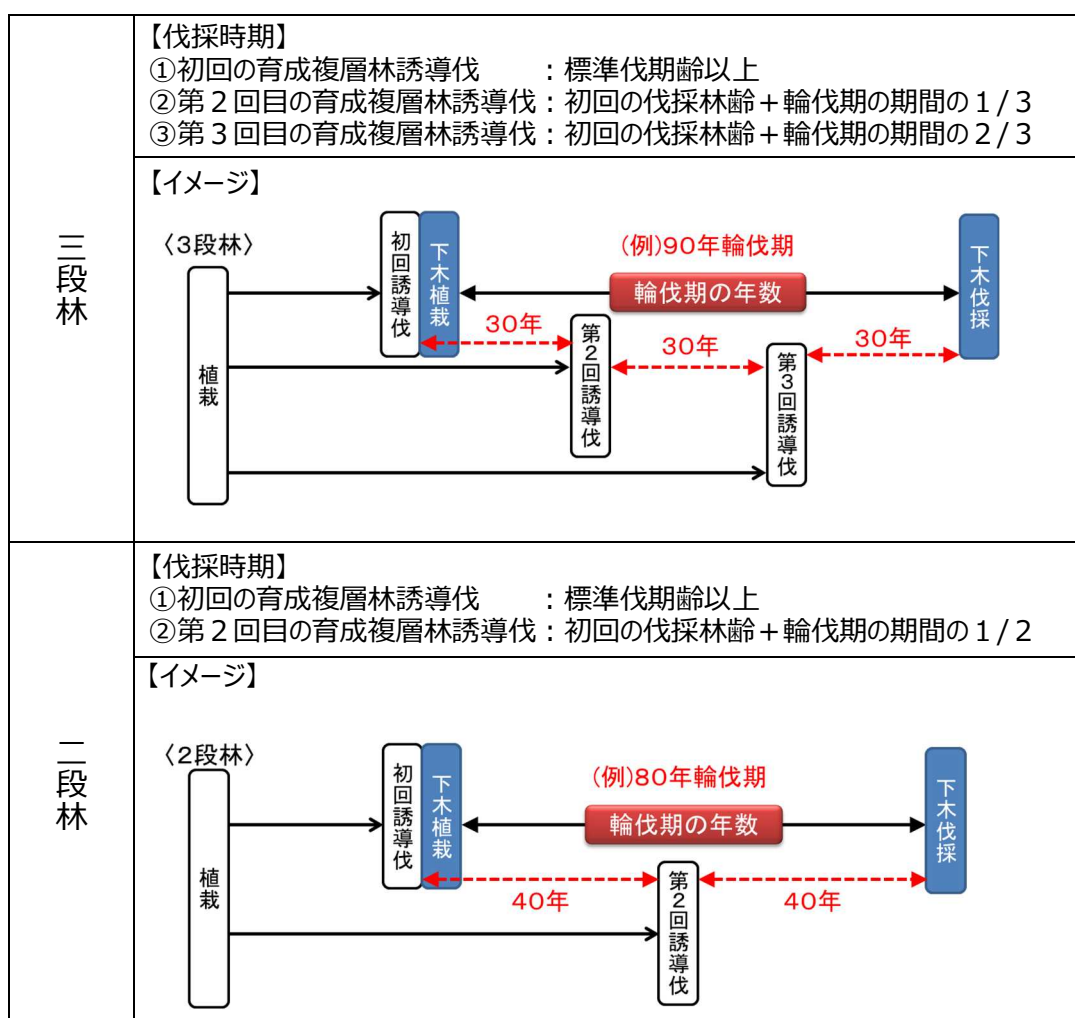
※2 三段林・二段林：

三段林	二段林
【施業】 三つの樹冠層になるように、概ね3分の1ずつ育成複層林誘導伐を行い、その跡地に下木（苗木）を植栽します。	【施業】 二つの樹冠層になるように、概ね2分の1ずつ育成複層林誘導伐を行い、その跡地に下木（苗木）を植栽します。

※3 輪伐期：伐採された森林が更新され、再度伐採されるまでの期間

4) 育成複層林の実施時期

水源林造成事業における育成複層林の実施時期は、育成複層林誘導伐を実施できる林齢に達していること。すなわち標準伐期齢以上であることです。



5) 育成複層林の区分（三段林）

水源林造成事業において育成複層林を造成する区域（上木と下木からなる面積）は、概ね5～15haを目安として、図3-7のとおり下木の植栽は概ね3分の1ずつ実施する育成複層林誘導伐の跡地に行います。

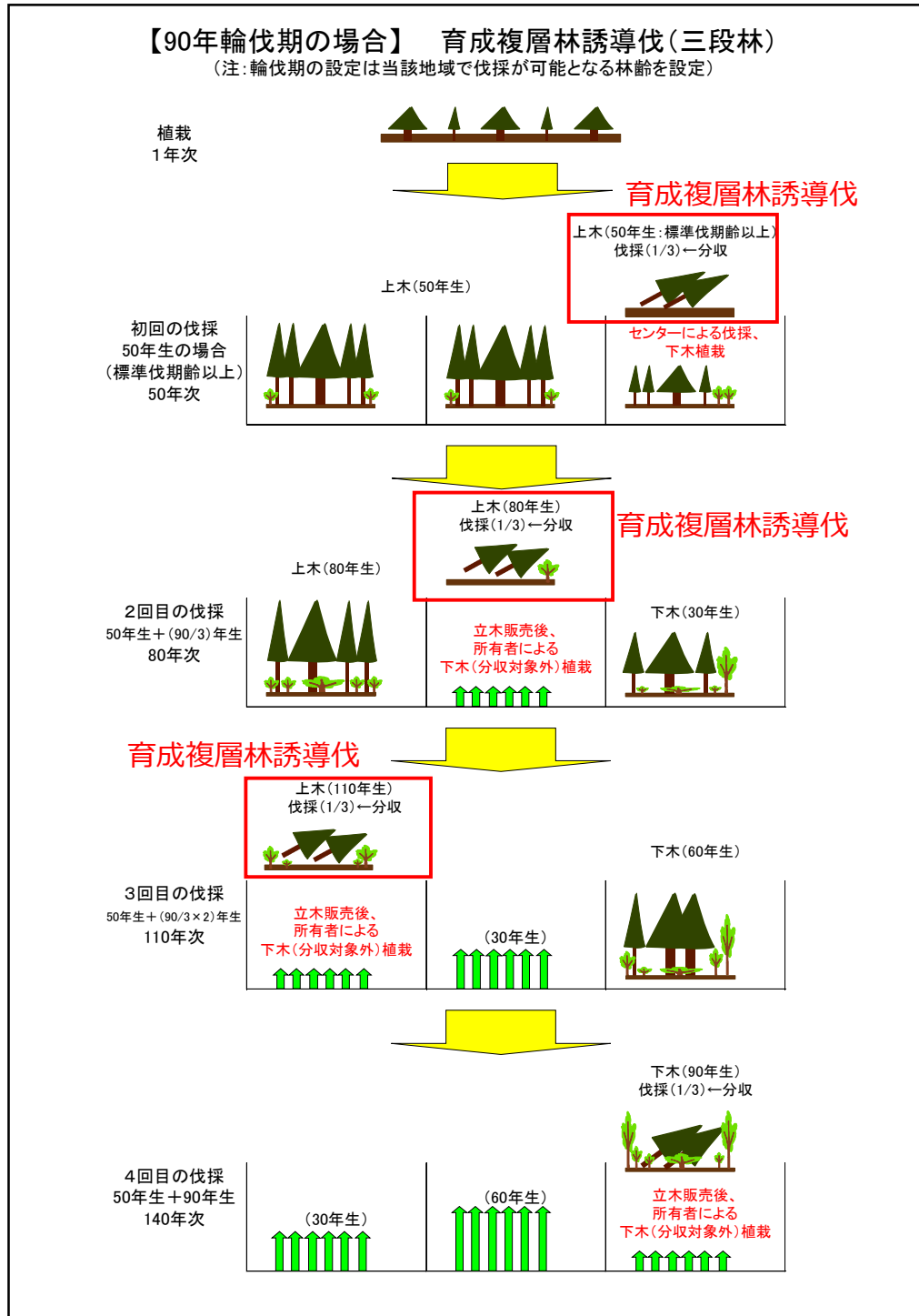


図3-7 育成複層林誘導伐による育成複層林造成のモデル（三段林）

6) 育成複層林の区分（二段林）

水源林造成事業において育成複層林を造成する区域（上木と下木からなる面積）は、概ね5～15haを目安として、図3-8のとおり下木の植栽は概ね2分の1ずつ実施する育成複層林誘導伐の跡地に行います。

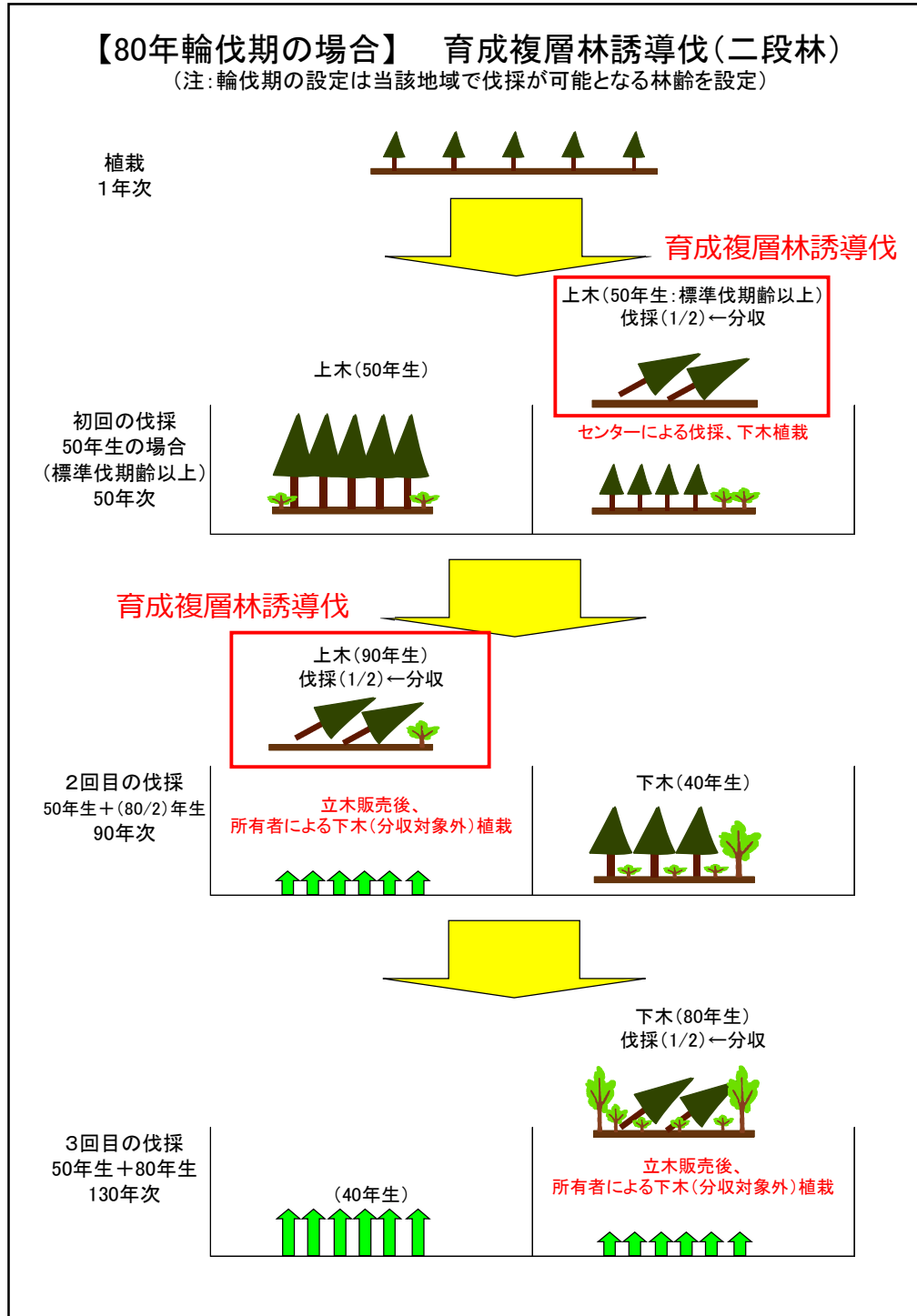


図3-8 育成複層林誘導伐による育成複層林造成のモデル（二段林）

7) 育成複層林の形状

水源林造成事業における育成複層林誘導伐は、伐採木の搬出がしやすく、下木の成長に必要な受光量を確保しやすい図 3-9、図 3-10 のとおり群状または帯状伐採を基本として、群状または帯状の育成複層林を造成します。

種類	方法
群状伐採	1 伐区の大きさは概ね 2 ha を限度とします
帯状伐採	帯の幅は隣接する上木の樹高の概ね 2 倍以内とします

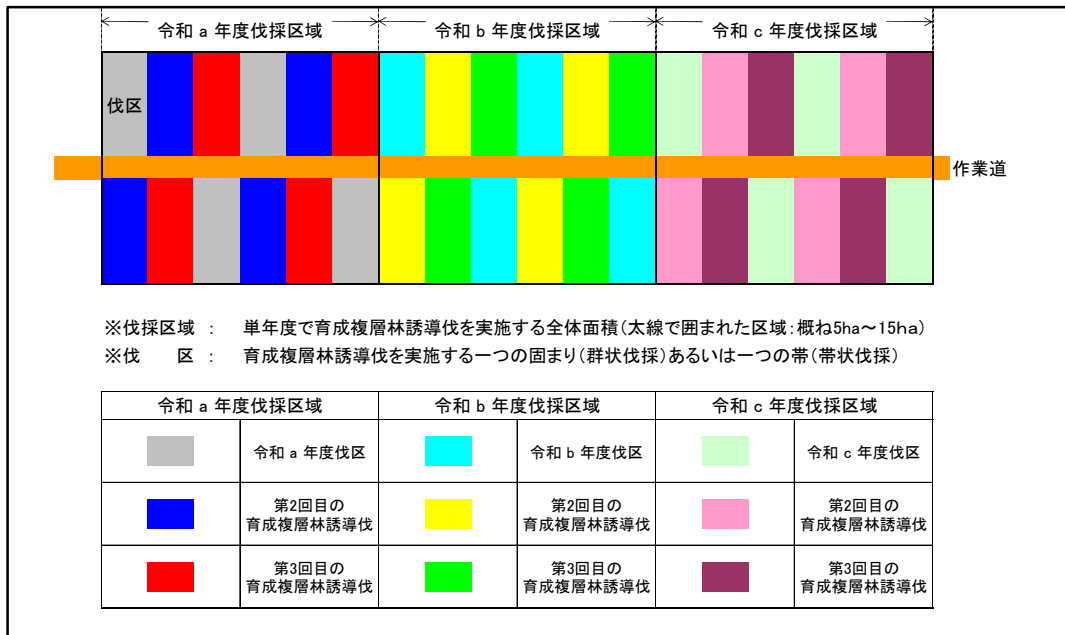


図 3-9 育成複層林誘導伐による帯状育成複層林の形状イメージ (三段林)

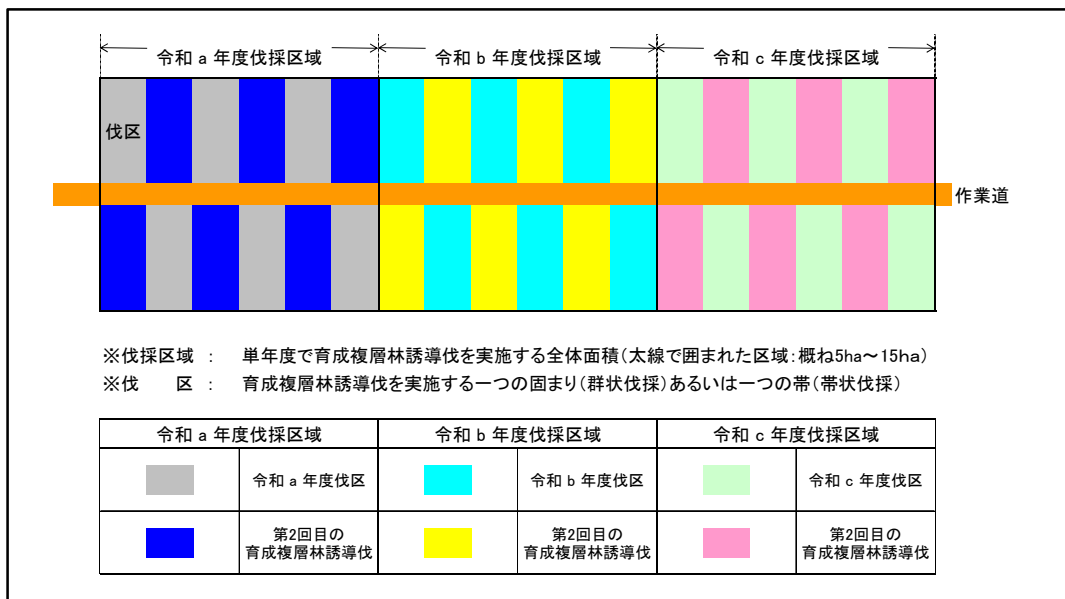


図 3-10 育成複層林誘導伐による帯状育成複層林の形状イメージ (二段林)

8) 育成複層林施業体系モデル

水源林造成事業における育成複層林では、上木・下木（初回の育成複層林誘導伐後の植栽木）共に、間伐等の施業を図 3-11、図 3-12 のとおり森林施業計画に基づき必要に応じて実施します。

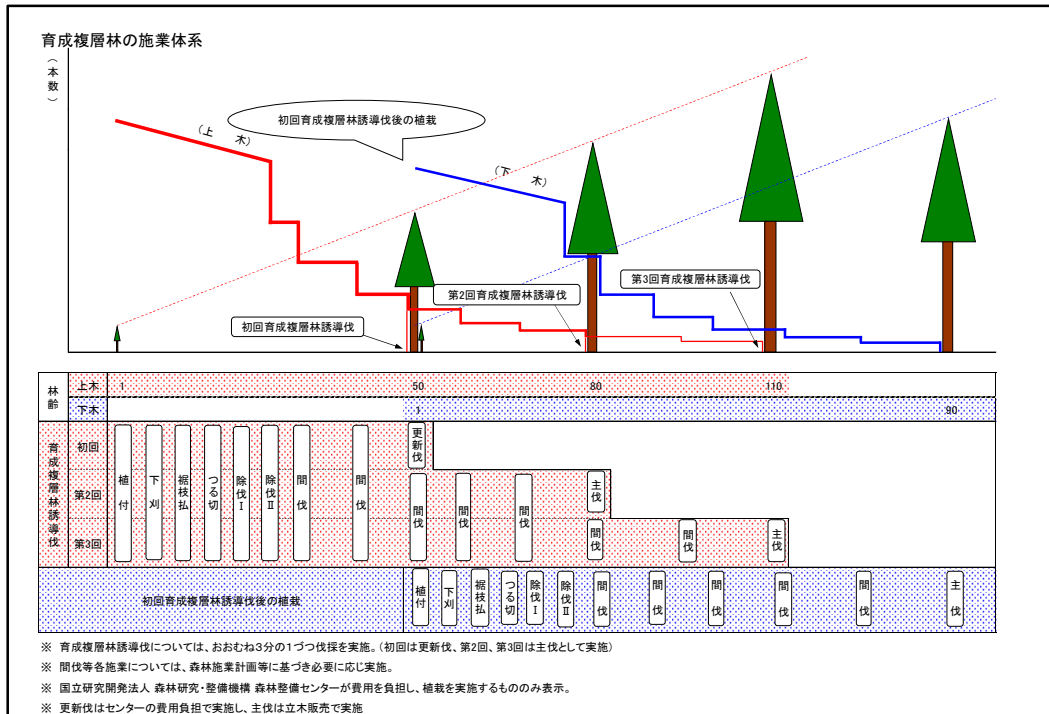


図 3-11 三段林施業体系モデル（90年輪伐期として設定した場合）

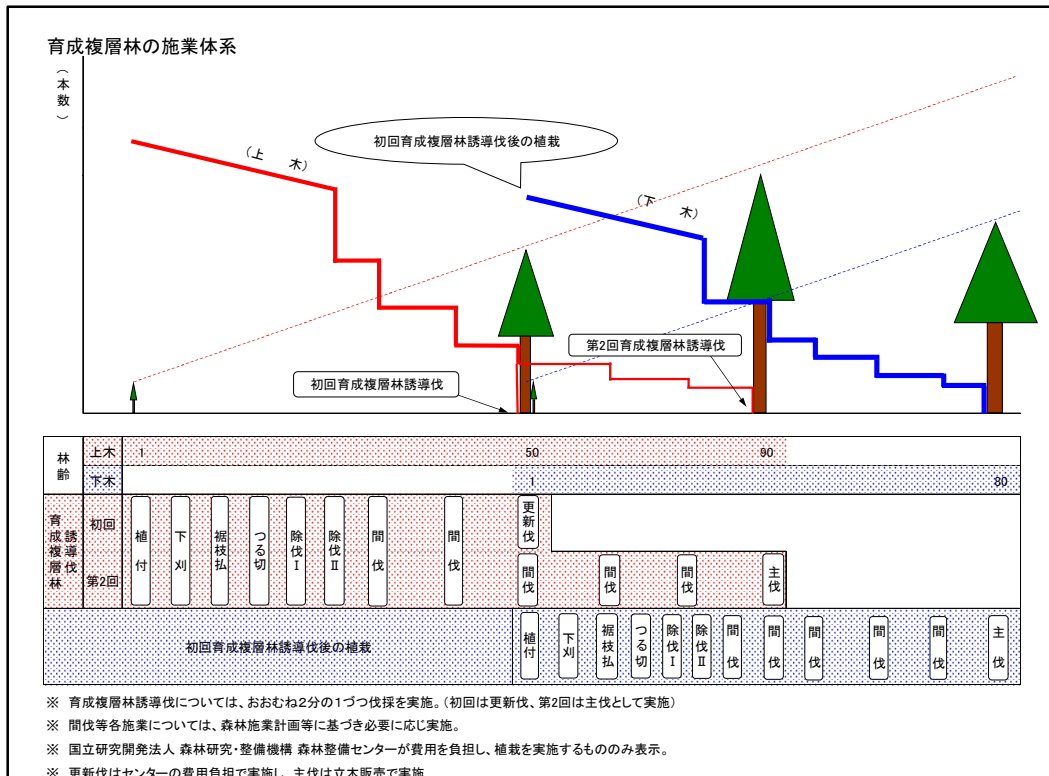


図 3-12 二段林施業体系モデル（80年輪伐期として設定した場合）

9) 育成複層林誘導伐の留意事項

① 伐採区域及び伐区

- 帯状伐採の伐採区域は、3分割または2分割し、伐区と上木を交互に設定します。
- 群状伐採の伐区は、出来る限り集中しないように分散させてモザイク的に配置します。
- 風や雪の影響が想定される地域においては、隣接林分の林分状況を把握（形状比、樹冠長率等の確認）し、伐区の方位や幅等について十分配慮し、伐区を設定します。
- 予定する搬出方法等を踏まえたできる限り効率的な伐採区域及び伐区の設定に努めます。
- 集材搬出等を考慮して、尾根や谷等の自然界等で伐採区域及び伐区を区分するように努めることとします。また、必要に応じて、境界の明確化及び伐採後の管理等に配慮して林道、作業道等で区分します。
- 下木の生育のために、照度確保等に配慮した伐区を設定します。

② 伐採計画

- 後年度の伐採及び伐採後の造林地所有者による植栽にも配慮した合理的な伐採計画とします。

コラム 森の混み具合や樹形をみる指標

一般的に、“素性悪い一斉林で、間伐等の手入れが悪く、混んでいる森林は病虫害に弱く、台風や雪による被害が発生しやすい”といわれていますが、それは具体的にどのような状態なのでしょう。森林の混み具合や樹形をみる指標として、以下のようなものがあります。

指標	概要
相対幹距比 (Sr)	上層平均樹高に対する平均個体距離の割合。20%程度が適当な混み具合で、17%以下は混みすぎとされています。
収量比数 (Ry)	林分密度管理図において、最多密度を1としたときの、それに対する相対的な混み具合。一般に、0.8以上は混みすぎとされています。
樹冠疎密度	樹冠投影面積を森林面積で割った値。保安林整備の間伐基準にも用いられており、0.8以上は混みあった状態とされています。
形状比 (H/D)	樹高 (cm) を胸高直径 (cm) で除した値。ずんぐり型かひよろひよろ型かを表します。80を超えると気象災害に弱い樹形とされています。
樹冠長率	樹高に対する樹冠長の割合。40%以下の林木が多くなると混みすぎとされています。

これらの数値だけで、その森林の優劣を見極めるものではありませんが、現在の状態を客観的にとらえる指標になります。あまりに、バランスの悪い森林については、人の手を入れて健全な森林に誘導することにより、ひいては水源涵養機能や公益的機能の向上が図れると考えられます。

(参考：2019年度 森林総合監理士 (フォレスター) 基本テキスト 林野庁)

10) 伐採・搬出の留意事項

- 伐採木の搬出に当たっては、地表の損傷を極力抑えるよう留意して、更新に支障がない伐採方法及び搬出方法を選択します。
- 隣接林分等の残存木の健全性の確保に留意します。
- 伐採箇所の直下に水道施設等保全対象がある場合は、当該施設等への影響を十分考慮して適切な方法及び時期とします。
- 伐採後、天然更新を予定している箇所については、その点に十分留意した伐採・搬出方法及び時期を決定します。



岐阜県美濃市

(5) 育成複層林の実行手順

育成複層林を造成する場合の手順は、図 3-13 のとおりです。

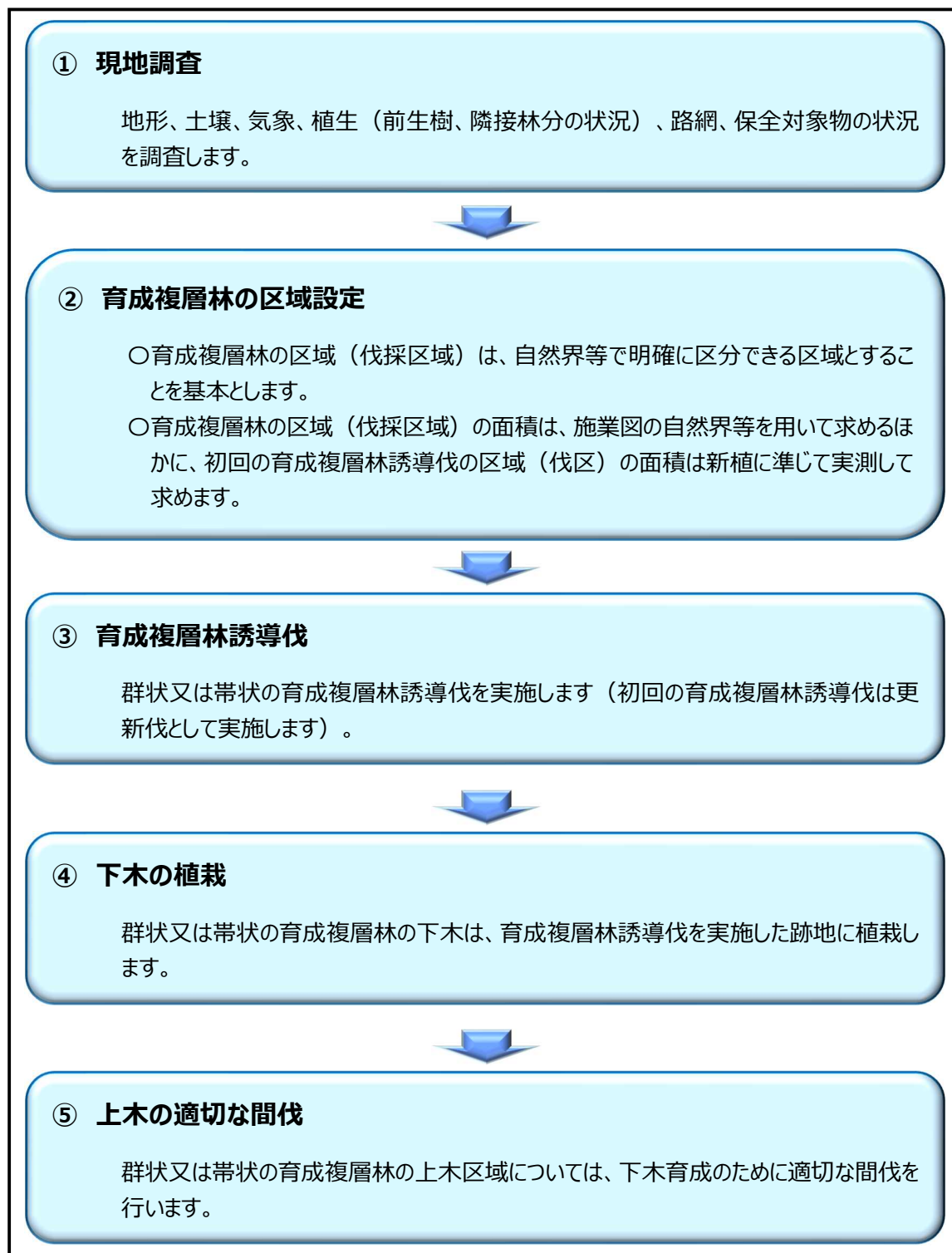


図 3-13 育成複層林造成の実行フロー

育成複層林の検討・計画のイメージは、図 3-14 のとおりです。

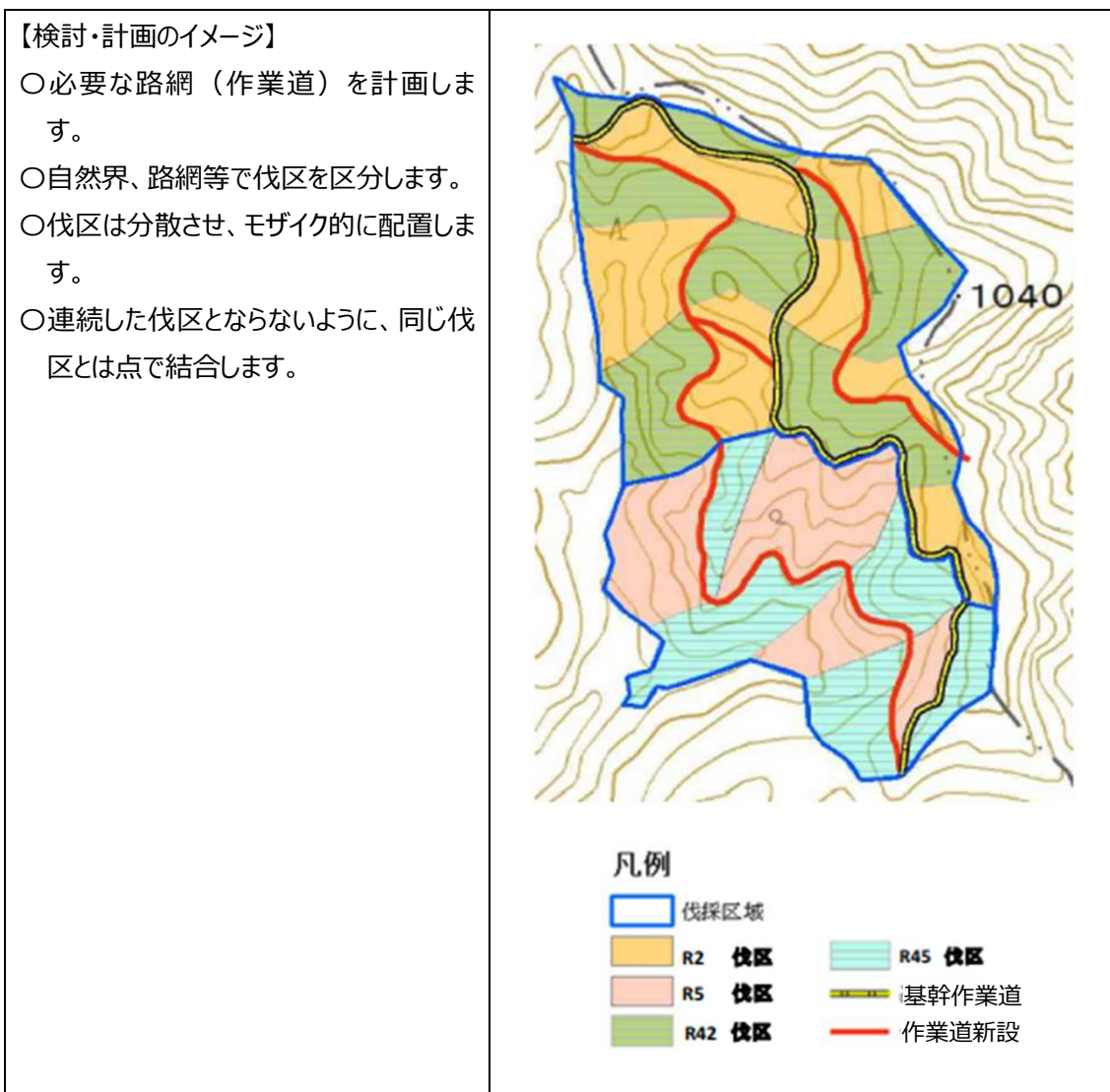


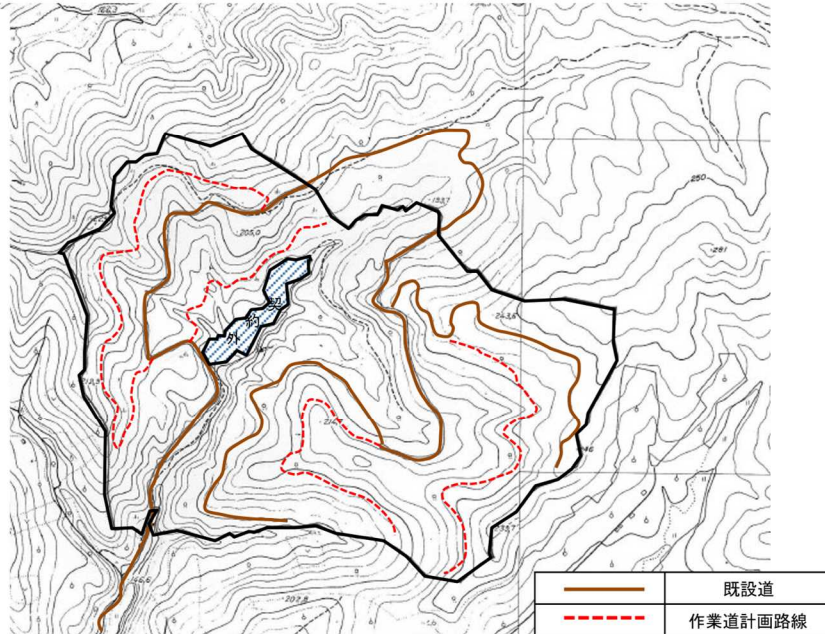
図 3-14 育成複層林の検討・計画のイメージ

育成複層林の区域設定の具体的な作業手順

主伐計画図（見込み）の作成【育成複層林誘導伐】

1. 効率的な集材搬出が可能となるよう、作業道の設置を計画

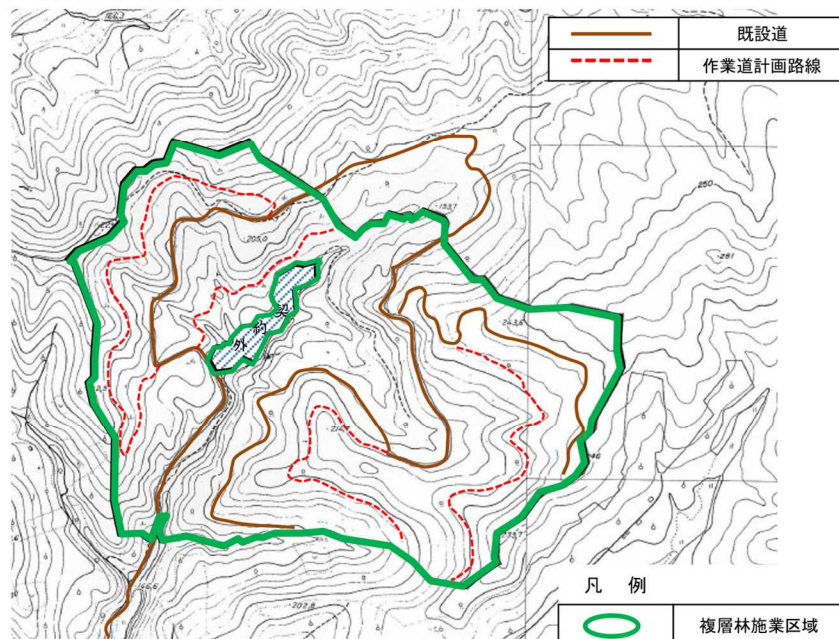
- ※極力複層林施業区域を大きくとるよう路網を計画する。
- ※車両系集材の場合は、路網密度150m/ha程度を上限に計画。
(150m/haの目安は、道の間隔が100m程度)



主伐成計画図（見込み）の作成【育成複層林誘導伐】

2. 複層林施業を実施する全体区域を設定

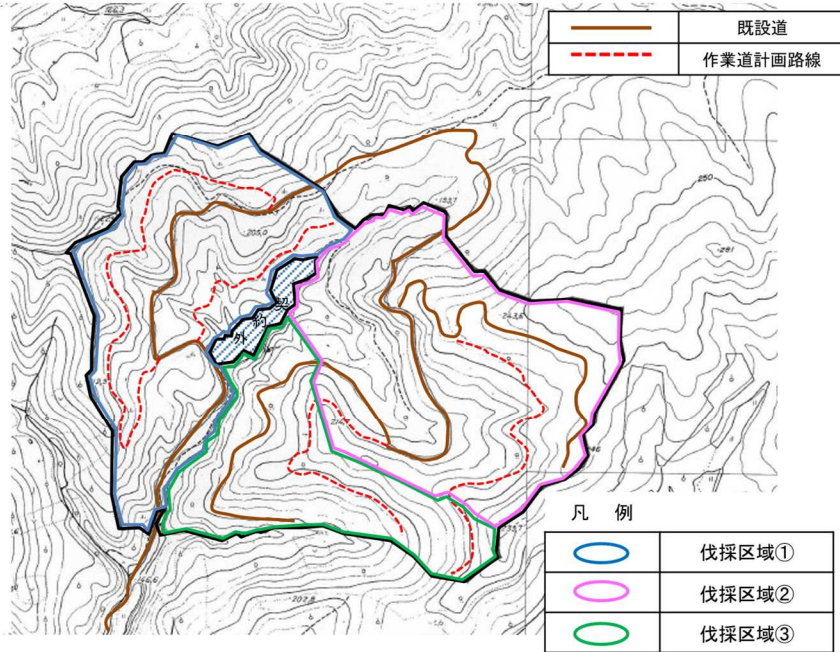
- ※極力複層林施業区域を広げる。



主伐計画図（見込み）の作成【育成複層林誘導伐】

3. 伐採区域を設定

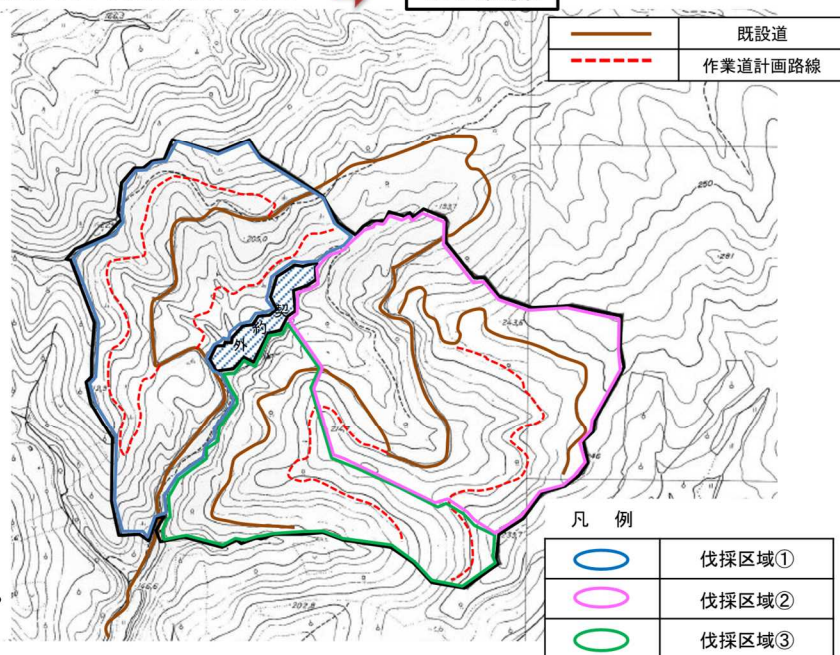
- ・一伐採区域面積は、概ね15ha以内
- ・自然界、道等で区分



主伐計画図（見込み）の作成【育成複層林誘導伐】

4. 育成複層林誘導伐の伐採方法を決定 → 群状伐採

- ・群状伐採又は带状伐採のいずれか。
- ※带状伐採の伐採区域は3分割又は2分割し、伐区と上木を交互に設定。
- ※群状伐採の伐区は、できる限り集中しないように分散させ、モザイク的に配置。
- ※地形、その他要因を勘案し、決定する。



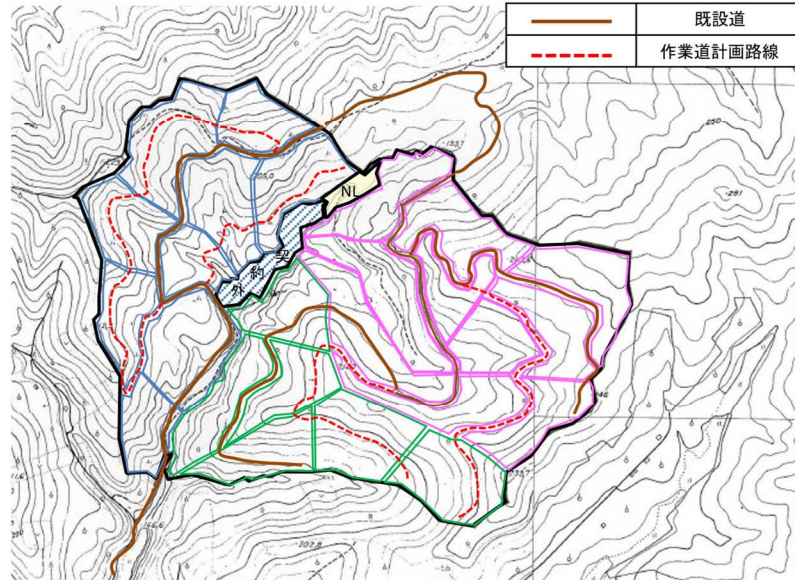
主伐計画図（見込み）の作成【育成複層林誘導伐】

5. 伐採区域内の各伐区を設定

- ・群状伐採の一伐区の面積は、概ね2 haを限度。
- ・搬出等を考慮し、自然界、道等で区分する。
- ・風雪害の影響等を考慮。

（帯状伐採の場合）

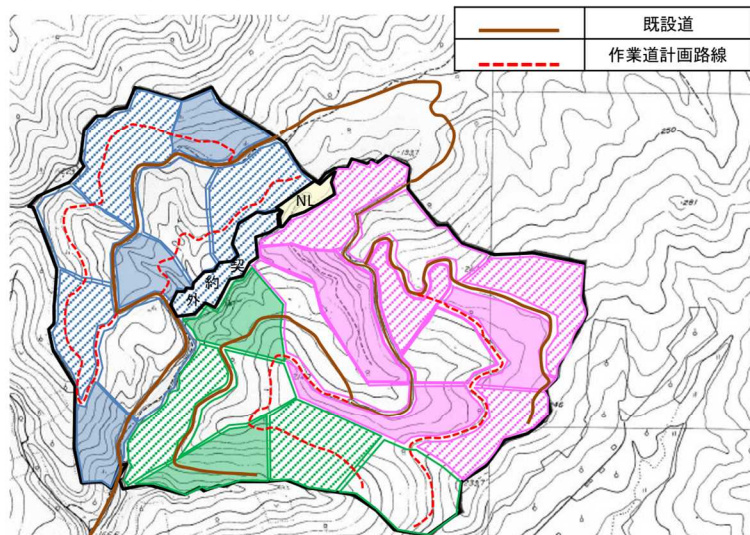
- ・帯の幅は、隣接する上木の樹高の概ね2倍以内。



主伐計画図（見込み）の作成【育成複層林誘導伐】

6. 育成複層林誘導伐を実施する順番を設定

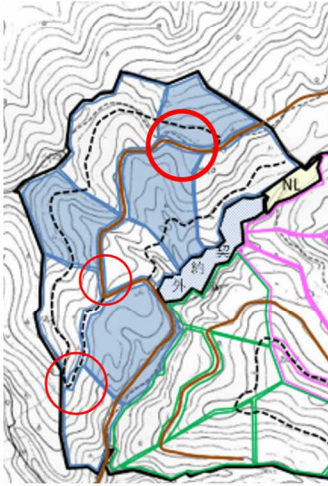
- ・伐区を分散し、モザイク的に配置
- ・樹種、生育状況を考慮した配置
- ・搬出方法、後年度の植栽に配慮した効率的な配置



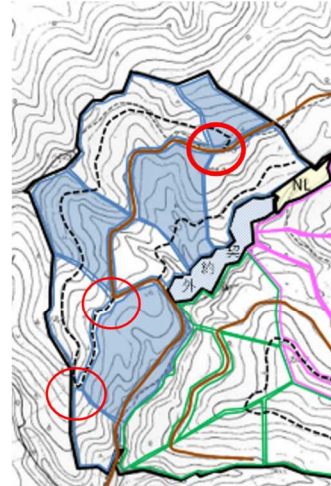
伐採区域	伐区（伐採予定年度）		伐採区域	伐区（伐採予定年度）		伐採区域	伐区（伐採予定年度）	
	伐区	伐区		伐区	伐区		伐区	伐区
①		初回誘導伐	②		初回誘導伐	③		初回誘導伐
		第2回誘導伐			第2回誘導伐			第2回誘導伐
		第3回誘導伐			第3回誘導伐			第3回誘導伐

伐区設定の留意点【2段林の場合】

・伐区同士が線で接すると、伐区が連続してしまう。



・伐区を点で接合させ、連続した伐区とならないようにする。



3.3 植栽と保育

新規の水源林造成地では土地所有者から提供された土地にスギ・ヒノキなどの苗木を植栽（新植）し、植栽後の気象害などにより植栽木が適切に成長せずに一部が枯損した場合には、将来、適切な林分となるように補植等を行います。その後、植栽木が自然の中で生育し成林するために、雑草木との競争、気象害・病虫獣害による影響、同一林分内での個体間の競争などを経る各段階において下刈、つる切、除伐や間伐等の人為的な保育を実施し、成林後、主伐により得られた収益を契約に従い分けることとなります。

なお、同機構の森林保険センターで取り扱っている森林保険は、森林災害によって生じる損害を填補する制度があり、災害に備える唯一のセーフティーネットとして利用されています（58 ページコラム参照）。

ここからは、表 3-3 のとおり水源林造成事業における、基本施業である「植栽」と「保育」の各施業ごとに「施業の目的」「方法(適期)」「留意事項」について説明します。また、林業における労働災害の発生状況や、その防止に向け特に注意すべき点についても触れます。

表 3-3

(1) 植栽	(2) 保育
1) 地 拵	1) 根踏
2) 苗 木	2) 下刈
3) 植 付	3) 倒木起し
4) 補植等	4) 裾枝払
	5) つる切
	6) 除 伐
	7) 枝 払
	8) 間 伐
	9) 更新伐（育成複層林）

ここで取り扱う各施業の実施時期の目安を図 3-15 に示します。

あくまでも目安であり全ての造林地に当てはまるものではなく、また、地域や森林の生育状況などにより、不要となるものや作業の実施回数が変わるものもあります。

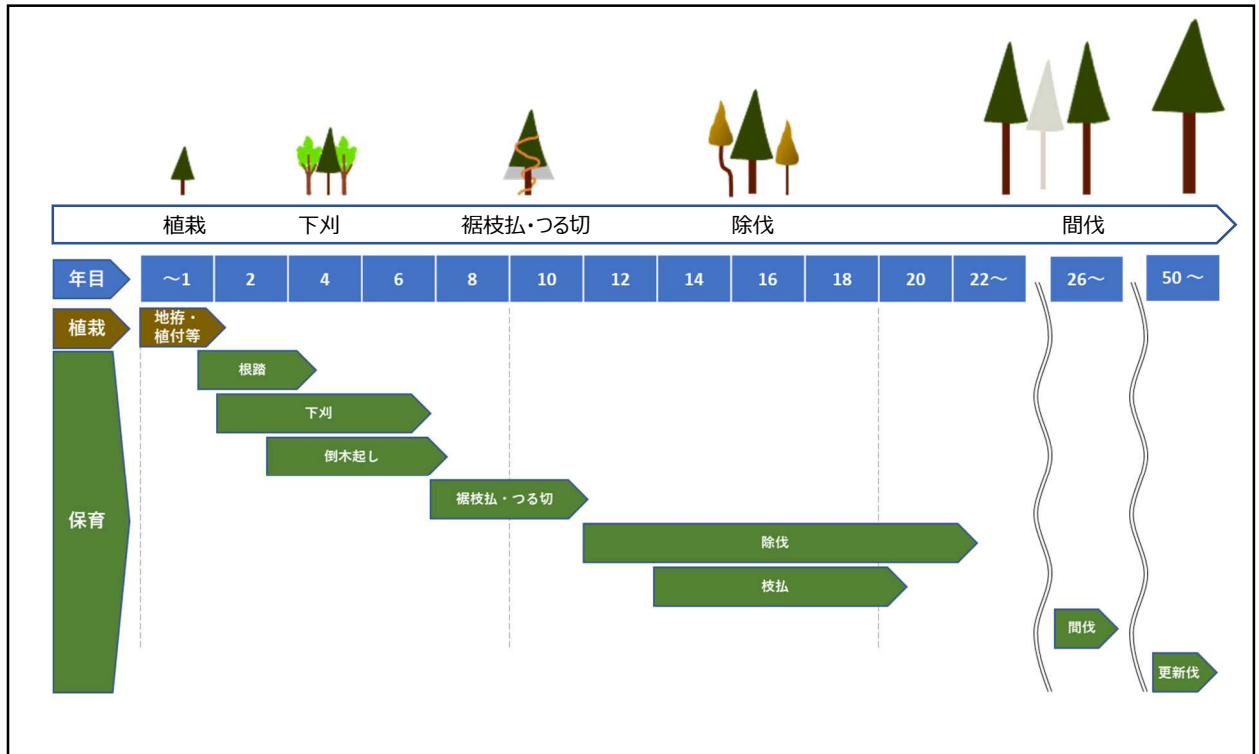
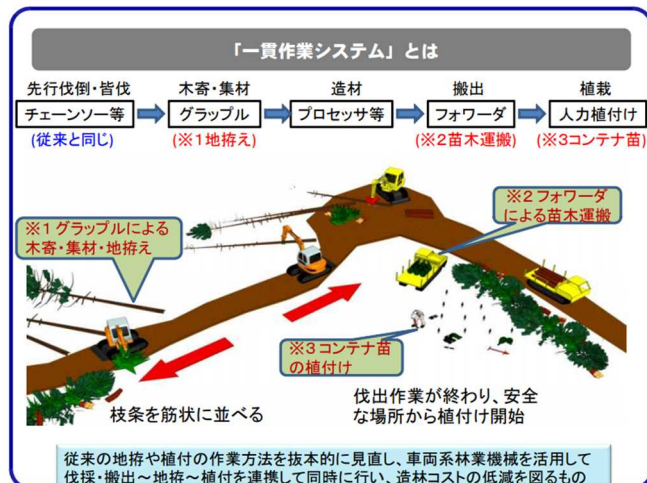


図 3-15 実施時期の目安

コラム 一貫作業システム

一般的な造林作業の流れは、伐採・搬出が終了した後、時をおき地拵し、適期に植栽を実施しています。このように、これまで個別の作業としていた、伐採・造材・搬出と地拵・苗木運搬・植栽ですが、グラブやフォワーダー等の林業機械が現場にあるうちにこれらの機械を活用することで、伐採・地拵・植栽を連携して“同時に実行”することを「一貫作業システム」と呼んでいます。

もともと、再造林コストの低コスト化のために考案されたシステムであることから、水源涵養機能の向上に直結するものではないかもしれませんが、育成複層林の造成にあたり、部分的に育成複層林誘導伐・植栽して多段林を作る際に、この作業システムを活用し、より早期に、効率的に森林造成ができるものとして期待されています。



国立研究開発法人森林総合研究所「低コスト再造林の実用化に向けた研究成果集」より

(出典：一貫作業システムマニュアル～北関東の急傾斜地において～

(2016年3月 関東森林管理局・森林総合研究所)

https://www.rinya.maff.go.jp/kanto/gizyutu/seika/pdf/h27ikan_manyuaru.pdf)

(1) 植栽

新植の実施に先立ち、植栽する場所での雑かん木・雑草木の伐除や伐採木の枝葉を取り除く作業（地拵）、植栽する小さい木の準備（苗木）、そしてその苗木を適切に植える（植栽）ことが必要です。



コラム 災害に備える唯一のセーフティネット“森林保険”

【目的】 森林保険とは、昭和12年（1937年）に「森林保険法」等に基づいて、森林所有者を被保険者として、森林についての火災、気象害（風害、水害、雪害、干害、凍害、潮害）、噴火災による損害を総合的に保証する保険です。この森林保険は、森林所有者自らが災害に備える唯一のセーフティネットとして、林業経営の安定、被災地の早期復旧による森林の多面的機能の発揮に大きな役割を果たしています。

【対象となる森林】 人工林施業により造成した森林、及び育成天然林施業により造成した森林です。なお、造成した森林が針葉樹林か、広葉樹林かは問いません。ただし、ツツジ、アジサイ等の低木、天然に生育している母樹や契約締結後に天然に成立した樹木、契約締結後に補植、改植した樹木は、対象外です。

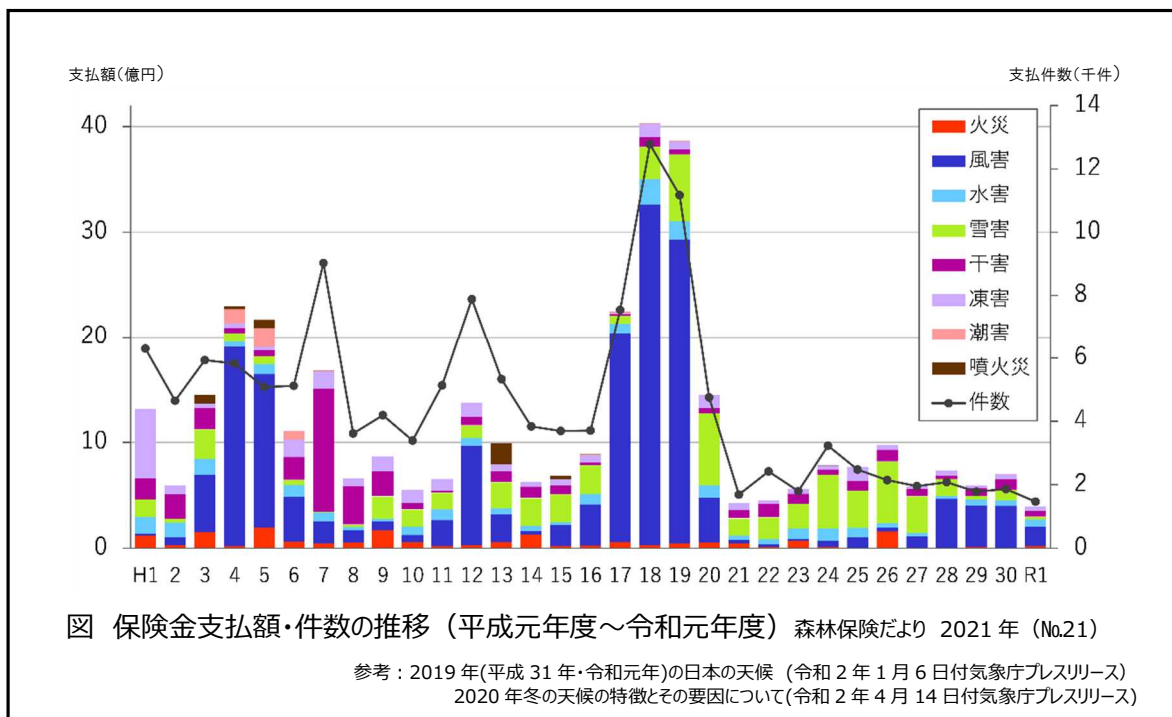


【申込者】 森林保険は、森林の所有有無に関わらず、誰でも申し込みでき、保険契約者になることができますが、被保険者は森林所有者に限られます。

【保険金額】 森林の所在する都道府県・樹種・林齢・面積及び契約者が希望する付保率を元に、その森林の支払う保険金額が決定されます。該当する損害が発生した場合には、その保険金額に保険料率をかけて保険料が決定されます。

【水源林造成事業】 水源林造成事業では、植栽後 20 年次まで所有者・造林者を被保険者として、その分取割合に応じた持分について森林保険に加入します（保険料は森林整備センターが負担）。該当する損害が発生した場合には、第三者による損害実施調査及び保険金算定の妥当性の審査を受けて保険金が決定されます。

【保険金支払い状況（令和元年度）】 令和元年度は夏から秋にかけて前線や台風、低気圧の影響により、各地で記録的な大雨や暴風となりました。このような中、令和元年度の森林保険における総損害てん補件数は 1, 467 件で、総損害てん補面積は約 495ha、総保険金支払額は約 4 億円となりました。総保険金支払額の内訳を災害別に見ますと、風害が約 1.8 億円と最も多く、次いで水害が約 0.7 億円、干害が約 0.5 億円、凍害が約 0.4 円でした。また、保険金支払額の大きな都道府県は、鹿児島県、北海道、宮崎県で、合わせて約 2 億円が支払われました。



【お問い合わせ先】

国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林保険センター <https://www.ffpri.affrc.go.jp/fic/index.html>

1) 地 拵

施業の目的

地拵は植付に先立って、植付作業の支障となる前生樹などの伐倒・刈払及び枝条の整理を行う作業です。地拵をていねいに行うことにより植付作業の効率化、植栽木の健全な生育、下刈などの保育作業の効率化に繋がります。

方法（適期）

地拵には主に以下に示すような方法があります。これまでは、専ら人力により行われていましたが、一般では、平成 28（2016）年ごろから伐採時に使用したグラップル等を使った機械力も導入されるようになってきています。最近では、主伐時で利用した重機を活用し、伐採後そのまま、地拵、植栽の作業を一貫して行う作業工程を実践することもあります。

地拵の実施時期は、植栽する地域の植栽適期までに行いますが、面積や前生樹の量、労務状況や付帯事業（歩道やシカ防護柵など）等を考慮する必要があります。また、積雪地域では、秋から積雪前までに地拵を行っておき、融雪後ただちに植付を行える準備地拵の手法も検討します。

- 全 刈 筋 置：最も一般的に実施されている地拵方法。全面にわたり刈り払い、末木枝条を適当な間隔で傾斜に対し水平（等高線沿い）に棚積み（筋置き）します。棚は植付及び生育の支障とならないよう整理します。また、地力の低下や土壌の乾燥等を防ぐため、植栽区域の枝条は潔癖に取り除かない方が良いです。
- 全 刈 放 置：高木類がほとんどなく、さらに地表の植生が少ない箇所に適しています。全面にわたり刈り払い、末木枝条を植付の支障にならない程度に散布します。林地保全上、有効な方法ですが、急傾斜地、ササの密生地やつる類が多い箇所では、植付や下刈等の作業の安全が確保しづらく非効率な面もあります。
- 筋 刈：植栽する必要な幅だけを刈り払い、残りは放置しておく方法。植栽木を寒風害や雪害などから保護する場合に適しています。寒風害の恐れがある場合は、寒風方向に直角に筋を保残することや、下刈等の作業効率を考慮し等高線沿いに筋を保残するなど、状況に応じた工夫も必要です。

留意事項

地拵は、直接地表面にインパクトを与える施業となります。そのため、発生する土砂の移動については、細心の注意が必要です。特に、急傾斜地や“水源”となる山地上流部から発生する土砂は最小限抑えるよう、棚積みを行う箇所では、適当な間隔を開け、棚を作る位置にあらかじめ広葉樹や根株を高めにして伐採しておき、そこに枝条などを寄せるなどの工夫をしてください。

高めに残した根株に枝条などを寄せている例

土砂流出の発生を最小限に抑えることを
念頭に柵積み（筋置き）間隔を配置する



柵積みの例（等高線に沿って配置）

無立木地

ササ、カヤ、シダ等だけの生育地もしくは、うっぺい度 0.3 未満の疎林地。



施業前



施業中



施業後

散生地

水源涵養機能が十分に発揮されない、丈の低い樹木が散生し、ササ、カヤ、シダ等が繁茂している、うっぺい度 0.3～0.5 の疎林地。



粗悪林相地

水源涵養機能が十分に発揮されない、丈の低い樹木が大部分を占める林地、松くい虫被害や台風等の気象害による被害地。



無立木地、散生地、粗悪林相地はうっぺい度（19 ページコラム参照）等によって区分されますが、現地に生育しているササ、カヤ、シダや低木・草本の種類や量により、地拵えの労力や柵積みの量が変わってきます。現地状況の把握はその後の作業を左右する重要な手順です。

2) 苗木

施業の目的

苗木は、植栽することを目的として仕立てられた小さな木のことで、仕立て方によって裸苗、コンテナ苗などに分けられます。

造林地の目標林型、地域や気候及び、立地環境（土壌や傾斜等）を慎重に考慮し、苗木の種類を選択します。

方法（適期）

従来はこれらのほとんどが、苗畑で育苗されて裸苗として造林地に植栽されていたのですが、近年は①全国的に裸苗からコンテナ苗への生産体制に移行しつつあること、②裸苗が不足している地域があること、③労務不足に対応し年間を通じ植栽が可能となること、④伐採・地拵から植栽までを一貫して行う一貫作業システムに適している、などの点から必要に応じてコンテナ苗の使用も検討します。

裸苗： 苗畑で育苗され、根が露出した状態で流通される苗。従来から用いられ、各地で実績があり、比較的安価で入手できる苗です。植栽時の根切りや、根を広げるために比較的大きな植穴を掘るなどの作業が必要となります。

コンテナ苗： マルチキャビティコンテナ（育成孔のある栽培容器）にココピートやピートモスなどを土壌変わりにして育苗される苗。容器内面にリブ（縦筋状の突起）を設け、容器の底面を開けるなどして根巻きを防止。根鉢が小さく均一な形状のため、植栽しやすく作業の効率化が図れます。裸苗と比較し、単価が高いことがデメリットとしてあげられます。コンテナ苗では根鉢があるため活着が良く、裸苗と比較し植栽時期の自由度が広がります。

留意事項

苗木は、産地や系統がはっきりしている優良な苗を選ぶことが重要です。活着率を上げるためには、苗木自体への物理的なストレス（荷造りでの過度の圧迫、根の乾燥、枝葉の蒸れ等）を与えないよう運搬には留意してください。

また、輸送時の衰弱の回復や植付までの乾燥防止のため仮植を行う際には、日陰や風当たりなどを考慮した箇所（場所）を選定してください。植栽地に適当な仮植箇所が無い場合は、近隣の畑なども検討します。

仮植

植栽後



仮植①



仮植②

植栽箇所に到着した苗木をすぐに植栽できず、植栽実施まで時間を要する場合は、現地又は近隣の畑等で乾燥防止のため仮植を行います。仮植は、以下の方法で行います。

・土仮植法（写真①）：根を土に伏せこませる（写真②）
 なお、蒸散抑制処理がされたダンボールに梱包することで、仮植を行わない方法もあります。



一般的に優良苗木の T/R 率* は 4~5 とされています。

* T/R 率とは苗木の地上部と地下部の重量比を表したもので、 $[T/R \text{ 率} = \text{地上部重量} / \text{地下部重量}]$ で算出されます。

コラム 苗木のいろいろ①（コンテナ苗）

コンテナ苗とは、マルチキャビティコンテナという栽培容器で育成された苗を指しています。裸苗は根が発達し、根を広げて植栽する必要があるため、比較的大きな穴を掘りますが、コンテナ苗はプラグ状の根となっているため、小さな植え穴に差し込むように植えることができます。成長については、裸苗とほぼ同等か、ややコンテナ苗が良いこともあります。現在、生産や植栽後の成長、作業効率について研究が進められています。なお、下のグラフは一つの研究事例であり、全ての場所でコンテナ苗が優れているというものではありません。

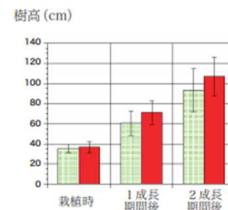


裸苗（根がよく発達している）

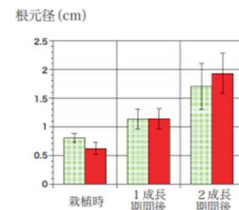


コンテナ苗

スギの場合



ほぼ同じ樹高であったが、コンテナ苗の方が大きくなった。



コンテナ苗の方が細かったのが、追いついて、追い越した。

スギのコンテナ苗と裸苗の成長比較

（出典：コンテナ苗をつかってみませんか？（平成 26 年 3 月 20 日 森林総合研究所）

https://www.ffpri.affrc.go.jp/thk/research/publication/thk/documents/container_seedling.pdf

3) 植 付

施業の目的

植付は苗木を受領してから植付までの仮植、造林地における苗木運搬を含む苗木の植付作業です。植栽の方法（方形植え、巣植えなど）、生産目標、経済性を考慮して実施されます。

ha当たりの植栽本数については、樹種、生産目標などによって異なりますが、従来一般的にスギやヒノキであれば3,000本/haとなっていました。各地域での標準的な植栽本数を踏まえつつ保安林の指定施業要件で定められた植栽本数を考慮の上、低コスト化の観点から植栽本数の見直しを行っています。

方法（適期）

植付の手順は以下のとおり進めます。事前に植栽地をどのような森林を目標とするのか、植栽後の保育・管理がどのようにできるかによって決まってきます。

<input type="checkbox"/> 植付方法の選択	経営目標、地理的条件、地力、樹種の特長、被害の多少、労務条件 正方形植栽、列植、二重正方形植栽、並木植、巣植
<input type="checkbox"/> 植栽密度の選択	密植：表土侵食や乾燥の防止、下刈期間の短縮 疎植：苗木数量と植付本数が少なく労費節減、植栽木はしっかり育つ
<input type="checkbox"/> 苗木の準備	スギ、ヒノキ、アカマツ、クロマツ、カラマツ、トドマツ等 裸苗・コンテナ苗
<input type="checkbox"/> 植付時期の適期選択	春植、秋植（針葉樹・広葉樹及び植栽地方によって適期は異なる）
<input type="checkbox"/> 植付作業の実行	裸苗、コンテナ苗、大苗等、苗の種類により植付方法は異なる 裸苗は一般的に唐鋤で植穴を掘って植えていましたが、コンテナ苗は専用器具が複数開発されており、傾斜・地形・地表面の状況などによって従来から使用している唐鋤を含めて選定することとなっています。

留意事項

植栽木（苗木）の活着率を高めるためには以下の事項がポイントとなります。

- ・苗木を乾燥させないこと（作業移動時の根部の乾燥注意）
- ・地下部を適切な深さで植付すること
- ・根と土壌を密着させること
- ・土壌の乾燥化を防ぐこと

シカ・ネズミ・ウサギ等の生息や獣害が知られている地域では、植栽木が被食され、枯損や成林困難となる場合があります。そのような箇所では、加害動物に応じた防護対策が必要となります。

植付作業



植付作業①



植付作業②

(事例：普通植栽の手順)

- ・植穴を中心に、60～70 cm 四方の落ち葉などの地被物を取り除く
- ・30～40cm 四方、深さ 30cm 程度の植穴を掘る
- ・苗木の根をほぐして、広げた状態で植える
- ・植穴に落ち葉や石、根などを入れないように注意する
- ・斜面上部の土を耕してかけ、苗の下方にも回し、根元の傾斜を緩くする（写真①）
- ・苗木の先端部をつかみ、上方や左右にゆすりながら、根元部分を適度に踏みしめる（写真②）
- ・落ち葉や腐食相を根元周辺に戻し、乾燥を防ぐ

シカによる植え付けた苗木等への影響



植栽後、ニホンジカに被食されたスギ（左）とヒノキ（右）。



先端部を継続的に被食されたため、上方へ伸びることができず、矮小化や盆栽状になった植栽木。

コラム 鳥獣対策(ニホンジカ)

近年、日本各地の山々では、ニホンジカ（以下「シカ」という）の分布拡大に合わせ、繁殖力の高いシカはその頭数も増加しています。それに伴い、農地・耕作地への被害にとどまらず、奥山の人工林や天然林までも被害をおよぼし、野生鳥獣による森林被害の約7割がシカによるものとなっています。

林業に対する被害として、植栽間もない幼齢樹（針葉樹）の頂芽が摂食され、上方に伸びることができず盆栽状のままになることや、枯れてしまうことがあります。天然林（主に広葉樹）では、次の世代を担う稚樹が被食されることにより、母樹が消失すると無立木地になる危険もあります。

このように、針広混交林や育成複層林を目指す森づくりにあたっては、シカ被害を抑える必要があります。

シカの防護対策として、従来のゾーンディフェンス（植栽地をひとつくりにネットで囲う防護手法）が一般的ですが、獣道を遮断するため、その箇所にアタックされて壊されることがあります。そのリスクを事前に低減するため、森林整備センターではブロックディフェンスという、はじめから獣道を残置し防護柵を設置する方法を行っています。

下部はアンカーで隙間ができないよう固定します（打ち込み前）



防護柵

支柱を3m間隔に打ち込み、ネットを展開した防護柵。シカの飛び込みを阻止できる高さ（約1.8m）が必要です。また、地際からの潜り込みを防ぐため、スカートネットやアンカーを丁寧に配置する必要があります。

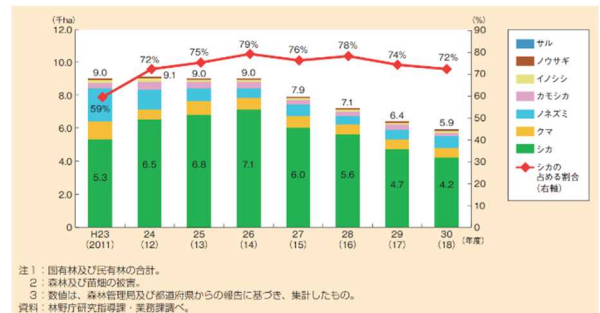


ブロックディフェンス

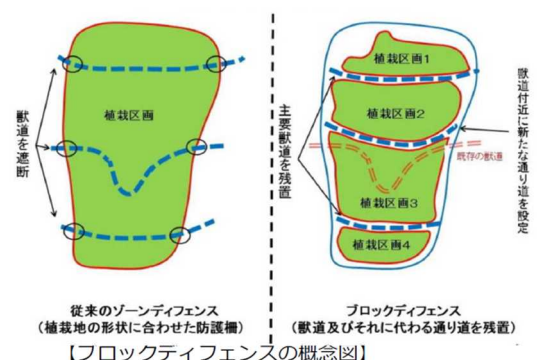
あらかじめ、残置された獣道を往来するシカ。植栽面積や植栽本数の低下や、柵の延長が長くなりますが、柵の破損や植栽木の被害の低減が期待されます。

（出典：シカ害防除マニュアル～防護柵で植栽木をまもる～（令和2年3月版）森林整備センター

https://www.green.go.jp/gijutsu/pdf/zorin_gijutsu/deer_pest_control_manual.pdf



主要な野生鳥獣による森林被害面積の推移 (出典：令和2年版 森林・林業白書)



コラム ドローンによる物資の運搬

水源林造成事業における作業場所は、奥山であり、さらに急傾斜地であることがほとんどです。そのような造林地では、植栽地までの苗木の運搬は非常に重労働となっています。また、シカの被害が著しい地域では、防護柵設置のための支柱やネット等の運搬が必要となることもあります。

これまでは、人力で 20kg 前後の荷物を担ぎ上げ、急傾斜地を時間をかけて荷揚げし、その後に植栽の作業を実施していました。条件が良いところでは、フォワーダーや架線を利用することもあります。荷揚げのポイントに制限が生じることがあります。

そこで、最近注目されているのは、ドローンを使って苗木や資材などを運搬し、労働力の省力化を図るという動きです。

ある事例では、10kg 程度の苗木を 100～500mほど運搬するのに、ドローンでは 3 分程度で運ぶことができ、人力運搬の 6 倍もの効率があがったとのこと。

大型ドローンの開発や機器整備（メンテナンス）、安全に運行できるオペレーターの人材確保、運搬時に現地気象条件に左右されるなどの課題もありますが、資材運搬の効率性の向上には大きく貢献するものと期待されています。



物資運搬可能な大型ドローン

	
<p style="text-align: center;">離陸</p>	<p style="text-align: center;">物資の運搬</p>
<p>車両等で運搬・集積された物資をドローンにつけて離陸し、目的ポイントへ出発するところ。1 回 15kg ほどの荷物を運び、何往復もするため、交換用のバッテリーが必要です。</p>	<p>長さ 2m ほどの、シカ防護柵用の支柱を運搬するところ。長さのある物資は人力では運びにくく、効率化につながります。</p>

(出典：林野庁情報誌「林野－RINYA－」令和 2 年 12 月号 特集 造林現場で活躍するドローンの普及～導入される新たな技術と技術者たち～

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kouhou/kouhousitu/jouhoushi/attach/pdf/0212-9.pdf>

4) 補植等

新植後に植栽した苗木が、風、寒さ等の気象害あるいはコホンジカ、ノウサギ等の獣害などにより枯損した場合には、枯損の状態に応じて補植や改植（以下「補植等」という。）という補充的に行う植付が必要となります。

補植等のうち、森林整備センターでは「補植」と「改植」を以下のとおり区分しています。

補植： 枯損率が概ね 50%未満の場合に実施。

一定の植栽密度を保つための補充的植栽。

改植： 枯損率が概ね 50%以上の場合に実施。

一定の植栽密度となるよう枯損を免れた植栽木を活かしつつ改めて植栽。

① 地拵

施業の目的

改植を行う際に、植付作業の支障となる下層植生等がある場合、必要に応じて地拵により伐倒、刈払及び枝条の整理を行います。

方法（適期）

基本的に新植の地拵に準じた方法で行います。（P 60 参照）

なお原則、枯損を免れた植栽木（将来の生育が期待できないものは除く）は伐除せずに活かしつつ地拵を行います。

留意事項

新植直後では、前生樹の末木や枝条は整理されていて地拵の必要はありませんが、枯損した植栽木が大きかったり、雑草木など下層植生が繁茂した改植箇所では、地拵が必要となる場合があります。

地拵の要不要については、枯損した植栽木や下層植生の状況により検討します。

また、枯損に至った原因や被害状況に応じ、被害の再発防止も踏まえて検討します。例えば、寒風害による被害であれば、部分的に地拵せずに防風帯とする区域を設けることなどがあげられます。

② ^{なえ} 苗 ^ぎ 木

施業の目的

新植時に植栽された苗木が枯損等により密度が低下した場合や部分的に空間が生じた場合、被害の状況、程度に応じて補植等を行います。造林地として枯死や欠損（完全に枯死していない場合も含む）した箇所に苗木を補完し、一定量密度の植栽木を保ちながら、健全な森林への育成を目的として実施します。

方法（適期）

苗木の選定等は、新植と同様の考え方としますが、枯損の原因や植栽地が苗の特性に合わない場合は、苗木の変更を検討する必要があります。

留意事項

補植を行う時点では、新植時に植栽し枯損を免れた苗木はある程度成長していることから、補植用の苗木は新植時に植栽した苗木よりも、やや大苗であることが望まれます。

一方、改植の場合の苗木は、基本的に新植と同様の考え方となります。

なお、枯損の原因や被害状況を鑑み、被害の再発防止のため、必要により苗木の樹種を変更することもあります。

③ うえ 植 つけ 付

施業の目的

補植等のための苗木を受領してから植付までの仮植、植付地における苗木運搬を含む苗木の植付作業です。造林地として欠損（枯死）した箇所に苗木を補完し、一定量密度の植栽木を保ちながら、健全な森林への育成を目的として実施します。

方法（適期）

植付の時期等は、新植と同様の考え方とし、苗の特性に合せ活着率が高まるように、時期を検討し実施します。

留意事項

補植の場合の植付は、丁寧に行い、再び枯損しないようにするばかりでなく、新植時に植栽した苗木に生長が追いつくようにする必要があります。

補植等（植付）

枯死した苗



枯死した苗の確認

植え替え作業



枯死した苗を排除し、新植時と同様に、植え替えを行う苗に適した植穴を掘る

植え替え作業



苗木の先端部をつかみ、上方や左右にゆすりながら、根元部分を適度に踏みしめる

完了



落ち葉や腐食相を根元周辺に戻し、乾燥を防ぐ

コラム 苗木のいろいろ②（エリートツリー・早生樹など）

林業で取り扱う苗木は、その植林面積や需要から、スギやヒノキが思い浮かびます。また、地域や植栽場所によっては、カラマツ・クロマツ・トドマツ・エゾマツなども選ばれます。いずれの苗木も、運搬などで扱いやすく、活着し育ちがよく、将来的に優良な木材となるものが期待されます。

苗木に関する品種開発や育苗技術は、長年行なわれており、現在においても研究が進められています。例えば、スギやヒノキの場合、同じ樹種であっても、伸長成長が早いものや、花粉が少ないものといった、社会的需要により苗木の品種が開発されています。

遺伝的に優れた特性を持つ林業用種苗開発を行っている“林木育種センター”では、最近の開発した品種を、以下のように紹介しています。ここでは、一部の紹介ですが、日本という多種多様な立地環境や社会的需要に応じた苗木の品種が研究されていますので、これから行う造林地に適した苗木を選ぶことが、早期に成林し、ひいては森林の公益的機能につながるものと考えられます。

品種・系統群	樹種	林業経営に役立つ特性	環境に配慮した特性
エリートツリー	スギ、ヒノキ、カラマツ	◎	○
花粉症対策 スギ・ヒノキ	スギ、ヒノキ	○	◎
マツノザイセンチュウ抵抗性マツ	アカマツ、クロマツ		◎
雪害抵抗性スギ	スギ	◎	
材質優良スギ	スギ	◎	
幹重量の大きい スギ・ヒノキ・カラマツ・トドマツ	スギ・ヒノキ・カラマツ・トドマツ	◎	
材質優良カラマツ	カラマツ	◎	
精英樹	スギ・ヒノキ・カラマツ等	○	○

◎：とても優れている ○：優れている

(出典：林業種苗における開発品種等の最新情報 パンフレット（平成 26 年 9 月 1 日版 森林総合研究所 林木育種センター）<https://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/documents/hinsyu202006.pdf>)

林業のサイクルは、小さな苗木を植え（植栽）、他の雑木・雑草から守り（下刈）、形質を保ちながら（枝払）育てた木を市場へ送る（収穫）という作業を数十年も費やし行うものです。その中でも、太陽光を十分受ける高さになるまで行う、下刈は林業の全コストの多くを占める作業です。この作業を、1 回でも省略できればコストの低減が図れます。そのため、植栽時から苗高が一般より高い苗や、早生樹といわれる初期成長が早い樹種（例えばコウヨウザン等）の採用が本当にコスト削減につながるかの研究も進められています。

(参考：コウヨウザンの特性と増殖の手引き（2018 年 3 月 森林総合研究所林木育種センター）<https://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/documents/koyozantebiki.pdf>)

(2) 保育

新植・補植等を終了してから伐採をするまでの間に、樹木の生育を助けて目標とする健全な林型の森林に造成するためには、植栽した林木にとって都合の良い環境造りのための人為的な施業を施す必要があると考えられます。

ここでは、健全な森林を仕立てるための保育作業ごとに説明します。



1) ね ぶみ 根 踏

施業の目的

寒冷地や積雪地では、最初の越冬後の融雪時に植栽木が雪圧により引っ張られて根が抜けたり、切れたりして植栽木の生育が阻害されることがあります。

根踏は、植栽した翌年の融雪後にそのような現象が見られる箇所において、植栽木の根元を踏みつけ、倒斜した植栽木を立て直すため植栽木の周辺を踏み固め、根の発育促進を目的とした作業です。

方法（適期）

根踏は、植栽木の根元を目視し、根浮きや匍匐しているものに対して、根元を十分に踏みつけます。実施する時期は、寒冷地や積雪地では春先の植栽木が成長を開始する前に行い、風等による場合は、根浮きが生じた後になるべく速やかに実施します。

留意事項

目的は、根浮きが生じたところを踏み固め、樹木の健全な成長を補助するもので、新植時に行うような、苗木を上を引っ張る必要はありません。

根 踏

施業前



植栽後の融雪時に、雪に植栽木が引っ張られ、根が浮いたり、切れたりすることがあります。

植栽後の最初の越冬後・融雪時に多く発生します。

施業中



根浮きや匍匐している植栽木を見つけ、根元を十分に踏み固めます。

新植時に行うような、上方方向に引っ張り、振るような作業は必要としません。

施業後



根踏の目的は、根の発育促進に努めるものです。

2) 下刈したがり

施業の目的

下刈は、雑草木の被圧による植栽木の成長阻害、雑草木による土壌中の養分・水分の収奪などを防ぐために、造林した植栽木が一定の高さに達するまで、植栽木周辺の雑草木を刈り払う作業です。

この作業は、主伐に至るまでの保育施業のなかで、コストの多くを占めており、また、夏場の暑い時期の重労働となっていることから、最近の調査・研究で下刈作業の省力化に向けた取組も行われています。

方法（適期）

下刈は、エンジンを搭載した刈払機や、下刈鎌など用いて実施します。下刈は、植栽木以外を刈る「全刈」、筋状に刈る「筋刈」、植栽木の周りの雑草木のみ刈る「坪刈」などの方法があります。保育している樹木の、配置や密度、立地環境等によって下刈の方法を決定します。

下刈は、基本的に植栽木が雑草木の丈より高くなり、被圧の影響がなくなるまでの期間に実施します。下刈はコストも労力もかかることから、一回でも回数を減らすため、或いは、夏場の重労働を回避するための工夫が求められています。このため、大苗を植栽することによる下刈回数の削減の効果や、冬季における下刈実施による効果などが研究されています。

留意事項

植栽後、初回の下刈時など植栽木が小さく目立たない場合、下刈作業での誤伐を防ぐため、植栽木が目立つように、必要に応じて細い杭を作業前に立てたり、目印をつけるなどを行うことが望まれます。

また、補植等を行った場合には、高さの違う植栽木が混在するので、特に誤伐しないよう注意が必要となります。

シカ食害が著しい地域では、あえて下刈を行わず、植栽木の生き残りを期待する研究もありますが、下刈の要否については、きちんと現場の状況により判断する必要があります。

下刈

施業前



下刈作業は、植栽木が他の植生に被圧され、健全な成長を阻害するものを排除するために行います。

下刈は、保育の中でも労力もコストもかかるため、下刈の要否を見極めることも重要な課題です。

施業中



作業場所が傾斜地の場合は、斜面下部から等高線沿いに下刈作業を進めます。

誤伐を防ぐため、植栽木に目印をつけたり、列状植栽のところでは、植栽木を跨ぐように刈払を進めるなどの工夫をします。

施業後



下刈は、一般に植栽木が被圧される前の、雑草木が競合し始める6月から8月にかけて行いますが、下刈作業の省力化に向け最近の調査・研究では、冬季の下刈などの試みも行われているようです。

とう ぼく おこ 3) 倒木起し

施業の目的

倒木起しは、積雪地帯で雪圧や冠雪、風圧により傾倒伏した植栽木を麻縄などで傾斜上部から引き起し、固定する作業です。

この作業は、多雪地における成林率の向上、根元曲がりの軽減を図り、樹木の健全な育成を目的に実施します。風により傾倒伏した場合で行う場合もあります。

方法（適期）

倒木起しは、樹種や樹高等に応じて、適切な方法で実施します。引き起した植栽木を麻縄などで結び斜面上部側へ引っ張り固定する方法や、小さい植栽木の場合、棒や木で支える方法があります。

この作業は、倒木が生じてから、成長開始前に行い、植栽木の根元が安定する期間まで、必要に応じて実施する必要があります。

留意事項

春先の成長開始前に実施しなくてはなりません。

縄の太さは、植栽木の大きさに応じたものを選び、使用した縄や木、棒の固定箇所が一定期間、保持されるようにしっかりと固定する一方、固定箇所により植栽木に傷をつけて成長の阻害となってしまうけません。

なお、使用した縄が、その年の降雪時期までに切れずに残っていると植栽木が雪折れする原因となることから、下刈作業時に併せて縄を切断するか、あるいは一定期間で切れる素材のものを選ぶなどの対応が必要です。

倒木起し

施業前



積雪のある地域では、雪圧や冠雪により抵抗力の弱い時期の植栽木は倒伏し、自力では直立できないことがあります。また、雪の影響だけではなく、風圧により倒伏することもあります。

施業中



傾倒伏した植栽木を麻縄などで傾斜上部から引き起し、固定し幹の直立性を高めます。

施業後



使用する縄は、引っ張りに耐える強度が必要ですが、次の降雪前に自然に劣化し、切れるものが望まれます。一般的には下刈作業時に縄を切断することに対応します。

すそ えだ はらい 4) 裾枝払

施業の目的

裾枝払は、雪圧による枝折、幹折、倒伏を防ぐため及びつる類の枝への取りつきを防ぐことを目的に下枝落しを行う作業です。

方法（適期）

鋸や鉋を用いて行います。実施する林齢は、地域や成長具合によって差はありますが、概ね林齢 5～10 年程度の幼齢期に行います。雪圧対策として行う場合は、造林地の積雪深や斜面も考慮し実施する時期を検討します。

裾枝払は林分の林冠が閉鎖するまでの間に、樹高の 1/3 以下程度の下枝を付け根から切り落とします。

作業の適期は原則、成長休止期に行いますが、厳寒期は避けることとします。

また、作業のしやすさから、下層植生を刈り払う施業と同時あるいは直後に行くと効率的です。

留意事項

つる類の取りつき防止や切り口をなるべく早く巻き込ませるため、枝は幹に沿って平行かつ平滑に切断することが大切です。

裾枝払

施業前



雪圧による枝折、幹折、倒伏を防ぐため及びつる類の枝への取りつきを防ぐことを目的に作業です。

施業中



枝は幹に沿って平行かつ平滑に切断。作業のしやすさから、下層植生を刈り払う施業と同時あるいは直後に行くと効率的です。

施業後



樹高の 1/3 以下程度や下枝を付け根から切り落とします。幹の太さ、高さ、枝葉の量など、トータルでバランスの取れた樹形が望めます。

5) つる^{きり}切

施業の目的

つる植物には陽性のものが多く、主に幼齢造林地で良く繁茂し、手入れを怠ると幹部や樹冠部に被害を及ぼします。具体的には、つる植物による被害は、生育木の樹冠部が被覆されることによって貧弱化したり、つるの巻付きにより締め付けられて樹木自体に損傷が起き、森林機能の低下につながります。

このためつる切は、確実な成林を目指して、植栽木の生育に影響を及ぼしている、つる植物を樹体から切り離す作業です。

方法（適期）

鎌や鉋を使ってつるを排除したり、クズ類については、除草剤を用いることもあり、つるの種類、繁茂状況、つるが林地を覆っている程度に応じて、適切な方法や時期で行います。

留意事項

薬剤を使用する場合は、関係する法令等を守り、下流への影響も踏まえた検討が必要です。

クズのように、地上部を切断してもすぐ根茎から再生する種類もあるため、つるの種類による対応が重要です。

つる切

施業前



つる類が巻きついたり、覆いかぶさることによって、植栽木の幹折れや幹曲がりなどの原因となり、植栽木の致命的な被害を及ぼすこともあります。

施業中



木本性のつる類（クズ・フジ等）は、根茎に養分を貯蔵し、再生力が強いので、根茎の貯蔵養分が少なくなる6～7月頃に行うとよいと言われています。

施業後



つる類の成長は極めて旺盛で、1年間で数メートルから20mも伸びることがあります。
つる切作業後も現地を観察し、必要に応じて、なるべく早期につる切することが重要です。

6) 除伐

施業の目的

除伐は、植栽木の成長を阻害する不要な侵入雑灌木や、植栽木のうち、競合する生育不良木・形質不良木を伐除することにより、植栽木の成長を促し、被害に対する抵抗力の強い健全な林分の保全・育成とともに水源涵養機能の増進を目的として実施する作業です。

方法（適期）

森林整備センターでは、林分状況に応じ、伐除する対象により以下のとおり区分しています。

区分	目的	実施概要
除伐Ⅰ	不要侵入雑灌木の伐除	実施時期は下刈終了後、植栽木と不要雑灌木の競合が始まった時期が最適であり、植栽木の生育に影響を与える恐れのあるものは除伐の対象とし、それ以外のものについては積極的に有用なものの保残・育成に努めます。
除伐Ⅱ	造林木相互の競合緩和のため成長不良木・形質不良木の伐除	間伐期に至るまでの間に、植栽木相互が競合状況にある林分（あるいは競合状況になりつつある林分）を対象に、植栽木の樹冠配置を考慮しつつ不要な育成不良木や形質不良木を主体に伐除します。

留意事項

区分	留意事項
除伐Ⅰ	尾根筋や北向き斜面などの気象害のおそれや、沢筋や急斜面などで崩壊のおそれがあるところは、潔癖な伐除を控え植栽木の成長に影響がない範囲で保残するよう努めます。
除伐Ⅱ	植栽木のうち、不要な生育不良木や形質不良木が除伐対象ですが、これらが集中している箇所では、全て除伐すると大きな空間が生じてしまいます。 こういった空間の発生を避けるため、残る植栽木の配置を考慮し、伐除対象木の一部を保残することも必要です。 また、林分全体の植栽木の密度は一定ではありません。密度の高低に応じ伐除する量を加減し、施業後の林分における植栽木の密度が、なるべく一定になるよう努めます。

除伐Ⅰ

不要侵入雑灌木の伐除



施業前



施業中



施業後

除伐Ⅱ

不良木・形質不良木の伐除



7) ^{えだ} ^{はらい} 枝 払

施業の目的

枝払は、健全な森林を育成することを目的とした作業で、林内照度の確保に伴う下層植生の充実による土壌保全効果、樹冠遮断蒸発量を減らし、林床に届く雨水の増加による水源涵養機能の向上、及び通風を良好にし、良好な森林景観の保持や病虫害などの発生防止に有効と考えられます。なお、節のない優良材生産を目標とする場合に、樹木の下方の不要な枝を鋭利に切り取る作業を枝打と呼ぶ場合があります。

方法（適期）

植栽木の樹種や形状、枝張りの状態、密度や林内の照度等に応じて、最も効果的で効率的な方法で行う必要があります。育成している樹木の成長を阻害することなく、下層植生や病虫害防除の効果を勘案し、バランスよく枝払を実施します。

枝払は、樹皮はげによる変色防止・花芽の着生防止のため、原則として、成長の休止期に行いますが、厳冬期は避けることとします。

留意事項

強度の枝払は、林床へ光が入り下層植生の生育には有益となる一方、植栽木の樹勢を衰えさせる場合があります。また、形状比を高めることで気象害等の被害を受けやすくなる場合があります。バランスが保たれるような枝払を行います。

無節材等優良材の生産も目標とした場合、枝払の時期や切断面位置への配慮を十分に行う必要があります。

無節材を生産するためには、切り口を早期回復させるため、枝は樹幹に接した位置で、樹幹に平行・平滑になるように切断することが重要です。

コラム 水源の森林づくりとしての枝払

森林が消費する水を減らし、雨水が浸透しやすい森林土壌を守るためには、森林の内部を明るくすることが重要とされています。そのために必要な作業の一つとして枝払が、次のように紹介されています。

「森林内を明るくして、林床に届く雨水を増やす間伐以外の作業として、枝打が挙げられます。（中略）水源の森林づくりにおいても、樹冠遮断蒸発量を減らして地面に直接到達する雨水を増やすほか、林内を明るくしたり、枯れ枝から侵入する病虫害を防止する効果が期待出来ます。」

（出典：水源の森林づくりガイドブック（平成 31 年 3 月 林野庁治山課））

枝 払

施業前



植栽木の枝張りが込み合うと、林床に届く光が減少し、下層植生の衰退や、病虫害の発生原因となる場合があります、森林機能の低下につながる可能性があります。

施業中



枝払は、樹皮はげによる変色防止・花芽の着生防止のため、原則として、成長の休止期に行いますが、厳冬期は避けることとします。優良な木材も生産するという場合は、枝の切り方（切り口や方向）にも注意が必要です。

施業後



枝払いは、光の透過量や風通しなどを勘案し、バランスよく実施します。

かんばつ 8) 間伐

施業の目的

間伐は、林分が閉鎖してから主伐までの間に、繰り返して行う森林の保育、保護、木材利用の促進及び国土保全機能の強化を図ることを目的として造林木を間引きする作業です。

間伐により各種個体間の競争は緩和され、同時に不良木は除去されて、経営目的にそった木材の量ならびに質を生産することができます。

一方、閉鎖した林分では、間伐により個々の立木に対し風害、雪害、病虫害に対して抵抗性を与え、下層植生が繁茂するようになることで地力維持上好ましい状態になると言われています。

方法（適期）

間伐の方法は主に、「定性間伐」と「定量間伐」の 2 つの方法があります。定性間伐は、例えば、劣勢木などの個体の状態や隣接木との関係を現地で確認しながら、どの林木（個体）を伐るかを選定し、単木的に行う方法です。一方、定量間伐は、個体の状態に関わらず間伐率に基づき機械的に伐採木を決めて行う方法です。

間伐は、定性・定量といった方法に関わらず樹幹閉鎖後、過密状態となり森林の健全性が失われる前に実施することが必要です。

間伐の作業区分と概要は以下のとおりです。

作業区分		作業概要
伐倒等	選木	間伐木を選定・表示する作業。
	伐倒	選木した間伐木を伐採する作業。
	鋸断	伐倒した間伐木の枝を払い、現地の地形に応じて林地に接地する長さに切断する作業。
	片付	鋸断した間伐木を移動、整理する作業。
集造材	集材	伐倒した間伐木を造材地点等まで木寄せする作業とし、そのうち車両系機械で集材するものを車両系集材、架線系機械で集材するものを架線系集材と区分します。
	造材	伐倒した間伐木の枝を払い、一定の長さに切断し、安定させる作業。

留意事項

定量間伐は、機械的に実施することができ、作業効率や労働安全性に優れる方法ですが、林木（個体）の優劣に関係なく伐採されているため、将来的に優良な個体も伐採されることもあります。

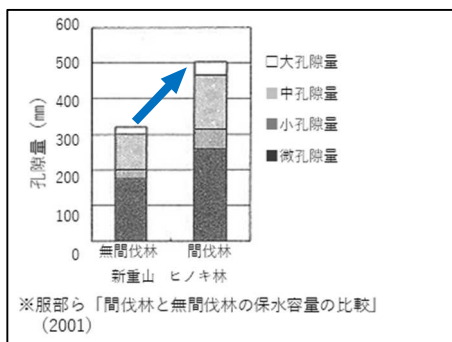
なお、間伐は、伐倒する間伐木の立木販売が可能なものを「利用間伐」、それ以外のものを「保育間伐」として区分しています。

間伐作業の流れ

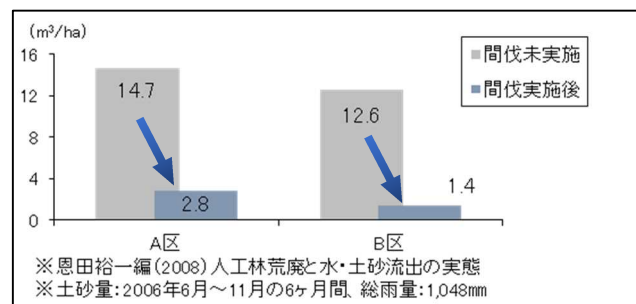


コラム 間伐による森林機能の向上

間伐の実施により浸透能の向上（保水容量の増加；図左）や、土砂流出抑制効果（図右）については、下図のような研究もあり、森林機能の向上も期待されます。



間伐による保水容量の増加



流出する土砂量の減少

9) 更新伐 (育成複層林)

施業の目的

更新伐 (育成複層林) は、育成複層林へ誘導するための、初回の伐採として行うもので、群状又は帯状で伐採することにより、同一空間において複数の樹冠層を有する多様で健全な森林へ誘導し、森林の有する水源涵養機能等の公益的機能を持続的かつ高度に発揮させることを目的とします。

方法

更新伐 (育成複層林) の作業区分と概要は以下のとおりです。

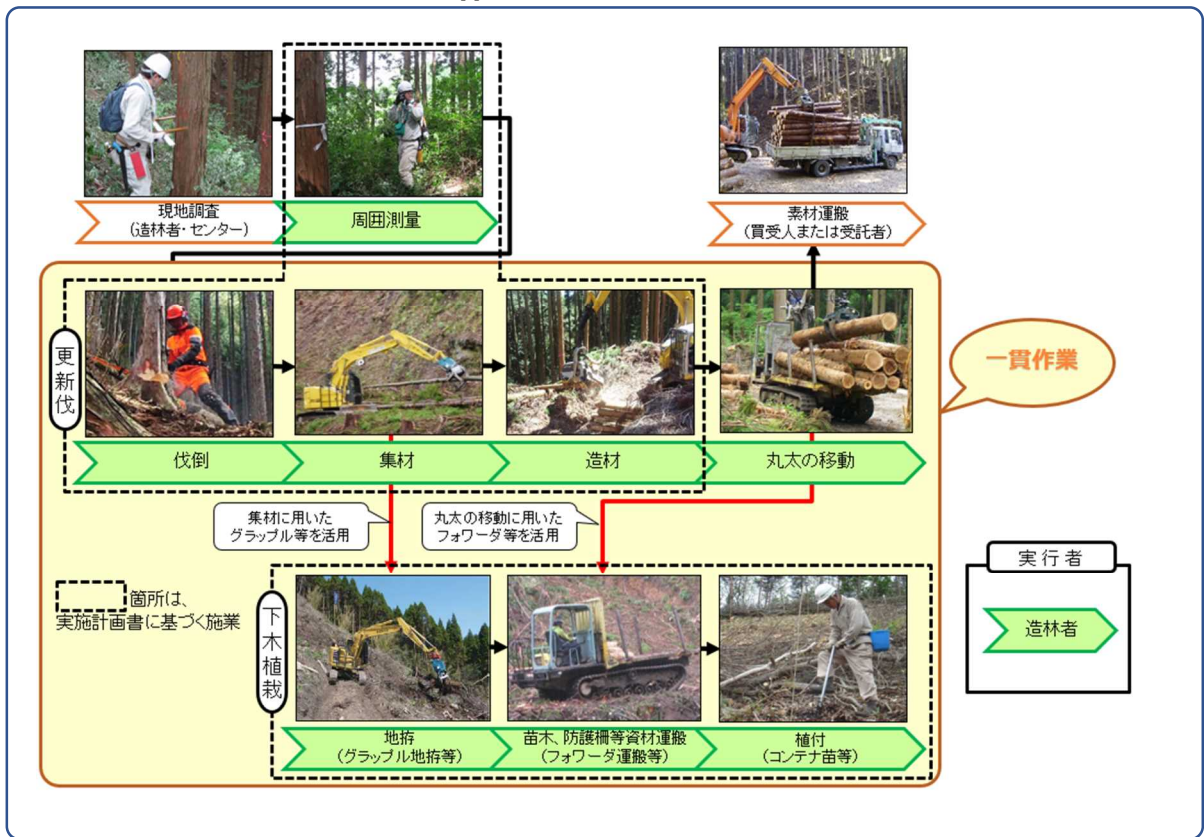
作業区分		作業概要
周囲測量		更新伐実施区域の面積を確定するための測量作業。
伐倒等	伐倒	更新伐実施区域内の更新伐木を伐採する作業。
	鋸断	伐倒した更新伐木の枝を払い、現地の地形に応じて林地に接地する長さに切断する作業。
	片付	鋸断した更新伐木を移動、整理する作業。
集造材	集材	伐倒した更新伐木を造材地点等まで木寄せする作業とし、そのうち車両系機械で集材するものを車両系集材、架線系機械で集材するものを架線系集材と区分します。 なお、集材作業は集材後予定している植栽作業を考慮し実施するものとします。
	造材	伐倒した更新伐木の枝を払い、一定の長さに切断し、安定させる作業。

留意事項

更新伐 (育成複層林) は標準伐期齢以上の林齢に達している森林で行う作業です。

更新伐後の下木植栽にあたっては、伐倒や集材などに用いる林業機械を、地拵や苗木・シカ防護柵資材の運搬などに活用する一貫作業により効率的に実施することが望まれます。

更新伐（育成複層林）及び下木植栽における一貫作業の流れ



育成複層林の実施事例



北海道南富良野町
(带状育成複層林)
伐区は3分割又は2分割し、伐区と残存区を交互に設定します。



熊本県人吉市
(群状育成複層林)
伐区はできる限り集中しないよう分散させ、モザイク的に配置されています。

* 育成複層林の解説は 3.2 をご覧ください。

コラム 病虫害（ナラ枯れ）

水源林造成事業では、広葉樹も活用しながら水源涵養機能を高める森づくりを進めています。地域により生育する広葉樹の樹種は異なりますが、そこにミズナラ・コナラ、シイ・カシ類（アラカシ、スダジイ、マテバシイ等）が優占する森林では、“ナラ枯れ”に対する注意が必要です。ナラ枯れにより、枯死した樹木は、立ち枯れ状態となり、被害本数が増えると水源涵養機能の低下や倒木などの危険リスクも高くなります。

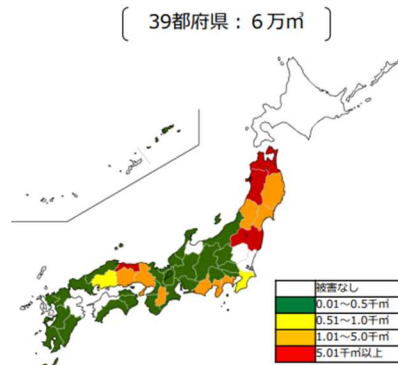
ナラ枯れは、カシノナガキクイムシという体長 5mmほどの昆虫が媒介する菌により、樹木の通水機能が失われ急速にナラ類やシイ・カシ類が枯れてしまう森の伝染病です。

平成 22 年にピークがみられ、減少傾向にあります。最近ではこれまで被害が見られなかったり、ごく少数であった地域（青森や関東平野周辺の公園や山地等）での被害が報告されるようになりました。特に、水源地域などに広く分布するミズナラはナラ枯れに弱く、面的に被害が発生することがあるので、そのような場所では、周辺地域のナラ枯れ被害の情報に注意し、発生した場合には早期に防除の対策を行うことが望まれます。

○全国のナラ枯れ被害量（被害材積）の推移



○都道府県別のナラ枯れ被害状況（R元年度）



カシノナガキクイムシの集団穿孔されたナラ

カシノナガキクイムシは集合フェロモンの作用により、集中的に樹幹から穿入します。その孔からは、フラスと呼ばれる木くずと虫の排泄物が混じった粉状のものが大量に出ます。



ナラ枯れで枯れたコナラ

ナラ枯れに罹ると、水の循環が絶たれ一気に枯れてしまいます。他の樹木がまだ緑の夏から秋前なのに、紅葉しているように見えるのも、ナラ枯れの特徴のひとつです。

(出典：林野庁 HP ナラ枯れ被害 https://www.rinya.maff.go.jp/j/hogo/higai/naragare_R2.html
ナラ枯れ被害対策マニュアル改訂版（平成 27 年 3 月（一社）日本森林技術協会））

コラム 病虫害（松くい虫被害）

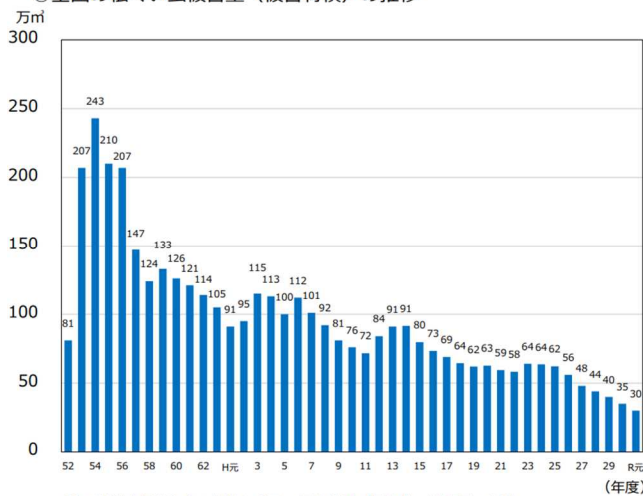
松くい虫被害とは、体長 1mmほどのマツノザイセンチュウ（線虫）がアカマツやクロマツの樹体に侵入・増殖し、樹木の通水機能が失われ樹勢の低下や枯死に至る被害です。マツノザイセンチュウ自身では分布を広げることはできませんが、マツノマダラカミキリという体長 3cmほどのカミキリの体にとりつき他のマツや地域へ移動・分散します。このことから、マツノザイセンチュウを“殺し屋”、マツノマダラカミキリを“運び屋”と呼び説明されることがあります。

我が国の松くい虫被害は昭和 54 年をピークに減少傾向にあるものの、分布は広がり、地域的にみると被害量は増加しているところもあります。

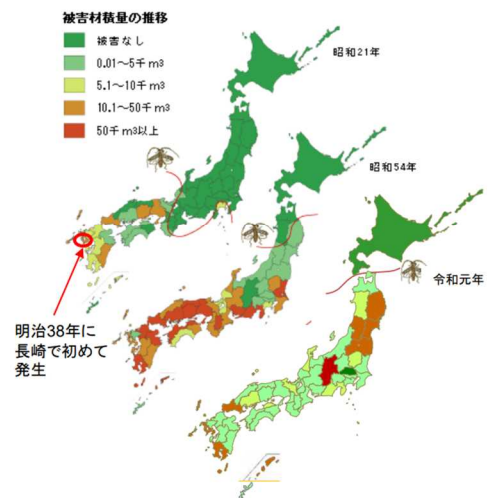
松くい虫被害は、海岸の防風林（クロマツ林）など大量のマツが枯れて話題にあがることがあります。また、山地では主に尾根沿いや急傾斜斜面に分布するアカマツが被害にあっています。山地保全や水源涵養機能の維持・向上を考えると、アカマツをこの被害から守ることは重要なことです。

造林事業地域及びその周辺のマツ類の分布や松くい虫被害の情報に注意し、必要に応じて予防（薬剤散布・薬剤注入）を行うとともに、被害が発生した場合は、早急に駆除（くん蒸・破碎・焼却処理等）を行い、火種が小さいうちに対応策を講じることで、被害の拡大を最小に留めることが重要です。

○全国の松くい虫被害量（被害材積）の推移



○松くい虫被害の推移



(出典：林野庁 HP 松くい虫被害対策

https://www.rinya.maff.go.jp/j/hogo/higai/attach/pdf/matukui_R2-3.pdf)

コラム 樹皮剥ぎ（シカ剥ぎ・クマ剥ぎ）

シカによる樹皮剥ぎ（シカ剥ぎ）は、森林施業にあたり広く知られており、シカが樹皮を剥ぎ幹からしみ出る樹液をなめるといった、一種の食料摂取のための行動と言われています。また、オスシカには角で樹木の幹を深くえぐったり、稚樹・幼樹の幹にも角を擦り付け樹皮を剥がしてしまう“角こすり（角とぎ）”といわれる行動もあります。

一方、ツキノワグマが生息している地域では、クマによる樹皮剥ぎ（クマ剥ぎ）も発生しています。この、クマ剥ぎは何の目的で行われるのか、実はまだはっきりわかっていないようです。また、全てのツキノワグマが樹皮剥ぎするのではなく親グマが行う行動を子グマが学習し、その子が大人になって同様に樹皮剥ぎを行うということも言われています。

シカ剥ぎでも、クマ剥ぎでも幹回りを広く剥離されることにより、樹木の栄養循環が絶たれ、樹勢の衰弱や枯死につながります。樹皮剥ぎの著しい造林地では、樹皮を守るための防護対策が必要となります。

樹皮剥ぎの対策として、金属や樹脂製のネットで幹を覆うように巻いたり、ポリエチレンテープやK Pロープを巻き付けるなどの対策をしますが、コスト面や耐久性、環境への配慮、防護効果など長所・短所があり、決定的な対策はなく、今後も科学的知見にたった調査が必要です。



【クマ剥ぎの特徴】

- ・バナナの皮をむいたように、大きく樹皮が残ります
- ・幹には主に縦方向に 3～4 本の筋（歯の跡）が目立ちます



【シカ剥ぎの特徴】

- ・剥かれた樹皮は細かく、根元周辺に散らばります
- ・幹は滑らかとなっているか、ノミでえぐったような歯型が不規則に残ります



【樹皮剥ぎ対策】

- ・樹脂ネットやポリエチレンテープの巻き付け



【シカの角こすり】

- ・稚樹の樹皮が剥がれ、枯れ始めている（左）
- ・樹幹にえぐるように深い傷をつける（右）

(3) 労働安全衛生

足場の悪い山の中で伐採木等重量物を取り扱う林業の労働災害の発生率は、災害の発生度合を表す「千人率」で他産業と比べると、全産業の中で最も高くなっています。

区分	平成26年	平成27年	平成28年	平成29年	平成30年	令和元年
全産業	2.3	2.2	2.2	2.2	2.3	2.2
林業	26.9	27.0	31.2	32.9	22.4	20.8
鉱業	8.1	7.0	9.2	7.0	10.7	10.2
建設業	5.0	4.6	4.5	4.5	4.5	4.5
製造業	2.9	2.8	2.7	2.7	2.8	2.7
木材・木製品製造業	12.3	11.2	11.0	9.9	10.9	10.6

資料：業種別死傷年千人率（休業4日以上）（厚生労働省）

年千人率とは、労働省1,000人あたり1年間に発生する死傷者数（休業4日以上）を示すもの。

注：千人率の計算に用いる数値の出所が平成24年より「労働者災害補償保険事業年報」及び「労災保険給付データ」から「労働者死傷病報告書」及び「総務省労働力調査」に変更されている。

資料：「業種別死傷年千人率」（休業4日以上）（厚生労働省）

なお、水源林造成事業における災害報告に基づき分析をおこなったところ、災害が集中して発生する作業種と時期があることがわかっています。

- ・ 4月～5月：地拵作業に伴う災害
- ・ 6月～8月：下刈作業に伴う災害
- ・ 10月～1月：除間伐等の伐木作業に伴う災害

労働災害防止に向け、労働安全衛生に関する法令等の遵守はもとより、特に、チェーンソーや刈払機を用いた作業における基本事項の徹底や労働災害未然防止の取組が重要と考えられます。

1 伐木・造材作業における基本事項の遵守

- (1) 上下作業・近接作業の禁止、正しい受け口・追い口の作成、くさびの使用、伐倒合図の徹底、安全な待避場所への迅速な退避等(安衛則第481条外)
- (2) かかり木の処理作業における禁止事項の遵守(安衛則第478条)
 - ア かかり木が生じた場合は、速やかに処理すること。ただし、速やかに処理することが困難な場合には立入禁止措置を徹底すること
 - イ かかっている立木の伐倒又はかかり木に激突させるためにかかり木以外の立木を伐倒すること等は厳禁

- (3) 胸高直径 20 センチメートル以上の立木の伐木作業を行う場合は、受け口を設ける
(安衛則第 477 条)
 - (4) チェーンソーによる伐木作業等を行う者には、必ず下肢の切創防止用保護衣を着用させる
(安衛則第 485 条)
各種保護具等の導入促進と適正使用等
- 2 刈払機作業における基本事項の遵守
安全装備品等の正しい装着・使用、刈払機作業の基本動作の遵守等
- 3 労働災害に係る自主的な未然防止対策の取組
簡易リスクアセスメントの積極的な導入、作業前ミーティング（ツールボックスミーティング＝作業前に作業予定、手順、安全の確認、留意点などについて作業員同士話し合うこと。）の徹底等

4.資料リスト

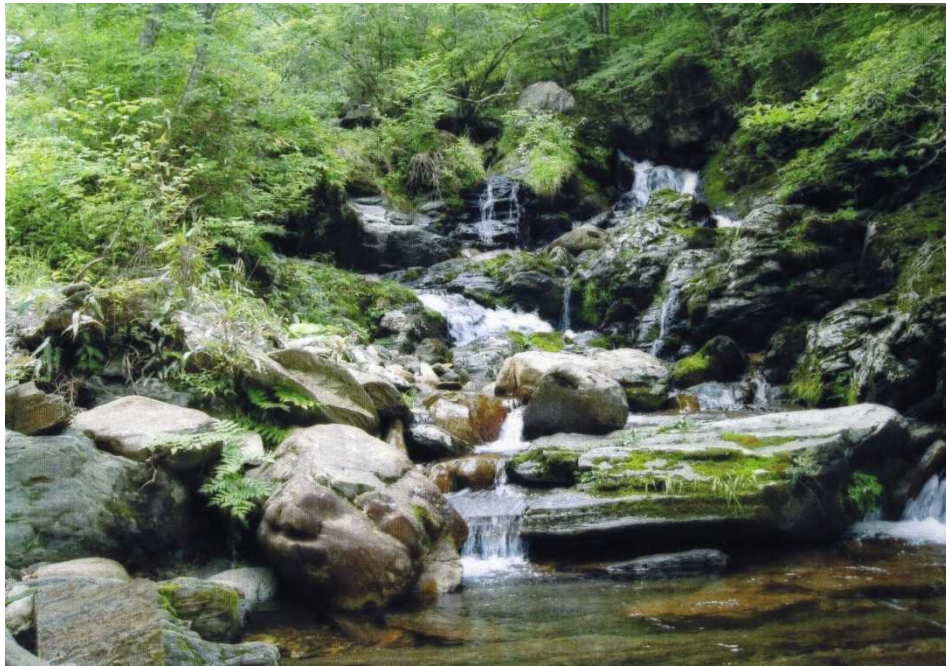
本書の作成にあたり、参考とした資料は以下のとおりです。

年	著者・編者 資料・文献名	雑誌 U R L	水源林の 公益的機能	水源林 造成事業	針広混 交林と 育成複 層林	地拵	苗木	植付	根踏	下刈	倒木 起し	つる 切	裾枝 払・枝 払	除伐	間伐	更新 伐(育 成複 層林)	その他
2020 他	森林・林業白書	林野庁 全国林業改良普及協会 https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyoo/	●	●	●												
2008	五味高志 人工林荒廃と水・土砂流出 の実態	岩波書店	●														
2020	玉井幸治 森林の持つ「洪水災害の軽 減機能」について	(公社)大日本山林会 山林No.1635	●														
2005	森林のセミナーNo.2 暮らしと 森林	(一社)全国林業改良普及協会	●														
1981	北村嘉一、難波宣士 伐根試験を通して推定した 林木根系の崩壊防止機能	農林水産省林業試験場 林業試験場研究報告 第313号	●														
2021	多田泰之 林業と国土保全 の両立を目指して(1) - 林業技術者のための林地の 災害リスクの考え方	(公社)大日本山林会 山林No.1640	●														
2003	農林水産研究開発レポート No.8	農林水産省農林水産技術会議 No.8	●														
2001	河原輝彦 多様な森林の育成と管理	東京農大出版会	●	●													

年	著者・編者 資料・文献名	雑誌名 URL	水源林の 公益的機能	水源林造成事業	針広混交林と育成 複層林	地 拵	苗木	植付	根踏	下刈	倒木起し	つる切	裾枝払・枝払	除伐	間伐	更新伐 (育成複層林)	その他
2020	水源かん養林	神奈川県 https://www.pref.kanagawa.jp/docs/vh6/kanyorin/kanyorin.html	●														
2018	平成 29 年度水源の森林づくりガイドブック作成等業務委託事業報告書	平成 29 年度林野庁委託業務報告書 みずほ情報総研株式会社	●	●	●												
2019	平成 30 年度水源の森林づくりガイドブック作成等業務委託事業報告書	平成 29 年度林野庁委託業務報告書 公益財団法人日本生態系協会 ランドデザイン総合研究所	●	●	●												
2019	水源の森林づくりガイドブック	林野庁治山課	●	●	●								●				
2019	保安林制度の手引き-令和元年度-	(一財)日本森林林業振興会		●													
2017	水源林整備の手引き	神奈川県環境農政局緑政部水源環境保全課 https://www.pref.kanagawa.jp/uploaded/attachment/886791.pdf		●													
2003	赤井龍男	立地環境に対応したモザイク施業の体系 / ハイトカルチャ研究会			●												
2020	水源林造成事業における針広混交林造成に向けての手引き	森林整備センター https://www.green.go.jp/zorin_jigyo/rimoderu/pdf/konkorin_tebiki.pdf			●												●
2020	水源林造成事業における育成複層林造成に向けての手引き	森林整備センター			●												●

年	著者・编者 資料・文献名	雑誌 URL	水源林の 公益的機能	水源林 造成事業	針広混交林 と育成複層林	地 拵	苗木	植付	根踏	下刈	倒木 起し	つる切	裾枝 払・枝 払	除伐	間伐	更新伐 (育成 複層林)	その他
2012	企業庁の水源かん養林～ 水を育む。～	神奈川県企業庁 https://www.pref.kanagawa.jp/docs/vh6/cnt/f8018/p690555.html	●	●													
2010	広葉樹林化ハンドブック 2010_人工林を広葉樹林 へと誘導するために	森林総合研究所 https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/documents/2nd-chuukiseika22.pdf			●											●	●
2012	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	森林総合研究所 https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/documents/3rd-chuukiseika1.pdf			●											●	●
2013	スギと広葉樹が共存する豊 かな森林をめざして～針広 混交林化事業モニタリング調 査報告書～	秋田県農林水産部森林整備課			●												
2012	更新伐に係る実施マニュアル	岩手県農林水産部 https://www.pref.iwate.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/008/322/koushinbatu.pdf														●	
2013	低コスト再造林の実用化に 向けた研究成果集	森林総合研究所、九州大学、宮崎 大学、徳島県、高知県 https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/documents/3rd-chukiseika7.pdf					●	●		●							●
2019	低コスト再造林に役立つ “下刈り省略手法” アラカル ト	森林総合研究所 https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/documents/4th-chuukiseika22.pdf				●	●			●							
2016	ここまでやれる再造林の低コ スト化～東北地域の挑戦～	森林総合研究所 https://www.ffpri.affrc.go.jp/thk/research/research_results/documents/3rd-chuukiseika33_1.pdf				●	●	●		●							
2019	中村松三、伊藤 哲、山川 博美、平田令子/編 低コスト再造林への挑戦— —貫作業システム・コンテナ 苗と下刈り省力化—	日本林業調査会					●			●							

年	著者・編者 資料・文献名	雑誌 U R L	水源林の 公益的機能	水源林 造成事業	針広混 交林と 育成複 層林	地 瘠	苗 木	植 付	根 踏	下 刈	倒 木 起 し	つ る 切	裾 枝 払 ・ 枝 払	除 伐	間 伐	更 新 伐 (育 成 複 層 林)	そ の 他
2017	水源林造成事業実務必携 施業実行編-平成 28 年度 版-	全国水源林造林協議会連合会		●													
2001	造林技術基準解説	日本造林協会				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
2019	列状間伐の手引き～民有 林における列状間伐の普及 に向けて～	林野庁整備課 https://www.rinya.maff.go.jp/j/kanbatu/houkokusho/attach/pdf/houkoku-3.pdf														●	
1998	林業技術ハンドブック	林野庁監修 全国林業改良普及協会				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
2001	森林・林業百科事典	(社) 日本林業技術協会 (現 (一社) 日本森林技術協会)															●
2015	ナラ枯れ被害対策マニュアル 改訂版	(一社) 日本森林技術協会															●
2011	水源林造成事業におけるク マ剥ぎ防止対策について～ 栃木県における防止対策方 法と観察結果～	森林整備センター https://www.green.go.jp/gijutsu/pdf/kenkyu_zorin/zorin_h23_07-3.pdf															●
2020	シカ害防除マニュアル ～防護柵で植栽木をまもる ～ (令和 2 年 3 月版)	森林整備センター https://www.green.go.jp/gijutsu/pdf/zorin_gijutsu/deer_pest_control_manual.pdf															●



水源林造成事業の施業指針

令和3年3月

国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林整備センター

〒212-0013 神奈川県川崎市幸区堀川町66-2

TEL 044-543-2500

<https://www.green.go.jp/index.html>