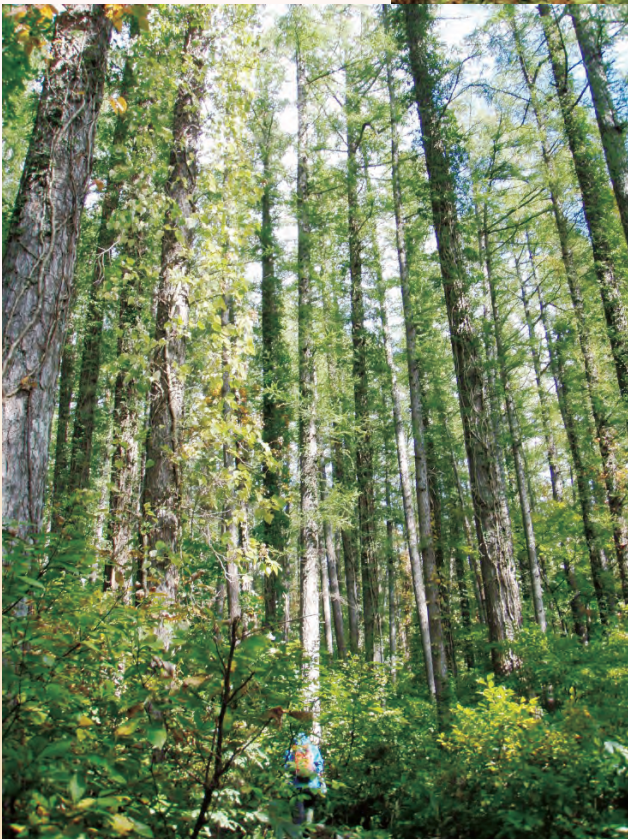


これからの再造林

－ スギの低コスト施業とカラマツ導入のポイント－



秋田県林業研究研修センター

目次

はじめに	1
第1章 再造林を進める前に - 遵守すべき4つの原則 -	2
第2章 伐期の選択 - 主伐・再造林か間伐・長伐期か -	3
1 伐期・伐期齢・伐採齢	3
2 伐期齢の種類	3
3 標準伐期齢	4
4 主伐と伐採齢	5
5 収穫表との乖離	5
6 長伐期化の選択肢	6
第3章 立地の選択 - 再造林の適地と不適地 -	8
第4章 施業の選択 - スギ並材生産を前提とした低コスト施業体系 -	10
1 主伐と植栽の一貫作業システム	10
2 低密度植栽	11
3 下刈り回数の削減	12
4 除伐の省略	14
5 間伐回数の削減	15
6 従来型施業とのコスト比較	16
★ コラム1 特定母樹(スギ、ヒノキ、カラマツなど)	17
★ コラム2 雪害抵抗性品種(スギ)	18
第5章 樹種の選択 - カラマツの造林 -	
1 カラマツの生育環境	19
2 本県のカラマツ林業とその背景	19
3 本県のカラマツ林の分布と成立立地	20
4 カラマツ林の造成	20
5 カラマツ林の成長予測	22
★ コラム3 秋田県でクリーンラーチは適用可能?	23

はじめに

本県の豊かな森林資源は、先人たちの長年にわたる努力により造成され、その広大な人工林の過半が今、いよいよ利用期を迎えています。これにより、素材生産が間伐主体から皆伐主体へと移行し、素材生産量は増加傾向にあります。

一方、近年、集中豪雨等による山地崩壊などの自然災害が全国的に頻発する中、山地災害の防止や生物多様性の保全に貢献する、適切に整備された多様で健全な森林の育成が、喫緊の課題となっています。さらに、国を挙げて「2050年カーボンニュートラル」の実現を目指す中で、地球温暖化防止に果たす森林の二酸化炭素吸収源としての役割にも、大きな期待が寄せられています。

このため、全国屈指の森林資源を有し、林業・木材産業を基幹産業とする本県としては、年々増加する資源を積極的に活用した「林業・木材産業の成長産業化」の実現と、豊かな生態系と県土の安全を守る「森林が有する公益的機能の持続的な発揮」の両立を図らなければなりません。その根幹として、環境への配慮をしながら、森林資源を「伐って、使って、植えて、育てる」循環利用の確立が極めて重要となっています。

本冊子は、この資源循環を滞りなく、かつ森林生態系と調和しながら進めるために、再造林に着手する皆様が、現地の状況を正確に判断し、適切な森林整備へと確実に移行できるよう、その判断と選択の要点を体系的に解説するものです。

この冊子が、再造林への確実な一歩を踏み出すための羅針盤となり、本県の豊かな森林資源を次世代へと健全な形で引き継ぐ一助となることを、心より期待しております。

令和8年3月 秋田県林業研究研修センター



第1章 再造林を進める前に – 遵守すべき4つの原則 –

再造林を行う主たる理由は、木材の生産と供給のための森林資源を維持し、林業を持続させていくためです。林業は、森林生態系の生産力に基礎を置いており、適切な生産活動を通じて、森林の有する多面的機能の発揮や山村地域における雇用の創出に大きな役割を果たします。また、森林は、多様な生物が成育・生息しており、生態系ネットワークの根幹として豊かな生物多様性を支えています。

森林生態系が持つ様々な生態系サービス（木材生産機能を含む多面的機能）の発揮に向け、森林の健全性を確保し、持続可能な森林経営を実現するためには、遵守すべき4つの原則があります。再造林を進めるにあたっては、次に示す「森林経営・森林施業の基本原則」に基づいて、その内容や手法が適切かつ実現可能であるかを判断することが必要です。

【森林経営・森林施業の基本原則】

① 合自然性の原則

- ・自然に反した林業は行わないこと
- ・厳しい自然環境や脆弱な立地での林業活動は行わないこと

② 保続性の原則

- ・対象とする森林において、森林の持つ諸機能が永続的・恒常的に維持されること
- ・それを支える土地の生産力（地力）を維持すること

③ 経済性の原則

- ・常にコストパフォーマンスを考えた森林経営や森林の整備・保全事業を行うこと

④ 生物多様性保全の原則

- ・人間は、自己の利益に反しても生態系を構成する多様な生物種の生存権を損なわない形で森林経営をすること

第2章 伐期の選択 -主伐・再造林か間伐・長伐期か-

主伐を実施する前に、今一度、伐採のタイミングとして適当かどうか、伐期の延長についても検討する必要があります。林況にもよりますが、伐期を延長することで、間伐による収穫を含めた生産量の維持・確保と、成長に伴う資源量の増加が見込め、長期的に見れば、再造林経費や造林初期投資の節減につながります。また、皆伐されずに地力が維持されることで、公益的機能の低下を防ぐことができます。伐採の目安とされる林齢（標準伐期齢、後述）にとらわれることなく、適切な伐期を検討する必要があります。

1 伐期・伐期齢・伐採齢

農作物は、成熟して収穫するべき時期が季節的に明瞭です。一方、林木の場合は、育成期間が数十年、あるいは100年を超える長期に及び、成熟期がどの段階なのか判然としません。このため、生産者は、伐採取穫の適期を、生産目的に応じた林木のサイズや量、市況などから個別に判断する必要があります。ただし、農作物のように収穫時期や期間が厳密に限定されているわけではなく、比較的自由度に幅があります。

林木が、生産の目的を満たした大きさや形質に至った時期を「伐期」と呼びます。それがいつなのかは生産目標次第ですし、状況によっては、目標自体が変わったり、目標を変えたりする場合があります。伐期の判断は、林齢だけでは判断できません。一般的には、直径サイズが主な基準であり、現況と目標林型から推定するため、それがいつなのかは直前でないとわかりません。これでは経営計画が立てられませんので、生産目的に応じた最適な主伐林齢を、予測的に「伐期齢」として設定します。伐期齢は、林業経営の目的に応じて、次のような種類が提案されています。なお、伐期齢は、実際に伐採される林齢である「伐採齢」とは、必ずしも一致しません。

2 伐期齢の種類

① 生理的（自然的）伐期齢

林木の寿命とされる年齢、又は更新の際の種子生産や萌芽力が旺盛な年齢。しかし、これを予測することは困難で、現実的に林業経営に適用できない。

ただし、かつて、萌芽更新を前提に行われた、薪炭林施業やきのか原木林施業は、この年齢として設定されている場合がある。



② 工芸的伐期齢

生産目的に対して、最適な大きさや形質を備えた年齢。市場の要求に対応し、林業経営上最も合理的に、かつ容易に年齢を設定できる。

③ 材積収穫最多（最大）の伐期齢

一定の面積の林地から、毎年最多量の林木を収穫しうる年齢。即ち、林分の平均成長量が最大となる年齢。

④ その他の伐期齢

その他に、「森林純収穫最多の伐期齢」、「土地純収穫最多の伐期齢」、「金員総収穫最多の伐期齢」、「収益率最多の伐期齢」、「労働生産性最高の伐期齢」など、収益や利子、労働生産性などを考慮した伐期齢が提案されている。

3 標準伐期齢

地域の森林のマスタープランである市町村森林整備計画において、主伐時期の目安として「標準伐期齢」を定めています。本県の市町村における標準伐期齢は、前述の「材積収穫最多（最大）の伐期齢」に基づいて設定されており、スギ50年、カラマツ35年、その他広葉樹25年です。

標準伐期齢について、林野庁のホームページでは、『市町村森林整備計画において、地域の標準的な主伐の林齢として定められるもの。主要な樹種ごとに、平均成長量が最大となる年齢を基準として、森林の有する公益的機能、既往の平均伐採齢及び森林の構成を勘案して定められます。なお、標準伐期齢は、地域を通じた主伐の時期に関する指標として定めるものであり、標準伐期齢に達した時点での伐採を促すものではありません』と説明されています。

標準伐期齢は、その語感から、この林齢での主伐を推奨する印象を受けがちですが、むしろ、この林齢より若くしての伐採を抑制するための最低の伐期齢と考えるべきであり、この根底には「保続性の原則」があることに留意する必要があります。

小径木生産などで短伐期を指向する例も想定されますが、この場合は、対象地や面積の限定など、伐期とは異なる別の観点から主伐と再生林を検討してみる必要があります。

4 主伐と伐採齢

「地域の標準的な主伐の林齢」である50年生以上となったスギの林分については、「主伐・再造林」の対象として考えるのが一般的です。しかし、森林の発達過程において、50年生の人工林は、若齢段階もしくは成熟段階初期にあたり、森林全体の成長速度は低下していきませんが、個々の林木は成長を続けます。単なる統計上での扱いであれば問題ありませんが、経営上、主伐適期を検討しないまま、林齢のみを鵜呑みにして主伐を行うことは不合理で、厳に避けるべきです。現況調査から森林の現在の価値を確認し、さらには将来的な価値を想定し、適切に伐採齢を決定する必要があります。目先の収穫量だけでなく、特に前述の「持続性の原則」と「経済性の原則」に反しないか、チェックが必要です。その際の重要な因子は林齢ではなく、むしろサイズ（胸高直径）構成であり、目的に見合ったサイズ構成に達したか否か、その見極めが大切です。

一方、林分あたりの収穫量を最優先し、生産の目標とする場合は、材積収穫最多（最大）となる林齢での主伐が合理的です。林分材積（ m^3/ha ）を林齢（年）で割った値（総平均成長量）は、林齢に応じて増加し続け、ある林齢でピークを迎えた後、低下していきます。このピーク時点で主伐することで、材積生産効率が最大となります。現在の本県の収穫表から算出すると、この値がスギでおよそ50年、カラマツ35年となっており、標準伐期齢として伐期の目安とされています。

5 収穫表との乖離

近年、県内では、これまでの定説を覆し、標準伐期齢を遥かに超えた高齢に至っても成長が衰えない事例が、スギやカラマツ人工林で観測されています。例えば、スギで80～90年以上⁽¹⁾、カラマツで88年以上⁽²⁾の頃にピークに達し、その後、材積成長が低下することなく持続する事例です。このため、現在の標準伐期齢が、収穫効率最大となる林齢よりも過少に設定されている可能性が指摘されており、現在、高齢級の林木に関する成長データを充実させる形で、収穫表の見直しが進められています。



なお、収穫効率が最大に達した後も成長量が低下せずに維持し続けるとするならば、ピークに達した林齢以降であれば、いつ伐採しても収穫効率には問題ない可能性があります。本県のスギの成長は晩生型と言われ、高齢になっても成長が持続する特性があるとされており、こうした特性を林業経営にも活かす必要があります。

6 長伐期化の選択肢

前述のとおり、本県においては、林木の成長特性などから長伐期化が選択肢として想定できます。間伐の収穫量を含めた生産量の増加、多様な木取りが可能な大径材の生産、スギであれば豪多雪地帯で見られる根元曲がりの改善、カラマツであれば未成熟材比率が下がり材質向上につながります。

しかし、長伐期林への誘導は、どんな森林でも可能なわけではなく、指向する際には、現状を調査し、伐期延長が適切かどうかの確認が必要です。例えば、台風のリスクや襲来頻度が高い立地（山稜部や南西方向に開けた流域斜面など）では、避けたほうが無難と言えます。林分ベースでも、樹冠が小さく幹が細くて長い、いわゆる「マッチ棒型」の林木（写真1）では、そもそも成長の維持が期待できず、風害や冠雪害のリスクが高いため、長伐期化は困難です。

写真1 「マッチ棒型」の林木



- ・形状比が高く、樹冠長比が低いスギからなる林分
- ・樹冠葉量が少ないため、長期に健全に森林を育成し続けることが困難
- ・風害や冠雪害リスクが高いため、長伐期林への誘導には不適

次に、「マッチ棒型」か否かを判定するための2つの指標を示します。間伐の未実施など、適切な森林管理が行われていない林分では、長伐期化が難しい場合があります。長伐期化を指向する際は、育成段階での適切な管理が必要です。

① 形状比

- ・ 樹高H (m) と胸高直径D (cm) の比率 ($H/D \times 100$) で算定
- ・ 値が大きいほど幹が細長く、値が小さいほどずんぐりとした樹形を表す
- ・ 80以上・・・風害、冠雪害のリスクが高く、長伐期化は難しい
- ・ 70以下・・・理想であるが、長伐期化に向けては60を目安にする

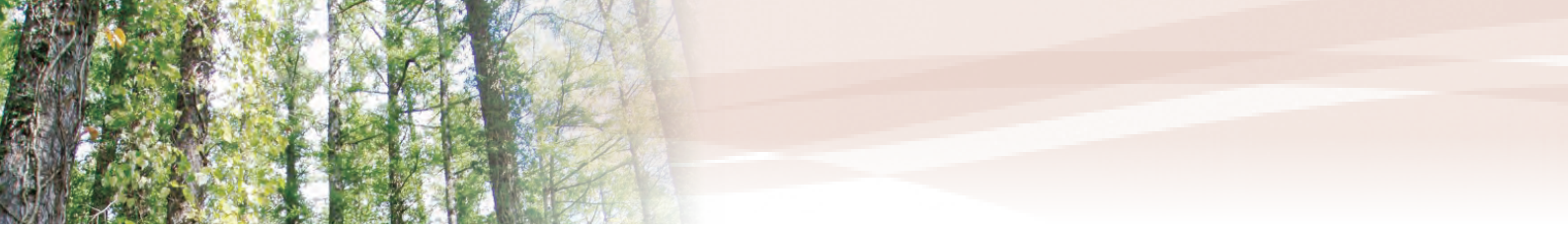
② 樹冠長比

- ・ 樹高H (m) に対する樹冠長C (m) の比率 ($C/H \times 100$) で算定
- ・ 値が大きいほど着葉量が多く、樹木を長期に健全に育成できる
- ・ 40%未満・・・着葉量が少なく、長伐期化は難しい
- ・ 40~60%・・・理想であるが、長伐期化にむけては60%を目安にする

なお、大径化した樹木については、伐採や搬出に関わる技術的課題やコストの増加、製材工場における加工できる材の大きさの制約、気象害や芯腐れなどの被害リスクなど、デメリットになり得る点があることにも留意が必要です。

参考・引用文献

- (1) 大住克博・森麻須夫・桜井尚武・斎藤勝郎・佐藤昭敏・関剛 (2000) 秋田地方で記録された高齢なスギ人工林の成長経過. 日林誌82 (2)
- (2) 森麻須夫・大住克博 (1991) 秋田地方における高齢級カラマツ林の成長. 森林総研研報361



第3章 立地の選択 — 再造林の適地と不適地 —

木材生産を目的に、再造林を行う場所を選択する際には、成林と成長が十分に見込める（地位が高い）立地であるか否か、長期的な育成管理と生産された木材の搬出に支障のない（地利ポテンシャルが高い）立地であるか否かの、2つの軸を基本にマトリクスで判断します(図1)。

地位については、森林簿や地形情報等を基にしたモデルからの推定が行われていますが、精度や利便性の面で未だ課題があります。手っ取り早い方法としては、前生林（主伐される以前の林）の成績から推定できます。前生林の成長や生産量が、収穫表などと比較して優れていれば、その跡地である再造林地は、地位としてさほど問題はないと考えられます。ただし、二代目以降の造林地においては、前生林の伐採や搬出に伴い、地力は一般に低下していると考えられ、この点は勘案する必要があります。

なお、溪畔林などの水辺林は、生物多様性機能が高く、また林業対象地から河川への土砂流入を防ぐ働きもあることから、こうした機能の発揮を最優先すべきであり、仮に地位が高い立地であったとしても、皆伐は避け、混交林化や長期的には広葉樹林化を進めることを検討しましょう。

地利については、長期的な森林の維持管理や、主伐から搬出に至るまでの過程を想定し、（将来的にも）道路からの距離や地形などの条件で問題ないか、災害のリスクはないかを検討する必要があります。こうした判断を誤ると、コストの増加を招き、経営として成り立たなくなる危険がありますし、再造林地が土砂崩れで消失したとなれば元も子もありません。地利の適否については、例えば、林道の開設などで将来的には変化する可能性もあることから、関係者や関係機関等と良く相談してみる必要があります。

なお、こうした地位や地利の条件から外れた木材生産の不適地については、公益的機能の発揮など、木材生産以外の機能に焦点をあてた森林づくりが求められます。場合によっては林業対象地からの撤退も視野に置く必要があります。この扱いを検討する際も、関係機関等と良く相談してみましょう。

図1 地位と地利による再造林を行うべき場所の判断に関する模式図

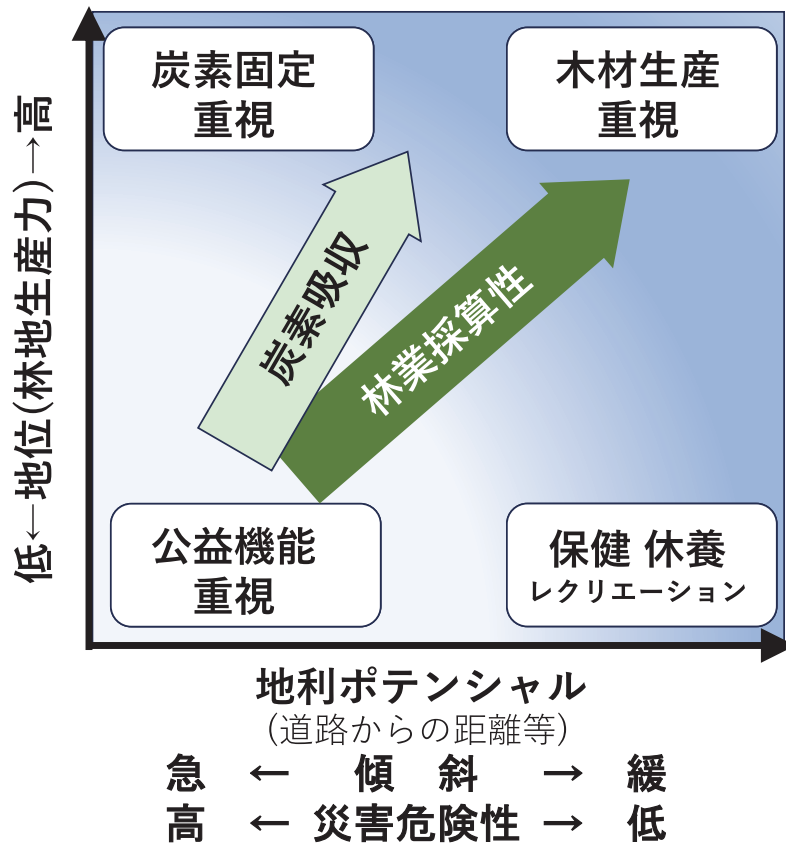


写真2 急斜面にケヤキ緩斜面にスギを配した森林
(五城目町国道285号線沿線)





第4章 施業の選択 –スギ並材生産を前提とした低コスト施業体系–

本県における従来のスギ人工林施業体系は、在来工法に適した通直で節の少ない正角用丸太（A材）の生産を目標としてきたため、3,000本/haの植栽、潔癖な下刈りと除伐、そして間伐の繰り返しを基本にしてきました。しかし、近年の木材需要は、製材用から合板や集成材用へ比率がシフトしております。今後の需要拡大が予想されるCLTやLVL等も含め、これら木質材料用の丸太は、並材（B材）程度であり、材の曲がりや節は、従来ほど厳密に排除する必要が無いことから、ここでは、並材生産を前提に、コストの低減を追求したスギの施業体系について紹介します。

なお、施業体系は、生産目標によって変わってきますので、従来型の施業体系を否定するものでも、この体系を標準とするものでもありません。選択肢のひとつとして捉えてください。

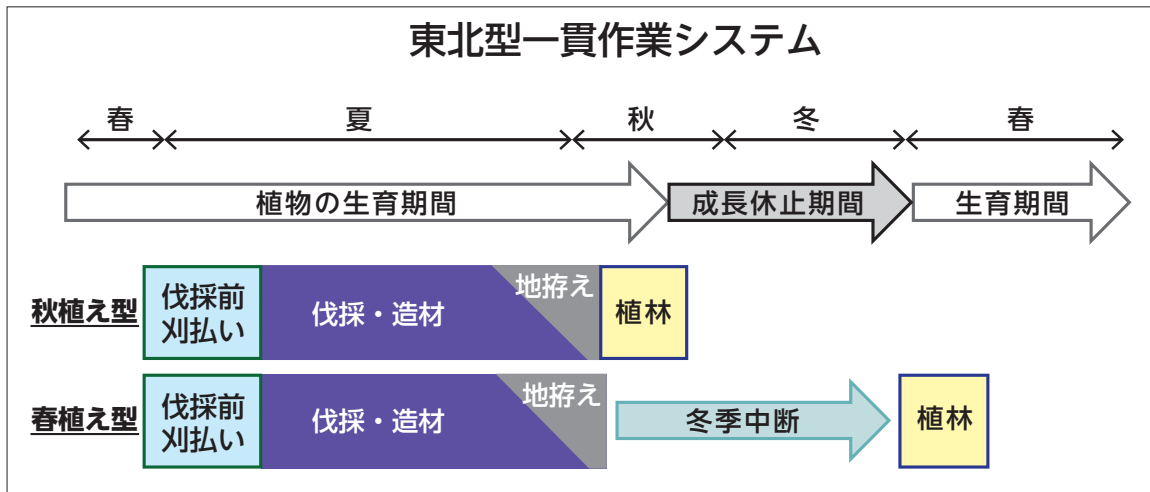
1 主伐と植栽の一貫作業システム

従来、主伐と植栽は、別々の事業者が別々の時期に行うことが一般的でしたが、この方法だと、植栽する際の「地拵え」に多大な労力と経費を要してしまいます。しかし、伐採と植栽を同時並行的、あるいは連続して行う「一貫作業システム」を導入すると、伐採に使用した機械（グラップル等）を地拵えに使用することも可能となるため、地拵えの人力作業が大幅に軽減され、また、伐採前の刈り払いや地拵えの際に植生が除去されるため、競合植生の回復が緩慢となり、下刈り作業も軽減されます。

県内各地で「一貫作業システム」の効果を検証した結果、従来の標準事業費と比較して、最大で75%、平均で40%のコスト削減効果が認められました。造林作業の効率化とコストの大幅削減が可能となることから、再生林を計画する際には、必須とすべき作業システムです。

なお、積雪地帯でこのシステムを導入する場合、積雪前までに伐採から植栽までの一連の作業を完了させるパターン（秋植え型）と、秋季までに伐採と地拵えまでを完了し、融雪後直ちに植栽するパターン（春植え型）が想定されます（図2）。

図2 積雪地帯における一貫作業システム⁽³⁾



2 低密度植栽

本県では、かつて、3,000本/haの密度（苗木間隔1.8m）を基本に植林が行われてきました。しかし、近年、生産目標の変化や造林・保育コストの削減を理由に、2,500本/haを下回る密度での植栽事例が増加しつつあります。コンテナ苗の普及や苗木性能の向上（P17～18コラム1、2参照）で、植栽木の生存率や健全性が高まったことも理由の一つとして考えられます。

県内の試験地の事例では、植栽密度1,000本/haで植栽した場合、植栽木の形質不良や下刈り時の誤伐の影響などで健全木の比率が低下し、育成初期段階（およそ20年生）で、既に収穫予想表における50年生時点の立木密度を下回りました。さらに、幹の曲がり、節の増加、年輪幅の拡大など、材や形質の欠点も高い比率で生じやすいことが分かりました。こうした結果を踏まえ、従来並みの生産量と、並材として許容できる最低限の形質や材質を確保できる植栽密度を、1,500本/haに設定しました。

植栽密度を選択する際の目安として、育成目標により、次の3パターンを示します。

- ① 造林コストを極力削減し並材の生産を目標 → 1,500～2,000^{*}本/ha
- ② 従来並みの生産量と材質の確保を目標 → 2,500～3,000^{*}本/ha
- ③ 上記のどちらとも判断できない折衷案 → 2,000～2,500^{*}本/ha

※多雪地帯では、雪害による密度の低下が予想されるため、高い方の密度を選定することが望ましい

3 下刈り回数の削減

育林経費のうち、造林初期費用（地拵え・苗木代・植栽・下刈り）は約70%（約150～190万円/ha）を占め、このうち下刈りの経費が約70～90万円/haと半分近くを占めることから、育林経費の削減には、下刈り手法や回数の見直しが不可欠です。これまで、県内のスギ造林地では、下刈りを5年ないし6年に渡り実施しており、それに対し、現在提案されている下刈り回数の削減（低コスト型Ⅰ）と、今後想定される更なる回数削減の可能性や見通し（低コスト型Ⅱ）について紹介します（表1）。

表1 低コスト化を指向するスギ林における下刈り回数を目安

施業モデル	植栽当年	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	備考
従来型	△	○	○	○	○	△	一般に5～6回の実施
低コスト型Ⅰ	—	○	○	—	○	—	一貫作業を前提に3回実施
低コスト型Ⅱ (大苗又は特定苗木使用)	—	○	△	—	—	—	一貫作業を前提に1～2回実施

○：実施を推奨 △：状況によって推奨 —：状況によって省略が可能

(1) 低コスト型Ⅰ（2・3・5年目のみ下刈り実施）

下刈りの実施を「2・3・5年目」のみとする方法で、従来型よりも40～50%の回数削減となります。下刈りの実施や省略の可否の理由は、次のとおりです。詳細については普及冊子No.25を参照してください。

① 1年目（省略）

一貫作業システムによる機械地拵えと主伐直後の植栽を前提とすることで、植栽木と競合する植生の回復は緩慢となり、1年目の省略が可能。

② 2年目・3年目・5年目（実施）

省略すると下刈り再開時の誤伐リスクが著しく増大し、また、積雪地帯では、冠雪によって植栽木が周囲の競合植生との共倒れを生じやすく、雪害を助長するため、実施を励行。

③ 4年目・6年目以降（省略）

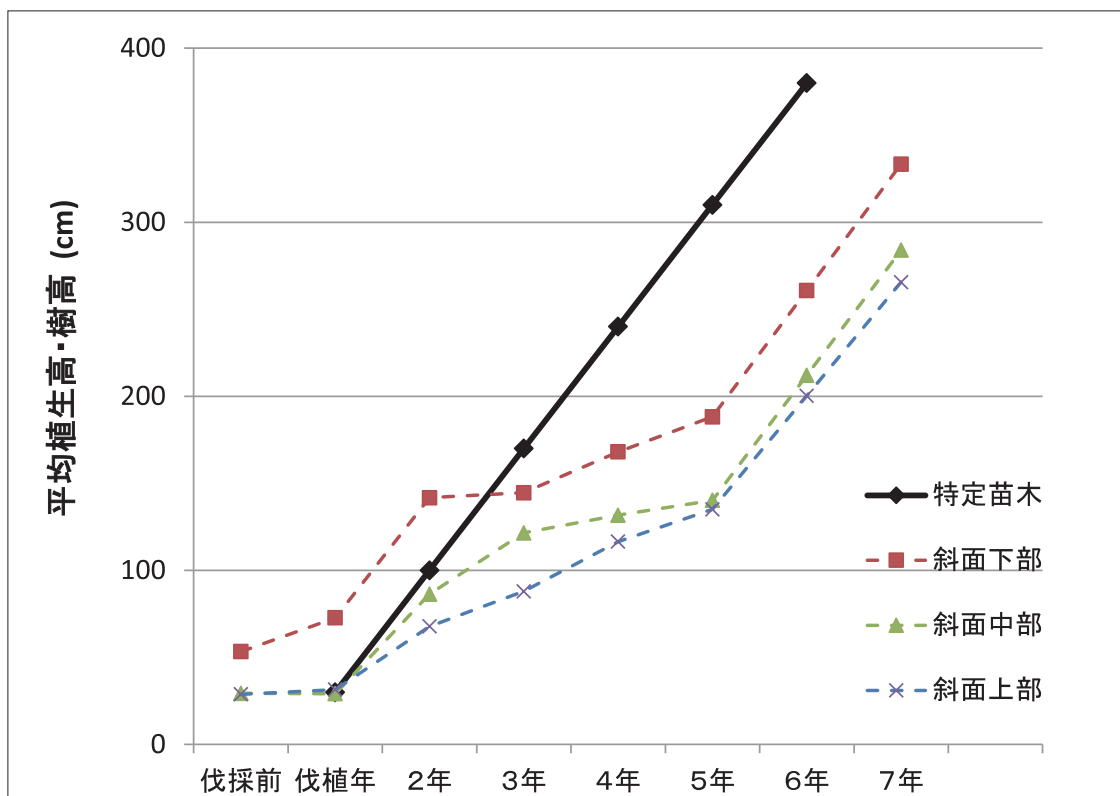
前年までの下刈り実施により、植栽木に対する競合植生による被圧のリスクは比較的 low、省略することが可能。

(2) 低コスト型Ⅱ（大苗又は特定苗木使用により2年目のみ下刈り実施）

苗高約60cmの大苗を植栽した試験地では、2年目の下刈りのみでも、その後、周囲の雑草木の被圧の影響を受けることなく、順調な生育が認められました。苗木代や植え付けコストは増大しますが、下刈りコストは80%以上の削減が可能となります（詳細は普及冊子No.25参照）。しかし、現在、大苗の生産や供給は、安定的に行われておらず、普及のめどは立っていません。

一方、令和7年度から、特定母樹の種子の供給が始まります。早ければ、令和8年度から、特定母樹由来の苗木（特定苗木）の供給が開始され、今後生産される苗木の主力になると期待されています（P17コラム1参照）。この特定苗木は、前述の大苗を超える初期成長が見込まれており、試験植栽された特定苗木の樹高成長と伐採跡地における植生の繁茂実態から推定すると、大苗と同様に、2年目のみの下刈り実施で、競合する植生の高さから脱するものと予想されます（図3）。今後の検証が必要ですが、特定苗木の普及により、下刈りの労力やコストの大幅な削減が期待されています。

図3 皆伐後の年数と斜面位置別平均植生高及び特定苗木の成長予測

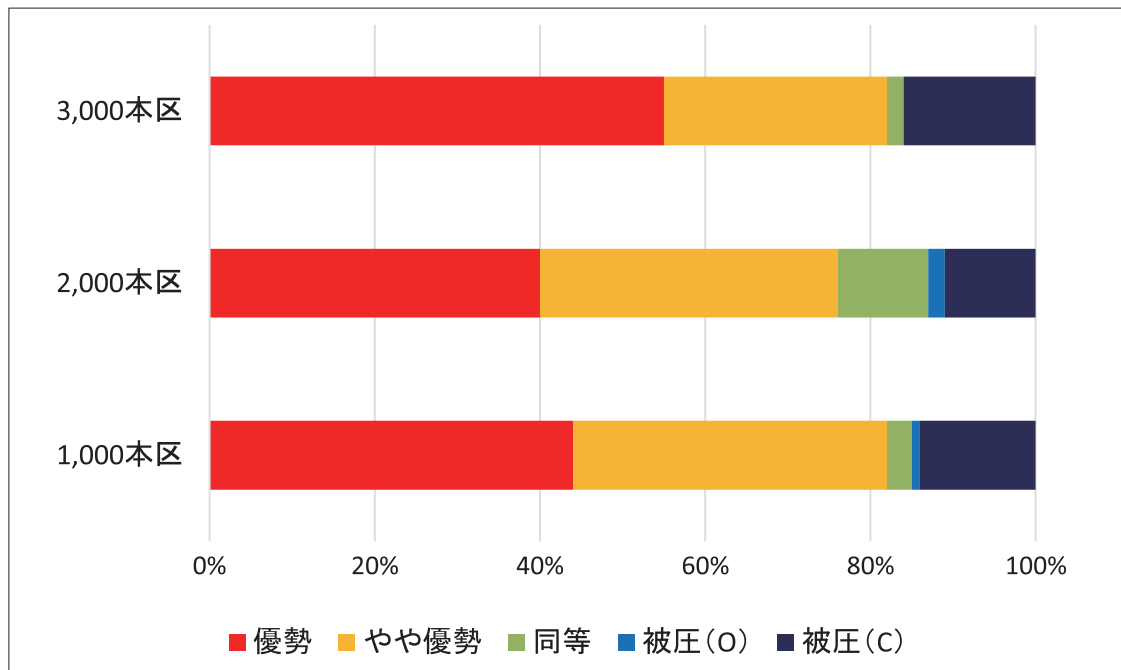


- ・ 特定苗木の苗畑等での成長実績を踏まえ初期年間樹高成長を70cmと仮定して作図
- ・ 平均植生高の推移は早口県有林（大館市）皆伐試験地における調査結果に基づく

4 除伐の省略

下刈り作業が終了してから数年経つと、雑木が再生し繁茂するため、一般的に除伐を10～15年生時に1～2回実施してきました。スギの低密度植栽が行われた場合、従来の3,000本/ha植栽と比べ、植栽間隔が広く空間を生じやすく、また林冠閉鎖までの時間を要することから、広葉樹の繁茂がより多くなると予想されます。除伐の要否を検討するため、植栽密度の異なる試験地（1,000本/ha・2,000本/ha・3,000本/ha植栽区、5年間下刈り、除伐なし、19年生）において、広葉樹の繁茂状況をスギとの相対的な関係で調査しました（図4）。

図4 造林地に定着した雑木に対するスギの優劣



- ・ 19年生の状況を比較
- ・ 各試験地は、5年間下刈りを実施し、除伐は未実施

その結果、植栽密度に関わらず、周囲の雑木よりもスギが優勢であった本数割合は、およそ75%であり、同等以上のものも含めると80%以上でした。また、スギは、植栽木の梢端が他の植生よりも露出していれば、樹高成長には大きな影響がないとされるため⁽⁴⁾、除伐を実施した場合と比較しても、成長に大きな影響はないと判断されました。

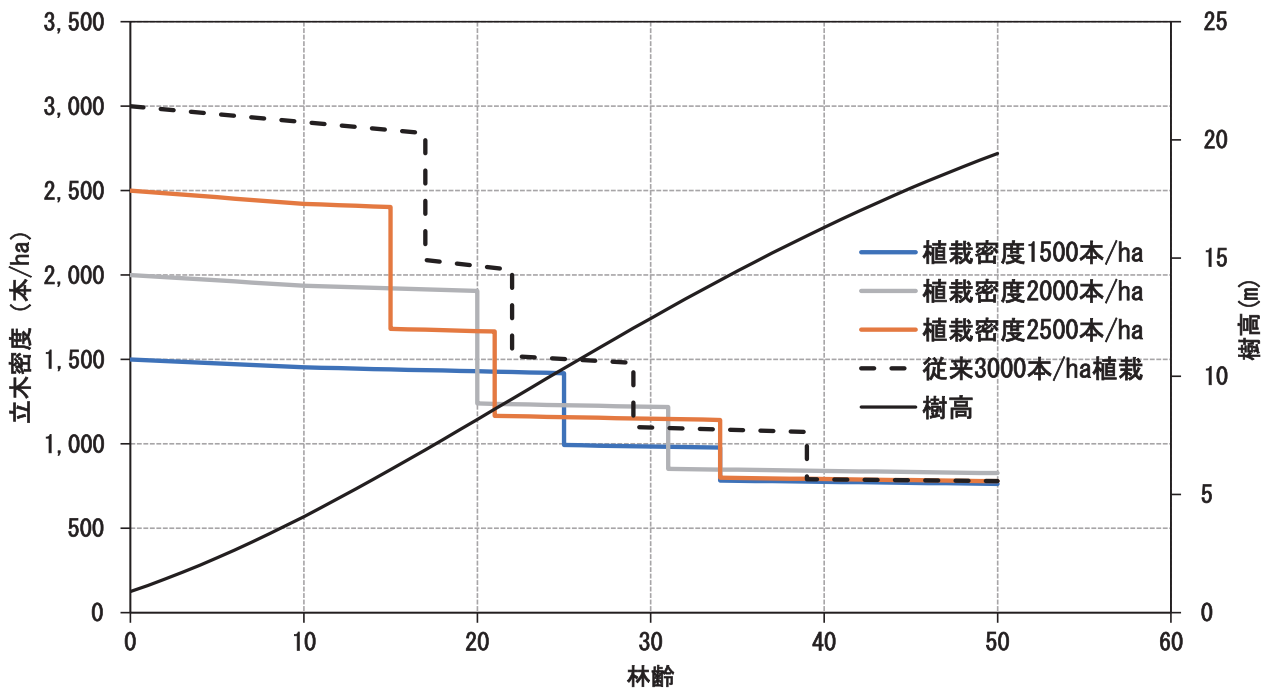
この試験地の結果から、除伐の省略は可能と判断されました。また、前述の特定苗木が普及することで、除伐の必要性はさらに薄まるものと想定されます。

5 間伐回数の削減

低密度の植栽によるスギ林の育成の場合、立木間隔が広がるため、従来と比べ、樹冠閉鎖までに要する時間が長くなります。このため、初回間伐の実施は、植栽密度が低いほど遅くなり、主伐の時期が同じ場合には、従来と比べ間伐回数も少なくて済む計算になります。

各地の調査結果を基に、隣接木に接するまでの枝の（水平方向の）伸長速度について、立木間隔別に計算し、加えて、閉鎖後の（垂直方向の）枝の枯れ上がりに要する期間を考慮したうえで、低密度植栽条件下での間伐モデルを作成しました（図5）。その結果、間伐回数は、従来の4回から、2,500本/ha植栽では3回、2,000本/ha植栽では2回、1,500本/ha植栽では1～2回で済み、収穫量という側面を無視した場合においては、1～3回の間伐削減が可能になると想定されます。

図5 植栽密度別の新しい施業体系



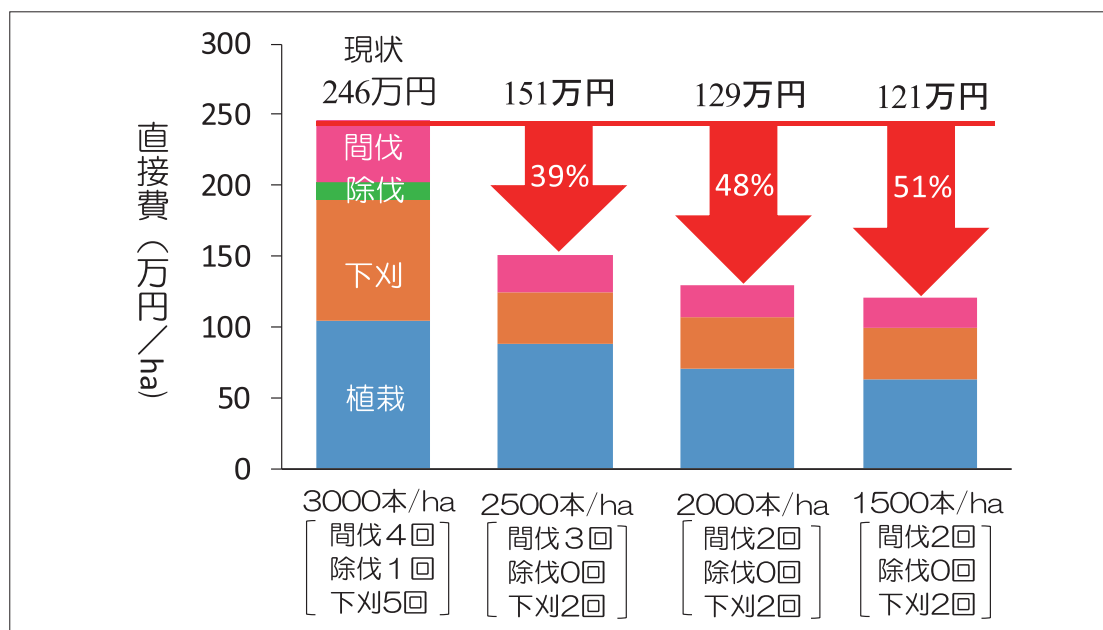
- 1,500 本 /ha : 間伐は 2 回 (状況によっては強度に 1 回でも可)
- 2,000 本 /ha : 間伐は 2 回
- 2,500 本 /ha : 間伐は 3 回

(自然枯死は西園ら(2023)のスギの経年成長データ平均枯死率0.016%を採用。ただし、林齢10年までは枯死率を2倍で計算。)

6 従来型施業とのコスト比較

並材生産を前提に、低コスト化技術（一貫作業システム、低密度植栽、下刈り回数の削減、除伐の省略、間伐回数の削減）を総動員した場合の造林・保育に関わるコストを、植栽密度別に示します（図6）。従来の標準事業費と比較すると、39%から51%の削減が可能と推定されます。

図6 植栽密度別の保育に係るコスト



従来の施業体系よりも低コストに造成可能

参考・引用文献

- (3) 森林総合研究所・岩手県林業技術センター・秋田県林業研究研修センター・山形県森林研究研修センター・ノースジャパン素材流通協同組合（2016）ここまでやれる再生林の低コスト化。森林総合研究所東北支所
- (4) 山川博美・重永英年・荒木眞岳・野宮治人（2016）スギ植栽木の樹高成長に及ぼす期首サイズと周辺雑草木の影響。日林誌98

コラム1 特定母樹（スギ、ヒノキ、カラマツなど）

最近、低コスト造林に役立つ林業用樹木として、エリートツリーという言葉が耳にしますが、正しくは、そのような樹木を特定母樹といいます。

エリートツリーは、県内各地の山から選出された成長が良好な樹木である精英樹同士を交配した苗木の中から、より成長性に優れた個体として選ばれた第2世代精英樹で、(国研)森林総合研究所 林木育種センター所長が認定します。

一方、特定母樹は、エリートツリーと同等の優れた成長性と通直性、平均以上の木材強度を持ち、さらに花粉飛散量が従来のスギの半分以下という特性を有するものであり、農林水産大臣が指定します。

エリートツリーと特定母樹は、役割が明確に違います。エリートツリーは、より優れた次世代のエリートツリーを開発するための材料として使用され、一方、特定母樹は、優れた成長性に加え、花粉症対策やCO₂削減に役立つ山行苗木を生産するための母樹として使用されます。特定母樹がエリートツリーと呼ばれている理由は、そのほとんどがエリートツリーの中から選ばれているためです。

特定母樹から生産された苗木は「特定苗木」と呼ばれ、より優れた成長と材質が期待できることから、下刈りの省略に伴う造林コストの大幅な削減や伐期の短縮、高い材質による生産性の向上などが見込まれ、再造林を加速する切り札として注目されています。

写真3 候補木の選抜



写真4 候補木の材質調査



コラム2 雪害抵抗性品種（スギ）

スギ雪害抵抗性品種は、本県内陸部のような多雪・豪雪地帯において、スギに頻発する雪圧害を引き起こしにくい特性（耐雪性）をもつ品種です。

雪圧害は、樹木の根元が曲がる「根元曲がり」と、幹折れ・枝折れといった「折損」に大別されます。このような被害は、スギにおいて木材生産性を2～4割近くも低下させると言われ、その経済的損失は極めて深刻なものとなっています。

秋田県林業研究研修センターでは、このスギ品種について、気象害抵抗性育種事業（昭和45年～）により、国と共同して県産9品種を開発し、令和7年から種子販売も始めています。近年の研究では、開発した雪害抵抗性スギは、初期成長に優れ、冬季の埋雪期間が短いので雪圧害を受けにくいことや、材の強度（剛性）が比較的優れていることなどが分かってきました。

ところで、コラム1で触れたスギ精英樹について、県内各地での30年次成長状況を解析したところ、積雪地ではその性能が十分発揮されていませんでした。こうした各品種の特性を考慮したとき、多雪・豪雪地帯で木材生産を行う場合、雪害抵抗性スギは、精英樹より優れたパフォーマンスが期待できる品種と言ってよいかもしれません。

写真5 雪圧害による根元曲がり



写真6 耐雪性次代検定林（横手市山内）



第5章 樹種の選択 -カラマツの造林-

1 カラマツの生育環境

カラマツは、日本特産の高木で、国内に自生する唯一の落葉針葉樹です。天然林は、宮城県から静岡県まで分布し、垂直分布はおよそ1,550m～1,800mの亜高山帯が中心です。本県にはもともと自生していません。

カラマツは陽樹であり、また土壌に対する要求度が最も低い樹種の一つで、疎開地において先駆群落を形成します。年間降水量が比較的少なく、乾燥し、特に冬季寒冷で降水（降雪）が少ない地域に適した樹種とされています⁽⁵⁾⁽⁶⁾。北海道、長野県、岩手県は、これらの条件によく合致した地域として、カラマツの三大生産地となっています。

2 本県のカラマツ林業とその背景

本県のカラマツ人工林面積は、令和3年度末現在、民有林が2,717ha（全国12位）で、国有林と合わせると14,034ha（全国9位）です。また、令和5年木材需給報告書によると、本県のカラマツ素材生産量は1.6万m³（全国8位）となっています。

本県のカラマツ植栽のピークは1960年頃で、現在60年生前後のものが大半を占めており、齢級構成はスギ以上に偏りがあります。カラマツは、かつては坑木、枕木、土木用材、電柱材等に利用されてきましたが、既にこれら用途の需要はなくなっています。また、建築用材としては、材にねじれや反り、割れ、ヤニを生じやすい等の欠点から、1970年代以降、県内での造林は激減しました。

カラマツは、こうした背景により、長い間注目されることはありませんでしたが、近年、次の理由によりその価値が見直され、評価が高まっています。

- ① 加工や乾燥技術の向上、製材・木取技術の進歩により、カラマツ材特有の問題は徐々に解決されつつある。
- ② 合板需要の拡大や北洋材の輸入減少を背景に、カラマツ材の価格が上昇している。
- ③ 材の強度が高い、耐水性や耐朽性に優れている、乾燥コストが低いなど、他の樹種にはない特性がある。
- ④ 耐寒性が高い、通直で成長が早く再造林が低コストなど、育成上のメリットがある。



3 本県のカラマツ林の分布と成立立地

本県民有林のカラマツ人工林面積は、鹿角市が704haで最も多く、次いで横手市の580ha、湯沢・雄勝地域の497haと続き、これら地域だけで全体の64%を占めています⁽⁷⁾。

カラマツは、冬季寒冷で、年間降水量が比較的少ない、乾燥した地域に適した樹種とされており、こうした気候にある岩手県は、国内有数の産地となっています。本県では、鹿角市が隣接する岩手県と気象条件が類似していることから、カラマツに適した気象条件にあると推定されます。

一方、冬季寒冷に適した樹種とはいえ、高温・多湿・多雪（特に湿雪の場合）は制限的な因子とされ、最深積雪1m以下のところに分布が多いとされるため、積雪の多い本県内陸南部は、これまでカラマツの成績がやや劣る地域とされてきました⁽⁶⁾。

しかし、豪多雪地である横手市や湯沢市とその周辺には、鹿角市に次ぐ面積でカラマツ林が成立しており、その約90%で林齢が50年生を超えています。カラマツ林の成立には、地域内での豪多雪の程度や、雪質の違いが影響している可能性があります。実態として成林が確認されることから、本県内陸部では、造林樹種としてのカラマツの適用は可能と考えられます。

なお、沿岸部には、鳥海山麓を除き、まとまった人工林は見られません。カラマツは、風衝地帯では成長が悪く、先枯れ病による被害のおそれがあるとされ⁽⁸⁾、カラマツ林が沿岸部で成立しにくい理由として考えられます。

陽樹であるカラマツにとって、風通しや陽当たりの良い斜面上部や山稜部は、好条件である場合もあり、一方、スギは、半陰樹で水分に恵まれた斜面下部の立地を好む特性があります。両種の生理的特性の違いを活かし、スギ林とカラマツ林をすみ分けすることも、合理的かつ生産性の高い樹種と立地の選択になります。

4 カラマツ林の造成

(1) 植栽密度

カラマツは、かつて県内では、スギと同様に3,000本/ha植栽が主流であったと推定されます。しかし、カラマツは陽樹であり、スギと比べて密な環境を好みませんので、植栽密度を検討する際は、育成目標を踏まえたうえで、その地域におけるスギの植栽密度のマイナス500本程度を目安とします。

参考として、岩手県では2,500本/haを基本としていますが、近年、コスト削減などを理由に1,500～2,000本/ha、場所によっては1,000本/haの低密度植栽が行われています。

なお、積雪の多い地域で極端な低密度植栽を行った場合、雪害により収穫時までに必要な本数を維持できなくなる危険がありますので、余裕をもった密度設計が必要です。

(2) 下刈りの方法と回数を目安

カラマツ植栽地は、通常5年間の下刈りを行います。スギと異なり、植栽当年の下刈りが不可欠であり、特に1～3年目の下刈りを丁寧に行う必要があります。スギは、競合する植生にある程度覆われても、梢端が出ていれば生育に大きな影響は出ませんが、カラマツは陽樹であるため、初期段階での被圧は致命的にもなりかねません。また、競合植生の繁茂に伴う温度の上昇は「くもの巣病^{*}」を誘発しますので、下刈りによる日当たりや風通しの確保に留意が必要です。カラマツも下刈り回数の削減が検討されており、今後は、カラマツの特定苗木も普及すると予想されますので、検証は必要ですが、特定苗木使用による下刈りコストの大幅な削減が期待されています(表2)。

^{*}くもの巣病：アカマツ・カラマツ・スギの苗木や植栽地において、特に密植で通風不良や降雨量の多い場所に発生しやすい。菌糸がくもの巣状に絡まりついて苗木を枯死させる。

表2 低コスト化を指向するカラマツ林の下刈り回数を目安

施業モデル	植栽当年	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	備考
従来型	○	○	○	○	○	△	植栽当年から5年目又は6年目まで実施
低コスト型	○	○	△	-	-	-	植栽当年から2年目又は3年目まで実施
低コスト型 (特定苗木使用)	○	△	-	-	-	-	植栽当年のみ又は2年目まで実施

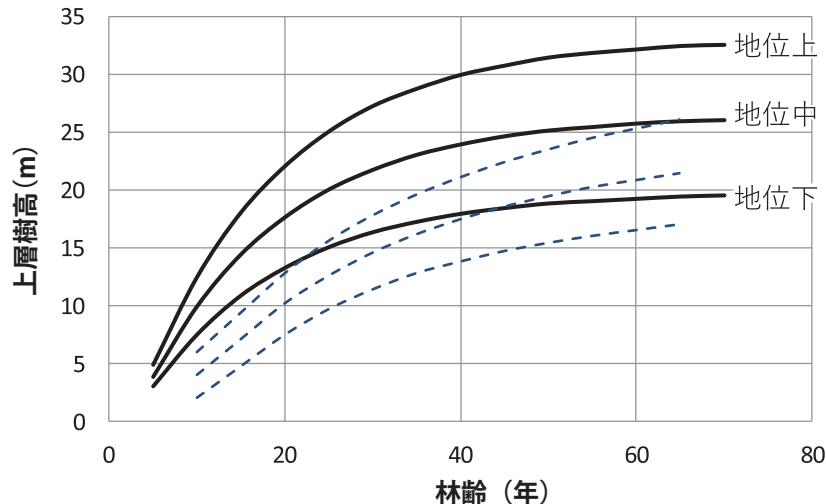
○：実施を推奨 △：状況によって推奨 -：状況によって省略が可能

参考までに、岩手県林業技術センターの調査によると、1年目(植栽当年)と2年目の2回の下刈り実施のみで、その後の成長に大きな影響はなく、従来の約60%のコスト削減が図られたことが報告されており、状況に応じて、3年目以降の下刈りが省略可能と考えられています。同じく岩手県で行われた、苗高約80cmの大苗を植栽した試験地では、2年目の下刈り実施のみで、以降、周囲の雑草木の被圧の影響を受けることなく、順調な生育が認められています⁽³⁾。

5 カラマツ林の成長予測

県内全域のカラマツの生育実態を調査し、収穫予想表を作成して従来の収穫表と比較したところ、想定を大きく上回る成長の実態が明らかになりました（図7）。

図7 秋田県民有林カラマツ地位指数曲線



・秋田県民有林140箇所の調査データを森林総合研究所公開の収穫表作成プログラムを用いて集計・作成し、点線の出羽地方カラマツ林林分収穫表（林野庁・林業試験場：1966）と比較

カラマツは、スギと比較して初期成長に優れることから、本県における標準伐期齢は、35年（スギは50年）に設定されています。しかし、カラマツの若齢段階での伐採利用は、強度が低い未成熟材の割合を高めることになり⁽⁹⁾、木材としての価値を低下させる懸念があります。長期的には生産量の損失にもつながりかねず、林地の保全上も大きな問題です。安易な短伐期施業への指向は得策ではなく、伐期の選択は、需要を勘案した上、慎重な判断が必要です。

なお、国有林や県外での調査報告などから、カラマツの成長は、スギと同様に高齢になっても持続する可能性が示唆されており、標準伐期齢についても再考の余地があります。

参考・引用文献

- (5) 林弥栄（1960）日本産針葉樹の分類と分布，農林出版
- (6) 加藤善忠・松井光瑤（1966）カラマツ造林地の実態調査からみたカラマツ造林の要点，林業科学技術振興所
- (7) 秋田県森林簿（令和6年度）
- (8) 北海道立林業試験場・北海道立林産試験場監修（1991）森林と木のQ&A，北海道林業改良普及協会・北海道林産技術普及協会
- (9) 吉田孝久（2009）木材強度の論争（前編），長野県林業総合センター技術情報，No.135

コラム3 秋田県でクリーンラーチは適用可能？

クリーンラーチ（以下、CL）は北海道で開発されたカラマツとグイマツの雑種の1つです⁽¹⁰⁾。成長が早く炭素固定能力が高いとされており、北海道においては、林業振興の旗頭として注目されています⁽¹¹⁾。カーボンニュートラルを目指す本県においても、CLの持つ特徴は魅力的なものですが、北海道という寒冷な地域で開発された品種が、より温暖で湿った雪が降る本県で、同等の成績を残せるかは分かりません。そこで、北海道立林業試験場の協力を得て、北秋田市に植栽試験地を設定し、秋田県産カラマツ（以下、秋田カラマツ）とともに植栽して、その生育を調査しました。

その結果、植栽から2年経過した時点における生存率は、CLが94%、秋田カラマツが78%であり、CLがやや高い生存率を示しました（図8）。また、平均樹高は、秋田カラマツが1.0m程度であったのに対し、CLは1.5mを超えており（図9）、成長比（植栽時を1としたときの2年後の樹高）でも、秋田カラマツの3.2に対し、CLは3.5とやや高くなっていました。CLの一部個体は、この時点で樹高3.0mを超えており、成長が早いという元来の特徴も体現していました（写真7）。

図8 CLと秋田カラマツの生存率
(北秋田市の試験地)

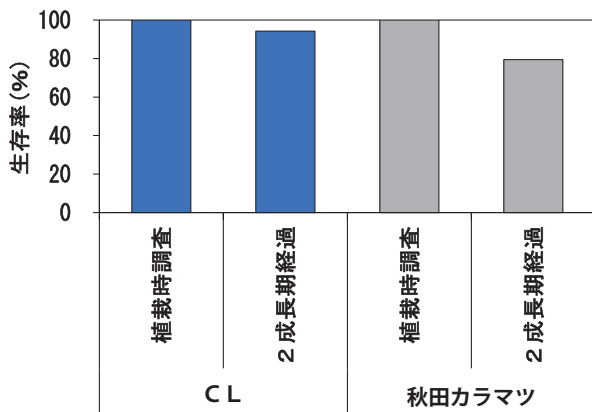
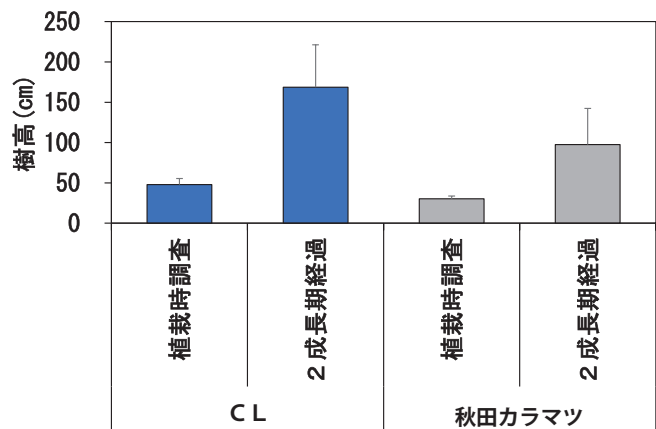


図9 CLと秋田カラマツの平均樹高
(北秋田市の試験地)



しかし、前記の調査結果は、本県でも雪が比較的少ない北秋田市における結果です。同時に設定された県南の豪雪地帯である羽後町の植栽試験地では、CLの生存率は、北秋田市の調査地よりもやや低く、樹高成長も抑制される状況が観察されており、これは、雪により幹が曲がったり、倒伏したことが影響したと推察されます（写真8）。

次ページへ続く

これらのことから、今後も調査を継続し、本県においてC Lを導入する際の適地の条件について、慎重に検討していく予定です。

写真7 樹高3m級のC L個体
(北秋田市の試験地)



写真8 斜立しているC L個体
(羽後町の試験地)



参考・引用文献

- (10) 北海道立林業試験場 (2009) 種苗の品種にこだわる時代がやってきたーグイマツ雑種F₁の特定品種「クリーンラーチ」と「スーパーF₁」ー.
- (11) 今博計 (2022) 日本の林木育種の過去・現在・未来 (1) カラマツー7ークリーンラーチの開発と普及ー. 森林遺伝育種No.11 : 124-129.

参考文献

林野庁(2016) 森林・林業基本計画

酒井敦 (2020) 120年前に植栽されたカラマツ人工林の成長. 秋田の森林づくり. No.760

正木隆 (2018) 森づくりの原理・原則. 全国林業改良普及協会.

中村松三・伊藤哲・山川博美・平田令子編 (2019) 低コスト再造林への挑戦. 日本林業調査会.

松本和馬・小谷英司・駒木貴彰 (2015) 東北地方における低コスト再造林の実用化と課題. 東北森林誌20 (1)

林野庁・林業試験場 (1966) 出羽地方カラマツ林林分収穫表調製説明書

酒井敦・野口麻穂子・齋藤智之・櫃間岳・正木隆・梶本卓也 (2022) 秋田地方における120年生カラマツ人工林の林分構造と成長過程. 日林誌104 (7)

高橋松尾 (1960) カラマツ林業総説. 日本林業技術協会

執筆・編集

秋田県林業研究研修センター 環境経営部

秋田県林業研究研修センター 資源利用部

秋田県林業研究研修センター 研修普及指導室 普及指導チーム

森林・林業に関する問い合わせ先

農林水産部森林資源造成課 (再造林推進チーム)	TEL 018-860-1917
林業研究研修センター研修普及指導室 (普及指導チーム)	TEL 018-882-4512
鹿角地域振興局農林部森づくり推進課 (林業振興チーム)	TEL 0186-23-2275
北秋田地域振興局農林部森づくり推進課 (林業振興チーム)	TEL 0186-62-1445
山本地域振興局農林部森づくり推進課 (林業振興チーム)	TEL 0185-52-2181
秋田地域振興局農林部森づくり推進課 (林業振興チーム)	TEL 018-860-3381
由利地域振興局農林部森づくり推進課 (林業振興チーム)	TEL 0184-22-8351
仙北地域振興局農林部森づくり推進課 (林業振興チーム)	TEL 0187-63-6113
平鹿地域振興局農林部森づくり推進課 (林業振興チーム)	TEL 0182-32-9505
雄勝地域振興局農林部森づくり推進課 (林業振興チーム)	TEL 0183-73-5112

秋田県林業普及冊子 一覧

No. 1	今すぐできるきのこ・山菜栽培	平成10年度発行
No. 2	林業経営からみた複層林施業	平成11年度発行
No. 3	これからの林業機械	平成11年度発行
No. 4	広葉樹を植えよう	平成11年度発行
No. 5	これからの林業機械 (2)	平成12年度発行
No. 6	風に強い森林を育てる	平成12年度発行
No. 7	秋田スギの原木乾燥を進めよう	平成13年度発行
No. 8	森づくり・たくみの人びと	平成14年度発行
No. 9	わかりやすい山菜類の栽培	平成14年度発行
No.10	“学校教育と連携した森林環境教育の効果的な進め方”	平成15年度発行
No.11	森林づくりをサポート森林病虫害の防除法	平成15年度発行
No.12	収益性が高い“低コスト生産”を目指して	平成16年度発行
No.13	野外や簡易施設を利用したきのこ栽培	平成17年度発行
No.14	複層林施業マニュアル	平成18年度発行
No.15	高性能林業機械の低コスト生産システム	平成19年度発行
No.16	21世紀の森づくりを担う君達へ～20世紀の造林者から～	平成19年度発行
No.17	森林環境の保全を考えた森林管理～自然と人との共生の森づくり～	平成20年度発行
No.18	栽培きのこの害菌・害虫防除マニュアル	平成21年度発行
No.19	低コストでこわれにくい作業道づくりマニュアル	平成22年度発行
No.20	列状間伐と森林の管理	平成23年度発行
No.21	針広混交林化誘導マニュアル	平成24年度発行
No.22	スギ人工林の間伐と森林機能	平成25年度発行
No.23	広葉樹林再生の手引き	平成26年度発行
No.24	作業システムと路網 –最新の収穫間伐の事例から–	平成27年度発行
No.25	スギの再造林を低コストで行うために	平成28年度発行
No.26	森林管理入門	平成29年度発行
No.27	未利用地域資源を活用したきのこ栽培	平成30年度発行
No.28	ナラ枯れの被害を防ごう –美しい里山林をいつまでも–	令和元年度発行
No.29	よく切れるソーチェーンを目指して–永戸式目立て–	令和2年度発行
No.30	チェーンソーのメンテナンス	令和3年度発行
No.31	あきたの林業用種苗–国の宝は山なり、秋田の強みは種苗なり–	令和4年度発行
No.32	菌床シイタケのスマート栽培 –栽培環境の「見える化」で高収量・高品質に–	令和5年度発行
No.33	あきたの再造林拡大に向けて	令和6年度発行
No.34	これからの再造林–スギの低コスト施業とカラマツ導入のポイント–	令和7年度発行