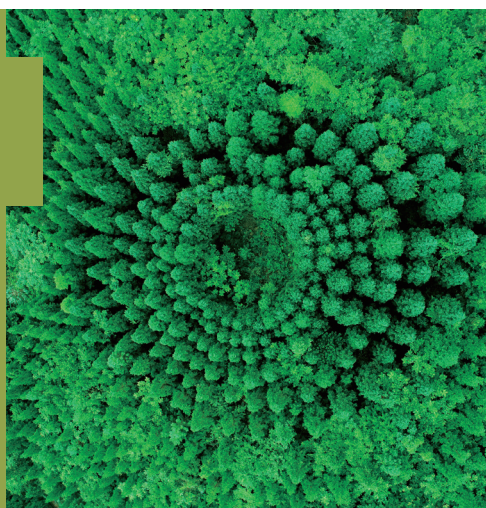


植物の成長力を活かす！

エリートツリーで 下刈り省略

エリートツリーを使った
下刈り省略のための試験研究事例集



国立研究開発法人 森林研究・整備機構

森林総合研究所

はじめに

2009年から九州地方で取組が始まった「一貫作業システム」を核とした低コスト再造林の研究により、緩中傾斜の多い北海道や東北地方を中心に機械を用いた地拵えや下刈りスケジュールに関する技術開発が行われ、全国的には裸苗生産からコンテナ苗生産へと大きな変換が進み、コンテナ苗を育苗する上での技術も高度化されてきました。こうした流れと並行して2013年に改正された「森林の間伐等の実施の促進に関する特別措置法」に基づき、第2世代精英樹（エリートツリー）等、「成長に優れた樹木」が特定母樹として指定されました。さらに苗木生産の基盤となる採種園、採穂園の整備が進められ、「成長に優れた苗木」を用いた新たな人工林施業体系の構築が求められるようになってきています。こうした成長に優れた苗木を利用する目標の一つは、機械化が困難である急斜面において、低コストな再造林を進めるうえで「植物の力」が切り札となり、「雑草木との競争に勝ちのこる」という事です。このことを実証するために農林水産技術会議・現場ニーズ対応型研究委託プロジェクト「成長に優れた苗木を活用した施業モデルの開発」が実施され、成果の総括として「エリートツリーを活かす育苗と育林、施業モデル」や「クリーンラーチ・カラマツ類の優れた成長を活かす育苗と育林、施業モデル」を発刊しました。

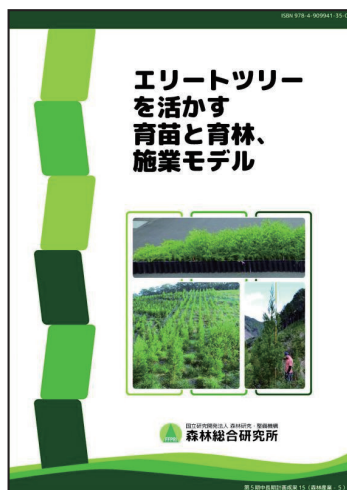
このプロジェクトは森林総合研究所及び林木育種センターを中心とし、福岡県、長崎県、佐賀県、熊本県、大分県、宮崎県、鹿児島県、高知県、徳島県、岡山県、広島県、長野県、島根県、静岡県、北海道、九州大学、宮崎大学、鹿児島大学、岐阜大学、南栄、三井物産フォレストによる共同研究になっており、それぞれの組織から詳細な研究成果が得られています。本パンフレットではこうした研究機関による具体的な研究成果をかみ砕いて紹介しています。

構成は九州地方を中心としたスギに関する「エリートツリーの成長」、「下刈り回数の削減」、「植栽密度」、「シカ被害対策」、そして「コウヨウザン」となっており、濃淡はありますが最新の研究情報を掲載しております。

それぞれの研究成果が皆様の施業のヒントになれば、また地域の研究者の顔を知っていただき、今後も地域固有の「問題解決型研究開発」が盛り上がっていかれると思います。

森林総合研究所・研究コーディネーター 宇都木 玄

発行済みの パンフレット



本パンフレットに繋がるこれまでの研究一覧

2009~2012 年

実用技術開発事業による「スギ再造林の低コスト化を目的とした育林コスト予測手法及び適地診断システムの開発」を、九州地方を中心に実施し、**一貫作業システム**を提唱。

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/documents/3rd-chukiseika7.pdf>

2013~2015 年

農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業（農食研事業）、実用技術開発ステージによる「先進機械を活用した伐採・造林システムによる低コスト人工林管理技術の開発」を北海道で実施し、**地拵えの機械化**を提唱。

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/documents/3rd-chuukiseika35.pdf>

2013~2015 年

農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業（農食研事業）、実用技術開発ステージによる「東北地方の多雪環境に適した低コスト再造林システムの開発」を東北地方で実施し、**下刈り回数の削減**を提唱。

https://www.ffpri.affrc.go.jp/thk/research/research_results/documents/3rd-chuukiseika33_1.pdf

2014~2015 年

農林水産省・革新的技術緊急展開事業による「コンテナ苗を活用した低コスト再造林技術の実証研究」を全国的に実施し、**コンテナ苗**の普及が進む。

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/documents/3rd-chuukiseika37.pdf>

2016~2018 年

革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト 生研センター）による「優良苗の安定供給と下刈り省力化による一貫作業システム体系の開発」を実施し、**充実種子選別装置**を発売。

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/documents/4th-chuukiseika20.pdf>

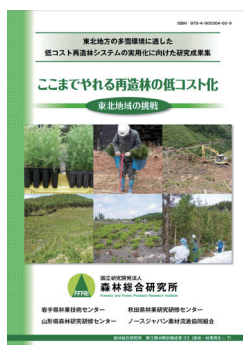
<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/documents/4th-chuukiseika22.pdf>

2018~2022 年：本パンフレットの内容

農林水産技術会議・現場ニーズ対応型研究委託プロジェクト「成長に優れた苗木を活用した施業モデルの開発」を実施し、**エリートツリーなどの成長に優れた苗**の活用を提唱。

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/documents/5th-chuukiseika15.pdf>

<https://www.hro.or.jp/upload/3407/segoy.pdf>





目次

はじめに	2
本パンフレットに繋がるこれまでの研究一覧	3
目次	4
全体概要	6

エリートツリーの成長

解説コラム エリートツリーと特定母樹	8
斜面位置によるスギ特定母樹の系統別成長（長崎県）	9
スギ特定母樹などの成長比較試験（大分県）	10
スギエリートツリーと在来系統の初期成長（熊本県）	11
立地がスギ植栽木の初期成長に与える影響（鹿児島県）	12
地形湿潤指数がスギ特定母樹の成長に与える影響（福岡県）	13
スギ第2世代精英樹の初期成長（佐賀県）	14
微地形と初期成長～スギと早生樹センダンの比較～	15
スギ幼齢木の成長を空から測る－樹高と地形の関係は？	16

下刈り回数の削減

九州での造林地の競合植生タイプと下刈り要否の目安	17
茨城県のスギ造林地における下刈り停止後の競合植生の成長	18
解説コラム 植栽木と周辺植生との競争関係の指標	19
ススキ型植生の被圧は落葉広葉樹型植生に比べて強く影響	20
スギ特定母樹を使った下刈り省略の可能性検証	21
スギ特定母樹中苗を活用した下刈り省略の可能性	22
斜面位置によるスギ大苗の初期成長の違い	23
特定母樹による下刈り回数削減の可能性	24
スギの系統と立地の違いによる下刈り早期終了の可能性	25
特定母樹による下刈り回数削減が有利となる立地を探る	26
土壌や地形条件を利用した下刈り面積低減の可能性	27
下刈り時期の違いがスギ植栽木の成長に与える影響	28
時期別に下刈りした茨城県内のスギ造林地	29
解説コラム 成長に優れる苗なら常に下刈り省略が期待できるか	30
ドローンを使って競合状態を推定する	31
下刈り～除伐の総コスト評価	32



植栽密度

低密度植栽と筋刈りがスギの成長と競合状態に与える影響	33
植栽密度の違いによる樹高の推移と林冠閉鎖	34
円形密度試験地で見られた林冠閉鎖のタイミング	35

シカ被害対策

解説コラム シカ被害軽減を目的とした高下刈りとは	36
高下刈りの作業性：軽労化と誤伐軽減	37
高下刈りの効果：雑草木の成長抑制とスギの成長	38
高下刈りの被害軽減効果	39
シカによる被食の系統による違い	40

コウヨウザン

コウヨウザン実生およびさし木コンテナ苗木の初期樹高成長	41
系統によってコウヨウザンの成長は異なります	42
辛川国有林におけるコウヨウザンの萌芽更新試験	43
引き倒して知るコウヨウザン萌芽枝の風倒への抵抗量	44
コウヨウザン植栽で観察された被害事例	45
コウヨウザンにおけるノウサギ被害の特徴	46
忌避剤によるノウサギ被害の防除効果	47
単木保護資材によるノウサギ被害の防除効果	48
ノウサギ植栽防除資材の使い分けの提案	49

引用文献・参考資料	50
-----------	----

本文中の未発表は、論文化されていないデータであることを表す。

全体概要（成果のポイント）

特定母樹に指定された第一世代精英樹やエリートツリーは、その成長の良さを活かした下刈り回数の削減が期待されています。エリートツリーなどによって下刈り回数を削減するためには、植栽木が周辺の競合植生（雑草木）の高さにより早く達し抜け出ることがキモとなります。本研究プロジェクトでは、エリートツリーなどを効果的に活用するため、立地環境（地形）に着目した**エリートツリーの初期成長特性、下刈り回数削減**のための判断方法および基準の提示に取り組みました。また、初期保育コストを検討するうえで、**植栽密度**は植栽コストを下げられる一方で、林冠閉鎖のタイミングに直結し、下刈りや除伐の回数や工期が掛かり増しになる可能性があります。近年ではシカの生息地域の拡大によって、多くの地域で**シカ被害対策**の重要性が増すとともに、初期保育における対策コストも大きな負担となっています。これらの植栽密度とシカ被害の問題について、網羅的ではありませんが、いくつかの対策事例を検討しました。スギのエリートツリーに加えて、初期成長が早い早生樹として**コウヨウゼン**も注目されています。そこで、成長特性、萌芽更新やウサギ被害対策などについて、試験を行いました。

エリートツリーの成長

エリートツリーを中心とした特定母樹は、九州地方を中心として植栽が始まっています。九州各県での植栽試験の結果、その初期成長は系統間差が大きいです。立地条件の良い場所では在来系統より成長速度が早いことがわかりました。こうした成長に優れた苗木の当面の利用は、スギ適地で地利的条件も良い場所で進めることが大切です。さらに、植栽する系統（品種）を選ぶ際には、立地条件に加えて、気候条件なども考慮して、トライ＆エラーを行っていくことが必要です。

▷ 九州各県における特定母樹の植栽試験

P9~14

▷ 地形や立地条件の影響を受けやすい

P15~16

下刈り回数の削減

造林地には様々なタイプの植物が生えてくるため、下刈りはその雑草木タイプの見極めが大切です。まず、タイプに合わせて初期の下刈りスケジュールを決めます。その後、植栽木と雑草木の競合状態を観察しながら、適宜下刈りの要否を判断する必要があります。本研究成果では、タイプごとの下刈り要否の目安を提示しました。また、立地条件を見極めてエリートツリーなどの初期成長の早い苗木と組み合わせることで在来系統比較して下刈りを1~2回減らすことができそうです。今後、それぞれの地域に合わせた判断基準やスケジュールの変更が、一般化のために重要になります。また、早期下刈り終了は、つる切りや除伐のタイミングが変わる可能性があります。除伐までを一区切りにした評価が必要です。

▷ 雑草木タイプで下刈り要否の判断が変わる

P17~20

▷ 特定母樹を使って下刈り回数を減らす

P21~22

▷ 地形や立地条件で変わる下刈り回数

P23~27

▷ 下刈りの時期で競合状態と成長速度が変わる

P28~30

▷ ドローンを使った下刈り要否を判断する

P31

植栽密度

植栽密度は、造林保育のコスト面と出来上がった山の材積や材質に影響します。目先の初期保育コストだけでなく、目標林型や生産目標を考慮した植栽密度の選択が必要です。植栽密度が下がると林冠閉鎖のタイミングが遅れ、特に地位が低いところで、その影響が顕著なことがわかりました。また、エリートツリーでは樹冠幅が狭い傾向が報告されており、品種や系統も植栽密度の選択の判断材料のひとつとなりそうです。まだ確定的な事は言えないため、各地域においてデータの蓄積が重要となります。

▷ 低密度植栽時の下刈り方法を考える

P33

▷ 植栽密度が下がると林冠閉鎖が遅れる

P34~35

シカ被害対策

林業におけるシカ被害対策は、シカの生息密度を減らすこと（生息密度管理）と、シカの被害を防ぐ技術（被害防除）の2点に分かれます。実際には生息密度管理を進めながら、各林分で被害防除をすることになります。被害防除には、防護柵、単木保護資材などがありますが、どれも高コストです。本プロジェクトでは、資材が不要な高下刈りやスギの系統間による被食性の違いを調査し、その効果を検証しました。しかしながら、抜本的な解決策は見いだせていません。生息密度管理やシカ影響レベルを組み合わせ、行政と連携しながら技術の優良事例を作出していく必要があります。

▷ 高下刈りでシカ被害を軽減する

P36~39

▷ シカ被害に強いスギの系統を探る

P40

コウヨウザン

コウヨウザンは温暖で潤沢な水分条件と水はけの良い土壌を好むため、植栽場所を見極める必要があります。萌芽能力が非常に高いことが知られていますが、施業体系を確立するためにはまだまだデータの蓄積が必要です。苗木のウサギ被害が大きいことも特徴で、被害の特徴や防除対策について整理しました。萌芽更新も含めた目標林型（材を何に利用して、循環型林業を担保するのか）を明確にし、そこに照らして必要な場合にコウヨウザンを選択することが重要になります。

▷ コウヨウザンも系統と立地の影響を受ける

P41~42

▷ コウヨウザンの萌芽更新の特徴

P43~44

▷ コウヨウザンのウサギ被害の特徴と防除方法

P45~49

エリートツリーと特定母樹

高橋 誠
林木育種センター

エリートツリーとは

成長に優れた苗木とは、樹木の品種改良（林木育種）により成長等が改良された「エリートツリー」を母樹として生産した苗木のことをいいます。日本では、昭和30年頃からスギ・ヒノキ・カラマツといった主要な林業樹種で成長等の形質が優れた樹木を「精英樹」として選抜しました。日本の林木育種は、この精英樹を中心に進められてきました。精英樹を試験林（検定林）に植栽して、木の高さや幹の太さといった成長などを定期的に調査し、精英樹の特性を明らかにしました。そして、精英樹のなかで成績が上位だったもの同士を交配して得られた後代の苗木を再度植栽し、それらの成長や雄花の着き方、幹の強度（ヤング率）を改めて調べて、上位のものを第二世代精英樹として開発しました。この第二世代精英樹や今後開発することになる第三世代以降のものも含めて「エリートツリー」と総称しています。

特定母樹とは

間伐等特措法が平成25年に改正され、その際に今後の森林整備に用いる苗木を生産するための母樹として「特定母樹」の制度が設けられました。基準を満たしているものが農林水産大臣により「特定母樹」に指定されます。成長に優れた苗木である「エリートツリー」は、今後「特定母樹」として普及が進んでいくことになります。

エリートツリーと特定母樹の違い

エリートツリーも特定母樹も、成長性、材の強度（剛性）、雄花の着き方によって選ばれている点は同じですが、大きな違いがあるとすれば、成長性と雄花の着き方についてです。成長性については、エリートツリーは、精英樹のグループの中で上位のものを選んでいるのに対して、特定母樹では、単木の材積が従来の系統の概ね1.5倍以上のものを選んでいることです。また、雄花の着き方については、エリートツリーは雄花が多いものを除いているのに対して、特定母樹では、従来のスギの半分以下のものとしている点です。特定母樹には、エリートツリー以外にも、成長がよい少花粉のスギ精英樹なども指定されています。

特定母樹の普及の流れ

特定母樹から生産された苗木は「特定苗木」と呼ばれますが、このような山行き苗木を生産するために必要な種子は、9種類以上の特定母樹のクローン苗木が植えられた樹木園（採種園）において生産されます。特定母樹の採種園は、都道府県等が造成・経営しており、採種園からの種子生産、採種園で採取された種子からの特定苗木の生産は少しずつ本格化しつつあります。九州地域等の挿し木林業地域では、採種園の代わりに採穂園を造成・経営し、そこから得られるさし穂を用いて挿し木苗木の生産が行われつつあります。

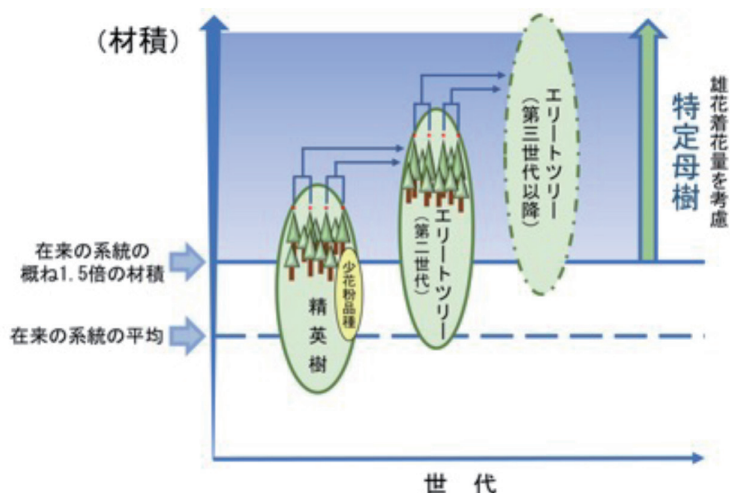


図1. 精英樹からエリートツリー開発への流れと特定母樹との関係

斜面位置によるスギ特定母樹の系統別成長（長崎県）

吉本貴久雄¹・柳本和哉²

¹ 長崎県農林技術開発センター・² 長崎県五島振興局

背景と目的：特定母樹の活用

成長に優れた苗木を用いて下刈り回数を減らすなどの育林コストの削減が求められています。そこで、特定母樹を含む系統別のスギを植栽し系統と立地（斜面位置）の違いによる初期の樹高成長特性を調査しました。

方法：斜面位置を考慮した植栽試験

長崎県大村市中岳町に精英樹7系統、エリートツリー2系統、在来系統2系統、計11の系統（表1）を2019年3月に植栽し4年間の樹高成長を調査しました。試験地は面積0.28ha、帯状伐採地の幅20m、斜面水平長140m、標高差70m、平均傾斜約25度の縦長の傾斜地で、植栽木は系統別に縦列5本を単位として、斜面の上下左右に分散するよう植栽し樹高の計測は成長期の終わる11月に行いました。

また、試験地を斜面上部から下部へ順番にⅠ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳと4つにブロック分けして、ブロック毎の平均樹高を比較しました。

結果：特定母樹の成長

調査結果を図2に示します。植栽直後の1期成長量は共通して少ないものの、その後の成長は順調に推移し、4期で2mを超える系統が半数以上となりました。

表1. 植栽木の品種・系統一覧

区分	品種・系統	植栽本数 (本)
特定母樹	エリートツリーA	18
	エリートツリーB	59
	精英樹A	52
	精英樹B	51
	精英樹C	56
	精英樹D	54
	精英樹E	56
その他	精英樹F	60
	精英樹G	29
	従来系統A	55
計	従来系統B	26
		516

特定母樹の中でも精英樹Cの4期累積の平均樹高は279.8cm、精英樹Aでは170.5cmで、系統の違いで1m以上の差がつく結果となりました。したがって、系統別の初期成長特性を十分把握することが重要です。

斜面ブロック別の平均樹高は、斜面下部ほど有意に大きくなりました（図3）。斜面上下での土層深に差がなかったことから土壌水分の差が影響していると考えられました。ただ、系統によってはブロック別の成長に差がないものもあり、水分条件の差異に敏感に反応しない系統もあると考えられました。

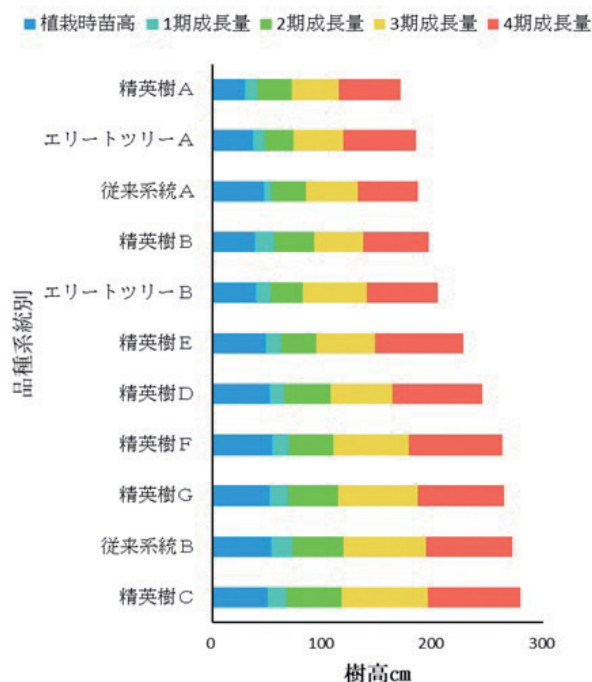


図2. 品種・系統別の平均樹高

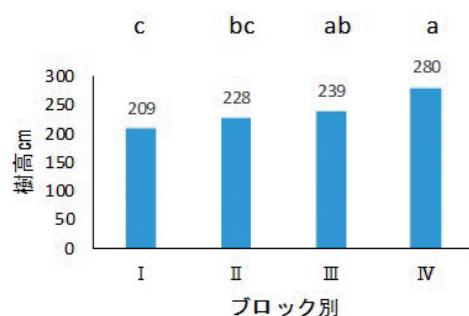


図3. 斜面ブロック別の平均樹高

スギ特定母樹などの成長比較試験（大分県）

松本 純・高宮立身・河津温子

大分県農林水産研究指導センター林業研究部

背景と目的：特定母樹への期待

特定母樹は初期成長に優れ、下刈り回数の削減やシカに食害されない高さへの早期到達など、成長の早さが再造林のコスト低減につながるものと期待されています。しかし、各系統の初期成長については不明な点も多くあります。そこで、大分県産精英樹由来のスギ特定母樹について成長比較を行いました。

方法：樹高と樹冠幅を測る

大分県日田市に位置する試験地 A,B に、スギの苗を2019年3月に植栽（A：精英樹1～3、B：精英樹1～3、在来系統、コウヨウザン）し、植栽後4年間の樹高と樹冠幅の推移について比較しました。なお、下刈りはAでは通年を通して不定期に実施し、Bでは毎年7月ごろに行いました。

結果：樹高

試験地 A-B 間で樹高成長に大きな差が見られました。立地についての詳細は不明ですが、下刈り頻度の違いによる影響も存在と考えられました（図4）。精英樹2において、試験地 A,B の両方で成長が劣る傾向が確認されましたが極端な成長差はありませんでした。また在来系統も特定母樹に劣らない成長を示していました。

結果：樹冠幅

試験地 A-B 間で樹冠幅の成長に違いが見られました。試験地 A では4年生時点で樹冠が閉鎖しており詳細な差は確認できませんでした（図5）。試験地 B では精英樹2の樹冠幅が広いという結果になりました。また、コウヨウザンは他の品種と比べても樹冠幅が広い傾向が確認されました。これらの結果から、樹高、樹冠幅共に樹種・品種特性があることがわかりました。

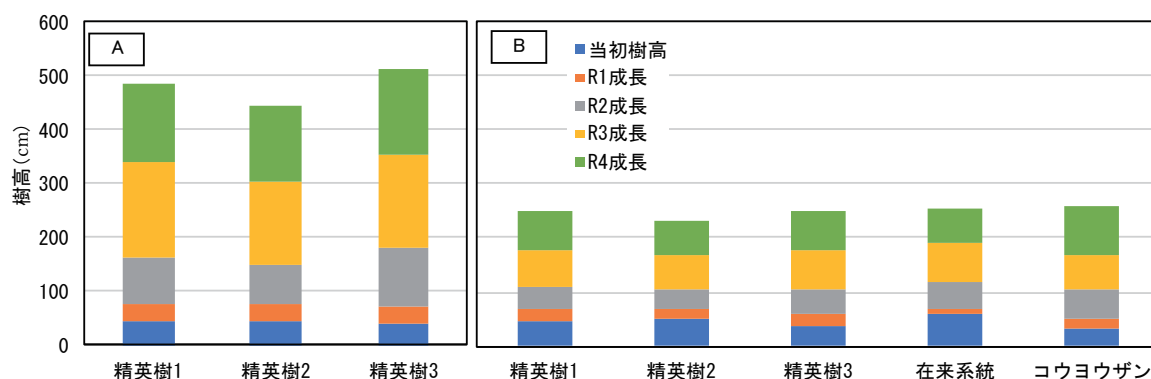


図4. スギの各系統における植栽後4年間の樹高成長（松本 未発表）

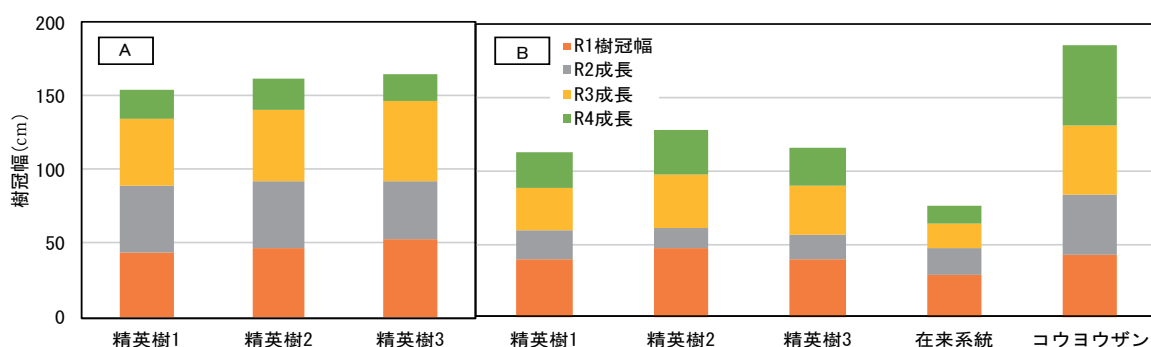


図5. スギの各系統における植栽後4年間の樹冠幅成長（松本 未発表）

スギエリートツリーと在来系統の初期成長（熊本県）

横尾謙一郎・廣石和昭

熊本県林業研究・研修センター

背景と目的：エリートツリーの活用

スギのエリートツリー等の特定母樹（以下、スギエリートツリー）は初期成長に優れ、下刈り回数の低減等が期待されており、その普及が進められています。しかし、植栽後の成長は立地環境によっても影響を受けるため、スギエリートツリーの特性を発揮できる場所を明らかにする必要があります。そこで、スギエリートツリーの成長特性と成長に及ぼす立地の影響を調べました。

方法：地形に着目

熊本県水俣市のスギおよびヒノキ伐採跡地（標高 480～580m の北斜面）にスギエリートツリー 5 系統とスギ在来系統 1 系統を 2019 年 3 月に植栽し、成長量を調べました。植栽区域には谷や尾根などの異なる微地形を含んでおり、この地形の違いによって系統ごとの成長に違いがあるかどうか検討しました。

結果：系統による樹高成長の違い

スギエリートツリーはスギ在来系統よりも樹高が高くなり、多重比較の結果、4 年目にはスギエリートツリー A、B、C がスギ在来系統 F に比べて高くなりました（図 6）。年間の樹高成長量は、3 年目まで概ねスギエリートツリーがスギ在来系統よりも大きい傾向がありました（図 7）。

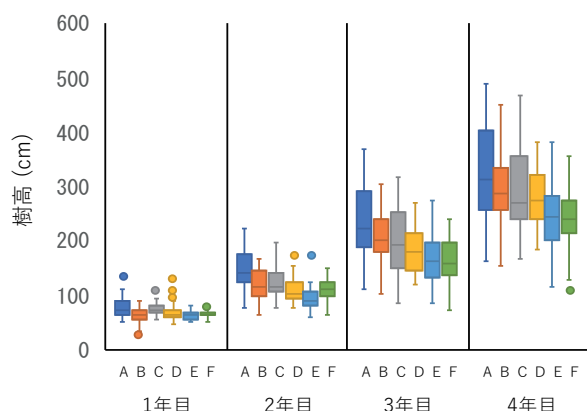


図 6. 各系統の樹高の推移

A~E はエリートツリー、F は在来品種

結果：立地による樹高成長の違い

植栽区域の地形を「谷部」「平衡斜面」「尾根部」の 3 つに区分し、植栽された系統ごとの成長を比較しました。地形の違いによってスギエリートツリーと在来系統との間に樹高成長量の差が見られ、谷部ではスギエリートツリーがスギ在来系統に比べて差が大きくなり、平衡斜面と尾根部ではその差は小さくなりました（図 8）。このことから、初期成長に優れているというスギエリートツリーの特性は谷部で発揮されやすいものと考えられました。

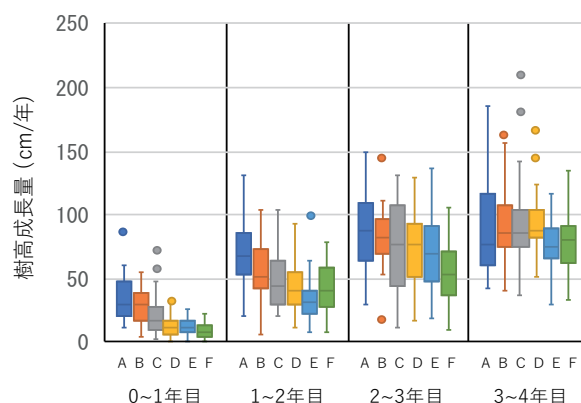


図 7. 各系統の樹高成長量の推移

A~E はエリートツリー、F は在来品種

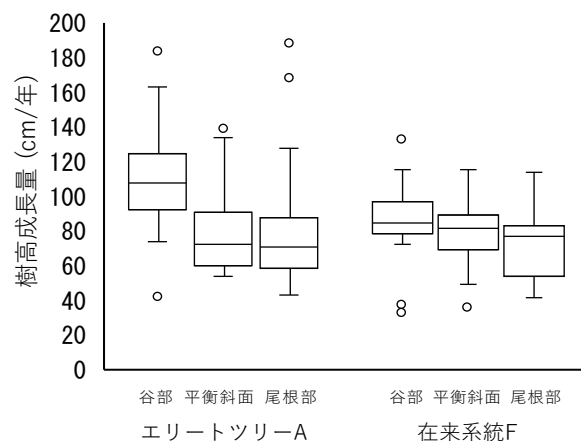


図 8. 3～4 年目における地形別の樹高成長量

立地がスギ植栽木の初期成長に与える影響（鹿児島県）

穂山浩平

鹿児島県森林技術総合センター（現 鹿児島県大島支庁）

背景と目的：立地と初期成長

日本の人工林の約半数は主伐可能な時期を迎えていますが、主伐収入に対して高い育林経費や労働力不足のため、再造林が進んでいません。主伐及び植栽による更新を確実にし、森林資源の循環利用を進めるためには、造林、保育作業の省力化及び低コスト化を図るための技術開発が必要です。そこで、成長に優れた苗木を活用した施業モデルを開発するため、立地がスギ植栽木の初期成長に与える影響を明らかにしました。

方法：初期成長の比較

鹿児島県始良市蒲生町の始良市有林（真黒平試験地）にスギ特定母樹、エリートツリー及び在来系統の苗（7系統）を2019年2月に植栽しました。また、始良市平松の始良市有林（高牧試験地）にスギ特定母樹の苗（5系統）を2019年3月に植栽しました。植栽後は、下刈り前及び成長休止期に樹高を測定しました。なお、下刈りは植栽1年目から毎年8月に実施しました。

結果：植栽地の違いと樹高成長

平均樹高を植栽時の平均樹高、1成長期から4成長期までの平均樹高成長量で示しました。真黒平試験地（図9）と高牧試験地（図10）で各系統の平均樹高を比較したところ、特定母樹の中でも系統により樹高成長に優劣が確認されました。また、真黒平試験地と高牧試験地はほぼ同時期に植栽しましたが、同じ系統であっても、植栽場所で平均樹高成長量に差がみられたことから、植栽場所が樹高成長に影響を与えられられました。

結果：斜面位置の違いと樹高成長

特定母樹Bの1成長期では、植栽位置（尾根側斜面と谷側平坦地）による平均樹高成長量の差はありませんでした（図11）。しかし、2成長期以降は谷側平坦地が良好な樹高成長を示したことから、植栽位置が樹高成長に影響を与えられられました。

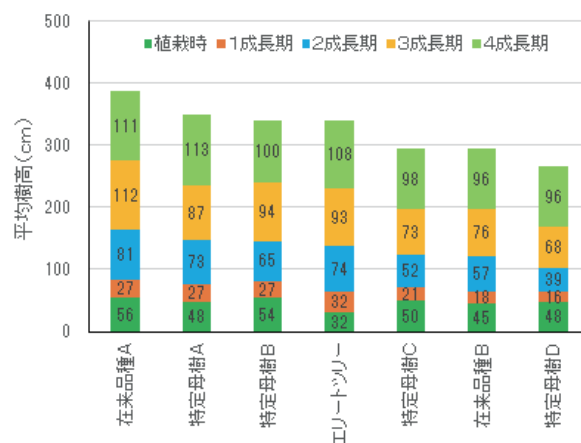


図9. 真黒平試験地における平均樹高（穂山ら 未発表）

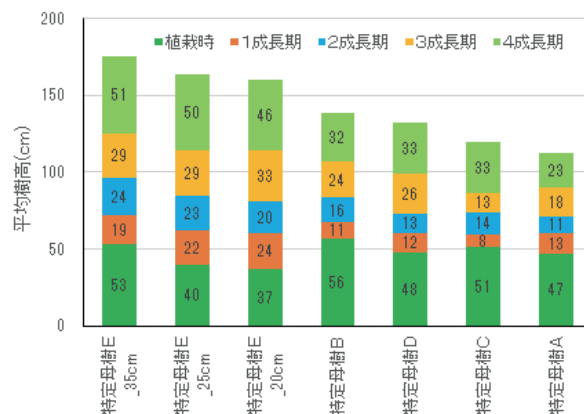


図10. 高牧試験地における平均樹高（穂山ら 未発表）

特定母樹Eは挿し付け時の穂の長さが異なることから、長さで区分した。

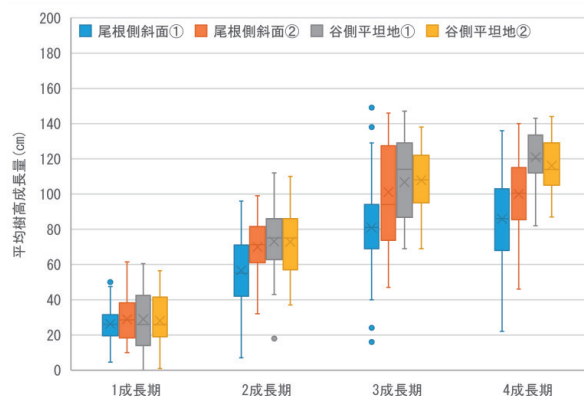


図11. 真黒平試験地における成長期毎の植栽位置と平均樹高成長量の関係（特定母樹B）（穂山ら 未発表）

地形湿潤指数がスギ特定母樹の成長に与える影響（福岡県）

萩原晟也・鶴崎 幸・池田華優・宮原文彦・桑野泰光・檜崎康二

福岡県農林業総合試験場資源活用研究センター

背景と目的：立地の影響

スギの樹高成長は、立地の影響を受けます。しかし、成長に優れた苗木であるスギ特定母樹について、どのような立地でそのポテンシャルを発揮できるのかに関するデータの蓄積はありません。そこで、スギ特定母樹の初期成長に及ぼす立地の影響を調査しました。

方法：地形湿潤指数 (TWI) との関係

福岡県八女市黒木町の試験林に、特定母樹である初期成長の早いスギ（系統A）とスギ在来系統（系統B）の苗木を2019年3月に100本ずつ植栽し、植栽後4年間の樹高成長を観察しました。立地指標として、航空レーザ測量成果（1点/m²）から得た1mメッシュの数値地形モデル（DTM）を用いて、スギ1本ごとに地形湿潤指数（TWI）を算出し、樹高成長とTWIとの関係を明らかにしました。

結果：スギの成長

系統Aと系統Bの樹高は、4年生以降に違いが認められ、系統Aの方が系統Bよりも高くなりました（図12）。5年生時の平均樹高を比較すると、系統Aが212cm、系統Bが170cmで、両者の間に42cmの差がありました。

結果：立地による成長の違い

TWIが高い場所（湿潤な場所）ほど樹高成長が旺盛であることは、系統Aと系統Bの両方に共通しており、

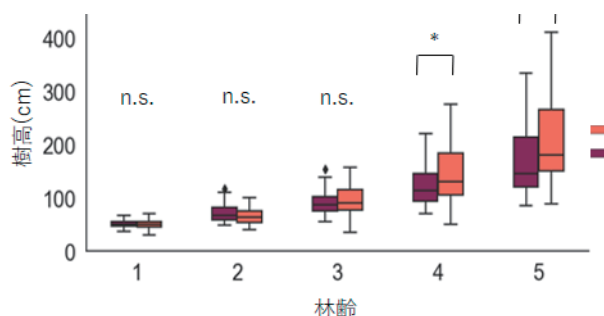


図12. 植栽後の林齢と樹高の推移

*はt検定の結果、有意差があることを、n.s.は有意差がないことを表す

TWIの高い場所はスギの適地と考えられます（図13、14）。さらに詳しく見てみると、TWIが6以上と高い場所では、系統Aの樹高成長量の方が系統Bよりも大きい一方、TWIが2～4付近では、系統Aと系統Bの樹高成長量の間に大きな違いは認められません（図14）。このことから、TWIの値が高くスギの適地である場所ほど、特定母樹である系統Aは成長に優れたポテンシャルを発揮できると考えられます。

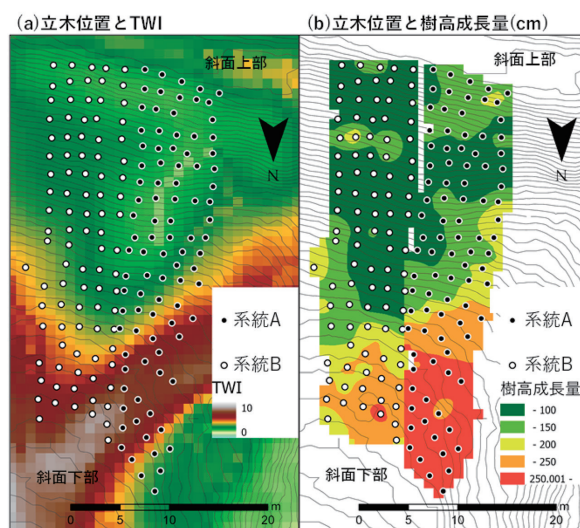


図13. 立木位置とTWIおよび樹高成長量

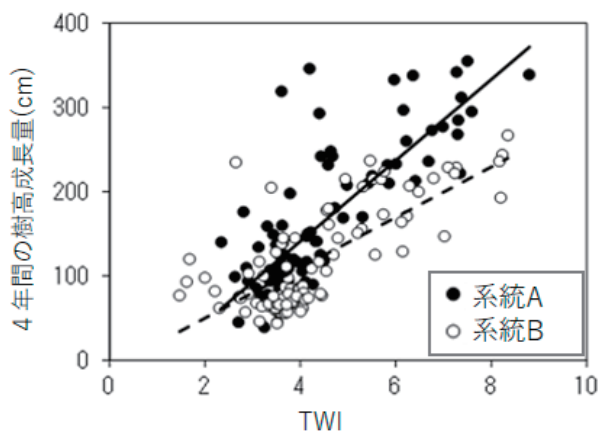


図14. TWIと樹高成長量の関係

スギ第2世代精英樹の初期成長特性（佐賀県）

江島 淳

佐賀県林業試験場

背景と目的：早期下刈り完了

成長の早い系統（クローン）を用いて下刈り回数を削減することが期待されています。競合植生との関係も重要ですが、ここでは単純に、3成長期後の樹高に着目し、下刈りを3年目で終えることができるか？という問いに、品種と立地条件の観点から答えていきたいと思います。

方法：複数の立地と品種による試験

佐賀県内の立地条件の異なる3つの試験地（試験地 202: 尾根型地形、試験地 203: 谷型地形、試験地 204: 急傾斜地）に、スギ第2世代精英樹（4クローン）と現在の普及品種である第1世代精英樹（1クローン）を等高線に垂直に配置されるように列状に植栽し、毎木調査を実施しました。また、試験地の環境条件として植栽箇所の地形湿潤指数（TWI）と日当たりの指数（SVF）を航空機 LiDAR によって得られた数値地形モデル（DTM）からマップ化し、林地の環境条件を可視化しました。

結果：試験地の環境条件

試験地 202 は、緩やかな凸型の地形で、TWI は比較的低く、SVF は高いため、乾燥しやすく日当たりが良い立地でした。試験地 203 は、斜面下部の緩やかな斜面

で、TWI が高く、SVF は中庸であり、湿潤なこの地形はスギの典型的な生育適地と言えそうです。一方、試験地 204 は、凹凸の大きな急斜面に位置しており、B ブロックは斜面下部の急峻な谷地形、C ブロックは、斜面上部に位置していることがわかります。

結果：品種別のスギの成長と環境条件

佐賀県内の第2世代普及品種である4クローンは第1世代品種に比べ早い初期成長をしました。第2世代普及品種の3成長期後の樹高は、試験地 202 では、中央値が 250 ～ 300cm で、ほとんどの個体が 200cm を超えています。この傾向は、試験地 203 でも同様でしたが、試験地 204 では、やや成長が遅く中央値は 200cm 程度でした。この違いは、環境マップ（図 15）からわかるように、凹凸が大きく日照量が少なかったことが原因ではないかと考えています。このように、今回の調査結果からは、成長の早い第2世代の品種の初期成長には、日当たりの影響が大きいと言えそうです。調査地 204 に第1世代品種がないため詳細な品種間の比較とはなりませんが、日当たりが良い立地に初期成長の優れた品種を用いることで、下刈りを3年目で終えたいという期待に応えられそうです。

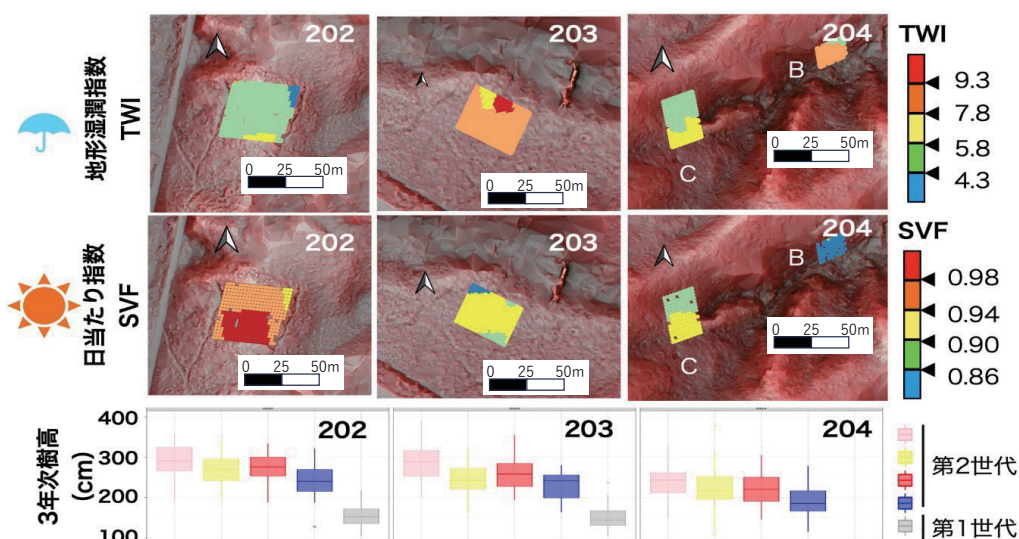


図 15. 3 試験地の環境条件と品種（クローン）別の 3 成長期後の樹高（江島 未発表）
背景地図は赤色立体図。

微地形と初期成長～スギと早生樹センダンの比較～

鳥山淳平・酒井佳美

森林総合研究所九州支所

背景と目的：適地適木

従来より造林樹種の選択には「適地適木」という考え方があります。近年は再生造林の樹種として一部の早生樹も検討されるようになり、早生樹種の適地に関する情報が求められています。特に立地に応じた初期成長の違いは、育林作業の省力化に関わる重要な情報となります。本研究では立地に関わる因子として斜面の微地形に着目し、スギと早生樹センダンの初期成長を比較しました。

方法：微地形に着目した成長試験

森林総合研究所九州支所立山実験林に試験地(0.3ha)を設定し、3つの微地形の型(頂部斜面:CS、上部谷壁斜面:US、谷頭凹地:HH、田村の微地形単位(田村1996)による)に区分しました(図16)。センダン(N型)とスギ(シャカイン、コンテナ苗)を3mの間隔で、

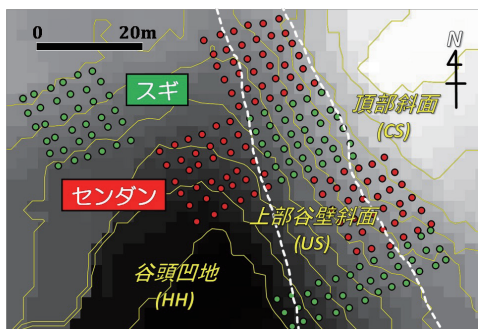


図16. 植栽位置図

黒いエリアほど相対標高が低い。黄色線は1m等高線、白色点線は微地形単位の境界を示す。

それぞれ2018年の3月と9月に植栽しました。植栽時の平均樹高はそれぞれ126cm、50cmでした。下刈りを2019年(2回)、2020年(2回)、2021年(1回)に計5回行い、センダンは2021年4月に50%の間伐を行いました。2019年から2022年にかけて毎年3月に樹高を測定しました。

結果：初期樹高成長

スギの初期成長は、斜面上部に位置する頂部斜面で低い傾向がみられましたが、有意差はありませんでした(図17a)。一方、センダンは植栽直後から旺盛な成長を示し、植栽2年後(図17bの2020年)の樹高が400cmを超える個体もありました。植栽4年後の樹高は谷頭凹地、上部谷壁斜面、頂部斜面の順に高く、微地形単位による初期成長の違いはスギよりも顕著でした(図17b)。また試験地の夏期の土壌の水ポテンシャルの値(2018/8/20測定、深さ40cm)から、頂部斜面では土壌がより乾燥していることが明らかとなり、夏場の土壌の乾湿条件が微地形単位別の樹高成長を分ける要因と考えられました。

このようにセンダンは斜面内の植栽適地がスギと重なりつつも、成長の良し悪しがより顕著でした。したがって伐採地の大部分にスギを再植林する場合でも、センダンの植栽適地を特定し、部分的に植栽することで、育林作業の時期的な分散と下刈り作業の軽減の効果が期待されます。なお本研究の遂行にあたり熊本県林業研究・研修センターの協力を得ました。ここに深謝します。

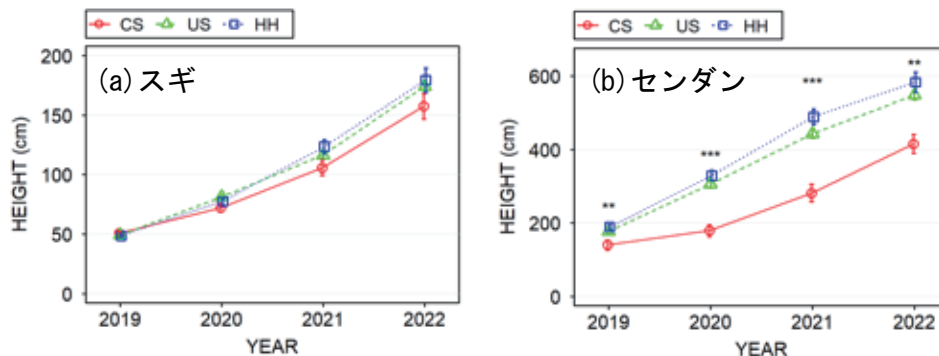


図17. スギとセンダンの樹高成長と微地形単位の関係

エラーバーは標準誤差。CS、US、HHは頂部斜面、上部谷壁斜面、谷頭凹地を示す。** ($p < 0.01$) と *** ($p < 0.001$) は微地形単位間の有意差。

スギ幼齢木の成長を空から測る－地形と樹高の関係は？

栗屋善雄

岐阜大学

背景と目的：苗木の成長

再造林面積が増加していますが、苗木は立地条件に応じて成長量が変わります。適地に植林すれば雑草木に負けずに成林すると期待されます。そこで、スギに適した立地条件を明らかにしました。

方法：樹高と立地条件の関係解析

岐阜県高山市丹生川町駄吉の2003年植栽の13年生スギ植林地を対象に、幼齢木の樹高と地形の関係を解析しました。2016年にパルス密度5.9点/m²で観測された航空レーザの数値表層モデル(DSM)と数値地形モデル(DTM)の差を計算して、樹冠高モデル(CHM)を作成しました。CHMから個々の幼齢木の樹冠を抽出して樹高を推定しました。対象流域についてDTMから計算した地形湿潤指数(TWI)と沢からの距離(沢距離)や斜面傾斜などと樹高の関係を解析しました(図18)。

結果：樹高と立地パラメータの関係

対象地内の斜面傾斜が緩やかでスギの樹高が高い1点を選んで、この点から1m間隔で80mのバッファを作成して樹高と距離、またはTWIとの相関を検証しました。その結果、樹高と距離の相関係数は-0.642でしたが(図2), TWIの場合は-0.296と相関が低い結果に

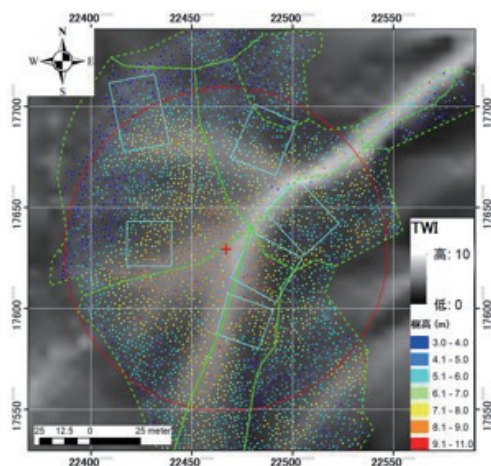


図18. 樹高とTWIの分布

赤い円は80mのバッファ。沢からの距離との関係を検討するため水色の矩形を設定した。TWIは白いほど土壌が湿っていることを示す。

なりました。

航空レーザデータで作成されたDTMは、微地形を表す最適な空間解像度を検討するため、メッシュサイズを1m, 2m, 5mと粗くしたDTMでTWIを計算しました。沢を基準にして6カ所で矩形を設定して、斜面の傾斜、沢距離とTWIについて樹高との相関を調べました。その結果、斜面の傾斜とは相関がみられず、沢距離とは相関係数が-0.471～-0.810で、沢から離れるほど樹高が低いことがわかりました。TWIとの相関係数は1mメッシュで0.290～0.686, 2mで0.332～0.707, 5mで0.439～0.815でした(図20)。このように、土壌が湿っているほど樹高が高い傾向がありました。メッシュが粗いほどTWIの相関が高いのは、航空レーザのパルス密度不足のためDTMの精度が不十分なことを示しているようです。航空機レーザで測定したデータを使用した場合、5mメッシュのDTMから計算したTWIがスギの樹高、つまり成長をもっともよく表すことが明らかになりました。

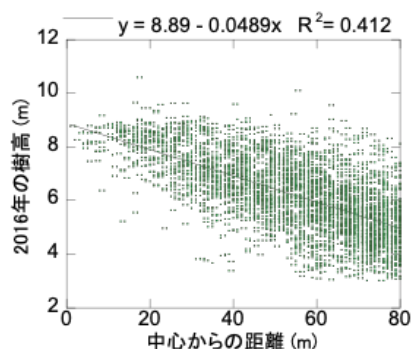


図19. 樹高とバッファ中心からの距離の関係(栗屋 未発表)

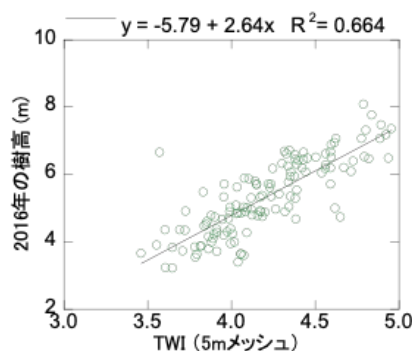


図20. 樹高とTWIの関係(栗屋 未発表)

九州での造林地の競合植生タイプと下刈り要否の目安

山川博美¹・鶴崎幸²・江島 淳³・柳本和哉⁴・柴田麻美⁴・吉本貴久雄⁴・寺本聖一郎⁵
青木哲平⁵・小堀光輝⁵・河津温子⁶・高宮立身⁶・松本 純⁶・上杉 基⁷・穂山浩平⁸

¹ 森林総合研究所九州支所・² 福岡県農林業総合試験場・³ 佐賀県林業試験場・⁴ 長崎県農林技術開発センター
⁵ 熊本県林業研究・研修センター・⁶ 大分県農林水産研究指導センター
⁷ 宮崎県林業技術センター・⁸ 鹿児島県森林技術総合センター

背景と目的：植生いろいろ

伐採後の林地には様々な植物が生えてきます。植物は種類によって、成長の速さや最大高などが異なり、植栽したスギの成長に対する影響度合いも異なります。そこで、造林地に発生する植物をタイプ分類(植生タイプ)し、下刈り要否の判断目安を検討しました。

方法：九州で多点調査

九州地域の10年以下のスギ造林地194箇所で、10×10mの調査区を設定し、競合植生の類型別(常緑広葉樹、落葉広葉樹、キイチゴ類、広葉草本、イネ科草本、ススキ、シダ類、ササ・タケ類)の植被率、スギの樹高、競合状態(P19)を調査しました。

結果：植生タイプ

造林地に発生する競合植生のタイプは、ススキが優占するススキ型、アカメガシワやクサギ、カラスザンショウなどの先駆性樹木が優占する落葉広葉樹型、ササが優占するササ型、キイチゴ類に草本が混じるキイチゴ型に分類できました(図21)。植栽木の最も強力な競争相手と考えられる常緑広葉樹が繁茂する造林地はありませんでした。また、各植生タイプ別の平均植生高は落葉広葉樹型で高かったですが、スギの樹冠が競合植生から抜け出した個体の割合は落葉広葉樹型よりススキ型、キイチゴ型で低く、植生が面的に広がるススキ型・キイチゴ型は植栽木が埋もれやすい傾向にありそうです。

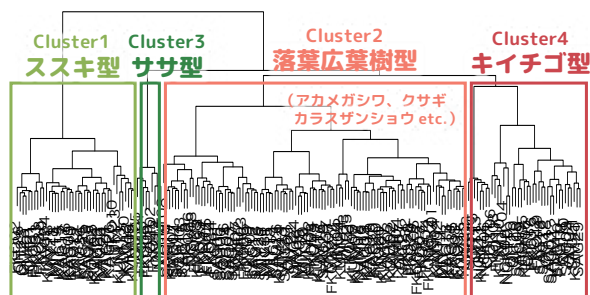


図 21. 類型別の被度に基づいたクラスター分析の結果(山川ら 未発表)

結果：下刈り要否の判断目安

下刈り後、競合植生が1年間に成長する高さをスギの樹高を超えると、“毎年”の下刈りは不要となってきます。下刈りを実施してから1年後にスギの梢端部が競合植生から9割以上の確率で抜け出るためには、スギの樹高が、ススキ型で2.2m、落葉広葉樹型で1.3m、キイチゴ型で1.5m以上必要なことがわかりました(図22)。つまり、造林地の競合植生タイプを判断し、スギが上記の高さに達するまでは、毎年下刈りを行った方が、スギの成長低下を防ぐことができます。また、ススキ型やキイチゴ型など、下刈り省略後に植生高が高くないタイプでは、ここに示したスギの樹高が下刈り終了を判断できる目安となります。

一方、アカメガシワやクサギなどの小高木になる落葉広葉樹型の植生が繁茂する造林地では、下刈り終了後にはスギと共に競合植生も高くなります。そのため、下刈りの“終了”の判断には、スギと競合植生の成長量を予測することが重要です。宮崎県南部の調査例では、スギの高さが1.3mを超え、かつスギの梢端部が競合植生から70cm以上抜き出ていると、その後2年間下刈りを省略しても再び競合植生に覆われることはありませんでした。

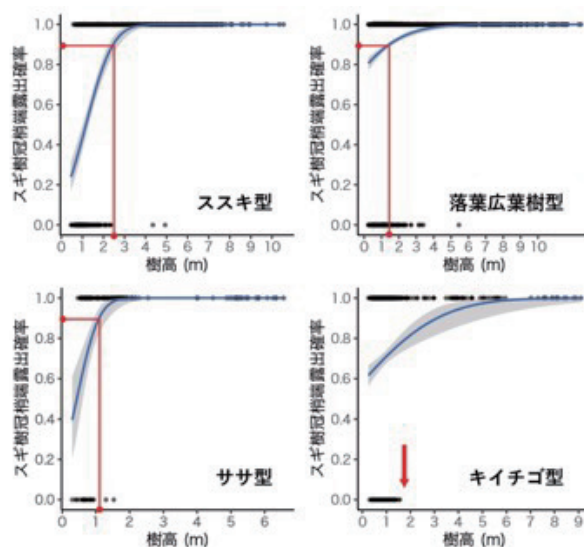


図 22. 競合植生タイプごとのスギ樹冠梢端部の露出確率(山川ら 未発表)

茨城県のスギ造林地における下刈り停止後の競合植生の成長

五十嵐哲也・倉本恵生・奥田史郎

森林総合研究所

背景と目的：競合植生の成長量

下刈り要否をより精度高く判断するには、下刈り停止後の競合植生の成長量とその規定要因を把握する必要があります。そのため、本研究では下刈り停止時の林齢および植生タイプが競合植生の成長量に与える影響を検討しました。

方法：下刈り停止後の成長量

茨城県北部の2～5年生のスギ造林地 25 林分に 2 m × 2 m のコドラートを 64 個設置し、コドラート内の下刈りを停止しました。コドラートは各林分の斜面上部と下部（標高差は最大でも 30 m 未満）に 1～2 個ずつ設置し、夏と秋に植生高を調査して成長量を測定しました。調査地によって調査期間にばらつき（48～121 日）があるため、4 ヶ月（120 日）間の成長量を平均高成長量として計算して比較しました。各林分の林齢（2～4 年生）、下刈り停止後の年数（最終下刈りからの経過年数；翌年・翌々年）、植生タイプ（木本・草本・イチゴ（キイチゴ類））を記録して解析データとしました。

結果：下刈り停止時の林齢と成長量

下刈り停止翌年の競合植生の平均高成長量には下刈り停止時の林齢による違いは見られませんでした（図 23：下刈り停止時に 2 年生：32.4 cm、3 年生：28.2 cm、4 年生：47.9 cm）（Tukey-Kramer 法）。しかし、下

刈り停止翌々年の平均高成長量は下刈り停止時の林齢によって異なり（2 年生：13.5 cm、3 年生：50.8 cm、4 年生：78.4 cm）、3 年生で下刈り停止した場合は 2 年生の場合よりも成長量が有意に高くなりました（Wilcoxon test： $p = 0.03$ ）。下刈りを繰り返していても、林齢が高いほど競合植生の栄養貯蔵可能な部位（幹、根、地下茎など）が発達していて、回復力が大きかった可能性があります。

結果：植生タイプと成長量

下刈り停止翌年はどの植生タイプでも平均高成長量（イチゴ：30 cm、草本：23 cm、木本：31 cm）は同程度でした（図 24）。しかし、翌々年は、草本タイプでは木本タイプに比べて平均高成長量（イチゴ：30 cm、草本：82 cm、木本：24 cm）が有意に高くなりました（Tukey-Kramer 法： $p = 0.04$ ）。ススキやタケニグサなどの多年草本の地下貯蔵養分が下刈り停止翌年に回復し、翌々年の成長量を高めた可能性があります。

下刈り停止後の成長量は一定ではなく、林齢や植生タイプによって差が生じていました。ただし、いずれの場合も差が生じたのは下刈り停止翌年ではなく、翌々年になってからで、これは下刈り停止翌年にはまだ下刈りによる抑制効果が効いており、翌々年に本来の成長量に戻った結果と推察しました。より良い成長予測のためには、競合植生の種ごとの生態や成長特性を理解する必要がありますと考えられます。

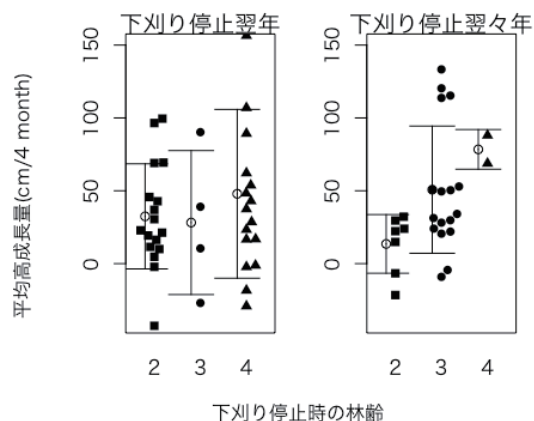


図 23. 下刈り停止時の林齢による翌年以降の平均高成長量の違い

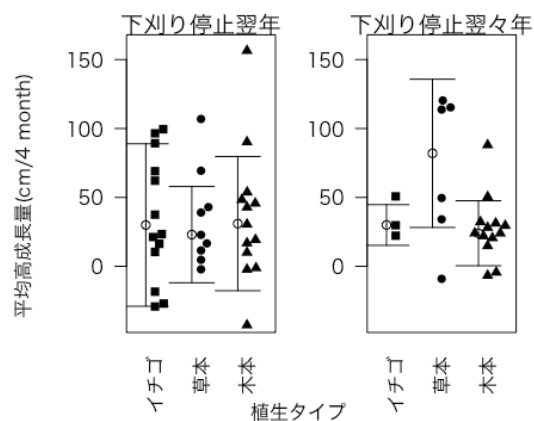


図 24. 下刈り停止後の年数ごとの各植生タイプの平均高成長量の比較

植栽木と周辺植生との競争関係の指標

山川博美

森林総合研究所九州支所

簡単に把握できる指標：競合状態

スギやヒノキなどの植栽木の成長は、周辺に生える樹木や草本（競合植生）からの被圧の影響を受けます。また、被圧の強さ（度合い）によって、植栽木の成長の速さが変わります。この被圧の状態を表すためには、植栽木と競合植生の高さの差や、植栽木の樹冠が競合植生に覆われた割合（被覆率）などを測定する必要があります。しかし、実際の下刈り現場で、植栽木を一本ごとに、これらを測るのは大変です。そこで、植栽木と周辺植生の高さ方向の競争関係に着目して、現場で簡単に把握できる競争関係の指標を考えました。それが、競合状態（Competition index; C1～C4）です（図25）（山川ら 2016）。競合状態は簡易的な指標であるため、スギ樹冠の被覆率には、図26のようなばらつきがあり、C4で梢端部が競合植生に覆われている植栽木でも樹冠全体が完全に覆われていない植栽木も存在します。

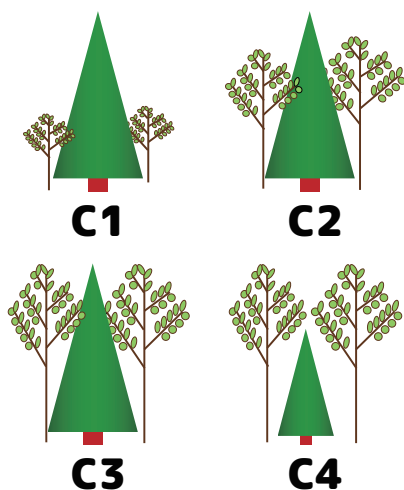


図25. 植栽木と周辺植生の競合状態（山川ら 2016）

- C1: 植栽木の樹冠が周辺植生から半分以上露出している
- C2: 植栽木の樹冠が周辺植生から半分未満露出している
- C3: 植栽木と周辺植生の高さが同程度
- C4: 植栽木が周辺植生から完全に覆われている

競合状態による樹高成長の違い

4年生のスギ造林地で競合状態ごとに植栽木の樹高成長を調べました。スギの成長は樹冠梢端部が周辺の植生から覆われた時（C4）に顕著に低下し（図27）、

周辺に植生があっても、樹冠梢端部が露出していれば（C1, C2）、樹高成長の低下は小さいと考えられました。つまり、スギの樹高成長を保つためには、樹冠梢端部が露出しているかどうか重要で、その年の下刈り要否を判断する際の目安となります。

下刈り要否の判断には植生タイプも考慮

競合状態によるスギの樹高成長の違いは、競合する植生のタイプによって異なり、同じ競合状態であっても落葉広葉樹型に比べてススキ型では強い被圧を受けます（P20）。また、植生タイプによって成長パターンが異なるため、下刈りの要否や終了を判断する際には、植生タイプと競合状態を合わせた判断が必要です（P17）。

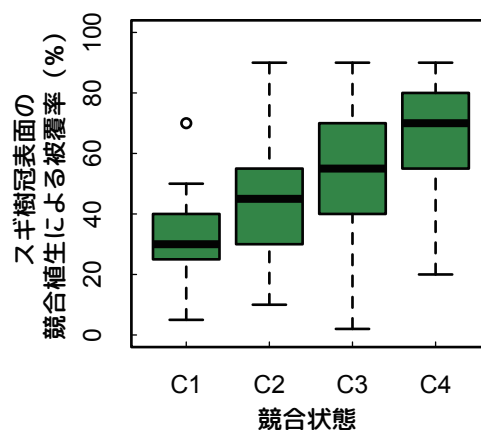


図26. 競合状態とスギ樹冠の競合植生による被覆率の関係（山川ら 未発表）

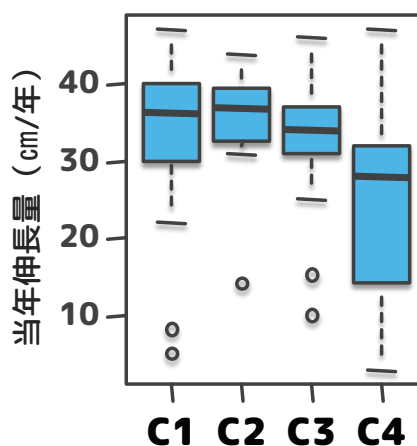


図27. 各競合状態における樹高成長量（山川ら 2016）

ススキ型植生の被圧は落葉広葉樹型植生に比べて強く影響

伊藤 哲¹・原谷日菜¹・中山葉月¹・平田令子¹・山岸 極²・溝口拓朗¹・山川博美²

¹ 宮崎大学農学部・² 森林総合研究所九州支所

背景と目的：競合植生による被圧の違い

下刈り省略を検討する上で、競合植生の違いによる植栽木への被圧効果の違いは重要なポイントです。特にススキ型植生は落葉広葉樹型植生に比べて初期の被圧効果が強いといわれています。そこで、ススキ型植生による被圧は本当に強く植栽木に影響するのかを、植栽木の樹高・直径成長と樹冠発達の間から明らかにしました。詳細は原谷ら（2023）を参照してください。

方法：ススキ型 vs 落葉広葉樹型

宮崎大学農学部附属田野フィールド（演習林）のススキが優占する林地と落葉広葉樹が優占する林地に、2019年3月にスギ特定母樹である県始良20号の裸苗（苗高70～90cm）を植栽し、一部では下刈り省略を試行しながら成長経過を比較しました。ススキ型林地では直前までコンテナ苗植栽試験が2度繰り返されており、今回の植栽当初からススキが繁茂していました。落葉広葉樹型林地では植栽当年の夏までの競合植生の発達が貧弱であったため、当年の下刈りは省略されています。

結果：樹高・直径成長への影響

植栽時の少雨の影響で植栽木の1年目の成長は不良でした。2年目は、秋ごろからススキ型の無下刈り区で成長が低下し始めました。3年目は、毎年下刈りを実施したススキ型と落葉広葉樹型で樹高には差はありませんでしたが、地際直径には大きな差が生じており（図28）、ススキ型では下刈りを実施した年でも植栽木を強く被圧

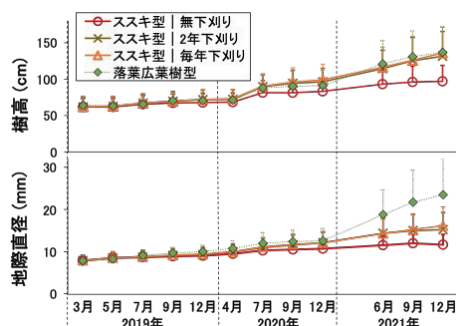


図 28. 樹高と地際直径の成長経過（原谷ら 2023 より描く）

することが伺えました。そこで 2021 年の地際直径成長量を競合状態ごとに比較したところ、植栽木の樹冠上部が被圧されない状態（競合植物の高さが植栽木の樹高未満：C1・C2）でも、ススキ型では植栽木の成長が落葉広葉樹型に比べて顕著に劣っており（図 29）、ススキは植栽木の樹冠下部を強く被圧していることが示唆されました。

結果：樹冠発達への影響

4 年目（2022 年）の夏～秋にスギ植栽木の枝量を測定して高さ分布を比較したところ、ススキ型では毎年下刈りをしても植栽木の枝の発達が抑制されており、特に高さ 61～100 cm の範囲の枝量が落葉広葉樹型よりも極端に少ないことが分かりました（図 30）。つまり、ススキ型では着葉量の多いスギ樹冠下部をススキの密な葉でより強く被圧し光を制限することに加え、葉の物理的な接触によってスギの樹冠発達を強く抑制しているようです。樹冠の発達が抑制されると、たとえ下刈りをしても成長が回復しない可能性がありますので、ススキ型では初期の下刈りをしっかり実施することが重要でしょう。

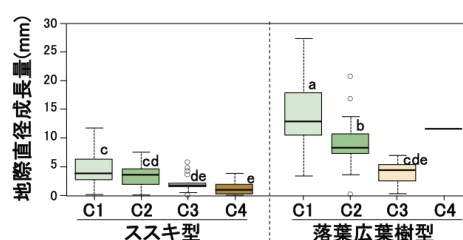


図 29. 植栽 3 年目（2021 年）の地際直径成長量の競合状態間の比較（原谷ら 2023 より作図）

競合状態（C1～C4）は山川ら（2016）の区分による

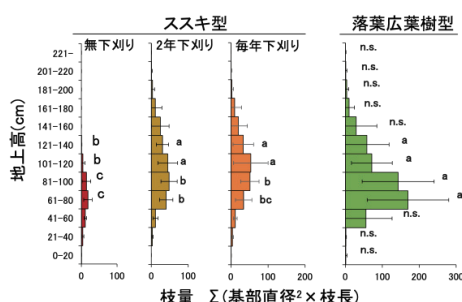


図 30. 枝量の高さ分布の比較（原谷ら 2023 より描く）

スギ特定母樹苗を使った下刈り省力の可能性検証

大谷達也¹・米田令仁¹・福本桂子¹・山川博美²

¹ 森林総合研究所四国支所・² 森林総合研究所九州支所

背景と目的：特定母樹苗と下刈り

スギ・ヒノキ苗の植栽後の数年間、苗が雑草木に負けないようにおこなう下刈りは重労働です。近年では優れた特性をもつ品種として、特定母樹苗の生産が始まっています。旺盛に成長する特定母樹苗を使えば、より早く苗が雑草木を追い越すことが期待されますので、1年でも早く下刈りを終了することができるかもしれません。そこで特定母樹苗と普通苗を実際の施業地に植えて、特定母樹苗の利用によって下刈りの早期終了が可能か検証しました。

方法：二品種の比較

高知県吾川郡いの町の国有林に2019年11月に2系統のスギ苗を植栽し、苗の成長を3年にわたって追跡しました。特定母樹苗として「高岡署1号」、普通苗として在来系統の「タノアカ」を選び、各800本ずつを植栽しました。下刈りの回数を変えた区画を設定し、植栽後3年目の夏期にスギ苗が雑草木を抜け出したかどうかを1本ずつ確認しました。ここで下刈り回数とは、下刈りなし、最初の1年目だけ下刈り、最初の2年間だけ下刈り、および3年間の毎年下刈りの4種類です。植栽や下刈りは、森林事務所に指定された業者によっておこなわれました。

結果：苗木成長の差

植栽後3年目で高岡署1号はタノアカに比べ大きく成長し、幹の根元径や枝張りは高岡署1号がかなり大きく

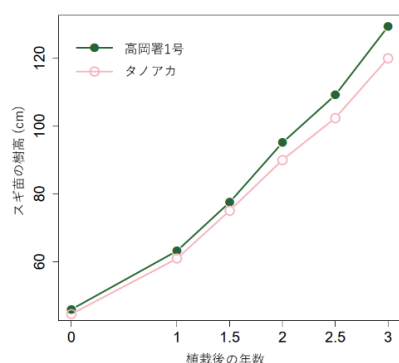


図 31. スギ苗2系統の樹高成長(大谷ら 2023b を改変)

1.5年目と2.5年目は夏期の、ほかは冬期の測定値を示す。

なりました。しかし、系統間での樹高の差は9cmと顕著ではありませんでした(図31)。このことは、タノアカが細長く成長する性質をもつためと考えられます。

結果：雑草木との競合

下刈り回数ごとに2系統の樹高を示すと、タノアカは下刈り回数を増やせば徐々に樹高が増えるのに対し、高岡署1号では下刈りなしの場合だけ樹高の低下が認められました(図32)。高岡署1号は大きな枝張りによって多くの葉を付け、少しぐらい雑草木に埋もれても樹高成長を低下させなかったと考えられます。

3年目夏期の下刈り直前にスギ苗が雑草木を抜け出すかどうかを予測するロジスティック回帰の結果では、高岡署1号を利用して2回以上の下刈りをする、苗木が雑草木を抜け出す確率がタノアカよりも上がると確認できました。高岡署1号は必ずしも樹高の初期成長に優れるわけではありませんが、植栽試験による実際の施業地において下刈り回数の削減に効果があると示されました。

今回の植栽試験では、高岡署1号を利用して下刈り回数の削減が可能という結果になりましたが、特定母樹を使って下刈り回数の削減を目指す際には、系統ごとの初期成長の特性をよく理解することが大切です。

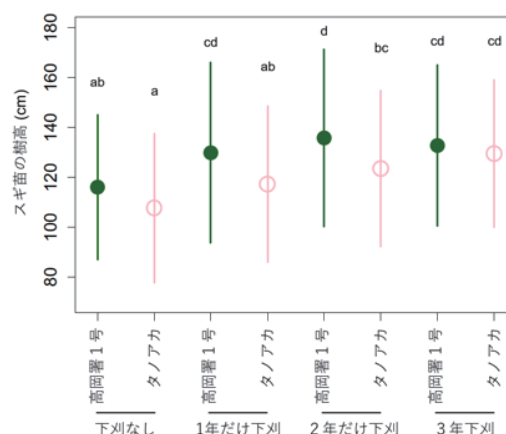


図 32. 植栽後3年目の樹高を系統・下刈り回数ごとに比較(大谷ら 2023a)

平均値と標準偏差を示す。異なるアルファベットをつけた平均値のあいだには有意差があることを示す(Tukey HSD test, $\alpha=0.05$)。

スギ特定母樹中苗を活用した下刈り省略の可能性

伊藤 哲¹・平田令子¹・山岸 極²・溝口拓朗¹・山川博美²

¹ 宮崎大学農学部・² 森林総合研究所九州支所

背景と目的：特定母樹中苗で下刈り省略

特定母樹やエリートツリーなど成長に優れる苗木の植栽による下刈り省略が期待されています。また九州では、通常の育苗期間で苗高 70～90cm に育成した“中苗”の活用も提案されています。しかし、実際に特定母樹やエリートツリーの可能性を実証した例は多くありません。そこで、特定母樹中苗を植栽して下刈り期間を短縮できるかの実証試験を行いました。詳細は伊藤ら (2023)、Tanaka et al. (2023) を参照してください。

方法：3 年目以降の下刈りを省略

熊本県人吉市の西浦国有林で、2017 年にスギ特定母樹「県始良 20 号」のコンテナ中苗 (苗高 90cm) を植栽し、2 年目まで年 1 回の下刈りを実施した後、3 年目から下刈りを省略しました。その成長経過を、同時期に植栽し毎年下刈りを実施した同じ系統の裸普通苗 (苗高 50cm) の成長と比較しました。なお、中苗植栽地の競合植生はアカメガシワなどの落葉広葉樹が優占するタイプです。また、この試験地では植栽時のストレス等の影響を考慮して中苗植栽時に摘葉試験も実施していますが、ここでは摘葉の影響がほぼないものを比較に用いています。

結果：特定母樹中苗の成長

中苗は下刈り省略後 (3 年目以降) も順調に成長し、6 年目末の平均樹高は 640cm を超えていました (図 33)。競合植生の平均高との差も拡大しており、この事

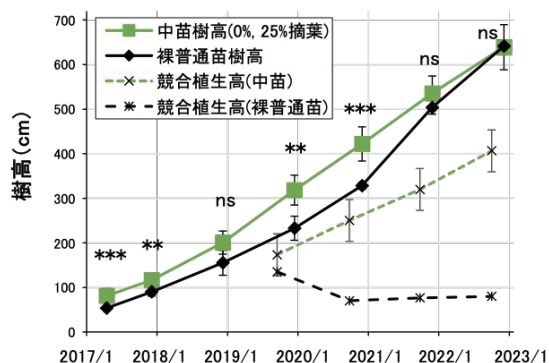


図 33. 樹高成長経過と競合植生高の変化 (伊藤ら 2023)

例のように適地に植栽し降雨や植生の条件に恵まれれば、3 年目以降の下刈りを省略できる可能性が極めて高いと考えられました。また、毎年下刈りを実施した特定母樹裸普通苗も 4 年目以降に旺盛に成長して、5 年目には中苗に追いつき、6 年目には直径が中苗を追い越す勢いでした。

結果：ベストパフォーマンス？

下刈り省略の可能性を示してくれた特定母樹中苗もそのポテンシャルを 100% 発揮したわけではありません。各成長期の期首サイズとその年の成長との関係と比較すると、中苗は下刈り省略開始の翌年には樹高成長がやや低下し、2 年後には直径成長が明瞭に抑制されており (図 34)、樹冠下部への被圧の影響が示唆されました。また、下刈り省略に伴い競合植生が高木・小高木主体の種構成に変化していたことから (図 35)、成長に優れる系統のメリットを活かすためには、追加の下刈りや早期の除伐が必要となる可能性も視野に入れた方がよいでしょう。

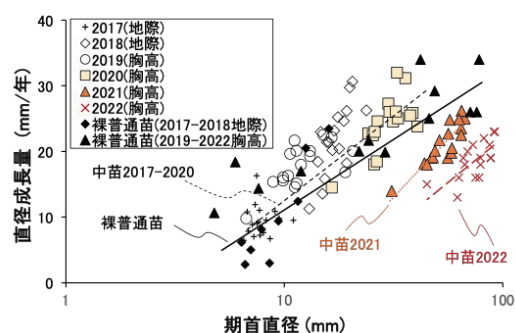


図 34. 期首直径を考慮した直径成長の比較 (伊藤ら 2023)

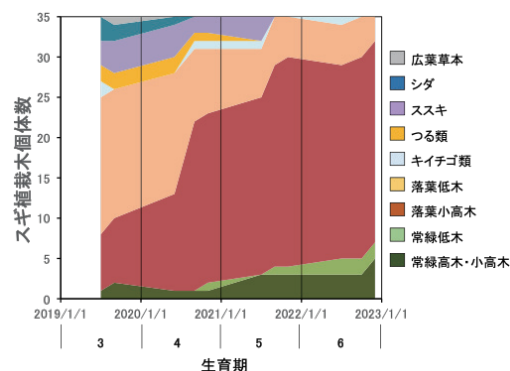


図 35. 下刈り省略後の競合植生の変化 (伊藤ら 2023)

斜面位置によるスギ大苗の初期成長の違い

齋藤隆実¹・奥田史郎¹・壁谷大介¹・川崎達郎¹・山川博美²

¹ 森林総合研究所・² 森林総合研究所九州支所

背景と目的：大苗植栽と下刈り省略

再造林コストの削減が課題となっています。本研究では、大苗植栽によって下刈り回数とその面積の低減の可能性を検討しました。苗高がおよそ 60cm 以上のいわゆる大苗は、雑草木との競争に有利と考えられます。また、これまで下刈りは、林小班全面を一様に実施されてきましたが、本当に必要な個所に絞ることで面積を減らすことができるかもしれません。

方法：斜面上下での毎木調査

茨城県北茨城市の高帽国有林 1039 ほ 1 林小班に、スギ大苗を 2019 年 5 月に植栽し、3 年半の成長を記録しました。斜面の上下にそれぞれ 9 区画の調査プロットを設けました。毎年夏季に下刈りを実施し、一部の調査区画について順次 1 年間だけ下刈りを省略しました。競合植生として、キイチゴ類やアカメガシワ、タラノキなど初期成長の早い種が優占していました。

結果：苗木の成長と競合植生

一般的に、斜面下部は斜面上部より生育条件が良く、苗木の生存・成長に有利とされます。しかし本調査地では、苗木の生存率は斜面下部が低く（図 36a）、樹高、地際直径、樹冠幅のいずれも斜面下部で小さい結果でした（図 36b,c,d）。さらに、形状比（図 36e）は斜面下部で大きくなりました。したがって、本調査地では斜面下部の方がスギにとって好ましくない生育環境だったと考えられます。

この理由を考えるため、植栽木と雑草木との高さの比（値が大きいくほど被圧度合いが高い）を調べました（図 36f）。植栽木の成長とともに高さの比は低下しました。また、2 年目の下刈りを省いた場所では、植栽木の高さと同じくらいまで雑草が高くなりました。さらに、斜面下部の方が高さの比が大きくなりました。したがって、斜面上部より下部の方が雑草木との競争が激しく、苗木の生存・成長に強く影響したと考えられます。雑草木の生育が旺盛な造林地では、とくに斜面下部での下刈りの実施が効果的と考えられます。

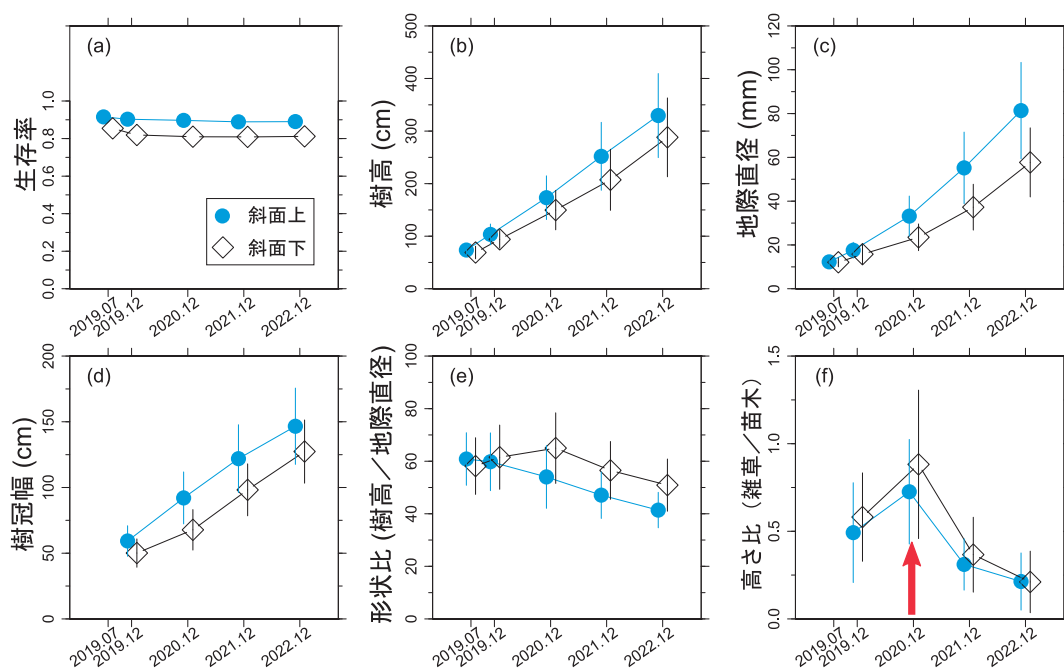


図 36. 斜面上下での苗木の成長と競合状況の違い（齋藤ら 未発表）

斜面上下の区分それぞれに植栽密度の異なる 9 プロットを含むが、影響は小さいので本稿では区別していない。赤矢印は下刈りを省略した年を示す。

特定母樹による下刈り回数削減の可能性

吉本貴久雄¹・柳本和哉²

¹ 長崎県農林技術開発センター・² 長崎県五島振興局

背景と目的：下刈り要否の判断

再造林がなかなか進まない背景に保育コストが高いことがあり、なかでも下刈り作業の軽減が強く求められています。下刈り回数の削減のためには、競合植生の高さや植栽木の樹冠の高さの関係によって、下刈り省略の判断をする必要があります。このため植栽直後からの植栽木および競合植生の競争関係を追跡調査しました。

方法：斜面位置を考慮した植栽試験

長崎県大村市中岳町の個人有林に精英樹7系統、エリートツリー2系統、従来2系統、計11の系統516本を2019年3月に2.0×2.0mの間隔で植栽しました。植栽地の斜面上部と斜面下部の2ヶ所に10×10mの調査区を設け、植栽後4年間の植栽木の樹高成長と競合植生の高さを調査しました。調査は下刈り実施直前の7月に行いました。また、斜面上部の調査区については調査区内の系統別に競合植生との関係を検討しました。

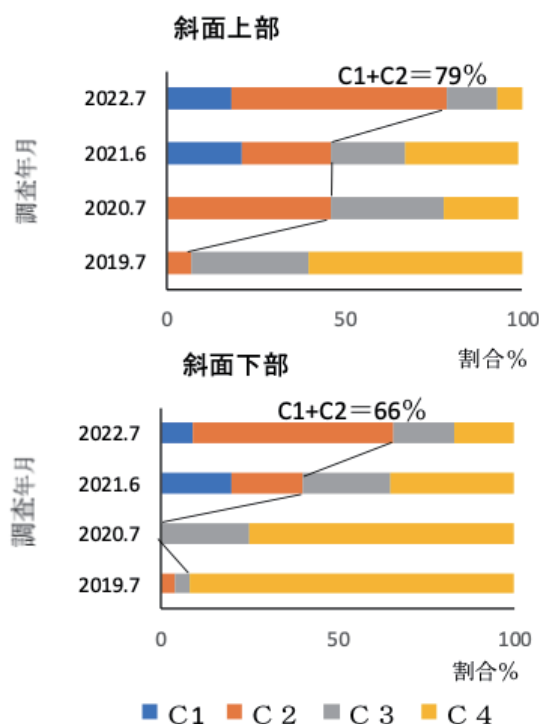


図 37. 植栽木の競合植生からの露出割合

結果：立地と品種の影響

斜面上部での競合状態 (P19) では、「樹冠の半分以上が群落層から露出 (C1)」と「樹冠の梢端が群落層から露出 (C2)」を合わせた露出割合が 79%となりました (図 37)。斜面下部での同露出割合は 66%でした (図 37)。また、斜面下部では 2 年目にほとんどの植栽木が競合植生によって覆われていました。

下刈り省略可能な目安を 90% 以上の同露出割合とすると、この試験区での 4 年次の下刈り省略は慎重にならざるを得ません。斜面下部の調査区の方が、立地の影響もあってスギの樹高は高いのですが、競合する植生も成長が旺盛なため同露出割合が低くなったと考えられます。なお、この試験区の競合植生はアカメガシワなどの木本主体で、毎年下刈りしても競合植生高は高くなることで大きな問題です (図 38)。

また、斜面上部の調査区に生育する 9 系統別の平均樹高と競合植生の平均高を比較してみると (図 38)、4 年次ですべての系統が競合植生の平均値を超えています。なかでも精英樹 C、精英樹 G は C1 と C2 を合わせた露出割合が 100% でした。この 2 系統のみで構成された植栽地であれば、4 年次の下刈り省略が可能であったと考えられます。

初期成長に優れた品種・系統の苗木を適切な条件で活用することで、下刈り回数を削減し、育林コストの削減に貢献できると考えられます。

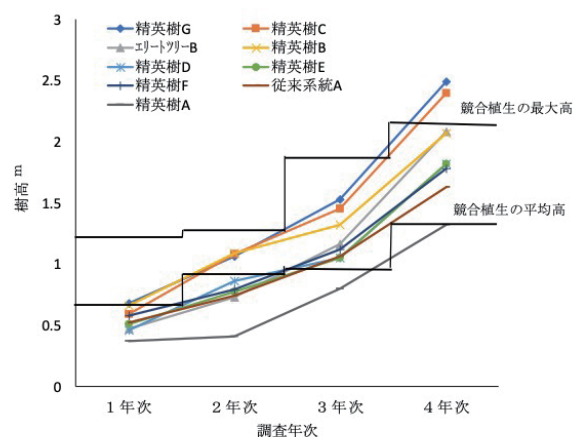


図 38. 品種・系統別の成長と競合植生の関係

スギの系統と立地の違いによる下刈りの早期終了の可能性

鶴崎 幸・桑野泰光・檜崎康二・友清昇太・萩原晟也

福岡県農林業総合試験場資源活用研究センター

背景と目的：下刈りの早期終了

初期成長の早いスギ系統は、立地条件の良い場所での成長能力を最大限に発揮できることが分かってきました。このような場所は競合植生の成長も旺盛で、スギが大きくなっても競争状態が続く可能性があるため、下刈りの早期終了という観点での検証が必要です。そこで、木本型の競合植生が優占する林地での下刈り終了の目安（P17；スギ樹高と競合植生の樹高差 70cm）の達成状況をスギ系統と立地別に明らかにしました。

方法：系統と立地を変えた試験

福岡県八女市黒木町に、初期成長の早い特定母樹であるスギ（系統A）とスギ在来系統（系統B）を2019年3月に100本ずつ植栽し、成長休止期にスギ樹高を、下刈り直前の6月にスギ樹高と競合植生高の計測を2022年まで毎年実施しました。試験地は競合植生として、アカメガシワなどの先駆性木本種が優占していました。立地因子は、航空レーザ測量成果（1点/m²）から得た1mDTMを用いて、スギ1本ごとに地形湿潤指数（TWI）を計算しました。

結果：好立地で下刈り終了目安を達成

2022年調査結果（4年生）を示します。斜面下部で系統A、系統Bともに下刈り終了の目安に達しているスギが多く存在しました（図39、40）。斜面上部から下部にかけてスギ、競合植生ともに樹高が高くなっていましたが、斜面下部ほど両者の樹高差が大きかったことから、斜面下部ではスギが競合植生を上回る、より旺盛な成長

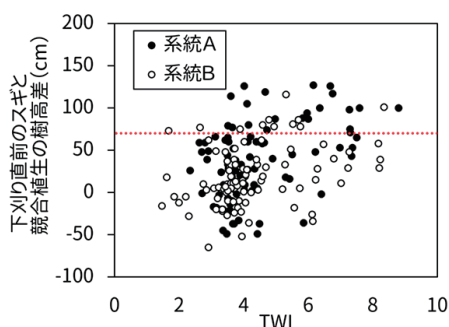


図 41. TWI とスギ・競合植生の樹高差との関係

をしたことが分かりました。立地要因との関係では（図41）、TWI が5以上の立地条件の良い場所において、系統Aは5割のスギが目安を上回った一方、系統Bは8割のスギが目安に達しませんでした。このことから、初期成長の早いスギ系統を適地に植栽することで、在来系統と比較して下刈りを早期に終了できる可能性があることが明らかになりました。

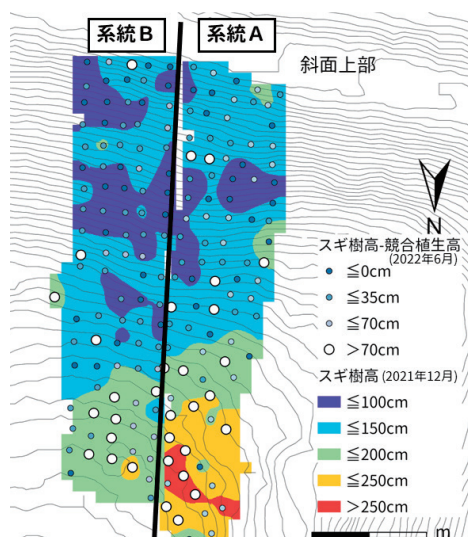


図 39. 立木位置におけるスギ樹高、および競合植生との樹高差

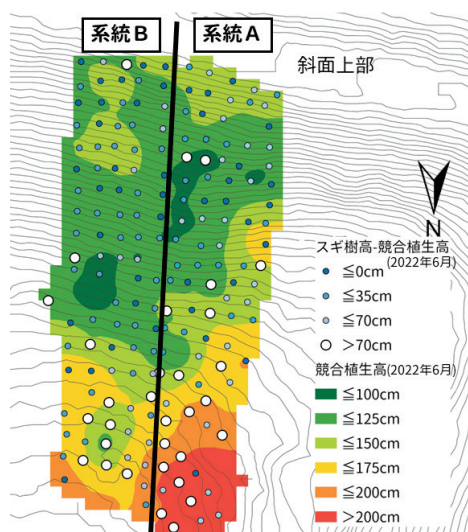


図 40. 立木位置における競合植生高、およびスギとの樹高差

特定母樹による下刈り回数削減が有利となる立地を探る

山川博美¹・穂山浩平²

¹ 森林総合研究所九州支所 ² 鹿児島県森林技術総合センター

背景と目的：立地で異なる成長

スギ特定母樹は立地条件が良いところ（例えば、TWIが高い）で良好な成長をすることがわかってきました。一方、競合植生も立地条件が良いと早く成長します。そこで、立地条件にばらつきのある再造林地で、スギと競合植生との競争関係を調べ、特定母樹による下刈り回数の削減について検討しました。

方法：在来系統 vs 特定母樹

鹿児島県始良市の再造林地に在来系統を含むスギ特定母樹（第一世代精英樹、エリートツリー）を複数系統植栽し、植栽後4年間の樹高成長と競合状態を観察しました。この林地の競合植生は、カラスザンショウなどが優占する落葉広葉樹型です。解析では、植栽4年目の樹高に基づいて、植栽したスギ系統を在来系統（シャカイン）と同等の樹高成長を示した“普通グループ”と良好な樹高成長を示した“優良グループ”に分けて行いました。

結果：スギと競合植生の高さ関係

植栽4年目の下刈り直前の段階で、普通グループのスギは、ほとんどの個体で植栽木周辺の競合植生の高さを超えていましたが、落葉広葉樹型の競合植生が優占する

林地での下刈り終了の目安と考えられる樹高差 70cm を超える植栽木はまだ7割程度でした（図42）。一方、優良グループでは、ほとんどの個体で樹高差が 70cm 以上あり、4年目の下刈りを省略できると考えられました。

結果：立地で変わる競合状態

植栽3年目の下刈り直前にスギの樹冠が競合植生から半分以上抜き出る確率（露出確率）を立地（TWI）に着目し計算しました（図43）。普通グループのスギは、TWIの値にかかわらず露出確率が60%程度でした。スギだけでなく競合植生もTWIの値が大きいくほど樹高や草丈が高くなる傾向にあることから、露出確率がTWIによって変わらなかったと考えられます。一方、優良グループのスギでは、TWIが高くなるにつれて露出確率も高くなりました。このことから、TWIの大きい立地で、特定母樹は成長ポテンシャルを発揮し競合植生との競争に有利になったと考えられます。つまり、立地条件の良い場所で初期成長に優れた特定母樹などの系統を用いることで、下刈り回数を削減できる可能性があります。今後、特定母樹によって下刈りコストを削減するためには、成長能力を十分に発揮できる場所を選ぶことが重要になるでしょう。

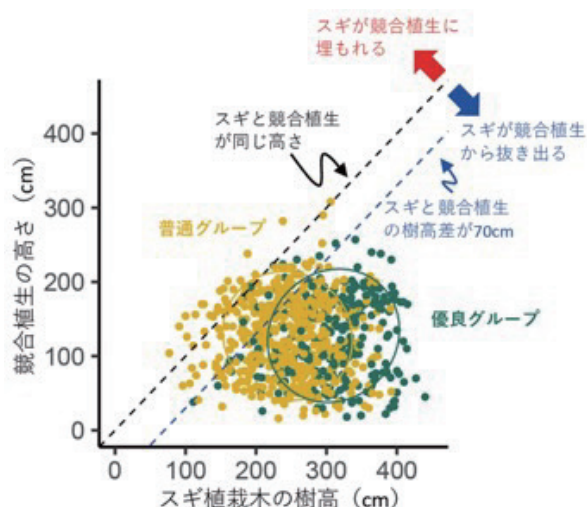


図42. 植栽4年目の下刈り直前のスギと競合植生の高さ（穂山ら 未発表）

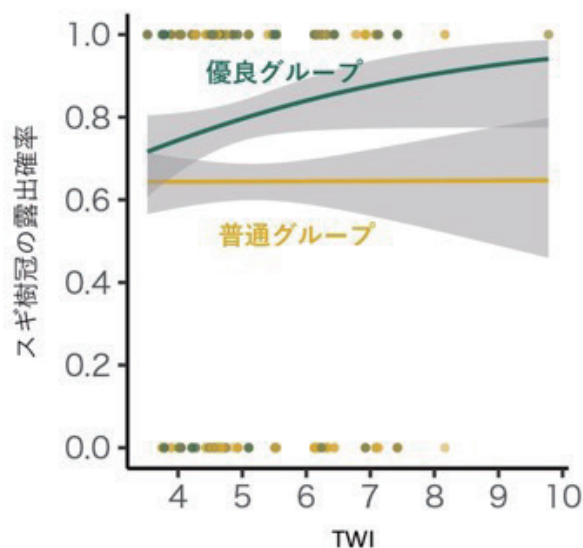


図43. 植栽3年目の下刈り直前にスギ樹冠が競合植生から半分以上抜き出る確率（穂山ら 未発表）

土壌や地形条件を利用した下刈り面積低減の可能性

大谷達也¹・米田令仁¹・福本桂子¹・山川博美²

¹ 森林総合研究所四国支所・² 森林総合研究所九州支所

背景と目的：下刈り労力の軽減

下刈りは林業のなかでも重労働の一つで、労力の軽減が昔から求められてきました。一方、同じ林班のなかでも苗木や競合植生の成長は異なっており、林分全体を均等に下刈りしなくても良いともいわれています。近年では林業現場でGISソフトウェアを使うことも増えてきましたので、こういった場所で下刈りを省くことができるか、その場所を地形から判定できるか検討しました。

方法：土層厚と地形条件

高知県吾川郡いの町の国有林にスギ苗を2019年11月に植栽し、3年間の成長を追跡しました。この試験地は21頁と同じです。植栽本数1,600本という大規模な試験地から、200本ほどの苗をランダムに選び、植栽位置の土層厚を測定しました。ここで土層厚の測定とは、人力で金属棒（検土杖）を地面に突き刺し、固い岩礫にあたるまでの深さを測定する方法です。また植栽直前にはドローンで地表面を撮影し、3mメッシュの数値地形モデル（DTM）を作成しました。

結果：土層厚と苗木の成長

3生育期後のスギ苗樹高をみると、土層厚によって樹高の差が100cm以上でき、土層が厚いところで樹高が大きい傾向がありました（図44左）。一方、競合植生の高さには土層厚による傾向はありませんでした（図44右）。そのため、土層が厚く苗木の成長が良いところでは、苗木がより早く競合植生を追い越すので、下刈りを早めに終わることができそうです。

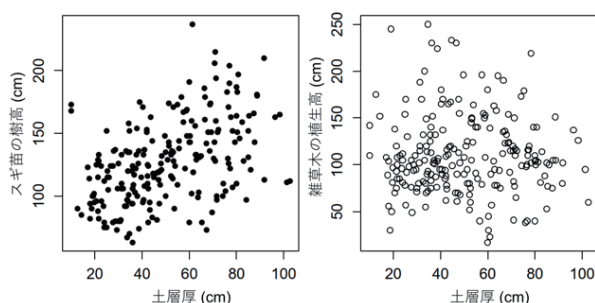


図44. 植栽後3生育期夏期のスギ苗樹高・競合植生高と土層厚の関係（大谷ら2023a）

結果：地形条件と苗木

しかし、林業事業者が土層厚を測定するのは現実的ではありません。そこで、ドローン画像から算出できる指標を使って、土層厚を推定できないか検討しました。GIS上で算出できる地形の特徴を表す指標のうち、地形起伏指数（TRI）に注目しました。土層厚とTRI値には緩やかな相関関係があるので（図45）、TRIから土層厚や苗木の成長をおおよそ推定できることになります。統計解析で得られた式を使って3年目の夏に苗木が競合植生から抜け出る確率を予測すると図46のようになります。下刈り不要と判断される場所が数十mのまとまった範囲にあるので、ひとつの林分のなかでも苗の成長が良い場所をあらかじめ予測して、下刈り面積の低減を計画することができそうです。

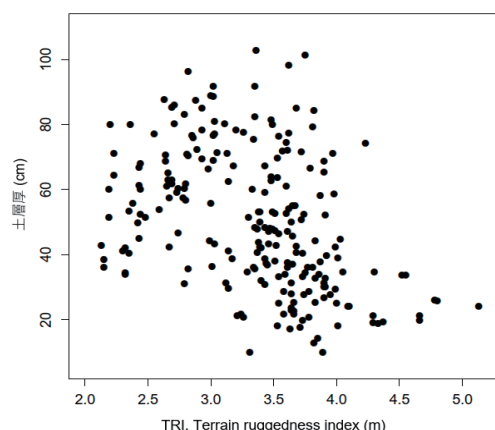


図45. TRIと土層厚の関係（大谷ら2023a）

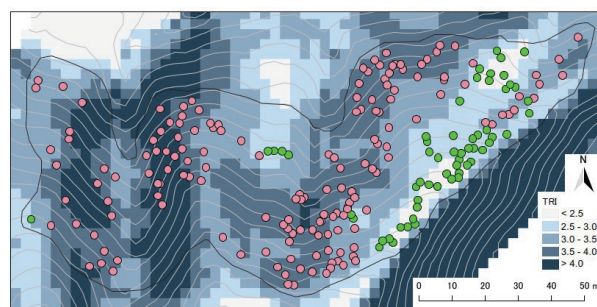


図46. 植栽3年目の夏期に下刈り不要になると予想された場所とTRI（大谷ら2023a）

緑丸は苗が雑草を抜け出る、赤丸は抜け出ないと予想される地点。背景には3mメッシュのTRI値を示した（色が薄いほど地形変化が穏やか）。

下刈り時期の違いがスギ植栽木の成長に与える影響

山川博美¹・野宮治人¹・白坂和雅²・山本敏博²

¹ 森林総合研究所九州支所² 株式会社南栄

背景と目的：下刈り時期の拡大

再造林面積の増加に伴って下刈り面積も増加していますが、育林作業者の不足から作業が追いつかず、下刈りの実行時期が従来の梅雨前後から春先～晩秋までの間に拡大しています。そこで、下刈り実施時期の違いがスギ植栽木の初期成長に与える影響を明らかにしました。

方法：下刈り時期を変えた試験

鹿児島県出水市の日本製紙社有林のヒノキ伐採後に、スギ（タノアカ）の苗を2019年4月に植栽し、植栽後3年間の成長を観察しました。植栽1年目の下刈りは実施せず、2年目以降、下刈りを5月（5月下刈区）、7月（7月下刈区）、9月（9月下刈区）に実施する区画を設定しました。試験地には競合植生として、アカメガシワなどの先駆性木本種が優占していました。

結果：競合状態

1年目は下刈りを実施しなかったため、9月にはスギの半数程度がC3、C4で雑草木に埋もれていました（図47）。下刈り時期を変えた2年目では、下刈り時期が遅くなるほどスギが競合植生から埋もれる期間が長くなりました。3年目になると、下刈りが遅れても雑草木に埋もれるスギの割合は小さくなりました。

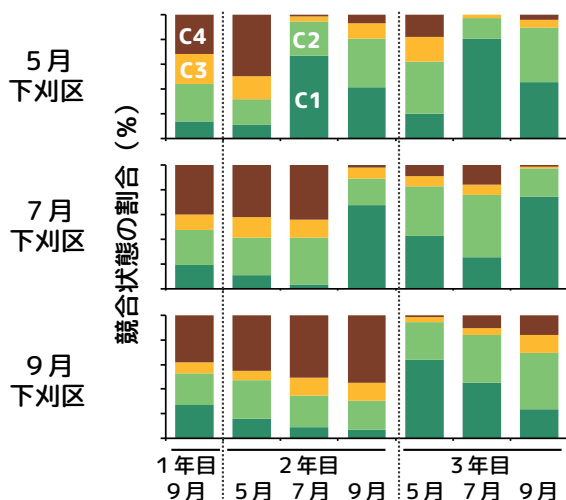


図47. 各下刈り区ごとの競合状態の推移(山川ら 未発表)

結果：スギの成長

スギ植栽木の樹高は、下刈り時期を変えた2年目以降に成長量に違いがみられ、従来の7月下刈区と比較して、5月下刈区では差はありませんでしたが、9月下刈区では有意に小さくなりました（図48）。また、地際直径も同様に7月下刈区と比較して、9月下刈区で有意に小さくなりました（図49）。つまり、従来の梅雨前後に行っていた下刈り時期を春先に前倒して実施する影響は小さいと考えられました。一方、下刈り時期を夏以降に遅くすることは、スギが雑草木に埋もれる期間を長くさせ、植栽木の成長を低下させると考えられました。特に、植栽木の樹高が低く、雑草木に埋もれやすい林齢（本研究だと2年目）での下刈りは、その年の早めの時期に実施した方が良さそうです。

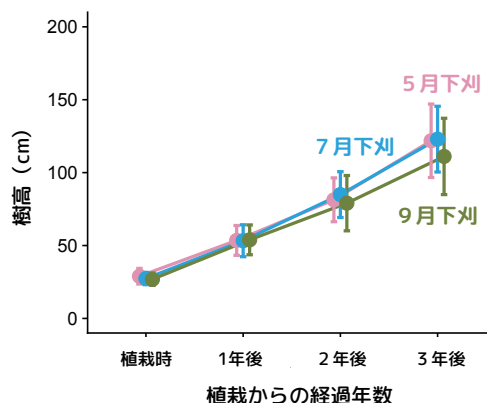


図48. 植栽後3年間の樹高推移(山川ら 未発表)

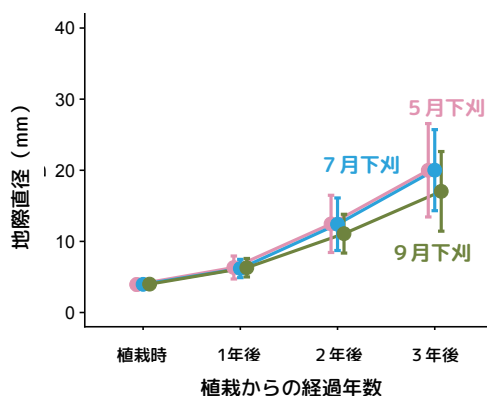


図49. 植栽後3年間の地際直径推移(山川ら 未発表)

時期別の下刈りした茨城県内のスギ造林地

奥田史郎¹・齋藤隆実¹・壁谷大介¹・山川博美²・八木橋勉¹

¹ 森林総合研究所・² 森林総合研究所九州支所

背景と目的：下刈り労働力の減少

近年は国産材利用促進に伴って再造林地が増えてきています。下刈りなどの初期保育を担う労働者の減少と高齢化が進み、下刈りを実行するために作業時期が晩秋から冬期にまでずれ込むことも多くなっています。そこで、下刈り時期が植栽木と競合植生との競争関係に与える影響を明らかにするため、季節別の下刈り試験を実施しました。

方法：時期別の下刈りを実施

茨城県城里町の国有林内、傾斜約 30°の西向き平衡斜面に試験地を設定しました。地拵え直後の 2018 年 5 月にスギコンテナ苗を 2000 本/ha の密度で植栽しました。下刈りの処理は、春刈り（5 月）、夏刈り（8 月）、冬刈り（12 月）とし、2021 年度まで各処理年 1 回で通算 4 回実施しました。処理ごとに長方形の試験区を斜面下部から上部まで設定し、各処理合計 110-130 個体を調査対象としました。測定は夏刈り前の 8 月と冬刈り前の 11 月に実施し、樹高、直径、山川 (2013) に倣った競合状態 (C1 ~ C4) (P19) 及び競合植生高とその樹種を測定しました。

結果：下刈り時期の影響

下刈り時期別に平均樹高をみると（図 50）、1 年目では各処理間の差は小さく、2 年目以降は夏刈りで樹高が他に比べて有意に高くなり、5 年目にその差は 1 m 以上になっていました。春刈りでは 4 年目、5 年目で冬刈り

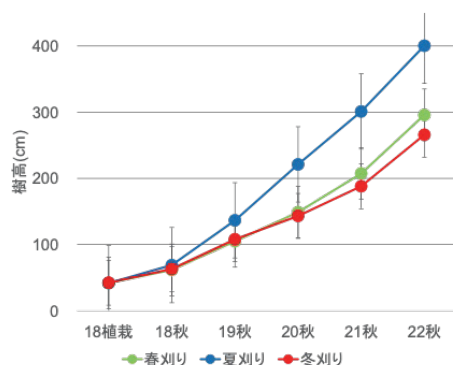


図 50. 各年期末調査時の樹高

よりわずかに高くなっていました。スギの生育盛期である夏に下刈りを行うと、競合植生との競争緩和期間が長くなるために樹高成長が良くなったと考えられます。苗木周辺の競合植生高は（図 51）、夏刈りでは秋期に大きく減少し、春刈りでは小さな増減を繰り返し、冬刈りでは連続的な増加になりました。下刈り時期の違いで競合植生の回復過程も変化すると考えられます。一方、経年的にはいずれの処理の競合植生も増加傾向にあり、5 成長期後には差が小さくなっていました。

結果：斜面位置の影響

下刈りを完了した 4 成長期後の期末時点で斜面位置ごとの平均競合度をみると（図 52）、夏刈りでは位置に寄らず平均競合度が低い一方で、春刈りや冬刈りでは斜面下部を中心に平均競合度が高く、競合植生との競争が続いていることが分かります。つまり斜面上部では下刈り時期が植栽木と競合植生との競争関係に及ぼす影響が小さいと考えられました。再生力の大きい高茎草本や先駆性樹種が斜面下部に多いことが理由と考えられますが、下刈り時期を立地条件の違いにより変えることができるとも言えるでしょう。

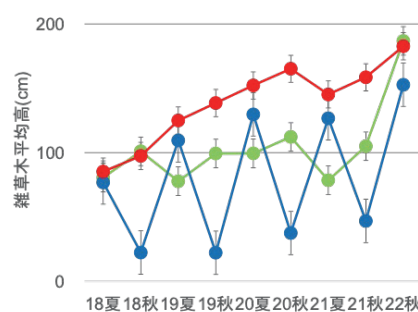


図 51. 下刈り完了時の斜面上位置別競合度

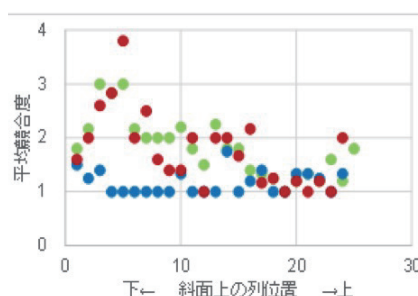


図 52. 競合植生の平均高

成長に優れる苗なら常に下刈り省略が期待できるか

伊藤 哲¹・山岸 極²・山川博美²・平田令子¹

¹ 宮崎大学農学部・² 森林総合研究所九州支所

成長に優れる苗が能力を発揮する条件

特定母樹やエリートツリーなど成長に優れる苗は、その性能が実際の林地への植栽試験でも少しずつ評価されはじめ、下刈り省略への有効性も実証されつつあります。しかし、いくら成長に優れる苗といえども、あらゆる条件で常にその能力が発揮されるわけではありません。実際の成長は植栽時の降雨などの条件によって異なりますし、系統によっても成長の特徴は異なります。ここでは、期待に応じてくれなかったいくつかの事例を通して、成長に優れる苗を植栽する場合の留意事項を紹介します。

植栽直後の降雨が重要

成長に優れる苗も、植栽直後の長期間の無降雨など、苗にとって都合の悪い環境に置かれると初期成長が鈍ることがあります。図 53 は、特定母樹の県始良 20 号の苗を異なる時期に異なる場所（いずれもスギの適地）に植栽した事例です。同じ系統でも、初期成長が大きく異なり、条件によってはコンテナ苗でも成長が普通苗に劣る場合があることがわかります。図 54 は図 53 の宮崎県日南市の事例と同じ場所・時期に複数系統を植栽した結果ですが、どの系統も 1 年目の伸長成長が著しく抑制されています。初期成長が悪いと下刈り省略は望めませんので、一貫作業で夏季に植栽する場合など水ストレスを受けやすいと思われるケースでは特に注意が必要でしょう。

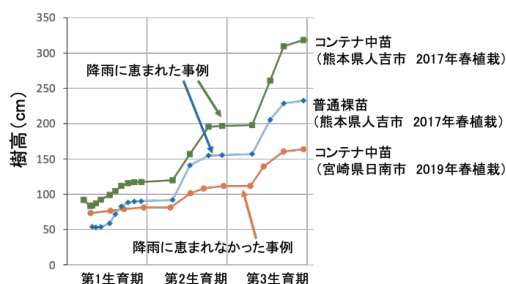


図 53. 特定母樹（県始良 20 号）の成長（伊藤ら 未発表）

系統によって異なる特徴

特定母樹は原則として 10 年生以上の成長を評価して選定されていますので、長期的には良い成長を示すと思われますが、全ての系統が植栽後数年の初期成

長に優れるわけではないと考えたほうがよいでしょう（図 54）。また、第一世代の精英樹の選抜基準には、高密度植栽を想定して「樹冠幅が狭いこと」も含まれていますので、ここから選抜された特定母樹や第二世代以降のエリートツリーにも樹冠幅の狭いものが多いようです。長期的な成長の検証はまだ十分ではありませんが、樹冠幅が小さい系統を低密度で植栽すると林冠閉鎖が遅れ、下刈りや除伐のコストが増えてしまう可能性がありますので、特に低密度植栽を行う場合はこの点にも留意が必要です。

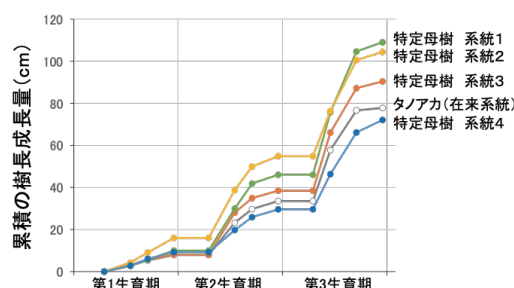


図 54. 系統で異なる特定母樹の初期成長（伊藤ら 未発表）

観察とつる切りは省略できない

成長に優れる苗を使用する・しないにかかわらず、下刈り省略時にはつる植物による被害に注意が必要です。つる植物が繁茂しやすい立地で下刈りを省略すると、林外からは問題ないように見えても、かなりの確率で植栽木につる植物が巻き付いているのを目にします（図 55）。下刈り省略（早期終了）後に成長したつる植物でも、数年で植栽木の幹に食い込んで材に被害をもたらします。何を生産目標にするかにもよりますが、少なくとも用材を生産するのであれば、最低限の林内観察に基づくつる切り作業は省略できないと考えておく方が無難でしょう。



図 55. 下刈り省略（早期終了）の3年後の林相（左）と林内で観察されたつる植物の食い込み（右）（熊本県人吉市）

ドローンを使って競合状態を推定する

中尾勝洋

森林総合研究所関西支所

背景と目的：下刈り可否の判断

その年の下刈りの省略は、植栽木の梢端部が競合植生から露出していること（競合状態 C1, C2）（P19）が目安となっています。しかし、同じ造林地内でも日照や水分条件の違いから植栽木の成長と競合植生の繁茂が不均質であるため、競合状態も一様ではありません。競合状態に応じた下刈り判断を行うことができれば、競合植生による植栽木の成長阻害を回避しながら、造林初期保育経費の多くを占める下刈り作業の省力化につながります。

方法：ドローンと画像学習

ドローン空撮によって得られた樹冠高モデル（CHM）やオルソ画像の色情報と統計解析を組み合わせ、植栽木と雑草木との競合状況を定量的かつ面的に評価する手法を開発しました。この手法は、まず AI による画像学習を用いてオルソ画像から植栽木の位置を自動的に特定し、次にその周辺の色彩と高さ情報に基づいて競合状態（C1, C2, C3, C4）を判定する 2 段階から構成されています。解析は、岡山県新見市の造林地において、ドローンにより撮影した下刈り前後の空撮画像を用いて行いました。

結果：競合状態の評価

開発した手法は、造林地内の植栽木を 95% 以上の精度で抽出でき、下刈りが必要となる植栽木と競合植生との競合状態を 80% 以上の精度で推定することが可能でした（表 2, 図 56）。また、下刈り区と無下刈り区を含む試験地において下刈り前後での競合状況を比較したところ、

下刈りによる競合状態の解消を評価することもできました（図 57）。そのため、競合状態の分布を用いて、樹冠梢端部が露出している植栽木を見つけて、面的な下刈り可否の判断ができるようになりました。このようなアプローチは、造林地全体での草木の繁茂や苗木との競合関係を効率的に把握できるため、見回りコストを減らしつつ、必要な場所での適切な下刈り実施につながります。また、下刈り完了検査等への活用もできます。

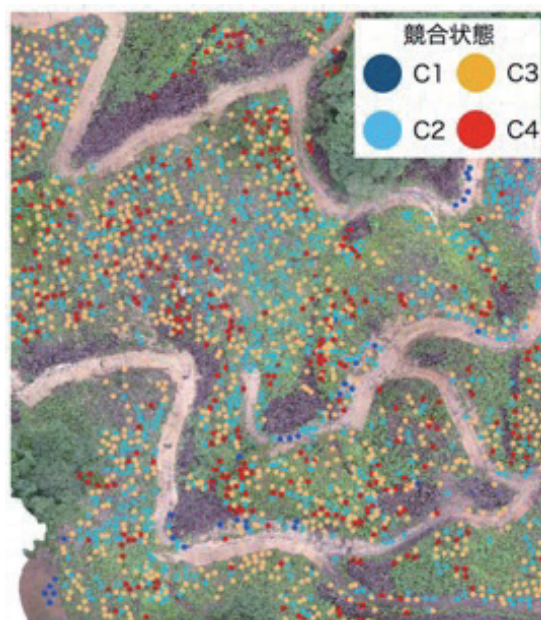


図 56. ドローン空撮によって推定された植栽木と競合状態の空間分布（中尾ら 未発表）

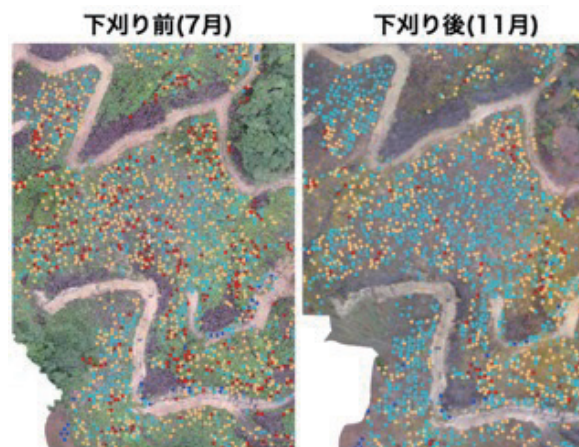


図 57. 下刈り前後での競合状態の比較（中尾ら 未発表）

競合状態を指標する凡例は図 2. に同じ

表 2. 競合状態の評価（中尾ら 未発表）

		競合指数(山川ら2016)			
		C1	C2	C3	C4
現地調査による評価	U1	23	14	0	0
	U2	287	281	2	0
	U3	0	23	60	2
	U4	0	0	4	23
正答率		7.40%	88.40%	90.90%	92%

現地調査に基づく競合状態（C1-C4）とドローンから評価される競合状態（U1-U4）との精度比較

下刈り～除伐の総コスト評価

渡辺直史

高知県立森林技術センター

背景と目的：除伐の掛かり増し

初期保育コスト削減方法として下刈り省略があります。しかし、それによって競合する木本類が増加して、除伐コストが増加し、初期育林コストがかえって増加するという懸念があります。そこで、下刈り省略を行った試験地で除伐を行い、下刈り省略が除伐工期に与える影響を明らかにして下刈り～除伐の総コスト評価を行いました。

方法：除伐工期と総コスト評価

高知県内に3箇所設定したスギ10年生の下刈り省略試験地で2019年9月に除伐を行い、その所要時間を記録しました。除伐前に競合木本類の胸高直径を測定し、胸高断面積合計を算出して競合植生量としました。除伐に使用した機械は下刈りにも使用した刈払い機ですので、作業時間の比較によりコスト評価を行いました。

結果：競合木本類量と除伐時間

下刈りを省略すると競合木本類の胸高断面積合計は増え、隔年下刈りでは毎年下刈りの2.7倍、無下刈りでは12倍になりました(図58)。競合木本類が増えるため、下刈りを省略すると除伐作業時間は増えました(図59)。除伐作業には競合木本類の伐採以外に移動の邪魔になるススキや枝の刈払いが含まれるため、競合木本類

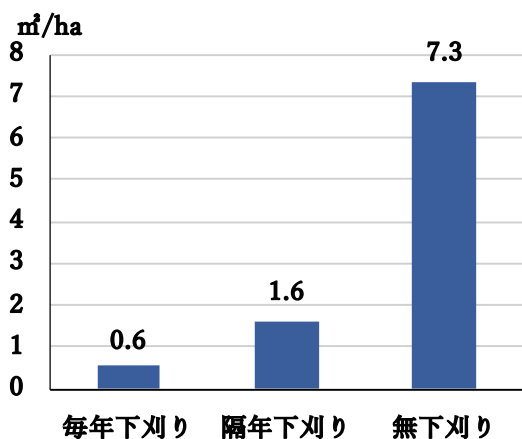


図 58. 各下刈り区の競合木本類の胸高断面積合計
3試験地の平均値。

の量が毎年下刈りの12倍の無下刈りでも毎年下刈りの2倍の作業時間にはなりませんでした。

結果：下刈り～除伐の総コスト評価

試験地A、Cは皆伐の翌春に植栽し、試験地Bは皆伐後3年経過して植栽しています。このためA、Cでは1年目は植生量が少なく下刈りを行っていません。隔年下刈りはA、Cでは3年目と5年目に、Bでは2年目と4年目に下刈りを行っています。試験地により下刈りスケジュールと競合植生量は異なりますが、各試験地ともに下刈り～除伐の総作業時間は下刈り回数を減らすほど少なくなり、除伐コストは下刈り省略によって削減したコストを上回りませんでした(図60)。つまり、初期保育コスト削減のためには、植栽木の成長を見極めながら適切に下刈り回数を削減することが重要となります。

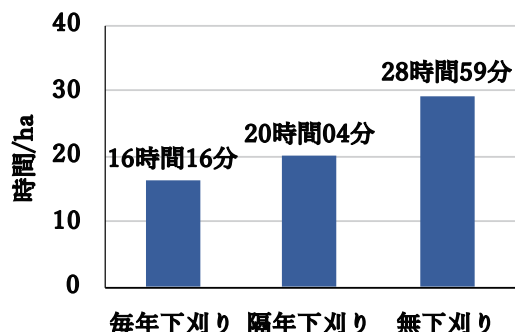


図 59. 1ha 当たりの除伐作業時間
3試験地の平均値。

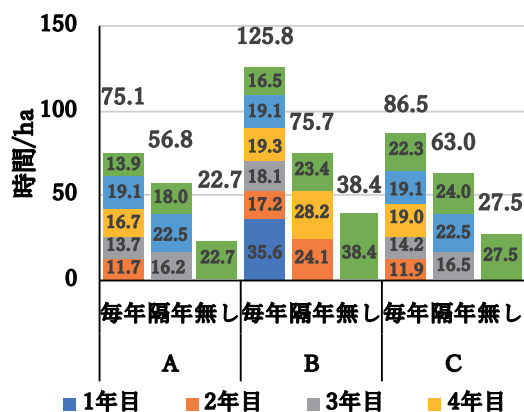


図 60. 下刈り～除伐の総作業時間
棒の中の数字は各年の作業時間。棒の上の数字は総作業時間。

低密度植栽と筋刈りがスギの成長と競合状態に与える影響

野口麻穂子・齋藤智之・酒井 敦

森林総合研究所東北支所

背景と目的：低密度植栽と筋刈り

植栽密度の低減は苗木の経費や労務の削減につながることから、導入が進められています。さらに、植栽列に沿って一定の幅のみを刈る筋刈りを併用すれば、よりコストを減らせる可能性があります。低密度植栽では林冠閉鎖が遅くなるため、刈り残した部分に競合植生が繁茂し、植栽木の成長を妨げる懸念があります。そこで、植栽密度がスギ植栽木の成長や他の植生との競合状態に与える影響を、下刈り方法（全刈り、筋刈り）の異なる試験地で明らかにしました。

方法：植栽密度と下刈り方法

東北地方の国有林・民有林計4箇所で開催しました。全刈り試験地（1箇所）では、1000・2000・3000本/ha¹の植栽密度でスギが植栽され、4年間の全刈りと10年生時の除伐が行われました。筋刈り試験地3箇所では500・1000・1500・2500本/haの植栽密度が設定され、いずれも幅2m（植栽列を中央として両側1mを刈る）で筋刈りが行われました。2020年（全刈り試験地は11年生、筋刈り試験地群は6～7年生）に、スギの生育状況と競合状態を記録しました。

結果：スギの樹高と樹冠幅

全刈り試験地では、スギの樹高は植栽密度の影響を受けていませんでしたが（図61）、樹冠幅は樹高が同程度のスギどうしでは植栽密度が高いほど狭くなることが、解析から明らかになりました。この試験地では、すでに、

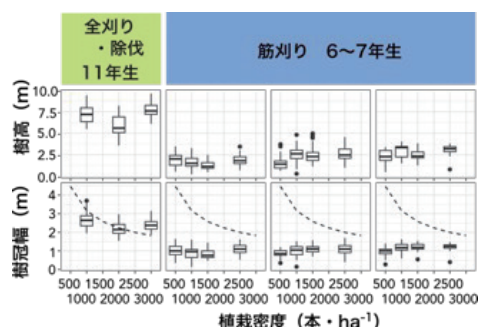


図 61. 植栽密度とスギの樹高および樹冠幅の関係（野口ら 2023 を一部改変）

点線は各植栽密度において樹冠同士が接する樹冠幅を表す。

樹冠どうしが接するほどスギが大きくなっており、植栽密度が高いと植栽木間の競争が激しくなったためと考えられます。一方、筋刈り試験地では、植栽密度が低いと植栽木の樹高、樹冠幅とも小さくなっていました。

結果：周囲の植生との競合状態

全刈り試験地では、すべてのスギ植栽木が、競合植生から半分以上樹冠が露出する状態（競合状態の区分でC1）となっていました（図62）。この試験地では、比較的小さいスギの成長が早い立地であったこと、全刈りで行われた下刈りに加え調査前年に丁寧な除伐を行っていたことが、植栽密度にかかわらず、スギが競合植生に覆われずに済んだ原因と考えられます。

一方、筋刈り試験地では、試験地間の差異が大きかったものの、500本/ha区や1000本/ha区では、競合植生と同程度の高さ（C3）や、競合植生に覆われた状態（C4）の個体が多い傾向がみられました。林齢や下刈りからの経過年数、地形条件なども考慮した解析を行うと、筋刈り試験地では、植栽密度が低いほど、競合植生に覆われるスギが多くなることがわかりました。刈り幅を一定とする筋刈りを行った場合には、植栽密度が低いほど刈り残し部分の幅が広くなり、その部分で繁茂した競合植生によって植栽木が覆われ、成長が妨げられていると考えられました。

今回の研究の結果は、低密度植栽においては、筋刈りのように刈り払い面積を減らすとスギの成林を妨げる可能性があり、全刈りが望ましいことを示しています。

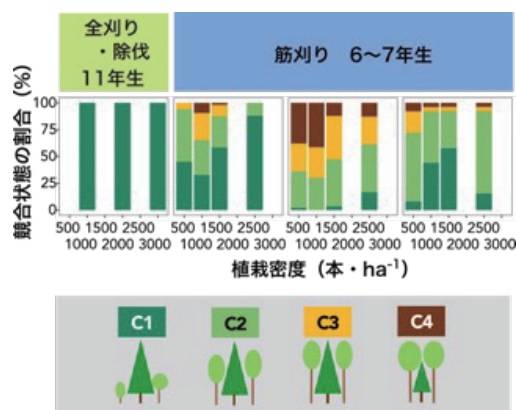


図 62. 植栽密度と競合状態の関係（野口ら 2023 を一部改変）

植栽密度の違いによる樹高の推移と林冠閉鎖

安達直之*

島根県中山間地域研究センター
(* 取りまとめ者)

背景と目的：低密度植栽の実証

島根県内における一般的な森林経営は、植栽密度 3,000 本 /ha で、優良材生産を目指すものでした。しかし、近年の木材加工技術の発展によって優良材以外の木材であっても利用が可能となりました。このことから、間伐の回数を減らすことが可能な低密度植栽による造林も選択肢の一つとなりました。ところが、本県においては低密度植栽を行った事例はほとんどありませんでした。そのため、本研究では植栽密度がスギの成長へ与える影響を調べることを目的としました。

方法：植栽密度を変えた試験

島根県雲南市吉田町にある民有林のスギ主伐後の、2008 年 4 月にスギの苗木を異なる植栽密度で植栽し、植栽後 12 年間の成長を調査しました。1 処理区の面積を 0.04ha とし、1000 本 /ha 植栽区（以下、1000 本区）と 3000 本 /ha 植栽区（以下、3000 本区）を 1 区ずつ、2000 本 /ha 植栽区（以下、2000 本区①および②）を 2 区設定しました。1 区あたりの調査木の本数は 24 ～ 25 本としました。樹高は植栽時および 1 ～ 6 年目までは毎年、8 ～ 12 年目までは隔年で計測を行いました。樹冠直径については 10 年目に計測を行いました。

結果：樹高の推移

各処理区の平均樹高の推移を図 63 に示しました。時間経過に伴って差が大きくなる様子が確認され、10 年目時点から処理区間の差が大きくなっていました。12

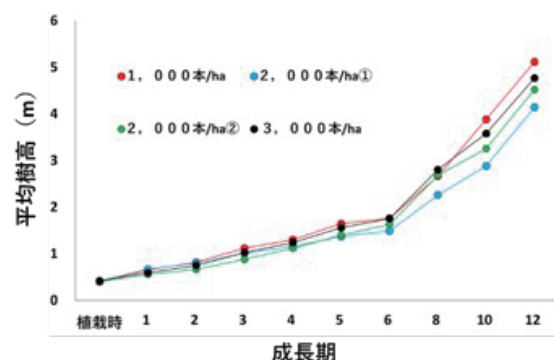


図 63. 各処理区の平均樹高の推移

年目は 1000 本区が最も高く約 5.1 m、2000 本区①が最も低く約 4.1 m と約 1 m の差がありました。下刈り終了の目安となる 5 年目までは処理区間の成長差が少なかったことから、植栽密度が変わっても下刈りの回数は変わらないと考えられました。

結果：林冠閉鎖

10 年目の平均樹冠直径は 1000 本区、2000 本区①、2000 本区②、3000 本区で斜面に対して縦方向が 1.8、1.4、1.5、1.5 m、横方向が 1.8、1.6、1.6、1.6 m と 1000 本区で大きい傾向にありました。しかし単位土地面積当たりの樹冠投影面積は 1000 本区、2000 本区①、2000 本区②、3000 本区でそれぞれ 0.26、0.36、0.39、0.56 と植栽密度が高いものほど大きいという結果となりました。この値が 0.8 以上になると「林冠閉鎖」とされるため、林冠閉鎖のタイミングは植栽密度が低いほど遅くなると予想されました。図 64 は 12 年目時点で撮影した試験地の航空写真です。植栽密度が高いほど、樹冠投影面積が大きい様子が確認できます。

総合的に見て、林冠閉鎖が生じるまでの成長に植栽密度が及ぼす影響は小さいと考えられました。図 64 を見ると、谷側ほど成長が良く、尾根側に行くにつれて成長が遅れているように見えることから、スギの成長には微地形の影響が大きいと考えられました。したがって、植栽密度は生産目標及び施業地全体の地形を考慮して選択する必要があると考えられました。

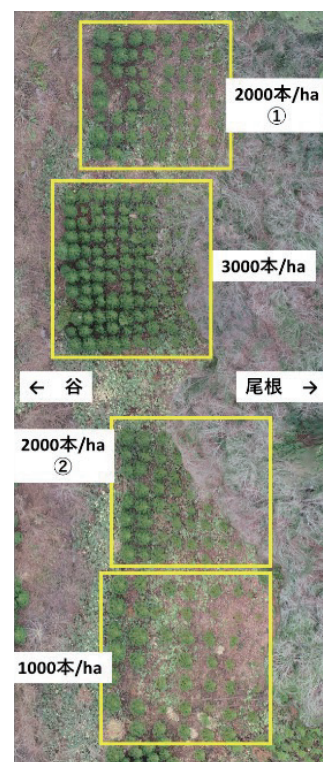


図 64. 試験地の航空写真
植栽後 12 年目時点

円形密度試験地で見られた林冠閉鎖のタイミング

松本 純¹・山川博美²・青田 勝¹・安部暖美¹・加藤小梅¹

¹ 大分県農林水産研究指導センター林業研究部・² 森林総合研究所九州支所

背景と目的：樹冠閉鎖の重要性

林冠が閉鎖する時期は、除伐を終了するなどの施業における重要な指標と考えられていますが、その詳細については不明な点も多くあります。本研究では林冠閉鎖の時期を明らかにすることを目的として、複数の密度から成る円形密度試験地内で調査を行ったので報告します。

方法：円形密度試験地

円形密度試験地（中国木材社有林）は大分県中津市に位置します。図 65 で示される試験地は円周毎に異なる密度を有しており、外側から、698、1006、1448、2086、3003、4325、6227 本 /ha の 7 種類の密度から成ります。品種はオビアカスギで、植栽は 2008 年 3 月に行いました。全刈区における下刈りは 2～3 年生のみ実施しています。調査は全刈区にて 2020 年 7 月（14 年生時点）に 698、6227 本 /ha を除く密度条件での樹冠長を測定しました。併せて、樹冠長と植栽密度の関係を推定し、林冠が閉鎖する時期についても検討しました。

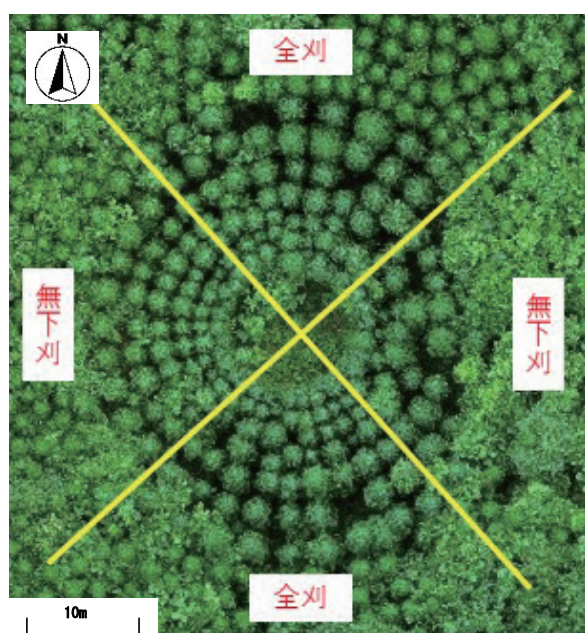


図 65. 円形密度試験地の概要（松本 未発表）

参考：ネルダーの系統的配置による密度試験

結果：樹冠長と植栽密度の関係

林冠が閉鎖した林分における樹冠長と植栽密度の関係について、べき乗式で近似を行いました（図 66）。今回得られた近似式では決定係数が 0.9989 と高く、植栽密度に応じて樹冠長が一定の値に収束することが示唆されました。

結果：林冠が閉鎖する林齢の推定

樹冠長の収束を林冠閉鎖と定義し、図 66 で得られた近似式と大分県の収穫予想表における樹高曲線から林冠が閉鎖する林齢を推定したところ表 3 のようになりました。2000 本 /ha と比較して、1500 本 /ha では 1～2 年程度、1000 本 /ha では、3～6 年程度樹冠閉鎖が遅れる可能性が示唆されました。特に低密度になるほど林冠閉鎖が遅れるほか、地位が低い林地ではさらに林冠の閉鎖が遅れる可能性があります。

今回、林冠が閉鎖する時期の解明に向けた貴重な結果が得られましたが、樹冠形状は品種などの影響も大きいことから今後も様々な条件での調査が必要です。

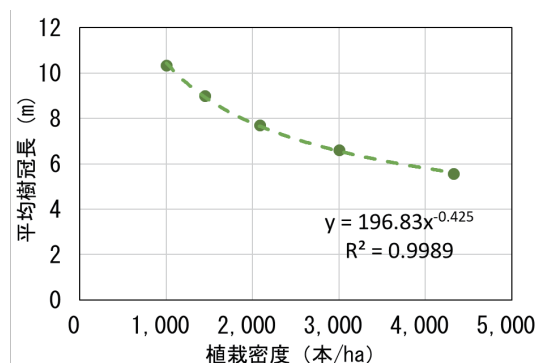


図 66. 樹冠長の平均値と密度の関係（松本 未発表）

表 3. 樹冠長から推定した林冠閉鎖林齢（松本 未発表）

	N=1000	N=1500	N=2000
地位Ⅰ	14年生	11年生	10年生
地位Ⅱ	17年生	14年生	12年生
地位Ⅲ	22年生	18年生	16年生

地位Ⅰ：高成長；40 年生平均樹高 H40=25.1m
地位Ⅱ：並の成長；40 年生平均樹高 H40=21.0m
地位Ⅲ：低成長；40 年生平均樹高 H40=16.9m

シカ被害軽減を目指した高下刈とは

野宮治人

森林総合研究所九州支所

下刈りとシカ食害

シカ生息域にある造林地では、下刈りが終わると急にシカの食害が増えることがあります。シカは植栽したスギよりも林地の雑草木を好んで食べるので、雑草木が茂らないよう地際から刈り払うと林地にはシカの餌がスギだけになってしまいます。そのため、食害を軽減する目的で、下刈をしない無下刈りが試されたこともあります。スギが雑草木に被圧されてしまい実用的ではありませんでした。

高く刈り払ってシカの餌を残す

そこで、雑草木を高い位置で刈り払ってスギへの被圧を緩和しながらシカの餌を残せば「スギの成長を確保しながらシカの食害を軽減できるのではないか？」と考えました。図 67 に示すように、スギ苗の先端が被圧されないよう、高下刈りは膝くらいの高さでの刈り払いを実行し、作業が危険になるので、膝上での刈り払いは想定しませんでした。スギは、樹冠の先端まで完全に被圧されていなければ、樹高成長の低下はわずかと報告されています。したがって高下刈りではなるべく大きめのスギ苗（図 68）を利用することが重要です。

まず 2017 年に熊本県人吉市の国有林に試験地（<https://www.rinya.maff.go.jp/kyusyu/policy/business/jigyoku/index.html> 参照）を設定し、その後 2019 年に熊本県と大分県に 6 ヶ所の試験地を追加して、それぞれで高下刈りを 3 年間実施しました。試験地の設定には、熊本南部森林管理署、大分西部森林管理署、森林整備センター九州整備局にご協力いただきました。

課題：作業性・下刈り効果・被害軽減

ある程度の雑草木を刈り残す高下刈りは（図 69）、作業員の方々にとって馴染みのない作業ですから、作業性について検証が必要です。また、刈り残された雑草木がスギの成長に与える影響についても検証した上で、シカ被害の軽減効果を評価する必要があります。これらについては 37 ～ 39 ページで説明します。

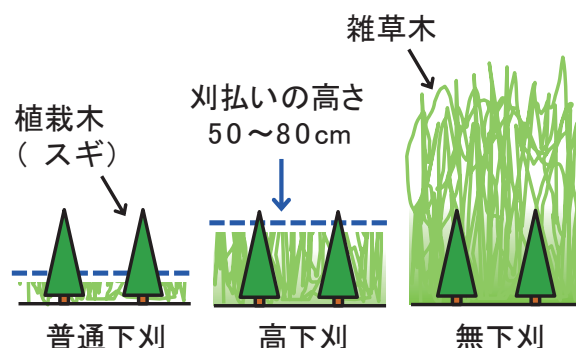


図 67. 刈り払い方法のイメージ



図 68. 高下刈り作業後のスギ苗（高さ 60cm）と雑草木の様子



図 69. 普通下刈り（左）と高下刈り（右）の作業風景：高下刈りでは刈払機を高い位置で操作することになる

高下刈りの作業性：軽労化と誤伐軽減

野宮 治人

森林総合研究所九州支所

背景と目的：高下刈りの作業性

高下刈りでは刈払機を通常よりも高い位置で操作することになります。そのため作業の負担は増加する可能性があります。高下刈りで刈り払う量は普通下刈りよりも少なく、刈り払い作業は早く終了すると期待されます。そこで高下刈りがどのくらい負担の大きい作業なのか、想定通りに作業ができるのか、まずは試験的に作業を実施してみることにしました。

方法：刈り払い時間と誤伐の確認

合計7試験地のそれぞれで下刈り試験を3回実施しました。2試験地では1回または2回の実施でした。試験地を100～500m²程度の作業区画に分割し、1名もしくは2名で刈り払い作業を実施し、一人が単位時間あたりに作業できる面積を計算しました。作業後には誤伐の確認をして誤伐の高さを測定しました。

結果：1～2年目の作業効率は良い

試験地によって雑草木のタイプや作業者の熟練度などが異なるため、作業効率の絶対的な評価はできませんが、普通下刈りと高下刈りのどちらの作業効率も、年を追うごとに低下する傾向がありました（図70）。また、高下刈りは普通下刈りよりも作業効率が良い傾向がみられ、

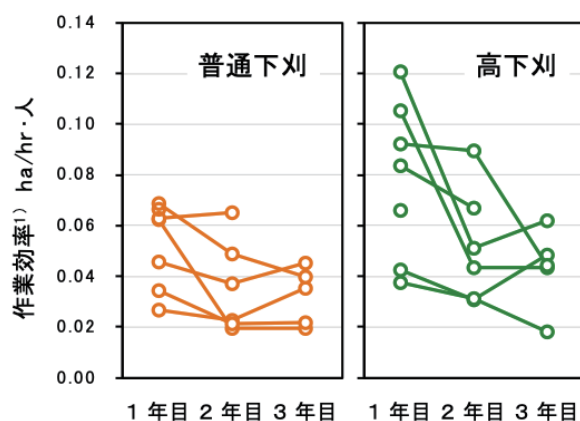


図 70. 刈り払い作業効率の経年変化

1) 下刈りの作業効率は、雑草木の種類や林地の地形に加えて作業者の熟練度などによっても変わります。この結果は、小面積で実施した試験であり移動時間や休憩時間を考慮していません。刈り払い方法の違いによる傾向や相対的な関係を示すものです。

特に1年目と2年目において顕著でした（図70）。平均すれば、高下刈りは普通下刈りよりも作業効率は1.5倍程度良いと言えそうですが、3年目にはどちらの作業効率も低下しているため、高下刈りのメリットは小さくなっていました。

1回以上参加した20名程の作業者からは、「特に問題なく作業できた」「やり易い」という意見の他に、「力が必要でやり難い」と反対の意見もあり、刈払機を通常とは違う扱い方をするため、高下刈りの作業には慣れが必要と思われました。また、3年目には雑草木が繁茂して株が大きくなることで「足元が見づらい」との意見もあり、安全面からも高下刈りは植栽1～2年目の雑草木が発達する前の作業として適しているようです。

結果：誤伐の強度が低下する

高下刈りには、誤伐の回数や強度が低下する、というメリットもありました。誤伐は植栽木が小さい植栽初年度に発生しやすいのですが、ある試験地では1年目の誤伐が普通下刈りで15.9%発生したのに対し、高下刈りでは6.3%でした。また、高下刈りでは普通下刈りに比べて誤伐位置が高くなることで、誤伐の強度が低下して枯死が減りました（図71）。高下刈りでは、樹高に近い位置で誤伐が発生しており、主軸ではなく枝先を少し折損した程度の軽微な被害が多く含まれていました。さらに、高下刈りではキックバックが明らかに減少しました。

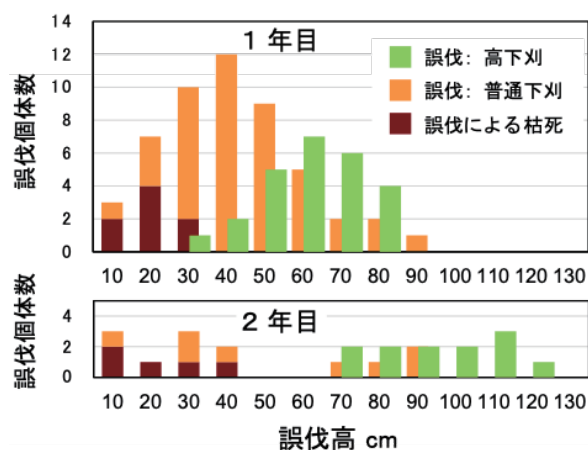


図 71. 1年目と2年目の誤伐個体の高さ分布

高下刈りの効果：雑草木の成長抑制とスギの成長

野宮治人

森林総合研究所九州支所

背景と目的：高下刈りの効果

高下刈りは、スギよりもシカが好む雑草木を林地に残すための下刈りです。普通下刈りであれば、スギの成長量を最大化することが目的なので、スギへの被圧が最小となるよう地際から刈り払い、雑草木の再生力を抑えます。高下刈りでは、刈り残された雑草木が急激に成長してスギを被圧すれば、下刈りとしては推奨できないので、スギの成長に与える影響を調べました。

方法：雑草木とスギの高さを測定

試験地では普通下刈区と高下刈区および無下刈区を設定して雑草木の高さとスギの高さおよび地際径を測定しました。また、刈り払いの高さがその後の成長に与える影響を明らかにするため、別に試験地を設定して、個体識別した先駆性樹木のクサギを異なる高さで刈り払い、翌年の樹高を測定しました。

結果：雑草木の成長抑制

図 72 左に示すように、無下刈りでは先駆性樹木のクラスザンショウなどが樹高成長を続けて3年目の夏には雑草木の平均樹高が3.5mに達してスギを被圧していました。一方、高下刈りでは普通下刈りと同様に、ススキの優占度が高くなり、雑草木の高さは1.5m程度に収束しました。さらに、高下刈りでは普通下刈りに比べて多様な植物が林地に残っていました。

造林地で普通にみられるクサギについて、高さを変え

た刈り払いの結果、翌年の樹高は刈り払わなかった個体に比べて低く抑えられましたが、刈り払いの高さでは変わりませんでした（図 73）。

結果：スギの成長

スギの樹高成長は、普通下刈りよりも高下刈りでやや劣りましたが、無下刈りのように樹高成長が頭打ちになるような強い影響はみられませんでした（図 72 中）。形状比をみても、無下刈りでは時間経過とともに高くなっているのに比べ、普通下刈りと高下刈りでは低くなる傾向にありました（図 72 右）。それでも、高下刈区のスギの形状比が普通下刈区よりも高いのは、高下刈りでは普通下刈りよりも雑草木が横方向に繁茂することで、スギが側方から被圧を受けた可能性があります。普通下刈区よりも高下刈区のスギの形状比が高い傾向は、別の6試験地でも確認されました。

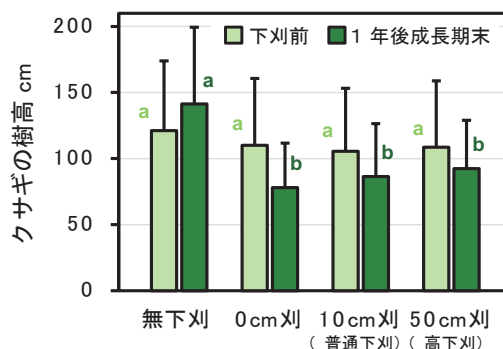


図 73. 高さを変えて刈り払ったクサギの樹高

異なるアルファベットは同時期で比較して有意差が認められたことを示す。

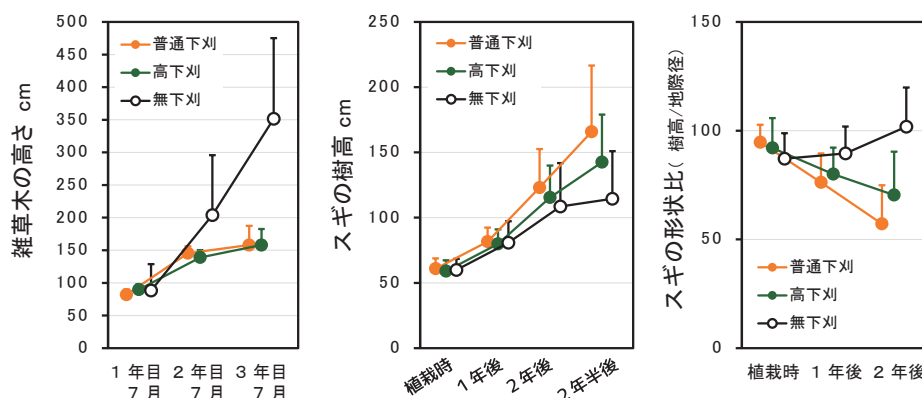


図 72. 試験地における刈り払い処理の違いと植栽から3年目までの雑草木とスギの成長経過

高下刈りのシカ被害軽減効果

野宮 治人

森林総合研究所九州支所

背景と目的：シカ被害の軽減

本プロジェクトにおいて、高下刈りは造林初期の作業性が良いこと、林地に多様な雑草木を残しながらも下刈りとしての効果が見込めることが明らかになりました。しかし、肝心のシカ食害軽減の効果はあったのでしょうか。野外でシカの採食圧を実験的にコントロールすることは困難なので、採食圧の異なる複数の試験地で被害軽減効果の検証を行いました。

方法：複数地点での効果検証

2017年から先行して調査を開始した試験地（No6：0.53ha）に加えて、2019年に6試験地（0.05～0.19ha）を追加しました。この6試験地は、一定程度以上の食害発生が見込まれるために防鹿柵を設置して造林された事業地の一部で、柵を開放して試験地区画を設定しました。全ての試験地は標高520～640mの範囲にあり、それぞれ普通下刈りと高下刈りの処理区が2反復（総植栽本数は160本、No6は3反復で総植栽本数は1200本）含まれています。植栽したスギに対するシカの食害痕を刈り払い試験の直前に確認しておき、刈り払い以降に新しく増えた食害痕を成長休止期に確認して記録しました。

結果：シカ被害の軽減効果

試験開始時には、いずれの試験地でも高い割合で食害が発生すると想定していましたが、実際には、試験地に

よって食害率は大きく違っていました。図74に7試験地のシカ食害率を示しました。多くの試験地で食害率は1:1のラインの下側にプロットされ、普通下刈りよりも高下刈りで低くなっていました。高下刈りで食害率がより高いか、普通下刈りと差のない試験地もありましたが、食害率が低い場合には誤差の範囲と考えられそうです（図74右のNo3、No7）。

また、7試験地の中ではNo1とNo2の食害率が高く、枝葉こみの食害率は80%以上（図74左）、主軸先端の食害率も40%以上（図74右）でした。図75に試験地No1とNo2の食害強度を食痕数や樹冠の状態に分けて割合を示しました。試験地No1では食害率が高かった割には食害強度が低かったこと、試験地No2では樹形が棒状になるほどの強い食害を受けた個体があることなどから、高下刈りによって一定程度は食害強度が低下したと考えられました。

考察：高下刈りの適用条件

今回の7試験地で得られた結果からは、高下刈りにはシカ食害を軽減する効果はあるが、シカ食害の強度が高い場合には十分な効果を発揮することは難しいと言えます。今後、高下刈りの適用にあたっては、シカ食害の強度を事前に予測し、より効果的な場所の判断が求められます。しかし、高下刈りには特別な準備や資材は不要なので、たとえ防鹿柵の中であっても、シカ被害の発生が懸念されるような場合に、高下刈りを実施することでシカ食害リスクの軽減に役立つと期待されます。

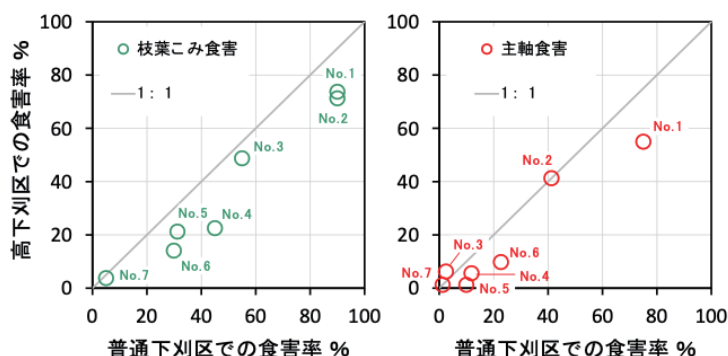


図74. 下刈処理の違いとシカ食害率の関係

主軸先端を含むいずれかの枝先に食害を受けた個体（左図）と、主軸先端を食害された個体（右図）を分けて食害率を示す。

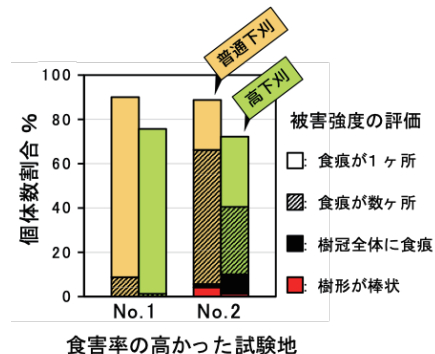


図75. 食害率の高かった2試験地における被害強度別の個体数割合

シカによる被食の系統による違い

田村 明¹・松下通也¹・加藤一隆²

¹ 林木育種センター・² 林木育種センター北海道育種場

背景と目的：スギ系統間の被食性

一般的なシカ被害対策は、防鹿柵や植栽木にシェルターを設置する方法ですが、初期費用や維持管理の負担が大きい問題があります。一方、野外での観察から、シカに被食されにくいスギ系統の存在が指摘されていましたが、スギの系統間でシカによる被食の程度に違いがあるのかについて、これまで詳細に調査されてきませんでした。そこで、シカによる被食の程度がスギ系統間で違うのか調査しました。

方法：野外での被食試験

シカによる被食が頻繁にみられる3地域（栃木県佐野市、岐阜県郡上市、鳥取県八頭郡智頭町）の試験地に実生苗とさし木苗を、それぞれ合計57系統946本、47系統1700本を植栽し、被食の被害程度を定期的に調査しました。さし木苗は、被食の程度を系統間で比較するため、系統をランダムに植栽しました。これらの中には被食を受けにくいのではないかとされる1系統も含まれています。被害の程度は目視により4段階（0：無被害～3：激害）の指数で評価しました（図76）。

結果：実生苗とさし木苗の違い

さし木苗と実生苗の被食の程度を比較した結果（図77）、いずれの時点においても、実生苗の方がさし木苗よりシカによる被食の程度が大きい結果となりました。



図76. シカによる被食の程度にもとづく被害度指数

さらに周囲に採食する苗木がなくなると、最終的にさし木苗も被食されました。

結果：シカ被食程度の系統による違い

被食の程度がより低かったさし木系統間について、被食程度の違いを図78に示します。試験に用いたさし木系統間で統計的に有意な違いは認められませんでした。また、これまでシカの被食を受けにくいとされていたさし木系統も、他の系統と同様に被食されることが確認されました。さらに、複数の試験地で一貫して被食を受けにくい傾向を示す系統もありませんでした。今回の試験からは、シカから特別に忌避されたり、被食の程度が十分に低い系統は見いだせませんでした。

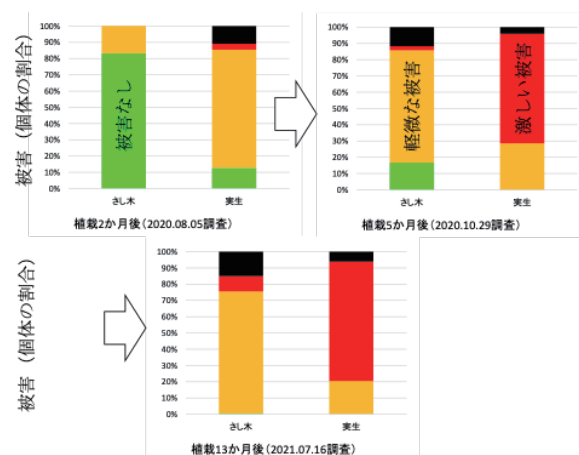


図77. さし木苗と実生苗のシカ被食程度の変化
栃木県試験地での被食試験の結果を表す。

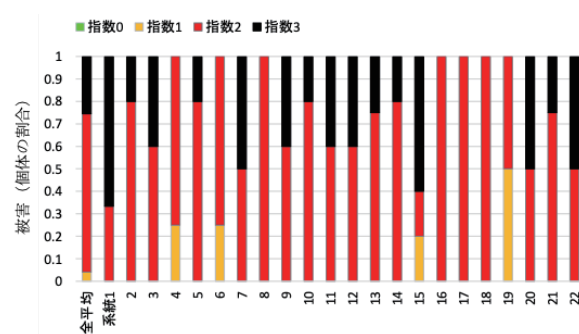


図78. 岐阜県試験地における各さし木系統ごとの被食程度
植栽24か月後（2021.11.01調査）。系統1から21は、第一世代精英樹の系統、系統22は、シカに被食を受けにくいとされていたさし木系統。

コウヨウザン実生およびさし木コンテナ苗木の初期樹高成長

大塚次郎¹・久保田正裕²

¹ 林木育種センター北海道育種場・² 林木育種センター九州育種場

背景と目的：植栽初期の樹高成長

伐採収穫期間の短縮が期待される早生樹として、コウヨウザンの造林が行われています。下刈りの省力化による造林コストの低減に資する植栽初期の苗木の樹高成長について、スギと比較した事例の報告は多くありません。また、現在使われている造林用苗木のほとんどは輸入種子を用いて生産された実生苗木であり、安定した苗木の確保に向けて、さし木苗木の利用についても検討する必要があります。

方法：植栽試験

2019年4月に熊本県水俣市にコウヨウザンとスギの系統別さし木コンテナ苗木試験地Aを設定しました。また、2020年3月に沖縄県名護市にコウヨウザンの家系別実生および系統別さし木コンテナ苗木試験地Bを設定しました。このほか、2020年10月に宮崎県木城町に2箇所の異なる産地の種子を用いたコウヨウザン産地別実生コンテナ苗木およびコウヨウザンとスギの系統別さし木コンテナ苗木試験地Cを設定しました。それぞれの試験地において毎年の成長調査を行いました。

結果：スギとの比較

試験地Aのさし木コンテナ苗木の4年間の平均相対樹高成長量は、大きい順にスギエリートツリーの系統①、②、コウヨウザンの系統①、②、③、スギ第1世代精英樹系統でした（図79）。スギエリートツリーの2つの系

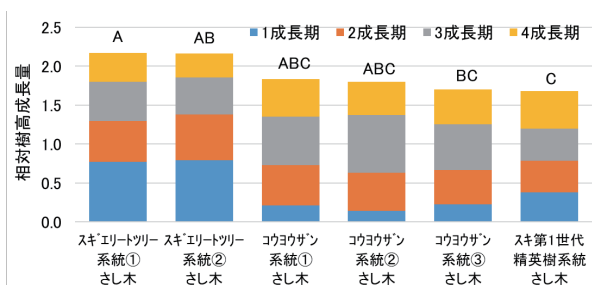


図 79. 試験地Aのコウヨウザンとスギのさし木コンテナ苗木の4年間の平均相対樹高成長量（左から大きい順）

各成長期間の相対樹高成長量 = $\ln(N \text{ 年目の樹高}) - \ln(N-1 \text{ 年目の樹高})$ 。アルファベットの異なる文字は、他と比較して有意差があることを示す。

統は、1成長期目の相対成長量が他の系統と比べて特に大きい値を示しました。試験地Cのさし木コンテナ苗木の2年間の相対樹高成長量は、大きい順にコウヨウザン系統⑤、スギ第1世代精英樹系統、コウヨウザン系統⑦、⑧でした（図81）。さし木コンテナ苗木を用いた今回の試験では、スギのエリートツリーや第1世代精英樹と比較して、コウヨウザンは植栽後の初期樹高成長において明らかな違いはありませんでした。

結果：実生とさし木の比較

試験地Bのコウヨウザンのコンテナ苗の3年間の相対樹高成長量は、大きい順に家系①実生、系統④さし木、家系②実生、家系③実生、系統⑤、⑥さし木でした（図80）。試験地Cのコウヨウザンコンテナ苗木の2年間の相対樹高成長量は、大きい順に産地①、②実生、系統⑤、⑦、⑧さし木となっていました。産地②の実生と3つの系統のさし木の成長に有意な違いはありませんでした（図81）。今回の試験からは、コウヨウザンの実生コンテナ苗木とさし木コンテナ苗木の植栽後の初期樹高成長に明らかな違いは生じませんでした。

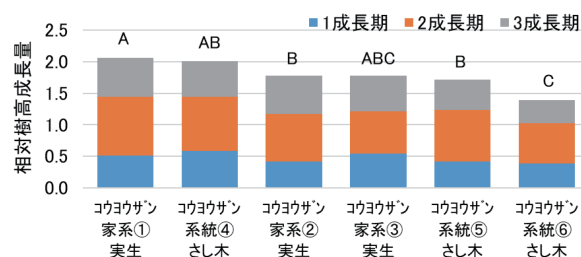


図 80. 試験地Bのコウヨウザン実生とさし木コンテナ苗木の3年間の平均相対樹高成長量（左から大きい順）

説明は図79と同じ。

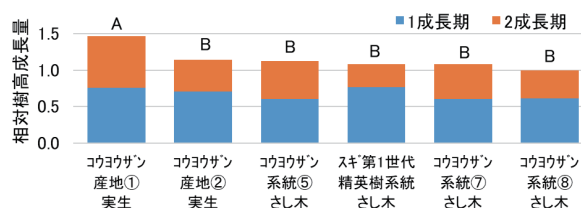


図 81. 試験地Cのコウヨウザン産地別実生コンテナ苗木およびコウヨウザンとスギの系統別さし木コンテナ苗木の2年間の平均相対樹高成長量（左から大きい順）

説明は図79と同じ。

系統によってコウヨウザンの成長は異なります

倉本哲嗣¹・磯田圭哉²・山田浩雄¹

¹ 林木育種センター・² 林木育種センター関西育種場

背景と目的：成長の違いを解明する

これまでの研究から、日本各地にあるコウヨウザンの林分から成長等に優れた個体を選ばれ、それらから造林用苗木を生産するための準備が進められています。しかし、苗木の系統によってどのくらい成長が異なるのかといった情報はほとんどありません。そこでコウヨウザンの植栽試験地の調査データから、系統による成長の違いを検証しました。

方法：試験地の設定と調査

日本各地に森林として成立しているコウヨウザン林分から、成長等に優れた個体を含む合計 23 個体から種子を採取し、その種子をもとに実生苗を系統毎に育成し、茨城県日立市小松沢国有林（所在地：図 82）の試験地に植栽しました。植栽密度は 1 ヘクタール当たり 2,500 本で、系統の配置が均等となるように配置した単木混交と呼ばれる植栽方式で苗木を植栽しました。

調査は、植栽直後を 0 年次とし、1 年次から 5 年次まで樹高を測定しました。



図 82. 試験地の所在地（図中央+の地点）

結果：系統により成長が異なる

調査データを取りまとめ、各年次の樹高について分散分析によって解析したところ、1 年次以降は統計的に有意な系統間の差が認められました。また、5 成長期経過後の 23 系統の平均樹高は 146cm、そのうち成績の優れた上位 3 系統（成長等に優れた個体から増殖した 1 系

統を含む）の平均樹高は 264cm でした（図 83, 84）。一方、成長が悪かった下位 3 系統の平均樹高は 32cm であり、植栽時の平均樹高の 26cm からほとんど成長していませんでした（図 83）。

このように、コウヨウザンは系統によって樹高成長が大きく異なることを示唆する結果が得られました。今後は、ほかの試験地の調査データも利用しながら各系統の評価を進め、優れた苗木が生産できる系統の把握に努めていきたいと考えています。また、スギなどでは苗木の植栽後の成長は系統の遺伝的な能力ばかりではなく、植栽時の苗木の状態にも影響されます。したがって、植栽後の成長が好適な苗木の仕立て方についても研究が必要です。

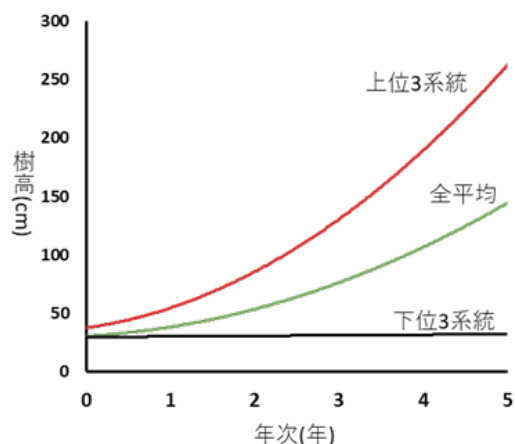


図 83. コウヨウザンの樹高成長の推移



図 84. 植栽後 5 年で 3 m に到達した系統の例

辛川山国有林におけるコウヨウザンの萌芽更新試験

磯田圭哉

林木育種センター関西育種場

背景と目的：萌芽更新への期待

コウヨウザンは萌芽力が非常に強い樹種で、萌芽更新による造林コストの低減も期待されています。一方、伐採後自然に任せておくと、多幹状態になり樹幹の曲りが大きくなります。バイオマス利用や森林化が目的の場合は良いのですが、用材生産目的で直材を得るためには、単幹に誘導する必要があります。そこで、四国森林管理局と共同でコウヨウザンの萌芽更新試験を行いました。

方法：萌芽幹の整理試験

高知県土佐清水市の辛川山国有林にあるコウヨウザン林分を試験の対象としました。1933年植栽の本林分は1988年に皆伐された後に萌芽更新した林分です。2018年に一部個体を再度伐採し、萌芽を誘導しました。伐採3カ月および15カ月後に萌芽数を数えた後、株あたり1本、4本、12本仕立てになるように萌芽幹の整理を行いました。2023年2月に5年次の萌芽幹長および根元径を測定しました。

結果：萌芽発生数

伐採の3カ月後、47株中44株で萌芽が発生しました。株ごとの萌芽数は最大で257本、平均86本でしたが、

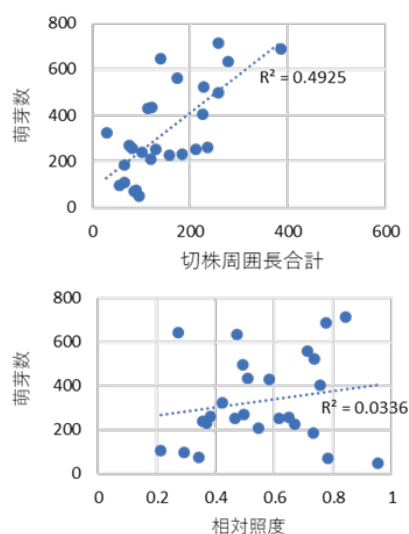


図 85. 伐採 15 カ月後の萌芽発生数と切株の周囲長（多幹株の場合は合計）および相対照度との関係

伐採 15 カ月後では、最大 715 本、平均 341 本と 3 倍以上増加していました。このように伐採直後の萌芽の発生はきわめて旺盛でした。萌芽の発生条件を検討したところ、切株の大きさ（切株周囲長合計）と発生数の間に正の相関がみられましたが、明るさ（相対照度）との間には相関は見られませんでした（図 85）。

結果：萌芽幹整理の効果

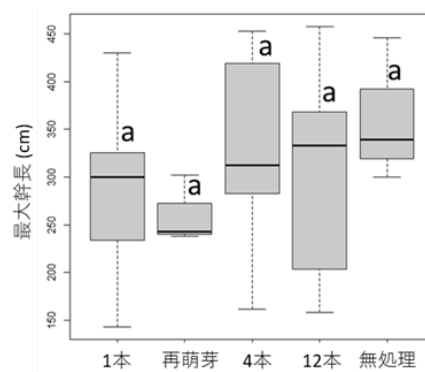


図 86. 各仕立て本数の 5 年次最大萌芽幹長

萌芽幹の整理と成長について検討したところ、意外なことに、1本仕立てよりも無処理（整理無し）のほうが最大萌芽幹長は大きく（図 86）、整理による成長促進効果はみられませんでした。一方、萌芽幹の風等による折損が整理の悪影響となって表れました。仕立て本数に関わらず根元からの折損が見られましたが、1本仕立ての9株のうち4株は折損したことにより全滅して再萌芽しました（図 86）。折損はほとんどが1年目に起こりましたが、萌芽の発生位置によっては5年次でも発生しました（図 87）。これらのことから、萌芽更新初期に整理を行うのではなく、萌芽幹が十分育ってから、萌芽発生位置も考慮して、単幹に誘導する必要があると考えられます。



図 87. 根元が剥がれるように折れた 5 年次萌芽幹

引き倒して知るコウヨウザン萌芽枝の風倒への抵抗力

藤澤義武・近藤禎二・倉本哲嗣・山田浩雄

林木育種センター

背景と目的：萌芽枝の間引きと風倒

コウヨウザンは成長の早さだけではなく、「萌芽更新」が容易なことも大きな特徴です。萌芽更新は植え付けの経費が不要なので、造林コストを画期的に削減できます。しかし、多数発生した萌芽枝を整理すると強風で倒伏することが多く、適切な萌芽更新の技術が求められます。一方、折損害と関連する萌芽枝の物理・力学特性についての情報はありません。そこで、萌芽枝を実際に引き倒して倒伏に対する強さを調べました。

方法：引き倒し試験

日立市に生育する25年生のコウヨウザンを伐倒し、発生した2年生の萌芽枝の基部から20cm～50cm高の部分にロードセル（力の大きさを測る機材）をスリングでつなぎ、レール様の治具上で地面に平行に引っ張りました。その際の移動距離とそれに伴う反力の変化を読み取り、その結果から強さや剛性などを算出して引き倒しに対する抵抗力を調べました（図88）。



図88. 引き倒し試験の概要と実施状況

結果：若い萌芽枝は基部で折れる

2年生の萌芽枝25本を引き倒したところ、切り株の萌芽枝発生部位や萌芽枝の太さに関係なく、全て株との接続部分（基部）で折損し、しかも大半は基部が株から剥がれていました（図89の矢印）。また、倒伏に至るモーメント力の最大値は60.1Nm、基部の単位断面積あたり



図89. 萌芽枝の折損

の最大モーメント（応力）は0.11Nm/mm²でした。2年生コウヨウザンの材の折損に対する応力は80Nm/mm²（劉元1999）程度なので、これに比べると萌芽枝基部の靱性は格段に弱く、萌芽枝にモーメント力が加わると基部と切り株の接続部分が破壊されて倒伏に至ることがわかりました。

結果：太さと弾性で強さを予測

倒伏に至る基部に加わる最大モーメントと基部の太さとの間には、比較的強い正の相関関係がありました（図91）。一方、倒伏に至る前に引っ張りを止めることで完全に元の形へ戻ることでできる変形の範囲があります。これを弾性変形域と呼び、この範囲内で応力と歪（ロードセルの移動距離を最大の変形量で標準化した値）からバネ定数に相当するヤング率（弾性係数とも言います）を求めることができます。これと倒伏に至る最大モーメントとの間には弱い正の相関関係がありました。そこで、倒伏に至る最大モーメント力と基部の太さおよびヤング率との関係式を求め、これによって最大モーメントを推定したところ、実測値に良くあてはまりました。前述したように、ヤング率は萌芽枝を倒伏させることなく測定できます。また、風によって萌芽枝に加わるモーメント量は萌芽枝の高さと枝張りなどの関係式から推定することができます。したがって、基部の径とヤング率から、萌芽枝の耐風性を予測できることとなります。今回は2年生に限定された結果ですが、樹齢に伴う倒伏に至る最大モーメント力の変化などのデータを蓄積し、より確実な施業基準の作成を目指します。

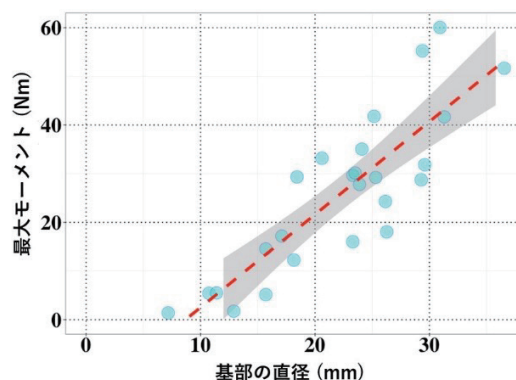


図90. 基部の直径と最大モーメントとの相関関係

コウヨウザン植栽で観察された被害事例

大塚次郎¹・古本拓也²・鶴川 信³

¹ 林木育種センター北海道育種場・² 広島県立総合技術研究所林業技術センター
³ 鹿児島大学農学部

背景と目的：植栽初期の被害

日本でのコウヨウザンの造林が行われるようになってきましたが、造林地での被害の事例報告はノウサギの食害を除くとほとんど見当たりません。このため、植栽試験地で確認された植栽後数年間における被害の事例を紹介します。

事例 1：植栽直後の活着不良

2018 年 3 月上旬に熊本県人吉市に植栽したさし木露地苗木を用いた系統別試験地では、植栽後 1 ヶ月以内に 18% の枯れが生じ、詳細に見ると植栽した苗木の 90% 以上が枯れた系統もありました（図 92）。枯損した苗木の配置はランダムで植栽時の苗木の形状は系統間で大きな違いはなかったことから、植栽後の低温による寒害もしくは寒風害による活着不良と推察されました。

このほか、2018 年 3 月末に鹿児島県伊佐市に露地苗木を植栽した造林地では、植栽から 50 日後の時点で 32% の苗木の地上部が枯れ、その他 56% の苗木が半枯れ以上となる活着不良が生じました。気象観測データによると植栽前の数日間および植栽後 10 日以上で降水がなく、その後も例年に比べて高温、少雨の気候であったため、植栽時とその後の高温・乾燥害による活着不良と考えられました。

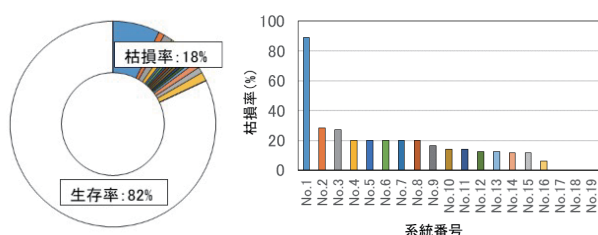


図 91. 枯損率（左：全体）（右：系統毎）（熊本市人吉市）

事例 2：穿孔性害虫による食害

熊本県人吉市のさし木露地苗木を用いた系統別試験地では、植栽 3 年目に台風による風倒被害が発生しました。直後に引き起こしを実施しましたが、翌春には植栽木の 5% が枯損しました（図 92 左）。枯損木の地際付近の幹外周には、虫の食害による糞塊の残りとして後に形成されたカルス、中央部には穿孔が確認され（図 92 右）、被

害の状況からスギ造林地の若齢木などで発生が報告されているコウモリガによる食害と推察されました。

コウモリガの食害と推察される被害による枯損木の発生は、2018 年 3 月に長崎県諫早市に植栽した実生露地苗木の試験地でも植栽から 2 年後にみられ、被害率は 7% でした。

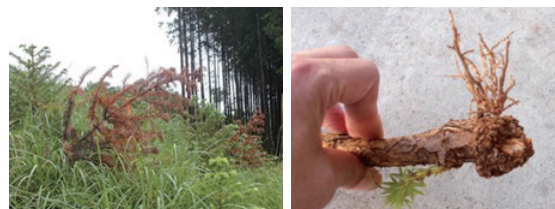


図 92. 台風による風倒後の枯損（左）と枯損木の地際幹外周の食害痕と穿孔痕（熊本県人吉市）（右）

事例 3：シカによる剥皮害

シカによる植栽苗木の頂芽や枝の食害は、広島県や九州の造林地で確認されています。宮崎県えびの市に 2012 年 3 月に植栽した試験地では、植栽から 5 年後の樹高が 5 m を超えた植栽木でシカによる剥皮害がみられました。植栽木約 150 本のうち、1 本のみ枝打ちを行った植栽木で被害が発生しました。全周囲が剥皮されたため地上部は枯れましたが、その後根元から萌芽が発生していました（図 93）。

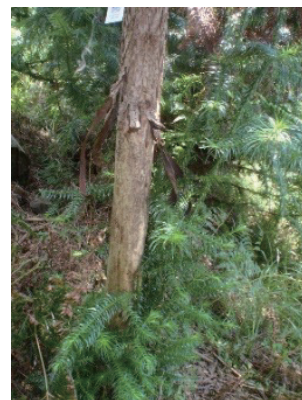


図 93. シカの剥皮害（宮崎県えびの市）

事例 4：ノネズミの食害

広島県廿日市市に 2021 年 3 月に植栽した試験地では植栽直後に設置した単木保護資材の内部でノネズミによる食害が発生し、植栽木の 18% で被害が確認されました。被害の特徴は、地際部の主軸に着く細かい葉がかじり取られており、中には樹皮まで食害が及んで主軸の切断に至るものもありました。1 年生コンテナ苗木のみ食害が発生したことから、苗木地際部の葉の有無や樹皮の硬さが影響している可能性があります。

コウヨウザンにおけるノウサギ被害の特徴

鵜川 信

鹿児島大学農学部

背景と目的：ノウサギ被害

コウヨウザンの植栽が進む中、ノウサギによる植栽苗の食害が報告されるようになりました。とくに主軸を食害されると成長に大きく影響し、良好な樹高成長を期待できません。ここでは、食害対策を考えるために、植栽されたコウヨウザン苗木に対するノウサギ被害の特徴を明らかにしました。

方法：苗木のサイズを変えた試験

鹿児島県垂水市の鹿児島大学農学部附属演習林のスギ伐採跡地に 24m × 10m の調査区を設置し、2020 年 2 月に様々な苗高（82~197 cm）のコウヨウザン苗木 60 本を植栽し、植栽後 2 年間の被害状況を観察しました。調査区にはノウサギの糞塊がみられ、その出没がトレイルカメラによって撮影されました。なお、2020 年 7 月の下刈りで誤伐した苗木 1 本は解析から除外しました。

結果：ノウサギ被害の特徴

誤伐した苗木を除いた 59 本の苗木のうち活着した 44 本について被害調査を行いました。44 本の苗木はすべて側枝を食害され、そのうち 25 本の苗木が主軸の食害を受けました。その結果、サイズの小さい苗木ほど主軸の食害を受ける傾向がみられました（図 94）。

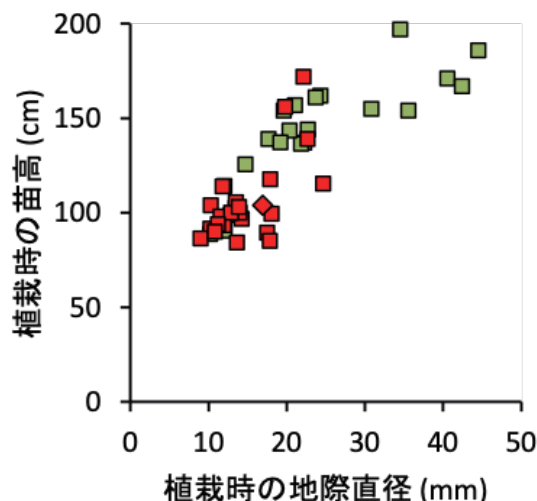


図 94. 主軸の食害を受けた苗（●）と主軸の食害を受けなかった苗（■）の植栽時の苗高および地際直径

結果：食害部位のサイズ

食害を受けた部位の高さは 70cm までに多く見られ、最大で 90cm に達していました（図 95）。これを裏付けるように、被害を受けた側枝の枝下高は最大で 87cm でした。一方、食害を受けた部位の幹直径は最大で 12.5mm でした。したがって、苗木が高さ 90cm で幹直径 12.5mm を超えるまで成長すれば、被害を受けにくくなることが示されました。なお、切断部には萌芽の発生が確認されましたが、その萌芽も食害を受けました。

以上のことから、苗木の植栽後、そこに何らかの防除を行い、おおよそ上記のサイズにまで苗木を成長させることができれば、防除を解除できると考えられます。

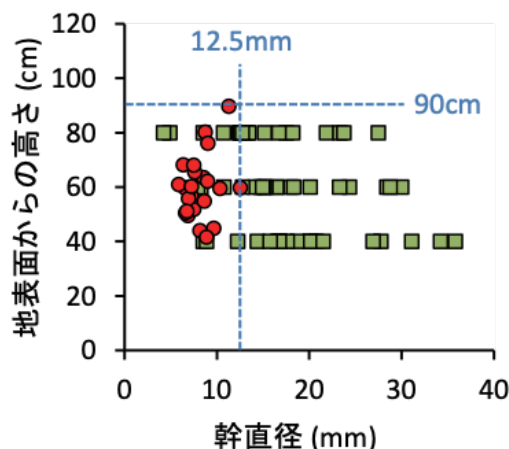


図 95. 主軸の食害部位の幹直径と高さ（●）、主軸の食害を受けていない苗木の各高さの幹直径（■）

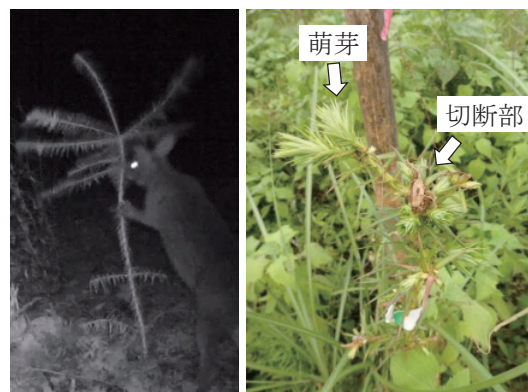


図 96. ノウサギによる食害の様子（左）と主軸食害部位の状況（右）

忌避剤によるノウサギ被害の防除効果

鷗川 信¹・大塚次郎²・古本拓也³

¹ 鹿児島大学農学部・² 林木育種センター北海道育種場

³ 広島県立総合技術研究所林業技術センター

背景と目的：ノウサギ被害の防除

ノウサギ被害において主軸が切断されると造林木の成長が著しく低下します。とくに、コウヨウザンではノウサギの嗜好性が高く、食害への対策が急務となっています。そこで、ノウサギ被害を防除する方法として忌避剤による食害防除の効果とその問題点を明らかにしました。

方法：忌避剤の散布試験

鹿児島県霧島市のノウサギ被害が著しいコウヨウザン造林地で苗木を植栽後、成分が異なる3種類の忌避剤を散布し、その後の食害を観察しました。また、鹿児島県垂水市のスギ皆伐地でコウヨウザン苗木（苗高平均19.5cm）に忌避剤を散布し、初期の苗高（忌避剤の付着部分）とその後の主軸食害の高さを観察しました。さらに、広島県安芸高田市の試験地で、コウヨウザンの普通苗（苗高40cm）と大苗（苗高70cm）に忌避剤を1回または2回散布し、主軸食害の様子を観察しました。

結果：忌避剤防除の効果

いずれの忌避剤でも散布から1カ月は効果が見られましたが、その後食害率は上昇し、半年後にはどの忌避剤も7割超の苗木が被害を受けました（図97）。この結果から、忌避剤には一定の効果があるものの、その効果は継続しないことが考えられました。

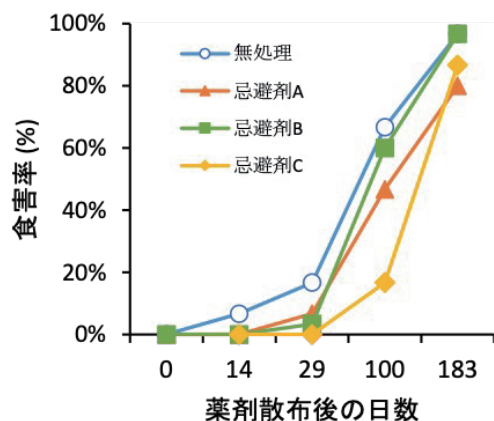


図97. コウヨウザン苗に3種類の忌避剤を散布したあとの食害率の経時変化（鹿児島県霧島市）

結果：忌避剤防除の問題点

忌避剤散布後に食害を受けた苗木の高さは、忌避剤散布時の苗高（忌避剤が付着している部分の高さ）より上部でした（図98）。これは、忌避剤散布後に新しく伸長した部分が食害を受けたためです。

大苗に忌避剤を散布した場合でも、300日以降に主軸の食害率が上昇しました（図99）。大苗では高いところまで忌避剤が散布されていますので、付着した忌避剤が失われて食害を受けることが示唆されます。これを裏付けるように、忌避剤を2回散布すると一定程度の防除効果が得られました。これらの結果から、忌避剤による食害防除では、大苗を活用するとともに、被害の発生状況に応じて、伸長した部分を含めた追加散布によって防除効果を継続できると考えられます。

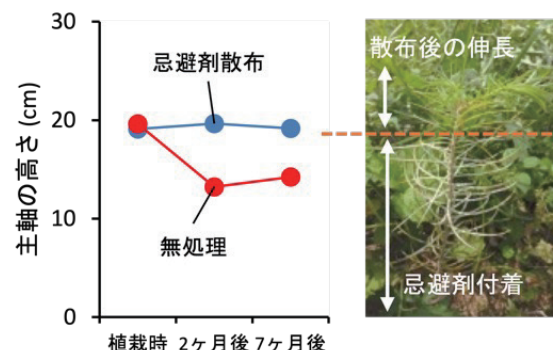


図98. 忌避剤散布および未散布の食害苗の主軸の高さ（左）と忌避剤散布後の未食害苗の様子（右）

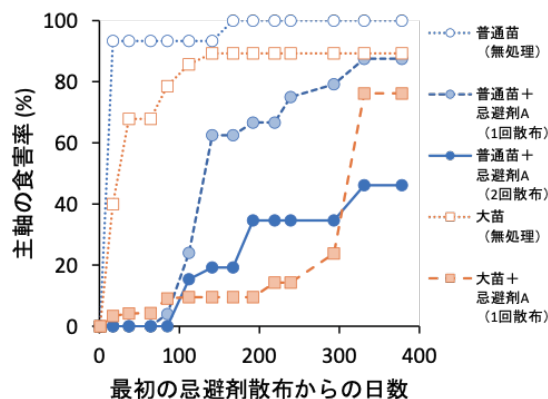


図99. 普通苗と大苗に忌避剤を散布したあとの食害率の経時変化（広島県安芸高田市）

普通苗では一定期間後に忌避剤を追加で散布した（2回散布）

単木保護資材によるノウサギ被害の防除効果

古本拓也¹・鶴川 信²・大塚次郎³

¹ 広島県立総合技術研究所林業技術センター・² 鹿児島大学農学部
³ 林木育種センター北海道育種場

背景と目的：確実なノウサギ害防除

コウヨウザンのノウサギ害防除において、忌避剤だけでなく、物理的な防除により確実に苗木を守る方法も必要です。そこで、単木保護資材を用いて苗木を物理的に保護するノウサギ害防除方法の効果を検証しました。

方法：単木保護資材防除試験

既にノウサギ害の発生が確認されている造林地に単木保護資材試験地を設定し、獣害発生を調査しました。

結果：ノウサギ害防除に必要な資材高

全ての試験地で、無処理区ではノウサギの食害が発生したものの、ノウサギによる単木保護資材の破損は発生しなかったことから、ノウサギ害防除では防除可能な資材の大きさ（資材高）が重要であると考えられます。鹿児島県垂水市試験地では資材高 60cm のみかんネット（ポリエチレン製）を使用したところ、苗木が成長して樹高が資材高を超え始めると、主軸への被害が発生しました（図 100）。ノウサギの食害可能な高さが 90cm 程度という試験結果（P46）もあり、資材高は 60cm では被害を受けるため 100cm 程度は必要であると考えられます。

結果：必要な資材高は林地毎に異なる

広島県安芸高田市試験地では、生分解性不織布 100cm の単木保護資材を使用したところ、冬までは被害が発生しませんでした（図 101）。しかし、70cm を超える積雪の際に、雪の上を移動するノウサギにより、単木保護資材上部の主軸への被害が発生しました。積雪がない場合は、100cm 不織布により安定した防除が可能ですが、積雪が多い場所では積雪深を加えた高さの資材を使用する必要があることが示唆されました。

広島県廿日市市試験地では、いずれの単木保護資材においてもノウサギ害は発生しませんでした（図 102）。しかし、植栽直後に単木保護資材内部でノネズミ害が発生し、100cm の不織布シェルターでは秋にシェルター上部からのシカによる頂芽の食害が発生しました。このことから、地域事情に合わせてノウサギ以外の獣害に対

しても総合的に対策する必要があります。特に、シカが生息している場合には、シカ食害の防除が可能な資材高とする必要があると考えられます。

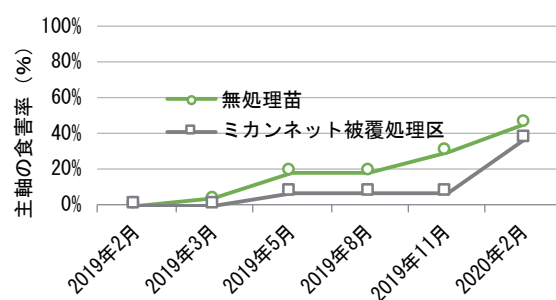


図 100. 単木保護資材の設置後の主軸食害率の経時変化（鹿児島県垂水市）

各処理区で主軸へ被害があった苗の割合の推移

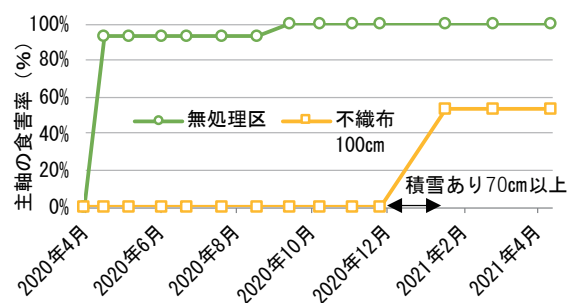


図 101. 単木保護資材の設置後の主軸食害率の経時変化（広島県安芸高田市）

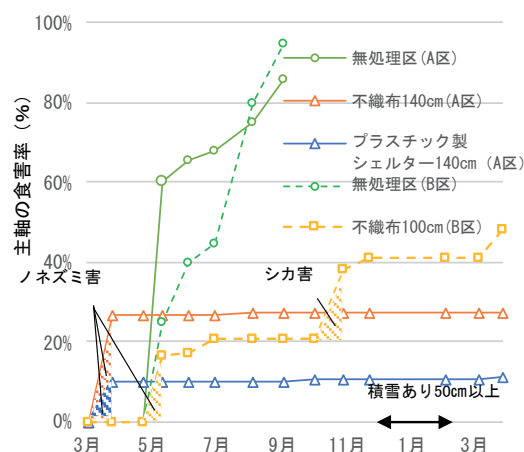


図 102. 単木保護資材の設置後の主軸食害率の経時変化（広島県廿日市市）

ノウサギ食害防除資材の使い分けの提案

古本拓也¹・大塚次郎²・鶴川 信³

¹ 広島県立総合技術研究所林業技術センター・² 林木育種センター北海道育種場
³ 鹿児島大学農学部

背景と目的：食害防除の低コスト化

ノウサギ食害防除では単木保護資材の設置により安定した防除効果が得られることが分かりました。しかし、単木保護資材の設置には資材費や施工費が多くかかることから、コストを抑えることができる資材を耐久性も考慮して検討しました。

方法：資材別の耐久性と防除試験

鹿児島県霧島市において、平地と尾根沿いの風の影響が大きい造林地にそれぞれ4種類（生分解性プラスチック製シェルター 150cm、生分解性不織布 100cm、ポリエチレン製ネット 170cm、生分解性ネット 80cm）の資材を設置し、その後の資材の破損状況とノウサギ食害発生を調査しました。

結果：環境による資材の耐久性と効果

設置後2年以上経過した時点において、平地では、生分解性プラスチック製シェルター及び不織布の資材の8割以上で破損は見られず、食害の発生を抑制する効果が確認されました（図103）。一方、風の影響が強い尾根沿いでは、風をより通す素材のポリエチレン製ネットや生分解性ネットの破損率が低く、被害率はより低い結果となりました。

方法：資材単価及び設置コストの比較

広島県安芸高田市において、単木保護資材の施工性を調査するために、作業員3人が5種類の資材をそれぞれ10個設置する時間を2回計測し、その平均値を算出しました（シカ防除にも用いられるプラスチック製シェルターを資材高140cmと170cmの2種類、生分解性不織布を100cmと140cmの2種類、支柱が1本と杭2本で固定するポリエチレン製ネットを1種類使用）。

結果：林地に合わせた資材の使い分け

資材の単価と設置時間を表4に示します。生分解性不織布は単価、施工性の面で優れており、更に資材を造林地から回収するコストが不要となることから低コストな防除が期待できます。プラスチック製シェルターは単

価と施工性ともに高コストですが、他の資材と比較して、より強固な設置が可能であり、鹿被害の防除にも活用されています。これらの特徴から資材の使い分けを考えた場合、積雪深により必要最低限の資材高（P48を参照）のシェルターを選び、造林地の環境（風や傾斜地での雪の移動）が厳しくなければ、より低コストな生分解性不織布、風の影響を強く受ける場所では、風を通すネット素材、雪の移動が生じる場所やシカの食害が懸念される場所ではプラスチック製のシェルターを選択するなどすれば、より効果的、効率的な防除が可能になると考えられます（図104に積雪地での使い分けの例を提示）。

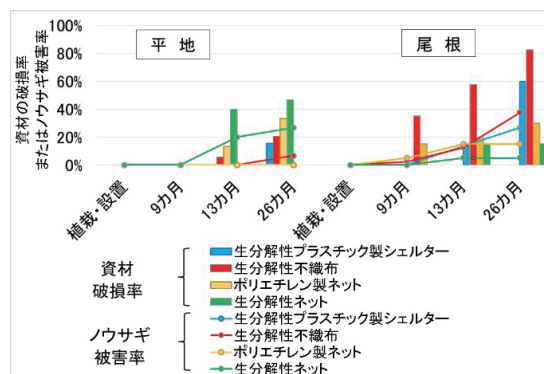


図 103. 資材破損とノウサギ被害率の経時変化（鹿児島県霧島市）

表 4. 資材単価と施工時間

資材単価 設置時間	生分解性 不織布 100cm	生分解性 不織布 140cm	ポリエチレン 製ネット 190cm	プラスチック 製シェルター 140cm	プラスチック 製シェルター 170cm
資材単価（円）	417	615	858	685	1029
設置時間 （分/10個）	18分	21分	26分	31分	34分

※表の数字は資材の発注数や仕様変更に伴い増減する可能性があります。

	造林地に発生する獣害の種類		
	ウサギなし シカなし	ウサギあり シカなし	ウサギあり シカあり
積雪50～100cm		ポリエチレン製ネット190cm プラスチック製シェルター170cm	シカ被害防除用の単木保護資材
積雪10～40cm	対策不要	生分解性不織布140cm プラスチック製シェルター140cm ※風や傾斜地における雪の移動が懸念される場所	※シカ被害の防除については適切な資材（資材高と耐久性）を選択すること
積雪なし		生分解性不織布100cm 積雪が無ければ100cmでも可（70cm）	

※斜線部では資材から抜けた頂芽への忌避剤散布により、冬季のノウサギ害を予防ができる可能性があります。

図 104. 造林地の条件による資材の使い分けの例

エリートツリーの成長

- 武津英太郎 (2024) エリートツリー山出し後の成長. 山林, 1679:25-33
- 伊藤 哲 (2023) 造林・施業の観点からみたエリートツリーへの期待と要望. 森林遺伝育種, 12(4):144-149.
- 栗田 学 (2023) エリートツリー, これまでの歩みと将来展望. 森林遺伝育種, 12(4):123-128.
- 松下通也・武津英太郎・花岡 創 (2022) 優れた樹木を選び広める林木育種事業—次世代のエリートツリー選抜にむけて—. 森林科学, 96:2-6.
- 松下通也 (2023) 日本の林木育種の過去・現在・未来:(2) スギ-3 スギにおける林木育種戦略: 精英樹選抜と次世代化. 森林遺伝育種, 12(4):157-162.
- 大谷達也・米田令仁・福本桂子・山川博美 (2024) 四国中央部における4年生のスギ特定母樹苗「高岡署1号」での寒害. 森林総合研究所研究報告, 23(2):83-88.
- 大塚次郎・森山央陽・栗田 学・久保田正裕・倉本哲嗣 (2022) スギ特定母樹若齢木の樹形および台木仕立て過程における採穂量の推移. 九州森林研究, 75:45-52.
- 高橋 誠 (2023) 日本における林木育種の現況と今後の方向性. 森林遺伝育種, 12(2):59-62.
- 宇都木 玄 (2024) 成長に優れた苗木を活用した施業モデルの開発の概要. 山林, 1676:31-38
- 山野邊太郎 (2024) エリートツリーの育種と育苗. 山林, 1677:27-32.

下刈り回数の削減

- 原谷日菜・伊藤 哲・中山葉月・山岸 極・山川博美・溝口拓朗・平田令子 (2023) スギ植栽木に対するススキ型および落葉広葉樹型競合植生の被圧効果の違い. 日本森林学会誌, 105(5):147-153.
- 平岡裕一郎・重永英年・山川博美・岡村政則・千吉良 治・藤澤義武 (2013) 下刈り省略とその後の除伐がスギ挿し木クローンの成長に及ぼす影響. 日本森林学会誌, 95:305-311.
- 平田令子・伊藤 哲・山川博美・重永英年・高木正博 (2012) 造林後5年間の下刈り省略がヒノキ苗の成長に与える影響. 日本森林学会誌, 94:135-141.
- Hirata R, Ito S, Araki MG, Mitsuda Y, Takagi M (2014) Growth recovery of young hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) subsequent to late weeding. Journal of Forest Research 19: 514-522.
- 五十嵐哲也・奥田史郎・倉本恵生・宮本和樹・八木橋勉・山川博美 (2020) 茨城県における下刈り期のスギ植栽木と植生の競合. 関東森林研究 7(1): 65-68.
- 伊藤 哲 (2016) 低コスト再造林の全国展開に向けて—研究の現場から—. 山林, 1586:2-11.
- 伊藤 哲・平田令子・山岸 極・溝口拓朗・山川博美 (2023) スギ特定母樹の中苗活用による下刈り省略の可能性. 日本森林学会誌, 105(7):245-251.
- Imaoka A, Hirata R, Mitsuda Y, Ito S (2019) Effect of preweeding size of competitive plants in a young hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) plantation on their resprouting ability after weeding in a warm-temperate region. Journal of Forest Research, 24(6):386-390.
- 北原文章・渡辺直史・光田 靖・山川博美・酒井 敦・垂水亜紀 (2013) スギ植栽木の成長と下刈り対象木の競合状態との関係. 森林応用研究, 22:1-6.
- 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—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 (J-FIC)
- 野宮治人・山川博美・香山雅純・荒木眞岳・金谷整一・安部哲人・重永英年 (2016) 下刈り省略による再生植生タイプとスギ植栽木の初期成長への影響. 九州森林研究, 69:103-105.
- 小川健一 (2024) 良い母樹、良い種、良い苗木を選んで育てる—グルタチオン施肥で下刈り回数の低減を目指して—. 山林, 1680:36-44.
- 大谷達也・米田令仁・福本桂子・山川博美 (2023a) 優良スギ苗品種や土壌・地形条件による成長差を利用した下刈り省力. 日本森林学会誌, 105(11):329-337.
- 大谷達也・米田令仁・福本桂子・山川博美 (2023b) 四国中央部におけるスギ苗3種の成長比較—在来実生苗と九州の挿木苗2品種—. 森林総合研究所研究報告, 22(4):217-221.
- 重永英年・山川博美・野宮治人 (2016) 人工林皆伐後2年目の林地における下刈り後のアカメガシワの生残と成長. 九州森林研究, 69:41-45.
- Tanaka S, Ito S, Hirata R, Yamagishi K, Mizokuchi T, Yamagawa H, Nomiya H (2023) Initial growth of large, outplanted, container-grown rooted cuttings of sugi (*Cryptomeria japonica*) with leaf removal treatment for

alleviating transplant shock and stem incline. *Forests*, 14(7):1394.

- 田村俊和 (1996) 微地形分類と地形発達—谷頭部斜面を中心に—。恩田裕一ほか (編) 水文地形学—山地の水循環と地形変化の相互作用—. 古今書院, 177-189.

鶴崎 幸・佐々木重行・重永英年・山川博美 (2016) 下刈りがスギ幼齢木と雑草木の成長に及ぼす影響. *九州森林研究*, 69:99-102.

鶴崎 幸・山川博美・伊藤 哲・重永英年・佐々木重行 (2020) 競合植生によって異なるスギ造林地の下刈り要否の判断基準. *日本森林学会誌*, 102:225-231.

- 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. *日本森林学会誌*, 98:241-246.

山川博美 (2017) 再造林における下刈り省力化の可能性. *山林*, 1598: 58-66.

山川博美 (2024) 成長に優れた苗木を活用した下刈りスケジュールとその PDCA. *山林*, 1681:20-27.

植栽密度

福地晋輔・吉田茂二郎・溝上展也・村上拓彦・加治佐剛・太田徹志・長島啓子 (2011) 低コスト林業に向けた植栽密度の検討—オビスギ植栽密度試験地の結果から—. *日本森林学会誌* 93(6): 303-308.

野口麻穂子・和田 寛 (2017) 秋田県における植栽密度の異なるスギ若齢林の林分構造と成長. *日本森林学会誌*, 99(1):41-45.

- 野口麻穂子・齋藤智之・酒井 敦・青山岳彦 (2023) 下刈り方法の異なるスギ若齢林において植栽密度が植栽木と競合植生の成長に与える影響. *日本森林学会誌*, 105(9):291-297.

重永英年 (2023) 低密度植栽を考える：植栽密度の変遷、造林コスト、生育特性を整理する. *現代林業* 681: 52-58.

上杉 基・井上万希・世見惇一・三重野裕通 (2021) オビスギ植栽密度試験地における立木の応力波測定. *九州森林研究*, 74:97-98.

シカ被害対策

Abe T (2021) Effects of treeshelters on seedling performance: a meta-analysis. *Journal of Forest Research*, 27:171-181.

野宮治人・山川博美・重永英年・伊藤哲・平田令子・園田清隆 (2019) 植栽したスギ大苗に対するシカ食害痕の高さ分布は斜面傾斜に影響される. *日本森林学会誌* 101(4): 139-144.

野宮治人・山川博美・重永英年・伊藤哲・平田令子・引地修一 (2020) キュウシュウジカによるスギ幼齢木の折損被害の特徴. *日本森林学会誌* 102: 202-206.

Nomiya H et.al. (2022) Survival and growth of planted Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) with tree shelters to prevent deer browsing: a case study in southwestern Japan. *Journal of Forest Research*. 27: 200-205.

野宮治人 (2024) 獣害問題再点検. *山林*, 1682:25-32.

Yagi T (2021) The combined effects of tree shelters, large stock and vegetation control on the early growth of conifer seedlings. *Journal of Forest Research*, 27(3):206-213.

Yamagawa H, Kitahara F, Otani T, Yoneda R, Suzuki KK, Nomiya H (2023). Assessing the damage caused by deer on young trees in a Sugi (*Cryptomeria japonica*) plantation based on field signs. *Journal of Forest Research*, 28(3):194-203.

山川博美 (2023) シカの影響度合いを簡単な痕跡調査で把握する. *九州の森と林業*, 143: 1-3.

山川博美・濱田辰廣・長淵直・森秀紀・木學良廣・鈴木圭・野宮 治人 (2023) 九州地域の若齢造林地におけるシカ被害リスクの広域評価. *森林総合研究所研究報告*, 22(4):209-215.

コウヨウザン

藤澤義武 (2017) 特集「これからの林業とコウヨウザン」について. *森林遺伝育種*, 6(4):132-136.

磯田圭哉・山口秀太郎・近藤禎二・大塚次郎・生方正俊 (2021) 小松沢国有林（茨城県日立市）におけるコウヨウザン植栽 3 年間の成長経過. *関東森林研究*, 72(1):61-64.

- 劉 元 (1999) コウヨウザン植栽木の材質に及ぼす地位および成長率の影響. *高知大学農学部紀要*. 68:1-66.

大塚次郎・磯田圭哉・後藤誠也・松永孝治・倉原雄二・倉本哲嗣・久保田正裕・近藤禎二・生方正俊 (2019) 植栽後 7 年次までのコウヨウザンとスギの系統別の成長比較. *九州森林研究*, 72:29-32.

鶴川 信・藤澤義武・大塚次郎・近藤禎二・生方正俊 (2020) ニホンノウサギによる食害とその防除がコウヨウザン 1 年生苗の生残および成長に与える影響. *日本森林学会誌*, 102:317-323.

鶴川 信・藤澤義武・大塚次郎・近藤禎二・生方正俊 (2021) コウヨウザン苗の食害に対するミカンネット被覆およびカプサイシン散布の効果. *九州森林研究*, 74:19-23.

鶴川 信・藤澤義武・大塚次郎・近藤禎二・生方正俊 (2023) ノウサギが主軸を切断できるコウヨウザン植栽苗のサイズ. *日本森林学会誌*, 105(7):239-244.

本冊子に関するお問い合わせは、下記までお願い致します。

国立研究開発法人 森林研究・整備機構

森 林 総 合 研 究 所

〒305-8687 茨城県つくば市松の里1番地

編 集 ・ 発 行：森林総合研究所

編 集 責 任 者：宇都木玄・酒井 武・山川博美

発 行 日：2024(令和6)年9月25日

問 い 合 わ せ：編集刊行係

電 話：029-829-8373

E-mail: kanko@ffpri.affrc.go.jp

本書の引用記載：宇都木玄・酒井武・山川博美 編（2024）植物の成長力を
活かす！エリートツリーで下刈り省略．森林総合研究所
第5期中長期計画成果24（森林産業-10），52pp.

© 掲載記事及び写真の無断転載を禁じます。

この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。