

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、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。

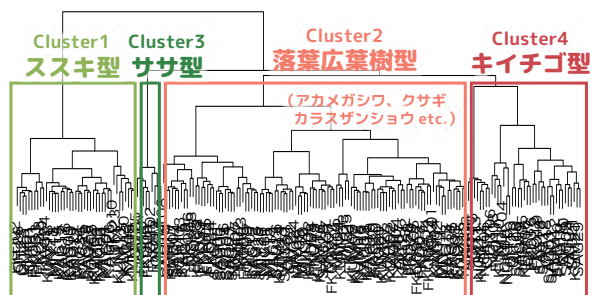


図21. 類型別の被度に基づいたクラスター分析の結果(山川ら 未発表)

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。

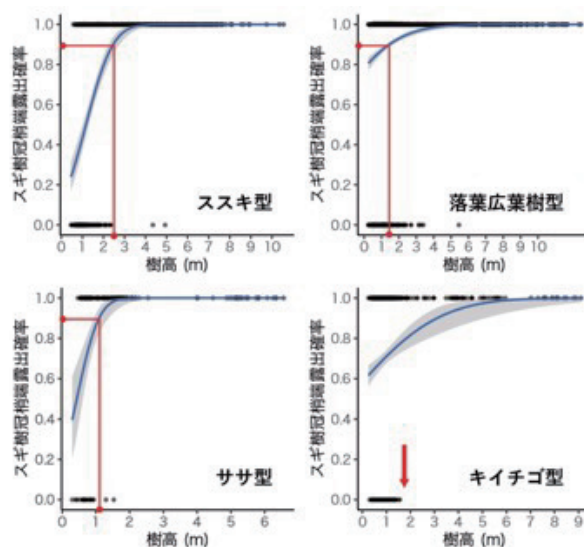


図22. 競合植生タイプごとのスギ樹冠梢端部の露出確率(山川ら 未発表)

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。

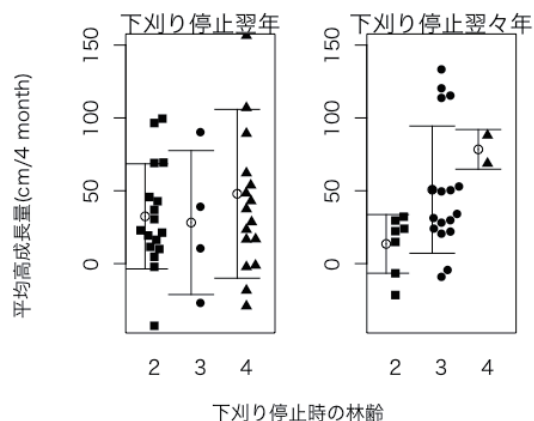


図 23. 下刈り停止時の林齢による翌年以降の平均高成長量の違い

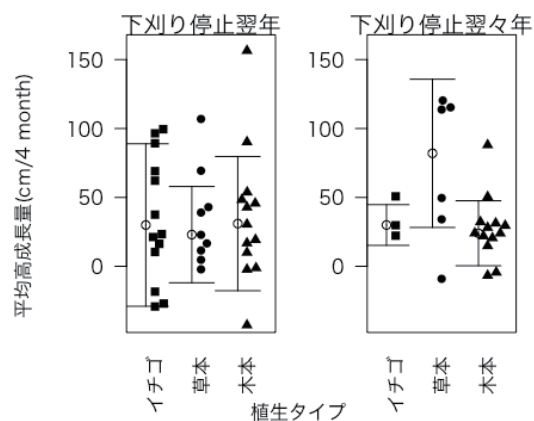


図 24. 下刈り停止後の年数ごとの各植生タイプの平均高成長量の比較

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。

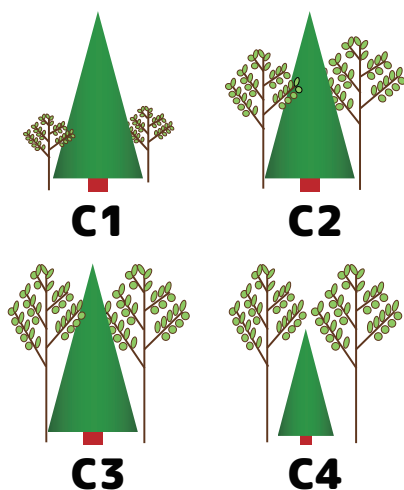


図25. 植栽木と周辺植生の競合状態（山川ら 2016）

- 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）。

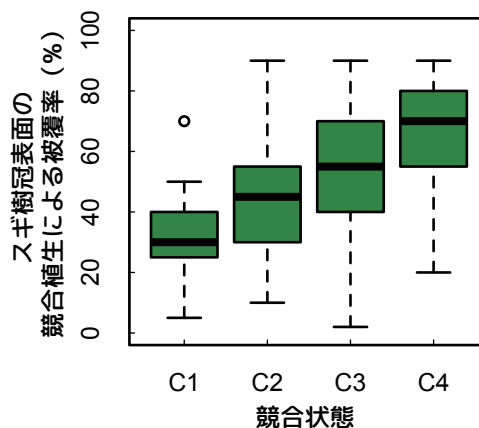


図26. 競合状態とスギ樹冠の競合植生による被覆率の関係（山川ら 未発表）

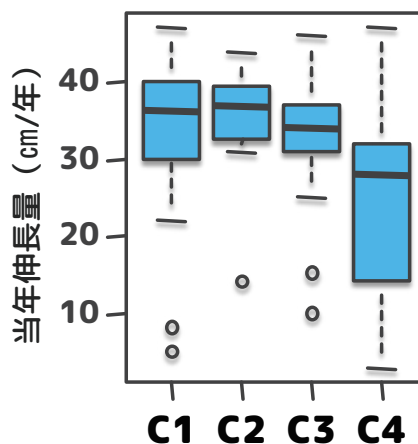


図27. 各競合状態における樹高成長量（山川ら 2016）

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

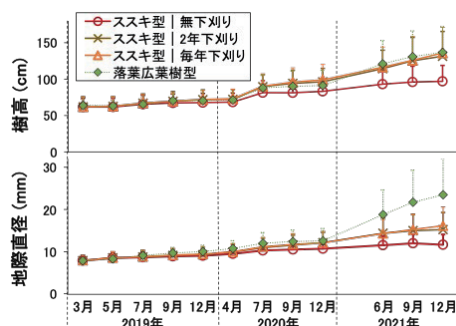


図 28. 樹高と地際直径の成長経過（原谷ら 2023 より描く）

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。

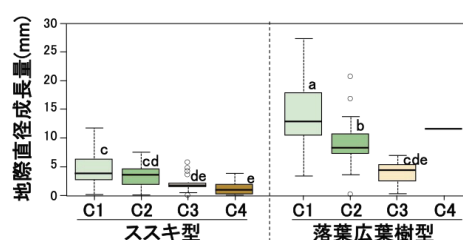


図 29. 植栽 3 年目（2021 年）の地際直径成長量の競合状態間の比較（原谷ら 2023 より作図）

競合状態（C1～C4）は山川ら（2016）の区分による

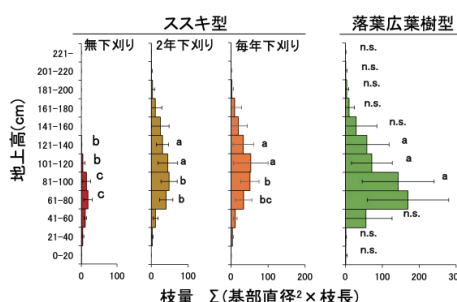


図 30. 枝量の高さ分布の比較（原谷ら 2023 より描く）

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

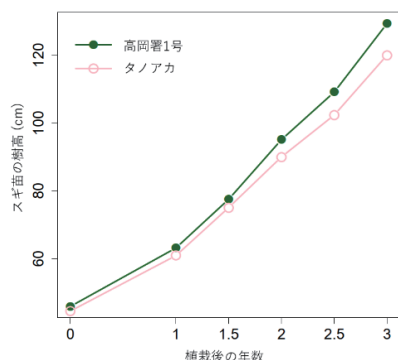


図 31. スギ苗2系統の樹高成長(大谷ら 2023b を改変)
1.5年目と2.5年目は夏期の、ほかは冬期の測定値を示す。

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。

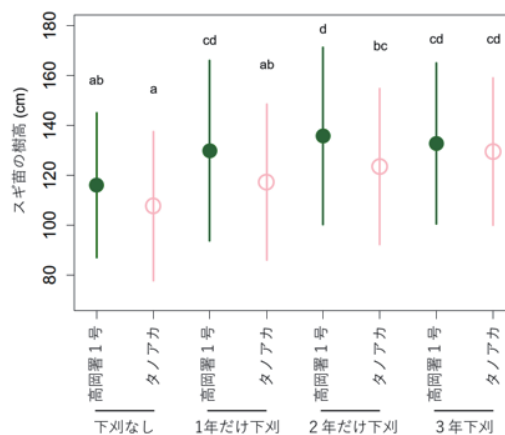


図 32. 植栽後3年目の樹高を系統・下刈り回数ごとに比較(大谷ら 2023a)

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

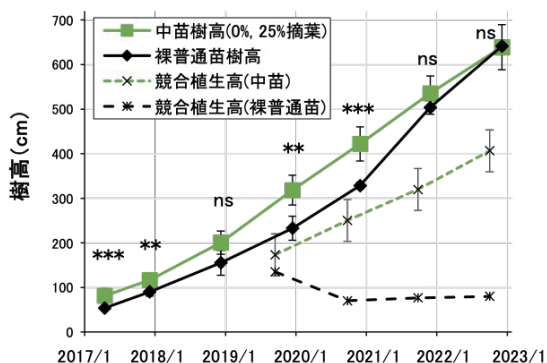


図 33. 樹高成長経過と競合植生高の変化（伊藤ら 2023）

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。

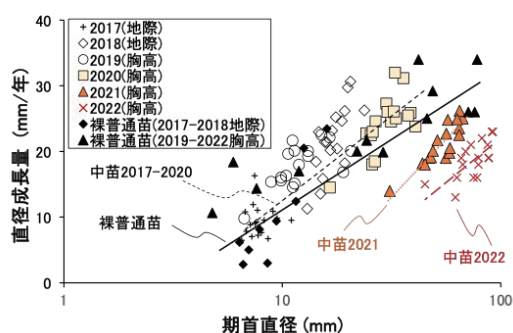


図 34. 期首直径を考慮した直径成長の比較（伊藤ら 2023）

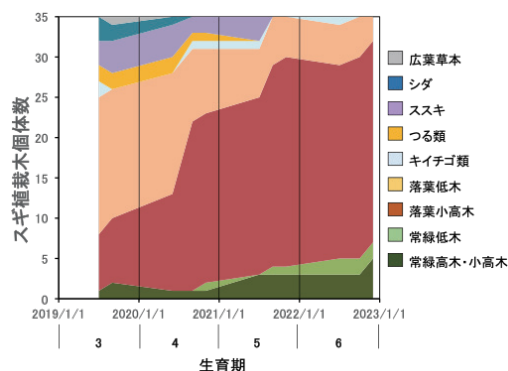


図 35. 下刈り省略後の競合植生の変化（伊藤ら 2023）

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 号 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。

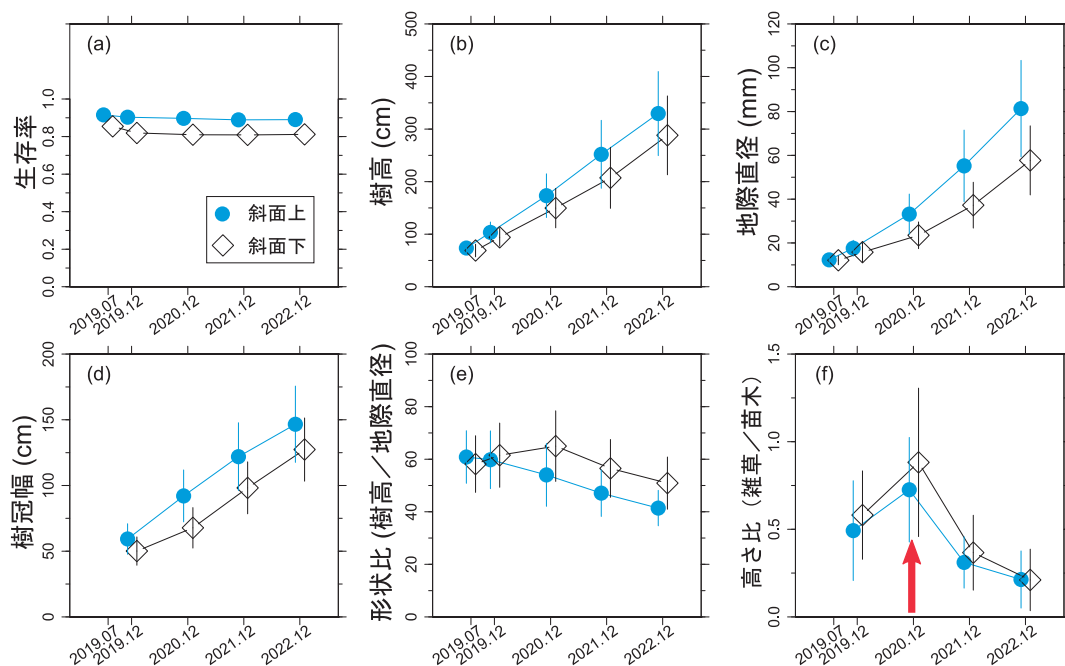


図 36. 斜面上下での苗木の成長と競合状況の違い（齋藤ら 未発表）

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。

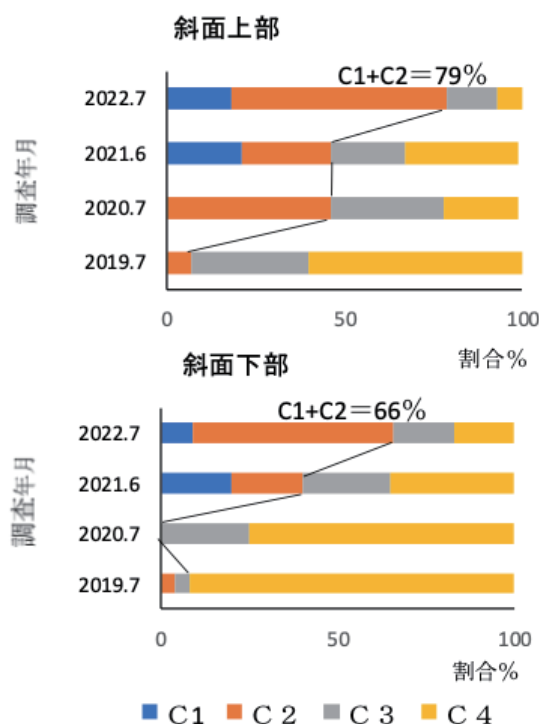


図 37. 植栽木の競合植生からの露出割合

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。

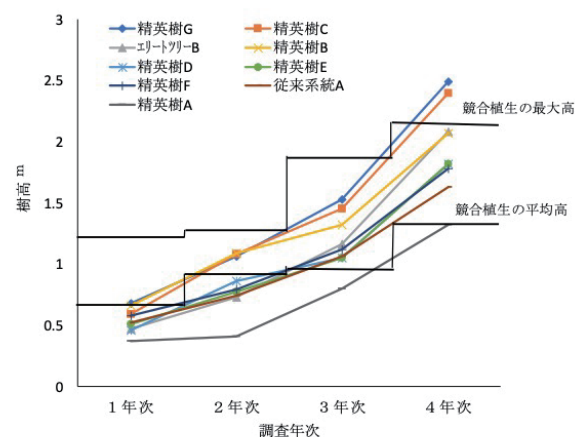


図 38. 品種・系統別の成長と競合植生の関係

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

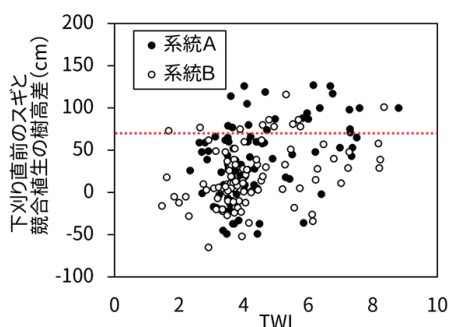


図 41. TWI とスギ・競合植生の樹高差との関係

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。

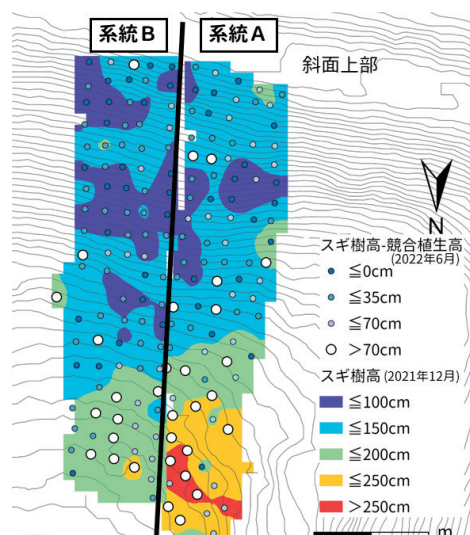


図 39. 立木位置におけるスギ樹高、および競合植生との樹高差

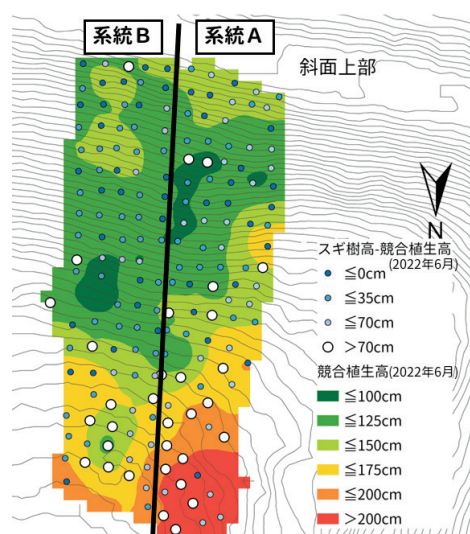


図 40. 立木位置における競合植生高、およびスギとの樹高差

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。

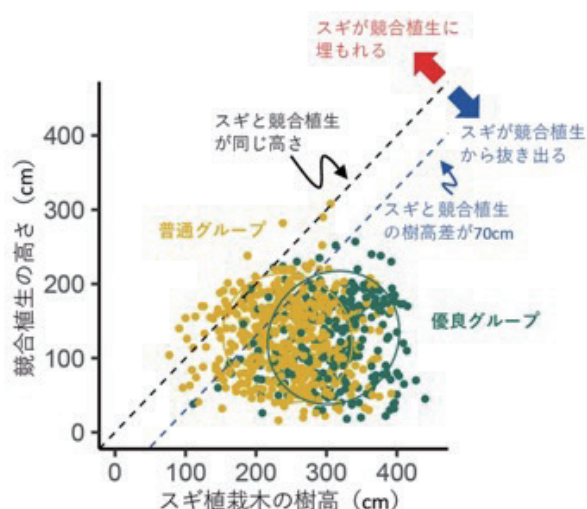


図42. 植栽4年目の下刈り直前のスギと競合植生の高さ（穂山ら 未発表）

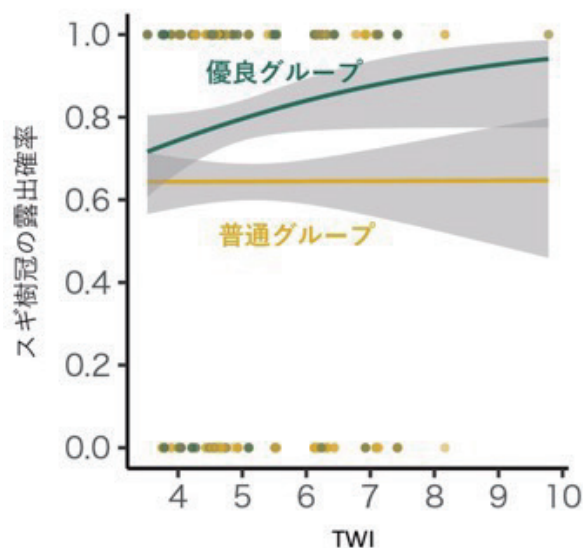


図43. 植栽3年目の下刈り直前にスギ樹冠が競合植生から半分以上抜き出る確率（穂山ら 未発表）

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。

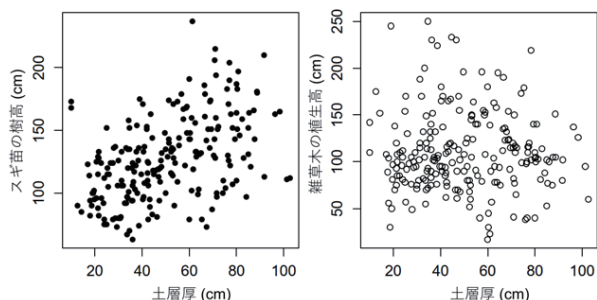


図44. 植栽後3生育期夏期のスギ苗樹高・競合植生高と土層厚の関係（大谷ら2023a）

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。

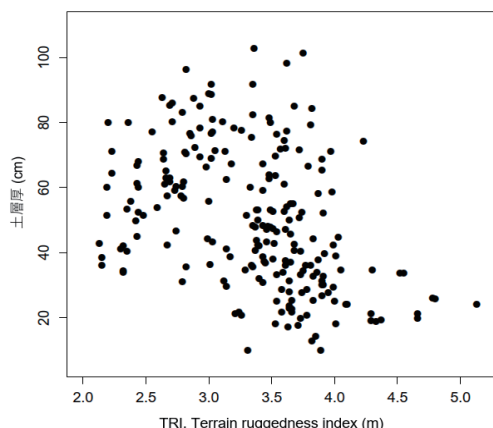


図45. TRIと土層厚の関係（大谷ら2023a）

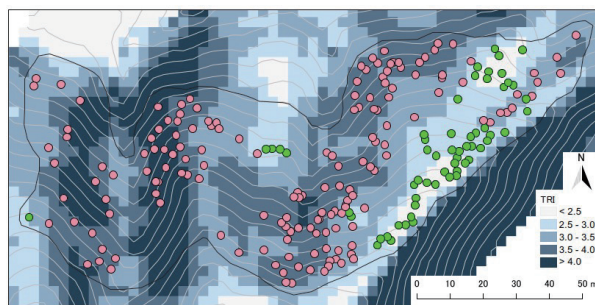


図46. 植栽3年目の夏期に下刈り不要になると予想された場所とTRI（大谷ら2023a）

緑丸は苗が雑草木を抜け出る、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。

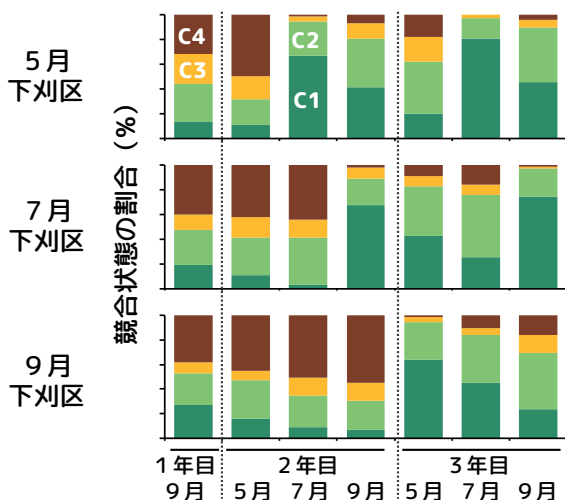


図47. 各下刈り区ごとの競合状態の推移(山川ら 未発表)

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。

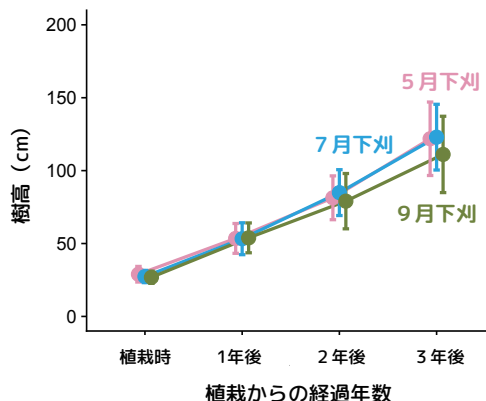


図48. 植栽後3年間の樹高推移(山川ら 未発表)

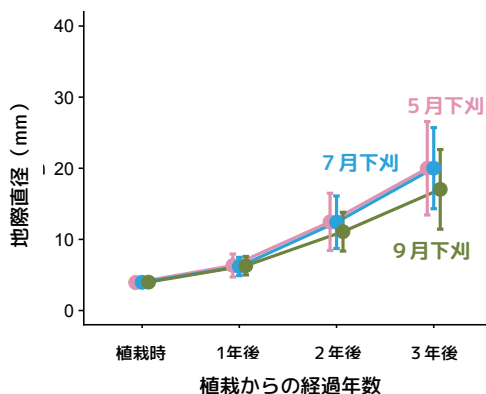


図49. 植栽後3年間の地際直径推移(山川ら 未発表)

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

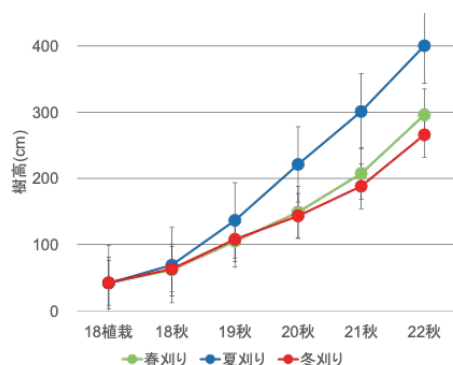


図 50. 各年期末調査時の樹高

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。

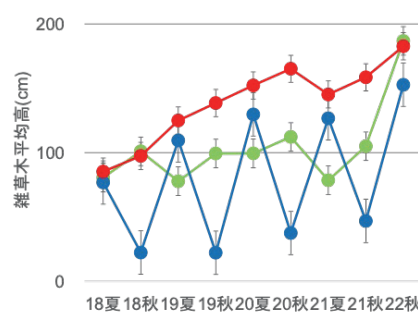


図 51. 下刈り完了時の斜面上位置別競合度

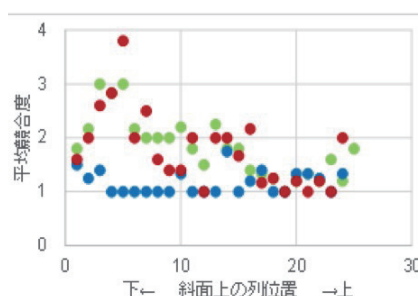


図 52. 競合植生の平均高

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。

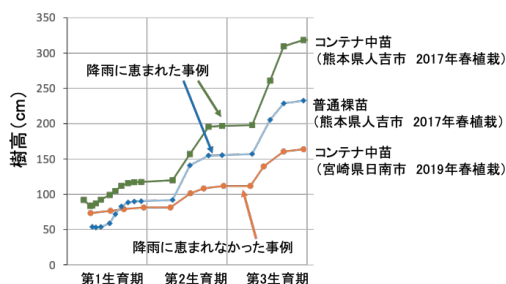


図 53. 特定母樹（県始良 20 号）の成長（伊藤ら 未発表）

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。

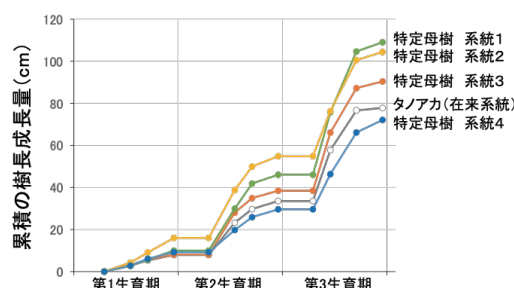


図 54. 系統で異なる特定母樹の初期成長（伊藤ら 未発表）

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。

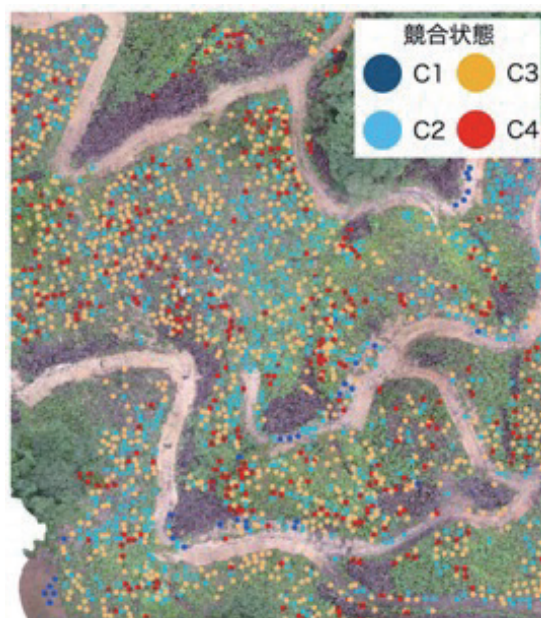


図 56. ドローン空撮によって推定された植栽木と競合状態の空間分布（中尾ら 未発表）

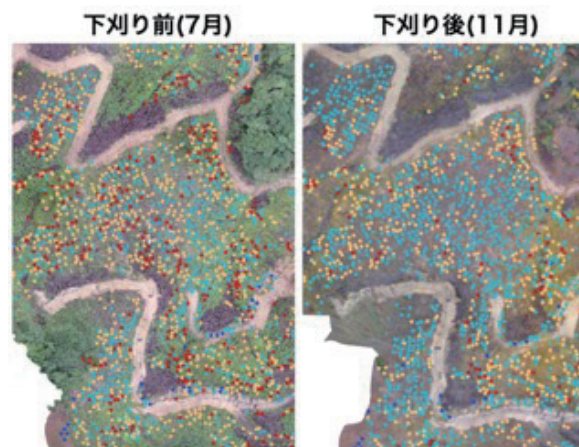


図 57. 下刈り前後での競合状態の比較（中尾ら 未発表）

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

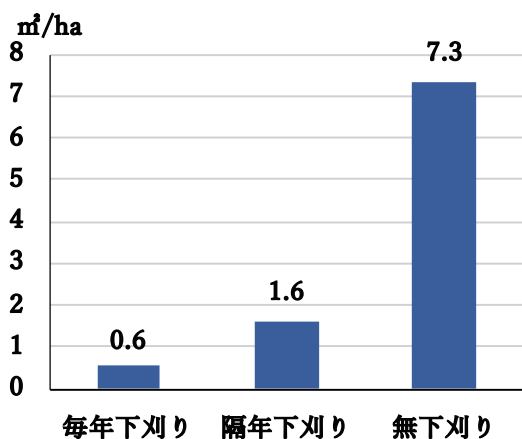


図 58. 各下刈り区の競合木本類の胸高断面積合計
3試験地の平均値。

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。

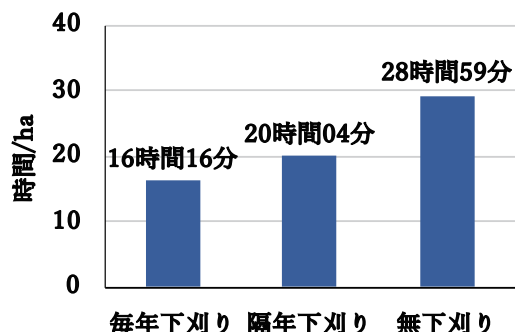


図 59. 1ha 当たりの除伐作業時間
3試験地の平均値。

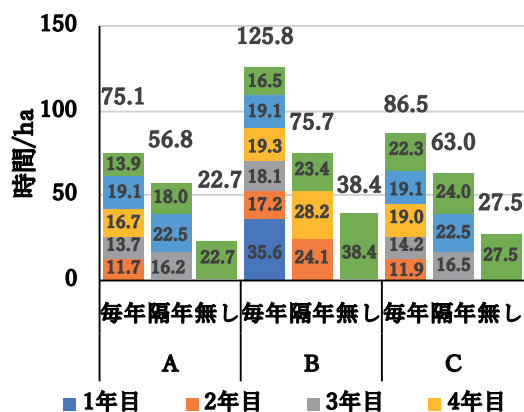


図 60. 下刈り～除伐の総作業時間
棒の中の数字は各年の作業時間。棒の上の数字は総作業時間。