

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。

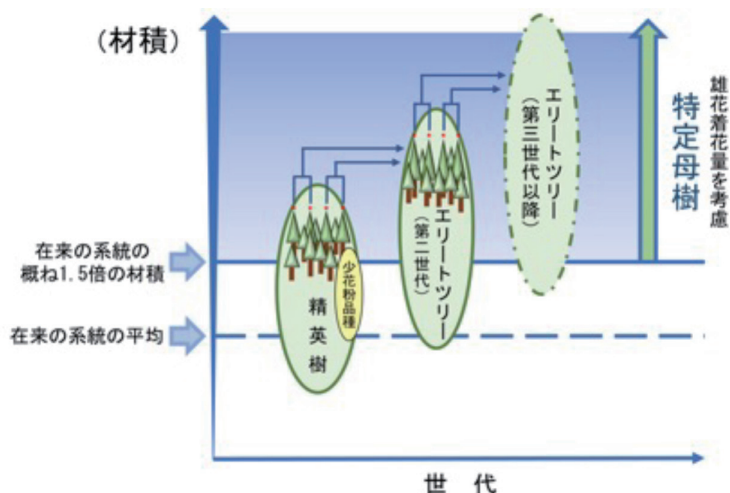


図1. 精英樹からエリートツリー開発への流れと特定母樹との関係

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。

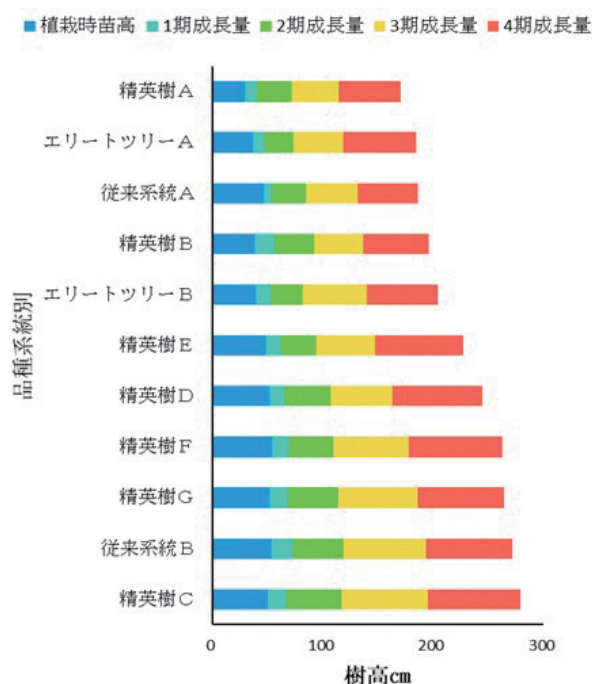


図2. 品種・系統別の平均樹高

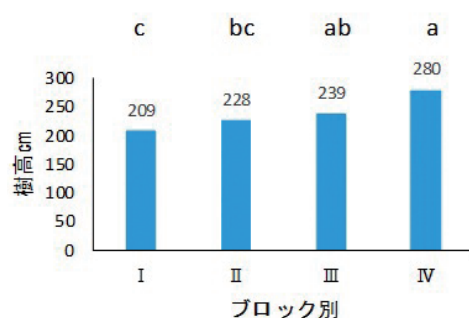


図3. 斜面ブロック別の平均樹高

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。

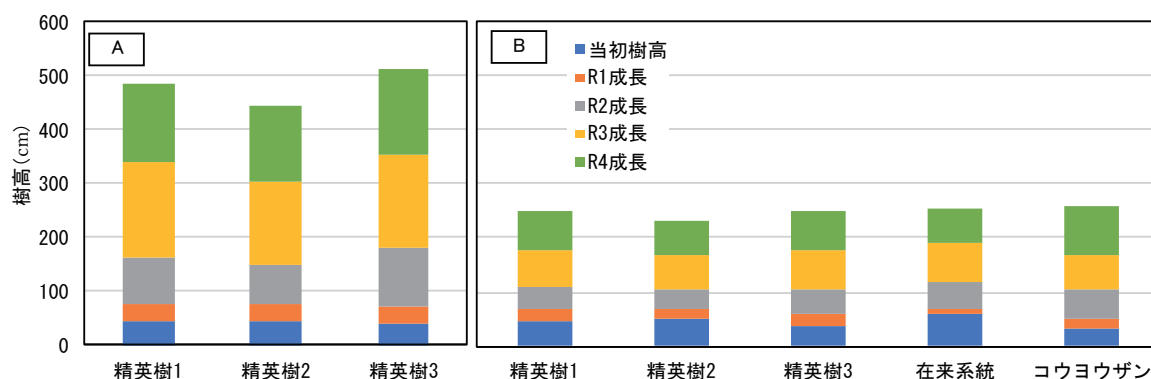


図 4. スギの各系統における植栽後 4 年間の樹高成長（松本 未発表）

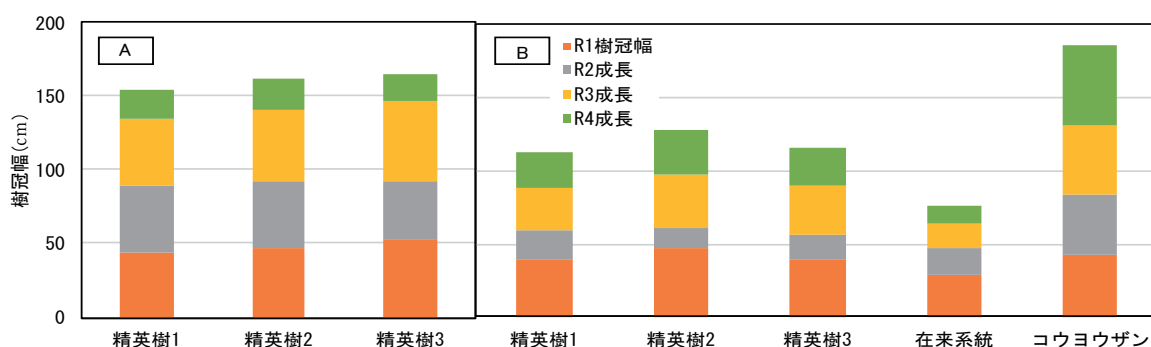


図 5. スギの各系統における植栽後 4 年間の樹冠幅成長（松本 未発表）

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）。

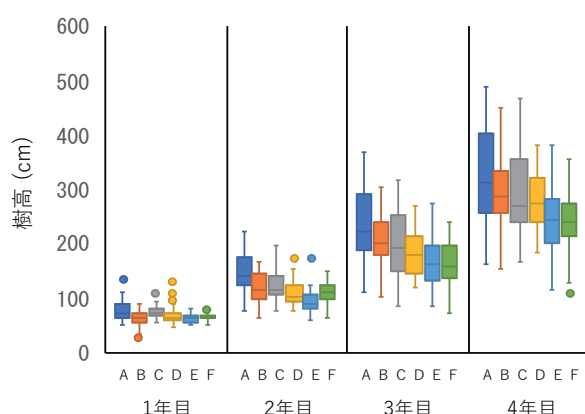


図 6. 各系統の樹高の推移

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。

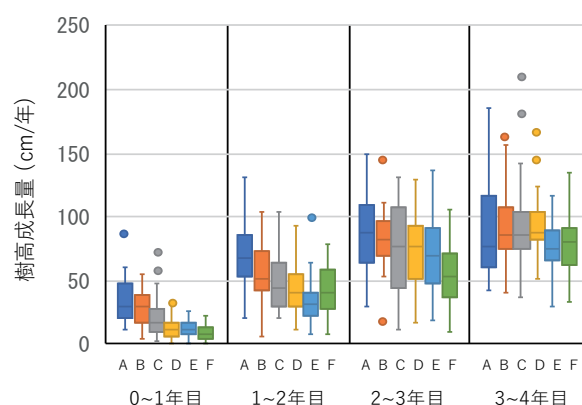


図 7. 各系統の樹高成長量の推移

A~E はエリートツリー、F は在来品種

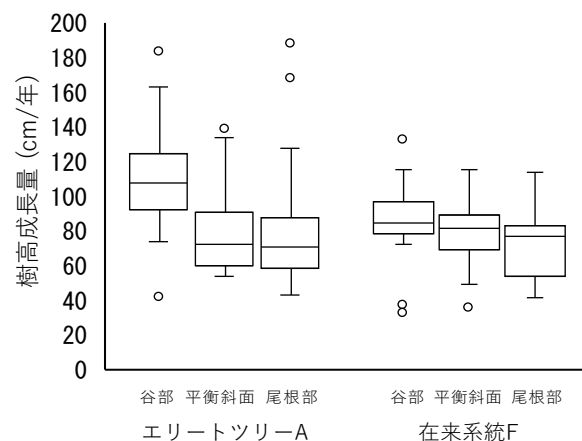


図 8. 3～4 年目における地形別の樹高成長量

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。

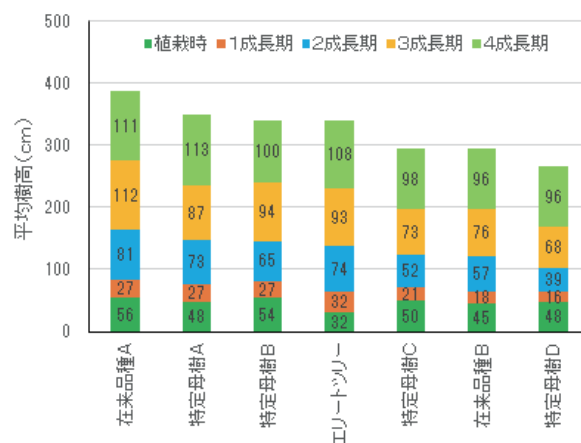


図9. 真黒平試験地における平均樹高（穂山ら 未発表）

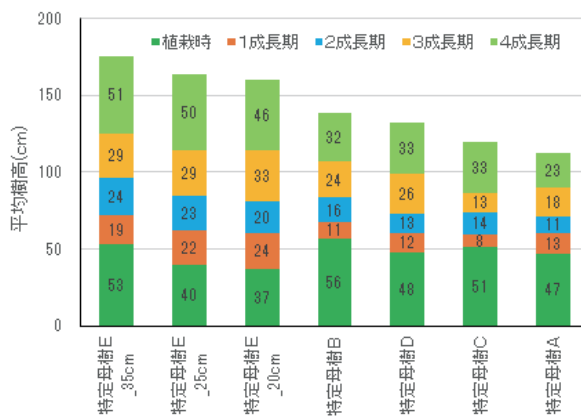


図10. 高牧試験地における平均樹高（穂山ら 未発表）

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。

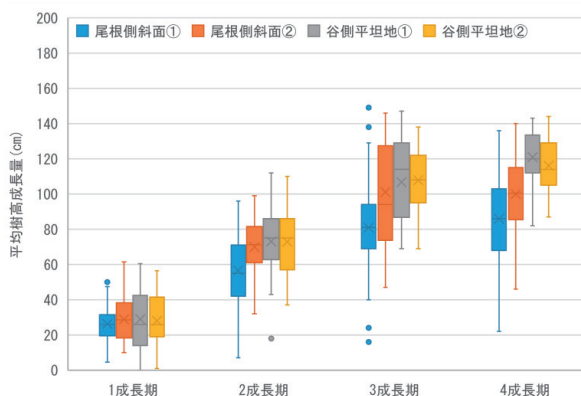


図11. 真黒平試験地における成長期毎の植栽位置と平均樹高成長量の関係（特定母樹B）（穂山ら 未発表）

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、

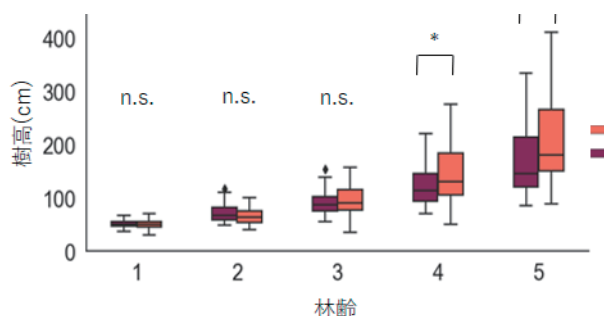


図12. 植栽後の林齢と樹高の推移

*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。

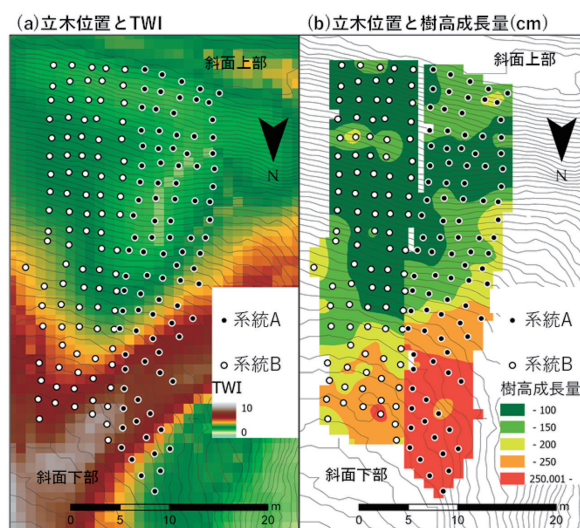


図13. 立木位置とTWIおよび樹高成長量

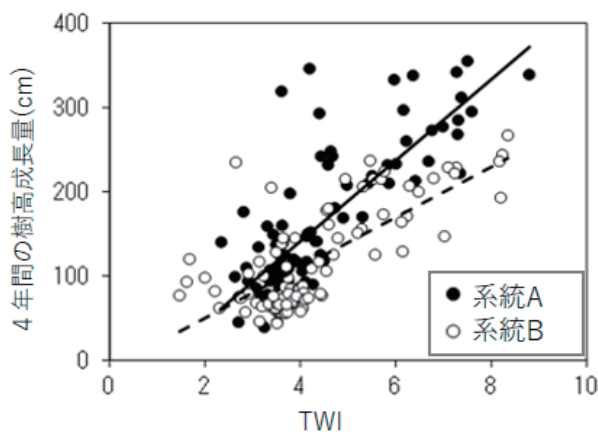


図14. TWIと樹高成長量の関係

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。

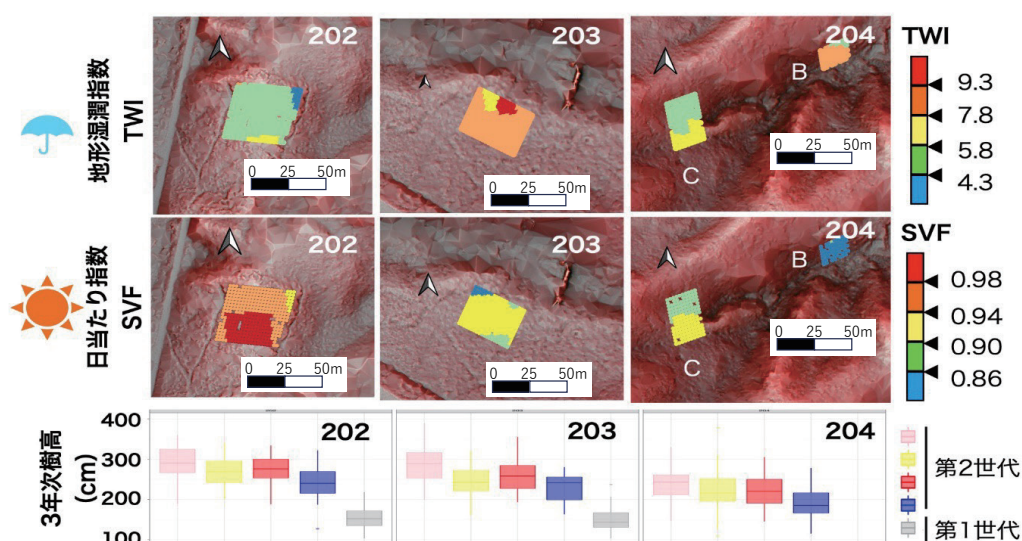


図 15. 3 試験地の環境条件と品種（クローン）別の 3 成長期後の樹高（江島 未発表）
背景地図は赤色立体図。

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、

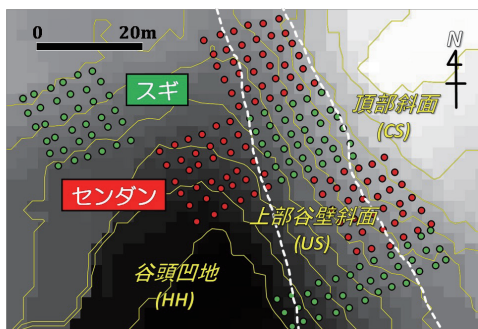


図16. 植栽位置図

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。

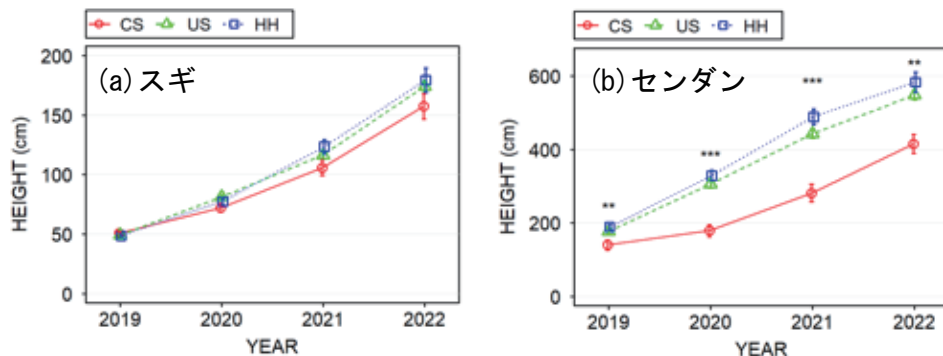


図17. スギとセンダンの樹高成長と微地形単位の関係

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

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。

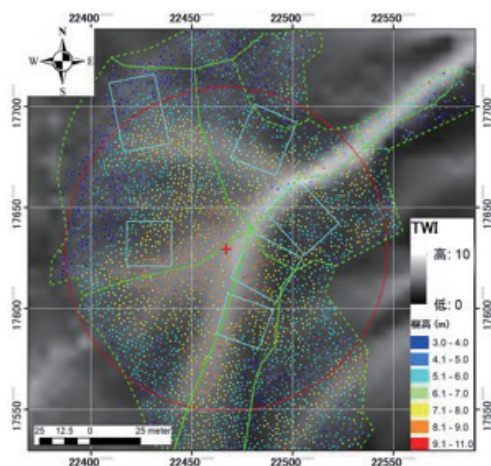


図18. 樹高とTWIの分布

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。

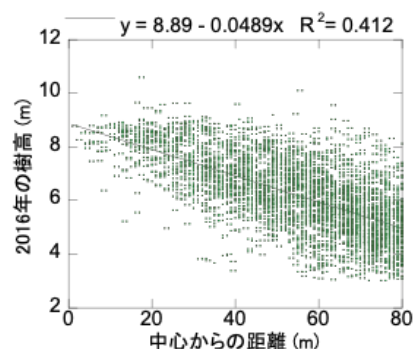


図19. 樹高とバッファ中心からの距離の関係(栗屋 未発表)

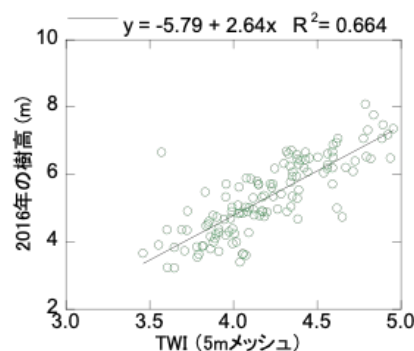


図20. 樹高とTWIの関係(栗屋 未発表)