

II 特性表の説明

1. 特性表の概要

2021年度に策定された「みどりの食料システム戦略」において、エリートツリー等の成長に優れた苗木の活用を2050年までに9割以上とすることが重要業績評価指標（KPI）として位置付けられています。これら特定母樹等から生産される成長に優れた苗木（以下、特定苗木等という。）の活用は、初期育林コストの削減や森林のCO₂吸収能力の高度発揮に資すると期待されており、特定苗木等の実際の利用の効果を明らかにするための育種集団林等の植栽試験地から取得した成長に関するデータが蓄積されつつあります。さらに、原種苗木の生産時に得られるさし木発根率のデータや雄花着花量のデータ等、繁殖特性に関するデータも蓄積されつつあります。本特性表は、これらのデータを解析し、特定母樹として普及が進められている、スギのエリートツリー（特定母樹）の特性を取りまとめたものです。

エリートツリー（特定母樹）は、その開発過程を考慮すると、従来の系統より成長性などに優れると期待されますが、これらから生産された苗木の性能評価は確実に行われ公表される必要があります。本特性表は、各特性の良否を直感的にとらえていただくために、大半の評価値をエリートツリー（特定母樹）の中での5段階評価で示します。採種穂園への導入系統を選定する際の参考資料としてご活用いただければ幸いです。

2. 掲載した特性

本特性表では、エリートツリー（特定母樹）の原木の評価およびエリートツリー（特定母樹）を母樹として育成した苗木の評価を掲載しています。

エリートツリー（特定母樹）の原木は、植栽されていた検定林内で評価を行い選抜されています。選抜の経緯については、いずれも林木育種センター年報に掲載されていますが、多数の方が評価値にアクセスしやすくなるように、今回、特性表に掲載することにしました。選抜した個体はさし木もしくはつぎ木によりクローン増殖され、関西育種場四国増殖保存園構内に定植保存されています。

エリートツリー（特定母樹）を母樹とする苗木は上記保存個体そのものもしくは保存個体から採取した種子や穂木により実生苗木やさし木苗木を育成して検定林や試験地を造成し、調査を進めています。実生苗木の試験地から得たデータにより、5年次および10年次の樹高調査値を評価しました。同様に、さし木苗木の試験地から得たデータにより、5年次および10年次の樹高調査値を評価しました。合わせて、原種配布のためのさし木の際、発根率データを記録し、今回評価しました。また、上記保存個体原種配布先となった関西育種基本区⁵⁾内の6県と協力して、雄花着花性や球果生産性を評価しました。

II 特性表の説明

3. 各特性の評価方法

(1) 成長特性

樹高の測定は測竿もしくはVertex（Haglof社製）を使用しました。胸高直径は輪尺を用いて、斜面上側より胸高部（地上高1.2m）の樹幹の直径を測定しました。

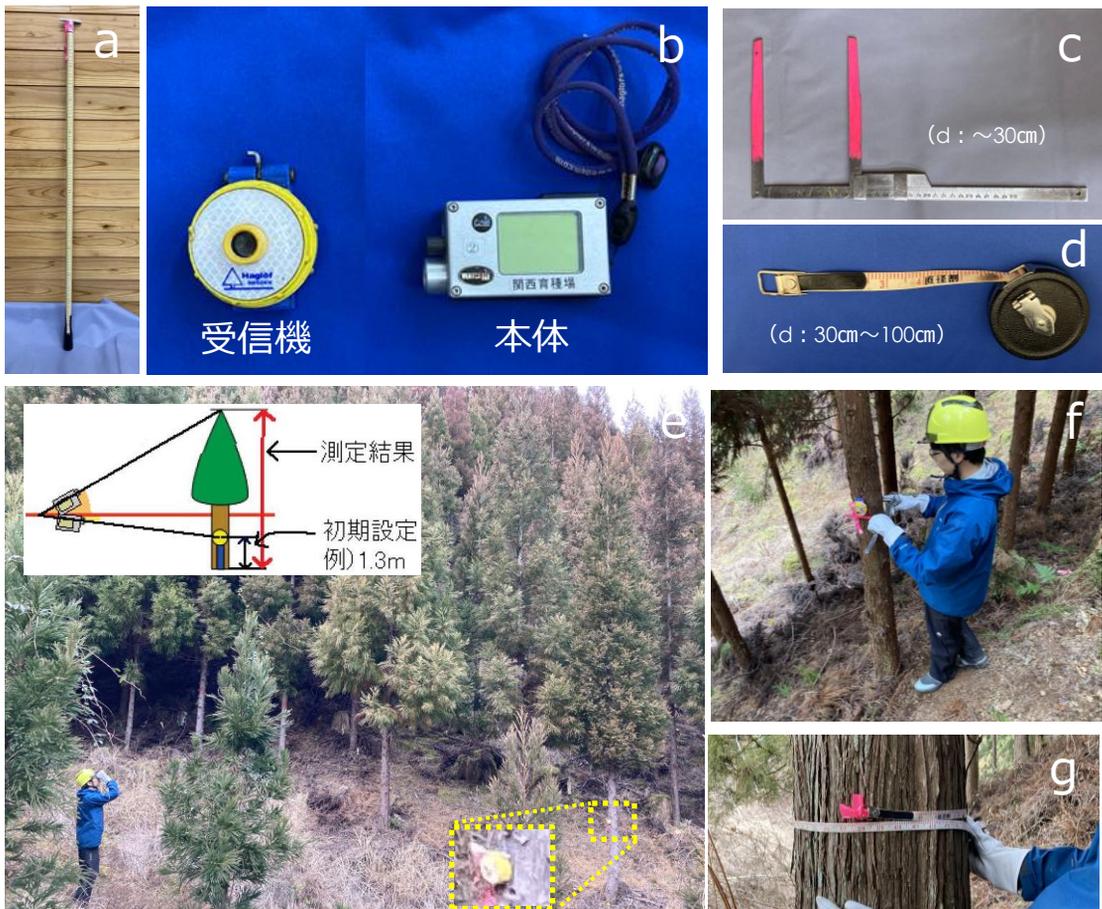


図 測定器具および測定の様子

a: 測かん。テレスコピック機構になっている。樹高が低いときにこの器具を使用すると効率的に樹高が測定できる。b: Vertex（Haglof社製）。5mを超える樹高を測定する際には、この器具を選択することが多い。後述するeのように測定する。c: 林尺。写真fのように山側に立って、胸高部の直径を挟み込み、その長さを胸高直径として測定する。d: 直径巻尺。周囲を測定すると直径に換算される目盛りを持つ。調査では、上記林尺を標準の測定器具として、この巻き尺は別途携行しておき、30cmを超える直径の個体が出現した場合に、この器具を使用する。e: Vertexでの樹高測定の様子。測定対象個体から樹高と同程度の距離離れて測定する。まず、測定者の持つ本体と樹幹に設置した受信機で測距し、続いて、本体に内包されている視準装置で樹体頂端を仰ぎ見た際の高低角を本体内のセンサーで測定することで、三角法で算出した樹高が本体に表示される。f: 林尺を用いた胸高直径測定の様子。測定担当者は、パーテックスの受信機を携行して、樹高測定にも役割を果たす。g: 直径巻尺を用いた胸高直径測定の様子。

II 特性表の説明

3. 各特性の評価方法

(2) 通直性

通直性は、次代検定林の定期調査に使用している調査方法を使用しました。幹曲がりと根元曲がりの双方とも下表の評価基準により観察対象を各評価値へ区分しました。

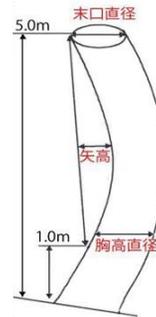


図 通直性のうち幹曲り評価に関する諸特性評価は目視により、末口直径と矢高の関係及び採材可能な長さを、下表に照合して、対象個体を評価する。

表 通直性のうち幹曲り（地上高1m～5mの部位）の評価基準

評価	幹曲りの評価基準
5	全く曲りがない
4	少し曲りがあるが、4 mの採材に支障がない
3	中程度の曲がり（矢高が末口直径の1/2倍未満）があるが3 mの採材ができる
2	やや大きな曲がり（矢高が末口直径の1/2倍以上直径未満）があるが3 mの採材ができる
1	大きな曲がり（矢高が末口直径以上、もしくは重曲）があり3 mの採材ができない

表 通直性のうち根元曲り（地際～1m）の評価基準

評価	根元曲りの評価基準
5	全く曲りがない
4	少し曲りがあるが、採材に支障がない
3	地上高50cm未満の部位を切り捨てる曲りがある
2	地上高50cm以上75cm未満の部位を切り捨てる曲りがある
1	地上高75cm以上を切り捨てる曲りがある

II 特性表の説明

3. 各特性の評価方法

(3) 材質

材質は、ヤング率と相関が高いとされる応力波伝播速度について、候補木の選抜時に生立木の状態で、胸高部付近を測定し、各次代検定林内の偏差値に基づいて、下表に示す5段階評価を示しました。応力波伝播速度は、FAKOPP（FAKOPP Enterprise社製）あるいはTreeSonic（FAKOPP Enterprise社製）を用いて測定したセンサー間の応力波伝達時間をセンサー間の距離で除して、算出しました。



図 応力波伝播速度によるヤング率の間接評価の器具と測定の様子

a : TreeSonic. b : FAKOPP. c: TreeSonicを用いた測定の様子。測定方法はaとbで共通しており、スタートセンサーとストップセンサーを樹幹にさしこみ、スタートセンサーの端をたたいて発生した応力波がストップセンサーに伝わるまでの所要時間をマイクロ秒単位で測定する。測定した値は、cの写真では左手に持っているタイマーに、4桁の数字で記される。林木育種センター関西育種場では、通常、センサー間距離を1mとして、速度算出を単純化している。算出した応力波伝播速度は、スギのヤング率に大きく影響するマイクロフィブリル傾角と強い相関がある。速度が速いほどヤング率が高いと評価される。両製品の大きな違いは、TreeSonicは、センサーに金属の重りを付すことで、測定値の安定性を向上させている点にある。

II 特性表の説明

3. 各特性の評価方法

(4) 繁殖特性

着花性：7月～8月にジベレリン処理を行った雄花および雌花の着花性ならびにジベレリン処理を行わない状態での雄花の着花性を調査しました。雄花の調査は、スギ花粉発生源対策推進方針の別記1にある“2. ジベレリン処理による調査（相対評価）の場合”により5段階評価で評価値を蓄積しました（林野庁、2024）。雌花の調査は、ジベレリン処理を施した部位について、関西育種基本区の精英樹特性表（関西育種場、1998）に従って5段階評価で評価値を蓄積しました。

指数	雄花の着生状況
5	雄花の着生範囲が広く、着生量が非常に多い
4	雄花の着生範囲が広く、着生量が多い
3	雄花の着生範囲、着生量とも中程度
2	雄花の着生範囲が狭く、着生量が少ない
1	雄花の着生範囲、着生量とも非常に少ないか、全くない

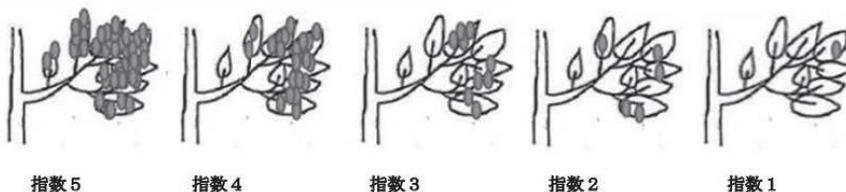


図 ジベレリン処理によるスギの雄花着花指数評価の基準
スギ花粉発生源対策推進方針（平成13年 6月19日13林整保第31号、最終改正
令和6年4月3日5林整森第288号）別記1より抜粋

評価値	着花の程度	
5	着きやすい	
4	比較的着きやすい	
3	中間	
2	着きにくい	
1	着花しない	

図 ジベレリン処理によるスギの雌花着花指数評価の基準
表は関西育種基本区精英樹特性表（1998）より抜粋。関西育種場では、通常、3名
で同時に評価を行い、他の観察者の評価による影響を最小化するよう努めている。

II 特性表の説明

3. 各特性の評価方法

(4) 繁殖特性

種子生産性：エリートツリー（特定母樹）のミニチュア採種園から秋季に採取した球果を乾燥・脱粒し、種子を収穫しました。本特性表では、個体あたりの収穫球果数および種子の千粒重を調査し、示しています。種子充実率は種子選別機を用いて選別された種子により充実率を算出したものを示しています。



図 スギの球果 (a) と種子 (b)

発根性：各系統あたり複数の穂木をさし床にさしつけ、発根の有無を確認する発根性調査の結果をもとに、各系統ごとの発根率を算出し、下表による5段階評価を行いました。発根性調査を複数年にわたって継続的に実施した場合は、それら複数回の平均値を示しています。採取した穂木は、長さを概ね20~25cm程度に調整し、さしつけ前日に40倍（IBA 0.01%）に希釈したオキシベロン液剤（バイエルクロップサイエンス）に浸漬した後、鹿沼土を敷き詰めたさし床にさしつけています。その後ミストによる灌水を行いました。



図 さし床 (a) と発根したさし穂 (b)

表 発根率の評価値

評価値	発根率の範囲
5	80%以上
4	60%以上80%未満
3	40%以上60%未満
2	20%以上40%未満
1	20%未満

II 特性表の説明

4. 環境の影響を加味した解析について

樹高および胸高直径では、2段階の解析を行いました。まず、各検定林で測定された観察値をもとに、各検定林内に設定したブロック内を単位として空間自己相関⁶⁾を加味する解析モデルにより、尾根や谷といった微地形などに起因する環境変動の影響を除いた樹高の補正値を算出しました。この補正値を用いて、解析対象の全ての検定林を統合したデータセットを作成し、Blup法⁷⁾により、検定林間の違いやブロック間の違いの影響を取り除いた各系統の評価値を算出しました。さらに母樹として生み出す実生苗の能力を推定する場合は、血縁情報を解析の要因として加えて育種価⁸⁾を算出しました。

着花性や種子生産性については、観察年間や観察地間の違いの影響を取り除いた各系統の評価値を算出しました。

これらの解析は統計解析ソフトAsreml-Rで行いました。

5. 偏差値を用いた5段階評価について

本特性表では、樹高、胸高直径、応力波伝播速度、着花性および球果生産性について、偏差値による5段階評価を示しています。これらの系統代表値 (x) は、いずれも正規分布することを仮定し、その分布パラメータである平均値および標準偏差を、それぞれ μ および σ とあらわした場合に、下表であらわされる範囲に当てはまることを意味します。今回は、イメージしやすくするために、学校教育においてよく活用される平均値50、標準偏差が10の正規分布における偏差値を備考欄に併記します。

表 偏差値を使用した5段階の評価値

評価値	偏差値の範囲	備考
5	$\mu + 1.5\sigma < x$	65以上
4	$\mu + 0.5\sigma < x < \mu + 1.5\sigma$	55以上65未満
3	$\mu - 0.5\sigma < x < \mu + 0.5\sigma$	45以上55未満
2	$\mu - 1.5\sigma < x < \mu - 0.5\sigma$	35以上45未満
1	$x < \mu - 1.5\sigma$	35未満

II 特性表の説明

6. 材料別の評価特性

(1) 原木の特性

選抜時の評価を公開するために、原木の評価を掲載しています。

樹高および胸高直径については、今回、最も多くのエリートツリー（特定母樹）の原木が測定履歴をもつ30年次調査の樹高と胸高直径について、選抜対象林分となった7か所の次代検定林のデータを一つのデータセットにまとめて解析し、算出された育種価に全平均を加え、エリートツリー（特定母樹）内における偏差値により5段階で評価しました。

材質（応力波伝播速度）は、算出された速度について各次代検定林内における各原木個体の偏差値により5段階で評価しました。

通直性は、5段階評価の観察値そのもので評価しました。

(2) 実生後代により評価した特性

関西育種基本区の大半は実生苗により造林されます。エリートツリー（特定母樹）が生み出す苗の能力を公開するために以下の特性は実生後代を調査・評価し、掲載しています。

特定母樹を含むエリートツリーを親とする人工交配等によって得られた種子から実生苗木を育成し、それらの苗木を植栽した次代検定林を造成しました。本特性表では、6か所の試験地における5年次および4か所の試験地における10年次の樹高のデータを解析し、算出された育種価に全平均を加え、エリートツリー（特定母樹）内における偏差値により5段階評価を示しました。

(3) クローン苗木により評価した特性

次世代化によるスギ精英樹の改良では、候補木から穂木を採取し、無性繁殖の上、関西育種場構内に生体保存し、各種特性評価を進めつつ、特定母樹のように要望のある系統は希望した府県等へクローン増殖の上、原種配布されます。これらの背景から、採種園運用上の繁殖特性を公開することを主な目的として、以下の諸特性をエリートツリー（特定母樹）のクローン苗木を調査し評価しました。この評価に当たり、関西育種基本区内の府県にも呼びかけを行い、後述する機関にご参画いただき、種子生産事業用に配布された原種を観察対象として評価を実施しました。以下に挙げる特性をとりまとめて掲載しました。

II 特性表の説明

6. 材料別の評価特性

(3) クローンにより評価した特性（つづき）

樹高について、特定母樹を含むエリートツリーとその候補木を採穂母樹として採取した穂木からさし木苗木を育成し、それらの苗木を植栽した試験地を造成しました。本特性表では、5年次および10年次の樹高のデータを解析し、各エリートツリー（特定母樹）について、さし木苗木を生み出す採穂母樹としての遺伝的な能力の値を推定しました。評価に当たり考慮した要因は、ブロック内の微環境、ブロックの違い、検定林の違いです。Blup値の偏差値を5段階で評価しました。

さし木発根性について、関西育種場四国増殖保存園に生体保存した特定母樹を含むエリートツリーとその候補木を、原種配布やさし木試験地造成を目的としてさし木増殖する際に、その発根率を調査しました。調査は2011年度～2024年度に行っています。さし木発根性は、その絶対値の高さが重要であるため、単純な算術平均値を5段階で評価しました。

着花性について、関西育種場四国増殖保存園に生体保存した特定母樹を含むエリートツリーとその候補木を、2017年～2022年にかけて調査しました。その後、さらなるデータの充実を図るために、関西地区林業試験研究機関連絡協議会育林育種環境部会で共同試験を呼びかけたところ、種子生産事業用に着花促進した枝について調査がなされ、和歌山県、山口県、香川県および愛媛県に2022年～2024年の結果を提供頂き、今回の解析に含めることができました。評価に当たり考慮した要因は、観察時の樹齢の違い、調査年の違い、調査機関の違い、調査機関内での地番の違いです。Blup値の偏差値を5段階で評価しました。

種子生産性に関しては、個体あたりの収穫球果数、千粒重および種子充実率を掲載しています。これらは、隣接する個体の開花の早晚などにも影響されるため、まとめた評価値の再現性があまり高くない可能性があります。種子生産に関する実績の数値を共有することは、種苗生産関係者にとって有益と考え、本特性表では掲載することにしました。着花性同様に、個体あたりの収穫球果数及び千粒重は、三重県、徳島県、香川県及び愛媛県から、種子充実率は、徳島県から結果を提供頂き、解析・評価を行いました。評価に当たり考慮した要因は、観察時の樹齢の違いまたは個体サイズ（地際直径）、調査年の違い、調査機関の違いです。Blup値の偏差値を5段階で評価しました。