

I 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¹⁾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。これまでに森林総合研究所林木育種センター九州育種場（以下、九州育種場という。）では、200系統のスギエリートツリーを開発しており、そのうち18系統が特定母樹²⁾に指定されています（2023年3月末現在）。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植栽試験地（遺伝試験林³⁾等）の成長量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、それらデータを解析し、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の特性を取りまとめたものです。

2. 調査対象

九州育種基本区では1969年～2007年に設定した37箇所の次代検定林⁴⁾から1,032個体のスギエリートツリー候補木⁵⁾の選抜を行い、その中から200系統のエリートツリーを開発しています（2023年3月末現在）。本特性表に記載されたエリートツリーの原木データ（成長特性・材質特性）は、当該クロンの原木が選抜された次代検定林において得られた調査データを検定林ごとに解析し取りまとめたものです（評価方法は後述）。また九州地域では、スギは主にさし木苗木で造林されるため、エリートツリー候補木は2002年以降に設定した遺伝試験林等でクロン検定⁶⁾を行い、さし木苗木としての特性を調査しています。本特性表に記載されたさし木データ（成長特性・通直性）は、エリートツリー及びエリートツリー候補木のクロンが植栽された遺伝試験林等で得られたデータを解析して取りまとめたものです（評価方法は後述）。さらに、九州育種場内に植栽されたエリートツリーのクロンを活用して、系統ごとの発根率や雄花着花量等、繁殖特性の調査を行い、得られたデータを特性表に取りまとめました。

I 特性表の説明

3. 各種特性の評価方法

(1) 成長特性（原木）

樹高：第1世代精英樹の後代の実生苗木により造成した次代検定林（育種集団林⁷⁾等）において5年次、10年次、15年次、20年次に調査した値です。測竿あるいはVertex（Haglof）を用いて測定しています。5段階評価の値は育種価⁸⁾の偏差値に基づいて算出しています。5、4、3、2、1の5段階評価で表しており、相対的に5が優れており、1が劣っています。育種価はその系統がどの程度遺伝的に優れているかを示す値です。各検定林内で遺伝的に優れた系統は正の値、劣っている系統は負の値、平均的な系統は0となります。育種価はBLUP法⁹⁾で算出しました。また、試験地内の微小な環境の変化によって生じる誤差を取り除くため、空間自己相関誤差¹⁰⁾を解析モデルに組み込みました。解析は統計パッケージR上でASReml¹¹⁾（VSN International; Gilmour et al. 2009^{*}）を用いました。

※:Gilmour AR, Gogel B, Cullis B, Thompson R（2009）ASReml User Guide. VSN International Ltd.

表 樹高・胸高直径・材積の評価値

評価値	判定	偏差値の範囲
5	優れている	65以上
4	やや優れている	55以上65未満
3	平均的	45以上55未満
2	やや劣る	35以上45未満
1	劣る	35未満

胸高直径：第1世代精英樹の後代の実生苗木により造成した次代検定林（育種集団林等）において5年次、10年次、15年次、20年次に調査した値です。1mm目盛りの輪尺を用いて、斜面上側より胸高部（高さ120cm）の樹幹の直径を測定しています。5段階評価の値は上述の樹高と同じ方法で算出しています。

I 特性表の説明

(2) 成長特性・通直性（さし木）

樹高：原木をさし木増殖した苗木によって造成した次代検定林（遺伝試験林）等において5年次、10年次、15年次に調査したデータを統計的に解析して推定した値です。この推定値は平均的な林地において、その系統が示すと考えられる樹高を示しています。各検定林において測竿あるいはVertexを用いて測定した各苗木の樹高データから、2段階の解析によって推定値を算出しました。まず、各検定林の調査データについて空間自己相関する誤差項を持つモデルを解析して、検定林内の微小な環境変動の影響を除いた値を求めました。これらの値を全ての検定林について集約し、BLUP法によって複数検定林の統合解析を行い、各系統の育種価を推定しました。育種価はその系統がどの程度遺伝的に優れているかを示す値で、遺伝的に優れた系統は正の値、劣っている系統は負の値、平均的な系統は0となります。平均的な林地において平均的な系統が示す樹高に、各系統の育種価を加えて各系統の推定値を算出しています。これらの解析は統計パッケージR上でASRemlを用いて行いました。5段階評価の値は育種価の偏差値に基づいて算出しています。5、4、3、2、1の5段階評価で表しており、相対的に5が優れており、1が劣っています。5年次の評価は、9箇所の次代検定林等での調査結果に基づき、5段階の相対評価を行いました。10年次の評価は、4箇所の次代検定林等での調査結果に基づき、同様に5段階の相対評価を行いました。15年次の評価は、3箇所の次代検定林等での調査結果に基づき、同様に5段階の相対評価を行いました。

胸高直径：さし木苗木により造成した次代検定林（遺伝試験林）等において10年次、15年次に調査したデータを統計的に解析して推定した値です。各検定林において、1mm目盛りの輪尺を用いて、斜面上側より胸高部（高さ120cm）の樹幹の直径を測定しています。樹高と同じ方法で推定値と5段階評価の値を算出しました。

材積：さし木苗木により造成した次代検定林（遺伝試験林）等について上記で得られた15年次の樹高推定値と胸高直径推定値に基づき、森林総合研究所「幹材積計算プログラム」により推定し、5段階評価の値を算出しました。

I 特性表の説明

幹曲り：次代検定林（遺伝試験林）等の15年次に下表の基準によって調査したデータを統計的に解析して推定した値です。樹高と同じ方法で推定値を算出し、四捨五入して示しています。

表 幹曲りの評価値

評価値	幹曲りの評価基準（高さ1m～5mの矢高の程度）
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	矢高が末口直径の1/2倍未満
2	矢高が末口直径の1/2倍以上、直径未満
1	矢高が末口直径以上、もしくは重曲

根元曲り：次代検定林（遺伝試験林）等の15年次に下表の基準によって調査したデータを統計的に解析して推定した値です。樹高と同じ方法で推定値を算出し、四捨五入して示しています。

表 根元曲りの評価値

評価値	根元曲りの評価基準（根元の切り捨ての程度）
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	0.3m以上0.6m未満に切り捨てる曲りがある
2	0.6m以上1.2m未満に切り捨てる曲りがある
1	1.2m以上に切り捨てる曲りがある

I 特性表の説明

(3) 材質特性（原木）

ヤング係数¹²⁾：原木が植栽されている次代検定林（育種集団林）等において、FAKOPP（FAKOPP Enterprise）あるいはTreeSonic（FAKOPP Enterprise）を用いて応力波伝播速度¹³⁾を測定しました。一般に応力波伝播速度が速いほど、ヤング係数が高く、材質がよいと考えられます。応力波伝播速度は調査時の樹齢によって影響を受けると考えられるため、同時に調査した一つの試験地内の樹齢が同一である個体（エリートツリーおよびエリートツリー候補木）の調査結果に基づき、応力波伝播速度の速いものを5とする、5段階の相対評価を行いました（調査個体数は検定林ごとに異なります（55個体～93個体））。

表 材質特性の評価値

評価値	判 定	偏差値の範囲
5	高い	65以上
4	やや高い	55以上65未満
3	平均的	45以上55未満
2	やや低い	35以上45未満
1	低い	35未満

機械等級区分構造用製材の等級：応力波伝播速度から次式によりヤング係数を求め、下表のJAS機械等級区分構造用製材の等級による評価を併記しました。

$$E = \rho \cdot V^2$$

（E：ヤング係数、 ρ ：有効密度（0.83g/cm³（池田ら 2000※）とした）、V：応力波伝播速度）

※：池田潔彦・大森昭壽・有馬孝禮（2000）応力波伝播速度による立木材質の評価と適用（第3報）スギ精英樹立木の材質評価. 木材学会誌 46: 558-565

表 機械等級区分

表示等級	曲げヤング係数（GPa又は10 ³ N/mm ² ）
E90	7.8以上9.8未満
E70	5.9以上7.8未満
E50	3.9以上5.9未満

I 特性表の説明

(4) 繁殖特性

発根率：原木のクローン増殖木から採取した穂木をさしつけ、調査した発根率の平均値です。穂木は長さ30cm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、温室内の鹿沼土にさしつけました。その後ミストによる灌水を行いました。さしつけは2015年～2023年の11月～4月に行いました。秋ざしの場合は主に春に、春ざしの場合は6月末ごろに発根率を調査しました。

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

雄花着花量：九州育種場内に植栽されているエリートツリーおよびエリートツリー候補木に対して、1クローンあたり2個体、1個体につき3枝にジベレリン（GA）処理を行い、「雄花着花性に関する調査実施要領（平成3年林野庁長官通達）」に基づき、雄花着花量を5段階で評価しました。各個体の雄花着花量データを用いて、ASRemlで各系統の育種価を算出しました。5段階評価の値は育種価の偏差値に基づいて算出しています（評価値5は相対的に雄花が多く、評価値1は少ないことを意味します）。

表 雄花着花量の評価値

評価値	判定	偏差値の範囲
5	多い	65以上
4	やや多い	55以上65未満
3	平均的	45以上55未満
2	やや少ない	35以上45未満
1	少ない	35未満