

【特集】 今後の種苗供給における林木育種の課題

今後のエリートツリーの活用による育種の推進

星 比呂志^{*1}・倉本 哲嗣²・平岡 裕一郎³

はじめに

林木育種センターでは、エリートツリーの選抜を、スギ、ヒノキ等について取り組んでいる。本稿では、エリートツリーの開発とその活用について紹介する。なお、「エリートツリー」は、ここでは第2世代またはそれ以降の精英樹を指している。普及の促進のため、印象に残りやすい呼称として使っているもので、検定済みの精英樹を指すエリートツリーより広い意味で使っている。

エリートツリー開発の経緯

エリートツリーの開発は昭和29年(1954年)から開始された精英樹の選抜に遡る。精英樹の選抜は、国家的なプロジェクトとして行われ、スギ、ヒノキ、アカマツ、クロマツ、カラマツ、トドマツ、アカエゾマツやミズナラ等の主要林業用樹種について、約9,100本が森林管理局及び都道府県により選抜された。そのほとんどが林木育種センターと各育種場に保存されている。

選抜した精英樹によって、昭和32年(1957年)から、採種園・採穂園が造成された。造成は順調に進み、現在では、スギ、ヒノキの造林用山行き苗木の約7割が、これらの採種園から生産された種や穂木から育成された苗木となっている。

採種園の造成と並行して、昭和39年(1964年)から、次代検定林の造成が開始された。その主な目的は、選抜した精英樹の性能(遺伝的能力)の評価である。検定林においては、5年次、10年次、20年次、30年次等の主要な年次で樹高、胸高直径、曲がり等の調査が行われている。調査データは林木育種センターに集められ、統計学的な分析が行われている。現在では、スギ、ヒノキ等の

主要な樹種について、それぞれの育種基本区ごとに、20年次あるいは30年次の特性表(精英樹の成績表)がまとめられるに至っている。

精英樹の成績が明らかになるにしたがい、成績が優秀な精英樹同士を人工交配して、優良な次世代を育成するプロジェクトが、昭和55年(1980年)から開始された。人工交配苗木による検定林は、昭和59年(1984年)から順次造成され、現在では、日本全国に96箇所、62haを造成するに至っている。人工交配の組み合わせ数は約9,300組み合わせ、植栽されたF₁は約22万個体に及んでいる。

エリートツリーはこれらのF₁を母集団として開発しているものである。

エリートツリーの選抜方法

エリートツリーの選抜母集団となっている検定林の代表的なものは育種集団林で、その基本設計は次の通りである。

検定に供する家系は、成長上位の精英樹を交配親(24クローン)とした4×4のハーフダイアレル交配家系(6家系)の6セット、計36家系となる。対照として、成長が上位と中位の精英樹の自然交配家系各3家系等の8家系を用いる。植栽は24列×10行を1ブロックとして6ブロックを配置する。1検定林あたりの検定木の植栽本数は、1,440本程度となる。植栽は単木混交とし、1ブロックに検定家系と対象家系の各家系を植栽する。各家系の植栽本数は6ブロック合わせて30本程度となる。なお、交配セット数、対照家系数、植栽ブロック数などについては、検定林によって多少前後している。

エリートツリー候補木(第2世代精英樹候補木)の育種集団林などからの選抜は、樹種や地域により多少の方

* E-mail: bbidtm@affrc.go.jp

¹ ほし ひろし 森林総合研究所林木育種センター

² くらもと のりつぐ 森林総合研究所林木育種センター九州育種場

³ ひらおか ゆういちろう 森林総合研究所林木育種センター

エリートツリーの苗木の性能

法の違いはあるが、いずれも、成長が良く、材質が優れたものを家系のバランスも考慮して選抜する考え方で行っている。一例を示せば、以下のような机上選抜（一次選抜）と現地選抜（二次選抜）の2段階で行っている（三浦ら 2013）。

机上選抜では、検定林の定期調査データ（10年次、20年次、30年次等）をもとに、樹高、胸高直径などのデータを統計学的に分析し、樹高や胸高直径の大きい個体を選抜する。個体ごとの樹高、胸高直径の値については、最近では、複数の検定林データを用いて、最良線形不偏予測（BLUP）法により育種価を求めることが多くなっている。また、選抜の際には交配組み合わせが偏らないように、すべての交配組み合わせから値の大きい3個体を選抜する、などの方法を採用している。

現地選抜は現地に赴いて行うもので、まず、机上選抜した個体について、現地において通直性や真円性、病虫害等の被害状況などを確認し、不適当な個体は除く。その上で、材質調査を行う。材質については、スギにおいては剛性（ヤング率）が重要視されていることから、剛性の指標となる応力波伝搬速度（樹幹内を通過する音速のことで、音速が大きいほどヤング率が高い。）の調査を行っている。応力波伝搬速度の調査は、立木状態で効率よく行うことが出来、その後の立木の成長に影響を与えないので、近年主流となっている方法である（藤澤・倉本ら 2003、藤澤・柏木ら 2003）。材質調査結果を活用して、成長が良いものの中から材質が優れているものを選抜する。例えば、家系の成長形質の育種価の高い25家系について、すでに机上選抜で選んだ育種価が高い3個体から、音速が測定した個体中上位2/3に入る1個体を選ぶ、などの方法である。なお、この場合、育種集団林の検定木が標準的な設計の36家系、1,440本の場合、個体の選抜率は25/1400と約2%であるのに対し、家系の選抜率は25/36と70%程度となり、家系の絞り込みはあまり強くは行っていない。これは、第3世代以降の育種も考慮しているためである。

このような方法で机上選抜、現地選抜を経て選抜したものを第2世代精英樹の候補木とする。そしてこれらの候補木の中から、①材積の選抜林分における5段階評価が4以上で、②雄花着生量が周囲の同様の環境・林齢の林分の個体平均以下で、③幹の曲りや材の剛性に著しい欠点がなく病虫害に脆弱ではないこと等が認められるものを、エリートツリーとして決定している。平成25年（2013年）3月末現在、関東、関西、九州の育種基本区において、146本のスギのエリートツリーを決定している。

スギについては、エリートツリーとその候補木によるさし木検定林が九州育種基本区で10年ほど前から、実生の検定林が数年前から造成され始めているが、その他の育種基本区においてはまだ造成されていない。このため、エリートツリーの苗木の性能については、可能な場合には苗木の成長データから計算（試算）を行い、それ以外の場合には、エリートツリー本体の成長データと遺伝率等から計算して推定した（星・倉本 2012）。

スギにおいては、九州育種基本区と関東育種基本区で計算を行った。九州育種基本区においては、さし木検定林の10年次までのデータが得られ始めているので、このデータを活用して、初期成長についての計算を行った（図-1）。

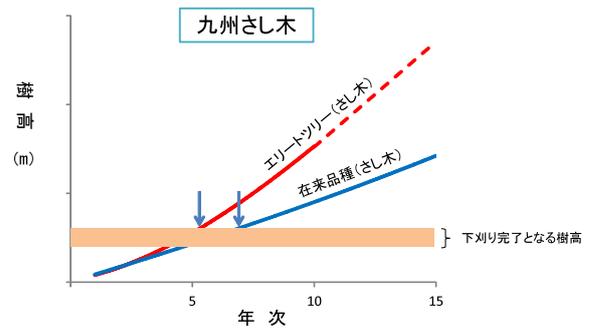


図-1 エリートツリー苗木の初期成長の計算
九州育種基本区における試算。

図-1の計算は、エリートツリーについては、これまでの選抜によるエリートツリー優良5品種のさし木苗10年次までの樹高（実測）から反復率（0.8と仮定）を考慮して、エリートツリーのさし木苗の樹高を計算した。なお、10年次以降の樹高については、Gompertzの成長曲線式を当てはめて推定した。また、在来品種については、対照木として検定林に植栽されているアヤスギ、オビスギ、シャカイン、タノアカ、メアサ、イボアカ、オビアカ、キジンの30年次までの調査結果に基づき計算した。

その結果、エリートツリーの成績上位のものは初期成長が速いと試算され、下刈り終了時の平均樹高を3mと仮定すれば、約5年で下刈り終了の樹高に達する。これに対して在来品種においては約7年を要すると試算され、このため、エリートツリーでは下刈りを2回削減出来ることが期待される。

また、伐期に至るまでの林分材積について計算により推定(試算)を行った結果では、九州地方では、エリートツリーのさし木苗を造林した場合、30年で在来品種の50年と同等の林分材積となり、関東地方では、エリートツリーの実生苗を造林した場合、40年で地スギの50年と同等の林分材積となると試算された。九州地方でも関東地方でも中径材生産のための伐期は概ね50年程度とされており、エリートツリー種苗の造林により、伐期の短縮が期待される。

エリートツリーを用いた育種の進め方

エリートツリーの原種については、平成24年(2012年)5月に、全国で初めて茨城県に配布され、ミニチュア採種園が造成されている。平成26年(2014年)にも最初の着花促進処理が行われる見込みであり、数年後の種子の採種と苗木の生産が期待されている。

このように、事業が軌道に乗ることが期待される一方で、今後エリートツリーを使って、育種をどのように進めていくのか、長期的なビジョンを作ることも必要である。Koski and Antola (1993)などを参考に検討し、モデル化したものが図-2であり、詳細は以下のようなものである。

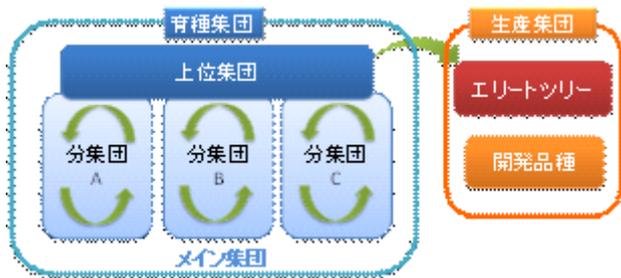


図-2 エリートツリーを用いた育種のモデル

何世代にもわたって育種を進め、改良された種苗を普及するためには、交配等により遺伝的改良を進めていく育種の基盤になる集団(育種集団)と採種徳園の構成木に用いて優良種苗を生産する集団(生産集団)に分けるのが一般的である。エリートツリーは採種徳園の構成木となり種苗を生産するものであり、生産集団に位置づけられると考えている。一方、育種集団は、エリートツリーだけでなく第2世代精英樹候補木全体を含むことにしている。

第1世代精英樹は、一般造林地から選抜されていたため、それぞれの精英樹間には、一部を除き、血縁関係は無いと考えられる。このため第1世代の育種集団においては、交配の組み合わせは原則自由であり、育種区単位で自由な組み合わせで交配を行っていた。しかし、第2世代の育種集団の場合は、選抜した精英樹に血縁関係があることもある。また、第2世代は第1世代精英樹のうち成績優秀なもの(集団の一部)同士の交配により作っている場合が多いため、集団のサイズは第1世代に比べて小さくなっている。このため、第2世代集団内で交配を行う場合、近交度の上昇は、より起こりやすくなっている。このような場合、一般的に採用されている方法は、育種集団を分集団化する方法である。交配は、分集団の内部で行い、分集団間では行わない。こうすることにより、分集団内では近交度が上昇することはあっても、分集団間では近交度が上がることはない。このことを利用し、例えば採種園を造成する際には、各分集団から1個体ずつを選んで採種木とすれば、常に近交度が低くかつ高い改良効果が期待できるものとなる。

また、世代を重ねることで、高い改良効果を上げるには、大きい集団において任意交配を行う方法が優れている。しかしこの方法の場合、何世代も改良を重ねた場合の改良効果は高いが、1世代あたりの改良効果は小さくて実用性が低いという欠点がある。一方、少数の優れた個体同士を交配する方法は、1世代あたりの改良効果は高いが、改良効果が数世代で頭打ちになり、かつ、近交度が上昇して、改良が止まってしまうという欠点がある。両者の優れた点を活用し、欠点を克服するためには、育種集団を、長期的に世代を重ねて改良を図るメインの集団と、その中に、高い改良効果をねらった上位集団との2種類とする方法を採用する。メイン集団は第2世代精英樹候補木を主体に、上位集団はエリートツリーを主体とする。

現在、このモデルにしたがって、個々のエリートツリーや第2世代精英樹候補木を上位集団、メイン集団に振り分け、分集団化等の作業を進めているところである。なお、分集団の数、構成要素等については、樹種、地域によって様々な形ができるものと考えている。また、このモデルについては、シミュレーションなども行って、検討、改良を進めていく予定である。

今後の取り組み

エリートツリーの開発については、現在、全国で、ス

ギの他、ヒノキ、カラマツ類、トドマツについても、第2世代精英樹候補木の選抜を進めているところであり、これらの中から、順次、エリートツリーの決定を進めていく計画である。

その際、第1世代の精英樹がそうであったように、種苗の普及(採種穂園の造成と種苗生産)と性能の評価(検定林の造成、精英樹の評価)は同時並行的に進める必要があり、すでにその取り組みに着手しているところである。今後は、検定林の造成と調査を進め、これまで計算により推定(試算)している成長が、その通りかどうかの検証を行っていく考えである。

検定林からは近い将来第3世代精英樹候補木の選抜も予定している。第2世代精英樹候補木の選抜を行うには当初20~30年を要していたが、最近では成長形質に関しては10年程度でも選抜が可能となっており、現在、さらなる短縮のための技術開発に取り組んでいる。

エリートツリーは成長が速く下刈り回数が軽減されることが期待されている。また、樹冠がうっ閉するまでの期間がこれまでよりかなり短いことが、育種集団林における観察などから予想されている。このため、低密度植栽による間伐回数の削減なども期待されている。これらについても、実際に試験地を設定して、実証を行う必要があり、実証試験地の設定に向けて、準備を進めているところである。

タ一年報: 22-25

引用文献

- 藤澤義武・柏木学・井上裕二郎・倉本哲嗣・平岡裕一郎
(2003) ヒノキ第二世代精英樹候補個の選抜 -九熊本2号検定林(遺伝試験林)-. 平成14年度林木育種センター年報: 72-76
- 藤澤義武・倉本哲嗣・平岡裕一郎・柏木学・井上祐二郎
(2003) FAKOPPによるスギクローンの非破壊的材質評価. 第53回木材学会大会講演要旨集: 55
- 星比呂志・倉本哲嗣 (2012) エリートツリーにより期待される施業の効率化. 現代林業 2012年9月号: 31-35
- Koski V, Antola J (1993) National tree breeding and seed production programme for Turkey 1994-2003. The Research Directorate of Forest Tree Seeds and Tree Breeding, Ankara, Turkey
- 三浦真弘・平岡裕一郎・小野雅子・宮下久哉・星比呂志
(2013) 関東育種基本区における育種集団林からの第2世代精英樹候補木の選抜 -北関東育種基本区における2育種集団林からの選抜-. 平成24年版林木育種セン