

ゲノム情報を利用した育種高速化技術の体系化

林木育種センター	平岡 裕一郎、三嶋 賢太郎、能勢 美峰、坪村 美代子、大平 峰子、 花岡 創、山野邊 太郎、高島 有哉、高橋 誠、星 比呂志
森林バイオ研究センター	平尾 知士
九州育種場	栗田 学、武津 英太郎、倉本 哲嗣
東北育種場	井城 泰一
九州大学	渡辺 敦史、田村 美帆

要 旨

スギをはじめとする林木の遺伝的改良においては、林業上重要な成長や材質などの特性を把握する必要があります。しかしそうした特性は木材として利用できる樹齢になるまでわからないため、調査には数十年の年月が必要でした。そこで、スギのゲノム情報を利用してこの時間を大幅に短縮することを目指しました。多数のスギ精英樹^{*}からゲノム情報を網羅的に収集し、成長などの形質を予測する数式モデルを作成しました。数式による予測と若齢時の実際の測定値を総合評価することにより、成長の良好な精英樹を短期間かつ高精度で選抜することが可能となりました。ゲノム情報の活用により、林木育種の高速化が実現しつつあります。

林木育種の高速化

スギなどの林木は、植えてから伐採・利用できるまで数十年もの長い期間を要します。これまでに品種改良(育種)によって、成長の早いもの、木材の性質が優れたもの、花粉が少ないもの、あるいは病虫害に強いものといった様々な優良品種が開発されてきましたが、これには非常に長い年月が必要でした。しかし、求められる品種をより早期に開発しニーズの変化にすばやく対応するには、育種に要する期間を短縮する、つまり林木育種の「高速化」を行う必要があります。その切り札として考えられているのが、ゲノム情報を利用した育種です。

ゲノム情報を利用した林木育種

ゲノムとは、生物の設計図である DNA がもつすべての遺伝情報のことです。異なる個体間では DNA の塩基配列^{*}が少しずつ違っています。この DNA の違い(DNA 多型)が、成長等の形質の良し悪しと関係しています。こうした DNA 多型情報を使えば、個体のもつ特徴を予測することができ、育種に要する期間を大幅に短縮することができると考えられます。実際、近年発達した DNA 解析技術を背景として、家畜や作物ではこうした手法による育種の研究が行われています。そこで我が国の主要な造林樹種であるスギにこの手法を試みました。

形質を予測する数式モデルの作成

スギのゲノム情報として、DNA 多型情報を探し出し、数百の精英樹について7万箇所以上の多型的な部位を調べました。これら精英樹の成長や材質等の形質を測定し、ゲノム情報と合わせて解析し、ゲノム情報から形質値を予測する数式モデルを作成しました(図1)。

植栽 20 年後の形質を 5 年目で予測

作成した数式モデルを使って予測した値と、実際に測定した値との間には正の相関関係が認められ、適用した精英樹の集団によっては比較的高い相関が得られました(表1)。この相関係数が大きいほど、モデルの精度が良いことを表します。作成した数式モデルを使って実際に成長に優れた精英樹が選抜できるどうかを明らかにするため、植栽後 20 年経過したときの材積を改良するよう様々な方法で選抜を試行し、選抜によって集団の平均値がどの程度向上するか(改良効果)を比較しました(図2)。その結果、ゲノム情報による予測に加えて若齢時(植栽後5年)の実際の測定値も用いて選抜すると、表1で相関係数が高かった集団 B では基準方法の9割以上、相関係数がやや低かった集団 A でも7割程度の改良効果が得られました(図2②)。つまり、ゲノム情報を活用することで、育種期間を短縮しつつ、高い精度での選抜が可能になるといえます。一方、ゲノム情報による予測のみで選抜した場合(図2③)は、若齢時の測定値も用いた場合(図2②)と比べて改良効果がやや小さい結果となりました。ゲノム情報のみでの予測精度を高めることで、育種期間をより短縮できると考えられますので、今後の研究により精度を向上させていくことが重要といえます。

本研究は、農林水産省委託プロジェクト研究「森林資源を最適利用するための技術開発」のうち「新世代林業種苗を短期間で作出する技術の開発」による成果です。

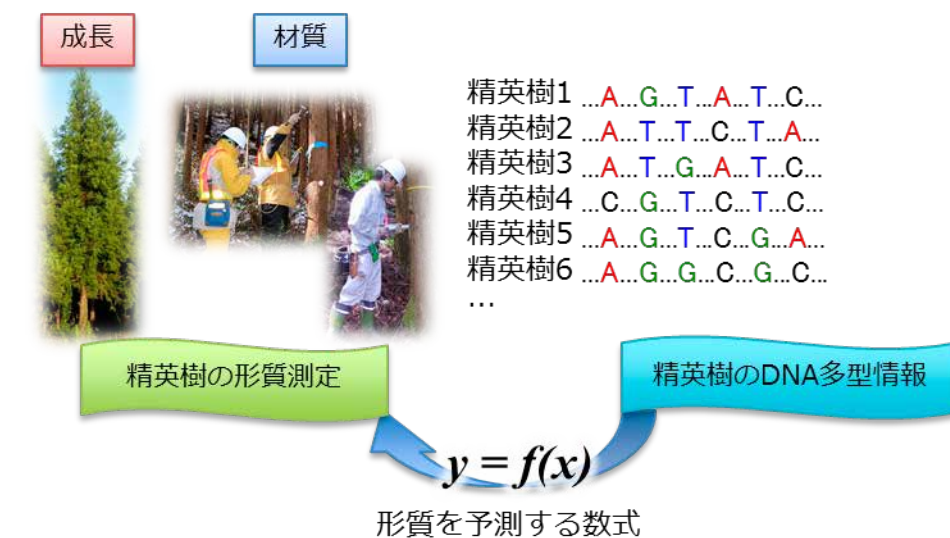


図1 ゲノム情報から形質を予測する

表1 予測した形質値と実測値との相関係数

	10年次 成長指標	20年次 成長指標	材の剛性 の指標	材密度の 指標
精英樹集団A	0.277	0.324	0.305	0.361
精英樹集団B	0.540	0.644	0.693	0.491

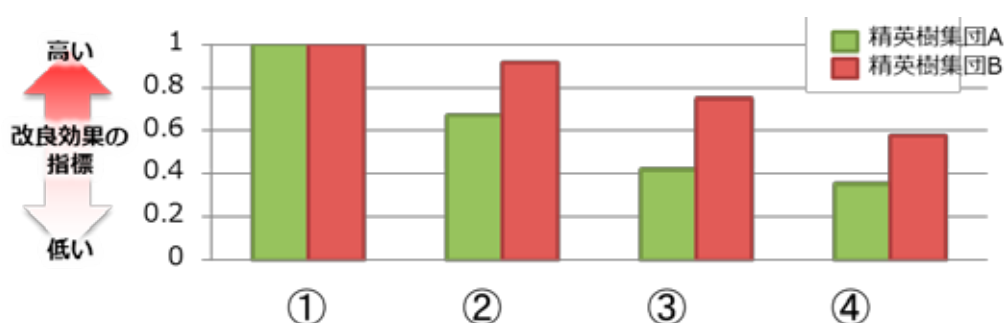


図2 選抜方法ごとの20年次材積の改良効果の比較（集団の上位10%を選ぶと仮定）

縦軸は選抜方法ごとの改良効果の相対値を表し、値が1に近いほど直接選抜したとき

(①)に近い効果が実現されることを意味します。

- ①実際の20年次の材積とゲノム情報を使って選抜した場合（基準方法：指標=1.0）
- ②実際の5年次の成長とゲノム情報を使って選抜した場合
- ③ゲノム情報のみを使って選抜した場合
- ④実際の5年次の成長のみを使って選抜した場合

※については、巻末の用語解説をご覧ください。