



スギにおける高容積密度系統の早期選抜に向けた試み

林木育種センター：安田 悠子、高橋 誠
 林木育種センター東北育種場：井城 泰一、三嶋 賢太郎
 林木育種センター関西育種場：高島 有哉
 静岡県立農林環境専門職大学：平岡 裕一郎

木 材品質の重要指標「容積密度」は、樹木の肥大成長に伴って形成される年輪と関係しています。スギの容積密度の改良を効率的に進めるため、年輪構造の中でどの形質が大きく寄与しているのか、その寄与度が樹齢とともにどのように変化しているのかを調べました。各形質データを収集し、年輪密度との相関係数や形質間の遺伝相関係数の年次変動を解析しました。その結果、「早材密度」と「晩材率」が容積密度に大きく寄与していること、10年生程度の形質値を用いることで将来の容積密度を早期に評価できることが明らかになりました。

■ 高容積密度系統の選抜の重要性

容積密度は重要な育種対象形質の一つです。今日においては、地球温暖化対策における人工林の二酸化炭素吸収源としての機能を高める観点からも、容積密度は材積に次いで重要な形質となっているほか、木材として利用する際の材の強度を担保する観点からも重要です。このような林木育種へのニーズに迅速に対応することを目標として、実際に現れた性質（表現型）に対する効率的な評価技術の開発のための取組の一つとして、容積密度に関連する年輪構造や細胞レベルの構造を評価するための組織解剖学的アプローチによる表現型測定手法の高度化等の技術開発を進めています。

■ スギの容積密度に影響を与える年輪構造の探索

木材の横断面の構造を観察すると、肥大成長を毎年行った結果として年輪が形成されています。容積密度は、年輪幅や晩材率、早材密度といった年輪構造が複合的に関与した形質であることから、容積密度の改良を効率的に進めるためには、どの年輪構造が容積密度への寄与が大きいのか、それらの年輪構造と容積密度への寄与は樹齢とともにどのように変化しているのか、といったことについて明らかにする必要があります。18年生のスギ第一世代精英樹の人工交配家系24家系342個体を用いて、軟X線デンシトメトリ法により得られる7つの年輪構造データ（年輪密度、年輪幅、早材幅、晩材幅、晩材率、早材密度、晩材密度）（図1）を収集し、各形質と年輪密度との相関係数、各形質間の遺伝相関係数の年次変動を解析した結果、早材密度と晩材率がスギの容積密度に寄与する主要な因子であることを明らかにしました（図2）。また、17年次の林齢を特性評価年次として年次変動（幼老相関）を解析した結果、スギでは10年生程度の早材密度と晩材率の形質値を用いることで将来の容積密度を早期に評価できる可能性があることが明らかになりました。

■ 細胞レベル表現型データ一括取得へ技術開発

また、現在、年輪構造を構成する形質をより詳細に評価するため、細胞の壁厚や細胞内腔径等の細胞レベルの表現型

データを大量に取得する技術の開発を試みています。具体的には、細胞観察に由来から使われている光学顕微鏡画像を取得する際に、年輪単位の横断面の画像を取得して細胞を観察できる長切片を作成する技術と、得られる画像から細胞レベルの表現型データを一括して取得する技術を組み合わせ、新たな画像解析手法の開発を進めています（図3）。この技術を確認して、細胞レベルの表現型データの活用が可能になることによって容積密度のゲノム予測モデルの精度を高め、林木育種の高速化に寄与することを目指します。

■ 専門用語

人工交配：交配を行う際に人為的に特定の個体の花粉を雌花に受粉させることです。

早材・晩材：1年輪内で年輪形成前半に形成された部分を早材、後半に形成された部分を晩材といい、早材密度は早材部分の単位体積あたりの質量、晩材率は年輪幅に占める晩材幅の割合を指します。

軟X線デンシトメトリ法：軟X線（約0.1～50 nmの波長のX線）を対象物質に照射して画像を取得し、軟X線の透過量に応じて生じた画像上の濃淡から対象物質の部位ごとの密度を測定する手法です。

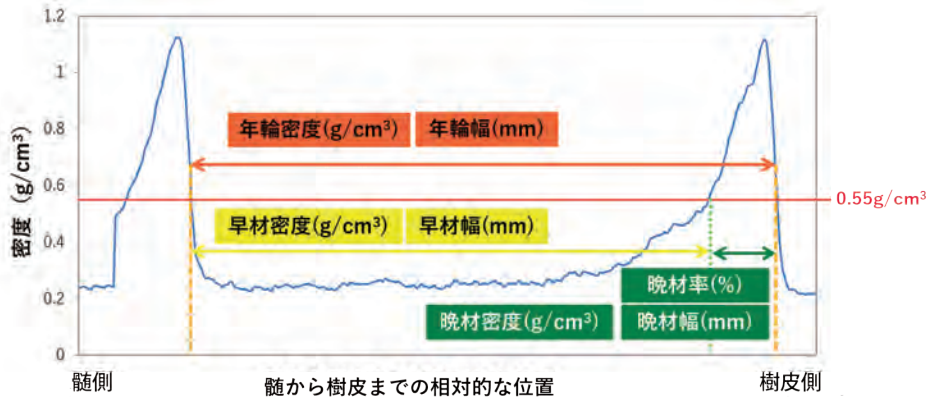


図1 軟X線デントメトリ法で得られる年輪構造データ

左側が幹の中心側、右側が樹皮側、青い線が密度の実測値です。両矢印の各範囲における密度や長さをもとに年輪構造データを取得します。赤い横線は早材と晩材の境界値で、これを上回る（密度が高い）青線範囲が晩材、下回る（密度が低い）青線範囲が早材です。

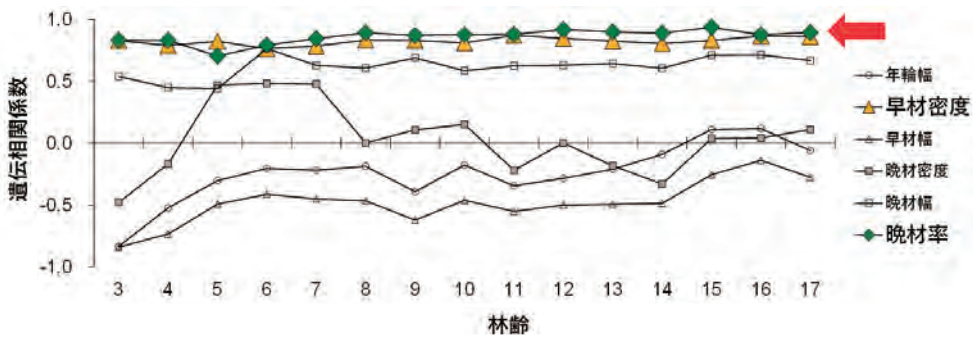


図2 平均年輪密度と他の年輪データとの遺伝相関係数の年次変動

緑色が平均年輪密度と晩材率との遺伝相関係数、黄色が平均年輪密度と早材密度との遺伝相関係数。係数が1.0に近いほど、高容積密度への寄与が大きいことを意味します。他の形質も林齢によって寄与が大きい場合もありますが、早材密度と晩材率はどの樹齢段階においても同様に寄与が大きいことが分かります。

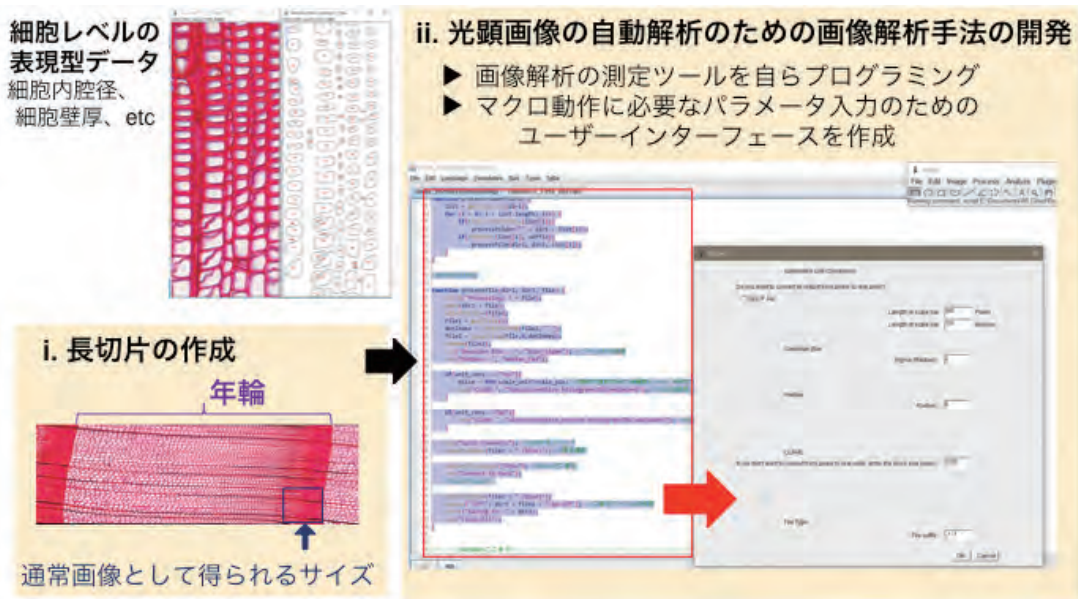


図3 細胞レベルの表現型データの大量取得に向けた技術開発フロー

細胞内腔径や細胞壁厚などの細胞レベルの表現型データを (i) 従来よりも広範囲の長切片画像を取得できるようにしました。得られた長切片画像から細胞壁厚や細胞内腔径を自動計測するため、(ii) 画像解析ソフト内で動作する測定ツール（マクロ）をプログラミングしました。マクロの動作のために必要なパラメータを入力するためのユーザーインターフェースも作成しました。このマクロを動作させることにより、自動的に測定を行い、その結果が表示されます。