

# スギ交配家系における容積密度の遺伝性と家系内のはらつきの検討

武津英太郎・東原貴志・中田了五（林木育種センター）

**要旨：**分断型ハーフダイアレルで設計されたスギ育種集団林において、Pilodyn貫入値により容積密度を推定し、その遺伝性と家系内のはらつきについて検討を行った。10家系30個体についてPilodyn貫入値と容積密度の実測値との間の相関係数は-0.789であり、高い相関を示した。4×4のハーフダイアレル8セット、計47交配組み合わせについてPilodyn貫入値を測定し、容積密度の推定を行った。Pilodyn貫入値の狭義の遺伝率は0.597と、高い遺伝性を示した。また、Pilodyn貫入値、胸高直径とも特定組み合わせ能力の分散はほぼ0であり、集団選抜育種により容積密度の平均値の向上が可能であることが示された。容積密度の育種価の変動係数は交配家系内の変動係数よりも小さく、また両親の一般組み合わせ能力の違いと家系内のはらつきとの間に関係性は見られず、交配親の選択により家系内のはらつきを減少させることは難しいことが示された。

**キーワード：**スギ人工交配家系、容積密度、Pilodyn、狭義の遺伝率、ハーフダイアレル

## I はじめに

単位体積あたりの木材実質の重量として表される樹幹の容積密度は、木材の機械的性質の指標として重要な形質である。また近年の地球温暖化問題により関心が高まっている樹木による炭素固定に影響する形質でもある。そのため、スギにおいて容積密度を育種により増加させることは、スギを用いた林業の付加価値を高めるために重要である。

容積密度の遺伝性の把握は、容積密度の育種を行うために必要であり、スギにおいてもこれまでに多くの研究報告がある（例えば2,5）。しかし、その遺伝性の把握にはさらなる事実の積み上げが必要である。その理由としては、これまでの研究報告にはクローリーを用いたものが多いこと、容積密度は成長形質と比較して測定にコストがかかるために測定数が少ないとなどが挙げられる。

集団選抜育種を進めるためには、次世代に伝わる遺伝的能力である一般組合せ能力の変異の程度を明らかにすることが重要である（6）。これまでに多く報告されているクローリーを用いた遺伝性の検討では、一般組合せ能力と特定の親の組合せによって生じる特定組合せ能力とを分けて解析することができず、容積密度の集団選抜育種を進める上では不十分である。

また、より高い精度で遺伝性の検討を行うためには、測定個体数を増やす必要がある。しかし測定にコストがかかる容積密度において測定個体数を増やすことは多くの場合困難である。また間伐木等を用いることが多いために、個体の選択に偏りが生じ、遺伝性の把握に問題が生じることも想定される。

他方、工業材料としてのスギ材の利用を考えた場合、個体間での材質のはらつきを減少させることが重要とな

る。これまでにクローリー内での容積密度のはらつきが少ないことは報告されている（1）が、人工交配家系において家系内のはらつきが親の遺伝的能力とどのように関係するかを検討した報告はない。

そこで本研究では、スギ人工交配家系を材料としてスギの容積密度の遺伝性を把握するとともに、家系内のはらつきの大きさについて検討を行った。

## II 材料と方法

### 調査地

茨城県日立市の林木育種センター構内に設定されたスギ育種集団林、関育631号において調査を行った。この検定林は1995年に設定され、測定時の林齢は11年であった。分断型ハーフダイアレルの交配設計が用いられ、6反復で設計され、反復内は単木混交で植栽されている。この検定林は主に東海育種区より成長形質で上位に評価

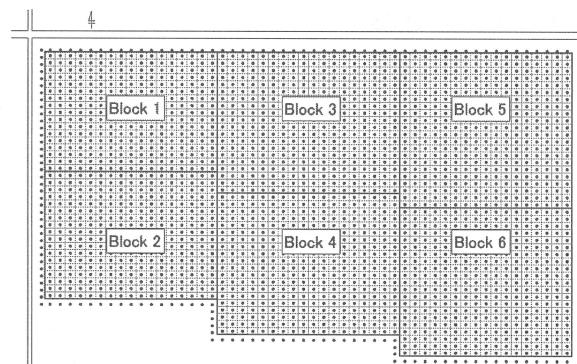


図-1 関育631号スギ育種集団林の配置

Block 1 から Block 6 からの6反復で植栽されている。

各ブロック内の点は検定木を表す。ブロック外の点は林縁に位置することによる検定木への影響を防ぐために植栽された周囲木を表す。

された精英樹が交配親として用いられている(4)。

## Pilodyn貫入値と容積密度の相関

Pilodyn貫入値と容積密度の相関を求めるために、関育631号検定林より10家系、30個体を選び、Pilodyn貫入値を測定したのち、その個体を間伐し容積密度の測定を行った。

Pilodyn貫入値の測定は各個体について四方向より各一回、計4回の測定を行い、その平均値を個体値とした。

容積密度の測定は浮力法により行った。間伐木の胸高部より円板を採取し、4方向より厚さ3cm、幅4cmのストリップを作成した。ストリップを樹皮側から数えて5年輪目と6年輪目の間で割裂し、それぞれのブロックについて浮力法により容積密度を測定した。樹皮側、髓側それぞれについて、4方向のブロックの平均値を求め、それぞれその個体の樹皮側容積密度、髓側容積密度とした。樹皮側容積密度と髓側容積密度とを、それが円板面積に占める割合で加重平均することにより、円板容積密度を求めた。

Pilodyn買入値と容積密度との間の積率相関係数を、個体値および家系平均値を用いて求めた。また、Pilodyn買入値と容積密度の間の回帰式を直線回帰により求めた。

## 容積密度の遺伝性の推定のためのPilodyn貫入値の測定

容積密度の遺伝性を求めるために、関育631号検定林においてPilodyn貫入値と胸高直径の測定を行った。当該検定林より $4 \times 4$ のハーフダイアレルを8セット用いて測定を行った。8セットに用いられた親は計32クローンであり、一部欠損の組み合せがあるため、合計47組合せについて測定を行った。組み合せあたりの平均測定個体数は26であり、合計1236個体について測定を行った。

遺伝パラメータの推定

Pilodyn貫入値と胸高直径について、以下の線形モデルを仮定した。

ここで、 $y_{ijkl}$ は個体の測定値、 $\mu$ は総平均、 $r_i$ はi番目の反復（ブロック）の効果、 $g_j$ 、 $g_k$ はそれぞれj番目の親とk番目の親の一般組み合わせ能力、 $s_{jk}$ はj番目とk番目の親の組み合わせによる特定組み合わせ能力、 $rc_{ijk}$ はj番目の親とk番目の親の組み合わせと反復iとの交互作用、 $e_{ijkl}$ は誤差を表す。上記モデルに従い、最小自乗法により一般組み合わせ能力および特定組み合わせ能力を求めた。また、分散分析を行い、平均平方及び平均平方の期待成分より、各要因の分散成分を求めた。各要因の分散成分より、狭義の遺伝率を算出した。遺伝率は、次の式により求めた。

ここで、 $h^2$ は狭義の遺伝率、 $\sigma_g^2$ は一般組み合わせ能力の分散成分、 $\sigma_s^2$ は特定組み合わせ能力の分散成分、 $\sigma_{re}^2$ は親の組み合わせと反復の交互作用、 $\sigma_e^2$ は誤差の分散成分である。

計算はすべて栗延ら(3)の作成したプログラムDI-ALSSMを用いて行った。

## 容積密度のばらつきの検討

家系間の容積密度のばらつきと、家系内での容積密度のばらつきの比較を行うため、それぞれの変動係数を求めた。既報との比較を可能にするために、Pilodyn貢入値による容積密度の回帰式より、個体の容積密度を推定した。その容積密度の一般組み合わせ能力の分散より育種価の分散を求め、育種価の分散よりその変動係数を求めた。また、誤差分散よりブロック内の交配家系内の容積密度の変動係数を求めた。

交配親の容積密度に関する一般組み合わせ能力の違いがその後代のばらつきにどのように影響するかを明らかにするために、それぞれの交配組み合わせにおいて親の間の一般組み合わせ能力の差の絶対値を求め、交配組み合わせ内でのPilodyn貫入値の変動係数との間の関係性について検討した。

### III 結果と考察

## Pilodyn貫入値と容積密度との相関

Pilodyn買入値と容積密度との間には高い負の直線関係が存在した(図-2)。家系平均値は個体値よりも高い相関を示し、またPilodyn買入値と樹皮側容積密度との相関は、髓側容積密度との相関よりも高い値を示した(表-1)。

容積密度を目的変数、Pilodyn貫入値を説明変数とした時の回帰式は、

$$D = -0.0086 \times P + 0.4541 \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

として求められた。ここでDは円板容積密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )、

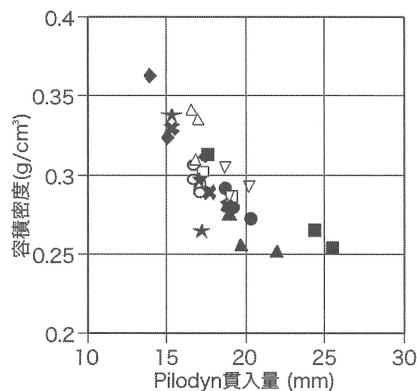


図-1 Pilodyn貫入値と円盤容積密度との関係

異なるマーカーは異なる家系を示す。

表-1 Pilodyn貫入値と容積密度との相関係数

右上三角は家系平均値、左下三角は個体値の積率相關系数を示す。樹皮側容積密度は胸高部外側5年輪における容積密度、髓側容積密度は、外側5年輪より髓側の容積密度を示す。

	髓側容積密度	樹皮側容積密度	円盤容積密度	Pilodyn 貫入値
髓側容積密度		0.787	0.898	-0.574
樹皮側容積密度	0.714		0.976	-0.852
円盤容積密度	0.869	0.962		-0.794
Pilodyn 貫入値	-0.567	-0.836	-0.789	

PはPilodyn貫入値 (mm) である。

Pilodynの貫入値は平均20mm程度であり、ほとんどの場合外側5年輪を越えて貫入することはなかった。このことから、Pilodyn貫入値と樹皮側容積密度とがより高い相関関係にあったことは妥当な結果である。

Pilodyn貫入値と円盤容積密度との相関は、樹皮側容積密度との相関よりは低い値であったが、約-0.8と高い相関関係にあり、特に系統の評価・選抜には有効であると考えられる。

#### Pilodyn貫入値により推定された容積密度の遺伝性

ハーフダイアレル8セット、47組み合わせについての胸高直径とPilodyn貫入値の測定を行ったところ、その平均値と標準偏差は、胸高直径で $13.4 \pm 3.7\text{cm}$ 、Pilodyn貫入値で $19.0 \pm 2.1\text{mm}$ であった。

Pilodyn貫入値と胸高直径についての分散成分の割合を、図3に示した。Pilodyn貫入値と胸高直径を比較すると、Pilodyn貫入値における一般組み合わせ能力の割合が高いことが示された。一方、特定組み合わせ能力は、どちらの形質においてもほぼ0であった。また、どちらの形質も誤差の割合が非常に高いことが示された。

Pilodyn貫入値の狭義の遺伝率は0.597、胸高直径の狭義の遺伝率は0.22であった。

Pilodyn貫入値の一般組み合わせ能力の分散の割合が大きく、狭義の遺伝率も大きいことから、Pilodyn貫入値と高い相関をもつ容積密度も高い遺伝性を示すことが示唆される。また、Pilodyn貫入量、胸高直径とともに特定組み合わせ能力の分散の割合がほぼ0だったことから、容積密度、胸高直径ともに、親の能力からその子供の能力のうち遺伝的要因によって決定される大部分を予測することが可能であり、選抜された系統を交配親として次世代を育成することにより交配親の遺伝的な能力を利用することが可能であることが示された。

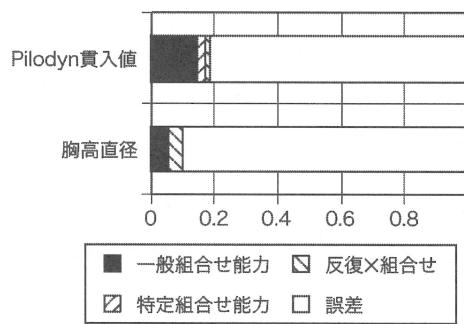


図-2 分散成分の割合

#### 交配家系内の容積密度のばらつき

Pilodyn貫入値より式(3)を用いて推定された容積密度の育種値の変動係数は4.4%であった。それに対して、交配家系内の変動係数は5.2%であった。この交配家系内のばらつきは交配家系間のばらつきよりも大きいという結果より、容積密度は遺伝率が高く選抜により容積密度の平均値の向上は可能であるが、選抜集団においても大きなばらつきが生じてしまうことが示唆される。

両親の一般組み合わせ能力の違いと、交配家系内のPilodyn貫入値のばらつき（変動係数）との間に関係性は見られなかった（図-4）。このことから、容積密度の能力が似通った親同士を交配しても、その子供の間の容積密度のばらつきはある程度は存在することが予想される。

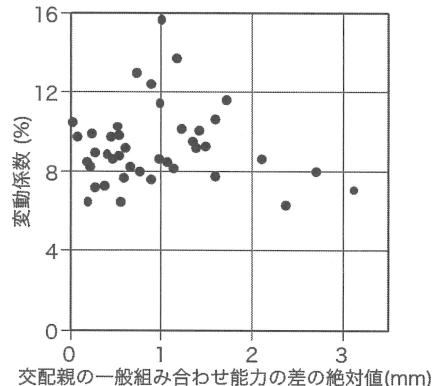


図-3 Pilodyn貫入値における交配親の一般組み合わせ能力の違いと交配家系内の変動係数との関係

### III おわりに

今回の結果により、実生家系において容積密度は高い遺伝性を示すことが示された。一方で、家系内のばらつきは家系間のばらつきに比べて大きく、実生家系の植栽では容積密度にはばらつきが生じてしまうことが示唆された。今回用いた試験地は11年生と若く、さらに多くの知見の集積が必要である。単一林分もしくは環境が類似した限定された地域において生産される材のまとまりについて、その容積密度の平均値を向上させ、また、ばらつきを小さくするためには、集団選抜育種により平均値の

向上を図るとともに、クローンによる普及を進めるなどして、ばらつきを減少させる方法を検討する必要がある。

### 引用文献

- (1) 武津英太郎・福田陽子・高橋誠・田村明・栗延晋  
(2006) ピロディンを用いた複数検定林におけるスギの容積密度の解析. 日本森林学会大会発表データベース116：663.
- (2) 藤澤義武 (1998) 高度木材利用に適合する品質管理型木材生産への林木育種的対応に関する研究. 林木育種センター研究報告15：31-107.
- (3) 栗延晋 (1991) 不連続片面ダイアログ交配の最小自乗法による分散分析プログラム. 林木育種センター研究報告 9 : 123-151.
- (4) 栗延晋・古藤信義・大谷賢二・宮浦富保 (1994) 平成2年度～平成4年度の交雑育種事業化プロジェクトの実行結果. 林木育種センター年報25：9-19.
- (5) 津島俊治・古賀信也・小田一幸・白石進 (2005) 九州産スギ在来品種の成長と木材性質. 木材学会誌 51：394-401.
- (6) ZOBEL, B. TALBERT J. (1984) Applied forest tree improvement. 126pp., John Wiley & Sons, New York.