

## 速報

15年生スギ育種集団林九熊本第124号における成長  
および材質形質の遺伝パラメータの推定<sup>\*1</sup>松永孝治<sup>\*2</sup> ・ 倉原雄二<sup>\*2</sup> ・ 倉本哲嗣<sup>\*2</sup> ・ 大平峰子<sup>\*2</sup> ・  
山田浩雄<sup>\*2</sup> ・ 中島久美子<sup>\*2</sup> ・ 湯浅 真<sup>\*2</sup> ・ 阿部正信<sup>\*2</sup>

キーワード：スギ，成長，通直性，材質，遺伝率

## I. はじめに

スギ (*Cryptomeria japonica*) は用材としての利用価値が高く、国有林、民有林を問わず日本各地に広く植栽されている。近年は木材価格の低下に伴う林業の低迷により造林面積が減少しているものの、今日でも年間6,300ha程度の植栽が行われている(林野庁, 2008)。九州地域は温暖で降水量が多く、伝統的にスギさし木を用いた積極的な造林が行われてきた。全国平均に比べてhaあたりの蓄積が大きく、伐採適期の林分が多いが、木材価格の低迷等のため、主伐を控える動きがある。一方、近年、大型の集成材・合板工場等が稼働し、中径材の需要が伸びている。この動きと並行して、省力・低コスト林業の試みが行われている。森林総合研究所林木育種センター九州育種場は各地の国有林に九州森林管理局と共同設定した次代検定林等で得られたデータに基づき、これまでに九州各県と共同で成長と材質に優れたスギ推奨品種等を開発している(林木育種センター九州育種場, 2006)。近年は省力・低コスト林業化の流れの中で更に成長が早く強度が一定以上あり、短伐期で収穫可能な品種を短期間で開発することを目的として事業を進めている。そのためには優れた性能を持つ系統を早期に選抜する技術の開発が重要である。

早期選抜について成長形質は次代検定林で得られた20年次あるいは30年次のデータを若齢期のデータと比較して、伐期に比べてはるかに短い期間で成長に優れた品種を選抜できる可能性が示唆されている(田村ほか, 1998; 蓬田, 1999; 松永ほか, 2009)。一方、材質形質に関しては、形質の評価に成熟材を調べる必要があるとされてきたことから若齢期に材質の品種間差等を調査した報告は少なく、あったとしても調査系統数は少ない(藤澤ほか, 2000)。

近年、スギクローンを用いた場合、10年生で調査した立木の応力波伝播速度は、それを丸太にしてタッピング法によって測定した動的ヤング率との間に高い相関があることが指摘されている(宮下ほか, 2009)。この結果は材が成熟する前の若齢期の林分においても、未成熟材の応力波伝播速度を各系統で比較して、材質に優れた系統を選抜できる可能性を示唆する。そこで本研究では

15年生程度の林分において材質を加味した優良系統の選抜が可能であるか検討することを目的とした。そのため、分断要因交配による実生家系を植栽した検定林において、15年次に成長形質と通直性を、その翌年に一部個体について樹幹方向の応力波伝播速度を測定し、各形質の家系間差の有無について検討するとともに、遺伝率を推定した。また、優良個体の選抜によって異なる形質を同時に効率良く改良できるか検討するために、形質間の遺伝相関を推定した。

## II. 材料と方法

## 1. 検定林

宮崎県えびの市(宮崎森林管理署満谷国有林内)に1994年3月に設定した九熊本第124号検定林を使用した。この検定林は霧島山系の北側斜面に位置し、傾斜は5~15°、標高は約570m、精英樹同士を人工交配して得た41家系1,440個体が6ブロックに分けて植栽されている(3セットの4×4の要因交配、各家系18~36個体)。各ブロックにおいて各家系は単木混交で配置してある。交配に用いられた精英樹は次代検定林の調査結果において通直性に優れたものである。

## 2. 形質の測定

2008年12月に検定林の全個体について樹高・胸高直径・幹曲がり・根元曲がりを調査した。樹高は測竿を用い0.5m単位で測定した。胸高直径は斜面上方より高さ1.2mの位置で1cm単位で測定した。幹曲がりと根元曲がりは、通直なものを5、著しい曲がりがみられるものを1として、目視により5段階で評価した。2009年7月に検定林の1ブロック分にあたる221個体(家系あたり3~6個体)について、ファコップ(FAKOPP Microsecond Timer, ハンガリー, Alnus社製)を用いて、高さ0.7mと1.7mの間の1mをハンマーで生じさせた応力波が通過する時間を測定し、距離を除いて音速( $V_e$ )とした。この音速から以下の式に従い立木のヤング率(以下ヤング率とする)を測定個体ごとに推定して以下の解析に用いた。

$$E = V_e^2 \cdot \rho, \quad E: \text{ヤング率}, \quad \rho: \text{密度}$$

<sup>\*1</sup> Matsunaga, K., Kurahara, Y., Kuramoto, N., Ohira, M., Yamada, H., Nakajima, K., Yuasa, M. and Abe, M.: Estimation of genetic parameters for growth and wood quality characters in a 15-year-old control pollinated progeny test of *Cryptomeria japonica*.

<sup>\*2</sup> 森林総合研究所林木育種センター九州育種場 Kyushu Regional Breed. Office, Forest Tree Breed. Center, For. & Forest Prod. Res. Inst., Koshi, Kumamoto 861-1102

ここで  $\rho$  は池田 (2002) を参考に  $0.83\text{g/cm}^3$  とした。

### 3. 解析

形質間の関係を示すため、2つの形質ごとに家系平均値の表現型相関係数を求めた。

次に各形質について家系間差があるかどうか明らかにするため、次の線形モデルを仮定してブロックと家系を要因とする分散分析を行った。

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + F_j + BF_{ij} + e_{ijk}$$

ここで  $Y_{ijk}$  と  $\mu$  はそれぞれ個体の測定値と集団の平均を示し、 $B_i$ ,  $F_j$ ,  $BF_{ij}$ ,  $e_{ijk}$  は反復、家系、反復 × 家系の交互作用の各効果と個体の誤差を示す。

更に、この試験地における各形質と形質間の遺伝パラメータを次の線形モデルを仮定して推定した。

$$Y_{ijkl} = \mu + B_i + M_j + P_k + MP_{jk} + BMP_{ijk} + e_{ijkl}$$

ここで、 $Y_{ijkl}$  と  $\mu$  はそれぞれ個体の測定値と集団の平均を示し、 $B_i$ ,  $M_j$ ,  $P_k$ ,  $MP_{jk}$ ,  $BMP_{ijk}$ ,  $e_{ijkl}$  は反復、母樹、花粉親、母樹 × 花粉親、反復と母樹 × 花粉親の交互作用の各効果と個体の誤差を示す。

各形質の遺伝率 ( $H^2$ ) は次の式を用いて推定した (Becker, 1992)。

$$H^2 = (2 \cdot (\sigma_M^2 + \sigma_P^2) + 4 \cdot \sigma_{MP}^2) / (\sigma_M^2 + \sigma_P^2 + \sigma_{MP}^2 + \sigma_{BMP}^2 + \sigma_e^2)$$

ここで  $\sigma_M^2$ ,  $\sigma_P^2$ ,  $\sigma_{MP}^2$ ,  $\sigma_{BMP}^2$ ,  $\sigma_e^2$  はそれぞれ上述のモデルによる分散分析で推定される母樹、花粉親、母樹 × 花粉親、反復と母樹 × 花粉親の交互作用および個体誤差の各分散成分を示す。選抜木は今後さし木で増殖することを考えているため、ここでは個体測定値に基づく広義の遺伝率を求めた。

形質 a と b の間の遺伝相関 ( $rG_{(a,b)}$ ) は次の式により求めた (Becker, 1992)。

$$rG_{(a,b)} = \{2 \cdot (Cov_{M(a,b)} + Cov_{P(a,b)}) + 4 \cdot Cov_{MP(a,b)}\} /$$

$$[2 \cdot (\sigma_{M(a)}^2 + \sigma_{P(a)}^2) + 4 \cdot \sigma_{MP(a)}^2] \cdot [2 \cdot (\sigma_{M(b)}^2 + \sigma_{P(b)}^2) + 4 \cdot \sigma_{MP(b)}^2]^{1/2}$$

ここで  $Cov_{M(a,b)}$ ,  $Cov_{P(a,b)}$  と  $Cov_{MP(a,b)}$  はそれぞれ母樹、花粉親および母樹と花粉親の交互作用の共分散成分を示す。なお、ヤング率は1ブロック分のデータしかないため、各式の要因から反復 (B) に関する項を抜いた式を用いて解析した。これらの計算の過程で分散が負の値になった場合はそれらを0として計算した。解析には農林水産省計算センターの SAS ver. 9の GLM プロシジャを用いた。

### III. 結果と考察

15年次の検定林全体における樹高の平均値は12.30 (SD (標準偏差): 1.18, CV (変動係数): 0.10) mで、胸高直径の平均値は15.80 (SD: 3.13, CV: 0.20) cmであった。全体的な成長は非常に良好であった。また、試験地全体の幹曲がりの平均値は3.62 (SD: 0.82, CV: 0.23), 根元曲がりの平均値は3.02 (SD: 0.94, CV: 0.31) であった。ヤング率の平均値は5.8 (GPa) (音速2.70km/sec) であり、SDは1.1, CVは0.19であった。この値は16年生の林分であっても、ある程度材質の優れた系統が存在していることを示唆する。

家系平均値の表現型相関係数は成長と通直性の形質に関してはすべての組み合わせで正の値になった (樹高と胸高直径,  $r =$

表-1. ブロックと家系を要因とした分散分析表

要因	樹高	胸高直径	幹曲がり	根元曲がり	ヤング率
ブロック (B)	**	**	**	*	-
家系 (F)	**	**	**	**	**
(B) × (F)	*	n.s.	n.s.	n.s.	-

\*と\*\*はそれぞれ5%と1%で有意差があることを示す。  
n.s. は有意差がないことを示す。

表-2. 調査形質の遺伝率と遺伝相関

形質	遺伝率	遺伝相関			ヤング率
		胸高直径	幹曲がり	根元曲がり	
樹高	0.16	0.90	1.58	0.13	-0.47 <sup>1)</sup>
胸高直径	0.36		1.26	0.36	-0.30 <sup>1)</sup>
幹曲がり	0.01			1.89	0.42 <sup>1)</sup>
根元曲がり	0.10				0.58 <sup>1)</sup>
ヤング率	0.43 <sup>1)</sup>				

<sup>1)</sup> ヤング係数の遺伝率および遺伝相関は1ブロックの調査に基づく値である。

0.76,  $P < 0.0001$ ; 樹高と幹曲がり,  $r = 0.50$ ,  $P = 0.0006$ ; 樹高と根元曲がり,  $r = 0.28$ ,  $P = 0.0631$ ; 胸高直径と幹曲がり,  $r = 0.47$ ,  $P = 0.0012$ ; 胸高直径と根元曲がり,  $r = 0.37$ ,  $P = 0.0132$ ; 幹曲がりと根元曲がり,  $r = 0.79$ ,  $P < 0.0001$ )。ヤング率と樹高および胸高直径の間の家系平均値の相関係数はそれぞれ0.06 ( $P = 0.6893$ ) と  $-0.01$  ( $P = 0.9716$ ) となり、相関は認められなかった。一方、ヤング率と幹曲がりおよび根元曲がりの間の相関係数は0.50 ( $P = 0.0005$ ) と0.35 ( $P = 0.0208$ ) となり有意な正の相関が認められた。

分散分析の結果、すべての形質で家系間に有意差が見られた (表-1)。また、遺伝率は樹高、胸高直径、幹曲がりおよび根元曲がりそれぞれ0.16, 0.36, 0.01および0.10となった。幹曲がりの遺伝率が極端に低かった理由は不明であるが、試験地の傾斜は一樣な緩斜面であるため、環境の影響が大きく作用したとは考えにくい。むしろ、本試験の交配親として用いた材料が通直性について選抜した個体であったことが一つの要因として考えられる。ヤング率の遺伝率は0.43となり1ブロックのデータに基づく値ではあるが、今後十分遺伝的な改良が期待できる値と考えられた。

樹高と胸高直径および根元曲がりの間の遺伝相関は正の値を示し、特に樹高と胸高直径の間の値は0.90と高い値を示した (表-2)。幹曲がりと樹高、胸高直径あるいは根元曲がりの間の遺伝相関は1を超える値を示した。これは幹曲がりの遺伝率が極端に低いことに関連すると考えられた。ヤング率と成長形質の間の遺伝相関は負の値を示し、通直性との間の遺伝相関は正の値を示した。ヤング率に関する遺伝パラメータの推定値は1ブロックのデータのみに基づくため、調査数を増やす必要があるが、本研究の結果からはヤング率と通直性は同時に効率的に改良できると判断された。

本研究により15年生程度の林分においても成長形質、通直性だけでなく、材質形質においても優良家系、個体の選抜が可能であることが示唆された。今後材質に関する調査個体数を増やすとともに、若齢期の材質に基づいて選抜することの妥当性を検証するため、材の成熟過程に伴うヤング率の変化について調査をすすめ

る必要がある。

### 引用文献

- Becker, W.A. (1992) Manual of quantitative genetics. 5th ed., 191pp, Academic Enterprises, Pullman, WA.
- 藤澤義武ほか (2000) 林育研報 17 : 95-108.
- 池田潔彦 (2002) 静岡県林技セ研報 29 : 1 -63.
- 松永孝治ほか (2009) 林木の育種特別号 1 -4.
- 宮下久哉ほか (2009) 木材学会誌 55 : 136-145.
- 林木育種センター九州育種場 (2006) 九州育種基本区スギ推奨品種特性表 (平成17年度), 林木育種センター, 日立, 26pp.
- 林野庁 (2008) 森林・林業統計要覧. p.28-29, 林野弘済会, 東京.
- 田村明ほか (1998) 日林論 109 : 357-358.
- 蓬田英俊 (1999) 岩手県林技セ研報 8 : 15-25.  
(2009年10月24日受付 ; 2010年2月4日受理)