

# 九州育種基本区におけるスギ第二世代精英樹候補木の選抜 -九熊本第 141 号・九熊本第 142 号・九熊本第 143 号 (スギ) および九熊本第 112 号 (ヒノキ) における実行結果-

九州育種場 育種課 武津英太郎・倉原雄二・松永孝治・栗田学・佐藤謙治・倉本哲嗣  
遺伝資源管理課 佐藤省治・佐藤新一  
東北育種場 育種技術専門役 竹田宣明

## 1 はじめに

林木育種センターでは、成長や樹形等の実用形質に優れた第一世代精英樹同士の人工交配家系により造成された育種集団林等からの第二世代精英樹候補木の選抜を進めており、その中から基準を満たしたものを第二世代精英樹 (エリートツリー) として決定している。第 4 期中長期計画においては、エリートツリーを 300 系統選抜する計画である。九州育種基本区においては、2015 年度までにスギで 891 個体、ヒノキで 278 個体の第二世代精英樹候補木が選抜されている。集団林の林齢や、交配親である精英樹の種類等を勘案して計画的に選抜を進めているところであり、2016 年度はスギ育種集団林 3 箇所およびヒノキ育種集団林 1 箇所より第二世代精英樹候補木の選抜を行ったのでその過程と結果を報告する。

## 2 材料と方法

選抜対象とした育種集団林の概要を表 1 に示した。これらの育種集団林は第一世代精英樹同士の人工交配から得られた実生個体が植栽されている。スギでは 2000～2001 年度、ヒノキでは 1990 年度に設定され、選抜時の林齢はスギでは 15～16 年、ヒノキでは 26 年である。試験地の設計はスギでは 6 反復の単木混交、ヒノキでは 2 反復の方型プロット植栽であり、植栽間隔は 1.8 m である。

選抜に用いた測定形質は樹高、胸高直径、幹曲り、根元曲りおよび応力波伝播速度である。樹高、胸高直径、幹曲り、根元曲りはスギでは 15 年次、ヒノキでは 20 年次の定期調査データを用いた。樹高と胸高直径について、誤差に空間自己相関とランダム誤差を仮定した線型混合モデル<sup>1)</sup>を用い、REML 法により分散成分を推定し、遺伝性の指標として個体の狭義の遺伝率を求めた。また、BLUP 法により各個体の育種価を求めた<sup>2)</sup>。求められた樹高および胸高直径の育種価と検定林平均値の和より材積式<sup>7)</sup>

を用いて各個体の材積の育種価を求めた。応力波伝播速度の測定は、TreeSonic (FAKOPP 社、ハンガリー) を用い、スギでは 15～16 年次、ヒノキでは 26 年次に行った。応力波伝播速度の測定対象個体は家系あたり材積育種価上位 2～3 個体と試験地全体での材積育種価上位個体であり、試験地毎に 76～162 個体について、個体あたり 2 方向より測定した。応力波伝播速度をもとに立木ヤング係数の推定値を池田ら<sup>3)</sup>に基づいて下記により算出した。

$$E_v = (V_p)^2 \times \rho_{eff} / g / 10^6$$

ここで  $E_v$  は立木ヤング係数 (tonf/cm<sup>2</sup>)、 $V_p$  は応力波伝播速度 (cm/sec)、 $\rho_{eff}$  は有効密度 (g/cm<sup>3</sup>)、 $g$  は重力加速度 (980cm/sec<sup>2</sup>) である。有効密度にはスギでは池田ら<sup>3)</sup>に従い 0.83g/cm<sup>3</sup> を、ヒノキでは池田ら<sup>4)</sup>に従い 0.80g/cm<sup>3</sup> を用いた。得られた立木ヤング係数についてランダム誤差を仮定した線型混合モデルを用い、REML 法により分散成分を求め、BLUP 法により各個体の立木ヤング係数の育種価を求めた。REML 法および BLUP 法による計算は、市販のソフトウェア ASReML (VNI international、イギリス) を用いて行った。

机上選抜は、以下の基準により行った。1) 曲りによる選抜：根元曲りの表現型値が 3 以上・幹曲りの表現型値が 3 以上、2) 応力波伝播速度による選抜：立木ヤング係数の育種価がスギでは各育種集団林の平均以上 (0 以上)、ヒノキでは -5 tonf/cm<sup>2</sup> 以上、3) 家系内個体数による制限：各家系 (交配組合せ) 内の選抜数は最大 5 個体、4) 材積表現型値による選抜：材積の表現型値が各育種集団林の平均 + 0.5 × 標準偏差以上、以上の基準で選抜された個体群から材積育種価上位個体を選抜対象候補木とした。

机上選抜の結果を基に、現地で選抜対象候補木を目視で確認し病虫害等の欠点のない個体を第二世代精英樹候補木として選抜した。また、特定の形質について優れた値を示した個体については育種母材料としての役割を兼ねて選抜を行った。

第二世代精英樹候補木の選抜による改良の指標として相対遺伝的獲得量を算出した。相対遺伝的獲得量は、選抜された第二世代精英樹候補木の材積育種価平均値の育種集団林内平均値からの偏差を、各育種集団林の材積平均値に対する百分率として算出した。選抜された第二世代候補木集団の遺伝的多様性の指標として、Lindgrenら<sup>5)</sup>により提唱されたStatus Numberを算出した。Status Numberは個体間の血縁関係を基準に計算する値であり、個体間に血縁関係が全くない場合には個体数と同値となり、血縁関係が高くなるにつれて減少していく。その算出方法はLindgrenら<sup>6)</sup>に従った。

### 3 結果と考察

選抜対象育種集団林の平均樹高は 15 年次でスギで 9.4m~11.2m、ヒノキで 7.1m、平均直径はスギで 11.8~17.1cm、ヒノキで 10.7cm であった(表 1)。各育種集団林における個体の狭義の遺伝率を表 2 に示した。立木ヤング係数の遺伝率はスギ・ヒノキとも高い値を示した。成長形質に関して、樹高は胸高直径よりも高い遺伝率を示した。机上選抜・目視による現地確認の結果、スギで計 45 個体、ヒノキで 11 個体を第二世代精英樹候補木として選抜した。育種集団林ごとの選抜に関連する遺伝的指標を表 2 に示した。多様性の指標としての候補木集団の Status Number はスギでは 6.50~9.12、ヒノキでは 3.67 となった(表 2)。候補木の交配親として関与した第一世代精英樹数はスギで 12~13、ヒノキで 5 であり、選抜された上位集団は特定の親への偏りがあることを示した。材積の遺伝的獲得量はスギで 15.3%~31.6%、ヒノキで 11.5% であった。選抜個体の一覧を表 3 に示した。

今回選抜した個体より 2017 年 2~3 月につぎ木増殖用の穂を採取し、2017 年 3 月に候補木あたり 8 本をつぎ木増殖した。2018 年 3 月に九州育種場内に定植し、その後利用を進める予定である。

### 4 まとめ

本報告による選抜により、九州育種基本区の第二世代

精英樹候補木の本数はスギで 936 個体、ヒノキで 289 個体となった。これらの第二世代精英樹候補木の成長や挿し木発根性等の形質評価を今後進めていくとともに、これらの候補木同士の交配による第 3 世代の育種集団林の造成を進めていく計画である。

貴重な試験地の設定・管理・測定にこれまでに関わった九州森林管理局、熊本森林管理署、大分西部森林管理署、西都児湯森林管理署、大隅森林管理署および林木育種センターの関係者の皆様に深く感謝する。

表1 選抜対象とした育種集団林の基本情報

樹種	検定林名 (コード)	所在地	設定 年度	植栽 本数	植栽 家系数 <sup>*1</sup>	第一世代 精英樹数 <sup>*2</sup>	15年次平均	
							樹高 (m)	直径 (cm)
スギ	九熊本第141号 (7018)	大分西部森林管理署 松本平家山国有林205な林小班	2000	1750	32	27	9.4	11.8
スギ	九熊本第142号 (7019)	西都児湯森林管理署 尾鈴国有林238い4林小班	2000	2145	46	21	11.2	14.9
スギ	九熊本第143号 (7027)	熊本森林管理署 高千穂野国有林1012へ2林小班	2001	2077	48	24	10.3	17.1
ヒノキ	九熊本第112号 (2203)	大隅森林管理署 伊良ヶ谷国有林1133た1林小班	1990	1500	14	8	7.1	10.7

\*1: 植栽家系数は交配組合せ数(対照家系を除く)を示す。

\*2: 第一世代精英樹数は交配親として関与した第一世代精英樹数(対照として植栽された個体の親となった精英樹は除く)を示す。

表2 育種集団林毎の遺伝率と選抜された第二世代精英樹候補木の情報

樹種	検定林名 (コード)	個体の狭義の遺伝率(標準誤差)			選抜 本数	選抜率	選抜 組合せ数 <sup>*1</sup>	第一世代 精英樹数 <sup>*2</sup>	Status Number	材積 相対遺伝 獲得量 <sup>*3</sup>
		樹高	胸高直径	立木 ヤング率						
スギ	九熊本第141号 (7018)	0.575 (0.203)	0.390 (0.138)	$\approx 1.0$ (0.643)	18	1.2%	8	13	7.90	31.6%
スギ	九熊本第142号 (7019)	0.202 (0.098)	0.172 (0.082)	0.919 (0.438)	14	0.7%	10	12	9.12	15.3%
スギ	九熊本第143号 (7027)	0.343 (0.137)	0.175 (0.136)	$\approx 1.0$ (0.560)	13	0.7%	9	12	6.50	25.3%
ヒノキ	九熊本第112号 (2203)	0.275 (0.221)	0.089 (0.072)	0.816 (0.702)	11	0.7%	4	5	3.67	11.5%

\*1: 選抜組合せ数は、選抜された個体が属する交配組合せの総数を示す。

\*2: 第一世代精英樹数は、選抜された個体集団の交配親として関与した第一世代精英樹数を示す。

\*3: 材積相対遺伝的獲得量はスギは15年次、ヒノキは20年次の調査結果に基づく。

表3 選抜されたスギ第二世代精英樹候補木一覧

a) 九熊本第141号

系統名	系統コード	樹高 (m)	直径 (cm)	幹曲 *1	根元曲 *1	育種価偏差値	
						材積 (m <sup>3</sup> )	立木ヤング係数 (tonf/cm <sup>2</sup> )
スギ九育 2-892	GFA36232	11.9	14	2 <sup>*3</sup>	3	57.6	119.2
スギ九育 2-893	GFA36233	11.7	18	4	3	81.4	63.5
スギ九育 2-894	GFA36234	10.8	15	4	3	68.8	57.9
スギ九育 2-895	GFA36235	11.2	15	4	3	71.8	50.6
スギ九育 2-896	GFA36236	10.4	15	4	3	61.3	59.0
スギ九育 2-897	GFA36237	13.2	20	4	3	78.0	50.6
スギ九育 2-898	GFA36238	16.0	24	4	3	85.3	54.7
スギ九育 2-899	GFA36239	12.2	16	5	4	64.1	63.4
スギ九育 2-900	GFA36240	12.1	16	4	3	74.7	76.3
スギ九育 2-901	GFA36241	14.1	27	4	3	94.2	25.3 <sup>*2</sup>
スギ九育 2-902	GFA36242	13.9	19	4	3	65.9	57.1
スギ九育 2-903	GFA36243	15.5	23	5	5	83.2	59.2
スギ九育 2-904	GFA36244	11.7	19	4	3	59.9	57.1
スギ九育 2-905	GFA36245	14.1	17	4	4	58.9	57.1
スギ九育 2-906	GFA36246	12.9	14	4	4	60.7	54.7
スギ九育 2-907	GFA36247	11.3	14	4	3	72.5	50.6
スギ九育 2-908	GFA36248	11.7	16	4	4	64.3	63.4
スギ九育 2-909	GFA36249	9.8	15	4	4	66.0	54.7

各形質値は15年次の測定値に基づく。立木ヤング係数の集団平均値は69.7 tonf/cm<sup>2</sup>であった。

\*1: 幹曲・根元曲は5段階指数評価値（九州育種基本区精英樹特性表参照）。

\*2: 立木ヤング率育種価は低いが、材積育種価が高いために育種母材料として選抜を行った。

\*3: 幹曲は低いが、立木ヤング係数が際立って高いために、育種母材料として選抜を行った。

b) 九熊本第142号

系統名	系統コード	樹高 (m)	直径 (cm)	幹曲 *1	根元曲 *1	育種価偏差値	
						材積 (m <sup>3</sup> )	立木ヤング係数 (tonf/cm <sup>2</sup> )
スギ九育 2-923	GFA36263	15.3	22	4	3	67.3	51.5
スギ九育 2-924	GFA36264	16.5	22	4	4	74.7	73.6
スギ九育 2-925	GFA36265	14.2	25	4	4	83.6	49.6 <sup>*2</sup>
スギ九育 2-926	GFA36266	13.7	21	4	4	66.6	76.1
スギ九育 2-927	GFA36267	12.2	18	4	4	68.0	50.3
スギ九育 2-928	GFA36268	14.3	20	4	4	73.7	78.4
スギ九育 2-929	GFA36269	15.5	24	3	4	72.3	59.7
スギ九育 2-930	GFA36270	14.3	22	3	4	63.2	53.2
スギ九育 2-931	GFA36271	12.8	18	3	4	72.2	56.7
スギ九育 2-932	GFA36272	13.6	16	3	3	73.7	76.8
スギ九育 2-933	GFA36273	11.6	19	4	3	59.4	52.1
スギ九育 2-934	GFA36274	12.3	18	3	3	73.7	51.3
スギ九育 2-935	GFA36275	15.2	18	3	4	63.7	53.2
スギ九育 2-936	GFA36276	14.7	18	3	3	64.3	71.5

各形質値は15年次の測定値に基づく。立木ヤング係数の集団平均値は65.6 tonf/cm<sup>2</sup>であった。

\*1: 幹曲・根元曲は5段階指数評価値（九州育種基本区精英樹特性表参照）。

\*2: 立木ヤング率育種価は平均よりわずかに低いが、材積育種価が高いために第二世代精英樹候補木に準ずる個体として選抜を行った。

c) 九熊本第143号

系統名	系統コード	樹高 (m)	直径 (cm)	幹曲 *1	根元曲 *1	育種価偏差値	
						材積 (m <sup>3</sup> )	立木ヤング係数 (tonf/cm <sup>2</sup> )
スギ九育 2-910	GFA36250	13.9	28	4	4	64.3	55.2
スギ九育 2-911	GFA36251	13.1	21	4	4	65.2	63.2
スギ九育 2-912	GFA36252	11.8	25	4	4	68.2	80.8
スギ九育 2-913	GFA36253	12.4	25	4	4	67.7	59.5
スギ九育 2-914	GFA36254	13.5	28	4	4	74.1	65.5
スギ九育 2-915	GFA36255	13.6	29	4	4	74.5	51.5
スギ九育 2-916	GFA36256	13.2	24	4	4	73.5	64.0
スギ九育 2-917	GFA36257	13.4	21	4	4	64.1	73.5
スギ九育 2-918	GFA36258	12.5	21	4	4	65.6	63.2
スギ九育 2-919	GFA36259	13.3	24	4	4	75.7	83.5
スギ九育 2-920	GFA36260	11.0	23	5	4	66.0	59.7
スギ九育 2-921	GFA36261	11.7	20	4	4	70.4	61.4
スギ九育 2-922	GFA36262	10.6	21	4	4	65.2	51.8

各形質値は15年次の測定値に基づく。立木ヤング係数の集団平均値は52.1 tonf/cm<sup>2</sup>であった。

\*1: 幹曲・根元曲は5段階指数評価値(九州育種基本区精英樹特性表参照)。

d) 九熊本第112号

系統名	系統コード	樹高 (m)	直径 (cm)	幹曲 *1	根元曲 *1	育種価偏差値	
						材積 (m <sup>3</sup> )	立木ヤング係数 *2 (tonf/cm <sup>2</sup> )
ヒノキ九育 2-279	GFB33274	13.0	22	4	3	74.7	54.3
ヒノキ九育 2-280	GFB33275	12.3	17	3	3	69.7	81.3
ヒノキ九育 2-281	GFB33276	13.0	17	4	3	61.0	89.8
ヒノキ九育 2-282	GFB33277	13.0	17	4	3	60.8	70.7
ヒノキ九育 2-283	GFB33278	12.1	18	3	3	55.8	45.9
ヒノキ九育 2-284	GFB33279	14.5	25	4	3	63.1	61.3
ヒノキ九育 2-285	GFB33280	12.8	20	3	3	73.4	47.8
ヒノキ九育 2-286	GFB33281	10.8	17	4	3	59.8	74.9
ヒノキ九育 2-287	GFB33282	11.9	22	3	3	58.5	42.9
ヒノキ九育 2-288	GFB33283	12.2	18	3	3	57.1	71.1
ヒノキ九育 2-289	GFB33284	12.0	23	4	3	61.6	67.9

各形質値は20年次の測定値に基づく。立木ヤング係数の集団平均値は109.8 tonf/cm<sup>2</sup>であった。

\*1: 幹曲・根元曲は5段階指数評価値(九州育種基本区精英樹特性表参照)。

\*2: 立木ヤング係数育種価の足切り基準を-5 tonf/cm<sup>2</sup>としたため、偏差値が50を下回る個体が含まれる。

5 引用文献

- 1) Dutkowski G, Costa e Silva J, Gilmour A, Wellendorf H, Aguiar A: Spatial analysis enhances modelling of a wide variety of traits in forest genetic trials. Canadian Journal of Forest Research 36, 1851-1870 (2006)
- 2) Gilmour A, Gogel B, Cullis B, Thompson R: ASReml User Guide Release 3.0. VSN International Ltd, Hemel Hempstead, HP1 1ES, UK www.vsnl.co.uk (2009)
- 3) 池田潔彦, 大森昭壽, 有馬孝禮: 応力波伝播速度による立木材質の評価と適用(第3報). 木材学会誌 46, 558-565(2000)

- 4) 池田潔彦, 金森富士雄, 有馬孝禮: 応力波伝播速度による立木材質の評価と適用(第4報) ヒノキ林分立木材質の評価. 木材学会誌 46, 602-608 (2000)
- 5) Lindgren D, Gea L, Jefferson P: Loss of genetic diversity monitored by status number. Silvae Genetica 45, 52-58 (1996)
- 6) Lindgren D, Gea L, Jefferson P: Status number for measuring genetic diversity. Forest Genetics 2, 69-76 (1997)
- 7) 林野庁: 熊本営林局 立木材積表 (1970)