

# 九州育種基本区における第二世代精英樹候補木の選抜 -九熊本第154号、九熊本第155号（スギ）における実行結果-

九州育種場 育種課 福田有樹・倉原雄二・岩泉正和・松永順・松永孝治・久保田正裕

## 1 はじめに

森林総合研究所林木育種センターでは、国立研究開発法人森林研究・整備機構第5期中長期計画（2021～2025年度）に基づき、第二世代精英樹候補木を選抜している。九州育種基本区においては、集団林調査の進捗状況等を踏まえて計画的に選抜を進めており、2020年度までにスギで996個体、ヒノキで374個体の第二世代精英樹候補木を選抜している。2021年度はスギ育種集団林2箇所より第二世代精英樹候補木の選抜を行ったので、その選抜過程と結果を報告する。

## 2 材料と方法

選抜対象とした2箇所の育種集団林、九熊本第154号と九熊本第155号の概要を表1に示した。これらの集団林はいずれも2006年度に設定したもので、選抜時の林齢は15年生であった。九熊本第154号には第一世代精英樹とスギザイノタマバエ抵抗性品種の人工交配から得られた実生個体が、九熊本第155号には第一世代精英樹同士の人工交配（花粉親に屋久島の林分から選抜されたものを使用）から得られた実生個体が植栽されている。試験地の設計は、九熊本第154号は単木混交植栽の3反復と方形プロット植栽の3反復から成り、九熊本第155号は単木混交植栽の3反復から成っており、植栽間隔はいずれの育種集団林も1.8mである（3,000本/ha）。なお、第二世代精英樹候補木を選抜するための解析において、九熊本第154号の単木混交植栽区と方形プロット植栽区は別の試験地として取扱い、便宜的に前者を九熊本第154号\_単木区、後者を九熊本第154号\_方形区とした。

当該2育種集団林における第二世代精英樹候補木の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、根元曲りについて、15年次の定期調査データを用いた。樹高はVertex (Haglof社、スウェーデン)を用いて0.1m単位で、胸高直径は輪尺を用いて0.1cm単位で測定し、根元曲りや幹曲りについては目視による5段階評価を行った。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>2), 3)</sup>を用い、REML法により分散成分を推定し、BLUP法により各個体の育種価を求めた<sup>1)</sup>。求めた樹高および胸高直径の育種価と検定林平均値の和を用いて材積式<sup>4)</sup>により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)を用いて15年次に行った。応力波伝播速度の測定は、各家系の材積育種価上位個体および試験地全体での材積育種価上位個体を対象として行った。九熊本第154号\_単木区では96個体、九熊本第154号\_方形区では107個体、九熊本第155号では77個体に対して、個体あたり2方向から測定した。得られた応力波伝播速度データ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法により各個体の応力波伝播速度の育種価を求めた<sup>1)</sup>。以上のREML法およびBLUP法による計算は、ASReml-R (VNI international社、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以上かつ幹曲りの表現型値が3以上
- (2) 材積による選抜：材積の育種価が各育種集団林全体の平均値+0.5×標準偏差の値以上
- (3) 応力波伝播速度による選抜：応力波伝播速度の育種価が各育種集団林全体の平均以上
- (4) 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

以上の基準により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。

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群の材積育種価平均値の育種集団林全体における材積育種価平均値からの偏差を、育種集団林全体における材積育種価平均値に対する百分率として算出した。

### 3 結果と考察

選抜した各集団林における樹高、胸高直径、応力波伝播速度の遺伝率は、九熊本第 154 号\_単木区においては 0.204、0.429、0.512、同様に九熊本第 154 号\_方形区においては 0.243、0.513、0.220、九熊本第 155 号においては 0.281、0.433、0.683 であった（表-1）。樹高および胸高直径の遺伝率は試験地間で類似している一方で、応力波伝播速度の遺伝率は九熊本第 154 号\_方形区では他の 2 試験地と比較して著しく低かった。これは、植栽本数に対する測定個体数の割合の違いによるものだと考えられる。机上選抜と目視による現地確認の結果、九熊本第 154 号\_単木区から 12 個体（選抜率：2.4%）、九熊本第 154 号\_方形区から 16 個体（選抜率：1.5%）、九熊本第 155 号から 8 個体（選抜率：3.6%）の計 36 個体を第二世代精英樹候補木として選抜した（表-2、表-3）。選抜の結果、九熊本第 154 号\_単木区、九熊本第 154 号\_方形区、九熊本第 155 号における材積相対遺伝獲得量はそれぞれ 15.07%、15.21%、31.48% であった（表-2）。

今回選抜した個体より 2022 年 2 月につき木増殖用の穂を採取し、2022 年 3 月に候補木あたり 8 本をつぎ木増殖した。苗畑において養苗したのち、2023 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 1,032 個体、ヒノキで 374 個体となった。今後、これらの第二世代精英樹候補木のクローンとしての成長性やさし木発根性等の形質評価を進め、優れた系統については第二世代精英樹として選抜し、さらに雄花着花性等も含めて総合的に優れていると

判断される系統は特定母樹に申請し、指定を受けた系統は特定母樹として普及することとしている。また、これから候補木間の交配による育種集団林の造成を行い、第三世代精英樹の選抜に向けた準備を進める計画である。

最後に、貴重な試験地の設定・管理・測定にこれまでに関わっていただいた九州森林管理局、福岡森林管理署、宮崎森林管理署都城支署の皆様および林木育種センター九州育種場の関係者に深く感謝する。

### 5 引用文献

- 1) Butler DG, Cullis BR, Gilmour AR, Gogel BJ, Thompson R (2017) Asreml-R reference manual version 4 - Asreml estimates variance components under a general linear mixed model by residual maximum likelihood (Reml). VSN International Ltd, Hemel Hempstead, HP1 1ES, UK [www.vsni.co.uk](http://www.vsni.co.uk) (2017)
- 2) 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)
- 3) Fukatsu E, Hiraoka Y, Kuramoto N, Yamada H, Takahashi M: Effectiveness of spatial analysis in *Cryptomeria japonica* D. Don (sugi) forward selection revealed by validation using progeny and clonal tests. *Annals of Forest Science*, 75, 96 (2018)
- 4) 林野庁：熊本営林局 立木材積表 (1970)

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>	形質平均値±標準偏差			
							[遺伝率]			
							樹高 (m)	直径 (cm)	応力波 伝播速度 (m/s) <sup>*3</sup>	
全体				2,031			11.23 ±1.91	14.57 ±3.95	3019.20 ±278.15	
スギ	九熊本第154号 (7038)	単木区	福岡森林管理署 英彦山国有林 3071い3林小班	2006	601	30	13	11.89 ±1.66	15.40 ±3.64	2924.44 ±234.72
		方形区						1,430	10.93 ±1.94	14.18 ±4.03
							[0.204]	[0.429]	[0.512]	
							[0.243]	[0.513]	[0.220]	
スギ	九熊本第155号 (7039)	宮崎森林管理署都城支署 巢ノ浦国有林 2117た5林小班		2006	375	17	11	9.63 ±2.02	13.50 ±3.98	3018.69 ±302.23
									[0.281]	[0.433]

\*1: 交配組合せ数(対照家系を除く)を示す。

\*2: 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)またはスギザイノタマバエ抵抗性品種数を示す。

\*3: 机上選抜の後に測定しているため、測定個体数は樹高及び直径の測定個体数と異なる。

表－2 選抜された第二世代精英樹候補木の基本情報

樹種	検定林名 (コード)	選抜 本数	選抜率 <sup>*1</sup>	選抜 家系数 <sup>*2</sup>	第一世代 精英樹数 <sup>*3</sup>	形質平均値(15年次)			材積 相対遺伝的 獲得量(%) <sup>*4</sup>	
						樹高 (m)	直径 (cm)	応力波 伝播速度 (m/s)		
全体		28	1.8%	10	7	13.53	18.33	3111.10	22.8	
スギ	九熊本第154号 (7038)	単木区	12	2.5%	8	6	13.97	18.43	3076.05	15.1
		方形区	16	1.5%	5	5	13.19	18.25	3137.39	15.2
スギ	九熊本第155号 (7039)	8	3.5%	5	5	11.68	17.54	3211.29	31.5	

\*1: 15年次における生存個体数(測定数)に対する、選抜本数の割合を示す。

\*2: 選抜された個体が属する交配組合せ(家系)の総数を示す。

\*3: 選抜された候補木の交配親として関与した第一世代精英樹数またはスギザイノタマバエ抵抗性品種数を示す。

\*4: 材積相対遺伝的獲得量は、15年次の調査結果に基づく。

表-3 選抜された第二世代精英樹候補木一覧

a) 九熊本第154号\_単木区

系統名	系統コード	樹高(m)	直径(cm)	幹曲り <sup>*1</sup>	根元曲り <sup>*1</sup>	育種価偏差値	
						材積	応力波伝播速度
スギ九育 2-997	GFA37593	14.7	19.1	4	4	62.4	63.8
スギ九育 2-998	GFA37594	15.4	20.3	4	4	63.4	56.4
スギ九育 2-999	GFA37595	13.7	22.4	5	4	63.9	56.3
スギ九育 2-1000	GFA37596	13.5	19.2	4	4	57.7	67.0
スギ九育 2-1001	GFA37597	14.3	20.7	4	4	60.5	73.4
スギ九育 2-1002	GFA37598	13.0	17.9	4	4	63.4	56.0
スギ九育 2-1003	GFA37599	11.8	16.2	4	4	65.9	51.4
スギ九育 2-1004	GFA37600	13.9	14.2	4	4	60.8	65.6
スギ九育 2-1005	GFA37601	15.3	21.8	5	4	66.2	60.4
スギ九育 2-1006	GFA37602	15.6	18.0	4	3	65.5	62.5
スギ九育 2-1007	GFA37603	14.3	15.8	4	3	55.1	71.0
スギ九育 2-1008	GFA37604	12.1	15.5	4	4	55.5	65.1

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

b) 九熊本第154号\_方形区

系統名	系統コード	樹高(m)	直径(cm)	幹曲り <sup>*1</sup>	根元曲り <sup>*1</sup>	育種価偏差値	
						材積	応力波伝播速度
スギ九育 2-1009	GFA37605	13.6	24.0	4	4	65.6	63.8
スギ九育 2-1010	GFA37606	13.1	17.0	4	4	67.9	64.8
スギ九育 2-1011	GFA37607	14.9	21.0	4	5	68.8	61.5
スギ九育 2-1012	GFA37608	13.8	22.0	4	4	65.8	52.9
スギ九育 2-1013	GFA37609	14.5	20.0	4	4	67.3	63.9
スギ九育 2-1014	GFA37610	14.6	26.0	3	4	67.4	56.0
スギ九育 2-1015	GFA37611	10.2	14.0	4	4	65.1	59.9
スギ九育 2-1016	GFA37612	10.8	15.0	3	3	66.7	64.6
スギ九育 2-1017	GFA37613	14.5	17.1	5	4	58.3	65.4
スギ九育 2-1018	GFA37614	12.4	16.3	5	3	68.1	60.0
スギ九育 2-1019	GFA37615	11.9	15.9	5	4	65.3	62.3
スギ九育 2-1020	GFA37616	11.9	15.2	5	5	63.0	59.4
スギ九育 2-1021	GFA37617	12.8	16.7	5	5	65.1	57.4
スギ九育 2-1022	GFA37618	14.4	16.1	4	4	66.1	63.4
スギ九育 2-1023	GFA37619	13.7	14.0	4	4	65.8	56.8
スギ九育 2-1024	GFA37620	14.0	21.7	4	4	65.2	56.9

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

c) 九熊本第155号

系統名	系統コード	樹高(m)	直径(cm)	幹曲り <sup>*1</sup>	根元曲り <sup>*1</sup>	育種価偏差値	
						材積	応力波伝播速度
スギ九育 2-1025	GFA37621	10.0	13.4	4	4	60.2	56.1
スギ九育 2-1026	GFA37622	11.0	19.0	5	5	63.6	57.7
スギ九育 2-1027	GFA37623	12.4	17.0	4	4	70.7	61.8
スギ九育 2-1028	GFA37624	12.2	16.4	5	4	67.1	61.8
スギ九育 2-1029	GFA37625	12.6	17.4	4	4	66.2	63.4
スギ九育 2-1030	GFA37626	12.7	20.9	3	3	71.7	53.4
スギ九育 2-1031	GFA37627	11.3	17.4	4	5	60.3	61.9
スギ九育 2-1032	GFA37628	11.2	18.8	5	5	61.7	59.1

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