

九州育種基本区におけるスギ第2世代精英樹候補木の選抜 -九熊本第132号・九熊本第133号・九熊本第135号・九熊本第136号における実行結果-

九州育種場 育種課 武津英太郎・倉原雄二・千吉良治^{※1}・福山友博・倉本哲嗣
育種技術専門役 竹田宣明
北海道育種場 遺伝資源管理課 湯浅真
林木育種センター 育種部 育種第一課 高橋誠

1 はじめに

林木育種センターでは、成長等に優れた第1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2世代精英樹候補木の選抜を進めている。九州育種基本区においては、2013年度までにスギで795個体、ヒノキで251個体の第2世代精英樹候補木が選抜されている。集団林の林齢や設定された地域、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、2014年度はスギ育種集団林4箇所より第2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1997～1998年に設定され、選抜時の林齢は17年から18年であり、第1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。試験地の設計は6反復の単木混交であり、植栽間隔は1.8m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15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¹⁾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²⁾。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³⁾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)もしくはFakopp (Fakopp社、ハンガリー)を用い、九熊本第132号・136号では15年次、133号・135号では18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160～189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³⁾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/cm²、以下ヤング率)、 V_p は応力波伝播速度 (cm/sec)、 ρ_{eff} は有効密度 (g/cm³)、 g は重力加速度 (980cm/sec²) である。有効密度には池田ら³⁾に従い0.83g/cm³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・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各育種集団林の平均以上、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2世代精英樹候補木として選抜した。また、机上選抜の基準に漏れた個体についても、目視で明らかに成長や通直性等の形質が優れていると判断された個体も第2世代精英樹候補木として選抜した。

第2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

※1 現在 西表熱帯技術園

抜された第2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2世代候補木集団の遺伝的多様性の指標として、Lindgrenら⁴⁾により提唱されたStatus Numberを算出した。Status Numberは集団の平均近縁度の逆数の1/2で定義され、集団内個体間の血縁度の上昇に合わせて減少する。集団内の個体間に血縁が全くない場合には最大値を取り、その値は集団内個体数と等しくなる。家系情報を基に算出が可能であり、候補木集団の遺伝的多様性のモニタリングに適していると考えられる。Status Numberの算出方法はLindgrenら⁵⁾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 9.2m～12.8m、平均直径は 12.2cm～15.9cm 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概して高い値を示す一方、樹高や直径が立木ヤング係数より高い値を示す育種集団林も存在した。

机上選抜・目視による現地確認の結果、スギで計 74 個体を第 2 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。候補木の交配親として関与した第 1 世代精英樹数は、選抜元である育種集団林の交配親となった第 1 世代精英樹数と比較して半数程度であった（表 1 及び表 2）。多様性の指標としての候補木集団の Status Number は 3.86～5.36 となり（表 2）、候補木の交配親として関与した第 1 世代精英樹集団の Status Number（7～10、クローン数と同値）の 53.0%～64.3%に減少した。これは上位集団は特定の親への偏りがあることを示す。材積の遺伝的獲得量は 16.2%～30.1%となった。選抜個体の一覧を表 3 に示した。

今回選抜した個体より 2015 年 2～3 月につぎ木増殖用の穂を採取し、2015 年 3 月下旬に候補木あたり 8 本をつぎ木増殖した。今後九州育種場内に定植し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 2 世代精英樹候補木の本数はスギで 795 個体となった。今後は

第 2 世代精英樹候補木が未選抜の育種集団林において選抜を進めるとともに、選抜された第 2 世代精英樹候補木の成長や挿し木発根性等の形質の評価を進めていく必要がある。

貴重な試験地の設定・管理・測定にこれまでに関わった林野庁・九州森林管理局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 ^{*1}	第1世代 精英樹数 ^{*2}	15年次平均	
							樹高 (m)	直径 (cm)
スギ	九熊本第132号 (7009)	宮崎北部森林管理署 北方森林事務所 第一速目峰国有林1122い1林小班	1996	1620	44	20	12.8	15.2
スギ	九熊本第133号 (7010)	西都児湯森林管理署 石河内森林事務所 尾鈴国有林239ね2林小班	1996	1620	44	19	10.3	12.2
スギ	九熊本第135号 (7012)	大隅森林管理署 川上森林事務所 立谷国有林35ろ1林小班	1996	990	44	20	9.2	13.9
スギ	九熊本第136号 (7013)	宮崎森林管理署 都城支署 西小林森林事務所 巢ノ浦国有林2111れ4林小班	1997	1536	44	19	12.5	15.9

*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1世代精英樹数は交配親として関与した第1世代精英樹数（対照の植栽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2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 ^{*1}	第1世代 精英樹数 ^{*2}	Status Number	材積 相対遺伝 獲得量
		樹高	胸高直径	ヤング率						
スギ	九熊本第132号 (7009)	0.481 (0.184)	0.305 (0.129)	0.473 (0.298)	20	1.2%	7	7	4.23	24.6%
スギ	九熊本第133号 (7010)	0.478 (0.168)	0.382 (0.145)	0.638 (0.389)	19	1.2%	7	6	3.86	16.2%
スギ	九熊本第135号 (7012)	0.500 (0.220)	0.458 (0.191)	0.586 (0.389)	17	1.7%	10	10	5.30	22.9%
スギ	九熊本第136号 (7013)	0.273 (0.121)	0.494 (0.190)	0.451 (0.264)	18	1.7%	11	10	5.36	30.1%

*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1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1世代精英樹数を示す。

表3 選抜されたスギ第2世代精英樹候補木一覧

a) 九熊本第132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	立木ヤング係数	
スギ九育 2-722	GFA05756	14.0	20	4	5	71.4	59.8	
スギ九育 2-723	GFA05757	13.5	17	4	4	68.3	50.2	
スギ九育 2-724	GFA05758	14.0	19	4	4	65.9	68.1	
スギ九育 2-725	GFA05759	14.5	20	4	4	73.7	59.4	
スギ九育 2-726	GFA05760	13.5	18	4	4	68.6	64.9	
スギ九育 2-727	GFA05761	15.0	22	4	4	75.3	64.8	
スギ九育 2-728	GFA05762	17.0	19	5	5	73.0	56.1	
スギ九育 2-729	GFA05763	17.0	24	5	5	68.0	50.3	
スギ九育 2-730	GFA05764	20.5	23	5	5	66.8	72.3	
スギ九育 2-731	GFA05765	15.5	19	4	4	67.9	51.7	
スギ九育 2-732	GFA05766	15.0	20	4	4	68.2	53.4	
スギ九育 2-733	GFA05767	16.0	22	4	4	70.3	73.8	
スギ九育 2-734	GFA05768	15.5	20	4	4	68.0	51.7	
スギ九育 2-735	GFA05769	14.5	20	4	4	65.5	60.7	
スギ九育 2-736	GFA05770	14.5	15	4	4	66.4	66.3	
スギ九育 2-737	GFA05771	14.5	18	4	4	66.2	79.6	
スギ九育 2-738	GFA05772	15.5	19	4	4	73.0	63.2	
スギ九育 2-739	GFA05773	16.5	21	4	4	64.8	64.5	
スギ九育 2-740	GFA05774	13.0	16	4	4	67.3	66.3	
スギ九育 2-741	GFA05775	15.0	20	5	5	66.6	72.7	

各形質値は15年次の測定値に基づく。

*1: 幹曲・根元曲は5段階指数評価値（基準については九州育種基本区精英樹特性表参照）。

b) 九熊本第133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	立木ヤング係数
スギ九育 2-742	GFA05776	11.0	13	4	3	61.4	52.1
スギ九育 2-743	GFA05777	12.5	17	4	4	64.1	66.0
スギ九育 2-744	GFA05778	14.0	18	4	4	51.4	55.9
スギ九育 2-745	GFA05779	10.5	14	4	3	55.0	63.9
スギ九育 2-746	GFA05780	11.0	14	4	3	62.2	52.1
スギ九育 2-747	GFA05781	18.5	21	4	3	64.5	74.5
スギ九育 2-748	GFA05782	17.0	19	4	3	51.3	63.6
スギ九育 2-749	GFA05783	10.0	14	5	5	67.1	52.1
スギ九育 2-750	GFA05784	10.0	17	4	3	60.1	56.5
スギ九育 2-751	GFA05785	9.5	15	4	3	59.8	51.4
スギ九育 2-752	GFA05786	11.5	13	4	3	61.3	49.6
スギ九育 2-753	GFA05787	15.5	17	5	5	58.2	70.5
スギ九育 2-754	GFA05788	13.0	16	5	4	57.4	59.1
スギ九育 2-755	GFA05789	16.0	17	5	5	61.5	53.8
スギ九育 2-756	GFA05790	13.5	14	5	4	50.6	57.8
スギ九育 2-757	GFA05791	15.5	15	5	4	61.1	50.7
スギ九育 2-758	GFA05792	12.0	13	4	3	61.2	49.6
スギ九育 2-759	GFA05793	12.5	15	5	4	56.7	55.2
スギ九育 2-760	GFA05794	13.5	15	5	4	59.8	49.6

各形質値は15年次の測定値に基づく。

*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）。

c) 九熊本第135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	立木ヤング係数
スギ九育 2-779	GFA05813	13.0	16	4	4	52.6	64.0
スギ九育 2-780	GFA05814	13.0	20	4	4	72.1	61.7
スギ九育 2-781	GFA05815	10.0	18	4	4	64.4	51.9
スギ九育 2-782	GFA05816	12.0	20	4	4	63.8	51.0
スギ九育 2-783	GFA05817	12.5	20	4	4	50.3	66.1
スギ九育 2-784	GFA05818	13.0	20	5	4	76.2	53.0
スギ九育 2-785	GFA05819	11.0	19	4	4	77.1	63.5
スギ九育 2-786	GFA05820	11.0	15	4	4	68.6	61.7
スギ九育 2-787	GFA05821	12.5	15	4	4	68.8	58.9
スギ九育 2-788	GFA05822	10.5	15	4	4	62.3	63.9
スギ九育 2-789	GFA05823	9.0	16	4	4	62.6	53.0
スギ九育 2-790	GFA05824	10.0	16	4	4	72.8	63.0
スギ九育 2-791	GFA05825	10.0	18	4	4	59.6	48.4
スギ九育 2-792	GFA05826	9.5	15	4	4	54.8	57.9
スギ九育 2-793	GFA05827	12.5	22	4	4	57.4	63.3
スギ九育 2-794	GFA05828	11.0	18	4	4	72.5	61.5
スギ九育 2-795	GFA05829	12.0	20	4	4	54.6	56.4

各形質値は15年次の測定値に基づく。

*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136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	ヤング率
スギ九育 2-761	GFA05795	13.5	18	4	4	61.5	57.2
スギ九育 2-762	GFA05796	13.0	23	4	4	60.9	66.0
スギ九育 2-763	GFA05797	15.0	20	4	4	73.4	59.0
スギ九育 2-764	GFA05798	16.5	21	4	4	66.3	58.0
スギ九育 2-765	GFA05799	18.0	24	4	4	68.9	60.9
スギ九育 2-766	GFA05800	15.0	25	4	4	69.0	61.5
スギ九育 2-767	GFA05801	13.5	19	4	4	66.2	63.9
スギ九育 2-768	GFA05802	14.5	20	4	4	65.1	56.0
スギ九育 2-769	GFA05803	13.0	20	4	4	60.8	57.9
スギ九育 2-770	GFA05804	15.5	21	4	4	64.7	54.1
スギ九育 2-771	GFA05805	15.5	23	4	4	60.2	72.0
スギ九育 2-772	GFA05806	13.5	20	4	4	62.5	57.9
スギ九育 2-773	GFA05807	14.0	19	4	4	62.8	60.7
スギ九育 2-774	GFA05808	14.0	24	4	4	63.2	52.5
スギ九育 2-775	GFA05809	13.5	18	4	4	62.7	60.7
スギ九育 2-776	GFA05810	14.5	25	4	4	61.6	56.5
スギ九育 2-777	GFA05811	13.0	21	4	4	62.0	60.2
スギ九育 2-778	GFA05812	13.0	18	4	4	60.9	60.7
スギ九育 2-761	GFA05795	13.5	18	4	4	61.5	57.2
スギ九育 2-762	GFA05796	13.0	23	4	4	60.9	66.0

各形質値は15年次の測定値に基づく。

*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)。

英樹候補個体の選抜 -九熊本124号検定林における
実行結果-。林木育種センター年報、72-73
(2010)

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) Ikeda K: 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) Lindgren D、Gea L、Jefferson P: Loss of genetic diversity monitored by status number. Silvae Genetica 45、52-58(1996)
- 5) Lindgren D、Gea L、Jefferson P: Status number for measuring genetic diversity. Forest Genetics 2、69-76(1997)
- 6) 林野庁: 熊本営林局 立木材積表(1970)
- 7) 松永孝治・倉原雄二・大平峰子・倉本哲嗣・中島久美子・湯浅真・山田浩雄・阿部正信・柏木学・松永順: 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125号検定林における実施結果-。林木育種センター年報、69-71(2011)
- 8) 松永孝治・倉原雄二・大平峰子・倉本哲嗣・中島久美子・湯浅真・山田浩雄・阿部正信・柏木学・松永順: 九州育種基本区におけるスギ第二世代精英樹候補個体の選抜 -九熊本124号検定林における実行結果-。林木育種センター年報、72-73(2010)