

九州育種基本区におけるスギおよびヒノキ第2世代精英樹候補木の選抜 -九熊本第121-1号・122号・123号・138号・116号における実行結果-

九州育種場 育種課 武津英太郎・松永孝治・倉原雄二・福山友博・千吉良治・倉本哲嗣
育種技術専門役 柏木学^{※1}
遺伝資源管理課 松永順・古村理恵子^{※2}・濱本光
連絡調整課 江藤香織^{※3}・田代今朝広^{※4}
場長 有村孝一^{※5}

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、成長等の実用形質に優れた第1世代精英樹間の人工交配家系により造成された育種集団からの第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、2012年度までにスギで645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、2013年度はスギ育種集団林4箇所およびヒノキ育種集団林1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1989～1998年に設定され、選抜時の林齢は17年から25年であった。第1世代精英樹間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、九熊本第121-1号は反復なしの交配組み合わせ毎の方形プロット、九熊本第116号では3反復の交配組み合わせ毎の方形プロット、九熊本第122号・123号および138号は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。九熊本第121-1号は25年次の定期調査データ、122号・123号・138号は15年次の定期調査データを用いた。九熊本第116号では樹高・胸高直径は15年次の定期調査データ、幹曲り・根元曲りは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⁶⁾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121-1号では25年次、122号・123号では20年次、138号では17年次、116号では20年次に行った。応力波伝播速度の測定対象個体は九熊本第121-1号および116号ではプロットあたり材積育種価上位2個体、九熊本第122号・123号および138号で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30個体であり、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ヤング率の推定値を池田ら³⁾に基づいて下記により算出した。

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

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 (m/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。得られたヤング率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法により各個体のヤング率の育種価を求めた。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: 応力波伝播速度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

※1 現在 関西育種場 ※2 現在 九州育種場連絡調整課 ※3 現在 九州森林管理局熊本森林管理署
※4 現在 九州森林管理局大分西部森林管理署 ※5 現在 九州森林管理局大分森林管理署

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とり、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7.9m~10.4m、平均直径は11.6~14.4cm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。九熊本第121-1号・122号・123号では、ヤング率の遺伝率は低く、既報と異なる傾向であった。また、九熊本第116号(ヒノキ)では成長形質の遺伝率が非常に低い値を示した。

机上選抜・目視による現地確認の結果、スギで計76個体、ヒノキで計27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。九熊本第121-1号は試験地内の反復がなく、個体評価の精度が低いと考えられたため、選抜本数を少なくした。また九熊本第122号・123号では、同一家系セットが植栽された他の育種集団林よりすでに候補木が選抜されているため^{7)、8)}、選抜本数を少なくする

とともに遺伝的多様性を増やす目的で家系あたりの選抜本数も上限2本とした。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と比較して同程度~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6.18~7.45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(11~15、クローン数と同値)の45.8%~67.7%に減少した。一方、材積の遺伝的獲得量は、選抜率が異なるためにスギでは9.0%~85.4%となり試験地により異なる値となった。ヒノキ(九熊本第116号)では材積の遺伝的獲得量は5.3%と低い値を示した。選抜個体の一覧を表3に示した。

今回選抜した個体より2014年2~3月につぎ木増殖用の穂を採取し、2013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721個体、ヒノキで278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	所在地	設定年度	植栽本数	植栽家数 ^{*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121-1号(2225)	熊本森林管理署 八代森林事務所 山川内国有林1045か6林小班	1988	3000	30	11	8.3	11.6
スギ	九熊本第122号(2407)	大分西部森林管理署 山国森林事務所 平鶴国有林2ろ6林小班	1993	1440	41	24	10.1	13.2
スギ	九熊本第123号(2408)	宮崎南部森林管理署 串間・本城・大東 森林事務所 秋山国有林2051く林小班	1993	1170	24	15	9.4	13.2
スギ	九熊本第138号(7015)	西都児湯森林管理署 川南森林事務所 尾鈴国有林1049い10林小班	1997	1620	41	21	10.4	14.4
ヒノキ	九熊本第116号(7014)	北薩森林管理署 霧島森林事務所 山田浦国有林2091ち林小班	1991	3000	27	13	7.9	12.2

*1: 植栽家数係数は交配組合せ数(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	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121-1号(2225)	0.437 (0.297)	0.228 (0.146)	0.219 (0.297)	16	0.5%	12	10	6.48	85.4%
スギ	九熊本第122号(2407)	0.325 (0.159)	0.381 (0.161)	0.282 (0.220)	15	1.1%	9	12	6.62	27.6%
スギ	九熊本第123号(2408)	0.379 (0.139)	0.263 (0.134)	0.317 (0.389)	14	1.2%	12	15	6.87	22.2%
スギ	九熊本第138号(7015)	0.441 (0.150)	0.297 (0.0812)	0.645 (0.390)	31	2.3%	8	11	7.45	9.0%
ヒノキ	九熊本第116号(7014)	0.055 (0.071)	0.063 (0.037)	≈ 1.00 (0.50)	27	1.9%	15	11	6.18	5.3%

*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121-1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 2-646	GFA04793	16.2	26	3	4	79.9	55.5	
スギ九育 2-647	GFA04794	17.8	28	3	3	91.5	61.6	
スギ九育 2-648	GFA04795	15.5	27	4	4	94.8	56.8	
スギ九育 2-649	GFA04796	12.2	24	4	3	78.1	68.9	
スギ九育 2-650	GFA04797	13.9	22	4	4	69.5	63.0	
スギ九育 2-651	GFA04798	15.5	30	3	3	67.8	57.3	
スギ九育 2-652	GFA04799	16.4	28	4	4	70.9	50.9	
スギ九育 2-653	GFA04800	15.9	26	4	4	69.9	54.1	
スギ九育 2-654	GFA04801	12.7	18	4	3	59.0	63.3	
スギ九育 2-655	GFA04802	13.3	22	3	3	67.2	61.3	
スギ九育 2-656	GFA04803	15.4	30	4	3	76.9	67.2	
スギ九育 2-657	GFA04804	16.2	24	3	3	71.9	65.4	
スギ九育 2-658	GFA04805	18.0	25	3	4	76.2	73.3	
スギ九育 2-659	GFA04806	16.1	26	4	3	69.5	52.8	
スギ九育 2-660	GFA04807	13.6	19	4	3	57.9	69.4	
スギ九育 2-661	GFA04808	16.0	27	4	4	82.6	50.4	

各形質値は25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)。

b) 九熊本第122号

系統名	系統コード	樹高	直径	幹曲 *1	根元曲 *1	育種価偏差値	
						材積	ヤング率
スギ九育 2-707	GFA04854	14.6	28	4	3	72.8	69.0
スギ九育 2-708	GFA04855	19.0	29	5	5	64.6	53.1
スギ九育 2-709	GFA04856	18.5	26	4	4	63.4	57.2
スギ九育 2-710	GFA04857	17.5	24	3	3	74.5	63.9
スギ九育 2-711	GFA04858	16.2	24	3	4	68.8	61.6
スギ九育 2-712	GFA04859	15.0	22	3	3	67.5	63.2
スギ九育 2-713	GFA04860	15.6	22	4	3	61.6	64.3
スギ九育 2-714	GFA04861	15.9	22	4	4	64.9	53.7
スギ九育 2-715	GFA04862	15.2	24	4	4	63.6	71.4
スギ九育 2-716	GFA04863	12.8	24	3	4	69.9	68.0
スギ九育 2-717	GFA04864	17.0	26	3	4	67.6	82.6
スギ九育 2-718	GFA04865	13.8	25	3	4	69.8	64.1
スギ九育 2-719	GFA04866	16.1	23	4	5	61.8	52.2
スギ九育 2-720	GFA04867	16.1	26	3	4	77.4	60.4
スギ九育 2-721	GFA04868	16.8	27	4	4	71.8	66.3

各形質値は20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123号

系統名	系統コード	樹高	直径	幹曲 *1	根元曲 *1	育種価偏差値	
						材積	ヤング率
スギ九育 2-662	GFA04809	16.3	23	3	3	73.6	83.2
スギ九育 2-663	GFA04810	15.4	24	4	3	72.5	58.4
スギ九育 2-664	GFA04811	12.8	20	3	3	72.4	49.2
スギ九育 2-665	GFA04812	15.3	22	4	4	70.6	63.7
スギ九育 2-666	GFA04813	13.2	23	3	3	68.9	53.2
スギ九育 2-667	GFA04814	13.7	20	4	3	67.3	69.1
スギ九育 2-668	GFA04815	12.6	20	4	3	62.0	61.3
スギ九育 2-669	GFA04816	14.1	22	4	4	59.6	52.0
スギ九育 2-670	GFA04817	13.2	19	4	3	59.0	66.8
スギ九育 2-671	GFA04818	14.5	22	3	3	58.0	52.0
スギ九育 2-672	GFA04819	15.2	24	4	5	57.3	53.1
スギ九育 2-673	GFA04820	13.3	20	4	3	55.9	52.5
スギ九育 2-674	GFA04821	12.6	21	4	3	52.5	55.8
スギ九育 2-675	GFA04822	12.6	22	4	4	52.3	59.1

各形質値は20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138号

系統名	系統コード	樹高	直径	幹曲 *1	根元曲 *1	育種価偏差値	
						材積	ヤング率
スギ九育 2-676	GFA04823	12.0	18	4	3	57.7	55.3
スギ九育 2-677	GFA04824	12.3	18	4	3	66.9	70.4
スギ九育 2-678	GFA04825	12.5	17	5	3	55.7	64.4
スギ九育 2-679	GFA04826	12.2	16	4	3	59.4	70.0
スギ九育 2-680	GFA04827	12.9	17	4	3	58.4	55.3
スギ九育 2-681	GFA04828	11.3	20	5	3	67.8	55.5
スギ九育 2-682	GFA04829	11.8	18	4	3	59.6	70.0
スギ九育 2-683	GFA04830	12.0	16	4	3	55.8	59.2
スギ九育 2-684	GFA04831	11.5	18	4	4	65.6	51.7
スギ九育 2-685	GFA04832	11.1	17	4	3	66.2	63.1
スギ九育 2-686	GFA04833	12.1	16	3	3	64.9	55.7
スギ九育 2-687	GFA04834	11.8	16	3	3	59.7	70.0
スギ九育 2-688	GFA04835	10.7	17	3	4	49.4	70.7
スギ九育 2-689	GFA04836	13.0	20	4	3	56.9	64.4
スギ九育 2-690	GFA04837	14.0	17	4	4	48.6	70.7
スギ九育 2-691	GFA04838	14.6	18	5	3	55.6	49.9
スギ九育 2-692	GFA04839	13.8	17	5	3	58.4	87.5
スギ九育 2-693	GFA04840	14.0	17	5	5	57.1	59.2
スギ九育 2-694	GFA04841	13.6	21	5	5	60.2	63.4
スギ九育 2-695	GFA04842	14.5	20	5	3	61.8	59.2
スギ九育 2-696	GFA04843	12.2	20	5	3	64.2	70.8
スギ九育 2-697	GFA04844	12.4	17	5	5	55.6	59.2
スギ九育 2-698	GFA04845	13.8	20	4	3	61.7	68.3
スギ九育 2-699	GFA04846	11.8	17	5	5	55.3	55.3
スギ九育 2-700	GFA04847	12.6	17	3	4	63.2	58.3
スギ九育 2-701	GFA04848	13.2	18	4	4	55.8	64.4
スギ九育 2-702	GFA04849	12.2	18	4	4	54.6	50.2
スギ九育 2-703	GFA04850	12.6	19	5	5	55.3	49.9
スギ九育 2-704	GFA04851	11.2	19	5	5	54.9	49.9
スギ九育 2-705	GFA04852	13.1	17	5	4	48.0	70.7
スギ九育 2-706	GFA04853	11.8	16	4	4	53.5	59.2

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）。

e) 九熊本第116号

系統名	系統コード	樹高	直径	幹曲 *1	根元曲 *1	育種価偏差値	
						材積	ヤング率
ヒノキ九育 2-252	GFB06600	10.5	17	3	3	66.4	30.9
ヒノキ九育 2-253	GFB06601	9.0	17	4	3	70.0	38.6
ヒノキ九育 2-254	GFB06602	10.5	15	3	4	59.7	56.6
ヒノキ九育 2-255	GFB06603	10.5	16	4	3	65.8	44.7
ヒノキ九育 2-256	GFB06604	10.0	15	4	3	64.9	45.4
ヒノキ九育 2-257	GFB06605	10.5	16	3	4	57.5	61.1
ヒノキ九育 2-258	GFB06606	9.5	17	3	3	56.9	60.5
ヒノキ九育 2-259	GFB06607	9.0	18	3	3	64.4	32.8
ヒノキ九育 2-260	GFB06608	9.0	17	4	3	62.1	43.7
ヒノキ九育 2-261	GFB06609	10.5	19	3	3	61.8	51.5
ヒノキ九育 2-262	GFB06610	9.0	15	3	4	56.5	61.6
ヒノキ九育 2-263	GFB06611	11.0	15	4	3	61.6	56.3
ヒノキ九育 2-264	GFB06612	12.5	17	3	4	61.2	51.6
ヒノキ九育 2-265	GFB06613	11.0	16	4	3	59.9	49.9
ヒノキ九育 2-266	GFB06614	8.5	16	3	3	63.6	42.1
ヒノキ九育 2-267	GFB06615	10.5	17	3	3	62.2	55.8
ヒノキ九育 2-268	GFB06616	8.5	17	3	3	56.8	51.4
ヒノキ九育 2-269	GFB06617	9.0	17	3	3	62.4	52.2
ヒノキ九育 2-270	GFB06618	9.5	17	3	3	63.3	53.0
ヒノキ九育 2-271	GFB06619	10.0	15	3	3	52.6	69.0
ヒノキ九育 2-272	GFB06620	8.5	16	3	3	53.7	61.7
ヒノキ九育 2-273	GFB06621	11.5	18	4	3	61.9	44.3
ヒノキ九育 2-274	GFB06622	10.0	17	3	3	70.7	39.5
ヒノキ九育 2-275	GFB06623	11.5	17	4	3	61.8	53.6
ヒノキ九育 2-276	GFB06624	11.5	16	3	3	60.9	56.4
ヒノキ九育 2-277	GFB06625	8.5	16	3	3	59.3	54.7
ヒノキ九育 2-278	GFB06626	12.0	16	4	4	60.3	49.8

樹高・胸高直径は15年次、幹曲・根元曲は20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）。

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)
- 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)