

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 157 号 (ヒノキ) における実行結果-

九州育種場 育種課 岩泉正和・福田有樹・倉原雄二・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、2022 年度までにスギ 1,032 個体、ヒノキ 374 個体の第二世代精英樹候補木を選抜している。2023 年度はヒノキ育種集団林 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

選抜対象とした育種集団林、九熊本第 157 号の概要を表 1 に示した。この集団林は 2009 年に設定したもので、選抜時の林齢は 15 年生であった。九熊本第 157 号には成長と細枝性を改良目標として、優れた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。試験地は 2 反復の方形プロットで設計されており、3,000 本/ha の植栽密度で検定木が植栽されている。

本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、根元曲りは 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、幹曲りと根元曲りは目視による 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を用い^{1), 2)}、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³⁾。また、得られた相加的遺伝分散と誤差分散より個体測定値に基づく遺伝率を算出した。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 社、イギリス)を用いて行った。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より

材積式⁴⁾を用いて各個体の材積の推定値を求めた。この材積推定値に基づき、各家系の材積推定値上位個体と試験地全体での材積推定値上位個体の合計 154 個体について、TreeSonic (FAKOPP 社、ハンガリー)を用いて個体あたり 2 方向より応力波伝播速度を測定した。各個体の応力波伝播速度の平均値を算出し、調査した集団内での偏差値を算出した。応力波伝播速度の測定は、15 年次の定期調査と同じ年度内に行った。また、参考として、応力波伝播速度を基に立木ヤング係数の推定値を池田ら⁵⁾に基づいて算出した。有効密度は池田ら⁶⁾に従い 0.80g/cm³を用いた。

これらの測定値に基づき、以下の基準により机上選抜を行った。(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) 材積による選抜：材積の育種価が育種集団林の平均+0.5×標準偏差以上、(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育種集団林の平均以上、(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、樹勢や真円・完満性の良好な個体でかつ病虫害等の欠点のない 19 個体を総合的に判断して第二世代精英樹候補木として選抜した。また、上述の 4 つの基準の内、(3)の応力波伝播速度が基準を満たしていなかったが、総合的に優れていた個体(ヒノキ九育 2-378)を第二世代精英樹候補木として選抜し、結果的に合計 20 個体を第二世代精英樹候補木とした。

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。

3 結果と考察

九熊本第 157 号の 15 年度次の検定林平均樹高と検定林平均胸高直径は 7.4m と 11.1cm であった。2020 年度にヒノキの第二世代精英樹候補木を選抜した九熊本 152 号、九熊本第 153 号の 15 年次の検定林平均樹高は 8.5~8.9m、検定林平均胸高直径は 11.9~12.1cm であり⁷⁾、九熊本第 157 号はこれらの試験地より全体として成長がやや劣っていた。九熊本第 157 号の 15 年次樹高の遺伝率は 0.25、胸高直径の遺伝率は 0.07 であった。九熊本第 157 号では 9 家系から 20 個体を第二世代精英樹候補木として選抜したが、その平均樹高と平均胸高直径は 8.7m と 13.4cm となり、九熊本第 157 号での材積の相対遺伝獲得量は 8.9% となった(表 2、表 3)。これは、九熊本第 152 号、九熊本第 153 号における相対遺伝獲得量、約 40% と比べて小さい値であった。九熊本第 157 号は九熊本第 152 号、九熊本第 153 号と比べて、植栽本数が少なかったこと、選抜強度がやや小さかったこと、胸高直径の遺伝率が低かったことが、材積相対遺伝獲得量が小さくなったことに関係すると考えられた。

2024 年 2 月に今回選抜した個体よりつぎ木増殖用の穂を採取し、2024 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、2025 年 3 月に九州育種場内に定植した。今後、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 394 個体となった。著者らは九州育種基本区のヒノキについて、血縁管理等を考慮して、体系的に次世代育種を進めるために育種集団を 9 つの分集団に再編成している⁸⁾。今回の選抜では第 7 分集団において第二世代精英樹候補木を選抜したこととなり(表 4)、今後、残る第 9 分集団についても選抜を実施する予定である。これらの第二世代精英樹候補木は形質評価を進め、優れたものについては第二世代精英樹として選抜し、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ものは特定母樹の指定を受けて普及を目指すこととしている。また、これ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・測定にこれまで関わっていただいた九州森林管理局、熊本南部森林管理署の皆様、および林木育種センターの関係者に深く感謝する。

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) 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)
- 3) Gilmour A, Gogel B, Cullis B, Thompson R: ASReml User Guide Release 3.0. VSN International Ltd, Hemel Hempstead, HP1 1ES, UK www.vsn.co.uk (2009)
- 4) 林野庁: 熊本営林局 立木材積表 (1970)
- 5) 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)
- 6) 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)
- 7) 福田有樹, 倉原雄二, 松永孝治, 後藤誠也, 栗田学, 久保田正裕: 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152号、九熊本第153号(ヒノキ)における実行結果-. *令和3年版林木育種センター年報*, 119-122 (2021)
- 8) 岩泉正和, 久保田正裕, 福田有樹, 倉原雄二, 松永孝治, 武津英太郎: 九州育種基本区におけるヒノキ次世代育種の検討. *森林遺伝育種学会第12回大会講演要旨集*, 30 (2023)

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	第一世代 精英樹数 *2	樹高		胸高直径		応力波伝播速度		立木ヤング係数	
							調査 個体数	平均値*3 (m)	調査 個体数	平均値*3 (cm)	調査 個体数	平均値*3 (m/s)	調査 個体数	平均値*3 (tonf/cm ²)
ヒノキ	九熊本 第157号 (7041)	熊本南部 森林管理署 国見国有林 1450は 林小班	2008	1706	31	18	1225	7.4 (1.1)	1225	11.1 (2.2)	154*4	4060.4 (205.5)	154*4	134.9 (13.5)

*1 交配家系と自然受粉家系を含む数。対照のさし木3クローンは含めていない。

*2 交配親として関与した第一世代精英樹数。

*3 括弧内の数値は標準偏差。

*4 応力波伝播速度は机上選抜した個体について測定したため、樹高およ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	選抜 本数	選抜率 (%)*1	選抜 家系数*2	第一世代 精英樹数*3	形質平均値(15年次)				材積 相対遺伝 獲得量 (%)*4
						樹高 (m)	胸高直径 (cm)	応力波 伝播速度 (m/s)	立木 ヤング係数 (tonf/cm ²)	
ヒノキ	九熊本 第157号 (7041)	20	1.63	9	7	8.69	13.43	4225.3	145.9	8.9

*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。対照3クローンは生存個体数から除いている。

*2 選抜された個体が属する交配組合せ(全兄弟家系)の総数。

*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。

*4 15年次の調査結果に基づく材積相対遺伝獲得量。

表3 選抜された第二世代精英樹候補木一覧

系統名	系統コード	樹高 (m)	胸高直径 (cm)	幹曲り* ¹	根元曲り* ¹	材積 偏差値* ²	応力波 伝播速度 偏差値
ヒノキ九育2-375	GFB33548	8.2	14.5	3	4	63.9	51.6
ヒノキ九育2-376	GFB33549	7	11.5	3	3	69.1	51.3
ヒノキ九育2-377	GFB33550	9.5	14.7	4	4	58.4	52.1
ヒノキ九育2-378	GFB33551	8.5	13.7	3	3	65.2	46.3
ヒノキ九育2-379	GFB33552	9.8	16	3	4	60.8	58.1
ヒノキ九育2-380	GFB33553	9.3	13.9	4	4	55.8	65.1
ヒノキ九育2-381	GFB33554	9.6	17.3	4	4	58.4	54.7
ヒノキ九育2-382	GFB33555	8.5	13.7	3	4	61.1	50.0
ヒノキ九育2-383	GFB33556	9.4	13.8	3	4	71.1	56.5
ヒノキ九育2-384	GFB33557	8.3	12.5	3	4	60.4	53.9
ヒノキ九育2-385	GFB33558	7.7	12.5	5	4	57.9	61.3
ヒノキ九育2-386	GFB33559	10	13	4	4	74.1	56.5
ヒノキ九育2-387	GFB33560	8.6	13.5	4	4	58	67.8
ヒノキ九育2-388	GFB33561	9.3	14	3	3	61.2	53.1
ヒノキ九育2-389	GFB33562	8.5	13.5	5	5	59.2	67.3
ヒノキ九育2-390	GFB33563	8.7	11.7	4	4	62.2	62.2
ヒノキ九育2-391	GFB33564	7.7	11	5	4	59.5	51.9
ヒノキ九育2-392	GFB33565	8.6	11	4	4	64.4	62.7
ヒノキ九育2-393	GFB33566	8.7	14.8	4	4	65.5	63.2
ヒノキ九育2-394	GFB33567	7.9	12	4	4	60.3	75.2

*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）

*² 空間自己相関を組み込んだモデルで推定した個体の樹高と胸高直径から算出した材積に基づく。

表4 九州育種基本区におけるヒノキ分集団の構造と選抜状況

分集団	選抜検定林		第二世代精英樹候補木	
	名称	設定年	選抜状況	番号
1	九熊本第26号	1973	済み	1-50
	九熊本第2号	1970	済み	102-151
2	九熊本第32号	1974	済み	51-101
3	九熊本第11号	1971	済み	152-201
	九熊本第47号	1976	済み	202-251
4	九熊本第116号	1992	済み	252-278
	九熊本第118号	1993	済み	290-297
5	九熊本第112号	1991	済み	279-289
	九熊本第121-2号	1989	済み	327-334
6	九熊本第131号	1997	済み	298-316
	九熊本第134号	1997	済み	317-326
7	九熊本第152号	2006	済み	335-347
	九熊本第157* ¹	2009	済み	375-394
8	九熊本第153号	2006	済み	348-374
9	九熊本第158号	2010	2024年度予定	
	九熊本第161号	2011	2025年度予定	

*¹ 今回選抜を報告した検定林