

関東育種基本区におけるカラマツ第二世代精英樹候補木の選抜

—関名 7 号、関長 46 号、関前 69 号における実行結果—

林木育種センター育種部育種第二課 松下通也・小川広大・田村明

林木育種センター遺伝資源部探索収集課 武津英太郎

林木育種センター遺伝資源部探索収集課 遠藤圭太

1 はじめに

森林総合研究所林木育種センターでは、森林研究・整備機構第 5 期中期計画（令和 3～7 年度）に基づき、育種対象樹種の次世代精英樹候補木の選抜を進めている。関東育種基本区では、スギ、ヒノキ、カラマツの人工交配等による実生個体の検定林を設定し、育種集団の創出・検定に取り組んできた。検定林の地域的な配置や林齢、交配親である精英樹系統の多様性等を勘案して戦略的に次世代選抜を進め、第 4 樹中期計画までにカラマツでは 211 個体の第二世代精英樹候補木を既に選抜している。本稿では、令和 4 年度にカラマツ検定林 3 箇所において実施した第二世代精英樹候補木選抜の結果を報告する。

2 材料と方法

選抜対象とした検定林の概要を表 1 に示す。これらの検定林には、第一世代精英樹を親とした人工交配（ハーフダイアレル交配）、またはオープン家系に由来する複数家系の実生個体が植栽されている。試験地の設計にあたっては、反復（ブロック）を設け、各反復内は方形植栽または単木混交植栽としている。植栽間隔は 2.0 m × 2.0 m である。選抜実施の際に改良対象とした形質は、材積、樹高、胸高直径、幹曲り、根元曲り、応力波伝播速度、残存球果着花指数である。樹高および胸高直径については、検定林において 5～30 年次に 5 年間隔で定期調査（毎木調査）が実施されており、幹曲り及び根元曲りについては 10 生以上の林齢において目視により 5 段階の指数評価で実施されている。

樹高および胸高直径の測定データに基づいて、森林総合研究所「幹材積計算プログラム」より各個体の幹材積を算出した。成長形質（樹高、胸高直径、幹材積）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（Dutkowski et al. 2006、Fukatsu et al 2018）を用い、REML 法により分散成分を推定するとともに BLUP 法により各個体の育種価を算出した。本稿の統計

解析には R 3.2.5 (R Core Team 2016) の breedR パッケージ (Munoz and Sanchez 2019) を用いた。

材質形質の測定に関しては、各検定林における成長形質の解析結果で成績上位であった家系を抽出し、さらに家系あたり材積の育種価上位 4～8 個体程度を対象として実施した。応力波伝播速度は TreeSonic (FAKOPP 社、ハンガリー) を用いて、また材密度指標についてはピロディン (PROCEQ 社、スイス) を用いて、各個体の地上高 1.2 m 付近で 2 方向より貫入量を測定した。応力波伝播速度およびピロディン貫入量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 法で各個体の育種価を算出した。

次世代候補木選抜における優先順位および基準は以下の通りである。1) 成長性: 材積育種価が各検定林の家系平均 + 0.5 × 標準偏差の値以上、2) 通直性: 根元曲り・幹曲りが各家系の平均相当以上、3) 材質形質: 応力波伝播速度の育種価が各家系の平均相当以上、4) 球果着花性: 残存球果着花指数の観察値が各家系の平均相当以上、5) 血縁による制限: 各家系（交配組合せ）のうち全兄弟内選抜数は最大 3 個体、半兄弟内選抜数は最大 5 個体とし、特定の第一世代精英樹に由来する家系からの選抜に偏らないよう配慮する。これらの基準を満たす個体の中から材積育種価上位個体を候補とし、現地確認して障害・病虫害等の特段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、クローン保存用の荒穂の採穂を実施した。

3 結果と考察

解析の結果、3 検定林より 49 個体を第二世代精英樹候補木として選抜した（表 1、表 2）。また本選抜の結果、各検定林母集団の幹材積の平均偏差値を 50 とした際の、選抜した候補木における幹材積の平均偏差値は、それぞれ 63（関名 7 号）、64（関長 46 号）、65（関前 69 号）であった（表 2）。候補木として選抜した個体よ

り、令和4年11月～12月にかけてクローン増殖用の荒穂を候補木あたり約10本程度を採取し、つぎ木増殖を行った。今後、増殖したつぎ木個体は場内に定植してクローン保存する。

4 まとめ

本報告による選抜により、関東育種基本区におけるカラマツ第二世代精英樹候補木の総数は260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や材質、着花性等の評価を進め、優れたものについては第二世代精英樹（エリートツリー）として選抜する予定である。着花性等も含めて総合的に特段優れていると判断されるものは、優良品種としての開発や特定母樹への申請を目指す。また、これらのカラマツ第二世代精英樹候補木を交配親として、第三世代精英樹の選抜に向けた育種集団林造成を進めていく計画である。

5 謝辞

検定林の設定・管理・測定に多大なご理解とご協力いただいた関東森林管理局ならびに吾妻森林管理署 草津森林事務所（関前69号）、また中部森林管理局ならびに東信森林管理署 上田森林事務所（関長46号）、飛騨森林管理署（関名7号）の皆様および林木育種センター関係者に深く感謝する。

6 参考文献

Dutkowski G, Costa e Silva J, Gilmour A, Wellendorf H, Aguiar A (2006): Spatial analysis enhances modelling of a wide variety of traits in forest genetic trials. Canadian Journal of Forest Research 36, 1851-1870

Fukatsu E, Hiraoka Y, Kuramoto N, Yamada H, Takahashi M (2018): 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

Munoz F, Sanchez L (2019) breedR: Statistical Methods for Forest Genetic Resources Analysts. R package version 0.12-4. <https://github.com/famuvie/breedR>.

R Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

表1 第二世代候補木選抜を実施した検定林の概況

検定林名	選抜した第二世代候補木	設定年	所在地	反復数	系統数	植栽本数	選抜本数
関名7号	カラマツ林育2-214～229	1977	岐阜県高山市上清美町 マツ谷国有林15と	8	24	3,840	16
関長46号	カラマツ林育2-230～252	1991	長野県小県郡長和町 和田山国有林1147や	6	70	1,440	23
関前69号	カラマツ林育2-253～262	1991	群馬県吾妻郡嬭恋村 吾妻山国有林114ほ	4	67	960	10

表 2 関東育種基本区において令和 4 年度に選抜したカラマツ二世世代候補木。

検定林名	候補木名	樹高(m)	直径(cm)	幹曲り	根元曲り	応力波伝搬速度 (m/s)
関名7号 (30年次)	カラマツ林育2-214	15.0	21.0	3	3	4590
	カラマツ林育2-215	16.5	24.0	3	4	4252
	カラマツ林育2-216	15.0	22.0	3	3	4703
	カラマツ林育2-217	14.5	21.0	3	4	4717
	カラマツ林育2-218	14.5	21.0	4	4	4808
	カラマツ林育2-219	14.0	22.0	4	4	4878
	カラマツ林育2-220	13.5	20.0	4	3	4619
	カラマツ林育2-221	12.5	20.0	3	4	4608
	カラマツ林育2-222	13.5	22.0	4	3	4695
	カラマツ林育2-223	13.0	23.0	4	4	4819
	カラマツ林育2-224	13.5	24.0	3	4	4808
	カラマツ林育2-225	12.5	17.0	3	3	4914
	カラマツ林育2-226	13.5	24.0	3	4	4608
	カラマツ林育2-227	15.5	28.0	3	3	4598
	カラマツ林育2-228	14.5	23.0	4	3	4598
	カラマツ林育2-229	15.0	22.0	4	3	4525
	候補木の平均	14.2	22.1	3.4	3.5	4671
	母集団の平均	11.9	14.6	2.4	2.3	4586
検定林名	候補木名	樹高(m)	直径(cm)	幹曲り	根元曲り	応力波伝搬速度 (m/s)
関前69号 (30年次)	カラマツ林育2-253	22.4	22.5	4	5	5181
	カラマツ林育2-254	22.2	23.7	5	5	5013
	カラマツ林育2-255	22.7	26.3	5	5	4950
	カラマツ林育2-256	22.2	24.6	5	5	4902
	カラマツ林育2-257	19.0	23.9	5	5	4890
	カラマツ林育2-258	19.0	27.0	5	5	4878
	カラマツ林育2-259	20.8	27.5	5	5	4902
	カラマツ林育2-260	21.7	29.8	5	5	4762
	カラマツ林育2-261	21.0	23.6	5	5	4926
	カラマツ林育2-262	23.6	24.7	5	5	5025
	候補木の平均	21.5	25.4	4.9	5.0	4943
	母集団の平均	18.5	17.6	3.8	4.2	4883
検定林名	候補木名	樹高(m)	直径(cm)	幹曲り	根元曲り	応力波伝搬速度 (m/s)
関長46号 (30年次)	カラマツ林育2-230	21.2	24.8	5	5	4975
	カラマツ林育2-231	18.1	26.5	5	5	5000
	カラマツ林育2-232	19.1	26.7	4	4	4975
	カラマツ林育2-233	18.8	23.7	5	5	5076
	カラマツ林育2-234	21.0	27.6	4	4	5291
	カラマツ林育2-235	21.9	22.7	4	4	5222
	カラマツ林育2-236	19.5	28.3	4	3	4902
	カラマツ林育2-237	21.9	23.5	5	4	5025
	カラマツ林育2-238	21.6	25.5	4	4	5063
	カラマツ林育2-239	21.0	25.4	4	4	5089
	カラマツ林育2-240	21.8	30.2	3	3	4878
	カラマツ林育2-241	20.6	25.9	3	3	4878
	カラマツ林育2-242	22.2	24.9	3	3	4963
	カラマツ林育2-243	21.9	25.5	5	5	5115
	カラマツ林育2-244	21.5	23.4	5	5	5051
	カラマツ林育2-245	19.6	26.7	5	5	5102
	カラマツ林育2-246	21.0	21.9	5	5	4902
	カラマツ林育2-247	19.3	21.9	4	4	4866
	カラマツ林育2-248	21.1	25.1	4	4	5000
	カラマツ林育2-249	22.1	24.5	5	4	4878
	カラマツ林育2-250	20.8	26.3	3	4	4854
	カラマツ林育2-251	20.7	23.0	4	5	5076
	カラマツ林育2-252	21.7	25.1	3	3	5208
	候補木の平均	20.8	25.2	4.2	4.1	5017
	母集団の平均	18.3	19.0	3.4	3.3	4839

注) 検定林名の下括弧内は選抜に用いた成長調査年次