

関東育種基本区におけるスギ第三世代精英樹候補木の選抜

— 関東 77 号、関東 78 号、関東 79 号、関前 81 号、関育 261、関育 461 での実行結果 —

林木育種センター育種部育種第二課 松下通也・小川広大・高橋優介・
坪村美代子・大平峰子・田村明

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、令和4年度までにスギでは681個体の第二世代精英樹候補木を選抜し、第二世代精英樹候補木選抜を完了している。本稿では、関東育種基本区で初となるスギ第三世代精英樹候補木の選抜について、2022年3～12月にスギ検定林6箇所にて実施した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。令和4年秋の時点で林齢5～8年であり、これらの検定林には、第二世代精英樹を親とした人工交配（ハーフダイヤレル交配）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、各反復内は単木混交植栽としている。植栽間隔は1.8 m×1.8 m～2.2 m×2.2 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、ピロディン貫入量である。樹高および胸高直径は、各検定林において5～20年次に5年間隔で定期調査（毎木調査）を実施予定であり、幹曲り及び根元曲りは目視により5段階の指数評価で実施予定である。

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）材密度指標：ピロディンに基づく育種価が各家系の平均相当以上、5）自然着花性：自然着花での雄花着花指数の観察値が各家系の平均相当以下、6）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個体程度、半兄弟内選抜数は最大5個体程度とし、特定の第二世代精英樹（両親）および第一世代精英樹（祖父母）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三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、6 検定林より 71 個体を第三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 61（関育 261）、63（関東 77 号）、62（関東 78 号）、62（関東 79 号）、62（関前 81 号）、65（関育 461）であった（表 2）。候補木として選抜した個体より、202 年 6 月～2023 年 2 月にかけてクローン増殖用の荒穂を候補木あたり約 18 本程度を採取し、さし木増殖を行った。今後、増殖したさし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いて初となるスギ第三世代精英樹候補木を 71 個体選抜した。今回の選抜は、従来の日本の林木育種における選抜年次に比べて若い樹齢（5～8 年生）での早期選抜であり、高速育種を推進するための取組である。今後、これら第三世代精英樹候補木について、10 年次以降の定期調査における原木の成長成績を確認するとともに、さし木クローンとしての成長や材質、着花性等の評価も進め、優れたものを第三世代精英樹（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、これらのスギ第三世代精英樹候補木を交配親とした交配により、さらに第四世代精英樹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茨城森林管理署 十王森林事務所

所（関東 77 号）、折橋森林事務所（関東 78 号）、静岡森林管理署 富士森林事務所（関東 79 号）、磐城森林管理署 川前森林事務所（関前 81 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 引用文献

- 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 第三世代候補木選抜を実施した検定林の概況

検定林名	選抜した第三世代候補木	設定年	所在地	反復数	系統数	植栽本数	選抜本数
関育261	スギ林育3-1～6	2014	茨城県日立市十王町 林木育種センター内 261番地	1	4	438	6
関東77号	スギ林育3-7～22	2015	茨城県日立市十王町 小松沢国有林1186ほ	6	34	1,440	16
関東78号	スギ林育3-23～30	2017	茨城県常陸太田市東染町 塩ノ沢入国有林2058ほ2	5	50	1,200	8
関東79号	スギ林育3-31～44	2017	静岡県富士市 富士山国有林202そ1	3	42	720	14
関前81号	スギ林育3-45～65	2018	福島県いわき市 小久田国有林106ぬ	4	52	960	21
関育461	スギ林育3-66～71	2017	茨城県日立市十王町 林木育種センター内 461番地	3	15	477	6

表 2 関東育種基本区において令和4年度に選抜したスギ第三世代候補木

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)
関育261 (7年次)	スギ林育3-1	8.5	11.0	4	5	2736
	スギ林育3-2	5.0	7.0	4	4	2571
	スギ林育3-3	5.6	8.8	5	4	2714
	スギ林育3-4	6.7	10.0	4	5	2703
	スギ林育3-5	5.8	9.2	3	3	2427
	スギ林育3-6	4.7	6.8	4	5	2695
	候補木の平均	6.0	8.8	4.0	4.3	2641
	母集団の平均	6.2	8.8	3.5	3.8	2410
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)
関東77号 (8年次)	スギ林育3-7	7.8	8.2	5	5	2747
	スギ林育3-8	5.2	7.9	5	5	3053
	スギ林育3-9	6.8	9.8	5	5	3077
	スギ林育3-10	7.6	13.2	4	4	2732
	スギ林育3-11	6.1	9.2	5	5	3195
	スギ林育3-12	7.4	9.0	5	5	3448
	スギ林育3-13	7.2	10.2	4	3	3236
	スギ林育3-14	6.3	10.0	5	5	2878
	スギ林育3-15	6.3	9.1	5	5	3356
	スギ林育3-16	9.3	14.2	5	4	2584
	スギ林育3-17	8.8	14.4	4	4	2721
	スギ林育3-18	10.1	14.8	5	3	2725
	スギ林育3-19	7.2	10.4	4	4	2717
	スギ林育3-20	7.8	10.9	5	4	2692
	スギ林育3-21	5.6	8.1	5	3	2759
	スギ林育3-22	6.1	8.7	4	4	2963
	候補木の平均	7.2	10.5	4.7	4.3	2930
	母集団の平均	5.9	7.3	4.2	3.8	2719
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)
関東78号 (5年次)	スギ林育3-23	4.1	3.8	3	3	2786
	スギ林育3-24	3.3	3.2	4	4	2981
	スギ林育3-25	3.6	3.0	3	3	2789
	スギ林育3-26	4.2	4.4	5	4	2699
	スギ林育3-27	3.5	3.3	5	4	2736
	スギ林育3-28	2.6	2.9	4	3	2778
	スギ林育3-29	4.2	3.4	4	4	2894
	スギ林育3-30	3.3	2.6	4	3	2710
	候補木の平均	3.6	3.3	4.0	3.5	2797
	母集団の平均	2.9	2.2	3.9	3.5	2531
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)
関東79号 (5年次)	スギ林育3-31	3.2	4.3	3	4	2427
	スギ林育3-32	3.4	4.2	3	3	2497
	スギ林育3-33	3.6	3.7	3	3	2782
	スギ林育3-34	3.3	4.0	4	3	2448
	スギ林育3-35	3.3	3.9	4	4	2561
	スギ林育3-36	3.7	4.4	4	3	2378
	スギ林育3-37	3.1	4.4	4	4	2410
	スギ林育3-38	3.4	4.6	5	4	2336
	スギ林育3-39	3.5	4.4	4	4	2433
	スギ林育3-40	3.2	4.3	5	4	2387
関前81号 (5年次)	スギ林育3-41	3.0	3.4	5	3	2472
	スギ林育3-42	3.4	3.9	3	4	2747
	スギ林育3-43	3.7	5.0	5	3	2398
	スギ林育3-44	3.5	4.3	5	5	2281
	候補木の平均	3.4	4.2	4.1	3.6	2468
	母集団の平均	2.9	3.0	3.6	3.1	2235
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81号 (5年次)	スギ林育3-45	5.7	9.5	5	5	2086
	スギ林育3-46	4.2	6.4	4	4	2101
	スギ林育3-47	5.3	7.9	5	4	2053
	スギ林育3-48	4.8	6.1	4	4	2094
	スギ林育3-49	5.1	7.3	4	4	2137
	スギ林育3-50	5.1	7.5	4	4	2153
	スギ林育3-51	5.9	7.8	5	4	2317
	スギ林育3-52	4.6	8.5	5	4	2193
	スギ林育3-53	4.6	6.6	4	4	2151
	スギ林育3-54	5.3	6.8	4	4	2232
	スギ林育3-55	4.8	6.3	4	3	2060
	スギ林育3-56	5.7	7.9	4	5	2101
	スギ林育3-57	5.1	7.6	4	5	2413
	スギ林育3-58	3.5	5.3	4	3	2058
	スギ林育3-59	6.1	8.1	4	4	2475
	スギ林育3-60	5.3	6.0	4	4	2081
	スギ林育3-61	6.2	9.0	4	4	2107
	スギ林育3-62	6.7	7.1	5	4	2301
	スギ林育3-63	6.8	7.9	5	4	2323
	スギ林育3-64	4.3	7.3	4	4	2286
	スギ林育3-65	5.2	7.9	4	4	2283
	候補木の平均	5.3	7.4	4.3	4.0	2191
	母集団の平均	4.3	5.6	3.8	3.7	2030
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)
関育461 (5年次)	スギ林育3-66	4.6	4.7	5	4	2782
	スギ林育3-67	4.5	4.5	4	3	2886
	スギ林育3-68	4.0	4.4	4	3	2950
	スギ林育3-69	4.4	5.0	5	5	2584
	スギ林育3-70	4.9	5.0	5	5	2861
	スギ林育3-71	4.3	4.0	4	3	2548
関育461 (5年次)	候補木の平均					
	母集団の平均	3.4	3.3	4.0	3.1	2439

注) 検定林名下の括弧内の年次は選抜に用いた成長形質データの調査年次