

# 関東育種基本区におけるスギ第二世代精英樹候補木の選抜 — 関前 60 号、関前 66 号、関東 66 号、関東 67 号、関東 71 号 および関長 38 号、関長 43 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・長谷部辰高<sup>※</sup>・高橋優介・  
坪村美代子・木村恵・大平峰子・田村明  
遺伝資源部 探索収集課 小川広大<sup>※※</sup>

## 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 樹中期計画までにスギでは 484 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、2021 年秋～2022 年春にかけて、スギ検定林 7 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、第一世代精英樹等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 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については、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）が実施されており、幹曲り及び根元曲がりについては 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<sup>1),2)</sup>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<sup>3)</sup> の breedR パッケージ<sup>4)</sup>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作業手順（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) 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、7 検定林より 134 個体を第二世代精英樹

※ 現在 林木育種センター 遺伝資源部 探索収集課

※※ 現在 林木育種センター 育種部 育種第二課

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（関東 66 号）、64（関前 66 号）、57（関前 60 号）、60（関東 67 号）、60（関東 71 号）、63（関長 38 号）、62（関長 43 号）であった（表 2）。候補木として選抜した個体より、2021 年 12 月～2022 年 5 月にかけてクローン増殖用の荒穂を候補木あたり約 20 本程度採取し、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けるスギ第二世代精英樹候補木の総数は 681 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。雄花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、優良品種や特定母樹としての普及を目指す。また、これらのスギ第二世代精英樹候補木を交配親とした交配により、第 3 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群馬森林管理署大間々森林事務所（関前 60 号・66 号）、静岡森林管理署沼津森林事務所（関東 66 号）、茨城森林管理署石塚森林事務所（関東 67 号）、茨城森林管理署磯原森林事務所（関東 71 号）、また中部森林管理局ならびに北信森林管理署黒姫森

林事務所（関長 38 号）、北信森林管理署野沢森林事務所（関長 43 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

- 1) 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
- 2) 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
- 3) 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/>.
- 4) Munoz F, Sanchez L (2019) breedR: Statistical Methods for Forest Genetic Resources Analysts. R package version 0.12-4. <https://github.com/famuvie/breedR>.

表 1. 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  | 選抜数 |
|-------|---------------|------|---------------------------|-----|-----|-------|-----|
| 関東66号 | スギ林育2-548～572 | 2003 | 静岡県沼津市宮本 愛鷹山国有林422い5      | 5   | 46  | 1,200 | 25  |
| 関前66号 | スギ林育2-573～607 | 1988 | 群馬県渋川市小野子 子持山国有林291は1～3   | 3   | 79  | 4,740 | 35  |
| 関前60号 | スギ林育2-608～615 | 1986 | 群馬県渋川市小野子 子持山国有林290わ1     | 8   | 73  | 2,528 | 8   |
| 関東67号 | スギ林育2-616～623 | 2005 | 茨城県東茨城郡城里町 岩谷国有林269い5     | 4   | 56  | 720   | 8   |
| 関東71号 | スギ林育2-624～647 | 2006 | 茨城県北茨城市磯原町 内野山国有林1055ね    | 6   | 56  | 1,344 | 24  |
| 関長38号 | スギ林育2-648～677 | 1988 | 長野県上水内郡信濃町大井 霊仙寺国有林1034へ2 | 3   | 36  | 1,616 | 30  |
| 関長43号 | スギ林育2-678～681 | 1991 | 長野県下高井郡野沢温泉村 水尾山国有林136め・た | 3   | 33  | 1,371 | 4   |

表 2. 関東育種基本区において 2021 年秋～2022 年春に選抜したスギ第二世代候補木

| 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) | 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66号<br>(15年次) | スギ林育2-548 | 10.4   | 16.0    | 3   | 3    | 2865          | 関東67号<br>(10年次) | スギ林育2-616 | 8.4    | 9.5     | 3   | 5    | 3165          |
|                 | スギ林育2-549 | 10.8   | 21.7    | 3   | 3    | 2920          |                 | スギ林育2-617 | 8.1    | 10.2    | 3   | 3    | 3086          |
|                 | スギ林育2-550 | 8.8    | 17.1    | 4   | 3    | 2649          |                 | スギ林育2-618 | 10.1   | 13.2    | 3   | 3    | 3140          |
|                 | スギ林育2-551 | 8.6    | 13.6    | 3   | 3    | 3160          |                 | スギ林育2-619 | 9.3    | 9.7     | 3   | 3    | 2959          |
|                 | スギ林育2-552 | 7.8    | 11.9    | 4   | 4    | 3063          |                 | スギ林育2-620 | 10.1   | 12.7    | 3   | 3    | 3373          |
|                 | スギ林育2-553 | 9.4    | 13.2    | 3   | 3    | 3317          |                 | スギ林育2-621 | 9.7    | 12.2    | 3   | 3    | 3425          |
|                 | スギ林育2-554 | 10.2   | 15.4    | 4   | 4    | 3724          |                 | スギ林育2-622 | 9.6    | 10.7    | 3   | 3    | 3257          |
|                 | スギ林育2-555 | 10.2   | 14.0    | 3   | 3    | 3350          |                 | スギ林育2-623 | 9.4    | 11.9    | 3   | 3    | 3058          |
|                 | スギ林育2-556 | 10.1   | 16.0    | 4   | 3    | 3165          |                 | 候補木の平均    | 9.3    | 11.3    | 3.0 | 3.3  | 3124          |
|                 | スギ林育2-557 | 11.6   | 17.9    | 4   | 3    | 2845          |                 | 母集団の平均    | 8.5    | 9.6     | 3.0 | 3.0  | 3228          |
|                 | スギ林育2-558 | 11.7   | 22.1    | 3   | 3    | 2924          | 関東71号<br>(15年次) | スギ林育2-624 | 14.1   | 23.1    | 4   | 4    | 3339          |
|                 | スギ林育2-559 | 10.8   | 19.3    | 4   | 3    | 3540          |                 | スギ林育2-625 | 14.6   | 18.6    | 5   | 4    | 3490          |
|                 | スギ林育2-560 | 11.1   | 19.7    | 4   | 3    | 3300          |                 | スギ林育2-626 | 16.7   | 24.7    | 4   | 5    | 3540          |
|                 | スギ林育2-561 | 10.9   | 21.1    | 4   | 3    | 2903          |                 | スギ林育2-627 | 13.4   | 17.9    | 4   | 4    | 3676          |
|                 | スギ林育2-562 | 10.5   | 21.8    | 4   | 3    | 3120          |                 | スギ林育2-628 | 11.8   | 17.6    | 3   | 3    | 3322          |
|                 | スギ林育2-563 | 11.1   | 17.4    | 4   | 3    | 3378          |                 | スギ林育2-629 | 10.5   | 16.0    | 4   | 3    | 3273          |
|                 | スギ林育2-564 | 8.3    | 16.0    | 4   | 3    | 3086          |                 | スギ林育2-630 | 13.6   | 21.0    | 3   | 4    | 3401          |
|                 | スギ林育2-565 | 13.4   | 19.8    | 4   | 3    | 3140          |                 | スギ林育2-631 | 15.8   | 23.5    | 4   | 4    | 3717          |
|                 | スギ林育2-566 | 15.8   | 23.5    | 4   | 4    | 3231          |                 | スギ林育2-632 | 16.4   | 19.3    | 4   | 4    | 3339          |
|                 | スギ林育2-567 | 14.0   | 24.6    | 4   | 4    | 3082          |                 | スギ林育2-633 | 13.3   | 15.7    | 4   | 4    | 3396          |
|                 | スギ林育2-568 | 9.9    | 16.5    | 3   | 3    | 3215          |                 | スギ林育2-634 | 15.7   | 20.7    | 3   | 3    | 3425          |
|                 | スギ林育2-569 | 10.4   | 19.0    | 4   | 3    | 2985          |                 | スギ林育2-635 | 15.2   | 26.2    | 3   | 4    | 3724          |
|                 | スギ林育2-570 | 11.0   | 16.5    | 4   | 3    | 3049          |                 | スギ林育2-636 | 15.4   | 22.3    | 3   | 4    | 3704          |
|                 | スギ林育2-571 | 10.2   | 19.0    | 4   | 3    | 3110          |                 | スギ林育2-637 | 13.7   | 23.4    | 4   | 4    | 3636          |
|                 | スギ林育2-572 | 10.4   | 16.8    | 3   | 3    | 2990          |                 | スギ林育2-638 | 14.8   | 23.7    | 4   | 4    | 3540          |
|                 | 候補木の平均    | 10.7   | 18.0    | 3.7 | 3.2  | 3124          |                 | スギ林育2-639 | 16.9   | 22.5    | 3   | 4    | 3571          |
|                 | 母集団の平均    | 8.4    | 13.4    | 3.0 | 2.5  | 2866          |                 | スギ林育2-640 | 14.3   | 23.3    | 4   | 4    | 3317          |
| 関前66号<br>(15年次) | スギ林育2-573 | 11.0   | 19.0    | 5   | 5    | 4132          | 関長38号<br>(20年次) | スギ林育2-641 | 12.9   | 17.7    | 2   | 3    | 3339          |
|                 | スギ林育2-574 | 12.0   | 17.0    | 4   | 3    | 3953          |                 | スギ林育2-642 | 11.3   | 18.3    | 4   | 4    | 3361          |
|                 | スギ林育2-575 | 12.0   | 19.0    | 5   | 5    | 3968          |                 | スギ林育2-643 | 11.1   | 16.6    | 4   | 4    | 3497          |
|                 | スギ林育2-576 | 12.5   | 18.0    | 5   | 5    | 3883          |                 | スギ林育2-644 | 16.1   | 22.3    | 4   | 5    | 3552          |
|                 | スギ林育2-577 | 11.0   | 17.0    | 4   | 4    | 3968          |                 | スギ林育2-645 | 14.4   | 24.8    | 3   | 4    | 3322          |
|                 | スギ林育2-578 | 12.0   | 17.0    | 5   | 4    | 3906          |                 | スギ林育2-646 | 14.6   | 24.7    | 4   | 3    | 3690          |
|                 | スギ林育2-579 | 12.5   | 22.0    | 4   | 4    | 3914          |                 | スギ林育2-647 | 14.2   | 22.1    | 4   | 4    | 3636          |
|                 | スギ林育2-580 | 11.5   | 17.0    | 4   | 4    | 4141          |                 | 候補木の平均    | 14.2   | 21.1    | 3.7 | 3.9  | 3492          |
|                 | スギ林育2-581 | 12.0   | 17.0    | 5   | 4    | 4158          |                 | 母集団の平均    | 11.4   | 15.2    | 3.3 | 3.3  | 3318          |
|                 | スギ林育2-582 | 11.0   | 18.0    | 5   | 5    | 4228          | 関長43号<br>(15年次) | スギ林育2-648 | 12.5   | 17.0    | 4   | 3    | 3617          |
|                 | スギ林育2-583 | 11.0   | 20.0    | 3   | 4    | 4184          |                 | スギ林育2-649 | 12.5   | 18.0    | 4   | 3    | 3390          |
|                 | スギ林育2-584 | 12.0   | 18.0    | 5   | 4    | 3868          |                 | スギ林育2-650 | 12.0   | 17.0    | 5   | 4    | 3571          |
|                 | スギ林育2-585 | 13.0   | 17.0    | 5   | 4    | 3906          |                 | スギ林育2-651 | 11.0   | 17.0    | 3   | 3    | 3472          |
|                 | スギ林育2-586 | 9.0    | 18.0    | 5   | 5    | 3945          |                 | スギ林育2-652 | 11.5   | 17.0    | 5   | 4    | 3597          |
|                 | スギ林育2-587 | 9.0    | 16.0    | 5   | 5    | 4016          |                 | スギ林育2-653 | 11.5   | 17.0    | 3   | 3    | 3788          |
|                 | スギ林育2-588 | 10.5   | 20.0    | 5   | 5    | 4167          |                 | スギ林育2-654 | 12.0   | 17.0    | 4   | 3    | 3509          |
|                 | スギ林育2-589 | 9.0    | 14.0    | 5   | 5    | 3976          |                 | スギ林育2-655 | 12.0   | 17.0    | 4   | 3    | 3810          |
|                 | スギ林育2-590 | 8.0    | 13.0    | 4   | 4    | 3899          |                 | スギ林育2-656 | 12.2   | 19.0    | 5   | 3    | 3697          |
|                 | スギ林育2-591 | 10.0   | 19.0    | 5   | 4    | 3906          |                 | スギ林育2-657 | 13.9   | 20.0    | 5   | 4    | 3396          |
|                 | スギ林育2-592 | 8.0    | 14.0    | 5   | 5    | 3953          |                 | スギ林育2-658 | 13.4   | 18.0    | 4   | 3    | 3565          |
|                 | スギ林育2-593 | 11.5   | 17.0    | 5   | 4    | 3953          |                 | スギ林育2-659 | 15.0   | 20.0    | 5   | 4    | 3396          |
|                 | スギ林育2-594 | 12.0   | 18.0    | 5   | 5    | 3968          |                 | スギ林育2-660 | 13.1   | 20.0    | 4   | 4    | 3540          |
|                 | スギ林育2-595 | 13.0   | 21.0    | 5   | 5    | 3968          |                 | スギ林育2-661 | 15.8   | 23.0    | 5   | 4    | 3953          |
|                 | スギ林育2-596 | 12.0   | 17.0    | 5   | 5    | 3854          |                 | スギ林育2-662 | 13.9   | 19.0    | 3   | 4    | 3431          |
|                 | スギ林育2-597 | 11.5   | 16.0    | 5   | 5    | 3899          |                 | スギ林育2-663 | 14.3   | 23.0    | 5   | 5    | 3656          |
|                 | スギ林育2-598 | 11.5   | 19.0    | 5   | 5    | 3953          |                 | スギ林育2-664 | 15.3   | 21.0    | 5   | 3    | 3831          |
|                 | スギ林育2-599 | 13.0   | 16.0    | 5   | 5    | 3937          |                 | スギ林育2-665 | 14.0   | 19.0    | 4   | 3    | 3401          |
|                 | スギ林育2-600 | 13.0   | 19.0    | 5   | 3    | 4098          |                 | スギ林育2-666 | 14.1   | 23.0    | 4   | 4    | 3200          |
|                 | スギ林育2-601 | 12.0   | 18.0    | 4   | 4    | 4032          |                 | スギ林育2-667 | 14.5   | 19.0    | 5   | 4    | 3571          |
|                 | スギ林育2-602 | 11.5   | 17.0    | 5   | 5    | 4024          |                 | スギ林育2-668 | 13.4   | 21.0    | 5   | 3    | 3490          |
|                 | スギ林育2-603 | 13.0   | 19.0    | 5   | 5    | 3953          |                 | スギ林育2-669 | 12.5   | 17.0    | 4   | 3    | 3515          |
|                 | スギ林育2-604 | 13.5   | 17.0    | 5   | 5    | 4464          |                 | スギ林育2-670 | 14.5   | 19.0    | 3   | 3    | 3690          |
|                 | スギ林育2-605 | 13.5   | 19.0    | 5   | 5    | 3929          |                 | スギ林育2-671 | 14.5   | 24.0    | 3   | 3    | 3252          |
|                 | スギ林育2-606 | 15.0   | 19.0    | 5   | 5    | 4167          |                 | スギ林育2-672 | 12.0   | 20.0    | 4   | 4    | 3442          |
|                 | スギ林育2-607 | 14.0   | 17.0    | 5   | 5    | 4149          |                 | スギ林育2-673 | 14.5   | 19.0    | 3   | 3    | 3731          |
|                 | 候補木の平均    | 11.6   | 17.7    | 4.8 | 4.5  | 4012          |                 | スギ林育2-674 | 15.5   | 24.0    | 3   | 3    | 3284          |
|                 | 母集団の平均    | 9.8    | 13.1    | 4.1 | 4.0  | 4464          |                 | スギ林育2-675 | 14.5   | 21.0    | 4   | 3    | 3361          |
| 関前60号<br>(15年次) | スギ林育2-608 | 12.5   | 16.0    | 4   | 4    | 4274          | 関長43号<br>(15年次) | スギ林育2-676 | 14.0   | 22.0    | 3   | 3    | 3817          |
|                 | スギ林育2-609 | 11.0   | 16.0    | 3   | 3    | 3891          |                 | スギ林育2-677 | 16.0   | 22.0    | 3   | 3    | 3503          |
|                 | スギ林育2-610 | 13.0   | 18.0    | 3   | 3    | 4167          |                 | 候補木の平均    | 13.5   | 19.7    | 4.0 | 3.4  | 3549          |
|                 | スギ林育2-611 | 12.0   | 17.0    | 3   | 3    | 3802          |                 | 母集団の平均    | 10.7   | 13.9    | 3.3 | 2.2  | 3441          |
|                 | スギ林育2-612 | 13.0   | 15.0    | 5   | 5    | 3766          |                 | スギ林育2-678 | 9.5    | 17.0    | 3   | 3    | 3226          |
|                 | スギ林育2-613 | 12.7   | 15.0    | 5   | 5    | 3759          |                 | スギ林育2-679 | 13.0   | 19.0    | 3   | 4    | 3120          |
|                 | スギ林育2-614 | 11.0   | 12.0    | 3   | 3    | 4115          |                 | スギ林育2-680 | 9.0    | 16.0    | 3   | 3    | 3077          |
|                 | スギ林育2-615 | 12.0   | 17.0    | 3   | 3    | 3876          |                 | スギ林育2-681 | 7.0    | 10.0    | 3   | 3    | 3205          |
|                 | 候補木の平均    | 12.2   | 15.8    | 3.6 | 3.6  | 3956          |                 | 候補木の平均    | 9.6    | 15.5    | 3.0 | 3.3  | 3157          |
|                 | 母集団の平均    | 10.2   | 12.5    | 3.5 | 3.3  | 3759          |                 | 母集団の平均    | 5.9    | 11.3    | 1.4 | 1.0  | 2885          |