

関西育種基本区におけるスギ第二世代精英樹候補木の選抜 —四高局 50 号、山育 19 号および西山大 21 号における実行結果—

関西育種場 育種課 宮下久哉・高島有哉・三浦真弘・栗田 学[※]

1 はじめに

関西育種場では、国立研究開発法人森林研究・整備機構第 5 期中期計画（令和 3～7 年度）に基づき、第二世代精英樹候補木（以下候補木）の選抜を進めている。これまでにスギについては、一般次代検定林、遺伝試験林等の計 18 箇所から 353 個体の候補木を選抜している^{4-8, 11-12, 14-16}。候補木の選抜は、成長量の定期調査の結果と立木状態での剛性調査の結果等により総合的に評価して行っている。本報告では、令和 2 年度に実施した候補木の選抜過程と選抜個体の特性の概要について報告する。

2 材料と方法

(1) 選抜の概要

選抜対象としたスギの検定林は、愛媛県（四国北部育種区）に設定されている四高局 50 号遺伝試験林、島根県（日本海岸西部育種区）に設定されている山育 19 号遺伝試験林および西山大 21 号一般次代検定林である。表 1 に選抜対象検定林の概要を示す。選抜は、まず始めに選抜対象検定林の定期調査データを用いて、材積と幹曲がり、根元曲がりについて机上選抜を行った。続いて、現地に赴き、机上選抜した個体を対象に立木状態で剛性を測定し、剛性が相対的に高い個体を候補木として選抜した。机上選抜と剛性調査の方法について、以下に詳しく述べる。

表 1 選抜を実施した検定林の概要

検定林	設定年月	所在地	系統数	反復数	植栽本数
四高局 50	1992年 2月	愛媛県宇和島市 陰平山国有林4い	16	3	1,440
山育 19	1977年 11月	島根県美郷町 程原国有林235よ	28	3	2,016
西山大 21	1981年 3月	島根県美郷町 艾山国有林245へ	20	3	1,800

(2) 成長量等による机上選抜

評価対象の成長形質には、四高局 50 号においては 20 年次、山育 19 号および西山大 21 号においては 30 年次定期調査データの樹高と胸高直径の個体値を用いて、各系統の樹高および胸高直径のそれぞれについて自己回帰モデル(Autoregressive model)による空間自己相関解析を行い、ブロック内における植栽環境による空間誤差を算出した¹⁾。続いて、空間誤差を除いた樹高および胸高直径を用いて、各個体とそれらの交配親の育種価を BLUP (Best Linear Unbiased Prediction、最良線形不偏予測)法 (Animal model) によって推定した^{9, 10)}。

$$y = Xb + Z_1a + Z_2f + e$$

y は樹高および胸高直径の観測値のベクトル、 b は固定効果(反復)のベクトル、 a および f は変量効果(それぞれ相加効果および非相加効果)、 e は残差である。 X および Z_1, Z_2 は固定効果および変量効果に関するデザイン行列である。なお、空間自己相関解析と BLUP 法による解析は R の breedR パッケージを使用した^{2, 13)}。

机上選抜は、家系ごとに幹材積評価値が大きく、かつ幹曲りおよび根元曲がりの評価値が 5 段階の指数評価で 3 以上、さらに定期調査において病虫獣害や気象害等その他の欠点の記録がない個体を選び、剛性調査の対象とした。また、その際は、家系の偏りが大きくなるように、同一家系からは検定林あたり最大 6 個体までとした。

なお、幹材積評価値は、樹高および胸高直径の育種価を用いて、森林総合研究所「幹材積計算プログラム」により算出した³⁾。

(3) 剛性調査

剛性調査では、立木の胸高部位における応力波伝播速度を、ツリーソニック (TreeSonic、FAKOPP 社、ハンガリー) を用いて測定した。測定は、胸高部位を中心にセンサー間距離を 1 m として行った。

剛性の評価は、表現型値を用いて、平均値以上の個体を選定した。

また、剛性調査時に、上記検定林定期調査での曲がり

※現在 林木育種センター 育種部 育種第一課

の評価値およびその他の欠点の記録に不備がないことの確認を行った。

3 結果と考察

机上選抜時の解析対象個体数は、四高局 50 号では植栽時 1,440 個体のうち 20 年次調査の際に生存していた 1,323 個体、山育 19 号では植栽時 2,016 個体のうち 30 年次調査の際に生存していた 1,273 個体、西山大 21 号では植栽時 1,800 個体のうち 30 年次調査の際に生存していた 604 個体である。20 年次の樹高および胸高直径の平均値±標準偏差は、四高局 50 号では 9.0 ± 3.0 m および 11.2 ± 4.0 cm、30 年次の樹高および胸高直径の平均値±標準偏差は、同様に山育 19 号では 15.5 ± 3.9 m および 20.4 ± 6.1 cm、西山大 21 号では 19.1 ± 4.1 m および 23.7 ± 7.5 cm であった。机上選抜により選ばれたのは、四高局 50 号では 16 家系 128 個体、山育 19 号では 24 家系 75 個体、西山大 21 号では 18 系統 79 個体である。生存個体数に対する選抜強度は、四高局 50 号では 10%、山育 19 号では 6%、西山大 21 号では 13% となった。剛性調査を行った結果、応力波伝播速度の平均値±標準偏差は、四高局 50 号では $3,286 \pm 258$ m/s、山育 19 号では $3,541 \pm 254$ m/s、西山大 21 号では $3,531 \pm 229$ m/s であった。

これらの解析結果により、四高局 50 号から 8 家系 12 本、山育 19 号から 12 家系 13 本、四高局 50 号から 11 系統 11 本の候補木を選抜した。表-2 に四高局 50 号から選抜したスギ第二世代精英樹候補木の一覧を、表-3 に山育 19 号から選抜したスギ第二世代精英樹候補木の一覧を、表-4 に西山大 21 号から選抜したスギ第二世代精英樹候補木の一覧を示す。これら候補木の樹高、胸高直径、応力波伝播速度の平均値±標準偏差は、四高局 50 号では 13.0 ± 2.0 m、 17.0 ± 2.3 cm、 $3,520 \pm 151$ m/s、山育 19 号では 20.1 ± 2.7 m、 31.2 ± 4.2 cm、 $3,707 \pm 169$ m/s、西山大 21 号では 23.8 ± 2.0 m、 35.0 ± 4.6 cm、 $3,673 \pm 69$ m/s である。

今回選抜した候補木は、選抜対象とした検定林に現存する母集団と比較して、四高局 50 号では樹高が 1.4 倍、胸高直径が 1.5 倍、幹材積が 3.1 倍、山育 19 号では樹高が 1.3 倍、胸高直径が 1.5 倍、幹材積が 3.0 倍、西山大 21 号では樹高が 1.2 倍、胸高直径が 1.5 倍、幹材積が

2.7 倍となっており、成長に優れた個体を選抜することができた。

4 おわりに

選抜したスギ第二世代精英樹候補木は、現在さし木増殖を行っている。選抜した候補木は、今後の関西育種基本区におけるスギの次世代育種のための育種母材料として寄与することが期待される。

5 引用文献

- 1) Costae Silva J・Dutkowski GW・Gilmour AR: Analysis of early tree height in forest genetic trials is enhanced by including a spatially correlated residual、Can J For Res 31、1887-1893 (2001)
- 2) Facundo Munoz・Leopoldo Sanchez: breedR: Statistical Methods for Forest Genetic Resources Analysts. R package version 0.12-4. <https://github.com/famuvie/breedR> (2019).
- 3) 細田和男・光田 靖・家原敏郎: 現行立木幹材積表と材積式による計算値との相違およびその修正方法. 森林計画学会誌 44(2):23-39 (2010)
- 4) 久保田正裕・篠崎夕子・磯田圭哉・岩泉正和・河合慶恵・笹島芳信・屋森修一・祐延邦資・坂本庄生: 関西育種基本区におけるスギ・ヒノキ第 2 世代精英樹候補木の選抜—西山大 35 号、西大阪局 33 号、西大阪局 42 号、スギ 39 号における実行結果—、平成 26 年度版林育セ年報、131—134 (2015)
- 5) 久保田正裕・篠崎夕子・磯田圭哉・岩泉正和・河合慶恵・笹島芳信・屋森修一・祐延邦資・林勝洋・柏木学: 関西育種基本区におけるスギ第二世代精英樹候補木の選抜—スギ 24 号、スギ 27 号における実行結果—、平成 27 年度版林育セ年報、156—158 (2015)
- 6) 久保田正裕・篠崎夕子・三浦真弘・岩泉正和・笹島芳信・祐延邦資・柏木学: 関西育種基本区におけるスギ第二世代精英樹候補木の選抜—スギ 30 号、スギ 31 号における実行結果—、平成 28 年度版林育セ年報、164—166 (2016)
- 7) 久保田正裕・篠崎夕子・三浦真弘・岩泉正和・竹原正人・笹島芳信・林田修・河合貴之・柏木学: 関西育種基本区におけるスギ第二世代精英樹候補木の選抜—

西山大 20 号、西山大 30 号における実行結果一、平成 29 年度版林育七年報、113-116 (2017)

- 8) 久保田正裕・篠崎夕子・三浦真弘・笹島芳信・河合貴之・林田修・屋森修一・柏木学：関西育種基本区におけるスギ第二世代精英樹候補木の選抜一西山大 32 号、スギ検定林 50 号における実行結果一、平成 30 年度版林育七年報、109-111 (2019)
- 9) 栗延晋：林木育種のための統計解析 (13) -BLUP 法を用いた系統評価:Sire モデルの適用事例一、林木の育種 232:64-67 (2009)
- 10) 栗延晋：林木育種のための統計解析 (14) -BLUP 法を用いた個体評価:Animal モデルの適用事例一、林木の育種 233:47-51 (2009)
- 11) 宮下久哉・岩泉正和・河合貴之：関西育種基本区におけるスギ第二世代精英樹候補木の選抜一四高局 47-1 号における実行結果一、令和 2 年度版林育七年報、119-121 (2020)
- 12) 宮下久哉・岩泉正和・河合貴之：関西育種基本区におけるスギ第二世代精英樹候補木の選抜一四高局 47-2 号および四高局 47-3 号における実行結果一、令和 3 年度版林育七年報、116-118 (2021)
- 13) R Core Team : R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>. (2019)
- 14) 山野邊太郎・山口和穂・山田浩雄・栗延晋：関西育種場における第二世代精英樹選抜の取り組み、林木の育種「特別号」2008:1-4 (2008)
- 15) 山野邊太郎・山口和穂・田中綾子・小園勝利・増山真美・玉木聡・山田浩雄・久保田正裕・栗延晋・菊地佳行・林田修・尾坂尚紀・久保田権・大久保典久・溝渕浩二・長谷部辰高：関西育種基本区におけるスギ・ヒノキ第二世代精英樹候補木の選抜一不寒冬事業地からの選抜一、平成 20 年版林育七年報、61-64 (2009)
- 16) 山野邊太郎・山田浩雄・小園勝利・増山真美・岡村政則・山口和穂・久保田正裕・磯田圭哉・長谷部辰高・大久保典久・尾坂尚紀：複数林検定林データの家系最小二乗推定値を用いた第二世代精英樹候補木選抜、平成 21 年版林育七年報、68-71 (2010)

表-2 四高局50において選抜したスギ第二世代精英樹候補木

候補木名	樹高 (m)	胸高直径 (cm)	幹曲がり	根元曲がり	応力波伝播速度 (m/s)
スギ西育2-354	11.1	14.3	5	5	3,578
スギ西育2-355	9.9	12.9	5	5	3,311
スギ西育2-356	11.1	13.6	5	5	3,670
スギ西育2-357	14.1	22.0	5	5	3,454
スギ西育2-358	13.3	17.7	5	5	3,442
スギ西育2-359	17.2	19.7	5	5	3,817
スギ西育2-360	14.6	18.3	5	5	3,614
スギ西育2-361	11.9	17.3	4	4	3,546
スギ西育2-362	11.7	15.6	4	5	3,490
スギ西育2-363	12.8	17.1	5	5	3,630
スギ西育2-364	13.4	19.1	4	4	3,350
スギ西育2-365	14.6	16.3	4	5	3,339
候補木の平均値	13.0	17.0			3,520
母集団の平均値	9.0	11.2			3,286

表-3 山育19において選抜した
スギ第二世代精英樹候補木

候補木名	樹高 (m)	胸高 直径 (cm)	幹 曲がり	根元 曲がり	応力波 伝播速度 (m/s)
スギ西育2-366	21.8	29.0	5	3	3,813
スギ西育2-367	17.3	25.4	4	4	3,571
スギ西育2-368	21.0	34.8	3	3	3,604
スギ西育2-369	23.0	36.5	4	4	3,937
スギ西育2-370	17.9	24.4	5	3	3,604
スギ西育2-371	19.8	30.3	4	3	3,578
スギ西育2-372	15.2	31.0	4	3	3,670
スギ西育2-373	16.7	30.2	3	4	4,000
スギ西育2-374	22.3	27.4	4	4	3,565
スギ西育2-375	22.7	35.3	4	4	3,663
スギ西育2-376	20.9	34.5	3	4	4,000
スギ西育2-377	23.8	37.2	3	3	3,578
スギ西育2-378	18.7	29.5	3	3	3,610
候補木の平均値	20.1	31.2			3,707
母集団の平均値	15.5	20.4			3,541

表-4 西山大21において選抜した
スギ第二世代精英樹候補木

候補木名	樹高 (m)	胸高 直径 (cm)	幹 曲がり	根元 曲がり	応力波 伝播速度 (m/s)
スギ西育2-379	20.8	32.0	4	5	3,717
スギ西育2-380	24.0	35.0	5	5	3,636
スギ西育2-381	24.4	37.0	5	4	3,670
スギ西育2-382	27.3	35.0	5	5	3,697
スギ西育2-383	23.0	31.0	5	5	3,795
スギ西育2-384	23.2	40.0	5	5	3,697
スギ西育2-385	23.0	36.0	5	4	3,571
スギ西育2-386	20.7	27.0	5	4	3,759
スギ西育2-387	24.6	32.0	5	5	3,591
スギ西育2-388	26.4	44.0	5	4	3,650
スギ西育2-389	23.9	36.0	5	5	3,623
候補木の平均値	23.8	35.0			3,673
母集団の平均値	19.1	23.7			3,531