

短 報

関西育種基本区で選抜されたスギ精英樹クローンと後代家系の樹高成長と
林地生産力との関係山田 浩雄^{*1}・宮浦 富保¹

山田浩雄・宮浦富保：関西育種基本区で選抜されたスギ精英樹クローンと後代家系の樹高成長と林地生産力との関係 日林誌 84：50～53, 2002 関西育種基本区内で選抜されたスギ精英樹クローンと後代家系について、15年次の樹高成長と林地の生産力との関係を検討した。さし木クローンの検定林 254 カ所、後代の実生検定林 133 カ所の中から、5 カ所以上で検定されている 304 クローンと 175 の実生家系の樹高を解析に用いた。各検定林の平均樹高をそれぞれの検定林の生産力とし、それに対する各クローンおよび実生家系の各検定林における樹高成長の一次回帰係数を求めた。その結果、供試した 89.6% のクローンおよび 97.8% の実生家系の回帰係数は 1 から有意に異なっていなかった。このことは、関西育種基本区を構成する各育種区内で著しい GE 交互作用が認められないことを示している。スギ精英樹クローンおよび後代家系の成長評価の観点からは、現在の育種区分は妥当であると判断される。

キーワード：GE 交互作用，樹高成長，スギ精英樹，林地生産力

Yamada, H. and Miyaura, T.: Relationships between Stand Productivity and Height Growth for Clonal Lines and Open-pollinated Progenies of Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) Plus Trees Selected from Kansai Forest Tree Breeding Region. J. Jpn. For. Soc. 84: 50~53, 2002 Relationships between stand productivity and height growth for clonal lines and open-pollinated progenies of sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) plus trees selected from Kansai Forest Tree Breeding Region were examined. The analysis was carried out using the tree-height at stand age of 15-year-old for 304 cutting clones and 175 open-pollinated progenies tested in more than five of 254 clonal test sites and 133 progeny test sites. The stand productivity for each test site was evaluated as the overall mean tree-height at stand age of 15-year-old in each progeny test plantation. The linear regression coefficients of height growth for clonal lines and open-pollinated progenies on the stand productivity were estimated. Approximately 90% of those regression coefficients were not significantly different from one at the 5% level. These results suggest that the remarkable GE interaction is not present within each breeding district comprising Kansai Forest Tree Breeding Region, and that the existing breeding district is adequate to the clonal lines and open-pollinated progenies of sugi plus trees.

Key words: GE interaction, height growth, stand productivity, sugi plus tree

I. はじめに

我が国の林木育種事業においては、精英樹の成長評価を行うために、精英樹クローンや精英樹クローン採種園産種苗を用いて、育種基本区ごとに次代検定林を設定している。関西育種基本区では、1998 年現在、スギ精英樹の検定林が 651 カ所設定されている。林木の次代検定はその検定期間が長期を要するとともに、一般造林地を利用して行われているという制約のため、1 検定林当り 20～50 系統の検定林を各地に設定した小規模分散的な次代検定の方法をとっている。したがって、精英樹の成長評価は、さまざまな環境条件下に分散して設定されている複数の次代検定林からのデータを用いて行うことになり、系統によっては複数の検定林に植栽されている。

林木の成長は環境要因と遺伝要因によって決定されるが、環境要因 (E) と遺伝要因 (G) との間に GE 交互作用がある場合には、遺伝要因の効果を正しく評価することができない。したがって、GE 交互作用を考慮した解析が数多く行われてきた (Libby, 1964; Namkoong *et al.*, 1966; 菊池, 1973; Owino, 1977; Burdon, 1977; Shel-

bourne and Low, 1980; 栗延, 1984; 西村・田島, 1993; 関西林試協育種部会, 1993; 宮浦, 1994)。菊池 (1973) と Shelbourne and Low (1980) は GE 交互作用に対して、(1)これを小さくとどめる環境の層化と(2)広域適応性系統の育成という二つの対応法を紹介している。

(1)の GE 交互作用を小さくとどめる環境の層化の方法として、地域差検定林を用いた地域区分が試みられている (栗延, 1984; 西村・田島, 1993; 関西林試協育種部会, 1993; 宮浦, 1994)。地域差検定林では複数の共通クローンを各地に植栽して、成長のしかたなどを地域差検定林間で比較し、似たような成育のしかたをする検定林がまとまるように地域区分を行う。すなわち、GE 交互作用の小さい検定林群を一つの地域と判断する。栗延 (1984) は関東育種基本区内の 5 年次カラマツ検定林を解析した結果、三つの地域に区分され、成長休止期の降水量の違いが GE 交互作用の主な要因であることを明らかにした。宮浦 (1994) は関東育種基本区内の 10 年次スギ地域差検定林を解析し、太平洋側と内陸側の二つの地域に区分されることを示した。しかしながら、関西育種基本区や九州育種基本区内のスギ地域差検定林を解析した結果、GE 交互作用の

* 連絡・別刷請求先 (Corresponding author) E-mail: hirooy@affrc.go.jp

¹ 林木育種センター (319-1301 茨城県多賀郡十王町大字伊師 3809-1)

Forest Tree Breeding Center, 3809-1 Ishi, Juo, Ibaraki 319-1301, Japan.

小さい検定林群が地域としてまとまらないことが報告され(西村・田島, 1993; 関西林試協育種部会, 1993), GE 交互作用の要因も明らかにされていない。このことは, GE 交互作用の要因が複数であり, その要因が地理的に連続して変化するのではなく, 局所的に存在している場合などが想定される。

一方, (2)の広域適応性系統の育成に関しては, 我が国の林木育種事業において, ほとんど検討がなされていない。西村・田島(1993)は九州育種基本区内の15年次スギ地域差検定林を解析した結果, 局所的に発現する気象害や土壌の肥沃度などに敏感に反応するクローンの存在を認めている。林地の環境に敏感に反応する系統は非広域適応性系統であり, 鈍感な系統は広域適応性系統であると判断されるであろう(菊池, 1973)。

本研究の目的は, 関西育種基本区で選抜されたスギ精英樹クローンおよび実生家系の樹高成長について, 林地の環境に対する反応性の違いから, 精英樹の成長評価における GE 交互作用の影響を吟味することである。各検定林の平均樹高がその検定林の環境要因の効果を総合的に反映していると仮定して, この検定林平均樹高の値を林地生産力と定義し, スギ精英樹クローンおよびスギ精英樹実生家系の樹高成長と林地生産力との関係を検討した。

II. 材料と方法

関西育種基本区内に設定されているスギ精英樹の検定林の中から, さし木クローンの検定林 254 カ所, 実生検定林 133 カ所の 15 年次(林齢)の樹高データを用いて解析を行った(図-1)。これらのデータの中から, 5 カ所以上で検定されているさし木 304 クローンと実生 175 家系のデータを抽出した。関西育種基本区は, 環境条件を同じくする区域として, 日本海東部育種区, 日本海西部育種区, 近畿育種区, 瀬戸内海育種区, 四国北部育種区, 四国南部育種区の 6 育種区に分けられており, 各精英樹は主にその精英樹が選抜された育種区内の検定林に植栽されている。解析に用いたさし木 304 クローンのうち, 189 クローンは選抜された育種区のみで, 88 クローンは 2 カ所の育種区で, 27 クローンは 3 カ所以上の育種区で検定されている。また, 実生 175 家系のうち, 153 家系は選抜された育種区のみで, 22 家系は 2 カ所の育種区で検定されている。

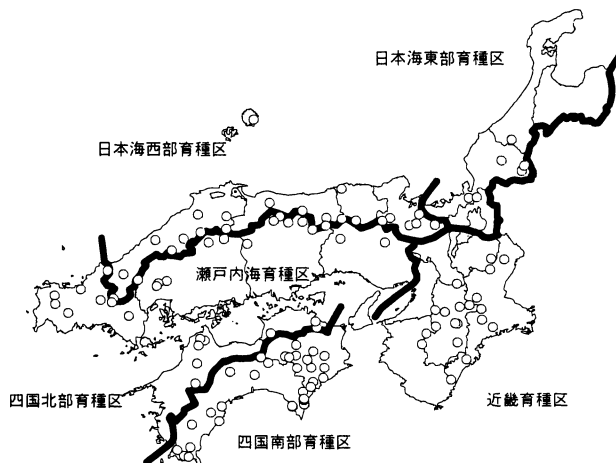
スギ精英樹のさし木 304 クローンと実生 175 家系の検定林の生産力に対する反応を検討するために, 各検定林における全供試クローンおよび全供試家系の平均樹高をそれぞれの検定林の林地生産力とし, 各クローンおよび各家系の林地生産力に対する一次回帰係数を次式によって求めた。

$$y_{ij} = a_j x_i + b_j$$

ここで, y_{ij} は i 番目の検定林の j 番目のクローンまたは家系の 15 年次樹高 (m), x_i は i 番目の検定林の林地生産力 (m), a_j は j 番目のクローンまたは家系の回帰係数, b_j は j 番目のクローンまたは家系に対応する定数とした。この回帰係数 (a_j) の値を適応性の尺度に用いることが提



クローン検定林



実生検定林

図-1. 解析に用いた検定林の所在地

案されているので(菊池, 1973), 今回の報告では, この値を各精英樹クローンおよび各家系の林地生産力に対する適応性指数とした。

III. 結 果

スギさし木クローン検定林 254 カ所の林地生産力は 1.93~11.19 m, スギ実生検定林 133 カ所の林地生産力は 3.05~12.51 m の範囲にあり, 検定林が設定された場所によって大きく異なっていた(図-2)。また, 林地生産力の大きさが偏った育種区は認められなかった。林地生産力と各供試クローンまたは各供試家系の樹高成長との一次回帰分析の結果, さし木 304 クローンのうち 269 クローン, 実生 175 家系のうち 136 家系で 5% 水準の有意な正の相関関係が認められた。有意な相関関係が得られたさし木 269 ク

ローンと実生 136 家系の相関係数は、それぞれ 0.66～0.99 と 0.60～0.99 の範囲にあった。

有意な相関関係が得られたさし木 269 クローンの回帰係数 (a_j)、すなわち、林地生産力に対する適応性指数の値は 0.43～1.49 の範囲にあった (図-3)。その中で、適応性指数が 5% 水準で有意に 1 より小さいクローンは 23 クローン、有意に 1 より大きいクローンは 5 クローンであった。また、有意な相関関係が得られた実生 136 家系の適応性指数の値は 0.61～2.06 の範囲にあった (図-3)。その中で、適応性指数が 5% 水準で有意に 1 より小さい家系は 2 家

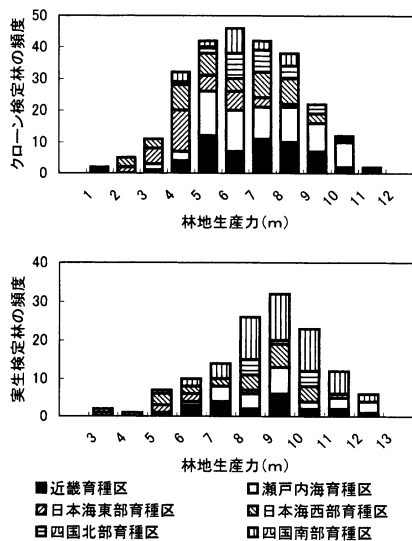


図-2. 解析に用いた検定林における林地生産力の頻度分布

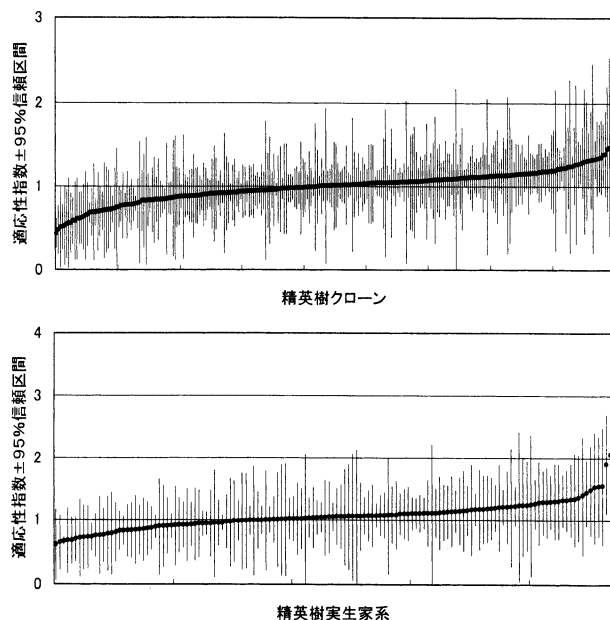


図-3. さし木クローンと実生家系の林地生産力に対する適応性指数

系、有意に 1 より大きい家系は 1 家系であった。

有意な相関関係が得られたさし木 269 クローンと実生 136 家系において、検定された林地生産力の範囲と適応性指数の 95% 信頼区間との関係を図-4 に示す。さし木クローンと実生家系において、検定された林地生産力の範囲が大きいほど、適応性指数の 95% 信頼区間の範囲が小さくなる傾向が認められた。

IV. 考 察

林地生産力に対する適応性指数が 1 の場合は、林地生産力をそのまま反映するクローン (家系)、適応性指数が 1 より大きい場合は、林地生産力が大きくなるにつれて、それ以上に成長が期待されるクローン (家系)、適応性指数が 1 より小さい場合は、林地生産力の増大に追いついていけないクローン (家系) と判断される (菊池, 1973)。このことを言い換えると、適応性指数が 1 より大きいクローン (家系) は、生産力の低い林地では大きく成長が落ち込む可能性があり、適応性指数が 1 より小さいクローン (家系) は、生産力の低い林地でも成長の落ち込みが少ないと解釈される。また、林地の生産力に対する適応性指数が同じ値のクローン (家系) を組み合わせて造林した場合、いずれの林地においても、クローン (家系) 間の成長順位の変動は小さくなることが期待される。

今回の解析の結果、林地生産力と樹高成長との間に有意な相関関係が得られたクローンまたは実生家系のうち、適応性指数が有意に 1 からずれていたクローンは 10.4%、実生家系は 2.2% にすぎなかった。ほとんどのクローン (89.6%) または実生家系 (97.8%) は、その精英樹が選抜された現行の育種区内で造林した場合、精英樹のクローン間または実生家系間での成長順位の変動は小さいと考えられた。林木育種センターでは、各精英樹の成長評価を行う際に、複数の検定林の調査データを基に、各育種区ごと

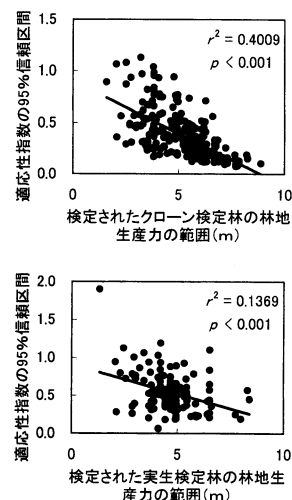


図-4. 検定された林地生産力の範囲と適応性指数の 95% 信頼区間との関係

に最小二乗推定値を求めて、成長形質の評価を行っている(たとえば、林木育種センター関西育種場, 1998)。この場合、同一育種区内でGE交互作用が大きいとその評価の精度も低くなる。今回の解析の結果、ほとんどのクローンや実生家系において顕著なGE交互作用が認められなかったことは、現在行われている各精英樹の成長評価の妥当性を示唆している。

しかしながら、適応性指数が有意に1からずれているクローンまたは実生家系が少数ながら認められたことから、これらのクローンまたは実生家系の取り扱いについては、十分留意する必要がある。また、検定された林地生産力の範囲が大きかったクローンおよび実生家系では、適応性指数の95%信頼区間が小さくなる傾向が認められたことは(図-4)、今後さまざまな検定林での調査が進むにつれて、適応性指数が有意に1からずれているクローンおよび実生家系がさらに検出されてくる可能性を示している。林地の生産力に対する適応性指数を、スギ精英樹の新たな特性の一つに加えることによって、精英樹の特性を十分に発揮させて、造林地の生産力に応じた種苗の配布が可能となると期待される。

本研究に用いた検定林データは、関西育種基本区において林木育種事業に携わった多くの関係者によって得られたデータである。また、データの集計にあたっては、林木育

種センター関西育種場の西村慶二氏と安藤泰人氏の協力を得た。これらの方々に深く感謝の意を表します。

引用文献

- Burdon, R. D. (1977) Genetic correlation as a concept for studying genotype-environment interaction in forest tree breeding. *Silvae Genet.* 26: 168-175.
- 関西林試協育種部会 (1993) スギさし木クローンによる地域差検定共同試験 (10年次報告). 21 pp, 林木育種センター関西育種場, 岡山.
- 菊池文雄 (1973) 広域適応性. 遺伝 499: 41-47.
- 栗延 晋 (1984) カラマツ精英樹の次代検定に関する研究. 林木育種場研報 2: 1-60.
- Libby, W. J. (1964) Clonal selection and an alternative seed orchard scheme. *Silvae Genet.* 13: 32-40.
- 宮浦富保 (1994) 関東育種基本区のスギ地域差検定林 10年次データの解析. 林木の育種 170: 8-12.
- Namkoong, G., Snyder, E. B., and Stonecypher, R. W. (1966) Heritability and gain concepts for evaluating breeding systems such as seedling seed orchards. *Silvae Genet.* 15: 76-84.
- 西村慶二・田島正啓 (1993) 九州地域におけるスギ精英樹クローンの生育状況からみた育種区分. 日林誌 75: 493-500.
- Owino, F. (1977) Genotype×environment interaction and genotypic stability in Loblolly pine II. Genotypic stability comparison. *Silvae Genet.* 26: 21-26.
- 林木育種センター関西育種場 (1998) 関西育種基本区精英樹特性表 (スギ・ヒノキ). 72 pp, 林木育種センター関西育種場, 岡山.
- Shelbourne, A. E. and Low, C. B. (1980) Multi-trait index selection and associated genetic gains of *Pinus radiata* progenies at five sites. *N. Z. J. For. Sci.* 10: 307-324.

(2001年10月29日受付; 2001年12月5日受理)