

## 速報

BLP法を用いたCO<sub>2</sub>吸収固定能力の高いスギ精英樹の評価<sup>\*1</sup>

—九州育種基本区への適用例—

山田浩雄<sup>\*2</sup>・倉原雄二<sup>\*2</sup>・倉本哲嗣<sup>\*2</sup>・松永孝治<sup>\*2</sup>・大平峰子<sup>\*2</sup>・星比呂志<sup>\*3</sup>

山田浩雄・倉原雄二・倉本哲嗣・松永孝治・大平峰子・星比呂志：BLP法を用いたCO<sub>2</sub>吸収固定能力の高いスギ精英樹の評価—九州育種基本区への適用例—九州森林研究 64：79-81, 2011 地球温暖化防止に資する品種開発を目的に、スギ精英樹の幹重量を指標としたCO<sub>2</sub>吸収固定能力のクローン間変異について検討した。幹重量を求めるための樹高と胸高直径については、検定林からの30年次データを用いたが、材の容積密度については、検定林の間伐材から得られるデータに加えて、検定林や集植所でのピロディン貫入値による間接測定データも活用した。このような多様で精度の異なるデータに対して有効なBLP法を用いて、九州育種基本区のスギ精英樹276クローンの樹高、胸高直径、容積密度の育種価を算出した。樹高と胸高直径からの単木材積に容積密度を乗じた単木幹重量は33.0~114.2 kg/本の範囲に、密度効果の逆数式を用いて推定したha当り本数から求めた林分材積に容積密度を乗じた林分幹重量は84.7~162.7 ton/haの範囲にあった。

キーワード：育種価、幹重量、二酸化炭素吸収固定能力、BLP（最良線形予測）、スギ精英樹クローン

## I. はじめに

地球温暖化防止対策の一つとして、森林のもつCO<sub>2</sub>吸収固定機能に期待が寄せられ、CO<sub>2</sub>吸収固定能力の高いスギ品種の開発が求められている。スギ精英樹のクローン検定林から得られる成長と材の容積密度のデータを解析して、成長量が大きくかつ容積密度の大きい個体、すなわち、幹重量の大きい個体を選抜し、その種苗を用いて造林を行うことは、森林のもつCO<sub>2</sub>吸収固定機能を高める手段の一つと考えられる（田村ほか、2006；武津・平岡、2010）。既に、九州以外の地域では、単木あたりの幹重量の大きい（CO<sub>2</sub>吸収固定能力が高い）スギ品種の開発が行われている（平岡ほか、2009；久保田ほか、2009；武津・平岡、2010）。

幹重量の算出方法は、樹高と胸高直径から単木材積を推定し、それに容積密度を乗じて求める。樹高と胸高直径については、検定林からの30年次データが得られつつあるが、容積密度については、検定林の間伐材を利用した容積密度の測定には多大な労力が必要のため、十分なデータが得られていない。そのため、ピロディンを用いた貫入値による間接測定データも活用して、容積密度の推定が行われてきている（田上ほか、2007；大川ほか、2009）。このような多様で精度の異なるデータに対しては、BLP（Best Linear Prediction, 最良線形予測）法を適用して各精英樹クローンの成長と容積密度の育種価を求めて、それを用いて幹重量を算出する方法が有効である（栗延・山口、2008）。

本研究の目的は、九州各地に設定されたスギ精英樹クローン検定林から、BLP法により樹高、胸高直径、容積密度の育種価から幹重量を推定して、CO<sub>2</sub>吸収固定能力のクローン間変異を評価

することである。幹重量を指標としたスギ精英樹クローンのCO<sub>2</sub>吸収固定能力の評価は、既に九州以外の地域で評価指標として用いられている単木あたりの幹重量（平岡ほか、2009；久保田ほか、2009）と、密度効果の逆数式（等平均樹高曲線式）から推定した林分（単位面積）あたりの幹重量（栗延・山口、2008）の二つを用いて行った。

## II. 材料と方法

解析に用いたスギ精英樹のクローン検定林は、九州育種基本区に設定され、30年次の樹高と胸高直径が測定された89カ所、間伐調査により容積密度が測定された25カ所、ピロディン貫入値が測定された11カ所と九州育種場クローン集植所1カ所である（表-1）。これらのクローン検定林は2~6回反復の乱塊法で設定され、全てのクローンのデータをプロット平均値にまとめて解析に用いた。反復のない九州育種場クローン集植所で得られたピロディン貫入値は、クローンあたり2~3個体の平均をプロット平均値として用いた。

評価対象クローンは、検定林において容積密度またはピロディン

表-1. 解析に用いた検定林数とプロット数

形質	場所	箇所数	プロット数
樹高 (30年)	検定林	89	5754
胸高直径 (30年)	検定林	89	5754
ピロディン	検定林	11	942
ピロディン	集植所	1	592
容積密度	検定林	25	508

<sup>\*1</sup> Yamada, H., Kurahara, Y., Kuramoto, N., Matsunaga, K., Ohira, M. and Hoshi, H.: Stem-weight estimations for clonal lines of sugi (*Cryptomeria japonica*) plus trees using a Best Linear Prediction in Kyushu Breeding Region.

<sup>\*2</sup> 森林総合研究所林木育種センター九州育種場 Kyushu Regional Breed. Office, For. Tree Breed. Center, For. & Forest Prod. Res. Inst., Koshi, Kumamoto 861-1102

<sup>\*3</sup> 森林総合研究所林木育種センター東北育種場 Tohoku Regional Breed. Office, For. Tree Breed. Center, For. & Forest Prod. Res. Inst., Takizawa, Iwate 020-0173

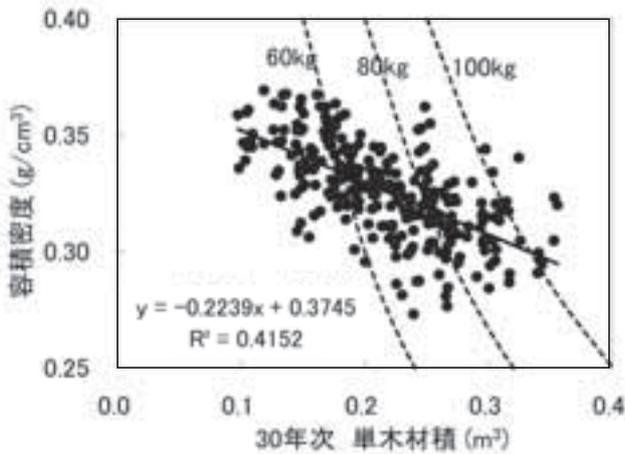


図-1. 単木材積と容積密度との関係  
図中のコンターは単木幹重量の等値線を示す。

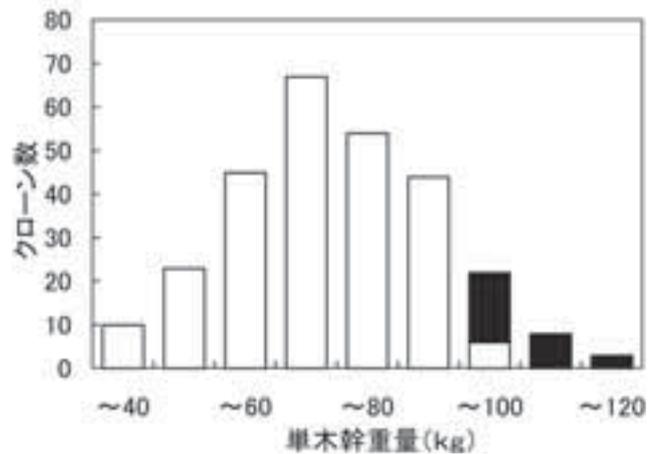


図-2. 単木幹重量についてのクローンの頻度分布  
黒棒は単木幹重量の上位10%を示す。

ン貫入値が測定された276クローンに限定し、BLP法を用いて30年次の樹高、胸高直径、容積密度の育種価を推定した。なお、ピロディン貫入値はこれらの育種価を求める補助データとして用いた。各形質の育種価は次のBLP法の基本式を用いた(White and Hodge, 1989)。

$$g = C \cdot D^{-1} \cdot (y - a) \quad (1)$$

ここで、 $g$ は各クローンの育種価、 $C$ は遺伝分散共分散行列、 $D$ は表現型分散共分散行列、 $(y - a)$ は検定林での各クローンの偏差ベクトルである。行列 $D$ の対角要素は、各検定林のクローン平均の分散で、非対角要素のうち同一検定林内はタイプA相関、その他はタイプB相関(遺伝相関)から計算される共分散推定値である。行列 $D$ の検定林が異なる形質間分散共分散は、交互作用の割合を除いて算出した。行列 $C$ の要素は、それぞれの形質と偏差ベクトルに対応する形質との遺伝共分散である。偏差ベクトルの要素は、各クローンにおける各形質の検定林平均値からの偏差である。

行列 $C$ と行列 $D$ を作成するため、検定林毎の分散分析と複数検定林の分散・共分散分析を行い、必要な遺伝パラメータを久保田ほか(2006)と栗延(2009)の方法に沿って推定した。なお、検定林毎の分散分析を行ってクローン分散が負の検定林は解析から除外した。検定林毎の分散分析にはPlmSgl02(栗延, 1987; 宮浦, 1998)、複数検定林の分散・共分散分析にはLsAb21(栗延, 1987; 宮浦, 1998)、BLP値(育種価)の算出にはBLP04(栗延・山口, 2008)を用いて行った。

各クローンの単木あたりの幹重量は(1)式により算出した樹高( $H$ )、胸高直径( $DBH$ )、容積密度( $DEN$ )の育種価を用いて下式により求めた。

$$w = DEN \cdot v \\ = DEN \cdot 10^{1.820 \cdot \log(DBH) + 1.026 \cdot \log(H) - 4.20} \quad (2)$$

ここで、 $w$ は単木幹重量、 $v$ は単木材積(林野庁, 1970)である。また、各クローンの林分あたりの幹重量は下式により求めた。

$$W = DEN \cdot V = DEN \cdot v \cdot N \quad (3)$$

ここで、 $W$ は林分幹重量、 $V$ は林分材積、 $N$ は林分密度である。林分密度( $N$ )は下式の等平均樹高曲線式(林野庁, 1981)を用いて算出した。

$$v = (0.06983H^{-1.35833} \cdot N + 2187.9H^{-2.837385})^{-1} \quad (4)$$

### Ⅲ. 結果と考察

単木材積と容積密度との関係を図-1に示す。図中のコンターは単木幹重量が60kg、80kg、100kgの等値線をそれぞれ示している。単木材積と容積密度との間には、有意な負の相関が認められた( $-0.644, p < 0.001$ )。30年次の単木材積が大きく成長の良いクローンほど材の容積密度が小さくなる傾向にあったが(平岡ほか, 2009)、単木幹重量の等値線はやや凹型の縦に立ち上がった曲線であることから、単木幹重量に及ぼす影響は、容積密度よりも単木材積の方が大きく寄与していると考えられた(田村ほか, 2006)。

単木幹重量についてのクローンの頻度分布を図-2に示す。今回評価した276クローンの30年次の単木幹重量は33~114kgの範囲にあり、平均値は $69.7 \pm 16.4$ kgであった。これら276クローンから単木幹重量の大きい上位10%を選抜した場合(図中の黒棒)の平均値は99.0kgとなり、42%程度の改良効果が期待される。

林分材積と容積密度との関係を図-3に示す。図中のコンターは林分幹重量が110 ton/ha、130 ton/ha、150 ton/haの等値線をそれぞれ示している。林分材積と容積密度との間には、図-1と同様に、有意な負の相関が認められた( $-0.397, p < 0.001$ )が、相関係数の値は小さくなった。今回評価した276クローンの30年次の林分幹重量は84.7~162.7 ton/haの範囲にあり、平均値は $126.7 \pm 12.7$  ton/haであった。

林分幹重量と単木幹重量との関係を図-4に示す。両者の間には有意な正の相関が認められ( $0.662, p < 0.001$ )、単木幹重量の

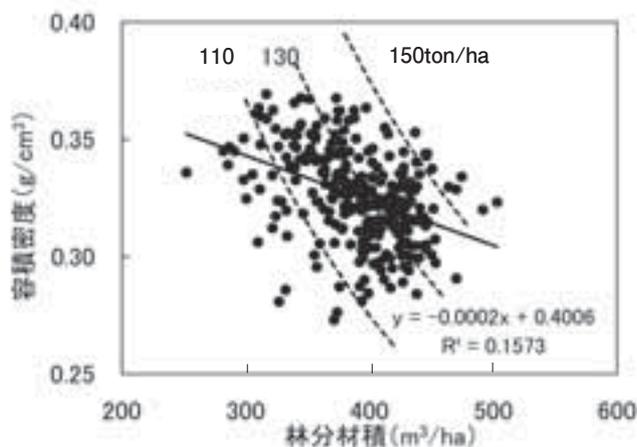


図-3. 林分材積と容積密度との関係  
図中のコンターは林分幹重量の等値線を示す。

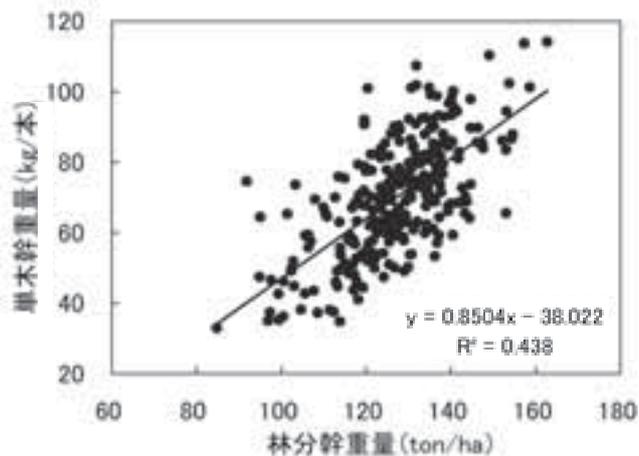


図-4. 林分幹重量と単木幹重量との関係

大きいクローンは、林分幹重量も大きくなる傾向にあった。しかし、両者の順位は必ずしも一致してはなかった。例えば、単木幹重量が100 kg前後の上位に位置するクローンの中でも、林分幹重量が125 ton/ha前後の中位に位置するクローンも観察された。今回の林分幹重量は密度効果の逆数式を用いて推定し、実際の林分幹重量は生存率や施業方法によっても大きく影響を受ける値ではある。しかし、今回の結果は、幹重量を指標としてCO<sub>2</sub>吸収固定能力を評価する場合、単木ベースで期待されるCO<sub>2</sub>吸収固定能力の改良効果(図-2)が、林分ベースで発揮できるかは、さらに検討が必要であることを示唆している。

## 謝 辞

BLP法による育種価の推定方法については、林木育種センター関西育種場の久保田正裕育種課長にご教示いただいた。容積密度データは、福岡県、佐賀県、熊本県、鹿児島県で行われた検定林の間伐材を用いた調査データを使用した。検定林での成長とピロディン貫入値データの収集には、九州各県、九州森林管理局、九州育種場の職員の方々にご協力いただいた。ここに記して感謝申し上げます。

## 引用文献

- 武津英太郎・平岡裕一郎(2010) 林木の育種 236: 50-53.  
 平岡裕一郎ほか(2009) 平成21年版林育七年報, 52-53.  
 久保田正裕ほか(2006) 林育研報 22: 147-154.  
 久保田正裕ほか(2009) 平成21年版林育七年報, 90-93.  
 栗延晋(1987) 林育研報 5: 33-58.  
 栗延晋・山口和穂(2008) 日森学術講 119: 132.  
 栗延晋(2009) 林木の育種 231: 44-47.  
 宮浦富保(1998) 林育研報 15: 251-258.  
 大川雅史ほか(2009) 九州森林研究 62: 131-132.  
 林野庁(1970) 熊本営林局立木材積表, 102 pp, 熊本営林局.  
 林野庁(1981) 九州地方国有林スギ林分密度管理図, 7 pp, 日本林業技術協会.  
 田上敏彦ほか(2007) 九州森林研究 60: 112-114.  
 田村明ほか(2006) 日森誌 88: 15-20.  
 White, T.L. and Hodge, G.R. (1989) Predicting breeding values with applications in forest tree improvement, 367 pp, Kluwer Academic Pub., Dordrecht, Netherlands.  
 (2010年10月23日受付; 2011年1月12日受理)