

## 速報

## 3年生スギさし木クローンの応力波伝播速度による評価\*1

倉原雄二\*2

倉原雄二：3年生スギさし木クローンの応力波伝播速度による評価 九州森林研究 70：89－91，2017 3年生のスギさし木クローンの立木状態の樹幹の応力波伝播速度を測定した。測定した個体は伐採し、タッピング法の定法でヤング率を測定した。応力波伝播速度とヤング率の個体値で算出した相関係数は0.33と低かった。クローン平均値では0.64と向上したが、過去の事例よりも低い値であった。これは評価に用いた個体のサイズが小さかったからであると考えられる。

キーワード：スギ，材質，早期検定，応力波伝播速度

## I. はじめに

スギ (*Cryptomeria japonica*) の樹幹の動的ヤング率 (以下ヤング率とする) の推定には、立木状態での応力波伝播速度の測定が適用されている。応力波伝播速度の測定は、1個体あたり数分で可能であり非破壊的に測定できることから、多数の個体を評価する必要がある林木育種の現場で広く用いられている。育種による選抜では応力波伝播速度の測定は、おおむね20年生以上の個体に対して行われている。一方で、より若齢で応力波伝播速度を測定し樹幹のヤング率を評価しようとする試み (宮下ほか, 2009; 倉原・松永, 2012) および若齢時の応力波伝播速度と壮齢時の樹幹のヤング率の相関関係から早期に評価しようという試みがある (倉原, 2015)。今回、3年生スギさし木クローンの応力波伝播速度を測定し、育種への適応を検討した。

## II. 材料と方法

## 1. 材料

九州育種場内 (熊本県合志市) に2013年6月に設定した場内試験地に植栽されているスギ第一世代精英樹さし木クローンを用いた。植栽間隔は0.75 m × 0.75 m, 2反復としブロック内で各クローンはランダムに配置した。樹高, 直径, 応力波伝播速度, ヤング率, 気乾密度のすべてを測定した個体数は163個体, クローン数は31であった。

## 2. 形質の測定

2016年3月に, FAKOPP (ハンガリー FAKOPP ENTERPRISE 製) を用いて高さ0.15 mと0.65 mの間の距離0.5 mの応力波伝播時間を測定し, 距離で除して応力波伝播速度 ( $V_s$ ) とした。測定箇所は1個体につき1箇所とした。測定後に伐採し応力波伝播速度を測定した区間と同じ地上高0.15 mから0.65 mの間から0.5 mの試験体を作成した。試験体は枝葉を除去し, 乾燥による重量減少が停止し気乾に達したと判断できた後にヤング率 (Efr) をタッピング法の定法 (藤澤, 2001) で測定した。試験体

の密度は長さ, 元口と末口の直径を測定し, 円錐台近似で算出した体積で気乾重量を除いて求めた。試験体を手で軽く保持し, 木口面を頭部質量が約20 gのハンマーで打撃した。FFTアナライザ (SA-78 リオン社製) に接続したマイク (NH-17 リオン社製) で音を拾い, 固有振動数を求めた。その際に測定した元口 (地上高0.15 m) の直径を供試個体の直径 (以下, 直径とする) とした。樹高は植栽されている全265個体について2016年3月に測定した。

## 3. 解析

解析はすべての形質を測定できた163個体を対象とした。各形質についてクローンとブロックを要因とした分散分析を行った。各形質間の表現型相関の検討を行った。各形質間の相関係数を個体値およびクローン平均値を用いて算出した。また, 各形質の反復率 ( $h^2$ ) を以下の式より推定した。

$$h^2 = \sigma_c^2 / (\sigma_c^2 + \sigma_{cb}^2 + \sigma_e^2)$$

ここで,  $\sigma_c^2$ ,  $\sigma_{cb}^2$  および  $\sigma_e^2$  はそれぞれクローン, クローンとブロックの交互作用および個体誤差の分散成分を示す。解析には農林水産省計算センターの統計解析ソフトSASのGLMプロシージャを用いた。

## III. 結果

形質の測定結果の基本統計量を表-1に示す。樹高の平均値は99 cm (標準偏差 (SD): 17 cm, 変動係数 (CV): 0.173), 直径の平均値は13.7 mm (SD: 3.5 mm, CV: 0.258) であった。 $V_s$  の平均値は1334 m/s (SD: 252 m/s, CV: 0.189), Efr の平均値は4.6 GPa (SD: 0.9 GPa, CV: 0.196), 気乾密度の平均値は0.61 g/cm<sup>3</sup> (SD: 0.06 g/cm<sup>3</sup>, CV: 0.099) であった。

$V_s$ , Efr および気乾密度は1%水準でクローン間で有意であった。樹高と直径はクローン間に有意差が認められず, ブロック間で1%水準で有意であった。すべての形質でクローンとブロックの交互作用は認められなかった。

個体およびクローン平均値の各形質の表現型相関を表-2に示

\*1 Kurahara, Y.: Evaluation of 3-years-old *Cryptomeria japonica* rooted cutting by stress wave propagation method.

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

表 - 1. 基本統計量

	平均値	最小値	最大値	標準偏差	変動係数
樹高 (cm)	99	72	182	17	0.173
直径 (mm)	13.7	8.2	36.9	3.5	0.258
Vs (m/s)	1334	702	2498	252	0.189
Efr (GPa)	4.6	2.9	7.2	0.9	0.196
気乾密度 (g/cm <sup>3</sup> )	0.61	0.47	0.81	0.06	0.099

表 - 2. 個体およびクローン平均値の各形質の表現型相関

	樹高	直径	Vs	Efr	気乾密度
樹高		0.87 **	-0.03 <sup>n.s.</sup>	-0.24 **	-0.41 **
直径	0.85 **		-0.21 **	-0.35 **	-0.34 **
Vs	-0.27 <sup>n.s.</sup>	-0.53 **		0.33 **	-0.03 <sup>n.s.</sup>
Efr	-0.35 <sup>n.s.</sup>	-0.47 **	0.64 **		0.58 **
気乾密度	-0.50 **	-0.45 *	0.10 <sup>n.s.</sup>	0.55 **	

右上が個体値の表現型相関, 左下がクローン平均値の表現型相関  
\*と\*\*はそれぞれ5%と1%の水準で有意であることを示す。  
n.s. は有意でないことを示す。

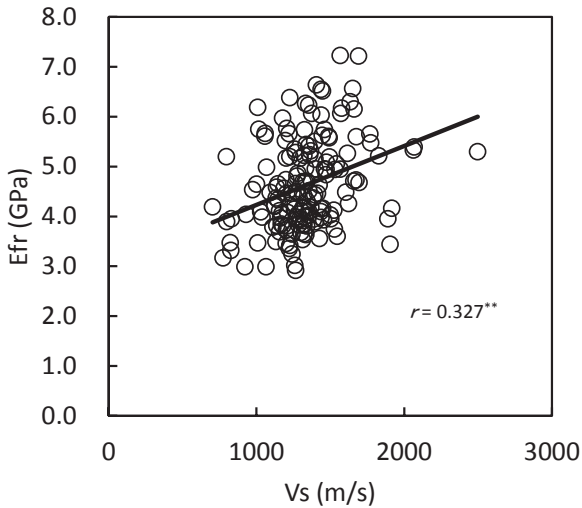


図 - 1. 応力波伝播速度とヤング率の関係 (個体値)  
\*\*は1%の水準で有意であることを示す。

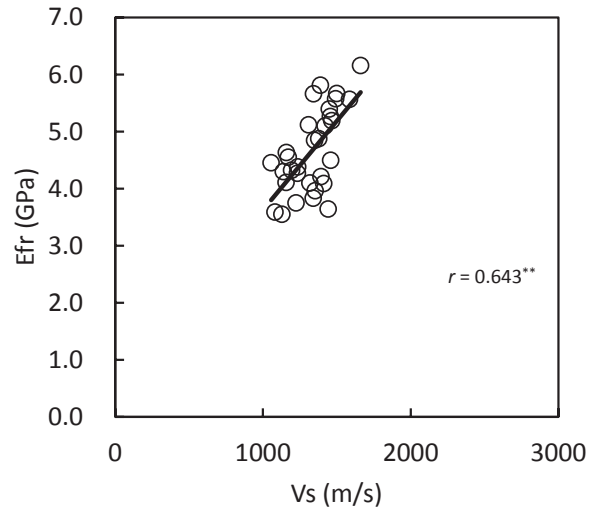


図 - 2. 応力波伝播速度とヤング率の関係 (クローン平均値)  
\*\*は1%の水準で有意であることを示す。

す。個体値で Vs と統計的に有意な相関があった形質は直径、Efr であった。Vs と直径の相関係数は -0.21, Vs と Efr の相関係数は 0.33 でそれぞれ 1% 水準で有意であった (図 - 1)。クローン平均値では Vs と直径の相関係数は -0.53, Vs と Efr の相関係数は 0.64 でそれぞれ 1% 水準で有意であった (図 - 2)。

反復率は樹高, 直径, Vs, Efr および気乾密度でそれぞれ 0.06, 0.00, 0.16, 0.44 および 0.14 であった。

#### IV. 考察

樹高がクローン間で有意とならなかったのは, 今回実験に供したのは Vs が測定可能な個体であり, 樹高が低く測定できなかった個体は解析から除外しているためであると考えられる。Vs を測定できなかった個体も含めて分散分析すると, クローン間は 1% 水準で統計的に有意となった。

Vs と Efr の表現型相関は統計的に有意ではあったが, 相関係数は個体値で 0.33 と低かった。クローン平均値では 0.64 と個体値よりも高くなったが, それでも 2 年生を用いた倉原・松永 (2012) の報告 (個体値で 0.64, クローン平均値で 0.75) よりも低い。

樹高, 直径, Vs, Efr および気乾密度の反復率は, 倉原・松永 (2012) ではそれぞれ 0.34, 0.16, 0.72, 0.49 および 0.32 であった。今回の結果では樹高, 直径の反復率は 0.06, 0.00 と著しく低かった。Vs も 0.16 と低く, Efr は 0.44, 気乾密度は 0.14 であった。

Vs と Efr の表現型相関が低かったのは, Vs の反復率が低かったことが影響していると考えられる。2 つの形質の遺伝率が低ければ, 表現型相関は主に環境相関によって決まる (ファルコナー, 1993)。反復率が低いと遺伝率も低いので, 環境相関が変わらなければ表現型相関は低くなる。樹高が 100 cm 以上の個体のみを

用いて反復率を計算すると、Vsの反復率が0.22と向上したことから、供試個体の平均樹高が低かったことが影響していると考えられる。Efrの反復率は気乾密度の反復率が低かったがそれほど低下していない。これは気乾密度の変動係数が小さく、Efrの値にあまり影響を与えていないためと考えられる。

今回用いた個体は3年生ではあるが樹高の平均値は小さかった。個体サイズの小ささが応力波伝播速度の測定値の測定誤差を大きくし、ヤング率との相関を低くしていると考えられる。一方で、応力波伝播速度を用いて推定したいのは、その時点の樹幹のヤング率ではなく将来のヤング率である。今回の応力波伝播速度はヤング率との相関が低かったが、壮齢時の応力波伝播速度および樹幹のヤング率とどの程度の相関関係があるか検討する必要がある。

## 引用文献

- ファルコナー, D. S. (1993) 量的遺伝学入門, 蒼樹書房, 東京, 395.
- 藤澤義武 (2001) ヤング率 (林木の材質検定法とその実際, 太田貞明ほか, 93 pp, 林木育種協会, 東京) 27-32.
- 倉原雄二・松永孝治 (2012) 九州森林研究 65 : 87-88.
- 倉原雄二 (2015) 九州森林研究 68 : 147-149.
- 宮下久哉ほか (2009) 木材学会誌 55 : 136-145.
- (2016年12月1日受付; 2017年1月25日受理)