

## 速報

## ファコップを用いた材質優良個体の非破壊的選抜技術\*1

藤澤義武\*2 · 柏木 学\*2 · 井上祐二郎\*2

キーワード：ファコップ, MOE, 音速, 非破壊, 材質優良個体, 選抜

## I. はじめに

さし木林業地帯である九州地方では、クローン品種の特性を応用することによって性能が高く品質が均一な木材を生産する「品質管理型の木材生産」を実現できる可能性がある。この品質管理型木材生産では、優良個体の選抜や伐期の材質の予測が必要なことから、樹体を傷つけることなくヤング率を測定する技術が重要になる。このような要求に対して、ぶら下がり法（小泉, 1988）は非破壊かつ高精度で立木のヤング率を測定できる優れた手法であるが、熟練と比較的多くの労力を必要とする。一方、応力波の伝搬速度（以下音速とする）を応用した名波のシステム（名波ら, 1992）は簡便に測定できるが、システムが高価で取り扱いが煩雑であること、精度が低いことなどの問題が残されている。

本報告では、音速の測定にファコップ（Fakopp™：ハンガリー国アルナス社製）を用い、その有効性と問題点を検討した。本機材は比較的廉価であり、しかも取り扱いが容易である等の特徴を有する

## II. 材料と方法

## 1. 供試材料

供試材料は熊本県葦北郡芦北町古石国有林の九熊本32号検定林（遺伝試験林）で選抜した第二世代精英樹の予備選抜木である。本検定林はヒノキ精英樹間の交配家系他で設定しており、調査時（28年生）の樹高の平均値は13.9m、胸高直径の平均値は16.0cmであった。このように、本地域におけるヒノキ林としては比較的成長の良い林分である。

## 2. 方法

成長、曲がり、ヤング率に基づいて選抜した予備選抜木64個体を対象とし、これらの音速をFakoppで測定した。対象木はヤング率をぶら下がり法で測定しており、樹高の平均値は15.3m、胸高直径の平均値は19.6cmであった。ぶら下がり法と音速の測定

方法を次に示す。

(1) ぶら下がり法：地上から2m高に取り付けた1.2m長のカンチレバーと人間の荷重によって樹幹を曲げ変形させ、このときの変形量を胸高部に設置したスパン長1mのひずみ計で測定した。変形量と胸高直径、胸高部の樹皮厚、2m点の直径からヤング率を得た。なお、長径と短径の2方向を測定し、双方の測定結果を平均して個体毎の測定結果とした。

(2) 音速の測定：Fakoppは本体と二つのセンサーからなり、両センサーは一定の距離を持って樹幹の上下方向に取り付ける。入力側のセンサーをハンマーで叩いて発生した応力波が、もう一方のセンサーを通り過ぎるのに要した時間をマイクロ秒単位で直読できる。音速は両センサー間の距離を表示時間で除すことで得られる。センサー間の距離は予備実験の結果から1m以上とし、それぞれのセンサーは樹幹に対して45度の角度を持って打ち込んだ。図-1に測定システムの概要を示す。また、樹幹の長径と短径の2方向を測定し、これらを平均して個体毎の測定値とした。なお、音速とヤング率の間には式1の関係がある。

式1  $V_e = \sqrt{E/\rho}$  :  $V_e$  音速,  $E$  ヤング率,  $\rho$  密度

## III. 結果と考察

## 1. 測定結果の個体間変動

ヤング率は $63\text{kgf} \times 10^3/\text{cm}^2$ から $158\text{kgf} \times 10^3/\text{cm}^2$ まで変異し、平均値は $102\text{kgf} \times 10^3/\text{cm}^2$ 、変動係数は17%であった。平均値と最高値は高めであり、樹冠が触れ合うことによって樹幹の曲げ変形量が抑制された可能性がある。音速は $3,080\text{m}/\text{sec}$ から $3,637\text{m}/\text{sec}$ まで変異し、平均値は $3,351\text{m}/\text{sec}$ であった。また、変動係数は3%であり、ヤング率の同様の値に比べて小さかった。一方、音速の測定結果を分散分析した結果は、表-1に示したとおり個体間に極めて高い有意差が認められた。このことから、音速では値が $3000\text{m}/\text{sec}$ 以上と大きいために個体間の変動係数が相対的に小さくなったと考える方が穏当であろう。

\*1 Fujisawa, Y., Kashiwagi, M. and Inoue, Y.: A non destructive testing system for MOE on standing trees, using Fakopp (a stress wave timer made in Hungary)

\*2 林木育種センター九州育種場 Kyushu Regional Breed. Office, Forest Tree Breed. Center, Nishigoshi, Kumamoto 861-1102

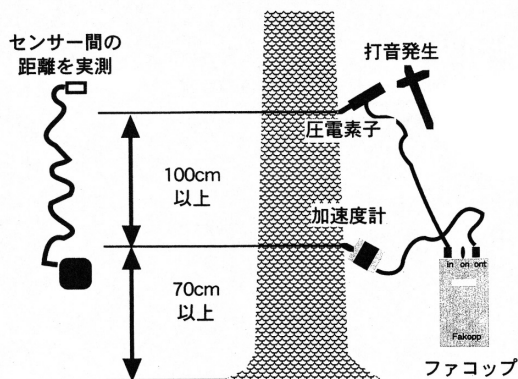


図-1. ファコップの設置法

## 2. 両手法による測定結果の相関関係

ヒノキの飽水状態の材の密度を $0.9\text{g}/\text{cm}^3$ としてFakoppで得た音速からヤング率を推定すると $86.6\text{kgf} \times 10^3/\text{cm}^2$ から $121.5\text{kgf} \times 10^3/\text{cm}^2$ となり、概ね妥当な値となる。しかし、図-2へ示した樹幹の曲げヤング率と音速との相関関係に示されるように、明らかな正の相関関係が認められるものの、相関係数は $r=0.388$ でそれほど高い値ではない。Matheson et al (2001) はラジアータパインの音速と曲げヤング率との間に $r=0.47$ の相関関係を見いだしたが、本報告の値はこれよりもかなり低い。そこで、測定結果に影響を与える要因として胸高直径との関係を検討した。

## 3. 音速に対する胸高直径の影響

胸高直径と音速との相関関係を検討したところ、 $r=-0.447$ で負の相関関係が認められた。また、予備調査で用いた31年生のスギにおいても、同様の傾向が認められた。一方、25年生のスギにおいても、胸高直径の小さい個体を除いた場合に負の相関関係となった。すなわち、30年生前後のスギ、ヒノキでは、成長の良い個体ほど音速が低下する傾向が認められた。一斉林なので、胸高直径が大きいほど年輪幅は大きくなる傾向にある。一方、センサーの打ち込み量は概ね一定である。したがって、直径の小さいものほど測定結果に関与する晩材の数は多くなる傾向にあるであろう。また、含水率の低い心材部にセンサーが到達する可能性も高い。これらが絡み合って測定結果に影響しているであろうことは容易に推測できる。いずれにしても、このことについては別途検証しておく必要がある。

このように、直径と音速との間に相関関係が認められたので、音速を回帰係数によって修正し、曲げヤング率との相関関係を再検討した。図-3に示したとおり、 $r=0.483$ とより相関関係がより明確になった。これは個体群をヤング率の高い群と低い群に区分するためには十分な精度である。

## IV. まとめ

立木のヤング率を評価する手法としてFakoppによる応力波伝搬速度の測定を試みたところ、高い精度で音速の個体間の違いを検出できることがわかった。また、Fakoppで得た音速による曲げヤング率の推定精度はそれほど高くはないものの、胸高直径の影響を修正することである程度の精度向上を見た。一方、Fakoppに密度を簡便に推定できるPilodyn™を組み合わせて製材品のヤ

ング率を高い精度で推定した例がある(長尾ら, 2000)。本報告では立木なので条件が異なるものの、同様の手段で曲げヤング率の推定精度向上を試みることも必要であろう。

## 引用文献

- (1) 小泉章夫 (1988) 北方林業 40 (1) : 2-6.
- (2) Matheson, A. C. et al. (2001) Abstracts of the WBB (Wood Breeding, Biotech.) Conference, Bordeaux, France : p.17.
- (3) 長尾博文他 (2000) 第50回木材学会大会要旨集 : p.109.
- (4) 名波直道他 (1992) 木材学会誌 38 (8) : 747-752.

表-1. 音速の分散分析結果

変動因	自由度	平方和	平均平方	F値
個体間	63	8512740.9	135122.9	39.7***
方向間	1	15822.7	15822.7	4.6***
誤差	575	1959198.9	3407.3	
全体	639	10487762.5		

凡例 \*\*\*0.1%水準で有意

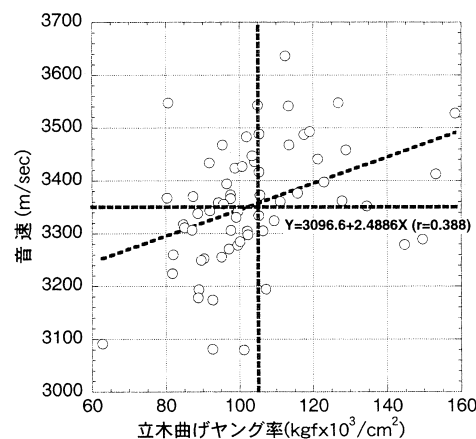


図-2. 樹幹内音速と立木曲げヤング率との相関関係

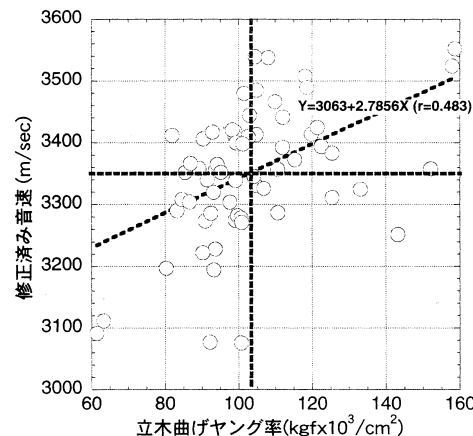


図-3. 修正済みの樹幹内音速と立木曲げヤング率との相関関係

(2002年12月24日 受理)