

速報

スギ第二世代精英樹候補木クローンの心材含水率の評価*1

倉原雄二*2・栗田 学*2・久保田正裕*2・福田有樹*2

倉原雄二・栗田 学・久保田正裕・福田有樹：スギ第二世代精英樹候補木クローンの心材含水率の評価 九州森林研究 74：77－80，2021 スギ心材含水率の測定は心材が形成されている樹齢で行う必要があるために，若齢時での測定例は少ない。育種年限の短縮のためにはできる限り若齢での評価が必要である。今回，15年生のスギ第二世代精英樹候補木の心材含水率を横打撃共振法による推定および成長錐で採取した試料により測定した。胸高直径が9.3 cm以上の個体では心材が形成されており，心材含水率の測定が可能であった。心材乾量基準含水率，心材相対含水率および横打撃共振法により推定した心材含水率の反復率はそれぞれ0.56，0.53，0.48であった。横打撃共振法による推定値はクローン平均値を用いることでクローンの選抜が可能であると考えられた。心材乾量基準含水率と心材相対含水率のクローン平均値の順位は完全には一致せず，クローンの選抜にはどちらの形質を優先するか検討が必要である。

キーワード：スギ，心材含水率，第二世代精英樹

I. はじめに

スギ (*Cryptomeria japonica*) の心材含水率は個体間に大きなばらつきがある。心材含水率が高い個体の存在および個体間のばらつきは乾燥コストを増大させる原因となっている。心材含水率は品種内やクローン内ではばらつきが小さくなることから (河澄ほか，1991；藤澤ほか，1995；津島ほか，2005)，育種により心材含水率が低いクローンを選抜することや人工交配により心材含水率が低いクローンを作成することにより改善することが可能であると考えられる。そのためには多数の個体の心材含水率の測定および評価が必要であるが，スギ心材含水率の測定には心材が形成されていることが必要であることから，植栽から測定が可能になるまでに長期間を要する。育種年限を短縮するためにはできる限り早期に形質を測定し評価することが必要であるが，ほとんどの測定は20年生以上で行われており (平川ほか，2004)，20年生よりも若齢時での心材含水率測定事例は10年生で測定を行った宮下ほか (2009) がある程度である。また，宮下ほか (2009) では10年生での心材含水率のクローン間変異については言及がない。このため心材含水率が低いクローンの選抜を目的とした場合，20年生よりも若齢で評価できるかは不明である。今回，15年生の材料で以下の点について調査をおこなった。まず初めに，心材部と辺材部に分けて含水率を計測し，各部位の特徴や遺伝性について報告し，次に，非破壊での含水率調査方法の可能性を探るため，乾量基準含水率を横打撃共振法により推定できるか検討した。

II. 材料と方法

1. 供試材料

九州育種場内 (熊本県合志市) に2006年に設定された育種素材保存園に植栽されているスギ第二世代精英樹候補木を用いた。

植栽場所は傾斜がない平坦地でクローン毎に1～8個体が列状植栽されている。供試クローンは2005年3月に九熊本第37号検定林 (宮崎県児湯郡川南町尾鈴国国有林) から選抜され，つぎ木により増殖したものである (藤澤ほか，2005)。検定林からは50個体が選抜されたが，育種素材保存園で15年生に達したのは20クローン，98個体であった。そのうち2個体は胸高直径が6.3 cmと7.0 cmと小さかったため測定を行わなかった。また供試個体のうち1個体は直径が8.5 cmで採取した試料は目視で確認できる心材が形成されていなかったため解析からは除外し，20クローン，95個体について解析を行った。

2. 試料の採取と測定

2020年6月下旬から7月下旬にかけて内径12 mmの成長錐を用いて胸高部位 (1.2 m) から試料を採取した。採取した成長錐の心材と辺材の乾量基準含水率，容積密度および相対含水率を測定した。乾量基準含水率は全乾法，容積密度は浮力法により求めた。相対含水率は容積密度から最大含水率を算出し，乾量基準含水率を除いて求めた。最大含水率はある容積密度の木材が取り得る最大の含水率であり，相対含水率は乾量基準含水率の最大含水率に対する百分率である。乾量基準含水率，最大含水率および相対含水率の算出方法は以下の式による。

$$M_d = (W_w - W_d) / W_d \times 100$$

$$M_{\max} = (1 / R - 1 / 1.5) \times 100$$

$$M_s = M_d / M_{\max} \times 100$$

M_d ：乾量基準含水率

W_w ：生材質量

W_d ：全乾質量

M_{\max} ：最大含水率

R ：容積密度

M_s ：相対含水率

*1 Kurahara, Y., Kurita, M., Kubota, M. and Fukuda, Y.: Evaluation of heartwood moisture content of sugi second generation plus trees. 九州森林研究・整備機構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., Forest Res. Man Org., Koshi, Kumamoto 861-1102, Japan

3. 横打撃共振法による測定

2020年6月2日に横打撃共振法による測定を行った。胸高部位(1.2m)の直径を直径巻尺を用いて0.1cm単位で測定し、胸高部位を打撃して共振周波数を測定した。横打撃共振周波数の測定はFFTアナライザ(リオン製SA-78)に加速度ピックアップ(リオン製PV-55)に接続して測定した。測定した直径と測定値から釜口ほか(2000)の式を用いて心材含水率の推定値を求めた。

4. 解析方法

成長錐コアにより測定した形質についてクローンと採取日を要因とした各形質の反復率を計算した。また、横打撃共振法で推定した心材含水率についてクローンを要因とした反復率を計算した。統計解析にはR ver. 3.6.0(R Development Core Team, 2019)を用い、反復率の計算にはrptRライブラリを用いた。

Ⅲ. 結果と考察

1. 形質の基本統計量

心材が形成されていて心材含水率の測定が可能であった95個体の胸高直径の平均値は16.1cm、最小値は9.3cmであった(表-1)。心材乾量基準含水率と心材相対含水率の変動係数はそれぞれ25.8%、25.9%であり、辺材乾量基準含水率および辺材相対含水率の変動係数13.5%、7.8%よりも大きかった。辺材相対含水率の変動係数よりも辺材乾量基準含水率の変動係数が大きかったのは、乾量基準含水率は容積密度のばらつきに影響を受けるためであると考えられる。図-1に心材乾量基準含水率と心材容積密度の関係、図-2に辺材乾量基準含水率と辺材容積密度の関係を示す。図中には最大含水率曲線を破線で示している。心材では相対含水率が100%に近い個体が多数存在した。辺材では相対含水率が最高でも94.9%であり、相対含水率が100%に近い個体は少なかったが、辺材相対含水率が最小の個体は64.4%でほとんどの個体は70%までの範囲におさまっていた。

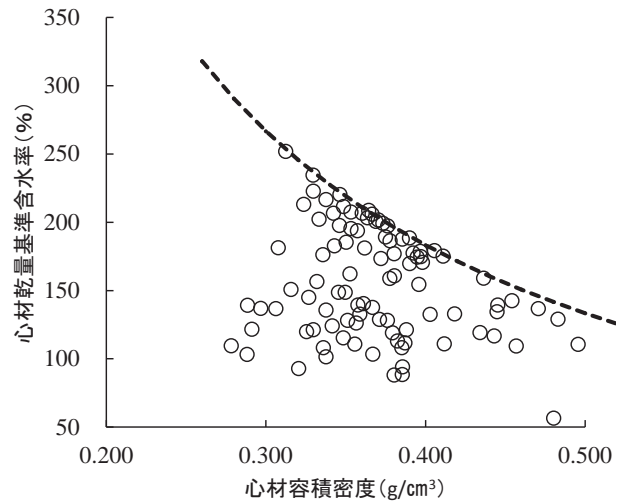


図-1. 心材容積密度と心材乾量基準含水率の関係

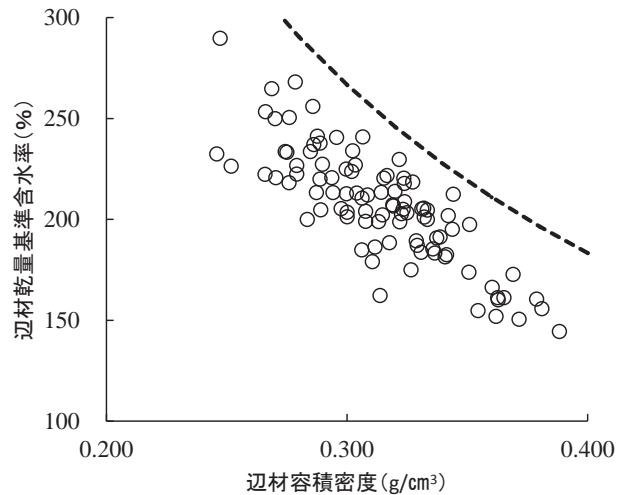


図-2. 辺材容積密度と辺材乾量基準含水率の関係

表-1. 基本統計量の一覧

	心材乾量基準含水率 (%)	辺材乾量基準含水率 (%)	心材容積密度 (g/cm³)	辺材容積密度 (g/cm³)	心材相対含水率 (%)	辺材相対含水率 (%)	推定心材含水率 (%)	胸高直径 (cm)
平均値	154.8	206.8	0.369	0.314	75.6	81.2	176.2	16.1
最大値	252.0	289.8	0.496	0.388	100.5	94.9	258.0	33.1
最小値	56.5	144.4	0.278	0.246	36.9	64.4	75.6	9.3
標準偏差	40.0	28.0	0.044	0.031	19.6	6.31	30.2	4.2
変動係数 (%)	25.8	13.5	11.9	9.8	25.9	7.8	17.2	25.9

表-2. 各形質の反復率

心材乾量基準含水率	辺材乾量基準含水率	心材容積密度	辺材容積密度	心材相対含水率	辺材相対含水率	推定心材含水率	胸高直径
0.56	0.32	0.49	0.58	0.53	0.13	0.48	0.56
**	**	**	**	**	n.s.	**	**

**は1%水準で統計的に有意であることを示す。n.s.は統計的に有意でないことを示す。

2. 各形質の反復率

試料の採取には10日間を要した。採取日の違いが含水率に及ぼす影響を考慮して同一クローンの採取日が極力偏らないように分散させた。採取日の影響の有無を判断するために反復率はクローンと採取日を要因として計算した。その結果、採取日の反復率は統計的に有意とならなかったため採取日の影響はないと判断しクローンのみを要因として計算した結果を表-2に示す。辺材相対含水率を除く形質で1%水準で統計的に有意となった。心材乾量基準含水率、心材相対含水率および横打撃共振法による推定心材含水率の反復率は0.56、0.53および0.48であった。辺材乾量基準含水率の反復率は0.32であったが辺材相対含水率の反復率は0.13と小さく統計的に有意にはならなかった。これは辺材乾量基準含水率のばらつきは辺材容積密度のばらつきに起因するためであるが、辺材相対含水率は密度によらずばらつきが小さかったためであると考えられる。

3. 横打撃共振法による推定値

図-3に個体値の乾量基準含水率と横打撃共振法による推定心材含水率の関係を示す。相関係数は0.30(1%水準で統計的に有意)であった。図-4にクローン平均値の関係を示す。クロー

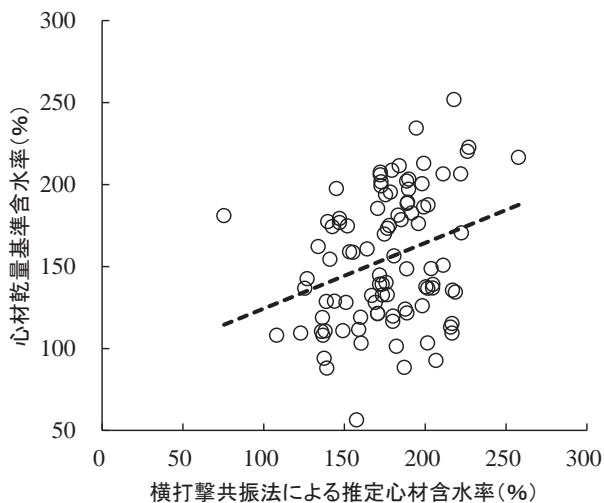


図-3. 個体値の推定心材含水率と心材乾量基準含水率の関係

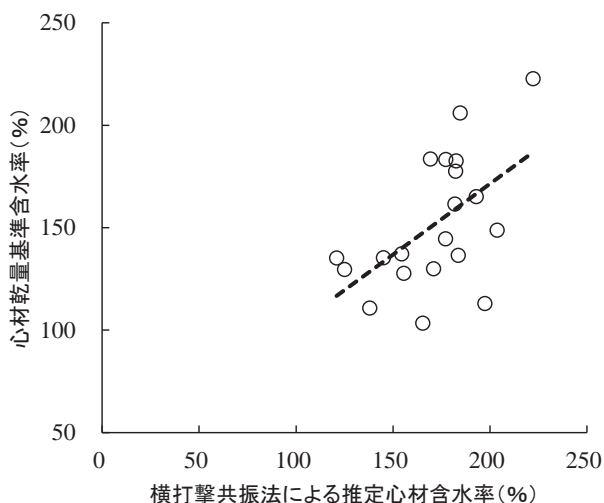


図-4. クローン平均値の推定心材含水率と心材乾量基準含水率の関係

ン平均値での相関係数は0.55(5%水準で統計的に有意)であった。中田(2006)はクローン平均値では心材含水率と直径(d)と横打撃共振周波数(f)の積の逆数($1/df$)の順位相関が高いことからクローンの選抜に有効であると結論付けている。今回の結果でも横打撃共振法による推定心材含水率が低いクローンは心材乾量基準含水率が低かったことから同様にクローンの選抜に有効であると考えられる。

4. 乾量基準含水率と相対含水率

図-5の上に心材乾量基準含水率の平均値が高い順に並べ、下に同じ順番で心材相対基準含水率を並べた。乾量基準含水率が高いクローンはおおむね相対含水率が高かったが、乾量基準含水率が低くても相対含水率が高いクローンが存在し、順番は完全には一致しない。これは乾量基準含水率が高くて容積密度が高いと最大含水率は低くなり、乾量基準含水率を最大含水率で除して求められる相対含水率は高くなるためである。心材含水率によりクローンを選抜し、それを交配材料として心材含水率が低い次世代を作出する場合ことを想定した場合、今回の心材乾量基準含水率の平均値に近い150%以下を基準に選抜を行っても、高い容積密度の個体では相対含水率が100%に近い個体が選抜される。中田(2014)は繊維飽和点は乾量基準含水率では約28%と一定の値をとることに対して相対含水率では容積密度により変動することから、乾量基準含水率は水分が少ない状態を比較するのに便利なパラメータである一方で、相対含水率は木材が水分をたくさん含んでいる試料を比較するいいパラメータであると述べている。また、相対含水率の算出のためには容積密度の測定が必要であり乾量基準含水率よりも測定の手間が増えることから一般的に木材科学の分野では乾量基準含水率が使われている。しかし、スギの心材のようにばらつきが大きく相対含水率が100%に近い測定例を多く含む場合には相対含水率は含水率の指標として適していると考え

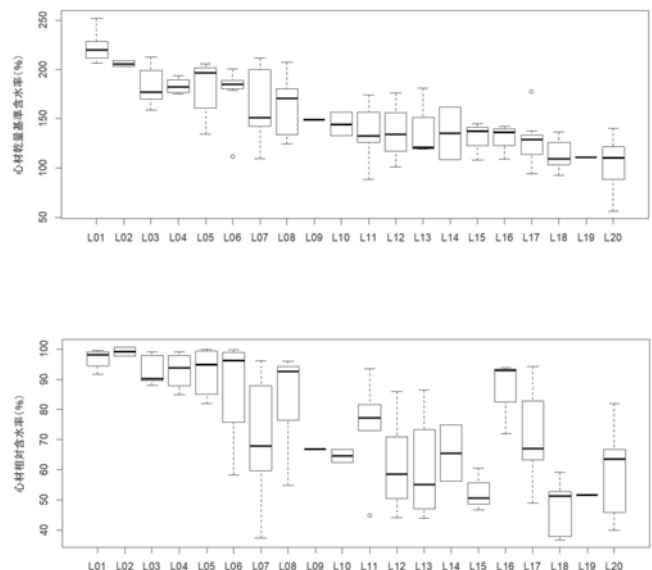


図-5. 心材乾量基準含水率と心材相対含水率

太線は中央値、箱の上端は第3四分位、箱の下端は第1四分位、ひげは四分位範囲の1.5倍以内にある最大もしくは最小のデータ点の位置を示す。○は四分位範囲の1.5倍に入らない値を示す。

られる。スギの乾量基準含水率と相対含水率の遺伝様式はわかっていないため、どのような選抜基準を設定するかは今後の課題ではあるが、乾量基準含水率が低くても密度が高く相対含水率が高いクローンは除くことが考えられる。

IV. まとめ

15年生のスギ第二世代精英樹候補木の心材含水率を測定した。心材が形成されていた個体の胸高直径の最小値は9.3 cmであった。心材乾量基準含水率、心材相対含水率および横打撃共振法による推定心材含水率の反復率は0.56, 0.53および0.48であり、クローン間変異があることから15年生で評価を行い育種年限を短縮することは可能であることが示された。横打撃共振法により推定した心材含水率と乾量基準含水率のクローン平均値の相関係数は0.55であり、15年生でも横打撃共振法を用いたクローンの

選抜は有効であることが示唆された。心材乾量基準含水率が低いクローンでも心材相対含水率が高いクローンが存在し、心材含水率が低いクローンを選抜する際にはさらなる検討が必要である。

引用文献

- 釜口明子ほか (2000) 木材学会誌 46 : 13 - 19
河澄恭輔ほか (1991) 九大演報 64 : 29 - 39
津島俊治ほか (2005) 木材学会誌 51 : 394 - 401
中田了五・田村明 (2006) 木材学会誌 52 : 137 - 144
平川泰彦ほか (2004) 木材工業 59 : 159 - 165
藤澤義武ほか (1995) 木材学会誌 41 : 249 - 255
藤澤義武ほか (2005) 林木育種センター年報 : 90 - 93
宮下久哉ほか (2009) 木材学会誌 55 : 136 - 145
(2020年11月9日受付; 2020年12月28日受理)