論 文

携帯式高周波水分計の測定時に使用する 品質管理のための設定密度と検量線換算し

富田 守泰・土肥 基生

Setting density value and conversion using the calibration curve for quality control in the board moisture content measurement by the ratio-frequency type

Moriyasu Tomita, Motoo Dohi

携帯式高周波水分計による含水率測定値(以下、計値)は、全乾比重(以下、密度)に依存する問題があり、樹種や樹 種群に応じて計器に密度を設定することで対応している。しかし測定する材料それぞれの密度のばらつきには対応できず、 全乾法による値との差を生む一因になっている。一方で計値が密度に依存し、それが全乾法による値との差であることか ら、本研究では予め測定した密度の下限値を機器の設定密度として設定して測定する方法を品質管理に利用すべく検討し た。ヒノキ、スギの板材を使用し水分計2種について検討した結果、下限密度材の計値が基準値内に収まれば大半(下限 密度以上)の測定材が全乾法で基準値以下になることが確認された。そこで,密度の10%下限値で設定して測定した計値を, 全乾法含水率と計値の回帰係数を利用して換算した値は、X軸を全乾法含水率とした関係図において下限ラインが Y=X の線 上に位置した。これは信頼度80%の下限信頼幅ラインに該当し、この方法は基準値を読み替えるという現行の手法による ことなく, 判定できる計測法として期待できる。

キーワード:スギ、ヒノキ、板材、密度の下限値、携帯式高周波水分計、品質管理

I はじめに

日本農林規格(以下, JAS)において, 針葉樹製材の 含水率は品目別(造作用製材,構造用製材,下地用製材), 仕上げ別(未仕上げ D, 仕上げ SD) に 15, 18, 20, 25% の各値が基準値に設定されている(農林水産省,2013)。 これらの格付けの手法としてサンプル試験片を用いた 全乾法により合否を判定するとしている。その一方で 乾燥材品質管理のために水分計の利用を推奨している ((社)全国木材検査・研究協会(以下,全木検),2011)。 これを受けて(財)日本住宅・木材技術センター(以 下, 住木センター)は, 携帯型(高周波とそれ以外) と設置型に分けて計器の認証を実施している(住木セ ンター, 2015)。JAS では、認証された水分計であって

もその値をそのまま用いるのではなく,いくつかの留 意点を示している(全木検,2011)。それを列記すると、 ①密度,温度による計器の補正を適切にする ②携帯 水分計では厚い材の誤差に注意する ③含水率傾斜に 対する補正を行う ④全乾重量法との誤差を常に補正 する等である。

しかし、板などの造作用材における最も重要なポイ ントは、②、③に該当する構造用材での含水率傾斜に 必要な補正よりも①の密度による測定誤差の対応と推 測される。認証された水分計ではないが、電気抵抗式 水分計は現在でも密度による誤差の小さい計器として 広葉樹業界では活用されている。しかし電気抵抗式水 分計は比較的高価で, 針葉樹製材業では既に構造材の 水分計として高周波式水分計が普及していることもあ

	表 -1 水分計に関する基準	一覧		
制度・基準	高周波式水分計	高周波式水分計以外		
住木センター 針葉樹 材の含水率計認定基準	計値の平均で全乾法との差が±2%以内 (含水率傾斜を想定し、一定以上の差 が生じることを認める)	個々の値が全乾法含水率±0.12 ×全乾法含水率(13/15以上)		
JAS製品の乾燥管理 (認定のための水分計 チェック)				
(財)日本住宅・木材技術センター(2013)針葉樹製材に用いる含水率計(携帯型(高周波押し当て式))の性能基準 (財)日本住宅・木材技術センター(2013)針樹製材に用いる含水率計(携帯型(高周波押し当て式以外))の性能基準 (社)全国木材検査・研究協会(2013) 人工乾燥処理製材の認定申請に当たっての含水率管理基準の決定及び品質管理資料の作成について(平成25年)				

¹本研究の一部は、第66回日本木材学会で発表した。

り, 現時点では高周波式水分計による板材測定の適切な利用法が求められる。

現行制度下での水分計に関連する基準を表 -1 に示す。住木センターの携帯型高周波水分計の認定基準では測定し得る深度を中心に規定化するとともに、個々の計値の誤差ではなく、平均値の差を±2%以内としている(住木センター、2013)。

JAS の格付は製品の全乾法による値が基準値以下で あるとされている。日常の品質管理に水分計の使用を 認めているが,一般的に設定密度を平均的な密度とし た場合であっても, 測定材の密度が設定密度より低け れば、計値は全乾法含水率より低い含水率を示すため、 本来は不合格とすべき材を合格させる可能性がある。 このような密度に関する誤差等があっても安全側に導 くため、JAS 製品の乾燥管理で、乾燥 JAS 工場の認定 時には、任意に選択した10個体の試験材から最大誤差 を把握し,全乾法含水率に対し計値が低い場合は,含 水率基準を差の分低く読み替えるとしている(全木検, 2013)。このように水分計の測定方法には手を加えず, 運用段階で対応している。しかしながら、認定時に限 定された10個体のサンプルによって基準値を読み替え することで, その差が過大であれば, 以後の乾燥業務 で過乾燥などの影響を及ぼすことになる。中小工場な どでは担当者レベルで読替えそのものを失念したり、 形骸化することも危惧される。

国内の水分計メーカーは、設定密度の問題を考慮して補正をする機能を備えているものもあるが、その方法も複数あり、適正な(説明根拠のある)補正でなければJASの認定は得られないとされており(全木検、2011)、実際は使用されていないのが現状である。そこで、筆者らはA社製携帯式高周波水分計を用いてヒノキ板材測定時において、密度下限値設定と補正(以後、検量線による換算とする)による利用方法を提案した(富田、2016);(富田・土肥、2018)。今回はスギを含め、換算式の係数を事前に設定できる水分計(B社製)を加えた。現状機器の現場に相応した最適な利用方法を樹種や機種に拡大し、検証を加えて実用化への方策を見つけ出すことを目的とした。

Ⅱ 材料と試験方法

1. 材料と全乾法含水率算出

2012年に天然乾燥試験を実施したヒノキとスギの平角材の一部(120 mm×160~270 mm, 材長 1.5m)を用い,長尺面の両端から任意に30mm厚さの板目板材を製材した(本県では構造用材の側板を用いた製材の人工乾燥が多いため芯材部60 mmは除外した)。各板の両端30cm以上内側から全乾法試験片を採取し,含水率の平均値を中央部の試験材気乾含水率とし,中央部の試験材重量から試験材全乾重量を算出して,各測定重

量から全乾法含水率を求めた(図-1)。

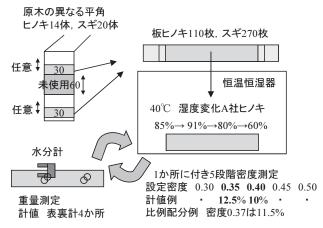


図-1 材料と試験方法

2. 全乾密度の算出

水分計メーカーが水分計に設定する推奨密度は、農林省林業試験場木材部編(1975)に準じて樹種毎の平均気乾密度を決定し、1式(信田ら、1990)により算出した値(株式会社ケット科学研究所、2016);(マイクロメジャー株式会社、2015)を用いている。そこで、本報告では両端の全乾法試片の平均含水率をuとし、中央部の重量と体積から算出した気乾密度をruとして、密度(r0)を同じ1式により板材個々に算出した。

$$r0 = \frac{100 \cdot ru}{100 + u(1 - 0.84 \cdot ru)}$$
 1 式

r0:密度 (g/cm³), u 含水率 (%), ru: 気乾密度 (g/cm³)

3. 湿度調整と含水率

試験材は恒温恒湿器で温度 40℃一定とし、樹種毎、計器毎に含水率が均等に分布するよう順に相対湿度を変えて各条件で 4 日間湿度調整した (表 -2)。

表-2 設定湿度と対応する平衡含水率

							(%)	
目的	水分計	樹種	条件	恒温恒湿前	. 恒温 変化川	温恒湿。 頁→	器内(40	0°C)
	ヒノキ	湿度		85	91	80	60	
	A社製		平衡含水率	11	17	20	15	10
密度	ATL表	スギ	湿度		80	91	80	60
補正		7	平衡含水率	11	15	20	15	10
係数		L /+	湿度		80	85	75	
算出	B社製	レノヤ	平衡含水率	11	15	17	13	
B任袋	スギー湿湿	湿度		75	83	87	80_	
		74	平衡含水率	11	13	16	18	15
		トノキ	湿度		80	85	75_	
検証* B社事	口计制	レノヤ	平衡含水率	15	15	17	13	
	口工技	スギ	湿度		80	85	75_	
		ヘナ	平衡含水率	15	15	17	13	
	•			*考察に使	用する			

4. 高周波水分計による測定

当初と湿度調整時ごとに重量測定および両面同位置で各 2 か所,計 4 か所を水分計で測定した。用いた水分計は数値で密度を設定できる住木センター認定機種 A 社製および B 社製である。測定深さは $30\,\mathrm{mm}$,温度補正は自動として設定した。測定時の設定密度は,A 社製はヒノキ,スギの樹種密度として同社の推奨するそれぞれ 0.37, $0.34\,\mathrm{g/cm^3}$ (株式会社ケット科学研究所, 2016)を設定した(表 -3)。なお A 社製はヒノキ,スギで明示された設定ダイヤルがあるが,同社独自の検量線を使用していることからその影響を考慮して使用しなかった。

B 社製はヒノキ,スギの樹種密度として同社の推奨密度であるそれぞれ $0.42,0.35~g/cm^3$ (マイクロメジャー株式会社, 2015)を設定した(表 -3)。加えて,後述(図 -4,5)の密度を勘案し $0.40~g/cm^3$ を中心として \pm 0.10の範囲で 0.05 刻みに設定した状態で同一箇所を 5 回測定した(以下,5 段階密度とする)。各板の密度に応じた計値や後述する下限密度の計値については,5 段階密度の内前後 2 つの段階の密度と対応する計値から比例配分により求めた(図 -1 右下例)。

表 -3 設定値に関わる密度と分布 各社設定値

		(g/cm³)		
		ヒノキ	スギ	
個体数(枚)		110	270	
全乾密度	平均	0.44	0.37	
(g/cm^3)	標準偏差	0.037	0.028	
(g/cm)	10%下限值	0.39	0.33	
設定値	A社	0.37	0.34	
(g/cm^3)	B社	0.42(0.38~0.45)	0.35(0.33~0.37)	

5. 抵抗式水分計による測定

4. と同時期,同位置で各2か所,計4か所で抵抗式水分計による測定を実施した。なお測定対象樹種の設定はヒノキ,スギ設定とした。

6. 流通材による検証方法

考察 4 で用いた流通材での検証方法を以下に示した。 使用した木材は 1. 材料と同寸法の 30mm 厚ヒノキ・ス ギの板目板各 20 枚とし、湿度調整は B 社製ヒノキと同 じとした (表-2)。用いた水分計は換算を自動化でき る B 社製とし、表-4 にまとめた密度設定値および換算 値を使用して測定した。換算については事前に係数を 水分計に設定し、換算後の数値を直接求めた。

Ⅲ. 結 果

1. 試験材の密度分布と設定値

試験材から全乾法により算出した密度を表-3に示す。

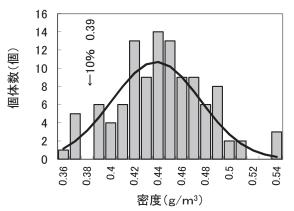


図-2 ヒノキ密度分布と下限値

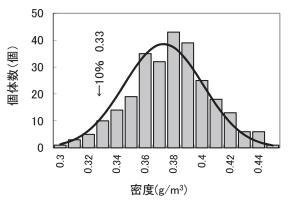


図-3 スギ密度分布と下限値

平均値でヒノキ 0.44g/cm^3 , スギ 0.37g/cm^3 となり、各社推奨の設定値に比べヒノキで $0.02 \sim 0.07 \text{g/cm}^3$, スギで $0.02 \sim 0.03 \text{g/cm}^3$ 高い値になった。A 社の設定値の前提になる農林省林業試験場木材部編(1975)のヒノキの気乾密度は木曽ヒノキなどの試料であったとされ、 0.37g/cm^3 と低く算出されている。なお図 -2,3 に度数分布と後に利用する 10% 下限値を示した。

2. 密度と計値,全乾法含水率の関係

A社の高周波式水分計を用いて、ヒノキを測定した結果、密度に対する計値との関係を図-4に示す。温度40℃で湿度変化に伴う吸湿状態を平衡含水率で示すと調湿前の11%から開始し、A社製でヒノキ測定は、順に加湿側上昇としてU17%、U20%、減湿側:減少としてD15%、D10%を凡例に明示した。その他A社製スギ測定、B社製ヒノキ、スギとも別の時期に実施し、湿度条件、測定回数が異なるため、平衡含水率としてA社製ヒノキの凡例に則して明示した。

本試験では密度が既知なので、密度に応じた計値を求めた。具体的には 0.05 刻みの設定密度とその計値から比例配分により求めた。図 -6 にその結果を示す。設定密度を一定とした図 -4 と比較し計値は一定の値あるいは負の相関関係を示す傾向が確認された。

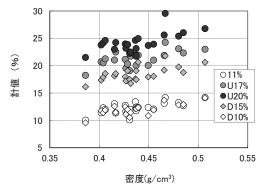


図-4 ヒノキの密度に対する各平衡含水率 環境下毎の計値(A社)

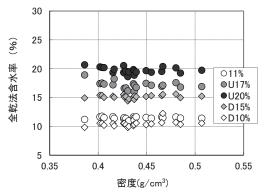


図-5 ヒノキの密度に対する各平衡含水率 環境下毎の全乾法含水率(A社)

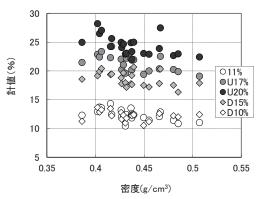


図-6 ヒノキの密度に対する各平衡含水率 環境下毎の材毎密度設定計値(A社)

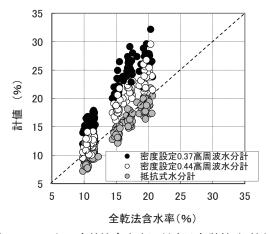


図-7 ヒノキの全乾法含水率に対する各計値(A社)

次にA社製の高周波式水分計と同社の電気抵抗式水 分計による計値を全乾法含水率との関係で図-7に示 す。A 社はヒノキの密度を数値では 0.37g/cm³ としてい るため, この 0.37 g/cm³ と今回の試験結果による県内 ヒノキの密度の平均値 0.44 g/cm³を用いて比較した。 今回の密度 0.44 g/cm³ として設定した計値は 0.37 g/ cm³ 設定よりも全乾法含水率に近かった。同時に測定 した抵抗式水分計による値はほぼ全乾法と同値傾向で あった。同様にA社の水分計を用いてスギを測定した 結果を図-8~11に示す。密度と計値の間に相関関係 が認められ (図-8), その関係はヒノキより明らかで, 材毎に密度を設定した時の計値は密度に関わらず一定 の傾向にあった(図-10)。A社はスギの密度を0.34 g/ cm³に設定しているため、計値は全乾法による含水率と 比較して高い含水率を示した(図-11)。今回の試験で 得られた密度 0.37 g/cm³ に設定して測定するとわずか に全乾法含水率に近くなった(図-11)。

同様に、同じ材を用いて B 社製の水分計を使って測定した結果を図 $-12 \sim 19$ に示した。ヒノキ、スギとも A 社とほぼ類似の傾向を示していた(図 $-12 \sim 14$ 、図 $-16 \sim 18$)。スギでは B 社の設定密度 0.35 g/cm³ に対し、今回の試験で得られた密度 0.37 g/cm³ と設定した計値は全乾法含水率により近い結果をもたらし、抵抗式水分計レベルとなった(図 -19)。

試験材は各板とも各測定段階で一定温湿度を保ったので、ほぼ一定の平衡含水率範囲に留まっている。全 乾法含水率との関係では、図-5により調湿で密度に関係なく一様に調整されていることが確認できる一方で、図-4により計値は密度との正の相関関係が確認される。

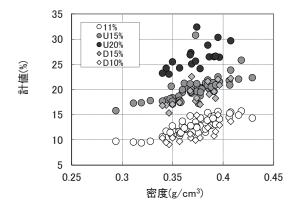


図 -8 スギの密度に対する各平衡含水率 環境下での計値(A社)

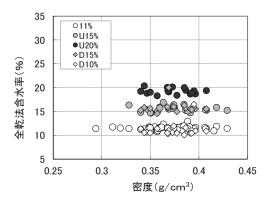


図 -9 スギの密度に対する各平衡含水率環境下 での全乾法含水率 (A 社)

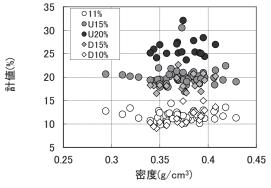


図-10 スギの密度に対する各平衡含水率環境下 で材毎に密度を設定した時の計値(A社)

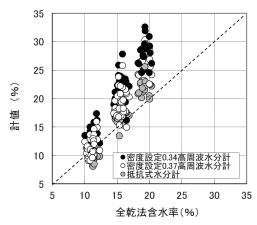


図-11 スギの全乾法値に対する各計値 (A社)

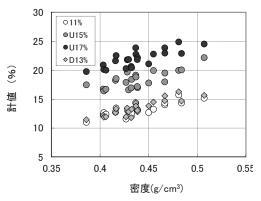


図-12 ヒノキの密度に対する各平衡含水率環境下 の計値(B社)

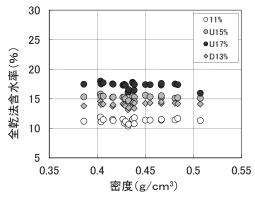


図-13 ヒノキの密度に対する各平衡含水率環境下 毎の全乾法含水率(B社)

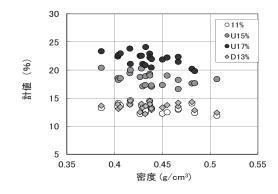


図-14 ヒノキの密度に対する各平衡含水率環境下で材毎に密度を設定した時の計値(B社)

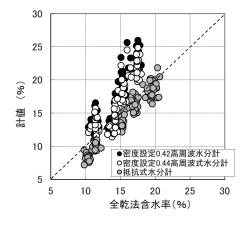


図-15 ヒノキの全乾法値に対する各計値(B社)

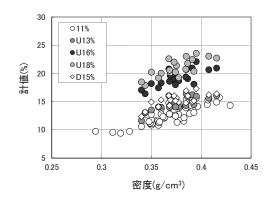


図-16 スギの密度に対する各平衡含水率環境下 での計値 (B社)

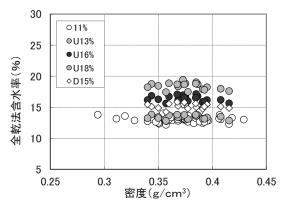


図-17 スギの密度に対する各平衡含水率下 での全乾法含水率(B社)

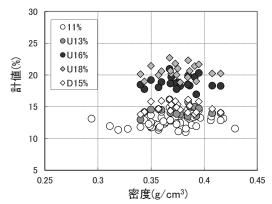


図-18 スギの密度に対する各平衡含水率環境下で材毎に密度設定した時の計値 (B社)

Ⅳ. 考 察

本来は全乾法で求めた値を含水率とすべきであるが、 品質管理として利用する目的で、JASでは水分計による計値を、誤差を含んだ集団からの全乾法推定値とし て運用している。ここでは乾燥材生産現場の実情を踏 まえた上で運用の改善を図るための水分計密度設定法 について検討した。

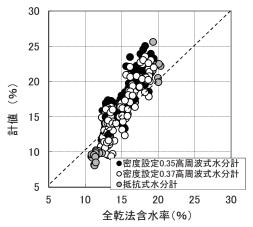


図-19 スギの全乾法値に対する各計値(B社)

1. 水分計設定密度の平均値から下限値への変更

図-4,8,12,16から密度と計値の関係が明らかになった。これらの関係を図-20左図に模式的に示した。計値は密度と正の相関関係があり、全乾法含水率に応じて高い傾向になった。全乾法含水率が同じであれば密度の高い材ほど計値は高くなった。必要とするのは全乾法含水率と計値の関係であり、X軸を全乾法含水率としてY軸を同一の計値とした図を右に併記した。左図の密度と計値の関係は右図の全乾法含水率との関係においても密度が計値に反映していることを示している。そこで全乾法含水率と計値の関係における密度の分布を含水率算出式の原理から論理的に明示することを考えた。

全乾法含水率である乾量基準による計算式に対して, 高周波式で表示される計値を電場の範囲(体積1cm3) あたりの水分量(g)の比と定義した場合,2式の関係 が成り立つ。

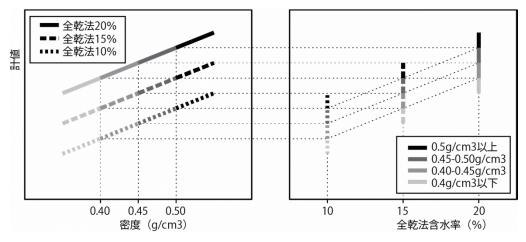


図-20 密度と計値の関係が示す全乾法含水率と計値の密度分布関係(模式図)

$$\frac{u'}{u} = \frac{\frac{W}{1cm^3} \times 100}{\frac{W}{W0} \times 100} = \frac{W0}{1cm^3} = r0$$
 2 \(\frac{\pi}{w}\)

r0:密度(g/cm³) u:乾量基準含水率(%) u':計値(%) W:水分量(g)W0:全乾重量(g)

そこで A 社製測定によるヒノキ材の結果を踏まえて、まず平均密度に設定して求めた計値を後述 2. の換算の手順に準じて換算した後、換算値の全乾法含水率に対する比を求め、図-21 に密度とその比の関係を示した。図-20 模式図との関係を確認したうえで X, Y の分布をグラフ上・右面に示した。両者は弱い相関関係を生じ、さらには両者の変動係数 (CV) の差はほとんど無い。そこで 2 式の原理的な意味を踏まえた上で、計値の全乾法含水率に対する比の分布 (右頻度分布)を密度分布 (上頻度分布)とみなすことの効果を考えた。

図-22 に全乾法含水率と計値の関係図を示す。図-21のY軸(計値/全乾法含水率)を図-22の図上で示すと図-21のY軸スケールは原点を起点とした放射状のスケールとして表される。図-21右のY軸(計値/全乾法含水率)頻度分布の変量スケールは、図-22の放射状線に対して直交軸のスケールとなる。そこで上記により、計値の全乾法含水率に対する比の分布(右頻度分布)を密度分布(上頻度分布)とみなすと、図-22の放射軸スケールの直交軸を密度とみなすみなすことになる。ただしこの密度スケールは右下が低密度で、通常の頻度を反転した図になっている。

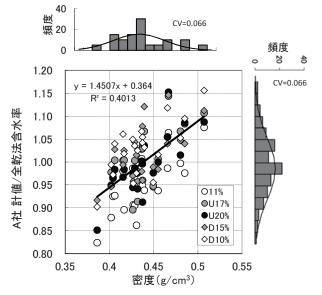


図-21 ヒノキの密度に対する計値/全乾法含水率の関係

この図上で密度下限値を設定密度とし、かつ密度下限材が基準値水分計値であれば、下限密度以上の基準水分計値以下材は全乾法では基準値含水率以下材(網掛け部分)になることを示している。読替で基準値含水率を変更するのではなく、下限密度を設定密度とすることで表示された値で基準値含水率と比較することができる。

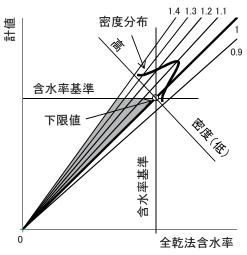


図-22 全乾法含水率と計値、密度分布

2. 密度以外因子による差への検量線対応と換算の手順

計値が全乾法の値と異なる原因は密度以外にも存在する。そこで両者間に検量線を設け、以下に計値を換算する手順を示す。先ず、A 社製測定によるヒノキ材の結果から全乾法含水率と計値の関係を図-23 に示した。A 社製の水分計ではヒノキの密度設定値を 0.37 としているため高い含水率を示す。実際の値である平均値密度設定 0.44 g/cm³ とすれば全乾法含水率に近くなる。さらに全乾法含水率と 0.44 g/cm³ の計値の関係を検量線として計値から全乾法値へ換算した値を追記した(図-23)。

換算式の算出根拠は、検量線の回帰式3式を変換し4式とした。4式の従属変数yは計値で求めてこれを換算するので独立変数xに変更し、独立変数xは求める変数であるから従属変数yとして5式になる。

$$y = a'x + b'$$
 (a'b'検量線の回帰係数) 3式 $x = \frac{y}{a'} - \frac{b'}{a'}$ 4式

y = ax + b (a=1/a' b=-b'/a'ab:換算係数) 5 式

次に全乾法含水率と測定材毎に密度を設定して測定した計値の関係を図-24に示す。同じく計値から全乾法値へ換算した値を追記した。測定材毎に密度を設定した場合とでは決定係数はあまり変わらない。下限密度設定での計値と換算による結果を試算して図-25,26に示した。

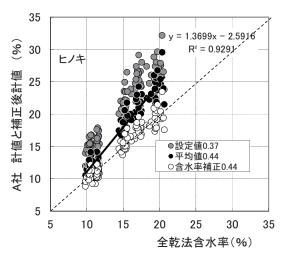


図-23 ヒノキの全乾法値に対する設定 密度別計値分布換算後計値

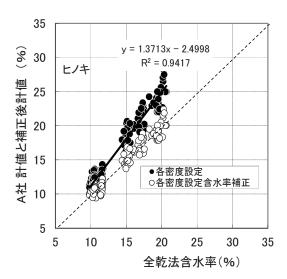


図-24 同,各板密度設定による計値分布 と換算後計値

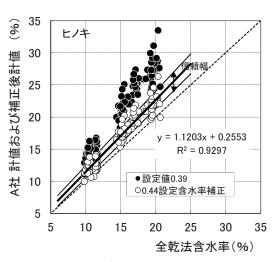


図-25 同,密度下限値0.39設定による計値および0.44設定密度による換算後計値

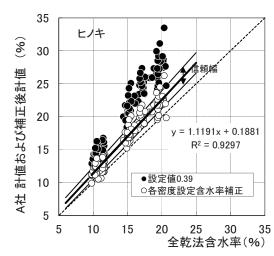


図-26 同,密度下限値 0.39 設定による計値および各板密度設定による含水率換算後計値

図-25では密度分布下限 10% の 0.39g/cm³を設定密度とした計値と、図-23の検量線から算出された換算式 (5式)により換算した後の値を表示した。図-26は同じく密度分布下限 10% の 0.39g/cm³を設定密度とした計値と、図-24の検量線から算出された換算式により換算した後の値を表示した。密度を個々に設定して測定して換算値を求めても換算後の回帰係数に大差はなく、換算後の信頼度 80% の下限信頼幅ラインには影響はなく、密度を個別に設定してもしなくても同ラインが Y=X 線に近接することが確認できた。

図 $27 \sim 31$ にスギの事例を同じ配置で示した。ヒノキと同様に A 社スギの密度設定値を $0.34g/cm^3$ に対し平均密度 $0.37g/cm^3$,密度分布下限 10% の $0.33g/cm^3$ を設定密度とした。いずれもヒノキと同傾向にあり,信頼度 80% の下限信頼幅ラインが Y=X 線に近接したことから下限密度を設定密度として利用する手法が有効であることを検証するものとなった。

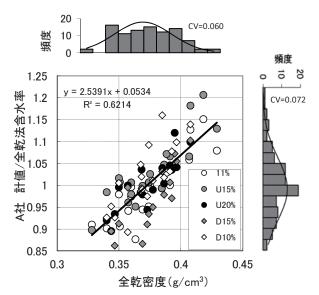


図-27 スギの密度に対する計値 / 全乾法 含水率の関係後計値

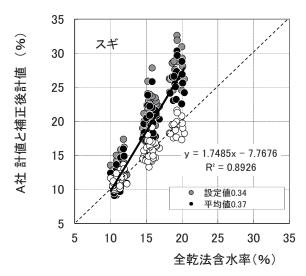


図 -28 スギの全乾法値に対する設定密度 別計値分布と含水率換算後計値

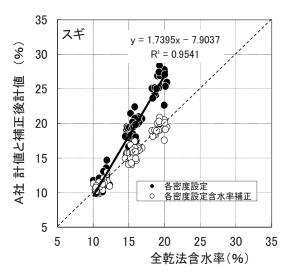


図-29 同,各板密度設定による計値分布と 含水率換算後計値

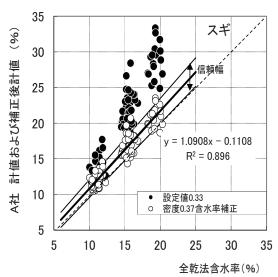


図-30 同,密度下限値0.33設定による計値および0.37設定密度による換算後計値

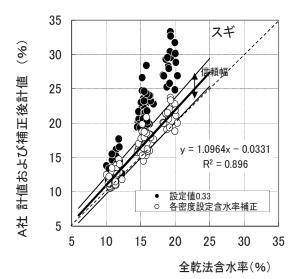


図-31 同,密度下限値0.33設定による計値および 各板密度設定による含水率換算後計値

3. 複数機器対応への一般化

図 -31 までの A 社製の各測定値と同様に,B 社製についても同じ材を用いた結果を同じ順で図 $-32 \sim 41$ に掲載した。A 社製よりは決定係数が低く,信頼幅も広い。その結果スギは信頼幅下限値が Y=X 線よりも低い。これは密度の分布が計値の分布に完全に連動していないことを示すもので,密度以外の誤差が生じている結果と推定される。

全般的にはA社製と同様の傾向を示し、デジタル押し当て式の密度設定可能な2機種で応用できる可能性が広がった。県内ヒノキ・スギ板材を全乾法推定表示として品質管理に水分計を使用する場合、密度設定と換算係数設定について表-4にまとめた。今後、県産材の平均値とばらつきを考慮した材料をさらに追加して個体数を増やし、確実な数値としたい。

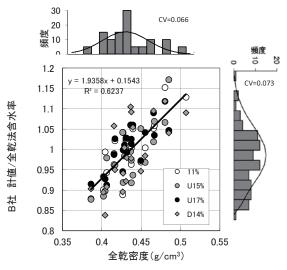


図 -32 ヒノキの密度に対する計値 / 全乾法 含水率の関係

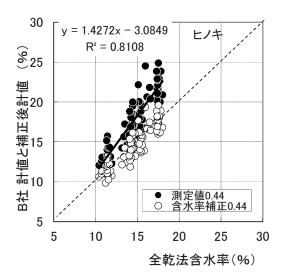


図-33 ヒノキの全乾法値に対する平均密度設定 計値分布と換算後計値

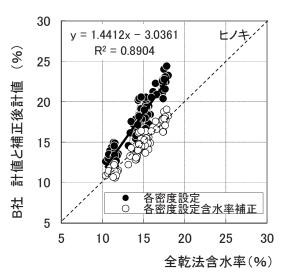


図-34 同,各板密度設定による計値分布と 含水率換算後計値

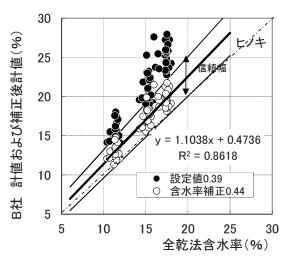


図-35 同,密度下限値 0.39 設定による計値 および 0.44 設定による換算後計値

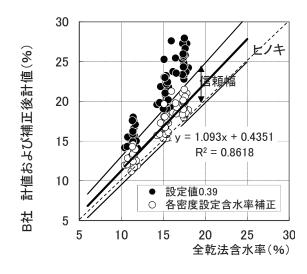


図-36 同,密度下限値 0.39 設定による計値および 各板密度設定による換算後計値

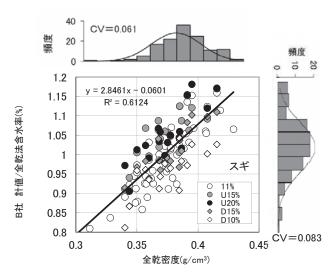


図-37 スギの密度に対する計値/全乾法含水率の関係

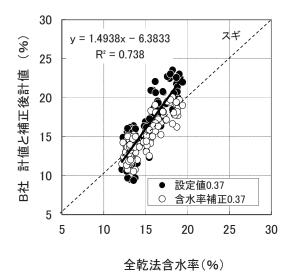


図 -38 スギの全乾法値に対する平均設定密度計値分布 と換算後計値

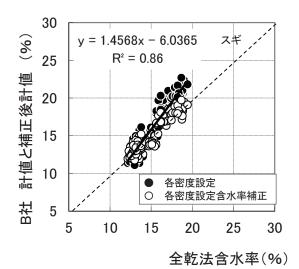


図-39 同,各板設定密度による計値分布と 換算後計値

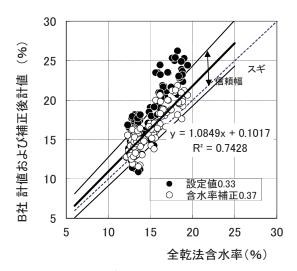


図-40 同,密度下限値設定による計値および 0.37設定密度による換算後計値

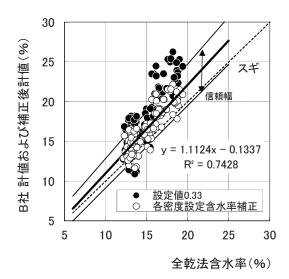


図-41 同,密度下限値0.33設定による計値および各板密度設定による換算後計値

表-4 算出された各計器の設定密度と換算係数(10%-20%内)

		A社製	B社製	現行推奨値
	設定密度	0.39	0.39	0.37または0.42
ヒノキ	換算傾斜a	0.73	0.69	設定すると認
	切片b	1.82	2.11	定適用外
	設定密度	0.33	0.33	0.34
スギ	換算傾斜a	0.57	0.69	設定すると認
	切片b	4.54	4.14	定適用外

全乾法含水率に対する各板密度設定の検量線y=a'x+b'の時 換算式をy=ax+bとすればa=1/a', b=-b'/a'

表-5 ヒノキ,スギ対象,検証材の密度と分布 B社設定値

	_	ヒノキ		スギ	
	_	検証	対象	検証	対象
個位	▶数(枚)	20	110	20	270
設定密	平均	0.42 ←	- 0.44	0.37 ←	- 0.37
度	標準偏差	0.021	0.037	0.033	0.028
4 4 35	10%下限值	0.39 🗲	- 0.39	0.32 ←	- 0.33
(g/cm°)	B社設定值	0.42(0.38~0.45)		0.35(0.33~0.37)	

4. 流通材による検証

既測の対象材に対して、検証用材の密度を表 -5 に示す。スギは密度分布がほぼ同じなのに対し、ヒノキは平均値が低い一方で、下限値は同値となっている。対象材は多くの原木からサンプルを得たのでそのばらつきが大きいことが起因していると推測される。

B社製については検量線による換算ができるよう工 夫されており, 換算を含めて自動化が可能になってい る。そこでB社製について表-4の換算係数の検証を実 施した。図-42,43に密度設定を下限値とした全乾法 含水率に対する計値と表-4の換算係数による換算後計 値を示す。ヒノキでは換算後の信頼下限値が Y=X 線よ り低くなった。スギは15%付近で計値が低く、信頼下 限値が Y=X 線より低い計値を示した。密度下限値が対 象データとほぼ同値であっても表-4の換算係数は適合 しなかった。そこで、図44、45で測定材毎の密度を設 定して測定し全乾法含水率との換算係数を検証材で求 め直した。密度設定を下限とした結果に再度その換算 係数で換算し直して、図-46、47に示した。ヒノキで は換算後の信頼下限が Y=X に近くなり、スギは変化が なかった。ヒノキでは、表-4の換算係数の根拠である 図-34の検量線が図-44のそれと大きく異なった。そ の原因は検証材に高密度材が少なかったためと推察さ れる。スギの場合は図-39の検量線が図-45のそれと 近かったため変化がなかったと考えられた。

今回の検証結果から、運用にあたっては、当面は下限値設定のみで行い、より精度の高い換算には、換算後の不一致はサンプルのばらつきとして換算係数を蓄積する必要性があろう。

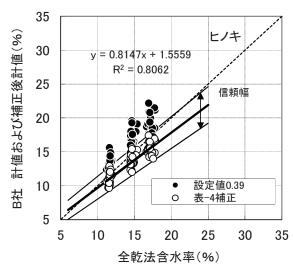


図-42 全乾法値に対する密度下限値 0.39 設定の計値 および表-4 補正係数による換算後計値

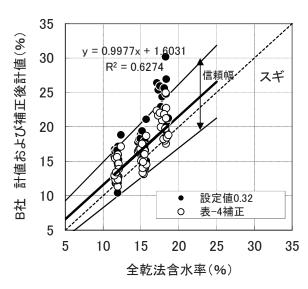


図-43 全乾法値に対する密度下限値 0.32 設定の計値 および表-4 補正係数による換算後計値

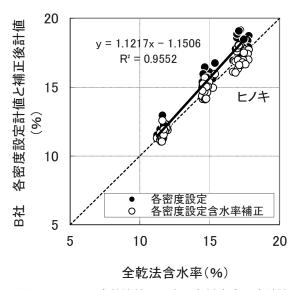


図-44 ヒノキ全乾法値に対する各材密度設定計値 と換算後計値

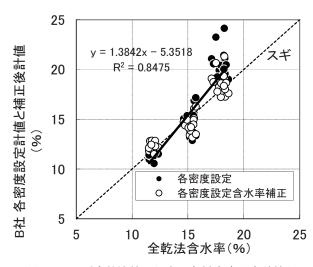


図-45 スギ全乾法値に対する各材密度設定計値と 換算後計値

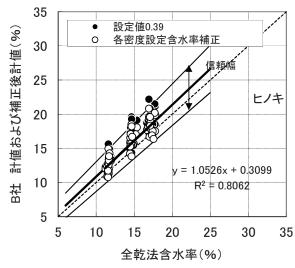


図-46 全乾法値に対する密度下限値 0.39 設定の計値 および各板密度設定による換算後計値

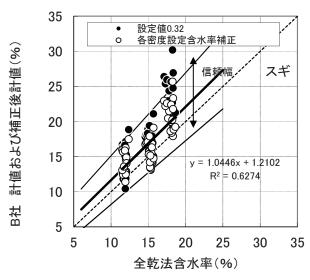


図 -47 全乾法値に対する密度下限値 0.32 設定の計値 および各板密度設定

して運用していくことになる。

下限密度を設定密度とし、かつ下限密度材が基準値 水分計値であれば基準値以下の水分計値材は全乾法に おいても下限密度以上の大半が基準値含水率以下材に なる。読替えで基準値含水率を変更するのではなく、 下限密度を設定密度とすることで、表示された計値で 基準値含水率と比較し得る。密度の10%下限値で設定 し求めた計値を、全乾法含水率と平均密度での計値、 同じく全乾法含水率と測定材毎の密度に応じた設定密 度による計値との関係から求めた検量線の換算式の係 数により換算すると、両者とも信頼度80%の下限信頼 幅ラインと全乾法含水率との関係がほぼY=Xの関係に あり、全乾法含水率に近づいた。

全乾法含水率と測定材毎の密度に応じた設定密度による計値との関係は、全乾法含水率と従来の密度設定での計値の関係に比べ決定係数が大きく、密度の影響がない換算式の係数になり得る。ただ従来の平均密度設定による場合と換算係数に大きな差はなく、換算後の信頼度80%の下限信頼幅ラインにも影響はないと思われた。今後各地域で換算値を取得することになれば、平均密度による方法でも大差ないと推測される。

携帯型水分計の開発は価格優先になる懸念がある。 水分計の機能が改善しないのは現行の運用の問題点を 直視し、改善するための計器の機能向上とそのメリッ トを現場で生かし得る制度の仕組みの課題ともいえる。 個々の密度を測定しないままではいつまで経っても機 器の精度を求めることはできない。本研究では個々に 密度を測定し設定することで高い精度が得られた。ま ずは、機器の認定には密度をあらかじめ測定した部材 を用いて密度因子を除外した設定で計値を測定し,全 乾法含水率との決定係数で一定精度を確保すること。 次に、樹種群設定など数値で密度設定のできない機器 や換算のできない機器は現行の安全側への読み替えを 厳密化する一方で、換算の自動化により直読みで判断 できる機器は、その機能を活用して使いやすさをアピー ルするなどの戦略的方向性が求められる。機器の認定 側と運用側の連携とともに関係者の議論を期待する。

そのために必要な密度や換算式の係数は、地域レベルで、主要樹種(品種)、材種の密度分布を把握することから始めるべきであろう。密度に関してはスパン表など作成された都道府県も多く、その時の資料から気乾密度と全乾法含水率を測定しておれば、構造材の密度から順に入手できる可能性がある。本テーマも、今後は構造材を用いた事例を追加する必要がある。

今後制度面から問題を解決していく必要はあるが、 当面は既存制度以外の分野として、密度を下限値とし た密度設定のみ岐阜県内針葉樹板材規格として応用し た(ぎふ性能表示材認証センター,2016)。試験結果で は、計値が全乾法に比べ高いことから安全側の数値と

謝 辞

本研究は岐阜県性能表示材制度(内装材)に向けて 基本的方向性を決めるべく, ぎふ性能表示材認証セン ターから委託を受けて実施したものである。岐阜県林 政部県産材流通課および岐阜県森林組合連合会, 岐阜 県木材協同組合連合会の関係者はじめ, 制度に関わっ た関係諸氏に厚くお礼申し上げる。さらに木材水分計 を寄贈していただいたマイクロメジャー株式会社に厚 くお礼申し上げる。

引用文献

- ぎふ性能表示材認証センター (2016) ぎふ性能表示材 推進制度実施要領 ぎふ性能表示材品質・性能表示 規格に関する規定 別紙2 ぎふ表示材認証検査 基準(製品検査・現地調査・現地検査および自主 検査の実施について)(平成28年)
- 株式会社ケット科学研究所 (2016) 木材水分計 HM-520 取扱説明書 Rev. 0801 比重表 Rev. 1004
- マイクロメジャー株式会社 (2015) 木材用ハンディー 水分計 HS-100 取扱説明書
- (財)日本住宅・木材技術センター (2017) 認定含水率計 http://www.howtec.or.jp/publics/index/128/(参照:2017年12月22日)
- (財)日本住宅・木材技術センター(2013)針葉樹製材に用いる含水率計(携帯型(高周波押し当て式))の性能基準 HW005-2013. http://www. howtec. or. jp/publics/index/128/(参照:2017年12月22日)
- 農林省林業試験場木材部編(1975) 世界の有用木材 300種-性質とその用途-. 日本木材加工技術協会
- 農林水産省(2013) 製材の日本農林規格 平成25年6 月12日農林水産省告示第1920号
- 信田聡・中嶌厚・奈良直哉 (1990) 製材含水率の容積 重による推定. 木材学会誌 36 (12):1019-1026
- 富田守泰 (2016) 携帯式高周波含水率計の設定密度に関する提案 日本木材学会大会研究発表要旨集 2016 年:87
- 富田守泰・土肥基生(2018) 携帯式高周波含水率計の 板材測定における品質管理のための設定密度 木材 工業 Vol. 73(2):52-57
- (社)全国木材検査・研究協会(2011) 乾燥処理 新 しい製材の日本農林規格並びに改正の要点及び解 説(平成23年):178
- (社)全国木材検査・研究協会(2013) 人工乾燥処理製材の認定申請に当たっての含水率管理基準の決定及び品質管理資料の作成について(平成25年)