

岐阜県森林研究所

研 究 報 告

第 48 号

Bulletin of the Gifu Prefectural
Research Institute for Forests

Vol. 48

岐阜県森林研究所

Gifu Prefectural Research Institute for Forests

岐阜県美濃市

Mino, Gifu

2019 年 3 月

March 2019

—— 論 文 ——

- 1 携帯式高周波水分計の設定密度と検量線換算による構造材の含水率管理法／
富田守泰，土肥基生

—— 短 報 ——

- 13 断根時期および石灰施与がクヌギとコナラの細根量に及ぼす影響／
水谷和人，上辻久敏，野口享太郎，山中高史

—— 技術資料 ——

- 19 ヒノキ人工林の間伐林分と無間伐林分における林内雨量と樹幹流下量／
久田善純，渡邊仁志，大洞智宏，岡本卓也

—— 論文抄録 ——

- 25 表土流亡の抑止効果に着目したヒノキ人工林の下層植生分類へのササ型の追加とその序列化
（森林立地）／
渡邊仁志，井川原弘一，横井秀一
- 26 携帯式高周波水分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）／
富田守泰，土肥基生

清流の国ぎふ憲章

～ 豊かな森と清き水 世界に誇れる 我が清流の国 ～

「清流の国ぎふ」に生きる私たちは、

- 知** 清流がもたらした自然、歴史、伝統、文化、技を知り学びます
- 創** ふるさとの宝ものを磨き活かし、新たな創造と発信に努めます
- 伝** 清流の恵みを新たな世代へと守り伝えます

平成26年1月31日 「清流の国ぎふ」づくり推進県民会議

論文

携帯式高周波水分計の設定密度と検量線換算による 構造材の含水率管理法¹

富田 守泰・土肥 基生

Setting density value and conversion using the calibration curve for quality control in the structural
lumber moisture content measurement by the ratio-frequency type¹

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）は測定する材料それぞれの全乾密度（以下密度という）のばらつきには対応できず、全乾法含水率との差を生む一因になっている。富田・土肥（2018c）（以下前報）は板材を用いて、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を確認し、密度の下限値で設定して測定した計値を、さらに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、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とされた。

本稿では密度の下限値で設定して測定した計値を構造材に適用すべく実施した。現行の構造用製材の人工乾燥材の含水率測定時における値の読み替え事例を密度に関する因子で分析し、その問題点と解決策を挙げた。根本的な解決策として、前報による密度設定値を10%下限値とする手法を提案した。構造材の場合、含水率傾斜が及ぼす影響が強いと想定されるが、検量線換算にて対応することで構造材にも応用でき、さらには格付け率向上に有効であることを明らかにした。

キーワード：スギ、ヒノキ、構造材、読み替え、密度の下限値、携帯式高周波水分計、含水率管理、格付け

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可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（公財）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）と設置型に分けて水分計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、温度による水分計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（以下水分計測定の4留意点という）。

JASの含水率の格付は製品の全乾法含水率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、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やその他予期せぬ誤差があっても安全側に導くことが必要とされる。そこで、JAS製品の乾燥管理では、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）。つまり水分計の測定方法（4留意点の①～③）には手を加えず、運用の読み替えで4留意点の④に加え、予期せぬ誤差を一度に解決している。しかし、認定時に限定された10個体のサンプルや、その後の格付け検査による5個体からの両端10個体のサンプルによって基準値を読み替えることで、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。そこで、最大誤差が異常の場合、最大誤差を除外するなどとしているが、異常時の判断基準は明記されていない。

一方、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

¹本研究の一部は、第68回日本木材学会大会で発表した。

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, B社製携帯式高周波水分計を用いてヒノキ、スギ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 2018a; 2018c)。

本研究は、JAS工場の格付け時の読み替え手法の実態を把握し、板材で用いた下限設定密度の考えを反映させ、②の厚い材の誤差と③の含水率傾斜に対する補正、④全乾重量法との誤差の補正を考慮した検量線換算による構造材への応用を目的とした

II 方法

1. JAS工場における読み替え手法の実態調査

岐阜県木材協同組合連合会が実施した、第三者機関によるスギ、ヒノキ構造材のJAS認定工場(Bタイプ)5社の、格付け検査時の測定値(品質管理資料)を使用した。使用した樹種は県内産スギ及びヒノキの構造用正角の仕上げ材で、全乾法含水率と計値の関係を検査抽出材として5本を選択し、樹種別、工場別に取りまとめた(表-1)。測定は格付け検査に基づき、構造材1本につき両木口から30cm以上離れた箇所を表裏の平均値を計値とし、同箇所から全乾法の試験片を採取した。計値と全乾法含水率の比較対象は10体である。

一部の対象材(ヒノキ)については、全乾法測定用試験体の寸法を測定し、気乾時体積として次項1式により密度を算出した。

なおこれらの工場の認定時にあたっては、(社)全国木材検査・研究協会(2013)の管理基準に基づき、抽出材10本それぞれについて6か所の計値の平均値と3か所の全乾法の平均値を求め、平均計値から平均全乾法含水率を減じたマイナス側の最低値を読み替え数値として扱っている。

2. 設定密度と検量線を考慮した測定手法の検討及び読み替え法との比較

2.1 試験材

スギ49本(120mm×120mm, 材長3m)、ヒノキ30本(120mm×120mm, 材長3m, ヒノキのみ15本を末元に分け材長1.5mを使用した)を対象とし、スギはD20, SD20を目標とし、ヒノキはD15, SD15を目標としてドラインセット(120℃30℃差)を含む中温乾燥(90℃30℃差)で実施した。各材の両端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。

2.2 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験片の平均含水率を u とし、中央部の重量と体積から算出した気乾密度を r_u として、密度(r_0)を同じ1式により角材個々に算出した。

$$r_0 = \frac{100 \cdot r_u}{100 + u(1 - 0.84 \cdot r_u)} \quad \text{1式}$$

r_0 : 密度 (g/cm^3) u 含水率 (%)

r_u : 気乾密度 (g/cm^3)

2.3 高周波水分計による各種密度設定測定と換算

D材は乾燥翌日、SD材は仕上げ鉋直後に重量測定をして、4面同位置付近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A社製およびB社製の住木センター認定機種である。測定深さは40mm、温度補正は自動として設定した。測定時の設定密度を、次の3種類として測定した。①A社製はヒノキ、スギで示された独自の設定ダイヤルにより設定して測定した。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0.42, 0.35 g/cm^3 をそれぞれ設定して測定した。②両社製とも密度の測定結果により下限値を求め、ヒノキ、スギをそれぞれ0.40, 0.33 g/cm^3 に設定して測定した(表-5)。③個々の密度が2.2により既知であるため、その密度を設定ダイヤルで設定して測定した(以下各密度設定計値とする)。

換算係数の算出根拠は前報の3, 4, 5式に基づき2, 3式による。

$$a = \frac{1}{a'} \quad \text{2式}$$

$$b = \frac{-b'}{a'} \quad \text{3式}$$

a' b' 全乾法含水率と各密度設定計値の回帰直線 $y=a'x+b'$ による

下限密度設定計値を X とし、上式により求めた係数 ab から換算式 $Y=aX+b$ により Y に換算し、全乾法含水率と換算値との関係を求めた。

2.4 読み替え方式による格付け率の算出

品質管理現場では品質の確保である本来の目的に対し、規格による手法でどれだけ達成されたかが求められる。その効率性を図る尺度として、本来の目的である全乾法によって基準値以下材となった個体から、JASの規格によって格付けした個体数を求め、その比率を格付け率と定義した。

そこで、試験をJAS製品の品質管理現場に見立てて、現行の読み替え方式による読み替え値を求め、その値による格付け率を算出した。提案手法との比較のため、数値は現行の5%単位ではなく、計算値とした。

10本のサンプルの読み替え値について考察を加えた後、計値から全乾法含水率を減じたマイナス側の10本中最も低い値を通常規定とし、低い値から2番目を除外規定として読み替え値を決定した。

2.5 下限密度設定と換算による格付け率の算出

全乾法による基準値以下材の個体から、下限密度設定と換算により算出された計値が基準値以下として格付けされた個体数を求め、その比率を格付け率として求めた。

Ⅲ 結果と考察

1. JAS 工場における読み替え手法の実態調査結果

1.1 読み替え値の現状と全乾法含水率と計値の関係

表-1に読み替え値を示した。全体的にはヒノキは読み替えが少なく、スギは多い傾向を示している。別途試験材による次項の表-5によれば、ヒノキの平均密度は0.42となったが水分計の推奨値は0.37～0.42で平均0.39とすると0.03程度低く、同じく、スギの場合は0.36に対し0.34～0.35と平均0.345とすると0.015程度の低さである。設定値が実際の材料密度と同じで、ほかの因子を考慮しないならばサンプルの半分はマイナス側の値を生じ、検査の大半で読み替えを生じると考えられるが、ヒノキは設定値が実際の材料密度より低く、そのギャップが読み替えを少なくしていると推察される。

ヒノキ構造材で最も多く検査したD工場での全乾法含水率と計値の関係を図-1に示した。検査時期別、ロット別に決定係数の最大、最小のロットについては測定点と回帰直線を示し、それ以外は回帰直線のみで、凡例順に回帰直線と決定係数を左に示した。回帰直線の傾きは、検査時期やロットにより0.49～1.70と幅広く異なり、平均すれば0.96になった。さらに計値が全乾法含水率より低い個体はロット単位(2018/4)で存在し、読み替え数値の変動が大きい。決定係数については高いロット(2018/4 0.97)や低いロット(2018/2 0.27)が存在し、平均では0.66であった。

スギはロット数が少ないのでAとE工場まとめて、ヒノキと同様に図-2に示す。スギの回帰直線の傾きは1.06から0.1と小さく、平均して0.48になった。また、すべてのロットで計値が全乾法含水率より低くなる個体(図-2の読み替え値がY=X線よりさらに下に位置する)が存在し、読み替え数値は大きくなっている。決定係数についてはヒノキと同様、高いロット(2018/2 0.94)や低いロット(2018/4, 2018/9 0.05)が存在し、平均では0.51であった。

1.2 ロット間の差の有無

読み替え手法は、申請時にサンプル10体中、計値から全乾法含水率を減じたマイナス側最低値を読み替え値とし、次回以降のロット(1回に生産する特定数の製品の単位)で適用することであり、このことは次回以降も統計上同一母集団の想定から成り立っている。そこでロット間(検査対象5体中10試験体)の差の有無を、統計上サンプルが目的とする(同一の)母集団であるか否かとして判断することにした。各サンプル間で母集団の分散の差をF検定にて確認した後、平均値の差の有無をt検定(F検定で分散に差がある場合Welch検定)により求めた(表-2, 3)。その結果5%以上両側有意差のある組み合わせの比率

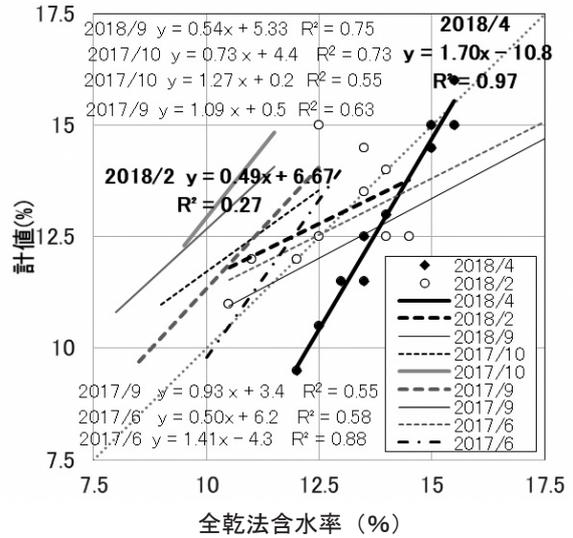


図-1 D工場のヒノキ全乾法含水率と計値

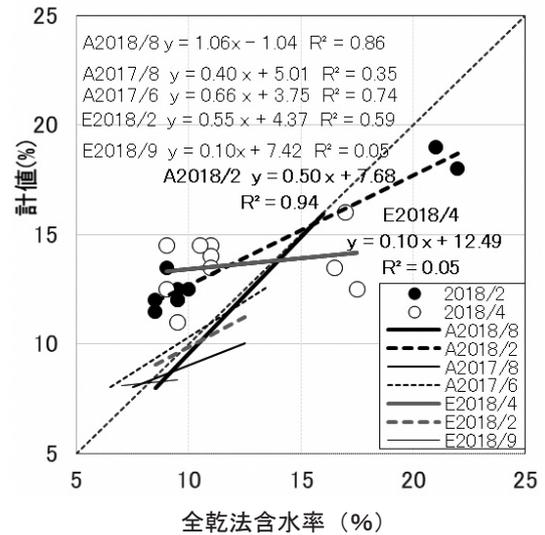


図-2 A工場およびE工場スギの検査特別全乾法含水率と計値

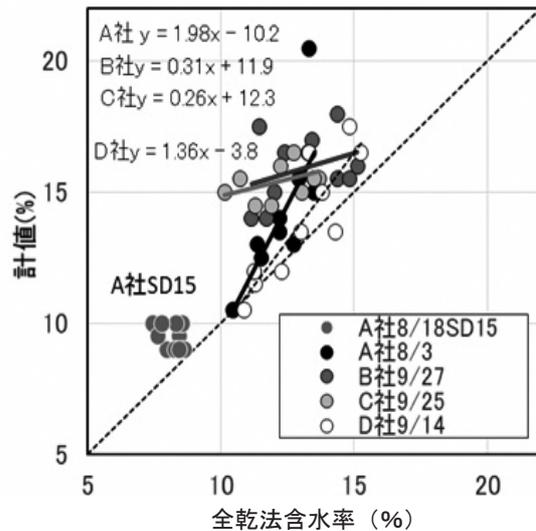


図-3 工場別ヒノキ全乾法含水率と計値

表-1 樹種別工場別品目別含水率読替値の一覧

樹種	工場	検査年月	品目	区分	* 水分計	決定読替値 (なしは0) (%)	除外規定 **適用前 (同)(%)	密度 測定
ヒノキ	A	2017/6	機械等級	SD15	A			
		2017/8	機械等級	SD15	A			
		2018/4	機械等級	SD20	A	-1	-1	
		2018/8	機械等級	SD20	A			○
		2018/8	機械等級	SD15	A			○
	B	2018/9	人工乾燥	SD20	B			○
		2018/9	人工乾燥	SD20	A			○
	C	2018/9	機械等級	SD20	M			○
		2017/6	機械等級	SD20	A			
	D	2017/6	人工乾燥	SD20	A	-1	-4	
		2017/9	機械等級	SD20	A			
		2017/9	人工乾燥	SD20	A			
		2017/10	機械等級	SD20	A			
		2017/10	人工乾燥	SD20	A			
		2018/2	機械等級	SD20	A	-2	-2	
2018/4		人工乾燥	SD20	A	-2	-2.5		
2018/9		機械等級	SD20	A	-0.5	-0.5	○	
E		2017/6	人工乾燥	SD20	B	-5	-5	
		2017/8	人工乾燥	SD20	B	-1.5	-1.5	
	2017/10	人工乾燥	SD20	B				
スギ	A	2017/6	機械等級	SD15	A	-1.5	-1.5	
		2017/8	機械等級	SD15	A	-2	-3.5	
		2018/2	機械等級	SD15	A	-2	-4	
		2018/8	機械等級	SD15	A		-2	○
	E	2018/2	人工乾燥	SD20	B	-1.5	-1.5	
		2018/4	人工乾燥	SD20	B	-3	-5	
	E	2018/9	人工乾燥	SD20	B	-1	-1	○

* A, Bは高周波式、Mはマイクロ波式

** 10本の内異常な数値は1本まで試験製材の数値を除外できる規定

表-2 D工場ヒノキの計値と含水率算出値検査特別母平均の差の検定

計値-全乾法含水率	2018/4 2017/6 2018/2 2017/6 2018/9 2017/10 2017/9 2017/9 2017/10									
	2018/4	2017/6	2018/2	2017/6	2018/9	2017/10	2017/9	2017/9	2017/10	
2018/4	0.00	1.42	2.30*	3.93**	3.53**	6.26**	5.45**	8.45**	10.66**	
2017/6		0.00	0.54	1.36	1.58	2.90**	2.80**	4.97**	6.14**	
2018/2			0.00	0.86	1.18	2.72**	2.56**	5.11**	6.61**	
2017/6				0.00	0.59	2.73**	2.33*	5.81**	8.49**	
2018/9					0.00	1.15	1.20	3.64**	4.96**	
2017/10						0.00	0.28	3.89**	6.55**	
2017/9							0.00	2.87**	4.50**	
2017/9								0.00	1.32	
2017/10									0.00	

値検定統計T値 * 5%有意差 **1%有意差
Welch検定 その他t検定

表-3 A, E工場スギの計値と含水率算出値の検査特別母平均の差の検定

計値-全乾法含水率	A2017/8	E2018/2	A2018/8	A2017/6	E2018/4	A2018/2
A2017/8		0.70	0.70	2.02	1.91	2.50*
E2018/2			0.14	1.82	1.70	2.32
A2018/8				1.44	1.58	2.14
A2017/6					0.83	1.24
E2018/4						0.20
A2018/2						1/15=7%

値検定統計T値 * 5%有意差 **1%有意差
Welch検定 その他t検定

は、ヒノキは7割、スギは一組のみで1割以下であった。読み替え数値を算出しても次のロットは同一母集団である可能性はヒノキでは3割に、スギは9割になった。

1.3 全乾法含水率と計値の密度との関係

密度が測定できた4工場5回分のヒノキ検査結果を図-3～5に示した。まず工場別に全乾法含水率と計値との関係を図-3に示した。A工場のSD15とした左下の値を除き、各工場を回帰直線で示すと図-1と同様に、工場間でばらつきが大きい。そこで図-4に密度と、計値から全乾法含水率を引いた値の関係を示した。図-4のY軸は図-3のY=Xを軸として軸から各ポイントまでのY座標の差を表す。各ロットの範囲を楕円で示すと、全体の傾向は左下がり呈し、密度の低下が全乾法含水率に対してわずかに計値の低下傾向を示している。図-5に4工場5回分の検査結果を密度別に示した。一部を除き全体では密度の上昇とともに傾斜が大きくなっている。このように全工場を通して密度でグループ分けすると、工場やロットが異なるにも関わらず、次項の試験結果と同等、密度に応じた傾斜の分布を示した。×印で次項の試験結果を併記したが、試験材は密度の低下が回帰直線の傾斜の低下(1.17→1.13)に表れているようである。

図-4のY軸にあたる計値から全乾法含水率を引いた値及びX軸の密度の分布について、工場間の平均値をt検定した結果を表-4に示した。その結果、Y軸(計値-全乾法含水率)の値の平均は、平均の近い2工場間(AとD, BとC)ではその差は生じていないが、その他の工場間では差が生じた(1%以下で有意差有)。X軸(密度)は、工場間に変化(AとB, CとD)があったが、有意差のある組み合わせ比率は同じく40%になった。つまり、読み替え値は、2社のロット間で差のある可能性が4割で、同一母集団である可能性は6割とされた。読み替え値に影響していると推定される密度も、2社のロット間で差のある可能性が4割で、同一母集団である可能性は6割とされた。

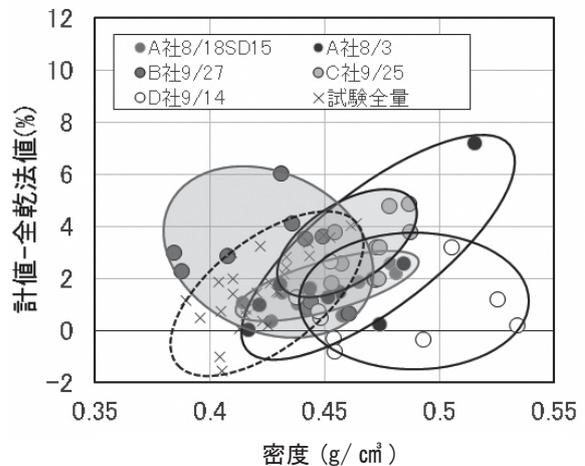


図-4 工場別ヒノキの密度と計値-全乾法含水率の関係 ×は以後試験による値

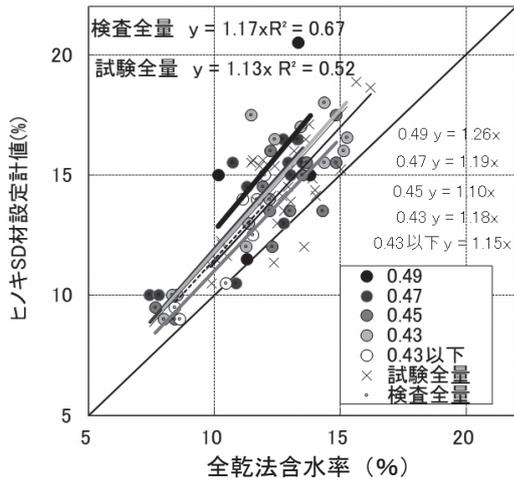


図-5 密度別ヒノキ全乾法含水率と計値
(全社込み) ×は以後試験による値

表-4 A, B, C, D工場別ヒノキの計値と含水率算出値および密度の検査特別平均値の差の検定

計値-全乾法含水率					
	D社9/14	A社8/18	A社8/3	B社9/27	C社9/25
D社9/14		1.09	1.44	2.97**	4.36**
A社8/18			0.91	2.79*	4.40**
A社8/3				1.09	1.76
B社9/27	有意差のある組み合わせ比率				0.60
C社9/25	4/10=40%				

密度					
	B社9/27	A社8/3	A社8/18	C社9/25	D社9/14
B社9/27		1.36	2.06	5.09**	3.49**
A社8/3			0.94	2.84*	2.33*
A社8/18				1.07	1.23
C社9/25	有意差のある組み合わせ比率				0.54
D社9/14	4/10=40%				

値: 検定統計T値 * 5%有意差 **1%有意差
Welch検定 その他t検定

1.4 測定ロット間が同一母集団と想定し得ない各因子

全乾法含水率と高周波式水分計値の関係は密度によって異なるとされており、サンプルの密度分布に応じてその相関は決定していると想定される。各サンプルの決定係数は大きく異なったので、各サンプル間で密度のばらつきも異なっていることが想定される。

次に、同一工場内でのヒノキの全乾法含水率と計値の関係を両者の差で表すと、同一工場であっても検査毎のサンプルの平均値はサンプルに応じて差が生じる比率が高く、同一母集団からのサンプルとはいえない結果に

なった。一方で、スギでは、表-3で示したように2工場分まとめた場合であっても、差の生じる比率が低かった。ヒノキはスギよりもロットごとのばらつきが大きいと想定される。このようなヒノキであっても読み替え方式で実施し続けるには、ロットの都度に全乾法含水率と計値の差を次回以降の読み替え値の根拠とするのではなく、ロットを一サンプルとして蓄積した複数のサンプルから母集団としての読み替え値を探る方法が必要であろう。

ロットに応じ差が生じるのは作業上の理由も考えられる。一工場内であってもロットごとに異なる因子として、次に示す測定法の未統一が想定される。①乾燥後(あるいはモルダー後)から測定までの経過日数の違い(検査では経過日数を記していない)。今回のような第三者機関による県内構造材のJAS認定工場(Bタイプ)の検査では常時仕上げ直後の製品があるわけではなく、本検査で生じやすい特有の問題でもある。②サンプル抽出法の違い。事業者ではなく検査者によるサンプルの徹底(割れ材は高密度の可能性もある)。③測定位置の差(中央と側面の差)や押し当て程度の差の違い。この他にも抽出法に未統一の因子があると考えられる。読み替え手法を継続するならば、上記の測定因子を注意した上で10本のサンプルが一定の母集団を把握しているか、特定の工場(原木生産地域)を継続的に調査すべきであろう。

2. 設定密度と検量線を考慮した測定手法の検討および読み替え法との比較

2.1 試験材の密度分布

ヒノキとスギの全乾密度分布結果を前報の板材の数値とともに表-5に示し、図-6に分布を示す。ヒノキ構造材の全乾密度は板材と比べて平均で0.02 g/cm³低いものの、下限値で0.01 g/cm³高かった。その理由は、試験用板材は材心を除いていたのに対し、構造材は材心部分の未成熟分を含むためと、心持ち材であるため部位によるばらつきがなく、標準偏差が小さくなったことが影響したと考えられる。スギは平均で同じく0.01 g/cm³低いものの、標準偏差は板と変わらず下限値では同じであった。

表-5 ヒノキとスギの全乾密度分布

		(g/cm ³)	
		ヒノキ	スギ
構造材	個体数	30	49
全乾密度	平均	0.42	0.36
(g/cm ³)	10%下限値	0.40	0.33
設定値	A社*1	独自ヒノキ(0.37)	独自スギ(0.34)
(g/cm ³)	B社*2	0.42(0.38~0.45)	0.35(0.33~0.37)
板材*3	個体数	49	49
全乾密度	平均	0.44	0.37
(g/cm ³)	10%下限値	0.39	0.33

*1 A社独自検量線ヒノキ、スギでの指定。()は農林省林業試験場木材部(1975)世界の有用木材300種による

*2 ()はB社マニュアル指定値。左数値は範囲中央値

*3 富田ら(2018)

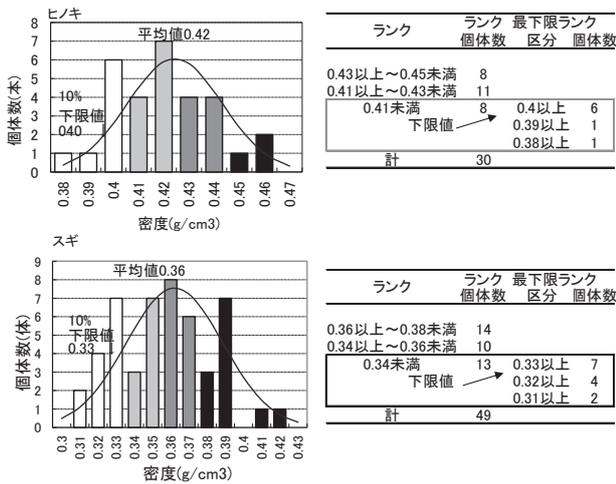


図-6 ヒノキとスギの全乾密度分布とランク分け

2.2 密度ごとの全乾法含水率と計値の関係

前報で全乾法含水率と計値との関係を密度別に区分した時、密度が高いほど図の上側に位置することを考察した。そこで、密度の10%下限値を最下密度ランクのほぼ中央となるよう規定し(図-6)、各図右表に示すよう全体を4つにランク分けして、全乾法含水率と計値の関係を考察した。A社製水分計を使用し、ヒノキの仕上げ材の設定密度を”ヒノキ”で設定して測定した結果を図-7に示した。個体数の少ない密度が0.45以上ランクの回帰直線を除き各ランクと全体の回帰直線を併記した。各測定材とも各密度が既知であることから、各材の設定密度(数値)による計値の結果を図-8に示した。図-8は密度因子が除去されたことから、全体の回帰直線(太線)は水分分布などの影響によるものとみなし、その回帰係数から図-10で用いる換算係数を算出した。再度密度を下限密度(数値)で設定した計値の結果を図-9に示す。さらに換算係数で計値を換算した結果を図-10に示す。

図-10には最も低密度ランクの0.41未満で原点(0,0)を通る回帰直線を併記した。その結果、最下密度ランク0.41未満は下限密度0.40設定計値とほぼ同値で、回帰

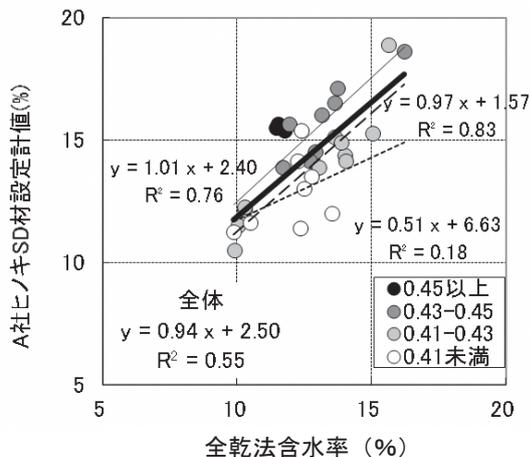


図-7 全乾法含水率とA社製ヒノキで密度設定した計値

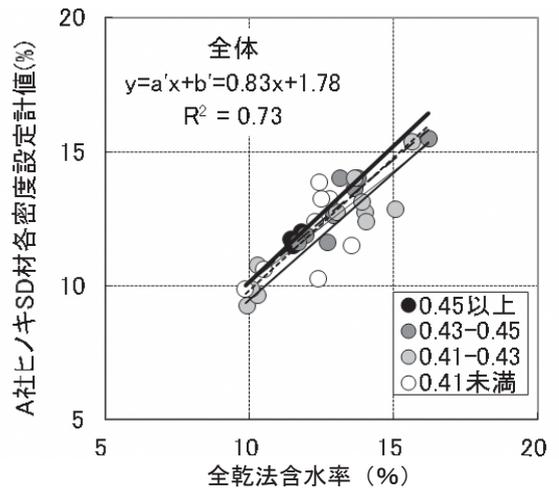


図-8 全乾法含水率とA社製各密度設定した計値

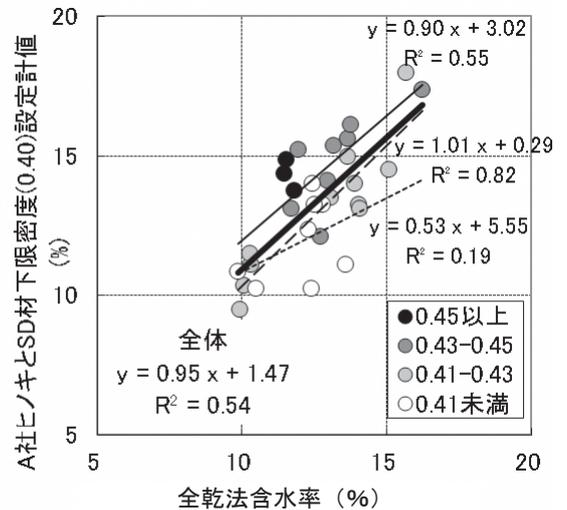


図-9 全乾法含水率とA社製下限密度設定した計値

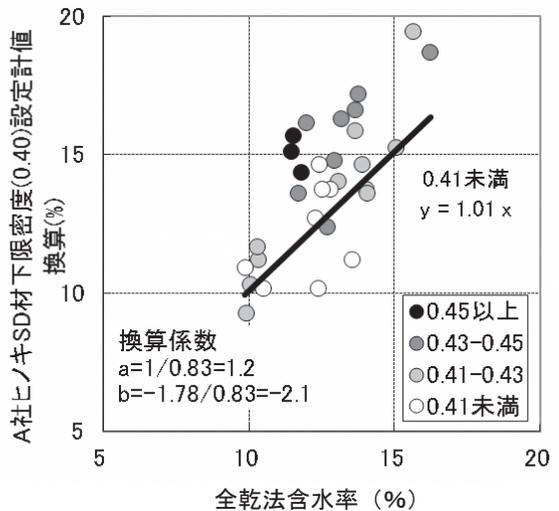


図-10 全乾法含水率とA社製下限密度設定し換算後の計値

直線の傾きはほぼ1になった。つまり下限密度で設定して求めて換算された計値の9割は全乾法含水率よりも高く示されていることになる。

2.3 水分計別, 樹種別, 仕上げ有無別の関係

2.2と同様に水分計別, 樹種別の下限密度を求め, さらに仕上げ有無 (SD, D) 別に換算係数を求め, 表-6に示した。一部を除きD材はSD材に比べ傾斜aは大きく, 切片bは低い傾向にある。D材は表面の低含水率部分の値が大きく影響した結果として全乾法含水率に対し計値は低く示され, SD材はD材表面の低含水率部分が除去された結果として全乾法含水率と計値の関係が示され, その結果として換算係数が生じていると推測される。

このa, bを用い, 2.2以外の組み合わせを揃えて, 下限密度で設定した計値の事例を図-11~17に示した。各図には最も低密度ランクで原点(0,0)を通る回帰直線を併記した。その結果B社製でも低密度ランクの範囲中央値0.40は下限密度と同値で, 回帰直線の傾きはほぼ1になった(図-11)。スギは低密度ランクの範囲中央値0.32は下限密度0.33とほぼ同値で, 回帰直線の傾きは0.94~0.96とほぼ1に近似した(図-14, 15)。

B社製でスギ未仕上げ材以外の回帰直線の傾きはほぼ1と判断してよい(図-16)。B社製でスギ未仕上げ材(図-17)は換算係数を図-18で再考すると, 密度を個々に設定して測定したにも関わらず, 密度の影響が計値に存在し, 他密度ランクより低く分布している。そこで換算係数を図-18の全体ではなく, この低密度ランク(0.34未満材)で求めて図-17を図-19で再表示すると, 原点(0,0)を通る回帰直線は傾斜1に近く近似した。この現象はB社製が低密度設定で全乾法含水率と計値間にギャップが生じていることを示すもので, 機器の改良を待つか, このように換算係数でも対処し得ると思われる。なお表-6には対処した値を示した。

最終的には, 図-10~16及び図-19により, 下限密度以上の個体の全乾法含水率は, 10%下限密度設定により測定した計値を換算した値以下と判断できる。10%下限密度以上の9割は, 全乾法含水率よりも高く示されており, 品質管理上高めの含水率で判断できる。

表-6 密度と換算係数の各設定値

樹種	ヒノキ		スギ		
	設定名称	A社	B社	A社	B社
密度	設定下限	0.4		0.33	
	現行推奨	ヒノキまたは 0.37		スギまたは 0.34	
換算係数	製品区分	SD15		SD20	
	傾斜a	1.2	1.4	1.3	1.6
	切片b	-2.1	-4.0	-4.3	-6.6
	参照図	図-10	図-11	図-14	図-15
	製品区分	D15		D20	
	傾斜a	2.1	1.6	2.4	2.9
切片b	-10.0	-2.2	-14.1	-13.9	
参照図	図-12	図-13	図-16	図-19	

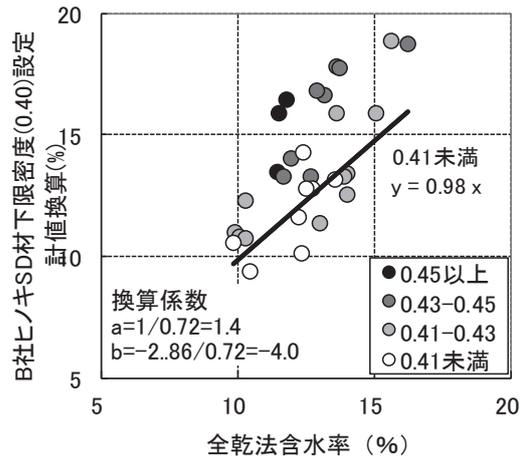


図-11 全乾法含水率とB社製で下限密度設定し換算後の計値

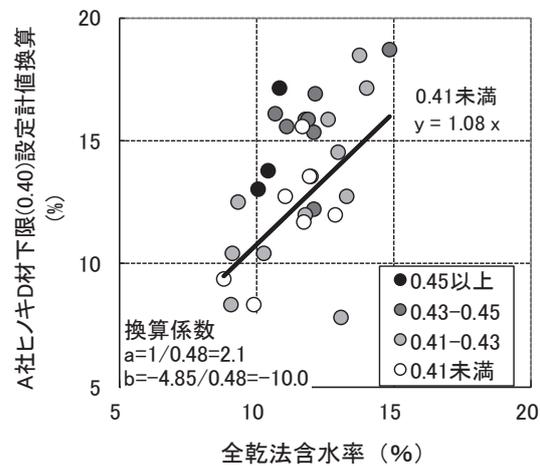


図-12 全乾法含水率とA社製で下限密度設定し換算後の計値

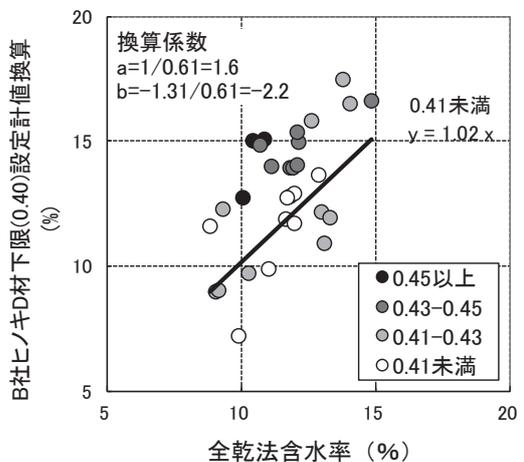


図-13 全乾法含水率とB社製で下限密度設定し換算後の計値

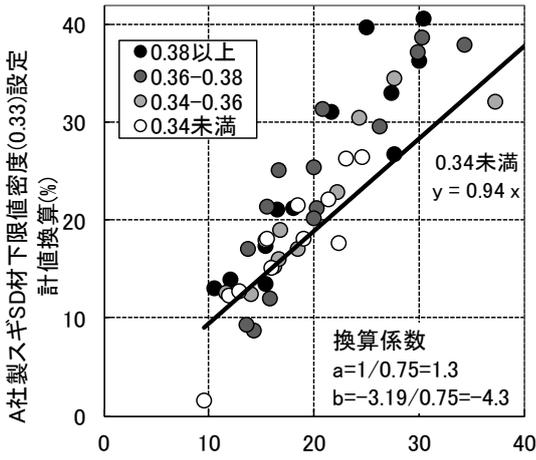


図-14 全乾法含水率とA社製で下限密度設定し換算後の計値

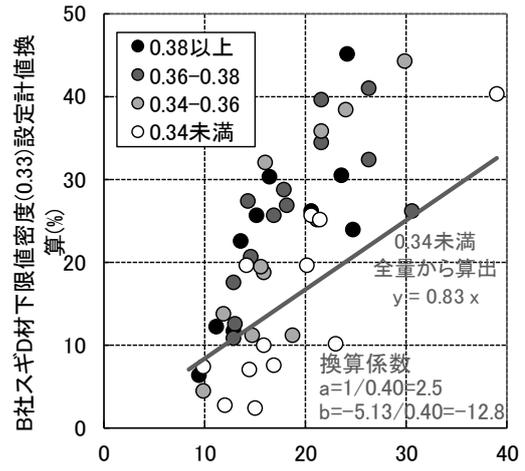


図-17 全乾法含水率とB社製で下限密度設定し換算後の計値

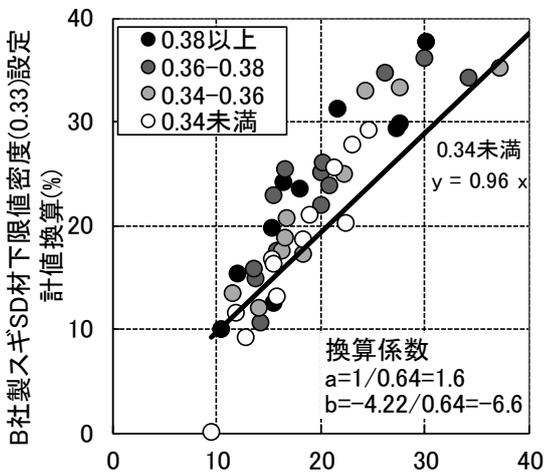


図-15 全乾法含水率とB社製で下限密度設定し換算後の計値

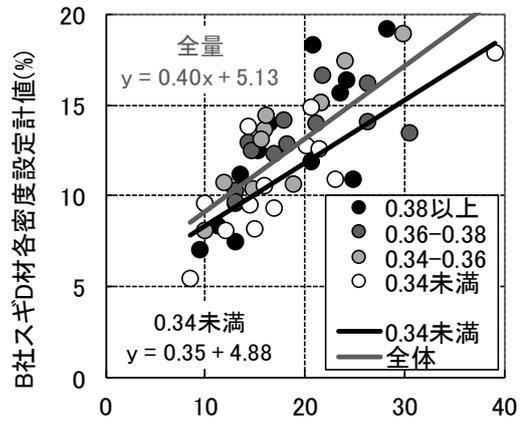


図-18 全乾体と0.34未満の回帰直線の比較

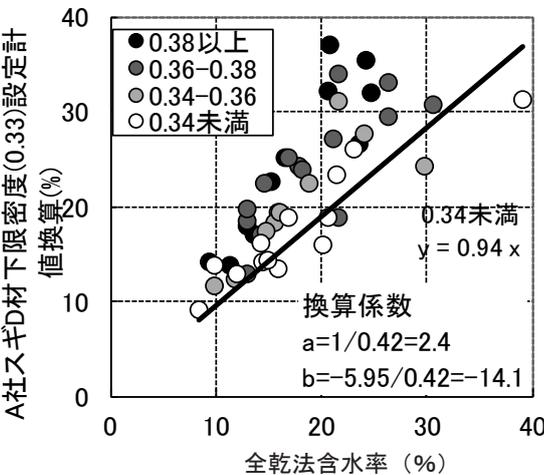


図-16 全乾法含水率とA社製で下限密度設定し換算後の計値

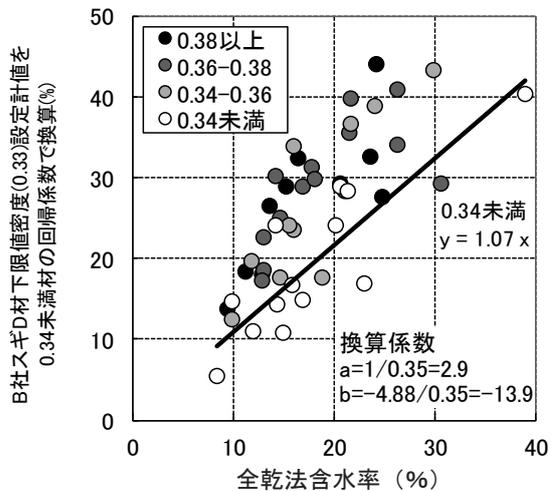


図-19 全乾法含水率とB社製で下限密度で設定し0.34未満材の回帰係数で換算後の計値

2.4 現行の読み替えの実施と格付け

読み替え値が発生した場合、現場では格付け本数の減少に直面する。これに対する具体的対応状況については、認定工場の信用性の問題がからみ、正確に把握することは困難が予想される。そこで、試験した材料を現場での製品とみなし、試験材から10本のサンプルを採取したとして読み替えによる格付けを実施した。

スギSD20の試験材から10本のサンプル材を選択して、A社製を使用した計値と全乾法含水率の差が最も大きい1体を選択する場合、その1体は対象材の内、計値と全乾法含水率の差の大きい順で何番目を選択することになるかを考察した(図-20)。全体49体の内、計値でSD20の基準以下材は31本が対象になる。そこから10本のサンプルを何回も採取すると順位に沿って均等に3.1本の内1本の確立で採取全乾される。計値と全乾法含水率の差が最も大きいサンプルの1本は1から3.1本の中央値とみなすと、対象材では差の大きい順から $1.55 \div 2$ 本目になり、通常規定に該当する。同じくサンプルの2本目は対象材では3.1から6.2の中央値 $4.65 \div 5$ 本目で、除外規定に該当する。読み替え該当個体を特定した後、読み替え値を図21で示した。事例では通常で -5.6% 、除外規定では -2.8% 分SD20が読み替えされた。

全乾法含水率と計値の関係図において、その回帰直線が傾斜1であり、相応のばらつきを想定すれば、マイナス側の読み替え値はこのように必ず生じるはずである。しかし表-1の実態調査結果では、全体の2/3が読み替えなしである。その理由は回帰直線が $Y=X$ 線より上に位置しているためと推定される。つまり計値が全乾法よりも高めに表示されていることに他ならない。同じくA社製を使用し、スギD20の読み替え値を図-22に示した。通常で -13.7% 、除外規定では -6.8% 分D20が読み替えされた。未仕上げ材(D材)では回帰直線が $Y=X$ 線以下に位置しており、計値は全乾法よりも低めに表示されやすく大きな読み替えを余儀なくされることになる。しかし未仕上げ材の認定工場の実態は調査対象になかった。

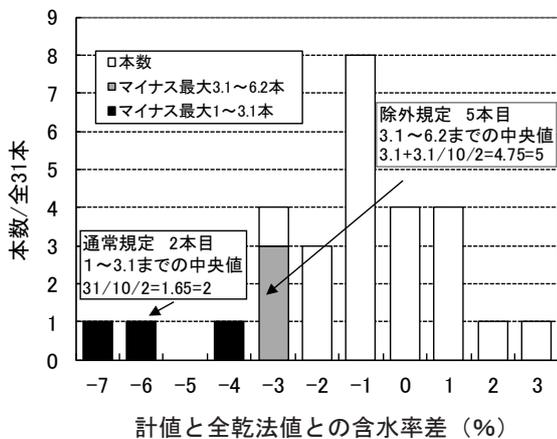


図-20 スギSD20材の対象31本から10本選択し、10本サンプル中のマイナス差の大きい順位を31本中の順位として示す根拠

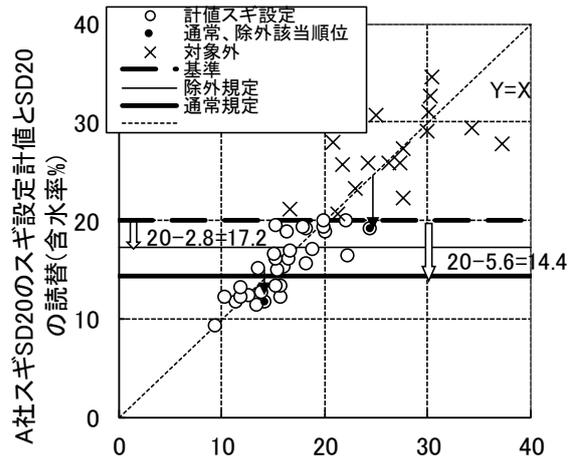


図-21 A社製スギSD20材の対象31本の順位からSD20を読み替

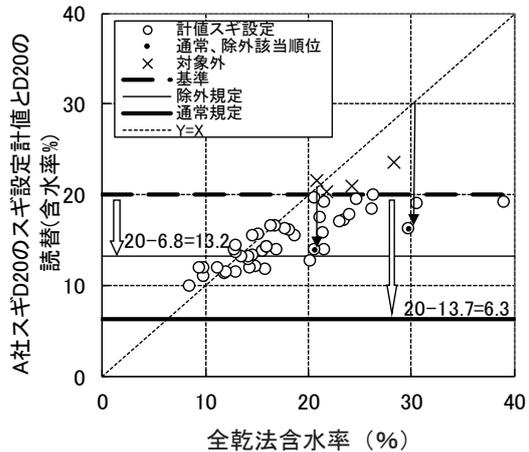


図-22 A社製スギD20材の対象45本の順位からD20を読み替

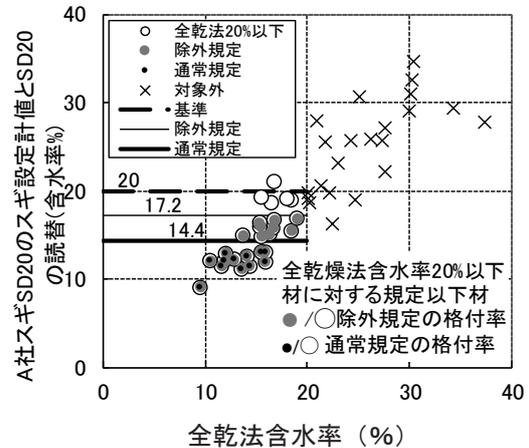


図-23 A社製スギSD20材の格付け

2.5 下限密度と検量線換算による格付け率と読み替えによる格付け率比較

前述のとおり、品質管理現場では品質の確保である本来の目的に対し、規格による手法でどれだけ達成されたかが求められ、その尺度として、本来の目的である全乾法によって基準値以下材となった個体から、JASの規格によって格付けした個体数を求め、その比率を格付け率と定義した。このように定義したA社製スギSD20の読み替え手法による格付け算出事例を図-23に例示した。

すべての事例について、まず全乾法で基準値以下の個体に対して下限密度設定と換算により格付けされた格付け率を図-24左側に示し、次に図-23の例示による方法で同個体数に対して、読み替え手法による格付け率を図-24右側に示した。ヒノキD15の一部を除くと、通常規定との比較では、下限密度設定と換算により格付した方が格付率は高く、さらに除外規定との比較であっても同じ傾向になった。また、読み替えでは通常規定と除外規定の判断により格付け率が大きく変化する一方で、下限密度設定と換算により格付した場合は安定していた。

IV まとめ

岐阜県内JAS工場における読み替え方式の実態を調査した。その結果、全体的には設定密度と測定材密度の差異により変化すると想定され、ヒノキは読み替え数値が生じにくく、スギでは生じるようになった。個々には検査時期ごとに不規則に読み替え数値の有無と値の変化が認められた。

読み替え数値の妥当性については、10体のサンプルの取得如何によるところが大きかった。母集団の密度が10体のサンプルとして表されているならば、密度のばらつきに応じサンプルの全乾法含水率と計値の関係の決定係数は

一定以下の値を有して然るべきはずであるが、かなり相関のある検査時期もあった。これに関しては、サンプル材の選択法や格付け時での仕上げ後計測までの時間の違いなど、測定法の未統一が想定される。

読み替え手法はサンプルを採取するため、同時にサンプル材の全乾密度を入手することで、サンプル材の全乾密度が特定密度に偏っていないかをチェックすることができる。したがってサンプル材が現状ランダム入手になっているかまで含めてその実態を把握し、効果について再検討する必要がある。ヒノキの場合、それをした上でも検査時期ごとに実施するサンプルで密度が変化し、密度が計値と全乾法含水率との差に影響するとすれば同一母集団であるとして生み出される読み替え数値の根拠が得られないことになる。

製材工場が極積みごとに購入するロットは、ある一地域の特定の伐採地からの原木であり、次回のロットも同じ伐採地域からの出材とは考えづらい。常に変化する伐採地域ごとに密度や読み替え値を得るのではなく、製材工場が入手する全地域内（ただし品種は分ける）の広範囲から入手すべきである。具体的にはサンプルの計値と全乾法含水率の最大差を、直前の検査結果での補正ではなく、複数回のサンプルを全量とした広範囲の母集団の読み替え値の分布を特定し、特定化された分布に応じて下限値としての読み替え値を得る方法が必要になる。ここまで読み替え値を統計的に処理できればいいが、測定機器の運用期間が長くなると実施が困難で、制度上すべての工場に対応することは困難であろう。

図-5に示したように工場間や複数ロットのサンプルを全量とした場合であっても、計値と全乾法含水率との比が密度に関係するという普遍性は、読み替えの主要原因が密度であることを示唆している。前出の水分計測定

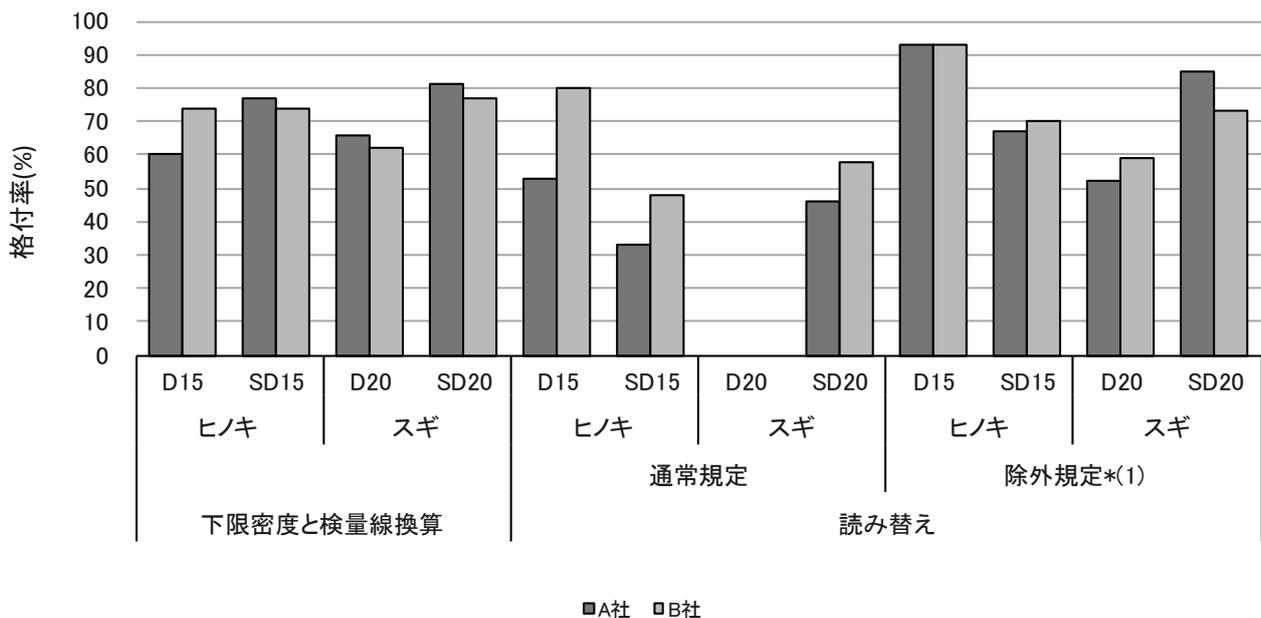


図-24 下限密度と検量線換算と読み替えによる格付け率比較

の4留意点を高周波式含水率計にあてはめた場合、読み替えの主原因である密度で処理することが理に適っており、対象を読み替え値でなく密度とした場合、下限密度設定をすることで、簡易で直読できるという利用上の有効性が期待される。

下限密度と検量線による測定法の構造材への応用は、直に全乾法との比較をしないため、現場では乾燥機や測定器の故障などによる問題の気付きにはならないが、安定して格付けできる効果が認められた。単一の品種で密度分布に変化がない限定された地域の原木市場から入手する現地製材工場では、密度の下限値を利用することの効果は大きい。読み替えによる格付け率の低下などの危惧はなく、除外規定という不明瞭な判断はしなくてもいい。ただ入手原木の産地や品種が複数ある場合は、それぞれについて下限値の再設定をするか、密度のばらつきが大きいことで生じる密度の下限値の低下を了承したうえで利用することになる。

構造材の場合、板材以上に妥当性のある換算係数の設定が重要になる。仕上げ材の場合は乾燥した表面材が除外されるので図-21に示すとおり全乾法含水率と計値の関係図において傾斜が1に近く、換算係数を一定とした利用に問題は生じにくい。ところが未仕上げの場合は図-22に示すように傾斜が低く、乾燥後の含水率傾斜如何により異なることが想定される。各工場内の換算係数の管理が重要になる。一方で換算係数を設定して自動で換算できる機種も販売されている(図-25)。機能の普及も鑑み、明示できるようにして応用することが必要である。

今後制度面から問題を解決していく必要はあるが、現在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)。本試験結果を考慮して、読み替えの対応がされていない岐阜県性能表示材制度(構造材)においても、密度の下限値設定から検討していただくことを期待する。

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定めるべく、ぎふ性能表示材認証センターから委託を受けて板材で実施した結果を基に構造材に応用したものである。なおJAS工場における読み替え方式の実態については岐阜県木材協同組合連合会実施の第三者機関による県内構造材のJAS認定工場(Bタイプ)の検査測定値を使用させていただいた。

岐阜県林政部県産材流通課およびぎふ性能表示材認証センター、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ます。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ます。

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



図-25 密度に加え検量線換算が組み込める機器

実施について)(平成28年)

岐阜県木材協同組合連合会(2018) 含水率試験成績書内部資料

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

(公財)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)

(公財)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・中嶋厚・奈良直哉(1990) 製材含水率の容積中による推定. 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(2018a) 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 73(2):52-57

富田守泰・土肥基生(2018b) スギ正角材の品質管理に使用する携帯式高周波水分計の設定密度と検量線換算について. 日本木材学会大会研究発表要旨集 2018年

富田守泰・土肥基生(2018c) 携帯式高周波含水率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. 岐阜県森林研報 47:1-13

(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)

短 報

断根時期および石灰施与がクヌギとコナラの細根生産量に及ぼす影響¹

水谷和人・上辻久敏・野口享太郎²・山中高史³

Effects of root cutting time and liming on fine root production of *Quercus acutissima* and *Q.serrata*¹

Kazuto Mizutani, Hisatoshi Kamituji, Kyotaro Noguchi², Takashi Yamanaka³

外生菌根菌であるトリュフを林地で栽培化することを目的に、トリュフ菌感染のターゲットとなるブナ科樹木成木の細根生産量を増やす条件を把握するため、クヌギおよびコナラの人工林で、断根処理時期と石灰の施与が細根の生産量に及ぼす影響について調査を実施した。各調査地は林齢や植栽本数、土壌条件やその他生育環境等がばらばらで、様々な条件にあるが、細根生産量を増やすための断根処理の時期は、いずれの調査地でも夏より春の方が適していると考えられた。また、トリュフ菌が好むとされる高 pH 環境が細根生産に及ぼす影響については、石灰施与の効果はばらつきが大きいですが、細根生産量が増加する場合もあり、細根の増加に悪い影響は与えない結果であった。

キーワード：断根時期、石灰施与、細根生産量、クヌギ、コナラ

I はじめに

トリュフは、子囊菌類のセイヨウシヨウロ科に属する地下性きのこで、キャビアやフォアグラと並ぶ世界三大珍味の一つとして知られる高級食材である。イタリアやフランスなどが有名な産地であるが、インドや中国などのアジアでも発生することが知られている。ヨーロッパなどでは、一部の種で感染苗木による人工栽培が行われている（山中 2017）。

我が国にもトリュフが自生することがわかってきた（今関ら 1989；藤澤ら 2006；阿部ら 2010）。最近の遺伝子情報に基づく解析により 20 系統のトリュフが存在し（木下ら 2011）、その中には食用として期待される種も存在する（木下ら 2016；2018）。しかし、我が国では国産トリュフの栽培は行われていない。このため、栽培化に向けた検討が必要であるが、ヨーロッパのものとは種類や発生環境などが異なるため、海外の人工栽培技術をそのまま適用することはできない。

トリュフは、マツタケなどと同じように樹木の根との共生関係を結んで生育する外生菌根菌であり、ブナ科やカバノキ科などの新しく発生した細根に感染して子実体を発生させる（山中 2017）。このため、人工栽培技術を開発するためには、トリュフ菌の生育に好適な環境下で細根の発生量を増やし、感染の機会を増やすことが重要と考えられる。しかし、細根生産量に関する既往研究、

特にブナ科樹木の成木におけるものは極めて少なく（田中ら 2017；2018）、様々な環境下での調査データの収集・蓄積が必要である。また、欧州のトリュフは石灰岩地帯のアルカリ土壌を好む（小川 1992）ことから、国内産トリュフの人工栽培技術化を図るためには、石灰などの施与によって土壌をアルカリ性にした検討も必要である。

そこで、トリュフを林地で栽培化することを目的に、トリュフ菌感染のターゲットとなるブナ科樹木成木の細根生産量を増やす条件について検討した。本研究では、一般的に細根の発生を促すといわれる根の切断時期とトリュフ菌が好むとされる高 pH 環境が、宿主樹木であるクヌギとコナラの細根発生に及ぼす影響について調べた。

II 調査方法

調査地は岐阜県内の 5 ケ所で、クヌギ林 3 ケ所、コナラ林 2 ケ所である（図-1、図-2）。

クヌギ林は美濃加茂市三和に 2 ケ所、可児市川合に 1 ケ所設置した（表-1）。

美濃加茂市三和は、標高 250 m の広葉樹林を伐採した跡地に 2009 年 3 月に植栽されたクヌギ人工林で、林内の傾斜 33° の南斜面に 1 ケ所（以下、美濃加茂（傾斜地）とする）と傾斜 8° の西斜面に 1 ケ所（以下、美濃加茂（平

¹本研究の一部は、第 129 回日本森林学会大会で発表した。

²国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所東北支所

³国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所

坦地)とする)設置した。美濃加茂(傾斜地)の調査地内のクヌギの平均胸高直径は8.2cm、立木本数は3,154本/haで、胸高断面積合計は13.2m²/haである。美濃加茂(平坦地)のクヌギは、平均胸高直径6.6cm、立木本数3,060本/haで、胸高断面積合計は19.5m²/haである。いずれも土壌型はB₀である。

可児市川合は、標高90mの平坦地に2007年に植栽されたクヌギ人工林である(以下、可児とする)。ここは、有効土層が深く、深くまで均質で柔らかな砂質壤土の土壌で、保水性、透水性が良好な場所である。植栽されたクヌギの成長は良好で、平均胸高直径は10.1cm、立木本数は1,944本/ha、胸高断面積合計は66.8m²/haである。

コナラ林は関市富之保地内に2ヶ所設置した。1ヶ所は、標高280mのスギ伐採跡地に植栽された傾斜23°の東斜面である(以下、関Aとする)。林齢は不明であるが、植栽されたコナラの平均胸高直径は6.5cm、立木本数は2,331本/ha、胸高断面積合計は8.7m²/haである。

もう1ヶ所は、傾斜15°の南斜面の畑地に植栽されたコナラ人工林である(以下、関Bとする)。過去にシイタケ原木用に伐採され、伐根から発生した萌芽が成長して株立ちした林で、平均胸高直径は8.2cm、立木本数は4,011本/ha、胸高断面積合計は23.5m²/haである。

各調査地に石灰施与区と無施与区(対照区)を面積48~165m²で設け、断根の時期と石灰施与の有無が、宿主樹木であるクヌギとコナラの細根発生に及ぼす影響

を調査した。

断根の時期はクヌギ林が2017年3月、5月、7月、コナラ林が、同年5月、7月である。細根生産の観察・測定は、イングロースコア法(Osawa and Aizawa 2012)により行った。断根の方法は、直径約5cm、深さ20cm(約393cc)の穴を掘り、穴内部にある根ごと土壌を採取した。穴の場所は、立木の根元から概ね50cm離れた地点とし、石や根があつて困難な場合を除いて、1本の木ごとに3月、5月、7月(コナラは5月、7月)に断根処理を実施した。供試数は7~14である。掘った穴に、直径3.2cmのプラスチック製メッシュ円筒容器に芝の目土と鹿沼土を容積比で2:1に混合して含水率を調整した土を詰めて埋め戻した(図-3)。石灰施与区では資材にてんろ石灰(ミネックス株式会社)を加えて、pHを概ね7.5に調整したものを穴に埋めるとともに、試験地全面に2016年9月、あるいは2017年5月に、てんろ石灰を表-1のとおり施与した。

2017年10~11月に埋設箇所を掘り取り、イングロースコア内に再生した直径2mm以下の細根の乾燥重量を測定し、断根処理に適した時期と石灰施与の効果を把握した。また、適宜、土壌pHを測定した。

断根時期、石灰施与の有無による細根生産量の違いは、tukey's testによる多重比較により評価した。



図-1 調査地の位置

表-1 調査地の概要

調査地	美濃加茂		可児	関A	関B
	傾斜地	平坦地			
標高(m)	250	250	90	280	280
傾斜(斜面方位)	33°(南)	8°(西)	0°(-)	23°(東)	15°(南)
樹種	クヌギ	クヌギ	クヌギ	コナラ	コナラ
植栽年月	2009年3月	2009年3月	2007年	不明	不明
立木本数(本/ha)	3,154	3,060	1,944	2,331	4,011
DBH(cm)、樹高(m)	8.2, 8.3	6.6, 7.5	10.1, 9.3	6.5, 5.8	8.2, 9.5
胸高断面積計(m ² /ha)	13.2	19.5	66.8	8.7	23.5
施与区・対照区面積(m ²)	75・48	165・67	80・64	156・120	128・128
石灰施与年月	2016年9月	2016年9月	2017年5月	2017年5月	2017年5月
石灰施与量(kg/m ²)	1.9	1.9	0.9	1.6	1.9
断根時期(2017年)	3, 5, 7月	3, 5, 7月	3, 5, 7月	5月, 7月	5月, 7月
掘取時期(2017年)	10月30日	10月30日	10月31日	11月9日	11月9日
土壌型	B ₀	B ₀	未調査	未調査	未調査

各調査地には、いずれもてんろ石灰施与区と対照区(無施与区)を設置した



図-2 調査地の状況

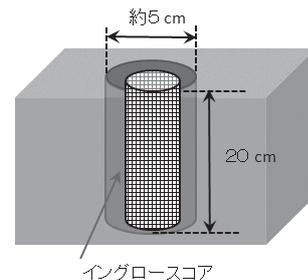


図-3 イングロースコアの埋設

Ⅲ 結果と考察

1. 石灰の施与による土壌 pH の影響

美濃加茂のクヌギ林における土壌表面（深さ 0～5cm）の pH 変化を図-4 に示した。石灰施与により、施与約 1 年後の 2017 年 10 月時点での深さ 0～5cm の土壌 pH は傾斜地が 6.5 で無施与区の約 5.8 に比較すると若干高かったが、平坦地は 6.0 で、無施与区と大きな違いがなかった。

図-5 に掘り取り時の埋設土壌 pH 変化を示した。石灰施与区の穴に埋設した混合土の pH は 6.9～7.1 で、対照区の 6.1～6.3 に比較して高い pH を維持していた。本研究では、てんろ石灰を地表面に 0.9～1.9kg/m² 施与した。施与量は野菜・果樹・畑作物の施用量として示されている 100～200kg/10a（ミネックス 2018）に比較して多いが、土壌表面での攪拌を行っておらず地表面の石灰が流れたためか、深さ 0～5cm の土壌 pH の上昇は少なかった。なお、埋設土壌に混合した場合には高い土壌 pH が維持できていた。

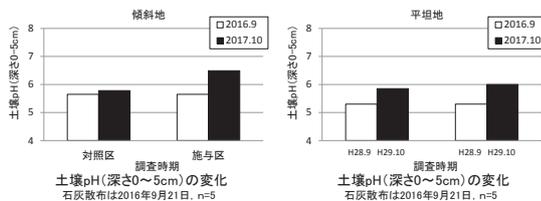


図-4 土壌表面（深さ 0～5 cm）の pH 変化

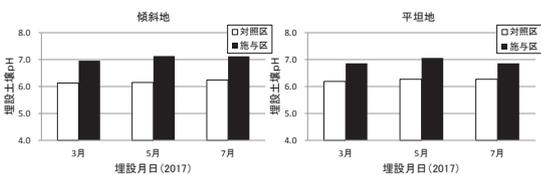


図-5 掘り取り時の埋設土壌 pH
掘り取りは 2017 年 10 月 30 日, n=7

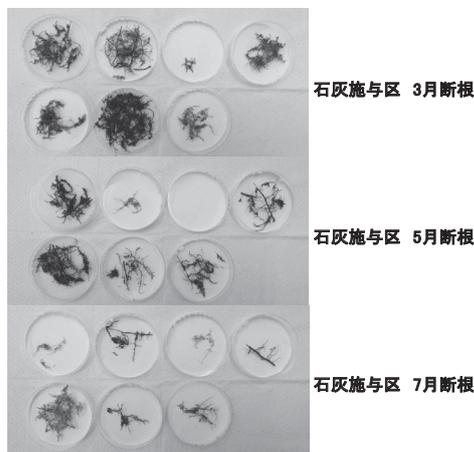


図-6 美濃加茂（傾斜地）の細根生産状況

2. 細根生産量

(1) 細根生産量に及ぼす断根と石灰施与の影響

美濃加茂（傾斜地）の石灰施与区における細根生産状況を図-6 に示した。穴によっては細根生産が全くない場合があるなど、生産状況にはばらつきがあった。この状況は他の調査地においても同様であった。美濃加茂（傾斜地）における細根生産量（乾燥重量）を図-7 に示した。石灰施与区の生産量は 3 月が 26.5g/m²/month, 5 月が 19.2g/m²/month, 7 月が 12.4g/m²/month であった。対照区は 3 月が 19.1g/m²/month, 5 月が 10.3g/m²/month, 7 月が 10.8g/m²/month であった。断根時期別の細根生産量は、石灰施与区および対照区とも 5 月や 7 月に比較して 3 月が最も多い傾向にあったが、有意差はみられなかった。また、石灰施与の有無で比較すると、いずれの断根時期でも石灰施与区が対照区に比較して多い傾向にあった。

美濃加茂（平坦地）における細根生産量（乾燥重量）を図-8 に示した。石灰施与区は 3 月が 12.8g/m²/month, 5 月が 4.3g/m²/month, 7 月が 3.5g/m²/month であった。対照区は 3 月が 12.6g/m²/month, 5 月が 5.0g/m²/month, 7 月が 2.4g/m²/month であった。断根時期別の細根生産量は、石灰施与

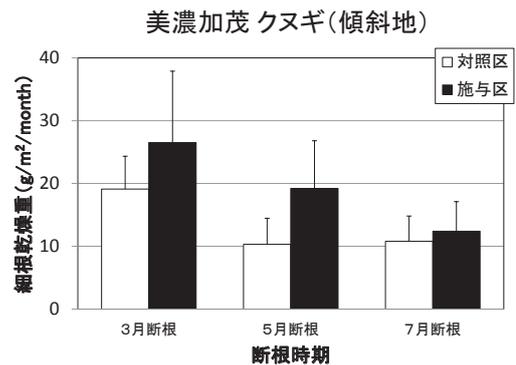


図-7 断根時期と石灰施与が細根生産量に及ぼす影響
平均 + 標準誤差 (n=7), 断根時期および石灰施与の有無間に有意差なし (tukey's test, p<0.05)

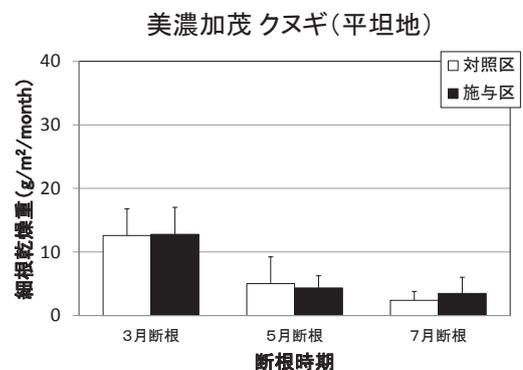


図-8 断根時期と石灰施与が細根生産量に及ぼす影響
平均 + 標準誤差 (n=7), 断根時期および石灰施与の有無間に有意差なし (tukey's test, p<0.05)

区および対照区とも3月が最も多く、次いで5月、最も少ないのは7月であった。石灰施与の有無で比較すると、3月断根では同程度、5月断根では対照区が多く、7月断根では逆に石灰施与区が多いなど、石灰施与と生産量の関係は判然としなかった。

可児のクヌギ林における細根生産量(乾燥重量)を図-9に示した。細根生産量が0.23~1.93 g/m²/monthで、同じクヌギでも美濃加茂に比較すると、非常に少なかった。石灰施与区は3月が1.1g/m²/month、5月が1.1g/m²/month、7月が0.2g/m²/monthであった。対照区は3月が0.5g/m²/month、5月が1.9g/m²/month、7月が0.7g/m²/monthであった。本調査地では細根生産量が非常に少ないこともあって、断根時期の違いおよび石灰施与の有無とも細根生産量に及ぼす影響は判然としなかった。

関Aのコナラ林における細根生産量(乾燥重量)を図-10に示した。石灰施与区は5月が8.3g/m²/month、7月が0.1g/m²/monthであった。対照区は5月が4.9g/m²/month、7月が2.1g/m²/monthであった。断根時期別では、石灰施与区および対照区とも7月に比較して5月で細根生産量が多い傾向にあったが、対照区では有意差はみられなかった。石灰施与の有無で比較すると、5月断根では石灰施与区が多く、7月断根では対照区が多い傾向にあり、石灰施与の効果は判然としなかった。

関Bのコナラ林における細根生産量(乾燥重量)を図

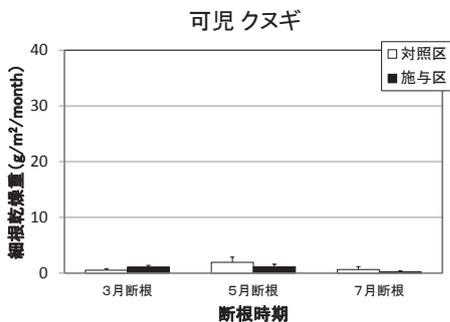


図-9 断根時期と石灰施与が細根生産量に及ぼす影響
平均+標準誤差 (n=14), 断根時期および石灰施与の有無間に有意差なし (tukey's test, p<0.05)

-11に示した。石灰施与区は5月が10.1g/m²/month、7月が0.1g/m²/monthであった。対照区は5月が1.4g/m²/month、7月が0.1g/m²/monthであった。細根生産量は、石灰施与区および対照区とも7月に比較して5月で多い傾向にあり、石灰施与の効果は、5月断根で生産量が多い傾向にあったが、有意差はみられなかった。

てんろ石灰は、土壌の酸性を改良するとともに、作物に必要な多くの微量元素を含む肥料であるとされている(ミネックス 2018)。本調査では、石灰施与によりクヌギ林やコナラ林をトリユフ菌が好むとされる高pH環境に誘導できた。一方、細根生産に及ぼす影響についてはばらつきが大きかったが、生産量が増加する場合もあり、細根の増加に悪い影響は与えない結果であった。

断根処理は、根量を減少させ、養水分吸収力を一時的に減退させる。しかし、処理により、オーキシシン、サイトカイニン等のホルモン代謝が変化し、樹体内炭水化物、窒素成分が地下部に優先的に配分されて、残された根部では白色根の発生・成長が促される。このような断根後の根の再生態勢は、処理の強度、時期、葉層の有無、品種等の栽培要因によって大きな影響を受けるとされる(山下 1993)。本研究において、各調査地は林齢や植栽本数、土壌条件やその他生育環境等がばらばらで、様々な条件にあるが、クヌギおよびコナラともに、細根生産量を増やすための断根処理の時期は、いずれの調査地でも7月より3月や5月の方が適していると示唆された。

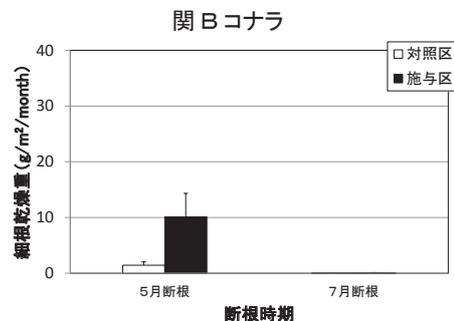


図-11 断根時期と石灰施与が細根生産量に及ぼす影響
平均+標準誤差 (n=8), 断根時期および石灰施与の有無間に有意差なし (tukey's test, p<0.05)

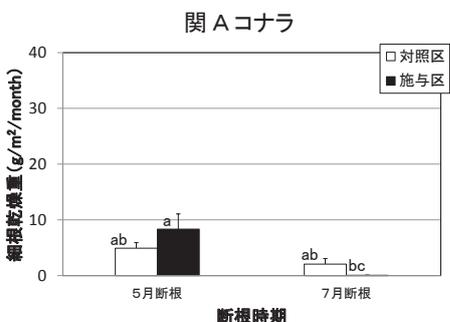


図-10 断根時期と石灰施与が細根生産量に及ぼす影響
平均+標準誤差 (n=14), 異なるアルファベット間に有意差あり (tukey's test, p<0.05)

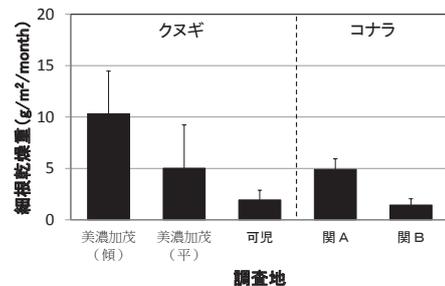


図-12 調査地別の細根生産量
対照区・5月断根で比較, 平均+標準誤差
n=7~14

(2) 細根生産量に及ぼすその他の影響 (調査地間の比較)

各調査地間でデータの揃っている5月断根の対照区の数値で調査地間の細根生産量を比較した(図-12)。各調査地は林齢や植栽本数、土壌条件やその他育成環境等がばらばらで、様々な条件にあり、細根生産量は調査地によって大きく異なった。クヌギ林とコナラ林で比較すると、樹種による細根生産量の違いは判然としなかった。また、可児のクヌギ林は、調査地内で最も胸高直径が大きかったが、細根生産量は最も少ない結果であったため、胸高直径が大きい林で細根生産量が多いとは限らなかった。

斜面の傾斜で比較すると、クヌギ林では、一番多い美濃加茂(傾斜地)の傾斜が33°、次いで美濃加茂(平坦地)が8°、最も少なかった可児の傾斜は0°で、傾斜が急になるほど細根生産量が多い傾向にあった。可児で細根生産量が少ないのは、深くまで均質で柔らかな砂質土の土壌で、有効土層が深いことから、深根性のクヌギの根(荻住 1979)が土壌表面ではなく、深くに伸長した結果であるとも原因の一つと考えられる。コナラ林の関Aの傾斜は23°、関Bは15°であることから、コナラ林でもクヌギ林と同様に傾斜の急な林で細根生産量が多かった。

今後は、クヌギ林やコナラ林で3~5月に断根処理を行い、細根を増大させた場所に感染苗木の植栽や子実体懸濁液の接種など、トリュフ菌の接種を行い、根への感染に適した条件を明らかにしていくとともに、石灰施与の効果については引き続き調査を行う予定である。

謝 辞

本研究は、農林水産省委託プロジェクト研究「森林資源を最適利用するための技術開発、高級菌根性きのこ栽培技術の開発」により行った。

引 用 文 献

- 阿部淳一・神谷泰介・大久保彦・柴田尚(2010)山梨県小淵沢で発生した外生菌根菌セイヨウシロウロ(*Tuber indicum*)について. 日本菌学会第54回大会講演要旨集:109
- 後藤逸男(2016)転炉スラグの農業利用技術の開発と普及. 植物防疫第70巻第4号:209-214
- 藤澤示弘・鈴木清(2006)外生菌根菌イボセイヨウシロウロの発生調査結果—1993~2004の結果—. 第117回日本森林学会大会学術講演集:CD-ROM
- 今関六也・本郷次雄(1989)原色日本新菌類図鑑(II). 315pp, 保育社, 大阪
- 荻住昇(1979)樹木根系図説. 1121pp, 誠文堂新光社, 東京
- Kinoshita A, Sasaki H, Nara K (2011) Phylogeny and diversity of Japanese truffles (*Tuber* spp.)

inferred from sequences of four nuclear loci. *Mycologia* 103:779-794

Kinoshita A, Sasaki H, Nara K (2016) Two new truffle species, *Tuber japonicum* and *Tuber flavidosporum* spp. nov. found from Japan. *Mycoscience* 57:366-373

Kinoshita A, Nara K, Sasaki H, Feng B, Obase K, Yang Z-L, Yamanaka T (2018) Using mating-type loci to improve taxonomy of the *Tuber indicum* complex, and discovery of a new species, *T. longispinosum*. *PLoS One* 13(3):e0193745

ミネックス株式会社(2018)てんろ石灰. <http://minex.co.jp/pdf/tenro.pdf.html> (参照2019年1月10日)

小川眞編著(1992)野生きのこのつくり方. 173pp, 全国林業改良普及協会, 東京

Osawa A., and Aizawa R. (2012) A new approach to estimate fine root production, mortality, and decomposition using litter bag experiments and soil core techniques. *Plant Soil* DOI 10.1007/s11104-011-1090-6

田中(小田)あゆみ・野口享太郎・古澤仁美・木下晃彦・小長谷啓介・山中高史・柴田尚(2017)トリュフの発生が見られるクリ林におけるクリ細根の現存量と形態. 関東森林研究 68(1):49-52

田中(小田)あゆみ・野口享太郎・古澤仁美・木下晃彦・小長谷啓介・山中高史・柴田尚(2017)根の切断および石灰施肥処理が樹木の細根生産量に与える影響. 第128回日本森林学会大会学術講演集:90

田中(小田)あゆみ・野口享太郎・古澤仁美・木下晃彦・仲野翔太・小長谷啓介・山中高史・水谷和人・柴田尚(2018)耕耘と石灰施肥が樹木の細根動態と菌根形成に与える影響. 第129回日本森林学会大会学術講演集:112

山中高史(2017)国産トリュフの栽培に向けた研究開発とこれからの課題. 山林 1596:36-43

山下正隆(1993)茶樹の根群形成と断根後の根の再生に関する研究. 茶研報 78:77-89

技術資料

ヒノキ人工林の間伐林分と無間伐林分における林内雨量と樹幹流下量¹

久田 善純・渡邊 仁志・大洞 智宏・岡本 卓也²

Throughfall and stemflow at thinning and non-thinning stands of Japanese cypress¹

Yoshizumi Hisada, Hitoshi Watanabe, Tomohiro Obora, Takuya Okamoto²

間伐が林内雨量と樹幹流下量に及ぼす影響を確認するため、岐阜県加茂郡白川町にある52～54年生ヒノキ人工林を対象に、間伐林分と無間伐林分で調査を行った。両林分は、同様の林相を持つ2つの小流域のうち一方の小流域のみ間伐後、両流域内にそれぞれ約500 m²の調査区を設けたものである。転倒マス式雨量計により両林分における林内雨量と樹幹流下量を2年間計測した。

キーワード：間伐，林内雨量，樹幹流下量

I はじめに

岐阜県では県独自の森林環境税を基にした基金事業として水源林の間伐を実施しており、事業の意義、効果を県民に分かりやすく伝える必要がある。そこで、間伐による水源かん養機能の変化をモニタリング調査により検証している。今回は、調査内容のうち、林内雨量と樹幹流下量について2年間の調査記録を報告する。

II 方法

1. 調査地

調査地は、岐阜県加茂郡白川町にある森林において尾根部を挟んで隣接する2流域(標高600～700 m)とした。

両流域内は52～54年生(調査開始時)のヒノキ人工林を主体としたほぼ同様の林相であり、2003～2004年に間伐を行った以後は無施業の状態であった。

2015年12月から2016年3月初めにかけて一方の流域に対して、本数率、材積率ともに30%の全層間伐を実施し、間伐した流域を「間伐流域」、間伐しなかった流域を「無間伐流域」とした。両流域内の平均的な林相の箇所にそれぞれ調査プロットを設置し、間伐流域の調査プロットを「間伐区」、無間伐流域の調査プロットを「無間伐区」とした。調査プロット内の上層木の樹高、胸高直径、樹冠幅(斜面に対し水平方向と垂直方向)について、間伐区を2014年10月、無間伐区を2016年6月に測定した。樹冠幅の測定結果を用いて各個体の樹冠面積を楕円形(樹冠面積=(水平方向の直径/2)×(垂直方向の直径/2)×π)として算出した。両流域の範囲および調査プロットの位置を図-1に、流域の面積および林相等を表-1に、両調査区の概要を表-2に示す。

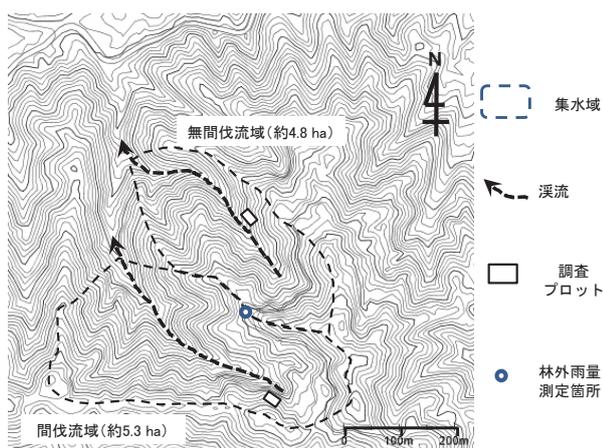


表-1. 両流域の面積および林相等

項目	流域名	間伐流域	無間伐流域
流域面積		約 5.3 ha	約 4.8 ha
流域内の樹種		ヒノキ, スギ, その他広葉樹	ヒノキ, スギ, その他広葉樹
林齢(調査開始当時)		52年生	54年生
施業履歴		2004年に間伐 2015年12月から 2016年3月に間伐	2003年に間伐 以降、施業なし

図-1. 両流域の範囲および調査プロットの位置

¹ 本研究の一部は、第8回中部森林学会大会で発表した。

² 現所属：岐阜県 環境生活部 環境企画課

表-2. 両調査区の概要

項目	調査区名	間伐区	無間伐区
プロット面積 (㎡)		421.0	545.9
傾斜 (度)		約 43	約 44
平均樹高 (m)		18.4	18.8
平均胸高直径 (cm)		21.3	22.0
立木密度 (本/ha)		間伐前 1,663 間伐後 1,164	1,549

注) 間伐区内の上層木は全てヒノキである。無間伐区の上層木はヒノキのほか一部スギがある。このため、無間伐区における平均樹高、平均胸高直径はヒノキのみで算出し、立木密度はヒノキ(本数割合97.6%)とスギ(同2.4%)を合わせて算出した。

2. 林外雨量, 林内雨量, 樹幹流下量の計測

(1) 計測器の設置数

林外雨量の計測器を両流域の境界上にある無立木地に1箇所設置した。林内雨量(樹冠通過雨量と樹冠滴下雨量の和)の計測器を両調査区内に各10箇所設置した。林内雨量の計測器は設置位置に偏りが無いよう調査区内にランダムに配置した。樹幹流下量の計測器を両調査区内に各6箇所設置した。樹幹流下量の計測器は、各調査区内の上層木の個体を、樹冠面積が上位、中位、下位の3グループに分類のうえ、各グループから2本ずつ選定した個体の樹幹に設置した。無間伐区内にはスギが混在していた(本数割合(%)), ヒノキ:スギ=97.6:2.4)が、スギは選定から除外した。

(2) 計測方法

林外雨量と林内雨量は、地上高1.1mの架台の上に、転倒マス式雨量計(Davis社CEM-TBRG, 受口面積0.21382㎡)を設置して計測した。マスの転倒1回あたりの降雨量が0.2mm(体積換算約4.28ml)になるよう設定し、マスが転倒した日時(秒単位)と回数をデータロガー(Onset社HOB0 Pendant UA-003-64)に記録した。樹幹流下量の計測は、選定した個体の樹幹の地上高1.1mの位置に集水器を取り付け、樹冠により捕捉され樹幹表面を流下してきた雨水を全て集めて計測した。集水器は、厚さ約1.5cmのウレタンマットを樹幹の周囲に二重に巻き付けてから上下に2.0cmずらして溝(壁高2.0cm, 底辺1.5cm)



図-2. 林内雨量(右)と樹幹流下量(左下)の計測の状況

を設け、隙間をシリコン系充填材で埋めて作成した。集水器の底辺に穴を設け、その下に設置した転倒マス式雨量計の受水部にビニールホースで接続した。雨量計全体をビニールシートで被覆し、集水器から導水された水以外が侵入しないようにした。雨量計のマス1転倒あたりの降雨量

の設定および記録方法は、林外雨量、林内雨量における方法と同じとした。林内雨量、樹幹流下量の計測状況を図-2に示す。計測は2016年7月1日から2018年6月30日まで2年間行い、約1ヶ月に一度計測値の回収と雨量計内部の清掃を行った。

III 結果

各計測値を月ごとに集計し、林外雨量を表-3に、間伐区の林内雨量を表-4に、無間伐区の林内雨量を表-5に、間伐区の樹幹流下量を表-6に、無間伐区の樹幹流下量を表-7に示す。林外雨量に欠測は無かった。両調査区内の計測値の一部には、データロガー、雨量計の故障、雨量計受水部の目詰まり等による欠測があった。また、記録データはあるが、目詰まりにより雨量計受水部に滞水やオーバーフローが生じた可能性がある期間があった。

今後、両区の林内雨量、樹幹流下量を評価するため、欠測部分の取り扱いや、各計測値を調査区内全体量に換算する方法を検討する。また、本調査地では、林内雨量、樹幹流下量のほか、併行して土壤水分量、流末における流出水の水量と水温を計測している。今後、それらを踏まえ、間伐流域と無間伐流域における降水の動態の違いを検証する。

表-3. 林外雨量

計測箇所名 (管理記号)		林外雨量 (GF33)
年	月	(mm)
2016	7	227.2
2016	8	247.8
2016	9	423.6
2016	10	225.6
2016	11	131.6
2016	12	182.8
2017	1	35.6
2017	2	112.4
2017	3	57.2
2017	4	267.4
2017	5	140.8
2017	6	132.2
2017	7	252
2017	8	274.2
2017	9	146.4
2017	10	273.6
2017	11	59.2
2017	12	38.6
2018	1	86.2
2018	2	32.2
2018	3	237.6
2018	4	309
2018	5	263.8
2018	6	172.4
備考		・林道上の無立木地で計測(欠測なし)

表-4. 間伐区の林内雨量

計測箇所番号 (管理記号)		T 1 (GF07)	T 2 (GF08)	T 3 (GF09)	T 4 (GF10)	T 5 (GF11)
年	月	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
2016	7	151.6	186.0	132.2	(0.0)	121.4
2016	8	151.6	196.2	135.4	(43.4)	157.0
2016	9	313.2	(228.0)	230.8	263.2	101.6
2016	10	258.2	(64.2)	107.8	160.8	141.4
2016	11	82.8	106.0	48.0	92.2	77.6
2016	12	107.8	146.6	(13.8)	109.6	96.4
2017	1	(9.0)	(0.0)	(0.0)	(15.0)	22.4
2017	2	(40.0)	(51.0)	(0.0)	(0.0)	63.8
2017	3	36.0	46.4	(26.4)	(0.0)	36.6
2017	4	187.4	228.0	130.0	(0.0)	149.8
2017	5	(30.6)	124.2	67.2	(0.0)	91.2
2017	6	(0.0)	(55.2)	48.4	(0.0)	59.2
2017	7	(0.0)	(0.0)	149.6	(0.0)	130.0
2017	8	(0.0)	(0.0)	185.0	(0.0)	159.6
2017	9	(0.0)	(0.0)	86.2	(0.0)	154.0
2017	10	(114.0)	(166.2)	144.8	(148.6)	183.0
2017	11	35.4	45.4	35.6	53.0	36.6
2017	12	19.4	24.4	16.4	21.2	15.6
2018	1	45.4	56.0	46.2	49.4	23.4
2018	2	(2.6)	28.6	19.2	24.8	23.2
2018	3	(0.0)	194.6	136.6	180.4	(0.0)
2018	4	(0.0)	273.2	196.2	(120.0)	(0.0)
2018	5	(173.6)	213.2	88.4	(191.2)	(0.0)
2018	6	105.4	124.0	107.2	101.0	(0.0)
備考		・2017/1/19～ 2017/2/21は欠測	・2016/9/23～ 2016/10/18は欠測	・2016/12/5～ 2017/3/16は欠測	・2016/7/1～ 2016/8/18は欠測	・2018/3/1～ 2018/6/30は欠測
		・2017/5/24～ 2017/10/9は欠測	・2017/1/1～ 2017/2/21は欠測		・2017/1/19～ 2017/10/9は欠測	
		・2018/2/9～ 2018/5/1は欠測	・2017/6/24～ 2017/10/9は欠測		・2018/4/24～ 2018/5/1は欠測	

計測箇所番号 (管理記号)		T 6 (GF12)	T 7 (GF13)	T 8 (GF14)	T 9 (GF15)	T10 (GF16)
年	月	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
2016	7	(32.8)	137.6	(40.4)	173.0	127.0
2016	8	150.4	157.8	(99.6)	205.8	155.2
2016	9	115.4	278.8	(35.2)	336.2	254.8
2016	10	105.8	143.8	143.6	194.0	134.2
2016	11	60.6	71.2	88.2	115.6	(2.6)
2016	12	(2.6)	78.6	98.8	(4.0)	(0.0)
2017	1	(12.8)	16.6	21.4	(0.0)	(0.0)
2017	2	62.2	70.6	62.2	(38.4)	(0.0)
2017	3	25.4	33.2	40.8	54.4	(25.8)
2017	4	111.4	178.6	152.8	(165.8)	171.2
2017	5	68.4	93.2	99.4	(0.0)	91.2
2017	6	65.8	95.6	87.6	(40.6)	87.6
2017	7	117.4	190.8	143.2	204.0	154.4
2017	8	155.4	189.6	(193.8)	208.8	181.2
2017	9	75.8	91.0	106.6	99.4	90.2
2017	10	185.6	151.4	(29.0)	(0.0)	184.0
2017	11	21.2	32.8	(0.0)	(0.0)	36.0
2017	12	20.8	21.4	(16.4)	(18.0)	18.6
2018	1	34.0	52.6	50.0	48.6	47.8
2018	2	24.0	27.6	25.6	23.6	27.4
2018	3	143.2	(0.0)	175.6	115.0	166.0
2018	4	111.6	(123.2)	206.0	258.6	223.6
2018	5	146.0	160.0	180.2	(0.0)	168.8
2018	6	72.0	100.0	123.8	(0.0)	102.2
備考		・2016/7/5～ 2016/7/25は欠測	・2018/3/1～ 2018/4/3は欠測	・2016/7/5～ 2016/7/25は欠測	・2016/12/5～ 2017/2/21は欠測	・2016/11/8～ 2017/3/16は欠測
		・2016/12/5～ 2017/1/18は欠測		・2016/8/15～ 2016/9/27は欠測	・2017/4/21～ 2017/6/23は欠測	
				・2017/7/26～ 2017/7/31は滞水 の可能性あり	・2017/10/1～ 2017/12/23は欠測	
				・2017/10/10～ 2017/12/23は欠測	・2018/5/2～ 2018/6/30は欠測	

※()は、データロガー、雨量計の故障、目詰まり等による欠測が確認された日、雨量計受水部における滞水、オーバーフローの可能性がある日を含む月を示す。

表 -5. 無間伐区の林内雨量

計測箇所番号 (管理記号)		T11 (GF23)	T12 (GF24)	T13 (GF25)	T14 (GF26)	T15 (GF27)
年	月	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
2016	7	91.2	120.2	175.2	145.4	134.2
2016	8	59.8	134.6	203.8	157.8	136.8
2016	9	191.8	38.4	140.4	114.0	48.8
2016	10	100.8	124.6	163.4	(92.0)	101.6
2016	11	51.6	66.4	89.4	(25.8)	66.4
2016	12	75.8	91.6	133.8	112.8	98.8
2017	1	15.0	17.2	25.0	18.0	20.4
2017	2	49.0	61.4	85.8	67.2	76.2
2017	3	20.4	24.6	45.2	30.8	36.0
2017	4	121.6	148.8	216.4	184.8	158.0
2017	5	68.4	72.2	111.6	91.2	76.6
2017	6	58.8	66.2	112.0	84.0	68.8
2017	7	(76.4)	(93.6)	(95.6)	97.4	(63.2)
2017	8	146.2	141.6	231.2	179.8	134.6
2017	9	79.6	75.6	128.0	103.0	80.2
2017	10	139.0	155.8	202.8	204.0	148.8
2017	11	8.4	8.8	38.2	12.0	11.2
2017	12	14.8	15.4	24.0	(4.4)	16.6
2018	1	34.2	37.6	59.8	(0.0)	39.2
2018	2	16.8	17.2	25.0	(0.0)	25.2
2018	3	125.6	138.8	168.8	171.4	150.4
2018	4	185.0	187.0	171.4	235.2	198.8
2018	5	134.4	124.6	209.4	189.6	(33.6)
2018	6	77.2	36.2	123.0	99.4	92.4
備考		・2017/7/4～ 2017/7/30は滞水の 可能性あり	・2017/7/4～ 2017/7/30は滞水の 可能性あり	・2017/7/4～ 2017/7/30は滞水の 可能性あり	・2016/10/20～ 2016/11/21は欠測 ・2017/12/24～ 2018/2/19は欠測	・2017/7/4～ 2017/7/30は滞水の 可能性あり ・2018/5/2～ 2018/5/17は欠測

計測箇所番号 (管理記号)		T16 (GF28)	T17 (GF29)	T18 (GF30)	T19 (GF31)	T20 (GF32)
年	月	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
2016	7	(51.8)	163.8	130.8	136.6	151.2
2016	8	(6.6)	186.8	144.4	175.8	178.8
2016	9	(23.8)	98.4	83.2	198.4	136.0
2016	10	(12.4)	(65.0)	126.4	99.8	125.8
2016	11	(0.0)	(30.4)	67.0	62.6	36.2
2016	12	(0.0)	122.8	96.8	(23.8)	144.6
2017	1	(7.6)	21.6	3.4	(9.0)	26.6
2017	2	47.4	(13.6)	37.0	83.4	103.0
2017	3	22.4	(0.0)	27.6	34.2	46.4
2017	4	85.0	(0.0)	128.4	(149.2)	139.6
2017	5	70.0	(55.2)	85.8	(46.8)	106.8
2017	6	63.4	100.4	73.4	83.0	98.6
2017	7	106.0	(102.8)	(40.8)	(59.2)	193.2
2017	8	145.2	201.2	162.4	175.6	208.4
2017	9	74.8	119.0	92.4	99.4	108.4
2017	10	142.2	239.8	(90.6)	180.6	150.0
2017	11	9.8	35.4	(10.0)	13.8	22.8
2017	12	15.2	22.0	12.6	19.2	28.2
2018	1	(33.4)	59.8	(0.2)	46.2	65.0
2018	2	(0.0)	21.8	(8.8)	19.4	27.6
2018	3	(0.0)	162.2	163.0	171.0	219.0
2018	4	(172.2)	273.6	214.4	217.6	125.6
2018	5	132.2	218.2	(79.0)	172.8	(104.2)
2018	6	75.8	37.8	86.0	100.4	102.4
備考		・2016/7/10～ 2016/8/16は欠測 ・2016/8/27～ 2016/9/27は欠測 ・2016/10/3～ 2017/1/25は欠測 ・2018/1/20～ 2018/4/3は欠測	・2016/10/10～ 2016/11/21は欠測 ・2017/2/22～ 2017/5/24は欠測 ・2017/7/4～ 2017/7/30は滞水の 可能性あり	・2017/7/4～ 2017/7/30は滞水の 可能性あり ・2017/11/19は欠測 ・2018/1/8～ 2018/2/19は欠測 ・2018/5/2～ 2018/5/12は欠測	・2016/12/21～ 2017/1/25は欠測 ・2017/4/19～ 2017/10/25～ 2017/5/24は欠測 ・2017/7/4～ 2017/7/30は滞水の 可能性あり	・2018/5/13～ 2018/5/17は欠測

※()は、データロガー、雨量計の故障、目詰まり等による欠測が確認された日、雨量計受水部における滞水、オーバーフローの可能性がある日を含む月を示す。

表-6. 間伐区の樹幹流下量

計測木番号 (管理記号)	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6
	(GF01)	(GF02)	(GF03)	(GF04)	(GF05)	(GF06)
年 月	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
2016 7	(868.2)	254.0	150.6	(0.0)	2,546.4	28.2
2016 8	84.8	99.2	(2.8)	(0.0)	202.0	27.0
2016 9	(1,905.6)	1,449.8	(1,343.4)	(2,614.6)	656.6	1,053.6
2016 10	3,700.6	5,971.6	5,663.8	9,080.8	3,046.6	4,107.6
2016 11	3,869.6	3,655.8	3,750.2	4,799.2	1,328.6	2,091.4
2016 12	3,121.4	5,595.8	6,536.6	10,235.2	2,565.8	2,783.2
2017 1	397.2	670.8	689.2	1,124.8	263.8	192.8
2017 2	305.2	2,878.4	3,717.6	875.6	1,876.4	1,860.2
2017 3	1,960.2	1,154.6	1,215.0	2,540.6	602.4	684.0
2017 4	8,184.2	7,875.6	8,761.8	8,316.0	2,977.0	3,651.8
2017 5	2,818.2	2,929.6	2,978.4	6,002.4	1,058.8	2,454.8
2017 6	267.6	3,338.4	3,193.4	4,894.6	(701.0)	1,615.4
2017 7	(0.0)	5,982.6	4,944.4	(365.0)	(246.0)	(352.8)
2017 8	(0.0)	6,811.0	5,678.6	8,335.8	(359.4)	(3.2)
2017 9	(0.0)	3,363.4	2,788.4	3,035.6	(137.6)	(226.6)
2017 10	(8,301.4)	9,953.0	9,653.2	6,857.2	(2.0)	(5,878.4)
2017 11	826.6	405.8	484.8	1,116.8	(0.6)	(21.8)
2017 12	849.0	456.6	639.4	1,212.2	(201.2)	(0.0)
2018 1	3,933.0	2,184.0	2,859.4	5,875.2	(48.0)	(0.0)
2018 2	469.6	239.2	366.8	777.8	(10.2)	(0.0)
2018 3	8,586.8	7,532.6	8,500.2	616.4	(1.8)	(0.0)
2018 4	8,538.6	8,542.6	8,549.6	3,287.0	(0.0)	(0.0)
2018 5	11,434.2	7,877.2	8,479.4	6,352.0	(0.0)	(0.0)
2018 6	6,068.8	3,914.4	3,659.4	8,825.2	(0.0)	(35.2)
胸高直径(cm)	21.9	17.7	23.2	27.7	21.5	17.2
樹冠面積(m ²)	7.15	2.85	5.41	11.53	7.11	6.16
備考	・2016/7/6～ 2016/7/24は欠測 ・2016/9/9～ 2016/9/23は欠測 ・2017/7/1～ 2017/10/9は欠測		・2016/8/15～ 2016/9/23は欠測	・2016/7/1～ 2016/9/23は欠測 ・2017/7/12～ 2017/7/30は滞水の可能性あり	・2017/6/1～ 2018/3/31は滞水の期間を含む可能性あり ・2018/4/1～ 2018・6・30は欠測	・2017/7/12～ 2017/10/9は滞水の可能性あり ・2017/11/20～ 2018/6/13は欠測 ・2018/6/14～ 2018/6/30は滞水の可能性あり

※()は、データロガー、雨量計の故障、目詰まり等による欠測が確認された日、雨量計受水器における滞水、オーバーフローの可能性のある日を含む月を示す。

表-7. 無間伐区の樹幹流下量

計測木番号 (管理記号)	S11	S12	S13	S14	S15	S16
	(GF17)	(GF18)	(GF19)	(GF20)	(GF21)	(GF22)
年 月	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
2016 7	714.6	24.8	24.8	867.8	359.4	(0.0)
2016 8	305.2	(0.0)	264.4	194.2	631.0	(0.0)
2016 9	533.0	(0.0)	449.4	132.6	1,193.4	(1,049.0)
2016 10	376.2	(0.0)	215.2	60.4	540.6	3,948.2
2016 11	375.8	(0.0)	65.6	480.0	483.2	2,278.6
2016 12	1,095.0	(126.2)	439.2	120.4	736.6	4,007.2
2017 1	7.8	13.2	7.2	0.2	31.6	220.4
2017 2	302.0	104.2	274.8	(681.0)	372.8	1,275.6
2017 3	31.2	34.4	11.4	258.6	93.2	738.0
2017 4	905.6	574.4	1,212.0	3,288.6	1,573.6	1,944.4
2017 5	(76.8)	399.2	701.2	1,411.4	652.0	(698.2)
2017 6	(149.6)	315.2	276.2	1,460.8	620.0	(0.0)
2017 7	953.4	801.4	743.2	(1,532.8)	1,318.0	(0.0)
2017 8	1,180.6	1,112.2	571.0	(0.0)	1,260.8	(0.0)
2017 9	2,603.8	366.8	136.8	(0.0)	525.4	(0.0)
2017 10	1,956.0	2,105.4	715.4	(2,630.2)	(2,178.6)	(0.0)
2017 11	457.8	389.6	447.4	583.8	193.6	(0.0)
2017 12	234.4	229.8	251.8	318.4	370.2	(0.0)
2018 1	1,008.8	736.0	799.4	953.6	905.6	(0.0)
2018 2	89.2	0.4	109.6	241.4	174.4	(0.0)
2018 3	522.6	256.4	1,281.4	3,118.8	(554.2)	(0.0)
2018 4	20.4	1,188.6	1,481.4	877.0	(7,466.0)	(0.0)
2018 5	1,393.2	843.4	333.2	4,053.8	3,952.6	(0.0)
2018 6	12.4	1,105.0	434.4	1,278.2	2,088.8	(0.0)
胸高直径(cm)	18.4	22.0	25.5	18.6	22.0	25.4
樹冠面積(m ²)	4.19	9.90	10.45	6.15	6.25	14.11
備考	・2017/5/25～ 2017/6/29は欠測	・2016/8/1～ 2016/12/19は欠測		・2017/2/5～ 2017/2/22は欠測 ・2017/7/17～ 2017/10/9は欠測	・2017/10/2～ 2017/10/9は欠測 ・2018/3/5～ 2018/4/3は滞水の可能性あり	・2017/7/1～ 2017/9/26は欠測 ・2017/5/25～ 2018/6/30は欠測 (ロガー及び雨量計の故障)

※()は、データロガー、雨量計の故障、目詰まり等による欠測が確認された日、雨量計受水器における滞水、オーバーフローの可能性のある日を含む月を示す。

表土流亡の抑止効果に着目したヒノキ人工林の下層植生分類への ササ型の追加とその序列化¹

渡邊 仁志・井川原 弘一²・横井 秀一²

Adding "dwarf-bamboo-dominant" to the types of undergrowth in planted Japanese cypress (*Chamaecyparis obtusa*) forests, and reordering the classification of undergrowth types on the basis of their capacity to deter surface soil erosion¹

Hitoshi Watanabe, Koichi Igawahara², Shuichi Yokoi²

岐阜県南部のヒノキ人工林において、下層植生の植被率と優占種によって分類した従来の下層植生タイプ（シダ型、草本型、低木型、貧植生型）にササ型を追加し、これらの表土流亡の抑止効果を再序列化した。ササ型はシダ型に比べ高標高に出現し、光条件が悪化した林床にも出現する可能性が示された。表土流亡の危険性の間接的指標である土壌侵食危険度指数は、全植被率合計が高い林分で小さい傾向が認められた。一方、ササ型の林分では、全植被率合計が草本型や低木型と同程度であったが、土壌侵食危険度指数はそれらの林分より小さかった。ササ型は草本層の植被率合計が高く、葉層とリター層が重層的に地表面を被覆していることから、表土流亡が発生しにくいと推測される。したがって、ササ型をヒノキ人工林の下層植生タイプとして独立させることは有効である。ササ型を加えると、土壌侵食危険度指数には小さい順にシダ型<ササ型<草本型≤低木型≤貧植生型の序列が認められた。この結果は、下層植生による表土移動量の評価手法の汎用性を高めることに貢献する。

キーワード：下層植生タイプ分類，ササ，植被率，ヒノキ人工林，表土流亡

We added "dwarf-bamboo-dominant type" to the conventional types of undergrowth in planted Japanese cypress (*Chamaecyparis obtusa*) forests ("fern-dominant type," "herbaceous type," "shrub type," and "poor vegetation type"), as classified from an examination of the coverage and dominant species in southern Gifu Prefecture. We also reordered the undergrowth types in terms of their ability to deter surface soil erosion. The dwarf-bamboo-dominant type appeared at higher altitudes than the fern-dominant type, and the dwarf-bamboo-dominant type could appear on forest floors where there was poor light. Its greater vegetation cover led to a reduction in the soil erosion susceptibility index, which is an indicator of the relative risk of surface soil erosion. The index of the dwarf-bamboo-dominant type was lower than those of the herbaceous type and the shrub type, but the vegetation cover of the dwarf-bamboo-dominant type was similar to those of these two types. The dwarf-bamboo-dominant type had a deterrent effect on surface soil erosion because of the greater vegetation cover of its herbaceous layer and the multilayered vegetation and litter cover. Consequently, adding the dwarf-bamboo-dominant type to the types of undergrowth in Japanese cypress stands is effective in estimating the surface-soil-erosion deterrence of undergrowth. Among these undergrowth types, the soil erosion susceptibility index increases in the order of fern-dominant type, dwarf-bamboo-dominant type, herbaceous type, shrub type, and poor vegetation type. This result should help to improve the versatility of methods used to estimate the surface-soil-erosion deterrence of different types of undergrowth.

keywords : classification of undergrowth type, dwarf bamboo, Japanese cypress (*Chamaecyparis obtusa*) stand, surface soil erosion, vegetation coverage

¹ 森林立地 Journal of Forest Environment 60, 55-61, 2018

² 現所属：岐阜県立森林文化アカデミー

抄 録

携帯式高周波水分計の板材測定における品質管理のための設定密度¹

富田 守泰・土肥 基生

Setting density value for quality control in the board moisture content measurement
by the ratio-frequency type equipment¹

Moriyasu Tomita, Motoo Dohi

高周波式水分計による含水率の測定は個々の木材密度に影響する。本研究では、品質管理のために測定する場合、密度設定ダイヤルを平均密度ではなく密度の下限の10%に設定することを提案した。まず、事前に密度を計測した板材を用い、全乾法による含水率と個体ごとの密度設定による測定値の関係図を作成した。そしてそれらとの間の検量線を得た。次に、この検量線を用いて、密度の下限10%で設定した測定値を補正した。提案した測定結果によると、全乾法含水率と補正された測定値との関係において、1:1の線と80%信頼区間の下の線がほぼ同じであることが示された。高周波式水分計による含水率値は密度以外にも要因が想定されるものの、密度による要因が主である。密度設定ダイヤルを密度の下限値に設定する手法は、さらに検量線を組み合わせることで、品質管理を目的とした測定に適した技術であることが示唆された。

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

Measurement of moisture content by ratio-frequency type equipment affects individual wood density. In this research we propose to set the density setting dial to 10% of the lower limit of density, not average density, when measuring for quality control. First of all, we prepared a relation diagram of measured values by the oven dried moisture content and individual density setting. And a calibration curve between them was obtained. Next, we corrected the measured values set with the 10% lower limit of the density with this calibration curve. According to the proposed measurement results, it is shown that the 1:1 line and the lower line of 80% confidence interval are almost the same in the relationship between the oven dried moisture content and the corrected measured value. Consequently, setting the concentration setting dial to the lower limit value of the concentration means that it is a technique suitable for measurement aimed at quality control.

¹ 木材工業 Wood Industry 73(2), 52-57, 2018

岐阜県森林研究所研究報告 執筆要領（抜粋）

1. 投稿は、岐阜県森林研究所の職員または旧職員（以下、職員という）に限る。ただし、編集委員会が認めたときはこの限りではない。筆頭者以外の著者にはその他の者を含むことができる。
2. 原稿内容は、職員が在職中に実施した研究の業績を扱ったものとする。職員は研究課題の終了時には、研究成果の学術的な公表に努める。
3. 原稿種別は、「論文」、「短報（旧資料）」、「技術資料」、「学術雑誌論文抄録」および「その他」とする。「論文」とは、学術的に新規性のある知見を、十分な議論を含めて公表するものとする。「短報」とは、予報的または速報的な内容を持ち、論文に準ずる調査結果・実験結果などを論文形式で取りまとめたものであり、単なるデータ集ではない。「技術資料」とは、「論文」、「短報」にはならないが、記録として公表することがふさわしい有益なデータを提示するものとする。「学術雑誌論文抄録」とは、研究報告が刊行される前年に他の学術雑誌に掲載された論文等の抄録とする。「その他」とは、印刷公表することがふさわしく、かつ、本執筆要領の適用が困難な論文（学位論文等）とする。
4. 原稿の採否は、査読審査を経て編集委員長と複数名の編集委員からなる編集委員会が決定する。査読者の数は「論文」および「短報」の場合は2名以上、「技術資料」の場合は1名以上とし、編集委員会が指定する。「学術雑誌論文抄録」と「その他」の場合は、体裁の確認のみ行う。

岐阜県森林研究所研究報告 第48号

平成31年3月29日 印刷

平成31年3月31日 発行

編集者 岐阜県森林研究所研究報告編集委員会

発行者 岐阜県森林研究所

発行所 岐阜県森林研究所

〒501-3714 岐阜県美濃市曾代1128-1

TEL 0575-33-2585 FAX 0575-33-2584

URL <http://www.forest.rd.pref.gifu.lg.jp/>

e-mail info@forest.rd.pref.gifu.jp

印刷所 株式会社 サン・ライン
