

速報

燃料利用のためのクヌギの天然乾燥^{*1}溝口哲生^{*2}・森口直哉^{*2}

溝口哲生・森口直哉：燃料利用のためのクヌギの天然乾燥 九州森林研究 71：91－94，2018 クヌギ材の燃料利用を目的とした基礎資料を得るため，異なる時期に伐採したクヌギの含水率の調査と丸太の含水率が50%に達するまでの天然乾燥の速度に，乾燥時期や丸太の長さ等与える影響を検討した。クヌギの生材含水率は60.6%～65.0%であり，伐採時期や場所が異なっても差はみられないことが示唆された。樹高方向の生材含水率分布は時期により異なる傾向を示した。丸太断面内では，髓を含む部分の含水率が高かった。丸太の天然乾燥速度は，1m材では1月，5月，7月の順に，2m材では1月，10月，5月，7月の順に速くなり，乾燥時期により異なった。同時期に乾燥させたものでは2m材より1m材の方が乾燥速度が速くなった。

キーワード：クヌギ，含水率，天然乾燥

I. はじめに

クヌギは，長崎県内の民有林ではヒノキ，スギに次いで造林面積が広い樹種である(7)。クヌギの伐採後の幹部は，殆どがシイタケの原木として利用されているが，近年はそれを木質バイオマス燃料として利用することも検討されている。木質バイオマスを燃料として利用する場合，燃焼して得られるエネルギーは，木質バイオマスの含水率に大きく影響を受ける(8)。また，燃焼機器には，安全で効率的に燃焼を行える含水率の許容範囲がある。聞き取りでは，一般には，含水率が50%（乾量基準）程度のものが求められている。これまで，木質バイオマスの燃料利用を目的とした含水率や天然乾燥の試験の殆どがスギ(1, 3, 4, 6)やヒノキ(3, 6)で行われており，クヌギを用いて調査した事例は少ない(6)。そこで，本研究では，クヌギを異なる時期に伐採して生材含水率の違いを調査するとともに，クヌギ丸太の天然乾燥を行い，丸太の含水率が50%に到達するまでの天然乾燥の速度に丸太の乾燥時期や丸太の長さ，末口断面積，生材含水率等与える影響を検討したので報告する。

II. 材料と方法

試験には当センター内（長崎県諫早市貝津町）の2地点から伐採したクヌギを用いた（写真-1）。伐採は2016年10月26日に4本，2017年1月25日に5本，2017年5月31日に6本，2017年7月18日に4本，合計19本行った（表-1）。伐採したクヌギは，根元部分を切断し，その直上部から5cmの円板を伐り出した（図-1）。その後，梢端方向に向けて2m又は1mの丸太を任意の順に伐り出した。丸太と丸太の間からは，丸太の生材含水率を把握するための5cmの円板を伐りだした。丸太は，当センター敷地内にりん木を敷き，その上に平積みし，伐採した日から乾燥させた。丸太の生材含水率は，丸太の両端から採取した2枚の円板全体の重量から全乾法により算出した。さらに，生材時の丸太と円板の合計重量と，生材時の丸太重量と生材含水率から算出した丸太の推定全乾重量と円板の全乾重量の合計重量から，伐採した個体毎の含水率を算出した。丸太断面内における生材含水率の分布は，7月に伐採し，採取した地際から3番目までの円板を用いて測定した（図-1）。試験片の採取は，円板の髓の中



写真-1. 伐採地の状況（左：A（表-1） 右：B（表-1） 2地点の直線距離は250m程度）

^{*1} Mizoguchi, T. and Moriguchi, N.: Air Seasoning of Flat Piled Kunugi (*Quercus acutissima*) for Woody Biomass Fuel.

^{*2} 長崎県農林技術開発センター森林研究部門 Nagasaki Agri, & Forestry Tech. Dev. Ctr. Isahaya, Nagasaki 854-0063, Japan

表-1. 伐採したクスギと採取した丸太の概要

樹種	伐採本数	樹高(m)	胸高直径(cm)	2m材		1m材		伐採日 (天然乾燥開始日)	場所
				(本)	末口直径(cm)	(本)	末口直径(cm)		
クスギ	4	17.1 (1.2)	14.7 (1.3)	22	10.9 (2.0)	-	-	2016年10月26日	A
	5	16.9 (1.6)	15.9 (2.4)	19	11.9 (3.4)	16	12.4 (2.7)	2017年1月25日	A
	4	15.6 (2.3)	12.9 (1.7)	13	11.1 (3.4)	13	8.2 (2.4)	2017年7月18日	A
	6	10.5 (2.0)	12.1 (4.5)	8	9.8 (2.5)	15	10.2 (3.8)	2017年5月31日	B

※ () 内は標準偏差

Ⅲ. 結果と考察

1. 生材含水率

伐採したクスギの時期毎の生材含水率を図-3に示す。生材含水率はA地点の10月伐採が60.8%, 1月が60.6%, 7月が61.8%, B地点の5月が65.0%であり, 伐採時期や場所が異なることによる有意な差はみられなかった。前田等の報告(6)では, クスギの心材及び辺材の季節変動はみられないとしている。また, 河津等(5)は24年生と36年生のクスギの含水率は差が小さいとしており, 今回の結果とこれらのことから, クスギの生材含水率のばらつきは小さいと推察される。次に, 樹高方向の生材含水率分布を図-4に示す。含水率は10月, 1月伐採が梢端方向に向けて低く, 5月, 7月伐採が梢端方向に向けて高くなる傾向がみられ, 時期により樹高方向の生材含水率分布は異なる傾向を示すことが示唆された。丸太断面内の生材含水率分布(図-5)は, 髄を含む試験片が74.3%~85.6%(平均79.5%), その外側が53.6%~81.5%(平均65.0%), 樹皮が44.7%~57.0%(平均51.7%)であった。河津等(5)の報告と同様に全ての断面で髄を含む試験片の含水率が一番高くなった。髄を含まない試験片の含水率は, 外側に向かって低くなった。一部の断面では樹皮に近い部分で含水率が高くなった。

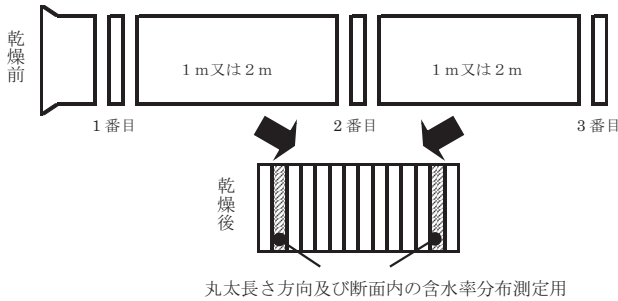


図-1. 丸太と含水率測定に用いる円板の調製

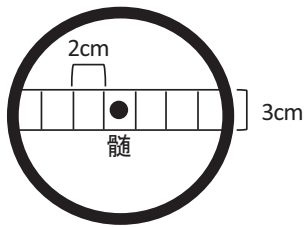


図-2. 丸太断面内含水率分布測定のための試験片の調製

心を通り, 幅3cmの帯状の材を切り出し, さらに, その材を長さ2cmに髄から両樹皮側に向かって順次分割して行なった。そのとき髄は分割した試験片の中心になるように留意した(図-2)。樹皮と木部が接する部分の試験片は樹皮と木部に分けた。乾燥途中の丸太の含水率は, 月1回から3回測定した丸太の重量と生材含水率から算出した。また, 各丸太の含水率が50%になるまでの乾燥速度を次式により計算した。乾燥速度(%/日) = (生材含水率-50%) / (含水率が50%になるまでに要した日数)とした。なお, 測定時に含水率が50%を下回っていた場合, 前回測定時から等速度で乾燥したとして日数を算出した。乾燥後の丸太の長さ方向の含水率分布は, 7月に得た2m材のうち5本と1m材のうち4本を用い, 9月13日に連続して5cm間隔に切断して求めた(図-1)。丸太断面内の含水率分布は両木口の1枚内側より採取した2枚で前記(図-2)のようにして求めた。丸太の断面積は, 末口直径から算出した。

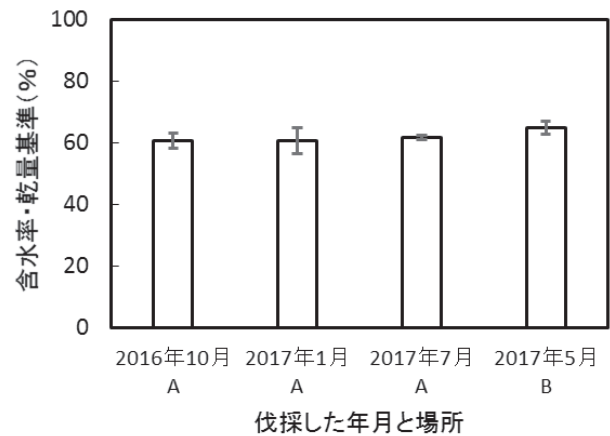


図-3. 伐採したクスギの時期毎の生材含水率
※平均値±標準偏差。伐採時期や場所の違いによる生材含水率に有意差なし。

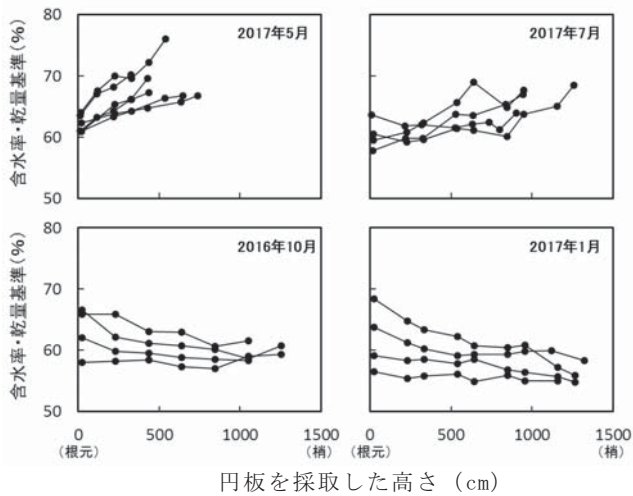


図-4. 樹高方向の生材含水率分布

※2017年1月伐採分のうち1本は腐朽部が確認されたためデータを除外した。

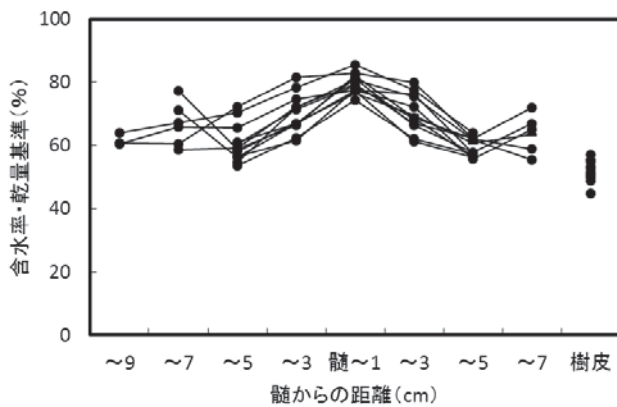


図-5. 丸太断面内の生材含水率分布

2. 乾燥速度

クスギ丸太が含水率50%になるまでの天然乾燥速度を図-6に示す。2m材では10月, 1月, 5月, 7月の乾燥速度は, それぞれ0.23%/日, 0.20%/日, 0.60%/日, 1.13%/日であった。1m材では1月, 5月, 7月の乾燥速度は0.25%/日, 1.10%/

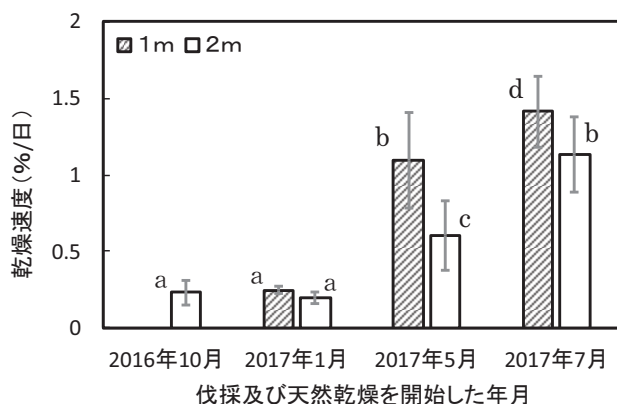


図-6. クスギ丸太が含水率50%になるまでの天然乾燥速度
※平均値±標準偏差。異なる文字間に有意差あり。
Tukey-Kramer法($p < 0.05$)

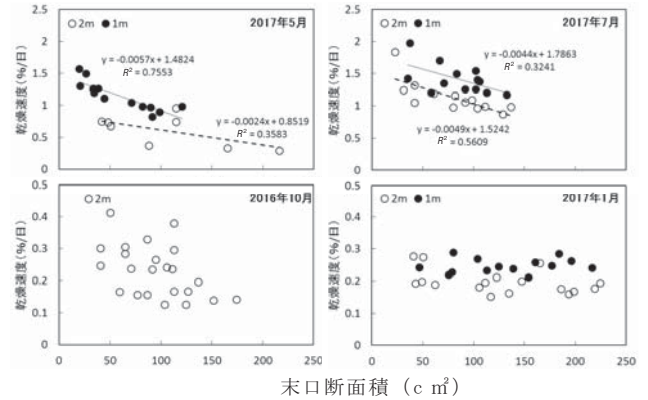


図-7. 末口断面積と含水率50%までの天然乾燥速度の関係

日, 1.41%/日であった。2m材は1月, 10月, 5月, 7月の順に, 1m材は1月, 5月, 7月の順に乾燥速度が速くなった。同じ長さである場合, 乾燥速度は乾燥時期により大きく異なった。同時期に乾燥させたものでは, 1m材が2m材より乾燥速度が速くなった。本研究の結果からクスギ材の乾燥速度を速くするためには, 丸太の長さを短く, かつ乾燥させる時期を考慮する必要がある。末口断面積と含水率50%までの天然乾燥速度には(図-7), 10月, 1月では明確な関係はみられなかった。5月, 7月では負の相関関係があり, 回帰式から断面積が同じ場合では, 丸太の長さが短い方が乾燥速度が速くなる傾向がみられた。これらのことから, 乾燥速度は乾燥時期により, 丸太の長さや断面積などの丸太の大きさの影響を受けることが示唆された。

3. 乾燥後の丸太内の含水率分布

乾燥後の丸太長さ方向の含水率分布を図-8に示す。含水率は, 丸太の両端から採取した円板で16.7%~34.7%と低く, その内側の円板の含水率は大きな変動はみられなかった。乾燥後の丸太断面内の含水率分布は(図-9), 髓を含む部分が49.7%~71.8%(平均60.7%), その外側の部分が22.6%~67.3%(平均42.2%), 樹皮が15.6%~33.5%(平均18.8%)であった。髓を含む部分が断面内で高い値を示し, 髓から樹皮側に向けて徐々に低くなっていった。断面内における含水率の最大値と最小値の差は生材時が22.0%であったのに対し, 乾燥後が30.6%であり, 有意な差がみられた(図-10)。本研究では, 心材と辺材を区分して試験は行わなかったが, 本田らの伐採直後の辺材の含水率は心材より低く, 乾燥が進行するに従いこの傾向が強くなったとする報告(2)と同様に, 乾燥後は断面内における水分傾斜が大きくなっていった。

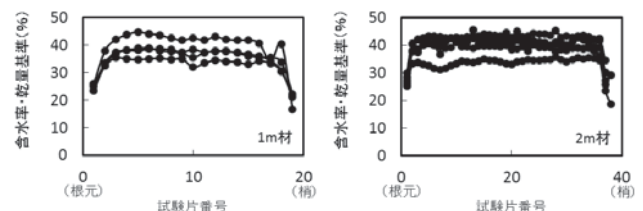


図-8. 乾燥後の丸太長さ方向の含水率分布

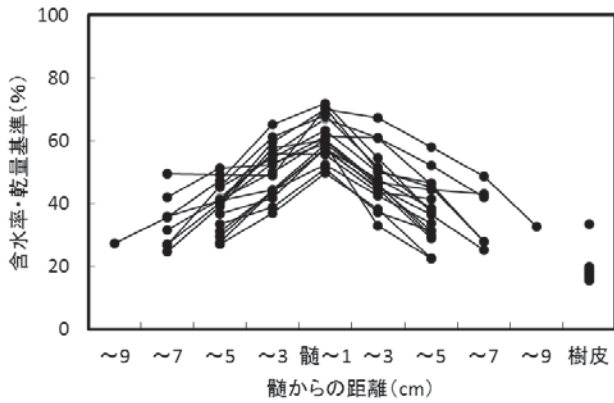


図-9. 乾燥後の丸太断面内の含水率分布

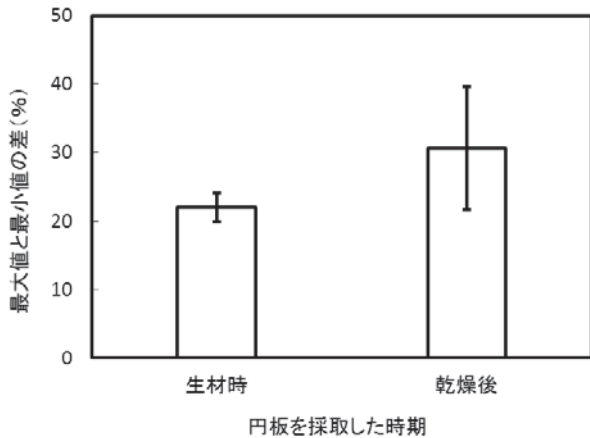


図-10. 丸太断面内における含水率の最大値と最小値の差
※平均値±標準偏差。t検定(p<0.01)

4. 丸太生材含水率と含水率50%までの天然乾燥日数

丸太生材含水率と含水率50%までの天然乾燥日数の関係を図-11に示す。乾燥日数は、1m材では、最小は8日(7月乾燥)、最大は54日(1月乾燥)であった。2m材は、最小は8日(7月乾燥)、最大は127日(10月乾燥)であった。10月、1月では、1m材、2m材とも生材含水率と乾燥日数には強い正の相関関係がみられたが、5月、7月では明確な関係はみられなかった。図-6、図-7で示したように、10月、1月では、同時期に乾燥し、長さが同じであれば50%までの乾燥速度の差が小さいため、生材含水率の違いが乾燥日数に影響を及ぼしていると考えられる。一方、5月、7月では、長さが同じであっても、気象条件が変わることにより、末口断面積等の他の要因が作用し、それぞれの丸太の乾燥速度の差が大きくなり、生材含水率の違いが乾燥日数に影響しなかったと考えられる。

IV. おわりに

本研究の結果、クヌギは伐採時期や伐採場所が異なっても生材含水率に差はみられなかった。クヌギの乾燥速度は、同じ長さの

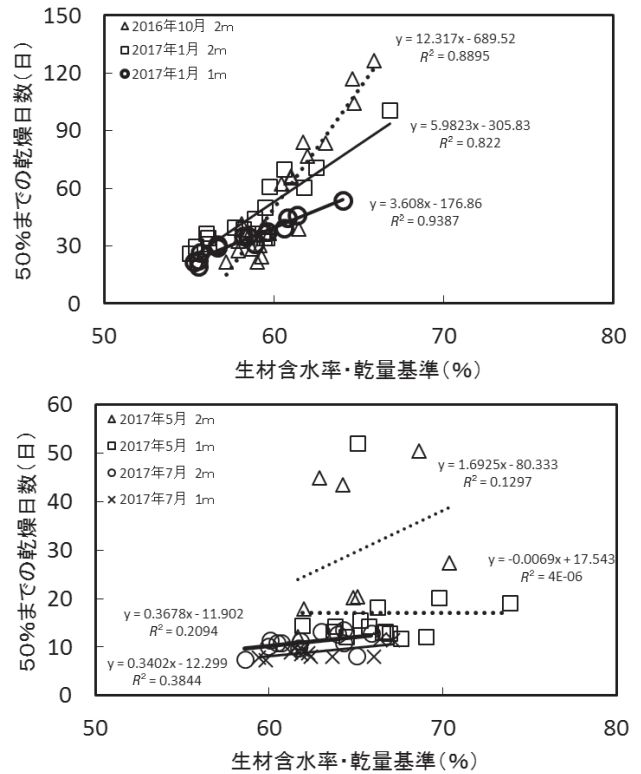


図-11. 丸太生材含水率と含水率50%までの天然乾燥日数の関係

丸太では、乾燥時期により異なることが明らかになった。同時期に乾燥させた場合、丸太の長さが短い方が乾燥速度は速くなるということが明らかになった。ただし、本研究に用いたクヌギ材は、当センター内に植栽されていたものであったため、今後は、長崎県内の林地に植栽されたクヌギを用いて生材含水率に地域間による差異がないか調査する必要がある。また、現場では、クヌギ丸太をはい積みして乾燥させると考えられるため、はい積みしたときの乾燥速度についても併せて調査する必要がある。

引用文献

- (1) 濱地秀展ほか(2010)九州森林研究 63: 191-194
- (2) 本田耕吉ほか(1981)鳥大演報 13: 49-57
- (3) 市原孝志ほか(2009)日林誌 91: 192-200
- (4) 片桐幸彦ほか(2016)日本木材学会大会研究発表要旨集 66: 184
- (5) 河津 渉ほか(2010)九州森林研究 63: 139-142
- (6) 前田あやのほか(2017)信州大学農学部 AFC 報告 15: 21-26
- (7) 長崎県農林部林政課・森林整備室(2017)平成27年度長崎県の森林・林業統計: 10-11
- (8) 森林総合研究所監修(2004)木材工業ハンドブック改訂第4版, 1042 pp, 丸善

(2017年11月10日受付; 2018年1月25日受理)