

木材工業 61, 395-398 (2006)

トドマツ水食い材の振動特性の含水率依存性

大崎 久司

久保島吉貴*¹

外崎真理雄*¹

Dependence of Vibrational Properties of Wetwood of Todomatsu on Moisture Contents

Hisashi OHSAKI

Yoshitaka KUBOJIMA

Mario TONOSAKI

Dependences of vibrational properties of wetwood of Todomatsu (*Abies sachalinensis* Mast.) on moisture content were compared to those of normal part whose moisture content was not so high. Specimens were cut from the wetwood and normal part, and matched in the R-direction. After oven-dried at 105°C, a free-free vibration test was conducted at room temperature and various relative humidity conditions. Changes in moisture content with relative humidity of the wetwood were similar to that of the normal part. There were no serious differences of changes in vibrational properties between the wetwood and normal part.

Key words: wetwood, *Abies sachalinensis* Mast., vibrational properties, moisture content
水食い材, トドマツ, 振動特性, 含水率

北海道産トドマツの水食い部および隣接する正常部について振動特性の含水率依存性を比較検討した。試験体寸法は180 (L) × 25 (R) × 10 (T) mmとし、R方向にマッチングさせて作製した。105°Cで全乾後、20°C、相対湿度0-98%の条件で調湿し、振動試験を行った。その結果、含水率変化および比ヤング率、損失正接の全乾状態との比の値の変化は、水食い部と正常部で大きな差は認められなかった。

1. はじめに

トドマツはエゾマツおよびカラマツと共に北海道の代表的な造林樹種であり、特に昭和30年代後半から多量に造林された結果、現在では北海道の人工林面積の半分を占める森林資源となっている¹⁾。今後大量に生産されることが予想されるトドマツ人工林

材の利用拡大を図ることは大きな課題である。

トドマツ丸太には林分のほぼ20%、場合によっては40%近くもの高い割合で「水食い」と呼ばれる含水率が高い材が出現し²⁾、この高含水率部分は乾燥処理に悪影響を及ぼす。水食い部を含む材(水食い材)を乾燥すると、水食い部は乾燥が不十分となる

恐れがあり、養生期間中および仕上げ加工後に狂いや割れが生じるので、クレームの原因となる場合がある。よって、顕著な水食い部は製材後、乾燥前に除去されることがあり、歩留まりの低下につながる。

これらを克服するためにはまず、トドマツ乾燥材、特に乾燥処理後の水食い部の強度や収縮率などの基礎的物性の含水率依存性を、正常部と比較しながら十分に把握しなければならない。これまでにトドマツ材の強度特性に関する研究³⁻⁵⁾や養生期間中の含水率、寸法変化に関する研究^{6,7)}は存在するが、上述の目的のためには強度に関係する物性を同一試験体を用いて含水率を変化させながら追跡する必要がある。

弾性および粘弾性は強度特性に密接に関わり、かつ非破壊的に測定することができる。そこで本研究では、トドマツ水食い部を様々な相対湿度で調湿し振動試験によって弾性および粘弾性を測定し、正常部（水食いのない部分）との比較を試みた。

2. 実験

2.1 試験体

北海道産トドマツ (*Abies sachalinensis* Mast.) より 180mm (L方向) × 25mm (R方向) × 10mm (T方向) の寸法の試験体を互いに隣接する水食い部と正常部から5組作製した。肉眼により生材状態で材色の濃い箇所を水食い部と判定した。水食いの出現状況の特徴から、L方向およびT方向のマッチング材は採取できなかったため、R方向のみにマッチングした。本報の試験体においては、水食い部は正常部よりも髓側に位置していた。全乾状態で平均年輪幅 (=幅/年輪数) は水食い部で平均値3.01mm、標準偏差0.40mm、正常部で平均値1.95mm、標準偏差0.35mmであった。

2.2 振動試験

弾性的ならびに粘弾性的性質を比較するために、両端自由たわみ振動試験を行ってヤング率と損失正接を求めた。試験体を1次の共振モードの節の位置で細糸でつるし、木製ハンマーで中央部を軽く打撃し、厚さ方向に振動させた。試験体の一端にマイクロホンを設置し、音圧を検出した。信号をバンドパスフィルタを通してFFTアナライザに入力し、自由

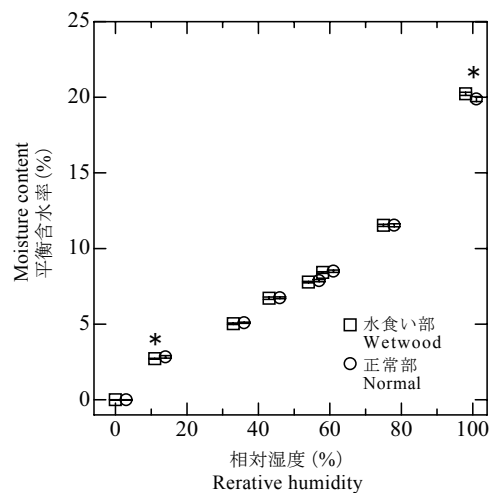
振動曲線を得た。ヤング率はEuler-Bernoulliの初等理論から計算し、損失正接は振幅の比から対数減衰率を計算し、 π で割って求めた。

試験体は105℃の電気炉で全乾にし、デシケータを用いて所定の飽和塩水溶液の水蒸気中で調湿後、振動試験を行った。振動試験は試験体をデシケータから取り出して温度20℃、相対湿度65%の恒温恒湿室中で速やかに行った。振動試験に要した時間は約1分で、振動試験前後の含水率変化は0.10ポイントであった。従って振動試験中の含水率変化の影響は小さいと考えられる。

3. 結果と考察

第1図に試験体の相対湿度の変化に伴う平衡含水率の変化を示す。見やすくするために正常部の平衡含水率は設定相対湿度より3ポイント高い値にずらしてプロットした。水食い部、正常部ともに同様の変化を示した。t検定によって平均値を検定すると、設定相対湿度11%と98%の場合に有意差が生じたが、全体の傾向を見るとほとんど差がないと考えられる。

第2～5図に含水率の変化に伴う密度、ヤング率、比ヤング率および損失正接の変化を示す。横軸の含



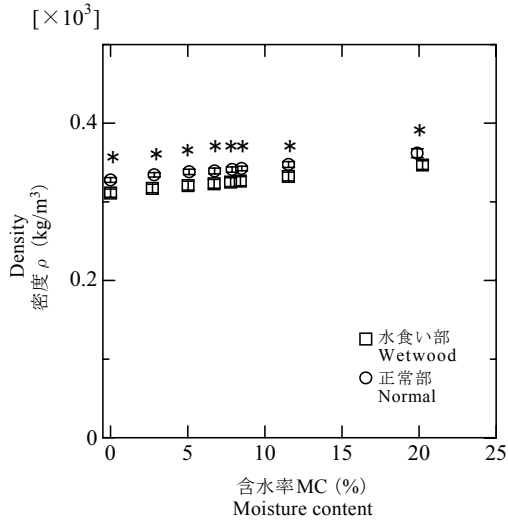
第1図 相対湿度に対する含水率の変化

Fig. 1. Changes in the moisture content with the relative humidity.

注) 正常部は設定相対湿度より3ポイント高い値に対してプロットした。エラーバー：標準偏差，*：t検定（5%水準）で有意差あり。

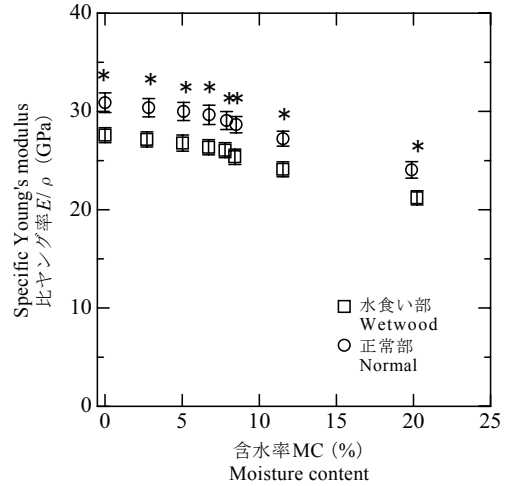
Note) The results of the normal part were plotted to +3% to avoid overlapping of the plots.

Error bars: Standard deviation, *: Difference at 5% significant level.



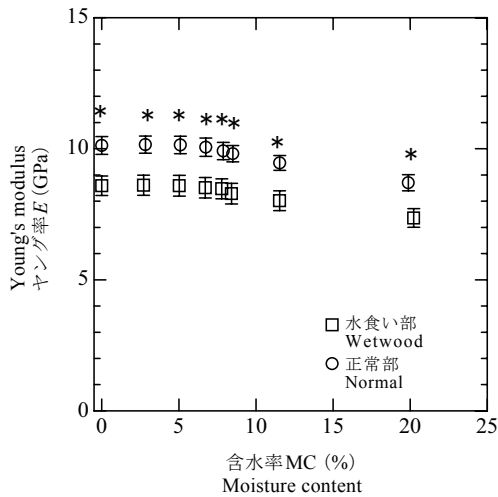
第2図 含水率に対する密度の変化
Fig. 2. Changes in the density with the moisture content.

注) エラーバー: 標準偏差, *: t検定 (5%水準) で有意差あり。
Note) Error bars: Standard deviation, *: Difference at 5% significant level.



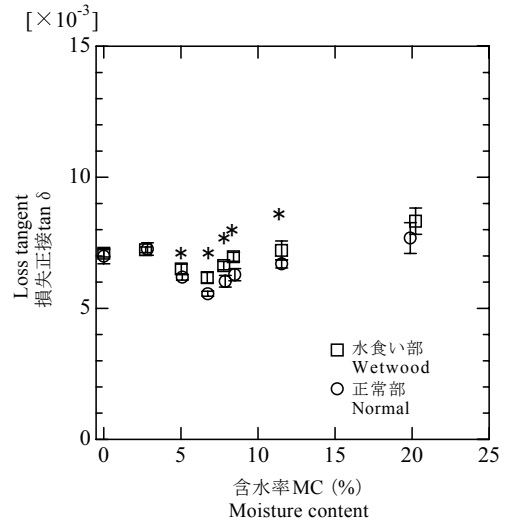
第4図 含水率に対する比ヤング率の変化
Fig. 4. Changes in the specific Young's modulus with the moisture content.

注) エラーバー, *: 第2図参照
Note) Error bars, *: Refer to Fig. 2.



第3図 含水率に対するヤング率の変化
Fig. 3. Changes in the Young's modulus with the moisture content.

注) エラーバー, *: 第2図参照
Note) Error bars, *: Refer to Fig. 2.



第5図 含水率に対する損失正接の変化
Fig. 5. Changes in the loss tangent with the moisture content.

注) エラーバー, *: 第2図参照
Note) Error bars, *: Refer to Fig. 2.

含水率は各設定相対湿度における水食い部, 正常部それぞれの平均値である。

密度, ヤング率, 比ヤング率および損失正接の変化の傾向は水食い部と正常部で同様であった。含水率が増加するに従いヤング率が小さくなった点は既往の研究⁸⁾と同様であった。また, 損失正接が含水率約5-10%で最小値を持ち, その後増大した点も既往の研究⁹⁾と同様な傾向であった。損失正接の含水

率依存性に関しては以下のように説明されている。すなわち, 全乾状態では分子鎖が乾燥過程でのマイクロフィブリルとマトリクスの収縮の差のために不規則に屈曲していて, この状態に水素結合を切断しながら水分子が入ると, 不規則な屈曲が減少するために損失正接が含水率約5%までは減少する。更に含水率が上昇すると分子の凝集力が低下し, 分子の運動が容易となって損失正接が増大する^{10,11)}。今回も

このメカニズムがあてはまると考えられる。

t検定により、水食い部の方が正常部より密度、ヤング率および比ヤング率が小さく、損失正接が大きと言える。上述のように、水食い部と正常部で各相対湿度における平衡含水率に差が見られなかったため、水食い部と正常部の材質そのものに違いがなければ、振動特性の含水率依存性も水食い部と正常部で同一になると推測されるが、そのような傾向にはならなかった。これがR方向にマッチングしたことによるため、すなわち、年輪幅の影響¹²⁾なのか、水分に対する性質そのものが水食い部と正常部で異なることに起因するのかを検討するために、各含水率の比ヤング率と損失正接について、それぞれの全乾状態での値に対する比をとって検討した。

第6図に含水率の変化に伴う比ヤング率の比の変化を、第7図に損失正接の比の変化をそれぞれ示す。横軸は第2～5図と同様である。同じ相対湿度条件での平均値を水食い部と正常部でt検定したところ、一部有意差が認められたが、全体的傾向をとらえれば大差無しと考えられる。

従って、本実験ではマッチングの際の試験体採取位置の影響は存在したものの、弾性および粘弾性の水分に対する性質は水食い部と正常部で差は少ないと考えられる。このことから、水食い部も適切に乾

燥すれば、養生中および仕上げ加工後に含水率が変化した際の物性挙動は正常部とほぼ同様になると推測される。

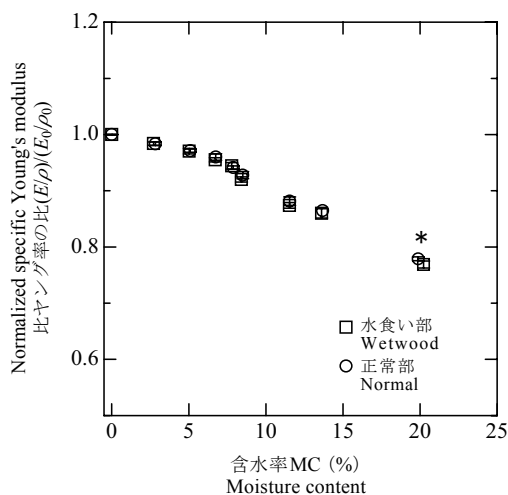
4. 結論

北海道産トドマツの水食い部および隣接する正常部について振動特性の含水率依存性を比較検討した。そして、以下の結果を得た。

- 1) 相対湿度の変化による平衡含水率の変化傾向は水食い部、正常部とも同様であった。
- 2) マッチングの際の試験体採取位置の影響は存在したものの、振動特性の水分変動に対する変化傾向は水食い部と正常部で差は少ないと考えられた。
- 3) 従って、水食い部も適切に乾燥すれば、その後の含水率変化に対する物性挙動は正常部とほぼ同様で、使用上、力学的性質に問題があることはないと推測された。

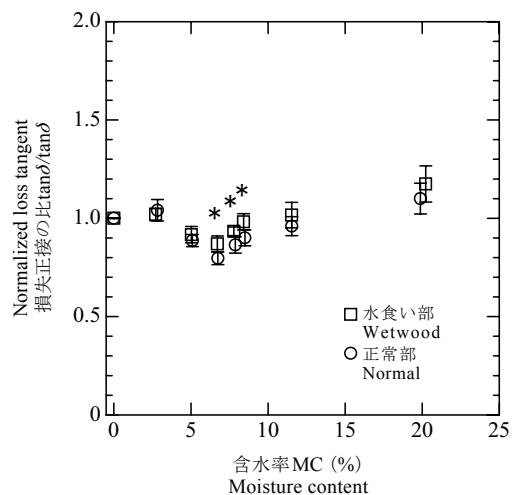
文 献

- 1) 北海道水産林務部：“平成16年度北海道森林づくりの動向”，2005，p.159.
- 2) 松井崇史，田保史明，斎藤秀之，渋谷正人，高橋邦秀：第114回日本林学会大会学術講演集，2003，p.664.



第6図 比ヤング率の比
Fig. 6. Changes in the normalized specific Young's modulus.

注) 全乾状態を1とした。エラーバー，*は第2図参照
Note) The values were calculated based on the values measured after oven-drying at 105°C. Error bars, *: Refer to Fig. 2.



第7図 損失正接の比
Fig. 7. Changes in the normalized loss tangent.

注) 全乾状態を1とした。エラーバー，*は第2図参照
Note) The ratios were calculated based on the values measured after oven-drying at 105°C before the heating test. Error bars, *: Refer to Fig. 2.

- 3) 北村義重：北海道林業試験場時報 **27**, 1-19 (1941).
- 4) 滝沢忠昭, 川口信隆, 高橋政治, 山本宏：林産試験場月報 294号, 6-11 (1976).
- 5) 吉本昌朗, 信田聡：東京大学農学部演習林報告 106号, 91-139 (2001).
- 6) 近藤佳秀, 中畠厚：林産試験場報 **18**(3), 16-22 (2004).
- 7) 信田聡, 千葉宗昭, 奈良直哉：林産試験場月報 403号, 10-16 (1985).
- 8) H. Carrington: *The Aeronautical Journal* **26**, 462-471 (1922).
- 9) W. L. James: *Forest Products Journal* **11**(9), 383-390 (1961).
- 10) 則元京, 山田正：木材研究 第38号, 32-39 (1966).
- 11) 則元京：平成6年度日本木材学会レオロジー研究会講演要旨集, 1994, pp.3-13.
- 12) 久保島吉貴, 岡野健, 太田正光：木材学会誌 **43**(8), 634-641 (1997).

—技術部 製材乾燥科—

— *1 : (独) 森林総合研究所 —