

針葉樹横断面の細胞収縮挙動

琉球大学農学部 林 弘也・龍 游江

1. はじめに

木材を始めとする植物体は腐朽すること、可燃性であること、水分を吸脱着することなどの共通した性質を持っており、材料として欠点の一種と考えられている。特に水分の吸脱着は寸法の変化を伴うために材料としては重要視される。この分野では、素材の膨潤乾縮はかなり早くから研究され、異方性があること、容積密度依存性、吸脱着のヒステリシスがあること等の特性が明らかにされている。しかしこれらの性質は樹種や個々の材により変動することも知られており、変動係数が工業製品に比較して大きい材料として取り扱われている。一方で変動の原因因子を解明しようとする相互の膨潤乾縮率の変動¹⁾、基準長に含まれる細胞壁数の影響²⁾などが報告されている。このことはほぼ同じ形状の細胞群と形状の異なった細胞が混在する群との膨潤乾縮に差異がある事実を示している。

基準長に含まれる細胞壁数は材の平均的な数字である容積密度よりも収縮する細胞壁の実質量に影響され、言わば細胞壁率に影響されることを示している。容積密度を細胞壁率により近い形に置き換えたものとも考えられる。

しかし木材の膨潤乾縮はどの事項を基準にしてもある程度のばらつきは避けられず、影響因子を十分に説明したとはいえない。構成細胞により一層準拠した説明が必要であろうと考えられる。

本研究は上述した諸点を考慮して、木材の基本的構成構造である細胞の膨潤乾縮に焦点を絞り、その影響因子を解析することとした。解析は比較的細胞形状の均質な針葉樹材を対象に、細胞自体に基づいた膨潤乾縮データの解析から細胞の膨潤乾縮に影響する因子を検討した。

2. 実験材料および実験方法

供試材はニュージーランドパイン (*Pinus radiata*) 材である。材に含まれる成長輪数は20であった。平均気乾容積密度は0.482であった。

試験材は放射方向に15、接戦方向に10mm、繊維軸方向に20mmのブロックを丸太の辺材部、心材部から各20個切り出した。ブロックは40℃の温水で、約240時間処理し、飽水状態にした。ブロックは軸方向の上方約10mmの部分を接戦方向約7mm、放射方向約7mmの横断面が得られるように切り落とし、横断面切片をこの部分から採取し、下方約10mmの連続した部分を切片化するときのマイクロームへの固定用に使用した。

上記ブロックから厚さ約20~30 μmの横断面切片をマイクロームで切り出し、乾縮量測定用の試験片を作成した。試験片はナイフで早材、晩材の薄片に切断した切片である。

試験片はまず飽水状態にするため水中に保存し、その後スライドガラスにポリビニールフィルムで簡易封入し、飽水状態の試験片とした。全乾状態の試験片はアルコール系列(40, 60, 80, 90, 95, 100%)で脱水し、イマージョンオイルに15分間浸漬した後スライドガラスにカバーガラスで封入した。これを全乾状態の試験片とした。本実験の乾縮率は飽水時の寸法と全乾時の寸法の測定値から計算により求めた全乾縮率である。

細胞の計測項目は放射および接線壁厚、放射および接線方向内腔径および細胞内腔面積である。

放射および接線壁厚はそれぞれの壁6カ所を手動で測定し、平均値を求めた。放射および接線方向細胞内腔径は細胞の重心を通る細胞内腔径である。その他の項目は画像解析装置を用いて測定した。データはロータス1-2-3に入力した。

細胞の計測は図-1の模式図に示す装置を使用した。

表-1 細胞直径, 内腔面積変化率

	心材			晩材		
	切線方向	放射方向	内腔面積	切線方向	放射方向	内腔面積
1	0.0073	-0.035	0.112	-0.185	0.104	0.612
2	-0.069	-0.022	0.059	-0.079	-0.032	0.180
3	0.046	0.001	0.094	-0.106	0.020	0.329
4	0.034	-0.039	0.129	-0.093	0.014	0.458
5	0.034	-0.020	0.007	-0.123	-0.018	0.101
6	-0.006	-0.044	0.064	-0.115	-0.186	0.296
7	-0.117	-0.128	0.074	-0.088	0.056	0.282
8	-0.265	-0.204	-0.156	-0.015	-0.017	0.214
9	0.020	-0.283	0.091	-0.034	-0.264	0.374
10	-0.050	-0.049	0.013	-0.050	-0.050	0.083
平均	-0.036	-0.083	0.048	-0.081	-0.037	0.293

収縮率 負は収縮を表し, 正は膨脹を表す。



図-1 測定装置の模式図

3. 実験結果および考察

木材の乾縮率は測定対象木材の大きさや設定した材の条件により変動するが, 木材構造上で影響を受ける因子に早晩材がある。早晩材を含んだ材を基準にすると, 早材乾縮率は約50~60%に減少し, 一方晩材は収縮を阻害していることが確認される。また放射方向の収縮も同様の減少が確認されている。放射方向に対する接線方向の収縮は早晩材を含んだ材では1.5~1.9であるのに対して早材は2.0~6.4, 晩材は0.8~1.1の範囲にあり, 早材は接線方向の収縮が著しく大きく, 両者の収縮がほぼ等しい晩材と対照的である。この試験では放射組織を含んだ試験体によるデータであり, 細胞の構成を考慮していないが, これらのデータは細胞自体の影響があることを示唆している。

本研究では, 早材と晩材の仮道管を対象にして収縮状態を検討した。心材部の早晩材について仮道管の細胞壁と細胞内腔との寸法変化の例を表-1に示した。細胞壁は全ての細胞で収縮したが, 細胞内腔径は多くは拡大したが, 幾つかの細胞では収縮した。しかし細胞壁と内向の寸法変化量を合計した細胞の寸法は細胞壁の収縮が大きいために収縮する。内腔面積の測定値からも確認された。

細胞の形状は, t検定の有意差が心辺材および早晩材の細胞内腔径, 細胞壁厚に1%レベルの危険率で認められた。細胞の各収縮率は早晩材の細胞内腔径に1%レベルの危険率で有意差が認められたが, 細胞壁厚には有意差が認められなかった。このことは細胞壁は収縮するが全ての細胞について収縮率に差異がないので, 内腔の変化率が早晩材の収縮率の差異を生じることを表している。ニュージーランドパインの仮道管断面の辺数は早晩材間であまり差がなく, 平均では5角形であるが, 4から

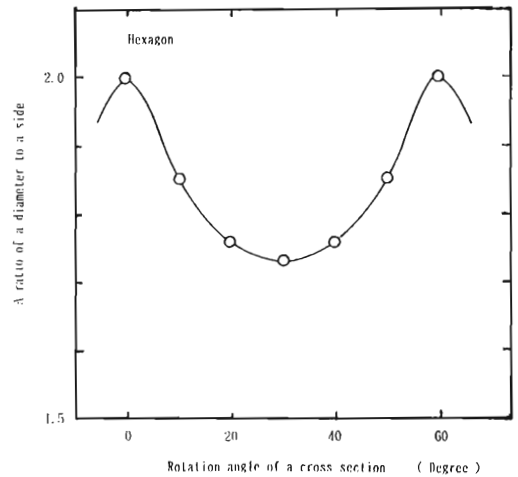


図-2 正六角形の傾斜角と接線径

7角形迄の範囲にある。Lewisの法則⁹⁾では, セル構造の多角形辺数が断面の面積比に比例することを示した。すなわち早晩材を構成する仮道管はそれぞれの材内で大きさ, 断面積に差異があること, 断面形が異なることが認められる。植物体はEulerの法則⁹⁾が成立するので, 理想的な断面形は六角形となる。正六角形が材の接線方向に平行に配置されていると仮定した接線径と傾斜したあときの接線方向径を計算した結果を図-2に示した。細胞の配置が接線方向に対し傾斜したとき細胞壁の収縮が接線径の寸法変化に影響する度合いを示している。前述した因子のほかに細胞の配置方向の影響を暗示している。

4. 結論

早材, 晩材のブロックの収縮率は木材の収縮過程で相互に影響し合っていることを示し, それぞれの材内では構成要素相互の影響は早材と晩材では影響度合いが異なっていることを推定できた。細胞自体の乾縮を乾縮率, 乾縮量の面から検討した。

細胞の乾縮は細胞の辺数, 接線方向に対する傾斜配置状態等に影響される。

引用文献

- (1) Kato, H., K. Nakato: Bull. Kyoto Univ. For., No.40, 284~292, 1968
- (2) Newlin, J. A.: Holz als Roh-und Werk., 22, 255~258, 1964
- (3) 大塚正久訳. セル構造体 pp.42, 内田老鶴圃, 東京, 1993
- (4) Pentony, R. E.: J. For. Prod. Res. Soc., 3(2), 27~32, 1953
- (5) Quirk, J. T.: Wood Sci., 8, 88~91, 1975
- (6) River, N., A. Lessowshi: J. Phys. A15, L143, 1982