

圧密化木材の物性に関する研究

(1) スギの早材と晩材の違いについて

Study on properties of compression wood

(1) Difference between early wood and late wood of Sugi

廣 瀬 孝*

Takashi HIROSE*

要 旨

スギの圧密化前後における早材および晩材の硬さや結晶化度等の物性を調べ、比較検討した。その結果、硬さは圧密化によって早材の方が晩材よりも高くなる割合が大きかった。また、結晶化度も早材の方が晩材よりも高くなる割合が大きく、これらは圧密化前の密度やセルロース量等が関係していると考えられた。

キーワード：スギ，早材，晩材，圧密化，結晶化度。

緒 言

スギのような軟質材は、強度を向上させ、その用途を拡大するためには、圧密化が有効¹⁾とされている。青森県は農林水産業を基幹としており、スギなどの間伐材や林地残材等のバイオマス資源を多く有するが、それを原料とした高付加価値製品の開発が進んでいないことから、依然としてその利活用が進んでいないと考えられる。

宇高らは、スギを密閉加熱処理および熱圧縮処理し、結晶化度や外吸収スペクトルを調べ、セルロースの結晶構造の変化と圧縮変形の回復抑制効果との関係を調べた。その結果、結晶構造の変化との間に直接的な関係を見出すことができなかったと報告している¹⁾。また山田らは、木材の早材および晩材の密度や引張強度等を調べた結果、密度は3倍程度、強度は5倍程度異なることを報告している²⁾。

上記した通り、結晶構造との関係が見出せなかった一因として、木材は単一の構造ではないことが推察され、圧密化した木材の結晶化度等を調べる場合、早材や晩材を分けて測定する必要があると考えられる。

本稿では、スギの圧密化前後の早材および晩材の硬さや結晶化度等の物性を評価し、それぞれを比較検討した。

実験方法

2.1 圧密化木材の作製

供試材料として、スギ (*Cryptomeria japonica* D.DON) を用い、圧密化前の厚さを33mm、圧密化後の目標厚さを100mm、密度を1.0 g/cm³とした。圧密化は、木材圧縮装置 (名古屋木材社) を用いて、軟化・圧縮・脱気等の工程を経て行った。

2.2 試験方法

密度の測定は、JISZ2101に準じて行った。寸法はノギスを用いて測定した。また重量は、圧密化前後の試料を105°Cにて全乾状態になるまで乾燥器にて乾燥し、デシケータ内で室温になるまで放置後、天秤を用いて測定した。比表面積の測定は、比表面積 / 細孔分布測定装置 (日本ベル社製、BELSORP-mini) を用いて算出した。試料は丸鋸昇降盤で切断した後の粉末を回収し、250°C、5時間脱気後に-196°Cでの窒素吸脱着等温線を測定、BET法により比表面積: S_N (m²/g) を求めた。

硬さの測定は、デュロメータを用いて圧密化前後のスギは早材および晩材部を、異なる3ヶ所の結果の平均より求めた。また圧縮面の画像の撮影は、レーザー顕微鏡 (オリンパス社製、OLS4000) を用いた。色

* 弘前大学教育学部技術教育講座

* Department of Technology Education, Faculty of Education, Hirosaki University

差の測定は、色差計（コニカミノルタ社製，CR-10）を用い、圧密化前後の早材および晩材部の異なる3ヶ所の結果の平均より求めた。X線回折は、X線回折装置（ブルカー社製，D8 ADVANCE）を用い、圧密化前後の早材および晩材部を回折角（ 2θ ） $5^\circ\sim 50^\circ$ の範囲で測定し、プロファイリング法にて計算、異なる3ヶ所の結果の平均より求めた。FTIR解析は、顕微フーリエ変換赤外分光光度計（パーキンエルマー社製，Spotlight200）を用い、圧密化前後のズギは早材および晩材部を異なる3ヶ所の結果の平均より求めた。

結果および考察

図1に圧密化前後の密度を示した。密度は圧密化前が 0.33 g/cm^3 であったのに対して、圧密化後が 1.00 g/cm^3 となった。目標の密度を 1.0 g/cm^3 程度を設定したが、おおむね目標通りに作製することができた。図2に圧密化前後の比表面積を示した。圧密化後の方が圧密化前よりも小さくなった。図1において圧密化後の密度が約3倍となったため、圧密による圧縮等によって比表面積は減少すると予測していたが、0.76倍程度の減少であり、密度の差ほどの大きな違いは確認されなかった。

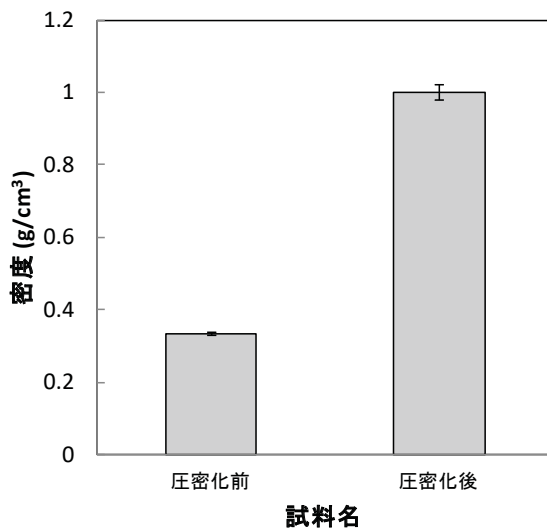


図1 圧密化前後の密度

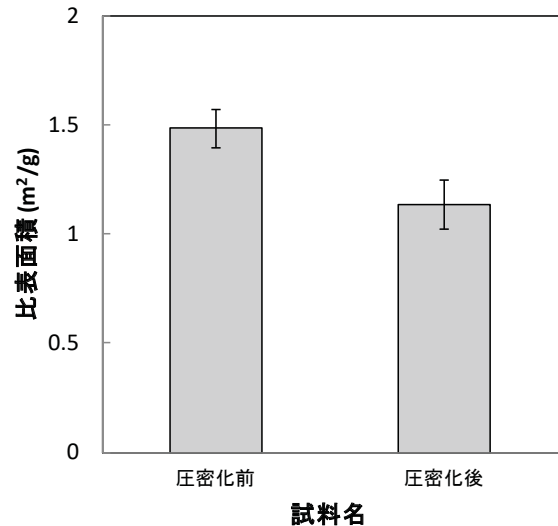


図2 圧密前後の比表面積

図3に圧密化前後の早材と晩材の硬さを示した。圧密化前の早材と晩材において、硬さは3.2倍異なることが分かった。既往の研究において山田は、引張強度は晩材の方が早材よりも3倍程度大きいこと²⁾、また、今山は、密度は早材が 0.32 g/cm^3 、晩材が 0.79 g/cm^3 と2.4倍の違いがある³⁾ことを報告している。密度以外に強度の違いを示す要因がある可能性はあるが、密度の違いが硬さに反映していることが示唆された。また圧密化後の硬さは圧密化前と比較して早材は3.6倍、晩材は1.3倍となった。圧密化によって主に早材が大きく収縮し、高密度化されたこと等が要因と考えられた。

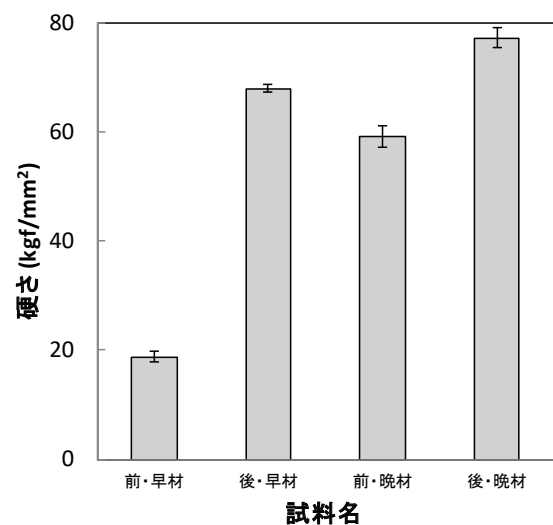


図3 圧密前後の早材と晩材の硬さ

図4に圧密化前後の早材と晩材のレーザー顕微鏡写真を示した。早材、晩材ともに圧密化によって表面状態が平滑になっていることが分かった。

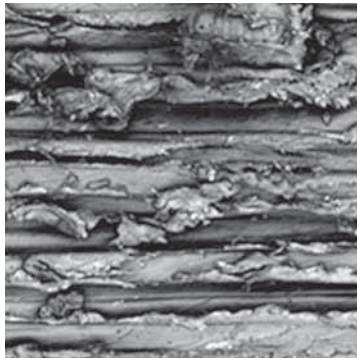


図4 a 圧密化前の早材



図4 b 圧密化後の早材

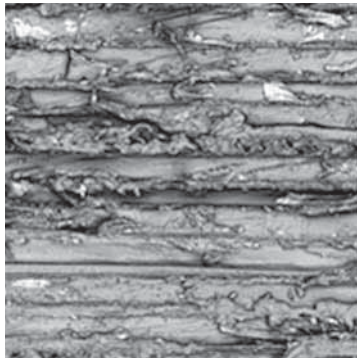


図4 c 圧密化前の晩材

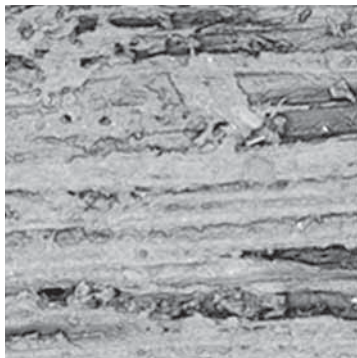


図4 d 圧密化後の晩材

図5に圧密化前後の早材と晩材の色差を示した。早材と晩材では、Lが早材、aとbは晩材の方が高いことが分かった。また圧密化によって、早材、晩材ともにLが減少し、aが増加、bが減少する結果となった。このことより、圧密化によって明るさが減少し、赤身・黄身が増加することが分かった。

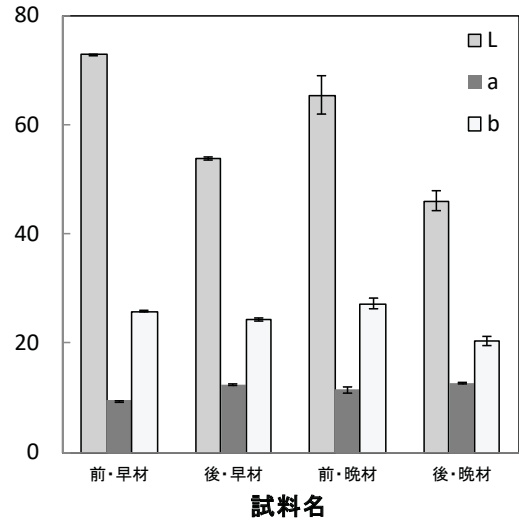


図5 圧密化前後の早材と晩材の色差

図6にX回折を行った場所をレーザーにて示した。本稿で用いたX線回折装置はレーザーの照射位置によって測定する位置を把握することができ、圧密化前後の早材、晩材を的確に測定することができたと考えられる。図7に圧密化前後の早材と晩材の結晶化度を示した。結晶化度は早材よりも晩材の方が大きく、これはセルロース量が多いため²⁾と考えられた。また圧密化によってどちらも大きくなった。

	早材	晩材
圧密化前		
圧密化後		

図6 圧密化前後の早材と晩材のX線回折の位置

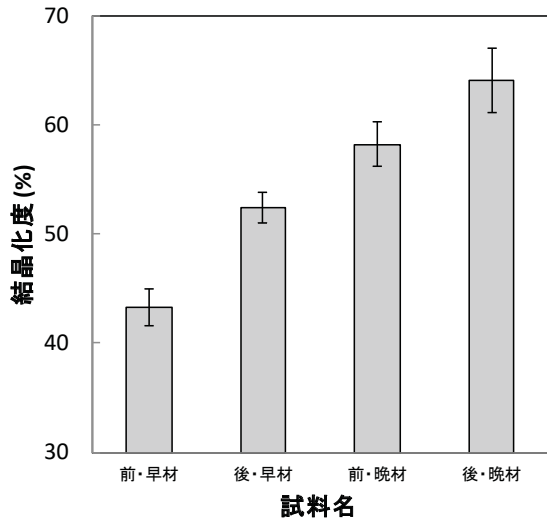


図7 圧密化前後の早材と晩材の結晶化度

図8に FTIRスペクトルを示した。圧密化前後および早材・晩材でほとんど同じ曲線を示したが、圧密化前後で 3000cm^{-1} 付近にある OH基⁴⁾の違いのあることが分かった。これより図7、図8により圧密化されることで OH基の変化とともに結晶化されることが示唆された。

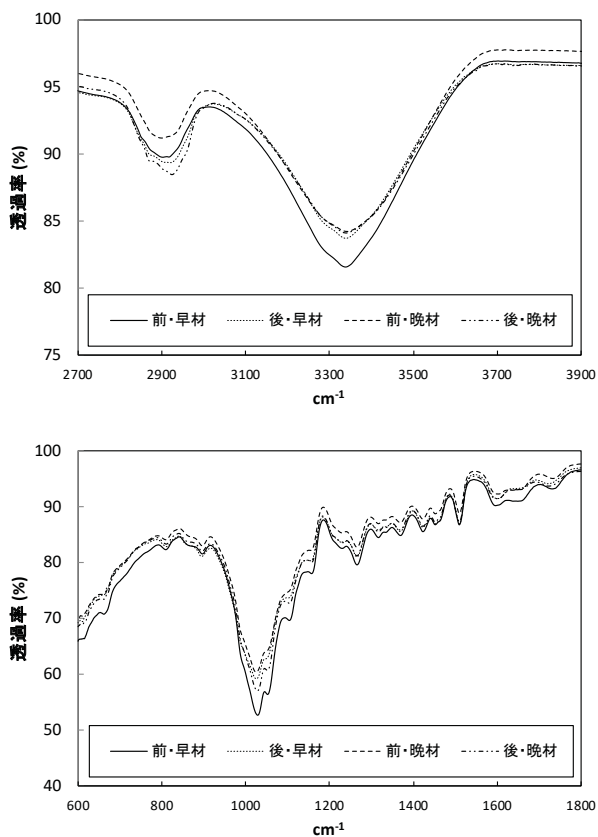


図8 圧密化前後の早材と晩材の FTIR 曲線

おわりに

スギの圧密化前後の早材および晩材の硬さや結晶化度等の物性を調べ、比較検討した結果、以下の知見が得られた。

- (1) 硬さは圧密化によって早材の方が晩材よりも大きくなる割合が高いことが分かった。これは圧密化前の密度が関係していると考えられる。
- (2) 結晶化度は圧密化によって早材の方が晩材よりも大きくなる割合が高いことが分かった。早材と晩材のセルロース量の違いが関係していると考えられた。

引用文献

- 1) 宇高英二, 吉野 毅: スギ材の圧密処理, 香川県産業技術センター研究報告, 7号, pp. 41-44, 2000
- 2) 山田 正: 木材 - 樹幹の材料設計を省みる, 木材研究資料, 7巻, pp. 64-78, 1973
- 3) 今山延洋: 木材の早, 晩材の疲れ強さ, 静岡大学教育学部研究報告, 31巻, pp. 81-85, 1981
- 4) 片岡 厚: 木材の組織構造を区別した赤外分光分析, 木材保存, 26巻, pp. 2-12, 2000

(2019. 1. 15 受理)