

氏 名	ひがし 東 原 貴 志
学位の種類	博 士 (農 学)
学位記番号	農 博 第 1395 号
学位授与の日付	平 成 16 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	農 学 研 究 科 森 林 科 学 専 攻
学位論文題目	水蒸気処理による圧縮木材の変形固定とその機構

論文調査委員 (主 査) 教授 則 元 京 教授 松 本 孝 芳 教授 川 井 秀 一

論 文 内 容 の 要 旨

水分を含んだ木材を横圧縮した後、変形を拘束して乾燥すると、変形は固定される。この変形は一時的なもので、水分と熱の作用によってそのほとんどが回復する。この変形を固定する方法の一つとして、高温の飽和水蒸気で処理することが効果的である。しかし、その機構については、明らかにされていない。本論文は、水蒸気処理過程における圧縮応力緩和測定、水蒸気処理材についての化学分析、膨潤薬剤を用いた変形回復の測定によって、水蒸気処理による木材の横圧縮変形固定の機構を明らかにしたものである。その内容は以下のとおりである。

種々の温度の飽和水蒸気存在下で、スギ材試料の放射方向に50%の圧縮変形を与えて応力緩和測定を行った。所定の時間後に除荷し、除荷直前に残存していた応力と試料を水で煮沸した後の変形回復量との間の関係を調べた。水蒸気処理の時間と温度が異なっても、残存応力と変形回復量との間の関係は、ほぼ1本の曲線で表された。その曲線は、特徴的な形を示し、水蒸気処理の時間と温度に依存して、木材に生じている構造変化が異なることが示された。

180℃の水蒸気で処理した試料について、化学分析と繊維方向の曲げ極度試験を行った。短時間の処理で、アルカリ可溶部の収率が著しく減少した。中性糖についての分析結果から、ヘミセルロースが溶脱していることが示された。成分変化と放射方向の圧縮応力-ひずみ測定および応力緩和測定、繊維方向の曲げ強度試験の関係を相互に比較すると、処理時間が10分前までの範囲では、変形回復度、残存応力、降伏値、曲げ破壊係数の低下傾向は、ヘミセルロースの収率低下の傾向とよく対応した。短時間の処理では、回復度の低下の主因がヘミセルロース鎖の切断によることが示された。

変形固定に対するセルロースの関与を検討するため、木綿糸とレーヨン糸に変形を与えて水蒸気処理を行った。処理によって変形は固定されたが、水に浸すと、レーヨン糸では変形のかかなりの部分が残存したが、木綿糸では変形がほとんど回復した。このことから、水蒸気処理後に認められた木綿糸の変形固定は、ドライグセットによる一時的なものであることが明らかとなった。木材セルロースは、木綿糸と同じくセルロースⅠの結晶型をもつことから、木材の変形固定に対するセルロースの関与は少ないことが明らかとなった。

水蒸気処理により変形を固定した試料を、木材を膨潤させる液体であるジメチルスルホキシド、ピリジン、4%水酸化ナトリウム水溶液に浸し、変形の回復を調べた。180℃で10~30分間水蒸気処理した試料では、熱水処理による変形の回復は小さかったが、膨潤液体による処理によって、変形は大きく回復した。

以上の結果から、飽和水蒸気処理によって木材の変形が固定される機構として、変形を回復させる復元力が、ヘミセルロースの分解や分子鎖切断に伴って低下することと、ヘミセルロースの溶出によって、リグニンに富む疎水性の凝集構造が形成されたことに基づくことを明らかにした。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

スギ材などの密度が比較的小さい軟質の木材の強度性能や表面物性を向上させる手段の一つとして、繊維に直交する方向

に圧縮して圧密化することが試みられている。しかし、圧縮した変形は、水分と熱の作用によってそのほとんどが回復する。与えた変形を回復しないように固定する方法の一つとして、高温の飽和水蒸気で処理することが効果的であるが、その機構については、解明されていない。本論文は、水蒸気処理したスギ材試料について、応力緩和測定、化学分析および強度試験を行い、さらに水や膨潤液体を用いて変形の回復を調べることによって、水蒸気処理によって圧縮変形が固定される機構を考察したものである。評価できる点は、以下のとおりである。

1. スギ材試料の放射方向に圧縮変形を与え、飽和水蒸気処理、乾燥状態での熱処理およびグリセリン中での加熱処理の過程で応力緩和測定を行い、所定の時間後に除荷し、除荷直前に残存していた応力と除荷後に試料を水で煮沸して求めた変形回復量との関係を求めている。その結果、処理の時間と温度が異なっても、残存応力と変形回復量との間の関係は、ほぼ1本の曲線で表されること、両者の関係は、水蒸気処理と熱処理で異なり、水蒸気処理とグリセリン中での加熱処理で類似することを明らかにしている。また、残存応力と変形回復量との間の関係は、特徴的な曲線を示し、水蒸気処理の時間と温度に依存して、木材に生じた構造変化が異なることを推察している。

2. 水蒸気処理および熱処理した試料について化学分析を行って、変形の回復や繊維方向の曲げ強度試験などの力学的な測定で得られた結果と比較している。水蒸気処理では、変形の回復量とヘミセルロース収率との間に、熱処理では、変形の回復量と α -セルロース収率との間に良好な対応関係が存在することを示している。また、水蒸気処理および熱処理した試料の強度性能は、変形が固定される処理条件の範囲では、大きく低下しないことを示している。さらに、水蒸気処理では、ヘミセルロースの分解や溶脱がみられ、それに伴って、リグニンに富む疎水性の構造が形成される可能性を示している。

3. 木綿糸とレーヨン糸について水蒸気処理し、変形の固定について調べている。水蒸気処理後に水に浸すと、レーヨン糸では変形のかなりの部分が回復しないが、木綿糸では変形のほとんどが回復することを示し、木綿糸と木材セルロースが同じセルロース I の結晶型をもつことから、セルロースが変形の固定に関与していないことを明らかにしている。

4. 水蒸気処理によって変形を固定した試料について、ジメチルスルホキシド、4%水酸化ナトリウム水溶液、ピリジンなど木材を膨潤させる液体に浸し、変形の回復について調べている。これらの液体に浸すことによって、変形が大きく回復することから、水蒸気処理によって、水分と熱の作用だけでは変形が回復しない機構は、ヘミセルロースの溶出によって形成されるリグニンに富む疎水性の凝集構造によることを示している。

以上のように、本論文は、高温の飽和水蒸気処理によって圧縮木材の変形が固定される機構を、応力緩和測定、化学分析、強度試験および水や膨潤液体を用いた変形回復の測定によって明らかにしたもので、木材物理学、木材加工学ならびに木材化学加工学の分野に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成16年2月13日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。