

水蒸気処理による木材の成形加工とその応用

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2014-04-01 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 伊藤, 洋一 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12099/2475

氏 名（国籍）	伊 藤 洋 一（北 海 道）
学 位 の 種 類	博士（農学）
学 位 記 番 号	農博甲第134号
学 位 授 与 年 月 日	平成10年9月11日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当
研 究 科 及 び 専 攻	連合農学研究科 生物資源科学専攻
研究指導を受けた大学	岐阜大学
学 位 論 文 題 目	水蒸気処理による木材の成形加工とその応用
審 査 委 員	主査 岐 阜 大 学 教 授 棚 橋 光 彦 副査 岐 阜 大 学 教 授 篠 田 善 彦 副査 静 岡 大 学 教 授 吉 田 彌 明 副査 信 州 大 学 教 授 唐 沢 傳 英

論 文 の 内 容 の 要 旨

近年、乱獲や酸性雨による森林の荒廃など世界の森林面積の激減にともなって高品質の木材資源の供給が次第に困難になりつつある。また、日本の林産資源は戦後の植林の成果もあって年々増加の傾向にあるが、スギやヒノキ等の建築用材がその中心である。したがってそれらの生産過程で除去される針葉樹間伐材の量は非常に多く、この有効利用法の開発はわが国の林業・林産業界の重要な課題である。スギ、ヒノキ等の針葉樹材は柱や天井材等の建築用材として多用されているもののその表面硬度が低いため、用途が限定されているし、またこれらの間伐材は小径木であり材質が柔らかく、湾曲しているため、材として殆ど利用できないのが現状である。軟質の針葉樹材の強化を図るため圧密化の研究が種々行われてきたが、これまでこの変形を永久に固定するための効果的な方法は見いだされていなかった。本研究は軟質材の改質を目的として、爆砕処理によるセルロース結晶構造の変化の研究をもとに、高圧水蒸気処理が木材の内部応力を除去し、新しい形状を記憶できる可能性のあることに着目して研究を開始し、高圧水蒸気による木材の圧縮成形加工法を開発した。また、その形状固定化のメカニズムについて新たな仮説を提案するとともに、この形状固定技術を利用した種々の圧縮成形加工や曲げ加工への応用について研究したものである。

まず第1章において、木材を高圧水蒸気中で圧縮成形する加工装置の開発をおこない、木材の軟化と、油圧プレスによる圧縮成形、およびその変形の固定を同じ装置内で高圧水蒸気処理しながら一連の操作で加工することを可能にした。また、この装置を用いて間伐材丸太から非切削による成形角材を製造するために必要な木材の最適軟化条件および形状

固定化の条件を検討し、圧縮成形加工方法を確立した。この過程で、高圧水蒸気下における木材内部応力の変動を経時的に計測するための新しい応力センサーの開発を行うとともに、高温高圧条件下での木材の内部応力の変化を追跡し、180℃の高圧水蒸気処理によって変形によって生じた内部応力が順次緩和し、完全に除去されることを明らかにした。また、電子顕微鏡による細胞の変形挙動、吸水・乾燥の繰り返し試験に対する圧縮木材の形態安定性、成形角材の各部位における比重や表面硬さ、さらには木材腐朽菌に対する耐朽性などの材料特性について検討した。

第2章では、高圧水蒸気による圧縮成形木材の形状固定のメカニズムについて検討した。圧縮形状を固定された木材の水抽出とそれに続くジオキサン抽出により、ヘミセルロースおよびリグニンを順次抽出しても、各段階における形状の回復が起こらないこと、および、X線回折によるセルロース結晶化度が増加するとともに形状の固定化が進行することから、形状固定のメカニズムとしてセルロースの結晶変化に起因すると推定した。またこの推定の更なる根拠として、これまでの爆砕処理の研究から高圧水蒸気処理によってセルロースの結晶化度およびミセル幅が増大すること、さらには結晶形態の変化が生じることから、高圧水蒸気処理によって結晶の組み替えが起きることを引用して、圧縮木材の形状固定化の機構を論じるとともに、セルロースだけからなるレーヨン繊維を用いて固定化の実験を行い、セルロースが高圧水蒸気処理によって固定化できることを示し、木材の形状固定が材中のセルロースの結晶構造の変化に起因しているとの推定をより確実にした。

第3章は、高圧水蒸気処理による木材の加工方法を圧密化および曲げ木に対して実用化レベルで検討し、新しい着想によるフローリング材料、曲木部材の開発を行った。ここでは、実用化を視野に入れ、処理条件の検討を行うとともに、処理材の種々の物理的特性を評価し、圧縮木材の特性を明らかにした。特に、曲木部材への応用については、曲木加工に水蒸気処理を組み合わせ、曲木利用の最も重要な要素である形態安定化について評価するとともに、実際に民間企業に導入した高圧水蒸気処理装置を使って形状固定処理された材料の特性を生かした新しいデザインの曲木製品の開発を行った。

このように本研究は高圧水蒸気処理による木材の圧縮成形加工法を開発するとともに、その実用化に向けての取り組みと固定化機構解明の基礎的な研究を含んだ内容であり、これからの木材工業への新しい展開が期待できるものである。

審 査 結 果 の 要 旨

本論文は、高圧水蒸気を用いた木材の圧縮成形加工およびその形状の固定化に関する研究であり、新しい木材加工法を提案するものである。近年、乱獲や酸性雨による森林の荒廃など世界の森林面積の激減にともなって高品質の木材資源の供給が次第に困難になりつつあり、これに替わる針葉樹材などの軟質材の改質が種々検討されている。我が国では特にスギやヒノキの針葉樹間伐材の有効利用が大きな問題となっており、本論文ではこの点に着目して、これら軟質材の改質とその有効利用を目的として、高圧水蒸気処理による木材の圧縮成形加工法を開発し、その形状固定化のメカニズムについて新たな仮説を提案するとともに、この

形状固定技術を利用した種々の圧縮成形加工や曲げ加工への応用について研究したものである。

第1章では、爆砕処理の原理を応用して、大変形された木材の形状固定化が高圧水蒸気処理によって達成できることを予想し、高圧水蒸気中での圧縮成形加工法を提案した。まずはじめに、木材を高圧水蒸気中で圧縮成形する加工装置の開発をおこない、木材の軟化と、油圧プレスによる圧縮成形、およびその変形の固定を同じ装置内で高圧水蒸気処理しながら一連の操作で加工することを可能にした。また、この方法の最初の応用として、間伐材丸太から非切削による成形角材を製造するための処理条件を明らかにし、高圧水蒸気下における木材内部応力変動の経時的な計測法の開発や電子顕微鏡による細胞の変形挙動、処理条件による形態安定性、各部位における表面硬さや耐朽性などの材料特性について検討している。丸太から角材への成形加工という発想はこの研究によって初めて考案されたものである。

第2章では、高圧水蒸気による圧縮成形木材の形状固定のメカニズムについて検討している。圧縮形状を固定された木材の水抽出とそれに続くジオキサン抽出により、ヘミセルロースおよびリグニンを順次抽出しても、各段階における形状の回復が起こらないこと、および、X線回折によるセルロース結晶化度が増加するとともに形状の固定化が進行することから、形状固定のメカニズムとしてセルロースの結晶変化に起因すると推定している。またこの推定の更なる根拠として、これまでの爆砕処理の研究から高圧水蒸気処理によってセルロースの結晶構造が変化することを引用して、圧縮木材の形状固定化の機構を論じるとともに、レーヨンなどのセルロース系繊維が高圧水蒸気処理によって固定化できることを示し、木材の形状固定化機構の裏付けを行っている。その結果、高圧水蒸気による圧縮木材の形状固定はヘミセルロースやリグニンが関与しているのではなく、主としてセルロースの構造変化に起因しており、そのメカニズムは変形によって歪のかかったセルロースの非晶領域が部分的に加水分解され、内部応力が解消されると共にこれが変形した状態で結晶領域に再配列することによるものと推定している。

第3章では、フローリング材料、曲木部材への高圧水蒸気処理の応用について論じている。ここでは、実用化を視野に入れ、処理条件の検討を行うとともに、処理材の種々の物理的特性を評価し、圧縮木材の特性を明らかにしている。特に、曲木部材への応用については、曲木加工に水蒸気処理を組み合わせ、曲木利用の最も重要な要素である形態安定化について評価するとともに、実際に民間企業に導入した高圧水蒸気処理装置を使って曲木製品開発を行っている。

第1章および第2章に関して木材関係の国際誌である *Holzforschung* に2報投稿し、査読者等から excellent paper との評価を受けていることから分かるように、本論文はその着想や研究の展開において独創性が高く、また木材の新しい加工法を提唱し、木材資源の有効利用のみならず我が国の木材産業の活性化に大きく寄与するものと評価し、審査員全員一致で、本論文が岐阜大学大学院連合農学研究科の学位論文として十分な価値を持つものと認めた。

基礎となる学術論文

1) Y. Ito, M. Tanahashi, M. Shigematsu, Y. Shinoda and C. Ohta : Compressive-molding of wood by high-pressure steam-treatment: Part 1. Development of compressively molded squares from thinnings, *Holzforschung*, Vol.52, No.2, pp.211-216 (1998).

2) Y. Ito, M. Tanahashi, M. Shigematsu and Y. Shinoda : Compressive-molding of wood by high-pressure steam-treatment: Part 2. Mechanism of permanent fixation, *Holzforschung*, Vo.52, No.2, pp.217-221 (1998).

既発表論文

- 1) 伊藤洋一、棚橋光彦、河合祐和、重松幹二、篠田善彦：高圧水蒸気処理による木材の圧縮成形とその応用、岐阜大学農学部研究報告 60 巻, pp.121-127 (1995)
- 2) 林 貞行、伊藤洋一、三輪義保、重松幹二、篠田善彦、棚橋光彦：セミプラントシステムによる圧縮成形木材の実用化試験、岐阜大学農学部研究報告 60 巻, pp.129-135 (1995)
- 3) 伊藤洋一、中嶋 厚、菅谷恵美子：圧縮処理材と熱気乾燥材の吸・放湿特性、林産試験場報、9 巻 1 号、pp.1-7 (1995)
- 4) 中嶋 厚、伊藤洋一、菅谷恵美子：床素材の寸法安定化技術の検討(第 2 報)、熱板乾燥材(ミズナラ)の吸・放湿特性、林産試験場報、9 巻 5 号、pp.8-15 (1995)
- 5) 伊藤洋一、菅谷恵美子、中嶋 厚、：PEG 処理によるフローリングの寸法安定性、林産試験場報、10 巻 6 号、pp.21-26 (1995)