

氏名	みき つねひさ <b>三木 恒久</b>
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	博甲第379号
学位授与の日付	平成17年3月25日
学位授与の要件	学位規程第3条第3項該当
研究科・専攻	工芸科学研究科 情報・生産科学専攻
学位論文題目	<b>A STUDY ON DEVELOPMENT OF FORMING PROCESSES OF WOOD POWDERS BASED ON THEIR COMPACTION AND FLOW CHARACTERISTICS</b> (木材粉末の圧粉・流動特性とその成形技術の開発に関する研究) (主査)
審査委員	教授 山口克彦 教授 土屋八郎 教授 荒木栄敏 教授 高倉章雄

## 論文内容の要旨

本論文は、人間や環境にやさしい木質製品の開発を目的として、石油系接着剤やバインダーなどを一切使用せずに、木材粉末のみを固化・成形する技術の開発を行ったものであり、8章からなっている。

第1章は緒論であり、研究の背景と木材を材料として使用する場合の基本的特性および既存の木質材料とその製造方法・問題点について述べている。

第2章では、木材粉末のみの圧粉特性を実験的に調査し、得られた圧粉成形体の機械的性質に及ぼす圧粉条件について検討している。その結果、木材の構成要素であるリグニンの接着効果によって木粉が良好に固形化される最適圧粉条件が存在し、特に圧粉成形体の機械的性質は圧粉温度と木粉の含水率に大きく影響されることを明らかにしている。

第3章では、木材粉末の流動特性を評価するために押出し実験を行い、成形温度および木粉の含水率を大きくすれば粉末の流動性がよくなることを明らかにしている。さらに、高含水率では小さな圧力でも十分な流動性を付与できることを確認し、既存の装置を用いて押出しや射出成形が可能であることを見出している。

木質材料の幅広い利用を可能にするためには、金属やセラミックスなど既存の粉末成形技術を木材粉末に適用することによって、これまで木材では不可能であったような複雑形状品を成形する方法について検討することが重要である。そこで、第4章以下では、以上の実験から得られた木材粉末の圧粉特性および流動特性を基にして、ホットプレス、押出し、圧延、射出成形など各種の成形加工を試み、その可能性と問題点、最適成形条件、成形品の機械的特性等について検討している。

まず第4章では、木材粉末のみを原料としたホットプレスによる容器の製造について検討している。そして、良好な容器形状を付与するためには、圧力と温度のほかに木粉の含水率が重要であることを明らかにしている。

第5章では、木材粉末の逐次押出し加工による長尺丸棒の製造を試みている。木粉を原料とする場合、粉末充填部分の温度が接合界面の強度に影響を及ぼす。そこで、木粉の充填部のコンテナを冷却し、さらに押出し材に背圧を付加するためにダイス出口にベアリング部を設けた装置を考案し、逐次押出し加工によって長尺の木質丸棒の製造が可能であることを示している。

第6章では、木材粉末を用いた圧延加工による薄板材の製造を試み、気乾状態の木粉を原料とし、圧延加工によって木粉同士を良好に接着する温度と速度(圧縮保持時間)が存在することを見出している。また、横型圧延機を用いて薄板材の製造が可能となる最適なロール温度と速度が

存在することを明らかにしている。さらに、ロール入口にホッパーを設置して連続的に粉末を供給することによって、長尺の薄板材の製造が可能であることを示している。

第7章では、木材粉末の射出成形による複雑形状部品の製造の可能性について検討し、良好な射出成形体を得るためには、使用する木材粉末の初期含水率に対して、この粉末を十分に可塑化するための最適なコンテナ温度が存在すること、および木粉を固形化するための最適な金型温度も存在することを明らかにしている。最後に、適切な成形条件下においては、複雑な金型を使用してもその形状を有する成形体が得られ、射出成形の可能性を確かめている。

第8章は結論であり、以上の検討によって得られた知見がまとめられている。

### 論文審査の結果の要旨

樹木を原料とした木質素材は、計画的な伐採と植林を行えば枯渇させることなく持続的に使用することが可能であり、環境にも優しい低環境負荷材料である。しかし、樹木は木材として使用できる寸法に成長するまでに長い年月を要するという『生産性の問題』や、任意の形状に塑性加工しにくいといった『加工性の問題』を有している。これらの問題を改善するために、木材を単板やチップなどの小さな要素に細分化、これを接着・再構成して柱や板を製造するといった方法が採られている。これらの木質素材はエンジニアードウッドと呼ばれており広く使用されているが、これらの材料には石油系の接着剤が含まれているため、例えばシックハウス症候群など人体に悪影響を及ぼしたり、また廃棄する際には環境汚染を引き起こすといった問題が生じており、その解決策が求められている。

本論文は、このような問題点を克服するために、粒径が 250 $\mu\text{m}$  以下の微細な木材粉末を出発材料とし、木粉中に含まれているリグニンの熱軟化現象とそれに伴う接着機能の発現に着目し、石油系の接着剤やバインダーを一切使用せずに、木材粉末のみを固化・成形する方法について検討したものであり、きわめて先駆的な研究であると言える。具体的には、まず木材粉末のみの圧粉特性及び流動特性に対する成形温度と木粉の含水率の影響を明らかにしている。次に、得られた圧粉・流動特性を基にして、木材粉末のみを原料としたホットプレスによる容器の製造、木材粉末の逐次押し出し加工による長尺丸棒の製造を試みている。また、木材粉末を用いた圧延加工による薄板材の製造、木材粉末の射出成形による複雑形状部品の製造の可能性について検討し、良好な成形品を得るための加工条件を明らかにしている。

以上の検討によって得られた知見は、木材粉末の固形化と成形に関する基礎を与えるものであり、高く評価することができる。また、木材を粉末状に粉碎して使用するため、木材として利用価値のない廃材や間伐材、枝打ち材、曲がった樹木なども原料として使用でき、森林資源の有効利用に寄与するところが大きい。

本論文の基礎となっている学術論文は下記の 7 編である。これらの論文はいずれもレフェリーシステムの確立した学術雑誌に公表したものであり、申請者が筆頭著者である。

- (1) 三木恒久, 高倉章雄, 金山公三, 山口克彦, 飯塚高志, 木材粉末の成形に関する研究（第 1 報, 圧粉特性に及ぼす成形条件の影響）、日本機械学会論文集（C 編）、69-678（2003），502-508.
- (2) 三木恒久, 高倉章雄, 金山公三, 山口克彦, 飯塚高志, 木材粉末の成形に関する研究（第 2 報, 流動特性に及ぼす成形条件の影響）、日本機械学会論文集（C 編）、69-679（2003），766-772.

- (3) T. Miki, N. Takakura, T. Iizuka, K. Yamaguchi, K. Kanayama, Possibility of Extrusion of Wood Powders, JSME International Journal, Series A, [Recent Advances in Materials and Processing], 46-3 (2003), 371-377.
- (4) T. Miki, N. Takakura, T. Iizuka, K. Yamaguchi, K. Kanayama, Production of wood cups by hot pressing using wood powders only, Proceedings of the 3rd International Conference on Advanced Materials Processing, (2004), 430-434.
- (5) T. Miki, N. Takakura, T. Iizuka, K. Yamaguchi, K. Kanayama, Production of Long Rods by Sequential Extrusion of Wood Powders, Journal of Materials Processing Technology, 140 (2003), 407-412.
- (6) T. Miki, N. Takakura, T. Iizuka, K. Yamaguchi, K. Kanayama, Possibility of Production of Binderless Boards using Wood Powder by Rolling, Proceedings of the Second International Conference on High Performance Structures and Materials, (2004), 411-419.
- (7) 三木恒久, 高倉章雄, 金山公三, 山口克彦, 飯塙高志, 木材粉末の成形に関する研究(第3報, 射出成形の可能性とその問題点), 日本機械学会論文集(C編), 70-698 (2004), 2966-2972.