

## 学位論文内容の要旨

### ●論文題目

「木質系材料の流動・自己接着特性を生かした成形加工に関する基盤技術の開発」

### ●論文要旨

廃木材や間伐材などといった未利用の木質系資源の有効活用技術の開発が求められている。このような材料の有効活用技術の1つとして、混練型木質・プラスチック成形複合材 (WPC)が挙げられる。一方で、WPC に含まれる木質混合率が高くなると、材料の流動性は大きく低下し、成形性が低下する。未利用の木質系資源を、より有効活用していくためには、高充填 WPC (木質含有率 70%以上)、もしくは木質系材料のみを用いた場合の流動性に関わる課題を解決し、効率的に任意形状部材を成形加工できる技術の確立が求められる。このような課題を解決するにあたって、まず1点目に素材を成形しやすい材料へと改質する必要がある。特に、高充填 WPC になると、木質部分の特性を強く受けるため、木質系素材自体を改質することが必要となる。2点目に、成形用の金型および加工プロセスの最適化が挙げられる。例えば、金型の表面状態を調整し、材料が容易に熱流動できる状態にすることができれば、成形性の改善につながる。また、鍛造加工を高充填 WPC もしくは木質系材料に適用できれば、材料の流動性が低くとも成形できる可能性があり、加工プロセス改善の面から問題を解決できるものと考えられる。そこで、本研究では、①木質系材料自体の改質、および②金型および成形プロセスの最適化による木質系材料の成形性向上および成形難度低減の可能性について調査を行うこととした。

まず、木質系材料の改質による成形性向上の可能性について検討を行った。供試材料として、間伐材の有効利用が強く求められている竹を使用した。また、石油由来の資源を用いない環境に優しい改質手法として、蒸煮処理に着目した。180~200℃程度の蒸煮処理による改質を施した様々な竹粉に対して、キャピラリーレオメータによる流動性の評価を行った。その結果、蒸煮温度および時間によって流動性は大きく変化することを確認し、流動性が最も高まる処理条件を明らかにした。さらに、蒸煮処理竹粉の熱的特性および流動性に影響する成分を明らかとするため、熱分析およびヘミセルロースの分解物である水溶性成分量の測定を行った。その結果、粉末の流動性には、粉末に含まれる水溶性成分が大きく影響している可能性が示唆された。さらに、蒸煮処理粉末は熱履歴の影響を大きく受け、長時間高温状態にさらされた場合、成分の揮発により流動性は低下することが確認された。以上の結果を踏まえた上で、蒸煮処理木質系粉末の実際

の成形性について調査するため、無処理の木質系粉末を用いた場合では困難であった全乾状態での射出成形を試みた。その結果、適切な温度条件の下、最大曲げ強さ 35 MPa のプラスチック様の成形体を得ることに成功した。

180~200℃程度で竹粉の流動性や自己接着性が効果的に高まることが確認されたが、このような温度域で処理を行うためには、多量のエネルギーが必要である。そこで、成分分解が開始する 130℃といった低温での蒸煮処理による改質の可能性についても調査を行った。材種の異なる様々な木質系粉末に対して処理を施し、処理後の粉末の圧密成形体の硬さの変化を評価した。その結果、竹およびケナフコアといった草本系の材種の場合に硬さが変化し、低温の蒸煮処理による木質系成形体の力学特性向上の可能性が示された。

次に、金型・成形プロセス改善の観点から木質系材料の成形難度低減の可能性について検討した。金型の表面状態が木質系粉末の流動難度に及ぼす影響を調査するため、金型の加工方法・条件が異なる数種類のノズルを用いたキャピラリーレオメータによる流れ試験を行った。その結果、粉末の粒径が大きくなるほど、金型表面状態が流動挙動に及ぼす影響が強く現れた。また、金型の表面粗さが大きいほど粉末の流動は困難となる傾向を示した。加えて、放電加工に比べ、切削加工により仕上げたノズルを用いたほうが、粉末は容易に流動する傾向を示した。これらの結果より、金型の表面状態を調整することにより、木質系粉末の流動難度をある程度コントロールできる可能性を示した。

さらに、成形プロセス改善の観点から、木材バルクの鍛造加工法を提案し、その成形性について検討を行った。密閉型および開放型を用いて、スギのバルク材の鍛造加工を行ったところ、金型温度および成形圧を適切にコントロールすることで成形品を作製することが可能であることを明らかにした。さらに、鍛造加工時における変形挙動および変形メカニズムについても考察を行った。

本研究では、高充填 WPC および木質系材料の成形加工における現状の課題を解決するための基盤技術を開発した。WPC の高充填化に向けては、化学修飾や効果的な樹脂との混合方法に関する検討が多く行われている。その中で、本研究では石油由来の資源を極力用いない手法により、木質系素材の持つ流動・自己接着特性を最大限に引き出し、木質系材料自体の成形性を向上させるとともに、金型・成形プロセス改善の観点から、その成形難度を低減させる方法を提案した。本研究で提案した手法は、工業材料としての木質系材料の利用用途を拡大し、持続可能な社会の構築に一役買うものと期待している。