

未利用バイオマスの資源有効利用（第2報） 木材・プラスチック複合材押出成形体の曲げ特性

今西祐志、伊藤国億

Effective Utilization of Wood Biomass as Material Resource (II) Bending Property of Wood/Plastic Composite by Extrusion Molding

Hiroshi IMANISHI, Kuniyasu ITO

繊維状木粉を原料として木材・プラスチック複合材の押出成形を行い、押出成形時の挙動、曲げ特性に対する木粉割合及びスクリュ回転速度の影響を検討した。押出成形においては擬塑性流体の特徴が確認され、木粉割合70%の場合に圧力が最大となる特徴的な挙動が確認された。曲げ特性については、弾性率及び曲げ強度は木粉割合70%までは増加する一方、靱性は木粉割合が大きいくほど低下する可能性が示唆された。繊維状木粉の配向による異方性はとくに弾性率と曲げ強度で顕著に現れており、木粉割合が小さいほど強い異方性が確認された。

1. 緒言

林地残材や建築廃材といった低品質の木質バイオマスを有効利用する手段として、木粉と熱可塑性プラスチックを混合して加熱溶解し、混練・成形した複合材（木材・プラスチック複合材、混練型WPC）に変換する技術が注目されている。木質バイオマスは、エネルギーとしての利用も進められているが、木材を材料として長期間使用することにより、温室効果ガスの放出を削減する効果が期待できるため、木質バイオマスをさらに付加価値の高い材料に変換する技術が求められている。

主に建築資材などの用途で利用が進んでいる混練型WPCであるが、さらなる利用拡大のためには強度面などでの性能向上が必要である。木粉は多くの場合、増量や木質系意匠の付与を目的として用いられているが、木材は元来繊維質な材料であるので、木粉調製において繊維としての特性を活かすことにより、プラスチックとの複合において高い補強効果が期待できる^{1, 2)}。また、押出や射出といった流動をとまなう成形では、流動方向に繊維状木粉が配向し、複合材に異方性が発現する。

本研究では、ディスクミルを用いた湿式粉碎により繊維状木粉を調製し、押出成形によりプラスチックと複合したWPCの曲げ特性を調べ、それに及ぼす木粉割合、スクリュ回転速度の影響を検討した。

2. 実験方法

2.1 木粉の調製

気乾状態（含水率約12%）のスギ（*Cryptomeria japonica*）を、φ2mmのスクリーンを取り付けたカッターミル（（株）ホーライ、BO-210）により粉碎して一次粉碎物を作製した。これを5wt%の水懸濁液として、微粉碎用砥石（増幸産業（株）、MKE6-46）を取り付けたディスクミル（増幸産業（株）、MKCA6-2）により湿式磨砕を行った。ディスク回転速度は2000rpm、クリアランスは30μmとして繊維状木粉を得た³⁾。

2.2 押出成形

木粉割合が60、70、80wt%となるようプラスチックおよび相容化剤と混合した。プラスチックはポリプロピレン（日本ポリプロ（株）、ノバテック PP BC6DR、ランダム系、MFR=2.5）を使用した。また、木粉とプラスチックの相容性を高めるための相容化剤は無水マレイン酸変性ポリプロピレン（化薬アクゾ（株）、カヤブリッド 006PP）を使用した。混合物を180℃で押出成形して、断面寸法が幅60×厚さ3mmの板材を作製した。押出成形には混練押出試験装置（（株）東洋精機製作所、4C150、2軸押出装置、2D25S）を使用した。混練型WPCのような複合材では、原料の混練度が強度物性に大きく影響するが、その一方で、繊維状の充填材が混練過程で短く切断されて補強効果が低下するお

それがある。この点を検討するため、シリンダへの混合物の供給速度を一定 (10g/min) とし、スクリュ回転速度を25、50、75rpmとして押出成形を実施した。

2.3 曲げ試験

試験体は、その軸方向が押出方向と平行なもの (流れ方向試験体、MD試験体と称す) と直交するもの (横方向試験体、TD試験体と称す) をそれぞれ採取した。試験体寸法は幅20×厚さ3×長さ70mmで、試験体数は各条件で8体である。支点間距離は60mmで、試験速度は3mm/minである。試験には材料試験機 (株) 島津製作所、AG-50kN) を使用した。

3. 結果と考察

3.1 押出成形時の挙動

図3.1に、押出成形時のトルクに対する木粉割合の影響を示す。スクリュ回転速度が25rpmの場合、木粉割合が大きくなるほどトルクが小さくなる減少傾向が見られ、50rpmの場合には同様の減少傾向ではあるがその傾きは小さく、75rpmでは木粉割合70%でトルクが最大であった。スクリュ回転速度の影響を見ると、いずれの木粉割合でも回転速度が大きくなるほどトルクが小さくなっており、擬塑性流体の特徴が現れている。図3.2に、押出成形時の圧力に対する木粉割合の影響を示す。いずれのスクリュ回転速度でも木粉割合70%で最大の圧

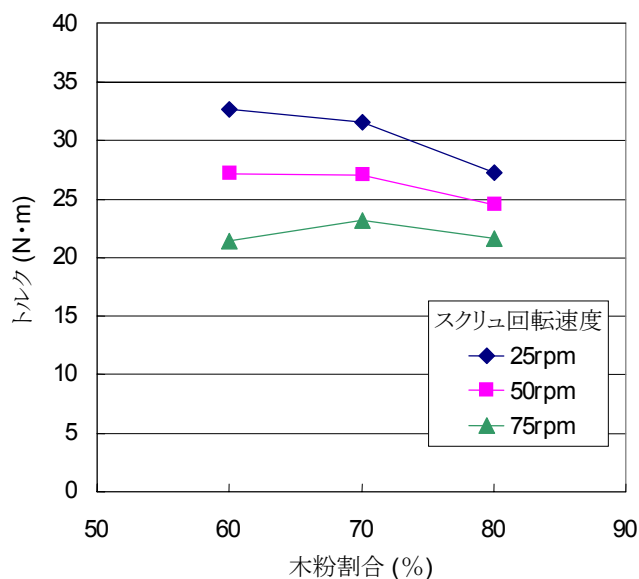


図 3.1 木粉割合の押出成形時のトルクへの影響

力値が現れており、この場合に最も高い補強効果のある相互作用が木粉-樹脂間に発現していることが予想される。スクリュ回転速度の影響を見ると、回転速度が大きくなるほど圧力が小さくなっており、流れが強くなるほど流動しやすくなった結果と考えられる。

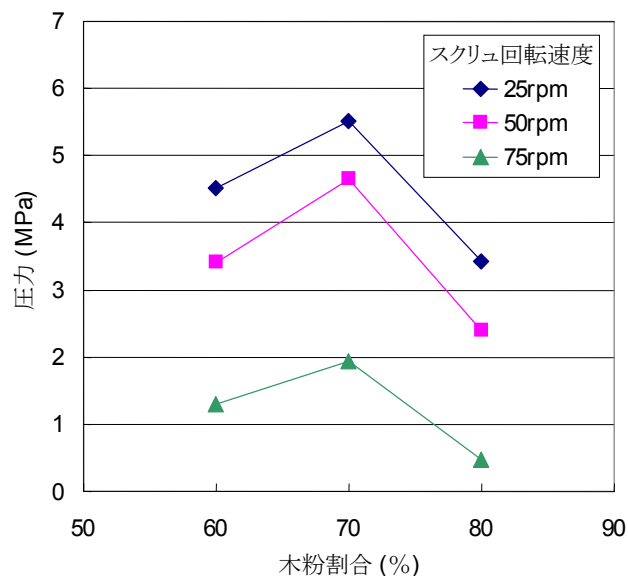


図 3.2 木粉割合の押出成形時の圧力への影響

3.2 曲げ特性

3.2.1 弾性率

図3.3に、弾性率に対する木粉割合の影響を示す。木粉割合が大きくなるほど補強効果によって弾性率が大きくなる傾向が見られるが、MD試験体では木粉割合70%を超えても弾性率はあまり変わらない。回転速度の弾性率への影響を見ると、いずれの木粉割合でも弾性率に大きな差は見られない。MD試験体とTD試験体とを比較すると、MD試験体の弾性率の方が大きく、繊維状木粉の配向による異方性の発現が認められる。図3.4に、MD試験体とTD試験体の弾性率の比較を示す。木粉割合の弾性率比への影響を見ると、木粉割合が大きい方が弾性率比は小さく、木粉割合が小さいほど配向が進んでいることが分かる。これは、押出成形における材料の流動において木粉同士の間隔が比較的広く、せん断流れの中で配向しやすかったことによるものと考えられる。また、いずれの木粉割合においても弾性率比は大差なく、スクリュ回転速度の違いによる配向度合いへの影響は見られない。

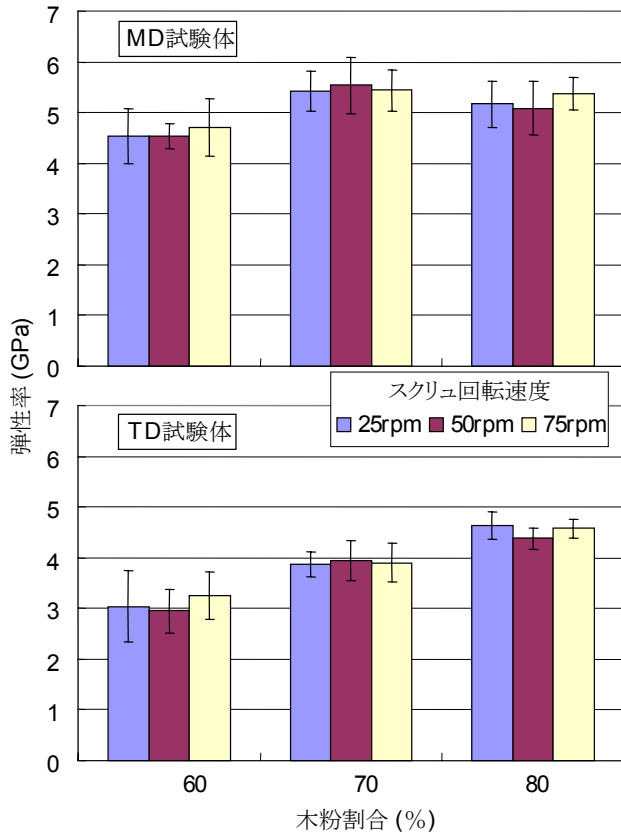


図 3.3 木粉割合の弾性率への影響

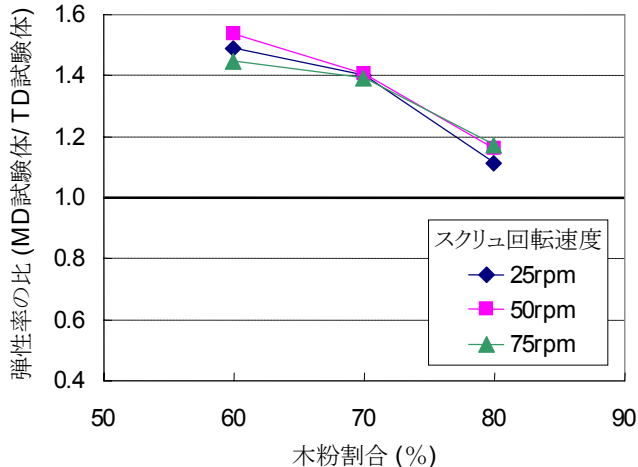


図 3.4 弾性率の異方性

3.2.2 曲げ強度

図3.5に、曲げ強度に対する木粉割合の影響を示す。木粉割合70%で曲げ強度は最大となっており、木粉割合80%では繊維状木粉の補強効果は十分に発現していない。弾性率は材料の比較的小さ

い変形における特性を表しているのに対し、曲げ強度は比較的大きい変形における特性で、木粉-樹脂間の界面強度によって大きく左右される⁴⁾ことから、木粉割合80%では木粉過多により十分な界面強度となっていないものと考えられる。回転速度の影響を見ると、いずれの木粉割合でも顕著な差は認められないことから、スクリュ回転速度を大きくしても繊維状木粉の切断は生じなかったと推察される。MD試験体とTD試験体を比較すると、弾性率と同様、MD試験体の方が曲げ強度は大きく、繊維状木粉の配向による異方性が認められる。図3.6に、MD試験体とTD試験体の曲げ強度の比較を示す。弾性率比と同様な傾向が現れており、木粉割合が大きい方が曲げ強度比は小さく、また、いずれの木粉割合でも曲げ強度比に対するスクリュ回転速度の影響は小さい。全体的には弾性率比の方が大きい値を示しており、配向による異方性の発現は弾性率の方が顕著であると言える。

3.2.3 静的曲げ仕事量

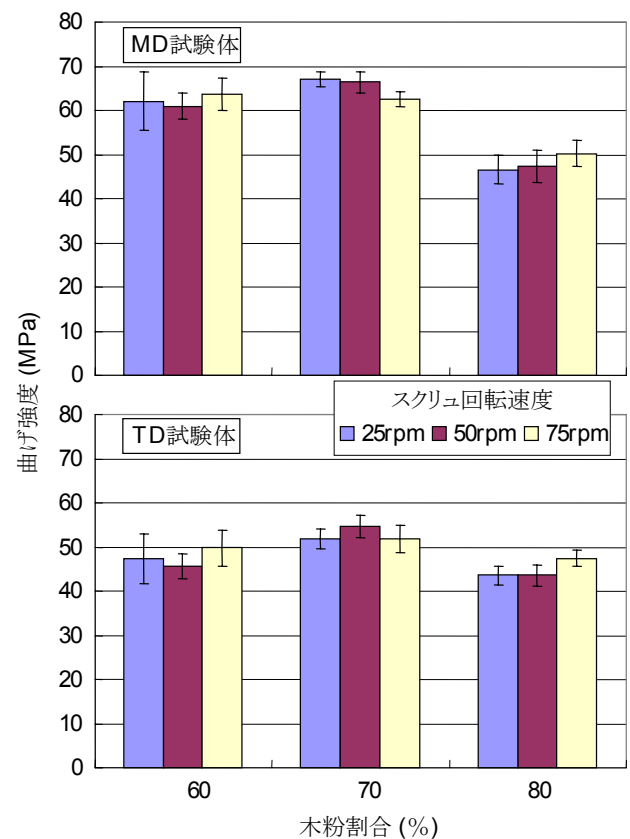


図 3.5 木粉割合の曲げ強度への影響

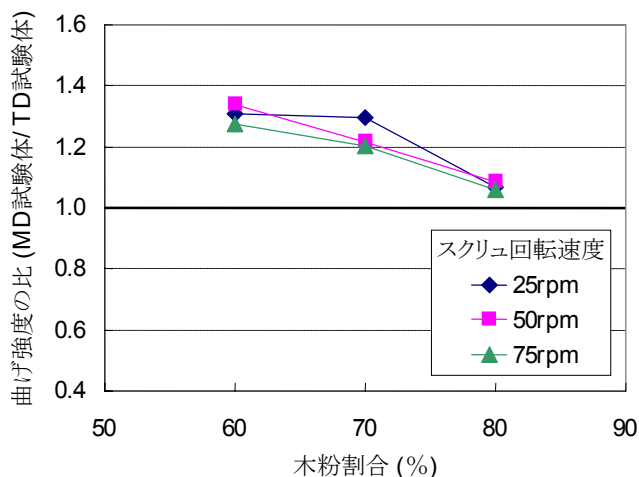


図 3.6 曲げ強度の異方性

図3.7に、静的曲げ仕事量に対する木粉割合の影響を示す。木粉割合が大きくなるほど静的曲げ仕事量は小さくなっており、靱性が低下する可能性を示唆している。回転速度の影響を見ると、弾性率や曲げ強度と同様に、いずれの木粉割合でも顕著な差は見られない。MD試験体とTD試験体の比較では、先の弾性率や曲げ強度のようにMD試験体の方が大きい値を示しているが、その差は明確ではなく、異方性はあまり大きくない。図3.8に、MD試験体とTD試験体の静的曲げ仕事量の比較を示す。弾性率や曲げ強度と異なり、比の値に対する木粉割合の影響は比較的小さく、木粉割合の増大に伴う明確な減少傾向は見られない。

4. 結言

繊維状木粉を原料として木粉割合60～80%で木材・プラスチック複合材の押出成形を実施し、押出成形時の挙動、曲げ特性について、木粉割合及びスクリュ回転速度の影響を検討した。得られた知見は次のようにまとめられる。

- 1) 押出成形時のトルクはスクリュ回転速度が大きいほど小さく、擬塑性流体の特徴が確認された。圧力は木粉割合70%の場合が最大で、この場合に最も高い補強効果のある相互作用が木粉-樹脂間に発現していることが予想された。
- 2) 曲げ特性への木粉割合の影響については、MD試験体の弾性率及び曲げ強度は木粉割合70%までは増加、静的曲げ仕事量は木粉割合が大

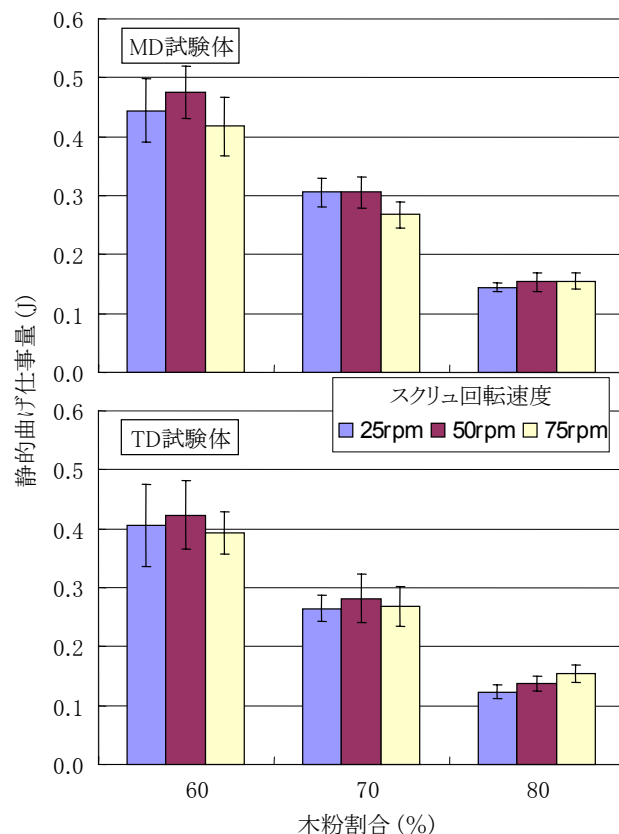


図 3.7 木粉割合の静的曲げ仕事量への影響

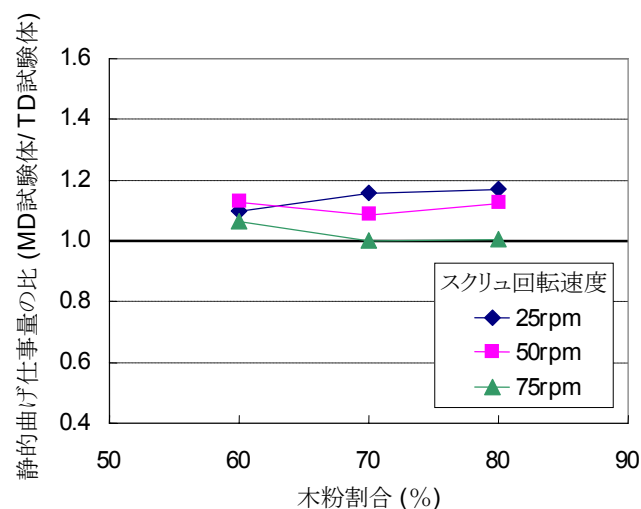


図 3.8 静的曲げ仕事量の異方性

きいほど減少する傾向にあった。スクリュ回転速度の影響は明確でなく、繊維状木粉の切断は生じていないと推察された。

- 3) 異方性についての検討から、繊維状木粉の配向による補強効果が認められた。異方性はと

くに弾性率と曲げ強度で顕著に現れており、木粉割合が小さいほど強い異方性が確認された。

文献

- 1) R. Kumari、H. Ito、M. Takatani、M. Uchiyama、T. Okamoto、*J. Wood Sci.*、 **53**、 470 (2007) .
- 2) 伊藤 弘和、服部 英広、岡本 忠、遠藤 貴士、李 承桓、藤 正督、寺本 好邦、吾郷 万里子、今西 祐志、高谷 政広、繊維学会誌、 **67**(1)、 1-7 (2010) .
- 3) 今西祐志、足立隆浩、岐阜県生活技術研究所研究報告、 No. 12、 22-26 (2011) .
- 4) フィラー研究会編、複合材料とフィラー、(株) シーエムシー出版、 43-50 (2004) .