

# 持続可能な循環社会に向けたプラスチック複合材料の開発 ～バイオマスマテリアル複合材料の開発～

食品・バイオ応用室 海老原 昇  
材料技術室 篠田 清, 吉田 浩之

## Development of Plastic Composite Material for Resource-Circulating Society with Sustainability ～ Development of Biomass Material Composite Materials ～

Noboru EBIHARA, Kiyoshi SHINODA, Hiroyuki YOSHIDA

持続可能な循環社会の構築に向けて、化石資源の代替として未利用バイオマスの更なる活用が望まれている。本研究では、バイオマス中のセルロースに着目し、物性の向上を目的にセルロースの解繊及び木質と異なる特性のセルロースを有するカカオ殻の添加を検討した。バイオマス含有量が70%になるように調整し、流動特性と射出成形品の強度を測定した。粉碎粒径2mmメッシュ以下のスギ木粉を使用した今回の実験では木粉表面の微細化及びカカオ殻の添加による強度の向上は認められなかった。カカオ殻を添加した場合は流動性の向上が認められた。

### 1. はじめに

国内には約800万トンの林地残材が存在し、1,000万トン以上の未利用食品廃棄物が発生している(図1)。当所は「千葉県木質バイオマス新用途開発プロジェクト」において、県内企業、団体及び県内外の大学・研究機関と連携し木質プラスチック(WPC)の技術開発を平成19年度より実施してきた。その成果の一部は木質プラスチックを使用した製品(玩具、生活雑貨、商業ディスプレイ、樹木銘板、植木鉢等)に活用されている<sup>1)</sup>(図2)。

持続可能な循環社会の構築に向けて、化石資源の代替として未利用バイオマスの更なる活用が望まれている。そのためには、バイオマスのエネルギーとしての使用と同時に化石資源を原料とする樹脂材料の代替品としてのバイオマスマテリアル複合材料の開発も必要である。本研究では、バイオマス中のセルロースに着目し、物性の向上を目的に木質バイオマス中のセルロースの解繊及び木質以外のバイオマス添加を検討した。

### 2. 実験

#### 2. 1 試験用コンパウンドの原料

一般的に70%以上の木質を含有するWPCが高充填WPCと呼ばれている<sup>2)</sup>。本研究においても高

主なバイオマスの発生量と現在の利用率



図1 主なバイオマスの発生量と利用率

(2010:農林水産省バイオマス活用推進会議事務局調べ)



図2 木質プラスチックを使用した製品例

いバイオマス含有量を維持したまま、WPCの性能を向上させるということを目的に木質等のバイオマス含有量が70%になるように試料を調整して検討した。

木粉はスギ木部を木材用粉砕機で一次破碎した後に、回転式粉砕機で二次破碎したものを試料とした。回転式粉砕機のスクリーン孔径は以前の研究<sup>3)</sup>で比較的良い物性が得られている2mmを適用した(図3の1)。前報<sup>4)</sup>同様にWPCのマスターバッチは、前記の木粉と射出成形用のポリプロピレンPP(ランダム, MFR45)を使用し、相溶化剤として酸変成ポリプロピレンMAPPを添加して、木粉を70%含有するペレット状のマスターバッチコンパウンド(W70)を作製した(図3の2)。

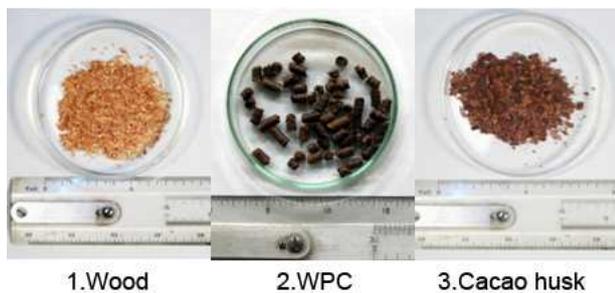


図3 原料, マスターバッチコンパウンド

## 2. 2 試験用二次コンパウンドの作製

### 2. 2. 1 摩砕機によるセルロースの微細化

木粉70%のマスターバッチコンパウンドの湿式粉砕による微細化は次の手順で行った。前処理として、コンパウンドを1.4mm以下に粉砕機(ワンダーブレンダー, 大阪ケミカル製)を使用し乾式で予備粉砕し、コンパウンド:水道水=1:2の比率で加水した。その後、摩砕機(スーパーマスコロイダーMK ZA10-15J, 増幸産業製)を使用して処理した。処理試料は乾燥後、二軸押出機を使用して160℃で熔融混合しペレット状に裁断し、セルロース微細化二次コンパウンドとした。

### 2. 2. 2 微細繊維を持つカカオ殻との混合

木質以外のバイオマスはチョコレート製造時に加工残さとして発生するカカオ殻(図3の3)を使用した。カカオ殻はチョコレート工場から廃棄される際にフレーク状になっているため特別な加工をせずにバイオマスマテリアル複合材料の原料として使用可能であり、スギ等の木質や他の食品残さと比較してセルロース繊維が細かいことが走査型電子顕微鏡(SEM)による観察で確認(図4)

できたため、WPCの性能向上を期待して添加を試みた。

木粉とカカオ殻を含むコンパウンドについては、木粉70%のマスターバッチとカカオ殻をPP及びMAPPを加えてドライブレンドで、木粉とカカオ殻の比率を変えて、それらの合計量であるバイオマス含有量が70%になるように調整した。

W65: 木粉65%, カカオ殻5%, PP等30%

W60: 木粉60%, カカオ殻10%, PP等30%

W50: 木粉50%, カカオ殻20%, PP等30%

以上のようにカカオ殻の添加量は全体量に対して5,10,20%とし、比較のため木粉を含まないカカオ70%のコンパウンド(C70)も作製し、これらをカカオ殻含有二次コンパウンドとした。

## 2. 3 射出成形試験片の作製

マスターバッチコンパウンド及び各二次コンパウンドは、多目的試験片(JIS K7139)の形状の金型を使用し、成形温度190℃、型締め40tで成形(ネオマット150/75 SYCAP, 住友重機製)した。

## 2. 4 流動特性評価

流動特性は、キャピラリーフローテスター(CFT-500D, 島津製作所製)を使用して流動開始温度(Tfb)と粘度を測定した。

## 2. 5 強度評価及び破断面観察

射出成形試験片の強度については曲げ強さ、弾性率(JIS K7171)及び引張強さ(JIS K7162)を万能材料試験機(曲げ:RTC-1150A, エーアンドディー, 引張:UTM-10, 東洋ボールドウィン), 衝撃強さ(JIS K7110)をアイゾット衝撃試験機

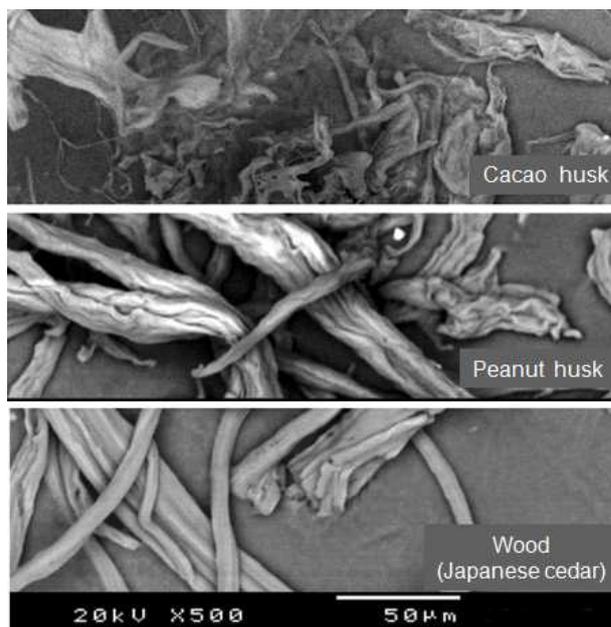


図4 各バイオマスのセルロース SEM 像

(No.612, 東洋精機製)により測定した。また、引張試験後の破断面をSEMにより観察した。

### 3. 結果及び考察

#### 3. 1 摩砕機によるセルロースの微細化

摩砕機の運転条件であるディスククリアランス及び回転数については処理後の試料を観察しながら最適化条件を検討した。回転数1500rpmでの検討では、ディスククリアランス500 $\mu$ m以下でWPC表面のセルロースの微細化が認められた(図5)。回転数を速くすればセルロースの微細化が進行するとともに、WPC自体も細かく粉碎される。また、摩砕による発熱と使用されるエネルギーの増加も懸念される。諸条件を検討の結果、回転数は500rpmとし、次の2条件で摩砕しWPC表面のセルロースを微細化をすることとした。

- G1: クリアランス100 $\mu$ m, 処理時間60S
- G2: クリアランス500 $\mu$ m, 処理時間120S

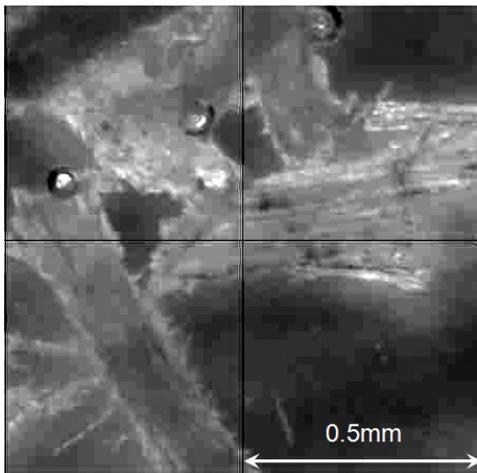


図5 摩砕処理後の木粉

#### 3. 2 流動特性の比較

70%のバイオマスを含む二次コンパウンドのTfbを図6に示す。横軸はカカオ殻の含有量を木粉とカカオ殻の合計量で除した値である。

摩砕処理及びカカオ殻添加どちらの二次コンパウンドについてもTfbが低下し流動性が向上していることが認められた。また、カカオ殻添加試料に関してはカカオ殻の添加量の増加とともにTfbが低下した。

木粉を含む材料の射出成形では180 $^{\circ}$ Cを超えると、成形時に発生するガスが増大し金型等を汚染する恐れがあるため、低温で流動性が確保できる

材料が望ましい。図7は木粉70%のマスターバッチコンパウンドと木粉50%, カカオ殻20%の二次コンパウンドにおける160-180 $^{\circ}$ Cの見かけの粘度をプロットしたものである。この図から約10 $^{\circ}$ C温度が低下しても同様の粘度を示していることがわかる。既報<sup>6)</sup>で高充填WPCに適した滑剤を添加することで流動性が向上することがわかっている。今回のカカオ殻添加では、バイオマスの配合比率を下げずに滑剤添加と同様の流動特性が得られた。

#### 3. 3 強度の比較

##### 3. 3. 1 摩砕処理二次コンパウンド

曲げ及び引張試験では摩砕処理コンパウンドで作製した試料の強度はどちらもやや低下していた(図8-1,2)。曲げ弾性率に関しては、摩砕条件により増加、減少と異なる結果が出たがこの理由は不明である。引張試験における最大荷重時伸びは摩砕処理二次コンパウンド成形試験片が大きな値

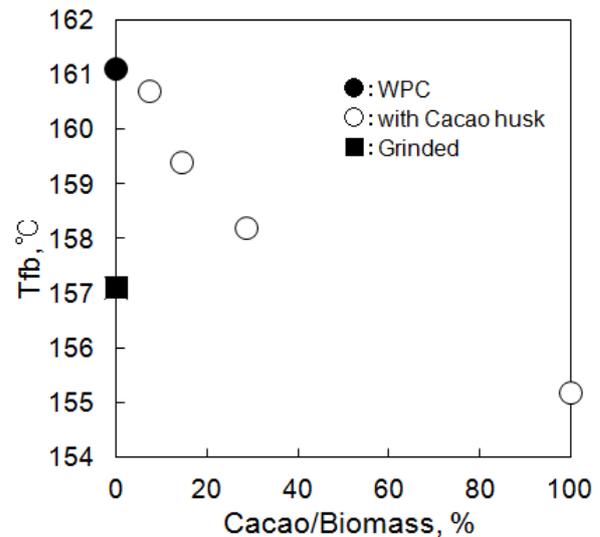


図6 原料, マスターバッチコンパウンド

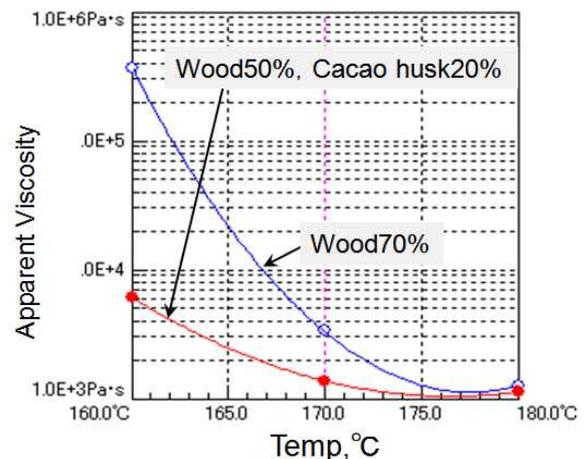


図7 160-180 $^{\circ}$ Cにおける見かけの粘度

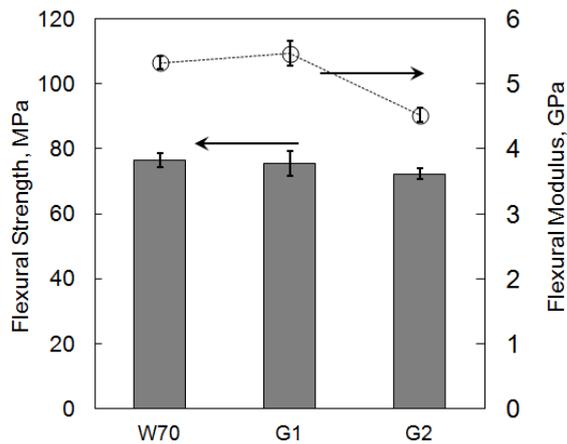


図 8-1 摩砕処理試験片の曲げ試験結果

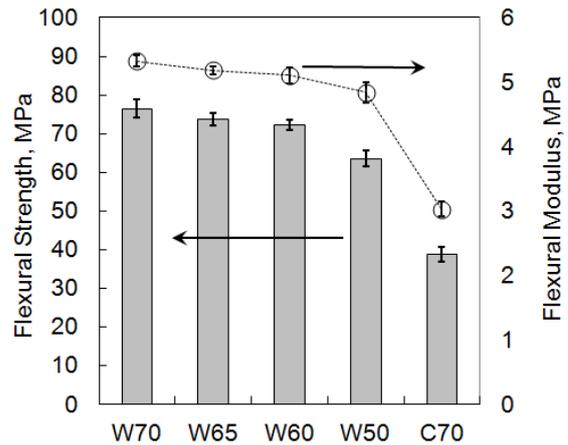


図 9-1 カカオ殻添加処理試験片の曲げ試験結果

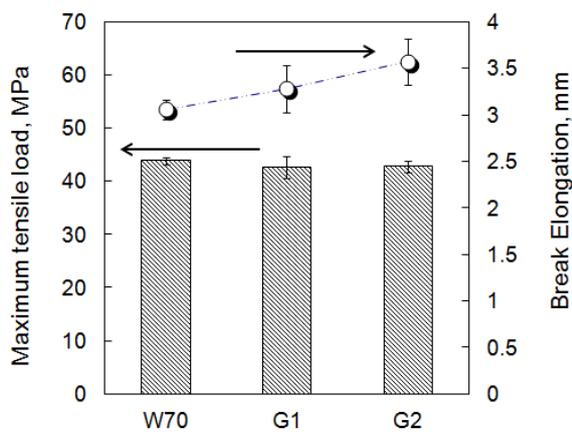


図 8-2 摩砕処理試験片の引張試験結果

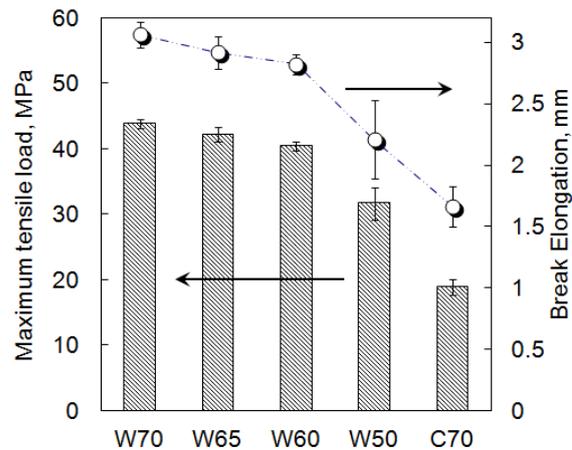


図 9-2 カカオ殻添加処理試験片の引張試験結果

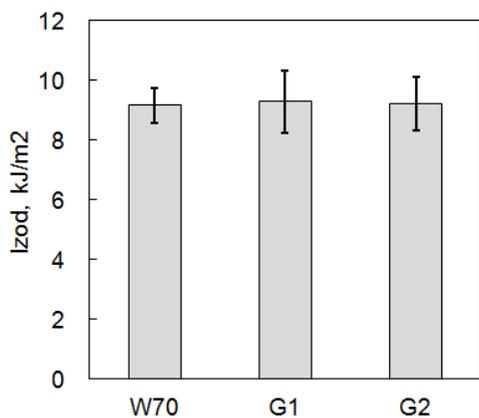


図 8-3 摩砕処理試験片の衝撃試験結果

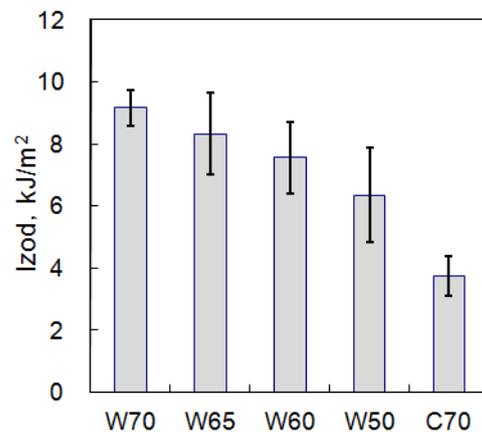


図 9-3 カカオ殻添加処理試験片の衝撃試験結果

を示した。また、アイゾット衝撃強度に関しては摩砕処理二次コンパウンド成形試験片が若干向上していたがその差はわずかであった(図8-3)。

強度の向上が認められなかった理由として、我々の研究では比較的大きな(2mmメッシュ以下)木粉を使用しているため摩砕処理で木粉が微細化されることにより処理前に効いていた木粉粒

子のフィラーとしての働きが弱くなったことが考えられる。粒径150 $\mu\text{m}$ 以下の木粉を原料とするWPCから作製された試験片での同様の研究では強度の向上が確認されている<sup>6)</sup>。

### 3. 3. 2 カカオ殻添加二次コンパウンド

カカオ殻添加二次コンパウンド成形試験片についてはカカオ殻の添加量が増えるにしたがい、引

張、曲げ及びアイゾット衝撃試験のすべてで強度が低下した(図9-1,2,3)。今までの木粉を使用したWPCでは流動性が向上すると成形品の強度が向上する傾向が見られていたが、カカオ殻添加では流動性が向上したものの強度は低下した。この理由としてカカオ殻中に含まれる低分子成分の影響及びカカオ殻と他の成分との相溶性の低さが考えられる。

### 3. 4 破断面の観察

引張試験後の破断面のSEM像を図10に示す。マスターバッチコンパウンドの試験片(W70)と比較して、摩砕処理二次コンパウンド試験片(G1)では

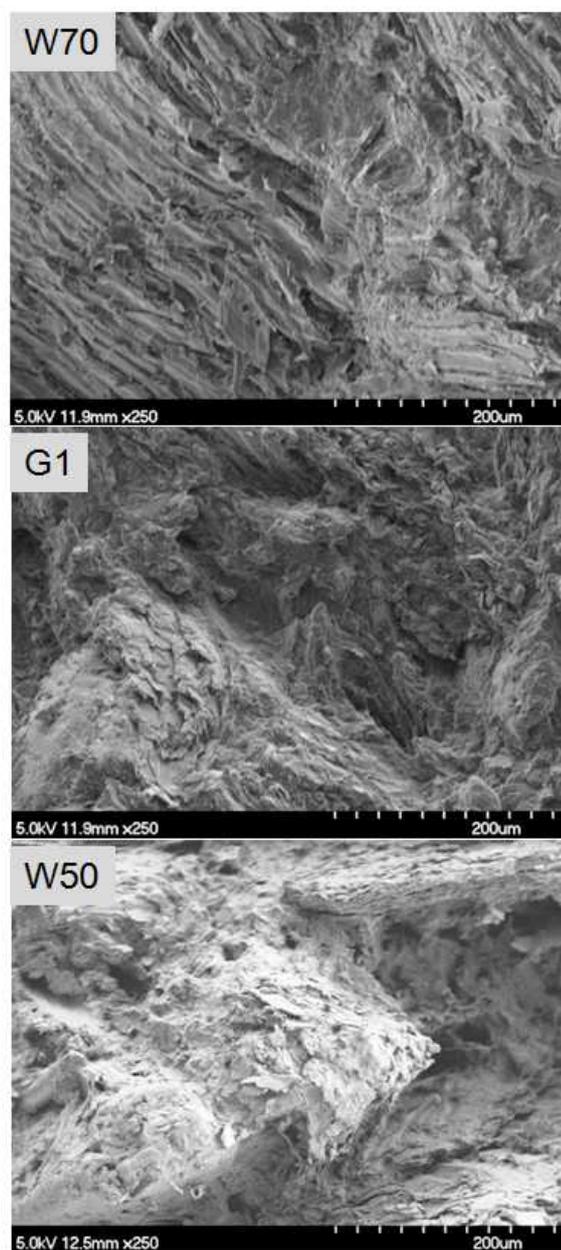


図 10 引張試験破断面の SEM 像

木粉表面のセルロースが微細化していることが確認できた。また、カカオ殻添加二次コンパウンド作製試験片(W50)では木粉とカカオ殻が一体となっていることが確認できた。

### 4. まとめ

粉砕機のスクリーン孔径2mmで処理した木粉を使用した今回の検討では、木粉表面の微細化及び微細なセルロースを持つカカオ殻の添加による強度の向上は認められなかった。木粉表面微細化による強度向上が適用できるのは、木粉粒径が比較的小さい場合に限られると考えられる。カカオ殻を添加した場合は強度が低下してしまったが流動性に関しては向上が認められた。今後、食品残さ等の未利用バイオマスのマテリアル利用に関して、それぞれの特性を活用できる用途を検討していきたい。

### 謝辞

WPCの流動特性評価に際して(独)森林総合研究所 木口氏, 小林氏に協力いただいた。ここに謝意を示す。

### 参考文献

- 1) 足達 幹雄, 海老原 昇: 木材工業 67, 527-530(2012)
- 2) (社)日本木材加工技術協会 木材・プラスチック複合材部会, ウッドプラスチックのしおり, (2006)
- 3) 千葉県産サンプスギを用いたウッドプラスチックの研究開発 (2010) 経済産業省地域資源活用型研究開発事業プロジェクト成果集 11
- 4) 海老原 昇, 篠田 清, 足達 幹雄, 甲斐 信悟, 木口 実: 千葉県産業支援技術研究所研究報告 9,3-9(2011)
- 5) 海老原 昇, 篠田 清, 足達 幹雄, 甲斐 信悟, 木口 実: 千葉県産業支援技術研究所研究報告 10,10-13(2012)
- 6) 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, 1-7(2011)