

(別紙1)

平成21年度次世代循環型社会形成推進技術基盤整備事業補助金
技術開発報告書(概要版)

事業名:(J2105)木質ボード廃材及び容器リサイクル樹脂を用いた機能化コンパウンドの開発
分野名:廃棄物リサイクル技術
事業者名:ヤマハリビングテック株式会社
補助金交付額:10,552,000円

1. 技術開発者名

1-1 代表技術開発者(照会先)

- ・住所 〒432-8001 静岡県浜松市西区西山町1370番地
- ・所属名・職名 品質保証部 環境推進グループ 課長代理
- ・氏名 伊藤 弘和
- ・電話番号(053)485-1204、ファクシミリ(053)485-8967、E-mail:hiroказu_ito@liv.yamaha.co.jp

1-2 共同技術開発者

◆なし

2. 技術開発の目的と開発内容

2.1 技術開発によって達成すべき目標

本技術開発の目標は、木質素材をフィラーに用いた熱可塑性プラスチックとの複合化(ウッドプラスチック)において、木質ボード廃材と容器リサイクル樹脂を原料に本技術開発を用いバージン木粉とバージン樹脂を利用したウッドプラスチック同等以上のスペックをクリアするコンパウンド(成形前原料)開発となる。目標性能としては、以下の通りである。

◆コンパウンド性能(=射出成型体として機械的特性)

- ・曲げ強度40Mpa以上、弾性率4Gpa以上

◆コンパウンド価格(製造原価)

- ・120円/kg以下

2.2 開発内容

◆実証設備の規模及び設置基数

精度ある製造原価の算出と実用性の確度を高めるためのユーザー評価が不可欠であることから、200kg/時間レベル(規模)の実証設備を設置した(表1)。

◆処理対象廃棄物の種類

対象とした廃棄物は、木質ボード廃材(パーティクルボード、MDF、OSB等々)で、本技術開発に用いた木質ボード廃材は、パーティクルボード廃材及びMDF廃材である

◆試験条件

①原材料

試験に用いた原材料は、木質素材には、前述した木質ボード廃材、プラスチックには、容器リサイクル樹脂(ポリエチレン、ポリプロピレン)、相溶化を高めるため酸変性樹脂を用いた。

②コンパウンド試験

表1 実証設備概要

設備名	使用目的	設備規模(能力)	設置基数
混練装置(バレル)	木質ボード廃材とプラスチックを溶融混合	250kg/hr	1
粉碎設備	一次コンパウンドを1.5mm以下に粉碎	250kg/hr	1
ファイブリス化設備	粉碎した一次コンパウンドのファイブリス化	200kg/hr	1
混練装置(ダイス)	ファイブリス化した一次コンパウンドのペレット	250kg/hr	1

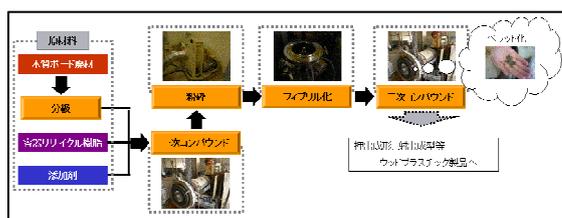


図1 実証設備検証におけるコンパウンド工程図

図 1 に実証設備検証におけるコンパウンド工程図を示す。ラボ評価においては、一次コンパウンドをヘンシェル型ミキサー、粉碎は省略してコンパウンド化している以外は実証設備検証と変更はない。

◆試験回数

表 2 には、ラボ評価（6 月～9 月）及び実証設備検証（10 月～3 月）における試験回数と試験概要を示す。

◆試料の分析項目・回数

表 3 には分析項目と回数を示した。

表2 試験回数及び試験概要

試験時期	試験回数	内容
6月度試験 (ラボ評価)	2回	揮発成分除去温度とコンパウンド特性評価 界面処理剤の種類評価
7月度試験 (ラボ評価)	3回	フィブリル条件の評価Ⅰ(せん断) フィブリル条件の評価Ⅱ(クリアランス) ブランク評価
8月度試験 (ラボ評価)	3回	フィブリル条件の評価Ⅲ(前処理条件) PE樹脂における評価 条件最終確認評価
9月度試験 (実証検証)	2回	実証設備試験運転評価Ⅰ 一次コンパウンド界面条件評価
10月度試験 (実証検証)	3回	実証設備試験運転評価Ⅱ フィブリル条件の評価 ユーザーワーク用サンプル試作Ⅰ
11月度試験 (実証検証)	3回	第一回ベックによる性能評価用試作 ユーザーワーク用サンプル試作Ⅱ ユーザーワーク用サンプル試作Ⅲ
12月度試験 (実証検証)	2回	フィードバック評価による改善試作Ⅰ フィードバック評価による改善試作Ⅱ
1月度試験 (実証検証)	3回	ユーザーワーク用サンプル試作Ⅳ フィードバック評価による改善試作Ⅲ ユーザーワーク用サンプル試作Ⅳ
2月度試験 (実証検証)	3回	量産評価Ⅰ ユーザーワーク用サンプル試作Ⅴ 量産評価Ⅱ
3月度試験 (実証検証)	2回	量産評価Ⅲ 量産評価Ⅳ

表3 分析項目と分析回数

試験項目	試験回数	試験項目	試験回数
流動特性	MFR	機械的特性	曲げ強度
	粘弾性		曲げ弾性率
コンパウンド性状	含水率	耐久性評価	減衰率
	かさ比重		吸水試験
	粒度分布	設備能力評価	クリープ性能
	分散解析		コンパウンドトルク
	置換度解析	生産性評価	コンパウンド圧力
	SEM観察		吐出能力
	ガス分析		成形温度

3. 技術開発の成果

本技術開発において、開発目標項目（容器リサイクルポリプロピレン樹脂において、曲げ強度 40Mpa 以上、弾性率 4Gpa 以上、原価 120 円/kg 以下）に関しては、全てクリアしている。

3. 1 木質ボード廃材粉末界面の相溶化処理と分解成分の除去

◆木質ボード廃材粉末の界面処理

木質ボード粉末の界面処理は、酸変性樹脂（一次コンパウンド）の分子量（粘度）が効いている（図 2）。バージン使用であれば溶融粘度が選択できるが、容器リサイクル樹脂はこの選定ができないため、容器リサイクル樹脂を利用したコンパウンド化においては、一次コンパウンドの樹脂量を少なく、即ち高充填配合でコンパウンド化することで溶融粘度を上げることが必要となる（本結果においては、本技術開発における一次コンパウンドの配合が確定）。

変性樹脂 分子量	曲げ強度 (Mpa)	MFR (g/10min)
低分子量	32.5	54.1
中分子量	36.0	40.1
高分子量	40.7	39.6

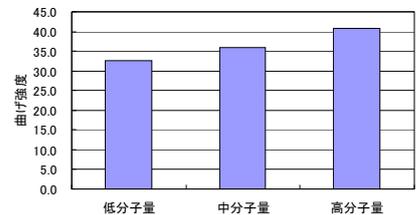


図2 酸変性樹脂分子量と曲げ強度

◆分解ガス成分の安全性及び影響評価

木質ボード廃材のコンパウンド化において発生する気化成分の安全性へは問題なく、一般的な木粉（バージン木粉）に比べ設備腐食性が著しく改善された（設備が長持ちすることでメンテナンスコストが軽減される）。

3. 2 一次コンパウンドからの多分岐ファイバー合成（フィブリル化コンパウンド）

◆フィブリルの形成及びフィブリルの効果

ディスクミルによるフィブリル化（図 3）が確認され、このフィブリルが、強度特性に及ぼす効果が認められた。また、フィブリルの効果は、フィブリル同士相互に働く作用（図 4）として確認された（本結果より、相互作用が発現するフィブリルを一次コンパウンド上に形成させるかが、本技術開発のポイント）。

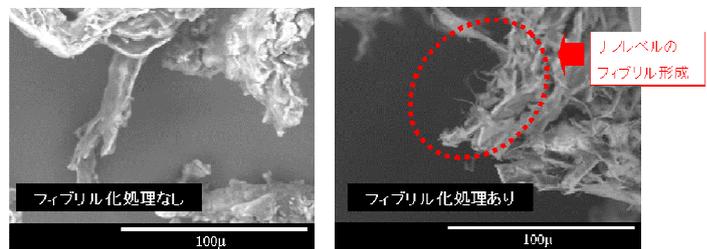


図3 フィブリル化SEM写真

◆フィブリル化コンパウンドの流動特性

フィブリルが形成されると流動性は低くなるが、このナノフィブリルが灑記向することでチキソトロピー性が発現（図 5）し、流動性が向上する（本結果より、目標とするフィブリルは、相互作用がありかつ流動時にチキソトロピー性が発現するフィブリルを形成がポイント）。

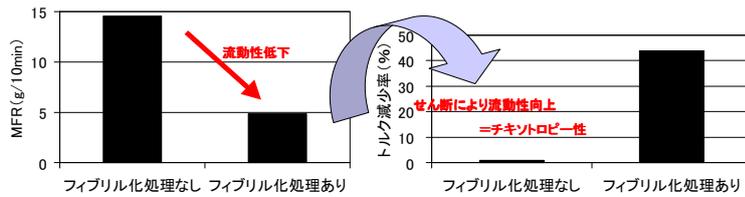


図5 フィブリル化による流動特性

◆フィブリル化の量産評価

一次コンパウンドからペレット化まで一連の量産において、目標である 200kg/時間の生産性を確保できた。生産性は、言い換えれば、目標コスト実現である。原料からペレット（コンパウンド）まで、200kg/時間の生産能力（＝三直 20 日稼動で約 100t/月）で稼動した場合、2 人工で生産したとして、人件費 25 円/kg、原材料費が約 50 円/kg、電力代 10 円/kg、償却が 13 円/kg（5000 万円投資、定率 0.31）で原価が 100 円/kg となり目標コストが達成できる（表 4）。

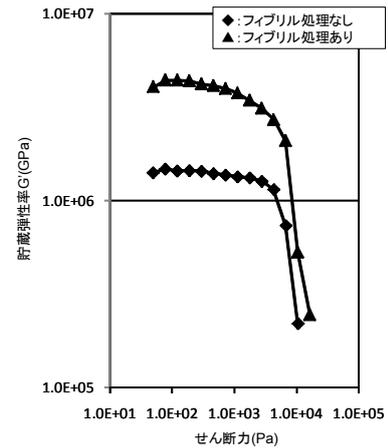


図4 フィブリルの相互作用

3. 3 連続したコンパウンドシステムの構築

◆量産品の評価

量産化で実証した本技術開発コンパウンド（機能化コンパウンド）において、目標とする性能を大きく上回ることができた（図 6、7）。特に MDF 廃材は、高い補強効果を得ているが、MDF 廃材が元来繊維状であるため、フィブリル化と相乗的に効果が発現したためである。加えて、フィブリル化によりナノレベルの強い相互作用が発現し、ウッドプラスチック用途のポイントである吸水性能も向上している点は、大きなセールスポイントとなる

表4 原価計算表

項目		単価	項目		単価	
変動費	材料	木質ボード廃材	5 円/kg	固定費	人件費	25 円/kg
		容器リサイクル樹脂	24 円/kg		償却費	13 円/kg
		相溶化剤	20 円/kg			
	電力	10 円/kg				
計		59 円/kg	計		38 円/kg	
原価合計				97 円/kg		

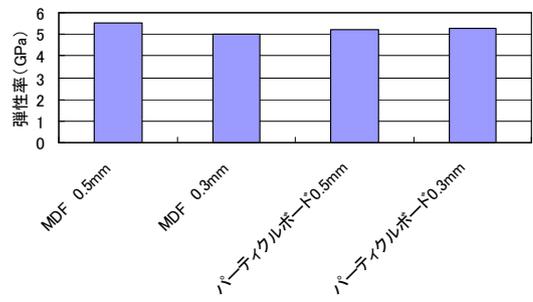
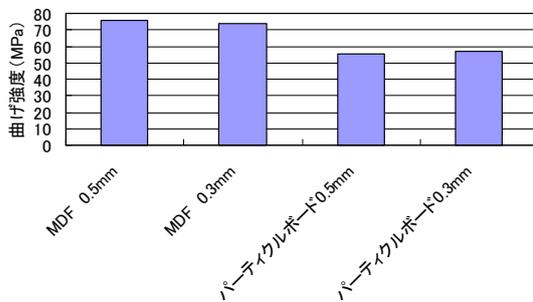


図6 量産化コンパウンドによる成形体の機械的特性

◆ユーザーワーク

本技術開発における試作品で、押出成形メーカー 2 社、射出成型メーカー 2 社にて実質サンプルを提示し、ユーザーワークを実施した結果（図 8）、全てで成形が成功し、このうち、押出成形メーカー 1 社は、22 年度 10 月本技術を用いた製品を導入すべく検討段階に入っている。また、ユーザーワークにおいては、様々な要求を提案され、フィードバック評価しながら、本技術開発確立に至った。全てのワークしたユーザーにおいて、22 年度も引き続き評価検討を継続することが決まっている。

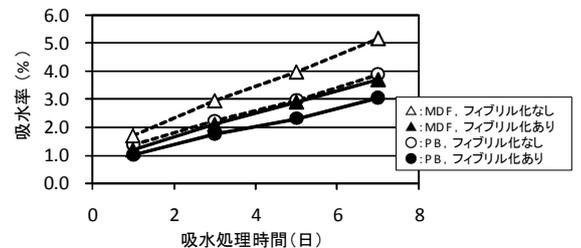


図7 量産化コンパウンドによる成形体の耐水性

3. 4 今後の展開

本技術開発は 22 年度より実証段階へ移行する。22 年度（以降）は、「押出メーカーを中心とした用途展開」と「射出メーカーを中心とする用途」の大きく 2 つの方向性で展開する。押出用途はウッドプラスチック用途の

置き換えのため、目標値（性能、コスト）がはっきりしており、現在検証段階に入っている。したがって、22年度は、本技術開発で要望のあった点のフォローアップを実施し、早期立ち上げを目指す。一方、射出用途は展開としては大きな市場を有している。素材スペックとしては、汎用の材料と遜色はないが、実績の



図8 量産化コンパウンドによる成形体サンプル

ない分野（用途）が多く、啓蒙普及には時間を要することから、広くサンプルワークするとともに、射出メーカー等とタイアップした提案開発を実施し、2年後本格的実用化を目指す。

表4 ユーザーワーク結果

ユーザー	系列	特筆する要望事項	対応	
A社	押出成形メーカー	ばらつきを範囲を設定して欲しい	継続	ロット調査(データ収集)
		耐水性の改善(容リ樹脂は耐久性がひくいのでは...)	対応済	フィブリル化により耐水性の改善
B社	押出成形メーカー	流動性の改善	対応済	チキソ性の生産条件提示と爆砕木粉による流動改善
		分散性の改善	対応済	フィブリル化時のディスク回転数変更で対応
C社	射出メーカー	保証値の設定	継続	ロット調査(データ収集)
		流動性の改善	対応済	マスターバッチ化による提案(ユーザーで調整)
D社	射出メーカー	ビス打ちができる靱性	継続	ゴム成分の添加
		ばらつき時の最低値の提示	継続	ロット調査(データ収集)

4. まとめ

4.1 目標に対する達成度の自己評価

技術開発では、元来プラスチックファイラーに利用できなかった木質ボード廃材と性能面で利用されていなかった容器リサイクル樹脂の複合化利用実現に向けて、バージン素材以上でバージン素材より20%

以上低コストを実現することを目標に、開発を実施した。この結果、計画通り、フィブリル化ファイラーの実現、コスト目標(120円/kg以下)、性能目標(曲げ強度40MPa以上、4GPa以上)を達成した。さらに事業ステージにおいても、既に一部ユーザーで実用化検証段階に入っており、開発目標以上の達成レベルであると自己評価する。

4.2 生じた課題点

- ①今回目標性能を大きく上回っているため、課題として顕著化されていないが、容器リサイクル樹脂のロットによる性能ばらつき、メーカー(あるいは地域)差による、性能範囲を把握
- ②本技術成果における課題ではないが、拡大展開を踏まえると、用途によっては新規素材(特に市場性の高い射出成型用途)になることから、強度、コスト以外にも用途に合わせた目標性能(例えば靱性、色、手触り、寸法安定性、軽量化等々)を効率的に改善
- ③前向きな課題点として、本技術開発成果は予想以上に高強度を実現していることから、当初予想していた用途以上の展開(例えばガラス繊維補強プラスチック、汎用エンジニアプラスチック等)の検証(この一例として22年度次世代循環型社会形成推進技術基盤整備事業へ申請中)

4.3 国内の廃棄物処理全般に与えるメリット

◆未利用バイオマス利用拡大

本技術開発は、バイオマス全体でこの技術は活用であり、加えて、小規模生産システムを提案しているため、実現できるため、事業性を確保した環境ビジネスが構築できる。

◆木質ボード廃材のさらなる付加価値化

本用途は木質ボード廃材がアルカリ性である点を生かし、ナノテクノロジー分野へ技術展開ができる(アルカリ条件でナノ化できるため、セルロースナノファイバーで課題となっているナノ化効率性がクリアできる;この特性はバイオマスの中でも木質ボード廃材だけの特長)。

◆リサイクルプラスチックの高品質化

本技術から派生する付加価値用途が拡大すれば、回収するプラスチックを有価としても採算が合い、有価での分別回収が実現できることで、さらに、リサイクルプラスチックの品質が安定し、この付加価値用途利用が拡大すると言うプラスのスパイラルが実現できる。

◆広域型の廃棄物処理から地域型の資源生産へ

木質ボード廃材(未利用バイオマス素材)や容器リサイクル樹脂は、国内で調達できる資源で、かつ100t/月レベルで採算性があると結論できていることから、地域レベルでの新たな廃棄物処理が提案できる(「地域のゴ

ミは地域で資源」)。

英語概要

- ・ 事業名 : Development of high functional compounds with wasted wood boards and containers and packaging recycle plastics
- ・ Yamaha livingtec corporation, Hirokazu Ito, Enviromental Activity Promoting Group
- ・ 要旨 (200 語以内)

The problem of the moldings ,which is made with compounding wasted wood board recycled plastic(containers and packaging recycle plastic) was developed, has been low quality of mechanical property. On the other hand, we have developed a more functional compound of wood plastic composite with this project by fibrillating surfaces of wood flower, which is in wood plastic compound.. The outline of this project are to improve the mechanical property of moldings by fibrillated compounding system, and to realize the lowering in cost for manufacturing.

Results obtained this project were bellow;

- 1) Bending strength was more than 40Mpa and elastic modulus was more than 4Gpa.
- 2) The production cost was lower than 120yen/kg.

- ・ キーワード (5 語以内)

Compound, Fibril, Compounding system