

平成22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:

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FRP廃材を利用した改質（事業番号）J2202

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）

補助金交付額：7,302,000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：事業企画推進部 WPC事業推進グループ グループ長
- ・氏名：伊藤 弘和
- ・電話番号、ファクシミリ、E-mail：
電話番号；053-485-7154
ファクシミリ；053-484-0031
E-mail；hiroказu_ito@liv.yamaha.co.jp

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

本技術開発における目標は、ガラス繊維補強プラスチックと同等以上の性能と20%以上のコストダウンを最低の目標とする。具体的目標値は、成形方法、配合量等により異なるが、ボード廃材とPPベースの容り樹脂配合のコンパウンドで、以下の通りである。

◆性能目標（射出成型体として）

- ・曲げ強度70MPa以上、弾性率6GPa以上

◆コンパウンド販売価格

- ・180円/kg以下となる生産性を維持できるシステム構築を確立

2-2 開発内容

2-2-1 実証設備の規模及び設置基数

ユーザーワーク等のサンプル作成やコスト試算をするためには、ある程度の量産性評価をする必要があり、200kg/時間レベルの実証設備を配置した。表1-1には、各実証設備の規模及び設置基数を示す。

表1-1 実証設備の規模、設置基数

工程	設備名	使用目的	設備能力	設置基数	備考
原料	粉碎設備	木質ボード廃材及びFRP廃材を所定の粒度まで粉砕する設備	250kg/hr	1基	既存設備
	分級装置	FRP廃材の分級	200kg/hr	1基	本技術開発導入設備
ファイブリ化	一次コンパウンド装置	木質ボード廃材粉末と容器リサイクル樹脂の一次溶融混練	200kg/hr	1基	既存設備
	ファイブリ化装置	一次コンパウンドの木粉表面ファイブリ化及びアロイ	250kg/hr	1基	本技術開発導入設備
	混練装置	ファイブリ化コンパウンドの予備混練	200kg/hr	1基	本技術開発導入設備
コンパウンド	二次コンパウンド装置	コンパウンドとベレット部材への加工	250kg/hr	1基	既存設備

2-2-2 処理対象廃棄物の種類

①木質ボード廃材

パーティクルボード、MDF及び合板に代表される木質ボードから発生する廃材であり、化粧材や塗装等非金属素材で複合された加工木質ボードの廃材も含まれる。本技術開発では、最も利用が困難である複合化された状態（パーティクルボード、MDF等）の廃棄物を評価対象の廃棄物とした。

②FRP廃材

70年代ごろから住宅に使用していたFRP部材（システムバス、浄化槽、人造大理石等）が、リフォームや解体で大量に廃棄物として発生することが予想される中、有効利用法の確立は急務である。そこで、本技術開発では、この住宅解体から発生する廃棄物（システムキッチン、システムバスからのFRP廃材）を評価対象の廃棄物とした。

2-2-3 試験条件

①フィブリル化（ラボ評価）

原材料を任意の配合に軽量、調整した後、ヘンシェル型ミキサを用い一次コンパウンドを合成した。ここでは、一次コンパウンド時点でFRP廃材による木質ボード廃材の微細化が懸念されるため、ヘンシェル型ミキサを利用した。また、一次コンパウンドの条件は、回転数 1500rpm、180℃で実施した。一次コンパウンドのフィブリル化におけるラボ検証は、遊星型ボールミルを用いて実施した。遊星型ボールミルの回転数（100rpm～250rpm）、時間（1時間～8時間）を調整して、所定のフィブリル合成する条件を検証し、ラボ評価材料として利用した。

②フィブリル化（実証評価）

実証評価における一次コンパウンドは、ラボ評価と同じ設備条件で実証したため、ここでは割愛する。この一次コンパウンドに所定量の水分を添加し、フィブリル化装置にてフィブリル化及びアロイ処理を回転数 1000～2500rpm、クリアランス 100～300μで実施した。フィブリル化した一次コンパウンドを予備混練として混練バレルを用い、2500rpmの回転速度で混練、脱水処理を実施した。

③コンパウンド（ラボ評価）

ラボ評価においては、予備混練を実施せず、各種条件でフィブリル化した一次コンパウンドをラボプラストミルで、混練温度 190℃、回転数 50rpmで実施した。

④コンパウンド（実証評価）

予備混練したフィブリル化一次コンパウンドを、異方向コンカル二軸押出成形機（図 1-9）にてコンパウンド化及びペレット形状に成形した。コンパウンド条件は 240～170℃で実施した。

⑤生産性（コスト）評価

目標コストを評価するために、各種実証設備における生産性の評価を実証した。この時目標とする生産性は、200 kg/時間以上の生産量が確保できることを設備稼働条件とし、この条件でフィブリル化～コンパウンドした熔融混練物（量産品）を成形評価及び性能評価を実施した。

2-2-4 試験回数

表 1-2、1-3 には、ラボ評価及び実証設備検証における試験回数を示す。

表 1-2 ラボ評価における試験回数

工程	試験概要	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月
原材料	原材料の調整、配合計量等	-	1回	1回	-	1回	-	-	-	1回	1回
一次コンパウンド	ヘンシェル型ミキサを用いたコンパウンド	-	3回	3回	-	1回	-	-	-	1回	1回
フィブリル化	遊星ボールミルを用いたフィブリル化	-	3回	3回	-	1回	-	-	-	1回	1回
二次コンパウンド	ラボプラストミルを用いたコンパウンド	-	1回	1回	-	1回	-	-	-	1回	1回
成形	プレス成形	-	1回	1回	-	1回	-	-	-	1回	1回

表 1-3 実証設備検証における試験回数

工程	試験概要	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
原材料	原材料の調整、配合計量等	-	2回	1回	2回	1回	1回	1回	2回	2回	-
一次コンパウンド	混練装置/バレル設備を用いたコンパウンド	-	2回	1回	2回	1回	1回	1回	2回	2回	-
フィブリル化	ディスクミルを用いたフィブリル化処理	-	2回	1回	2回	1回	1回	1回	2回	2回	-
予備混練	せん断を利用した乾燥、混合	-	2回	1回	2回	1回	1回	1回	2回	2回	-
二次コンパウンド	射出機を利用したコンパウンド	-	2回	1回	2回	1回	1回	1回	2回	2回	-
成形	射出成型機を用いた成形	-	2回	-	2回	1回	1回	1回	2回	2回	-
	射出成型機を用いた成形	-	-	1回	-	1回	1回	-	-	-	-
ユーザー評価	ユーザーによる評価	-	-	-	-	1回	1回	-	2回	2回	-

2-2-5 試料の分析項目・回数

本技術開発は、性能目標とコスト目標を設定している。性能目標に対する分析は、フィブリル化評価～成形体評価の各資料の分析を実施し、コスト目標に対する分析は主に量産評価を利用した生産性評価を実施した。表 1-4 には主な分析項目・回数を示す。

表 1-4 分析項目・回数

試験項目	試験方法	試験回数	試験項目	試験方法	試験回数		
フィブリル化	粒度分布	光拡散粒度分布係を用い、フィブリル処理後の一次コンパウンドの粒度分布	5回	設備能力評価	フィブリル処理	回転数及びクリアランスによる影響をトルクで評価	10回
	SEM観察	FE-SEM(電子顕微鏡)によるフィブリル状態画像観察	4回		一次コンパウンド	ペンシル型ミキサによるコンパウンド特性を電流値で評価	10回
	粘弾性	コーンレオメーターを用い、プレート温度200℃	4回		コンパウンドトルク	配合、フィブリル化の影響による粘弾特性をトルクで評価	10回
コンパウンド	含水率	Ket水分計にて、100℃恒量まで加温したときの百分率	45回		コンパウンド圧力	アダプター部分のコンパウンド圧を圧力ゲージにて測定	10回
	かさ比重	JIS K 8720-2に準拠	45回		生産性評価	フィブリル処理	フィブリル化における処理時間を吐出量にて評価
	MFR	メルトインデクサーにて、シリンダー温度190℃、ダイス径6mm、荷重10g	45回	吐出能力	コンパウンドにおける単位時間あたりのペレット吐出量を測定	10回	
	分散解析	コンパウンドをシート化し、基染物の有無を確認	45回	成形温度	せん断による材料温度変化をダイス部分のコンパウンド温度で測定	10回	
	置換度解析	FT-IRによる差スペクトルの評価	4回				
成形体	熱分析	DSCを利用した結晶化変化の評価	3回				
	曲げ強度	JIS K 7171に準拠	30回				
	曲げ弾性率	同上	30回				
	吸水試験	60℃温水浸漬(吸水試験体にて、寸法変化、吸水強度測定)	30回				
	クリープ性能	コーンレオメーターを用い、せん断強度変化で定量	4回				

3.技術開発の成果

本技術開発において、各開発項目を実証し、目標性能（曲げ強度 70MPa 以上、弾性率 6GPa 以上、目標コスト 180 円/kg）をすべて確保できている。また、これを実施するスケジュールも遅れなく実施している。

3-1 FRP 廃材を用いた多分岐化ファイバー合成の効率化

3-1-1 フィブリル化処理

木質ボード廃材 70%、容器リサイクル樹脂 30%（含む相溶化剤）をベースに、FRP 廃材を木粉に置換し添加した（C-1；FRP 添加 0%、C-2；FRP 添加 1%、C-3；FRP 添加 5%、C-4；FRP 添加 10%）。これを一次コンパウンド化し、等倍量の水を添加し、フィブリル化を実施した。各配合ともほぼ粒径は同じであったが、図 2-1 に示すフィブリル化一次コンパウンドの SEM 画像から FRP 廃材の増加に伴い、表面上のフィブリルが増加している。これは、FRP 廃材の効果により、フィブリルが増加していることを示しており、本技術開発の狙っている FRP 添加によるフィブリルの効率化が実証できている。

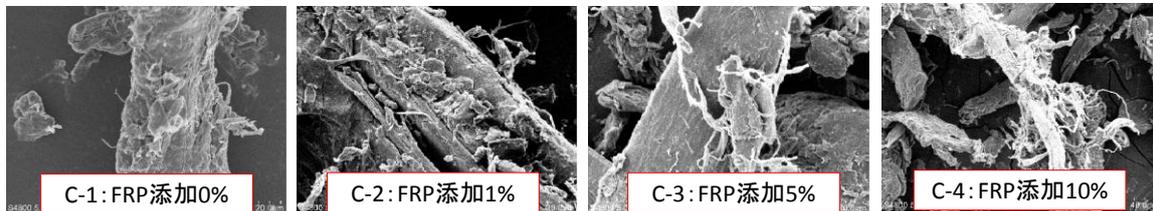


図 2-1 フィブリル化一次コンパウンドの表面 SEM 画像

3-1-2 フィブリル状態の効果

図 2-2 には、各フィブリル化処理した一次コンパウンドの粘弾性試験結果を示す。貯蔵弾性率は、FRP 廃材の添加が増加するとともに減少しているが、スリップに至る振動圧力が増加している。このような現象が発現した要因は、FRP 廃材添加による木質ボード表面上のフィブリル増加による効果である。

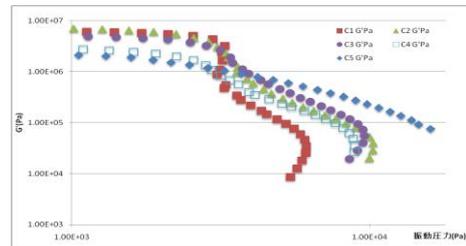


図 2-2 フィブリル化一次コンパウンドの粘弾性

図 2-3 には、プレス成形体の吸水速度

結果を示す。FRP 廃材の増加とともに吸水量は低下している。このプレス成形体は、空隙量を合わせて作成していることから、恒量となる吸水量に差はないと予想されたが、顕著な吸水率低下が認められた要因は、FRP 廃材添加によりフィブリルが増加することで、耐水性が向上した結果である。

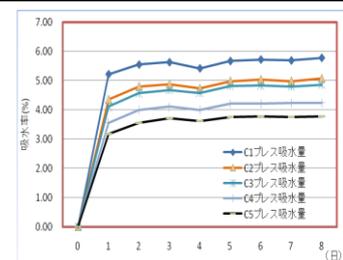


図 2-3 フィブリル化一次コンパウンドの吸水性

3-2 廃 FRP 粉末と多分岐ファイバーのメカニカルアロイ

3-2-1 メカニカルアロイ状態の検証

FRP 廃材添加が増加するほど、流動性は向上している。今回の流動性が向上した結果は、フィブリル表面が FRP により改質され、

プラスチックとの相溶性が高くなったため、流動性が向上したと言える。

また、相溶性に関しては、FRP 廃材添加量に問わず良好であった。

3-2-2 メカニカルアロイによる相溶性効果

図 2-4 には、C-1 と C-4 のプレス成形体の粘弾性結果を示す。FRP 廃材で表面アロイしていることで貯蔵弾性率が向上している。これも MFR 同様、FRP 廃材のメカニカルアロイにより、プラスチックとの相溶性が向上した結果である。

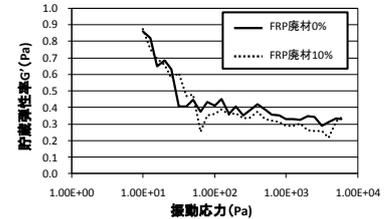


図 2-4 プレス成形体の粘弾性

3-2-3 メカニカルアロイによる物性評価

表 2-1 には、10%FRP 廃材によりメカニカルアロイしたフィブリル化一次コンパウンドをペレット化して射出成型した成形体の物性結果を示す。容器リサイクル樹脂 PP 仕様において、フィブリル化効果+メカニカルアロイ効果により、目標性能を大きく上回った。

表 2-4 射出成型体物性

		曲げ強度 MPa	弾性率 GPa	
PE仕様	従来品	29.4	2.76	
	本研究成果	39.1	3.11	
PP仕様	従来品	43.2	4.56	→ C-1
	本研究成果	112.5	7.86	→ C-4

3-3 コンパウンドシステムの構築

3-3-1 フィブリル化（メカニカルアロイ）における生産性の検証

図 2-5 には、フィブリル化時の量産時における生産量を示す。C-4 のみの配合で目標値をクリアできているが、これは、供給装置の限界であり、設備自体のトルクには十分な余裕があるので、全ての配合において目標値はクリアできると判断する。但し、傾向として FRP 廃材が増加すると生産量が増加し、過剰添加 (C-5; 20% 添加) であると逆に低下している。

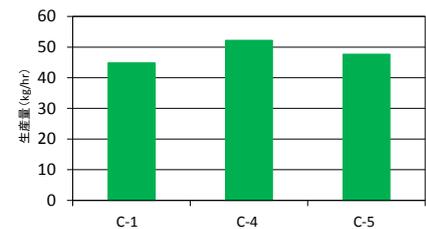


図 2-5 フィブリル化の生産性

3-3-2 コンパウンド量産化検証

ラボ評価等の検証から物性の目標スペックが確保できる配合にて量産評価を実施し、主要設備にて目標生産能力の 50 kg/hr の確保を確認した (図 2-6)。これにより、目標となる製造原価の確保が実現した。同時にこの量産品にて性能評価を実施し、目標スペックも達成している。



図 2-6 コンパウンドの量産結果

3-4 今後の展開

- ◆本ベース配合にて、サンプルを量産し、射出成型メーカーを中心にサンプルワークの実施
- ◆容器リサイクル樹脂のばらつきを考慮し、安全保証値の設定
- ◆既存のウッドプラスチックラインに本技術開発仕様を組み込む生産ラインを設計

⇒本事業終了 3 年目までは、既存のウッドプラスチックラインにて生産し、本技術成果の啓蒙拡大に努め、4 年目以降、専属の本実証プラントを設置し事業拡大を行う予定。

4. まとめ

4-1 交付申請時の目標に対する達成度の自己評価

本技術開発目標である、

◆性能目標（射出成型体として）

- ・曲げ強度 70MPa 以上、弾性率 6GPa 以上

◆コンパウンド販売価格

- ・180 円/kg 以下となる生産性を維持できるシステム構築を確立

は、達成できた。また、既存のウッドプラスチックラインに導入できるコンパウンドシステムで実証、ユーザーワークが拡大できる製品レベル（性能だけではなく、量産品で供給できる）であるので、普及拡大の速度は、早いと考える。よって、自己評価としては、十分目標を達成できていると判断する。

4-2 生じた課題点

◆容器リサイクル樹脂のばらつきへの対応

⇒物性値が通常のウッドプラスチックに比べはるかに高いので、保証値を設定することで対応可能であり、どこを保証値とするかが、今後の課題となる。

◆PE に対しては向上しているものの差別化レベルにはなっていない

4-3 国内の廃棄物処理全般に与えるメリット

◆地域に賦存する FRP 廃材の有効利用

⇒地域に賦存する FRP を集約することなく利用が可能となる

◆容器リサイクル樹脂の付加価値向上

⇒容器リサイクル樹脂がバージン以上の付加価値型素材となる

◆未利用バイオマスの利用拡大

⇒本技術開発手法は、他の未利用バイオマスにも適応できる

◆廃棄物の地域処理

⇒地域独立型の有効利用が実現でき、アウトプットである製品の販売先も全国各地に点在しており、廃棄物から製品まで、地産地消のビジネスモデルが構築できる

英語概要

The functionalized compound out of the wooden board scrap and the package recycled resin modified by the FRP scrap

YAMAHA LIVINGTEC CORPORATION

Business Planning Division / WPC Business Planning Group

Hirokazu Ito

(Summary)

The technology that synthesized the complex raw material with a high mechanical characteristic has been developed from the woody board scrap, the resin, which is generated from the package recycling, and the FRP scrap. The desired mechanical characteristic has been kept by alloying the surface of fibril, which is fuzzily formed on the surface of the woody board scrap, with FRP scrap. In addition, the capacity with 50kg/hr has been performed in mass-production and the desired cost has been achieved

(Key word)

Functionalized compound, FRP scrap, Woody board scrap, the package recycled resin, Fibril