

## 廃FRPのリサイクル技術とその用途技術開発（第3報）

佐藤 壱・末光宜雄・江田善昭・北坂 学・這越克己\*

工業化学部 \*大分大学工学部応用化学科

## Recycling Technique of Disposal FRP

Atsushi SATO, Nobuo SUEMITSU, Yoshiaki EDA, Manabu KITASAKA, Katumi HAYAKOSHI\*

\*Department of Applied Chemistry, Faculty of Engineering, Oita University

## 要 旨

熱硬化性廃プラスチック（廃FRP）粉砕物を熱可塑性廃プラスチック（PP）のフィラー（充填材）として用い、その物性評価を行った。

7年度、8年度は粉砕したFRPの特性及びPPと廃FRP粉砕物の物理特性等の評価を行った。9年度は、FRP粉末を添加したPP樹脂に電磁遮蔽効果を持たせるための実験を行った。その結果、カーボン添加量15vol%以上で電磁遮蔽効果があった。

## 1. はじめに

本県には、プラスチック製品製造企業が50社以上あり、リサイクルが困難な熱硬化性樹脂製品製造の企業が多く、処理対策には大変苦慮している。

特にFRPの再利用技術はプラスチックの中でも処理が困難であり、企業にとって解決すべき重要な課題である。一般にFRP船に用いられるFRPの主材料は、ガラス繊維と不飽和ポリエステル樹脂であり、これらの材料は多種多様な種類がある。ガラス繊維はその組成によって種類があるが、FRP船に使用されるガラス繊維は、無アルカリガラスでEガラスと呼ばれ、ガラス繊維と不飽和ポリエステル樹脂とを強く密着させるために、表面処理剤が塗られている。不飽和ポリエステル樹脂の種類もきわめて多種多様であり、同系の樹脂でもメーカーにより配合の相違で強度や光沢等が自由に変化できる。不飽和ポリエステル樹脂は分類の仕方も様々であるが、一例として組成で分類すると、オルソフタル酸系樹脂とイソフタル酸系樹脂がある。不飽和ポリエステル樹脂生成のための縮合反応には、酸として無水マレイン酸や無水フタル酸、アルコールとしてエチレングリコールやプロピレングリコールが良く使用される。

本研究では、微粉砕した熱硬化性廃プラスチック（廃FRP）を、熱可塑性廃プラスチック（PP）のフィラーとして用い、射出成型用ペレットを作製し、射出成型用プラスチック材料の開発及びこの樹脂を用いた製品開発を行った。また、開発した樹脂に付加価値を付けるため、カーボンを添加し、電磁遮蔽効果の実験を行った。

本研究の成果が実用化できれば、廃FRPが熱可塑性

のペレット製品となるための用途が広範囲に拡大される。FRP製品製造企業・廃棄物処理業界・ゴミ処理を行う地方公共団体にとっては、この開発効果は極めて大きい。

## 2. 実験方法

今回の実験では（株）東九州造船所の主に廃船のボディー、浴槽等に使用されていたFRPを解体、破壊し、アサオカ（株）のFRP粉末化装置で微粉砕したものを使用した。PPは日本ポリオレフィン（株）製顆粒状（SMG471-2）、カーボンは日立化成製高結晶化カーボンを用いた。

## 2.1 FRP粉末を添加したPP樹脂ペレットの作製

FRP混合物はシリンダー温度170°Cとし、PPとFRPは体積割合で混合し、FRP含有率11.1vol%、25.0vol%で行い、比較対象用として軽質炭酸カルシウムを5%、10%、20%添加したペレットを用いた。

## 2.2 カーボン添加樹脂ペレットの作製

粉末PPと高結晶化カーボン（日立化成製）をヘンセルミキサーで混合（40°C-2800RPM-10分）し、微粉FRPを加え更に5分間混合した。2軸ペレタイザーによりスクルー温度170~185°Cでペレットを作成した。

## 2.3 試験片の作成

射出成型機は（株）日本製鋼所製 JSW J100E II-Pを使用した。

成形は以下の条件で行った。

	(1段目)	(2段目)
射出圧力	60%	20%

射出速度	40%	20%
保圧	50%	
背圧	30%	
金型温度	40°C	
シリンダー温度	170°C	

2.4 試験片の物性試験

2.4.1 引張り強さ (kgf/mm<sup>2</sup>)

試験方法はタンザク型を用いチャク間距離50mm, 引張り速度5mm/minで求めた。

2.4.2 引張り弾性率 (kgf/mm<sup>2</sup>)

試験方法はタンザク型を用いチャク間距離50mm, 引張り速度5mm/minで加重が5~10kgfの間で求めた。

2.4.2 曲げ強さ (kgf/mm<sup>2</sup>)

試験方法はタンザク型を用い支点間距離50mm, 曲げ速度2mm/minで行った。

2.4.3 曲げ弾性率 (kgf/mm<sup>2</sup>)

試験方法はタンザク型を用い支点間距離50mm曲げ速度3mm/minで荷重1~2kgfの間で求めた。

2.4.4 比重

空気比較式比重測定器で行った。

試料の採取量は15~20gで行った。

2.4.5 硬さ (バーコール硬さ)

バーコール計GYZJ935を使用した。

2.4.6 衝撃値 (kgf/mm<sup>2</sup>)

エッジワイズ, 切り吹きなしでシャルピー測定機で測定した衝撃破壊エネルギーを単位面積当たりで表示した。

2.4.7 収縮率 (%)

タンザクを作製した金型の寸法と, 成型品の寸法から収縮率を求めた。

2.4.8 電磁遮蔽効果の測定

測定装置: アドバンテスト製 シールド効果評価器(T R17301A) スペクトロアナライザー

試験片の大きさは150mm×150mm×2.5mmで行った。

3. 実験結果

3.1 FRP粉末添加のPP樹脂ペレットの実験結果

3.1.1 引張り強さ (kgf/mm<sup>2</sup>)

結果はFig. 1のとおりであった。

以下のFig中の説明の記号で, Sはステアリン酸, Mは無水マレイン酸変性PPを表し, 数値は含有量 (vol%)を示す。

FRP含有率が多くなるほど強度は, 低下するが含有率11.1vol%では, 無水マレイン酸変性PPの添加量2wt%, 3wt%では無添加より20%程度強くなった。FRPをステアリン酸2wt%で処理した方が未処理より強いが, 軽質炭酸カルシウムよりも弱かった。

FRP含有率が高いと強度は低下したが, 無水マレイン酸変性PPの添加量によって変化すると思われる。

3.1.2 引張り弾性率 (kgf/mm<sup>2</sup>)

結果は, Fig. 2のとおりであった。

FRP含有率が多くなるほど弾性率は高くなった。FRPより軽質炭酸カルシウムをフィラーとした方が高く, 未処理及び無水マレイン酸変性PP, ステアリン酸処理では変化が認められなかった。

3.1.3 曲げ強さ (kgf/mm<sup>2</sup>)

結果は, Fig. 3のとおりであった。

無水マレイン酸変性PPを添加したものが最も強く, また添加量が多いほど強くなった。ステアリン酸処理は未処理よりも弱かった。

3.1.4 曲げ弾性率 (kgf/mm<sup>2</sup>)

結果はFig. 4のとおりであった。FRP含有率が多くなるほど弾性率は高くなった。FRP粉末より軽質炭酸カルシウムをフィラーとした方が弾性率は高く, 未処理

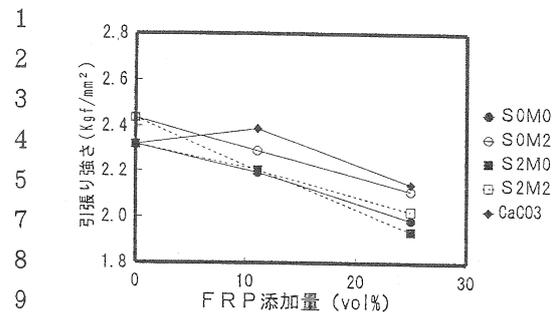


Fig. 1 引張り強さ

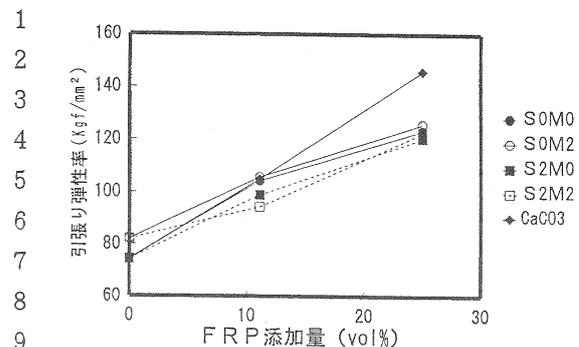


Fig. 3 引張り弾性率

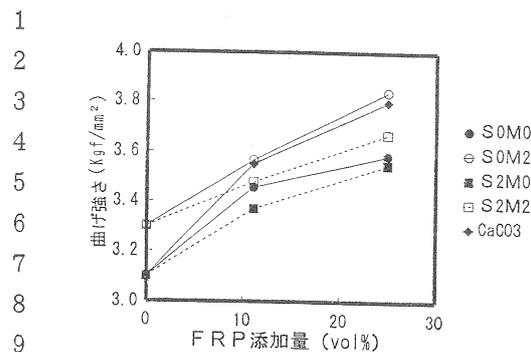


Fig. 3 曲げ強さ

及び無水マレイン酸変性PP, ステアリン酸処理では変化が認められなかった。

3.1.5 比重 (試験片)

結果は, Fig. 5 のとおりであった。FRPの比重は1.57, 軽質炭酸カルシウムは2.70であり, FRP含有率25 vol%までは1以下であった。理論値よりは0.01~0.02小さかった。

3.1.6 硬さ (バーコール硬さ)

結果は, Fig. 6 のとおりであった。無水マレイン酸変性PP処理は未処理と殆ど差がなかったが, ステアリン酸処理では低かった。軽質炭酸カルシウムが最も高かった。

3.1.7 収縮率 (%)

結果は, Fig. 7 のとおりであった。

軽質炭酸カルシウムを添加した樹脂の収縮率が最も大きく, その他は大きな差はなかった。

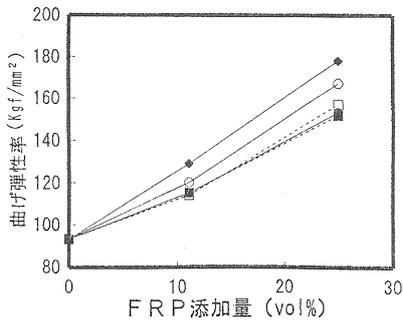


Fig. 4 曲げ弾性率

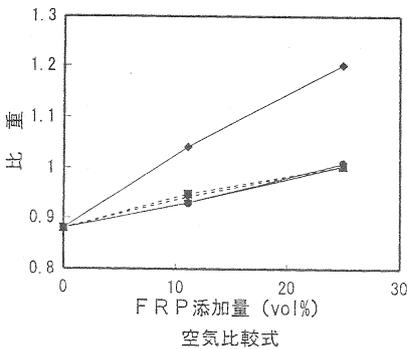


Fig. 5 比重

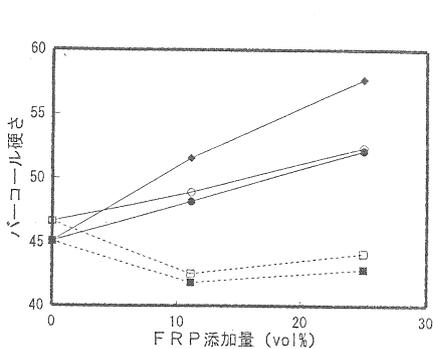


Fig. 6 バーコール硬さ

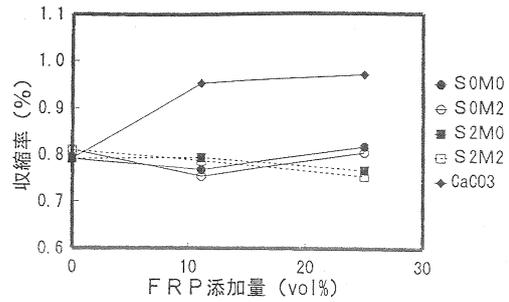


Fig. 7 収縮率

3.1.8 衝撃値 (kgf/mm²)

結果は, Fig. 8 のとおりであった。

含有率が少ない試料は破壊せず測定不可能であった。各処理の影響は殆どなかった。FRP含有率が多くなるほど小さくなった。

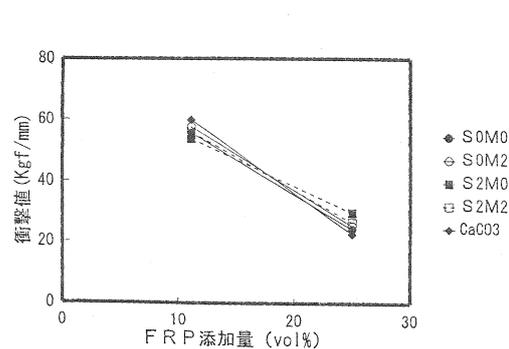


Fig. 8 衝撃値

3.2 カーボンを添加した樹脂の実験結果

全てFRPの添加量は11.1vol%で行った

3.2.1 引張り強さ, 引張り弾性率 (kgf/mm²)

引張り強さ, 引張り弾性率の測定結果は, Fig. 9 のとおりであった。

引張り強さは, カーボン無添加で2.32Kg<sup>f</sup>/mm<sup>2</sup>であったが, 添加量約20vol%では2.16Kg<sup>f</sup>/mm<sup>2</sup>と若干低下した。引張り弾性率は, カーボン添加量の増加とともに直線的に高くなり, 伸びにくくなった。

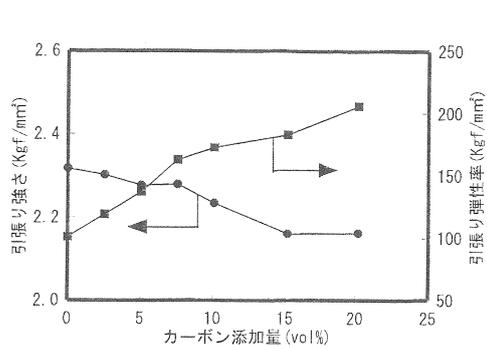


Fig. 9 引張り強さ (最大強度), 弾性率

3.2.2 曲げ強さ, 曲げ弾性率 (kg f/mm<sup>2</sup>)

測定結果はFig.10のとおりであった。

曲げ強さは, カーボン添加量に関係なく約3.5Kg<sup>2</sup>/mm<sup>2</sup>であった。また, 曲げ弾性率は, カーボン添加に対して直線的に増加した。

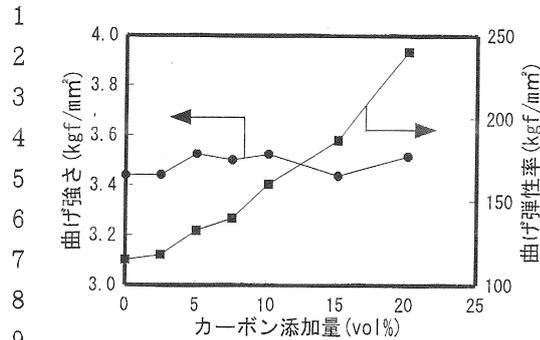


Fig.10 曲げ強さ (最大強度), 曲げ弾性率

3.2.3 電界遮蔽効果の測定結果

測定結果はFig.11のとおりであった。

カーボンの添加量が増加するほど, 遮蔽効果があった。また, 周波数は低いほど遮蔽効果があり, カーボン添加量約20vol%では周波数が500MHzでほぼ完全に遮蔽された。

3.2.4 磁界遮蔽効果の測定結果

測定結果はFig.12のとおりであった。カーボンの添加量の増加による磁界遮蔽効果の差は殆ど無かった。

3.2.5 表面電位

表面電位の測定は, ダンベル試験片をポリウレタンの発泡体で摩擦し, 表面電位計で試験片の電位を測り, 最高値を表面電位とする比較試験で行った。

測定結果は, Fig.13のとおりであった。

カーボン添加量が10%以上で, 表面電位は1KV以下となった。また, 表面電位が0Vになるまでの緩和時間にもよるが, カーボン添加量15vol%以上では帯電しにくいペレットができた。

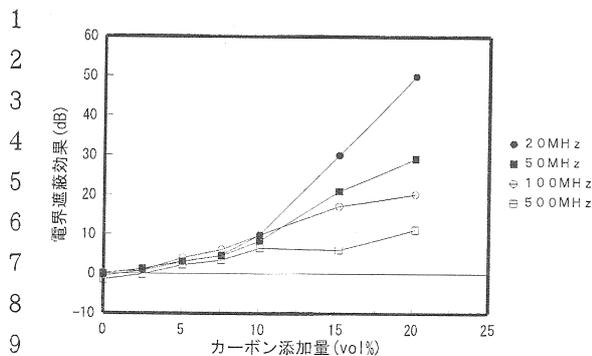


Fig.11 電界遮蔽効果

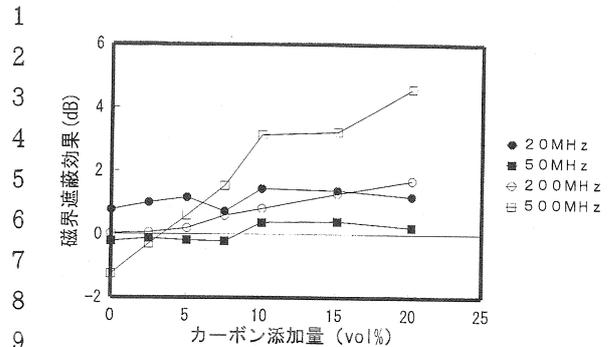


Fig.12 磁界遮蔽効果

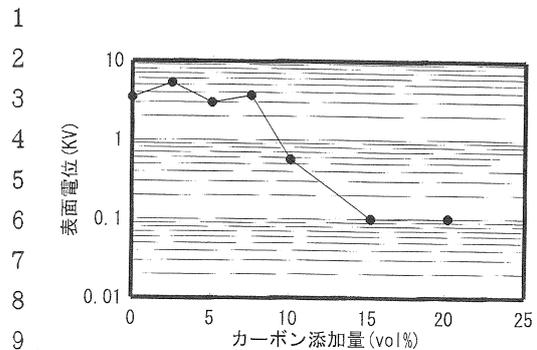


Fig.13 表面電位

4. まとめ

混合ペレットの用途は下水管や柵, マンホールの内蓋等に利用が可能である。

カーボン添加ペレットの電磁遮蔽効果については, 15 vol%以上の添加で高周波100MHz以下で効果があることが分かった。

カーボン添加量15vol%以上では静電気を殆ど帯びなかったため, ICケース等に使用が可能である。