

# 廃繊維強化プラスチックの再生技術に関する調査研究

## 報 告 書

平成 25 年 3 月 31 日

一般社団法人日本海事検定協会

(理化学分析センター)

学校法人君が淵学園崇城大学工学部ナノサイエンス学科

## 要 旨

ガラス繊維（Glass Fiber）を基材として不飽和ポリエステルからなる繊維強化プラスチック（Fiber Reinforced Plastic : FRP）の GFRP は年間約 30 万 t が廃材として処理されているが、その強固な材質のため通常は 90%以上が埋め立て処理であり、数%がエネルギー回収としてサーマルリサイクルされている。現在までの実用的な GFRP の解重合リサイクル技術は極めて少なく、「資源の循環活用」の観点から、その分解効率が高く性状の安定した再生原料を供給するための革新的な技術の確立は大きな課題となっている。

そこで我々は、数年前よりハイパフォーマンスなエネルギー源のマイクロ波を利用した GFRP の分解リサイクルの研究を推進した結果、GFRP の樹脂部分を 100%分解できる技術を開発することに成功した。しかし、近年、宇宙船・航空機や自動車に多用されている炭素繊維（Carbon Fiber）を基材とした CFRP は、さらに強靱な複合材であるため、その再生技術には、さらなる強烈なパワーを持った技術が必要であった。

本調査研究の主な目的は、GFRP のさらなる迅速分解の技術を開発して、分解樹脂及び回収ガラス繊維の完全再利用の技術を確立することである。さらにその技術を応用して CFRP の分解及び未利用炭素廃棄物資源のリファイン化の新技术を開発することである。特に使用する手法はマイクロ波 - 加圧技術であり、現在のところ研究としては、先駆け的な領域となる。

## 目 次

1. 本事業について	1
1-1 報告書の適用範囲等	1
1-2 事業目的	1
2. 研究背景と目的	2
2-1 研究背景	2
2-2 研究目的	2
5. 実験結果および考察	6
7. 文 献	

## 1. 本事業について

### 1-1 報告書の適用範囲等

本報告書は、一般社団法人日本海事検定協会（以下、日本海事検定協会）と学校法人君が淵学園崇城大学（以下、崇城大学）の共同研究である「廃繊維強化プラスチックの再生技術に関する調査研究」（以下、本事業）の適用範囲に基づく研究成果を取りまとめたものである。本事業の実施場所は崇城大学工学部ナノサイエンス学科および日本海事検定協会理化学分析センターである。

### 1-2 事業目的

不要となった自動車、船等から廃棄される繊維強化プラスチック（Fiber Reinforced Plastic：FRP）を資源循環型・環境対応型資源として再利用するために、再生技術に関する調査研究を崇城大学と日本海事検定協会が共同で実施し、その成果を報告書としてまとめ、公表するものである。廃FRPの供給源として国内では廃自動車、廃船が一般的であるが、原料の性状にばらつきがあるため製品の性状も不均一であることから、回収率が高く性状の安定した製品を供給するための方策を確立することが課題となっている。また、「資源の循環活用」という観点から、できるだけ簡便な方式・装置を使用し、且つ環境影響を抑えることが前提となる。

廃FRPはこれまで廃棄物として埋立て処分されているが、本調査研究で有効な再生方法が確立された場合には、ゴミ処理場及び埋立地への負荷が低減され、環境負荷の低減に寄与することになり、資源循環型社会の構築の一助となると考える。

以上のことを念頭に置きながら、本年は、ガラス繊維（Glass Fiber）を使用したGFRPの化学分解を検討し、その最適条件などを明らかにした。なお、本年は研究初年度であるので、新規マイクロ波装置の導入などの研究環境の整備も併せて行った。また、研究実施場所の崇城大学工学部ナノサイエンス学科の学科棟が9月に完成し、研究室の引っ越しを合わせた研究環境の整備となり、マイクロ波装置の導入が遅れたことを付記しておく。

## 2. 研究背景と目的

### 2-1 研究背景

ガラス繊維を基材として不飽和ポリエステルからなる GFRP は年間約 30 万 t が廃材として処理されているが、その強固な材質のため通常は 90%以上が埋め立て処理であり、数%がエネルギー回収としてサーマルリサイクルされている。実用的な解重合リサイクル技術は日立化成工業株式会社の常圧溶融法のみである。高温高压条件を用いた超臨界水解重合並びにメタノールを用いた超臨界法及び亜臨界法では、諸事情からパイロットプラントまたはベンチレベルの研究までで止まっている。また、多種類のグレードの廃 GFRP が回収されるので、その分解効率が高く性状の安定した再生原料を供給するための方策を確立することも大きな課題となっている。

そこで我々は、数年前より「資源の循環活用」、「技術革新」という観点からハイパフォーマンスなエネルギー源、具体的には、マイクロ波を利用した GFRP の分解リサイクルの研究を推進してきた。その結果、マイクロ波加熱を用いて、溶媒-触媒を工夫すると GFRP の樹脂部分がほぼ 100%分解できることが明らかとなった。なお、回収されたガラス繊維は再利用に耐える十分な強度を持っていた。この結果は、先行技術の常圧溶融法よりも短時間で低い消費電力のハイパフォーマンスな技術であった。[1]しかし、近年、宇宙船・航空機や自動車の本体部品に多用されている炭素繊維 (Carbon Fiber) を基材としてエポキシ樹脂などからなる GFRP は CFRP に比べて、さらに強靱な複合材であるため、CFRP の再生技術を確立するためには、さらなる技術の革新が必要である。

### 2-2 研究目的

上記背景を鑑み、我々の開発してきたマイクロ波による GFRP の分解技術をさらに発展させた新しい FRP の分解技術を本研究において開発することは、GFRP はもとより CFRP までも容易に分解再生可能な方法論を提供することになる。その主なコンセプトは特殊な反応場としてのマイクロ波-加圧条件を用いることである。従来の加圧条件は超臨界・亜臨界の高温高压条件でのみ獲得できる高度な技術であった。マイクロ波と加圧条件を組み合わせる場合に、相乗効果により、超臨界・亜臨界条件よりも温和な条件で同様の反応が進行すると予想している。

本調査研究の主な目標を下記にまとめそのタイムスケジュールも図1に示した。その概念図と達成後の波及効果について図2にまとめた。

(1) 新マイクロ波装置の導入とマイクロ波を用いる FRP 分解のモデル反応：大きな FRP サンプルを分解するために Multiwave Pro (株式会社アントンパール・ジャパン製) 及びマイクロ波-加圧の FRP 分解のモデル反応を実施するために Monowave 300 (株式会社アントンパール・ジャパン製) を導入する。マイクロ波-加圧の FRP 分解のモデル反応としてポリカーボネートの分解実験を実施する。その結果から加圧条件, 溶媒条件, 触媒条件の最適化を行う。

(2) マイクロ波-加圧を用いる FRP 分解反応：(1) で明らかとした最適化条件を用いて, FRP の通常加熱法及びマイクロ波分解法を用いた実験を行い, フィードバック方式で (1) と (2) の比較検討を行う。

(3) マイクロ波-加圧の新規反応場の解明と評価：マイクロ波-加圧を用いる反応はあまり多くの知見が得られていないので, 特性の解明や応用性の検討などを行い, その新規な反応場の解明を行う。また, (1) と (2) の比較結果より, 省エネルギー度や CO<sub>2</sub>削減量についての優位性を評価する。 実用機への設計指針を提案する。

廃 FRP はこれまで廃棄物として埋立て処分されているが, 本調査研究で有効な再生方法が確立された場合には, ゴミ処理場及び埋立地への負荷が低減され, 環境負荷の低減に寄与することになり, 資源循環型社会の構築の一助となると考える。

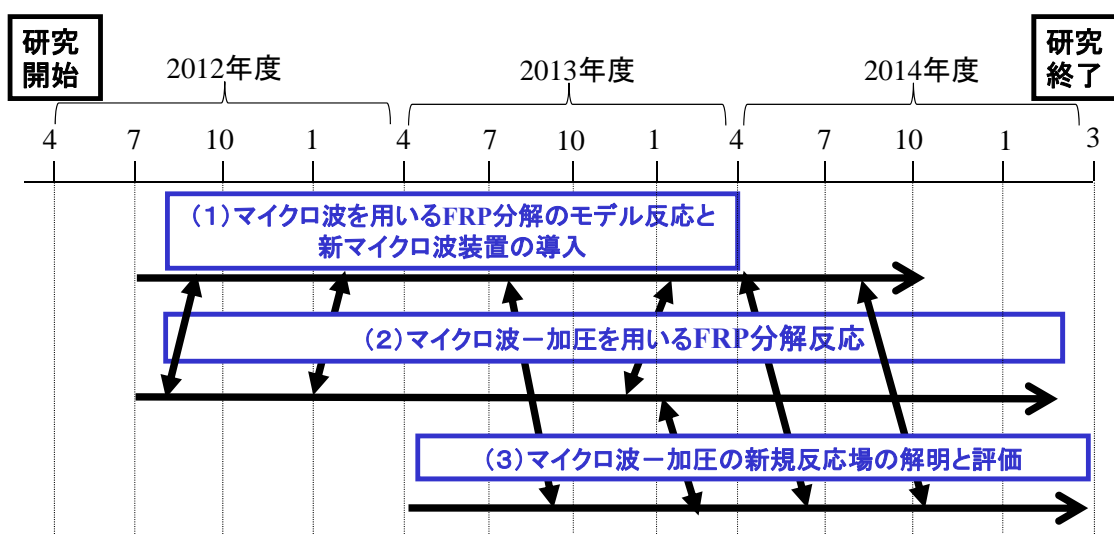


図1. 本調査研究の目標とタイムスケジュール

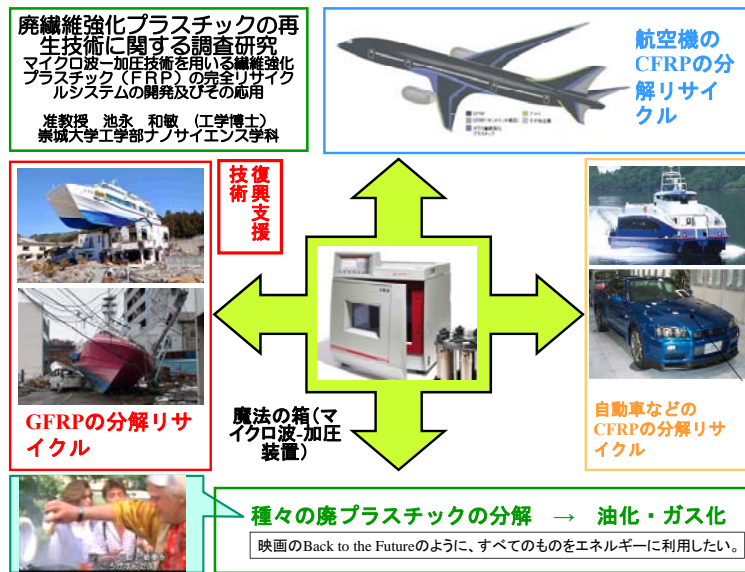


図 2. 本調査研究の目標の概念と波及効果

### 3. 実験結果および考察

現在追加となる実験を行っており、追加で成果が確認され次第、改訂版を公開する。

廃繊維強化プラスチックの再生技術に関する調査研究会  
委員一覧（敬称略）

（職名は平成 25 年 3 月現在）

	氏 名	所 属
委員長	山脇 隆	社団法人プラスチック処理促進協会 部長
	池永 和敏	学校法人学校法人君が淵学園崇城大学工学部ナノサイエンス学科 准教授
	西田 治男	国立大学法人九州工業大学大学院生命体工学研究科 教授
	高砂 武司	一般社団法人日本海事検定協会 次長

委員会開催日： 第 1 回 平成 24 年 6 月 22 日  
第 2 回 平成 25 年 1 月 11 日