

# ベンジルアルコールを溶媒とするソルボサーマル法による CFRP 製ゴルフシャフトのリサイクル Recycling of CFRP golf shaft by solvothermal method using benzyl alcohol

○止 後藤 元信 那須 洸一 桑原 穰 正 佐々木 満 (熊本大学)  
板倉 幸男 (藤倉ゴム工業)

Motonobu Goto, Koichi Nasu, Yutaka Kuwahara, Mitsuru Sasaki, Kumamoto University  
Yukio Itakura, Fujikura Rubber

Development of chemical recycling of waste plastics by decomposition reactions in sub- and supercritical fluid has been developed. Fiber reinforced plastics which contain glass fiber or carbon fiber are one of the most difficult materials for recycling. We have developed a recovery process of carbon fiber by depolymerizing polymer part of golf shaft by using solvothermal technology with subcritical benzyl alcohol and catalyst. Carbon fiber was successfully recovered and polymer part was decomposed to smaller molecules.

*Key Words:* Fiber reinforced plastic, Subcritical fluid, Solvothermal process

## 1. はじめに

繊維強化プラスチックには主にガラス繊維強化プラスチック (GFRP) と炭素繊維強化プラスチック (CFRP) があり、繊維にプラスチック材料を含浸後に硬化させて成形した複合材料であり、鉄やアルミといった金属と同強度・剛性であり、かつ軽量化できるという特長を有する優秀な材料であるが、FRP は堅固な異種材料の複合材料であるので、有効なケミカルリサイクルシステムが構築されていないのが現状であり、早急な対策が必須である。一般に GFRP の不飽和ポリエステル樹脂、CFRP はエポキシ樹脂がプラスチック部分に使われている。

高温高压の亜臨界～超臨界領域の有機溶媒あるいは水を反応場とするソルボサーマル法やハイドロサーマル法がプラスチックのリサイクル手法として研究開発されてきている<sup>(1, 2)</sup>。FRP 中の繊維は高価でありリサイクルする価値があるため、FRP のプラスチック部分を分解・可溶化し、繊維を回収再利用する技術が開発されている。大気圧下の高温溶媒中で処理する常圧法が柴田<sup>(3)</sup>により開発され、その条件を高温高压にすることにより処理時間を短かく、効率的に処理する方法を我々は開発してきている<sup>(4, 5)</sup>。

本報では、CFRP であるゴルフシャフトを原料とし、ベンジルアルコール(以下 BZA)を溶媒として用いて CFRP 内部樹脂を溶解し、炭素繊維を良好な状態で回収するリサイクル手法の確立を目指した。

## 2. 実験

実験は常圧試験を行った後、高压試験を行う二段階工程で行った。実験装置を Fig.1 に示す。常圧試験を行い、ある程度樹脂の溶解が進んだサンプルに対して高压試験を行うことにより、樹脂を完全に溶解、分離した。

常圧試験は反応圧力が常圧になるように装置を組み、ゴルフシャフトサンプルを内径 2cm、長さ 2m の反応器に仕込んだ後、BZA (280mL)、触媒 ( $K_3PO_4$ ) を加え、マントルヒーターで約 210℃ に加熱して反応させた。サンプルを取り出し、水およびアセトンにより洗浄し、乾燥した。

一方、高压試験は常圧試験後のゴルフシャフトサンプルを容積 500mL のバッチ式反応器に仕込み、BZA (200mL)、触媒 ( $K_3PO_4$ ) を加え、温度 300℃、圧力が約 1MPa になるようにして更なる溶解を図った。

BZA は臨界温度 715.0 K、臨界圧力 4.3 MPa、融点 -257.8

K、沸点 478.5 K である。

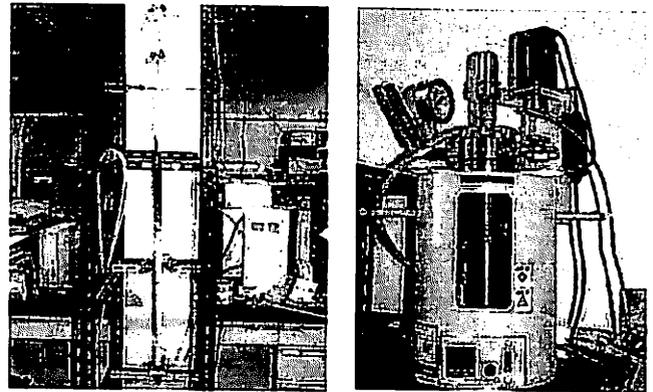


Fig. 1 Experimental setup, (left) ambient pressure system, (right) high pressure system

## 3. 結果および考察

8時間の常圧試験後のサンプルの写真を Fig. 2(2)に、その後の8時間の高压処理後のサンプルの写真を Fig. 2(3)に示す。付着する BZA や触媒に用いたリン酸三カリウムを水及びエタノールで洗浄、除去すると、しなやかでほぐれた炭素繊維のみを回収することができた。

常圧試験後については触媒をサンプル全体に接触させることによりほぼプラスチック部分は溶解しているが、繊維の隙間には樹脂が残っている。高压試験後は繊維間樹脂が完全に溶解してシート状の部分の受けられない状態で、良好に炭素繊維が回収できた。

次の式で算出した溶解率は 24.7% であり、サンプル中の樹脂部分は 25-30% であることから、ほぼ完全に樹脂部分は可溶化されている。

$$* (\text{溶解率}) = \{ (A-B) / A \} \times 100$$

A: 処理前 CFRP 重量 (g)

B: 処理後 CFRP 重量 (g)

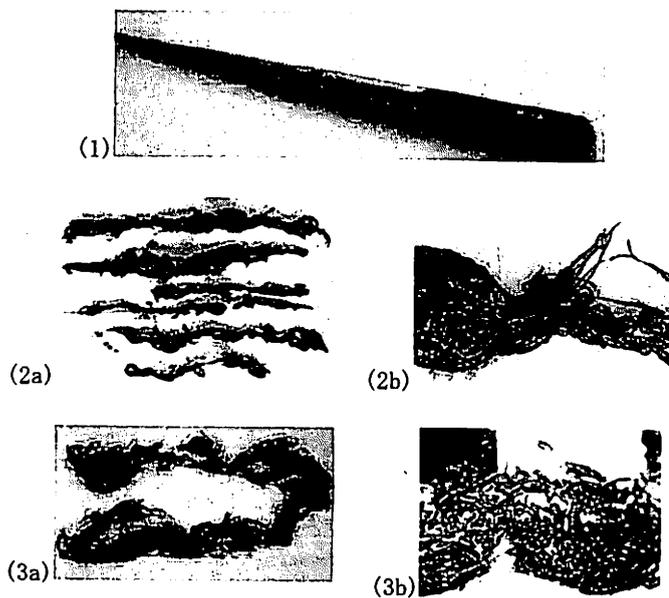


Fig.1 Treated golf shaft. (1) original sample, (2) after ambient pressure treatment, (3) after high pressure treatment.

#### 4. おわりに

本手法ではFRP中の最も高価な繊維を良好な状態で回収することができた。ゴルフシャフトの他に、各種の複合材料の処理に本手法は適用できるものとする。

#### 謝辞

本研究は財団法人新生資源協会ならびに熊本大学グローバルCOEプログラム「衝撃エネルギー工学グローバル先導拠点」の援助により実施した。

#### 文献

- 1) 後藤元信：高圧力の科学と技術, 20, 19 25 (2010)
- 2) M. Goto, J. Supercritical Fluids, 47, 500 (2009)
- 3) 柴田勝司：高分子 57, 365 (2008)
- 4) 桑原穰、佐々木満、後藤元信：ケミカル・エンジニアリング, 52, 501 (2008)
- 5) 後藤元信：繊維学会誌, 65, 62 (2009)