

GFRP & CFRP のリサイクル技術の動向・課題と回収材の用途開発

Trends and issues in GFRP & CFRP recycling technology and development of applications for recovered materials

- **マテリアルリサイクル, 熱分解法, 超臨界流体法, 加溶媒分解法, その他の回収技術, 易分解性樹脂, 再利用技術に分類し, 年代順で紹介!**
- **国内外で試みられてきた一連の FRP リサイクル技術を紹介!**
- **著しく発展する海外企業の GFRP & CFRP リサイクル技術と戦略とは!**
- **リサイクル技術の今後の課題として, 回収・加工・再利用技術を詳述!**
- **熱分解法や加溶媒分解法など, CFRP 廃材からの CF の分離技術の比較!**

<発行要項>

- 発行: 2022年6月28日
- 著者: 柴田 勝司
- 定価: 冊子版 77,000円(税込)
セット(冊子+CD) 99,000円(税込)
- 体裁: A4判・並製・211頁
- 編集・発行: (株)シーエムシー・リサーチ
- ISBN 978-4-910581-23-1

= 刊行にあたって =

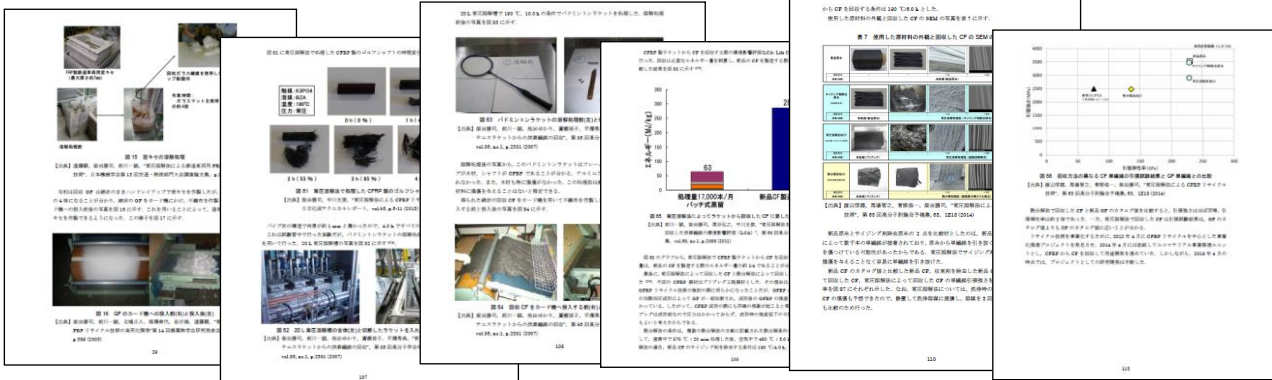
熱硬化性樹脂複合材料の代表的な製品としては、不飽和ポリエステル樹脂/ガラス繊維複合材料(GFRP: Glass Fiber Reinforced Plastics)、エポキシ樹脂/炭素繊維複合材料(CFRP: Carbon Fiber Reinforced Plastics)が挙げられる。GFRPは1940年代には主に輸送機器用途に開発され、小型船舶の船体、自動車本体及び部品、小型飛行機の機体などに使用され始めた。日本へは終戦後に初めてその技術が導入されたが、1960年代には、漁船、浄化槽、浴槽、パネルタンクなどが開発され、1970年代に急速に需要を伸ばした。その後も需要は拡大し続け、特に最近では中国を中心とするアジアでの伸びが大きい。

一方、CFRPは非常に高価であったため、1970年代には釣り竿、ゴルフクラブ、テニスラケット、バドミントンラケット、卓球ラケット、スキー、自転車などのスポーツ・レジャー用品などにしか使用されなかった。しかし、2000年に入ると価格もだいぶ下がり、航空機の胴体や主翼などの一次構造材に使用されるようになってきた。また、高級乗用車、電気自動車の主要部品などにも使用されている。2020年以降は大幅に需要が拡大すると期待されている電気自動車の車体、洋上風力発電機のブレード、燃料電池自動車の水素タンクなどへの利用が広がり、CFRPの需要も急速に伸びると予想されている。

これらのFRP製品はその特長である高強度、耐熱性、難燃性、耐薬品性などが原因となって、リサイクルを困難にしている。しかしながら、生産量が増えるに従い、廃棄物処理も大きな問題となってきた。1970年代から数々のリサイクル技術が検討されてきたが、2010年までに実用化されたのは、セメントの原料化技術だけである。2010年以降はFRPのリサイクル技術に関わる研究開発者の数も増え、少しずつ実用化され始めた。2015年以降は特に回収炭素繊維の再利用技術の開発が進み、自動車部品、ノートPCの筐体、建材、ベンチ、スポーツ用品、航空機部品、自転車部品、鉄道車両部品などへ利用が検討され、その一部は実用化された。

本書では、国内外で試みられてきた一連のFRPリサイクル技術を紹介する。本書では分かりやすくするために、通常、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、サーマルリサイクルと大別されるリサイクル技術を、さらに細かく、マテリアルリサイクル、熱分解法、超臨界流体法、加溶媒分解法、その他の回収技術、易分解性樹脂、再利用技術に分類し、年代順で紹介する。最後の結言で、それぞれのリサイクル技術を実用化した企業をまとめた。

柴田 勝司



注文書		メルマガ会員登録の登録	登録済み / 登録希望
品名	GFRP & CFRP のリサイクル技術の動向・課題と回収材の用途開発	価格	書籍 : 70,000円(税込 77,000円) 書籍+CD : 90,000円(税込 99,000円) ※メルマガ会員は定価の10%OFF
会社名		TEL	
部課名		FAX	
お名前		E-mail	
住所	〒		

お申込み・お問合せ
編集発行: (株)シーエムシー・リサーチ 101-0054 東京都千代田区神田錦町 2-7 東和錦町ビル3F
TEL: 03 (3293) 7053 FAX: 03 (3291) 5789 URL: https://cmcre.com E-mail: re@cmcre.com

*書籍はご注文を受けた翌営業日以降順次発送いたします。請求書は別途送付いたします。*お支払いは請求書指定口座に納品日の翌月末日までに振り込みでお願いします。

第1章 緒言

- (1) 複合材料の定義と分類
- (2) 米国の各種FRPの市場
- (3) バサルト繊維 3), 4)
- (4) プラスチックリサイクル技術の分類

第2章 GFRP リサイクル技術の動向

- (1) GFRPの歴史
- (2) 国内のGFRP出荷量と用途
- (3) 欧州のGFRP生産量
- (4) GFRPの廃棄物処理

1. 国内のGFRPリサイクル技術

1.1 マテリアルリサイクル

- (1) アサオカ(株)と群馬工業高等専門学校
- (2) いすゞ自動車(株) (3) 石川島播磨重工業(株)
- (4) (株)名機製作所 (5) 宇部日東化成(株)
- (6) 広島大学, (有)徳毛レジン, 広島県工業研究センター
- (7) シャープ(株)

1.2 熱分解法

- (1) 工業技術院北海道工業開発試験所
- (2) 三菱重工業(株) (3) (株)東芝
- (4) (財)日本化学繊維検査協会 (5) 日本電気(株)
- (6) 静岡県立大学, 日清オイリオグループ(株), 神奈川県産業技術センター
- (7) 水産総合研究センター, 九州大学, 福岡県リサイクル総合研究センター, 大分県産業科学技術センター
- (8) 工業技術院四国工業技術試験所, 高知県工業技術センター
- (9) 信州大学

1.3 超臨界流体法

- (1) (株)神戸製鋼所 (2) 工業技術院物質工学工業技術研究所, 熊本県工業技術センター
- (3) 工学院大学 (4) 静岡大学
- (5) 大阪府立大学, 松下電工(株)
- (6) 山口県産業技術センター, 山口大学

1.4 加溶媒分解法

- (1) 松下電器産業(株) (2) 三菱電機(株)
- (3) 和歌山県工業技術センター (4) アースリサイクル(株)
- (5) 千葉大学, 産業技術総合研究所, 中国工業(株)
- (6) 日立化成(株)

1.5 その他の回収技術

- (1) 崇城大学 (2) 信州大学

1.6 再利用技術

- (1) (株)クボタ
- (2) (社)強化プラスチック協会, (株)富士田 商事
- (3) 大日本インキ化学工業(株) (4) 田村石材(株)
- (5) 和歌山県工業技術センター, (株)京屋, 福岡県工業技術センター
- (6) 日立化成(株) (7) (株)国土社 (8) 宮崎大学
- (9) 大阪大学, (株)INAX, ニチアス(株)

2. 海外のGFRPリサイクル技術

2.1 GFリサイクル

- (1) PPG Industries Ohio, Inc. (US)
- (2) Vetrotex France S.A. (FR)
- (3) Solvay S.A. (BE) (4) Johns Manville (US)
- (5) Befesa Medio Ambiente (Befesa 環境) (ES)

2.2 マテリアルリサイクル

- (1) ECO Wolf Inc. (US)
- (2) ERCOM Composite Recycling GmbH (EU)
- (3) Fibron GmbH (DE) (4) Phoenix Fibreglass Inc. (CA)
- (5) R. J. Marshall Company (US)
- (6) New York State College of Ceramics (US)
- (7) Centre des Matériaux de Grande Diffusion (Large Diffusion Materials Center) (FR)
- (8) The Composites Innovation Centre Manitoba Inc. (CA)
- (9) Astoria Industries of Iowa, Inc. (US)
- (10) University of Bristol (GB)
- (11) The University of Manchester (GB), Pforzheim University (DE)
- (12) GEES RECYCLING S.r.l. (IT)

2.3 熱分解法

- (1) Richard A. Wallace (個人) (US)
- (2) The Budd Company (US)
- (3) Stevens Institute of Technology (US)
- (4) S-P Reclamation, Inc. (US)
- (5) University of Nottingham (GB)
- (6) The University of Leeds (GB) (7) ReFiber ApS (DK)
- (8) REFORM (EU)

- (9) ACMA, IACMI, CHZ Technologies, LLC (US)
- (10) University of Strathclyde (GB)
- (11) KOREC S.R.L. (IT)-CO2 雰囲気
- (12) Jean J. O. Gravel (個人) (CA)
- (13) Celanese Mexicana S.A. (MX)

2.4 超臨界流体法

- (1) Modar Inc. (US)
- (2) Nantes Thermokinetics Laboratory (FR)
- (3) Aalborg University (DK)

2.5 加溶媒分解法

- (1) Ashland Oil, Inc. (US) (2) DSM Research (NL)
- (3) University of Connecticut (US)
- (4) Siemens AG (DE)
- (5) International Business Machines Corporation (US)
- (6) Hongik University (KR)
- (7) Chinese Academy of Sciences (CN)
- (8) Technical University of Denmark (DK)
- (9) University of Southern Denmark (DK)

2.6 その他の回収技術

- (1) Novacor Chemicals SA (CH)
- (2) The University of Borås (SE)
- (3) Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) (FR)

2.7 易分解性樹脂

- (1) University of Southern California (US), Adesso Advanced Materials Inc. (CN)
- (2) Aditya Birla Chemicals (TH)

2.8 再利用技術

- (1) European Composites Recycling Services Company (EU)
- (2) Ryds Battindustri AB (SE)
- (3) Hambleside Danelaw Ltd. (GB)
- (4) Conenor Ltd. (FI), Tecnalia Corp. (ES)
- (5) Conenor Ltd (FI)
- (6) Flexipol (NL)
- (7) Global Fiberglass Solutions Inc. (US)
- (8) General Electric Company (US), Global Fiberglass Solutions Inc. (US)
- (9) Loughborough University (GB)
- (10) Università Politecnica delle Marche (IT)
- (11) Technical University of Lisbon (PT)
- (12) National Center for Metallurgical Research (ES)
- (13) European Composites Industry Association (EU)
- (14) Fiberline Composites A/S (DK)
- (15) Mixt Composites Recyclables SASU (FR)
- (16) Reprocover (BE)
- (17) TECNALIA Research & Innovation (ES)
- (18) Janicki Industries, Inc. (US), Global Fiberglass Solutions, Inc. (US)
- (19) Global Fiberglass Solutions Inc., Washington State University (US)
- (20) Washington State University (US)
- (21) Hebei University of Science & Technology (CN)
- (22) Extreme Eco Solutions (NL)

第3章 CFRP リサイクル技術の動向

- (1) 炭素繊維強化プラスチック(CFRP)の出荷量
- (2) CFRPの用途
- (3) Boeing787に使われている材料
- (4) PAN (PolyAcryloNitrile)系CFの製造法
- (5) CF製造時のエネルギーとCO2排出量
- (6) CF廃材の種類
- (7) CFRP廃材のリサイクルに適用可能な技術
- (8) 各種CFRPリサイクルの比較

1. 国内のCFRPリサイクル技術

1.1 マテリアルリサイクル

- (1) ACA(株)

1.2 熱分解法

- (1) 炭素繊維協会 (2) 東レ(株) (3) 三菱レイヨン(株)
- (4) 三菱ケミカル(株) (5) 高安(株)
- (6) カーボンファイバーリサイクル工業(株)
- (7) (株)リーテム, 富士加飾(株)
- (8) (財)ファインセラミックスセンター

1.3 超臨界流体法

- (1) 静岡大学 (2) 熊本大学

1.4 加溶媒分解法

- (1) 東京工業大学 (2) 大阪府立大学
- (3) 産業技術総合研究所, 東邦テナックス(株)

構成および内容 II

- (4) アースリサイクル(株) (5) 日立化成(株)
- 1.5 その他の回収技術
(1) 八戸工業高等専門学校 (2) 成蹊大学 (3) 信州大学
(4) 埼玉県産業技術総合センター (5) (株)ミライ化成
- 1.6 易分解性樹脂
(1) 物質・材料研究機構, 新構造材料技術研究組合
- 1.7 再利用技術
(1) 愛媛大学, 東レ(株) (2) 宇宙航空研究開発機構
(3) 阿波製紙(株) (4) 三菱重工業(株)
2. 海外のCFRP リサイクル技術
- 2.1 CF リサイクル
(1) HADEG Recycling GmbH (DE) (2) Procotex Corp. SA (BE)
(3) Sigmalex Ltd. (GB) (4) Hexcel Reinforcements UK Ltd. (GB)
(5) Carbon Fiber Remanufacturing LLC (US)
- 2.2 マテリアルリサイクル
(1) Fiberline Composites A/S (DK) (2) Airbus SE (FR)
(3) ROTH International GmbH (DE)
- 2.3 熱分解法
(1) Karborek Recycling Carbon Fibers (IT), Italian National Agency for new Technologies Energy and the Environment (IT)
(2) ELG Carbon Fibre Ltd. (GB)
(3) Carbon Conversions Inc. (US)
(4) REFORM (EU) (5) Aachen University (DE)
(6) University of Concepción (CL)
(7) Alpha Recyclage Composites (FR), Toulouse University (FR)
- 2.4 超臨界流体法
(1) The University of Nottingham (GB)
(2) Harbin Institute of Technology (CN)
(3) Vartega Inc. (US)
(4) Cranfield University (GB)
(5) Washington State University (US)
(6) Korea Institute of Science & Technology (KR)
- 2.5 加溶媒分解法
(1) Adherent Technologies, Inc. (US)
(2) Advanced Plastics Technologies, Ltd. (GB)
(3) Siemens AG (DE)
(4) Ningbo Institute of Materials Technology & Engineering (CN)
(5) University of Chinese Academy of Sciences (CN)
(6) The Boeing Company (US)
(7) Shocker Composites LLC (US)
(8) Indian Institute of Technology Madras (IN)
(9) Global Fiberglass Solutions Inc. (US), Washington State University (US)
(10) Nuremberg Institute of Technology (DE)
(11) CatackH, Co., Ltd. (KR)
(12) Korea Institute of Science & Technology (KR)
- 2.6 その他の回収技術
- (1) Vetrotex France SA (FR) (2) DaimlerChrysler AG (DE)
(3) Shenzhen University. (CN)
(4) Shenzhen University (CN), University of Manchester (GB)
(5) Kunming University of Science and Technology (CN)
(6) The Fraunhofer Institute for Chemical Technology ICT (DE)
- 2.7 易分解性樹脂
(1) The Netherlands Organization for Applied Scientific Research (NL)
(2) Connora Technologies Inc. (US)
(3) Adesso Advanced Materials Wuhu Co., Ltd. (CN)
(4) Adesso Advanced Materials Wuhu Co., Ltd. (CN), Connora Technologies Inc. (US)
(5) Connora Technologies Inc. (US), Aditya Birla Chemicals Ltd. (TH)
(6) Mallinda LLC (US), The University of Colorado Boulder (US)
- 2.8 再利用技術
(1) Imperial College London (GB)
(2) North Carolina State University (US)
(3) CFK Valley (DE)
(4) SGL Automotive Carbon Fibres GmbH (DE)
(5) Triumph Composites Systems Inc. (US), Washington State University (US)
(6) Steelhead Composites, LLC (US), Vartega Inc. (US), Michelman Inc. (US)
(7) Composite Recycling Technology Center (US)
(8) Dell Inc. (US), Saudi Basic Industries Corporation (SA)
(9) The Boeing Company (US), ELG Carbon Fibre Ltd. (GB)
(10) Adesso Advanced Materials Wuhu Co., Ltd. (CN)
(11) Vartega Inc. (US), Janicki Industries Inc. (US)
(12) Composite Technology Center (DE), Airbus SE (FR)
(13) Alchemy Bicycle Company (US), Vartega Inc. (US)
(14) The Fraunhofer Institute for Chemical Technology ICT (DE)
(15) Vartega Inc. (US), Braskem SA (BR)
(16) CarloRatti Associati, Italo Rota (IT)
(17) Vartega Inc. (US)

第4章 結言

1. 結論

1.1 GFRP リサイクル技術

1.2 CFRP リサイクル技術

2. 今後の技術課題

2.1 回収技術

2.2 加工技術

2.3 再利用技術

参考文献

著者略歴

柴田 勝司 溶解技術(株) 代表取締役 博士 (工学)

【経歴】

1980年3月 京都大学 工学部 合成化学科 卒業、 1980年4月 日立化成工業(株) 入社、 1981年代～ 2014年 日立化成工業(株)の研究所に在籍、 2014年3月 博士(工学)取得 熊本大学、 2015年8月 日立化成(株)を定年退職、 2016年4月 溶解技術(株)を設立、 2019年4月 名古屋大学客員教授を兼任、 2022年3月 名古屋大学客員教授を退任

【研究歴】

1980年代 プリント配線板用エポキシ樹脂、 1990年代 エポキシ樹脂接着フィルム、 2000年以降 熱硬化性樹脂複合材料リサイクル技術

【所属学会】

高分子学会、日本化学会

【著書】

エポキシ樹脂技術協会編 “総説エポキシ樹脂 最近の進歩 I”, 第6章第1節 “エポキシ樹脂複合材料のリサイクル技術”, p.195-201 エポキシ樹脂技術協会 (2009)

福田博, 邊吾一, 末益博志監修, ”新版 複合材料・技術総覧”, 第7章 第7節, ”複合材料のリサイクル”, p.829-837, 産業技術サービスセンター (2011)

吉岡敏明監修, ”プラスチックのケミカルリサイクル技術”, 第III編 第5章, ”常圧溶解法による熱硬化性樹脂の解重合”, p.245-265, シーエムシー出版 (2021)

お問い合わせ シーエムシー・リサーチ

TEL : 03-3293-7053

FAX : 03-3291-5789

URL : <https://cmcre.com>

E-mail : re@cmcre.com