

GFRP & CFRPのリサイクル技術の動向・課題と回収材の用途開発

講師：柴田 勝司氏

溶解技術株式会社 代表取締役 博士(工学)

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。CFRPに使用される炭素繊維(CF)は高価なため、最近ではリサイクルされ始め、回収CFの用途探索も進んできた。

一方、CFRP生産量の20倍以上のGFRPについては、2000年頃から約20年間、セメントの原燃料化によるリサイクルしか実用化されていなかった。しかしながら、ここ数年でリサイクル技術は著しく進歩し、GFRP製の風力発電用ブレードなどがリサイクルされるようになってきた。本セミナーではGFRP並びにCFRPのリサイクル技術に関する最新動向を報告する。

【講師経歴】1980年 京都大学工学部合成化学科卒業、1980年 日立化成工業株式会社入社、1981年代～2014年 日立化成工業株式会社の研究所に在籍、2014年 博士(工学)取得 熊本大学、2015年 日立化成株式会社を定年退職、2016年 溶解技術株式会社を設立、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

【共著書】・柴田勝司, "GFRP & CFRPのリサイクル技術の動向・課題と回収材の用途開発", シーエムシー・リサーチ(2022)・吉岡敏明監修, "プラスチックのケミカルリサイクル技術", 第三編 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)・木村圭史郎編, "プラスチックリサイクルー世界の規制と対策・要素技術開発の動向と市場展望ー", 第5章 第1節, "常圧溶解法による熱硬化性樹脂のリサイクル技術", p.189-206, 第5章 第7節, "CFRP/GFRPからの樹脂の分離・回収技術の国内外の開発動向", p.269-333, サイエンス&テクノロジー社(2021)・技術情報協会編, "高分子材料の絶縁破壊・劣化メカニズムとその対策", 第2章 第2節, "電気絶縁材料への応用に向けたエポキシ樹脂の配合設計", 技術情報協会(2021)など

開催日時	2024年4月10日(水) 10:30~16:30	※本セミナーは、 当日ビデオ会議ツール「Zoom」を使ったライブ配信セミナーとなります。推奨環境は当該ツールをご参照ください。後日、視聴用のURLを別途メールにてご連絡いたします。
受講料	55,000円(税込) ※資料付 *メルマガ登録者 49,500円(税込) *アカデミック価格 26,400円(税込)	

*アカデミック価格:学校教育法にて規定された国、地方公共団体、および学校法人格を有する大学、大学院の教員、学生に限ります。

★【メルマガ会員特典】2名以上同時申込かつ申込者全員がメルマガ会員登録していただいた場合、1名あたりの参加費がメルマガ会員価格の半額となります

★【セミナー対象者】・GFRP、CFRPなどの複合材料の研究、開発、設計に携わる方。・複合材料あるいはプラスチックのリサイクル技術に興味をお持ちの方。

★【セミナーで得られる知識】GFRP、CFRPを代表とする複合材料の、国内外におけるリサイクル技術の動向と課題。

弊社記入欄		セミナー申込書		
セミナー名		GFRP & CFRPのリサイクル技術の動向・課題と回収材の用途開発		
所定の事項にご記入下さい メルマガ会員、登録希望の場合は○↓		会社名(団体名)	TEL:	
		住所 〒	FAX:	
			E-mail:	
会員登録済み	新規登録希望	部署	役職	氏名
お支払方法		銀行振込・その他		お支払予定
				2024年 月 日頃

- 申込方法:セミナー申込書にご記入の上FAXまたはE-mail(re@cmcre.com)でお申し込みください。
 ■セミナーお申込み後のキャンセルは基本的にお受けしておりません、ご都合により出席できなくなった場合は代理の方がご出席ください。
 ■申込先: (株)シーエムシー・リサーチ 東京都千代田区神田錦町2-7 TEL 03-3293-7053
 ■本セミナーの関連情報は、弊社HPでもご覧いただけます。⇒ <http://www.cmcre.com>

参加申込 FAX 番号
03-3291-5789

1. 緒言

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

2. GFRP リサイクル技術の動向

- ・GFRPの歴史・国内のGFRP出荷量と用途・欧州のGFRP生産量・GFRPの廃棄物処理・GFRPリサイクル技術の比較

2.1 国内のGFRPリサイクル技術

- 2.1.1 マテリアルリサイクル
 - ・アサオカ、群馬高専-FRP、塗料
- 2.1.2 熱分解法
 - ・北海道工試-気中熱分解・三菱重工-気中熱分解・東芝-高圧熱分解・静岡県立大、日清オイリオ、神奈川産技セ-植物油分解・福岡研セ、大分産技セ-気中熱分解・四国工試、高知工技セ-水蒸気分解
- 2.1.3 加溶媒分解法
 - ・三菱電機-有機アンモニウム塩触媒・和歌山工技セ-グリコール
 - ・アースリサイクル-グリコール・千葉大、産総研、中国工業-クレゾール・日立化成-アルコール
- 2.1.4 超臨界流体法
 - ・神戸製鋼所-超臨界水、亜臨界水・物質研、熊本工技セ-超臨界水、超臨界水・大阪府立大、松下電工-亜臨界水・山口産技セ、山口大-超臨界アルコール
- 2.1.5 その他の回収技術
 - ・崇城大-高周波分解法・信州大-酸化物半導体分解法
- 2.1.6 再利用技術
 - ・クボタ-セメントモルタル瓦・強化プラ協、富士田商事-セメント原料化・DIC-舗装材・和歌山工技セ、京屋、福岡工技セ-マネキン
 - ・日立化成-鉄道車両部品・国土社-防雪板

2.2 海外のGFRPリサイクル技術

- 2.2.1 GFリサイクル
 - ・PPG Industries Ohio, Inc. (US)-GF工程廃材・Johns Manville (US)-GF工程廃材・Befesa Medio Ambiente (Befesa 環境) (ES)-GF
- 2.2.2 マテリアルリサイクル
 - ・ERCOM Composite Recycling GmbH (EU)-充填材・Phoenix Fibreglass Inc. (CA)-充填材・The Composites Innovation Centre Manitoba Inc. (CA)-充填材
- 2.2.3 熱分解法
 - ・The Budd Company (US)-GF再生・Univ. of Nottingham (GB)-流動床燃焼プロセス・ReFiber ApS (DK)-ReFiberプロセス・REFORM (EU)-Re-Fib法・ACMA, IACMI, CHZ Technologies, LLC (US)
 - ・Royal Melbourne Inst. of Tech. (AU)-熱によるGFの劣化・Univ. of Strathclyde (GB)-熱によるGFの劣化・Univ. of Strathclyde (GB)-回収GFの処理・ACMA, IACMI, CHZ Technologies, LLC (US)
 - ・KOREC S. R. L. (IT)-CO2 雰囲気・Celanese Mexicana S. A. (MX)-加圧水蒸気分解
- 2.2.4 溶媒洗浄法
 - ・Vetrotex France S. A. (FR)-プリプレグ・Solvay S. A. (BE)-溶媒+相分離剤
- 2.2.5 加溶媒分解法
 - ・Ashland Oil, Inc. (US)-グリコール・DSM Research (NL)-エタノールアミン・Siemens (DE)-アミン・IBM (US)-イオン液体
- 2.2.6 超臨界流体法
 - ・Nantes Thermokinetics Laboratory (FR)-亜臨界水・Chinese Academy of Sciences (CN)-AlCl3 / 酢酸・Aalborg Univ. (DK)-超臨界アルコール・Univ. of Southern Denmark (DK)-AlCl3 / 酢酸
- 2.2.7 その他の回収技術
 - ・Novacor Chemicals (CH)-超音波洗浄・The University of Borås (SE)-マイクロ波分解・Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) (FR)-シラン化合物
- 2.2.8 易分解性樹脂
 - ・Univ. of Southern California (US), Adesso Advanced Materials Inc. (CN)-酢酸/H2O2
 - ・Aditya Birla Chemicals (TH)-Recyclamine®
- 2.2.9 再利用技術
 - ・Ryds Battindustri AB (SE)-ボート・Hambleside Danelaw (GB)-住宅機器・Conenor Ltd. (FI), Tecnalia Corp. (ES)-Wood Plastic Composite (WPC)・Conenor Ltd (FI)-パネル・Global Fiberglass Solutions Inc. (US)-パネル
 - ・Global Fiberglass Solutions Inc., Washington State Univ. (US)-パネル・Università Politecnica delle Marche (IT)-コンクリート・Technical University of Lisbon (PT)-コンクリート
 - ・National Center for Metallurgical Research (ES)-セラミックタイル・CompoCycle (DE)-セメント・Fiberline Composites (DK)-セメント・Mixt Composites Recyclables (FR)-成形材料・Reprocover (BE)-建設製品・Janicki Industries (US), Global Fiberglass Solutions Inc. (US)-防音壁・Hebei Univ. of Sci. & Tech. (CN)-石膏、マンホール・Extreme Eco Solutions (NL)-タイル

3. CFRP リサイクル技術の動向

- ・炭素繊維強化プラスチック(CFRP)の出荷量・CFRPの用途
- ・ボーイング787に使われている材料・PAN(PolyAcryloNitrile)系CFの製造法・CF製造時のエネルギーとCO2排出量・CF廃材の種類
- ・CFRP廃材のリサイクルに適用可能な技術・各種CFRPリサイクルの比較

3.1 国内のCFRPリサイクル技術

- 3.1.1 マテリアルリサイクル・ACA-空気流によるCF回収技術
- 3.1.2 熱分解法
 - ・炭素繊維協会-実証プラント・東レ-省エネルギー熱分解法
 - ・三菱レイヨン-省エネルギー熱分解・三菱ケミカル-省エネルギー熱分解・カーボンファイバーリサイクル工業-省エネルギー熱分解
 - ・リーテム、富士加飾-自動制御システム・ファイナセラミックスセ

- ンター-水蒸気分解・ソブエクレ-熱分解+微粉碎
- 3.1.3 加溶媒分解法
 - ・東京工大 久保内教授-硝酸・産総研、東邦テナックス-液相分解
 - ・アースリサイクル-グリコール・日立化成-アルコール
 - ・アイカーボン-常温酸アルカリ法
- 3.1.4 超臨界流体法
 - ・静岡大 岡島准教授-亜臨界流体・熊本大(現名大)-後藤教授-亜臨界アルコール
- 3.1.5 その他の回収技術
 - ・八戸高専 杉山教授-電解酸化法・ミライ化成-溶解法+熱分解法
 - ・旭化成、北九州高専、東京理科大-電解硫酸法
- 3.1.6 易分解性樹脂
 - ・埼玉産技セ-CFRTPの有機溶剤溶解法・物質・材料研究機構(NIMS)、新構造材料技術研究組合(ISMA)-ジスルフィド基の導入
- 3.1.7 再利用技術
 - ・愛媛大、東レ-コンクリート・JAXA-航空機部品・阿波製紙(株)-CF製紙
 - ・サンケン-面状発熱体・佐久間特殊鋼、山陽化工-短繊維CFRP・帝人、富士通-自転車フレーム・ワメンテクノ-橋梁補修・住友バークライト-抄造複合材

3.2 海外のCFRPリサイクル技術

- 3.2.1 CFリサイクル
 - ・HADEG Recycling (DE)-CF生産工程廃材・Procotex (BE)-CF生産工程廃材
 - ・Hexcel Reinforcements UK Ltd. (GB)-CF生産工程廃材
- 3.2.2 マテリアルリサイクル
 - ・Fiberline Composites (DK)-CFRP工程廃材・Fairmat (FR)-プリプレグ-パネ
- 3.2.3 熱分解法
 - ・Karborek (IT), ENEA (IT)・ELG Carbon Fibre Ltd. (GB)・Carbon Conversions Inc. (US)・REFORM (EU)-Re-Fib法・RYMYC srl (IT)・Aachen Univ. (DE)-残留炭素除去・Alpha Recyclage Composites (FR), Toulouse Univ. (FR)-水蒸気分解
- 3.2.4 溶媒洗浄法
 - ・Vetrotex France S. A. (FR)-プリプレグ・The Boeing Company (US)-積層材料層間剥離・Shocker Composites (US)-プリプレグ、インライン
- 3.2.5 加溶媒分解法
 - ・Adherent Technologies, Inc. (US)・Global Fiberglass Solutions (US), Washington State Univ. (US)-エタノール、水・Catack-H (KR)-水+?
 - ・Korea Inst. of Sci. and Tech. (KR)-水・Korea Inst. of Sci. and Tech. (KR)-水+界面活性剤
- 3.2.6 超臨界流体法
 - ・The Univ. of Nottingham (GB)-超臨界プロパノール
 - ・Harbin Inst. of Tech. (CN)-超臨界水
 - ・Vartega (US)-超臨界CO2, プリプレグ
 - ・Henan Polytechnic Univ (CN)-酢酸、膨潤
- 3.2.7 その他の回収技術
 - ・DaimlerChrysler AG, (DE)-高周波分解法
 - ・Shenzhen Univ. (CN), Univ. of Manchester (GB)-電気分解法
 - ・Kunming Univ. of Sci. and Tech. (CN)-高周波分解法
- 3.2.8 易分解性樹脂
 - ・オランダ応用科学研究機関(TNO)(NL)-DieIs-Alder反応を利用した樹脂
 - ・Adesso Advanced Materials (CN), Connor Technologies (US)
 - ・Connor Technologies (US), Aditya Birla Chemicals (TH)
 - ・Connor Technologies (US)-Recyclamine®
 - ・Adesso Advanced Materials (CN)-Cleavamine®
 - ・Mallinda (US) /Univ. Colorado Boulder (US)-新規ポリイミン
- 3.2.9 再利用技術
 - ・Imperial College London (GB)-評価技術・North Carolina State Univ. (US)-評価技術・CFK Valley (DE)-航空機部品・Composite Technology Center (DE), Airbus (FR)・SGL ACF/BMW (DE)-自動車部品
 - ・Triumph Composites Systems (US), Washington State Univ. (US)-航空機部品
 - ・Steelhead (US), Vartega (US), Michelman (US)-圧力容器
 - ・Composite Recycling Technology Center (US)-パドル
 - ・Composite Recycling Technology Center (US)-ベンチ
 - ・Composite Recycling Technology Center (US)-合板
 - ・Composite Recycling Technology Center (US), ELG Carbon Fibre Ltd. (GB), Inst. for Advanced Composite Manufacturing Innovation (US)-シートバック
 - ・Dell (US), SABIC (SA) -ノートPC筐体
 - ・Boeing (US), ELG Carbon Fibre (GB)-ノートPC筐体
 - ・Boeing (US), ELG Carbon Fibre (GB)-航空機部品
 - ・Adesso Advanced Materials Wuhu Co., Ltd. (CN)-自動車部品
 - ・Vartega (US), Janicki Industries (US)-航空機部品
 - ・Alchemy Bicycle Co (US), Vartega Inc. (US)
 - ・Fraunhofer ICT (DE)-電池セパレーター
 - ・Vartega (US), Braskem (BR)-CF強化PP3Dフィラメント
 - ・CarloRatti Associati, Italo Rota (IT)-MAE Museum
 - ・Vartega (US)-自動車部品
 - ・Vartega (US)-自転車部品
 - ・Fairmat (FR)-プリプレグ-パドルラケット
 - ・IPC/CRCoF (FR)-複合材料リサイクルガイドブック

4. 結言

- 4.1 結論
- 4.1.1 GFRPリサイクル技術
- 4.1.2 CFRPリサイクル技術
- 4.2 今後の技術課題
- 4.2.1 回収技術
- 4.2.2 加工技術
- 4.2.3 再利用技術

GFRP & CFRPのリサイクル技術の 動向・課題と回収材の用途開発

講師：柴田勝司氏

溶解技術株式会社 代表取締役 博士(工学)

当該セミナーは、**ライブ配信のウェビナー（オンラインセミナー）**です！

【ライブ配信対応セミナー】

- ・本セミナーはビデオ会議ツール「Zoom」を使ったライブ配信セミナーとなります。お申し込み前に、下記 URL より視聴環境をご確認ください。
→ <https://zoom.us/test>
- ・当日はリアルタイムで講師へのご質問も可能です。
- ・タブレットやスマートフォンでも視聴できます。
- ・お手元の PC 等にカメラ、マイク等がなくてもご視聴いただけます。この場合、音声での質問はできませんが、チャット機能、Q&A 機能はご利用いただけます。
- ・ただし、セミナー中の質問形式や講師との個別のやり取りは講師の判断によります。ご了承ください。
- ・「Zoom」についてはこちら↓をご参照ください。
<https://zoom.us/jp-jp/meetings.html>

【お申込み後の流れ】

- ・開催前日までに、ウェビナー事前登録用のメールをお送りいたします。お手数ですがお名前とメールアドレスのご登録をお願いいたします。
- ・事前登録完了後、ウェビナー参加用 URL をお送りいたします。
- ・セミナー開催日時に、参加用 URL よりログインいただき、ご視聴ください。
- ・講師に了解を得た場合には資料を PDF で配布いたしますが、参加者のみのご利用に限定いたします。他の方への転送、WEB への掲載などは固く禁じます。
- ・資料を冊子で配布する場合は、事前にご登録のご住所に発送いたします。開催日時に間に合わない場合には、後日お送りするなどの方法で対応いたします。

【注意事項】

- ・本セミナーの受講にあたっての推奨環境は「Zoom」に依存します。受講者の方のお手元の PC などの設定や通信環境が受信の状況に大きく影響いたしますので、ご自分の環境が対応しているか、お申し込み前の確認をお勧めいたします。

<https://support.zoom.us/hc/ja/articles/201362023-PC->

[MacLinux%E3%81%AE%E3%82%B7%E3%82%B9%E3%83%86%E3%83%A0%E8%A6%81%E4%BB%B6](https://support.zoom.us/hc/ja/articles/201362023-PC-MacLinux%E3%81%AE%E3%82%B7%E3%82%B9%E3%83%86%E3%83%A0%E8%A6%81%E4%BB%B6)

- ・Zoom クライアントは最新版にアップデートして使用してください。
- ・インターネット経由でのライブ中継ですので、回線状態などにより、画像や音声乱れる場合があります。また、状況によっては、講義を中断し、再接続して再開する場合がありますが、予めご了承ください。
- ・万が一、当社や講師側（開催側）のインターネット回線状況や設備機材の不具合により、開催を中止した場合には、受講料の返金や、状況により後日録画を提供すること等で対応させていただきます。
- ・本セミナーはお申し込みいただいた方のみ受講いただけます。
複数端末から同時に視聴することや複数人での視聴は禁止いたします。
- ・受講中の録音・撮影等は固く禁じます。
- ・Zoom のグループにパスワードを設定しています。お申込者以外の参加を防ぐため、パスワードを外部に漏洩しないでください。
万が一外部者が侵入した場合は管理者側で部外者の退出あるいはセミナーを終了いたします。