

## FRPのリサイクル技術

柴田 勝司\*

### 概要

再資源化が困難とされる繊維強化プラスチック (FRP) は、セメントの原燃料化技術によってリサイクルされている。しかしながら、回収された素材が FRP に再利用できない、経済性がないなどの理由によって、新たなリサイクル技術の開発が望まれている。FRP から FRP への再利用を目的として、FRP に使用されている熱硬化性樹脂を化学的に分解して再利用するケミカルリサイクル技術が開発されつつある。我々で実用化を進めている常圧溶解法を中心に紹介した。

### 1. はじめに

繊維強化プラスチック (FRP) は軽量で高強度、高耐久性であることから、浴槽、自動車部品、鉄道車両部品、小型船舶などに広く利用されている。しかしながら、FRP に用いられている不飽和ポリエステル樹脂 (UP) などの熱硬化性樹脂が、FRP のリサイクルを困難にしている。熱硬化性樹脂は成形後は加熱しても溶融しないため再成形できない。また、どのような溶剤にも溶解しないため各素材を分離できない。その結果、FRP はリサイクルが困難な材料として扱われ、別の材料に置き換える動きがある。このような動きを阻止するためには、だれもが納得するリサイクル技術を開発する必要がある。

これまでに FRP 製品のリサイクル方法として、炭化させて再利用する方法<sup>1-7)</sup>、粉碎して舗装材を作製する方法<sup>8)</sup>、粉碎してセメントの原燃料にする方法<sup>9-11)</sup>など樹脂の熱分解による処理が検討されてきた。なかでも、強化プラスチック協会が中心となって進めてきたセメントの原燃料化は、年間1万トンのFRPを処理しており、さらに適用対象が拡大しつつある。この技術は慶応大学の石館らが行った環境影響評価の結果<sup>12)</sup>では、従来の廃棄方法と比較して、二酸化炭素排出量が10.5%削減され、エネルギー消費量が42%削減できるとしており、地球温暖化対策にも寄与している。しかしながら、このリサイクル技術はFRPを適

正に処理するためには有効な方法であるが、回収された素材がFRPには再利用できない、製造されたセメントの価格が低いため処理費用を徴収しなければならないなど、いくつかの問題点もある。

本稿では、我々が開発中のケミカルリサイクル技術である常圧溶解法を紹介する。

### 2. FRP ケミカルリサイクル技術の動向

セメントの原燃料化技術の問題点を解決するために、FRPをFRPにリサイクルすることを目的として、化学的に樹脂を分解し、各素材を分離するためのケミカルリサイクル技術が研究されている。具体的には、植物油分解法、超臨界流体法、液相分解法、グリコール分解法などがある。

植物油分解法は、静岡大学の田坂ら<sup>13)</sup>によって提案され、日清オイリオ、静岡県立大学などの研究グループ<sup>14)</sup>が実用化を目指している。320°C程度の植物油にFRPを投入してUPを熱分解し、分解生成物で



柴田 勝司

\* 日立化成工業(株)  
機能性材料研究所  
リサイクル技術グループ  
〒308-85210  
茨城県筑西市小川1500

Table 1 Comparison of chemical recycling methods of thermosets

Method	Pyrolysis		Supercritical Fluid	Solvolytic		
	Gas phase	Vegetable oil		Liquid phase	Glycolysis	Our method
Temperature	250~900°C	350°C	180~1000°C	200~440°C	150~250°C	<200°C
Pressure	closed, ordinary	ordinary	2~100MPa	ordinary~2MPa	ordinary~20MPa	ordinary
Solvent	no	vegetable oil	water, alcohol, phenol	hydrogen donor solvent	glycol	alcohol
Catalyst	no	no	no	salt	acid or alkali	salt
Grinding size	<10mm	<5mm	<1mm	<5mm	<1mm	-
Recyclate	gas, oil	oil	monomer	monomer, oil	Oligomer	Oligomer

あるフタル酸などのモノマー並びにガラス繊維、炭酸カルシウムなどの無機物を回収する方法であり、常圧下で簡便に処理できるという特長がある。

超臨界流体法では、静岡大学の佐古ら<sup>15)</sup>が超臨界水を用い、大阪府立大の吉田ら<sup>16,17)</sup>が亜臨界水を用いてFRPのケミカルリサイクルを研究している。亜臨界水を用いた吉田らの研究成果をもとに、それを発展させたものとして松下電工の中川ら<sup>18-20)</sup>が開発中の技術がある。アルカリ金属水酸化物を触媒として、230°Cという比較的低温の亜臨界水を用いてFRPを加水分解する。分解生成物にはスチレン・フマル酸共重合体が含まれており、これを分離回収してFRPに再利用する技術を確立した。200Lのベンチプラントでの実験も成功させており、その際のFRPへの再資源化率は70%に達するとしている。

また、亜臨界アルコールを使用した方法では、静岡大の佐古ら<sup>21)</sup>が超臨界メタノールを、熊本大学の後藤ら<sup>22)</sup>が亜臨界ベンジルアルコールを用いる方法を検討している。いずれの技術も超臨界水に比べて低圧であり、比較的短時間で分解反応が完了するという長所がある。

液相分解法は産業技術総合研究所の佐藤ら<sup>23)</sup>によって開発された技術であり、テトラリンなどの水素供与溶媒中でFRPなどの熱硬化性樹脂を熱分解する方法である。樹脂の熱分解過程で水素が供与されるため、高分子量化しにくく、タール分が減って軽質油の生成が増加する。UPに限らず、エポキシ樹脂など多くの熱硬化性樹脂に適用できる。

グリコール分解法は和歌山県工業技術センターの久保田ら<sup>24-28)</sup>が開発し、FRPのケミカルリサイクル技術としては世界で初めて開発された技術である。当初はFRP

ではなく、UP製の衣服用ボタンのケミカルリサイクル技術として開発したが、現在ではFRPにも適用範囲を拡げている。290°CのエチレングリコールでFRPをグリコール分解し、それに酸無水物を加えて再びFRPを成形する技術である。福岡県工業技術センターと(株)京屋の研究グループ<sup>29)</sup>がこの技術をFRP製マネキンに適用して実用化を図った。また、大阪のシエン(株)が本技術を利用した水パネルタンクのリサイクル技術を開発中である。

### 3. 常圧溶解法の概要

現在、研究開発中のFRPのケミカルリサイクル技術と我々で開発した常圧溶解法の比較をTable 1に示す。常圧溶解法<sup>30,31)</sup>は加アルコール分解を利用した技術であるが、他の技術と比較してふたつの大きな特長がある。常圧で処理できること、そして破碎等の前処理が不要なことである。これらはいずれも、処理コストを低減するためには不可欠な要件と考えた。常圧下の処理は、安価な設備による処理が可能であり、しかも容易に連続処理ができるために、さらに低コスト化できる可能性がある。

もうひとつの特長である前処理が不要なことによる利点は、破碎、粉碎の費用を削減できるに止まらず、回収材の用途、安全衛生面にも影響を及ぼす。粉碎した場合には、回収できるガラス繊維は繊維長1mm以下の短いものであり、用途が大幅に制限される。特にFRPにおいては、25mm以上の長い繊維を使用することによって高い機械的強度を発現させるため、1mm以下の繊維は強化材としてはFRPに適用できない。また、安全衛生の面からは、粉碎物は粉塵爆発、塵肺の危険性が高く、好ましくない。

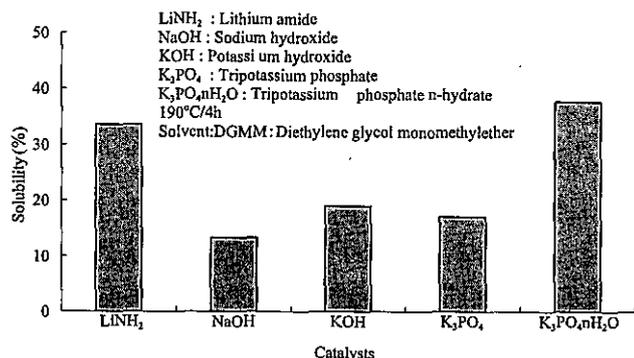


Fig.1 Solubility of FRP with various catalysts

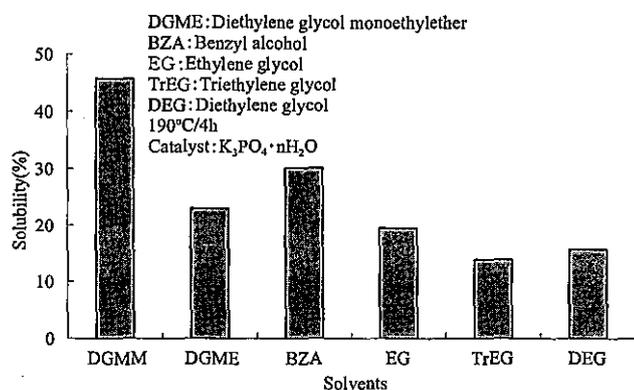


Fig.2 Solubility of FRP with various solvents

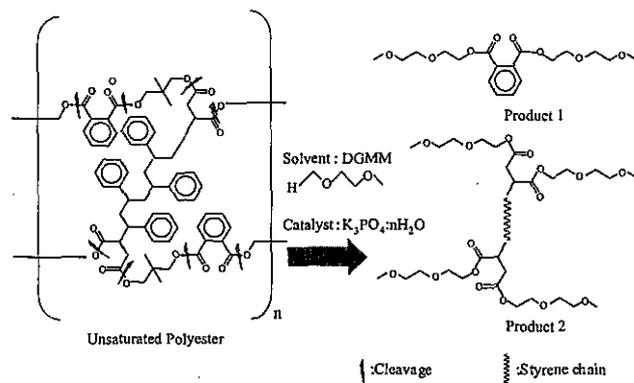


Fig.3 Mechanism of depolymerization of unsaturated polyester

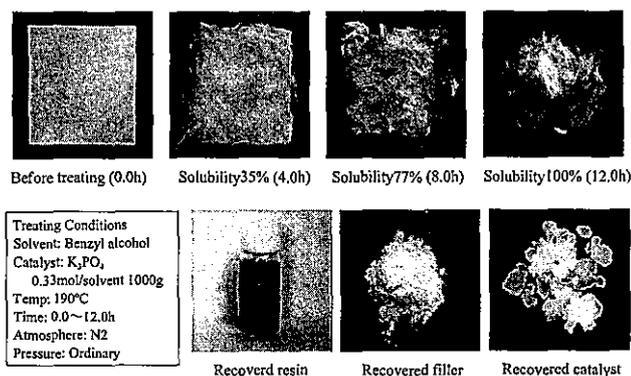


Fig.4 Process of FRP depolymerization and recovered materials

### 3.1 処理液組成の選定

常圧下での溶解処理を前提にした場合、使用する溶媒の沸点以下で解重合を行う必要がある。また、解重合及び溶解がFRPの表面でのみ起こることを考慮すると、粉碎せずに処理するためには、非常に速い解重合反応が必要である。このような速い反応はイオン反応で進行するエステル交換反応が有利と予測し、溶媒効果を最大限に利用できる触媒と溶媒の組合せを探索した。

溶媒と触媒の探索に用いた実験装置は試料を試験管に投入して、熱媒で加熱する簡便なものを用いた。溶媒は沸点が150°C以上のものに絞り、ケトン系、アルコール系、アミド系、エーテル系、炭化水素系などを検討した。沸点150°C以上の溶媒を選定した理由は、ガラス転移点が150°Cを越えるFRPは、これ以下の温度では溶媒が樹脂に浸透し難く、良好な溶解性が得られないと推定したためである。また、触媒としては、酸、アルカリ、塩を中心に検討した。

アルコール系のジエチレングリコールモノメチルエーテル (DGMM) を溶媒として各種触媒を用いた場合のFRP溶解性の評価結果をFig.1に、触媒としてリン酸三カリウム水和物 (K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> · nH<sub>2</sub>O) を用い各種溶媒を用いた場合のFRP溶解性の評価結果をFig.2に示す。評価にはFRPの樹脂が溶解した割合を示す溶解率 solubility を用いた。これらの図から、DGMMとK<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> · nH<sub>2</sub>Oの組合せが最も高い溶解率を示すことがわかる。アルカリ金属水酸化物などの強アルカリを用いた場合も高い溶解率を示したが、強アルカリはガラス繊維を腐食し、回収材の品質を低下させるという問題がある。さらに、劇物に指定された有害なものが多く、取り扱いに注意を要する。

UPを化学的に分解する推定機構をFig.3に示す。ここでは触媒としてK<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> · nH<sub>2</sub>O、溶媒としてDGMMを用いた場合の推定機構を示した。本方法では主骨格であるポリエステル鎖のエステル結合が切断されるものと推定している。Fig.3に示した切断箇所が、イオン化した触媒と共に溶媒のアルコール性水酸基によって攻撃され、エステル交換反応が起こる。UPはスチレンで三次元架橋した構造であり溶媒に不溶であるが、切断されることによって各分解生成物の分子量は小さくなり溶媒に可溶になる。

本技術では、触媒としてリン酸三カリウム (K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) を、溶媒としてDGMMまたはベンジルアルコール (BZA)

を選択した。 $K_3PO_4$  並びに BZA は食品添加物に指定されている。触媒として  $K_3PO_4$ 、溶媒に BZA を用い、常圧下、 $190^\circ C$  で FRP を処理した際の溶解過程と最終的に回収された各素材を Fig.4 に示す。

さらに短時間で処理することを目的として、富山工業高等専門学校の高廣らは、超音波を用いた常圧溶解法による FRP の解重合の研究を進めている。超音波照射によって解重合が促進されて溶解率が 20% ほど向上するという結果が得られている<sup>32,33)</sup>。

また熊本大学の後藤らは、加圧下で  $K_3PO_4$  と BZA を使用した解重合の研究を行っているが、解重合の促進のみにとどまらず、溶媒の使用量を大幅に低減できるなど、経済性に有利な条件でも溶解が可能となることが明らかになった<sup>34)</sup>。

以上の FRP 溶解処理液の探索結果を踏まえ、経済産業省の補助金を得て、パイロットプラントを建設した。185L の溶解槽 2 基を中心として、洗浄、蒸留、ろ過、乾燥等の設備からなり、昼夜連続運転した場

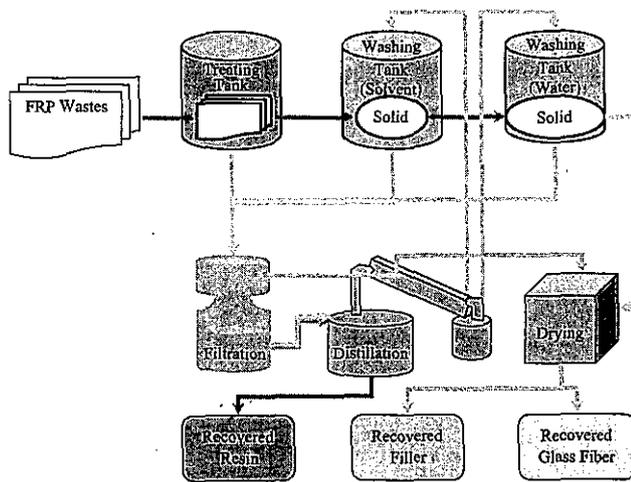


Fig.5 FRP recycling process

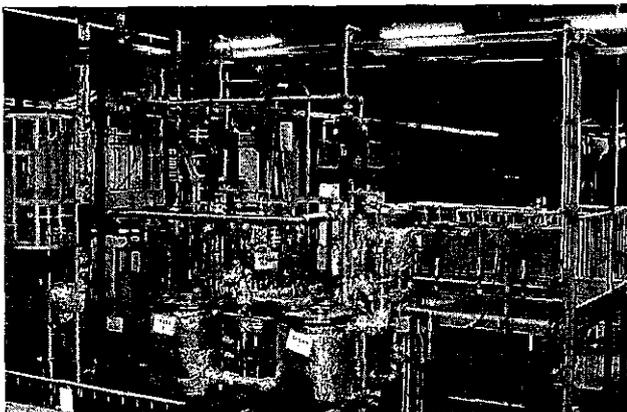


Fig.6 Pilot plant for FRP recycling

合の処理能力は 1.0ton/月である。FRP リサイクルパイロットプラントの工程概念図を Fig.5 に、外観の写真を Fig.6 に示す。

### 3.2 回収無機繊維を用いた不織布の作製

回収された素材を大別すると樹脂分解物と無機強化材になる。樹脂分解物は変性等によって樹脂を再生し、FRP に適用する予定であるが、当面はそのまま燃料として利用できる。一方、無機強化材は焼却できないため、用途が見つからなければ埋め立てて処分するしかない。したがって、回収材の用途開発は無機強化材である無機繊維を優先すべきである。無機繊維すべてを FRP に再利用した場合の回収材使用率は、25-50% になる。

FRP から回収されたガラス繊維 (Fig.4) は綿状で

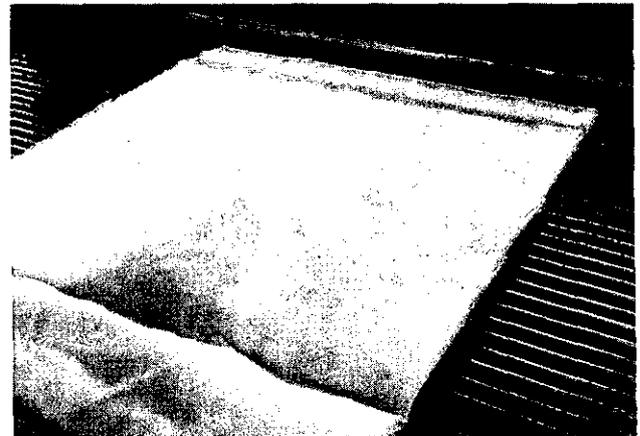


Fig.7 Nonwoven glass fabric using recovered glass fiber from FRP (dry process)

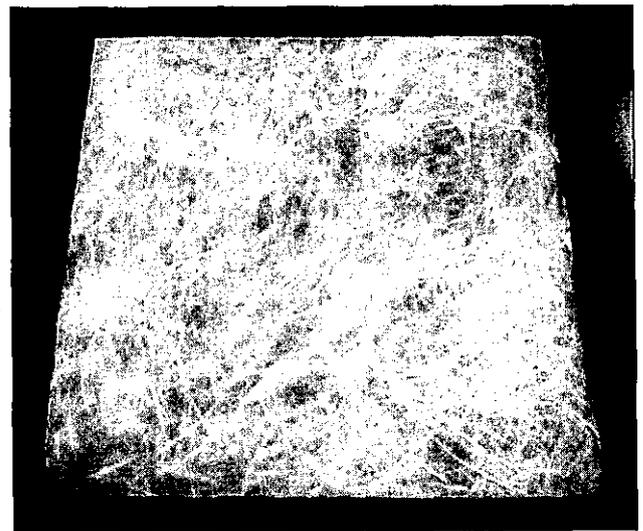


Fig.8 Nonwoven glass fabric using recovered glass fiber from FRP (wet process)

あり、そのままではFRPに利用できない。FRPの各種工法に適用するためには不織布に加工するのが得策と考え、乾式法 (Fig.7) 並びに湿式法 (Fig.8) で、不織布に加工した。乾式法は綿花などから蒲団綿を作製する装置を使用し<sup>35)</sup>、湿式法は紙梳き装置を使用する<sup>36)</sup>。乾式法で作製した回収ガラス繊維不織布を用いてハンドレイアップ工法で作製したFRP成形品 (Fig.9) の引張試験結果を、新品のガラス繊維を使

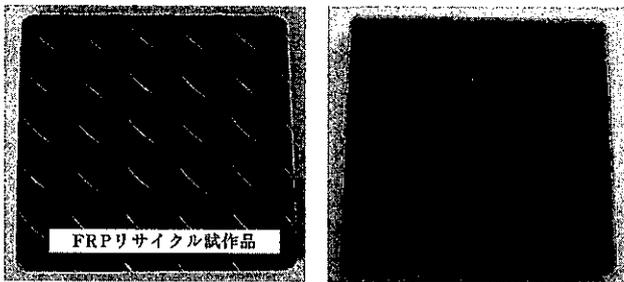


Fig.9 FRP using recycled nonwoven glass fabrics by hand lay-up molding

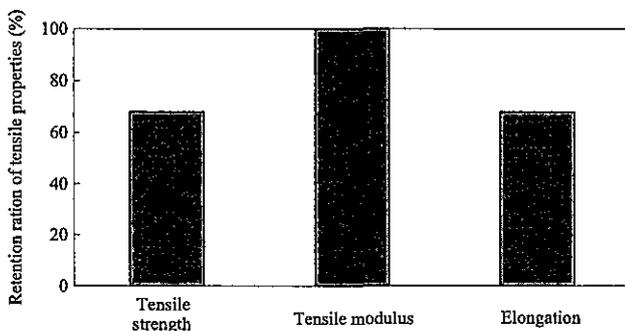


Fig.10 Mechanical properties of FRP using recovered glass fiber from FRP

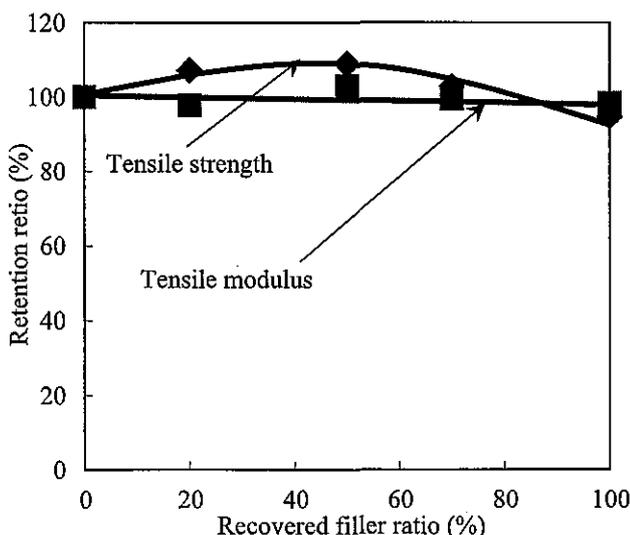


Fig.11 Mechanical properties of FRP using recovered filler from FRP

用したFRP量産品の値に対する保持率で示したグラフを Fig.10 に示す<sup>37)</sup>。ここで使用した樹脂並びに充填材である炭酸カルシウム微粉末は新品である。この図からわかるように、この成形品の引張強さは新品を使用したものに対して30%ほど低下するが、ばらつきは少なく再利用可能な水準にあると考える。

また、得られた回収ガラス繊維不織布は、シートモールドイングコンパウンド (SMC) 工法にも適用できることを確認している<sup>38)</sup>。これらの工法で作製されたFRPの引張強さは、量産FRPと比較して70%~80%の値となり、実用化可能と推定する。

### 3.3 回収無機充填材のFRPへの適用

FRPには樹脂及び強化材以外に炭酸カルシウム粉末などの無機充填材が配合されていることが多い。これらの充填材も無機繊維と同様に、用途が見つからなければ埋め立てるしかない。充填材と繊維の双方をFRPに再利用した場合の回収材使用率は、50-70%にもなる。したがって、FRPから分離された無機充填材を再びFRPに適用する技術を確立することは、FRPリサイクル技術においてはガラス繊維の再利用技術に匹敵する重要な課題である。

回収品と新品の充填材の配合比率変化させて作製したFRP板の引張強さを、新品の充填材を使用したFRPに対する相対値で示したグラフを Fig.11 に示す。この場合の充填材は炭酸カルシウム微粉末であり、使用したガラス繊維並びに樹脂は新品である。回収充填材を100%使用した場合は、引張強さ、引張弾性率への影響は少ないことがわかった<sup>39)</sup>。

### 3.4 回収樹脂分解物の再合成

回収した樹脂分解物に関しては、当初は燃料油として利用するが、最終的にはその1/2以上をFRP用樹脂として再利用することを目標としている。そのための合成法としては、次のふたつの方法が考えられる。ひとつは和歌山県工業技術センターで開発したグリコール分解法である。分解物をさらにグリコール分解して、分解物の末端をアルコール性水酸基に変え、それを無水マレイン酸等の不飽和基を有する酸無水物と反応させて不飽和ポリエステルを得る。この方法に関しては、和歌山県工業技術センターによる文献に詳述されているので参照されたい<sup>39,40)</sup>。

もうひとつは富山工業高等専門学校で検討しているケタールエステル法である。ポリエステル分解物の末端基をソルケタールなどのケタール類でエステル交換し、それを不飽和基を有する酸無水物と反応させて不飽和ポリエステルを得る<sup>41)</sup>。様々な精製法で分離した各分解成分に対して、このケタールエステル法の適用を検討する予定である。

いずれの方法も適用できる可能性は見出せたが、高い信頼性の要求されるFRPマトリックス用樹脂としては未検討な部分が多い。現在も研究は継続中であるが、できるだけ多くの分解物をFRPに再利用したいと考える。

### 3.5 実用化検討

日立化成工業(株)は2006年11月に、(株)国土社(青森県平内町)と本技術に関する特許・ノウハウ実施許諾契約を締結した。国土社はFRP製漁船のリサイクル事業を実施するために、青森県から平成18年度地域密着型先進的リサイクル支援事業費補助金を得て、本年3月には、3000L溶解槽を導入した<sup>42)</sup>。これまでにSMC工法で使用する成形前のシートの工程廃材を溶解処理する条件を確立した。また、経済産業省中小企業庁からは平成19年度中小企業・ベンチャー挑戦支援事業のうち実用化研究開発事業(補助金)に採択され、不織布を製造するラインも導入し、漁船並びにSMCシートから回収したガラス繊維を用いて各種不織布を製造する条件を検討中である。回収ガラス繊維不織布の再利用用途として、ガードレール、防雪柵などの土木建設資材などを対象に試作を重ねている。

さらに、国土社は青森県工業総合研究センター、北星レジン工業と共同で、青森県で大量に発生するホタテ貝殻の粉末をFRPに適用することも検討している<sup>43)</sup>。通常FRPには新品の炭酸カルシウムの粉末が使用されるが、それを使用したFRPと比較して、遜色のないFRPが作製できることを確認した。さらには、本研究で得た回収ガラス繊維不織布と組み合わせたFRPも実用化可能な水準にあると考えられる。

環境影響評価<sup>44)</sup>並びに経済性については良好な結果が得られ、地球環境に優しい事業になると期待できる。

回収樹脂分解物に関しては、FRPに適用するための樹脂合成技術を検討中である。FRPに使用されている樹脂はリサイクルを前提に設計された組成ではないため、回収樹脂をすべてFRPに再利用することは

困難と考える。リサイクルしやすい樹脂組成についても並行して研究開発を進めている。

なお、常圧溶解法によるFRPリサイクル技術は平成14年度経済産業省循環型社会構築促進技術実用化開発補助事業及び平成15-16年度関東経済産業局地域新規産業創造技術開発費補助事業に採択された。

## 4. おわりに

FRPリサイクル技術として実用化されているセメントの原燃料化技術の欠点を補うべく、FRPの様々なケミカルリサイクル技術が開発途上にある。この分野の技術開発は日本が最も進んでいると考えられるため、実用化された際には世界に普及していくと期待できる。それぞれの技術の長所を上手に組み合わせることによって、早期に実用化を図り、地球温暖化対策の一助になれば幸いである。

## 参考文献

- 1) 谷口秀樹, 大分県産業科学技術センターニュース, no.130, 1 (2004), (<http://www.oita-ri.go.jp/promotion/cnews/pdf/cnews130.pdf>).
- 2) 佐藤亮, 資源処理技術, 44, no.4, 213 (1997).
- 3) 原田孝幸, 工業材料, 43, no.6, 56 (1995)
- 4) 鍵和田忠男, 原田宏幸, 杉本隆志, 日本機械学会北海道支部第43回講演会概要集, 136 (2003)
- 5) Adrian M. Cunliffe, Paul T. Williams, Fuel, 82, 2223 (2003).
- 6) Isabel de Marco, et al, J. Chem. Tech. Biotechnol, 69, 187 (1997).
- 7) Bruce N. Greve, U. S. Patent 4,983,549 (1991).
- 8) 伊藤哲夫, 金子正市, 強化プラスチック, 49, 218 (2003).
- 9) 東海林芳郎, 強化プラスチック, 47, 271 (2001).
- 10) 東海林芳郎, 海洋水産エンジニアリング, 1, no.7, 46 (2002).
- 11) 東海林芳郎, 日本複合材料学会誌, 29, 210 (2003).
- 12) 石館毅洋, 宗宮詮, 東海林芳郎, 強化プラスチック, 52, 501 (2006).
- 13) 田坂茂, 強化プラスチック, 48, 291 (2002).
- 14) 佐野慶一郎, 高橋亮, 高見和清, 井野晴洋, 森智和, 高柳正明, 佐藤芳樹, プラスチック化学リサイクル研究会第9回討論会予稿集, 108 (2006)
- 15) 佐古猛, 岡島いづみ, エコインダストリー, 9, no.5, 5 (2004).
- 16) 陶山寛志, 久保田将文, 白井正充, 吉田弘之, 第55回高分子学会年次大会予稿集, 55, 2235 (2006).
- 17) 陶山寛志, 久保田将文, 安井洋平, 白井正充, 吉田弘之, 第56回高分子討論会予稿集, 56, 5741 (2007).
- 18) 中川尚治, 卜部豊之, 前川哲也, 日高優, 宮崎敏博, 岡健司, 松下電工技法, 54, 23 (2006).
- 19) 中川尚治, 日高優, 宮崎敏博, 卜部豊之, 前川哲也,

- 吉村毅, 奥本佐登志, 第 56 回高分子討論会予稿集, 56, 5739 (2007).
- 20) 吉村毅, 中川尚治, 卜部豊之, 前川哲也, 井東達雄, ネットワークポリマー, 28, 93 (2007).
- 21) 菅田孟, 永岡昭二, 大竹勝人, 佐古猛, 高分子論文集, 58, 557 (2001).
- 22) 後藤元信, 吉田暁弘, 岩谷智子, 佐々木満, 柴田勝司, 第 56 回高分子学会年次大会予稿集, 56, 2353 (2004).
- 23) 佐藤芳樹, 遠藤善博, 三浦裕, 第 31 回 FRP シンポジウム講演論文集, 307 (2002).
- 24) 久保田静男, 伊藤修, 平成 9 年度和歌山県工業技術センター研究報告, 4 (1998).
- 25) 久保田静男, 科学と工業, 77, 517 (2003).
- 26) Shizuo Kubota, Osamu Ito, Hiroyuki Miyamoto, U. S. Patent 5,468,780 (1995).
- 27) Shizuo Kubota, Osamu Ito, Hiroyuki Miyamoto, U. S. Patent 5,620,665 (1997).
- 28) Shizuo Kubota, Osamu Ito, Hiroyuki Miyamoto, U. S. Patent 5,776,989 (1998).
- 29) 吉海和正, 坂本準, 強化プラスチック, 50, 398 (2004).
- 30) 前川一誠, 柴田勝司, 岩井満, 遠藤頭, 日立化成テクニカルレポート, 42, 21 (2004). ([http://www.hitachi-chem.co.jp/japanese/report/042/42\\_r1.pdf](http://www.hitachi-chem.co.jp/japanese/report/042/42_r1.pdf)).
- 31) 柴田勝司, 材料システム, 22, 79 (2004).
- 32) 新家博之, 高廣政彦, 畔田博文, 柴田勝司, 第 53 回高分子討論会予稿集, 53, 5487 (2004).
- 33) 加藤育彦, 高廣政彦, 畔田博文, 柴田勝司, 第 55 回高分子討論会予稿集, 55, 5531 (2006).
- 34) 後藤元信, 佐々木満, 桑田理江, 吉田暁弘, 岩谷智子, 全炳勲, 徳野晋平, 柴田勝司, 第 55 回高分子討論会予稿集, 55, 5616 (2006).
- 35) 柴田勝司, 前川一誠, 北嶋正人, 西脇寿和, 岡内成夫, 遠藤頭, 第 16 回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 456, (2005).
- 36) 前川一誠, 北嶋正人, 柴田勝司, 吉田光男, 高分子学会予稿集, 54, 5369 (2005).
- 37) 柴田勝司, 前川一誠, 北嶋正人, 小笠原大二, 齋藤一志, 第 14 回ポリマー材料フォーラム予稿集, 196 (2005).
- 38) 伊澤弘行, 柴田勝司, 日本複合材料学会 2002 年度発表講演会予稿集, 127 (2002).
- 39) 久保田静男, 前田拓也, 森一, 日本接着学会誌, 39, 240 (2003).
- 40) 橘熊野, 前田拓也, 久保田静男, 柴田勝司, 成形加工シンポジウム'05 予稿集, 381 (2005).
- 41) 畔田博文, 松澤知紀, 高廣政彦, 柴田勝司, 第 53 回高分子討論会予稿集, 5489 (2004).
- 42) 東奥日報, 2006 年 12 月 10 日付 1 面, [http://www.toonippo.co.jp/news\\_too/nto2006/20061210091535.asp](http://www.toonippo.co.jp/news_too/nto2006/20061210091535.asp)
- 43) 廣瀬孝, 市川友博, 小笠原大二, 齋藤一志, 對馬弘海, 柴田勝司, 第 17 回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 541 (2006).
- 44) 清水浩, 柴田勝司, 伊澤弘之, 第 13 回廃棄物学会研究発表会講演論文集 I, 96 (2002).

---

[Review]

## FRP Recycling Technology

Katsuji SHIBATA\*

\*Hitachi Chemical Co., Ltd. High Performance Materials R&D Center Recycling Technology Group  
(Chikusei, Ibaraki, 308-8521 Japan)

### Synopsis

Fiber reinforced plastics (FRP) are recycled to raw material and fuel in cement production. However, this technology is unable to recycle from FRP to FRP and has a problem of cost performance. In order to recycle from FRP to FRP, chemical recycling technologies are being developed by means of depolymerization of thermosets. Among them, the technologies which are expected to be used for commercial production are reviewed. The FRP recycling technology using depolymerization under ordinary pressure is also reviewed.

(Received October 11, 2007)