廃 FRP 再資源化の現状について

東海林 芳郎*

1. はじめに

2002 年 4 月に栃木県真岡市で廃 FRP 再資源化事業がスタートした。昨年暮れには公共の集合住宅の解体工事で 300 台以上の使用済み FRP 浴槽が排出され、真岡の再資源化プラントでセメント原燃料に処理した。続いて年明けには、ホテル解体により 80 室の浴室ユニットから廃 FRP 浴槽やパネルの排出があった。いよいよ大量排出の時代到来かと思わせる動きが見えてきた。このように建築解体やリフォーム件数増加に伴って排出される使用済み FRP 製品は、年々増加すると考えられる。本稿では FRP 廃棄物の現状、実証研究の内容と結果および事業化への経過と現状等について報告する。

2. FRP を取り巻く環境

FRP（強化プラスチック）は、軽量性と強度をあわせ持つ、すぐれた特性により、浴槽はじめ船舶、タンク、建設資材、自動車等幅広く使用されている。FRP 製品の出荷量は、1996 年に 48 万トンとピークを示したが、住宅着工件数の落込みや日本経済の停滞により、2002 年には 34 万トンに落ち込み、厳しい状況が続いている（図 1）。用途別に見ると、浴槽・浴室ユニットや浄化槽といった住宅機材向けが約半分を占め、建設資材を加えると実に半分以上となり、建設や住宅産業に大きく依存している（表 1、図 2）。成形法別では 2002 年のデータでは漁船やプレジャーボートに用いられるハンドレーアップ法が 20%、浄化槽用に用いられるスプレーアップ法 17%、浴槽やバスユニットに用いられるモールディングコンパウンド法が 45%、タンクやパイプに用いられるフィラメントワインディング法が 6.5% の割合となっている。

3. 廃 FRP の排出と処理の状況

（社）プラスチック処理促進協会が発表した資料¹⁾によると、2001 年の廃プラスチックの排出量は 1,016 万トンであり、そのうち産業廃棄物は 489 万トンであった。

その処理処分について有効に利用（再生利用、固形燃料、油化/ガス化/高炉原料、発電付焼却、熱利用焼却）された

1) ガラス繊維、不飽和ポリエステル樹脂及び充填材を含む
2) 1994 年（平成 6 年）より輸入樹脂分を含む

図 1 FRP 使用量グラフ

表 1 2002 年 FRP 用途別出荷数量

用 途	製 品	出荷量 (トン)	比率 (%)
建設資材	波・平板、プール等	49,800	14.5
住宅機材(浴槽)	浴槽・浴室ユニット	96,200	27.9
〃 (浄化槽)	浄化槽	55,100	16.0
舟艇船舶	漁船・プレジャーボート	11,300	3.3
自動車車両	自動車・鉄道車両	21,200	6.2
タンク容器	給水タンク・耐食タンク等	28,400	8.2
工業機材	パイプ・電気部品等	38,500	11.2
雑貨類	保安帽・他雑貨	31,400	9.1
その他	—	12,600	3.7
合 計		344,500	100.0

ものは全体で 535 万トン、有効利用率 53% であり、2000 年が 50% であったのに対し、さらに増加した。これらは 20 世紀の大量生産、大量消費、大量廃棄型社会から資源循環型社会への転換の取組みが進んでいる事を示すものと言えよう。

FRP 廃棄物に関しては、各製品の推定取替年数を基に、強化プラスチック協会が試算した数字で見ると、2005 年には、約 45 万トンもの発生量が見込まれている（表 2、図 3）。また、2000 年 6 月に成立した資源有効利用促進法

* Shoji, Yoshiro
（社）強化プラスチック協会
東京都中央区銀座 2-11-8 第 22 中央ビル（〒104-0061）
2004. 4. 15 受理

図2 用途別出荷量比率

表2 廃 FRP 製品発生量 (推定)

単位：万トン

用途	取替年数	1995 年	2000 年	2005 年	2010 年
・住機・建設 (住宅機材)	(12 年)	15.1	21.7	29.2	26.2
	(タンク・容器)	9.6	15.5	20.4	17.7
	(建設資材)	3.0	3.5	4.9	4.3
	(建設資材)	2.5	2.7	3.9	4.2
・輸送機器 (舟艇船舶)	(20 年)	4.3	6.7	5.6	6.5
	(自動車車両)	2.6	4.4	3.3	3.9
	(7 年)	1.7	2.3	2.3	2.6
・工業・他 (工業機材)	(10 年)	6.5	10.9	10.8	9.9
	(雑貨)	3.6	5.4	5.7	5.0
	(その他)	1.9	4.0	3.9	3.7
	(その他)	1.0	1.5	1.2	1.2
合計		25.9	39.3	45.6	42.6

図3 住宅機材向け FRP 製品発生量 (推定)

(改正リサイクル法)では浴室ユニットが再利用促進製品に指定され、3R (Reduce, Reuse, Recycle) に配慮した設計にするなど対応が義務づけられた。廃 FRP の処理処分については、これまで一部の製造メーカーが自社工程内廃棄物を破碎した後、セメントキルンで処理するか、さらに細かく粉碎して FRP に戻すなど再資源化の取組みはなされているが、使用済み製品の処理については大部分が埋立処分されているのが現状である。一方、埋立用地の確保は年々難しくなっており、平成 13 年 4 月 1 日現在の最終処分場 (埋立) の残余年数の推計では全国で 3.9 年、首都圏では 1.2 年と厳しい状況にある。こうした背景から、廃棄物の低減とともに再資源化を促進するための環境整備が求められている。

4. FRP 廃棄物のリサイクル技術

FRP は熱硬化性であるため、ポリエチレンやポリプロピレンといった熱可塑性樹脂廃棄物のように、再度、加熱溶融成形してリサイクル成形品を得る方法は現在開発されていない。このため、破碎してセメント原燃料 (樹脂:セメント焼成用燃料, ガラス繊維と無機充填材:セメント原料) にするサーマルリサイクルや、粉碎してコンクリート製品、FRP 製品やアスファルトに混入するマテリアルリサイクルが現在考えられている。マテリアルリサイクルの事例として、廃 FRP の粉体を FRP の充填材として再利用する方法で、この充填材を用いて成形した FRP は自動車内装部品に採用された実績がある²⁾。

また、ケミカルリサイクルについては、廃 FRP をグリコールで分解し、原料の不飽和ポリエステル樹脂を再合成するケミカルリサイクル研究も進められており³⁾、工業化が期待されている。FRP 協会としては事業性を考慮すると、セメント原燃料化が現時点では最も可能性が高いとの判断からこの方法を採用することに決定した。

また、関連するリサイクルプロジェクトとして国土交通省が進めている「FRP 廃船の高度リサイクルシステムの構築」があり、FRP 廃船をセメント原燃料にリサイクルする実用化研究を行っている。セメント使用時に制限される塩素を含む発泡材の自動分別機の開発や粉塵防止と熱量増加を目的とした自動油混合機の開発など要素技術の確立をベースに総合実証実験を重ねており、事業化に向けた最終段階にある (図 4)⁴⁾。

5. 再資源化実証研究への取組み

10 年程前より廃 FRP の再資源化について手法、システムに関する調査や実用化に向けての研究が行われてきた。そして FRP 協会は、廃 FRP をセメント原燃料に再資源化する手法に特化し、2000 年に国の助成と原料業界の支援を受け、NEDO より「廃強化プラスチック製品再資源化実証システム研究」を受託した。

廃 FRP 製品をセメント原燃料に再資源化する実証研究は、平成 12 年 3 月にスタートし、廃 FRP 原料の収集、種々の予備試験、実証プラントの建設そしてプラント連続運転による実証試験等を経て平成 13 年 3 月末に終了した。

次章で実証研究について概説する。

5.1 研究開発の目的

FRP の構成成分である樹脂はセメント焼成時の燃料として、ガラス繊維と無機充填材はセメント原料として、それぞれ利用することが可能である。しかし、FRP の燃焼熱量は 2,000~4,000 kJ/kg 程度と低いため、セメント焼成時の燃料として使用するためにはオレフィン系プラスチック等の高熱量材料を混合して適切な熱量に調整する必要がある。

本実証研究では、セメント原燃料として利用できる廃 FRP と熱量調整用の廃オレフィン系プラスチックを同一系列で効率的に破碎する実規模のプラントを試作し、破碎技術、騒音・粉塵対策等の研究を行うとともに、燃焼熱量調整技術の研究を行い、得られたセメント原燃料をセメントプラントにおいて実証評価を行い、廃 FRP をセメント

図4 FRP 廃船リサイクルシステムのイメージ

図5 破砕プラントの製造フローチャート

原燃料として再資源化するシステムの実証研究を行うことを目的とした。

5.2 研究開発の内容

① 投入原料の研究

廃 FRP と廃オレフィンそれぞれ付着する金属等の異物を取除いたり、一次破砕機に投入可能な寸法にするための前選別、前処理を行う。

② 破砕プラントの試作

一次破砕、金属選別、熱量調整、二次破砕および騒音・粉塵対策設備より構成されるプラント（処理能力 20 t/日以上）を設計・建設し、連続運転実証研究を行う。

③ 熱量調整技術の研究

2 種類の一次破砕物について、異なる性状の破砕物であっても二次破砕機に精度よく定量で供給可能な計量システムにより、燃焼熱量 5,000 kcal/kg 以上とするための最適な運転条件・方法を確立する。

④ 騒音・粉塵対策の研究

敷地境界での騒音基準値クリアおよび粉砕時の発塵防止のための対策立案。

⑤ セメントプラントにおける実証評価

製造したセメント原燃料を、セメントプラントで使用し、ハンドリング性やセメントキルンへの影響の検証を行うとともに、得られたセメント品質の確認を行う。

本破砕プラントの製造フローを図5に示す。

5.3 研究の成果

(1) 投入原料の研究

廃 FRP 製品として使用済み FRP 製品 50 トン、FRP 工程廃材 150 トンの計 200 トンを、熱量調整用廃オレフィン系製品として、農ポリを中心に計 200 トンを収集し、合わせて 400 トンを投入原料として確保した。使用済み FRP 製品については浴槽、給水タンクのほかパイプ、ヘルメットなど多方面から収集した（図6、図7）。

前処理として、使用済み FRP 製品に付着している金物や断熱材等は人手により除去した結果、破砕刃の損傷はなく、磁選機や金属検出機からの排出は少なかった。

(2) 破砕プラントの試作

廃 FRP と廃オレフィン系プラスチックを同一系列の設備で混合破砕し、処理能力が 20 t/日以上を目標とした実証プラントを設置した。処理能力としては最高 24 t/日を達成した。大型の FRP 製品は投入前に原形のままでなく

図6 実証研究用に収集した廃FRPおよび廃プラスチック

図7 廃FRP製品の例

重機で減容化処理をした方が、一次破砕機の処理能力が大幅に向上することが確認された。また破砕刃材質の検討では、工具鋼刃と超硬刃を比較した結果、超硬刃の方が明らかに寿命の点で優れていることが明らかとなった。

図9 処理実績

(3) 燃焼熱量調整技術の研究

二次破砕機への定量供給精度は、FRPとオレフィンの一次破砕物の性状が、大きく影響を及ぼすことがわかった。特に農ポリ等フィルム状のものはかさ高く、時間的な供給量のバラツキが見られた。これに対して、中間ホッパー切り出し開口部の改造を行うとともに、供給量が不安定な原料については切り出し量の安定な原料と組み合わせて破砕する等の対策を実施した。その結果、切り出し量の安定化が達成され、かつ、得られたセメント原燃料の熱量は、各ロットとも目標である5,000 kcal/kg以上を満足した。

(4) 騒音・粉塵対策の研究

破砕時の騒音対策として、一次、二次破砕機を共に防音室に収納することにより、敷地境界での騒音を65 dB未満に抑えられることが確認された。

粉塵面では、破砕機やコンベアに付設したカバーと、発生個所での集塵が粉塵発生防止に有効に働いていることが

図8 セメント製造フローチャート

図10 廃FRP再資源化処理の流れ

確認された。

(5) セメントプラントにおける実証評価

実証研究により得られたセメント原燃料をセメントキルンに投入し、その時のハンドリング性、キルン操業やセメント品質への影響について調査した。その結果、セメント原燃料代替として使用可能であることが確認された(図8)。

6. 事業化の現状と課題

研究終了後、本システムの実用化を進めてきた。約1年間、再資源化プロジェクトの第2段階である事業化の準備を経て、平成14年4月より栃木県真岡市で事業を開始した。その後、実証研究で得られた多くのノウハウを活かし安定操業に取組み、月平均で廃FRP、廃オレフィン合わせて550トン/月以上処理し、スタート後の1年間で総計約6,600トンのセメント原燃料をセメント工場に納入した(図9)。冒頭で紹介した廃FRP浴槽の処理の様子を写真

図11 廃FRP再資源化関連事業所

で示す(図10)。また、セメント工場において安定した操業が確認されたことから、更なる処理量の増加を期待されている。操業2年目も順調に推移しており、現在はセメントメーカーの要請に応えるための増量対策、あわせて使用済み製品の処理に伴う金属除去等の前処理、前選別対策の強化等を課題として取り組んでいる。また、廃FRPの収集についてはFRP廃棄物の発生場所から効率よく収集、運搬する体制作りが必要である。FRP協会では再資源化拠点の拡大に努めているが、現在のところ関東、東海、関西および九州地区の廃FRP処理事業所と連携し廃FRPの再資源化を推進している(図11)。

7. おわりに

実証研究によりFRPのリサイクル技術が確立されたことを示した。また、実用化につなげたことで今後、処理困難物というイメージを払拭し、省庁、自治体やユーザー業界にFRP製品を積極的に使っていただけるよう「FRPはリサイクルできる」ことを強くアピールしていこうと考えている。さらに、国土交通省が進めているFRP廃船高度リサイクルなど関連プロジェクトとも連携を図り、FRPリサイクルの基盤を固めていき、それらを基に全国展開にむけて具体化の検討を行っていきたいと考えている。

参考文献

- 1) (社)プラスチック処理促進協会「プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分の状況」(2001)
- 2) 福田宜弘：「粉体利用技術」，強化プラスチック，40(8)(1994)
- 3) 野間口兼政，久保田静男：「FRP製品のリサイクルー欧米動向と日本の今後」，プラスチックエージ，49(2003)
- 4) 国土交通省：「FRP廃船高度リサイクルシステム構築システム構築プロジェクト」，平成13年度報告書