

FRP亜臨界水分解プロセスのパイロット実証

Pilot Test of FRP Recycling Technology Using Sub-critical Water Hydrolysis

真継 伸* ・ 宮崎 敏博* ・ 矢野 宏*
Shin Matsugi Toshihiro Miyazaki Hiroshi Yano

亜臨界水分解による廃棄FRP浴槽のリサイクルの実用化を目指し、バッチ式の固液反応系において処理時間の短縮と配管の閉塞などに対して安定した運転を実現するプロセス技術を開発することによって、製造工程廃材を用いたパイロット実証設備（400 kg/回、浴槽約20個相当）を導入してパイロットスケールで分解性能を実証した。

FRPの分解プロセスでは粉体、スラリー（固体粒子の混入した液体）、固形分と多様な物質を扱うが、高温高压状態で排出して外部で分解液を冷却する高温高压排出技術の開発により、分解液の冷却・排出時間の短縮と固着や閉塞などに対する安定性と安全性の向上を実現し、実用規模の安定した処理能力を達成した。これまでのラボスケールやベンチスケールとほぼ同等の反応率が得られるとともに、全体の81%をFRP原料として回収できた。

In the pursuit of commercial recycling of waste FRP bathtubs using sub-critical water hydrolysis, the processing performance in a pilot scale has been verified by introducing a pilot test plant (400 kg/batch, equivalent to approx 20 bathtubs) for processing FRP bathroom manufacturing waste and developing process technology for reducing the processing time in the batch type solid-liquid reaction system and enabling a stable operation without clogging the piping.

Sub-critical water hydrolysis process of the FRP must treat a variety of substances such as powders, slurry (liquid mixed with solid particles), and solid, and the development of a high-temperature high-pressure discharge technology for discharging reaction slurry has reduced the cooling and discharge time while improving stability and safety against sticking and clogging in the system, thereby achieving stable processing capabilities in the solid-liquid reaction system of a practical scale. This system delivers a conversion comparable to that of a laboratory or bench scale and is capable of recovering 81% of the total quantity as FRP raw material.

1. ま え が き

FRP（繊維強化プラスチック）は軽量かつ高強度であるため浴槽や舟艇などに幅広く使われている。しかし、熱硬化性樹脂であるためそのままでは再成形不可能で、また無機物比率が50～70%と高いため燃焼しにくくリサイクルや焼却が困難である。そのため廃棄物は大部分が埋立処理されており、これは石油資源の浪費にもつながっている。現在、最終処分場の枯渇や石油資源の有効活用の観点から、FRPの樹脂も含めた再資源化技術が求められている。FRPのリサイクル技術としてはセメント原燃化技術¹⁾やアルコール類を溶媒とした常圧溶解法²⁾が実用化されているが、

いずれも無機物は再資源化されるものの、樹脂は燃料としての再利用に留まっている。

当社では、樹脂成分の水平リサイクル可能な亜臨界水分解リサイクル技術を開発した。図1、図2にその概念図とプロセスフローを示す。

FRPの熱硬化性樹脂は、不飽和ジカルボン酸などの有機酸とグリコールを脱水縮合した不飽和ポリエステル（Unsaturated polyester：以下、UPと記す）にスチレンを加えて加熱成形したものである。このときスチレン架橋部が形成され、格子状の構造となる。

亜臨界水は、臨界点（374℃）より温度が低い高温高压水であり、イオン積が高く誘電率が低いいため、高い加水分

* 新規商品創出技術開発部 New Product Technologies Development Department

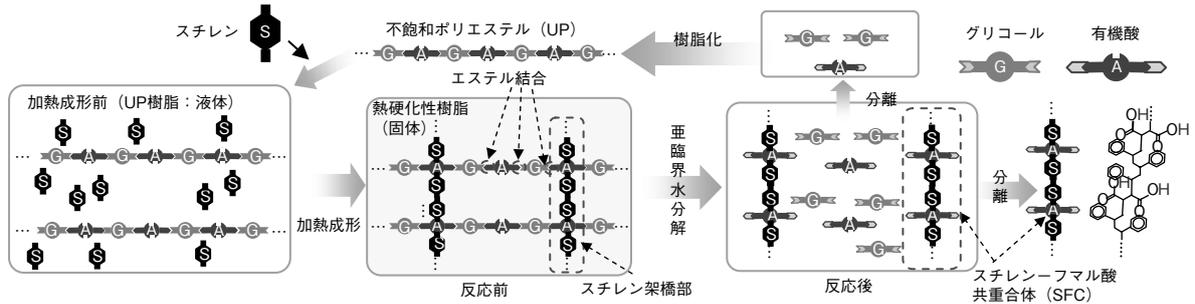


図1 FRP 亜臨界水分解概念図

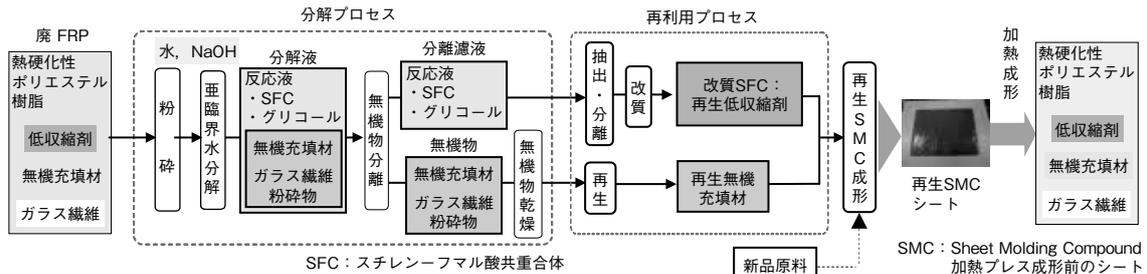


図2 FRP 亜臨界水分解リサイクルプロセス

解能を有する。これを用いて反応条件を制御することにより、熱硬化性樹脂をスチレン架橋部とグリコールなどの樹脂原料に理想的に加水分解することを見いだしている。スチレン架橋部は、官能基の大部分が残っている機能性高分子であるスチレン-フマル酸共重合体 (Styrene-fumaric acid copolymer: 以下、SFC と記す) として回収できた。その分子構造は FRP を成形する際の添加剤である低収縮剤に類似しており、SFC を分解液から分離・改質することにより、低収縮剤として高付加価値化リサイクルできることを実証した³⁾。また、回収した樹脂原料、ガラス繊維および無機充填材も、新品の原料に再配合することで FRP の水平リサイクルが可能であることを確認している。

本リサイクルプロセスは、図2に示すように、亜臨界水分解工程を中心とする分解プロセスと、分解液から SFC を分離・改質する再利用プロセスから成っている。分解プロセスにおける無機物分離後の分離濾液中には、FRP 原料として再利用可能な SFC やグリコールなどの有機物が溶解している。また、分離された無機物はガラス繊維と無機充填材 (炭酸カルシウム) が含まれたケーキとして回収され、乾燥、粉碎などの工程を経て再生無機充填材として SFC とともに FRP 原料に再利用できる。図3に廃 FRP および各工程における生成物の写真を示す。

本稿では、分解プロセスについて実用化に向けたプロセス技術開発を行い、その成果をもとにパイロット実証設備を製造工場 (パナソニック電工バス & ライフ (株) 足利工場) に導入し、製造工程で発生した廃材を用いてパイロット実証を行った結果を報告する。目標処理能力は、400 kg / 回 (浴槽約 20 個相当)、8 時間 / 回であり、2 回 / 日の稼動で年間 200 t の処理量となる。

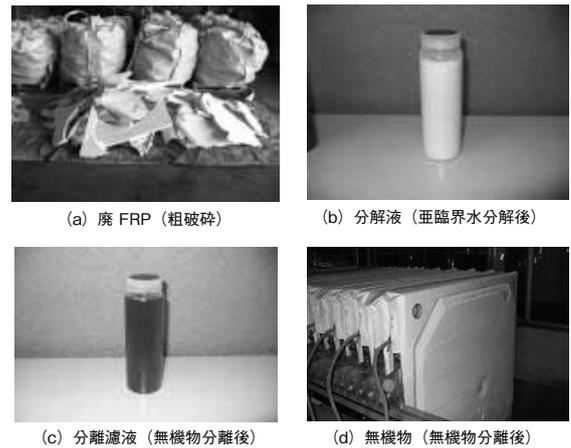


図3 廃 FRP および各工程での生成物

2. 従来技術の課題

2.1 ベンチプラント

分解プロセスのベンチスケール実証として、図4に示すベンチプラント (処理量 40 kg / 回、有効容量 200 L) を導入し、熱硬化性樹脂の 70 %、FRP 全体の 80 % を FRP 原料として回収できることをすでに確認している³⁾。

ベンチプラントの動作概要を以下に示す。無機物分離はフィルタプレスを採用している。

(1) 供給

2 mm 以下に粉碎した FRP 40 kg と NaOH 水 160 kg (0.8 mol / L) を混合槽で攪拌混合後、スラリー液をポンプで分解槽に移送する。

(2) 加熱

電気ヒーターで分解槽の外周から分解温度 230 °C、圧力

2.8 MPa に昇温昇圧後、2 時間一定に保つ。

(3) 冷却・排出

減圧して分解液の一部を気化させ、その際の気化熱を利用して冷却する。分解槽液温度が次工程の無機物分離工程の許容供給温度である 60 °C（フィルタプレスの濾板の耐熱温度より設定）になった時点で、分解槽下部の分解液回収槽に排出する。

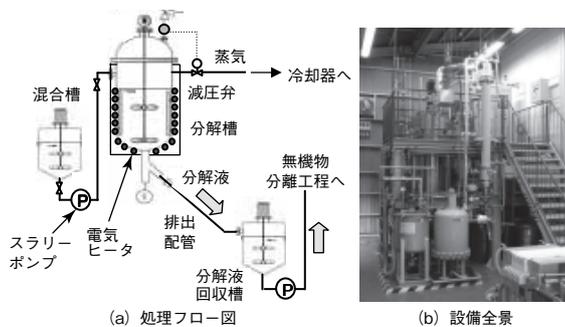


図4 ベンチプラント

2.2 パイロットプラント導入の課題

本プロセスは反応初期に 20 wt% の固形分を含む固液不均一系での反応である。分解液は固形分として粉碎されたガラス繊維と無機充填材である炭酸カルシウムを含むスラリーであって、前者は非常に配管等を閉塞しやすい性状を示し、後者は加熱された分解槽や排出配管壁面に固着しやすい。図 5 に、ベンチプラントでの閉塞と固着の例を示す。排出配管の閉塞は、分解液排出時の末期に分解槽内の液量低下に伴い、排出圧や排出流量が減少した場合に排出速度が低下することが原因と推察される。とくに配管途中の弁や流路が変化する箇所での閉塞が顕著であった。

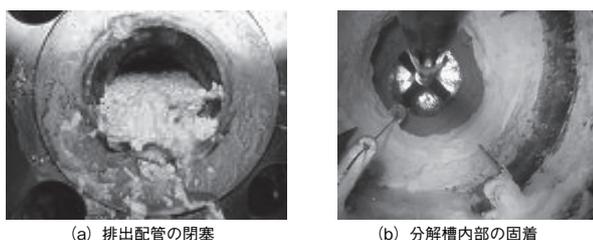


図5 ベンチプラントでの閉塞と固着の例

また、加熱・冷却に関しては、分解槽内に熱交換器を設ける内部式では、その配管などが FRP の均一混合の妨げとなることや、それらへの固着により反応率が低下するため、外部式としている。そのため加熱および冷却に時間を要し、加熱から冷却終了までに 17.2 時間を要している。とくに分解槽からの冷却・排出は、高温高压状態の 230 °C、2.8 MPa から 60 °C、大気圧まで冷却するため、全工程時間の 70 % を要し、処理時間を長くする要因となっている。パイロット実証設備での目標処理時間は 8 時間/回であり、処理時間の短縮は必須課題である。

さらに、実用化のうえでは、前記の課題にくわえ、設備コストおよび設置スペースの制約を考慮したプロセス設計を実施する必要がある。ベンチプラントのようにスラリーで供給するには粉碎径を小さくするため、粉碎コストが高くなるという問題がある。くわえて排出において分解液回収槽を下方に置くと設備の高さが高くなり、設備コストの増大や配置設計の制約が問題となる。

以上のことから、ベンチプラントをスケールアップし、処理プラントとして完成するための課題は以下のようにまとめられる。

(1) 分解液流路の閉塞、固着の防止

分解槽や排出配管装置に滞留、閉塞せず、安定して全量排出することが必要である。とくに排出配管に設けられた流量調整弁などへの異物による閉塞を防止する排出トラブル対策や排出流量の安定化が課題である。

(2) 加熱・冷却におけるプロセス時間の短縮

分解槽容量の増加によって加熱・冷却容量に対する伝熱面積の比率が小さくなり、プロセス時間が長くなるため、その短縮化が必要である。

(3) 経済的観点での設備配置設計

プラントの設備配置設計（プロットプラン）においては、建屋高さや設置スペースなどの制約とともに、経済性、操作性、安全性、拡張性などの観点も求められる。亜臨界水分解パイロット実証設備の設置条件としては、高さ 15 m、設置面積 150 m² 以下という制約がある。

本稿ではこれらの課題を解決する技術開発内容について紹介する。

3. 技術開発

2.2 節に示した課題を解決するため、分解槽から高温高压状態で排出された分解液を、分解槽出口の冷却器により次工程への供給温度まで冷却して排出する高温高压排出方式を開発し、その効果をベンチプラントで確認する。図 6 の処理フローに示すように、構成は排出配管途中に排出流量を調整するための流量調整弁とシェル & チューブ型の冷却器、および冷却器出口の排出分解液温度を検出する温度センサから成る。分解液は、分解槽内で 130 °C まで冷却後、分解槽底部から排出し、冷却器で 60 °C 以下まで冷却して、分解液回収槽に回収する。このとき分解槽内は加圧状態であり、圧送排出される。

この方式のねらいは次のとおりである。

- (1) 加圧状態の分解槽から排出するため、高流速での排出を可能とし、排出配管の閉塞を抑制する。
- (2) 分解槽での冷却効率が悪化する温度より高い 130 °C から排出を開始することで、冷却・排出時間を従来方式（分解槽内で 60 °C 以下に冷却後に排出）より短縮する。
- (3) 圧送により高所への排出が可能となり、高さ制約を緩

和する。

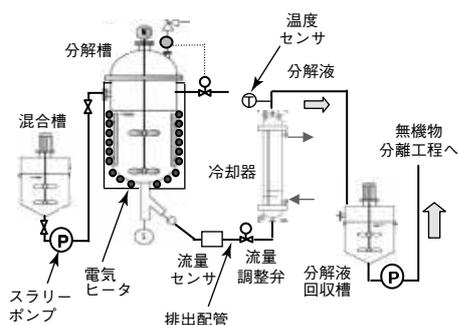


図6 高温高压排出方式

ベンチプラントでの結果を図7に示す。従来方式では分解槽で60℃まで冷却するのに12時間を要していたが、本方式では分解槽の冷却を130℃で終了してそこから排出を開始し、外部の冷却器で60℃以下にして排出するため、冷却時間は1.3時間と約1/10になる。全体の処理時間も、17.2時間から6.5時間と約2/5に短縮できている。

図8から分解液は冷却器で60℃に冷却されており、排出量も初期の仕込量（FRPとNaOH水の合計）にほぼ等しく、分解槽内に残留することなく全量排出できていることがわかる。

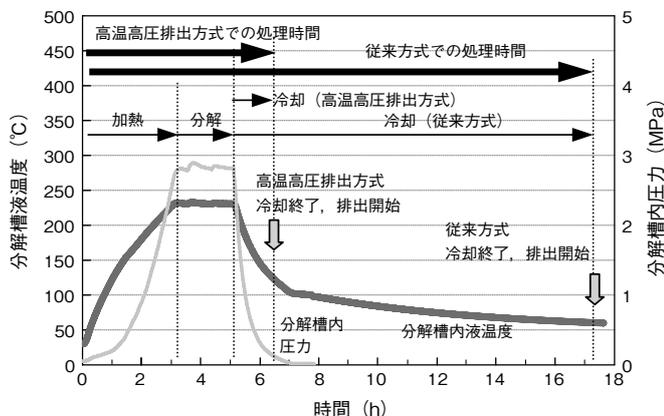


図7 分解槽内の温度・圧力変化

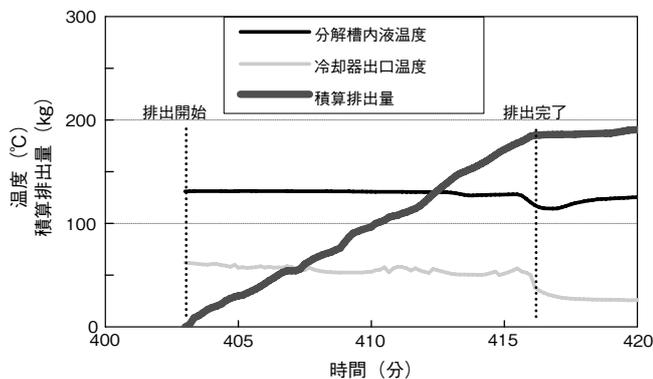


図8 分解液排出時の排出温度

図9に、このときの排出配管内部と分解槽内部の観察結果を示す。固着や閉塞もみられず、本方式が有効であることがわかる。

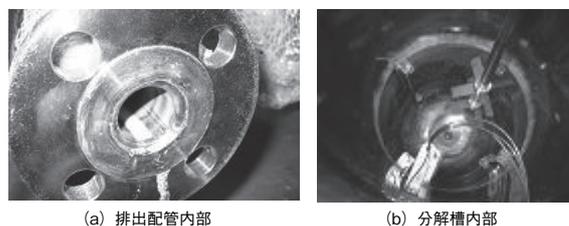


図9 分解後の排出配管と分解槽の観察結果

4. パイロット実証設備の設計・製作

3章に示した実用化のためのプロセス技術開発の成果に基づいて詳細仕様の検討を行い、パイロット実証設備を設計・製作する。その処理フローを図10に、写真を図11と図12に示す。

パイロットプラントは、粗破碎したFRPをさらに細かくする粉碎工程、粉碎されたFRPを230℃、2.8 MPaの重臨界水で分解する重臨界水分解工程、および得られた分解液をSFCなどの樹脂溶解物を含む分離濾液と固形分に分離する無機物分離工程から構成されている。

FRPを供給する粉碎FRP貯槽を3階に配置し、2階に設置した分解槽へ自然落下で供給する設備配置としている。分解槽からの分解液は排出配管を通り圧送され分解液回収槽に貯留され、さらに分解液回収槽からは、分解液送りポンプで3階の無機物分離パイロット実証設備に送られる。

このような設備配置により高さ13 m、本体部分の設置面積125 m²となり設置スペースの制約もクリアしている。

分離濾液は、液中からSFCなどの有価成分を分離・改質して低収縮剤成分を回収するため、2009年度に導入予定の再利用プロセスへ送られることになる。

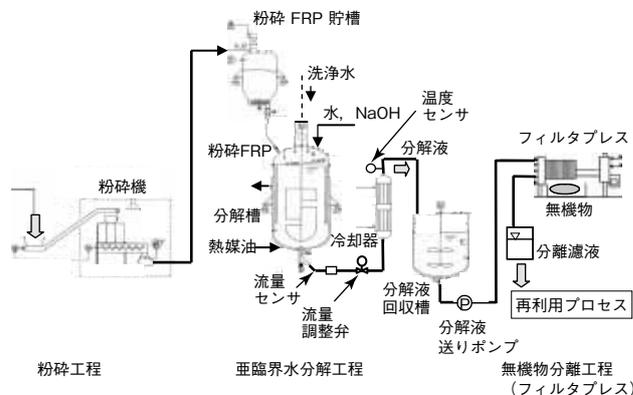


図10 分解プロセス処理フロー



図11 パイロット実証設備全体

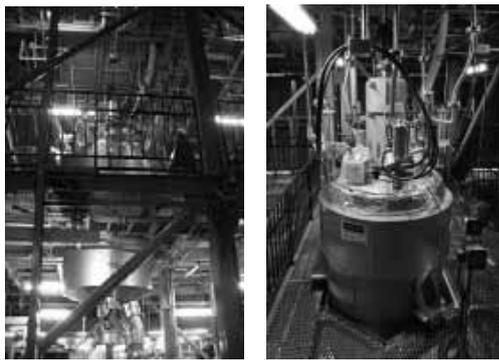


図12 亜臨界水分解パイロット実証設備

4.1 粉碎工程

粉碎方式は、粉碎径と排出量の安定性、およびメンテナンス性を考慮し、ロータに取り付けた回転刃と固定刃の間で剪断して粉碎する低速1軸剪断方式を採用する。

1 m角程度に粗破碎されたFRPは、作業者の手投入により投入コンベヤを通過して粉碎機へ送られて10 mm以下に粉碎される。この粉碎FRPは、空気吸引方式で3階に設置した粉碎FRP貯槽に移送される。

4.2 亜臨界水分解工程

亜臨界水分解パイロット実証設備の概要を表1に示す。

表1 亜臨界水分解実証設備の概要

処理能力	処理量	400 kg/回
	固形分 (FRP) 濃度	20 wt%
分解槽仕様	分解槽内径	1.2 m
	分解槽有効容量	2.4 m ³
	分解槽 (缶体) 空重量	5.9 t
分解条件	分解温度	230 °C
	分解圧力	2.8 MPa
	分解時間	2 時間
	NaOH 濃度	0.8 mol/L

分解槽は外周に加熱・冷却用のジャケットを有し、加熱時にはボイラで加熱した熱媒油を循環することで昇温を行

う。また、冷却時には熱媒油を別途設けた熱媒油冷却器で冷却して循環する。

排出はベンチプラントと同様の高温高圧排出方式により行い、排出配管途中には排出流量を検出、調整する流量センサ、流量調整弁、シェル & チューブ型の冷却器、および冷却器出口の排出分解液温度を検出する温度センサを設けている。

本工程の動作は次のとおりである。

(1) 水、アルカリの供給

上水タンクおよびNaOH水タンクから、それぞれ専用ポンプで分解槽に所定量を供給する (総量: 1652 kg, NaOH: 0.8 mol/L)。

(2) FRPの供給

粉碎FRP (400 kg/回) を粉碎FRP貯槽から分解槽に供給する。

(3) 加熱

分解槽ジャケットにボイラで加熱した熱媒油を供給して分解槽を加熱する。

(4) 分解

分解液を分解槽内で230 °Cまで昇温後、熱媒温度に基づき熱媒流量調整を行うカスケード制御により、温度230 °C、圧力2.8 MPaにおいて所定の時間 (2時間) で分解する。

(5) 冷却

ジャケットの循環熱媒油を熱媒冷却器で冷却して、分解液の温度を130 °Cまで下げる。

(6) 排出

分解液は分解槽内で130 °Cまで冷却後、分解槽底部から排出を開始し、冷却器で60 °C以下まで冷却して分解液回収槽へ取り出す。排出中は排出流量と冷却器出口温度をセンサで検出し、所定値になるように流量調整弁の開度を制御している。排出時の分解槽内は加圧状態であり、圧送排出される。分解槽内圧が低下する排出末期には、分解液を押し出すために空気加圧を行い、排出口より高い位置にある分解液回収槽に全量回収している。

(7) 洗浄

分解槽の排出口を閉止して分解槽に洗浄水を供給し、分解槽内部、とくに底部を洗浄する。分解槽の洗浄後、その洗浄水を排水配管に流して管路を洗浄する。

4.3 無機物分離工程

図13に導入した無機物分離パイロット実証設備を示す。分解液は濾過抵抗が大きく、高い濾過圧力が必要であることと、分解液に含まれる有用成分の回収率を上げるためには、分離した無機物の含水率はできるだけ低いほうが望ましいことから濾過設備にはフィルタプレスを採用している。また、この設備は構造的にも単純で、消耗品である濾布も比較的安価で維持費を低く抑えることが可能である。

分解液回収槽に貯留した分解液を、分解液送りポンプによりフィルタプレス濾室に圧入し、濾過して無機物を分離する。次に、濾室側面の濾布を圧縮空気により膨張させ、濾室間に形成されたケーキを圧搾して残留液を搾り取る。無機物は、手作業により濾室から剥離されて、下側のケーキ受けに落とされる。このケーキは2008年度に導入した無機物乾燥パイロット実証設備で乾燥、粉碎され、再生無機充填材として再利用されることになる。

一方、分離濾液は、2009年度に導入する再利用プロセスパイロット実証設備に供給され、分離・改質操作によりSFCを抽出し、再生低収縮剤として再利用する。



図13 無機物分離パイロット実証設備

5. パイロット実証評価結果

5.1 処理能力

5.1.1 高温高圧排出技術のパイロット実証

分解終了後、分解槽外部からの冷却により、分解液温度が130℃に達した時点で排出を開始する。排出工程における排出流量、排出温度、分解槽質量の変化を図14に示す。

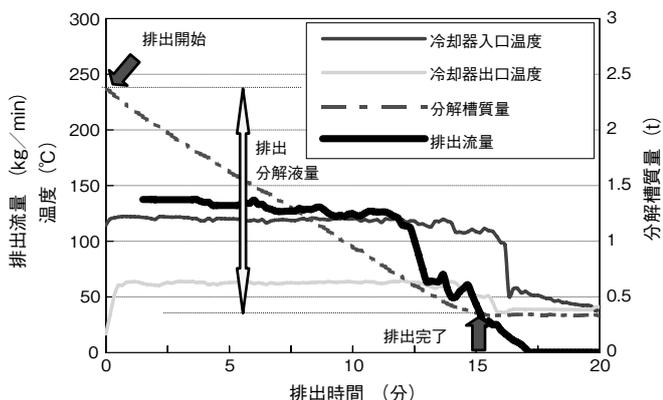


図14 分解液排出時の流量などの変化

分解槽質量は、分解液と分解槽本体の合計の質量をロードセルで測定しており、排出前後の質量差が分解液排出量を示す。

排出に関しては閉塞などの問題はなく、排出流量、温度も安定して制御できている。排出後半で流量調整弁は全開

状態となっているのに排出流量が減少しているのは、分解槽内圧の減少が原因である。この段階で空気加圧を行い、全量を排出する。図14から、槽内分解液の排出前後の質量差は2.02 tであり、この値はFRPとNaOH水の合計である仕込量とほぼ一致しており、全量排出していることが確認できる。

次に、洗浄後の分解槽、排出配管の閉塞状況について観察する。いずれにおいても分解液の残留、固着、閉塞はみられず、分解中のFRPの十分な槽内分散と、排出、洗浄が機能していると推察される。とくに排出においては、加圧状態の分解槽から圧送することで、固形分の閉塞が防止できたと推察される。排出配管系において、開口面積が小さくなり圧力損失が大きい流量調整弁はもっとも閉塞が懸念される部位であるが、排出後に分解して観察したところ管内に固着や閉塞はみられない(図15)。

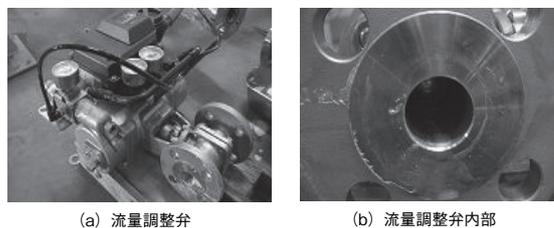


図15 分解後の流量調整弁の観察結果

5.1.2 処理時間

パイロット実証設備の1回の稼働(加熱、分解、冷却)による分解槽内液温度、分解槽内圧力、およびジャケットの入口と出口の熱媒温度の時間変化を図16に示す。

液温度は、高温高圧排出方式での実験値と従来方式の計算値を示している。高温高圧排出の場合、図14に示すように、130℃で排出後は外部の冷却器で60℃に冷却され、分解液回収槽に回収されている。

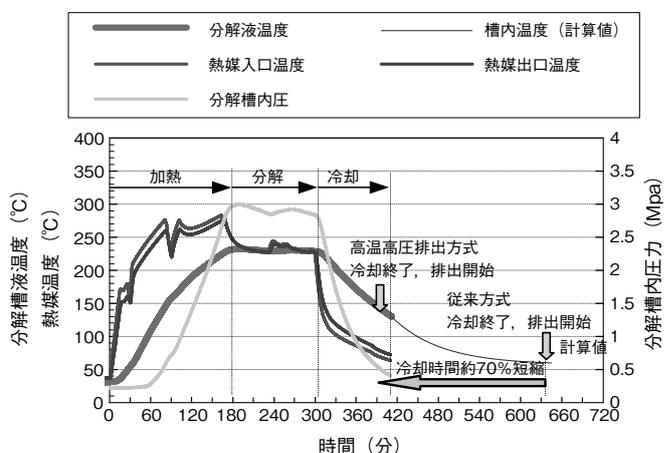


図16 分解槽内の温度・圧力変化

従来方式で処理することを想定した計算では、処理時間

は 10.8 時間（うち冷却 5.7 時間）となり、目標処理時間の 8 時間を超えている。それに対し、高温高压排出方式の実測値は 6.8 時間（130℃までの冷却 1.8 時間）で完了しており、冷却時間で約 30% に、亜臨界水分解工程全体の処理時間で約 60% に短縮できている。

本試験により、亜臨界水分解工程の時間は原料供給や排出も含めて 8 時間/回で可能であることが確認できる。この結果をもとに、粉碎、無機物分離、乾燥の工程も含めたタイムテーブルを図 17 に示す。粉碎工程、無機物分離工程の処理能力は、分解プロセス 1 回当たり（400 kg）、それぞれ 400 kg/時間と 100 kg/時間で、亜臨界水分解工程とは並行して稼働できることがわかる。

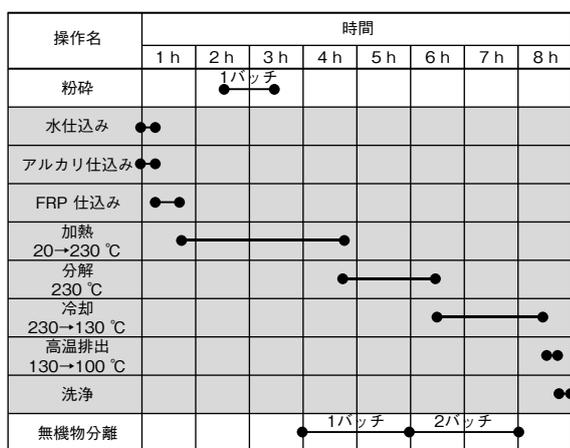


図 17 分解プロセスのタイムチャート

また、前後の粉碎と無機物分離工程も含めて 8 時間/回の稼働が可能であることから、400 kg/回×2 回/日（16 時間/日）= 800 kg/日となり、一連のリサイクルプラントとして目標処理量を達成できると見込める。

5.2 亜臨界水分解プロセスの反応性評価

製造工程の廃 FRP（400 kg/回）を用いて粉碎から亜臨界水分解、無機物分離までの一連のプロセスを行う。亜臨界水分解工程での分解性能の実験結果を、これまでの反応管実験装置（4 g/回）、ラボスケール実験装置（600 g/回）、ベンチプラント（40 kg/回）の結果とともに表 2 に示す。分解性能は、分離濾液中の SFC とグリコールの濃度を分析し、分離濾液の量から各成分の生成量を算出する。それを基に以下に示す式を用い分解性能の評価指標として熱硬化性樹脂の反応率と SFC およびグリコール生成率を算出する。ここで、初期の UP 樹脂量などは樹脂の配合表より算出する。

$$\text{反応率} = \frac{\text{分解後のFRP樹脂減少量}}{\text{初期UP樹脂質量}} \times 100 (\%) \quad (1)$$

生成率

$$= \frac{\text{分解液中の生成量}}{\text{初期UP樹脂中の該当成分質量}} \times 100 (\%) \quad (2)$$

また、SFC の性状評価は分子量および分子中のスチレン-フマル酸比を指標としている。

表 2 亜臨界水分解性能

	1回当りのFRP処理量(kg)	反応率(%)	SFC生成率(%)	グリコール生成率(%)	SFC分子量	スチレン-フマル酸比
反応管スケール	0.004	87	92	69	34000	2.0
ラボスケール	0.6	84	93	65	35500	2.2
ベンチスケール	40	85	94	57	35100	2.3
パイロットスケール	400	82	87	65	39300	1.9

亜臨界水分解パイロット実証設備での熱硬化性樹脂の反応率は 82%，SFC 生成率は 87%，グリコール生成率は 65% である。従来の小スケール試験装置での分解性能と比較すると、反応管から 10 万倍のスケールアップを行っても、大きな性能低下はなく、SFC などの有価物の生成を確認できる。また、SFC の性状も本パイロット実証設備で分子量 39300、スチレン-フマル酸比 1.9 であり従来とほぼ同等である。

5.3 プロセス全体の回収率

粉碎から無機物分離に至るリサイクルプロセスを通しての SFC などの再利用可能な原料の回収率を確認する。回収率は、投入した原料 FRP 中の熱硬化性樹脂の各成分の推定重量に対し、無機物分離後の分離濾液中の SFC などの成分濃度と各液量の積で得られる回収量の割合から算定する。

得られた回収率は、SFC 74%，グリコール 55%，有機酸 71% であった。また、原料 FRP 中の熱硬化性樹脂の質量に対して上記成分の回収量の合計の比率、すなわち熱硬化性樹脂からの回収率は 70% となる。以上のことからパイロット実証設備においてもベンチスケールと同等の有価物の回収が可能であることが確認できる。また、無機物も同様に無機物分離後の回収率を求め、FRP 全体としての再生可能な原料の回収率を算定すると 81% となる。

6. あとがき

亜臨界水分解による廃棄 FRP 浴槽のリサイクルの実用化を目指し、バッチ式の固液反応系で処理時間の短縮と、

閉塞などに対する安定運転を実現するプロセス技術を開発し、その成果をもとに製造工程廃材を用いたパイロット実証設備（400 kg／回、浴槽約 20 個相当）を導入してパイロットスケールで分解性能を実証した。ラボスケール、ベンチスケールとほぼ同等の生成物（SFC）が得られ、FRP 全体の 81 % を FRP 原料として回収できた。従来、まったく再利用されず、廃棄されていた FRP の再資源化（マテリアルリサイクル）を、実用規模で検証した。

今後、亜臨界水分解により得られた有機、無機回収物を再生品とするための分離・改質、無機物乾燥工程についてもパイロット実証を行い、プラント操作性や製品安定性に関するデータの蓄積をもとに、実使用を想定したプロセスデザインパッケージを確立する予定である。

これらのパイロット実証結果をもとに、2012 年を目標に年間 200 t 規模での製造工程廃材のリサイクルの実用化を目指す。

本研究は平成 18, 19 年度の環境省の次世代廃棄物処理技術基盤整備事業により推進しており、関係各位にたいして謝意を表します。また、パイロットプラントの設計に際して、超臨界・亜臨界技術の専門家の立場で安全性評価などのご指導いただいた SCF テクノリンクの福里隆一氏に深謝の意を表します。

*参考文献

- 1) 東海林 芳郎：廃 FRP 再資源化実証事業の現状，第 49 回 FRP CON-EX 2004 講演会講演要旨集，強化プラスチック，p. 31（2004）
- 2) 前川 一誠：常圧溶解法による FRP リサイクル技術，強化プラスチック，Vol. 52, No. 6, p. 11（2006）
- 3) 中川 尚治，宮崎 敏博，日高 優，卜部 豊之，前川 哲也，吉村 毅，吉田 弘之：化学工学会第 72 年会研究発表講演要旨集，p. 275（2007）

◆執筆者紹介



真継 伸

新規商品創出技術開発部



宮崎 敏博

新規商品創出技術開発部



矢野 宏

新規商品創出技術開発部