

当社プロセス機器開発のこれまでと今後の展望

KOBELCO ECO-SOLUTIONS' Past and Future Prospects for Process Equipment Development



南 俊充
Toshimitsu Minami



小川智宏
Tomohiro Ogawa

当社はグラスライニング技術を主力事業として1954年に設立された。以来、50年以上に渡り、グラスライニング技術だけでなく、攪拌技術、混合乾燥機やろ過乾燥機などの粉体技術、薄膜蒸発機などの分離精製技術を含めたプロセス機器の開発を行い、化学産業を中心に各ユーザの課題解決、発展に貢献してきた。現在、生産性や安全性の向上等の顧客ニーズへの対応だけでなく、CO₂削減等の社会問題の解決を目指し、技術開発を行っている。

The company was founded in 1954 under the name Shinko Pfadler Co., Ltd. with glass lining technology as its core business. Since then, for almost 70 years, we have been developing process equipment, not only for glass lining technology but also for mixing technology, powder technology (such as mixing dryers and filter dryers), and separation and purification technology (such as wiped film evaporators). In this way, we have helped different users, mainly in the chemical and pharmaceutical industries, solve their problems and contributed to their development. Currently, the company is developing technologies not only to meet customer needs such as for improved productivity and safety, but also to solve social problems such as how to reduce CO₂ emissions.

Key Words :

グラスライニング	glass lining
攪拌	mixing
粉体混合, 粉体乾燥, ろ過乾燥	powder-mixing, powder-drying, filter-drying
薄膜蒸発器	wiped film evaporator
反応機	reactor
凍結乾燥	freeze-dry, lyophilization

まえがき

当社は神戸製鋼所珪瑯部をその起源とし、米国ファウドラ社との共同出資により、グラスライニング製機器の製造販売を主力事業とした神鋼ファウドラ株式会社として分離・独立し1954年に誕生した。以来、プロセス機器事業としてグラスライニング技術だけでなく攪拌技術、混合乾燥機やろ過乾燥機などの粉体機器、薄膜蒸発機などの分離精製技術の開

発とともに発展してきた。本稿では、現社名の神鋼環境ソリューションとなった2003年10月からこれまでのプロセス機器の技術変遷と今後の展望について紹介する。図1に、各技術開発の変遷を示す。

1. グラスライニング

1.1 グラスライニング (GL) 技術

グラスライニング (GL) は耐食性を必要とする製造原料や反応プロセスで使用可能な耐食材料で、

*プロセス機器事業部 技術部
**プロセス機器事業部 技術部 開発室

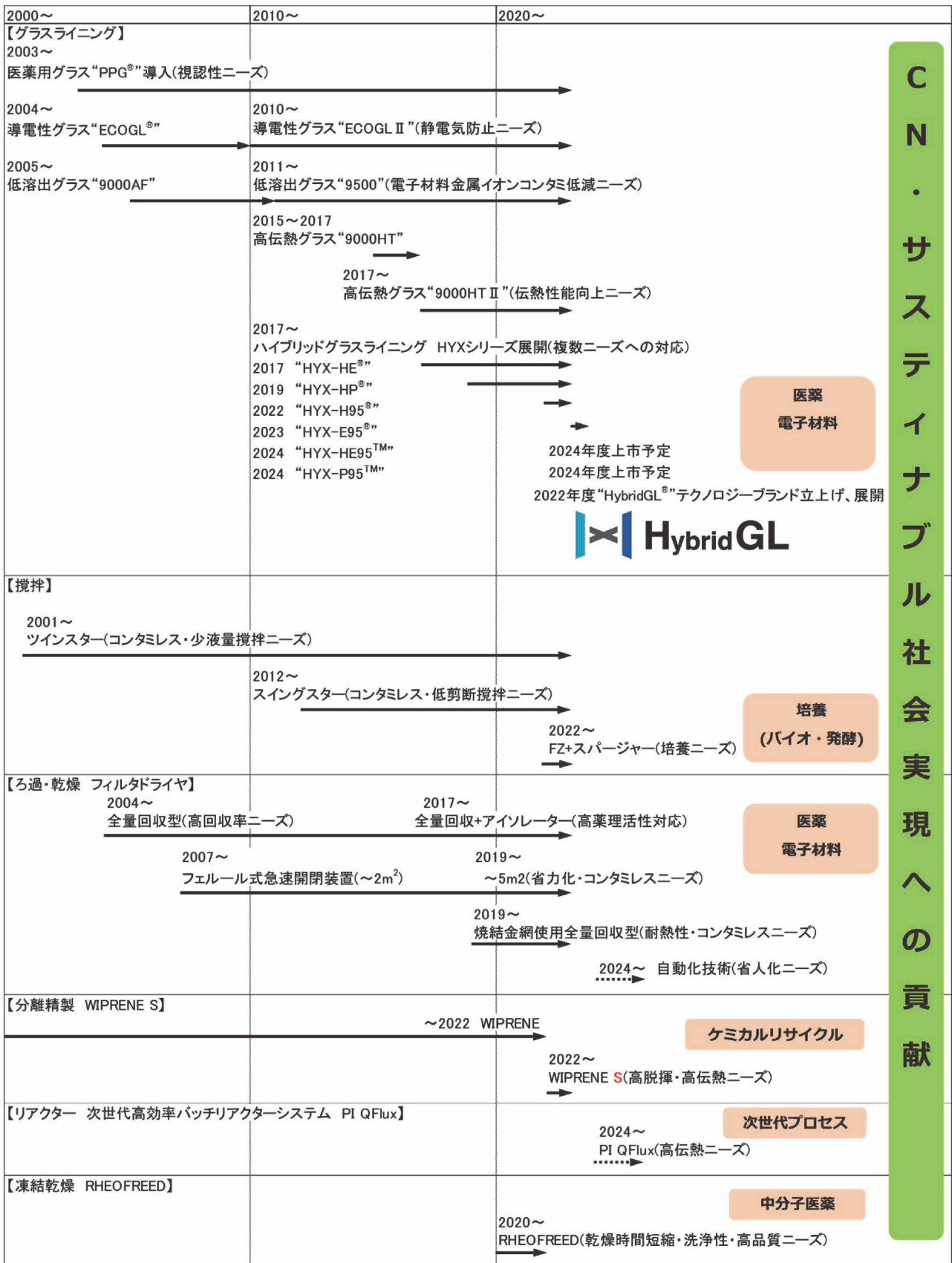


図1 プロセス機器 各技術開発の変遷¹⁾

当社は化学・医薬プラントで使用される GL 製の反応機、貯槽、熱交換器等を製造、販売している。当社では創業期からより、ガラスを原料から自社製造することを基本とし、現在もこの基本姿勢は受け継がれている（図2）。

1.2 機能性ガラス（2003～2016年）

1.2.1 医薬用ガラス PPG

まず2003年に商品化したガラスが PPG* である。従来の標準ガラスの濃紺色に対して明るく視認性に優れたライトブルー色であり、そのため缶内の付着等を目視で確認しやすくなり洗浄性が向上した。更に、標準ガラスより耐アルカリ性が20%向上しており、アルカリで CIP（Cleaning In Place）洗浄を行う反応機に有効なガラスとなっている。

* PPG（Pfaudler Pharma Glass）は Pfaudler GmbH との技術提携品。

1.2.2 導電性ガラス ECOGL

2004年には、絶縁性の GL 機器内で発生する静電気による機器破損等のトラブルを防止するガラスとして、導電性ガラス ECOGL を商品化した。このガラスには、表層部のガラス層のみに導電性を付与した当社独自の複層構造を採用している。内容物の帯電が大きくなり放電が発生した場合でも、放電エネルギーを表層の面方向で緩和し、下層の絶縁ガラス層で静電気による破損を防止することでガラス層全体としての耐電圧を標準ガラスより向上させている。2010年には視認性向上のニーズを受け新しい導電性フィラーを採用することで性能は従来のままで薄青色をした ECOGL II を商品化した。

1.2.3 低溶出ガラス 9000AF, 9500

ガラスは化学的耐食性に優れた材料であるが、条件によっては、腐食によりガラス成分が溶出する。

Na, K といったアルカリ金属成分が溶出しやすく、特に電子材料を製造するユーザからこの微量な溶出の低減要求があり、2005年に9000AFを商品化した。このガラスでは、当社独自の表面処理技術により表面近傍のアルカリ金属成分を除去することで、微量な溶出を低減させている。また、2011年にはガラス中の Na 成分含有量を極限まで低減させることで、Na の溶出量を従来の標準ガラスの1/10に減少させた低溶出ガラス9500を商品化した。

1.2.4 高伝熱性ガラス 9000HT, 9000HT II

GL 機器ではガラス層の伝熱性が律速となっていることから、GL 機器の伝熱性を改善すべく2015年に高伝導性ガラス9000HTを開発した。9000HTでは、ガラス層厚みを低減するとともに、熱伝導の良好なガラス層を設ける当社独自の複層構造とすることで熱伝導性能を向上させている。また、2017年にはさらに熱伝導性能を向上させた9000HT IIを商品化した。9000HT IIを採用することで図3のように昇温所要時間が33%短縮され、さらに高効率攪拌翼フルゾン®を使用することで缶内境界膜係数が向上し、さらなる時間短縮が可能となっている。

1.3 ハイブリッドガラス（2017年以降）

2016年には、従来の耐食性加えて2つ以上の機能性を有するハイブリッドガラスの開発に着手した。2017年に世界初のハイブリッドガラスである HYX-HE（高伝熱性+導電性）を商品化、2019年に HYX-HP（高伝熱性+医薬向/視認性・洗浄性）、2022年に HYX-H95（高伝熱性+低溶出性）、2023年には HYX-E95（導電性+低溶出性）を商品化した。加えて、今後、“ガラスライニングはハイブリッドの時代に” なるとの思いからハイブリッドガラスライニングについて広く知っていただき（周知化フェーズ）、その後、製品の使用を通じて性能の良さを認識頂きファンになって頂く（認知・信用化フェーズ）ことを目的にテクノロジーブランド戦略を展開している。ハイブリッドガラスである HYX シリーズのブランドとして HybridGL® を、ロゴとして HybridGL

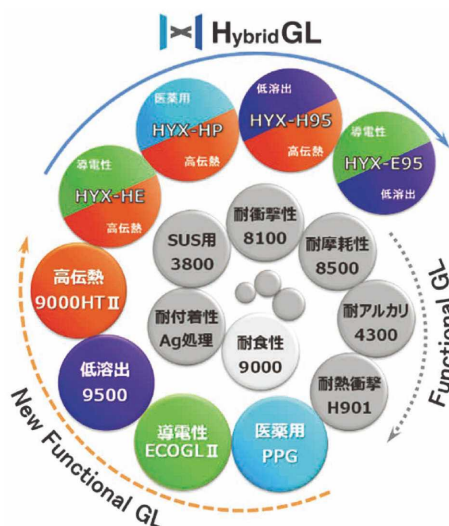


図2 当社保有ガラス種

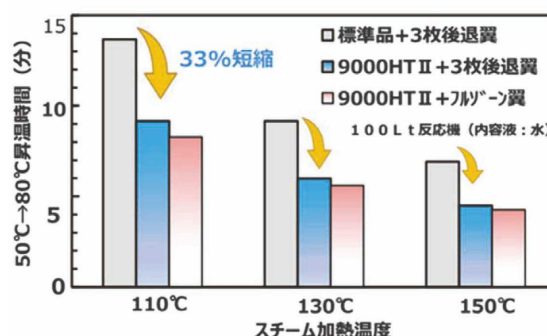


図3 9000と9000HT IIの昇温所要時間比較

を制定、また HybridGL については世界展開をにらみ商標について世界主要各国へ出願済みである²⁾。

1.3.1 HYX-HE

HYX-HE は、溶剤の使用による静電気トラブル防止のため耐静電気性の高い ECOGL II を採用している GL 機器において、HE を採用することで、9000HT II の高伝熱性による生産性向上、省エネ、CO₂削減効果を享受できる製品となっている。

1.3.2 HYX-HP

HYX-HP は、洗浄性、視認性、耐アルカリ性が高く医薬用途に最適なガラス PPG* を採用している GL 機器において、HP を採用することで、9000HT II の高伝熱性による生産性向上、省エネ、CO₂削減効果を享受できる製品となっている。

1.3.3 HYX-H95

HYX-H95は電子材料製造関連における金属イオン溶出低減ニーズからイオン溶出性の低い9500を採用している GL 機器において、H95を採用することで、9000HT II の高伝熱性による生産性向上、省エネ、CO₂削減効果を享受できる製品となっている。

1.3.4 HYX-E95

HYX-E95は電子材料製造関連における金属イオン溶出低減ニーズからイオン溶出性の低い9500を採用している GL 機器で乾燥機や溶剤を使用する反応機で E95 を採用することで、静電気によるトラブルを防止することが可能となっている。

1.3.5 HYX-P95, HE95

医薬やファインケミカル分野で PPG を使用頂いているユーザーへさらなる低溶出性能を提供するため、2024年度商品化を目指し HYX-P95 という新製品を開発している。また、高伝熱性、導電性、低溶出性の3つの機能を有する世界初となる HYX-HE95 という新製品についても P95 と並行して2024年度商品化を目指し開発している。

図4に HYX-P95 と HE95 の性能概要を示す。

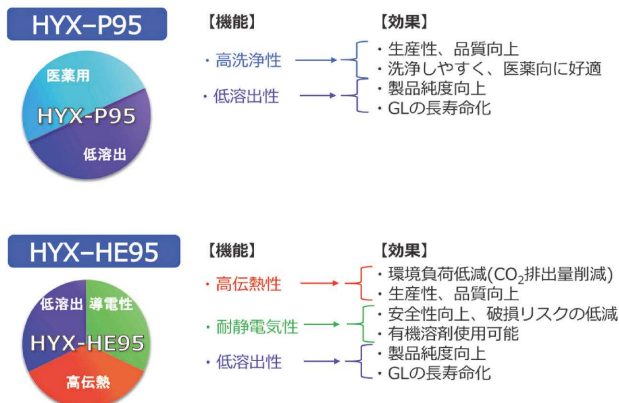


図4 HYX-P95, HE95の性能概要

“グラスライニングはハイブリッドの時代に”のフレーズを実現させハイブリッドガラスのスタンダード化を目指し、HYX シリーズの拡充と認知度向上に努めていく所存である。

2. 攪拌

2.1 攪拌技術

攪拌槽は、混合、分散、溶解、反応など、様々な目的で使用されるが、装置そのものは単純な構成である。液体を入れる容器と攪拌するための攪拌翼で構成され、あとは攪拌翼をある回転数で回せば良い。しかし、目的に合った攪拌操作を行うため、槽・翼・バッフルの形状および寸法、回転速度をいかに設定するかを考えようとすると非常に奥が深く、これまで多くのユーザーの頭を悩ませてきた装置の一つであろう。当社はその時々々の市場、ユーザーのニーズに合わせ、数多くの知見、ノウハウから適した攪拌技術を提案してきた。以下に当社がこれまでに提案してきた攪拌技術と、これからの市場、ユーザーのニーズに合わせた展望の一部を紹介する。

2.2 攪拌技術の変遷

2.2.1 攪拌翼

2000年以前の攪拌槽には、生産能力の増強を目的とした高効率な攪拌技術が求められた。汎用プラスチックの需要が増加することで、攪拌槽には均一混合、異相系攪拌、粘度変化のある流体の攪拌など、複数の目的を同時に満足させる攪拌翼が求められた。そこでフルゾーン翼³⁾⁴⁾⁵⁾を開発し、従来の攪拌翼では困難な多目的、高効率な攪拌を実現した。2000年以降、日本の化学産業における需要は、汎用プラスチックから医薬、ファインケミカル、電材などの高付加価値製品へ推移した。攪拌槽には攪拌性能の他ほかに、多品種少量生産、小液量攪拌、洗浄性が求められるようになり、これに対応したツインスター翼⁶⁾を開発した。さらには『コンタミレス』をキーワードとした無摺動クリーン攪拌翼であるスイングスター翼⁷⁾⁸⁾へ発展させることで、各時代のニーズへ対応し続けてきた。

2.2.2 知見とノウハウ

市場、ユーザーへのニーズに対し適切な攪拌技術を提案するには、根底となる技術力が必須となる。弊社は実験的な評価、検討を繰り返し、数多くの知見とノウハウを積み重ねることで技術力の向上に努めてきた。近年では、コンピュータの計算処理能力の向上により、PIV (Particle Image Velocimetry : 粒子画像流速測定法) と CFD (Computational fluid dynamics : 数値流体力学) が比較的容易に利用でき、視覚的、定量的な評価、検討がより詳細に、より高

速に可能となりさらなる技術力の向上に役立っている(図5, 図6)⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾。

2.3 これからの攪拌技術の展望

今後の市場、ユーザのニーズを考えると、一つのキーワードにカーボンニュートラルが挙げられる。2021年に開催されたCOP26において、2050年までにカーボンニュートラルの実現が表明されたことを皮切りに、脱炭素化やCO₂排出量・削減量の可視化などの取り組みが国内に拡大している。カーボンニュートラルの実現のキーテクノロジーとして注目されているのが、微生物などの生物の能力を活用して化石燃料を原料としない物質生産『バイオものづくり』である。そこで、攪拌技術者として今後、ユーザへ提案すべき技術は『攪拌槽を用いた微生物による物質生産技術』と考えている。上記技術の確立には、下記三つが課題となる。

- ①ガス吸収性能(微生物への十分な酸素の供給)
- ②低せん断性(微生物の成長促進)
- ③高粘度、高濃度の混合(物質生産性の向上)

微生物培養に携わる技術者の多くは、培養槽の攪拌翼にタービン翼を連想するのではないだろうか。しかし、タービン翼では上記三つを同時に達成することが難しく、実生産に向けたスケールアップで想定

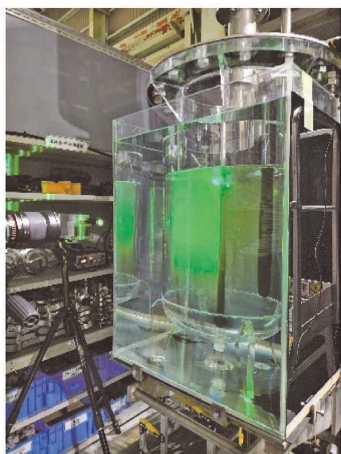


図5 PIV測定装置



図6 CVDによるフルゾーン翼の解析事例

した結果が得られないことから、頭を悩ますユーザが多くなることは想像に難くない。弊社は今後の新たなニーズに対しても、適切な攪拌技術の提案が出来るよう日々努めていこうと考えている。

3. ろ過・乾燥

3.1 フィルタドライヤ

フィルタドライヤは、反応、晶析などによって得られたスラリーに対し、一台の密閉容器内で固液分離、ケーキ洗浄、乾燥を行い、純度の高い粉体あるいはプロセス液を得ることができる多機能装置で、ファインケミカル、医薬、電子材料、食品と様々な分野で実績がある。1988年販売開始から今日まで、ケミカルハザード対策やコンタミレス、高純度化のニーズに応えるべく、改良、開発を加えてきた(図7)。

3.2 全量回収機構

フィルタドライヤの構造上、回転する攪拌翼とろ過面との間には接触を避けるため一定のクリアランスが設ける必要があるが、乾燥して得られた製品がこのクリアランス部に残存し回収できない問題があった。そこで、缶体を傾斜し、さらにエアブレイタによってろ過面を振動させることで、クリアランス部に残留した粉体を排出口に移送し回収する全量回収機構を開発した¹³⁾。全量回収機構により人手を介さず従来よりも高い回収率を達成できるため、高価な製品や薬理活性の高い製品に数多く使用されている。

また全量回収型フィルタドライヤとアイソレータを組合わせた実績も多数ある。さらに、ろ材には通常はろ布を使用するが、2019年には焼結金網仕様の全量回収機構も開発した¹⁴⁾。

3.3 フェルール式急速開閉装置

下蓋フランジの閉止方法としてはクランプ締結が一般的だが、数多くのクランプの締付に多大な労力を要することや、クランプ開閉時に作業者が缶内残留品や洗浄液の液だれに暴露するリスクがあった。クランプ締結以外の従来技術としてクラッチタイプの急速開閉装置があるが、テーパーライナー部への定期的な潤滑油塗布が必要であり、また摩耗粉の発生リスクがある。こうした問題を解決するため、少ない工程で締め付けを行うことが可能で配管接手などで使用されることの多いフェルール形状を採用、クランプリングには耐摩耗性、滑り性を改善する表面処理を施すことで、無潤滑での急速開閉装置を実現した¹⁵⁾。この機構の採用は当初クリーンルームに設置されることの多い2m²機までに限定していたが、2019年には大型化にも取り組み、当社シリーズ最大の5m²機まで適用範囲を拡大した¹⁴⁾。

3.4 高効率攪拌翼と加熱翼

フィルタドライヤでは、ケーキ高さの制限もあり粉体単位体積当たりの伝熱面積が他の乾燥専用機に比べ小さく、乾燥時間が長くなる傾向にある。乾燥時間の短縮のためには総括伝熱係数の向上が必要であり、そのためには、混合性能を高めた攪拌翼を使用することと、攪拌翼を加熱し伝熱面積を拡大することが有効である。2007年には、これらを両立した高効率加熱翼を開発した¹⁵⁾。

3.5 多彩な独自技術

その他、コンタミレス、洗浄性、省力化、安全性に配慮した技術として、シャワーリング・スプレーボールなどのCIP洗浄機構、組立・分解・洗浄等の作業効率を改善したノズル一体型バグフィルタ¹⁴⁾、洗浄性に優れたPTFE製ベローズ、排出弁シールを自動洗浄するガスパージ式バルブを開発し、要求される機能に対応している。

3.6 フィルタドライヤの今後

省人化、作業効率化の観点より、今後、特に自動運転へのニーズが増加すると考えられる。これまでも、既存のセンサーを組合わせた自動化はある程度進められているが、画像解析技術と運転ノウハウを組合わせた自動運転方法を提案できるよう現在開発を進めている。

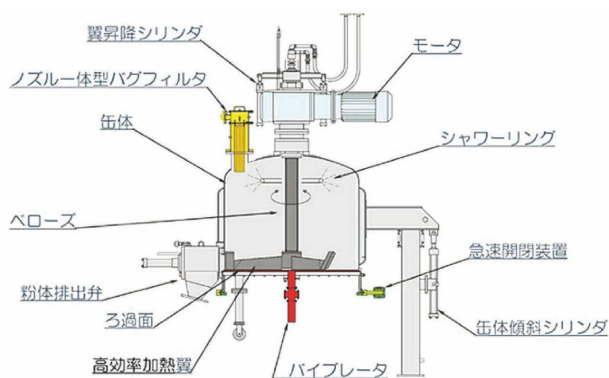


図7 フィルタドライヤ構造図

4. 分離精製

4.1 新型薄膜蒸発機 “WIPRENE S™”

当社の薄膜蒸発機 WIPRENE® (ワイプレネ) は、短い滞留時間や高い伝熱性能などの特長からファインケミカル製造プロセスにおいて50年以上にわたり2000基以上使用されている^{16) 17)}。今回、蒸発性能に寄与する因子を再検証し、液膜の混合性を改善し蒸発性能を向上させた新型機 “WIPRENE S” を開発した。

4.2 WIPRENE S の性能

図8に2種類のサンプルにおける従来機と

WIPRENE S との脱揮性能の比較を示す。製品Aは、モノマーが6 220 ppm 残存した原料からモノマーを蒸発除去する処理、製品Bは、溶剤30%の原料から溶剤を蒸発除去する処理である。製品A、製品Bともに従来機と比べて WIPRENE S の残存揮発分濃度は従来機の約半分となり、約2倍の脱揮性能を有する。つまり、同じ残存揮発分濃度であれば、処理量を約2倍にすることができる。

図9にテストサンプルとして水を使用した場合の WIPRENE S と従来機との内面側境膜伝熱係数の比較データを示す。従来機と比べて WIPRENE S の方が、流量に関係なく内面側境膜伝熱係数が約20% 高くなっている。

4.3 WIPRENE S の構造

WIPRENE S は、従来機から主に、

- ・ワイパの溝・山幅：従来機より小さい
- ・周方向のワイパ列数：従来機より多い

の2点を変更し、機器全体を最適化した構造としている。

4.4 性能を決定するメカニズム

液膜厚さ、液膜とフィレットとの混合度、滞留時

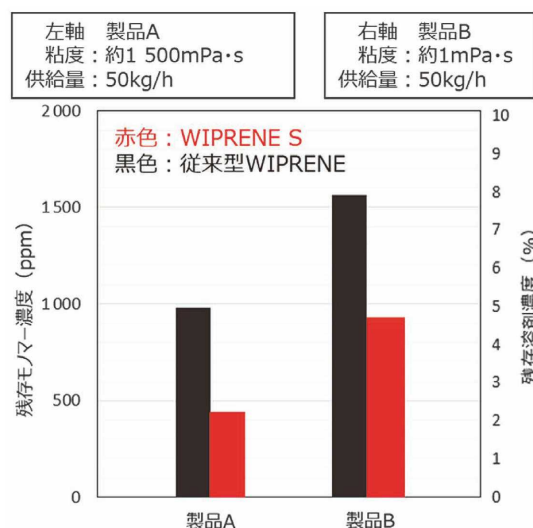


図8 WIPRENE S と従来機の脱揮性能比較

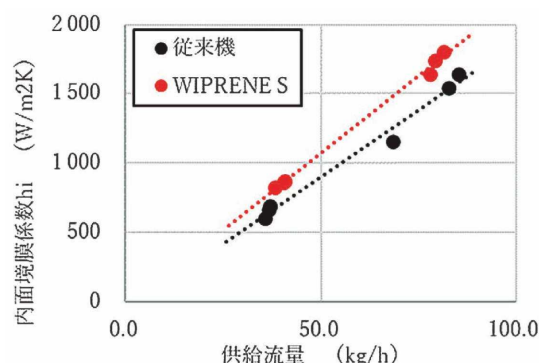
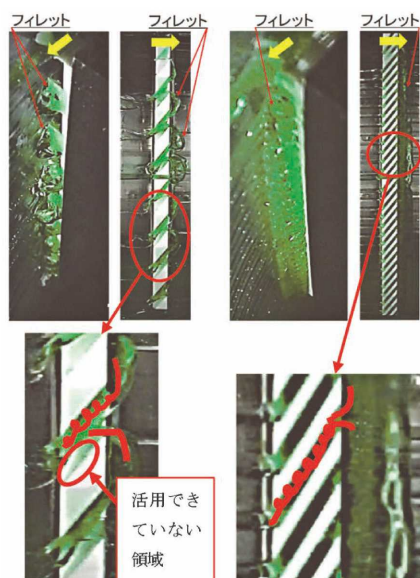


図9 WIPRENE S と従来機の伝熱性能比較



左：従来機 右：WIPRENE S
※ 観察しやすいよう流体を緑色に着色

図10 液膜観察写真

間について検討した結果、WIPRENE Sの性能向上には、液膜とフィレットとの混合度向上が大きく寄与していることを確認した。図10の液膜の観察写真で分かるように、従来機では溝内に液が流れていない領域が存在するのに対し、WIPRENE Sのワイパでは、溝内を液が充満して流れることでワイパと流体とが接触し、流体内の混合が促進されると考える。

WIPRENE Sは従来機から改造することも可能であり、既にご使用中のユーザにもその効果を実感頂ける新型機である。近年ニーズの高まっている高脱揮処理やリサイクルなどの用途に、より効率の高いWIPRENE Sを適用することで環境問題にも貢献できると考える。

5. リアクター¹⁸⁾

5.1 高効率バッチリアクター

近年連続生産（フローリアクター）が注目され、医薬原薬・中間体製造において海外で実用化が始まっている。一方で、化学分野の大部分は従来のバッチリアクターを用いたプロセスが使用されており、バッチ反応機を効率化することで、反応機の小型化が可能である。効率化のためには、GLの伝熱性の改善だけでなく、バッチリアクターの性能向上も必要である。PTSC社（Process Technology Strategic Consultancy Ltd）の高効率バッチリアクターシステム（以下、PI Q Flux[®]）に着目し、同社と共同で従来のリアクターと高効率バッチリアクターの比較実証試験を行った。

5.2 高効率バッチリアクターシステム

PI Q Flux[®]は高効率バッチリアクター PI reactor（PI：Process Intensity）を高精度単一熱媒供給ユニットTCUで制御するシステムである（写真1）。PI reactorはTCUから供給される単一熱媒油で加熱冷却される。PI reactorは外套以外に反応機内部に特殊耐食合金製の加熱可能なバッフルを有しており、外套とバッフルの双方で加熱冷却が行われている。TCUは熱媒を加熱冷却するためにユーティリティとして蒸気または電気ヒータ、冷却水、ブラインを使用し、各々、熱交換器を用いて熱媒を加熱冷却している。

5.3 実証試験

5.3.1 試験条件

容量1 m³のPI reactorと標準GL反応機（当社製品WS-R）を使用した。内容液としては水と油（コーン油）の2種類を使用し、水の場合は5℃から95℃への加熱、油の場合は10℃から160℃への加熱における所要時間で伝熱性能を比較した。PI reactorと標準GL反応機の本体はいずれもGL製のため、熱衝撃によるGL破損を防止するためにΔT=100～120℃の制限を設けて外套側からの加熱冷却制御を行った。

5.3.2 実証試験結果

水、油（コーン油）の両者比較結果を、表1に示す。内容物が水、いずれの場合においても、同じ加熱蒸気圧力では約1/4、加熱蒸気圧力を上げることによって約1/5に加熱時間が短縮された。PI reactor内部にある加熱可能なバッフルについてはGL施工された本体側と異なりΔTの制限がないため、加熱蒸気圧力を上げ供給する熱媒温度を上げることで加熱時間短縮を実現している。

TCUについては単一熱媒を使用しているが、内部制御によりPI reactor外套側はΔT制御した熱媒を、内部の加熱可能なバッフルはΔT制御なしのより高温の熱媒を各々供給可能となっている。加熱時にボイラーが消費した燃料を実測してPI reactorの省エネ性能を確認した結果、標準GL反応機に比べて50～60%燃料消費量が少ないことを確認した。

5.4 PI Q Fluxの今後

PI reactorはPTSC社が設計したASME準拠の仕様で製作した。第一種・第二種圧力容器といった国内法規に対応するためには設計変更が必要であり、今後当社にて設計変更を進めていく。

本システムを開発、上市することで国内および海外の多様な産業の発展に貢献していきたいと考えている。

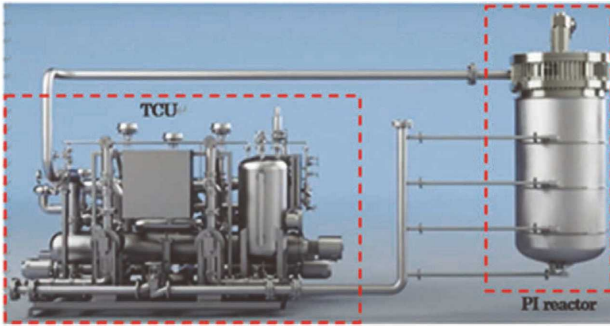


写真1 PI QFlux システムフロー

表1 加熱試験結果

	標準GL反応器 0.8Mpaスチーム	PI reactor 0.8Mpaスチーム	PI reactor 1.45Mpaスチーム
水	約93分	約25分 (3.7倍)	約20分 (4.7倍)
コーン油	約183分	約50分 (3.7倍)	約33分 (5.5倍)

6. 凍結乾燥¹⁹⁾

6.1 凍結乾燥とは

凍結乾燥は、固体（氷）から気体（水蒸気）への状態変化（昇華）を利用した乾燥方法である。この乾燥方法は熱劣化や組織破壊が少なく、各種機能性成分等の保持に適しており、注射製剤やバイオ医薬品分野では不可欠な製造技術となっている。また、乳酸菌・酵素・タンパク質・ペプチドのような弱熱性原料への適用も検討されている。

凍結乾燥は、一般的には棚式凍結乾燥機が用いられる。棚式凍結乾燥機は、トレイに原料を充填した状態で棚式凍結乾燥機内の過熱棚段に乗せ、棚板からの熱伝導またはヒータ等の熱源からの輻射熱によって加熱する方法である。棚式凍結乾燥は、乾燥時間、製品回収作業性、トレイの洗浄作業性やトレイ間やトレイごとの乾燥ムラが課題として挙げられる。

6.2 RHEOFREED® の開発

真空乾燥では、近年、洗浄性・粉体封じ込め性・コンタミレス性等の GMP 要求がますます高まり、缶内に吸引管を持たない当社のコニカルドライヤ（N-CDB）は優れた洗浄性からコンタミレス機器として、医薬品粉体乾燥向けを中心に納入実績を伸ばしている。この N-CDB をベースとして凍結乾燥機として開発したのが攪拌式凍結乾燥機 RHEOFREED である。この CDB-Type に加え、現在、翼攪拌式真空乾燥機 PV ミキサをベースとした PV-Type をラインナップしており、いずれも棚式凍結乾燥機と比べ、容器または翼回転による攪拌効果で、

- 1) 伝熱促進による乾燥時間短縮
 - 2) 製品粉末化による回収作業性向上
 - 3) 製品均質化による乾燥ムラ抑制
- が可能となる（写真2）。

6.3 RHEOFREED のプロセスフロー

RHEOFREED のプロセスフローを図11に示す。基本的なフローは棚式と同様で、熱媒循環装置、本体、コールドトラップと真空ポンプのユニットで構成される。RHEOFREED は予備凍結の代わりに凍結材料を作る前処理工程が必要であり、原料種によって凍結粉碎・凍結噴霧等を使い分けて、乾燥試料（凍結粉）を製造する。凍結粉霧は缶体内で凍結粉を製作できるため、1台で凍結、乾燥が実施できる。乾燥後の製品は排出口から回収可能で、粉末状の乾燥製品が得られるため、棚式凍結乾燥機で必要であった粉碎工程が不要である。

6.4 RHEOFREED の取組

2023年現在、ペプチスター社と「実生産における凍結乾燥工程時間を50%以上短縮」を目標に医薬品用途向の開発を行っている。

共同開発成果の一例として、中分子医薬品600 ml の凍結乾燥結果を表2に示す。乾燥時間を従来の棚段凍結乾燥機から80%削減できたことに加えて、有機溶媒の残留量の低減や高密度の向上を確認した。現在、ペプチスター社に3L溶液を乾燥可能な RHEOFREED PV Type を設置し、実証試験を実施している。

6.5 RHEOFREED の今後

RHEOFREED は棚式と比べ乾燥時間の大幅短縮や品質向上といった点で優れており、「カーボンニュートラル対応次世代プロセス機器の実用化」の一翼を担う次世代の機器と位置づけられる。凍結乾燥機のゲームチェンジャーとして、今後も RHEOFREED の改良、開発を行う所存である。



写真2 RHEOFREED
(左：CDB-Type, 右：PV-Type)

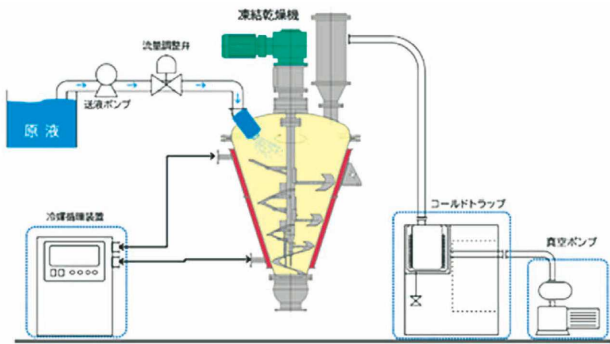


図11 プロセスフロー

表2 比較試験結果

凍結乾燥機	乾燥時間	かさ密度	残留有機溶媒
	(h)	g/L	ppm
棚式(従来式)	96	33	1500
RHEOFREED(PV-Type)	19	200	162
改善率	80%短縮	約6倍	約1/10

むすび

本稿では、神鋼環境ソリューション誕生以来のプロセス機器の各技術の変遷と開発および今後の展望について紹介した。

プロセス機器事業部は、当社で唯一ものづくりの現場を持つ事業部であり、その折々の課題についてその場で判断し迅速かつ適切に対応し、これが技術力向上にも繋がっている。

今後も様々な顧客ニーズや社会情勢の変化に対応すべく開発を継続していくと共に、「自ら解決・改善していく力」をデジタル化させ新たな顧客価値を創造、さらには当社内の技術への適応も目指し、多様な産業の発展だけでなく社会問題の解決に貢献していきたいと考える。

[参考文献]

1) 宮内啓隆ほか: グラスライニング創業70周年を迎えて, 神鋼環境ソリューション技報, Vol.13, No.1, (2016), p.2-14

- 2) 多田篤志ほか: HybridGL 新製品 HYX-H95, 神鋼環境ソリューション技報, Vol.19, No.1, (2022), p.12-16
- 3) 菊池雅彦ほか: 高効率攪拌翼『フルゾーン』の開発, 神鋼パンテック技報, vol.35 No.1 (1991), p.6-11
- 4) 菊池雅彦ほか: フルゾーンの流動・混合特性, 神鋼パンテック技報, vol.35 No.3 (1991), p.6-9
- 5) 今中照雄: フルゾーンの表面ガス吸収特性, 神鋼パンテック技報, vol.41 No.2 (1997), p.37-46
- 6) 中村隆彦ほか: グラスライニング製新型攪拌翼「ツインスター」, 神鋼パンテック技報, vol.45 No.1 (2001), p.33-38
- 7) 小川智宏ほか: 無摺動クリーン攪拌機『スイングスター[®]』, 神鋼環境ソリューション技報, vol.9 No.2 (2012), p.34-39
- 8) 小川智宏ほか: スイングスター[®]の攪拌性能向上, 神鋼環境ソリューション技報, vol.11 No.1 (2014), p.43-48
- 9) 加藤知帆ほか: 攪拌槽型反応機における CFD/PIV による経験則の数値化, 神鋼環境ソリューション技報, vol.19 No.1 (2022), p.2-7
- 10) 高田一貴ほか: 乱流攪拌槽の流動解析, 神鋼パンテック技報, vol.36 No.3 (1992), p.1-4
- 11) 高田一貴ほか: 新型リボン翼「ログボーン」の開発への数値解析の適用, 神鋼パンテック技報, vol.37 No.3 (1993), p.7-10
- 12) 高田一貴: 乱流攪拌槽の流動解析 (精度向上に関する検討), 神鋼パンテック技報, vol.39 No.1 (1995), p.35-39
- 13) 戸嶋大輔ほか: 全量排出型フィルタドライヤ, 神鋼環境ソリューション技報, Vol.1, No.1, (2004), p.70-76
- 14) 竹井一剛ほか: フィルタドライヤの高機能化技術, 神鋼環境ソリューション技報, Vol.16, No.1, (2019), p.32-37
- 15) 半田裕利ほか: フィルタドライヤの新機能, 神鋼環境ソリューション技報, Vol.4, No.1, (2007), p.57-60
- 16) 池田幸雄: 高真空蒸留における WFE 薄膜蒸留装置, 神鋼ファウダー技報, Vol.30, No.1 (1986), p.21-23
- 17) 三木洋二: WFE 薄膜蒸留装置の新適用分野の紹介, 神鋼パンテック技報, Vol.34, No.2 (1990), p.17-21
- 18) 岸勇佑ほか: 高効率バッチリアクターシステム PI QFlux[®]の伝熱・省エネ性能検証, 神鋼環境ソリューション技報, vol.19 No.1 (2022), p.8-11
- 19) 岸勇佑ほか: 医薬品用ミキサータイプ攪拌式凍結乾燥機“RHEOFREED[®]” PV Type の開発, 神鋼環境ソリューション技報, vol.19 No.2 (2023), p.2-7