研究用・少量試作用グラスライニング機器「マルチリアクター」

Glass-lined “Multi Reactor” for Research and Small-lot Prototyping

横野泰弘*
Yasuhiro Yokono

中村隆彦*
Takahiko Nakamura

南　俊充*
Toshimitsu Minami

グラスライニング（以下 GL）機器は高度な耐食性と製品の純度が要求される医薬，化学業界を中心に幅広い分野で使用されている。近年は製造分野において多品種対応，生産性・安全性向上が強く求められるようになっており，GL 機器においても対応が必要である。当社は，これらの要求に対応した高機能性 GL 機器である「マルチリアクター」を開発し，2019年11月に販売を開始した。研究開発型企業に対し，高機能性を有した研究・少量試作用機器を提供することで，多様化するニーズへの対応を実現した。

Glass-lined equipment is widely used in fields of the pharmaceutical and chemical industries where high degrees of corrosion resistance and product purity are required. In recent years, more functional equipment has been required in order to support small-lot-wide-variety production and enhance productivity and safety. In this report, KES launched high performance glass-lined “Multi Reactor” in November 2019. We can meet the diversifying needs of the R&D-oriented companies by proposing high-performance equipment for research and small-lot prototyping.

***Key Words*：**

マルチリアクター	Multi reactor
急速開閉装置	Quick closure
翼交換機構	Interchange mechanism for Agitator

【セールスポイント】
・ラボ検討に適した少容量20～200 L の 4 機種をラインナップ。
・機構の改善により容易に撹拌翼を交換でき，目的とする用途に適した撹拌翼の選定が容易。

ま え が き

近年，国内の医薬，電子材料，ファインケミカルメーカは，より付加価値の高い製品を開発しており，それらの生産には多品種・少量生産に対応したバッチプロセスが多く用いられる。

そこで，顧客ニーズを満足させる少量生産用の GL 機器「マルチリアクター」を開発した。少量生産用だけでなく，高機能性も兼ね備えた GL 機器となっており，高付加価値製品を量産する前の研究開発用および試作用として最大限に活用できる製品となっている。

本報ではマルチリアクターおよびこれに関連する高機能製品を紹介する。マルチリアクターでは GL 製組立式撹拌翼「スマートロック」を応用した

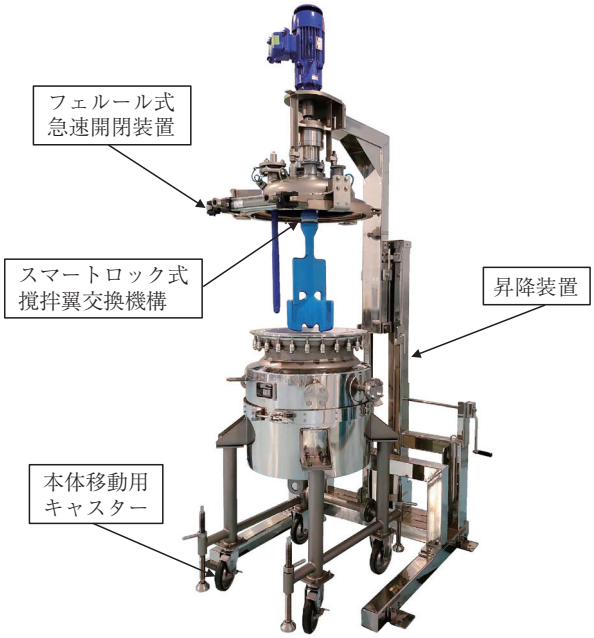
*プロセス機器事業部 技術部 GL 設計グループ

翼交換機構と，本体フランジのワンタッチ開閉機構「フェルール式急速開閉装置」，付属品ではフェルール式ハンドホール「フェルキャップ」を紹介する。

1. マルチリアクターの基本仕様

マルチリアクターの外観を図１に示す。槽内を洗浄するため，蓋を昇降させる昇降装置を付属している。また，本体側には移動用としてキャスタを付属している。昇降装置には，コンタミを考慮しステンレス製を採用している。本体蓋の開閉はフェルール式急速開閉装置を用い，作業軽減を図っている。撹拌翼にはスマートロック式を採用し，内容物の物性や撹拌目的に応じて，槽内部の継手部で交換可能となっている。

マルチリアクターの機器仕様を表１に示す。呼称容量は，研究・少量試作用に対応するため最小容量20 L からラインナップしている。駆動部には汎用減速機を使用し，インバータユニットを付属することで撹拌翼の回転数を変更できる仕様となっている。



※MR-100
（フルゾーン®翼）

図１　マルチリアクターの外観

また，マルチリアクターには，GL の高機能化ニーズに対応するため，当社最新の機能性 GL を採用可能である。

2. 撹拌翼交換機構

2.1 撹拌翼交換機構の特長

撹拌翼は，内容物の物性や用途に合わせて選定する必要がある。当社のラインナップとして，汎用的に用いられる３枚後退翼や，それに替わる高機能撹拌翼であるツインスター翼，高効率撹拌翼であるフルゾーン翼がある。３枚後退翼は永きにわたり汎用撹拌翼として使用されている。ツインスター翼は３枚後退翼よりもさらに優れた撹拌性能を持ち，かつ少液量への対応が可能である。３枚後退翼やツインスター翼が低中粘度液用であるのに対して，高粘度液の高負荷撹拌を行う場合は，フルゾーン翼が選定される。フルゾーン翼は水素添加，酸化反応などの表面ガス吸収撹拌，晶析などの用途で，プロセスの改善ならびに高効率化に貢献している。

GL 機器において，上記の撹拌翼を内容物に応じて使用する場合，それぞれの撹拌翼を付属する GL 機器を保有するか，撹拌翼を交換しなければならない。撹拌翼を交換する場合は，軸封装置部を分解し，再組立を行う必要があるため作業時間は長くなる。また，軸封部の分解・組立作業には熟練した技術が必要となるため，交換工事の調整が必要となる。そこで，スマートロック機構を用いて，撹拌翼を短時間で簡単に分解・組立できるようにしたのがマルチリアクターである。この作業性の向上が撹拌翼選定に寄与し，目的にあった撹拌翼の選定ができる。

2.2 撹拌翼交換機構の構造

撹拌翼交換機構の概略を図２に示す。スマートロック機構の採用により，軸封部より下部での撹拌翼分解・組立を可能にした。撹拌軸と撹拌翼はねじ込みにより接続し，ねじ込み部のシールに PTFE と O リングを組合わせて使用する。この機構により，撹拌翼交換時に軸封部を分解する必要がなくなり，作

表１　マルチリアクター仕様

型　式	呼称容量 L	本体内径 mm	モータ kW	回転数 rpm	幅×奥行×高さ m	重量 kg
MR-020	20	350	0.75	約23～225	約1.2×1.4×2.6	約600
MR-050	50	450	0.75	約16～164	約1.2×1.4×2.9	約700
MR-100	100	500	0.75	約16～164	約1.4×1.6×3.3	約900
MR-200	200	600	0.75	約14～138	約1.4×1.7×3.8	約1 100

業性が改善される。交換作業としては，昇降装置で蓋および伝動装置部を上昇させ，キャスターを付属している本体をそのまま移動させることで，撹拌翼の分解・組立を簡単に実施することができる。撹拌翼には上述の３枚後退翼，ツインスター翼，フルゾーン翼の３種類をラインナップしている。

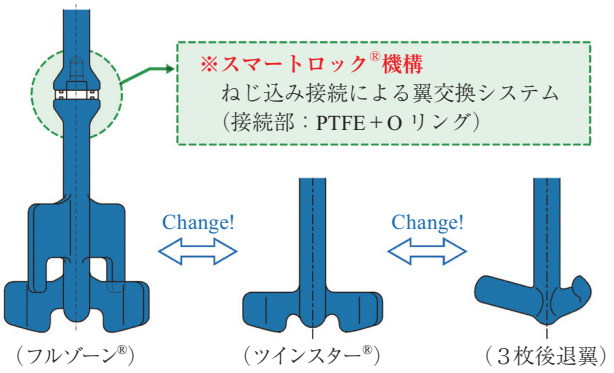


図２　撹拌翼交換機構の概略

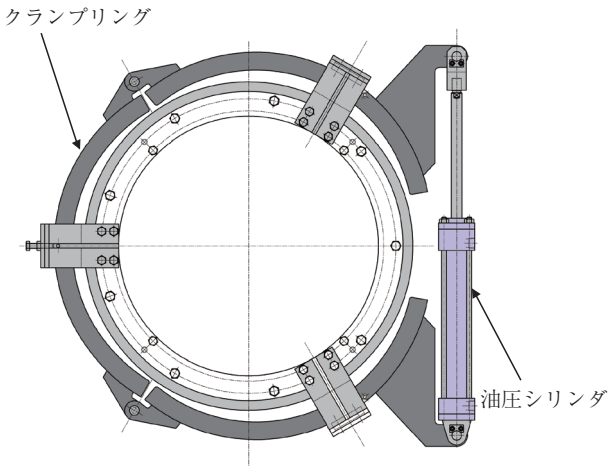


図３　急速開閉装置の構造

3.　フェルール式急速開閉装置

3.1　フェルール式急速開閉装置の特長

フェルール式急速開閉装置は，フェルール式クランプリングと油圧シリンダで構成されており，本体フランジの自動開閉を可能とする技術である。今までの小型機器では，缶内洗浄やガスケット交換などのメンテナンス時に，本体フランジを分解する必要がある。GL 機器の本体フランジ締結は，クランプを使用して手動で締付ける方式である。しかしながら，このクランプ方式には，クランプ自身の締付，取外しを１つずつ手作業で行うため多くの作業時間を要すること，またクランプの締付時にトルク管理や片締めとならないような締付を行わないとフランジ部からの液漏れにつながるなどの問題点がある。これらの問題点を解決するために開発されたのが，フェルール式急速開閉装置である。フェルール式急速開閉装置を適用することで，手動クランプ方式と比べて作業時間を大幅に短縮できるとともに，漏れリスクの低減が可能となる。またクランプリングには，耐摩耗性や摺動性を改善する特殊コーティングが施工されており，この処理により摺動部に潤滑油を塗布する必要がないため，槽内への潤滑油混入リスクがなくなり，医薬，電子材料，ファインケミカル分野に適した構造となっている。

3.2　フェルール式急速開閉装置の構造

図３に急速開閉装置の構造を示す。分割されたクランプを油圧シリンダで閉めることでテーパ部を締結する構造で，油圧シリンダでクランプを開くときにはクランプリングの中心とフェルールフランジの中心が一致するように，ガイドなどにより調整されている。開閉状況を写真１，２に示す。

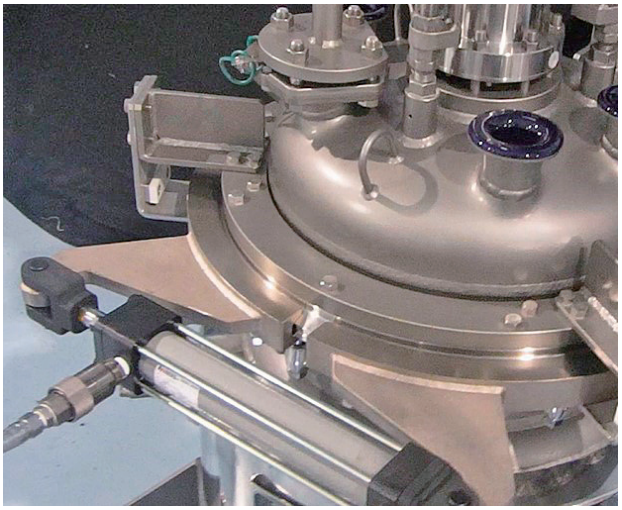


写真１　急速開閉装置－閉じた状態

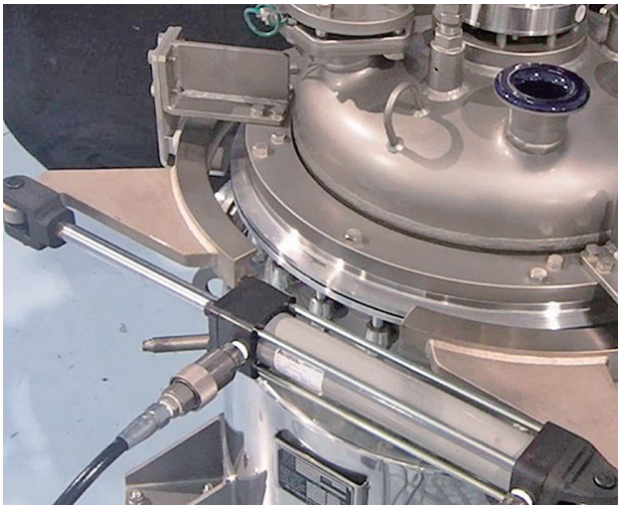


写真２　急速開閉装置－開いた状態

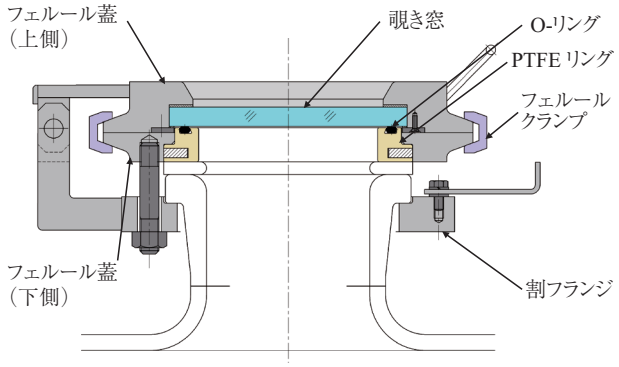


図４　フェルキャップの構造

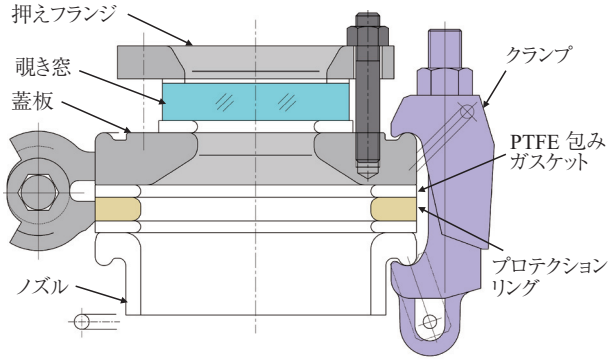


図５　従来型ハンドホールの構造

写真３　フェルキャップの外観

4.　フェルール式ハンドホール「フェルキャップ」

4.1　フェルキャップの特長

GL 機器には，缶体内部の点検用として，上部にマンホールあるいはハンドホールが設けられている。ハンドホールは原料の投入口として用いられることが多く，開閉頻度も高い。従来のハンドホールの蓋はクランプを用いて締結され，開閉作業には手間がかかる。

また近年では，製品の高純度化に対する要求から，設備に対してコンタミレスおよび高度な洗浄性が求められている。

これらの問題を解決するために開発されたのが，GL 機器用フェルール式ハンドホール「フェルキャップ」である。

フェルキャップは従来のハンドホールと比較し，以下の特長を有する。

・フェルールの採用により開閉が容易
・工具不要で開閉操作が簡単
・O リング採用によりシール性が向上し，付着物の拭取りが容易。
・外面に凹凸が少なく，洗浄性に優れる。

4.2　フェルキャップの構造

フェルキャップの構造を図４，外観を写真３に示す。また，比較として従来型ハンドホールの構造を図５に示す。フェルキャップは GL 機器のノズルに割フランジとガスケットで取付けられるが，開閉部のシール材には O リングを採用している。この O リングはフェルール蓋（下側）に組込んだ PTFE リングの O リング溝に装着する。この溝は片アリ溝形状となっているため，フェルール蓋を開ける際に O リングが外れない構造となっている。O リングの取外しは溝外周に部分的に設けられた切欠き部を利用して簡単に行えるため，O リングおよび溝のコンタミ除去が容易にできる。また，写真３に示すように，フェルキャップはフェルールクランプにより締結しているため，従来型ハンドホールのようなクランプの開閉作業が不要となり，開閉作業の手間を軽減することができる。これは，前述したように，シール材を O リングにしたことにより実現可能となった。一方，従来型ハンドホールは開閉部シール材に PTFE 包みガスケットを使用している。ガスケットはそのシート面でシールを行わなくてはならないが，GL 製品は焼成品であるためガスケット当たり面は機械加工のように平滑でない。そのため，クランプのようなボルト締結による強い締付け力が必要となる。これに対し，シール材に O リングを使用することで，線接触での当たりでシールすることができるため，フェルールクランプのように比較的弱い締付け力でもシール性を担保することができる。

表２　機能性 GL 一覧

高機能化ニーズ	求められる性能	機能性 GL	ハイブリッド GL
①生産性向上	昇温・冷却時間の短縮	高伝熱性 GL　9000 HTⅡ	高伝熱性＋帯電防止性 GL HYX-HE®
②高純度化	金属イオン溶出量の低減	低溶出性 GL　9500	
③安全性向上	静電気トラブル対策	帯電防止性 GL　ECOGL®Ⅱ	高伝熱性＋医薬用 GL HYX-HP®
④洗浄性・缶内視認性	缶内が見えやすく洗いやすい	医薬用 GL　PPG（※１）	

※１　PPG（Pfaudler Pharma Glass）は Pfaudler Werk GmbH との技術提携品です。

また，O リングの当たり面は覗き窓ガラスと PTFE リングのため，シール面は平滑であり，シール性をよりよく担保することができる構造となっている。

さらにフェルキャップでは，**図４**のように覗き窓ガラスをフェルール蓋の下側から挿入することで，従来型（**図５**）にある覗き窓ガラスの押えフランジが不要となる。これによって洗浄性が向上した構造となっている。

4.3　設計仕様

基本設計仕様を以下に示す。

設 計 圧 力：F.V. ～0.2 MPa
設 計 温 度：－30～158 ℃
適 用 法 規：消防法
適用サイズ：φ 50，φ 100，φ 150 mm
主要部材質：
・フェルール蓋：ステンレス鋼
・O リング：FEP 被覆 FKM または FEP 被覆 VMQ
・PTFE リング：グラス入り PTFE
・フェルールクランプ：ステンレス鋼

5.　機能性 GLへの対応

当社では顧客の多様なニーズに対応するため，GL の基本特性である耐食性に加えて，高伝熱性，帯電防止性，低溶出性などの特性をもった独自の機能性 GL をラインナップしている。機能性 GL の一覧を**表２**に示す。さらに，ハイブリッド GL という複数の機能を備えた GL を商品化した。すでに，高伝熱性と帯電防止性を兼ねそなえた「HYX-HE」，高伝熱性と洗浄性・視認性を兼ねそなえた「HYX-HP」を上市している。今後，さらにハイブリッド GL のラインナップを拡充していくことになる。

マルチリアクターでは，オプションとしてこの機能性 GL の適用が可能となっている。

む　す　び

研究用および試作用に適した高機能性 GL 機器「マルチリアクター」について紹介した。顧客ニーズに応えるため，撹拌翼交換機能や洗浄性の高いフェルールフランジを採用した製品となっている。今後も機器の作業性，安全性向上につながる製品の開発を継続し，ユーザ各位の生産性向上に寄与していく所存である。

[参考文献]
1）椿野直樹ら：神鋼環境ソリューション技報，Vol.14 No.2（2018），p.28-33.
2）竹井一剛ら：神鋼環境ソリューション技報，Vol.16 No.1（2019），p.32-37.