

# フィルタドライヤの高機能化技術

## An Introduction of Advanced Technologies of the Filter Dryer



竹井一剛\*  
Kazuyoshi Takei



半田裕利\*  
Hirotochi Handa



福原隆介\*  
Ryusuke Fukuhara



久谷修平\*  
Syuhei Hisatani



橋本友作\*  
Yusaku Hashimoto



大角愁斗\*  
Syuto Osumi

当社のフィルタドライヤは医薬、ファインケミカル業界を中心に幅広い分野でご使用頂いている。とくに近年は医薬製造におけるコンテインメントの考え方、ファインケミカル分野での高純度化をはじめとし、クリーン化、省力化、使い易さ、安全性に対してのニーズはさらに高度なものになってきている。

本報では当社フィルタドライヤの新たな高機能化技術として「焼結金網を使用した全量回収機構」「急速開閉装置の大型化」「バグフィルタの小型化」について紹介する。

Our filter dryers have been used in a wide range of industries including pharmaceuticals and fine chemicals. Particularly in recent years, requirements for cleanliness, laborsaving, usability and safety are increasingly more stringent to correspond to the demands including the containment policy of production in pharmaceutical fields and the needs for higher levels of purity in fine chemical fields. This report introduces our improvements to advanced technologies such as the “total discharge model using a sintered metallic filter” “upsizing of the quick opening & closing device” and “downsizing of the bag filter” for our filter dryer.

### Key Words :

医薬・ファインケミカル  
ろ過乾燥機  
焼結金網

Pharmaceuticals and fine chemicals  
Filter dryer  
Sintered metallic filter

### 【セールスポイント】

- ・全量回収型フィルタドライヤは「缶体傾斜」+「ろ板の振動」の組み合わせで製品の99.5%を全自動回収可能
- ・全量回収機構用のろ材は従来のろ布仕様に加えて焼結金網仕様も採用可能
- ・フェルール式急速開閉装置の適用範囲を拡大
- ・ブリーツ型フィルタを採用したノズル一体型コンパクトバグフィルタを製品化

## まえがき

フィルタドライヤは、反応・晶析などによって生成されたスラリーをろ過・乾燥するプロセスに使用され医薬、電子材料分野を中心に数多くの実績がある。とくに1台の密閉容器内で処理できる特長から高薬理活性物質の取扱いが増加する医薬分野や、高純度化が進む電子材料分野においてケミカルハザードおよびコンタミレス対応を実現できる装置といえる。なかでも当社独自の技術である「缶体傾斜」と「ろ板振動」の組み合わせによる全量回収機構はこれらの高度化する要求に応える画期的なシステムとして2004年の上市以来着実に採用件数を伸ばしている。またユーザの安全性と作業効率の向上の両面を実現する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」も同様に採用件数は右肩上がりとなっている。今回はこれらの機構に対する新たな取組みと付属品であるバグフィルタの改良について紹介する。

### 1. フィルタドライヤ改良への取組み

フィルタドライヤは、スッチェ型ろ過器に展延、掻き取り、攪拌洗浄、攪拌乾燥などの機能を加えた多機能型ろ過乾燥機である。容器内の攪拌翼は上下に昇降し、展延、ケーキ洗浄、乾燥等の各工程を効率よくおこなうことが可能である。

フィルタドライヤの全体外形図と新たな改良項目を図1に示す。本稿では今回改良に取組んだ

- ① 焼結金網全量回収機構
- ② 大型フェルール式急速開閉装置
- ③ ノズル一体型バグフィルタ

について紹介する。

## 2. 焼結金網全量回収機構

### 2.1 全量回収機構の特長

全量回収型フィルタドライヤは、従来のフィルタドライヤに本体傾斜とろ板振動を加えた当社独自の技術である。フィルタドライヤは、原料をろ過、洗浄、乾燥して得られた製品粉体を攪拌翼の回転により缶内から回収する。しかし、従来のフィルタドライヤではろ板と攪拌翼のクリアランス部に粉体が残留する。そこで、缶体の片側を油圧シリンダで持ち上げることで缶体自身を傾斜させ、さらにエアパイププレートによって多孔板を振動させることで、クリアランス部に残留した粉体を徐々に排出口へ移送しながら回収できる。全量回収機構により人の手を介さずに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のろ過乾燥に最適であり、2004年の上市以来各ユーザに好評を得ている。

### 2.2 焼結金網全量回収機構の構造

フィルタドライヤに採用できるろ材には、大別するろ布と焼結金網の2種類がある。ろ布の特長としてはろ材自体が焼結金網に比べて安価であり、多品種少量生産等の製品毎にろ材交換が必要なケースにおいて有利となる。一方でユーザによっては、耐久性、耐熱性、ろ布繊維コンタミレスの要求から、焼結金網や金網をろ材に採用するケースもある。全量回収機構に採用可能なろ材は、振動に対する耐久性の問題から従来はろ布に限定しており、焼結金網は採用できなかった。しかしながら、全量回収機構を望む焼結金網使用ユーザの声も数多く、実用化すべ

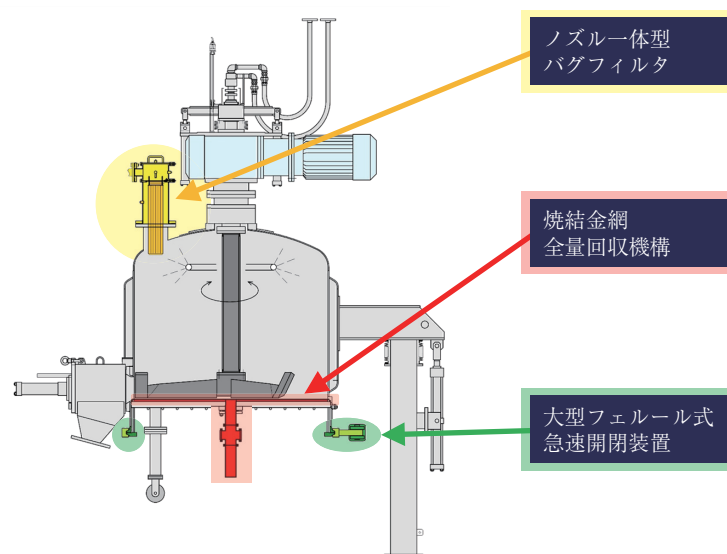


図1 改良への取組み

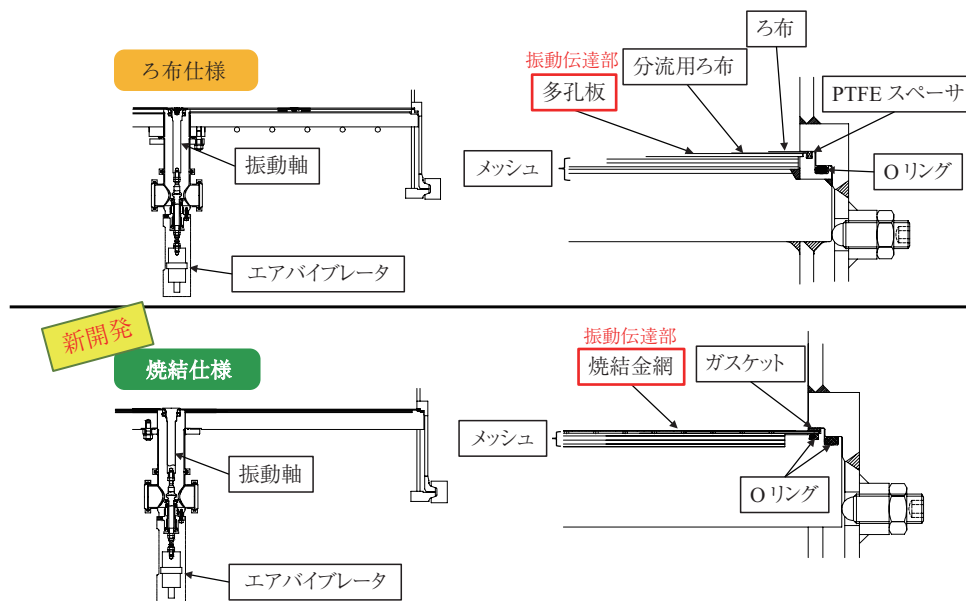


図2 全量回収機構 構造詳細

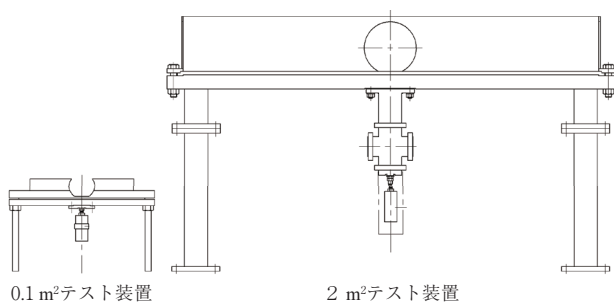
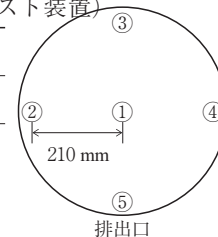


図3 焼結金網 全量回収テスト装置

表1 振幅値 (0.1 m²テスト装置)

ろ材タイプ	振幅 (mm)	
	ろ布	焼結金網
①	1.87	1.48
②	0.43	0.19
③	0.54	0.15
④	0.65	0.30
⑤	0.71	0.32



※エアバイブレータ圧力0.4 MPaG

く開発に取り組んできた。このたび振動に対する十分な耐久性を有する新たな構造を開発することで焼結金網全量回収機構を確立した。図2に構造図を示す。ろ布仕様、焼結金網仕様ともに、振動軸を介してエアバイブレータの振動をろ材に伝達する構造となっている。ろ布仕様では、振動軸と連結された多孔板を振動させることで多孔板上面に設置したろ布を振動させている。一方、焼結金網仕様はパンチングプレートと一体となった特殊焼結金網と振動軸が直接連結されており、ろ材自体を振動させている。

### 2.3 回収性能比較テスト

0.1 m²、2 m²テスト機を用いて粉体の回収テストを実施した。図3にテスト機の外形図を示す。

#### 2.3.1 0.1 m²機でのテスト結果

0.1 m²のテスト機で、ろ布仕様と焼結金網仕様の両タイプについて振幅値の測定を行った。ろ布タイプについてはセンサー部を直接ろ布に固定できない

ため、測定部位のろ布を切り取り多孔板にセンサーを固定して測定した。結果を表1に示す。全ての部位でろ布仕様の振幅値が上回る結果となった。

次に模擬粉体を使用して回収性能を確認した。

テスト方法：テスト装置のろ材上面に攪拌翼とのクリアランス部分 (10 mm) に残留した製品粉体を想定した模擬粉 (炭酸カルシウム No.A 重炭) を仕込み、缶体を15°傾斜させて振動による回収を行った。

回収量の終点は、ろ布仕様の全量回収機構で指標としている99.5 %回収に相当する1.84 kgとした。結果を図4に示す。ろ布タイプと比較して、焼結金網タイプは約6割の時間で目標回収率を達成することができた。この結果は振幅値のデータと相反する結果となった。理由としては、振動がダイレクトにろ材に加えられる焼結金網構造に対して、ろ布タイプは多孔板に伝わった振動を介してろ布を振動させる構造となっていることが要因と考えられる。

### 2.3.2 2 m<sup>2</sup>機でのテスト結果

2 m<sup>2</sup>のテスト機で、ろ布仕様と焼結金網仕様の両タイプについて振幅値の測定および回収性能確認テストを実施した。振幅値の測定結果を表2に示す。0.1 m<sup>2</sup>機と同様に、外周部の振幅値はろ布タイプの方が高くなる傾向が確認された。同心円状の箇所では振幅値に差があるが、理由として溶接による多孔板の微少なひずみが影響していると考えられる。

次に回収性能確認テストの結果を図5に示す。なお2 m<sup>2</sup>テスト機での回収テスト方法は、実機運転方法に近づけるため、0.1 m<sup>2</sup>機の振動と傾斜に加えて1分毎に攪拌翼回転を想定したかきとり回収を実施した。回収量の終点はろ布仕様の全量回収機構で指標としている99.5 %回収に相当する20.7 kgとした。結果0.1 m<sup>2</sup>機の回収テスト結果と同様に、ろ布仕様と比較して焼結金網仕様は短い時間で目標回収率を達成することができた。

### 2.3.3 焼結金網の耐久テスト

全量回収機構は焼結金網を振動させ粉体を回収する構造であり、振動による焼結金網の疲労破壊が懸

念される。とくに1 m<sup>2</sup>機以上の機種については焼結金網の溶接構造採用が必須となるため、全量回収機構の実機最大サイズである2 m<sup>2</sup>機を使用して耐久テストを実施した。焼結金網はろ布仕様の多孔板で培ったノウハウを生かして応力集中部や溶接部での疲労減少係数が大きくなる部位をなくした構造とした。

<テスト条件>

- ・テスト装置サイズ：2 m<sup>2</sup>
- ・バイブレータ：FPLF-25-M / 振動力364N
- ・焼結金網材質：SUS316L/SUS304
- ・耐久振動回数：1.1 × 10<sup>8</sup>回

<テスト結果>

焼結金網およびバイブレータ連結部は、テスト開始時と変化はなく正常な状態であった。また耐久テスト後には模擬粉を使用したろ過テストを実施し、ろ液側への粉の流入がなく溶接部が健全であることを確認した。運転時間は計480時間であり、1バッチあたりの焼結金網の振動時間を30分と仮定すると960バッチ分に相当する。

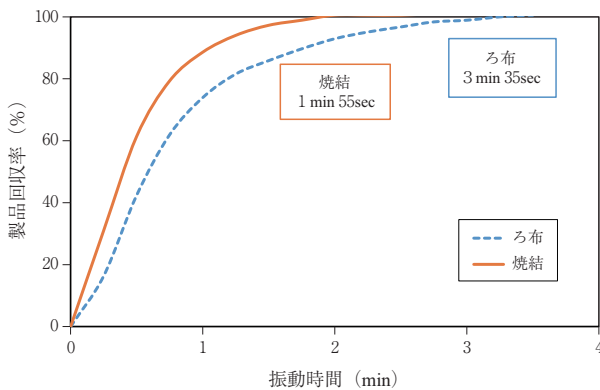


図4 回収テスト結果 (0.1 m<sup>2</sup>テスト装置)

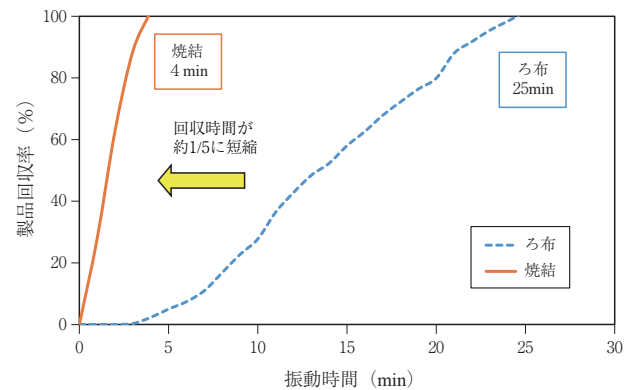
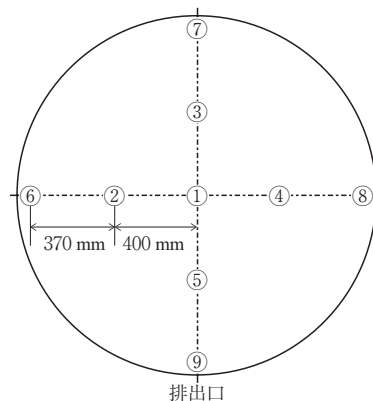


図5 回収テスト結果 (2 m<sup>2</sup>テスト装置)

表2 振幅値 (2 m<sup>2</sup>テスト装置)

ろ材タイプ	振幅 (mm)	
	ろ布	焼結金網
①	1.53	1.72
②	1.29	0.83
③	0.73	0.80
④	0.67	1.20
⑤	0.94	1.38
⑥	0.56	0.03
⑦	0.31	0.14
⑧	0.62	0.07
⑨	1.07	1.00

※エアバイブレータ圧力0.4 MPaG



### 3. 大型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、フェルール式のクランプリングと油圧シリンダで構成されており、下蓋フランジの自動開閉を可能とする当社独自の技術である。断面構造は、医薬、ファインケミカル分野の配管継手などでその分解組立の容易性から目にする機会の多いフェルールクランプを採用している。フィルタドライヤでは、ろ布交換、缶内洗浄等のメンテナンス時に、下蓋フランジを分解する必要がある。従来、下蓋フランジの締結は、手でクランプを締め付ける方式であった。しかしながら、手動クランプ方式は、クランプの締付、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、クランプ開閉時に作業者が缶体に近づく必要があり缶内残製品や洗浄液の液だれに曝露するリスクがあることなどの問題点がある。こうした暴露リスクに対応する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、クラッチテーパ部のかじり防止のため定期的な潤滑油塗布が必要で、製品への潤滑油混入リスクが避けられない。そのため医薬、電子材料等のGMP仕様が多いフィルタドライヤには不向きな構造であった。これらの問題点を解決するために、フェルール式急速開閉装置が開発された。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、曝露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、滑り性を改善する表面処理が施工されており、これにより摺動部に潤滑油を塗布する必要がないため、潤滑油混入リスクが無くなり、医薬、電材等のファインケミカル分野に適した構造となっている。

#### 3.2 大型化への取組み

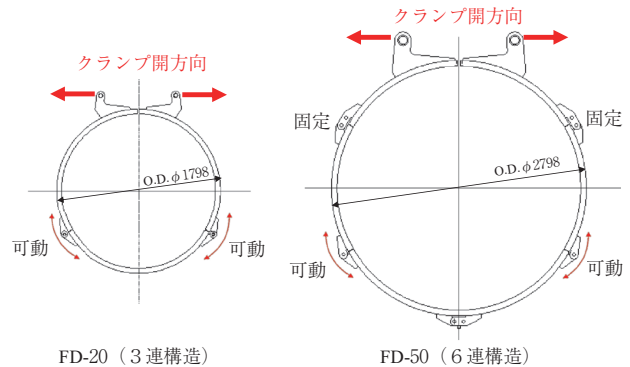
手動クランプ方式と比較し、フェルール式急速開閉装置を適用した場合の作業時間短縮効果は、機器サイズに比例して大きくなる。しかしながら従来、フェルール式急速開閉装置の対応機器サイズはFD-20（ろ過面積 $2\text{m}^2$ ）までに限定されていた。そこで、このたび構造を見直し、FD-50（ろ過面積 $5\text{m}^2$ ）まで対応可能な大型フェルール式急速開閉装置を開発した。

フェルール式急速開閉装置を適用した場合の作業時間短縮効果を表3に、フェルール式急速開閉装置のクランプ外形図（FD-20, FD-50）を図6に示す。

実機最大サイズとなるFD-50試作機を用いて、連続開閉による耐久試験を実施した。その結果、従来

表3 下蓋フランジ締付作業に要する作業時間

	作業時間		削減時間
	手動クランプ方式	フェルール式急速開閉装置	
FD-20	30 min	2 min	28 min
FD-50	60 min	2 min	58 min



FD-20（3連構造） FD-50（6連構造）  
図6 クランプ外形図（FD-20, FD-50）

のFD-20までの開閉動作と同様に作動性に問題なく、またクランプの耐久性も問題ないことが確認できた。

#### 3.3 シリーズ化

これまでのFD1～FD20に加えて新たにFD-30, FD-40, FD-50用のフェルール式急速開閉装置をラインナップに追加した。適用範囲を拡大したことにより、全サイズのフィルタドライヤ（FD-01～FD-50）にフェルール式急速開閉装置の適用が可能となった。

### 4. ノズル一体型バグフィルタ

#### 4.1 バグフィルタとは

バグフィルタは、気相中から粒子を分離する技術の一種であり、様々な工業プロセスで使用されている。当社のフィルタドライヤ、SVミキサー、PVミキサー等の粉体真空乾燥機においても、缶体上鏡にバグフィルタを設置し、蒸気と粒子の分離および飛散粉体の捕集を行うことで、真空ポンプの保護、製品ロスの低減を担っている。効率的な乾燥を実現するには、製品の処理量や粉体の比重、運転条件等から適切なフィルタサイズ（ろ過面積）を選定することが重要である。フィルタサイズが大きくなるとケーシングサイズも大きくなるため、マルチ仕様の少量多品種の処理工程で使用される機器においてはバグフィルタの組立・分解・洗浄等の作業効率改善が望まれていた。とくにクリーンルームに設置される機器においては、建屋の全高制限から十分なメンテナンススペースを確保できず、必要なフィルタサ

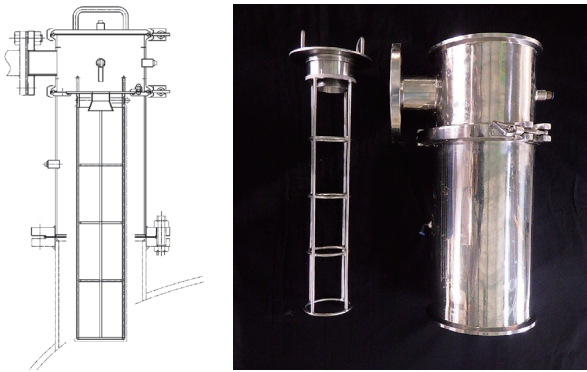


図7 ノズルー体型バグフィルタ



図8 プリーツ型フィルタ

イズの採用が難しいことがある。そこで機器の小型化を目指し、図7に示す当社粉体真空乾燥機に最適なバグフィルタを開発した。

#### 4.2 小型化への取組み

機器の小型化を実現するため、フィルタ形状および本体構造の検討を実施した。

##### 4.2.1 プリーツ型フィルタの採用

一般的に用いられるフィルタ形状は円筒型が多く、ろ過面積の増加に合わせてフィルタの全長および外径が増加する。それに伴いバグフィルタケーシングサイズも大型化する。つまりフィルタサイズがバグフィルタ機器サイズに大きく影響を与える。

そこでフィルタサイズを変えずにろ過面積を確保することができるプリーツ型のフィルタを採用した。図8にプリーツ型フィルタを示す。これによりろ過面積の増加によるバグフィルタケーシングの大型化を抑制することができた。

##### 4.2.2 ノズルー体型構造の開発

従来型バグフィルタとノズルー体型バグフィルタのサイズ比較図を図9に示す。従来型の上鏡ノズル据置構造からノズルー体型構造にすることにより、

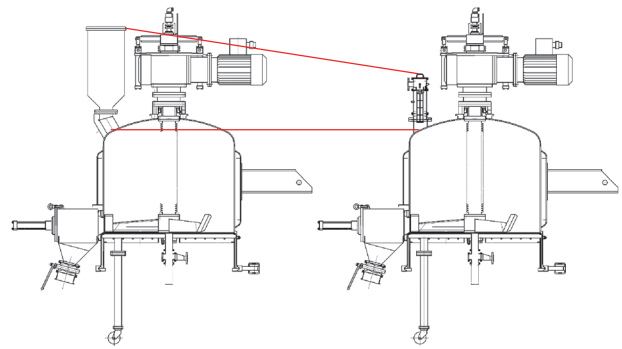


図9 従来型(左)とノズルー体型(右)のサイズ比較図

バグフィルタの小型化を実現した。またケーシングの一部を上鏡ノズルで代用することで必要部材の削減も実現した。ろ過面積 $0.2\text{ m}^2$ タイプでは、体積比で従来型バグフィルタの約 $1/10$ まで小型化を実現した。機器の小型化に加え、ノズル継手部にフェール継手を採用することで、機器の組立・分解・洗浄等の作業効率も大幅に向上した。ろ過面積 $0.2\text{ m}^2$ タイプでは分解組立に要する時間が約15分と、当社従来比で約 $1/2$ に短縮された。また、従来型よりも小型および軽量になったことで、機器サイズによってはクレーンを使用せずにケーシングのハンドリングが可能となった。これにより、作業効率向上だけでなく作業者の安全性も向上している。従来のバグフィルタと同様に機器側面に洗浄ノズルを設けることが可能で、フィルタのCIP(定置洗浄)も可能である。

#### 4.3 シリーズ化

多品種少量生産を考慮して、フィルタドライヤ等で使用頻度の高いろ過面積 $0.2\text{ m}^2$ 、 $0.4\text{ m}^2$ 、 $0.6\text{ m}^2$ および $1.0\text{ m}^2$ のノズルー体型バグフィルタをラインナップした。本バグフィルタはフィルタドライヤだけでなく、SVミキサー、PVミキサーといった粉体真空乾燥機全般に採用可能である。

#### むすび

本報では、このたび新たにラインナップしたフィルタドライヤの3種類の高機能化技術について紹介した。なかでも焼結金網全量回収機構は振動に対する耐久性の問題から長年実現が困難であったが、これまで培った振動機構のノウハウを生かしこのたび開発に成功した。今後も粉体のろ過、乾燥の効率向上だけでなく、機器の作業性、安全性といったお客様目線で開発を継続し、品質向上、生産性向上に貢献したいと考えている。

#### [参考文献]

- 1) 戸嶋大輔ら：神鋼環境ソリューション技報, 1(1), p.70-76 (2004)