

## ろ過・乾燥機の高機能化技術

### High Functionalization Technologies of the Dryer and Filter Dryer



竹井一剛\*  
Kazuyoshi Takei



半田裕利\*  
Hirotooshi Handa



山本昌史\*\*  
Masafumi Yamamoto

当社のろ過・乾燥機は医薬、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、使いやすさ、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、これらの要求に対し、当社ろ過乾燥機の特長と選定方法についてまとめ、近年のニーズに対する高機能化技術について紹介する。

Our dryers and filter dryer 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 sophisticated to correspond to the demands including the containment policy of production at pharmaceutical fields, and the needs for higher level of purity at fine chemical fields. This report introduces our high functionalization technologies which correspond to the above requirements and summarizes the characteristic and the basis of selection for our dryers and filter dryer.

#### Key Words :

医薬・ファインケミカル  
ろ過乾燥機  
コニカルドライヤ

Pharmaceuticals and fine chemicals  
Filter dryer  
Conical dryer

#### 【セールスポイント】

- ・ 99.5 %の製品を全自動で回収可能な全量回収型フィルタードライヤ FD
- ・ クリーンルーム設置に最適な片持ち型コニカルドライヤ C-CDB
- ・ 缶内に吸引管が無く、洗浄性に優れたコニカルドライヤ N-CDB

#### まえがき

粉体のろ過機、乾燥機は、化学工業分野をはじめ医薬、電子材料、食品などの分野で多用される。当社では、とくに医薬・ファインケミカル分野におけるろ過・乾燥機のニーズに対して従来よりコニカル

ドライヤ、フィルタードライヤを中心に数多くの実績を持つ。現在、ろ過乾燥機はフィルタードライヤをはじめ RFD, CDF, PVF の 4 機種、コニカルドライヤは C-CDB, N-CDB を加えた 3 タイプをラインアップするに至っている。今回、ろ過乾燥機 4 機

種の特長および選定基準を刷新したので紹介するとともに、医薬分野でのニーズに対応すべく改良を行ってきたCDBの高機能化技術についても紹介する。

## 1. ろ過乾燥機の選定方法について

当社では4種類のろ過乾燥機をラインアップしている。どの機種を選定するかについては、これまでの経験、実績、ノウハウから決められており、具体的な基準は無かったが、今回客先ニーズに対する機種の絞込みがしやすいように選定指標をまとめた。

### 1.1 当社ろ過乾燥機の適用分野

ろ過乾燥機は処理方式により「連続式」と「バッチ式」に大別される。処理量が多く、単価が低い製品には連続式が選ばれることが多く、逆に処理量が少なく単価が高い医薬・ファインケミカル分野での製品はバッチ式が選ばれることが多くなる。また乾燥の加熱方式についても「直接加熱式」と「間接加熱式」に分けることができる。製品への異物混入が問題とならない場合は、熱風式などの直接加熱式が選ばれることがあるが、異物混入が問題となる医薬・ファインケミカル分野では真空乾燥機のような間接加熱式が選ばれる。

当社4種類のろ過乾燥機は付加価値の高い医薬・ファインケミカル分野に対応した機種で、バッチ式で、加圧ろ過、間接加熱式による真空乾燥を基本的な処理方法としている。また1台の密閉容器内でろ

過、乾燥を行うことは以下のメリットがある。

- a) ろ過機から乾燥機への輸送が不要でクロスコンタミ、製品ロスの低減が可能
- b) ろ過機から乾燥機へのハンドリング時の暴露等の危険性を排除可能
- c) ろ過機と乾燥機が一体であり生産設備の簡略化、省スペース化が可能

### 1.2 当社ろ過乾燥機の特長

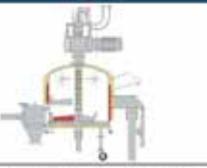
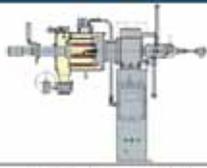
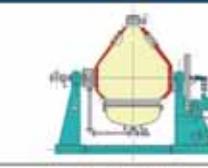
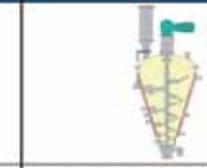
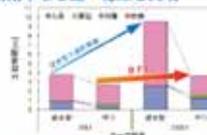
以下に当社ろ過乾燥機4機種の特長を示す。各機器の構造および高機能化技術についてまとめた結果を表1に示す。

#### 1.2.1 多機能ろ過乾燥機フィルタードライヤ【FD】

フィルタードライヤは底部に水平ろ板を備えたスッチェ型加圧ろ過タイプのろ過乾燥機であり、缶内には吐出と掻上機構を兼ね備えた高効率攪拌翼を備えている。攪拌翼は正転、逆転、昇降が可能でろ過乾燥に必要な様々な運転を行うことができる。ろ過乾燥機のベーシックタイプに位置づけられる。

フィルタードライヤの高機能化技術としては、ろ板振動と缶体傾斜により、製品回収率99.5%以上を実現する全量回収機構（図1）や、本体フランジを自動開閉でき、ろ布交換、下蓋取外し、取付けを短時間でスムーズに行え、また潤滑油の塗布も不要なサニタリー仕様のヘルール式急速開閉装置（図2）がある。

表1 当社ろ過乾燥機の特長と高機能化技術

	多機能ろ過乾燥機 FD	回転型ろ過乾燥機 RFD	ろ過機能付きコンカルドライヤ CDF	ろ過機能付きPVMキサー PVF
構造図				
特長	ろ過乾燥機のベーシックタイプ (ろ過性能重視型)	能力を追求した最新型 (多品種少量生産型)	コンタミレス設計 (洗浄性能重視型)	高効率乾燥機にろ過機能を追加 (乾燥能力重視型)
最大処理ケーク量	1900L	250L	3000L	3000L
適応粒径の目安	0.1μm～	0.5～100μm	5μm～	50μm～
本体材質	グラスライニング、ステンレス鋼、各種耐食金属	ステンレス鋼、各種耐食金属	グラスライニング、ステンレス鋼、各種耐食金属	ステンレス鋼、各種耐食金属
高機能化技術	<p><b>高効率攪拌翼</b> 吐出と掻上機構を兼ね備えた高効率攪拌翼。正転、逆転、昇降が可能。</p> <p><b>全量回収機構</b> ろ板振動と缶体傾斜により、製品回収率99.5%以上を実現。</p> 	<p><b>高効率なろ過・乾燥を実現</b></p>  <p><b>洗浄が容易（ケーシング開閉構造）</b></p> 	<p><b>コンタミレス設計を実現</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>缶内に振動部が無く、摩耗コンタミ無し。</li> <li>ノンメタリック化(グラスライニング製)で金属コンタミ無し。</li> <li>導電性ガラスECOGL IIの採用で、乾燥粉体の静電気付着を抑制。</li> </ul> <p><b>ろ板振動機構</b> 乾燥速度を缶への製品付着の改善が可能です。(乾燥時間25%低減) かつ高効率機構は金属製CDFに採用されています。</p> 	<p><b>多段傾斜パドルが理想的な攪拌を実現</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>せん断混合によりダマの解砕が可能。</li> <li>リボン翼に比べて低動力で同等性能。</li> </ul>  <p><b>下部コンポート焼結フィルター</b> メタルタッチ構造で伝熱源としても機能。</p> 

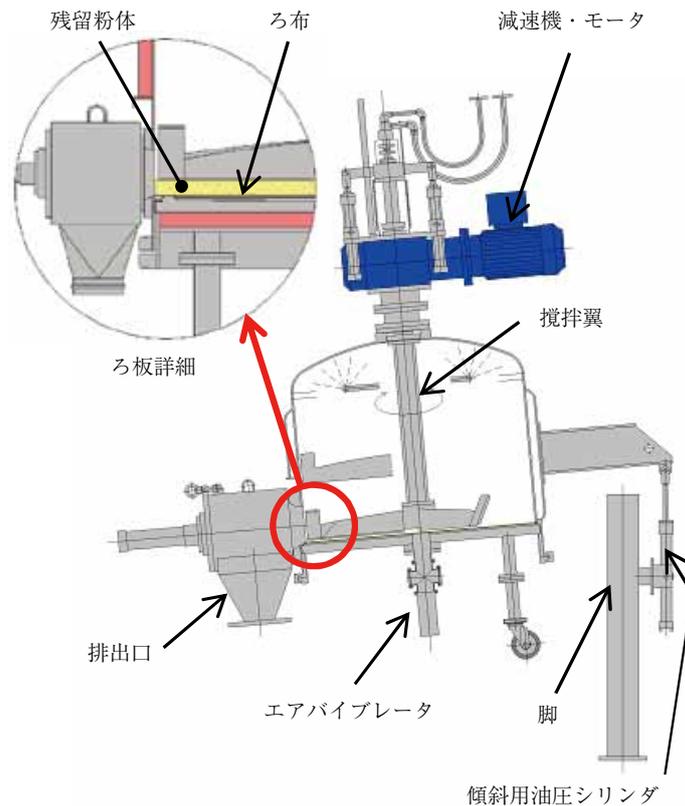


図1 全量回収型フィルタドライヤ



図2 ヘルール式急速開閉装置 (サニタリー仕様)

### 1.2.2 回転型ろ過乾燥機【RFD】

全機種の中でもっとも高効率なるろ過・乾燥能力をもち、多様化するろ過乾燥ニーズに対応できる。開閉可能なケーシング構造は、内部の洗浄、洗浄確認が容易に行える特長があり、付加価値の高い多品種

少量生産用途に適した機種である。

RFDは、ケーキ量7Lの小型機からケーキ量250Lまでをシリーズ化している。スケールアップについては、この度、最大機種のRFD-1000の製作を完了し、性能検証を終えた。

### 1.2.3 ろ過機能付コニカルドライヤ【CDF】

近年、医薬分野などで再び多く使用されているダブルコーン型のコニカルドライヤに水平ろ板を設けた機種であり、最大の特長は缶内に摺動部がない洗浄性を重視したコンタミレス設計にある。

付属品として全量回収型フィルタードライヤのろ板振動機構を採用することができ、乾燥速度、ろ板への製品付着の改善が可能である。

### 1.2.4 ろ過機能付きPVミキサー【PVF】

PVミキサーの下部に円錐型の焼結フィルタを設けた機種で全機種の中でもっとも優れた乾燥能力を有する。多段傾斜パドル翼によるせん断混合により、乾燥時に生成すると問題となるダマの解砕も可能である。またリボン翼に比べると製品との接触面積が少なく、消費動力も少ない。

下部コーン部焼結フィルタはメタルタッチ構造で伝熱面としても機能する。

### 1.3 ろ過乾燥機の性能比較

当社ろ過乾燥機4機種を用いて、平均粒径7 $\mu\text{m}$ の同一試料（炭酸カルシウム）を同一量、同一条件でろ過・乾燥処理した場合の各処理時間を表2に、性能比較を図3に示す。ろ過性能では、ケーキ厚みを薄くできるRFD、フィルタードライヤが高い能力を示す。一方でPVFは他機種に比べてろ過性能が劣っており、7 $\mu\text{m}$ 程度の細かい粒径の処理は不向きであることが分かる。乾燥性能では攪拌能力に優れケーキ量に対する伝熱面積の割合が大きいPVF、RFDが高い能力を示す。

### 1.4 ろ過乾燥機の選定方法

ろ過乾燥機の選定には設置スペース、機器コスト、本体材質など様々な因子があるが、それ以外にも取扱う原料の粒径と1バッチあたりの処理ケーキ量による機種を選定も必要である。

図4に当社ろ過乾燥機選定指針を示す。フィルタードライヤは粒径の細かい難ろ過性のスラリーから粗い粒径のスラリーまで、幅広い範囲で対応可能で

表2 ろ過・乾燥時間比較（例）

平均粒径7 $\mu\text{m}$ 、初期含水率70%のスラリーをろ過		
機種	形式	ろ過時間 (min)
FD	FD-3	19
RFD	RFD600	15
CDF	CDF 6型	29
PVF	PVF075	210*

\* PVFのろ過適応粒径は50 $\mu\text{m}$ 以上が目安となります。

平均粒径7 $\mu\text{m}$ 、初期含水率15%のケーキを0.2%まで乾燥

機種	形式	乾燥時間 (min)
FD	FD-3	90
RFD	RFD600	82
CDF	CDF 6型	105
PVF	PVF075	80

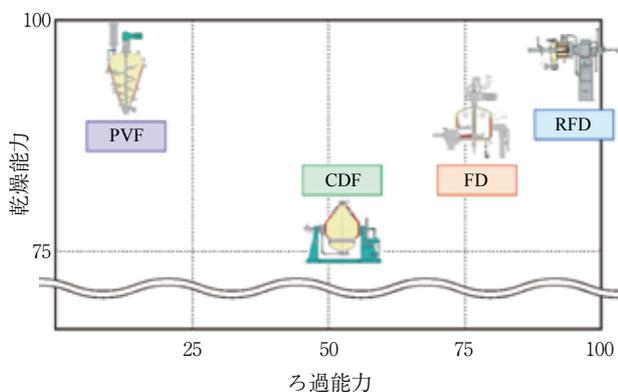


図3 ろ過乾燥機の性能

ある。通常、難ろ過性のスラリーでは、ろ過時に形成されるケーキ抵抗により、ケーキ厚みが増すと極端にろ過速度が遅くなることがある。このような場合でもフィルタードライヤでは正転、逆転、昇降可能な攪拌翼を備えているため、ケーキを崩しながらろ過を進めていくことができる。

ろ過、乾燥ともに高い能力を持つRFDも幅広い範囲の粒径に対応可能であるが、フィルタードライヤと比較すると処理ケーキ量は少なく、適応粒径も制限される。ただしRFDは処理時間が短く、表1の高機能技術に示すとおりケーシングの開閉構造を採用しているため、洗浄および洗浄確認が容易に行える利点がある。つまり付加価値の高い、多品種少量生産で品種替えが多い用途に適した機種である。

CDFでは転動作用によるダマの生成の問題から適応粒径が5 $\mu\text{m}$ 以上、またPVFでは円錐形状フィルタで、ケーキ厚みを一定とできないことから50 $\mu\text{m}$ 以上の適応粒径範囲となるが、それぞれ処理ケーキ量3000Lまでの大容量の処理が可能である。

## 2. 乾燥機「コニカルドライヤ」の高機能化技術

### 2.1 片側支持構造「C-CDB」

コニカルドライヤは、化学工業分野を中心に多く使用されてきたが、近年、とくに医薬分野で多品種生産、コンタミレスの要求から洗浄と洗浄確認が容易にできる機器として標準的に使用されている。コニカルドライヤは、クリーンルームで使用される場合が多く、コンパクト、クリーン、メンテナンスフリー、洗浄性などが重視される。

従来型のコニカルドライヤは駆動部に歯車、チェーン、Vベルトを採用していたため、潤滑油の飛散や摩耗粉などコンタミが発生し、メンテナンスも必要であった。また両側支持構造であるため、機器の設置スペースが広く、メンテナンススペースも機器

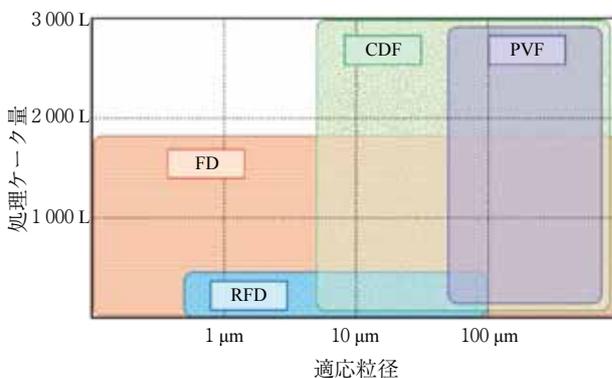


図4 ろ過乾燥機の選定指針

の両側に広範囲必要であった。

これらの問題点を解決するために片側支持構造のC-CDBを開発した。図5にC-CDBを示す。C-CDBは、減速機を回転軸に直結するためメンテナンスフリーでクリーンな駆動部となる。また、ユーティリティラインを片側へ集約しているため本体をクリーンルームへ設置し、減速機やユーティリティを機械室へ設置することができる。C-CDBを採用することで以下のメリットがある。

- ・3方向からのアクセスが可能で作業視野が広く、作業性・安全性を向上可能
- ・片持支持構造でクリーンルームの省スペース化とコンタミの発生源を軽減可能
- ・断熱外装を隙間の無いステンレス製全溶接構造とすることで、安心して本体の丸洗いが可能

C-CDBはコンパクト、クリーン、洗浄性、安全性、メンテフリーのニーズに応えた、クリーンルームの設置を考慮した片持ち型コンカルドライヤである。

## 2.2 グラスライニング製コンカルドライヤ

耐薬品性、洗浄性を重視されるユーザではガラスライニング製コンカルドライヤの要望がある。

ガラス種類も当社標準の高耐食性ガラス#9000をはじめ、医薬用ガラスPPG、導電性ガラスECOGL IIなどが施工可能である。とくに近年は医薬製造プロセスにおいて原料ハンドリング時に粉じん爆発等の事故を見受けるケースも多く、安全に対するニーズは高い。そこで静電気を缶外に逃がす導電性ガラスECOGL IIを採用することで粉じん爆発の危険性を軽減させるだけでなく、静電気によるガラスライニングの破損防止、乾燥粉体の缶壁への付着防止に

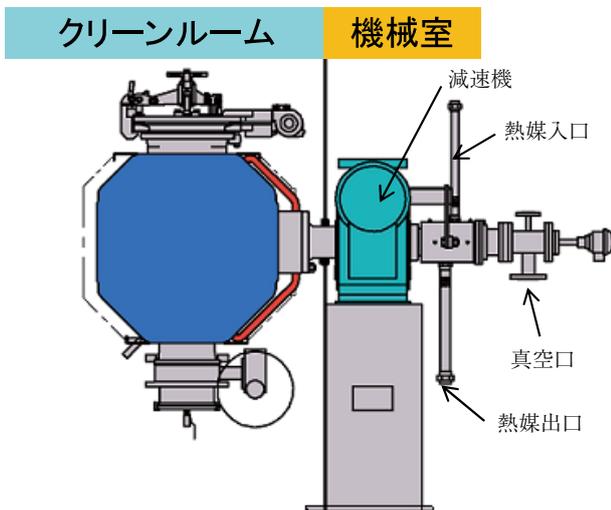


図5 C-CDB

よる歩留まりの改善が可能である。

図6にECOGL IIの帯電緩和原理を示す。缶内で発生した静電気を表層の導電性ガラス表面を通して缶外へ逃がしやすい構造となっている。

## 2.3 コンタミレス構造「N-CDB」

コンカルドライヤは本体内を真空状態にするため金属製の吸引管を缶内にもつ。近年、この吸引管に対して下記事項への改善ニーズが増えてきた。

- 金属イオンの混入抑制
- 吸引管の洗浄性向上
- フィルタ交換の簡易化
- 摺動部からの異物混入防止  
(吸引管固定式の場合)
- 仕込量アップ(吸引管供回式の場合)

そこで、これらの改善ニーズに応えるコンタミレス構造のN-CDBを開発した。図7にN-CDBを示

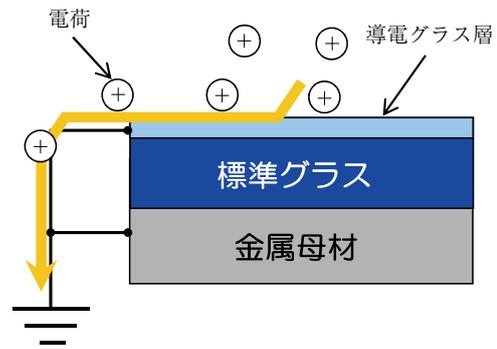


図6 ECOGL IIの帯電緩和原理

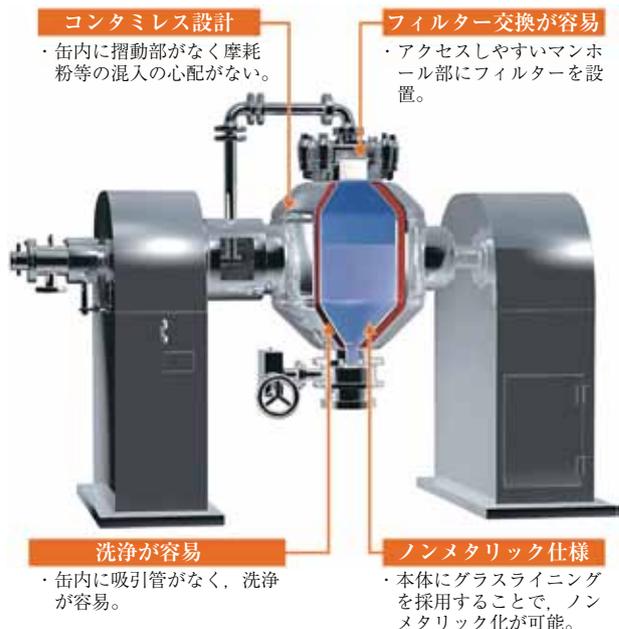


図7 N-CDB

す。N-CDB は従来の吸引管を無くし、マンホール（ハンドホール）部にフィルタを設けて真空口とすることで、製品が直接金属に接触しない構造とした。またアクセスしやすいマンホール部にフィルタを設けたことで、フィルタ交換時の缶内作業も不要となり作業性、安全性を向上させた。

吸引管が缶内に無いため、摺動部による摩耗粉の混入の心配も無くなり、かつ吸引管位置による粉面を考慮する必要も無くなり仕込量の問題も解消される。本体をガラスライニング製としノンメタリック化も可能である。

## む す び

本報では、ろ過・乾燥機の選定方法および高機能化技術について紹介した。

紹介した高機能化技術は、他のろ過乾燥機、乾燥

機だけでなく多くの機器へ応用可能である。

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、安全性などの観点からも開発を続け、ユーザの品質向上、生産性向上に貢献したいと考えている。

## [参考文献]

- 1) 半田裕利ら：神鋼パンテック技報, Vol.47 No.1 (2003), p.41-46.
- 2) 戸嶋大輔ら：神鋼環境ソリューション技報, Vol.1 No.1 (2004), p.70-76.
- 3) 半田裕利：神鋼環境ソリューション技報, Vol.2 No.1 (2005), p.60-64.
- 4) 半田裕利ら：神鋼環境ソリューション技報, Vol.14 No.1 (2007), p.57-60.
- 5) 多田篤志ら：神鋼環境ソリューション技報, Vol.7 No.1 (2010), p.9-15.

\*プロセス機器事業部 技術部 装置設計室 \*\*プロセス機器事業部 技術部 開発室

