

## 混合・分散機 サイクロミックスの応用 Applications of High Shear Mixing Machine Cyclomix

小西 孝信  
Takanobu KONISHI

ホソカワミクロン株式会社 粉体システム事業本部 東京技術部 部長  
Manager, Tokyo Engineering Department, Powder Systems Division,  
Hosokawa Micron Corporation

### 1. はじめに

混合分散機サイクロミックスは、特にヨーロッパにおいて、その混合性や分散性が評価され、応用分野も広いことから、注目を浴びている混合機である。ここではヨーロッパブロックオランダの Hosokawa Micron B.V.での納入実績を中心にその応用技術を紹介し、有効性をまとめてみた。

### 2. サイクロミックスCLXの概要

#### 1) 原理と構造

図1に示した通り、ケーシング中央部に上部より駆動されるロータが取り付けられている。このロータが回転することにより、内部に投入した製品は遠心力を受け、ケーシング壁面に移動し、ケーシング形状とパドル形状により、ケーシングに沿って上昇する。上昇



図1 サイクロミックス CLX の構造

するとパドルの作動半径が大きくなるので、順次加速される。パドルのないところまで上昇すると一転減速され、上端のブレードならびに上蓋のドーム形状により、中央部に製品は戻され下降する。このように製品は上昇、下降、加速、減速を繰り返すことにより全体的に流動し混合される。サイクロミックスは、周速が5-25m/s程度と早く、構造上せん断作用や圧縮・摩擦作用を受けるので、混合時間は短く、分散も可能である。

#### 2) 特徴

##### a) 精密混合および分散

サイクロミックスは分散性能も高いので、凝集性の高い原料や湿原料であっても迅速な精密混合できる機械として評価が高い。また、複合化や球形化など粒子設計機として活用できる。排出は真下排出であり、ボールセグメントバルブを組み合わせており、滞留する部分がなく、均一な製品が得られる。

##### b) 冷却効率が低い

サイクロミックスはジャケットと組み合わせると非常に高い熱交換効率を持ち応用範囲が広く、温度上昇防止あるいは乾燥機として使用できる。

c) 軸封シール部のトラブルが無い混合原料と軸封部との接触が無いので、コンタミや軸受け部のトラブルが無い機種である。

#### 3) 適用事例

##### a) トナーの球形化

流動性を上げ、ハンドリング性を向上させるため

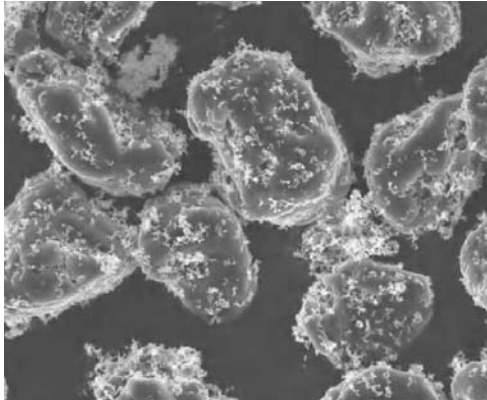
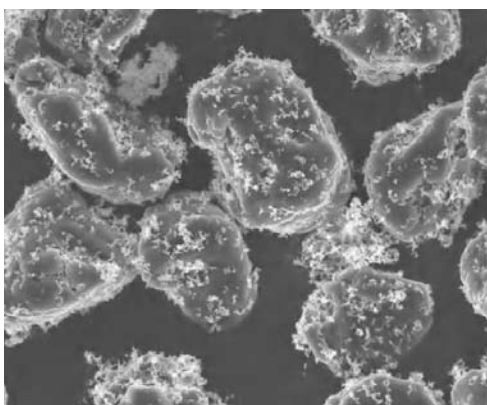
図2 原料電頭 D50=6-8 $\mu$ m

図3 製品電頭

に、トナー粉碎・分級処理品にシリカなどを外添した上に球形化できた例である。2次粉碎などなく良好な製品となっている（図2，3参照）。弱熱性物質に対し、ジャケットによる効率的な冷却も効果的であったと言える。

#### b) 顔料の混合

床用タイル塗装原料の混合を行った例である。従来はレディーゲミキサと解砕機を使用していたが、サイクロミックス1台で、十分な粉碎と完璧な分散混合が認められて納入に至った。昇降装置を設置し、清掃も容易な1000Lタイプである（図4参照）。

#### c) 溶接棒原料調整

押し出し機前工程の溶接棒の原料調整用に納入した例である。40種類の成分に水ガラスのような高粘度の液添し、混合している。溶接品質が良く、運転時間も短く、また清掃性が簡易であることが、評価された。液添加時に高負荷となるので、低速運転（周速5-10m/s）で500Lを10分で混合している（ナウタミキサで同等の性能を得るためには40分程度の混合時間が必要である）。

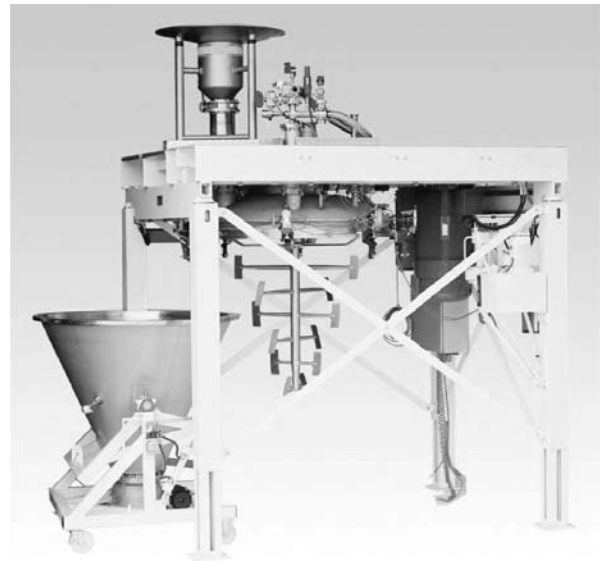


図4 1000L 昇降機付 CLX 110kW

#### d) 乾式粒子設計その他

添加液や微細な粒子をコーティングさせる複合化（電池材料、磁性材料）やマイクロオーダーまで分散させる精密分散（顔料、染料、蛍光体）や球形化など乾式の粒子設計機として使用されている。またスラリーの分散機や乾燥機、冷却機などにも利用されている。

#### e) 凍結乾燥機

バッチ式のサイクロミックスのような混合機は、高真空にすることによって凍結乾燥機として使用できる。水は610Pa以下で0℃の平衡温度となる。機内圧力を610Pa以下の条件で運転し、湿分を固体（氷）から直接蒸気へと昇華させ、固体から取り除くのが凍結乾燥である。

凍結乾燥は従来棚型乾燥が中心であったが、近年はバッチ式の混合機（サイクロミックスやナウタミキサ）で試みている。棚式乾燥は静止した状態での乾燥であるので、効率が悪く、乾燥時間が長く、達成乾燥湿分が充分ではないケースがあった。また原料や製品の取り出しが人手を介するので、操作や管理が困難であった。製品も塊として取り出されるのでハンドリングのため、粉碎などの別途処理も必要であった。図5はフローの一例であるが、バッチ式混合機による凍結乾燥はこれらの問題を解決でき、容易で効率的な操作、より良い製品を実現できる。

対象となる原料は、低温度で乾燥しなければ変質のおそれのあるもの（生物学的には高分子物質など鮮度の低下を防ぐ必要のあるもの）や超微粉末や特定の結晶質の粉などがあげられる。具体的には酵素、酵母、

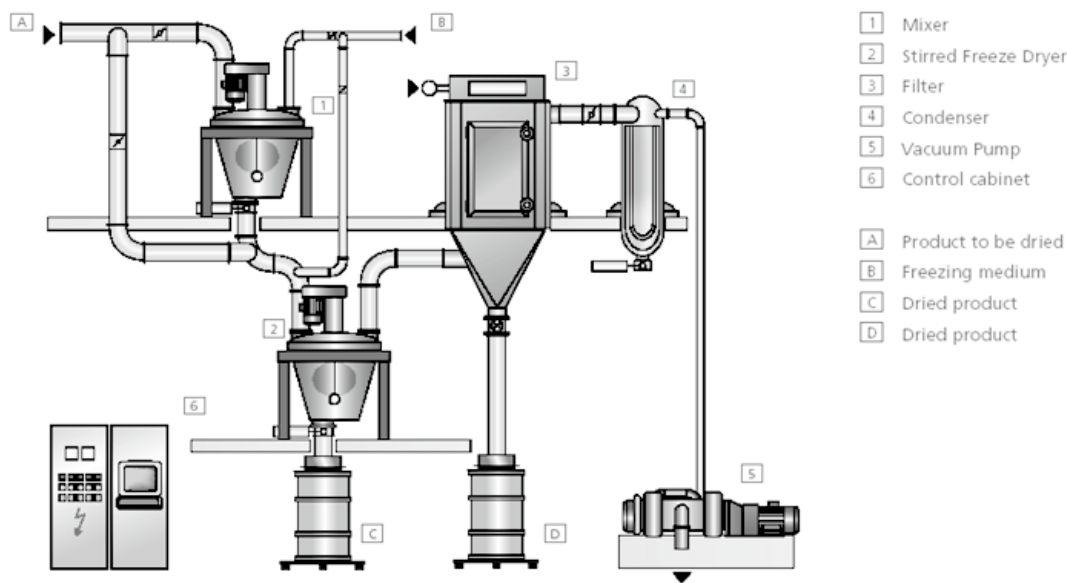


図5 凍結乾燥システム

植物エキス、ペプチド、マッシュルーム、ハーブ、ガーリック、ライムの種、肉類、硫酸バリウム、酸化アルミなどである。

#### 4) サイクロミックスの型式

サイクロミックスは型式をCLXとし容量で大きさを表現し型番としている。オプションとして、ジャケットの有無、ラボ用としてのアクリルガラスケーシング、昇降装置各種や耐摩耗構造（パドル交換式構造や材料による耐摩耗）などがある。

表1 サイクロミックスCLX型式選定

有効容量 (L)	標準動力 (kW)	動力選定範囲 (kW)	回転速度 (rpm)	排出径 (mm)
1	1.1	1.1	3124	40
5	3	0.75-5.5	1666	80
15	7.5	3-11	1150	100
50	15	4-30	735	150
100	22	11-55	574	200
150	30	11-75	495	200
250	45	18.5-90	477	250
500	75	30-110	350	300
1000	110	45-160	281	350
2000	200	90-250	210	400

### 3. 終わりに

サイクロミックスCLXは高せん断力を持つ混合機であり、滞留部分が無いのが特徴である。紹介したよ

うに、混合速度が速く、分散機としても利用でき、球形化やコーティングなど粒子設計的な側面も併せ持つユニークな機械である。他の粒子設計機に比べ、前後設備との接続が容易で、システムも組みやすい。応用範囲も広く、スラリー分散や乾燥機、冷却機、凍結乾燥機としての利用もできる。昇降機などのオプション・バージョンも豊富な実績がある。ヨーロッパのみならず、アジアでも売上成長している機械である。Hosokawa Micron B.V.では、対流混合機の代表機種のパウタミキサや今回紹介したサイクロミックスの他に中間混合機として、CT-mixer, Vitomix, Instensomixなど機種を取り揃えている。

日本においても、それらの技術を吸収し、技術をより高め、グローバルな混合技術を提供してゆきたいと考えている。

#### Captions

Fig. 1 Appearance of Cyclomix (CLX)

Fig. 2 Microscopic picture of feed particles ( $d_{50}=6-8\mu\text{m}$ )

Fig. 3 Microscopic picture of product particles

Fig. 4 1000L CLX (110kW) with lifting mechanism

Fig. 5 Freeze drying system

Table 1 Specification of Cyclomix