

ホソカワミクロングループ会社の 粉体混合技術

ホソカワミクロン株式会社
企画管理本部 企画部 経営企画課

課長 東 充延

1. はじめに

当社の子会社であるホソカワミクロンB.V.（オランダ）は、当社グループの中でも粉体の混合・乾燥操作を得意とし、世界中に多くの納入実績を有します。母体となったナウタミックス社は粉体プラントには必須とも言える混合機ナウタミキサを発明した会社です。オランダは風車で有名ですが、このナウタミキサは風車のギヤによる動力伝達メカニズムをヒントにしたとされ、粉体に強い力（せん断力）を加えることなく混合できる（粉を傷つけない）特徴を持つ装置です。今までに世界で22,000台以上が納入され、今も稼働しています。

当社はナウタミックス社と1963（昭和38）年にミクロンセバレータとナウタミキサの間でクロスライセンス契約を締結し、相互に技術を交換することで長年にわたって友好的な関係を続けてきました。そして、その時に築いた信頼関係を基礎にして、1982（昭和57）年に円満に同社を買収しました。その後、オランダの混合機競合企業を買収、精密機械加工企業の経営権取得を経てこれら3社を合併して現在のホソカワミクロンB.V.とし、欧州での各種粉体機器の一大生産拠点としました。

このような歴史を経て当社グループに加わったホソカワミクロンB.V.が開発した特徴的な混合装置とその技術について紹介します。

2. 装置の紹介

(1) ホソカワ／ミクロン バイトミックス

① 装置の概要

ナウタミキサの特徴を残しながら、粉体に強いせん断力を加えることもできる装置です。「お湯を注ぐだけの即席スープ」などは当装置の特長を活かした用途例と言えます。まず、小麦粉、澱粉、粉ミルク、香辛料、塩などの微粉原料を中程度のせん断力で速やかに混合し、混合終了時点で香料や油脂などの液体原料を高せん断力で添加・混合します。次に、液体が中心となって凝集物（ダマ）を作ってしまうのを防ぐため、高速・高せん断力で混合して容器内を均一にします。最後に乾燥マッシュルームや乾燥ネギを加え、せん断力を与えない緩やかな混合操作を行って完成します。従来プロセスでは、多段処理が必要であった製造プロセスを1台で行え、高せん断プロセスを経ることから全体の処理時間も1/6～1/8に短縮できます。

② 構造

写真1にバイトミックスの外観を、図1に構造を示します。

③ 特長

- i) 混合原理に則った合理的な高速混合により、混合時間が短い。
- ii) 粉体の損傷が少ないソフトな混合から高速分散・高せん断力混合まで適応範囲が広い。

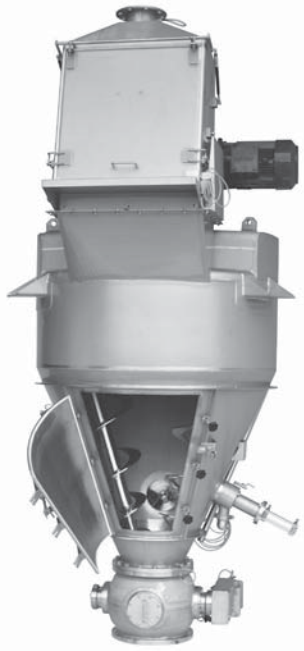


写真1 バイトミックス外観

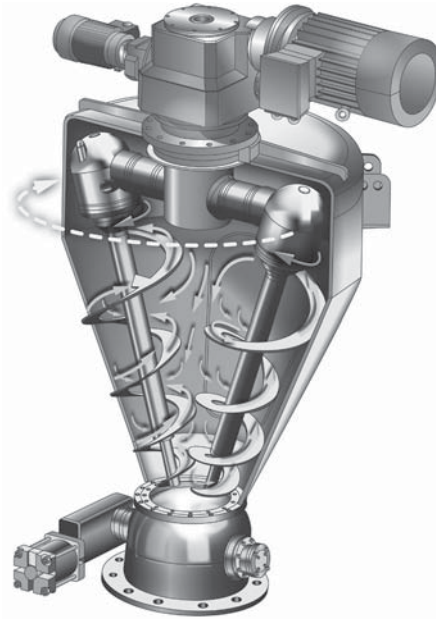


図1 バイトミックス構造図

- iii) 逆円錐型で底部に排出口を持つ構造から、製品排出が容易で機内残留がほとんどない。
- iv) 機内は2本のスクリューのみのシンプルな構造の上、ケーシングサイドにビッグドアを配することで機内の清掃が簡単。品種替えが比較的容易に行える。
- v) 上部駆動方式で軸シール部が混合原料中にないため、原料との摩擦による軸シール破損の可能性がほとんどない。

(2) ホソカワ／ミクロン フレキシミックス

① 装置の概要

1992(平成4)年に当社グループに加わったシュギーB.V.(オランダ)が開発した連続湿式造粒装置です。アムステルダム北東部に位置したシュギー社は、フレキシミックス(当時の製品名:シュギーミックス)を唯一の商品とし、用途開拓でビジネスを拡大しました。幼牛・幼豚用飼料分野では、世界市場を席卷した装置であり、合成洗剤造粒や紙おむつ用の吸水ポリマ(SAP)分散処理では世界標準プロセスとなっています。最近では自動販売機用ココアやコーヒー用途で造粒技術が高く評価され、納入実績が増えています。当装置は、1992(平成4)年以降、当社全グループで取り扱いを開始しましたが、

日本国内だけはシュギー時代の契約で他社が販売していました。しかし、2011(平成23)年に当社が独占販売契約を結び、日本国内でもあらゆる工業分野に販売活動を開始しています。当装置は時代と共に進化を遂げ、最新モデルでは混合ブレード数を減らし(FXD160:二段)、滞留時間の調整のためにブレードのひねり角度を連続的に調整できる構造としました。また、食品や医薬品処理に対応する防爆構造が標準となっています。当装置の最大の特長は、液体(水やミルクなど)に素早く溶ける多孔質の造粒品を作製できる点にあり、洗剤や自動販売機用粉体の製造に最適です。また、機内付着が発生しても自己洗浄機能によって連続運転が可能のため、吸水ポリマや飼料など付着性の強い原料の処理にも適します。

② 原理・構造

垂直に立つゴム製の円筒ケーシング(フレキシブルウォール)の中心に高速回転するナイフブレード付きロータを持ち、上部に供給口と液添加用の2流体ノズルを配した構造となっています。ロータの高速回転で発生した渦巻き状の強力な乱流によって、原料は回転運動と旋回運動及び重力による圧密作用を受けます。この攪拌・混合環境下で、2流体ノズ

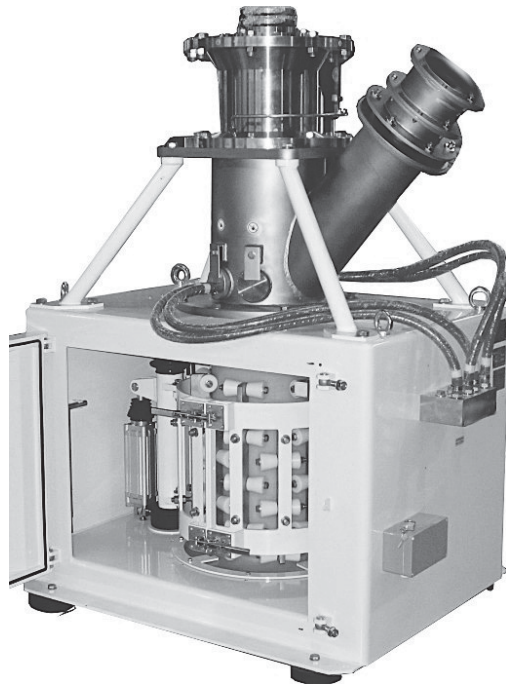


写真2 フレキシミックス外観

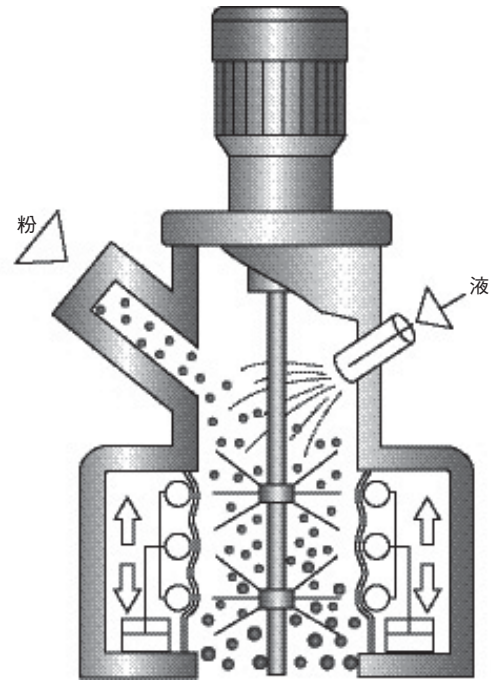


図2 フレキシミックス構造図

ルから液滴を噴霧して均質に混合・加湿します。更に加湿が進み、造粒が始まる水分以上になった粉体は、噴霧した液滴を包み込むように凝集成長を繰り返す、多孔状の造粒粒子へと成長する仕組みです。また、フレキシブルウォールの外周は多数のローラが付いたケージで囲まれ、ローラケージが上下運動することでローラがフレキシブルウォールを変形させ、加湿によって内壁に付着した凝集物を剥離するセルフクリーニング機構を有します。

③ 特長

- i) 粒径0.1～2 mmの多孔状で溶解性に優れた造粒製品が作れる。
- ii) 原料定量供給装置とポンプ、乾燥装置を組み合わせ、連続式プロセスとして自動化することで、簡単操作と省力化、大量処理を可能にした。
- iii) 0.2～1秒程度で瞬時に混合・加湿・造粒が完了し、機内滞留時間が短い。
- iv) 連続プロセスと短い滞留時間により、コンパクトな外観ながら処理能力50kg/h～25t/hに対応できる。

- v) 独特の造粒メカニズムにより、2～4 kWh/tの低消費動力を実現した。
- vi) セルフクリーニング機構を持つフレキシブルウォールにより、液添比率が高く付着しやすい原料に対応できる。
- vii) 独特な形状のナイフブレード付きロータにより、原料に旋回、回転、重力による圧密の3種類の動きを与えることで、均質な混合、加湿、造粒を行う。

- viii) 同時に4種類の液体と2種類の粉体の混合・造粒が可能で多種処理が行える。
- ix) ローラケージは、ワンタッチクランプを外すだけで分解でき、フレキシブルウォールやスプレーノズルも容易に取り外せるシンプルな構造のため、短時間で分解・清掃ができる。

④ 用途例

- i) 化学分野：吸水ポリマ、合成洗剤（乾燥、造粒）、リン酸塩、顔料、農薬など
- ii) ミネラル・金属分野：ニッケル/コバルト（2次電池用の調合・造粒）、黒鉛（2次電池用）、

タングステンカーバイト（成形材料用）、カーボンブラック（プレス材料用）など

iii) 食品分野：インスタント食品（乳製品、ココア、スープなど）、製パン添加剤、香味料、小麦粉（水分調整）、でん粉（改質）、代用乳など

iv) 医薬品分野：動物用抗生物質、ラクトースなど

(3) ホソカワ／マイクロン アクティブフリーズドライヤ

① 装置の概要

従来の乾燥操作は、雰囲気が大気圧か真空状態かの違いはあっても、水分を蒸発させて原料水分を下げるプロセスに変わりはありません。当装置は装置名が示す通り、水分を凍らせて氷になった水分に熱を加えて昇華させ、原料水分を下げる（乾燥）プロセスを取ります。水分が氷（固体）から直接水蒸気（気体）となり、水（液体）の相状態を経ないため、様々な利点があります。一般的にこのような処理には、棚型凍結乾燥（冷凍庫を超高真空にした状態）が用いられますが、乾燥時間が長い（バッチ当たり数日～1週間）、処理能力が低い、手作業が多く作業員負荷が大きいなどの問題があるのに対し、当装置は、原料を攪拌しながら凍結乾燥するため、乾燥時間を大幅に短縮（バッチ当たり10～24時間）可能です。本体にナウタミキサを改良したものを使用し、乾燥後は混合操作に用いることも可能で、機械的信頼性も高いため、医薬品分野にも最適です。

② 原理・構造

原料投入後、大気圧下で液体炭素（または液体窒素）を加えて原料を凍結させます。この時、ミキサで攪拌しながら凍結させるので、5～10mmのド

ライアイスと原料の顆粒状凍結物ができます。密閉して真空引きを始めると顆粒表面から水分が昇華を始めます。昇華が進むにつれて、徐々にジャケットの熱媒温度を上げることで効率的な乾燥が進み、短時間で乾燥が完了します。

③ 特長

i) 細胞膜を壊さない（適用例：乳酸菌、ハーブなど）

ii) 粒子架橋による造粒現象が発生しない（適用例：ナノ粒子の乾燥など）

iii) 結晶構造を壊さない（適用例：医薬たん白など）

(4) ホソカワ／マイクロン モデュロミックス

① 医薬品市場の現状

製造工程における医薬品成分の混合は、長年バッチ方式で行われてきましたが、近年、業界内競争の激化やブロックバスター（大ヒット商品）が出にくい状況にあることから、プロセスコストの低減圧力が増す傾向にあります。連続混合は、コスト低減の有効な手段ですが、従来のバッチ混合からプロセスを変更するには、様々な課題の解決が必要とされます。混合システム モデュロミックスは、これらプロセス変更に求められる全ての課題を解決し、医薬品プロセスにおける連続混合を実現しました。

<解決すべき課題>

バリデーション

PAT（プロセス分析技術）

製品保証方法

既存設備への新プロセスの組み込み



写真3 モデュロミックス外観

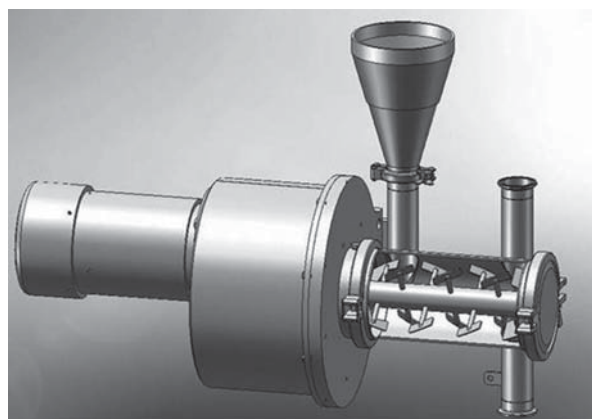


図3 モデュロミックス構造図

② 構造とプロセス

当装置では原料の機内滞留時間は極めて短く、製品は強制攪拌力の大小にかかわらず完全混合品として排出されます。

図4に示したフローでは、4種の原料をモデュロミックス1号機でアニュラーミキシング原理によって高速せん断混合します。更に、潤滑剤のステアリン酸マグネシウムは強力なせん断混合が望ましくないため、1号機の第3入口から供給し、1号機で混合した4種の原料とモデュロミックス2号機で弱いせん断力で混合します。これらの工程を経てできあがった混合品は特殊設計のPATシュートから排出します。このシュートには、連続混合品の品質管理のため、NIR(近赤外分光法)を組み込みました。そして、このNIRをバリデーション手法としてFDAの認可を得たことで医薬品の連続混合を実現しました。

3. おわりに

ここに紹介した混合・乾燥技術は、いずれも非常にユニークな混合・乾燥手法を用いた装置によって、特徴的な粉体加工を行うものです。粉体に特徴的な加工を施す技術は、日進月歩で進化する新たな工業製品に求められる原料の付加価値向上の要求に応え、将来の潜在的な加工需要を見出せる可能性を秘めた技術でもあるのです。

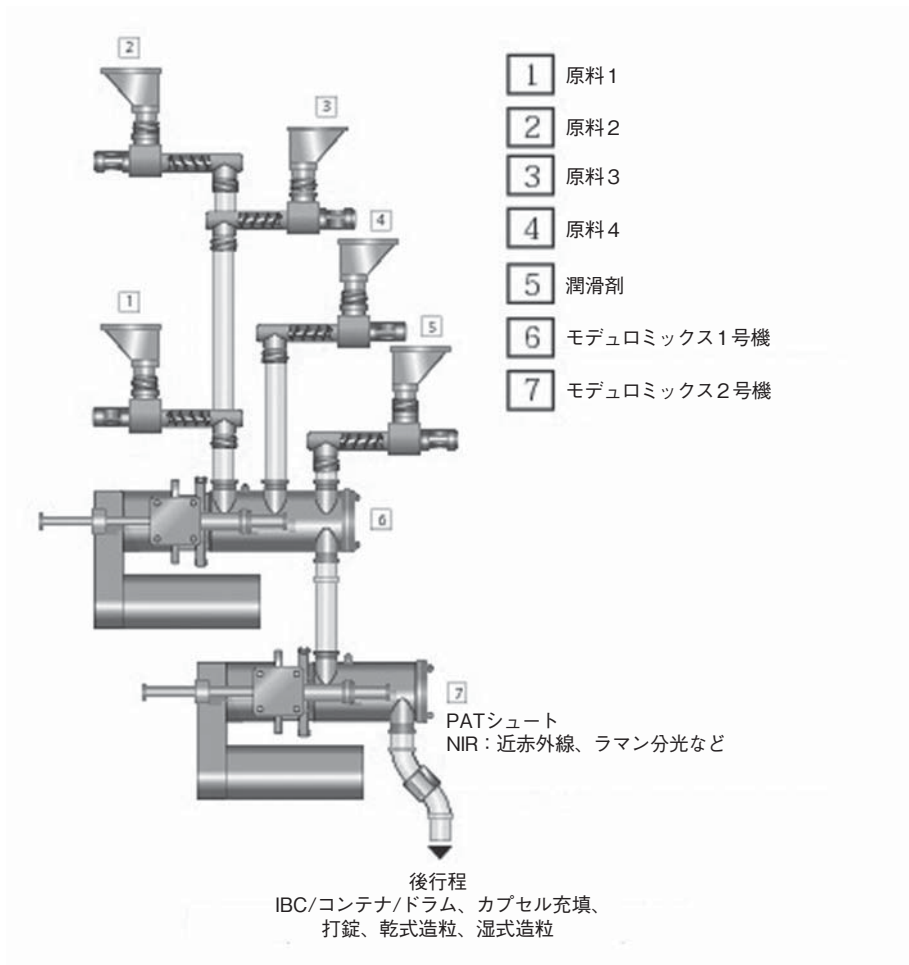


図4 モデュロミックスフロー