

粉体処理技術は非常に長い歴史を持っているが、注目され出したのは最近のことで、新材料の開発などあらゆる工業分野に必要となってきた。粉体処理はプロセッシングとハンドリングに大別でき、前者には粉碎、造粒、混合、分級、乾燥などあり、後者には貯蔵、供給、輸送、集塵などがある。粉体はその挙動が千差万別で特定できないため、対象粉体個々にその処理技術を見出す必要があり、同じ目的の装置でも多くの種類がある。また装置メーカーも多くあり、それぞれが独自のノウハウを保有している。

当社においては1980年に粉体混合機としてロッキングミキサー（商品名）を開発し、化学、プラスチック、金属、窯業、食品、医薬品などの多くの分野で使用される中で、粉体処理技術の蓄積を行っている。

当社はロッキングミキサーをユーザーニーズに対応させ、単なる混合のみの装置でなく、造粒、乾燥、反応などの多機能、多目的の装置とし、また自動化、FA化の要求に対応できる装置へと開発・改善を重ねている。

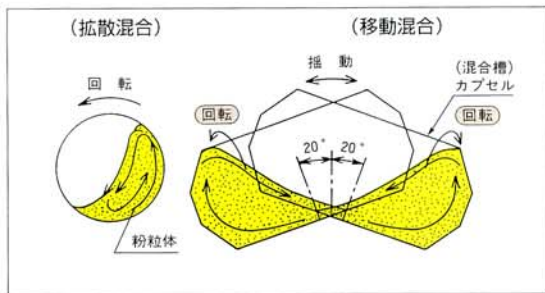


図1 回転・揺動方式(ロッキングミキサー)の混合機構

1 ロッキングミキサー

1.1 概要

ロッキングミキサーは、回転・揺動方式（図1）という新しい機構を採り入れた粉体混合機で、回転による拡散混合と揺動による軸方向の移動混合を同時に行うもので、次のような特長を持っている。

- 従来容器回転型混合機に比べて、短時間で混合できる。

揺動の有無による混合曲線の相違の例を図2に示す。これから揺動の有無による差は明らかである。なお、揺動「有」の場合の混合特性曲線は、マクロな対流混合からマイクロなせん断拡散混合へ推移して行く過程を明瞭に示している。

- 材料に高せん断を与えないソフトな混合ができる。

混合容器（カプセル）の内部はパツフルのみで材料に外力を加えないので、特に軟質な造粒材料や形

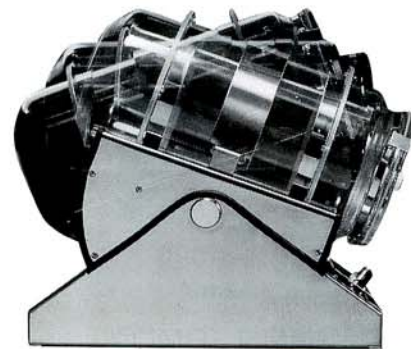


図3 実験研究用(RM-10G型)(硬質ガラス容器製)

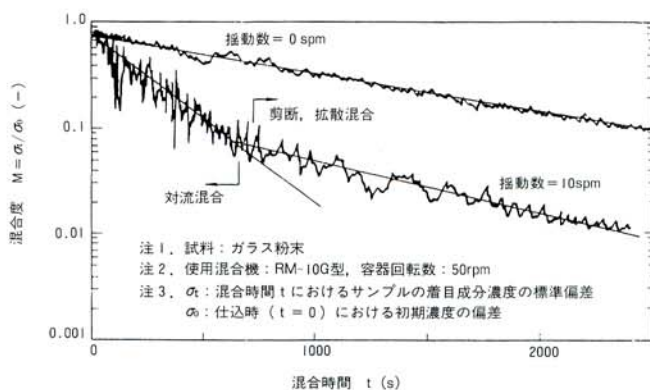


図2 揺動の有無による混合曲線の相違

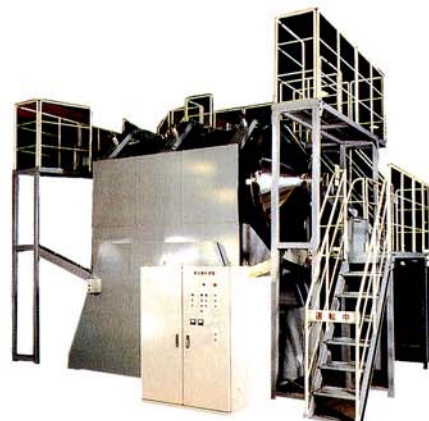


図4 量産用(大形機)(RM-1000 (S) 型)

状損傷不可の材料の混合に適している。

- ・カプセルを自由に着脱できる。

カプセルは駆動装置から簡単に分離できるため、一つの容器で混合・輸送・貯蔵に使用できる。また、カプセルを洗浄のため別室へ移動させることが可能である。

- ・材料の排出が簡単にできる。

特別な機構を付加させることなく、カプセルを傾けたまま回転させることで、完全に材料の排出ができる。

- ・洗浄性が良い。

粉体処理装置の重要な要素である容器の洗浄は、カプセル内部がバツフルのみで複雑な突起物がないので、簡単で容易である。



図5 解砕機能付 (RMD型)

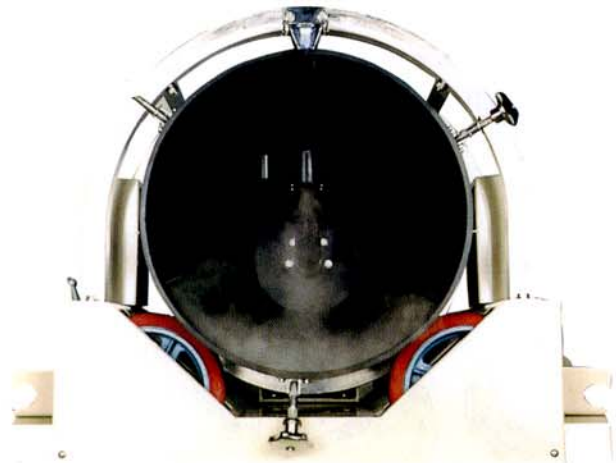


図6 解砕羽根



外観

図7 超音波加湿機能付 (RMD型)



カプセル内部



外観

図8 液添加機能付 (RML型)



カプセル内部

その他に、ロッキングミキサーは同等の処理量の混合機と比較して、省エネルギー化され、設置スペースを取らないなどの特長を持っている。当社はこのロッキングミキサーを実験・研究用の小形機（図3）から量産用の大形機（図4）まで製作している。

1.2 多機能化

最近では、各種新材料の出現及びユーザーニーズの多様化により、混合機に対して多機能で汎用性のある装置が要求されている。当社は顧客のニーズに基づいた種々の機能付のロッキングミキサーを開発し、これらを幅広い分野に納入して好評を得ている。ロッキングミキサーに付加する主な機能をつぎに紹介する。

(1) 解砕機能付 (RMD型) (図5)

高速回転する図6のような羽根をカプセル端部に設ける。解砕羽根の材料は対象粉体によって、ステンレス、セラミックなどを用いる。塊状物の混入した材料の解砕、バイндаを添加した造粒、微粉末など凝集性の高い粉体の分散、吸湿粉体の分散などに使用される。

(2) 超音波加湿機能付 (RMW型) (図7)

超音波加湿機で発生した霧を、カプセル内に送り込んで過飽和状態の雰囲気につくことにより、流動する粉体に徐々に水分を付加させ、均一な加湿を行う。

水分を重要な要素とするファインセラミックスの調湿などに使用される。

(3) 液添加機能付 (RML型) (図8)

噴霧ノズルにより添加剤入りの溶液、薬液、水などの噴霧を行う。図8は液噴霧ノズルと解砕羽根の取付状態を示すもので、複合材料の表面処理用に製作したものである。

(4) 加熱機能付 (RMH型) (図9)

混合と同時に加熱を行う造粒、乾燥、表面処理、反応、晶析、焙煎などに使用する。熱源としては遠赤外線セラミックスヒータ、電磁誘導、油などの熱媒、熱風の何れかを用途に応じて選んでいる。またカプセル内温度のコントロールは、熱応答を早くするためにカスケード制御

にし、精度をよくしている。

(5) 真空・ガス置換機能付 (RMV型)

ロータリージョイントで導通する吸排気口（図10）から、カプセル内を真空にしたり、カプセル内部空気を不活性ガスなどと置換したりして混合を行う。酸化し易い粉体の酸化防止、反応、乾燥などに使用される。

その他、分散処理剤とビーズを併用した湿式粉碎式(RMB型)、ボールを使用した乾式粉碎式(RMG型)などもあり、ロッキングミキサーは、混合単一処理以外の目的にも種々使用されている。また、薬品、食品などの製造装置に要求されるサニタリータイプ(RMC型)も製品化している。カプセルはステンレス(SUS304)材を標準としているが、耐摩耗・付着防止・金属類の混入防止・サニタリー用に、つぎのようなものも製造している。

- ・内面コーティング（テフロン、ウレタン）品
- ・内面ライニング（ゴム、アルミナ）品
- ・硬質ガラス品
- ・バフ研磨#320鏡面仕上品

2 自動化システムへの対応

粉体処理で問題になる作業環境の改善、異物混入の防止などから工場の自動化・無人化・クリーン化のニーズが強くなっている。これらの要望に対し、カプセルが自由に着脱でき、材料の投入・排出が容易というロッキングミキサーの特長を生かして対応している。また、自動化用の製造設備は、その全体システムに適合する必要があるため、1台毎に要求される機能が異なるが、当社では蓄積したノウハウによりこれに対応している。

(1) 容器着脱装置

本装置付の混合機はカプセルを容易に着脱できるため、粉体材料毎にカプセルを専用化して使用できる。本装置によるシステムは計量-搬送-混合-貯蔵を同一容器で行うことにより、容器の洗浄を不要とし、異物の混入、粉体の飛散を防止し、多品種少量生産に最適である。カプセルの着脱方法は混合の前後工程の関係により最適

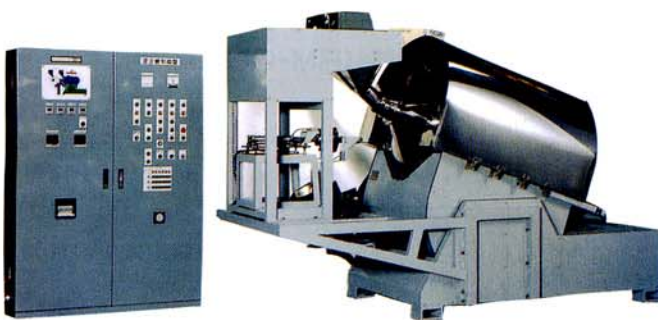


図9 加熱機能付(RMH型)容量600ℓ
(原料自動投入・排出)



図10 真空・ガス置換の吸排気機構

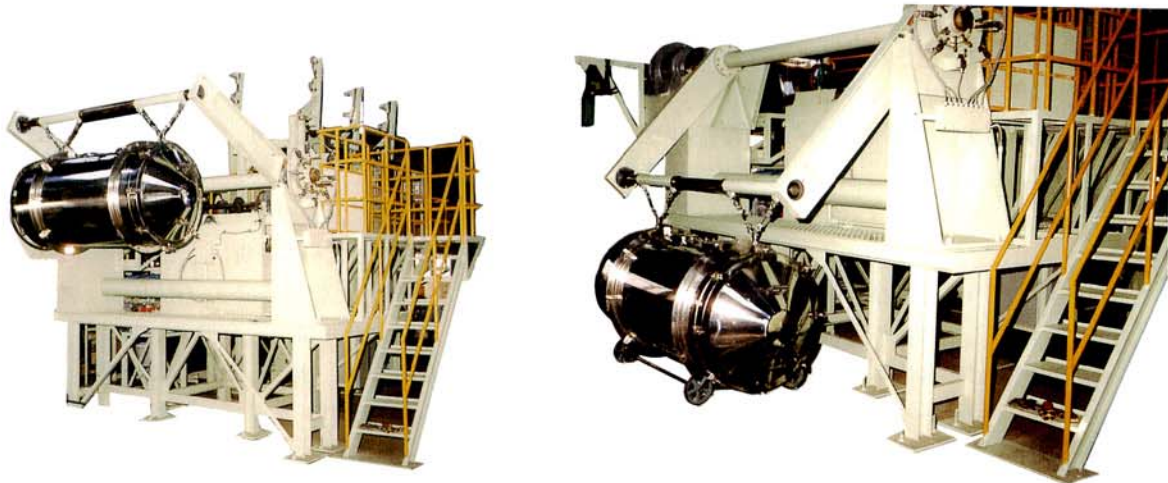


図11 容器着脱クレーン式 (RM-C型)

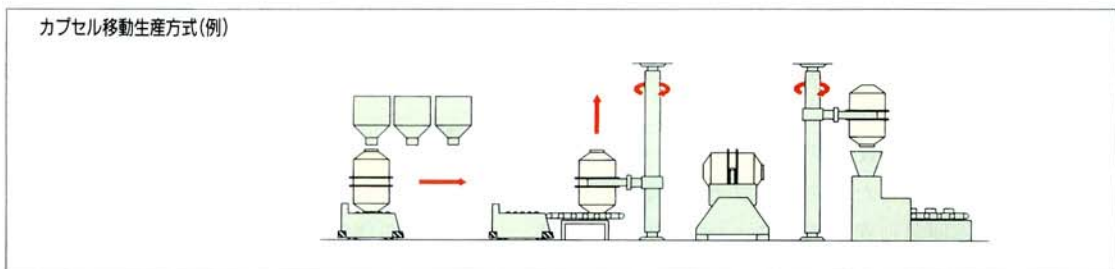


図12 クランプリフトロボット式 (RM-CL型)

方法が選ばれる。

① クレーン式 (RM-C型) (図11)

半自動式でカプセルの受渡しの距離、高低差などへの対応が容易で、システムが比較的簡単に構成できる。カプセルの着脱の姿勢は横形である。

② クランプリフトロボット式 (RM-CL型) (図12)

カプセルの受渡しの距離には制約があるが、高低差、カプセルの姿勢については自由に対応でき、全自動化が可能である。なお、受渡し距離の長い場合については図11のように自動搬送車、コンベアなどを使用する。

③ 容器着脱機能付 (RM-CD型) (図13)

混合機自体にカプセルの自動着脱機能を持たせたもので、前後の工程が同一平面上で処理される場合、設置面積が小さく最適な方法である。②と同様に自動搬送車などを使用することにより全自動システム(図14)が構築できる。

(2) 自動投入・排出装置

カプセルは移動せず、粉体材料の投入及び排出を自動化するもので、カプセルの蓋の着脱または付属する弁の開閉によって行う。

① 蓋着脱式 (RM-AM型) (図15)

マニピュレータよりカプセルの「蓋を離脱後投入シュートを接続して材料を投入」－「蓋を着装して混合」－

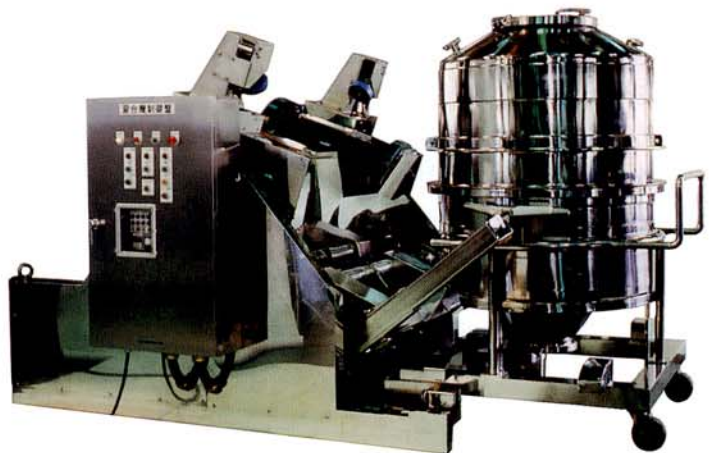


図13 容器着脱機能付 (RM-CD型)

「蓋を離脱後排出シュートを接続しカプセルを回転させて排出」を自動で行う。この投入・排出方式を採用したものはカプセルの着脱を容易にできるため、カプセルを材料毎に専用化し、カプセル複数本使用の自動化システムに適している。

② バタフライ弁式 (RM-PB型) (図16)

カプセルの蓋の着脱に代えて、粉体用に開発したバタフライ弁の開閉を行うもので、弁の開閉には空圧式

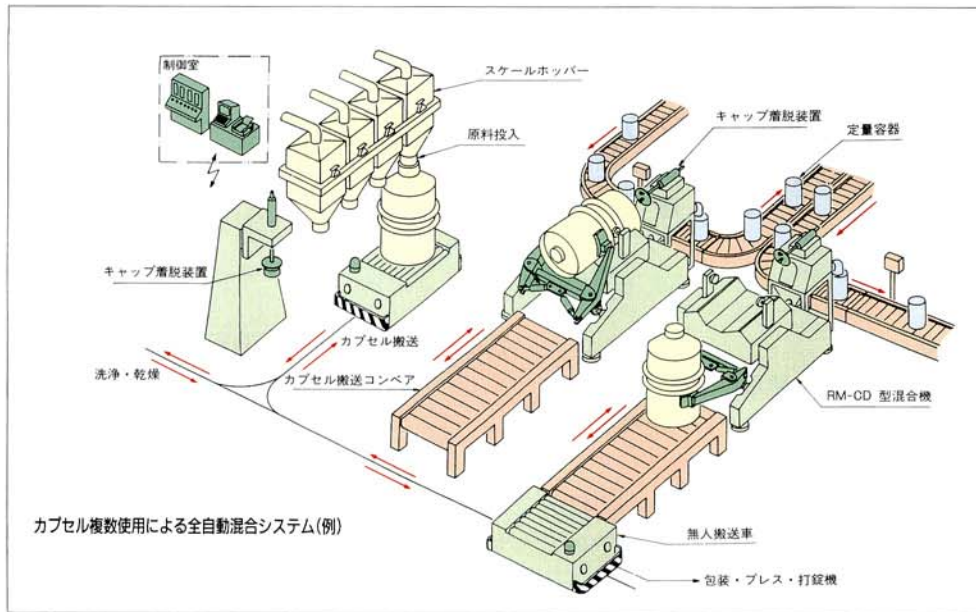


図14 全自動混合システム

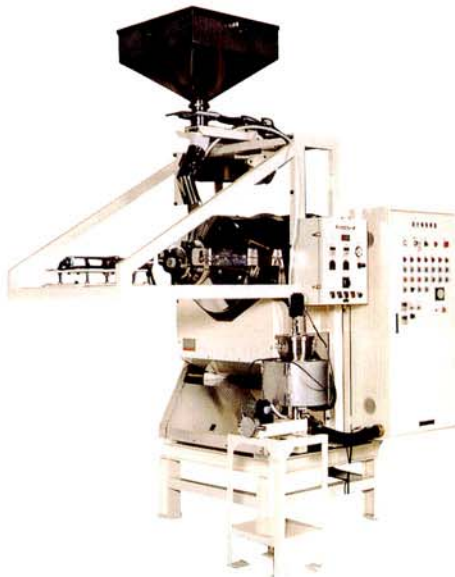


図15 全自動蓋着脱装置付 (RM-AM型)

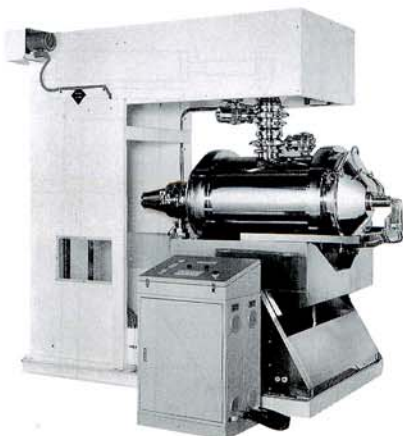


図16 全自動蓋開閉装置付 (RM-PB型)

と電動式がある。本方式を採用したものは、弁の開閉装置とカプセルとが一体化されていてカプセルの着脱が難しいため、カプセルを本体と固定化して使用するのが基本とする。

ロックミキサー自体の自動化対応について以上紹介したが、当社ではその前後工程を含む自動化、FA化についても対応している。

3 今後の展望

粉体処理は、新素材、複合材料、機能性粉体などの急成長により、市場の将来性に明るいものがある。

粉体としてはサブミクロン化が進み、装置については精密化が要求されている。

また、少量多品種、サニタリー、省力化、多機能化といったニーズに対しては、単一処理だけでなく複合処理できる装置の開発が望まれ、粉体そのものの計測と制御をも含めたトータル技術の向上が必要となっている。

当社としては、これからますます多様化する粉体処理に対して、物理的処理のみならず化学的処理をも加え、コンピュータとも結合した装置の開発を行い、精密化・FA化の要求に応じていきたい。

容器が着脱可能な当社のロックミキサーは、少量多品種化の要求に対して、混合槽を専用容器化し、計量-搬送-混合-貯蔵を同一容器で行うことができるので、洗浄の必要がなく、汚染防止、歩留りの向上が図れ、工場の自動化・無人化・合理化・クリーン化を推進する上で、最適な装置であると確信している。

今後については、混合を通じて培った粉体処理技術をベースにして造粒・粉砕等の新分野へも挑戦していきたい。