

ホソカワミクロンの粉体技術



ホソカワミクロン株式会社
企画管理本部 企画統括部 経営企画課
課長 東 充延

1. はじめに

当社は、1916（大正5）年の創業から一貫して粉体処理装置の開発・製造・販売の事業を展開している。また、1960（昭和35）年にはロンドン（英国）に最初の海外拠点を設立し、グローバル展開を本格化すると共に世界の優れた粉体技術を持つ海外企業とクロスライセンス契約を締結することで、最先端の粉体技術の速やかな導入を図ってきた。そして、1980年代からは、海外の主要なライバル企業を合併・買収することで海外への事業展開を加速し、更に、2000（平成12）年からは粉体関連装置の開発に留まらず、材料ビジネスにも参入することで、粉体業界の先陣を切ってナノテクノロジー分野への取り組みを開始した。その結果、DDS（薬物送達システム）技術を応用した育毛剤や化粧品の商品化を果たしたので

ある。

当社は、創業以来、常に顧客から寄せられる最先端の材料加工ニーズに迅速に応えることを使命として取り組んでいる。そして、顧客と共に新しい技術の開発に挑戦し続ける活動が、粉体技術の分野で国内外を問わず、常に顧客と共に新しい価値を創造し続ける事業として結実している。

本稿では、粉体技術の進歩をけん引してきた例として、①精細さの進歩と共に要求内容が高度化するトナー、②粒子形状の制御や原料の配合比率が重視される二次電池材料、③安全面で高度なシステムエンジニアリングが求められる磁性材料を取り上げ、材料の高付加価値化要求に適した代表的な装置を紹介したい。

また、最近、特に社会的問題として取り上げられることが増えたPM2.5による大気汚染問題解決に欠くことのできない国際規格に基づいた濃度測定装置を紹介する。

2. 製品の紹介

(1) 高冷却型機械式微粉碎機 ホソカワ／ミクロン グラシス GC（トナー用途）

① 概要

弱熱性原料をジェットミルよりも少ない消費エネルギーで、同機と同程度の粒子径にまで超微粉碎できる高冷却型機械式微粉碎機である。

トナーの粉碎には、粉碎熱による融着を防ぐことができるジェットミルを主に用いてきたが、消費エ

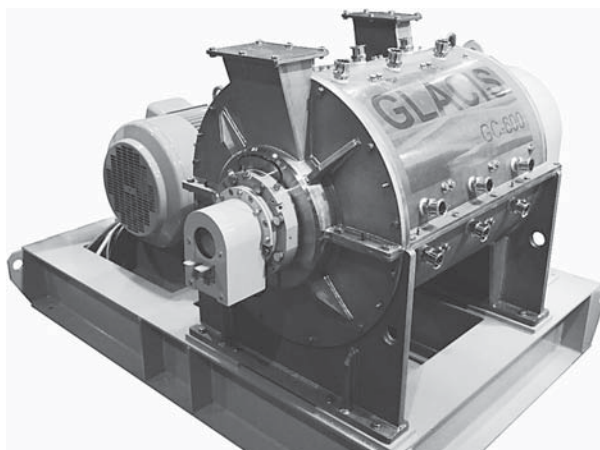


写真1 グラシス GC-600概観

エネルギーの大きさや製品回収率の低さから、機械式粉砕機が見直され始めたことが、当装置開発のきっかけとなった。今では既に大型機の納入実績もあり、生産レベルでの性能も確認済みである。また、超微粉砕の性能と高い冷却効率を併せ持つユニークな特徴から、トナー以外にも、茶葉や樹脂等多くの弱熱性原料の微粉砕に適する。

② 原理・構造

粉砕部のロータとライナは、冷却効率を高める設計となっている。冷水等で冷却した高速回転する多段式粉砕ロータ外輪のギア状の刃とジャケットによって冷却した溝状ライナの微小な間隙へ冷却したエアで原料を搬送し、そこに生じる大きな衝撃力とせん断力を用いて粉砕する。粉砕された原料は、投入口と反対側の排出口から出て、ブロウに接続したサイクロンやバグフィルタで回収される。このユニークな粉砕部構造が、機械式粉砕機でありながら、ジェットミルに迫る粒子径を実現する。また、粉砕ロータを多段にすることで表面積を大きくし、冷却部の構造を最適化することで、同様の装置よりも冷却効率を高めている。

なお、当社テストセンターには小型、中型、大型（GC-250、GC-430、GC-600）の試験機を備えており、実機レベルでの粉砕品性状やスケールアップの確認が可能である。

③ 特長

i) 弱熱性原料の超微粉砕

高い冷却効果を持ち、弱熱性樹脂等の粉砕に適する。トナーではジェットミルと同等の平均粒子径（約 $5\mu\text{m}$ ）まで粉砕可能である。

ii) 省エネルギー

ジェットミルと比較し、システム全体の消費エ

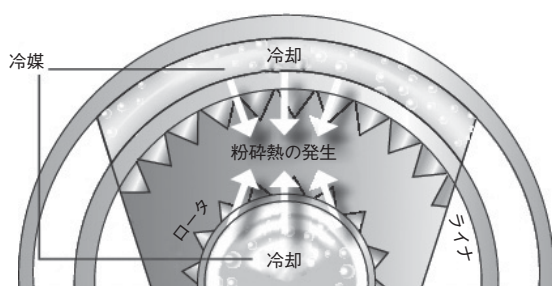


図1 グラシス構造

ネルギーを50%削減できる。

iii) 優れた冷却効率

外側のライナと同様に粉砕ロータにも冷媒を流すことで、高い冷却効率（従来の衝撃式粉砕機に比べて7.5倍）を実現した。従来機では粉砕できない低融点・弱熱性原料の微粉砕が可能である。

iv) 本体・システムがコンパクト

粉砕動力当たりの処理風量が少ないため、付帯設備（ブロウや捕集機）の小型化が可能でシステムをコンパクトに設計できる。

④ 用途例

特に弱熱性原料のトナー、粉体塗料、熱で香りが失われる茶葉等の粉砕に適する。

(2) 球形化装置 ホソカワ／ミクロン ファカルティ F（二次電池材料用途）

① 概要

粒子の球形化や見かけ密度の増加による充填量の向上、不要物質の除去による付加価値の向上等、各種材料の高機能化に用いられる多機能型粒子設計装置である。

例えば、球形化の場合、従来は、微粉を除去した原料に熱風処理や機械的表面処理を施して球形化していたため、分級機と表面処理機の2台の装置が必要であった。しかし、当装置は、高速回転型粉砕機と類似した独自の構造をとることで、粒子の分散が良い状態で球形化（摩砕、表面粉砕）を行いながら、粗粉と微粉の分離を同時に行うため、1台の装置で

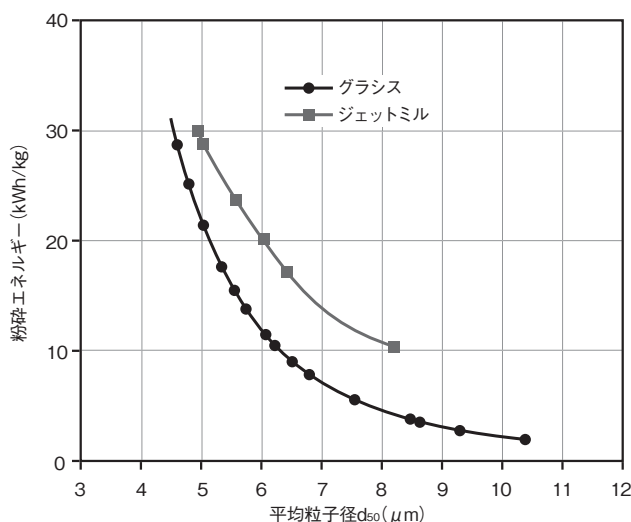


図2 グラシスとジェットミルの性能比較

微粉除去と表面処理が可能となり、プロセスを大幅に簡略化できる。

また、既存設備の中に組み込むだけで簡単に品質の向上を図れるため、電池材料、トナー、電子材料、化学材料等の分野で採用が進んでいる。

② 原理・構造

ハンマの回転速度を調整することで目的に応じたエネルギーを与えることができる分散部と微粉除去を行う強制渦流型の分級部を有し、ケーシング中央側面部に粗粉製品の排出口を備える。半バッチ式で運転する。機内に投入した所定量の原料に対し、滞留時間（数十秒程度）を調整することで目的に応じたエネルギーを与えることができる。微粉は分級ロータを通過して捕集機に運ばれ排出される。一定時

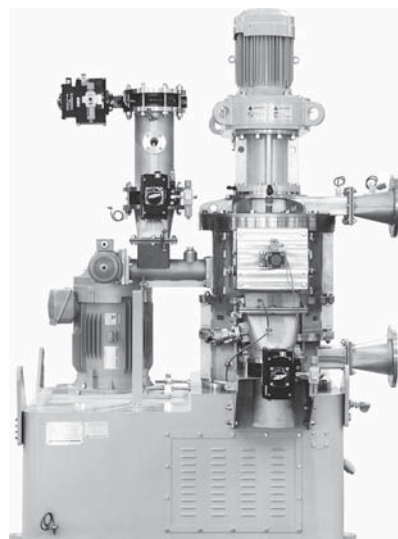


写真2 ファカルティ F-430S概観

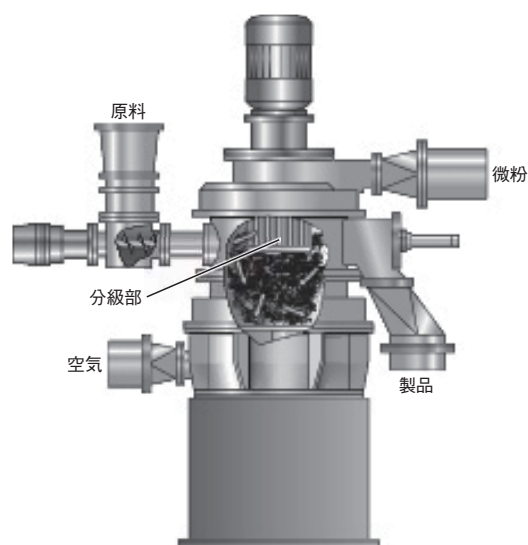


図3 ファカルティ構造

間衝撃作用を受けた粗粉製品は、排出口から取り出される。

目的に応じたエネルギーの調整は、主に滞留時間の変更によって行い、微粉カット径は、分級ロータの回転数によって調整する。また、ジャケットに熱媒・冷媒を流すことで温度制御も可能である。標準フローは、原料供給を供給機、空気の吸引をブロワ、微粉製品の除去を捕集機で行う。

③ 特長

i) 多機能

微粉除去、表面処理、球形化、見かけ密度向上、充填率アップ、不要物質分離等

ii) プロセスの簡略化が可能

iii) 運転調整が容易

④ 用途例

代表的な適用例は、トナーの球形化（微粉除去）と二次電池負極黒鉛の圧密化及び添加剤コーティングである。

i) トナーの球形化と微粉除去

トナーの球形化は、通常、微粉除去した原料に熱風処理や機械的表面処理を施して行うが、微粉砕したものを原料とし、微粉除去と同時にハンマによる衝撃でトナー表面の凹凸を平滑にすることで球形化できる。

ii) 天然黒鉛の見かけ密度増加による充填量アップ

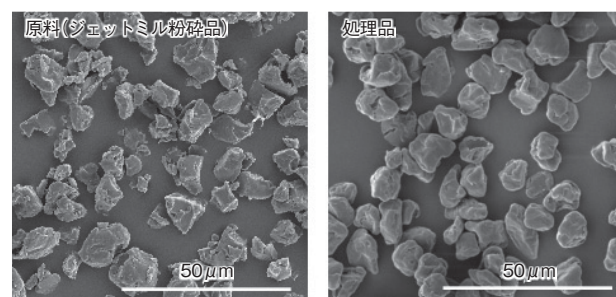


写真3 トナー原料(ジェットミル粉碎品)と処理品

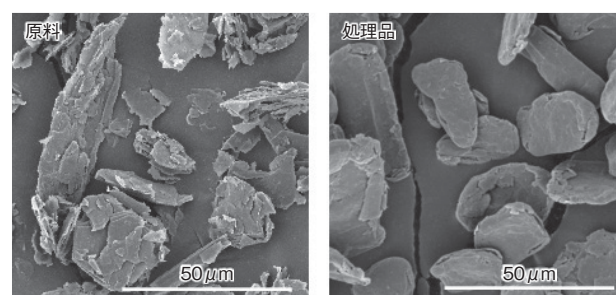


写真4 天然黒鉛原料と処理品

と電池材料としての高性能化

製品粒子の球形度を増して比表面積を減少させることで、かさ密度が向上し、非常に高性能な電池材料が得られる。

(3) 衝突型ジェットミル ホソカワ／マイクロン ミクロン ジェットQ型 MJQ (磁性材料用途)

① 概要

粉砕効率を極限まで高め、高性能分級機を内蔵したターゲット式ジェットミルである。また、分解清掃性に優れ、オールセラミックス構造も可能である。

ジェットミルの粉砕効率を高めるためには、含塵濃度を上げる方法をとることが多いが、含塵濃度を上げると内蔵した分級機への負担が大きくなり、分級精度が低下する。また、原料の機内滞留量を増やす必要も生じるため、少量の高付加価値原料を粉砕

する場合には適さない。

当装置では粉砕部の含塵濃度を上げ、分級部の含塵濃度を下げることで機内の含塵濃度に濃度勾配をつけ、粉砕効率の向上を図った。

② 原理・構造

ケーシング中央に分級ロータ、下部に粉砕ノズルとターゲットを配した構造をとる。機内をシンプルな部品で構成したことで、分解清掃性が非常に高く、オールセラミックス仕様にも対応できる。

機内に供給した原料を粉砕エアで音速近くまで加速し、ターゲットに衝突させて粉砕する。所定の粒子径にまで粉砕された原料だけが分級ロータを通過し、製品として回収される。未粉砕原料はケーシング外壁に沿って旋回し、再度粉砕エアによって加速され、衝突粉砕される。

この構造によって、旋回する粉砕エアが半自由渦を機内に形成する。この半自由渦場では粒子径の大きさによって旋回半径が変化し、粗い粒子のみがケーシング外壁の粉砕ゾーン周辺部に滞留し、細かい粒子ほど分級ロータ周辺部に滞留しやすくなる。この効果によって機内に含塵濃度勾配が生じる。

③ 特長

- i) エネルギー効率が低い
- ii) 原料の機内滞留量が少ない
- iii) 分解清掃性を考慮した構造
- iv) 粒子径の調整が容易



写真5 ミクロンジェット MJQ-1概観

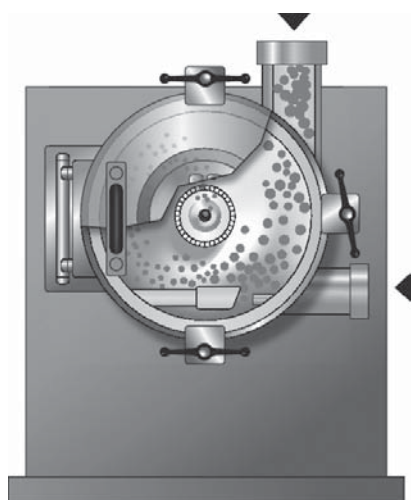


図4 ミクロンジェット MJQ構造

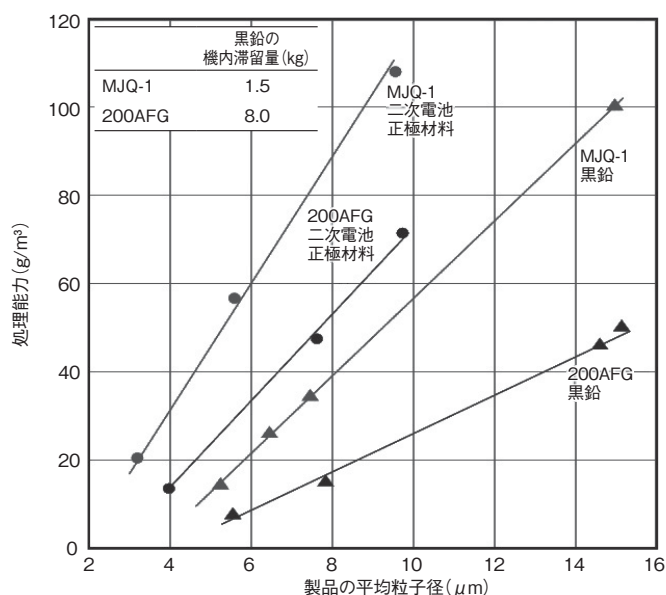


図5 流動層型ジェットミル (AFG) との性能比較

- v) 付着性の強い原料にも対応可能
- vi) オールセラミックス仕様が可能

④ 用途例

ターゲットの摩耗や付着等の制限はあるが、高効率な粉碎性能（動力当たりの処理量）と極めて少ない機内滞留量は、希少金属や磁石材料のような複合材料の微粉碎に最適である。

- i) 酸化物、窒化物、炭化物等のセラミックス原料
- ii) ネオジウム鉄ボロン、サマリウムコバルト等の強磁性材料
- iii) 二次電池用等鉄の不純物を極端に嫌う原料種
- iv) 化粧品等の高付着性原料

当社ジェットミル（AFG）とミクロンジェットの性能比較を示す。

二次電池正極材や黒鉛では、単位風量（圧空）当たりの処理量に明らかな差が見られる。機内滞留量は指標値であるが、ネオジウム等の希少材料、複合

材料処理では大きなメリットになる。

(4) 煙道用PM2.5濃度測定装置 バーチャルインパクト VI-PM2.5

① 概要

VI-PM2.5は、粒子の慣性力と遠心力を使用した慣性分級方式であるバーチャルインパクト法を用い、基本理論と計算機シミュレーション及び実験による裏付けに基づいて設計されたノズル径と流速によって、PM2.5を国際規格（ISO7708）で規定した性能で分級できる計測用サンプラである。

本装置は、シマンスキー教授（ウィーン大学）らが大気環境用に作製した3段式バーチャルインパクトを固定発生源の煙道中でPM10やPM2.5を分級・捕集できるよう改造したマルチノズル型マルチステージバーチャルインパクトである。

② 原理・構造

3段階の粒子捕集構造となっており、上部から順に1段目がPM10分級部で $10\mu\text{m}$ 以上の粗大粒子、2段目がPM2.5分級部で $2.5\sim 10\mu\text{m}$ の粒子（PM10-2.5）を分級・捕集する。そして、3段目にはPM2.5捕集部があり、目的とするPM2.5をフィルタで捕集する。また、分級部は加速ノズルと捕集ノズルを同軸上に配した構成で、加速ノズル通過流量の約1割を捕集ノズルで吸引する形式にすることで、含塵気流は捕集ノズル手前で方向を変えて次段へと流れ、設定したカットオフ径以上の粒子は主

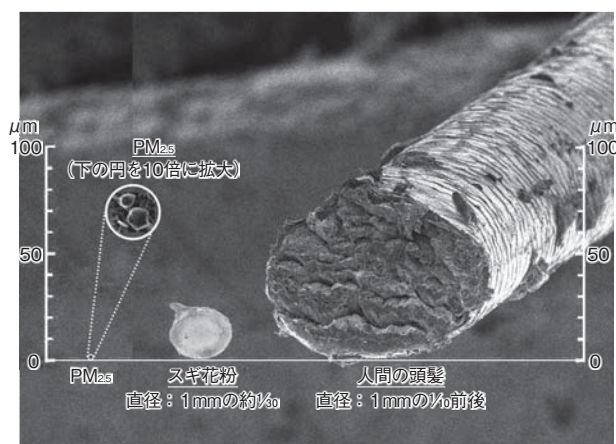


写真6 PM2.5(東京都ホームページから引用)



写真7 バーチャルインパクト概観



写真8 バーチャルインパクト概観(分解)

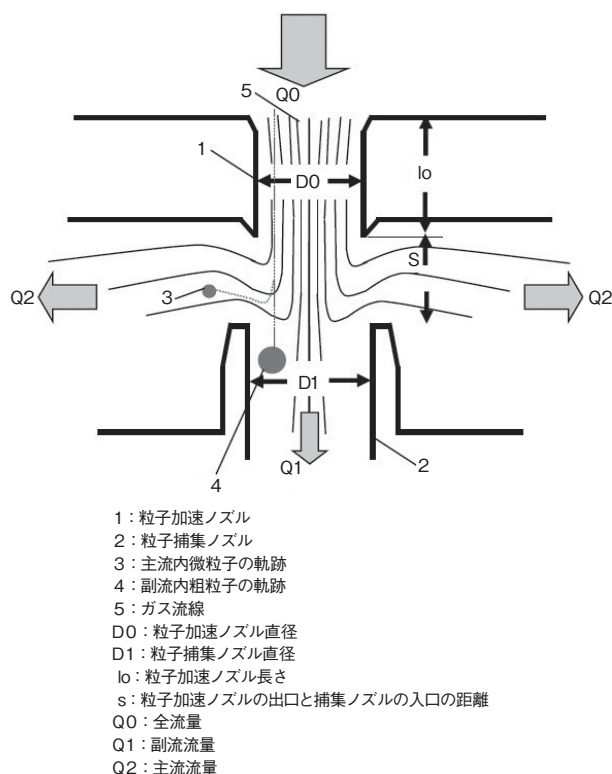


図6 バーチャルインパクト原理

流を外れて直進し、捕集ノズルを通してフィルタで捕集される。この機構によってPM2.5粒子を捕集したフィルタ重量を測定することで、PM2.5濃度を測定する仕組みである。

③ 特長

大気環境測定器のように捕集粒子の β 線吸収量から計算して濃度を測定するものとは異なり、微粒子発生源での濃度測定の標準化を目的とし、煙道での直接測定に耐える仕様となっている。そのため、排ガス濃度や温度が高く、大流量測定が必要とされる微粒子発生源（製鉄炉や火力発電炉等）の煙道中など厳しい条件下での測定が可能である。

また、バーチャルインパクト法では、捕集板を使わず吸引ノズルで粗粒子を吸引する形式のため、カスケードインパクト法で問題となる捕集板上での粒子の跳ね返りや再飛散が生じないため、捕集量にかかわらず分級性能は安定しており、PM2.5濃度を過大評価することがない。また、捕集板にグリース等の粘着剤を用いないため、大気中よりも高温で反応性ガスを含む場合が多い煙道中などでのグリースの揮発や分解、反応等による質量変化が生じない。そのため、高温や高粉塵濃度での正確な測定に適し

ている。更にサイクロン法との比較においても、捕集量が多い場合の微粒子搬送気流への粗粒子の巻き込みや分級された粗粒子の壁面付着等の問題を回避できるため、特に高濃度測定では優位性が高い。

このように、厳しい条件下で正確なPM2.5濃度の測定を可能とする当測定装置は、PM2.5対策として企業に過剰な設備投資を強いることなく、それぞれの施設に適切な能力を有する抑制設備の設置に効果を発揮する。そればかりか、正確な現状認識を可能にする測定装置の提供は、今後ますます強化が予想される環境規制をクリアする投資を適切な範囲に抑えることで、企業の環境問題への取り組みを支援することにもつながる。

④ 適用例

バーチャルインパクト法を用いた当装置の国際的な規格面での適用例としては、2012（平成24）年6月のISO13271規格化に続いて、2013年には英国規格協会（BSI）がISO13271と整合をとった英国規格（BS）としてBS/ISOに当規格を採用しており、バーチャルインパクト法の優位性は国際的に立証されつつある。更に、同国際規格は、今夏JIS（日本工業規格）にも採用され、日本でも規格化された。

3. おわりに

粉体技術は、俯瞰的に見ればニッチな技術分野である。しかし、工業原料のほとんどが最終製品または中間体のいずれかの段階で何らかの関わりを持つ技術でもある。それゆえ、直感的には分かりづらいかもしれないが、人の生活と密接に係わりを持つ要素技術のひとつと言える。生活や文化の進歩と共に常に工業的な新しいニーズが生まれ、それを満たすことで生まれる新しい価値を創造するために開発される技術やそれを現実のものに加工、生産する産業機械が求められてきたのである。

粉体技術は、耳慣れない地味な技術であるかもしれない。しかし、産業の不断の進化を支える基盤技術として、なくてはならない役割を将来も果たし続けるものと考えている。当社は、この粉体技術の分野で日本が得意とした“ものづくり”を通じて、新たな価値創造に努め、“知る人ぞ知る企業”として、社会に貢献する存在であり続けることに意義を見出す。