

事例

# 機能性粉体の加工を支える微粉碎技術

ホソカワミクロン(株) Higashiwada Tuyoshi  
東和田 剛司

粉体工学研究所 技術開発部 開発室  
〒573-1132 大阪府枚方市招堤田近1-9  
☎072-855-5967

## ▶はじめに

粉碎は、粒子に衝撃、圧縮、せん断、摩砕の力を加えることにより、粒子サイズを減少させる単位操作の一つである。粉碎により材料のサイズを小さくすることで、比表面積の増加、分散性・溶解性の向上、焼成品の緻密化など材料特性の向上に用いられている。

読者の多くがスマートフォンやPCなどを日々使用されていると思うが、これらの日常経験から製品トレンドの大きな方向性のひとつに軽量化、小型化、そこに起因するポータブル化、ウェアラブル化があることは異論がないものと思われる。つまり高機能でかつ軽量、あるいは小型である最終製品が求められており、そこに使用される材料、デバイスにも当然小さなものが要求されている。粉体においても小型化、微粒子化はひとつの大きなマーケットトレンドだと言える。

この微粒子を製造する方法は大きく2つに大別される。1つは、原子や分子あるいはイオンを化学反応より生成し、またその成長を制御することで微粒子を1から作り出す「ビルドアップ法」である。もう1つは、原材料に機械的なエネルギーを加えることで、粉碎、微粒子化する「ブレイクダウン法」である。

本稿では、このブレイクダウン法による微粉碎について紹介する。なお、この微粉碎操作あるいは

は粉碎操作を液体中で行うものを湿式粉碎と言い、気体中で行うものを乾式粉碎と言う。実際の粉碎(微粉碎)プロセスにおいては、粉碎品粒度、最終製品の形態、前後工程などを考慮して、このどちらかを選定することになる。

湿式微粉碎は、小さなメディア(一般的に1mm以下)を用いて、粉体材料を攪拌しながら微粉碎する方法である。この湿式粉碎方式では、バッチ運転が主流であり、液中での分散力を活かした一次粒子の凝集防止などにより、サブミクロン領域の微粉碎を得意としている。

湿式微粉碎ではサブミクロン領域までの微粉碎が可能といったメリットを有するが、乾粉状態での粉碎製品が望まれる場合には、固液分離、乾燥、廃液処理などの多数の工程が必要となるため、プロセス上のデメリットも存在する。また後述する乾式粉碎に比べるとコンタミネーションが多いと言われている。

一方の乾式微粉碎は、メディアミルやジェットミルにより行われることが多く、数 $\mu\text{m}$ ~10 $\mu\text{m}$ 程度の微粉碎を得意とした連続プロセスが一般である。

本稿では、乾式微粉碎技術であるメディアミルとジェットミルに焦点をあて、当社装置を例に、一般論から最近の取り組みまで説明する。

また、乾式微粉碎プロセスでは、得られる微粒子のサイズを決める分級技術が極めて重要となる

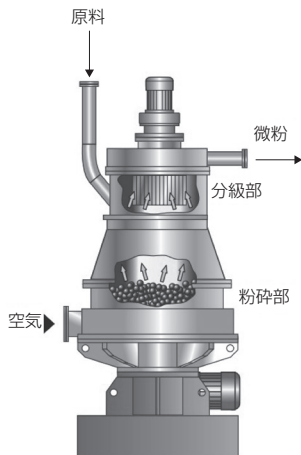


図1 攪拌型媒体ミル プルビスの概略構造

ため、この最新の取り組みについても紹介する。

### ▼乾式攪拌型メディアミル

ボールミルに代表されるメディア攪拌型の粉碎機は、省エネルギーでサブミクロン領域までの粉碎を可能としている。

メディア攪拌型の粉碎機の一例として分級機を内蔵した攪拌型メディアミルであるプルビスを用いて紹介する。このプルビスは下部に粉碎部、上部に分級部をもつコンパクトな装置であり、その概略構造を図1に示す。

装置下部には直径数ミリ程度のメディアを強制的に攪拌する粉碎部が設けられており、中央より投入された原料はメディアと一緒に攪拌される。このとき、原料はメディア間で強力な衝撃力、圧縮力、せん断力、摩砕力などのさまざまな力を受けることにより微粉化され、底部から流入する気流により装置上部の分級部に運ばれる。

分級部には分級ロータが設けられており、粒子は、分級ロータの遠心力と気流の向心力のバランスにより、粗大粒子は粉碎部に戻され、所望するサイズ以下の微粒子が分級部を通過する。この微粒子は粉碎品として気流と一緒に捕集機まで運ばれ回収される。

このプルビスと乾式で微粒子を得るもう一つの一般的な手法であるジェットミルとで粉碎した際の粉碎品粒度の比較例を図2に示す。

横軸は粉碎品の平均粒子径( $\mu\text{m}$ )、縦軸は原料

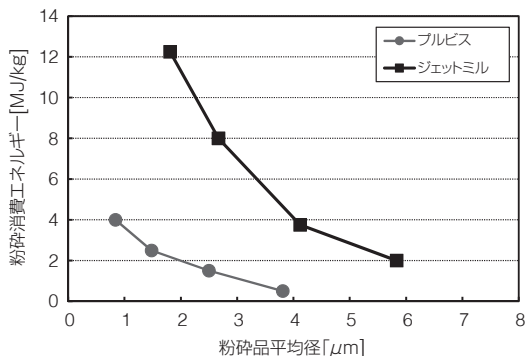


図2 粉碎消費エネルギーの比較

単位質量あたりの粉碎消費エネルギー (MJ/kg) を表している。下側へ行くほどエネルギー効率が良いことを示している。図2より、プルビスでは、ジェットミルと比較すると極めて低い粉碎消費エネルギーで、 $1\mu\text{m}$ 以下の微粒子を得ることができていることがわかる。

プルビスが低い粉碎消費エネルギーで微粒子を効率良く得られている理由は、以下のように説明できる。ジェットミルに代表される多くの乾式微粉碎方法と比べて、プルビスに代表される乾式攪拌型メディアミルは粉碎部における原料粒子の存在確率が高い。メディアがあるところに粉碎対象となる原料を保持する構造を有しており、微粒子化に伴う慣性力の影響を少なくしているため、高い頻度で効率的に粉碎を行えているからだと考えられる。

プルビスではメディア攪拌型の粉碎機に分級機を内蔵することで、サブミクロン領域の微粒子を連続的に効率よく生産することを可能にしている<sup>1),2)</sup>。このプルビスの最大機種はメディア量200Lの装置であるが、これ以上の大型化が難しい。

当社ではさらなる大型化の要望に応えるため、メディア量約400Lに対応した横型攪拌型メディアミルの開発を行っている。

なお、攪拌型メディアミルは高い粉碎効率を有するが、その粉碎原理にメディア(セラミックボールなど)を使うため、メディアに由来するコンタミネーションの量が、ジェットミルに比べると多いと言われている。