



SDGs を意識したホソカワミクロンの装置・技術開発

Hosokawa Micron's Equipment and Technology Development Considering SDGs

村田 憲司

ホソカワミクロン株式会社 粉体工学研究所開発室 室長

Kenji MURATA

Section Manager, Development Section, Powder Technology Research Institute, Hosokawa Micron Corporation, JAPAN

抄 録

産業向け機器を製造・販売する企業の責任として、エネルギー効率の良い製品の開発は必須である。本稿ではエネルギー効率が良いホットエアジェットミル、省エネルギーを意識して開発した分級機内蔵衝撃型微粉砕機 ACM の最新機種である ACM-F 型について報告する。また、プラント全体の効率を改善する取り組みの第一歩として販売を開始した遠隔監視およびデータ収集システムである HOSOKAWA GEN4 RM の概要を紹介する。

ABSTRACT

The development of energy-efficient products is an essential responsibility of companies manufacturing and selling industrial equipment. This paper reports on the energy-efficient hot air jet mill and the ACM-F, the latest model of the impact pulverizer ACM with built-in classifier, which was developed considering energy savings. It also presents an overview of the HOSOKAWA GEN4 RM, a remote monitoring and data collection system that was launched as a first product towards improving the efficiency of the entire plant.

1 はじめに

産業向け機器を製造・販売している当社にとって「持続可能な開発目標」に対し、社会に貢献できる項目として、機器のエネルギー効率を向上させることが挙げられる。当社の機器は、お客様の工場で稼働し続け、エネルギーを消費する。そのため、エネルギー効率の高い装置を開発し、新機種に切り替えていただければ、多くのお客様の工場で消費するエネルギーを低く抑えることができるようになる。

無論、エネルギー効率は従来からも重要な指針で

はあるが、昨今の社会情勢から、より重要な指針になっていると考えている。

本稿では粉砕工程に焦点を当て、従来より高い粉砕効率が得られるホットエアジェットミル、省エネルギーを意識して開発した分級機内蔵衝撃型微粉砕機 ACM の最新機種である ACM-F 型について報告する。また、プラント全体の効率を改善する取り組みの第一歩として販売を開始した遠隔監視およびデータ収集システムである HOSOKAWA GEN4 RM の概要を紹介する。

2 ホットエアジェットミル

2.1 ジェットミルとは

ジェットミルは圧縮ガスをノズルから噴出して粒子を加速し、加速した粒子同士を衝突させることで、あるいはガスと粒子を衝突させることで粒子を粉碎する。粒子を高速で衝突させることができるため、粉碎力が強く、数〜サブミクロン領域の超微粉碎用途に適用されることが多い。

本稿では対向したノズルを持ち、粒子同士を衝突させた衝撃により粉碎を行う流動層型のジェットミルである AFG 型ジェットミルを用いてテストを行った。図 1 に AFG 型ジェットミルの外観を示す。ジェットノズルを備えた粉碎部の上部に、製品の粒子径を制御するための分級部を備えており、分級ロータの回転速度を調整することで所望の粒子径の製品を得ることができる。表 1 に、分級部が異なる AFG-CRS 型と AFG 型ジェットミルのラインアップと仕様を示す。



図 1 AFG 型ジェットミル外観
Fig. 1 Appearance of AFG-type jet mill.

表 1 AFG 型ジェットミルのラインアップ

Table 1 Product line of AFG-type jet mill.

型式	AFG-CRS	200	400/4	630/3	710/4
スケールアップファクタ	(-)	1	4	10	16
粉碎空気量	(Nm ³ /h)	300	1200	3000	4800
粉碎ノズル個数	(-)	3	3	4	4
分級機型式	CR(S)(φ)	150	150	320	370
分級ロータ個数	(-)	1	4	3	4
分級動力	(kW)	3.7	3.7×4	11×3	15×4
* 分級回転速度	(rpm)	10500	10500	6000	5200

* セラミックス製ロータ使用の場合

型式	AFG	100	200	400	400/4	630	710	710/4
スケールアップファクタ	(-)	-	1	4	4	10	16	16
粉碎空気量	(Nm ³ /h)	96	300	1200	1200	3000	4800	4800
粉碎ノズル個数	(-)	-	3	3	3	4	4	4
分級機型式	ATP(φ)	50	100	200	100	315	400	200
分級ロータ個数	(-)	1	1	1	4	1	1	4
分級動力	(kW)	1.0	3.7	5.5	3.7×4	11	11	5.5×4
* 分級回転速度	(rpm)	22000	11500	6000	11500	4000	3150	6000

* セラミックス製ロータ使用の場合

2.2 ホットエアの作り方

コンプレッサの圧縮空気を電気ヒータで加熱すればホットエアが得られることは言うまでもない。しかし、当然ながら、電気ヒータなどの加熱するための設備では、エネルギーを使用することになり、本末転倒になる。実際はコンプレッサで空気を圧縮する過程では熱が発生しており、通常はこの熱をクーラで取り除いた後の圧縮空気を使用している。つまり、この発生した熱を取り去る前の圧縮空気を取り出すとホットエアが得られる。コンプレッサで使用したエネルギーをそのまま使用するため、余分なエネルギーを使うこともなく、また、これまで冷却に使っていたエネルギーを省略することができる。

2.3 テスト内容

粉砕に使用する圧縮空気量当たりの粉砕能力を常温の圧縮空気とホットエアで比較した。テストには標準エア量が $5 \text{ Nm}^3/\text{min}$ の 200AFG と $20 \text{ Nm}^3/\text{min}$ の 400AFG を使用した。原料は市販のシリカとタルクを用いた。

2.4 テスト結果

図 2, 3 にタルクおよびシリカのテスト結果を示す。横軸に粒子径を示し、縦軸に粉砕効率（圧縮空気量当たりの処理能力）を示している。空気温度の

影響とともに、標準空気使用量が異なる 2 つのスケールの装置の性能を比較した。

図 2, 3 から明らかなように $3 \mu\text{m}$ 以上の領域ではタルク、シリカともホットエアの方が 50% 前後も高い粉砕効率を示している。また、圧空使用量は粉砕効率には大きく影響しておらず、どちらの装置でも同様の粉砕効率を得ることができており、風量によるスケールアップが可能であることを示している。

2.5 ホットエアの粉砕効率への寄与について

前述のようにジェットミルは圧縮エアの持つエネルギーを使って粒子を加速させることにより粉砕のエネルギーとしている。温度が高くなるとノズルから噴射されるガス速度が速くなることが知られており、このことから温度が高い方が粒子に与えられる運動エネルギーが大きくなることが考えられる。また、温度が高くなるとガスの実体積も増えることから、粉砕に寄与する流体の体積が増えるため、粉体の衝突領域、頻度が増えることになる。これらのことが粉砕効率の向上に寄与していると考えられる（渡辺, 2021）。

2.6 産業への応用

ホットエアを使用するため、トナー、食品や医薬品など熱により変質するような材料には適用できない

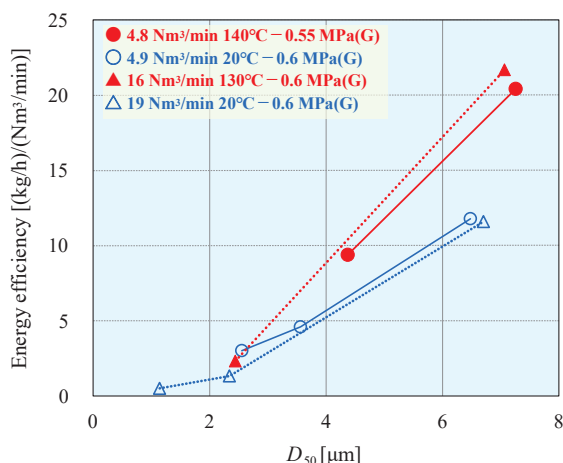


図 2 AFG 型ジェットミルによるタルクの粉砕結果 圧縮エアの量と温度の粉砕効率への影響

Fig. 2 Results of talc milling with AFG-type jet mills. Effect of compressed air volume and temperature on milling efficiency.

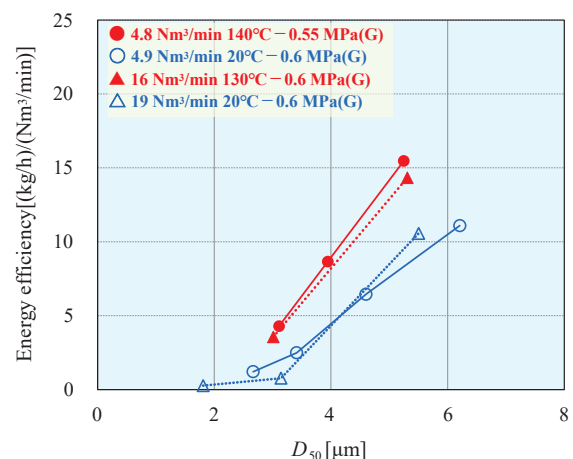


図 3 AFG 型ジェットミルによるシリカの粉砕結果 圧縮エアの量と温度の粉砕効率への影響

Fig. 3 Results of silica milling with AFG-type jet mills. Effect of compressed air volume and temperature on milling efficiency.

い。本稿で使用したタルク、シリカなどのミネラルの粉砕は一般に高い処理能力を求められることが多く、機器のスケールも大きくなる傾向がある。粉砕効率向上によるエネルギーコスト低減効果も高くなることが予想され、本技術の適用に適している用途の一つであるといえる。

当社大阪のテストセンターにはホットエアを使用できる 400AFG を設置しており、実生産機レベルでのテストが可能である。

3 ACM-F 型

3.1 ACM とは

ACM パルペライザは分級機を内蔵した衝撃型微粉砕機で、様々な産業向けに世界中で数多く使用されている。図 4 に基本構造を示す。

機内に投入された原料はライナと粉砕ロータにより粉砕され、分級ロータで微細な粒子のみを取り出し、粗大な粒子は再び粉砕ゾーンに戻るよう設計されている。ホソカワミクロンでは 25 年以上にわたり販売しており、また、この間に継続的に改良を行ってきた。

3.2 ACM-F 型の特徴

シリーズラインナップの最新機種が ACM-F 型である。ACM-F 型は多種多様なハンマーを簡易に交換可能であるモジュール化を意識した構造を採用しており、従来の ACM で機種別に対応していた幅広

い仕様を 1 機種で対応することができる。ACM-F の外観を図 5 に示す。

3.3 低風量運転

F 型のもう一つの特徴は、従来の ACM では困難であった低風量での運転を可能にしたことである。これにより設備全体のスケールダウンが可能になり、設置スペースおよびエネルギーコストを低減することができる。図 6 に市販の重質炭酸カルシウムを原料に、従来型 ACM と最新型の ACM-F でそれぞれ風量 $15 \text{ m}^3/\text{min}$ と $5 \text{ m}^3/\text{min}$ により運転した結果を示す。横軸が粒子径で縦軸に粉砕効率として電力量当たりの粉砕能力を示した。

従来型の ACM は $15 \text{ m}^3/\text{min}$ で運転している場合は F 型と同等の粉砕効率を示すが、運転風量を $5 \text{ m}^3/\text{min}$ に下げると粉砕効率が明確に低下する。F 型は風量 $15 \text{ m}^3/\text{min}$ と $5 \text{ m}^3/\text{min}$ で粉砕効率は変わらない。これは F 型で新たに採用したガイドリング F により実現された。

3.4 ラインナップ

表 2 に ACM-F 型のラインナップと仕様を示す。大阪のテストセンターには ACM-15F および ACM-30F を設置しており、随時テストが可能である。

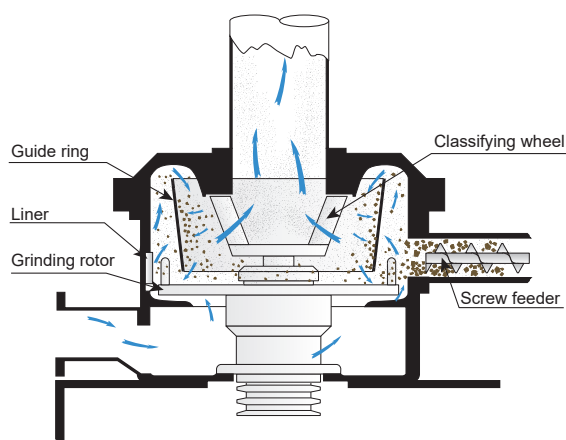


図 4 ACM パルペライザの基本構造

Fig. 4 Basic structure of the ACM pulverizer.

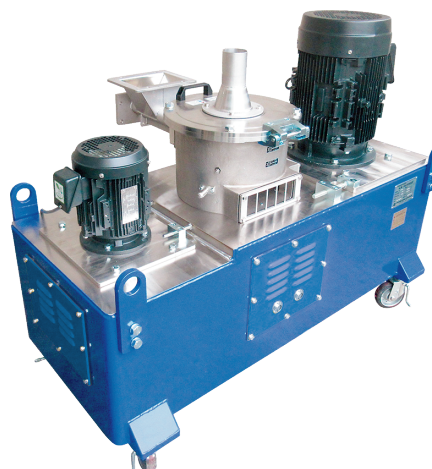


図 5 ACM-F の外観

Fig. 5 Appearance of ACM-F.

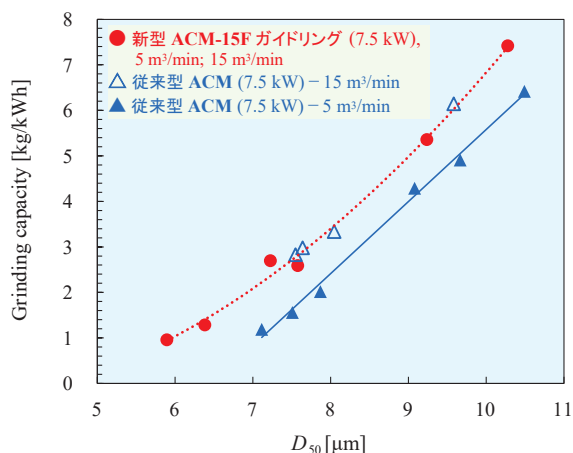


図6 ACM-Fの従来機との粉砕効率比較

Fig. 6 Comparison of grinding efficiency of the ACM-F with a previous ACM model.

表2 ACM-F型のラインナップ

Table 2 Product line of ACM-F.

型式	ACM-	15F	30F	60F
動力	粉砕 (kW)	11	22	45
	分級 (kW)	1.5	5.5	11
最大回転速度	粉砕 (rpm)	8,000	5,800	3,600
	分級 (rpm)	7,000	5,400	3,600
標準風量	(m³/min)	~15	~45	~90
幅 (W)	(mm)	1,500	1,900	2,900
奥行 (D)	(mm)	700	1,000	1,500
高さ (H)	(mm)	1,200	1,200	1,600
概略質量	(kg)	600	1,200	3,000

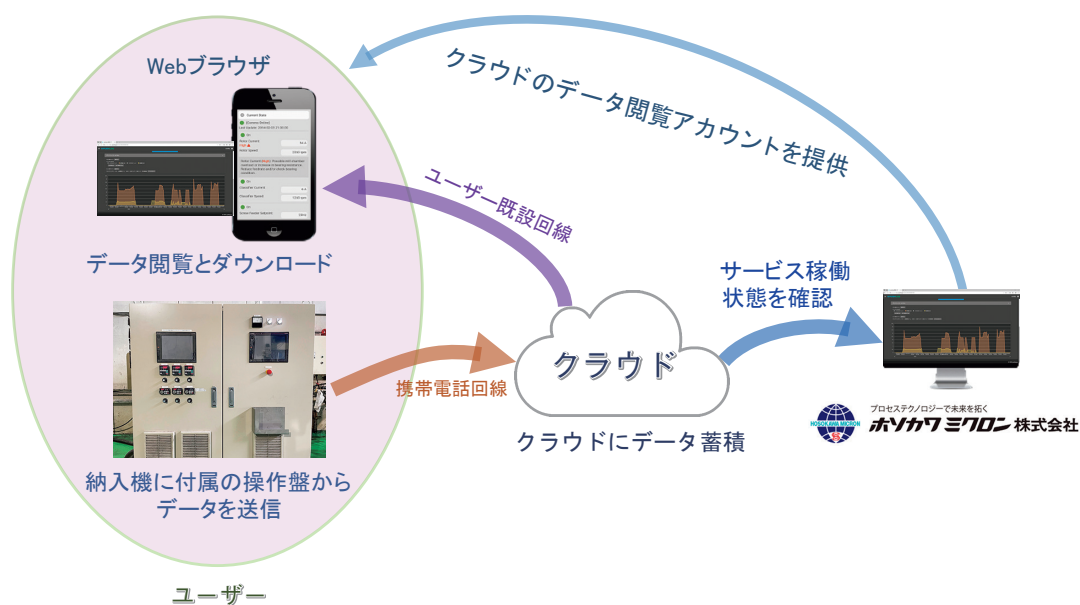


図7 HOSOKAWA GEN4 サービスの概要

Fig. 7 HOSOKAWA GEN4 RM service overview.

4 HOSOKAWA GEN4 RM

HOSOKAWA GEN4はホソカワミクロンにおけるIoTシステムを用いてデータ活用を行うことにより、新たな価値を生み出すための取り組みの総称である(藤田ら, 2020)。HOSOKAWA GEN4 RMはその第一歩となる製品でRemote Monitoring, つまり遠隔監視を可能にするサービスである。サービスの

概要を図7に示す。

送信するデータの種別はユーザーが任意に決めることができ、制御盤からクラウドへのデータ送信設定は完了した状態で納入するため、ユーザーは機器、制御装置、PCなどの設定を一切触る必要なく、リモートモニタリングシステムを構築することができる。クラウドに送られたデータは既存の回線を使い、Webブラウザで閲覧することができる。本システ

ムの主な機能は以下の通りである。

- ・装置・機器の設定・計測の現在値一覧
- ・保存したデータのダウンロード
- ・トレンドグラフ表示
- ・ダッシュボード上での異常警報
- ・異常発生メールによる通知

各測定値の警報設定はユーザーがwebブラウザ上で簡易に設定することができ、メールによる通知先もユーザーが任意のアドレスを設定可能である。

このシステムにより、ユーザーは現場に出向かなくても設備状態を把握することができる。また、アラームやメールによる通知機能により、トラブルが発生した場合にも迅速に対応することが可能になる。また、電流値、温度、振動などの機器稼働条件や状態を記録できることから、発生したトラブルの原因を後から遡って調査することも可能である。

インテリサイザ（粒子径分布測定装置）などのオンライン測定機のデータを取り込めば、設備稼働条件と製品特性も併せて記録できることから、蓄積したデータを解析することで、より効率の良い生産条件の探索や、設備の時系列データから最適なメンテナンスへ応用できる可能性を秘めている（村田ら、2021）。

まずはデータ収集することがこれらの可能性の第一歩であり、ホソカワミクロンはこのシステムを通して、ユーザーの生産性、設備効率の向上をサポートしていく。

5 おわりに

本稿では、SDCsを意識したホソカワミクロンの開発ということで、高いエネルギー効率を意識して開発したホットエアジェットミルとACM-F型を紹介した。SDGs、カーボンニュートラル、気候変動に対する取り組みなど、今後はますます省エネルギーに対する要求も大きくなっていくと考えられる。ホソカワミクロンは単にエネルギー効率の高い新製品の開発にとどまらず、プラント全体の効率化を進めるための技術開発を進めていく所存である。

HOSOKAWA GEN4はそのための1つの方向性であり、その第一弾として販売を開始したHOSOKAWA GEN4 RMを紹介した。本サービスも大阪・東京のテストセンターのテスト場に設置しており、当社機器をテストしながら体験することが可能である。

References

- Fujita S., Kitamura T., Murata K., Innovation of powder process using IoT, AI, The Micromeritics, 63 (2020) 90–96. 藤田幸, 北村 智浩, 村田 憲司, IoT, AIを用いた粉体プロセスの革新, 粉砕, 63 (2020) 90–96.
<https://doi.org/10.24611/micromeritics.2020016>
- Murata K., Kitamura T., Kawahara M., Particle size distribution analyzer and powder processing, The Micromeritics, 64 (2021) 56–61. 村田 憲司, 北村 智浩, 河原 正佳, 粒子径分布測定機と粉体処理プロセスについて, 粉砕, 64 (2021) 56–61.
<https://doi.org/10.24611/micromeritics.2021013>
- Watanabe A., Hot gas jet mill, The Micromeritics, 64 (2021) 48–51. 渡辺 晃, 高温ジェットミル, 粉砕, 64 (2021) 48–51.
<https://doi.org/10.24611/micromeritics.2021011>

著者紹介



村田 憲司 Kenji MURATA

〔経歴〕 1991年岡山大学工学部精密応用化学科卒業。財団法人ファインセラミックスセンター等を経て2003年ホソカワミクロン株式会社に入社し、粉体工学研究所に配属。メンテナンスサービス事業本部を経て2017年より現職。

〔専門〕 材料化学, 粉体工学。

〔連絡先〕 kmurata@hmc.hosokawa.com