

# 粒子径分布測定機と粉体処理プロセスについて

## Particle Size Distribution Analyzer and Powder Processing

村田 憲司<sup>1</sup>, 北村 智浩<sup>2</sup>, 河原 正佳<sup>3</sup>  
Kenji MURATA<sup>1</sup>, Tomohiro KITAMURA<sup>2</sup>, Masayoshi KAWAHARA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ホソカワミクロン株式会社 粉体工学研究所 研究開発部 研究室長  
<sup>2</sup> 同 研究員  
<sup>3</sup> 同 研究開発部長

<sup>1</sup> Laboratory Office Section Manager, Powder Technology Research Institute, Hosokawa Micron Corporation, JAPAN

<sup>2</sup> Powder Technology Research Institute, Hosokawa Micron Corporation, JAPAN

<sup>3</sup> Manager, Powder Technology Research Institute, Hosokawa Micron Corporation, JAPAN

### 抄 録

粉体処理プロセスにおいて、粒子径分布は非常に重要な物性の一つである。一般的には粉体処理プロセスで生産された製品を一定期間ごとに少量サンプリングし、品質管理室などに設置してある粒子径分布測定装置により測定を行う。しかし、近年、生産管理の高度化、IoT化や省人化などへの期待からオンラインの粒子径分布測定装置が求められるようになってきた。本稿では当社のオンライン粒子径分布測定機オプティサイザ<sup>®</sup>シリーズを用いたシステムを紹介し、粒子径分布のオンライン測定で注意すべきこと、フィードバック制御、リモートモニタリングシステムへの応用について記載する。

### ABSTRACT

Particle size distribution is one of the most important physical properties in powder processing. Generally, a product produced in a powder process is sampled a little at regular intervals and measured by a particle size distribution measuring device installed in another room. However, in recent years, an online particle size distribution measuring device has been demanded from the expectation of advanced production management, IoT and labor saving. This paper introduces the system that uses our online particle size analyzer Optimizer<sup>®</sup> series. What should be noted in the online measurement of particle size distribution, feedback control and application to remote monitoring system are described.

## 1 はじめに

粉体処理プロセスにおいて粒子径分布は非常に重要な物性の一つである。一般的には粉体処理プロセスで生産された製品を一定期間ごとに少量サンプリ

ングし、人がサンプルを運び、品質管理室などに設置してある粒子径分布測定装置により測定する。しかし、この方法では処理から測定までに長い時間を要するため、粒子径が管理範囲から外れた製品であることが判明した場合、製造条件を修正するまで規

格外品が製造され続ける。また、サンプリングや測定などに多くの人手を介すため、測定値に人的なミスが影響する可能性もある。

このような背景もあり、近年はオンラインでの粒子径分布測定の需要が高まっている。以下にオンライン測定によるメリットを列挙する。

- ① 連続監視による製品の品質向上
- ② 人的ミスの排除
- ③ 閉回路での測定が可能（可燃性、毒性材料のハンドリングリスク低減）
- ④ サンプリング、測定の省人化

さらに情報通信技術の発達、産業界へのIoT (Internet of Things) の浸透により、単にオンラインで測定するだけでなく、測定値をプラントの稼働状態と合わせてリモートモニタリングしたり、測定結果をプラントの稼働条件にフィードバックすることも行われている。

当社ではこのようなニーズにオンライン粒子径分布測定装置「オプティサイザ®」シリーズを提案している。

## 2 オプティサイザ® シリーズについて

以下にオプティサイザ® シリーズの特徴を示す。個々の型式はすでに本誌等で紹介済み<sup>[1-8]</sup>であるので詳細は割愛する。

### 2.1 測定原理

粒子径分布測定に広く用いられるレーザー回折・散乱法を適用している。そのため、他の一般的な粒子径分布測定機の測定値と良い相関がある<sup>[1]</sup>。

### 2.2 型式および特徴

現在販売している型式一覧を表1に示す。なお、従来モデルのXO型は2020年12月で販売終了となるが、部品の供給などは2025年末まで対応する。

表1 オプティサイザ®シリーズ型式一覧  
Table 1 Optisizer® series model list.

型式名称	測定可能粒子径範囲 [μm]
XI(XP)220P	0.5 ~ 220
XI(XP)550P	1.2 ~ 550
XI(XP)1100P	2.5 ~ 1100

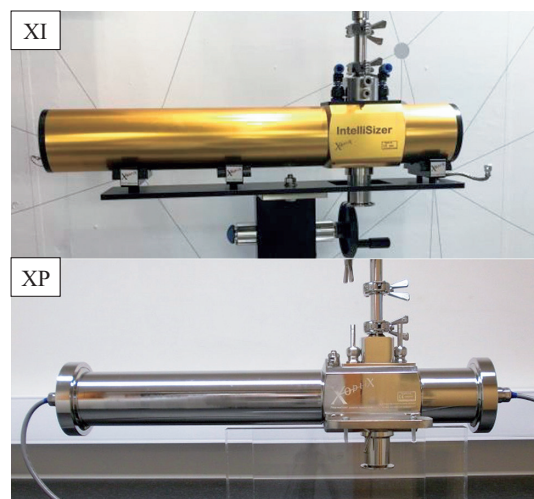


図1 XIおよびXP 外観写真  
Fig. 1 Photographs of XI and XP.

XI：インテリサイザ™

XP：ファーマサイザ™（医薬向けモデル）

この2つの型式の主な特徴は以下の通りである。

- XI：① バックグラウンドの自動判定プログラム。  
② 独自の自動監視、自動判断およびセルフクリーニング技術。  
③ PLC（制御装置）による運転制御を行うための測定結果のフィードバック機能。
- XP：① GAMP（Good Automated Manufacturing Practice）対応。  
② 本体がSUS316L、Ra 0.5 μm 電解研磨および専用Oリング使用。  
③ ソフトウェアは21 CFR Part 11に準拠。  
④ オプションでATEX（防爆）対応およびCIP対応が可能。

図1にXIおよびXPの外観写真を示す。

図2にXI機内のサンプルの流れを示す。プロセスラインから供給されたサンプル（図2①）は空気輸送により測定部に運ばれ、測定後は系内に戻すことができる（図2④）。そのため、製品のロスはない。また、XI機内の気流を制御することによりサンプルによる測定セルの汚染を防ぐことができる。

## 3 測定および制御

### 3.1 フローシート

当社の衝撃型分級機内蔵微粉碎機ACMパルベライザ®のラインにインテリサイザ™を適用したフローシート例を図3に示す。粉碎された原料は内蔵

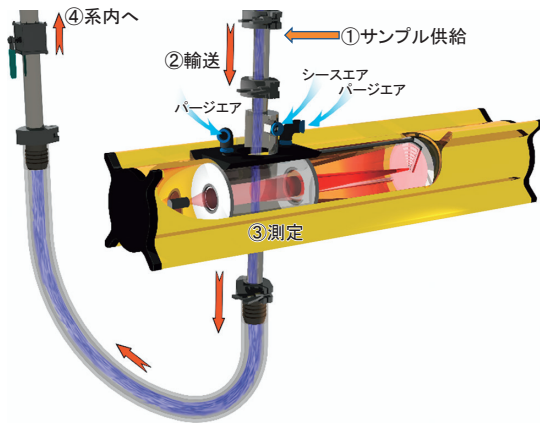


図2 XI機内のサンプルの流れ  
Fig. 2 XI Internal sample flow.

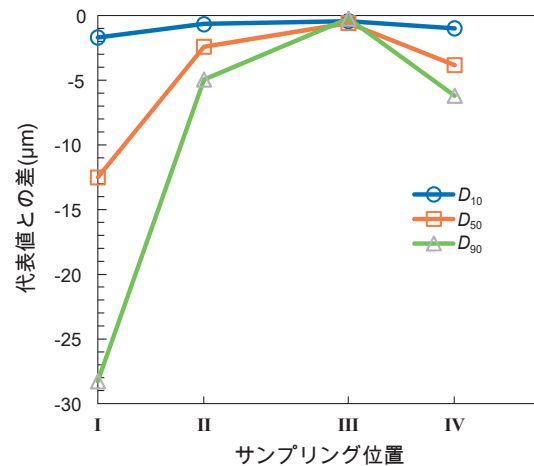


図4 サンプリング位置による測定値の変化  
Fig. 4 Changes in measured value depending on sampling position.

された分級機により分級され、所望の粒子径の製品を得るシステムである。

### 3.2 測定

粒子径分布の測定ではサンプリング技術が非常に重要な役割を果たす。粉体プロセスでの粒子径は分布を持っているので、サンプリング方法により、偏析や付着などの影響を受け、測定結果に差異が生じる。サンプリング方法は大きく分けてA. 気流配管中 B. 粒子捕集後がある (図3)。一般に後者のほうが前者よりも安定した測定結果が得られ、また、測定時間のタイムラグも制御上問題になることはない。まず、最初に前者の方法は解決しなければならない多くの課題がある点について述べる。気流配管中からのサンプリング (図3A) においてサンプリング位置を変更した場合の測定値の差異を図4に示す。グラフ縦軸に記載した代表値の意味は、同一条件の

処理を行った製品を捕集後に良く混合し、分取したサンプルをXIで測定した値である。この値と気流配管中からの測定値が同一であった場合は縦軸の代表値との差が0になる。図4から明らかなようにサンプリング位置III以外は代表値と異なっている。また、この例では特に90%通過径  $D_{90}$  の変動が大きく、サンプリング位置により粗粒子側を捕集しきれていないことがわかる。図5には空輸配管中からサンプルを吸引する際の吸引速度が測定値に与える影響を示す。一般に空輸配管中からのサンプリングでは、配管中の主流速  $U_0$  (図5) より吸引速度  $U_1$  (図5) が速くなると粗大粒子が吸引されにくくなり、測定値は代表値より小さくなることが知られている<sup>[9]</sup>。図5に示すように、XIのサンプリングにおいても同様の傾向があり、吸引条件の設定には注意が必要

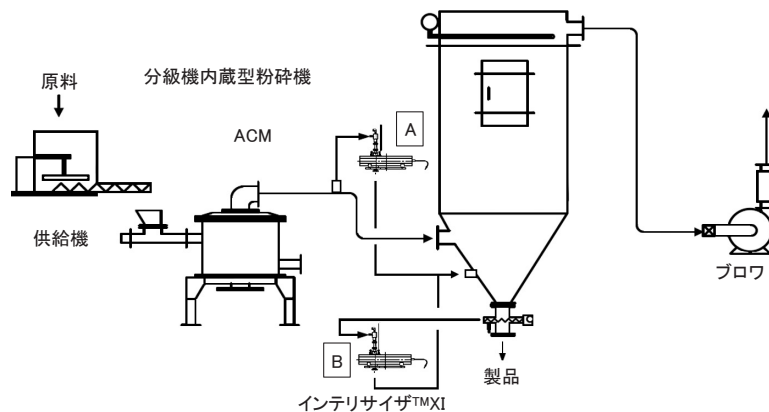


図3 インテリサイザ™XIを組み込んだ粉砕プロセスのフローシート  
Fig. 3 Flowsheet of grinding process with intellisizer™ XI.

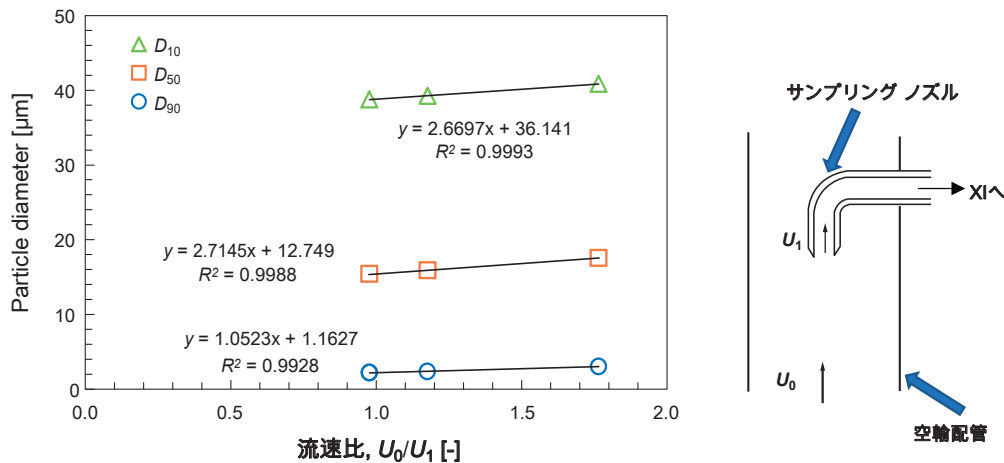


図5 サンプリングの流速比が測定値に与える影響  
Fig. 5 Effect of flow velocity ratio on measured value.

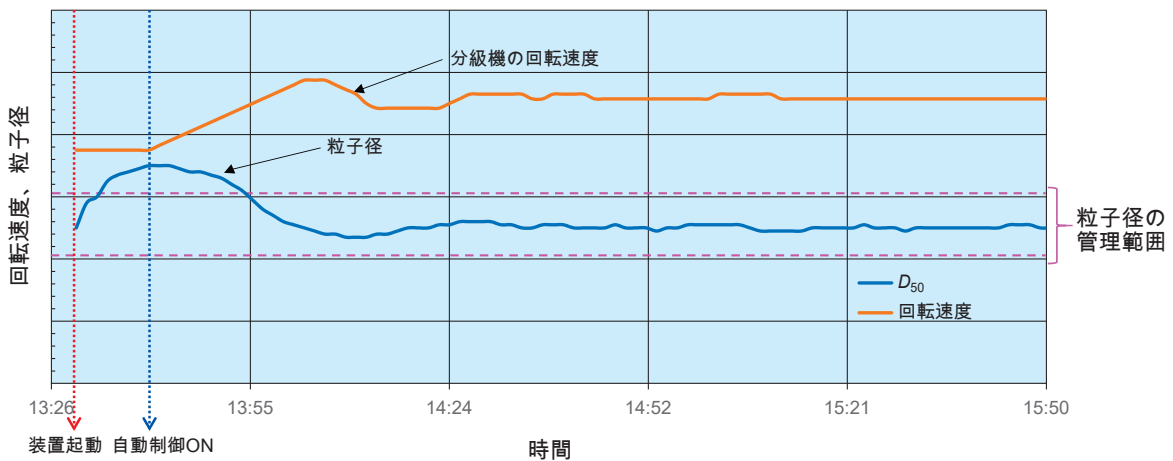


図6 粒子径のフィードバック制御：回転速度と粒子径の推移  
Fig. 6 Particle size feedback control: Transition of rotation speed and particle size.

なことがわかる。このように、気流配管中のサンプリングは克服すべき事項が多い。

従来は適切にサンプリングされたサンプルを測定担当者が適正に前処理を行うことで、測定値の正しさを担保してきたが、オンライン測定においても同様に適切なサンプリングを行う必要がある。サンプリング方法はシステムの稼働条件やサンプルの特性などによって一定ではないこともわかっている。他にも XI 機内の粉体濃度などの測定値に影響を与えるパラメータがあり、適切なサンプリング条件を確立することは容易ではない。

このように気流配管中からのサンプリング (図 3A) は、制約が多く、事前に十分な検討が必要であるが、製品捕集後 (図 3B) などの条件下は比較的安定して代表サンプリングが可能な方法であり、

標準で推奨しているフローシートである。

当社ではサンプリングに関する知見も多く保有しており、個々の案件に最適なサンプリング方法の提案を行っている。

### 3.3 測定値を用いた制御

前述のようにインテリサイザ™ は PLC へのデータ通信が可能であり、粒子径の測定値を使って所望の粒子径が得られるように運転条件をコントロールするフィードバック制御を行うことができる。図 6 にフィードバック制御を行った際の分級回転速度と粒子径の推移を示す。この制御は図中に点線で示した粒子径の管理範囲の上限値を超えた場合に分級機の回転速度を増加させ、粒子径を細かくする操作を行い、下限値以下になった場合には分級機の回転速

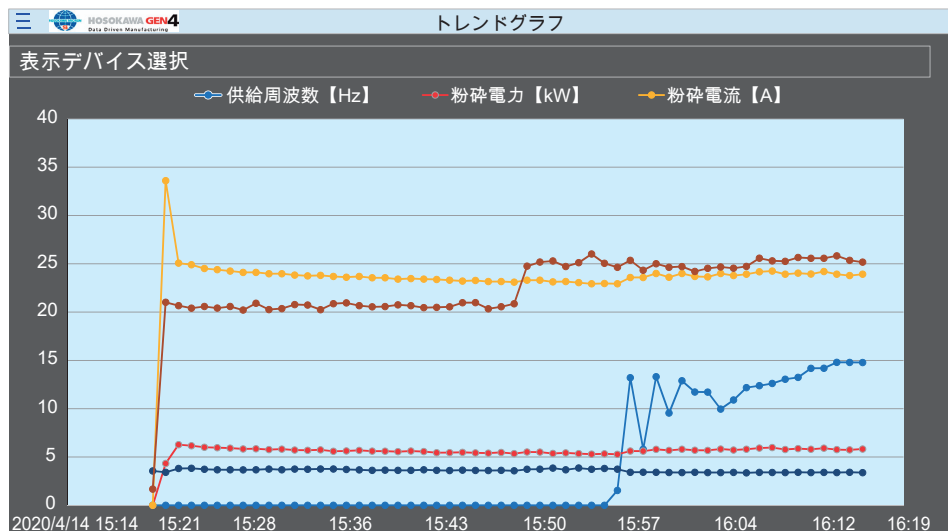


図7 リモートモニタリングシステム画面の一例  
 Fig. 7 An example of a remote monitoring system screen.

度を低下させ、粒子径を粗くするように処理した例である。図に示すように装置起動後に管理範囲より粗くなった粒子径が分級機の回転速度を制御することで管理範囲に入り、その後粒子径は管理範囲内を推移し、分級機の回転速度も安定していることがわかる。原料や設備状態の変動により製品の粒子径が変化するような状況下で、安定した製品を製造したい場合などに有効な制御方法である。

#### 4 IoT への対応

冒頭でもふれたように、現在、産業界ではIoTによる変革が確実に進んでいる。当社にも設備の状態監視やプラントの稼働監視などIoT技術の製造現場への導入に関する問い合わせが増えている。

当社はこのような声にお応えするためにHOSOKAWA GEN4<sup>®</sup>というトータルIIoTサービスを開始している<sup>[10],[11]</sup>。当社の枚方テストセンターではテスト場の設備の状態や、インテリサイザ<sup>™</sup>で測定した粒子径などをクラウドへアップロードし、インターネット経由で閲覧できるリモートモニタリングシステムをデモンストレーション中である。前述のように、インテリサイザ<sup>™</sup>は通信によりデータ転送が可能であるため、このような用途にも容易に適用できる。

このリモートモニタリングシステムによりテストの状況や、得られた製品の粒子径などを、国内どこからでもリアルタイムで閲覧することが可能である。図7にリモートモニタリングシステムの画面の一例を示す。閲覧できるデータは、粉碎機、分級機などの回転速度や電力値、系内の風量や入口温度、出口温度など、制御に必要な項目に加え、インテリサイザ<sup>™</sup>により測定した粒子径などである。また、現在値の一覧だけでなく、任意の項目のトレンドグラフを表示させることも可能である。

#### 5 おわりに

オンライン粒子径分布測定装置オプティサイザ<sup>®</sup>シリーズを粉体処理装置に組み込み、トータルで制御でき、リモートモニタリング可能なシステムを紹介した。本技術は生産管理の高度化、IoT化や省人化などへの対応を求められる生産現場のお役に立てると確信する。本稿が課題解決の一助となれば幸いである。

なお、インテリサイザ<sup>™</sup>システムは枚方、柏の両テストセンターに設置しており、随時テストが可能である。

## References

- [1] ホソカワミクロン(株)編, ホソカワ/エキゾプティックス オプティサイザ<sup>®</sup>, 粉砕, 56 (2013) 70-71.  
<https://doi.org/10.24611/micromeritics.2013016>
- [2] 笹辺 修司, 辻 圭師, 電池材料評価に期待される粉体測定機器の紹介, 粉砕, 57 (2014) 22-26.  
<https://doi.org/10.24611/micromeritics.2014006>
- [3] 向河原 栄, 多様なものづくりに貢献する粉体プロセスの最新動向～医薬市場, 粉砕, 58 (2015) 37-43. <https://doi.org/10.24611/micromeritics.2015008>
- [4] 佐藤 正行, ネオジム磁石の市場動向と最新微粉化技術, 粉砕, 59 (2016) 91-95.  
<https://doi.org/10.24611/micromeritics.2016015>
- [5] ホソカワミクロン(株)編, ホソカワ/エキゾプティックス 医薬用オプティサイザ<sup>®</sup>, 粉砕, 59 (2016) 120-121.  
<https://doi.org/10.24611/micromeritics.2016021>
- [6] 佐野 敦, 医薬市場における粉体プロセスの最近の動向, 粉砕, 60 (2017) 65-71.  
<https://doi.org/10.24611/micromeritics.2017013>
- [7] 岩田 敏昭, 医薬用オンライン粒子径分布測定器の紹介, 産業機械, 12 (2015) 61-63.
- [8] 田川 奨一郎, オンライン粒子径分布測定器「インテリサイザ<sup>TM</sup>」の紹介, 粉砕, 63 (2020) 84-89.  
<https://doi.org/10.24611/micromeritics.2020015>
- [9] 吉田 英人, 田森 行男, サンプルング技術をめぐる諸問題, エアロゾル研究, 2 (1987) 191-199.  
<https://doi.org/10.11203/jar.2.191>
- [10] 北村 智浩, 藤田 幸, 村田 憲司, IoT, AI, Big Data 時代に対応する粉体生産プロセス, 化学装置, 5 (2019) 31-36.
- [11] 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) 890-896.  
<https://doi.org/10.24611/micromeritics.2020016>

## 〈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



北村 智浩 Tomohiro KITAMURA

〔経歴〕 2014年創価大学工学研究科修士課程修了。同年、ホソカワミクロン株式会社入社。2014年から現職。

〔専門〕 粉体工学。現在は、IoT, データ解析, 振動診断の応用開発に取り組んでいる。

〔連絡先〕 tkitamura@hmc.hosokawa.com



河原 正佳 Masayoshi KAWAHARA

〔経歴〕 1985年秋田大学大学院卒業。同年ホソカワミクロン株式会社入社。粉体システム事業本部を経て、1993年粉体工学研究所に所属し、2017年から現職。

〔専門〕 粉体処理装置（粉砕, 分級, 乾燥, 混合, 集塵, 粒子設計など）と熱処理装置（焼却炉, 反応炉など）。

現在は研究開発のマネジメントを行っている。

〔連絡先〕 mkawahara@hmc.hosokawa.com