

オンライン粒子径分布測定 of 最新技術

The Latest Technology for On-Line Particle Size Distribution Measurement

池田 諒平 Ryohei Ikeda (プラント技術部 プラントエンジニアリング課)

小野村 雅史 Masashi Onomura (情報企画部)

要旨

現在、人手不足解消や品質向上の観点から多くの業界で自動化、省力化の検討が活発に行われている。粉体業界においても同様であり、著者らにも多くの相談が寄せられる。特に粒子径分布測定は、多くの業界で粉体製品の品質基準に利用されており、測定の自動化や測定データを利用した生産設備へのフィードバック制御は、人手不足の解消だけではなく、安定した製品品質を確保する上でも非常に重要である。こうした背景を受けて著者らは、長年培ってきた測定器とプラントエンジニアリングの技術を活かした自動化、省力化の手法確立に日々取り組んでいる。

本稿では、INSITEC を用いてジェットミルラインを自動制御したテスト事例を紹介すると共に、オンライン・オンライン機器を運用する上で重要な、プロセスライン中からのサンプリング技術について紹介する。

1. INSITEC

INSITEC (Fig.1) は、Mie 散乱理論に基づくレーザー回折・散乱法を利用した装置であり、粉体が出るフローセル部をレーザー発信部と受光部が挟み込む構造をしている。一般的に、粒子群にレーザー光を照射すると粒子径分布に応じた散乱パターンを得られることが知られている。レーザー回折・散乱法は、粒子径分布に応じた散乱パターンを光の強度信号として検知し、粒子径分布を演算する測定法である。

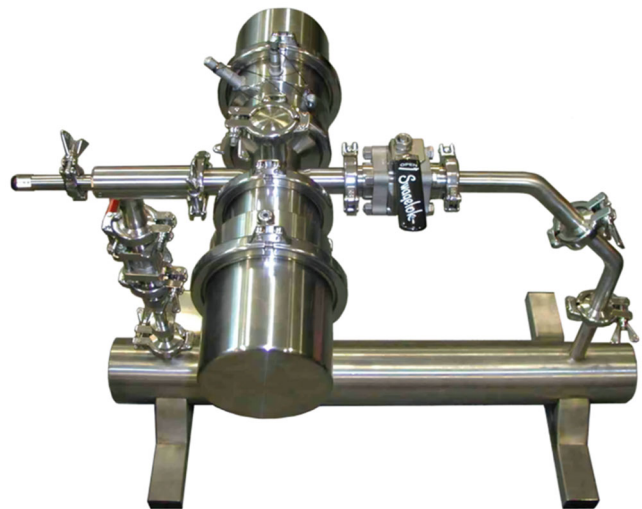


Fig. 1 INSITEC 外観

INSITEC は、保護等級が IP65 と高い防塵防滴性をもち、更に 0.1~2,500 μ m と広い測定範囲をもつ。また測定頻度は 0.25~60 秒毎から任意に選ぶことができ、粉体が供給されると直ちに測定結果が出力される。測定結果として体積基準での任意%粒子径、ふるい上分布、ふるい下分布、比表面積などを得ることができ、専用ソフトを用いて分散制御システム (DCS) 等へ出力することで製造ラインにおける運転条件の制御に利用できる。ラインナップとして、乾式および湿式タイプ、医薬仕様、防爆仕様など多くの機種があり、様々な製造ラインやその生産条件に応じることができる。

生産設備へ導入する際は、粉体の流れる配管へインラインで導入することもできるが、サンプリング装置と併用することで、製造ラインにおける生産量の多寡によらず適切な濃度で代表サンプルをサンプリングし、INSITECへ供給することで安定した測定結果が得られる。

2. INSITEC を用いた粉砕機の自動制御システム

INSITEC をジェットミル (Fig.2) に接続し、自動制御を掛けた事例を紹介する。ジェットミルのテストラインは、供給機→ジェットミル→ろ布で構成した。INSITEC のラインナップの中で乾式かつ 0.1 ~ 200 μm を測定範囲とするタイプを本試験で使用した。INSITEC は、ジェットミルと回収器の間にインラインで設置し、パソコンを用いて粉砕品の粒度をモニタリングした。



Fig.2 ジェットミル (STJ 型)

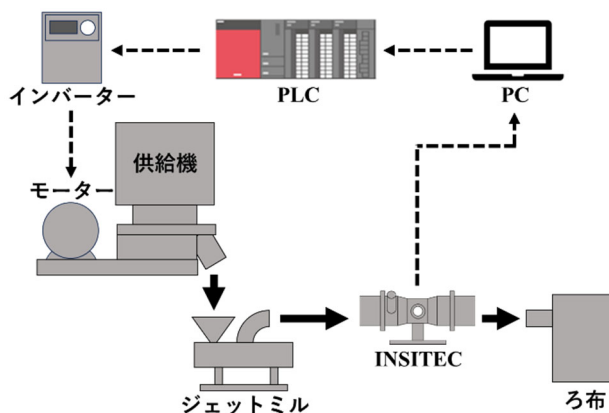


Fig.3 ジェットミルの自動制御システム

本事例では、測定結果を基に PLC を介して、供給機モータ用インバータにフィードバック制御を掛け、原料供給量を自動管理することで粒度調整を行った (Fig.3)。目標粒度として、体積基準での 50% 径 (Dv50) を 5 回変更し、その度に原料供給量が自動で調整されるか検証した。

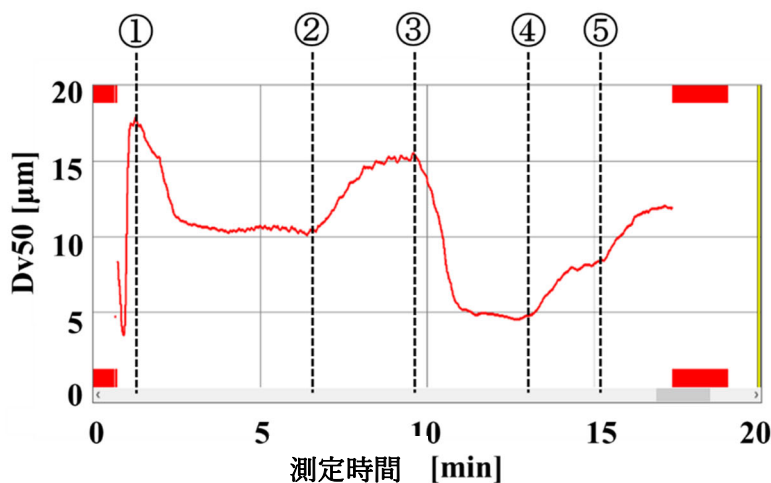


Fig.4 ジェットミルの自動制御結果

Fig. 4 にこの結果を示す。本図の①～⑤は、目標粒度を変更したポイントを表しており、①～⑤の区間において、それぞれ目標粒度を $Dv50=9.5\sim 10.5\mu\text{m}$, $14.5\sim 15.5\mu\text{m}$, $4.5\sim 5.5\mu\text{m}$, $7.5\sim 8.5\mu\text{m}$, $11.5\sim 12.5\mu\text{m}$ の範囲に設定した。いずれの区間においても、目標粒度を変更すると制御が掛かり、2分程度で目標範囲に収まることがわかる。後述するように、本測定装置の応答時間は極めて短い。現場からサンプルを手動で採取して測定を行う従来の方法では、サンプル採取から測定まで最低 15 分は必要である。その結果をみて設備の運転条件を変更する場合は、その都度サンプリングと測定が必要になり、その間に品質基準から外れた規格外品を作り続ける恐れもある。よって、INSITEC を用いた自動制御システムを製造ラインに適用すると、省力化だけでなく、製品品質の安定化および原料ロスの削減にも寄与する。

3. 複数ラインからのサンプリング例について

インライン・オンライン機器の共通課題として、機器本体が高価であることが挙げられる。測定器 1 台で生産設備 1 ラインを監視する方法は、導入コストが非常に高額となる。そのため、生産設備全ての監視と制御を目指したとき、測定器 1 台で生産設備を 2 ライン、3 ラインと監視できれば、測定機にかかるコストは $1/2\sim 1/3$ に抑えることができ、設備投資費用を大幅に低減することができる。弊社では複数ラインからのサンプリングについても技術開発を行っており、Fig. 5 にそのテスト事例を示す。ここでは、プロセス配管中を粉体が自由落下するような生産ラインを想定した。テーブルフィーダおよび振動フィーダから、粒子径の異なる天然黒鉛を各配管に向けて供給した。各配管にはサンプリングプローブが挿入されており、付属のエダクターを用いてサンプリングプローブから INSITEC へ天然黒鉛を供給した。

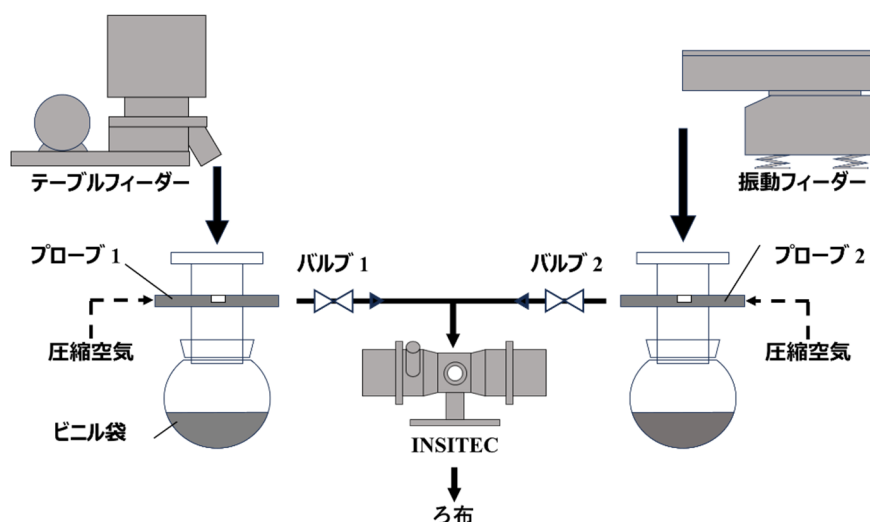


Fig. 5 2ラインからのサンプリング例

Fig. 6 に測定結果を示す。テーブルフィーダを用いたラインを Line 1, 振動フィーダを用いたラインを Line 2 とした。弁体を切り替えた瞬間に測定結果が追随し、応答性が良いことがわかる。また、Line 1 から Line 2 に切り替え、再度 Line 1 の測定を行った測定値は Line 2 に切り替える前の Line 1 の測定値とほぼ等しく、切り替えによるコンタミネーションの影響はないことが判る。

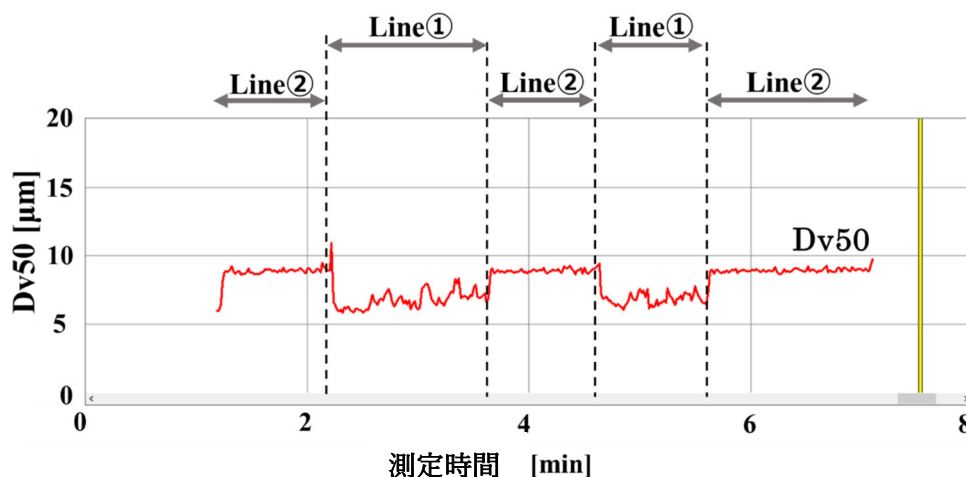


Fig. 6 2ラインにおけるサンプリング・測定結果

今回、各プローブから INSITEC までの距離を 1m とすることで応答性が良く、コンタミネーションの影響がない結果が得られた。しかし、サンプリングポイントから測定器までの距離が延びる程、流路内の粉残りによる応答性の低下とコンタミネーションの影響が懸念される。この場合、バルブ切替え直後にフレッシュなサンプルで共洗いする時間を確保することで対応できると考えるが、実際の現場を確認し、対象粉を用いて実証試験を重ねながら適切な設備を検討する必要がある。

4. 結言

INSITEC を用いたフィードバック制御および複数ラインからのサンプリングテスト事例について紹介した。こうした事例には、測定器や生産設備機器の知識、プログラミングや粉体ハンドリングに関わる技術など多岐に渡る経験とノウハウが必要である。さらに、実験場や設備を確保できなければ、実証も難しい。弊社では自社工場設備に加えてプラントや計測器の専門スタッフもおり、恵まれた環境にある。粉体プロセスの自動化、省力化を推進していく皆様の一助になるよう、今後も一層技術開発に力を入れていく。

粉体工学会誌第 61 巻 7 号 (2024 年) より転載