

ニューノーマル時代の粉体プロセスについて —HOSOKAWA GEN4 の活用—

笹辺 修司*

1. はじめに

2020年は、COVID-19によって、大きな変革が必要となり、鮮明に我々の記憶に刻まれる年になるであろう。ニューノーマルが謳われる中、イギリス王室から正式インスタグラムで公開されたエリザベス女王と介護従事者との懇談は、web会議が利用されたことに、私は大きな衝撃を受けた。予想外のCOVID-19の世界的な感染拡大という事態にならなければ、女王もweb会議を導入しなかったであろう。

このように世界は従来にないスピードで大きく変化し続けている。われわれの属している業界は、このようなドラスティックな変化はあまり見られてこなかった。しかし世界の変化は、お客様の要望の変化でもあり、当社自身の成長のためにも、従来とは異なったデジタル技術の活用やそれに対応した思想に基づくハードの研究開発も必要になってきている。本稿では当社の取り組みの一つとしてHOSOKAWA GEN4（ホソカワ ジェン フォー）を紹介する。

2. HOSOKAWA GEN4 TM の概要¹⁾

当社のトータル IIoT（Industrial IoT、産業分野向けIoT）サービスHOSOKAWA GEN4による新しい粉体プロセスの制御と管理の概念について紹介する。

現在、社会ではAIやBig Dataの利活用を目的とした技術の発展により、情報集約型の社会構造へと変化している。例えば、インターネットを通じて物やサービスを購入する通信販売の一手法であるネットショッピング業界は、膨大な顧客情報からBig Dataの解析により顧客一人一人の購買傾向に合わ

せた商品の提案を自動で行っている。これらのAIやBig Data利活用の波は製造業にも押し寄せている。しかし、粉体の分野では、粉は魔物といわれてきたように、粉体は固体の集合体であるがゆえに粒子径などの特性に分布が存在する、かさ密度が変化する、流動性が一定でないといった問題が粉体プロセスの制御を困難にさせてきた。そのため今までの粉体プロセスの運転は、現場のオペレータの経験と勘によるすり合わせの塊で、これは日本企業の強みでもあったが、近年、人手不足や高齢化による技術継承の問題、商品の高付加価値化に直面し、さらには多品種少量生産への対応など、より生産現場に求められる要求が多くなり、AIやBig Dataといったデジタル化の利活用の必要性が高まってきた。そこで当社では、この多くの課題や障壁がある粉体分野でのAI、IoTおよびBig Dataの利用による粉体プロセスのパラダイムシフトに向け、これらの技術を粉体処理プロセスに組み込む試みを始めた。これらの機能を含んだサービスを総括してHOSOKAWA GEN4と呼んでいる。

HOSOKAWA GEN4の導入により、主に以下の10項目が実現可能となる。

①生産プロセスの遠隔監視、②高度な生産の自動化、③運転データの解析、④技術の継承、⑤運転条件の最適化、⑥属人化の解消、⑦機械の故障予知、⑧生産効率の向上、⑨最適なメンテナンス、⑩環境負荷の低減。

HOSOKAWA GEN4の最終的な目標は、粉体プロセス機器を使用される企業の仕入・調達・製造・流通・販売・保守の流れのサプライチェーンと企画・開発設計・製造・生産計画のエンジニアリングチェーンの最適化である（図1）。そのため、当社は顧客のサプライチェーンの製造の最適化および前後工程である調達と物流との連携（PLM：Product Lifecycle Management）を視野に入れDX（Digital Transformation）の推進を進めているが、HOSOKAWA

*1) SASABE Shuji：ホソカワミクロン(株)

粉体工学研究所 測定分析センター 兼 IIoT 開発部 兼
経営戦略本部 ICT 戦略室 部長
〒573-1132 大阪府枚方市招提田近1-9
TEL：072-855-2386 FAX：072-855-2730
E-mail：ssasabe@hmc.hosokawa.com

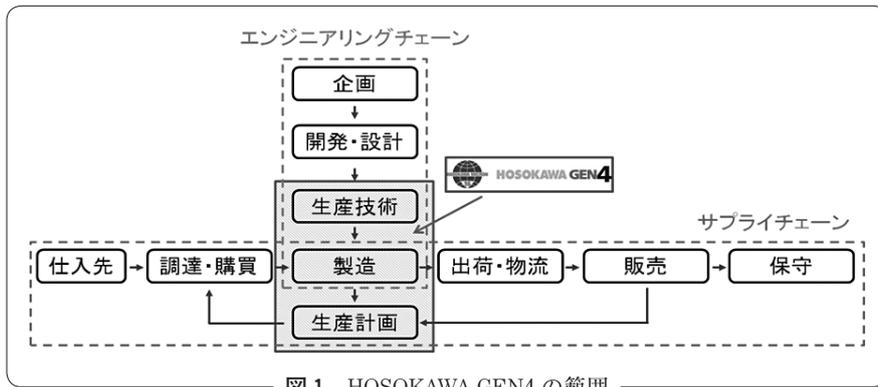


図1 HOSOKAWA GEN4の範囲

GEN4は、このDXの一部に位置する。この製造部分でのAIやIoTを利用した生産の最適化に向けたHOSOKAWA GEN4は、大きく分けて4つのフェーズから成り立つ。

フェーズ1：センサによるデータ収集およびモニタリング（リモートモニタリング）

フェーズ2：正常・異常の判断（異常検知）

フェーズ3：予測と自動運転（故障予知と運転の最適化）

フェーズ4：サプライチェーンやエンジニアリングチェーンとの連携（PLMとの統合）

フェーズ1のモニタリングには、製品の品質管理と機械の状態管理の2種類の側面があると考えている。製品の品質管理とは、粒子径などの製品粉体の品質の管理であり、機械の状態管理は機械の温度監視などによる機械の状態の管理である。HOSOKAWA GEN4はそれら両方のモニタリングも可能としている。

現在は、生産プロセスの遠隔監視に関わるハードウェアおよびソフトウェアを同時に提供し、本サービスを導入後、すぐに使用できる環境構築を進めている。一部のお客様のプロセスへ導入・評価も既に行っており、当社プロセス機器への標準装備は間もなく開始される予定である。

HOSOKAWA GEN4は、データの管理や解析をセキュリティに優れたクラウド上で処理し、フェーズ1からフェーズ3までを実現するシステムである。従来のオンプレミスな運用とは異なり、必要に応じてアップデートでき、外部サービスとAPI (Application Programming Interface) によって連携することも可能であるなど、十分な拡張性を有していることがメリットである。さらに、クラウド上で利用するため、自社サーバーの設置とコストが必要なく、自社でのネットワーク開発やプログラム開発が最小限になることもメリットである。また生産現場のオペレータ

や管理者だけでなく、メンテナンス担当を含めた生産に関わるすべての人が生産プロセスの運転状況等の情報を、いつでも、どこでもアクセスできる高い共有性を有している。セキュリティの技術についても、HOSOKAWA GEN4の通信は世界標準のセキュリティ規格を利用しており、工場内ではOPC-UA、工場外部では通信の暗号化やISO27001/IEC62443に準拠

したベンダと提携して安全性を確保している。ただし、生産設備のデータは情報管理の観点から社外に出し辛いことも事実であり、クラウドへ送信するデータの選択は、ユーザーが直面している課題を踏まえた上で、どのような方法と何を送信するかを適切に選択して仕様が決定される。

しかし一方では、データの取り扱いに関する現在の流れとして、事業活動に大手情報通信会社のクラウドやクラウドと連携した業務用ソフトウェアなどを利用する場面が増えており、近い将来には生産設備のデータをクラウドへ送信することを抵抗なく行う時期がくることが予想される。

3. オンライン粒子径分布測定装置オプティサイザ Optisizer²⁾

オンライン粒子径分布測定装置オプティサイザは、プロセスライン中を流れる粉体の粒子径分布をリアルタイムで連続的に測定し、パソコン・制御部画面上でモニタリングが可能な測定装置であり、HOSOKAWA GEN4のキーデバイスのひとつである。

本装置は、レーザー回折・散乱法（図2に構造図を示す）を用いて粒子径分布を測定する。エジェクタの負圧効果を利用し、プロセスライン中に設置したサンプリングノズルから粉体を吸引・分散し、測定セルへ導いて粒子径測定を行う手法が一般的である。測定後の粉体は再びプロセスライン中に戻されるため、製品ロスがない。測定した粒子径データはパソコンに送られ、専用ソフトで解析・表示される。

本体はレーザー発振部と検出部が一体の構造となっており、測定セルの脱着による光軸への影響がないため、測定セルの清掃や交換が容易にできる。独自のエア洗浄方式を採用し、パージエア、シースエア及びセルフクリーニングエアによって粉体が測定セルに付着し難い構造となっている。さらに解析データを外部出力することで、プロセスラインへの

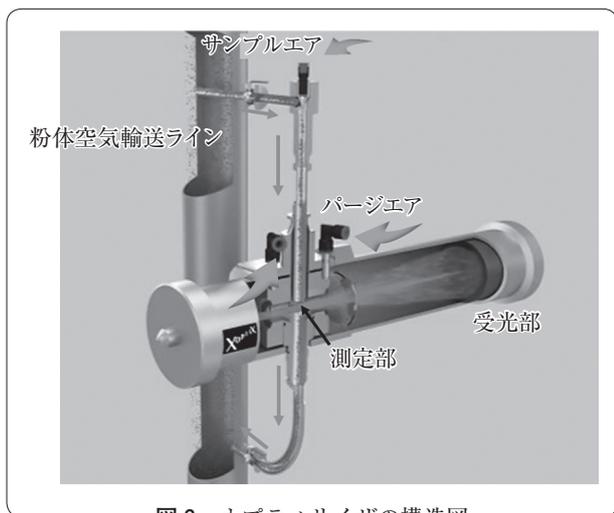


図2 オプティサイザの構造図

フィードバック制御も可能であり、プロセスラインの最適化による製造能力及び品質の最適化やエネルギーコストの削減が比較的安価なインシャルコストで実現できる。

従来の品質管理では、得られた製品粉体をその都度サンプリングし、測定室に運び、粒子径を確認するといった流れが一般的であり、測定に多くの労力が必要で、また測定結果を得るまでに時間を要したが、本装置を用いることで、運転状態の常時監視が可能になり、以下のメリットがある。

- ① リアルタイムモニタリングによる、素早い異常検知と制御
- ② 人手を介さない閉回路測定による工数の削減、ヒューマンエラーの可能性排除

③ 閉回路機構によるコンタミレス、サンプルロスの可能性排除

④ 閉回路機構による低酸素環境下等の雰囲気制御下における測定が容易

⑤ 工程管理や品質管理が容易

一般的に、オンラインでの粒子径分布測定には多くの因子が影響し、信頼性のあるデータを得ることは難しい。当社には多くの経験があり、粉体処理プロセスの構成、製品の粉体物性、プロセスの制御方法により適切なサンプリング方法を選定して提案している。

なお、弊社の東西テストセンターでは、本装置を取り付けて、応接室の大型モニターで粒子径のトレンドグラフ、機械の常時観察を体験いただける環境を用意している。その画面の一例を図3に示す。

4. HOSOKAWA GEN4 の適用例³⁾

本サービスの最大の特徴は、クラウドに蓄積したプロセスの運転データおよび得られた製品データを機械学習により解析し、指定する特性の製品を製造するための最適な運転条件を提案できることである。従来の制御では困難であった複数の要因の最適な条件の組み合わせを選定することが、機械学習の利用により可能となる。これにより、例えば、粉碎システムでは指定する粒子径分布を持った製品を最も少ない消費電力で製造する条件を導き出すことができる。

粉体プロセスの一例を図4に示す。当社の衝撃型分級機内蔵微粉碎機 ACM を用いた場合の一般的な



図3 当社テストセンター応接室モニターのダッシュボード

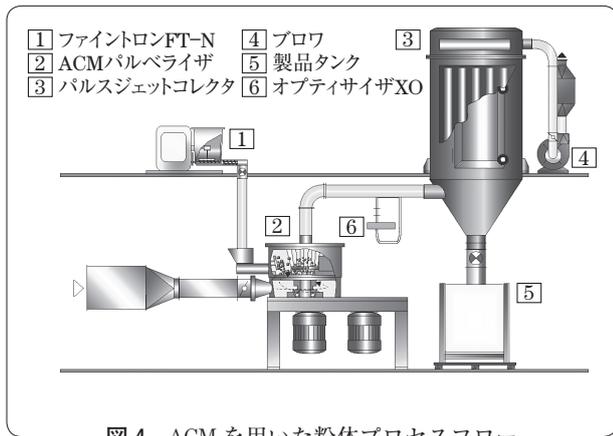


図4 ACMを用いた粉体プロセスフロー

粉体プロセスの処理フローである。供給機から投入された原料がACM内で粉砕され、所定の粒子径を持つ製品を集塵機により回収するというシステムである。

HOSOKAWA GEN4を活用するには、信頼性の高いデータ収集が重要である。図4のシステムにHOSOKAWA GEN4を導入するためには図5に示すセンサなどにより運転状態を監視する必要がある。ACMの運転状態はHOSOKAWA GEN4によりいつでもどこでも把握することができる。また故障予知を行うための情報を得ることも可能となる。

5. 機械学習を用いた運転の最適化

図5のACMシステムで、機械学習（AIの一部）により目標の粒子径分布を満たす運転条件を求める場合、単一の粒子径の指標（ d_{50} ）だけではなく、複数の粒子径の指標（例えば d_{50} と d_{90} を設定する）と共に粉砕システム全体の消費電力を予測することが可能である。

現在のクラウド上のAIエンジンには、「人の経験」の親和性を高めるためのモデルを主に使用している。この目的は、現場の生産現場の技術継承の課題も本システムを通じて行うことを想定しているためである。すなわち、現場のオペレータには長年の経験からさまざまなKnow-Howがあり、それらをモデル化して情報を残し、次の世代のオペレータへ継承することが大切であるとの考えからである。

6. その他の機能

AIを使ったデータ解析やモニタリング以外にも、HOSOKAWA GEN4のアプリケーションを使用することで、クラウド上での運転のデータ管理、報告書の作成、警報通知設定などが可能である。また、AIエンジンによる故障予知や遠隔地からのメンテナン

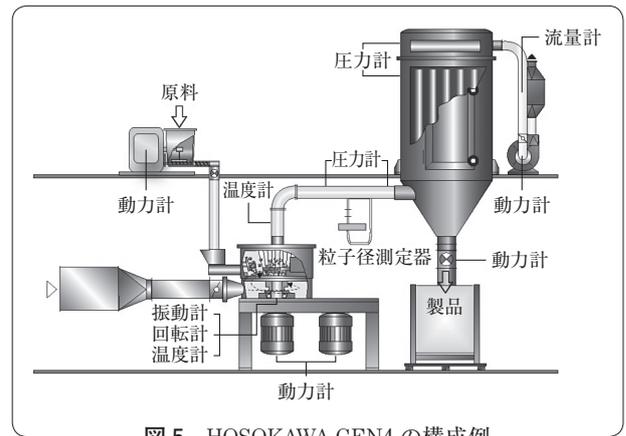


図5 HOSOKAWA GEN4の構成例

ス支援などのリモートメンテナンスサービスの実現も検討している。

7. 既設プロセスへの導入

HOSOKAWA GEN4は、これから新設する設備だけでなく既存の設備にも追加が可能である。既存の設備への追加には、Optimize Sizeをはじめとするデータ取得のために必要なセンサ、それらのデータをクラウドへ送信する専用デバイス、そして有線もしくは無線でのインターネット環境を整えれば運用が可能になる。

当社には100年を超えた粉体処理プロセスの経験がある。HOSOKAWA GEN4は、100年の機械と制御のKnow-Howに、ソフトウェアを付加した機械、制御、測定、アフターサービスといった総合的なサービスを提供していく予定である。先にも述べたが、東西テストセンターにおいて、本システムのフェーズ1：センサによるデータ蓄積とモニタリング（リモートモニタリング）を体験いただくことが可能であり、その利便性と機能から多くのお客様から絶賛いただいている。

8. 最後に

疑いもしなかった日常が大きな変化を余儀なくされ、私たちの生活は一変した。新しい働き方改革という言葉が日々踊るが、COVID-19以前とは異なる日常や社会のあり方を真剣に考え、受け入れる準備が必要と思われる。

産業界においても、リモートワークが常態化する勢いであり、この技術の発展も著しいものがある。当社においてもお客様の出張・出向の禁止あるいは回数低減、かつソーシャルディスタンスの確保といったご要望に対応するため、立合いテストをHOSOKAWA GEN4のリモートモニタリングを用いて、

お客様が自社オフィスから参加されるケースが増加している。最近では、走査電子顕微鏡もリモート観察対応となり、外部や当社応接室からSEMオペレータへ大型モニターを介してチェックしたい箇所を指示し、画像もクラウド経由で各モニターへ表示している。さらに、粒子径測定結果は、効率化と作業者のミス抑制を目的にRPA (Robotic Process Automation) によって、データのPDF変換、クラウドの各フォルダへの自動振り分け保管、自動消去などをロボット化し、各測定装置は、IPカメラを用いてリモートでデモテスト対応を始めており、社内のデジタル化が進んでいる。

このように、プロセス近傍にヒトが存在していた常識は、今後は非常識となり、モニタリング、サンプリングはヒトではなく、センサやロボットが自動

で行い、そのデータは集約、解析されて、最適化の自動運転に活用されるニューノーマルな粉体プロセスの時代がCOVID-19によって、加速された感は否めない。

当社は、DXを通じて、お客様のコト提供を目指し、つながる技術をコアに総合サービス事業の開発を強化していく所存である。

〈参考文献〉

- 1) 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, Vol.61, No.5, p.31-36 (2019)
- 2) 笹辺修司, “IoT活用による粉体プロセスのパラダイムシフト”, 粉体技術, Vol.10, No.11, p.39-43 (2018)
- 3) 藤田幸, “粉体プロセスのIIoT化による生産性向上への取り組み”, 産業機械, 824, p.31-33 (2019)