

粉体容器システムを使った粉体ハンドリング

Powder Handling by Container System

日清エンジニアリング株式会社 岡田 隆史
Takashi OKADA

1. はじめに

粉体を搬送する方法はさまざまあり、それぞれの特徴を活かした選定がされている。例えば、船やトラックによる地理的に長距離の搬送も粉体を移動させる手段の一つである。このほか、工場内の装置と装置を金属配管で接続し、内部に流れる空気により搬送する空気輸送、スクリーンやバケットが組み込まれた装置によるコンベヤ装置輸送、フレキシブルコンテナに代表される粉体容器の搬送などが主な粉体のハンドリング方法である（図-1）。

最近では、粉体容器の搬送の中でもフレキシブルコンテナに替わり、ステンレスや樹脂により製作された容器を取り扱う機会が増えており、ここではその粉体用容器による事例について紹介する。

2. 粉体用容器搬送システムの特長とその効果

粉体を取り扱う製造現場では、搬送性だけでなく、搬送後の粉体の処理や管理のしやすい方法を選定する必要がある。なぜなら、フレキシブルな製造品目の切り替えと生産量の増減への迅速な対応や、製品の品質向上とその品質管理の簡便性など、継続的に難易度の高い課題に直面しているケースが多いためである。そのため最近では、多くの設備で取り扱われている空気輸送システム（図-2）に替わり、粉体用容器を用いたシステム構築が目ざされている（図-3）。

容器搬送システムは、プロセス機器から処理された粉体を容器で受け取り、搬送機器によってその容器ごと次の工程に移動させ、次の製造機器には容器から直接粉体を排出して受け渡す方法である。製造品種の切り替え時は、容器単位でハンドリングするため、これまでの空気輸送配管の洗浄

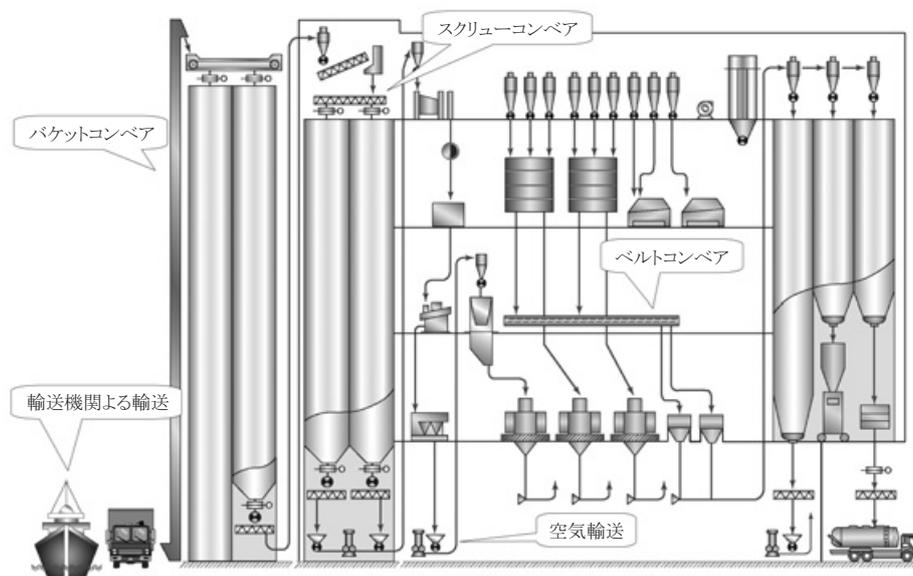


図-1 さまざまな粉体の輸送方法

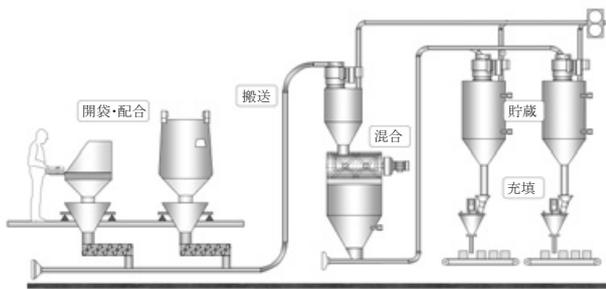


図-2 粉体の空気輸送システムによる製造フロー

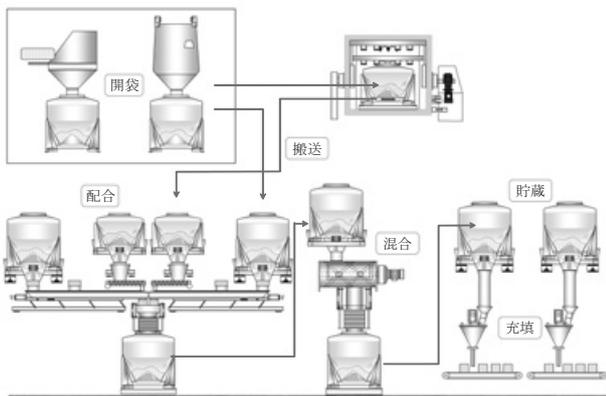


図-3 粉体容器搬送システムによる製造フロー

や清掃の作業が不要になると同時に、異なる品種が混入するリスクを低減できる。これにより、粉体を取り扱う製造現場で大きな課題であった品目切り替え時の製造プロセスのフレキシブル性を大きく向上することができる。また、容器搬送システムを採用することにより、空気輸送システムのような連続系フローでは困難であった製品のロットトレースについて、原料粉体や中間配合品、製品粉体の全工程で厳密に製造履歴を管理することが可能となる。

3. フレキシブルコンテナと粉体用容器の比較

粉体用の容器搬送システムとして最も普及しているのが、フレキシブルコンテナである。フレキシブルコンテナの特長は、軽量かつ安価で、不使用時には小さく折りたためる点にある。0.8m³や1m³の容量のフレキシブルコンテナならホームセンターでも購入できるくらい広く利用されている。しかしながら、フレキシブルコンテナは、簡単に破損しやすく、湿気を通過させる材質もあり、搬送中に中身の粉体の品質を悪化させる場合もある。外装に付着した異物は取り除き難いという短所もあり、受け入れ先での異物混入リスクが高い点も

問題である。また、型崩れする可能性もあるため、肩の位置にある帯や底部に敷いたパレットを利用して、作業員がフォークリフトやホイストなどにより搬送させる必要がある。粉体を取り出す際は、底部にある排出口のヒモを解き、フレキシブルコンテナ内に残る粉体を払い出すためにホイストなどで徐々に吊り上げるなど、人手による作業は不可欠となる(図-4)。さらに、フレキシブルコンテナでは粉体の排出量をコントロールすることができず、一度排出口を開放したら全量が排出されるまで粉体の排出を停止することは難しい。また、排出口が固定された形状でないため、隙間から粉体が漏れたり、異物の混入を引き起こす可能性も避けられない。



図-4 フレキシブルコンテナからの粉体の排出作業

フレキシブルコンテナとは異なり、ステンレスや樹脂製の粉体容器は洗浄性や耐久性に優れているため、何度でも再利用が可能である(図-5)。そのため、最近では、製造工程内だけでなく、原料メーカーから製造メーカーのように工場間の輸送手段にも利用されるケースがある。フレキシブルコンテナでは、コンテナに付着した異物の混入リスクや、解袋後の廃棄物の増大などが課題となっていたが、粉体容器により衛生的な粉体の受け渡しができると同時に、容器形状の共通化により製造設備内での自動搬送の構築が容易となっている。自動化ラインにそのまま粉体容器を利用できるため、常に人手で行っていたフレキシブルコンテナとは違い、搬送時や粉体の排出時においても作業員の手間が不要となる。粉体容器では、専用の排出装置と組み合わせることで、粉じんの発生を抑え、外部からの異物混入も低減でき、さら

に秤量器との組み合わせにより粉体の排出量のコントロールが行えるなど、さまざまな利点が得られている。



図-5 ステンレス製と樹脂製の粉体容器

4. 粉体容器の排出バルブ

粉体容器の排出口には各メーカーによってさまざまなバルブが用いられている。たとえば、バタフライバルブのタイプでは、手動もしくは自動で弁体を回転させて、生じた排出口の隙間から粉体を排出する方法をとっている。一般的に排出口径が250mmまでのサイズが多く、排出が容易な比較的凝集性の低い粉体の取り扱いに向いている。排出中に粉体が弁体の表裏の両面に接触するため、弁体を閉じた後には粉体が弁体底面に付着していることになり、そのまま外部環境にばく露される場合もある。この場合、必要に応じて付着した粉体を直接拭き取るか、キャップを取り付けるなどの対策が必要である。一方、医薬の製造設備では、同じバタフライバルブといっても、弁体が二層に離れる構造を有するスプリットバタフライバルブと呼ばれるタイプが用いられるケースが多い。粉体の接触面と非接触面をあわせ持つ二組のスプリットバタフライバルブが、お互いの非接触面で重なり合い、合体した後は一つのバタフライバルブの弁体として扱われる。これにより、粉体は常に接触が許される面のみに触れ、排出後は再び弁体が2層に分離することで、分離面から現れた箇所には粉体は接触しておらず、外部環境にばく露されても問題にならない。

チョークバルブは、極めて短いフレキシブルシュートの外周に、いくつかのワイヤーなどをカメラレンズの虹彩絞りのように交差配列させて、そのワイヤーの交差角度を調整することにより中心にできた隙間から粉体を排出させる構造をとっている。手動で角度を調整するケースが多く、こち

らも凝集性の低い粉体の排出が向いている。シンプルな構造で開度調整が簡単だが、フレキシブルシュート部分の破れや粉の詰まりを生じることがあり、さらに容器内で中心部分しか粉体が排出されないラットホール現象を生じる可能性が高い。また、洗浄性が悪いため、アレルギー物質や細菌の管理が必要な食品粉体の取り扱いには注意が必要である。

スライドゲートも粉体容器の排出バルブとして利用されている。板状のゲートをギロチンのように横に引き出すことで、粉体の通過する排出口を開放させている。ゲートが排出口から完全に引き出されるため、ゲートが流れる粉体の障害物にはならず、スムーズな排出が可能となる。また、排出口を大きく設置できるため、多少の凝集性が高い粉体も排出が容易になる。排出量のコントロールもゲートを開閉することで調整できる。しかし、ゲートを横方向に引き出すため、比較的大きなスペースが必要となったり、バタフライバルブと同様に弁体となる板の上下両面に粉体が接触するため、接触した粉体が外部にばく露されることを選定時に考慮する必要がある。また、粉体のゲート間口への噛み込みもトラブルの原因となる場合がある。

コーンバルブは、お風呂の排出口の栓のように、容器内部に円錐形のバルブ入れ、円錐形状の底面で容器の排出口を閉じる栓となっているタイプである。粉体を排出させるためには、専用の排出装置が必要である。コーンバルブが入った粉体用器を専用の排出装置に合体させてコーンバルブを持ち上げることにより、排出口との周りに生じたリング状の隙間から内部の粉体を排出させる。最近では、洗浄性や衛生面に優れているため、食品や医薬の製造設備に利用が増えてきている。また、各メーカーの排出装置の機能により、取り扱いが難しかった凝集性の高い粉体の排出や、排出時の発じんを低減させる目的でも注目されており、さらに、自動運転を行う製造設備への利用にも用いられてきている。

5. マトコン容器システムの特長とその効果

コーンバルブ方式を用いた粉体容器を製造するメーカーは既にいくつか存在しており、各メーカーで異なる特徴を保有している。ここでは、粉体ハンドリングで最も重要なポイントとして挙げ

られる密閉性や排出性能といった機械的特長だけでなく、容器搬送システムの利点を最大限に引き出せる周辺機器の充実性にも優れている英国マトコン社の粉体容器システムについて紹介する。

マトコン容器システムの特徴は（図-6）、容器から粉体を排出させる際に、専用の排出装置であるマトコン排出ステーションがエア駆動により強い振動をコーンバルブに直接与える点にある。このコーンバルブの振動が、容器内に残る粉体に直接伝わるため、バタフライバルブやスライドゲートといった一般的なバルブでは排出が困難な粉体に対しても安定的に排出が可能となる。また、これにより容器内の粉体の残留量に影響されずに、ある程度の定量性を保持しながらの計量排出が可能となり、単に排出装置としてだけでなく、供給機の代役も兼ねる場合もある。

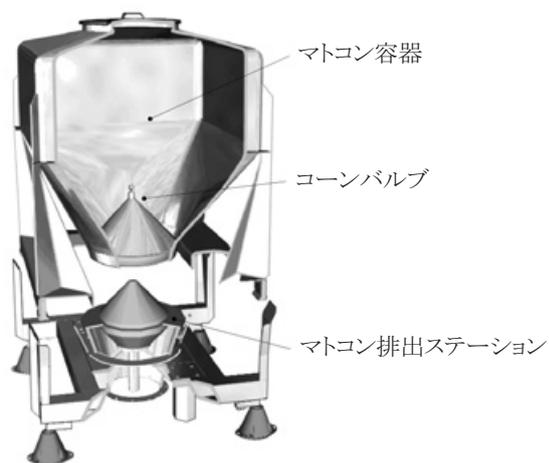


図-6 マトコン容器と排出ステーション

マトコン容器のサイズは、0.5~2.5m³までさまざまなバッチサイズに対応しており、汎用のパレットサイズとほぼ同じ寸法で設計されているため、異なる容量の容器を同一設備で利用する場合でも、共通のフォークリフトやパレットトラックなどの搬送装置を利用できる。搬送が簡便となるような設計から、ローラーやチェーンなどのコンベア搬送や（図-7）、無人フォークリフトに代表される自動制御搬送にも適しており、スタッカークレーンによる立体倉庫への入出庫システムにも組み込むことが可能である（図-8）。このように、フレキシブルコンテナやチョークバルブでは操作に人手が必要な容器システムと比較して、マトコンの容器搬送システムを利用することによりオペレータの手間を最小限にできるほか、自動化運転により省人化を図ることができる。

マトコン容器は、そのシンプルなデザインのた



図-7 ローラーコンベアによる粉体容器の搬送



図-8 粉体容器を自動倉庫に搬送するスタッカークレーン

め簡便で確実な洗浄性を持っている。さらに、コーンバルブによる排出口の優れたシール性は、工程間で粉体を搬送している際でも粉体を撒き散らすことなく衛生的な作業環境を確保できる。

粉体を取り扱う製造現場では、原料の投入、配合、混合、充填、包装といった一連の連続プロセスフローから、各工程を切り離して、工程間をマトコン容器でハンドリングすることにより、多くの種類の粉体を容器単位で管理することができる。これは、さまざまな特性を有する粉体に対しても、発じんを防ぎながら安定的な排出性能を発揮できるためであり、設備設計時にはプロセス機器の仕様ばかり注目が向けられる傾向があるが、粉体ハンドリング機器にとっては極めて重要な要件である。また、取り扱う粉体の品種を変更する場合であっても、必要に応じて粉体容器を選定して入れ替えるだけで製造をスピーディーに再開できるため、特に多品種少量生産を行う設備に最適である。

必要な品種の粉体のみを容器に投入し、必要な量だけ容器から取り出すことが可能であり、その容器の入れ替えが非常にスピーディーに行えるようになると、原料粉体の仕入れ過ぎやストックし過ぎの無駄を排除できる。また、原料だけでなく、配合済みの仕掛り中間体のつくり過ぎによる無駄も省けるため、効率的な製造計画が容易になり、全体として在庫量や無駄なスペースの削減が図れ、製造のコストダウンに大きく貢献できる。

マトコン容器システムで最も効率化を図れるのが混合工程である。マトコン社には、粉体容器を貯槽や排出の目的だけでなく、混合機の容器としても利用できるコンテナブレンダーが存在する(図-9)。

従来の攪拌式混合や容器混合では、オペレーターによる原料粉体の投入や混合後の混合粉体の



図-9 マトコン・コンテナブレンダー

取り出しを行う必要があり、その際の発じんによる作業環境の悪化は避けられず、準備や清掃に多くの時間が掛かっていた。さらに、混合槽から粉体を抜き出す際には混合粉が配合成分の比重差により再び成分が分離したり、洗浄が不十分な場合にはロット間での粉体が混入してしまう問題を引き起こすなど、品質上のリスクが潜在している(図-10)。

一方、マトコン・コンテナブレンダーでは、前工程で配合を済ませた仕掛り粉体をそのまま容器ごと混合機にセットさせて、縦方向に回転させることで内部の粉体を混合する。マトコン容器からの粉体の移し替えを一切必要としないため、混合が終了すると同時に粉体容器をブレンダーから取り外し、すぐに次のロットの粉体容器をセットして混合が再開できる。混合終了後の容器の洗浄は、ブレンダーの稼働とは関係なく別の場所で行える。これらのおり、マトコン・コンテナブレンダーを利用するだけで、粉じんの飛散や異なるバッチ間での粉体の混入リスクを回避できるだけでなく、混合工程の総合設備稼働率(OEE=Overall Equipment Efficiency)の飛躍的な向上に貢献できるというメリットがある(図-11)。

このように粉体を取り扱う製造設備には、マトコン容器システムを工程間のハンドリングとして利用するのが最適である。特に、品種の切り替えを素早くフレキシブルに行え、そのコーンバルブ技術による確実な原料の受け渡しと、コンテナブレンダーによる効率的な混合で生産プロセスの改

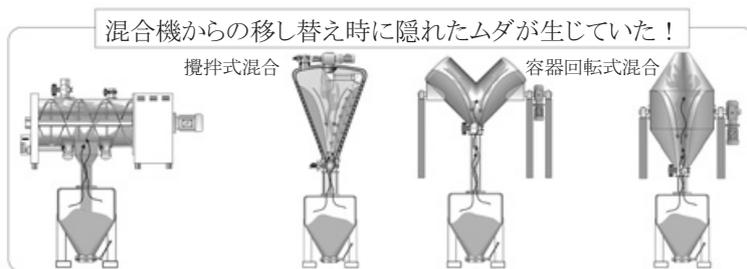


図-10 潜在的な問題がある従来方式の混合機

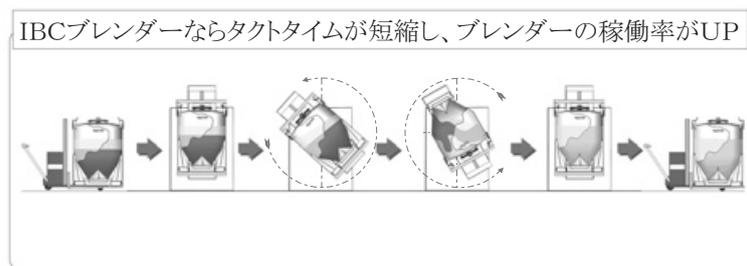


図-11 マトコン・コンテナブレンダーの利点

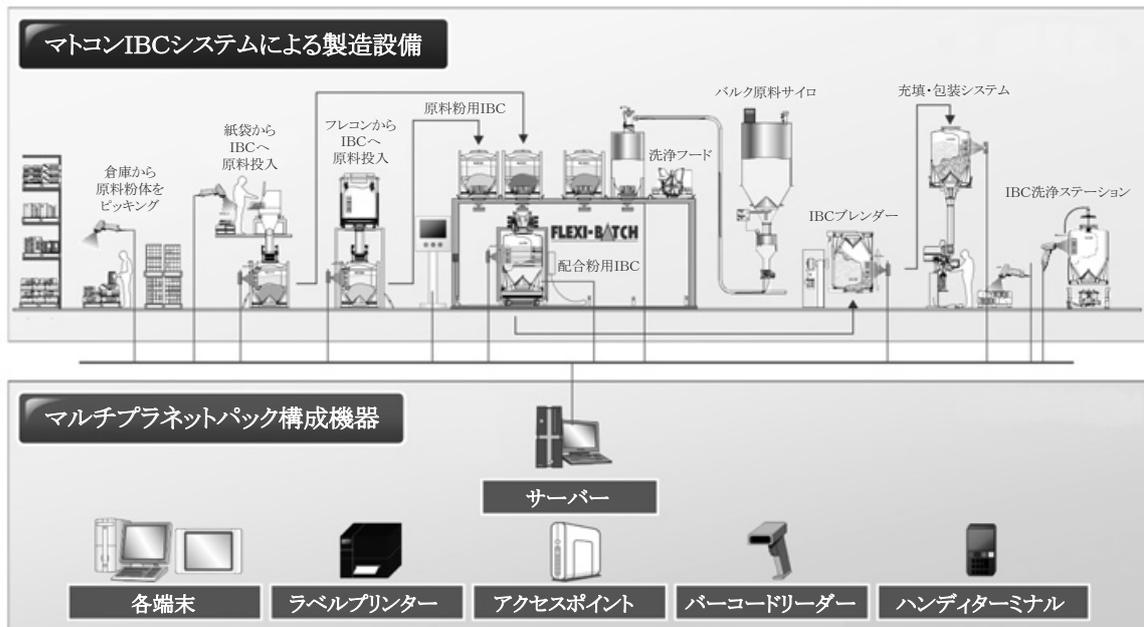


図-12 マトコン容器システムと生産管理システムの融合

善を実現した事例は産業を問わず増加している。

粉体を取り扱う製造設備を容器というハードで構築することにより、ハンドリングする容器単位で情報を管理するソフトの融合も容易になる。粉体容器に固有のバーコードを割り振り、製造工程での作業記録をバーコードで管理する生産管理システムの構築により、作業者の人為的なミスの削減や在庫量の把握などが簡便になる。また、容器ごとに粉体の製造履歴を記録しているため、万が一、製品に問題が発生した場合においても、配合記録や製造日時を短時間で確認できるトレーサビリティシステムとしての活用ができ、ソフト面での品質管理の向上にも最適なソリューションとなっている（図-12）。

6. おわりに

粉体を取り扱う製造設備はさまざまな産業で存在しているにも関わらず、設備計画において主要工程のプロセス機器ばかり詳細な検討を実施して、工程間をつなぐための粉体ハンドリングについては深く考慮されていないケースもある。製造現場の作業者にとっては作業性や洗浄性、簡便性が重要であり、経営者にとっては稼働率や製造コストの低減が重要となる。弊社は粉体エンジニアリン

グ会社として、最適な粉体容器システムとその搬送手段を選択することはこれらを総合的に実現する最も重要なステップであり、プロセス機器の検討と同等に優先順位が高く評価されるべきと考えており、今後も最適なソリューションを提案、提供していきたいと考えている。

おかだ たかし
岡田 隆史
日清エンジニアリング(株) 粉体事業部

〒356-0045 埼玉県ふじみ野市鶴ヶ岡5-3-77
TEL: 049-264-3148 FAX: 049-264-9367
E-mail: okada.takashi@nisshin.com