

高精度粉体連続定量供給装置

はじめに

粉体プロセスには粉体の定量供給は欠かせない操作である。粉体を供給する装置としては、スクリーフィーダやテーブルフィーダの他、振動フィーダー、ロータリフィーダなど色々な種類があるところ、それぞれ対応できる粉体の範囲が狭いため、通常は粉体の粒子径、付着性、形状などの粉体の性状や要求精度によって供給装置を選定しなければならない。高精度で幅広い性状の粉体に適用する供給装置が求められている。

特に近年、電子材料、医薬品などに関連する粉体材料の高機能化が追求され、「微粒子化」がトレンドとなっている。微粒子化に伴う凝集性の増加などにより従来の計量供給装置では対応できないケースが増え、装置の選定余地がさらに狭められている。

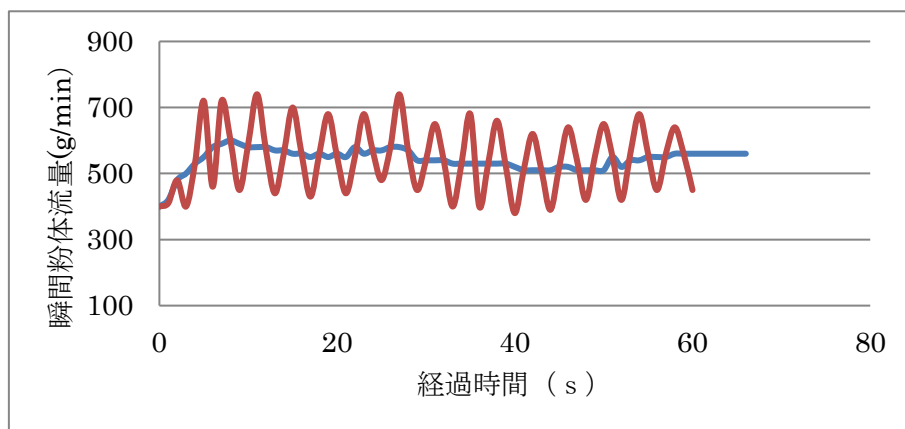
一方、生産効率の向上は各産業分野における主な技術課題であり、従来のバッチ計量・バッチ混合方式から連続計量・混合方式に転換しつつある。そのため、より高い瞬間計量精度を有する供給装置が求められている。しかし、従来の計量供給装置では、たとえばスクリーフィーダの固有脈動やテーブルフィーダの充填不均一性などの様々な連続計量精度に影響する要因があり、市場の求めに応えられないのが現状である。

そこで当社は、下記に述べる幾つかの技術課題を克服し、供給脈動がなく、かつ凝集性の高い粉体を含め、幅広い異なる性状を有する粉体にも対応できるスクリーフィーダ及びテーブルフィーダを開発した。以下にこれらの装置についてそれぞれ紹介する。

無脈動スクリーフィーダ——「ウイングスケーラー」

☆スクリー供給固有脈動の解消

スクリーフィーダは粉体に限らず、粒子も含め最も使われている定量供給装置である。従来のスクリーフィーダは Graph 1 に示すような周期的脈動があることをよく知られている。その脈動周期は回転周期と一致し、脈動の振幅は平均流量の±30～40%に及ぶ。バッチ計量の場合は、周期的脈動は平均化され特に問題されないが、連続混合などのような連続計量精度が要求される場合には大きな問題となる。



Graph 1 従来のスクリーフィーダの周期的脈動

脈動の理由は次のように考えられる。スクリーンの根元部において粉体が十分に充填された状態であっても、粉体がスクリーンの回転により前方へ押し出されるとき、重力で前方へ崩れていき、先端部バレル内は常に充填されていない状態となる。スクリーンフライトの位置がスクリーンの回転により周期的に変化し、排出口部下部にスクリーンフライトが近づくと粉体が多く排出され、次のフライトが来るまで排出量が少なくなる。つまりスクリーンの回転周期と同一の周期で排出量が脈動する。この脈動を解消するためには、バレル内に粉体を充填させることが必要である。そのため、バレルの先端部に何らかの制限手段を設け、粉体の重力による崩れを阻止しなければならない。

そこで、当社はスクリーン先端部に複数ウイングを有する羽根を導入した。バレル内の粉体はこの羽根の抵抗を受け充填できる状態になり、またウイングの回転によって粉体が先端から細かく切り落すことができ、凝集性の高い粉体であっても、より分散した状態で排出することができる（図1）。

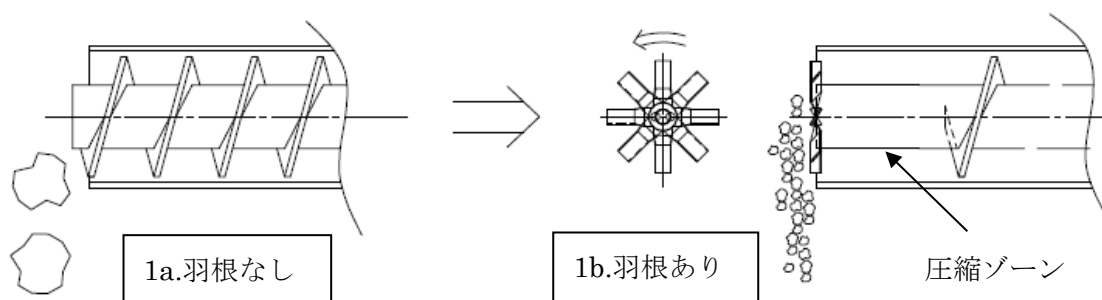


図1 粉体を切り落とすイメージ

1a：ばらつきが生じる。1b：ばらつきがない。

☆粉体かさ密度の均一化

計量精度を影響するもう一つ要因は粉体のかさ密度の不均一さである。粉体は液体または粒子状の材料とは異なり、かさ密度にばらつきがあることはよく知られているとおりである。スクリーンの回転により常に一定体積の粉体を下流へ排出するため、かさ密度が不均一であれば粉体の切り出し重量には当然にばらつきが生じる。

この問題を解決するため、当社はスクリーン先端部に「圧縮ゾーン」と呼ばれるスクリーンフライトがない空間を設けた（図1）。粉体が前述した羽根の抵抗を受け、切り出される前に一度圧縮され、この圧縮により密度のばらつきを解消することができた。

☆粉体の面圧影響の解消

スクリーンフィーダの場合、スクリーン根元部への充填がホッパ内粉体面の高さに影響される。つまり、粉体高さが高い場合、根元部に受ける粉体圧が高く、より高い密度で充填でき、より多く粉体を供給することになる。粉体の下流側への供給に従いホッパ内粉体面が

低下し続けると、充填圧は徐々に低下し、実際に供給される粉体の量が減少していく。

そこで当社は従来のUタイプアジテータを図2に示すような籠型アジテータに変更した。粉体がアジテータ内部で回転しながらスクリーンへ充填し、同時にアジテータの上部にて粉体圧を受けることによりスクリーン充填部での充填圧を一定に維持でき、粉体面圧の変化による供給量の低下問題を解消した。

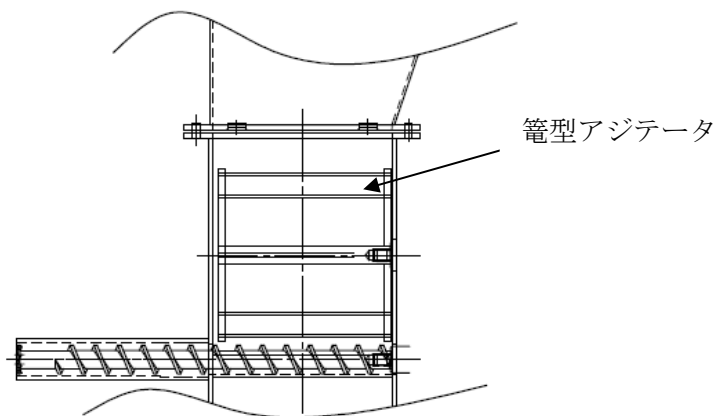
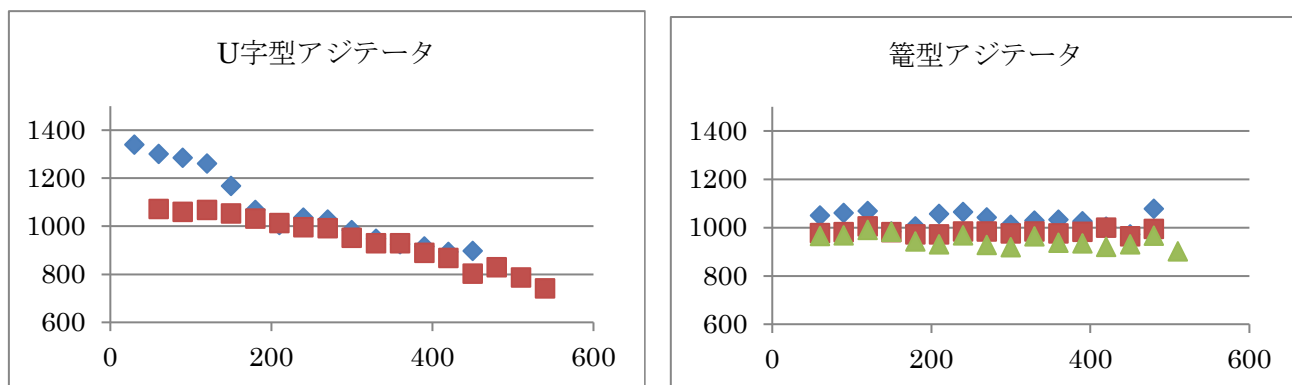


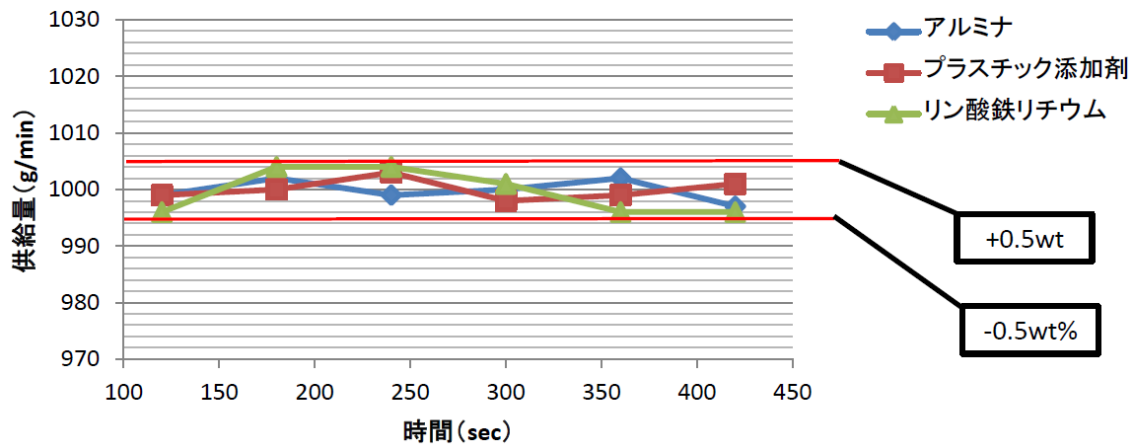
図2 籠型アジテータ

Graph 2に、通常アジテータと籠型アジテータとを用いた場合の供給量の経時変化を示している。籠型アジテータによる改善効果は一目瞭然である。



Graph 2 粉体面圧影響及び解消効果

以上に述べた各技術手段によって、粉体のかさ密度のバラツキをなくすことができるとともに、スクリーン固有の切り出し脈動をなくすことができ、瞬間切り出し精度を画期的に向上させることを実現した。また、本装置のロスインウェート仕様も提供でき、より確実に安定した計量供給が実現できた。Graph 3に幾つかの粉体の計量供給実例を示す。



Graph 3 連続計量結果 (1.0kg/min 設定)

☆「ウイングスケーラー」の構成

1) 本体 (写真 1)

本体は①粉体貯留ホップ、②籠型アジテータ、③スクリュー、④バレル、⑤ロードセル (ロスインウェイト式) などによって構成される。

2) 制御盤

ロスインウェイト仕様では、タッチパネル式操作盤を標準装備。



写真 1. ウイングスケーラー本体

本装置は微量計量 (0.1~1.0 kg/hr)、少量計量 (1~10kg/hr)、中・大量計量 (10~100kg/hr) の 3 タイプがあり、幅広くお客様のご要望に対応できるものとなっている。

高凝集性粉体対応テーブルフィーダー——「ファインズビット」

☆現有テーブルフィーダーの問題点

テーブルフィーダーは構造簡単で調節範囲が広く、スクリューフィーダーと同様に粉体の計

量供給によく使われている。テーブルフィーダの内、粉体の安息角を利用し回転するテーブル面に均一に広げた粉体をスクレーパで切り取るタイプと、既定の溝に粉体を埋め込み、スクレーパによって掻き取るタイプ等があり、後者が主流である。回転テーブル溝内に連続充填・スクレーパによる連続掻き出しのため、スクリューフィーダのような固有脈動がないが、図3 aに示すように、スクレーパによりせき止められた粉体は溝の外壁をのり越えて落下するため、凝集性の高い微粒子状粉体は大きな塊の状態で落下することになり、瞬間切出し精度が悪くなる。

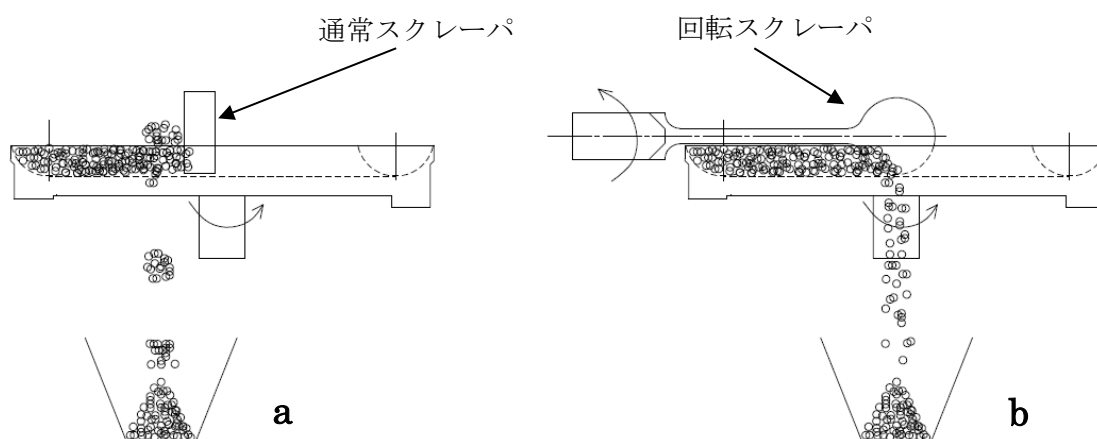


図3. 通常スクレーパと新型回転スクレーパとの比較

また、凝集性の高い微粒子はテーブル溝への充填も困難であり、単純にアジテータと粉体自重を利用するのみでは、均一充填ができず、高精度計量ができない。

これらの問題点を解決するため、当社は新しい溝充填機構と粉体掻き取り機構（回転スクレーパ）を取り入れ、凝集性の高い微粒子状粉体について、微量でかつ高精度計量を達成した。

☆強制掻き出し機構による瞬間切り出し精度の向上

本装置には粉体を強制的に掻き出すための回転スクレーパを採用した（図3 b）。これによって、スクレーパの抵抗により充填溝内粉体滑りの防止・バラツキの低減を達成するとともに、瞬間切出し精度は飛躍的に向上した。

☆充填ローラーによる充填均一性の向上

テーブル溝への均一充填は高精度計量的前提である。しかし、凝集しやすい微粒子の場合は、単純重力による充填は、バラツキが生じやすい。また、ブリッジが起こりやすい。このため本装置には充填ローラーを内蔵し、充填の均一性を大幅に向上した。

☆「ファインズビット」の構成

1) 本体 (写真2)

本体は①粉体貯留ホッパ、②アジテータ、③溝付きテーブル、④粉体を掻き取るための回転スクレーパ、⑤充填ローラー、⑥ロードセル (ロスインウェイト式) などによって構成される。



写真2. ファインズビット本体

2) 制御盤

ロスインウェイト仕様では、タッチパネル式操作盤を標準装備。

☆実施例

表1に超微粒子である関東ローム(JIS 11種)とフライアッシュ(JIS 10種)の計量結果を示す。100g/hr~1000g/hrの範囲において、高計量精度を達成した。

表1. 計量結果

No	原料粉体	切出し能力 (Ave)g/hr	標準偏差 σ (切出し量/min)	変動係数 $\sigma/Ave(\%)$
1	フライアッシュ	78.6	0.0236	1.8
2		152	0.0378	1.5
3		418	0.0731	1.0
4		809.4	0.2870	2.1
1	関東ローム	120.8	0.0356	2.1
2		229.3	0.0499	1.3
3		561.1	0.0922	1.0
4		1001.3	0.4594	2.8

おわりに

以上は当社の新商品であるウイングスケーラーとファインズビットを紹介した。これらの製品は高い連続計量精度を有するとともに、高凝集性の超微粒子の計量にも応用でき、さらにより分散した状態で粉体を切り出すことができるため、食品、化粧品及び電子材料・部品業界をはじめ、医薬や化学分野のユーザー様にも注目されている。これらの製品を利用することにより、皆様の課題の解決と生産性の向上に役に立てば幸いである。

以上