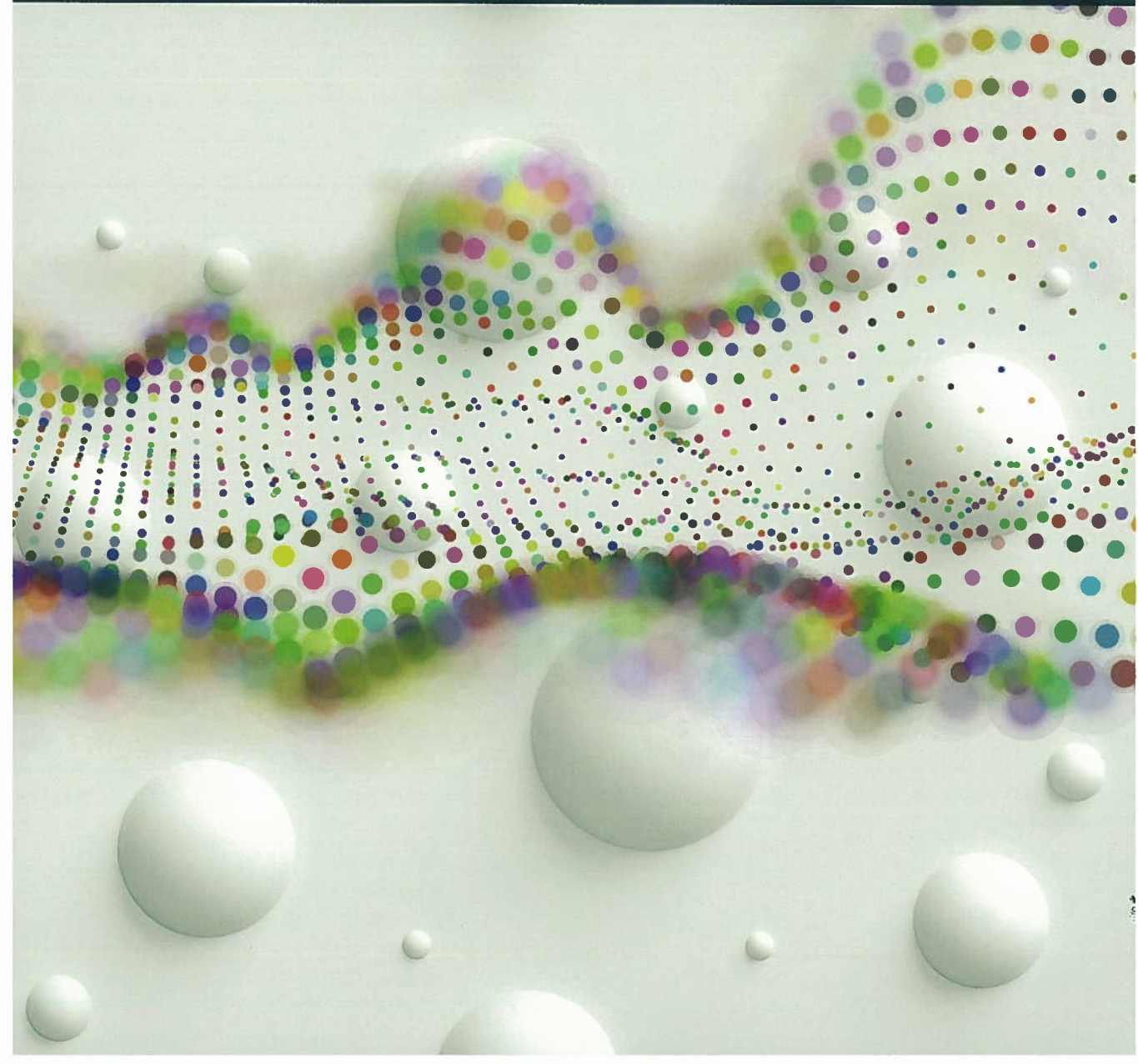


# 粉粒体ハンドリング技術

一般社団法人 日本粉体工業技術協会 編



## 第4章 供給機と機械式輸送装置

### 4.1 供給機の役割

粉体の供給機を、粉体を貯槽から引き出して次のプロセスの粉体処理機械に供給する機器と定義すると、定量的に粉体を供給する定量供給機の他に、貯槽からブリッジを防止しながら安定して粉体を引き出すことだけを目的とした排出装置や、運搬だけを目的とした輸送装置、供給の開始・停止を行うだけのバルブ、落下投入するだけのシュートも供給機の一つとされている。

本文では、一般的な粉体供給機の選定方法を述べ、次に容積制御式および重量制御式の粉体供給機の種類と特徴について述べる。

### 4.2 供給機の選定方法

粉体供給機を選定する際、次の7項目についての検討が必要となる。

#### (1) 前工程の装置の種類からの検討

前工程の装置によって粉体供給機に要求される機能が異なる場合がある。

例えば、空気輸送機などから供給される場合は圧力差が生じるので粉体供給機にはシール性が要求され、さらに付帯装置として、粉体と気体を分離するためにバッグフィルタ等の固気分離装置が必要になる。前工程が貯槽(ホッパ)の場合は、ホッパの大きさや粉体物性によってはブリッジ(アーチ)を起こし、排出できなくなるトラブルを生じるのでブリッジ防止機能のある供給機が必要となる。

#### (2) 粉体物性からの検討

流動性の小さい粉体では、ホッパにブリッジが発生するのでブリッジ防止機能が要求される。粉体が気体を含んだりブリッジが崩れたときに液体のように流れ出し、わずかな隙間からでも流出する現象をフラッシング現象と呼んでいる。フラッシング性の大きい粉体

では、供給機にはシール機能が要求される。腐食性や毒性のある粉体に対しては耐腐食性のある材質や密閉性が求められる。吸湿性がある場合は吸湿防止対策を行う。

#### (3) 必要な定量精度からの検討

精度の示し方として累積精度と瞬時精度がある。累積精度は比較的長時間の給粉量の設定値に対する精度で示し、瞬時精度は一般的に1分間ごとの供給量を設定値と比較して示している。下記に示す精度は瞬時精度の値である。

容積制御式の場合は、特に、粉体物性のなかでかさ密度の変化が供給精度に影響する。ホッパ内の粉体量が変化しても定量制御する機構部に影響を少なくする均圧機構等の採用によって、圧縮度の小さい粉体では $\pm 1\%$ 以下の精度で供給できる場合もあるが、一般的には $\pm 2\sim 5\%$ 程度の精度であろう。

この場合でも定期的にかさ密度や供給量の変化の有無をチェックする必要がある。

$\pm 1\sim 2\%$ 以下の供給精度が要求される場合は重量制御を行う必要がある。重量制御は容積式供給機と供給量を計測する計量装置を組み合わせて行う。

#### (4) 粉体の排出状態からの検討

粉体の供給方法としてバッチ(回分)的に供給する方法と連続的に供給する方法がある。バッチ的に供給する場合は、容積式供給機から計量装置付きのホッパに粉体を受け入れて計量し排出する。計量方法としては、計量ホッパに設定量を受け入れる投入量計量法と計量ホッパからの排出量を計量する排出量計量法があり、その特徴を表4.1<sup>1)</sup>に示す。

#### (5) 必要な供給能力からの検討

供給機にはあまり大型化できないもの、小型化できないものがある。

主な供給機の特徴を4.3.2項以降に示す。

ならない場合がある。

表4.9<sup>11)</sup>に供給機の移動・運搬性能を示す。

### (6) 前工程、後工程の装置のレイアウトからの検討

前工程と後工程の装置の位置によって粉体を供給機で直下に排出すればよい場合や水平に移動したり長距離輸送して排出しなければ

### (7) 後工程の装置の種類からの検討

後工程の装置が反応槽や溶解槽でガスや蒸気が発生したり、発熱する場合は特に注意を要する。

表4.1 バッチ計量における投入量計量方式と排出量計量方式の比較<sup>1)</sup>

	投入量計量方式	排出量計量方式
設備構成例		
計量チャート		
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 風袋重量</li> <li>② 計量物の排出</li> <li>③ 計量ホップへの付着</li> <li>④ 計量ホップ内の残分</li> <li>⑤ 流動性の悪い粉体の完全排出</li> <li>⑥ 洗浄性</li> <li>⑦ 計量精度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 連続排出装置は計量ホップには不要なので軽量にできる</li> <li>○ 短時間で排出できる</li> <li>× 漸次投入には適していない</li> <li>↓</li> <li>× 漸次投入装置をつけると、風袋が軽量にできる利点はなくなる</li> <li>× 誤差となる</li> <li>○ 少なくできる</li> <li>× 残分は誤差となるので、少なくすることが前提</li> <li>× 排出装置がないので下部のダンパの口径を大きくするか、ハンマリング、エアブローを設備する</li> <li>○ 計量ホップの構造はシンプルなので洗浄は比較的容易</li> <li>○ 風袋が軽いので排出量計量より高精度に計量できる場合が多い</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>× 連続排出装置が計量ホップに付属するので重くなる</li> <li>○ 排出することが計量することなので漸次(徐々に)投入に適する</li> <li>× 短時間で投入するには適していない</li> <li>○ 誤差にはならない</li> <li>× 完全に排出することは困難</li> <li>○ 連続排出装置を利用して排出できる</li> <li>× 排出装置があるので洗浄は容易でない</li> <li>× 風袋が重いので投入量より高精度にしづらい</li> </ul>

### 4.3 供給機の種類

#### 4.3.1 供給機の分類

表4.2<sup>2)</sup>は、定量供給機の供給方法および制御方法による分類をまとめたものである。

#### 4.3.2 容積式供給機

##### (1) 往復運動式供給機

##### (i) レシプロケーティングフィーダ(図4.1)

原理：クランクによる底板の往復水平運動

制御方法：・ゲートの開度

・往復速度の変更

・往復ストロークの変化

特徴：○塊状物を供給できる。

○機構が簡単で運転保守が容易。

表4.2 定量供給機の供給方法および制御方法による分類<sup>2)</sup>

供給方法	制御方法		装置例
バッチ供給	容積制御		供給機+タイマーやカウンタ
	重量制御	投入量計量	供給機+計量ホoppa+計量機器
排出量計量		供給機付計量ホoppa+計量機器	
連続供給	容積制御	供給したマス容積	回転速度可変速装置+マス式テーブルフィーダ ロータリフィーダ等
		粉体層の厚さや移動速度	回転速度可変速装置や振動調節装置+レシプロケーティングフィーダ プランジャフィーダ 電磁振動フィーダ 電動振動フィーダ 電磁振動円盤フィーダ シェーキングフィーダ 水平振動式排出装置 スクレーパ式テーブルフィーダ スクリーフィーダ ロスチェーンフィーダ ベルトフィーダ エプロンフィーダ チェーンフィーダ 等
	重量制御	ホoppa内の粉体の減量速度を計測(ロスインウエイト式)	ホoppa付供給機+計量機器(ロスインウエイト式供給装置)
		ベルト上の粉体重量を計測	ベルトフィーダ+計量装置(ベルトスケール)
		半円周上の粉体重量を計測	ループコンベヤスケール
		バッチ連続	バッチ計量+平滑化装置
	その他	落下衝撃力を計測	供給機+インパクト流量計
		管路差圧を計測	(固気2相流)
		切り出しノズル差圧を計測	(固気2相流)
		輸送中の粉体濃度と移動速度を計測	静電容量式流量計 相関計測式流量計
コリオリ力を計測			

○ 0.3～1.0m 程度の移送も兼用できる。

× 定量性はやや低い。

× フラッシング性のある粉体には適さない。

対象粉体：・塊状で粘着性の少ない原料に適する。

・岩石、鉱石の中塊又は大塊で数mm～800mm φ

能力：50～300m<sup>3</sup>・h<sup>-1</sup>

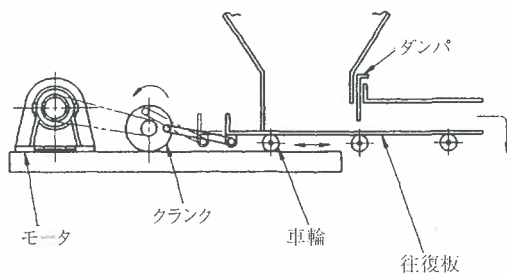


図4.1 レシプロケーティングフィーダ

## (ii) プランジャフィーダ (図4.2)

原理：クランクによるプランジャの往復水平運動

制御方法：・ゲートの開度

・往復ストロークの変化

・往復速度の変更

特徴：○ 小塊状物を供給できる。

○ 機構が簡単で運転保守が容易。

○ 0.3～1.0m 程度の移送も兼用できる。

× 摩耗性のある粉体には適さない。

× フラッシング性のある粉体には適さない。

× 供給量の調節範囲は少ない。

対象粉体：鉱石、石炭粒のような圧縮度の小さい小塊

能力：0.06～30m<sup>3</sup>・h<sup>-1</sup>

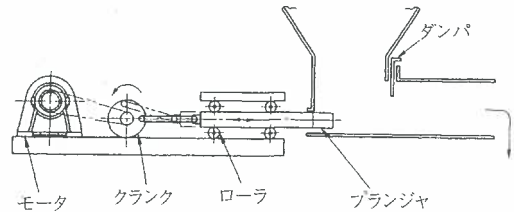


図4.2 プランジャフィーダ

## (2) 振動式供給機

### (i) 電磁振動フィーダ (図4.3～図4.5)

原理：材料を輸送するトラフ、板バネおよび振動源の電磁石から構成されている。トラフとベースは板バネで連結され、電磁石の可動コアは、板バネに取り付けられている。また、コイルを有する固定コアはベースに取り付けられている。

この固定コアは、普通トラフに対して、20～30°の角度で組み込む。この電磁石が単相交流電源によって励磁されると吸引力が発生し、トラフは下後方に引き付けられる。つぎに板バネの力でトラフは上前方に押し返され、可動部分に振動運動が起こることになる。振動の1周期は、1/50秒～1/60秒 (3000～3600回・min<sup>-1</sup>) で、振幅は普通2～3mmである。

制御方法：・振幅の大小

・振動数の変化

・トラフの角度

・振動の方向

・ゲートの開閉

特徴：○ 全閉構造にできる。

○ 粉の中で回転する機構がない。

○ 接粉部の清掃が容易。

○ 0.3～5.0m 程度の移送も兼用できる。

× フラッシング性のある粉体に

適さない。

対象粉体：付着性の強くない粉体

0.01~400 mm φ

能力：0.0006~800m<sup>3</sup>・h<sup>-1</sup>

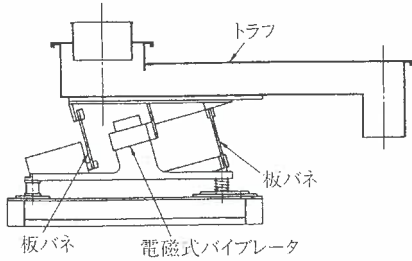


図4.3 電磁振動フィーダ

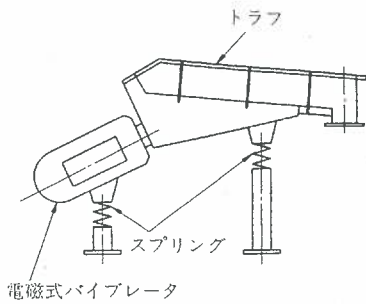


図4.4 掘置形振動フィーダ

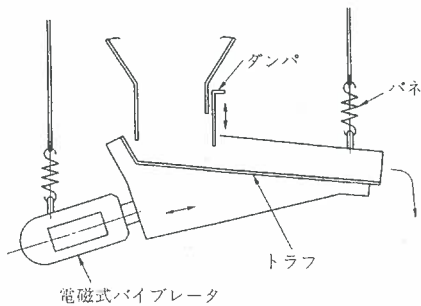


図4.5 吊り下げ形振動フィーダ

(ii) 電動振動フィーダ (図4.6、図4.7)

原理：アンバランスウエイトをモータで回転し、発生した円振動を直線振動にして、トラフに伝える。  
直線振動に変える方法には、共振

バネを利用した共振式と2台の振動モータを互いに反対方向に回転させて直線振動を取り出す強制振動式とがある。

制御方法：・振幅の大小

- ・振動数の変化
- ・トラフの角度
- ・振動の方向
- ・ゲートの開閉

- 特徴：○ 全閉構造にできる。  
○ 粉の中で回転する機構がない。  
○ 必要動力が少ない。  
○ 接粉部の清掃が容易。  
○ 0.3~10m程度の移送も兼用できる。  
× フラッシング性のある粉体には適さない。

対象粉体：付着性の強くない粉体

0.01~800 mm φ

能力：1~2500m<sup>3</sup>・h<sup>-1</sup>

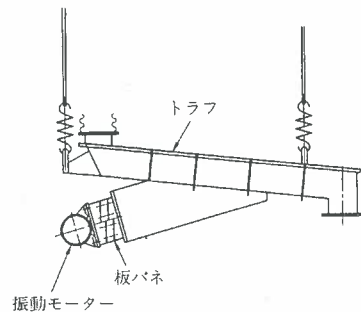


図4.6 共振振動式フィーダ

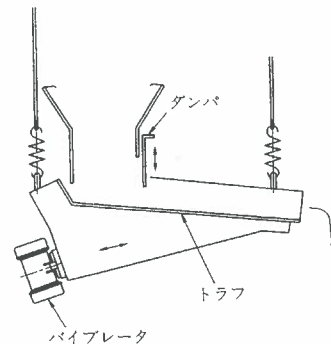


図4.7 強制振動式フィーダ

## (iii) 電磁振動円板フィーダ(図4.8)

原 理：ホップの排出口の直下の円板を上  
下振動させて、ホップ内の粉体を  
流動化させて供給する。

制御方法：・振幅の大小  
・内筒と振動板のスミの調整

特 徴：○全閉構造にできる。  
○粉の中で回転する機構がない。  
○粉粒体の破損が少ない。  
×フラッシング性のある粉体  
には適さない。

対象粉体：付着性の強くない粉体  
粒径数mm以下

能 力： $0.1 \sim 3 \text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

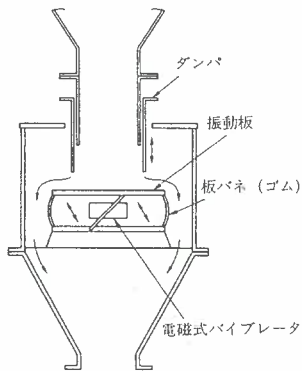


図4.8 電磁振動円板フィーダ

## (iv) シェーキングフィーダ(図4.9)

原 理：水平または少し傾斜したトラフを  
その長手方向に往復運動できるよ  
うにつり下げるか又は板バネで支  
持し、クランクと連結棒の機構に  
よって速い往復運動を与え、トラ  
フ上の粉粒体を前進させ供給する。

制御方法：・振幅の大小  
・振動数の変化  
・トラフの角度  
・振動の方向  
・ケートの開閉

特 徴：○全閉構造にできる。

○粉の中で回転する機構がない。  
○接粉部の清掃が容易。  
○構造がシンプル。  
○5~10mの移送も兼用できる。  
×トラフ全体が往復運動するの  
で大きな慣性作用を伴う。  
×フラッシング性のある粉体  
には適さない。  
×摩耗性のある粉体には適さない。

対象粉体：付着性の強くない粉体

$0.1 \sim 800 \text{mm} \phi$

能 力： $2 \sim 40 \text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

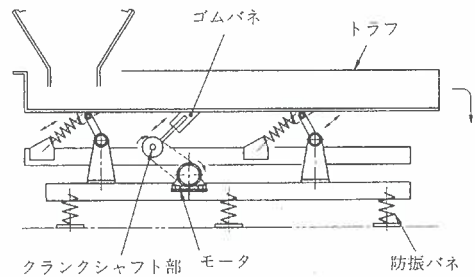


図4.9 シェーキングフィーダ

## (v) 水平振動式排出装置

(図4.10, 図4.11, 写真4.1)

原 理：ホップの下部に設置し、ホップと  
は、フレキシブルリングで接続す  
る。内部に粉粒体の垂直荷重をさ  
さえる板を取りつけ、水平方向に  
振動させることによって粉粒体  
は、内部板とケーシングとの隙間  
を通過して排出される。

制御方法：・振幅の大小  
・内部板とケーシングとの隙間の  
大小

特 徴：○ホップの排出口径を大きくで  
きるので、ブリッジ防止策と  
してきわめて有効である。  
×定量供給を目的とした装置で  
はない。

対象粉体：付着性の強くない粉体

粒径～5mmφ

能力：～1000m<sup>3</sup>・h<sup>-1</sup>

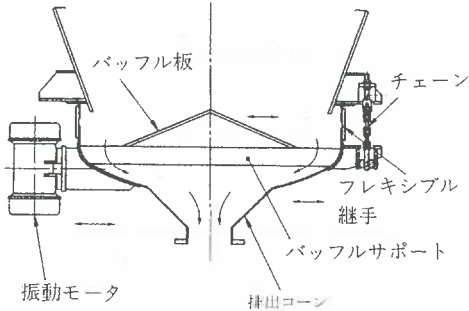


図4.10 水平振動式排出装置(1)

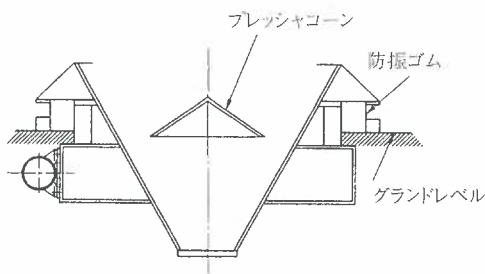


図4.11 水平振動式排出装置(2)

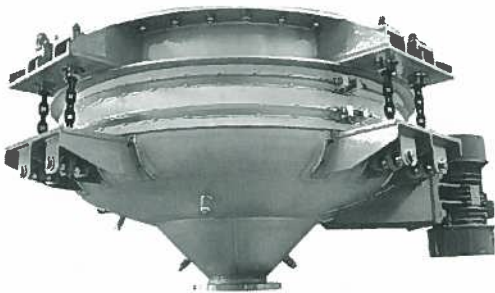


写真4.1 水平振動式排出装置

パで掻き落とす。

制御方法：・回転速度の大小

・スクレーパの差し込み深さ

特徴：○ホップの排出口径は比較的大きくできるので、ブリッジ防止対策が容易。

○供給機の可変は回転数とスクレーパの差し込みの深さで変更することによって広範囲にできる。

×フラッシング性のある粉体には適さない。

対象粉体：付着性の強くない粉体

粒径 ～300 mmφ

能力：0.0006～150 m<sup>3</sup>・h<sup>-1</sup>

スクレーパフィーダの計量ロータに直接粉体圧がかからないように、調圧板を設けている。

調圧板の上には攪拌翼を取り付けて、回転させブリッジを防止している。粉体は落とし管を通して、計量ロータ上部に落下する。

落とし管から落下する粉体は計量室内で一定高さに保たれる為、計量ロータへの充填率は安定する。<sup>3)</sup>

粉体と計量ロータとがすべって、空まわりをしない為に、計量ロータの粉体との接触面にはローレット加工が施されている。<sup>4)</sup>

計量ロータには複数のブレード(図4.13)が取り付けられており、すり切りカバーとで多少の固まりの粉体をもほぐす役目をしている。<sup>4)</sup>

計量ロータの裏側には、掻き寄せ羽根があり、こぼれた粉体を外へ掻き出す構造になっている。

### (3) 回転運動式供給機(テーブル式)

#### (i) スクレーパ式テーブルフィーダ

(図4.12, 図4.13)

原理：テーブルを回転させて、テーブル上に乗っている粉粒体をスクレー



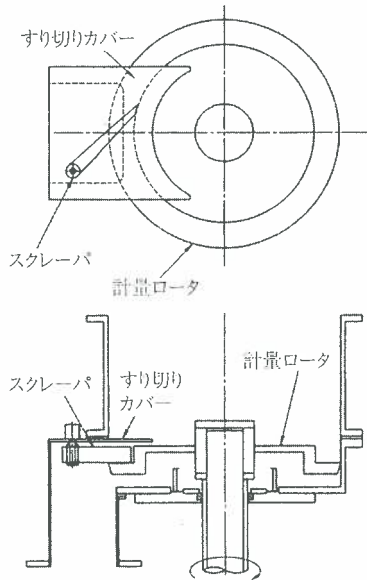


図4.12 スクレーパ式テーブルフィーダ



写真4.2 スクレーパ式テーブルフィーダ

スクレーパ式テーブルフィーダには、サニタリータイプもある。分解工具を使わずに分解・洗浄ができるように、各部品を軽量化してある。(写真4.2)

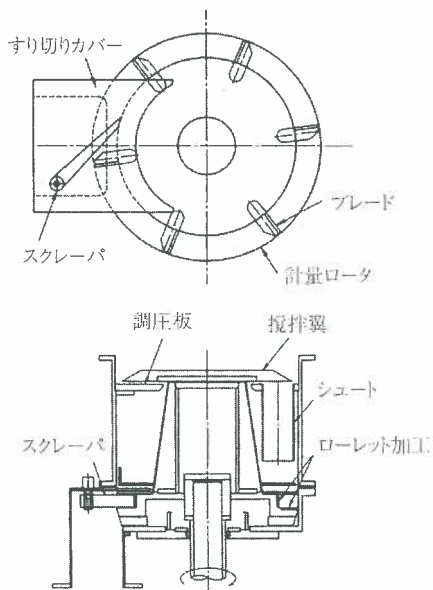


図4.13 スクレーパ式テーブルフィーダ

## (ii) マス式テーブルフィーダ

(図4.14, 図4.15)

原理：外周にマスのある計量ロータを回転させて、マスの中の粉体を排出口に移動させて排出する。

制御方法：・計量ロータの回転速度の大小

特徴：○ 定量精度が良い。

○ ホッパの排出口径は比較的大きくできるので、ブリッジ防止対策が容易。

○ マスの仕切りがあるのでフラッシング性のある粉体にも適している。

× 付着性の強い粉体には対策が必要。

× 比較的動力が大きい。

× 塊状物には噛み込み防止対策が必要。

対象粉体：粒径 20 mm φ以下の粉体

能力：0.006～200 m<sup>3</sup>・h<sup>-1</sup>

図4.15は攪拌翼を取り付けて、ブリッジを防止している。

計量ロータを2段にすることによって、フッシングの防止と、定量性の向上をはかっている。

マスの上から、ドライエアを吹き付けることによって、完全排出と吸湿防止をしている。<sup>5)</sup> 計量ロータの外周をリングで囲んで、粉体が周に噛み込むことを防止している<sup>5)</sup>。

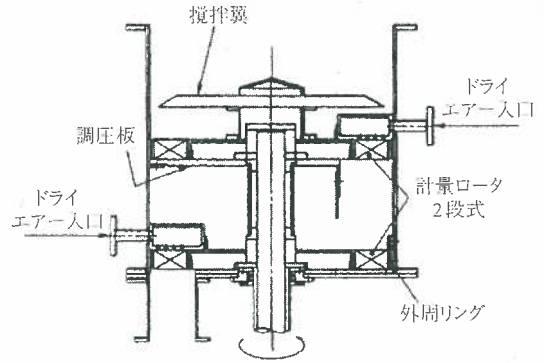


図4.15 マス式テーブルフィーダ(2)

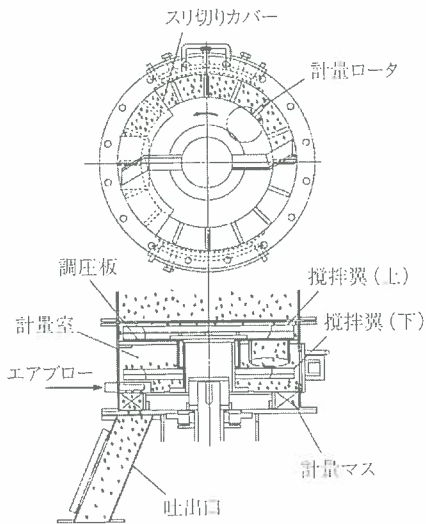


図4.14 マス式テーブルフィーダ(1)

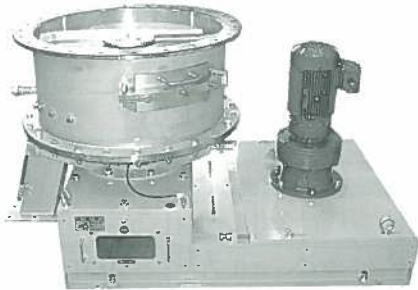


写真4.3 マス式テーブルフィーダ

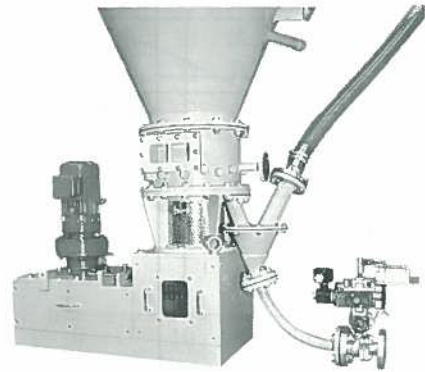


写真4.4 マス式テーブルフィーダ

マス式テーブルフィーダはシール性の良さから、空気輸送機(粉体ポンプ)としても使用されている。(写真4.4)

#### (4) 回転運動式供給機(スクリーユ式)

スクリーユフィーダの設計方法

設計計算方法①<sup>6)</sup>

$Q$ : 供給量 [kg・h<sup>-1</sup>]

$$Q = 60 \cdot \phi \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot a \cdot N \cdot \gamma \quad (4.1)$$

$Q$ : 供給量 [kg・h<sup>-1</sup>]

$D$ : スクリュー外径 [m]

$d$ : スクリューシャフト外径 [m]

$a$ : スクリューピッチ [m]

$N$ : スクリュー回転数 [min<sup>-1</sup>]

$\gamma$ : 材料のかさ密度 [t・m<sup>-3</sup>]

$\phi$ : 充填効率 [-]

$M$ : モータの動力 [kW]

$Q$ : 供給量 [kg·h<sup>-1</sup>]

$$M = F \cdot W \quad (4.2)$$

$$W = (2.74 \times 10^{-6}) \cdot K \cdot Q \cdot (L + c \cdot L_0) \quad (4.3)$$

$L$ : スクリューフィーダの

全輸送距離 [m]

$L_0$ : ホッパ内にはいるフィーダ

部分の長さ [m]

$M$ : モータの動力 [kW]

$W$ : 軸動力 [kW]

$K$ : 材料によってきまる係数 (表4.3)

表4.3 スクリューフィーダ最高回転数および係数表

物質のクラス		A	B	C	D
Kの値		1.2	1.4~1.8	2.0~2.5	3.0~4.0
cの値		1.0	1.0	1.5	1.5
材料の特性	粒の大きさ	微粉	粉~粒	粒~小塊	大および中
	流動性 摩擦性	非常によい なし	なし	かさ密度:0.65~1.3 なし	
例		乾燥穀粒 亜麻の種 麦芽 穀粉 微粉炭	ミョウバン いんげん豆 とうもろこし 大豆 コーヒ 粉炭 吸湿した石灰 荒びき穀粒	石灰の塊 アスベスト ハウ砂 カーボンブラック 整粒された石炭 フライアッシュ (ダストを含まぬ) 湿麦芽 食塩 肥料	セメント 粉砕ボーキサイト 酸化亜鉛 ホタル石 鋳物砂 石灰岩の粉 フルイ分けられた石灰岩 リン酸 粗糖 イオウ 粘土
	スクリュー 最高回転数 <sup>7)</sup>	径 = 100mm	170 min <sup>-1</sup>	120 min <sup>-1</sup>	95 min <sup>-1</sup>
	径 = 600mm	95 min <sup>-1</sup>	70 min <sup>-1</sup>	60 min <sup>-1</sup>	50 min <sup>-1</sup>

<sup>7)</sup>フィーダの最適回転はこの半分ぐらいと考えられる

表4.4 スクリューフィーダ最大塊径、供給量表

スクリュー径 [mm]	処理し得る最大塊径 <sup>7)</sup>		供給量 <sup>3)</sup> [m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> ]
	25%塊	100%塊	
150	20	12	0.535
200	38	20	1.37
250	38	20	2.68
300	50	25	4.52
350	65	32	7.45
400	75	38	11.3
450	75	50	16.3
500	90	50	22.6
600	90	65	39.2

<sup>7)</sup>この値はコンベヤ用のもの。フィーダの設計ではこの半分位が適当

<sup>3)</sup> $\phi = 0.8$ 、 $a = 0.5D$ 、 $N = 10\text{min}^{-1}$ のときの処理量

- $c$  : 材料によって決まる係数 (表4.3)
- $F$  :  $W \leq 1.0$  のとき  $F=2.0$   
 $1.0 < W < 2.0$  のとき  $F=1.5$   
 $2.0 < W < 4.0$  のとき  $F=1.25$   
 $4.0 < W < 5.0$  のとき  $F=1.1$   
 $5.0 < W$  のとき  $F=1.0$

- $a$  : スクリューの回転数 [min<sup>-1</sup>]
- $\rho_b$  : 輸送物のかさ密度 [t·m<sup>-3</sup>]

・ $p$ : スクリューのピッチの決め方

$$\frac{P}{D} = 1.5 \sim 0.5$$

安息角が大きいほど小さくする。  
傾斜角が大きいほど小さくする。

設計方法

- ・塊を含む場合は、表4.4から必要な最小スクリュー径を求める
- ・スクリューピッチを径の半分ぐらい、充填効率を  $\phi = 0.8$  程度として表4.3を参考として回転数を決定する。
- ・充填効率  $\phi$  やかさ密度  $\gamma$  は正確には実測する必要がある。
- ・回転数が表4.3の最高回転数の50%以上になるときはスクリュー径を大きくして計算しなおす。
- ・フィーダ部の長さ  $L_0$  は、粉体の場合でスクリュー径の約4倍、塊のある場合は約6倍とする。

- ・標準形スクリューの充填率  $\xi_0$  の値: 表4.5、図4.16参照
- ・スクリューの回転数  $a$  の値: 図4.17参照

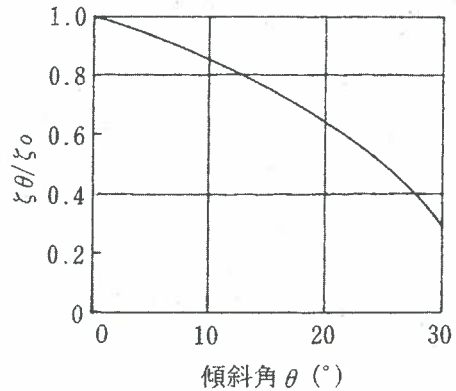


図4.16 標準形スクリューコンベヤの上昇傾斜角と充填率の変化の関係

設計計算方法②<sup>7)</sup>

$M$ : 輸送量 [t·h<sup>-1</sup>]

$$M = 60 \cdot \xi \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - D_1^2) \cdot p \cdot a \cdot \rho_b \quad (4.4)$$

- $\xi$  : 標準形スクリューの充填率
- $D$  : スクリューの外径 [m]
- $D_1$  : スクリュー軸の外形 [m]
- $p$  : スクリューのピッチ [m]

$E_L$  : 標準形スクリューコンベヤの所要動力 [kW]

$$E_L = \frac{K_1 \cdot L \cdot a + K_2 \cdot L \cdot M}{10000} + \frac{M \cdot H}{367} \quad (4.5)$$

表4.5 水平輸送の場合の充填率  $\xi_0$  の値 (川崎重工)

種別	充填率 $\xi_0$	輸送物のかさ密度 $\rho_b$ [kg·m <sup>-3</sup> ]	輸送物の例と性状
A	0.45	0.5 ~ 0.7	石炭粉, 粉状穀物など, 粉状で動かしやすいもの
B	0.38	0.6 ~ 0.8	粉炭, 穀類, 鋸屑, 化成品など, 小粒でさらさらしたもの
C	0.30	0.8 ~ 1.2	小石灰石, 小塊炭, 精製糖, 塩, ソーダ灰など, 多少小塊を含んだもの
D	0.25	0.8 ~ 1.8	セメント, 石膏, 石灰石, 砂, 原糖など摩耗性もあるもの
E	0.125	—	灰, コークスなど, 摩耗性のある塊状物質

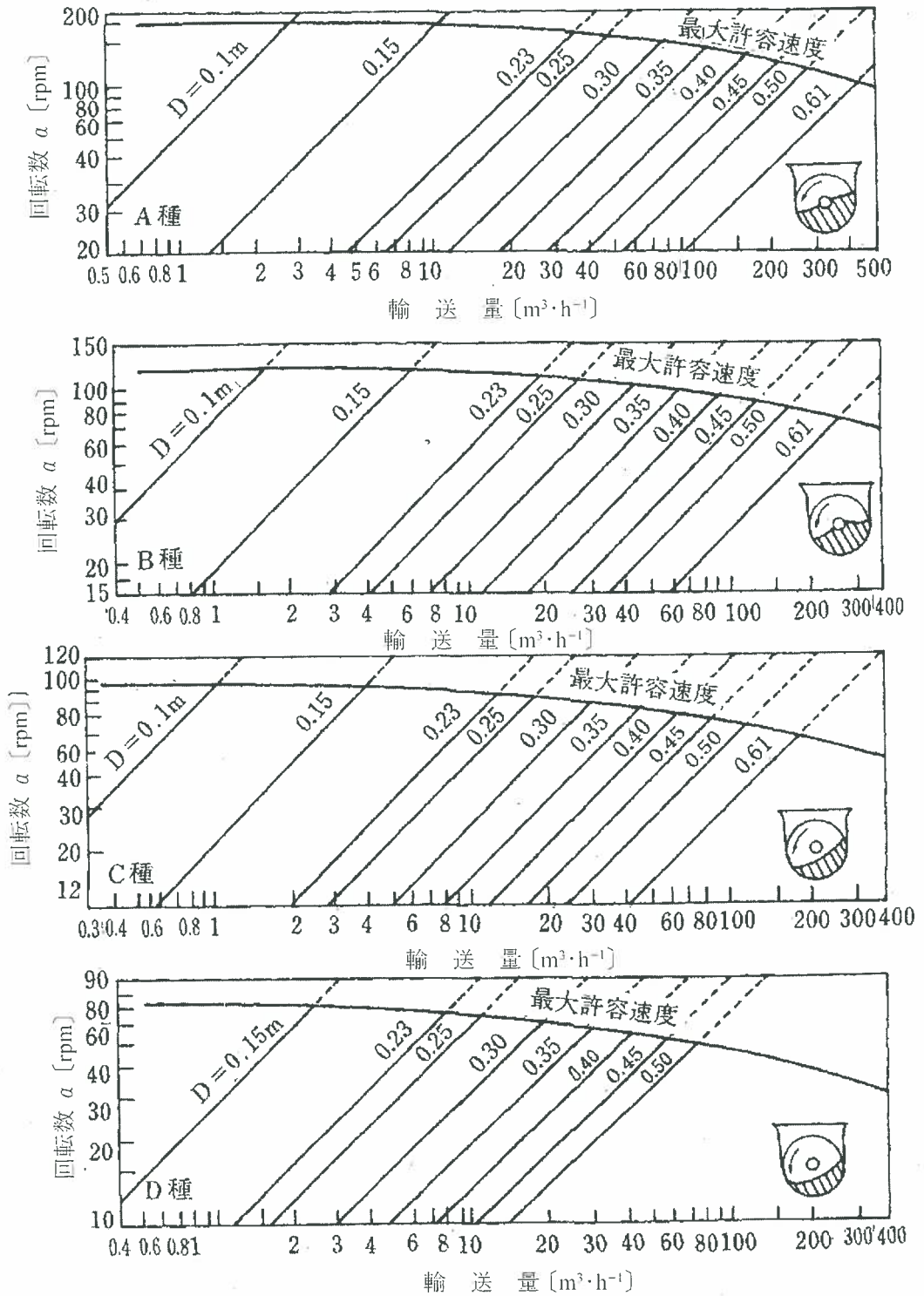


図4.17 スクリューコンベヤの回転数と輸送能力との関係  
(図中のA, B, C, Dは表4.5参照)

- $L$  : スクリューの長さ [m]
- $a$  : スクリューの回転数 [ $\text{min}^{-1}$ ]
- $M$  : 輸送量 [ $\text{t}\cdot\text{h}^{-1}$ ]
- $H$  : 揚程 [m]
- $K_1$  : 無負荷係数 (図4.18)
- $K_2$  : 動力係数 (表4.6)

小型 羽根のピッチ =  $\frac{4}{5}$  · 外径 (4.7)

・ 運搬物の塊の大きさと羽根径との関係(表4.7)

・ スクリューの臨界回転数  $N_c$

$$N_c = \frac{42.3}{\sqrt{D}} \quad [\text{min}^{-1}] \quad (4.8)$$

・ 充填効率  $\phi$  (表4.8)

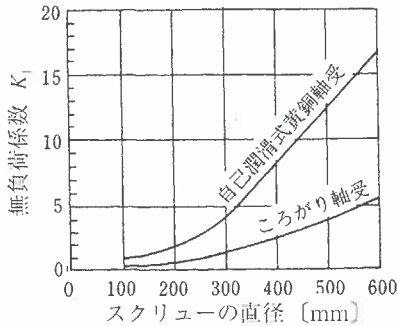


図4.18 スクリューの直径と無負荷係数 $K_1$ の関係

その他の計算方法関係参考資料<sup>8)</sup>

- ・ 羽根のピッチと外径との関係
- フィーダの場合は

大型 羽根のピッチ =  $\frac{2}{3}$  · 外径 (4.6)

所要動力を求める一般式

$$N = \frac{c \cdot Q \cdot L}{367} \quad [\text{kW}] \quad (4.9)$$

$N$  : 所要動力 [kW]

$Q$  : 運搬量 [ $\text{t}\cdot\text{h}^{-1}$ ]

$L$  : スクリューコンベヤの機長 [m]

$c$  : 運搬物の性質による係数

- 穀類  $c = 1.2$
- 粉炭、セメント  $c = 2.5$
- 砂、砂利、灰  $c = 4$
- 石炭  $c = 5 \sim 7$

表4.6 動力係数 $K_2$ の値(川崎重工)

$K_2$	輸送物の種類と性状
20~25	カーボンブラック、米、グラファイト、小麦、ウッドチップなど軽くて、摩耗性、付着性のないもの
30~55	石炭(粉、小塊)、ソーダダスト、塩ビ(粉、粒)、大豆、砂糖、生石灰化成肥料など、やや重いが付着性のないもの
60~110	アルミナ、アスベスト、砂、石灰石、セメント、塩など、やや重くて、塊も混じり、摩耗性、付着性のあるもの
200~300	灰(乾、湿)、フライアッシュ、鋳物砂、焼結鉱など、重くて、塊も混じり摩耗性、付着性のあるもの

表4.7 運搬物の塊の大きさと羽根径との関係

全体に対する塊の混入率	羽根の直径 [mm]										
	75	100	150	225	250	300	350	400	450	500	600
10%以下	13	25	38	63	70	80	90	100	115	125	150
20~25%	10	13	20	38	38	50	63	75	75	90	90
100%	6	6	13	20	20	25	30	38	50	50	63

表4.8 充填効率

運搬物の種類	$\phi$
軽くてさらさらしたもの 穀類、微粉炭	0.45
小粒でさらさらしたもの 豆類、粉炭	0.38
重さ 0.65～1.3 t/m <sup>3</sup> 多少摩耗性のある小塊を含んだもの 小石灰石、小塊炭、カーボンブラック、フライアッシュ	0.30
摩耗性のあるもの セメント、破碎されたボーキサイト、石膏、鑄物砂、ホタル石、 ふるい分けられた石灰石、原糖、いおう	0.25

軸受部の摩擦損失を 10～15%、減速装置の損失を 10～15% ととれば、モータの所要動力  $N_m$  は

$$N_m = (1.2 \sim 1.3) \cdot N \quad (4.10)$$

- ・ 垂直スクリーコンベヤの例  
水平コンベヤに比較して回転数を上げる必要がある。  
U字形トラフは不適當、円筒形のケーシングにする。

以上はスクリーコンベヤを設計するときの資料である。

経験的には動力計算では計算結果が小さく算出されるので、電動機の選定には余裕をもつ必要がある。

フィーダとしてスクリーを設計する場合は以下の注意が必要である。

- ・ 羽根のピッチと外径との関係  
フィーダの場合はコンベヤの場合よりピッチを小さくする。

$$\text{羽根ピッチ} = \frac{1}{2} \times \text{外径} \quad \text{程度} \quad (4.11)$$

- ・ 回転数  
フィーダの場合はコンベヤの場合より回転数を小さくする。
- ・ 充填効率  $\phi$

フィーダの場合はコンベヤの場合より大きくとり 0.8 程度とする。

スクリーフィーダの種類

(i) スクリューフィーダ

(図4.19～図4.22)

原 理：ら旋状のスクリーウの回転

制御方法：・回転速度の大小

特 徴：○ 密閉構造にできる

○ トラフにジャケットを取り付けることにより、供給を行いながら加熱や冷却を行うことができる。

○ 0.3～10m 程度の移送も兼用できる。

× 付着性の強い粉粒体では羽根に付着が成長して排出不能になることがある。

× スクリューの直径方向には、ホoppaは大きくできない。

対象粉体：付着性の強くない粉体

能 力：0.03～100m<sup>3</sup>・h<sup>-1</sup>

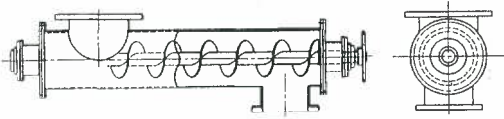


図4.19 円筒型トラフスクリーューフィーダ

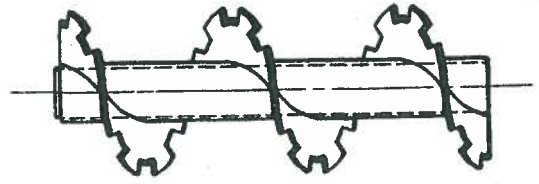


図4.23 カットスクリーュー  
トラフに固く固着する粉体に使用

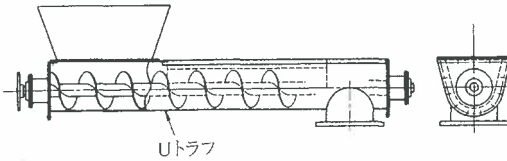


図4.20 U型トラフスクリーューフィーダ

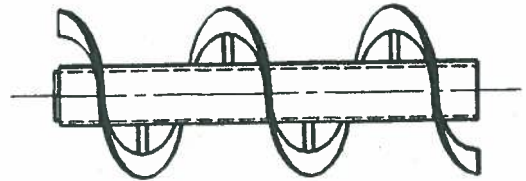


図4.24 リボンスクリーュー  
付着性の強い粉体に使用

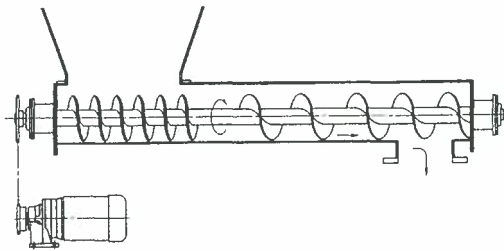


図4.21 バリピッチスクリーューフィーダ  
ホッパ直下のスクリーュー羽根ピッチを小さくし、  
トラフ内の粉体の圧密を防止している。

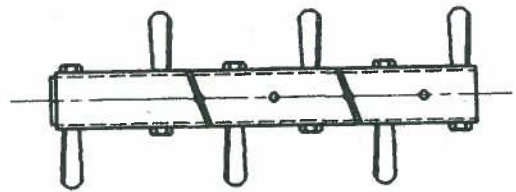


図4.25 パドルスクリーュー  
付着性の強い粉体に使用

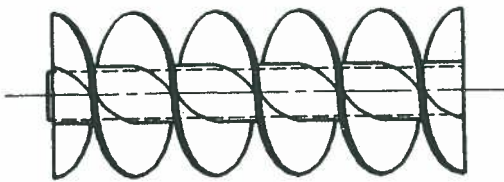


図4.22 ダブルスクリーュー

粉体の排出状態を脈動させず、滑らかにするために使用

(ii) 多軸スクリーューフィーダ

(図4.26, 図4.27)

原理：2本以上のスクリーューフィーダを  
並べて回転させる。

制御方法：・回転速度の大小

特徴：○密閉構造にできる。

○0.3～10m程度の移送も兼用で  
きる。

○スクリーューの直径方向にも  
ホッパを大きくすることがで  
きるのでブリッジ防止対策が  
容易である。

×付着性の強い粉粒体では羽根  
に付着が成長して排出不能に  
なることがある。



対象粉体：50mm φ以下の粉体  
 能力：0.03～300m<sup>3</sup>・h<sup>-1</sup>  
 付着性が比較的強い粉体でもセルフクリーニング作用により供給可能である。

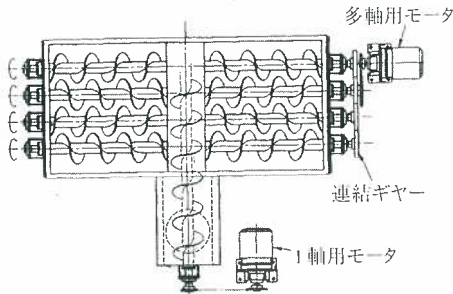


図4.26 多軸スクリーフイーダ

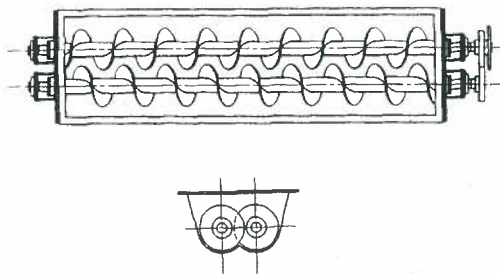


図4.27 2軸スクリーフイーダ

(iii) コイル式スクリーフイーダ  
 (図4.28, 図4.29)

原理：中心に軸がないコイルを回転させる。  
 制御方法：・回転速度の大小  
 特徴：○ 密閉構造にできる。  
 ○ 0.3～2m程度の移送も兼用できる。  
 ○ 比較的付着性の強い粉体も供給できる。  
 × スクリューの直径方向にホップを大きくすることはできない。  
 × フラッシング性の強い粉体には不適當。

対象粉体：2mm φ以下の粉体  
 能力：0.0002～6m<sup>3</sup>・h<sup>-1</sup>  
 コイルスクリーフイーダの外側により大きい径のコイルを一緒に回転させることによりブリッジを防止しながら供給する。

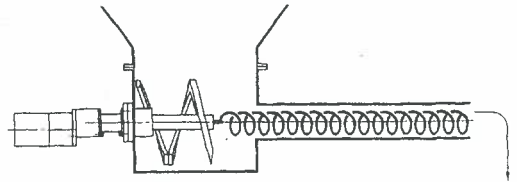


図4.28 二重まきスクリーフイーダ

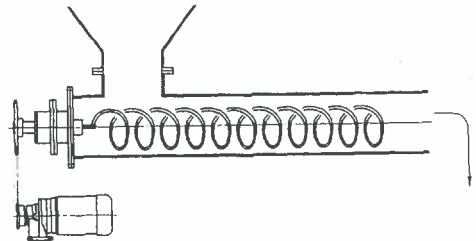


図4.29 コイル式スクリーフイーダ

(iv) フレキシブルスクリーフイーダ  
 (図4.30)

原理：コイルをフレキシブルなパイプに入れて回転させる。  
 制御方法：・回転速度の大小  
 特徴：○ フレキシビリティがある。  
 ○ 密閉構造にできる。  
 ○ コンパクトである。  
 ○ 2～15m程度の輸送ができる。  
 × 付着性の強い粉体には適さない。  
 × 摩耗性のある粉体には適さない。  
 × 長時間の運転には適さない。

対象粉体：2mm φ以下の粉体  
 能力：0.3～12m<sup>3</sup>・h<sup>-1</sup>

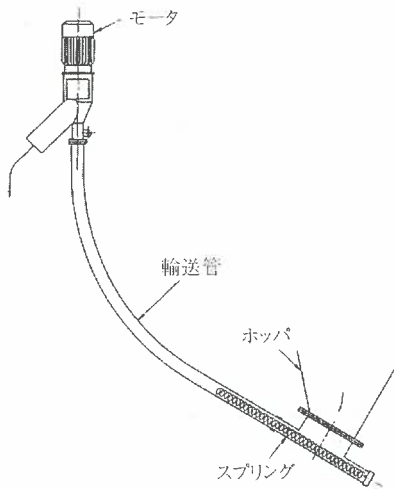


図4.30 フレキシブルスクリーフフィーダ

## (5) 回転運動式供給機(その他)

## (i) ロータリフィーダ(図4.31, 写真4.5)

原理：数枚の羽根をもったロータを水平円筒内で回転させ、ホッパから重力によって粉体を羽根と羽根の間に受け入れ、下方に定量供給する装置。

ある程度の気密を保つことができるので、ロータリバルブとも呼ばれている。

制御方法：・回転速度の大小

特徴：○羽根で仕切られているので、噴流性のある粉体にも適している。

×付着性の強い粉体には適さない。

×ホッパの排出口径はあまり大きくできない。

対象粉体：付着性の強くない粉体

粒径  $\sim 10\text{ mm } \phi$

能力： $0.06 \sim 300\text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

・用途や粉体物性により各種のロータやロータリフィーダが使用されている。(図4.32～図4.41, 写真4.6)

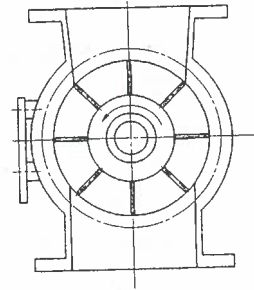


図4.31 ロータリフィーダ

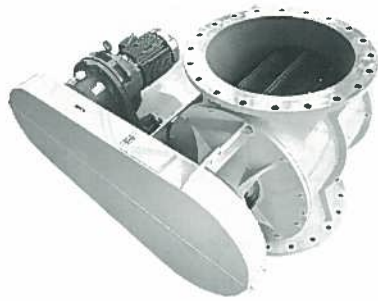
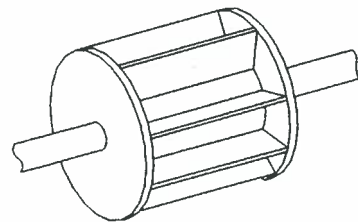
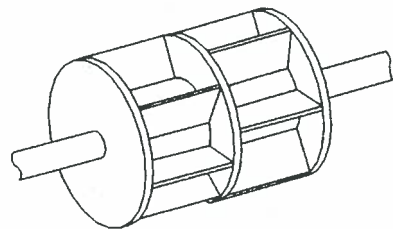


写真4.5 ロータリフィーダ

図4.32 サイドウォール付  
気密性を高めている図4.33 チドリ式  
排出材料の脈動防止

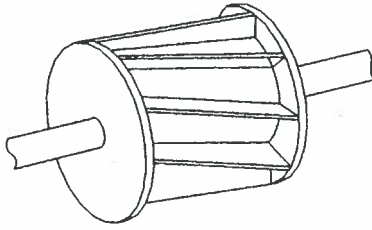


図4.34 ヘリカル式  
カミ込み防止と脈動防止

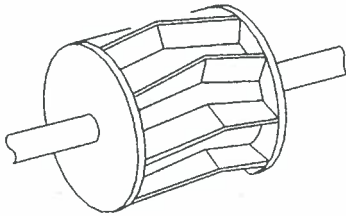


図4.35 ダブルヘリカル式  
カミ込み防止と脈動防止

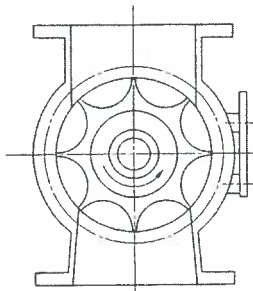


図4.36 付着防止型ロータリフィーダ  
ロータの羽根を星形にし、隅に付着しないようにした付着防止タイプ。

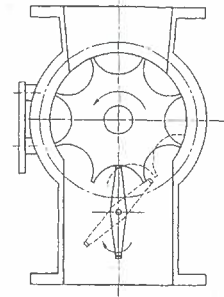


図4.37 付着防止型ロータリフィーダ  
ロータの羽根を星形にし、その羽根に沿ってスクレーパを回転させてロータに付着した粉体を強制的に掻き落とすようにした付着防止タイプ。

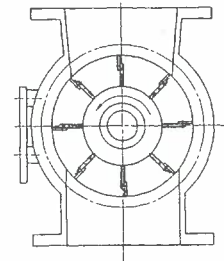


図4.38 先端チップ付ロータリフィーダ  
ロータの羽根の先端にチップを取り付け、ケーシングに接触させて回転させることによって気密性を高めている。

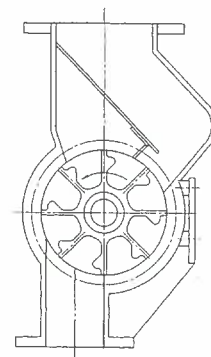


図4.39 嚙み込み防止型ロータリフィーダ  
ロータのマスへの充填が100%にならない様に投入口の位置と羽根と形状に工夫がされている。これによって嚙み込みを防止している。

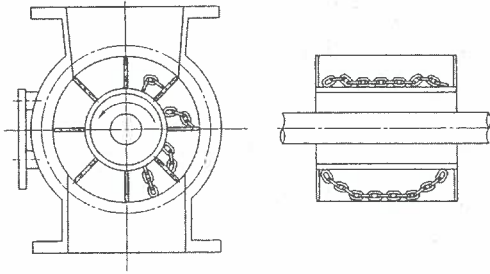


図4.40 付着防止型ロータリフィーダ

ロータの各マスの底部に、チェーンを軸方向にたるみをもたせて取り付けられている。粉体を受け入れるときは、チェーンが底に沈み、排出時はチェーンの自重で付着物にショックを与えるという付着防止タイプ。<sup>9)</sup>

(ii) ロールフィーダ (図4.42)

原理：ホッパ、コントロールゲート、供給用のロールで構成される。ロールは一般的にローレット加工してあり、粉粒体の滑りを防止している。

制御方法：・ロールの回転数の大小  
・ゲートの開度

特徴：○構造が簡単  
×付着性の強い粉体には適さない。  
×フラッシング性のある粉体には適さない。

対象粉体：フラッシング性のない粉体

能力： $1 \sim 75 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

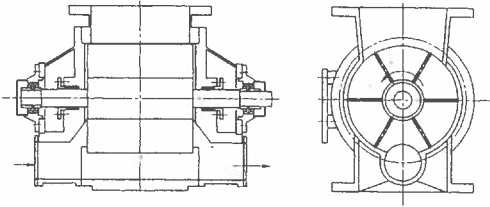


図4.41 プロースルー型ロータリフィーダ

空気輸送に使われる。ロータの側方から圧縮空気を吹き込み、粉体を吹き出す構造となっている。

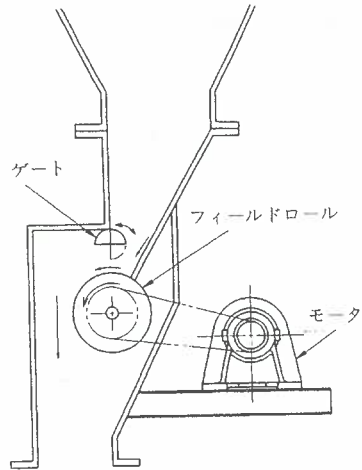


図4.42 ロールフィーダ

(iii) ロスチェーンフィーダ (図4.43)<sup>10)</sup>

原理：ホッパの出口にシュートをつけ、その上に重いエンドレスのチェーンのカーテンを吊る。チェーンの自重によって材料がホッパから流出するのを抑えている。チェーンホイールを回転すると、その回転につれてチェーンの走行距離だけシュートから材料が排出される。

制御方法：・回転数の大小  
・ゲートの開度



写真4.6

短時間で分解、組み立てができるサニタリータイプのロータリフィーダ。

- 特 徴：○構造が簡単。  
 ○広い幅のホッパから排出できる。  
 ×定量性はない。  
 ×粒子径の小さいものには適さない。  
 ×フラッシング性のある粉体には適さない。

対象粉体：100mm以上の中・大塊の岩石、石炭、鉱石

能 力： $30\sim 500\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$

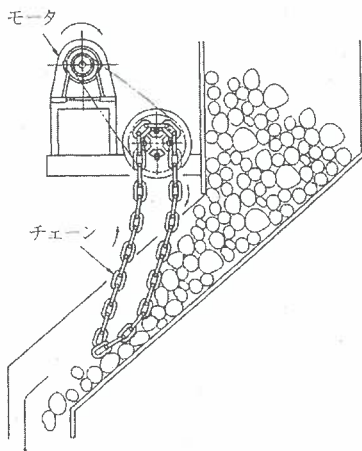


図4.43 ロスチェーンフィーダ

## (6) エンドレス式フィーダ

### (i) ベルトフィーダ(図4.44)

原 理：ベルトによってホッパから粉体を取り出す。輸送だけを目的としたベルトコンベヤと比べてベルトの走行速度は遅い。ベルトはフラットのことが多く、スカートプレートを設けて、粉体がこぼれないようにすることが多い。ホッパの下部に調節用ゲートを設備することが多い。

制御方法：・ベルトの走行速度の大小  
 ・ゲートの開閉

- 特 徴：○長距離の移送も兼用できる。  
 ○構造が簡単。  
 ○粒子の摩耗や破碎が少ない。

- ×密閉構造にしづらい。  
 ×付着性の強い粉粒体には適さない。  
 ×噴流性のある粉粒体には適さない。

対象粉体：粒径  $0.1\sim 100\text{mm}\phi$

能 力： $0.006\sim 2000\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$

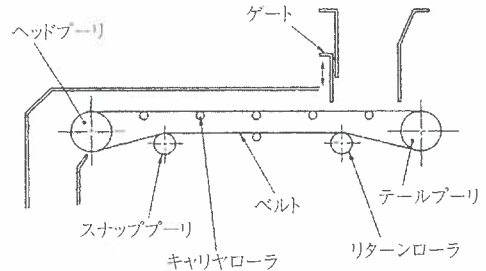


図4.44 ベルトフィーダ

### (ii) エプロンフィーダ(図4.45)

原 理：エンドレスチェーンに板を取り付けて案内レール、あるいはローラ上を走行させている。エプロンの両側には側板や、スカートプレートを取り付け、粉体がこぼれるのを防いでいる。

制御方法：・エプロンの走行速度の大小  
 ・ゲートの開閉

- 特 徴：○ $1\sim 5\text{m}$ 程度の移送も兼用できる  
 ○ホッパの排出口径を大きくできるのでブリッジ防止対策になる。  
 ○流動性の悪い粉体にも使用できる。  
 ×密閉構造にしづらい  
 ×噴流性のある粉粒体には適さない。

対象粉体：粒径  $0.1\sim 300\text{mm}\phi$

能 力： $0.6\sim 1500\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$

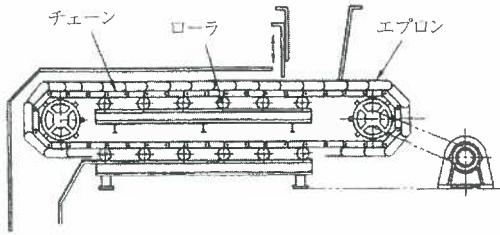


図4.45 エプロンフィーダ

(iii) チェーンフィーダ (図4.46) <sup>10)</sup>

原理: エンドレスのチェーンがトラフ上にある粉体層の中を移動して粉体を掻き出すものである。チェーンと輸送物の摩擦力を利用して搬送供給するので、比較的微粉の場合に用いられる。

制御方法: ・チェーンの走行速度の大小  
 ・ゲートの開閉

特徴: ○ 1~5m程度の移送も兼用できる。  
 ○ ホッパーの排出口径を大きくできるのでブリッジ防止対策になる。  
 × 密閉構造にしづらい。  
 × 噴流性のある粉粒体には適さない。  
 × チェーンと底板との摩耗がある。

対象粉体: 粒径 0.1~50 mm φ

能力: 3~500m<sup>3</sup>・h<sup>-1</sup>

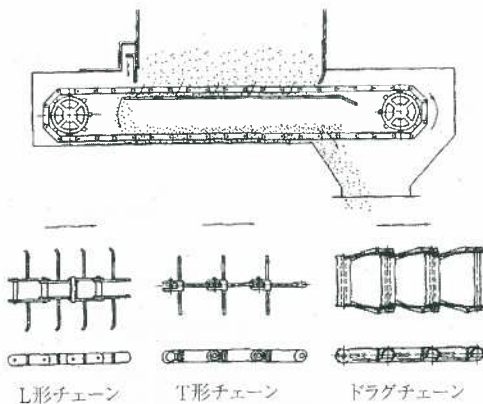


図4.46 チェーンフィーダ

(7) その他



写真4.7 コーンバルブ式コンテナ

- ・コンテナ単位での多品種粉体の取り扱いが可能。
- ・自動搬送システムに適している。
- ・コーンバルブ採用により、計量用供給機として使用できる。
- ・排出量の調整はコーンバルブの上昇高さと作動時間を制御することで任意に設定できる。

その他、フラップ弁 (図4.47)、スライドゲート弁 (図4.48)、ダブルダンパ (図4.49、図4.50)、フローコントロール弁 (図4.51) 等も使い方によっては供給機となる。

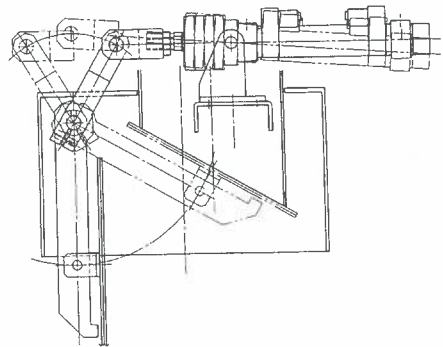


図4.47 フラップ弁

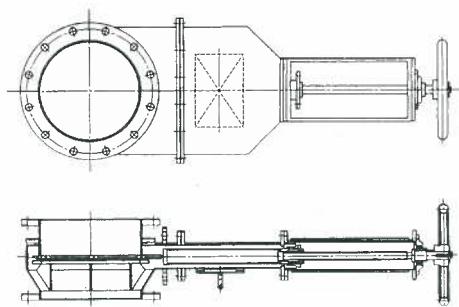


図4.48 スライドゲート弁

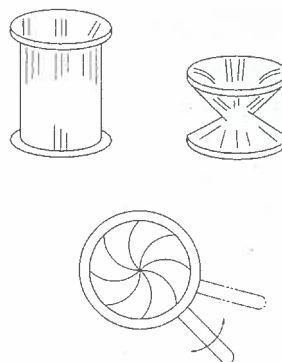


図4.51 フローコントロール弁

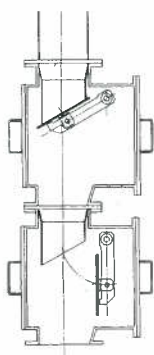


図4.49 ダブルダンパ①



写真4.8 フラップ弁型供給機

写真4.8にサニタリー型のフラップ弁型の供給機を示す。弁体の開度を任意に調整および加振させ、供給速度をコントロールできる。分解工具を使わずに分解・洗浄が可能である。

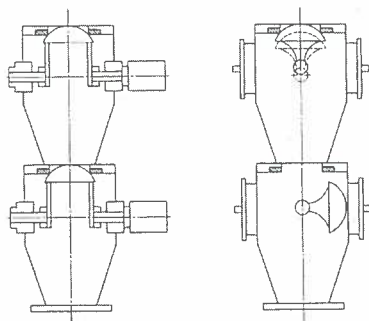


図4.50 ダブルダンパ②

### 4.3.3 容積式供給機の特徴

表4.9<sup>11)</sup>は、供給機の種類別に供給機に要求される性能の評価をしたものである。供給機の選定を行うときの参考になる。例えば、流動性の小さい粉体用にはブリッチ防止性能のあるフィーダ、フラッシング性の強い粉体には、フラッシング防止性能のあるフィーダを選定する。後工程の配置によっては、移動・運搬性能を考慮する必要がある。

しかし、表4.9で悪い評価になっていても、個々の要求に応じて欠点を改善したり、他の機器と組み合わせれば使用可能になる場合がある。例えば、ベルトフィーダは構造上、フラッシング防止性能は低い。しかし、ベルトフィーダを使用して連続的に重量を計測し供給量を制御しようとするときは、フラッシング防止性能の高い水平回転マス式フィーダ等と組み合

わせれば、フラッシング性の強い粉体にも使用できるようになる。

表4.9における評価の基準は以下にしたがって行った。

#### (1) 定量性

○：1～5%の定量性が期待できる。重量計測器と組み合わせて制御すれば、より高精度な定量性が期待できる。

△：粉体の物性が合致していれば1～5%の定量性が期待できる。

×：定量性は期待できない。

粉体物性と定量性は深く関係しており、△の評価の機器でも物性によっては±1%以下の精度で供給できる場合もある。

#### (2) 制御性

◎：与える回転数や振動力と給粉量が直線的に比例し、再現性も良い。

○：与える回転数や振動力と給粉量が概ね直線的に比例し、再現性もある。

△：与える回転数や振動力が増大、減少すれば給粉量も増大、減少するが直線的な比例は期待できない。

×：任意に供給を開始し停止することはできても、供給量の制御は期待できない。

#### (3) 貯槽でのブリッジ防止性能(表4.10)<sup>12)</sup>

貯槽の代表的なトラブルは、粉体が排出できなくなるブリッジの発生である。その対策として、貯槽の形状の工夫や滑り易い材質の採用、パイプレータやハンマリング装置の設置、空気の吹き込み等の他に、供給装置にブリッジ防止性能が要求されることが多い。

◎：ホッパーの下部の排出口の面積を大きく拡大できたり、ブリッジを崩す機能がある。水平振動式排出機は、直径4m程度のもので製作されており、排出口の断面積を大きくすることができる上に、水平方向に揺動させるためブリッジ防止性能が高い。

多連スクリーフイーダは、スクリーフを多数、並べることによって大きな排出口とすることができる。

○：ホッパーの排出口の面積を拡大できる。

△：ホッパーの排出口の面積を一方に拡大できる等の理由でブリッジを防止できる。スクリーフは直径方向の寸法には制限があるが、軸方向では4～5mと大きくすることができる。

×：ホッパーの排出口を大きくすることができない。

#### (4) フラッシング防止性能

消石灰や微粉炭、アルミナの微粉等は、空気等の気体を含むとフラッシングを起こすことがある。

◎：機械的な仕切り機構があるためフラッシングを防止できる。

水平回転マス式フィーダやロータリフィーダは、機械的な仕切り機構があるのでフラッシング防止性能がある。

○：スクリーフのように螺旋状に貫通部がある等のため、極端にフラッシング性の大きい粉体ではフラッシングを防止できない。

△：フラッシング性が弱い粉体なら使用できる。

電磁フィーダや電動フィーダは、機械的な仕切り機構がないのでフラッシング性の強い粉体には使用できないが、水平方向にトラフがあるので、この評価とした。

×：粉体が流動したときに防止する機構がない。

水平回転マス式フィーダやロータリフィーダには、機械的な仕切り機構があるということはフラッシング防止性能が高いという利点の反面、塊状物や突起のある粒子等が隙間にかみこむロック事故を起こす可能性もあるので注意を要する。

#### (5) 外部に対する密閉性

発塵性の強い粉体や外気と接触させたくない粉体のハンドリングは、密閉系で行えればトラブルを防止できる。

◎：電磁フィーダや電動フィーダは、振動



表4.9 粉体供給機の種類と特徴<sup>1)</sup>  
 (-は、装置として目的とされていない機能を示す)

	定量性	制御性	ブリッジ防止性能	フラッシング防止性能	外部に対する密閉性	接粉部の構造の簡便性	移動・運搬性能
1. 往復運動式							
レシプロケーティングフィーダ	△	△	△	△	×	◎	△直線、水平 5m 以下
ブランジヤフィーダ	△	△	×	△	○	△	△直線、水平 5m 以下
2. 振動式							
電磁振動フィーダ	○	○	△	△	◎	◎	△直線、水平 2m 以下
電動振動フィーダ	○	○	△	△	◎	◎	○直線、水平 10m 程度
電磁振動円盤フィーダ	○	○	△	×	○	△	×
水平振動式排出機	×	×	◎	×	◎	○	×
3. 回転運動式 -テーブル式-							
スクレーパ式テーブルフィーダ	○	◎	○	△	○	○	×
マス式テーブルフィーダ	○	◎	○	◎	○	△	×
回転運動式 -スクリュウ式							
スクリュウフィーダ	○	○	△	○	○	○	○直線、水平、垂直、傾斜、10m 程度
多連スクリュウフィーダ	△	△	◎	△	○	○	○直線、水平 5m 程度
コイルスクリュウフィーダ	○	○	△	△	○	○	△直線、曲線 2m 程度
パドルスクリュウフィーダ	△	△	△	×	△	○	○直線、水平 5m 程度
回転運動式 -その他-							
ロータリフィーダ	○	○	×	◎	○	○	×
ロールフィーダ	△	△	×	×	○	○	×
ロスチェーンフィーダ	×	×	△	×	△	○	△直線、斜め下方 2m 程度
4. エンドレス式							
ベルトフィーダ	○	◎	○	△	×	○	◎直線、水平、傾斜 5m 程度
エプロンフィーダ	○	○	◎	△	×	○	○直線、水平、傾斜 5m 程度
チェーンフィーダ	×	△	○	×	×	○	○直線、水平、傾斜 5m 程度
5. 容器移動式							
バケットコンベヤ	-	-	-	◎	○	△	◎直線、垂直 30m 程度
ピボットコンベヤ	-	-	-	◎	○	△	◎直線、水平、傾斜 30m 程度
フローコンベヤ	-	-	-	△	○	△	◎直線、水平、傾斜 30m 程度
スキップバケットコンベヤ	-	-	-	◎	△	△	○直線、水平、傾斜 5m 程度
6. 流動化式							
プロータンク式空気輸送機	-	×	-	×	△	○	◎曲線 1000m 程度まで
プラグフロー式空気輸送機	-	×	-	×	△	○	◎曲線 200m 程度まで
スクリュウ式空気輸送機	-	△	-	△	△	△	◎曲線 300m 程度まで
ロータリバルブ式空気輸送機	△	○	-	×	△	○	
エゼクタ式空気輸送機	-	×	-	×	△	○	◎曲線 50m 程度まで
吸引式空気輸送機	-	×	-	×	△	○	◎曲線 150m 程度まで
エアースライド	-	×	-	×	△	△	◎直線 20m 程度まで
7. その他							
バルブ	△	△	-	◎	○	△	×
シュート	-	-	-	×	◎	◎	△下方、斜め下方

表4.10 アーチの原因と対策方法<sup>12)</sup>

◎:効果大、○:効果中、△:効果小、×:不相当

対策	アーチの原因					装置例	
	圧縮アーチ	クサビアーチ	固化・固結アーチ	静電付着アーチ	圧力バランスアーチ		
	ホップの出口が縮小されているため粉体が流下するにしたがって圧縮されアーチを組む	粉粒体がクサビ状に並んでアーチを組む	粉体が吸湿や変質などにより固化してアーチを組む	静電気によって付着しアーチを組む	排出部のシール性が高いばあいや粉体と空気の置換が悪いときに下部の空気圧が高くなりアーチを組む		
コーン部改造	出口口径を拡大する	○	○	△	△	○	テーブルフィーダ 多軸スクリーフィーダ 水平振動式排出装置 二重まきスクリーフィーダ エプロンフィーダ など
	コーンの角度を垂直に近づける	○	○	△	△	○	
	非対称・偏心ホップとする	○	○	○	×	○	
粉体圧減少	排出口を複数設ける	○	○	△	×	○	
	貯槽径を小さくする	○	○	△	△	△	
壁面を動かす	インサートをホップ内に設け粉体圧を少なくする	○	○	×	×	△	
	壁面に振動を与える	○	×	△	△	△	バイブレータ 水平振動式排出装置 など
	壁面に衝撃力を加える	△	○	○	○	○	ハンマリング装置など
壁摩擦減少	壁面を緩やかに動かす	○	○	○	△	○	ゴム製のアキュムレーターを粉体層の中で空気圧により膨張させたり縮小させる コーン部にそって網などをエアシリンダーなどによって揺動させる
	エアレーションを行う	○ ○空気を含んで流動化する微粉体に効果ある	×	△ △乾燥空気をふきこめば吸湿防止対策になる	△	△	多孔板から空気を吹き出し粉体を流動化する
アーチ破壊	壁材料を粉体との摩擦係数の小さいものとする	○	△	△ △固化したものが剥離し易くなる	×	×	樹脂板などをコーティング、ライニングする パフ研磨
	エアショックを加える	○	△	×	△	×	圧力空気を瞬時吹き出す(アーチの発生している場所にショックを与えることがポイントとなる)
その他	攪拌する	△	△	△	×	△	攪拌機
	空気抜きをして均圧させる	×	×	×	×	○	ベントパイプ
	防湿対策	×	×	○	×	×	密閉構造とする 乾燥空気を供給する 断熱施工し温度の変化をさける
	静電気除去対策をする	×	×	×	○	×	アース、イオン放射加湿

を外部からトラフに与えるので、粉体が接触して通過する部分には回転軸等を貫通させる必要がない。

- ：回転運動を伝えるための軸が粉体の通過する部分に貫通していてもシールが容易にできる構造である。
- △：比較的複雑な機構が粉体と接して駆動しているが、全体をカバーすることにより密閉構造にできる。
- ×：密閉構造にすることが困難。

#### (6) 接粉部の構造の清掃性

粉体の種類の変更がある場合やクリーニングを簡単にする必要がある場合は、接粉部の構造の簡便性が要求される。

- ◎：もっとも簡便  
電磁フィーダや電動フィーダは、粉体が接触して通過する部分は単純な形状にできるので、接粉部のクリーニングは容易である。
- ：やや簡便
- △：やや複雑
- ×：複雑

#### (7) 移動・運搬性能

コンベヤやニューマのような輸送を目的とした装置でなくても、定量供給機等にも運搬性能があれば、次のプロセスの粉体処理機械の配置を貯槽の直下にしなくても良いので便利である。

- ◎：水平、上方、下方に輸送できたり10m以上の輸送ができる。
- ：直線的に5m程度、水平、下方に輸送できる。  
機種によっては緩やかに上方に輸送できる。
- △：直線的に2m程度、水平、下方に輸送できる。  
機種によっては緩やかに上方に輸送できる。  
シュートなどは下方に任意な距離を運搬できるが重力落下のみなのでこの評価とした。

×：直下にもみ排出できる。

#### 4.3.4 重量制御式定量供給機

容積式供給機は粉体の物性、特にかさ密度が変化すると供給量が変化し誤差となる。これを防止するために、排出量を重量や重量に比例する量で計測し容積式供給機を制御するものが重量制御式定量供給機である。

##### (1) ロスインウエイト式供給機<sup>13)</sup>(図4.52)

原理：ロスインウエイト式の原理は粉体の入ったホッパとフィーダの全体の重量を計測し、粉体が供給されるにしたがって排出された粉体の重量分が減量するので、その減量速度から給粉量を計算し設定値との偏差を小さくするようにフィーダを制御するものである。

- 特徴：○ 使用する容積式供給機は、粉体の物性に見合ったものを任意に選定できる。
- 密閉構造にしやすい。
  - 1バッチ間の減量は比較的正確に制御できる。
  - 減量値はそのまま給粉量なので、ホッパへの付着は誤差にならない。
  - × 補給時間中は減量値を測定できないのでフィードバック制御はできない。
  - × 風袋が重くなる。

##### (2) ベルトスケール式供給機(図4.53)

原理：ベルトスケール式の原理はベルト上の粉体の重量を測定し制御するものである。ベルト上の粉体の重量の計測の仕方はベルトと粉体を全て測定し、ベルトの重量を消去して粉体のみの重量を測定する方法と、ある一定区間のベルトを計量器付きのキャリヤローラで支持し粉体の重量を測定する方法がある。

特徴：(a) 計量器付きのキャリヤローラで測定する方法

- 通常のベルトコンベヤに適用できる。
- 機長の長いベルトコンベヤにも採用できる。
- × ベルトの張力による誤差がある。
- × 計量する粉体の量は比較的小さい。
- × ベルトに対する粉体の付着の増減が誤差になる。

- ベルトの張力による誤差がない。
- 計量する粉体の重量が大きい。
- × 機長の長いベルトコンベヤには採用できない。
- × 風袋が重くなる。
- × ベルトに対する粉体の付着の増減が誤差になる。
- × 計量用のベルト以外に容積式供給機が必要である。

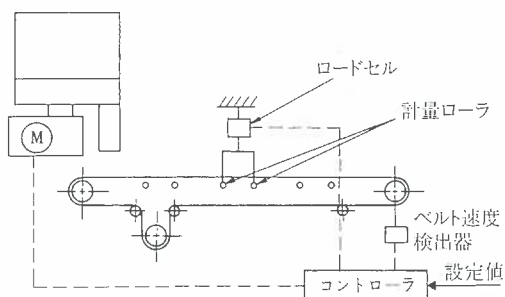


図4.53 計量器付きのキャリヤローラ方式のベルトスケール

(b) ベルトと粉体を全て測定する方法

- 粉体の物性に合った容積式フィーダを任意に使用できる。

(3) 落下衝撃式流量計(インパクト流量計)

(図4.54)

原理：供給される粉体の落下衝撃力から粉体の重量を測定し容積式供給機を制御するものである。

- 特徴：○ 重量計量式に比較してコンパクトである。
- 風袋を計量する必要がない。
  - 遅れ時間が小さい。
  - × 追及できる計量精度は、重量計量式と比較してやや低い。
  - × 粉体物性の変化によって計量値が変化することがある。
  - × 対策としては、ホッパ内の粉体の減量値をロードセルで計測して、自動的に更正する方法がある(チェック

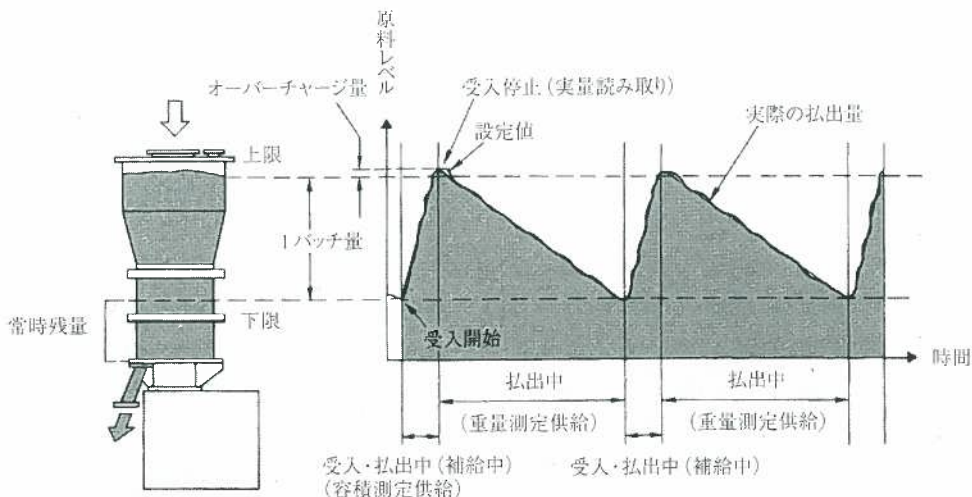


図4.52 ロスインウエイト式の原理

ビン方式)。

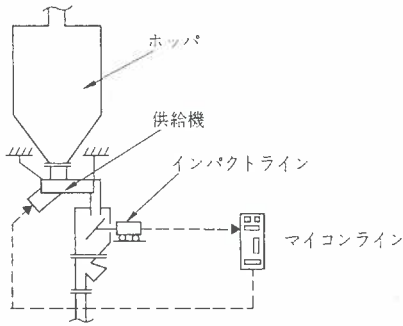


図4.54 インパクト流量計の例

#### (4) 静電容量式流量計 (図4.55)

原理：対抗した2枚の金属平板は、電気エネルギーを蓄積する性質を持つ。図4.55の電極に直流電圧を印加すると、金属板にはさまれた空間に電流が流れ込み、空間に静電容量が構成され電気が蓄積する。電気が蓄積する量は静電容量の大きさに比例する。

この空間に、何かの物質(絶縁物)を配置すると、なにもない空気のみときと比べ、はるかに大きな静電容量となる。静電容量は、物質の量に比例するので、静電容量を測定すれば粉体の量を測定できることになる。

粉体の通過量を計算するためには、通過する粉体の瞬時量と移動速度を知る必要がある。粉体の移動速度としては、自然落下させて落下速度を採用するのが最も簡単である。空気輸送される粉体量を計測する方法としては、輸送中の粉体濃度を2ヶ所に設置した静電容量計測器で計測し、濃度の変動によって生じる静電容量の変動が各々の計測器の間を移動した時間から粉体の移動速度を計測する方法が開発されている。<sup>14)</sup>

図4.55<sup>15)</sup>は粉体を自然落下させて粉体量を計測する方法である。精度

は、まだまだあまりよくないが $\pm 2\%$ 程度で計測できる場合もあるとのことである。誤差要因としては、アンプの温度ドリフトや電極に対する付着等があげられる。

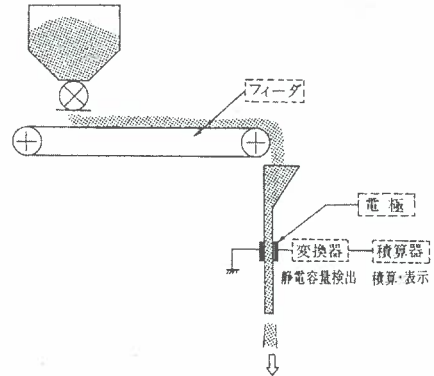


図4.55<sup>15)</sup> 静電容量式流量計の構成

#### (5) その他

ループ状の輸送機自体を天秤構造にして、中心線上の両端を支点として、それに対して左右均等にして風袋をキャンセルする。その半周上に乗った粉体の重量をロードセルで検出し、回転速度から流量を演算する、ループコンベヤスケールがある。

また、放射状に仕切り板を取り付けた円盤を一定速度で回転させ、中央部に粉体を供給すると、粉体は仕切り板によって円周方向の力と遠心力を受けつつ、外周方向に移動し放出される。仕切り板は粉体の質量に比例した力を反力として受けるので、この反力をトルク測定器で測定して粉体の流量を計測する、コリオリの力を利用した流量計もある。

これらは、ホッパなどから粉体を排出する供給装置ではない。供給量を計測する流量センサであり、容積式供給装置を制御するために使用されている。