

ダストレスシュート概要

1. 特徴

穀物等を貯蔵しているサイロから粉粒状の搬送物をトラック等に排出する場合、集塵装置のような付帯設備を用いることなく発塵を抑制する装置。

サイロからのトラック積込設備は粉塵対策として 集塵装置や昇降シュートを用いて穀物から発生する粉塵を低減させている。しかし従来の設備は、電力費や維持費などのランニングコストが掛かる他、性能面や使い勝手の面で十分なものではなかった。本ダストレスシュートは、電力及び付帯設備を必要とせず既に既設設備同等以上の発塵低減効果を有する。

従来の発塵低減技術として、発生した粉塵を集塵装置で集塵するもの、昇降シュートを降下させ排出位置をトラックの荷台に近づけて発塵を低減するものがある(表1)。

表1. 従来設備との比較

		品名・方式	電源の要否	付帯設備
本方式		ダストレスシュート	不要	なし
従来	A	集塵型昇降式シュート	要	集塵装置 昇降シュート
	B	スクリーン排出型昇降式シュート	要	スクリーン切出装置 昇降シュート

本ダストレスシュートの特徴は下記の通りである。

- (1)搬送物をシュート内に堆積させて発塵を防止する機構により、付帯設備を無くし、電力費、維持費を削減することができる。(集塵関係イニシャルコスト：0¥、ランニングコスト：0¥)
- (2)接続管により既設設備に容易に設置することができる。
- (3)出荷作業時間は既設設備とほぼ同等(1ton バッチあたり約 5sec ダストレスシュートに溜まって排出)

2. 発塵低減原理

図1に従来のパイプシュート、図2に本ダストレスシュートの排出状態を模式的に示す。本ダストレスシュートでは、粉粒状搬送物溜めを設けることで搬送物を疑似流体化し、さらにシュート排出口近傍に流動抵抗となる二重円環状の整流板を設けることでその流れを整流化し、排出される搬送物を渦の無い一定した流れとすることで、発塵がほぼ発生せず、集塵装置が不要なダストレスシュートを可能としている。

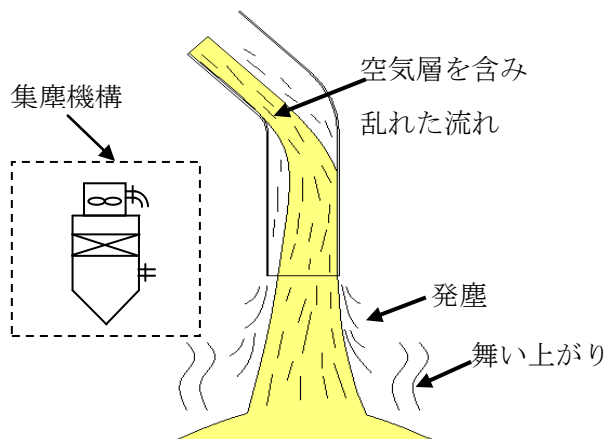


図1. 従来パイプシュートの排出状態

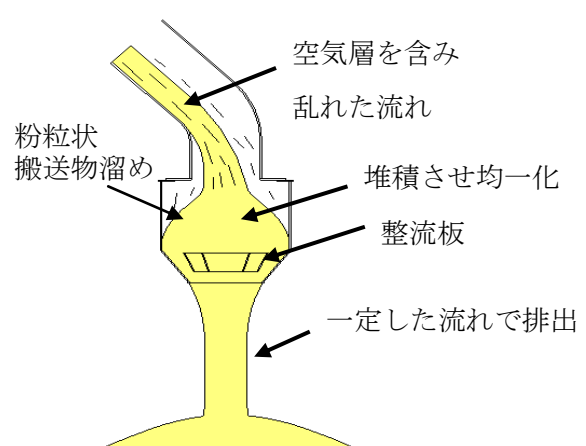


図2. 本ダストレスシュートの排出状態

図3および表2にダストレスシュート部品の構成と主要部品の機能を示す。

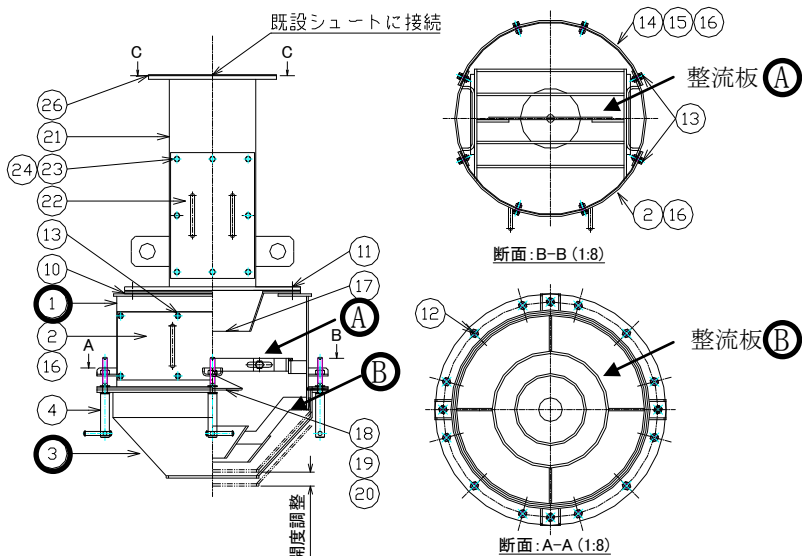


図3. ダストレスシュート部品構成

表2. ダストレスシュート主要部品の機能

品番	品名	機能説明
A	整流板	搬送物の流れを整える
B	二重円環状の整流板	搬送物を整流化及び堆積させ、排出速度を減速させる。
1	上シュート	下端に整流板を取付け、整流板の摩擦抵抗により搬送物を堆積させる。
3	下シュート	下端開口を絞り搬送物を堆積させると共に、排出速度を減速させる。

本ダストレスシュートでは、①内部に粉粒状搬送物溜めを設け、そのなかに二重円環状整流板を設けてその形状を適正化し、搬送物の流れを、②素早く減速、搬送物溜めの断面積一杯に(空気を含まないように)堆積させるとともに、③二重円環状整流板から(渦のない状態で)絞り出される搬送物の流れの内部側を相対的に低圧にする、ことなどを可能とすることで、僅かに発生するダストもその流れの内側に封じ込めながら下方へと集中して定量連続排出し、ダスト、発塵を抑制している。さらに、排出の最後段階において二重円環状の整流板の中央から搬送物が排出される構造とすることにより、ダストレスシュート内に搬送物は残留しないようにしている。

本発塵低減作用について以下更に詳細に説明する。

[発塵低減の考え方]

(a) 粉粒体の高粘性擬似流体化

粉粒体は固体であるが、溜めなどを作って大量に集めることにより、擬似的に液体の様に振る舞わせることが可能となる。ここでレイノルズ数 Re の一般式($Re=vD/\nu$)から理解されるように、粉体搬送過程における粉体の流れの速度 v を小さくすれば、レイノルズ数が小さくなり、搬送粉体は粘性が高く、纏まって流れる擬似液体として振る舞うようになると考えられる。搬送物を、このように纏まりを持って連続的に流れる様にできれば、排出時の空気抵抗による飛散や落下衝撃による跳ね返りを減少し、発塵を低減することが可能になると期待される。ダストレスシュート内部のこの流れについて、空気単相流によるシミュレーション解析を行った結果を、図4(速度ベクトル)、図5(圧力分布)に示す。

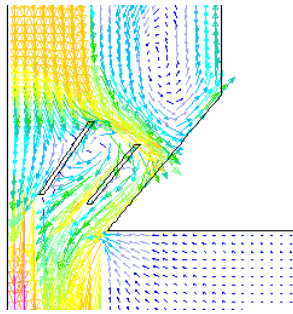


図 4. 速度ベクトル

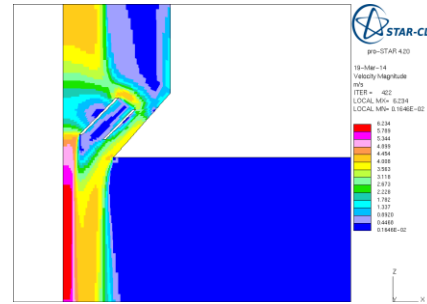


図 5. 圧力分布

(b) ダストレスシュート構造最適化

(a)の考え方に則り、まず流れの速度 v を小さくするための溜めを設けた。ここで特にシュート断面積一杯に粉体を流し(空隙を無くす)、粉体の流れに空気を巻き込んだ乱流が生じず、さらに万一ダストが発生しても、それを穀物側に封じ込めて定量連続排出できるように、その構造を設計した。ついで粉粒状搬送物溜めの下シュート部に二重円環状整流板を取り付け、二重円環状の整流板から絞り出された粉体の定量連続流れの内部側が外部側に対し相対的に低圧になる(ベンチュリー効果)とともに、穀物と外部側との境界に穀物の流れの内側に向かうような渦が発生する(渦流効果)ように下シュート部、二重円環状構造部を設計した、これらにより、僅かに発生するダストも、流れの内側に封じ込めながら下方へと集中して流し落とすことが可能となり、効率的に発塵を防止することができる。

[試作と効果の確認]

対象とする粉体の代表例である穀物においても、その種類は多く、粒子の表面状態、粒径や形状も多様である(表3)。そこで二重円環状の整流版の角度は標準として決定せず、 45° 、 55° の2種類のものを付属させ、現地試運転にて調整を行える製品とすることにした。また、整流板取り付け高さを調整することで、シュート出口の断面積、排出時間を調整できるよう、取り付け座は階段状に10mmピッチとして6段階に変更可能とし、ワンタッチでその取り付け高さ位置を変更出来るようにした。

表 3. ダストレスシュートの主な取扱物と粒子径

試料名称	大豆ミール	大豆	小麦	メイズ	マイロ
粒子径[μm]	300~ 1,700	3,500~ 10,000	5,000~ 8,000	7,000~ 13,000	3,000~ 4,000

3. 性能

トラック出荷設備：70t/h~200t/h (1ton計量のバッチ運転)

※連続出荷(コンベヤからの出荷等)の場合、受けホッパー設置、運転間隔調整が必要となります。

発塵低減効果：78.1%~95.5%(弊社比較試験：100A短管シュート、ダストレスシュート)

[ダスト低減効果(ダストレスシュート性能)の確認実験]

確認実験の詳細を下記に示す。

(a) 実験内容(比較試験)

建屋内に設置した試験機(約1/2スケール)にて大豆ミールの排出を行う。

排出時間及びダスト浮遊時間の測定及び目視(動画の撮影実施)にてダスト粉塵状況の確認を行う。

またデジタル粉じん計にてダスト量(参考値)を測定(2分間実測)する。

図6に実験装置概略図、写真1、2に排出実験状況を示す。

ダスト量測定機器：デジタル粉じん計(粉塵計)高濃度用LD-5D型

測定範囲：0.01~100.0mg/m³、測定感度：1CPM=0.01mg/m³、測定値積算：0~99999カウント

ダストが飛散する方向に粉塵計を設置し、条件の悪い状態で測定を行う(シュート横1m、高さ1m)

(b)ダストレスシュートの効果

100A 短管シュートより排出：粉じん計カウンタ/2357~4179

ダストレスシュートより排出：粉じん計カウンタ/187~517

最少効果時：(517/2357)×100=21.9% ダスト低減率：78.1%

最大効果時：(187/4179)×100=4.5% ダスト低減率：95.5%

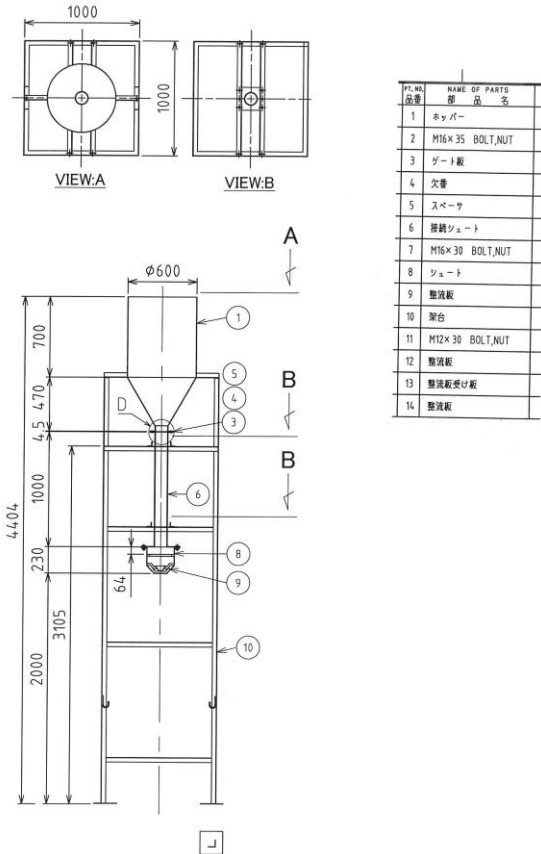


図 6. 実験装置概略図



写真 1. 従来の短管シュート排出状況



写真 2. 本ダストレスシュート排出状況

4. 経済性

従来、トラック積込設備において、集塵装置により粉塵を吸い取り、発塵を防止する方法が一般的に普及してきたが、集塵装置には電動機、ブロー、フィルター、配管などから構成されるためコスト増となりその後のメンテナンスも必要であった。本ダストレスシュートは搬送物の特性を利用したもの（自然流出）であり、付帯設備を設けずに発塵防止を可能にする事で、インシヤルコスト及びランニングコストを大幅に削減することができる。インシヤルコストは従来品に比べ 1/3~1/4 程度、ランニングコストは電源不要のため 0円となる。

また、既設設備にダストレスシュートを設置する場合にも、シュート本体は従来製品と同等以下の大きさで取り付けに支障がなく、付属品設置も不要であるため、省スペース化が図れ、経済性に優れている。