

第9章 化学品・材料分野のクリーンルームの異物対策と作業員教育

第4節 粉粒体プロセスにおける異物混入対策と作業上の留意点

トリプルエーマシン(株) 代表取締役 博士(工学)

石戸克典

(株)技術情報協会 発刊書籍

「クリーンルームの微小異物・汚染物対策と作業員教育」(2020.10.30 発刊)

抜刷

第4節 粉粒体プロセスにおける異物混入対策と作業上の留意点

トリプルエーマシン（株） 石戸 克典

はじめに

クリーンルーム内は通常、内部の含塵濃度を一定以下に保つ必要があり、経路内で粉体を扱う場合は粉体が経路外に漏れ出さないように管理することが求められる。完全密閉系、もしくは、粉体を空気輸送する場合も、サクシオンニューマシシステムを使い、万一パッキングが劣化して、経路にピンホールが生じて経路内の輸送粉体が外に漏れないように設計することが多い。これら粉体原料を使う原料加工の段階で、粉粒体の状態における化学品や材料の異物管理を正しく行うことで、最終製品への異物混入を減らすことが可能である。そのためには、粉体技術を正しく理解し、粉の性質に合わせた異物管理を行うことが必要となるので、ここで取り上げる。

1. 異物混入経路とその原因

まず、製造工程のどこで、どんな異物が入る可能性があるのかを正確に知る必要がある。そのために、①生物的要因 ②微生物的要因 ③人間的要因 ④物理的（設備的）な要因 ⑤化学的（受入前の汚染も含む）な要因、これら5つの要因全てに現場調査をし、現状の把握をすることが大事である。図1に害虫の工場への進入経路と防虫対策例を示す。

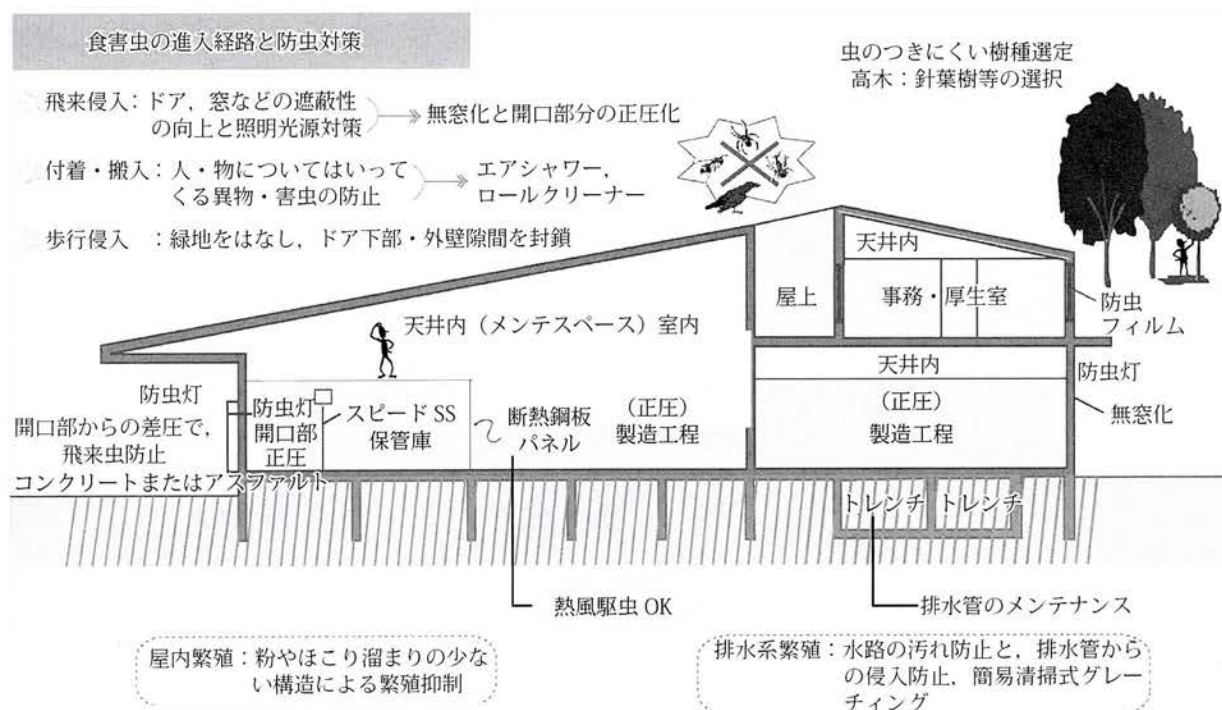


図1 害虫の工場への進入経路と防虫対策例

この例で示すように、外部から虫の進入経路はさまざま、これらを設計時から検討しておくことで、操業してからの異物管理のコストを抑えて確実なものにできることから、専門の防虫コンサルタントのアドバイスを積極的に取り入れることも薦められる。

2. 建物内雰囲気から工程内への防虫・異物対策 (HACCP 対応としての防虫・異物対策のポイント)

2.1 統合的害虫管理システム IPM (Integrated Pest Management)

IPM とは害虫の数を経済的な損害を引き起こし得ないレベルで維持するための適切な手法を幾つか組み合わせたシステムのことである。製粉業を始め食品産業において、究極の目的は害虫を完全に除去する事であるが、“あるレベルで管理する”ことが現実的な目標ではなかろうか。害虫防止の方法は色々あるが、現場調査、清掃、物理的・機械的方法、化学的方法の4種類に大別出来る。経済的で効果的かつ安全な害虫管理には、これら4種類の手法を適切に組み合わせて実施する事が不可欠である。

2.1.1 現場調査

化学薬品のみに頼った害虫駆除から IPM へと手法が変わるにつれ、現場調査の重要性は高まっている。現存する問題点だけでなく、潜在的な問題点も明らかとなり、実行中の清掃計画も見直しができる。そういった意味で現場調査は経済的な害虫管理に重要な要素と言える。現場調査に加えて、対象害虫の大きさ、行為、ライフサイクル、習慣といった生態を把握する事で、より効果的かつ経済的な害虫駆除が実施可能となる。また、現場調査の記録がサニテーションレベルの継続的な向上に有用であり、害虫問題の再発防止や未然防止にも活用出来る。フェロモンや食物トラップの活用も有用である。

2.1.2 清掃

吸引式の清掃により、きちんと清掃して施設内を清潔な状態に保つ事が害虫被害の削減に繋がる。また、施設外部の地面の状態や建物、設備の仕様・配置によって清掃に必要な時間や周期、コストが変わる。清掃しやすい仕様・配置でデッドスポットをなくし、害虫被害の源を断ってしまうのが効果的である。使用可能な化学薬品が減少していく中で、以前より頻繁かつ隅々まで徹底した清掃が必要となっている。特に、屋外設置の原料用粉サイロ内は最低1年に1回（できれば年3回）は内部清掃をすることが好ましい。AIB（米国製パン技術研究所—日本では、（社）日本パン技術研究所）の立会い検査を受ける際、サイロ後にインライン・シフターを設置していても、サイロの清掃頻度について指導されることがある。

2.1.3 物理的・機械的方法

(1) 物理的方法

温度操作と水分操作がある。虫や微生物にはそれぞれ生存・繁殖に適した環境が必要であることから、それを壊すことにより駆除する方法である。

温度操作には冷却・加熱の2種類あり、比較的寒いところでは4℃以下の低温度で数週間保持する方法が適用可能である。限られた空間では熱風駆虫が効果的で、55℃で8～24時間室内温度を加熱保持する必要があると言われる。いずれの場合も事前準備が大切で、耐性に乏しい機器・資材は撤去し、隠れ家となり得る場所を根絶すべく清掃せねばならない。一方、水分は虫が繁殖・増大するかに大きな影響を及ぼし、原料水分が低ければ低いほど繁殖速度は遅くなる。穀類は可能な限り低水分の原料を購入すべきである。13%以下なら安全と言われているが、保管時もローテーションや換気をして均一な水分を維持する事が望ましい。

(2) 機械的方法

インパクトマシンは穀粒内部の虫を破壊するために使用されている。また、最終粉製品に生きた虫が混入する事がないよう、（インライン）シフターが包装・バラ出荷直前に使用される。適切な負荷と回転数でその効果が維持される。紫外線やX線の照射も害虫駆除の方法ではあるが、コスト高に注意しなければならない。金属異物に対しては一般にマグネットと金属検出機を設置する。後の項で詳細にふれたい。

2.1.4 化学的方法

殺虫剤、薬品燻蒸がその代表である。殺鳥・殺鼠剤は施設外部で使用するべきである。

2.1.5 その他の方法

生物学的方法として天敵や寄生生物を利用する方法があるが、さらなる研究が必要なレベルと言える。他に、二酸化炭素や窒素を加え、大気酸素濃度を低く抑えて殺虫する方法がオーストラリアで実施されている。温度 27℃、二酸化炭素濃度 40～60%で 4～7 日間維持すると効果的だという。高濃度の二酸化炭素は虫の呼吸を増やし、脱水を早める効果があるため、より高温の方が短時間で効果大と言われている。

2.2 異物を出さない、混入させない工場の設計コンセプト

異物を出さない、混入させない工場を設計する上で、考えなければいけないことは、前項でも振れたが、工場が、高品質・高効率な生産ができ、快適な職場環境を有し、環境に配慮されており、コストパフォーマンスを追求されて、フレキシブルな製造が可能である工場であるだけでは不足で、HACCP 手法の考えを取り入れた工場でなければならない。以下、HACCP 手法の一部を紹介する。

製品の安全性の確保および品質の均一性を画するためには、早い段階から HACCP の考え方を取り入れていくのがよい。HACCP システムを導入することにより、製品の安全性を確保することは当然のことであり、工場のコンタミ防止レベルをあらかじめ想定しておかなければならない。そのためのハード面の整備によるインシャルコストの負担、HACCP システム運用のためのランニングコストの負担等はあらかじめ考慮しておく必要がある。

そして、設計段階において工場のハード整備について具現化を行っていくことになるが、通常、マスタープラン、基本設計段階での HACCP システムの落とし込みが最も重要なポイントとなる。この段階で第 1 に行わなければならないのが、プロセスフローや作業フローチャートを決定することである。このフローに基づいて、そのプロセスにおいて“どんな危害要因があるか”を分析・検討し、それを踏まえながら、レイアウト計画、ゾーニング計画（清浄度区分、ドライ／ウェット区分、空気圧区分、動線計画（物の動線、人の動線、容器／台車等の動線、廃棄物の動線）などを計画することになる。ここでの留意点としては、下記のような項目が考えられる。

- ① 交差汚染、2 次汚染の防止
- ② 動線の短距離化（特に汚染因子となる対象の動線を最短とする）
- ③ 機械、機器の配置
- ④ 作業スペース、保管スペースの配慮
- ⑤ 作業効率、人員配置
- ⑥ 構造物及び機器のサニテーションのし易さ
- ⑦ 防虫、防鼠対策
- ⑧ 廃棄物の取り扱い
- ⑨ 改造、改修、増設時の自由度

ここではハードとソフトの連携を取りながら、設計を進めていくことが必要である。各計画の中で、正当性・整合性、運用方法、作業効率等を十分に検討し、安易な妥協は極力せず、場合によっては振り出しに戻ってでも当初の目的、“あるべき姿”により近づけていく検討が必要である。ここでの HACCP システムを視野に入れた基本設計が、工場稼働後の衛生管理、HACCP システムの運用に大きな役割を持つことになるのである。

2.2.1 適切なゾーニング計画

工場設計時に HACCP 手法を取り入れる上で、まず考えることは、ゾーニング計画である。人・物・機械の動線を適切に分けることは、コンタミを防ぎ、効率的な生産を考える上で非常に重要である。

- 1) 加熱加工品／非加熱加工品の工程の明確区分
- 2) 汚染／非汚染区域作業者の出入りを区分

- 3) 加熱加工前後でのコンテナ・台車の使い分け
- 4) 汚染／非汚染区域各々に廃棄物庫を設置
- 5) 各室空気圧力分布の適切化による危害の流入防止（清浄度の高い部屋から汚染区域へ風が流れるように）
- 6) ドライ／ウェット区域の明確化
- 7) 食品製造における温度設定，管理，監視の徹底
- 8) 包装エリア（清浄度の高いエリア）への入場者の限定（フットキーシステムの設置）

2.2.2 One Way Flow の実現

人・物・コンテナ・台車・廃棄物の移動に伴う交差汚染・二次汚染を防止するため，各動線が一方通行になるように，また，より短い動線となるようにレイアウトを計画すべきである。

2.2.3 工場のサニテーション

工場生産エリアにおいて，さまざまな危害分子が侵入しない・増えない・容易に除去できる構造・仕様であるように，以下の点に注意して計画すべきである。

- 1) 工場生産エリアを無窓とし，気密性の高い建築構造とし，エリア全体を陽圧とする。
- 2) 外部に面する入出荷口部分には前室を設け，危害因子の侵入防止を図る。
- 3) 天井・壁・床の材質を作業環境や運用に合わせて適切に選定する（耐熱性・耐薬品性・腐食性・抗菌性・断熱性・平滑性・洗浄性等）。最近，通常温度帯であっても，冷蔵庫パネルを使用する例が増えている。
- 4) 低温包装エリア（室温 15℃）では，体感温度緩和，空調ダクトからの異物混入防止のために，ソックダクトを採用する。
- 5) 天井裏スペースを十分に確保し，自由に歩行し清掃を行えるようにすることも検討する。
- 6) 各生産設備・機器は全て清掃，メンテナンス性を考慮する。人の目につかない，あるいは手の届かないデッドスペースをなくす為，点検口を多く設け，レイアウトも工夫する必要がある。また，粉たまりがないように，全ての機器・配管・建物の設計施工がなされなければいけない。

2.2.4 トレーサビリティ

今日，医薬・健康食品・食品工場において製造する製品に使用される原料，資材のロット情報及び製造時の設備状態，温湿度などの製造情報を管理して製造履歴を検索，表示出来ることは，コンタミ混入発生時の初動対応にも役立ち，品質保証体制を確立する上で欠かせなくなっている。

さらに，従来管理しづらかった仕掛品から小分け包装までの工程管理システム（包装ロット管理システム）を加えると，製造工程から包装仕分け，製品出荷までのトレーサビリティを実現することが可能になる。具体的には，以下の方法で実施する。

- 1) 生産管理システムとラベル発行システムを連動することにより，各アイテムの関連づけが可能になる。
- 2) トレイ毎のユニークな No. とバーコードにより，アイテム・出来高・仕掛冷蔵庫内への入庫番地を管理できる。
- 3) 仕掛冷蔵庫内の在庫量管理並びに使用期限管理を行える。
- 4) 包装指示により必要な仕掛品の自動引当を行える。
- 5) ラベル発行システムへ包装ロット No. を送信し，ラベル印字を行える。仕掛品製造ロット No. 及び包装ロット No. の各種情報を記録・表示できる。

原料資材を入荷して，製品を出荷するまでの生産管理システムは製品の製造に重大な影響を与えるデータを分析し，確実に収集できるように設計される。この際手動収集するデータと自動収集するデータを区分する必要がある。トレーサビリティの流れは，以下のように示すことができる。

① 入荷原料・資材データ管理

② 製造情報管理

出庫材料・資材データの使用履歴と製品ロット

製造の各工程での秤量データ、温・湿度データ、品質データ

設備アラームの発生状態

③ 出荷データ管理（仕掛品と製品の関係及び製品の出荷先を管理する）

④ 帳票（各種製造データをまとめてトレーサビリティの帳票を作成する）

2.2.5 密閉ハンドリング（パイプレスシステム）の採用

一般に粉粒体プロセスといっても各種あるが、医薬工場で多く見られる、配合・混合・包装連続製造プロセスを一例に挙げて考察する。このようなプロセスでは、原料、中間製品を空気輸送によりハンドリングすることが多く（図2にそのフローを示す）、空気輸送や人間のハンドリング時に経路内へ異物混入するチャンスが多い。異物混入する機会を減らし、コンタミ防止と多品種大量生産への対応のために密閉ハンドリングシステムを使用する例が増えている。

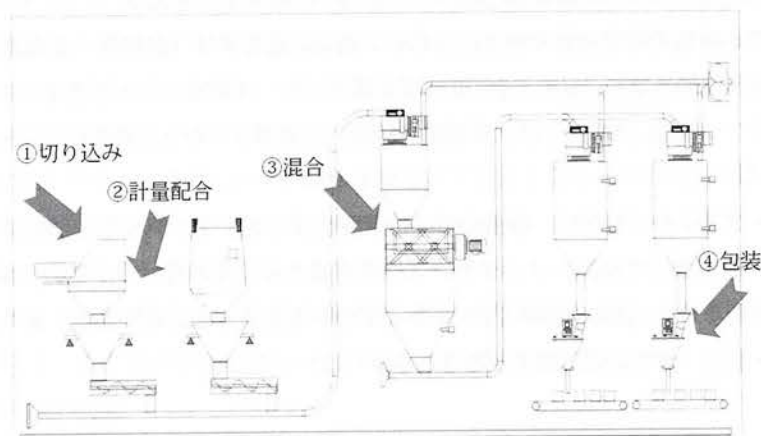


図2 配合・混合・包装連続製造プロセスの例（矢印：異物混入機会）

① 多品種、多原料の生産に対応

② コンタミ、クロスコンタミの防止

③ 作業員への粉塵飛散防止（コンテインメントー封じ込め）

食品、医薬用に製造プロセスを検討する場合、上記の条件をクリアするために多くの企業で工夫がなされているが、実際には次のような問題が顕在化してきている。

① 設備に粉塵が飛散、堆積

② 切り替え洗浄に時間がかかるため、製造品目変更に対するフレキシビリティがない。

③ 空気輸送が多用され、空気と一緒に室内外の異物の混入する可能性が高い。

これを解決する方法として、パイプレスシステムを使った新しいハンドリング技術が最近注目を集めている。パイプレスシステムの代表的技術としてはコンテナシステムがあり、また、製造仕掛品として中間容器として使うという意味から、このコンテナシステムをIBC（Intermediate Bulk Container：工程間搬送用粉粒体コンテナ）システムと呼ぶことが多い（図3に簡単なIBCシステム例を示す）。

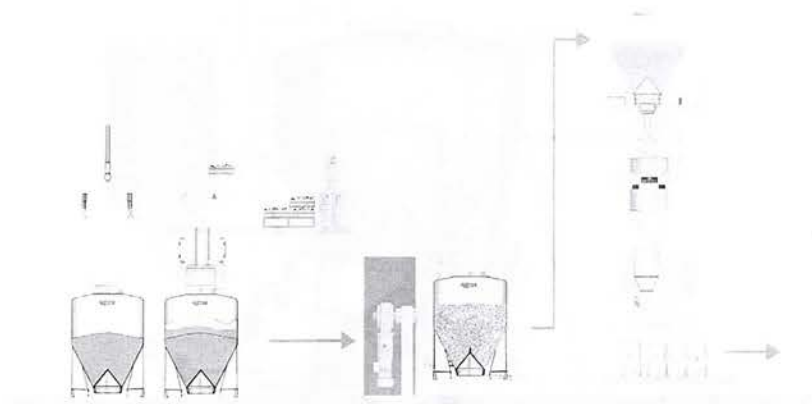


図3 簡単なIBCシステム例

(1) コンテナシステムの特徴

コンテナシステムの最大の利点は、各ステーションの作業工程が独立並行して行われ、機器の稼働効率を高くできる点にある。次に、コンテナを洗浄するだけで製造切り替えが可能で、コンタミネーションが防止でき、高品質な製品の大量・少量多品種製造に適している。同時に、各ステーションが独立して稼働するので自動化が容易であり、また製造計画の変更等にフレキシブルに対応できるシステムでもある。さらに、従来のラインでは建物の高さをフルに使った設計をされているのに対し、コンテナシステムはワンフロア化でき、建築費用の低減、管理コストの削減が可能と考えられる。最後に、粉体が常にコンテナ内に収められているので発塵箇所が少なく、クリーンな作業環境が維持できる点も注目すべきである。

一方、コンテナシステムの欠点は、従来機に比して初期コストが高いということで倦厭されがちな点にある。たとえば、とくに自動輸送機のようなコンテナの荷役関係のシステムは従来の空気輸送ラインでは必要なかった部分であり、コストアップの主要因となる。また、自動化のための制御システム・ソフトのコストもかなりのウェイトをしめる。導入にあたっては、自動化による省力化のメリットとのバランスの検討が重要となってくる。手動で移動するなど安価な輸送手段から検討をすることで、イニシャルコストを抑えつつ導入することができるので、段階的導入の検討も必要である。このシステムはコンテナ自体を移動させるものであり、荷役関係及び計量精度の制約からコンテナの大きさに限界があり、1バッチあたりの処理量は一般的には1t/batch程度が上限となるが、かさ比重の小さい粉粒体用に3000リットルクラスの容器を有しているメーカーもある。従って、同一銘柄を連続して大量生産する場合には空気輸送の方が適しているといえる。ただし、空気輸送では閉塞等がよく問題となる付着・凝集しやすい粉粒体、湿体等のハンドリングがコンテナシステムでは問題にならないので、初期コストのみで判断せず、ランニングコスト・作業性・生産性等を総合的に検討することが重要である。

コンテナシステムには利点、欠点があり、利点を最大に活かせる部分を吟味して選択し、有効に利用していくことが必要である。医薬、健康食品、香辛料、カラートナー、顔料等の大量・少量多品種生産においてはコンテナシステムの有効性は高い。また、中間混合原料製造ラインとしても有効であると考えられる。

(2) コンテナシステムの概要(図4にIBCコンテナの断面図例を示す)

- * 可搬式コンテナの排出機構に、自動排出バルブの機構をプラスすることによって、スムーズな粉粒体の排出が可能。
- * 輸送、混合、計量排出が可能。
- * 貯蔵/充填/混合/洗浄/搬送の各システムを組み合わせ、粉塵のない状態で一連の工程の自動化が可能。
- * 24時間自動運転対応可能。
- * コンテナからの全量排出ができる。
- * フレコンに切出し秤量機能付加可能。
- * 経済的なバッチ搬送システム。

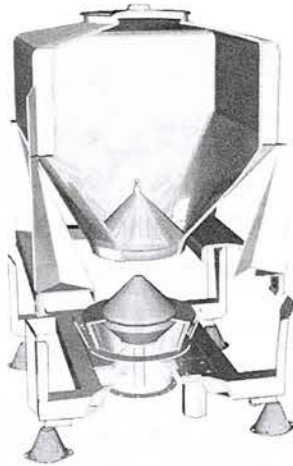


図4 IBC コンテナの断面概念図例（マトコン社より）

3. 粉体原料・製品への異物対策手法（主に機械的方法）

クリーンルーム内で生産する原料プロセスでは、原料以外の異物が絶対に混入してはならない。最近の検査機器の性能向上により、微量な異物混入も証明されるようになった昨今、異物混入を未然に防ぐ製造技術を持ち、確実に運用されているかどうか企業が生命線を握るような大変重要な鍵となっている。化粧品工場・化粧品プラントの建設を手がける会社でよく取り扱うタルク、酸化チタン、コーンスターチなどの粉末原料へのコンタミ（異物混入）防止は大きなテーマになっている。かつては、粉末原料が加工され最終製品で形状が変わると異物の発見は難しかったが、最近では検出技術の向上等で、最終製品出荷段階前に異物を発見することがかなりのレベルで可能になってきた。また、粉体の段階で異物を確実に除去することで、加工された中間原料中での異物管理の方法を簡素化することも可能となる。消費者のコンタミ防止に対する厳しい要求レベルに対応するためにも、原料段階において異物除去することの重要性が高まってきている。

3.1 インライン異物除去装置

原料粉体を空気輸送する製造工程は多くの工場で行われているが、その空気輸送中に異物除去装置を設置する場合は、重力落下中に設置する場合に比べて、総機器点数が少なくなり、異物管理ポイントが減ることから、最近スポットが当てられてきている。

粉体に混在した鉄異物を除去する「インラインマグネット」、虫の卵を殺卵する「インライン殺卵機」、虫などの30メッシュ（600ミクロン）以上の異物を除去する篩装置「インライン・シフター」などが紹介されている。これらを設置することで化粧品原料粉体中の異物を連続的、かつ、トータルに除去することが可能になり、衛生面および安全面を重要視される化粧品製造において、異物混入防止の効果をより高めることができる（図5にフロー例を示す）。

これらの製品の特長は、空気輸送配管中に設置することが可能で、製品混練ミキサー送りや製品出荷空気輸送ライン、包装機送りライン等の重要な管理ポイントで異物を除去・コントロールすることができる。

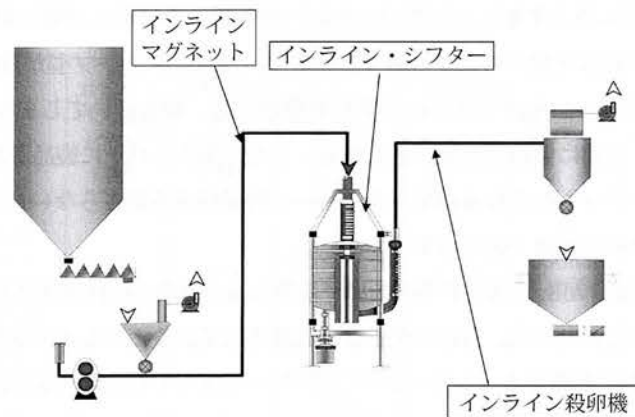


図5 インライン異物除去装置のフロー例

3.1.1 インラインマグネット

フェライト磁石と強力希土類磁石の2タイプあり、空気輸送ライン中に設置でき、浮遊金属異物を効果的に除去する。マグネット部分は簡単に取り外し可能で清掃・メンテナンスの容易なものが好ましい。

3.1.2 インライン殺卵機（別名：インパクトマシン）

空気輸送ライン中に設置でき、原料粉体中に存在する原料由来の虫の卵を高速回転ローターで破壊・殺卵する。インライン・シフター直後に設置することで、篩通過後の製品中に存在する、篩目以下の卵を破壊できる。特に、200ミクロン以上の大きな卵に威力を発揮する。

3.1.3 インライン・シフター

空気輸送ライン中に配置できる篩装置で、最大 550kg / 分（33 トン／時、強力小麦粉ベース）の処理が可能（30メッシュ、600 ミクロンの目開き）な機種もあり、アメリカ製パン業衛生標準委員会（BISSC、現在は AIB の内部に設置）の衛生基準適合証明書付きの装置も日本で販売されている。BISSC では、食品用の異物篩について以下の基準を設けている。

＊篩に関する BISSC の基準の抜粋（参考）

4.1.4-Specific Design Requirements for Sifters

4.1.4.1 Separate conveying air systems shall be provided before and after an atmospheric sifter in the system. (機内にエアバイパス機構が内蔵されているか、機外に粉体輸送空気を分けてバイパスできるシステムが併設されていること)

4.1.4.2 Sifters shall permit continuous discharge of tailings through dust-tight connections to an enclosed container. (異物が連続的に排出されること)

4.1.4.3 Sifters shall employ no rubbing action to facilitate product flow. (網をこすような力を加えないこと)

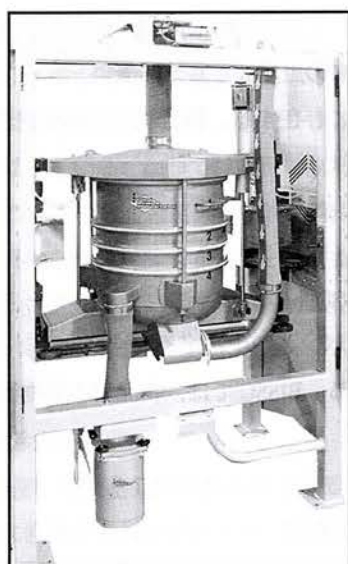
4.1.4.4 Sifter screen frames shall be designed to prevent replacement in an improper position and shall be readily removable for cleaning (網が外し易くっており、かつ、元に戻す時に間違いが起りにくい構造になっていること)

4.1.4.5 Sifter screens shall be minimum mesh to allow passage of product. (網の目開きは製品の通過しうる最少であること)

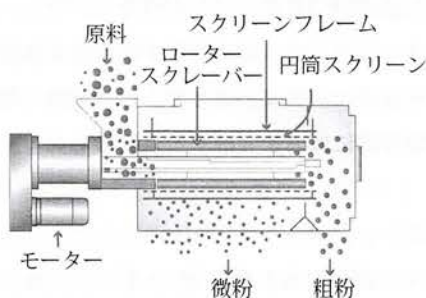
異物・虫が破損して製品へ混入することがないように、異物除去を目的に、特に有機物系粉体を篩うシフターは緩やかな旋回運動が最適（粉体を解砕しながら篩う目的には、ラウンドシープ型が良い）。アジテーターやピーターなどで網に直接力をかけると、虫をばらばらにし網目を通過させ、網を破いてしまう可能性が高まる。破れは2次異物につながることから、慎重に機器選定すべきである。また、篩オーバーに製品が混ざると、ロット切り替え時に粉が切れず、トレーサビリティもなくなるので、オーバーに製品が全く混ざらないシフターが理想的である（写真1に各種インライン・シフターの写真・図を示す）。

篩の機種を選定には BISSC, AIB, HACCP 等の指導・基準に基づき細心の注意を払わなければならない（表1に各種インライン・シフターの比較を示す。各社のデータは公表されているホームページ等の情報、カタログに基づく）。

また、空気輸送配管途中に設置するインライン・シフターでなくても、重力落下式で木を全く使わない、接粉部オールステンレスのトゥルーバランスシフターも販売されている（写真2参照）。従来、アルミ製の下部回転式シフターが一般的に利用されてきたが、この米国製シフターは、篩外枠も篩中枠もすべてステンレス製であり、パッキングがワンタッチで脱着できるなどサニタリー製に充分配慮されたシフターで、化粧品や健康食品用に最適である。トゥルーバランス方式を採用しておりバランスウェイトがシフターの両外側に設置してあるためスケールアップが容易で、でんぷんや小麦粉で時間15トン以上の篩分け能力を持つ機種もある。また、2種だけでなく多段に篩い分けることも可能である。



インライン・トゥルーバランス・シフター QA24 の写真
(米国グレートウェスター社製、日清エンジニアリング総代理店)



ラウンドシープの概念図



Pneumatic In-Line Sifter の写真
(米国 SWECO 社製)



Ultra-High Capacity In-Line Pneumatic Screener の写真
(米国 Kason 社製)



Pneumatic In-Line Screens の写真
(米国 GUMP 社製)



SINKA シフターの写真
(株) 西村機械製作所製

写真1 各種インライン・シフターの写真・図

表 1 各種インライン・シフターの比較（カタログ、公表データに基づく）

製品名	メーカー	エアバイパス機構 (BISSC 仕様)	異物連続 排出 (BISSC 仕様)	網詰りを 機械的にか き取らない (BISSC 仕様)	網の枚数 (エアバ イパスを 除く)	網の形状、 大きさ	旋動式/ 振動式/ 機械式	能力 (t/h, 強力小麦 粉, 30 メッシュ)	モーター 電気容量 (Kw)
インライン・ トゥルーバラ ンスシフター QA24	Great Western Manufacturing・ (米国) / 日清エン ジニアリング (株)	有り	有り	BISSC 仕様 準拠	2～5	600mm 直径	旋回式 (ウレタ ンボール ／キュー ブ)	3～7.5	0.75
ジャイロド ームインライン シフター	(株) 徳寿工作所/ ニッポンエンジ ニアリング (株)	有り	なし	BISSC 仕様 準拠	1	1000mm 直径	旋動式 (ウレタ ンボール)	～6	1.5
SINKA シフター	(株) 西村機械 製作所	有り	有り	BISSC 仕様 準拠	1～2	500～ 1200mm 直径	振動式	2～9	0.75～ 3.7
Pneumatic In-Line Screens	GUMP (米国) / (株) 西村機械 製作所	有り	有り	BISSC 仕様 準拠	2～3	800～ 1350mm 直径	振動式	～30	0.5～3.7
Ultra-High Capacity In- Line Pneumatic	Kason (米国)	有り	なし	BISSC 仕様 準拠	1	1219～ 1525mm 直径	振動式 (ウレタ ンボール)	～27	1.5～7.5
ラウンド シーブ型 (Centrifugal Screener)	AZO (ドイツ), Reimelt (ドイツ), Buhler (スイス), Kason (米国), ツカサ工業 (株)	なし	運転中排 出も可, 原則運転 終了後取 出し	機械式目詰 り防止 (攪 拌・かきと り羽根)	1	円筒形	機械式	3～13	2.2～75

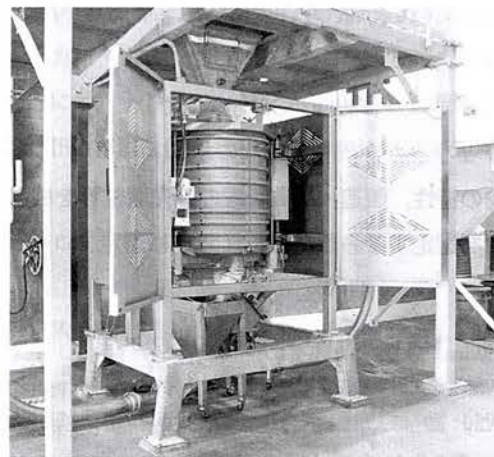


写真 2 重力落下式ステンレス製シフター例（米国グレートウェスターン社製）

3.2 その他の異物検出・除去装置

3.2.1 金属検出器

鉄，ステンレスの異物を検出，除去する装置で，重力落下中，ベルトコンベア式が一般的に使われている。

3.2.2 X線異物検出装置

金属検出器では不可能だった，非金属異物（骨・貝殻・石・ガラス・ゴム・プラスチック等），アルミ包材内の異物検出等に使用可能で，最近機種も増えてきている（アンリツ，イシダ，日新電子工業，ニッカ電測，他）。

3.2.3 色彩選別機（カラーソーター）

原料の異物除去によく使われるものに、「色彩選別機」がある。センサーの種類（レーザー、LED、CCD カメラ等）により数多くの機種がある。センサーの信号をアンプで増幅しコンパレーターで比較判定し、パワー回路で電磁弁（空気銃タイプ、フラップタイプ）を駆動させ異物をはじく。操作部は、電子機器の発展でパソコン、LED、タッチパネルなどを用いることが一般的となってきた。

3.2.4 乾燥食品異物除去装置

粉体製品の異物除去（特に髪の毛の除去）に最近使われ始めた機械では風の力と髪の毛の動きをうまく利用している。エムテック（旧日立造船向島マリン、ニチゾウアイエムシー）のKVSJシリーズのように粉体から効率的に髪の毛を除去できるものも紹介されている。

3.2.5 静電気法

静電誘導により微粉に電荷を与え、製品の中の微粉異物、糸くず、髪の毛ビニル片を除去するという方法で、ブロワの吸引と組み合わせて食品製品の異物除去に最近使われ始めてきた。ニチモウ、楨野産業、マツボーなどが取り扱っている。

4. 製造工程における防虫・異物対策装置を選定する上でのポイント

どんなに管理された工場でも工程内に異物が入る可能性はある。はいつた異物をすぐに発見し、除去する方法が必要であるが、化粧品原料粉体を原料として使用する工場で、多くの異物除去装置がラインに実際に使われている。

異物検出・除去装置を設置する場合、以下のポイントを押さえる必要がある。

- ① 装置自体が異物発生装置にならないか？
- ② 工程を複雑にしていないか？
- ③ 簡単に内部の点検ができるか？（週に一回、30分以内で）
- ④ 目的を明確にする（異物チェックか、異物除去なのか）

そして、検出・排除すべき異物の特性、製造・品質管理の優先順位等を検討し、異物対策装置選定フローチャートを作り、それに基づき最適な装置を選定する必要がある（図6に選定フローシート例を示す）。

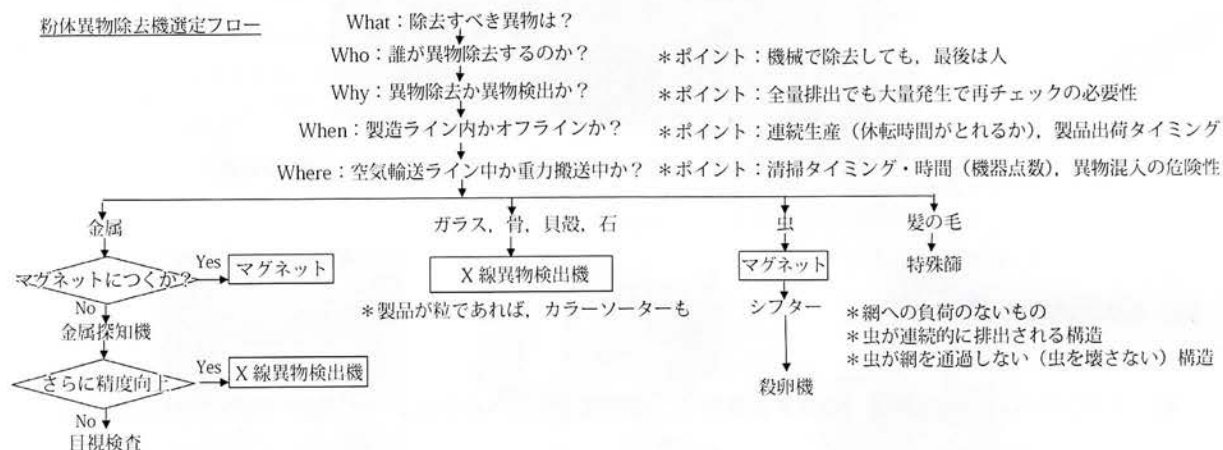


図6 異物除去装置選定フローチャート例

粉体原料を扱う工場において、究極の目的は、異物ゼロで害虫を完全に除去する事であるが、害虫に関しては“ある低いレベルで管理する”ことが現実的な目標ではなかろうか。経済的で効果的かつ安全に害虫管理するためには、

生産ラインに異物管理のメソッド（設備と管理技術）を導入・運用し、IPM の現場調査、清掃、物理的・機械的方法、化学的方法の 4 種類の手法を適切に組み合わせて実施する事が不可欠である。

おわりに

粉体への異物混入を防ぐ為のシステム作りのポイントを今まで述べてきた。工場建設は、土木、建築、建築設備、生産設備、電気設備、情報処理設備、排水処理設備等々、様々な要素からなり、膨大な作業量を必要とされ、これらを機能的に、かつ効率良く組み立てていかなければならない。これらの要素のすべてを理解し、密に連携を取りながら、ユーザーの望む方向に一元的に組み立てることがエンジニアリング会社の役割である。この目的に、HACCP 専門のコンサルティング会社、工場の衛生防虫管理サービス会社とともに、粉体プロセス専門エンジニアリング会社を採用することは大変有用である。

粉体プラントのエンジニアリング会社には、過去のプラント納入実績からのノウハウの蓄積があり、理屈通りにいかない粉粒体ハンドリングに関する多くの引き出し（解決策）を持っているので、多くの知見、経験をユーザーに提供することが可能である。プラントをはじめから設計する場合、工場独自で進めるだけではなく、HACCP やクリーンルームに精通した粉粒体プラント専門のエンジニアリング会社のノウハウを活用することが結果的に低コストの工場を作ることになるケースが多いことを特筆したい。最初から考えて設計を行うのと、後からやり直すのでは、コスト・できばえに大きな差が出てくるのは当然である。

今までの論点を以下にまとめる。

- ① 粉体を扱う工場を新たに建設する場合は、HACCP の考え方に基づき、建物そのもの・建物から工程・工程内の 3 つの防虫・異物対策を総合的に検討し、IPM 計画を立て、異物混入しにくく、混入しても検出排除できる設備を設置する必要がある。
- ② 既存の工場では、粉体最終工程（包装、ミキシング）の直前にインライン異物除去装置を設置し、また、IPM 計画を見直し、工場内の熱風駆虫等、別の効果的な方法も実施し、且つ、サイロの清掃頻度を上げることで防虫効果を高めることなどがすぐに対応でき即効性のある方法である。
- ③ 異物発生した場合に備えるためには、トレーサビリティを有する工場管理システムの導入を検討する必要がある。このために、管理しやすい IBC 容器を使ったバルクハンドリングシステムを採用することも有効である。

文 献

- 1) 沢野修，七蔵司和哉：「HACCP システムと食品工場のハード整備計画」，食品機械装置（ビジネスセンター社），平成 12 年 11 月号，（2000），pp. 61-69
- 2) 石戸克典：「これからの粉体用異物対策機器の技術動向」，食品機械装置（ビジネスセンター社），vol. 41，2 月，（2004），P. 55-P. 68
- 3) 平尾素一：「製造工場における虫混入防止対策」，月刊 HACCP，12 月号，（2000），pp. 40-46
- 4) Robert B. Mills and John R. Pedersen : A Flour Mill Sanitation Manual, Eagan Press, St. Paul, Minnesota, (1990)
- 5) 石戸克典：「食品工場の防虫対策・異物対策」，粉体工学会第 37 回技術討論会，東京，（2002）
- 6) 石戸克典，松本強二：「小麦粉など粉末原料の異物除去システム」，ジャパンフードサイエンス（日本食品出版株式会社），11 月号（2002）
- 7) ホームページ，食品の「異物混入」について，国民生活センター，2000.11.25，
<http://www.kokusen.go.jp/news/index.html>
- 8) 石戸克典：「次世代の粉体ハンドリングパイプレスシステムへの挑戦」，化学装置（工業調査会），9 月号別冊，（2003），pp. 10 ~ 16
- 9) 石戸克典：「工場における虫侵入発生防止対策」10 章 1 節，（技術情報協会），（2015 年 11 月 30 日発刊），pp. 297-304