

化粧品粉体プロセスにおける防虫管理

Insect control in the powder process of cosmetic plant

石戸 克典 トリプレーマシン（株）代表取締役 博士（工学）

1 はじめに

化粧品原料は、肌に無害な成分の中から選ばれるが、粉体原料も数多く使われている。でんぶん（被覆力や付着力をもつ）、酸化チタン（白さを際立たせる）、マイカ（雲母、きらきらと輝きを与える）、タルク、炭酸カルシウムなどが有名である。これら粉体原料を使う原料加工の段階で、粉の状態における異物管理を食品と同様に正しく行うことで、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。

化粧品原料粉体プロセス中の異物を考える場合、最終の消費者で発見される異物は氷山の一角であり、そこには至るまでには、多くの異物混入機会がある。本来異物混入はあってはならず、消費者に届けられる前の原料調達、製造工程、流通段階で異物対策が施され、その結果異物が完全に除去され、最終製品に異物が混入しないように運用されている。その対策に何らかのほこりがあれば、結果として、最終製品の異物として表面化することになる。まずは、実際の消費者クレームや工場の現場から、粉体（食品・医薬品原料）への混入異物の種類を紹介する。

2 実際の異物混入事例

【事例 1】 2012 年 11 月 14 日に大手新聞にお詫び・回収依頼広告が載ったが、某大手食パンメーカーの関東の工場で食パン製造に使用していた篩装置（強制篩式ラウンドシーブ型）のナイロン網が破れて、白色の軟質プラ

スティック片が混入した可能性があるとのことで、消費期限が 2 日間にも及ぶ製品を回収した例がある。

【事例 2】 2003 年 3 月 27 日に中日新聞にお詫び・回収依頼広告が掲載されたが、某大手製麺会社の協力工場で製造に使用していた篩装置（強制円形篩、ラウンドシーブ型）のステンレス網が破れて製品に混入し、製品を大量回収した。

【事例 3】 2003 年 12 月 14 日に大手新聞にお詫び・回収依頼広告が掲載されたが、某パン粉メーカーの製造工程中に設置されている空気輸送配管用（ニューマ搬运）のフレキ樹脂ホース内部に埋め込まれているアース用の糸状鋼線が何らかの理由で脱落し、パン粉製品に混入し、それがユーザーで発見された（太さ 0.17 mm、長さ 1.0 cm）。このパン粉を使っている多くの会社（冷凍食品、ハム・ソーセージメーカー等）で自主回収を行うことになった。

【事例 4】 某海外メーカー製のインライン・シフター（強制円形篩、ラウンドシーブ）を割れ検知装置付きで納入したが、それが検知せず、工場では網が破れたことに気づかず運転を続け結局異物混入事故が発生し、損害が派生した。その損害を機器メーカーに対して賠償請求したという海外の事例もある。

【事例 5】 某海外化粧品原料工場で、原料のコーンスター奇に金属異物がかなりの量入っていた。インライン金属除去装置があり、全て除去できたと包装担当者は思っていたが、最終製品から金属異物が発見された。異物が大きく信号が大きすぎたため、その後同じ金属異物をはじくことができず異物混入品が製品となってしまったことが原因。金属探知機の除去時間設定を長くすることで対処。（現在の金属探知機は改善されている。）

3 異物混入経路とその原因

まず、製造工程のどこで、どんな異物がに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。

この例で示すように、外部から虫の進入経路はさまざままで、これらを設計段階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。

4 粉体原料への異物対策手法

化粧品原料プロセスでは、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が企業の生命線を握るような大変重要な鍵となる。

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いる。

このコンタミ防止技術について論ずる場合、まずは工場全体を①建物全般（外部からの進入対策）、②建物内霧囲気から工程内、そして③製造工程内をトータルで見直すことから始めなければならない。これらをトータルで考える場合の基本となる考えが、食品工場で重視されているHACCP（Hazard analysis and critical control points）という手法にまとめられている。しかしながら、この手法は食肉・乳業では一般的であるが、乾燥した化粧品原料粉体には粉体ならではの注意点もプラスして考えなければならない。乾燥品も含めた

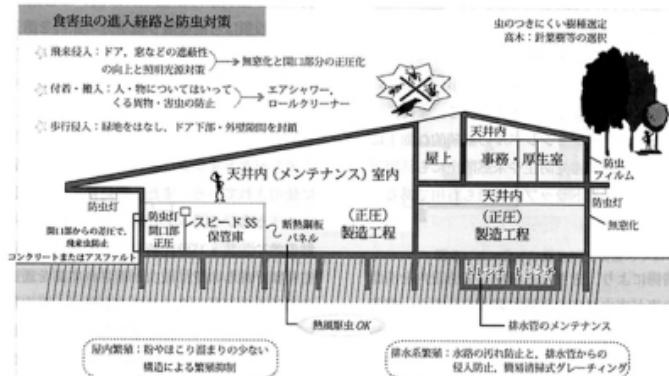


図1 害虫の工場への進入経路と防虫対策例

食品・化粧品全般に通用する考え方は、AIB (American Institute of Baking) も HACCP に加えて採用する IPM (Integrated Pest Management) という手法を紹介する。これは、ISO22000 にも通ずる考え方となっている。化粧品原料粉体は、無機物と食品添加物になるような有機物とあるが、虫の異物混入まで考えなければならない有機物の粉体原料を念頭に、以下防止技術を紹介する。

4.1 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。害虫防止の方法は色々あるが、IPM は、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。

4.1.1 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はなく、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。そういう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ンディ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。

4.1.2 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、従来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、サイロ後にオンライン・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。

4.1.3 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°C 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°C 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ている。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。熱風駆虫には、一般にガスや電気のヒーターを使用されることが多い。

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の卵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、(オンライン) シフターが混合・混練直前や包装・バラ出荷直前に使用される。シフターにも種類があるので、成虫が壊されて篩を通過する可能性のあるもの（ピーターやスクレーパーが内部で高速で回転するラウンドシープタイプなど）は好ましくなく、緩やかに旋回するタイプのシフターが異物除去（特に虫の除去）には適切である。小麦粉が通過し、虫の成虫が通過できない 30 メッシュ (600 ミクロン) 目開きのナ

イロン網を装着した篩が小麦粉を篩う目的で多く用いられる。(金網を使うと、金網が破れて製品に混入した際に金属混入となってしまう)。緩やかに旋回するタイプのシフターは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。次の章で詳しく述べる。

4.1.4 化学的方法

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

4.2 その他の方法

生物学的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、大気の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°C、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。

4.3 トレーサビリティ

先にも述べたが、化粧品原料プロセスで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。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の異物管理の方法を簡素化すること也可能となることから、ワンウェイフローを実現し、適切なゾーニング管理を実践し、清浄室の陽圧管理を行うことが、粉体を扱う工程・工場でも非常に重要視されるようになってきた。これらに加え、消費者の異物・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、原料段階において異物除去する概念と並行し、どの原料がどの製品にどれくらい使われているか追跡できるようにするためにトレーサビリティ技術を導入する企業も増えている。

5 異物除去の機械的方法

5.1 インライン異物除去装置

化粧品原料粉体を空気輸送する製造工程は多くの工場で利用されているが、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に、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2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できる、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。

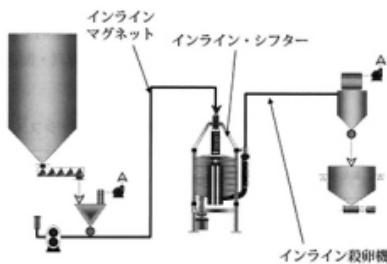


図2 インライン異物除去装置のフロー例

5.1.1 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。

トピックス

5.1.2 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。オンライン・シフター直後に設置することで、筛通過後の製品中に存在する、筛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。

5.1.3 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つきの装置も日本で販売されている。

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（粉体を解碎しながら篩う目的には、ラウンドシーブ型が良い）。アジテーター やビーターなどで網に直接力をかけると、虫をばらばらにしたり、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、筛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 に各種オンライン・シフターの写真・図を示す。）

示す。）

篩の機種の選定には 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いけない。（表 1 に各種オンライン・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。）

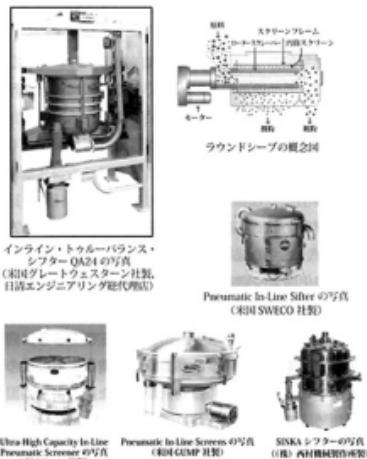


写真 1 各種オンライン・シフターの写真

表 1 各種オンライン・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 機器 (BISSC 仕様)	異物検出 排出 (BISSC 仕様)	網貼りを機械的 にかけ抜かない、 網の枚数 (エアバイパスを除く)	網の形状、 大きさ	振動式／振動式/ 機械式	能力 (t/h、強力小麦 粉、30 メッシュ)	モーター 電気消費量 (kW)
オンライン・ト ールバランス・ シフター QA24 (株) GAMP	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
オンラインシフ ター	(株) 毛利工作所 / ニップン エンジニアリング(株)	有り	なし	BISSC 仕様準拠	1 1000mm 直径	旋回式 (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 Screen	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)、ワカサ工業(株)	なし	運転中停止も可、原則運転 終了後取出し	機械式(目詰り防 止(覆拌・かき とり羽根))	1 円形	機械式	3 ~ 13	2.2 ~ 7.5

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、筒外枠も筒中枠もすべてステンレス製であり、パッキンがワンタッチで脱着できるなどサンタリーリ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



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ン社製)

ルアップが容易で、でんぶんや小麦粉で時間15トン以上の筛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分けすることも可能である。

6 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。入っ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3に選定フローシート例を示す）。

物體異物除去機選定フロー

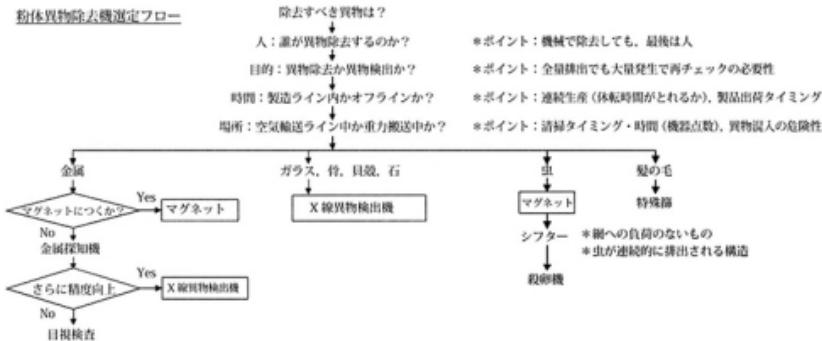


図3 異物除去装置選定フローチャート例

化粧品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。

7 おわりに

今回、化粧品原料粉体プロセスに焦点を当て防虫・異物管理対策について述べたが、一般的な化粧品（液体、固体）が粉製品と異なるのは、製品より小さな異物を睇で見きれないことであるが、箒を使えなければ、目視検査、カラーソーターやカメラ検査がより重要となる。工程内で異物が入らない対策を徹底すると同時に、異物防止対策のためには製品の目視検査や自動機械検査が欠かせない。金属異物、ガラスや有毒物質など人体に危害を与える異物がもし製品に混入したことが判明すれば、原因を特定し被害の及ぶ範囲を見極めた後、被害を最小限に食い止めるため、会社は速やかに広く（テレビ発表、新聞発表等で）世間に告知し、工場で生産しすでに出荷流通している商品は、異物混入の可能性のある製造ロットのすべてについて回収しなければならない。異物防止対策ならびにクレームやリコール時の対応方法について、会社としてどのように対応するのか全社で統一した考え方を持って生産・流通・販売を行わなければならないことを指摘しておきたい。

参考文献

- 1) 沢野修、七歳司和哉：「HACCPシステムと食品工場のハンド整備計画」、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) 平尾泰一：「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－バ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日発印)、pp.297-304