

## 第 3 部

### 食品製造工場における異物混入防止のための対応事例

#### 第 3 章

##### 異物混入を未然に防ぐ為の ハード面でのシステム作りのポイントとは？

石戸 克典

トリプルエーマシン(株) 代表取締役 博士(工学)

『異物混入対策 (No.1585)』抜刷

発刊：2011年2月末 発行：(株)技術情報協会

## はじめに

この章では、異物を主にハード面から未然に防ぐための方法を論じる。最近、「食の安心・安全」がクローズアップされ、「安全で安心できる食品」を供給することは食品企業の使命であり、食品の安全性（Safety）、健全性（Wholesomeness）、正常性（Soundness）を確保する為のあらゆる手段に取り組みなければならない。HACCP システムは、その手段のひとつとして効果的であり、世界各国で積極的に導入されている。最近頻発する食品事故から、「HACCP システムでは食の安全は確保できないのではないか？」という疑問の声も出てきている。しかし、HACCP システム本来の運用がなされていれば、事故を未然に防げていたであろうケースが実際に示されており、HACCP システムの有効性を今再確認しておく必要があると思われる。また、ISO22000 においても HACCP の考え方が基本になっている。製造工場の異物と一言と言っても実際には多岐に渡っており、食品工場と食品以外を扱う工場では、ポイントが異なるが、一般に食品以外の製造工場より食品や医薬工場における異物管理のほうが管理すべき項目が多く、この章では、身近な食品工場の異物対策について論じる。

食品工場では、食品以外の異物が絶対に混入してはならないほかに、食品表示の法律面から食品であってもアレルギーを起こしやすい特定原材料 7 品目（乳、卵、小麦、そば、落花生、えび、かに）とそれに準ずる 18 品目（あわび、いか、いくら、オレンジ、キウイフルーツ、牛肉、くるみ、さけ、さば、大豆、鶏肉、豚肉、まつたけ、もも、やまいも、りんご、ゼラチン、バナナ）については、これらの原料を使用する工程と使用しない工程を分けて管理する必要がある。また、海外からの穀物に多い遺伝子操作された原料とそうでない原料を分けて管理し、両者が混ざって使用されないようにしなければならない。また、原産地表示を義務付けられた製品については、原産地表示どおりの原料のみを使用しなければ法律違反となってしまう。

最近の検査機器の性能向上により、上記の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企業の生命線を握るような大変重要な鍵となっている。食品のなかでも、食品工場・食品プラントの建設を手がける会社でよく取り扱う小麦粉、米粉、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での異物管理の方法を簡素化することも可能となる。トレーサビリティ設備導入企業が増加し、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。

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建物内雰囲気から工程内、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ぬ。

まず、建物全体を考える上で重要なことは、HACCPが考慮され管理しやすい建物（人と物の動線計画）で、外部異物（土石、ほこり、虫、金属・ガラス、髪の毛等）の進入防止の工夫がなされていることである。粉体を扱う食品工場では、密閉構造・無窓化、履き替え対応等を積極的に検討されるべきである。以下、コンタミを防止し、異物に強いプラントを建物も含んで設計する上での基本コンセプトと具体的なプラン作りについて論ずる。

### 1. 建物全体の防虫・異物対策

食品工場を新たに設計する場合、衛生面・食味性・製造効率・品質管理・生産性・作業面などに配慮する必要があるが、以下の考え方を取り入れて設計することになる。

- 1) HACCP手法の考えを取り入れた工場
- 2) 高品質・高効率生産の工場
- 3) 快適な職場環境をもつ工場
- 4) 環境に配慮した工場
- 5) フレキシブルな工場

これをベースに、同時に異物対策に配慮された設計を行うことがとても重要である。図1に、食品工場建設時に考慮すべき異物対策マトリックスを示す。

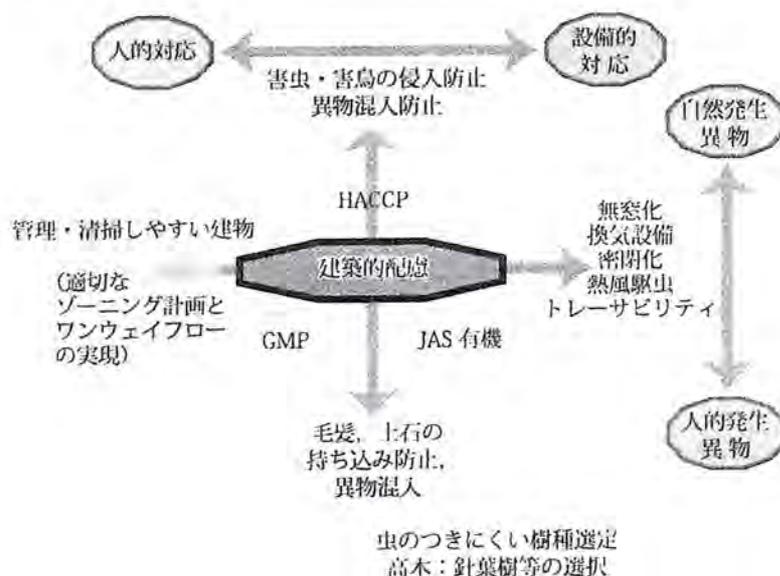


図1 食品工場建設時に考慮すべき異物対策マトリックス

発生原因では自然発生異物と人的発生異物からの検討を、また、異物対応では人的対応と設備的対応から検討し、漏れのない異物対策を設計面で検討しておく必要がある。最近、米や小麦などの穀物を原料に扱う工場では鳥の飛来も多く見られるので、3つのフリー（バードフリー、インセクトフリー、ケミカルフリー）——鳥のいない、虫のいない、そして人に優しい薬剤使用が少なくすむ食品工場を目指して設計されている。

## 1.1 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2に食害虫の工場への進入経路と防虫対策例を示す。

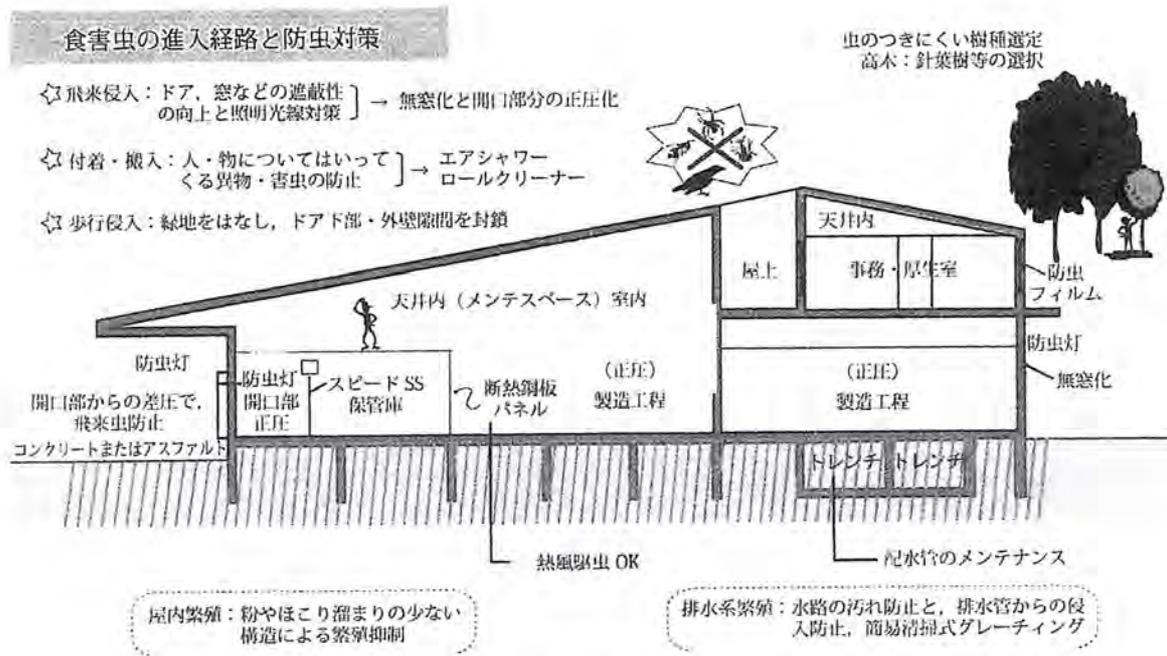


図2 食害虫の工場への進入経路と防虫対策例

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

化学薬品だけ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、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。以下、サイロ清掃について述べる。

小麦粉等を原料として使う食品工場には、たいてい小麦粉等の原料サイロ（ストレージビン）があり、管理が悪いと、虫の住処になってしまう危険性がある。これを防ぐため、サイロの定期清掃は大変重要である。

サイロの構造も、サイロ清掃のしやすいものであることが好ましく、トップ部分だけでも内部に降りられる構造にし、コーナー部分・水平部分を少なくし、粉が長期間たまることのない構造であれば、非常に清掃しやすい。自社で清掃する手がない場合でも、最近は外注業者へ委託する例も増え、サイロを施工した会社が清掃も請け負う場合が多い。業者により施工範囲は異なっており、単に内部清掃する会社から内部の排出装置（ロータリーディスチャージャー等）を外して分解清掃することまで含める会社もある。

サイロ清掃の簡単な手順は以下のとおり。まず、準備作業として、マンホールおよびのぞき窓を開放し、ブリーザーおよびフィルターボックスを撤去し、酸素濃度測定器（警報装置付）により内部に入槽しても問題ないことを確認し、縄梯子を挿入し、サイロの内底部養生（ビニールシート）を行う。次に、清掃作業として、粉付着がひどくかびが発生している場合を例にとると、粉のかきとりを行い、ブラシ作業、洗剤による拭き作業、水ぶき作業（固く絞った布）、乾拭き仕上げ作業などを行う。

サイロ清掃の人員配置も、上部作業と下部作業を同時に進行することから、作業指揮者のほかに、上部・下部それぞれに監視者をおく必要がある。この監視者は、縄梯子の固定状況監視、命綱の固定状況監視、作業具の出し入れ作業監視、作業板の固定状況監視などを行う。

サイロ清掃時にその他注意すべきことは、高所危険作業のため、内部作業者はヘルメット・命綱を装着すること、酸素欠乏危険作業主任者講習、及び労働安全衛生法の講習を修了した責任者を1名入れることなどである。また、サイロ清掃時の異物混入防止のために、ストレージビン内部底を養生すること、縄梯子、命綱等のロープ材質はくずが発生し難い特殊なロープを使用すること、払い落とし粉を回収すること、ロータリーディスチャージャー、或いはパイロディスチャージャーもできればはずして清掃すること、ストレージビン上ブリーザーも清掃或いは予備品と取替えること、最終で製品の粉 25kg \* 2 ~ 3 袋を投入し、ストレージビン下部を粉洗浄することなどが重要である。

### 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ている（写真1に米国アグレコ社のヒーターを示す）。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。

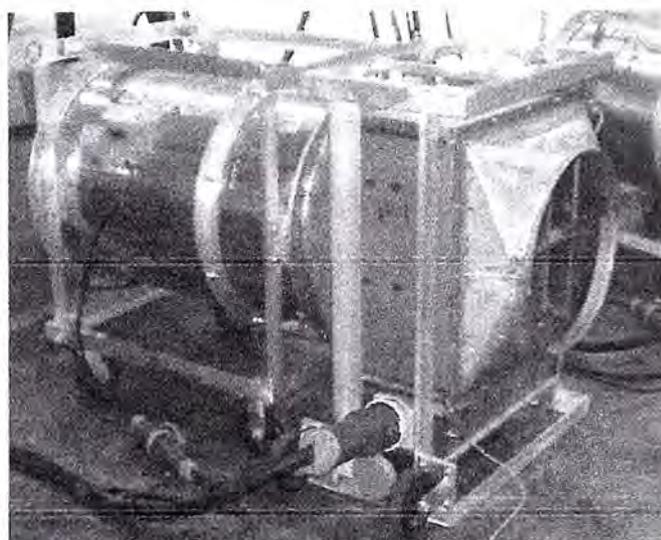


写真1 アグレコ社製ヒーターとブロワ

## (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。後の章で詳細にふれたい。

### 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ニ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

- ① レイアウト計画
- ② 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）
- ③ 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。以下、弁当・惣菜工場（セントラルキッチン）を例にして、ゾーニング計画のポイントをあげるのを参考にされたい（図3にゾーニング例を示す）。

- 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／ウエット区域の明確化
- 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）への人場者の限定（フットキーシステムの設置）

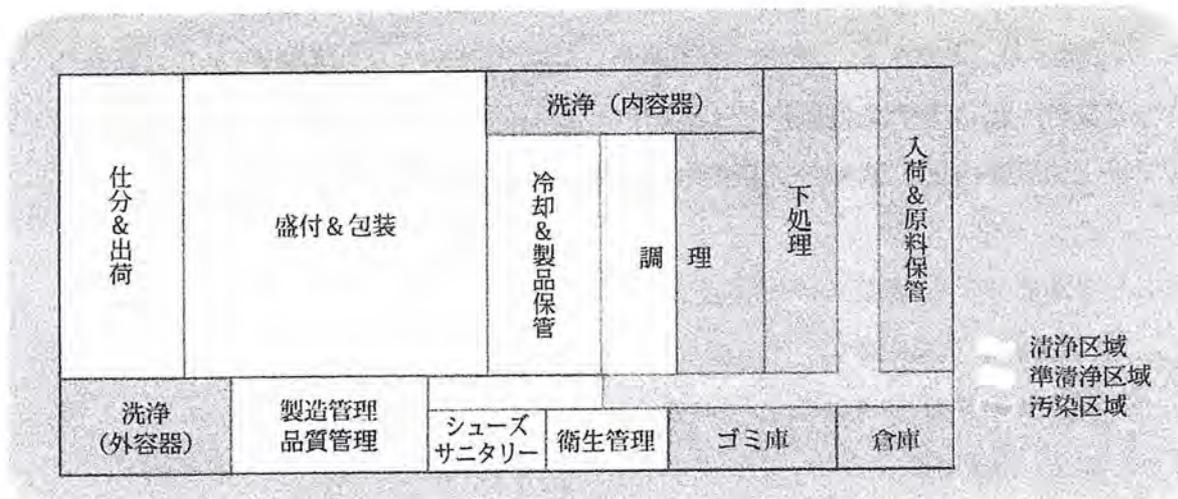


図3 ゾーニング計画の例（セントラルキッチン）

### 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（図4にワンウェイフローの例を示す）。

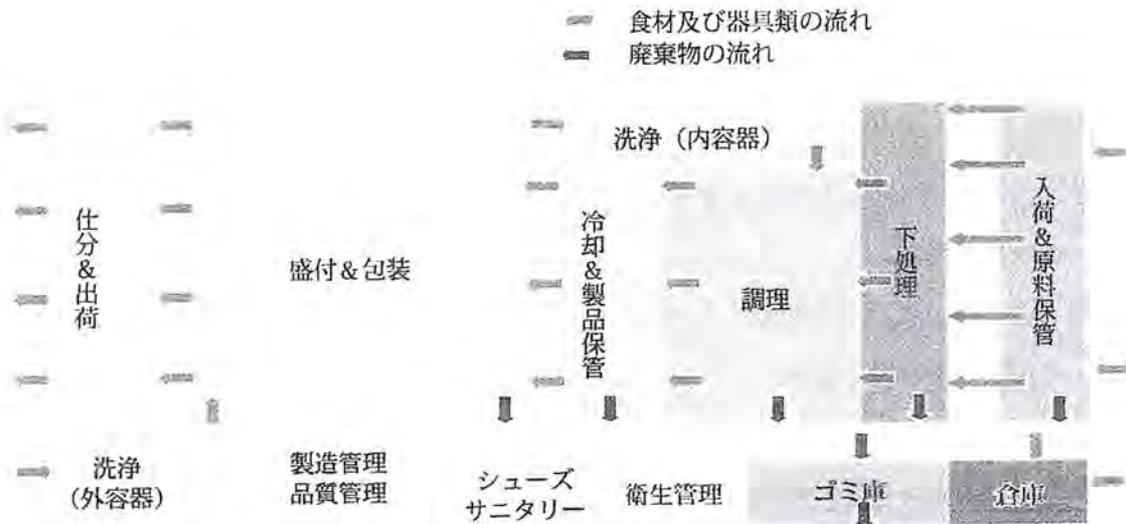


図4 ワンウェイフローの例

### 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、冷蔵庫が袖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ならない。

### 2.2.4 トレーサビリティ

今日、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。

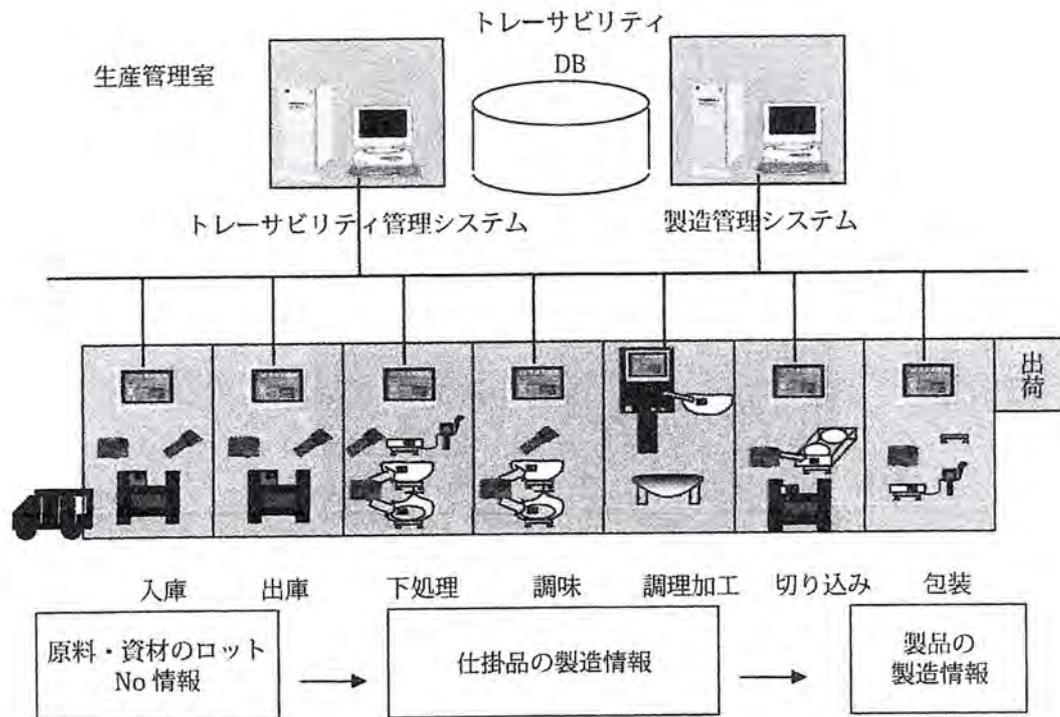
さらに、従来管理しづらかった仕掛品から小分け包装までの工程管理システム（包装ロット管理システム）を加えると、製造工程から包装仕分け、製品出荷までのトレーサビリティを実現することが可能になる。具体的には、以下の方法で実施する。

- 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。

また、食品表示の面から、食品であってもアレルギーを起こしやすい特定原材料 7 品目（乳、卵、小麦、そば、落花生、えび、かに）とそれに準ずる 18 品目については、これらの原料を使用する工程と使用しない工程を分けて管理する必要がある。また、海外からの穀物に多い遺伝子操作された原料とそうでない原料を分けて管理し、両者が混ざって使用されないようにしなければならない。また、原産地表示を義務付けられた製品については、原産地表示どおりの原料のみを使用しなければ法律違反となってしまう。これらを正確に実現するためには、原材料からのトレーサビリティ情報を食品工場にそのまま伝え、最終的には、消費者が購入する食品パッケージまでの All-UP/ALL-DOWN トレーサビリティ管理が将来必要となってくることが予想される。米国では、すでに農産物のトレーサビリティを 2 次元バーコード利用により安価に実現できるシステムが米国 Scoring System 社から紹介され、法律面でも法制化の動きが進んでいる。アメリカ向けに食品輸出を考える農家・畜産家・魚業家・冷凍食品などの加工食品会社は今からその対策と検討を始めておきたい。

#### (1) システム例

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の例を図 5 に示す。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。



注：トレーサビリティデータベースは、PL 法、HACCP 等用途に合わせて対応期間を決定する。通常運用する製造用データベースとは別管理にすべき。

図5 トレーサビリティシステム構成図

## (2) トレーサビリティの流れ

### 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。

## (3) バーコードによる管理

製造中の各種データはバーコード ID で管理する。その機器構成とバーコードの運用例を写真 2 に示す。バーコード ID は、運用性と作業効率及びコストを考慮して工場内での運用方法を検討する必要がある。



写真2 バーコードシステム例とバーコードID例

### 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、食品工場で見られる、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6にそのフローを示す。）、最近では以下に対応する必要がでてきている。特に、コンタミ防止と多品種大量生産への対応のために使用される例が増えている。

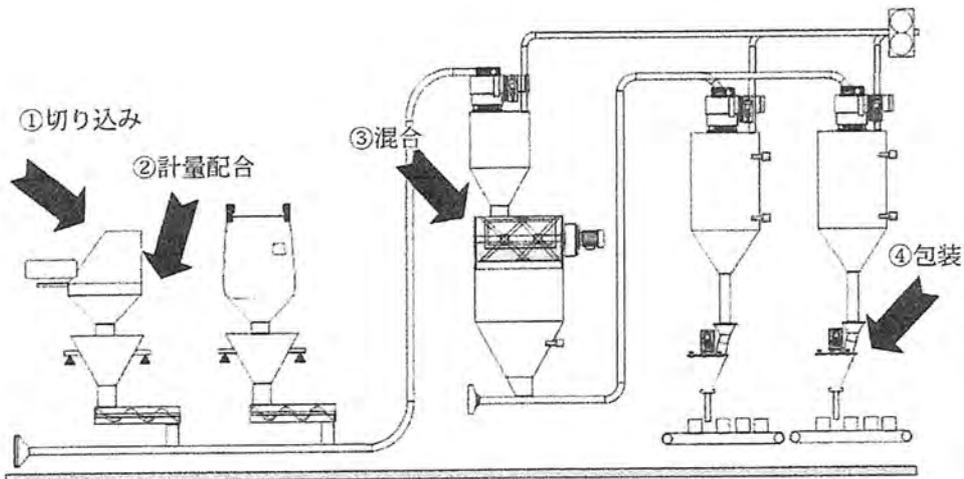


図6 配合・混合・包装連続製造プロセスの例

- 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7に簡単なIBCシステム例を示す。）。

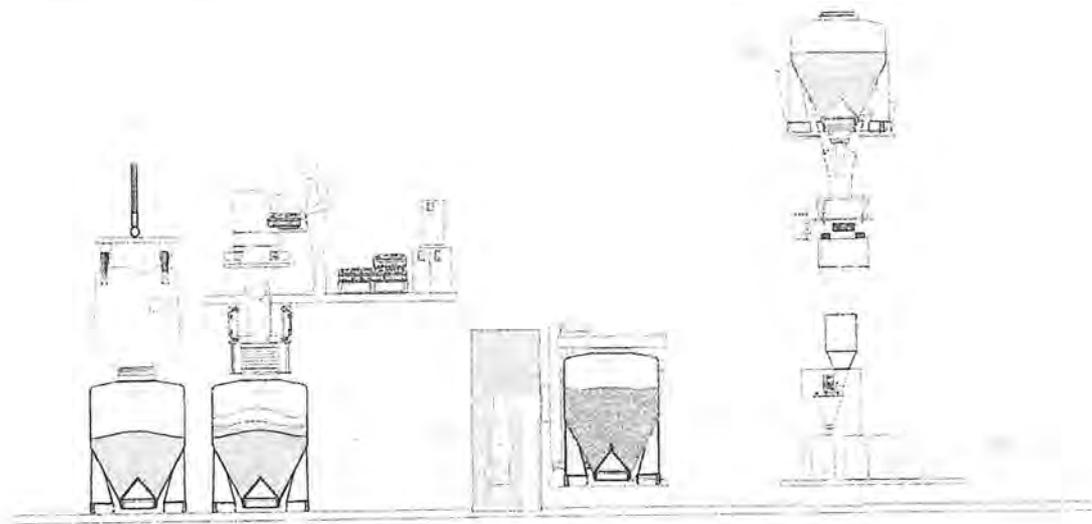


図7 簡単なIBCシステム例

#### (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で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。プレミックス、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 8 に IBC コンテナの断面図を示す。)

- \* 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。

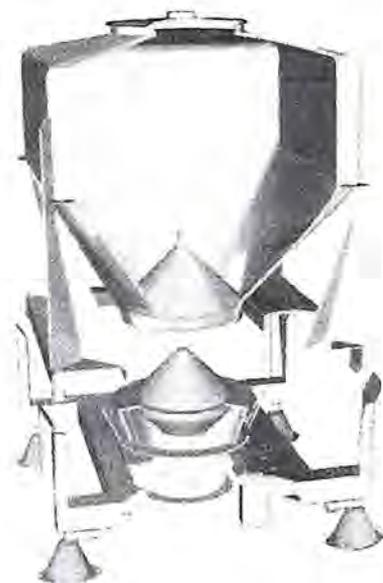


図 8 マトコン IBC コンテナの断面概念図

### 3. 製造工程における防虫・異物対策の実際（粉粒体処理工程を中心に）

#### 3.1 異物対策装置を選定する際のポイント

異物検出・除去装置を設置する場合、以下のポイントを抑える必要がある。

- 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9に選定フローシート例を示す。）。

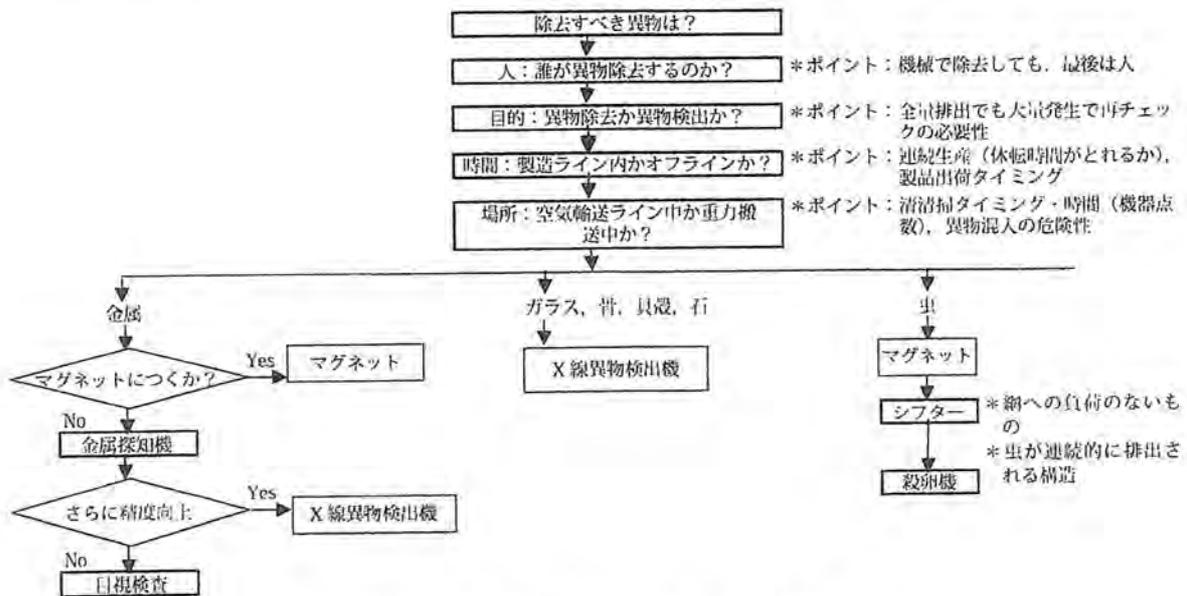


図9 異物除去装置選定フローチャート例

#### 3.1.1 インライン異物除去装置

小麦粉やミックス粉、澱粉などの食品粉体を原料として使用する食品加工メーカーで、多くの異物除去装置が使われている。食品粉体を空気輸送する各製造工程中に設置する場合は、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。

食品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食品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食品製造において、異物混入防止の効果をより高めることができる（図 10 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。

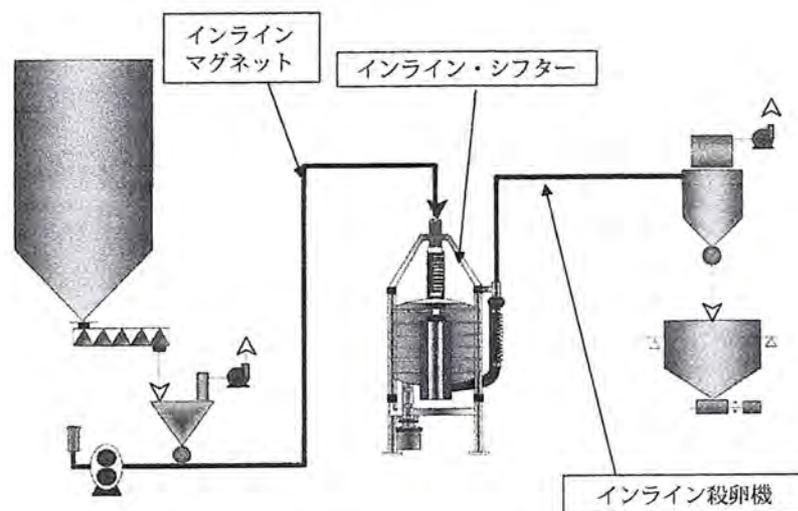


図 10 インライン異物除去装置のフロー例

### 3.1.2 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メンテナンスの容易なものが好ましい（写真 3 にダイカ社製のマグネットの例を示す）。



写真 3 インラインマグネットの例  
(ダイカ製)

### 3.1.3 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、食品粉体中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（写真4に東京製粉機製の殺卵機の例を示す。）。



写真4 インライン殺卵機の例  
（東京製粉機製）

### 3.1.4 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。

\* 篩に関する BISSC の規定の抜粋（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. (エアバイパス機構が内蔵されていること)

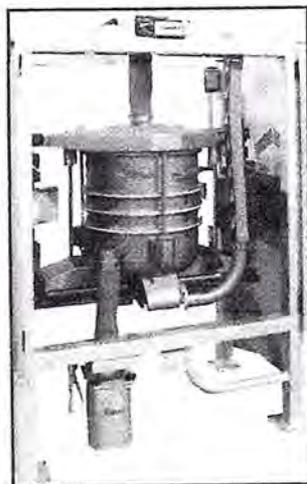
4.1.4.2 Sifters shall permit continuous discharge of tailings through dust-tight connections to an enclosed container. (異物が連続的に排出されること)

4.1.4.3 Sifters shall employ no rubbing action to facilitate product flow. (網をこするよう 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 (網が外し易くなっており、かつ、元に戻す時に間違いが起こ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. (網の日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、異物除去を目的に食品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、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5に各種インライン・シフターの写真・図を示す。）。



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)



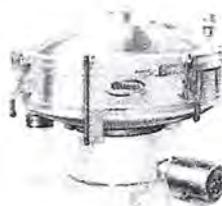
ラウンドシープの概念図



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5 各種インライン・シフターの写真

食品への異物混入が消費者（ユーザー）で発見された場合、新聞等で大きく取り上げられることが多く、異物混入を起こした企業は大きなダメージを受けることになる。最近、篩装置に関して異物混入事例が続けて発生しており、原料メーカー、食品製造工場、製造機器メーカーが三位一体となって解決に取り組む必要が出てきているので紹介する。

【事例 1】 2003 年 3 月 27 日に中日新聞にお詫び・回収依頼広告が載っていたが、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（強制篩式、もしくはラウンドシープ型）のステンレス網が破れて製品に混入し、製品を回収した例がある。

【事例 2】 2003 年 12 月 14 日に大手新聞にお詫び・回収依頼広告が載ったが、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（ニューマ搬送）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銅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 0.17mm、長さ 1.0cm）。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 3】 某海外メーカー製のインライン・シフター（ラウンドシープ）を網破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ているという海外の事例もある。

【事例 4】 某メーカー製の強制篩を使っている某食品会社では、網が破れやすいことからロットごとにインライン・シフターの網と異物の点検を行っていたが、場合によると 1 日に数回となることがあった。この強制篩を緩やかな旋回運動型のインライン・シフターに変更したところ、網の点検頻度を 1 週間に 1 回に減らせた上、運転中の網破れ事故は一切なくなった（スケジュールメンテナンスとして、1 年に 1 回の網の張替えは実施中）。

【事例 5】 海外の某製粉会社では、過去において取り扱いの簡便さから強制篩（ラウンドシープ）を使っていたが、数年間の使用中、網が破れたまま使用していたのに気づかず、大量の異物を通過させてしまい、全量再篩することになってしまった。それ以降、強制篩はすべて撤去し、緩やかな旋回運動のシフターに切り替えた。

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。）。

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	600 mm直径	旋動式ウレタンボール/キューブ	3~7.5	0.75
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	有り	なし	BISSC仕様準拠	1	1000 mm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	500~1200 mm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	800~1350 mm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	1219~1525 mm直径	振動式 (ウレタンボール)	~27	1.5~7.5
ラウンドシープ型 (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	2.2~7.5

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最近米国で紹介された。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ある。写真6にトゥルーバランスシフター QA36-7を示す。このモデルで、小麦粉で時間15トンの篩分け能力があり、2種だけでなく多段に篩い分けることが可能である。

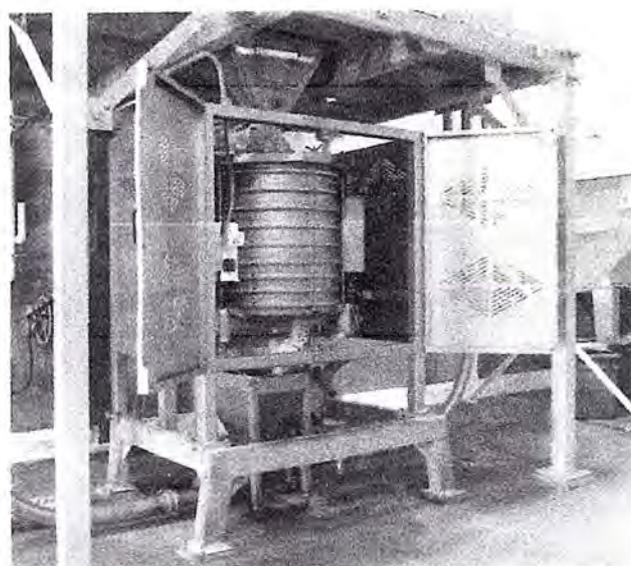


写真6 重力落下式ステンレス製シフター例 (米国グレートウェスタン社製)

### 3.1.5 その他の異物検出・除去装置

#### ◎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。

#### ◎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，東京製粉機-BARCO社，イシダ，日新電子工業，ニッカ電測，他）

#### ◎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になってきた。

#### ◎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。

#### ◎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，マツポーが取り扱っている。

#### ◎熱風駆虫法

現在，多くの会社で，薬による燻蒸を実施しているが，パッキンの奥に住む虫（特に卵）は駆除できないといわれている。これに対し，熱風駆虫は，45℃前後の温度で，さなぎ・卵が死に始め，55℃以上で成虫が死ぬといわれている。熱風駆虫の特長は，薬品を使わず（ケミカルフリー），熱風で卵から成虫まですべての段階の虫を駆除することができる。周囲温度55℃で一般に16時間以上維持（昇温・徐冷時間も必要）する必要があるが，駆虫中の短時間作業が可能で，環境，人にやさしい。虫は温度の低いところに出てきて死ぬため，成虫の駆虫状況が目で見えてわかる。一般に年6～12回実施されているガス燻蒸と比べて，1回の費用は高いが頻度は少なく済む（年1-2回）。

機器仕様例として，米国アグレコ社製テックヒートをとりあげて説明する。7セットのヒーター

(80KW)・ブロワ (2.2KW) と、それらを自動でコントロールする集中管理システム (温度センサー付属) を含んでおり、それらを全て1つの20フィートコンテナに積んでどこにでも持っていけるのが特徴である。(写真1に米国アグレコ社製ヒーターとブロワの写真を示す。) サービス開始後、オペレーターがコンテナ内で、全体の集中温度管理をする。

最近、工場全体を熱風駆虫する上記システムに加えて、機械装置単体や小さな部屋の熱風駆虫できるヒーターも登場し、防虫施工業者が取り扱いを開始している。40kw ヒーターにファンがついたもので、20kw のヒーター2つを組み合わせ微調整ができる仕組みになっている。熱風駆虫用のヒーターは、一般の外気を取り入れるヒーターと異なり、雰囲気温度60度の中で長時間使用できるヒーターである必要があり、耐久性・耐熱性が要求される (写真7に小型ヒーターの例を示す。)



写真7 小型熱風駆虫ヒーターの例

なお、ガス燻蒸は日本でも使えなくなる方向にある。まず、臭化メチルはオゾン層を破壊するとして、2005年全廃 (モントリオール議定書) されたが、まだ一部使用が続いている (代替の農薬が見つからない場合)。また、ホストキシンは、リン化アルミニウム、リン化水素が含まれており農薬の1種であるが、3日ほどで完全に分解され残留しにくいことから多くの工場でも使われている。しかし、JAS有機をうたう場合は、工場や流通過程で農薬を使えなくなっており、原料にも今厳しい管理の目が向けられ始めている。また、今年から農薬管理の制度が根本的に変わり、ネガティブリストからポジティブリスト制に変更となった。これは、基本的にいかなる農薬もある基準 (それぞれ異なる) 以上を使用してはいけないもので、食品で検出されてよい限界がすべての農薬で決められている。今後製品の残留農薬試験が一般的に行われるようになれば、食品メーカーとしてはたとえ原料由来であっても回収の責任が生じてしまう恐れがあり、ますます、農薬を使わない防虫・異物対策が必要とされることが予想される。米国ビルズベリー社はす

でケミカルフリーを徹底しており、1997年から、臭化メチルは全く使用せず、熱風駆虫で虫を防いでいる。

#### 4. 結論

美味しく、均一で、安全な、“品質の高い製品”を提供する工場を建設するという命題を実現する上で、異物を未然に防ぐ為のハード面で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。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、食品プロセス専門エンジニアリング会社の採用は大変有用である。

食品プラントのエンジニアリング会社は、製造現場における食品製造ノウハウのフィードバックはもちろんのこと、医薬、飼料、化成品、トイレタリー、物流センター等々、食品工場以外の工場建設の実績からも、多くの知見、経験をユーザーに提供することも可能である。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、食品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 食品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 既存の食品工場では、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食品工場管理システムの導入を検討する必要がある。

## 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) 牧田晴義:「安全確実な輸送と合理的ハンドリング」, 化学装置 (工業調査会), 5 月号, (2003), pp.69 ~ 76
- 9) 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
- 10) 石戸克典:「粉粒体コンタミ防止技術」, 食品機械装置 (ビジネスセンター社), 8 月 (2006), Vol.43, pp.57-73