

食品向け粉体機器の動向について (異物混入にスポットを当てて)

トリプルエーマシン(株) 代表取締役 博士(工学) 石戸 克典

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。食品原料には、小麦粉、米粉、各種でんぷんなど多くの粉体原料が利用されている。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。

食品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ろびがあれば、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から、食品への混入異物の種類を紹介する。

1 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、白色の軟質プラスチ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(ニューマ搬送)のフレキシ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、損害が発生した。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。

2 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に食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で、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。

3 食品製造プロセス(特に粉体原料)への異物対策手法

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

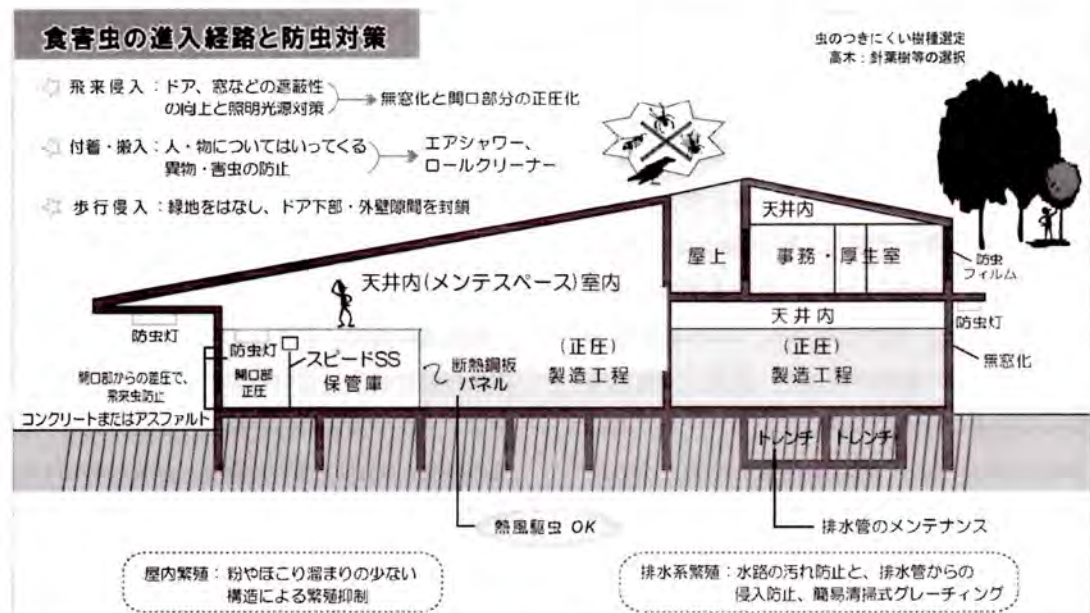


図1 食害虫の工場への進入経路と防虫対策例

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ふ。

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。

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 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、乾燥した食品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。乾燥品も含めた食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。

3-1 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。

3-1-1 現場調査

化学薬品のみ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。

3-1-2 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。清掃し易い仕様・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、(株)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。

3-1-3 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されている。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が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%以下なら安全とされているが、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ブタイプなど）は好ましくなく、緩やかに回転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）。緩やかに回転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。

3-1-4 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。

3-2 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℃、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。

3-3 トレーサビリティ

先にも述べたが、食品工場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での異物管理の方法を簡素化することも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トレーサビリティ技術を導入する企業も増えている。また、トレーサビリティを追求する際に、連続製造（空気輸送など）よりも、バッチ連続の考え方をとる必要があるので、IBC（intermediate bulk container）システムも最近採用されるようになった。医薬業界では以前より広く使われていたが、健康食品・一般食品でも主に大量多品種生産用に工場で利用されている。マトコン、Uコンなどの名前で見られる



図2 マトコン IBC コンテナの断面概念図

コーンバルブを下部に有するコンテナがこれにあたる。図2にマトコン社のIBCコンテナの断面概念図を示す。

4 異物除去の機械的方法

4-1 インライン異物除去装置

食品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。

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3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

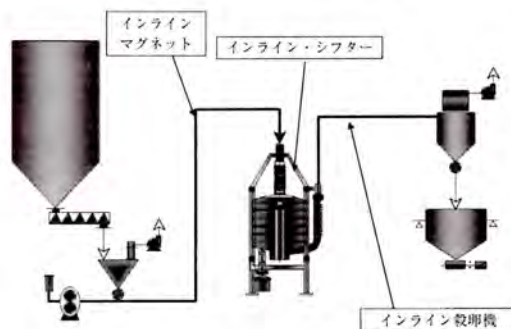


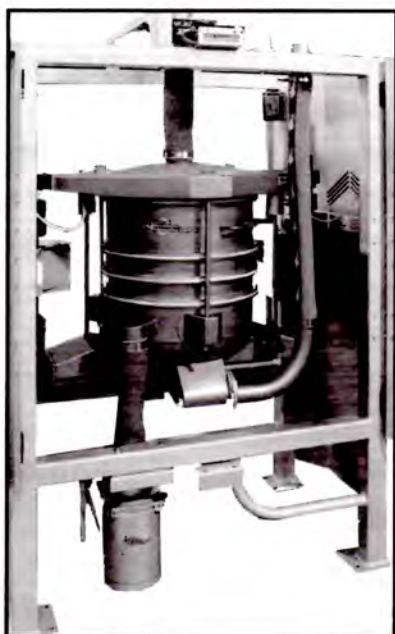
図3 インライン異物除去装置のフロー例

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。

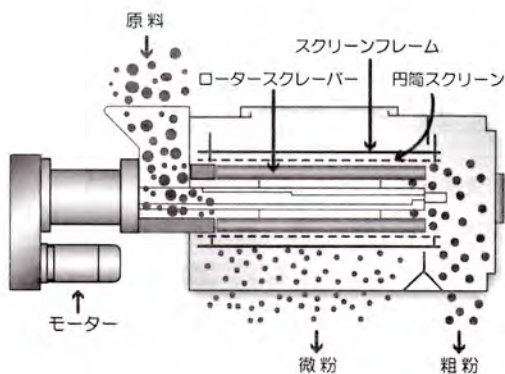
4-1-1 インラインマグネット

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。



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ン社製、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
(㈱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

4-1-2

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、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。

4-1-3

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 t/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。

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、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ならない。BISSC のシフターの規格には、①エアバイパス機構が内蔵されていること、②異物が連続的に排出されること、③網をこするような力を加えないこと、④網が外し易くなっており、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、⑤網の目開きは製品の通過しうる最少であること、の 5 つの基準が示されている (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

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・ QA シリーズ	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 (7)	600mm 直径 (QA24) 900mm 直径 (QA36)	旋回式 (ウレタンボール / キューブ)	3~7.5 (QA24) 7.5~25 (QA36)	0.75 (QA24) 1.1 (QA36)
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	1,000mm 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~ 1,200mm 直径	振動式	2~6	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~ 1,350mm 直径	振動式	~30	0.5~3.7
Ultra-High Capacity In-Line Pneumatic Screener	Kason (米国)	有り	なし	BISSC 仕様準拠	1	1,219~ 1,525mm 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)、eimelt (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

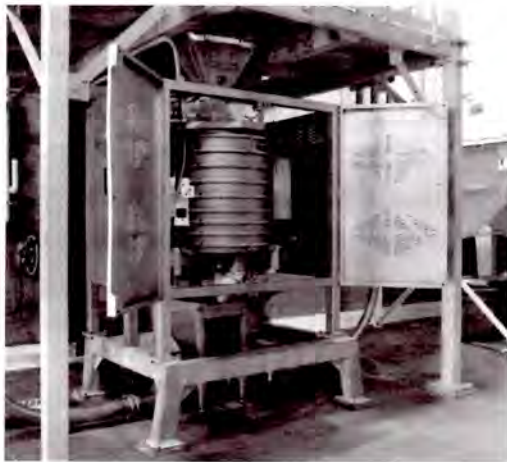


写真2 重力落下式ステンレス製シフター例
(米国グレートウェスタン社製)

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ツールバランスシフターも米国で紹介された(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、パッキンがワンタッチで脱着できるなどサニタリー性に充分配慮されたシフターである。ツール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、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。

5 終わりに

締めくくりとして、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を説明したい。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。混入した異物をすぐに発見し、除去する方法が必要であるが、小麦粉やミックス粉、でんぶんなどの食品粉体を原料として使用する食品メーカーで、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

粉体異物除去機選定フロー

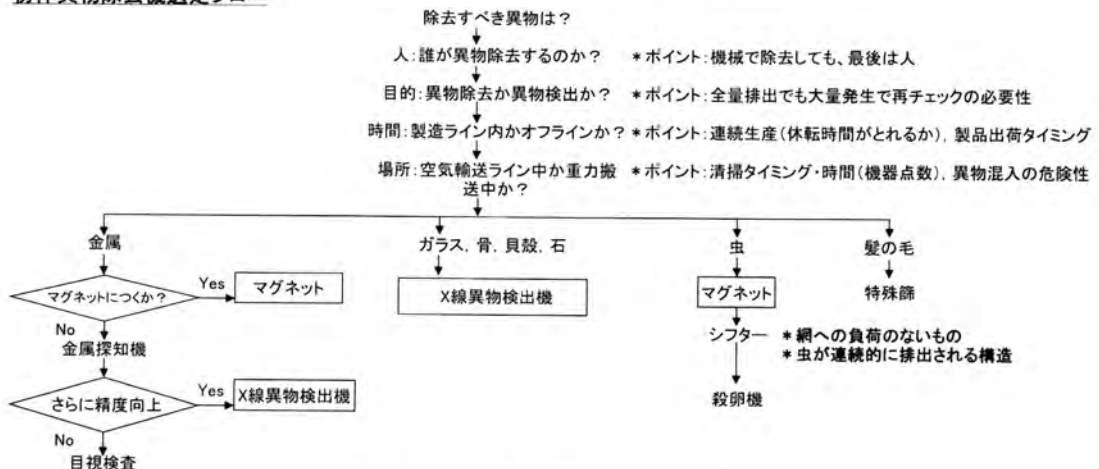


図4 異物除去装置選定フローチャート例

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4に選定フローシート例を示す）。

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。