
粉粒体処理における異物混入防止方法

日清エンジニアリング(株) 上福岡事業所 テクニカルセンター

江間 秋彦

—「粉体と工業」Vol. 40 No.7 (2008) P41～P51—

日清エンジニアリング株式会社

粉粒体処理における異物混入防止方法

Methods of Preventing Contamination in Powder Handling Process

日清エンジニアリング株式会社 江 間 秋 彦
Akihiko EMA

1. はじめに

私の所属する日清エンジニアリング(株)は、(株)日清製粉グループ本社の完全子会社であり、食品系のプラントエンジニアリングをはじめ、非食品系のプラントエンジニアリング、更には特徴的な粉粒体処理装置（粉砕機・分級機等）の販売とそれらの装置を利用した粉粒体の受託加工を行なっている。その際、製品への様々な異物混入問題に直面している。

例えば食品業界における異物混入問題は、乳業メーカーの食中毒事件以来多くの不祥事が発生しており、社会的な問題となっている。近年の特徴としては、消費者意識の高まりから不祥事を起こした企業が市場からの撤退を余儀なくされる事例も多く生じており、異物混入に関してはこれまでよりも高いレベルで管理することが求められている。また、その他の製造業においても異物の混入が致命的な製品の欠陥の原因になり、社会に多大な影響を与えることも少なくない。このような問題を防ぐための管理方法としては、例えば ISO・HACCP・GMP などの規格・手法を用いて、従来の勘や経験に頼ったあいまいな管理基準を排除して工程内における重要部分の管理を確実にする手法がある。その際、管理個所の明確化・文書化・数値化とともに、その記録の保管が求められる。また、管理すべき異物についても、例えば食品業界において従来から問題となっている虫・髪の毛・金属・ガラス・土石等の異物にとどまらず、食品

添加物をはじめとする化学物質・原料原産地・アレルギー物質等の表示が義務付けられており、新しい異物が増加傾向にある。特に、後者については五感に頼ってでは存否の判別が難しい場合でも、精度の高い分析技術や DNA 解析等の新しい分析手法により異物の存在が確認できるようになっている。これらの分析技術を用いることで、これまでは最終製品の形状が変わることで見過ごされてきた粉末製品中の異物でも発見されるようになってきている。その他の製造業においても、従来よりも厳しい管理体制が求められることは言うまでもない。

以上の状況を鑑みると、担当職員にとどまらずパート従業員等を含めた全従事者が消費者の立場に立って自分達の仕事を見直し、異物混入への問題意識を共有して対策を考えていくことが大切だと思われる。また、工程内の中間製品だけではなく原材料や最終製品の履歴が追跡できるようにする（トレーサビリティの確保）とともに、異物が混入する可能性を最大限排除し、混入した場合には工程内で早期に検出でき、異物が混入した製品が工場から出荷されないような仕組みを作る必要がある。さらに、不幸にして異物が混入した製品が消費者の元に届けられた場合には、迅速かつ適切に対応して消費者の不安を解消するよう努め、メーカーとして消費者に信頼される企業となるべく誠心誠意対応できるような危機管理システムを構築しておく必要があると思われる。

本稿では、プラントエンジニアリング並びに粉粒体処理装置における異物混入防止方法につ

いて簡単に説明する。

2. プラントエンジニアリングにおける異物混入防止方法

2-1 工場設計

工場設計における異物混入防止について考える場合、工場全体を①建物外部から建物内部への混入対策、②建物内部から製造工程内への混入対策、③製造工程内での混入対策、にそれぞれ分けて検討することで、漏れの無い統一した設計思想を貫くことができる。また、発生する異物に対しては、①自然発生異物と人的発生異物、②設備的対応と人的対応の両面から検討することができる。概略を図-1, 2 に示す¹⁾。

まず、①建物外部から建物内部への混入対策を考える上で重要なことは、管理しやすい建物で外部異物（土石、ほこり、虫、金属・ガラス、髪の毛等）の進入防止の工夫をすることである。

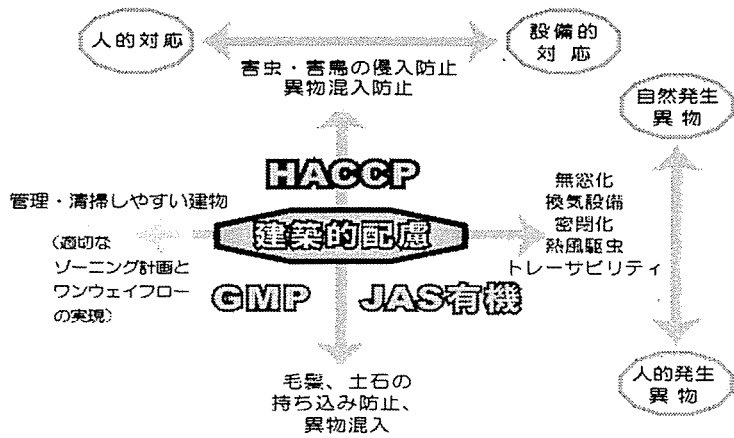


図-1 各種異物の混入とその対策

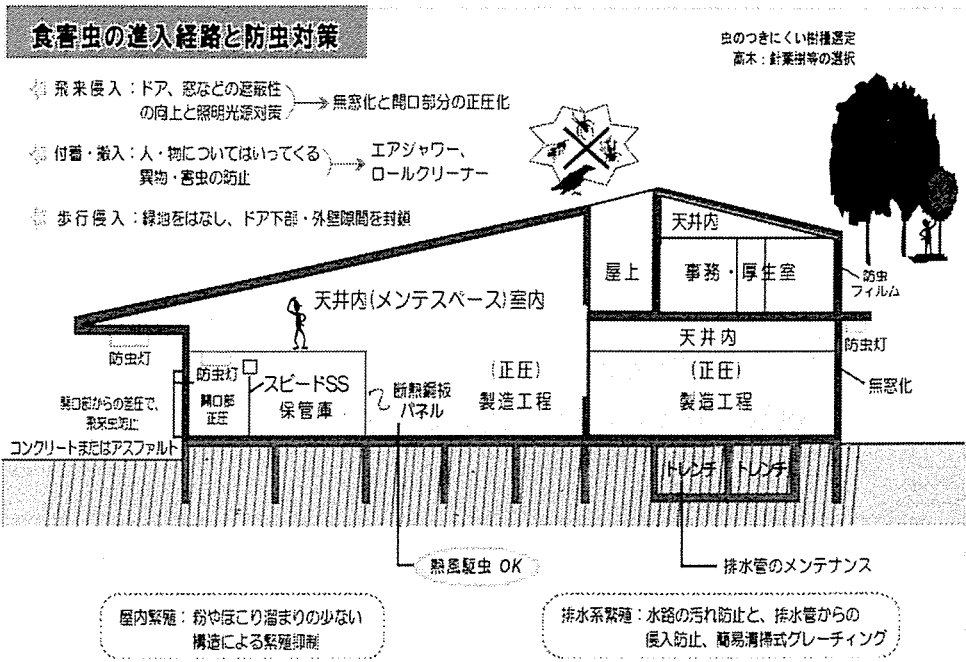


図-2 建物外部からの異物混入とその対策

例えば、虫のつきにくい樹木選定・建物周囲の舗装・防虫灯や防虫フィルムの使用・密閉構造・無窓化・陽圧化・履き替え対応・エアシャワー・ロールクリーナー・廃水路の汚れ防止や廃水路からの侵入防止等を積極的に検討すべきである。

次に、②建物内部から工程内への混入対策を考える場合には、工場隅々までの清掃性を向上させるとともに、工場内部のレイアウトを検討する必要がある。工場内部のレイアウトを検討する際には、動線とゾーニングについて考慮することが重要である。動線とは物（例えば製品・中間製品・器具等）や人の移動するラインのことであり、清浄品と汚染品との交差汚染が発生しないよう、作業工程・運用を十分に考慮しな

がら交差動線をなくすように設計を行なう必要がある。ゾーニングとは、HACCP 対応工場を実現させるために最も重視すべきポイントである。工場内の区域を「清潔区」・「準清潔区」・「汚染区」という3つのゾーンに分け、特に「清潔区」と「汚染区」とが混在しないように配慮することが極めて重要である。食品工場における最適レイアウトの一例を図-3, 4 に示す。

最後に、③製造工程内での混入対策については、異物検出・除去装置の導入や異物を混入させない HACCP 対応を導入する必要がある。なお、HACCP（Hazard Analysis Critical Control Point）とは、工程中の危害分析（HA）を行ない、それに基づき重要管理点を監視する

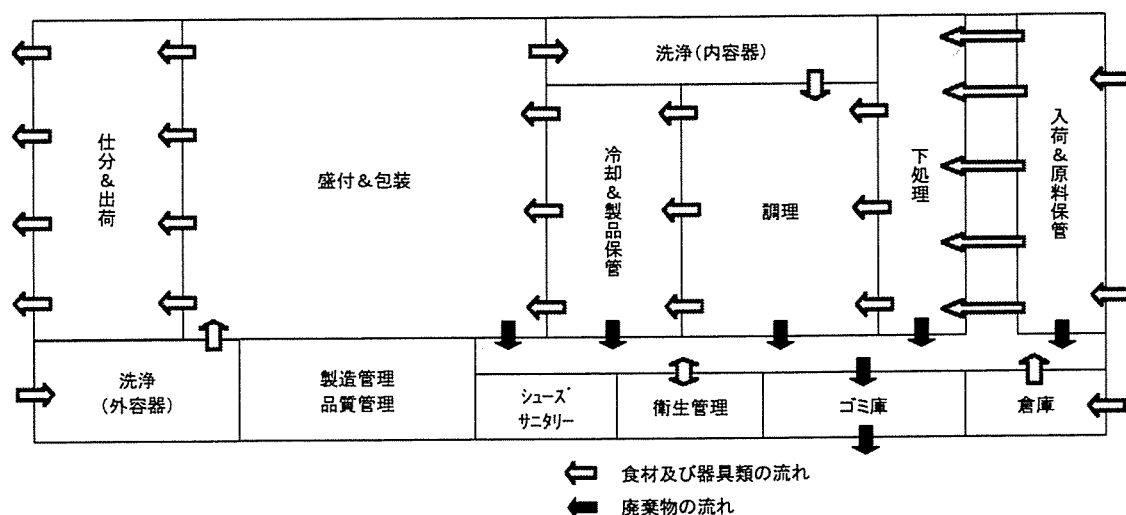


図-3 最適レイアウトの一例（動線）

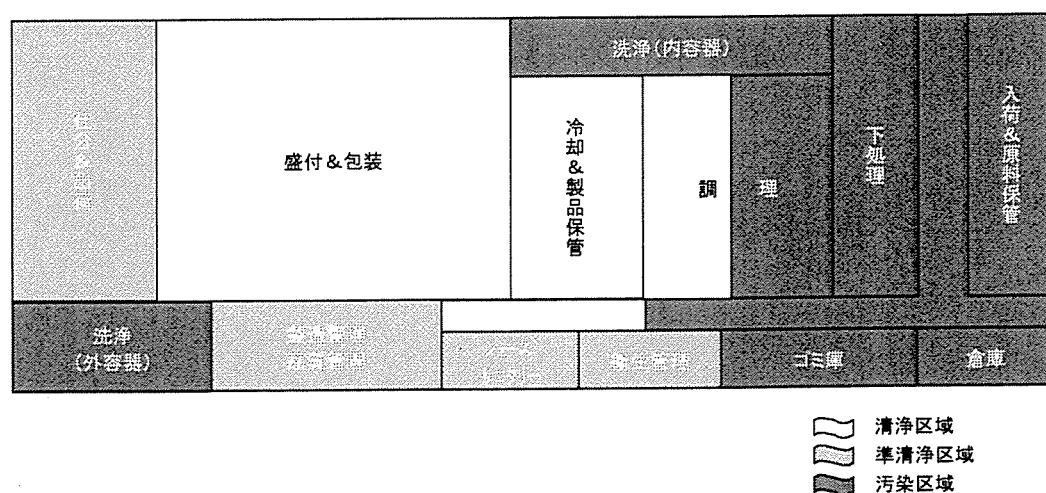


図-4 最適レイアウトの一例（ゾーニング）

こと（CCP）で品質を管理するシステムのことであり、食品業界で一般に用いられている製造管理手法である²⁾。

2-2 生産管理システム

異物混入時におけるトレーサビリティの確保はもちろん、効率的な生産活動を行なうためにも、製造工程内の状況を把握する必要がある。以下に惣菜工場をモデルに生産管理システムの概略を説明する。

弊社では、生産管理システムの導入による「5つの見える化」の実現を提案している。

「5つの見える化」とは、①進捗（時間）、②コスト、③実績（トレース）、④品質、⑤在庫の5つの要素を管理可能にすることである。①進捗（時間）の「見える化」とは、「進捗状況の把握（時間）」である。製造している品目名、計量値などの項目を現場操作パネルに入力することにより、工程の進捗状況の把握が可能となる。これまでの担当者の経験のみに基づいた判断ではなく、実績を追うことにより、より正確な進捗状況の把握が可能となる。入力されたデータにより、製造品目毎にそれぞれの製造工程がどの段階であるかを管理室の端末にてひと目で把握でき、未作業の工程・作業中の工程・作業済の工程が一目瞭然となる。さらに、遅れている工程も判明し、タイムリーな人員の投入によって、製造の遅れによる欠品を減少させることが可能となる。②コストの「見える化」とは、「作業にかかった人件費の把握」である。作業にかかった人数を現場操作パネルに入力することにより、その品目の製造にかかった人件費を正確に収集することが可能になる。これにより、現在ある商品の原単価を分析する際に、製品材料原単価に人件費原単価をプラスすることが可能となり、これまで経験に頼っていた新製品原単価をより正確に予想して戦略的な新製品の開発を行なうことができる。③実績（トレース）の「見える化」とは、まさに「トレーサビリティの確保」のことである。商品から原料に何を使

用しているのか、どのロットの原料を使用しているのかをトレースしたり、逆に原料から商品をトレースしたりすることで、工場内におけるトレーサビリティの実現が可能となる。これにより、消費者・物流などさまざまな方面から求められているトレーサビリティの確保が可能となる。④品質の「見える化」とは、「製造における中間品のロケーション管理、原材料の荷姿などの管理を行なうこと」である。これにより、経験の浅い従業員でもミスなく製造できるようになるため、品質管理が可能となる。⑤在庫の「見える化」とは、「原材料および包材の在庫を一括管理すること」である。これにより、近年の商品寿命サイクルの短期化により増加する原材料や包材の在庫欠品による製造効率の低下、商品の欠品などを削減し、さらに過剰在庫を解消することにより、例えば消費期限の短い原料のロスを削減することが可能となる。

以上により、進捗状況の把握による業務効率化、新製品開発計画におけるデータ収集および活用、トレーサビリティの確保、欠品の減少が可能となる。

2-3 IBCシステム

従来から用いられている空気輸送や機械搬送による粉粒体の工程間搬送では、パイプ内部の洗いが残しがクロスコンタミネーションによる異物混入の原因となることが多い。この問題を解決するための技術の一つが、パイプレスのIBC（Intermediate Bulk Container：工程間搬送用粉粒体コンテナ）システムである。以下に、マトコン社のIBCシステムの概略について説明する³⁾。

マトコン IBC システムでは、下部にコーンバルブがついたステンレス製または樹脂製の容器（コンテナ）が使用されており、計量投入、混合、排出、洗浄等の各ステーションに分けられている。コンテナはその間を自動搬送車、手動キャッチパレットトラック、フォークリフト等によって移動するため、粉粒体の飛散が少な

い。また、各ステーション間の移動の途中においては、必要に応じて自動倉庫への収納を行なうことができ、例えば品質のチェック等が可能である。コンテナ下部のコーンバルブは、圧縮空気等で上下するアクチュエータによって上下開閉されることにより、粉体を定量排出する機構を有している。難排出の粉粒体にはバイブレータを内部や外部に取り付けることも可能であり、コーンバルブはコンテナ下部の円錐部に自重および粉体圧によって固定されている。図-5に概略構造を示す。コンテナの直径に対して比較的大きな直径のコーンバルブであるため、マスフローを実現することが可能となる。このマスフローにより、分離・偏析・閉塞といった粉粒体の空気輸送で最もトラブルになりやすい現象や、「後入れ先だし」といった品質管理上の問題を回避することが可能となる。言い換えると、空気輸送において問題となる粉粒体（例えばフラッシングや閉塞を起こしやすい粉粒体・湿粉体・工程間移送時の分離や偏析等が問題となる粉粒体等）であっても、IBCシステムでは問題とならないことが多い。また、IBCの洗浄は、製造とは切り離して行なえるため、品目切り替えの際に時間のかかる、洗浄・乾燥時間の短縮

が可能である。つまり、製造とIBC洗浄とは並行作業が可能である。さらに、洗浄とその確認の容易なIBCでは、洗が残しによるクロスコンタミネーションの防止が期待できる。こうした結果が製品への異物混入の防止につながる。また、トレーサビリティの確保という観点からも、情報システムとの組み合わせにより製造ロットとIBCとの関連付けを容易に行なうことができる。さらに、IBCシステムでは輸送配管を使用しないため、粉粒体ハンドリングプロセスにおいてキーとなる単位操作（例えば配合・混合・粉砕・分級等）の工程をフレキシブルに変更することができる。

以上のことから、IBCシステムでは、①粉粒体の封じ込めが容易、②多品種大量・少量製造が可能、③コンタミ・クロスコンタミの防止が容易、④トレーサビリティの確保が容易、⑤自動化や製造計画の変更等にフレキシブルに対応できる、等の特徴を有している。このため、食品・化学品・医薬品・金属製品分野等におけるプレミックス・香辛料・カラートナー・顔料・医薬品原薬・有害粉粒体等の製造ラインにおいて使用されている。

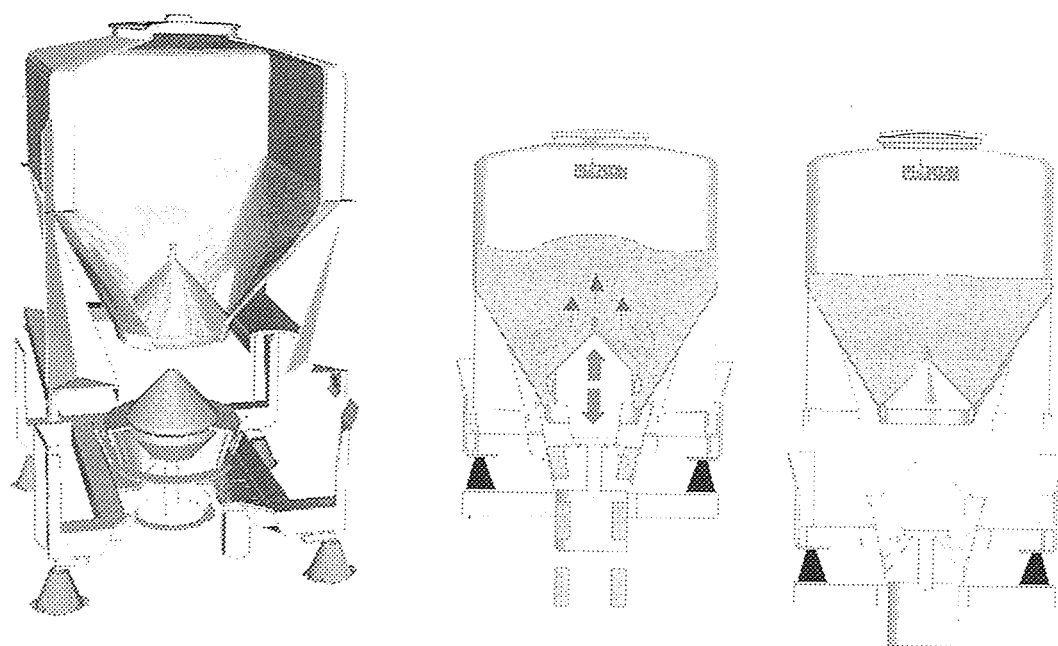


図-5 マトコン IBC システムの概略構造

3. 機器における異物混入防止方法

3-1 異物除去装置

3-1-1 インライン・シフター

小麦等の穀類系の粉粒体プロセスにおいては、原料中にも虫の卵等が付着していることが多く、

更に穀類自身が虫の食料になるため、虫の混入トラブルが生じることが多い⁴⁾。この虫の最終製品への混入トラブルを防止するために使用されるのが、製造の最終プロセスにおいて使用されるインライン・シフターである。以下にグレートウェスタン社のインライン・シフターを中心に説明する。

例えばラウンドシブやロータリーシブはかくはん羽根が内部にあるため、粉を解砕しな

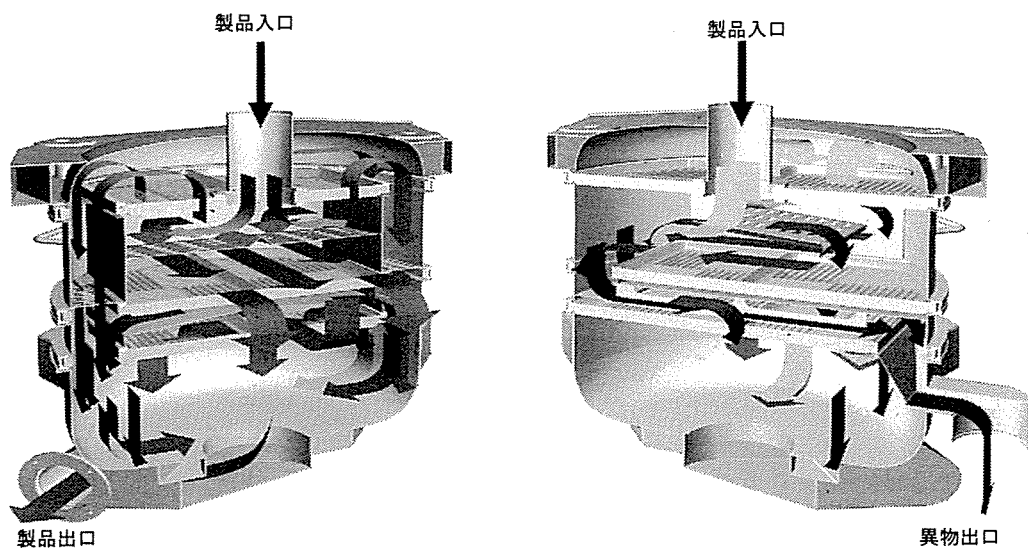


図-6 インライン・シフターの内部構造

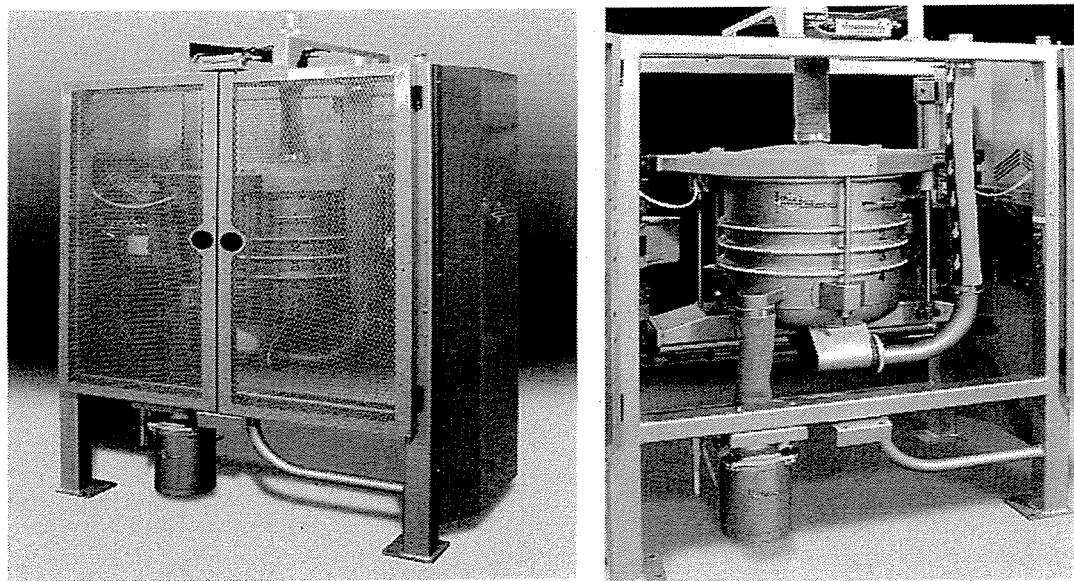


図-7 インライン・シフターの外形写真

がら篩うという目的には適するが、食品の最終粉体製品を篩うという目的には、内部に回転体からの力がかかっている構造上、網が破れやすく、虫などの壊れやすい異物も壊れて通過する可能性があるため好ましくない。そこで、米国の製パン業衛生標準委員会（BISSC）では、食品粉体の異物検出のためのインライン・シフターで最も大事な要件として、エアバイパスを設け、網に負荷をかけないことのほかに、①異物が連続的に排出されること、②網に物理的な力を加えないこと、③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、を挙げている¹⁾。これらすべてを実現できている機種の中に、BISSC 認定証が発行される。グレートウェ스턴社のインライン・シフターは、製パン業に求められるサニタリー性、篩構造を満足していることから、米国 BISSC よりこの衛生基準適合認証を受けている。装置の概略を図-6, 7 に示す。本装置は、①空気輸送ラインに直接組み込める、②分解清掃・点検が容易、③緩やかな施回運動による篩い分けにより、異物の破損による製品への混入の恐れが少ない、④異物のみをポットに回収でき、運転中でも溜まった異物の量が確認できる、などの特徴を有しており、製パンメーカー、製

麺メーカーを中心に多数活用されている。なお、本機は平成 18 年度 第 9 回日食優秀食品機械資材・素材賞を受賞した。

3-1-2 精密空気分級機—ターボクラシファイア(TC)

最先端の粉粒体原料においては、わずかに粒子径の異なるものが原料中の異物として認識されることがある。例えばペースト塗布により幾重もの薄膜層を形成させる積層セラミックスコンデンサでは、原料粉体をいかに微細化することが多層化（高機能化）のポイントであり、凝集体や粗大粒子等の異物が品質劣化の原因となる。また、光学・電子部品用途の球形プラスチック粉末では、光学フィルムシートの高性能化を図るため、原料から粗大粒子あるいは微粒子といった異物を分級除去している。上記の目的を達するために、以下に紹介する装置を使用することができる⁵⁾。

空気分級機『ターボクラシファイア』は、遠心力場にある粒子に反対方向の空気抗力を与えることによって粒子を大小に分ける遠心風力分級機である。図-8 にターボクラシファイアの断面図を示す。粉体投入口から供給された粉体は、分散羽根によって分散され、分級ゾーンへ

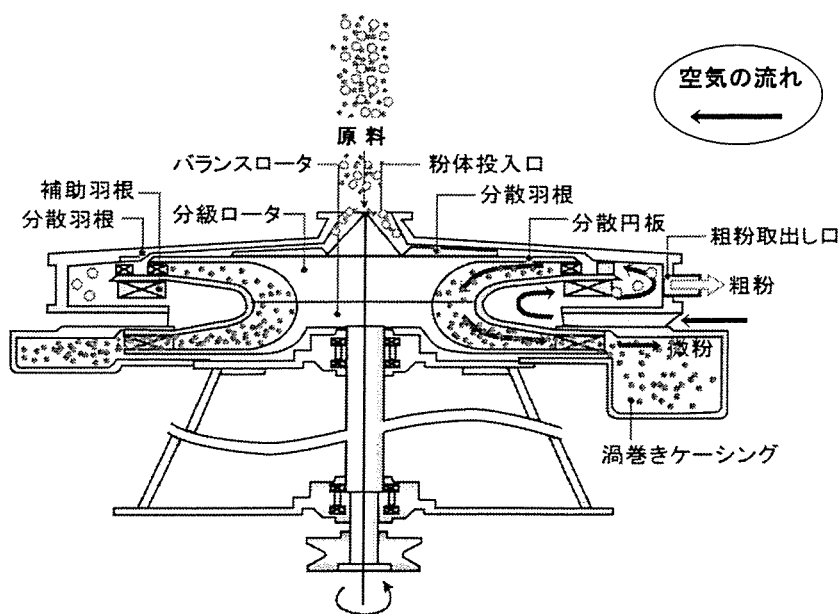


図-8 ターボクラシファイアの構造と分級メカニズム

と移動する。ここで、粒子は高速回転する分級ローターによる遠心力とブロワーによる気流の抗力を受け、遠心力が大きく働く大粒子は粗粉側に移動し、空気抗力が大きく働く小粒子は微粉側に移動し分級される。遠心力はローター回転数を、空気の抗力はブロワー吸引風量を変えることによって容易に調整することができる。摩耗性粉体や付着性粉体には、それぞれに適した材質のローターを使用する。また、一度分級された粗粉中に含まれる微粉を、本来の微粉として回収するために、粗粉を再度分級場に戻す機構がある。これは、粗粉成分に何度も分級のチャンスを与えることで、粗粉中への微粉の混入を減らし、高精度の分級を行なうためである。本装置により、わずかに粒子径の異なる粗大粒子あるいは微粒子の異物を除去することができる。なお、本装置の原理上、たとえ同じ粒子径であっても、比重の異なる異物であれば除去することができる。

3-2 粉粒体処理装置における異物混入防止方法

以下に、清掃性やメンテナンス性に優れた弊社取扱装置について簡単に説明する。

3-2-1 スパイラジュール

エティア社のスパイラジュールは、原料が巨大なスクリーフィーダを通過する間に、スクリー表面で発生するジュール熱により加熱されるという、ユニークな粉粒体連続熱処理装置である⁶⁾。装置の概略を図-9, 10に示す。本装置は、①設定温度が温度コントローラにより簡単に設定できる、②滞留時間がスクリーの回転数により簡単に設定できる、③裸火を使用することが無いので火災の危険性が大幅に低下する、などの特長があり、焙煎・乾燥・殺菌・昇温などあらゆる粉粒体の熱処理をカバーすることができる。また、葉・種子・種皮をはじめ、そば・大豆等の原料を加熱処理することができる。

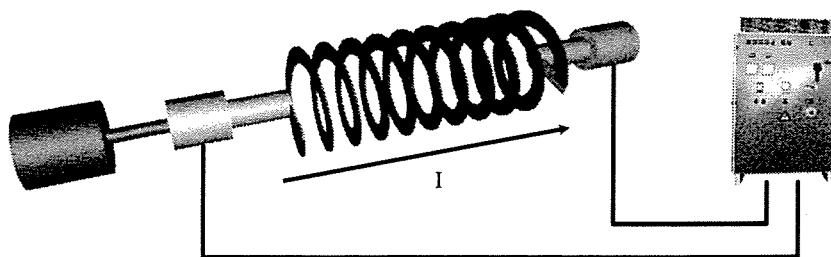


図-9 スパイラジュールの加熱原理

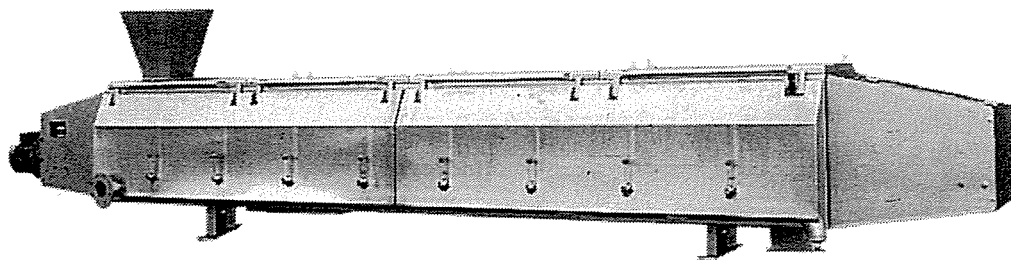


図-10 スパイラジュールの外形写真

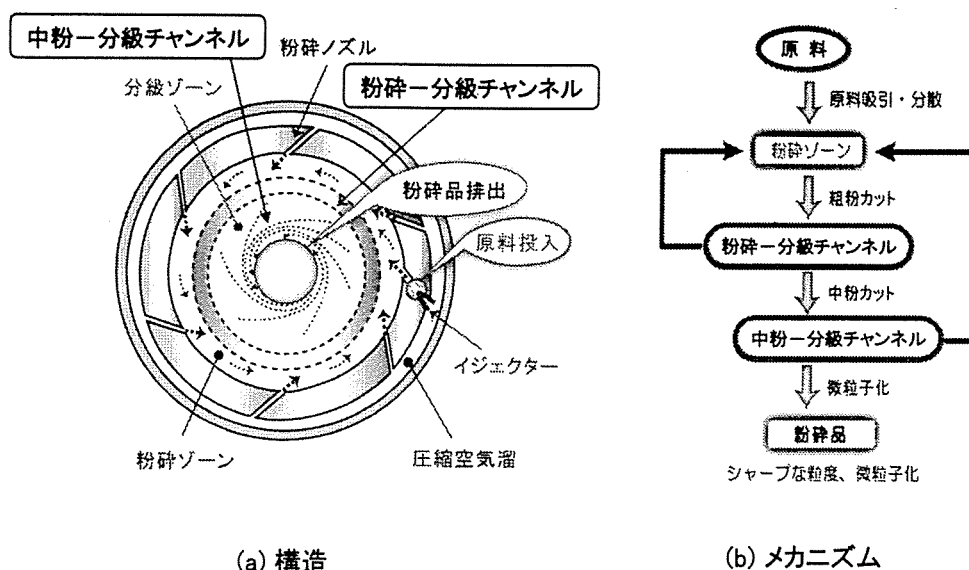


図-11 スーパージェットミルの構造と粉碎メカニズム

る。本装置は構造がシンプルで、上部の蓋を開けることで容易に清掃やメンテナンスを行なうことができる。

3-2-2 気流式粉碎機—スーパージェットミル(SJ)

日清エンジニアリング㈱で開発された気流式粉碎機『スーパージェットミル』は、「簡単な構造」と「シャープな粒度分布」の両方を満足する気流式粉碎機である⁷⁾。図-11にスーパージェットミルの構造と粉碎メカニズムを示す。装置内は粉碎ゾーンと分級ゾーンの2つの領域に分かれている。イジェクターにより粉碎ゾーンに分散供給された原料は、複数のノズルから噴射された高圧の空気によって、粒子同士の衝突や壁面との衝突で圧縮力・衝撃力・摩擦力等が加わり、粉碎される。同時に、粉碎ゾーンには空気の旋回流が生じ、粒子に遠心力が働く。そのため大粒子は粉碎ゾーンに留まり、粉碎されて細くなった小粒子だけが気流に乗って粉碎・分級チャンネルを通過し、内側の分級ゾーンに進む。分級ゾーンの粒子にも旋回流による分級機能が作用するため、粉碎ゾーンで粉碎されずに分級ゾーンに入ってきた大粒子は、遠心力により外側の粉碎ゾーンに戻されて再び粉碎されることになる。このように、粒子は粉碎と

分級とを繰り返し、シャープな粒度分布を持つ粉碎物となって装置中心部の出口管から気流とともに排出される。本装置では、主に粒子同士や壁面への衝突を原理とするので、粒子へのコンタミネーションが少ない。更に、粉碎部・分級部ともに駆動部がないので、分解・洗浄・組立が容易であり、多品種製造用途にも適している。また、圧縮空気の断熱膨張による冷却作用が働くため、医薬品などの弱熱性物質や樹脂などの低融点物質の粉碎にも使用することができる。接粉部の材質はステンレス SUS304 が標

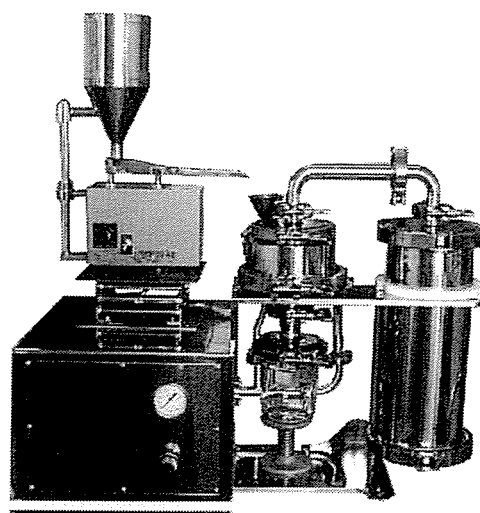


図-12 SJ-100GMP の外形写真

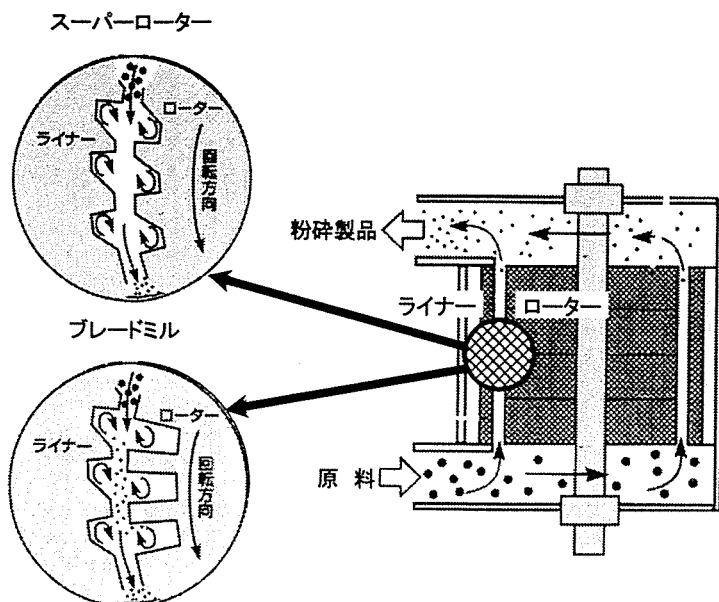


図-13 スーパーローターおよびブレードミルの構造と粉碎メカニズム

準であるが、磨耗性の高い粉粒体原料を使用する場合には、接粉部の耐磨耗性の高い $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiAlON} \cdot \text{SiC} \cdot \text{ZrO}_2$ 等のセラミックス材料でも製作することも可能である。本装置の GMP 仕様では、接粉部にネジが無く、分解洗浄が容易に行なえるよう設計されている。装置写真を図-12 に示す。

3-2-3 機械式粉碎機—スーパーローター(SR)およびブレードミル(BM)

日清エンジニアリング(株)の機械式粉碎機『スーパーローター (SR) 』および『ブレードミル (BM) 』は、繊維質や弾力性のある原料の粉碎に適しており、低ランニングコストで運転ができる。機械式粉碎機では、特殊な刃形状を有するローターを高速回転させ、固定刃であるライナーとの狭い隙間に高速渦流を発生させる。この隙間に粉粒体原料を通過させると、粒子は高速渦流およびローター・ライナーの刃によってせん断力・切断力・衝撃力等が加えられ、粉碎される。装置の概略を図-13 に示す。機械式粉碎機は、気流式粉碎機では粉碎しにくいとされる繊維質状粉体や弾性粉体の粉碎に適しており、またエネルギー効率が低いという特徴があ

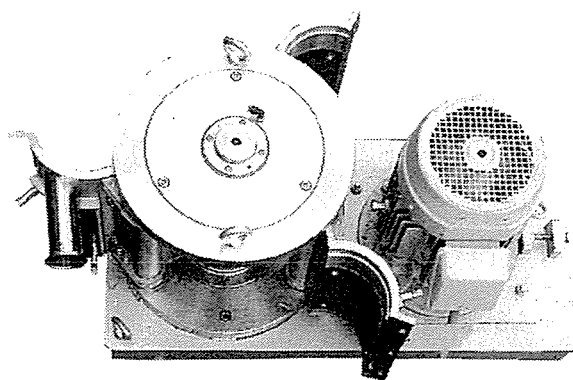


図-14 スーパーローター／ブレードミルの外形写真

る。ローターの形状によって「スーパーローター」と「ブレードミル」の2機種がある。ブレードミルは繊維質状粉体や弾性粉体の粉碎に適しており、スーパーローターは粒度分布のシャープな微粉体を得る場合に用いられる⁸⁾。粒度は、ローターの回転速度と通過空気量の変更により、任意に調整することができる。磨耗性の高い原料に対しては、耐磨耗材料を使用したローター・ライナーを使用することができる。ローターの空気との摩擦熱により排気温度が上昇する場合には、水冷ジャケットあるいは冷風により冷却して運転することができる。また、特に弱熱性

の材料に対しては、ローター・ライナーに直接冷媒を通過させる通水ローター・ライナーを使用することにより、粉碎効率を大幅に改善した例がある。本装置は、ライナー部分が3分割になっており、全面開放することでローターおよびライナーが外部から容易に洗浄できる。装置写真を図-14に示す。

4. おわりに

異物混入問題においては、従来は異物ではないと考えられていたものが社会の変化や科学技術の進歩に伴って新しい異物として認識されることも多く、粉粒体を扱う際には常に我々を悩ませるトラブルの一つである。本稿では、プラントエンジニアリング並びに粉粒体処理装置における異物混入防止方法について簡単に説明した。本稿が異物混入問題に悩まれる方の解決のきっかけになれば望外の喜びである。

引用文献

- 1) 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, vol.41, 2月号, pp.55-68 (2004)
- 2) 澤野修七蔵司和哉：“HACCP システムと食品工場のハード整備計画” 食品機械装置 11月号別冊, pp.61-69 (2000)

- 3) 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, 9月号別冊, pp.10-16 (2003)
- 4) 山田幸良：“最近の食品粉体処理における異物混入とその対策” 化学装置, 5月号, pp.35-42 (2003)
- 5) 江間秋彦：“MLCC 用微粒子材料の製造法” Material Stage, vol.7, No.3, pp.18-25 (2007)
- 6) 本多 肇：“スパイラジュールとフリゴミックスによる粉粒体連続熱処理冷却システム” 食品工業, vol.50, No.20, pp.20-29 (2007)
- 7) 小澤和三：“気流式粉碎機の高機能化に向けて” 化学装置, 5月号, pp.67-70 (2004)
- 8) 秋山聡：“低エネルギー粉碎ができる「ブレードミル」” 化学装置, 5月号, p123-125 (2002)

え ま あき ひこ
江間秋彦

日清エンジニアリング(株) 上福岡事業所
テクニカルセンター 担当課長補佐
博士(工学)

〒356-0045 埼玉県ふじみ野市鶴ヶ岡
5-3-77

TEL:049-264-3148

E-mail:emaa@mail.ni-net.co.jp