

第67回 異物検出装置①：X線検査機の概要と最新動向

株式会社エー・アンド・デイ 安田 正博

1. はじめに

本稿は、食品メーカーの品質管理部門に新たに配属された方や異物検査に関心のある方に、X線検査機や金属検出機について大雑把に理解していただくことを目的としている。

また、HACCP制度化によるCCPの設定検討において、X線検査機や金属検出機の検出原理・能力と課題を知っていただくことで、自社商品の品質にどう役立てていけるかの一助となれば幸いである。

1) 異物混入

食品メーカーが抱える大きな問題の一つは異物混入である。いったん異物混入事故が起ると、SNSで拡散され、瞬く間に社会に広まり、企業イメージがダウンする。また、回収コストや操業の一時停止など企業規模によっては、存亡の危機まで発展する事案となる場合もある。食品メーカー各社は、異物混入を防ぐ手段を実施しており、異物検査装置であるX線検査機や金属検出機の導入需要は高い。

2) 苦情数

食品の苦情は、東京都だけでも年間5034件あり(平成30年度 東京都福祉保健局統計)、そのうち863件が異物混入で17.1%を占めている。内訳としては、虫171件、動物性異物74件、合成樹脂類64件、鉱物性異物59件、寄生虫7件である。

3) 法的側面

わが国の異物混入に対する法律は、食品衛生法第6条4項「不潔、異物の混入又は添加その他の理由により人の健康を損なう恐れがあるもの」と定義されており定量的な大きさなどの数値規定ではなく、あくまで定性的な規定である。海外においては、数値による規定や健康を損なうおそれがないものについてはある程度、許容しているところもあるようだ。

わが国では、数値による規定がない分、より厳しい状況ともいえる。人は、1 mm以下の異物は食べても気づかないといわれており、検査仕様は1 mm以上の異物を検出としているところが多いが、食したユーザーからの訴えについては、より真摯な対応が必要となっている。

4) 昨今の動き

このような背景のなか、グローバル規格として食品安全マネジメントシステム(FSMS)認証なども国内で紹介されている。厚生労働省より管理基準・検査基準のガイドラインも出され、食品に対する安全活動は活発に推進されている。

5) 当社からの提案

当社の食品製造ライン向けに提供している装置は、X線検査機(図1)、金属検出機(図2)に加え自動捕捉式はかり(ウエイトチェッカー)(図3)である。最新の機種は、全検査



図1 X線検査機



図2 金属検出機



図3 自動捕捉式はかり

月刊『フードケミカル』2020年12月号

発行元：株式会社 食品化学新聞社



トの間に20kV～数100kVの高電圧をかけることで陰極フィラメントから熱電子が飛び出し加速されて陽極ターゲットに衝突した際に、X線が発生する。図5の構成のものをX線管とよぶ。

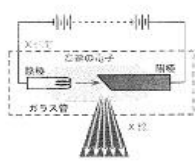


図5 X線管

発生したX線は、被検査物に照射され、通過したX線が画像センサー（シンチレータ付きフォトダイオードアレイ）にて画像化される。X線の性質上、高密度のものはさえぎられる。低密度のものは（一番低密度は空気）そのまま通過することになり、さえぎられた部分は暗く（黒く）、より多く通過した部分は明るく（白く）なる（図6）。

画像センサーは、搬送ベルトに垂直に搬送ベルト下部に、検査幅一列に埋め込まれている。画像センサーは、埋め込まれた面で被検査物を切った線画として出力し、その線画は内部メモリに記録される。被検査物は、搬送ベルトで移動しているため、画像センサー上を通過していくことになる。画像センサーは、被検査物が通過中も連続で線画を出力し、その線画はすべてメモリに記録される。記録された線画は合成され、1枚の合成X線画像になる。そして、合成X線画像または線画を、リアルタイムでさまざまなソフトウェア処理を行い各種判定する。これがX線検査機の仕組みである。また、X線合成画像の分解能は、画像センサー

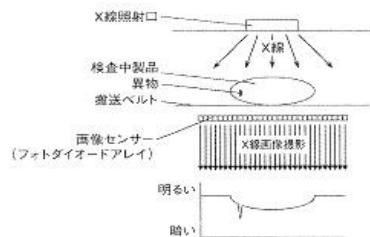


図6 X線検査装置の撮影イメージ

個々のフォトダイオードピッチ（幅）で決まる。

3) 検査範囲

金属異物に関しては価格面などから金属検出機（後述）が使用されることが多いが、X線検査機は金属異物に加え、金属検出機では困難な非金属異物（樹脂、硬骨、石、ガラスほか）の検出やアルミ包材中の異物も検出可能である（図7）。このことからX線検査機が万能と捉えられがちだが、食品に近い密度のものや細かいものの検出は難しく課題となっている。

X線検査機と金属検出機では検出原理が異なるため、それぞれの原理を正しく理解し検査したい内容に合った機器の選択が必要となる。加えて、両方を組み合わせた方が有効な場合もある。

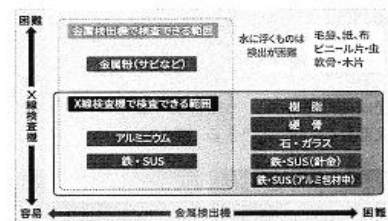


図7 X線検査装置で検出できる範囲

4) X線検査機の構造

一般的なX線検査機（図8）では、被検査物が搬送ベルトで順次装置内に搬入され、X線

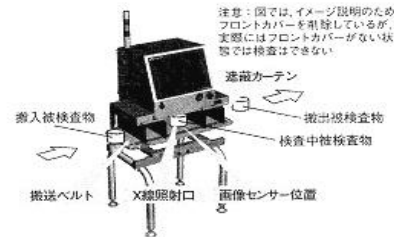


図8 X線検査機のイメージ

画像化、検査判定後に排出される構造である。遮蔽カーテンはX線漏えい防止用である。

5) X線検査機の機能

X線検査機は画像処理装置なので、異物検出機能のほかに、さまざまな検査ができる。

(1) 異物検出機能

検出したい異物の特徴に合わせてしきい値を設定することにより、検出精度を上げられる（表1、図9）。



図9 異物検出機能

表1 検査方法

検査方法	機能（機種によって変わる）
小異物	2mm以下
中異物	4mm以下
大異物	8mm以下
明度異物	明るさが設定値以上のものを異物と判定
線状異物	細い異物を検出

(2) 形状検査機能

被検査物の面積、周囲長、明度ピーク、明度ばらつきから、ヒビ、ワレ、カケなどの形状不良の検査ができる（図10）。



図10 形状検査機能

(3) マスキング機能

被検査物の形状に合わせてマスキングすることで誤検出をなくすことができる（図11）。

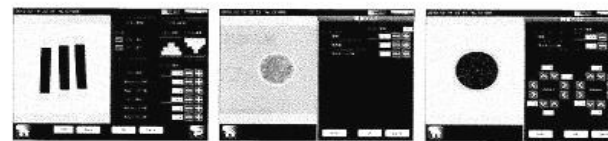


図11 マスキング機能

(4) 個数検査・位置検査機能

被検査物の個数や位置ずれを検査することができる（図12）。



図12 個数検査・位置検査機能

(5) 質量推定機能

X線画像の明るさから被検査物の重量を推定して、推定した重量が設定値の範囲外になっていないかと総重量・個別重量をそれぞれ検査できる。画面には推定した重量も表示される（図13）。



図13 質量推定機能

(6) 噛み込み検査機能

被検査物の包装シール部に、中の商品が噛み込んでいないか検査ができる（図14）。



図14 噛み込み検査機能

6) 最適な検査しきい値の設定

X線検査機は、多機能であるが、検査機の

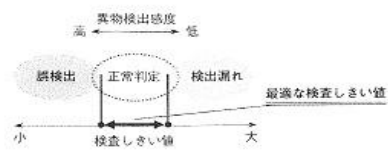


図15 検査しきい値と誤検出と検出漏れの関係

能力を十分に発揮させるには、最適な検査しきい値を設定する必要がある。最適な検査しきい値とは、正常な被検査物をNGと判定してしまう「誤検出」と、異物が混入している被検査物をOKと判定してしまう「検出漏れ」のどちらも発生しない設定値のことである。検査しきい値と誤検出と検出漏れは、図15のような傾向がある。

- ・検査しきい値が小さすぎると誤検出が発生しやすくなる
- ・検査しきい値が大きすぎると検出漏れが発生しやすくなる

そのため、誤検出と検出漏れの両方が発生しないことを確認しながら、検査しきい値を

微調整することで、最適な検査しきい値(矢印の範囲内)に設定できる。ちなみに、最新のX線検査機では、オートセット機能があり、良品・不良品を数回流すだけで、しきい値の設定ができる。

ただし、被検査物の形状や密度・検出目標とする異物の形状や密度や位置によっては、誤検出と検出漏れのどちらも発生しない検査しきい値の設定が難しい場合がある。その場合は、前工程の調理・加工・包装などを見直し、全体最適を考慮することで改善できることもある。

〈次号に続く〉

やすだ・まさひろ

株式会社エー・アンド・ダイ

1983年、福井大学応用物理学科卒業後、同年、株式会社エー・アンド・ダイ入社。FPTアナライザの開発部署に配属、同装置の販売促進で営業本部に移動。その後、自動車開発用実験試験装置のテリトリー営業一筋30年。2019年より営業企画部長。