

レーザーガス化法による食品原材料の異物検出方法の研究

春日井那月 指導教員米田仁紀教授

1 序論

1.1 背景

近年、様々なメディアで食品への異物混入の問題を目にするようになった。昨年まるか食品の製品にゴキブリと思われる黒い異物が混入していたという事件は耳に新しい。これを期に消費者の食品への安心・安全に対する意識はさらに高まりつつあると言える。異物の混入経路にかかわらず、異物とされるものも虫、金属片、プラスチック片と多種多様であるが、異物の種類は大きく分けると動物性異物(昆虫・ダニ・糞・毛・羽毛など)、植物性異物(種子・植物片・カビ各種など)、鉱物性異物(金属・ガラス・小石・砂利・砂)に分けられる。またその他、紙やビニールや繊維も異物としてみなされる。

1.2 現状

現在、すべての異物を効果的に検出する方法はまだない。異物の種類別に適切な技術を使い分けるのが現状である。選別するのに主に使われている方法は大きく分けると接触法と非接触法がある。接触法には比重、重量、よる選別などが主に挙げられる。一方非接触法には電磁波、超音波、長波長の光やX線を使用した方法がある。しかしながらこれらの検査方法でも検出が難しい場合がある。そこでレーザーを利用することで、その特性を生かした異物検出方法が研究・開発されている。

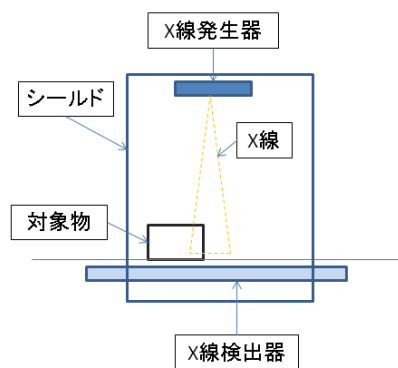


図 1 : X 線検出装置の例

1.3 本研究の目的

実際の食品工場等では大量の材料や食品が流れていく中、50~100 ミクロンサイズのを100m/min~200m/minまたはそれ以上の速度の中で発見していかななくてはならない。本研究では異物対象をX線や画像処理でも検出の困難な髪の毛にしぼり、レーザーを照射し髪の毛が燃焼した時のガス化よっての異物検出を目的とする。

レーザーを用いた異物検査手法

2.1 レーザーを用いた異物検査の方法のまとめ

主な異物検査装置に使われる手法はレーザー散乱光による異物検出である。この手法は X 線や金属探知による検出が困難な異物を選別するのに適した手法と言える。この他紫外レーザーを照射したときに発生する蛍光強度を測定することによって検出する手法がある。

2.2 レーザーガス化手法

レーザーを用いた加熱によるガス化の異物検出方法。これに似たものとして熱分解ガスクロマトグラフィー質量分析法がある。これは主に有機物解析に用いられる手法であるが、試料の前処理が不要という利点がある。今回レーザーを使うことによる方法の利点は、まず局所部分(直径数 μm ~数百 μm)の分析が可能であることにある。また反射スペクトルや吸収する光に差がある特定の波長のレーザーを用いることで、ものを判別するといった使い方も予想される。

レーザーガス化異物検出装置

3.1 装置の概要

実際の食品工場では大量の材料が流れる中でわずか 50~100 ミクロンの髪の毛などの異物を発見しなければならない。そこでポイントとなるのは、まず工場の製造ラインスピードである。そしてそこでレーザーを用いて異物を検出すると想定したとき、どの程度のパワーで使用可能かということが重要となる。ここではまず髪の毛を検出することに重点を置き、スキャン速度とレーザーのパワーを変えて試験的に実験を行った。装置は図 2 のように設計した。

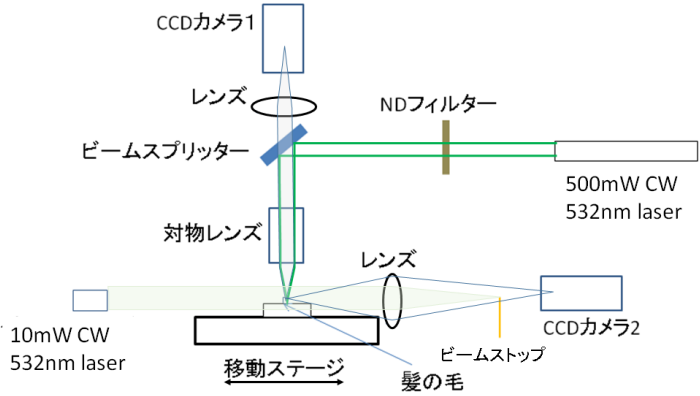


図 2：実験装置

この研究では緑色のレーザーポインターを使用して実験をおこなった。それぞれの CCD カメラはモニターに接続されている。CCD カメラ 1、2 はそれぞれ主に顕微鏡として、レーザーが対象物に当たった時の発光とシュリーレン現象を観察するのに使用した。また移動ステージはパソコンによる自動操縦により実験をおこなった。

3.2 異物検査性能の評価法

レーザー熱分解ガスクロマトグラフィー法が考えられる。図 3 に一般的な装置の構成図を示す。一般的に熱伝導度セルを検出器として、充填カラムを用いたガスクロマトグラフである。ボンベから供給されたキャリアガスが調圧弁で適当な圧力に調整され、恒温槽に入る。キャリアガスに

はヘリウム、水素、窒素、アルゴンなどが通常使われる。キャリアーガスはある程度予熱されたあと、カラムに入る。カラムは銅またはステンレスの細い管で中に適当な充填剤に不揮発性有機液体をつけたものを詰め固定相とする。試料はキャリアーガスとともにカラムに入り、カラムで各成分に分離されたのち大気中に放出される。このときの溶出曲線がガスクロマトグラムとなる。

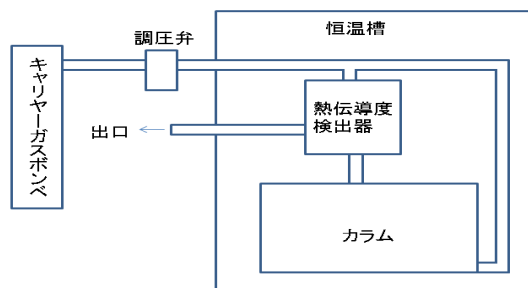


図 3：ガスクロマトグラフ構成

またレーザーを照射した際に発生する熱による検出方法も考えられる。

今回レーザーを照射し物質を燃焼させることによる燃焼形跡、ガス発生の有無により検出を試みる。また ND フィルターで光量を変えることによって、それぞれの検出範囲を調べる。

レーザーガス化手法による異物検査実験

4.1 実験の概要

実験は移動ステージの速さを変えることにより髪の毛へのレーザーの照射時間を変化させ、髪の毛にどれだけのパワーが流れたかを調べた。ND フィルターを使用してレーザーの光量を変化させ測定をおこなった。また塩の上に髪の毛をのせて検証をおこなった。その様子を図 4 に表す。

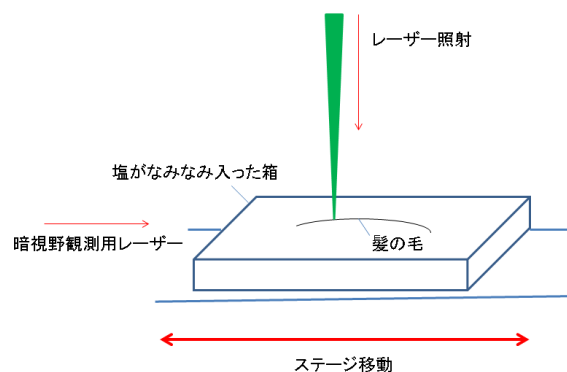


図 4：塩の上での検証実験図

4.3 検査実験のまとめ

測定結果から、まずレーザーのパワーを変えることによって検出の範囲を操作することが可能であることがわかった。

測定結果のグラフから検出の限界領域を図で表すと図 5 の赤い線より内側になることが測定結果とグラフからわかった。またガス化と発光の検出感度を比べると、発光はガス発生を確認できても発光確認が難しいことがありガス化よりも観測が安定しなかった。

今回塩の上でおこなった検出検証は、塩からの散乱光が強すぎるためかガスや髪の毛の状態が確認できないことがあったので、回数を重ねるか方法を改めることが考えられた。

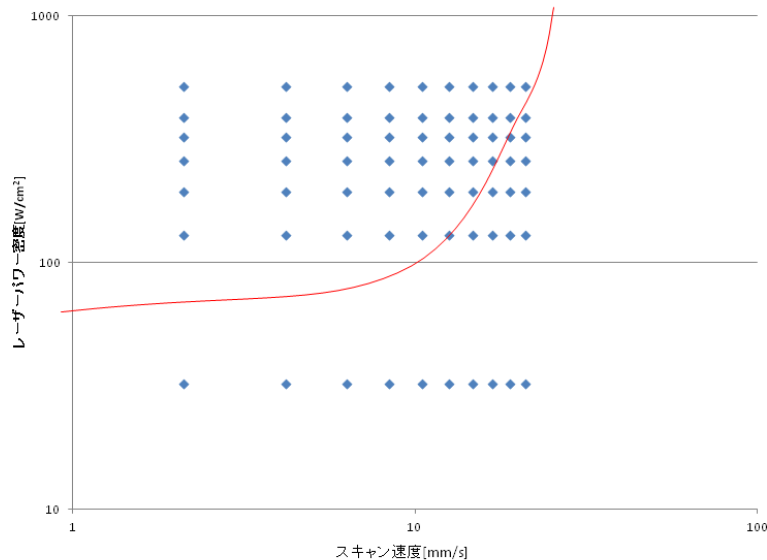


図 5：検出の限界領域

結論

現在の異物検査の難点である、髪の毛などの 50 ミクロンサイズの微小な異物を検出するためのレーザーガス化法を提案し、その試験装置を作成した。今回、髪の毛を異物とし混入したことを想定したうえで実験を行った。検出の限界の領域を発見した。発光とガス化の検出感度を比べると、発光での検出は CCD カメラの精度や散乱光の影響などから判断が難しくガス化の方がよく観察できた。工場を想定した塩の上での検出を行った。これは検出可能であることがわかったが、まだ試行錯誤する必要がある。またこれからの課題として、発生したガスを調べることで異物の特定も可能であることが検討される。

参考文献

黒澤崇、大宮忠：食品異物検査におけるレーザー応用技術 レーザー研究 2011 年 4 月第 39 巻第 4 号

太田静行、中山正夫 編：食品の洗浄と異物除去

連携イノベーション促進プログラム助成事業テーマ⑤：食の安全に関する技術・製品の開発

村上日沙子、倉田宗典、葛谷幹夫：レーザー熱分解ガスクロマトグラフの改良とその基礎特性 BUNSEKI KAGAKU Vol.52 No.10 (2003)

木下健司：熱分解クロマトグラフィー質量分析法の異物分析への応用に関する研究

堀内敏行：光技術入門 東京電機大学出版局

中村荘一、藤江大二郎：基礎からわかる光学部品 オプトロニクス社

Bahaa E.A.Saleh、Malvin Carl Teichy 訳 尾崎義治、朝倉利光：基本光工学 1

田中誠之、飯田芳男：機器分析