

レーザーガス化手法による食品不純物探査法の研究

米田研究室 井上智也

1. はじめに

近年、食の安全性が問われる中で、食品産業における異物混入探索は重要な課題になりつつある。しかし、金属などの混入物を除き、現状は、異物を効果的かつ確実に検出する方法はまだ確立されていない。現在の食品工場の状況では、異物として 1) 磁性金属 2) 非磁性金属 3) ガラス・セラミックスなど 4) 人体由来（髪の毛、爪など） 5) 虫・有機物、6) プラスティックなどと分類されたものがあるが、これを見ても多次元的な検出方法の開発が必要であることが分かる。

本研究は、このような背景の中で、レーザーを用いて不純物を選択的にガス化し、そのガスの中赤外プローブレーザーにより検出する新しい方法を提案、そのシステム構築と、必要とされるレーザーパラメータなどの決定、原理実証実験を行うことを目的とした。この方法では、髪の毛など食品材料に対してレーザー吸収率が明らかに異なる異物を対象とできる。食品材料の中には細かく砕かれたものが多く存在し、その場合、レーザーの吸収は低く抑えられることが分かっている。これに対し、髪の毛などの異物は、レーザー吸収率が高い。また、ある種のプラスチックは、その固有の吸収波長を持っており、そこでも食品材料と異物でレーザー吸収率を差別化できる可能性がある。具体的な研究としては、まず、レーザーガス化にともなう種々の異物候補物質の吸収スペクトルを測定する。特に髪の毛では $3\mu\text{m}$ 帯に特徴ある吸収が現れているので、これを利用したシステムを構築している。また、異物によるガス化した際に吸収スペクトルをデータベース化する必要がある。このため、既存のフーリエ中赤外分光装置を改良し、レーザーガス化した際の種々の吸収スペクトルを測定できるセルユニットを完成させた。

これらを組み合わせ、検出に使うレーザー波長の決定を行い、レーザーガス化手法の原理実証を行う。

2. 実験方法

本実験では、ガス化した際の種々のスペクトルを測定できるセルユニットの作成と試験測定を行った。試験測定の対象としては大気のスเปクトルを測定した。これにより測定時の横軸の波長精度と可能なプローブレーザー波長の範囲の決定を行った。また、レーザーによりガス化した髪の毛のスペクトル測定を行い、そのプローブレーザー波長の決定を行った。

また、作成したセルユニットと測定原理図を図 1 に記す。作成したセルユニットは両サイドが NaCl のウィンドウで挟まれている。NaCl のウィンドウは中赤外領域を通す性質が

あるので、スペクトルを FTIR で測定するには非常に良いウィンドウとなる。さらに、上からレーザーを照射できるように、セルユニットの上部はガラスでかぶせられた長方形の穴が開いている。これにより、セル内部の試料をレーザーでガス化できるようにしてある。また、試料室内にたまったガスを FTIR の試料室外部に排出する機構も作成した。

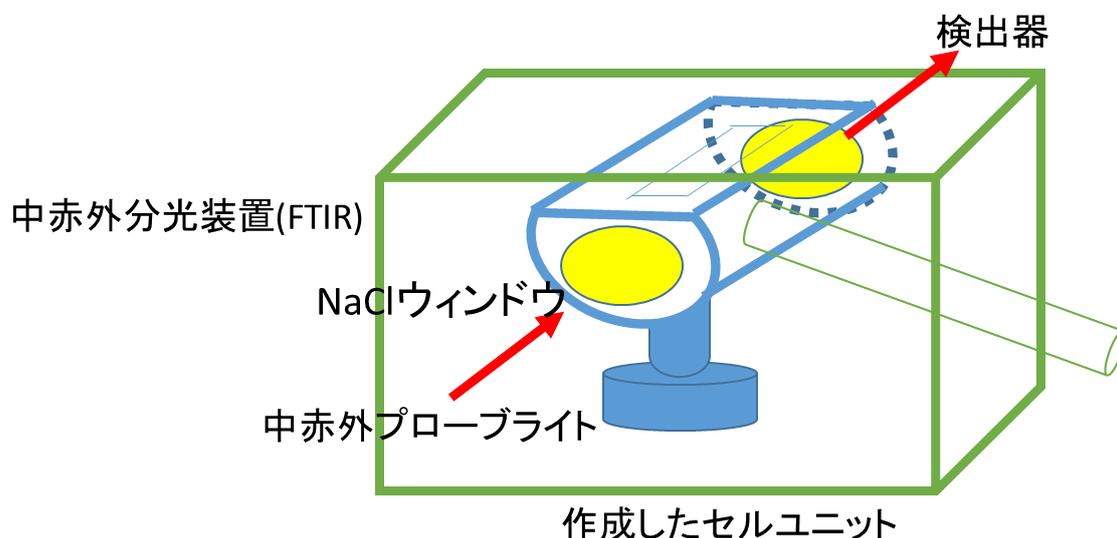


図 1 作成したセルユニットとスペクトル測定原理図

3. 実験結果

初めに、大気のスเปクトル結果を図 2 に記す。このとき、窒素パージを行い、試料室内に存在する大気成分である H_2O と CO_2 のスเปクトルを抑えた。また、測定時の分解能は 1cm^{-1} 、スキャン回数は 300 回である。①と③の箇所は H_2O 、②の箇所は CO_2 のスเปクトルである。

この結果から約 $2400\text{cm}^{-1}\sim 2950\text{cm}^{-1}$ 、 $800\text{cm}^{-1}\sim 1100\text{cm}^{-1}$ でプローブレザー波長が利用可能であることがわかる。この領域以外ではほかのスเปクトル、または NaCl のウィンドウでは透過できない範囲に存在するので、プローブレザーには適さないことがわかる。

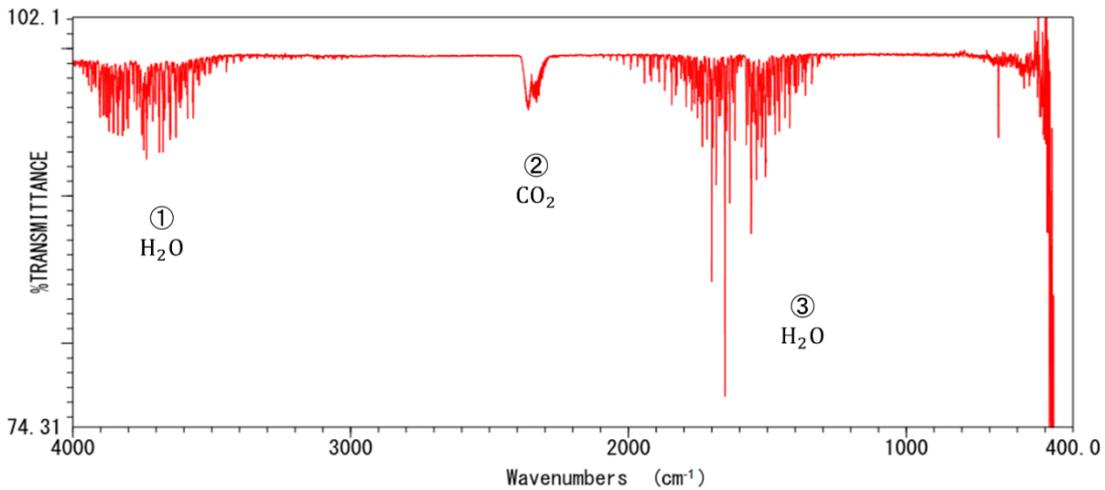


図2 作成したセルユニットで測定した大気のスเปクトル
窒素ページあり

次に、FTIR の横軸の波長精度の決定を行った。図3に実験データのピーク位置の波長と HITRAN データベースの大気データのピーク位置の波長をプロットしたグラフを記す。このグラフの切片は最大で -2.00cm^{-1} も存在してしまうことから、横軸の波長精度は 2.00cm^{-1} であるといえる。

実験結果とリファレンスの比較

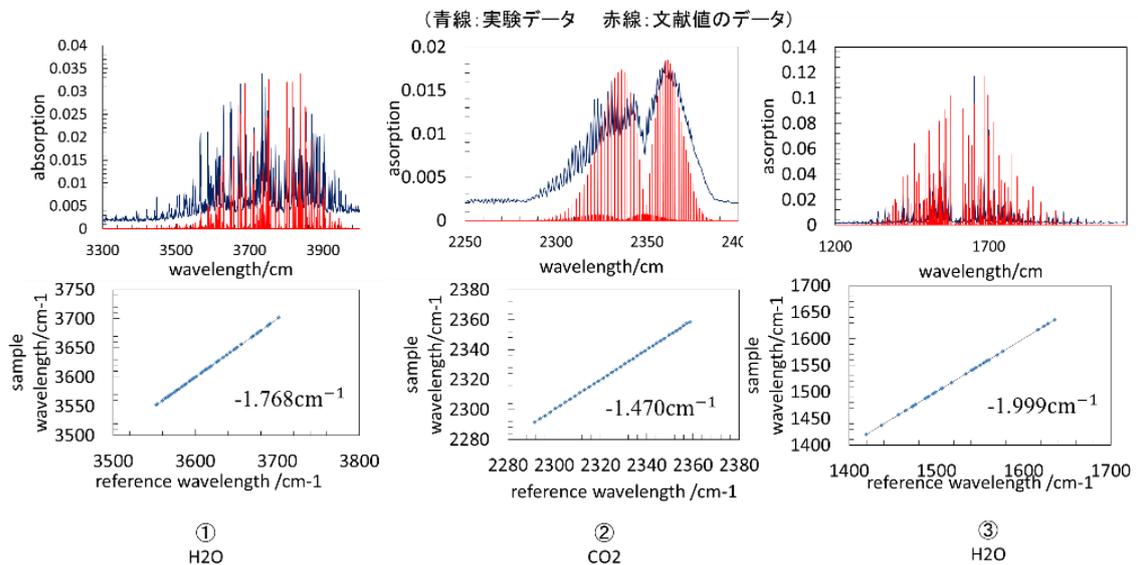


図3 実験データのピーク位置の波長と HITRAN データベースの大気データのピーク位置の波長をプロットしたグラフ

青線: 実験データ 赤線: リファレンスデータ

次に、ガス化した髪の毛のスペクトルを測定した。その測定結果は図 4 である。赤線が大気のバックグラウンドデータ、青線がガス化した髪の毛のスペクトルデータを示す。測定方法として、作成したセルユニットに髪の毛を入れて、セルの上から高出力レーザーを照射して髪の毛をガス化させた。その時のスペクトルを FTIR で測定した。

ガス化した髪の毛のスペクトルで、 H_2O と CO_2 のスペクトルがさらに増している理由は髪の毛がガス化した際に、燃焼により H_2O と CO_2 が生じてしまったからである。

また、 1000cm^{-1} 付近と 2000cm^{-1} , 3000cm^{-1} 付近で新しいスペクトルが出ているのがわかる。この領域でプローブレーザー波長を決定する。そのとき、 2000cm^{-1} 付近は水のスペクトルと重なり合うので、排除する。すると、 1000cm^{-1} 付近と 3000cm^{-1} 付近の領域が、ガス化した髪の毛のスペクトルを測定するにふさわしいプローブレーザーになりえることがわかる。

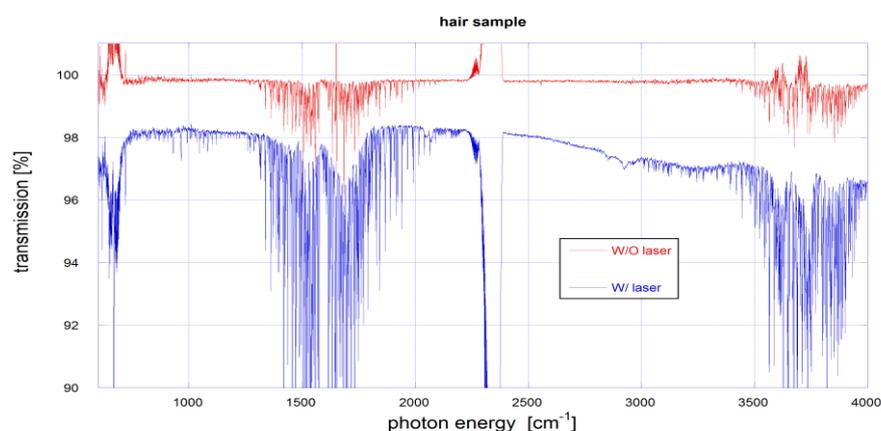


図 4 ガス化した髪の毛のスペクトルデータ

4. 結論と今後の展望

以上のことをまとめると、作成したセルで大気スペクトルを波長精度 2cm^{-1} で測ることができた。また、ガス化した髪の毛を検出するためのプローブレーザーの波長領域を決定できた。

今後の展望としては、様々な異物がガス化した際の吸収スペクトルをデータベース化、さらに検出に使うレーザー波長の決定を行い、レーザーガス化手法の原理実証を行うことが目標となる。また、しっかりと対象物をガス化させるために FTIR の試料室内に収まりかつ作成したセルユニットの上部からスキャンできるような特殊なポリゴンミラーを作成して、もっと試料をガス化させるシステムを構築することが具体的な目標となる。