

学位論文の審査結果の要旨

本論文は、近赤外域レーザーダイオード(LD)と同領域に検出能力を持つフォトダイオード(PD)を用いた油種類識別センサーの開発に関する研究成果をまとめたものである。

第一章では、研究の背景である食の安全に係る諸問題に付いて整理し、食品検査の重要性を記した。検査手法としてはセンサー形式の計測識別方法が有効である事を述べ、本研究の目的を明確にした。

第二章では、センサー形式の計測識別方法の原理的な検討を行った。幅広く使用されていて種類が豊富な食用油において実現の可能性を調査した。分光光度計を用いて数種類の油の吸収スペクトルを計測したところ、近赤外1700nm付近にCH結合の特徴的な吸収バンドが確認され、①全ての油において1760nm近傍の吸収スペクトルが同じ形状を有する、②1720nm付近の吸収スペクトル形状により食用油と非食用油の識別が可能、③食用油の大半を占めるオレイン酸とリノール酸において、オレイン酸の含有割合が高いほど1725nm近傍の吸収ピークが高い、等が明らかとなった。また吸収スペクトルの成分分析結果より、1657nm、1685nm、1713nm、1727nm、1750nmの5波長を用いることで、食用油種類識別センサーが実現できる事を示した。

第三章では、上記結果に基づいて実験系を構築し、センサー形式実現の実験的基礎検証を行った。構成は、LDからの5波長の光が向い合せに配置したPDの受光面で光軸が重なるように球面上に配置し、その間においたガラスセルに入った油サンプルの透過光をPDで受光する光学系とした。5波長は非常に接近している事から、スペクトル拡がり特に小さいDFB(Distributed Feedback)-LDを用いることとし、縦単一モード発振、スペクトル幅数nm以下、注入電流500mAで100mW以上のLDを作成した。5つのLDを時系列でパルス点灯させることで、PDの光電変換後の処理回路を一系統で実現する工夫を行った。信号処理系では受信信号を12bit ADコンバータで変換し透過率の演算データにより吸光度を求めた。5波長LD全てとPDの測定データの変動率は0.136%で、油の吸光度の違い(1%程度)を十分認識できる精度を持つ事が示された。セル光路長を変化させた透

過率と吸光度の基礎実験結果はランベルトベール則を満たしており、油濃度情報の入手が可能である事が示された。本基礎実験系を用いて、食用油（サラダ油）と非食用油（鉱物系スピンドル油）の種類識別実験を行った。第二章の考察結果を基に、オレイン酸とリノール酸の合計に対するオレイン酸の割合を示す指標 $R(=A_{1713}/(A_{1713}+A_{1727}))$ ； A_{1727} は1727 nmでの吸光度、 A_{1713} は1713 nmでの吸光度)と吸収ピークにおける吸光度の差 $D(=A_{1727}-A_{1713})$ を軸とする二次元上での表示により種類識別判定を行ったところ、両者は全く異なる位置にプロットされ識別が可能であった。

第四章では、センサー型システム（幅36mm×高さ46mm×長さ80mm）を製作し、上記指標で食用油の種類識別実験を行った。オリーブ油、ごま油、コーン油、こめ油、サラダ油、べに花油を用いた結果では、二次元平面上に、この順番で高D値で低R値～低D値で高R値の直線上の異なる位置にプロットされ判別が可能であった。判別には、5波長データ測定に100 μ s、演算処理に150 μ s秒を必要とした（計250 μ s）。1秒あたり4000回の識別処理が可能で、大量かつ高速な分析が求められる食品工場などでも十分対応が可能である。

第五章はまとめである。

近赤外波長を用いた実用的な油種類識別センサー開発の成功は、学術的新規性と実用化両面から大きな価値を有する。よって、本論文は学位論文に値するものと判断される。

公表主要論文名

- ・ 平尾忠悦、小林一樹、斉藤保典、「近赤外レーザーダイオードを用いた食用油種識別センサの開発」、レーザー研究、第43巻 第1号 31頁～35頁（2015）。
- ・ 平尾忠悦、小林一樹、斉藤保典、「レーザーダイオードを用いた食用油と非食用油識別の原理検証実験」、レーザー研究、第42巻 第6号 497頁～501頁（2014）。
- ・ Tadaetsu Hirao, Kazuki Kobayashi, Yasunori Saito, “Development of a Sensing Technology for Edible Oil Identification by using Near Infrared InGaAsP DFB laser Diodes”, Proc. of SICE Annual Conference, pp. 1261-1266 (2013)。