

マテリアルリサイクルに寄与する 5 波長の半導体レーザーを用いたプラスチック選別技術

A New Plastic Identification Technology which Contributes to The Material Recycle by Using Five Infrared Laser Diodes.

○稲田宏治¹⁾, 平尾忠悦¹⁾, 徳田潤¹⁾, 藤田俊弘¹⁾,
細藤慎司²⁾, 原正純²⁾, 伊藤隆文²⁾

○Koji Inada¹⁾, Tadaetsu Hirao¹⁾, Jun Tokuda¹⁾, Toshihiro Fujita¹⁾,
Shinji Saito²⁾, Masazumi Hara²⁾ and Takafumi Ito²⁾

I D E C株式会社¹⁾, 株式会社サタケ²⁾
IDEC CORPORATION¹⁾, SATAKE COPRORATION²⁾
E-mail: inadak@idec.co.jp

Mass production and mass consumption society have caused serious environmental problems, such as air pollution, sea pollution, and global warming. In order to overthrow this critical situation and to build the sustainable society, it is necessary to solve the problem about energy and resources. In this paper, we report the possibility of realization of high-speed plastic identification technology of identifying much more kinds of plastics by using five infrared laser diodes for plastic recycling.

1. はじめに

現代社会における大量生産、大量消費を前提とした経済活動は、海洋汚染、大気汚染、CO₂による地球温暖化等の世界規模での深刻な環境問題を生み出している。また、資源の枯渇による原油や材料価格の高騰、異常気象による世界的な食料不足も引き起こされたため、省エネやリサイクルの重要性が確実に認識されてきている。さらに、今年度は環境・気候変動がテーマのひとつとなった洞爺湖サミットが開催されたこともあり、環境問題に対する関心が一段と高まることになると考えられる。

このような時代の流れを背景として、われわれはこれまでプラスチックのリサイクルに着目してきた。プラスチック材料は、赤外吸収スペクトルを測定することにより種類判別できるため¹⁾、一部の大規模なリサイクル施設では、回折格子を用いた赤外分光光度計が導入されプラスチックの自動選別が行われているが、この装置にはメンテナンスやコストの問題があり、中小規模のリサイクル施設への導入はあまり進んでいない。従って、すべてのプラスチックリサイクルプロセスの自動化を実現するためには、より小形・高速で耐環境性が高く、かつ使いやすい安価なセンサを開発することが望まれている。

Fig.1に、PET (ポリエチレンテレフタレート)、PE (ポリエチレン)、PVC (ポリ塩化ビニル)、PP (ポリプロピレン)、PS (ポリスチレン)、ABS (アクリロニトリルブタジエンスチレン) の反射率の波長依存性を示す。この図より、すべてのプラスチックには波長 1700nm 近傍に C-H 結合の伸縮振動に由来する光吸収ピークが存在することがわかる。われわれは、このプラスチック固有の光吸収特性に着目し、世界で初めて 3 種類の波長の半導体レーザー (以下 LD) を用いた PET、PE、PVC、PP、PS の種類判別技術開発を行い、成果を挙げてきた²⁻⁴⁾。本稿では、これまでの 5 種類に加えて最近選別ニーズが高まっている ABS を加えた 6 種類のプラスチックに対する 5 波長の DFB(分布帰還型) レーザを用いた種類判別技術について報告する。

2. 半導体レーザー波長の検討

Fig.1 より、プラスチックの反射率の波長依存性は、同じスチレン系である ABS と PS を除いて、それぞれの種類によって明らかに異なっていることがわかる。われわれは、これらの反射スペクトルを詳細に検討し、後述する判別結果においてそれぞれの差が最大になるように、1657nm、1685nm、1713nm、1727nm、1750nm の 5 つの波長を決定し、InGaAsP 系の DFB レーザの開発を行った。これらのレーザーの波長は非常に接近しているが、開発したレーザーは縦単一モード発振でスペクトルの広がり十分狭いため、光吸収特性の差を分解できることが確認できた。以下ではこのような特性の DFB レーザを用いて PET、PE、PVC、PP、

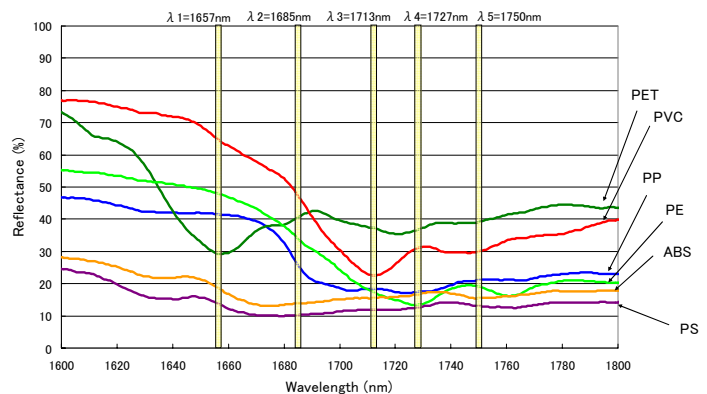


Fig.1 Reflection Spectrum of plastics

PS、及び ABS のプラスチック種類判別についての検証を行ったので詳しく説明する。

3. 実験及び考察

本実験系では 800mm/sec で移動するサンプルステージ上に判別試験を行うプラスチックサンプルを置き、そのプラスチックサンプルに対してレーザ光を照射し、反射光を 1600nm から 1800nm に感度をもつ NIR(近赤外線)カメラにて測定する。DFB レーザのコヒーレント性の高さによる干渉を防止するため、レーザは 100MHz の変調駆動をしている。レーザ光は 256 個の InGaAs 素子から成る NIR カメラの 1 スキャンに対し 1 波長を照射し、それぞれの素子に対する反射光量を A/D 変換値として順次パソコンに取り込み、5 波長分のデータが揃った時点で演算処理を行う構成とした。実験の概略図を Fig.2 に示す。

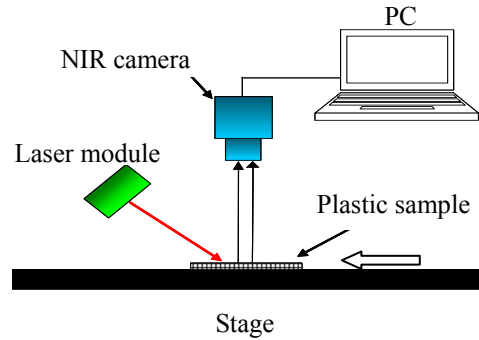


Fig.2 Experimental setup

NIR カメラの連続した 100 素子分のデータに対して、各プラスチックの反射率 (R) を算出した。その後、5 つの波長から 2 つの波長の組み合わせを 3 つ選択し、それぞれの反射率の差を軸として 3 軸を決定し、三次元空間での分析を行った。ここでは“1713nm と 1657nm の反射率差(R1713-R1657)”、“1727nm と 1713nm の反射率差(R1727-R1713)”を軸とした二次元(X 軸 : R1713-R1657、Y 軸 : R1727-R1713)平面上でのプロット結果を図 Fig.3 に示す。また、それぞれの波長の反射率から、 $A = \log_{10}(1/R)$ により計算した吸光度による分析結果を Fig.4 に示す。それぞれの結果から、明らかにこれら 6 種類のプラスチックを分離できることがわかる。

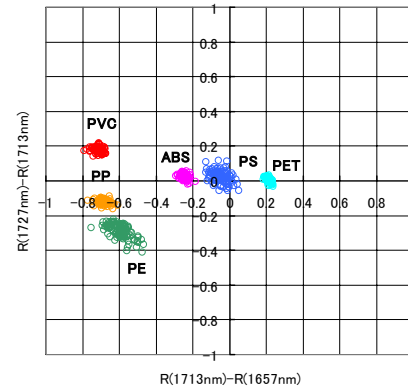


Fig.3 Identification result of plastics by reflectance
(Movement speed : 800mm/sec)

4. おわりに

これまでに IDEC (株) では、数々のフォトニクス技術を応用した信頼性の高いセンサを多数開発しており、(株) サタケでは米や大豆、プラスチックペレットなど微小対象物への異物混入を判別・除去する種々の光選別機の開発を行ってきている。今回開発したセンシング技術と光選別機の技術を融合することにより、今後信頼性の高いレーザ式微小プラスチック高速選別装置の開発が可能であることが示された。

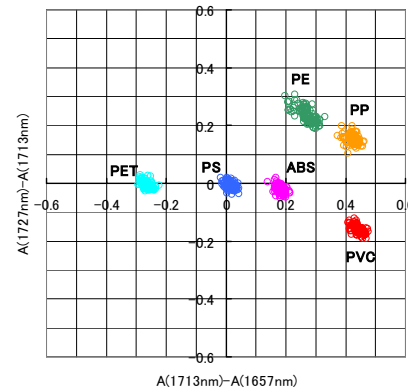


Fig.4 Identification result of plastics by absorbance
(Movement speed : 800mm/sec)

5. 謝辞

今回の技術開発は、NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)及び経済産業省近畿経済産業局のご支援により推進させていただいたものであり、関係各位へ深く感謝いたします。また、本技術開発遂行に多大なご協力をいただいた、大阪大学の河田聡教授、真嶋哲朗教授、清水裕一教授、フォトニクス先端融合研究センターの関係各位、ならびに京都女子大学の蒲生孝治教授にも感謝いたします。

文献

- 1) 錦田晃一、岩本令吉：赤外法による材料分析、講談社 (1986)
- 2) Koji Inada, et al., Identification of plastics by Infrared absorption using InGaAsP Laser Diode. Resources, Conservation & Recycling., 33/2: pp.131-146; (2001), Elsevier
- 3) Koji Inada, Lanny Schuberg, Takeshi Takao and Toshihiro Fujita, DEVELOPMENT OF A NEW SENSING TECHNOLOGY FOR PLASTIC IDENTIFICATION BY USING THREE INFRARED LASER DIODES., ISA ETCON 2002 Conference., 21-24 October, 2002, Chicago, Illinois
- 4) 平尾忠悦、稲田宏治、藤田俊弘、細藤慎司、原正純、伊藤隆文：5 波長の DFB 半導体レーザを用いた微小プラスチック種類の高速度選別技術開発、第 25 回センシングフォーラム (計測自動制御学会) にて発表予定(2008.9.25-26)