

マテリアルリサイクル用選別装置

Automatic Sorting Machine for Material Recycling

技術本部 杉浦孝夫*¹ 平林 漸*²
赤井澤義和*³
横浜製作所 米田健一*⁴ 米澤富任*⁵

近年、廃棄物のリサイクルを義務づける法律（容器包装リサイクル法）が制定・施行され、循環経済型社会の構築に向けた努力が各方面で行われている。当社は資源ごみの各種自動選別装置を開発し、平成9年3月に廃棄物リサイクル技術を結集した“資源ごみリサイクル実証設備”を当社横浜製作所に設置し、ごみの種類や収集形態が異なる各自治体に最適なりサイクルシステムの開発と性能確認に利用している。リサイクルシステムは磁力選別、アルミ選別、粒度選別、振動・風力選別、びん色選別、リターナブルびん選別、プラスチックボトル材質選別等で構成されるが、本報ではこのうち、びん色選別装置、PET (polyethylene terephthalate)、PVC (polyvinyl chloride) ボトル選別装置におけるセンシング技術を主に報告する。

Many laws on recycling are being enacted and attempts made to build a “recycling” society in all fields. MHI (Mitsubishi Heavy Industries) has developed automatic separators for recyclable waste and installed a recyclable refuse recycling demonstration plant concentrating waste recycling technology at the Yokohama Dockyard and Machinery Works of MHI in March 1997. Recyclable waste and collection different with the local government. MHI uses the recyclable refuse recycling demonstration plant to determine the most suitable separate system for each local government and verifies the required performance. Separation system consist of magnet separation, particle size classification, and vibration wind classification, bottle color separators, and plastic bottle separators. This report focuses on bottle color and plastic bottle separators.

1. ま え が き

当社は、粗大ごみ処理施設で培ってきた選別技術と画像処理技術や近赤外線利用技術を生かして、容器包装リサイクル法対象の資源ごみの自動選別装置を開発してきた⁽¹⁾。

自治体では資源リサイクル機運の高揚を背景に、分別収集の徹底を図っており、びん選別においては再利用しやすい、透明カレットの純度を上げるために従来透明との区別が容易でなかった“うす青”も“透明”から除去するといった高度な色選別精度が求められる。また、プラスチックでは塩素を含むため再利用し難いPVCの混入を極力抑えるなど材質識別精度の向上が求められている。当社ではこれらのニーズに対応する技術をタイムリーに開発し、最新の機器を実証設備に組み込み、試験を実施している。

2. びん色選別装置

本装置は、整列装置によりびんを1本ずつ分離、搬送し、撮影部において色を識別、プッシャにより色ごとに分別する装置である。ここでは識別が困難な“透明”と“うす青”との分離、びん汚れへの対応、ハンドリング技術について述べる。

2.1 撮影部

びんの透過光をカラー CCD カメラで撮影、画像中の RGB 成分を明度、彩度及び色相に変換し色識別するが、“透明”、“茶”及び“青緑”の3色識別の感度で“うす青”びんを撮影すると“透明”との色差が少なく、透明に誤判定されやすい。この防止策として2カメラ方式を採用した。

本方式は、カメラ1の画像で従来の4色識別を行い、透明と判定されたびんについてののみ透明とうす青との色分解能を上げた条件によりカメラ2で再度撮影、色識別する。この結果、両者は明確に識別され、また汚れた透明びんの識別能力も向上した。

2.2 びん分別部

従来機は、傾斜部でびんを滑らせて画像撮影し、その直後のゲートで色別に分別していたが、ごくまれに分別ゲートとびん滑りタイミングが合わず、誤分別する場合があった。これはびんと傾斜レールとの摩擦により、落下速度が不均一になるためである。

改良型では、丸ベルトコンベヤ上でびんを撮影し、丸ベルトの間から押し出されるプッシャにより、分別を行う方法とした。

プッシャは色ごとの各分別部について、搬送方向に40mm間隔で10個配置しており、びんの長さに応じて所定の個数を動作させる機構とし、長いびんの後流の短いびんも正確に分別できる。

2.3 性能試験結果

前述の改良を加えた装置を図1に示す。びん撮影部では丸ベル

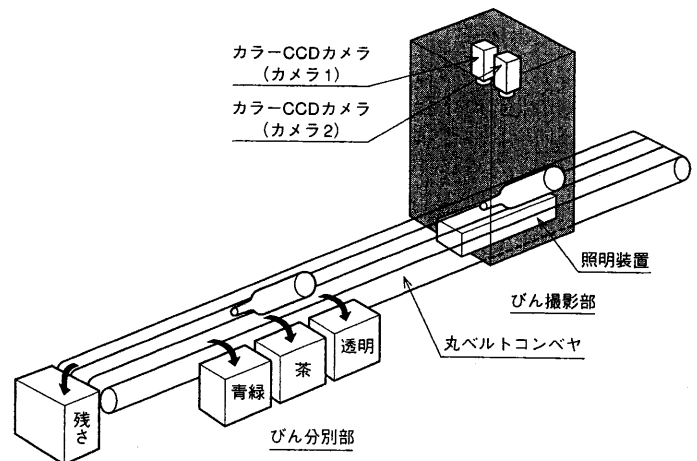


図1 びん色選別装置 2台のカラー CCD カメラによるびん撮影部、プッシャによるびん分別部から成る。
Glass bottle sorting system

*1 横浜研究所環境装置研究推進室主務

*4 環境装置技術部主査

*2 横浜研究所制御・応用物理研究室

*5 環境装置技術部主務

*3 横浜研究所鉄構研究室主務

表1 びん色選別結果
Result of color sorting test

選別結果	色	透明 びん	茶 びん	青緑 びん
純度		99.9%	99.9%	99.3%
回収率		92.7%	99.5%	97.4%

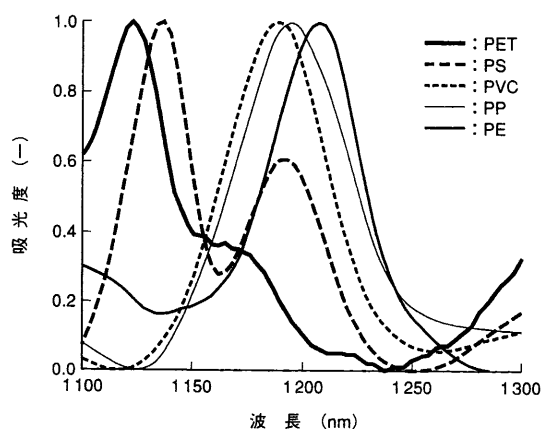


図3 プラスチックボットの吸光度スペクトル例 ピーク波長の明確化のために、吸光度を正規化したスペクトルを示す。

Example of absorbance spectrum by plastic bottles

トコンベヤの上方にカラー CCD カメラ、下側に照明を配置し、びんの透過光画像を基にした画像処理によりびん色を識別する。

本装置での選別性能を表1に示す。リサイクル用として高価値の透明びんでは、純度 99.9%、回収率 92.7% を達成しているが、“極うす青”と称している“うす青”より更に色の薄いびんの分離精度向上に取り組んでいる。

3. PET, PVC ボトル選別装置

本装置は廃棄された飲料用のプラスチックボトルを材質ごとに PET (polyethylene terephthalate), PVC (polyvinyl chloride), その他のボトルに選別する。本装置により、塩素を含む PVC を除去し、PET ボトルは PET 原料として利用 (マテリアルリサイクル)、PET, PVC 以外のボトルは油化等のサーマルリサイクルに供することが可能となる。

ここでは本装置の主要部であるプラスチックボット材質識別センサについて述べる。

3.1 材質識別原理

当社で開発したプラスチックボット材質識別システムを図2に示す。本センサは、ハロゲンランプからの放射光をプラスチックボットに照射、その透過光のうち近赤外線域を分光し、受光素子により光強度を電気信号に変換する。受光素子には S/N 特性等に優れた InGaAs (Indium Gallium Arsenic) の 256 アレイ素子を採用し、識別率 99% 以上、処理速度 3 本/s 以上を達成している。

電気信号とした各ピクセルの値はマルチプレクサ (MUX) やサンプルホールド (S/H) を経て A/D 変換し、光強度スペクトル $S(\lambda)$ としてパソコン (PC) に取込む。

なお、センサ起動時には自動的に以下の動作を順次実行する。

① 暗電流スペクトル $D(\lambda)$ の測定

② リファレンススペクトル $R(\lambda)$ の測定

① はノイズとなる受光器の暗電流をキャンセルするための測定であり、② は吸光度を算出するための基準スペクトルの測定であ

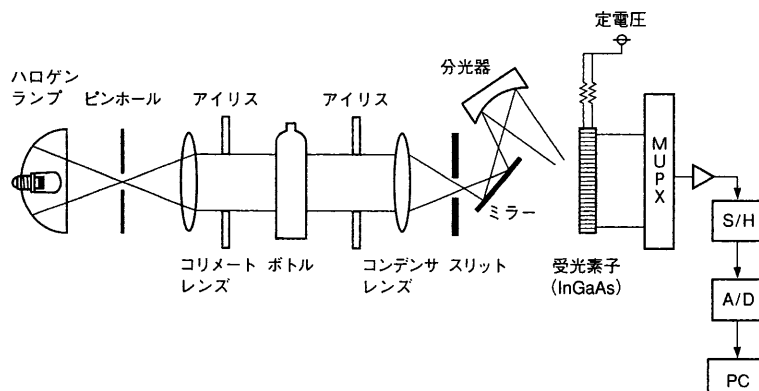


図2 プラスチックボット材質識別システム ハロゲンランプから受光素子までの光学系と、受光素子からパソコン (PC) までの信号処理系で構成する。Plastic bottle material discriminating system

る。これら起動時の測定データと各ボットの透過光量スペクトルから下式により各波長 (λ) ごとの吸光度を算出し、吸光度スペクトル $A(\lambda)$ を求める。

$$A(\lambda) = \log_{10} \left\{ \frac{R(\lambda) - D(\lambda)}{S(\lambda) - D(\lambda)} \right\}$$

プラスチックでは近赤外から赤外域において材質の特性吸収が見られるが、当社では 1100~1300 nm 付近の吸収帯を利用している。本センサではコンベヤで搬送されたボットに対し、1 ms 間隔に測定箇所ごとの透過光量と吸光度スペクトルを測定している。透過光量が小さい測定箇所はキャップやラベル部分と判別し、これ以外の部分での測定結果からボット本体の材質を識別する。

3.2 測定結果

飲料用以外を含め、一般にプラスチックボットに用いられる 5 種類の材質について吸光度スペクトル $A(\lambda)$ を測定した結果を図3に示す。

吸光度スペクトルのピーク波長及びスペクトル形状から材質を識別している。このように材質固有のスペクトルの特徴を捕えることにより、PET, PVC 以外にも PE (polyethylene), PP (polypropylene), PS (polystyrene) のプラスチックボットの識別が可能である。

なお、ボットの汚れに対してはセンサ受光量が減少し、S/N 比が悪化するが、吸光度スペクトルへの影響は小さく、通常の汚れでは問題なく材質識別が可能である。

4. ま と め

びんやプラスチックボットをマテリアルリサイクルするために、センサによりびんの色、あるいはプラスチックボットの材質を識別、機械的に選別する装置を開発した。びん色選別装置では“透明”と“極うす青”との識別精度向上が現在の課題であり、色差分解能に優れた分光方式の採用を検討中である。

プラスチックボット材質選別装置では近赤外線の透過しない不透明ボットが多い飲料用以外のボット及びボット以外の容器包装廃プラスチック全般を対象とするために、反射式識別システムを開発中である⁽²⁾。

参 考 文 献

- (1) 大西 巍ほか、回収ガラスびんの自動色分別技術、第4回廃棄物学会研究発表会講演論文集 (1993) p.277
- (2) 米田健一ほか、廃プラスチックから PVC フィルム回収システムの開発、第9回廃棄物学会研究発表会講演論文集 (1998) p.292