特集・容器包装リサイクル法への取り組み

廃ガラスびん自動色選別装置の開発

陸田 彰夫*

1. はじめに

近年の資源リサイクル機運の高揚と埋立処分地の逼迫を背景にして、使用済みのガラスびんを色別に回収選別し資源化する事業が、各地の自治体に大きな広がりを見せている。

また、平成7年に施行された「容器包装リサイクル法」においては、ガラスびんは無色、茶、その他に分別し、資源化することが義務づけられており、色選別に対する必要性はさらに高まっている。

廃ガラスびんは、排出点で色別に分別して回収する方法も行われているが、多くは、各種びんを混合状態で、あるいはスチール缶、アルミ缶など他の資源ごみと併せた状態で収集し、収集ののち色別に選別する方法が多く採られている。この色別選別作業は、他の資源ごみの選別回収の機械化が大きな進展をみせる中で、もっぱら人手に頼って行われており、取り残された技術分野となっているが、人手確保の難しさや安全衛生面の問題を抱えており、早期の機械化が強く望まれている。

このようなニーズに応じて、手作業に劣らない精度と能率をもつことを狙いとした、ガラスびん色選別システムの開発を行った。

一方、無色（白）や茶以外のびんについてはびんとしての再資源化が困難になってきており、開発に当たってはこのニーズにも応えられるシステムを狙った。

2. 全体システム

今回開発のガラスびん色選別システムは、図-1に示すように、

(1)びん類事前選別装置

(2)生きびん色選別装置

(3)カレット色選別装置

(4)カレット砂化装置

を基本要素として構成されており、大小の生きびん（割れていないびん）から、収集の過程で発生するカレット（割れたびん）まで、いかなる形状のガラスびんにも対応可能な資源回収率の高い色選別システムである。

なお、図-1に示すシステムは、あくまで標準的な構成であり、装置の組み合わせを選択することにより、規模や回収率に応じた、より経済的なシステム構成が可能である。

3. びん類事前選別装置

びん類事前選別装置は、ガラスびんのサイズは広範囲にわたっており、これらを同一の装置でハンドリングするのは原理的に困難があるため、第1段階の処理として、収集したびんをその直径により大びんと中小びんに2分別することを目的に新たに開発したものである。また、本装置は、割れびんや夾雑物の分離する機能ももっている。

図-1 ガラスびん色選別システム

* 住友金属工業(株) プラントエンジニアリング事業部
Akio MUTSUTA

図-2 びん類事前選別装置

本装置の構造を、図-2に示す。基本構造はバースクリーン型振動篩分装置であるが、びん独特の目詰まりを防止するために篩目を回転するテーパードロッドによって構成する独自の機構を採用した。試作試験の結果、各ドロッドの回転数に差をつけることによって、目詰まり解消に確実な効果があり、安定的な選別が可能であることが確認された。

4. 生きびん色選別装置

生きびん色選別装置は、割れていないびん（部分的に欠けたびんも含む）を対象にしたもので、カラー画像処理により色判断を行う色選別装置であり、対象のびんサイズに応じて、中小びん用と大びん用とがある。基本的な構造は、同一であるが、中小び

ん用と大びん用では処理能力と、びんの直径や長さに適した、合理的な専用の設計となっている。

4.1 装置の構成

生きびん色選別装置は、図-3に示すように、大別して、びんを連続的に長手方向に1本ずつ並べる整列部、びんの色を判別する色識別部、及びびんを色別に振り分ける振分部とから構成される。

4.2 選別の方法

本選別装置の特徴をなす色選別方法は、「長手方向に整列させたびんのそれぞれの整列方向（口が前か後ろか）を判別し、整列方向に応じてびんの口方向から照明を当て底面方向からエリアセンサー型のカメラで撮影して、底面のほぼ全面の画像信号を処理して、色を識別する」という方式を採用している。

びんの底面を撮影する方法を使用した理由は、ガラスびんの底面にはラベルが貼られておらず、ガラスの色が直接看取でき、びん側面を撮影する場合に必要なラベルやキャップの色を排除する処理が一切不要であり、結果として色判別精度の向上、画像処理時間の短縮ができるという利点を有するためである。

色抽出は、照明のムラやガラスの濃淡の影響を受けにくくするため、RGBビデオ信号を色相と彩度に変換し、明度成分を除く方法を用い、また、色の判定は、16種類の設定抽出色と抽出面積の組み合わせにより行うアルゴリズムを採用した。この色抽出方法により、薄緑や薄青のような中間色の識別も精度

図-3 生きびん色選別装置

よく行うことができ、さらに、光透過型センサーを併用し、光透過率の違いを検出することにより、磨りガラスの判別も可能にしている。

また、高速で移動するびんの底面を最適位置で撮影するため、びんの整列方向を判別するためのセンサーや、びんの長さを測定し撮影タイミングを適切に制御する機能も付加している。

振り分け装置は、電動アクチュエータによって駆動される機械式の回転ダンパーとし、高速での確実な振り分けを可能としている。

4.3 選別試験

約1,000本の回収びんを用いて色選別装置の試験を行った結果は、以下の通りであった。

(1)画像処理速度は、信号処理の内容によって若干異なるが、1本あたり0.1～0.2秒であり、ハンドリング上のロスや振分アクチュエータの速度を考慮しても、中小びんで1秒あたり2～3本のすなわち1時間あたり7,000～10,000本の処理が可能である。

(2)選別純度及び回収率は、その例を表1に示すように、十分高い値が得られる。

この試験に用いた色選別装置の外観を写真1に示す。

4.4 実機試験

本装置をベースに、実機規模の色選別装置に改造を行い、処理能力や選別精度確認のための実機試験

表2 生きびん色選別実機試験結果

処理速度	無色	茶	その他	回収率
5,400本/H	100%	100%	83.8%	98.6%
7,000本/H	100%	100%	82.9%	98.0%
8,000本/H	99.6%	100%	76.3%	93.1%
10,800本/H	99.3%	98.9%	70.2%	89.4%

を行った。実機試験においては、びん位置の検出方法や制御方法などに若干の変更を加えたが、色判別方法はそのままとした。

その結果を表2に示すが、処理本数を増加させることにより、その他のびんの選別精度や回収率が若干低下することが分かった。これはプラスチック包装のびんや、底部に若干の汚れが残った無色のびんなどがその他のびんと識別され混入したためであり、無色や茶のびんの精度は高く維持されている。

5. カレット色選別装置

カレット色選別装置は、収集や処理の過程で発生する割れびん（袋収集の場合、破損率は30～50%に及ぶ）を対象とした色選別装置である。本装置は、対象サイズを極小小さくすること、同時に複雑色の分別ができること、金属などの摘出ができること等を眼目にして開発を行った。

5.1 装置構成

カレット色選別装置は、図-1に示したようにカレット原料の整粒と清浄化を行うカレット前処理装置と、カレットの色の識別振分を行う色選別装置とから構成される。

5.2 カレットの前処理

カレット前処理装置は、カレット原料を選別可能なサイズ（8～40mm）に整粒すると共に、必要に応じて、キャップなどの軽量異物の排除と、付着したラベルや汚れの除去を行うもので、図-4に示すように、破砕機、軽量異物除去装置、篩分装置、汚れ除去装置などから構成されている。

5.3 色選別装置

色選別装置は、カレットを1個ずつ色別に選別する選別ダクトを30本立体的に組み込むことによって処理能力1 t/hの基本ユニットとなっている。基本ユニットは、中心要素である選別ダクトのほかに、各ダクトにカレットを定量的に供給する分配供給部、選別されたカレットを色別に集合させ、必要に応じて純度改善を行う集合部などを付随して構成さ

表1 生きびん色選別試験結果

色	純度	回収率
無色	100%	98.6%
茶	100%	99.4%
緑	100%	99.8%
青	100%	99.5%
黒	99%	98.2%

写真1 色選別装置

図-4 カレット前処理装置の構成

れている。

5.4 選別方法

図-5 に、選別ダクトの構造を示す。分配供給部で整列されたカレットを、傾斜して設置されたダクトの滑走面上を滑り落とし、その途中に一定間隔で取り付けられた4基のカラーセンサーによって滑走面の上方の照明ランプからの光を透過光としてとらえてカレットの色を即時に判別し、ノズルから吹き出されるエアによって所定の位置で吹き落とす。また、カラーセンサーには金属センサーが併設されており、金属でありなしも同時に判断する機能も備えており、鉄やアルミなどを排除することが可能である。

カレットを滑走させながら極めて短い時間での選別を可能にするために、各選別ダクトにマイクロプロセッサを搭載し、色信号の変換、色の判定、エアバルブの制御などをすべて、それに負わせる方式を採用している。

色別分別後の純度改善は、選別ダクト同様に、透

図-5 カレット色選別ダクト

過光をカラーセンサーでとらえ、異色異物をエアで排除する方式を用いている。

5.5 試験結果

混合カレットを用いて行った選別試験の結果の例を、表3に示す。

写真2に試験に用いた色選別装置の外観を示すが、混合カレットを上部から供給し、下方に選別部を備えた縦型であり、設置スペースを多く必要としないコンパクトな構造となっている。

6. カレット砂化装置

カレット砂化装置は、色選別の残渣として発生するカレットを特殊な粉砕機（マイクロサイザー）により破砕・砂化して、天然砂に代わる骨材などに再資源化する装置である。その構成は、図-6に示すように供給装置、粉砕機と分離装置から成っており、約3 t/hの処理能力を有している。

6.1 粉砕機

粉砕機は内部に特殊なローターを用いており、高速回転により80mm以下のカレットを鋭利な角のない

表3 カレット色選別試験結果

色	選別純度	
	選別後	純度改造後
無色	99.0%	99.8%
茶	99.2%	—
その他	98.8%	—

写真2 色選別装置

- 1. 供給ホッパー
- 2. 振動フィーダー
- 3. 粉碎機
- 4. 分離機
- 5. 集塵機

図－6 カレット砂化装置の構成

粉状に破碎（カレット砂）するとともに、キャップやラベルは破碎せずガラスと分離することができることを特徴としている。

6.2 分離装置

分離装置は、カレット砂を用途に応じた必要な粒度にふるい分けるほか、カレット砂とともに排出されたキャップやラベルを分離するふるい分け装置と、微粒のカレット砂を回収する集塵装置から成っ

表 4 粒度分布比較

粒径(mm)	カレット砂	海岸砂
0.00～0.075	1.8%	0 %
0.075～0.105	2.1%	0 %
0.105～0.150	3.3%	0 %
0.150～0.180	1.9%	0 %
0.180～0.250	4.4%	0.1%
0.250～0.590	15.6%	18.5%
0.590～1.000	15.7%	21.9%
1.000～2.000	25.2%	36.5%
2.000～4.750	21.5%	21.1%
4.750～9.520	7.0%	0.9%
9.520 以上	1.5%	1.0%

表 5 比重の比較

資 料 名	嵩比重	真比重
海岸砂	1.525	2.564
カレット砂 0.6mm以下	1.394	——
// 0.6～1mm	1.357	——
// 1～2mm	1.383	2.499

ている。

6.3 カレット砂の性状

表 4 にカレット砂の粒度分布と海岸砂との比較を示す。粒度分布は0.250～4.750mmでは海岸砂と類似しており、表 5 に示す比重とともに天然砂の代替として十分使用できることを示している。

6.4 カレット砂の用途

カレット砂の用途としては以下が考えられるが、今後さらに用途拡大が見込まれる。

- (1)コンクリート用補助材
- (2)道路舗装用骨材
- (3)海岸砂の代替
- (4)ゴルフ場のバンカーや砂場
- (5)焼き物の釉薬

7. お わ り に

今回開発したガラスびん色選別システムは、ほとんどすべてのサイズのガラスびんを生きびん状態で自動色選別することを実現すると共に、収集の過程で発生する割れびんの自動色選別や選別残渣の再資源化も可能にした。

本システムが、各自治体などにおけるガラスびんの色選別作業の省力化に貢献し、ガラス資源のリサイクルの一層の発展に資することを期待したい。

引 用 文 献

内田誠；第16回全国都市清掃研究会発表講演論文集 1995.2