

ガラス自動色選別装置の実績報告

Report on Performance of Automatic Color-based Glass Sorting System

城田 大*

Hiroschi Shirota

ごみの中から再利用できる、資源ごみのリサイクル事業推進および地域住民のリサイクル活動への関心、活動の高まりによる、再資源化率の向上および埋立物の減量を図るための「リサイクル施設」が建設されている。

従来、「リサイクル施設」において、ガラス瓶は人手により色選別・回収が行われていたが、排出資源ごみの増加に伴い、ガラス瓶の色選別・回収を機械化により高速・高度処理することが求められてきた。本稿では1997年4月に開業の「リサイクル施設」に導入した、当社「ガラス自動色選別装置」について説明する。

Many recycling facilities are now being constructed for the purposes of recycling resources and decreasing waste disposed of as landfill. These facilities aim to promote recycling operations by efficiently recovering reusable materials from waste and to respond to growing concern of local residents for recycling activities. Conventionally, glass bottles are sorted and separated manually at recycling facilities according to the color. Due to growing volumes of recyclable waste, however, demand is growing for automated, mechanical sorting and separation of waste for quicker and more efficient processing. This report describes our company's automatic color-based glass sorting system installed in a recycling facility that began operation in April, 1997.

1. はじめに

当社が1997年3月、鳥取県東部広域行政管理局に納入し同年4月に開業したリサイクル施設「リファレンいなば」は、施設総処理量が80t/d（5時間稼動/日）で、ガラス瓶を22.5t/d（5時間稼動/日）と、総処理量の28%を処理するガラス自動色選別装置を導入している。

ガラス瓶は缶（スチール、アルミ）などが混在した資源ごみとしてパッカ車が巡回収集し、「リファレンいなば」内の資源ごみ選別設備に輸送され、不適物を除去後スチール、アルミ、ガラス瓶の順に各選別装置にて回収される。

本稿では主にこの「ガラス自動色選別装置」について紹介する。

2. 資源ごみ選別設備の概要

図1に資源ごみ選別設備の処理フローを示す。

処理能力：33t/d（5時間稼動/日）

缶類：10.5t/d

瓶類：22.5t/d

フロー図中、手選別コンベヤにて、スプレー缶、乾電池などの有害危険物およびプラスチック、ペットボトルなどの選別不適物を除去している。

受入コンベヤ上の資源ごみは、コンベヤにて搬送され磁選機、アルミ選別機でスチール缶、アルミ缶を選別し、ガラス瓶がガラス自動色選別装置に供給されて白色（透明）、茶色、その他色（緑、青、黒、その他）の3種類および残渣に選別される。

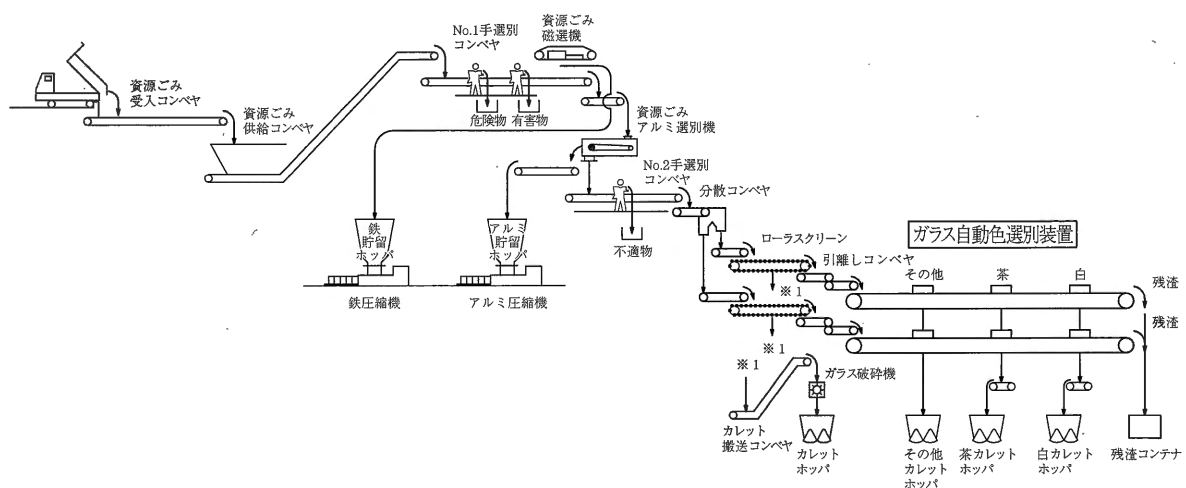


図1 資源ごみ選別設備処理フロー

Fig.1 Flow chart

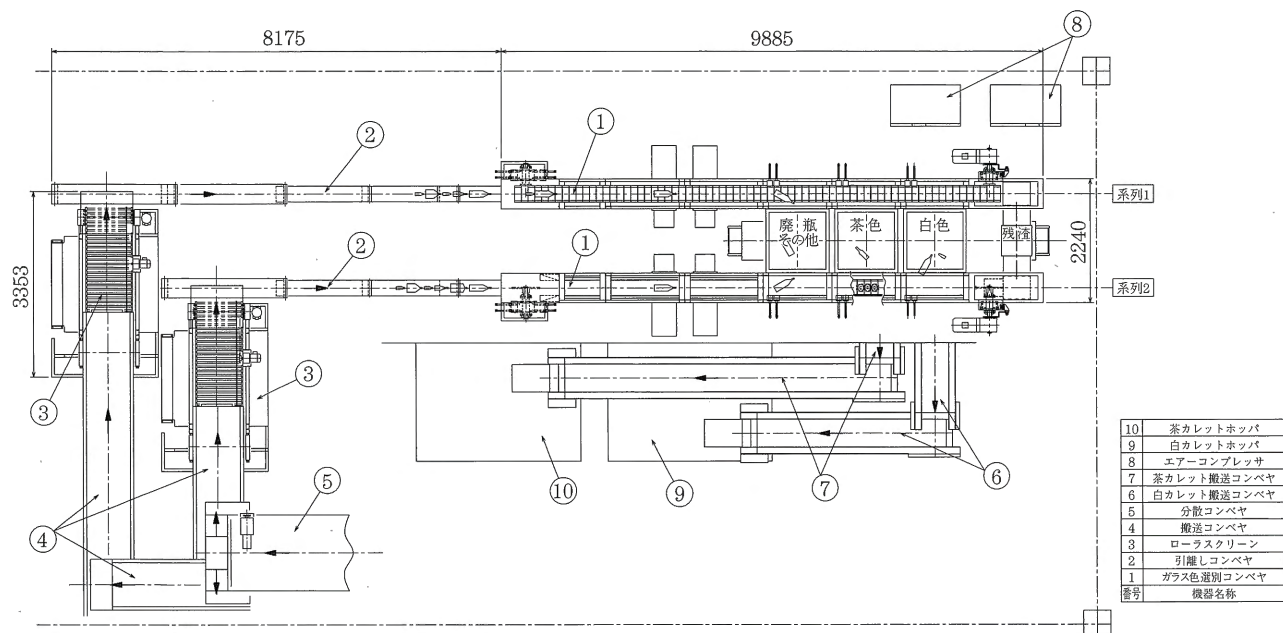


図2 全体機器配置図

Fig.2 System layout

3. ガラス自動色選別装置

3.1 機器構成

図2に本ガラス自動色選別装置の全体機器配置図、図3にガラス自動色選別装置外観を示す。本装置は処理能力から2系列で構成している。

ローラスクリーンおよび引離しコンベヤをガラス瓶の整列・供給部、ガラス色選別コンベヤが選別部でガラス色識別機能と瓶仕分け機能を持っている。

3.2 収集ガラス瓶の性状

広域市町村よりパッカ車にて収集されたガラス瓶のサイズ別割合を表1に、色別割合を表2に示す。

ガラス瓶のサイズは、小瓶は長さ150mm未満の瓶、中瓶は長さ150mmを超えて250mm未満の瓶、大瓶は長さ250mmを超える瓶として分類した。表1より収集ガラス瓶中、小瓶が重量で70%、本数で84%の結果がでた。小瓶中のφ50以下の栄養ドリンク瓶は、重量割合で全体の38%であった。



図3 ガラス色自動選別装置外観

Fig.3 Outside view of system

表1 サイズ別割合表

Table 1 Size of glass bottles

瓶種類	重量割合	本数割合
小 瓶	70%	84%
中 瓶	22%	14%
大 瓶	8%	2%

表2 色別割合表

Table 2 Color of glass bottles

色種類	重量割合	本数割合
白 瓶	38%	38%
茶 瓶	54%	55%
その他	8%	7%

3.3 整列・供給部

図4にガラス色選別装置選別イメージ図を示す。

ガラス瓶はNo.2手選別コンベヤを経て分散コンベヤに搬送される。分散コンベヤはガラス瓶を、幅広コンベヤベルト上に拡散・一時ストックして、系列1・系列2へ均等に定量供給する。ガラス瓶は各搬送コンベヤで、ローラスクリーンに搬送される。ローラスクリーンは複数のローラの両端にアタッチメント付チェーンを取付けた特殊チェーンコンベヤである。各ローラにはスプロケットを取付けて、チェーン駆動によりローラを自転させるローラ自転駆動装置を取付けている。図5にローラスクリーン正面外観を示す。ローラスクリーン上で、ローラの間隙より小さいアンブル瓶・異物・カレット類を除去する。また、搬送コンベヤベルト上で、重なり、連なって搬送されるガラス瓶をローラスクリーンにて重なりを無くし、粗整列させて引離しコンベヤに供給する。図6にローラスクリーン上を整列・搬送されるガラス瓶の様子を示す。ローラ自身を自転することで、異物・カレット類の除去および整列性に高い効果をあげている。ローラスクリーン瓶排出部にはベルト式の緩衝装置を設置し、ローラスクリーン・引離しコンベヤ間乗り継ぎ部での衝撃を吸収して、割れを防止している。図7にガラス瓶排出部を示す。

引離しコンベヤは左右別々のコンベヤベルトをV形に形成して、コンベヤを多段直列に配置している。ベルトは特殊な樹脂製ベルトを使用していて、ガラス瓶をV形コンベヤ底部に安定した状態で搬送することができる。引離しコンベヤのベルトは左右独立駆動方式で、左右のベルト速度を異速にしてベルトに速度差をつけることで、コンベヤベルト上のガラス瓶を1本毎に進行方向に向かって1列に整列する。また、1列に整列したガラス瓶に一定の間隔を与えるため、各段のコンベヤの乗り継ぎ部の段差および各段のコンベヤ速度に速度差を設けることにより、1列に整列したガラス瓶に一定の間隔を与えて、ガラス色選別コンベヤに供給することができる。本ガラス色選別設備には引離しコンベヤを系列1に5本、系列2に4本設置している。図8に引離しコンベヤ上を流れるガラス瓶の様子を示す。

3.4 選別部

選別部は、栄養ドリンク剤からジャンボサイズのウiski瓶および一般的な円筒形瓶以外に扁平瓶（ブランドなど）、角型瓶などと、サイズ、形状を問わない多種多様のガラス瓶を色選別する必要があった。表3に本ガラス自動色選別装置の選別ガラス瓶寸法例を示す。

本ガラス自動色選別装置は1時間あたり12,000本前後処理するため、ガラス色識別機能および瓶仕分け機能を一体型として、仕分け部にメカニカルな部分を無くし、高速・高処理タイプのガラス自動色選別装置を開発した。ガラス色選別コンベヤ本体は一体型フレーム構造で、

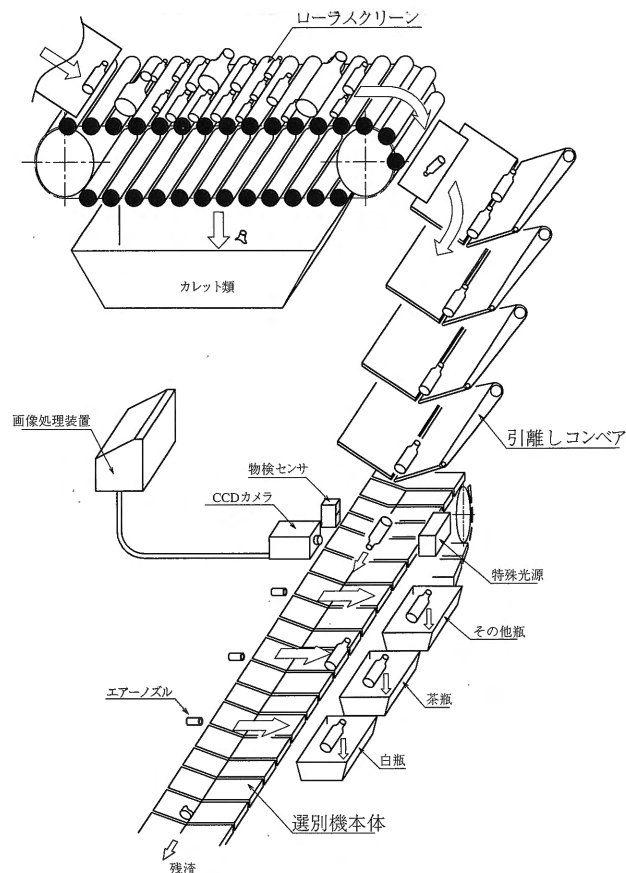


図4 ガラス色選別装置選別イメージ図

Fig.4 Illustration of automatic color glass sorting system

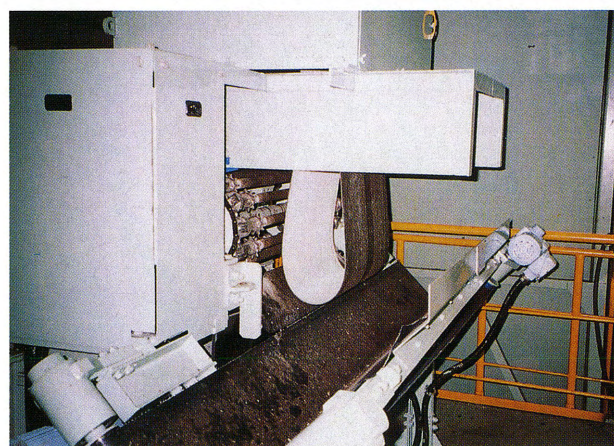


図5 ローラスクリーン概観図

Fig.5 Overview of roller screen

フレーム内に、固定のV形パレットを取付けた、アタッチメント付チェーンによるチェーンコンベヤ方式としている。

論文・報告



図6 ローラスクリーン上を流れるガラス瓶
Fig.6 Glass bottles on roller screen



図8 引離しコンベヤ上を流れるガラス瓶
Fig.8 Glass bottles on V-belt conveyor

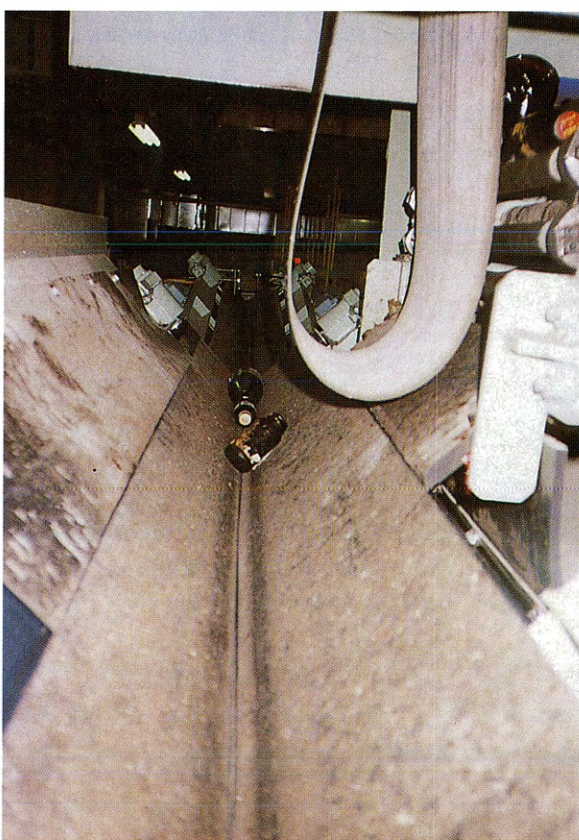


図7 ローラスクリーン排出口のガラス瓶
Fig.7 Glass bottles on roller screen and V-belt conveyor

表3 選別ガラス瓶寸法例

Table 3 Size of glass bottles sorting by this system

瓶種類	寸法 mm	代表瓶名称
小 瓶	φ 40×120	ドリンク剤
	φ 45×140	牛乳瓶
	φ 60×140	ジュース
中 瓶	φ 60×230	ジュース
	φ 70×200	食用酢
	φ 70×250	ビール
	φ 100×240	ウイスキー
大 瓶	φ 75×290	ワイン
	φ 75×290	ビール
	φ 110×400	一升瓶
	φ 150×300	ウイスキー

3.4.1 ガラス色識別機能

ガラス色識別機能は、ガラス瓶の形状計測部と色抽出部で構成している。形状計測部ではセンサにて、ガラス瓶の長さ、高さおよび瓶の間隔を計測する。また、同計測部では色抽出および瓶仕分けでのタイミング、時間などの制御用データを、システム制御装置に出力している。色抽出部は、ガラス瓶の側面より高周波蛍光灯で光を投射し、ガラス瓶を透過した光をCCDカメラが画像を撮り込む、透過光色抽出方式とした。本ガラス色選別コンベヤ1台に対して、2基のCCDカメラユニットを搭載した。ガラス瓶の色抽出用（カメラ1）と空缶、陶器などの識別用（カメラ2）である。カメラ1のCCDカメラは、高速・高頻度にガラス瓶の画像データを撮り込み、高速色画像抽出装置に出力している。CCDカメラは、約17ms毎に画像データを出力しているため、ガラス瓶1本に対し最低4回（瓶長さ120mm）の画像データが、高速色画像処理装置に出力される。高速色画像処理装置は画像データより、ガラス瓶の色データの抽出、分析を行い、色分析データを高速演算処理装置に出力する。高速演算処理装置は、色分析データからカメラ1前を通過したガラス瓶の色判定を行う。本装置はガラス瓶の外周ラベル、フィルムおよび外面の汚れによる誤判定を防ぐため、高速色画像処理装置を3台装備している。CCDカメラからのガラス瓶画像データを、個々の高速色画像処理装置が瞬時に取り込み、個別に色分析データを出力する。最低12個の分析データを同時に高速演算処理して色判定を行うため、信頼性が高く色判定時の誤判定を十分に防ぐことができた。色判定結果は、システム制御装置に出力されて、瓶仕分け部にて瓶を仕分ける。カメラ2ではカメラ1で色判定できなかった資源ごみに対して、高周波蛍光灯の光量を増やし、通過物に光をあてることで、ラベル、フィルムなどは光を透過するが、金属・陶器類は透過しないため、通過物がガラス瓶であるかを判定する。ガラス瓶の場合、その他色に仕分け、ガラス瓶以外は残渣へ排出される。

3.4.2 瓶仕分け機能

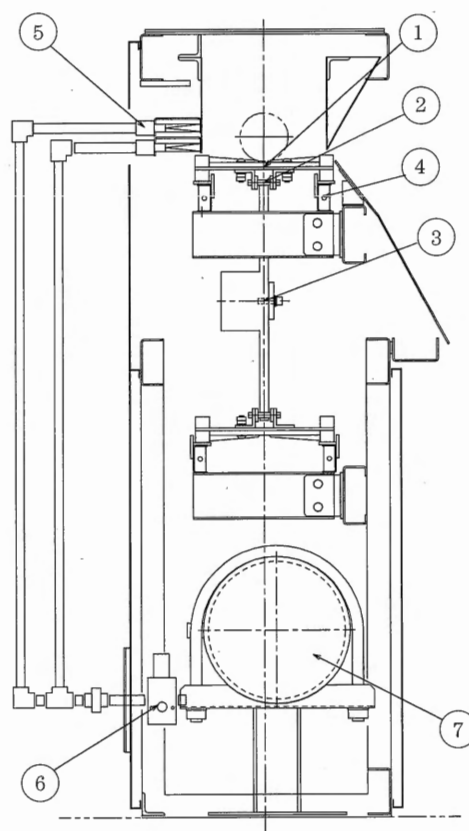
ガラス瓶の仕分けは、その他色・茶色・白色・残渣の順に仕分けを行うようにした。

仕分け方式は、特殊形状をしたエアノズルによるエアージェットソート方式である。図9にガラス色選別コンベヤ断面図を示す。エアノズルは、各仕分け口に4個のエアノズルと同数の電磁弁を取付けて、ガラス瓶を吹き落とす役目を果たしている。図10に仕分け部外観を示す。エアージェットでガラス瓶を仕分けることで、仕分け部にメカニカルな機構が無く応答速度が速いため、高速かつ確実に仕分けを行うことができる。

さらに、ガラス瓶のサイズ分けが必要なく、ガラス瓶の仕分けに必要な間隔も最小間隔で良いため、高速で多量（1時間当たり12,000本）のガラス瓶を処理することが

できる。本ガラス色選別コンベヤは、大小のガラス瓶が混在して連続供給されても、瓶の間隔が20mmあれば、隣り合うガラス瓶の影響を受けることなく仕分けできる。また、瓶の間隔が20mm未満の場合も、色判定結果が1色であれば判定色の仕分け口に仕分ける。色判定結果が2色以上の場合は、その他色に仕分ける。

システム制御装置は、色抽出部でのガラス瓶の色判定結果を基に、仕分け口を決定する。システム制御装置は、形状計測部のデータから、ガラス瓶のサイズ（長さ、高さ）を決定して、使用するノズルの数量、電磁弁の動作時間および目的の仕分け口までの到達時間を算出した後、エアージェットでガラス瓶を目的の仕分け口に排出する。排出されたガラス瓶は搬送コンベヤで、各色別ホッパに貯留される。図11にガラス色選別後、搬送コンベヤ上を流れる茶色のガラス瓶を示す。空缶、陶器などの色抽出不適物およびローラスクリーンにて除去できなかったカレット類の残渣は、ガラス色選別コンベヤテール部から排出される。選別後の様子を、図12から図15に示す。



①パレット ②搬送チェーン ③スプロケット ④パレットガイド
⑤エアノズル ⑥電磁弁 ⑦エアータンク

図9 ガラス色選別コンベヤ断面図

Fig.9 Section of automatic color glass sorting conveyor

論文・報告

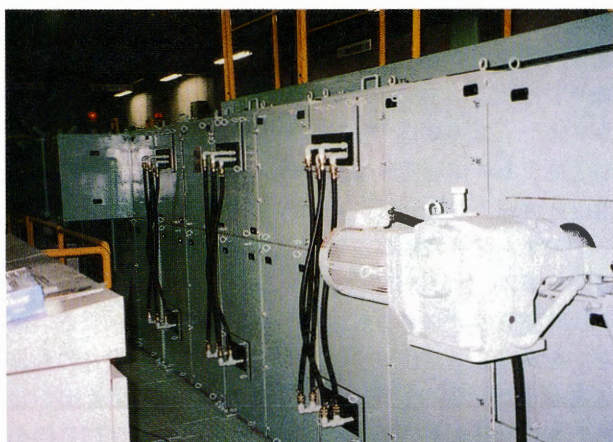


図10 選別コンベヤ仕分け部概観図

Fig.10 Overview of automatic color glass sorting conveyor



図13 茶色ガラス瓶

Fig.13 Brown glass bottles

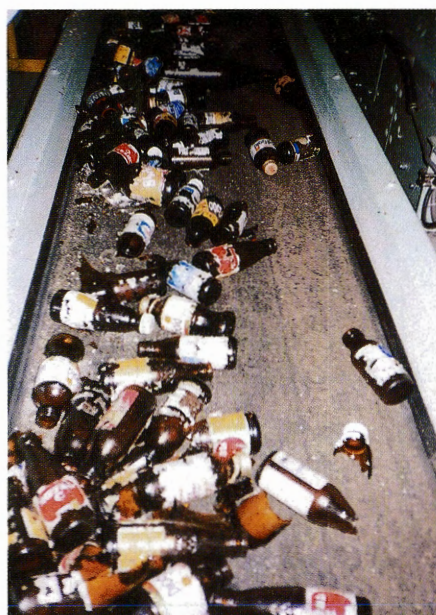


図11 搬送コンベヤ上を流れる茶色ガラス瓶

Fig.11 Brown bottles on glass cullet conveyor



図14 その他色ガラス瓶

Fig.14 Other glass bottles



図12 選別後の白（透明）ガラス瓶

Fig.12 White (transparent) glass bottles

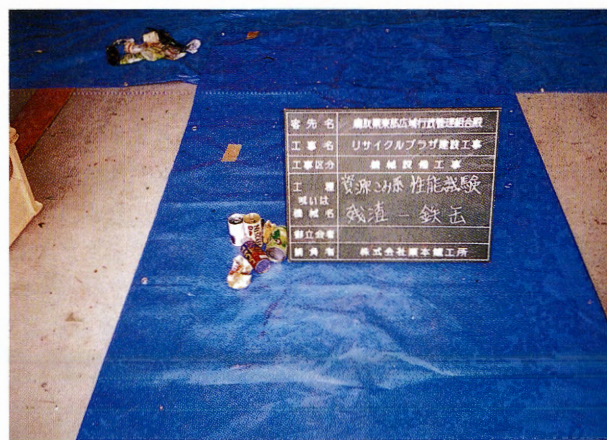


図15 残渣

Fig.15 Different articles

表5 性能結果

Table 5 Result of automatic color glass sorting system

	純度 (重量%)		回収率 (重量%)	
	測定結果	計画保証値	測定結果	計画保証値
白色ガラス	99.01	99.00	92.34	80.00
茶色ガラス	98.80	97.00	96.22	90.00
その他色ガラス	98.88	なし	94.35	なし

表6 選別ガラス瓶の内容容

Table 6 Color glass bottles in automatic color glass sorting system

(単位: 重量%)

選別物名称 ホッパ名	白色ガラス	茶色ガラス	その他色ガラス	缶類・異物	合 計
白色ガラス	26.04	0.05	0.18	0.00	26.30
茶色ガラス	0.40	51.97	0.23	0.00	52.60
その他色ガラス	0.14	0.05	16.71	0.00	16.90
残渣コンテナ	1.59	1.94	0.50	0.17	4.20
合 計	28.20	54.01	17.71	0.17	100.00

4. 性能結果

表4に本ガラス自動色選別装置の処理能力結果を、表5に性能結果（純度、回収率）および表6に選別ガラス瓶の内容容を示す。性能試験は広域市町村から収集した、資源ごみ（ガラス瓶、缶類など混在）をそのまま使用した。実操業運転と同様に、収集資源ごみを受入れコンベヤに投入し、資源ごみ選別設備を連続運転1時間にて試験を行なった。処理能力および選別性能はガラス色選別コンベヤの入口（引離しコンベヤ先端）から出口（各色の貯留ホッパ）までとし、試験終了後、各貯留ホッパおよび残渣コンテナの資源ごみ重量を測定して、処理能力および選別性能などを求めた。

表4 処理能力

Table 4 Capacity of this system

実施処理能力	計画処理能力
4.6t/h	4.5t/h
23.0t/5h	22.5t/5h

5. おわりに

本ガラス自動色選別装置は能力・性能が十分に満足していることを紹介した。本装置は「ガラス瓶のサイズ選別が不要」であることを特徴としている。ドリンク剤からジャンボサイズ瓶まで幅広い範囲で信頼性の高いガラス瓶の色選別が可能である。

「リサイクル施設」に導入の際、選別設備の合理化、設備の小規模化に貢献できるものと確信する。

執筆者

城田 大

Hiroshi Shirota

平成4年入社

物流機器の開発・設計を経て
粗大ゴミ処理施設の設計に従事

