広島県立総合技術研究所東部工業技術センター研究報告　No.25 (2012)
技術ノート

プラスチックリサイクルのためのフィルム表面の印刷除去及び色による材料の分離に関する研究

谷口　勝得，塚脇　聡

Study on elimination of printed ink on the film and classification by the color for the plastic recycling.

TANIGUCHI Katsunori and TSUKAWAKI Satoshi

The recycled plastics were not used very much because those smell and were gray or black by printed ink. Therefore it was studied on the elimination of printed ink on plastic films. And it was studied on the classification of the materials by the color. We found out how to remove printing by washing, however, there is a problem it in practical use.

リサイクルしたプラスチックは臭いがあり印刷により灰色や黒色になるためあまり使用されていなかった。そのため，プラスチックごみの印刷を除去する技術及び，白色のものと着色されているものを分離する技術について研究を行った。印刷と洗浄で除去する方法を見出したが，実用化には課題が残っている。

キーワード：容器リサイクルプラスチック，印刷，洗浄，分離

1. 緒　　言

一般家庭から回収されたプラスチックごみには多種類の材質のプラスチックが混在しており，また様々な色に着色されたり，表面に印刷がなされているものも多い。水中での比重分離により，ポリ塩化ビニルや発泡材を取り除き，ポリオレフィンを主成分とするものを再ペレット化し，容器リサイクルプラスチックとして販売されているが，色は混色により灰色となるため，あまり色を問わない製品に加工されているのが現状である。また，印刷がリサイクルプラスチックを成形したときの臭いの原因になっているという問題もある。表面の印刷を除去し，白色又は透明の樹脂を，他の色の樹脂から分離できれば，様々な色に再調色できるため付加価値が向上する。

そこで，本研究ではプラスチックフィルム上の印刷除去と，自動選別機による色選別について検討した。

2. 印刷除去実験

2.1 実験方法

一般向けに多く使用されていて製造条件も分かっている 3 種の袋（ごみ袋の外袋，レジ袋，ごみ袋）を試料とした。それぞれの表面処理の状況，使用したインキの種類を**表 1** に示す。

2012.6.29 受理　材料技術研究部

表 1　試料とした袋

試料	材質	表面処理*	インキ種類
①外袋	ポリプロピレン	なし	油性
②レジ袋	ポリエチレン	あり	水性
③ごみ袋	ポリエチレン	あり	油性

*表面処理はコロナ放電による

それぞれの試料から印刷部分を約 1～4cm 角(1 文字分)切り取り，印刷インキの除去方法について検討した。試験の条件は以下のとおりである。

実験 1: 50ml 三角フラスコに pH12 の水酸化ナトリウム水溶液 20ml と試料を入れスターラーで攪拌する。

実験 2: 50ml 三角フラスコにドデシル硫酸ナトリウム 25mM 水溶液(pH12)50ml と試料を入れ振盪機(150rpm)で 4 時間振盪する。

実験 3: 50ml 三角フラスコにドデシル硫酸ナトリウム 25mM 水溶液(pH12)20ml と試料を入れスターラーで 4 時間攪拌する。

実験 4: 50ml 三角フラスコにドデシル硫酸ナトリウム 25mM，塩化カルシウム 1mM 水溶液(pH12)20ml と試料を入れスターラーで 4 時間攪拌する。

実験 5: 200ml ビーカーにドデシル硫酸ナトリウム 25mM，塩化カルシウム 1mM 水溶液(pH12)100ml と試料を入れ 20 分間超音波をかけながら攪拌羽根で攪拌(170rpm)する。

実験 6: 50ml 三角フラスコにテトラヒドロフラン 20ml と試料を入れスターラーで 10 分間攪拌する。
実験 7: 500ml ビーカーに試料と洗浄剤ペイントソルブ M 300ml を入れ，超音波をかけながら攪拌羽根（4 枚羽根，径 70mm）で 1 時間攪拌(150rpm)する。
実験 8: 500ml ビーカーに試料と洗浄剤ペイントソルブ R 300ml を入れ，超音波をかけながら攪拌羽根（4 枚羽根，径 70mm）で 1 時間攪拌(150rpm)する。

実験 7 および 8 に使用した洗浄剤については**表 2** に示す。

表 2 印刷インキ用洗浄剤

洗浄剤	発火点	引火点	特徴
ペイントソルブM*	412℃	63℃	若干揮発性
ペイントソルブR*	259℃	79℃	揮発しない

*インフィニティ株式会社製

2.2 結果および考察

実験結果を**表 3** に示す。

表 3　印刷除去実験結果

	試料①	試料②	試料③
実験 1	－	×	×
実験 2	×	×	×
実験 3	×	×	○
実験 4	×	○	－
実験 5	×	○	－
実験 6	○	－	－
実験 7	○	△	△
実験 8	○	○	○

×：印刷は除去できなかった
△：印刷はいくらか残った
○：印刷は除去できた
－：実験を行っていない

文献 [1, 2, 3]によると，アルカリ性条件で界面活性剤によりプラスチックフィルム表面の印刷が除去できるという報告があった，実験 1 の結果界面活性剤なしでアルカリ性水溶液だけでは印刷の除去はできなかった。実験 2 により振盪だけでは十分印刷の除去はできなかった。実験 3 でスターラーを用いると，試料③では 30 分程で印刷は除去できたが，②は 4 時間後で印刷が薄くなっていた。また，①は 4 時間後でも変化は見られなかった。これらの結果，実験 3 の条件では③②①の順で印刷が除去しやすいことがわかった。文献 [3]によるとカルシウムを添加することで印刷の除去効率が良くなるという報告があったので，実験 4 では添加したが，②では印刷が除去できたが①は除去できなかった。実験 5 で超音波の効果を比較した結果，②では印刷除去までの時間を短縮できたが，①の印刷は除去できなかった。①の印刷を除去するための条件を見つけるために実験 6 で有機溶剤であるテトラヒドロフランを使用したところ，①の印刷も除去できた。ただし，安全面や作業環境の点からテトラヒドロフランを使用するのは実用的ではないため，実験 7 および 8 で，市販の植物を原料とした生分解しやすい印刷インキ用洗浄剤を使用して除去実験を行ったところ，界面活性剤で除去が困難であった①の印刷を除去できた。②③については，揮発しないタイプの洗浄剤を使用した方が印刷が除去できた。

3. 自動選別機による分離実験

3.1 実験方法

試験には㈱サタケ製光学式自動選別機フルカラーベルトソーターCS300BI-C（**写真 1**）を使用した。その構造図を**図 1** に示す。ベルトコンベアーで流れてくる試料をカメラによって判別し，不良品を空気で吹き飛ばし分離するものである。

写真 1　フルカラーベルトソーター　CS-300BI-C

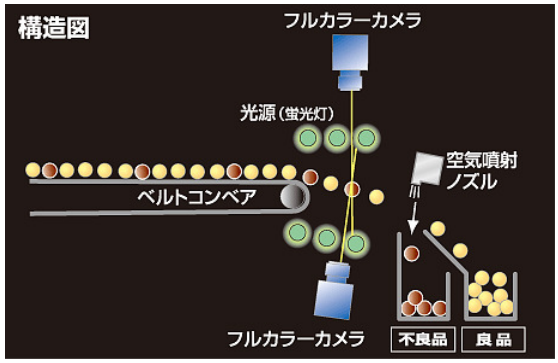

図 1　フルカラーベルトソーター　CS-300BI-C 構造図

3.1.1 分離条件の決定

自動選別機で選別するためには試料を粒状にしておく必要がある。粒状にするために，使用した装置を**写真 2** に示す。この装置はホットプレート部分（アズワン製メガホットプレート EC7050）と取っ手付き鉄板からなる。取っ手付き鉄板はステンレス製でヒーターと温度調節機がついているものである。この装置を用い市販の直鎖低

密度ポリエチレン製で透明のごみ袋を切り取り，模式図（**図 2**）のようにこすり合わせて粒状にしたものを試料とした。粒状にすると透明のごみ袋が白色となった。この白色のもの（**写真 3** 右上）の他にインクをこすりつけて灰色（**写真 3** 中上）のものと黒色（**写真 3** 左上）のものを作った。その内の 5 粒ずつを用いカメラで撮影し，以下の(1)(2)の条件設定のため L（100 に近いほど明るく，0 に近いほど暗い），a（数値がプラスになると赤色，マイナスになると緑色），b（数値がプラスになると黄色，マイナスになると青色）のデータを取得し，これによりしきい値を決定した。（**写真 4**）

写真 2 粒状化実験装置

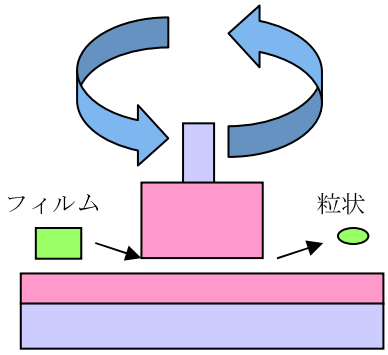

図 2 模式図

写真 3 分離実験試料

写真 4 しきい値設定画面

3.1.2 分離実験

(1)粒状にした黒色，灰色，白色の試料をそれぞれ 10 粒ずつ混ぜて，黒色の試料だけを除去する条件により分離実験を行った。

(2)粒状にした黒色，灰色，白色の試料をそれぞれ 10 粒ずつ混ぜて，黒色と灰色の試料を除去する条件により分離実験を行った。

(3)粒状になっていない試料（**写真 3** 下）について分離実験を行った。

3.2 結果および考察

実験(1)～(3)について，以下の結果となった。

(1)黒色の試料はすべて除去することができた。

(2)黒色の試料はすべて除去できた。灰色の試料は 10 粒中 1～3 粒除去できないものがあった。

(3)粒状になっていない試料は選別できなかった。

選別機を利用して選別をするためには形状が粒状である必要があることがわかった。

4. 造粒技術の検討

上記の実験結果から白色の樹脂と有色の樹脂を分離するために自動選別機を利用しようとするとき，フラフはこのままの形状では自動選別機での分離には適さないことがわかった。

フラフを自動選別しやすい形状にする方法として，3.1 の実験では熱をかけてこすり合わせる方法を用いた。この方法では粒状化は可能だが，大量のフラフの処理には適していない。そこで，ヘンセルミキサーを用いて大量に粒状化する技術について検討した。

4.1 実験方法

この実験には三井鉱山㈱製ヘンセルミキサーFM5C/I（**写真 5**）を使用した。この装置は他の成分を添加しながらの攪拌や，温度調節可能などの特徴がある。内容積 5l のこのヘンセルミキサーの中にフラフを 2l 入れ，150℃で 2 分間 3300rpm で撹拌し，撹拌中に 20ml の水を加えた。

写真5 ヘンセルミキサー

4.2 結果および考察

ヘンセルミキサーによる，粒状化実験の結果を**写真 6** に示す。粒状にならず，棒状になるものが多かった。

自動選別機による選別を行うためには粒状である必要があるが，現状では粒状にしたものを大量に作る方法は見つけられなかった。

写真6　ミキサー法実験後の棒状になったフラフ

5. 結　　言

本研究ではプラスチックごみから白色，無色の樹脂を選別することを目的とし，プラスチックフィルム上の印刷除去と，自動選別機による無色及び白色の樹脂と有色の樹脂の選別に関して調査し，次のことがわかった。

(1)プラスチックフィルム表面の印刷については,界面活性剤を使用すればポリエチレン表面の印刷は除去できるが,ポリプロピレン表面の印刷の除去は困難である。インキ除去用の洗浄剤を使用することでポリプロピレン表面の印刷も除去できる。

(2)粒状にしたフラフを無色のものと有色のものに光学式自動選別機で選別することは可能であった。ただし,粒状になっていないものについては選別できなかった。なお，今回の少量での実験では選別することができたが，大量での実験は行っていない。

(3)自動選別機で選別する目的で,ヘンセルミキサーを使ってフラフを粒状にする検討を行ったが,粒状にするための条件は決定できなかった。

これらの技術の実用化に向けて，印刷の除去については今回用いた洗浄剤が高価であることと，分離技術については粒状化の大量調製条件が分かっていないなどの課題が残っており，今後の検討課題とする。

謝　　辞

本研究は，NPO 法人広島循環型社会推進機構からの受託研究として行った。広島大学環境安全センターの西嶋渉教授，奥田哲士助教に多大なるご協力をいただいた。また，自動選別機による分離実験については㈱サタケに委託した。厚く御礼申し上げます。

文　　献

1) Hatice Gecol *et al.*：Colloids and Surfaces A：Physicochemical and Engineering Aspects，189, 55-64 (2001).

2) Hatice Gecol *et al.*：Colloid Polym Sci, 281, 1172-1177 (2003).

3) Hatice Gecol *et al.*:Colloid Polym Sci,283, 154-163 (2004).