

## プラスチック混合物の静電分離に関する検討

熊澤直人・恩田紘樹\*

Attempt to electrostatic separation of plastic mixture.

Naoto KUMAZAWA, Koki ONDA

プラスチック混合物を静電分離により分離するための装置を設計、試作した。さらにポリプロピレンとポリアミドより成るプラスチック混合物を静電分離に供したところ、正極側においてPPを81%、負極側においてPAを80%で分離できた。このように静電分離法により、比重分離では分離が困難なプラスチック混合物から各プラスチック材料を分離できることが示唆された。

キーワード：プラスチック混合物、ポリプロピレン、ポリアミド、静電分離

In this study, in order to separate plastic mixture, electrostatic separator was designed and constructed. When a mixture of polypropylene(PP) and polyamide(PA) were electrostatic separated, the separation precision of PP on positive electrode side and PA on negative electrode side were 81% and 80%, respectively. It was inferred from the results that the plastic mixture which were difficult to separate by gravity separation could be separated by electrostatic separation with high separation precision.

Key words : a mixture of plastics, polypropylene, polyamide, electrostatic separation

### 1 はじめに

成形性及び耐久性に優れるプラスチックは様々な分野で使われる一方、国内では年間900万tのプラスチックが廃棄されている<sup>1)</sup>。しかし、多くのプラスチックは自然分解性に乏しいこと、プラスチック種によっては焼却時に有害物質が発生する可能性があることなどから廃棄に関する規制が厳しくなっており、マテリアルリサイクルの需要が年々高まっている。しかし、プラスチックは廃棄の際に材質にかかわらず一括回収されるため、マテリアルリサイクルするためには一定以上の純度で分別することが求められる<sup>2)</sup>。

プラスチックの分別技術の一つである比重分離法は、プラスチック混合物を水などの溶媒に浸漬し、溶媒の比重よりも大きいプラスチックは沈殿する一方、比重の小さいプラスチックが浮遊することにより分離する。しかし、この方法は溶媒に沈殿あるいは浮遊したプラスチック種の分離は困難であり、また分離

後の乾燥処理が必要となるといった課題がある。

一方、図1に示すようにプラスチックは種類ごとに固有の帯電特性を有している。静電分離法はこの帯電特性の違いを利用し、予め帯電したプラスチック混合物を電圧の印加された平行平板電極間に落下することで分離する方法で、比重分離では分離困難な比重差の小さいプラスチックの組合せも分別できる可能性があり、また分離後の乾燥処理が不要であることから近年普及してきている。そこで本報では、静電分離装置を設計、作製した。さらに汎用的に用いられるプラスチックだが、比重分離では分離が困

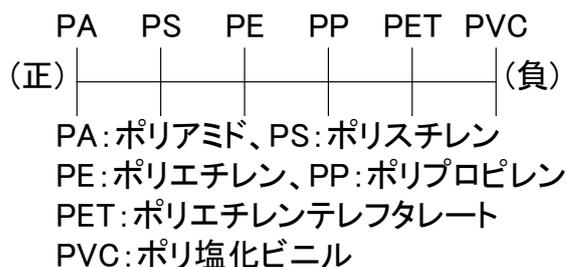


図1 プラスチックの摩擦帯電序列

難なポリプロピレンとポリアミドの分離を試みた。

## 2 静電分離装置の作製

本研究で作製した静電分離装置の模式図を図2に示す。電源には、小型高電圧電源（GT80N、(株)グリーンテクノ）を用いた。電源と接続した帯電バー（B-140、(株)グリーンテクノ）に任意の大きさのアルミ板を設置し、これを負極とした。一方、負極と同サイズのアルミ板を樹脂製のスタンドに固定し、これを正極とした。電極間距離は任意に調整することが可能である。さらに、各電極下にはプラスチック製の箱（374mm×273mm×64qmm）を設置し、電極を通過した試料を回収した。また安全のために両極ともに接地した。

## 3 操作方法

### 3.1 分離試料の調製

ポリプロピレン（PP）（ノバテック BC06C、日本ポリプロ（株））及びナイロン 66（PA）（アミラン CM3004-V0、東レ（株））をそれぞれ凍結粉碎機（JFC-300、日本分析工業（株））により平均粒径 1mm 程度に粉碎した。乾熱滅菌器（MOV-212S、PHC ホールディングス（株））を用いて PP を 120℃ で 5 時間、PA を 80℃ で 12 時間乾燥したものを 0.1g ずつ混合し、これをプラスチック混合物とした。

### 3.2 静電分離実験

プラスチック混合物をミキサーにより 25,000rpm で所定の時間攪拌して帯電し、静電分離装置の上部から自然落下させた。各電極に付着したプラスチック及び電極下に設置された回収箱に回収されたプラスチックを合わせたものを回収物とした。

### 3.3 分離精度

PP 及び PA の混合物を分離した際、各回収物をギ酸（試薬特級、富士フィルム和光純薬（株））に浸漬し、超音波洗浄機（LEO-80、東京硝子器械（株））に 30 分静置した。静置後、大気圧下でろ過して得た残渣の重量を PP 回収量とした。

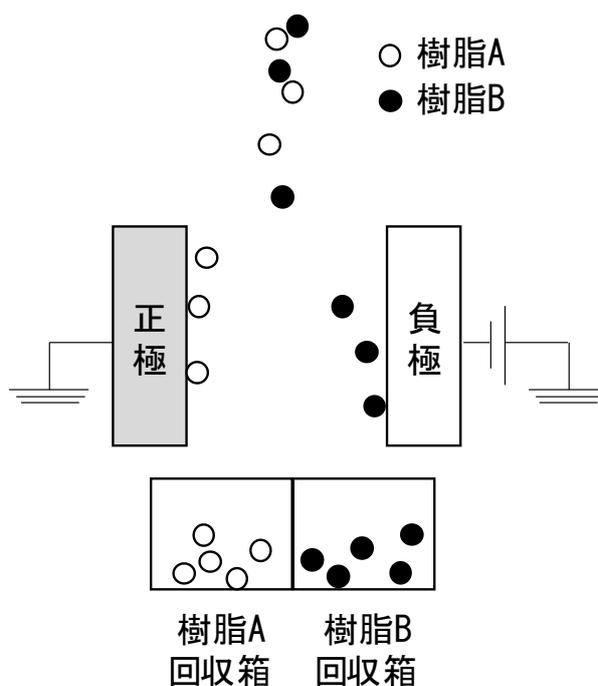


図2 静電分離装置の模式図

また、回収物の総量と PP 回収量の差を PA 回収量とした。また、各 PP 及び PA の分離精度は次の式により算出した。

PP の分離精度 (%) =

$$\frac{\text{PP 回収箱中の PP の総量(g)}}{\text{PP 回収箱中の回収物の総量(g)}} \quad (\text{式 1})$$

PA の分離精度 (%) =

$$\frac{\text{PA 回収箱中の PA の総量(g)}}{\text{PA 回収箱中の回収物の総量(g)}} \quad (\text{式 2})$$

## 4 結果及び考察

### 4.1 印加電圧が分離能に及ぼす効果

電極に用いたアルミ板の大きさを 150mm(長さ方向)×150mm(幅方向)、帯電時間を 30s とし、種々の印加電圧でプラスチック混合物の静電分離を行ったところ、正極において PP が、負極において PA が多く回収された。また図3に示すように、印加電圧が 0kV、20kV、30kV、40kV、50kV の時、PP の分離精度は 52%、65%、66%、64%、66% だった。一方、PA の分離精度は 51%、67%、67%、69%、71% だった。

印加電圧を高めることで分離精度が向上した。これは、印加電圧を上げることでプラスチック混合物が電極に引き寄せられる力が大きくなったためと考えられた。

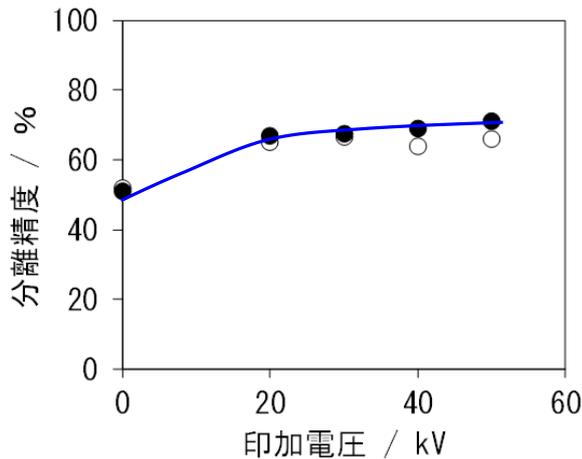


図3 分離精度における印加電圧の影響

- : 正極における PP の分離精度
- : 負極における PA の分離精度

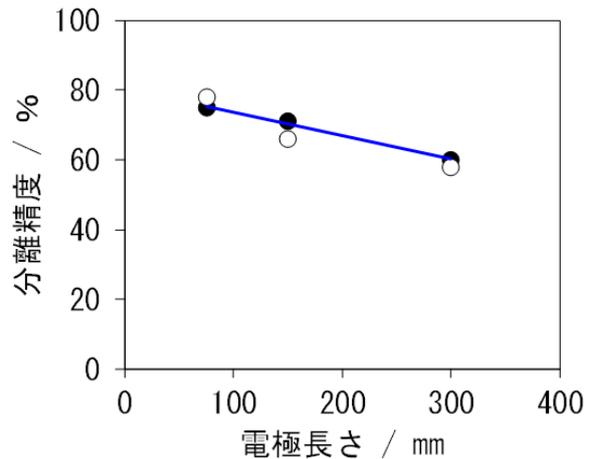


図4 分離精度における電極長さの影響

- : 正極における PP の分離精度
- : 負極における PA の分離精度

#### 4.2 電極長さが分離能に及ぼす効果

印加電圧を 50kV、帯電時間を 30s とし、電極に用いたアルミ板の大きさについては幅方向を 150mm とし、長さ方向を種々の長さに変えてプラスチック混合物の静電分離を行った。その結果、図 4 に示すように電極の長さ方向が 75mm、150mm、300mm とした時の PP の分離精度は 78%、65%、58% であり、PA の分離精度は 75%、71%、60% だった。

電極の長さ方向が短い程、分離精度が向上した。これは、電極の面積が小さいほど電気力線の密度が高まり、電場が強くなったためと考えられた。

#### 4.3 帯電時間が分離能に及ぼす効果

印加電圧を 50kV、電極に用いたアルミ板の大きさを 150mm(長さ方向)×150mm(幅方向)とし、帯電時間を変えてプラスチック混合物の静電分離を行った。その結果、図 5 に示すように帯電時間を 0 秒、30 秒、60 秒、90 秒、120 秒および 150 秒とした時の PP の分離精度は 51%、78%、72%、81%、79%、80% であり、PA の分離精度は 53%、75%、78%、80%、78%、79% だった。

帯電時間が 90 秒までは帯電時間を長くすることで分離精度が向上したが、90 秒以降は分離精度に変化が見られなかった。これは、90 秒までは帯電処理によりプラスチックの帯電量が増加したが、90 秒以上の帯電操作ではプラスチックの帯電と放電により平衡状態

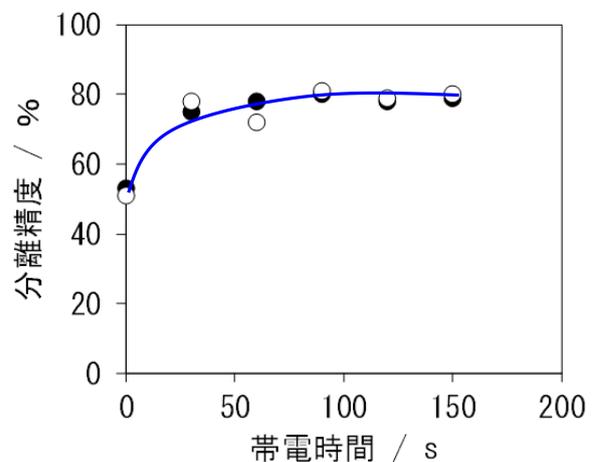


図5 分離精度における帯電時間の影響

- : 正極における PP の分離精度
- : 負極における PA の分離精度

に達したためと考えられた<sup>2)</sup>。

#### 4.4 最適条件での PP と PA の静電分離

§ 4.1 から § 4.3 までの検討より、印加電圧 50kV、電極長さ 75mm、帯電時間 90s という条件下で、プラスチック混合物の静電分離を行った。その結果、図 6 に示すように正極における PP の分離精度は 81%、負極における PA の分離精度は 80% だった。

容器包装プラスチック類から製造した再生材料はその純度により 60%以上 85%未満のものが準リッチ品、85%以上のものがリッチ品に分類される<sup>3)</sup>。今回の静電分離条件では PP と PA を準リッチ品相当の純度で分離できた。

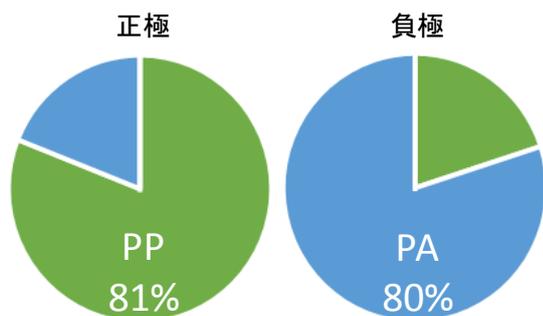


図6 分離精度における帯電時間の影響

○：正極におけるPPの分離精度

●：負極におけるPAの分離精度

## 5 結論

静電分離装置を作製し、印加電圧 50kV、電極長さ 75mm、帯電時間 90s の条件で、PP と PA の分離を行ったところ、分離精度はそれぞれ 81%および 80%だった。この分離精度は準リッチ品に相当することから、従来比重分離が困難なために廃棄されてきたプラスチック混合物も静電分離により有価物としての再利用が期待できる。

## 参考文献

- 1)プラスチックリサイクルの基礎知識，一般社団法人 プラスチック循環利用協会
- 2)松下康志，森範宏ら，電学論 D, 117 卷 12 号 (1998).
- 3) ISO 18263-1