

드럼형 摩擦帶電裝置를 이용한 혼합플라스틱의 靜電選別

金道均 · 趙熙燦 · 全好錫

서울대학교 地球環境시스템工學部, *韓國地質資源研究院

Separation of Mixed Plastics using the Drum type Tribo-Electrostatic Separation Process

Do Kyun Kim, Hee Chan Cho and Ho Seok Jeon

Department of Civil, Urban and Geosystem Engineering, Seoul National University

*Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

요 약

마찰대전을 이용한 정전분리는 서로 상이한 물질간의 마찰을 통해 서로 다른 극성으로 하전시켜 이를 전기장내에 통과시켜 분리하는 기술이며, 플라스틱과 같은 부도체입자들의 정전분리에 많이 사용된다. 본 연구에서는 연속식 드럼형 마찰대전장치를 개발하고 이를 폐건축 및 폐가전 플라스틱의분리에 적용시켰다. 분리대상 플라스틱은 폐건축 자재의 경우 PE/PVC 혼합시료를 대상으로 하였으며, 폐가전의 경우 ABS/PS/PP의 혼합시료를 대상으로 하였다. 건축자재 혼합플라스틱 및 가전제품 혼합플라스틱 모두 드럼형 마찰대전장치를 이용할 경우 실험한 조건에서 무게기준으로 95%이상의 순도조건에서 95%이상의 회수율을 보였다.

주제어 : 폐플라스틱, 정전분리, 마찰대전장치, work function

Abstract

Triboelectrostatic separation process is a technology that different particles charged after contact and rubbing different materials are separated in a high electric field. This technology has an advantage in that it can be used for separating non-conducting materials such as plastics unlike other electrostatic separation processes. There are two objectives in this study. One is to develop an effective continuous tribo-electrostatic separation process. The other is to apply the developed device for the separation of mixed plastics. Results show that almost all tested plastics reaches over 95% in yield and grade after separation.

Key words : mixed plastics, electrostatic separation, tribo-electrostatic separation, work function

1. 서 론

현재 국내에서는 한국자원재생공사에 의해 수거된 폐플라스틱의 약 50%가 매립처리되고 있다. 이는 2000년 기준으로 하면 약 4만 7천 톤에 달하는 양이며, 기타 폐가전이나 폐차, 폐전선 등으로부터 발생하는 폐기물 역시 상당한 양이다. 한 예로, 현재 중부권의 폐가전을 재활용하고 있는 아산 리사이클링센터(ARC)의 경우, 냉장고 기준으로 연간 25만 대를 처리하고 있다. 이는

480L 냉장고를 기준으로 할 때, 한 대당 약 27 kg의 폐플라스틱이 발생함을 감안하면 연간 6,700톤의 폐플라스틱이 발생됨을 의미하며 전국적인 규모에서 볼때, 엄청난 양의 폐플라스틱이 발생되고 있음을 의미한다. 만약 이 폐플라스틱이 단순매립될 경우 환경에 미치는 악영향이 매우 클 뿐만 아니라 이의 처리에 따른 경제적 부담도 매우 크다. 플라스틱은 타 폐기물에 비해 부피가 크고 쉽게 분해가 되지 않기 때문에 매립시 매립장의 수명을 단축시키며 매립장의 조기 안정화에 악영향을 미친다. 또한 소각 처리시에는 여러 가지 독성 가스 및 내 분비계 교란물질을 발생시켜 환경적 부담이

*2003년 4월 4일 접수, 2004년 1월 27일 수리

*E-mail: dkkim001@snu.ac.kr

매우 커진다.

이러한 문제점과 함께 국제적으로도 폐플라스틱의 재활용에 대한 압력이 매우 거세지고 있다. EU는 폐전기전자(WEEE: Waste Electronics & Electric & Equipment) 처리지침을 마련하고 전자제품의 경우 85% 이상의 재활용율을 요구하고 있다. 이와 같은 환경에 대한 국제적 기대수준의 상승과 함께 우리나라에서도 폐플라스틱에 대한 확대생산자책임제도를 시행하여 재활용율을 높이고자 노력하여 폐플라스틱의 재활용율을 꾸준히 증가시키고 있다. 그러나 이러한 제도에도 불구하고 PET를 제외한 플라스틱의 재활용율은 25%로서 극히 낮은 수준이다.

현재 시도되고 있는 플라스틱의 재활용 방법에는 플라스틱을 단순 열가공하여 여러 가지 플라스틱 제품을 생산하는 물질재활용 방법과 RDF 또는 RPF등으로 대표되는 연료화방법과 열분해, 가스화, 또는 가수분해등을 통한 원료회수 등의 화학적재활용 방법이 있으나 아직 기술적으로나 경제적인 측면에서 해결하여야 할 문제가 많다. 이중 기술적으로 우선 해결하여야 할 부분이 플라스틱의 종류별 선별이다. 이는 어느 재활용기술을 막론하고 플라스틱이 혼재되어 있으면 제품의 품질이 저하되거나, 공정상 어려움이 따르기 때문이다.

이러한 이유로 본 연구에서 실험실 규모로 개발된 연속공정의 마찰대전장치를 이용하여 폐가전 및 폐건축자재로부터 발생하는 여러 가지 플라스틱 재료를 선별하고자 하였다.

2. 이 론

일반적으로 마찰대전분리라 함은 플라스틱과 같이 서로 다른 두 개의 부도체 입자를 일정시간 마찰시킨 후 두 입자를 서로 다른 극성으로 대전시켜, 이를 고전압의 전기장 내에 통과시켜 분리해 내는 방식이다(Fig.1). 이때 각 물질의 하전극성은 각 물질이 가지고 있는 고유 물성인 work function에 의해 결정되며, 두 물질 중 work function이 낮은 물질은 전자를 잃어 (+)전하를 띄고 반면에 work function이 높은 물질은 전자를 얻어 (-)전하를 띠게 된다.

또한 두 물질간의 직접적인 마찰을 통해 하전을 유도하는 방식 외에 두 물질 사이의 work function을 갖는 물질을 중간 접촉 물질로 사용하여 두 물질을 각각 선택적으로 하전시킬 수 있다. 하전된 물체의 전기장에서 움직임은 하전량에 의하여 결정되기 때문에 분리효율을 높이기 위해서는 두 물질의 하전량을 극대화 하는

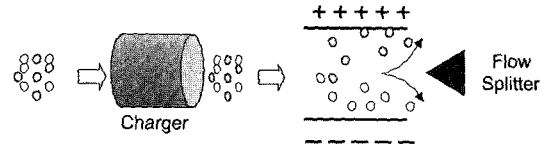


Fig. 1. Principle of Tribo-electrostatic Separation.

것이 중요하다. 이를 위해서는 첫째, 마찰의 상대가 되는 물질과의 work function 차이가 커야 하고, 둘째, work function의 차이가 크더라도 두 물질의 마찰을 극대화 할 수 있는 하전장치의 고안이 필요하다.

마찰대전 하전방식은 여러 가지가 시도되었는데 대표적인 방식으로는 자유낙하방식(Fricke, 1977), 싸이클론방식(Masuda 등, 1983), 튜브내 회전방식(Inculet, 1984), 유동층방식(Haga, 1995)등이 있으며, 이들은 대부분 유체에 의한 시료의 이송을 통해 마찰을 이용하는 방식들이며, 이외에 공기나 다른 유체의 사용 없이 기계적인 마찰에 의한 대전방식을 이용하기도 한다.¹⁾

3. 실험방법

3.1. 연속공정 분리장치

언급한 바와 같이 정전분리를 위해서는 마찰대전을 극대화하기 위한 장치가 필요하며, 또한 연속공정으로 적용하기 위해서는 마찰대전 장치내의 시료들의 평균체류시간을 측정하여, 평균체류시간 내에 분리에 필요한 충분한 하전량이 대전되었느냐가 관건이다. 연속공정은 유체의 흐름을 이용한 cyclone 방식과 기계적인 마찰을 이용한 drum형 장치를 고려하였으나, cyclone에 의한 방식은 Faraday cage로 전하량을 측정할 수 없을 정도의 미미한 대전이 일어나 제외시켰으며, 드럼형 마찰 하전장

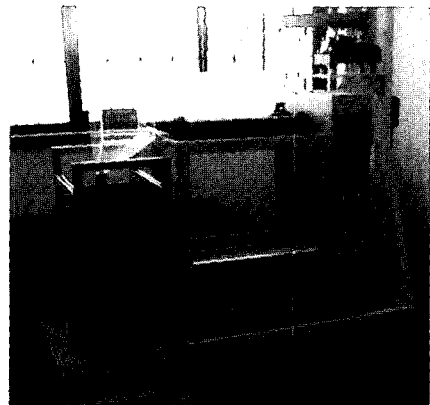


Fig. 2. Separation Unit.

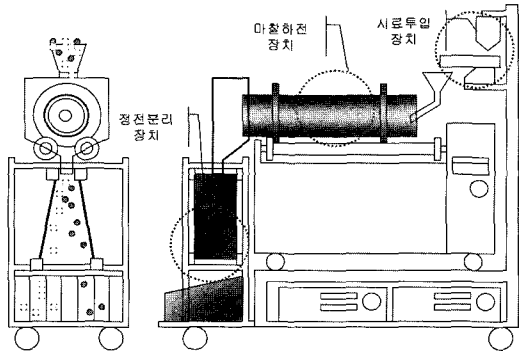


Fig. 3. Schematic of Separation Unit.

치를 연속적으로 설계하고 개발하였다. Fig. 2와 Fig. 3은 본 실험에 사용된 내경 20 cm, 길이 55 cm의 드럼형 마찰하전장치를 나타내고 있다. 시료는 vibrating feeder에 의해서 일정속도로 드럼형 마찰하전장치에 투입된다. 마찰하전장치에서는 회전하는 드럼과 시료가 마찰을 일으키고 하전이 된 입자는 드럼에서 배출된 후 고압의 정전분리장치를 통과하면서 시료는 하전극성에 따라 분리된다.

실험에 사용된 하전용 드럼의 재질은 PMMA를 사용하였으며, 폐가전제품의 경우 2단계 분리에서 PP 재질의 드럼을 사용하였다. 실험 수행시 마찰대전 시간은 15분이었으며, 습도는 제습장비를 활용하여 상대습도 40% 이하를 유지하였다.

3.1.1. 시료

본 실험에 이용된 시료는 6대 범용 플라스틱들의 원재료 시료로써, 3 mm 이하의 pellet 형태의 시료를 이용하였다.

3.1.2. 평균 체류시간 측정

연속식 마찰하전장치에서는 마찰하는 시간이 매우 중요한 요소로 작용한다. 따라서 tracer를 이용하여 마찰하전장치내의 시료의 평균체류시간을 측정하였으며 이를 이용해 시료의 평균 체류시간을 산정, 분리에 필요한 충분한 하전량을 갖게 되는지 알아보려고 하였다. 시료 투입량은 일정하게 한 후 회전속도 120 rpm, 180 rpm에서 체류시간을 측정하였다.

3.2. 공정의 적용

3.2.1. 건축자재(PE/PVC)

건축자재 플라스틱은 배관자료 및 전선피복 등 대부분이 PVC나 PE 재질의 플라스틱으로 이루어져 있다. 따라서 본 실험에서는 제품화된 PE 배관과 PVC 배관을

hammer mill로 1차 분쇄하고 cutting mill로 2차 분쇄하여 최종 3 mm이하의 시료를 제작하여 사용하였다.

3.2.2. 가전제품(ABS/PS/PP)

가전제품의 경우, 현재 비교적 체계적으로 수거되고 있는 냉장고와 세탁기에 들어가는 플라스틱인 ABS, PS, PP를 실험 대상으로 선택하였다. 시료는 냉장고, 세탁기에 들어가는 플라스틱 재료를 생산하는 인천의 한 공장에서 성형 가공된 제품을 사용하였다. 또한 크기는 건축자재와 동일하게 cutting mill로 분쇄 후 최종 3 mm이하의 시료로 제작하였다.

3.3. 운전변수의 영향

3.3.1. 혼합비

혼합시료에서 시료의 혼합비는 기본적으로는 1:1의 동일한 비를 사용하였으며, 건축자재의 경우는 PE:PVC에 대해 1:1, 2:1, 1:2의 세 가지 비율을, 가전제품의 경우 ABS:PS:PP에 대해 1:1:1, 3:1:1의 두 가지 경우에 대해 실험하였다. 3:1:1의 ABS:PS:PP 비율을 사용한 이유는 실제 냉장고(480L)내에 포함되어 있는 플라스틱의 함유량을 고려한 것이다.

3.3.2. 회전속도

드럼의 마찰회전 속도는 110 rpm, 130 rpm, 150 rpm으로 변화시켜 실험하였다. 회전속도가 빨라지면 마찰대전 장치내의 체류시간이 짧아질 수 있는 경우를 고려한 것이다. 체류시간이 짧아지게 될 경우 처리량 자체는 증가할 수 있으나, 하전이 충분하지 않을 경우에는 분리효율이 떨어져서 순도에 문제가 발생할 수 있다.

3.3.3. Feed rate

하전장치내 투입되는 시료의 투입량을 변화시켜 가면서 실험하였다. Feed rate을 증가시키면 역시 처리량은 증가할 수 있으나, 회전속도를 증가시켰을 때와 마찬가지로 분리효율의 감소로 인한 분리된 플라스틱 시료의 순도가 떨어지는 경우가 발생할 수 있다. 본 실험에서는 시료 투입량을 3 g/min, 6 g/min, 18 g/min으로 변화시키면서 실험하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1. 연속식 드럼형 마찰하전장치

4.1.1. 체류시간

실험을 통해 측정된 각 시료의 체류시간 실험결과를 Fig. 4 와 Fig. 5에 누적 무게비율로 나타내었다. Fig. 4는 회전속도를 120 rpm으로 하였을 때의 결과이며,

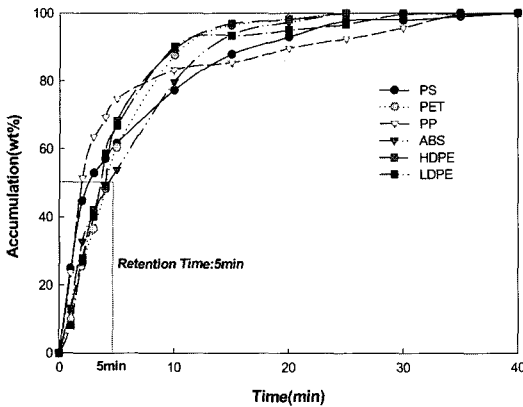


Fig. 4. Retention Time in 120 rpm.

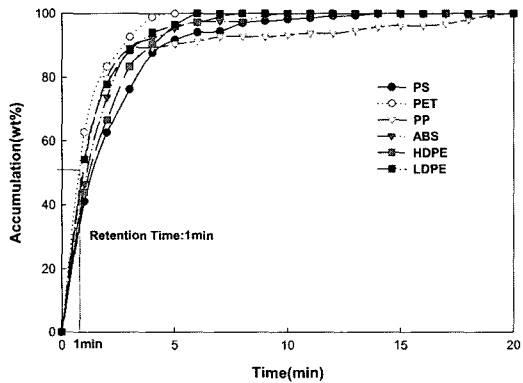


Fig. 5. Retention Time in 180 rpm.

Fig. 5은 180 rpm으로 하였을 때의 실험결과이다. 두 경우에서 공통적으로 시료의 종류에 상관없이 거의 비슷한 체류시간 분포를 나타내었으며, 이는 pellet형의 시료를 사용함으로써 시료가 비슷한 형태 및 무게를 가지고 있어서 나타난 결과라 판단된다. 하지만 120 rpm (Fig. 4)에서는 약 50(wt%)의 입자가 빠져나오는 데 평균 5분이 걸린 반면, 180 rpm(Fig. 5)의 결과는 약 1분임을 알 수 있다. 이로부터 3mm이하의 pellet 형의 원재료를 사용하였을 경우, 마찰하전 장치내의 체류시간이 드럼의 회전속도가 빨라질수록 짧아진다는 것을 알 수 있다.

4.1.2. 하전량측정

Fig. 6은 120 rpm에서 드럼에서 배출되는 시료를 일정시간(1 min, 5 min)간격으로 포집하여 측정한 하전량이다. 180 rpm에서는 하전량이 검전기로 측정할 수 없을 만큼 작은 값을 나타내었다. 이는 앞서 실험한 체류시간 실험결과로서 설명할 수 있으며, 180 rpm의 마찰

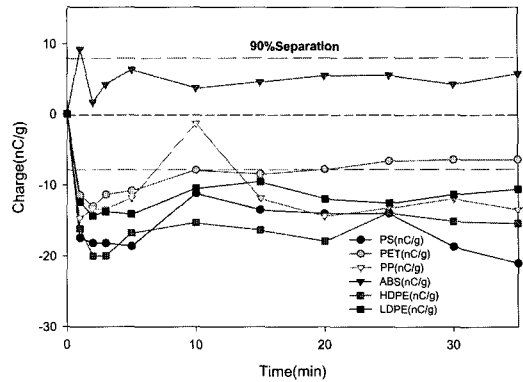


Fig. 6. Charging Amount at Each Time

회전속도에서의 평균체류시간인 1분에서는 분리에 필요한 충분한 하전을 갖지 못해 발생된 일이다. 또한 하전량 0을 중심으로 위아래에 표시된 점선은 Batch 실험을 통해 얻어진 90%이상의 분리효율을 갖기 위한 평균 하전량인 ± 8 nC/g을 표시한 것이다.¹⁾ 거의 모든 시료가 약 5분 후부터 하전량이 일정해 짐을 알 수 있다. 또한 그 값이 90%분리효율을 만족하기에 충분한 값임을 알 수 있다.

앞서 구한 평균체류시간 그래프와, 하전량 그래프로부터 120 rpm에서 평균체류시간 5분에 90%의 분리를 얻을 수 있는 충분한 하전량인 8 nC/g을 갖게 됨을 알 수 있다. 따라서 90%이상의 분리효율을 만족하기 위해서는 평균 5분 이상의 마찰대전을 시켜야한다는 것을 알 수 있다.

4.2. 드럼형 마찰 하전장치의 적용

4.2.1. 체류시간

이전 수행된 실험에서는 pellet 형태의 시료를 이용하였으나 본 실험에서는 Hammer mill 과 cutting mill로 분쇄된 실제 시료(3mm이하)를 사용하였으므로 각 실험조건에서 체류시간이 변하게 된다. 따라서 tracer를 이용하여 이들이 빠져나온 무게를 측정하여 마찰 하전장치내의 체류시간을 측정하였으며 이 결과를 Fig. 7, Fig. 8에 나타내었다.

Fig. 7은 시료투입량이 3 g/min인 경우이며 Fig. 8은 시료투입량이 18 g/min인 경우이다. 두 경우 모두 드럼의 회전속도가 증가할수록 평균체류시간이 짧아지는 것을 볼 수 있다. 또한 시료투입량이 증가하면 체류시간도 짧아지는 것을 볼 수 있다. 하지만 두 경우 모두 pellet시료를 대상으로 기 수행된 실험결과 도출

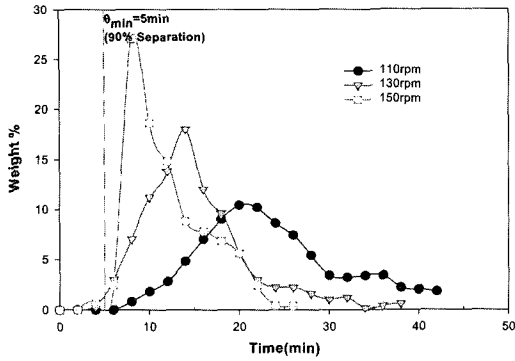


Fig. 7. Retention Time in Feed Rate 3 g/min.

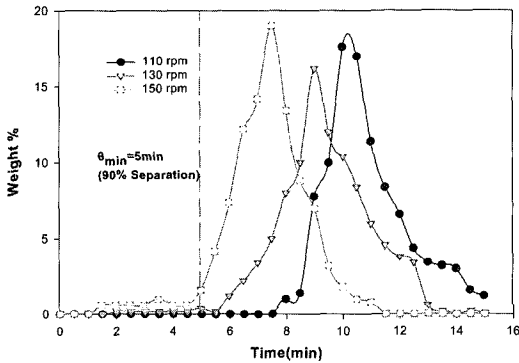


Fig. 8. Retention Time in Feed Rate 18g/min.

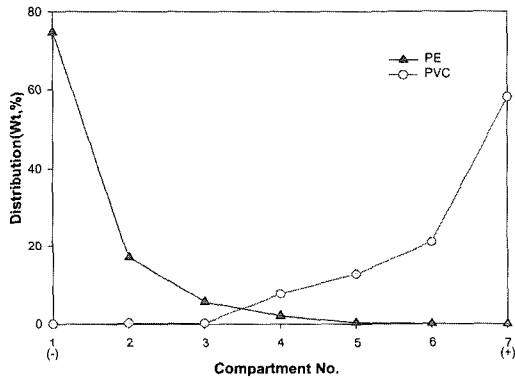


Fig. 9. Distribution by Mixing Ratio (PE : PVC = 1 : 1).

된 90%의 분리효율을 가지기 위한 마찰대전장치 내에서의 최소 평균체류시간인 5분 이상을 가져, 분리실험을 하였을 경우 충분한 하전량을 가질 것으로 판단되었다.

4.2.2. 건축자재(PE/PVC)

Fig. 9는 PE:PVC 비율 1:1의 혼합시료를 PMMA

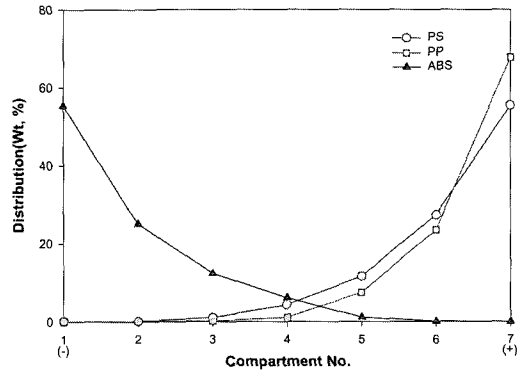


Fig. 10. Distribution by Mixing Ratio (ABS : PS : PP = 1 : 1 : 1).

재질의 드럼형 마찰대전장치로 마찰하여 정전분리한 후 포집되어 있는 각각의 compartment에서 시료의 무게를 측정하고 이들의 분포를 무게%로 표현하여 나타낸 것이다. PE, PVC 모두 하전과 반대극성의 극판으로 갈수록 그 양이 증가하다가 PVC는 전체 PVC 시료의 약 60%까지 그리고 PE의 경우는 전체의 약 75%까지 증가함을 볼 수 있으며, 이 영역에서 고순도의 PE와 PVC를 얻을 수 있었다. 더 많은 고순도의 시료를 회수하고자 하면 중앙의 4번 compartment에 모여 있는 시료를 다시 회수하여 정전분리 함으로써 실현될 수 있을 것이다.

4.2.3. 가전자재(ABS/PS/PP)

(1) 1단계분리

Fig. 10은 ABS/PS/PP비율 1:1:1의 혼합시료를 PMMA 재질 드럼형 마찰대전장치로 마찰대전 후 정전분리한 것이다. Fig. 10에 나타난 바와 같이 PMMA를 마찰재질로 사용하였을 경우 (-)극에서는 고순도의 ABS시료가 (+)극에서는 PS와PP 시료가 포집되었다.

(2) 2단계분리

PMMA 재질로 플라스틱 가전재료를 분리해 낼 경우 ABS는 고순도로 분리가 가능하나, 여전히(+)극에는 PS와 PP 시료가 혼합되어 있음을 볼 수 있다. 따라서 PS와 PP를 선택적으로 분리해 낼 수 있는 하전장치를 찾는 것이 중요하다. 문헌상에 나타난 대전열에서 PS와 PP사이에 PE가 들어가 있으나, 실제로 PE재질의 드럼을 만들어 실험해 본 결과 PS와 PP가 같은 하전을 띠어 분리가 불가능했다. 따라서 차신의 방법으로 PP 재질의 하전장치를 만들어 PP의 경우는 하전을 띠지 않게 하고, PS는 하전을 띠게 하여 분리하는 방식을 선택하였다.

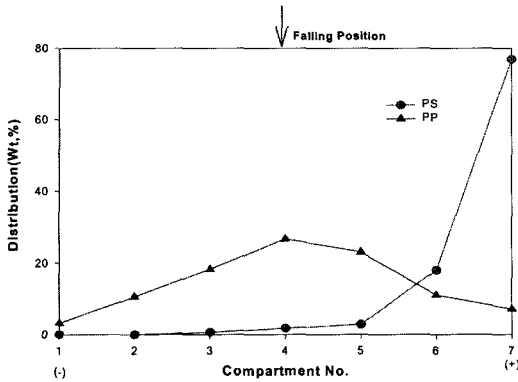


Fig. 11. Separation of PS and PP Mixture (Falling: center).

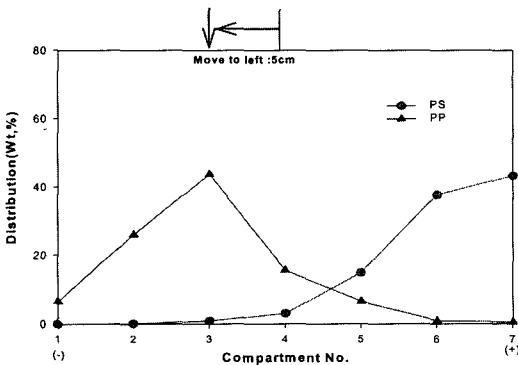


Fig. 12. Separation of PS and PP Mixture (Falling: to the left 5cm).

Fig. 11은 PP 재질의 마찰대전장치를 이용하여 1단계 분리 실험에서 얻어진 PS, PP 혼합시료를 분리해 낸 결과이다.

예상대로 PP 드럼과 마찰대전후 분리한 결과 PP시료는 낙하지점을 중심으로 정규분포 모양으로 분포하였으며, PS시료는 (-)로 하전되어 (+)극으로 분리됨을 확인할 수 있었다. 하지만 이 경우 회수율이 상당히 떨어짐을 알 수 있다. 따라서 회수율 증대를 위해 낙하위치를 (-)극 쪽으로 약 5cm 이동시켜 실험하였으며 그 결과를 Fig. 12에 나타내었다. Fig. 12에 나타난 바와 같이 낙하위치를 중앙으로 했을 때보다 시료분포 정점이 좌측으로 이동하였으며, PP의 분포가 정점에서 증가하였음을 알 수 있다. 반면 PS시료의 경우 1번에서 4번까지의 compartment에서 양의 변화는 거의 증가하지 않고, 단지 7번 compartment에서 증가폭이 줄어든 정도이다. 따라서 PS, PP 시료의 분포로 판단 할 때는 회수율이 상당부분 상승한 것으로 보인다.

PP의 회수율이 낙하지점을 이동시키고 얼마만큼 증

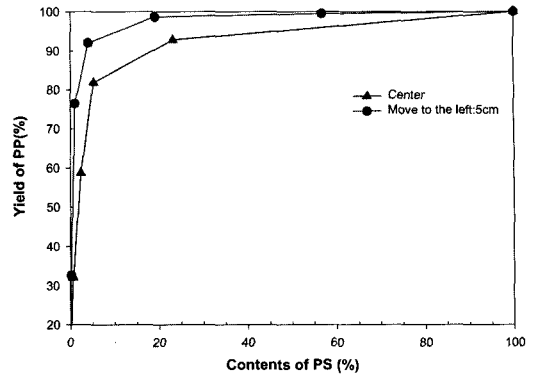


Fig. 13. Yield of PP by falling positions

가하였는지 낙하지점을 변화시키기 전의 PP의 회수율과 옮긴 후의 회수율의 변화를 순도-회수율 그래프를 통해 나타내었으며, 이를 Fig. 13에 나타내 보았다.

결과를 살펴보면 PP순도 95% 즉, 가로축인 PS함량이 5%인 지점에서 PP의 수율은 시료를 중앙에서 투입하였을 경우 약 80% 전후인 반면 (-)극 쪽으로 5cm 이동시켰을 경우 90%전후로 동일 순도에서 약 10%의 수율 증가가 있었다. 따라서 PP 재질의 드럼을 사용할 경우 (-)전극쪽으로 이동시켜 분리하는 것이 수율 향상에 좋다고 판단된다.

4.3. 운전변수의 영향

4.3.1. 혼합비

혼합비의 변화에 따른 건축자재의 PE 회수율 및 순도 변화를 알아보고자 세가지 혼합 비율에 대해 분리 실험을 수행하였으며 그 결과를 Fig. 14에 나타내었다. Fig. 14의 가로축은 PVC의 함량, 세로축은 회수된 PE의 양으로, PVC의 함량 변화(PE의 순도)에 따른 PE의

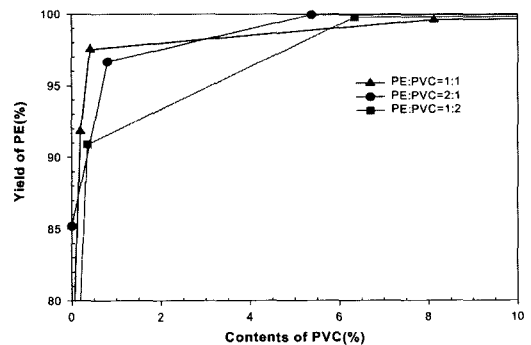


Fig. 14. Yield and Grade by the Mixing Ratio(PE/PVC).

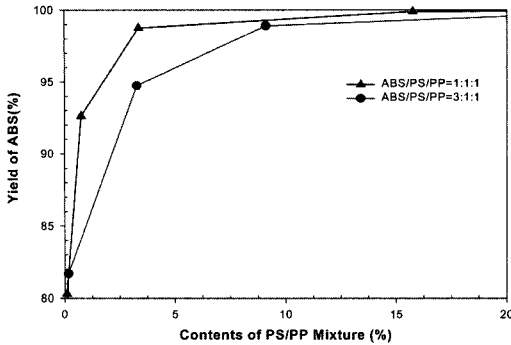


Fig. 15. Yield and Grade by the Mixing Ratio(ABS/PS/PP).

회수율을 나타낸 것이다. 실험결과 97%이상의 순도를 갖는 PE 분리 산물을 얻기 위해서는 동일한 혼합비를 사용하는 것이 좋은 것으로 판단된다.

Fig. 15는 폐가전 혼합플라스틱(ABS/PS/PP)의 혼합비를 달리했을 때, ABS의 순도와 수율의 변화를 나타낸 것이다. 동일한 양의 혼합비를 선택했을 때가 혼합비를 달리했을 때 보다 전체적으로 회수율이 좋았으며, 순도 95~98%에서 약 5%정도의 회수율이 상승하는 것으로 보였다.

Fig. 14와 Fig. 15로부터, 약간의 순도의 차이는 있으나, 전반적으로 혼합비를 틀리게 하더라도 95%의 고 순도와 고수율의 플라스틱을 얻는 데는 커다란 차이가 없었다. 이는 실험실에서 개발된 마찰대전 장치를 실제 공정에 적용시켰을 경우, 임의대로 플라스틱의 혼합비를 조절하지 못한다는 것을 감안했을 때, 긍정적인 결과라고 할 것이다. 또한 혼합비를 틀리게 하였을 경우 분리특성이 변하는 것은 입자와 하전장치와의 마찰 이외에 입자와 입자간의 마찰에 의한 영향이라고 생각된다. 이는 H. Hoberg(1997)의 연구에서도 같은 경향을 나타내었다.

4.3.2. 회전속도

Fig. 16과 Fig. 17은 가전가재(ABS/PS/PP) 분리 실험에서 ABS를 대상으로 나타낸 것이다. Fig. 16은 시료투입량 6 g/min에 대해 회전속도를 110, 130, 150 rpm 으로 변화시키면서 회전속도에 따른 순도 및 회수율의 변화를 측정된 결과이다. Fig. 16에서 알 수 있듯이 하전장치의 회전속도에 의한 수율 및 순도의 변화는 본 실험 조건에서는 거의 없는 것으로 나타났다. 또한 역시 실험한 모든 구간에서 회수율 및 순도가 95% 이상을 만족하는 것으로 나타났다.

4.3.3. Feed Rate

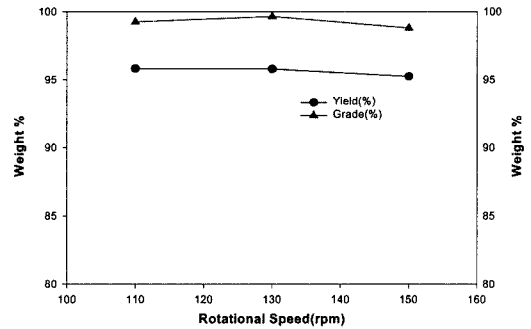


Fig. 16. Yield and Grade according to rotational speed changes.

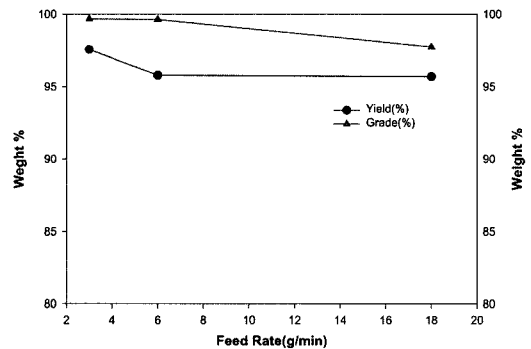


Fig. 17. Yield and Grade according to feed rate changes.

Fig. 17은 회전속도를 130 rpm으로 고정시키고 시료 투입량을 3, 6, 18 g/min으로 변화시켜 시료투입량에 따른 회수율 및 순도의 변화를 측정된 결과이다. 시료투입량이 증가할수록 수율 및 순도가 약간 감소하는 것을 볼 수 있다. 하지만 그 정도가 미미하며, 따라서 투입량 3~18 g/min의 구간에서 95% 수율, 98%이상의 순도를 만족하는 것으로 나타나고 있다.

Fig. 16과 Fig. 17로부터 실험조건에서 시료투입량과 회전속도를 증가시킬 경우 약간의 감소는 있었으나, 수율 및 순도에 커다란 영향을 미치지 못하는 못하였으며, 따라서 수율을 증가시키기 위해서 시료 투입량 및 드럼 회전속도를 어느 정도 증가시키는 것이 바람직하다.

5. 결 론

본 연구는 마찰대전을 극대화 할 수 있는 하전장치를 개발하고, 실제 발생 할 수 있는 플라스틱 재활용공정을 선정하여 적용함으로써, 개발된 마찰대전장치의 효율성을 검토하고, 혼합플라스틱의 재질별 선별을 목적으로 한 연구로 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 드럼형 마찰 하전장치 내에서의 평균체류시간과 하전량을 측정된 결과, 120 rpm의 회전속도로 pellet형 시료를 마찰대전 시켰을 경우 5분의 평균체류시간을 보였으며, 하전량을 측정된 결과 5분 이후로 10 nC/g 전후의 하전량을 보여, batch 실험결과에서 얻어진 90%의 분리효율을 얻기 위한 하전량 약 8nC/g을 상회하였다.

2. 폐가전 및 폐건축자재 플라스틱 재료를 가지고 마찰하전 분리실험을 수행한 결과, 기 수행된 pellet 원시료와 같은 하전극성을 나타내었으며, 하전량도 90%이상 분리효율을 얻을 수 있는 충분한 하전량을 보였다. 또한 PMMA 재질의 하전장치를 이용하여 폐가전 시료 및 폐 건축자재에 대해 모두 95%이상의 순도 및 수율을 얻었다.

3. 재료별 혼합비를 달리하여 실험한 결과, 폐건자재와 폐가전 모두 동일한 양의 혼합비를 사용했을 경우가, 플라스틱간 시료의 양을 틀리게 한 것 보다 전반적으로 회수율 및 순도가 높았다. 또한 수행된 실험조건에서 플라스틱간의 비를 달리하더라도 95%이상의 순도 및 수율에는 큰 영향을 미치지 않았다.

4. 시료투입량과 드럼의 회전속도가 분리효율에 미치는 영향을 알아본 결과, 드럼의 회전속도 및 시료 투입량의 변화에 의해 순도 및 수율의 미미한 정도의 감소는 있었지만 큰 영향은 없었으며, 대부분 95%이상의 수율 및 순도를 동시에 만족하였다.

사 사

본 연구는 과학기술부 21C 프론티어연구개발사업 중 산업폐기물재활용기술개발 사업의 일환으로 수행된 결과물입니다. 연구비를 지원해 주신 관계자 여러분께 깊이 감사드립니다.



金道均

- 2000년 아주대학교 환경·도시공학부 공학사
- 현재 서울대학교 지구환경시스템공학부 석사과정

참고문헌

1. Manouchehri, H.R., Hanumantha Rao, K. and Forsberg, K.S.E., 2000: "Review of electrical separation methods", Minerals and metallurgical processing, 17, 23-36.
2. 김도균, 2002: "마찰대전을 이용한 혼합플라스틱의 정전선별에 관한 연구", 석사학위 논문(초본), 서울대학교, 서울.
3. Hoberg, H., Hocker, H., Michaeli, W., Pleßmann, K.W., Breyer, K., Laufens, P., Schultz, T., Schwarz, P. and Zurbig, C. 1997: "Material recycling of thermoplastics", XX International Mineral Processing Congress, H. Hoberg and H. Blottnitz, Aachen, Germany, 415-430.
4. Yanar, D.K. and Kwetkus, B.A., 1995: "Electrostatic separation of polymer powders", Journal of electrostatics, 35, 257-266.
5. Stahl, I. and Beier, P.M., 1997: "Sorting of plastics using electrostatic separation process", XX International Mineral Processing Congress, H. Hoberg and H. Blottnitz, Aachen, Germany, 395-402.
6. Cross, J. 1987: "Electrostatics: Principles, Problems, and Applications", Adam Hilger, Bristol, England, 17-46, 237-242, 425-433.
7. Greason, W.D., 1992: "Electrostatic Discharge in Electronics", Research Studies Press Ltd, Taunton, Somerset, England, 56-61.

趙熙燦

- 현재 서울대학교 지구환경시스템공학부 부교수

全好錫

- 현재 한국지질자원연구원 선임연구원