

3종 혼합플라스틱의 재질분리를 위한 정전선별 기술개발

전호석¹⁾, 박철현²⁾, 신선명¹⁾, 백상호³⁾

1) 한국지질자원연구원 자원활용연구부

2) 한양대학교 지구환경시스템공학과

3) 조선대학교 자원공학과

1. 서 론

석유화학공업의 발전과 함께한 플라스틱 산업은 이제 그 나라의 경제규모를 가늠하는 척도로 인식될 만큼 중요한 위치를 차지하고 있다. 특히, 플라스틱은 우수한 재질특성과 함께 바이오 플라스틱, 내연 플라스틱, 섬유강화 플라스틱 그리고 섬층 플라스틱 등의 다기능 재질이 개발되어 사용량이 매년 크게 증가하고 있다. 따라서 현대사회에서 플라스틱이 국가경제에 기여하는 역할과 위치를 인식할 필요가 있다.

우리나라는 석유산업이 크게 발달하여 미국과 일본 그리고 독일에 이어 세계 4번째로 많은 년 간 약 800만 톤의 플라스틱을 생산하고 있으며, 이로 인하여 매년 약 300만 톤의 폐플라스틱이 발생하고 있다. 뿐만 아니라 플라스틱을 대체할 수 있는 다기능의 경제성 있는 재질 개발이 이루어지지 않아 5년 내에 년 1,100만 톤의 플라스틱을 생산하여 500만 톤 이상의 폐플라스틱이 발생할 것으로 예상하고 있다. 그러나 현재 폐플라스틱의 재활용이 20%에 그치고 있어 80% 이상이 매립이나 소각에 의해 처리되고 있으므로 환경문제뿐만 아니라 경제적인 손실도 상당한 것으로 평가되고 있다.

특히, 폐플라스틱의 매립은 매립부지의 확보뿐만 아니라 유해성분이 용출될 수 있으며, 단위 무게에 비해 부피가 커 보관, 운반의 문제와 매립효율을 저하시키고, 물리화학적으로 안정되어 있는 난분해성이라 매립지의 조기 안정화와 흙 속에 반영구적으로 잔존하는 문제 그리고 분해 시 토양오염 및 유해가스를 대기 중에 발생하는 등 여러 가지 문제를 야기시킨다. 또한 소각에 의한 처리는 일부 열에너지를 이용할 수 있지만 많은 경제적인 손실을 초래하고, 염화수소에 의한 소각로의 부식과 다이옥신 등 각종 유독성 가스를 방출하여 사회적인 문제를 일으킬 수 있다. 따라서 향후 폐플라스틱의 경우 소각과 매립을 법으로 규제할 계획에 있어 플라스틱 산업 및 환경보호를 위해서는 재활용 기술 개발이 시급히 이루어져야 할 것이다. 그러나 플라스틱 재질의 경우 다른 물질에 비해 쉽게 분해 및 변질이 이루어지지 않으므로 효율적인 선별기술만 개발된다면 재활용이 가장 용이한 물질중의 하나이다. 따라서 폐플라스틱의 재활용은 플라스틱 산업발전 뿐만 아니라 국가 산업에도 크게 영향을 미치기 때문에 이를 해결할 수 있는 재활용 기술개발이 시급한 상태이다.

이미 세계 여러 나라에서 폐플라스틱이 환경에 미치는 영향이 심각하다는 것을 인식하고 재활용 기술 개발을 수행하고 있지만, 이에 앞서 플라스틱 생산자에 처리비용을 부과하는 정책을 추진하고 있어 우리나라와 같이 수출을 많이 하는 나라의 경우 상당한 부담으로 작용할 것이라 생각된다. 즉, 플라스틱 산업이 국내 내수 산업뿐만 아니라 수출산업에도 큰 영향을 미치기 때문에 플라스틱을 재활용할 수 있는 기술 개발이 시급히 이루어져야 하며, 기술 개발이 지연되거나 미비할 경우 외국기술을 도입함으로써 부담해야 하는 비용이 고스란히 산업에 까지 영향을 미칠 수 있으므로 국가 산업에 미칠 수 있는 심각한 영향을 고려하여

효율적이고 체계적인 정책을 수립하여 폐플라스틱 재활용 기술 개발을 지원하여야 할 것이다.

플라스틱의 재활용은 크게 연료화와 화학적 재순환 그리고 물질 재순환 등이 있으나, 이중 물질 재순환이 환경 및 경제성을 고려할 경우 가장 효과적인 방법으로 평가받고 있다. 그러나 폐플라스틱의 경우 일반적으로 3종 이상 여러 종이 혼합되어 있어 이를 재질별로 분리할 수 있는 기술개발이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 3종 이상 혼합된 플라스틱을 재질별로 분리하기 위한 다단 연속공정법을 채택한 마찰하전형정전선별 기술을 개발하여 PVC와 PET 그리고 ABS가 혼합된 플라스틱을 재질별로 95% 이상 제거할 수 있는 기술을 개발하였다.

II. 실험장치 및 방법

마찰하전형정전선별법을 이용한 혼합플라스틱의 재질분리 원리는 플라스틱 입자들 간에 충돌이 이루어지거나 제 3의 물질에 충돌하게 되면, 이때 혼합플라스틱 중 work function 값이 작은 물질은 전자를 잃어 positive(+)로 하전 되고 work function 값이 큰 입자는 전자를 얻어 negative로 하전이 이루어져 분리가 가능하게 되는 것이다. Fig. 1는 3종 혼합플라스틱의 재질분리 실험에 사용된 Bench Scale 마찰하전형정전선별 장치를 나타낸 것이다. 실험방법은 그림에서 보는바와 같이 공기를 이용하여 시료를 선별장치 하단에서 하전장치 pipe를 통해 하전을 시키면서 전기장 내로 투입하여 분리를 이루어지게 하는 것이다. Fig. 2는 PVC와 PET 그리고 ABS 3종 혼합플라스틱을 재질별로 분리하기 위한 실험 공정도를 나타낸 것이다. 실험 방법은 먼저 work function 값이 가장 큰 PVC 재질을 하전장치를 이용하여 negative로 하전 시켜 PET와 ABS 재질로부터 분리한 다음, PET와 ABS 재질은 하전물질로 HDPE를 사용하여 이들 중 work function값이 큰 PET는 negative로 그리고 work function 값이 작은 ABS는 positive로 하전시켜 3종 혼합플라스틱을 재질별로 분리하였다.



Fig. 1 Principle of Triboelectrostatic Separator developed in this study

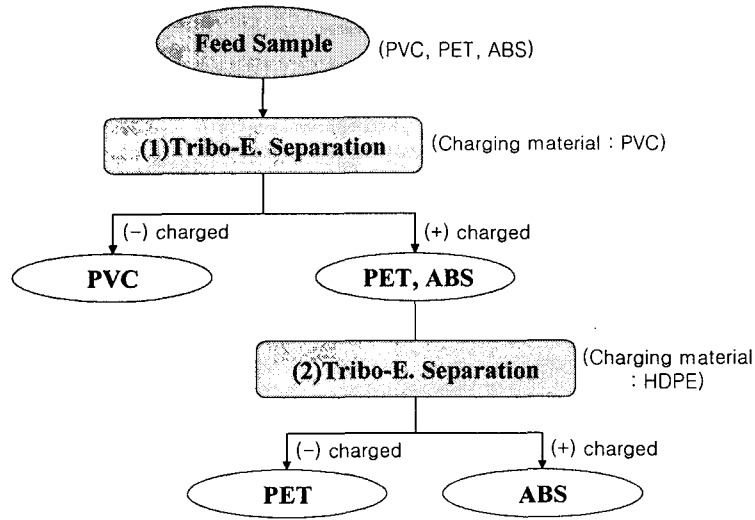


Fig. 2 Flowsheet for material separation of three kinds plastic

III. 결과 및 고찰

Table 1은 3종 혼합플라스틱을 재질분리한 실험결과를 나타낸 것으로, 앞에서 언급하였듯이 work function 값이 가장 작은 재질의 표면을 positive로 하전 시켜 분리한 다음, 남아있는 재질을 재차 마찰하전형정전선별에 의해 분리하여 3종 혼합된 플라스틱을 재질별로 분리하였다. PVC와 PET 그리고 ABS 3종 혼합 플라스틱의 경우 ABS 품위와 회수율이 각각 96.5%와 93.7%인 산물을 그리고 PVC와 PET 재질은 품위가 각각 98.3%와 91.8%인 결과를 얻었다. PVC와 HIPE 그리고 ABS재질 3종이 혼합된 플라스틱도 앞에서와 같은 공정으로 실험하여, 최적실험 조건에서 1차로 ABS의 품위가 92.5%인 산물을 얻은 다음 2차 선별실험에서 PVC와 HIPE의 품위가 각각 96.9%와 93.0%인 선별시료를 얻었다.

Table 30. Results of Triboelectrostatic Separation for material separation of three kinds plastics

PVC 산물		PET 산물		ABS 산물	
PVC	Other	PET	Other	ABS	Other
98.3	1.7	91.8	8.2	96.5	3.5
PVC 산물		HIPS 산물		ABS 산물	
PVC	Other	HIPS	Other	ABS	Other
96.9	3.1	93.0	7.0	92.5	7.5
PET 산물		POM 산물		LDPE 산물	
PET	Other	POM	Other	LDPE	Other
97.0	3.0	92.0	8.0	94.6	5.4
PET 산물		POM 산물		PMMA 산물	
PET	Other	POM	Other	PMMA	Other
97.4	2.6	89.1	10.9	95.4	4.6

그리고 PVC가 혼합되지 않은 PET, POM 그리고 LDPE의 3종 혼합플라스틱의 재질분리 실험에서는 work function 값이 가장 작은 LDPE를 positive로 하전 시켜 1차로 분리한 다음, 재차 정전선별 실험을 수행하여 PET와 POM을 각각 negative와 positive로 하전 시켜 선별하였다. 실험결과 최적실험 조건에서 PET와 POM 그리고 LDPE의 품위가 각각 97.0%와 92.0% 그리고 94.6%인 정제 플라스틱을 얻었으며, PET와 POM 그리고 PMMA의 3종 플라스틱이 혼합된 시료를 대상으로 앞과 동일한 실험조건에서 PMMA를 1차 분리하고 PET와 POM을 분리하는 실험공정에서, PET와 POM 그리고 PMMA의 품위가 각각 97.4%와 89.1% 그리고 95.4%인 정제 플라스틱을 얻을 수 있었다.

IV. 결 론

3종 혼합 플라스틱의 재질분리를 위한 실험결과 work function 값이 가장 작은 플라스틱을 positive로 하전 시켜 1차 제거한 후, 남아 있는 재질에 각각 반대부호의 하전 값을 부여할 수 있는 하전물질을 선정하는 방법으로 혼합된 플라스틱을 재질별로 분리한 실험결과 최적 실험조건에서, 각 재질에 따라 92%~98%의 재질분리가 가능한 선별법을 개발하였다.

V. 참고문헌

- 1) B.N. Cole, M.R. Baum, F.R. Mobbs, 1970, "An Investigation of Electrostatic Charging Effects in High-Speed Gas · Solids Pipe Flows", Proceedings Institution of Mechanical Engineers 184, Pt3C, pp77-82.
- 2). Chang, J.S. and Kelly, A.J. 1995, "Handbook of Electrostatic Processes", Marcel Dekker, Inc.
- 3). D.K. Yanar, B.A. Kwetkus, 1995, "Electrostatic Separation of Polymer Powders", Journal of Electrostatics, Vol. 35, pp257-266.
- 4). Gaudin, A.M., 1971, "The Principal of Electrical Processing with Particular Application to Electrostatic Separation," Minerals Engineerings, Vol. 13, pp46-57.
- 5). 나근배, 2000, "한국의 플라스틱 리사이클링 현황과 금후과제", 2000 KOREA-JAPAN Recycling symposium on Plastics, pp23-75.
- 6). 민병일, 1997, "우리나라 혼합 폐플라스틱의 특성 및 처리 방향", 97 폐기물 관리체계 및 재활용 기술에 관한 국제 심포지엄, pp77-98.
- 7). 손영배, 폐플라스틱의 처리와 재활용, (주)일보코리아, 2001.
- 8). 전호석, 신선명, 박철현, 문영배, 2001, "폐플라스틱의 재활용을 위한 마찰하전형정전선별(TES) 기술개발", 한국폐기물학회 추계학술발표회 논문집, 11월, 목포대학교.