

해초 건조용 폐플라스틱의 재활용을 위한 재질분리 기술개발

전호석, 박철현*, 백상호, Delgermaa**
한국지질자원연구원, 한양대학교*, 수원대학교**

The Development of Material Separation Technique for Recycling of Seaweed Drying Waste Plastic

Ho-Seok Jeon, Chul-Hyun Park*, Sang-Ho Baek, Delgermaa**
KIGAM, Hanyang University*, Suwon University**

I. 서론

플라스틱은 가볍고, 물성이 좋으며 내약품성이 뛰어나 뿐 아니라 부패하지도 않으며, 성형이 쉽다는 다양한 장점과 저가라는 경제상의 특징으로 오랫동안 사회의 모든 분야에 널리 사용되고 있다. 현재 우리나라는 년 간 약 950만 톤의 플라스틱을 생산하고 있으며, 이로 인하여 매년 약 400만 톤의 폐플라스틱이 발생하고 있으나, 재활용률이 20~30% 정도로 낮아 많은 양의 폐플라스틱이 매립이나 소각에 의해 처리되고 있다. 소각하여 감용화가 가능한 폐기물은 소각하는 것이 일반적이다. 그러나 폐플라스틱의 경우 다량의 첨가물들로 인하여 연소시에 고온에 의해 소각로를 훼손하거나, 다이옥신 및 유독가스 등을 배출해 환경오염의 거시적 원인이 되고 있다. 또한 폐플라스틱을 재활용할 수 없어 경제적 손실이 야기되고 있는 실정이다. 정부의 정책적 측면에서도 환경오염 문제 및 재활용률 제고를 위하여 폐플라스틱의 매립과 소각을 법으로 금지하고 있으며, EPR 제도를 시행중에 있다. 따라서 폐플라스틱을 재질별로 분리하고 재활용할 수 있는 선별기술이 필요한 실정이다.

우리나라의 남해안과 서해안은 김과 같은 해초 재배가 많아 이를 위한 해초 건조용 발을 많이 이용하고 있다. 이러한 해초 건조용 발의 경우 염수로 인한 부식이 심해 사용기간이 짧다는 특징을 가지고 있어, 정확한 통계는 잡히지 않지만 많은 양의 폐플라스틱이 발생되고 있는 실정이다. 그러나 재활용을 위한 기술개발이 이루어지지 않아 전량 소각 및 매립에 의해 처리되고 있어 환경오염 및 경제적인 손실을 야기하고 있다. 따라서 본 연구에서는 분급과 마찰하전형정전선별법을 적용하여 해초건조용 폐플라스틱의 재활용을 위한 재질분리 연구를 수행하였다.

II. 시료 및 실험방법

본 연구에 사용된 시료는 (주)에코닉스에서 입수한 해초건조용 폐플라스틱으로써, 분석결과 PE 재질이 85%, ABS 재질이 10% 그리고 Nylon 재질이 5%로 구성되어 있음을 확인하였다.

본 연구에서는 해초건조용 폐플라스틱의 재질분리를 위하여 5%를 차지하고 있는 Nylon 재질을 분급에 의하여 제거하였으며, 나머지 PE 재질과 ABS 재질은 마찰하전형정전선별법을 적용하여 재질분리 하였다. Table 1은 PE와 ABS가 혼합되어 있는 해초건조용 플라스틱을 마찰하전형정전선별 장치를 이용하여 재질분리 할 때, 두 시료를 각각 다른 극으로 하전시킬 수 있는 하전물질로 선정하기 위한 플라스틱들의 일함수 값을 나타낸 것이다. Table 1에서와 같이 PE와 ABS를 재질분리하기 위하여 하전물질로 사용 가능한 재질은 이들 두 시료의 중간 일함수 값을 갖는 PS와 PET 재질이다. 따라서 PS와 PET 재질을 하전물질로 이용하여 PE와 ABS 재질의 하전특성을 연구하였다. Fig. 1은 해초건조용 폐플라스틱의 재질분리를 위한 마찰하전형정전선별법의 분리공정을 나타낸 것으로, 먼저 해초건조용

페플라스틱을 cutting mill에 의해 파쇄하고 체에 의해 목적한 크기로 입도조절 하였다. 입도 조절된 시료는 cyclone 내부에 공기와 함께 투입하여 충돌·마찰시킨 후, 서로 다른 극으로 하전 된 입자를 고전압의 전기장으로 이동시켜 분리하였다. 또한 전극의 전압세기, 분리대의 위치, 공기의 세기, 습도 등의 실험조건을 변화하면서 최적 선별조건을 확립하였다. Fig. 2는 본 연구에 사용된 연속처리가 가능한 cyclone 하전장치를 나타낸 것으로, 하전특성 실험에서 규명된 해초건조용 페플라스틱 재질분리에 적합한 PS 재질이 cyclone 내부에 tapping 되어있다.

Table. 1 Work function of various plastics obtained in this study.

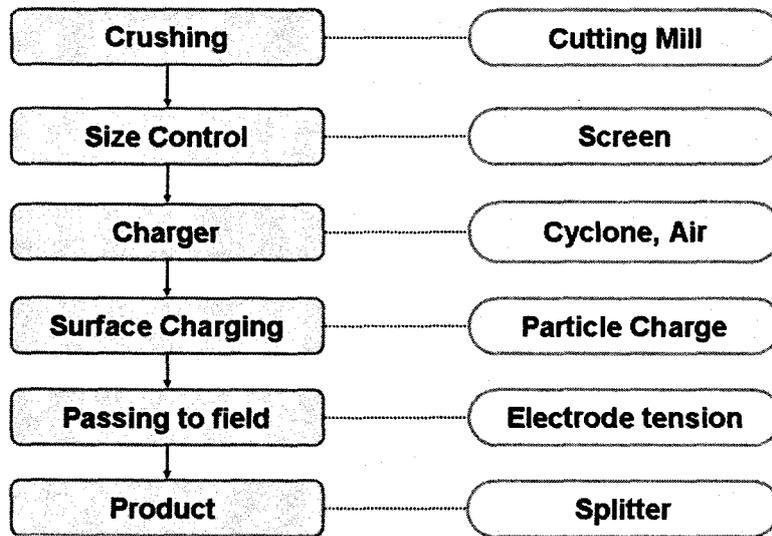
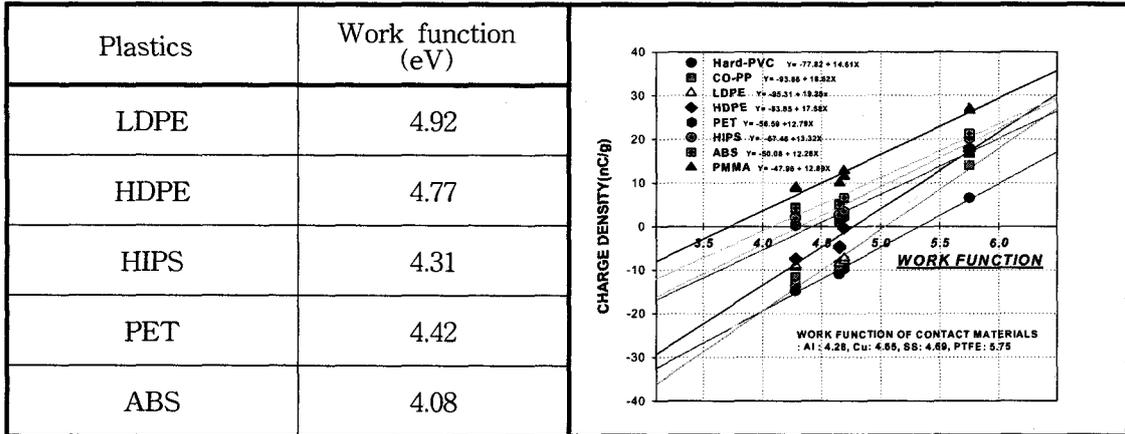


Fig. 1 Flowchart of triboelectrostatic separation used in this study.



Fig. 2 The tribo-charger of cyclone type used this study.

III. 실험결과

Fig. 3은 PS와 PET 재질을 하전물질로 사용하였을 때, PE와 ABS 두 시료의 하전특성 실험결과를 나타낸 것이다. Fig. 3에서 알 수 있듯이 PS 재질을 하전물질로 사용하였을 경우 최적 retention time 에서 PE와 ABS 재질이 각각 -22nC/g 과 $+24\text{nC/g}$ 의 높은 하전 값을 나타내는 반면, PET 재질을 하전 물질로 사용하였을 경우 PE와 ABS 재질 모두 $\pm 5\text{nC/g}$ 이하의 하전 값을 나타내어, PS 재질이 PET 재질보다 효과적임을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 PS 재질을 최적 하전물질로 선정하여 조건변화 실험을 수행하였다.

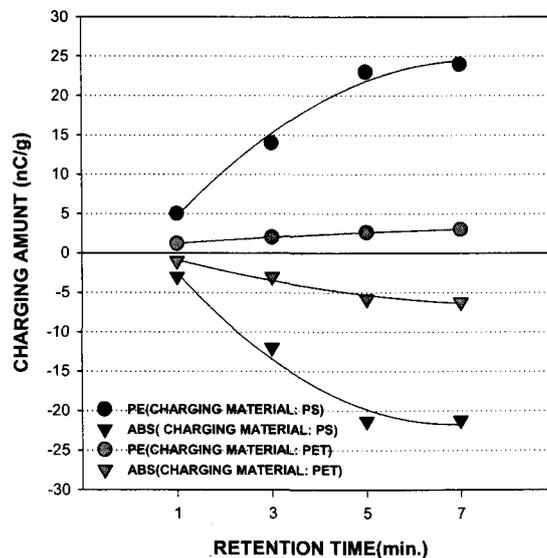


Fig. 3 Charging density on retention time in charging test.

Fig. 4의 A는 하전물질로 PS 재질을 사용하여 하전 된 해초 건조용 폐플라스틱을 재질분리 할 때 전극의 전압세기가 PE 재질의 품위와 회수율에 미치는 영향을 관찰하기 위하여, 전압의 세기를 10kV에서 25kV 까지 변화하며 실험한 결과이다. 실험결과 전극의 전압세기가 높을수록 PE 품위와 회수율이 증가하여 선별효율이 증가하는 것을 알 수 있다. 즉, 전극의 전압세기 10kV일 경우 분리된 PE 재질의 품위와 회수율이 각각 97.9%와 60.6%로 가장 낮지만, 전압의 세기가 증가하면서 품위와 회수율이 함께 증가되어 전압의 세기가 가장 높은 25kV에서는 PE의 품위와 회수율이 각각 99.2%와 90.7% 까지 증가

된다. 이와 같이 전극의 전압이 증가하면서 선별효율이 증가하는 이유는 하전 된 입자들의 하전량이 20nC/g 정도로 매우 낮아 이를 분리하기 위해서는 높은 전극의 전압세기가 필요하기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 PE 재질의 품위와 회수율이 가장 높은 전극의 전압세기 25kV를 최적 실험조건으로 하였으며, 이때 PE 재질의 품위와 회수율은 각각 99.2%와 90.7%인 결과를 얻었다.

Fig. 4의 B는 공기의 세기가 해초 건조용 폐플라스틱의 재질분리에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 실험결과 공기량의 경우 3kg/cm²까지는 선별효율이 증가하지만, 이보다 공기량이 많아지면 다시 선별효율이 감소되는 것을 알 수 있다. 즉, 공기량이 가장 작은 2kg/cm²일 경우 PE 재질의 품위와 회수율이 각각 94.6%와 81.8%로 낮지만, 이보다 공기량이 많은 3kg/cm²에서는 PE 재질의 품위와 회수율이 각각 99.2%와 90.7%로 가장 높은 것을 알 수 있다. 그러나 공기량이 이보다 증가하면 다시 PE 재질의 품위와 회수율이 감소하여 공기량이 가장 높은 5kg/cm²에서는 PE 재질의 품위와 회수율이 각각 96.3%와 83.2% 까지 감소된다. 이와 같이 2kg/cm²에서 선별효율이 낮은 것은 공기량이 부족하여 시료를 충돌 및 마찰에 의해 하전 시킬 때 에너지가 부족하기 때문이며, 3kg/cm²보다 많은 공기량 4kg/cm²와 5kg/cm²에서 선별효율이 감소하는 것은 공기량이 강해 입자들의 하전은 효율적으로 이루어지나, 시료가 전기장 내를 너무 빠르게 통과하기 때문이다.

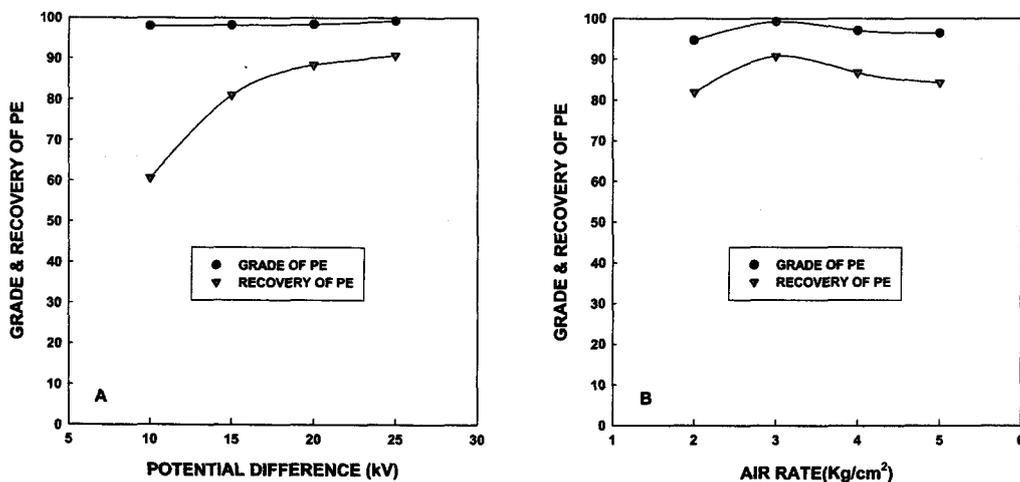


Fig. 4 Effect of various factors on recovery and grade of PE.

IV. 결론

본 연구에서는 해초건조용 폐플라스틱의 재활용을 위한 재질분리 연구를 수행하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다. 원 시료의 분석결과 PE와 ABS 재질이 각각 85%와 10% 그리고 Nylon 재질이 5%로 구성되어 있으며, Nylon 재질은 공기분급으로 99.5% 이상 제거하였다. 그리고 PE와 ABS 재질을 분리하기 위한 마찰하전형정선별 실험에서 PE와 ABS 재질을 각각 -22nC/g과 +24nC/g까지 하전 시킬 수 있는 PS 하전물질을 개발하였으며, PS 재질의 cyclone 장치를 이용한 재질분리 실험결과, 최적 실험조건인 전극의 전압세기 25kV, 공기량 3kg/cm², splitter position +3cm(positive electrode) 그리고 상대 습도 40% 이하에서 PE의 품위와 회수율이 각각 99.2%와 90.7%인 결과를 얻어, 해초 건조용 폐플라스틱의 재활용 기술을 확립하였다.

V. 참고문헌

1. H.R. Manouchehri, 2000, Review of Electrical separation methods, Mineral and Metallurgical Processing, Vol. 17, pp 23-36.
2. E. G. Kelly, D. J. Sottiswood, 1988, The theory of electrostatic separations : a Review, Part. I,

- Fundamentals, Minerals Engineering, Vol. 2, No. 1, pp. 33-46.
3. Jing Wei and Matthew J. Realf, 2003, Design and optimization of free-fall electrostatic separators for plastics recycling, AIChE Journal, Vol. 49, No. 12, pp. 3139-3149.
 4. D.K. Yanar, B.A. Kwetkus, 1995, Electrostatic separation of polymer powders Journal of Electrostatics 35, pp257-266.
 5. Inculet, I.I., Castle, G.S.S. 1994, Tribo-Electrification System for Electrostatic Separation of Plastics, IEEE Trans. IAS, pp1397-1399.
 6. G.L. Hearn, J.R. Ballard, 2005, The use of electrostatic techniques for the identification and sorting of waste packaging material, Resources, Conservation & Recycling, Vol. 44, pp 91-98.

사사

본 연구는 과학기술부의 21C Frontier 연구개발 사업으로 자원 재활용 기술개발사업단의 지원으로 연구가 수행되었으며, 이에 감사드립니다.