# 습식비중차선별에 의한 혼합폐플라스틱으로부터 PVC제거에 관한 연구

유재명, 최우진, 이호익
수원대학교 환경공학과

# Removal of PVC from Mixed Plastic Waste by Wet Gravity Separation

Jae Myeong Yoo, Woo Zin Choi, Ho Ik Lee
Department of Environmental Eng., The University of Suwon

## 1. 서론

폐플라스틱발생량은 년간 300만톤에 이루고 있으며, 증가율도 년간 12%이상 증가 추세를 보여주고 있다. 그러나, 폐플라스틱 재활용율은 16.6% 수준으로 다른 폐기물에 비해 극히 낮은 수준이며, 그 이유는 적합한 처리방법의 부재, 낮은 경제성 때문이다. 소각의 경우 다이옥신과 같은 유해성가스의 발생으로 환경오염의 원인이 되며, 매립의 경우도 매립지 부족으로 처리가 한계 상황에 이르고 있다. 특히 분리배출 후 발생되는 혼합폐플라스틱 종말품은 2002년 경우 약 87만톤에 달하고 있으며 이중 물질재활용 17만톤, 농촌폐비닐에서 회수되는 양 10만톤, 에너지회수 약 1만톤정도로 추정되고 나머지 59만톤은 소각 또는 매립되고 있는 실정이다. 2003년도부터 실시중인 생산자책임재활용제도의 확대 실시로 혼합폐플라스틱의 발생량은 급격히 증가될 것으로 예상되고 있다.

국내의 경우 혼합폐플라스틱에 함유된 PVC가 약 2.4%에 달하고 있어서 이들 폐플라스틱의 재활용에 커다란 제약이 되고 있으며, 따라서 선별과정을 거쳐서 PVC를 효율적으로 제거하면 유화, 고로환원제, 가스화, 제철연료화, 시멘트소성로 연원료나 보일러의 에너지원 등으로 활용이 가능하며 플라스틱제품 개발시 폐기시 재활용률을 고려한 환경친화적인 제품설계 등에 활용 할 수 있다. 일반적으로 재활용이라 함은 재생원료나 재생제품을 만드는 것으로 인식하고 있으나 폐플라스틱은 기름(탄화수소계)으로, 또는 에너지원으로 확대 활용하는 것이 바람직하다. 혼합폐플라스틱을 선별하는 기술로는 건습식비중(풍력, 원심력 등), 광학(x선, 근적외선 등), 부유선별 또는 자력(자장, 정전, 와전류 등)선별 등이 있으나, 최근에는 습식비중선별기술이 보편화되고 있는 실정이다. 특히 독일 KHD사가 개발한 CENSOR라 불리는 원심분리기는 물이나 비중액을 이용하여 세척, 분리, 탈수를 동시에 수행할 수 있는 특징을 가지고 있다. 이 기술은 일본에서도 도입하여 현장에 사용하고 있으나, CENSOR는 PVC분

리효율이 98~99% 수준으로 PVC 1%의 경우 Cl함유율로 0.5%(5,000ppm)이므로 재활용업체에서 요구하는 선별효율에 미치지 못하고 있다. 본 논문에서는 종말품에서 PVC를 효율적으로 제거하여 회수된 PO계 플라스틱의 Cl함량이 0.15%이하로 달성 할 수있는 선별시스템을 제시하고져 한다.

## 2. 혼합폐플라스틱의 재질별 선별 시스템

① 처리공정도

Fig. 1은 본 연구에서 개발중인 혼합폐플라스틱의 재질별 선별시스템의 개략도이다. 분리수거 후 회수된 혼합폐플라스틱 종말품은 1차적으로 풍력선별기에서 이물질을 제거한 후 1차 및 2차파쇄(15mm이하)후 습식비중선별시스템으로 정량 투입된다. 일반적으로 파쇄된 혼합폐플스틱내에는 종이나 종이가 함유된 플라스틱 라벨 등이 함유되어 분리공정에 장애가 되며, 따라서 본 연구에서는 습식비중선별시스템에 파쇄시료를 투입하기 전에 해섬지 및 미세물을 제거하고 있다. 습식비중선별시스템내로 투입된 시료는 우선 혼합기에서 플라스틱 입자중에 부착된 토사나 이물질을 추가적으로 분리 세척시킨다. 비중선별은 원심분리개념을 이용한 것으로서, 저비중(비중 1이하)과 고비중(비중 1이상)물질로 분리 배출시키며, 저비중물(PE, PP, PS계)과 고비중물(PVC, PET, ABS 등)은 각각 경량물 및 중량물 탈수기에서 탈수된 후 회수 된다. 원심분리기내에서는 플라스틱입자를 강하게 마찰시키므로서 표면의 친수성이 크게 증가하게 된다. 또한 본 선별시스템의 주요특성은 일반 비중선별장치는 분리매체(물)의 유동성이 낮으나 본 장치의 경우 경량물이 물의 유동방향을 따라 배출되고 있다. 또한 독일 CENSOR공정의 경우 건조공정을 채택하고 있으나, 본 공정은 탈수공정만을 채택하고 있다. 사진 1은 본 비중선별시스템(처리용량 0.5t/h)의 본체를 보여 주고 있다.

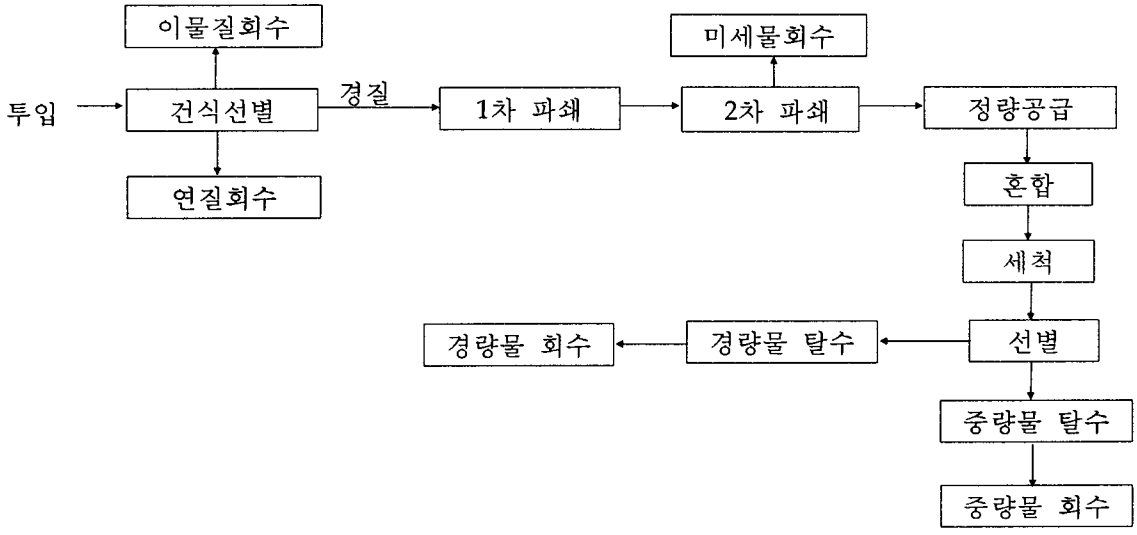
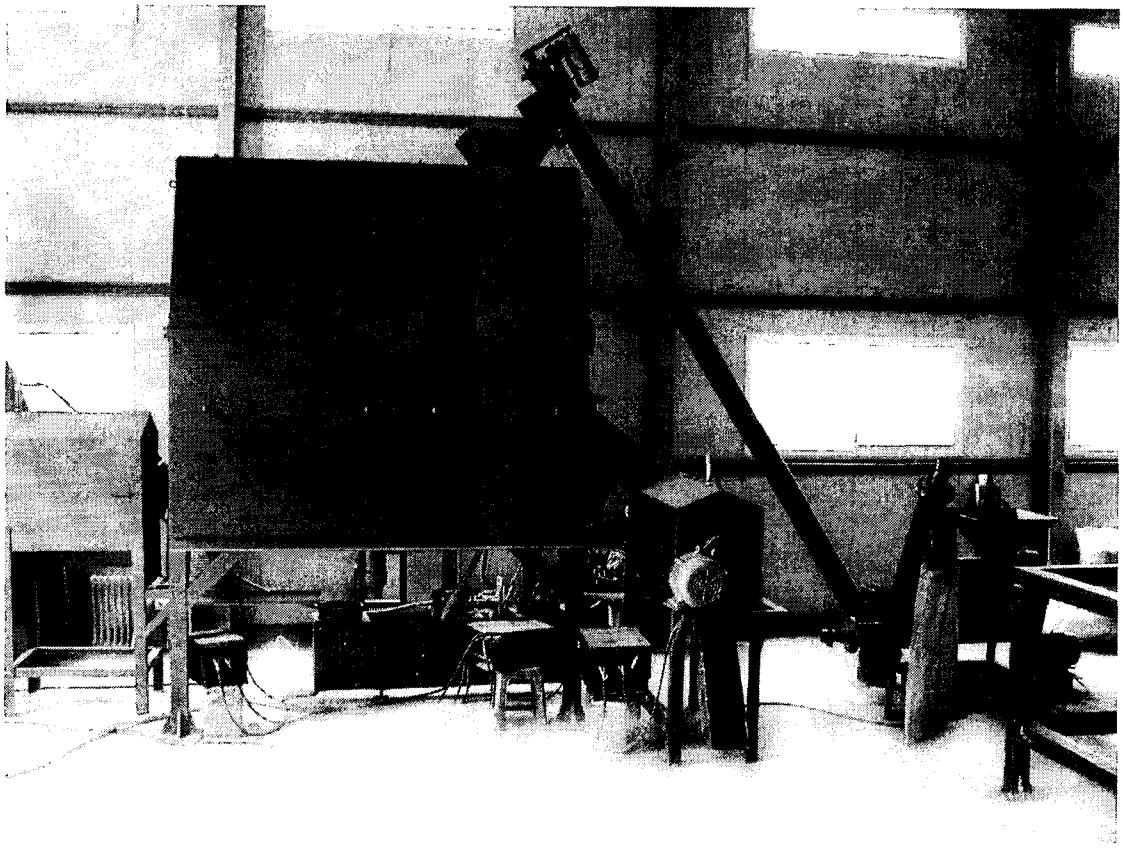



Fig 1. 혼합폐플라스틱의 재질별 선별처리공정도



<사진> 시간당 500kg처리용량의 습식비중선별시스템

### 3. 혼합폐플라스틱 특성조사

#### 1) 혼합폐플라스틱 종말품의 재질, PVC함량조사

생활계폐기물(1.5%) 및 생활계배출폐플라스틱류(0.2%)의 Cl농도 분석이다.

생활계폐기물 중 Cl성분은 음식물류, 플라스틱, 우유팩, 종이류 등에서 높게 나타난다. 혼합폐플라스틱 종말 품의 경우 PO계 78%, PVC 7%, PET 15% 함유하고 국내 RPF의 Cl함량은 2.6~ 7.74% 수준이며 일본 JIS의 경우 RDF의 Cl 권장량은 0.5~1% 수준이다. 폐플라스틱의 재활용 용도개발은 특히 연료화 또는 유화로 활용하기 위해서는 Cl함유량이 0.15%이하(PVC함량 0.35%)가 요구 되고 있다.

#### 2) EPR 종말품(혼합쓰레기) 성상조사

쓰레기 중 합성수지(EPR 품목, 비닐, EPS, PSP, 기타) 함유비율 36.4%이고 소각, 매립 쓰레기 중 합성수지 함유 비율은 21.65%이다. EPR품목 중 플라스틱 재질별 함유비율 PS 60.6%, PVC/PET/ABS 31.9%, PO계 7.51%이다.

## 4. 비중선별시스템 예비실험 결과

Table 1는 시간당 500kg처리용량의 습식비중선별시스템을 이용하여 폐플라스틱의 재질별 선별실험을 수행한 결과를 보여주고 있다. 본 실험에서는 약 160kg의 혼합폐플라스틱 분쇄시료(15mm이하)를 사용하였으며 분리선별 후 회수된 경량물 129kg 중량물 5.6kg 및 선별장치내 잔류량 23.7kg으로 분석 되었다. Table 2는 회수된 경량물에 대한 분석결과를 보여주고 있다. Table 2에서 알 수 있듯이 회수된 경량물에는 중량물로서 PVC, PET, ABS와 일부 PS 및 기타물질로 구성되어 있으며, 회수된 경량물 중 중량물의 함량은 0.186%로서 경량물의 PE, PP, PS함량은 99.81%로 나타났다. 회수된 PO계 경량물의 발열량은 약 8,800kcal/kg으로 이 시료를 유화공정에 이용시 탄화수소 회수율은 약 95%에 달할 것으로 예측된다. 또한 회수된 경량물의 수분함량은 2.58%이었으며 반면에 중량물의 수분함량은 1.56%에 불과하였다.

Table 1. 실증플랜트 0.5t/h용량의 습식비중선별시스템 시험가동 결과 분석치

(단위: g)

| 회수경량물 | 재질 | 회수량 | 비율(%) |
|---|---|---|---|
| 경량물 | 함수인공탈수 (PP, PE) | 22,600 (건조: 18,736.6) | 97.94 |
| | 라벨 | 34 | 0.18 |
| | PS | 285 | 1.49 |
| 중량물 | PVC | 0.1 | 0.0005(5ppm) |
| | PET | 1.5 | 0.008(80pm) |
| | PS, ABS, Mix, 기타 | 72 | 0.37 |

※ PVC, PET, 라벨을 제외한 함수인공탈수(PP, PE), 중량물(PS, ABS, Mix, 기타)의 불순물 비율 : 0.186%

Table 2. 예비실험결과

| 성분 / 구분 | PE · PP | PS | PVC · PET · ABS | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| 원시료 | 24kg(60%) | 8kg(20%) | 8kg(20%) | 투입시료 총량 : 40kg |
| 경량물 | 23.76kg(78.6%) | 6.299kg(20.8%) | 0.184kg(0.6%) | 총량 : 30.244kg |
| 중량물 | 0.209kg(2.1%) | 1.70kg(17.6%) | 7.765kg(80.3%) | 총량 : 9.67kg |
| 경량물 회수율 | 94% | | 중량물 회수율 | 97.1% |

## 5. 결론

세계적으로 가장 우수한 습식비중차 원심분리기는 독일의 CENSOR이며, 또한 현재 미국에서 상용화되고 있는 하이드로사이클론의 PVC선별효율은 99%수준이다. 그러나, PVC선별효율이 99.65%이상이어야 실제 재활용업계에서 사용이 가능한 실정이다. 현재 국내에서 적용이 가능한 선별기술은 세척, 선별(수선별 포함)을 수행한 후 폴리올레핀계의 함유비율이 78%수준에 불과한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 CENSOR보다 선별효율이 우수한 습식비중선별시스템 개발이 목적이며, 분리 후 회수된 PO계 플라스틱 중 PVC함량이 0.3%이하 달성이 가능할 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 연구는 21C 프론티어연구개발사업, 산업폐기물재활용기술개발사업의 일환으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

1. Will, B. A.(1998) Mineral Processing Technology, 4th Edition, Pergamon Press.
2. Andreas Bertram & Karl-Heinz Unkelbach: High duty plastics recycling with the aid of sorting centrifuges, 20th International Mineral Processing Congress, Proceedings, Aachen, Germaney, p373-382, 1997.
3. Taggart, A.: Handbook of Mineral Dressing, John Wiley & Sons, New York, 1954.
4. R. Buchan & B. Yarar: Recovering plastics for recycling by mineral processing techniques. JOM, 47, 2, 52-55, 1995.
5. R. Buchan & B. Yarar: Application of mineral processing technology to plastic recycling, SME Annual Meeting, Denver, Colorado, Preprint No. 95-124, 1995.