

필름포장재 물질재활용 실증화 사례

Verification and Status of Lightweight Aggregate based Coal Ash



양근혁 Keun-Hyeok Yang
 경기대학교 건축공학과 정교수
 E-mail : yangkh@kyonggi.ac.kr



권성준 Seung-Jun Kwon
 한남대학교 토목환경공학과 부교수
 E-mail : jjuni98@hnu.ac.kr



임희섭 Hee-Seob Lim
 ㈜평화엔지니어링 기술연구원 책임연구원
 E-mail : heesubim@pec.kr

1. 서론

현재 문명에서 가장 활발하게 사용하고 있는 필름포장재는 해마다 발생량이 늘어가고 있는 실정이다. 2014년 국내 플라스틱 폐기물발생량이 639만 톤, 2015년 690만 톤으로 2010년부터 2015년까지 5년간 연평균 6.4%의 증가율을 보였다. 2015년 플라스틱 폐기물의 구성 비율을 살펴보면 사업장배출시설계폐기물이 57.5%로 가장 큰 비중을 차지하였으며, 다음으로 생활계폐기물이 33.8%, 건설폐기물 8.7%인 것으로 [표 1]과 같이 조사되었다.

[표 1] 플라스틱 폐기물의 구성 비율 (2014~2015)

연도	산업폐기물	생활폐기물	건설폐기물	산업장 생활폐기물
2014년	56.5%	26.8%	9.1%	7.7%
2015년	57.5%	25.8%	8.7%	7.9%

국내 포장재의 회수 및 재활용에 대한 생산자책임재활용 의무는 2003년 도입된 EPR 제도부터 본격적으로 시작되었으며, 관련된 통계 역시 2003년부터 구축되기 시작하였다. 4대 포장재 품목(종이팩, 금속 캔, 유리병, 합성수지 재질 포장재)을 대상으로 시작된 EPR 제도는 2014년부터 "자원의 절약과 재활용 촉진"에 관한 법률의 개정에 따라 기존 4대 포장재와 5대 제품군 외에도 모든 합성수지 재질의 포장재 역시 EPR 대상 품목 포장재로 확대되었다.

EPR제도 내에서 플라스틱 포장재는 합성수지 재질의 포장재로 명명하고 있으며, EPR 제도 내에 적용되는 플라스틱 포장재는 음식료품류, 농수축산물, 세제류, 화장품류, 의약품, 부탄가스제품, 살충살균제, 의복류, 종이 제품류, 고무장갑제품 포장재, 부동액 브레이크 및 윤활유에 사용되는 합성수지 재질의 포장재를 의미하고 있다. 2011년 이후 필름포장재 경우 배출량 대비 수거량은 55% 수준에 머물고 있지만, 수거량 대비 재활용 실적은 우수한 수준으로 나타나고 있다. 주요 영농폐기물 중 필름포장재의 재활용 실적은 2011년 이후 연간 18만 톤 수준으로 발생량 대비 55%, 수거량 대비 100% 수준으로 나타났다. <그림 1>에서는 필름포장재의 발생량 및 재활용 실적을 나타내고 있다.

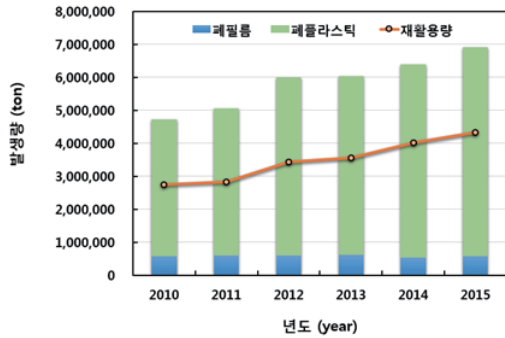


그림 1. 필름포장재의 발생량 및 재활용량 현황 (환경부, 2015)

또한 재활용되는 필름포장재 포장재의 경우, 2014년 기준으로 에너지 회수를 통한 고형연료로써의 재활용이 70.6%로 대부분이며, 물질재활용을 통한 재활용 비율은 22.6% 매우 낮은 실정이다. 물질재활용된 22.6%의 필름류 포장재 중 부가가치가 높은 성형제품 제조의 비율은 단 4%로 매우 낮은 실정이다. 앞서 언급한 것과 같이, 최근에는 열적 재활용을 통한 재활용 또한 원유가의 하락으로 인하여 경쟁력이 약화되고 있으며, 재활용 과정에서 발생하는 유해물질로 인하여 지역민과의 갈등 문제가 늘어나고 있는 추세이다. 이러한 문제점 해결을 위하여 열적 회수 재활용에 치중되어 있는 현재 필름류 재활용 구조를 벗어나 상대적으로 고부가가치 창출이 가능한 필름류 물질재활용 시장 활성화의 필요성이 점차 증가하고 있으며, 해당 시장을 활성화시키기 위한 연구가 다방면에서 지속적으로 필요하다.

본고에서는 상기와 같은 배경 하에 필름포장재의 실증화 사례를 소개하고자 한다.

2. 국외 필름포장재 재활용 제품적용 사례

EU에서는 LDPE, HDPE, PP가 가장 많이 사용되는 합성수지이며, LDPE의 경우는 가방, 장난감, 파이프프로 주로 사용되고 있으며, HDPE의 경우에는 가정용품, 필름, 가스파이프로 사용되며, PP는 필름, 배터리케이스, 자동차 부품 등으로 주로 사용되고 있다. 미국에서는 PET > HDPE > LDPE > PVC >

PS > PP 순서로 소비되고 있다. 폐플라스틱의 재활용은 포장용기, 특히 PET로 만든 청량음료병과 HDPE로 만든 우유병으로 시작되었다. 재활리공장에서 수작업과 기계에 의해 분류된 후 고속의 절단기 및 분쇄기로 박편을 만들어 세제와 물로 세척 후 건조된 박편은 용해 및 Pellet 구조를 거쳐 새로운 플라스틱 제품으로 성형된다. 일본의 PET 재활용기술은 국내와 마찬가지로 주로 물질 재활용에 치중되어 있다. 이는 PET 병을 수거하여 선별, 수거, 세척 건조 과정을 거쳐 섬유회사에 섬유 옷감, 카펫 등으로 재활용하여 왔다. 그러나 최근 일본에서는 PET 병을 원료물질로 전환시키는 화학적 재활용 연구에 집중하고 있다.

또한 최근 미국 하와이 벤처회사 '바이퓨전'이 빈곤층 집을 지어주기 위해 폐플라스틱 벽돌을 만들어서 사용하고 있다. 뜨거운 물을 이용하여 높은 압력으로 압축하여 제작하여 접착제나 첨가제 등이 전혀 사용되지 않아 친환경적으로 제작되었다. 콘크리트 벽돌과 비교하여 제작 시 온실가스 발생을 95% 절감할 수 있으며, 폐플라스틱을 바로 재활용하여 사용하기 때문에 쓰레기로 처리할 필요 없이 추가 운송 및 매립비용이 절감되며, 적은 비용으로 집을 지을 수 있는 장점을 갖고 있다. 다음 <그림 2>, <그림 3>은 폐플라스틱 블록 및 벽돌 제품을 나타냈다.

3. 필름포장재 재활용의 한계성

대부분의 필름포장재 재활용 업체에서는 필름포장재 반입 시 문제점으로 이물질 함유량과 수분 함량이 높으며, 재활용 단계에서 발생하는 악취문제가 큰 것으로 확인되었다. 이물질로 인하여 선별과정에서 인력선별, 풍력선별, 자력선별을 시행하여야 하며 이에 따른 추가적인 비용이 발생하고 있으며, 특정 업체의 경우에서만 이와 같은 선별을 모두 진행하는 것으로 나타났다. 대부분의 필름포장재 재활용 업체에서는 인력선별을 중심으로 진행하고 있지만, 인력난으로 인한 선별의 한계점이 발생되고 있는 것으로 확인되었다. 또한 악취문제로는 필름 포장재에 이물질 함유로 인한 문제점으로 세척하는



그림 2. 페플라스틱 블록



그림 3. 페플라스틱 벽돌



그림 4. 분리수거 미흡 필름포장재



그림 5. 악취로 인한 주민 반대

것이 문제 해결방안이지만, 추가적인 공정이 필요하여, 환경적, 경제적 부담이 발생됨에 따라 문제점을 해결하기에는 현실적으로 불가한 상황이다. <그림 4>와 <그림 5>는 필름포장재 재활용의 문제 현황을 나타낸 것이다.

4. 국내 필름포장재 재활용 실증화 사례

4.1 필름포장재의 재활용 성형재 제조 과정

폐필름 포장재의 재활용 성형재 제조 과정을 그림 3.1에 요약하였다. PE, PP, PS 및 PA 등의 폐필름 포장재는 각 재료별 선별 없이 수거 후 1차 파쇄와 2차 고입자 분쇄과정을 거쳐 성형을 위한 탱크에 저장된다. 1차 파쇄 전 선별과정에서 이물질 및 수분 등이 1차 제거되지만 이들이 완벽하게 처리되지는 않는다. 더불어 성형 탱크에 저장되는 고입자들은 PE, PP, PS

및 PA 등의 혼합비율에 대한 관리체계가 없기 때문에 이들의 혼합비율에 대한 정확한 정보의 데이터베이스는 현실적으로 어려운 상태이다. 이는 이들 폐필름 포장재들의 수거지역과 시기에 따라 그리고 수거되는 재료들의 상태에 따라 성형을 위한 고입자들의 성분이 매우 다를 수 있음을 의미한다. 탱크에 저장된 고입자는 자력을 통하여 금속류의 이물질들을 분리하고 고온 용융과정을 거쳐 일정 형상과 크기의 몰드를 이용하여 성형한다. 성형제품은 기건 상태에서 냉각하여 제품의 출하 준비를 마치게 된다.

4.2 필름포장재 재활용재의 역학적 특성 검토

플라스틱은 밀도가 1.0g/cm^3 수준의 경량 재료로서 건설재료로서의 활용할 경우 시공이 용이하고, 내식성 및 내구성이 우수해 부패 및 부식이 쉽게 일어나지 않는 장점을 갖고 있다. 또한 필름포장재 재활용은 원유수입 절감과 함께 플라스틱 폐



그림 6. 필름포장재 재활용 제품의 생산 프로세스

기물로 인한 환경오염방지에 효과적이라 판단된다. 하지만 생산설비 및 수거 원료 등이 재활용 제품에 대한 품질이 균일하지 않으며, 해당 제품의 역학적 특성의 정립이 되어있지 않은 실정이다. 이에 필름포장재 재활용재의 역학적 특성 평가를 다음 [표 2]와 같이 진행하였으며, 실험결과는 다음 <그림 7>, <그림 8>, <그림 9>에 나타났다. 폐필름 포장재 재활용 성형재의 압축강도, 인장강도, 휨강도 결과는 제조사 및 제조일에 따라 차이를 보였다.

4.3 필름포장재 재활용제품의 적용 가능성 분석

필름포장재 재활용 성형재의 역학적 실험 결과 압축강도는 최대 23.5 MPa로 나타났으며, 인장강도는 20.1 MPa, 휨강도는 27.5 MPa로 나타났다. 아래 [표 3]은 플라스틱 LDPE, HDPE의 역학적 특성을 나타낸 것과 비교하여, LDPE와

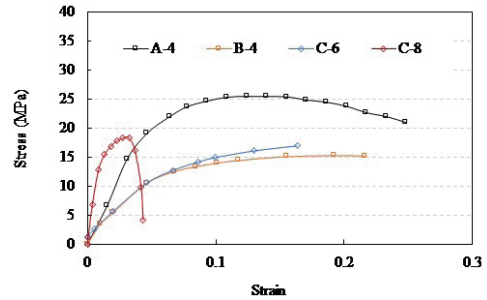


그림 7. 압축 응력-변형률 관계

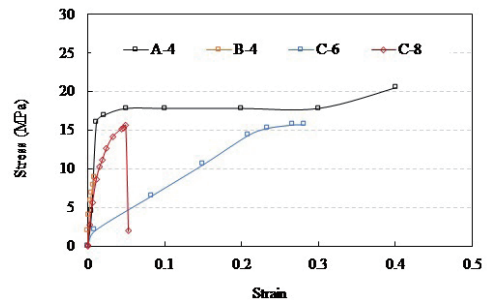


그림 8. 인장 응력-변형률 관계

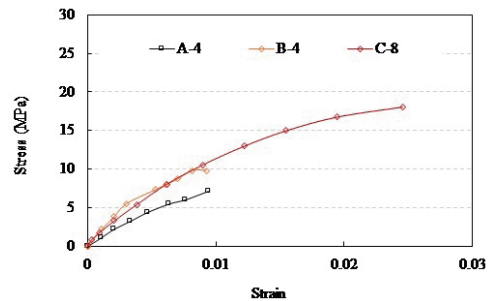


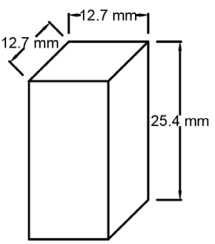
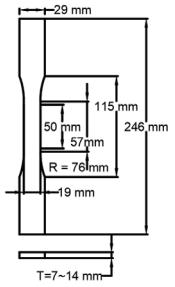
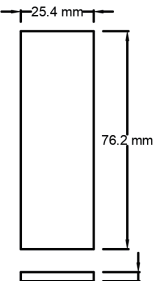
그림 9. 휨 응력-변형률 관계

HDPE 중간의 성능결과를 나타남에 따라, 플라스틱 재활용의 가능성은 확인할 수 있었다. 또한, PC와의 비교결과 역학적 범위에 만족함을 확인할 수 있다.

4.4 보강토 블록의 활용 가능성 분석

옹벽블록은 토압력에 대하여, 충분한 지지력을 가지지 못하게 되면 배면 토압에 의하여 전방으로 밀려나오게 되는 옹벽

[표 2] 필름포장재 재활용 제품의 역학적 특성평가를 위한 시편 제작 상세

구분 (측정항목)		
압축	인장	휨
		

[표 3] LDPE, HDPE, PC의 일반적 역학적 특성 비교 (MPa)

Type	압축 강도	인장강도	휨강도
LDPE	12~18	4~16	18~27
HDPE	25~33	21~38	30~40
PC	21~35	2.5~3.3	2.9~5.9

[표 3] LDPE, HDPE, PC의 일반적 역학적 특성 비교 (MPa)

시험 항목	기준치
LDP압축강도 (MPa)E	24 이상
흡수율 (%)	8 이하
블록의 기울기	수직으로부터 최대 12%2.9~5.9
블록 치수 허용오차	폭과 깊이 ± 0.32 cm, 높이 ± 0.15 cm

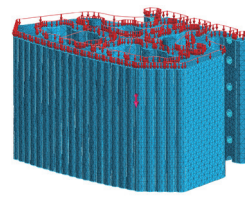


그림 10. 구조적 해석 검토



그림 11. 보강토 블록 성형제품

의 '배부름 현상'이 발생할 수 있다. 옹벽블록은 토압력에 반하는 전단저항을 갖기 위한 별도의 지지구조를 포함하고 있으며, 일반적으로 알려진 옹벽블록의 지지구조는 크게 지오그리드 앵커구조와 저항체 앵커구조가 있다. 현재까지 사용되는 보강토 옹벽은 기본적으로 콘크리트를 기반으로 제조되고 있으며, 요구 특성은 다음 표 4에 나타났다. 필름포장재 재활용 제품군으로 보강토 옹벽에 적용을 위한 구조적 해석은 다음 <그림 10>에 나타냈으며, 보강토 블록의 성형제품을 <그림 11>에 나타냈다.

5. 맺음말

필름포장재 재활용은 국내의 사회적 이슈로서 재활용의 한 계성이 지적되어 왔다. 이는 필름포장재 재활용하기 위한 관리체계가 없기 때문으로 사료된다. 관리체계를 수립하기 위해서는 필름포장재의 분류체계가 확립되어야 하며, 이물질 함유 및 재활용 제품군의 개발 등이 수립되어야 한다.

본고에서는 필름포장재 재활용 성형재의 역학적 특성을 검토하였으며, 건설사업 분야에서도 활용할 수 있는 제품군 개발을 위하여 진행하였다. 필름포장재 재활용 성형재의 활용은 사회적 문제를 해소하고, 보다 활발한 활용방안을 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

담당 편집위원 : 조형규(한국세라믹기술원)