

국내 포장 폐기물에 따른 재질별 재활용 공정 현황 및 재활용 문제점

고의석¹ · 심원철¹ · 이학래¹ · 강욱건¹ · 신지현¹ · 권오철² · 김재능^{1*}

¹연세대학교 패키징학과

²한국자원순환포장기술원

The Current Status of Recycling Process and Problems of Recycling according to the Packaging Waste of Korea

Euisuk Ko¹, Woncheol Shim¹, Hakrae Lee¹, Wookgeon Kang¹, Jihyeon Shin¹,
Ohcheol Kwon², and Jaineung Kim^{1*}

¹Department of Packaging, Yonsei University, Wonju, 220-710, Korea

²Korea Packaging Resources & Recirculation Technology Institute, Seoul, 121-745, Korea

Abstract Paper packs, glass bottles, metal cans, and plastic materials are classified according to packaging material recycling groups that are Extended Producer Responsibility (EPR). In the case of waste paper pack, the compressed cartons are dissociated to separate polyethylene films and other foreign substance, and then these are washed, pulverized and dried to produce toilet paper. Glass bottle for recycling is provided to the bottle manufacturers after the process of collecting the waste glass bottle, removing the foreign substance, sorting by color, crushing, raw materializing process. Waste glass recycling technology of Korea is largely manual, except for removal of metal components and low specific gravity materials. Metal can is classified into iron and aluminum cans through an automatic sorting machine, compressed, and reproduced as iron and aluminum through a blast furnace. In the case of composite plastic material, the selected compressed product is crushed and then recycled through melt molding and refined products are produced through solid fuel manufacturing steps through emulsification and compression molding through pyrolysis. In the recycling process of paper packs, glass bottles, metal cans, and plastic materials, the influx of recycled materials and other substances interferes with the recycling process and increases the recycling cost and time. Therefore, the government needs to improve the legal system which is necessary to use materials and structure that are easy to recycle from the design stage of products or packaging materials.

Keywords Packaging material, Recycling process, Packaging Waste, EPR

서 론

생산자 책임 재활용제도(EPR: Extended Producer Responsibility)는 생산자들이 재활용이 쉬운 재질의 제품을 생산하고 판매하는 시점까지 책임을 지는 기존 제도에서 소비자가 사용 후 발생시킨 폐기물의 재활용까지 생산자의 책임으로 범위를 확대한 제도이다¹⁾²⁾. EPR 대상에 속하는 포장재

품목은 음식료품류, 농·수·축산물, 세제류, 화장품류, 의약품 및 의약외품, 부탄가스제품, 살충·살균제, 의복류, 종이제품, 고무장갑, 부동액·브레이크액 및 윤활유 등의 포장재와 전기기기류 등의 포장재 1회용 봉투와 쇼핑백으로 구분된다. 또한 EPR제도의 재활용의무대상 품목 중 포장재군을 재료별로 구분할 경우 종이팩, 유리병, 금속캔, 합성수지 포장재 4가지 포장재로 나누어진다³⁾. 종이팩 포장재는 재생하지 않은 천연펄프를 원료로 하여 크게 살균팩(Gable top carton)과 멸균팩(Aseptic carton)으로 구분할 수 있다. 살균팩은 종이 양면에 PE(폴리에틸렌) 필름을 코팅하여 우유와 같은 액체류를 담을 수 있으며, 멸균팩은 살균팩의 내부에 AL(알루미늄)이 추가로 코팅되어있다. 유리병 포장재의 원료

*Corresponding Author : Jai Neung Kim
Department of Packaging, Yonsei University, Wonju 220-710, Korea
Tel : +82-33-760-2379, Fax : +82-33-760-2760
E-mail : kimjn@yonsei.ac.kr

는 소다석회를 주로 사용하고 있으며, 화장품에 사용되는 유백유리와 반찬용기 등에 사용되는 봉규산 유리를 사용하고 있다. 금속캔 포장재의 대부분은 철헤 또는 알루미늄캔으로 구성되어 있으며, 지금은 거의 사용되지 않지만 납땜캔도 사용되었었다. 합성수지 포장재의 경우는 합성수지 포장재는 그 형태와 재질이 매우 다양하여 분류방법이 다양한데 주로 PSP재질, PVC재질, 단일재질 및 복합재질 혹은 필름류 및 시트류 등으로 나누어진다. 이 연구에서는 EPR 대상 중 4개 포장재군인 종이팩, 금속캔, 유리병, 합성수지포장재의 국내 재활용 공정 현황을 알아보고 각 재료별로 재활용 공정에서 발생할 수 있는 문제점을 확인하였다.

본 론

1. 국내 종이팩 포장재의 재활용 공정 현황 및 문제점

종이팩 재활용 과정은 일반적으로 폐종이팩을 세척, 분쇄하고 펄프화하여 화장지 원단으로 만든 후 다양한 형태의 화장지로 가공 및 생산하는 단계로 이루어진다. 먼저 종이팩의 수집·선별은 종이팩을 별도 분리수집하거나 폐지 등과 혼합배출 후 선별장에서 선별 후 수집한다. 이렇게 공급받은 종이팩을 세척·분쇄하고 펄프화하여 원단으로 만든 후 화장지 등으로 생산하는데 그 공정도는 Fig. 1과 같다.

종이팩 재활용 공정을 구체적으로 살펴보면 100~200 kg의 덩어리 형태로 압축된 종이팩을 해리하기 위하여 펄프에 넣고 물과 화학약품을 첨가하여 일정시간(약 1~2시간) 교반하면 표면과 내면에 접착되어 있는 폴리에틸렌 필름 및 기타 이물질 등이 분리된다. 스크린, 필터, 원심분리기 등 여러 단계의 Cleaning 과정을 거쳐 해리된 혼합물로부터 이물질을 제거하면 종이팩 고유의 종이 섬유(펄프)가 분리된 후, 초지기로 이송되어 대형드럼을 통해 연속적으로 건조가 되면서 화장지의 원지(Roll)가 만들어진다. 하지만 알루미늄 호일이 첨합된 종이팩의 경우 화장지를 제조하는 재활용 공정에 투입될 경우 제품 품질에 문제가 발생한다. 재활용 공정 중

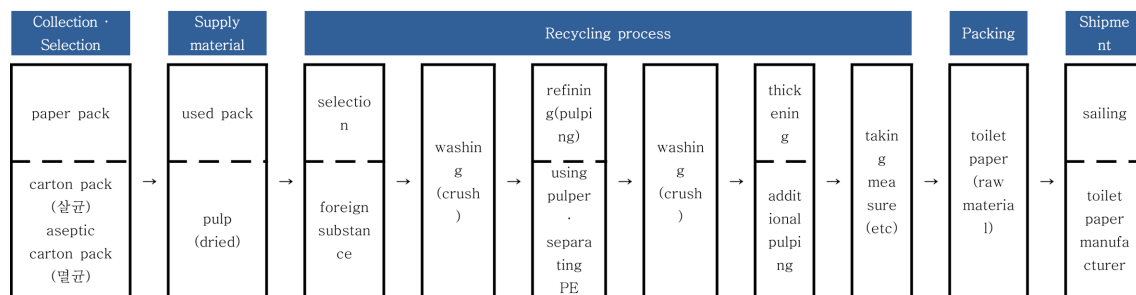
PE와 종이펄프를 걸러내는 과정에서 알루미늄 잔유물이 발생하여 화장지와 같은 재생제품에 검은 점이나 회색 점으로 나타나는 현상이 발생하기 때문에 제품의 품질이 저하된다. 또한 종이팩에 합성수지 성형구조물을 부착한 포장용기 중 개봉의 편의성을 위해서 종이팩 상단에 마개를 부착 혹은 종이 팩 옆면의 스트로우를 부착한 포장에 출시되고 있는데, 이러한 성형구조물 또한 재활용을 어렵게 만든다. 이러한 포장은 일반 종이팩에 비해 대부분 수작업의 형태로 제거해야 하기 때문에 수율이 매우 낮은 단점이 있다(Fig. 2). 따라서 종이팩 포장재 재활용의 경우 스트로우를 비롯한 성형구조물 사용을 최소화하고 합성수지가 아닌 종이 재질과 같은 단일 재질 사용이 요구되어진다.

2. 국내 유리병 포장재의 재활용 공정 현황 문제점

수거된 EPR 대상 유리병은 이물질 제거, 유색병 분류, 파쇄 등의 과정을 거쳐 대부분 유리병 제조 원료인 파유리(Cullet) 형태로 제병업체에 공급되며, 폐유리병의 회수 과정을 거치며 그 공정도는 Fig. 3과 같다.

국내에서는 주류나 음료 유리병은 재사용되어지며, 재활용되는 유리병은 주로 1회용 유리병이나 재사용이 어려운 깨진 유리병이 이에 속한다. 선별 수집된 폐유리병은 색상별로 분류하여 파쇄작업을 거친다. 아직 국내에서는 유리병 불순물 부착여부에 따른 자동 선별에 대한 시스템이 보편화되지 않아 금속, 세라믹 등은 수작업으로 선별되어지고 있다. 선별 후에는 냉수를 이용하여 세척하여 이물질을 제거하고, 세척된 원료를 제병업체에 공급하여 다시 유리병으로 제조하고 있다. 그 외의 원료는 유리대리석이나 유리블럭 또는 유리섬유로 제조되어진다(Fig. 4).

국내 폐유리병 재활용기술은 색상 선별부터 파쇄품 생산까지의 과정 중 자력에 의한 철금속성분 제거 작업, 풍력에 의한 종이·라벨과 같은 저비중 물질을 제거 작업 등을 제외하고는 대부분 수작업에 의존한다. 유리병은 유리 재질에 따라 소다석회와 유백유리, 봉규산 유리로 구분되며, 색상은



* 살균팩(Gable Top Carton) → PE(인쇄면)+ 펄프1+ 펄프2+ 펄프3+ PE(내면)

멸균팩(Aseptic Carton) → PE(인쇄면)+ 펄프+ 알루미늄+ PE(펄프)+ PE(내면)

Fig. 1. The recycling process of paper packs.



Fig. 2. Current status of recycling process for paper packs.

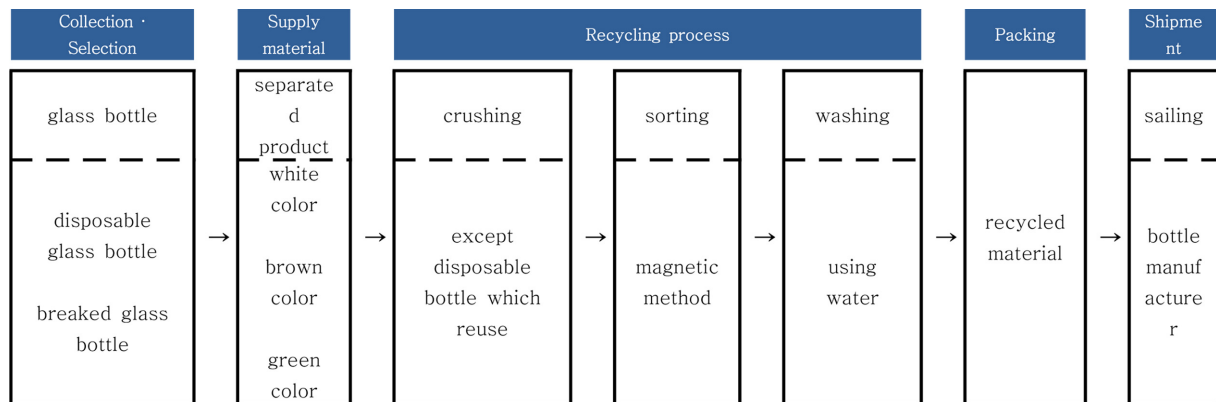


Fig. 3. The recycling process of glass bottles.

주로 무색 계열, 맥주병에 사용되는 갈색 계열, 소주병에 사용되는 녹색 계열이 대부분을 차지하고 있으며, 3가지 색 이외의 기타 색상 병의 경우 혼입 시 재생원료의 품질을 저하시키는 요인이 되고 있다. 라벨의 경우 종이재질의 경우 재활용 공정상 큰 문제가 없지만 합성수지 라벨의 경우와 과도한 접착제의 사용 그리고 몸체에 직접 인쇄된 무색 유리병의 경우 잉크의 색상이 유리병의 색상을 손상시켜 품질 저하를 일으킨다. 또한 유리병에 사용되는 플라스틱 마개의 경우 파쇄 시 파유리에 혼입되면 분류가 어렵다. 따라서 유리병 포장재 재활용의 경우 플라스틱 마개를 비롯한 금속 및

세라믹과 같은 불순물 자동 선별 시스템 보급이 우선적으로 요구되어지며, 다양한 색상의 유색병보다는 무색, 갈색, 녹색 계열의 유리병을 사용할 경우 재활용이 더욱 용이할 것으로 보인다.

3. 국내 금속캔 포장재의 재활용 공정 현황 문제점

금속캔의 재활용 공정은 먼저 수거해 온 금속캔을 선별기를 통해서 금속 이외의 합성수지 등을 제거한 후 자동선별기를 통해서 철캔과 알루미늄캔으로 분류한다. 분류된 철캔과 알루미늄캔을 압축하여 제철소 및 제강업체로 이송되어

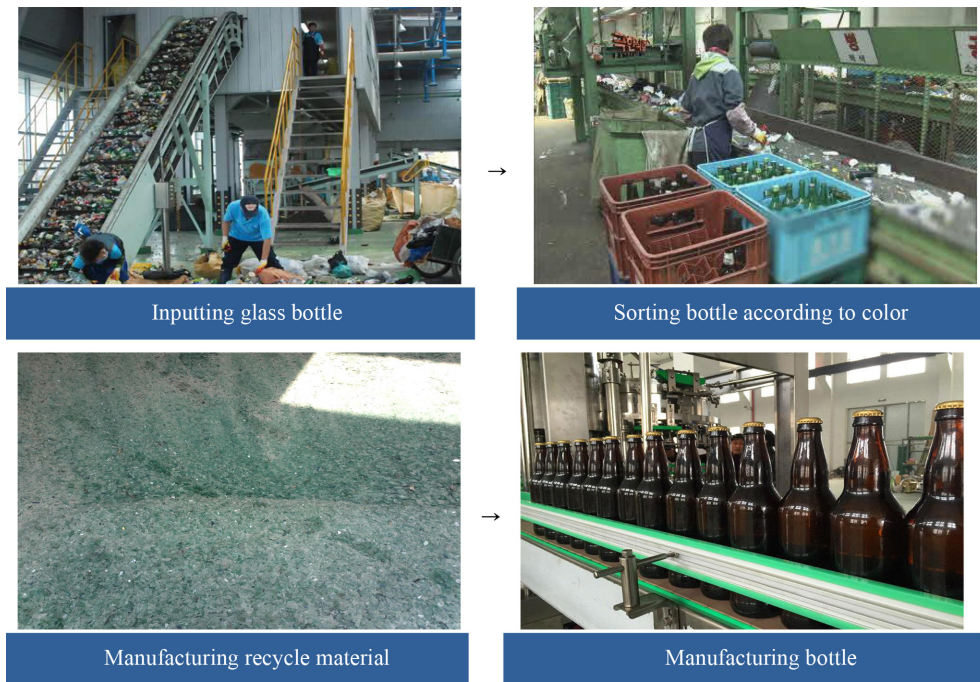


Fig. 4. Current status of recycling process for glass bottles.

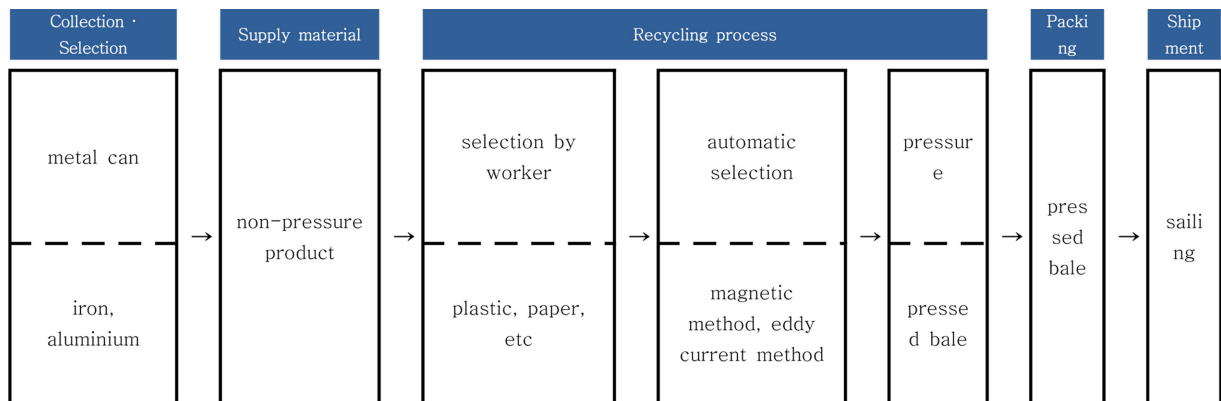


Fig. 5. The recycling process of metal cans.

용광로 등에서 철 또는 알루미늄으로 재생산된다. 철캔의 경우 금속 이외 합성수지 등이 포함되어 있어도 용융 시 크게 문제가 없지만 가공용 알루미늄 캔의 플라스틱 뚜껑의 경우 선별이 안 되기 때문에 플라스틱 뚜껑을 없애거나 분리배출할 수 있는 방안이 필요하다(Fig. 5).

특히, 금속캔의 경우 몸체와 다른 재질의 라벨보다는 직접 인쇄하는 것이 재활용에 용이하며 합성수지 재질 등의 금속 이외의 물질을 포함한 마개 혹은 잡자재, 몸체와 다른 재질의 라벨을 사용할 경우 재활용 공정에서 금속 이외의 물질을 제거하는 수선별 공정이 추가로 요구된다. 특히 알루미늄 캔의 경우 금속 이외의 물질이 재활용 공정 중에 혼입될 시

용융점을 높여 재활용을 어렵게 만든다(Fig. 6).

4. 국내 합성수지 포장재의 재활용 공정 현황 문제점

합성수지 포장재는 EPR 대상품목을 기준으로 할 경우, 크게 합성수지 단일재질 용기, 트레이류 포장재(PET병, 발포합성수지 제외), 합성수지 단일재질 필름·시트형 포장재, 합성수지 복합재질 용기·트레이·필름·시트형 포장재(PET병, 발포합성수지 제외)로 구분할 수 있다. 이 중 단일재질의 경우에는 재활용 공정이 비교적 수월하나 복합재질의 합성수지는 재활용 공정에 여러 가지 어려움을 갖기 때문에 단일재질과 달리 복합재질의 경우에는 재활용이 힘들 경우 고품



Fig. 6. Current status of recycling process for metal cans.

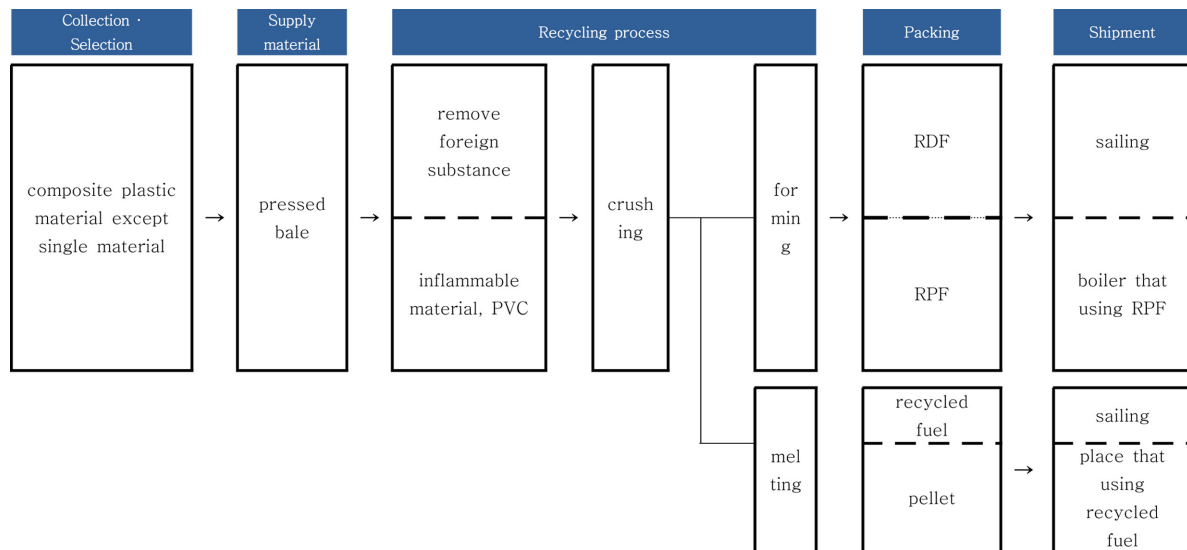


Fig. 7. The recycling process of plastic materials (single and multi layer).

연료로 사용되어진다. 합성수지 재활용 공정 중에서 선별 기술은 이물질을 제거하기 위한 자력선별, 풍력선별, 비중선별 등 다양한 방법들이 사용되고 있다. 국내 재질 선별 방법은 대부분 수선별에 의존하는 실정이었으나 유럽 등 선진국의 자동선별기술(광학선별기술)이 도입된 후 국내에서도 자동선별기술이 개발되어 보급되기 시작하면서 국내에서도 선별의 자동화 시스템 기술이 발전하게 되었다(Fig. 7). 플라스틱 제

품 재활용 과정에서 단일재질의 경우 선별, 압축, 파쇄, 세척, 용융압출, Pellet 형태의 재생 원료를 만드는 물질 재활용 과정을 거친다. 복합재질의 경우 선별 압축품을 파쇄한 뒤 세 가지 단계를 통해 재생제품을 만들게 되는데 용융성형을 통한 물질 재활용, 열분해를 통한 유화, 압축성형을 통한 고형 연료 제조 등의 재활용 과정을 거친다. 종이, 금속 라벨, 복합재질 리드 등은 재활용에 문제가 되기 때문에 용기와 동



Fig. 8. Recycling process of composite plastic materials.

일 재질의 라벨, 리드 등을 사용하여 재활용 공정상 발생하는 문제를 줄여야 하는데, 비중 1미만의 비수분리성 점(참) 착식 라벨의 경우가 이에 해당한다(Fig. 8). 합성수지 포장재의 경우 다른 포장재에 비하여 다양한 재질을 활용한 복합재질이 사용되기 때문에 재활용성 향상을 위해서는 UNI 소 재회를 통해 단일 재질에 기능성을 부여하여 복합재질을 대체할 수 있는 다양한 연구 및 실용화 방안이 요구되어진다.

결론

국내 재활용산업은 1990년대 이후 양적으로는 성장하였으나, 대부분의 재활용업체가 영세/중소기업의 형태로 이루어져 상대적으로 다른 국가들에 비하여 경쟁력이 부족한 실정이다. 국내 재활용 업체들의 경우 재활용 대상 폐기물별로 수집·운반 및 판매 등 각 단계별로 분화되어 있으며, 그에

따라 기술개발 및 자동화시설 투자 등의 역량이 부족하고, 재활용 제품의 가격 및 품질에 대한 소비자의 부정적 인식과 재활용 제품의 판로·유통시스템도 상대적으로 미비한 실정이다. 재활용업체의 영세화는 재활용 공정에 있어서 큰 영향을 미치는데 특히 많은 양의 폐기물이 반입되었을 경우 재활용을 할 수 있는 폐기물과 할 수 없는 폐기물 정도로만 분류하고 있는 이러한 상황에서 영세화된 재활용업체는 최신식의 설비 및 공정체계를 갖추 수 없기 때문에 재활용에 따른 수율이 떨어지는 문제가 발생된다. 수거·선별업체에서는 재활용업체에 폐 포장재를 유가물로 판매하고 있지만 재활용업체에서는 반입된 폐 포장재 전부를 재활용하는 것이 아니기 때문에 재활용이 어려운 재질로 구성되어 있는 폐포장재가 재활용 공정에 투입될 경우 재활용 제품의 품질 하락을 발생시켜, 재생제품의 가치를 떨어뜨리는 현상이 나타나고, 일부 공정에서는 기계 오작동, 로의 파괴 등 기계적 결함을 발생시키기 때문에 재활용하지 못하고 폐기처분하는 실정이다. 특히 최근 산업의 발전과 더불어 단일재질 외에 이중 또는 복합재질 등 포장재의 재질 및 구조가 예전과는 다르게 변화하고 있는 상황에서 현 재활용 산업구조로는 원활하게 처리하기 어렵다. 따라서 재활용산업의 양적인 성장과 질적인 고도화를 위해서는 본 연구를 통해 알아본 재활용 공정과 그에 따른 문제점을 중심으로 재활용 산업을 활성화시킬 수 있는 정책과 정부차원의 직접적인 지원 확대 및 재활용분야 인프라 확충이 필요하다. 또한 제품이나 포장재의 설계 단계에서부터 자원투입의 절감이나 재활용이 용이한 재질·구조의 개선을 위한 법과 제도가 보완이 된다면 재활용산업이 더욱 발전될 것으로 보인다.

요 약

생산자 책임 재활용제도(EPR)의 재활용의무대상 품목은 포장재군에 따라 종이팩, 유리병, 금속캔, 합성수지포장재 구분되어질 수 있다. 폐종이팩의 경우 압축된 종이팩을 해리하여 폴리에틸렌 필름 및 기타 이물질들을 분리하고 세척, 분쇄, 건조과정을 거쳐 화장지 원단으로 제작한 후 다양한 화장지로 가공 생산하고 있다. 그러나 알루미늄 호일이 첨가된 종이팩은 재활용 공정 중 잔유물이 발생하여 화장지의 품질을 저해하고 제품 편의성을 위해 부착된 마개, 스트로우와 같은 새로운 성형구조의 제품들은 재활용 공정에서 수작업의 과정을 추가하여 재활용 수율을 낮추는 문제점이 있다. 유리병은 재사용과 재활용으로 구분가능하며 재사용은 주류, 음료병들이 대상이고 재활용은 1회용 유리병이나 깨진 유리병을 대상으로 하고 있다. 유리병 재활용은 폐유리병 회수 과정, 이물질 제거, 색상별 분류, 파쇄, 원료화 과정을 거쳐 제병업체에 공급되며, 철금속성분 제거, 저비중 물질 제거 등을 제외하고 대부분 수작업에 의존한다. 유리병은 무색 계열, 갈

색 계열, 녹색 계열의 색상이 주를 이루고 있으며 재활용 과정에서 주된 3색 이외의 색상의 경우 재생원료의 품질을 저해시키는 원인이 되고 있다. 합성수지 라벨의 다량 접착제와 병의 직접 인쇄는 잉크의 색상에 의하여 품질저하가 발생하며, 유리병에 사용되는 플라스틱 마개 또한 재활용 공정에서 이물질 제거과정을 어렵게 한다. 금속캔은 자동선별기를 통해서 철캔과 알루미늄캔을 분류한 후 압축하여 용광로를 통해 철, 알루미늄으로 재생산된다. 재활용 공정에서 가공용 알루미늄 캡의 플라스틱 뚜껑은 선별이 어렵기 때문에 플라스틱 뚜껑을 사용하지 않거나 분리 배출할 수 있는 방안이 필요하며 금속캔 또한 금속이 아닌 마개, 라벨이 재활용 공정에서 수작업 공정을 추가로 필요하게 하고 있다. 합성수지 포장재 중 복합재질의 경우 선별된 압축품을 파쇄한 뒤 용융성형을 통한 물질 재활용, 열분해를 통한 유화, 압축성형을 통한 고형연료 제조단계를 통해 재생제품을 생산하며, 단일 합성수지는 자력선별, 풍력선별, 비중선별 등 다양한 방법을 통해 선별공정을 거쳐 압축, 파쇄, 세척, 용융압출, Pellet 형태의 재생 원료를 만드는 물질 재활용 과정을 거친다. 종이, 금속 라벨, 복합재질 리드 등은 합성수지 재활용에 문제를 발생시키는 요인으로 비중 1미만의 비수분리성 접(참)착식 라벨의 경우가 이에 해당한다. 이 연구를 통해 종이팩, 유리병, 금속캔, 합성수지의 재활용 공정 모두 재활용 대상과 다른 물질의 유입이 재활용공정을 방해하거나 재활용 비용, 시간을 증대시키고 있음을 확인하였다. 각 포장재별로 종이팩 포장재의 스트로우를 비롯한 합성수지 성형구조물과 금속과 유리병 포장재의 이물질을 포함한 라벨과 마개 및 잡자재 그리고 합성수지 포장재의 금속, 종이 복합재질이 이에 해당하였다. 따라서 재활용 산업의 활성화를 위해서는 제품이나 포장재의 설계 단계에서부터 재활용에 용이한 재질·구조가 요구되어지며, 정부차원의 지원과 관련 법 제도 개선이 필요하다.

참고문헌

1. 한국환경공단. 2003. 생산자책임재활용제도(EPR제도).
2. 한국포장재 재활용사업 공제조합. 2018. EPR제도, <https://www.pkg.or.kr>. (2018-05-15 방문).
3. EPR 생산자 책임 재활용제도. 2018. 제도소개, <https://www.iepr.or.kr>. (2018-05-15 방문).
4. 송기현, 고의석, 조수현, 권오철, & 김재능. (2015). 종이팩의 재질·구조 개선을 위한 연구 - EPR 대상 품목을 중심으로. 한국포장학회지, 21(1): 19-26.
5. 고의석, 송기현, 조수현, 심원철, & 김재능. (2016). 종이팩의 재질구조 개선에 따른 기대효과 분석에 관한 연구 - EPR 대상 품목을 중심으로. 한국포장학회지, 22(1): 7-13.

투고: 2018.07.12 / 심사완료: 2018.08.16 / 게재확정: 2018.08.20