

<p>정보명</p>	<p>플라스틱 재활용제품 원료 현황</p>
<p>주요내용</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 플라스틱 재활용제품 원료 개요</li> <li>2. 플라스틱 재활용 추세</li> <li>3. 플라스틱 재활용 종류</li> <li>4. 국내 물질 재활용 현황</li> <li>5. 국외 물질 재활용 현황</li> <li>6. 플라스틱 종류별 재활용</li> </ol>
<p>참고자료</p>	<p>합성수지계 포장재 재활용제품 안정성 제고 방안, 연세대학교 환경공해연구소 (2015)</p>



# 플라스틱 재활용제품 원료 현황

## 1. 플라스틱 재활용제품 원료 개요

분리배출이 표시되어 있는 제품은 소비자들에 의해 재활용되며, 폐합성 고분자 화합물로서 수집된다. 폐합성 고분자화합물의 경우 재활용공정(수집, 선별, 분쇄, 세척, 압출 등)을 거쳐 중간 원료인 Flake, Pellet 등으로 생산된다. 생산된 중간 원료는 재활용 제품인 플라스틱 용기 포장재 혹은 플라스틱 포장재, 하수도관 등으로 생산된다.

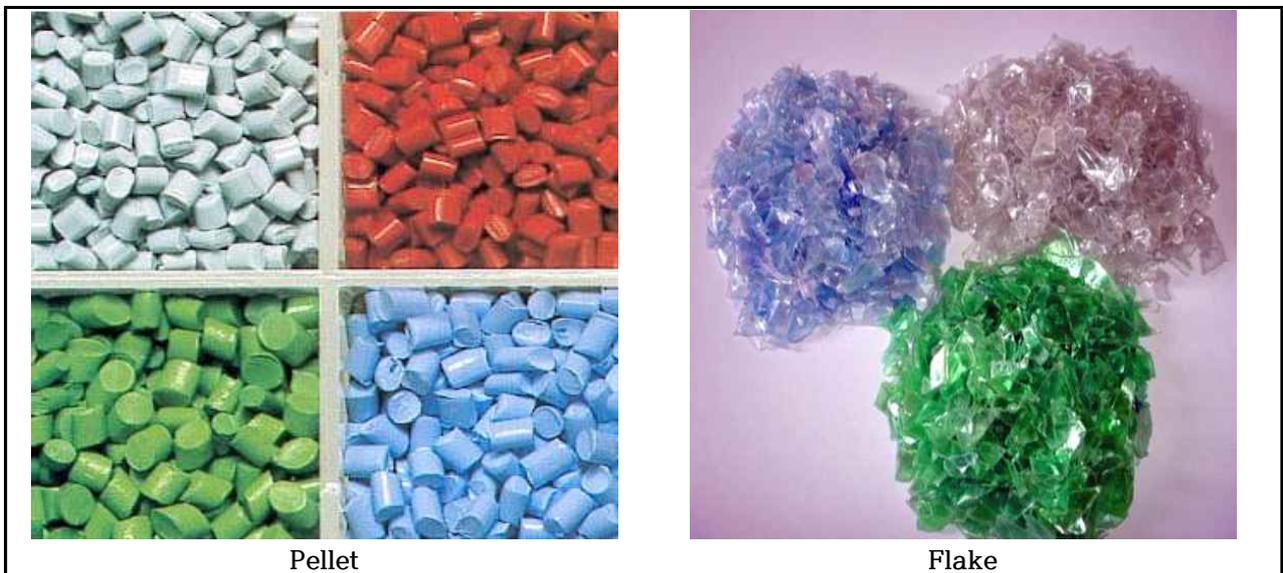
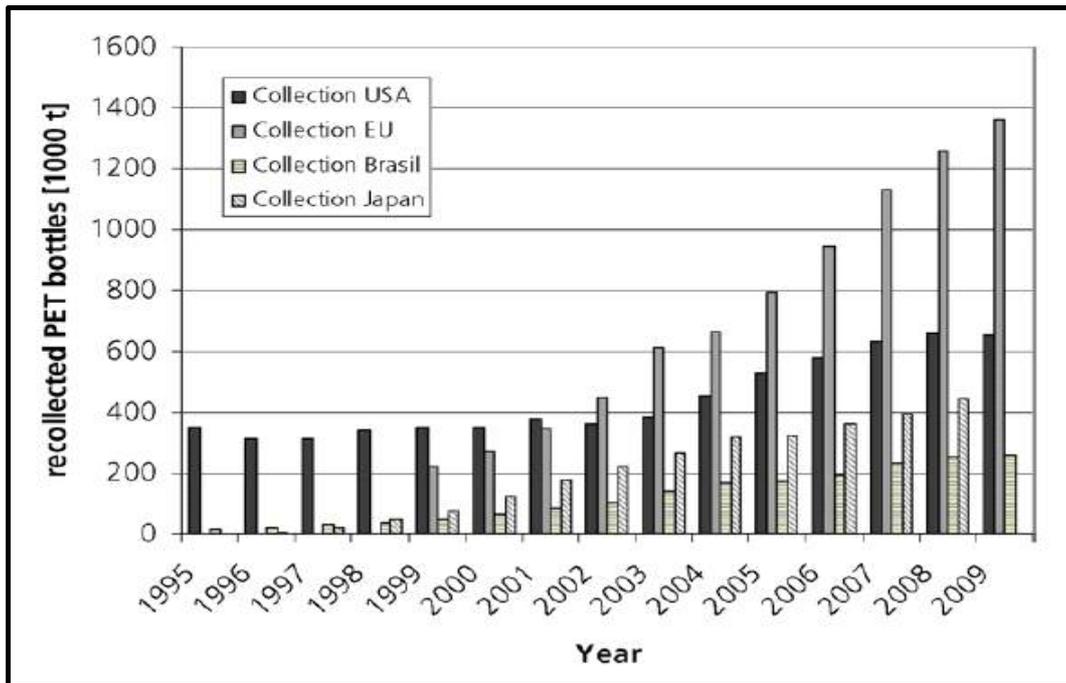


fig. 1 재활용제품 중간원료

중간 원료로부터 생산 가능한 제품의 종류에 대해 분석하기 위하여 관련 사이트를 참고 및 분석하였으며, 제품별로 분류하였다. 관련 사이트에서 조사된 합성수지 재생품목으로는 재생수지 Chip, 수지원료, Pellet, Flake, 비닐제품, 타이어, 수지분말 및 그 외 제품으로 배수관, 하수관, 빗물받이, 재생 화이버, 자동차 내외장재 등으로 조사되었다.

## 2. 플라스틱 재활용 추세

플라스틱은 경량성과 제품의 성능을 향상시키는 물성조절의 용이함, 우수한 성형성, 내부식성, 단열성 등 여러 우수한 특징으로 인해 그 생산량 및 소비량이 급증하는 추세이며 이에 따른 폐기물의 발생량 역시 급증하는 추세이다.



(자료출처:Twenty years of PET bottle to bottle recycling,2011)

fig. 2 플라스틱 재활용 추세

### 3. 플라스틱 재활용 종류

폐기물의 발생량이 증가함에 따라 폐플라스틱을 활용한 재활용이 증가하고 있으며, 이는 일반적으로 물질 재활용, 화학적재활용 및 에너지 재활용 등으로 구분할 수 있다. 각종 폐플라스틱에 대한 대표적인 적용 재활용 기술은 다음 표 1과 같다.

Table 1 폐플라스틱 재활용 종류

수 지 명(약어)		Material Recycle	모노머 회수	Thermal Chemical	비 고
열가소성 수지	폴리에틸렌테레프탈레이트(PET)	◎	◎	◎	PET병만의 리사이클율 25.5%
	폴리염화비닐(PVC)	◎		○	염소제거기술 진전
	폴리스티렌(PS)	◎	○	◎	EPS, PSP 등의 리사이클이 중심
	ABS수지(ABS)	◎	○	◎	OA기기용 리사이클
	AS수지(AS)	◎		◎	성형공장 등의 스크랩·폐재 재생
	폴리에틸렌(LDPE, HDPE)	◎	×	◎	성형공장 등의 스크랩·폐재 재생
	에틸렌초산비닐공중합체(EVA)	◎	×	◎	성형공장 등의 스크랩·폐재 재생
	폴리프로필렌(PP)	◎	×	◎	성형공장 등의 스크랩·폐재 재생
	석유수지	×		○	Traffic 페인트가 대부분
	폴리비닐알코올(PVA)	×		◎	생분해성수지
	에틸렌비닐알코올수지(EVOH)	◎		◎	기재(PE, PP 등)와 함께 재생
	폴리염화비닐리덴(PVDC)	△		△	염소제거기술 진전
	메타크릴수지(PMMA)	○	◎	△	열분해에 의한 모노머 회수
	열가소성엘라스토머(TPE)	◎~△		◎~△	리사이클: 올레핀, 스티렌계
열경화성수지	페놀수지	○	○	◎	시멘트원·연료, FRP로서 재생
	요소수지	×	△		접착제 多, 재료리사이클 부적합
	멜라민수지	×	△	○	일부 화장관 리사이클 테스트
	불포화폴리에스테르수지	△		○	시멘트원·연료, FRP로서 재생
	에폭시수지	○	△	◎	시멘트원·연료, 모노머화기술
	폴리우레탄수지	○	○	○	연질폼 폐재는 리본디드재료
엔지니어링플라스틱	폴리에틸렌나프탈레이트(PEN)	△	△	◎	PET리사이클 기술 적용가능
	폴리카보네이트(PC)	◎		◎	스크랩·폐재를 이용한 재생펠릿
	폴리아세탈(POM)	○		◎	스플·런너 이용이 과제
	변성폴리페닐렌에테르(변성PPE)	○		○	스플·런너 이용이 과제
	폴리부틸렌테레프탈레이트(PBT)	○	○	○	모노머회수는 PET기술 이용가능
	폴리아미드 성형재료(PA)	○	○	△	나일론6은 모노머회수기술완료
	불소수지	○		△	공장폐재는 분체원료로 사용
	액정 폴리머	○		○	스플·런너 이용이 과제

(자료출처 : 폐플라스틱의 재활용 기술 동향,2007)

물질 재활용은 플라스틱의 물성을 변화시키지 않고, 다시 플라스틱 제품으로 재생하여 이용하는 방법을 말한다. 주로 PET나 PS 등이 이러한 방법으로 재활용되고 있으나 재활용을 반복하면 재료의 특성이 열화를 일으킨다는 단점을 갖고 있다.

에너지 재활용은 일반 폐기물과 함께 폐플라스틱을 직접 연소시켜 발생되는 열을 이용하는 기술로 직접 소각법과 폐플라스틱을 건조, 압축, 고화시켜 만든 고체연료(RDF)를 제조하는 방법이 있다.

화학적 재활용은 플라스틱에 열이나 압력을 가하여 원래의 석유나 기초 화학원료로 되돌려 재활용하는 기술이다.

이 중 물질적 재활용의 경우 파쇄기 등의 기계적인 수단을 활용하여 세정된 폐플라스틱을 기계적으로 파쇄하고, 그 분쇄물을 플라스틱 원재료로서 재생하여 이용하는 기술이다. 물질 재활용 기술은 자원보호의 입장과 환경 보전이라는 관점에서, 또한 폐기물의 최종 처분장(매립지 등) 등을 줄일 수 있다는 점에서, 세계적으로 폐플라스틱의 가장 바람직한 재활용 방법으로써 권장되고 있는 기술이다.

물질 재활용 기술에도 여러 가지 방법이 있는데, 폐기된 병, 트레이 등의 플라스틱을 세정, 살균하여 그대로 사용하는 재이용 방식과 열로 용융시켜 여러 가지 형태로 재성형하여 일용품, 대용목재 등의 용도로 활용하는 재생이용 방법이 있다.

재생 이용 방법에는 단순재생과 복합재생 그리고 혼합재생으로 나눌 수 있으며, 단순재생에는 분리된 폐플라스틱을 원료로 하여 다시 제품이나 펠릿을 생산하는 것을 말하는 것으로 대체로 단순하고 용이하다. 대부분 선별된 폐플라스틱은 분쇄되어지고 세척되어진 후 펠릿으로 가공되거나 제품으로 만들어진다.

탄산음료 용기 등으로 많이 사용되는 PET병의 일반적인 재생방법은 수거된 PET병을 유기용매 등으로 세척 후 단순 파쇄하여 PET flake로 재생하는 것이며 PET flake는 폴리에스테르 섬유의 생산에 이용하게 된다.



PET Flake

방한복용 보온재

슬리핑 백 보온재

카펫

fig. 3 PET Flake 생산품

복합재생의 경우 단일수지로서 약간의 이물질은 함유하고 있는 것을 용융 압출성형으로 정화조, 함지박, 건축자재 등을 생산하는 방법으로 이미 널리 상용화된 방법이다.

폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 폴리스티렌, 염화비닐 등 4대 수지를 비롯한 배출량이 많은 수지는 물질 재활용 비율이 높다. 배출량이 많은 수지는 동일한 수지의 폐플라스틱을 수집하기 용이하므로 재활용도 쉬운 것으로 나타났다.

#### 4. 국내 물질 재활용 현황

관련 국내 문헌에 의하면 합성수지 중 PP, PE가 주로 사용되어 지고 있으며, 그 중 PE는 단단한 성질을 갖고 있으며 내열성 등이 우수한 이유로 광범위하게 사용되어지고 있다. 대부분 취입성형을 하거나, 필름, 파이프, 시트, 와이어 및 케이블 등으로 사용되어지고 있다.

Table 2 Pellet 제조에 사용되는 주요 합성수지 종류

Plastic recycling facility	Type of waste plastic	Type of recycling product	Actual recycling rate
A	EP, PS	Ingot	89.0
B	PE	MR	88.0
C	EPR Film	Pellet	95.0
D	PE, PP	Pellet	79.0
E	PE	Pellet	93.0
F	PE, PP	Pellet	90.0
G	PE, PP	Pellet	90.0
H	PE, PP	Pellet	95.0
I	PE, PP, PET	Pellet	70.0
J	PE, PP	Pellet	80.0
K	PE, PP, PS, PET	Pellet, Ingot	85.0
L	PE, PP	RPF	86.0
M	PE, PP, PS	RPF	90.0
N	PE, PP, PS	RPF	95.0
Average			87.5

(자료 출처 : 폐합성수지 재활용 시설에서의 물질흐름분석을 통한 실질 재활용률 산정,2013)

## 5. 국외 물질 재활용 현황

문헌조사에 의하면 유럽에서는 LDPE, HDPE, PP가 가장 많이 사용되는 합성수지이며, LDPE의 경우는 가방, 장난감, 파이프로 주로 사용되고, HDPE의 경우에는 가정용품, 필름, 가스파이프로 사용되며, PP는 필름, 배터리 케이스, 자동차 부품 등으로 주로 사용된다.

미국에서 가장 많이 소비되는 플라스틱의 종류 분포는 PET >HDPE >LDPE > PVC >PS >PP 순서이다. 폐플라스틱의 재활용은 처음에 포장용기, 특히 PET로 만든 청량음료병과 HDPE로 만든 우유병에서 비롯되었다. 먼저 수집되고 재처리공장에서 수작업과 기계에 의해 분류된 후 고속의 절단기 및 분쇄기로 박편을 만들어 세제와 물로 세척한다. 건조된 박편은 용해 및 Pellet 주조를 거쳐 새로운 플라스틱 제품으로 된다(Recycling of Post-consumer Plastic Wastes in the USA, 김진현 and J.D. Miller, 1997).

일본의 PET 재활용기술은 우리나라와 마찬가지로 주로 물질 재활용에 치중되어 왔다. 이는 PET 병을 수거하여 선별, 수거, 세척 건조 과정을 거쳐 섬유회사에 섬유 옷감, 카페트 등으로 재활용하여 왔다. 그러나 최근 일본에서는 PET 병을 원료물질로 전환시키는 화학적 재활용에 연구를 집중시켜 왔다.

폐플라스틱, 폐고무 및 폐PET병 재활용시설을 갖추고 있는 기후현에코타운, 폐플라스틱의 원료화 및 제품화 기술들을 나타내고 있다.

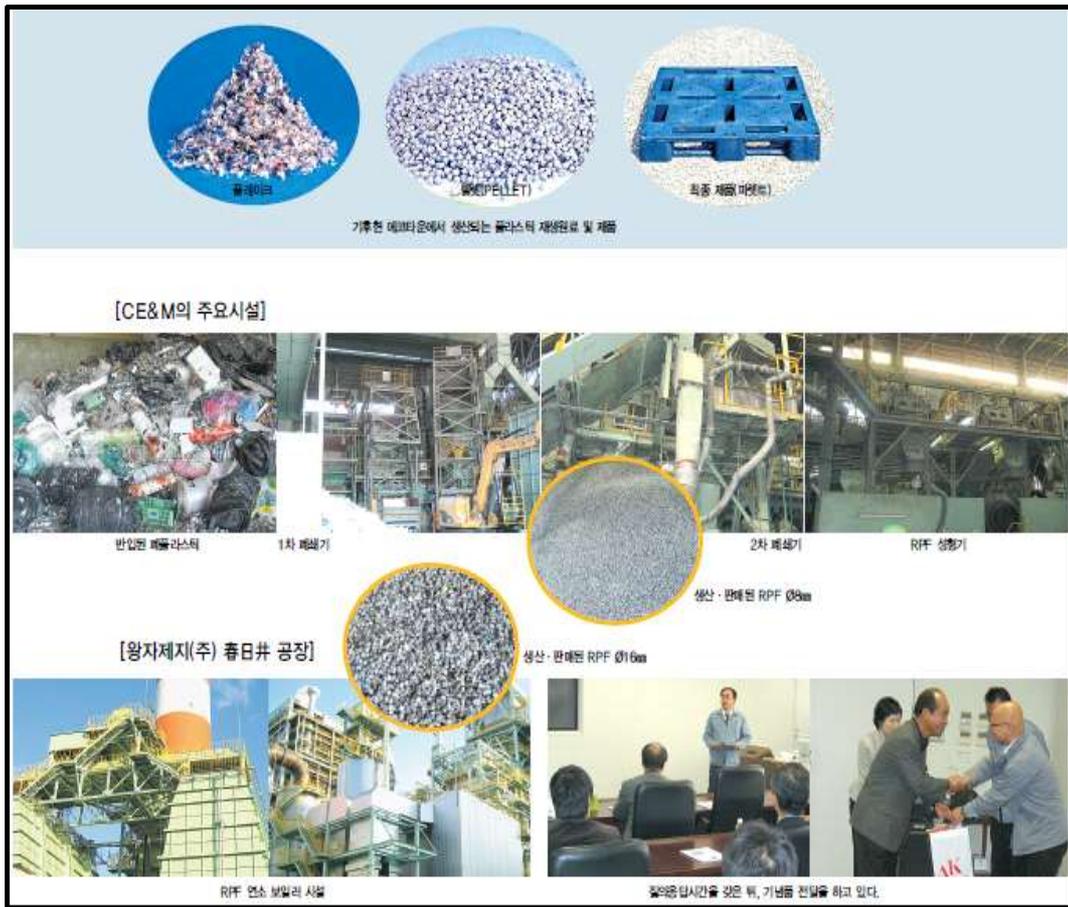
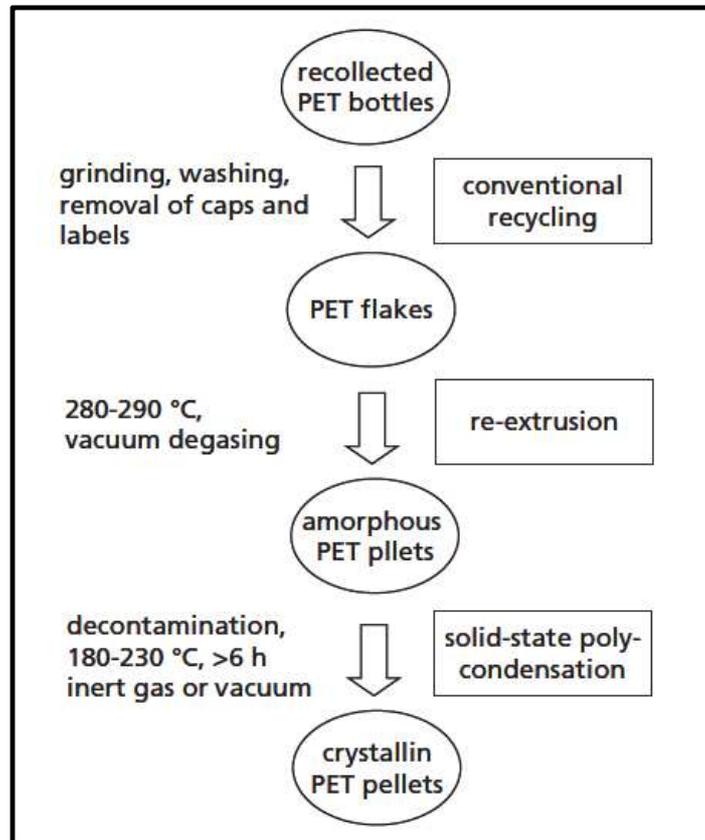


fig. 4 일본 폐플라스틱 제품화 기술

독일의 경우 재활용 PET 병을 수거하여 PET flake를 만들고 압출 성형하여 무정형의 PET pellet을 생산한다. 하지만 PET 용기 제품을 생산하기에 점성이 부족하므로 압축과정(SSP)을 거치며, 중합하기 위한 촉매제로는 주로 삼산화 안티모니( $Sb_2O_3$ )가 사용하는 것으로 나타났다.

소비자 제품을 생산하기 전 먼저 Pellet을 세척하는 과정을 거치는데, 이 때 가성소다를 사용하며 이는 pellet의 표면에 붙어있는 먼지, 풀 등 오염물질을 줄여준다. 이 과정은 합성수지 표면에 있는 오염물질을 제거할 수는 있으나 중합체에 흡수되어 있는 유기물질은 제거할 수 없으므로 음식을 직접 담은 용기에 사용하는 것은 옳바르지 않는 것으로 조사되었다.



(자료출처:Twenty years of PET bottle to bottle recycling,2011)

fig. 5 합성수지 재활용 과정

우리나라를 비롯하여 다른 나라에서도 주로 열가소성 수지를 이용하여 재활용을 하고 있었으며, 실제로 일부 예외를 제외하고는 비교적 높은 비율로 재생되고 있다. 재생 수지의 용도는 이전부터 캐스케이드 리사이클(Cascade Recycle)의 일환으로 PE, PP, PVC 등을 원료로 하여 공원 등의 대용 목재로 사용되는 경우가 많으며, 최근에는 회수된 ABS 수지가 같은 용도의 복사기 외장재로 다시 재활용되는 예도 있다.

## 6. 플라스틱 종류별 재활용

### 가. 폴리에틸렌

폴리에틸렌은 대표적인 범용 플라스틱으로 현재 국내 폐플라스틱 발생량의 약 40%를 차지하고 있으며 국외의 경우도 거의 유사한 상황으로 폐플라스틱 중 가장 많이 재생되고 있고 용도도 여러 가지로 개발되어 있다. 폴리에틸렌은 주로 필름이나 시트 등으로 많이 생산되어 포장용이나 농업용 등으로의

사용량이 크다. 다소의 이물을 포함한 채로 roll이나 banbury mixer와 유압 프레스 등을 이용하여 두꺼운 성형품을 생산하거나 또는 이물 제거 후 세척 과정없이 압연에 의해 시트를 생산하는 공정도 개발되어 있다.

## 나. 폴리프로필렌

폴리프로필렌은 폴리에틸렌과 매우 유사한 구조를 가지고 있어서 용융 시 적절히 섞이게 되므로 폴리에틸렌과 함께 복합 재생하는 경우가 많다. 자동차 부품 중의 폴리프로필렌으로 특히 범퍼에 사용된 폴리프로필렌의 재활용을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

## 다. 발포 스티렌수지

발포 스티렌수지는 그 부피로 인하여 국외에서는 재생이용이 일찍부터 추진되어 왔다. 미국의 경우 발포 스티렌 식품 용기를 수거하여 선별, 분쇄, 세척, 용융을 거쳐 펠렛으로 재생하여 공급하고 있으며, 독일에서는 발포 스티렌수지를 미분쇄하여 크기에 따라 토양 개량제, 콘크리트 첨가제, 토양 고화 방지제로 사용하고 있다. 일본에서는 용융 후 특수한 모양을 가진 입자를 만들어 토사와 섞어서 이형성토 입자로도 사용하고 있다.

## 라. PET 용기

폴리에스테르 중 PET용기 폐기물은 특히 일회용 음료수병 등 식품용기로 인하여 그 발생량은 매년 급속히 증가하고 있으나 재활용률은 이에 미치지 못하는 것으로 나타났다. PET 음료수병의 경우 HDPE와 복합적으로 만들어져 있는 것이 많으므로 이의 분리가 주요한 기술이 된다.

## 마. 열경화성 수지

열경화성 수지는 일단 성형이 된 후에는 다시 용융이 되지 않으므로 펠렛이나 다른 형태의 제품으로 재생될 수가 없다. 더구나 유리섬유 등의 보강재를 다량 함유하고 있는 경우가 많아 열분해 등에도 적합하지 않기 때문에 이를 미분쇄하여 동종의 재료에 충전제로 사용하거나 또는 polymer concrete의 보강재 등으로의 용도로 사용한다.

위의 설명에서와 같이 합성수지의 종류에 따라 가공하는 제품이 다양하며, 가공 가능한 제품의 종류는 아래 표에 나타내었다.

Table 3 주요 원료별 플라스틱의 종류 및 그 용도

합성수지 종류	사용제품
폴리에틸렌 (PE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 용기일용품, 전선케이블, 피복, 비료포대, 약주, 탁주병, 물통, 석유통, 농업용필름, 합지박, 화분통, 가축먹이통, 분료정화조, 수도보온통, 두부목판, 식품포장기, 육자, 수도관, 쓰레기통, 차량부품, 용제용기, 식품용기, 포장용방습용 필름, 고주파전기부품, 절연테이프, 시이트류, 방진재료, 패키징, 호오스, 보호필름, 바닥시트, 1회용 주사기</li> </ul>
폴리프로필렌 (PP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 맥주상자, 콜라상자, 소주상자, 과자상자, 고지상자, 보석상자, 용기류, 만년필, 고주파 절연부품, 슬리브 시트류, 브라운관, 절연홀더, 약품용기, 포장필름, 파이프, 폴리프로필렌섬유, 바닥인조피혁, 정부미포대, 포장끈, 쓰레기통, 쓰레받이, 물바가지, 욕조, 천막</li> </ul>
폴리스티렌 (PS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 인스틴트컵, 식기, 칫솔대, 사무용품, 전기기기케이스, 파이프, 절연홀더, 도료, 이온교환수지, 포장용 패키징재료, 보온재료, 방포포리스티렌, 우유통, 요쿠르트병, 완구병 , 합성목재</li> </ul>
염화비닐수지 (PVC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 경질 : 파이프, 빗물흡통, 물받이, 플렌지오, 경질필름, 두꺼운시트, 패널판, 레코드판, 가공지, 수도관, 전선관조인트, 화학공장배관</li> <li>- 연질 : 호스, 시트, 인조피혁, 케미슈즈, 농업용필름, 전선피복, 쓰레받이, 의자커버, 식탁보, 가방, 연질화 비닐병, 식품의 인스틴트용기, 식품포장용기, 저금통, 꽃장판</li> </ul>
ABS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 텔레비전, 배터리케이스, 문구류, 핸들류, 액세서리부품, 전자기의 손잡이, 완구, 운동용구, 사무기기, 통신용기 파이프, 자동차 내장품</li> </ul>
아크릴	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 텔레비전의 슈미트렌즈, 프레넬렌즈, 콘택트렌즈, 댄프커버, 항공기 방풍, 커버, 텔레비전 필터, 네임프네이트, 간판</li> </ul>
페놀수지 (PF)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전기용 프러그, 스위치박스, 코넥터류, 자동차 브레이크</li> </ul>