

폐기물 자원순환



목차

I. 개요

II. 재활용 원료 적용

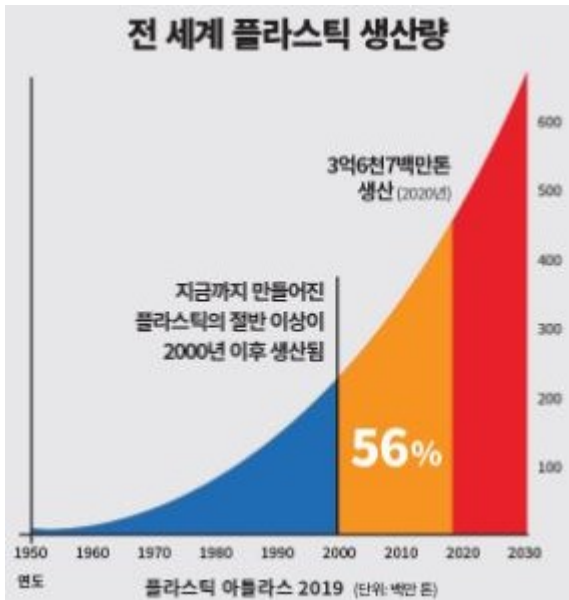
III. 업사이클링 공정 개선

IV. 업사이클링 제품화

I . 개요

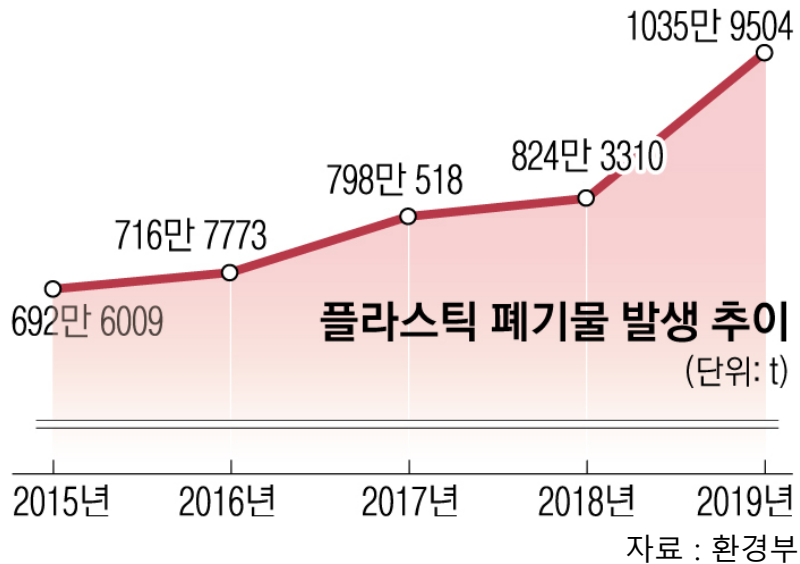
01 생산 5초, 사용 5분, 분해 500년

- 플라스틱은 **편리한 가공성, 낮은 가격, 내수성, 내산화성** → 금속, 석재, 나무 등 고전 재료 대체 가능
- 2020년 세계 플라스틱 생산량은 2018년보다 800만톤 증가한 3억 6,700만 톤
- 별다른 조치가 없다면 2015년 대비 2030~2035년에는 2배, 2050년에는 3배 증가 추정
- 99% 화석연료로 만들어지는 플라스틱은 **석유 및 가스 추출·정제, 분해, 소각 전 단계에서 탄소 배출**
- 플라스틱 수명 전 주기에 걸쳐 배출되는 탄소량은 500MW 석탄화력발전소 200개의 탄소 배출량
(2019년 기준 플라스틱 총 생산량 기준)



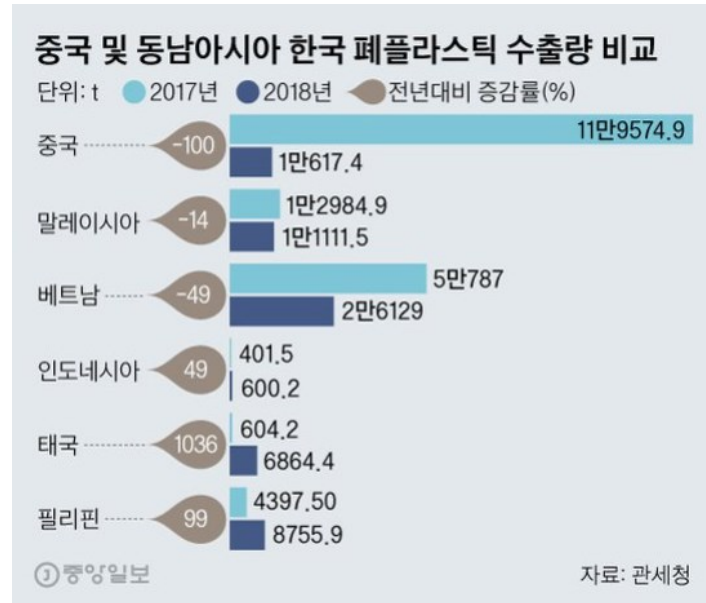
02 폭발적으로 증가하는 플라스틱 폐기물 발생량

- 가정, 산업 등에서 발생하는 **총 플라스틱 폐기물 발생량은 매년 증가 추세**
- 코로나 19 영향으로 플라스틱 폐기물 문제가 더욱 악화
- 사회적 거리두기 강화, 비대면(언택트) 문화 정착 → 온라인 쇼핑/택배, 배달음식 주문 증가
⇒ **플라스틱 및 일회용품 사용량 폭발적 증가**



03 적체된 플라스틱 폐기물 처리 필요

- 2018년 중국의 플라스틱 폐기물에 대한 수입 중단 조치로 폐기물 대란 발생
- 특히 중국으로의 수출은 2017년 22,097톤 → 2018년 1,774톤 (92% 급감)
- 플라스틱 폐기물 발생량은 지속적으로 증가하나 수출량은 감소되어 폐기물 적체량 증가
→ 재활용, 새활용 등 환경오염을 유발하지 않는 선에서 처리 필요



04 플라스틱 폐기물 문제 대처방안

- UN이 권장하는 지속가능한 폐기물 관리 (Waste Sustainable Management) 위계



지속 가능한 폐기물 관리 (Waste Sustainable Management) 위계

1. 쓰레기가 발생하지 않도록 '예방'하는 것 → **사용량 저감 (Reduce)**
2. 쓰레기 발생을 최소화하는 제품을 생산하는 것 → **라벨 프리, 무색 페트병 등**
3. 이미 만들어진 제품을 재사용하는 것 → **다회용, 중고마켓**
4. 재활용하는 것 → **+ 새활용 (Up-cycling)**
5. 쓰레기에서 에너지를 회수하는 것 → **고형연료(SRF), 열분해유 등**
6. 에너지 회수가 안 될 경우 매립하는 것 : **지속 가능하지 않은 처리 방법**

05 정책적 기초



자료 : 환경부

05 정책적 기조

1 생산-유통-소비 전 과정에서 폐기물 발생 감축

1. 폐기물 절감형 생산

1) 경량화, 수리가능성 제고

* 순환이용성 평가 및 개선권고('21~)

플라스틱 용기는 얇게
포장은 조금만전기전자제품
수리가 쉽고 오래 쓰게

2) 사업장폐기물 감축목표 관리('22)

* 감량 컨설팅, 설비 및 기술 지원('21)

2. 유통포장재 관리 제도화

1) 택배 등 포장기준 신설('20)

* 포장 공간비율, 횡수 등

2) 다회용 박스 배송모델 확산

* '20년 1개소 → '21년 2개소



기존 택배 박스



스마트박스

3) 과대포장 여부 등
사전 평가제 도입('22~)

3. 친환경 소비 촉진

1) 재사용 인프라 확충('20~)



2) 포장재 없는 마켓 확대('20~)

3) 1회용품 감축 중장기 로드맵 이행

* 1회용품 함께 줄이기 계획('19.11)

- 빨대, 종이컵, 장례식장 등 관리 확대

- 1회용품 보증금제도 도입('22.6)

'22년까지 주요 1회용품 35%, 플라스틱 포장 폐기물 10% 감축

자료 : 환경부

05 정책적 기초

2 분리배출은 개선하고, 공공이 책임지는 수거체계 구축

1. 폐기물 특성에 맞는 분리배출

1) 페트병 등 고급 품목은 별도 분리배출

* 공동주택('20.12) → 단독주택('22)



2) 분리배출 비대상, 이물질 묻은 용기는 종량제로



2. 공공이 책임지는 안정적 수거체계

* 사회적 공론화 및 법률 개정('20~), 단계적 전환 완료('24)

현행 재활용시장 변동 등 외부충격에 취약



개선 공공 책임수거, 시장변동에 완충 역할



'24년까지 공공 책임수거로 전환하여 수거중단 원천 방지

자료 : 환경부

05 정책적 기조

3 재생원료 품질을 제고하고 안정적 국내 수요처 확보

1. 선별시설 및 품질 개선

1) 선별시설 확충 및 현대화

* 자동선별 등 리모델링('21, 6개소), 지하화

2) 선별품 품질등급제 확대('21)

* 품질에 따라 지원금 8배 차등화



2. 재활용 수요 창출

공공

지자체별 폐기물 발생량에 비례한 사용의무제('22)

민간

재생원료 인센티브 및 중장기 사용목표 설정('21)



3. 재활용산업 육성

1) 자원순환 클러스터 조성('20~)



미래폐자원



플라스틱

2) 폐기물 수입 최소화

* 폐플라스틱('20.6)

→ 주요품목 수입억제 로드맵('21)

3) 재활용 업계 지원 확대

* 자원순환 전 과정 R&D 등

'30년까지 플라스틱 용기 등 재생원료 사용 30% 달성

자료 : 환경부

05 정책적 기조

4 지역 주민과 상생하는 발생지 중심의 친환경적 처리

1. 발생지 책임 원칙

1) 시도 발생지 책임 확립('21)

* 최대한 시도 내 처리, 시군구 교차조정

2) 타지역 처리 페널티/보상('22)

* 타지역 폐기물 반입협력금(생활폐기물, 공공잔재물)

폐기물 발생지 처리비율



2. 직매립 금지

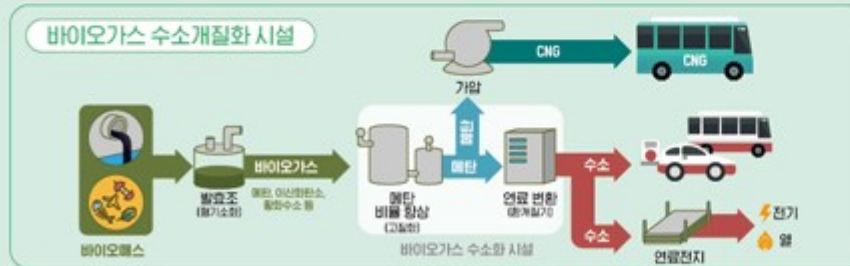
1) 가연성 생활폐기물 직매립 금지('26 수도권, '30 전국)

* 소각 등 중간처리 후 매립 허용

2) 폐자원에너지 촉진 종합대책('21)

* 폐자원에너지 인센티브 도입
* 고부가가치 수소 생산기반 구축

바이오가스 수소개질화 시설



3. 주민환경친화형 시설

1) 권역별 국가 처리시설 설치('21~)

* 주민투자를 통한 이익 공유

2) 에너지 융복합 처리시설

* 주민선호시설 연계, 에너지 생산('21~, 시범사업 1개소)

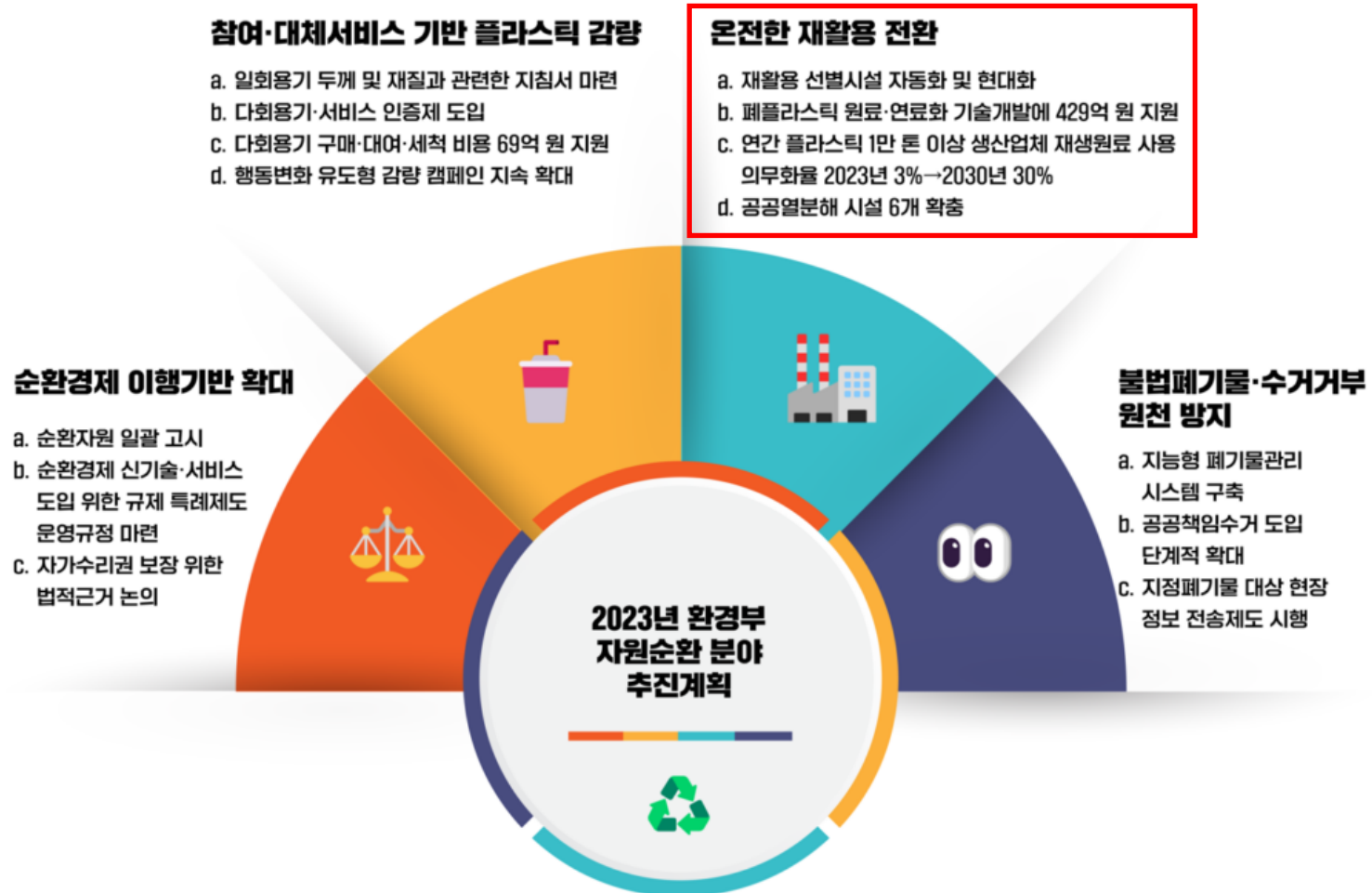


덴마크 아마게르 바케 사례
출처: Ehrhorn Nummerston

'22년 발생지 책임 원칙 강화, '30년 생활폐기물 직매립 금지

자료 : 환경부

05 정책적 기조



자료 : 환경부

05 정책적 기초

- 지속 가능한 순환경제사회로 본격 전환을 위한 「**순환경제사회 전환 촉진법**」으로의 개정
 - 순환경제로의 전환을 뒷받침 하기 위하여 기존 폐기물에 발생 억제, 순환이용 및 처분에 초점을 두고있는 「**자원순환기본법**」을 「**순환경제사회 전환 촉진법**」으로 개정
 - **생산·소비·유통 등 전 과정에서 자원의 효율적 이용과 폐기물 발생 억제, 순환이용 촉진 도모**

[순환경제사회로의 전환을 촉진하기 위한 기본원칙]

1. 자원의 효율적인 이용을 통하여 **자원의 낭비를 최대한 억제**할 것
2. 내구성이 우수한 제품의 생산 및 제품의 수리 등을 통하여 **제품의 수명을 연장**함으로써 **폐기물의 발생을 최소화**할 것
3. 폐기물 발생이 예상될 경우에는 **순환 이용을 우선적으로 고려**할 것
4. 발생한 폐기물은 기술적·경제적으로 가능한 범위에서 다음 각 목의 원칙에 따라 **최대한 순환 이용**할 것
 - 가. 폐기물의 전부 또는 일부 중 재사용할 수 있는 것은 **최대한 재사용**할 것
 - 나. 재사용이 곤란한 폐기물의 전부 또는 일부 중 재생 이용할 수 있는 것은 **최대한 재생 이용**할 것
 - 다. 폐기물을 재생 이용할 경우 **순환경제를 달성하는데 효율적인 수단을 우선적으로 적용**할 것
 - 라. 재사용·재생 이용이 곤란한 폐기물의 전부 또는 일부 중 에너지회수를 할 수 있는 것은 **최대한 에너지회수**를 할 것
 - 마. 가목부터 라목까지의 규정에 따른 순환이용이 불가능한 것은 사람의 건강과 환경에 미치는 영향이 최소화되도록 적정하게 처분할 것

05 정책적 기초



05 정책적 기초

'순환경제사회법 시행령' 개정의 주요 내용 1

순환이용하는 물질을 순환원료로 정함



• 순환원료 범위

재생원료, 순환자원, 재활용가능자원,
중고물품 등



• 사용 촉진 사업을 추진할 수 있는 근거 마련

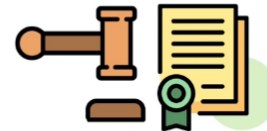
시설·자금 지원, 전문인력 양성 및
통계 구축

'순환경제사회법 시행령' 개정의 주요 내용 2

순환자원 지정고시제 도입

**환경부 장관이 지정·고시하는 품목은
별도의 신청과 인정 절차 없이 폐기물 규제 면제**

*순환자원 지정 시 거래·공급 현황,
순환이용 기준 및 사회경제적 파급효과 등 고려



자료 : 환경부

05 정책적 기조

'순환경제사회법 시행령' 개정의 주요 내용 3

규제 특례 제도의 운영 절차 및 방법 등을 정함



실증을 위한 규제특례와 임시허가를 받은 사업자는 **최대 4년 동안** 실증사업 가능



실증 결과 안전성 등이 입증되는 경우에는 **법령정비를 신청**할 수 있음



실증사업 중 발생할 수 있는 인적·물적 손해에 대한 배상을 위해 **책임보험에 가입**해야함

'순환경제사회법 시행령' 개정의 주요 내용 4

폐기물처분부담금 감면 확대



감면 대상 기업을 연매출 120억 원에서 **600억 원까지 확대**



소각로 열에너지 회수율 50% 이상에서 **30%까지 감면**

자료 : 환경부

06 우리나라는 재활용을 잘 하는 나라?

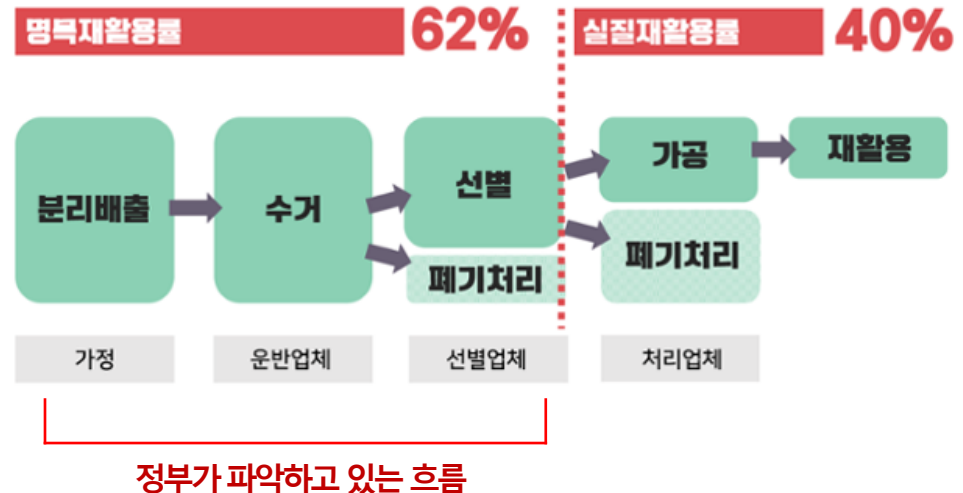
- 통계상 한국은 OECD(경제협력개발기구) 국가들 중 독일에 이어 두 번째로 재활용을 잘 하는 나라 (독일 65%, 한국 59% 기록, 2015년 기준)
- 그러나 이는 통계상 자료일 뿐, **국내 재활용 현실과는 거리가 먼 수치**
- 정부가 발표한 통계에 따르면, 분리 배출된 플라스틱 폐기물은 100% 재활용 되는 것으로 표현
 - 그러나 선별과정에서만 **재활용이 불가능한 잔재물 약 40%** 발생 (이물질이 묻어있는 등)
 - 재활용 분리배출량의 70%를 처리하는 민간업체 자료는 파악조차 어려움

생활계 폐기물 발생 및 처리현황 (플라스틱)

발생량 및 처리현황	혼합배출 (종량제 쓰레기)	분리배출		
		플라스틱류	합성수지류	발포수지류*
발생량	4,600.9		2,168.5	143.3
처리 방법	매립	898.6	0.0	0.0
	소각	2,571.4	0.0	0.0
	재활용	1,130.9	2,168.5	143.3

*합성수지의 종류인 PS, PP, PE 등을 발포제로 부풀린 것
자료: 2017년도 전국 폐기물 발생 및 처리현황 (환경부, 2018)

2018년 대한민국 재활용률 출처: 한국환경공단



07 플라스틱 폐기물의 저조한 재활용율



07 플라스틱 폐기물의 저조한 재활용율

① 분리배출과 생산과정 상의 문제

- 이물질이 묻어 재활용이 불가능한 폐기물은 **재가공이 아예 불가능하여 소각 또는 매립**
→ 이를 선별해내기 위한 **인력과 비용이 많이 소요됨**
- 재활용을 고려하지 않은 생산방식으로 **저조한 수거율** (ex: 유색 페트병 등)

② 제도와 수거 구조 상의 문제

- EPR(생산자책임재활용) 제도의 **재활용 분담금이 출고량의 60~80% 수준에 불과**
→ 재활용업체는 판매가가 떨어지면 수익을 내기 어려워 폐기물 수거 자체를 거부
- 대부분 아파트는 민간 수거업체와 처리계약, 그러나 민간업체는 재활용폐기물 가격에 민감
- 유가 하락 시, **플라스틱 신재 원료 단가 하락으로 재활용 원료 수요 감소**

③ 매립, 소각의 어려움

- 재활용되지 못하는 폐기물은 소각 또는 매립되나, 해마다 **폐기물 처리 비용이 늘어 처리업체 부담**
- 재활용처리시설에 대한 **환경 규제**로 **시설 증설의 어려움**

08 플라스틱 폐기물의 재활용 방법

구분	내용
물질 재활용 (Material Recycle)	<ul style="list-style-type: none"> 재활용이 어려운 재질의 플라스틱을 선별하고 이물질이 묻어 더러운 플라스틱을 세척, 가공하여 재생원료(펠렛)로 재활용 하는 방식 플라스틱 폐기물을 물리적으로 가공해 다시 플라스틱으로 생산
화학적 재활용 (Chemical Recycle)	<ul style="list-style-type: none"> 탄화수소 등의 성분으로 분해하여 재활용하는 방식 열분해 및 화학 반응 공정을 통해 이루어짐 종류별 고도 분리 작업이나 오염된 폐기물에 대해 크게 민감하지 않아 물질 재활용보다 유리함
열적 재활용 (Termal Recycle)	<ul style="list-style-type: none"> 플라스틱의 원료는 석유이기 때문에 발열량이 커 연료화 가능 폐기물에서 가연물을 선별해 제조한 신재생 에너지 생산 <ul style="list-style-type: none"> * RDF(Refuse Derived Fuel) – 일반 생활폐기물 대상 * RPF (Refuse Plastic Fuel) – 플라스틱 폐기물, 목재와 같은 산업폐기물 그동안 재활용이 불가능 했던 식품봉지 등 필름류 재활용 가능하나, 소각 시 유해 배출물 발생 가능성으로 기술적 보완 필요

자료 : 한국에너지공단

09 플라스틱 폐기물 재활용 사례



09 플라스틱 폐기물 재활용 사례



09 플라스틱 폐기물 재활용 사례



09 플라스틱 폐기물 재활용 사례



09 플라스틱 폐기물 재활용 사례



플라스틱이 재활용될 것이라는 믿음으로

II. 재활용 원료 적용

01 원료 특성 분석

- 폐합성수지 제품화를 위한 사전 원료 특성 비교 분석 → 제품화 가능 여부 확인

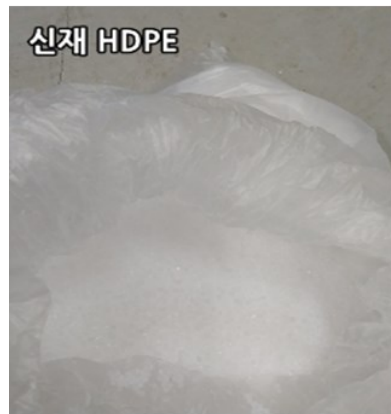
원료 특성

구분	항목	구분	내용
물리적 성질	비중	열적거동(DSC)	구성원료
	용융지수	EDS 원소분석	유기/무기원소 함유비율 등
	가열치수변화율	적외선분광(FT-IR)	소재감별 및 열화 진행 상태
기계적 성질	인장강도(항복점)(+축진내후성)	열 중량(TGA)	열화로 인한 중량 감소율
	충격 강도		

원료 적용성(안전성)

구분	내용
안정성 분석	중금속 테스트
용출 실험	수환경 오염물질 유발 여부

생활계 폐합성수지 원료



02 재활용 원료 적용 시 고려사항

• 낮은 용융 흐름도

- 신재, 재생 HDPE 대비 용융물 유동성 저하
 - 미세한 구조를 가진 설비의 제작은 어려움
- ⇒ 일정 두께 이상으로 제품 제작 필요



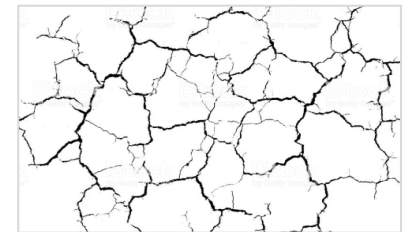
• 낮은 인장강도

- 신재, 재생 HDPE 대비 절반 수준
 - 주로 기계적 강도가 낮은 LLDPE로 구성, 소재에 따른 강도의 차이 발생
- ⇒ 제품 제작 시, 인장력이 요구되는 제품 제외



• 낮은 내충격성

- 신재 : 크랙 없이 내충격성 유지 (50cm)
 - 재생 : 크랙 발생 (50cm), 폐합성수지 : 크랙 발생 (30cm) → 내충격성 저하
- ⇒ 제품 두께를 증가시켜 내충격성 보완 설계 필요



Ⅲ. 업사이클링 공정 개선

01 폐합성수지 업사이클링 공정 개선

GRAY TO GREEN

폐비닐의 펠렛형 원료화 & 펠렛 활용 제품화(Up-cycling)



Step 1

❖ 폐비닐 원료화 : 고순도 펠렛 생산공정 상용화 기술개발

- ▷ 공정기술개발을 통한 폐비닐 재활용 생산효율 개선
- ▷ 원료 고순도화를 통한 활용성 확대
- ▷ 기존 신재 대체를 통한 환경적·경제적 효과



Step 2

❖ 고순도 펠렛 원료 → 제품화

- ▷ Re-cycling & Up-cycling
- ▷ 제품화를 통한 인식개선 및 가치창출

폐비닐 문제 해결 및 제품화를 통한 가치 창출
(사회/환경) (경제)

02 기존 공정의 문제점

- 이물질 혼입으로 인한 용융율 저하

- 선별과정을 거쳐도 비닐류 외 **이물질 혼재**

- 음식물 등으로 인해 폐비닐 끼리 뭉쳐 있음 ⇒ **분리 필요**

- **비중이 다른** 폐합성수지가 **단일조건(온도 등)**에서 용융

- 일부 원료가 **충분히 용융되지 않고** 뭉쳐있는 문제 발생 ⇒ **재 용융 필요**

EPR 압축품 입고 → 압축품 해체 → 수동(육안)선별 → 자력선별 → 고속분쇄 → 타력선별 → 용융 → 원료 생산

기존 공정



기존 공정을 통해 생산된 원료



이물질
→
혼입



03 1차 공정 개선



육안선별



자력선별



고속분쇄



타력선별



송풍분류(상)

① 송풍(비중)선별 추가

: 해체된 EPR 압축품에 **풍속**을 가해

- 가벼운 비닐류 (상부)
→ 이물질 없는 양질의 비닐류 포집
- 무거운 플라스틱류 (하부)
→ 고품연료로 활용



원료완성



(NEW) 2차용융



1차용융



(NEW) 포집

② 용융과정 추가 (기존 1차 → 2차)

: 1차 용융과정에서 녹지 않고
뭉쳐있는 원료가 **충분히 녹음**



원료분쇄



투입/이송



용융



사출



제품완성

신재투입없이
생활폐 폐합성수지(폐비닐)
100% 활용가능

03 1차 공정 개선



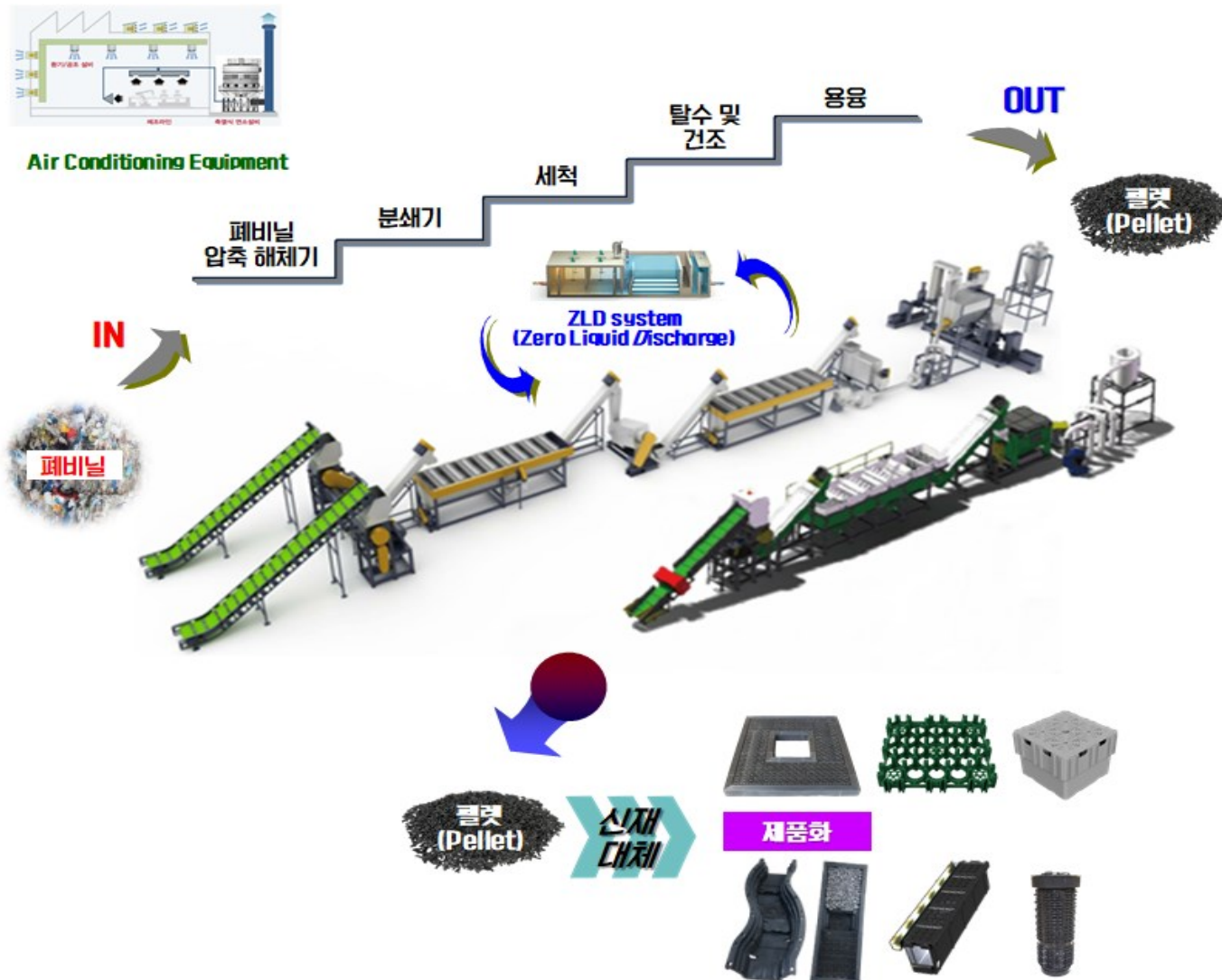
04 1차 공정 개선 이후 추가 문제점 도출

- ① 혼합된 폐합성수지를 분리하지 않으면 **성분 간의 상용성으로 인하여 물성 및 품질 저하**
→ 폐합성수지 재활용율을 증가시키기 위해서는 **동일한 종류(재질)의 합성수지 선별**이 중요
- ② 기존 건조장치에 있어 세척 및 행굼 과정을 거쳤다고 하여도 폐합성수지는 여전히 **먼지를 내포**
- ③ 열풍으로 건조된 폐합성수지를 꺼내기 위해서는 열풍 공급을 멈추고 폐합성수지를 꺼내야 함
→ 열풍 공급탱크에 잔류하고 있는 **비산먼지 등에 의해 작업자에 악영향을 끼치고 환경오염 유발**
- ④ 세척한 폐합성수지를 용융시키는 과정에서 **수분이 건조되지 않고** 공급되어 많은 수분 가스가 발생하여 **정상적으로 믹싱되지 않음**



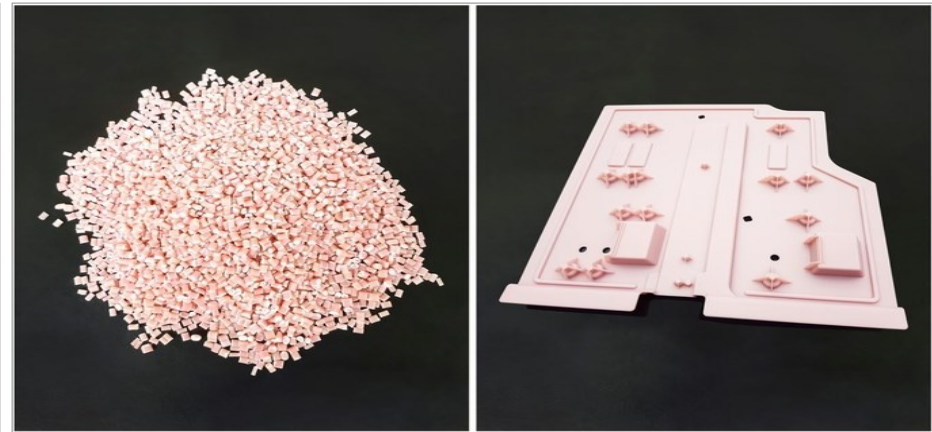
세척공정에서 필요한 용수를 생산공정에서 발생한 폐수를 재이용하여 사용하는
무방류 시스템을 적용하여 **오염원을 최소화** 하고,
 또한 공정 가동 시 발생할 수 있는 **유해가스를 안전하게 처리**할 수 있는 시스템 구축

04 2차 공정 개선



IV. 업사이클링 제품화

01 폐합성수지 제품화



f

감사합니다