

충남대학교-공주대학교-한밭대학교
폐자원에너지화 특성화대학원 사업단

탄소중립 순환경제 달성을 위한 플라스틱 화학적 재활용 기술 동향 세미나

일 시 : 2023년 11월 23일 목요일 오후 2시 ~ 5시

장 소 : 충남대학교 공과대학 1호관(W3) 취봉홀 (1층 157호)

- 주 최 : 충남대학교-공주대학교-한밭대학교 폐자원에너지화 특성화대학원 사업단
대전녹색환경지원센터
한국폐기물자원순환학회 대전·충청지회

모시는 글

어느덧 11월 중순이 지나면서 겨울의 문턱에 들어서게 되었습니다. 2012년에 시작된 충남대학교 폐자원에너지화 특성화대학원 사업단은 환경부가 총괄하는 전문인력양성 1, 2, 3단계 사업을 각각 3년간 성공적으로 수행하였으며, 2022년 3월부터는 충남대학교-공주대학교-한밭대학교의 컨소시엄을 구성하여 4단계 사업을 운영하고 있습니다. 본 사업단은 석·박사과정 대학원생을 대상으로 다양한 분야의 전문가들에 의한 특강과 산업체 수요를 반영하기 위한 현장실습 등 폐자원에너지화 분야의 중점 커리큘럼을 개발하여, 핵심 고급인력을 집중 양성하고 있습니다.

충남대학교-공주대학교-한밭대학교 특성화대학원 사업단은 금번 "탄소중립 순환경제 달성을 위한 플라스틱 화학적 재활용 기술 동향"을 주제로 대전녹색환경지원센터, 한국 폐기물자원순환학회 대전·충청지회와 공동으로 세미나를 개최합니다. 금번 세미나에서는 국내 산업체들의 플라스틱 케미칼 리사이클 기술 및 시장 동향에 대한 발표를 시작으로 탄소중립을 위한 폐플라스틱 화학적 재활용 기술 및 ICT 기술의 적용 방안에 대해 알아보는 시간을 갖고, 폐플라스틱의 열분해 상용화를 위한 기반기술에 대한 발표에 이어서 제시된 관련 내용에 대한 질의응답 및 의견을 나누는 토론의 장을 마련하였습니다. 이를 통해 탄소중립 순환경제를 달성하기 위해 연구/개발되고 있는 플라스틱의 재활용 기술에 대해 확인할 뿐 아니라 궁극적으로 기후변화에 대응하기 위해 어떤 노력이 더 필요할 것인지에 대해 생각해보는 심도 깊은 성찰의 시간으로 이어지길 바랍니다. 특히 이번 세미나에서는 탄소중립 실현을 위한 플라스틱 자원순환 활성화 방안에 대해서 귀중한 정보가 제시되고 공유될 것으로 기대하고 있습니다.

본 사업단, 센터, 지역회가 공동으로 준비한 이번 발표와 논의의 장에 여러분 모두를 초청하오니, 바쁘시더라도 꼭 참석하시어 산업계 및 연구계의 환경관련 전문가 뿐 아니라 환경공학을 전공하는 학생들과 젊은 연구자들 모두에게 유익한 시간이 될 수 있도록 많은 관심과 성원을 부탁드립니다. 감사합니다.

2023. 11. 23.

충남대-공주대-한밭대 폐자원에너지화 특성화대학원 사업단장 **장 용 철**

□ 행사순서

구분	시간	주요내용	비고
식전 행사 (20분)	14:00~14:10(10')	• 등 록 ▷ 사회 : 최경훈 연구교수 (충남대학교)	
	14:10~14:20(10')	• 개회사 ▷ 장용철 교수 (충남대학교, 사업단장) • 축사 ▷ 신선명 박사 (한국폐기물자원순환학회, 대전·충청 지역회장)	
주제 발표 (50분)	14:20~14:45(25')	• 플라스틱 케미칼 리사이클 기술 현황 ▷ 박민규 PL (SK이노베이션)	
	14:45~15:10(25')	• PET 화학적 재활용 기술 및 시장 동향 ▷ 홍성민 수석연구원 (롯데케미칼 연구소)	
휴식 (5분)	15:10~15:15(5')	• 휴 식	
주제 발표 (50분)	15:15~15:40(25')	• 탄소중립을 위한 페플라스틱 화학적 재활용기술 현황 및 IoT 적용 방안 연구 ▷ 이인 대표 (㈜에코인에너지)	
	15:40~16:05(25')	• 페플라스틱 열분해 상용화를 위한 기반기술 ▷ 정수현 박사 (한국에너지기술연구원 명예연구위원)	
휴식 (10분)	16:05~16:15(10')	• 장내 정리 및 휴식	
토론 (35분)	16:15~16:50(35')	• 토론회 ▷ 좌 장 : 윤오섭 회장 (한국환경보전원 대전·충남협회) ▷ 토론자 - 한밭대학교 엄태인 교수 - 한국에너지기술연구원 이재구 박사 - 한국기계연구원 최상규 박사 - 한국폐기물재활용공제조합 하봉진 국장 - 발제자 4인	
폐회 (10분)	16:50~17:00(10')	• 종합정리 및 폐회 ▷ 장용철 교수 (충남대·공주대·한밭대 폐자원에너지화 특성화대학원 사업단장)	



- 플라스틱 케미칼 리사이클 기술현황 1
(SK이노베이션 **박민규** PL)
- PET 화학적 재활용 기술 및 시장 동향 13
(롯데케미칼 **홍성민** 수석연구원)
- 탄소중립을 위한 페플라스틱 화학적 재활용기술 현황 및 IoT
적용 방안 연구 33
(에코인에너지 **이인** 대표)
- 페플라스틱 열분해 상용화를 위한 기반기술 55
(한국에너지기술연구원 **정수현** 명예연구위원)



플라스틱 케미칼 리사이클 기술현황

(SK이노베이션 박민규 PL)







Why is plastic recycling difficult?

다양한 재질의 플라스틱, 다양한 형태로 성형/배출

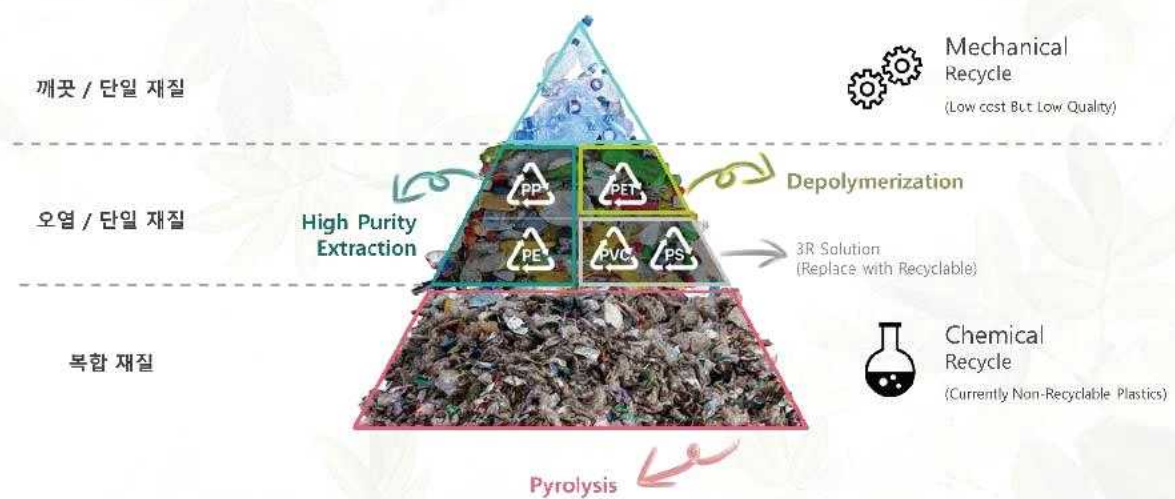


다양한 Recycling 기술 필요

4

SK eco centric SK innovation

Recycle Plan per Waste Types



5

SK eco centric SK innovation

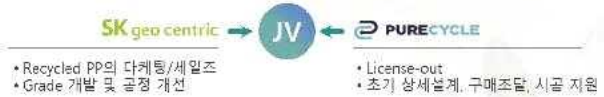
RECYCLE TECH – SCF* PP Solvent Extraction



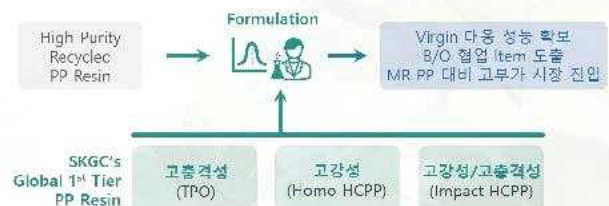
6

고순도 Recycled PP 상업화

美 Commercial Plant 건설 중, 또한 Global 확장 추진



SK의 Recycled PP 고부가 역량



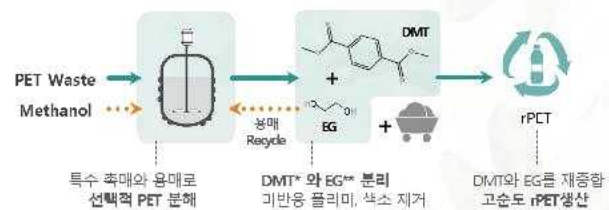
SK geo centric SK innovation

RECYCLE TECH – PET Depolymerization



7

울산 ARC 적용 PET Depolymerization 특징



- ① 유색 PET, 폴리에스터 처리 가능
- ② 저온/저압 공정 → 분순물 생성 최소화 (PE, PP는 분해 없이 배출)

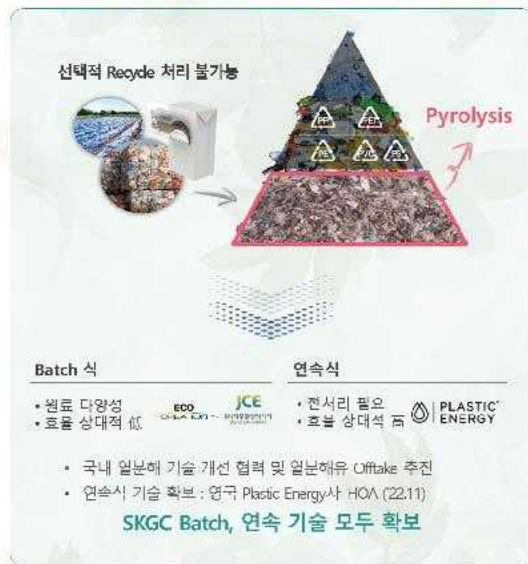
CR PET 상업화



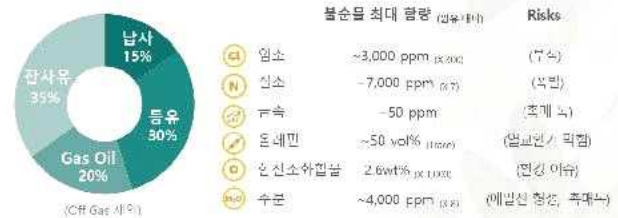
선진 기술 도입 통한 Virgin 동등 수준 품질 생산
처리 곤란한 다양한 국내 Feed 활용 가능성 검토 중

SK geo centric SK innovation

RECYCLE TECH – Pyrolysis



국내 10개사 열분해유 분석 결과



SK 열분해유 후처리 기술



Global 수준 SK 정유/석유화학 역량 활용,
열분해유의 석유화학 공정 투입을 위한 후처리 및 고부가화 실증 중

SK eco centric SK innovation

RECYCLE TECH – Pyrolysis (Post-treatment)

국내 최초 Scale-up Pilot Plant 전 공정 연속 가동 중 ('22년 8월~, 100 ton/year)



※ 열분해/후처리/용도개발 관련 특허 42건 확보 ('23년 10월 기준)

SK eco centric SK innovation

Advanced Recycling Cluster (ARC), Ulsan

"Global No. 1 Recycling Company"

ARC - 세계 최초의 플라스틱 재활용 Complex ('25. 4Q)



위치 울산 부곡읍연지구
면적 215,000 m² (축구장 22개)
총 투자비 약 1.8조원 ('26. 상업생산)
Capa. 약 320KTA (처리량 기준)

10

SK geo centric SK innovation



Plastic Solution Provider

12

SK qoo centric SK innovation

3R Solution Strategy

Reduce

박막화
포장소재



경량화
자동차 소재



□경량화 소재

UD Tape 소재로 철과 비슷한 강도로
택배 차량, 전기자, 컨테이너 박스 등 적용

Replace

재활용 가능
소재로 대체



금속소재 대체



□고기능 소재로 대체

PVC를 PE로 대체

Recycle

단일소재의
[재활용 용이]



재활용 소재 적용
제품 개발 및 확장



□기술기반 재활용 소재 및 활용 영역 확장

여러 겹의 소재를 단일 소재로 개발,
EAA종이컵, 얇은 코팅으로 재활용 가능

13

SK qoo centric SK innovation



14

01 Plastic Recycle



02 Solution Provider



15

SK geo centric SK innovation





PET 화학적 재활용 기술 및 시장 동향

(롯데케미칼 홍성민 수석연구원)



PET 화학적 재활용 기술 및 시장 동향

2023. 11. 23.

롯데케미칼 종합기술원



개요

AT A GLANCE



대한민국 대표 화학사인 롯데케미칼은 창조적인 도전과 혁신을 통해 인류의 건강하고 풍요로운 삶에 기여하고 있습니다.

* 본사 : 서울시 송파구 올림픽로300 롯데월드타워 14~16F

회사명	주업종	대표이사	설립일
 롯데케미칼 주식회사	 화학제품 제조·판매업	 신동빈 김교현 이영준 황진구	 1976년 3월 16일

주요 자회사

- 롯데정밀화학
- 롯데케미칼타이탄
- 롯데엠시시 (日 미쓰비시케미칼 합작)
- 롯데미쓰이화학 (日 미쓰이케미칼 합작)
- 롯데베르살리스엘라스토머스 (伊 베르살리스 합작)
- 롯데BP화학 (英 BP사 합작)
- 삼박LFT
- 현대케미칼 (현대오일뱅크 합작)

VISION



주요 제품

기초유분, 중간원료	합성수지	화성제품	첨단/건축소재
 <ul style="list-style-type: none"> • EL (Ethylene) • PL (Propylene) • BTX (Benzene, Toluene, Xylene) • PX (Para-Xylene) • OX (Ortho-Xylene) • Me-X (Meta-Xylene) • SM (Styrene Monomer) • BD (Butadiene) • IPM (Isoprene Monomer) • DCPD (Dicyclopentadiene) • PIP (Piperylene) 	 <ul style="list-style-type: none"> • HDPE (High Density Polyethylene) • LDPE (Low Density Polyethylene) • LLDPE (Linear Low Density Polyethylene) • EVA (Ethylene Vinyl Acetate) • PP (Polypropylene) • PET (Polyethylene Terephthalate) 	 <ul style="list-style-type: none"> • EO/EG (Ethylene Oxide / Ethylene Glycol) • EOA (Ethylene Oxide Adduct) • GE (Glycol Ether) • MMA (Methyl Methacrylate) • PIA (Purified Isophthalic Acid) • PTA (Purified Terephthalic Acid) 	 <ul style="list-style-type: none"> • PC (Polycarbonate) • PC Alloy • PC Compound • Performance Material (TPO, LFT, EPP, TPV, HMSPP) • ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) • ABS Alloy • ASA (Acrylonitrile Styrene Acrylate) • 인조대리석 • 수처리 분리막 (UF)

 LOTTE CHEMICAL

R&D Center

LOTTE CHEMICAL R&D

AT A GLANCE



설립년도	직원수(전사원기준)	여성연구원 비율	소재지
1986년	313명	30%	대전 서원(마곡) 의왕

R&D VISION



2005년 롯데그룹의 화학 부문 통합 연구소로 설립된 롯데케미칼 연구소는 지속성장을 위한 원천기술 확보 및 신성장동력 발굴을 적극 추진하고 있습니다

연구분야



 LOTTE CHEMICAL



Contents

I. 산업환경 변화_폐플라스틱 환경오염 대응

II. PET 재활용 시장, 기술 동향

I. 폐플라스틱 환경오염 대응

1. 페플라스틱 환경오염 심각성

✓ 플라스틱 폐기물 문제로 인한 사회적 / 환경적 위기감 고조

플라스틱 폐기물 오염 심각성

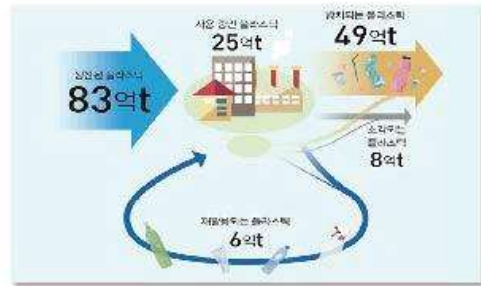
- 8백만톤** ✓ 매년 바다에 유입되는 플라스틱 양
- ~500년** ✓ 일회용품이 분해되는데 걸리는 시간
- ✓ 지속적 생산/소비로 인한 환경 부담



Source : Geyer R, Jambeck JR, Law KL, 2017 / 미국 해양대기청
United Nations Environment Program(유엔 환경 계획)

플라스틱 폐기물의 낮은 재활용률

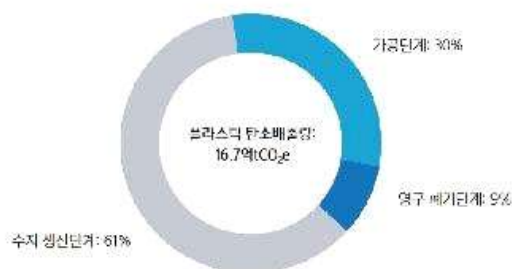
- 83억톤** ✓ 누적 플라스틱 생산량 83억톤 (1950~2015년)
- ✓ 연간 3.8억톤 플라스틱 생산 ('15년 기준)
- 40% 포장 용도 생산, 평균 6개월 사용
- 90.5%** ✓ 재활용 되지 않은 플라스틱 비율 (누적)
- 폐기물 발생량 중 포장재 비율 60%



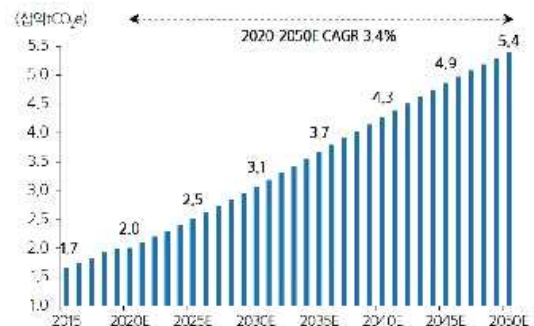
1. 플라스틱 탄소배출 문제

- ✓ 플라스틱은 생산, 소비 그리고 폐기까지 탄소배출에 직접적 영향
- ✓ 플라스틱으로 인한 탄소배출량은 2020년 20억tCO₂e에서 2050년 54억tCO₂e까지 증가

플라스틱 전주기 탄소배출량¹⁾



플라스틱으로 인한 글로벌 탄소배출량 전망²⁾



1) Nature Climate Change, 삼성증권

2. 20세기 기적의 소재, 플라스틱

✓ 우리의 삶 곳곳에 있는 가장 경제적이고 친환경적인 소재

산업의 지주, 생활의 친구

일상생활 혁신	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 삶의 질을 높여주는 역할 <ul style="list-style-type: none"> - 식품 용기, 칫솔 등 생활용품으로 위생수준 향상 - 단열성으로 현대 주거형태 구축 * PVC 장틀 나무 전환 시, 매년 서울 크기 산림 훼손
질병 전파 차단	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 일회용 주사기, 위생 장갑, 마스크, 수액백 등
자동차 소재 혁신	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 자동차 경량화로 연비 향상 및 CO₂ 저감 <ul style="list-style-type: none"> - 무게 10kg 감소 시, 연비 3% 향상, CO₂ 4.5% 감소
전자, IT 보급 선도	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 절연성, 유연성으로 전력공급, 첨단 IT 제품 보급

Source : PLASTICS REHAS 발표자료 (Prof. Kim Regiers, Ghent University)
 석유화학으로 만드는 세상 (한국석유화학협회, 2009)

환경을 보존하는 플라스틱

종이	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 재활용 가능하나, 플라스틱 대비 무거움 ✓ 종이백 제작 시, CO₂ 배출량 증가 <ul style="list-style-type: none"> - 벌목, 운송, 가공 등 제작 시, 4배의 에너지 필요 ✓ 종이 대비 보다 친환경적 소재 <ul style="list-style-type: none"> - 자원사용량 1/20, 오염물질 1/2, 폐기물 발생량 2/3 (LCA¹⁾ 기준)
유리	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 무게 증가로 인한 운송료 2배 증가 ✓ 재활용에 따른 더 많은 에너지 소모 <ul style="list-style-type: none"> - 8회 재사용 가능하나, 세척 시 화학약품 사용 - 1,500°C 에서 녹는 성질로 인한 CO₂ 배출 증가
플라스틱	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 운송 효율성 향상, 비용 절감 ✓ 플라스틱 생산에 필요한 CO₂ 배출량 식품 가공 및 폐기물 배출량 대비 10 % 정도 적음

1) Life Cycle Assessment, 소량씩 소각 시에 유독 가스 발생량은 HDPE가 종이의 1/3 수준임

9

3. 플라스틱은 왜 환경오염의 주범이 되었을까?

✓ 플라스틱 수요 및 폐기 현황_ Packaging 용 플라스틱 폐기물 처리 대책 필요

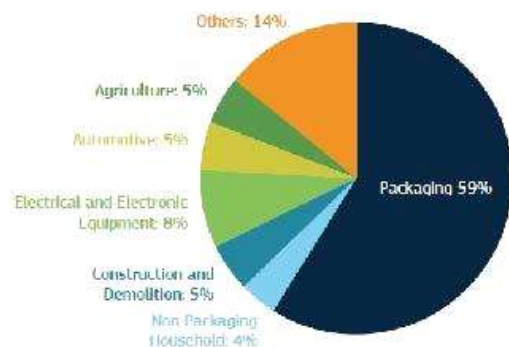
플라스틱 용도별 수요 (EU, 2015년)

- 49 백만톤 수요



플라스틱 폐기물 발생 (EU, 2015년)

- 25.8 백만톤 폐기물 발생

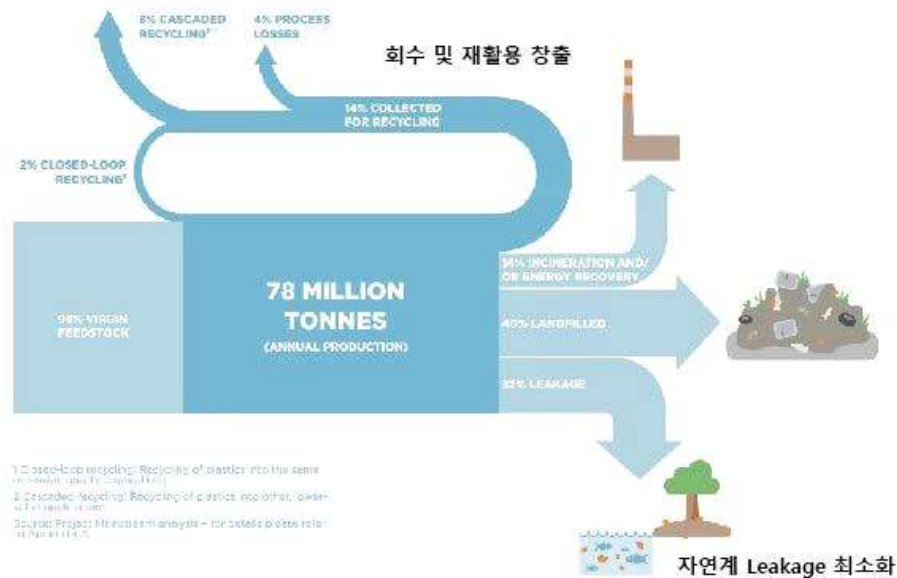


Source : Plastic Europe 2016, Plastics-the Facts 2017, A European strategy for Plastic in a Circular Economy, 2015, Eunomia 2017

10

3. 플라스틱은 왜 환경오염의 주범이 되었을까?

✓ 플라스틱 사용량 지속 증가, 1회용 플라스틱 폐기물 회수 재활용율 미미



Source: Project Mainstream analysis, The New Plastics Economy: Rethinking the future of plastics

11

4. 순환경제시대로 패러다임 전환

✓ 자원 소모적 방식의 성장 한계로 자원의 투입 & 배출을 최소화하는 '순환경제' 대두

선형경제 한계

저렴한 자원의 지속적 이용 가능성에 의존하는 소모적 방식의 성장 한계 직면

✓ 산업혁명 이후, 선형경제 모델 의존 세계 경제성장



- ✓ 세계 인구의 지속적 증가 (75억('19) → 110억('50))
- ✓ 자원 가격 급등 및 변동성 심화, **자원 고갈 징후**
- ✓ 현재 전세계 350만톤/일 폐기물 발생 중
 - 사용제품 6개월 내 **폐기물 전환율 80~90%**

순환경제 시대 도래

제품의 설계-제조-사용-재활용 전과정에 걸쳐 자원의 효율적 사용 및 폐기물 배출 최소화



Source: '19년 순계 화공학회 '자원순환경제와 지속 가능한 플라스틱' (건국대학교 허 학 교수)
http://www.hani.co.kr/art/economy/economy_general/622251.html

12

5. 환경 규제 강화

- ✓ 소비자 인식 변화: 대량생산/대량소비 패턴에서 일회용 플라스틱 줄이기 운동에 자발적 참여
- ✓ 환경 규제 강화: 재활용 의무 비율 강화 / 세계 50개국 이상이 일회용품 사용금지 법안을 준비 중

소비자 인식 변화



1955년 <라이프>紙
미국의 한 가정의 일회용 플라스틱 덕에
'쓰고 버리는 생활'이 시작된 것을 축하!



일회용 플라스틱 줄이기 운동 참여

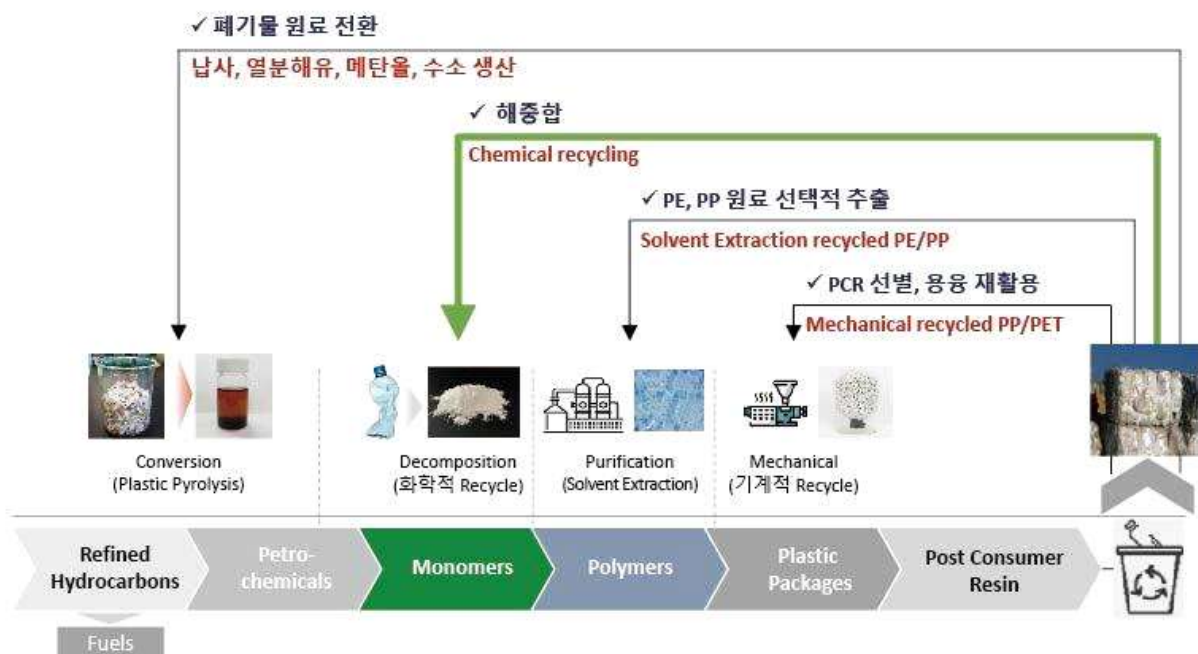
환경 규제 현황

국가	주요 내용
	<ul style="list-style-type: none"> • '재활용 폐기물 종합대책' 발표 ('18) - 비닐봉투 사용규제('19), 무색PET 전환 ('20) 등 • '포장재 등급평가 및 표시 의무화 시행 ('20 ~) • 전주기 탈플라스틱 대책 발표 ('22.10) • 순환경제 전환 촉진법 국회통과 ('22.12)
	<ul style="list-style-type: none"> • '新 순환경제패키지' 시행 ('15) - '30년까지 플라스틱 포장재 재활용 비율 60% 달성 - '40년까지 플라스틱 포장재 100% 재활용 목표
	<ul style="list-style-type: none"> • 폐기물 전과정 '지속가능한 자원관리' 추진 • 지방정부 차원 비닐봉투, 스티로폼 포장재, 일회용품 규제 시행 ('18)
	<ul style="list-style-type: none"> • '순환형 사회형성 추진 기본법', • '자원 유효이용 촉진법' 시행 ('01) • 청정 해양물질 연합 설립 ('19)

13

6. 폐플라스틱 처리, 대책

- ✓ 플라스틱 폐기물의 자원화 → 지속가능한 순환형 밸류 체인 구축

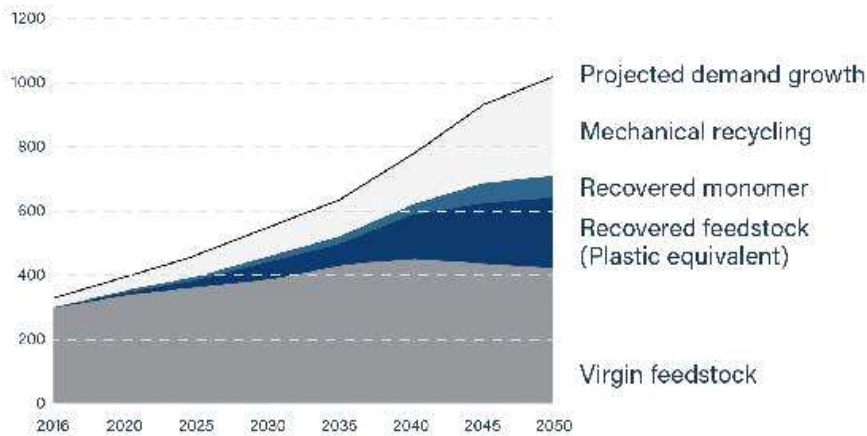


Source : <https://www.closedlooppartners.com/plastics/>

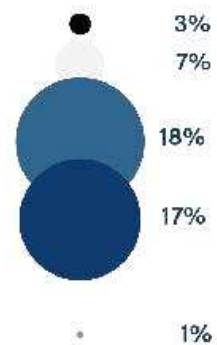
14

7. 세계 플라스틱 수요 예측

Global polymer demand 2016-50 and how it could be covered (millions of metric tons)



CAGR %
2016-2050



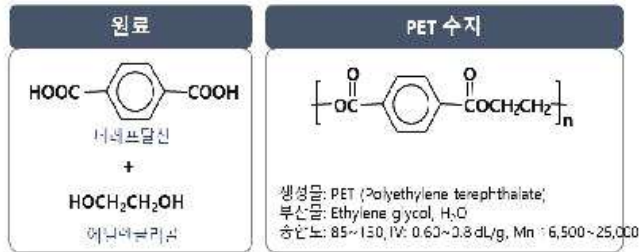
Source : How plastic wastes recycling could transform the chemical industry (McKinsey on chemicals, December 2018)

15

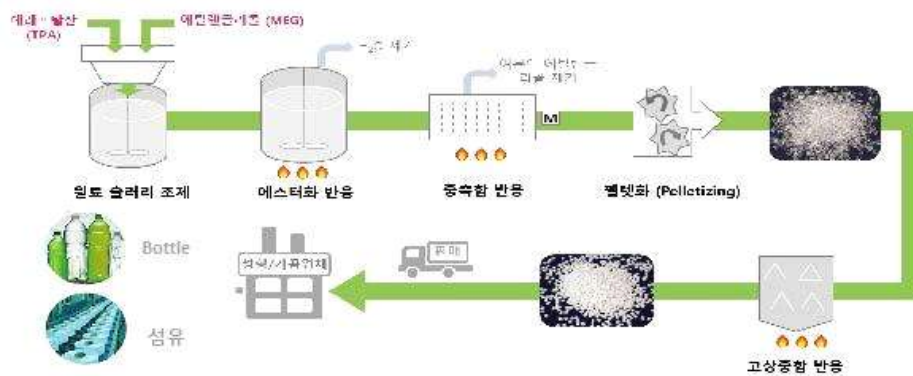
II. PET 재활용 시장 및 기술 동향

1. 재활용 PET 시장 동향
2. 재활용 PET value chain 및 원료화
3. PET 화학적 재활용 제조기술 동향
4. 폐섬유 재활용 기술 개발 방향

PET 수지 개요



- 차단성 우수, 제품 수명 연장
- 불활성 물질, 안전하고 독성이 없음
- 경량 소재로 운송 비용 감소
- 에너지 사용 및 GHG 배출 감소
- 완전한 재활용 가능



17

재활용 PET (rPET) 시장 동향

- ✓ PET 수지 공급처 rPET 생산으로 변화 불가피

각국 정부 규제 동향

	<ul style="list-style-type: none"> 일회용 플라스틱 위원회(SUPD) 입법 권고¹ - '25년까지 PET병 내 재활용 함량 25%, '30년까지 30% 이상 포함 의무 법제화 합의
	<ul style="list-style-type: none"> 플라스틱 포장세 시행('22. 4월~)² - 재활용 함량 30% 미만 제품 £0.2/kg 부담금 부과
	<ul style="list-style-type: none"> CA, 재활용 함량 의무 법제화('22. 1월~)³ - '22년 1월부터 PET병 내 재활용 함량 15%, '25년부터 25%, '30년부터 50% 이상 의무 포함
	<ul style="list-style-type: none"> 재활용 함량 기준 포함 자재법 개정안 발의⁴ - 대통령령으로 1회용 음료포장재 제조/수입 시 재활용 함량 의무 지정 가능

주요 PET 수요처 선언

	<ul style="list-style-type: none"> PET병 내 재활용 함량 33% 이상 (~'25) 유럽 9개국 제품 100% rPET 전환 (~'22)
	<ul style="list-style-type: none"> EU PET병 내 재활용 함량 50% 이상 (~'25) 재활용 함량 50% 이상 (~'30)
	<ul style="list-style-type: none"> 재활용 함량 50% 이상 (~'25)
	<ul style="list-style-type: none"> 재활용 함량 50% 이상 (~'25)
	<ul style="list-style-type: none"> 재활용 100% 사용 (~'25)

Note 1. European Commission, Assessment report of the voluntary pledges under Annex III of the European Strategy for Plastics in a Circular Economy, 19/03/04

2. 영국 정부, Plastic packaging tax policy paper, 20.11.26 update

3. Progressive Grocer, 'CA Mandatory Recycled-Content Bill Signed Into Law', 20.09.25

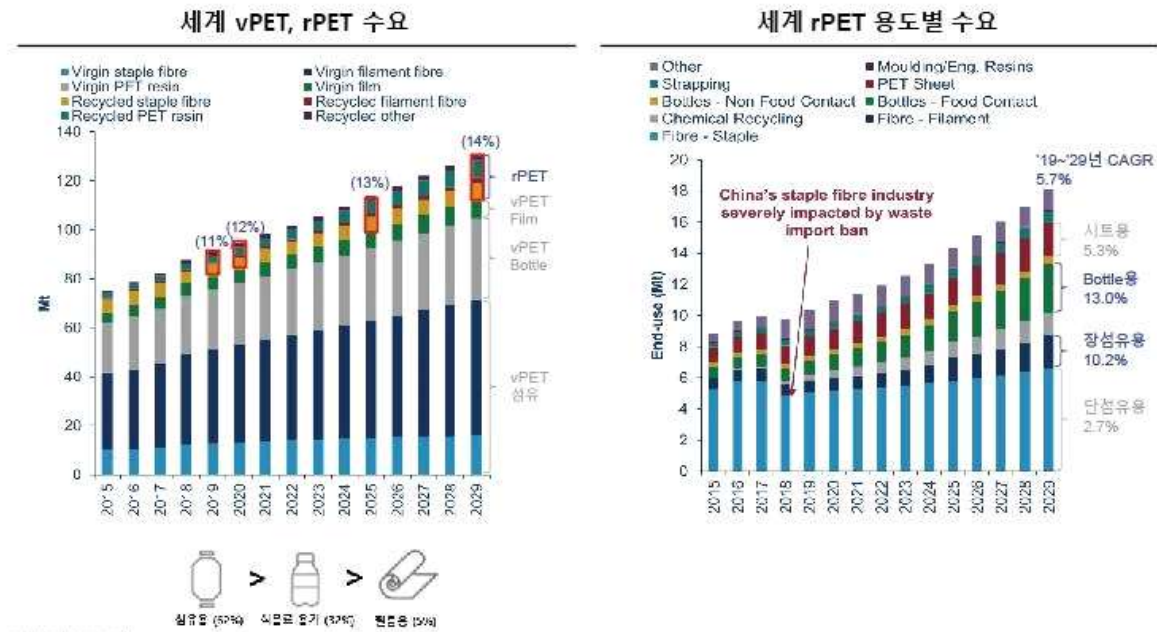
4. 이디일리, '법안 프리즘' 이권득 "일회용 플라스틱 음료포장재 기준 강화해야", 21.01.07

Source: NAPCOR, EPRO, CPRA, ASI/PET, PETCORE Europe, Plastics Recyclers Europe, Primary Interviews, Grand View Research

18

재활용 PET (rPET) 시장 동향

✓ PET시장 패러다임 변화 → Recycle PET Virgin PET 대체 전망



19

재활용 PET (rPET) Value chain

✓ 페PET bottle, 섬유 화학적 재활용 원료화 가능



20

페PET bottle 원료화 현황

폐기물 이동



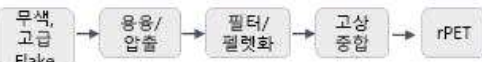


※ 국내 페PET Bottle 물질 흐름 ('20년 기준)

국내 PET bottle 소비량	페 PET 수거량	Flake 생산량 (약 21만톤)			
		S급 (장섬유, Bottle용)	A급 (Sheet)	C-rPET 원료화	
				B급 (단섬유)	C급 (단섬유)
42만톤	30만톤	1만톤	8만톤	7만톤	5만톤

21

재활용 PET (rPET) 기술 동향

✓ rPET 제조 기술

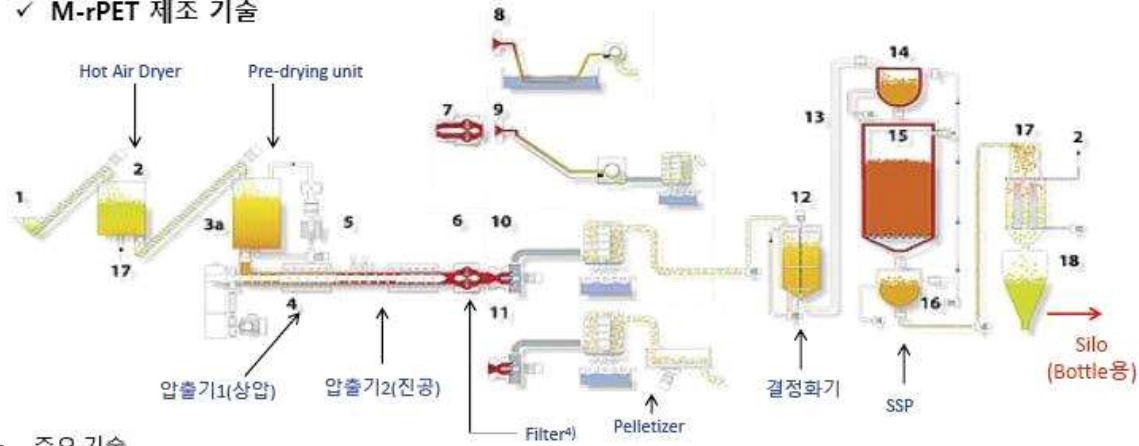
구분	기계적 재활용 rPET (M-rPET)	화학적 재활용 rPET (C-rPET)
생산 기술	  [기계적 재활용 설비]	 [C-rPET 제조 공정]
생산 규모	60~70톤/일, 용융압출	200톤/일 이상, 연속중합 공정
기술선	Starlinger, Erema-Buhler,	Ioniqa, Jeplan 외 (해중합 BHET ¹⁾ 제조기술)
상업화	실적	Indorama, FENC社 외
	원료	고급 무색 Flake
	판매	장섬유, 식품용기용 해외 수출 가능, 국내 장섬유용만 판매 가능 (규제)
장점	상업화 검증 완료 기술, 적은 투자비	rPET 품질 우수, 안정적인 원료(페PET) 수급, 국내 식품용기용 판매 가능, 기술 전망성 높음
단점	vPET 대비 품질 저하, 원료 수급성 낮음	상업화 사례 없음 (제조기술 경제성 부족)

1) BHET: recycled (bis-hydroxyethyl) terephthalate

22

재활용 PET (rPET) 기술 동향_ M-rPET

✓ M-rPET 제조 기술



• 주요 기술

Pre-treatment



Source: Sterlinger사 자료

Rheology/ Color Control



Filtering



Pre-Crystallization



Crystallization



SSP

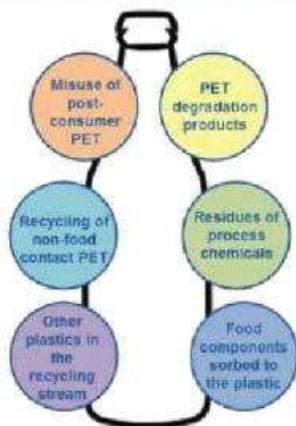


23

재활용 PET (rPET) 기술 동향_ M-rPET

✓ M-rPET 이슈 사항

Possible sources of contamination during recycling



Here, some examples are listed describing the introduction of unwanted chemicals into recycled materials.

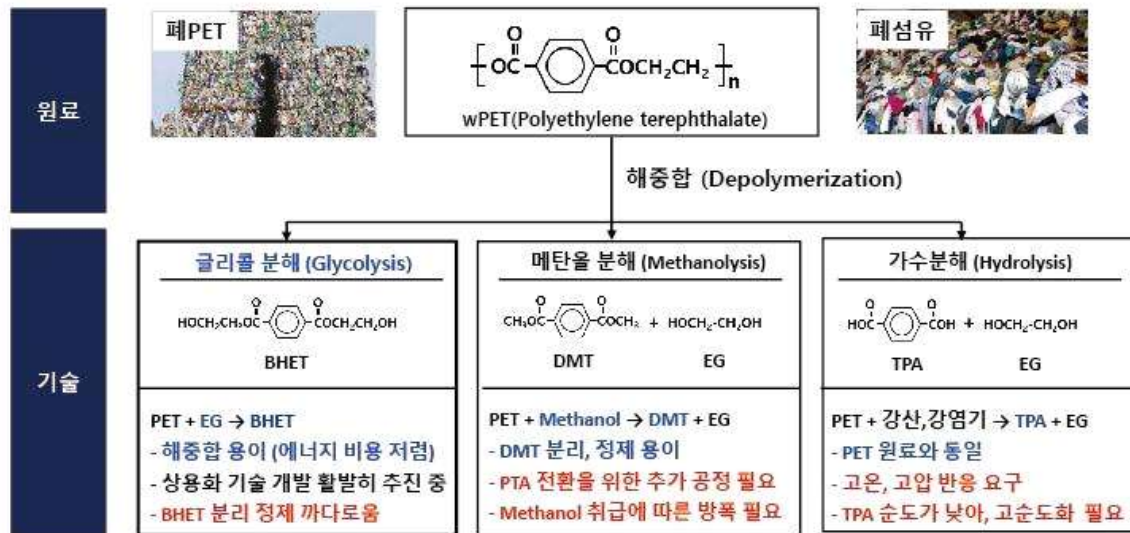
- The influence of plastic and paper recycling on the exposure to phthalates was investigated recently by Lee et al. [44]. The study showed that increased use of recycled food packaging can cause elevated childhood exposure to the anti-androgenic phthalates diethylphthalate (DEP, CAS 84-74-2) and dibutylphthalate (DBP, CAS 84-89-5).
- In 2009, Cheng and colleagues published a study on the contamination of recycled PET with antimony [45]. The migration of antimony into the food strongly depended on the further treatment and storage conditions. Rinsing the bottles before filling generally reduced the antimony concentrations, whereas microwaving or heating significantly increased the levels.
- The levels of chromium, antimony, lead, nickel and chromium in 200 samples of post-consumer PET films and containers were determined by Whitt et al. [46]. 29 samples were contaminated with mixtures of heavy metals at concentrations below the California's Toxics in Packaging Prevention Act. No virgin PET samples were tested in this study.
- In 2013, Sameonck and Puype tested black FCMs purchased at the European market for the presence of brominated flame retardants [47]. Approximately 40% of the samples contained these brominated compounds, although they are not authorized for the use in FCM plastic and some are even banned under the Stockholm convention. The flame retardants probably originated from electric and electronic equipment waste that was fed into the recycling stream.

Source: Dossier – Plastic Recycling, Right Choice, November 2014

24

PET 화학적 재활용 기술 동향

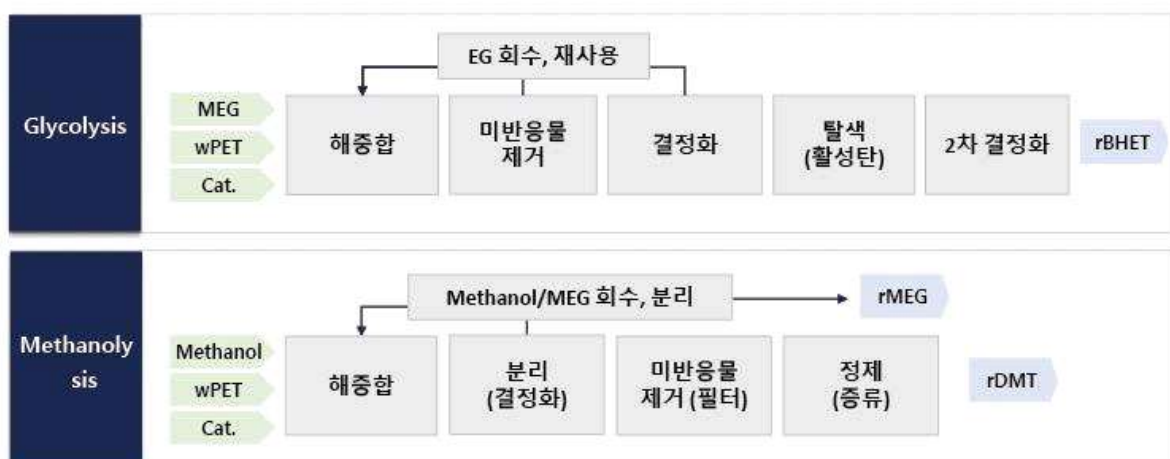
- 폐PET 원료화 기술 : 다양한 해중합 Pathway 존재, 기술에 따라 TPA, BHET, DMT 생산 가능



25

PET 화학적 재활용 기술 동향

- ✓ 주요 공법 : Glycolysis, Methanolysis



26

Glycolysis 공정

✓ BHET 수율, 순도 제고 기술 핵심

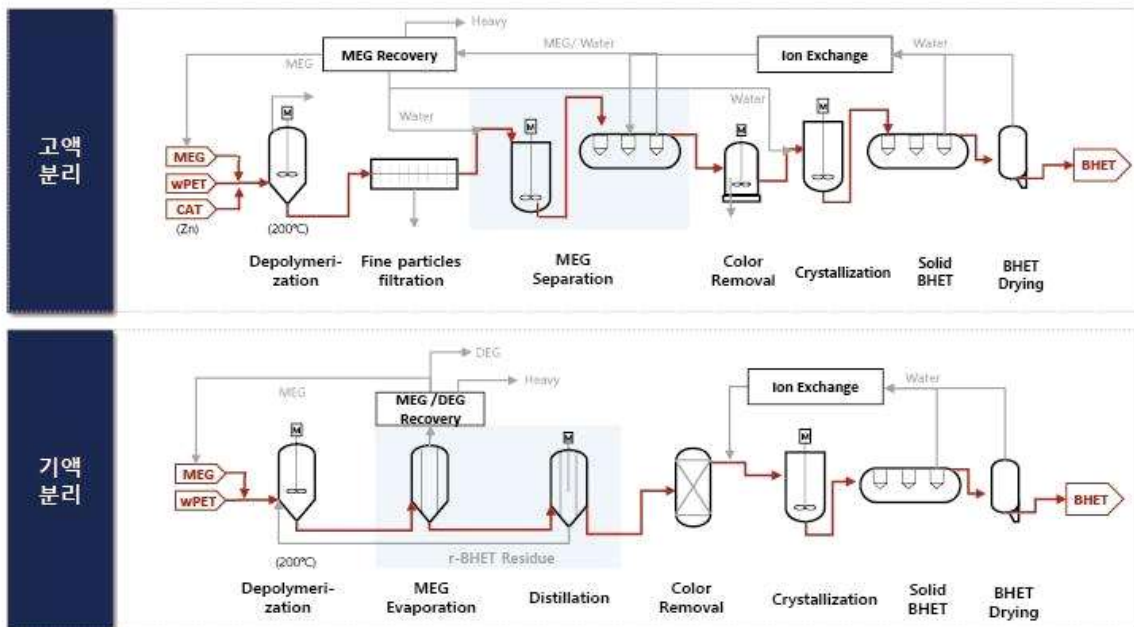
1. Anti-solvent 사용 최소화 (해중합 MEG 최소화, MEG 분리 선행, Anti-solvent 순환)
2. 결정화 BHET 손실 최소화 (결정화조 설계, 냉각속도, Anti-solvent 농도)
3. 탈색 기술 (발색단 파괴, 제거)
4. 필터, 장치 운전 노하우



27

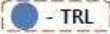
Glycolysis 공정

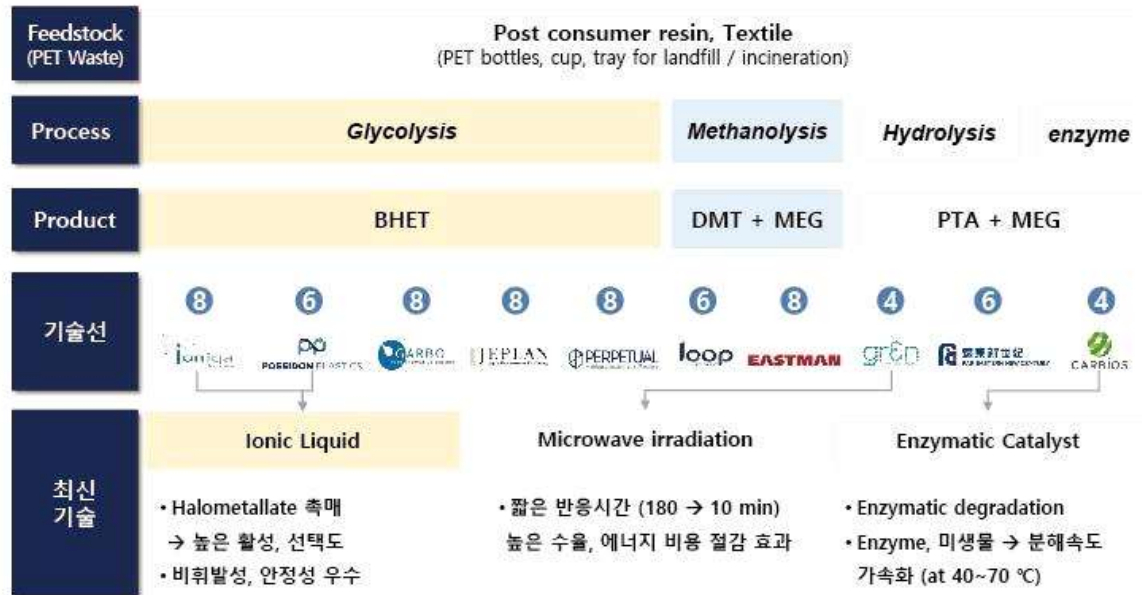
✓ MEG/BHET 분리 방식 비교 (Cost, 공정 운영, 품질 측면)



28

PET 화학적 재활용 기술 동향

✓ 해중합 기술 최신 동향 (성숙도)  - TRL



29

폐섬유 재활용(원료화) 현황

✓ 폐의류 화학적 재활용 기술 개발 필요



• 국내 폐의류 5만톤/년 발생 ²,³)

- 해외수출 26% / 내수처리 29%
: 대부분 재사용, 일부 재활용(물리적)



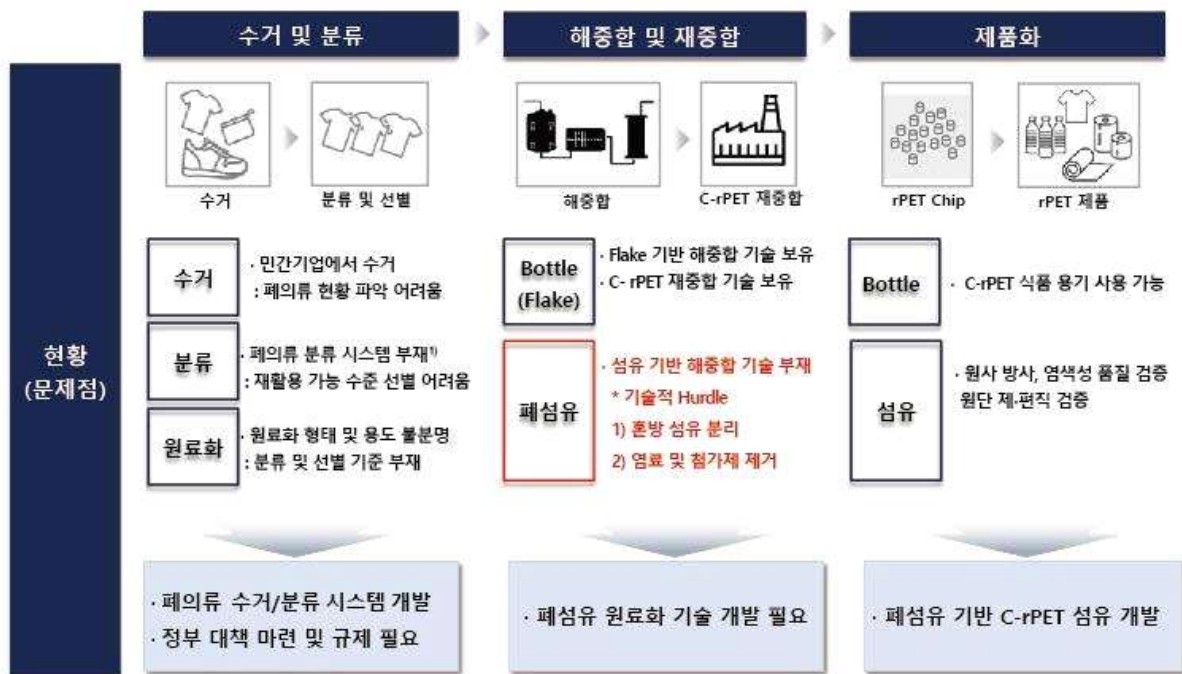
- 소각/매립 45%
: 토지, 대기, 수질 오염 발생



1) Plus Report, 2017 2) 전국 폐기물 발생 및 처리현황, 환경부, 2017
3) '헌 옷 수출길 막혀... 폐의류 수천 톤 쌓여', KBS NEWS, 2020.05.11

30

폐섬유 화학적 재활용 방안

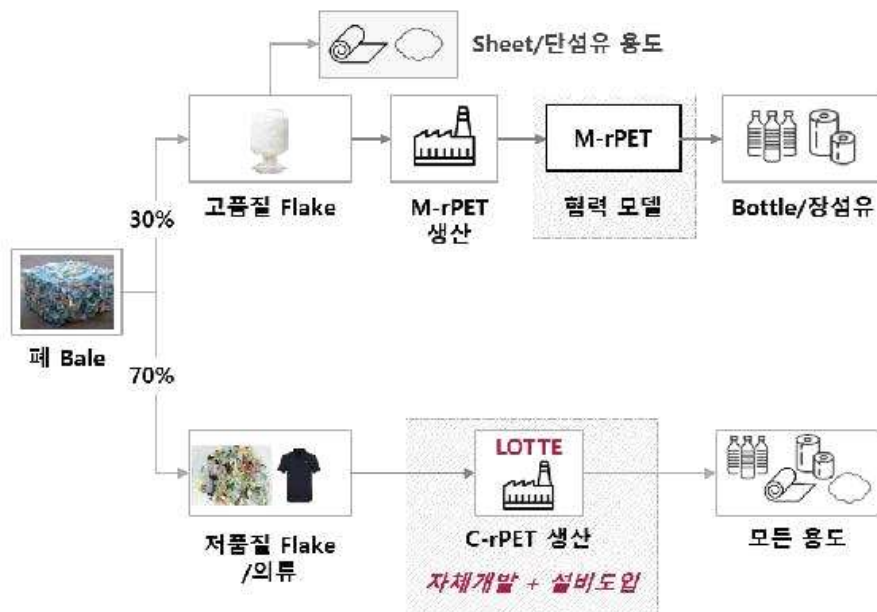


1) 폐섬유용 NIR(Near Infrared Ray) 분류 시스템 부재 (폐Bottle용 NIR 분류 시스템은 구축되어 폴라스터 자질 분류에 사용 중)

31

롯데케미칼 PET 화학적 재활용 사업화

✓ C-rPET 사업화 추진



32

3-2. 롯데케미칼 PET 화학적 재활용 사업화

✓ C-rPET 사업화 추진, '24년 양산 설비 구축 완료

- 국내 1위 PET 생산자로서 기술 난이도 및 진입 장벽 높은 C-rPET 사업을 통해 사회적 문제 해결

사업 개요	사업 계획
<ul style="list-style-type: none"> • '24년, 국내 최초 해중합+C-rPET 사업화 추진 - 생산 규모 : BHET 45KTA, C-rPET 110KTA - 위치 : 울산2공장 	<ul style="list-style-type: none"> '21.1H ○ 사업성 검토 완료 및 사업 승인 '21.2H ○ C-rPET 시범 사업 (제품화) '22.2H ○ C-rPET 중합설비 개조 완료 시생산 및 Pre-marketing '24년 ○ 해중합 공장 준공 및 시생산 C-rPET 상업 생산 '30년 ○ 울산 PET 공장 전량 C-rPET 생산
<div> <div>신규 공장</div> <div> <p>• '24년, PET 해중합 공장 신설 (외부 기술 도입)</p> </div> </div> <div> <div>기존 공장</div> <div> </div> </div> <ul style="list-style-type: none"> • '22년, 기존 PET 공장 일부 개조 (자체 기술) 	

33

롯데케미칼 C-rPET 사업화

✓ 사업화 1단계, '22. 9월 PET 공장 개조 완료, C-rPET 시생산 성공

롯데케미칼 '플라스틱 순환경제' 사이클 만들기 '속도전'

롯데케미칼, 2023.09.27. 14:00

2030년까지 자립형 시설 100%·2주원류무한대
화학·소재·화학·기술·화학·C-rPET·시생산·
수업·기술·화학·지원·"기술·화학·성과·도출"

C-rPET 공장구축 완료

C-rPET 시제품



롯데케미칼 울산공장 전경 (가장·롯데케미칼)

34

MISSION

사랑과 신뢰를 받는
제품과 서비스를 제공하여
인류의 풍요로운 삶에 기여한다

We enrich people's lives by providing
superior products and services that
our customers love and trust





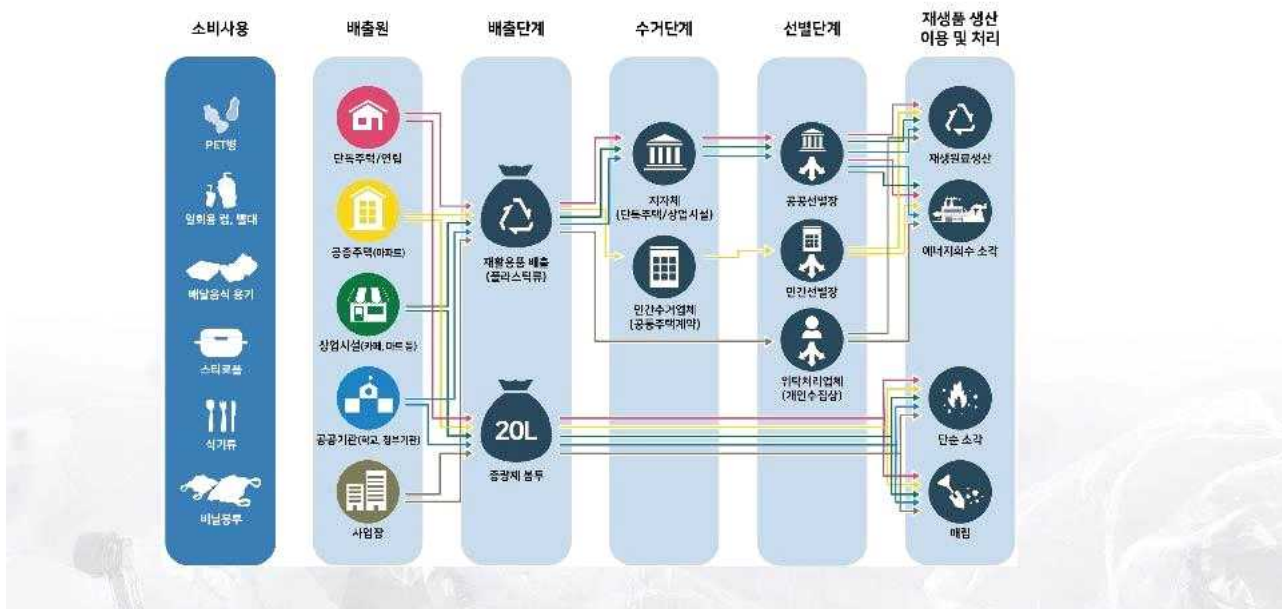
탄소중립을 위한 폐플라스틱 화학적 재활용기술 현황 및 IoT 적용 방안 연구

(에코인에너지 이인 대표)

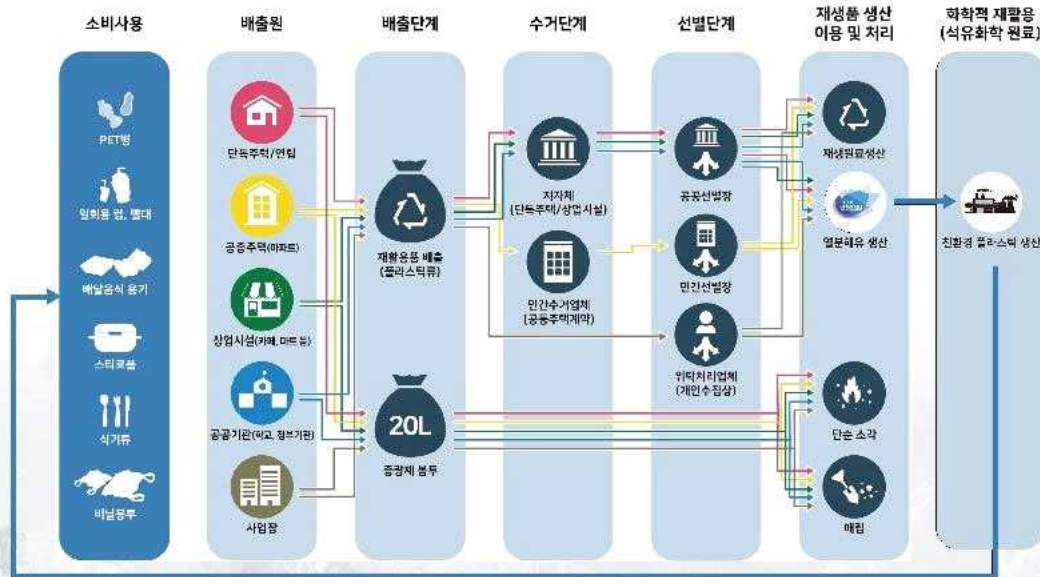




“ 연간 800만톤 폐플라스틱… 72.7%가 소각으로 처리 ”



페플라스틱 화학적 재활용을 통한 자원 선순환구조 마련



우리가 버리는 페플라스틱, 어떻게 재활용 되나?

페플라스틱의 리사이클링 방법		
열적 재활용 (Thermal Recycling) : 연료화	물질 재활용 (Material Recycling) : 물질회수	화학적 재활용 (Chemical Recycling) : 유화원원
방법		
과정	높은 발열량을 이용해 소각하여 열에너지 생산	재질 선별, 분쇄, 압축 등 물리적 가공으로 작은 알갱이 형태의 플라스틱 펠렛 생산
장점	저비용 폐기물 부피 감소	고분자구조의 페플라스틱을 열분해, 가스화 등의 화학적 과정으로 원료 또는 유류 생산
단점	자원 반복 이용 불가 유해가스 및 미세먼지 발생	적용 품종 다각화 반영구적 재활용
	이산화탄소 저감	고비용 높은 기술 난이도
	품질 안정 불순물 및 품질 저하	



에코인에너지 열분해유

“ 기후 위기에 대응하기 위한 국제적 사회 · 경제 패러다임 전환 ”

‘15년 파리협정에서 모든 국가에 온실가스 감축 의무 부여 등 압박 증대

‘23년 1월 세계경제포럼 ‘글로벌 위험 보고서 2023’ 선정 향후 10년간 가장 심각한 위험 10개 중 1위~4위 기후 · 환경 관련 사항



- 2050년까지 탄소중립, 2030년까지 1990년 대비 55% 감축
- 철강 등 6개 품목에 대해 탄소배출에 대한 규제(‘26년 부터)
- 에너지소비 절감, 공급망 다변화, 재생에너지 보급 확대 발표(‘22.5월)



- 2050년까지 탄소중립, 2030년까지 2005년 대비 50~52% 감축
- 기후변화 대응에 3,690억 USD 투자(‘22년 부터)



- 2050년까지 탄소중립, 2030년까지 1990년 68%이상 감축
- 에너지안보를 위하여 2050년까지 원전 최대 8기 추가 건설 계획(‘22년)



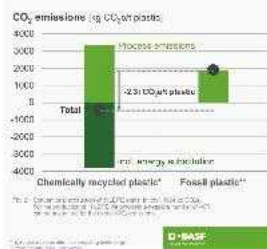
- 2050년까지 탄소중립, 2030년까지 2013년 대비 46% 감축

“ 열분해재활용 시 CO₂ 61%감축, 열분해유로 플라스틱 생산 시 CO₂ 85% 감축 ”

Comparison of CO₂ emissions between plastics production from pyrolysis oil and naphtha

Results

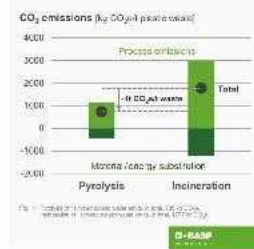
- CO₂ emissions are saved when manufacturing plastics based on pyrolysis oil under a mass balance approach instead of naphtha. The lower emissions result from avoiding the incineration of mixed plastic waste.
- In particular, the study could show this for the production of a reference plastic (LUPET). 1 ton of LUPET produced from pyrolysis oil under a mass balance approach emits 2.3 t less CO₂ than 1 ton LUPET produced from fossil naphtha.



Comparison of CO₂ emissions between pyrolysis and incineration of mixed plastic waste

Results

- Pyrolysis of mixed plastic waste emits 58 percent less CO₂ than incineration of mixed plastic waste.
- See Table 1 in the study for more details on CO₂ emissions per ton of mixed plastic waste.



페플라스틱 열분해유로 1톤의 PE 생산 시 원유 생산 대비 23톤의 CO₂ 감축

열분해유

최대 85% 감축

원유

페플라스틱 1톤을 열분해로 재활용하면 소각 대비 1톤의 CO₂ 감축

열분해

최대 61% 감축

소각

“ 기초지방자치단체 공공 열분해시설 설치, 원유 대체 폐플라스틱 열분해 활성화 ”

폐플라스틱 열분해재활용 활성화를 위한 제도 개선

석유·화학 기업이 열분해유로 원유를 대체하여 석유제품으로 재활용 할 수 있도록 관련 법 개정

탄소중립 실현을 통한 녹색전환 추진

석유화학, 시멘트, 반도체 등 업종별 협력 '탄소중립 컨소시엄' 구축(23.09.05)

공공열분해시설 설치,
페플라스틱 연간 4만톤(21.09.02)

탄소중립, 녹색전환 추진을 위한
폐플라스틱 열분해 활성화(22.01.18)

폐플라스틱 열분해 활성화를 위한
폐기물관리법 개정안 예고(22.04.03)

 Springer

보 도 자	
노조명	2022년 1월 20일 11:30 지역/교외 보도대기
연락처	010-9999-9999
주요내용	1. (현황) 교외/지역 보도대기 2. (의견) 교외/지역 보도대기
담당자	2022. 01. 20. 11:30
차장명	2022. 01. 20. 11:30

[illegible][illegible]

국내 동향 및 정책

탄소중립 관련 추진 정책

“ 탄소중립·녹색성장 국가전략 및 제1차 국가 기본계획 수립(23.4월) ”

2050년까지 탄소중립 목표, 2030년까지 온실가스 40% 감축을 달성
(’18년 727.6백만톤 → ’30년 436.6백만톤)

폐기물 자원순환 확대, CCUS 기술 확보 및 상용화 등 산업부문별
감축 정책 시행

법정부 상설 협의체 + 이행점검·평가체계 운영을 통한 기후위기 적응



“ 기초지방자치단체 공공 열분해시설 설치, 원유 대체 폐플라스틱 열분해 활성화 ”

폐플라스틱 열분해유로 석유화학제품 원료 사용 가능하도록
관련 법 개정(22.11.28.)

석유·화학 기업이 열분해유로 원유를 대체하여
신규 플라스틱 생산 원료로 재활용 할 수 있도록 법적 근거 마련

폐플라스틱 화학적 재활용, 탄소배출권 거래 제도에 포함 예정

플라스틱 열분해유, 석유화학제품 원료로...개정 시행

환경부(기획처) | 원제 2022.11.28 12:00

09

환경부

기자회견 요약

환경부(기획처)는 2022.11.28(수) 오후 2시에
서울시 강남구 삼성동 코엑스 컨벤션홀에서
폐플라스틱 열분해유를 석유화학제품 원료로
사용 가능하도록 하는 법 개정 관련
기자회견을 개최했다.



폐플라스틱으로 제조한 열분해유가 석유화학제품

원료로 사용 가능해진다.

환경부는 이 같은 내용의 법 개정(환경부령 제2022-11-28)을 제정하고, 지방자치단체가 공공
열분해시설을 설치·운영하여 배출되는 폐플라스틱을 열분해하여 원유를 대체할 수 있도록
환경부령 제2022-11-28을 제정하고 법 개정한다.

또한, 폐플라스틱 열분해유를 석유화학제품 원료로 사용 가능하도록 하는 법 개정(환경부령 제2022-11-28)을 제정하고, 지방자치단체가 공공
열분해시설을 설치·운영하여 배출되는 폐플라스틱을 열분해하여 원유를 대체할 수 있도록
환경부령 제2022-11-28을 제정하고 법 개정한다.

폐플라스틱-석유화학제품 원료화 가치사슬(Value Chain)



- 수집, 선별, 운반 과정의 소요기간이 늘어날수록 원재료인 폐플라스틱 품질 저하로 이어짐
- 폐플라스틱 배출량이 많지 않은 지방 소규모 지방자치단체의 경우 손익분기점을 넘기기 위한 폐플라스틱 최소 처리량 확보가 어려워 대규모 열분해 공장 구축에 제약이 있음 (규모의 경제 어려움)
- 폐기물처리시설의 특성상 혐오시설로 인식되어 지역주민 및 환경단체의 민원이 다수 발생

ecoin energy
Niche Market
선별된 폐플라스틱을
현장에서
즉시처리하면서,
이동 및 설치가 용이한
열분해장비 필요

SK 지오센트릭

GS 칼텍스

HD현대오일뱅크

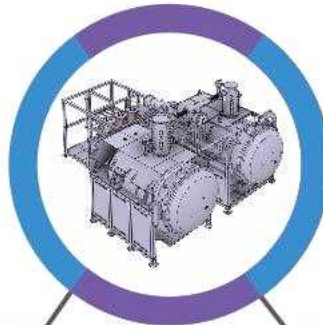
LG화학

SK 케미칼

LOTTE CHEMICAL

한화솔루션

• 폐비닐, 페플라스틱 •



화학적 재활용을 통한
물성 변화 없는 자원순환



원유대체용 열분해유 생산
탄소배출권 확보



발생 미응축가스,
가열 보조연료로 재사용

페플라스틱 열분해유화기술 특징

- 환경부 탄소중립 정책 핵심기술 열분해 화학적 재활용
- 소각이 아닌 분해(저온 흡열반응)에 의한 친환경 원료분해
- 석유 고분자화합물(플라스틱)을 저분자화시켜 액상형태 오일로 전환
- 인화점 30°C 이상 열분해유 → 공장 보일러, 버너 등 산업용 연료유 판매
인화점 30°C 이하 열분해유 → 석유화학공정 원료 투입

에코인에너지만의 특징점

- 국내 최초 이동이 가능한 산업용 페플라스틱 열분해유화장치
- 30평 이내의 설치공간
- 석유화학원료에 최적화된 열분해유 생산
- 동일처리용량시 경쟁사 대비 최대 60% 저렴한 설비가격
- 센서데이터 연동 IoT 기술을 활용한 실시간 온라인 모니터링 및 제어



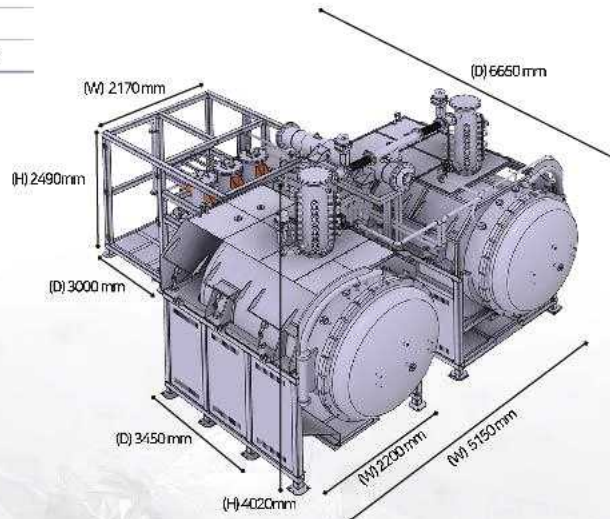
제품

TMR4K Spec.



제작사	주식회사 에코인에너지
반응기 형식	BATCH TYPE
모델명	TMR4K
설치방식	이동설치가능 모듈형

전체규격	5150(W) x 6650(D) x 4020(H)
설치소요면적	34.3m ²
체적	137.7m ³ / 1set
중량	14톤 / 1set



화장차량명	압축물 x Zea
일일처리량	압축물 x 4ea(평균 1톤/ea)
투입방식	직접투입(지게차)
일일가동횟수	2회/일
가열방식	선유매너
냉각방식	하이브리드식(공랭+수랭)
소비연료	LPG, 지체발생가스 혼용
전어물	탄화물(Carbon Black)
생성물	경질 열분해유(C5-C15)

차별성

제품 및 기술의 차별성



“ 국내 유일의 이동가능 모듈형 열분해 유화장치 'TMR4K' ”

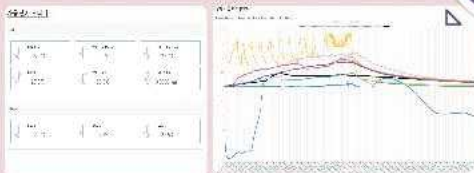
전처리 공정 없이 폐플라스틱 직접 투입(비닐류 제외)



납사 50%이상의 석유화학원료로 최적화 열분해유 생산



IoT 자동화 시스템에 기반한 높은 기술적 확장성



TMR4K의
차별성

이동가능 모듈화 설계로 신속한 이동 설치가능



“ 열분해유 평균 생산수율 63%, 폐기물관리법 품질기준 충족 ”



공인시험성적서



폐비닐 가동 테스트 결과 오일전환율 62.7%

폐기물관리법 열분해유 품질기준 충족



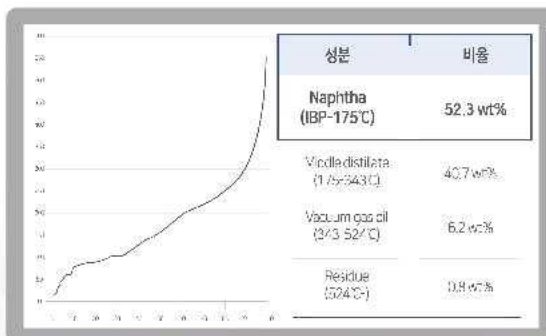
열분해유 전환



석유화학용 원유 대체



“ 납사 비율 52%이상(업계 최고)의 석유화학 원료 최적화된 열분해유 ”

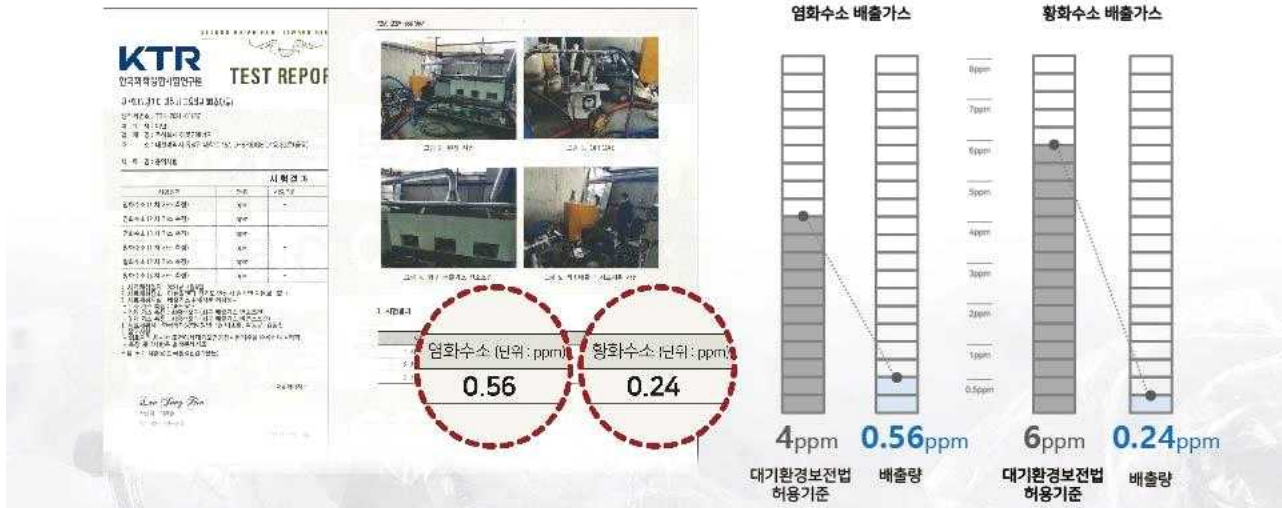


생산 열분해유 분석 결과(롯데케미칼)



생산 열분해유 분석 결과(SK지오센트릭)

“ 황화수소, 염화수소의 대기환경보전법 배출허용기준 충족 ”



제품

기초지방자치단체(충남 금산군) 요청 영농폐비닐 투입

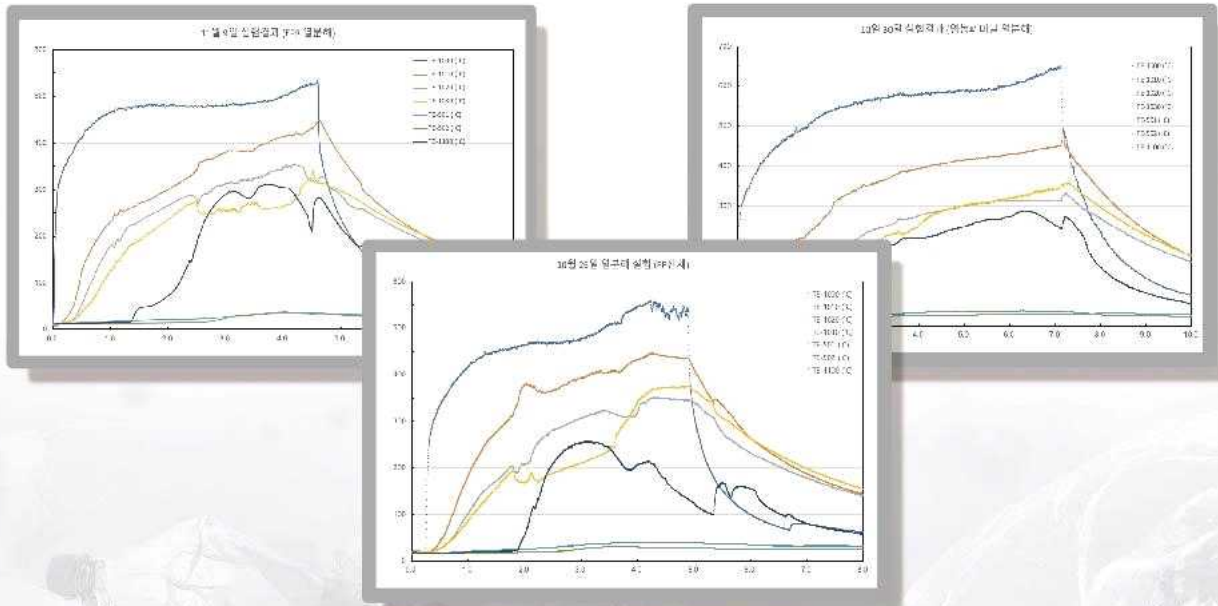
ecoin energy



제품

실시간 센서데이터 연동 Raw Data 분석

ecoin energy



석유화학 대기업 대상 비즈니스모델 구축



페플라스틱 열분해사업 운영 모델 ; 탄소중립형 페플라스틱 재활용 사업

TMR4K5기 운영(270일/년)



일일 20톤 처리
연간 5,400톤 처리



열분해유
3,000톤 생산

• 정유 및 석유화학사 판매(현대오일뱅크, LG화학 협의 중)
• 추정 매출: 22억 5,000만원 (750원/kg)



탄소배출량
10,200톤 저감

• ETS(탄소배출권거래제) 시업을 등하 판매
• 추정 매출: 약 3억 6,000만원 (35,000원/톤)

페플라스틱 화학적재활용을 통한 탄소중립 추진

- ① 페플라스틱 열분해를 통한 화학적재활용 효과 홍보
- ② 탄소배출 저감량 홍보
- ③ 기초지방자치단체 탄소중립 실현 효과 홍보

GS칼텍스 SK LG화학

석유화학원료용 열분해유 판매

+ 페플라스틱·폐비닐 처리비








+ 환경부 재활용 보조금

+ 탄소배출권 판매

유일한 이동설치가 가능 모듈형 열분해장치

제조사	(주)에코인에너지	A 사	B 사	C 사
설비형태	이동설치가 가능 모듈형(고정식)	공장형 플랜트(고정식-전기가열)	공장형 플랜트(로터리킬른식)	공장형 플랜트(로터리킬른식)
가격	10억 7,820만원	4억 8,000만원(톤당)	22억 1,320만원	26억 4,000만원
설치 공간	120㎡ / 대	5,000㎡ / 대	1,000㎡ / 대	1,200㎡ / 대
처리용량(t/day) ※ 1세트 기준	4t	6t	8~10t	-
평균 에너지환수율 ※ 실제 폐비닐 처리 기준	60%~65%	50%~60%	50%~55%	50%~55%
비 고	소단위 개별 운영 가능	고전력 사용, 높은 전력비 소요	-	-

페플라스틱 재활용 산업에 뛰어드는 대기업

기업	추진 사업
 SK 지오센트릭	<ul style="list-style-type: none"> • 폐비닐 열분해유 전환 설비, PET 해중합 설비 구축 등 2027년까지 페플라스틱 250만톤 재활용 시설 구축 • 3R(Reduce, Replace, Recycle) 솔루션 확대 사업 추진 • 친환경 차량용 플라스틱, 태양광 필름 등의 제품 생산능력 2025년까지 190만톤으로 확대
 SK ecoplant	<ul style="list-style-type: none"> • 폐기물처리시설 운영사, 해상 중력발전 플랜트 제조사 인수 등 폐기물 처리 및 친환경 에너지 분야 사업 영역 확대
 GS 칼텍스	<ul style="list-style-type: none"> • 페플라스틱 열분해유 전환 설비 구축(전남 여수)
 LOTTE CHEMICAL	<ul style="list-style-type: none"> • 2030년까지 생산하는 PET 전량을 화학적 재활용 PET(Cr-PET)로 전환, 연간 34만톤 생산
 HD현대오일뱅크	<ul style="list-style-type: none"> • 페플라스틱 열분해유 정제를 통한 친환경 납사, 친환경 석유제품 생산 사업 추진
 LG 화학	<ul style="list-style-type: none"> • 생분해성 바이오 플라스틱 투자 규모 확대 • 친환경 PCR-ABS 등 물리적 재활용 관련 제품 매출 연평균 40%씩 확대 • 2024년까지 PBAT(고강도 생분해성 플라스틱), PLA 상용화 추진 • 페플라스틱·폐비닐 열분해유 전환 설비 구축(충남 당진)
 DOOSAN	<ul style="list-style-type: none"> • 페플라스틱 수소생산·발전 기술개발 및 사업 추진

탄소중립형 폐플라스틱 열분해 비즈니스모델 추진 파트너 현황

주진 내용

아모레퍼시픽

뷰티·케어 대기업

- A MORE Beautiful Challenge 참여
- 회수된 용기 및 포장재 열분해 처리 Test 완료, 열분해를 통한 탄소배출 저감량 트래킹 방안 협의 중

SK이노베이션

정유 및 석유화학 대기업

- 임팩트 파트너링 투자 유치
- 시제품 가동 및 기술검증
- 열분해유 분석 완료
- 베트남, 인도네시아 진출 공동 추진방안 협의

한국중부발전

한국전력 발전자회사

- 폐플라스틱 열분해유 활용 방안 협의
- 탄소배출량 저감을 위한 국내 장비보급사업 및 인도네시아 시장 진출 협의

한국생산기술연구원

정부출판 연구기관

- 기술 고도화 공동R&D 수행
- 중기부 연구과제 공동 수행 (폐기물매립장 매립가스를 활용하는 탄중합형 열분해 장치 개발)

주요 파트너

AMOREPACIFIC CORPORATION
KAIST 한국과학기술원

SK 이노베이션
KIMST

LG화학
KITECH

LOTTE CHEMICAL
STP

한국중부발전
KEITI

한국생산기술연구원
Korea Research Institute of Chemical Technology



석유화학 Global사업 Sustainability 추진팀



열분해 시험용 시흥도시공사 공공선별시설 잔재폐플라스틱



열분해 시험용 시흥도시공사 공공선별시설 잔재폐플라스틱



커뮤니케이션 Unit/지속가능경영 Division/환경전략팀



그린사이클 캠페인 PE, PP 26kg 수령



PE, PP 열분해유 생산 모습

순서	날짜	투입 물질 구성	열분해유 생산량(수율)	함수량	분석방법		
					폐관법 기준	GC-MS	XRF
1	22.08.12	PP 1.52kg	0.90kg(60%)	100g	석유관리원 예정	한국과학기술원 예정	한국과학기술원 예정
2	22.09.15	PE 1.52kg	1.08kg(71%)	170g	석유관리원 예정	한국과학기술원 예정	한국과학기술원 예정
3	22.09.20	PP 1.52kg	0.87kg(57%)	55g	석유관리원 예정	한국과학기술원 예정	한국과학기술원 예정
4	22.09.22	PE 0.76kg, PP 0.76kg	1.03kg(68%)	55g	석유관리원 예정	한국과학기술원 예정	한국과학기술원 예정

“ 환경적 임팩트 창출을 위한 공동 협력사업 추진 ”

SK이노베이션

- SV² 임팩트 파트너링 5억원 투자
- 시제품 가동현장 방문 및 기술점검
- SK기술혁신연구원의 열분해유 분석 완료
- 베트남, 인도네시아 등 해외시장 SV창출 관련 프로젝트 공동 추진방안 협의



한화투자증권

- 한화미래환경신기술사업투자조합 20억원 투자
- 한화토탈, 한화솔루션 등 그룹 내 열분해사업 추진 계열사 연계 지원
- 향후 해외시장 진출 협력방안 협의 중



엠와이스셀컴퍼니

- 어모어뷰티폴 챌린지 펀드(아모레퍼시픽) 2억원 투자
- 임팩트리포트 공동 제작 지원
- LG화학, 유한킴벌리 등과의 ESG 관련 오픈이노베이션 지원



❖ 현재 Bridge 라운드 추가 투자 협의 중(기업가치: Pre 200억원 / 현대코퍼레이션홀딩스, 한라그룹, DSN인베스트먼트)

“ 대기업 · 공기업 · 병원 · 대학 등과 탄소중립을 위한 업무협약 체결 ”



- 기 투자사인 SK이노베이션과 함께 한국중부발전의 폐플라스틱 열분해유 활용에 관한 3자 MOU 체결 완료(2020. 01)
- 대구보훈병원과 폐비닐 친환경 화학적 재활용을 위한 업무협약 체결(2023.05)
향후 보훈복지의료공단(전국 6개 병원, 8개 요양원 운영) 통합 업무협약으로 확장 계획
- 국립공주대학교와 학교 캠퍼스 발생 폐플라스틱 및 폐비닐의 친환경 화학적 재활용을 위한 업무협약 체결(2023.05)
향후 충남대학교, 한밭대학교 등 대전·충청 지역 국립대학교 전체로 확장 계획



순번	번호	명칭	비고
1	10-0767639	폐합성수지의 유화장치	등록
2	10-0945529	폐플라스틱의 저온 열분해 유화시스템	등록
3	10-1074145	매열 호퍼 장치	등록
4	10-1074146	폐플라스틱의 저온 열분해 반응을 이용한 전기발전 시스템	등록
5	10-1380871	폐플라스틱을 이용한 농,산업용 재생유 생산장치	등록
6	10-1380870	폐기물 고온 열분해 처리장치	등록
7	10-1040966	고산도 원유 중 산성분 제거를 위한 촉매 및 그 제법	등록
8	10-1478528	폐합성수지의 열분해에 의해 생성된 고비점분해물에서 염소를 제거하는 장치 및 방법	실시권
9	10-0748624	로터리킬른형 열분해장치를 이용한 폐플라스틱의 열분해시스템 및 그 방법	실시권
10	10-1804805	이동형 가연성폐기물 열분해 유화장치	등록
11	10-2018-0072237	혼합 폐합성수지 저온열분해 재생연료유 생산장치	출원
12	10-2317493	이동형 폐합성수지 열분해유화 재활용장치	등록
13	10-2419741	재생연료유 생성방법 및 이를 이용한 재생연료유 생성장치	출원
14	10-2021-0189981	합성수지 폐기물 열분해 유화장치	출원

사업명	과제명	지원 기관	사업 기간	정부지원금(천원)
창업성장기술개발사업	이동형 가연성폐기물 열분해유화장치 시제품 개발	중소기업기술정보진흥원	'17.06.26~'18.06.25	245,000
세대융합창업캠퍼스	에코인에너지 팀	대전정보문화산업진흥원	'18.05.14.~'18.12.31.	109,000
녹색연구개발사업	열분해 오일 공정 향상을 위한 원료물질의 고급화기술 개발	대전녹색환경지원센터	'18.05.16.~'18.12.31	50,000
창업촉진 IP나래지원사업	폐기물 자원순환 기술	대전지식재산센터	'18.08.23.~'18.11.30.	17,199
페플라스틱자원화 소재 개발 실증기반 조성사업	페플라스틱 Chemical Recycling 재생연료유 전환장치 실증 사업화	전남테크노파크	'20.10.21.~'20.12.16.	103,950
중소환경기업 개발촉진지원사업	황화수소와 염화수소 저장기술이 적용된 페플라스틱 처리용 열분해유화 시스템 사업화	환경산업진흥원	'20.05.01.~'21.04.30.	400,000
해양산업 수요기반 기술개발사업	해양 페플라스틱 자원화를 위한 일1ton급 초음파 전처리-열분해유화시설 구축 및 운영기술 개발	해양수산과학기술진흥원	'20.05.18.~'21.12.31.	531,600
산학연 연계 농공단지 연구개발지원사업	전남 지역맞춤형 농어촌 폐기물 자원화기술 개발	전남테크노파크	'21.04.01.~'22.03.31.	142,000
인공지능 학습용 데이터구축 사업	페플라스틱 이미지 데이터 구축	지능정보사회진흥원	'21.05.01.~'21.12.31.	1,900,000
중소기업 탄소중립 선도모델 개발	쓰레기매립장 매립가스를 활용한 온실가스 배출저감형 페플라스틱 열분해 화학적 재활용 기술개발 및 실증	중소기업기술정보진흥원	'22.08.22.~'24.08.21.	2,000,000
합 계				5,498,749

“ SBS, JTBC, 한겨레, 전자신문 등 50여개 일간지 기사 등재 ”



“ 에코인에너지, SK이노·중부발전과 페플라스틱 열분해유 활용 협약 ”



“ 에코인에너지, 폐비닐로 석유를 만드는 자원순환 현장 ”



“ 에코인에너지, 고물이 보물로.. 페플라스틱 재활용 산업이 뜬다 ”



대표이사 / 총괄경영
 ✓ 벤처협회 청년기업연상 표창
 ✓ 제15회 금강환경대상 최우수상 수상
 ✓ 폐기를 열분해 관련 특허 출원 및 등록 6건
 ✓ 창업경영학 석사 / 한밭대학교



기술이사 / 입자 및 열 수송-제어
 ✓ 前 한국원자력연구원 책임
 ✓ 前 경성대 기초과학연구소 선임
 ✓ 물리학 박사 / 경성대학교



기술고문 / 열분해 및 공정설계
 ✓ 前 한국에너지기술연구원 책임연구원
 에너지전환플랜트 개발, 설계 및 운영
 ✓ 화학공학 박사 / 한양대학교
 ✓ 페플라스틱 열분해유 수소화 연구



기획이사 / 마케팅 및 홍보, 전략기획
 ✓ 국가균형발전위원회 기획/홍보 총괄
 ✓ 산업부, 중기부 정책홍보 기획 참여
 ✓ LG전자 글로벌브랜딩 전략 수립
 ✓ 언어학 석사 / 고려대학교



설비운영책임자 / 장치개발, 설비운영
 ✓ 前 LG전자 전략사업본부 / 마케팅
 ✓ 품질경영, 산업안전 관련 국가기술자격증 보유

공동연구 파트너



KITECH
 한국에너지기술연구원
수석 연구원/ 저공해 연소, 버너설계
 ✓ 한국생산기술연구원 수석연구원
 ✓ 저공해 연소-버너설계기술개발 및 기술이전 상용화
 ✓ 기계공학 박사(수석) / 연세대
 ✓ 중기부 탄소중립 선도모델 개발사업 공동연구기관



한국에너지기술연구원
 KOREA INSTITUTE OF ENERGY RESEARCH
책임 연구원 / 청정연료연구, 석탄전환기술
 ✓ 한국에너지기술연구원 책임연구원
 ✓ 한국에너지기술연구원 부원장 역임
 ✓ 석탄 및 페플라스틱 수소화 연구 책임자
 ✓ 페플라스틱 수소화 연구 공동 추진 중



페플라스틱 재활용 완전처리 시스템

- 최고 수준 경질 열분해유의 대량 생산체제 구축을 위한
“열분해유 연속정제시스템”
- 버려지는 열분해가스를 가열 연료로 재사용하는
“미용축가스 혼합연소시스템”
- 열분해유 전환 이후 남아있는 탄화물을 연료로 활용하는
“잔류탄화물 선별성형시스템”
- 페플라스틱 열분해 과정에서 발생하는 모든 물질을 재사용·재활용 하는
“페플라스틱 완전처리시스템”

감사합니다.



환경을 살리는 일,
우리를 살리는 길 입니다



주식회사 에코인에너지 EcolN Energy, Inc.

대전광역시 대덕구 대화로 106번길 66, 펜타플렉스 920호
T. 042-935-5159 M. ecolnenergy@ecolnenergy.com
www.ecolnenergy.com





폐플라스틱 열분해 상용화를 위한 기반기술

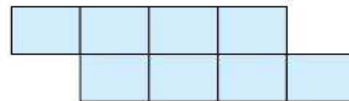
(한국에너지기술연구원 정수현 명예연구위원)



페플라스틱 열분해 상용화를 위한 기반기술

2023. 11. 23

정 수 현



폐비닐 재활용 시설에서 처리절차

			
컨베이어 장입	인력선별	성분별 분류	잔재물 처리

폐자원 재활용 분리선별 작업장



폐자원 재활용 시설 현황구조

(1) 종이류	(2) 비닐류	(3) PET	(4) PE
(5) PP	(6) PS	(7) ABS	(8) 철캔(고철)
(9) EPR	(10) 공병류	(11) 잔재물	(11)잔재물 Packing

대전 동양산업 재활용 선별장 사진

		
동양산업 투입전 원료	선별후 패킹된 EPR	선별후 잔재물
		
공동주택 용기류 플라스틱	공동주택 회수된 폐비닐류	거리의 플라스틱 수거함

세종시 생활자원회수 센터 공정 흐름도



AI기능이 적용된 로봇 침단 작업장

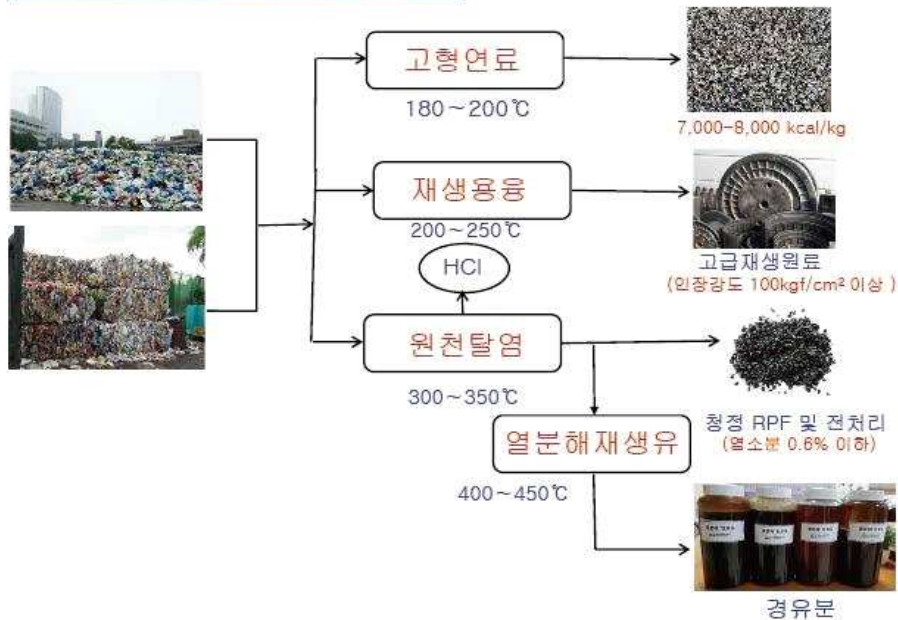


페비닐류 선별시스템

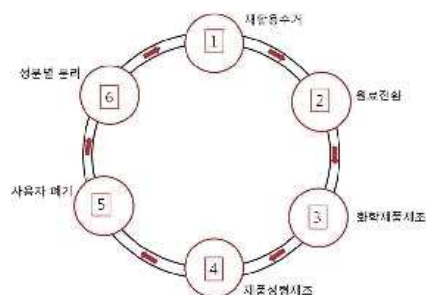


동영상

페비닐류 재활용기술 적용개념도



Chem-cycling Concept of BASF

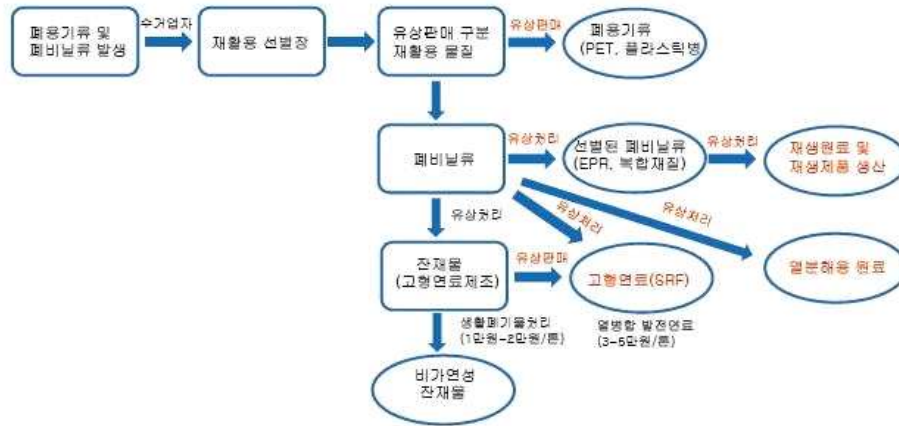


2019년 5월 22일

◆ 독일 154년 전통의 화학회사의 비전

- 기존의 물질 재활용 방식이 아닌 열분해에 의한 오일 및 가스를 화학원료로 사용(Chem-cycling)
- 천연가스와 혼합하여 다양한 형태의 화학원료 생산
- Chem-cycling에 의하여 다양한 수요를 충족시킬 수 있는 신제 플라스틱과 동일한 수준으로 생산
- ◆ 30개 글로벌 기업과 함께 컨소시엄형태로 향후 5년간 15억유로(2조원 정도) 투자
 - 생분해성 플라스틱 개발
 - 낮은 물질 재활용율을 Chem-cycling에 의하여 90%까지 증가

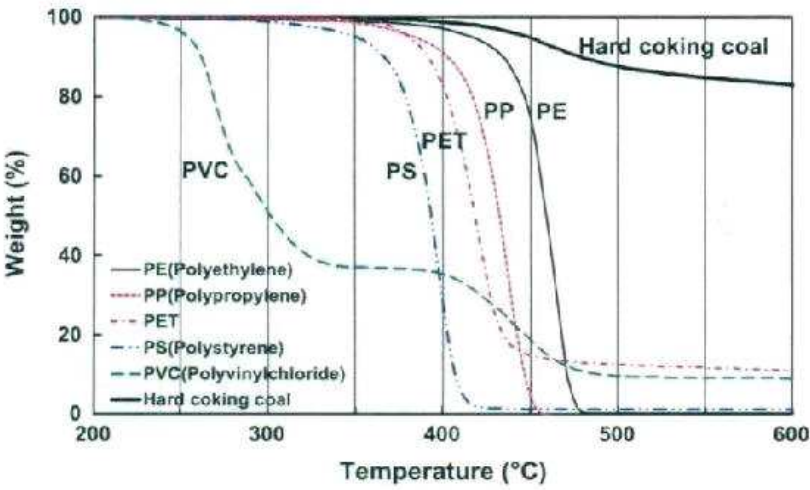
국내 폐플라스틱 용기류 및 폐비닐류 재활용 처리체계도



폐플라스틱 열분해 공정의 산업화 적용 필요성

- ◆ 연간 700만톤 고분자 폐기물의 대량 에너지화 기술적용
(기존 재생원료 및 고형연료 사용량의 한계)
- ◆ 국내 발생 폐비닐류의 처리체제로 인한 돌파구 필요-국내 120만톤 불법적체중
- ◆ 국내 재생원료 및 고형연료(SRF) 에너지 이용시설의 확충한계
 - ⇒ 주민동의에 의한 고형연료 이용시설 설치허가 문제
 - ⇒ 미세먼지 발생요인으로 고형연료 연소시설을 보는 주민들의 부정적인 인식
 - ⇒ 코로나 팬데믹 이후 증가된 폐비닐에 의한 수거거부 재발 가능성 상존
- ◆ 폐기물 에너지원에 대한 신재생에너지 정부정책의 변화
 - ⇒ 낮은 REC 적용(0.25)에 따른 에너지 이용시설의 경제성 감소
- ◆ 고유가에 의한 열분해 재생유 사업의 활성화 기대
 - ⇒ 고려사항 : 재생원료 및 고형연료 이용시설에 비교하여 높은 시설비 및 운영비용
- ◆ 국가적인 차원에서 공공처리사업으로 환경부의 적극적인 지원
 - ⇒ 열분해 유화 처리율 현재 0.1%에서 2030년 10% 목표달성, 2050년 탄소중립 목표달성
 - ⇒ 생성된 열분해유는 납사 등 석유화학원료로 활용(현재 한화, SK 등 중점개발 중)
 - ⇒ 정부 재정투자비율 50%로 민간 및 지방자치단체 투자로 활성화

플라스틱 종류별 열분해 특성



재활용 선별장에서 수거한 잔재 페비닐 및 EPR 페비닐 시료의 염소함량

번호	지역	함량(%)		번호	지역	함량(%)	
		잔재물	EPR			잔재물	EPR
1	A	0.04	15.46	10	J	5.20	-
2	B	5.86	0.1	11	K	0.28	1.23
3	C	0.94	0.08	12	L	1.46	0.15
4	D	0.33	0.14	13	M	0.22	0.27
5	E	0.09	0.56	14	N	0.98	0.2
6	F	0.13	0.28	15	O	0.25	0.06
7	G	0.29	-	16	P	5.5	2.11
8	H	1.16	0.09	17	Q	19.53	0.2
9	I	0.41	0.33	평균(최대치제외)		1.45	0.39

사전 탈염소 처리공정 구성 사진



염산처리장치



급냉조



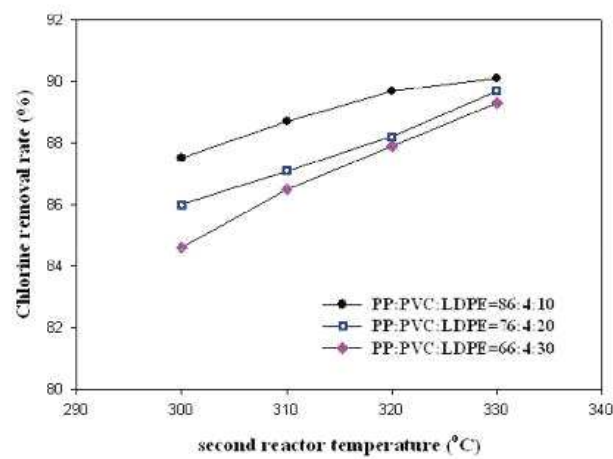
염소회수관, 여과기, 염소응축관

탈염소 처리공정의 상용플랜트 적용 공정



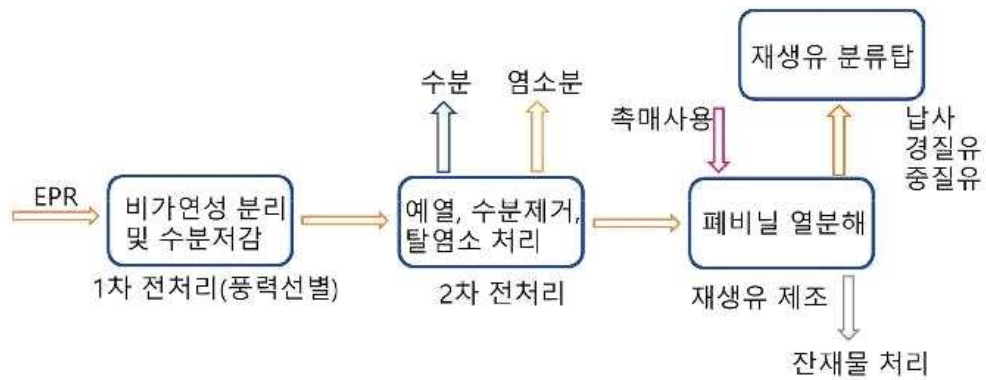
시간당 1.5~2.0톤 규모의 폐비닐류 예열 및 탈염소 처리공정

페플라스틱 함량 변화에 따른 탈염율 변화

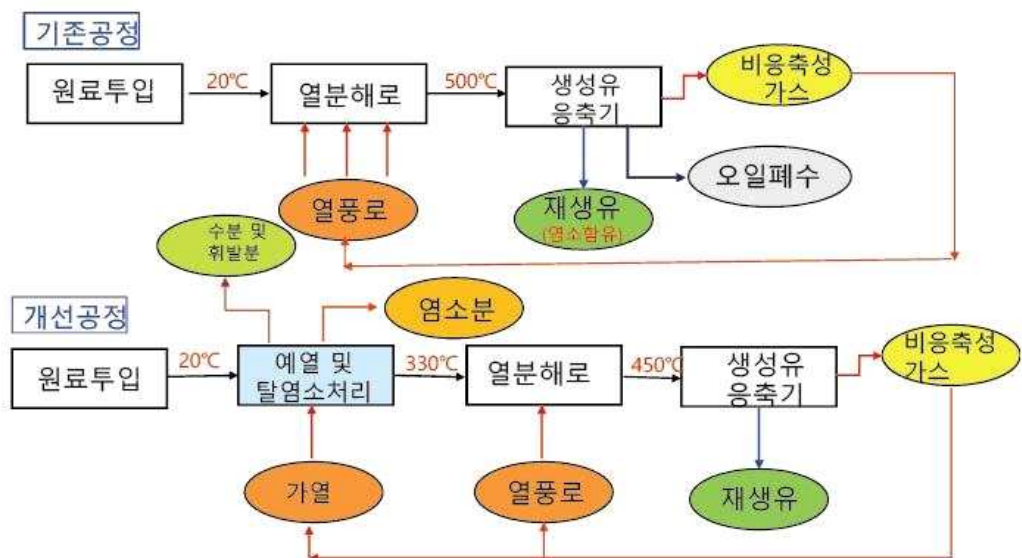


폴레핀계 플라스틱 함량변화에 따른 탈염율 변화

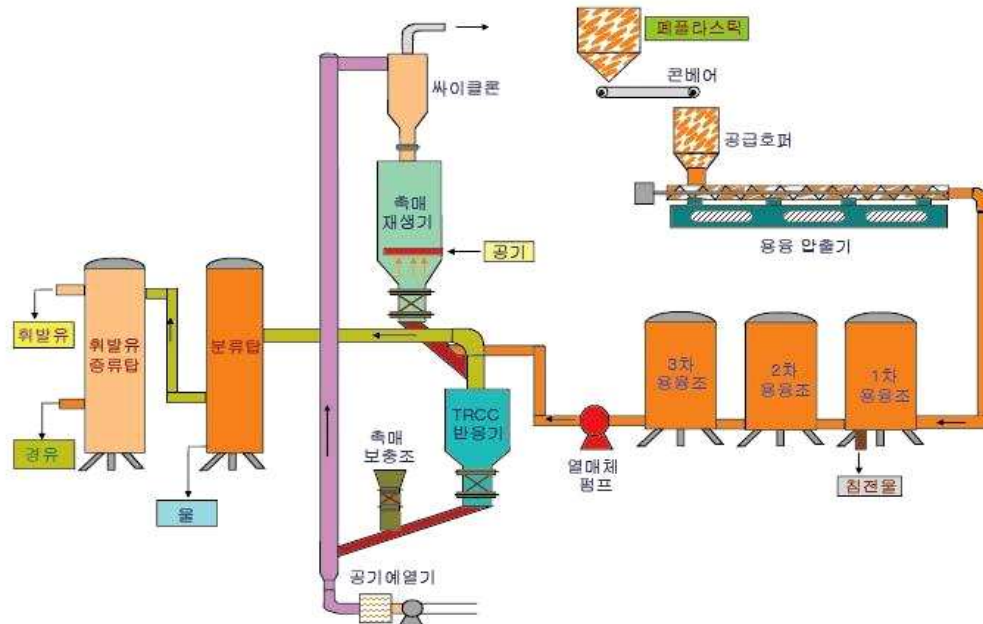
탈염소 처리기술의 열분해 적용 개념도



기존 열분해 재생유 공정의 개선필요사항



에너지아 페플라스트 열분해 공정도(2005)



제주 클린에너지 열분해 유화공정

		
투입시료 형태	실제 운전상황(동영상)	재생유 및 정제유

제주 회분식 로타리 열분해 유화공정의 특징

◆ 공정의 특징

- ◆ 철선 바인더로 체결된 1톤 정도의 사업장 및 생활계 폐비닐류를 번들 형태로 투입
- ◆ 회분식 로타리킬른 방식의 3기를 교대 운전하며 1기당 1일 8톤 처리가능
- ◆ 생산된 재생유는 제주 남부발전용 병커시유 혼소용 연료로 2% 정도이용함 (품질관리에 대한 Claim?)
- ◆ 생성유 회수는 개방수조에 응축관을 연결하여 처리함
- ◆ 재생유 회수는 30-40%로 낮은 편이며 양질의 경우 다소 증가함

- 매우 낮은 회수율로 경제성을 저하시키고 있음

- ◆ 공정가열은 자체 생성된 비응축성 가스를 일부 활용하나 잔여 비응축성가스는 연소후 배출

◆ 주안점 분석

- ◆ 최종 잔재물을 생활폐기물로 매립처리하고 있음
- ◆ 비응축성가스의 활용율을 향상시킬 필요가 있으며 회분식 처리가 불가피하기 때문에 에너지효율의 문제점 극복필요
- ◆ 열분해후 미분해된 폐기물처리 및 킬른 내부 스케일 형성에 의한 문제점 발생시 극복방안 필요

경기도 연천 N 에너지 (1)



원료 공급장치



로타리킬른 반응기(동영상)

경기도 연천 N 에너지 (2)



가열로 및 수분회수 장치



열분해유 회수장치

연천 N에너지 공정의 분석

◆ 열분해 공정사양

- ◆ 15톤/일 의 2가를 교차운전하는 반회분식 로타리킬른 열분해방식
- ◆ 로타리킬른 반응기의 길이는 14m이고 가열부위는 12m 정도임
- ◆ 킬른 가열은 열분해 발생하는 비응축성가스를 활용하여 가열로 가열방식을 사용함
- ◆ 한전 KDN에서 180억원 정도 투자하여 전력판매를 위한 재생유 연소 발전시설로 개발
- ◆ REC 2.0을 받아서 현재의 0.25보다 좋은 조건으로 공정설치를 하였으나 현재는 가동중단됨.

◆ N 에너지 공정의 운전장애요인 분석

- ◆ 2개의 킬른을 교차운전하는 관계로 연속운전이 불가능하며 예열손실 및 방열손실이 큼
- ◆ 수율이 50% 정도이나 안정적인 수율유지에 한계가 있고 15%의 슬러지 발생으로 양질의 열분해유 생산에 한계
- ◆ 오일함유 폐수 및 슬러지의 지정폐기물 처리비용의 부담
- ◆ 안정적인 연속운전 및 경제성 미비로 사업이 중단됨

페플라스틱 열분해 유화공정의 상용화를 위한 주요 기반기술 (1)

◆ 폐비닐류 양질원료 확보

- ◆ 열분해 유화공정의 대상원료는 용기류 페플라스틱이 아니라 EPR 폐비닐류임(처리비용 정산가능)
- ◆ 폐비닐류 중의 이물질 함유시 공정장애 및 지정폐기물 발생 가능성
 - 철캔류 등 비용융성 물질로 인한 이송장애 및 운전장애
 - 온박지, 종이류 등은 열분해 잔류물로 배출되어 지정폐기물로 발생함

◆ 사전 수분제거 및 탈염소 처리공정설치

- ◆ EPR 폐비닐류 중에는 PVC필름이 혼입되어 있어서 사전탈염소 처리를 하지 않을 경우 재생유 중의 염산 함량을 증대시켜 연료유 또는 석유화학원료로 사용제한 가능성이 있음
- ◆ 일반적으로 EPR 폐비닐류 중에는 최소 10% 정도의 수분이 함유되어 있어서 사전수분제거 필요

◆ 수율극복 및 재생유 품질유지

- ◆ 국내에서 가동중인 대부분의 열분해 유화공정의 경우 안정적인 운전에 한계가 있으며 수율 50%(환경부 고시 유화공정 수율 기준) 충족이 어려운 상황임.
 - 예열공정 및 열분해 반응공정의 역할 분담의 한계와 연속운전의 어려움 등
 - 상대적으로 비용축성가스의 생성율이 높아서 경제성 확보에 어려움
- ◆ 탈염소 처리후에도 재생유 중의 염산함량이 10 ppm 이상인 경우가 많아서 별도의 알칼리 처리필요
 - 석유화학원료로 이용시에는 N, O, Metal, Cl 등의 함량의 기준치가 더욱 강화됨

페플라스틱 열분해 유화공정의 상용화를 위한 주요 기반기술 (2)

◆ 반응기 가열공정의 구성

- ◆ 국내에서 일반적으로 활용하는 공정은 로타리킬른, CSTR(교반식 반응기), 스크루 반응기 등이 있음
 - 30일 이상의 연속운전 결과를 기반으로하는 연속운전자로 미흡(상용화 설계를 위한 조건 미흡)

◆ 상용플랜트에서 효율적인 가열방법의 선택

- 열분해 재생유 회수후 발생하는 비용축성 가스의 효율적인 활용
- 비용축성 가스를 이용한 가열시스템의 구축

◆ 효율적인 잔류물의 안정적인 배출 및 처리

- ◆ 열분해 반응후 배출되는 열분해 잔류물의 안정적인 배출
 - 대부분의 열분해 유화공정의 대형화재의 원인이 되는 안정적인 배출기술확보
- ◆ 열분해 잔류물의 안정적인 폐기물 처리방안
 - 열분해 잔류물은 생활계 EPR 폐비닐류를 원료로 사용한 경우에는 일반 산업폐기물로 처리가 가능하나 유분 함량이 5% 이상일 가능성이 높아서 지정폐기물로 처리해야하는 상황이 될 수 있음.

◆ 상용화를 위한 경제성 확보

- ◆ 최소한 70% 정도의 열분해유 수율을 유지하여야 경제성이 확보될 것으로 판단됨
- ◆ 여타의 폐비닐류 재활용 공정(SRF 제조 및 재생원료 제조)보다 높은 시설비용 극복
 - 열분해 유화공정 상용화에 대한 정부의 지원활용 및 상용규모로 대형화에 의한 경제성 확보

열분해 유화공정의 상용화 활성화가 주는 시사점

◆ 탄소중립 사회로의 진입에서 폐자원 청정화 기술필요

◆ 기존의 단순한 환경기술에서 복합화된 엔지니어링을 필요로 하는 기술의 적용 필요

- 단순 재생원료 생산 및 고형연료 이용기술에 의한 처리율 및 청정기술의 한계를 극복하는 방향으로 대형처리공정으로 전환
- 열분해 유화기술도 단순 연료유 회수기술에서 석유화학원료 회수에 의한 Green Recycle 개념 적용
- 국제적인 이산화탄소 배출규제를 극복하는 방안으로 활용

◆ 사회적인 이슈인 폐기물 처리에 대한 국가적인 책임과 기업의 Noblesse Oblige 정책

- 폐기물 처리에 대한 효율적이고 환경친화적인 정책으로 전환
- 기업의 ESG(Environmental Social Governance)경영도입으로 사회적 책임 감당

◆ 환경공학을 전공으로 하는 학생들에게 주는 의미

◆ 폐기물 처리에도 기존 단순한 개념의 접근이 아닌 복합 엔지니어링 개념이 도입되고 있다는 사실인식

- 현재의 커리큘럼에 나타난 전공분야가 전부가 아니며 훨씬 더 복잡하고 다양한 기술들의 융합을 통하여 폐기물 처리분야도 전문화 및 세분화되고 있음



메 모



메 모





탄소중립 순환경제 달성을 위한 플라스틱 화학적 재활용 기술 동향 세미나



충남대·공주대·한밭대
가연성 폐자원에너지화
특성화대학원

Human Resources Development
Project for Waste to Energy

34134 대전광역시 유성구 대학로 99 충남대학교 공과대학 3호관 (E3) 522호

TEL : (042)821-7996 FAX : (042)822-5610