

플라스틱 폐기물의 열분해 기술

Pyrolysis technology of plastic waste



표영균 Young-Giun Pyo
現(주)에코엘 대표이사,
한국순환자원열분해협회 사무국장
E-mail : uriaram@daum.net

1. 기술 배경

인류가 거주 생활을 하면서 발생되고 있는 생활성 폐기물은 지속적으로 증가되고 있는 추세이며, COVID-19로 인한 비대면 생활 방식이 정착됨에 따라 일회성 용기의 사용이 늘어나면서 플라스틱 폐기물의 배출은 크게 증가하고 되고 있는 현실이다. 이에 따라 플라스틱 제품의 제조 공장에서 발생하는 온실가스도 다량으로 배출되고 있다. 실제로 2021년 온실가스 발생량은 1193만 ton으로 2017년 798만 ton보다 49.5 % 증가되는 것으로 확인되고 있다. (출처 : 2023.03.22. 내일신문)

폐플라스틱은 정부정책에 의하여 재활용 제품으로 재순환과정을 거치고 있으나 분리수거, 선별 등의 과정이 원활하지 않아 대부분 소각 또는 매립되고 있는 실정이다. 최근 정부 정책 등에 의하여 재활용품 회수·선별 고도화, 폐플라스틱 열분해 활성화에 관한 노력이 증가되고 있으며 폐플라스틱 열분해 활성화를 통해서 열원의 회수와 연료로서 활용을 하기 위한 고부가가치 기술이 지속적으로 개발 및 권장되고 있다. 본 고에서는 당사에서 독자 개발하고 운영하고 있는 「폐플라스틱을 활용하여 열분해유를 생산하는 기술」에 관하여 소개하고자 한다.

2. 폐플라스틱 열분해

2.1. 열분해 기술 현황

폐플라스틱 재활용은 크게 물질 재활용, 기계적 재활용, 화학적 재활용(CR : Chemical Recycle)으로 구분되며 열분해는 화학적 재활용에 해당한다. 복합재질 (OTHER 표기) 플라스틱의 경우 현행기술로는 재활용이 어려워 잔여물로 처리되고 있었으나, 열분해를 통하여 유류성분으로 회수하는 기술이 최근에 개발되고 있다. 열분해는 폐플라스틱을 400℃~600℃ 사이의 중고온 무산소 또는 저산소 상태에서 간접 가열하여, 플라스틱을 환원, 즉 고분자화합물을 분해하여 저분자화합물 즉 열분해유를 생산하는 기술이다. 열

분해 대상 폐기물은 탄소와 수소를 가진 성분들이기에 대부분의 가연성 폐기물에 해당되며, 플라스틱 폐기물은 열전도성이 낮고 비교적 긴 분해시간을 요구하는 고분자 물질로서 용융 온도는 250 ~ 300 °C, 열분해 온도는 350 ~ 450 °C에서 진행된다. 열분해 방식에는 무촉매 방법, 기상 접촉 분해방법, 액상 접촉 분해 방법 등이 있으며, 이 중 가장 널리 쓰이는 방법은 무촉매 방법이다.

2.2. 열분해 공정

열분해 공정은 회분식, 반연속식 및 연속식 공정으로 구분되며, 가장 널리 보급된 공정은 회분식 공정이다. 정부는 열분해 재활용율을 현행 0.9%에서 2026년 10%로 활성화하는 방안이 관하여 노력하고 있으며, 열분해 공정순서는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

- 1) 열분해 공정 순서 : 폐플라스틱 원료 투입 → 간접가열을 통한 용융 → 열분해 반응 → 기화 → 액화 → 유화 → 정제 → 열분해유 저장 및 반출
- 2) 열분해 미응축 가스 : 열분해 반응 이후 유화가 되지 않는 미응축가스가 발생하게 되며 해당 가스를 열분해의 보조연료로써 재활용 할수 있으며, 현재 두산에너지빌리티에서 수소 추출을 위해 열분해업체와 연구개발 진행 중임

2.3. 폐플라스틱 열분해 국정 과제

폐플라스틱 열분해 과정은 국가의 핵심 과제로서 「국정과제 89년 재활용을 통한 순환경제 완성 : 매립과 소각에서 열분해 방식으로 전환」에 해당하며 정부의 탄소중립 및 순환경제 주요 추진 방향 중 하나이다. 정부는 열분해 재활용율을 현행 0.9%에서 2026년 10%로 활성화하는 방안이 대해서 노력하고

있다. 특히 소각 및 매립 대비 온실가스를 저감 할 수 있으며, 대한민국의 탄소중립 및 나아가 자원순환을 위한 재활용 수단으로 열분해를 포함하고 있다. 유럽의 경우 플라스틱 생산에 따른 규제 강화를 예고하고 있으며, 이에 따라 열분해유로 만들 수 있는 재생 플라스틱의 필요성이 높아지고 있다.

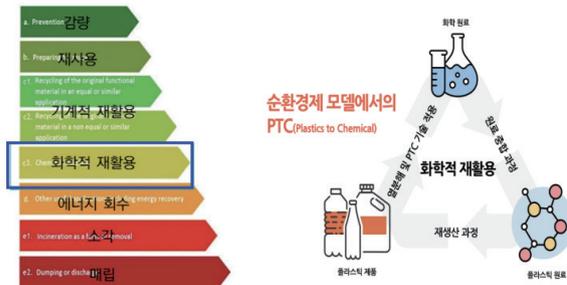


그림 1. 소각, 매립 최소화를 위한 최선 대안책(출처: 한화솔루션 블로그 2020)

2.4. 온실가스 저감을 위한 대안

당사에서 개발한 기술을 통하여 폐플라스틱의 순환을 바탕으로 온실가스 저감 대책은 다음과 같이 제시할 수 있다.

- 1) 열분해에 의한 소각시 발생하는 온실가스 저감 효과
 - 기존의 폐플라스틱 최종 처리 대안은 소각 또는 매립으로 처리
 - 열분해는 복합 재료의 혼합 폐플라스틱의 처리 가능
- 2) 자원순환 즉 리사이클을 통한 온실가스 저감 효과
 - 현재 소수의 열분해 운영사는 대기업 정유사로 납품하고 있으며, 납품한 열분해유는 정제과정을 통해 플라스틱의 원료인 납사를 추출하는 용도로 활용
 - 해당 납사는 현대케미칼 및 롯데케미칼로 납품되어 플라스틱의 원료로써 업사이클 됨
 - 대표적인 제품으로는 코카콜라 페트병, 롯데 생수 페트병, LG생건 화장품 용기 등
 - 현재 당사는 국내 2번째로 현대 오일뱅크와 10년 장기 납품계약을 체결

- 석유계 플라스틱을 생산, 사용, 폐기하는 과정에서 온실가스 다량 배출 → 열분해를 통해 석유 대신 재생유에서 나프타 추출 가능
- (BASF사, ChemCycling 구축) 소각 대비 낮은 온실가스 배출량 : 열분해(2,100kgCO₂eq./톤) < 소각(3,700kgCO₂eq./톤)

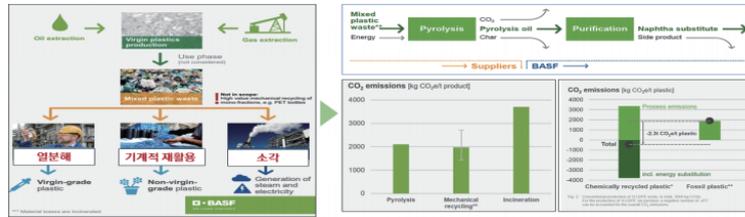


그림 2. 혼합 페플라스틱의 열분해, 기계적 재활용, 소각용 온실가스 배출량 비교 (소각대비 1,600kg CO₂eq/ ton 저감, 한국환경연구원 페플라스틱 연구과제 2022)

또한, EU 탄소배출권 거래제 대폭 강화에 따른 열분해의 필요성 증가되면서 SK지오센트릭에서는 열분해유를 정제원료로 사용함에 따른 탄소저감 관련 방법론을 국내 최초로 환경부 인증을 획득하였으며, 타 대기업에서도 열분해를 탄소저감을 위한 여러 방법중 하나로 중요하게 평가되고 있는 실정이다.

3. 열분해 사업 현황

3.1 열분해 관련 보유인증 현황

ISCC(International Sustainability and Carbon Certification) PLUS는 유럽연합(EU)의 재생 에너지 지침(Renewable Energy Directives)에 부합하는 지속가능성 및 저탄소 제품에 대한 국제인증제도이다. ISCC에는 전세계 130여개의 친환경 원료 제조사, NGO 및 연구기관 등이 회원사로 가입되어 있으며, 투명한 심사 기준과 까다로운 인증 절차로 친환경 인증 분야에서 가장 신뢰도가 높은 기관이다. 당사에서는 열분해 관련 ISCC PLUS 인증서를 동종업계 국내 2번째 획득하였다.



그림 3. 당사의 ISCC PLUS 인증서 보유 현황

3.2 재활용량 규모 및 협력사 현황

당사는 충청북도 괴산군 청안면 칠보로 368-63 소재, 대지 3,000평이며, 공장 250평 규모로서 폐기물 종합 재활용 인허가, 폐수 배출시설 인허가, 대기 배출시설 인허가 보유, 소방 관련 제조소, 옥외 저장탱크, 충전소 인허가 보유, 폐플라스틱 일일 처리량 : 2대 * 10 ton/대 보유하고 있으며 일일 처리량 20 ton 인허가 보유 등의 재활용 처리 규모를 갖고 있다.

또한, 2022년 11월에 국내 2번째로 현대오일뱅크와 10년 장기 납품계약을 체결하였으며, 현대 오일뱅크에서는 규제 샌드박스를 통하여, 당사가 납품한 열분해유를 정제하여 납사, 경유 등을 생산하고 있다. 2022년 6월 사업 초기에는 OCI

(주)로 납품하였으며, OCI에서는 열분해유를 가공하여 자동차 타이어 원료인 블랙카본을 생산하고 있다. 현재는 추가적으로 대기업 2개사와 열분해유 납품관련 협의 중이다.

3.3 탄소저감량 현황

당사의 2022년 탄소저감량은 총 2,267 ton의 실적을 보유하고 있으며 2022년 7월 월부터 11월까지 폐플라스틱은 920 ton 처리하였으며, 부산물로서 열분해유는 800 ton 생산하였으며, OCI, 현대오일뱅크 및 정제회사로 납품한 실적이 있다. (탄소저감량 산출근거 : 환경부/열분해관련 연구현황/2020, 한국환경연구원/열분해 정책과제/2022)

[표 1] 당사의 폐플라스틱 처리량 현황

2022년				2023년				폐플라스틱 처리량 증감률
월	폐플라스틱 처리량 (톤)	열분해유 생산량 (톤)	탄소저감량 (톤)	월	폐플라스틱 처리량 (톤)	열분해유 생산량 (톤)	탄소저감량 (톤)	
2022년 9월	132.9	54.7	327.5	2023년 1월	183.6	75.5	452.2	38%
2022년 10월	219.1	90.2	540.0	2023년 2월	264.2	108.6	650.8	21%
2022년 11월	215.4	88.7	530.9	2023년 3월	328.6	135.1	809.4	53%
소 계	567.4	233.6	1,398.4	소 계	776.4	319.1	1,912.4	37%
월 평균	189.1	77.9	466.1	월 평균	258.8	106.4	637.5	37%

[표 2] 당사의 폐플라스틱 처리량 현황

구 분	소각 대비 열분해시 탄소저감량			열분해유 생산에 따른 탄소저감량(원유수입대체 관련)			탄소저감량 합계 (톤)
	폐플라스틱 처리량 (톤)	탄소저감계수	탄소저감량 (톤)	열분해유 생산량 (톤)	탄소저감계수	A 탄소저감량 (톤)	
2022년 7월	132.6	1.6 tCO2/톤	212.2	54.6	2.1 tCO2/톤	114.7	326.82
2022년 8월	220.1	1.6 tCO2/톤	352.2	90.6	2.1 tCO2/톤	190.3	542.42
2022년 9월	132.9	1.6 tCO2/톤	212.6	54.7	2.1 tCO2/톤	114.9	327.51
2022년 10월	219.1	1.6 tCO2/톤	350.6	90.2	2.1 tCO2/톤	189.4	539.98
2022년 11월	215.4	1.6 tCO2/톤	344.6	88.7	2.1 tCO2/톤	186.3	530.91
소 계	920.1 (월평균 180톤)		1,472.2 (월평균 294톤)	378.8 (월평균 76톤)		795.5 (월평균 159톤)	2,267 (월평균 453톤)

열분해 플랜트 1차 개선 이후 폐플라스틱 처리량 현황은 전년 직전 3개월 대비 재활용량 및 탄소저감량 37% 상승하였으며, 2023년 1분기 월평균 폐플라스틱 처리량은 256 ton이며, 열분해유 생산량은 106 ton이다. (폐플라스틱 처리량 및 열분해유생산량 산출근거 : 한국환경공단 및 KORA 신고 및 승인자료)

탄소저감에 대한 글로벌 인증은 싱가포르 피터슨사와 ISCC 인증 취득하였으며, 탄소배출권 인증도 피터슨사와 협업하여 진행 중이며, 당사가 획득하고자 하는 인증은 자발적 탄소시장으로서 인증기관은 전세계 점유율 70% 이상인 VERRA의 VCS를 획득하고자 노력 중이다. 현재 국내 재활용업계 최초로 2023년 12월까지 획득을 목표로 진행 중이다. (출처 : 한국에너지공단 - VCS (Verified Carbon Standard) : 자발적 감축실적의 품질을 보증하기 위한 검증기준이며, 미국 주도로 추진되고 있으며 인증 이후 탄소크레딧발급 (VCU))

3.4 정부 및 민간 지원사업 진행 현황

2021년에는 고려대학교와 협업하여 「폐혼합플라스틱의 자원화 인식 전환을 통한 탄소중립 및 순환경제 실현」중소벤처

기업부 예비창업패키지 과제를 효과적으로 수행하여 우수기업으로 수료 완료하였다.

2022년에는 충북대학교와 협업하여 「폐플라스틱 열분해공정 내 폐열회수장치를 통한 에너지 재활용」중소벤처기업부 초기창업패키지 과제를 수행하여 최우수기업으로 수료 하였다.

2023년에는 「폐플라스틱 열분해 공정개선을 통한 탄소저감 및 자원순환 극대화」과제로 DB손해보험, 환경재단, 환경부 민간 지원사업을 수행 중이며, 엑셀러레이팅 교육 및 ESG 보고서 작성 등 다양하게 활동을 진행하고 있다.

당사의 2023년 하반기 R&D 목표는 열분해시 발생하는 잔재물인 Char를 활용한 콘크리트 블록의 대량 활용 기술개발로서 일부는 제작사 납품 중이다. 해당 잔재물은 Ash의 형태로 배출되어 콘크리트 블록의 혼화재 및 보조재료로 사용할 수 있어 현재 월평균 50 ton 정도 생산이 가능하며 추가적으로 동중 열분해 운전자와 공동으로 월 250 ton을 납품 할 수 있는 역량을 보유하고 있다.

또한, 시멘트 제조사는 온실가스가 다량으로 발생되기 때문에 재활용 제품의 사용을 통하여 탄소중립을 실현하는 것이 가능하기 때문에 시멘트 제조사와 협업하여 사용방안에 대한 연구가 진행 중이다.



그림 4. 충북대학교 우수기업 표창장 수상 (2023.02.10.)황



그림 5. DB손해보험 GREEN WITH 유 협약식 (2023.03.28.)

4. 맺음말

당사는 독자적인 폐플라스틱 열분해 기술을 바탕으로 2022년에 폐플라스틱 처리량 920 ton, 열분해유 생산량 380 ton, 탄소저감량 761 ton을 생산한 실적을 달성하였으며, 2023년에는 전년대비 300% 성장한 폐플라스틱 처리량 3,000 ton, 열분해유 생산량 1,200 ton, 탄소저감량 1,500 ton을 달성 할 예정이다. 또한 유럽 ISCC 인증시 협업 회사인 현대오일뱅크와 싱가포르 피터슨사와 같이 미국 주도의 플라스틱 배출권 인증을 위

하여 노력하고 있으며 국내 재활용업계 최초인 2023년 12월 인증 획득을 목표로 최선을 다하고 있다.

주식회사 에코엘은 “Green Creator with Lifetime” 이라는 비전 하에 자원순환 및 탄소중립에 최선을 다하여 폐플라스틱 자원순환을 통해 대한민국의 Net-Zero 달성을 위해 불철주야 노력을 다하고 있다.

담당 편집위원 : 이태규(세명대학교)

●● 학회지 원고모집 안내

Magazine of RCR(한국건설순환자원학회지)은 계간으로 발행되어 회원을 비롯한 관련 업계, 학회, 유관기관 및 단체 등에 배포되고 있습니다. 회원 여러분의 많은 원고 투고 부탁드립니다.

1. 원고 종류

논단, 특집기사, 기술기사, 공사기사, 해외 기술정보 및 번역기사(뉴스), 현장탐방(국내외 연구소 및 국제학술대회 참가), 우리 회사소개, 신기술 또는 신제품 소개 등

2. 원고 분량

글씨크기 11 pt, 줄 간격 160 %

- 1) 특집기사, 기술 및 공사기사 : A4용지 10매 이내
- 2) 해외 정보소개, 현장탐방 및 우리회사 소개기사 : A4용지 8매 내외

3. 원고 작성

- 1) 원고의 모든 내용(사진, 그림 등 기타 부속물 포함)은 한글 작성이 원칙임. 단, 의미 전달이 모호할 우려가 있는 경우에는 그 원어를 괄호 안에 표기함.
- 2) 제목의 작성 : 제목은 가급적 10자 이내로 정하며 영문 제목도 동시에 표기함.
- 3) 저자의 소개 : 성명, 소속, 직위, 전공분야/관심분야, 연락처, e-mail 주소, 저자 사진(컬러)
- 4) 제출 마감일 : 발행일 30일 전까지(발행일 : 3, 6, 9, 12월)

4. 제출할 곳

한국건설순환자원학회 오경숙 국장(E-mail : rcr@rcr.or.kr)