

Latest Trends on Global Mechanical and Chemical Recycling

메커니컬 재활용과 케미컬 재활용의 해외 동향

森 泰正 / (주)패키징스트래티지재팬 대표이사

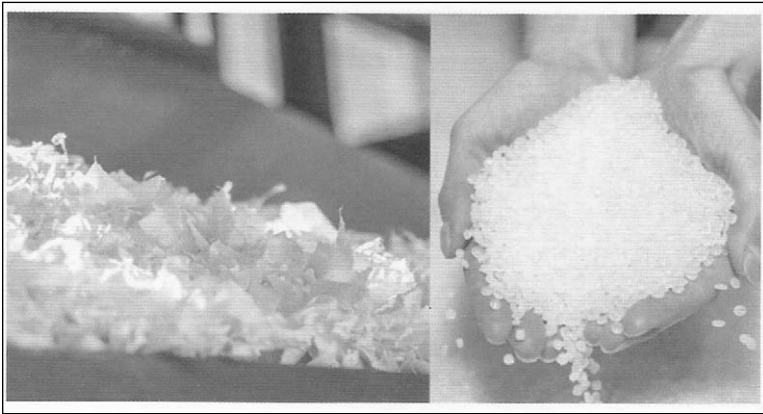
I. 서론

코로나19가 맹위를 떨치던 지난 3년, 플라스틱 폐기 문제에 대한 노력은 크게 진전했다. 온실효과가스의 삭감은 눈에 보이지 않고 그 효과도 바로 나타나지 않지만, 고품 폐기물의 삭감은 눈에 보인다. 코로나19를 경험하면서 사회 전체가 안전이나 건강에 대한 관심이 높아지고 조금이라도 지구 환경을 좋게 하기 위한 폐기물 삭감의 기운이 일반 소비자 사이에서도 확대되고 있다. 각국 정부의 플라스틱 규제의 법 정비도 시작되고, 세계의 대형 소비재기업은 소비자에게 소구하는 제품이나 패키지의 환경기술을 채용하도록 적극적으로 연구개발을 추진하고 있다. 기업이 목표로 하고 있는 2025년부터 2030년까지 그 속도는 한 번에 가속될 것으로 보인다. 그래서 이 글에서는 가장 리사이클이 어려운 연포장, 그 주요 소재인 폴리에틸렌 수지의 순환 리사이클을 목표로 하는 해외(특히 EU와 북미)의 움직임에 집중해 유효기술을 살펴보고자 한다.

II. 메커니컬 리사이클기술의 고도화 - FDA가 메커니컬 재생 PE를 사용한 필름의 식품용도 사용

메커니컬 리사이클로 제조된 재생 PE를 식품포장용으로 사용하기 위해서는 높은 허들이 있다. 미국에서는 FDA가 엄격한 안전관리기준을 설정하고 있다. 미국 아칸소주의 소도시 리틀 록(Little Rock)에 거점을 둔 플라스틱 재생업자 Revolution사는 창업 이래 25년 이상에 걸쳐 PE제품의 회수·세척과 재생수지의 제조에 특화된 사업을 전개해왔다. 동사의 사용이 끝난 필름의 회수, 재처리량은 연간 7만 톤이 넘는다. 동사는 미국 기업 처음으로 식품용도용 재생 PE에 관해 2022년 1월 13일에 FDA로부터 LNO(Letter of No Objection)를 취득했다고 발표했다. 이로 인해 동사의 메커니컬

[사진 1] Revolution의 메커니컬 리사이클 재생 PE는 엄격한 품질관리 하에 25년 이상 축적한 독자 분별용융기술과 세척공정으로 제조하고 있다. 형상은 펠릿과 플레이크가 있다. [사진 제공 : Revolution사]



리사이클 프로세스로 제조한 재생 PE는 FDA가 규정하고 있는 거의 모든 사용조건에 적합하다는 것이 인식되고, 동사가 제조, 공급하는 재

생 PE를 최대 100% 사용한 필름이 식품포장용으로 판매될 수 있게 되었다. 이것은 미국의 패키징업계 최초로 일어난 획기적인 일로, 지금까지 메커니컬 리사이클에서는 어렵다고 생각했던 재생재를 사용한 식품용 필름의 수평 리사이클을 향한 작지만 큰 한걸음이 됐다.

지난해 8월에 발족한 미국플라스틱협정(the U.S. Plastics Pact)에 참가한 60개 이상의 단체와 기업이 2025년까지 플라스틱 패키지의 재생재 함유량 30%를 달성한다는 높은 목표를 설정하고 있다. 재생재료에 대한 소비자 의식이나 업계 관심이 급속히 높아지고 있지만, 우유병과 같은 리지드 용기는 물론, 연포장에 관해 메커니컬 리사이클기술로 이것을 해결하는 것은 결코 만만치 않은 일이다.

이번에 FDA에서 NOL을 취득한 Revolution의 재생 PE는 동사가 창업 이래 축적해온 플라스틱 리사이클기술의 지견과 경험을 바탕으로 FDA가 설정하고 있는 엄격한 조건을 클리어하는 품질관리기준에 준거해 제조되고 있다. Revolution은 앞으로 더욱 기술을 개량하고 혁신을 가속해 공급능력의 확대를 목표로 하고 있다.

Revolution은 지금까지 자사에서 회수한 사용이 끝난 PE필름을 용도별로 분별, 재생해 농업용 필름, 쇼핑용 플라스틱봉투, 쓰레기봉투, 산업용 시트, 산업용 스트래치필름을 위해 판매해왔다. 그리고 이번 식품 그레이드의 재생 PE수지의 출시로 재생재 가공제조사로서 최고 기술 수준에 도달하게 됐다.

‘우리에게 흥미진진한 시대가 도래했다. 앞으로 재생 PE사업을 하나의 브랜드로 통합해 보다 지속가능한 미래에 공헌할 수 있도록 기술을 심화해갈 것이다. 그래서 고객 기업이 각각의 ESG 목표를 달성하고 지속적 성장을 할 수 있도록 돕겠다’라고 Revolution의 CEO, Sean Whiteley는 말했다.

식품에 직접 접촉 가능한 재생 PE수지의 샘플링이 최근 개시되고, 그 패키지는 연내에 식품점의 선반에 등장할 예정이라고 한다.

1. 식품포장용도에 대한 재생재료의 사용을 허락하는 FDA의 관리기준

안전성을 담보하기 위해 FDA는 독자의 기준, 즉 메커니컬 리사이클로 제조된 재생재의 pre-market clearance(판매 전 수속)를 엄격히 정하고, 식품의 직접 접촉 용도에 사용되는 재생재의 조성이나 특성에 관해 버진 플라스틱의 식품 그레이트와 같은 규제 요건을 만족하는 것을 의무화하고 있다. 구체적으로 FDA는 식품의 용기포장에 사용되는 플라스틱에 GMP(Good Manufacturing Practices)의 기준에 적합할 것을 요구하고 있지만, 재생재에 대해서도 안전성을 담보하기 위해 동일한 가이드라인을 설정하고 있다.

가이드라인의 설정에 앞서 FDA는 3가지 경우에 관해 재생재의 잠재 리스크를 정하고, 미리 회피할 것을 요구하고 있다. 하나는 재생재의 오염물질이나 이물을 완전하게 제염할 수 없어서 최종적으로 식품에 접촉할 가능성이 있는 것, 두 번째는 재생재료 자체가 식품용도의 규제를 만족하지 못할 가능성이 있는 것, 마지막으로 식품과의 접촉에 적합하지 않는 첨가제나 안정제, 착색제 등이 재생 프로세스 중에 혼입하는 가능성이다.

FDA는 재생재를 제조하는 리사이클업자와 재생재를 사용하는 패키지 제조사에 대해 오염물질이 리사이클 공정에서 완전히 제거되고 있다는 실증 데이터를 요구하고 있다.

2. 이들을 클리어하면 FDA의 'NOL' 을 취득할 수 있나? 그 수순은?

신청기업은 식품용도용 재생재 제조공정이 FDA 규제에 적합하다는 것을 나타낸 데이터를 제출하고 심사를 받는다.

- ① 재생재 제조공정을 상세 설명, 재생재료의 공급 소스의 특징, 제조공정에서 적용되는 안전, 품질규제를 확실히 만족하기 위한 관리체제의 확인
- ② 회수 전 폐플라스틱 오염도의 평가, 재생재 제조공정 중 오염방지를 위한 실시 수순의 상세 설명
- ③ 재생재 제조공정에서 오염물질이 영향을 미칠 가능성이 없다는 것을 실증하는 데이터의 제출
- ④ 재생재가 사용되는 식품의 특징, 그 사용온도, 식품과의 접촉기간, 해당 재생재에 리

사이클재를 사용하고 있는지 아닌지의 설명. 재생재의 사용목적, 최종용도가 일회용인지, 리사이클 또는 리듀스되는지의 설명

FDA는 신청내용을 정밀 조사해 재생재의 적절한 사용조건이나 사용제한을 설정하고 있는지를 판정하고 최종 결정을 한다.

재생공정이 몇 번 반복되면 다양한 오염물질에 노출될 우려가 있다. 농약, 화학약품, 연료, 용제 등의 유해화학물질에 접촉하는 가능성도 높다. FDA는 이러한 리스크를 특히 우려해 다양한 화학물질에 노출된 플라스틱을 평가하는 가이드라인을 공개하고 있다. 신청기업은 재생재의 시험편을 ‘대행오염물질’에 침적하고, 신청기업의 재생재 제조공정의 오염물질 제염능력을 평가하는 실증시험 데이터도 제출한다.

한편 소비자기업 중에는 식품 포장에 사용하는 재생재의 함유량을 50% 이하로 제한하는 기업도 있다. 이것은 버진 플라스틱에 의한 희석으로 강력한 제염공정을 통과할 가능성이 있는 미량의 오염물질을 더욱 희석해 안전성을 높이는 대책의 하나이다.

3. 상정된 재생 PE필름의 식품포장용도

당장은 빵포장이나 청과물포장, 트레이 랩(미국, 유럽에서는 PVC 랩이 아니라 PE가 주류)에서부터 시작할 것으로 보이지만, 조만간 필로(pillow)포장이나 스탠딩 파우치 등 고기능 연포장분야로도 확대될 것으로 기대한다. 2025년부터 2030년까지 세계 각국에서 재생재 사용의 의무화 법이 시행되면, FDA의 NOL을 취득한 재생재 제조사가 급증할 것이다. 또한 재생 PET의 리사이클로 이어져 가장 생산량이 많은 폴리올레핀 수지의 순환형 리사이클도 현실화 될 것이다.

문제는 자원 회수와 분별이 어디까지 효율화할 수 있는지에 달려있다. 앞으로 모노 머티어리얼(mono material) 파우치가 늘어나 회수·분별 인프라로 디지털 기술을 구사한 트레이서빌리티 기능이 패키지에 적용된다면 리사이클의 흐름은 단번에 가속화될 것이다.

III. 케미컬 리사이클기술의 확장

고도의 메커니컬 리사이클에 의해 양질의 재생재가 양산되게 되면 한편으로 리사이클에 부적합한 플라스틱 폐기물도 늘어날 것이다. 이것을 해결하는 방법은 메커니컬과 케미컬 리사이클의 융합이다. 상호 장점을 살리는 것이 가능하면 폐기물 배출 실질 제로의 순환형 사회를 향한 걸음도 전진할 것이다.

그래서 폴리올레핀 수지의 케미컬 리사이클기술의 현상과 전망을 살펴보도록 한다.

1. 미국과 유럽에서 가속하는 케미컬 리사이클에 대한 투자

미국과 유럽에서는 케미컬 리사이클기술에 대한 투자가 활발하다. 열분해, 가스화, 해중합, 용제정제 등 수법도 다양하다. 하이테크 벤처가 개발하고 대형 화학제조사나 소비재 브랜드가 사업화를 지원하는 케이스가 많다. 그중에는 양산 플랜트의 수율이 계획대로 개선되지 않아 고전하는 프로젝트도 적지 않다.

플라스틱의 순환 계획을 실현하기 위해서는 먼저 종말기를 맞은 패키지를 빠짐없이 회수해 리사이클하는 것이 필수이다. 2015년 시점에서 EU의 리사이클률은 평균으로 42%에 달하고 있지만, 미국은 아직 14.6%에 불과하다.

EU의 포장폐기물지령은 2025년 말까지 모든 포장폐기물의 65%이상을 리사이클한다고 정하고 있다. 남은 4년간 이 목표를 기존 기술과 재생설비만으로 클리어하는 것은 현실적으로 어렵다.

이 점에서부터도 재생 인프라를 정비, 확충하고 소비자가 접근할 수 있는 회수 포인트를 늘리고, 플라스틱 폐기물을 원래 플라스틱 원료로 되돌리는 케미컬 리사이클기술을 발전시킬 필요가 있다.

2. 영국 Plastic Energy사의 열분해 프로젝트

이 글에서는 가장 선행하고 있는 영국 Plastic Energy사의 플라스틱 폐기물의 열분해 플랜트의 세계 전개 프로젝트에 관해 소개한다.

· Sabic과의 제휴 : 2021년 1월 21일

네덜란드의 Geleen에서 폐플라스틱 유래 재생유의 양산 플랜트(연산 2만 톤) 건설 계약을 체결했다.

같은 지역에서 재생 플라스틱사업을 전개하는 Renewi사가 폐플라스틱을 수집, Plastic Energy가 특허 취득한 Thermal Anaerobic Conversion(무산소조건 하의 열분해)기술로 생산된 폐플라스틱 유래의 Tac Oil을, Sabic의 나프사 크랙커에 투입, 투입된 원료의 비율에 따라 계산된 서클러 PE나 PP가 생산된다. Sabic의 목적은 리사이클 불가능한 사용이 끝난 플라스틱제품을 원료로 해 식품용으로 반복 사용할 수 있는 양질의 서클러 PE, PP의 생산, 판매다.

열분해 플랜트는 Plastic Energy와 Sabic의 절반 출하의 합병사업으로 운영되고, 네덜란드 경제성의 에너지 보조금을 얻고 있다. 이미 스페인에서 가동하고 있는 Plastic Energy의 재생유(2계열로 연산 7천톤)를 원료로 폴리올레핀수지를 생산,

2019년 초부터 Sabic의 재생재 포트폴리오, Trucircle의 상표로 필드 테스트를 추진하고 있다.

· **Total Energies, Jindal Films와의 제휴 : 2021년 7월 8일**

Total Energies는 Plastic Energy와 제휴해 2023년에 프랑스의 Grandpuits의 제로 원유(zero crude)라고 하는 플랫폼을 가동시킬 계획이다.

플라스틱 폐기물 15,000톤을 처리할 능력을 갖춘 이 플랜트는 Plastic Energy의 열분해 공정으로 재생유를 생산하고, Total Energies에 공급, 동사는 이것을 원료로 해 서클러 PP를 생산한다는 계획이다.

동사는 이미 앞에서 서술한 스페인의 Plastic Energy의 열분해유 플랜트에서부터 공급된 재생유로 PP를 생산하고, ISCC PLUS(국제지속가능성카본인증플러스 : 바이오재료와 화석유래 폐기물의 재생재료의 인증기관)로부터 화석유래 PP와 같은 품질과 성능을 가진 서클러 PP(Certified Circular Polymers)로써 인증을 받고 있다.

Total은 고객인 Jindal Film에 이 재생 PP를 제공, Jindal은 식품 그레이드의 재생재 사용 OPP로써 필드테스트에 착수했다. Jindal은 이 서클러 인증 BOPP의 특성평가, 식품 그레이드로써의 인증 취득, 나아가 파트너와 공동으로 사용이 끝난 포장재를 회수하고 반복해 재생유, 재생 PP로 전환하는 Closed Loop의 실증실험을 하고 있다.

· **Exxon Mobil과의 제휴 : 2021년 10월 19일**

프랑스 북부 르아브르 근교에서 Plastic Energy의 열분해 플랜트의 환경 액세스먼트가 7월에 승인되고, 최종투자결정(FID)이 Exxon Mobil과의 사이에서 합의, 10월부터 건설이 시작되었다.

플라스틱 폐기물을 열분해해 연간 25,000톤의 재생유를 생산한다. 2023년에 스타트업 예정으로, 가까운 미래에 33,000톤으로 확장할 계획도 있다. Exxon Mobil의 Notre Dame Gravenchon 석유화학 콤플렉스에 인접해 건설되는 이 열분해유 플랜트에는 프랑스 정부의 조성금이 더해지고 있다.

· **Freepoint 에코시스템즈, Total Energies와의 제휴 : 2021년 10월 26일**

Plastic Energy는 미국 텍사스주에서도 폐플라스틱을 열분해유로 전환, 프랑스와 같이 Total Energies에 공급, Total은 식품 그레이드의 패키지에 사용할 수 있는 서클러 폴리머를 생산한다. 열분해의 생산능력은 연산 33,000톤이다. 이 공장은 2024년 중반까지 가동할 계획이다. Freepoint 에코시스템즈는 텍사스주 유수의 재생 플라스틱업자로, 폐플라스틱의 회수에 협력한다.

[사진 2] Tesco는 케미컬 리사이클기술을 활용해 식품포장재의 Closed Loop 리사이클의 시스템 제조를 목표로 한다.



[사진 제공 : Tesco]

· Sealed Air와의 제휴 : 2020년 8월 13일

세계 최대의 육류포장필름 공급자인 미국의 Sealed Air는 2025년까지 동사가 필요로 하는 포장용 플라스틱 원료의 94%를 케미컬 리사이클기술로 생산된 재생재료로 대체할 계획이다.

동사의 포장필름의 주력 원료는 폴리올레핀 수지로, 식품포장용으로 사용 가능한 재생수지의 안정 조달을 도모하기 위해 Plastic Energy와 2020년 8월에 합병 계약을 체결했다.

Plastic Energy는 2025년까지 유럽과 미국에서 재생 폴리올레핀 수지 30만 톤 이상에 해당하는 폐플라스틱 유래의 합성유 플랜트를, 세계 각지의 12곳에 건설한다는 계획을 추진하고 있다. 이미 접촉한 네덜란드(Sabic과의 합병), 프랑스(Exxon Mobil이나 Total Energies와의 합병), 미국(Total Energies와의 합병)에서 플랜트를 건설 중이다. 영국에서도 INEOS Olefins & Polymers Europe의 스코틀랜드의 Grangemouth 올레핀, 폴리올레핀 생산 사이트에서 내년에 재빨리 Feasible Study에 착수한다.

글로벌로 필름사업을 전개하는 Sealed Air는 최상의 파트너로 세계 어디라도 이 재생 PE를 조달할 수 있다.


동사는 2040년까지 탄소배출량을 실질 제로로 하는 계약서를 Ellen MacArthur재단을 비롯해 복수의 단체와 합의, 서명하고 2025년까지 동사가 생산하는 모든 패키지를 리사이클 또는 리유스 가능하게 하고, 순환성(circularity)를 실현하고 식품 패키지의 재생재 함유량을 50% 이상으로 높이는 것을 목표로 하고 있다.

포장 공급망에서의 이러한 노력은 세계 각지에서 확대되고 있다. 예컨대 영국 최대 유통기업 Tesco는 소비자가 매장의 회수 포인트와 바꾼 대량의 사용이 끝난 PE필름과 연포장 재료를 회수해 플라스틱 원료로 재이용하기 위해 Plastic Energy의 열분해 플랜트로 되돌아가 합성유를 생산, Sabic의 PE 플랜트에서 생산된 매스 밸런스 방식의

재생 PE를 원료(최저 30%)로 해 Sealed Air는 두께 25 μ 의 치즈용 하이배리어필름을, 유제품 제조사 Bradburys Cheese에 공급, 재생재로 진공포장된 치즈는 다시 Tesco의 매장에 진열되는 Closed Loop 리사이클링의 실증시험을 시작하고 있다.

IV. 결론

이 글에서 소개한 것은 현재 세계에서 전개하고 있는 고도의 메커니컬 리사이클, 케미컬 리사이클의 사회 실장화의 노력의 한 예이다. 특히 케미컬 리사이클에 관해서는 아직 미국과 영국, EU에서는 리사이클기술로써 승인받지 못했다. 그것과 상관없이 많은 기업이 연산 2~3만 톤 규모로라도 투자, 운영하고자 건설자금을 조달하고 있다. 이미 많은 서드파티(third party)의 인증기관(ISO, ISCC PLUS 등)도 케미컬 리사이클 플라스틱의 인증사업을 시작, EU나 영국이, 나아가 미국이나 캐나다가 이것을 정식으로 승인하는 것은 시간문제라 보인다.

재생 플라스틱사업을 EU 경제 부활의 한 축이 될 것으로 기대하고 있는 EU는 플라스틱 순환모델의 국제 룰을 만들어가는 것에 앞장서고 있다. 뒤처지지 않기 위해서라도 걸음을 빨리할 필요가 있다. 



구독 안내

월간 'Converttech'

'Converttech'는 필름·시트(원반, 기능성 부여 타입, 다층화 타입 등), 금속포일, 종이, 판지, 기능지, 부직포, 합성지, 섬유, 강판, 탄소섬유 복합 시트, 박막 유리, 세라믹시트, 발포시트 등의 웹 시트를 기반으로 하는 다양한 가공기술(컨버팅 테크놀로지)을 집중 조명하는 세계 유일의 컨버팅 기술 정보지이다.

(사)한국포장협회 사무국

■ TEL : 02-2026-8655 ■ FAX : 02-2026-8660 ■ E-mail : kopa1991@daum.net