

지속가능성을 위한 친환경 바이오 플라스틱 산업 동향

김지운 선임연구원 한국바이오협회 바이오경제연구센터
최권영 교수 아주대학교

한국의 1인당 플라스틱 포장재 소비율(0.18 kg/day)은 전 세계적으로 가장 높을 뿐만 아니라, 수집 및 재활용 비율 또한 80% 이상으로 매우 높은 상황이며, 정부의 '2027년 직매립제로' 정책 추진으로 재활용률이 더욱 높아질 것으로 예상된다.' 환경부는 플라스틱 재활용을 통해 지속가능한 순환 경제를 강력하게 추진하고 있으며, 쓰레기 양에 따른 폐기물 처리 수수료, 플라스틱병 보증금 반환 시스템, 생산자책임재활용(EPR) 제도 및 특정 일회용 플라스틱 품목 금지 등이 그 예이다.

Markets and Markets 시장 자료에 따르면, 바이오플라스틱 세계 시장 규모는 '20년 104억 6,200만 달러에서 연평균 21.7%로 급성장해 '25년 279억 690만 달러의 규모를 형성할 것으로 전망되고 있다. 현재까지 바이오 플라스틱 산업은 옥수수, 사탕수수 등 생물에서 유래한 성분을 이용하는 바이오매스 기반(Bio-based) 플라스틱을 기본으로 하며, 또 하나는 기존의 플라스틱 제조 공정을 변형하여 생물이 분해할 수 있는 생분해(Biodegradable) 플라스틱 산업으로 구성된다. 최근에는 기존 천연물이나 생물이 만든 소재를 재료로 삼아 생물 유래 물질을 간단한 처리만 거쳐 사용하도록 하는 '친환경 플라스틱'에 주목하고 있다. 셀룰로스나 키틴과 같은 천연 고분자 소재나 미생물에 의해서 자연 분해되는 환경 친화적인 장점을 토대로 만들어지는 polyhydroxyalkanoic acid(PHA)가 대표적이다. 이들은 기존의 분해가 되지 않는 석유계 플라스틱과는 달리 생분해가 되는 장점을 가지고 있으며 기존 석유계 플라스틱을 대체할 수 있을 것이라는 기대감이 증가하고 있다.

본 브리프에서는 바이오 플라스틱 산업의 전체적인 Value chain을 소개하고, 시장동향 및 바이오 플라스틱 기술 개발 동향을 다룸으로써 국내 화이트바이오 기업들이 경쟁력을 강화할 수 있는 방향에 대해 시사하고자 한다.

바이오 플라스틱의 개요^{2,3}

재생 가능한 자원(Renewable resources)에서 생산된 플라스틱을 바이오 플라스틱 또는 바이오 폴리머라고 한다. 바이오 플라스틱은 현재 명확하게 규정된 정의는 없다. European bioplastics에 의하면 일정한 조건에서 미생물에 의해 완전히 분해될 수 있는 생분해성 플라스틱(Biodegradable plastics)과 식물에서 유래한 재생 가능한 자원인 바이오매스(Biomass)를 원료로 이용한 바이오매스 플라스틱(Biomass-based plastics)으로 구분된다. 여기서 생분해성 플라스틱은, 미생물에 의한 분해작용으로 수개월 또는 수년 이내에 물, 이산화탄소, 메탄가스 등으로 완전히 분해되는 플라스틱을 말한다. 이때, 바이오 기반 플라스틱은 생분해성일 수도 있고, 아닐 수도 있다.

Markets and markets 시장 자료에 의하면, 바이오 플라스틱 세계 시장 규모는 '20년 104억 6,200만 달러에서 연평균 21.7%로 급성장해 '25년 279억 690만 달러의 규모를 형성할 것으로 전망되고 있다. 바이오매스 플라스틱은 '25년 바이오 플라스틱 시장의 60%를 차지할 것으로 전망되며, 특히 Bio-PET는 PET 사용 분야의 대부분을 대체할 수 있어 '25년 바이오매스 플라스틱 시장의 76%, 전체 바이오 플라스틱 시장의 45%를 차지할 것으로 전망된다.

[표 1] 바이오 플라스틱의 종류

구분	생분해성 플라스틱	바이오매스 플라스틱
정의	• 미생물에 의해 분해가 빠르게 진행되도록 만든 플라스틱	• 화석원료가 아닌 식물을 원료로 만든 플라스틱
종류	<ul style="list-style-type: none"> • PLA(Poly Lactic Acid) • PHA(PHA Poly Hydroxy Alkanoic Acid) • PBS(Poly Butylene Succinate) • PES(Poly Ethylene Succinate) • PBAT(Poly Butylene Adipate-co-Terephthalate) • TPS(Thermo Plastics Starch) • AP(Aliphatic Polyester) • CA(Cellulose Acetate) 	<ul style="list-style-type: none"> • Bio-PET(Bio-Polyethylene Terephthalate) • Bio-PE(Bio-Polyethylene) • Bio-PP(Bio-Poly Propylene) • Bio-PA(Bio Poly Amide)
원료	• 바이오매스, 화석연료기반 화합물	• 바이오매스(식물원료)
규격기준	• ISO 14855, ASTM D 6400, EN 1342 등	• ASTM D 6866, CEN/TR 15932 등
장점	<ul style="list-style-type: none"> • 짧은 분해시간(1~2년) • 내습성, 가공성 	<ul style="list-style-type: none"> • 원료 조달 지속가능 • 일부 제품은 재활용 용이 • 소각 시 온실가스배출량 감소
단점	<ul style="list-style-type: none"> • 재활용 불가. 분해기간 조절 어려움 • 높은 제조원가 	<ul style="list-style-type: none"> • 생산 및 판매단가가 높음 • 강도 및 내수성 문제 발생 가능

출처: European Bio plastics

생분해성 플라스틱 시장은 '20년 48억 110만 달러의 시장 규모로 바이오 플라스틱 시장의 46%를 차지한 반면, '25년에는 114억 6,890만 달러로 시장 점유율이 소폭 하락될 것으로 전망된다. 제품 상용화 관점에서 보면 생분해성 플라스틱은 기존 플라스틱과 비교하여 몇가지 한계점이 존재하기 때문으로 예측된다. (1) 강도, 신장률 등 물리적 특성 및 가공의 취약성 (2) 유통기한 중 생분해 발생 방지를 위한 최종 생분해 기간 연장의 필요성 (3) 기존 플라스틱 대비 높은 단가 (4) 기존 제품 대체성 및 응용 분야 확대 제한과 같은 요인이다. 그러나 생분해 플라스틱 중 가장 안정적인 물질인 PLA(Polylactic acid)와 산업 및 가정에서 퇴비용으로 사용되는 PHA(Poly hydroxy alkanooate)의 경우 각각 연평균 24.1%, 28.2%씩 성장하여 관련 시장의 확대를 주도할 것으로 예상된다.

친환경 바이오 플라스틱 기술 개발 및 국내 기업 동향⁴

위와 같은 이유로 최근에는 내열성, 가공성을 보완하면서도 생분해가 가능한 '고기능성 친환경 플라스틱' 기술들이 많이 개발되고 있다. 아래 대표적인 5가지 기술 동향을 소개하고자 한다.

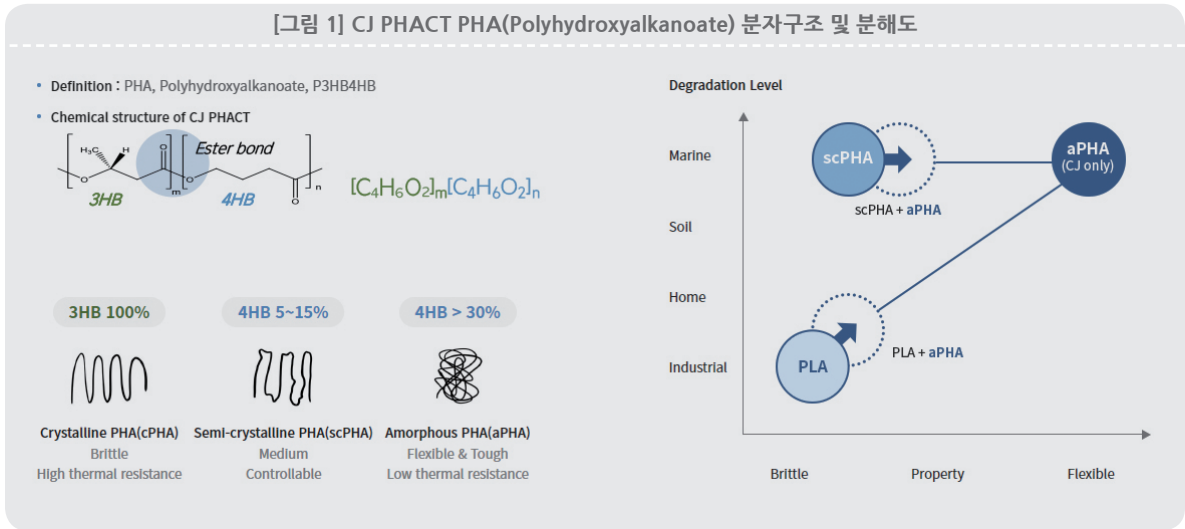
(1) 해양 생분해 친환경 플라스틱 소재 PHA(Poly hydroxy alkanooate)

PHA(Poly hydroxy alkanooate)는 미생물이 식물유래 성분을 먹고 세포 안에 쌓아놓는 고분자 물질로, 미생물 기반의 생분해 플라스틱이다. 이는 생분해성이 뛰어나다는 장점을 가진다. PHB(Poly hydroxy butyrate)는 열 분해되기가 쉽고 가공이 어렵다는 단점이 있어 이를 개선하기 위해 열가소성 고분자 소재인 PHA에 대한 연구가 활발하게 진행 중이다.

특히나 PHA는 해양에서 분해되는 유일한 친환경 플라스틱 소재로 농업 및 축산, 제약 등 여러 다른 산업과 결합하여 시너지를 낼 수 있는 성장 가능성이 큰 소재이다. 석유로 만든 기존 플라스틱은 분해되기 까지 500년이 걸리는 데 반해, PHA는 토양, 해양 등 자연상태에서 1년 내에 90% 이상 생분해되며, 해수 온도 15~40℃에서 6개월 전후로 분해된다.

CJ제일제당은 생분해 플라스틱 시장 선점을 목표로 역량을 집중하고 있다. 대량 발효 기술과 정제 공법을 바탕으로 '22년 5월, 인도네시아 파수루안 바이오공장에서 해양 생분해 플라스틱 소재 PHA 양산을 시작했다. 전 세계 유일 상용화에 성공한 비결정형 aPHA(amorphous PHA)를 연간 톤 규모로 생산할 수 있으며, 반결정형 scPHA(semi crystalline PHA) 생산설비 착공에 추가 돌입했다. 또한 미국 메타볼릭스(Metabolix)의 PHA 관련 자산인수를 통해 미국 보스턴에 위치한 연구 인력 및 네트워크를 확보하고 상용화 연구를 진행중에 있다.

[그림 1] CJ PHACT PHA(Polyhydroxyalkanoate) 분자구조 및 분해도



출처: CJ 제일제당

(2) 천연고분자계 기능성 바이오 플라스틱⁵

천연고분자류는 곡물에서 추출되는 녹말(starch), 게나 새우의 껍질에서 얻을 수 있는 키틴(chitin), 셀룰로스(cellulose) 등이 생분해되는 생분해성 고분자에 속한다. 이는 위에서 언급한 미생물에 의해 생산된 고분자 또는 합성 고분자보다 가공성은 떨어지지만, 가격이 상대적으로 저렴하다. BASF, Bayer, Dupont 사에서 생분해성이 없는 방향족 폴리에스테르의 벤젠고리 부분을 탄화수소로 대체하여 생분해할 수 있도록 하는 연구를 추진하고 있다.

(3) 바이오매스 기반 ‘이소소르비드(Isosorbide)’를 활용한 생분해성 플라스틱⁶

이소소르비드는 옥수수 등 식물자원에서 추출한 전분을 화학적으로 가공해 만든 바이오 소재로 플라스틱을 비롯한 도로, 접착제 등을 생산할 때 기존 화학 소재를 대체해 쓰인다. 삼양사 화학연구소는 '21년 7월 이소소르비드 기반 생분해성 플라스틱 ‘PBIAT(Poly Butylene Isosorbide Adipate-co-Terephthalate)’을 세계 최초로 개발하는 데 성공했다. 이는 기존 석유 유래 소재 대비 탄소 중립적이며 토양에서의 자연분해 속도가 빠르다는 장점이 있다. 특히, 강하고 질겨서 필름 형태로 가공 시 얇게 만들 수 있어 플라스틱 사용량 자체를 줄일 수 있다.

(4) 생분해 수지 PBAT/PLA- '탄소 저감형 플라스틱' ^{7,8,9}

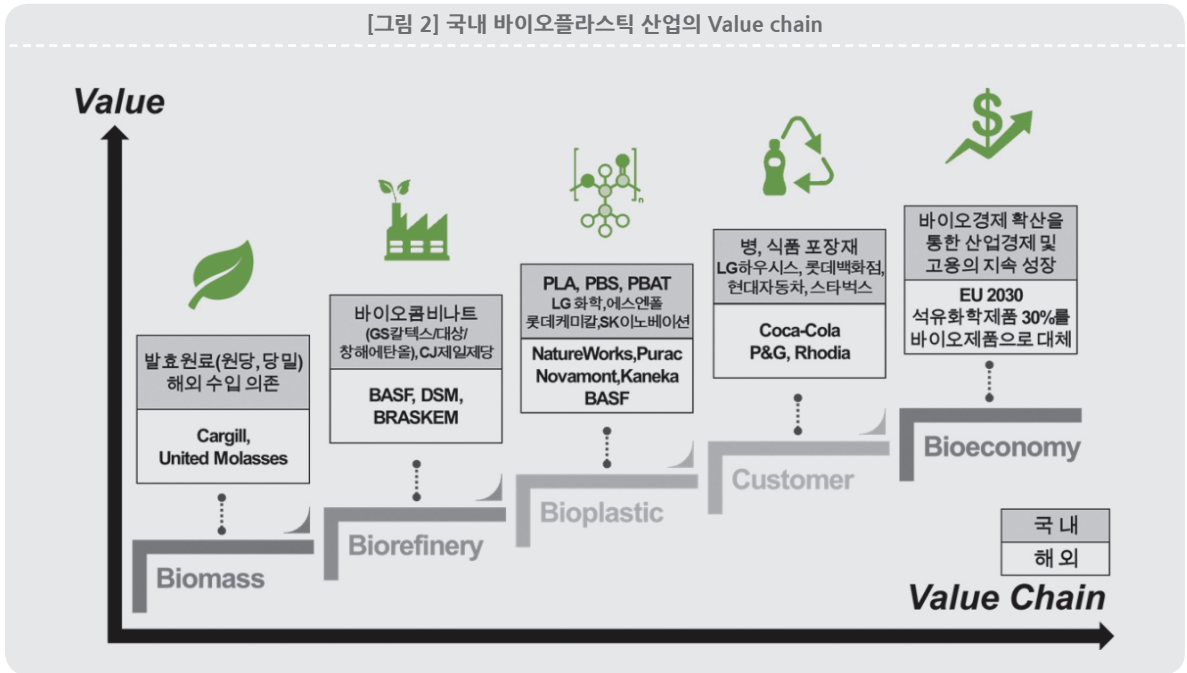
PLA(Poly Lactic Acid)는 옥수수나 사탕수수에서 추출한 글루코스를 발효 및 정제하여 가공한 젖산을 발효하여 만든 생분해성 수지다. PLA의 경우, 타 생분해성 고분자와 비교하면 지속가능한 소재라는 점 외에도 열가소성, 인체친화성, 고강도 물성 등의 장점을 갖추고 있고 분해성이 뛰어난 측면이 있어 가장 각광받는 친환경 소재 중 하나이다. 국내에서는 아직까지 PLA 생분해성 원료 소재를 수입·가공하여 플라스틱 제품을 생산하는 중소·중견 기업을 중심으로 바이오플라스틱 산업 생태계가 구축되어 있다. SK 이노베이션, SK케미칼은 PLA 생산 원천 기술 연구 및 PLA 기반 유연 생분해성 바이오플라스틱 ECOPLAN FLEX를 판매하고 있다. 또한, LG 화학은 '21년 10월 PLA 바이오 플라스틱의 상업화를 목표로 세계적인 곡물 가공 기업인 미국 ADM과 PLA 생산 공장을 합작 건설할 계획을 발표하였다. 또한 최근에는 옥수수 성분의 포도당과 폐글리세롤을 활용해 바이오 함량 100%인 생분해성 소재의 개발을 마무리했다.

PBAT(Poly-Butylene Adipate Terephthalate)는 석유를 기반으로 하는 생분해성 플라스틱으로, 분해속도가 빠르며 유연성, 가공성 면에서 우수하다. 석유 기반의 생분해성 플라스틱이지만 일반 플라스틱과는 다르게 자연에서 산소, 빛, 효소 등 반응에 의해 6개월 이내 빠른 속도로 분해된다. PBAT는 연신율이 약 600~800%에 달할 정도로 유연성이 뛰어나 각종 일회용 봉투, 종량제 봉투에 활용되며 PLA, 전분 소재와 컴파운딩 시 단점을 상쇄할 수 있어 점차 수요가 늘고 있다.

(5) 친환경 PET(Bio-PET, Recycled PET) ^{10,11}

일반 석유 화학에서 얻는 기존의 PET는 석유에서 추출한 원료 100%로 구성되어 있지만 'BIO-PET'의 경우, 구성 원료 중 일부를 식물성 원료로 적용해 친환경적이다. 롯데알루미늄의 경우 PET Resin 제조시 식물성 원료 사용(TPA 70% + 식물성 EG 30%)으로 친환경 관련 제품에 적용함으로써 CO₂ 배출량을 20% 감소하는데 성공하였다. 풀무원의 구성 원료 중 30%를 사탕수수로 대체 제조, 운송, 소각을 포함한 전 공정과정에서 발생하는 이산화탄소를 20% 감축하는 성과를 보였다. 플라스틱 부산물을 활용해 만드는 재활용 플라스틱 섬유(Recycled PET, rPET) 또한 일반 폴리에스터 섬유보다 단가가 높지만, ESG 경영을 실천하고 의식 있는 소비를 공략하기 위해 완제품 제조 기업의 rPET 수요가 꾸준히 증가하고 있는 추세다.

[그림 2] 국내 바이오플라스틱 산업의 Value chain



출처: 한국산업기술평가관리원

🏠 맺음말

정부는 '2050 탄소중립을 선언하였으며, 목표 달성을 위해서는 순환경제 전략이 필수적으로 요구된다. PwC 자료에 의하면, 현재 탄소배출 비중은 에너지 분야가 55%이며, 나머지 45%의 탄소배출은 제품 생산 및 폐기와 관련된 부분에서 발생한다. '21년 12월, 정부는 이러한 점을 인지하여 탄소중립을 위한 한국형 순환경제 이행계획을 발표하였다. (1) 생산·유통 단계 자원 순환성 강화-기존 석유계 플라스틱을 석유계 혼합 바이오 플라스틱으로의 전화를 유도하고, '50년까지 순수바이오 플라스틱으로 대체 촉진 (2) 친환경 소비 촉진 및 확산 유도 (3) 폐자원 재활용 확대-폐플라스틱의 열분해 처리 비중 '20년 0.1%→'30년 10%까지 확대 (4) 안정적 처리체계 확립 (5) 순환경제 사회로의 전환이 핵심 항목이다.

그러나, 자칫 무늬만 '친환경' 바이오 플라스틱이 아니냐는 일부 의견도 존재한다. 먼저 생분해성 플라스틱이 이산화탄소의 저감효과를 가져오는 것은 맞지만, 원료가 되는 농작물 재배를 위해 자원을 끌어다쓰는 것이 환경오염을 유발하며, 플라스틱 자원 순환 효과가 상쇄될 수 있다는 점이다. 다음으로, 생분해성 플라스틱을 분리배출 하는 제도가 별도로 없기에 재활용 품목으로서 구분되지 못하고 선별장에서 애물단지가 되는 상황이 발생할 수 있다.

해외 사례를 보면, EU와 미국은 생분해성 플라스틱을 별도의 처리시설에서 퇴비화 또는 바이오 가스화하여 재활용하고 있으며, 상기 내용을 자원순환의 한 개념으로 인식하고 있다. 국내 또한 '탄소절감기류'와 '지속가능성'을 위한 순환 경제로의 전환을 가속화 하기 위해, 폐기물 관리 기업에 대한 민간 투자가 계속해서 증가하고 있고, 기존 폐기물 산업 또한 빠르게 산업화되어 가고 있다. 이제 막 초기시장을 형성하고 있는 과정에서 국내 기업들은 '환경표지인 증기준' 준수 등의 규제로 인해 어려움을 겪고 있는 실정이다. 정부는 지난 7월 TF를 통해 기존 재활용 체계로 회수가 어려운 제품군에 생분해성 플라스틱을 집중적으로 활용할 수 있도록 관련 산업의 선정 기준을 명확하게 설정하기로 했다. 서두에 언급했듯 탄소 저감 효과를 극대화하며 생분해성 플라스틱이 단순 기술개발에만 그치지 않고 상용화까지 이어지기 위해서는 정부 정책이 산업계의 새로운 기술들을 적극적으로 지원해야만 한다. 또한, 규제 완화를 통해 환경적 책임을 강화시키는 움직임이 계속되어야 할 것이다.

정부의 지원 정책과 더불어 기업의 사회적 책임 역시 강화되어야 한다. 최근 ESG (Environment Social and Governance) 기반의 기업 경영이 강조되면서, 순환경제 및 탄소 중립 달성을 위해서 기업의 사회적 역할이 강조되고 있다. 이는 기업의 이익 추구 과정에서 사회에 미치는 장기적인 영향까지 고려해야한다는 것을 의미한다. 기술적인 부분에 있어서 기업은 단기 이익만을 추구하기 보다는 장기적인 관점에서 순환경제 달성을 위한 개발 목표를 두어야 한다는 것을 의미하기도 한다. 장기적 관점에서 기술적 우위를 확보하는 것이 기업체 특성상 상당한 투자가 필요하다. 특히, 생분해 플라스틱 분야의 경우 플라스틱 재활용을 위한 다방면의 선제적 투자가 필요한 분야이다. 생분해 플라스틱은 원료의 확보에서 완제품 생산에 이르기까지 바이오 공정과 화학 공정이 필요할 뿐 아니라, 회수 및 재활용 과정에서 역시 이러한 융복합 기술이 필요하다. 순환경제를 달성하기 위해서는 기술적으로 폐기물 배출 최소화화 자원의 재활용이 뒷받침되어야 한다. 이는 글로벌 시장 선점을 위해서 생분해 플라스틱의 생물학적 분해와 더불어 화학적 재활용 기술 역시 기업이 확보해야 한다는 것을 의미한다.

또한, 순환 경제 달성을 위해서 기술적 우위의 확보와 더불어 관련 기업체간의 연대 협력이 중요해 졌다. 생분해 플라스틱 상용화를 위해서는 기술 교류와 규제 대응을 위한 연대협력이 절대적으로 필요하다. 2021년 2월 탄소중립 경제 실현을 위해 국내 관련 기업체간의 연대협력을 도모하기위한 화이트바이오 연대협력 협의체가 발족하였다. 탄소중립 및 순환경제 달성을 위한 목표를 통해 생분해 플라스틱 개발, 바이오매스 기반 화학제품 개발, 바이오 기반 차세대 소재 연구, 인센티브 등 제도 개선 등 4가지 분야에서 관련 기업간의 협력 모델을 지속적으로 발굴하기로 협의하였다.¹² 이는 관련 기업의 연대협력을 통해서 생분해 및 바이오 플라스틱의 상용화를 위한 연대 협력이 그만큼 중요하다는 것을 의미한다. 생분해 플라스틱

은 상용화를 위해서 가격 경쟁력 확보가 무엇보다 중요하다. 이는 바이오 매스의 원활한 수급과 확보가 그만큼 중요해 졌다는 의미이다. 바이오매스 원료의 확보와 가공, 생분해 고분자 단량체 생산 및 중합, 생분해 플라스틱 분해 및 재활용 등 생분해 플라스틱의 벨류체인에 있는 다양한 기업체간의 협력을 통해서만 순환경제를 달성할 수 있다.

< 참고자료 >

1. Frost&Sullivan, South korean plastic waste management growth opportunities, 2022.01.28.
2. 한국과학기술정보연구원, ASTI MARKET INSIGHT, 바이오플라스틱, 탄소중립 선도로 지속가능 사회 구축, 2022.03.22
3. European bioplastic, What are "Bio-plastics"?
4. CJ제일제당, 분기보고서(2022.03). 2022.05.16
5. 연구개발특구진흥재단, 유망시장 Issue Report 바이오 플라스틱 동향, 2021.07
6. 삼양홀딩스, 분기보고서(2022.03). 2022.05.16.
7. 국방기술품질원, 생분해성 플라스틱 PLA(Polylactic acid) 퇴비화를 통한 생분해능 검토, 2016.
8. KEIT, 생분해성 바이오플라스틱 생산기술과 산업동향, 2019. 10
9. LG케미토피아, 폴리머인사이트 #37. 자연으로 돌아가는 생분해성 소재, PBAT(Poly-Butylene Adipate Terephthalate)
10. 풀무원, BIO-PET 적용한 친환경 샐러드 용기 국내 첫 개발...환경 경영 박차, 2021.01.13.
10. 산업일보, 재활용 플라스틱 섬유(rPET). 친환경 트렌드로 주목, 2021.12.22.
11. 2050 탄소중립을 위한 바이오산업의 새로운 도전 '화이트바이오 연대협력 협의체 발족', 2021. 4. 21, 산업통상자원부 보도자료

Writer

김지운 한국바이오협회 바이오경제연구센터, 선임 연구원

Reviewer

최권영 아주대학교, 교수

BIO ECONOMY BRIEF

발행 : 2022년 8월 | 발행인 : 오기환 | 발행처 : 한국바이오협회 한국바이오경제연구센터
 13488 경기도 성남시 분당구 대왕판교로 700 (삼평동, 코리아바이오파크) C동 1층, www.koreabio.org
 * 관련 문의 : 한국바이오협회 한국바이오경제연구센터 e-mail : kberc@koreabio.org



Innovating Data Into Strategy & Business



9 772508 681005
 ISSN 2508-6812