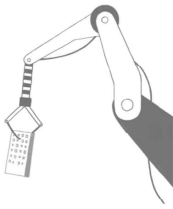
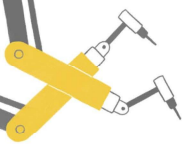


기술동향

바이오플라스틱

KISTEP 생명기초사업센터 박지현
KISTEP 사업조정전략센터 홍미영





Contents

 제1장 개요	1
 제2장 기술동향	5
 제3장 산업동향	11
 제4장 정책동향	18
 제5장 R&D 투자동향	24
 제6장 결론	30

제1장 개요

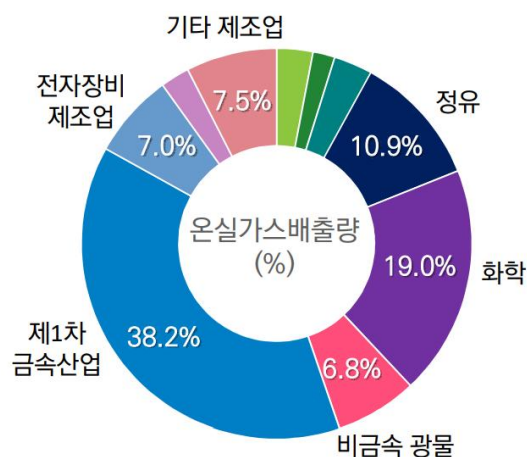
1.1 작성배경

바ิโอ플라스틱*은 기존의 석유 기반 제품의 생태 유해성, 플라스틱 사용 증가로 인한 환경오염 문제 해결을 위한 대안으로 주목받고 있음

* 바ิโอ플라스틱은 생물공학 기반 기술을 통해 생산되는 생분해성(biodegradable) 또는 바이오 베이스(bio-based) 플라스틱을 말함

- 생분해성 플라스틱의 분해 기간은 5년 이내로 폐기 후에 빠르게 분해되어 친환경적이며, 석유 기반 제품 대비 생산 과정에서 탄소 배출량이 절반 수준으로 온실가스 감소에 효과적¹⁾
- 코로나19 장기화로 일회용품 사용 증가에 따른 기후변화의 심각성에 대한 인식이 확대되고, EU를 비롯한 주요국의 환경규제에 대응하고 친환경 제품 시장을 선점해야 하는 상황

대표적인 석유화학 기반의 화학산업은 에너지 고사용, 온실가스 다배출 산업으로 탄소저감을 위한 신소재 전환 및 고부가 제품 확대, 저탄소 연료·원료 사용, 산업공정 배출 최적화 등의 감축 수단 마련이 시급



[그림 1] 산업별 온실가스 배출량 비중(%)

* 출처 : 2019 전 부문 에너지사용 및 온실가스 배출량 통계

1) 전국경제인연합회(2021), 화이트 바이오산업 현황과 과제, Global Insight.

- 2030년 국가 온실가스 감축목표 달성 및 2050 탄소중립 실현을 위해서는 이산화탄소 배출량 산정에 포함되지 않는 재생가능한 바이오매스 자원을 활용한 화학제품 제조기술이 필요
※ 바이오매스 함량이 50%만 되어도 석유기반 플라스틱 대비 80% CO2 저감 효과가 있음²⁾

- 화석 원료를 사용하는 플라스틱산업의 경우, 탄소배출 문제뿐만 아니라 재순환이 안 되는 산업구조로 인해 플라스틱 폐기물의 누적에 따른 문제 해결이 필요
※ 플라스틱 생산량(1950~2015, 83억톤)의 78%인 63억톤이 플라스틱 폐기물로 발생했으나, 9%만이 재활용이 되고 12%는 소각, 79%는 매립 또는 투기³⁾

 글로벌 바이오플라스틱 시장은 일부 기업들이 독점하고 있는 상황이며, 국내에서 생분해 플라스틱 소재는 전량 수입에 의존하고 있는 실정

- 전체 바이오플라스틱 중에서 생분해성 플라스틱의 비율이 2026년 69.8%까지 증가할 것으로 예상되며(European Bioplastics, 2021), NatureWorks, BASF, Novament 등 일부 기업이 글로벌 시장을 선도하고 있음
- 우리나라는 바이오플라스틱 산업 형성 초기단계로 대기업과 벤처 중심으로 관련 기술을 확보하고 있으나, 핵심 소재는 수입에 의존하고 있으며 사업화 및 대규모 투자에는 한계

 국내 기업들이 바이오플라스틱 소재·제품기술 개발 및 상용화를 적극 추진할 수 있도록 정부R&D 투자 및 산업육성 등 정책적 지원 필요

- 재생가능한 바이오매스를 활용한 바이오베이스 플라스틱 제도가 가능하나, 바이오매스 자원은 원료비용이 높고 분자구조가 기존 석유와 상이하여 생분해성 플라스틱의 상용화를 위해서는 혁신적 전환 공정이 필요

 본고에서는 바이오플라스틱 관련 기술·산업동향과 국가별 정책·투자동향을 살펴봄으로써 온실가스 감축 목표와 2050 탄소중립 정책목표 달성에 기여할 수 있도록 향후 정부R&D 투자방향에 있어 주요 고려사항과 정책적 시사점을 제시하고자 함

2) 이베스트투자증권(2021), 「지금은 바이오플라스틱을 보아야 할 때」.

3) Science Advances(2017), Production, use, and fate of all plastics ever made. vol.3(7).

1.2 기술의 정의 및 범위

 바이오플라스틱(Bioplastics)은 생물공학 기반 기술을 통해 생산되는 생분해성 또는 바이오베이스 플라스틱⁴⁾을 의미함

- 바이오플라스틱은 원료 및 제품으로서 원료, 분해 메커니즘, 생산방법 등에 따라 생분해성 플라스틱(Biodegradable plastics)과 바이오베이스 플라스틱(Bio-based plastics)로 구분
 - 규격 기준에 따라 생분해성 플라스틱은 표준물질인 셀룰로오스 대비 6개월에 90% 이상 분해되는 경우에 해당하며, 바이오매스 함유 여부와 무관
 - 바이오베이스 플라스틱은 식물체 기반 바이오매스를 20~25% 이상 함유한 플라스틱으로 석유계 플라스틱 대비 온실가스 배출량이 적음

〈표 1〉 바이오플라스틱의 종류 및 특징

구분	바이오플라스틱			
	생분해성 플라스틱		바이오베이스 플라스틱	
	천연물 계열	석유 계열	결합형	중합형
바이오매스 함량	50~70% 이상	-	20~25% 이상	
사용원료	천연물, 미생물계	석유 유래 원료 중합 합성	천연물-고분자 결합	천연물-단량체 중합
특징	빠른 생분해		탄소저감	
플라스틱 사용여부	첨가제 형태로 10% 이내 사용		베이스레진으로 사용	
재활용 여부	불가능		가능	
생분해 여부	최종 생분해		난분해(비분해)	
생분해 시험	6개월 이내(90% ↑), 45일 이내(60%)		6개월 이내(60% ↑)	
시험분석	생분해(미생물)		유기탄소 정량	
종류	PLA, TPS, PHA, AP, CA 등	PBS, PES, PVA, PCL, PBAT 등	Bio PE, Bio PP, Bio PET, Bio PA 등	
규격 기준	ISO 14855, ASTM D 6400 등		ASTM D 6866, CEN/TR 15932 등	
주요 적용지역	유럽 등		미국 등	

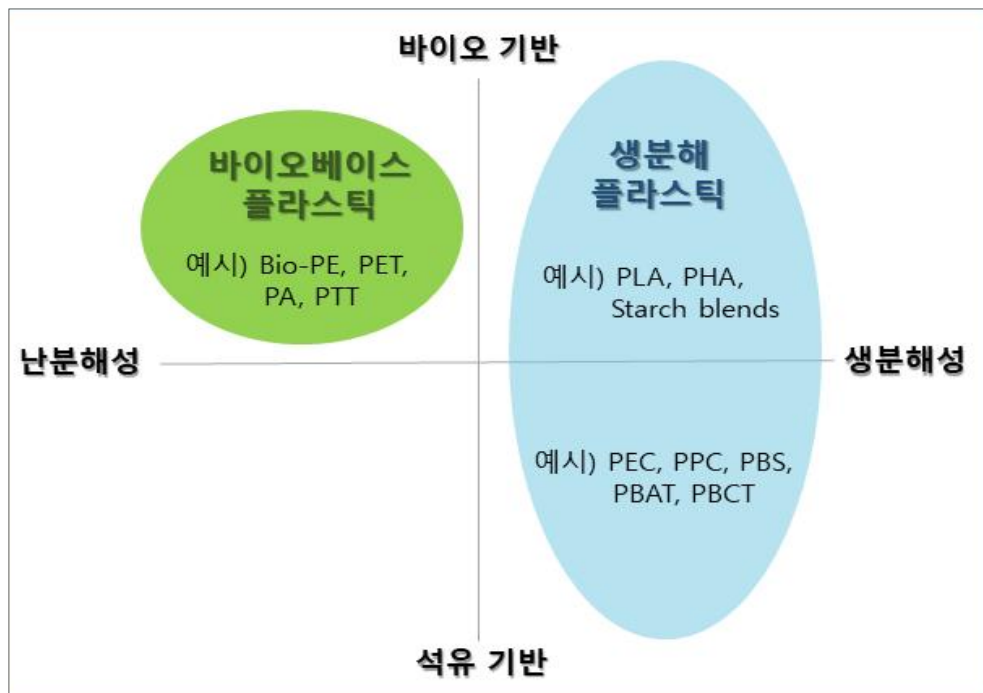
* 이상호 외(2019)와 한국과학기술연구원 융합연구정책센터(2019)를 토대로 전문가 검토를 거쳐 저자 재구성

- 생분해성 플라스틱은 최종 생분해되는 특성을 가지며, 바이오매스 포함 여부에 따라 바이오 기반과 석유 기반으로 구분됨

4) 산화 생분해 플라스틱*은 바이오플라스틱의 범주에서 제외

* 산화 생분해 플라스틱의 경우 인공첨가제가 들어간 일반 플라스틱 소재로 생분해되는 것이 아니라 작은 조각들로 분해되어 환경에 남게 되어 결국 해가 될 수 있으며 재활용 및 퇴비화가 어렵다는 이유로, 2018년 1월 유럽위원회(European Commission)는 산화 생분해 플라스틱 사용에 제한을 두는 조치를 취함.

- (바이오 기반 & 생분해성) 옥수수계 100% 바이오매스 기반으로 생산되는 PLA(Polylactic acid)가 대표적(그림 2의 1사분면)
- (석유 기반 & 생분해성) 석유화학 기반으로 생산되며, PBS(Polybutylene Succinate), PBAT(Polybutylene Adipate Terephthalate) 등이 상용화되어 있음(그림 2의 4사분면)
- 바이오베이스 플라스틱은 바이오 기반 & 난분해성 특성을 보이며, Bio-PE(Polyethylene) 등이 상용화되어 있음(그림 2의 2사분면)



[그림 2] 생분해성과 원료 유래에 따른 바이오플라스틱의 분류

* 출처 : European Bioplastics(2018) & 화이트바이오 산업 활성화 전략(2020), 저자 재구성

제2장 기술동향

2.1 기술동향 개요

 바이오플라스틱은 기존 화석 원료로부터 생산하던 플라스틱 단량체를 바이오매스로부터 생산함으로써 탄소저감 및 미세플라스틱 문제 해결에 기여

- 생분해성 플라스틱 소재는 바이오매스로부터 얻어진 단량체(monomer)를 중합하거나 석유 유래 원료 중합 합성을 통해 얻어지며, 미생물 등에 의해 생분해가 일어남
- 바이오베이스 플라스틱은 바이오매스 유래 물질, 생분해 물질, 석유화학 유래 물질 등을 이용하여 천연물-고분자 결합 또는 천연물-단량체 중합하는 형태로 만들어짐

 전 세계적으로 NatureWorks, BASF, Novamont 등 주요 기업의 기술우위에 의한 독점적 공급 형태이며, 이들 기업이 바이오·화학 융합 요소기술 개발을 통해 바이오플라스틱 상용화를 지속적으로 추진

- 글로벌 선도기업들은 신규 바이오플라스틱 소재·공정·제품 용도로 개발하거나, 바이오플라스틱의 고함량화를 위한 바이오 단량체 생산을 위한 플랫폼 기술 개발에 주력
- 플라스틱 폐기물에 의한 오염문제 해결 및 재활용을 위한 새로운 솔루션 개발 등 바이오 플라스틱의 자원 순환기술도 개발하고 있음

 국내는 대기업을 중심으로 온실가스 저감, 플라스틱 순환 등과 같은 친환경 제조 관련 분야에 대한 기술개발 및 상용화를 추진하고 있음

- 바이오플라스틱의 경우 국내 기업의 수요가 폭발적으로 증가하고 있으나, 대부분의 소재를 수입에 의존하고 있어 국내 자립화가 어려운 상황
- 대기업과 벤처 중심으로 바이오플라스틱 소재의 국산화를 위한 연구개발 및 상용화가 적극적으로 추진되고 있으나, 산업 혁신생태계 구축에는 한계

2.2 생분해성 플라스틱(Biodegradable plastics)

생분해성 플라스틱은 식물체 기반 고분자, 미생물 생산 고분자 및 석유계 플라스틱 유래 고분자를 모두 포함하는데, 퇴비화 조건에서 36주 이내에 셀룰로오스 대비 90% 이상 생분해되어야 함

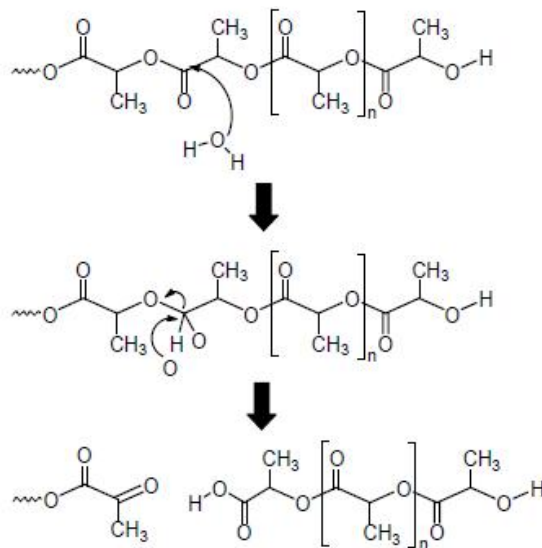
- 생분해성 플라스틱은 바이오매스로부터 얻어진 단량체(monomer)를 중합하는 방법과 석유화학 유래 물질을 이용해 제조하는 방법이 존재

– 단량체 중합법은 바이오매스를 전처리, 당화과정을 통해 당을 제조하고 발효하여 산업상 이용이 용이한 고분자의 단량체를 생산한 후 이 단량체를 중합하여 소재를 얻음

※ 현재 대표적인 생분해 플라스틱인 PLA는 전분을 발효시켜 젖산(lactic acid)을 만들고 그 젖산을 중합하여 제조

- 생분해성 플라스틱의 주요 분해 메커니즘*은 미생물이 분비하는 효소로 인해 플라스틱 물질이 붕괴되어 저분자화 된 후 미생물이 저분자를 흡수하고 대사 작용을 거쳐 물과 이산화탄소로 최종 방출됨⁵⁾

* 열화(Deterioration) → 생물 절단(Biofragmentation) → 동화작용(Assimilation) → 광화작용(Mineralization)



[그림 3] PLA(Polylactic acid) 분해 기작

* 출처 : 생분해성 플라스틱 PLA(Polylactic acid) 퇴비화를 통한 생분해능 검토(2016)

5) European Parliament(2018), Plastic oceans: MEPs back EU ban on throwaway plastics by 2021[Press Release], European Parliament, News Press room.

 생분해성 플라스틱은 크게 천연물 합성계, 화학 합성계, 미생물 합성계로 나눌 수 있으며⁶⁾, 단일 소재보다는 생분해성 소재를 혼합하여 사용

- (천연물 합성계) 식물체 등 천연물을 가소화, 단량체 및 축중합 시키는 천연물 합성계 생분해성 플라스틱은 PLA(Polylactic acid), TPS(Thermo plastic acid), AP(Aliphatic polyester), CA(Cellulose acetate), CDA(Cellulose diacetate) 등이 있음
 - 옥수수, 사탕수수 등이 원료로 사용되며, 화학 합성계 대비 물성은 떨어지나 제조과정에서의 탄소배출량이 약 70% 감소하는 장점이 있음
 - 천연물 합성계 생분해성 플라스틱은 물성 개선, 유통 중 분해 방지, 가격경쟁력, 생산성 등의 해결해야 할 문제가 많음
 - 생분해성 플라스틱 물성 보완을 위해 천연물 합성계 및 석유화학 유래 화학 합성계 생분해 플라스틱 원료를 혼합사용하고 있음
 - ※ Starch blends는 전분 분말을 가소제로 처리하여 열가소성 전분(Thermoplastic Starch)으로 제조하고, 이를 바탕으로 생분해 플라스틱을 생산하는데, 약한 물성과 매우 저렴한 가격으로 인해 다른 고분자(PVA, PBAT, PLA 등)와 혼합하여 생분해도를 향상시키고 비용을 절감
- (화학 합성계) 석유화학 유래 화학 합성계 생분해성 플라스틱에는 PBS(Polybutylene succinate), PCL(Polycapro lactone), PEU(Polyester urethane), PGA(Polyglycolic acid), PBAT(Polybutylene adipate-co-terephthalate), PES(Polyethylene succinate), PVA(Polyvinyl alcohol) 등이 있음
 - 단량체를 화학 합성하여 얻는 생분해성 플라스틱으로 물성, 생산성이 우수하여 많은 분야에 적용되고 있음
- (미생물 합성계) 미생물이 양분의 저장형태 및 배설물의 형태로 생산한 고분자를 말하며, PHA(Polyhydroxy alkanoate), PHB(Polyhydroxy butyrate), PHV(Polyhydroxy valerate) 등이 있음
 - 열가소성 고분자 소재로 PHA 연구 개발이 활발하며, PHB는 열 분해되기 쉬워 가공이 어려운 단점을 개선하기 위해 PHB/V 공중합체의 미생물 생산기술이 개발됨⁷⁾

 생분해성 플라스틱의 종류는 20가지 넘게 있지만, 현재 산업화 단계에 진입한 제품들에는 Starch blends, PLA, PHA, PBS, PBAT 등이 있음⁸⁾

6) 한국과학기술연구원(2019.12.), 「융합연구리뷰」, Vol.5.

7) Armentano, I., Dottori, M., Fortunati E., Mattioli, S. & Kenny, J. M.(2010), Biodegradable polymer matrix nano composites for tissue engineering: A review. Polymer Degradation and Stability, 95(11): 2126~2146.

8) 삼성증권(2021), 「ESG 시대, 순환경제 플라스틱: 뿌린 씨를 거둘 때」.

- 기존의 생분해성 플라스틱은 약한 물성, 유통 중 생분해 가능성, 내수성, 투기성, 생산성, 가격경쟁력, 재활용 어려움 등의 문제점으로 인해 산업화 적용이 부진
 - ※ 생분해 플라스틱의 단점을 보완한 바이오매스 20~40%와 플라스틱 60~80%를 혼합사용
- Starch blends는 현재까지 생분해 플라스틱 중 가장 많이 사용되어 왔으며, PBAT, PLA, PCL 등과 혼합하여 사용되고 있음
 - 다른 생분해성 플라스틱 원료보다 원가가 낮은 열가소성 전분을 PLA, PBAT 등 생분해성 소재와 혼합한 복합소재로 높은 생분해성 특성으로 인해 일회용 비닐봉투, 컵, 수저, 포장재 등에 사용
 - 다만, 열가소성 전분은 생분해도가 좋은 만큼 강도가 약하고 강력한 수분 흡수력을 가지고 있어, 직물, 자동차, 전자재 등 산업용 수요를 충족시키는 어려운 단점이 있음
- 바이오매스 유래 젖산(Lactic acid)을 이용하여 락타이드(Lactide)를 합성하고, 이를 이용하여 PLA를 제조하며, 높은 가격경쟁력, 투명성, 생체적합성, 열 가공성의 장점이 있어 포장재, 소비재, 3D 프린팅 원료로 사용되나, 자연 환경에서 생분해가 느리며 특수 퇴비화(Composting*)에서 생분해가 가능
 - * 생분해성 바이오플라스틱을 산소에 민감하지 않는 미생물을 이용하여 물과 이산화탄소로 분해하는 기술
 - PLA는 생체 내에서 분해·흡수되는 성질과 생체 내 무해하다는 장점으로 인해 의료용 재료로 활용이 가능하며, 식물의 생육을 촉진하는 것으로 알려져 농림업 분야에 활용되고 있음
 - 다만, PLA는 약한 내열성과 내충격성, 일반적인 조건 하에서 분해속도가 다소 느린 단점이 있음
 - ※ PLA의 생분해 조건은 지역 58℃ 이상, 수분이 70% 이상의 조건일 경우 90~180일 이내 90%가 분해됨
- PBAT는 화석 원료 기반 1,4-부탄디올(1,4-Butanediol), 아디프산(Adipic acid), 테레프탈산(Terephthalic acid)의 중합을 통해 제조되어 높은 생분해성과 가공성의 장점 때문에 석유화학 기업에서 빠르게 상용화를 추진하고 있으며, 연질 포장재와 농업용 멀칭필름에 주로 사용
- PBS는 화석연료 기반 숙신산(Succinic acid)과 1,4-부탄디올의 중합을 통해 제조되며, 높은 생분해성으로 인해 연질 포장재 또는 PHA와 혼합하여 어망, 어구에 주로 사용
- PHA는 높은 생산원가와 바이오 공정만으로 제조가 가능하며, 가수분해가 잘 일어나 특정 조건에서 분해하기가 쉬우며, 생분해성 플라스틱 중에서 내열성이 낮음
 - PHA는 미생물을 원료로 한 소재이기 때문에 생체적합성과 생분해성이 뛰어나기 때문에 약물 전달 및 조직공학 분야에 널리 사용 가능

2.3 바이오베이스 플라스틱(Bio-based plastics)

 바이오베이스 플라스틱은 생분해성에 초점을 두지 않고 식물체 바이오매스를 20~25% 이상 함유하는 경우를 말하며, 이산화탄소 저감에 기여한다는 점에서 생분해성 플라스틱과 차별성을 가짐

- 바이오베이스 플라스틱은 생분해 플라스틱의 단점을 보완하기 위해 생분해 수지와 산화 분해제 등을 첨가하여 만들며, 분해 기간과는 상관없이 유기탄소 함량을 측정하여(CO₂ 저감) 분류함
- 식물체 유래 물질, 생분해 물질, 석유화학 유래 물질 등을 이용하여 제조되며 중합형과 결합형이 있음⁹⁾
 - 사탕수수과 같은 식물체인 바이오매스에서 당화과정을 거쳐 단량체를 생산하고 이 단량체를 중합하는 방식의 중합형 바이오베이스 플라스틱과 생분해 플라스틱 또는 식물체 바이오매스를 기존 난분해성 플라스틱에 결합시킨 결합형 바이오베이스 플라스틱이 있음
 - 기존의 석유계 플라스틱 PE(Polyethylene), PP(Polypropylene), PET(Polyethylene terephthalate) 소재의 단량체를 바이오매스 유래 동일 단량체로 대체하여 바이오매스 함량을 증가시키거나, 새로운 바이오매스 유래 단량체를 사용한 PTT(Polytrimethylene terephthalate), PEF(Polyethylene 2,5-furandicarboxylate)와 같은 바이오플라스틱에 해당
- 바이오베이스 플라스틱은 생분해성 플라스틱보다 생산성이 우수하고 가격이 저렴할 뿐만 아니라 재활용할 수 있어 일반 플라스틱과 함께 분리배출이 가능
 - 페트병에서 자동차 분야까지 그 적용 범위가 확장되고 있으며, 식량자원을 사용하기보다는 셀룰로오스, 볏짚, 왕겨, 옥수수대, 대두박, 옥수수 껍질, 대나무 등 비식용계 부산물 자원을 원료로 활용하는 추세

 바이오베이스 플라스틱은 유통기한이 길며 물성 보완이 필요한 분야에 적용되어 Bio-PA, Bio-PE, Bio-PTT, Bio-PET, Bio-PP 등이 산업화되어 있음¹⁰⁾

- Bio-PA(Polyamide)는 피마자유 등을 사용하여 만든 고성능 플라스틱으로 자동차 부품 및 건축자재 등에 활용되고 있음

9) 강길선(2021), 「생분해성 플라스틱의 연구개발 현황과 시장 동향」.

10) 삼성증권(2021), 「ESG 시대, 순환경제 플라스틱: 뿌린 씨를 거둘 때」.

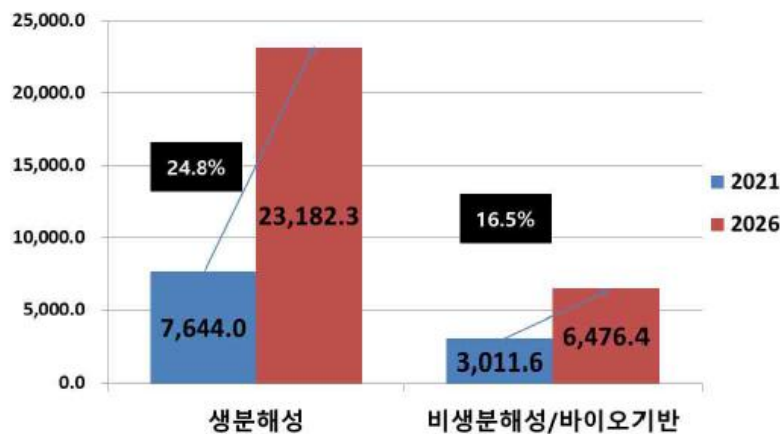
- Bio-PE(Polyethylene)은 사탕수수 유래 에탄올로 합성된 바이오에틸렌을 이용하여 생산하며, 비닐봉투 등의 포장재로 이용
 - ※ 2020년 기준 Bio-PE는 바이오베이스 플라스틱 내 25% 점유율을 차지
- Bio-PTT(Polytrimethylene terephthalate)는 옥수수 유래 1,3-프로판디올(1,3-Propanediol)로 제조되며, 신축성이 있어 카페트 및 의류에 사용
- Bio-PET(Polyethylene terephthalate)는 사탕수수 유래 에탄올로 합성된 에틸렌글리콜을 이용하여 생산하며, 석유계 PET를 대체하여 이미 상용화 사례*가 존재
 - * Coca Cola, PlantBottleTM 출시
 - 바이오베이스 플라스틱 내 Bio-PET의 점유율이 2020년 19%에서 2025년에 11%까지 감소할 것으로 추정되는데, 이는 기존에 Bio-PET가 주도해 왔던 시장에서 생분해 플라스틱으로 이전될 것으로 전망하기 때문임
- Bio-PP(Polypropylene)는 사탕수수 유래 에탄올로 합성된 프로필렌을 이용하여 생산하나, 여타 제품 대비 기술적 장벽이 높아서 아직까지 상업적 생산 규모는 매우 미미한 수준
 - ※ Bio-PP는 2020년 바이오베이스 플라스틱 내 점유율이 3%에 불과하였지만, 향후 물성 구현 등의 기술적 난제 해결을 통해 가장 빠른 성장세가 예상

제3장 산업동향

3.1 글로벌 산업 동향

글로벌 바이오플라스틱 및 바이오폴리머 시장이 2021년 106억 5,560만 달러 (약 12조원)에서 연평균 22.7%씩 증가하여, 2026년에는 296억 5,880만 달러 (약 34조원)에 이를 것으로 전망(MarketsandMarkets, 2020)¹¹⁾

- 생분해성 바이오플라스틱은 2021년 76억 4,400만 달러에서 연평균 24.8%로 증가하여, 2026년에는 231억 8,230만 달러에 이를 것으로 전망됨
- 비생분해성(난분해성)/바이오기반 플라스틱은 2021년 30억 1,160만 달러에서 연평균 16.5%로 증가하여, 2026년에는 64억 7,640만 달러에 이를 것으로 전망됨



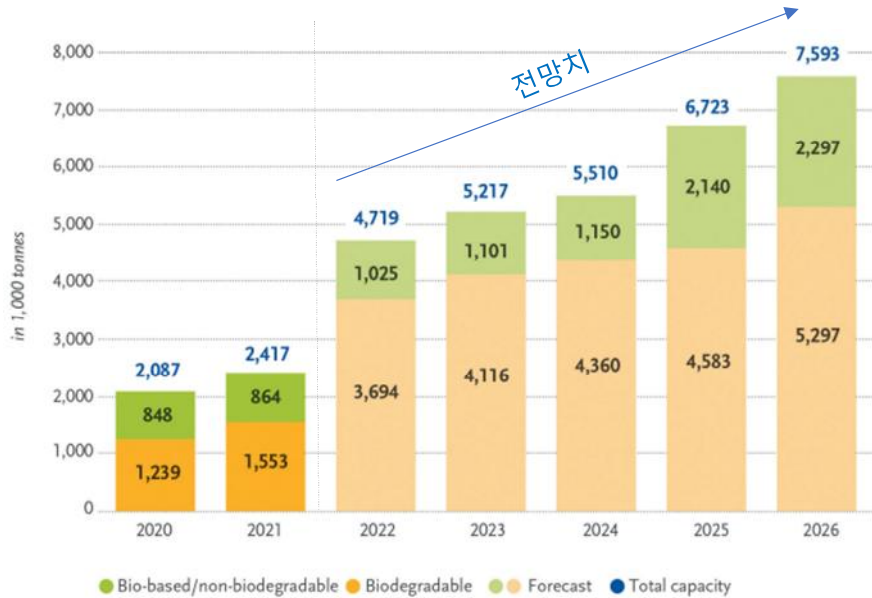
[표 2] 글로벌 바이오플라스틱 및 바이오폴리머 유형별 시장 규모 및 전망(백만 달러)

* 출처 : MarketsandMarkets(2020) / 연구개발특구재단(2021) 재인용

유럽플라스틱협회에서는 세계 바이오플라스틱 생산 능력이 2021년 약 241만톤에서 2026년 759만톤으로 254.7% 성장할 것으로 전망(European Bioplastics, 2021)

11) 연구개발특구진흥재단(2021), 「바이오플라스틱 및 바이오폴리머 시장」.

- 일반 플라스틱 시장의 연평균 수요 성장률이 3~4%인 점을 감안하면, 바이오플라스틱 시장은 연평균 성장률 28.8%로 고속 성장할 것으로 전망



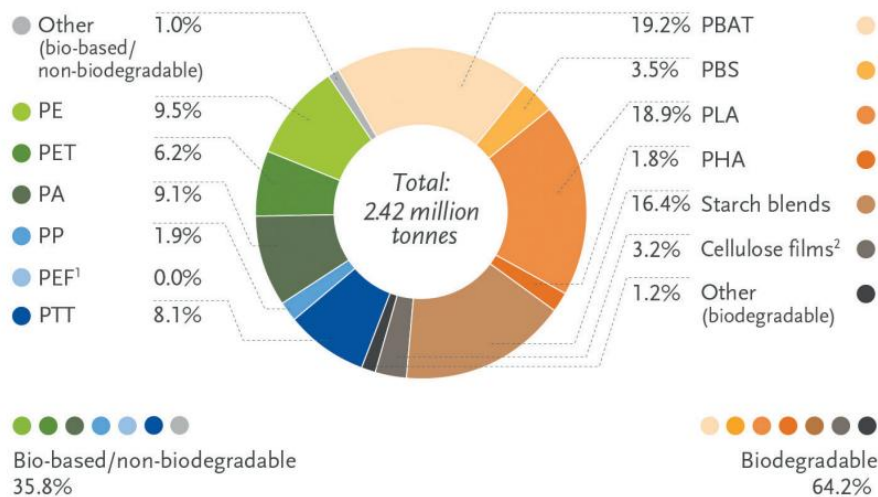
[표 3] 글로벌 바이오플라스틱 생산 규모

* 출처 : European Bioplastics(2021)

- 생분해성 플라스틱의 시장은 2021년 155만톤 규모에서 2026년 530만톤까지 연평균 27.9%의 성장세를 보일 것으로 예상
 - 2021년 155만톤 생산량 기준으로 소재별 점유율이 PBAT, PLA, Starch blends, PBS, PHA 순
- 난분해성 바이오베이스 플라스틱의 시장은 2021년 86만톤 규모에서 2026년 230만톤까지 연평균 21.7%의 성장세를 보일 것으로 예상
 - 2021년 86만톤 생산량 기준으로 소재별 점유율이 Bio-PE, Bio-PA, Bio-PTT, Bio-PET, Bio-PP 순

2021년 바이오플라스틱 제품 종류별 생산능력을 살펴보면, 글로벌 바이오 플라스틱 시장에서 생분해성 플라스틱 소재의 점유율은 64.2%를 차지

- 2021년의 경우 PBAT가 19.2%로 점유율이 가장 컸으며, 그 다음으로 PLA(18.9%), Starch blends(16.4%) 순
- European Bioplastics는 향후 바이오플라스틱 시장에서 난분해성보다 생분해성 소재의 비중이 늘어날 것으로 전망



¹PEF is currently in development and predicted to be available at commercial scale in 2023. ²Regenerated cellulose films

[그림 4] 글로벌 바이오플라스틱의 용도별 생산 규모(2021년)

* 출처 : European Bioplastics(2021)

바이오플라스틱 생산능력을 전 세계의 지역별로 보면, 2021년 기준으로 아시아 지역의 생산능력이 49.9%로 가장 큼

- 아시아 다음으로 유럽이 24.1%, 북미지역이 16.5%, 남미지역이 9.1%의 생산능력을 보유한 것으로 추산됨
- 특히, 아시아의 비중이 2026년에는 70.8%로 크게 증가할 것으로 전망됨

글로벌 기업들은 PLA, PHA, PBAT, PBS 등 생분해성 플라스틱 기반의 제품 상용화를 추진하고 있음^{12),13),14),15)}

- NatureWorks社は 장기간 연구개발을 통해 젖산, 락타이드, PLA를 생산하는 공정을 최적화하였으며, 개별 공정의 생산 수율은 95% 이상, 전체 공정의 수율은 80% 이상으로 석유 유래 소재 수준의 매우 높은 가격경쟁력을 확보
 - NatureWorks社は 축적된 연구경험과 기술력(산성 발효(pH 3), 젖산 및 락타이드 재활용 최적화 등)을 토대로 후발 기업인 Total Corbion社の PLA보다 우월한 가격 경쟁력을 유지
 - NatureWorks社は 15만톤/년 규모로 공급하고 있으며, 6억 달러를 투자하여 2024년 7.5만톤/년 생산 규모의 신규 PLA 공장 건립 계획을 수립

12) 이상호 외(2019), 「생분해성 바이오플라스틱 생산기술과 산업동향」, 한국산업기술평가관리원.

13) 삼성증권(2021), 「ESG 시대, 순환경제 플라스틱: 뿌린 씨를 거둘 때」.

14) 과학기술정보통신부(2021), 「2021 생명공학백서」.

15) 성봉현(2020), 「친환경 바이오플라스틱 개발동향 및 시사점」, BioInpro.

- Total Cobion社は PLA 중합의 원료가 되는 락타이드의 최대 생산기업이며, 태국에 연간 7만 5천톤 규모의 생산설비 완공 후 Suler chemtech과 공동기술연구를 통하여 PLA 소재 생산에 박차를 가하고 있음
- 해양 생분해도가 높아 해양 제품에 활용성이 높은 PHA의 경우, Kaneka社は PHBH™을, Danimer Scientific社は Nodax®를 상용화하였으며, 지속적인 연구개발을 통해 다양한 조성의 PHA를 개발하고 있음
 - Danimer Scientific社は 2002년 기준 1만톤/년 규모의 PHA 생산공정을 완공하고, 2022년까지 7억 달러를 투입하여 2.25만톤/년 생산 규모를 증설하여 최종적으로 3.25만톤/년 규모의 PHA 생산공장을 확보할 계획임
- BASF社は Ecovio®와 Ecoflex®을 상용화하여 포장재 및 필름 등 다양한 제품에 활용하며, 질량균형접근법을 개발하여 석유화학제품의 바이오매스 함량을 지속적으로 향상시키고 있음
 - BASF社は PBAT의 단량체 아디프산(Adipic acid)을 숙신산(Succinic acid)으로 대체하여 새로운 물성의 생분해성 바이오플라스틱 소재(PBST)를 개발
 - BASF社は 바이오납사(Bio-naptha) 또는 바이오가스 유래 원료와 석유 유래 원료와 혼합하여 석유화학제품을 생산하는 바이오매스 함량을 향상하는 질량균형접근법(Biomass balance approach)을 개발하여 자사 제품의 바이오매스 함량을 향상
- Novamont社は 전분계 생분해성 바이오플라스틱 복합소재(Mater-Bi)를 상용화하고, 바이오윤활유(Maturo-Bi), 바이오화장품 원료(Celus-Bi) 등과 같이 바이오제품군을 점차 확대
 - ※ Novamont社は Mater-Bi의 시장경쟁력 확대를 위해 포장재 회사인 BioBag社 인수
- 1,4-부탄디올, 아디프산, 테레프탈산 등을 바이오매스로부터 생산하는 생물공정 또는 화학공정 기술을 개발하고 있으며, 이들 단량체를 활용하는 경우, 바이오매스 고함량 PBS/PBAT 생산이 가능
 - Bioamber社は 8천톤/년 규모의 바이오 숙신산 공장 가동을 2018년 이후 중단, 2021년 LCY Biosciences의 투자를 통해 1.8만톤/년 규모의 바이오매스 유래 숙신산 공장을 재가동을 추진하고 2025년까지 3만톤/년 규모 증설 검토
 - Genomatica社は 1,4-부탄디올 기반의 GENO BDO™ process 개발 완료 후 Novamont社와 3만톤/년 규모 공장 건립을 추진하고, Cargil社와 6.5만톤/년 규모 공장 건립을 위해 기술이전 계약 완료
 - PTT MCC Biochem社は 바이오 숙신산을 사용하여 50% 바이오매스 함량의 BioPBS™ 수지를 생산하고 있으며, 바이오매스 유래 1,4-부탄디올을 활용하여 100% 바이오매스 기반 PBS 개발 추진

바이오베이스 플라스틱의 경우 석유계 단량체를 바이오매스로부터 생산하거나 직접 대체가 가능한 신규 단량체 생산기술을 상용화하는데 주력¹⁶⁾

- Braskem社は 바이오에탄올로부터 탈수 반응을 통해 에틸렌글리콜(Ethylene glycol)을 생산하여 100% 바이오매스 기반 PE(Polyethylene) 상용화
 - Braskem社は 20만톤/년 규모로 생산하고 있으며, 6.1천만 달러를 투자하여 2022년 말까지 26만톤/년까지 생산 규모를 증설할 계획임
- Cathay Industrial Biotech社は 석유계 1,6-Hexanediamine 대체가 가능한 바이오매스 유래 단량체 1,5-Pentanediamine를 개발하여 PA510, PA512 등과 같은 다양한 바이오 폴리아마이드(Bio polyamide)를 출시
- Genomatica社は 미생물 개량 기술을 토대로 1,4-부탄디올, Brontide™(1,3-Butanediol), BDE(Butadiene), GENO CPL™M(Hexamethylenediamine, caprolactam, 아디프산)의 생물학적 생산기술을 개발하고, Novament社와 협업을 통해 1,4-부탄디올의 상용공정 (3만톤/년)을 개발하고 있음
- Virent社は 보유하고 있는 Bioforming® process를 활용하여 100% 바이오매스 유래 테레프탈산 생산 기술을 개발
- Avantium社は XYZ technology를 개발하여 바이오매스 Fructose로부터 테레프탈산을 대체하는 2,5-퓨란디카르복실산을 제조하고 이를 PET 대체 100% 바이오매스 유래 PEF (Polyethylene 2,5-furandicarboxylic acid)를 개발
- 세바식산(Sebacic acid), 11-aminoundecanoic acid, dodecanedioic acid 등 지방산 유래 단량체는 고가의 특수용도 바이오 폴리아마이드(Bio polyamide)에 사용되며 Evonik社 등이 연구개발을 추진하고 있음
- Zymergen社は 합성생물학 전문기업으로 Sumitomo社와 협업을 통해 전자기기에 사용 가능한 고투명도 폴리이미드(Polyimide) Hyaline Z2를 개발

〈표 4〉 글로벌 기업의 바이오베이스 플라스틱 적용 제품

기업명	바이오베이스 플라스틱 적용 제품
코카콜라/하인츠	PlantBottle(Bio-PET병) 사용(Bio-PE 30%, 석유화학 70%)
다농	Volvic 물병(20%), Activia 요거트 포장 및 Stonyfield 요거트 포장 뚜껑
네슬레	Vittel 물병(30% Bio-PET), Ninho 강화우유 뚜껑

16) 삼성증권(2021), 「ESG 시대, 순환경제 플라스틱: 뿌린 씨를 거둘 때」.

기업명	바이오베이스 플라스틱 적용 제품
P&G	Pantene Nature Fusion 샴푸 용기(Bio-PE) 사용
나이키	32% 바이오소재 기반 폴리우레탄 축구화 출시
포드車	무스탕 모델의 좌석, 머리받침대, 차량 플랫폼 전반에 바이오플라스틱 적용

3.2 국내 산업동향

2019년 기준 국내 바이오플라스틱 시장은 약 4만톤 규모로 국내 플라스틱 시장의 0.5%를 차지하며, 세계 바이오플라스틱 시장의 1~2% 내외에 불과¹⁷⁾

※ 2019년 바이오고분자 생산은 545억 원으로 글로벌 시장 점유율이 1.5% 수준에 불과하고 바이오플라스틱 소재의 해외 의존도가 매우 높은 상황이 지속되고 있음

- 바이오플라스틱 산업은 발효원료(원당, 당밀) 확보, 바이오리파이너리를 통한 플랫폼 화합물의 생산, 바이오플라스틱의 제조, 최종 소비재로 가공 등의 가치사슬이 존재
- 석유화학 기업 중심으로 바이오플라스틱 생산 중(원료 중합)이나, 리파이너리(원료 추출·가공) 및 단량체 생산은 기술개발 단계로 해외 원료 수입에 의존
- 국내 기업들은 다양한 일회용 플라스틱 제품에 대한 대체원료를 출시하여 일회용 플라스틱 제품을 급속하게 바이오매스 소재로 대체하고 있어, 추후 바이오플라스틱의 국내 시장규모는 최소 5조원 이상 될 것으로 예상

대기업을 중심으로 바이오플라스틱 소재의 국산화를 위한 연구개발 및 상용화가 추진되고 있으나,¹⁸⁾ 빠른 산업생태계 구축에는 한계

- CJ제일제당, LG화학, 대상 등 글로벌 추세를 반영한 생분해성 바이오플라스틱 중심의 상용화에 집중하고 있음

〈표 5〉 국내 기업의 생분해성 바이오플라스틱 상용화 추진 현황

기업명	상용화 관련 내용
CJ제일제당	• 해양 생분해성이 우수한 바이오플라스틱 소재인 폴리히드록시알카노에이트(PHA) 생산 설비(연산 5천 톤 규모)를 인도네시아에 건립하여 상용화 추진 • SKC와의 협업을 통해 자사가 생산한 PHA 소재와 PLA 소재를 활용하여 친환경 생분해성 포장재를 개발을 추진

17) 강길선(2021), 「생분해성 플라스틱의 연구개발 현황과 시장 동향」.

18) 과학기술정보통신부(2021), 「2021 생명공학백서」.

기업명	상용화 관련 내용
LG화학	- 포도당과 폐글리세롤로부터 3-HP(3-Hydroxypropionic acid)를 생산하는 생물공정을 개발하고, lactic acid와 3-HP의 공중합체인 신규 생분해성 바이오플라스틱 PLH(Poly lactate hydracrylate)를 개발하고 상용화 추진 - 미국 곡물회사 ADM社와 생분해성 플라스틱 소재 PLA를 생산하기 위한 협력연구를 진행하고 있으며, 연산 5만톤 규모의 PBAT 공장 설립 계획을 수립
(주)대상	- 아미노산 유래 바이오플라스틱 단량체(2-Pyrrolidone, cadaverine) 생산 기술 개발 - 자사의 전분당 기술을 활용한 전분계 생분해성 바이오플라스틱 복합소재 기술 개발 중 - LX인터-SKC-대상은 '생분해 플라스틱' 합작사 설립하여 PBAT 생산 추진 중이며, 대상은 바이오매스 유래 1,4-부탄디올 생산 공정 개발 진행

- 롯데케미칼, 삼양사, SK케미칼, SKC는 탄소중립형 바이오베이스 플라스틱의 상용화 추진

〈표 6〉 국내 기업의 바이오매스 기반 플라스틱 상용화 추진 현황

기업명	상용화 관련 내용
롯데케미칼	사탕수수 유래 MEG(Mono ethylene glycol)를 이용하여 바이오매스 함량이 30%인 PET를 생산하고 있으며, 생산 규모는 2017년 100톤, 2018년 264톤, 2020년 1만톤으로 지속 확대
삼양사	- 군산에 연산 1만톤 규모의 이소소르비드(Isosorbide) 생산 공장을 2021년 완공하여 상용화 - 이소소르비드를 활용한 생분해성 플라스틱 관련 다양한 응용 기술 및 적용 제품 개발 추진
SK케미칼	바이오매스 기반 바이오플라스틱 ECOZEN, ECOPROL 판매
SKC	- 바이오매스 기반 PET, PTT, PHA, PLA 필름 기술 개발 - 나노셀룰로오스를 활용한 고강도 PBAT 개발 및 상용화 추진

- 국내 대형 원료 기업들은 PLA, PBAT, PHA 등 바이오플라스틱 원료 생산을 위한 사업을 추진

〈표 7〉 국내 대형 원료 기업의 사업 추진 현황

국내 원료사	사업 추진 현황
LG화학 ¹⁹⁾	(PBAT) 연간 5만톤 규모 PBAT 생산 공장 신설 및 '24년 본격 양산 목표 (PLA) '25년까지 연간 7.5만톤 규모의 PLA 공장 건설
SKC/LX인터내셔널/대상 ²⁰⁾	(PBAT) '23년 상업화를 목표로 연간 7만톤 규모의 PBAT 생산시설 구축
SK지오센트릭-코오롱인더스트리 ²¹⁾	(PBAT) '22년 0.3만톤 규모 PBAT 공장 가동, '24년까지 연간 6만톤 생산 능력 확보
CJ제일제당 ²²⁾	(PHA) '22년 0.5만톤 생산 시설 준공, '25년 연간 6.5만톤, '30년까지 30만톤 PHA 생산 능력 확보
롯데케미칼 ²³⁾	(PHA) '30년까지 PHA 생산 기술 확보 및 제품 생산

19) 매일경제(2021.9.14.), "LG화학 新먹거리 '바이오플라스틱' 키운다".

20) 매일경제(2021.11.23.), "대상, SKC·LX인터내셔널과 친환경 생분해 신소재 합작사 설립".

21) 뉴데일리 경제(2022.1.4.), "SK-코오롱, 친환경 생분해성 플라스틱 소재 'PBAT' 생산 개시".

22) 뉴데일리 경제(2022.5.11.), "CJ 제일제당, 해양 생분해 플라스틱 'PHA' 대량생산 시작".

23) 뉴데일리 경제(2022.2.14.), "롯데케미칼, 생분해성 플라스틱 'PHA' 기술개발 착수".

제4장 정책동향

4.1 국외 정책동향

-  미국은 2030년까지 석유 소비량 30%를 바이오화학제품으로 대체하는 것을 목표로 제시하고, 바이오 자원의 사용을 늘리고 바이오 기반 제품 개발 및 구매를 촉진
 - 1996년 「Technology Vision 2020」을 발표하고, 2020년까지 미국 내 화학원료 사용량의 20% 감축, 2050년까지 50% 감축 목표를 수립²⁴⁾
 - 2000년 연방정부는 ‘바이오매스 연구개발 육성법’을 제정하고 자금지원, 세제지원, 공공기관 우선구매, 바이오기술 개발 자금지원, 산업바이오 인증제도, 전담기관 설립 및 지원조직 구성의 근거를 마련
 - 2002년 미국 농무성(USDA)에서 바이오베이스 플라스틱 인증을 시작하였고 이후 일본, 벨기에, 독일, 한국 등에서 인증
 - ※ 유기탄소로 측정하여 바이오매스 70% 이상인 경우 인증마크에 FP라고 표기하여 연방법에 따른 우선 구매 제품으로 분류
 - 2012년에는 ‘국가 바이오경제 청사진(National Bioeconomy Blueprint)’ 발표를 통해 재생가능한 자원 및 생물 제조방법 활용에 대한 내용을 구체화
 - ※ 국가 바이오경제 청사진 실행을 위해 필요한 자금은 농무부(USDA), 에너지부(DOE), 에너지 첨단 연구프로젝트 사무국(ARPA-E; Advanced Research Projects Agency - Energy)으로부터 보조금 또는 대출 형태로 지원 받고 있음
 - 바이오우선사용(Biopreferred) 프로그램을 통해 연방정부가 공공기관 우선 구매 대상 바이오 매스 유래 제품 품목을 2005년 5개에서 2021년 현재 139개까지 확대
 - 소비자들이 인지할 수 있는 바이오 인증제와 라벨을 도입하는 등 바이오 제품 사용 촉진 제도를 시행

24) 남장근 외(2015), 「신성장동력으로서의 바이오화학산업의 정책과제 - 바이오플라스틱을 중심으로」, 산업연구원.

- 바이오플라스틱을 포함한 바이오 제조경쟁력 강화를 위한 합성생물학 기반의 바이오파운드리 기술 개발을 추진

- 미국의 8개 국립연구소가 연합한 공공 바이오파운드리 Agile Biofoundry를 지원하여 바이오 제품 개발 및 상용화 기간 50% 단축을 목표로 설정하고 바이오플라스틱 단량체 등 바이오 제조기술 고도화를 집중 지원²⁵⁾

EU는 순환경제로의 전환을 목표로 민간 협력의 RoadtoBio 프로젝트를 통해 2030년 화학 원료의 25%를 바이오 기반 제품으로 대체하기 위한 기술개발 로드맵 수립

- EU집행위원회(European Commission)는 유럽그린딜과 기존 순환경제패키지 연장선에서 2020년 3월 「신순환경제실행계획(New Circular Economy Action Plan)」 발표²⁶⁾

- 유럽그린딜에서는 2050년까지 탄소중립 달성을 위해 △에너지 탈탄소화, △산업육성과 순환경제 구축, △건축·운송분야 에너지 효율 강화, △식품안전, △생물다양성 보호 정책을 제시

- 제품설계 → 재활용단계까지 전 생애주기를 고려하는 「신순환경제실행계획」상 탈플라스틱의 핵심과제는 플라스틱 선형경제 → 순환경제(제품설계 → 생산 → 소비 → 폐기물 관리 → 재활용)로 이행하는 것이 목표임

- EU이사회(Council of the European Union)는 탈탄소사회 실현과 코로나19 경기부양을 위한 자금 확보를 위해 2020년 7월 플라스틱세를 채택한 후 2021년 1월 1일부로 도입

- Horizon 2020 프로그램 내 BBI-JU(Bio-based Industries Joint Undertaking)사업의 RoadtoBio 프로젝트를 통해 바이오매스 기반 소재 상용화 추진 및 2030년 화학 원료의 25%를 바이오 기반 제품으로 대체하기 위한 기술개발 로드맵 수립²⁷⁾

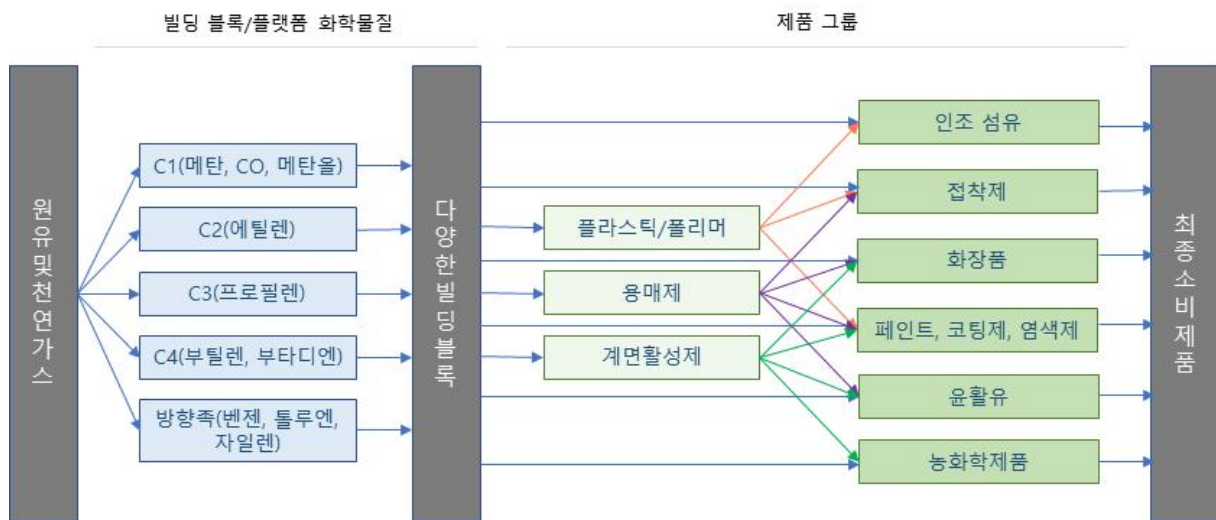
- EU의 대표 9개 품목으로 화장품, 페인트 및 코팅제, 농화학제품, 계면활성제, 윤활유, 인조섬유, 용매제, 접착제, 플라스틱/고분자를 선정하여 로드맵을 발표

- 시장규모, 지속가능한 원동력 및 한계점 분석을 통해 유럽의 RoadtoBio에서는 바이오 기반의 화학물질 생산 효율 증대를 통해 가격을 낮추는 단계에서 장기에 이르는 연구개발 투자를 계획

25) Agile Biofoundry, <https://agilebiofoundry.org>

26) 박희주(2020), 「EU의 신순환경제실행계획의 주요내용과 시사점」, 한국소비자원.

27) 최권영 & 안정오(2021), 「탄소중립 달성을 위한 국내 화이트바이오 산업 이슈」, BIO ECONOMY BRIEF.



[그림 5] EU의 화이트바이오 산업 육성을 위한 주요 9개 제품군

* 출처: <https://roadtobio.eu/>

- 유럽은 Horizon 2020 프로그램 내 BIONTop 프로젝트를 통해서 8개 국가 20개 기관이 참여하여 바이오매스 함량이 85% 이상인 생분해가 가능한 새로운 바이오플라스틱을 개발하고 있으며, 바이오플라스틱의 순환을 위해 소각 또는 매립을 최소화하는 새로운 물리적 재활용, 유기적 재활용 시스템을 개발하고 있음²⁸⁾

일본은 2030년까지 일회용 플라스틱 쓰레기 배출량 25% 삭감을 목표로 중장기 로드맵 수립 등 자원순환 및 생분해성 플라스틱 개발에 중점 지원

- G7 환경해양 에너지 장관회의에서 일본은 바이오플라스틱의 연간 생산량을 2030년까지 197만톤으로 늘리는 계획을 발표('18년)²⁹⁾

※ 일본 바이오플라스틱협회에 따르면, 2017년 바이오플라스틱 생산량은 약 4만톤

- 일본은 2019년 5월에 '플라스틱 자원순환 전략'을 수립하고, 2050년까지 중장기 바이오 플라스틱 도입 로드맵을 마련
 - 2035년 폐플라스틱 재활용률 100%를 목표로 하여 해양 생분해성 플라스틱 개발을 지원
- 일본은 「바이오전략 2020」 시장 분야 정책 확장판을 발표('21년)하여 고성능 바이오소재, 바이오플라스틱(53.3조엔) 등의 시장 분야별 규모 확대 목표를 제시
 - 일본 경제산업성은 '2050년 탄소중립을 실현하기 위한 녹색성장전략'을 수립하고 바이오 연료, 바이오매스 소재 등을 탄소순환을 위한 육성 산업으로 선정

28) 이상호 외(2019), 「생분해성 바이오플라스틱 생산기술과 산업동향」, 한국산업기술평가관리원.

29) 이예원(2018), 「바이오 기술 주도의 5차 산업혁명을 준비하는 일본의 전략」.

 중국은 2020년 ‘2060년 탄소중립(실질적 탄소배출량 제로)’ 목표 달성을 위해 탄소배출권 거래 시장을 개설하고 녹색기술 혁신체계 구축을 발표³⁰⁾

- 2020년 국가발전개혁위원회와 생태환경부에서 공동으로 ‘플라스틱오염 관리강화 방안’을 발표하고 일회용 플라스틱 제품 사용 금지제도 시행에 따라 생분해성 바이오플라스틱 관련 산업이 급성장할 것으로 예상
 - 농업용 비닐, 일회용 식기 부문을 생분해성 플라스틱으로 대체하기 위해 농업용 비닐 관리 방법(농업부, '20년), 플라스틱 제품 관련 금지 세분화 기준(범부처, '20년) 등을 발표³¹⁾
- 2021년부터 2025년까지 진행되는 「중국 14차 5개년 계획」을 통해 바이오화학을 중국 차세대 경제성장 동력산업으로 집중 육성할 것을 제시³²⁾

 전 세계 30여 개*의 글로벌 기업들은 ‘플라스틱 쓰레기 제거 연합(AEPW, Alliance to End Plastic Waste)’을 결성³³⁾

* BASF, DSM, Dow, Braskem, ExxonMobil, Total, Shell, Mitsubishi Chemical Holdings, Mitsui Chemicals, Procter & Gamble 등

- 해양 폐플라스틱 감소 및 제거를 위한 솔루션을 증진하는 AEPW는 5년간 15억달러 투자를 목표로 하며, 플라스틱 쓰레기 최소화를 위한 새로운 솔루션 개발은 물론, 폐플라스틱 재활용을 통해 순환경제에 기여하는 솔루션도 가속화할 예정임

4.2 국내 정책동향

 탄소중립 추진, 플라스틱 문제 해결, 화이트바이오산업 활성화를 위한 중장기 대책을 관계부처 합동으로 마련하였으며, 산업계와의 협력 확대를 추진

- 「2050 탄소중립 추진전략(’20.12)」에서는 3대 정책방향과 10대 과제 중 ‘新유망 저탄소 산업 생태계 조성’ 정책의 ‘新유망 산업 육성’ 과제에 해당
 - 저탄소 신산업으로 기존의 석유화학 산업을 대체할 수 있는 화이트바이오 신산업 육성 내용을 포함

30) 주정찬(2021), 「화이트바이오 산업 육성을 위한 국내외 정책 및 산업 동향 : 바이오플라스틱을 중심으로」.

31) S&T GPS(2021), 「바이오화학산업·정책동향 및 시사점」.

32) 대외경제정책연구원(2020), 「중국 14차 5개년 계획의 경제정책 방향과 시사점」.

33) AEPW(Alliance to End Plastic Waste), <https://endplasticwaste.org/about-the-alliance-to-end-plastic-waste>.

- 친환경·저탄소 신산업 분야 유망기술 보유 기업을 집중 발굴·지원하고, 친환경소재 개발 등 대기업이 제시하는 과제를 스타트업이 수행하는 '대기업-스타트업 협력 플랫폼'을 통해 저탄소 개방형 생태계 저변을 확대할 계획임
- 「화이트바이오 산업 활성화 전략('20.12)」에서는 플라스틱 쓰레기 문제 해결, 탄소 저감 등을 위해 바이오플라스틱 등 화이트바이오 산업에서 수요창출 지원, 규제개선, 기반구축 등으로 산업경쟁력을 제고하기 위한 세부계획을 발표
 - 정부는 바이오플라스틱 개발·보급 확대, 화이트바이오 고부가가치 제품 중심으로 밸류체인 강화, 산업군을 형성하기 위한 기반 구축 등 화이트바이오 쏠분야 육성을 위한 전략을 마련
 - 화이트바이오 산업 기반인 원료(바이오매스 등)를 확보하고 생분해성 바이오플라스틱 신소재 개발을 위한 R&D 확대, 실증사업, 공공 인증제 도입 등 추진
 - 화이트바이오 제품 개발·생산을 위해 R&D 및 시설 인프라*를 지원하고 바이오화학 기업 및 수요 산업간 공동개발 지원, 규제개선을 통한 신기술 개발 촉진
- * 바이오 리파이너리(원료추출·가공) 공정기술 개발, 파일럿 생산시설 구축, 바이오에너지(바이오디젤, 해양 바이오수소 등) 생산기술 등
- 2050 탄소중립 사회를 위해 화석연료 플라스틱의 제로화 장기대책의 필요성에 따라 「생활 폐기물 탈(脫)플라스틱 대책('20.12.)」을 발표하고 대체 플라스틱 사회로의 전환을 위한 100% 바이오플라스틱으로의 전환을 추진
 - ※ 본 대책을 통해 2025년까지 플라스틱 폐기물을 20% 줄이고, 분리 배출된 폐플라스틱의 재활용 비율을 현재 54%에서 2025년까지 70%로 상향시킬 계획
 - 중장기적으로 석유계 플라스틱을 줄여서 플라스틱으로 인한 온실가스 배출량을 2030년까지 30% 줄이고, 2050년까지는 산업계와 협력하여 석유계 플라스틱을 100% 바이오 플라스틱으로 전환하는 내용을 포함하고 있음
 - 2030년까지는 석유계 혼합 바이오플라스틱의 제한 사용을 실현하기 위해 기존 플라스틱 (PET, PP)과 물성이 동일한 Bio-PET, Bio-PP 사용을 유도하고, 기존 플라스틱과 물성이 상이한 경우에는 첨가제를 추가하여 자연분해를 촉진
 - 2050년까지 100% 바이오플라스틱으로 대체하기 위해서는 바이오 기반 소재 개발을 위해 균주-공정-대량생산-제품화 전주기 R&D를 추진하고, 상용화 시 바이오플라스틱 재생원료 재활용체계를 구축할 계획

환경부에서 제정한 환경표지대상제품 및 인증기준(시행 2022.01.03.)에는 생분해성수지제품(EL 724), 바이오매스 합성수지제품(EL 727) 등이 포함

- 환경표지대상제품 및 인증기준 개정안(시행 2022.01.03.)의 주요 내용을 보면, 포장재(EL 606), 생분해성 수지(EL 724), 바이오매스 수지(EL 727) 제품 중에서 1회용품*은 인증에서 제외되고, 특히 생분해성 수지는 통상적으로 회수가 어려운 농업용 필름, 수의용품 등에 한해서만 인증이 유지³⁴⁾

* 1회용품이란 반복사용이 가능하더라도 1회용을 목적으로 제공되는 제품을 말하며, 컵, 접시, 용기, 봉투, 쇼핑백, 지퍼백, 롤백 등이 해당됨

- 사용환경(토양, 해수, 담수 등)에 따른 생분해성 인증, 바이오매스 함량에 따른 인증 등을 고려한 바이오플라스틱 인증 제도가 마련되지 못한 실정

생분해플라스틱 평가·인증·처리시스템 마련에 관한 내용이 윤석열 정부 110대 국정 과제('22.5.3)에도 포함

- (사회문제 해결) 팬데믹·인구구조·기후위기 등 문제해결형 신산업 육성
 - 백신·레드바이오·융합바이오 등 신산업 관련 규제완화, 제도·인프라 구축
 - * ▲바이오 제조혁신센터 구축, ▲**생분해플라스틱 평가·인증·처리시스템 마련**, ▲유전체 규제완화 등
 - 수소, CCUS 등 탄소중립·미세먼지 대응 에너지신산업 조기 상용화

34) Safe Korea News(2021), "1회용품, 앞으로 환경표지 인증 못 받는다".

제5장 R&D 투자동향

5.1 해외 주요국 R&D 투자동향

 미국은 플라스틱 탄소수환 전주기 기술개발 지원을 위한 로드맵을 토대로 핵심전략에 따른 요소기술 개발 지원을 강화

- 플라스틱 문제를 해결하기 위해 플라스틱 혁신 로드맵(Plastic Innovation Draft Roadmap)을 마련하여 플라스틱 재활용, 고부가 바이오플라스틱 개발 등을 추진³⁵⁾
 - 플라스틱 혁신을 위한 4대 전략(Deconstruction-Upcycling-Recycle by Design, Scale and Deploy)을 수립하고 요소기술 개발 추진
- 미국 에너지부의 BETO(Bioenergy Technology Office)는 Agile Biofoundry를 통해 2019~2021년 바이오연료 및 바이오베이스 제품 기술 개발에 7.4억 달러를 투자

 유럽은 민간과의 합작 투자를 통해 대규모 R&D 지원을 확대하고, 바이오매스 기반의 바이오경제 고도화를 추진

- EU는 바이오매스 기반 산업생태계 고도화를 위해 유럽집행위원회와 유럽 대·중·소 기업연합체(BIC, Bio-based Industries Consortium)가 공동 운영하는 BBI-JU를 통해 2014~2020년까지 총 37억 유로*의 예산을 투입³⁶⁾
 - * 37억 유로 = 9.75억 유로(EU) + 27억 유로(민간)
 - 원료, 공정, 제품, 정책 등 전방위적으로 R&D 분야에 2021년 142개의 과제를 지원
- Horizon 2020 후속 프로그램으로 Horizon Europe(2021~2027)에 약 955억 유로 투자를 확정하고, 글로벌 도전과 산업경쟁력 분야로 식품, 바이오경제, 천연자원, 농업 및 환경 분야에 89.5억 유로를 투자할 예정
 - 2022년 후속 프로그램으로 Circular Bio-based Europe Joint Undertaking (CBE-JU)을 통해 2021~2031년까지 유럽의 순환경제 활성화를 위한 R&D에 20억 유로를 지원³⁷⁾

35) 주정찬(2021), 「화이트바이오 산업 육성을 위한 국내외 정책 및 산업 동향 : 바이오플라스틱을 중심으로」.

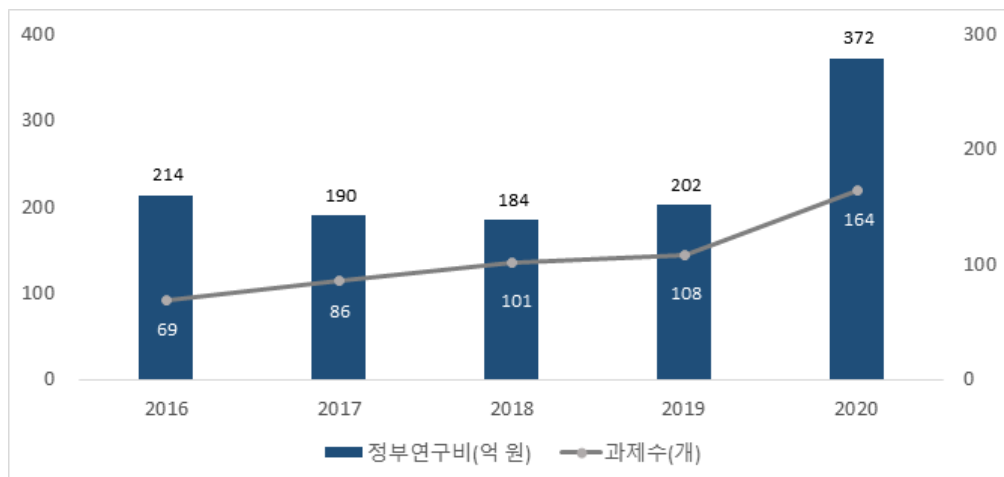
36) 주정찬 & 이대희(2019), 「화이트바이오 국내외 동향 및 시사점」, BiolNpro.

5.2 우리나라의 정부R&D 투자동향

※ 2016~2020년 NTIS 국가연구개발사업 과제정보 중 바이오플라스틱 관련 키워드³⁸⁾ 검색하여 추출한 데이터를 활용하였으며, '연구목표', '연구내용', '기대효과'에 대한 검토를 통해 분석 대상을 확정하고 세부분석을 수행

최근 5년간('16~'20년) 바이오플라스틱에 대한 우리나라의 정부R&D 투자는 총 1,162억 원으로 연평균 232억 원 규모

- 최근 5년간('16~'20년) 바이오플라스틱 분야에 지원된 정부연구비와 과제 수는 2019년 이후에 급격히 증가하였음



[그림 6] 바이오플라스틱 관련 정부연구비 및 과제 수(2016~2020)

최근 5년간('16~'20년) 정부투자액 기준 산업부와 과기정통부가 전체 투자의 73.4%(853억 원)를 차지

- 산업부는 524.9억 원(45.2%)으로 가장 많이 투자하였고, 그 다음으로 과기정통부(327.8억 원, 28.2%), 중기부(101.6억 원, 8.7%), 해수부(92.2억 원, 7.9%) 순

37) Bio-based Industries Joint Undertaking, <https://www.bbi.europa.eu/about/about-bbi>.

38) 바이오플라스틱, 바이오매스, 바이오베이스, 생분해, 천연, 고분자, 셀룰로오스, bioplastic, biomass, biodegradable, bio-based, PLA, PGA, PLGA, TPS, CA, PHA, PHB, PHV, AP, PBS, PES, PVA, PCL, PBAT, PEU, bio-PA, bio-PE, bio-PTT, bio-PET, bio-PP 등

〈표 8〉 바이오플라스틱 부처별 정부R&D 투자(2016~2020)

(억 원)

부처	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	합 계
산업부	128.3	92.5	89.7	74.5	139.8	524.9
과기정통부	29.6	26.9	33.9	70.2	167.2	327.8
중기부	13.4	20.4	21.2	16.0	30.7	101.6
해수부	24.5	25.1	19.5	23.1	-	92.2
기타*	17.7	24.7	19.9	18.6	34.3	115.0
합 계	213.6	189.5	184.2	202.4	372.0	1161.6

※ 기타: 교육부, 농식품부, 농진청, 다부처, 복지부, 산림청, 식약처

- 정부R&D 세부(내역)사업 단위에서 바이오플라스틱 원료-소재-제품-순환의 전주기 요소 기술 개발과 실증을 지원하는 개별 사업은 없는 것으로 파악됨
 - 바이오플라스틱 관련 정부투자 상위 20개 사업 기준으로 산업부는 바이오산업핵심기술 개발사업과 소재부품기술개발사업에서, 과기정통부는 기초연구 지원 사업과 출연연 연구 운영비지원(주요사업비)에서 투자 규모가 큰 것으로 나타남

〈표 9〉 바이오플라스틱 주요 사업별 정부R&D 투자(2016~2020)

(억 원)

부처명	사업명	정부연구비('16~'20)
산업부	바이오산업핵심기술개발	22,330
산업부	소재부품기술개발	15,327
해수부	해양수산생명공학기술개발	9,222
과기정통부	개인기초연구(과기정통부)	8,018
산업부	산업소재핵심기술개발	6,727
과기정통부	한국화학연구원연구운영비지원	5,239
과기정통부	기후변화대응기술개발	4,734
산업부	창업성장기술개발	3,677
과기정통부	집단연구지원	2,673
산업부	광역협력권산업육성	2,629
교육부	개인기초연구(교육부)	2,324
과기정통부	미래선도기술개발	2,153
과기정통부	한국생명공학연구원연구운영비지원	2,091
과기정통부	한국과학기술연구원연구운영비지원	1,889
중기부	중소기업상용화기술개발	1,852
중기부	중소기업기술혁신개발	1,824
산업부	나노융합산업핵심기술개발	1,588
복지부	의료기기기술개발	1,451
산업부	소재부품산업전문기술개발	1,400
교육부	이공학기술연구기반구축	1,336

▣ (연구개발단계별) 최근 5년간('16~'20년) 기초연구(397억 원), 응용연구(377억 원), 개발연구(360억 원) 단계에 투입된 정부투자 규모가 비슷한 수준이며, 2019년 이후에 기초·응용연구에 대한 투자규모가 대폭 증가하였음

- 2016년에는 응용·개발연구의 비중이 높았으며, 그 이후 개발연구에 대한 정부투자 규모는 큰 변화가 없는 것으로 파악됨

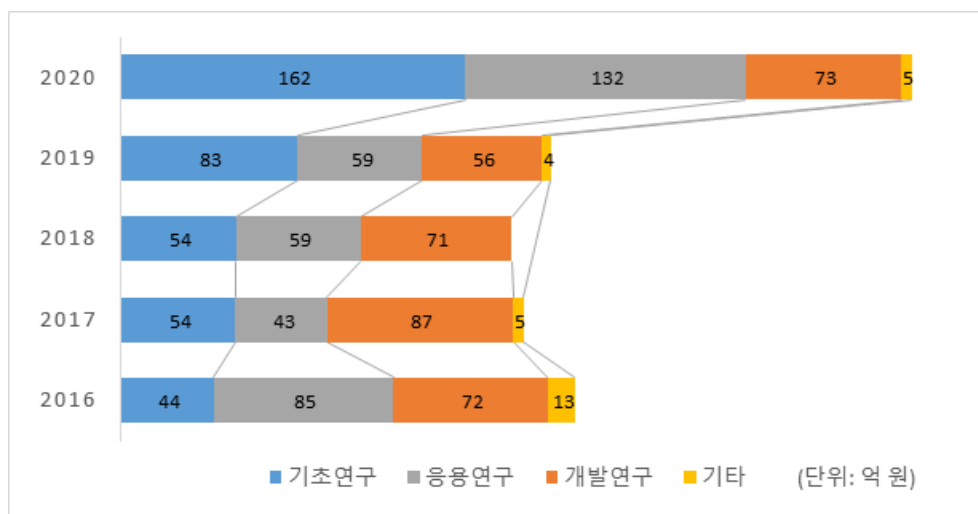
※ ('16) 기초(44억), 응용(85억), 개발(72억) → ('20) 기초(162억), 응용(132억), 개발(73억)

- 이와 달리 기초·응용연구에 대한 정부투자 규모는 2019년 이후에 급격히 증가하는 양상을 보임

※ ('16) 기초(20.4%), 응용(39.6%), 개발(33.9%) → ('20) 기초(43.5%), 응용(35.5%), 개발(19.7%)

- 2019년 이후 과기정통부의 기후변화대응기술개발/집단연구지원사업과 산업부의 바이오산업핵심기술개발사업에서 각각 기초연구와 응용연구에 대한 정부투자가 대폭 증가한 것으로 분석됨

※ 기후변화대응기술개발('19) 7 → ('20) 30억)), 집단연구지원('19) 3 → ('20) 24억))
바이오산업핵심기술개발('19) 14 → ('20) 77억))



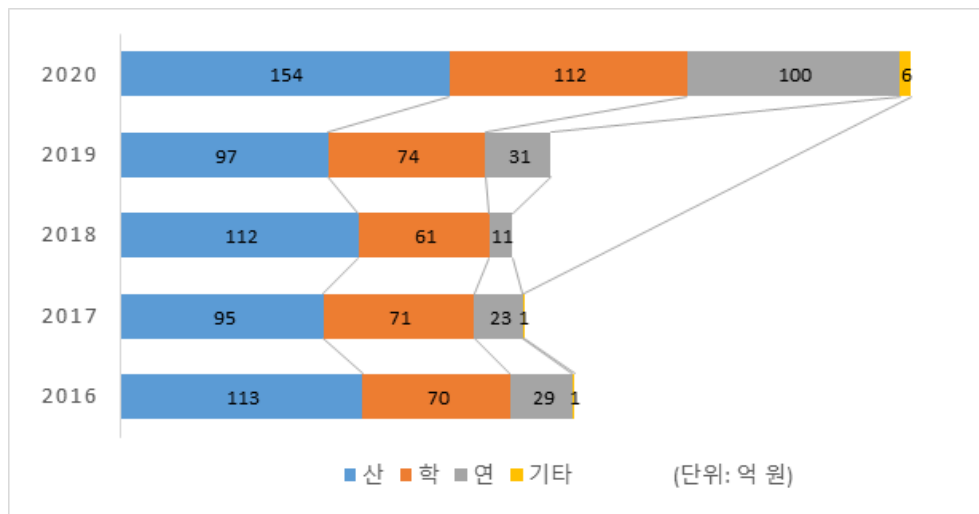
[그림 7] 바이오플라스틱 분야 연구개발단계별 정부R&D 투자(2016~2020)

▣ (연구수행주체별) 산업계 572억 원(49.3%), 학계 388억 원(33.4%), 연구계 194억 원(16.7%) 순으로 투자

- 산업계에 투입된 정부연구비 비중은 49.3%(572억 원) 수준이며, 이 중 68.8%(394억 원)는 중소기업, 26.0%(149억 원)는 중견기업이 수행하는 과제를 지원

- 기업 유형별 투자 규모와 비중 추이를 보면, 2020년에 들어 대기업과 중견기업에 투입된 정부연구비가 증가한 것으로 분석됨

※ 대기업('19) 7 → ('20) 19억)), 중견기업('19) 12 → ('20) 50억))



[그림 8] 바이오플라스틱 분야 연구수행주체별 정부R&D 투자(2016~2020)

❏ (연구개발단계별 연구수행주체별) 바이오플라스틱 관련 기초연구는 대학이, 개발연구는 기업이 주도적으로 수행

- 바이오플라스틱 관련 기초연구의 54.5%(216억 원)를 대학이 수행하였으며, 개발연구의 78.0%(281억 원)을 기업이 수행하였음



[그림 9] 바이오플라스틱 분야 연구개발단계별 연구수행주체별 정부R&D 투자(2016~2020)

❖ (부처별 연구개발단계별) 과기정통부는 바이오플라스틱 분야의 기초연구에 가장 많이 투자하였으며, 산업부는 기초·응용·개발연구 모든 단계에 투자

- 과기정통부는 바이오플라스틱 분야의 기초연구에 68.0%(223억 원)를 투입하였으며, 산업부는 기초연구(128억 원, 24.5%), 응용연구(202억 원, 38.6%), 개발연구(172억 원, 32.8%) 모든 단계에 투자



[그림 10] 바이오플라스틱 분야 부처별 연구개발단계별 정부R&D 투자(2016~2020)

제6장 결론

6.1 주요 동향 및 시사점

 2050 탄소중립이 글로벌 의제가 되면서 기존의 석유 기반 제품의 생태 유해성, 플라스틱 사용 증가로 인한 환경오염 문제 해결을 위한 대안으로 바이오플라스틱에 주목

- 미국, EU 등 주요국은 플라스틱 문제 해결을 위한 플라스틱 탄소전환 전주기 기술개발 로드맵 마련, 혁신적인 기술 개발 등을 추진

※ (미국) 바이오플라스틱을 포함한 바이오 제조경쟁력 강화를 위한 합성생물학 기반의 바이오 파운드리 기술 개발 추진, 플라스틱 문제 해결을 위해 플라스틱 혁신 로드맵을 마련

※ (EU) EU집행위원회는 유럽그린딜과 신순환경제실행계획(New Circular Economy Action Plan) 발표, 2030년 화학 원료의 25%를 바이오 기반 제품으로 대체하기 위한 기술개발 로드맵 수립

- 국내는 「바이오산업 혁신 정책방향과 핵심과제(‘20.1)」를 발표하여 화이트바이오로 정책분야를 확대하고, 「화이트바이오 산업 활성화 전략(‘20.12)」수립 이후 바이오플라스틱 등 화이트 바이오 산업경쟁력 제고를 위한 세부계획을 추진

 이산화탄소 저감, 플라스틱 쓰레기 문제 해결을 위해 기존 플라스틱과 비슷한 물성과 가격경쟁력을 갖추면서, 인체에 무해하고 재활용이 쉬운 바이오플라스틱 기술개발을 추진

- 기존의 생분해성 플라스틱은 약한 물성, 유통 중 생분해 가능성, 내수성, 투기성, 생산성, 가격경쟁력, 재활용 어려움 등의 문제점으로 인해 현재 산업화 단계에 진입한 제품들에는 Starch blends, PLA, PHA, PBS, PBAT 등이 있음

※ 생분해성 플라스틱의 물성 보완을 위해 천연물 합성계와 석유화학 유래 화학 합성계 생분해 플라스틱 원료를 혼합사용

- 생분해 플라스틱의 단점을 보완한 바이오매스 20~40%와 플라스틱 60~80%를 혼합 사용하여 제조하는 바이오베이스 플라스틱은 생분해성 플라스틱보다 생산성이 우수하고 가격이 저렴할 뿐만 아니라 재활용이 가능

※ 바이오베이스 플라스틱은 유통기한이 길며 물성 보완이 필요한 분야에 적용되어 Bio-PA, Bio-PE, Bio-PTT, Bio-PET, Bio-PP 등이 산업화되어 있음

 **글로벌 바이오플라스틱 시장에서 생분해성 플라스틱 소재의 점유율이 62.4%를 차지('21년)하고 있으며, 향후 생산 규모는 더 확대될 전망**

- 생분해성 바이오플라스틱은 연평균 24.8% 증가, 난분해성 바이오베이스 플라스틱은 연평균 16.5%로 증가할 것으로 예상되며, 향후 생분해성 소재 비중이 더 늘어날 것으로 전망(European Bioplastics, 2021)
- 바이오플라스틱 생산 능력 기준으로 보면, 아시아 지역의 생산능력이 49.9%로 가장 크며, 2026년경에는 70.8%까지 크게 확대될 것으로 전망

 **최근 5년간('16~'20) 국내의 바이오플라스틱 정부R&D 투자는 범부처 협력 기반의 R&D보다는 기존 사업 내에서 산발적으로 이루어져 보다 체계적인 전략마련이 요구**

- 바이오플라스틱 전주기(원료-소재-제품-인증-순환) 요소기술 개발 및 범부처 차원의 연계·협력보다는 기존 사업* 내에서 바이오플라스틱의 연구 개발이 산발적으로 추진되어 왔음
* 바이오산업핵심기술개발, 기후변화대응기술개발 등
- 최근 2020년에 들어 전년대비 기초·응용연구에 대한 정부R&D 투자가 2배 이상 확대되었지만, 과기정통부 소관 사업에서는 기초연구 위주로, 산업부 소관 사업에서는 응용·개발연구 위주로 지원됨

6.2 R&D 투자의 주안점

 **정부는 바이오매스 기반 화이트바이오 산업을 육성하기 위해 전주기 요소기술에 대한 통합적인 투자 및 범부처 협력 기반의 R&D사업 추진을 통한 기술개발과 실증 지원 강화**

- 미국은 플라스틱 문제 해결을 위한 혁신기술 개발 R&D를 진행하고 있으며, EU는 유럽 대·중·소 기업연합체와 BBI-JU(Bio-based Industries Joint Undertaking) 공동 운영 및 후속 프로그램을 통해 원료, 공정, 제품, 정책 등 전방위적 R&D 분야에 지원

- 바이오플라스틱 원료-소재-제품-인증-순환에 필요한 산학연 협력 기반의 전주기 요소기술 개발을 위한 정부R&D 사업 추진 필요

- 생분해성 바이오플라스틱은 대부분 수입에 의존함에 따라 국산화·자립화를 위해 원료-소재-제품-순환의 전주기 요소기술 개발과 실증이 필요

※ 바이오베이스 플라스틱은 기존 석유계 플라스틱 재활용 시스템에 적용이 가능하지만, 생분해성 플라스틱은 새로운 분해 및 재활용 기술 개발이 필요

- 우리나라의 플라스틱 환경문제 해결 및 탄소저감 정책 기여를 위해 플라스틱 혁신 4대 전략 (Deconstruction-Upcycling- Recycle by Design, Scale and Deploy)을 수립하고 범정부 차원의 바이오플라스틱 기술개발 로드맵* 마련이 필요

* 바이오플라스틱 소재별 기술수준 및 기업체 수요를 반영

국제사회의 환경규제 강화 등에 대비하여 국제기준 규격에 적합한 제품 생산 및 국내 기업 유형별 주력분야 등을 고려한 수요 맞춤형 정책 지원 기반 마련 필요

- 바이오플라스틱의 경우 대·중견·중소기업이 주력하는 분야가 다르므로 획일화된 정책 지원보다는 기업 유형 및 사업분야(소재 생산, 소재 활용, 산업 지원 등)에 따른 수요자 맞춤형 지원 정책이 필요

※ 소재 생산(대기업), 소재 활용(중견·중소기업), 산업 지원(중소기업) 등

- EU 내 국가에서 사용하는 생분해성 플라스틱 라벨, 바이오베이스 플라스틱 인증 등의 사례를 참고하여 국내 여건에 적합한 바이오플라스틱 인증제도 마련 필요

※ 환경부는 1회용품에 대한 기존 바이오플라스틱 환경표지 인증을 제외하는 개정안 시행(’22.1.3)

우리나라의 경우 바이오플라스틱이 경제성이 낮고, 개별 기업이 독자적으로 사업화를 추진하기 어려운 국내 여건을 감안하여 산학연 협력 확대 등 경쟁력 강화 노력이 요구

- BASF, NatureWorks, Novamont 등 특정 글로벌 기업은 오랜 연구를 통해 경제성 있는 바이오플라스틱 기술을 확립한 반면, 국내 기업은 협소한 시장 규모와 바이오플라스틱 기술 경쟁력 부재로 시장 진입이 어려운 상황

- 각 기업별 바이오플라스틱 소재 개발에 대한 경쟁력 강화 및 제품 포트폴리오 다양화 등의 노력이 요구되고, 기업 간 협력 및 대학·출연연 등과의 컨소시엄에 적극 참여 확대

참고문헌

문헌자료

- 강길선(2021), 「생분해성 플라스틱의 연구개발 현황과 시장 동향」.
- 과학기술정보통신부(2021), 「2021 생명공학백서」.
- 관계부처 합동(2020), 「2050 탄소중립 추진전략」.
- 관계부처 합동(2020), 「화이트바이오 산업 활성화 전략」.
- 남장근 외(2015), 「신성장동력으로서의 바이오화학산업의 정책과제 - 바이오플라스틱을 중심으로」, 산업연구원.
- 대외경제정책연구원(2020), 「중국 14차 5개년 계획의 경제정책 방향과 시사점」.
- 문자영 외(2016), 「생분해성 플라스틱 PLA(Polylactic acid) 퇴비화를 통한 생분해능 검토」, Journal of the Korean Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 17(4), 596-615.
- 박희주(2020), 「EU의 순환경제실행계획의 주요내용과 시사점」, 한국소비자원.
- 산업통상자원부·한국바이오협회(2021), 「2019년 기준 국내 바이오산업 실태조사 결과 보고서」.
- 산업통상자원부·한국생물공학회(2021), 「화이트바이오 산업 전략품목 로드맵 마련 연구」.
- 산업통상자원부·한국에너지공단(2019), 「2019 전 부문 에너지사용 및 온실가스 배출량 통계」.
- 삼성증권(2021), 「ESG 시대, 순환경제 플라스틱: 뿌린 씨를 거둘 때」.
- 성봉현(2020), 「친환경 바이오플라스틱 개발동향 및 시사점」, BiolNpro.
- 연구개발특구진흥재단(2021), 「바이오플라스틱 및 바이오폴리머 시장」.
- 유거송 외(2017), 「바이오경제로의 이행을 위한 화이트바이오 산업 육성 정책 제언」, KISTEP Issue Weekly 2017-06.
- 유영선 외(2015), 「국내외 바이오 플라스틱의 연구개발, 제품화 및 시장 동향」, 청정기술, 21(3): 141-152.
- 이상호 외(2019), 「생분해성 바이오플라스틱 생산기술과 산업동향」, 한국산업기술평가관리원.
- 이베스트투자증권(2021), 「지금은 바이오플라스틱을 보아야 할 때」.
- 이예원(2018), 「바이오 기술 주도의 5차 산업혁명을 준비하는 일본의 전략」.
- 전국경제인연합회(2021), 화이트 바이오산업 현황과 과제, Global Insight.
- 주정찬(2021), 「화이트바이오 산업 육성을 위한 국내외 정책 및 산업 동향 : 바이오플라스틱을 중심으로」.
- 주정찬 & 이대희(2019), 「화이트바이오 국내외 동향 및 시사점」, BiolNpro.

- 최권영 & 안정오(2021), 「탄소중립 달성을 위한 국내 화이트바이오 산업 이슈」, BIO ECONOMY BRIEF.
- 한국과학기술연구원 융합연구정책센터(2019), 「융합연구리뷰」, Vol.5.
- S&T GPS(2021), 「바이오화학산업·정책동향 및 시사점」.
- Armentano, I., Dottori, M., Fortunati E., Mattioli, S. & Kenny, J. M.(2010), Biodegradable polymer matrix nano composites for tissue engineering: A review. Polymer Degradation and Stability, 95(11): 2126~2146.
- European Bioplastics(2021), Bioplastic market data.
- European Parliament(2018), Plastic oceans: MEPs back EU ban on throwaway plastics by 2021[Press Release], European Parliament, News Press room.
- MarketsandMarkets(2020), Bioplastics & Biopolymers Market.
- Science Advances(2017), Production, use, and fate of all plastics ever made. vol.3(7).

보도자료

- 뉴데일리 경제(2022.5.11.), “CJ 제일제당, 해양 생분해 플라스틱 ‘PHA’ 대량생산 시작”.
- 뉴데일리 경제(2022.1.4.), “SK-코오롱, 친환경 생분해성 플라스틱 소재 ‘PBAT’ 생산 개시”.
- 뉴데일리 경제(2022.2.14.), “롯데케미칼, 생분해성 플라스틱 ‘PHA’ 기술개발 착수”.
- 매일경제(2021.9.14.), “LG화학 新먹거리 ‘바이오플라스틱’ 키운다”.
- 매일경제(2021.11.23.), “대상, SKC·LX인터내셔널과 친환경 생분해 신소재 합작사 설립”.
- 조선일보(2019.6.19.), “환경호르몬 NO 슈퍼 바이오플라스틱...강철보다 강하고 200도 견뎌”.
- Safe Korea News(2021), “1회용품, 앞으로 환경표지 인증 못 받는다”.

웹사이트

- 한국바이오폐기징협회, <http://www.biopack.kr/>
- AEPW(Alliance to End Plastic Waste), <https://endplasticwaste.org/>
- Agile Biofoundry, <https://agilebiofoundry.org>
- Bio-based Industries Joint Undertaking, <https://www.bbi.europa.eu/about/about-bbi>
- RoadtoBio, <https://roadtobio.eu>

| 저자 소개 |

박지현

한국과학기술기획평가원 생명기초사업센터 연구위원

Tel: 043-750-2366 E-mail: jihyun@kistep.re.kr

홍미영

한국과학기술기획평가원 사업조정전략센터 센터장

Tel: 043-750-2413 E-mail: myhong@kistep.re.kr

| 편집위원 소개 |

전승수 연구위원

김주원 연구위원

성민규 부연구위원

이강수 부연구위원

한국과학기술기획평가원 사업조정본부

Tel: 043-750-2503 E-mail: lks@kistep.re.kr

※ 본 KISTEP 기술동향브리프의 내용은 필자의 개인적 견해이며, 기관의 공식적인 의견이 아님을 알려드립니다.

[KISTEP 브리프 발간 현황]

발간호	제목	저자 및 소속	비고
01 (22.02.09.)	시스템반도체	채명식 (KISTEP)	기술동향
02 (22.02.10.)	미 하원 「2022년 미국 경쟁법」 주요 내용과 시사점	최창택 (KISTEP)	혁신정책
03 (22.02.23.)	메디컬 섬유소재	정두엽 (KISTEP)	기술동향
04 (22.03.02.)	2020년 한국의 과학기술논문 발표 및 피인용 현황	한웅용 (KISTEP)	통계분석
05 (22.03.14.)	2020년 신약개발 정부 R&D 투자 포트폴리오 분석	강유진·김주원 (KISTEP)	통계분석
06 (22.03.16.)	바이오헬스 정책·투자동향	김종란·강유진·홍미영 (KISTEP)	기술동향
07 (22.03.18.)	러시아-우크라이나 사태에 따른 과학기술 동향과 시사점	김진하·이정태 (KISTEP)	혁신정책
08 (22.03.21.)	미래 스마트 팩토리 유망 서비스	KISTEP·ETRI	미래예측
- (22.03.23.)	2030 국가온실가스감축목표에 기여할 10대 미래유망기술	이동기 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제323호)
09 (22.03.30.)	바이오연료	박지현·강유진 (KISTEP)	기술동향
10 (22.04.04.)	2020년 국내 바이오산업 실태조사 주요 결과	한웅용 (KISTEP)	통계분석
11 (22.04.08.)	일본 과학기술·경제안전보장전략 주요내용과 시사점	김규판(KIEP) 김다은·홍정석(KISTEP)	혁신정책
12 (22.04.13.)	6G 통신 기술	이승필·형준혁 (KISTEP)	기술동향
13 (22.04.18.)	우리나라 산업기술인력 수급 현황 - 2020년도 기준 -	한웅용 (KISTEP)	통계분석
14 (22.04.27.)	소재 신(新)연구방법론	정두엽·조유진 (KISTEP)	기술동향
- (22.04.29.)	대전환 시대의 과학기술혁신 정책 이슈	변순천 외 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제324호)

발간호	제목	저자 및 소속	비고
15 (22.05.02.)	OECD MSTI 2022-March의 주요 결과	정유진 (KISTEP)	통계분석
16 (22.05.16)	2020년도 국가연구개발사업 성과분석 현황	한웅용 (KISTEP)	통계분석
- (22.05.18)	디지털 전환의 미래사회 위험이슈 및 대응 전략: 인공지능 역기능을 중심으로	구본진 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제325호)
- (22.05.26)	「국가R&D 혁신방안」 추진과제 분석 및 향후 추진방향 제언	최창택 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제326호)
17 (22.06.02)	2020년 미국의 박사학위 취득자 현황 분석 - NSF, Doctorate Recipients from U.S. Universities -	한웅용 (KISTEP)	통계분석
- (22.06.08)	일반국민은 2022년 정부R&D예산에 대해 어떻게 생각하고 있을까?	이승규·박지윤 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제327호)
18 (22.06.09)	새정부 과학기술 관련 국정과제 주요 내용 및 시사점	고윤미·배용국·양은진· 심정민(KISTEP)	혁신정책
19 (22.06.15)	2021년 국가 과학기술혁신역량 분석	김선경 (KISTEP)	통계분석
- (22.06.17)	감염병 위기대응 4대 영역별 핵심기술 및 정부 R&D 지원방안	김주원·홍미영 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제328호)
20 (22.07.04)	2022년 IMD 세계경쟁력 분석	김선경 (KISTEP)	통계분석
21 (22.07.06)	양자정보기술	유형정 (KISTEP)	기술동향
- (22.07.11)	신산업 정책의 민관협력(PPP) 주요 이슈 분석	신동평·허정·권용완 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제329호)
22 (22.07.11)	메타버스 산업생태계 활성화를 위한 방향과 과제	이나래 (KISTEP)	혁신정책
23 (22.07.18)	전국대학 연구활동 현황 - 2021년 전국대학 연구활동 실태조사 기준 -	한웅용 (KISTEP)	통계분석
24 (22.08.01)	미국 대학의 연구활동 현황	한웅용 (KISTEP)	통계분석
25 (22.08.08)	기술패권 경쟁 대응을 위한 주요국 세액공제제도 신설 동향 및 시사점	조길수·유혜인 (KISTEP)	혁신정책
26 (22.08.17)	CCU(이산화탄소 활용)	여준석·김태영 (KISTEP)	기술동향

발간호	제목	저자 및 소속	비고
27 (22.08.18.)	우리나라 대학의 지식재산 창출과 활용 현황	한웅용 (KISTEP)	통계분석
- (22.08.24.)	국가연구개발사업 학생인건비 지급의 주요 쟁점과 제언	박일주·이지은 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제330호)
28 (22.08.25.)	바이오플라스틱	박지현·홍미영 (KISTEP)	기술동향