2023-11호

심층동향보고서

친환경 농생명 기능성 소재개발

- 바이오플라스틱 -



농림식품기술기획평가원
Korea Institute of Planningand Evaluation
for Technology in Food Agriculture and Forestry



IPET 농림식품기술기획평가원
Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry

Contents

요약 ····· 1

1. 개요 ····· 2
   1-1. 농생명 소재 정의 및 범위
   1-2. 배경 및 필요성

2. 바이오플라스틱이란? ····· 6
   2-1. 바이오플라스틱 정의
   2-2. 바이오플라스틱 분류 및 특징
   2-3. 바이오플라스틱 원료 및 제조기술

3. 투자 및 정책 ····· 16
   3-1. R&D 투자 현황
   3-2. 국내 정책 동향
   3-3. 주요국 정책 동향

4. 산업·기술 동향 ····· 31
   4-1. 바이오플라스틱 개발 현황
   4-2. 국내 산업 동향
   4-3. 국외 산업 동향

5. 결론 및 시사점 ····· 52

6. 참고문헌 ····· 54

요약

■ 정의 및 배경

- 농생명 소재는 농생명 자원에 생명공학기술을 융복합하여 새로운 부가가치를 창출한 산업소재 또는 농생명 산업에 활용 가능한 천연 · 바이오 소재를 말함
- 농생명 소재 산업은 농업의 新성장동력, 글로벌 생물주권 확보, 탄소저감을 위한 신소재 개발 등의 측면에서 그 중요성이 증대되고 있음
- 또한, 폐플라스틱과 미세플라스틱으로 인한 환경오염이 심화됨에 따라 농생명 소재 산업 중 바이오플라스틱에 대한 수요가 증가하고 있어 이에 대한 검토가 필요함
  - 바이오플라스틱은 생물공학 기반 기술을 통해 생산되는 생분해성(biodegradable) 플라스틱과 난분해성 바이오베이스(bio-based) 플라스틱을 의미함

■ 동향

- (정책) 전 세계적으로 탄소중립 달성 및 순환경제 구축을 위하여 석유기반 플라스틱을 바이오플라스틱으로 전환하려는 다양한 정책들이 수립 · 시행되고 있음
- (산업) 세계 바이오플라스틱 생산 규모는 약 241만 톤이나 국내 생산규모는 약 4만 톤으로 세계 생산의 1~2% 내외에 불가함
  - 2026년까지 세계 생분해성 플라스틱 시장은 연평균 27.9%, 바이오베이스 플라스틱 시장은 연평균 21.7%의 성장세를 보일 것으로 예상되며, 현재 64.2%의 점유율을 차지하고 있는 생분해성 플라스틱의 점유율이 보다 확대될 것으로 예상됨
- (기술) 바이오플라스틱 관련 기술은 '원료생산 기술'과 '제품화 기술'로 구분할 수 있으며, 전 세계적으로 생분해성 플라스틱은 기술 수준이 산업화 단계에 이르고 있으나 바이오베이스 플라스틱의 경우 아직 연구개발 단계에 있음
  - 원료생산 기술은 바이오매스를 당, 단백질, 지방산 등의 단량체로 물질화하는 '바이오매스 발효·전환·정제 기술'과 단량체를 중합하여 고분자화 하는 '바이오 고분자 중합기술'이 있음
  - 제품화 기술로는 원료를 플라스틱 제품으로 제조하는 '가공·성형 기술'과 제품의 물성을 보완하고 생산성을 개선하는 '물성 보완 기술'이 있음
  - 최근 바이오베이스 플라스틱의 소재 및 제품 개발 연구가 확대되고 있지만 아직 초기단계임

■ 결론 및 시사점

- 국내 바이오분야 기술수준은 선진국 대비 77.9%('20) 수준으로 기술 수준의 향상이 필요하며, 바이오산업 생산규모의 확대도 필요함
- 미국, 유럽 등의 경우 탄소중립 달성과 화석연료 대체를 위한 국가적 거버넌스가 정립되어 있지만 국내는 미흡한 수준으로 post-플라스틱 시대를 맞이하는 중 · 장기적 거버넌스의 확립과 R&D 투자전략이 필요할 것으로 사료됨

1 개요

1-1. 농생명 소재 정의 및 범위

■ **농생명 소재는 '농생명 자원에 생명공학기술을 융복합하여 새로운 부가가치를 창출한 산업소재 또는 농생명 산업에 활용 가능한 소재'로 정의되며 식물, 동물, 미생물, 곤충 등 농생명 자원으로부터 얻어지는 천연 또는 바이오 소재를 포괄함[1)]**

- 천연물소재(natural material)는 자연계에서 발견되는 살아있는 유기체에 의해 생성된 물질 또는 화합물로, 기능에 따라 다양한 목적과 용도로 사용될 수 있는 기능성 소재를 의미함[2)]
- 바이오소재(biomaterial)는 미생물, 동·식물세포를 직간접적으로 이용하여 생산되는 유용한 물질을 가공 또는 조제함으로써 제품화가 가능한 산물을 말하며, 자연계의 식물, 동물, 미생물, 곤충 등의 생물체에서 유래하는 천연화합물과 이를 가공, 발효, 합성 과정을 거쳐 부가가치를 높인 가공소재를 모두 포함함[3)]

■ **농생명 소재 산업은 '농생명 소재'를 생산하고 직접적으로 활용하는 농업 및 농업관련 전후방산업으로 정의하고 있으며, 농업 생산 경쟁력 및 부가가치를 증대하는 가치사슬의 모든 단계를 범위로 함[4)]**

- 농생명 소재 산업의 범위는 농생명 자원 생산, 유용물질 발굴, 소재 개발 및 평가를 통한 상용화, 완제품의 생산과 이를 위한 소재의 대량생산 및 판매까지 산업 가치사슬의 모든 단계를 포함함
  - (원료 발굴) 농생명 자원의 생산 및 기능성 소재의 원료 발굴
  - (개발 및 제품화) 농생명 원료를 이용한 기능성 소재 개발과 개발된 소재의 안정성 및 유효성 평가를 통해 표준화 및 상용화
  - (설비 생산) 표준화 및 상용화된 농생명 기능성 소재의 판매를 위해 대량 생산용 공정 및 설비를 통한 생산 단계
  - (마케팅/판매) 최종 생산된 농생명 기능성 소재의 마케팅(홍보)을 통한 시장 판매
- 농생명 소재 산업은 별도의 분류체계가 없어 2016년에 농림축산식품부에서 이와 유사한 개념을 가지고 있는 '바이오산업 분류체계'와 '한국표준산업 분류체계'를 근거로 2차에 걸친 전문가 자문 및 검토를 통해 최종 7대 분야로 산업분류체계를 도출함

---

1) 한국과학기술기획평가원(KISTEP), 2018, 2017년도 예비타당성조사 보고서 농생명소재산업화기술 개발사업
2) 한국식물학회, 식물학백과, 천연물소재(natural material)
3) 산업통상자원부, 지식경제용어사전, 바이오소재(biomaterials)
4) 한국과학기술기획평가원(KISTEP), 2020, 2019년도 예비타당성조사 보고서 농생명소재산업화기술 개발사업

〈 농생명 소재 산업 분류 〉

산업분류	개념 및 특징
기능성 식품	생물, 식물에서 추출한 소재나 신체에 존재하는 효소 등으로 신체의 항상성을 유지시키며, 대사를 촉진시키기 위하여 제조 · 가공한 소재
천연 바이오 의약품	천연물 성분을 이용하여 연구개발한 의약품으로서 성분 · 효능 등이 새로운 의약품
천연 바이오 화장품	인공적으로 합성한 이전 화장품과는 달리 생물이 자연적으로 만들어내는 성분을 활용한 제품
천연물 비료 농약	자연계에 존재하는 물질과 생물체 및 그로부터 유래한 소재를 이용하여 농작물 생산 및 보존에 피해를 미치는 병원균, 해충 및 잡초 등을 방제하는 작물 보호제
천연 바이오 사료	미생물 첨가제, 유기물 첨가제 등의 친환경 동물용 사료 소재
바이오플라스틱	농생명 자원을 원료로 하여 고분자로 합성된 생분해성 플라스틱 소재
기타 농생명 산업	농생명 자원을 활용한 색소, 염료, 향료, 발효제품 등 기타 농생명 산업

❖ 출처: 농림축산식품부, 2016, 농생명 기능성 소재산업 육성방안 마련 연구

■ **본 보고서에서는 다양한 농생명 소재 산업 중 바이오플라스틱 관련 기술 · 산업 동향에 대해 살펴보고자 함**

1-2. 배경 및 필요성

■ **농업은 전통적인 먹거리 생산 중심의 산업에서 탈피하여 외연확장을 통한 체질개선과 농생명 산업의 고부가가치화를 통해 농촌소득 증대 및 산업 성장을 위한 새로운 동력 확보가 필요함**

- 우리나라 농업의 GDP 대비 부가가치 비중은 1997년 4.9%에서 2017년 1.9%로 하락하는 등 타 산업과 비교하여 상대적 성장은 지체되고 있는 상황임[5)]
- 농업은 안정적 식량공급이라는 본연의 역할을 기반으로 농생명 산업 육성을 견인할 수 있도록 기능성 소재를 발굴하고 공급하는 역할로 체질개선이 필요하며, 이를 통해 관련 업종의 일자리 창출 및 농가소득 증대를 기대할 수 있음
- 글로벌 시장에서의 경쟁우위 선점을 위하여 농생명 기능성 신소재 발굴과 해당 소재의 산업적 활용가치 극대화를 위한 산업기반 확보가 시급함

■ **'나고야의정서' 채택('10.10.)으로 생물주권 확보를 위한 농생명 소재의 중요성이 부각되었으며, 글로벌 기후변화로 인하여 환경문제에 대한 인식이 높아짐에 따라 탄소 저감을 위한 신소재 개발에 대한 관심이 증가함**

- '유전자원에 대한 접근 및 이의 이용으로 발생하는 이익의 공정하고 공평한 공유(ABS, Access and Benefit-sharing)에 관한 나고야의정서' 채택 이후 유전자원 이용을 둘러싼 자원제공국과 자원이용국의 이해관계가 대립하고 있음[6)]
  - 유전자원과 유전자원 관련된 전통지식에 대해 이용국은 제공국의 허가 후 자원에 접근하여야 하고 자원이용으로 발생한 이익을 제공국과 공유해야 하는 것을 주요내용으로 함
- 에너지 고(高)사용, 온실가스 다(多)배출 산업인 석유화학 산업에 대한 대안으로 탄소 저감을 위한 친환경 신소재 개발에 대한 관심이 증가함

■ **전 세계적으로 폐플라스틱과 미세플라스틱으로 인한 환경오염과 이로 인해 발생하는 사회적 문제가 심화되어 환경 규제가 강화되는 등 석유계 플라스틱의 대체를 위한 바이오플라스틱에 대한 니즈가 증가함**

- 매년 바다로 유입되는 플라스틱 쓰레기가 약 800만 톤에 이르는 것으로 추산되고 있으며, 51조 개의 미세플라스틱이 해양으로 배출되어 전 세계 인구의 1인당 평균 미세플라스틱 흡수량은 약 212개 수준일 것으로 추측하고 있음[7)]

---

5) 한국과학기술기획평가원(KISTEP), 2020, 2019년도 예비타당성조사 보고서 농생명소재산업화기술 개발사업
6) 한국ABS연구센터, 나고야의정서, https://www.abs.re.kr/app/absInfo/nagoyaView.do
7) 연구개발특구진흥재단(INNOPOLIS), 2021, 유망시장 Issue Report, 바이오플라스틱

- 2017년 12월 중국의 폐기물 수입거부로 플라스틱 폐기물 처리 대란이 발생했으며 이로 인해 플라스틱 사용을 포함한 환경 이슈가 국가적 차원의 해결과제로 대두됨

■ **국내에서는 2011년 가습기살균제 사건 이후 '케모포비아(chemopobia)*'를 유발하는 사회적 이슈가 지속적으로 발생하고 있어 안전한 소재와 제품에 대한 관심과 수요가 확대되었고 이의 해결대안으로서 농생명 자원 유래 천연·바이오 소재에 주목하게 됨**

* 케모포비아(chemopobia): 화학물질에 대한 불신과 공포

- 라돈 생리대('18.10.), 라돈 침대('18.5.), 생리대 유해물질('17.8.), 살균제 치약('16.9.), 가습기 살균제('11.4.) 사건 등 생활화학제품에 대해 불신을 야기하는 다양한 사건들이 발생하여 소비자들의 불안과 혼란을 야기함

■ **이에 본 보고서에서는 농생명 기능성 소재 중 바이오플라스틱 개발과 관련한 국내·외 기술·산업·정책 동향을 파악하고 시사점을 도출하고자 함**

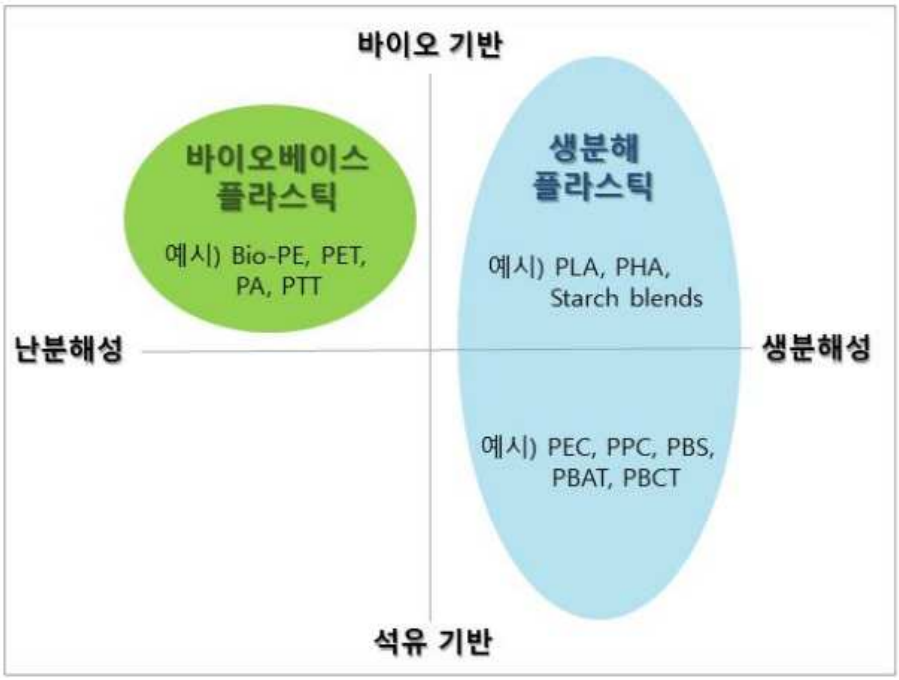
2 바이오플라스틱이란?

2-1. 바이오플라스틱 정의

■ **바이오플라스틱은 생물공학 기반 기술을 통해 생산되는 생분해성(biodegradable) 플라스틱 또는 바이오베이스(bio-based) 플라스틱을 의미함*[8)]**

* 산화생분해 플라스틱은 재활용 및 퇴비화가 어려우며 결국 환경에 해가 될 수 있어, 바이오플라스틱 범주에서 제외함('18.1. 유럽위원회에서 산화생분해 플라스틱 사용 제한조치 시행)

- **(생분해성 플라스틱)** 일정한 조건에서 자연계에 존재하는 곰팡이, 세균, 조류와 같은 미생물이나 분해효소 등에 의해 물과 이산화탄소로 완전히 분해될 수 있는 플라스틱으로 바이오매스 함유량에 따라 바이오기반과 석유기반으로 구분됨(예: PLA 빨대. 쌀 빨대. 옥수수 전분 그릇 등)
- **(바이오베이스 플라스틱)** 기존의 화석연료를 활용하는 대신 농생명 유래 자원(바이오매스)을 함유한 플라스틱으로 난분해성 특성을 보이나 석유계 플라스틱 대비 온실가스 배출량이 적음(예: Bio-PET 코카콜라 PlantBottle™ 등)



〈 생분해성과 원료 유래에 따른 바이오플라스틱의 분류 〉

❖ 출처: 한국과학기술기획평가원, KISTEP 브리프 28, 2022, 바이오플라스틱

8) 한국과학기술기획평가원, KISTEP 브리프 28, 2022, 바이오플라스틱

2-2. 바이오플라스틱 분류 및 특징

■ **바이오플라스틱은 사용원료, 생분해여부 등에 따라 생분해성 플라스틱 (biodegradable plastics)과 바이오베이스 플라스틱(bio-based plastics)으로 구분함**

- 생분해성 플라스틱은 표준물질인 셀룰로오스 대비 6개월에 90% 이상 분해되는 플라스틱으로 바이오매스를 50~70% 이상 함유한 경우에는 바이오기반으로 그 외에는 석유기반으로 구분함[9)]
- 바이오베이스 플라스틱은 식물체 기반 바이오매스를 20~25% 이상 함유한 플라스틱으로 난분해 특성을 지니지만 기존 석유화학 플라스틱 대비 탄소 배출량이 적어 친환경 플라스틱으로 구분됨

〈 바이오플라스틱의 분류 및 특징 〉

구분	생분해성 플라스틱			바이오베이스 플라스틱	
	바이오기반		석유기반	결합형	중합형
	천연물기반	미생물기반			
사용원료	천연물	미생물	석유유래 원료	천연물 (고분자 결합)	천연물 (단량체 중합)
바이오매스 함량	50~70% 이상		-	20~25% 이상	
플라스틱 사용여부	첨가제 형태로 10% 이내 사용			베이스레진으로 사용	
종류	PLA, TPS, AP, CA, CDA 등	PHA, PHB, PHV 등	PBS, PCL, PES, PBAT, PVA 등	Bio-PA, Bio-PE, Bio-PTT, Bio-PET, Bio-PP 등	
장점	생분해/내습성/가공성 우수, 바이오기반의 경우 탄소저감 우수			탄소 저감 우수, 제한적 물성/생산성 우수	
단점	제조 원가 고가, 물성 저하, 내수성, 유통 중 분해 가능성			강도, 내수성 문제 가능	
분해기작	미생물 분해			-	
생분해속도	3~6개월 이내(6개월 이내 90%)			-	
재활용여부	어려움	우수	어려움	우수	

❖ 출처: 한국과학기술기획평가원, KISTEP 브리프 28, 2022, 바이오플라스틱, KPGP 재구성

9) 한국과학기술연구원, 2019,「융합연구리뷰」, Vol.5.

2-2-1. 생분해성 플라스틱

■ **생분해성 플라스틱은 사용원료에 따라 크게 천연물기반, 미생물기반, 석유기반으로 구분할 수 있으나 단일 소재로 제조하기 보다는 각 소재를 혼합하여 사용함**

■ **(천연물기반 생분해성 플라스틱) 식물체 등 천연물을 가소화하거나 단량체를 축·중합하여 제조하는 플라스틱으로 PLA(Polylactic acid), TPS(Thermo plastic acid), AP(Aliphatic polyester), CA(Cellulose acetate), CDA(Cellulose diacetate) 등이 있음**

- 옥수수, 사탕수수 등을 주원료로 하여 일정 온도 이상에서 탄화되지 않고 형태가 자유자재로 바뀔 수 있는 열가소성 전분(thermoplastic starch)을 생산하여 플라스틱을 제조하는 것이 일반적임
- 단일 소재로 사용할 경우 물성이 떨어지므로 물성 보완을 위해 PVA, PBAT, PLA 등 천연물기반 및 석유기반 생분해 플라스틱과 혼합하여 사용하는 경우가 많으며, 이러한 복합소재를 Starch blends로 별도로 구분함

■ **(미생물기반 생분해성 플라스틱) 미생물이 양분저장형태 또는 배설물형태로 생산한 고분자를 이용하여 제조하는 플라스틱으로 PHA(Polyhydroxy alkanoate), PHB(Polyhydroxy butyrate), PHV(Polyhydroxy valerate) 등이 있음**

- 미생물들은 세포 내 저장물질로 PHA를 생산하여 체내에 보관하며, 단량체의 치환기의 종류에 따라 다양한 PHA계(PHB, P(3HV) 등)가 미생물로부터 합성됨
- PHB는 열 분해되기가 쉬워 가공이 어려우므로 이를 개선하기 위해 PHB와 PHV의 공중합체(PHB/V) 미생물 생산 기술이 개발됨[10)]

10) 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.

〈 다양한 미생물로부터 합성되는 PHA계 〉

미생물	탄소원	PHA 계	PHA 함량 (% w/v)
Alcaligenes eutrophus	글루코네이트	PHB	46~85
	프로피오네이트	PHB	26~36
	옥타노에이트	PHB	38~45
Bacillus megaterium QMB1551	글루코오즈	PHB	20
Klebsiella aerogenes recombinants	당밀	PHB	65
Methylobacterium rhodesianum MB1267	플락토오즈/메탄올	PHB	30
M. extorquents(ATCC55366)	메탄올	PHB	40~46
Pseudomonas aeruginosa	캐스터유	PHA	20~30
P. denitrificans	메탄올	P(3HV)	0.02
	펜탄올	P(3HV)	55
P. oleovorans	글루카노에이트	PHB	1.1~5.0
	옥타노에이트	PHB	50~68
P. putida GPp104	옥타노에이트	PHB	14~22
P. putida	팜유	PHA	37
	라우르산	PHA	25
	미스티산	PHA	28
	올레인산	PHA	19
Sphaerotilus natans	글루코오즈	PHB	40

❖ 출처: 연구개발특구진흥재단, 2021, 유망시장 Issue Report 바이오 플라스틱 동향

■ **(석유기반 생분해성 플라스틱) 석유유래 원료를 합성하여 제조한 플라스틱으로 PBAT(Polybutylene adipate-co-terephthalate), PBS(Polybutylene succinate), PCL(Polycapro lactone), PEU(Polyester urethane), PGA(Polyglycolic acid), PES(Polyethylene succinate), PVA(Polyvinyl alcohol) 등이 있음**

- 단량체를 화학 합성한 생분해성 플라스틱으로 물성, 생산성이 우수하여 많은 분야에 적용되고 있음

■ **생분해성 플라스틱은 생분해가 우수하고 탄소저감 효과가 좋아 환경 친화적이며, 내습성과 가공성이 우수하나 제조원가가 고가이고 유통 중 분해 가능성이 있는 단점을 가지고 있음**

■ **20종류 이상 개발되어 있지만, 현재 산업화 단계에 진입한 제품에는 Starch blends, PLA, PHA, PBAT, PES 등이 있음[11)]**

- **Starch blends**는 현재까지 생분해성 플라스틱 중 가장 많이 사용되어왔으며, 열가소성 전분을 PBAT, PLA, PCL 등과 혼합한 복합소재임
  - 다른 생분해성 플라스틱 원료보다 원가가 낮으며 높은 생분해성 특성으로 인해 일회용 비닐봉투, 컵, 수저, 포장재 등에 사용
  - 단, 생분해도가 좋은 만큼 강도가 약하고 강력한 수분 흡수력을 가지고 있어 직물, 자동차, 건자재 등 산업용 수요를 충족시키기에는 어려움
- **PLA(Polylactic acid)**는 바이오매스 유래 젖산(Lactic acid)을 이용하여 락타이드(Lactide)를 합성하고 이를 이용하여 제조함
  - 가격 경쟁력, 투명성, 생체 적합성, 열 가공성의 장점이 있어 포장재, 3D 프린팅 원료로 사용되며, 생체 내에서 분해·흡수되어 무해하다는 장점으로 인해 의료용 재료로, 식물의 생육을 촉진하는 것으로 알려져 농림업 분야에도 활용되고 있음
  - 단, PLA는 내열성과 내충격성이 약한 단점이 있으며 자연환경에서 생분해가 느려 산소에 민감하지 않은 미생물을 이용해 퇴비화(Composting)하는 과정에서 생분해가 가능함
- **PHA(Polyhydroxy alkanoate)**는 미생물에 원재료를 투입하여 발효과정을 거쳐 제조함
  - 생체 적합성과 생분해성이 뛰어나 의료 분야에 널리 사용 가능하며, 가수분해가 잘 일어나 특정 조건에서 분해하기가 쉬우며 생분해성 플라스틱 중에서 내열성이 가장 낮은 장점이 있으나 생산원가 높다는 단점이 있음
- **PBAT(Polybutylene adipate-co-terephthalate)**는 석유유래 원료기반 1,4-부탄디올(1,4-Butanediol), 아디프산(Adipic acid), 테레프탈산 (Terephthalic acid)의 중합을 통해 제조됨
  - 높은 생분해성과 가공성의 장점 때문에 석유화학 기업에서 빠르게 상용화를 추진하고 있으며, 연질 포장재와 농업용 멀칭 필름에 주로 사용함
- **PES(Polyethylene succinate)**는 석유유래 원료기반 숙신산(Succinic acid)과 1,4-부탄디올의 중합을 통해 제조됨
  - 높은 생분해성으로 연질 포장재 또는 PHA와 혼합하여 어망, 어구에 주로 사용함

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

2-2-2. 바이오베이스 플라스틱

■ **바이오베이스 플라스틱은 식물체 바이오매스를 20~25% 이상 함유하고 있어야 하며 생분해 여부와는 무관하고, 식물체 바이오매스에 생분해 소재, 석유유래 물질 등을 첨가하여 결합 또는 중합하여 제조함[12)]**

- 결합형 바이오베이스 플라스틱은 생분해 플라스틱 또는 식물체 바이오매스를 기존 석유화학 플라스틱과 결합하여 제조함
- 중합형 바이오베이스 플라스틱은 사탕수수와 같은 식물체 바이오매스에서 당화 과정을 거쳐 단량체를 생산하고 이 단량체를 중합하는 방식으로 제조함
- 기존 석유화학 플라스틱 PE/PP/PET 소재의 단량체를 바이오매스 유래 동일 단량체로 대체하여 바이오매스 함량을 증가시키거나, 새로운 바이오매스 유래 단량체를 사용하여 제작한 PTT(Polytrimethylene terephthalate) 등이 해당함

■ **바이오베이스 플라스틱은 생분해성 플라스틱보다 생산성이 우수하고 유통기한이 길며 가격이 저렴할 뿐만 아니라 일반 플라스틱과 함께 재활용이 가능한 장점이 있음**

- 페트병에서 자동차 분야까지 그 적용 범위가 확장되고 있으며, 식량자원을 사용하기보다는 셀룰로오스, 볏짚, 왕겨, 옥수숫대, 대두박, 옥수수 껍질, 대나무 등 비식용계 부산물 자원을 원료로 활용하는 추세임

■ **Bio-PA, Bio-PE, Bio-PTT, Bio-PET, Bio-PP 등이 산업화 되어 있음[13)]**

- **Bio-PA**(Polyamide)는 피마자유 등을 사용하여 만든 고성능 플라스틱으로 자동차 부품 및 건축자재 등에 활용되고 있음
- **Bio-PE**(Polyethylene)은 사탕수수 유래 에탄올로 합성된 바이오에틸렌을 이용하여 생산하며, 비닐봉투 등의 포장재로 이용함
- **Bio-PTT**(Polytrimethylene terephthalate)는 옥수수 유래 1,3-프로판디올(1,3-Propanediol)로 제조되며, 신축성이 있어 카페트 및 의류에 사용함
- **Bio-PET**(Polyethylene terephthalate)는 사탕수수 유래 에탄올로 합성된 에틸렌클리콜을 이용하여 생산하며, 석유계 PET를 대체하여 'Coca Cola, PlantBottle™'이 출시되며 이미 상용화가 진행됨
- **Bio-PP**(Polypropylene)는 사탕수수 유래 에탄올로 합성된 프로필렌을 이용하여 생산하나, 여타 제품 대비 기술 장벽이 높아서 아직까지 상업적 생산 규모는 매우 미미한 수준임

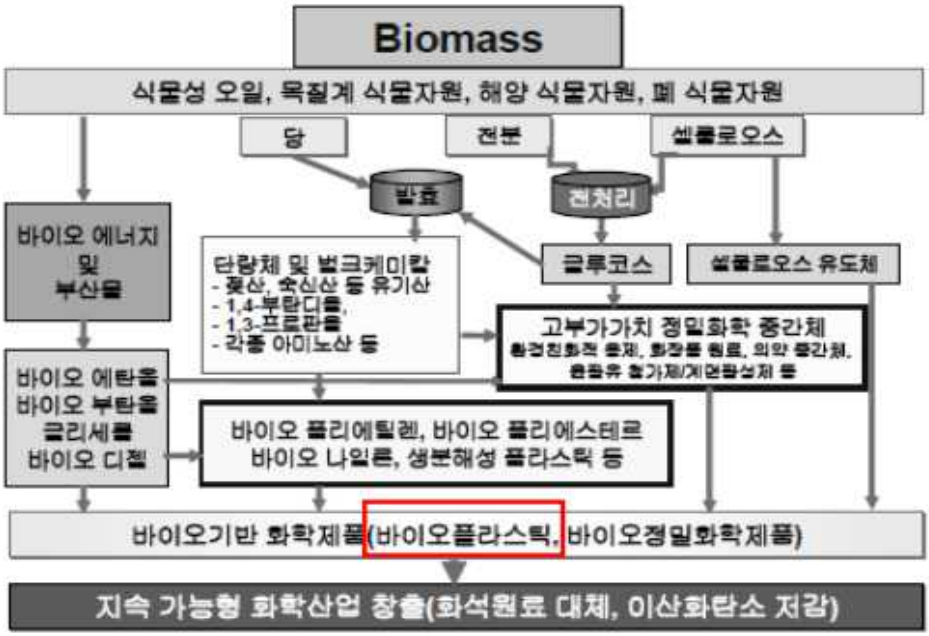
12) 강길선, 2021,「생분해성 플라스틱의 연구개발 현황과 시장 동향」
13) 삼성증권, 2021,「ESG 시대, 순환경제 플라스틱: 뿌린 씨를 거둘 때」.

2-3. 바이오플라스틱 원료 및 제조기술

2-3-1. 바이오플라스틱 원료

■ **다양한 바이오매스는 당, 전분, 셀룰로오스 등으로 전환되어 바이오플라스틱의 주요 원료로 사용됨**

● 바이오매스는 크게 육상 식물계와 해양 식물계로 나눌 수 있으며 최근 해조류를 비롯한 해양식물 유래 바이오매스가 육상식물의 취약점을 극복할 수 있는 가능성을 보이고 있음



〈 바이오매스 유래 제품 생산 흐름도 〉

❖ 출처: 한국고분자학회, 2019, '바이오매스를 활용한 고분자 소재 개발 동향'

● 바이오매스는 대기, 물, 토양, 광 등 자연 조건에서 광합성 작용을 통해 형성된 유기물로서, 특히 무한자원에 속하는 1년생 작물, 해조류, 산업 폐기물, 비식용계 유기성 폐자원이 주목받고 있으며 그 종류는 다음과 같이 분류할 수 있음[14)]

- (초본 에너지 작물) 성장하는데 2~3년이 소요되고 매년 수확이 가능한 다년생 작물로 스위치그래스, 미스컨터스, 대나무, 사탕수수, 벼과의 톨페스큐 코치아, 개밀 등
- (짧은 주기의 목본 작물) 5~8년이면 수확할 수 있는 속성의 활엽수로서 잡종 포플러, 잡종 버드나무, 은단풍, 미루나무, 녹색 물푸레나무, 검정호두나무, 풍나무, 시카모어 등
- (농작물) 옥수수 전분 및 옥수수유, 대두유와 대두가루, 밀전분, 기타 식물유

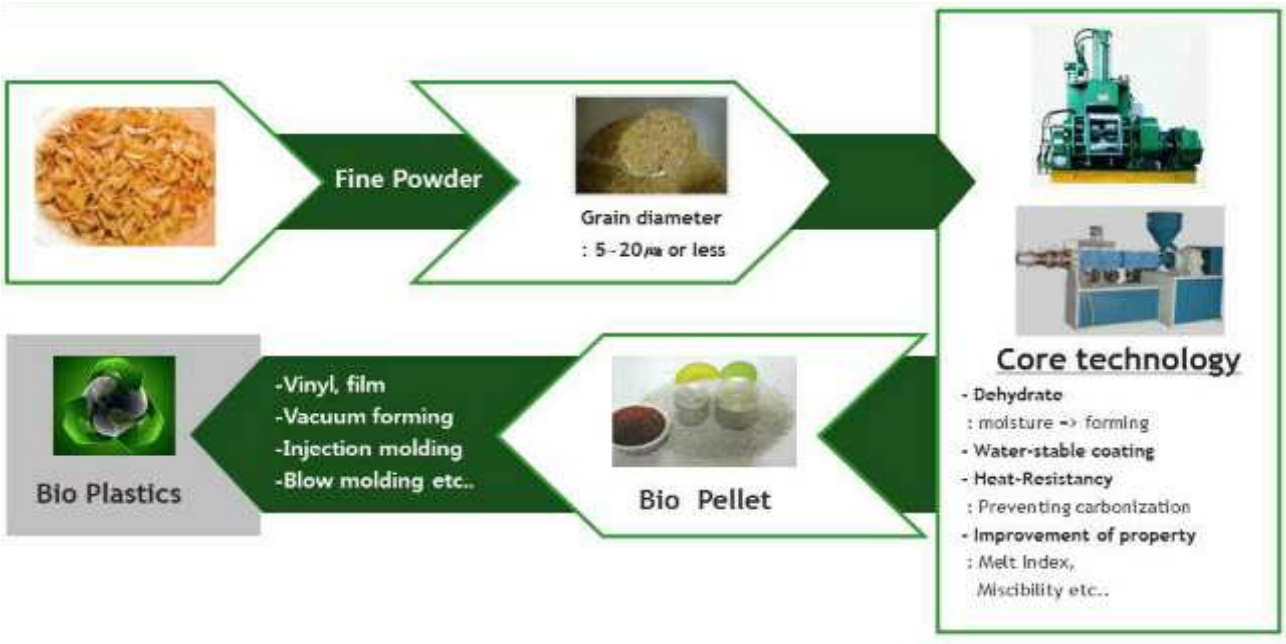
14) (사)한국바이오소재패키징협회 홈페이지, 바이오플라스틱 원료의 종류를 소개합니다, http://www.biopack.kr/info/info.php?id=bp33

- (수중 바이오매스 자원) 조류, 대형 해조류, 그 외 해초와 해양 미생물 등
- (산업 작물) 특정 산업의 화학물질을 생산하기 위해 개발 조성되는 작물로, 섬유질 추출용 커넵과 짚류, 리시놀산 추출용 피마자 등
- (농작물 찌꺼기) 추수되지 않거나 상업적인 유통과 거리가 먼 줄기나 이파리로, 옥수수대, 밀짚, 볏짚 등
- (임업 폐기물) 상업용의 침엽수, 활엽수 중 벌채되지 않았거나 벌목장에서 제외된 수림이나 수림 관리 작업에 의해 만들어지는 죽은 나무 등
- (부산물과 폐기물) 바이오매스 전과정에 걸쳐서 생겨나는 바이오매스 공정 폐기물로 총칭되는 부산물과 폐기물

2-3-2. 바이오플라스틱 제조기술

■ **바이오플라스틱의 제조공정은 바이오매스를 바이오 펠렛으로 만들고 고분자 중합과정을 거쳐 원료로 만드는 '원료생산' 단계와 해당 원료를 압출, 진공성형 등을 통해 제품으로 가공하는 '제품화' 과정으로 구분할 수 있음**[15)]

● 바이오매스를 5~20㎛의 크기로 분쇄→건조 및 내수성 부여 코팅→가소제 등 첨가제를 첨가→열화학 변성, 그라프트 결합→열가소성 바이오 펠렛 완성한→고분자 중합 과정을 통해 원료 생산→가공(압출, 진공성형 등)→플라스틱 제조



〈 바이오플라스틱 제조공정 〉

❖ 출처: (사)한국바이오소재패키징협회 홈페이지

15) (사)한국바이오소재패키징협회 홈페이지, 2023, biomagazine

● 바이오플라스틱 원료의 기초가 되는 바이오펠렛은 성형 및 생산성이 우수하여 사출 성형, 진공성형, 필름 등 활용 범위가 넓고 내열성이 우수하여 해외 수출 시 열에 의한 포장재 변형에 용이함



〈 바이오플라스틱 원료 펠릿 〉

❖ 출처: (사)한국바이오소재패키징협회 홈페이지

■ **원료생산 기술에는 식물·미생물 등 바이오매스를 당, 단백질, 지방산 등의 단량체로 물질화하는 '바이오매스 발효·전환 · 정제 기술'과 단량체를 중합하여 고분자화 하는 '바이오 고분자 중합기술'이 있음**[16)]

● **(바이오매스 발효기술)**은 당을 포함하고 있는 작물을 효모 또는 세균 등의 미생물로 발효시키는 기술로 '알코올 발효(Alcohol Fermentation)*', '메탄발효(Methane Fermentation)'등이 있음

* 알코올발표는 수분 함량이 높은 '식용작물', '조류계' 등을 취급할 때, 추가 건조공정이 필요하지 않아 효율적인 기술로 평가됨

● **(바이오매스 전환기술)**은 원료의 종류에 따라 적합한 기술이 요구됨

- 1세대 바이오매스의 전환은 곡물계 원료에서 직접 당으로 전환하는 기술로 간단함
- 2세대 바이오매스 목질계 원료의 경우 불규칙적이고 복잡한 분자구조를 갖는 리그닌과 헤미셀룰로오스는 제거하는 전처리를 거쳐야 하므로 비교적 복잡함
- 3세대 바이오매스 조류계(algae)는 바이오에탄올로 전환할 수 있는 셀룰로오스로 이루여져 있으며 리그닌 성분이 없어 공정이 간단한 장점이 있으나, 전환기술 수준이 1,2 세대에 비해 높지 않음

● **(바이오매스 정제기술)**은 전환과정을 거쳐 생산된 바이오매스 기초물질을 발효·정제시켜 '단량체(monomer)'의 형태로 변환시키는 기술로 주로 촉매, 발효공정을 통해 변환됨

16) 바이오플라스틱, https://surpriser.tistory.com/1606

- 석유정제 기술에 비해 분리시설에 대한 투자 규모가 작고, 공정 전환에 대한 유연성을 확보하여 비교적 유리한 생산이 가능하다는 장점이 있음

- **(바이오 고분자 중합기술**(Bio-polymer polymerization Technology))은 바이오매스 원료생산 공정을 통해 얻은 단량체를 중합(Polymerization) 과정을 통해 바이오고분자로 생산하는 기술임



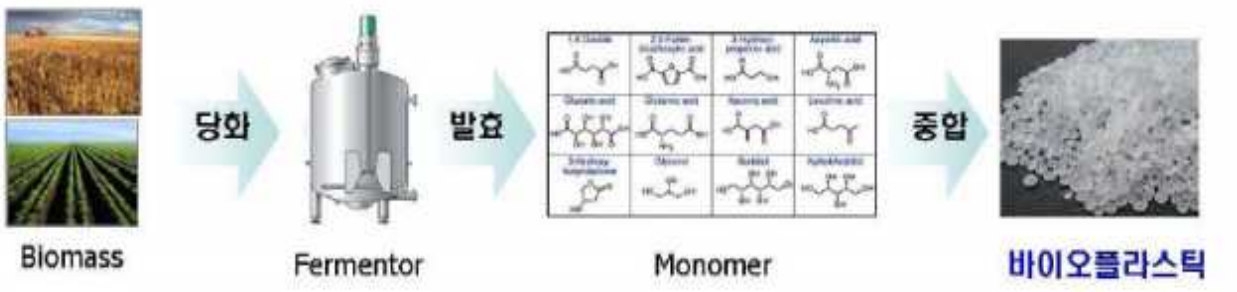
〈 PLA 제조 과정 〉

❖ 출처: 바이오플라스틱, https://surpriser.tistory.com/1606

■ **제품화 기술로는 원료를 플라스틱 제품으로 제조하는 '가공·성형기술'과 제품의 물성을 보완하고 생산성을 개선하는 '물성 보완 기술'이 있음**[17)]

- **(가공·성형 기술)**은 바이오 고분자 수지를 이용하여 복합재료를 제조하거나 성형 과정을 최적화하는 기술임

  - 기존 플라스틱 대비 낮은 열적, 물적 안정성을 극복하는 기술이 필요하므로, 기타 고분자와 결합하여 플라스틱의 생산성 개선, 최종생분해 기간 연장, 가격 경쟁력 상승 등의 효과 창출



〈 바이오매스 유래 단량체 중합형 바이오프라스틱 〉

❖ 출처: 화학소재정보은행, 내열성 바이오플라스틱 기술동향'

- **(물성 보완 기술)** 생분해성을 유지하면서 제품의 열적 안전성, 유연성, 투명성, 넓은 가공 온도 범위를 확보하여 물성과 생산성을 개선하는 **생분해성 가소제** 및 **상용화제 개발 생산 기술** 등을 말함

17) 바이오플라스틱, https://surpriser.tistory.com/1606

3 투자 및 정책

3-1. R&D 투자 동향

■ **최근 3년간(′21~′23년) 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)에 등록된 국가 R&D 과제 중 바이오플라스틱 관련 과제로는 118건이 검색되었음**

- 바이오플라스틱 관련 과제는 과학기술정보통신부 27건(22.9%), 산업통상자원부 20건(16.9%), 산림청 14건(11.9%), 중소벤처기업부 15건(12.7%), 교육부 9건(7.6%), 해양수산부 15건(12.7%), 기획재정부 2건(1.7%), 농촌진흥청 12건(10.2%), 농림축산식품부 3건(2.5%), 환경부 1건(0.8%) 으로 조사됨
- 바이오플라스틱 관련 기술은 과학기술표준분류로는 화공, 생명과학, 농림수산식품, 환경, 화학 순으로 분류되었으며, 6T관련기술분류로는 생명공정기술, 환경친화형소재, 농업 해양 생물자원 보존 및 이용기술, 기능성 바이오소재 기반 기술에 해당됨
- 주요 연구분야는 대사공학기술, 환경친화성 고분자, 바이오플라스틱, 바이오매스, 환경오염 유발물질 대체 물질 개발 등으로 조사됨

■ **정부R&D 투자는 3년간(′21~′23년) 바이오플라스틱 기술 개발을 위하여 약 757억 원을 투자하고 있음**

- 바이오플라스틱 분야에 지원된 정부연구비는 ′21년 **143억 원**, ′22년 **286억 원**, ′23년 **328억 원**으로 해마다 증가하고 있음
- 바이오플라스틱 관련 주요사업에는 ‘바이오매스기반 탄소중립형 바이오플라스틱 제품기술개발사업’이 있으며, ′22~′23년동안 산업부, 기재부, 과기부에서 총 **153.3억 원**을 투자하고 있음
- 산업부는 ‘산업혁신기반구축사업’ **66.4억 원**, ‘바이오산업기술개발사업’ **57.7억 원**, ‘소재부품기술개발사업’ **54.6억 원**, 해양수산부는 ‘해양바이오산업소재 국산화기술개발사업’ **35.2억 원**, 과기정통부에서는 ‘유용물질 생산을 위한 CarbontoX 기술개발사업’ **28.8억 원**, ‘나노·소재기술개발사업’ **25.8억 원**을 투자한 것으로 조사됨

  * 농식품부는 농업에너지자립형산업모델기술개발사업을 통해 바이오플라스틱 관련 과제에 21~22년 8.7억원 투자

〈 최근 3년간 바이오플라스틱 주요 사업별 정부 R&D 투자('21~'23) 〉

번호	사업명	정부투자연구비(억원)				비고(부처명)
		'21	'22	'23	계	
1	바이오매스기반탄소중립형바이오플라스틱제품기술개발	-	56.6	96.7	153.3	산업부, 과기정통부, 기재부
2	한국화학연구원연구운영비지원(R&D)	25.0	25.0	25.0	75.0	과기정통부
3	산업혁신기반구축	12.5	24.7	29.2	66.4	산업부
4	바이오산업기술개발	11.4	22.4	23.9	57.7	산업부, 과기정통부
5	소재부품기술개발	18.9	35.7	-	54.6	산업부
6	유용물질생산을위한Carbonto-X기술개발사업	15.0	14.5	13.8	43.3	과기정통부부, 기재부
7	해양바이오산업소재국산화기술개발	-	12.5	22.7	35.2	해수부
8	단계도약형탄소중립기술개발	-	14.2	14.2	28.4	과기정통부, 기재부
8	나노·소재기술개발(R&D)	5.3	10.5	10.0	25.8	과기정통부
9	한국생산기술연구원연구운영비지원(R&D)(주요사업비)	20.0	-	-	20.0	과기정통부
10	탄소중립산업핵심기술개발사업	-	-	19.5	19.5	산업부
11	농업정책지원기술개발사업	-	8.0	9.2	17.2	농진청
12	탄소저감형석유계원료대체화학공정기술개발사업	-	10.5	6.5	17.0	기재부
13	목재자원의고부가가치첨단화기술개발	8.4	8.4	-	16.8	산림청
14	개인기초연구(과기정통부)	4.9	4.4	7.2	16.5	과기정통부
15	생태모방기반환경오염관리기술개발(R&D)	5.3	5.3	5.7	16.3	환경부
16	바이오의료기술개발사업		15.0		15.0	과기정통부
17	중소기업기술혁신개발	2.1	4.1	2.9	9.1	중기부
18	방사선이용폐플라스틱저감기술개발	-	-	9.0	9.0	과기정통부
19	이공학학술연구기반구축	3.4	3.1	2.1	8.6	교육부
20	농업에너지자립형산업모델기술개발	3.2	5.0	-	8.2	농식품부
21	산림생물소재활용기반기술개발	-	-	7.5	7.5	산림청
22	우수기업연구소육성사업(ATC+)	-	-	5.4	5.4	산업부
23	집단연구지원(R&D)	5.0	-	-	5.0	과기정통부
24	산학연CollaboR&D	-	1.0	3.1	4.1	중기부
25	리빙랩활용기술개발사업	-	1.3	2.5	3.8	중기부
26	산업기술알키미스트프로젝트사업	-	-	3.8	3.8	산업부
27	지역특화산업육성+	2.0	-	1.7	3.7	중기부
28	창업성장기술개발(소부장회계)	-	-	2.4	2.4	중기부
29	농업과학기반기술연구	-	1.0	1.0	2.0	농진청
30	연구개발특구육성	-	1.9	-	1.9	과기정통부
31	작물시험연구	-	-	1.6	1.6	농진청
32	인재활용확산지원	-	0.9	0.6	1.5	과기정통부
33	공정품질기술개발	-	-	0.8	0.8	중기부
34	중소기업R&D역량제고	0.3	0.1	-	0.4	중기부
	총계	**142.7**	**286.1**	**328**	**756.8**	

❖ NTIS에 등록된 과제 중 '바이오플라스틱, 바이오매스, 생분해성'으로 키워드 검색된 118개 과제를 정부투자연구비 기준 사업순으로 정리함(2023년 12월 25일 검색)

3-2. 국내 정책 동향

■ **바이오산업 활성화, 플라스틱 문제 해결, 탄소중립 추진 등을 위한 중장기 대책을 관계부처 합동으로 마련하였으며 산업계와의 협력 확대를 추진하고 있음**

■ **생명공학분야 최상위 법정 계획으로 '제4차 생명공학육성 기본계획(2023-2032)'을 확정하고('23.6.), 바이오경제 선도국으로 도약하기 위해 바이오 전 분야, 기술개발 전 단계에 걸친 종합적인 지원정책을 마련함[18)]**

● 과학기술정보통신부 주관으로 15개 부·청* 공동으로 생명과학/레드바이오/ 그린바이오/화이트바이오/인프라/법제도의 6개 분야에 대해 종합적인 계획을 수립함

* 기획재정부, 교육부, 과학기술정보통신부, 외교부, 농림축산식품부, 산업통상자원부, 보건복지부, 환경부, 해양수산부, 중소벤처기업부, 식품의약품안전처, 특허청, 질병관리청, 농촌진흥청, 산림청

- 그린바이오의 농생명 자원 및 기타 산업소재, 화이트바이오의 바이오 소재, 바이오 플라스틱 관련 사항이 해당됨

● 바이오분야 기술수준을 2020년 77.9%에서 2030년까지 85%로 끌어올리고, 국내 바이오산업 생산규모를 2020년 43조 원에서 2030년 100조 원 규모로 성장시키는 것을 주요 목표로 함

비전	**바이오 대전환시대, 디지털융합·전략적 R&D· 스케일업을 통해 2030 바이오경제 선도국으로 도약**
핵심 목표	**❶ 바이오 분야 기술수준 : ('20) 77.9% → ('30) 85%** **❷ 바이오 기술창업(연간) : ('20) 399건 → ('30) 1,000건** **❸ 바이오 산업 생산규모 : ('20) 43조원 → ('30) 100조원**

〈 생명공학육성 기본계획 비전 및 목표 〉

❖ 출처: 관계부처합동, 2023, 제4차 생명공학육성 기본계획('23~'32)(안)

● 합성생물학의 핵심 인프라인 바이오 파운드리, 바이오 데이터의 수집·관리·공유를 위한 바이오데이터 스테이션(K-BDS), 디지털트윈 가상실험 플랫폼 등 바이오제조 혁신을 위한 인프라를 구축함

- 바이오 파운드리 : 1단계 국가 전략분야 바이오 파운드리, 2단계 농식품·에너지 등 분야별 특화 바이오파운드리 구축을 통해 '30년까지 바이오제조 기반을 확보함

18) 관계부처 합동, 2023, 제4차 생명공학육성 기본계획('23~'32)(안)

- 탄소중립 등 지속가능한 경제를 목표로 바이오 플라스틱과 바이오 연료 개발 등 석유 중심 생산을 바이오 기반으로 대체함
- 바이오소재 국산화 및 바이오생태계 활성화를 위해 지역 기반의 바이오경제 거점인 바이오 클러스터 육성을 강화함

■ **산업통상자원부는 바이오신소재, 바이오에너지, 디지털바이오 등 바이오 신산업 본격 육성을 위해 '바이오경제 2.0'을 발표함('23.7.)[19]**

- 기존 의약품 중심의 '바이오경제 1.0'을 넘어 2030년 바이오경제 생산 100조 원을 목표로 ①바이오의약품, ②바이오신소재, ③바이오에너지, ④디지털바이오, ⑤바이오경제 기반 등 5대 분야의 추진방향을 제시함



〈 바이오경제 2.0 비전 및 추진방향 〉

❖ 출처: 산업통상자원부, 2023, 바이오경제 2.0 추진방향

- 바이오경제 2.0의 구체화 및 추진을 위해 정부와 관련 산업계 · 단체 · 기관은 '바이오경제 민관 얼라이언스'를 출범함
- 바이오플라스틱은 2020년 '범부처 바이오산업 혁신 TF'가 마련한 '화이트바이오 산업 활성화 전략'의 연장선에서 바이오신소재 범주에서 산업을 육성할 계획임
  - ①생분해성 플라스틱의 환경표지인증 유효기간 연장, 기준 세분화 추진 등을 통해 바이오신소재 시장 창출, ②바이오가스화 실증, 표준개발 등 생분해성 플라스틱 산업기반 마련, ③생분해 · 바이오매스 기반 섬유·식품 기술개발과 사업화 촉진 등

19) 산업통상자원부, 2023, 바이오경제 2.0 추진방향

■ **환경부는 2050 탄소중립을 위해 '전 주기 탈(脫)플라스틱 대책'을 발표하고('22.10.), 2025년까지 폐플라스틱 발생을 2021년 대비 20% 감축하는 목표를 제시함('21년 492만 톤 → '25년 393만 톤)[20]**

- Post-플라스틱 시대 준비를 위해 ①대체서비스 기반 일회용품 감량, ②온전한 재활용, ③재생원료, 대체재 산업 및 육성, ④국제사회 책무이행을 추진과제로 설정함

비전	2024년 이후 본격화될 Post-플라스틱 시대 준비
방향	■ **코로나 시대 극복** : 포장재·용기 분야에 역량 집중 ■ **탈플라스틱 기반 구축** : 대체 시장·서비스 확대, 재활용 고도화
목표	■ **2025년까지 폐플라스틱 발생 20% 감축**('21년 대비) * (폐플라스틱 발생량) '21년(492만톤(잠정)) →→ '25년(393만톤)

	'20년	'23년	'25년
재생원료 사용률(PET 등)	0.2%(추정)	3%	10%
물질재활용률(생활플라스틱)	18%(추정)	20%	25%
소각형재활용 비중(생활플라스틱)	69%	65%	55%
바이오플라스틱 기술수준 (최상위국(미국) 대비)	85%	87%	90%

〈 **전 주기 탈(脫)플라스틱 대책 비전 및 목표** 〉

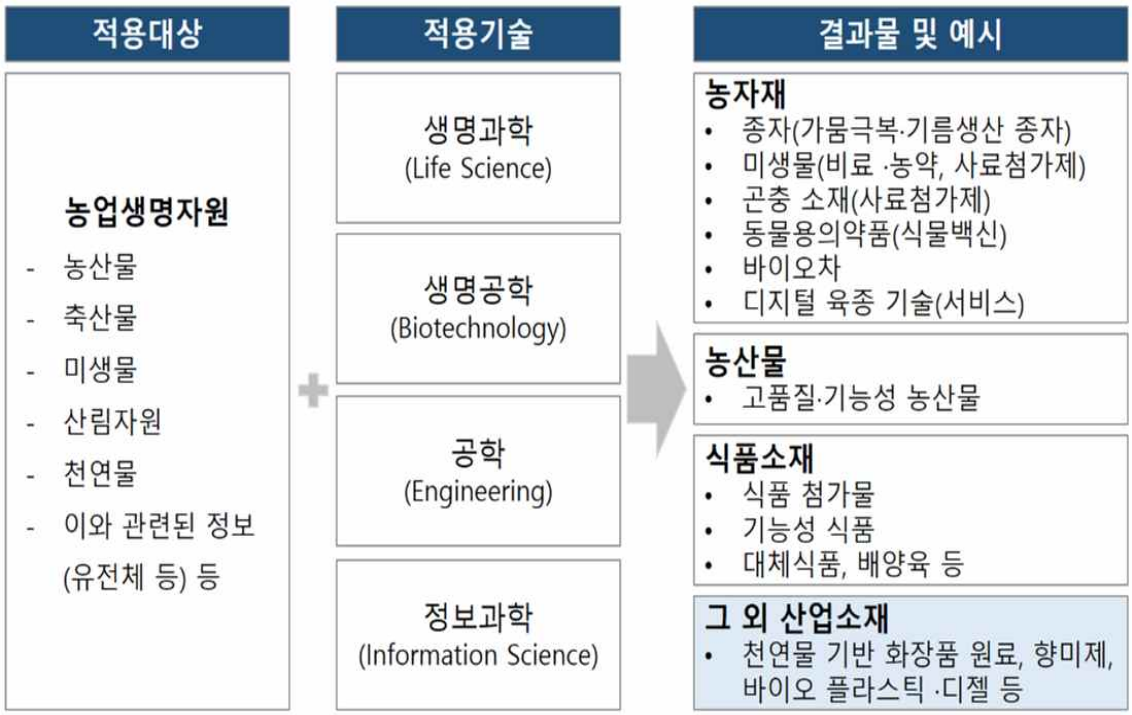
❖ 출처: 관계부처 합동, 2022, 전 주기 脫플라스틱 대책

- 플라스틱의 소비를 줄이고 재활용을 확대하는 플라스틱 순환경제로의 전환을 위해 플라스틱 제품의 설계·생산·유통·소비·처리까지 전 주기 R&D 지원을 강화함
  - ①석유기반 대체 바이오기반 플라스틱 개발, ②재활용이 용이한 순환형 설계 및 제품 개발, ③선별효율 고도화, 물질 및 화학적 재활용 고효율화 기술 등
- 생분해성 플라스틱 인증기준을 세분화하고 바이오베이스 플라스틱 환경표지 인증기준량을 지속적으로 확대함
  - 생분해성 인증기준: 기존 산업퇴비화 조건(온도 58±2℃, 산소농도 6%이상 등에서 180일 이내 90%이상 분해)에 토양조건('22.12.)과 해양조건(~'23.)을 추가함
  - 바이오베이스 플라스틱 환경표지인증 기준량: 바이오매스 함량 기준을 20%(기존) → 40%('22년 하반기) → 100%('50년)로 지속적으로 확대함

20) 관계부처 합동, 2022, 전 주기 脫플라스틱 대책

■ **농림축산식품부는 '제3차 농림식품과학기술육성 종합계획('20~'24)'을 기반으로 '그린바이오산업 육성 전략'을 수립하고('23.2.) 농생명 자원을 활용한 소재 개발을 포함하여 바이오 기반 농식품 산업에 대한 비전 및 추진전략을 발표함[21)]**

● 그린바이오 산업은 농생명 자원에 생명공학기술 등을 적용하여 농업 및 전후방산업 전반에 대해 부가가치를 창출하는 신산업으로 정의하고 광범위하게 농자재, 기능성농산물, 식품소재, 그 외 산업소재를 포함하고 있음



〈 그린바이오 산업의 범위(예시) 〉

❖ 출처: 농림축산식품부, 2023, 그린바이오 산업 육성 전략, KPGP 재구성

● 바이오 기반 농식품 'New Value Chain' 육성을 비전으로 하여 6대 주요 분야와 12대 핵심전략기술을 설정하고 ①그린바이오 산업화 촉진, ②혁신기술 개발 및 인력양성, ③그린바이오 산업 생태계 조성의 3대 추진전략을 수립함

- 6대 주요 분야: 종자, 동물용의약품, 미생물(마이크로바이옴), 식품소재, 곤충, 천연물 유래 소재
- 12대 핵심전략기술: (공통 · 기반) 마이크로바이옴, 합성생물학, 유전자편집, 디지털육종, 품질 · 안전 기술, (응용 · 산업화) 대체식품 · 메디푸드, 바이오사료, 바이오 농약 · 비료, 동물용 바이오의약품, 발효산물 소재개발, 산업용 소재개발, 의약용 소재개발

21) 농림축산식품부, 2023, 그린바이오 산업 육성 전략



〈 바이오 기반 농식품「New Value Chain」육성 정책 〉

❖ 출처: 농림축산식품부, 2023, 그린바이오 산업 육성 전략, KPGP 재구성

■ **국내 바이오플라스틱 인증은 ㈔한국바이오소재패키징협회에서 생분해성 플라스틱과 바이오베이스 플라스틱을 구분하여 인증하고 있으며, 환경표지*인증에 대해서는 환경부 고시 기준으로 한국환경산업기술원의 평가를 거쳐 인증하고 있음**

* 환경표지: 같은 용도의 다른 제품에 비해 '제품의 환경성'을 개선한 경우 그 제품에 로고(환경표지)를 표시함으로써 소비자에게 환경성 개선 정보를 제공하고, 소비자의 환경표지제품 선호에 부응해 기업이 친환경제품을 개발·생산하도록 유도해 자발적 환경개선을 유도하는 인증제도[22)]

● 생분해성 인증은 국제표준 ISO14855를 국내 상황에 맞게 수정 보안한 국가표준 KS M ISO 14855-1('07년 제정, '18년 최종 개정)을 기준으로, 바이오베이스 인증은 2011년부터 미국 농무성(USDA) 기준을 준용하여 실시하고 있음

22) 한국환경산업기술원(KEITI), 환경표지인증, https://ecosq.or.kr/websquare.do#w2xPath=/ui/cer/ic/oa/ICOA110M01.xml&valVl=0&menuSn=20011100

〈 국내 바이오플라스틱 인증 기준 〉

구분	생분해성	바이오베이스
인증기준	KS M ISO 14855-1	KBMP 0107, ASMP D6866
인증기관	한국바이오소재패키징협회(KBMP)	
인증종류	· bio think green	· Bio Based Product
인증로고		
적합기준	6개월 이내 90% 이상 생분해	Biobased 탄소 함량 25% 이상

❖ 출처: ㈔한국바이오소재패키징협회 홈페이지 내용을 참고하여 KPGP 재구성

- 환경표지인증은 환경부고시 '환경표지대상제품 및 인증기준'에 따라 생분해성 플라스틱과 바이오베이스 플라스틱을 구분하여 실시하고 있음
  - 단, '환경표지대상제품 및 인증기준' 개정안('22.1.3. 시행)에 따르면 바이오플라스틱 중 1회용품은 인증에서 제외되고 잔여 인증기간에 상관없이 '24년 12월 31일부로 인증을 종료함
  - 또한, 환경부의 '전 주기 탈(脫)플라스틱 대책'('22.10. 발표)에 따르면 바이오기반 플라스틱 환경표지 인증 기준량을 지속적으로 확대하고 생분해성 플라스틱 인증기준을 세분화하기로 함

〈 국내 바이오플라스틱 환경표지인증 기준 〉

구분	생분해성	바이오베이스
인증기준	환경표지 EL 724	환경표지 EL 727
인증기관	한국환경산업기술원(KEITI)	
인증종류	환경표지(친환경)	
인증로고		
적합기준	온도 58±2℃, 산소농도 6%이상 등에서 180일 이내 90%이상 분해(산업용퇴비화 조건)	바이오매스 함량 20%이상
변경기준	산업용퇴비화 조건에 토양조건과 해양조건이 추가될 예정	바이오매스 함량 기준을 40%('22년 하반기) → 100%('50년)로 지속적으로 확대 예정

❖ 출처: 관계부처 합동, 2022, 전 주기 脫플라스틱 대책 내용을 참고하여 KPGP 재구성

3-3. 주요국의 정책 동향

■ **(미국) 2030년까지 석유 소비량 30%를 바이오화학제품으로 대체하는 것을 목표로 제시하고 바이오플라스틱을 포함한 바이오 관련 제품 개발을 위한 연구개발을 지원하고, 바이오 자원의 사용 확대 바이오 기반 제품 구매를 촉진함**

- 바이든 행정부는 '생명공학과 바이오제조업 발전에 대한 행정 명령('23.3.)'에서 20년 이내에 플라스틱의 90%를 바이오기반 대체품으로 교체하는 목표와 R&D 요구사항을 제시함[23)]
  - 플라스틱 폐기물과 같은 폐자원, 특히 현재 재활용되지 않는 다성분 폐기물(multi-component waste)을 재활용하고 업사이클링하기 위한 공정 개발 및 규모 확장을 위한 R&D를 확대함
  - 플라스틱과 같은 소재를 설계하거나 재설계하여 수명이 다한 제품의 재활용성과 퇴비화 가능성을 증가시키도록 개선함
  - 합성, 제조, 폴리머 가공에서부터 재료 및 화학합성, 재활용을 위한 인라인 응용 테스트에 이르기까지 새로운 기술을 테스트하기 위한 파일럿 스케일업 시설을 구축함
- 미국 에너지부(DOE)는 'Strategy for Plastics Innovation(SPI, '23.1.)'을 통해 플라스틱 재활용 기술과 설계단계에서부터 재활용이 가능한 새로운 플라스틱 및 바이오플라스틱 제조기술을 개발하기 위한 비전과 전략목표를 제시함[24)]
  - 분해(Deconstruction): 플라스틱을 유용한 화학 중간체로 효율적으로 분해하기 위한 새로운 화학적, 열적, 생물학적/하이브리드 경로를 생성함
  - 업사이클링(Upcycling): 플라스틱 폐기물의 화학 중간체를 고부가가치 제품으로 업사이클링하는 새로운 기술을 뒷받침할 과학적 기술 기반을 발전시킴
  - 재활용 가능한 설계(Recyclable by Design): 현대 플라스틱의 특성을 가지면서도 업사이클링이 쉽고 국내에서 대규모로 생산이 가능한 신재생 플라스틱과 바이오플라스틱을 설계함
  - 확장 및 배포(Scale and Deploy): 기존의 재활용 기술을 개선함과 동시에 기업이 국내 및 글로벌 시장에서 새로운 기술을 확장하고 배포할 수 있도록 하도록 하여 에너지 및 재료 효율이 높은 국내 플라스틱 공급망을 지원함

23) The White House, 2023, BOLD GOALS FOR U.S. BIOTECHNOLOGY AND BIOMANUFACTURING
24) U.S. Department of Energy, 2023, Strategy for Plastics Innovation

- 바이오플라스틱을 포함한 바이오 제조경쟁력 강화를 위한 합성생물학 기반의 바이오파운드리* 기술 개발을 추진함[25)]

  * 바이오파운드리(biofoundry)는 합성생물학에 로봇·AI를 도입하여 새로운 바이오 시스템 제작을 위한 설계(Design)-제작(Build)-시험(Test)-학습(Learn)의 각 단계를 자동화하고 고속·고처리량으로 구동하는 시스템[26)]

  - 미국 에너지부(DOE)는 2016년 미국 7개 국립연구소가 연합한 공공 바이오파운드리 Agile Biofoundry를 설립하고 바이오 제품 개발 및 상용화 기간 50% 단축을 목표로 바이오플라스틱 단량체 등 바이오 제조기술 고도화를 집중 지원함

- 미국 농무성(USDA)은 'BioPreferred Program'을 통해 연방 기관이 바이오기반 제품을 의무적으로 구매하도록 하고, 소비자가 바이오기반 제품을 쉽게 식별할 수 있도록 정보를 제공함[27)]

  - 2002년 농업법안에 의해 만들어졌으며 2018년 농업 개선법의 일부로 재승인 및 확장된 프로그램으로 바이오기반 제품의 구매 및 사용을 늘리는 것을 목표로 함

  - 연방정부 의무 구매: 연방법, 대통령 행정명령 등에 따라 모든 연방 기관은 미국 농무성(USDA)이 지정한 카테고리의 바이오 기반 제품을 구매해야 하며, 2005년 5개에서 2023년 현재 139개의 카테고리로 확대함

  - 자발적 라벨링 계획: 소비자들이 쉽게 인지할 수 있는 바이오 인증제와 라벨을 도입하는 등 바이오 제품 사용 촉진 제도를 시행함

- 2002년 미국 농무성(USDA)에서 바이오베이스 플라스틱 인증을 시작하였고 이후 일본, 벨기에, 독일, 한국 등에서 인증함[28)]

  - 유기탄소로 측정하여 바이오매스 70% 이상인 경우 인증마크에 FP라고 표기하여 연방법에 따른 우선 구매 제품으로 분류함

■ **(EU) 순환경제로의 전환을 목표로 민관 협력의 Road to Bio 프로젝트를 통해 2030년 화학 원료의 25%를 바이오기반 제품으로 대체하기 위한 기술개발 로드맵을 수립함**

- 'Policy Framework for biobased, biodegradable and compostable plastics ('22.11.)'을 통해 플라스틱이 공해, 기후 변화, 다양성 손실을 악화시키는 것이 아니라 긍정적인 환경 영향을 발현함으로써 지속 가능성을 확보할 수 있도록 관련 요건을 설정함[29)]

25) 한국과학기술기획평가원, KISTEP 브리프 28, 2022, 바이오플라스틱
26) 한국바이오협회(KBPA), 2022, 합성생물학의 핵심 허브 : 바이오파운드리
27) 미국농무부(USDA), The BioPreferred Program, https://www.biopreferred.gov/BioPreferred/faces/pages/AboutBioPreferred.xhtml
28) 한국과학기술기획평가원, KISTEP 브리프 28, 2022, 바이오플라스틱
29) 한국산업기술진흥원(KIAT), 2022, 산업기술정책브리프, 바이오기반 플라스틱에 대한 EU 정책 프레임워크

- (바이오베이스) 실제 바이오매스* 함유량을 파악할 수 있도록 제품 내 바이오베이스 플라스틱 함량 비율이 정확히 제시된 경우에만 '바이오베이스' 용어 사용을 허용함

  * 바이오매스와 관련해 ①환경에 악영향을 미치지 않는 지속 가능한 방식으로 공급, ②지속가능성 기준을 준수하여 조달, ③생산자는 원료에 유기 폐기물과 부산물을 우선 사용 등을 명시하도록 함

- (생분해성) 생분해성 플라스틱 사용이 쓰레기 배출을 허용하는 것으로 간주되어서는 안 되며, 생분해에 필요한 기간, 상황·환경 조건을 표시하는 라벨의 필수 부착을 규정하고, 폐기물이 될 가능성이 있는 제품은 생분해성이라고 주장하거나 해당 라벨의 부착이 불가함

- (퇴비화 가능성) 환경적 이점을 보유하고 퇴비의 품질에 부정적인 영향을 미치지 않으며 적절한 바이오 폐기물 수집·처리 시스템이 존재하는 경우에만 '산업적 퇴비화가 가능한 플라스틱'으로 간주함*

  * 티백, 필터 커피 포드, 과일·야채 스티커, 경량 비닐봉투만 '산업적 퇴비화 가능' 포장을 사용할 수 있으며, 관련 인증 획득 여부를 반드시 표시하도록 함

- **유럽 그린딜과 기존 순환경제 패키지 연장선에서 '신(新)순환경제 실행계획(New Circular Economy Action Plan)'을 발표함('20.3.)[30]**

  - 유럽그린딜에서는 2050년까지 탄소중립 달성을 위해 ①에너지 탈탄소화, ②산업육성과 순환경제 구축, ③건축·운송분야 에너지 효율 강화, ④식품안전, ⑤생물다양성 보호 정책을 제시함

  - 제품설계에서 재활용단계까지 전 생애주기를 고려하는 '신순환경제실행계획'에서 탈(脫)플라스틱의 핵심과제는 플라스틱 선형경제에서 순환경제(제품설계→생산→소비→폐기물 관리→재활용)로 이행하는 것이 목표임

- **'Horizon 2020' 프로그램 내 'BBI-JU(Bio-based Industries Joint Undertaking)'사업의 'Road to Bio' 프로젝트를 통해 바이오매스 기반 소재 상용화 추진 및 2030년 화학 원료의 25%를 바이오 기반 제품으로 대체하기 위한 기술개발 로드맵을 수립함**

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

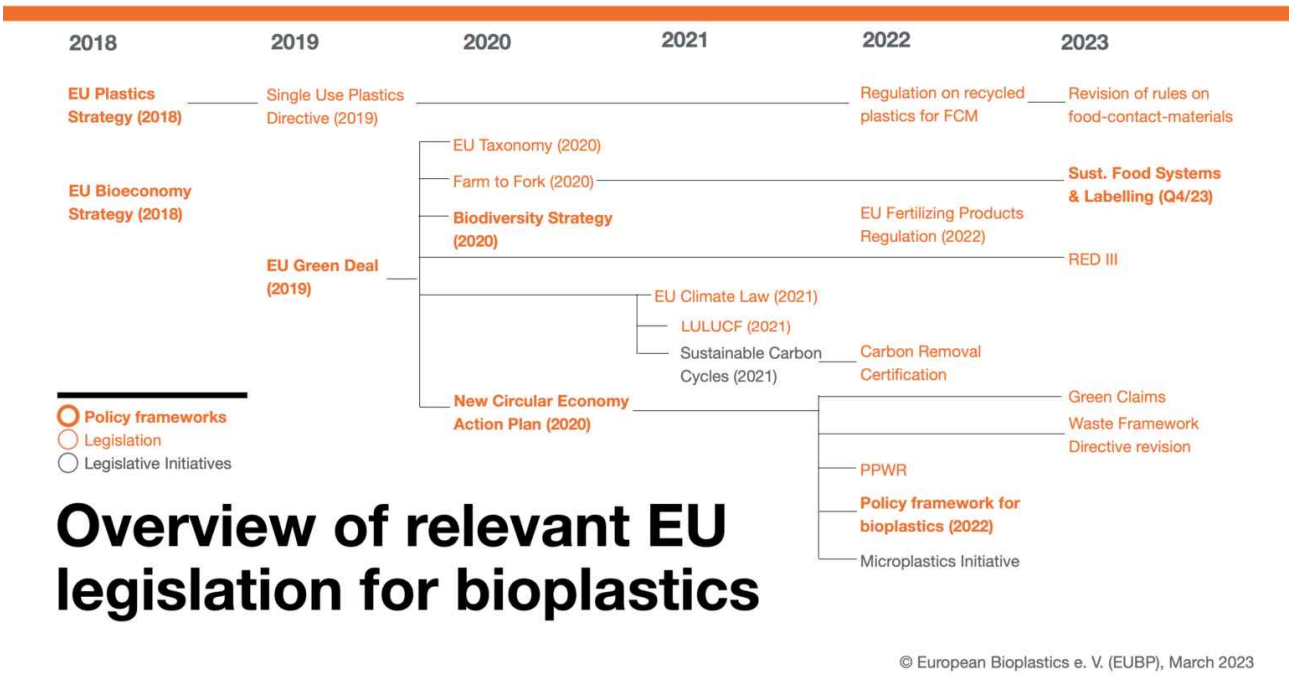
  - 시장규모, 지속가능한 원동력 및 한계점 분석을 통해 유럽의 'Road to Bio'에서는 바이오 기반의 화학물질 생산 효율 증대를 통해 가격을 낮추는 단기에서 장기에 이르는 연구개발 투자를 계획함

30) 한국과학기술기획평가원, KISTEP 브리프 28, 2022, 바이오플라스틱

- ‘Horizon 2020’ 프로그램 내 ‘BIO n Top’ 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 있음

- ‘EU Plastics Strategy(’18.1.)‘를 통해 플라스틱에 대한 보다 지속 가능하고 안전한 소비 및 생산 패턴을 지원하여 환경을 보호하고 해양 쓰레기, 온실가스 배출, 수입 화석 연료에 대한 의존도를 줄이는 것을 목표로 설정함[31)]

  - ①비즈니스에 이득이 되는 재활용, ②플라스틱 폐기물 억제, ③혁신과 투자 촉진, ④글로벌 변화 촉진을 실천계획으로 설정하고 다양한 과제를 수행하고 있음



〈 EU 바이오플라스틱 관련 법규 〉

❖ 출처: 유럽바이오플라스틱협회(European Bioplastics Association) 홈페이지

■ (일본) 2030년까지 일회용 플라스틱 쓰레기 배출량 25% 삭감을 목표로 중장기 로드맵 수립 등 자원순환 및 생분해성 플라스틱 개발에 중점 지원함[32)]

- 일본 농림수산성은 ‘바이오매스 활용 추진 기본계획’을 개정하고(‘22.9.), 바이오매스 산업이 전체 제품·에너지 산업에서 차지하는 시장 점유율을 현재 1%에서 ’30년 2%로 신장하는 목표를 설정함[33)]

31) EU 공식웹사이트, Plastics strategy, https://environment.ec.europa.eu/strategy/plastics-strategy_en
32) 한국과학기술기획평가원, KISTEP 브리프 28, 2022, 바이오플라스틱
33) 한국산업기술진흥원(KIAT), 2022, 산업기술동향워치, 일본 바이오매스 활용 추진 기본계획 개정

- 하수 슬러지를 포함한 종합적인 바이오매스 이용 및 바이오 플라스틱 등의 신기술 개발을 통해 바이오매스 산업을 창출함으로써 농어촌 활성화, 지구온난화 방지 등을 뒷받침하는 데 중점을 두고 있음

- ‘바이오전략 2020’ 시장 분야 정책 확장판을 발표하여(’21.1.) 고성능 바이오소재, 바이오플라스틱(53.3조엔) 등의 시장 분야별 규모 확대 목표를 제시함
  - 일본 경제산업성은 ‘2050년 탄소중립을 실현하기 위한 녹색성장전략’을 수립하고 바이오연료, 바이오매스 소재 등을 탄소순환을 위한 육성 산업으로 선정함
- ‘플라스틱 자원순환 전략’을 수립하고(’19.5.) 2050년까지 중장기 바이오 플라스틱 도입 로드맵을 마련함
  - 2035년 폐플라스틱 재활용률 100%를 목표로 하여 해양 생분해성 플라스틱 개발을 지원함
- G7 환경해양 에너지 장관회의에서 일본은 바이오플라스틱의 연간 생산량을 2030년까지 197만톤으로 늘리는 계획을 발표함(‘18.9.)
  * 일본 바이오플라스틱협회에 따르면, 2017년 바이오플라스틱 생산량은 약 4만톤

■ **(중국) 2020년 ‘2060년 탄소중립’ 목표 달성을 위해 탄소배출권 거래 시장을 개설하고 녹색기술 혁신체계 구축을 발표함[34)]**

- 2021년부터 2025년까지 진행되는 ‘중국 14차 5개년 계획’ 발표(’21.3.)를 통해 바이오화학을 중국 차세대 경제성장 동력산업으로 집중 육성할 것을 제시함
- 2020년 국가발전개혁위원회와 생태환경부에서 공동으로 ‘플라스틱오염 관리강화 방안’을 발표하고 일회용 플라스틱 제품 사용 금지제도 시행에 따라 생분해성 바이오플라스틱 관련 산업이 급성장할 것으로 예상함
  - 농업용 비닐, 일회용 식기 부문을 생분해성 플라스틱으로 대체하기 위해 농업용 비닐 관리 방법(농업부, ’20년), 플라스틱 제품 관련 금지 세분화 기준(범부처, ’20년) 등을 발표함

34) 한국과학기술기획평가원, KISTEP 브리프 28, 2022, 바이오플라스틱

■ 바이오플라스틱에 대한 인증은 생분해성 플라스틱과 바이오베이스 플라스틱을 구분하여 인증하고 있으며, 국가별로 인증기준에 큰 차이점은 없는 것으로 나타남

● 생분해성 인증은 생분해수지 함량 기준 70% 이상을 규정하고 있는 국제표준 ISO14855를 중심으로 각국에서 일부 수정 보완하여 사용하고 있으며, 일본의 경우에만 생분해수지 함량 기준이 50% 이상임

〈 국가별 생분해성 인증 기준 〉

국가	유럽		미국	일본
인증기준	EN 13432		ASTM D6400	JISK 6953
인증기관	TUV AUSTRIA	DIN CERTCO	BPI	JBPA
인증종류	· OK compost Industrial/HOME · Seedling · OK biodegradable SOIL/WATER/ MARINE	· Industrial/HOME compostable products · Seedling · Biodegradable in Soil · Additive acc. to EN 13432	· Compostable product	· 생분해성프라
인증로고				
적합기준	① 유해물질 분석(chemical analysis) ② 생분해성 시험(biodegradation): 최대 6개월 이내에 90% 이상 생분해 ③ 붕괴 시험(disintegration): 최대 12주 이내에 90% 이상 분해 및 퇴비화 (2mm이상의 조각이 최대 10% 미만) ④ 환경독성 시험(Eco toxicity): disintegration 시험에서 얻은 퇴비에 씨앗 발아 시험 진행 ⑤ 지렁이 독성 시험(Worm toxicity test): ABA 인증 시에만 진행. 지렁이 생존율 90% 이상			생분해수지 45% 이상 +5% 유독 비유기소재

❖ 출처: 한국바이오플라스틱협회와 ㈔한국바이오소재패키징협회 홈페이지 내용을 참고하여 KPGP 재구성

● 바이오베이스 인증을 위한 국제표준은 ISO 472를 기준으로 하고 있으나 biobased 탄소 함량(바이오매스 함량)에 대한 기준은 국가별로 상이함

〈 국가별 바이오베이스 인증 기준 〉

국가	유럽		미국	일본
인증기준	EN 16640, ASTM D6866		ASTM D6866	JISK 6953
인증기관	TUV AUSTRIA	DIN CERTCO	USDA	JBPA
인증종류	· OK biobased	· DIN-Geprüft biobased	· USDA BioPreferred Program	· 바이오매스프라
인증로고				
적합기준	① TC(Total Carbon) 함량 30% 이상 ② biobased 탄소 함량 20% 이상	① 유기물 함량 50%이상 ② biobased 탄소 함량 20% 이상	Category 별, 최저 biobased 탄소 함량 다름(최소 25%)	biobased 탄소 함량 25% 이상

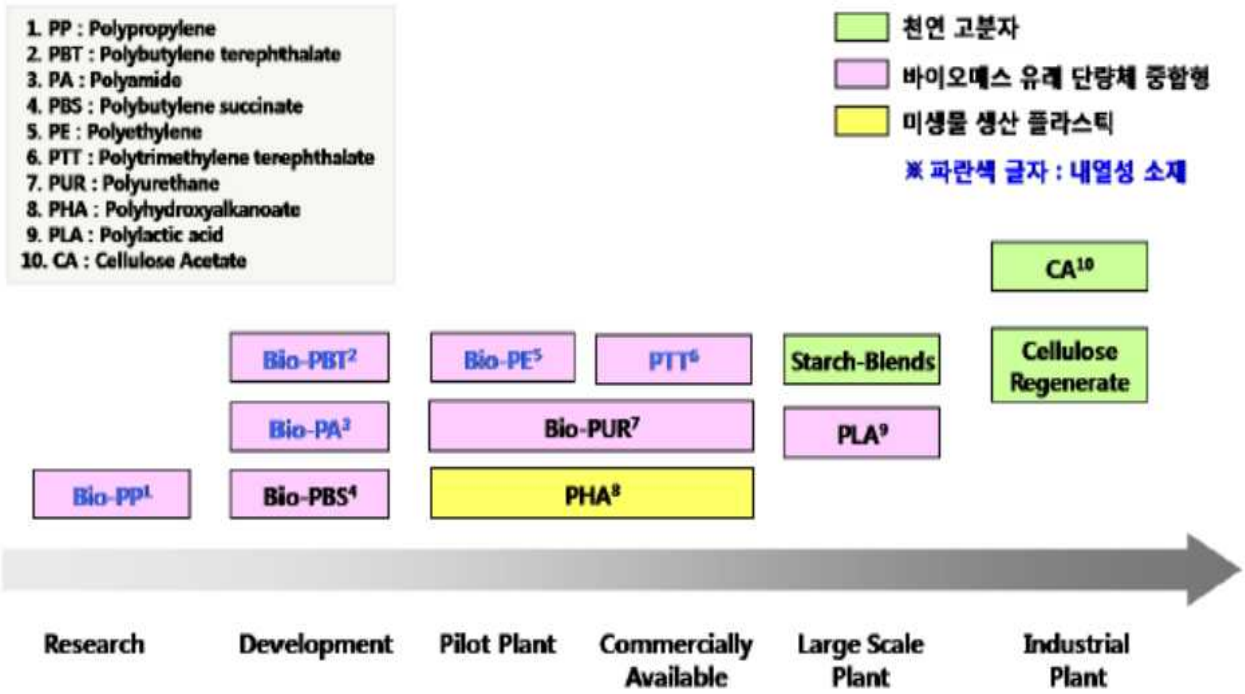
❖ 출처: 한국바이오플라스틱협회와 ㈔한국바이오소재패키징협회 홈페이지 내용을 참고하여 KPGP 재구성

4 산업 · 기술 동향

4-1. 바이오플라스틱 개발현황

■ **국내외에서 이미 산업화 수준으로 개발이 진행된 생분해성 플라스틱의 특성 보완을 위한 기술개발에 더하여 다양한 바이오베이스 플라스틱 소재 및 제품 개발로 연구범위가 확대되고 있음**

- 기존 생분해성 플라스틱의 단점으로 지적된 조기 생분해, 약한 물리적 성질, 높은 가격 등을 극복하기 위해 열성, 가공성, 내충격성을 보완한 제품들의 개발을 진행하고 있음
- 또한 기존에 전분 등 식량자원을 활용한 바이오매스 플라스틱 이외에 유기성 폐자원을 활용한 바이오플라스틱 소재에 대한 연구도 추진 중

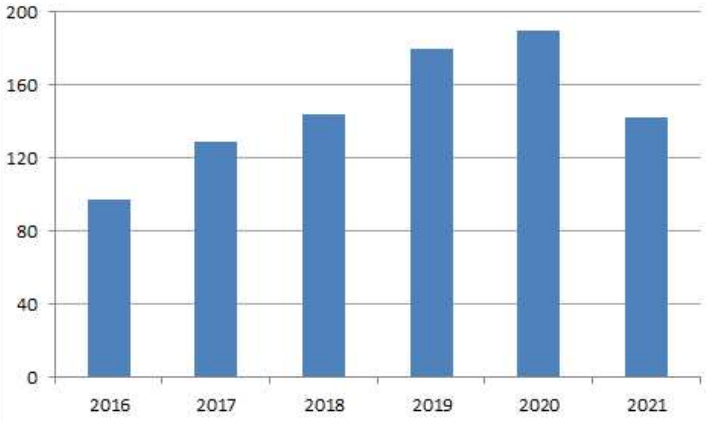


〈 바이오플라스틱 종류 별 개발 단계 현황 〉

❖ 출처: 화학소재정보은행, 2019, '내열성 바이오플라스틱 기술동향'

■ **미생물을 활용해 기존 플라스틱보다 훨씬 빠르게 분해되는 생분해 플라스틱 관련 특허출원은 2016년 이후 지난 5년간 2배 가까이 급증함[35)]**

- 특허청에 따르면, 생분해 플라스틱 관련 특허출원이 최근 5년간(´16~´21년) 연평균 18% 증가해 2016년 97건에서 2021년 142건으로 증가함



연도	2016	2017	2018	2019	2020	2021
건수	97	129	144	180	190	142

〈 생분해 플라스틱 관련 출원 동향('16~21년) 〉

- 최근 코로나19로 급격히 증가한 플라스틱 폐기물과 더불어 전 세계적으로 강화되고 있는 일회용 플라스틱 사용에 대한 규제로 인해 친환경 플라스틱에 대한 필요성이 더욱 확대되어 연구개발 및 특허출원이 증가함

4-1-1 천연물기반 생분해성 플라스틱 개발현황

■ **바이오매스 기반 '이소소르비드(Isosorbide)'를 활용한 생분해성 플라스틱 'PBIAT(Poly Butylene Isosorbide Adipate-co-Terephthalate)'를 삼양사 화학연구소가 세계 최초로 개발하는 데 성공함('21.7.)[36)]**

- 이소소르비드는 옥수수 등 식물자원에서 추출한 전분을 화학적으로 가공해 만든 바이오 소재로 플라스틱을 비롯한 도료, 접착제 등을 생산할 때 기존 화학 소재를 대체함
- 기존 석유유래 소재 대비 탄소 중립적이고 토양에서의 자연분해 속도가 빠르며 강하고 질겨서 필름 형태로 가공 시 얇게 만들 수 있어 플라스틱 사용량 자체를 줄일 수 있음

35) IPDaily, 2022, 빠르게 썩는 '생분해 플라스틱'… 지난 5년간, 특허출원 ' 2배' 급증
36) 삼양홀딩스, 2022, 분기보고서(2022.03)

■ **아직까지 국내 생분해성 PLA 소재의 수입 의존도가 높아 소재 국산화를 위한 연구를 SK 케미칼㈜, ㈜LG 화학 등에서 진행 중[37)38)]**

- SK이노베이션㈜과 SK케미칼㈜은 PLA 생산을 위한 원천기술 연구를 진행함과 동시에 PLA 기반 유연 생분해성 바이오플라스틱 ECOPLAN FLEX를 제조함
- ㈜LG화학은 PLA 플라스틱의 상업화를 목표로 세계적인 곡물가공 기업인 미국 ADM과 PLA 생산공장 합작건설 계획을 발표하였으며('21.10.), 최근에는 옥수수의 포도당과 폐글리세롤을 활용해 바이오 함량 100%인 생분해성 소재를 개발 중[39)]

■ **기존 석유화학 플라스틱의 생분해성이 없는 방향족 폴리에스테르 벤젠고리 부분을 천연고분자계 탄화수소로 대체하는 연구를 BASF, Bayer, Dupont 社에서 추진 중[40)]**

- 녹말(starch), 키틴(chitin), 셀룰로스(cellulose) 등이 생분해성 천연고분자에 속하며 미생물에 의해 생산된 고분자 또는 합성 고분자보다 가공성은 떨어지지만 가격이 상대적으로 저렴하여 석유화학 플라스틱의 벤젠고리를 대체하는 연구가 진행되고 있음

■ **최근 국내외에서 해양식물계 유래 천연 고분자들의 장점이 부각되며 이를 활용한 바이오플라스틱 제조를 위한 연구가 활발히 진행되고 있음**

- 기존 바이오플라스틱 제조에 사용되는 육상식물계 천연물 대비 해조류는 단위면적당 생산량, 이산화탄소 고정화능이 월등히 높고 리그닌 제거공정이 없어 전처리 공정이 단순하며 미생물 발효 저해물질의 발생이 적어 바이오플라스틱 개발에 적합함
- 해조류 고분자 추출물을 이용하여 인체에 무해하며 물에 완전히 해리되는 생분해 수용성 코팅종이를 바이오소재社에서 개발하여 종이 컵 · 빨대 · 호일 등의 제품화를 진행 중
- 해양녹조류에서 Ulvan을 추출하고 PLA와 결합시켜 열안정성을 변화시킨 나노복합 플라스틱 소재를 프랑스 Olmix에서 개발 중
- 자동차의 좌석 및 바디패널 등에 사용하고 있는 육상소재 바이오플라스틱을 대체할 해양소재 바이오플라스틱 생산을 목표로 일본 도요다 자동차가 연구를 진행 중

37) 국방기술품질원, 2016, 생분해성 플라스틱 PLA(Polylactic acid) 퇴비화를 통한 생분해능 검토
38) KEIT, 2019, 생분해성 바이오플라스틱 생산기술과 산업동향
39) LG케미토피아, 폴리머인사이트 #37. 자연으로 돌아가는 생분해성 소재, PBAT(Poly-Butylene Adipate Terephthalate)
40) 연구개발특구진흥재단, 2021, 유망시장 Issue Report 바이오 플라스틱 동향

4-1-2. 미생물기반 생분해성 플라스틱 개발현황

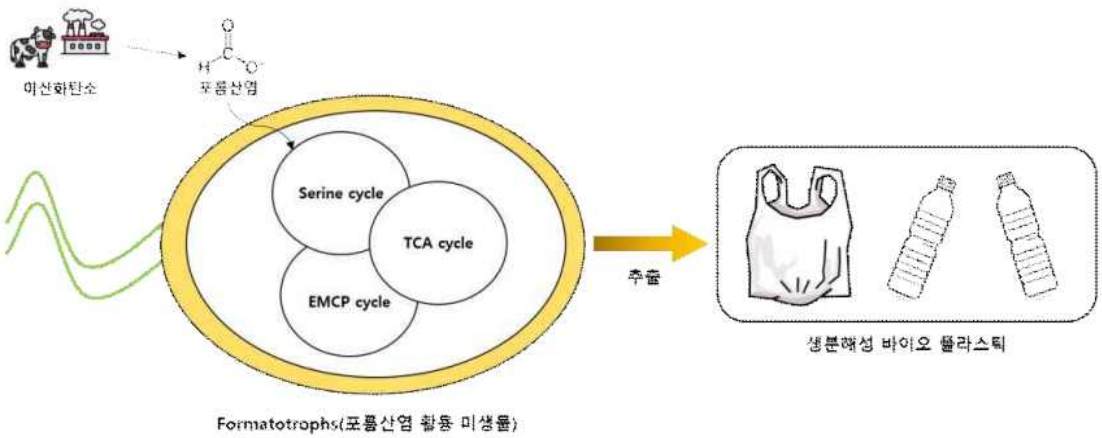
■ **환경부 국립생물자원관(관장 서민환)은 포름산염을 먹이로 삼아 고부가가치 바이오플라스틱 소재를 생산하는 미생물 슈도모나스(Pseudomonas)속 2종을 분리 배양에 성공함('22.7.)[41]**

- 일부 미생물이 '탄소 포집 및 활용·저장 기술(CCUS)'로 발생한 포름산염*을 섭취해 바이오플라스틱을 생산할 수 있다는 점에 착안하여 국내 하천 및 저수지 등에서 2종의 미생물을 분리 배양하여, 기존에 알려진 메탄올자화균 메틸로러브럼(Methylorubrum)보다 5배 이상의 포름산염을 섭취해 바이오플라스틱을 생산하는 것을 확인함

  * 포름산염: 개미산이라고 불리며 수소, 탄소, 산소로 이뤄진 산성액체(카복실산, CH_2O_2)로 최근 이산화탄소와 수소를 합성해 포름산염으로 전환하는 탄소 포집·활용·저장 기술이 주목받고 있음

- 이들 균이 생산하는 바이오플라스틱 소재는 PHB로 석유로 만든 일반 플라스틱과 성질이 비슷하지만 자연 상태에서 쉽게 분해되는 장점을 갖추고 있으며 화장품 용기나 재활용 플라스틱, 수술용 봉합사 등의 제작에 쓰임

- 연구진은 고부가가치 화합물인 바이오플라스틱 소재를 생산하는 이들 미생물의 유전체를 분석할 예정이며, 이를 통해 최적의 포름산염 활용 기술을 개발할 계획임



〈 포름산염 활용 미생물을 이용한 고부가가치 물질 생산 과정 〉

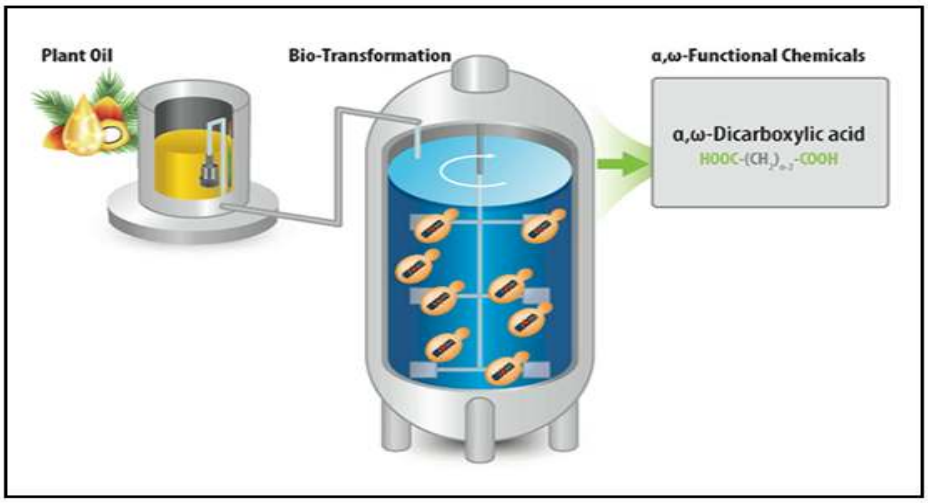
❖ 출처: 환경부 보도자료, 2022, 바이오플라스틱 소재 만드는 미생물 분리 성공-포름산염 섭취해 고부가가치 바이오플라스틱 생산하는 미생물 배양

■ **한국생명공학연구원(원장 김장성) 바이오상용화지원센터 안정오 박사팀은 플라스틱 및 다양한 화학제품 원료 소재인 세바식산(sebacic acid)을 식물유로부터 생물학적으로 대량 생산할 수 있는 공정을 개발함('23)[42]**

- 기존의 고온·고압의 화학공정을 통한 세바식산 생산을 대체할 수 있는 친환경의

41) 환경부 보도자료, 2022, 바이오플라스틱 소재 만드는 미생물 분리 성공 -포름산염 섭취해 고부가가치 바이오플라스틱 생산하는 미생물 배양 -
42) 여인석 외 2인, 2023, 식물유유래 플라스틱 단량체 미생물기반 생산 기술, 공업화학 전망

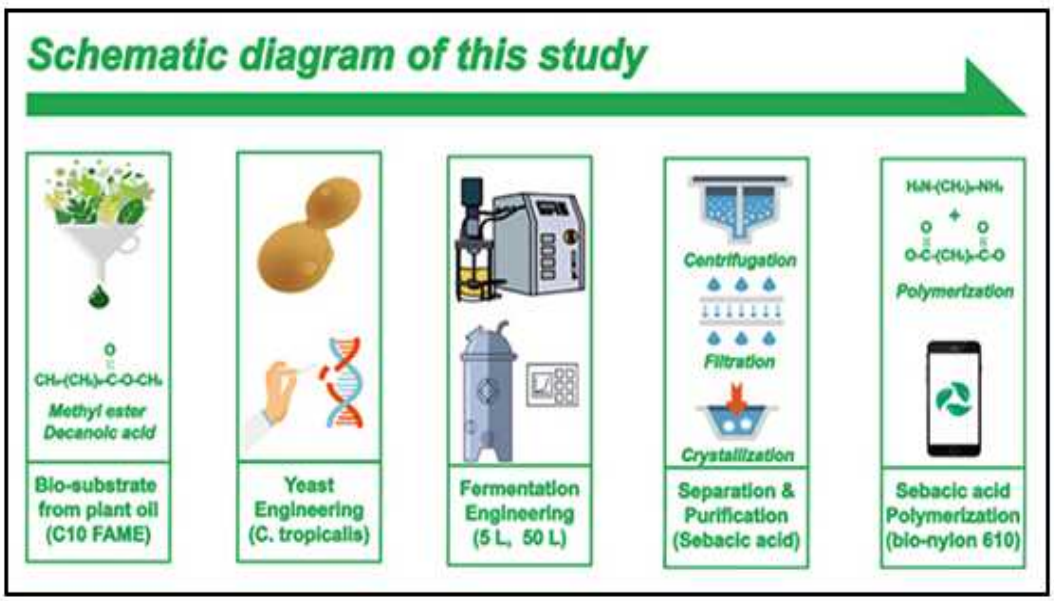
미생물화학공정을 개발하고, 생산된 세바식산을 고순도로 분리·정제하는 공정 개발



〈 미생물공정을 이용한 식물유의 세바식산 전환공정 개요도 〉

❖ 출처: Jeon et al., 2019, Microbial production of sebacic acid from a renewable source: production, purification, and polymerization, Green Chemistry

- 폴리아마이드 중합공정을 통해 고성능 바이오나일론 610을 성공적으로 합성함
  - 폴리아마이드 중합공정은 고온에서 물(H2O)을 제거하면서 카르복실기(-COOH)와 아민기(-NH2) 간의 아마이드 결합(-COHN-)을 생성하는 반응을 말함
  - Nylon 610는 세바식산과 헥사메틸렌디아민(Hexamethylenediamine)과의 중합공정을 통해 생산되는 나일론으로 전기절연체, 정밀부품, 필라멘트 등에 활용됨

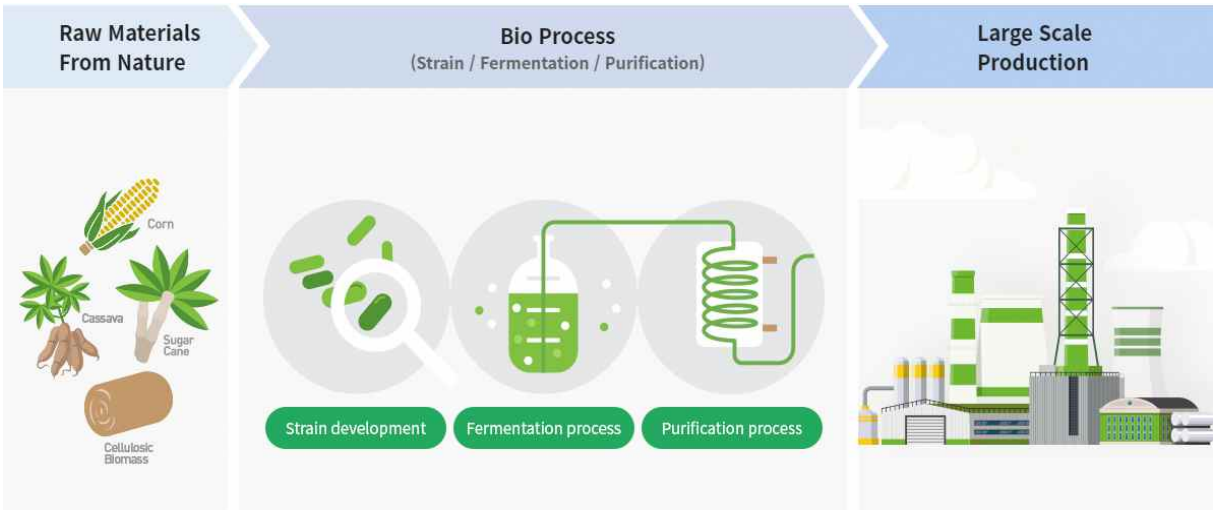


〈 미생물 기반의 세바식산 생산, 정제 및 중합의 개략도 〉

❖ 출처: Jeon et al., 2019, Microbial production of sebacic acid from a renewable source: production, purification, and polymerization, Green Chemistry

■ **100% 식물성 원료를 이용한 미생물 대량 발효 기술과 정제 공법을 바탕으로 CJ제일제당은 인도네시아 파수루안 바이오공장에서 해양 생분해 플라스틱 소재 PHA(Poly hydroxy alkanoate) 양산을 시작함('22)[43)]**

- 세계 유일 상용화에 성공한 비결정형 aPHA(amorphous PHA)를 연간 톤 규모로 생산할 수 있으며, 반결정형 scPHA(semi crystalline PHA) 생산설비 착공



〈 CJ bio社의 바이오 기술 공정 개발 역량과 양산 기술 〉

❖ 출처: CJ bio 홈페이지

4-1-3. 바이오베이스 플라스틱 개발현황

■ **생분해성 플라스틱의 경우 기술 수준이 산업화 단계까지 발전하였으나 바이오베이스 플라스틱은 아직 연구개발 초기 단계로 점차 범위가 확대되고 있음**

- 생분해성 플라스틱은 쉽게 분해되지 않는 기존 석유계 플라스틱의 폐기물 처리문제 및 자원고갈 해결을 위한 대안으로 1980년대 후반부터 사용이 본격화되어 현재까지 개발이 진행되고 있음
- 반면, 분해가 잘 되는 특성으로 인해 생분해성 플라스틱의 적용분야가 제한적이라는 점을 보완하기 위해, 최근 들어 바이오베이스 플라스틱의 제품개발이 시작된 상태로 아직 상용화가 이루어진 경우가 많지 않음

■ **친환경 PET(Bio-PET)의 구성 원료 일부를 식물성 원료로 전환하여 CO_2 배출량을 감소시키는 연구가 진행 중[44)45)]**

- 롯데알루미늄은㈜ PET Resin 제조 시 식물성 원료를 사용하여(TPA 70% + 식물성

43) CJ제일제당, 2022, 분기보고서(2022.03)
44) 풀무원, 2021, BIO-PET 적용한 친환경 샐러드 용기 국내 첫 개발...환경 경영 박차
45) 산업일보, 2021, 재활용 플라스틱 섬유(rPET). 친환경 트렌드로 주목

EG 30%) CO_2 배출량을 20% 감소하는데 성공

- ㈜풀무원은 PET 구성 원료 중 30%를 사탕수수로 대체 제조하여 운송, 소각을 포함한 전 공정에서 발생하는 이산화탄소를 20% 감축

■ **일본에서는 식물유래 이소소르비드(isosorbide)를 이용하여 바이오베이스 플라스틱인 Bio-PC (Polycarbonate)를 Mitsubishi Plastic社가 개발함[46)]**

- 투명성이 우수하고 광학 왜곡이 적으며 긁힘 방지, UV 저항성이 우수한 바이오기반 엔지니어링 플라스틱으로 최초 Bio-based PC(DURABIO) 양산화에 성공함('20)
- PLA와 생분해성 플라스틱 등을 배합하여 내열성을 개선시켰으며 주요 제품으로는 PET병, 산업용 플라스틱플레이트, 전분 필름, IC 메모리카드, 파이프, FRP water tank 등이 있음

46) Mitsubishi Plastic 홈페이지, https://www.m-chemical.co.jp/en/products/field/resin/index.html

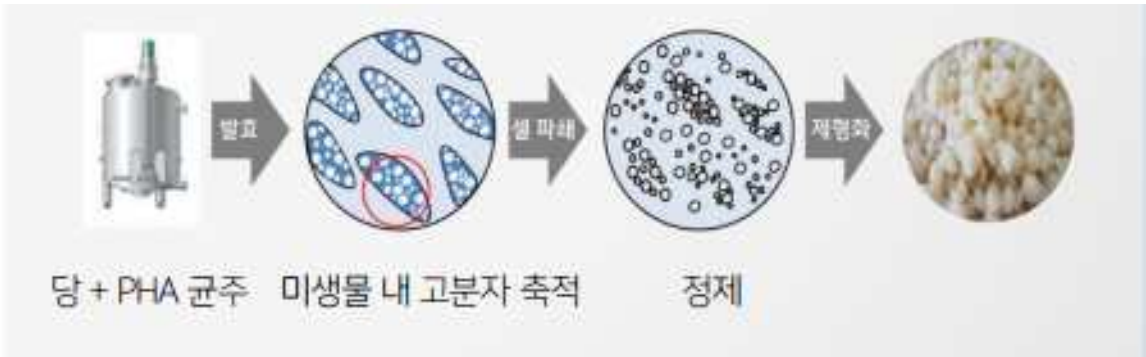
4-2. 국내 산업동향

■ **2019년 기준 국내 바이오플라스틱 생산규모는 약 4만톤으로 국내 플라스틱 생산량의 0.5%를 차지하며, 세계 바이오플라스틱 생산의 1~2% 내외에 불과함[47)]**

- 2019년 국내 바이오소재 시장은 545억 원으로 글로벌 시장 점유율의 1.5% 수준에 불과하여 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 존재함
- 석유화학 기업 중심으로 바이오플라스틱 생산 중(원료 중합)이나, 리파이너리(원료 추출·가공) 및 단량체 생산은 기술개발 단계로 해외 원료 수입에 의존함
- 국내 기업들은 다양한 일회용 플라스틱 제품에 대한 대체원료를 출시하여 일회용 플라스틱 제품을 급속하게 바이오매스 소재로 대체하고 있어, 추후 바이오플라스틱의 국내 시장규모는 최소 5조 원 이상 될 것으로 예상함

■ **글로벌 추세를 반영한 생분해성 플라스틱 중심의 상용화에 집중하고 있는 기업으로는 CJ제일제당, LG화학, 대상 등이 있음**

- **CJ제일제당**은 해양 생분해성이 우수한 바이오플라스틱 소재인 PHA 생산 설비(연산 5천 톤 규모)를 인도네시아에 건립하여 상용화를 추진하고 있음[48)49)]
  - SKC와의 협업을 통해 자사가 생산한 PHA 소재와 PLA 소재를 활용하여 친환경 생분해성 포장재를 개발을 추진함



〈 CJ제일제당 PHA 소재 생산 〉

❖ 출처: CJ제일제당 PHA 사업 기술설명서

- **LG화학**은 포도당과 폐글리세롤로부터 3-HP(3-Hydroxypropionic acid)를 생산하

47) 한국과학기술기획평가원, KISTEP 브리프 28, 2022, 바이오플라스틱
48) 뉴데일리 경제, 2022, "CJ 제일제당, 해양 생분해 플라스틱 'PHA' 대량생산 시작". https://biz.newdaily.co.kr/site/data/html/2022/05/11/2022051100027.html
49) CJ제일제당 PHA 사업 기술설명서

는 생물공정을 개발하고, lactic acid와 3-HP의 공중합체인 신규 생분해성 바이오플라스틱 PLH(Poly lactate hydracrylate)를 개발하여 상용화 추진함[50]

- 미국 곡물회사 ADM社와 생분해성 플라스틱 소재 PLA를 생산하기 위한 협력연구를 진행하고 있으며, 연산 5만톤 규모의 PBAT 공장 설립 계획을 수립함

● ㈜**대상**은 아미노산 유래 바이오플라스틱 단량체(2-Pyrrolidone, cadaverine) 생산 기술을 개발함[51]

- 자사의 전분당 기술을 활용한 전분계 생분해성 바이오플라스틱 복합소재 기술을 개발하고 있음

- 대상-LX인터-SKC은 '생분해 플라스틱' 합작사 설립하여 PBAT 생산 추진 중이며, 대상은 바이오매스 유래 1,4-Butanediol 생산 공정 개발을 진행함

■ **바이오베이스 플라스틱의 상용화 추진하고 있는 기업으로는 롯데케미칼, LG화학, 삼양그룹, SK케미컬 등이 있음**

● **롯데케미컬**은 사탕수수 유래 MEG(Mono ethylene glycol)를 이용하여 바이오매스 함량이 30%인 PET를 생산하고 있으며, 생산 규모는 2017년 100 톤, 2018년 264 톤, 2020년 1만 톤으로 지속 확대되고 있음[52]

- 'LOTTE CHEMICAL PET BIO'란 제품명으로 국내사업화 및 해외수출을 진행함



〈 롯데케미칼 사탕수수 유래 Bio-PET 〉

❖ 출처: 롯데케미칼 보도자료, 2021, 롯데케미칼, 국내 PET 생산기업 최초 바이오PET 환경표지 인증 획득

50) 매일경제, 2021, "LG화학 新먹거리 '바이오플라스틱' 키운다". https://www.mk.co.kr/news/business/10028075
51) 연합뉴스, 2023, 대상, 친환경 소재 '카다베린' 생산…화이트바이오 사업 본격화, https://www.yna.co.kr/view/AKR20230614029800003
52) 롯데케미칼 보도자료, 2021, 롯데케미칼, 국내 PET 생산기업 최초 바이오PET 환경표지 인증 획득, https://www.lottechem.com/ko/media/news/369/view.do

- **LG화학**은 석유 아닌 바이오 원료로 플라스틱을 만들어 글로벌 친환경 화학기업으로 거듭나기 위해, 네스테와 손잡고 본격적인 제품 개발에 착수함
  - 2021년부터 바이오디젤이 들어간 플라스틱을 생산해 한국과 아시아 시장을 공략함
  - 핀란드의 바이오디젤 기업 네스테와 바이오 기반 친환경 사업을 확대하기 위한 전략적 파트너십을 체결하고 '탄소 중립'에 한 걸음 나아가겠다는 의사를 내세움



〈LG화학의 친환경 소재 브랜드 'LETZero' 〉

❖ 출처: LG케미토피아, https://blog.lgchem.com/2021/07/19_letzero/

- **삼양그룹**는 국내 최초, 세계 두 번째로 이소소르비드의 상용화(2014)에 성공하고 울산 삼양사 공장에서 파일럿 생산 설비 운영과 함께 우레탄, 접착제 등 이소소르비드를 이용한 제품 개발 연구를 통해 시장 확대에 주력함
  - 삼양그룹은 바이오 플라스틱 원료 물질인 '이소소르비드(isosorbide)'의 공장 증설을 위해 전북도, 군산시와 투자협약을 체결하고 군산에 연산 1만톤 규모의 이소소르비드(Isosorbide) 생산 공장을 2021년 완공하여 상용화를 시작함



〈 삼양그룹의 바이오플라스틱 소재 '이소소르비드' 〉

❖ 출처: 삼양홈페이지, https://www.saysamyang.com/750

- **SK케미칼**은 바이오매스 기반 바이오플라스틱 ECOZEN, ECOPROL, ECOTRIA를 개발하여 국내 최초로 미국 FDA 인증을 획득함
  - 에코젠은 옥수수, 밀과 같은 식물에서 추출한 원료를 기반으로 만든 친환경 PE로, SK케미칼이 2006년부터 4년여의 연구개발을 통해 개발에 성공하고 판매함



〈 SK 케미컬 바이오플라스틱 소재 에코젠 〉

❖ 출처: SK케미칼 홈페이지

■ **PLA, PBAT, PHA 등 바이오플라스틱 소재 생산을 위한 사업을 추진하는 국내 대형 원료 기업으로는 대상, SK지오센트릭, 바이오소재, 에이유, 그린케미칼 등이 있음**

- **대상이 SKC, LX인터내셔널**과 합작사를 설립해 친환경 신소재 고강도 PBAT(Polybutylene Adipate Terephthalate) 사업 본격화하여 '23년 상업화를 목표로 연간 7만톤 규모의 PBAT 생산시설을 구축함[53)]
- **SK지오센트릭**은 2020년부터 **코오롱인더스트리**와 PBAT 공동 연구개발을 진행하여 '22년 0.3만 톤 규모 PBAT공장 가동을 하였으며 '24년까지 연간 6만 톤 생산 능력을 확보할 예정임[54)]



〈 코오롱인더스트리 구미공장에서 PBAT 제품 양산 개시 〉

❖ 출처: 뉴데일리 경제, 2022, SK-코오롱, 친환경 생분해성 플라스틱 소재 'PBAT' 생산 개시

53) 매일경제, 20211123, "대상, SKC·LX인터내셔널과 친환경 생분해 신소재 합작사 설립". https://www.mk.co.kr/news/business/10110721
54) 뉴데일리 경제, 2022, "SK-코오롱, 친환경 생분해성 플라스틱 소재 'PBAT' 생산 개시"

● **바이오소재社**[55]는 기존 생분해 플라스틱의 단점을 보완한 바이오플라스틱 원료 소재를 개발하고 이를 이용한 친환경 분해성, 환경오염 저감 제품 전문 제조업체임

- 알칼리 해리성 및 생분해성 수용성 코팅 종이 개발로 인체에 무해하며, 물에 완전히 해리되어 재활용이 쉽고 사용 후 폐기 시 자연에서 생분해되어 환경오염을 저감시키는 종이컵, 종이호일, 종이빨대 등의 제품을 생산 · 판매하고 있음



〈 바이오소재社 농업용 제품 〉

❖ 출처: 바이오소재(주) 홈페이지

● **에이유社**는 분해성 바이오플라스틱 소재를 개발하고 이를 활용한 일회용 쇼핑백과 각종 생활용품을 생산하는 전문기업으로, 자체 개발한 코팅 기술로 기존 플라스틱을 대체할 수 있는 바이오 소재를 개발하여 포장재 열 변형 등의 문제를 해결함[56]



〈 식물부산물 자원화 과정 〉

❖ 출처: 에이유사 홈페이지

55) 바이오소재 홈페이지, http://www.neomcc.com/default/bio_plastic/product_introduce.php?sub=04
56) 에이유 홈페이지, http://www.au.co.kr/main/main.php

- 커피찌꺼기 재생자원을 이용한 바이오플라스틱 소재 개발, 재활용이 가능한 바이오플라스틱 기반 다층 전도성 포장 및 성형소재 개발, 나노 구조 제어 및 신공정 복합기술에 의한 방충기능 다층필름 개발 등의 연구 과제를 수행하고 있음


바이오합성수지(코코넛)


바이오합성수지(진피)


바이오합성수지(왕겨)


바이오합성수지(옥심)


바이오합성수지(옥대)


바이오합성수지(소맥)

〈 에이유의 바이오플라스틱 소재 '에콜로G' 〉

❖ 출처: 에이유 홈페이지

- **그린케미칼社**는 연구개발을 통해 환경오염을 최소화할 수 있는 소재, 기존 플라스틱의 대체 가능한 소재인 친환경 생분해성 수지를 개발함[57)]
  - 전분을 이용한 생분해성 수지를 개발하는 기업으로 스푼, 포크, 빨대, 종량제 봉투 등을 플라스틱 제조하는 업체와 섬유제조업체에 원료를 공급하고 있음
  - 생분해성 PLA 시트 분야로 용기용 시트 원단과 각종 1회용 용기 비내열 PLA와 내열 PLA를 생산함



〈 그린케미칼社의 생분해성 원료 〉

❖ 출처: 그린케미칼 홈페이지 기술자료, 생분해성 원료

57) 그린케미칼 홈페이지 기술자료, 생분해성 원료, https://gcspla.com/39

■ **한국화학연구원과 한화솔루션이 바이오플라스틱의 물성 보완을 위해 사용되는 가소재를 식물성 오일, 전분 및 셀룰로오스, 농작물 부산물과 폐기물을 기반으로 환경호르몬 없는 100% 친환경 소재로 개발함[58)]**

- 플라스틱 제품을 용도에 맞게 형태를 가공할 수 있도록 사용하는 가소제를 사용하는데 친환경 가소제는 환경호르몬 의심 물질 및 유해 물질이 없어야 하고, 세계 공인기관의 기준 규격에 적합해야 함
- 기존 친환경 가소제로 사용되고 있는 디옥틸 테레프탈레이트(Dioctyl terephthalate, DOTP)는 품질이 떨어지는 단점이 있음
- **한국화학연구원**은 생분해성 플라스틱 소재인 'PLA'에 아세틸화 락타이드 올리고머 가소제를 이용해 우수한 유연성, 높은 생분해성 및 투명도, 고무와 같은 점탄성 등을 구현한 100% 완전 분해되는 지속가능 원료기반의 생분해성 가소제를 개발함[59)60)]
  - 28일 후 약 78% 자연 분해되어, 친환경 플라스틱 제조에 중요한 역할을 할 것으로 예상됨



〈 한국화학연구원의 자연유래 생분해 가소제 〉

❖ 출처: KRICT 케미러브 화학사랑, 자연유래 가소제 개발로 PLA(폴리락타이드) 완전 생분해 달성 가능,

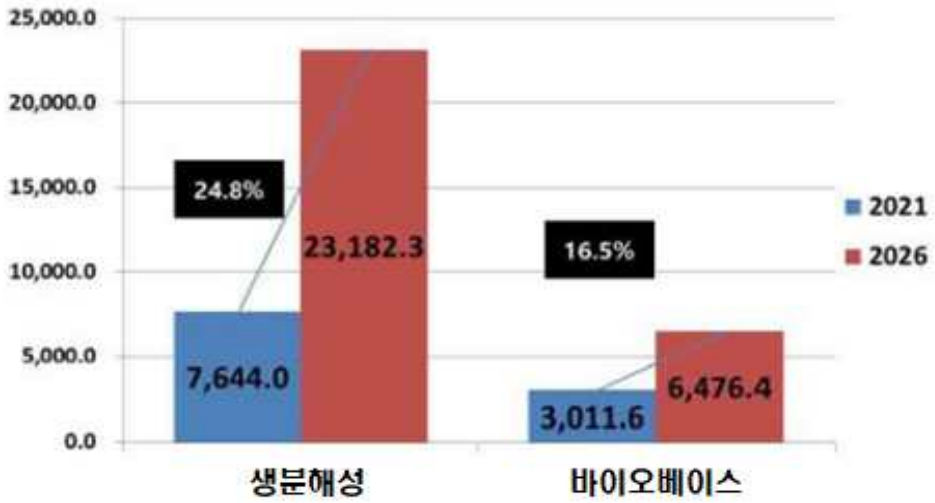
- 한화솔루션은 독자기술로 디옥틸 테레프탈레이트(DOTP) 가소제에 수소 첨가 기술을 적용시켜, 프탈레이트 계열 성분을 완전히 제거한 친환경 가소제 '에코 데치'를 개발함[61)]
  - 미국 식품의약품안정청(FDA)의 안전성 검사 통과, 유럽 식품 포장용 물질로 승인되었으며, 미국위생협회(NSF)의 엄격한 품질평가 및 섬유 친환경 인증(ZDHC)를 획득함

58) 한화솔루션 케미컬 부분, 환경호르몬 없는 100% 친환경 가소제, https://www.chemidream.com/2860
59) 한국화학연구원 보도자료, 2021, 자연유래 가소제 개발로 PLA(폴리락타이드) 완전 생분해 달성 가능
60) KRICT 케미러브 화학사랑, 자연유래 가소제 개발로 PLA(폴리락타이드) 완전 생분해 달성 가능, https://chemielove.krict.re.kr/with/supporters/view02.do?SEQ=154
61) 한화솔루션 보도자료, 2021, 한화솔루션, 환경호르몬 없는 친환경 에코데치(Eco-DEHCH) 증설

4-3. 국외 산업동향

■ **글로벌 바이오플라스틱 시장이 2021년 106억 5,560만 달러 (약 12조 원)에서 연평균 22.7%씩 증가하여, 2026년에는 296억 5,880만 달러 (약 34조 원)에 이를 것으로 전망됨**[62)63)]

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



〈 글로벌 바이오플라스틱 유형별 시장 규모 및 전망(백만달러) 〉

❖ 출처: MarketsandMarkets(2020), 연구개발재단(2021)

■ **유럽 플라스틱협회에서는 세계 바이오플라스틱 생산 능력이 2021년 약 241만 톤에서 2026년 759만 톤으로 254.7% 성장할 것으로 전망함**[64)]

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

62) MarketsandMarkets, 2020
63) 연구개발특구진흥재단(2021),「바이오플라스틱 및 바이오폴리머 시장」.
64) European Bioplastics, 2021



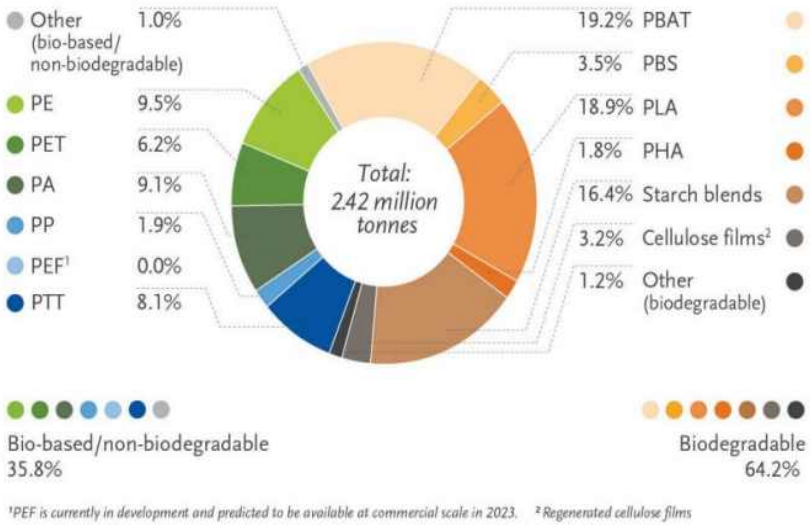
〈 글로벌 바이오플라스틱 생산 규모 〉

❖ 출처: European Bioplastics(2021)

- 생분해성 플라스틱의 시장은 2021년 155만 톤 규모에서 2026년 530만 톤까지 연평균 27.9%의 성장세를 보일 것으로 예상됨
  - 2021년 155만 톤 생산량 기준으로 소재별 점유율은 PBAT, PLA, Starch blends, PBS, PHA 순서임
- 난분해성 바이오베이스 플라스틱의 시장은 2021년 86만 톤 규모에서 2026년 230만 톤까지 연평균 21.7%의 성장세를 보일 것으로 예상됨
  - 2021년 86만톤 생산량 기준으로 소재별 점유율은 Bio-PE, Bio-PA, Bio-PTT, Bio-PET, Bio-PP 순서임

■ **2021년 바이오플라스틱 제품 종류별 생산능력을 살펴보면, 글로벌 바이오플라스틱 시장에서 생분해성 플라스틱 소재의 점유율은 64.2%를 차지함**

- PBAT가 19.2%로 점유율이 가장 컸으며, 그 다음으로 PLA(18.9%), Starch blends(16.4%) 순서임
- European Bioplastics는 향후 바이오플라스틱 시장에서 난분해성보다 생분해성 플라스틱 소재 비중이 늘어날 것으로 전망함



〈 글로벌 바이오플라스틱의 종류별 생산 규모(2021년) 〉

❖ 출처: European Bioplastics(2021)

■ **글로벌 기업들은 PLA, PHA, PBAT, PBS 등 생분해성 플라스틱 기반의 제품 상용화를 추진하고 있음**[65)66)67)68)]

■ **(미국) NatureWorks LLC社는 Cargill사의 단독 자회사로 전환, 미국 시장 점유율의 약 28%를 차지하는 세계 최대의 PLA 생산업체임**[69)]

- 옥수수를 기반으로 한 제품을 상용화해 유기농 우유의 포장재 등을 생산함
- PLA 바이오소재 포트폴리오의 가용성을 10%까지 증가시킬 일련의 제조 기술 프로젝트 수행 하고 있음



〈 패브릭화분 〉



〈 멀칭필름 〉

❖ 출처: NatureWorks 홈페이지

65) 이상호 외, 2019,「생분해성 바이오플라스틱 생산기술과 산업동향」, 한국산업기술평가관리원.
66) 삼성증권, 2021,「ESG 시대, 순환경제 플라스틱: 뿌린 씨를 거둘 때」.
67) 과학기술정보통신부, 2021,「2021 생명공학백서」.
68) 성봉현, 2020,「친환경 바이오플라스틱 개발동향 및 시사점」, BioINpro.
69) NatureWorks 홈페이지, https://www.natureworksllc.com/applications/landscape-and-agriculture

■ **(미국) UCC(Union Carbide)社는 다우케미칼의 자회사로 대형 화학제품 생산 설비와 처리 기술을 가진 세계적인 PE 생산업체임[70)]**

- 생분해성 플라스틱의 실용화 추세로 인해 다른 용도로 사용되던 PCL이 생분해성 플라스틱의 주원료로서 부각됨에 따라 여러 국가의 전분계 제조업체에 원료를 공급하고 있음

■ **(유럽) 이탈리아 Novamont SPA社는 대표적인 생분해성 플라스틱 개발업체이며 유럽 최대의 바이오 플라스틱 제조업체임[71)]**

- MATER-BI는 전분, 셀룰로오스, 식물성 기름 및 이들의 조합을 사용하는 독점 기술을 통해 얻은 MATER-BI는 생분해성 및 퇴비화 가능한 바이오 플라스틱 제품임



〈 Novamont社의 MATER-BI 소재 〉



〈 토양 멀칭 필름 〉

❖ 출처: BASF 홈페이지

■ **(유럽) 독일 BASF SEt社는 PBAT 수지 ecovio®와 PBAT와 PLA 혼합 수지 ecoflex®을 약 7만 4천톤/년 규모로 생산하고 있음[72)73)]**

- 지속 가능한 농업 및 효율적인 식량 생산을 위해 바이오폴리머 ecovio M 2351로 만든 인증된 토양 생분해성 멀치 필름은 토양에 남아 있을 수 있으며 기계적 수확 후에도 쟁기질할 수 있음
- 곰팡이이나 세균과 같은 자연적으로 발생하는 토양 미생물은 ecovio M으로 만들어진 막의 구조를 대사할 수 있는 음식으로 인식함

70) Union Carbide 홈페이지 제품 설명서, https://www.unioncarbide.com/products.html#xd_co_f=YjBiM2EzM2ItZTBjYy00MjRhLTkzZDgtMDIjMTUzZWMwNDEz~
71) Nonvamont 홈페이지, ENMATER-BI 기술설명서, https://www.novamont.com/eng/matrol-bi
72) BASF 홈페이지, ecoflex 기술설명서, https://plastics-rubber.basf.com/global/en/performance_polymers/products/ecoflex.html
73) BASF 홈페이지, ecovio 기술설명서, https://plastics-rubber.basf.com/global/en/performance_polymers/products/ecovio.html



〈 BASF社의 PLA 혼합 수지 ecoflex® 〉



〈 BASF社의 ecovio ® M2351 토양멀칭 필름 〉

❖ 출처: BASF 홈페이지,

■ **(유럽) 네덜란드 Avantium社는 재생 가능하고 지속 가능한 화학 분야에서 새롭게 주목받고 있으며, 식물을 기반으로 한 플라스틱을 제조하며 재활용 및 분해 가능한 것이 특징임[74)]**

- 식물성 설탕(과당)을 FDCA로 촉매 전환하여 합성한 PEF 는 100% 식물 기반의 재활용 가능한 플라스틱임
- 화석연료를 사용하지 않고 재생 가능한 플라스틱을 만드는 시범 공장을 델프제일(Delfzijl) 지역에 건설 중으로 수년간의 개발 기간 끝에 필요한 자금 2억 900만 달러(한화 약 2565억 원)를 확보하고 2024년에 생산하는 것을 목표로 함



〈 Avantium社의 PEF 〉

❖ 출처: Avantium 홈페이지, https://www.avantium.com/technologies/yxy/

74) Avantium 홈페이지, https://www.avantium.com/technologies/yxy/

■ **(일본) Mitsubishi Plastic社는 식물유래 이소소르비드(isosorbide)로 만든 Bio-based PC(Polycarbonate) DURABIO™를 개발함[75)]**

- 식물유래 이소소르비드(isosorbide)로 만든 DURABIO™는 투명성이 우수하고 광학 왜곡이 적으며 긁힘 방지, UV 저항성이 우수한 바이오 기반 엔지니어링 플라스틱으로 최초 Bio-based PC(DURABIO) 양산화 성공함(2020)
- PLA와 생분해성 플라스틱 등을 배합하여 내열성을 개선시켰으며 이를 SONY社가 신형 워크맨의 외장재로 채택함
- 주요 생산 품목은 PET병, 산업용 플라스틱플레이트, 전분 필름, IC 메모리카드, 파이프, FRP water tank 등이 있음



〈 Mitsubishi Plastic社의 DURABIO 〉

❖ 출처: Mitsubishi Plastic 홈페이지, https://www.m-chemical.co.jp/en/products/field/resin/index.html

■ **(일본) Showa Denko K.K.社는 일본의 생분해성 고분자 개발의 선발업체로서 생분해성 Aliphatic Polyeste 'BIONOLLE'를 개발함[76)]**

- 1,4-Butanediol과 Succinic acid, Adipic acid 또는 Ethylene glycol을 이용하여 축합 중합한 생분해성 플라스틱 Aliphatic Polyeste 'BIONOLLE'를 개발함



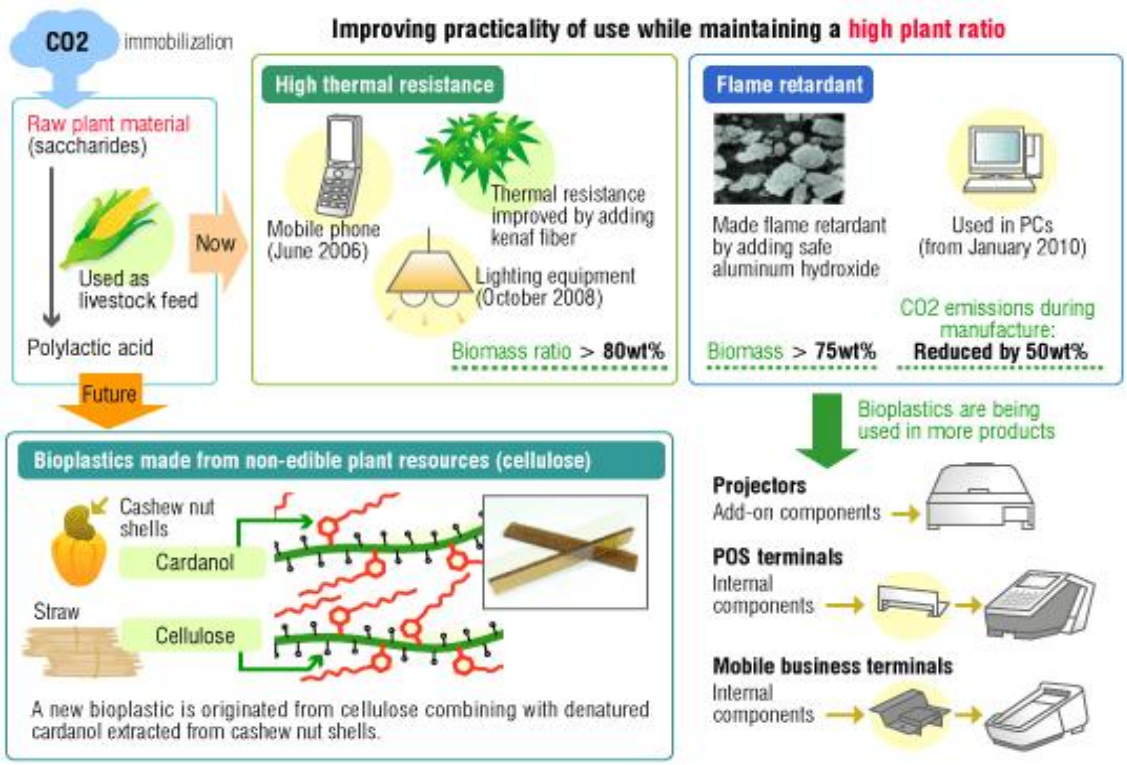
〈 Showa polymer社 BIONOLLE의 여러 가지 용도 〉

❖ 출처: Showa polymer社 기술자료, BIONOLLE Flyer

75) Mitsubishi Plastic 홈페이지, https://www.m-chemical.co.jp/en/products/field/resin/index.html
76) Showa polymer社 기술자료, BIONOLLE 기술 Flyer

■ **(일본) NEC社는 옥수수로부터 제조된 PLA 기반의 바이오플라스틱 NeCycle™을 개발하고 상용화함[77)]**

- 식물 자원을 주요 원료로 사용하는 높은 Bio-content와 안정성을 확보한 바이오플라스틱 NeCycle™을 개발하여 현재 상용화함
- **NeCycle™** 이라는 브랜드 이름은 소재 자체의 재활용은 물론, 소재의 주자원인 식물 성분에 의해 흡수된 CO_2의 재활용이라는 새로운 스타일의 재활용 의미함



〈 NEC社 NeCycle 특성 〉

❖ 출처: NEC 홈페이지, https://www.nec.com/en/global/sustainability/eco/bioplastic.html

■ **(중국) Covation Biomaterial社s는 2020년 중국 Huafon Group이 Dupont의 바이오소재 사업부문을 인수하여 Sorona®(바이오 기반 폴리머), Susterra®(100% 식물 기반), Zemea®(식물성 및 생분해성 소재) 등 Dupont社의 제품군을 공급함[78)]**

- PTT 생산의 주원료이자 섬유나 엔지니어링 플라스틱 분야에 널리 활용되고 있는 식물유래 원료인 '**1,3-프로판디올(PDO)**' 사업·제조공장까지를 포함함
- 현재 Sorona®는 노스캐롤라이나 주, PDO는 테네시 주 공장에서 생산하고 있음

77) NEC 홈페이지, https://www.nec.com/en/global/sustainability/eco/bioplastic.html
78) Covation BIO/POD 홈페이지, https://covationbiopdo.com/

5 결론 및 시사점

■ **농업은 전통적인 먹거리 생산 중심에서 탈피하여 체질개선과 고부가가치화 등 새로운 성장 동력 확보가 필요하며, 농생명 자원·소재에 대해서는 생물주권 확보 차원에서 그 중요성이 더욱 부각되고 있음**

■ **글로벌 기후변화로 환경문제에 대한 인식이 증가하였으며, 전 세계적으로 폐플라스틱과 미세플라스틱으로 인한 환경오염과 이로 인해 발생하는 사회적 문제가 심화되고 있어 바이오플라스틱에 대한 니즈가 증가함**

- 바이오플라스틱은 높은 제조원가와 엄격한 환경규제에도 불구하고 2020년 기준 온실가스 배출 전망치를 30% 감축시키고, 탄소세 부과를 대체할 수 있는 방안으로 부상하고 있음[79)]
- 글로벌 바이오플라스틱 시장은 2021년 약 12조 원에서 연평균 22.7%씩 증가하여 2026년에는 약 34조 원에 이를 것으로 전망하며, 일반 플라스틱 시장의 연평균 성장률이 3~4% 수준인 것에 비해 바이오플라스틱 시장은 고속 성장하고 있음

■ **생분해성 플라스틱은 기술 수준이 산업화 단계에 이르고 있으나 바이오베이스 플라스틱의 경우 아직 연구개발 단계에 있으며, 시장 점유율 역시 생분해성 플라스틱이 64.2%('21년)로 높게 나타남**

- 국내의 경우 2050년까지 바이오매스 함량 100%인 바이오베이스 플라스틱의 개발을 목표로 하고 있으나 아직은 개발 초기 단계라 할 수 있음
- 2021년 기준 석유기반 생분해성 약 23%, 바이오기반 생분해성 약 41%, 바이오베이스(난분해성)는 약 36%의 시장 점유율을 보이고 있으나 시장 성장률을 고려할 때 향후 바이오기반 생분해성 플라스틱의 점유율이 확대될 것으로 기대함

■ **국내 바이오분야 기술수준은 기술선진국 대비 77.9%('20년)로 기술수준의 향상이 필요하며, 바이오산업 생산규모의 확대도 필요함**

- 미국 에너지부(DOE)는 2016년 이미 바이오 제조경쟁력 강화를 위한 합성생물학 기반의 공공 바이오파운드리를 구축하여 운영하고 있으나, 국내는 최근에 들어서야 바이오파운드리에 대한 논의를 진행하고 있음
- 국내 바이오플라스틱 생산규모는 약 4만 톤('19년)으로 세계 바이오플라스틱 시장의 1~2%내외에 불가하며 바이오플라스틱 소재의 해외 의존도가 매우 높음

79) 과학기술정보협의회(ASTI), 2021, ASTI Maarket Insight, 바이오플라스틱, 탄소중립 선도로 지속가능 사회

■ **바이오플라스틱의 경우 바로 상업화가 가능한 분야로 기업의 기술개발 투자가 활발하게 일어나고 있으나 개발내역이나 원천기술 등에 대한 사항이 기밀인 경우가 많아 기술과 관련한 구체적인 사례를 찾기 어려움**

- 최근 5년간('16~'20) 국내 투자실적을 살펴보면 바이오플라스틱 관련 기초연구의 54.5%는 대학이, 개발연구의 78.0%는 기업이 수행하고 있음[80)]

■ **미국, 유럽 등의 경우 탄소중립 달성과 화석연료 대체를 위한 거시적 목표와 실천을 위한 국가정책과 거버넌스가 정립되어 있지만 국내는 정책적 방향성에 대한 합의는 이루어진 것으로 보이나 이를 달성하기 위한 체계는 미흡한 것으로 나타남**

- 해외 대비 국내는 관계부처의 정책은 수립되어 방향성에 대한 합의는 이루어진 것으로 보이나 부처별 정책 수립 시 이해관계 상충* 현상이 발생하고 있음
  * 산업부와 환경부의 바이오플라스틱 환경표지인증에 대한 상이한 의견으로 민간기업에 혼란 초래
- 현재 생분해성 플라스틱 평가·인증 ·처리시스템 관련 내용으로 윤석열 정부 110대 국정과제('22.5.)에 포함되어 있음
- 그러나 범부처 차원의 R&D 투자전략은 부재하며 농식품부의 농생명소재 R&D 신규 예산은 여러 번의 노력에도 불구하고 반영이 되지 않고 있음
  - 이에 농식품부는 바이오플라스틱 원료(식물, 미생물 등) 공급의 강점을 살려 화이트바이오와는 차별화될 수 있는 통합적 R&D 사업기획과 추진으로 그린바이오산업의 체계적 육성에 기여할 필요가 있음

■ **환경에 대한 국민적 인식은 증가한데 반해 국가의 기술·산업·정책 역량은 부족한 것으로 나타나고 있어 간극 극복을 위하여 post-플라스틱 시대를 맞이하는 중·장기적 거버넌스의 확립과 R&D 투자전략이 필요할 것으로 사료됨**

- 국내 플라스틱 환경문제 해결 및 탄소중립 달성을 위해 플라스틱 순환경제(제품설계→생산→소비 →폐기물 관리→재활용)로의 이행 전략 수립이 필요함
- 바이오플라스틱 소재 국산화를 위한 바이오플라스틱 전주기(원료-소재-제품-순환) 요소기술 개발과 실증을 위한 범정부 차원의 바이오플라스틱 기술개발 로드맵 마련이 필요함
- UN 플라스틱 국제협약('24년 예정), EU의 플라스틱세('21~) 등 국제사회의 환경규제 강화에 대비하여 脫플라스틱을 위한 선제적 대응 전략 수립이 필요함

80) 한국과학기술기획평가원, KISTEP 브리프 28, 2022, 바이오플라스틱

6 참고문헌

■ 연구 및 동향 단행본

- 강길선, 2021,「생분해성 플라스틱의 연구개발 현황과 시장 동향」
- 과학기술정보통신부, 2021,「2021 생명공학백서」
- 과학기술정보협의회(ASTI), 2021, ASTI Maarket Insight, 바이오플라스틱, 탄소중립 선도로 지속가능 사회
- 관계부처 합동, 2022, 전 주기 脫플라스틱 대책
- 관계부처 합동, 2023, 제4차 생명공학육성 기본계획('23~'32)(안)
- 국방기술품질원, 2016, 생분해성 플라스틱 PLA(Polylactic acid) 퇴비화를 통한 생분해능 검토
- 농림축산식품부, 2023, 그린바이오 산업 육성 전략
- 산업통상자원부, 2023, 바이오경제 2.0 추진방향
- 산업통상자원부, 지식경제용어사전, 바이오소재(biomaterials)
- 삼성증권, 2021,「ESG 시대, 순환경제 플라스틱: 뿌린 씨를 거둘 때」
- 삼양홀딩스, 2022, 분기보고서(2022.03).
- 성봉현, 2020,「친환경 바이오플라스틱 개발동향 및 시사점」, BioINpro.
- 여인석 외 2인, 2023, 식물유유래 플라스틱 단량체 미생물기반 생산 기술, 공업화학 전망
- 연구개발특구진흥재단(INNOPOLIS), 2021, 유망시장 Issue Report, 바이오플라스틱
- 연구개발특구진흥재단(2021),「바이오플라스틱 및 바이오폴리머 시장」
- 이상호 외, 2019,「생분해성 바이오플라스틱 생산기술과 산업동향」, 한국산업기술평가관리원.
- 한국과학기술기획평가원(KISTEP), 2018, 2017년도 예비타당성조사 보고서 농생명소재산업화기술 개발사업
- 한국과학기술기획평가원, KISTEP 브리프 28, 2022, 바이오플라스틱
- 한국과학기술연구원, 2019,「융합연구리뷰」, Vol.5.
- 한국바이오협회(KBPA), 2022, 합성생물학의 핵심 허브 : 바이오파운드리
- 한국산업기술진흥원(KIAT), 2022, 산업기술정책브리프, 바이오기반 플라스틱에 대한 EU 정책 프레임워크
- 한국산업기술진흥원(KIAT), 2022, 산업기술동향워치, 일본 바이오매스 활용 추진 기본계획 개정
- 한국식물학회, 식물학백과, 천연물소재(natural material)
- 한국화학연구원 보도자료, 2021, 자연유래 가소제 개발로 PLA(폴리락타이드) 완전 생분해 달성 가능
- 환경부 보도자료, 2022, 바이오플라스틱 소재 만드는 미생물 분리 성공 –포름산염 섭취해 고부가가치 바이오플라스틱 생산하는 미생물 배양 –

- 한화솔루션 보도자료, 2021, 한화솔루션, 환경호르몬 없는 친환경 에코데치(Eco-DEHCH) 증설
- 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.
- CJ제일제당 PHA 사업 기술설명서
- CJ제일제당, 2022, 분기보고서(2022.03)
- European Bioplastics, 2021
- KEIT, 2019, 생분해성 바이오플라스틱 생산기술과 산업동향
- MarketsandMarkets, 2020
- The White House, 2023, BOLD GOALS FOR U.S. BIOTECHNOLOGY AND BIOMANUFACTURING
- U.S. Department of Energy, 2023, Strategy for Plastics Innovation

■ 웹사이트

- 그린케미칼 홈페이지 기술자료, 생분해성 원료, https://gcspla.com/39
- 미국농무부(USDA), The BioPreferred Program, https://www.biopreferred.gov/BioPreferred/faces/pages/AboutBioPreferred.xhtml
- 바이오소재 홈페이지, http://www.neomcc.com/default/bio_plastic/product_introduce.php?sub=04
- 바이오플라스틱, https://surpriser.tistory.com/1606
- (사)한국바이오소재패키징협회 홈페이지, 2023, biomagazine
- (사)한국바이오소재패키징협회 홈페이지, 바이오플라스틱 원료의 종류를 소개합니다, http://www.biopack.kr/info/info.php?id=bp33
- 에이유 홈페이지, http://www.au.co.kr/main/main.php
- 한국환경산업기술원(KEITI), 환경표지인증, https://ecosq.or.kr/websquare.do#w2xPath=/ui/cer/ic/oa/ICOA110M01.xml&valVl=0&menuSn=20011100
- 한국ABS연구센터, 나고야의정서, https://www.abs.re.kr/app/absInfo/nagoyaView.do
- Avantium 홈페이지, https://www.avantium.com/technologies/yxy/
- BASF 홈페이지, ecoflex 기술설명서, https://plastics-rubber.basf.com/global/en/performance_polymers/products/ecoflex.html
- Covation BIO/POD 홈페이지, https://covationbiopdo.com/
- EU 공식웹사이트, Plastics strategy, https://environment.ec.europa.eu/strategy/plastics-strategy_en

- Mitsubishi Plastic 홈페이지, https://www.m-chemical.co.jp/en/products/field/resin/index.html
- NatureWorks 홈페이지, https://www.natureworksllc.com/applications/landscape-and-agriculture
- NEC 홈페이지, https://www.nec.com/en/global/sustainability/eco/bioplastic.html
- Nonvamont 홈페이지, ENMATER-BI 기술설명서, https://www.novamont.com/eng/matrol-bi
- Showa polymer社 기술자료, BIONOLLE 기술 Flyer
- Union Carbide 홈페이지 제품 설명서, https://www.unioncarbide.com/products.html#xd_co_f=YjBiM2EzM2ItZTBjYy00MjRhLTkzZDgtMDIjMTUzZWMwNDEz~

■ 뉴스 기사

- 뉴데일리 경제, 2022, “CJ 제일제당, 해양 생분해 플라스틱 ‘PHA’ 대량생산 시작”. https://biz.newdaily.co.kr/site/data/html/2022/05/11/2022051100027.html
- 뉴데일리 경제, 2022, “SK-코오롱, 친환경 생분해성 플라스틱 소재 ‘PBAT’ 생산 개시”
- 롯데케미칼 보도자료, 2021, 롯데케미칼, 국내 PET 생산기업 최초 바이오PET 환경표지 인증 획득, https://www.lottechem.com/ko/media/news/369/view.do
- 매일경제, 2021, “LG화학 新먹거리 ‘바이오플라스틱’ 키운다”. https://www.mk.co.kr/news/business/10028075
- 매일경제, 2021, “대상, SKC·LX인터내셔널과 친환경 생분해 신소재 합작사 설립”. https://www.mk.co.kr/news/business/10110721
- 산업일보, 2021, 재활용 플라스틱 섬유(rPET). 친환경 트렌드로 주목
- 연합뉴스, 2023, 대상, 친환경 소재 '카다베린' 생산…화이트바이오 사업 본격화, https://www.yna.co.kr/view/AKR20230614029800003
- 풀무원, 2021, BIO-PET 적용한 친환경 샐러드 용기 국내 첫 개발...환경 경영 박차
- 한화솔루션 케미컬 부분, 환경호르몬 없는 100% 친환경 가소제, https://www.chemidream.com/2860
- IPDaily, 2022, 빠르게 썩는 ‘생분해 플라스틱’… 지난 5년간, 특허출원 ‘ 2배’ 급증
- KRICT 케미러브 화학사랑, 자연유래 가소제 개발로 PLA(폴리락타이드) 완전 생분해 달성 가능, https://chemielove.krict.re.kr/with/supporters/view02.do?SEQ=154
- LG케미토피아, 폴리머인사이트 #37. 자연으로 돌아가는 생분해성 소재, PBAT(Poly-Butylene Adipate Terephthalate)

참고1 '제4차 생명공학육성 기본계획' 비전·목표 및 추진과제

비전	바이오 대전환시대, 디지털융합·전략적 R&D·스케일업을 통해 2030 바이오경제 선도국으로 도약

핵심 목표	❶ 바이오 분야 기술수준 : ('20) 77.9% → ('30) 85% ❷ 바이오 기술창업(연간) : ('20) 399건 → ('30) 1,000건 ❸ 바이오 산업 생산규모 : ('20) 43조원 → ('30) 100조원

1 디지털 융합을 통한 바이오 혁신	① 바이오+를 통한 핵심분야 고부가가치화 ② +바이오를 통한 소재·제품개발 등 제조산업 혁신 ③ 디지털 융합형 바이오 기반기술 확보 ④ 데이터 기반 바이오 연구 확산
2 글로벌난제 해결을 위한 바이오융합 R&D 강화	① 문제해결형 R&D 지원체계로 전환 ② 노화, 감염병, 난치질환 치료 등 국민 건강 증대 ③ 탄소중립 이행, 재생에너지 효율화 등 지속가능성 확보 ④ 식량 생산성 증대, 대체식품 개발 등 식량 주권 확보
3 바이오경제 성과창출을 위한 스케일업 촉진	① 딥테크 창업 등 혁신기술의 산업 확산 촉진 ② 바이오 소부장 국산화 등 바이오 산업 기반 구축 ③ 규제합리화, 글로벌 시장진출 등 K-바이오 도약지원 ④ 역동적인 바이오경제 생태계 활성화
4 바이오 융합 생태계 조성	① 바이오 대전환을 선도할 융합인재 양성 ② 생명연구자원, 장비·시설 등 연구인프라 고도화 ③ 지속가능한 바이오 혁신을 위한 거버넌스 강화

바이오 대전환의 핵심 요소, 디지털 융합 가속화!



新연구분야 육성 지원

❶ 디지털 치료기기

디지털(SW) 치료기기
15개 제품화(~'32)

❷ 전자약 핵심기술

의약품 부작용 30%저감(~'30)

7개 난치 / 희귀질환* 치료가능 기술 개발(~'30)

* 알츠하이머, 파킨슨병, 당뇨병, 뇌전증 등



❸ 첨단 뇌과학 기술 확보

BMI(뇌-기계 인터페이스), 뇌기능 시뮬레이션 등
31개 기술 확보 (~'31)



❹ 디지털 육종 AI모델



❺ AI 신약 개발

후보물질 발굴



디지털 기반 바이오 제조 혁신

❶ 10년 내 합성생물학 기술 선도국 진입

▸ 기술 수준





❷ 바이오 파운드리 구축

합성생물학 연구개발속도 **5배 향상** (~'30)



❸ 의약품 제조, 농식품 생산 디지털 전환

광합성 효율 **50% 향상**



디지털 바이오 기반 기술 확보

❶ 줄기세포 빅데이터 지도

4대 장기지도 완성(~'28)



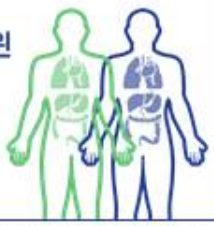
❷ 인공지능 연구개발 플랫폼

- 신개념 신약개발 플랫폼
- 항체 3차원 단백질 구조예측 및 설계 플랫폼 등



❸ 휴먼 디지털 트윈

- 5대 장기 (~'28)
- 인간 전체 (~'32)



❹ 장기 유사체(오가노이드)

인체 유사도
90% (~'27)



❺ DNA 라이브러리(DEL)

유효물질 고속 발굴
대량 스크리닝



❻ 수요 기반의 바이오 핵심데이터

- 한국인 100만명 임상정보-유전체 빅데이터
- 위암, 폐암 등 10대 호발암 임상데이터
- 식물 유전형 데이터 21만 자원
- 해양생물 유전자원 빅데이터



❼ 데이터 통합 플랫폼

국가 바이오데이터스테이션(K-BDS) 구축(~'26)



문제해결 중심의 R&D로 인류에 기여하는 바이오로 전환!



국민건강 증대

❶ 노화 진단·예방·지연
- 노화 기전 규명
- 노화 생체시계 개발
- 노화세포 제거기술 개발



❷ 노인성 질환 극복
- 치매 원인규명, 치료기술개발
- 뇌신경계질환 극복
- 근골격계 질환 극복



❸ 혁신기술 기반 만성·난치질환 치료
- 글로벌 **신약 4건**(~'30)
- 유전자·세포 치료제
- 재생의료 치료기술
- 마이크로바이옴 치료제



❹ 감염병 예방, 치료 핵심기술
25대 핵심기술 자립화

예방	mRNA, 바이러스벡터 백신 등
치료	저분자물질 치료제 등
진단	신속현장형, 맞춤형 진단
예측	감시·유입 위험도 예측
인프라	스크리닝, 안전성 평가 등



탄소중립 이행

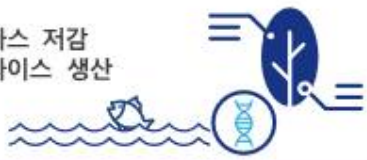


❶ 친환경 바이오 소재 개발
- 생분해성, 고기능성 바이오 플라스틱 생산기술 개발
- 석유기반 생산을 바이오 기반으로 대체
- 수산 부산물 5만 톤의 바이오 소재화

❷ 바이오 기반 에너지 생산
- 바이오 액체연료
  - 바이오 디젤 | 바이오 항공유 | 바이오 알콜
- 해양바이오 수소
  - 고순도 수소 대량생산 | 수소 생산 단가 저감



❸ 바이오 소재 기반 환경관리
- 해양환경 개선 마이크로바이옴 개발
- 메탄가스 저감 그린라이스 생산



식량주권 확보

❶ 대체식품
- 식물, 곤충 활용 대체식품 개발
- 세포배양식품 개발



❷ 메디푸드
- 농수산물 효능정보 DB 구축
- 치매, 당뇨, 대장염 등 케어푸드 개발



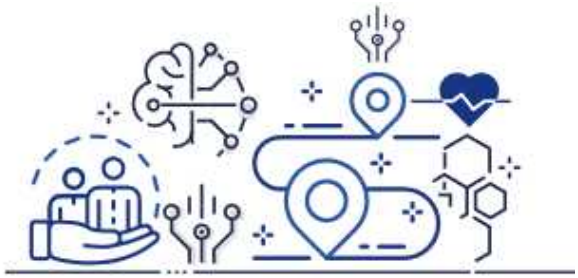
❸ 고품질 신품종 육성
- 고품질, 고생산성 신품종 개발
- 한국인 맞춤형 아열대작물 개발



❹ 고부가 식품소재 개발
- 마이크로바이옴 활용 화학제제 (농약, 비료)
- 식물기반 가축백신



지속가능한 바이오 경제 융합 생태계 조성!



바이오 경제 Scale-Up 촉진

❶ 바이오 혁신기술 기반 창업 활성화

- **혁신기술 고도화**
  TRL3단계 – TRL7단계 간극 극복
- **맞춤형 창업 지원**
  코어퍼실리티, 창업교육, 보육
- **초기 자금지원**
  K-바이오 백신펀드
  그린바이오펀드
  해양수산 투자펀드 등



❷ 규제 합리화

- **핵심분야 규제혁신**
  ※ 의료기기, 의약품, 재생의료, 유전자검사, BMI
- **규제공백, 지연 발굴**



❸ 글로벌 진출 전략적 지원

- **해외 규제 대응**
- **현지거점 확대, 판로 개척**





❹ 지역 기반의 바이오 경제 거점 육성

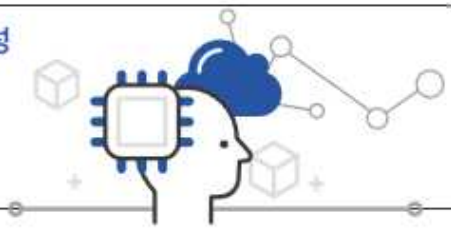
- **바이오 의약품 생산 글로벌허브(송도)**
- **산,학,연,병 K-바이오 스퀘어(오송)**
- **글로벌 메디클러스터(홍릉)**

- **그린바이오 6대 거점**
  종자, 동물용의약품, 미생물, 곤충, 천연물, 식품
- **해양바이오 권역별 거점**
  중부권(유용 산업소재), 동해권(의료헬스케어)
  서남해권(해조류 특화), 남해권(소재 대량배양)

바이오 융합 생태계 조성

❶ 바이오 대전환을 선도할 융합인재 양성

- 디지털+바이오 융합인재
- 혁신형 의사과학자
- 생산, 규제과학 인력



❷ 연구개발에 필요한 핵심 바이오 소재 확보

배양세포	모델동물	뇌	미생물	천연물
줄기세포	야생생물	수산생물	농작물	

❸ 디지털 바이오 컴퓨팅자원 확보

- **초고성능 컴퓨팅 구축**
  6호기(~'28), 7호기('25~)
- **바이오 초고성능컴퓨팅 전문센터 운영**



❹ 첨단 연구장비 구축 및 공동활용

- **전자현미경, 핵자기공명 분광기, 다목적 방사광 가속기 등**



참고2 ‘바이오경제 2.0’ 비전 및 추진방향

바이오경제2.0 실현을 위한 4+1 추진방향

글로벌 바이오경제 선도국가로 도약

- ’30년 세계 1위 바이오의약품 제조국 도약
- 바이오신소재 산업 육성
- 친환경 바이오에너지 상용화
- 디지털바이오 혁신생태계 조성

+

규제·인력·수출 등 바이오경제 기반 구축

- 15.7조원 민간투자 (’30)
- 바이오납사 국내 생산 20만톤 (’30)
- RFS 비율 8%로 상향 (’30)
- 디지털헬스 서비스 50건 상용화 (’30)

1. 세계 1위 바이오의약품 제조국으로 도약하겠습니다

민간 15.7조원 투자 총력 지원

- 바이오의약품을 국가전략기술로 지정 추진
- 부지, 전력, 상하수도 등 인프라 지원
- 바이오기업 성장 지원
  * 글로벌 빅파마, VC 매칭 지원 등

바이오 원부자재 국산화율 10%(’27), 15%(’30) 달성

- 바이오 소부장 기술로드맵 수립 (’23.下)
- 바이오 분야 소부장 특화단지 지정 추진 (’23.下)
- 글로벌 원부자재기업 투자유치 전담팀 운영

바이오의약품 제조역량 강화 지원

- 첨단바이오의약품 제조·공정 기술개발 추진 (예타 기획중)
- 국가 바이오파운드리 구축 (예타중)
- 한국판 BioMADE 설립 추진 (예타 기획중)

한국판 보스턴 바이오 클러스터 육성

- 바이오 국가첨단전략산업 특화단지 지정 추진
- 바이오클러스터 고도화 지원
  * 예시 : 송도 K-NIBRT 오송 3D 생체조직칩 실증센터
- 클러스터간 연계·협력 강화

2. 바이오신소재 산업을 육성하겠습니다

규제, 인증 등을 통해 시장창출

- 국내외 인증기관간 상호인정 지원
- 생분해성 플라스틱 환경표지인증 유효기간 연장 추진
- 바이오신소재 규제발굴 및 논의

다양한 바이오신소재 제품 개발

- 생분해성 플라스틱 산업기반 마련
- 친환경 섬유 R&D 예타 추진
- 바이오식품 기술개발 지원 추진

바이오신소재 원료 기술 개발

- 바이오납사 고수율 생산기술 개발
- 석유기반 대체 바이오화합물 생산기술 개발
  ➡ 바이오납사 연 20만톤 국내 생산 (’30)

3. 친환경 바이오에너지를 상용화하겠습니다

신규 바이오연료 실증

- 바이오항공유·선박유 실증연구 ('23.下~)
- 수첨바이오디젤 실증연구 ('23~'25)
  ➡ '30년 RFS 의무비율 : 5% → 8%

법령 정비 및 표준 개발 지원

- **석유사업법 개정 추진** ('23)
  바이오연료 산업의 지원·육성,
  석유정제업자의 친환경 바이오제품 생산 등 근거 마련
- **국가-국제 표준 개발** ('23~'26)

안정적 원료확보 지원

- 국내외현황심층조사('23.下) 및 업계 지원방안 마련
- 차세대 바이오연료 기술개발 예타 추진

4. AI, ICT 융합 디지털바이오 혁신생태계를 조성하겠습니다

바이오데이터 활용기반 조성

- 100만명 국가바이오빅데이터 구축 및 활용도 제고 ('24~'32)
- 생성형 AI 기반 바이오빅데이터 개발
  ➡ 민간에 공유
- 글로벌 바이오데이터 허브화 추진

디지털헬스 대규모 실증 추진

- 금융·통신·주거 등 이종(異種) 산업 연계 융합서비스 개발 ('22~'25)
- 디지털치료기기 공통기반기술 지원 ('22~'25)
- 디지털헬스 신규 서비스 50건 상용화 ('30)

타산업간 융합을 통한 고부가가치화

- 기술융합형 제품화 성공사례 50건 이상 창출



5. 바이오경제 활성화를 위한 튼튼한 기반을 구축하겠습니다

바이오 킬러 규제 발굴 및 해소

- **현장애로 상시 해소**
  찾아가는 지역 카라반, 투자·규제 애로접수센터
- **갈라파고스 규제 해소**
  미국·일본과 같이 안전성이 확인된 미생물을 밀폐생산공정 이용시 위해성심사 간소화 추진
- **제도공백에 따른 시장형성 지체 해소**
  * 예시 : 디지털 치료기기, 전자약 등 디지털의료 제품

바이오 핵심인재 양성

- **현장수요맞춤형**
  K-NIBRT('24 완공), 백신산업 전문인력 양성센터('25 완공)
- **산학융합형**
  산업단지 내에 대학캠퍼스와 기업연구소 유치

바이오수출 활성화

- 해외인증지원단 신설 ('23, 국표원)
- 코트라 무역관내 K-바이오 데스크 설치 ('24~)
- 무역금융('23, 360조원) 공급 및 활용 지원
- 바이오경제 동반자 협정(BEPA) 추진
- 미국, UAE 등 정상외교 성과 활용

참고3 ‘전 주기 脫플라스틱 대책’ 추진전략

비전

2024년 이후 본격화될 Post-플라스틱 시대 준비

방향

- **코로나 시대 극복 :** 포장재·용기 분야에 역량 집중
- **탈플라스틱 기반 구축 :** 대체 시장·서비스 확대, 재활용 고도화

목표

- **2025년까지 폐플라스틱* 발생 20% 감축**('21년 대비)

* (폐플라스틱 발생량) '21년(492만톤(잠정)) →→ '25년(393만톤)

	'20년	'23년	'25년
재생원료 사용률(PET 등)	0.2%(추정)	3%	10%
물질재활용률(생활플라스틱)	18%(추정)	20%	25%
소각형재활용 비중(생활플라스틱)	69%	65%	55%
바이오플라스틱 기술수준 (최상위국(미국) 대비)	85%	87%	90%

추진 과제

1. 대체서비스 기반 일회용품 감량

1. 다회용기 대체 기반 조성
2. 현장을 고려한 일회용품 감량
3. 소비자 지원.인센티브
4. 과대포장의 사각 해소로 포장재 감량

2. 온전한 재활용

1. 재활용 원료인 폐자원의 안정적 공급
2. 재활용 쉬운 제품 설계.생산
3. 고부가가치 물질.화학적 재활용 유도
4. 재활용품 사용 촉진

3. 재생원료.대체재 산업 및 육성

1. 바이오매스.재생원료 제품 시장선도 지원
2. 생분해 플라스틱의 활성화 지원
3. 규제 유연화로 신기술·신사업 촉진
4. 산업계 역량 강화

4. 국제사회 책무 이행

1. 탈플라스틱 협약 선제적 대응
2. 취약분야 집중 관리

+

이행 체계

- [이행] 탈플라스틱 거버넌스 구축
- [통계] 플라스틱 전주기 통계 관리 강화

참고4 ‘그린바이오산업 육성 전략’ 비전 및 추진전략

비전

바이오 기반 농식품 「New Value Chain」 육성

= 그린바이오 산업 성장 + 탄소배출 감소 + 농업 생산성 향상 =

목표

- ◈ [시장 확대] 국내 그린바이오 산업: ('20) 5.4조원 → ('27) 10조원
- ◈ [기업 육성] 그린바이오 글로벌 및 유니콘 기업: ('22) 1 → ('27) 15개
- ◈ [수출 강화] 그린바이오 산업 수출: ('20) 2.7조원 → ('27) 5조원

전략 및 과제

3대 추진전략	주요 과제
1. 그린바이오 산업화 촉진	① **신생기업**을 위한 **그린바이오 전용 펀드** 조성 및 **투자 확대** ② 그린바이오 **6대 분야 거점 중심**으로 **기업지원** ③ **소재 대량 공급**을 위한 **첨단 농장** 및 **파운드리** 육성 ④ **제품·서비스 해외진출** 및 **민간수요 창출** 지원
2. 혁신기술 개발 및 인력 양성	① **12대 핵심기술 분야** R&D 확대 ② **연구·산업·서비스** 등 분야별 **융합인력** 양성 ③ **유망 벤처·스타트업** 육성 등 **창업 활성화**
3. 그린바이오 산업 생태계 조성	① 수요자 중심의 **데이터 수집·활용 지원** ② 「**그린바이오 우선구매제도**」 도입 ③ 그린바이오 **규제혁신** 등 **플랫폼 구축**

추진 체계

- ◆ 「(가칭)그린바이오 산업 육성법」 특별법 제정
- ◆ 그린바이오 산업통계 구축

참고5 '그린바이오산업 육성 전략' 농식품 바이오 12대 핵심기술(안)

구분	기술 분야	기술 설명
공통·기반 기술	마이크로바이옴	· **미생물 군집 유전체를 분석**하여 소재를 발굴하여 생육·질병 등과 관계를 규명하고 유용균주를 선발하는 기술
	합성생물학	· 생명과학 기반으로 공학적 개념을 도입해 **생물의 구성요소 등을 인공적으로 설계·구축**하는 기술(유전체 합성, 회로 제작 기술 등 활용)
	유전자 편집	· DNA의 **특정 염기서열**을 **절단·편집하는 제한효소**로 **목적 형질만 빠르게 개량**(GM과 차별)
	디지털 육종	· **유전체** 등 데이터를 **AI** 등으로 분석하여 **최적 교배조합** 제시로 후대를 **신속·정확하게 선발**하는 기술
	품질·안전 기술 (기능성 원료 등)	· **생산·가공 단계**에서 기능성 성분함량, 중금속, 위해 미생물 등 분석, **인체·환경에 미치는 독성·부작용** 등 **안전성 평가** 기술
응용·산업화 기술	대체식품·메디푸드 제조	· **단백질 추출·생산**, **세포 배양** 등 통해 **육류**·식품과 **비슷한 식감·맛**이 나는 식품, 특정 질병이 있는 환자의 치료 또는 영양 유지를 위한 치료 보조 용도의 식품 제조 기술
	바이오사료 제조	· 가축 소화력 향상, 병원균 저감 등을 위한 **미생물·천연물 소재**를 **제형화**·제품화하는 기술
	바이오 농약·비료 제조	· 식물 병해충 방제, 생리활성 증진 위해 **미생물·천연물 소재**를 **제형화**·제품화하는 기술
	동물용 바이오 의약품 제조	· 가축·반려동물 등 **질병의 예방·진단·치료** 등을 위한 후보물질을 탐색·제품화하는 기술
	발효산물 소재 개발	· **발효종균** 및 **미생물 발효과정**에서 생산된 **유용물질**로 **천연색소·향신료·감미료·기능성물질** 등 생산기술
	산업용 소재 개발	· **미생물, 바이오플라스틱, 천연물·산림 등 유래 향장소재** (화장품 원료 등) 등을 발굴·분리·추출·대량생산하는 기술
	의약용 소재 개발	· **염증성, 면역계, 항암** 등 **식물 기반 의약소재 후보물질**의 탐색·분리·추출·대량생산 기술