

융합 Weekly TIP

Technology · Industry · Policy

바이오파이너리 기술 현황

이현숙 | 융합연구정책센터



바이오리파이너리 기술 현황

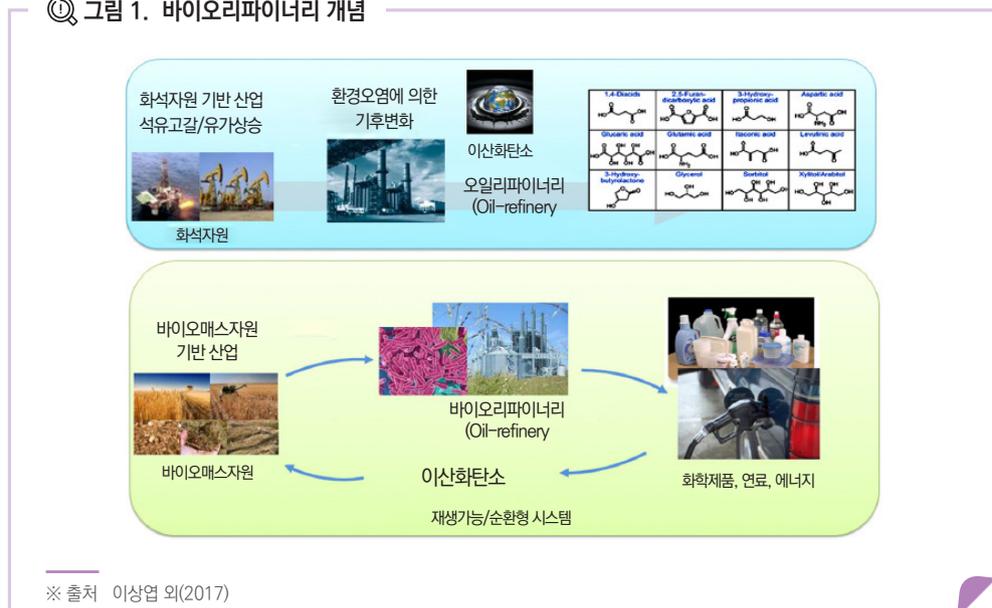
이현숙 | 융합연구정책센터

01

선정배경

- 범 지구적인 기후변화로 인해 이산화탄소를 발생시키지 않는 새로운 에너지원의 필요성에 대한 공감대 형성
 - 산업이 발달하면서 석유와 같은 화석연료에 대한 의존도가 상승하였으며, 이는 기후변화의 원인으로 작용
 - 기후변화로 인해 평균 기온이 상승하면서 온실가스 저감을 위해 탄소중립형 에너지 개발이 필수
- 화석연료의 사용을 줄이고 지속가능한 사회로의 전환을 위한 대안으로 바이오매스(Biomass)를 이용한 바이오리파이너리(Bio-refinery)가 대안으로 등장
 - 바이오리파이너리란 석유화학 산업의 페트로리파이너리에 대응되는 개념으로 바이오기술(BT)을 이용한 바이오매스로부터 재생가능한 바이오연료 및 바이오 화합물을 생산하는 것을 의미
 - 바이오매스를 이용하는 과정에서 이산화탄소가 발생하지만, 생산되는 과정에서 이산화탄소를 흡수하므로 탄소 중립적인 특징을 가짐

① 그림 1. 바이오리파이너리 개념



이에 본 원고에서는 미래친화적 석유화학 산업 및 환경문제의 대안이 될 수 있는 바이오리파이너리 기술 현황에 대해 살펴보고자 함

바이오리파이너리 기술현황

02

- 💡 바이오리파이너리 기술개발은 바이오매스의 원료에 따라 4세대(4단계)로 구분
 - 현재 1세대 바이오연료 기술은 상용화 단계이지만, 식량작물을 주요 원료로 사용하고 있어 세계 곡물 가격 상승, 식량 재배지 문제 등을 야기
 - 비식용작물을 원료로 한 진보된 바이오매스 기술로의 전환이 요구되나, 2,3세대 바이오 연료 기술은 아직 개발 단계

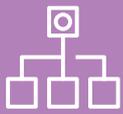
표1. 바이오리파이너리 진화 단계

| 구분 | 원료 |
|-----|--------------------------------------------------------------|
| 1세대 | · 곡물에서 생산된 에탄올, 식물성 기름에서 생산된 바이오 디젤 등 식량작물로부터 생성된 바이오연료 |
| 2세대 | · 목재, 폐기물 등 폐자원을 활용한 비식량계 바이오매스로 생산된 바이오연료 |
| 3세대 | · GMO, 조류로부터 생산된 바이오연료 |
| 4세대 | · 바이오연료 생산과 이산화탄소 포집·저감이 연계된 첨단 생물변환 기술로 개발된 작물로부터 생산된 바이오연료 |

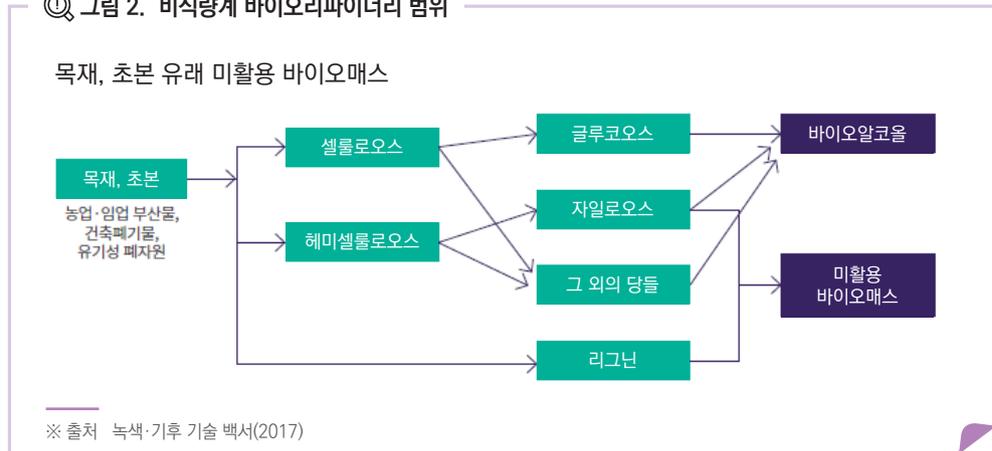
※ 출처 김우웅 외 (2014)

1) 비식량계 바이오매스 바이오리파이너리(2세대)

- 💡 식량작물 바이오매스로 인한 문제를 비식량계 바이오매스로 해결 가능
 - 옥수수, 감자, 사탕수수 등 식량작물 유래의 바이오매스(1세대)를 이용한 바이오연료 생산은 경제적, 윤리적, 사회적 문제를 야기
 - 1세대 바이오리파이너리의 문제를 해결하기 위해 비식량계 목재, 초본과 같은 바이오매스를 이용한 바이오알콜 제조 방법이 대안으로 제안



① 그림 2. 비식량계 바이오리파이너리 범위



🗨 바이오리파이너리 하위기술로는 바이오매스 분류 기술, 바이오매스 전환 기술, 합산소 원료의 업그레이드 기술 등이 있음

▶ 표2. 비식량계 바이오매스 바이오리파이너리 하위기술

| 기술명 | 기술내용 |
|---------------------------|----------------------------------------------------|
| 목재, 초본 분류기술 | 목재, 초본 등 가공이 어려운 바이오매스 자원의 분류를 통한 당 및 미활용 바이오매스 분류 |
| 목재, 초본 유래 리그닌 활용기술 | 리그닌의 화학적, 생물학적 분해를 통한 저분자 원료 생산 |
| 목재, 초본 유래 미발효당 활용기술 | 미발효당의 전환을 통한 고부가연료 생산 |
| 바이오매스 유래 합산소 원료의 업그레이드 기술 | 합산소 원료의 탈산소 업그레이드를 통한 탄화수소 연료 생산 |

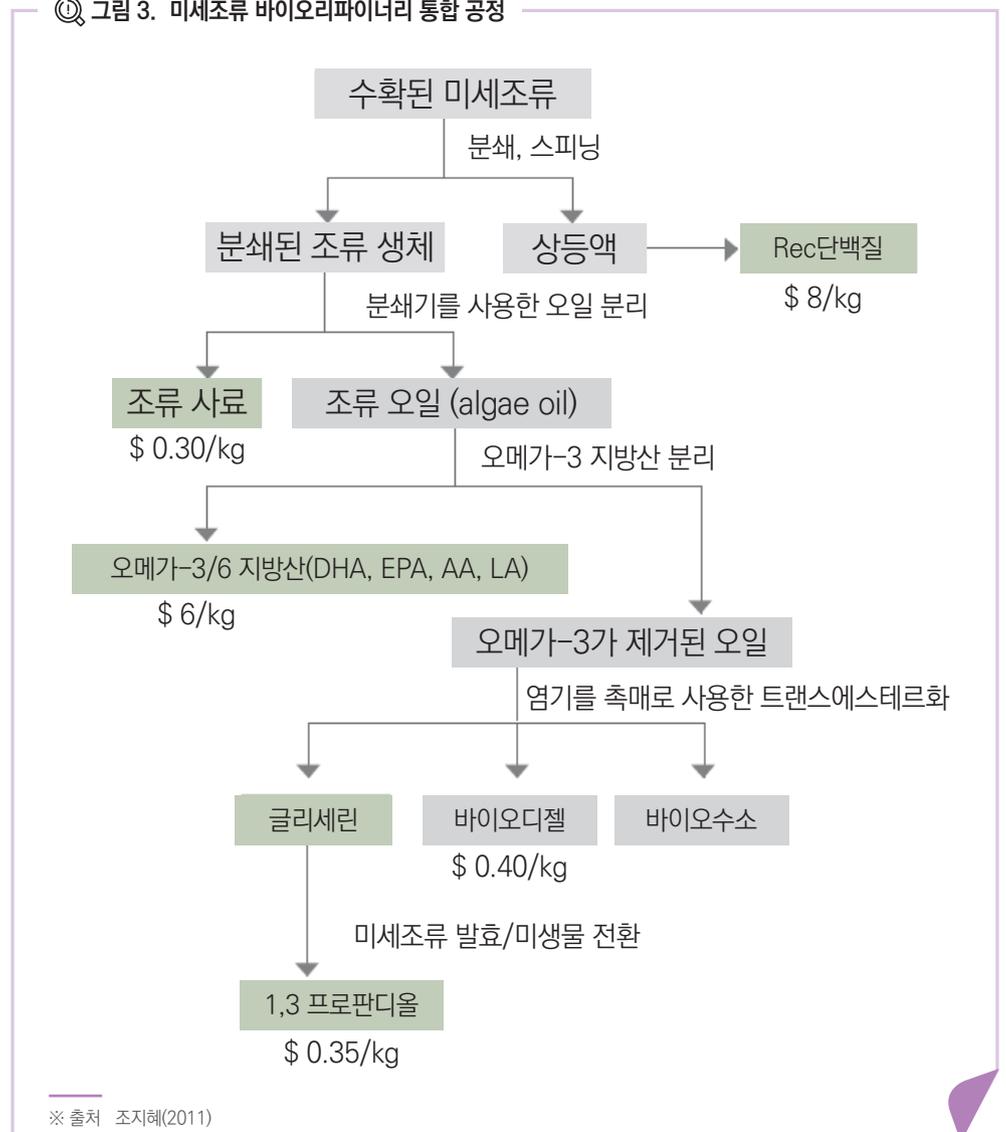
※ 출처 녹색·기후 기술 백서(2017)

2) 미세조류 바이오리파이너리(3세대)

💡 대두유, 유채유, 팜유와 같은 식물 유지를 사용하지 않고 미세조류를 이용해 바이오디젤 생산 가능(조지혜,2011)

- 바이오디젤은 식물성 유지, 동물성 지방, 폐식용유 등을 원료로 하여 생성되는 알킬 에스테르
- 화석연료보다 연소 배출이 적으며, 이산화탄소를 발생시키지 않는 친환경 연료로써 디젤엔진 등에 바로 적용 가능

📌 그림 3. 미세조류 바이오리파이너리 통합 공정



※ 출처 조지혜(2011)



- 미세조류로부터 추출 가능한 오일양은 대두, 자트로파, 팜 등 타 바이오매스 유래 오일보다 월등히 많은 비율

▶ 표3. 바이오매스별 오일수율 비교

| 바이오매스 | 오일 수율(Gallons/acre/yr) |
|----------------|------------------------|
| 대두 | 48 |
| 카멜리나(Camelina) | 62 |
| 해바라기 | 102 |
| 자트로파 | 202 |
| 팜 | 635 |
| 미세조류 | 1,000-6,500 |

※ 출처 US DOE (2010)의 내용을 재정리, 조지혜(2011) 재인용

💡 미세조류 바이오리파이너리 하위기술로는 미세조류주 개발, 미세조류 배양 및 수확, 미세조류 오일 추출 및 전환 기술 등이 있음

▶ 표4. 미세조류 바이오리파이너리 하위기술

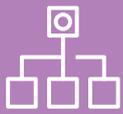
| 기술명 | 기술내용 |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 미세조류주 개발 | 우수형질을 갖는 미세조류의 분리 및 개발 |
| 미세조류 배양 및 수확 | 미세조류 배양시스템에서 바이오매스 생산 및 안정적 관리를 실현하고 이를 바탕으로 생산된 미세조류를 배양액으로부터 분리하는 공정에 관여되는 기술 |
| 미세조류 오일 추출 및 전환 | 미세조류가 함유한 다양한 유용 생물소재의 생산 증대 및 추출 기술 |
| 미세조류 기반의 화학소재 기술 | 제어 기술, 열화방지 기술 |

※ 출처 녹색·기후 기술 백서(2017)

03

국내외 정책동향

- 💡 유럽, 미국 등 주요국은 탄소감축 및 바이오경제로의 전환을 위해 종합적인 계획·제도 마련 (KISTEP, 2017)
 - **(유럽)** 호라이즌 2020(Horizon 2020, 2014~2020) 산하에 바이오기반 산업연합(Bio-Based Industries Joint Undertaking)을 설치하여 바이오매스 확보, 바이오리파이너리, 시장·제품·정책 개발 중심으로 투자* (KISTEP, 2017)
 - * 총 37억 유로(EU예산 9.75억, 민간 투자 27억)
 - **(미국)** 에너지부(DOE)의 바이오매스 프로그램을 통해 통합 바이오리파이너리를 지원*하고 있으며, 기술격차를 줄이기 위해 경기부양법(American Recovery and Reinvestment Act) 자금 운용
 - * 총 27개의 바이오리파이너리 프로젝트 운영(10)
 - **(일본)** 교토의정서 이후 바이오연료 개발 및 사용을 적극 추진하며 9,250만 달러('07)를 바이오연료 생산에 투자(김무웅 외, 2014)
- 💡 반면, 우리나라는 「바이오화학 육성전략(2012)」이후 관련 사업 및 인프라 구축을 추진하였으나, 바이오연료를 포함하는 통합적인 계획은 미진(KISTEP, 2017)
 - 과기정통부 및 산업부는 바이오연료(68.8%) 중심, 산업부와 해수부는 바이오매스 유래 소재분야에 집중 투자



시사점

- 💡 바이오리파이너리 기술은 에너지 문제와 기후변화 문제를 동시에 해결 할 수 있는 대안 기술
- 💡 전세계적으로 바이오에너지 시장의 성장이 예상되는 만큼 우리나라도 장기적인 관점에서 바이오리파이너리 분야의 기술개발이 필요
 - 바이오에너지 기술 시장은 2010년 약 200억 규모였으나, 2030년에는 전체 에너지 시장의 18%를 차지할 것으로 예상(녹색·기후기술백서, 2017)
 - 세계 주요국에 비해 우리나라의 관련 정책 및 투자가 미흡한 만큼, 선진국과의 기술격차 해소 및 산업 활성화를 위한 투자 필요



참고자료



1. 김무웅, 김희철(2014). 바이오리파이너리 3P 동향 분석 및 시사점,
2. 녹색·기후 기술 백서 2017, 녹색기술센터
3. 이상엽, 유승민, 미래 석용화학 산업을 대체할 시스템 대사공학 기술, 융합연구리뷰, Vol.3, No.2
4. 조지혜, 바이오리파이너리(Biorefinery)의 해외 현황과 정책적 시사점, 환경포럼 Vol.15, No.6, 2011
5. 한국과학기술기획평가원, 바이오경제로의 이행을 위한 화이트바이오 산업 육성 정책제언, Issue Weely, 2017