

(기술·연구·표준) 동향

지속 가능한 바이오매스 개발 동향



제 1장	개요	3
작성배경		3
제 2장	바이오매스의 정의	4
제 3장	국내 바이오매스 잠재량	5
제 4장	바이오매스 확보를 위한 해외기술 사례	7
유럽의 Horizon2020 사업에서의 바이오매스 관련 연구 사례		8
미국의 바이오매스 관련 연구 대표적 사례		10
IEA Bioenergy Task 43 소개 기술		11
제 5장	요약 및 결론	13
제 6장	참고문헌	14

제 1장 개요

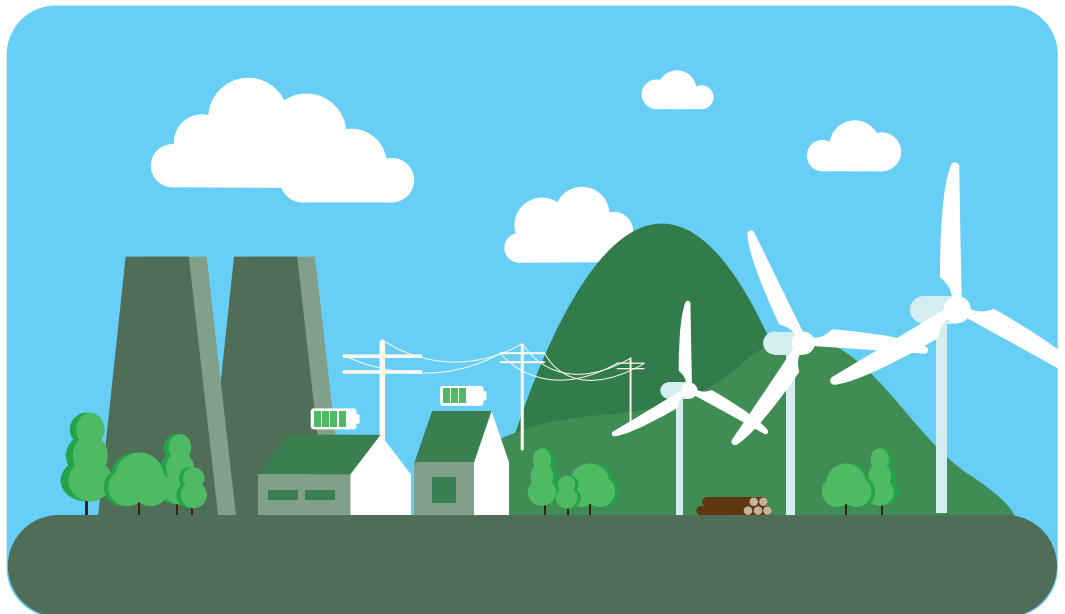
✎ 작성배경

2022년 정부에서 발표한 「친환경 바이오연료 확대 방안」에 따라 바이오연료의 보급 확대가 예상되고 이를 뒷받침하기 위해서는 원료인 바이오매스 확보가 필요한 상황임

- 「친환경 바이오연료 확대 방안」에 따르면 현재 상용화 되어 있는 바이오디젤의 보급 확대와 함께 바이오항공유와 바이오선박유의 신규 상용화가 진행될 예정임
- 바이오연료 보급 확대를 위해서는 필수적으로 적절한 품질의(suitable quality), 지속가능하고 (sustainable), 합리적인 가격 (reasonable price)에서 충분한 공급량 (sufficient quantities)를 가지는 바이오매스의 확보가 필수적임

효율적이며 안정적인 바이오매스 공급망 구축을 통해서 친환경 바이오연료 확대를 위한 기반을 마련이 필요함

- 국내 바이오매스 잠재량을 전부 활용할 시 국내 에너지 생산량의 43.7%를 감당할 수 있는 수준임 국가에너지통계 종합정보 시스템 (2020년 자료 기준)¹⁾
- 현재 바이오매스 잠재량 중 16%만이 에너지원으로 사용되고 있으며 효율적인 국내 자원 활용과 부족분에 대한 해외 바이오매스의 공급망 구축이 필요함

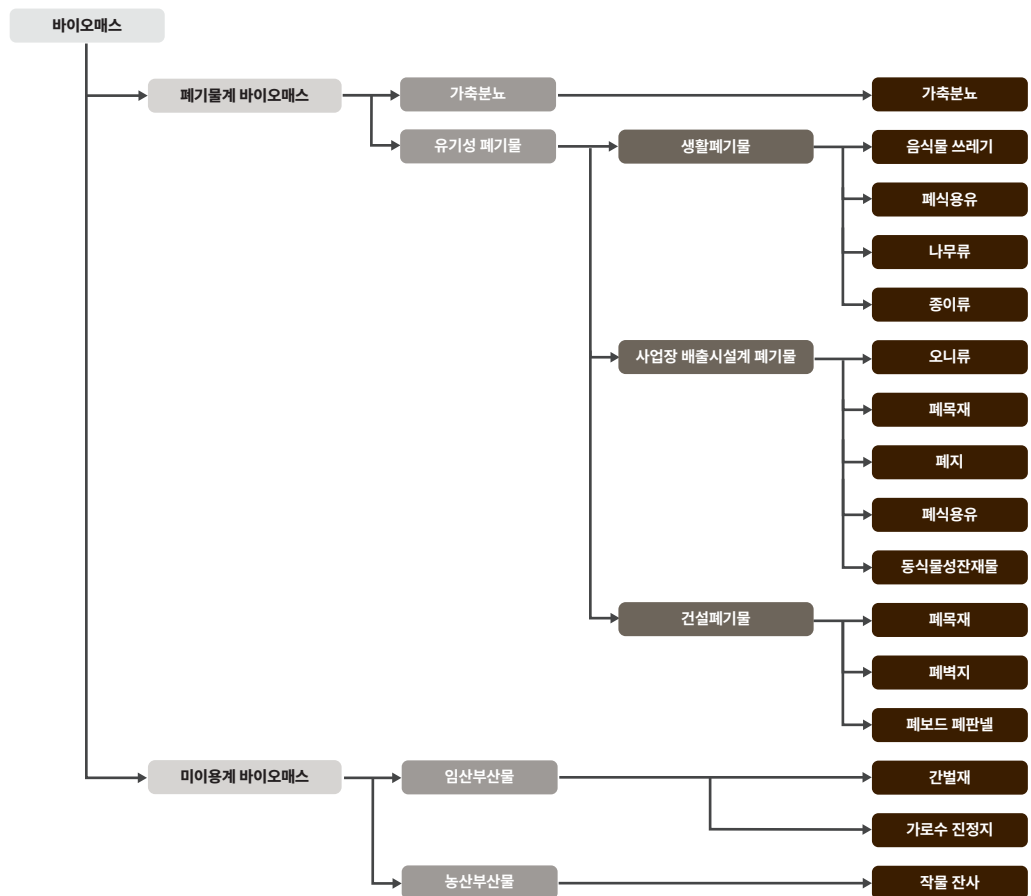


¹⁾ 국가에너지통계 종합정보 시스템 (2020년 자료 기준)

제 2장 바이오매스의 정의

「바이오매스」라 함은 재생 가능한 에너지로 변환될 수 있는 생물자원 및 생물자원을 이용해 생산한 연료를 의미함.²⁾

- 국내 바이오매스는 국내 산업활동 등으로 발생한 산물로서 재활용이 가능하다고 인정되는 바이오매스로 정의될 수 있음³⁾
- 바이오매스는 용도, 원료 종류, 발생원에 따라서 각각 구분될 수 있지만 특히 바이오원료 활용 측면에서 눈여겨보아야 할 것은 관리체계에 따른 바이오매스 구분으로 사용하고자 하는 바이오매스가 폐기물바이오매스로 분류될 시 폐기물 수집·운반에 관한 허가를 득한 자만이 취급할 수 있다는 문제가 있음



[관리체계에 따른 바이오매스의 구분]

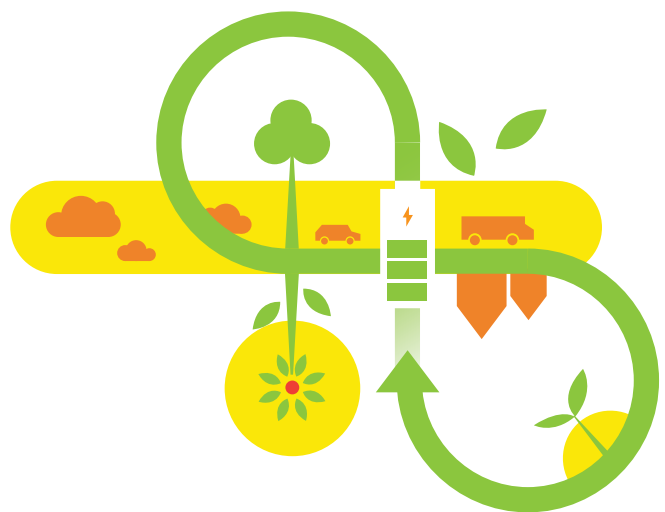
²⁾ 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 제2조제2호바목

³⁾ 자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률 (자원재활용법)

제 3장 국내 바이오매스 잠재량

2020년 기준 국내 바이오매스의 이론적 잠재량*은 24,182 천TOE이며 2050년에 32,407 천TOE로 증가할 것으로 예상됨.⁴⁾

- 2020년 기준 국내 바이오매스의 생산량** 수확·활용 여부와 상관없이 국내에서 만들어지는 바이오매스의 총량은 연간 총 101,552 천톤이 생산되고 있는데 이중 가장 많은 양은 축산바이오매스로서 41,504 천톤을 차지하고 있고 다음이 29,000 천톤의 산림바이오매스임
- 하지만 에너지양으로 환산한 이론적 에너지 잠재량을 봤을 때는 산림바이오매스가 12,849 천 TOE로 압도적으로 많은 양을 차지하고 그 다음은 농산바이오매스, 그리고 도시폐기물이 차지하고 있음
- 축산바이오매스의 경우 생산량은 많지만 에너지밀도가 매우 낮기 때문에 이론적 잠재량이 매우 낮게 나타나고 있고 이런 낮은 에너지 밀도를 고려하여서 적절한 축산바이오매스의 에너지화 기술 개발이 필요한 상황임
- 한편 바이오매스의 이론적 에너지 잠재량은 24,182 천 TOE이지만 기술적 잠재량 에너지 전환 시 손실율, 설비효율 등 현재 기술적 사항을 고려하여 실제 생산이 가능한 에너지양은*** 20,977 천TOE로써 차이가 나는데 이 차이를 극복할 수 있는 기술력 확보가 필요한 상황임
- 한편 2020년 기준으로 국내 에너지 생산량은 총 55,292 천TOE로써 수입 의존도는 92.8%로 나타나고 있음 국가에너지통계 종합정보 시스템 (2020년 자료 기준)⁵⁾
- 국내 바이오매스의 이론적 에너지 잠재량과 비교하였을 때 만일 국내 바이오매스를 전량 에너지원으로 사용한다면 국내 에너지 생산량의 43.7%를 생산할 수 있는 자원으로 이미 존재하고 있는 바이오매스라도 효과적으로 활용한다면 국내 에너지 생산은 보다 많은 기여를 할 수 있을 것임



* 국가 전체에 부존하는 바이오매스를 완전히 활용하여 에너지로 전환할 때 얻을 수 있는 이론적 최대 에너지의 양

** 수확·활용 여부와 상관없이 국내에서 만들어지는 바이오매스의 총량

*** 에너지 전환 시 손실율, 설비효율 등 현재 기술적 사항을 고려하여 실제 생산이 가능한 에너지양

4) 2050 탄소중립을 위한 바이오에너지 활용방안 연구, 2021.09. (사)한국바이오연료포럼

5) 국가에너지통계 종합정보 시스템 (2020년 자료 기준)

표 국내 바이오매스의 현황 및 전망

	2020년 기준			2050년 기준
	생산량 (천톤/년)	이론적 잠재량 (천TOE/년)	기술적 잠재량 (천TOE/년)	이론적 잠재량 (천TOE/년)
산림	29,000	12,849	9,852	15,123
농산	7,326	4,019	4,019	2,829
축산	41,504	1,705	1,497	1,705
도시폐기	18,710	3,570	3,570	3,570
에너지작물	5,102	2,039	2,039	9,180
합계	101,552	24,182	20,977	32,407

• 2020년 기준으로 생산된 전체 바이오에너지는 3,899 천TOE를 보이고 있으며 가장 많은 양은 1,326천TOE를 보이는 목재펠릿이고 다음이 690천TOE의 바이오디젤이며 전체 바이오매스 에너지 잠재량 대비 16%가 사용되고 있음

표 바이오에너지 원료별 생산량

단위: 천TOE

소계	바이오 매스	매립지 가스	바이오 디젤	우드칩	성형탄	임산 연료	목재 펠릿	폐목재	흑액	하수 슬러지 고형 연료	Bio- SRF	바이오 중유
3,899	95	62	690	237	11	143	1,326	73	143	155	501	409

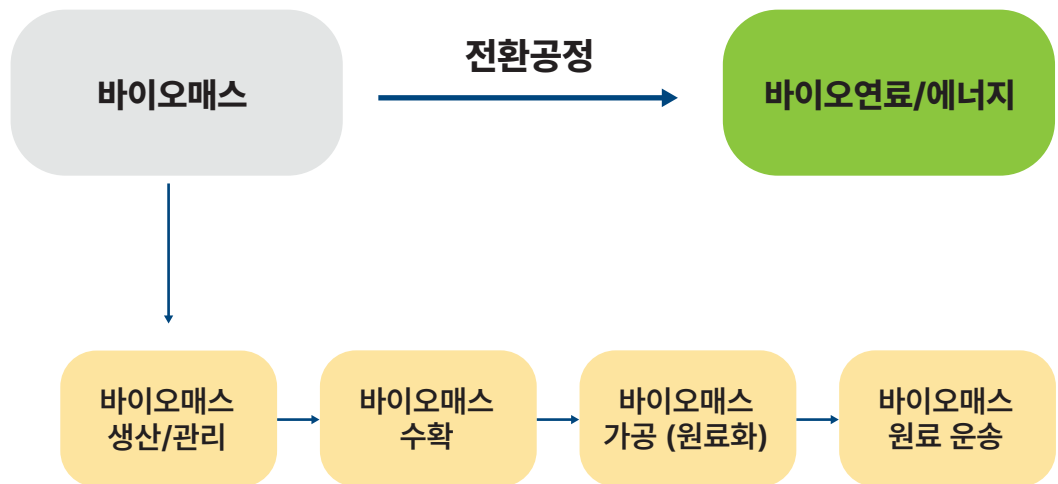
- 상기 표에서 산림바이오매스 관련 에너지 생산량을 보면 1,779 천TOE를 보이고 있는데 이는 국내 산림바이오매스의 13.8%만이 사용되고 있는 것을 알 수 있음
- 국내 입목벌채량은 5,457 천m³이고 원목 수집량은 4,080 m³ 로써 수집비율은 74.8%를 보이고 있음⁶⁾
- 경제적인 수집 기술의 개발을 통해서 산림바이오매스의 수집비율을 높이는 것이 필요함

6) 산림청 홈페이지

제 4장 바이오매스 확보를 위한 해외기술 사례

바이오매스의 확보에는 단순히 자원량만을 얘기하는 것이 아니라 산업용 원료화까지 연결시키는 복잡한 과정을 포함하고 있음

- 기존 국내에서 바이오연료 관련 투자는 바이오매스를 어떻게 효율적으로 연료와 에너지로 전환할지에 대한 전환 공정 개발에 많은 투자가 이루어졌음
- 하지만 이런 바이오매스는 실제 산업체의 원료로 활용되기 위해서 아래 그림과 같이 생산에서부터 가공, 운송에 걸치는 많은 과정이 수반되며 이 복잡한 공정으로 인해서 바이오매스의 경제성이 낮은 경우가 많음



[바이오연료 생산에서 바이오매스 원료 생산을 위한 세부 공정들]

- 특히 산림 및 농업바이오매스의 경우는 밀도가 매우 낮아 운송에서 높은 비용이 지출되기 때문에 전체적인 공정 비용의 상승 요인이 됨
- 기존 전환공정 중심의 투자에서 이제는 바이오매스의 원료 확보를 위한 투자가 필요한 상황이며 해외에서는 이미 이에 대한 투자 및 연구개발이 활발히 이루어지고 있음

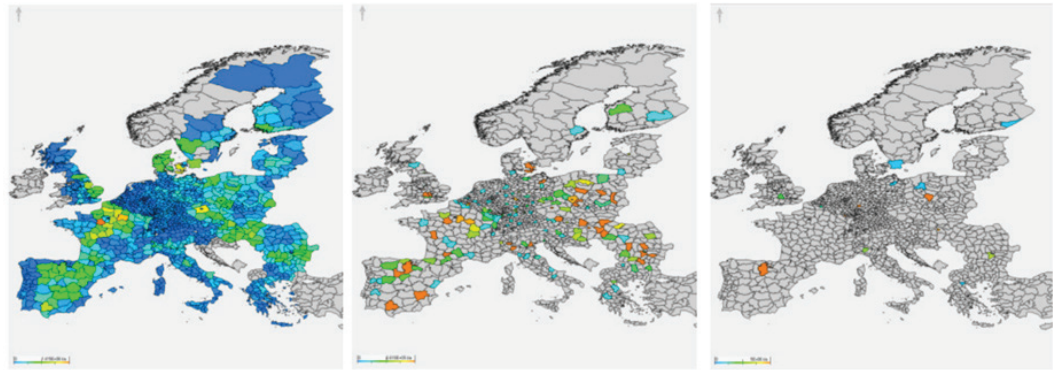
 유럽의 Horizon2020 사업에서의 바이오매스 관련 연구 사례

유럽의 대표적인 대형 연구개발 과제인 horizon2020 사업에서도 바이오연료 생산보다는 바이오매스의 경제적인 확보와 원료화 기술 개발에 많은 투자들이 이루어지고 있음

표 바이오매스 공급망 구축 관련 Horizon2020 과제들

과제명	사업비	참가국가
Biomass based energy intermediates boosting biofuel production (BIOBOOST)	€7,097,298	독일, 오스트리아, 그리스, 네덜란드, 폴란드
Mobile and Flexible industrial processing of biomass (MOBILE FLIP)	€5,923,316	핀란드, 프랑스, 스웨덴, 에스토니아, 그리스
Sustainable Regional Supply Chains for woody bioenergy (BioRES)	€5,923,316	독일, 벨기에, 오스트리아, 핀란드, 슬로베니아, 크로아티아, 세르비아, 불가리아
Reliable Bio-based Refinery Intermediates (BioMates)	€5,923,316	독일, 네덜란드, 체코, 영국, 그리스
Demonstration of innovative integrated biomass logistics centres for the Agro-industry sector in Europe (AGROinLOG)	€6,385,661	스페인, 네덜란드, 그리스, 스웨덴, 이탈리아, 벨기에, 우크라이나, 세르비아
Growing Advanced industrial Crops on marginal lands for biorEfineries (GRACE)	€15,000,851	독일, 네덜란드, 프랑스, 영국, 이탈리아, 크로아티아, 스위스, 오스트리아

- BIOBOOST과제의 경우 농업, 산림, 생활배출 바이오매스를 연료로 사용하기 위해서 가장 현실적인 바이오매스 자원 확보와 수송비용 절감을 위한 혁신적인 수송 시스템을 발굴하는 과제이며 특히 수송비용 절감을 위해서 에너지 중간매체 (intermediate energy carriers)를 활용함. 이 과제에서는 주관기관인 AVA-CO2에서 급속 열분해 공정에 활용함⁷⁾

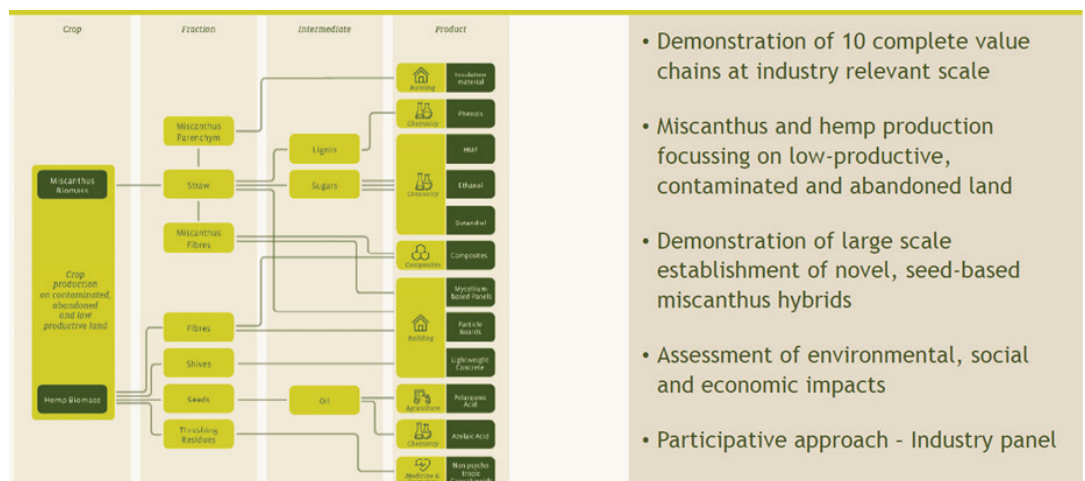


Straw potential

Locations and capacities
of local fast pyrolysisLocations and capacities
of central plants

[BIOBOOST 과제를 통해서 구축된 바이오매스 발생지역, 중간매체와 최종 에너지 생산 지역 maps]

- GRACE과제의 경우 외부 스트레스에 저항성이 높은 종자를 개발하여 환경오염 토양지역에서 바이오매스를 재배하여 이를 활용하는 최적의 valorization chain을 선정하였음. 이 과정을 통해 최종적으로 바이오매스의 supply chain을 완성⁸⁾

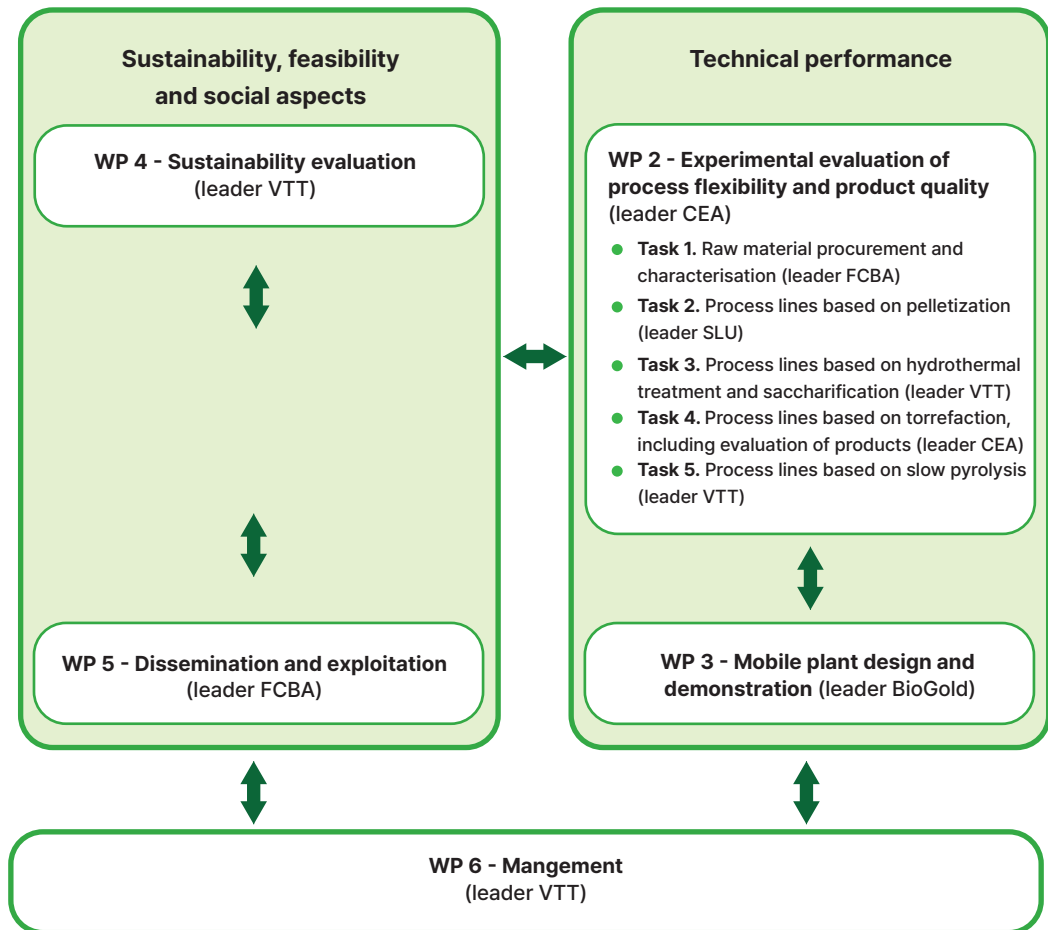


[GRACE 과제의 개요]

⁷⁾ <https://cordis.europa.eu/project/id/282873/reporting>

⁸⁾ <https://cordis.europa.eu/project/id/745012>

- MOBILE FLIP과제에서는 농업바이오매스의 운송을 용이하게 하기 위한 pelletizing, torrefaction, slow pyrolysis, hydrothermal pretreatment, carbonisation 등의 이동형 장치를 개발하여 바이오매스의 운송을 용이하게 함. 궁극적으로 바이오매스 공급망을 구축하는 연구를 수행함⁹⁾



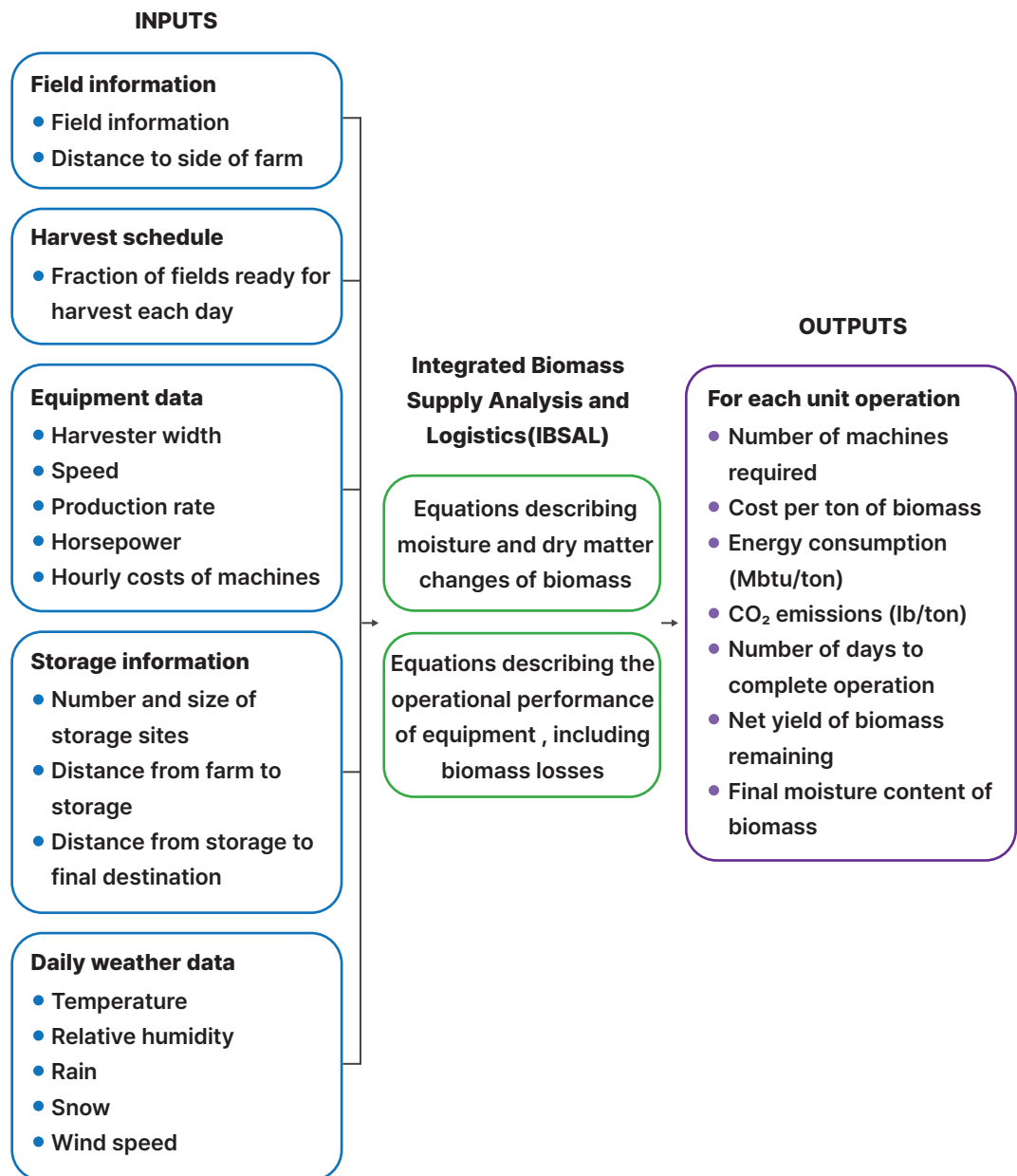
[MOBILE FLIP 과제의 구성]

미국의 바이오매스 관련 연구 대표적 사례

- 미국의 Oak Ridge National lab에서는 ‘Development of the integrated biomass supply analysis and logistics model (IBSAL)’이라는 과제를 통해서 바이오매스의 공급망에 대해서 구체적인 연구를 실시하였음¹⁰⁾

⁹⁾ <http://www.mobileflip.eu/>

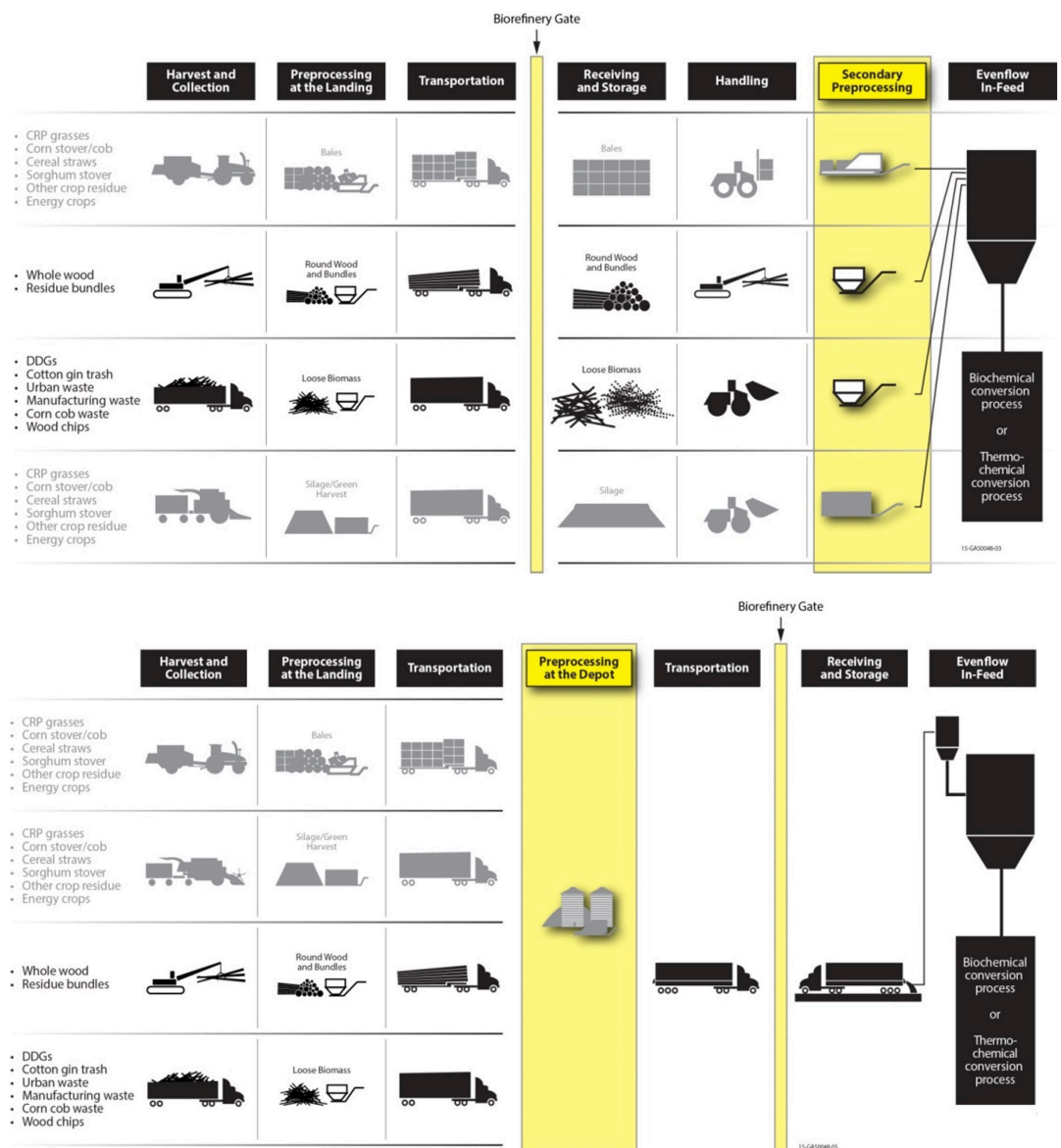
¹⁰⁾ <https://bioenergymodels.nrel.gov/models/31/>



[MOBILE FLIP 과제의 구성]

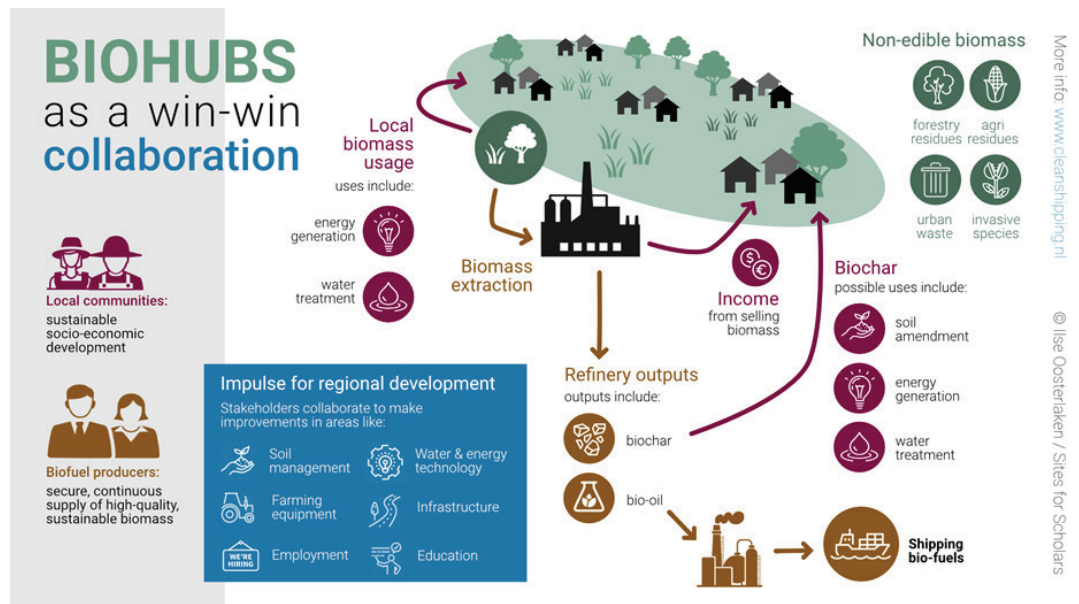
IEA Bioenergy Task 43 소개 기술

- IEA Bioenergy task 43은 지속가능한 바이오매스 공급망의 장벽에 대해서 기술하고 이를 해결하기 위한 방안들에 찾는 것으로서 여기에 소개된 몇가지 기술을 소개함
- ‘Mobilisation of agricultural residues for bioenergy and higher value bioproducts: Resources, Barriers and Sustainability’¹¹⁾에서는 바이오매스 feedstock의 공급망에서 preprocessing을 통해서 공급망을 개선하는 방안에 대하여 제안하고 있음



[Conventional feedstock supply system (위)와 제안된 advanced feedstock supply system (위아래)]

- ‘Clean shipping project towards sustainable biofuels in the maritime sector’¹²⁾에서는 Biohubs의 필요성을 강조하고 있는데 biohubs는 바이오선박유의 공급에 있어서 바이오매스 지역 공동체와 바이오연료 생산자 등 이해당사자들의 연대로써 상호간에 win-win 할 수 있으면서 공동의 지속가능한 이익을 창출하기 위한 협의체임
- 성공적인 바이오연료 공급망 구축을 위해서 이 biohubs의 중요성을 강조하고 있음



[Biohubs의 역할을 강조하고 있는 바이오션박유 프로젝트의 개요]

제 5장 요약 및 결론

- 국내 바이오매스 잠재량은 다른 나라에 비교했을 때 많은 편은 아니지만 현재 있는 자원도 효율적으로 활용되지 못하고 있음
- 현재까지는 바이오매스의 확보보다는 전방산업 중심의 투자가 이루어졌고 국내에서 바이오매스 확보를 위한 투자는 아직 미비함
- 해외에서는 바이오매스 생산, 운송, 가공 관련한 많은 투자와 기술 개발이 이미 이루어지고 있음
- 바이오매스의 공급망에서 에너지 중간체 (energy intermediates)의 역할이 매우 중요하고 이를 통해서 운송비용을 획기적으로 감소시킬 수 있음
- 바이오연료 생산 공정은 다양한 이해당사자가 엮여있는 과정으로써 biohubs와 같이 이해당사자들의 협의를 통한 공동의 이익 창출 방안을 찾는게 중요함
- 국내 바이오매스는 경제성있는 생산 기술과 공급망을 구축하는게 필요함
- 국내의 제한적인 바이오매스 잠재량을 극복하기 위한 해외바이오매스 활용 및 국내 공급 체계 구축이 필요함

제 6장 참고문헌

- 1) 국가에너지통계 종합정보 시스템 (2020년 자료 기준)
- 2) 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 제2조제2호바목
- 3) 자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률 (자원재활용법)
- 4) 2050 탄소중립을 위한 바이오에너지 활용방안 연구, 2021.09. (사)한국바이오연료포럼
- 5) 국가에너지통계 종합정보 시스템 (2020년 자료 기준)
- 6) 산림청 홈페이지
- 7) <https://cordis.europa.eu/project/id/282873/reporting>
- 8) <https://cordis.europa.eu/project/id/745012>
- 9) <http://www.mobileflip.eu/>
- 10) <https://bioenergymodels.nrel.gov/models/31/>
- 11) IEA Bioenergy: Task 43: 2017:01
- 12) <https://www.cleanshipping.nl/about-the-project/>

(기술·연구·표준) 동향

지속 가능한 바이오매스 개발 동향



한양대학교



본 이슈 리포트는 산업통상자원부의 국가 표준 기술력 향상 사업인 '수송 및 발전 분야의 바이오연료 보급 활성화 기반 조성' 과제의 수행 일환으로 제작되었습니다.