

바이오 기반 이소부틸렌 생산기술 개발

이흥재 | 특허청 반도체 심사과

개요

본 특허동향 요약서는 바이오 기반 이소부틸렌 생산기술 분야의 특허동향을 분석함으로써 우리나라의 기술 수준, 선진기업의 연구개발 동향 및 핵심특허 현황 등을 파악하여, 전략적인 연구개발 계획 수립에 활용할 수 있도록 객관적이고 체계적인 특허정보를 제공하고자, 특허청이 발주하고 한국지식재산전략원이 주관한 특허동향 조사 보고서의 내용 중 출원동향에 대한 부분을 발췌한 것으로 전문은 e-특허나라 홈페이지 (<http://www.patentmap.or.kr>)에서 보실 수 있습니다.

특허 동향분석

1. 분석 목적

- 최근, 석유 의존형 화학산업을 바이오 의존형 지속성장이 가능한 산업으로 변모시키기 위해 바이오매스를 기반물질로 바이오화학기술을 활용하여 화학제품 및 연료를 생산하는 “바이오 화학산업”이 주목받고 있음.
- 바이오 화학산업은 원천기술개발을 통한 세계적인 주도권을 갖기 위한 경쟁이 매우 치열한 단계이며, 기존 화학회사인 다국적기업들이 바이오소재제품들을 앞 다투어 출시하고 있음. 또한, 기존 복잡한 화학공정을 효소나 미생물을 이용한 친환경 바이오공정으로의 대체를 통해 수율향상과 에너지를 절감하고 있음.
- 이에, 석유정제시에 C4 유분에 포함되어 생산되고 가솔린, 부틸고무 등의 원료로 사용되는 이소부틸렌(isobutylene)을 생물학적 공정을 통해서 재생 가능한 바이오매스 기반으로부터 “바이오 이소부틸렌(bio-isobutylene)”을 대량생산하기 위한 기술 개발이 불가피함.
- 따라서 “바이오 이소부틸렌(bio-isobutylene)” 생산기술에 대한 특허동향을 조사하고 공백기술을 파악하여 향후 바이오 이소부틸렌 생산기술 개발 분야에 대하여 신규 특허 창출을 하는 경우, 경제적 및 산업적으로 큰 파급효과를 얻을 수 있으리라 기대됨.
- 본 보고서는 바이오 기반 이소부틸렌을 대량생산하기 위한 기술을 개발함에 있어, 관련 기술 분야의 연구방향 검토 및 핵심원천 기술에 대한 확보 가능성을 검토하고자 i) 전구체인 이소부탄올을 이소부틸

표 1. 분석대상 기술

과제 목적	니즈(Needs)	구체적인 개발 내용
바이오 이소부틸렌 대량생산을 위한 “바이오 기반 이소부틸렌 생산기술” 개발	전구체인 이소부탄올을 이소부틸렌으로 전환시키는 탈수효소(촉매 포함) 탐색	• 이소부탄올로부터 이소부틸렌 합성 생촉매 탐색
	이소부탄올/이소부틸렌 생합성 경로 구축	• 이소부틸렌 전구체 생합성 경로 구축 • 이소부틸렌 전환 효소 발굴 및 단백질공학을 이용한 전환 효소 활성 개량
	이소부탄올/이소부틸렌 생산을 위한 최적화된 균주 탐색	• 이소부탄올로부터 이소부틸렌 합성 유전자 확보 • 대장균, 효모, 코리네박테리움 기반 이소부틸렌 생산균주 개발 • 고효율 발효공정 개발
	이소부틸렌 정제(분리·농축) 기술 탐색	• 가스 기반 이소부틸렌 분리/회수 공정 개발

표 2. 유효특허 선별기준

과제 목적	니즈(Needs)	노이즈제거 및 유효특허 · 논문 추출기준
바이오 이소부틸렌 대량생산을 위한 “바이오 기반 이소부틸렌 생산기술” 개발	전구체인 이소부탄올을 이소부틸렌으로 전환시키는 탈수소소(촉매 포함) 탐색	- 이소부탄올로부터 이소부틸렌으로 전환시키는 촉매 및 탈수소소 포함 - 최종산물이 이소부틸렌이나 전구체가 이소부탄올이 아닐 경우 노이즈로 제외
	이소부탄올/이소부틸렌 생합성 경로 구축	바이오매스를 활용하여 이소부탄올/이소부틸렌을 생합성하는 발효공정(전환 효소 포함) 또는 균주 포함
	이소부탄올/이소부틸렌 생산을 위한 최적화된 균주 탐색	- 이소부틸렌 전환 효소와 관련된 합성 유전자가 삽입된 이소부틸렌 생산 재조합 미생물(대장균, 효모, 코리네박테리움 등) 포함 - 이소부탄올/이소부틸렌을 이용하여 부틸 고무나 플라스틱 제조 등의 다른 물질 제조를 위해 원료로 사용된 경우 노이즈로 제외 - 미생물을 이용한 유전자 재조합 기술을 토대로 한 생물학적 생산기술 방법이 아닌 화학적 방법으로 이소부탄올/이소부틸렌을 생산한 경우 노이즈로 제외
	이소부틸렌 정제(분리 · 농축) 기술 탐색	- 이소부틸렌 대량생산 및 활용을 위한 생산 · 분리 · 정제공정 포함 - 가스 기반 이소부틸렌 분리 · 회수 공정 포함 - 이소부틸렌의 전구체인 이소부탄올의 정제 · 회수 관련 건은 노이즈로 제외 - 촉매 및 탈수소소를 이용하여 이소부틸렌으로 전환하는 공정만 기재되어 있을 시 노이즈로 제외

표 3. 주요출원국 연도별 특허출원 건수

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	총계
한국(KR)	0	0	2	4	6	2	7	0	0	21
미국(US)	1	5	12	20	18	28	17	17	4	122
일본(JP)	1	0	3	4	9	6	3	0	1	27
중국(CN)	1	2	0	0	0	0	0	0	0	3
유럽(EP)	0	2	5	4	6	2	4	0	0	23
PCT(WO)	1	2	4	14	12	10	14	12	1	70
전체	4	11	26	46	51	48	45	29	6	266

렌으로 전환시키는 탈수소소(촉매 포함) 탐색, ii) 이소부탄올/이소부틸렌의 생합성 경로 구축, iii) 이소부탄올/이소부틸렌 생산을 위한 최적화된 균주 탐색 및 iv) 이소부틸렌 정제(분리·농축) 기술의 네 가지 니즈(needs)에 대한 특허동향분석을 실시함.

2. 분석 대상

- 본 분석에서는 한국, 미국, 일본, 유럽 공개/등록 특허를 특허분석 대상으로 하여, 각 기술트리에 부합하는 유효특허를 분석대상으로 함.

3. 특허기술 Landscape

3.1 주요 출원국 연도별 특허동향

- 그림 1에서 바이오 기반 이소부틸렌 생산기술 관련 분야의 연도별 전체 특허동향을 살펴보면, 2006년도부터 관련 특허가 꾸준히 증가하고 있는 것으로 분석됨.
- 이는, 이소부틸렌 생산기술 개발이 과거 원유(oil)를 원

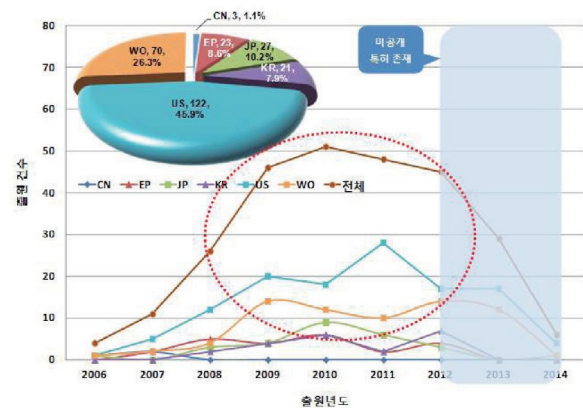


그림 1. 주요 출원국 연도별 특허동향.

료로 한 케미컬 기반 생산 방법에서 최근 들어 바이오매스를 원료로 한 바이오 기반 생산 방법으로 기술 개발이 이루어지고 있음을 반영하는 결과로 판단됨.

- 또한 총 266건의 유효특허 중 미국(US)이 45.9%(122건)의 비율로 1위를 차지하여 바이오 기반 이소부틸렌 생산기술 관련 특허 출원은 미국(US)이 독보적인 것으로 나

타났으며, 한국(KR)은 21건의 특허를 출원하여 7.9%의 점유율을 차지함.

- 구체적으로, 미국(US)은 2006년에 관련 분야 특허를 출원하기 시작하여 꾸준한 출원 경향을 보이고 있으며, 특히 2010년을 전후로 최대성장율을 보이고 있음.
- 또한, PCT 출원의 경우에도 미국(US)의 특허출원 경향과 유사하게 2006년을 기점으로 꾸준히 출원이 이루어지고 있는데, 이는 대다수 미국(US) 국적의 출원인에 의해 이루어진 결과가 반영된 것으로 미국(US) 출원의 경우 해외출원이 비교적 활발하게 진행되는 것으로 파악됨.
- 한국(KR), 일본(JP) 및 유럽(EP)의 관련 분야 특허 출원 건수는 각각 21건(7.9%), 27건(10.2%), 23건(8.6%)으로, 미국(US)에 비해 상대적으로 관련 분야특허출원이 현저히 낮은 수준이나, 2008년을 기점으로 미약하나마 관련 분야 기술 개발이 꾸준히 이루어지고 있는 것으로 분석됨.
- 반면, 중국(CN)의 경우에는 2008년을 기점으로 관련 분야 기술 개발이 전혀 이루어지고 있지 않은 것으로 분석됨.
- 전체적으로 주요 출원국의 연도별 특허 동향을 살펴볼 때, 2000년대 중반 이후부터 바이오기반 이소부틸렌 생산기술 관련 분야의 특허출원이 미국(US) 위주로 이루어지고, 출원 건수 또한 저조한 것으로 미루어 보아, 현재 바이오 기반 이소부틸렌 생산기술은 개발 시작단계인 것으로 판단되며, 이에 선두를 차지하고 있는 미국(US)의 관련 분야 기술을 주축으로 향후 관련 분야 기술이 활발히 연구 개발될 것으로 예측됨.

3.2 주요 출원인별 특허동향

- 바이오 기반 이소부틸렌 생산기술 개발 분야의 최대 출원인으로 Butamax Advanced Biofuels사(BP사와 Dupont사의 joint venture)가 선두를 차지하고 있으며, Gevo사가 그 뒤를 잇고 있는 것으로 분석됨.
- 그 외, 캘리포니아 대학교(California University)가 바

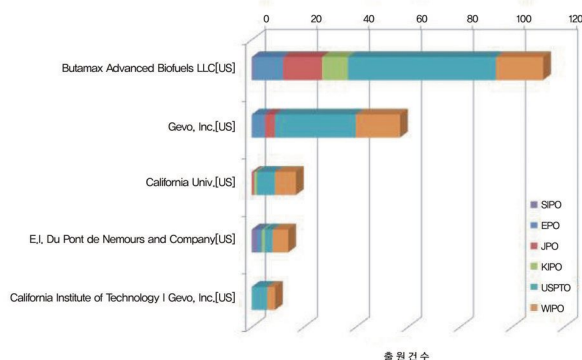


그림 2. 주요 출원인별 특허동향.

이오 이소부틸렌 생산과 관련된 연구를 활발히 진행하고 있는 것으로 나타났으며, 칼텍(California Institute of Technology)과 Gevo사는 공동연구를 진행하여 관련 분야 연구 개발에 집중하고 있는 것으로 파악됨.

- 또한, 실질적으로 바이오 기반 이소부틸렌 생산에 있어서 E.I Du Pont de Nemours & Co.는 관련 기술을 Butamax Advanced Biofuels사에 기술 이전한 것으로 나타남.
- 구체적으로, 바이오 기반 이소부틸렌 생산기술 개발 분야의 선두를 차지하고 있는 Butamax Advanced Biofuels사는 자국인 미국(US)을 비롯하여 중국(CN)을 제외한 한국(KR), 일본(JP) 및 유럽(EP) 등 각국에 고르게 특허를 출원하고 있는 것으로 나타남.
- 반면, Gevo사와 캘리포니아 대학교는 주로 자국에만 출원하는 경향이 두드러지며, 상대적으로 해외출원이 저조한 것으로 분석됨.
- 상기 Top 5의 출원인에 한국의 출원인이 포함되어 있지 않은 것으로 미루어 보아, 결국 한국은 본 연구분야에 대한 기술 수준이나 시장확보력 등의 측면은 하위권으로 분류될 수 있음.
- 한편, 본 『바이오 기반 이소부틸렌 생산기술 개발』 과제 건의 협력기관인 한국생명공학연구원 및 주요기업인 롯데케미컬(화학기반-축매)이 각각 관련 특허 1건씩을 한국특허청(KIPO)에 출원한 것으로 나타났으며, 그 외 한국의 연구기관으로 한국과학기술원이 4건(PCT 1건 포함)을 출원한 것으로 파악됨.

3.3 학술연구 Landscape

3.3.1 주요 국가별 연도별 논문동향

- 그림 3에서 바이오 기반 이소부틸렌 생산기술 관련 분야의 주요 국가별 연도별 전체 논문동향을 살펴보면, 실질적으로 1987년부터 간헐적으로 관련 논문들이 발행되기

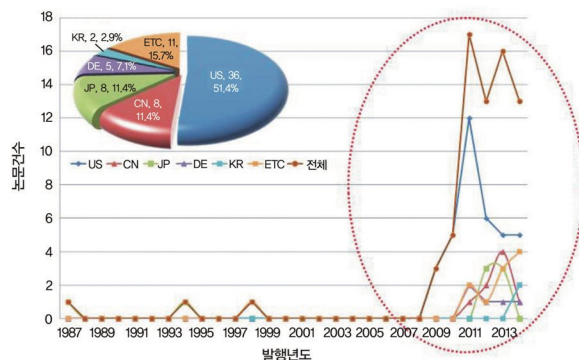


그림 3. 주요 국가별 연도별 논문동향.

시작하여 2009년도부터 본격적으로 관련 논문들의 발행이 급격히 증가된 것으로 분석됨.

- 논문은 비공개기간이 없으나, 논문이 발행되고 논문검색 DB에 올라가는데 시간이 소요됨을 감안하면 2014년도 논문 건수는 더 증가될 수 있고, 발행 논문이 감소하는 추세라고 보기는 어려울 것으로 판단됨.
- 특허출원 동향과 마찬가지로, 2000년대 중반 이후부터 관련 분야 논문의 발행 건수가 증가하는 경향을 보이고 있으며, 이는, 이소부틸렌 생산기술 개발이 과거 원유(oil)를 원료로 한 케미컬 기반 생산 방법에서 최근 바이오매스를 원료로 한 바이오 기반 생산 방법으로 이소부틸렌 생산 방법이 전환되고 있음을 반영하는 결과로 판단됨.
- 또한 총 75건의 유효논문 중 미국(US)이 51.4%(36건)의 비율로 1위를 차지하여 바이오기반 이소부틸렌 생산기술 관련 논문 발표 현황에 있어서도 특허출원 동향과 마찬가지로 미국(US)이 독보적인 것으로 나타났으며, 한국(KR)은 2건의 논문을 발행하여 2.9%의 점유율을 차지함.
- 구체적으로, 미국(US)은 2009년도에 관련 분야 논문을 발행하기 시작하여 꾸준한 발행 경향을 보이고 있으며, 특히 2011년도에 최대성장율을 보이고 있음.
- 또한, 중국(CN), 일본(JP) 및 독일(DE)도 2011년도를 기점으로 관련 분야 논문이 발행되기 시작하며 본격적인 연구가 시작된 것으로 보임.
- 상기 살펴본 바와 같이, 국가별 논문 발표 현황은 미국(US) 36건 > 중국(CN) 및 일본(JP) 각 8건 > 독일(DE) 5건 > 한국(KR) 2건 등의 순으로 연구가 활발한 것으로 나타남.
- 이외에, 캐나다(CA, 2건), 러시아(RU, 2건), 스웨덴(SE,

2건), 덴마크(DK, 1건), 인도(IN, 1건), 네덜란드(NE, 1건), 싱가포르(SG, 1건) 및 영국(UK, 1건)도 관련 분야 논문을 발행한 것으로 파악됨.

- 전체적으로 주요 국가별 연도별 논문 동향을 살펴볼 때, 2000년대 중반 이후부터 바이오 기반 이소부틸렌 생산기술 관련 분야의 논문발행이 미국(US) 위주로 이루어지고, 발행 건수 또한 저조한 경향을 보이는 것으로 보아, 이는 최근들어 관련 기술 개발이 이루어지기 시작한 '기술개발 단계 태동기'인 것으로 판단됨.

3.3.2 주요 연구기관 논문발행 현황

- 바이오 기반 이소부틸렌 생산기술과 관련하여 주요 기업 또는 연구기관을 확인하기 위하여, 전체 발행논문에서의 유효논문 총 75건 중 주요 연구기관 상위 Top 4의 분석을 실시함.
- 상기 표는 논문건수 상위 Top 4의 주요 연구기관에 대한 것이고, 각 학회지에서 발행된 논문의 연도를 기재함.
- 캘리포니아 대학교(California University)의 뒤를 이어, 자연 세계에 존재하지 않는 생물 구성요소와 시스템을 설계·제작하거나 자연 세계에 존재하는 생물시스템을 재설계·제작하는 두 가지 분야를 포괄하는 생명과학(Life Science)적 이해의 바탕에 공학적 관점을 도입한 학문인 합성생물학 분야에 두각을 나타내고 있는 미시건 대학교(Michigan University)가 관련 기술 개발에 집중하고 있는 것으로 파악됨.
- 그 외, 중국(CN)의 텐진 대학교(Tianjin University)와 특허출원에서 상위권(Top 2)을 차지한 Gevo 사가 바이오 이소부틸렌 생산과 관련된 연구를 활발히 진행하고 있는 것으로 나타남.

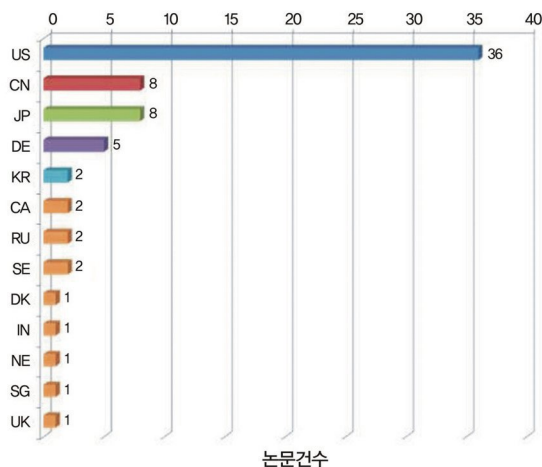


그림 4. 주요 국가별 논문 발행 현황.

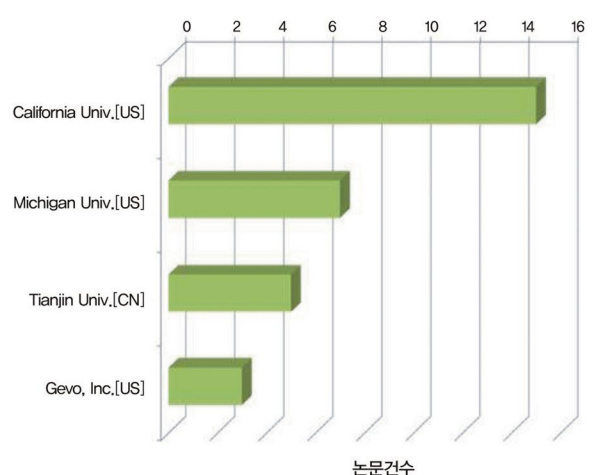


그림 5. 주요 연구기관 논문발행 현황.

- 바이오 기반 이소부틸렌 생산기술 개발 분야의 주요 연구기관으로 특허출원에서도 상위권(Top 3)을 차지한 캘리포니아 대학교(California University)가 선두를 차지하고 있으며, 관련 기술 개발에 주력하고 있는 것으로 나타남.
- 상기 Top4의 주요 연구기관에 한국의 연구기관이 포함

되어 있지 않은 것으로 미루어 보아, 결국 한국은 특허출원 동향에서도 살펴본 바와 마찬가지로 본 연구분야에 대한 기술수준이 하위권으로 분류될 수 있음.

- 한편, 한국의 연구기관으로 한국생명공학연구원과 서울대학교가 각각 관련 논문 1편씩을 2014년에 발행한 것으로 파악됨.

결론 및 시사점

- 바이오 기반 이소부틸렌 생산기술은 i) 전구체인 이소부탄올을 이소부틸렌으로 전환시키는 탈수소화소(촉매 포함) 탐색, ii) 이소부탄올/이소부틸렌 생합성 경로 구축, iii) 이소부탄올/이소부틸렌 생산을 위한 최적화된 균주 탐색 및 iv) 이소부틸렌 분리·정제 기술 탐색 등의 4가지 니즈(needs)에 해당하는 기술 개발 동향을 파악하기 위해, 상기 4가지 니즈를 동시에 포괄하도록 넓은 범위의 기술영역을 설정하고 있음.
- [전체 특허출원 동향] 2000년대 중반 이후부터 바이오 기반 이소부틸렌 생산기술 관련 분야의 특허출원이 미국(US) 위주로 이루어지고, 출원 건수 또한 저조한 것으로 미루어 보아, 현재 바이오 기반 이소부틸렌 생산기술은 개발 시작 단계인 것으로 판단되며, 이에 선두를 차지하고 있는 미국(US)의 관련 분야 기술을 주축으로 향후 관련 분야 기술이 활발히 연구 개발될 것으로 예측됨.
- [주요시장국 동향] 미국(US)이 45.9%(122건)의 비율로 1위를 차지하여 바이오 기반 이소부틸렌 생산기술 관련 특허 출원은 미국(US)이 독보적인 것으로 나타났으며, 한국(KR)은 21건의 특허를 출원하여 7.9%의 점유율을 차지하고 있는 것으로 파악됨.
- [주요출원인 분석] 바이오 기반 이소부틸렌 생산기술 개발 분야의 최다 출원인으로 Butamax Advanced Biofules社(BP社와 Dupont社의 joint venture)가 선두를 차지하고 있는 것으로 나타났으며, Gevo社가 그 뒤를 잇고 있는 것으로 분석됨.
- [전체 논문발행 동향] 2000년대 중반 이후부터 바이오 기반 이소부틸렌 생산기술 관련 분야의 논문발행이 미국(US) 위주로 이루어지고, 발행 건수 또한 저조한 경향을 보이는 것으로 보아, 이는 최근 들어 관련 기술 개발이 이루어지기 시작한 '기술개발 단계 태동기'인 것으로 판단됨.
- [주요시장국 동향] 미국(US)이 51.4%(36건)의 비율로 1위를 차지하여 바이오 기반 이소부틸렌 생산기술 관련 논문 발표 현황에 있어서도 특허출원 동향과 마찬가지로 미국(US)이 독보적인 것으로 나타났으며, 한국(KR)은 2건의 논문을 발행하여 2.9%의 점유율을 차지하고 있는 것으로 파악됨.
- [주요연구기관 분석] 관련 논문을 가장 많이 발행한 주요 연구기관으로는 특허출원에서도 상위권(Top3)을 차지한 캘리포니아 대학교(California University)가 압도적으로 가장 많은 논문건수를 기록하였으며, 그 뒤를 이어 미국의 미시건 대학교(Michigan University)와 중국의 톈진 대학교(Tianjin University)가 바이오 이소부틸렌 생산과 관련된 연구를 활발히 진행하고 있는 것으로 나타남.
- 따라서, 가장 선도적인 미국에 견줄 수 있는 기술 확보를 위해 보다 적극적인 관심과 연구 투자에 많은 관심을 갖길 기대해 봄.