

테마명	지속가능한 비욘드 플라스틱
관련기술 (파생기술)	바이오플라스틱(생분해성/내구성), 유·무기 하이브리드 신소재, 재활용플라스틱(rPlastic), 물질순환·재활용기술(화학적/생물학적), 탈석유 재생가능 원료합성, 무기화 자연순환 등
미래사회상	포스트석유 지속가능 플라스틱경제사회, 기존 플라스틱의 기능을 혁신적으로 대체하는 재생가능 자원자원 기반의 뉴 플라스틱과 복합소재의 물질순환이 가능한 사회

1	테마 정의	<p>□ 테마 개념</p> <ul style="list-style-type: none"> - (지속가능한 비욘드 플라스틱) 기후변화 및 환경규제 대응이 가능하고, 기존 플라스틱* 소재의 경제성, 생산성 및 기능성 등 한계를 극복하여 다양한 산업영역에 적용 가능한 신개념 신소재 <ul style="list-style-type: none"> * 기존 석유계 플라스틱 및 바이오플라스틱 등 친환경 신소재 포함 - (플라스틱 순환경제) 탄소중심의 폐쇄계 자원순환(Closed Carbon Circulation) 경제의 핵심 소재원으로서 단순 폐플라스틱 재활용의 한계를 극복할 수 있는 기술 <p>□ 제안 범위</p> <ul style="list-style-type: none"> - (제어가능 생분해성 플라스틱) 재생 가능한 천연물 기반의 원료와 분해/생산에 활용 가능한 미생물 배양, 유전자 조작 기술 등을 통한 플라스틱 합성 및 생분해성, 속도제어 기술(특정 조건의 트리거에 의한 ON/OFF 생분해 시스템) 개발 - (지속가능형 신소재 개발) 유·무기 하이브리드(바이오매스, 탄소소재 등 포함) 소재를 이용한 산업용 고기능성* 플라스틱 신소재 생산/분해 기술** 개발 <ul style="list-style-type: none"> * 자동차, 디스플레이, 보건의료, 및 특수섬유 등 차세대 산업에 적용 가능 ** 유·무기 하이브리드 플라스틱의 단량체/다성분 고분자 합성 및 (생)촉매 개발을 통해 기존 플라스틱을 대체할 수 있는 산업용도별 맞춤형 친환경 신소재 개발 - (플라스틱 물질재순환) 플라스틱(석유계 플라스틱, 바이오플라스틱 및 유·무기 하이브리드 신소재 등 포함) 설계 단계부터 성분별 저분자 원료물질 분해 및 회수를 고려한 탄소중립적 전주기 고효율 물질재순환 플랫폼* 개발 <ul style="list-style-type: none"> * (바이오)플라스틱 폐기물의 내재 구성 물질과 저장에너지의 회수 효율을 극대화할 수 있는 (광/생)화학적 고급 구성 성분 재순환(Advanced Raw Material Recirculation)에 의한 재활용 기술, 제조부터 재활용까지 총체적 탄소배출량 및 폐기물 감소효과의 평가기법과 정상상태 물질흐름 설계 기술 등
---	-------	--

2	도전성 혁신성	<p>□ 국내외 연구동향</p> <ul style="list-style-type: none"> - 플라스틱 넷제로화 연구는 바이오플라스틱이 선도하는 탄소중립적 석유대체 소재의 합성과 기존 석유계를 포함한 총체적 폐플라스틱의 물질적 자원순환이 중심으로 연구가 진행 중 - 생분해성 바이오플라스틱의 경우 단량체 생산의 수율을 높이거나 미생물 균주개발에 초점이 맞춰져 있으며 생분해 속도를 유지하면서 기계적인 물성을 석유계 플라스틱과 동등한 수준의 제조 연구가 진행 중 - 지속가능한 플라스틱에 대한 탄소자원 순환성 강화를 위해, 원료화-재종합에 의한 재생플라스틱 개발과 포집된 이산화탄소와 바이오가스 기반의 재생 플라스틱 합성 연구도 추가적으로 수행 중 - 글로벌 선도기업들은 신규 바이오 플라스틱 단량체, 플라스틱 재활용/순환기술, 친환경 공정 기술, 등의 개발을 통한신소재 플라스틱 개발에 대한 연구에 투자 중 <p>□ 현재 기술적 한계점</p> <ul style="list-style-type: none"> - (現) 생분해성 플라스틱의 물리화학적 물성, 생산성, 재활용 등의 문제점 해결을 통한 산업화 진입 장벽을 낮추는 방향으로 집중 중 - 플라스틱 보다 넓은 범위의 기능성 (분해제어 ON/OFF 시스템 기능 등) 포스트 플라스틱 신소재 소재 개발에 관한 연구는 미흡 - 친환경 플라스틱의 강도, 신장률 등 물리적 특성 및 가공의 취약성, 유통기한 중 생분해 방지를 위한 최종 생분해 기간 연장 필요, 기존 플라스틱 대비 높은 단가와 기존 제품 대체성 및 응용 분야 확대 적용 한계 - 1차 플라스틱 관리의 한계, 친환경 플라스틱 분야 산업 혁신생태계 구축에는 한계, 플라스틱 분석방법 및 발생원 정량화의 부재 - 기존 연구¹⁾ 대비 복잡한 구조를 갖는 플라스틱에 대한 상세한 생분해와 분리 동정된 미생물에 대한 메커니즘과 규명 한계 <ul style="list-style-type: none"> 1) 토양 및 폐기물 환경에서의 미생물 분리 동정과 플라스틱 분해 가속 효소 연구 다수 진행 <p>□ 동 테마의 혁신성</p> <ul style="list-style-type: none"> - 가역적 재생 가능한 탄수화물 소재 및 신구조물질의 개발에 따라 새로운 기능성 바이오수지 공급과 슈퍼엔지니어링 소재로서의 활용 가능성을 극대화하고 탄소순환형 신성장 산업으로써 높은 잠재력을 가질 것으로 기대 - 동 테마에서 제안하는 기술은 기존 소재의 보완 기술 수준을 넘어 플라스틱 대체 소재의 범위를 확장시킬 수 있어 지속가능성, 경제성, 산업적용도 등 탄소순환형 플라스틱 경제사회 창출에 혁신성을 확보한 것으로 판단
---	------------	--

3	산업적 파급력	<p>□ 신시장 창출 전망</p> <ul style="list-style-type: none"> - 전세계 친환경 플라스틱 시장 (2025년 약 37조원 규모) 및 폐플라스틱 관리/재활용 시장(2025년 약 45조원 규모)과 함께 기존 엔지니어링 플라스틱 소재를 대체할 수 있는 지속가능한 신소재 (포스트 플라스틱) 개발의 광범위한 신시장 창출 예상 - 원료소재 중심의 정밀화학과 섬유산업, 부품소재 수요 중심의 자동차, 전기·전자, 반도체, 디스플레이, 의약, 의류, 소비재공산품 산업 등 전분야에 기후변화와 자원순환 프레임에 적합한 넷제로 플라스틱 수용도 확산 전망 - 궁극적으로 친환경 바이오플라스틱 / 플라스틱 신소재 개발 및 보급 확대로 순환경제 실현, 화이트바이오 고부가가치 제품 중심으로 밸류체인 강화, 산업군 형성 위한 기반 구축 전략 (기술 확대 및 이전) 마련 등 추진 가능 <p>□ 예상 실현 시기</p> <ul style="list-style-type: none"> - 화석연료 플라스틱 제로화 정책의 필요성에 대응하여 바이오 플라스틱 개발을 위한 전주기 추진 전략이 정립되어 가는 상황으로, 대체 플라스틱 사회로의 전환을 위한 지속가능한 포스트 플라스틱 사회는 10 ~ 20년 내에 실현될 것으로 예상 - 범용 폴리올레핀-폴리에스터계 바이오플라스틱이 주도하는 시장은 10년 내 성장기에 돌입할 것으로 예상되며 20년 이후 부터는 경량전기차부품 및 기능성 섬유제품이 선도하는 다양한 산업용 엔지니어링 바이오플라스틱과 복합소재의 시장 진출 예상 - 바이오매스 기반 생분해 소재 원천 기술은 바이오플랫폼 (생물진화, 대사공학) 기술 및 상용화 기술까지 접목되어야하므로 본격적인 시장 확대 시기는 2050년 이후가 될 것으로 전망
4	글로벌 리더십	<p>□ 글로벌 경쟁국가 현황</p> <ul style="list-style-type: none"> - 글로벌 바이오플라스틱 시장의 생분해성 플라스틱 소재의 점유율이 점차적으로 증가하고 있는 추세이며, 글로벌 기업들은 바이오·화학 융합 요소기술 개발과 개별 공정의 생산 수율 향상을 통해 바이오플라스틱 상용화를 지속적으로 추진 중 * (유럽) 해조 다당류의 물성 개량을 위한 수식 기술 개발, Agarase 효소 생산 미생물 연구 ** (일본, 캐나다) 알긴산 분해효소 생산 미생물 연구, 당 변환 효율성이 높은 미생물 개발, 천연고분자 to 당 변환 프로세스 연구 - 포스트화석시대와 플라스틱 순환 경제를 선점하기 위해 기존 관련 산업의 지속가능성과 농업·임업 산업의 원료공급 기반 구축을 연계하여 다국적 석유화학기업-화학기업-선도R&D전문기업의 파트너십 구축과 정부의 원천기술개발과 실증지원에 의한 신바이오산업 경제 사회 구체화 - 범용소재의 대량생산 및 고부가가치 고기능소재의 단독생산, 신소재와

		<p>공정 지식재산권 선점, 안정적 천연원료자원 확보, 소재합성기술-생산기반-제품시장 선도 기업 간 연대에 의한 시장 선점이 활발히 진행 중</p> <p>□ 글로벌 주도권 확보 분야</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기존의 플라스틱 소재의 한계를 뛰어넘는 새로운 패러다임의 포스트 플라스틱 신소재 연구 개발을 통해 신규 바이오플라스틱 소재 개발¹⁾, 순환, 재활용, 공정, 제품 용도 확장, 및 바이오 단량체 생산을 위한 플랫폼 기술 개발에 (균주 및 유전자조작기술) 대한 글로벌 주도권 확보 <ul style="list-style-type: none"> 1) (i) 셀룰로오스, 당, 또는 바이오단량체 생산 시스템 구축, (ii)신규 균주 / 유전자조작기술 연구, 및 (iii)특정 미생물에 반응하는 관능기 도입기술 및 분해 트리거 원천기술 확보 - 높은 상업성을 가진 천연원료 유래 플라스틱 대체 소재 생산기술 확보를 통해 글로벌 주도권을 전제하는 반면, 국내 기업의 경우 신규 생산 리스크가 적은 한정적 범용 소재를 통한 초기 형성 시장 진출이 중요 <ul style="list-style-type: none"> * 가격 및 기능성이 글로벌 주도권의 핵심 요소로 작용할 것이며 뉴플라스틱 제조 기술성 향상 및 생산의 효율성 극대화를 위한 환경 조성이 글로벌 경쟁력의 필수 조건
5	사회적 파급력	<p>□ 해결 가능 사회적 이슈</p> <ul style="list-style-type: none"> - (국제환경규제 대응) 미세플라스틱의 잠재적 위해성으로부터 안심할 수 있는 환경을 구축하는 기술로 활용 가능하며 최근 이슈가 되고 있는 글로벌 환경문제 해결에 직/간접적으로 기여 <ul style="list-style-type: none"> * 2022년 케냐 나이로비에서 개최된 UN Plastic Treaty 는 플라스틱이라는 단일 아이템으로의 175개국 대표들이 동의한 플라스틱 규제강화정책을 발표, 지속순환 가능한 플라스틱 사용 모델의 중요성 언급 - (폐플라스틱 이슈) 생분해성 플라스틱의 유기적 자원순환, 재활용을 전제한 새로운 구조 기반의 플라스틱, 플라스틱 재생산, 내구성 바이오 플라스틱에 의한 총사용량 감소의 통합적 접근과 관리로 지속가능한 폐플라스틱의 발생과 생태계 노출 최소화 - (글로벌 기술 경쟁력 확보) 바이오플라스틱 원료-소재-제품-순환의 전주기 요소 기술과 탈석유화학 기반의 새로운 포스트 플라스틱 소재 개발에 대한 글로벌 경쟁력과 원천기술 확보. 차세대 플라스틱 신소재 자립화 및 국내 기업의 글로벌 시장 진출의 가능성 확대. 유무기 하이브리드 소재 기반의 새로운 플라스틱 소재 신산업 창출 <p>□ 미래사회 기대효과(삶의 질 향상 등)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 탄소중립 효과를 가진 천연물 유래 무해성 바이오플라스틱의 보급과 고기능성소재로의 확대로 지구온난화방지, 유해화학물질에 의한 위해성 감소, 자원순환성에 따른 쓰레기 발생저감, 고기능성에 의한 사용 편의

6

기술적
차별성

성과 신기능이 제공되어 지속적 삶의 질 향상 확대 기대

- 해양 생태계 부산물 활용을 통한 폐자원 감소와 이로 인한 탄소 저감량 확대를 통해 경제적 효과를 창출 할 수 있음

* 해조류 양식업별 탄소저감량 비교: 김양식장(57.9 tCO₂/km²), 미역(647.9 tCO₂/km²), 다시마(465.5 tCO₂/km²), 그 외 (390 tCO₂/km²)

□ 기존 정부 R&D 와의 차별성

- 최근 4년간 (2019~2022) 이루어진 비윤드 플라스틱 소재 관련 정부 지원 과제를 검토한 결과, 기존 정부 과제는 생분해성 플라스틱, 미세 플라스틱, 플라스틱 폐기물 처리 (재활용, 저감기술)의 연구에 집중
- 반면, 본 테마는 분해시간을 조절할 수 있는 on/off 플라스틱, 플라스틱에 다른 소재가 복합된 복합 소재/하이브리드 소재, 그리고 단순한 플라스틱 폐기물 처리가 아닌 물질 순환 경로를 따르는 플라스틱 순환 가능 소재를 테마로 한다는 점에서 기존 정부 R&D와 차별성이 존재하여 핵심원천기술을 선점할 수 있을 것으로 판단됨

□ 독립된 기술적 가치(삼극 특허, 특허 인용 네트워크 등)

- 비윤드 플라스틱 소재 관련 11년~22년의 주요국(한국, 미국, 유럽, 일본, 중국) 특허 3756건을 조사, 분석한 결과, 특허출원이 2012년부터 서서히 증가하다가 2018년부터 급격히 증가하는 추세를 보임

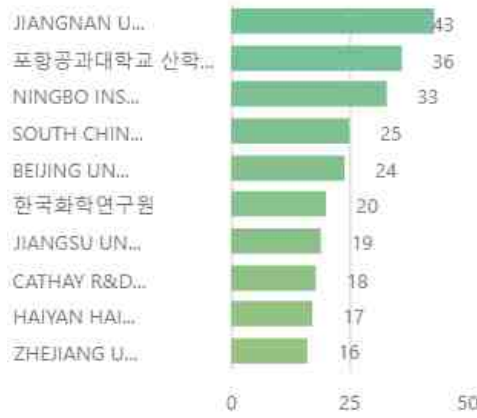
[출원 동향]

Year	Patent Count (Approx.)
2012	120
2013	140
2014	160
2015	180
2016	250
2017	320
2018	380
2019	550
2020	580
2021	580
2022	350

[출원 국가]

Country	Patent Count
CN	2988
KR	306
US	293
EP	132
JP	37

- 출원국가는 중국 2988건, 한국 306건, 미국 293건, 유럽 132건, 일본 37건 순으로 중국이 다수 출원 중
- 주요 출원인으로는 장난 대학, 포항공대, Ningbo Institute of Materials technology and engineering, South China Univ., Peking Univ., 한국화학연구원, Jiangsu Univ. 등이 존재

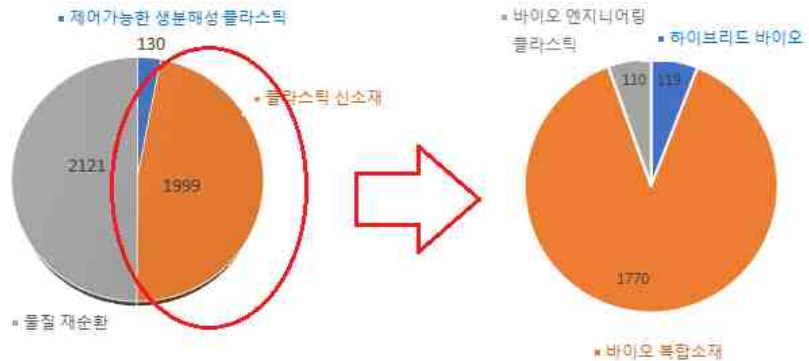


[출원인]

- 비윤드 플라스틱 소재 관련 특허의 상당수가 물질 재순환과, 플라스틱 신소재에 편중되어 있어 해당 분야에 대한 연구개발이 활발히 진행 중
- 다만, 플라스틱 신소재 분야에서 복합 재료(바이오 복합 소재, 하이브리드 바이오)에 대한 출원은 활발한 편이나 엔지니어링 플라스틱 관련 출원은 매우 저조한 실정

비윤드 플라스틱

플라스틱 신소재



- 분해시간을 조절할 수 있는 on/off 플라스틱 하이브리드 소재로서 엔지니어링 플라스틱에 대한 출원은 미흡하며, 원천기술 확보시 고유의 독립된 기술적 가치를 지닐 것으로 전망