

전략분야 현황분석

# 친환경소재 및 자원순환





# 친환경소재 및 자원순환

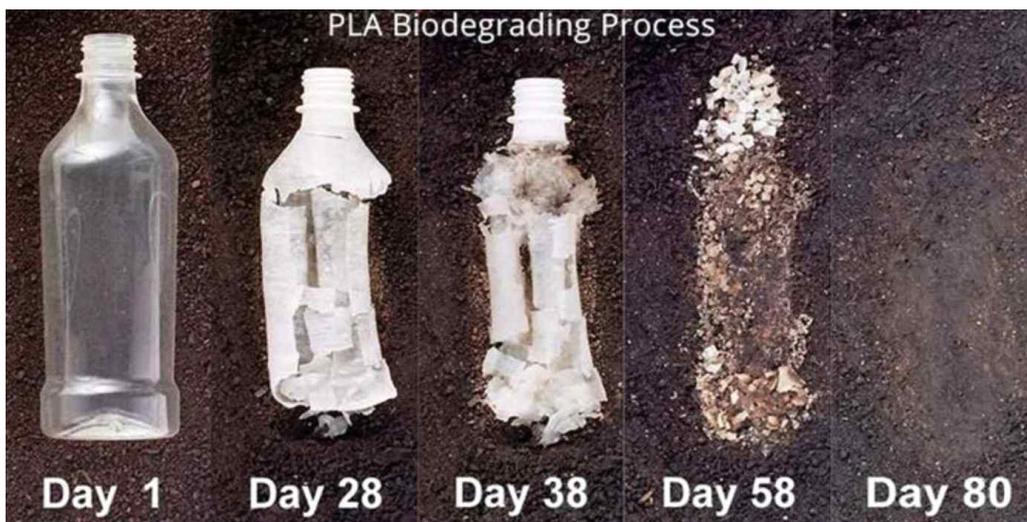
## 1. 개요

### 가. 일반적 정의

#### (1) 친환경 소재 정의

- 친환경 소재란 환경에 해를 끼치지 않는 소재로 말할 수 있고 생산 또는 소비할 때 오염물질이 발생하지 않거나 기존의 다른 소재에 비해 오염물질을 상대적으로 적게 발생하는 소재를 의미
- 일반적으로 바이오플라스틱이란 바이오매스와 같은 생물자원을 이용하여 제조된 바이오 기반 고분자 및 생분해 플라스틱을 포함하며, 친환경 플라스틱, 그린 플라스틱, 환경 배려 플라스틱 등으로 불림
- 최근에는 바이오플라스틱을 탄소중립형 식물유래자원(biomass) 등 재생 가능한 물질을 포함하는 원료를 이용하여 화학적 또는 생물학적 공정을 거쳐 생산된 고분자를 지칭하며 본 전략분야에서는 바이오플라스틱을 중심으로 친환경소재 분야를 분석

#### [ 바이오플라스틱 분해 과정 ]

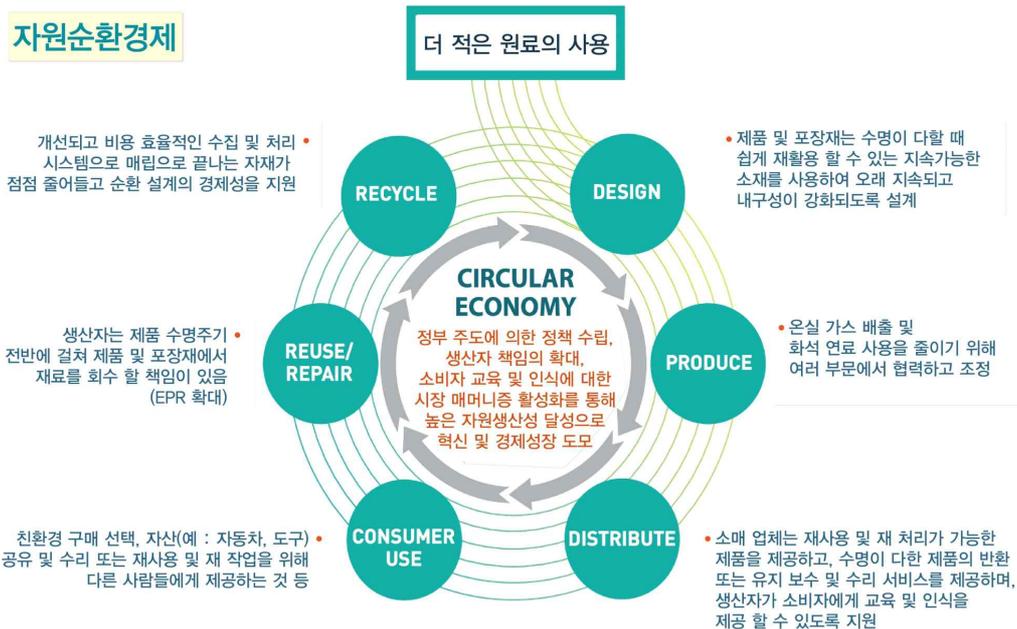


\* 출처: 완전히 분해되는 친환경 플라스틱, 바이오플라스틱(Bioplastic), 에너지단열경제, 2020-02-16

## (2) 자원순환 정의

- 전 세계적으로 ‘채취-생산-소비-폐기’로 이루어지는 구조를 순환형으로 전환하여 한정된 천연자원을 적게 사용하면서 폐기물을 최대한 생산과정에 재투입하여 환류하는 것을 자원순환으로 정의

[ 자원순환 개념도 ]



\* 출처: 자원순환경제 도입을 위한 추진계획 마련 연구(국립환경과학원, 2018)

- 도시광산 산업은 도시광산 속에서 ‘해체·분류·파쇄·선별·정제련’ 등 일련의 과정을 거쳐 얻은 금속자원을 다시 산업원료로 재공급하는 산업을 도시광산이라 부름
  - 제품에서 금속물질을 분리·파쇄 및 선별하는 단계에 그치는 재활용산업과 다르게 도시광산 산업은 정제련 단계로 이어지는 완전한 자원순환 시스템을 구축
  - 폐전자제품·폐자동차 등 폐기물 중에서도 희소 금속자원 함량이 특히 높은 폐기물을 중심으로 고부가 가치를 생산해내는 자원 생산성 향상 산업
  - 천연자원 절약, 효율적 국토 이용, 환경오염 감소 등 다양한 사회적 편익을 가져다주는 친환경적 산업
- 재제조란 사용 후 제품을 체계적으로 회수하여 비파괴 분해, 세척, 검사, 보수·조정, 재조립 등 일련의 과정을 거쳐 원래의 성능을 유지할 수 있도록 만드는 것으로, 에너지 및 자원절감 효과가 우수한 효율적인 자원순환 방법
  - 자동차, 화학촉매, 건설기계, 산업기계, 인쇄기기, 생활가전 등 다양한 산업에서 발생하는 사용 후 제품 및 부품을 재제조하여 신제품과 동등한 수준의 성능과 신제품 대비 저렴한 가격으로 제품을 시장에 공급

### (3) 필요성

□ 난분해성 플라스틱의 심각성

- 플라스틱이 완전히 분해되는 데 걸리는 기간은 200~300년에서 길게는 500년까지 소요되는데, 이는 플라스틱이 처음 생산된 1868년부터 지금까지 모든 제품이 분해되지 않았다는 것을 의미
- 플라스틱의 사용량은 1950년대 이후 폭증하였는데, 유엔환경계획(UNEP)에서 조사한 바로는 2010년에만 최소 480톤 에서 최대 1,270만 톤의 플라스틱 쓰레기가 바다로 흘러갔다고 발표
- 1997년에 발견된 북태평양 거대 쓰레기 섬은 2009년까지 두 배 가까이 커져 한반도 크기의 7배나 되며, 17년도에는 남태평양에도 텍사스 주의 1.5배 크기의 쓰레기 섬이 추가로 발견
- 이러한 환경오염은 생태계 파괴는 물론 정화작업을 위한 자금 및 인력을 소비하여 크나큰 손실을 초래하기 때문에 이를 대체할 만한 소재가 필요
- 바이오플라스틱은 기존의 난분해성 플라스틱과 물성이 비슷하기 때문에 대체품으로 적합하고, 특히 생분해 플라스틱의 경우, 사용 후 폐기하게 되면 자연계에서 분해되기 때문에 환경오염 방지 및 생태계 파괴를 막을 수 있음

□ 미세플라스틱은 현재 바다, 해변, 극지방, 심지어 심해에서까지 발견되고 있으며, 이러한 이유로 세계적인 환경문제로 대두

- 플라스틱 소재의 개발 이후부터 현재까지 플라스틱은 산업 및 일상 전반에 걸쳐 필수불가결한 물질로 사용
- 약 59% 정도의 플라스틱은 사용한 후에 매립 등의 형태로 환경에 버려짐
- 생태계에 축적된 플라스틱 쓰레기들은 바람이나 파도, 광산화에 의해 지속적으로 파쇄되어 점점 더 작은 크기의 조각이 되며 미세플라스틱(microplastic, 5mm 미만 크기)이라 불림
- 매립에 따른 환경호르몬 침출, 중간 분해 단계에서 생성되는 미세플라스틱(microplastic), 대량 플라스틱 폐기물의 소각에 따른, 맹독성의 다이옥신(dioxine), 휘발성 유기화합물(volatile organic compound, VOC) 같은 대기오염물질, CO2같은 온실가스의 배출 등 심각한 환경오염을 초래

[ 바이오플라스틱의 특징 ]

#### 바이오플라스틱 특징

	생분해 플라스틱	바이오 베이스 플라스틱
바이오메스 함량	50~70% 이상	20~25% 이상
장점	생분해 탄소저감 우수	이산화탄소 저감 우수 / 물성 우수
단점	고가, 물성 저하	강도 내수성 문제 가능
생분해 기간	6개월 이내 90%	자료 없음



\*출처: 한국바이오패키징협회

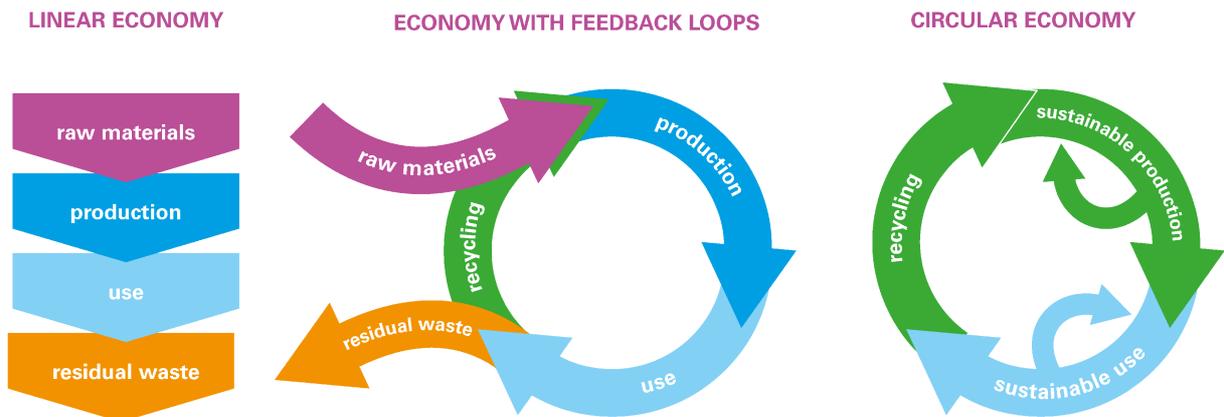
□ 이산화탄소 저감으로 인한 지구온난화 방지

- 세계적으로 2020년 배출 전망치의 30% 감축을 계획하고 있는 온실가스 효과에 따른 지구온난화 방지 정책과 산업용 및 가정용 플라스틱 쓰레기에 의한 환경오염 방지라는 시대적 요구에 따라 더욱 더 중요성이 강조되고 바이오플라스틱에 대한 많은 연구 개발이 진행
- 천연물 유래 생분해성 플라스틱, 바이오베이스 플라스틱의 경우 탄소중립(carbon neutral)형 바이오매스를 함유하고 있으며, 식물체를 사용하기 때문에 탄소소비량과 탄소발생량이 동일하여 이산화탄소의 증가가 없기 때문에 지구온난화 가속화를 방지할 수 있음

□ EU, OECD 등 선진국에서는 기존 소비지향적 경제체계를 자원효율성이 제고된 순환형 경제체제로 전환시키기 위해 정책을 강화

- 특히, EU에서는 신경제 전략인 EURO2020('10)에서 지속가능한 성장을 위한 중점 추진 사항으로 자원의 효율적 이용(자원효율성 제고)를 선정
- '17년 G20 정상회의에서 천연자원 이용과정 전반의 효율성과 지속가능성을 향상시키고, 지속가능한 소비와 생산 패턴을 촉진하는 모범사례 및 나라별 경험을 공유할 것을 결정하는 등 전 세계적으로 지속가능한 전과정 자원관리를 위한 자원효율성 관리기조가 확산
- 주요 선진국들은 국가 차원의 자원관리 제도 및 인프라 구축을 통해 체계적으로 자원효율성을 관리하고자 자원효율성을 국가 관리지표로 설정하고 이를 제고하기 위한 다양한 지원제도 추진 및 인프라를 구축

[ 선형경제와 순환경제 ]



\* 출처: Circular Economy:From Wish to Practice(Raad voor de leefomgeving en infrastructure, Rili), 2015

## 나. 구축 범위

### (1) 가치사슬

친환경소재의 가치사슬

- 바이오플라스틱의 후방산업은 원료가 되는 바이오매스와 관련된 산업과 석유화학 산업이 되며, 전방산업은 친환경소재를 활용하는 전분야로 정의함

[ 친환경소재 가치사슬 ]

후방산업	친환경소재	전방산업
바이오매스(나무, 옥수수 등 식물), 석유화학 등	생분해 플라스틱 산화생분해 플라스틱 바이오베이스 플라스틱	자동차, 전자재, 식품포장재, 의류 등 석유화학 전방산업과 동일

자원순환의 가치사슬

- 자원순환의 경우 말 그대로 순환이기 때문에 후방산업과 자원순환을 구분하기 어려우며 이를 크게 도시광산과 재제조로 구분하여 정리

[ 도시광산 분야 가치사슬 ]

후방산업	자원순환	전방산업
폐기물 발생·수집처 (휴대전화, 폐가전, 재활용 분리수거 등)	수집 및 운반 전처리 정·제련	전기전자 제품 제조업 전자부품제조 사업 자동차 등 희토류, 귀금속을 사용하는 전산업

[ 재제조 가치사슬 ]

후방산업	재제조	전방산업
재제조 대상 폐기물 (자동차부품, 카트리지 등)	수집 및 운반 전처리 재제조 포장	자동차를 포함한 재제조 부품 판매업

## (2) 대표적 분류 방법

[ 친환경소재 및 자원순환 분류 ]

대분류	중분류
천연 소재	목재, 면, 양모 등
바이오플라스틱	생분해 플라스틱
	산화생분해 플라스틱
	바이오베이스 플라스틱
자원순환	감량화
	재사용
	재제조
	물질재활용
	에너지회수

### ◎ 바이오 플라스틱

- 바이오플라스틱은 생분해플라스틱(Biodegradable plastics), 산화생분해 플라스틱(Oxo-biodegradable plastics) 및 바이오 베이스 플라스틱(Bio based plastics)의 3가지 범주로 나뉨
  - 생분해 플라스틱 (Bio-degradable Plastics)
    - 옥수수 등 식물로부터 유래하는 바이오매스를 70% 이상(일본의 경우 50% 이상) 함유한 플라스틱
    - 최종 생분해 기간 : 180일 이내 셀룰로오스 대비 90% 이상 생분해
    - 가격 경쟁력, 유통기간중 분해가능성, 물성약화 등의 문제점이 있기는 하지만 일회용품을 중심으로 사용 확산
  - 산화생분해 플라스틱(Oxo-Biodegradable Plastics)
    - 열, 햇빛 등에 1차 산화분해후, 이어서 생분해가 이루어지는 고분자를 말함.
    - 최종 생분해 기간 : 180일 이내 셀룰로오스 대비 60% 이상 생분해
    - 제품 유통기한이 1년 이상인 식품포장재, 산업용품, 농원예용 분야에 주로 적용.
  - 바이오 베이스 플라스틱 (Bio-Based Plastics)
    - 식물체 기반 바이오매스를 20~25%이상 함유한 플라스틱
    - 생분해가 아닌 이산화탄소 저감을 강조

- 생분해 플라스틱은 바이오매스로부터 얻어진 단량체를 중합하는 방법과 석유화학 유래물질을 이용해 제조하는 방법의 두 종류가 존재
  - 단량체 중합법은 바이오매스에 전처리, 당화과정을 통해 당을 제조하고 발효하여 산업상 사용이 용이한 고분자의 단량체를 생산한 뒤, 이 단량체를 중합하여 소재를 얻음
  - 현재 대표적인 생분해 플라스틱인 PLA는 전분을 발효시켜 젖산(lactic acid)을 만들고, 그 젖산을 중합하여 제조
  
- 산화 생분해 플라스틱은 생분해 플라스틱의 단점인 짧은 생분해 기간, 낮은 물성, 내열성 및 내한성과 가격경쟁력 부족 등을 보완하기 위해 개발된 플라스틱
  - 산화 생분해 플라스틱은 산화분해 후 생분해가 되는 제품으로, 기존 생분해 플라스틱의 약한 물성, 약한 가격경쟁력, 재활용의 어려움, 다양하지 못한 제품 응용성 및 생산성 저하 문제 및 광분해 제품의 최종 생분해가 어려운 점 등의 단점을 보완
  - 기존의 양산설비를 그대로 사용할 수 있어 설비에 대한 부담이 적은 장점 등의 이유로 최근 전 세계적으로 기술개발 및 산업화가 활발하게 진행
  - 특히 수분이 부족하여 미생물 분해가 어려운 사막기후인 중동, 생분해가 너무 빨라 유통 중 조기 생분해가 우려되는 아열대 지역인 동남아 지역을 중심으로 산업화가 많이 되고, 유럽, 미국 등으로 산업화가 빠르게 확산
  
- 산화 생분해 플라스틱은 기존 범용 플라스틱에 바이오매스, 산화 생분해제, 상용화제, 생분해 촉진제, 자동산화제 등을 첨가하여 제품을 제조
  - 산화 생분해 플라스틱은 열, 빛, 미생물, 수분, 효소, 화학 반응 등의 복합적 작용에 분해가 촉진
  - 산화 생분해 플라스틱은 기존 생분해성, 생분괴성, 생/광분해, 화학분해 등을 포함하는 개념으로, 기존 생분괴성, 생광분해의 단점으로 지적된 완전 분해까지 분해기간을 1-5년으로 단축하기 위해 최근 생분해 촉진제를 사용하며, 최종 생분해 기간 제어가 가능한 신개념 분해성 플라스틱
  
- 바이오베이스 플라스틱은 최근 산업화가 급속히 진행되고 있으며, 식물체 유래 바이오매스와 기존 난분해성 플라스틱을 중합하거나 가교 결합하는 방식으로 제품을 생산
  - 바이오베이스 플라스틱은 분해성에 초점을 두지 않고 탄소중립형 바이오매스를 일부 적용하여 이산화탄소 저감을 통한 지구온난화 방지를 강조
  
- 바이오베이스 플라스틱은 페트병에서 자동차 분야까지 그 적용 범위가 확장
  - 식량자원의 사용에 대한 문제점을 해결하기 위해 셀룰로오스, 볏짚, 왕겨, 옥수수대, 대두박, 옥수수 껍질, 대나무, 사탕수수, 팜부산물 등 풍부한 비식용계 부산물 자원을 바이오플라스틱 원료 소재로 사용
  - 산업용품, 자동차, 건축, 토목, 매립형 제품, 포장재, 농·원에 등의 다양한 분야까지 적용

[ 바이오플라스틱의 종류별 특징 ]

구분	바이오플라스틱				
	생분해 플라스틱		산화생분해 플라스틱	바이오베이스 플라스틱	
	천연물계	석유계		결합형	중합형
바이오매스 함량	50-70% 이상		-	20-25% 이상	
사용원료	천연물, 미생물계	석유유래 원료 중합 합성	산화생분해제, 식물체 등	천연물-고분자 결합체	천연물 단량체 중합합성
종류	PLA, TPS, PHA, AP, CA 등	PBS, PES, PVA, PCL, PBAT 등	Bio-PE, Bio-PP 등	Bio-PE, Bio-PP, Bio-PET, Bio PA 등	
규격기준	ISO 14885, ASTM D 6400 등		ASTM D 6954 UAE S5009	ASTM D 6866 CEN/TR 15932	
장점	생분해 우수, 탄소저감 우수		분해기간 조절 가능 물성 우수	탄소저감 우수 강도 및 탄소저감 우수	
단점	고가, 물성저하, 유통 중 분해가능		산화분해 필요 (열 UV 등)	생분해 속도가 느림 강도, 내수성 문제 가능성	
분해 기작	미생물 분해		산화분해 후, 미생물 분해	-	
생분해 기간	3-6개월		36개월	-	
생분해 기간	셀룰로오스 대비 6개월 이내 90%		셀룰로오스 대비 6개월 이내 60%	-	
범용 플라스틱 사용여부	X		O	O	

\* 출처: (주)바이오소재 홈페이지

◎ 자원순환

- 감량화(Reduce) : 제조공정에서 자원 사용량을 절감하거나 폐기물 배출량을 저감하는 것
  - 청정생산, 공급망을 통한 에너지·자원 생산성 제고, 생태산업단지 등을 예시로 들 수 있음
- 재사용(Reuse) : 재활용 가능한 자원을 그대로 또는 고쳐서 다시 쓰거나 생산 활동에 다시 사용할 수 있도록 하는 것
  - 중고가전제품, 음료병 등의 재사용을 예시로 들 수 있음
- 재제조(Remanufacturing) : 사용 후 제품·부품을 회수하여 분해·세척·검사·보수·조정·재조립 등 일련의 과정을 거쳐 원래의 성능을 유지할 수 있는 상태로 만드는 것
  - 자동차 부품, 프린터, 토너카트리지 등을 예시로 들 수 있음
- 물질재활용(Material Recycle) : 폐자원(제품/공정스크랩)을 해체, 파분쇄, 선별, 용융 등 물리·화학적 가공을 거쳐 다시 원료화 하는것
  - 도시광산, 우수재활용제조제품(GR) 등을 예시로 들 수 있음
- 에너지회수(Energy recovery) : 재활용가능 자원으로부터 에너지를 회수하거나 에너지를 회수할 수 있는 물질로 전환시키는 것
  - 폐수, 폐유, 정제유에서의 열회수, 폐기물 소각열 등을 예시로 들 수 있음

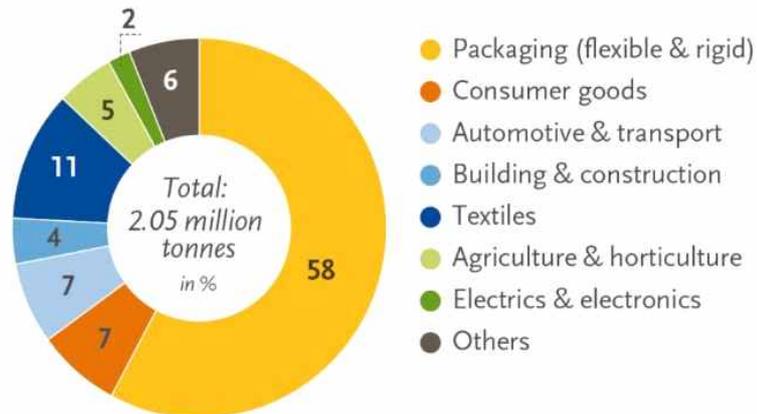
### (3) 기술로드맵 전략분야의 범위

- 천연소재는 본 전략분야의 범위에서 제외하고 바이오플라스틱과 자원순환으로 한정하여 분석을 진행

[ 친환경소재 및 자원순환 분류 ]

대분류	중분류
천연 소재	목재, 면, 양모 등
바이오플라스틱*	생분해 플라스틱
	산화생분해 플라스틱
	바이오베이스 플라스틱
자원순환*	감량화
	재사용
	재제조
	물질재활용
	에너지회수

[ 바이오플라스틱의 사용 분야 ]



\* 출처: European Bioplastics, nova-Institute, 'Global production capacities of bioplastics(2017)'

## 2. 시장 분석

### 가. 세계 시장 분석

#### (1) 세계 시장 동향 및 전망

##### ◎ 친환경 소재

- 생분해성 플라스틱의 세계시장은 2018년 30억 2천만 달러에서 2023년까지 61억 2천만 달러로 성장할 것으로 예상되며, 2018년에서 2023년 사이에 CAGR 15.1%로 성장 예상
  - 포장 &가방은 생분해성 플라스틱 중 가장 크고 빠르게 성장하고 있는 전방산업으로 포장 산업에서 생분해성 플라스틱의 새로운 적용 분야는 기저귀 बैंकिंग, 성인 요실금 제품 및 매립지 커버이고 최근 혁신적인 제품이 출시됨에 따라, 포장에 생분해성 플라스틱의 사용은 더욱 증가할 것으로 예상
    - 포장용 생분해성 플라스틱은 열분해성 플라스틱(대두 폴리우레탄 및 불포화 폴리에스테르 수지)과 열가소성 플라스틱(PLA, 혼합녹말, PBS, PHA 및 셀룰로오스)으로 크게 구분
  - 가전제품, 전자기기 등 소비재는 생분해성 플라스틱의 두 번째로 큰 최종 사용 산업으로 기존의 플라스틱으로 만들어진 케이스, 회로 기판 및 데이터 스토리지와 같은 부품을 대체 중이며 터치스크린 컴퓨터 케이스, 확성기, 모바일 케이스, 진공 청소기와 같은 곳에 추가적으로 활용

#### [ 세계 생분해성 플라스틱 시장 전망 ]

(단위: 백만 달러, %)

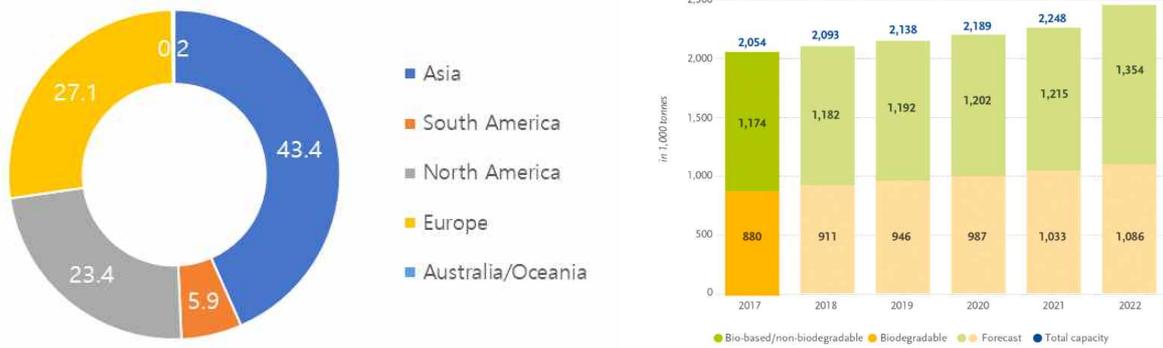
구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
세계시장	3,020	3,476	4,001	4,605	5,300	6,120	7,044	15.1

\* 출처: Biodegradable Plastics Market, MarketsandMarkets(2018)

- 바이오플라스틱의 생산 및 소비는 아시아 지역에서 크게 증가할 것으로 전망
  - 바이오플라스틱의 수요는 지역별로는 서유럽지역이 40%, 북미 지역이 약 30%, 일본이 20% 정도의 수요를 나타내고 있으며, 점차 시간이 지날수록 중국을 비롯한 타 지역으로의 확대가 될 것으로 예상
    - 2016년 지역별 바이오플라스틱 생산량 구성비는 기존에는 유럽 등 선진국의 생산량이 많았으나 2018년 이후 최근에는 아시아 43.4%, 유럽 27.1%로 변화되고 있음
  - 또한 아시아 지역은 원료 및 자원이 풍부하기때문에 계획 중이거나 현재 생산 중인 바이오플라스틱 생산 시설은 대부분 태국을 비롯해 인도 및 중국에서 이루어지고 있고, 2020년까지 세계 바이오 포장재의 3/4 이상이 아시아 지역에서 생산될 것이라 전망
  - 이중 바이오베이스 플라스틱 생산량은 PUR가 가장 많고, 다음으로 PET, PE, PA 순서이고, 생분해 플라스틱 생산량은 전분 블랜드 제품이 가장 많고, 다음으로 PLA, PBS, PBAT, PHA의 순서

- 유럽은 현재 연구 및 개발 작업의 선구자적 위치에 있지만 바이오플라스틱 생산 능력은 10% 미만에 머물고 있으며 2022년까지 바이오 포장재의 소비 비중은 계속 감소할 것으로 예상
  - 특히 독일의 경우 생분해성 플라스틱의 친환경성에 대한 논란이 일면서 정책적 지원을 중단하였고, 2009년 바이오베이스 플라스틱의 규격 기준을 적용하고 있는 실정

[ 지역별(좌) 및 종류별(우) 바이오플라스틱 생산량 ]



\* 출처: (사)한국바이오표재패키징협회, European Bioplastics, nova-Institute, 'Global production capacities of bioplastics(2017)

- 바이오플라스틱 종류별 생산량은 바이오베이스 플라스틱이 57.2%를 차지하고, 생분해 플라스틱이 42.8%를 차지
  - 2018년도 기준으로 바이오플라스틱은 플라스틱 연간 생산량(Figure 10) 중 약 1%인 211만 톤을 생산하고 있으며, 이 중에서 생분해성 플라스틱은 43.2%를 차지
  - 생분해성 고분자는 starchblends (18.2%) PLA (10.3%), PBAT (7.2%), PBS(4.6%), PHA (1.4%) 순으로 많이 생산이 되며, 그 외에도 PCL이 산업적으로 사용<sup>1)</sup>
- 바이오플라스틱은 2018년까지 석유기반 생분해성 고분자보다는 바이오플라스틱인 전분, PLA, PHA, 기타 바이오플라스틱의 수요가 증가할 것으로 예상
  - 특히 포장재에 집중적으로 사용되는 현재와는 달리 2020년경에는 포장재뿐만 아니라 섬유와 같은 다른 분야에서도 바이오플라스틱의 사용이 증가되어 총량 대비 26%까지 상승할 것으로 예상
  - 지역별로는 서유럽지역이 40%, 북미 지역이 약 30%, 일본이 20% 정도의 수요를 나타내고 있으며, 점차 시간이 지날수록 중국을 비롯한 타 지역으로의 확대가 될 것으로 예상
  - 독일을 포함한 유럽시장에서도 생분해성 플라스틱의 문제점을 극복할 수 있는 바이오베이스 플라스틱 및 산화생분해 플라스틱의 산업화가 확산될 움직임이 포착

1) Bioplastics market data 2018, European Bioplastics, [www.european-bioplastics.org/market\(2018\)](http://www.european-bioplastics.org/market(2018)).

◎ 자원순환

- 세계 폐기물 재활용 서비스 시장 규모는 2019년 537억 달러로 평가되었으며 연평균 5.2%로 성장하여 2024년 692억 달러에 이를 것으로 전망
  - 급속하게 성장하는 경제, 도시화, 인구 증가로 인해 자원 소비량이 증가하여 결과적으로 환경으로 방출되는 폐기물이 전 세계적으로 증가하는 추세
  - 사용 가능한 토지의 면적이 줄어서 에너지 및 자원 관련 설비의 효율에 관한 관심 증대
  - 불법 투기를 줄이기 위한 각국 정부의 적극적인 조치가 증가함에 따라 세계 폐기물 관리 시장의 유망성 및 중요도 증대

[ 세계 폐기물 재활용 서비스 시장 전망 ]

(단위: 십억 달러, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
세계시장	51.0	53.7	56.5	59.4	62.5	65.8	69.2	5.2

\* 출처 : Waste Recycling Services Market, MarketsandMarkets(2020)

- 플라스틱 포장 재활용 시장의 규모는 2018년 46억 달러에서 2024년 77.7억 달러 규모로 연평균 9.1%로 성장할 것으로 예측

[ 세계 플라스틱 포장 재활용 시장 전망 ]

(단위: 백만 달러, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
세계시장	4,607	5,026	5,483	5,982	6,526	7,120	7,768	9.1

\* 출처 : Future of Circular Economy in the Plastic Packaging Recycling Market, Frost &Sullivan(2019)

- 미국은 전 세계 대부분 종류의 폐기물 발생을 주도하는 국가로 가장 유망한 시장으로 평가
  - 외국인 이민자 수가 크게 증가함에 따라 미국 도시 고형 폐기물 관리 시장의 가치는 2024년까지 250억 달러 규모로 성장 전망
  - 미국 내에서 캘리포니아 폐기물 관리 시장이 가장 활성화되었으며 다양한 재활용 활동을 촉진하기 위한 'CalRecycle' 운동 등 폐기물 처리와 관련된 활동이 시장 성장을 견인할 전망
  - 다만 규제당국의 엄격한 덤핑금지법 도입으로 가파른 성장세가 둔화될 수 있음
  - 미네소타 대학은 캠퍼스에서 발생하는 총 도시 고형 폐기물의 40%가 넘는 연간 3,800톤 이상의 재활용품이 처리되는 M 재활용 드라이브 U를 운영

## (2) 해외 생태계 현황

### ◎ 플라스틱 폐기물에 대한 경각심 증대

#### □ 석유 기반 플라스틱의 사용 규제 증가

- 2017년 7월 세계 최대의 폐플라스틱 수입국인 중국이 돌연 페비닐 등 일부 재활용 고체 쓰레기 수입을 중단하기로 발표하면서 우리나라를 비롯한 미국·영국·독일 등 중국으로 재활용 고체 쓰레기를 수출하던 국가들은 비상 상황을 마주함
- 2018년 7월 미국 도시 중 최초로 시애틀에서 빨대를 포함한 일회용 플라스틱 사용물품(Utensil: 숟가락, 포크, 칼 등), 칩사이드 피크(Cocktail Pick) 사용 금지 조례를 시행
- EU는 2020년부터 플라스틱 폐기물의 매립을 전면 금지할 예정이며, 2030년까지 플라스틱 생산량의 50% 이상을 재활용하도록 추진. 또, 2021년까지 플라스틱 빨대 사용을 전면 중단하며, 일회용 플라스틱 저감 정책을 통해 플라스틱 면봉, 빨대, 접시 등 시장 출시 금지 제안
- 영국은 2019년부터 플라스틱 빨대 사용을 금지하고, 2024년까지 불필요한 플라스틱 폐기물 발생 제로화 추진
- 프랑스는 2020년부터 일회용 식기류를 만들 때 재료의 50%는 집에서 퇴비로 쓸 수 있는 생물학적 원료로 만들어야 하며, 플라스틱 컵과 접시의 사용을 전면 금지하도록 추진

#### □ 플라스틱 폐기물에 대한 관심과 대안을 찾으려는 노력이 증대

- 특히 산업 및 가정용 고분자의 폐기에 따른 환경오염 문제는 내구성이 타 소재에 비하여 큰 장점으로 인식되어 발전하였던 플라스틱 산업에 오히려 큰 걸림돌로 작용해 플라스틱 산업 전체를 다시 돌아보는 계기
- 플라스틱 소재가 우수한 기능 및 저렴한 가격으로 풍요로운 일상생활에 큰 공헌을 해온 반면 대량의 페비닐, 스티로폼, 플라스틱 용기 등의 소각이나 매립에 따른 환경호르몬 누출, 맹독성의 다이옥신 검출 폐기물의 불완전 연소에 의한 대기오염 발생 등과 같은 심각한 환경오염의 원인으로 대두
- 현재 세계적으로 소각 및 폐기가 어려운 고분자 폐기물은 2010년에 이르러서는 전체 쓰레기의 12%를 상회하는 것으로 추정되며 오히려 더 늘어날 전망

### ◎ 바이오플라스틱이 대안으로 부상

#### □ 1980년대부터 고갈되고 있는 석유를 대체하기 위한 제품으로 고려되어왔던 바이오 플라스틱은 최근 환경문제와 더불어 개발이 가속화

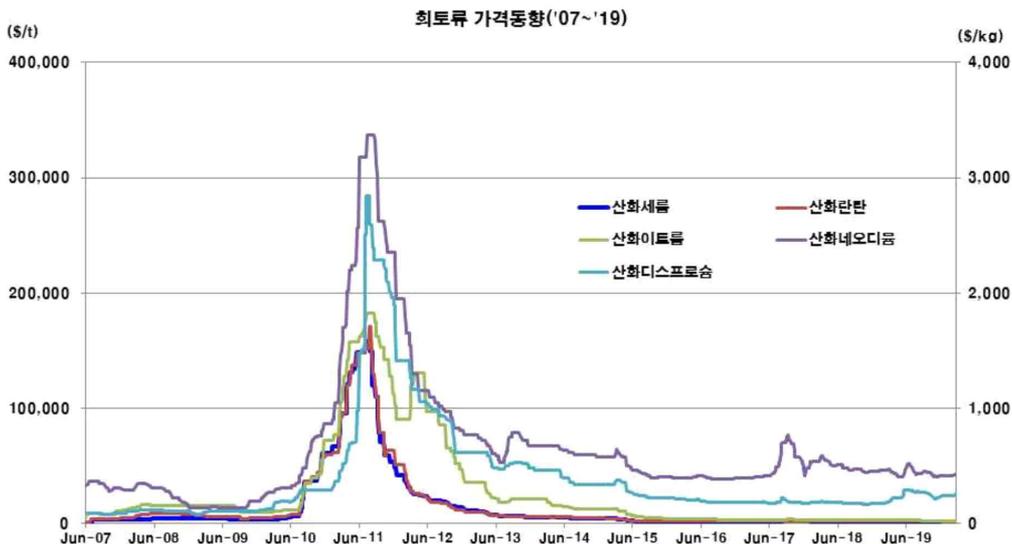
- 기존의 플라스틱제품이 지니고 있는 환경오염에 대한 사회적 비용을 감소시킬 수 있는 새로운 소재
- 이러한 차원에서 최근 눈길을 끌고 있는 산업 바이오 핵심요소기술의 일환으로 2024년에는 산업규모가 580억 불이 되는 미래지향적 산업

- 전 세계 각국에서 기존 플라스틱과 비슷한 물성과 가격경쟁력을 갖고, 인체에 무해하면서도 재활용이 용이한 바이오플라스틱 제품 개발에 박차를 가하고 있음
  - 이산화탄소 저감, 자연계에서 분해되어 환경 부하가 적게 되는 대체품 연구 개발 지속
  - 상당수의 생분해 플라스틱(biodegradable plastics), 산화 생분해 플라스틱(oxo-biodegradable plastics), 탄소저감형 바이오 베이스 플라스틱(bio based plastics) 등의 친환경 고분자 물질이 출시
  - 현재 식품포장재, 산업용품, 농업용품, 생활용품, 자동차, 산업용품 등 매우 다양한 분야에서 바이오플라스틱 제품이 적용
  - 친환경 바이오플라스틱의 보급을 원활하게 하기 위하여 세계 각국에서는 난분해 플라스틱에 대한 사용 규제와 더불어 바이오플라스틱의 식별표시제도를 운영하고 인증라벨을 부여

◎ 금속자원 가격의 급등락 및 분쟁 광물 사용 규제 등 국제 규제 증가

- (자원 생산성, Resource Efficiency) 2050년 세계 인구는 약 90억 명으로 증가할 것으로 예상되며 이로 인한 환경·자원의 위기를 극복하고 인류의 지속 가능한 삶을 위해서는 자원의 효율적 사용을 통한 순환형 사회 구현이 필요
- (자원 무기화 정책) '10년 무렵 중국을 중심으로 확산되던 자원 무기화 정책으로 인해 희토류 가격은 급등락을 거듭
  - 2011년 이후 중국의 희토류 쿼터제의 WTO 협정 위반 판정 등의 과정을 거치면서 완화되는 분위기이며 2018년부터는 안정세를 보임
  - 자원부국의 광물 공급제한, 수출 관세 부과, 고가 판매 등 자원 무기화 강화
    - 희소금속 생산국은 국가 단위의 공급 통제 정책을 구사
    - \* 중국, 러시아, 우크라이나 등은 광물자원 및 스크랩 수출입을 통제

[ 희토류 연도별 가격동향 ]

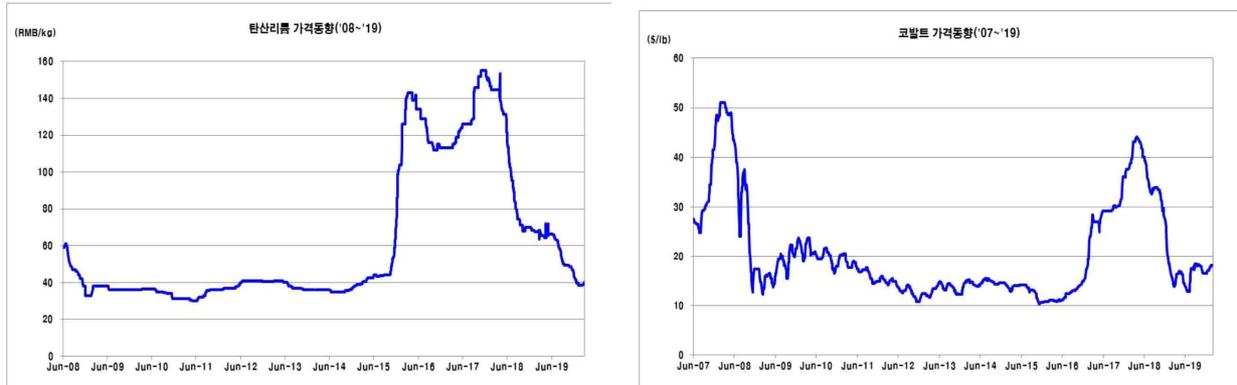


\* 출처: 희유금속, Monthly Report, 한국광물자원공사, 2020.2

□ 최근 산업 패러다임 변화로 新산업관련 원료광물 수요가 빠르게 증가

- 주요국의 신산업 육성(미래차, 로봇 등)에 따른 소재 부품 확보, 글로벌 밸류체인(GVC) 구축 경쟁으로 원료광물 자원수요가 현저히 증가
- 2015년 말 및 2016년 초에 2차전지의 소재인 리튬과 코발트의 가격이 최저점을 보이고 이후 2차전지의 생산증가로 인해 2018년까지 급등세를 보이다가 2019년부터 다시 안정세를 취하는 중

[ 탄산리튬과 코발트 가격동향 ]



\* 출처: 희유금속, Monthly Report, 한국광물자원공사, 2020.2

◎ 주요국의 재제조 산업 현황2)

- (미국) 재제조산업이 가장 발달되어 있으며, 약 7만 3천개의 재제조업체에 매출액은 약 530억 불
  - 이중 자동차 분야가 약 80%, 토너카트리지가 약 10%를 차지
- (독일) 유럽에서 재제조가 가장 활성화되어 있으며, 주로 자동차 부품, 전자기기(복사기, 프린터, 컴퓨터), 대형인쇄기 등을 재제조
  - Daimler Benz(Berlin), BMW, Volkswagen사 등은 직접 재제조라인을 운영
  - 재제조 제품 및 부품에 대한 품질기준 및 검사는 ISO규정 내에서 회사가 자체적으로 설정하고, 주요 공정별로 시험기기를 설치하여 자동검사
- (일본) 도요타, 혼다, 닛산 등 완성차 업체를 중심으로 재제조시장 활성화
  - 환경문제에 대한 사회적 요구 및 고객의 차량 유지비 절감을 통한 고객 서비스 강화 차원
  - 도요타(Ecolo Parts), 혼다(Recycle Parts), 닛산(Green Parts) 등 완성차 업체들이 순정품 유통체계를 적극 활용하여 시장에 참여
    - 도요타는 재제조 제품을 순정품과 동일하게 품질 보증 (2만Km/1년)

2) '再제조산업 활성화 본격 추진' 보도자료, 2020, 산업자원부

◎ 순환형 사회를 위한 노력

- 선진국들은 폐전자제품 재활용에 중요성을 알고 여러 가지 규제를 통해 재활용을 도모
  - 유럽연합(EU)은 ErP, RoHS, REACH 및 WEEE지침 등을 시행
  - 일본은 ‘가전제품 재활용법’과 순환형 사회형성 추진기본법 및 폐기물 처리법과 더불어 자원 유효이용 촉진법을 시행하여 폐전자제품 재활용을 활성화
  - 미국은 생산자, 정부, 판매자 그리고 소비자가 함께 재활용의 의무 책임을 공유할 수 있게 장려중이며, 폐전자제품 재활용법, 폐전자제품 관리법, 휴대폰 재활용법 등 폐전자 제품 재활용의 필요성을 인식하고 관련 규제를 시행
  - 중국은 전기·전자제품의 환경성을 관리하기 위해 중국 폐가전 및 전자제품의 회수·처리·관리·조례의 시행을 발표했으며, 유럽연합과 같이 중국 RoHS를 발표하여 유해 요소 사용을 제한 또는 금지

[ 주요 국가별 폐전자제품 재활용 규제 ]

시기	규제	주요내용
EU	WEEE2 (폐 전자제품 처리 지침)	- 폐전기전자제품 중량기준 85% 회수 ('19년 ~) - WEEE2 지침 대상범위를 '18년 8월 이후 모든 전기전자제품으로 확대 전환 예정
	RoHS (유해물질 사용제한지침)	- 환경오염 우려 유해물질 사용억제 목적 - 전기·전자제품에 6대 유해물질 사용 제한
	ErP (에너지 관련제품)	- 제품의 친환경설계 유도
일본	가전제품 재활용 법	- 폐가전제품의 재활용을 위해 수거 및 처리 의무 부과
	순환형 사회형성 추진기본법	- 폐기물발생억제, 감량화, 재활용 확대 및 불법거래 방지를 통한 순환형 사회 형성
	자원유효이용 촉진법	- 폐기물 및 재활용 관련 법률 정비
미국	폐전기·전자제품 재활용법	- 폐전자제품에 대해 재활용요금 부과 - 4인치 이상 디스플레이 등 관련 기기에 부과
	핸드폰 재활용법 (캘리포니아 주)	- 폐휴대폰으로 인한 환경영향 저감 및 재활용성 향상을 위해 무료 수거시스템 구축 운영 ('06년 ~)
중국	중국 RoHS (전자정보제품 오염방지법)	- 유럽 RoHS + 정부 지정 유해물질 사용금지 - 유해물질 함유량 및 사용기간 표시 의무화

\* 출처: 폐금속 재자원화를 위한 국내외 시장환경 분석 및 대응방안 도출, 2018.12, 산업통상자원부

- 첨단·고부가가치 산업분야로 재제조 시장 확대
  - 전통적으로 재제조 시장을 주도하고 있는 자동차 부품분야는 성숙 안정화 단계에 접어들고 있으며, 항공, 중장비, 기계류, 의료기기 등 첨단기술이 필요한 고부가가치 산업 분야로 재제조 시장이 확대되고 있음
  - 미국 국제무역위원회에서 조사한 재제조 시장 규모를 살펴보면 항공 130억 달러, HDOR\* 78억 달러, 기계류 68억 달러, 자동차 부품 62억 달러로 조사됨

◎ 4차산업혁명과 재제조산업

- 과거 기계부품은 단순한 기술로 재제조가 가능하였으나, 향후 자율주행차, 로봇 등 보급에 따른 고장수요 발생 시 고난이도 기술 요구

[ 4차 산업혁명과 재제조분야의 연계성 ]

트렌드	키 워 드	연 계 성
스마트화	IoT, 빅데이터, AI, 지능형 자산, 다품종 소량생산, 3D 프린팅	자동차 전자화 부품 대응 재제조 기술
서비스화	제품서비스, 설계·디자인, SW, 유지관리, 빅데이터	재제조 기반의 제품서비스
친환경화	빅데이터, AI, 수요예측, 맞춤형 최적생산, 자원이용 효율화, 3D 프린팅	빅데이터를 이용한 수요예측 기술, 자원이용 효율화를 위한 재제조용 향상 기술
플랫폼화	네트워크형 협업, 상품-서비스-소비자 매칭	재제조 수요-기술개발-품질인증 등 선순환 플랫폼 구축

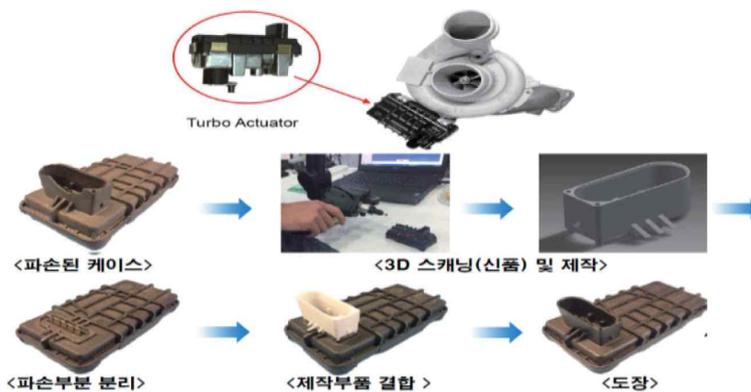
\* 출처: 4차 산업혁명 시대 신산업 창출을 위한 정책과제 보고서('16.12.21, 신산업 민·관협의회)

- (자동차부품의 전자화 가속) 자동차는 기계부품의 집합체가 아닌 전자장치의 결정체로 진화, '20년까지 전자부품 비중 50%(원가 기준) 예측
- 지능형 자동차(자동순항시스템, 차선유지보조시스템 등이 탑재) 보급으로 전자제어장치, 전자식 제동·조향부품 등의 시장 확대 추세

□ 재제조산업의 총아 3D 프린팅

- 미국, 유럽 등은 적층가공을 재제조 공정에 적용하기 위한 기술개발 진행 중, 일부 기업은 상용화하여 재제조 부품 생산
- 적층가공은 마모된 부품을 원상태로 복원하는데 사용, 표면 특성을 변화시켜 원래 부품보다 특성이 개선된 부품으로 재제조가 가능
- 재제조에 필요한 단품을 구할 수 없을 때 3D 프린터를 통해 단품을 제작할 수 있으며, 금속 소재뿐만 아니라 플라스틱 소재 단품으로 확대 가능

[ 3D 프린팅을 적용한 재제조 사례 ]



\* 출처: 2019자원순환이노베이션 로드맵

□ 공유경제 확산에 따른 렌탈비즈니스 성장

- 글로벌 금융위기 이후 뉴노멀(New normal)이라 불리는 세계 경제 저성장\*이 지속되면서 일본이나 유럽 등 선진국은 최소의 비용으로 최대의 만족을 얻으려는 합리적인 소비문화가 확산되면서 공유경제가 성장
  - \* 잠재성장률 전망 : 선진국 2.25%('01~'07) → 1.6%('15~'20), 신흥국 6.5%('01~'07) → 5.2%('15~'20) (출처 미래준비위원회, '10년 후 대한민국, 뉴노멀 시대의 성장 전략', 시간여행, 2016)
- 공유경제 확산으로 제품을 필요한 시기에 '빌려쓰는' 소비가 증가하고 있으며 이에 따라 자동차, 사무기기, 가정용품 등 렌탈비즈니스 증가
  - 렌탈비즈니스의 경우 제품회수시 리퍼비쉬, 수리, 재제조를 통하여 제품성능유지 및 렌탈 횟수를 높여나감
- 한국의 기존 주력산업(건설기계, 산업기계 등)은 글로벌 경제위기와 중국의 추격으로 상대적으로 약화되고 있으며, 선진기업은 다양한 서비스 기반의 애프터마켓을 주요 사업분야로 인식하고 있어, 재제조 분야에서도 제품 생산 판매가 아닌 서비스가 결합된 다양한 비즈니스 모델을 적용 필요
  - \* 서비스 사업 매출 비중이 GE 49%, 아트라스코프 40% ('12년 압축기 사업기준)

[ 국가별 재제조 산업 및 제품 ]

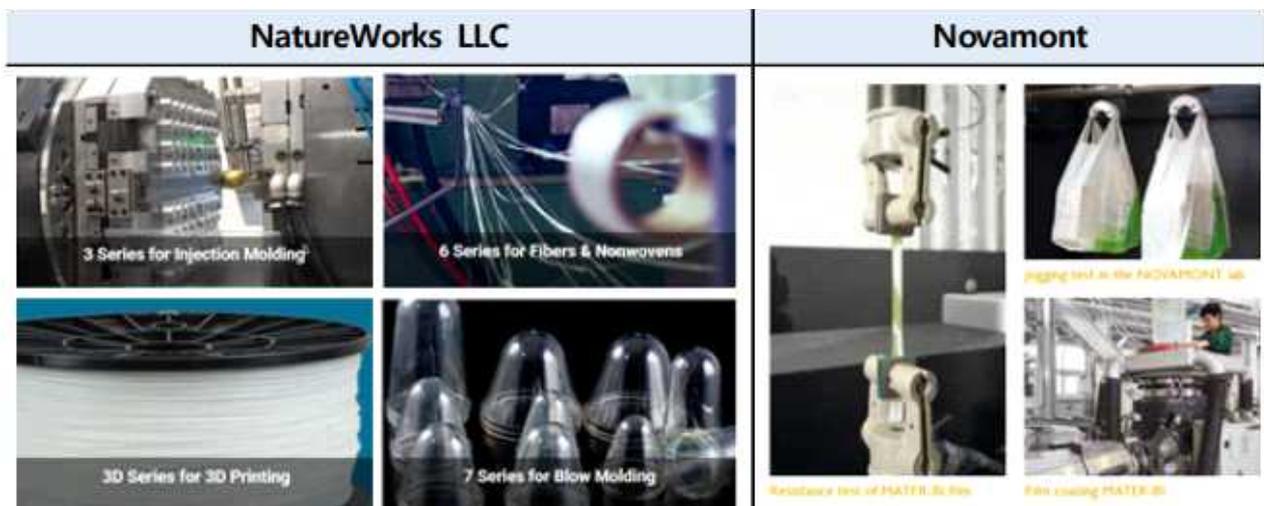
산업 국가	자동차	전기 기기	IT 제품	기계 류	사무 용 가구	의료 장비	중장 비	철도	항공	소비 재	주방 기기	재생 타이 어	건설 자재	섬유
미국	엔진 변속기 시동기	전기모 터 변압기 제어장치	HW 통신장 비 카트리 지	밸브 터빈 공작기 계	가구 바닥 천갈이	영상기 기 SUDs	건설기 계 농기구	모터 기타부 품	엔진 기체 기타부 품	휴대폰 카메라 전자제 품	오븐 자판기 테이블	트럭 및 항공기 타이 어	-	-
영국	엔진 구동기 전자장 치	-	컴퓨터 서버 카트리 지	펌프 리프팅 절삭공 구	의자책 상 테이블 파티션	진단장 비 주사기 망원경	엔진 변속기	엔진 펌프	엔진 기체 전자장 비	생활가 전	주방기 기 자판기 냉장기 기	중장비 항공기 타이 어	타일 벽돌 철제품	카페트 타일 (only)
중국	엔진 스티어 링 모터	-	프린터 서버	공작기 계	-	-	건설기 계	-	-	-	-	트럭 타이 어	-	-
일본	엔진 터보차 저 스타터	-	복사기 프린트 카트리 지	-	-	영상기 기	건설기 계 광산기 계	-	-	일회용 카메라	-	타이 어	-	-
한국	컴프레 서 등속 조인트	-	복사기 카트리 지	반도체 기계 공작기 계	-	-	-	기차	-	-	-	자동차 타이 어	-	-

\* 출처: 한국생산기술연구원 자원순환기술센터

### (3) 세계 시장 핵심플레이어 동향

- (NatureWorks) 2005년 Cargill사의 단독 자회사로 전환, 미국 시장 점유율의 약 28%를 차지하는 세계 최대의 PLA 생산업체
  - 옥수수를 기반으로 한 제품을 상용화해 유기농 우유의 포장재 등을 생산하며 연간 PLA 생산량이 14만 톤으로 세계 최대의 PLA 생산업체
  - 기존 플라스틱과 같이 압사출, 블로우 몰딩 등 일반적인 방법으로도 생산 가능하며, 가공 시 결정화 속도가 빨라 생산성이 우수하다는 장점
  - 건축, 전자기기 부품, 포장재, 의료기기 등 적용 범위가 매우 광범위

#### [ 바이오플라스틱 제조 공정 및 주요 제품 ]



\*출처: NatureWorks LC, Novamont 홈페이지

- (Dupont) NatureWorks와 함께 세계 바이오플라스틱 시장의 선두주자로 꼽히는 기업
  - 2006년 Tate&Lyle와 합작으로 총 1억 달러를 투자하여 미국 테네시 주, 루던에 바이오 공장을 설립하여 옥수수 당분에서 추출한 바이오 용액인 'Bio-PDO(Propanediol)'를 생산
- (BASF) 독일 1위 화학기업 BASF는 2019년부터 폐플라스틱을 화학 공정에 재사용하는 '케미사이클링(ChemCycling)' 프로젝트 개시
  - 바스프는 '케미사이클링(ChemCycling)'을 시작했으며 폐플라스틱을 녹여 오일·가스 등의 원료를 추출한 뒤 이를 새 플라스틱으로 만드는 공정
  - 바스프는 이렇게 재가공한 폐플라스틱으로 모짜렐라 치즈 포장재, 냉장고 부품, 단열재 등을 제조하기 위해 10여개 기업과 손잡고 시제품을 개발 중

- (Cereplast) 사출성형, 열성형, 블로운 성형 및 압출 등 모든 주요 공정에서 기존의 플라스틱을 대체하면서도 가격 경쟁력 있는 바이오 유래 지속 가능한 바이오플라스틱을 독점적으로 개발하고 제조하는 회사
  - Cereplast compostable® 수지는 높은 바이오 유래 함량과 퇴비화성이 장점으로, 특히 식품 서비스 산업 등에서 일회용으로 사용되기에 이상적
  - Cereplast Sustainable®은 높은 바이오 유래 함량과 기존 플라스틱의 내구성을 조합해서 자동차, 소비재 전자제품, 포장재 등의 용도에 적합
- (Metabolix/ADM) 바이오화학 전문기업인 ADM(Archer Daniels Midland)사는 2004년 PHA 기술특허를 보유하고 있는 Metabolix사와 전략적 제휴를 체결, PHA 상업 생산을 추진
- (UCC(Union Carbide)) 대형 화학제품 생산 설비와 처리 기술을 가진 세계적인 PE 생산업체
  - 생분해성 플라스틱의 실용화 추세로 인해 다른 용도로 사용되던 PCL이 생분해성 플라스틱의 주원료로서 부각됨에 따라 여러 국가의 전분계 제조업체에 원료를 공급
- (Showa Polymer) 일본의 생분해성 고분자 개발의 선발업체
  - 1,4-Butanediol과 Succinic acid, Adipic acid 또는 Ethylene glycol을 이용하여 축합중합한 생분해성 Aliphatic Polyeste 'BIONOLLE'를 개발
- (Mitsubishi Plastic) 일본의 바이오플라스틱 주요 생산회사
  - 생산 품목은 PET병, 산업용 플라스틱 플레이트, 전분 필름, IC 메모리카드, 파이프, FRP water tank 등
  - PLA와 또 다른 생분해성 플라스틱을 배합하여 내열성을 개선 시켰으며 SONY가 이것을 신형 워크맨의 외장재로 채택
- (Braskem) 브라질의 국영 석유화학기업
  - 사탕수수에서 추출한 에탄올을 원료로 한 20만 톤 규모의 '그린 PE' 생산시설을 가동
- (DOWA그룹) 일본의 재활용 업계의 최대 기업으로 금속재활용, 폐기물처리, 토양정화, 환경컨설팅, 관리형 최종처리시설 등의 사업분야를 포함
  - 폐금속 칩, 폐전자기판 등에서 재활용원료 조달진행
  - 자동차의 슈레더 더스트, 폐전자기판 등에서 금·은·동 회수, 전 생산량의 20%이상, 백금, 팔라듐 등은 90%이상 생산, 생산량 확대를 위해 재활용원료 대응형의 신형로 도입
  - 재활용사업, 폐기물처리사업, 토양정화사업
- (미쯔비시머티리얼) 일본의 대표적인 폐가전 처리업체
  - 네덜란드 북브라반트에 460억 규모의 해외 폐전자기기 재활용센터 건립, 폐기물의 공정처리 과정을 거친 후 일본으로 이송
  - 폐정보통신기기의 폐인쇄회로기판 처리

- (Apple) 친환경 정책을 통하여 전 세계 애플 설비의 93%를 신재생 에너지를 이용 중이고, 아이폰 리유즈 & 리사이클 프로그램을 운용
  - 스마트폰은 약 16~110kg CO<sub>2</sub>/대의 이산화탄소를 발생하고, 특히 생산 단계에서 33~85%를배출하기 때문에 사용수명의 연장이 필요
  - 애플의 2016 환경보고서에 의하면 폐휴대폰과 컴퓨터에서 약 2만 8천톤의 금, 은, 알루미늄, 유리, 플라스틱을 회수
  
- (Umicore) 벨기에의 리사이클링 전문기업으로 폐기물로부터 귀금속을 재활용하는 세계 최대 기업으로 촉매, 에너지소재, 기능소재, 재활용의 사업분야 보유
  - 전기, 전자 폐기물, 폐촉매 등으로부터 금, 은, 백금 등 7종 회수, 코발트 등 17종의 귀금속 및 희유금속 재활용·생산하는 복합 재활용 공정 운영
  
- (CVA) 세계 최대의 EW(Energy-from-Waste) 솔루션공급업체
  - 컴퓨터장비, 텔레비전, 모니터, 사무용품, 에어컨디셔너 및 스페이스 히터 등 모든 가정 환경 기기를 취급
  
- (URT) 냉장고를 비롯한 폐전자제품, CRT, Cable의 재활용사업과 관련 플랜트를 납품하는 세계적인 회사
  - 현재 유럽, 남미, 미국, 아시아, 중동 지역에 진출해 있고 특히 중국 시장 진출을 활발하게 진행 중

## 나. 국내 시장 분석

### (1) 국내 시장 동향 및 전망

- 바이오산업 실태조사보고서를 근거로 국내 화학·에너지 산업의 시장 규모는 2018년 기준 1조 7천억 원 수준으로 추정되었으며, 2024년까지 5조 3천억 원 수준으로 추산됨
  - 규제에 의해 움직이는 시장은 절대적 한계가 있고, 제품 경쟁력, 가격 경쟁력, 소비자 인식도 성숙 등에 움직여야 시장 확대가 이루어질 수 있음
  - 국내 바이오플라스틱 제조업체는 소규모의 중소기업이 중심이어서 대량생산 체제가 미흡하여, 세계시장에서의 국내제품 점유율은 극히 미미한 상태
- 2018년 기준 국내 바이오플라스틱 시장은 약 4만 톤 규모로 국내 플라스틱 시장의 0.5%를 차지하며, 세계 바이오플라스틱 시장의 1~2% 내외를 점유하는 것으로 추정<sup>3)</sup>

[ 바이오 화학·에너지 산업 국내 생산 규모 및 전망 ]

(단위: 억 원, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
국내시장	17,178	20,751	25,067	30,281	36,579	44,188	53,379	20.8

\* 출처 : 바이오산업실태조사보고서와 Progressive Markets ('18)을 근거로 네모아이씨지 재가공

- 최근 5년간 바이오산업 수급변화 추이를 보면 생산규모는 8.3%로 꾸준히 성장하였고, 내수규모 역시 2014년 이후 지속적으로 성장하여 연평균 5.7%의 성장률을 보임

[ 바이오산업 수급변화 추이('14~'18) ]

(단위 : 억 원)

구분		2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	CAGR
수급 (생산+수입)	금액	90,076	99,126	107,208	117,150	121,817	7.8%
	증감률	1.2	10.0	8.2	9.3	4.0	
생산 (국내판매+수출)	금액	76,070	85,039	92,611	101,457	104,764	8.3%
	증감률	1.3	11.8	8.9	9.6	3.3	
내수 (국내판매+수입)	금액	56,024	56,266	60,898	65,466	70,009	5.7%
	증감률	-2.3	0.4	8.2	7.5	6.9	

\* 출처 : 바이오산업 실태조사보고서

3) 바이오플라스틱 산업의 현재와 미래를 제시하다. 2019, 디지털여기에

[ 바이오산업 생산 및 내수 변화 추이('16~'18) ]

(단위 : 억 원)



\* 출처 : 2018년 기준 국내 바이오산업 실태조사 결과 보고서, 2019, 한국바이오협회(산업통상자원부)

□ 최근에는 화학 플라스틱과의 가격격차가 축소되면서 생분해성 플라스틱 및 이를 활용한 바이오베이스 제품으로 응용분야가 확대

- 생분해성 플라스틱의 물성, 짧은 분해기간, 가격 경쟁력 때문에 산업화에 어려움이 있어 기존의 플라스틱을 대체하기 어렵다는 점이 가장 큰 요인이었으나, 바이오베이스 플라스틱과 산화생분해 플라스틱은 기존 플라스틱의 물성을 유지하고 있기 때문에 세계시장 및 국내시장은 해당 분야의 연구 및 개발을 통해 확장될 것으로 전망
- PLA의 가격은 1995년 첫 시범생산 당시 석유계 플라스틱 대비 약 7배 수준이었으나, 현재는 비슷한 수준
- 이러한 추세로 보면 가격격차가 축소될 뿐만 아니라 물성도 개선되면서 일회용품, 포장재 중심에서 건축재, 전자·자동차 부품 등 산업용으로도 활용도가 증가할 것으로 전망

□ 국내 재활용 제품 시장 동향

- 2019년 12월에 한국환경공단이 발표한 2018년도 폐기물 재활용 실적 및 업체 현황을 근거로 살펴보면 재활용 제품 판매액은 2012년 4.5조 원에서 2018년 9조 원까지 성장한 것으로 나타남

[ 국내 재활용 제품 판매량 및 판매액 추이 ]

(단위: 만톤, 조원, %)

구분	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	CAGR
재활용제품 판매량	3,178	3,019	3,492	2,851	2,587	3,211	5,049	8.0
재활용제품 판매액	4.5	5.3	6.0	5.0	5.4	7.0	9.0	12.2

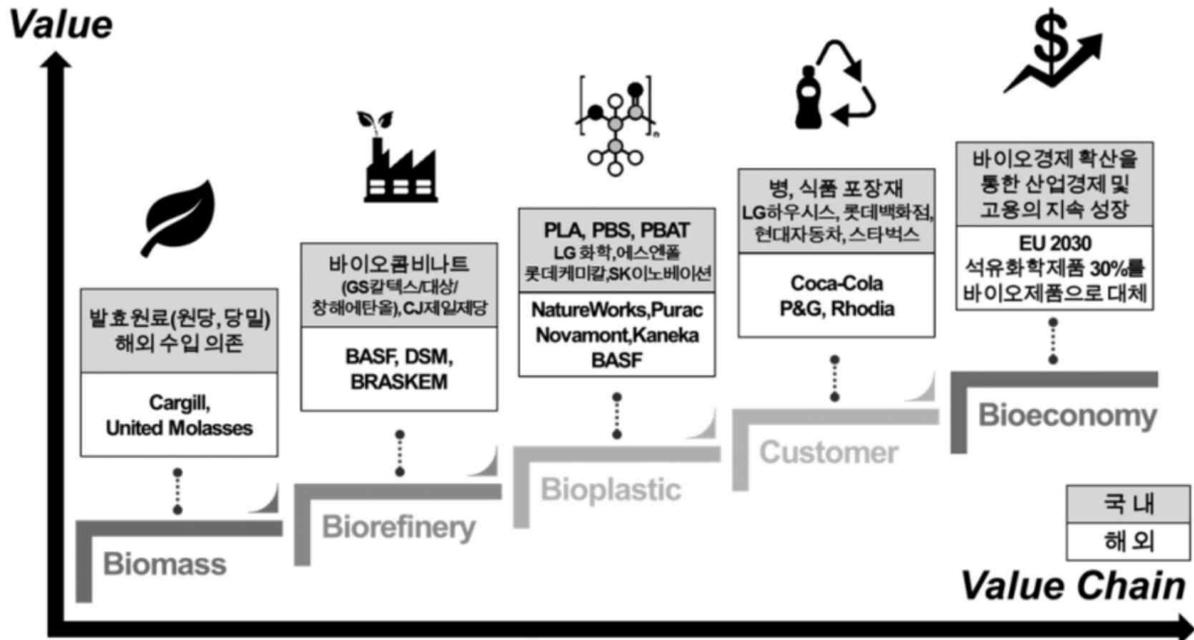
\* 출처 : 2018년도 폐기물 재활용 실적 및 업체 현황, 2019, 한국환경공단

## (2) 국내 생태계 현황

### ◎ 친환경 소재 관련

- 석유화학기업 중심으로 바이오플라스틱을 생산 중이나, 리파이너리(원료 추출·가공)는 기술개발 단계로 해외 원료 수입에 의존
  - 바이오플라스틱산업은 발효원료(원당, 당밀) 확보, 바이오파이너리를 통한 플랫폼 화합물의 생산, 바이오플라스틱의 제조, 최종 소비재로 가공 등의 가치 사슬이 존재
  - 국내는 바이오플라스틱 최종 소비재 가공 기술이 확보된 상황이며, 바이오매스 및 바이오파이너리 기술은 연구 개발 단계
  - 현재 국내 바이오플라스틱산업은 원료 및 플랫폼(Platform) 중심의 업스트림(Upstream)보다는 가공제품 중심의 다운스트림(Downstream) 부문이 더욱 활발
  - 글로벌 화학기업들과는 달리 국내 화학기업들은 국내외 규제 및 무역 장벽 등에 대비해 기술 개발 중이나 제도 불확실성 등으로 사업화 투자가 부진한 상황
  
- 초기수요 증대를 위해서는 바이오플라스틱의 인증제도 또는 의무사용 규제와 같은 정책적 보조가 뒷받침될 필요성
  - 우리나라의 생분해성 제품 관련 규격기준은 표준물질 대비 90%로, 미국과 일본의 60%에 비해 지나치게 엄격하여 생분해 원천기술을 확보가 미흡한 국내 기업은 대부분 채산성이 맞지 않아 사업을 중단하고 있는 실정
  - 이에 따라 국내 규격 기준을 완화하여, 생분해성 물질을 30% 첨가한 생분괴성 플라스틱 규격 기준을 마련하고, 이를 종량제 봉투에 적용하였으나 인장, 신장 등 물성이 약하고, 생산성이 부족하여 현재는 사업화되지 않고 있음
  - 인증제도의 경우 바이오플라스틱 제품의 규격화(바이오매스의 함량 기준), 물성을 시험할 수 있는 표준코드 제정 등 공식적인 시스템 필요
  - 가격경쟁력이 확보되기 이전까지 수요 촉진을 위한 의무사용 규제나 사용에 따른 인센티브 제공정책이 병행될 필요
  
- 국내 바이오플라스틱의 방향성 전환
  - 과거에는 기존의 대기업, 대학, 공공기관을 중심으로 연구개발 위주인 경우가 많았으나, 현재는 기술력 기반의 중소기업 위주로 개편되는 중이며 최근에는 기존 대기업 등의 참여업체가 시장규모 협소에 의한 사업 보류, 사업 중단, M&A에 의해 정비되어가고 있음
  - 글로벌 시장에서 산화생분해 플라스틱, 바이오베이스 플라스틱 성장에 발맞추어 식품 포장, 산업용품, 면도기, 칫솔, 포크, 자동차 내장품, 건축 토목용품 등 다양한 바이오플라스틱 제품으로 응용범위가 확산
  - 현재 국내 기업들은 다른 외국 기업에 비해 상대적으로 우위에 있는 수지의 가공 및 성형기술을 활용하여 신소재 개발보다 실제 제품화 위주로 전환되어 가고 있으며, 실제 상용화 제품, 기존 플라스틱을 대체한 제품들이 출시되고 있음

[ 국내 바이오플라스틱 가치사슬 ]



\* 출처 : Ktech 이슈리포트, 2019, 한국산업기술평가관리원

◎ 자원순환 관련

- 시장에서 저급으로 판매 가능한 정도의 기술개발에서 벗어나 천연원료 또는 신제품과 동등하게 경쟁할 수 있는 선도형 하이엔드 기술개발로 발전 중
  - 이는 추적형 재활용 기술개발에서 선도형 하이엔드 기술개발로 바뀌고 있는 것으로 최종 수요처에서 요구하는 고품질 수준을 확보하고 최근 금속자원 가격이 50% 이상 급등하거나 분쟁광물 신규 규제 등 이슈 금속 중 국내에서 재자원화가 이루어지지 않는 금속으로 기술개발이 필요
  - 도시광산과 도시광산분야 관련 기존 재활용 기술 대부분은 경제성이 높거나, 법률적으로 관리하고 있는 폐자원에 대한 상용화 기술 위주로 구성
- 재제조 국내 기술 수준은 일부 업체를 제외하고 재제조기술, 품질검사기술, 작업환경, 시스템 등이 재제조시장이 활성화 되어 있는 미국, 유럽, 일본 등과 비교하여 매우 열악한 상황
  - 재제조 공정의 특성상 개별 기업의 작업 노하우가 시장 경쟁력을 좌우하기 때문에 개발 기술에 대한 노출을 꺼리는 경향이 있어, 논문, 특허 등 문헌조사에 재제조 기술 사례가 매우 부족
- 도시광산관련 대표적 기업4)
  - (철) 철을 정제하여 제련하는 업체로는 중소형 제강로 대한강업, 시화스크랩이 대표적이며 대형 제강사는 대한제강, 세아베스틸, 동국제강, 현대제철이 대표적이고 폐전자제품 중간 처리기업은 에스쓰리알, 대흥엠앤티, NH리사이텍, 서울 도시금속 회수센터(SR센터) 등이 대표적

4) 폐금속 재자원화를 위한 국내외 시장환경 분석 및 대응방안도출, 2018, 한국도시광산협회

- (구리) 구리를 정제하여 제련하는 업체로 LS니코동제련, GRM, 고려아연이 대표적이며 자사 제품 사용 목적 재활용 구리 생산업체는 대창, 서원, 갑을메탈이 대표적이고 폐전자제품 중간 처리기업은 에스쓰리알, 대흥엠앤티, NH리사이텍, 서울시금속회수센터(SR센터) 등이 대표적
- (알루미늄) 폐전자제품의 알루미늄을 중간처리하는 기업은 구리의 폐전자제품 중간처리 기업과 같은 업은 에스쓰리알, 대흥엠앤티, NH리사이텍, 서울시금속회수센터(SR센터)가 대표적이며 알루미늄 주조 제품 기업은 상신금속, 동영금속, 흥민금속이 등이 대표적이며 알루미늄 제련기업은 풍전비철, 보령다이캐스팅, 대원다이캐스팅, 남선알미늄, 서연테크닉스 등이 대표적

[ 재제조 정부고시 대상제품 ]

구분	제품명	개수
승용차	교류발전기, 시동전동기, 등속조인트, 에어컨컴프레서, 클러치커버, 터보차저, 디젤 인젝터, 로어 콘트롤 암, 브레이크 캘리퍼, 속 업소버, 자동변속기, 기계식 연료분사 펌프, 커먼레일 연료 펌프, 팬 클러치, 컴비네이션 램프, LPG 기화기, LPG 믹서, 실린더헤드, 토크로드, 냉각팬, 가솔린엔진, 디젤엔진, 커먼레일 디젤 연료 필터, 파워스티어링펌프, 스톱바디, 스티어링기어박스, 범퍼, 도어, 헤드램프, 전동 사이드미러, ABS모듈, 토크컨버터, 부변속기, 조향모터, ECU, TCU	36개
상용차	교류발전기, 시동전동기, 자동변속기, 에어컨컴프레서, 후륜차축, 실린더헤드, 디젤엔진, 디젤인젝터, 고압연료펌프	9개

\* 출처 : 한국자동차부품재제조협회 홈페이지

### (3) 생태계 핵심플레이어 동향

- (SK케미칼) 1990년 초에 생분해성 합성수지를 개발해 왔으며, 대표적으로 생분해성 지방족 폴리에스터 수지를 개발한 이력
  - 친환경 플라스틱 소재인 '에코젠(ECOZEN)'을 자체개발하여 국내 최초로 화학물질 분야를 통해 미국 FDA인증을 취득하였고 옥수수, 밀에서 추출한 원료로 만든 폴리에스터로, 비스페놀A가 없어 친환경적이며, 내열성, 투명성, 내화학성 등 우수한 물성을 갖춘 코폴리에스터 기반의 플라스틱
  - ECOPLAN은 유전자 조작을 하지 않은 식물에서 추출한 원료를 사용하여 기존 PLA와 차별화를 두었으며 기존 PLA의 취성을 개선하여 유연성과 투명성을 향상시킨 ECOPLAN-Flex(압출용), 내열성과 내충격성을 강화한 ECOPLAN-Dura(사출용)를 상용화
  - 2017년 3D프린터에 적용 가능한 바이오플라스틱을 출시
- (롯데케미칼) 국내 최초로 2012년 사탕수수과 같은 식물로부터 추출한 바이오 에틸렌글리콜을 이용하여 생산한 Bio-PET 개발에 성공
  - 'LOTTE CHEMICAL PET BIO'란 제품명으로 국내 산업화 및 수출에 성공하였으며, 기존 PET 소재 못지않게 투명성 및 성형성이 우수하고, 생산 중 이산화탄소 발생량이 20% 정도 감소
  - CJ제일제당(주)와 함께 PLA 생산기술 연구를 수행하며 2015년 stereo-complex PLA 양산에 성공하였으며, 생분해성과 탄소 저감 효과를 인정받아 유해물질 규제 지침(RoHS) 인증을 획득
- (LG화학) 핀란드의 바이오 디젤기업 네스테와 바이오 기반 친환경 사업을 확대하기 위한 전략적 파트너십(MOU)을 체결
  - 네스테는 자체 공정기술을 보유한 바이오 디젤 분야 세계 1위 기업으로 이 회사 영업이익 중 80%는 바이오 원료와 이를 활용한 친환경 제품에서 창출
  - 기존의 각종 화학제품 생산 공정에 중간물질로 바이오 원료를 투입해 바이오 원료 기반의 폴리올레핀(PO)과 고흡수성수지(SAP), 고부가합성수지(ABS), 폴리카보네이트(PC), 폴리염화비닐(PVC) 등을 2021년 하반기부터 생산할 계획
- (효성화학) 대기오염 주범인 일산화탄소를 원료로 한 엔지니어링 플라스틱 소재 '폴리케톤'을 2013년에 세계 최초로 개발
  - 건축자재를 비롯해 식판, 골프티 등 일상 속 생활용품, 레저용품으로 적용범위를 확대 중
  - 2019년 9월부터 스타트업기업 'EGS', 'GK상사' 등과 함께 폴리케톤 친환경 식판을 개발
- (현대제철) 철스크랩을 원료로 쇳물을 만들어 내는 전기로 분야에서 국내 최대 생산능력을 갖춘 기업
  - 인천, 포항, 당진의 전기로 공장을 통해 연산 1200만 톤의 생산능력을 보유한 현대제철은 60여 년의 축적된 전기로 기술력을 바탕으로 국내 철강 업체 가운데 가장 많은 세계일류상품을 보유
  - 전기로를 통해 철근, H형강, 중기 등을 제작하여 건설과 조선 등 전방산업에 공급 중

(코웨이) 직접 재제조사업을 추진

- 고객이 반납한 제품을 체계적인 재제조 공정을 통해 신제품가격보다 50% 가까이(일시불 기준) 낮은 가격으로 재제조 제품(공기청정기, 정수기, 비데)을 제공하는 등 렌탈사업 분야에서 새로운 비즈니스 모델을 창출

◎ 국내 중소기업 사례

(지테크섬유) 생분해성 수지를 방사하여 고강도의 필라멘트를 제조하는 기업으로 CornSsil과 P-Ssil을 생산하고 있음

- 밀도가 물보다 낮기 때문에 물에 뜨는 성질이 있고, 신율이 높아서 질긴 성질이 있음
- 분자의 구조적 측면에서 물을 반발하는 성질이 있으므로 원단으로 제작 시 항상 드라이 상태를 유지하려하므로 건조한 상태를 유지하게 하는 원사

(에이유) 플라스틱 및 고분자 분야 전문기업으로 바이오플라스틱 소재인 에콜로G, 바이오넥스, 플라넥스를 생산하고 있음

- 분해성 바이오플라스틱 소재를 개발하고 이를 활용한 일회용 쇼핑백 및 각종 생활용품 등을 생산하는 전문기업으로, 자체 개발한 코팅 기술로 기존 플라스틱을 대체할 수 있는 바이오 소재를 개발하여 포장재 열 변형 등의 문제를 해결
  - 일상생활에서 많이 쓰이는 비닐 쇼핑백 등의 일반 포장재와 롤백, 위생백, 위생장갑 등 생활용품을 포함한 선물세트용 트레이, 전기제품 포장재, 자동차 내장재 등 산업용 제품군 총 수십여 가지를 생산
- 커피찌꺼기 재생자원을 이용한 바이오매스 플라스틱 소재 개발, 재활용이 가능한 바이오플라스틱 기반 다층 전도성 포장 및 성형소재 개발, 나노구조 제어 및 신공정 복합기술에 의한 방충기능 다층필름 개발 등의 연구과제를 수행 중

(SR테크노팩) 포장재 생산 전문기업 SR테크노팩은 친환경 산소차단 코팅 기술 ‘GB-8’을 RTD 인물드 컵커피 라벨에 적용

- SR테크노팩의 산소차단 코팅 필름 ‘GB-8’이 적용된 컵커피 라벨은 기존의 포장 용기와 달리 소비자의 분리 배출 없이도 재활용이 가능한 것이 특징

(그린케미칼) 친환경 가정용품 전문 벤처기업으로 전분을 이용한 생분해성 수지를 개발

- 그린케미칼의 생분해성 원료는 호주 ABA인증을 획득하였으며, GC8400E그레이드는 한국환경산업기술원으로부터 환경마크 인증 받음
- 스푼, 포크, 빨대, 종량제 봉투 등을 플라스틱을 제조하는업체와 섬유제조업체에 원료를 공급
- 그린케미칼이 생산한 사탕수수로 만든 주방세제와 세탁세제가 미국의 대형 유통 벤더를 통해 5만 달러 상당의 주방세제 등의 수출이 성사

- (바이오소재) 2014년 설립된 바이오플라스틱 원료소재 연구개발 및 친환경 분해성, 환경오염 저감 제품을 전문적으로 생산
  - 제품군은 바이오 패키징, 진공성형용기, 생활용품, 농원예용제품, 3D 프린터용 필라멘트 등
  - 종이컵, 종이빨대 등 일회용 종이소재 제품을 취급하는데, 알칼리 해리성 및 생분해성을 지닌 수용성 코팅 종이를 개발하여 물에서 완전히 해리가 가능한 제품을 생산
- (대성오토) 국내 유일의 자동변속기의 재제조품 승인 취득 기업
  - 수명이 끝난 자동변속기를 일정한 재제조 과정을 거쳐 신제품에 준하는 유단자동변속기, 무단변속기 (CVT) 와 듀얼클러치™ (DCT) 등을 제조

[ 대성오토의 변속기 재제조 라인 ]



\* 출처: 대성오토 주식회사 블로그

- (가나안근로복지관) 2003년 보건복지부로부터 재생카트리지 제조사업 승인을 받은 장애인 근로 사회적기업
  - 이 회사의 '레인보우테크' 카트리지를 구매하고 있는 공공기관은 2015년 기준 관공서 및 공공기관 1600곳에 납품되고 20억원을 넘김
- (에스쓰리알) 1972년 설립된 리사이클링 환경친화 기업
  - 해외에서 70% 이상 수입한 전자폐기물을 수집하고 선별, 분류, 재가공, 파분쇄하여 국내 제련소에 납품
- (대흥엠앤티) 폐전산장비, 폐통신장비, 폐전자스크랩을 활용해 금, 고철, 구리, PCB 분쇄물을 만들어 납품을 하는 업체

### 3. 기술 분석

#### 가. 해외 기술 동향

##### (1) 주요 기술

###### ◎ 원료 생산기술

- 바이오매스 발효 및 전환기술은 식물/미생물 등 바이오매스 원료에서 시작하여, 바이오매스 전환 시설을 통해 원료를 당, 단백질, 지방산 등의 단량체로 물질화하는 과정
  - 바이오매스 원료는 1세대(곡물계), 2세대(목질계), 3세대(조류계) 등으로, 전 세계적으로 널리 분포되어 있으나, 장기적으로 안정적인 원료 공급의 확보가 중요하기 때문에 대부분 바이오매스 원료가 풍부한 지역에서 현지 생산 또는 가공을 하는 경우가 대다수로 최근 이스라엘의 Tel Aviv 대학교의 Golberg 박사는 해조류를 먹는 미생물로부터 바이오플라스틱을 만드는 데 성공
  - 바이오매스 발효기술은 당을 포함하고 있는 작물을 효모 또는 박테리아 등의 미생물로 발효시켜 생산하는 기술로, 알코올 발효, 메탄 발효 등이 있으며 알코올 발효는 수분 함량이 높은 식용 작물, 조류계 등을 취급할 때, 추가 건조 공정이 필요하지 않아 효율적인 기술로 평가
  - 바이오매스 전환기술은 원료의 종류에 적합한 기술이 요구되며 1세대 바이오매스의 전환은 곡물계 원료에서 직접 당으로 전환하는 기술로 공정이 간단하지만, 2세대인 목질계 원료의 경우 불규칙적이고 복잡한 분자구조를 갖는 리그닌과 헤미셀룰로오스를 제거하는 전처리 공정을 거치므로 공정이 비교적 복잡
- 바이오매스 정제과정은 전환과정을 거쳐 생산된 바이오매스 기초물질을 발효 및 정제시켜 단량체(Monomer)의 형태로 변환하는 기술
  - 주로 촉매, 발효공정을 통해 단량체로 변환되는데 석유 정제기술에 비해 분리시설에 대한 투자규모가 작고, 공정 전환에 대한 유연성을 확보하여 비교적 유리한 생산이 가능하다는 장점
  - 현재 상용화에 성공한 PLA의 경우, 단량체인 젖산(Lactic Acid)은 식용 작물로부터 얻어진 설탕, 전분의 발효를 거쳐 생산

###### ◎ 천연고분자계 바이오플라스틱 기술개발 동향

- 천연고분자계를 이용한 소재는 원료의 가격이 매우 저렴하며, 자연에서 무수히 재생산되기 때문에 원료고갈의 염려가 없으나, 직접 사용하게 되면 수분에 취약하거나, 점성이 부족하여 기계적 물성이 낮은 등의 문제점이 존재
- 열처리 등을 통해 습윤 상에서도 일정 수준 이상의 기계적 물성을 갖는 신소재들이 속속 개발되고 있음
  - E. Khashoggi Industries(EKI)에서는 감자전분과 석회로 수지를 만드는 기술을 개발했는데, 전분을 죽처럼 끓인 후 석회/나무섬유소를 혼합하여 제조하며, 수분함량이 20%를 넘지 않는 한 결합력이 유지된다고 알려짐

- 전분을 사용하는 방법은 식용재료인 옥수수나 감자를 첨가하는 것이 대표적이며 지방족 폴리에스테르는 생분해성이 없는 방향족 폴리에스테르의 분자구조 중 주로 벤젠고리 부분을 탄화수소로 대체하여 생분해가 가능하도록 제작되고 있음
  - 전분을 이용한 제품은 비교적 값이 저렴하고 분해성은 뛰어나나 강도가 약한 단점이 있으며 지방족 폴리에스테르는 강도가 높고 가공성이 뛰어난 장점이 있으나 고가의 가격이라는 단점이 존재
  - BASF, Bayer, Dupont 등에서 지방족 방향족 폴리에스테르, 지방족 아미드 등의 분자구조를 갖는 생분해성 플라스틱 개발연구를 추진함
- 생분해성 플라스틱에 적용을 위한 대표적인 전분 변성 기술로는 기존 범용 수지인 폴리에틸렌, 폴리스틸렌, 폴리프로필렌 등과 같이 일정 온도 이상에서 탄화되지 않고 형태가 자유자재로 바뀔 수 있는 열가소성을 전분에 부여한 열가소성 전분이 존재
- 유전자 조작 기술을 응용하여 유채씨로부터 폴리히드록시 부틸레이트/발리레이트(PHB/V) 배양법에 성공한 이후, 바이오 기술에 의한 새로운 종류의 생분해성 플라스틱 합성 및 식물 이용 바이오 폴리에스테르 생산 연구가 진행
- 셀룰로오스는 식물세포벽을 이루고 있는 주성분이며 포도당이  $\beta$ -(1→4) 글리코시드결합으로 연결된 선형 고분자로 세상에서 가장 풍부하게 존재

### ◎ 미생물합성계 바이오플라스틱 기술개발 동향

- 일부 미생물이 양분의 저장형태 또는 배설물의 형태로 생산한 고분자로, 생분해성이 뛰어나지만 생산량 및 속도에 제약이 많을 뿐만 아니라 분자량 면에서도 범용수지로 사용하기에는 부족한 경우가 많으며 가격 또한 고가임
- PHB의 가공 물성을 향상시키기 위해 PCL과 혼용하는 방법, PHV와 공중합체를 형성하는 방법 등이 제시되고 있음
  - *Pediococcus pentosaseus*를 이용해서 5탄당을 젖산이나 초산 등의 유기산으로 전환시킨 후 전환된 유기산을 다른 미생물(*alcaligenesutrophus*)가 고분자생산을 하는 공정을 도입하여 제조원가를 낮추는 방법 등 다양한 방법이 연구 중
- 미생물이 만드는 열가소성 고분자 소재로 폴리히드록시알카노에이트(PHA)의 연구는 세계 각국에서 활발하게 진행 중
  - PHB는 열 분해되기가 쉬워 가공이 어려운 단점이 있어 이를 개선하기 위해 PHB와 PHV로 되는 공중합체(PHB/V)의 미생물 생산이 확립

[ 다양한 미생물로부터 합성되는 PHA ]

미생물	탄소원	PHA	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. extorquens(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 Gp104	옥타노에이트	PHB	14 ~ 22
P. putida	팜유	PHA	37
	라우르산	PHA	25
	미스티산	PHA	28
	올레인산	PHA	19
Sphaerotilus natans	글루코오즈	PHB	40

\* 출처: 지식경제부, 한국산업기술평가관리원, 한국바이오협회, '바이오제품 시장 및 바이오기술개발 동향'

◎ 중합형 고분자계 바이오플라스틱 기술개발 동향

- 생분해성이 없는 '방향족 폴리에스테르'의 분자구조 중 벤젠고리 부분을 탄화수소로 대체하여 지방족 폴리에스테르화 시킨 물질로 자연환경에서 완전 생분해가 가능하고 가공성이 뛰어나 많은 용도로 쓰이고 있으며, 기존의 범용 플라스틱 대체물질로 부각되고 있으나 여전히 생산원가가 높아 실용화에 한계
- 식물자원 기반 합성 고분자의 경우, 대표적 고분자인 생분해성 고분자 PLA를 중심으로 상업화되어 대량생산 단계에 진입
  - 실용화 단계의 생분해 플라스틱에는 폴리유산(PLA), 폴리 카프로락톤(PCL), 폴리부틸렌 석시네이트(PES) 등이 있음

- PLA는 폴리D-유산, 폴리L-유산, 폴리D,L-유산의 3종류가 있으며 생체 내에서 분해·흡수되는 성질과 생체 내 무독성의 특성을 통해 의료용 재료로써 활용이 가능하며 식물의 생육을 촉진하는 것으로 알려져 농림업 분야에서 이용
  - Cargill사는 2001년부터 14만 톤 규모의 PLA 제조 플랜트 가동을 시작하였고 Chronopol사는 1996년 말부터 포장재용의 폴리유산 생산
  - 일본 Shimatsu는 1994년부터 폴리유산을 2차 가공하여 섬유, 필름 등 제조
  - Mitsui Chemical는 가열 용액 중축합법에 의해 고분자 폴리 유산의 직접 중합법을 개발하여 공업 생산
- PCL은 e-카프로락톤의 개환중합에 의해 합성되는 고분자량의 지방족 에스테르로, 고열에도 가공이 가능하고 다른 폴리머와의 혼합이 쉽다는 장점
  - PCL의 리파아제에 의한 분해성은 PCL의 결정성 등 고차구조에 영향을 받는 것으로, 가공 방법을 달리 함으로써 생분해 속도에 차이를 둘 수 있음
  - 미국의 Union Carbide사, 영국의 La Forte와 벨기에의 Solvay가 합병된 Interlock 등의 기업에서 생산
- PCL과 호화전분으로 되는 블렌드체는 값싼 재생 가능 자원인 범용 생분해성 플라스틱으로서 상당한 주목을 받고 있으며 얇은 필름을 제조하는데 용이
- 높은 용점을 갖는 PES를 베이스로 하고 중축합 반응에 의해 합성되는 고분자량의 지방족 폴리에스테르가 공업 생산되고 있음
  - 국내에서도 SK Industries가 지방족 폴리에스테르계 생분해성 플라스틱 Sky Green을 개발, 제일합섬은 Elson Green이란 상품명으로 개발
- 최근 해조류를 비롯한 해양식물 유래 바이오매스가 육상식물의 취약점을 극복할 수 있음을 시사해 새롭게 주목받고 있음
  - 기존에 바이오플라스틱 제조에 사용된 단량체들은 석유가 아닌 식물자원에서 유래한 것으로 대부분 육상식물계에서 유래한 천연고분자이며 이에 해양식물계에서 유래한 천연고분자들의 장점이 부각
  - 해조류의 경우 육상식물에 단위면적당 생산량, 이산화탄소 고정화능이 월등히 높고 목질계와 달리 리그닌 제거공정이 없어 전처리 공정이 단순하며 미생물에 의한 발효 저해물질의 발생이 적어 바이오플라스틱 개발에 적합
  - 자동차의 좌석 및 바디패널 등의 다양한 분야에서 사용될 수 있는 바이오플라스틱의 육상소재를 대체할 수 있는 해양소재로 일본 도요다자동차는 2015년까지 해양식물유래 바이오플라스틱을 이용한 자동차 생산을 목표로 연구를 진행 중
  - 프랑스 OImix는 해양녹조류에서 Ulvan을 추출해 PLA와 결합시켜 열안정성을 변화시킨 나노복합 플라스틱 소재를 개발 중
  - 바이오소재는 해조류 고분자 추출물을 적용한 수용성 코팅액 개발을 통해 인체 무해하며, 물에 완전히 해리되어 재활용이 쉽고 환경친화적인 생분해 수용성 코팅종이를 개발해 종이컵, 종이빨대, 종이호일 등 제품화하고 있음

## ◎ 도시광산 관련 기술개발

### □ EU는 다양한 도시광산 프로젝트를 진행하여 자원순환 경제를 선도 중

- (REEcover<sup>5</sup>) 희토류 원료에 대한 유럽 내 공급 안정성 향상, 희토류 회수 분야에서의 중소기업의 역량 강화 및 비즈니스 기회 창출을 위한 프로젝트
- (CoLaBATS<sup>6</sup>) 폐배터리 재활용에 대한 신공정 및 새로운 습식제련 기술개발을 위한 프로젝트
  - (차별성) 저온 반응으로 공정비용 감소 및 친환경 공정 구현 가능
  - (장점) 기존의 건식 회수 공정에서는 불가능했던 플라스틱, 흑연 및 희토류 금속에 대한 회수 가능
- (CABRISS) 유리 또는 은 페이스트를 회수하여 산업원료로 공급을 위한 프로젝트
  - 광전지(태양전지) 관련 폐기물을 최대 90% 수집 ('13년 40%)
  - 광전지의 셀 및 패널에서 실리콘, 인듐 및 은을 최대 90% 회수
  - 재활용 원료를 이용하여 25% 이상 저렴하고 동일한 성능의 PV 셀 및 패널 제조
- (ReWaCEM) 금속 도금, 아연 도금 및 인쇄회로기판 제조 산업에서의 물 사용, 폐수 저감 및 유가 금속 회수에 대한 연구를 진행 중
  - 확산 투석법(Diffusion Dialysis, DD)과 막 증류법(Membrane Distillation, MD)를 이용한 황산 회수 및 재이용 기술개발

### □ 일본의 희토류 회수 기술

- Honda의 니켈수소전지 중 희토류 금속 회수 기술
  - 세계 최초로 니켈수소전지에서 추출한 희토류 금속을 이용하여 새로운 니켈수소전지의 원료로 사용('13.3)
  - Japan Metals & Chemicals Co., Ltd.(JMC)에서 회수한 페니켈수소전지에 함유되어있는 희토류 산화물을 추출
- Mitsubishi Electric의 희토자석 회수 기술
  - 자회사인 GCS(Green Cycle Systems Corporation)에서 희토자석 회수를 담당
  - 기존 보유하고 있던 압축 분해기와 회수라인에 새롭게 자동 해체 장비를 설치하여 희토자석을 회수

5) Recovery of Rare Earth Elements from magnetic waste in the WEEE recycling industry and tailings from the iron ore industry

6) Cobalt and Lanthanide Recovery from Batteries

□ 일본의 태양전지 패널의 재활용 기술개발 동향

- 다양한 유형의 모듈(결정질실리콘, 박막실리콘, CIS)를 분리하고 처리하는 PV 재활용 기술을 개발 (NEDO, 2014)
  - \* 태양전지의 수명은 약 20~30년으로, 일본 내 태양전지 관련 폐기물은 1만 톤('20) → 30만 톤('33)으로 급증할 것으로 예상
- (후속 연구) 태양전지 패널의 샌드위치 분리 신기술(환경성-NEDO-민간기업) 개발을 통하여 40초 만에 패널과 유리를 분리할 수 있는 hot knife 기술개발 (NPC)
- (해결과제) 태양전지 패널의 저비용 기술개발 및 유리 고부가가치화 필요
  - \* 태양전지 패널 무게의 80%를 차지하는 유리의 가치가 5~10원/kg 수준으로 경제성 확보가 어려움

◎ 자동차 부품 재제조

□ (미국) 원제조 업체가 재제조 산업에 적극참여하고 있어 재제조 제품의 품질에 대한 소비자 신뢰가 높고 재제조품의 품질도 우수

- 미국에는 엔진 재제조 생산자 협회(PERA)가 구성되어 있으며, 미국 전체 엔진 재제조 시장의 45%를 점유하고 있음
  - 엔진 재제조 생산자 협회(PERA)에서는 재제조의 가이드라인을 제공하여 품질 관리를 통한 재제조 활성화에 기여하고 있음

□ (독일) Mercedes-Benz는 1996년 폐차 재활용 전문업체 ATC사 설립하여 신품 생산공장에서 공정간 하자가 발생된 부품, 과잉 생산된 부품 등 자동차 제작공정에서 불용 처분되는 부품들을 재제조하여 시장에 공급

□ (일본) 일본의 완성차 업체\*들이 독자적 브랜드로 재제조 부품 시장에 참여하여 정품과 동일한 공급체계 및 동등 수준의 품질 보증기한을 운영하고 있음.

- \* 도요타(Ecolo Parts), 혼다(Recycle Parts), 닛산(Green Parts) 등
- (U-PARTS)는 철저한 품질관리와 투명한 거래로 일본 전체에서도 두각을 나타내고 있음
  - 국제적 품질관리 인증인 ISO 9002와 환경 관련 인증인 ISO 14000을 취득하였고, BMW 인정 해체공장의 인가 취득
  - 주요 사업내용으로는 자동차 해체업, 자동차 재제조 부품 판매업, 자동차 기능부품의 검사 장비 개발, 광역 통신망에 의한 정보서비스업, 관련 사업체의 사원교육 등을 하고 있으며, JAPRA 및 NGP 양쪽 네트워크 사에 가입하여 네트워크를 통한 부품 판매
  - 엔진과 변속기를 간단하게 작동시험 할 수 있는 시험장비를 개발하고 제작하여 사용하고 있으며, 판매되는 재제조 원동기와 변속기에는 작동시험 결과에 대한 성적서가 첨부되고 있음
- (Shin-Etsu Denso 社) 일본 자동차 부품 재제조 업체 중에서 가장 큰 독립 재제조 업체로 연간 시동전동기는 17만대, 교류발전기는 16만대를 판매
  - 중장비 관련하여 Komatsu, Hitachi Construction Machinery에 HDOR (heavy-duty and off-road) 장비를 재제조하여 공급하고 있음.

◎ 화학 촉매

- (프랑스) Eurecat은 정유사의 공정 맞춤형으로 사용 후 촉매 재제조 기술을 개발하여 정유사에 재제조된 촉매를 공급
- (미국) CoaLogix-SCRTEch사는 ENVICA KAT GmbH, EnBw, Catalytica 등과 기술 제휴를 통하여 사용 후 SCR 촉매에 대한 재제조 기술 확보하였고, Haldor Topsoe는 CoaLogix-SCRTEch사가 재제조한 SCR 촉매를 전량 사용하기로 계약
  - TRICAT사는 사용 후 SCR 촉매에 대하여 촉매의 활성 개선기술과 촉매손실을 감소하기 위한 single-pass 재생공정인 TRICAT Regeneration Process(TRP) 공정을 수립하여 pilot-scale의 scale-up을 통한 상용 plant 설비를 갖춤
- (독일) ENVICA GmbH, EnBw는 전세계 최초로 SCR촉매를 재제조하여 상품화
  - EVONIK사는 사용 후 SCR 촉매에 대한 자체적인 mercury oxidation 기술, SO2/SO3 전환율 최소화기술과 recalcination 기술을 상용화
- (일본) Babcock Hitachi K.K.(BHK)사는 촉매의 먼지 및 촉매독 제거를 위한 세척공정, 촉매활성의 개선을 위한 활성성분의 함침공정을 주된 공정으로 하는 사용후 SCR 촉매의 rejuvenation 공정을 수립하여 독일의 Mehrum 발전소와 계약하였고 Bench 규모의 테스트 장치를 수립

◎ 공작기계

- (미국) 기계류 재제조 생산 규모는 2011년 58억 달러 규모이며, 기계류의 주요 품목은 산업 밸브, 터빈, 공작기계, 섬유 기계 및 컴프레서 등이고, 약 1,000개에서 2,000개 정도의 재제조 기업이 분포
- (독일, 일본) DMG MORI社\*는 ‘LifeCycle Services’라는 프로그램을 통해 재제조 비즈니스를 추진하고 있으며, 기계를 본래 성능으로 복구하는 ‘retrofit’ 서비스와 milling heads, round tables 및 transmission units 등의 부품을 본래 성능으로 복구하는 ‘component retrofit’ 서비스를 제공
  - \* 독일 DMG社와 일본 Mori seiki社 합작사
  - 해체 및 세척, 부품 수리, 도색 및 재조립, 테스트 운영, 신품 수준의 검사, 최종 검사 및 포장 단계의 공정을 통해 재제조 비즈니스를 하고 있음
  - 재제조품의 성능은 기계의 본래 수준에 준하지만, 고객이 원하는 경우 S/W 업그레이드 또는 retrofitting 서비스를 추가로 제공하여 기계의 성능을 본래보다 향상시키기도 함

## ◎ 건설기계 재제조

- (미국) 미국은 세계에서 가장 큰 건설기계 재제조 시장을 보유하고 있으며, 그 규모가 2011년 생산금액 기준 78억 달러로 Caterpillar, John Deere, Cummins 등 대형 OEM 기업을 비롯하여 약 200~300개 기업에서 건설기계를 재제조하고 있음
  - 특히, Caterpillar는 세계 최대의 재제조 기업으로 독자적인 재제조 기술과 공정을 통해 엔진, 유압부품, 크랭크샤프트 등 고가의 부품을 재제조 하고 있음
  - 별도의 대규모 R&D 프로그램을 운영하고 있으며, 적층가공 기술 등 최신의 제조기술을 도입 하여 재제조 부품의 품질 경쟁력을 높이고 있음
  - 15개국, 68개 재제조 공장을 운영하고 있으며, 재제조 매출이 전체 매출의 20% 차지
- (일본) 건설기계 분야에서 세계적으로 두 번째로 큰 OEM 업체인 코마츠는 인도네시아, 중국, 러시아 브라질 등 전 세계적으로 11개의 재제조 공장 및 재제조 센터를 보유
  - IC 태그와 2차원 바코드를 이용한 부품별 재제조 이력 관리, 재제조 품질 보증을 위해 2회 이상의 성능검사 실시, '16년 기준 7,500만 달러의 매출 달성
- (중국) 2012년 기계장비 재제조를 위한 기술을 크게 표면 및 가공 기술, 해체 기술, 세척기술, 수명 평가기술로 분류하고 각 세부 기술을 목록화하여 연구개발, 시범사업 등으로 추진

## (2) 해외 기업 기술 현황

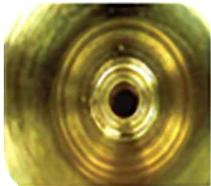
- 글로벌기업들은 국제환경규제가 강화됨에 따라 기존 플라스틱을 바이오 플라스틱으로 대체하는 연구개발이 증가
- (Axens & Solaize) 프랑스 촉매 및 공정엔지니어링 회사인 두 기업은 뉴욕에 본사를 둔 Anellotech와 공동으로 파라자일렌을 정제하는데 성공
  - Anellotech는 Bio-TCat 기술을 개발했으며, 이는 비식품 바이오매스 원료 물질을 BTX 방향족으로 전환시키는 열촉매 공정을 사용
- (Bio-On) 이탈리아 바이오테크놀로지 회사 Bio-On사와 스페인 Sociedad Cooperativa General Agropecuaria (이하 ACOR社)는 산업 스케일 확장 가능성 연구를 하기로 합의
  - 이 기술은 원료 재료로서 사탕무와 부산물 폐기물을 사용하는 Bio-On社의 특허기술을 기반으로 한 polyhydroxyalkanoates (PHA) 바이오 플라스틱을 개발하기로 함
- (Clean Green Polymer) Environmental Tech.의 자회사이며 전분 함량을 획기적으로 높인 천연물블렌드계 바이오플라스틱 개발
  - 같은 천연물과 올레핀 등의 기존 수지를 혼련하여 만든 천연물 블렌드계는 간단한 공정과 합리적인 원가로 선호도가 높지만 분해성을 강조하기 위해 전분 함량을 증가시키면 결국 기계 물성을 감소시키기 때문에 이 균형을 조절하는 것이 중요
  - 이를 개선시키기 위해 전분 함량을 80%까지 높여도 기계 물성의 저하를 막을 수 있는 방법을 개발하여 뛰어난 인장강도와 충격강도를 가지면서 파운드당 1달러의 저렴한 가격과 높은 생분해성을 갖춘 소재의 생산이 가능하다고 발표
- (Proctor and Gamble) P&G는 재생가능하고 지속 가능한 사탕수수로 만든 Bio-PE 포장재를 Pantene Pro-V, Cover Girl 및 Max Factor 브랜드에 장착하여 출시
  - P&G는 지속 가능하게 재배된 브라질 사탕수수로 만든 에탄올을 사용하여 소재를 만들고 Braskem SA의 사탕수수에서 추출한 플라스틱을 공급
- (Johnson and Johnson) Bio-PE 포장재를 활용한 Sundown 선크어 제품을 출시
  - 이 포장용기는 60%의 바이오 플라스틱과 40%의 재생 플라스틱을 함유
- (Novamont) 이탈리아의 대표적인 생분해성 플라스틱 개발업체이며 유럽 최대의 바이오플라스틱 제조업체
  - PHA(Polyhydroxyalkanoates)가 주요 생산제품이고, 최근에는 PVA(Poly-vinyl Alcohol)와 전분을 합성한 'Mater-Bi'를 개발하여 유럽 지역에서 상용화
- (NatureWorks) 세계 최대 규모의 곡물 기업인 Cargill에서 시작된 기업으로, 현재 PTT Global Chemical과 조인트 벤처를 설립
  - 주요 생산 품목으로는 옥수수에서 PLA수지를 추출하여 만든 바이오플라스틱인 Ingeo

- (코카콜라) 2009년부터 PET병의 일부를 바이오기반 플라스틱으로 대체한 100% 재생가능한 플라스틱 병인 PlantBottle™을 개발
  - 2018년 북미지역의 30%, 전 세계 40여 개국에서 350억 개가 넘는 PlantBottle™이 배포되었고 315,000톤의 이산화탄소 배출량을 줄이고 3600만 갤런 이상의 도시가스 사용을 절약
- (LEGO) 2030년까지 장난감의 핵심 부품 및 포장재를 100% 지속가능 재료로 전환한다는 계획을 발표
  - 실제로 2018년에 지속가능한 레고블릭(LEGO® BRICKS)이 출시되었는데, 이는 사탕수수에서 추출한 식물성 플라스틱으로 만든 지속 가능한 레고 ® 요소에서부터 시작
  - 레고는 WWF(World Wildlife Fund)의 주도로 만들어진 BFA(Bioplastic Feedstock Alliance)과 파트너십을 맺고 바이오플라스틱에 대한 소싱을 확보
- (Eastman Chemical) 기본적으로 전분이나 기타 미생물 생산 수지 등의 생분해성 물질이 사용되지만 이러한 물질과 난분해성 플라스틱은 서로 혼성이 어렵기때문에 단순히 물리적으로 섞을 경우 층 분리 현상, 구성물 비율이 일정하지않는 등의 현상이 일어남
  - 따라서 이를 해결하기 위해 상용화제, 유화제, 가소제 등의 개발이 활발하며, 발된 제품 중 대표적인 예로는 Eastman Chemical사의 EasterBio
    - 이 제품은 지방족/방향족 폴리에스테르 공중합체(CAP)를 통해 만들어졌으며, EasterBio를 사용 시 다른 생분해성 플라스틱 및 전분과의 상용성이 개선됨
- (Ford) '코어 익스체인지 시스템'을 시행하고 있으며, 포드가 승인한 재제조 부품 공급자에 의해 OEM 규격에 적합한 재제조 부품을 공급하고 있고, 재제조 제품은 신품과 동일한 유통 경로를 통해 판매되고 있음
  - 가솔린 관련 재제조 엔진 블록의 경우 롱 블록은 2년, 24,000마일의 보증기간, 숏 블록은 1년 12,000마일의 보증기간을 운영하고 있음
- (JASPER) 재제조 엔진을 연간 80,000개 정도 생산하고 있으며, 독자 설계 및 제조기술을 보유하고 있어 재제조뿐만 아니라 신차엔진 개발에 참여
  - 완성차 업체로부터 위탁 재제조를 담당하고 있으며 포드의 14개 모델에 대해 시스템 또는 구조 개선 제안 활동을 하고 있고, 개발 엔진에 대해서 완성차로 개선점을 제안하여 자체 개발한 새로운 이너파트 부품을 장착하여 생산하고 있음
  - 친환경 세척 시스템은 종래의 샌드블라스트와 유사한 원리에 의하여 작동하지만, 특별한 설계에 의하여 정확하고 지속적인 계량 체계로 에너지 소비량을 최소화하면서도 강력한 세척력과 녹 제거 능력을 발휘하는 것으로 알려짐
  - 무독성의 섬세한 친환경 세척 시스템은 각종 공정에 적용하여 제품의 손상 없이 세척과 코팅 작업을 할 수 있음
  - 자스퍼 사의 세척 시설은 대부분 고온의 스팀(수계)세척을 이용하며 오염된 물은 수처리 시스템을 거쳐 깨끗한 물로 정화하여 재사용

□ 보쉬와 델파이의 디젤 인젝터 재제조 기술

- 보쉬와 델파이는 각각 독자적인 기술을 바탕으로 한 CRDI 시스템으로 작동 원리와 구조가 상이하여 동일한 재제조 기술의 적용이 불가능하므로 각각의 제품에 맞는 전용 재제조 기술개발이 요구됨
- 승용 CRDI 인젝터(보쉬)의 컨트롤밸브 성능복원 기술
  - 사용 후 인젝터 컨트롤밸브와 컨트롤챔버 부품 중 마모가 발생된 고품에 대한 마모부 연마 후 연마부의 내구성 증대를 위하여 저온 질화 티타늄(TiN) 코팅을 적용하여 기계적 물성과 내식성을 향상

[ 트롤 밸브 성능 복원 과정 ]

1단계	2단계	3단계	4단계	5단계
				

\* 출처: 2019자원순환이노베이션 로드맵

□ (보쉬) 승용 CRDI 인젝터의 컨트롤 챔버 성능복원 기술

- 사용 후 디젤 인젝터 컨트롤 챔버의 성능복원을 위하여 컨트롤챔버 고품에 발생한 마모 또는 파손부분에 대한 복원은 챔버 테두리 안의 마모, 파손 부분을 복원한 뒤 저온 질화 티타늄 (TiN) 코팅을 통해 내마모성을 향상시키고, 컨트롤챔버의 마모 및 내구성 증대를 위하여 전체적으로 저온 질화 티타늄(TiN) 코팅실시
- 저온 질화 티타늄(TiN) 코팅은 마모부의 표면처리 방법으로 티타늄을 주원료로 반응재인 질소(N)를 화합한 저온 질화 티타늄 (TiN)으로, 비틀림을 방지하기 위해 저온 이온빔 방식으로 코팅을 통해 내구성과 내마모성을 증대

□ (보쉬) 승용 디젤 인젝터 노즐 분사 홀의 형상 복원 기술

- 승용차용 디젤 인젝터의 연료 소비율과 출력현상에 영향을 미치는 인젝터 노즐 분사 홀의 막힘 및 침하부를 복원하기 위해 분사 홀 가공 전용 장비를 적용
- 분사 홀 가공 전용 장비의 적용으로 기존에 전량 폐기하던 분사 홀 관련 고장 고품의 형상 복원 가능
- 분사 홀 막힘 증상의 고품은 약 90%이상 분사 홀 복원이 가능해졌으며, 분사 홀에 침하가 발생된 고품 중 약 10% 정도는 형상 복원이 가능하게 됨

## 나. 국내 기술 동향

- 친환경소재 및 자원순환 분야의 기술경쟁력 평가 결과, 최고기술국은 미국으로 나타났으며 우리나라의 경우는 최고기술국 대비 96% 수준으로 나타났고 중소기업은 82% 수준으로 평가되었음
  - 최고기술국 대비 우리나라의 기술격차는 0.7년으로 평가되었으며 중소기업의 경우는 2.0년으로 평가되었음

### (1) 기술 동향

#### ◎ 친환경 소재 기술 동향

- 우리나라의 바이오플라스틱 기술에 대한 연구는 선진국 수준에는 현저히 못 미치는 것으로 평가되어, 원천 기술개발의 저변 확대가 필요
  - 또한 우리나라의 생분해성 제품 관련 규격기준은 표준물질 대비 90%로, 미국과 일본의 60%에 비해 지나치게 엄격하여 생분해 원천기술을 확보가 미흡한 국내 기업은 대부분 채산성이 맞지 않아 사업을 중단하고 있는 실정
  - 이에 따라 국내 규격 기준을 완화하여, 생분해성 물질을 30% 첨가한 생분괴성 플라스틱 규격 기준을 마련하고, 이를 종량제 봉투에 적용하였으나 인장, 신장 등 물성이 약하고, 생산성이 부족하여 현재는 사업화되지 않고 있음
  - 국내 생분해성 바이오플라스틱 산업은 PLA/PBS/PBAT 등 생분해성 원료 소재를 수입·가공하여 플라스틱제품을 생산하는 중소·중견기업을 중심으로 바이오 플라스틱 전·후방 산업생태계가 구축되어 있으며, 생분해성 원료 소재는 대기업을 중심으로 아직 연구단계
  - 현재 국내 바이오화학산업은 신약개발, 진단시약 등을 비롯한 줄기세포 및 장기이식 등의 생물 의학 분야를 일컫는 레드바이오에 중점
  - 한국과학기술연구원은 용매를 이용하지 않고 용융중축합법에 의해 유산에서 고분자량 PLA를 직접 합성하는 기술을 기업들과 공동개발
- 현재 국내 기업들은 다른 외국에 비해 상대적으로 우위에 있는 수지의 가공 및 성형기술을 활용하여, 신소재 개발보다 실제 제품화 위주로 전환되어 가고 있는 새로운 국면에 접어듦
  - 실제 바이오플라스틱의 상용화 제품, 기존 플라스틱의 대체 제품, 화석연료 사용 절감을 위한 대체 제품 등이 속속 출시
  - 이러한 추세에 맞춰 최근의 연구 중심은 감량화, 재활용 용이, 이산화탄소 저감 및 산화생분해 등으로 기울고 있는 추세
- 바이오플라스틱 산업화에 절대적으로 필요한 기존 바이오플라스틱을 혼합 사용하여 물성 증가, 가공성 및 생산성 증대를 위한 상용화 기술개발이 필요
  - 2019년 한국화학연구원에서는 상전이 촉매를 이용하여 아이소소바이드의 반응성을 극대화시켜 고강도·고내열성의 슈퍼 바이오 플라스틱 개발에 성공

### ◎ 도시광산 기술

- (습식 희토류 회수) 국내에서 습식법을 활용하여 폐희토자석에서 희토류 추출 기술을 개발한 업체로는 현대자동차, 포스코, 삼성 SDI, 성림희토금속 등이 있으며, 주요 학·연 기관들로는 한국지질자원연구원, 한국기계연구원, 포항산업과학연구원, 울산대학교, 서울대학교, 연세대학교에서 연구를 수행하거나 완료
  - 습식 재활용 기술개발로는 Nd 자석 제조과정 중 발생하는 스크랩으로부터 산화 배소/산침출 공정기술을 적용하여 희토류 재활용 기술이 개발되었고 희토류원소 회수 및 유용자원 고부가 원료 소재화 순환활용 기술을 개발하여 Nd-Dy를 95% 이상 회수하였으며 99.9% 이상 순도의 Nd/Dy 화합물 제조에 성공함.
  - 국내 희토류 재활용 기술현황은 제련 기술현황과 마찬가지로 습식 위주의 재활용 공정 개발이 대부분 이루어져 있어 환경적 문제로 인해 희토류 재활용 산업 활성화에 많은 제약이 따르고 있으며 최근 한국생산기술연구원에서는 미국 AMES Lab.과의 국제공동연구를 통해 희토류 건식 추출 공정 중 하나인 액상금속추출법을 활용한 희토자석에서 희토류를 선택적으로 추출하는 기술을 개발
- (건식 희토류 회수) 건식법을 활용한 기술로서 생산기술연구원 중심으로 개발한 “Mg금속을 이용한 희토자석의 고기능 순환 소재화 기술”이 있으며, 폐희토자석을 액상마그네슘에 용해시켜, Nd를 선택적으로 추출하고 희토류 환원공정 없이 직접적으로 Nd 금속으로 회수하는 기술
- 한국지질자원연구원의 자원회수연구센터는 KAT Process 기반의 저급석탄 건식선탄(선별) 상용화 기술, 사이클론 전해회수 시스템을 이용한 귀금속 재활용 기술, 리튬계 및 1, 2차 혼합전지 재활용 상용화 기술 등을 개발한 바 있음

### ◎ 자동차 부품 재제조 기술 동향

- 일부 업체를 제외하고 재제조기술, 품질검사기술, 작업환경, 시스템 등이 재제조시장이 활성화 되어있는 미국, 유럽, 일본 등과 비교하여 매우 열악한 상황
- 국내에서 시행 중인 재제조 제품 품질인증제도에 따라 일부 자동차 부품\*을 대상으로 재제조 프로세스 정립과 품질인증을 위한 평가 시스템이 구축
  - 교류발전기, 시동전동기, 등속조인트, 에어컨컴프레서, 클러치커버, 브레이크캘리퍼, 속업소버, 로어 컨트롤암, 터보차저, 디젤인젝터, 자동변속기, 기계식 연료펌프, 커먼레일 연료펌프, 상용차용 교류발전기, 기술린엔진, 디젤엔진, LPG 기화기 및 믹서, 팬클러치, 스로틀바디, 파워스티어링 오일펌프, 연료필터, 콤비네이션 램프, 실린더 헤드, 냉각팬 등 25개 품목
- 재제조 공정의 특성상 개별 기업의 작업 노하우가 시장 경쟁력을 좌우하기 때문에 개발 기술에 대한 노출을 꺼리는 경향이 있어, 논문, 특허 등 문헌조사를 통한 재제조 기술 사례 수집이 어려움

## ◎ 인쇄기기 및 토너카트리지 재제조

- 일부기업을 중심으로 레이저 인쇄 방식의 인쇄장비에 대한 재제조를 진행하고 있으나 재제조 기술개발 미흡과 재제조 관련 인력 확보의 문제로 인하여 제품의 점검 및 수리 수준으로 재제조를 진행
  - 신품을 생산하는 국내 회사가 있기에 관련 인프라는 구축되어 있으나 재제조 제품에 대한 소비자의 부정적 인식으로 적극적인 기술개발 미흡
  - 사용후 제품의 특성상 복사기 외관 변색으로 인해 제품의 가치가 떨어지는 경우가 발생하나, 일부 기업에서 변색된 플라스틱 외관을 복원할 수 있는 장치 및 기술을 보유
  - 디지털 복사기 재제조 KS 시험방법이 '17년 제정고시 되었으며, 현재 재제조 품질인증기준 제정 절차 진행 중
  
- 토너카트리지 재제조 기술은 일부 정부지원 등을 기반으로 토너카트리지 주요 구성품(일부 모델)에 대한 재제조 기술 보유
  - 재제조 토너카트리지 시장에서 품질 신뢰성 향상을 위해서 모델별, 공정별로 공통적으로 적용이 가능한 기술개발이 필요하나 재제조 업체의 영세성으로 연구개발에 대한 투자가 미흡하여 적극적인 기술개발 미흡

## (2) 국내 기업 기술동향

### ◎ 바이오 플라스틱

- 바이오플라스틱의 기술개발 및 실용화를 위해 초창기 국내에서는 SKC, 대상, SK케미칼, 롯데케미칼(이전 호남석유화학), 한화, 이레화학, 새한 등이 참여
  - 최근에는 기존 대기업 및 참여업체 등이 협소한 시장규모, 해외에 비하여 너무 높은 생분해 제품 관련 환경마크 인증규격 문제, 바이오매스 제품 원천기술 개발 미흡 등으로 인한 사업 보류, 중단, 인수/합병 등에 의해 많이 정비가 되어 가고 있는 현상
- 현재 바이오플라스틱 제품을 취급하고 있는업체는 기술력 기반의 전문업체가 주를 이룸
  - 전분 발포, 생분해, 산화생분해, 바이오베이스 플라스틱 원료 및 제품을 제조 판매하는 바이오소재, 에코젠이란 상품명으로 제품을 출시한 SK케미칼, 롯데케미칼, 도레이케미칼, LG하우시스, 삼보, 에이유, 화진산업, 파워랩, 세화피앤씨, 쿠라레이, 비에쓰지, 일신웰스, 희성화학 등 식물체 바이오매스를 적용한 제품을 생산

기업명	개발현황
LG화학	· PLA Copolymer 및 중합기술개발
삼성SDI	· PLA/PC 컴파운딩, 바이오 폴리아미드, Nylon 4T
GS칼텍스	· BDO, Nylon 4, n-BuOH(Bytyl alcohol)
삼양사	· Isosorbide 상업생산
SK이노베이션	· CO2로부터 폴리카보네이트(PC) 개발
롯데케미칼	· 바이오 PET개발, 일본 도요타통상의 원료공급을 통해 바이오 PET를 생산
일신화학	· 생분해성 농업용 멀칭필름
대상	· 전분계 바이오플라스틱(바이오닐), PLA, Nylon4, 그린카몬 당화효소
CJ제일제당	· Nylon4T, PLA, BDO 그린카본 전처리/당화기술
SKC	· PLA 콘칩 포장재 개발(스카이웰)
LG하우시스	· PLA 벽지, 바닥재 출시
웅진케미칼	· 스트레치 원사
휴비스	· 바이오 섬유
SK케미칼	· 에코젠 유연 PLA
그린케미칼	· PLA컴파운드
에콜바이오텍	· 옥수수 전분기반의 PLA 활용 친환경 생분해성 에콜그린 개발
현대차	· SK케미칼과 공동으로 '자동차 내장 부품용 내크랙성이 향상된 바이오매스를 포함한 PC/ABS 복합재 제조기술'을 개발

◎ 도시광산 기술

- (현대차) 현대차와 서울대학교에서는 강산성 용액에 희토자석을 용해시킨 후 pH 조절을 통해 특정 희토류 금속을 선택적 추출하는 방식을 개발
  - 산침출 공정과 차별화된 바이오 흡착을 이용하여 공정을 단순화, 화학용액을 최소화하여 환경 유해물질을 저감 함으로써 희토류 금속 회수
  - 현대차그룹은 한국수력원자력 및 OCI 등과 업무협약을 통해 전기자동차에서 발생한 폐전지를 활용한 ESS를 태양광 발전시스템에 접목하여 실증사업을 진행하고 있음
- (삼성SDI) 국내 Re-Cycling 업체인 성일하이텍과 업무협약을 통해 내부에서 발생하는 소형전지 불량품 등으로부터 희유금속을 추출하여 재사용하고 있음
- (LG화학) 호주의 폐전지 재활용업체인 인바이로스트림과 협약을 통해 소형전지에 대한 Re-Cycling을 수행하고 있음
- (LT메탈) 각종 화학공정에 사용되는 귀금속 함유 폐촉매 및 Scrap에서 귀금속을 회수, 정제하여 Recycle하는 기업

[ 전기자동차 폐전지 Re-Use 과정 ]



\*출처: “전기차 폐배터리 재활용 방법 및 기준 마련 연구”, 2018, 환경부

◎ 재제조 기술

- (KC코트렐) 현재 폐촉매 중 재제조하여 상용화된 제품은 SCR 탈질촉매제품이 유일하며, 탈황촉매의 경우 산업통상자원부의 ‘에너지·자원순환기술개발사업’을 통해 KC 코트렐과 한서대학교가 재제조 기술개발을 완료하여 Pilot Plant에서 재제조 탈황촉매 시제품을 생산
  - SCR촉매의 경우 국내 기술이 개발되어 상용화되었지만 경유·화학 공정 촉매, 환경촉매 등 다양한 촉매에 대한 기술개발이 미흡한 상황
  - 간사유 탈금속촉매, 탄소잔류물제거촉매, 탈질촉매제품과 디젤 자동차 촉매(DOC)의 재제조 최적 상용공정 확립이 시급
  - 환경 규제의 강화 및 온실가스저감 정책에 따라 자동차 촉매, VOC 촉매 등과 같은 환경촉매의 사용이 급증하고 있는 이에 대한 재제조 기술 개발 필요
  
- (씨애포스) 엔진과 엔진의 핵심 구성부품들인 실린더 헤드, 실린더 블록과 자동변속기와 자동변속기의 핵심 구성부품인 밸브바디, 토크컨버터 그리고 액슬과 트랜스퍼케이스 등을 재제조하는 기업
  
- (인텍) 1988년 설립된 인천상사에서 공작기계 사업만 별도로 분리하여 2001년 설립
  - 전국 교육훈련기관 실습용 공작기계 수리사업을 진행하고 있음
  - 자체 브랜드인 CNC기어 세이퍼(INS-250), 범용선반(INL-430)을 개발하여 판매 중
  
- (월드파워텍) 창원에 소재한 월드파워텍은 1990년 설립하여 공작기계, 스팀터빈, 압축기, 발전설비부품을 생산하고 있음
  - 수직형 머시닝센터는 연간 450대를 생산하고 있으며, 재제조 사업은 일부 부품에 대해 진행 중
  
- (한국도키멕) 유압요소부품 밸브, 펌프, 파워팩을 제조하는 원제조 메이커로, 현재 산업기계에 적용되는 유압실린더, 유압펌프, 유압 파워팩 재제조 사업을 진행 중
  - 2016년부터 진행되어 사업초반이지만 원제조 부품을 이용하여 고품을 회수, 재제조를 수행하여 판매하고 있음
  - 원제조 품질시스템과 생산능력, 기술적 노하우를 바탕으로 안정적인 재제조를 수행 할 수 있음

[ 재제조 유압부품 예시 ]



\*출처: 한국도키멕 홈페이지

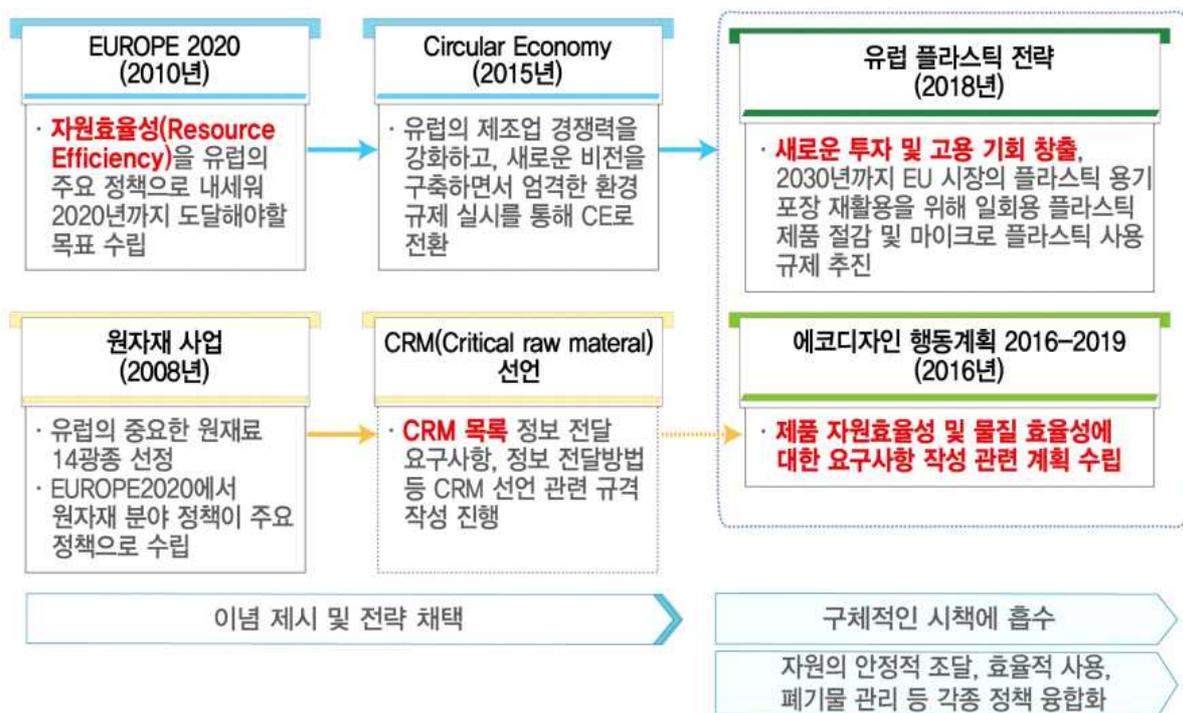
## 4. 정책 분석

### 가. 해외 정책 동향

#### ◎ EU

- 2019년 5월, 유럽환경청(EEA, European Environment Agency)은 “유럽 내 플라스틱 폐기물 방지기”에 관한 정책 보고서 발간
  - EU는 총 31개 EEA 국가(7개 지역 포함)의 플라스틱 폐기물정책 173건을 분석하여 정책의 특성, 한계, 개선 방향성 등을 모색
  - 현재 각 국가들의 플라스틱 폐기물 정책은 자발적 조치가 중심을 이루고, 구체적인 감축 목표가 부재한 경우가 많아 정책 결과에 대한 평가가 어려운 상황이며, 정책의 집중도를 높이기 위한 방안 강구 필요
  - 다양한 정책 공조 및 EEA 국가 간 협업을 통해 시너지를 창출하고, 경제적 유인을 적극적으로 활용하는 방식 권장
  
- 2010년 수립한 ‘Europe 2020 Strategy’의 7가지 주요 안건 중에 ‘자원의 효율화’(Resource-efficient Europe)를 선정하여 저탄소 경제 및 자원·에너지의 효율적인 사용을 목표로 과제를 수행 중

[ EU의 자원순환 정책 ]



\*출처: 자원순환경제 도입을 위한 추진계획 마련 연구, 2018, 국립환경과학원

7) \* Preventing plastic waste in Europe, EEA Report no. 02/2019

- ‘자원효율화 로드맵’(Roadmap to a Resource Efficient Europe)을 통해 2050년까지 유럽을 지속가능한 경제구조로 전환하는 계획 수립
  - ‘유럽 자원효율성을 위한 성명서<sup>8)</sup>, ‘유럽 자원효율성을 위한 조치<sup>9)</sup>, ‘자원효율성과 순환 경제를 향해서<sup>10)</sup> 등을 추진
  - 순환경제 구축을 위하여 ‘순환경제 패키지’로 채택하여 폐기물 관련 지침 개정 및 실행계획을 발표(15.12, EU 집행위원회)
  
- 유럽의회는 2021년부터 역내에 일회용 플라스틱 접시나 빨대 등의 사용을 금지하고, 2025년까지 유실된 플라스틱 어구의 50% 이상을 수거하며 그 중 15% 이상이 재활용되도록 하는 등의 내용을 담은 규제안을 2018년 12월 의결
  
- (독일) 폐기물 관리를 위해 발생억제(Prevention), 물질·에너지 회수(Recovery), 처분(Final disposal)을 기본 우선순위로 관리하고 있으며, ‘물질흐름관리’(materials flow management)를 위해 ‘폐쇄순환관리’(closed cycle management) 시스템을 도입하여 폐기물을 엄격하게 분리, 전처리, 자원·에너지 회수 등을 시행
  - 독일산업협회(BDI)가 주최하고 정부, 기업, 단체 등 다양한 이해관계자가 참여한 자원회의(2차, ’07.4월)에서 자원전략 수립
  - 생산자에게 제품의 재활용의무 부여, 유해물질 사용금지 관련 환경규제 강화
  
- (영국) 폐기물관리 계층구조(waste hierarchy)에 기반을 둔 우선순위에 따라 전 과정을 고려하는 폐기물 정책을 수립
  - 폐기물관리 계층구조 : 발생억제(Prevention) - 재사용을 위한 준비(Preparing for re-use) - 재활용(Recycling) - 기타 물질·에너지 회수(Other recovery)- 처분(Disposal)의 단계로 구성

8) Manifesto for a resource-efficient europe, Adopted in Brussels, 17 December 2012

9) Action for a resource efficient Europe, First set of policy recommendations adopted in Brussels, 17 June 2013

10) Towards a resource efficient and circular economy, Second set of policy recommendations adopted in Brussels, 31 March 2014

## ◎ 미국

- 해양쓰레기 문제 해결을 위한 「SOS 2.0법안」이 2020년 1월, 美 상원을 통과
  - 법안의 주요 내용으로, 해양쓰레기 문제 해결을 위한 재단 설립 및 기금 신설, 해양쓰레기 처리를 위한 국내 인프라 시설 지원, 국제적 협력과 대응 강화 등을 들 수 있는데, 특히 해양쓰레기 문제에 있어서 미국의 국제적 리더십을 강화하고자 하는 모습이 눈길을 끌고 있음
- UN, G7/ G20 정상회의, EU 등 최근 국제사회는 해양쓰레기 문제 해결을 위해 점점 강화되는 플라스틱 규제 정책과 재활용 확대 방안을 제시
  - UN 환경회의는 제4차 결의안(2019년 3월)에서 해양 플라스틱 쓰레기 발생의 근원적 해결을 위해 회원국들에게 일회용 플라스틱 사용을 제한하고, 플라스틱을 대체할 수 있는 친환경적 소재 개발 방안 마련 등을 촉구
- 미국의 주별 플라스틱 폐기물 저감 정책
  - 캘리포니아주, 식품판매점에서 비닐봉지제공금지(2016), 식당에서 플라스틱 빨대 사용 금지(2018)
  - 하와이주, 플라스틱 봉투 사용 금지('15.7)
  - 시애틀, 식당에서 빨대, 포트, 접시 등의 플라스틱 사용 금지('18) 위반 시 벌금부과(250\$)
  - 텍사스, 플라스틱 봉투 사용 시 벌금부과(5c/장)

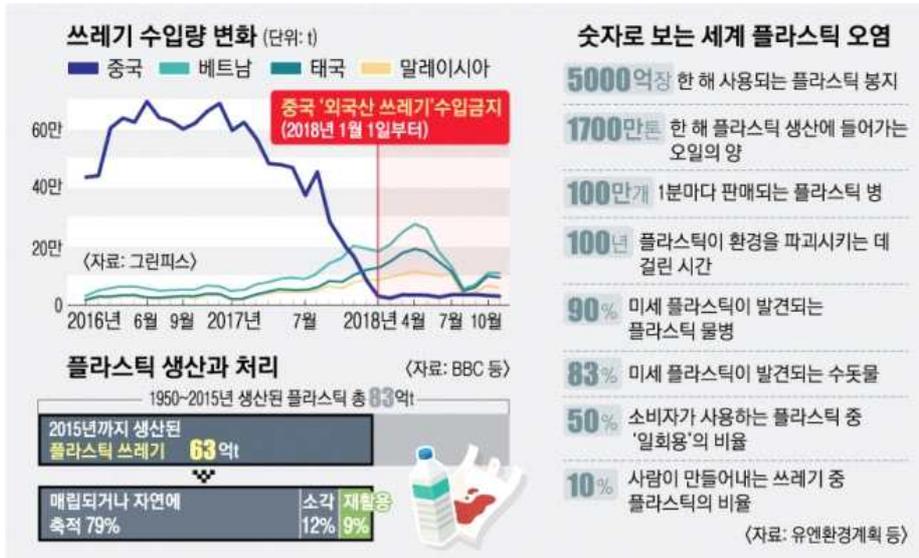
## ◎ 중국

- '순환경제촉진법' 시행('09) 및 공유경제발전지침을 발표('17)하며 자국의 자원순환 관련 정책을 강화하였고, ISO에 재제조 표준 관련 기술위원회를 신규 제안('16)하면서 국제적 위상을 강화
  - (순환경제) 제12차 5개년 계획('11~'15년)을 통해 폐자원 수집체계, 도시광산, 재제조 산업화 등 주요 순환경제 중점 프로젝트 수립
    - 50개 도시광산 시범기지를 건설, 폐금속·폐가전제품 등의 자원 재활용과 부가가치 실현, 국가급 재제조 산업집결구 건설, 자동차 부품·기계·사무용품 등 재제조 기업 육성, 재제조 제품 표준 체계 구축 및 5개의 재제조 산업단지 건설
  - (공유경제발전지침) 중국 '국가발전과 개혁위원회'는 공유경제의 건강한 발전을 위해 공유경제발전지침을 발표('17.2.28)
    - 중국에서 공유자동차, 장난감 대여 등 공유경제 활동 종사자는 이미 5억명 초과, 2020년에는 시장규모가 GDP의 10%를 차지할 것으로 예상<sup>11)</sup>
  - (재제조 ISO 표준) 중국 표준화관리위원회(SAC)는 ISO에 새로운 재제조 기술위원회를 제안하였고('16), 향후 3년 내에 5개의 국제 표준을 제안할 예정

11) 중국 공유경제발전보고 2016

- 2017년 발표한 폐기물 수입금지 조치에서는 연차목표가 제시되어 있으며, 2020년까지 국내 자원순환 촉진을 향한 산업구조 검토 및 실업자 보호조치 등을 포함한 정책실시를 지향
  - 실제, 2017년에 이어 2018년에도 수입폐기물관리 리스트가 개정되는 등 금지 품목이 단계적으로 증가하는 모습
  - 2017년 12년에는 생활 폐플라스틱 등의 금지가 행해지고, 2018년에는 7종의 스크랩 등 수입을 금지한 결과 중국의 폐플라스틱 수입량은 현저히 감소하는 등 수입규제의 영향이 크게 작용

[ 중국의 폐기물 수입금지 조치의 영향 ]



\* 출처: 글로벌인사이트, 서울신문, 2018.6.24

◎ 일본

- 대표적인 순환경제 관련 정책은 ‘순환형 사회형성 추진 기본계획’
  - ‘순환형 사회 형성 추진 기본법’상의 법정계획으로 2003년에 최초로 수립된 이래 5년마다 정기적으로 수립하며 2018년 수립된 제4차 순환기본계획에서는 환경적·경제적·사회적 측면을 통합하는 것을 고려하여 ‘지속가능한 사회 만들기와의 통합적 대응’이라는 큰 틀을 제시
  - 다양한 지역순환공생권 형성에 의한 지역 활성화, 적정처리 추진 강화 및 환경재생, 적정한 국제자원순환 체제 구축 및 순환산업의 해외전개를 추진, 라이프사이클 전체에서의 철저한 자원순환, 만전을 기하는 재해폐기물처리체제의 구축 등 5가지 과제를 제시
  - 이를 원활히 추진하기 위해 정보의 정비, 기술개발 및 최신 기술의 활용과 대응, 인재육성·보급 등 기반 정비도 동시에 시행
- 일본 경제산업성에서는 2018년부터 ‘순환경제비전연구회’를 두어 순환경제 비전 수립을 위한 논의를 진행
  - 동 연구회에서는 전문가들이 모여 전세계적인 순환경제 추진 현황을 검토하고, 순환경제 미도입시의 시나리오 예측, 순환경제가 일본 경제에서 갖는 의의 평가, 국내 산업역량 분석 및 대내외 비교·분석을 진행

## 나. 국내 정책 동향

### □ 녹색성장 5개년 계획('09.8:1차, '14.5:2차, '19.5:3차)

- 본 전략은 녹색성장위원회에서 발표한 내용으로 저탄소녹색성장기본법 제9조(국가의 저탄소 녹색성장을 위한 정책목표·추진전략·중점추진과제 등을 포함하는 국가전략을 수립·시행)에 의하여 수립된 전략으로 3대 전략 및 10대 정책방향을 포함하고 있는 녹색성장관련 최상위 국가전략
- 1차 5개년 계획은 '대·중소 그린 파트너십 사업', '생태산업단지 구축 사업', '도시광산 기반 조성 사업', '재제조 기반 구축 사업' 등이 『산업의 녹색화 및 녹색산업 육성』의 세부실천과제에 포함
- 2014년 발표된 2차 5개년 계획은 제1차 녹색성장 5개년 계획에 의해 구축된 제도적 기반을 적극 활용하여 실질적 성과 달성에 집중하여 녹색성장 정착에 초점을 두고, 선택과 집중, 창조경제 선도를 통해 정책의 효과성을 제고
- 2019년 발표된 3차 5개년 계획은 경제·환경의 조화와 함께 녹색성장의 「포용성」을 강화하고, 구체적 실천계획을 중심으로 5대 정책방향 및 20개 중점과제 추진
  - (온실가스 감축) 「2030 온실가스 감축 로드맵 수립·배출권거래제 도입」에서 → 「①2030 감축로드맵 이행·②배출권 시장 활성화」 추진
  - (에너지 전환) 「에너지 수요관리·신재생에너지 보급」과 함께 → 「①에너지 분권·②에너지 갈등관리·③지역사회 복원」 병행
  - (녹색기술·산업육성) 「기후변화대응 기술개발·주력산업 녹색기술 융합」과 함께 → 「①4차산업혁명 녹색기술·②녹색 사회적 경제 활성화」 추진
  - (녹색국토·생활) 「친환경적 국토관리체계 구축·녹색소비활성화」와 함께 → 「①녹색건축·②수소차 보급·③미세먼지 저감」에 집중 지원
  - (국제협력) 「파리협정('15말) 대응」에서 → 「신기후체제('21~)」 이행 전환

### □ 재활용 폐기물 관리 종합대책('18.5, 관계부처합동)

- 제조공정에서 발생 감량, 분리선별 고도화, 재활용제품 품질 제고 등 신규 중장기 기술개발 로드맵('21~'27) 마련

### □ 자원순환기본계획(2018~2027)('18.9, 관계부처합동)

- 태양광 폐모듈, 전기차 폐배터리 등 미래 폐기물 재활용 기반 구축
- 재활용의 고부가가치화를 위한 신규 R&D 추진, 업사이클 활성화를 위해 권역별 업사이클 센터를 통한 판로개척 및 사업 육성
- 영세 재활용 산업에 대한 자금지원, 판로 개척 등 지원 확대

### □ 정부는 지난 2005년 '환경친화적 산업구조로의 전환 촉진에 관한 법률'(이하, 환친법) 개정을 통해 재제조산업 육성 근거를 마련

□ 2020년 발표된 한국판 뉴딜의 양대축 ‘그린뉴딜’

- 코로나19로 인해 최악의 경기침체와 일자리 충격 등에 직면한 상황에서, 위기를 극복하고 코로나 이후 글로벌 경제를 선도하기 위해 마련된 국가발전전략
- 한국판 뉴딜은 튼튼한 고용 안전망과 사람 투자를 기반으로 하여 디지털(digital) 뉴딜과 그린(green) 뉴딜 두 개의 축으로 추진
- 정부는 “탄소중립(Net-zero)”사회를 지향점으로 그린뉴딜을 추진
  - 도시·공간 등 생활환경을 녹색으로 전환하고 저탄소·분산형 에너지를 확산하며 전환과정에서 소외받을 수 있는 계층과 영역은 보호
  - 혁신적 녹색산업 기반을 마련하여 저탄소 산업생태계를 구축
  - 그린뉴딜 추진을 통해 2030년 온실가스 감축목표, 재생에너지 3020계획 등을 차질 없이 이행 목표

[ 한국판 뉴딜 구조와 추진체계 ]



\* 출처: 한국판 뉴딜 종합계획, 2020, 관계부처

## 5. 중소기업 전략제품

### 가. R&D 추진전략

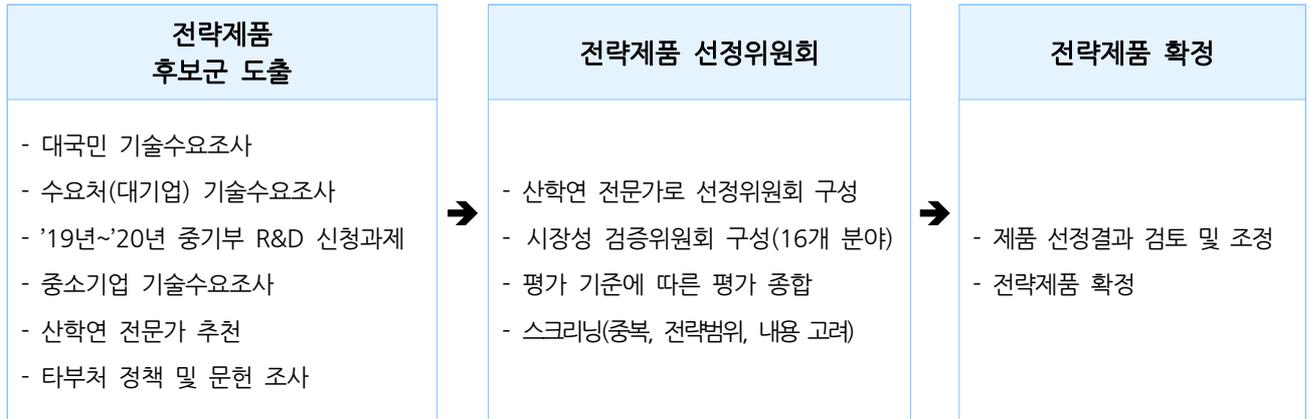
Factor	기회요인	위협요인
정책	<ul style="list-style-type: none"> <li>그린뉴딜 정책의 수립 및 플라스틱 폐기물 저감 정책 지속적 강화</li> <li>재제조의 인증범위가 매년 확대되고 회토류회수 등 도시광산관련 육성 지속</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>우리의 생분해성 제품 관련 규격기준은 미국과 일본의 60%에 비해 지나치게 엄격</li> <li>자원순환과 관련된 정책은 있으나 보다 적극적인 육성책 필요</li> </ul>
산업	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오플라스틱 관련한 산업계의 관심과 투자가 증가</li> <li>환경에 대한 대기업의 관심 증대로 재제조 산업진출이 이어지는 중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오플라스틱은 대기업이 많이 진출하여 중소기업이 진입하기 쉽지 않음</li> <li>도시광산의 경우</li> </ul>
시장	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오플라스틱의 경우 연평균 10~15%의 성장률을 예측하는 기관이 다수</li> <li>재제조 제품에 대한 시장의 인식이 좋아지고 범위도 확대</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>아직은 협소한 바이오플라스틱 시장과 바이오플라스틱제품도 일반 포장재와 동일한 방법으로 처리하여 실효성 낮음</li> <li>분쟁광물 사용 제한 등 새로운 국제 규제 신설에 따른 수급 불안정 요소 증가</li> </ul>
기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>그린뉴딜 정책 등으로 R&amp;D 투자확대</li> <li>바이오원료의 다양성이 증대되면서 새로운 기술이 지속적으로 출현 중</li> <li>재제조를 위한 대기업의 기술지원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오플라스틱의 물성이 플라스틱 대비 부족하거나 고가로 인해 활용범위 제한</li> <li>부품 시장의 트렌드가 전자식 부품으로 급속하게 변화하고 있으나, 대응능력 부재</li> </ul>



#### 중소기업의 시장대응전략

- 바이오플라스틱 발전에 따라 원료인 바이오매스 관련한 기술적 산업적 기회 존재
- 가공제품 중심의 다운스트림(downstream)부문이 중소기업이 초기에 접근하기에 적합
- 자원순환 관련 기업은 대부분 영세하기 때문에 자체적으로 수행하기 어려운 기술개발 등의 지원 필요
- 친환경적 이미지를 위한 대기업의 니즈에 맞는 상품개발을 통한 시장 확대
- 도시광산 소재가 시장경쟁력을 가질 수 있도록 고순도화와 같은 품질 관련 기술개발과 지원 필요
- 유용폐자원에 대하여 수집부터 자원화까지의 체계적인 시스템을 구축

## 나. 전략제품 선정 절차



### □ 전략제품 후보군 도출

- (최근 신청과제) 중소벤처기업부 R&D 지원 사업 '19년~'20년 상반기 신청과제
- (기술수요조사) 중소기업기술정보진흥원 주관 SMTECH(중소기업 기술개발사업 종합관리시스템) 성과분석 대상 중소기업으로부터 기술수요 수신
- (대기업 의견) 전략분야 관련 대기업의 중소기업 유망 제품 관련 인터뷰
- (산학연 전문가 추천) 분야별 전문가 대상 후보 추천 의뢰 의견수렴
- (타부처 정책 및 문헌조사) 타 부처 정책사항 및 문헌조사를 통한 품목 발굴

※ (재밍, Jamming) 데이터 기반의 전략제품 발굴을 위하여 인공지능 전략분야에 시범적으로 도입

### □ 전략제품 선정위원회

- (선정방식) 중소기업 적합형 기술로드맵 수립 및 전략 강화를 위해 전략제품 선정위원회의 평가와 시장성 검증위원회의 평가를 종합하고, 전략분야에 따라 평가항목의 가중치를 조절하여 반영
- (전략제품 선정평가위원회) 분야별 산·학·연 전문가 위원회를 구성하여 전략제품에 대해서 각 5개 항목을 평가 및 검토 진행
- (시장성 검증위원회) 시장성 검증이 필요한 분야에 대해서 해당 전략분야에 관련성이 높은 전문가와 VC(투자심사역)으로 구성된 위원회가 전략제품 평가 진행
- (평가항목) 시장성, 기술난이도, 개발기간, 수입의존성 및 중소기업 적합성을 기준으로 평가
- (평가기준) 전략분야의 대구분(한국판 뉴딜 및 소부장·뿌리산업)에 따라 평가항목의 가중치를 조절

### □ 전략제품 확정

- (검토 및 조정) 선정된 전략제품들에 대해 최종적인 타당성 검증 및 분야 간 전략제품 검토 및 조정을 통해 전략분야별 전략제품 확정

## 다. 전략제품 선정결과

### ◎ 바이오매스 연료화

- 바이오매스 에너지는 동물, 식물 또는 농·임산 부산물, 유기성 폐기물과 같은 생물 유기체를 전환 또는 가공하여 얻어지는 연료 및 이러한 연료를 이용하여 얻어지는 에너지를 지칭함
  - 바이오 에너지는 직접 열과 전기의 생산 또는 다양한 형태의 연료로 가공 또는 전환하여 이용 가능한 장점 보유
  - 바이오매스는 기존 화석연료 에너지 시스템에 적용이 용이하여 보급 실행 및 경제성이 높음

### ◎ 폐기물 고형연료화

- 발열량, 수분 및 회분과 염소, 중금속 등 연료로서의 가치와 환경성을 위한 품질기준을 만족하도록 폐기물로부터 가연성 폐기물을 선별, 분리하는 공정으로 구성된 고형연료 제조 및 이용범위까지 포함
  - 정부의 폐기물 에너지 자원화 정책에 의해 고형연료 시장 수요 증가
  - 지속가능 발전전략의 수단으로 폐기물 고형연료화에 의한 에너지 공급 필요성 증대

### ◎ 친환경 분해성 고분자

- 바이오 플라스틱은 친환경적 플라스틱으로 간주할 수 있으며, 사전적 의미로는 식물성 유지, 옥수수 전분 또는 미생물에서 추출한 폴리에스테르 같은 재생 가능 바이오매스로 만든 플라스틱
  - 난분해성 플라스틱의 환경오염
  - 이산화탄소 저감에 의한 지구온난화 방지
  - 석유 기반 플라스틱의 사용 규제 증가

### ◎ 화학제품 재활용 공정기술

• 화학제품 재활용 공정기술은 원료·소재·생산·수송·사용·재활용·폐기 등 제품의 전 과정에 있어서 자원 효율성을 극대화함으로써 환경 부하를 최소화하고 에너지 효율을 향상시키는 소재 기술을 의미하고 특히 플라스틱제품의 재활용을 높이는 기술을 의미

- 21세기 세계 선진국들은 지구온난화 방지, 재생가능 자원의 사용 촉진을 통한 순환형 사회의 형성 등을 위해 다양한 산업적, 정책적인 전략들을 수립하여 추진 중
- 폐플라스틱을 재활용 기술 및 개발은 세계적 이슈사항으로 다양한 연구들이 진행 중

### ◎ 희토류원소 회수 및 소재화

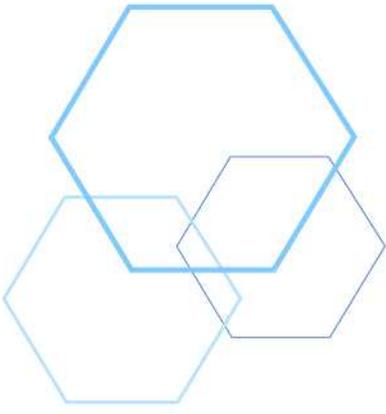
• 희토류(Rare earth elements, REE)는 ‘자연계에 매우 드물게 존재하는 금속 원소’라는 의미로 란타넘(La)계 15개 원소와 스칸듐(Sc), 이트륨(Y)을 더한 17개 원소를 총칭하며 이를 회수하고 소재화하기 위한 도시광산의 개념을 포함

- 희토류 포함 광물은 200종 이상으로 세계적인 희토류 매장량은 적지 않으나 경제성, 환경 오염 문제로 주로 중국에서 생산이 이루어짐
- 희토류는 미래 신산업 핵심소재에 필수불가결 원소임에도 국내 생산이 전무하므로 안정적인 수급과 소재화 기술이 매우 중요함

### ◎ 친환경 합성섬유(바이오매스, 리사이클, 생분해성 섬유)

• 친환경 섬유 소재는 환경적으로 유해하지 않거나 환경에 위협을 주지 않는 섬유로 환경보존 및 정화, 환경 개선에 기여하는 특징을 갖고 있고, 바이오매스, 리사이클, 생분해성의 기능을 가지는 천연 또는 합성 섬유소재를 의미

- 최근 전 세계적으로 지구온난화에 따른 온실효과로 이상기후 발생, 생태계 파괴 등 환경문제가 지속적으로 이슈화되면서 섬유 분야에서 환경 보존하기 위한 친환경 섬유 기술개발이 필요함



전략제품 현황분석

# 바이오매스 연료화





# 바이오매스 연료화

## 정의 및 범위

- 바이오매스 에너지는 동물, 식물 또는 농·임산 부산물, 유기성 폐기물과 같은 생물유기체를 전환 또는 가공하여 얻어지는 연료 및 이러한 연료를 이용하여 얻어지는 에너지를 지칭
- 고형연료(목재 칩, 펠릿, 성형연료), 가스(바이오가스, 합성가스, 수소, 메탄) 또는 액체연료 (바이오디젤, 바이오에탄올, 바이오중유, 바이오오일) 생산을 위한 화학적 또는 생물학적 전환공정과 반응기 기술, 분리정제 기술, 물리적 가공설비와 기자재 부품 기술 등 포함

## 전략 제품 관련 동향

시장 현황 및 전망	제품 산업 특징
<ul style="list-style-type: none"> <li>• (세계) 세계 바이오연료 시장 규모는 2018년 1,835억 달러에서 연평균 4.5% 성장하여 2023년 2,286 달러로 성장 전망</li> <li>• (국내) 국내 바이오연료 시장 규모는 2018년 1조 7,599억 원에서 연평균 2.79%로 성장하여 2024년에는 2조 1,335억 원으로 성장할 전망</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다양한 종류의 에너지 전환기술, 화석연료 대체 및 온실가스 감축대책으로 산업부문의 관심이 크고 산업간 연계 및 파급효과 큼</li> <li>• 바이오에너지 시장경쟁력 확보는 단순 이용부분은 가격 경쟁력, 열분해 및 가스화 등 고급 연료화시장은 핵심기술이 중요</li> </ul>
정책 동향	기술 동향
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국내 신재생에너지 공급의 바이오에너지 편중으로 바이오에너지 인센티브 축소하여 시장 수요 조절</li> <li>• 바이오매스 이용 전력 공급은 축소 지향 정책이지만 심각한 도심 공해문제 해결 위해 바이오연료 정책은 지속적으로 유효</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 바이오매스로 부터 열 생산과 이용 등 단순기술에서 수송 연료화 및 전력 등 현대 산업에 적합한 에너지 전환기술이 개발되어 확대 보급</li> <li>• 수소경제 이슈화로 경제적 효율성 높고 대량 생산 가능한 바이오 수소 제조기술에 관심 증가</li> </ul>
핵심 플레이어	핵심기술
<ul style="list-style-type: none"> <li>• (해외) Ensyn, Dynamotive, BOR Biotechnology, Nextrra,</li> <li>• (대기업) GS칼텍스, 대우건설,</li> <li>• (중소기업) 대경에스코, 씨이에스, 경동엔지니어링, 단석산업</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 바이오매스 합성가스 제조 및 정제설비</li> <li>• 바이오 원유 추출 및 연료 제조기술</li> <li>• 바이오 수소 제조 기술</li> <li>• 바이오매스 가스용 발전 부품</li> <li>• 바이오매스 고형연료 제조설비 부품</li> </ul>

## 중소기업 기술개발 전략

- 국내 중소제조업의 바이오매스 기자재부품을 위한 로드맵 수정과 마스터플랜의 재정립
- 바이오매스 기자재부품 기술에 대한 인식제고와 방향성 정립
- 중소기업에서는 바이오매스 기자재부품 기술에 대한 이해와 의사결정이 쉽지 않음으로 정부의 기술로드맵을 충실히 이행함으로써 리스크를 줄이며 효과적인 바이오 에너지 관련 기술 개발을 진행해야 함

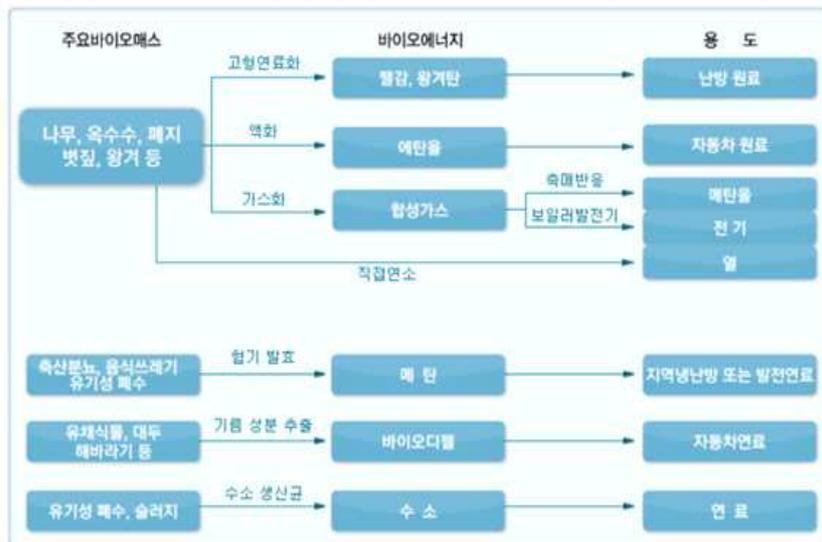
# 1. 개요

## 가. 정의 및 필요성

### (1) 정의

- 바이오매스 에너지는 동물, 식물 또는 농·임산 부산물, 유기성폐기물과 같은 생물유기체를 변환 또는 가공하여 얻어지는 기체, 액체, 고체 형태의 연료 및 이러한 연료를 연소 또는 변환하여 얻어지는 에너지
  - 우리나라 바이오에너지의 기준과 범위는 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 시행령」에 다음과 같이 제시되어 있음
    - 1) 생물유기체를 변환시킨 바이오가스, 바이오에탄올, 바이오 액화유 및 합성가스
    - 2) 쓰레기매립장의 유기성폐기물을 변환시킨 매립지가스
    - 3) 동물·식물의 유지를 변환시킨 바이오디젤
    - 4) 생물유기체를 변환시킨 톨감, 목재칩, 펠릿 및 목탄 등의 고체연료
- 바이오매스의 물리적 전환기술로 고형연료 제조, 열화학적 전환은 연소, 열분해, 가스화, 액화기술을 포함하며 열과 가스 생산 또는 메탄올과 에탄올, 바이오원유를 제조하는 기술. 생화학적 전환은 바이오에탄올 및 바이오가스 제조 기술 포함

[ 주요 바이오에너지 종류 및 용도 ]

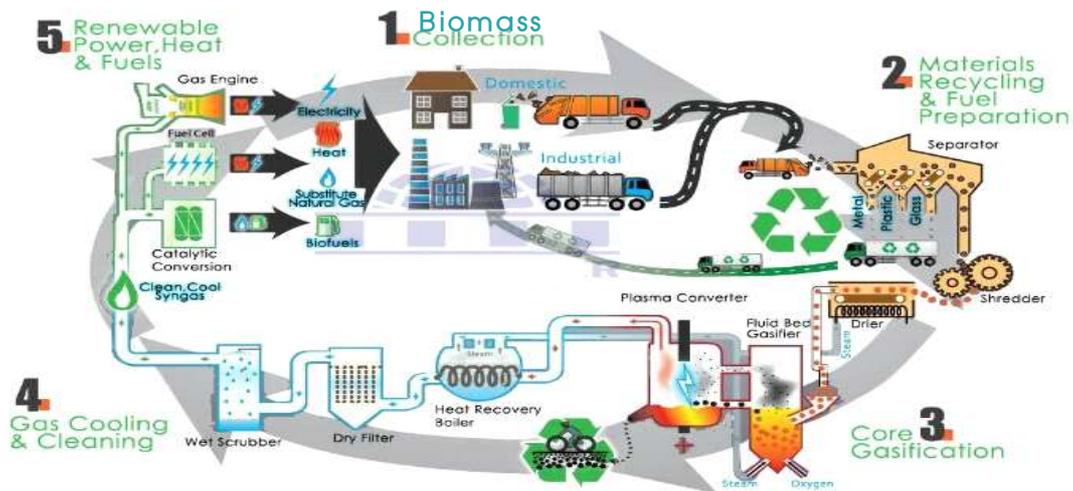


\* 출처 : 한국에너지기술연구원, 신재생에너지 데이터센터

- 바이오에너지는 직접 열과 전기의 생산 또는 다양한 형태의 연료로 가공 또는 전환하여 이용 가능한 장점이 있음
  - 바이오매스에 혼입된 이물질들을 분리하여 제거, 건조 및 성형한 고형연료는 난방 또는 보일러 연료로 이용. 고온에서 가공하여 반탄화 또는 탄화하면 고품질의 고형연료 제조

- 산소가 없는 상태에서 바이오매스를 열분해하면 분자량이 큰 고체상태의 탄화수소는 분해되어 바이오 원유로 전환. 산소 공급이 제한된 조건에서는 열분해 및 부분 산화반응에 의해 수소와 일산화탄소 주성분의 합성가스로 전환
  - 합성가스는 직접 보일러 또는 발전기 연료로 사용, 알코올 및 DME 등 액체연료로 제조, 메탄 리포밍 (Methane reforming) 및 수성가스 전이반응(Water gas shift reaction)에 의해 바이오 수소(Bio hydrogen) 제조 등 다양하게 활용
  - 유채, 대두의 기름 성분을 추출하여 에스테르화 반응시키면 바이오디젤이 생산되고, 사탕수수 또는 옥수수의 전분을 당화, 발효시키면 바이오에탄올이 생산되어 자동차 연료로 사용
  - 바이오매스를 혐기성소화하면 메탄 주성분의 바이오가스가 생성되어 가스 발전용 연료 또는 도시 가스 대체용 연료로 사용 가능
- 바이오매스는 지구 생태계를 순환하는 재생에너지로 기후환경보존에 기여 효과가 커서 대부분의 국가는 주요 온실가스 대책으로 확대 보급
- 바이오매스 탄화수소에서 에너지 회수 후, 대기로 배출된 이산화탄소는 식물의 광합성에 의해 지구 생태계로 순환되므로 바이오매스는 탄소 중립인 무한 재생에너지
  - 바이오매스는 기존 화석연료 에너지 시스템에 적용이 용이하여 보급 실행 및 경제성이 높음

[ 바이오매스 에너지의 순환 메커니즘 ]



\* 출처: ETES Power 자료를 일부 가공하여 편집

## (2) 필요성

- 개도국이 많이 위치한 신 남방 지역의 풍부한 바이오매스 자원 이용 및 다양한 형태의 에너지 수요에 대응하는 바이오에너지 플랜트 수출 사업화
  - 신 남방 국가 대부분이 바이오매스는 풍부하지만 송전망이 발달하지 못한 개도국임. 지방 전력화 (Electrification) 사업이 중요정책으로 현지 바이오매스를 원료로 사용하는 바이오에너지 플랜트 시장 수요 많음
  - 고체 상태의 모든 셀룰로오스와 유기성물질을 열분해하여 청정연료인 바이오원유 또는 합성 가스를 생성할 수 있으며 이를 수요자가 필요로 하는 다양한 형태로 전환하여 사용
  - 합성가스는 가스터빈 또는 가스엔진, 연료전지 시스템을 사용하여 전력 생산이 가능하며, 합성 천연가스(SNG; Synthetic natural gas)로 제조하여 지역 도시가스 공급에 활용. 또한 합성가스는 메탄올 및 DME 등 액체연료로 제조하여 자동차 연료로 사용할 수 있으며, 주요 성분인 수소와 일산화탄소는 화학원료로 활용 가능
  
- 바이오에너지는 현실적으로 화석연료 대체 규모 및 잠재량이 가장 큰 신재생에너지로 환경오염물질 배출량이 크게 줄어들고 온실가스 배출량의 대량 감축 실현 가능성이 큼
  - 바이오매스 가스화 발전의 먼지와 질소산화물 발생량은 일반 연소공정의 오염물질을 싸이크론과 전기집진기로 제거한 정도로 낮으며, VOC 배출량은 2~3% 수준의 청정기술
  - 바이오디젤 생산과정에서 발생한 부산물, 피치로부터 제조된 바이오중유의 경우, 황산화물 배출량은 전혀 없으며, 일산화탄소 및 질소산화물 배출량은 화석연료에서 제조된 중유 대비 30% 이상 줄어들어 미세먼지 저 감등 대기환경 개선에 효과가 큼
  
- 에너지자원 고갈과 기후변화에 대응하는 측면에서 바이오에너지의 중요성이 확대될 전망. 바이오매스의 직접 연소 이용보다는 가스 또는 액체 등 청정연료로의 전환 및 이용분야의 시장수요 증가로 바이오매스의 고온 열분해공정과 정제기술, 고효율 에너지전환 관련 기자재와 부품기술 개발이 필요하고 시장 크기가 확대될 것임

## 나. 범위 및 분류

### (1) 가치사슬

- 바이오매스 에너지에 사용되는 원료는 초본, 임목 등 임산 부산물, 볏짚과 왕겨 등 농업부산물 등을 포함하는 고품 바이오매스와 하·폐수 슬러지 등 유기성폐기물
  - 임목 및 농업부산물과 같이 셀룰로오스 함량이 많은 고품 바이오매스는 연소, 또는 고온에서 열분해 및 가스화하여 연료유 또는 합성가스 생산하는 기술이 일반적이며, 하·폐수 슬러지, 음식폐기물 등 수분이 많고 생분해 용이한 바이오매스는 혐기성분해에 의해 메탄을 생성하는 생화학적 공정이 경제적으로 유리

#### [ 바이오매스 기자재부품 분야 산업구조 ]

후방산업	바이오매스 기자재부품 분야	전방산업
파쇄기·분쇄기·건조기 전처리 기자재 및 부품, 사이클론, 막분리 기자재, 열분해로, 분별증류탑, 계측 및 모니터링 시스템 기자재, 안전장비 부품	합성가스 반응기, 혐기성소화조, 가스 정제 시스템, 가스보일러, 가스터빈, 가스엔진, 열병합설비, 연료전지, 탄화/반탄화 기자재, 당화 및 효소발효 반응기	화력발전소, 열병합발전소, 지역냉난방업, 가스 공급업, 유틸리티 생산업, 자동차산업, 화학산업, 엔지니어링업 플랜트 설비 산업

### (2) 용도별 분류

- 바이오매스는 열병합발전소, 지역냉난방업, 가스 공급업, 유틸리티 생산업, 자동차산업, 화학산업, 엔지니어링업 등 용도별로 분류할 수 있음

#### [ 바이오매스 기자재부품 용도별 분류 ]

용도	세부내용
열병합 발전소	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 합성가스를 보일러 연료로 사용, 증기를 생산하여 열 공급 또는 증기 터빈에 의한 발전</li> <li>• 도심지역에서 청정에너지 가스연료 사용하여 에너지를 생산하므로 도심 환경문제 개선</li> </ul>
화력발전소	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 합성가스를 가스엔진 또는 가스 터빈의 연료로 사용하여 전력 생산</li> <li>• 석탄, 석유등 화석연료 사용량을 줄임으로서 에너지 비용 절감 및 온실가스 배출량 감축</li> </ul>
도시가스산업	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 합성가스를 원료로 합성천연가스 (SNG; Synthetic natural gas) 제조하여 공급</li> <li>• 도시가스 제조비용 감소로 산업 경쟁력 제고</li> </ul>
유틸리티산업	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 바이오연료를 사용하는 보일러 등 유틸리티 생산하여 공급</li> <li>• 대기오염물질 배출량이 적은 연료로 기존 화석연료에서 생산된 중유 대체</li> </ul>
자동차 산업	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 합성가스를 메탄올, 에탄올, DME 등으로 전환하여 수송용 자동차 연료 사용</li> <li>• 대기오염물질 배출량 감소로 도심 대기공해문제 해결</li> </ul>
수소산업	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 차세대 수소 자동차 시대에 바이오 수소 공급 및 저장 인프라, 수소 자동차 산업</li> <li>• 수소 생산플랜트, 수소 이송 및 저장시스템, 수소 주유소 등 대규모 인프라 구축</li> </ul>
화학산업	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 합성가스를 메탄올, DME, 아세트산 등 고부가가치 제품으로 전환하여 화학원료로 사용</li> <li>• 기존 납사, LPG 등 화석연료 사용하던 공정을 대체함으로써 산업 경쟁력 제고</li> </ul>
플랜트 산업	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 폐기물의 가스화, 합성가스로 부터 연료 회수 및 전력 생산에 필요한 장치 설계, 구매 및 시공 등 플랜트 엔지니어링 산업</li> <li>• 가스화 핵심기술 확보 시 국내 우수한 플랜트기술 활용하여 플랜트 수출 산업화</li> </ul>

### (3) 기술별 분류

- 열분해와 가스화는 바이오매스 탄화수소를 분해하고 화학반응에 의해 연료유 또는 합성가스로 제조하는 기술로 고온에서의 촉매반응과 운전에 적합한 기자재가 중요
  - 열분해 반응설비에 적합하게 바이오매스를 전처리하는 기자재로 이물질 분리설비, 파쇄기, 분쇄기, 건조기, 크레인 등의 기자재
  - 열분해 반응기 운전형태에 따라 고정층, 이동층, 유동층, 분류층 반응기, 고온 시스템 운전을 지원하는 연소기, 열교환기, 가스 냉각기 등 고온용 기자재. 순산소 가스화시스템은 추가로 저온 냉각 공기분리기, PSA, 막분리, 압축기 등 산소 생산용 기자재 포함
  - 열분해 생성물을 정제하는 기자재로 타르 분해 또는 제거장치, 싸이크론 집진기, 세라믹 필터, 백필터, 전기집진기, 촉매 및 무촉매 탈질 반응기, 흡착탑, 흡수탑, 세정탑, 분별 증류기 등 적용공정에 따라 다양한 기자재 기술이 필요
  
- 바이오가스 및 합성가스는 가스터빈 또는 가스엔진 등 열병합 발전시스템의 연료로 이용하여 열 또는 전력 생산, 합성천연가스로 제조하여 도시가스 대체, 또는 액체 연료로 전환하여 이용하는 기술에 필요한 기자재
  - 바이오가스 또는 합성가스를 연료로 사용하여 열 또는 전력을 생산하는 시스템의 버너 및 연소설비, 보일러, 열교환기, 가스터빈, 가스엔진, 증기터빈, 연료 전지등 발전기 기자재
  - 합성가스를 메탄올, 에탄올 또는 DME와 같은 액체연료로 전환하는 메탄 리포밍 반응, 수성가스 전환반응, F-T 전환반응 기자재
  - 바이오가스를 연료로 사용하기 위해서 황화수소, 암모니아, 실록산, 분진 등 이물질을 제거하는 탈진 및 수분 제거설비, 세정탑, 흡착탑, 건조기 등 기자재 포함
  
- 바이오매스로부터 직접 바이오에탄올 또는 바이오디젤 등 액체연료를 생산하는 시스템은 생화학반응기와 생성유를 증류·정제하는 기자재 중요
  - 바이오에탄올은 원료 바이오매스의 특성에 따라 원료 분쇄 및 착즙기, 셀룰로오스 분해반응, 당화반응, 발효반응, 증발기, 증류기, 탈수기, 저장 탱크, 폐수 처리설비, 바이오매스 잔재물을 이용의 열병합발전설비를 구성하는 여러 가지 기자재 포함
  - 바이오디젤 생산시스템의 트랜스에스테르화 반응, 촉매 제조, 촉매 분리 및 회수설비, 글리세린 분리 및 정제, 탈수기, 증류기, 바이오디젤 정제, 저장 탱크 등 기자재

## 2. 산업 및 시장 분석

### 가. 산업 분석

#### ◎ 정책동향

- 신재생에너지 보급량 확대 및 기후변화대책으로 온실가스 배출량의 대량 감축이 가능한 바이오에너지 정책을 지속적으로 추진
  - 「신·재생에너지 공급의무화제도 및 연료 혼합의무화제도(RPS)」 시행으로 바이오에너지 사용에 대한 인센티브 제공, 2015년 7월부터 바이오디젤 연료유 혼합사용을 의무화하여 바이오에너지 공급확대 정책을 적극적으로 실시
  - 「제8차 전력수급기본계획(‘17.10)」은 경제성을 확보하면서 안전하고 깨끗한 발전원 구성을 목표로 원전과 석탄 발전은 단계적 감축하고 재생에너지와 LNG 비중 및 분산형 전원의 지속적 확대
  - 「재생에너지 3020 이행계획(‘17.12)」, 2030년 신재생에너지 설비용량 63.8GW, 발전비중 20% 목표. 바이오 발전설비 용량은 3.3GW로 2017년 2.3GW 대비 1GW 신규 건설
  - 「2030 국가 온실가스 기본 로드맵 수정(안)(‘18.6)」에 따르면 2030년 BAU 대비 37% 감축. 국내 감축률은 기존 25.7%에서 32.5%로 증가, 산업 분야는 감축량 대책으로 탄소 중립인 바이오에너지를 적극 활용하여 화석에너지를 대체하는 전략이 효과적
  
- 국내 산업계의 바이오 고형연료 사용량 및 생산량 비중의 편중이 심하여 바이오에너지에 대한 인센티브 조정으로 시장의 바이오에너지 선호 및 수요 조절
  - 「신재생에너지 공급의무화제도(RPS)」를 개정(2018.06.26.), 바이오에너지에 대한 신재생에너지 공급인증서(REC; Renewable Energy Certificate)의 가중치 축소하여 인센티브 제한
  - 우드칩, 우드펠릿 등 바이오 고형연료를 석탄에 혼소하는 경우, REC 가중치는 기존 1.0에서 제외, 전소 전환설비는 1.5에서 0.5, 전소의 경우 1.5에서 1단계 1.0, 2단계는 0.5로 축소
  - Bio-SRF(폐목재 사용)는 석탄에 혼소 시, REC 가중치 제외, 전소 전환설비는 1.5에서 0.25, 전소의 경우 1.5에서 1단계 0.5, 2단계는 0.25로 축소
  - 그러나 미이용 바이오를 석탄에 혼소 시, REC 가중치는 1.5, 전소 전환설비 및 전소의 경우 2.0으로 확대하였으며, 기타 바이오중유 등 기타 바이오 사용은 1.0으로 현행 유지
  
- 정부 중점사업인 농촌지역 친환경에너지타운 및 에너지 자립마을 구축시, 바이오에너지는 태양광 또는 풍력발전과 같은 신재생에너지 공급의 시간적 불균형을 보완하는 중요 기능
  - 가축 분뇨, 음식물 쓰레기 등 유기성 폐기물로 부터 회수된 바이오 가스는 시간과 기후에 영향을 받지 않고 연속 공급이 가능하므로 에너지자립마을의 안정적 에너지 공급시스템으로 매우 중요
  - 또한 해당지역의 환경오염물질을 처리하고 에너지를 공급한다는 측면에서 바이오에너지 시스템은 친환경 에너지타운의 필수적인 구성 요소

◎ 오염물질 배출이 적은 청정연료화 방식

- 바이오매스의 직접 또는 고형연료 연소에 의한 에너지생산은 미세분진 배출 이슈화로 열분해 및 가스화 등 오염물질 배출이 적은 청정연료화 방식으로 전환 추세
  - 가장 널리 사용되던 연소 또는 Bio-SRF 고형연료 제조에 의한 에너지 생산은 미세분진 배출량이 많아 지역 민원발생의 원인이 되어 신규 사업 인허가 및 기존사업 영위 어려워짐
  - 고온에서 바이오매스를 열분해 및 생성물을 정제하여 유해물질 발생량을 사전에 억제하고, 이용 단계에서 환경오염 배출량이 적은 청정기술 도입하여 지역사회와 상생 도모
  - 바이오매스를 높은 온도에서 가공하여 휘발성물질을 제거하고 발열량을 크게 높여 연료 품질을 크게 향상시킨 고품질 반탄화(Torrefaction) 고형연료 사용
  - 최근 정부의 수소경제 추진에 따라, 바이오가스 또는 합성가스로부터 수소 제조, 해양 미생물을 이용한 수소 생산 등 혁신 수소제조 기술개발에 에너지 기업의 관심 증가 추세
  
- 식량으로 사용되는 바이오매스 원료 사용에 대한 사회적 부정적 인식과 가격 상승에 대한 경쟁력 저하로 농업 및 임산 부산물 등 미활용 바이오매스를 원료로 사용하는 기술개발
  - 수송용 바이오에탄올 제조의 원료로 옥수수, 카사바, 사탕수수 등이 주로 사용되고 있으나, 이들 작물은 식량으로 사용되는 자원을 소비한다는 사회적 비난을 받고 있음
  - 또한 이들 작물은 경작단계에서 용수와 비료를 대량으로 사용하기 때문에 환경오염문제를 유발하며 지속가능개발 차원에서도 유효하지 않다는 지적을 받고 있음
  - 식량자원 원료의 대체용으로 농업 및 임업 부산물 바이오매스는 셀룰로오스 함량이 높아 효소 발효공정의 원료로 사용하기 곤란함. 세계적 대기업들은 고형 바이오매스를 효과적이고 경제적인 비용으로 분해하여 에탄올 발효공정의 원료로 사용하는 기술개발 및 적용
  
- 국제 바이오에너지 플랜트 산업 분야에서 인도 및 중국 등 신흥기술국의 해외사업 진출이 확대되고 있어 국내 기업의 국제 시장경쟁력 확보 필요
  - 플랜트분야 신흥기술국인 중국 및 인도는 해외 원천기술을 도입하여 자국 내 대규모 시장에서 경험을 확보하여 해외진출에 성공함. 이들 신흥기술국의 전체적인 플랜트 기술수준은 다소 낮지만 가격이 저렴한 가성비 높은 바이오에너지 플랜트를 필리핀, 태국 등에 수출하여 다수 설치, 운영 중
  - 국내 기업들은 신 남방 국가에서 수많은 바이오에너지 플랜트사업을 발굴하고 타당성조사까지 수행하였지만 플랜트 가격 경쟁력이 낮아 실제 사업화에 성공한 사례는 매우 적음. 바이오에너지 공정의 최적화 및 패키지화에 의한 가격 인하, 중소 제조기업과 협력에 의한 시범사업 수행 등으로 사업화 추진 중

## 나. 시장 분석

### (1) 세계시장

- 바이오연료는 전 세계 에너지 소비량의 12.4%를 차지하며, 세계 시장 규모는 2018년 1,835억 달러에서 연평균 4.5% 성장하여 2024년 2,389억 달러로 성장할 것으로 전망
  - 전 세계 바이오에탄올과 바이오디젤, 고체 및 가스 형태의 바이오연료 시장 규모는 2017년 1,756억 달러에서 2023년 2,286억 달러로 약 30% 증가 전망. 바이오에너지 시장 수요의 주요 요인은 화석연료 고갈과 기후변화대책으로 정부정책에 따라 크게 좌우될 것임
  - 전 세계 바이오에너지 소비량은 2017년 기준 전체 에너지 소비량의 12.4%인 46EJ이며, 수송용 연료 또는 전력과 같은 현대식 바이오에너지가 5%를 차지. 바이오 전력의 년 성장률은 9%, 수송용 바이오연료는 7%로 전통적인 바이오 열공급 1.8%를 크게 상회

[ 바이오연료 세계 시장규모 및 전망 ]

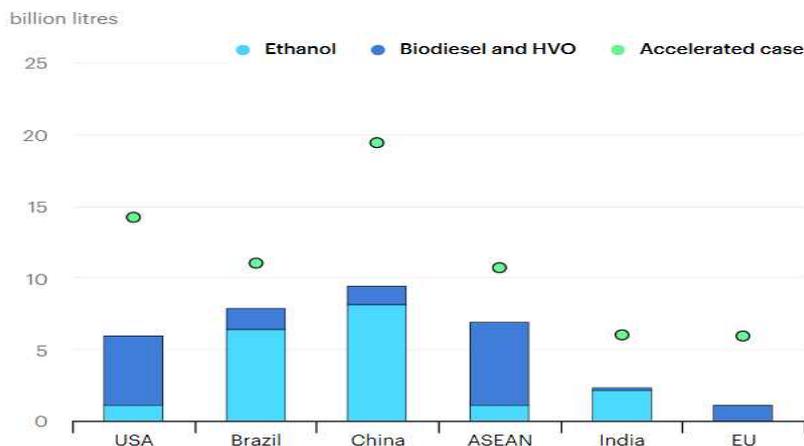
(단위 : 백만 달러, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
세계시장	183,500	191,700	200,300	209,400	218,800	228,600	238,887	4.5

\* 출처 : Biofuels Market Size Will Reach USD 218.7 Billion by 2022, Globally: Zion Market Research (Jan 09, 2018) 자료 재구성

- 국제에너지기구(IEA; International Energy Agency)는 전 세계 바이오연료 생산은 2018년 약 1,540억 리터 이상으로 전년 대비 7% 증가. 향후 년 평균 3% 이상 증가하여 2025년까지 25% 증가할 것으로 전망. 바이오연료 가격은 일반 에너지 가격보다 느린 속도로 상승 또는 저렴한 원료 사용으로 하락이 예상

[ 2019~2024년 바이오연료 세계시장 전망 ]

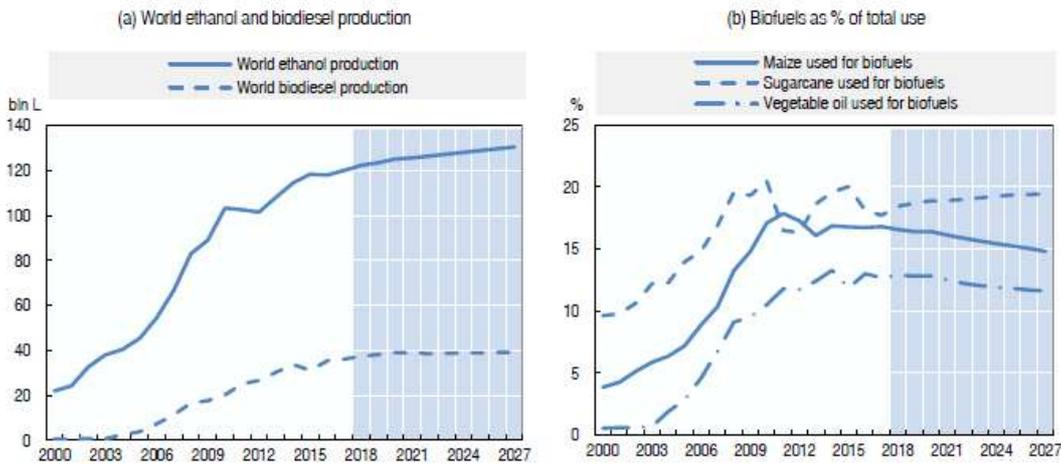


\* 출처: Bioenergy, IEA (2019.11.28.)

- 바이오연료의 경우 도심인구 및 중산층 인구가 증가하고 있는 동남아 및 중남미 시장이 크게 증가하고 있으며 브라질과 아르헨티나가 주요 시장으로 부상 전망

- 바이오에탄올 생산량은 190만 배럴/일로 브라질이 50%을 차지하며, 중국, 태국, 인도 등이 주요 생산국으로 사탕수수 또는 카사바 원료 주산지. 미국은 옥수수 기반의 바이오에탄올 생산
- 바이오디젤 생산량은 70만 배럴/일로 EU, 미국, 아시아가 주요 생산국. 선진국은 경유 소비 감소 추세로 소비량이 줄어들지만 개도국은 꾸준히 증가추세. 네덜란드 등 유럽 생산량은 곧 수요를 초과하겠지만, 연료 혼합비율 기준을 에너지 함량에서 CO2 감축량으로 변경 시 시장 균형이 유지될 전망
- 한편, 유엔식량농업기구(FAO; Food and Agriculture Organization of the United Nations)는 밀 또는 옥수수, 야채유 등 식량자원을 이용한 바이오연료 생산량의 둔화 또는 감소로 바이오연료 시장의 성장률이 크게 위축될 것으로 전망. 바이오에탄올은 과거 10년간 연평균 3.9%로 성장하였으나 향후 10년간은 0.7%/년 성장, 바이오디젤은 과거 10년간 연평균 9.5%에서 향후 10년간은 0.4%/년 정도로 성장추세 둔화될 전망

[ 식량자원을 이용한 바이오연료 생산 전망 ]



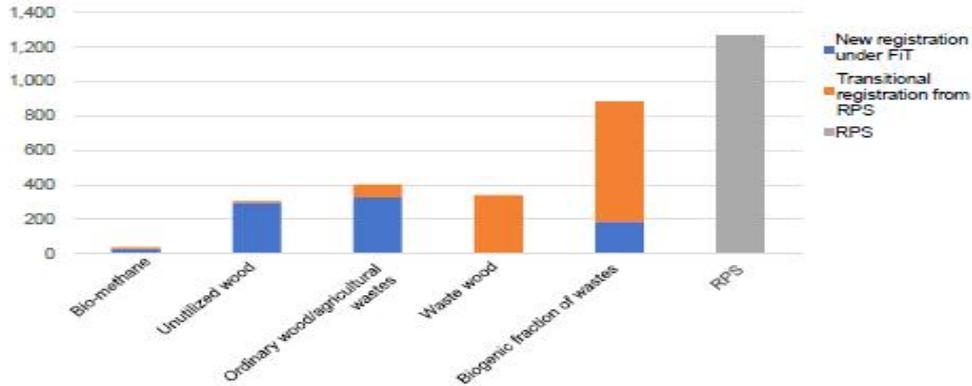
Source: OECD/FAO (2018), "OECD-FAO Agricultural Outlook", OECD Agriculture statistics (database).

\* 출처: OECD-FAO Agricultural Outlook 2018-2027, OECD (2018).

- 전 세계 바이오에너지 전력 생산설비는 121GW, 전력 생산량은 2018년 592TWh로 전년 대비 8% 증가하였으며 2019년 실적은 637TWh로 예상됨. 향후 연평균 6% 증가하여 2025년에는 922TWh, 2030년 1,168TWh로 80% 이상 증가 전망
  - 바이오매스 전력 시장의 2018년 성장률은 중국 14%, 기타 아시아 지역 15%로 주요 신흥시장으로 부상. 유럽은 바이오매스 발전량 최대 지역으로 6% 성장한 반면 북미 지역은 안정적 수준 유지
  - 중국은 바이오 전력 용량이 17.8GW, 전력 생산은 91TWh로 14% 증가. 또한 인도는 설비 용량 10.2GW, 발전량 50TWh로 주요 성장 국가임, 유럽에서는 영국이 기존 석탄 화력발전소를 바이오매스 발전으로 전환하여 설비 용량 30%인 7.7GW, 발전량 35.6TWh 증가
  - 바이오매스 발전기 연료로 고품질 연료 사용이 가장 많으며 다음은 바이오가스, 도시폐기물, 액상 바이오매스 순임. 브라질은 바이오에탄올 공장 부산물인 사탕수수 바가세를 주요 원료로 사용

- 바이오 전력 생산량 최대 국가인 독일은 생화학적 바이오가스과 고품 바이오매스를 연료로 이용하는 열병합발전이 많으며, 일본은 바이오매스 혼소 발전설비 보급이 많음
  - 독일의 신재생에너지 공급량은 2015년 기준 바이오에너지 부분이 56.5%로 압도적이며, 고품 바이오매스를 이용하는 발전설비는 700여기로 1,516MW. 고온 가스화설비는 22MW로 확장 추세

[ 일본 바이오매스 발전 현황 ]



\* 출처: Restructuring Japan's bioenergy strategy, Renewable Energy Institute, 2018.6

- 일본은 미활용 바이오매스 발전을 장려하기 위해 기존 RPS에 FIT 제도를 추가 도입 후, 바이오매스 혼소 및 열병합발전설비 용량이 800MW 증가. 2030년 에너지믹스는 바이오에너지 공급량 비중 4%, 바이오 전력 32.8TWh로 현재보다 2배 높여 세계 5위 국가가 되는 목표

(2) 국내시장

- 국내 바이오연료 시장 규모는 2018년 1조 7,599억 원에서 연평균 2.79%로 성장하여 2024년에는 2조 1,335억 원으로 성장할 전망
  - 바이오가스 및 고품연료, 하수슬러지 고품연료를 포함하는 바이오에너지 생산량은 2017년 3백만 TOE에서 2023년 360만 TOE로 증가 전망

[ 바이오연료 국내 시장규모 및 전망 ]

(단위 : 억 원, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
국내시장	17,599	18,090	18,594	19,113	19,646	20,193	21,335	2.79

\* 출처: KEA 에너지백서, 한국에너지공단(2019.7.8.) 바이오에너지 생산량 자료 이용 최근 3년 성장률 적용하여 재작성 OilPrices.com, OPEC Basket 원유 가격 적용하여 국내 시장규모 산정

- 우드칩, 폐목재, 하수슬러지 고품연료, Bio-SRF 등 바이오매스 고품연료 생산량이 국내 바이오에너지 총생산량의 60% 이상으로 큰 비중 차지
  - 목재 펄릿 생산량은 2017년 110만 TOE로 2012년 대비 약 10배 증가하여 전체 바이오에너지 생산량의 36% 차지

- 바이오가스 및 매립지 가스등 생화학적 가스 생산량은 175천 TOE로 5.7%를 차지하고 있으나 전체적으로 감소하고 있는 추세
  - 바이오디젤 및 바이오중유 등 액체 연료 생산량은 2017년 기준 70만 TOE로 전체 바이오에너지의 22.7%를 차지하고 있는데, 바이오중유 이용이 본격화된 2015년 50만 TOE 대비 40% 증가한 수준
  - 고온 열분해에 의한 합성가스 및 바이오중유 제조기술 등은 국내 연구개발 또는 실증단계로 의미 있는 생산 실적은 없음
- 바이오매스를 이용한 발전량은 2018년 9,729GWh에서 연평균 7%로 성장하여 2024년에는 13,709GWh로 40% 증가하고, 2030년 15,896TWh로 80% 증가할 전망

[ 바이오매스 발전량 전망 ]

(단위 : GWh, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
국내시장	9,729	10,430	11,131	11,692	12,252	12,813	13,709	2.8

\* 출처 : KEA 에너지백서, 한국에너지공단(2019.7.8.)

[ 국내 바이오 에너지 생산량 추이 ]

(단위 : TOE)

구분	2012	2013	2014	2015	2016	2017
합계	1,334,724	1,558,493	2,821,996	2,765,567	2,765,453	3,057,227
바이오가스	107,430	139,370	142,937	108,734	95,000	98,123
매립지가스	116,073	97,497	79,918	75,804	71,133	77,036
바이오디젤	359,916	369,081	387,699	441,345	442,859	428,053
우드칩	164,542	168,466	190,687	373,308	223,392	122,443
성형탄	23,857	23,517	24,927	15,828	15,432	15,663
임산연료	56,481	49,622	5,163	44,700	123,810	123,810
목재펠릿	120,055	268,129	795,215	823,763	817,172	1,100,750
폐목재	140,874	175,983	191,142	103,998	82,395	75,605
흑액	228,337	229,254	322,304	231,008	228,848	230,016
하수슬러지 고형연료	17,159	37,574	41,477	78,484	77,843	100,749
Bio-SRF	-	-	527,270	208,392	281,394	418,967
바이오중유	-	-	113,257	260,203	306,175	266,012

\* 출처 : KEA 에너지백서, 한국에너지공단(2019.7.8.)

### 3. 기술개발 동향

- 기술경쟁력
  - 바이오매스 기자재부품은 미국이 최고기술국으로 평가되었으며, 우리나라는 최고기술국 대비 69.4%의 기술수준을 보유하고 있으며, 최고기술국과의 기술격차는 2.5년으로 분석
  - 중소기업의 기술경쟁력은 최고기술국 대비 63.8%, 기술격차는 2.9년으로 평가
  - EU(86.7%)>일본(81.6%)>한국(69.4%)>중국(68.0%)의 순으로 평가
- 기술수명주기(TCT)<sup>12)</sup>
  - 바이오매스 기자재부품은 9.10의 기술수명주기를 지닌 것으로 파악

#### 가. 기술개발 이슈

##### ◎ 열분해 및 가스화 핵심기술 확보

- 바이오매스 에너지화 기술 수준은 최고 국가 대비 71.5%, 기술격차 4.8년으로 중국과 거의 유사한 수준. 연구개발 동향은 상승추세이지만 기초연구역량은 보통, 응용개발연구역량은 우수로 평가받고 있어 원천핵심기술 확보 시급
  - 특히 외국 핵심기술을 도입하여 석탄 및 바이오매스 가스화 및 액화 설비를 집중적으로 도입하여 많은 운전경험을 확보한 중국에 비해 국내 고온 열분해 및 합성가스 기술은 오히려 2년 이상 뒤지는 것으로 분석됨

[ 바이오 및 폐자원 에너지화 부문 중점과학 기술 수준 ]

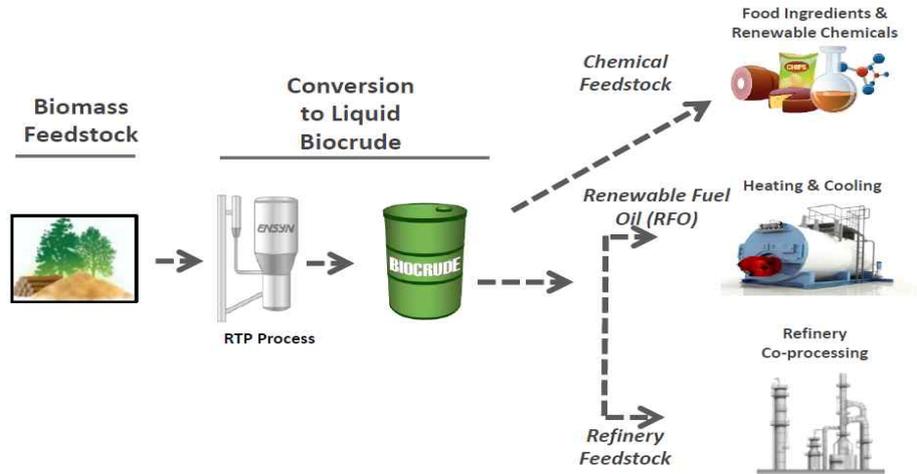
	한국	중국	일본	EU	미국
기술수준 (%)	71.5	70	85	100	100
기술격차 (년)	4.8	4.8	3.0	0	0

\* 출처 : 2018년 기술수준평가 결과, 과학기술정보통신부 (2019.2.28)

- 바이오매스 열분해에 의한 바이오원유는 보일러 연료 사용에서 대형 정유사와 협력하여 정유공장 혼합 원료유로 대규모 시장 확대
- 바이오매스 자원이 풍부한 유럽과 북미 지역의 전문기업이 다양한 가스화기술 개발하여 실적을 보유하고 있으며 공정 효율화 및 저렴한 반응시스템 개발 추진

12) 기술수명주기(TCT, Technical Cycle Time): 특허 출원연도와 인용한 특허들의 출원연도 차이의 중앙값을 통해 기술 변화속도 및 기술의 경제적 수명 예측

[ Ensyn의 고속 열분해에 의한 바이오원유 사업 ]



\* 출처: The world's leading biocrude producer, Eysyn (2017.07)

◎ 청정 바이오에너지 플랜트의 수출산업화

- 바이오매스의 청정 가스화 및 발전은 전 세계적인 신재생에너지 공급과 온실가스 감축 정책에 매우 부합 하므로 확장성이 큰 기술로 수출산업화 유망한 사업임
  - 개도국 대부분은 지방의 전력 인프라가 미흡하기 때문에 현지 바이오매스를 활용한 전원 개발이 현실적으로 유리함. 또한 2020년 이후 파리협약은 개도국 포함 전 세계 모든 국가가 온실가스 배출량 감축의 의무를 이행하므로 탄소 중립인 바이오매스 에너지 활용 등 적극적 대처가 필요한 상황. 국내 우수한 플랜트기술 및 장치산업을 활용하여 이들 국가 대상의 수출산업화 유망
  - 바이오매스 발전은 기상에 영향을 받지 않고 연속운전이 가능한 장점이 큼. 전 세계 태양광 및 풍력 발전이 급증하는데, 간헐적 발전 특성을 완화하여 안정적 전력 공급을 보장할 수 있는 보완 체제로 바이오매스 발전이 경제적이고 현실적 대안임
  - 바이오매스 가스화 제품은 수소와 일산화탄소 또는 메탄이 주요 성분으로 고순도 정제하여 연료전지에 의한 전력 생산, 천연가스 대체연료, 수소 경제시대의 수소연료, 화학반응에 의해 다양한 화학물질로 전환하면 고부가가치 제품 제조 산업이 가능하므로 산업 확장성이 매우 큼

◎ 비용 효율성이 우수한 바이오수소 제조

- 바이오매스로부터 바이오수소 제조기술은 비용 효율적 기술개발 착수
  - 바이오매스의 열분해 합성가스 및 혐기성분해에 의한 바이오가스는 수소 함량이 높기 때문에 수소를 분리 또는 메탄 리포밍(Methane reforming) 또는 수성가스 전환(Water gas shift)에 의한 바이오수소 제조기술이 개발되고 있음
  - 유럽은 바이오가스로 부터 PEM 연료전지용 수소 제조 1유로/kWh-Hydrogen을 목표로 비용 효율 적인 바이오가스 리포밍기술 연구개발 추진. 또한 촉매반응에 문제가 되는 바이오가스 황화수소를 효율적으로 제거하는 기술도 중요한 연구개발 목표임

## 나. 생태계 기술 동향

### (1) 해외 플레이어 동향

- (Ensyn) 바이오매스를 2초 이내에 신속 분해하여 바이오중유 제조하는 공정을 개발하여 15개 설비 설계 및 운전
  - 2006년부터 보일러 연료용 바이오원유 3백만 갤런/년을 제조하며 공급
  - 최근에는 정유공장 혼합유로 사업 확대. 2018년부터 1천만 갤런/년의 바이오중유를 정유공장의 혼합유로 사용하여 가솔린 및 디젤 등 수송용 연료 공급. 또한 조지아 주에 2천만 갤런/년, 브라질에 22백만 갤런/년 규모의 바이오중유 생산 공장 추진 중
  
- (BOR Biotechnology Inc) 바이오매스 건조 후 2단 가스화 반응공정 개발
  - 목재칩을 열분해 하여 휘발성분 제거 후 탄화상태에서 가스화함으로써 타르 함량 50mg/m<sup>3</sup> 이하 합성가스 생산이 특징
  - 고온 집진, 세정 및 냉각 후 가스엔진 연료로 사용. Clarke Energy의 Jenbach 가스엔진 발전기와 연계하여 사업화, 프라하 Kozomin의 2.1MWe 규모 바이오매스 가스화 열병합플랜트는 2014년부터 운전하는데, 가스화기 GP750 5기와 Jenbach 가스엔진 J320 3기로 구성. 합성가스는 CO 25.3%, H<sub>2</sub> 22.7%, CH<sub>4</sub> 1.3%로 가연 성분 50%, 저위발열량은 5.8MJ/m<sup>3</sup>
  
- (Burkhardt) 바이오매스 펠릿의 소규모 가스화 반응기 개발하여 MAN의 가스발전기 연계하여 50, 165, 180kWe 등 모델 보유
  - 바이오매스 펠릿의 소규모 가스화 반응기 개발하여 MAN의 가스발전기 연계하여 50, 165, 180kWe 등 모델 보유. 2018년 말 기준 220기 실적 보유. 우드펠릿은 반응기 하단에서 공급되어 반응가스와 함께 위쪽으로 이동하면서 순차적으로 건조, 열분해, 산화 및 환원반응에 의해 가스화
  - 우드펠릿이 유동사 역할을 하므로 별도 유동사 사용이 필요 없는 공정이 특징. 65kWe급 가스화 발전기의 경우, 우드펠릿 110kg/h 사용하여 전력 165kW, 열 출력 260kW, 전력 효율 34%, 총괄 효율 77% 가능
  
- (Ropostc) 유동층 반응기에서 가스화 열원인 고온의 유동사로 스팀과 우드칩의 가스화반응을 유도
  - 50톤/일(8MWth 상당)의 우드칩으로 부터 2MWe 전력과 4MWth 열을 생산
  
- (NextEra) 고정층 상향식 바이오매스 가스화 반응기를 개발하여 열출력 2~40MWth, 전력 2~15MW 수준의 중대형 가스화 발전시스템 공급
  - 가스화 반응기 내부에서 건조, 열분해, 가스화 및 회재 배출 순으로 진행되는데, 연료와 화학양론 비 20~30%의 연소공기, 수증기 및 산소가 연료와 반응기 하단부 중앙으로 유입되어 815~980°C에서 부분산화, 열분해, 가스화 반응에 의해 합성가스 생산

□ (Torr-Coal Technology)

- 목재 및 농산폐기물 등을 반탄화하여 Bio-Coal을 생산하는 공정을 개발하여 상용화
- 벨기에 Dilsen-Stokkem에 건설된 Bio-Coal 플랜트는 함수율 55%의 바이오매스를 원료로 사용하여 년 3만 톤의 반탄화 고형연료 생산

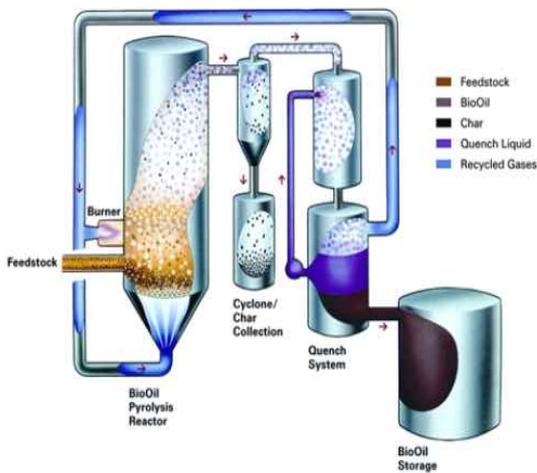
□ (Ankur) 바이오매스 가스화 전문기업으로 중소규모 보급에 선두적 위치에 있음

- 0.5~2.2MWe 규모로 다양한 모델의 플랜트를 아시아, 중동, 아프리카 등으로 수출

□ (Dynamotive) 바이오매스의 리그노, 셀룰로오스를 고속 열분해하여 바이오원유 제조기술 개발

- 캐나다 온타리오 주 웨스트 Lorne 공장은 제재소의 톱밥 130톤/일 열분해하여 70% 바이오원유, 20% 바이오 숯, 10% 합성가스 생산
- Dynamotive의 BioOil®은 빌딩이나 공정 열을 생산하기 위해 보일러, 가마와 같은 고정식 설비에 사용되는 연료유를 대체하는 시장에 보급되며, 업그레이드된 BioOil은 가솔린, 제트 및 디젤 연료로 사용이 가능

[ Dynamotive의 바이오매스 고속 열분해 공정 및 캐나다 West Lorne 공장 ]



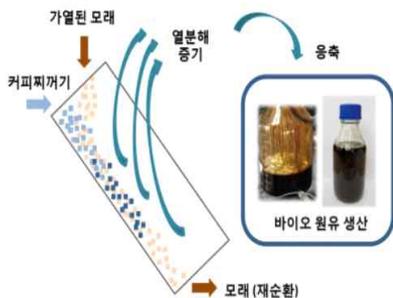
\* 출처 : International Biochar Initiative 홈페이지

## (2) 국내 플레이어 동향

- 국내에는 바이오 고형연료 및 바이오가스, 바이오디젤 제조기술이 개발되어 다수의 설비가 건설·운영되어 활발하게 사업화 진행 중
- (창해에탄올) 사탕수수, 타피오카, 쌀, 보리 등 다양한 농작물을 발효하여 음료용 및 연료용 바이오에탄올 사업화
  - 추정사업 기반으로 비식용 에너지작물을 이용 바이오에탄올 기술은 국내 최고 기술력 보유
  - 2006년 국내 최대 규모의 바이오에탄올 증류, 탈수 기술개발 및 실증 후 2세대 바이오에탄올의 전처리기술 개발, 고온에서 섬유질계 동시당화발효 가능한 효모 균주 및 내열성 동시당화 발효 효모 개발 등 다양한 발효기술 확보
- (GS칼텍스) 바이오에탄올보다 효율이 높은 바이오부탄올 사업화에 집중
  - 목질계 바이오매스를 원료로 부탄올 생산 효율 3배 이상 높은 균주 개발에 성공하고 발효공정과 회수, 분리 정제공정까지 개발
  - 2016년 여수에 부탄올 400톤/년 규모의 실증플랜트를 건설하여 사업화 추진하였으나 최근 저유가 지속에 의한 경제성 문제로 지연
- (단석산업) 바이오디젤 생산업체로 평택에 년 8만 kl 생산 공장 증설하여 총 20만 kl 생산시설을 구축
  - 폐유와 팜유 등을 주원료로 사용해 생산된 바이오디젤은 내수시장 공급, 유럽과 미국 등 해외 수출 계획
  - 독일 공법 적용한 시화공장과 말레이시아 공법의 평택공장 등 2가지 생산기술과 설비기반을 확보하고 바이오디젤 부산물인 글리세린 이용한 바이오중유 제조로 화력발전소 연료대체사업 등 시장 수요 확대
- (대우건설) 고농도 유기성폐기물을 혼합 처리하여 바이오가스 생산하는 신기술 개발
  - 국내 최초로 충남 아산에 축산 분뇨 등 음식물 폐수, 하수슬러지까지 처리 가능한 통합 고효율 바이오가스 열병합발전시설 준공 이후 사업 확대
  - 메탄 발효조만으로 구성된 단상의 혐기소화공정 전단에 산발효조 추가하여 처리효율이 향상된 이상(Two phase) 혐기소화공정으로 가수분해와 산발효가 짧은 체류시간 동안 이루어지고 양질의 유기산 생성되는 장점
- 국내 바이오매스를 연료 또는 혼소하는 화력발전소 및 열병합발전소가 다수 건설되어 운영 중
- 동해 화력은 30MW 규모의 국내 바이오매스 전용 발전소로 2013년부터 운영, 석문 열병합발전소는 우드칩 및 PKS 등 바이오매스를 원료로 사용하는 화력발전소로 2017년부터 운영 중

- 대부분의 화력발전소는 하·폐수 슬러지로부터 생산된 바이오 고형연료를 혼소하여 발전
- 고온 열분해 기술은 다수의 연구개발이 수행되었으나 실증단계 또는 사업화 준비 중
- (대경에스코) 목질계 바이오매스를 급속 열분해하여 바이오 원유 제조기술 개발
  - 1톤/일 파일럿 설비에서 톱밥, 쌀겨, 거대역새 등 국내 목질계 바이오매스, 말레이시아와 인도네시아 등지에서 많이 생산되는 팜오일 공정 부산물(EFB:Empty Fluit Bunch)을 활용
  - 원료 무게 대비 수율 60%의 열분해 오일 생산하는 운전기술 확보하여 사업화 추진 중
- (씨이에스) 고등기술연구원과 농업부산물 왕겨를 up-draft 고정층 공기 가스화반응으로 합성 가스 생산, 습식 정제방식에 의해 타르, 분진을 제거기술 개발
  - 20톤/일급 가스화 및 200kW급 가스엔진 발전시스템을 건설하여 테스트 수행하고, 베트남, 캄보디아, 러시아 등 왕겨가 단순처리 되고있는 지역에 수출 추진 중
  - 한국기계연구원은 국내에서 가장 큰 규모의 바이오매스 급속 열분해설비 25kg/hr 파일럿플랜트 개발하여 선진국과 동등 수준의 바이오원유 수율 65% 달성
  - 반응기 상단부에서 건조된 바이오매스가 경사로를 따라 중력에 의해 떨어지면 공기가 없는 상태에서 500℃까지 급속히 가열해 수증기처럼 증발시켜 바이오원유 제조하는 경사 하강식 급속 열분해반응기(Tilted-Slide Fast Pyrolyzer) 기술

[ 한국기계연구원의 경사 하강식 급속 열분해공정 및 파일럿 설비]



\* 출처 : 비싼 톱밥 대신 버려지는 커피 찌꺼기로 친환경 신재생 원유 만든다, 한국기계연구원 (2019.6.5)

- 최근 수소경제 이슈화로 바이오 수소 제조기술에 기술개발에 관심 증가
  - 경동엔지니어링은 해양과학기술원이 심해 열수구에서 발견한 고미생물을 이용한 수소 제조 1톤/일 실증플랜트 건설하여 시험 중(2019.11). 기술개발 성공 시 바이오 합성가스를 원료로 바이오 수소 생산이 가능
  - 한국에너지기술연구원은 바이오매스 포함한 합성가스에서 고순도 수소를 생산하고 정제하는 기술을 개발했다고 최근 발표
  - 복합막 형태의 팔라듐 분리막기술로 500~550℃의 낮은 온도에서 운전이 가능한 장점이 있음

## 다. 국내 연구개발 기관 및 동향

### (1) 연구개발 기관

[ 바이오매스 기자재부품 분야 주요 연구조직 현황 ]

기관	소속	연구분야
한국화학연구원	친환경신물질연구센터 바이오화학연구센터	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 바이오정밀화학소재 생산을 위한 산업생명공학 기술</li> <li>• 지속가능한 비식용 바이오매스를 활용한 기능성 소재기술</li> <li>• 바이오플라스틱 기능성 향상을 위한 촉매 및 가공기술</li> </ul>
한국생산기술연구원	스마트제조기술그룹 고온 에너지시스템그룹 지능형산업설비팀	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 저탄소 발전 연소 시스템</li> <li>• 대체연료 전환</li> <li>• 산업형 연소 시스템</li> <li>• 탄소 재료와 탄소 적용 응용 소재 제조</li> </ul>
한국에너지기술연구원	제주글로벌연구센터 신재생에너지 연구 본부 바이오에너지연구센터	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해양바이오에너지 기술개발</li> <li>• 목질계 바이오매스 전처리 및 바이오연료 전환 기술</li> <li>• 산업체 배출 폐가스(CO<sub>2</sub>, 부생가스)활용 바이오 리파이너리 기술</li> </ul>

### (2) 기관 기술개발 동향

한국화학연구원

- 조류(Algae) 바이오매스로부터 화학제품 원료물질의 효율적 생산기술 개발
- 하폐수처리용 미세조류 선발/배양 최적화와 바이오연료 생산으로의 재활용 기술 개발

한국생산기술연구원

- 국내외 미활용 바이오매스 기반 고효율 저공해 에너지 생산시스템 개발
- 분산발전용 바이오오일 가스터빈 연소 시스템 개발, 바이오매스 보일러 화격자 및 재처리 스크류 장치 열변형 개선

한국에너지기술연구원

- 목질계 바이오매스의 고효율 당화공정 개발을 위한 핵심 요소기술, 바이오 에너지 핵심기술 연구

◎ 바이오매스 기자재부품 관련 선행연구 사례

[ 국내 선행연구(정부/민간) ]

수행기관	연구명(과제명)	연도	주요내용 및 성과
한국화학연구원	조류(Algae) 바이오매스로부터 화학제품 원료물질의 효율적 생산기술 개발	2010 ~ 2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>우수 조류(algae) 종 선발 및 대량생산기술 연구</li> <li>Microalgae 기반 비정제오일 고생산 기술 개발</li> </ul>
한국화학연구원	하폐수처리용 미세조류 선발/배양 최적화와 바이오연료 생산으로의 재활용 기술 개발	2011 ~ 2014	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오매스 내 탄수화물 축적 증진기술 (10% 이상 증진)</li> <li>하폐수처리 시스템 적용시의 배양 문제 발굴</li> <li>선발된 미세조류 seed의 유지 기술</li> </ul>
한국생산기술연구원	국내외 미활용 바이오매스 기반 고효율 저공해 에너지 생산시스템 개발	2017 ~ 2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>고효율에너지기자재 시험기준 만족(고조파함유율)광효율 95lm/W 이상을 만족하도록 방열재료 와 방열시트의 특성 분석 및 기술</li> <li>기구설계 및 방열설계</li> </ul>
한국생산기술연구원	분산발전용 바이오 오일 가스터빈 연소 시스템 개발	2015 ~ 2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>가스터빈 연소기 공연비 제어 및 통합모니터링 프로그램 HMI</li> <li>가스터빈 연소기 제어 흐름 및 특성비교</li> </ul>
한국생산기술연구원	바이오매스 보일러 화격자 및 재처리 스크류 장치 열변형 개선	2017~ 2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensorless BLDC 모터드라이버(ESC: Electric speed controller) 개발</li> <li>고체 바이오매스 연소시스템 화격자 설계개선 재처리 스크류 설계개선 연소상태 개선을 통한 최적운전조건 개발</li> </ul>

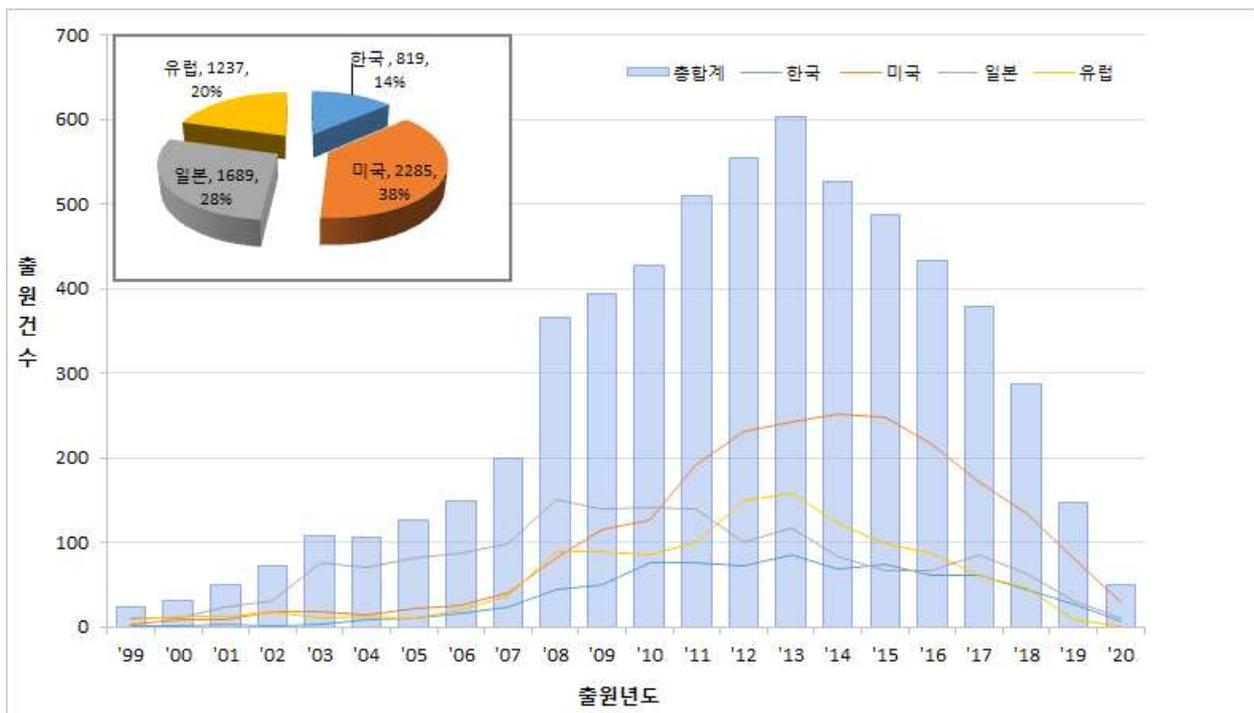
## 4. 특허 동향

### 가. 특허동향 분석

#### (1) 연도별 출원동향

- 바이오매스 기자재부품의 지난 22년(1999년~2020년)간 출원동향<sup>13)</sup>을 살펴보면 1999년대 이후부터 꾸준한 증가추세를 보이고 있으며, 2007년부터 증가하며 미국의 출원동향이 전체 바이오매스 기자재부품 특허출원 동향을 주도
  - 각 국가별로 살펴보면 미국이 가장 활발한 출원활동을 보이고 있으며, 2007년을 기점으로 급격한 출원 성장이 이뤄지고 있으며, 2013년 이후 출원이 감소하고 있는 것으로 조사됨
  - 일본은 2010년 이전까지 활발한 활동을 보이다가 최근 감소하는 상태이며, 유럽은 2012년까지 꾸준히 증가하는 추세를 보이다가 2013년 이후 감소하는 경향을 보임
  - 한국은 2009년도까지 성장세를, 2010~2016년까지 정체기를 보이다가 2017년 감소경향을 보임
- 국가별 출원비중을 살펴보면 미국이 전체의 38%의 출원 비중을 차지하고 있어, 최대 출원국으로 바이오매스 기자재부품을 리드하고 있는 것으로 나타났으며, 일본은 28%, 유럽 20%, 한국 14% 순으로 나타남

[ 바이오매스 기자재부품 연도별 출원동향 ]

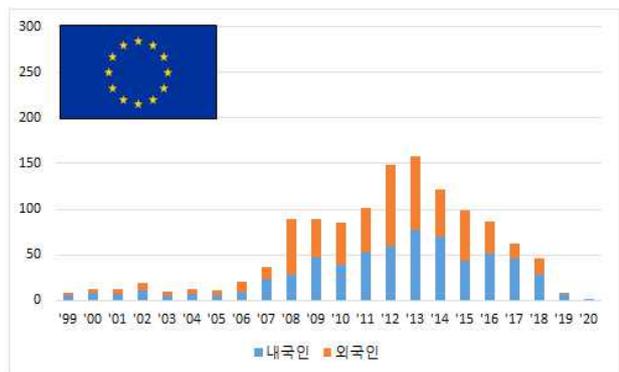
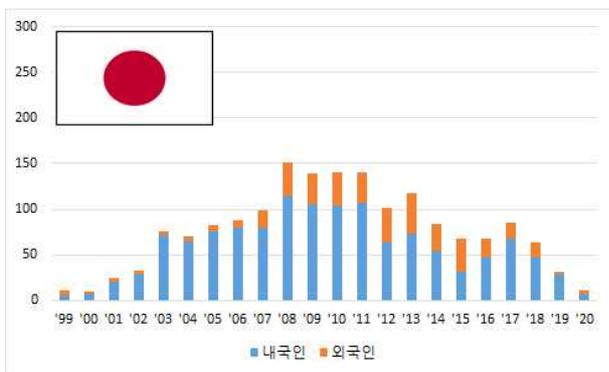
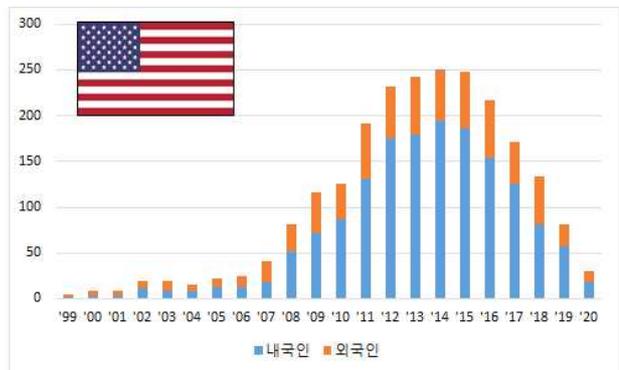
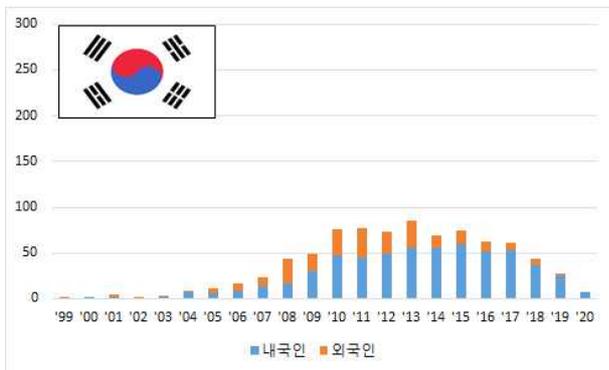


13) 특허출원 후 1년 6개월이 경과하여야 공개되는 특허제도의 특성상 실제 출원이 이루어졌으나 아직 공개되지 않은 미 공개데이터가 존재하여 2019, 2020년 데이터가 적게 나타나는 것에 대하여 유의해야 함

## (2) 국가별 출원현황

- 한국의 출원현황을 살펴보면 2005년도 이후 출원건이 증가하고 있지만 절대적인 출원 수가 미국에 비해 저조한 상황
  - 내국인 위주의 출원이 진행되고 있으며, 미국의 XYLECO INC가 2009년 9건, 2010년 8건, 2011년, 2012년 각 2건의 출원이 진행되었음
- 미국의 출원현황은 2005년 이후에는 급격히 성장하였으나, 2014년 이후 출원이 다소 감소하고 있으며, 내국인의 비중이 우위에 있는 것으로 보임
- 일본의 출원현황은 2000년에 증가한 이후, 2007년 이후 급격히 증가하였으나, 2011년 이후 증감을 반복하여 최근에 감소하는 경향을 보임
- 유럽의 경우는 2005년부터 증가하여, 2013년에 가장 많은 출원동향을 보이며, 약 50% 내외로 외국인 출원 비율을 보이고 있음

[ 국가별 출원현황 ]



(3) 기술 집중도 분석

□ 전략제품에 대한 최근 기술 집중도 분석을 위한 구간별 기술 키워드 분석 진행

- 전체구간(1999년~2020년)에서 열분해 가스, 바이오매스 가스, 바이오에탄올, 제조 장치를 위한 기술 키워드 다수 도출
- 최근구간에 대한 기술 키워드 분석결과, 최근 1구간(2012년~2015년)에는 바이오매스 합성 가스 관련 기술 키워드와 바이오매스 전환 관련한 키워드가 추가로 도출되었으며, 2구간(2016년~2020년)에서는 1구간에서 주요 기술 키워드였던 바이오매스 관련 키워드가 꾸준히 도출된 것으로 나타나 바이오매스 전환을 위한 기술 연구가 꾸준히 진행 되고있는 것으로 분석됨

[ 특히 키워드 변화로 본 기술개발 동향 변화 ]

전체구간(1999년~2020년)



- 바이오매스가스, 열분해 가스, 바이오매스연료, 바이오 디젤 연료, 바이오매스 원료, 합성가스

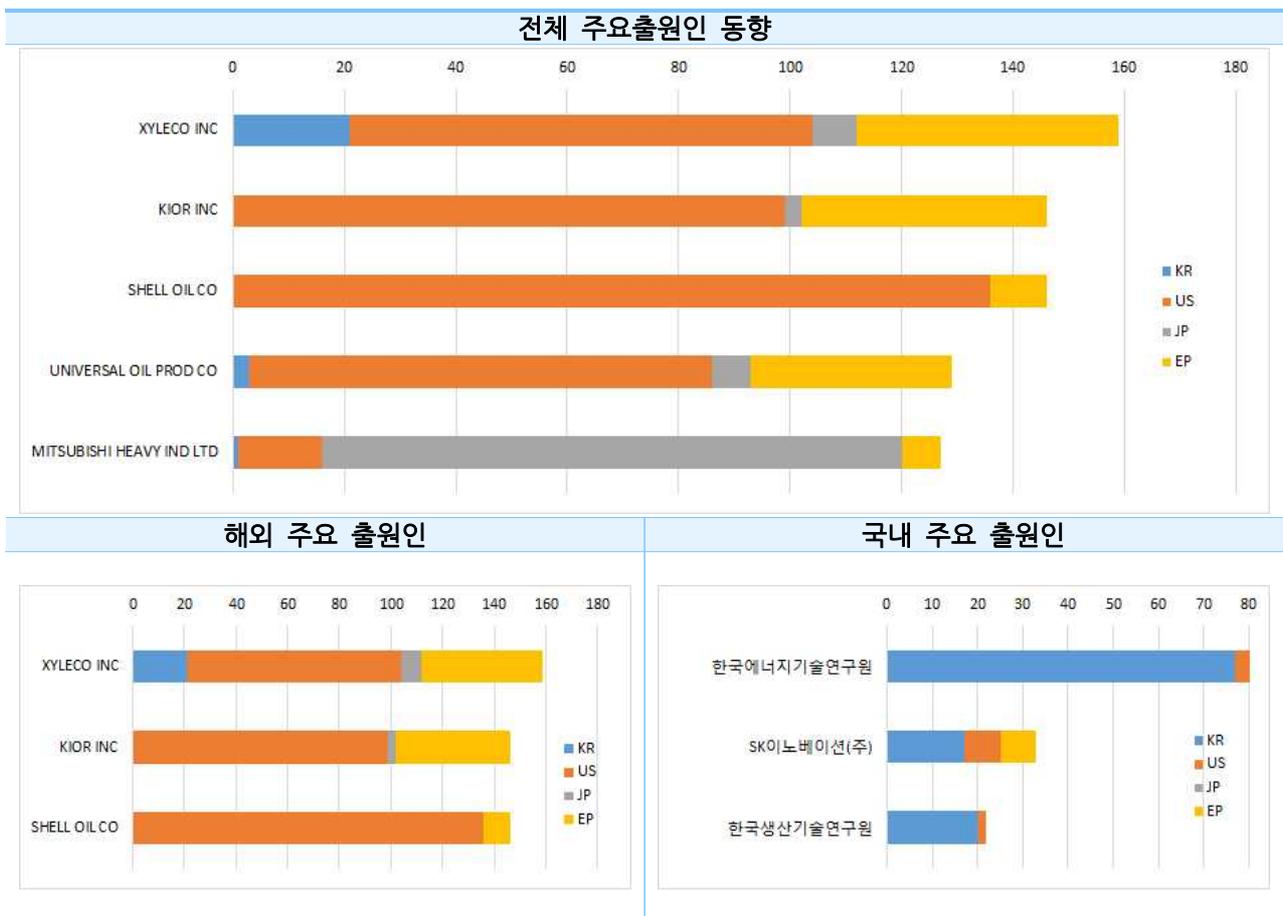
최근구간(2012년~2020년)

1구간(2012년~2015년)	2구간(2016년~2020년)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 바이오연료, 합성가스, Synthesis Gas, Carbon Dioxide, Plant Biomass</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 열분해 가스, Plant Biomass, Animal Biomass, Lignocellulosic Material</li> </ul>

## 나. 주요 출원인 분석

- 바이오매스 기자재부품 전체 주요출원인을 살펴보면, 주로 미국 국적의 출원인이 다수 포함되어 있는 것으로 나타났으나, 제1 출원인으로는 미국의 XYLECO INC가 나타남
  - 주요출원인 중 MITSUBISHI HEAVY IND을 제외하고는 전부 미국 시장을 대상으로 특허 출원에 집중하고 있는 것으로 나타났으며, 특히 SHELL OIL 등의 기업은 미국 시장에 집중하고 있는 것으로 나타남
- 바이오매스 기자재부품 관련 기술로 미국의 바이오매스를 지속적으로 개발해온 회사와 연료관련 전통적인 기업이 출원이 대다수를 차지
  - 미국의 XYLECO INC와 KIOR INC도 주요 출원인으로 도출
  - 국내에서는 주로 공공 연구기관의 위주의 특허 출원이 주를 이루고 있으며, SK이노베이션도 출원을 진행하고 있음

[ 바이오매스 기자재부품 주요출원인 ]



(1) 해외 주요출원인 주요 특허 분석

◎ XYLECO

- XYLECO는 에탄올, 부탄올을 생산하기 위해 셀룰로직, 리그노셀룰로즈 물질과 같은 공급 원료 물질을 사용할 수 있는 시스템 등이 연구 개발됨

[ XYLECO 주요특허 리스트 ]

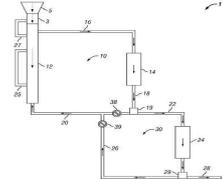
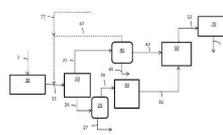
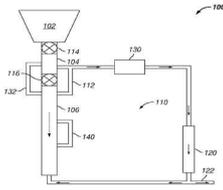
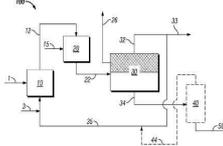
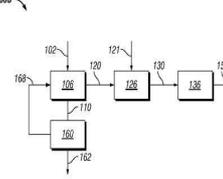
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
US 7931784 (2009.04.03)	Processing biomass and petroleum containing materials	바이오 에탄올 제조방법 및 바이오매스 가스화 기술	
US 8083906 (2010.08.03)	Processing biomass	셀룰로스계 폐원료 처리 방법	
US 8454803 (2011.03.08)	Processing biomass and petroleum containing materials	질량을 가지는 하전 입자에 바이오매스 원료를 노출하는 방법	
US 8709768 (2012.02.13)	Processing biomass	탄수화물 함유 물질 구조 변경 처리 방법	
US 8747624 (2013.06.20)	Processing biomass containing materials	질량을 가지는 하전 입자에 바이오매스 원료를 노출하는 방법	

\* 등록특허 기준, 피인용문헌수 및 패밀리 국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

◎ SHELL OIL

- SHELL OIL은 지지체 및 활성 금속 성분을 포함하는 가수 분해 촉매를 이용한 공정, 하이드로 촉매 반응을 포함하는 시스템 등이 연구 개발됨

[ SHELL OIL 주요특허 리스트 ]

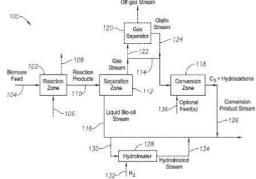
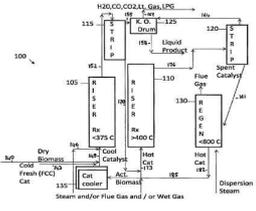
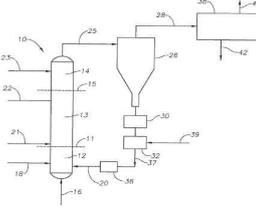
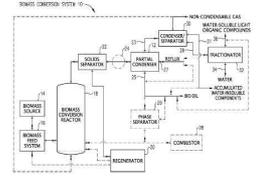
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
US 8729324 (2011.12.20)	Biomass conversion systems having integrated heat management and methods for use thereof	프로세스 제어를 위해 통합 된 열 관리를 사용, 바이오매스 고형물을 처리하는 시스템 및 방법	
US 10167243 (2016.06.28)	Biomass conversion process to hydrocarbons	고체 바이오매스로부터 액체 바이오 연료로서 유용한 고급 탄화수소의 개선 방법	
US 9175227 (2011.12.20)	Systems having digestion units with capability for loading cellulosic biomass under high pressure and associated methods for cellulosic biomass processing	바이오매스 처리방법 / 가스화 방법	
US 8921629 (2012.10.29)	Process to produce biofuels via organic phase thermal hydrocatalytic treatment of biomass	고체 바이오매스로부터 액체 바이오 연료로서 유용한 고급 탄화수소의 개선 방법	
US 9222028 (2011.12.20)	Process to produce biofuels from biomass	운송 연료 및 산업용 화학 물질에 사용하기에 적합한 고급 탄화수소의 추출 제조방법	

\* 등록특허 기준, 피인용 문헌수 및 패밀리국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

◎ KIOR

- KIOR는 바이오매스로 탄화수소 생산 및 올레핀을 합성하는 방법, 제조, 가스화 등이 연구 개발됨

[ KIOR 주요특허 리스트 ]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
US 8604260 (2011.02.22)	Biomass pyrolysis conversion process with high olefin production and upgrade	바이오매스로 탄화수소 생산 및 올레핀을 합성하는 방법	
US 8288600 (2010.11.02)	Methods for co-processing of biomass and petroleum feed	바이오매스 제조 및 가스화 방법	
US 8236173 (2011.03.10)	Biomass pretreatment for fast pyrolysis to liquids	무기 재료 및 바이오매스 재료를 처리하는 전처리 방법	-
US 8057641 (2010.07.19)	Method and apparatus for pyrolysis of a biomass	고체 열 운반체 물질로부터의 빠른 열전달을 이용하는 바이오매스의 효과적인 열분해를 위한 방법	
US 8083900 (2010.08.09)	Removal of water from bio-oil	바이오 오일에서 물을 제거하기 위한 공정과 시스템	

\* 등록특허 기준, 피인용 문헌수 및 패밀리국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

(2) 국내 주요출원인 주요 특허 분석

◎ 한국에너지기술연구원

- 한국에너지기술연구원은 메탄올을 바이오디젤 생산의 전처리 반응의 반응물질로 재활용 방법, 합성가스 정제 및 연소 시스템 등이 연구 개발됨

[ 한국에너지기술연구원 주요특허 리스트 ]

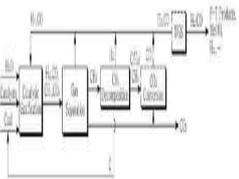
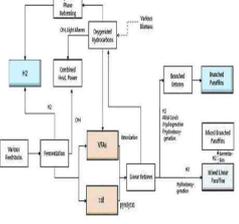
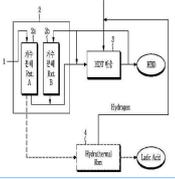
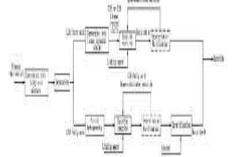
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR 1294926 (2010.12.31)	바이오디젤 생산을 위한 전처리 반응에서 발생한 메탄올과 산 촉매의 혼합용액으로부터 메탄올을 회수하는 방법 및 회수된 메탄올을 재활용하는 방법	메탄올을 바이오디젤 생산의 전처리 반응의 반응물질로 재활용 방법	
US 8852539 (2011.07.07.)	Second stage Fischer-Tropsch reaction system to enhance the conversion of synthetic gas	합성가스 정제 및 연소 시스템	
KR 1381301 (2012.06.27)	수직형 반응기를 갖는 바이오오일 초임계수 개질 반응시스템 및 그 운전방법	합성가스 정제 및 연소 시스템	
KR 1400776 (2012.06.22)	수평형 촉매 고정층 반응시스템을 이용한 바이오오일의 연속 초임계수 개질 운전방법	합성가스 정제 및 연소 시스템	
KR 0569120 (2004.08.05)	바이오메스 정제연료의 저온 촉매가스화 장치 및 가스 제조방법	유기 폐기물, 중질유, 석탄을 정제 혼합물질 등의 유기 화합물 혼합제조 방법	

\* 등록특허 기준, 피인용 문헌수 및 패밀리국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

◎ SK이노베이션

- SK이노베이션은 바이오 디젤을 제조하는 방법, 결합제를 이용하여 에스톨라이드 제조하는 방법, 등과 관련한 특허 다수 출원

[ SK이노베이션 주요특허 리스트 ]

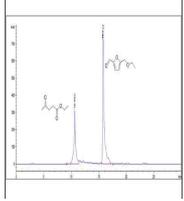
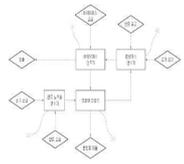
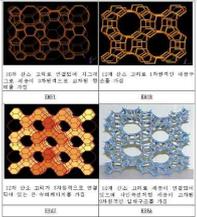
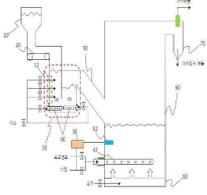
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR 1588052 (2009.03.10)	발효액으로부터 부티르산을 추출하고 부티르산을 바이오연료로 화학적으로 전환하는 방법	바이오 오일 및 부탄올 제조방법	
KR 1570882 (2009.08.04)	메탄의 열분해 및 이산화탄소 전환 반응을 포함하는 탄소 함유 물질의 가스화 방법	저탄소형 연료 전환기술	
KR 1871496 (2010.03.19)	바이오매스를 이용한 수송용 연료 및 윤활기유의 제조방법	분지형 비극성 파라핀 형태의 수송용 연료 및 윤활기유를 제조 방법	
KR 1588057 (2009.07.29)	바이오 디젤의 생산 방법	바이오 디젤 제조 방법	
US 9617499 (2015.10.20)	Method of producing estolide using linking agent	에스톨라이드 제조 방법	

\* 등록특허 기준, 피인용문헌수 및 패밀리 국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

◎ 한국생산기술연구원

□ 한국생산기술연구원은 바이오매스 반탄화 및 가스화 반응기 제작 관련 기술 특허 다수 출원

[ 한국생산기술연구원 주요특허 리스트 ]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR 1247245 (2008.02.26)	해조류를 이용한 바이오연료의 제조 방법	해양원료를 이용한 바이오연료 제조 방법	-
KR 1116392 (2009.08.12)	해조류 유래 갈락탄을 이용한 바이오 연료의 제조방법	해양원료를 이용한 바이오연료 제조 방법	
KR 1287184 (2012.12.17)	연료 농후형 바이오매스 반탄화 장치	반탄화 효율 및 에너지 효율이 향상되는 연료 농후형 바이오매스 반탄화 장치 개발	
KR 0938236 (2007.11.27)	바이오텔 연료의 제조방법	바이오 디젤 제조 방법	
KR 1265760 (2011.04.06)	스파지 파이프가 설치되어 있는 유동층 반응기	가스화 반응기 제작 기술	

\* 등록특허 기준, 피인용 문헌수 및 패밀리국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

## 다. 기술진입장벽 분석

### (1) 기술 집중력 분석

- 바이오매스 기자재 부품관련 기술에 대한 시장관점의 기술독점 현황분석을 위해 집중률 지수(CRn: Concentration Ratio n, 상위 n개사 특허점유율의 합) 분석 진행
  - 상위 4개 기업의 시장점유율이 0.54로 0.5 이상인 것으로 나타나 바이오매스 기자재부품 분야에 있어서 독과점 정도는 높은 수준으로 판단됨
  - 한국국적 출원인 기준 중소기업의 점유율 분석결과 0.36으로 중소기업의 국내시장에 대한 중소기업의 시장진입이 시작되고 있는 것으로 판단됨

[ 주요출원인의 집중력 및 국내시장 중소기업 집중력 분석 ]

주요 출원인 집중력	주요출원인 출원인	출원건수	특허점유율	CRn	n
	XYLECO INC(미국)	159	14.7	0.15	1
	KIOR INC(미국)	146	13.5	0.28	2
	SHELL OIL(영국)	146	13.5	0.42	3
	UNIVERSAL OIL PROD (미국)	129	11.9	<b>0.54</b>	<b>4</b>
	MITSUBISHI HEAVY IND(일본)	127	11.7	0.65	5
	SHELL INT RESEARCH(영국)	100	9.3	0.75	6
	한국에너지기술연구원(한국)	84	7.8	0.82	7
	WUHAN KAIDI ENGINEERING TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE(중국)	78	7.2	0.90	8
	PHILLIPS 66(네덜란드)	60	5.6	0.95	9
	CHEVRON USA(미국)	52	4.8	1.00	10
	<b>전체</b>	<b>6,030</b>	<b>100%</b>	<b>CR4=0.54</b>	
국내시장 중소기업 집중력	출원인 구분	출원건수	특허점유율	CRn	n
	중소기업(개인)	250	35.9	0.36	
	대기업	342	49.1		
	연구기관/대학	104	14.9		
	<b>전체</b>	<b>696</b>	<b>100%</b>	<b>CR중소기업=0.36</b>	

## (2) 특허소송 현황분석

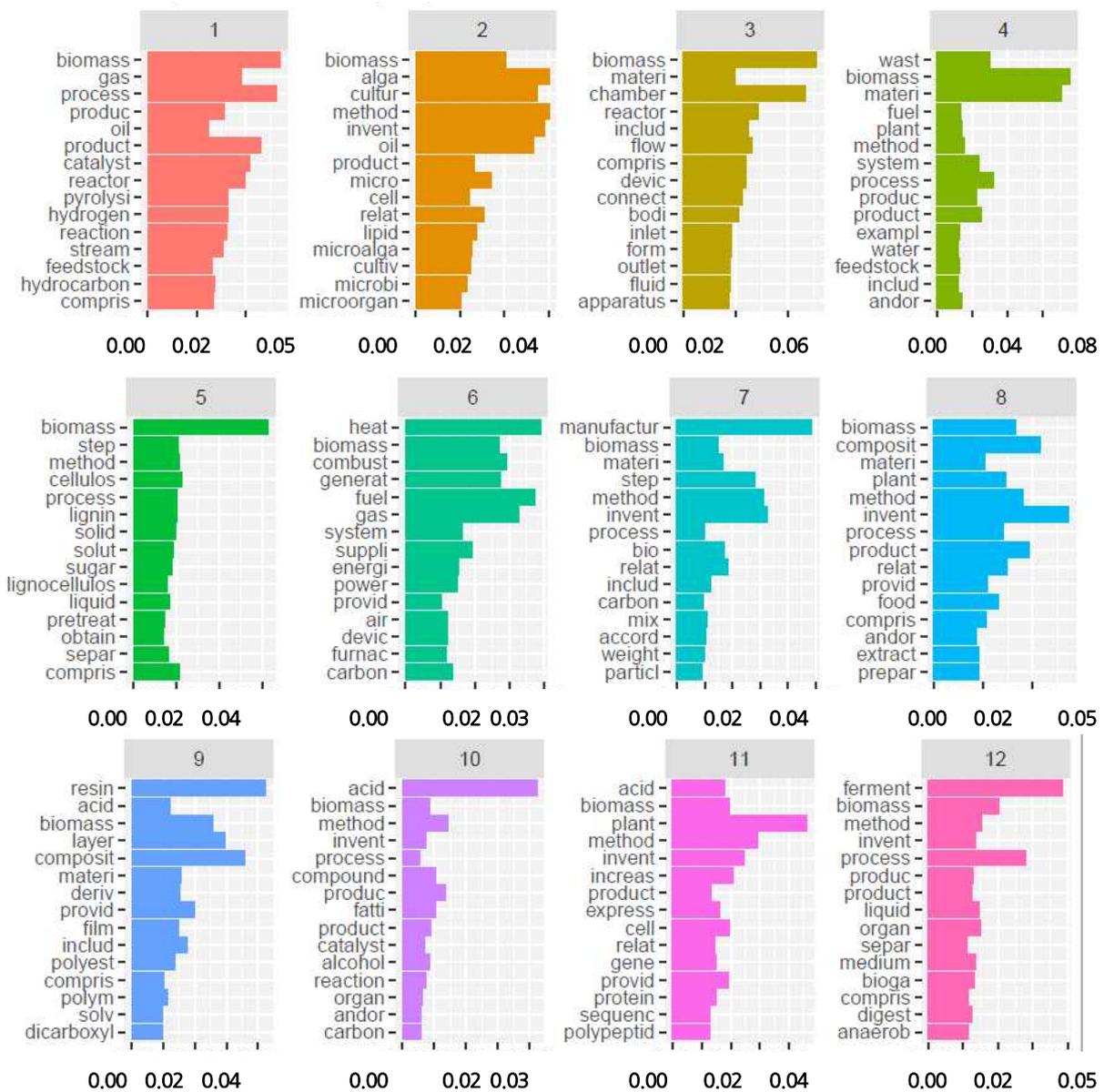
- 바이오매스 기자재부품 관련 특허소송을 이력은 없는 것으로 조사됨

## 5. 요소기술 도출

### 가. 특허 기반 토픽 도출

- 6,030개의 특허에 대해서 빈출단어 351개 단어의 구성 성분이 유사한 것끼리 그룹핑을 시도하여 토픽을 도출
- 유사한 토픽을 묶어 클러스터 12개로 구성

[ 바이오매스 기자재 부품에 대한 토픽 클러스터링 결과 ]



## 나. LDA<sup>14)</sup> 클러스터링 기반 요소기술 도출

[ LDA 클러스터링 기반 요소기술 키워드 도출 ]

No.	상위 5개 키워드	대표적 관련 특허	요소기술 후보
클러스터 01	biomass process product catalyst reactor	<ul style="list-style-type: none"> <li>The gas supply fermentation reactor using perpendicular the yield range, and the system and process</li> <li>Catalyst Electrode Reactor with Combined SOEC and RWGS for Production of Syngas from Biogas Comprising Carbon Dioxide</li> <li>Composition for enhancing the sensitivity of a bioreactor strain that detects oxidative damage substances</li> </ul>	열화학적 가스화 기술의 합성가스 반응기
클러스터 02	biomass alga culture method micro	<ul style="list-style-type: none"> <li>Continuous Flow Type Microalgae Culture Device Used to Purify Sewage and to Produce Biomass</li> <li>Torrefaction unification reactor for manufacturing bio-oil</li> <li>Asymmetric reactor for manufacturing bio-oil</li> </ul>	대량 바이오매스 배양 기술 및 바이오연료 제조기술
클러스터 03	biomass chamber reactor device apparatus	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bubbling bed catalytic hydrolysis process utilizing larger catalyst particles and small biomass particles featuring an anti-slugging reactor</li> <li>System and Method for Renewable Fuel Using Sealed Reaction Chambers</li> <li>Combustion chamber for charcoal stove</li> </ul>	열화학적 가스화기술의 정제 장치
클러스터 04	waste biomass fuel process product	<ul style="list-style-type: none"> <li>Process to produce biofuels from biomass</li> <li>CELLULOSE-BASED BIOMASS JUICING METHOD AND GAS FUEL PREPARATION METHOD</li> <li>Systems for converting ethane and ethanol to liquid transportation fuels</li> </ul>	생물학적 가스화기술의 혐기성 소화설비
클러스터 05	biomass step cellulose lignin solid	<ul style="list-style-type: none"> <li>The recombining cellulose diastatic enzyme cocktail and recombinant yeast mixed bacterial strain and use thereof</li> <li>Method for preparing hydro gel containing bio cellulose</li> <li>Development of optimum pretreatment condition for simultaneous production of bioethanol and levulinic acid from lignocellulosic biomass</li> </ul>	생물학적 가스화기술의 정제 및 대기방지기술
클러스터 06	heat biomass combustion generator step	<ul style="list-style-type: none"> <li>PYROLYTIC GAS GENERATOR</li> <li>BIOFUEL PORTABLE ENGINE GENERATOR</li> <li>Regenerator for syngas cleanup and energy recovery in gasifier systems</li> </ul>	합성가스 이용 발전시스템 및 부품

14) Latent Dirichlet Allocation

클러스터 07	manufacture biomass carbon method weight	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integration of molten carbonate fuel cells with fermentation processes</li> <li>• BIOMASS CONVERSION PROCESS TO HYDROCARBONS</li> <li>• Method for producing liquid hydrocarbon fuels directly from lignocellulosic biomass</li> </ul>	바이오매스를 이용한 탄화수소 연료전환기술
클러스터 08	composition material plant product extract	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systems and apparatus for extracting and delivering nutrients from biomass for plant growth</li> <li>• A-xylosidase enhanced conversion of plant biomass into fermentable sugars</li> <li>• TRANSCRIPTION REGULATORS FOR IMPROVING PLANT PERFORMANCE</li> </ul>	합성가스 타르제거 부품 및 기술
클러스터 09	resin acid composition layer provide	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ENZYMATIC TRANSESTERIFICATION/ESTERIFICATION PROCESSING SYSTEMS AND PROCESSES EMPLOYING LIPASES IMMOBILIZED ON HYDROPHOBIC RESINS</li> <li>• POLYESTER RESIN INCLUDING COMPONENT FROM BIOMASS AND PREPARATION METHOD OF THE SAME</li> <li>• Eco-friendly Copolyester Resin and Process of Preparing Same</li> </ul>	바이오매스 연료 사용 후 활용 기술
클러스터 10	acid method compound fatty reaction	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ENHANCED PRODUCTION OF FATTY ACID DERIVATIVES</li> <li>• TECHNOLOGY FOR CONTROLLING FATTY ACID OF COFFEE POWDER AND BIOMASS COMPRISING THE SAME</li> <li>• Recombinant E. coli producing fatty acid and method for producing biodiesel using the same</li> </ul>	광생 CO <sub>2</sub> 이용을 위한 관련 부품
클러스터 11	plant method increase express hydrogen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• System for producing highly-concentrated hydrogen gas by using sludge ash</li> <li>• REGENERATION OF CATALYST FOR HYDROGENATION OF SUGARS</li> <li>• HYDROGEN RECOVERY METHOD</li> </ul>	바이오 수소 생산 기술
클러스터 12	ferment process liquid separate anaerobe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• METHOD FOR COLLECTING SEED ALGAE FROM MICROALGAE ON LIQUID SURFACE, AND FOR PERFORMING CULTURING IN SEPARATE CULTURE VESSEL, IN METHOD FOR CULTURING MICROALGAE ON LIQUID SURFACE</li> <li>• Continuous system and process for treating a low-water biomass stream with liquefied-gas solvent to separate and recover organic products</li> </ul>	바이오 매스 전력변환 장치

### 다. 특허 분류체계 기반 요소기술 도출

- 바이오매스 기자재부품 관련 특허의 주요 IPC 코드를 기반으로 한 요소기술 후보는 바이오매스 합성가스 제조 및 정제설비와 합성가스 정제 및 고순도화 기술임

[ IPC 분류체계에 기반 한 요소기술 도출 ]

IPC 기술트리		
(서브클래스) 내용	(메인그룹) 내용	요소기술 후보
(C10L) 달리 분류되지 않는 연료; 천연가스; 서브클래스 C10G 또는 C10K에 의하여 분류되지 않는 방법으로 얻어지는 천연 가스; 액체 석유 가스; 연료 또는 화염의 첨가제 사용; 화염 착화제	(C10L-001/00) 액체 탄소질 연료	고효율 열분해장치 에탄올 생상 시스템 바이오매스 합성가스 제조 및 정제설비
	(C10L-005/00) 고체 연료(액체 연료의 고체화에 의하여 생산되는 것	연속 고형 연료 처리장치 연료용 펠릿 제조장치 탈무기질 연료제조장치 타르생성 억제 장치
(C10G) 탄화수소유의 분해 증류; 액체 탄화수소 혼합물의 제조, 예. 분해 수소화, 올리고머화(Oligomerisati on), 중합 반응(분해에 의한 수소 또는 합성 가스의 제조	(C10G-001/00) 유혈암, 유사, 비용융성 고형 탄소질 원료 또는 유사 원료, 예. 목재, 석탄에서 액체 탄화수소 혼합물의 제조	바이오 원유 추출장치 고효율 연료 제조방법 바이오매스 제조시스템
	(C10G-003/00) 산소 함유 유기 원료, 예. 지방유, 지방산에서 액체 탄화수소 혼합물의 제조	고효율 바이오연료 전환방법 바이오 원유 제조방법 합성가스 정제 및 고순도화 기술

## 라. 최종 요소기술 도출

- 산업·시장 분석, 기술(특허)분석, 전문가 의견, 타부처로드맵, 중소기업 기술수요를 바탕으로 로드맵 기획을 위하여 요소기술 도출
- 요소기술을 대상으로 전문가를 통해 기술의 범위, 요소기술 간 중복성 등을 조정·검토하여 최종 요소기술명 확정

[ 바이오매스 기자재부품 분야 요소기술 도출 ]

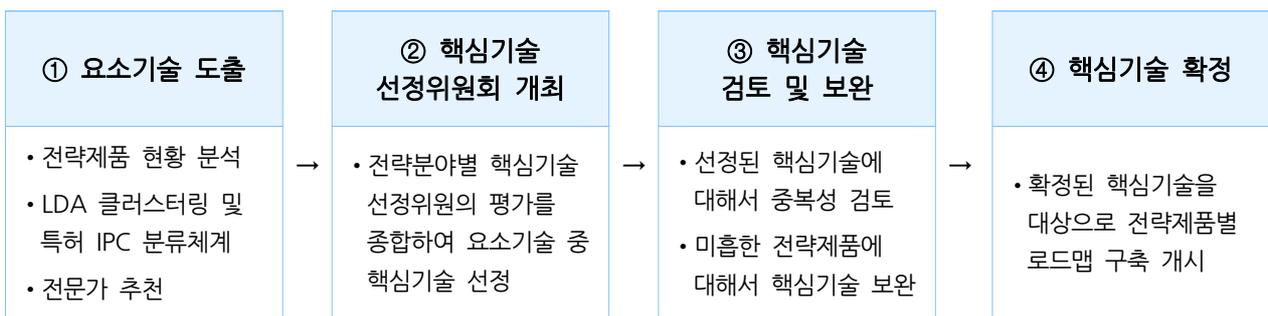
분류	요소기술	출처
제조기술	바이오매스 합성가스 제조 및 정제설비	특허 클러스터링, IPC 기술체계, 전문가추천
	바이오 원유 추출 및 연료 제조기술	특허 클러스터링, 전문가추천
	바이오 수소 제조 기술	특허 클러스터링, 전문가추천
	합성가스 정제 및 고순도화 기술	특허 클러스터링, IPC 기술체계
	바이오 합성가스의 연료유 전환기술	특허 클러스터링, 전문가추천
	바이오매스 연료 사용후 활용 기술	특허 클러스터링, 전문가추천
	바이오 수소 생산 기술	특허 클러스터링, 전문가추천
	광생물 CO <sub>2</sub> 를 이용한 바이오에너지 생산기술	특허 클러스터링, 전문가추천
부품기술	바이오매스 가스용 발전 부품	특허 클러스터링
	바이오매스 고형연료 제조설비 부품	특허 클러스터링
	합성가스 타르제거 부품 및 기술	특허 클러스터링, 전문가추천

## 6. 전략제품 기술로드맵

### 가. 핵심기술 선정 절차

- 특허 분석을 통한 요소기술과 기술수요와 각종 문헌을 기반으로 한 요소기술, 전문가 추천 요소기술을 종합하여 요소기술을 도출한 후, 핵심기술 선정위원회의 평가과정 및 검토/보완을 거쳐 핵심기술 확정
- 핵심기술 선정 지표: 기술개발 시급성, 기술개발 파급성, 기술의 중요성 및 중소기업 적합성
  - 장기로드맵 전략제품의 경우, 기술개발 파급성 지표를 중장기 기술개발 파급성으로 대체

#### [ 핵심기술 선정 프로세스 ]



### 나. 핵심기술 리스트

#### [ 바이오매스 기자재부품 분야 핵심기술 ]

분류	핵심기술	개요
제조기술	바이오매스 합성가스 제조 및 정제설비	• 바이오매스의 고온 열분해 및 부분 산화반응에 의해 합성가스를 제조하고 미세분진, 타르 등 유해물질 제거, CO <sub>2</sub> 를 분리·정제하여 합성가스의 순도를 높이는 기술
	바이오 원유 추출 및 연료 제조기술	• 바이오매스를 고온에서 열분해하여 보일러 연료 등으로 사용이 가능한 바이오 원유 등 액체 연료로 제조하는 기술
	바이오 수소 제조기술	• 바이오매스 기원의 메탄 리포밍 반응 (methane reforming) 및 수성가스 전이반응 (water gas shift)에 의해 수소를 제조하는 기술
부품기술	바이오매스 가스용 발전 부품	• 합성가스를 연료로 사용하여 가스터빈, 가스엔진 등을 이용하여 전력을 생산하는 발전시스템 및 부품기술
	바이오매스 고형연료 제조설비 부품	• 바이오매스 및 바이오매스 잔재물을 탄화(torrefaction) 또는 성형하여 연료용 코크 및 펠릿 등으로 제조하는 설비의 부품기술

## 다. 중소기업 기술개발 전략

- 국내 중소제조업의 바이오매스 기자재부품을 위한 로드맵 수정과 마스터플랜의 재정립
- 바이오매스 기자재부품 기술에 대한 인식제고와 방향성 정립
- 중소기업에서는 바이오매스 기자재부품 기술에 대한 이해와 의사결정이 쉽지 않음으로 정부의 기술로드맵을 충실히 이행함으로써 리스크를 줄이며 효과적인 바이오 에너지 관련 기술 개발을 진행해야 함

## 라. 기술개발 로드맵

### (1) 중기 기술개발 로드맵

[ 바이오매스 기자재부품 기술개발 로드맵 ]

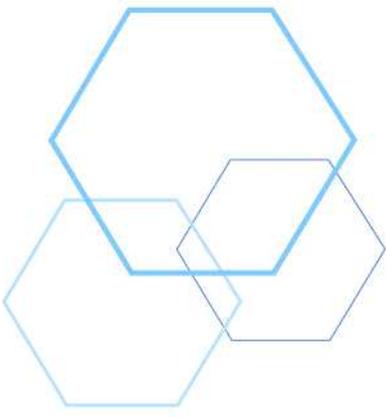
바이오매스 기자재부품	바이오매스 기자재부품을 위한 기술개발 확보			
	2021년	2022년	2023년	최종 목표
바이오매스 합성가스 제조 및 정제설비				수출형 패키지 고효율 합성가스 및 정제기술개발
바이오 원유 추출 및 연료 제조기술				고열량 바이오 원유 생산기술 (> 40 MJ/kg)
바이오 수소 제조 기술				비용 효과적인 바이오 수소 제조 기술개발
바이오매스 가스용 발전 부품				분산형 가스 발전기 및 부품기술
바이오매스 고형연료 제조설비 부품				고품위 빈탄화 연료 제조 설비 기술

## (2) 기술개발 목표

- 최종 중소기업 기술로드맵은 기술/시장 니즈, 연차별 개발계획, 최종목표 등을 제시함으로써 중소기업의 기술개발 방향성을 제시

[ 바이오매스 기자재부품 분야 핵심요소기술 연구목표 ]

분류	핵심기술	기술요구사항	연차별 개발목표			최종목표	연계R&D 유형
			1차년도	2차년도	3차년도		
제조 기술	바이오매스 합성가스 제조 및 정제설비	중소규모 분산형 고효율 합성가스화 반응 및 정제기술	합성 가스화 반응기 기술	가스화 효율 및 성능개선	유해물질 정제 및 고순도화 기술	수출형 패키지 고효율 합성가스 및 정제기술개발	기술혁신
	바이오 원유 추출 및 연료 제조기술	산업용 연료로 사용 가능한 바이오 원유 제조 기술	전환 촉매 및 반응기 핵심기술	연료 수율 개선 및 고품질화 기술	고열량 바이오 원유 생산기술	고열량 바이오 원유 생산기술 (> 40 MJ/kg)	기술혁신
	바이오 수소 제조 기술	비용 저렴한 바이오 수소 제조 기술	바이오 수소 제조 및 추출 핵심기술 개발	공정효율 제고 및 기술성능 개선	대형화 설계인자 도출	비용 효과적인 바이오 수소 제조 기술개발	기술혁신
부품 기술	바이오매스 가스용 발전 부품	바이오매스 가스 발전기 및 발전 시스템 부품기술	가스 발전기 핵심부품 및 소재 개발	소재 성능 개선 및 기술 고도화	장기운전 안전성 확보	분산형 가스 발전기 및 부품기술	상용화
	바이오매스 고형연료 제조설비 부품	고열량 빈탄화 연료 제조설비 부품기술	빈탄화 설비 핵심요소 기술개발	공정 폐열 회수 및 활용 기술	연속운전 및 대형화 설계	고품위 빈탄화 연료 제조 설비 기술	창업성장



전략제품 현황분석

# 폐기물 고품연료화





# 폐기물 고형연료화

## 정의 및 범위

- 폐기물 고형연료는 가연성폐기물을 사용하여 제조된 고체형태의 연료로 생활폐기물, 폐합성수지류, 폐합성성유류 등으로 제조된 일반 고형연료(SRF)와 폐지, 폐목재, 식물성 잔재물 등 바이오매스 폐기물로 제조된 바이오 고형연료(Sio-SRF), 유기성오니를 가공하여 제조된 고형연료로 구분

## 전략 제품 관련 동향

시장 현황 및 전망	제품 산업 특징
<ul style="list-style-type: none"> <li>(세계) 폐기물 고형연료 세계 시장 규모는 2018년 20억 달러에서 2024 약 24억 달러로 전망</li> <li>(국내) 고형연료 시장은 2018년 2,695억 원에서 2024년 5,490억 원 규모로 성장할 것으로 전망</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>정부 정책과 규제에 의해 시장 수요가 크게 영향을 받으며, 폐기물 특성상 사회적 수용성 확보 중요 확대</li> <li>전체 플랜트 시공 및 운영은 대기업 중심이나 단위 요소기술은 중소 전문 제작업체 다수가 사업 영위 필요</li> </ul>
정책 동향	기술 동향
<ul style="list-style-type: none"> <li>폐기물 재활용 극대화, 매립 제로화 실현 기반으로 재활용 불가한 가연성 폐기물의 에너지화 추진 중</li> <li>「자원순환기본법(‘18.1)」시행으로 미활용 폐비닐 및 폐플라스틱은 단순 소각이나 매립을 금지하고 재활용에너지로 적극 회수 정책</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>미생물 및 자연에너지 이용한 폐기물 건조기술, 고효율 건조 공정 등 친환경적 건조공정 개발</li> <li>고형연료의 가스화로 합성가스 제조, 수소 추출 등 청정에너지 및 고부가가치 화학원료 제조 기술 개발</li> </ul>
핵심 플레이어	핵심기술
<ul style="list-style-type: none"> <li>(해외) Covanta, Geminor, Powerday, Veolia, HTCycle, Torr-Coal Technology, AVA-CO2, Machinex Equipment</li> <li>(대기업) 두산중공업, 포스코에너지</li> <li>(중소기업) 진에너지, 태양건설, 수도권매립지관리공사</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>지능형 폐기물 분리선별 자동화 시스템</li> <li>생물학적공정 및 자연에너지 이용한 폐기물 건조기술</li> <li>고효율 탈수/건조용 하이브리드 및 복합 신기술</li> <li>고품위 바이오 고형연료 제조 및 혼소 이용기술</li> <li>저등급 폐기물의 고형 연료화 및 에너지 이용기술</li> <li>도시 폐기물 고형연료의 최적 연소 이용 및 배가스 처리기술</li> </ul>

## 중소기업 기술개발 전략

- 고품수 유기성 폐기물의 탈수 및 건조공정에 저에너지 소비형 신기술 적용으로 고형연료 에너지 생산성의 극대화 필요
- 고형연료 제조용 원료가 풍부한 신남방 국가로 수출 산업화 및 시장 확대용 기술 확보
- 기존 화석연료와 혼소 가능한 품질의 고형연료 제조 및 혼소 기술개발
- 장시간 사용이 가능한 고성능의 폐기물 분리선별 설비 및 시스템 기술 필요

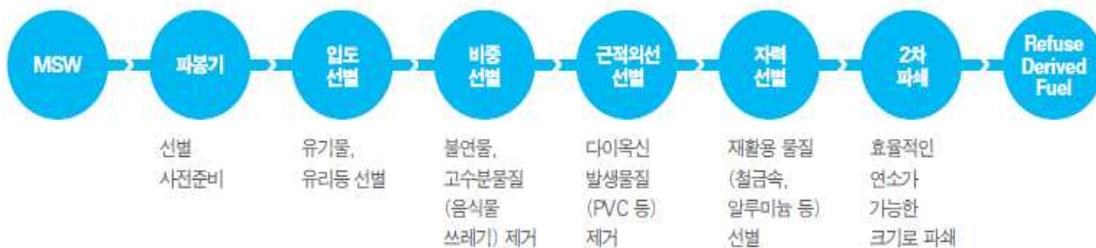
# 1. 개요

## 가. 정의 및 필요성

### (1) 정의

- 폐기물 고형연료는 가연성 폐기물을 사용하여 제조된 고체 형태의 연료로 발열량, 모양 및 크기, 구성 성분 등이 품질기준에 적합한 제품
  - 일반 고형연료(SRF: Solid Refuse Fuel) : 생활폐기물(음식폐기물 제외), 폐합성수지류 (자동차 파쇄잔재물 제외), 폐섬유류, 폐고무류, 폐타이어 등 가연성 폐기물을 이용하여 제조된 고형연료로 발열량 3,500kcal/kg 이상인 제품
  - 바이오 고형연료(Bio-SRF: Biomass-Solid Refuse Fuel) : 폐지류, 왕겨와 쌀겨 등 농업폐기물, 폐목재류, 식물성잔재물, 초분류폐기물 등 바이오매스 폐기물로 제조된 고형연료로 바이오매스 함량이 95% 이상이고 발열량 3,000kcal/kg 이상인 제품
  - 기타 : 공공하수처리시설, 분뇨처리시설 또는 가축분뇨 처리시설에서 발생한 유기성 오니를 가공하여 제조되어 화력발전소 또는 열병합발전소에 사용되는 연료로 발열량 3,000kcal/kg 이상인 제품
- 폐기물 고형연료화는 폐기물 분리, 건조, 파쇄, 성형 등 다양한 설비와 기술 이용
  - 폐기물 전처리 시스템에서 파쇄 및 분쇄, 이물질과 불연성 물질의 분리, 건조, 성형화 등 여러 단계의 공정과 설비를 이용하여 고형연료로서의 품질과 등급 기준에 적합하게 제조
  - 폐기물로부터 이물질과 불연성 성분을 분리·제거하고 건조하여 고체 형태로 제조함으로써 에너지 밀도가 높고 저장 및 수송이 용이하고 연소성이 크게 향상됨

[ 폐기물 고형연료 제조 공정 ]

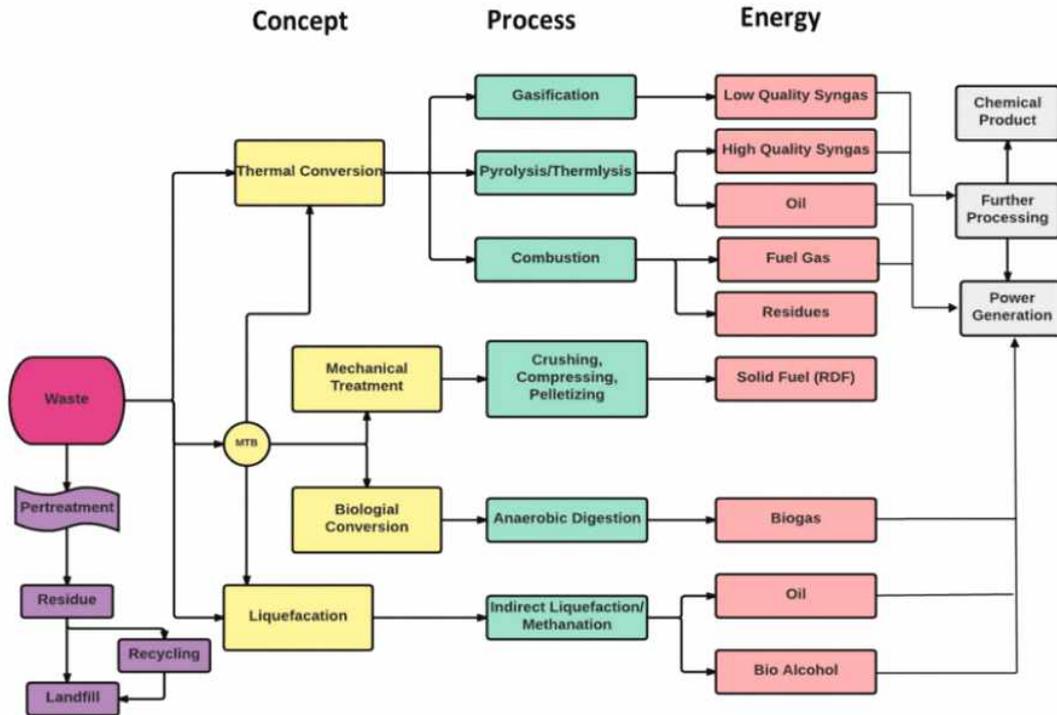


\* 출처 : 한국폐기물협회 자료 가공

- 폐기물 고형연료는 제조공정이 비교적 간단하고 석탄과 연료 특성이 유사하여 기존 화석연료 대체하여 사용이 가능하므로 시장 보급률이 높은 연료
  - 폐기물 고형연료는 물리적 처리 또는 일반적인 가공에 의해 제조되므로 제조공정이 간단하고 석탄 등 기존 화석연료의 대체 또는 혼소 가능하여 연료 전환이 용이
  - 소각로의 폐기물 에너지 회수는 효율이 낮고 대기오염 공해문제가 있으며, 폐기물 가스화 및 열분해는 고온의 화학반응 공정이 포함되어 있어 기술수준이 높고 투자가 큼

- 고형연료를 가스화하여 합성가스 및 수소 제조 또는 화학공장의 화학원료로 사용하려는 청정연료화 및 고부가가치화 제품 제조에 관심 증가 추세

[ 폐기물 에너지에서 폐기물 고형연료의 위치 ]



\* 출처: Pyrolysis : A Sustainable way to generate energy from waste, INTECH

## (2) 필요성

- 정부의 폐기물에너지 자원화 정책에 의해 고형연료 시장 수요 증가
  - 정부는 현재와 같은 대량 생산소비 및 폐기형 경제사회 구조로는 지속성장의 한계를 인식하고, 「자원순환기본법」(’16년 5월 29일 공포, ’18년부터 시행)에 의해 재활용 극대화 및 매립 제로화 실현기반 마련
  - 폐비닐 및 폐플라스틱 등의 폐기물은 물질 재활용이 최선의 방법이나 코로나 발생 이후 포장재 등 폐기물 발생량의 급증, 국내 재활용 및 해외 수출량 급감. 재활용산업의 수익성 악화로 적체 및 불법 폐기물량이 증가로 에너지 자원으로 재활용 추진<sup>15)</sup>
    - 적체 폐비닐 : 3만 700톤(2020.1) → 3만 9,200톤(2020.5)
    - 불법 폐기물 : 120만 톤 추정
  - 폐기물 고형연료는 연료의 수송성, 저장성, 연소 안정성이 우수하여 소각로에서 폐기물 처분 및 폐열 활용 시 저효율과 대기오염물질 배출량 등 여러 문제점을 해소할 수 있음
- 지속가능 발전전략의 수단으로 폐기물 고형연료화에 의한 에너지 공급
  - 우리나라는 에너지·자원 소비량의 90% 이상을 수입에 의존함. 에너지·자원 가격 상승 및 수급 불균형 등 세계 시장 변화에 매우 취약하므로 국내가용 자원의 최대한 활용 필요
  - 국내 발생 폐기물중 매립되거나 단순 소각으로 처리되는 폐기물 중에서 에너지 회수가 가능한 폐기물이 56%나 포함되어 있어 자원낭비 문제 심각
- 포장재 폐기물 발생량이 급증하고 있으나 재활용산업의 수익성 악화로 적체 또는 불법 폐기되는 폐기물이 크게 증가하고 있음
  - 배달 문화 확대, 최근 코로나 발생이후 비대면 소비에 의한 포장재 등 폐비닐류의 발생량 급증, 국내 폐기물 재활용 및 해외 수출량 급감으로 재활용 산업의 수익성이 악화되어 적체 및 불법폐기물 발생량이 크게 증가

### [ 국내 폐기물 발생량 및 적체 폐기물 현황 ]



\* 출처: 자원순환 실천 플랫폼, 홈페이지 (2020.10)

15) 환경부 보도자료, 불법폐기물 40% 이상 연내 처리 추진, 2019.02.21

## 나. 범위 및 분류

### (1) 가치사슬

- 고형연료를 사용하여 전력생산 등 에너지 전환하는 유틸리티 및 플랜트 산업이 전방산업분류
  - 전방산업은 폐기물 고형연료를 이용하여 전력 또는 열에너지를 생산하여 공급하는 유틸리티 산업계, 유틸리티 생산 설비를 설계 및 시공하는 엔지니어링과 플랜트 산업이 포함
  - 최근 폐플라스틱 고형연료를 가스화하여 합성가스 또는 수소로 제조하여 청정에너지 또는 화학공장의 원료 제조에 관심이 증가하고 있는 화학 산업도 전방산업으로 분류 가능
  - 고형연료 제조공정은 폐기물 특성상 진동 및 분쇄설비가 많고 먼지 등 대기오염물질 배출량이 많아 고강도 금속제품, 오염물질 제어용 약품, 기능성 소재 등이 후방산업에 포함

[ 폐기물 가스화를 통한 연료 회수 분야 산업구조 ]

후방산업	폐기물 고형연료화 분야	전방산업
모터, 광학 센서, 중화제 및 흡수제용 약품과 소재, 백필터 부직포, 분사 노즐 및 충전재, 보온자재, 계측기, 환경 분석기기, 모니터링 센서	폐기물 파쇄기 및 분쇄기, 분리 및 선별기, 건조기, 성형기, 연소로 및 보일러, 안전 및 분석장비 시스템, 모니터링 시스템, 자동화 설비	열병합 발전소, 화력발전소, 시멘트산업, 지역에너지공급업, 플랜트 산업

### (2) 용도별 분류

- 폐기물 고형연료는 석탄 등 기존 화석연료의 대체 또는 혼합하여 전력 또는 증기 및 온수 생산용 연료로 직접 사용. 열병합발전소, 화력발전소, 지역에너지 산업 등 유틸리티 업계에서는 보일러 연료로 사용하여 열 또는 전력을 생산하여 자체 소비 또는 외부에 판매
  - 바이오매스 연료를 사용하여 생산한 전력은 신재생에너지로 인정되므로 대형 발전사업자의 신재생에너지 공급 의무이행 (RPS) 목적으로 Bio-SRF를 발전소 연료로 이용. 최근 폐플라스틱 고형연료를 가스화하여 합성가스 또는 수소로 제조하여 청정연료화 또는 화학 공정의 원료 등으로 활용하려는 고부가가치화 기술에 대한 관심이 높아지고 있음

[ 용도별 분류 ]

용도	세부 내용
열병합 발전소	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 보일러 연료로 사용, 증기를 생산하여 열 공급 또는 증기 터빈에 의한 발전</li> <li>• Bio-SRF 연료 사용에 의한 신재생에너지 전력 생산으로 RPS 대응</li> </ul>
화력발전소	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 보일러 연료로 사용, 증기를 생산하여 열 공급 또는 증기 터빈에 의한 발전</li> <li>• Bio-SRF 연료 사용에 의한 신재생에너지 전력 생산으로 RPS 대응</li> </ul>
시멘트산업	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시멘트 소성로 연료로 사용</li> <li>• 연료비 감소로 산업 경쟁력 제고</li> </ul>
화학산업	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 폐플라스틱 고형연료의 가스화로 청정에너지 생산 및 화학 원료 사용</li> <li>• 기존 납사, LPG 등 화석연료 사용하던 공정을 대체함으로써 산업 경쟁력 제고</li> </ul>
플랜트 산업	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 폐기물 고형연료화 플랜트 장치 설계, 구매 및 시공 등 플랜트 엔지니어링 산업</li> <li>• 국내 우수한 플랜트기술 활용하여 플랜트 수출 산업화</li> </ul>

◎기술별 분류

- 폐기물 고형연료화는 폐기물을 물리적 또는 기계적 조작에 의해 에너지 밀도를 높이고 연소성을 향상시켜 연료 품질기준에 적합하게 가공하는 기술과 설비 포함
  - 폐기물에 포함된 이물질과 불연물질을 효율적으로 분리하는 기술로 풍력 선별기, 자력 선별기, 정전기적선별기, 진동력(Trommel) 선별기, 발리스틱 선별기, 적외선 분리기 등
  - 수분을 제거하여 에너지 밀도를 높이는 기술로 열풍 공급기, 로타리 드럼 건조기, 유동층 건조기, 미생물 발효 건조기 등
  - 이물질 분리 및 후속 처리 공정을 용이하게 하는 파쇄 및 분쇄기술로 전단파쇄기, 충격파쇄기, 압축파쇄기, 조합파쇄기, 분쇄기 등
  - 일정 형태의 고형연료로 성형하는 기술로 Ring-dies, Flat-dies, Extruder 등
  - 약취 및 분진 발생을 억제하는 환경설비로 소각, 열분해, 흡착, 세정기, 바이오 필터 등 탈취기술과 원심분리기, 백필터, 세정기 등 탈진기술 등
  - 화재 및 안전 시스템으로 환기장치, 소화장치, 모니터링 시스템 등

[ 폐기물 고형연료화 기술 분류 ]

파쇄기	트롬멜 분리기	벨트 컨베이어	로타리 건조기	스쿠류 성형기	링다이 성형기
					

\* 출처 : 한국폐기물협회 자료 가공

- 폐기물 고형연료를 사용하여 에너지를 생산하는 설비에는 연소 효율이 높은 유동층 기술이 주도적으로 적용되고 있음

[ 폐기물 고형연료의 이용기술 분류 ]

대분야	중분야		세부 제품
폐기물 고형연료	고형연료 이용	연소기술	• 스토커 연소로, 유동층 연소로, 순환유동층 연소로, 로타리킬른 연소로,
		전용 및 혼소시설	• 시멘트 소성로, 열병합발전시설, 지역난방시설, 화력발전시설, 산업용 보일러,
		기타 이용시설	• 가스화 이용시설, 제철소 환원로

- 폐기물 고형연료는 일반 가연성 폐기물로부터 생산되는 SRF(Solid Refuse Fuel)와 폐지류, 농업폐기물, 폐목재류, 식물성 잔재물, 초본류 폐기물로부터 생산되는 Bio-SRF (Biomass Solid Refuse Fuel)로 분류

[ 폐기물 고형연료의 제품 분류 ]

구분	단위	SRF				Bio-SRF			
		성형		비성형		성형		비성형	
모양 및 크기	mm	직경	50 이하	직경	50 이하	직경	50 이하	직경	120 이하
		길이	100 이하	길이	50 이하	길이	100 이하	길이	120 이하
수 분	wt. %	10 이하		25 이하		10 이하		25 이하	
저위발열량	kcal/kg	수입 3,650 이상				수입 3,150 이상			
		제조 3,500 이상				제조 3,000 이상			
회 분	wt. %	20 이하				15 이하			
염 소	wt. %	2.0 이하				0.5 이하			
황 분	wt. %	0.6 이하 (타이어 2.0 이하)				0.6 이하			
바이오매스	wt. %	-				95 이상			
금속 성분	수 은	1.0 이하				0.6 이하			
	카드뮴	5.0 이하				5.0 이하			
	납	150 이하				100 이하			
	비 소	13.0 이하				5.0 이하			
	크 롬	-				70.0 이하			

\* 출처: 자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률 시행규칙 [별표7] 고형연료제품의 품질기준

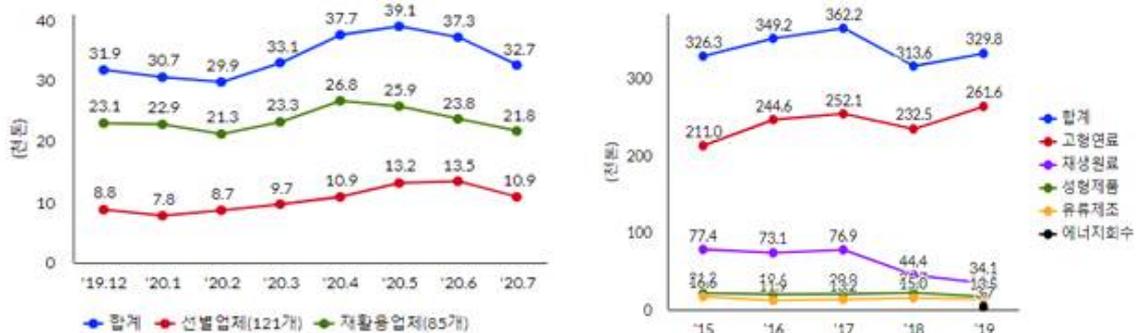
## 2. 산업 및 시장 분석

### 가. 산업 분석

#### ◎ 적체 폐기물의 에너지 자원화 시장

- 폐비닐의 대부분은 고형연료로 재활용되어 왔음. 폐비닐 적체량은 2020년 5월 3만 9천 톤까지 크게 증가 후 일부 감소세. 유가 하락 및 코로나19 경기 침체로 고형연료 사용시설 및 수요산업의 가동률 단축으로 향후 고형연료 수요 감소 가능성 있음

[ 폐비닐류 발생량 및 재활용 용도별 사용량 ]



\* 출처: 환경부 보도자료 (2020.9.11.)

#### ◎ 환경안정성 강화 및 고품질화 유도

- 환경안정성 강화 및 폐자원 에너지화 효율성 제고를 위해 고형연료 관리제도 강화
  - 고형연료제품(SRF)의 사용을 과도하게 장려한 결과 환경 안정성에 대한 우려 및 주민 수용성 저해 문제 발생하여 관리제도의 개선 추진
  - 환경 위해 우려가 큰 소규모 시설 억제를 위해 보일러 시설의 최소 사용량 기준 상향 조정
  - SRF 보관기준 구체화, 운반기준 신설, 사용시설의 약취검사 추가, 대기배출 허용기준 강화 등 환경위해요소 관리 강화, 고형연료제품 품질 등급제 및 분류체계 개편하여 고품질화 유도 등
- 고형연료제품 품질 등급제 시행
  - 현 관리체계에서는 고형연료제품의 품질 향상 기대가 어렵고 최저 품질기준만을 만족하는 저품질 제품의 시장 유통으로 SRF에 대한 불신과 민원 증가
  - 고형연료제품 품질등급제 시행(2020.5.27)으로 최저 품질기준 관리체계에 품질등급을 추가함으로써, 사용자가 원하는 등급의 제품을 선택할 수 있게 하고, SRF 품질 향상과 기술개발을 유도하여 대기오염물질 함량은 낮추고 폐자원에너지 회수량은 증가 효과
  - 전분기 고형연료 사용량 중 최우수 등급을 70% 이상 사용 또는 최우수 등급과 우수 등급을 90% 이상 사용하는 시설에 대해서는 해당 분기 품질 확인검사 면제

[ 고품연료 품질등급제 판정기준 ]

구분	단위	SRF			BiO-SRF			
		3점	2점	1점	3점	2점	1점	
품질 항목	(저위)발열량 (수입제품)	Kcal/kg	≥ 6,000 (≥6,150)	≥5,000 (≥5,150)	≥3,500 (≥3,650)	≥3,600 (≥3,750)	≥3,300 (≥3,450)	≥3,000 (≥3,150)
	수은	mg/kg	≤0.2	≤0.5	≤1	≤0.1	≤0.3	≤0.6
	염소	wt. %	≤0.5	≤1	≤2	≤0.1	≤0.3	≤0.5
	황분 (페타이어만으로 제조한 경우)	wt. %	≤0.2 (≤1.6)	≤0.4 (≤1.8)	≤0.6 (≤2.0)	≤0.05	≤0.1	≤0.6
판정기준		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 최우수 : 4개 품질항목의 평가점수 합이 10점 이상</li> <li>• 우수 : 4개 품질항목의 평가점수 합이 8점 이상 10점 미만</li> <li>• 우수 : 4개 품질항목의 평가점수 합이 4점 이상 8점 미만</li> </ul>						

\* 출처 : 한국환경공단 폐자원에너지 종합홍보관리시스템, 고품연료제품 품질등급제 홍보 리플렛 (2020.06.01)

◎ 정책적 지원 강화

- 「자원순환기본법(2018.1)」시행으로 미활용 폐비닐 및 폐플라스틱은 단순 소각이나 매립을 금지하고 재활용에너지로 적극 회수 정책
  - 근본적으로 폐기물처리의 우선순위 (감량 > 재사용 > 재활용 > 에너지회수)를 고려하여 물질 재활용을 우선적으로 추진하고 이후 에너지 회수 추진
  - 폐기물을 재활용하지 않고 단순 소각 또는 매립하는 경우, 재활용 비용에 버금가는 폐기물 처분 부담금 부과. 미활용 폐비닐 및 폐플라스틱과 같은 가용성 폐기물은 매립이나 소각을 방지하고 에너지 전환을 극대화하여 유용한 자원으로 활용
- (EU) 재활용 불가한 폐기물의 국가 간 이동은 폐기물 에너지 최적화에 도움이 될 수 있음을 인식하고 회원국 간 폐기물 수출 허용
  - 스웨덴, 덴마크, 네덜란드, 오스트리아, 핀란드, 벨기에 등은 폐기물 에너지화 설비 용량이 충분하지만, EU의 남부 및 동부지역은 매립에 크게 의존하고 있음. 특히 기후 관점에서 생분해성 폐기물의 매립을 줄여 메탄 발생 억제가 중요
  - 회원국 간 폐기물 수출은 폐기물 재활용률 제고 달성의 인프라 장벽을 해소하는 데 중요. 다만 폐기물 이동의 환경 영향이 전반적인 이익을 상쇄하지 않도록 수명주기 분석 수행
  - 유럽표준화위원회(CEN: European Committee for Standardization)는 산업폐기물과 도시폐기물의 바이오 성분도 바이오매스로 인정함으로써 SRF 시장 개척을 지원하고, ISO와 협력하여 ISO/TC 300 Solid Recovered Fuels 위원회 발족하여 재활용 지수 정의 및 측정방법 등 관련 세부규정 개발 중<sup>16)</sup>

16) CEN/TC 343 Business Plan : Solid Recovered Fuels, 2018.05

- (중국) 정부의 신재생에너지 산업 육성 강화 정책에 의해 도시 고형폐기물과 다양한 농업폐기물을 이용한 대규모 발전사업 수행<sup>17)</sup>
  - 중국 고형연료 발전 기업들은 정부 지원금 부족과 프로젝트 실패 다수로 자금 조달의 어려움이 있었으나 2020년부터 다양한 지원 정책 발표로 자금 부족 문제는 해결 전망
  - 바이오매스 설비용량은 2019년 473만 kW 증가하여 2,254만 kW로 도시폐기물 연료 53%, 산림 바이오매스 연료 43%로 고형연료 설비용량이 96%를 차지. 바이오매스 발전량은 1,119억 kWh로 2018년 대비 22.6% 증가
  - 주요 기업 50% 이상이 도심 인구 많은 산둥, 광둥, 저장, 장쑤, 안후이 지역에 집중되어 있으며, 산림 바이오매스 발전 비중은 산동성, 폐기물 발전은 광둥성이 선두
  
- (일본) 5차 「에너지기본계획」(2018년)에서 바이오매스 전원 비중을 3.7~4.6% 수준으로 책정<sup>18)</sup>
  - 후쿠시마 사태 이후 원전 대체발전 개발을 위해 신재생에너지 보급 확대(FIT제도) 실시로 신재생에너지 전원 크게 확대 (2018년 9%는 2017년 대비 1%, 2010년 대비 8% 증가)
  - 지역 밀착형 에너지 공급원으로 분산형 에너지시스템 구축 가속화. 특히 바이오매스 발전을 2030년까지 3.7~4.6%로 높임 (2013년 대비 2~3배 수준)

17) 중국 바이오매스 발전 산업 동향, KOTRA 해외시장 뉴스, 2020.6.25

18) 일본 2018년 에너지수급 변화 및 2019년 정책 현안, 에너지경제연구원 세계 에너지시장 인사이트 제19-7호, 2019.2.25

## 나. 시장 분석

### (1) 세계 시장

- 세계 폐기물 고형연료 시장은 2018년 20억 달러에서 2024년 24억 달러로 연평균 3%로 증가할 것으로 전망
  - 폐기물 에너지 자원화에 의한 도시 환경문제 해결 및 안정적인 에너지 공급 추구로 폐기물 고형연료 시장규모는 지속적으로 확대되어 2024년 24억 달러로 전망<sup>19)20)</sup>
  - 바이오가스화 등을 포함한 폐기물 에너지 전체 시장은 350억 불 규모

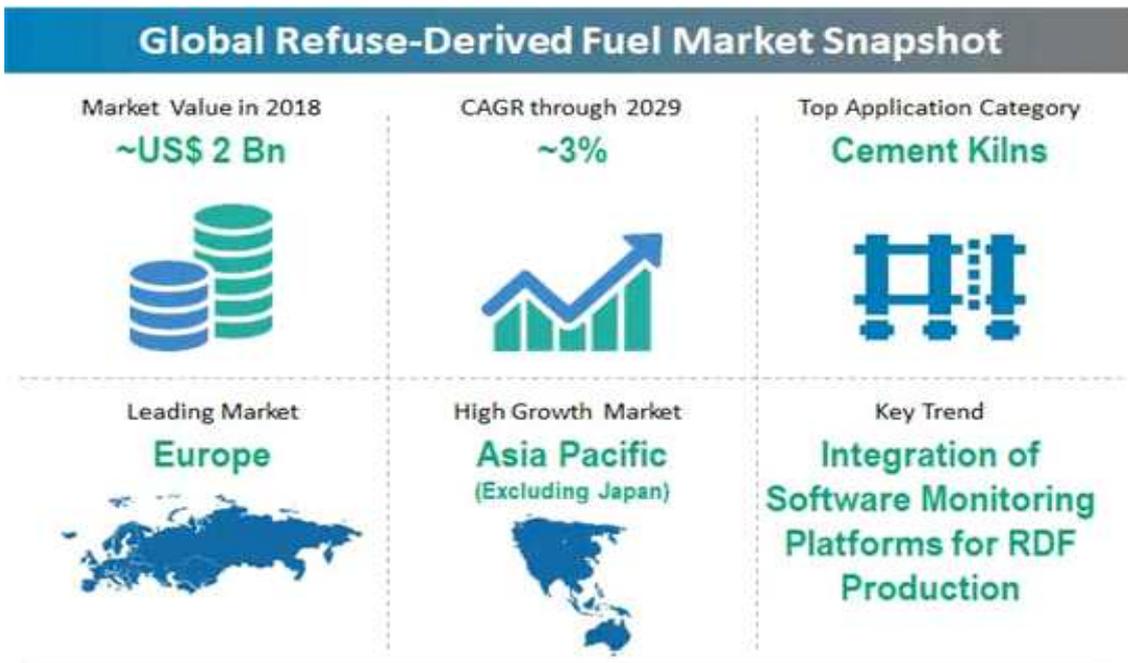
[ 폐기물 고형연료 세계 시장 규모 및 전망 ]

(단위 : 백만 달러, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
세계시장	2,000	2,060	2,122	2,185	2,251	2,319	2,388	3.0

\* 출처: Refused Derived Fuel Market Forecast, Trend Analysis & Competition Tracking, Global Market Insights 2019-2029, FACTMR (2019.01), 재가공

[ 폐기물 고형연료 세계 시장 현황 ]



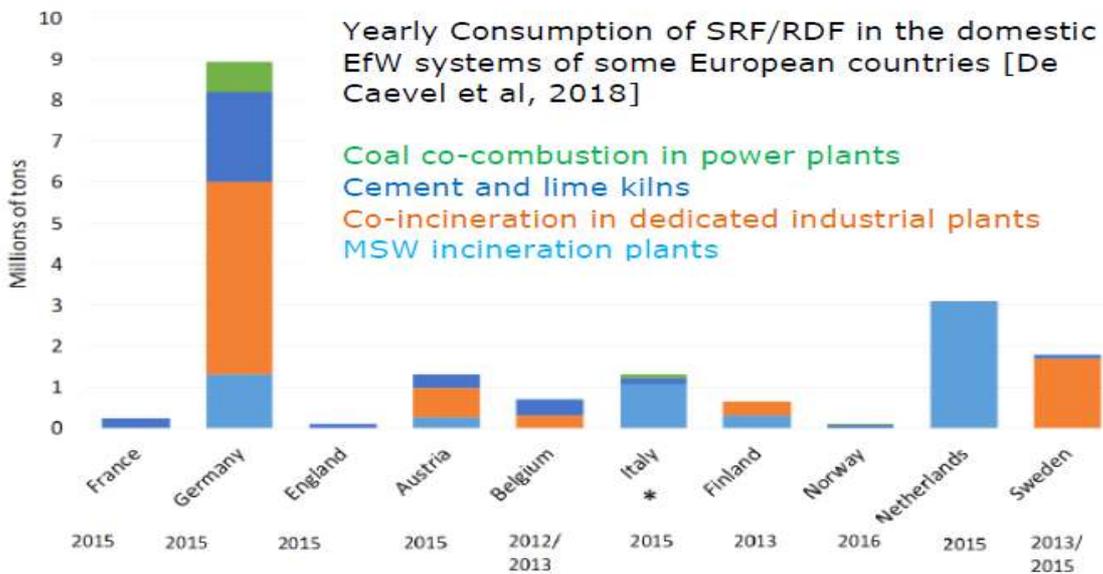
\* 출처: Refused Derived Fuel Market Forecast, Trend Analysis & Competition Tracking, Global Market Insights 2019-2029, FACTMR (2019.01)

19) Insights on the Waste to Energy Global Market to 2027, Research and Makets, 2020.9.7

20) Waste to Energy (WTE) Markets size to reach 35.5bn by 2024, Global Recycling, 2019.1.31

- (유럽) 지역 내 폐기물 공동처리 플랜트 운영과 거래로 고행연료 분야의 세계적 선두 주자로, 매출 기준 34% 시장점유율로 세계 고행연료 시장에서 지배적 위치를 차지하고 있음. 소비되는 고행연료의 약 50%는 시멘트 소성로에 사용되어 시멘트 산업의 탄소 발자국 감소 및 에너지 소비량 절약에 기여
  - 독일의 폐기물 고행연료 사용량은 약 9백만 톤으로 유럽 최고. 소비량의 50% 이상은 산업 부분의 혼합연소용 연료로 사용되며 시멘트 킬른의 고행연료 사용량 비중도 높음
  - 핀란드는 2006년 폐기물 매립이 52%였으나 현재는 1% 이하이며 특히 유기성 폐기물 매립은 0%. 폐기물 발생량의 99%는 에너지 또는 물질로 재활용. 신재생에너지 중 바이오에너지 비중이 80%로 2035년까지 국가 탄소중립 목표<sup>21)</sup>
  - 이스라엘은 「폐기물 에너지화 2030 Program」은 폐기물 매립률은 79%에서 26%, 에너지 전환율 23% 달성 목표. 도시폐기물 매립 축소를 위해 2020년 포장 폐기물 매립 금지, 2021 전자폐기물 매립 금지 예정. 현재 폐기물 에너지 시설은 Nesher 시멘트 공장의 RDF 제조시설이 유일<sup>22)</sup>

[ 폐기물 고행연료의 유럽 시장 현황 ]



\* 출처 : Trends on use of solid recovered fuels, IEA Bioenergy, 2020.05

- (아시아) 일본을 제외한 아시아 태평양지역 국가로 인도네시아, 태국, 인도, 중국은 폐기물 고행연료가 중요한 바이오 에너지원임을 인식하고 정부 정책 추진으로 2029년까지 시장이 크게 성장할 것으로 전망
- (미국) 폐기물 에너지 산업은 꾸준히 성장하여 대규모 유틸리티 공급 사업으로 정착
  - 75개의 폐기물 에너지화 설비에서 2,928만 톤의 폐기물로부터 1,388만 MWh의 전력을 생산. 매립장 확보가 쉬운 이유로 발생 폐기물의 매립이 52.1%, 에너지 이용 비율은 12.7% 수준으로 낮은 편

21) Smart Energy - Bioenergy and Waste to Energy, Finland, 2020.3.25

22) 해외시장뉴스, 폐기물 매립률 감축을 위해 떠오르는 이스라엘 폐기물 처리시장, KOTRA, 2019.12.03

- 정부 및 환경단체들은 폐기물 에너지 이용으로 온실가스의 대량 감축을 확인하고 일부 설비는 자발적 협약에 가입하여 온실가스 배출권 확보. 미국 EPA는 매립되는 폐기물 1톤을 에너지자원화시설에서 에너지로 전환하면 약 1톤의 온실가스 감축이 되는 것으로 분석

[ 미국 폐기물 에너지 자원화 설비 현황 ]

시설 현황 (개소)		설비 소유	
		민간	정부
운전중 설비	75	41	65
		34	10
기술별 현황 (개소)		생산 에너지 유형	
대량 연소	58	전력 생산 설비	58
RDF	13	증기 생산 설비	3
기타	4	열병합발전 설비	14

\* 출처 : 2018 Directory of waste-to-energy facilities, Energy Recovery Council, 2018

## (2) 국내시장

- 국내 고품연료 시장은 2018년 2,695억 원에서 2024년 5,492억 원으로 연평균 15.9% 증가할 것으로 전망
  - 코로나 발생 후 배달 포장재 폐기물 급증 및 중국 등 재활용 폐기물 수입 억제 정책으로 국내 적체 폐기물 처리를 위한 고품연료화의 긍정적 요인과 미세먼지 이슈 등 고품연료 사용에 대한 주민 수용성 악화로 부정적 요인이 공존

### [ 폐기물 고품연료 제조 국내 시장규모 및 전망 ]

(단위 : 억 원, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
국내시장	2,695	2,992	3,378	3,814	4,306	4,863	5,491	15.9

\* 출처: 고품연료제품 제조·사용·수입 실적현황 (2015-2020년도 각 자료) 최근 5개년 기준 가중평균 성장을 산정  
2020년 자원순환센터 고품연료(SRF) 위탁처리 용역 입찰공고, 순천시(2019.12.16.), SRF 기초단가 적용 시장규모 전망

- 국내 폐기물 고품연료 제조시설은 263개소, 이용시설은 157개소
  - 고품연료 제조설비 중 민간부분의 설비는 제조비용이 저렴한 비성형 설비 선호
  - 공공 및 민간부분에서 생산된 고품연료는 민간부분의 사용시설에서 소비

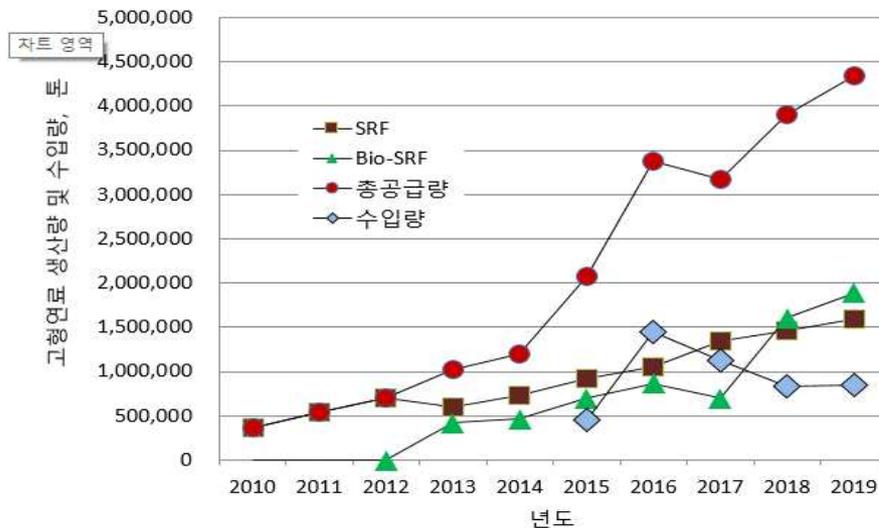
### [ 폐기물 고품연료 제조 및 이용시설 현황 (2019년) ]

	구분	합계	공공				민간			
			소계	성형	비성형	혼용	소계	성형	비성형	혼용
제조 시설	SRF	27	24	15	9	-	3	-	3	-
	Bio-SRF	236	148	60	88	-	88	1	87	-
	합계	263	172	75	97	-	91	1	90	-
사용 시설	구분	합계	공공				민간			
			소계	성형	비성형	혼용	소계	성형	비성형	혼용
	SRF	74	6	1	5	-	68	14	19	35
	Bio-SRF	68	0	-	-	-	68	30	35	3
	혼용	15	1	-	-	1	14	-	-	14
합계	157	7	1	5	1	150	44	54	52	

\* 출처 : 고품연료제품 제조·사용·수입 실적현황, 한국환경공단 (2020.2)

- 국내 고형연료 생산량은 연평균 16.5% 성장, 국내 총공급량은 434만 톤
  - SRF 생산량은 2015년 162만 톤에서 2019년 348만 톤으로 2배 이상 증가하여 최근 5개년 연평균 성장률 11.5%. 제조 비용이 낮은 비성형의 제품이 크게 증가하였음
  - 국내 Bio-SRF 제품 생산은 전량 비성형으로 2015년 70만 톤에서 2019년 189만 톤으로 2.7배 증가하였으며, 수입 45만 톤에서 85만 톤으로 1.9배 증가하였으나 최근 감소 추세
- 고형연료 사용시설은 총 157개로 화력발전소 사용량이 총소비량의 59% 차지
  - 2019년 기준 고형연료 사용시설로 화력발전소는 전년 대비 7개소 증가한 57개, 시멘트 8개, 제지 등 산업용 보일러 92개로 총 157개
  - 고형연료 사용량은 화력발전소 200만 톤으로 국내 총소비량의 59%, 산업용 보일러가 40.7%를 차지. 화석연료를 대량으로 사용하는 발전회사 등은 신재생에너지 의무공급 (RPS) 비율 달성을 위한 REC 확보, 온실가스 감축 목적으로 고형연료 사용량이 크게 증가

[ 폐기물 고형연료 국내 생산 및 수입 현황 ]



\* 출처: 고형연료제품 제조·사용·수입 실적현황, 한국환경공단, 각 년도 실적자료 재가공

### 3. 기술개발 동향

- 기술경쟁력
  - 폐기물 고형연료화는 미국이 최고기술국으로 평가되었으며, 우리나라는 최고기술국 대비 75.2%의 기술수준을 보유하고 있으며, 최고기술국과의 기술격차는 2년으로 분석
  - 중소기업의 기술경쟁력은 최고기술국 대비 69.5%, 기술격차는 2.7년으로 평가
  - EU(89.4%)>일본(88.2%)>한국, 중국(71.0%)의 순으로 평가
- 기술수명주기(TCT)<sup>23)</sup>
  - 폐기물 고형연료화는 9.75의 기술수명주기를 지닌 것으로 파악

#### 가. 기술개발 이슈

##### ◎ 온실가스 감축기술로 Up-grade 활용

- EU는 순환경제(Circular Business)의 기후 및 에너지 목표 달성을 극대화하기 위해 가장 효율적인 폐기물 에너지화 기술로 다음 방안을 추천<sup>24)</sup>
  - 열 및 전기 생산설비 혼소 : 고형연료의 가스화 및 생성 합성가스의 혼소로 화석연료 대체
  - 시멘트 및 석회 생산설비 혼소 : 시멘트 소성로에서 혼소하고 폐열은 전력으로 전환
  - 전용시설 연소 : 과열기 사용, 히트 펌프, 지역 냉방 네트워크 연계, 저온 지역 열 네트워크 연계
- 폐기물 고형연료 이용으로 시멘트 산업 온실가스 대량 감축 가능
  - 시멘트 산업은 전 세계 온실가스 배출량의 8% 차지, 온실가스 감축 및 연료비 절감 차원에서 폐기물 고형연료 사용량 증가. 독일 시멘트 업계의 고형연료 비중은 평균 65%
  - 시멘트 산업의 SRF 사용률 30%까지는 큰 개조 없이 사용 가능, 플라스틱 함유량이 많을수록 열량이 높아 유리하지만 염소 성분 제어가 중요하고, SRF 입자 크기 등 고품질의 고형연료 제조이슈

##### ◎ 공정에너지 절감 및 고효율 공정 기술 개발

- 바이오 및 재생에너지 활용하는 친환경적인 건조기술 개발
  - 바이오 건조기술(Biodrying)은 자연적 호기성 발효 조건에서 발생한 열로 40~70°C에서 폐기물을 건조하는 기술임
  - 미생물 활동에 의해 유기물이 분해되면서 수분이 제거되므로 특히 수분 함량이 높은 폐기물의 전처리에 매우 유효함

23) 기술수명주기(TCT, Technical Cycle Time): 특허 출원연도와 인용한 특허들의 출원연도 차이의 중앙값을 통해 기술 변화속도 및 기술의 경제적 수명 예측

24) The role of waste to energy in the circular economy, European Commission, 2017

- 비닐하우스 내부에서 건조할 경우 12~30일 동안 폐기물 감량화 50% 이상 달성연구 결과도 발표됨
  - 자연친화적인 건조 방법으로 유럽 및 중국, 인도 말레이지나 등 아시아 일부 지역에서 선호
- 태양열 건조(Solar drying): 태양열을 이용하여 폐기물을 건조하는 기술로 설치비가 크지만 재생에너지 사용 및 온실가스 배출이 없다는 장점이 있음
- 일반적으로 50~60°C 온도에서 강제 공기 순환 방식이 적용되는데, 집열판과 외부 가열기의 조합, 집열판과 태양광발전 컨베이어 벨트의 조합 등 다양한 구조의 태양열 이용 방식 등으로 개발
- 열 건조 (Thermal drying): 단기간에 건조 효율을 높일 수 있어 널리 사용되는 기술이지만 대량의 외부 에너지를 소요하는 문제가 있음
- 107~167°C의 고온 열풍을 이용한 대류 건조기술, 250~350°C의 고온에서 자연대류 또는 열풍 강제 순환 건조기술 등 개발
- 기타: 마이크로웨이브를 이용한 오븐에서 250~350°C의 고온에서 건조, 유전체를 활용한 건조기술 등 여러 가지 새로운 건조기술이 개발되고 있음
- 고형연료의 고품질화
- 일반적으로 널리 사용되고 있는 비성형 고형연료는 수송 및 저장단계에서 먼지 발생하며, 최근 연소과정에서 배출되는 미세먼지는 사회적 이슈로 대두됨. 대기오염물질 발생량을 원천적으로 저감하는 청정한 폐기물 에너지 자원화 기술 요구
  - 폐기물을 비교적 높은 온도에서 처리하여 석탄과 유사한 수준의 에너지 밀도를 유지하고 연소과정에서 먼지 발생량을 감소시키는 탄화기술 개발되어 선진국에서 사업화 진행 중
  - 고형연료를 가스화하여 고체 상태의 연료를 가스 형태로 전환하는 기술 개발 중
  - 합성가스로 전환 또는 수소로 추출하는 공정의 기본원리는 잘 알려져 있으나 고온 공정으로 기술의 난이도가 높고 경제성 달성이 주요 이슈

## 나. 생태계 기술 동향

### (1) 해외 플레이어 동향

- (Covanta) Babcock & Wilcox의 자회사 및 플로리다 팜비치 폐기물에너지자원화 설비 운영권을 인수함으로써(2018.8) 플로리다에서만 6개의 폐기물에너지 설비에서 년 360만 톤의 폐기물 연료로 에너지 생산하며, 아일랜드 등 해외 폐기물에너지 운영사업에도 참여
  - 팜비치 재생에너지 설비 1호기는 1989년 건설된 후 2008년 재보수되어 년 79만 5천 톤의 폐기물로 고품질 고형연료 생산하여 60MW 발전, 2호기는 2015년 완공되어 1백만 톤의 폐기물 고품질연료를 사용하여 95MW 발전기 가동
  
- (Geminor) 북유럽 폐기물 고품질 연료 제조업체로 유럽 전역에 80여 개의 RDF 제조설비를 보유
  - 2011년 43만 톤 규모에서 2019년 141만 톤 생산으로 3배 이상 성장. 생산한 SRF는 주로 시멘트 제조사로 수출하는데 영국, 독일, 덴마크, 스웨덴 최근에는 폴란드 및 이탈리아 지역까지 수출
  
- (Powerday)
  - 2018년 런던 서부지역에 위치한 폐기물 재활용설비 업그레이드하여 SRF 생산 착수. 최근 시멘트 킬른에 사용 가능한 고품질 고품질 SRF 10,000 톤을 시멘트 회사에 수출 계약 체결. 유럽 시멘트 회사들이 화석연료 사용량 감축 및 에너지 비용 절감을 위해 SRF 사용량을 증가시킴으로써 영국의 SRF 수출량은 350% 증가
  
- (Veolia) 환경사업 전문업체로 1994년부터 운영해 온 프랑스 낭트 Coueron CVTD 폐기물 처리 및 자원화 설비 운영권 재계약하여(2019.3), 연간 18만 5천 톤의 폐기물로부터 30,000MWh의 전력과 75,000MWh 상당의 열을 생산하여 지역에 공급
  - CVTD 에너지회수설비는 생활폐기물의 98%를 에너지로 회수하며, 환경단체 Eco-mobilier 폐가구 400,000톤의 80% 재활용 후 남은 잔류 폐기물, 낭트지역 폐기물 재활용센터의 재활용 되지 않는 잔류 폐기물로 SRF 제조하여 보일러 연료로 사용
  
- (HTCycle)
  - 유럽연합 지원(EU Horizon 2020 SME Instrument Phase II)으로 하수슬러지 카본 성분의 90% 이상 회수하여 고품질 바이오콜로 제조, 하수슬러지에 포함되어 있는 인과 알루미늄, 황화철 85% 이상 회수하여 재활용하는 실증연구를 독일 Relzow 하수처리장에서 진행 중
  
- (Torr-Coal Technology) 목재, 농업폐기물 등을 반탄화한 고품질 연료 Bio coal의 제조공정 개발하여 상용화
  - 바이오매스 폐기물을 280~310°C 무산소 분위기에서 해미셀룰로즈, 셀룰로즈 조직 파괴하여 반탄화
  - 제품에 염소, 황 성분이 혼입을 방지하고, 반탄화과정에서 목재의 불포화 비극성 그룹을 OH 그룹으로 치환하여 흡습성 제거함으로써 최종 제품의 수분함량 5% 이내 제어가 핵심기술

- 러시아에 목재 폐기물 톱밥을 이용한 고형연료 제조 공장 건설, 바이오콜 가스화 플랜트 건설, 바이오콜의 토지 개량제, 카본 대체재 이용 사업 검토
- (AVA-CO2) 하수슬러지 등 다양한 유기성 폐기물의 수열 탄화반응에 의해 고형연료 제조하는 기술 개발
  - 볏짚이나 축분 등 농업 폐기물, 맥주 및 주스 등 음식료 산업 폐기물, 바이오에탄올 산업의 폐기물과 음식폐기물도 원료로 사용이 가능
  - 고형연료 고위발열량은 에탄올공장 케이크의 경우 32MJ/kg으로 바이오콜로 불리며 황분과 중금속 함유량이 적고 바이오매스 유래 원료 사용으로 온실가스 중립인 연료 개발
- (Machinex Equipment) 폐기물 자동선별장치 발리스틱 선별기에 고무 디스크를 사용하지 않는 신제품을 개발하여 노스캐롤라이나의 30톤/시간 설비 업그레이드
  - 시간이 지남에 따라 마모되는 고무 디스크를 사용하지 않기 때문에 유지보수, 가동 중지 시간이 크게 줄어들어 생산성과 효율 증가
  - 폐기물 재활용 분리장치 제작업체로 위한 스크린 분리기, 트롬멜, 광분리기 등 여러 가지 설비 제작하며, 캐나다, 미국, 유럽 등에서 650개 이상 폐기물 분리설비 설계 및 구축
- (Ecohog) 트롬멜, 자철분리기, 와전류 분리기 등 폐기물 분리설비 전문 제작업체
  - 가연성폐기물을 분리하여 20~80mm 크기 SRF 생산. 0~20mm 미세물질은 미리 분리, 제거함으로써 전체 시스템의 효율을 높이고 회수물질의 재활용 가치를 높임
- (ANDRITZ) 건조기 내부 구조를 특수 제작하여(MPS; Multi Pass System) 배기가스 발생량을 최소화하는 드럼 건조기 개발
  - 배기가스 후단에는 축열식 산화 장치(RTO) 부착하여 악취 발생 최소화
- (BMH) 폐기물의 트럭 하역에서부터 공급 및 이송설비, 분쇄기 등 처리공정을 온라인 시스템으로 최적화시킨 설비 특허
  - 폐기물 공급설비는 분쇄기와 연동 시켜 공정 라인이 항상 최대로 작동할 수 있도록 최적의 조건으로 폐기물 이송
- (General Kinematics) 유동층기술 적용한 건조기 개발
  - 폐기물을 진동 교반 하면서 열풍이 폐기물을 유동 상태로 유지하면서 통과하므로 열전달 면적이 증가하여 건조 효율이 우수
  - 기존 건조공정 대비 조업온도가 낮아 가연성분의 용융 또는 발화 가능성이 낮아 화재 위험성 최소화
- (DP CleanTech) 고형연료 연소로 후단의 산성가스 및 다이옥신, 중금속 제거하는 건식시스템에 반응제로 소석회와 활성탄 사용
  - 백필터에서 반응생성물을 회수하여 반응탑으로 순환하여 재사용하는 공정개발로 반응제약품 사용량 및 비용을 절감

## (2) 국내 플레이어 동향

- 폐기물 고형연료 산업은 다수의 설비 건설 및 운영 경험 확보로 세계적 기술력 보유
  - 고형연료 제조 플랜트 및 고형연료를 이용하여 열 또는 전기를 생산하는 플랜트 설비는 대부분 대기업 중심으로 설계 및 시공 또는 운영되고 있으며, 플랜트에 공급되는 단위 시스템 및 설비는 전문 중소기업에서 제작하여 납품하는 구조
  - 국내에서 다수의 폐기물 전처리 및 고형연료 제조설비의 시공 및 운전 경험으로 국내 기술 완성도는 높은 수준이나 해외 실적 경험이 부족하고 가격 경쟁력이 낮아 수출은 미흡
- (두산중공업) 독일 자회사인 두산렌체스와 컨소시엄으로 폴란드 울슈틴 폐기물 에너지자원화 건설사업을 2,200억 원에 턴키계약
  - 2023년 완공 예정으로 하루 300톤의 생활폐기물로부터 110,000톤의 고형폐기물 생산하여 12MW 규모의 전력과 열을 지역사회에 공급
  - 수냉각 방식의 화격자 보일러가 적용될 예정으로 순환유동층보일러 및 폐자원 소각용 보일러와 탈황 설비 등 친환경기술 확보를 위해 인수한 두산렌체스는 보일러와 환경 설비 공급 및 기계·전기 시공, 체코 자회사인 두산스코다파워는 증기터빈 공급
- (포스코에너지) 부산 생곡폐기물 매립장에 국내 최초의 통합형 생활폐기물 연료화발전소 (폐기물 연료화 + 발전)를 구축하고 부산이앤이 설립하여 폐기물 에너지사업회 수행 중
  - 생활폐기물로부터 일 900톤의 SRF 제조설비 및 24.8MW의 발전시설 운영으로 천연가스 7천만 Nm<sup>3</sup>/년 대체 및 온실가스 17만 4천 톤/년 감축 효과 발생. 고형연료는 비성형 제품으로 (Fluff type)으로 3,500kcal/kg 이상이며 외부 순환유동층 보일러 연료로 사용
- (태영건설) 부산시 생활폐기물 연료화 및 발전시설, 송도 자원순환센터, 충남 연기군 행복도시 연료화 시설은 생활폐기물 전처리 및 고형연료화 시설 건설 실정 보유
- (수도권매립지관리공사) 수도권 지역에서 발생하는 폐비닐 등 선별된 고발열성 가연성 폐기물을 원료로 고형연료 SRF를 생산하여 수요처의 연료로 공급. 2018년 기준일 평균 폐비닐 80톤 처리
- (진에너지) 하수슬러지 연료화 관련 다수의 특허를 보유하고 있으며, 하수슬러지 고형연료 생산설비 일 200톤(연 6만 톤) 생산체계 구축하고 한국동서발전에 고형연료 납품 사업화
  - 국내 최초로 하수슬러지 바이오 드라이 공법을 개발하여 2019년 Pilot 설비(일 5톤) 실증 연구 중
  - 바이오 드라이 공법은 하수슬러지 연료화 건조공정에 생물학적 공법인 미생물 발효공법을 적용하고, 연료 사용 없고, 하수슬러지 수분 제거하는 친환경적 기술
  - 하수슬러지 연료탄은 하수슬러지에 톱밥을 혼합하여 제조한 고형연료로 바이오매스 함량이 98% 이상
  - 산업통상자원부 우수재활용제품 품질인증기준(GRM9018) 및 화력발전소 환경 품질기준에 맞춰 생산되어 화력발전소 연료로만 사용

## 다. 국내 연구개발 기관 및 동향

### (1) 연구개발 기관

[ 폐기물 고형연료화 분야 주요 연구조직 현황 ]

기관	소속	연구분야
한국에너지기술연구원	온실가스연구단	<ul style="list-style-type: none"> <li>고형연료(RDF)의 고효율 연소보일러 개발</li> <li>천연가스로부터 고결정성전도성 흑연구조를 갖는 탄소소재 개발</li> <li>50t/d이상 상용급 고형연료 사용시설 효율향상을 위한 연소장애 극복 기술 개발</li> </ul>
한국기계연구원	청정연료발전연구실	<ul style="list-style-type: none"> <li>고분자 폐기물 고형연료제조 및 산업용연료 이용개발</li> <li>석탄유동층 보일러에서 폐플라스틱 고형연료의 혼소기술 개발</li> </ul>
창원대학교	폐기물자원화 전공	<ul style="list-style-type: none"> <li>유기성폐기물의탄화 설계기술 및 탄화물 고형연료화기술</li> <li>BOF(Biomass and Oil sludge Fuel)의 제조 및 연료특성</li> </ul>

### (2) 기관 기술 개발 동향

#### 한국에너지기술연구원

- 폐기물의 단순소각을 대체할 고분자폐기물 RDF화 설비 개발 추세에 따라 RDF 전용 고효율 연소설비 개발 및 이에 따른 RDF의 시멘트킬른 대체연료화 검증
- 다양한 발생원에서 배출되는 폐기물들을 연료화하여 전기에너지와 열에너지를 생산하는 발전 설비에서 발생하는 클링커 발생, 슬래깅 문제, 파울링 문제 등으로 안정적 운전의 방해, 발전의 저효율화 등의 해결 기술
- 폐기물 고형연료 사용 소각시설 및 열병합 발전소 중, 연료의 feeding 문제가 있고 안정적인 운전이 불가능하여, 연속운전이 어려운 연소로 설비

#### 한국기계연구원

- 고형폐기물의 고부가 대체 연료화 공정기술
- 환경 및 산업자원 그리고 해양 분야에 대한 폐기물 종합처리 기술

#### 창원대학교

- BOF는 기름 슬러지류의 혼합은 열량을 향상시킬 수 있고, 바이오매스의 혼합은 기름슬러지가 가지고 있는 조작 개선 기술
- BOF를 시멘트 제조공정에 활용함으로써 폐기물의 완전 무해화가 가능하고, 발생하는 연소재도 시멘트로 제품화할 수 있으므로 “자원 순환형 시스템”을 구축 기술

◎ 폐기물 고형연료화 관련 선행연구 사례

[ 국내 선행연구(정부/민간) ]

수행기관	연구명(과제명)	연도	주요내용 및 성과
한국에너지기술연구원	50t/d이상 상용급 고형연료 사용시설 효율향상을 위한 연소장애 극복 기술 개발	2019 ~ 2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>폐기물 고형연료 사용 에너지화 설비에서 고온 부식 현상 방지 기술 개발</li> <li>폐기물 고형 연료 사용 연소시설들 중, 공기의 유입의 문제가 있어, 안정적인 운전이 불가능하여, 연속운전이 어려운 연소로 설비 기술 개발</li> </ul>
(주)미래에스아이	도서지역 현장 이동형 1톤/일급 해안 폐기물 고형연료 생산시스템 개발 및 실증	2019 ~ 2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>차량 탑재형 파쇄, 선별시스템의 운전 최적화 기술 개발</li> <li>이동형 1,000kg/일급 해안폐기물 고형연료 생산 시스템 기술 개발</li> <li>해안폐기물 고형연료 생산 통합시스템 운전 성능 신뢰성 분석 및 현장 실증</li> </ul>
건국대학교	마이크로파 열분해를 이용한 유기성 폐자원의 고효율 연료화	2019 ~ 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>마이크로파를 이용한 고효율 가스화-탄화 기술</li> <li>고효율 통합 혐기 소화 공정 개발</li> <li>원료별 혐기소화 성능 평가 및 가스화-탄화 공정의 Syngas 메탄화 기술 개발</li> <li>원료별 가스화-탄화에 따른 혐기소화 성능 평가 및 Syngas 메탄화 운영인자</li> </ul>
(주)가이아	폐기물 자원화(Recycling)-에너지화(Energy)를 통한 분산최종처리시스템 개발	2018 ~ 2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>유기성폐기물(커피찌꺼기) 건조부산물 파쇄, 선별 전처리 적용기술 개발</li> <li>유기성폐기물(커피찌꺼기) 건조/선별/성형 후 제조한 건조부산물 고형연료 연소용량 30,000 kcal/hr 시스템 설계</li> </ul>
경상대학교 산학협력단	고수분 폐기물(시설농업·음식물)을 이용한 발열량 4,000/5,000 kcal/kg 이상의 연소용 고형연료 제조를 위한 소각장 폐열 이용 건조·열분해처리장치 및 고형연료 제조 플랜트 개발	2017 ~ 2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>대량 건조처리를 위한 컨베이어를 이용한 피건조물 이송, 상하 피건조물의 건조속도를 균일하게 하기 위해 다단구조를 갖는 연속식 건조기 개발</li> <li>음식물(축산 수산폐기물 포함, 침출수 및 응축수 완전증발)용 폐열활용 간접열교환식 건조장치 개발</li> <li>폐열 통풍식 연소용 연료제조용 연속식열분해장치 개발</li> </ul>
(주)케이피	축산분뇨/하수슬러지를 이용한 고형연료 제조기술 개발	2017 ~ 2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>폐유를 활용한 축산분뇨/하수슬러지 건조 공법의 개발</li> <li>유기물 휘발 또는 분해를 방지하여 악취발생의 최소화 달성과 발생 가능한 악취처리 기술</li> <li>폐슬러지 건조를 통한 최대의 발열량 확보(5,000kcal/kg 이상, 함수율: 10wt% 이하)</li> <li>에너지(건조열 및 전력) 자급형 폐슬러지 처리 시스템구축에 따른 획기적인 에너지 절감 기술</li> </ul>

## 4. 특허 동향

### 가. 특허 동향 분석

#### (1) 연도별 출원 동향

- 폐기물 고형연료화의 지난 20년('99~'20)간 출원동향<sup>25)</sup>을 살펴보면 1999년에서 2002년까지 꾸준한 증가추세를 보이다 최근 출원이 줄고 있는 것으로 나타남. 일본 및 미국 출원동향이 전체 폐기물 고형연료화 특허 출원동향을 주도
  - 국가별로 살펴보면 일본이 가장 활발한 출원 활동을 보이고 있으나, 2003년을 기점으로 저조한 출원을 보이는 반면, 미국은 꾸준한 특허 출원활동을 보이는 것으로 보아 기술의 우위를 점하고 있는 것으로 판단됨
  - 한국 및 유럽은 일본과 미국에 비해 상대적으로 출원이 저조한 상태
- 국가별 출원비중을 살펴보면 일본이 전체의 39%의 출원비중을 차지하고 있어, 최대 출원국으로 폐기물 고형연료화 분야를 리드하고 있는 것으로 나타났으며, 미국은 37%, 유럽 13%, 한국 11% 순으로 나타남

[ 폐기물 고형연료화 연도별 출원동향 ]

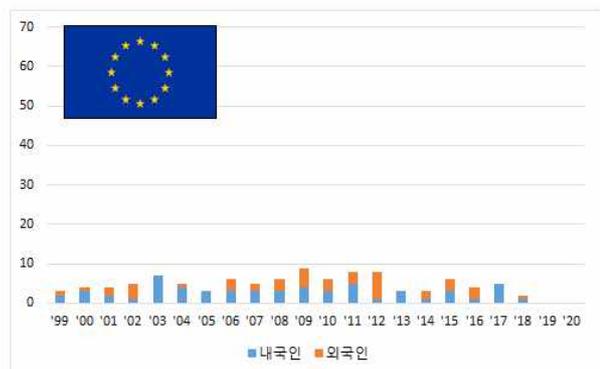
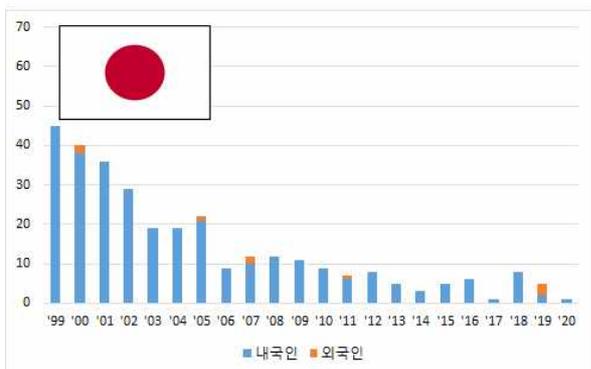
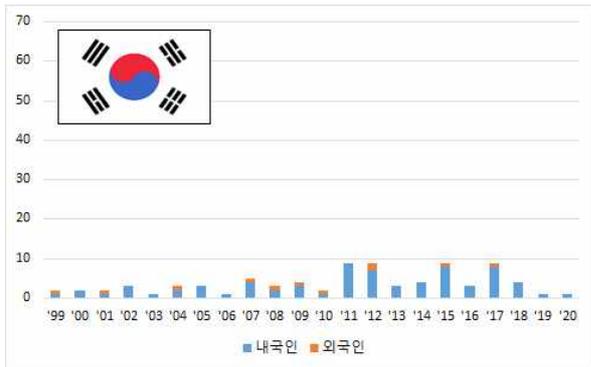


25) 특허출원 후 1년 6개월이 경과하여야 공개되는 특허제도의 특성상 실제 출원이 이루어졌으나 아직 공개되지 않은 미공개데이터가 존재하여 2019, 2020년 데이터가 적게 나타나는 것에 대하여 유의해야 함

## (2) 국가별 출원현황

- 한국의 출원현황을 살펴보면 2007년도 이후 출원 건이 증가와 감소를 반복하고 있지만 절대적인 출원수가 일본에 비해 저조한 상황
  - 내국인 위주의 출원이 진행되고 있으며, 중소기업 위주의 출원인이 2011년에 9건, 대우조선해양 및 포스코에너지를 포함하여 2012년에 9건 출원함
  - 외국인의 출원 증가현상이 두드러지는 이유를 살펴보면 폐기물고형연료 기술의 국내 시장에 대한 외국인의 선호도가 증가하고 있는 것으로 추정
- 미국의 출원현황은 '12년까지 지속적으로 성장하며 활발한 출원이 진행되었으며, 외국인이 비중 높은 것으로 나타남
- 일본의 출원현황은 '99년을 기점으로 출원이 감소하고 있으며, 외국인의 비중이 낮은 것으로 보아 일본 시장에 대한 외국 출원인들의 관심도가 높지 않은 것으로 보임
- 유럽의 경우는 약간의 증감과 감소를 반복하는 출원동향을 보임

[ 국가별 출원현황 ]



(3) 기술 집중도 분석

□ 전략제품에 대한 최근 기술 집중도 분석을 위한 구간별 기술 키워드 분석 진행

- 전체 구간(1999년~2020년)에서 고형폐기물, 유기성 폐기물, Waste Water 등 친환경·고효율의 고형연료 제조방법 기술 키워드가 도출되었음
- 최근 구간에 대한 기술 키워드 분석 결과, 최근 1구간(2012년~2015년)에는 고체형 연료 키워드와 관련한 키워드가 지속적으로 도출되었으며, 2구간(2016년~2020년)에서는 1구간에서 주요 기술 키워드였던 고체형 연료 관련 키워드가 꾸준히 도출된 것으로 나타나 고형연료 제조 및 가스화 발전설비 기술 연구가 꾸준히 진행 되는 것으로 분석됨

[ 특히 키워드 변화로 본 기술개발 동향 변화 ]

전체구간(1999년~2020년)



- Solid Waste, Waste Water, Carbonaceous Material, Waste Material, Carbon Monoxide, Combustion Chamber, Organic Waste, 음식물 쓰레기, 고체형 연료, 저준위 방사성 폐기물, 유기성 폐기물

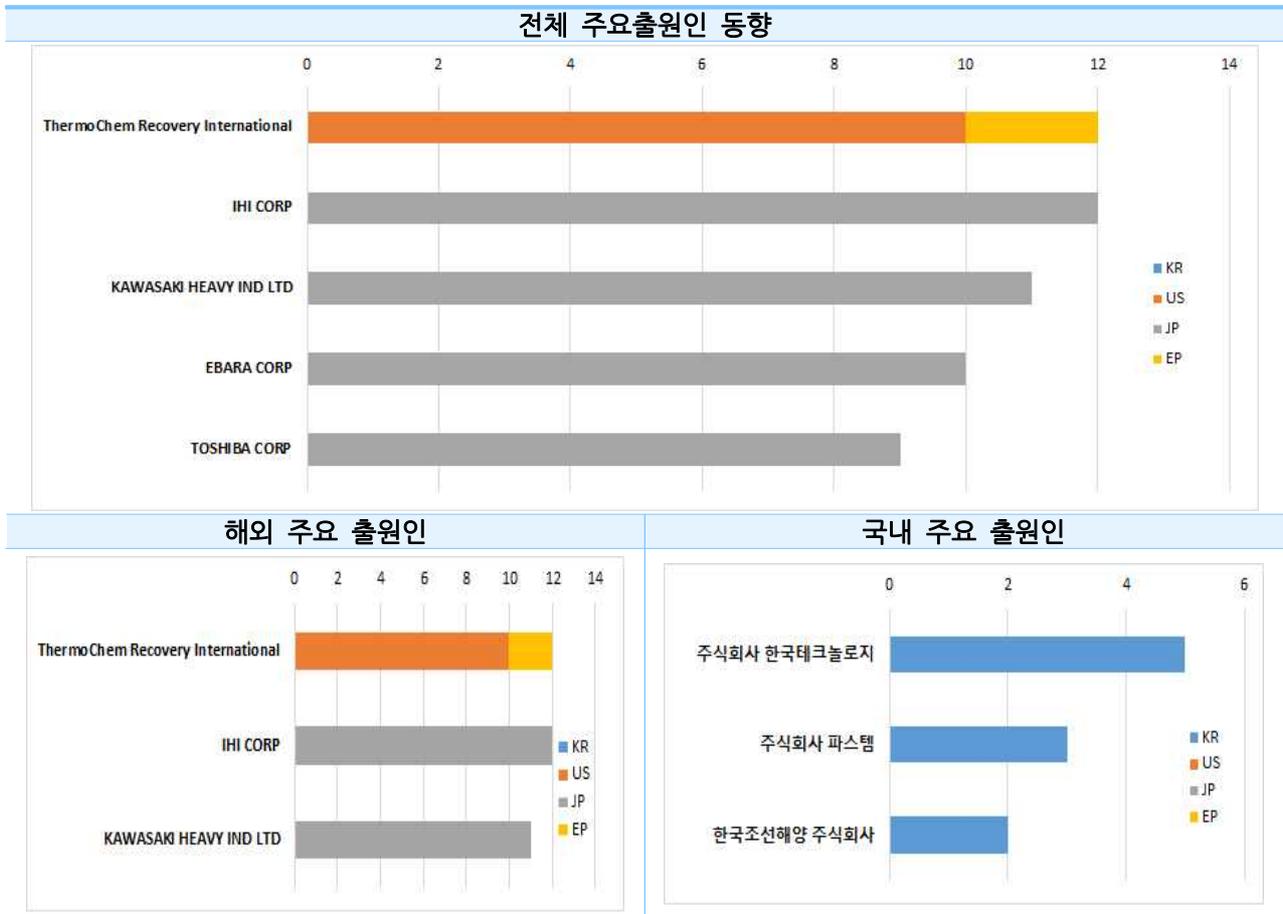
최근구간(2012년~2020년)

1구간(2012년~2015년)	2구간(2016년~2020년)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 에너지효율, 목질계탄화수소, Municipal solid waste, waste water, solid waste, carbon dioxide</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Municipal Solid Waste, Solid Waste, Carbonaceous Material, Carbon Dioxide, Product Gas</li> </ul>

## 나. 주요 출원인 분석

- 폐기물 고형연료화에 대한 전체 주요출원인을 살펴보면, 주로 일본 국적의 출원인이 다수 포함되어있는 것으로 나타났으며, 제1 출원인으로는 미국의 ThermoChem Recovery International로 나타남
  - 주요출원인은 일본 시장을 위주로 특허 출원에 집중하고 있는 것으로 나타났음
- 폐기물 고형연료화 및 장치 관련 기술로 글로벌기업에 의한 출원이 대다수를 차지
  - 일본의 IHI와 KAWASAKI HEAVY, EBARA, TOSHIBA, SANYO ELECTRIC, JFE ENGINEERING 등이 주요 출원인으로 도출
  - 국내에서는 주로 중소기업 위주의 특허 출원이 주를 이루고 있음

[ 폐기물 고형연료화 주요출원인 ]



(1) 해외 주요출원인 주요 특허 분석

◎ ThermoChem Recovery International

- ThermoChem Recovery International은 셀 균열을 억제하기 위한 태양전지모듈, 실리콘 기판을 구비하는 광전변환소자, 설치작업이 용이한 태양전지 모듈 등과 관련된 특허들 다수 출원. 그 중 등록된 특허는 11건
  - 주요 특허들은 도시 고형폐기물을 이용한 가스 생성 시스템에 대한 기술특허를 다수 출원하는 것으로 파악

[ ThermoChem Recovery International 주요특허 리스트 ]

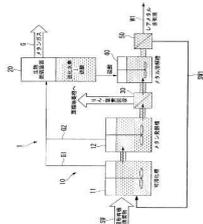
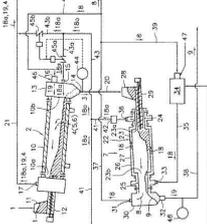
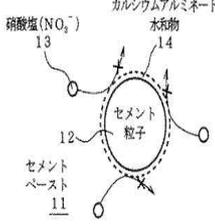
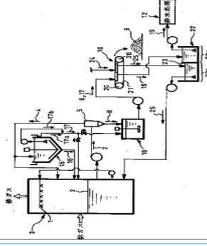
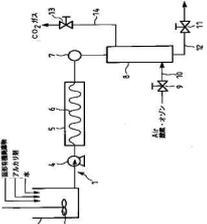
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
US 10766059 (2019.03.22)	System and method for recovering inert feedstock contaminants from municipal solid waste during gasification	도시 고형 폐기물과 같은 탄소질 물질을 생산 가스로 전환하여 이후 액체 연료 또는 기타 물질로 전환 할 수 있는 다단계 생산 가스 생성 시스템	
US 10364398 (2016.08.30)	Method of producing product gas from multiple carbonaceous feedstock streams mixed with a reduced-pressure mixing gas	도시 고형 폐기물과 같은 탄소 재료를 제품 가스 생성 시스템	
US 10286431 (2016.03.25)	Three-stage energy-integrated product gas generation method	탄소질 재료를 생성물 가스의 전환을 위한 열적으로 통합된 열화학 반응 시스템과 공정	
US 10222060 (2018.08.10)	Two-stage energy-integrated product gas generation system and method	탄소질 재료의 thermochemical 전환의 필드	
US 10197014 (2016.08.30)	Feed zone delivery system having carbonaceous feedstock density reduction and gas mixing	도시 고형 폐기물과 같은 탄소 재료를 제품 가스 생성 시스템	

\* 등록특허 기준, 피인용 문헌수 및 패밀리국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

◎ IHI

- IHI는 메탄화 효율을 향상시키고 나아가서는 무기물이나 금속도 회수 가능한 유기 폐기물 처리 장치 등과 관련된 특허를 보유하고 있으며, 그 중 등록된 특허는 6건

[ IHI 주요특허 리스트 ]

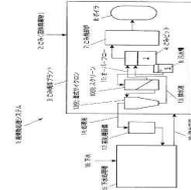
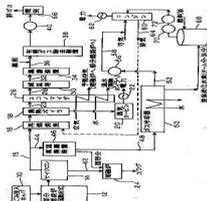
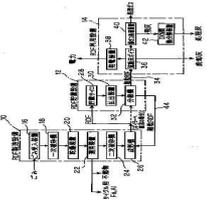
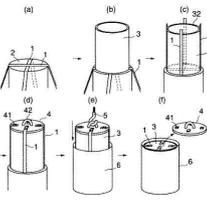
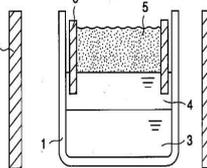
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
JP 5691454 (2010.12.03)	유기 폐기물 처리 장치	찌꺼기의 발생량을 감소시킴과 동시에 메탄화 효율을 향상시키고 나아가서는 무기물이나 금속도 회수 가능한 유기 폐기물 처리 장치	
JP 5621235 (2009.09.28)	폐기물의 열분해 처리 장치	도시 쓰레기 등의 폐기물을 열분해 처리하고 가연성 열분해 가스와 고정 탄소 주체의 열분해 잔류물을 회수하는 폐기물의 열분해 처리 장치	
JP 5076571 (2007.03.16)	폐기물의 시멘트 고화 처리 방법	시멘트 고화를 늦출 질산염 등의 지연 제 분자를 포함하는 폐기물의 시멘트 고화 처리 방법	
JP 4524914 (2000.12.25)	습식 배연탈유 장치	흡수제로서 석회석을 이용하여 석고를 회수하도록 한 습식 배연 탈황 장치	
JP 4239312 (1999.08.24)	고형 유기 폐기물의 처리 장치	고형 유기 폐기물 에서 악취를 발생시키지 않고 고형 유기 폐기물을 확실하게 처리해 배출하는 장치	

\* 등록특허 기준, 피인용 문헌수 및 패밀리국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

◎ KAWASAKI HEAVY

- KAWASAKI HEAVY는 일본의 선박, 철도 차량, 항공기, 이륜차 등의 수송 기기와 그 외 기계 장치를 생산하는 기업으로 관련 등록 특허 10건 보유
  - 수분을 포함한 고체 폐기물을 처리하기 위한 폐기물 처리 시스템 및 폐기물 처리 방법, 폐기물 중 가연성 물질을 고형 연료화 해 폐기물 고형화 연료 (RDF, RPF)를 제조 등 폐기물 고형연료화 기술 특허 다수 보유하고 있으며, 자국 내 출원 성향을 보이고 있음

[ KAWASAKI HEAVY 주요특허 리스트 ]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
JP 6374659 (2013.12.27)	폐기물 처리 시스템 및 방법	수분을 포함한 고체 폐기물을 처리하기 위한 폐기물 처리 시스템 및 폐기물 처리 방법	
JP 4495353 (2001.01.11)	쓰레기 가스화 가스로부터의 에너지 회수 방법 및 장치	쓰레기의 가스화 용융 시스템 부분 연소로(열분해가스화로)에서 배출되는 가스에 포함되는 가연성 가스 및 유분 등의 가지는 에너지를 효율적으로 회수하는 방법 및 장치	
JP 3670219 (2001.04.27)	폐기물 고형화 연료 제조 이용 방법 및 장치	폐기물 중 가연성 물질을 고형 연료화 해 폐기물 고형화 연료 (RDF, RPF)를 제조하여 그 열 에너지를 이용하는 방법 및 장치	
JP 3741676 (2002.08.21)	원주체 용기의 드럼통으로의 수용 방법	고체 폐기물, 특히 원자력 시설 등에서 발생하는 방사성 잡 고체 폐기물 등을 수납하여 용융 감용 한 원주 형 용기를 운반 드럼에 수용하는 방법	
JP 6464890 (2000.11.01)	잡고체 폐기물 용융용 고주파 유도로, 유도가열체 및 잡고체 폐기물 용융 방법	고체 폐기물, 특히 원자력 발전소에서 발생하는 잡고체 폐기물의 용융 방법 및 용융용 고주파 유도로에 관한 것	

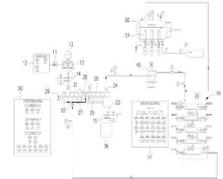
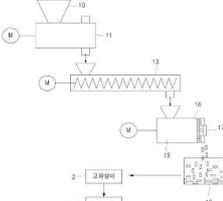
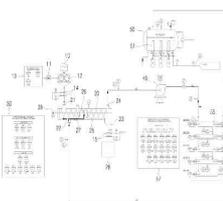
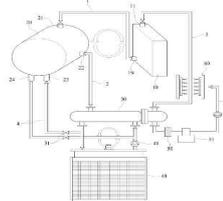
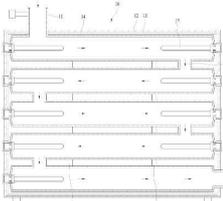
\* 등록특허 기준, 피인용 문헌수 및 패밀리국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

## (2) 국내 주요출원인 주요 특허 분석

### ◎ 한국테크놀로지

- 한국테크놀로지는 저압 과열증기를 이용하여 가연성 중·저준위 방사성폐기물 탄화 시스템에서 발생한 폐액을 증발, 건조 및 분리하여 부피를 감소하는 기술 등에 관한 특허를 다수 출원
  - 한국테크놀로지는 폐기물 고형연료화 기술에 있어서, 5건의 특허가 출원되어 있음

[ 한국테크놀로지 주요특허 리스트 ]

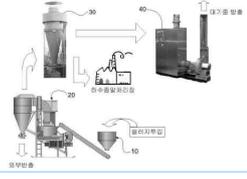
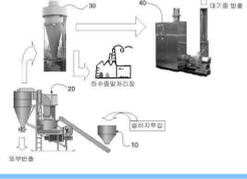
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR 10-183339 (2017.06.27)	저압 과열증기를 이용한 중·저준위 방사성폐기물 탄화 시스템에서 발생한 폐액을 처리하는 장치	저압의 과열증기를 이용하여 중·저준위 방사성폐기물을 탄화하는 시스템에서 발생한 폐액을 처리하는 장치	
KR 10-183393 (2017.06.13)	저압 과열증기를 이용한 중·저준위 방사성폐기물 탄화 시스템에서 발생한 폐액을 처리하는 장치	저압의 과열증기를 이용하여 중·저준위 방사성폐기물을 탄화하는 시스템에서 발생한 탄화부산물을 과립물 성형설비에서 과립화한 후 고화설비에서 고화하는 장치	
KR 10-183398 (2017.06.13)	저압 과열증기를 이용한 중·저준위 방사성폐기물 탄화 시스템	저압의 과열증기를 이용하여 중·저준위 방사성폐기물을 탄화시켜 감량화시키는 시스템	
KR 10-1530909 (2015.01.15)	과열증기를 이용한 저준위 방사성폐기물의 부피 감량 시스템	과열증기 발생기에서 생성된 과열증기를 이용하여 저준위 방사성 폐기물을 탄화 건조시켜 부피를 감량화하기 위한 시스템	
KR 10-1506915 (2015.01.15)	과열증기를 이용한 저준위 방사성 폐기물의 부피 감량 시스템에서의 재열증기 발생장치	연무상태의 증기를 저압 초고온의 과열증기로 생성한 후 저준위 방사성 폐기물을 탄화 건조시키는 건조로에 공급하여 저준위 방사성 폐기물의 부피를 감량화하기 위한 재열증기 발생장치	

\* 등록특허 기준, 피인용 문헌수 및 패밀리국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

◎ 파스템

- 파스템은 염분농도를 현저히 감소시킴으로써 양질의 보조연료를 생산할 수 있는 하수 슬러지 재활용 처리시스템과 관련된 기술이 출원된 것으로 확인됨

[ 파스템 주요특허 리스트 ]

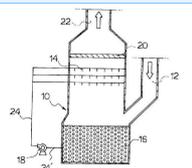
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR 10-0797574 (2006.11.28)	하수 슬러지 재활용 처리 방법	하수처리장에서 발생하는 슬러지를 연소 가능한 미립 고형물과 수분으로 분리하여 미립 고형물은 석탄을 연료로 사용하는 화력발전소 등에서 보조연료로서 사용할 수 있도록 하고 수분은 물과 기체로 분리 방법	
KR 10-0791350 (2007.10.01)	하수 슬러지 재활용 처리 방법	하부기판 상에 형성되는 태양전지 셀들 형성되는 상부 기판을 포함하고, 하부기판 및 상부 기판의 측면은 사면으로 형성 방법	
KR 10-0791351 (2007.10.01)	하수 슬러지 재활용 처리 방법	하수처리장에서 발생하는 슬러지를 연소 가능한 미립 고형물과 수분으로 분리하여 미립 고형물은 석탄을 연료로 사용하는 화력발전소 등에서 보조연료로서 사용하는 하수 슬러지 재활용 처리장치 및 방법	

\* 등록특허 기준, 피인용 문헌수 및 패밀리국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

◎ 한국조선해양

- 한국조선해양은 이산화탄소를 이용하여 고체산화물 연료전지의 폐열로부터 전기를 생산할 수 있는 초임계 이산화탄소 발전시스템에 대한 특허를 다수 출원

[ 한국조선해양 주요특허 리스트 ]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR 10-0542953 (2000.10.04)	배가스 유입구 부분을 개선한 기-액 흡수탑	흡수탑의 가스 유입관을 흡수탑과 경사지게 형성함으로써 흡수탑으로 유입되는 배가스가 흡수탑 반경방향으로 균일하게 유지될 수 있도록 한 배가스 유입구 구조	

\* 등록특허 기준, 피인용 문헌수 및 패밀리국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

## 다. 기술진입장벽 분석

### (1) 기술 집중력 분석

- 폐기물 고품연료화 관련 기술에 대한 시장관점의 기술독점 현황분석을 위해 집중률 지수(CRn: Concentration Ratio n, 상위 n개사 특허점유율의 합) 분석 진행
  - 상위 4개 기업의 시장점유율이 0.06로 폐기물 고품연료화 분야에 있어서 독과점 정도는 낮은 수준으로 판단됨
  - 국내 시장에서 중소기업의 점유율 분석결과 0.76으로 중소기업의 국내시장에 대한 중소기업의 시장진입이 된 것으로 판단됨

[ 주요출원인의 집중력 및 국내시장 중소기업 집중력 분석 ]

주요 출원인 집중력	주요출원인 출원인	출원건수	특허점유율	CRn	n
	ThermoChem Recovery International, Inc.(미국)	12	1.5	0.02	1
	IHI CORP(일본)	12	1.5	0.03	2
	KAWASAKI HEAVY IND LTD(일본)	11	1.4	0.04	3
	EBARA CORP(일본)	10	1.3	<b>0.06</b>	<b>4</b>
	TOSHIBA CORP(일본)	9	1.1	0.07	5
	SANYO ELECTRIC CO LTD(일본)	8	1.0	0.08	6
	Fulcrum Bioenergy, Inc.(미국)	8	1.0	0.09	7
	JFE ENGINEERING CORP(일본)	8	1.0	0.10	8
	MITSUBISHI HEAVY IND LTD(일본)	7	0.9	0.11	9
	OSAKA GAS CO LTD(일본)	6	0.8	0.12	10
	<b>전체</b>	<b>791</b>	<b>100%</b>	<b>CR4=0.06</b>	
	국내시장 중소기업 집중력	출원인 구분	출원건수	특허점유율	CRn
중소기업(개인)		63	75.9	0.76	
대기업		9	10.8		
연구기관/대학		2	2.4		
<b>전체</b>		<b>83</b>	<b>100%</b>	<b>CR중소기업=0.76</b>	

## (2) 특허소송 현황분석

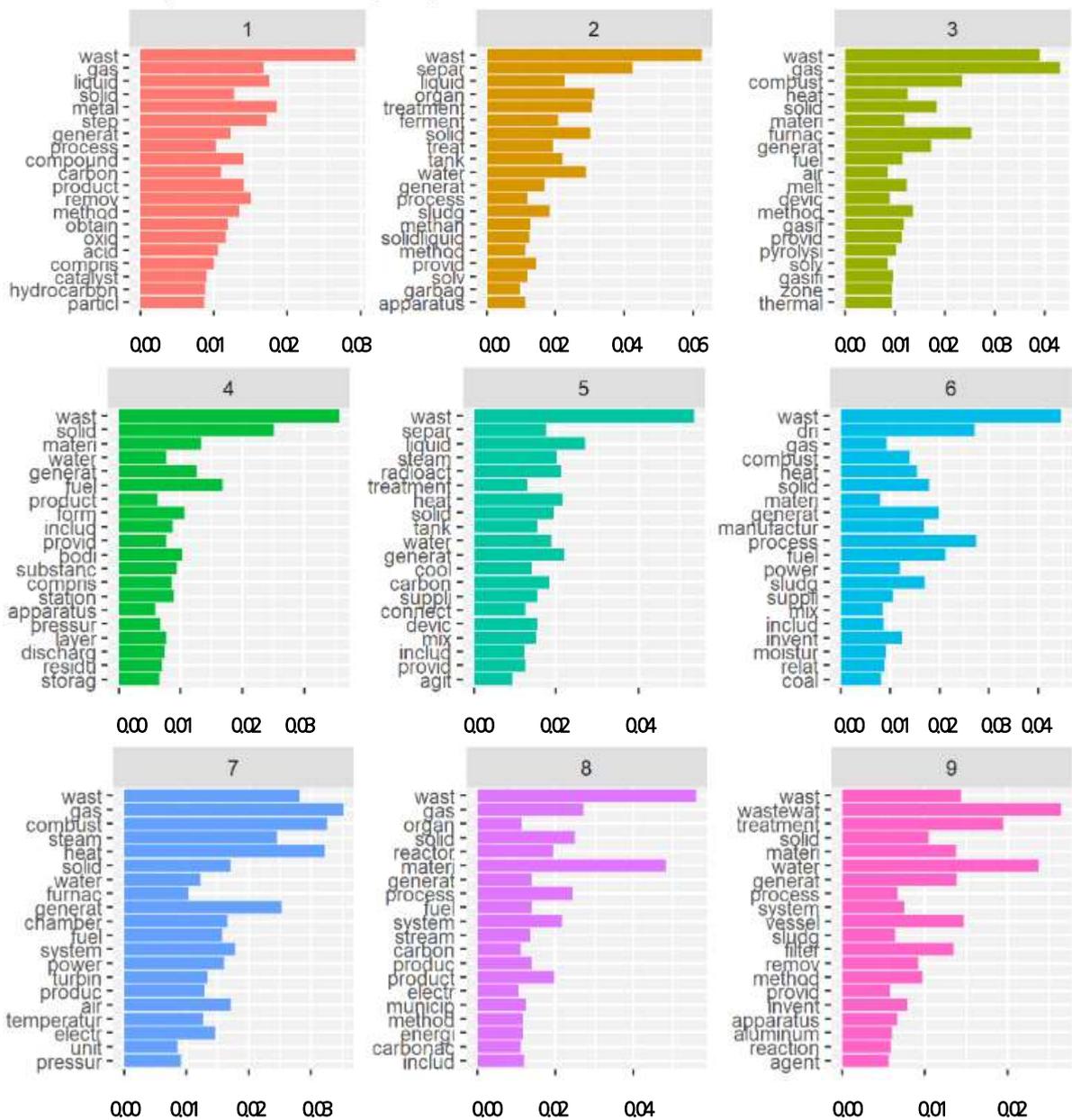
- 폐기물 고형연료화관련 기술진입장벽에 대한 분석을 위해 특허소송을 이력 검토한 결과 없는 것으로 확인됨

## 5. 요소기술 도출

### 가. 특허 기반 토픽 도출

- 791건의 특허에 대해서 빈출단어 1,215개 단어의 구성 성분이 유사한 것끼리 그룹핑을 시도하여 토픽을 도출
- 유사한 토픽을 묶어 클러스터 9개로 구성

[폐기물 고형연료화에 대한 토픽 클러스터링 결과]



나. LDA<sup>26)</sup> 클러스터링 기반 요소기술 도출

[ LDA 클러스터링 기반 요소기술 키워드 도출 ]

No.	상위 5개 키워드	대표적 관련 특허	요소기술 후보
클러스터 01	waste metal liquid gas solid	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conversion of biomass or residual waste materials to biofuels</li> <li>Iron compound catalyst for inhibiting generation of dioxin and incineration process of municipal solid waste using the same</li> <li>METHOD OF TREATING HEAVY METAL IN SOLID WASTE</li> </ul>	고체 바이오매스 및 잔류 폐기물 공급 원료로부터 액체 탄화수소 생성물을 생산 시스템
클러스터 02	waste separator treatment solid water	<ul style="list-style-type: none"> <li>TREATMENT METHOD OF ORGANIC WASTE AND ITS TREATMENT APPARATUS</li> <li>TREATMENT METHOD FOR ORGANIC WASTE</li> <li>DENITRIFICATION METHOD OF METHANE FERMENTATION WASTEWATER</li> </ul>	고형물을 포함하는 유기성 폐기물의 생물학적 처리를 위한 장치
클러스터 03	gas waste furnace solid generate	<ul style="list-style-type: none"> <li>METHOD OF FUSING WASTE MATTER</li> <li>METHOD FOR RECYCLING ORGANIC OR HYDROCARBON WASTE, AND BLAST FURNACE FACILITY SUITABLE FOR RECYCLING</li> <li>METHOD AND FACILITY FOR GASIFYING AND COMBUSTING SOLID WASTE</li> </ul>	고형 폐기물 가스화 및 연소를 위한 안전성, 콤팩트 한 구조, 우수한 열효율을 가진 방법 및 설비 장치
클러스터 04	waste solid fuel material substance	<ul style="list-style-type: none"> <li>System and Method for Treatment of Wastewater via Enhanced Electroflotation</li> <li>METHOD OF COMPACTING A SLURRY BY PRESSURE FILTRATION</li> <li>Method of Surface Reclamation of Exhausted Landfills of Urban Solid Waste</li> </ul>	전해 전지 내에서 해수를 분해 할 수 있는 폐수 혼합 시스템
클러스터 05	waste liquid generate heat radioactivity	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apparatus for Processing Waste Liquor Produced by Middle and Low level Radiative Waste Carbonization System Using Low Pressure Superheated Vapor</li> <li>Reheat Steam Generator in System for Reducing Quantity of Low Level Radioactive Waste using Superheated Vapor</li> <li>System for Carbonizing Middle and Low Level Radiative Waste Using Low Pressure Superheated Vapor</li> </ul>	저압의 과열 증기를 이용하여 중간으로 탄화시키는 시스템
클러스터 06	waste process fuel generate sludg	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rotary and U turn type apparatus for drying and carbonization of waste materials</li> <li>Using the powder burning devices in the sludge fuel Tan Manufacturing</li> <li>SOLIDIFICATION METHOD OF SOIL USING WASTE GYPSUM</li> </ul>	고형 폐기물 중 불연성 폐기물을 재활용하거나 재활용 수지 또는 에너지를 회수 할 수 있는 폐기물 회수 시스템

26) Latent Dirichlet Allocation

클러스터 07	gas combustion heat wast generate	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Power production process with gas turbine from solid fuel and waste heat ad the equipment for the performing of this process</li> <li>• Waste plastic solid fuel incinerator</li> <li>• Municipal solid waste fuel steam generator with waterwall furnace platens</li> </ul>	도시 고형 폐기물 연료 증기 발생기의 소각열을 이용한 회수 시스템
클러스터 08	wast material gas solid system	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Multistage thermolysis method for safe and efficient conversion of carpet/rug, polymeric materials and other waste sources</li> <li>• METHOD, APPARATUS, AND SYSTEM FOR PROVIDING AN INTEGRATED BIOENERGY COMPLEX TO PROCESS MIXED SOLID WASTE</li> <li>• HYBRID ENERGY CONVERSION SYSTEM AND PROCESSES</li> </ul>	바이오매스, 도시 고형 폐기물(MSW) 하수 슬러지 및 특정 산업 폐기물 자원 및 공급 원료와 함께 사용할 수 있는 유연한 하이브리드 변환 시스템
클러스터 09	waste water water treatment wast generate	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hybrid chemical/mechanical dewatering method for inactivating and removing pharmaceuticals and other contaminants from wastewater</li> <li>• Wastewater chemical/biological treatment method and apparatus</li> <li>• Apparatus and method for delivering solid bioremediation materials</li> </ul>	환경 생물학적 시스템과 연계 된 슬러지 화학적 탈수 기술을 적용한 화학 / 생물학적 폐수 처리 시스템

### 다. 특허 분류체계 기반 요소기술 도출

- 폐기물 고형연료화 특허의 주요 IPC 코드를 기반으로 한 요소기술 후보는 도시폐기물 고형연료의 최적 연소 이용 및 배가스 처리기술에 대하여 선정됨

[ IPC 분류체계에 기반 한 요소기술 도출 ]

IPC 기술트리		
(서브클래스) 내용	(메인그룹) 내용	요소기술 후보
(B01D) 분리(습식법에 의한 고체와 고체의 분리)	(B01D-053/00) 가스 또는 증기의 분리; 기체로부터 휘발성 용제증기의 회수; 폐가스, 예를 들어 엔진배기가스, 매연, 연기굴뚝연기 등의 화학적 또는 생물학적 정화; 또는 에어로졸	할로겐 가스 제거 방법 및 처리장치
(B09B) 고체 폐기물의 처리	(B09B-003/00) 고체 폐기물의 파괴 또는 유용하거나 무해한 물질로의 전환 [3]	무기성 고형물과 유기성 고형물을 포함한 유기성 폐기물의 발효 처리 방법
(B09B) 고체 폐기물의 처리	(B09B-005/00) 단일의 타 서브클래스 또는 당해 서브클래스내의 단일의 타 그룹에 포함되지 않는 폐기물 처리 조작 [3]	-
(C02F) 물, 폐수, 하수 또는 오니(슬러지)의 처리(물질에서 화학적인 변화에 영향을 줌으로써 무해하거나 덜 유해한 해로운 화학물질을 만들기 위한 처리)	(C02F-003/00) 물, 폐수 또는 하수의 생물학적 처리 [3]	폐가스 처리 장치 및 처리 방법
	(C02F-009/00) 물, 폐수 또는 하수의 다단계 처리 [3]	-
	(C02F-011/00) 오니(슬러지)의 처리; 이를 위한 장치 [3]	-
	(C02F-011/12) 탈수, 건조 또는 농축에 의한 것	-
(C07C) 비환 화합물 또는 탄소환 화합물(고분자 화합물)	(C07C-027/00) 두 클래스 이상의 산소를 함유하는 화합물을 동시에 제조하는 것으로 된 공정	도시 고형 폐기물을 회수하는 시스템 및 방법
(C10J) 산소 또는 증기를 수반하는 부분 산화법에 의해, 고체 탄소질 물질로부터 일산화탄소와 수소를 포함하는 가스의 제조	(C10J-003/00) 산소 또는 증기를 수반하는 부분 산화법에 의해, 고체 탄소질 물질로부터 일산화탄소와 수소를 포함하는 가스(예. 합성 가스 또는 도시 가스)의 제조	고형 연료 제조 설비 및 이용 방법
(C10L) 달리 분류되지 않는 연료; 천연가스; 서브클래스	(C10L-005/00) 고체 연료(액체 연료의 고체화에 의하여 생산되는 것 C10L-007/00; 이탄제조 C10F-007/06)	-
(F23B) 고체연료만을 사용하는 연소 방법 또는 장치(실온에서는 고체이지만 용해된 상태로 연소하는 연료의 연소를 위한 것	(F23B-070/00) 고체 연소 잔재를 연소실로 되돌리는 수단에 특징이 있는 연소 장치[8]	고형 폐기물의 용융 처리 및 폐유의 부분 연소 처리 방법
(F23G) 화장로 (Cremation Furnaces); 연소에 의해 폐기물 또는 저등급 연료를 소각하는 것	(F23G-005/00) 방법 또는 장치, 예. 폐기물 또는 저등급 연료의 소각을 위해 특히 적용된 소각로 [4]	-

## 라. 최종 요소기술 도출

- 산업·시장 분석, 기술(특허)분석, 전문가 의견, 타 부처로드맵, 중소기업 기술수요를 바탕으로 로드맵 기획을 위하여 요소기술 도출
- 요소기술을 대상으로 전문가를 통해 기술의 범위, 요소기술 간 중복성 등을 조정·검토하여 최종 요소기술명 확정

### [ 폐기물 고형연료화 분야 요소기술 도출 ]

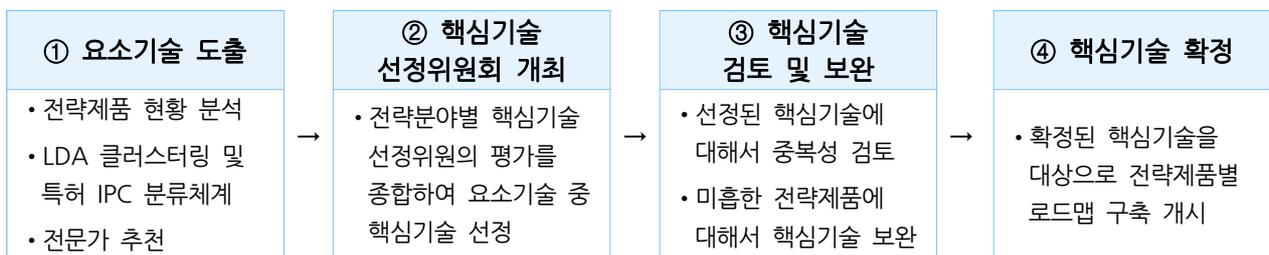
분류	요소기술	출처
연료화	고체 바이오매스 및 잔류 폐기물의 액체 연료화 기술	특허 클러스터링, 전문가추천, IPC 기술체계
	고형 폐기물 연료의 콤팩트 가스화 및 에너지전환 기술	전문가추천, IPC 기술체계
	고품위 바이오 고형연료 제조 및 혼소 이용기술	특허 클러스터링, 전문가추천
	저등급 폐기물의 고형 연료화 및 에너지 이용기술	특허 클러스터링, 전문가추천
시스템	지능형 폐기물 분리선별 자동화 시스템	특허 클러스터링, 전문가추천
	고효율 탈수/건조용 하이브리드 및 복합 신기술	특허 클러스터링, 전문가추천
처리기술	도시 폐기물 고형연료의 최적 연소 이용 및 배가스 처리기술	특허 클러스터링, 전문가추천, IPC 기술체계
	생물학적 공정 및 자연 에너지 이용한 폐기물 건조기술	특허 클러스터링, 전문가추천, IPC 기술체계

## 6. 전략제품 기술로드맵

### 가. 핵심기술 선정 절차

- 특허 분석을 통한 요소기술과 기술수요와 각종 문헌을 기반으로 한 요소기술, 전문가 추천 요소기술을 종합하여 요소기술을 도출한 후, 핵심기술 선정위원회의 평가과정 및 검토/보완을 거쳐 핵심기술 확정
- 핵심기술 선정 지표: 기술개발 시급성, 기술개발 파급성, 기술의 중요성 및 중소기업 적합성
  - 장기로드맵 전략제품의 경우, 기술개발 파급성 지표를 중장기 기술개발 파급성으로 대체

#### [ 핵심기술 선정 프로세스 ]



### 나. 핵심기술 리스트

#### [ 폐기물 고형연료화 분야 핵심기술 ]

분류	핵심기술	개요
연료화	고품위 바이오 고형연료 제조 및 혼소 이용기술	• 다양한 종류의 폐기물 유입, 공급량 변화, 일부 공정의 트러블 등 각 설비 및 공정 상태를 온라인 파악하여 지능적으로 즉시 적절하게 대처함으로써 분리선별 시스템을 최적 운전하는 자동화 시스템 기술
	저등급 폐기물의 고형 연료화 및 에너지 이용기술	• 농업 또는 임업에서 발생하는 잔류물 및 부산물로부터 고발열량의 바이오 고형연료를 생산하여 석탄 등 기존 연료와 혼소함으로써 화석연료 사용량을 줄이고 온실가스 및 대기오염물질 배출량을 감축하는 기술
시스템	지능형 폐기물 분리선별 자동화 시스템	• 도시폐기물 고형연료를 연료로 이용하는 보일러에서 고효율 연소 및 미세먼지 등 대기오염물질 발생량을 원천적으로 저감하는 최적 연소기술
	고효율 탈수/건조용 하이브리드 및 복합 신기술	• 폐기물 고형연료 제조 시 다량의 에너지가 소비되는 탈수 및 건조공정에 바이오를 이용한 생물학적 건조기술 또는 태양열 등 자연에너지를 사용함으로써 에너지 생산성을 높이는 기술
처리기술	도시 폐기물 고형연료의 최적 연소 이용 및 배가스 처리기술	• 수분이 다량 함유된 유기성 폐기물의 수분을 효율적으로 제거하기 위하여 다양한 이종 기술의 조합 또는 결합에 의한 새로운 개념의 탈수 및 건조 신기술
	생물학적공정 및 자연 에너지 이용한 폐기물 건조기술	• 가축 사육시설에서 발생하는 축분 등 수분 함량이 높고 및 악취가 발생하는 유기성 폐기물을 이용하여 고발열량의 고형연료를 효율적으로 생산하여 이용하는 기술

## 다. 중소기업 기술개발 전략

- 고품수 유기성 폐기물의 탈수 및 건조공정에 저에너지 소비형 신기술 적용으로 고품연료 에너지 생산성의 극대화 필요
  - 고품연료 제조를 위한 폐기물 건조 공정은 에너지 소비량이 많음. 미생물을 이용한 생물학적 건조 공정, 태양열을 이용한 건조 공정 등 저에너지 소비 공정 개발하여 적용하면 에너지 생산성이 높아짐
  - 수분의 많은 유기성 폐기물의 탈수를 용이하게 하고 바이오가스 생산 병행이 가능한 수열 탄화기술, 폐수의 인 등 수계오염물질을 회수하는 자원화 공정 연계하여 기술 차별화로 시장 경쟁력 제고
  
- 고품연료 제조용 원료가 풍부한 신남방 국가로 수출 산업화 및 시장 확대용 기술 확보
  - 개도국의 도심 인구 증가로 생활폐기물 발생량이 크게 증가하고 전력은 부족하므로 국내에서 다수 경험 및 확보된 폐기물에너지기술의 수출 산업화 연구
  - 신남방 개도국의 설탕 및 팜유 산업은 에너지 소비량이 많고 바이오매스 폐기물 발생량이 많음. 현지 바이오매스 폐기물을 이용한 고품연료화 및 에너지 생산 기술 확보로 시장 확대
  
- 기존 화석연료와 혼소 가능한 품질의 고품연료 제조 및 혼소 기술개발
  - 고체 화석연료와 혼소 가능한 고품질의 고품연료를 제조하여 석탄 등 화석연료를 사용하는 기존 유틸리티 생산설비에서 화석연료와 혼소함으로써 화석연료를 고품연료로 대체
  - 폐기물 에너지 사용은 화석연료를 대체하므로 에너지 비용이 줄어들고 온실가스 배출량 감축이 가능한 장점이 있음. 고품연료와 화석연료를 혼소하는 경우 기존설비의 큰 개선이 필요 없어 대량 보급이 용이
  
- 장시간 사용이 가능한 고성능의 폐기물 분리선별 설비 및 시스템 기술 필요
  - 폐기물 분리설비는 공정 특성상 진동이 크고, 분진 발생량이 많아 설비의 고장이 잦고 유지관리에 드는 시간과 비용이 큼
  - 고무 패킹 등 쉽게 마모되는 소재가 필요 없는 설비 개발 또는 장시간 연속운전이 보장되어 설비의 처리 용량이 증대하고 분리선별 효율이 높은 장치 및 시스템 필요

## 라. 기술개발 로드맵

### (1) 중기 기술개발 로드맵

[ 폐기물 고형연료화 기술개발 로드맵 ]

폐기물 고형연료화	고형연료 에너지 생산성 극대화 실현			
	2021년	2022년	2023년	최종 목표
지능형 폐기물 분리선별 자동화 시스템				폐기물 분리선별 자동화 기술 확보
생물학적공정 및 자연에너지 이용한 폐기물 건조기술				건조에너지 소비량: 50% 감축
고효율 탈수/건조용 하이브리드 및 복합 신기술				탈수/건조 에너지 효율 30% 향상
고품위 바이오 고형연료 제조 및 혼소 이용기술				발전용 바이오 고형연료 (> 18MJ/kg)
저등급 폐기물의 고형연료화 및 에너지 이용기술				축분 고형연료 제조 및 이용 기술 확보
도시 폐기물 고형연료의 최적 연소 이용 및 배가스 처리기술				미세먼지 저감 최적 연소기술

\* 표시는 생태계 취약 기술을 의미

(2) 기술개발 목표

□ 최종 중소기업 기술로드맵은 기술/시장 니즈, 연차별 개발계획, 최종목표 등을 제시함으로써 중소기업의 기술개발 방향성을 제시

[ 폐기물 고형연료화 분야 핵심요소기술 연구목표 ]

분류	핵심기술	기술요구사항	연차별 개발목표			최종목표	연계R&D 유형
			1차년도	2차년도	3차년도		
연료화	지능형 폐기물 분리선별 자동화 시스템	폐기물 분리선별 자동화 시스템	지능형 선별분리 시스템 설계	지능형 자동 분리선별 시스템 구축	실증시스템 운전 및 성능개선	폐기물 분리선별 자동화 기술 확보	기술혁신
	생물학적공정 및 자연에너지 이용한 폐기물 건조기술	바이오공정 또는 태양에너지를 이용한 건조	핵심공정 개념설계 및 기술개발	요소기술 및 핵심설비 기술개발	실증 시스템 장기 운전, 성능개선	건조에너지 소비량: 50% 감축	창업성장
시스템	고효율 탈수/건조용 하이브리드 및 복합 신기술	고효율 탈수/건조 신기술, 신공정	신공정 핵심 기술개발 및 개념 구현	벤치 장치 실험 및 성능개선	시작품 제작, 성능테스트	탈수/건조 에너지 효율 30% 향상	기술혁신
	고품위 바이오 고형연료 제조 및 혼소 이용기술	발전용 고발열량 바이오 고형연료	반탄화 반응공정 기술개발	고형연료 혼소 이용 기술개발	실증설비 연속 운전 및 대형화 설계	발전용 바이오 고형연료 (> 18MJ/kg)	상용화
처리 기술	저등급 폐기물의 고형 연료화 및 에너지 이용기술	축분 폐기물의 고형연료화	고함수 축분 폐기물 수집 및 탈수기술	고발열량 고형연료 및 약취 저감기술	축분 고형연료 고효율 연소 및 이용기술	축분 고형연료 제조 및 이용 기술 확보	창업성장
	도시 폐기물 고형연료의 최적 연소 이용 및 배가스 처리기술	고효율 연소 및 미세먼지 감축	오염물질 발생 원천저감 최적 연소기술	미세먼지 등 대기오염물질 동시 제어기술	실증시스템 운전 및 대형화 설계	미세먼지 저감 최적 연소기술	상용화



전략제품 현황분석

# 친환경 분해성 고분자





# 친환경 분해성 고분자

## 정의 및 범위

- 친환경 분해성 고분자는 자연에서 분해가 되는 플라스틱을 의미하며, 식물성 유지, 옥수수 전분 또는 미생물에서 추출한 폴리에스테르 같은 재생 가능 바이오매스로 만든 플라스틱 등을 통칭
- 빛, 열 및 수분 등의 환경조건 하에서 화학구조가 현저히 변화하고, 그 물질 변화가 측정되는 고분자로 생분괴성 고분자(Disintegrable Polymer), 생분해성 고분자(Biodegradable Polymer), 광분해성 고분자(Photo-degradable Polymer)를 포괄하며, 농업용 필름, 식품 포장용 필름, 생활용품 등 환경적으로 문제가 되고있는 고분자 제품을 자연환경에서 분해되는 제품에 사용됨. 원료소재, 압출, 사출 등이 기술내용에 포함됨

## 전략 제품 관련 동향

시장 현황 및 전망	제품 산업 특징
<ul style="list-style-type: none"> <li>• (세계) 바이오플라스틱 시장 규모는 2018년 53.2억 달러에 달하였으며, 2018년부터 2024년까지 9.5%의 연평균 성장률로 증가, 2024년에는 약 91.8억 달러에 이를 것으로 예측</li> <li>• (국내) 생분해성 플라스틱 시장 규모는 2018년 3조 6천억 원에 달하였으며, 2018년부터 2024년까지 15%의 연평균 성장률로 증가, 2024년에는 약 8조 5천억 원에 이를 것으로 예측</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전 세계 각국에서 기존 플라스틱과 비슷한 물성과 가격경쟁력을 갖고, 인체에 무해 하면서도 재활용이 용이한 바이오플라스틱 제품개발에 박차를 가하고 있음</li> <li>• 바이오플라스틱은 석유계 플라스틱을 대체하는 친환경 플라스틱으로 시장 규모가 빠르게 성장 중</li> </ul>
정책 동향	기술 동향
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정부 합동으로 “재활용 폐기물 관리 종합대책”을 통해 제조·생산, 유통·소비, 분리배출, 수거·선별, 재활용, 홍보·교육 등 단계별 대책, 폐기물 발생량 감축 및 재활용 측면 방안 마련</li> <li>• 2020년 12월 화이트바이오 산업 활성화 전략 발표</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 바이오플라스틱은 지구온난화 방지 정책과 산업 및 가정용 플라스틱 쓰레기에 의한 환경오염 방지라는 시대적 요구에 따라 더욱더 중요성이 강조되고 많은 연구 개발이 진행</li> <li>• 바이오베이스 플라스틱 소재 위주로 연구 개발이 진행 중이며, 생분해성 플라스틱의 경우 여러 가지 개발이 이루어짐</li> </ul>
핵심 플레이어	핵심기술
<ul style="list-style-type: none"> <li>• (해외) NatureWorks, Dupont, Metabolix/ADM</li> <li>• (대기업) 롯데케미칼, SK케미칼, LG화학</li> <li>• (중소기업) 바이오소재, 에이유 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생분해성 플라스틱 제조</li> <li>• 생분해성 탄성체 제조 기술</li> <li>• 생분해성 고분자수지 조성물 제조</li> <li>• 생분해성 폴리에스터 생산기술</li> <li>• 생분해성 난연성 필름 제조기술</li> </ul>

## 중소기업 기술개발 전략

- ➔ 이상치 관련 국내외 인증제도에 대해 일반 소비자 대상 교육 및 홍보가 필요
- ➔ 최근 생분해보다 재활용이 강조되고 있어 국제적 변화에 대응전략 필요
- ➔ 국내 우수한 가공기술을 적용하여 원천기술개발 비중을 낮추고 소재개발, 제품화 기술개발로 글로벌 진출 도모

# 1. 개요

## 가. 정의 및 필요성

### (1) 정의

- 친환경 분해성 고분자는 자연에서 분해가 되는 플라스틱을 의미하며, 식물성 유지, 옥수수 전분 또는 미생물에서 추출한 폴리에스테르 같은 재생 가능 바이오매스로 만든 플라스틱 등을 통칭
  - 생분해 플라스틱은 식물체 기반 고분자, 미생물 생산 고분자 및 석유계 플라스틱 유래 고분자를 모두 포함
    - ISO 14855 기준에 의하면 생분해성은 퇴비화 조건에서 36개월 이내에 셀룰로오스 대비 90% 이상 생분해되어야 함
  - 산화 생분해 플라스틱은 산화분해 후 생분해가 되는 제품
    - 기존 생분해 플라스틱의 약한 물성, 약한 가격경쟁력, 재활용의 어려움, 다양하지 못한 제품 응용성 및 생산성 저하 문제 및 광분해 제품의 최종 생분해가 어려운 점 등의 단점 보완 가능
    - 기존의 양산설비를 그대로 사용할 수 있어 설비에 대한 부담이 적은 장점 등의 이유로 최근 전 세계적으로 기술개발 및 산업화가 활발하게 진행
    - 특히 2014년 아랍에미레이트연합(UAE)이 법안을 제정하여 산화생분해 제품이 아닌 일반 플라스틱 제품의 생산 및 유통을 금지하는 법안이 2014년에 시행이 되면서 전 세계의 주목을 받기 시작
- 최근에는 바이오플라스틱을 탄소중립형 식물유래자원(biomass) 등 재생 가능한 물질을 포함하는 원료를 이용하여 화학적 또는 생물학적 공정을 거쳐 생산된 고분자를 지칭
  - 좀 더 확대된 개념에서는 “석유 기반 생분해 고분자를 포함한 바이오매스 유래 고분자의 총칭”으로 사용
  - 탄소 중립이란 개념은 식물체가 성장기에 물, 이산화탄소, 태양광을 이용하여 엽록체에서 광합성작용을 통해 이산화탄소를 소비하고, 폐기되어 자연에서 분해될 때 성장기에 흡수한 정도의 이산화탄소만을 발생시켜 지구상의 이산화탄소 총량을 증가시키지 않는 개념
- 바이오베이스 플라스틱은 식물체 기반 바이오매스를 20~25% 이상 함유한 플라스틱으로, 이산화탄소 저감 및 지구온난화와 밀접한 관계
  - 2002년 미국농무성에서 바이오베이스 플라스틱 인증을 시작하였고 이후 일본, 벨기에, 독일, 한국 등에서 인증
  - 지구온난화의 주요인이 이산화탄소로 인식되면서 석유 기반 고분자 플라스틱을 대체할 수 있는 새로운 친환경 소재가 필요하게 되었고, 탄소 중립(carbon neutral)이라는 개념이 등장하면서 식물체 유래 바이오매스를 포함한 바이오베이스 플라스틱이 바이오플라스틱의 범주에 포함

## (2) 필요성

### □ 플라스틱의 환경오염

- 플라스틱이 완전히 분해되는 데 걸리는 기간은 200~300년에서 길게는 500년까지 소요 되는데, 이는 플라스틱이 처음 생산된 1868년부터 지금까지 모든 제품이 분해되지 않았다고 볼 수 있음
- 플라스틱의 사용량은 1950년대 이후 폭증하였는데, 유엔환경계획(UNEP)에서 조사한 바로는 2010년에만 최소 480톤 에서 최대 1,270만 톤의 플라스틱 쓰레기가 바다로 흘러갔다고 발표
- 1997년에 발견된 북태평양 거대 쓰레기 섬은 2011년경에는 대한민국의 절반 정도였지만, 18년도 후반경에는 대한민국 면적의 15배에 달하는 면적이 됨
- 이러한 환경오염은 생태계 파괴는 물론 정화작업을 위한 자금 및 인력을 소비하여 크나큰 손실을 가져오기 때문에 이를 대체할 만한 소재가 필요
- 플라스틱 소비와 쓰레기 줄이기에 국제적으로 즉각적인 공동행동에 나서면 20년 동안 플라스틱 오염률이 현재보다 80% 줄어들 것이지만, 7억1천만 톤이 환경에 쌓일 것을 추산

### [ 플라스틱으로 인한 환경오염 ]



\* 출처: 플라스틱으로 인한 환경오염, 2018, National Geographic

### □ 바이오플라스틱의 환경오염 방지

- 바이오플라스틱은 기존의 난분해성 플라스틱과 물성이 비슷하기 때문에 대체품으로 적합하고, 특히 생분해 플라스틱의 경우, 사용 후 폐기하게 되면 자연계에서 분해되기 때문에 환경오염 방지 및 생태계 파괴를 막을 수 있음
- 세계적으로 2020년 소비 및 배출 전망치의 30% 감축을 계획하고 있는 온실가스 효과에 따른 지구온난화 방지 정책과 산업 및 가정용 플라스틱 쓰레기에 의한 환경오염 방지라는 시대적 요구에 따라 더 중요성이 강조되고 있음
- 세계적으로 2020년 배출 전망치의 30% 감축을 계획하고 있는 온실가스 효과에 따른 지구온난화 방지 정책과 산업용 및 가정용 플라스틱 쓰레기에 의한 환경오염 방지라는 시대적 요구에 따라 더욱 더 중요성이 강조되고 바이오플라스틱에 대한 많은 연구 개발이 진행
- 천연물 유래 생분해성 플라스틱, 바이오베이스 플라스틱의 경우 탄소중립(carbon neutral)형 바이오매스를 함유하고 있으며, 식물체를 사용하기 때문에 탄소소비량과 탄소발생량이 동일하여 이산화탄소의 증가가 없기 문에 지구온난화 가속화를 방지할 수 있음

□ 석유기반 플라스틱의 사용 규제 증가

- 급등하는 석유가격과 이산화탄소 배출억제로 인해 석유화학산업은 재생자원에서부터 고품질 플라스틱 및 생분해성 소재를 제조할 수 있도록 시장 요구에 맞추어 제품을 개발한다면 시장확대가 가능할 것으로 보이지만, 정책의 움직임은 재활용성을 강조하는 분위기로 바이오 플라스틱 및 재활용성을 동시에 요구될 수 있음
- 2017년 7월 세계 최대의 폐플라스틱 수입국인 중국이 돌연 페비닐 등 일부 재활용 고체 쓰레기 수입을 중단하기로 발표하면서 우리나라를 비롯한 미국·영국·독일 등 중국으로 재활용 고체 쓰레기를 수출하던 국가들은 비상상황을 마주함
- 한국의 경우, 2020년까지 모든 생수·음료수용 유색 페트병을 무색으로 전환하는 등 재활용이 어려운 제품은 생산 단계부터 퇴출할 수 있도록 법령 개정 추진하였으며, 재활용 의무대상 품목을 현재 43종에서 2022년까지 63종으로 늘릴 계획
- 2018년 7월 미국 도시 중 최초로 시애틀에서 빨대를 포함한 일회용 플라스틱 사용물품(Utensil: 숟가락, 포크, 칼 등), 칵테일 피크(Cocktail Pick) 사용 금지 조례를 시행
- 영국은 2019년부터 플라스틱 빨대 사용을 금지하고, 2024년까지 불필요한 플라스틱 폐기물 발생 제로화 추진
- 프랑스는 2020년부터 일회용 식기류를 만들 때 재료의 50%는 집에서 퇴비로 쓸 수 있는 생물학적 원료로 만들어야 하며, 플라스틱 컵과 접시의 사용을 전면 금지하도록 추진
- EU는 2020년부터 플라스틱 폐기물의 매립을 전면 금지하였고, 2030년까지 플라스틱 생산량의 50% 이상을 재활용하도록 추진. 또, 2021년까지 플라스틱 빨대 사용을 전면 중단하며, 일회용 플라스틱 저감정책을 통해 플라스틱 면봉, 빨대, 접시 등 시장 출시 금지 제안
- 이에 따라 난분해성 플라스틱 시장은 위축되고, 바이오플라스틱 시장은 점점 증가할 것으로 전망

## 나. 범위 및 분류

### (1) 가치사슬

- (가치사슬) 바이오플라스틱의 경우 탄소저감으로 인한 지구온난화 방지 효과를 기대
  - (후방산업) 바이오원료(당, 그리닌, 셀룰로오스), 전분, 고분자 복합체 등으로 구성
  - (전방산업) 포장재, 전자제품, 자동차 부품, 생활용품, 섬유제품 등으로 구성

#### [ 바이오플라스틱 산업구조 ]

후방산업	바이오플라스틱	전방산업
바이오원료(당, 그리닌, 셀룰로오스), 전분, 고분자 복합체 등	천연고분자계, 미생물합성계, 종합형 고분자계	포장재, 전자제품, 자동차 부품, 생활용품, 섬유제품 등

### (2) 분해 방법별 분류

#### ◎ 분류 개요

- 바이오플라스틱은 생분해성 플라스틱(Biodegradable plastics), 산화생분해성 플라스틱(Oxo-biodegradable plastics), 및 바이오베이스 플라스틱(Bio based plastics)의 3가지 범주로 나뉨
  - 바이오베이스 플라스틱은 분해성 플라스틱 범주라기보다는 탄소저감에 초점이 맞춰져 있어 분해성 플라스틱의 범주에 포함시키지 않는 경우가 많음
- 바이오플라스틱에는 탄소저감 및 생분해성 고분자를 지칭하는데, 일부에서는 분해성 플라스틱을 포함시키기도 함
  - 분해성 플라스틱은 생분해성, 산화생분해성, 산화분해성, 광분해성, 붕괴성을 총칭하는 포괄적 개념
  - 성형품, 포장재, 위생용품, 산업용품, 농업용품, 건축 토목용품 등으로 사용됨
  - 사용 후 폐기 시에 한 가지 이상의 분해 기작에 의해서 수개월 내지 수 년 이내에 물, 이산화탄소, 메탄가스 등으로 완전분해됨
    - 그러나 붕괴성의 경우는 분해되는 200~300년 소요되는 기존 난분해성 플라스틱보다는 분해가 빠르지만, 자연계에서 분해되는 기간이 100~200년 이상 소요된다고 알려져있어 분해성 플라스틱이라고 하기는 어려움
    - 최근에는 붕괴성이란 용어는 사용되지 않고, 이산화탄소 저감에 초점을 두고 있는 바이오베이스 플라스틱이란 용어를 사용하고 있으며 분해성이란 표현은 사용하지 않고 있음

### ◎ 생분해성 플라스틱

- 생분해성 플라스틱은 바이오매스로부터 얻어진 단량체를 중합하는 방법과 석유화학 유래 물질을 이용해 제조하는 방법의 두 종류가 존재
  - 단량체 중합법은 바이오매스에 전처리, 당화 과정을 통해 당을 제조하고 발효하여 산업상 사용이 용이한 고분자의 단량체를 생산한 뒤, 이 단량체를 중합하여 소재를 얻음
  - 현재 대표적인 생분해성 플라스틱인 PLA는 전분을 발효시켜 젖산(lactic acid)을 만들고, 그 젖산을 중합하여 제조
  
- 천연고분자를 원료로 하는 플라스틱
  - 생분해 플라스틱은 크게 2종류로 나뉘게 되는데, 한 가지는 바이오매스로부터 전처리, 당화 과정을 거쳐 당을 제조하고, 이를 발효과정을 통해 산업상 사용이 용이한 고분자 단량체를 생산한 다음 이 단량체를 중합하는 방법, 또 하나는 석유화학 유래 물질을 이용하여 제조하는 두 종류가 있음
  - Cellulose, hemicellulose, pectin, 및 lignin류와 저장 탄수화물인 전분 등의 식물에서 유래하는 PLA(poly lactic acid), TPS (thermo plastic starch) 등
  - 새우, 게 등의 껍질을 포함한 키틴질을 기초로 한 동물 유래의 것들이 존재
  - 미생물생산고분자(microbial biopolymer)에는 PHA (poly hydroxyalkanoate), PHB (poly-β-hydroxybutyrate), PHV (poly-β-hydroxyvalerate), 이들의 공중합체인 PHB/PHV 등의 poly-alkanoates가 있음
  - 단량체를 화학 합성하여 얻는 생분해 플라스틱에는 지방족 폴리에스테르(aliphatic polyester), PCL(poly capro lactone), PGA (poly glycolic acid), PBS (poly butylene succinate), PES (poly ethylene succinate), PVA (poly vinyl alcohol), PBAT (polybutylene adipate-co-terephthalate) 등이 있는데, 물성, 생산성이 우수하여 많은 제품 응용 분야에 적용
  - 상호 물성 보안을 위하여 생분해성 플라스틱의 원료를 혼합 적용하고있는 추세

### ◎ 산화 생분해성 플라스틱

- 생분해성 플라스틱의 단점인 짧은 생분해 기간, 낮은 물성, 내열성 및 내한성과 가격경쟁력 부족 등을 보완하기 위해 개발된 플라스틱
  - 산화 생분해성 플라스틱은 산화분해 후 생분해가 되는 제품으로, 기존 생분해 플라스틱의 약한 물성, 약한 가격경쟁력, 재활용의 어려움, 다양하지 못한 제품 응용성 및 생산성 저하 문제 및 광분해 제품의 최종 생분해가 어려운 점 등의 단점을 보완
  - 기존의 양산설비를 그대로 사용할 수 있어 설비에 대한 부담이 적은 장점 등의 이유로 최근 전 세계적으로 기술개발 및 산업화가 활발하게 진행
  - 특히 수분이 부족하여 미생물 분해가 어려운 사막기후인 중동, 생분해가 너무 빨라 유통 중 조기 생분해가 우려되는 아열대 지역인 동남아 지역을 중심으로 산업화가 많이 되고, 유럽, 미국 등으로 산업화가 빠르게 확산

- 기존 범용 플라스틱에 바이오매스, 산화 생분해제, 상용화제, 생분해 촉진제, 자동산화제 등을 첨가하여 제품을 제조
  - 산화 생분해 플라스틱은 열, 빛, 미생물, 수분, 효소, 화학 반응 등의 복합적 작용에 분해가 촉진
  - 산화 생분해 플라스틱은 기존 생분해성, 생분괴성, 생/광분해, 화학분해 등을 포함하는 개념으로, 기존 생분괴성, 생광분해의 단점으로 지적된 완전 분해까지 분해 기간을 1~5년으로 단축하기 위해 최근 생분해 촉진제를 사용하며, 최종 생분해 기간 제어가 가능한 신개념 분해성 플라스틱

◎ 바이오베이스 플라스틱

- 최근 산업화가 급속히 진행되고 있는 바이오베이스 플라스틱은 식물체 유래 바이오매스와 기존 난분해성 플라스틱을 중합하거나 가교결합하는 방식으로 제품을 생산
  - 첨가하는 바이오매스에 따라 특성을 부여할 수 있음(발향, 재질)
  - 바이오매스 고유 색상에 국한되지 않고 다양한 색상원료 적용 가능
- 중합형 바이오베이스 플라스틱과 결합형 바이오베이스 플라스틱으로 나뉨
  - 중합형은 바이오 PET, 바이오 PP, 바이오 PE 등 포함
  - 결합형은 목질계 바이오메스를 혼합한 원료, 전분계 바이오매스를 혼합한 원료를 포함
- 바이오베이스 플라스틱은 분해성에 초점을 두지 않고 탄소중립형 바이오매스를 일부 적용하여 이산화탄소 등의 공해 물질을 적게 배출하여 지구온난화 방지를 강조
- 페트병에서 자동차 분야까지 그 적용 범위가 확장
  - 식량자원의 사용에 대한 문제점을 해결하기 위해 셀룰로오스, 볏짚, 왕겨, 옥수수대, 대두박, 옥수수 껍질, 대나무, 사탕수수, 팜부산물 등 풍부한 비식용계 부산물 자원을 바이오플라스틱 원료 소재로 사용
  - 산업용품, 자동차, 건축, 토목, 매립형 제품, 포장재, 농·원예 등의 다양한 분야까지 적용
  - 친환경 쓰레기통, 생분해성 식품용기, 친환경 봉투 등으로 적용

[ 바이오플라스틱의 종류별 특징 ]

구분	바이오플라스틱				
	생분해 플라스틱		산화 생분해 플라스틱	바이오베이스 플라스틱	
	천연물계열	석유계열		결합형	중합형
바이오매스 함량	50~70% 이상	-	40% 이하	20~25% 이상	
사용원료	천연물, 미생물계	석유유래 원료 중합 합성	생분해 촉매제, 식물체 등	천연물-고분자 결합	천연물-단량체 중합
종류	PLA, TPS, PHA, AP, CA 등	PBS, PES, PVA, PCL, PBAT 등	Oxo bio PE, Oxo bio PP, Oxo bio PA 등	Bio PE, Pio PP, Bio PET, Bio PA 등	
규격기준	ISO 14885, ASTM D 6400 등		ASTM D 6954, UAE S5009 등	ASTM D 6866, CEN/TR 15932 등	
장점	생분해 우수, 탄소저감 우수		분해기간 조절 가능, 물성 우수	탄소저감 우수, 강도 우수	
단점	고가, 물성저하, 유통 중 분해가능		산화분해 필요 (열 UV 등)	생분해 속도가 느림, 강도, 내수성 문제 가능성	
분해 기작	미생물 분해		산화분해 후, 미생물 분해	-	
범용 플라스틱 사용여부	X		O	O	
재활용	어려움		우수	우수	
생분해 기간	셀룰로오스 대비 6개월 이내 90% 또는 45일 이내 60% 이상 분해		36개월 이내	-	

출처 : ㈜바이오소재

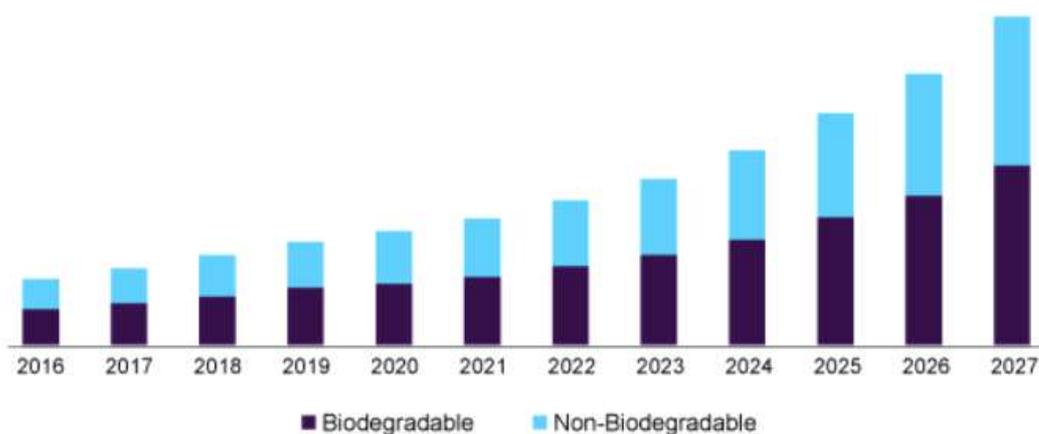
## 2. 산업 및 시장 분석

### 가. 산업 분석

#### ◎ 세계적 바이오플라스틱 산업의 성장

- 바이오플라스틱은 석유계 플라스틱을 대체하는 친환경 플라스틱으로 시장 규모가 빠르게 성장하고 있으며, 유럽 플라스틱협회는 세계 바이오플라스틱 생산 능력이 2018년 약 211만 톤에서 2023년 262만 톤으로 늘어날 것으로 예측
  - 211만 톤 생산량의 56.8%(120만 톤)는 바이오매스 기반 비분해성 바이오플라스틱이며, 43.2%(91만 톤)는 생분해성 바이오플라스틱으로 구성
- 전 세계 각국에서 기존 플라스틱과 비슷한 물성과 가격경쟁력을 갖고, 인체에 무해 하면서도 재활용이 용이한 바이오플라스틱 제품개발에 박차를 가하고 있음
  - 이산화탄소 저감, 자연계에서 분해되어 환경 부하가 적게 되는 대체품 연구 개발 지속
  - 상당수의 생분해성 플라스틱(biodegradable plastics), 산화 생분해성 플라스틱(oxo-biodegradable plastics), 탄소저감형 바이오베이스 플라스틱(bio based plastics) 등의 친환경 고분자 물질이 출시
- 유럽은 현재 세계 바이오 포장재 소비시장의 31% 차지하는 가장 큰 시장이고, 늘어나는 수요에 따라 기술개발 및 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 현재 바이오플라스틱 기술 발전을 주도
  - 2022년까지 일회용 플라스틱 제품의 전체 생산 및 소비를 약 80%까지 최소화하기 위한 EU의 결정과 같은 지역 정부의 발의가 지역의 시장성장을 촉진할 것으로 예상

[ 유럽 바이오플라스틱 시장 규모 ]



\* 출처 : 유럽 바이오 플라스틱 시장 규모, 2020, Grand View Search

[ 세계 생분해성 플라스틱 생산 능력 ]

(단위: 1천 톤)



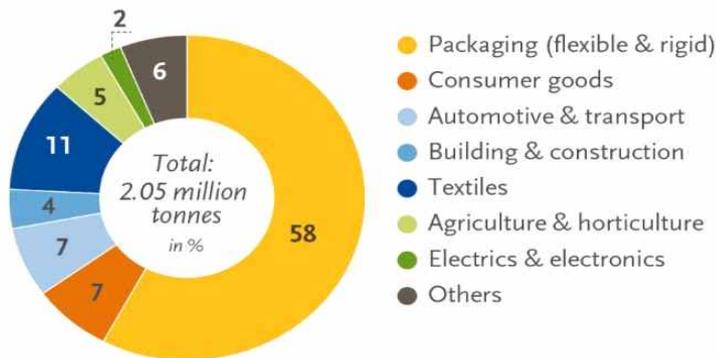
\*출처 : 세계 생분해성 플라스틱 생산능력, 2020, European Bioplastics nova-institute

◎ 바이오 플라스틱 활용 범위 확대

- 바이오플라스틱은 포장 분야에 가장 많이 사용되며, 아직까지 다른 분야에 대한 사용률은 낮은 편이며, 이는 국내외 모두 동일하며 추후 연구개발에 따라 사용 분야가 점차 다양해지고, 각 분야별 비중도 높아질 것으로 예상
- 최근에는 생분해성 비닐 제품 위주의 시장에서 글로벌 시장에서 산화생분해 플라스틱, 바이오베이스 플라스틱 성장에 발맞추어 식품 포장, 산업용품, 면도기, 칫솔, 포크, 자동차 내장품, 건축 토목용품 등 다양한 바이오플라스틱 제품으로 응용범위가 확산

[ 바이오플라스틱의 사용 분야 ]

Global production capacities of bioplastics in 2017 (by market segment)



Source: European Bioplastics, nova-Institute (2017). More information: [www.bio-based.eu/markets](http://www.bio-based.eu/markets) and [www.european-bioplastics.org/market](http://www.european-bioplastics.org/market)

\*출처 : 바이오플라스틱 사용분야, 2017, European Bioplastics nova-institute

- 전 세계 각 나라의 환경대응형 바이오플라스틱의 기술개발에 초점을 두고 있는 목표는 감량 가능성과 재활용의 용이성, 재사용 가능성, 인체무해성, 원료 소재의 대체 등
- 바이오플라스틱은 매년 생산되는 3.5억 톤의 플라스틱 중 약 1%를 차지하며, 증가수요를 대비해 더 정교한 바이오 플라스틱을 이용한 제품이 나타나고 시장은 지속적으로 성장
  - European Bioplastic과 novalInstitute 연구소가 함께 수집한 최신 시장 데이터에 따르면 바이오 플라스틱 생산용량은 2019년에 비해 2024년 32만 톤 더 증가할 것으로 예측
- 바이오플라스틱은 2018년까지 석유기반 생분해성 고분자보다는 바이오플라스틱인 전분, PLA, PHA, 기타 바이오플라스틱의 수요가 증가할 것으로 예상
  - 특히 포장재에 집중적으로 사용되는 현재와는 달리 2020년경에는 포장재뿐만 아니라 섬유와 같은 다른 분야에서도 바이오플라스틱의 사용이 증가되어 총량 대비 26%까지 상승할 것으로 예상
  - 지역별로는 서유럽지역이 40%, 북미 지역이 약 30%, 일본이 20% 정도의 수요를 나타내고 있으며, 점차 시간이 지날수록 중국을 비롯한 타지역으로의 확대가 될 것으로 예상

### ◎ 화이트바이오 산업 육성

- 국내 바이오플라스틱 시장 규모는 아직 작은 편
  - 규제에 의해 움직이는 시장은 절대적 한계가 있고, 제품 경쟁력, 가격경쟁력, 소비자 인식도 성숙 등에 움직여야 시장확대가 이루어질 수 있으나 국내 현실은 글로벌 추세를 따라가지 못함
  - 생활용품 등의 일반 소비자가 사용하는 제품군의 생산도 이루어졌지만 아직까지 시장에 적극적으로 진입하진 못함
  - 국내 바이오플라스틱 제조업체는 거의 정리가 되었지만 아직은 바이오플라스틱 제조업체는 소규모의 중소기업만이 살아남아 있기때문에 대량생산 체제가 미흡하여, 세계시장에서의 국내시장 점유율은 극히 미미한 상태
- 국내 바이오플라스틱의 방향성 전환
  - 최근에는 기존 대기업 등의 참여업체가 시장규모 협소에 의한 사업 보류, 사업 중단, M&A에 의해 정비되어가고 있음
  - 과거에는 기존의 대기업, 대학, 공공기관을 중심으로 연구개발 위주인 경우가 많았으나, 현재는 기술력 기반의 중소기업 위주로 개편되는 중
  - 현재 국내 기업들은 다른 외국기업에 비해 상대적으로 우위에 있는 수지의 가공 및 성형기술을 활용하여 신소재 개발보다 실제 제품화 위주로 전환되어 가고 있으며, 실제 상용화 제품, 기존 플라스틱을 대체한 제품들이 출시되고 있음

- 산업통산자원부, 범부처 바이오산업 혁신 TF가 마련한 화이트 바이오산업 활성화 전략 확정
  - 기존 화학산업의 소재를 식물 등 재생 가능한 자원을 이용하거나 미생물, 효소 등을 통해 바이오 기반에서 대체하는 산업 활성화
    - 상용화된 생분해성 소재를 활용한 포장재, 생활편의용 제품 등 15종의 바이오플라스티 제품개발 추진
  - 최근 건강에대한 관심과 기존 화학제품의 유해성분 등에 대한 소비자 인식 제고로 바이오 기반 고부가가치 제품에 대한 수요 증가
    - 높은 가격에도 불구하고 바이오 기반의 화장품, 계면활성제, 의약품 원료 등 인체 친화적인 기능성 제품에 대한 수요 증가
    - 바이오 기술을 활용해 생리활성 소재인 성장인자, 펩타이드를 개발해 고효능 화장품 판매로 급성장

[ 바이오기술 적용 분야에 따른 분류 ]

	레드바이오	그린바이오	화이트바이오
상징	피(blood) 상징	식물, 곡물 등 상징	탄소 기반의 화학제품을 대체하는 '깨끗함' 상징
예시	바이오의약품 바이오의료기기	동식물치료제 종자, 기능식품	바이오 연료, 바이오 플라스틱, 바이오 기반 정밀·특수화학

\*출처 : 바이오기술 적용 분야에 따른 분류, 2020, 코스인코리아닷컴

- 화장품 등 화이트바이오 분야 유망 중소, 벤처기업 3년간 최대 30억 원 지원
  - 화이트바이오산업의 부가가치를 높이기 위해 섬유, 화장품, 자동차 등 다양한 산업군을 대상으로 기술개발 지원 강화
  - 합성생물학 등 바이오 신기술 활용 균주개발과 제품 고도화 지원, 의료용·화장품용 신소재 개발, 석유계 프리 천연 가소제 등 제품화를 지원하고 있으며 다양한 응용기술 기반의 R&D 지원을 통해 산업 확장 계획
  - 유전자가위 등 바이오 신기술을 적용한 화이트바이오 제품의 개발 촉진을 위해 시간과 비용 소모가 큰 위해성 심사를 대신해 더 간소화된 사전검토제를 통해 수입·생산 승인 등을 면제하는 규제 개선 추진

## 나. 시장 분석

### (1) 세계시장

- 바이오플라스틱 세계시장 규모는 2018년 53.2억 달러에 달하였으며, 2018년부터 2024년까지 9.5%의 연평균 성장률로 증가, 2024년에는 약 91.8억 달러에 이를 것으로 예측
  - 주요 성장요인은 소비자들의 환경에 대한 인식 향상과, 산업계에서 친환경 제품에 대한 관심, 강성 포장 분야에서 점점 확대되고 있는 바이오플라스틱 적용, 정부에서 지원하는 탄소저감 및 환경오염 방지 대책 활성화 등

[ 세계 바이오플라스틱 시장 규모 및 전망 ]

(단위 : 백만 달러, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
세계시장	5,320	5,810	6,360	6,970	7,640	8,390	9,187	9.5

\*출처 : 세계 바이오플라스틱 시장 동향 및 전망, 2020, Global bio-plastic and Bio-plastic Additives Market를 바탕으로 네모아이씨지에서 재가공

### (2) 국내시장

- 국내 생분해성 플라스틱 시장은 2018년 3조 6천억 원에 달하였으며, 2018년부터 2024년까지 15%의 연평균 성장률로 증가, 2024년에는 약 8조 5천억 원에 이를 것으로 예측
  - 바이오플라스틱은 1980년대 후반부터 대두된 기존 플라스틱의 대체품으로써, 1990년대 중반 이후 환경 규제가 강화되면서 새롭게 부각되고 있는 산업 분야로, 2001년 쓰레기봉투 30% 분해도 적용 의무화, 2003년 일회용품 등의 사용금지 법안 발효로 생분해성 플라스틱을 중심으로 시장이 확산

[ 국내 생분해성 플라스틱 시장 규모 및 전망 ]

(단위 : 억 원, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
국내시장	36,522	42,000	49,000	56,350	64,803	74,523	85,701	15.0

\*출처 : 국내 생분해성 플라스틱 시장 규모 및 전망, 2020, Market&Market를 바탕으로 네모아이씨지에서 재가공

### 3. 기술개발 동향

- 기술경쟁력
  - 친환경 분해성 고분자는 미국이 최고기술국으로 평가되었으며, 우리나라는 최고기술국 대비 91.9%의 기술수준을 보유하고 있으며, 최고기술국과의 기술격차는 0.8년으로 분석
  - 중소기업의 기술경쟁력은 최고기술국 대비 79.7%, 기술격차는 1.6년으로 평가
  - EU(93.5%)>일본(92.3%)>한국, 중국(75.1%)의 순으로 평가
- 기술수명주기(TCT)<sup>27)</sup>
  - 친환경 분해성 고분자는 7.46의 기술수명주기를 지닌 것으로 파악

#### 가. 기술개발 이슈

##### ◎ 천연고분자계 바이오플라스틱 기술개발 동향

- 천연고분자계에 속하는 셀룰로오스와 전분은 이미 기술이 성숙된 단계에 도달하였으며 전분을 사용하는 방법은 식용재료인 옥수수나 감자를 첨가하는 것이 대표적
- 지방족 폴리에스테르는 생분해성이 없는 방향족 폴리에스테르의 분자구조 중 주로 벤젠고리 부분을 탄화수소로 대체하여 생분해가 가능하도록 제작되고 있음
- 전분을 이용한 제품은 비교적 값이 저렴하고 분해성은 뛰어나나 강도가 약한 단점이 있으며 지방족 폴리에스테르는 강도가 높고 가공성이 뛰어난 장점이 있으나 고가의 가격이라는 단점이 존재
  - BASF, Bayer, Dupont 등에서 지방족 방향족 폴리에스테르, 지방족 아미드 등의 분자구조를 갖는 생분해성 플라스틱 개발연구를 추진함
- 유전자 조작 기술을 응용하여 유채씨로 부터 폴리히드록시 부틸레이트/발리레이트(PHB/V) 배양법에 성공한 이후, 바이오 기술에 의한 새로운 종류의 생분해성 플라스틱 합성 및 식물 이용 바이오 폴리에스테르 생산 연구가 진행
- 셀룰로오스는 식물세포벽을 이루고 있는 주성분이며 포도당이 β-(1→4) 글리코시드 결합으로 연결된 선형 고분자로 세상에서 가장 풍부하게 존재
- 그 외에도 천연고분자계 바이오플라스틱의 소재로 키틴(키토산), 실크 등의 원료를 이용하여 개발하고 있음

27) 기술수명주기(TCT, Technical Cycle Time): 특허 출원연도와 인용한 특허들의 출원연도 차이의 중앙값을 통해 기술 변화속도 및 기술의 경제적 수명을 예측



◎ 미생물 합성계 바이오플라스틱 기술개발 동향

- 미생물이 만드는 열가소성 고분자 소재로 폴리히드록시알카노에이트(PHA)의 연구는 세계 각국에서 활발하게 진행 중
  - PHB는 열 분해되기가 쉬워 가공이 어려운 단점이 있어 이를 개선하기 위해 PHB와 PHV로 되는 공중합체(PHB/V)의 미생물 생산이 확립

[ 다양한 미생물로부터 합성되는 PHA ]

미생물	탄소원	PHA	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. extorquens(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 : 지식경제부, 한국산업기술평가관리원, 한국바이오협회, '바이오제품 시장 및 바이오기술개발 동향'

◎ **중합형 고분자계 바이오플라스틱 기술개발 동향**

- 식물자원 기반 합성 고분자의 경우, 대표적 고분자인 생분해성 고분자 PLA를 중심으로 상업화되어 대량 생산 단계에 진입
  - 실용화 단계의 생분해 플라스틱에는 폴리유산(PLA), 폴리 카프로락톤(PCL), 폴리부틸렌 석시네이트(PES) 등이 있음
- PLA는 폴리D-유산, 폴리L-유산, 폴리D,L-유산의 3종류가 있으며 생체 내에서 분해·흡수되는 성질과 생체 내 무독성의 특성을 통해 의료용 재료로써 활용이 가능하며 식물의 생육을 촉진하는 것으로 알려져 농림업 분야에서의 이용됨
  - Cargill사는 2001년부터 14만 톤 규모의 PLA 제조 플랜트 가동을 시작하였고 Chronopol사는 1996년 말부터 포장재용의 폴리유산 생산
  - 일본 Shimatsu는 1994년부터 폴리유산을 2차 가공하여 섬유, 필름 등 제조
  - Mitsui Chemical는 가열 용액 축중합법에 의해 고분자 폴리 유산의 직접 중합법을 개발하여 공업 생산
  - 한국과학기술연구원은 용매를 이용하지 않고 용융 축중합법에 의해 유산에서 고분자량 PLA를 직접 합성하는 기술을 기업들과 공동개발
- PCL은 e-카프로락톤의 개환중합에 의해 합성되는 고분자량의 지방족 에스테르로, 고열에도 가공이 가능하고 다른 폴리머와의 혼합이 쉽다는 장점
  - PCL의 리파아제에 의한 분해성은 PCL의 결정성 등 고차구조에 영향을 받는 것으로, 가공 방법을 달리 함으로써 생분해 속도에 차이를 둘 수 있음
  - 미국의 Union Carbide사, 영국의 La Forte와 벨기에의 Solvay가 합병된 Interlock 등의 기업에서 생산
- PCL과 혼화 전분으로 되는 블렌드체는 값싼 재생 가능 자원인 범용 생분해성 플라스틱으로서 상당한 주목을 받고 있으며 얇은 필름을 제조하는데 용이
- 높은 용점을 갖는 PES를 베이스로 하고 축중합반응에 의해 합성되는 고분자량의 지방족 폴리에스테르가 공업 생산되고 있음
  - 국내에서도 SK Industries가 지방족 폴리에스테르계 생분해성 플라스틱 Sky Green을 개발, 제일합섬은 Elson Green이란 상품명으로 개발



- 최근 해조류를 비롯한 해양식물 유래 바이오매스가 육상식물의 취약점을 극복할 수 있음을 시사해 새롭게 주목받고 있음
  - 기존에 바이오플라스틱 제조에 사용된 단량체들은 석유가 아닌 식물자원에서 유래한 것으로 대부분 육상식물계에서 유래한 천연고분자이며 이에 해양식물계에서 유래한 천연고분자들의 장점이 부각
  - 해조류의 경우 육상식물에 단위면적당 생산량, 이산화탄소 고정화 성능이 월등히 높고 목질계와 달리 리그닌 제거공정이 없어 전처리 공정이 단순하며 미생물에 의한 발효 저해물질의 발생이 적어 바이오플라스틱 개발에 적합
  - 자동차의 좌석 및 바디패널 등의 다양한 분야에서 사용될 수 있는 바이오플라스틱의 육상소재를 대체할 수 있는 해양소재로 일본 도요타 자동차는 2015년까지 해양식물유래 바이오플라스틱을 이용한 자동차 생산을 목표로 연구를 진행 중
  - 프랑스 Olmix는 해양 녹조류에서 Ulvan을 추출해 PLA와 결합시켜 열안정성을 변화시킨 나노복합 플라스틱 소재를 개발 중
  - 바이오소재는 해조류 고분자 추출물을 적용한 수용성 코팅액 개발을 통해 인체 무해하며, 물에 완전히 해리되어 재활용이 쉽고 환경친화적인 생분해 수용성 코팅종이를 개발해 종이컵, 종이빨대, 종이호일 등 제품화하고 있음
- 향후 햇빛과 미생물에 의해 분해되는 정도를 조절하여 용도에 맞는 광분해, 생분해, 화학 분해 등 복합 분해도를 가지는 복합물질을 만드는 방향으로 기술이 개발되고 있음

[ 해조류 물병과 가구 ]



\*출처 : 해조류 등 천연물질로 만든 바이오플라스틱 제품사례, 한국디자인진흥원 designdb

## ◎ 해외 기술개발 동향

- 미국, 일본을 비롯한 유럽의 선진국에서는 바이오베이스 플라스틱 소재 개발을 위주로 하여 사업화를 추진
  - 쇼핑백, 쓰레기봉투, 진공성형 제품, 사출품, 농업용 멀칭 필름, 완충재, 다층 필름, 기능성 필름, 산업용품, 자동차 내장품 등의 다양한 용도의 바이오플라스틱 관련 제품 실용화 개발 및 판매가 이루어짐
  
- 기본적으로 전분이나 기타 미생물생산 수지 등의 생분해성 물질이 사용되지만 이러한 물질과 난분해성 플라스틱은 서로 혼성이 어렵기 때문에 단순히 물리적으로 섞을 경우 층 분리 현상, 구성물 비율이 일정하지 않는 등의 현상이 일어남
  - 따라서 이를 해결하기 위해 상용화제, 유화제, 가소제 등의 개발이 활발하며, 개발된 제품 중 대표적인 예로는 Eastman Chemical사의 EasterBio
    - 이 제품은 지방족/방향족 폴리에스테르 공중합체(CAP)를 통해 만들어졌으며, EasterBio를 사용 시 다른 생분해성 플라스틱 및 전분과의 상용성이 개선됨
  
- 많은 기업에서 산화생분해성 기능을 추가한 고분자 개발 완료 및 추가 개발에 전력을 다하고 있으며, 영국 등 유럽에서는 판매가 활발
  - 미국의 MRI, 스위스의 시바스페셜티케미칼스 홀딩, 일본 KONICA Corp., 일본 다이셀화학공업, 캐나다 EPI, 영국 Wells, 미국 EPI-Global, 영국 Symphony, 스웨덴 ADD-X Biotech, 싱가포르 Winrigo 등
  - 기존 폴리올레핀계 열가소성 플라스틱의 자연환경에서 완전 분해(물, 이산화탄소 및 바이오매스로 분해)에 관련한 연구는 G. scott, Albertsson, Kostyniak 교수 등에 의해 정립되어 있고, 이후 활발한 연구가 이루어짐
  
- 생분해성 플라스틱의 경우 지속적인 시장점유율을 차지한 만큼 여러가지 개발이 이루어짐
  - 특히 전분 유도체는 공급이 풍부하여 다양한 변성기술이 개발되었고 그로 인해 개질 PLA, 향 및 CNT(Carbon Nano tube) 블렌딩 PLA 등 다양한 물성의 PLA가 개발됨
  - 그 밖에도 Dupont에서 개발한 내열용기 열안정제인 Biomax® Thermal 300은 PLA에 첨가 시 낮은 내열성을 95℃까지 버틸 수 있게 개선
  
- 바이오플라스틱 기술과 더불어 유망한 분야의 한 부분인 감량화는 PET(polyethylene terephthalate) 용기를 중심으로 진행되고 있으며, 음료용기 제조 분야에서 경쟁력을 가지고 있는 일본은 감량화 기술의 상용화에 근접

◎ 국내 기술개발 동향

- 바이오플라스틱의 기술개발 및 실용화를 위해 초창기 국내에서는 SKC, 대상, SK케미칼, 롯데케미칼(이전 호남석유화학), 한화, 이레화학, 새한 등이 참여하여 옴
  - 최근에는 기존 대기업 및 참여업체 등이 협소한 시장규모, 해외에 비하여 너무 높은 생분해 제품 관련 환경마크 인증규격 문제, 바이오매스 제품 원천기술개발 미흡 등으로 인한 사업 보류, 중단, 인수/합병 등에 의해 많이 정비가 되어 가고 있는 현상
  
- 현재 바이오플라스틱 제품을 취급하고 있는업체는 기술력 기반의 전문업체가 주를 이룸
  - 전분 발포, 생분해, 산화생분해, 바이오베이스 플라스틱 원료 및 제품을 제조 판매하는 바이오소재, 에코젠이란 상품명으로 제품을 출시한 SK케미칼, 롯데케미칼, 도레이케미칼, LG하우시스, 삼보, 에이유, 화진산업, 파워랩, 세화피앤씨, 쿠라레이, 비에쓰지, 일신웰스, 회성화학 등 식물체 바이오매스를 적용한 제품을 생산
  
- 현재 국내 기업들은 다른 외국에비해 상대적으로 우위에 있는 수지의 가공 및 성형기술을 활용하여, 신소재개발 보다는 상용화 제품개발 위주로 연구를 집중하고 있음
  - 실제 바이오플라스틱의 상용화 제품, 기존 플라스틱의 대체 제품, 화석연료 사용 절감을 위한 대체 제품 등이 출시되고 있음
  - 이러한 추세에 맞춰 최근의 연구 중심은 감량화, 재활용 용이, 이산화탄소 저감 및 산화생분해 등으로 기울고 있는 추세
  
- 현재 생분해 플라스틱은 단점으로 지적되고 있는 너무 짧은 분해기간, 약한 물성, 내열성 및 내한성, 가격경쟁력, 고분자간 상용성 부족에 따른 재활용이 안 되는 문제 등의 일부 한계성 때문에 유통기한이 짧거나 수분, 미생물 등에 접촉시간이 길지 않은 분야에 국한되어 사용되고 있는 실정
  - 이러한 생분해 플라스틱의 단점을 보완한 바이오매스 20~40%와 플라스틱 60~80%를 혼합 사용한 바이오베이스 플라스틱과 산화생분해제, 상용화제, 산화제 등을 이용한 산화생분해 플라스틱이 지속적으로 출시
  - 현재까지 폴리프로필렌, 폴리에틸렌 등 분자량이 큰 폴리올레핀계 고분자가 수개월 이내에 생분해가 된다는 보고는 없으나, 수년 이내에 생분해가 된다는 보고가 있음
  - 현재 수개월 내에 생분해되는 폴리에틸렌계 고분자는 PES, PVA가 있으며, 또한 일반 폴리에틸렌, 폴리프로필렌 등 폴리올레핀계 고분자의 생분해 기간을 단축하기 위한 연구 개발이 매우 활발
  - 바이오플라스틱 기술과 더불어 유망한 패키징 분야의 한 부분인 감량화는 PET(polyethylene terephthalate) 용기를 중심으로 진행하고 있었지만, 최근 플라스틱 프리존 운동 확산 등에 의해 일부는 사용 감량, 빨대 등은 사용금지를 통한 사용량 감소 등으로 확산
  - 플라스틱 사용 감량, 일부 사용금지 등에 대안으로 종이기가 떠오르고 있음. 이에 비닐코팅 종이컵 등을 수용성 코팅 종이컵, 생분해 플라스틱 컵, 다회용으로 대체하는 움직임이 매우 활발

- 현재 국내 기업들은 다른 외국에 비해 상대적으로 우위에 있는 수지의 가공 및 성형기술을 활용하여, 신소재개발 보다는 상용화 제품개발 위주로 연구를 집중하고 있음
  - 실제 바이오플라스틱의 상용화 제품, 기존 플라스틱의 대체 제품, 화석연료 사용 절감을 위한 대체 제품 등이 출시되고 있음
  - 이러한 추세에 맞춰 최근의 연구 중심은 감량화, 재활용 용이, 이산화탄소 저감 및 산화생분해 등으로 기울고 있는 추세

◎ 기술개발 방향성

- 우리나라의 바이오플라스틱 기술에 대한 연구는 선진국 수준에는 현저히 못 미치는 것으로 평가되어, 원천 기술개발의 저변 확대가 필요
  - 또한 우리나라의 생분해성 제품 관련 규격기준은 표준물질 대비 90%로, 미국과 일본의 60%에 비해 지나치게 엄격하여 생분해 원천기술을 확보가 미흡한 국내 기업은 대부분 채산성이 맞지 않아 사업을 중단하고 있는 실정
  - 이에 따라 국내 규격 기준을 완화하여, 생분해성 물질을 30% 첨가한 생분괴성 플라스틱 규격 기준을 마련하고, 이를 종량제 봉투에 적용하였으나 인장, 신장 등 물성이 약하고, 생산성이 부족하여 현재는 사업화되지 않고 있음
- 바이오플라스틱 산업화에 절대적으로 필요한 기존 바이오플라스틱을 혼합 사용하여 물성 증가, 가공성 및 생산성 증대를 위한 상용화 기술개발이 필요
- 산업 현장에 적용을 위해 선진국 등에서 이미 개발 및 산업화가 진행되고 있는 현 시점에서 원천기술개발도 중요하지만, 산업화를 위해 물성 개량, 가격경쟁력 등 구매자 요청에 적합한 기술 및 제품개발을 병행하여 제품화를 추진할 필요
  - 기존 전분, 셀룰로오스 등의 물성 개량을 위한 식물체 바이오매스 가소화 기술개발,
  - 종이 펄프 및 전분 발포기술을 적용하고 물성개발, 내수성을 부여한 발포폼 제조 기술 등 실제 산업 현장, 구매자 요구에 적합한 기술개발이 이루어져 국내 산업화 및 해외수출을 해야 함

## 나. 생태계 기술 동향

### (1) 해외 플레이어 동향

- (NatureWorks LLC) Cargill사의 단독 자회사로 전환, 미국 시장점유율의 약 28%를 차지하는 세계 최대의 PLA 생산업체
  - 옥수수를 기반으로 한 제품을 상용화해 유기농 우유의 포장재 등을 생산
  - PLA 바이오소재 포트폴리오의 가용성을 10%까지 증가시킬 일련의 제조 기술 프로젝트 수행 중, 2021년 말에 완료될 것으로 예상
- (Dupont) NatureWorks와 함께 세계 바이오플라스틱 시장의 선두주자로 꼽히는 기업
  - 2006년 Tate&Lyle와 합작으로 총 1억 달러를 투자하여 미국 테네시주, 루던에 바이오 공장을 설립하여 옥수수 당분에서 추출한 바이오 용액인 'Bio-PDO(Propanediol)'를 생산
  - PDO, PTT, PA10을 바탕으로 포장재, 섬유, 자동차에 적용
- (Cereplast) 사출성형, 열성형, 블로우성형 및 압출 등 모든 주요 공정에서 기존의 플라스틱을 대체하면서도 가격경쟁력 있는 바이오유래 지속가능한 바이오플라스틱을 독점적으로 개발하고 제조하는 회사
  - Cereplast compostable® 수지는 높은 바이오유래 함량과 퇴비화성이 장점으로, 특히 식품 서비스 산업 등에서 일회용으로 사용되기에 이상적
  - Cereplast Sustainable®은 높은 바이오 유래 함량과 기존 플라스틱의 내구성을 조합해서 자동차, 소비재 전자제품, 포장재 등의 용도에 적합
- (Novamont) 이탈리아의 대표적인 생분해성 플라스틱 개발업체이며 유럽 최대의 바이오플라스틱 제조업체
  - ENMATER-BI는 2018년 세계최초로 바이오 기반의 생분해성 원료만으로 이루어진 제품으로 유럽 표준인증을 획득해 그 기술력을 인정
- (Metabolix/ADM) 바이오화학 전문기업인 ADM(Archer Daniels Midland)사는 2004년 PHA 기술특허를 보유하고 있는 Metabolix사와 전략적 제휴를 체결, PHA 상업 생산을 추진
- (Union Carbide) 대형 화학제품 생산 설비와 처리 기술을 가진 세계적인 PE 생산업체
  - 생분해성 플라스틱의 실용화 추세로 인해 다른 용도로 사용되던 PCL이 생분해성 플라스틱의 주원료로서 부각됨에 따라 여러 국가의 전분계 제조업체에 원료를 공급하고 있음
- (Showa Polymer) 일본의 생분해성 고분자 개발의 선발업체로서 1,4-Butanediol과 Succinic acid, Adipic acid 또는 Ethylene glycol을 이용하여 축합중합한 생분해성 Aliphatic Polyeste 'BIONOLLE'를 개발

- (Mitsubishi Plastic) 일본의 바이오플라스틱 주요 생산회사
  - 생산 품목은 PET병, 산업용 플라스틱 플레이트, 전분 필름, IC 메모리카드, 파이프, FRP water tank 등
  - PLA와 또 다른 생분해성 플라스틱을 배합하여 내열성을 개선 시켰으며 SONY가 이것을 신형 워크맨의 외장재로 채택
  - ISB를 이용한 최초의 bio-based PC(DURABIO) 양산화 성공
- (Braskem) 브라질의 국영 석유화학기업으로, 사탕수수에서 추출한 에탄올을 원료로 한 20만 톤 규모의 '그린 PE' 생산시설을 가동
- (NEC) 일본의 대표적 전자회사로, 옥수수로부터 제조된 PLA 기반으로 바이오플라스틱 개발 중이며 높은 Bio-content와 안정성을 나타내고 있음

## (2) 국내 플레이어 동향

- (롯데케미칼) 식물체 바이오매스와 PET를 이용한 친환경 플라스틱 PA-PET 바이오를 개발 성공하여 음료 등 식품 용기에 적용 사업화를 하고 있음
  - 최근 'LOTTE CHEMICAL PET BIO'란 제품명으로 국내 산업화 및 해외수출을 하고 있음
  - CJ제일제당과 함께 PLA 생산기술 구를 수행하며 2015년 stereo-complex PLA 양산에 성공하였으며, 생분해성과 탄소 저감효과를 인정받아 유해물질 규제 지침(RoHS)인증을 획득
- (SK케미칼) 친환경 플라스틱 소재인 '에코젠(ECOZEN)'을 개발하여 국내 최초로 화학물질로 미국 FDA 인증을 획득
  - 에코젠은 옥수수, 밀과 같은 식물에서 추출한 원료를 기반으로 만든 친환경 합성폴리에스테르로, SK케미칼이 2006년부터 4년여의 연구개발을 통해 개발에 성공
  - 옥수수·밀과 같은 식물에서 추출한 원료를 기반으로 친환경 합성폴리에스테르 개발
- (LG화학) 2020년 석유 아닌 바이오원료로 플라스틱을 만들어 글로벌 친환경 화학기업으로 거듭나기 위해, 네스테와 손잡고 본격적인 제품개발에 착수
  - 2021년부터 바이오 디젤이 들어간 플라스틱을 생산해 한국과 아시아 시장 공략에 나설 계획
  - 핀란드의 바이오디젤기업 네스테와 바이오 기반 친환경 사업을 확대하기 위한 전략적 파트너십을 체결하고 '탄소 중립'에 한 걸음 다가갔다는 의사를 내세움
  - PLA Copolymer 및 중합기술 개발

- (바이오소재) 바이오 플라스틱 소재를 개발하고 이를 이용한 친환경 분해성, 환경오염 저감 제품 전문업체로 기존 생분해의 단점을 보완한 바이오 플라스틱 원료 소재를 개발
  - 원료를 이용하여 다양한 일회용품, 생활용품, 산업용품, 비닐 등을 자체 개발하여 대형 제조회사, 공공기관 등에 납품 중
  - 자연 상태에서 신속하게 썩는 식품용기를 대량 생산할 수 있는 천연물 용기 제조설비 및 제품을 생산하여 판매
  - 알칼리 해리성 및 생분해성 수용성 코팅종이 개발로 인체에 무해하며, 물에 완전히 해리되어 재활용이 용이
    - 사용 후 폐기 시 자연에서 생분해되어 환경오염 저감효과를 지니는 종이컵, 종이호일, 종이빨대 등 제품 생산 및 판매
  
- (에이유) 분해성 바이오플라스틱 소재를 개발하고 이를 활용한 일회용 쇼핑백 및 각종 생활용품 등을 생산하는 전문기업
  - 자체 개발한 코팅 기술로 기존 플라스틱을 대체할 수 있는 바이오 소재를 개발하여 포장재 열 변형 등의 문제를 해결
  - 커피찌꺼기 재생자원을 이용한 바이오매스 플라스틱 소재개발, 재활용이 가능한 바이오플라스틱 기반 다층 전도성 포장 및 성형소재 개발, 나노구조 제어 및 신공정 복합기술에 의한 방충기능 다층필름 개발 등의 연구과제를 수행 중
  
- (그린케미칼) 끊임없는 연구개발을 통해 자연에서 시작돼 자연으로 돌아가는 소재, 환경오염을 최소화시킬 수 있는 소재, 기존 플라스틱의 대체 가능한 소재인 친환경 생분해성 수지를 개발
  - 전분을 이용한 생분해성 수지를 개발하는 기업으로 스푼, 포크, 빨대, 종량제 봉투 등을 플라스틱을 제조하는 업체와 섬유제조업체에 원료를 공급하고 있음
  - 생분해성 PLA 시트 분야로 용기용 시트원단과 각종 1회용 용기 비내열 PLA와 내열성을 요하는 용기용 내열 PLA를 생산

## 다. 국내 연구개발 기관 및 동향

### (1) 연구개발 기관

[ 바이오플라스틱 분야 주요 연구조직 현황 ]

기관	소속	연구분야
한국바이오연구조합	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>미생물 대사공학을 이용한 시금 및 산업소재의 대량생산기술 개발</li> <li>생물전환기술을 기반으로 한 시금용 향기성분 및 생분해성 솔벤트의 생산</li> <li>유전자 조작에서부터 목적산물의 생산까지 글로벌 최적화 기술개발</li> </ul>
(주)구스텍	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>기계적물성 향상 기능 나노셀룰로오스 첨가제 및 고강성 바이오 플라스틱 제품 개발</li> <li>플라인트용 리사이클 PVDC 모노필라멘트 개발</li> <li>3D 패브릭을 활용한 공기 쾌적화 시스템 개발</li> </ul>
한국화학연구원	바이오화학연구센터	<ul style="list-style-type: none"> <li>수요 맞춤형 생분해성 바이오플라스틱 제품화 및 실증</li> <li>수요 맞춤형 바이오플라스틱 생분해 속도조절 기술개발</li> <li>인-시츄 용융중합법에 의한 나노셀룰로오스-바이오 플라스틱 제조</li> </ul>

### (2) 기관 기술개발 동향

- (한국바이오연구조합) 생분해성 바이오플라스틱 기능고도화 소재개발 (2020-04-01~2024-12-31)
  - 산업 바이오를 이용한 내열성 바이오플라스틱 생산기술 개발
- (구스텍) 기계적물성 향상 기능 나노셀룰로오스 첨가제 및 고강성 바이오플라스틱 제품개발 (2020-04-01~2024-12-31)
  - 기존의 모노필라멘트 제조기술을 기반으로 폴리에스테르 소재의 방충망 기술개발
- (한국화학연구원) 수요 맞춤형 생분해성 바이오플라스틱 제품화 및 실증 (2020-04-01~2024-12-31)
  - 신공정 및 비트리머 기반 스마트 고분자소재 기술개발
  - 폴리이미드 등 고성능 엔지니어링 플라스틱 소재 및 응용 기술개발

## 4. 특허 동향

### 가. 특허동향 분석

#### (1) 연도별 출원동향

- 친환경 분해성 고분자의 지난 '22년(1999년~2020년)간 출원동향을 살펴보면 '03년도 이후부터 꾸준히 하락하는 추세
  - 각 국가별로 살펴보면 일본이 가장 활발한 출원활동을 보이고 있음
- 국가별 출원비중을 살펴보면 일본이 전체의 46%의 출원 비중을 차지하고 있어, 최대 출원국으로 친환경 분해성 고분자 분야를 리드하고 있는 것으로 나타났으며, 한국은 27%, 미국은 16%, 유럽은 12% 순으로 나타남

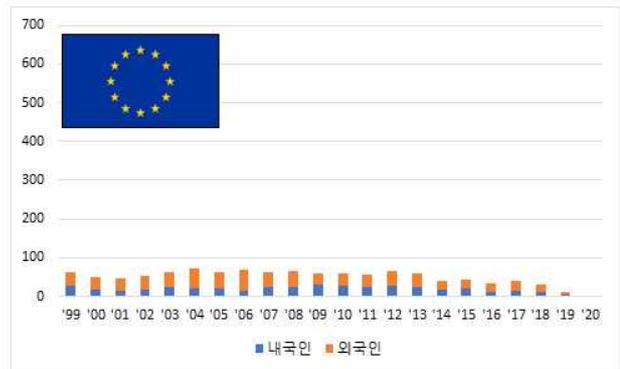
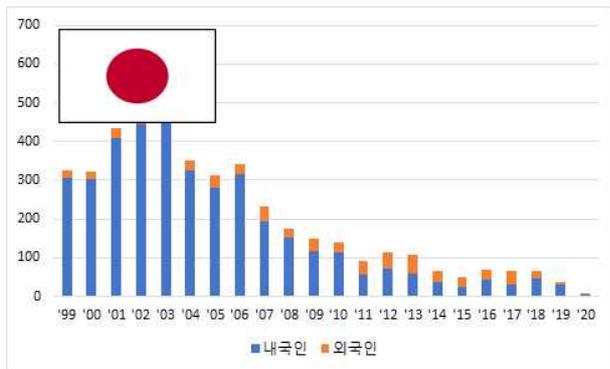
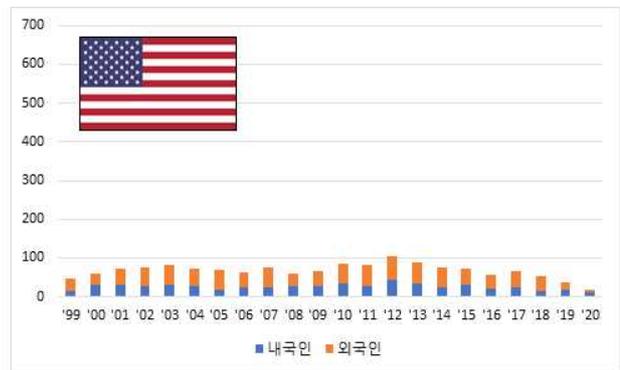
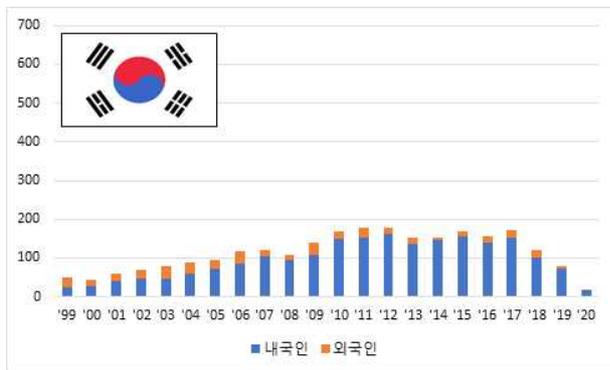
[ 친환경 분해성 고분자 연도별 출원동향 ]



## (2) 국가별 출원현황

- 한국의 출원현황을 살펴보면, 분석구간 초기부터 '10년도까지 완만하게 상승하였으며, 이후 일정 수준의 출원 건수 유지
  - 내국인 위주의 출원이 진행되고 있음
  - 일본의 출원 수에 비해 57% 정도의 수준을 보임
- 미국의 출원현황을 살펴보면 증가와 감소를 반복하며 100건 이내의 출원이 진행
- 일본의 출원현황을 살펴보면 분석구간 초기부터 중기까지 전체 특허기술의 출원 증감 흐름을 주도하는 것으로 나타났으나 이후 일본의 출원건수는 급격하게 감소
- 유럽의 출원현황을 살펴보면 증가와 감소를 반복하며 100건 이내의 출원이 진행

[ 국가별 출원현황 ]

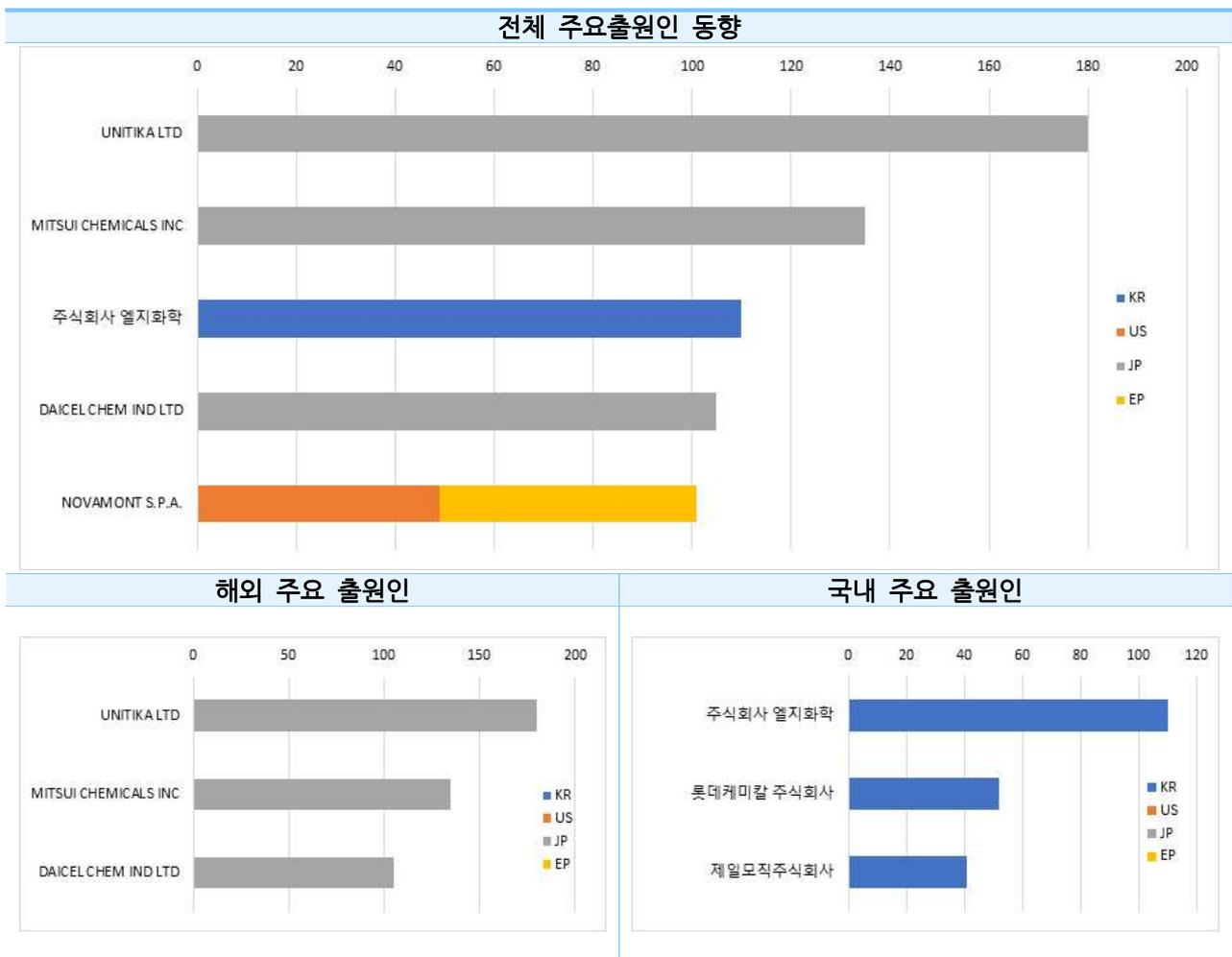




## 나. 주요 출원인 분석

- 친환경 분해성 고분자의 전체 주요출원인을 살펴보면, 주로 일본 국적의 출원인이 다수 포함되어있는 것으로 나타났으며, 제1 출원인으로는 일본의 UNITIKA LTD인 것으로 나타남
  - 제1 출원인인 UNITIKA LTD의 출원은 일본에 집중된 경향을 보임
- 친환경 분해성 고분자 관련 기술로 화학제품 제조 대기업에 의한 출원이 대다수를 차지
  - 국내에서도 화학 제조 대기업이 상위 출원인에 포함

[ 친환경 분해성 고분자 주요출원인 ]



(1) 해외 주요출원인 주요 특허 분석

◎ UNITIKA LTD

- UNITIKA LTD는 일본의 섬유, 유리, 플라스틱 제조기업으로 친환경 분해성 고분자와 관련하여 180건의 특허를 출원하였으며, 41건이 등록
  - 친환경 분해성 고분자와 관련하여 출원을 진행한 특허 모두 일본에 출원한 것으로 자국 내 출원 성향이 높은 것으로 사료

[ UNITIKA LTD 주요특허 리스트 ]

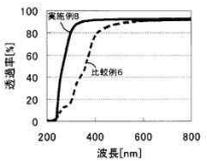
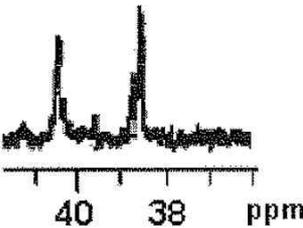
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
JP5292614 (2012.04.13)	생분해성 수지 조성물, 그 제조 방법, 그것을 이용한 성형체	폴리 유산 및 폴리에스테르 수지를 함유하여 투명성이 높고 응집물이 적은 생분해성 수지 조성물	-
JP5620836 (2011.01.31)	폴리 유산 수지 조성물	폴리 유산 수지 및 폴리 에틸렌글리콜 함유하여 성형가공성을 상승시킨 생분해성 조성물	-
JP5344902 (2008.12.18)	수지 조성물 및 그것을 성형해서 이루어지는 성형체	지방족 폴리에스테르 수지와 지방족 폴리아미드 수지를 함유한 기계적 물성이 우수한 친환경 수지	-
JP5339857 (2008.11.05)	생분해성 난연 폴리 에스테르 발포용 수지 조성물, 및 그것으로부터 얻어지는 발포체, 그 성형체	폴리에스테르 수지와 아크릴산에스테르 화합물을 함유해 가공성이 우수한 생분해성 난연 수지 조성물	-
JP5329826 (2008.03.03)	생분해성 폴리에스테르 수지 조성물 및 그리고 되는 성형체	고온다습 환경에서 내구성을 갖는 폴리유산수지 조성물	-

\* 등록특허 기준, 피인용 문헌수 및 패밀리국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

◎ MITSUI CHEMICALS INC

□ MITSUI CHEMICALS INC는 일본의 화학제품 제조기업으로 친환경 분해성 고분자와 관련하여 135건의 특허를 출원하였으며 이 중 27건이 등록

[ MITSUI CHEMICALS INC 주요특허 리스트 ]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
JP5823500 (2012.03.30)	생분해성 수지 조성물 및 그 성형체	아미노산을 제외한 다가 카르보산으로 유래하는 구성 단위를 함유해 가수분해성 및 투명성이 뛰어난 생분해성 수지 조성물 제조기술	
JP5391189 (2009.03.03)	폴리 에스테르계 수지, 그 제조 방법 및 그 용도	충분한 분자량, 높은 결정화도 및 생분해성을 갖는 아미드기를 분자사슬에 갖는 폴리 에스테르계 수지 제조기술	
JP4819049 (2006.06.28)	생분해성 폴리머, 그 제조 방법 및 성형물 및 용도	이민결합을 포함하여 흡습성 및 생분해성을 갖는 조성물 제조기술	-
JP4870071 (2006.02.09)	생분해성을 가지는 수질환경경계 응답형 폴리머, 그 제조 방법 및 물봉괴성 재료	지방족 폴리 옥시알킬렌부와 지방족 폴리알킬렌 카보네이트를 구성단위로 포함한 생분해성 블록 공중합체 제조기술	-
JP4229937 (2005.10.14)	생분해성 탄성체	다염기산으로 지방족 불포화 다염기산과 지방족 다가 알코올과 중합함으로써, 투명성과 가공성을 갖는 생분해성 탄성체	-

\* 등록특허 기준, 피인용 문헌수 및 패밀리국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

◎ DAICEL CHEM IND LTD

□ DAICEL CHEM IND LTD는 일본의 고성능 화학, 폴리머 제품 제조기업으로, 친환경 분해성 고분자와 관련하여 105건을 출원하여 이 중 11건이 등록

[ DAICEL CHEM IND LTD 주요특허 리스트 ]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
JP6283523 (2014.01.30)	수용성 초산셀로스 계 수지 조성물, 수용성 초산셀로스 복합체 성형품 및 그 제조 방법	물에 녹아 생분해가 가능한 수용성 초산셀로스계 수지 조성물 제조기술	-
JP4312764 (2006.01.23)	지방족 폴리 에스테르계 생분해성 수지 필름형 성형물	지방족 폴리 에스테르계 생분해성 수지를 성형해서 이루어지는 필름상 성형물 제조기술	-
JP3759530 (2004.02.23)	생분해성 필름	지방족 폴리에스테르수지와 폴리 카프로락톤의 수지조성물 및 무기물을 배합하여 생분해성이 뛰어난 필름 제조기술	-
JP4149887 (2003.09.24)	복합 생분해성 성형품	소량의 생분해성 수지와 다량의 식물계 분립체를 이용해 기계적 물성 및 내습성을 향상시킨 생분해성 성형품 제조기술	-
JP4127648 (2002.05.21)	생분해 속도가 제어된 생분해성 수지 조성물, 필름 및 농업용 멀티필름	지방족 폴리에스테르 및 유산계중합체를 이용해 생분해 속도가 제어된 생분해성 필름 제조기술	-

\* 등록특허 기준, 피인용 문헌수 및 패밀리국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

(2) 국내 주요출원인 주요 특허 분석

◎ 주식회사 엘지화학

□ 주식회사 엘지화학은 친환경 분해성 고분자와 관련하여 110건을 출원하였으며, 이 중 81건이 등록

[ 주식회사 엘지화학 주요특허 리스트 ]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR2126969 (2017.09.05)	가소제 조성물 및 이를 포함하는 수지 조성물	친환경성을 확보하면서 기계적 물성을 향상시킨 3종이 혼합된 테레프탈레이트계 물질 및 3종이 혼합된 사이클로헥산 1,4-디에스테르계 물질을 포함하는 가소제 조성물 제조기술	-
KR2135283 (2017.06.13)	가소제 조성물, 수지 조성물 및 이들의 제조 방법	사이클로헥세인 1,4-디에스테르계 물질 및 디벤조에이트계 물질을 포함하여 친환경적이면서 투명성 및 점착성이 우수한 수지조성물 제조기술	-
KR1833174 (2017.06.09)	가소제 조성물, 수지 조성물 및 이들의 제조 방법	알킬 모이어티 부분의 탄소수, 에폭시화 알킬 에스터 조성물의 요오드가 및 옥시란 함유율을 제어하여 물성을 향상시킨 친환경 가소제 제조기술	-
KR1994251 (2017.05.15)	가소제 조성물 및 이를 포함하는 수지 조성물	친환경성을 확보하면서 가소화 효율을 개선할 수 있는 테레프탈레이트계 물질을 포함하는 가소제 조성물 제조기술	-
KR2060641 (2017.03.09)	액상의 바이오폴리머, 이의 용도 및 제조방법	상온에서 액상으로 존재하며 생분해성 특성을 갖는 폴리하이드록시알카노에트 제조기술	

\* 등록특허 기준, 피인용 문헌수 및 패밀리국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

◎ 롯데케미칼 주식회사

□ 롯데케미칼 주식회사는 친환경 분해성 고분자와 관련하여 52건의 특허를 출원하였으며 이 중 39건이 등록

[ 롯데케미칼 주식회사 주요특허 리스트 ]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR0895493 (2016.09.30)	폴리올레핀 중합용 촉매 조성물, 그의 제조 방법, 및 이를 이용한 폴리올레핀의 제조 방법	친환경적이면서도 중합활성이 우수하고, 입체규칙성이 우수한 폴리올레핀을 제조 시 사용되는 촉매 조성물 제조기술	-
KR1837674 (2016.09.29)	생분해성 고분자 수지 조성물 및 이의 성형품	중심원소를 포함한 매개 작용기와 헤테로 알킬렌 작용기를 포함하여 기계적 물성을 향상시킨 생분해성 고분자 수지 조성물 제조기술	-
KR1820247 (2016.09.29)	투명성 및 내열성이 우수한 폴리유산 스테레오 콤플렉스 수지 조성물	폴리메타크릴레이트계 중합체를 함유하여 광학특성을 향상시킨 생분해성 수지조성물 제조기술	-
KR1837675 (2016.09.29)	생분해성 고분자 발포 입자 및 이의 제조 방법	중심원소를 포함한 매개 작용기와 매개 작용기에 결합한 아킬렌 반복단위를 이용한 생분해성 고분자 발포 입자 제조기술	-
KR1796304 (2015.09.24)	생분해성 공중합 수지 및 그 제조방법	사슬 구조의 지방족 폴리카보네이트 반복단위 및 우레아계 반복단위를 포함하는 내가수분해성을 향상시킨 생분해성 공중합 수지 제조기술	-

\* 등록특허 기준, 피인용 문헌수 및 패밀리국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

◎ 제일모직주식회사

□ 제일모직주식회사는 친환경 분해성 고분자와 관련하여 41건의 특허를 출원하였으며, 이중 25건이 등록

[ 제일모직주식회사 주요특허 리스트 ]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR1397703 (2011.12.26)	폴리아미드 수지, 이의 제조 방법, 및 이를 포함하는 물품	친환경성, 내열성, 성형성, 광택도가 높은 폴리아미드 수지 제조기술	-
KR1344807 (2010.08.25)	중합형 인계 화합물을 포함하는 열가소성 수지 조성물, 상기 조성물로부터 성형된 플라스틱 성형품 및 중합형 인계 화합물의 제조방법	폴리카보네이트계 수지 및 중합형 인계 화합물을 포함하여 친환경적이면서, 난연성 및 열가소성이 우수한 수지 조성물 제조기술	-
KR1251332 (2009.12.29)	내충격성 및 내화학성이 우수한 친환경 열가소성 수지 조성물	내충격성 및 내화학성이 우수한 친환경 열가소성 수지조성물 제조기술	-
KR233371 (2008.12.30)	폴리유산 수지 조성물	내가수분해성을 갖는 동시에 개선된 내스크래치성, 내충격성 및 외관특성을 갖는 폴리유산 수지 조성물 제조기술	-
KR0989116 (2008.09.02)	환경친화성 폴리유산 수지 조성물	폴리유산수지, 폴리카보네이트 수지 및 해당 수지와 스테레오 콤플렉스를 형성할 수 있는 상용화제를 포함하여 친화경성 및 기계적 물성을 향상시킨 폴리유산 수지조성물 제조기술	-

\* 등록특허 기준, 피인용 문헌수 및 패밀리국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

## 다. 기술진입장벽 분석

### (1) 기술 집중력 분석

- 친환경 분해성 고분자 관련 기술에 대한 시장관점의 기술독점 현황분석을 위해 집중률 지수(CRn: Concentration Ratio n, 상위 n개사 특허점유율의 합) 분석 진행
  - 상위 4개 기업의 시장점유율이 0.06로 친환경 분해성 고분자 분야에 있어서 독과점 정도는 매우 낮은 수준으로 판단
  - 국내 시장에서 중소기업의 점유율 분석결과 0.63으로 해당 기술에 대하여 중소기업의 진입장벽은 다소 높은 것으로 파악

[ 주요출원인의 집중력 및 국내시장 중소기업 집중력 분석 ]

주요 출원인 집중력	주요출원인	출원건수	특허점유율	CRn	n
	UNITIKA LTD(일본)	180	1.9%	0.02	1
	MITSUI CHEMICALS INC(일본)	135	1.4%	0.03	2
	주식회사 엘지화학(한국)	110	1.2%	0.04	3
	DAICEL CHEM IND LTD(일본)	105	1.1%	<b>0.06</b>	<b>4</b>
	NOVAMONT S.P.A.(이탈리아)	101	1.1%	0.07	5
	MITSUBISHI PLASTICS IND LTD(일본)	97	1.0%	0.08	6
	BASF SE(독일)	91	1.0%	0.09	7
	TORAY INDUSTRIES INC(일본)	64	0.7%	0.09	8
	MITSUBISHI CHEMICALS CO(일본)	64	0.7%	0.10	9
	TOYOBO CO LTD(일본)	62	0.7%	0.11	10
<b>전체</b>	<b>9479</b>	<b>100%</b>	<b>CR4=0.06</b>		
국내시장 중소기업 집중력	출원인 구분	출원건수	특허점유율	CRn	n
	중소기업(개인)	1526	62.7%	0.63	
	대기업	549	22.6%		
	연구기관/대학	357	14.7%		
	<b>전체</b>	<b>2432</b>	<b>100%</b>	<b>CR중소기업=0.63</b>	

## (2) 특허소송 현황 분석

- 친환경 분해성 고분자 관련 기술 진입 장벽에 대한 분석을 위해 특허소송을 이력 검토
  - 2009년 7월 미네소타 지방법원에 원고 Cortec Corporation와 피고 Indaco Manufacturing Limited간의 생분해성 고분자로 제조한 가방에 대한 특허 침해소송이 진행

[ 친환경 분해성 고분자 관련 특허소송 현황 ]

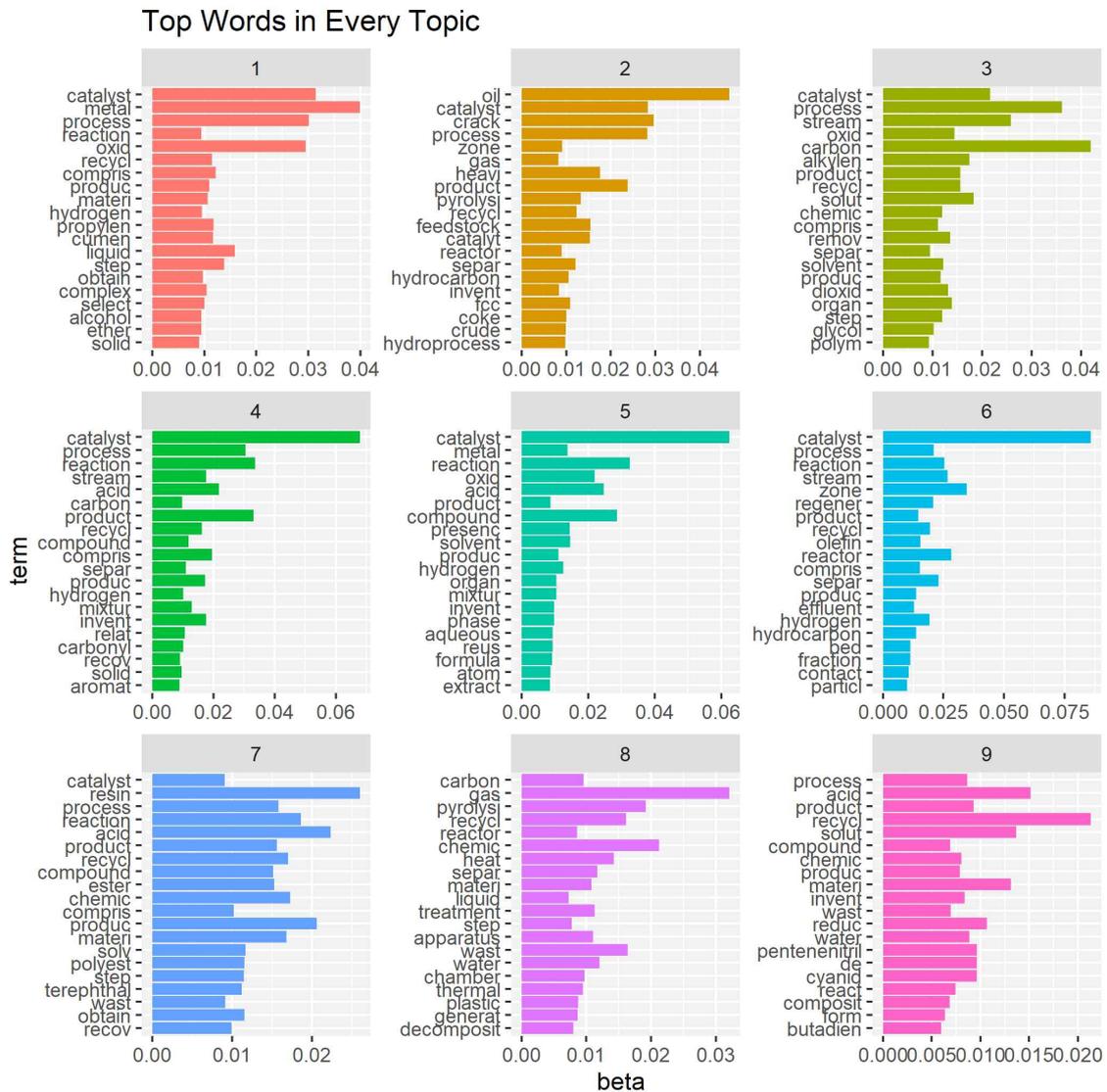
		명칭	출원인	원고 v. 피고
1	US6984426 (2003.06.02)	Biodegradable bag	Cortec Corporation	Cortec Corporation v. Indaco Manufacturing Limited
		대상제품명	소제기일	소송종료일
		Bag-to-nature bags	2009.07.16	2009.11.12

## 5. 요소기술 도출

### 가. 특허 기반 토픽 도출

- 1,547개의 특허의 내용을 분석하여 구성 성분이 유사한 것끼리 클러스터링을 시도하여 대표성이 있는 토픽을 도출

[ 친환경 분해성 고분자에 대한 토픽 클러스터링 결과 ]



## 나. LDA<sup>28)</sup> 클러스터링 기반 요소기술 도출

[ LDA 클러스터링 기반 요소기술 키워드 도출 ]

No.	상위 키워드	대표적 관련 특허	요소기술 후보
클러스터 01	metal, catalyst, process, oxid, liquid, step, comprise, propylene, cumene, recycle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Method of preparing amino-, imino-, and nitrilicarboxylic acids and silver-promoted copper catalyst for use in said method</li> <li>Substituted dihydropyrimidinone preparation using polyaniline salt catalyst</li> </ul>	-
클러스터 02	oil, crack, catalyst, process, product, feedstock, catalyst, pyrolysis, recycle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reuse of titanium-based catalysts</li> <li>Coking process and system for enhanced catalytic reactions to improve process operation and economics</li> </ul>	-
클러스터 03	carbon, process, stream, catalyst, solution, alkylene, product, recycle, oxid, organ	<ul style="list-style-type: none"> <li>Process for the production of alkylene glycol</li> <li>Method for recovery of aqueous wash in phosphate chemical conversion and apparatus for metal surface treatment</li> </ul>	-
클러스터 04	catalyst, reaction, product, process, acid, comprise, invent, stream, product, recycle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Production method of alkoxy-modified silsesquioxanes</li> <li>Method for making rubber composition that includes method for making alkoxy-modified silsesquioxanes</li> </ul>	-
클러스터 05	catalyst, reaction, compound, acid, oxid, solvent, presence, metal, hydrogen, produce	<ul style="list-style-type: none"> <li>Method of preparing amino-, imino- and nitrilicarboxylic acids and silver-promoted copper catalyst for use in said method</li> <li>Carbosilane polymers and methods for use in analytical and purification applications</li> </ul>	-
클러스터 06	catalyst, zone, reactor, stream, reaction, separate, process, regenerate, recycle, hydrogen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fraction to a secondary reaction zone separate from a dense bed stripping zone</li> <li>Process for producing polypropylene from c3 olefins selectively produced in a fluid catalytic cracking process</li> </ul>	-
클러스터 07	resin, acid, produce, reaction, chemic, recycle, material, process, product, ester	<ul style="list-style-type: none"> <li>Process for chemical recycling of post consumption poly(ethylene terephthalate) and equipment for chemical recycling of post consumption poly(ethylene terephthalate)</li> <li>Decomposition product of organic fiber-reinforced plastic, regenerated resin and regeneration method</li> </ul>	-
클러스터 08	gas, chemical, pyrolysis, wast, recycle, heat, water, separate, treatment, apparatus	<ul style="list-style-type: none"> <li>Method and device for combusting precious metal-containing materials</li> <li>Method and apparatus for waste plastic thermal decomposition and liquefaction</li> </ul>	-
클러스터 09	recycle, acid, solution, material, reduce, de, pentenenitrile, cyanide, product, water	<ul style="list-style-type: none"> <li>Process for the carbonylation of alcohols using a rhodium or iridium based catalyst in an ionic, non-aqueous liquid, with an efficient recycling of the catalyst</li> <li>Catalytic cracking method with maximisation of diesel bases</li> </ul>	-

28) Latent Dirichlet Allocation

### 다. 특허 분류체계 기반 요소기술 도출

□ 친환경 분해성 고분자 관련 특허에서 총 10개의 주요 IPC코드(메인그룹)를 산출하였으며, 각 그룹의 정의를 기반으로 요소기술 키워드를 아래와 같이 도출

[ IPC 분류체계에 기반한 요소기술 도출 ]

IPC 기술트리		
(서브클래스) 내용	(메인그룹) 내용	요소기술 후보
(C08G) 탄소-탄소 불포화 결합만이 관여하는 반응 이외의 반응으로 얻는 고분자 화합물	• (C08G-018) 이소시아산염 또는 이소티오시아산염의 고분자 생성물	-
	• (C08G-063) 고분자의 주사슬에 카르복실산에스테르 결합을 형성하는 반응으로 얻어지는 고분자 화합물	-
(C08J) 마무리; 일반적 혼합 방법; 서브클래스 C08B, C08C, C08F, C08G 또는 C08H에 포함 되지 않는 후 처리	• (C08J-003) 고분자 물질의 처리 또는 혼합 방법	-
	• (C08J-009) 다공성 또는 기공 물품 또는 물질을 만들기 위한 고분자 물질의 처리; 그 후처리	-
	• (C08J-005) 고분자 물질을 포함하는 성형품의 제조	-
(C08K) 무기 또는 비고분자 유기 물질의 배합 성분으로서의 사용	• (C08K-005) 유기 배합 성분의 사용	-
(C08L) 고분자 화합물의 조성물	• (C08L-101) 불특정 고분자 화합물의 조성물	생분해성 고분자수지 조성물 제조
	• (C08L-023) 단 한 개의 탄소-탄소 이중 결합을 가진 불포화 지방족 탄화수소의 호중합체 또는 공중합체의 조성물 그런 고분자 유도체의 조성물	-
	• (C08L-067) 주사슬에 카르복실산에스테르 결합을 형성하는 반응으로 얻어지는 폴리에스테르의 조성물	생분해성 폴리에스테르 발포용 수지 조성물
	• (C08L-003) 전분, 아밀로오스 또는 아밀로펙틴 또는 그의 유도체 혹은 분해 생성물의 조성물	-

## 라. 최종 요소기술 도출

- 산업·시장 분석, 기술(특허)분석, 전문가 의견, 타부처 로드맵, 중소기업 기술수요를 바탕으로 로드맵 기획을 위하여 요소기술 도출
- 요소기술을 대상으로 전문가를 통해 기술의 범위, 요소기술 간 중복성 등을 조정·검토하여 최종 요소기술명 확정

### [ 친환경 분해성 고분자 분야 요소기술 도출 ]

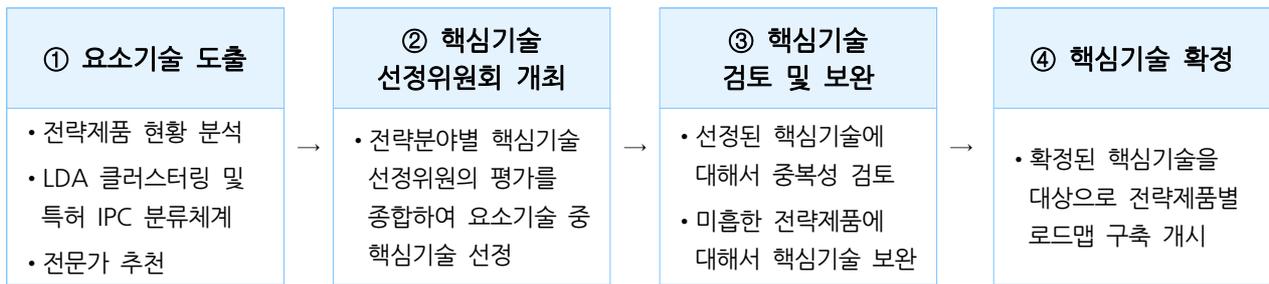
요소기술	출처
생분해성 고분자수지 조성물 제조	IPC 기술체계, 전문가 추천
생분해성 폴리유산 고분자수지 조성물 제조 기술	전문가 추천
생분해성 폴리에스테르 발포용 수지 조성물 제조 기술	전문가 추천
생분해성 폴리에스테르 발포용 수지 조성물	IPC 기술체계, 전문가 추천
생분해성 폴리에스테르 생산 기술	전문가 추천
생분해성 난연성 필름 제조 기술	전문가 추천
생분해성 접착제 제조 기술	전문가 추천
생분해성 전도성 수지 제조 기술	전문가 추천

## 6. 전략제품 기술로드맵

### 가. 핵심기술 선정 절차

- 특허 분석을 통한 요소기술과 기술수요와 각종 문헌을 기반으로 한 요소기술, 전문가 추천 요소기술을 종합하여 요소기술을 도출한 후, 핵심기술 선정위원회의 평가과정 및 검토/보완을 거쳐 핵심기술 확정
- 핵심기술 선정 지표: 기술개발 시급성, 기술개발 파급성, 기술의 중요성 및 중소기업 적합성
  - 장기로드맵 전략제품의 경우, 기술개발 파급성 지표를 중장기 기술개발 파급성으로 대체

#### [ 핵심기술 선정 프로세스 ]



### 나. 핵심기술 리스트

#### [ 친환경 분해성 고분자 분야 핵심기술 ]

핵심기술	개요
생분해성 플라스틱 제조	• 자연 상태에서 분해될 수 있는 소재 기술
생분해성 탄성체 제조 기술	• 물성이 개량된 바이오매스 유래 탄성체 소재 기술
생분해성 고분자수지 조성물 제조	• 자연 상태에서 분해될 수 있는 고분자 조성물 제조 기술
생분해성 폴리에스터 생산기술	• 대기에서 분해가 가능한 바이오매스 유래 생분해성 폴리에스터 소재 기술
생분해성 난연성 필름 제조 기술	• 자연 상태에서 분해될 수 있는 난연성 필름 소재 기술

### 다. 중소기업 기술개발 전략

- 이상치 관련 국내외 인증제도에 대해 일반 소비자 대상 교육 및 홍보가 필요
- 최근 생분해보다 재활용이 강조되고 있어 국제적 변화에 대응전략 필요
- 국내 우수한 가공기술을 적용하여 원천기술개발 비중을 낮추고 소재개발, 제품화 기술개발로 글로벌 진출 도모

### 라. 기술개발 로드맵

#### (1) 중기 기술개발 로드맵

[ 친환경 분해성 고분자 분야 중기 기술개발 로드맵 ]

친환경 분해성 고분자	친환경 분해성 고분자 제조기술 개발 및 사업화					최종 목표
	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	
생분해성 플라스틱 제조						생분해성 친환경 플라스틱 소재 개발 및 사업화
생분해성 탄성체 제조 기술						생분해성 친환경 탄성체 소재 개발 및 사업화
생분해성 고분자수지 조성물 제조						생분해성 친환경 조성물 개발 및 사업화
생분해성 폴리에스터 생산 기술						생분해성 친환경 폴리에스터 제조 기술 개발 및 사업화
생분해성 난연성 필름 제조 기술						생분해성 친환경 난연성 필름 소재 개발 및 사업화

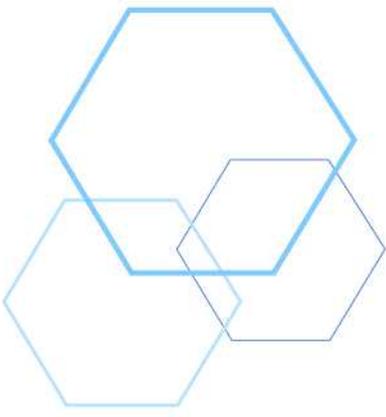
(2) 기술개발 목표

□ 최종 중소기업 기술로드맵은 기술/시장 니즈, 연차별 개발계획, 최종목표 등을 제시함으로써 중소기업의 기술개발 방향성을 제시

[ 친환경 분해성 고분자 분야 핵심요소기술 연구목표 ]

핵심기술	기술요구사항	연차별 개발목표					장기목표 (2025년)	연계R&D 유형
		1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도		
생분해성 플라스틱 제조	생분해 효율 및 구조 지속성(%)	70 이상	80 이상	90 이상	95 이상	97 이상	생분해성 친환경 소재 개발 및 신뢰성 평가	산학연
생분해성 탄성체 제조 기술	가공성, 내화학성, 내열성	80%	85%	90%	95%	97%	기능성 소재 개발 및 신뢰성 평가	산학연
생분해성 고분자수지 조성물 제조	가교반응 및 용융강도	85%	90%	95%	97%	99%	수지의 생분해성 유지, 수지와 상용성 및 신뢰성 평가	산학연
생분해성 폴리에스터 생산 기술	이산화탄소 저감, 석유화학 유래 물질 중합효율	70%	80%	90%	95%	99%	생분해성 폴리에스터 소재개발 및 신뢰성 평가	산학연
생분해성 난연성 필름 제조 기술	열안정성, 유연성, 투명성, 점착성, 내한성, 내구성	80%	85%	90%	95%	99%	생분해성 난연성 필름 소재 개발 및 신뢰성 평가	산학연





전략제품 현황분석

# 화학제품 재활용 공정기술





# 화학제품 재활용 공정기술

## 정의 및 범위

- 화학제품 재활용 공정기술은 원료·소재·생산·수송·사용·재활용·폐기 등 제품의 전 과정에 있어서 자원 효율성을 극대화함으로써 환경 부하를 최소화하고 에너지 효율을 향상시키는 소재 기술을 의미하고 특히 플라스틱 제품의 재활용을 높이는 기술을 의미
- 광의의 화학제품 재활용공정(green process) 기술은 원료·소재·생산·수송·사용·재활용·폐기 등 제품의 전 과정에 있어서 자원 효율성을 극대화함으로써 환경부하를 최소화하고 에너지 효율을 향상시키는 소재기술을 의미

## 전략 제품 관련 동향

시장 현황 및 전망	제품 산업 특징
<ul style="list-style-type: none"> <li>• (세계) 플라스틱 재활용시장은 2018년 326억 달러에서 연평균 6.5%로 성장하여 2026년 540억 달러까지 성장할 것으로 전망</li> <li>• (국내) 재활용품 판매액은 2018년 약 9조 원 규모에서 연평균 12.2%로 성장해 2024년 18조 원의 규모로 성장할 것으로 전망</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 재활용 공정기술은 화석원료 고갈 가속화로 석유화학의 원료인 원유, 천연가스의 확보가 가장 중요한 경쟁력의 원천으로 부상</li> <li>• 화학제품 재활용 공정기술은 우리의 삶을 윤택하게 해주는 기반산업으로서 사회적 요구와 산업적 요구에 항상 부응</li> </ul>
정책 동향	기술 동향
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2020년 6월 ‘국내 폐기물 재활용 촉진을 위해 수입이 제한되는 폐기물 품목 고시’</li> <li>• 환경부는 중소 업사이클 기업 사업화 지원사업을 통해 업사이클 기업을 지원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 화학제품을 원료에서 제품 그리고 재활용에 이르는 전 주기적인 평가에 의한 체계적인 재활용 공정기술개발</li> <li>• 특정 수지에 대해서는 그 수지만을 용해하는 약제(석유 등)를 이용하여 유동성을 증가시키는 기술 개발이 진행 중</li> </ul>
핵심 플레이어	핵심기술
<ul style="list-style-type: none"> <li>• (해외) Toshiba, Sharp, Fujitsu사, BASF, DSM, Dow, Braskem, ExxonMobil, Total, Shell</li> <li>• (대기업) 유공, LG화학, 삼성물산, 롯데케미칼 등</li> <li>• (중소기업) ㈜리엔텍, ㈜삼신기계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 폐플라스틱 열분해 공정</li> <li>• 촉매를 이용한 폐플라스틱 분해기술</li> <li>• 특수 기능성 화학소재 제조 기술</li> <li>• 혼합 산성폐기물의 분리 및 회수 공정</li> <li>• 고온용 접착제 제조 기술</li> </ul>

## 중소기업 기술개발 전략

- ➔ 그린뉴딜의 환경을 활용한 적극적인 연구개발과 대기업 협력 방안 수립 필요
- ➔ 국내 화학제품 재활용 공정기술 업체들의 중국 수출물량 증대, 중국산과의 가격경쟁 회피, 부가가치 향상을 위해서 현재 중저가 중심에서 제품의 고급화 추진이 필요
- ➔ 최근 대규모로 발생하는 화학제품인 플라스틱 폐기물은 사회적, 환경적 처리비용의 증가를 야기하고 있으며, 아울러 폐플라스틱의 재활용과 재이용을 위한 혁신적인 기술개발이 필요

# 1. 개요

## 가. 정의 및 필요성

### (1) 정의

- 화학제품 재활용 공정기술은 원료·소재·생산·수송·사용·재활용·폐기 등 제품의 전 과정에 있어서 자원 효율성을 극대화함으로써 환경부하를 최소화하고 에너지효율을 향상시키는 소재 기술을 의미하고 특히 플라스틱 제품의 재활용을 높이는 기술을 의미
  - 광의의 화학제품 재활용공정(green process) 기술은 원료·소재·생산·수송·사용·재활용·폐기 등 제품의 전 과정에 있어서 자원 효율성을 극대화함으로써 환경부하를 최소화하고 에너지효율을 향상시키는 소재기술을 의미
  
- 일반적으로 화학제품인 폐플라스틱의 재활용 공정기술은 분쇄, 세척, 선별, 건조 등 전처리 공정과 용융, 압출, 방사 등 공정을 통해서 칩, 분쇄 칩, 펠릿, 잉고트 등으로 1차 제품화
  - 이물질 분리: 대부분의 용기류에는 이질 재질로 구성되어 재생 시 큰 저해 요소가 되므로 적당한 수단을 가동하여 선 제거
  - 분쇄공정: 분쇄공정은 제품상태로 수집된 폐플라스틱을 세척, 선별, 건조, 성형 등의 후단 공정에 적합하도록 잘게 부수는 공정
  - 세척공정: 일반적으로 분쇄나 파쇄가 된 폐플라스틱에서부터 오염물질을 세척하는 단계는 매우 중요하며, 세척방법은 마찰원리를 이용한 세척 또는 수조에서 세척하는 공정
  - 선별공정: 각종 이물질과 혼합된 폐플라스틱류로부터 이물질을 분리하는 공정으로는 체선별, 풍력선별, 자력선별, 파쇄선별, 마찰선별, 정전기선별 등의 공정기술이 적용
  - 건조공정: 폐플라스틱 속에 남아 있는 수분의 함량은 후속 공정인 가공 공정에서 물성에 치명적인 문제를 발생
  - 가공공정: 용융, 압출성형, 사출성형 등의 공정을 거쳐서 1차 생성물인 펠릿, 플레이크, 잉고트, 화이버 등으로 가공되어 최종제품 생산 공정에 투입

## (2) 필요성

### □ 난분해성 플라스틱의 심각성

- 플라스틱이 완전히 분해되는 데 걸리는 기간은 200~300년에서 길게는 500년까지 소요되는데, 이는 플라스틱이 처음 생산된 1868년부터 지금까지 모든 제품이 분해되지 않았다는 것임
- 플라스틱의 사용량은 1950년대 이후 폭증하였는데, 유엔환경계획(UNEP)에서 조사한 바로는 2010년에만 최소 480톤에서 최대 1,270만 톤의 플라스틱 쓰레기가 바다로 흘러갔다고 발표
- 1997년에 발견된 북태평양 거대 쓰레기 섬은 2009년까지 두 배 가까이 커져 한반도 크기의 7배나 되며, 17년도에는 남태평양에도 텍사스주의 1.5배 크기의 쓰레기 섬이 추가로 발견
- 이러한 환경오염은 생태계 파괴는 물론 정화작업을 위한 자금 및 인력을 소비하여 크나큰 손실을 가져오기 때문에 이를 대체할 만한 소재가 필요
- 바이오플라스틱은 기존의 난분해성 플라스틱과 물성이 비슷하기 때문에 대체품으로 적합하고, 특히 생분해 플라스틱의 경우, 사용 후 폐기하게 되면 자연계에서 분해되기 때문에 환경오염 방지 및 생태계 파괴를 막을 수 있음

### □ 21세기 들어 세계의 선진국들은 지구온난화의 방지, 재생가능 자원의 사용 촉진을 통한 순환형 사회의 형성 등을 위해 다양한 산업적, 정책적인 전략들을 수립하여 추진 중

- 경제규모의 확대와 국민 생활수준의 향상으로 인해 폐기물은 그 형태가 다양화되고 지속적으로 증가하는 추세
- 화학제품의 생산공정 방식(PPMs : Product Process Methods) 규제(OECD), 비환경 친화제품 규제, 전기전자제품 폐기물처리규제(EU)등 국제환경규제에 근본적으로 대응하기 위해 제품의 전 과정을 친환경 제품 설계 및 청정생산 공정기반 Green Process로 전환이 필요
- 화학제품의 사용과 관련하여, 미국, 일본, 독일 등의 선진국들은 경쟁력이 높은 신규전략 산업의 육성을 목표로 대량 발생하는 플라스틱 폐자원으로부터 재생 가능한 화학원료를 제조하고 이를 바탕으로 고부가가치의 응용 제품군을 개발하기 위해 많은 투자
- 국내에서도 화학제품인 폐플라스틱의 효율적인 자원재활용을 위한 기술개발이 매우 중요하게 요구되고 있는 상황으로 국가적인 자원재활용 관점에서 접근해야 하는 시점

### □ Green Process로 전환을 통해 2030년도 65% 부가가치 창출효과, 관련 산업고용계수 8.0 도달, CO2 200만톤 저감, 에너지 소비 50% 이상 절감 가능

- 해외 기업들은 해양 플라스틱 쓰레기를 재활용해 시멘트도 필요 없는 벽돌을 만들거나 재활용 플라스틱과 고무를 섞어 훌륭한 레고처럼 조립할 수 있는 건축소재로 만들기도 하는 사업 등장
- 국내에도 GS, SK 등 많은 대기업들이 플라스틱 재활용 관련된 사업에 동참

## 나. 범위 및 분류

### (1) 가치사슬

- 후방산업은 플라스틱 등 석유화학제품을 제조하는 산업과 폐화학제품을 수거하는 산업으로 볼 수 있음
  - PP, PE 등 플라스틱 재질의 차이가 재활용을 방해하는 가장 큰 요인이 되고, 이물질이 섞인 플라스틱은 재활용 자체가 불가능하므로 생산할 때부터 재활용을 고려한 생산이 중요
  - 생산 단계에서 배출 가능한 플라스틱 소재를 이용해 제품을 만들거나 플라스틱을 대체할 수 있는 친환경 소재를 지속적으로 개발
  
- 전방산업은 자동차, 전기 전자, 건설 등 재활용제품을 활용하는 산업으로 볼 수 있음
  - 가장 일반적인 재활용 방법은 원형 혹은 압축된 상태로 재활용
  - 나머지 폐플라스틱 중 일부는 보다 복잡한 물리적 처리(분쇄, 세척 및 열 용융 등)를 거쳐 일정한 형태 및 크기의 고품연료로 재활용

#### [ 화학제품 재활용 분야 산업구조 ]

후방산업	고성능 탄소섬유	전방산업
화학제품 제조업 폐화학제품 수거산업	전처리 공정 폐플라스틱 제품화 공정	음식료, 자동차, 전기 전자, 에너지 등

#### [ 폐플라스틱을 활용한 신발과 타일 ]



\* 출처: 바다 쓰레기 플라스틱을 재활용하다.(From A)

## (2) 재활용 방법별 분류

### □ 물질 재활용 기술(Material Recycle)

- 생활에서 주로 발생하는 폐플라스틱은 재질 선별과 이물질 제거 공정을 통해 재생원료로 만드는 재활용 과정
- 좀 더 효율적인 분리 및 선별작업을 위해 풍력, 정전기, 물을 이용한 비중분리 방법 등 다양한 기계적 분류방법이 개발
- 재질 선별과 세척 공정을 거친 폐플라스틱 조각들은 재생압출기를 통해 펠릿(Pellet)으로 만들어져 재생원료로 사용

### □ 화학적 재활용 기술(Chemical Recycle)

- 화학적 재활용은 종류별 고도분리작업을 할 필요가 없으며, 오염된 폐기물에 대해서도 크게 민감하지 않고 소비 에너지 측면에서도 물질 재활용 공정보다 유리하다는 장점이 있으며 주로 열분해 및 화학반응 공정을 기침
- 폴리에틸렌(PE), 폴리프로필렌(PP), 폴리스티렌(PS) 등 범용 플라스틱의 경우 열분해 반응 혹은 열분해 반응과 촉매를 이용한 화학반응을 조합해 연료 혹은 화학 원료로 사용 가능한 유화 제품으로 활용도 가능

### □ 열적 재활용 기술(Thermal Recycle)

- 플라스틱 폐기물의 원료는 석유이기 때문에 높은 발열량으로 인해 연료화가 가능
- 열적 재활용 기술을 통해 재활용이 불가능했던 식품 봉지 등 필름류도 재활용이 가능해 짐
- 폐플라스틱을 연료화시키는 열적 재활용 기술에는 ‘RDF(Refuse Derived Fuel)’와 ‘RPF(Refuse Plastic Fuel)’이 있으며 둘 다 폐기물에서 가연물을 선별해 제조한 신재생 에너지라는 공통점
- RDF는 일반 생활 폐기물, RPF는 폐플라스틱이나 목재와 같은 산업 폐기물이 원료가 된다는 차이점

### [ 플라스틱 재활용 방법 분류]

구분	재활용 방법	유럽 명칭
물질 재활용 기술(Material Recycle)	재생이용 플라스틱 원료화 플라스틱 제품화	(Material Recycle)
화학적 재활용 기술(Chemical Recycle)	원료 단위체화 고로 환원재 코스크로환화화학원료화 가스화 / 오일화 화학원료화	Feedstock Recycle
열적 재활용 기술(Thermal Recycle)	가스화 / 오일화 연료 시멘트원 연료화 폐기물 발전 RPF1 RDF2	Energy Recycle

\* 출처: 플라스틱 코리아 홈페이지를 참고하여 재구성

## 2. 산업 및 시장 분석

### 가. 산업분석

#### ◎ 폐기물 관리 시장은 꾸준한 성장 중

- 급속하게 성장하는 경제, 도시화, 인구 증가로 인해 자원 소비량이 증가하여 결과적으로 환경으로 방출되는 폐기물이 전 세계적으로 증가하는 추세로 폐기물 관리 시장은 꾸준한 성장 중
  - 사용 가능한 토지의 면적이 줄어듦으로써 에너지 및 자원 관련 설비의 효율에 관한 관심 증대
  - 불법 투기를 줄이기 위한 각국 정부의 적극적인 조치가 증가함에 따라 세계 폐기물 관리 시장의 유망성 및 중요도 증대
- 미국은 폐기물 관리산업이 가장 유망한 시장
  - 외국인 이민자 수가 크게 증가함에 따라 미국 도시 고형 폐기물 관리 시장의 가치는 2024년까지 250억 달러 규모로 성장 전망
  - 미국 내에서 캘리포니아 폐기물 관리 시장이 가장 활성화되었으며 다양한 재활용 활동을 촉진하기 위한 'CalRecycle' 운동 등 폐기물 처리와 관련된 활동이 시장 성장을 견인할 전망
  - 다만 규제당국의 엄격한 덤핑금지법 도입으로 가파른 성장세가 둔화될 수 있음
  - 미네소타 대학은 캠퍼스에서 발생하는 총 도시 고형 폐기물의 40%가 넘는 연간 3,800톤 이상의 재활용품이 처리되는 M 재활용 드라이브 U를 운영

#### ◎ 각국은 적극적인 육성 정책 수립 중

- EU는 포장폐기물 2025년까지 최소 65%, 2030년까지 최소 70% 물질 재활용
  - EU는 순환경제패키지와 관련하여 폐기물법률개정안을 공표하여 포장폐기물의 전체 평균 2025년까지 65%, 2030년까지 최소 70%의 물질 재활용 목표를 달성해야 하며, 이중 플라스틱 재활용 목표는 2025년까지 최소 50%, 2030년까지 최소 55%
  - 유럽의회는 플라스틱 빨대 식기 등 일부 품목의 유통금지 국가별 감축목표 수립 생산자 책임강화 등 플라스틱 사용을 규제하는 내용이 담긴 플라스틱 제품 사용 규제안을 채택하여 플라스틱 제품 중 대체가능 물질이 존재하거나 쉽게 구할 수 있는 제품은 2021년부터 역내 유통이 금지되며 재생가능 원료로만 생산 가능

□ 환경부는 2019년 '재활용 폐기물 관리 종합대책'을 발표

- 우리나라의 플라스틱 1인당 연간사용량은 세계 최고 수준으로 2018년 수도권 등 폐비닐 수거중단 문제가 발생하였고, 정부 합동으로 2030년까지 플라스틱 폐기물 발생량 50% 감축, 70% 재활용 목표를 설정
- 2003년부터 우리나라는 생산자책임재활용(EPR:Extended Producer Responsibility)제도를 시행 중
  - 제품 생산자나 포장재를 이용한 제품의 생산자에게 그 제품이나 포장재의 폐기물에 대하여 일정량의 재활용 의무를 부여하여 재활용하게 하고, 이를 이행하지 않을경우 재활용에 소요되는 비용 이상의 재활용 부과금을 생산자에게 부과하는 제도(자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률 제16조(제조업자 등의 재활용의무))

[ 연도별 국내 플라스틱 폐기물 추이 ]



\* 출처: 2018년도 기준 전국 폐기물 발생 및 처리현황, 환경부(2019)를 바탕으로 네모아이씨지 자체 작성

□ 중국은 오는 2025년까지 플라스틱 오염을 효과적으로 통제하고 주요 도시의 플라스틱 폐기물 양을 실질적으로 줄이기 위해 전국적으로 초박형 비닐봉지와 농지용 플라스틱 초박막의 생산·판매를 금지

- 2020년 1월 1일부터 전국 모든 지역에서 두께가 0.025mm 미만인 초박형 비닐봉지와 농지용 폴리에틸렌 초박막(두께 0.01mm 미만)의 생산과 판매를 금지
- 일회용 플라스틱 면봉과 발포 플라스틱 식기는 내년부터 생산·판매할 수 없도록 규제. 미세 플라스틱을 첨가한 화장품과 치약 등 제품도 2021년 1월 1일부터 생산 불가

◎ 글로벌 기업들의 관심 증대

- 플라스틱 이슈에 맞춰 아디다스와 같은 유명 글로벌 기업들도 발 빠르게 동참
  - 이들은 국내외에서 플라스틱 오염의 심각성을 알리는 이벤트를 선보이거나, 환경 친화 소재의 신제품을 출시하는 등 다양한 ‘안티 플라스틱’ 활동
  - ‘그린슈머(환경을 뜻하는 Green과 소비자를 뜻하는 Consumer의 합성어로 친환경 제품을 선호하고 환경 보호를 생각하는 소비자)’라는 신조어가 생길 정도로 하나의 소비 트렌드로 자리잡은 가운데, 이 같은 노력은 사회적인 책임을 다한다는 측면에서 소비자 호감도 상승
  
- 스포츠 브랜드 아디다스는 스포츠 공간을 보호하는 것을 목표로 환경과 사회의 문제들을 해결하는데 앞장
  - 2015년부터 해양환경보호단체 팔리포더오션(Parley for the Oceans)과의 협업을 통해 플라스틱으로 인한 해양환경오염에 대한 경각심을 일깨우는 활동을 진행해오고 있는 아디다스는 서울을 포함한 뉴욕, 파리, 상하이 등 전 세계 주요 도시에서 해양을 살리기 위한 러닝 이벤트인 ‘런포더오션’을 주최
  
- 매년 플라스틱병 약 1,200억 개를 사용하고 있는 코카콜라는 지난 1월 오는 2030년까지 캔과 플라스틱병을 재활용하는 시스템을 구축하겠다고 발표
  - 현재 캔의 경우 이미 50% 정도를 재활용 소재로 제작하고 있지만, 플라스틱병은 재활용 소재 활용률이 10% 미만인 상황 속에서 2030년까지 포장 용기의 평균 50%를 재활용 재질로 제작한다는 목표를 제시
  
- 팀버랜드는 지금까지 쓰레기 매립지로부터 7천8백만 개 이상의 페트병(PET)을 수거
  - 자유여신상 5개보다 더 많이 나가는 무게이고, 달을 한 바퀴 반 이상 돌 수 있는 어마어마한 양으로 팀버랜드는 수거한 페트병을 재활용해 신발 끈이나 인조모피 등을 만드는 데 사용
  - 2017년 개발한 아이티(Haiti) 지역에 버려진 페트병을 혁신적으로 업사이클한 친환경 페브릭인 ‘스레드(Thread)’ 원단을 지속해서 사용

[ 코카콜라와 팀버랜드의 재활용 캠페인 ]



\* 출처: 코카콜라와 팀버랜드 홈페이지

## 나. 시장 분석

### (1) 세계시장

- 플라스틱 재활용시장은 2018년 326억 달러에서 연평균 6.5%로 성장하여 2024년 476억 달러까지 성장할 것으로 전망
  - 플라스틱 사용에 대한 정부 규제가 높아지고 환경 오염이 증가함에 따라 세계 플라스틱 재활용 시장이 급증할 것으로 판단되고 더욱이 플라스틱 폐기에 대한 인식이 높아지고 기존 플라스틱보다 재활용 플라스틱을 선호함으로써 시장이 더욱 강화될 예정
  - 그러나 재활용 플라스틱 제품에 대한 지식 부족, 원자재 및 플라스틱 폐기물 수집과 관련된 투쟁은 시장 성장을 저해할 것으로 예상

[ 세계 플라스틱 재활용 시장규모 및 전망 ]

(단위 : 백만 달러, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
세계시장	32,640	34,762	37,021	39,427	41,990	44,720	47,626	6.5

\* 출처 : Research Dive, 2020

### (2) 국내시장

- 국내 재활용품 판매액은 2018년 약 9조 원 규모에서 연평균 12.2%로 성장해 2024년 18조 원의 규모로 성장할 것으로 전망<sup>29)</sup>
  - 혼합 폐플라스틱의 정전 분리에 의한 수지 종류별 정밀 분리법이 실용화되고, 폐플라스틱이 고품질 재생 수지로 활용할 수 있는 사례가 확대
  - 고체, 액체, 가스의 연료화도 기술적 신뢰성이 입증된 특히 고체연료는 석탄 대체 보일러 연료로 제지 업계를 중심으로 보급

[ 국내 재활용 제품 판매량 및 판매액 추이 ]

(단위: 만 톤, 조 원, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
재활용제품 판매량	5,049	5,453	5,889	6,360	6,869	7,419	8,012	8.0
재활용제품 판매액	9	10.1	11.3	12.7	14.3	16.0	18.0	12.2

\* 출처 : 2018년도 폐기물 재활용 실적 및 업체 현황, 2019, 한국환경공단을 근거로 네모아이씨지 재산정

29) 한국환경공단이 발표한 2018년도 폐기물 재활용 실적 및 업체 현황의 국내 재활용 제품 판매량과 판매액 추이를 바탕으로 재활용품 판매액을 추산

### 3. 기술개발 동향

- 기술경쟁력
  - 화학제품 재활용 공정기술은 미국이 최고기술국으로 평가되었으며, 우리나라는 최고기술국 대비 83.2%의 기술수준을 보유하고 있으며, 최고기술국과의 기술격차는 1.3년으로 분석
  - 중소기업의 기술경쟁력은 최고기술국 대비 74.5%, 기술격차는 2.0년으로 평가
  - EU(87.7%)>일본(85.1%)>한국, 중국(77.6%)의 순으로 평가
- 기술수명주기(TCT)<sup>30)</sup>
  - 화학제품 재활용 공정기술은 10.07의 기술수명주기를 지닌 것으로 파악

#### 가. 기술개발 이슈

##### ◎ 물질 재활용 기술

- 한편 재생재는 플라스틱 제조 업체와 최종제품을 제조하는 조립업체가 협력하여 특정 용도로 한정된 클로즈드 리사이클 체계를 조성하는 경우에는 비교적 간단 하지만 그 외의 경우에는 시장에 산재한 제품에서 플라스틱을 추출하기 위한 과제들
  - 유통, 폐기시장에서 부품 회수(로지스틱도 포함한 상거래 구축)
  - 부품 해체/플라스틱 이외의 재료 분리(비중, 자력, 적외/근적외광)
  - 플라스틱 재료의 특성(비중, 적외/자외광, 화학분석)
  - 플라스틱의 열화 정도 특정(물리/화학 특성)
  - 수평/캐스케이스 재활용 적용
- 일반적으로 동일 제품의 원료로 다시 재활용되는 경우에는 수평 재활용(Level Material Recycle), 더 낮은 수준의 품질이어도 사용 가능한 용도의 원료로 재활용하는 경우에는 캐스케이드 리사이클(Cascade Recycle)이라고 불리며, 증량제와 첨가제 등의 활용과 고기능 용도에서 범용 용도로 전개
  - 수평/캐스케이스의 중간에 위치하는 재활용도 있다. 예를 들어 플라스틱 성형 재료(PET병 등)를 섬유, 도료에 적용하거나 반대로 섬유 폐자재를 플라스틱 성형 재료에 적용하는 경우도 존재
- 폐자재의 간단한 예로 사출성형품을 금형에서 취출한 후 러너와 스폴 부분을 절단해 분쇄 후 그대로 또는 신제품에 혼용하는 방법과 관련된 기술
  - 이와같은 경우는 범용 플라스틱에서 슈퍼 엔지니어링 플라스틱에 이르기까지 널리 활용
  - 이 경우 열 이력에 의해 특성이 변화하는(용융점도 등) 플라스틱은 그 혼합율을 일정 이하로 조정하거나 높은 특성이 요구되지 않는 별도의 용도로 전용도 가능

30) 기술수명주기(TCT, Technical Cycle Time): 특허 출원연도와 인용한 특허들의 출원연도 차이의 중앙값을 통해 기술 변화속도 및 기술의 경제적 수명을 예측

□ 열가소성이 아닌 경우의 기술개발은 아직 초보단계에 머물러 있음

- 열경화성 플라스틱의 물질 재활용은 분쇄해서 다른 플라스틱의 첨가재나 충전재로 활용할 수 있을지 등이 검토되고 있긴 하지만 아직 보급되지는 못함
- 향후 수요가 확대될 것으로 보이는 탄소섬유 강화 플라스틱(FRTP)에 대해서는 매트릭스의 열경화 재료를 소성과 가축매 분해 등으로 제거한 후에 탄소섬유를 활용하려는 검토가 시작된 단계

◎ 물질 재활용 공정기술

□ 특정 수지에 대해서는 그 수지만을 용해하는 약제(석유 등)를 이용하여 유동성을 증가시키는 기술개발이 진행 중

- 재활용 수지는 많은 천연(virgin, 버진) 원료에 일정 비율로 섞기 때문에 버진 원료와 같은 모양으로 형태를 갖춰야 하며, 일반적으로 버진 수지 펠렛 형태이기 때문에 재활용 수지도 펠릿 형상 또는 동일한 치수로 절단 또는 파쇄한 분쇄품이나 분쇄품을 더 세척한 조각 제품으로 할 필요
- 분쇄품이나 조각 제품이라면 분쇄기와 분쇄기만으로 가공할 수 있지만, 이물질 제거 및 물성의 균일화를 도모하기 위해 어떤 식으로든 점성 액체에 용해 필터 메쉬에서 여과하고, 필요한 첨가제나 안정제를 추가한 후 다시 고형화시켜 펠릿상으로 조립
- 현재 용해 방법은 열을 가해 용융하는 가열용해(드라이)방법이 일반적이지만, 폴리스티렌과 같은 특정 수지에 대해서는 그 수지만을 용해하는 약제(석유 등)를 이용하는 것도 가능하고 이 방법은 가열 용해 방식보다 유동성을 증가할 수 있어 이런 방식의 기술이 개발 진행 중

□ 이물질을 제거하는데 큰 시간과 비용이 추가되어 재활용을 제한하는 것을 개선하기 위한 기술개발이 진행 중

- 이물질을 제거하기 위해 이론적으로는 메쉬 필터를 다층으로 마련하고 큰 그물망에서 작고 섬세한 그물망으로 나가면 어떤 이물질도 제거할 수 있지만, 실제로는 점성 액상 수지의 압력과 메쉬 필터 교환 및 청소 등 유지보수로 인해 효율저하와 비용 증가
- 약제용해(습식) 방식의 경우 유동성이 상대적으로 조정하기 쉽고 본래 가지고 있는 특정 수지밖에 용해되지 않는 성질을 이용하면 종이·나무·금속 등의 이물은 물론, 다른 수지도 여과하기 쉽지만 유동성을 높이기 위해 약물 투입량이 많아지면 결과적으로 조립 공정에서 재생된 수지에 약제성분이 잔류하여 물성 저해하는 등 많은 난제가 있어 이 부분의 개발이 진행 중
- 가열용해(드라이) 방식의 경우, 미세한 그물망 필터는 얇은 수지의 압력에 밀려 버리므로 큰 그물망 필터를 전후에 배치하는 등의 노력이 필요하지만 큰 그물망 필터를 적층하게 되면 압력을 관리하기 어렵고, 교환 빈도도 높아지기 때문에 이부분의 개발도 진행 중
- 메쉬필터 자동교환 방식과 메쉬필터를 제거하지 않고 역류 세정하는 방식이 기계설비 메이커의 노하우가 되고 이 여과 공정의 운용이 재활용 수지의 비용으로 되돌아오고 그 허용 범위가 수용 가능한 플라스틱 폐기물의 얼룩 구분 허용 범위를 결정

◎ 폐플라스틱 유화기술

- 재활용 화학제품 중 화학물질을 사용하고 생산하는 산업이 경제, 고용, 경제발전에 미치는 영향이 막대한 반면, 인간 건강 및 환경에 부정적 영향이 큼
  - 즉 5.7백만 MT(metric ton)의 오염물질 배출 중 1.8백만 MT이 잔류성, 생물 농축성 독성물질(PBT)으로 간주되는 화학물질이고, 970,000 MT이 발암물질로 알려졌거나 의심되는 물질이며, 857,000MT이 생식 발생 독성물질로 추정
- 폴리염화비닐(PVC)이 폐플라스틱에 포함되어있는 경우, 가열하게 되면 유해한 유기성 및 무기성 염소화합물이 생성되기 쉽기때문에 리사이클 방법에서 탈염소처리 기술개발이 필수
  - 중요한 관건은 260~300℃의 가열과정에서 PVC나 PVDC 등에서 생성되는 염화수소 gas와 생성유(生成油) 중 유기염소 화합물을 제거하는 것
  - 현재는 염화수소를 대량의 물에 흡수시켜 희염산으로 회수해 알칼리로 중화한 후 자연환경으로 방류하거나, 농축하여 농염산으로 상품화하는 것이 전부이기 때문에 염화수소 처리 기술이 필요
- 페비닐 등을 용융시킨 후 400℃ 이상의 고온에서 이를 분해해 경유와 같은 산업용 연료나, 석유화학 원료로 만드는 유화기술
  - 페비닐 등을 분해하는 과정에서 많은 에너지가 소요되기 때문에 에너지 소비를 줄일 수 있는 기술이나, 불순물을 제거해 생산된 연료의 품질을 개선할 수 있는 기술이 개발되고 있음

◎ 재활용 화학제품 활용기술

- 재활용 공정기술은 생산성 증대는 물론 환경개선 효과도 동시 추구할 수 있으며, 친환경 공정을 통해 친환경 제품 생산, 폐기물 발생 감소 및 재활용을 위한 현 제조과정의 변경 및 신공정 개발의 필요성이 요구
- 고체연료 제조기술은 페비닐 등을 잘게 분쇄한 다음, 목재 등과 섞은 후 그 혼합물을 작은 알갱이 형태로 압축하여, 연료용 펠릿(pellet)으로 만드는 기술로 이렇게 제조된 연료용 펠릿은 난방 연료나 공장 또는 화력발전소용 연료로 사용
  - 최근에는 연료용 펠릿의 열량을 높이기 위해 폐목재나 하수슬러지 등 다양한 첨가물을 투입하는 기술이나 제조 생산성을 향상시킬 수 있도록 원료가 되는 폐플라스틱을 종류별로 사전에 선별하는 등 공정을 개선하는 기술이 개발되고 있음
- 재생 플라스틱을 신차용으로 사용하기 위해서는 각 자동차사가 중심이 되어 각 회사별 채용 기준에 맞춘 품질평가, 채산평가, 안정 공급, 양산체제 등의 검증이 필요하며 이에 적합한 기술이 개발 중
  - 자동차 기업들의 요구사항은 크게 3가지로 해체 단계에서 분리가 가능할 것과 브롬계 난연제 등을 함유하지 않을 것, 그리고 PP수지 부품이어야 한다는 점이고 이런 방향으로 기술개발이 진행 중인 것으로 파악
  - 자동차 부품 재활용에서 중요한 것 중 하나는 해체 시간 단축에 따른 채산성 확보로 시간 단축과 함께 이물질의 제거도 하나의 과제

## 나. 생태계 기술 동향

### (1) 해외 플레이어 동향

- 화학제품 재활용 공정기술에서 분해되지 않는 플라스틱으로 인한 환경문제를 해결하기 위해 전 세계 30여 개의 글로벌 기업(BASF, DSM, Dow, Braskem, ExxonMobil, Total, Shell, Mitsubishi Chemical Holdings, Mitsui Chemicals, Procter & Gamble 등)들은 해양 폐플라스틱 감소 및 제거를 위한 솔루션을 증진하는 ‘플라스틱 쓰레기 제거 연합(AEPW, Alliance to End Plastic Waste)’을 결성
- (BASF) 세계 1위 화학업체인 독일 바스프도 코로나 사태를 계기로 배달이 증가하고 있다고 판단, 친환경 포장재 소재 개발과 폐플라스틱 재활용 기술개발에 적극적
  - 플라스틱 재활용을 증진시키는 혁신적인 기술개발을 목표로 케미사이클링 (ChemCycling) 프로젝트를 진행하여, 2019년 폐플라스틱의 화학적 재활용을 통한 생산된 첫 파일럿 제품을 발표
  - 친환경 단열재인 ‘슬렌텍스’는 전 세계 최초로 한국에서 콜드체인 배송서비스에 적용될 예정
  - 슬렌텍스는 기존 포장재에 들어가는 단열재보다 두께가 얇아 환경 오염물질인 스티로폼이 적게 들어간다고 바스프 측은 설명

#### [ BASF의 슬렌텍스 소재와 슬렌텍스 신선식품 배송 박스 ]



\* 출처: FREITAG 홈페이지



- (Mitsubishi) 미쓰비시 전기는 사용이 끝난 가전제품으로부터 회수한 폐플라스틱을 다시 가전제품에 사용하는 '자기 순환 리사이클'을 실행
  - 자회사 '그린 사이클 시스템'이 2010년부터 운영하는 공장에서 처리한 중량은 2018년 말 누계 1만 톤에 이를 전망
  - 폐플라스틱의 74%를 재사용하는 기술을 확립, 그중 35%를 미쓰비시 전기 에어컨, 냉장고, 진공청소기 등에 사용하고 있고 비율 제고를 위한 노력 진행 중
  - 치바시에 있는 처리 공장에서는 이미 사용된 TV, 세탁기, 냉장고, 에어컨의 4종류의 가전제품을 전국의 가전 리사이클 공장에서 모아 분쇄하고, 부서진 폐플라스틱을 폴리프로필렌(PP), 아크릴로니트릴 부타디엔 스티렌(ABS), 폴리스티렌(PS) 등 3종류

- 그린 사이클 시스템은 PP, PS, ABS 플라스틱을 99%의 순도로 회수하는 기술을 보유하고 있으며 고순도이기 때문에 재생이 용이하고 가전제품에 재사용 가능
- (Dow) 다우는 플라스틱 쓰레기 문제를 해결하기 위해 여러 플라스틱 재활용 사업을 추진 중
  - 플라스틱 쓰레기를 가열해 연료로 전환하거나 폐플라스틱으로 개질 아스팔트를 만들어 미국, 베트남, 인도 등의 도로 건설에 사용하는 노력이 대표적
- (DSM) 에너지 및 자원 솔루션 개발 글로벌기업 DSM은 고성능 재활용 플라스틱 '아쿨론 리퍼포스드(Akulon Repurposed)'를 출시
  - DSM은 폐기되는 어망을 업사이클링 하는 것은 재활용 가능 여부를 충족하는 어망의 오염의 제거한 후 잘게 분쇄해 고압에서 세척한 뒤 건조하는 방식으로 제조
  - 세계적인 서프보드 브랜드 스타보드가 가벼우면서 견고한 고성능 서핑보드 부품을 제작하고자 이 재활용 플라스틱을 소재로 활용하고 있으며, 네덜란드의 시계 스타트업 '기어 워치(Gyre Watch)'가 손목시계 케이스 재료로 해당 플라스틱을 이용해 제조 중
- (Adidas) 글로벌 리딩 스포츠 브랜드 아디다스가 전세계 해양 오염의 심각성에 대한 인식을 높이고자 해양 정화 작업으로 수거된 플라스틱 폐기물을 활용해 러닝화 출시
  - 2016년부터 아디다스가 진행해온 해양환경보호 단체 팔리포더오션과의 파트너십 일환
- (FREITAG) 스위스의 기업으로 '5~7년간 쓰고 버려진 트럭 덮개나 천막만 몸통의 재료로 활용하는 패션 브랜드'
  - 가방끈은 폐자동차 안전벨트로, 가방의 모서리는 가죽이 아닌 자전거 고무 튜브가 대신하고 모든 작업은 기계 없이 수작업으로 진행되며 쓰다 남은 천막이 재료이기 때문에 3~5명의 직원이 전 세계를 1년 내내 여행하며 400t에 달하는 방수 천막을 수집
  - 한 천막으로 여러 개의 가방을 만들더라도 낡은 정도가 다 다르기 때문에 각각의 가방은 개성을 갖는다. 100% 수작업인 데다 재료의 회소성 때문에 연간 생산량은 30만 개 수준에 불과하기 때문에 프라이탁의 가격은 20만~70만 원 수준

[ FREITAG의 업사이클링 제품 ]



\* 출처 : FREITAG 홈페이지

## (2) 국내 플레이어 동향

- (LG화학) ABS를 재활용한 ABS의 물성을 기존과 동일한 수준까지 끌어 올리는데 성공하고 2020년 7월 출시
  - 페플라스틱 재활용 생태계를 조성하는 것은 물론 관련 재활용시장 선점에 선제적으로 대응
  - 화학제품인 ABS는 가공성이 우수하고 다양한 색을 입힐 수 있어 자동차 내장재를 비롯해 TV나 공기청정기 같은 가전제품은 물론이고 레고 블록에도 사용
  - 연간 약 200만에 달하는 ABS를 생산해 세계시장 점유율 1위를 기록 중

### [ LG화학의 재활용 ABS 제조 과정 ]



\* 출처 : LG화학 공식블로그

- (SK이노베이션) 폐기물 처리업체 제주클린에너지와 손잡고 ‘열분해 유화기술’을 최적으로 활용할 수 있는 방안을 강구 중
  - SK이노베이션 기술혁신연구원은 페플라스틱에서 뽑아낸 열분해유의 불순물을 대폭 줄여 시험생산 규모로 솔벤트와 윤활기유 등 시제품 제조에 성공
  - 솔벤트는 세정제, 페인트 희석제, 화학공정 용매 등 다양한 용도로 사용되는 화학 제품이고 윤활기유는 엔진오일을 비롯해 다양한 종류 윤활유를 만드는 주원료이자, 품질을 결정짓는 핵심 재료
- (롯데케미칼) 독일에서 열린 ‘K 2019’ 전시회에서 플라스틱을 재활용해 옷이나 운동화의 소재로 만든 리사이클링 페트(PET) 제품들을 전시하며 주목
  - 2020년 7월까지 총 10톤의 페페트병을 수거한 뒤 이를 원료로 신발, 의류, 가방 등을 만들어 플라스틱 순환체제를 구축한다는 계획도 수립하고 추진 중

- (한화솔루션) 순환경제 측면의 화학적 재활용 기술을 확보하기 위해 축적된 석유화학 촉매 및 공정기술 역량을 기반으로 기존 열분해 기술에 석유화학 촉매 기술을 적용하려는 시도
  - 나프타보다 무거운 탄화수소들을 촉매 작용에 의해 선택적으로 분해하여 나프타 범위의 탄화수소로 전환시킴으로써 나프타 수율을 크게 증가시키고 이를 통해 전환된 원료 케미칼을 통해 다시 새로운 플라스틱 제품으로 재활용되는 기술
- (삼성전자) 덴마크 '크바드라트(Kvadrat)'와 협업해 폐플라스틱을 재활용한 섬유로 스마트폰 갤럭시20 플러스의 케이스를 제작
  - 500ml 플라스틱병 1개로 갤럭시 S20+ 케이스 2개를 만드는 기술 보유
- (효성그룹) '그린경영 비전 2030'을 선포하고 재활용 저탄소 소재 사업을 포함해 전 사업부문에서 친환경 제품을 확대
  - 그 일환으로 효성의 섬유부문 회사인 효성티앤씨는 제주도에서 버려지는 삼다수 페트병을 활용해 친환경 가방을 만드는 사업을 진행
- (탑코리아) 환경기기 전문 업체로 폐기물 처리기 'PER 열분해 장치'는 생활 폐기물을 30mm 단위로 파쇄한 후 다시 이를 열분해로에 연속적으로 투입해 처리
  - 일반 소각과정과 다르기때문에 악취나 매연은 발생하지 않으며, 일산화탄소 · 다이옥신 등의 오염물질 배출도 최소화했으며 고분자를 저분자로 분해하는 열분해 과정에서 판매가 가능한 재생원유를 얻을 수 있는 것도 장점
- (에스에스유화) 2004년 성진유화로 설립되어 창업하여 폐비닐 회수 장치와 폐비닐 회수 방법의 특허를 보유하고 2016년부터는 수출형 전략 상품화와 해외 플랜트사업에 매진
  - 주요 생산제품은 열분해정제유-TCO(Thermal Cracking Oil), RWO(Recovery Wax Oil), LGO(Light Gas Oil)과 고행연료 (Refuse Plastic Fuel)
- (오메가에너지환경기술) 폐플라스틱을 간접 가열식 열분해 장치를 이용하여, 400℃ ~550℃의 고온에서 생성된 가스를 냉각·응축시켜 유사경유를 생산하는 실생활에 사용하는 공정설비인 열분해 유화장치 개발 및 판매

## 다. 국내 연구개발 기관 및 동향

### (1) 연구개발 기관

[ 화학제품 재활용 공정기술 분야 주요 연구기관 ]

기관	소속	연구분야
(주)그린폴	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• waste PP, PE, PVC 등의 원료를 재활용하여 제품 물성에 맞는 화합물을 개발</li> <li>• 가공공정을 개발</li> </ul>
(주)알엠	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 로봇을 이용한 자도오하설비 연구개발</li> <li>• 로봇을 이용한 제품선별관련 개발</li> </ul>
동민산업협동조합	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 석유화학부산물의 효율적 재활용을 위한 다양한 R&amp;D를 실시</li> </ul>

### (2) 기관 기술개발 동향

- (그린폴) 혼합 페플라스틱 분리 선별 기술개발 (2020-06-29~2021-02-28)
  - 혼합페플라스틱의 분리 방식에 대한 기초 연구개발
  - 마찰대전 성능분석 시스템 개발
- (알엠) 페플라스틱 물질 재활용을 위한 인공지능결합 고속 자동화 선별공정 개발 (2019-04-22~2021-12-31)
  - 높은 선별율을 달성할 수 있는 분광영상 기반 인식 알고리즘 및 고속 병렬 매니플레이터를 포함하는 통합 자동화 기술개발
  - 카메라 영상, 근적외선 영역 분광 분석을 이용한 페플라스틱 고속 인식 기술과 병렬 매니플레이터의 최적 제어를 통한 고속 물체 이송 기술을 개발하여 페플라스틱 고속 선별공정에 적용
- (동민산업협동조합) 저급 페플라스틱 재활용을 위한 저에너지 소비형 전처리 공정기술과 재활용 소재품질 고도화 시스템 구축(2019-08-01~2021-12-31)
  - 저급 페플라스틱 전처리 공정 최적화 및 저에너지 소비형 공정 고도화를 통하여 재활용 소재의 품질향상과 통합 시스템 안정화 기술개발
  - 연속식 저급 페플라스틱 신개념 전처리 공정과 재활용 소재 생산장치 최적화 및 친환경 종합 재활용 시스템 구축 개발

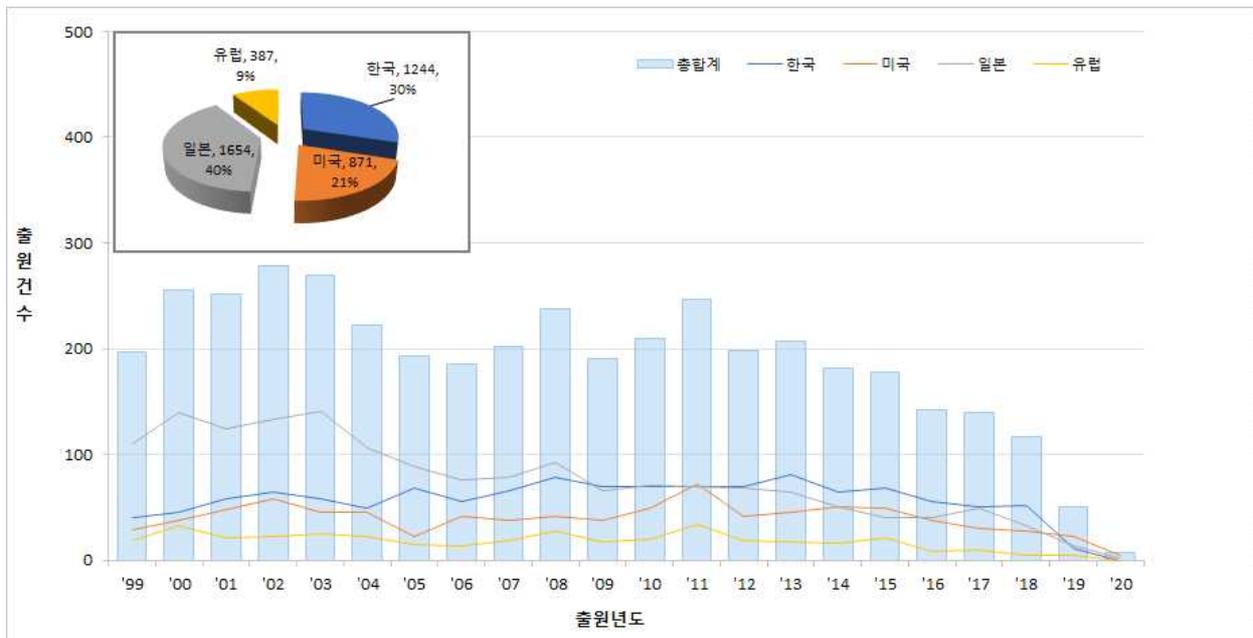
## 4. 특허 동향

### 가. 특허동향 분석

#### (1) 연도별 출원동향

- 화학제품 재활용 공정기술은 분석 초기구간 연평균 250건 이상의 활발한 출원활동을 나타낸 이후 '13년까지 연간 200건 내외의 출원활동을 꾸준히 이어왔으나, '14년 이후 최근까지는 감소세를 나타는 것으로 분석됨
  - 각 국가별로 살펴보면 일본이 가장 활발한 출원활동을 보이고 있음
- 국가별 출원비중을 살펴보면 일본이 전체의 40%의 출원 비중을 차지하고 있어, 최대 출원국으로 화학제품 재활용 공정기술 분야를 리드하고 있는 것으로 나타났으며, 한국은 30%, 미국은 21%, 유럽은 9% 순으로 나타남

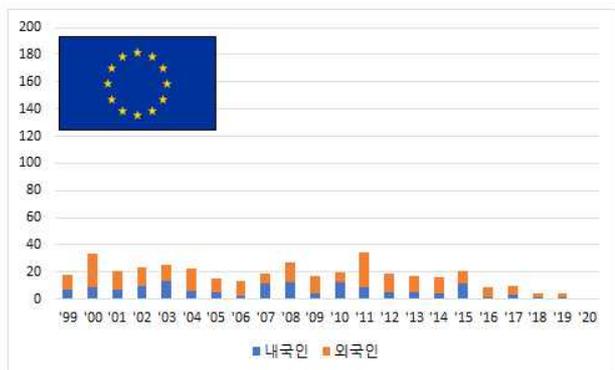
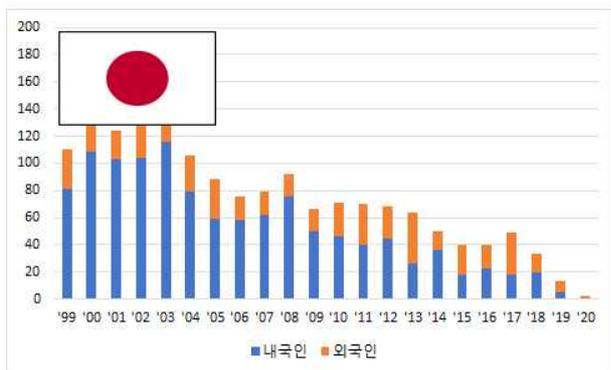
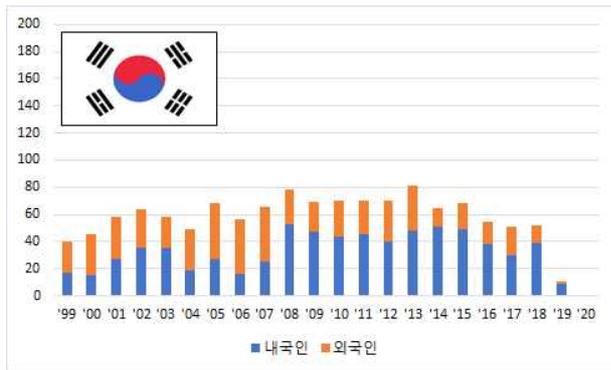
[ 화학제품 재활용 공정기술 연도별 출원동향 ]



(2) 국가별 출원현황

- 한국의 출원현황을 살펴보면, 2000년대 초반부터 2010년대 초반까지 활발한 특허활동을 나타낸 이후 2015년을 전후하여 최근까지는 해당 기술 출원활동이 다소 소강상태인 것으로 분석됨
  - 내국인 위주의 출원이 진행되고 있음
  - 한국 기술의 양적 흐름은 미국과 상당 부분 유사
  - 일본의 출원수에 비해 75% 정도의 수준을 보임
- 미국의 출원현황을 살펴보면 연간 출원건수가 매년 80건 이하로, 전반적으로 한국과 유사한 출원 동향을 보이고 있으며, 내외국인의 출원 비중 역시 비슷한 수준으로 분석됨
- 일본의 출원현황은 2000년대 초반 연간 140건 내외의 활발한 출원활동을 나타낸 이후 최근까지 지속적으로 감소세를 나타내고 있으며, 한국보다 내국인의 출원 비중이 다소 높은 것으로 분석됨
- 유럽의 출원현황을 살펴보면 한국과 유사한 동향을 보임

[ 국가별 출원현황 ]



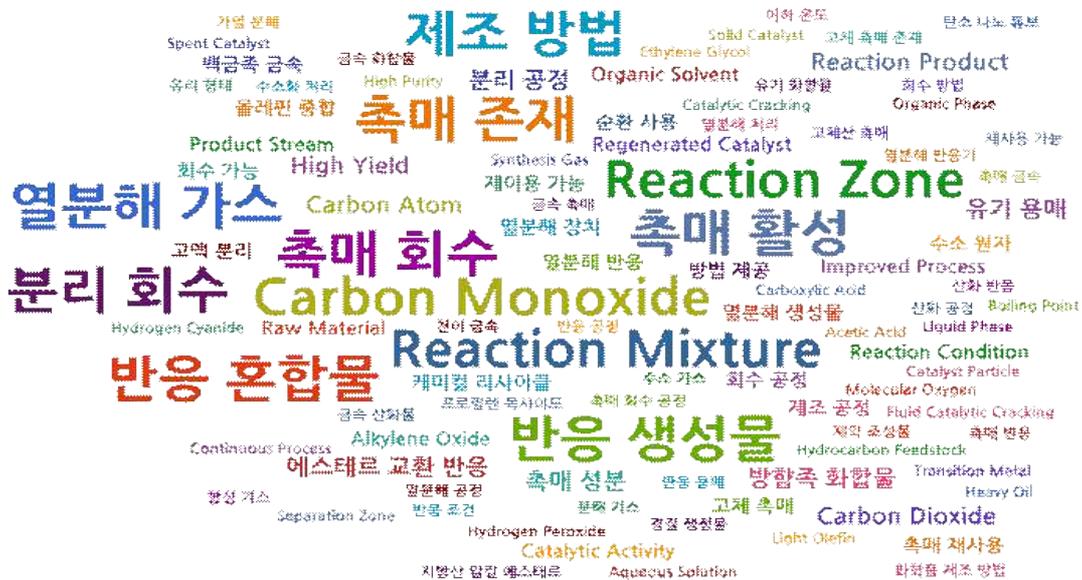
### (3) 기술 집중도 분석

□ 전략제품에 대한 최근 기술 집중도 분석을 위한 구간별 기술 키워드 분석 진행

- 전체 구간(1999년~2020년)에서 제조방법, 촉매 존재, 열분해 가스 등 키워드가 다수 도출
- 최근 구간 분석결과, 최근 1구간(2012년~2015년)과 비교할 때, 2구간(2016년~2020년)에서 방향족 화합물, 경질 생성물, 회수 공정, 석유화학 제품 키워드가 많이 등장하는 것으로 보아, 화학제품 재활용 공정기술 분야에는 폐플라스틱 분해기술, 폐기물의 분리 및 회수 공정 관련 연구개발이 활발한 것으로 추정

#### [ 특히 키워드 변화로 본 기술개발 동향 변화 ]

#### 전체구간(1999년~2020년)



- 제조 방법, 촉매 존재, 열분해 가스, 분리 회수, 반응 혼합물, 반응 생성물, Reaction Mixture, Carbon Monoxide, 촉매 활성화, Reaction Zone

#### 최근구간(2012년~2020년)

1구간(2012년~2015년)	2구간(2016년~2020년)
------------------	------------------



- 금속 화합물, Degrading Polymer, Functionalized Magnetic Particle, High Conversion Ratio, 열분해 가스, 올레핀 폴리머, Ethylene Terephthalate, 촉매 성분, 제이용 가능, 촉매 성분 제조

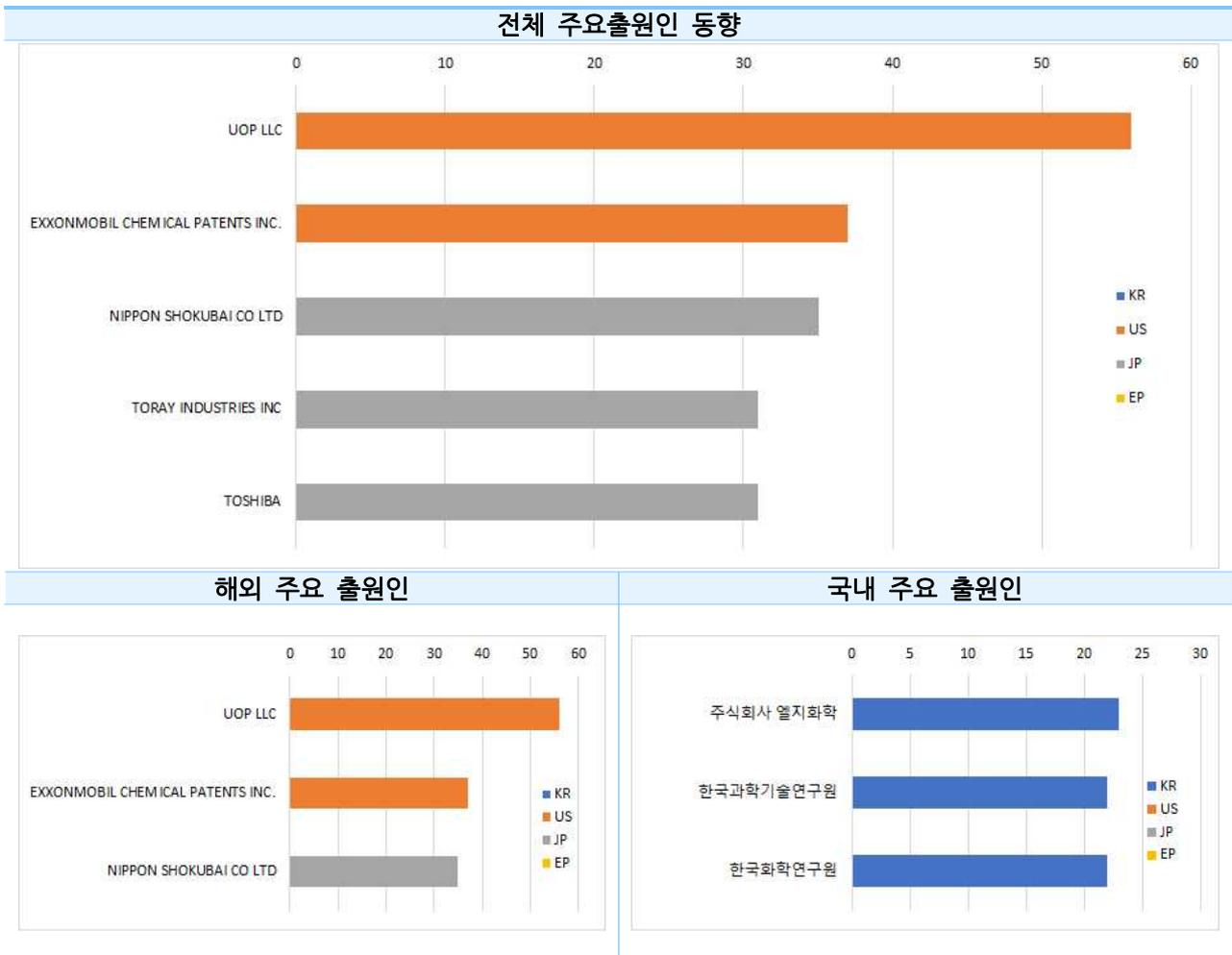


- 방향족 화합물, 경질 생성물, 열분해 가스, 제조 방법, 회수 공정, 석유화학 제품, 순환 사용, 배터리 한계, 장치 경계, 가지 가공 유닛

## 나. 주요 출원인 분석

- 화학제품 재활용 공정기술의 전체 주요출원인을 살펴보면, 주로 미국 국적의 출원인이 다수 포함되어 있는 것으로 나타났으며, 제1 출원인으로는 미국의 UOP LLC인 것으로 나타남
  - 제1 출원인인 UOP LLC의 출원은 미국에 집중된 경향을 보임
- 화학제품 재활용 공정기술 관련 기술로 석유 정제, 가스 처리, 석유화학 기반 제품을 취급하는 대기업에 의한 출원이 대다수를 차지
  - 국내에서는 석유화학 관련 대기업, 연구기관/대학의 활발한 출원이 이루어짐

[ 화학제품 재활용 공정기술 주요출원인 ]



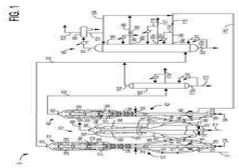
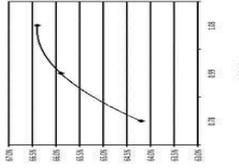
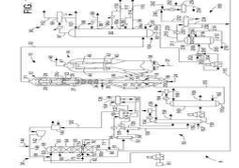
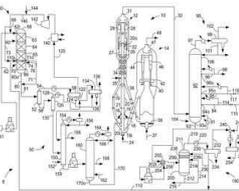
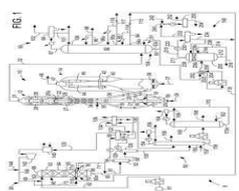
(1) 해외 주요출원인 주요 특허 분석

◎ UOP LLC

□ UOP LLC는 미국 기업으로, 석유 정제, 가스 처리, 석유화학 생 기술에 특화된 특허를 다수 출원. 그 중 등록된 특허는 50건

- 주요 특허들은 보다 탄화수소를 FCC 촉매와 반응시켜 분해하는 기술, LCO 및 HCO를 FCC 유닛으로 재순환시키는 기술 특허를 다수 출원하는 것으로 파악

[ UOP LLC 주요특허 리스트 ]

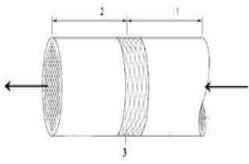
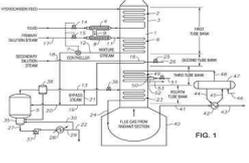
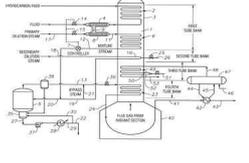
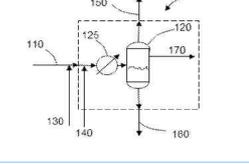
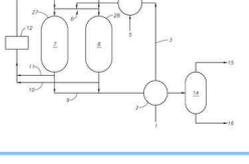
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
US9777228 (2016.05.03)	Process for cracking hydrocarbons to make diesel	탄화수소를 FCC 반응기 내에서 FCC 촉매와 접촉시켜 분해하는 방법	
US9809766 (2015.03.10)	Process and apparatus for producing and recycling cracked hydrocarbons	탄화수소 공급 스트림을 FCC 반응기에 공급하고, 탄화수소 공급 스트림을 촉매와 접촉시켜 분해하는 방법	
US9777229 (2015.03.10)	Process and apparatus for hydroprocessing and cracking hydrocarbons	LCO 및 HCO를 FCC 유닛으로 재순환시켜 추가 증류물의 회수방법	
US9732290 (2015.03.10)	Process and apparatus for cracking hydrocarbons with recycled catalyst to produce additional distillate	증류물 수율을 개선을 위해 촉매 재순환을 사용하며, LCO 및 HCO를 FCC 유닛으로 재순환시켜 추가의 증류물의 회수 방법	
US9783749 (2015.03.10)	Process and apparatus for cracking hydrocarbons with recycled catalyst to produce additional distillate	LCO 및 HCO를 FCC 유닛으로 재순환시켜 추가의 증류물을 회수하기 위한 장치	

\* 등록특허 기준, 피인용문헌수 및 패밀리 국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

◎ EXXONMOBIL CHEMICAL PATENTS INC.

- EXXONMOBIL CHEMICAL PATENTS INC.는 미국의 화학제품 재활용 기업으로, 다수의 석유화학 관련 특허를 보유하고 있으며, 열분해 타르의 제조, 촉매를 통한 공정효율성 개선 기술과 관련한 특허를 미국에 출원
  - 열분해 타르의 제조, 촉매를 통한 공정효율성 개선에 관련하여 출원을 진행한 특허 모두 미국에 출원한 것으로, 자국 내 출원 성향이 높은 것으로 사료

[ EXXONMOBIL CHEMICAL PATENTS INC. 주요특허 리스트 ]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
US9957203 (2015.10.07)	Production of aromatics from methanol using selective hydrogen combustion	산소화 탄화수소의 조합된 방향족화 및 선택적 수소 연소를 위한 촉매 시스템	
EP3158028 (2015.04.10)	Pyrolysis tar upgrading using recycled product	유용액의 존재하에 열분해 타르를 업그레이드하는 방법	
US9657239 (2015.04.10)	Pyrolysis tar upgrading using recycled product	업그레이드된 열분해 타르, 및 연료 오일 블렌딩을 위한 업그레이드된 열분해 타르 용도	
US9475738 (2012.08.23)	Methods and apparatus for deactivating a catalyst composition	반응 생성물 스트림에서 촉매 조성물을 비활성화시키는 방법	
US9057025 (2011.07.19)	Purification of aromatic feedstock	방향족 스트림으로부터 불순물을 제거하기 위한 방법	

\* 등록특허 기준, 피인용 문헌수 및 패밀리 가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

◎ NIPPON SHOKUBAI CO LTD

□ NIPPON SHOKUBAI CO LTD는 일본의 촉매 기반 화학제품 기업으로, 관련특허 37건을 일본에 보유

- 석유화학 공정에서 촉매를 사용한 가스, 성분 분리 및 관련 촉매 제조 등의 응용 특허를 다수 보유

[ NIPPON SHOKUBAI CO LTD 주요특허 리스트 ]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
JP5191463 (2009.09.16)	아르키렌리코르지(메타) 아크릴레이트의 제조 방법	알킬(메타) 아크릴레이트와 하이드록시 알킬(메타) 아크릴레이트를 유기 주석 화합물 촉매의 존재하로 에스테르 교환반응 시켜 아르키렌리코르지(메타) 아크릴레이트를 제조하는 방법	
JP5576271 (2008.10.17)	유지로부터의 지방산알킬에스테르 및/또는 글리세린의 제조 방법	유지류와 알코올을 촉매의 존재하에 접촉시키는 공정을 포함해서 이루어지는 지방산알킬에스테르 및 글리세린의 제조 방법으로 촉매는 망간 원소 및 3값의 금속 원소를 가지는 것을 특징	
JP4358877 (2007.05.11)	아크릴산의 회수 방법	아크릴산함유가스를 물과 접촉시켜 아크릴산을 아크릴산 수용액으로서 포집하고, 이 아크릴산 수용액을 증류해 조아크릴산을 고비등점 불순물 분리탑으로 정제해 고순도의 아크릴산을 제조	
JP3941876 (2004.08.26)	지방산알킬에스테르 및/또는 글리세린의 제조 방법	연료, 식품, 화장품, 의약품 등의 용도로 유용한 지방산알킬에스테르 및/또는 글리세린의 제조 방법	
JP4235056 (2003.07.25)	하이드록시 알킬(메타) 아크릴레이트의 제조 방법	촉매의 폐기에 의한 유해물질의 확산을 저감할 수 있고, 또한, 제조 프로세스 전체에서 촉매의 사용량을 많이 저감할 수 있는, 신규 하이드록시 알킬(메타) 아크릴레이트의 제조 방법	-

\* 등록특허 기준, 피인용 문헌수 및 패밀리국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

(2) 국내 주요출원인 주요 특허 분석

◎ 한국화학연구원

□ 한국화학연구원(는) 화학산업 관련 과학기술에 관한 제반 연구를 수행하는 공공 연구기관으로 다양한 화학물질, 정밀화학소재 및 화학물질 회수/추출 기술과 관련된 특허를 다수 출원

[ 한국화학연구원 주요특허 리스트 ]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR1965572 (2018.09.20)	열가소성 폴리우레탄 제조용 난연 다이올 합성방법, 열가소성 폴리우레탄 제조용 난연 다이올 및 이에 따른 열가소성 폴리우레탄	열가소성 폴리우레탄의 제조 시 물리적 특성을 손상 않고 열 안정성을 향상시킬 수 있는 인을 첨가하여 난연성을 증가시킨 인 함유 난연 다이올의 효과적인 제조방법	
KR1993392 (2017.07.21)	메탄의 탈수소방향족화 반응에 의해 방향족 화합물을 제조하는 방법	메탄의 탈수소방향족화 반응에 의해 방향족 화합물을 제조하는 방법 및 메탄의 탈수소방향족화 반응용 촉매의 재생방법	
KR1737944 (2015.03.02)	인듐 또는 주석-함유 용액 또는 혼합물로부터의 흡탈착 과정을 이용한 인듐 또는 주석의 회수 방법	인듐 및/또는 주석을 매우 높은 선택도 및 효율로 흡/탈착 과정을 통해 회수할 수 있는 인듐 또는 주석의 회수 방법	
KR1733663 (2014.08.18)	폴리올 아크릴레이트 에스테르의 제조 공정에서의 미반응 아크릴산 회수 방법	미반응 아크릴산을 회수하는 단계를 포함하는 고체산 촉매를 이용한 폴리올 아크릴레이트 에스테르의 제조방법	
KR1616827 (2014.05.15)	경질 올레핀의 제조공정 및 이를 위한 제조장치	메탄올로부터 올레핀, 메탄올로부터 프로필렌, 에탄올로부터 에틸렌 및 올레핀 크래킹 공정 등의 다양한 합산소 화합물 전환 공정을 조합	

\* 등록특허 기준, 피인용 문헌수 및 패밀리국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

◎ 한국과학기술연구원

□ 한국과학기술연구원은(는) 한국의 종합연구기관으로, 정밀화학보다는 화학공정, 화학소재 제품화 제조 등과 관련된 특허를 24건 출원하였으며, 24건의 특허 중 등록된 특허는 21건을 보유하여 등록건의 비중이 높은 것으로 파악됨

[ 한국과학기술연구원 주요특허 리스트 ]

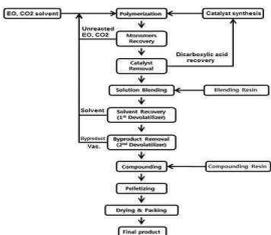
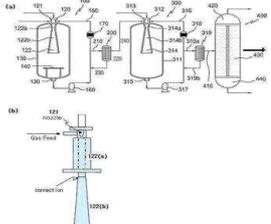
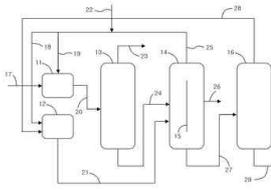
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR1788575 (2016.09.30)	해조류 바이오매스로부터 바이오-오일 및 바이오-좌를 제조하는 장치 및 방법	바이오매스로부터 기존 연료 및 화학물질을 대체할 수 있는 바이오-오일 및 바이오-좌를 제조하는 장치	
KR1754844 (2015.05.12)	Dna 앵타머 스크리닝 방법	랜덤 핵산 라이브러리와 대상으로 하는 표적물질을 혼합하여 결합을 유도하는 표적물질 반응단계 및 반응단계 후에 특정 분리방법	
KR1574168 (2013.10.15)	글리세롤 카보네이트 생산용 고분자 지지체 촉매와 이를 사용한 글리세롤 카보네이트의 제조방법	고수율로 글리세롤 카보네이트를 제조할 수 있으며, 재사용 시에도 촉매 활성이 저하되지 않는 고분자 지지체 촉매	
KR1513135 (2013.08.14)	지르코늄과 하프늄의 분리방법 및 하프늄이 제거된 지르코늄의 제조방법	산성추출제를 사용하여 용매추출 공법으로 지르코늄과 하프늄을 분리하는 기술	
KR1344374 (2012.01.05)	수소 발생 장치 및 방법, 수소의 이용 장치	고체인 화학적 수소화물을 고체인 촉매 및 탈수소화 반응 용매의 존재하에서 탈수소화시켜 수소를 발생시키는 장치	

\* 등록특허 기준, 피인문헌수 및 패밀리국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

◎ 주식회사 엘지화학

□ 주식회사 엘지화학은 한국의 화학물질 제조기업이자 의약품 분야, 정밀화학 기업으로, 다양한 화학물질, 화학소재 제조 기술과 관련된 특허를 23건 출원하였으며, 출원한 모든 특허를 한국에 집중하여 현재까지는 자국시장에 집중적으로 권리 확보를 진행 중인 것으로 분석됨

[ 주식회사 엘지화학 주요특허 리스트 ]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR2067687 (2017.03.08)	열안정성 및 가공성이 향상된 폴리알킬렌 카보네이트를 포함하는 수지 조성물의 경제적 제조방법	열안정성 및 가공성이 향상된 폴리알킬렌카보네이트를 포함하는 수지 조성물의 경제적인 제조방법	
KR1795840 (2014.08.14)	부틸 메타크릴레이트의 제조방법	에스테르 교환 반응 후 생성물을 회수하고 남게 되는 잔류물의 촉매를 제거율을 향상시키면서도, 촉매 제거 공정의 비용이 저렴한 부틸 메타크릴레이트의 제조 방법	-
KR1403823 (2013.02.13)	올레핀으로부터의 알코올을 제조하는 장치	하이드로포밀화 반응부; 촉매/알데히드 분리부; 수소화 반응부; 및 증류장치부를 포함하는 올레핀으로부터 알코올을 제조하는 장치	
KR1520523 (2011.03.09)	에너지 저소비를 위한 큐멘 제조장치 및 제조방법	물을 포함하지 않아 알킬레이션 및 트랜스알킬레이션의 촉매 반응에서 물로 인한 악영향을 주지 않는 큐멘의 제조장치	

\* 등록특허 기준, 피인용 문헌수 및 패밀리국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

## 다. 기술진입장벽 분석

### (1) 기술 집중력 분석

- 화학제품 재활용 공정기술 관련 기술에 대한 시장관점의 기술독점 현황분석을 위해 집중률 지수(CRn: Concentration Ratio n, 상위 n개사 특허점유율의 합) 분석 진행
  - 상위 4개 기업의 시장점유율이 0.04로 화학제품 재활용 공정기술 분야에 있어서 독과점 정도는 높은 수준으로 판단
  - 국내시장에서 중소기업의 점유율 분석결과 0.56으로 해당 기술에 대하여 중소기업의 진입장벽은 다소 높은 것으로 파악

[ 주요출원인의 집중력 및 국내시장 중소기업 집중력 분석 ]

주요출원인 집중력	주요출원인	출원건수	특허점유율	CRn	n
	UOP LLC(미국)	56	1.3%	0.01	1
	EXXONMOBIL CHEMICAL PATENTS INC.(미국)	37	0.9%	0.02	2
	NIPPON SHOKUBAI CO LTD(일본)	35	0.8%	0.03	3
	TORAY INDUSTRIES INC(일본)	31	0.7%	<b>0.04</b>	<b>4</b>
	TOSHIBA(일본)	31	0.7%	0.05	5
	MITSUBISHI CHEMICALS CO(일본)	28	0.7%	0.05	6
	한국화학연구원(한국)	25	0.6%	0.06	7
	한국과학기술연구원(한국)	24	0.6%	0.06	8
	주식회사 엘지화학(한국)	23	0.6%	0.07	9
	NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CO(일본)	23	0.6%	0.08	10
	<b>전체</b>	<b>4156</b>	<b>100%</b>	<b>CR4=0.04</b>	
국내시장 중소기업 집중력	출원인 구분	출원건수	특허점유율	CRn	n
	중소기업(개인)	436	55.9%	0.56	
	대기업	105	13.5%		
	연구기관/대학	239	30.6%		
	<b>전체</b>	<b>780</b>	<b>100%</b>	<b>CR중소기업=0.56</b>	

(2) 특허소송 현황 분석

- 화학제품 재활용 공정기술 분야 관련 특기술 진입장벽에 대한 분석을 위해 특허소송을 이력 검토
  - 2016년 10월 특허심판원에 원고 Celanese International Corporation과 Daicel Corporation 간의 아세트산을 생산하기 위한 프로세스에 대한 특허 침해소송이 진행
  - 2011년 3월 특허심판원에 원고 HRD Corporation과 Ebrahim Bagherzadeh 간의 폴리비닐 염화물의 생산을 위한 시스템과 프로세스에 대한 특허 침해소송이 진행
  - 2005년 1월 특허심판원에 원고 Flexsys Americas LP와 Kumho Tire U.S.A., Inc. 간의 4 아미노디페닐아민 제조방법에 대한 특허 침해소송이 진행
  - Flexsys Americas LP는 화학제품과 관련된 특허들을 다량 보유하고 있어, 관련 기업들에게 특허소송을 진행하는 등 국내기업이 미국시장에 진입하는 경우, 진입장벽으로 작용할 수 있음

[ 화학제품 재활용 공정기술 관련 특허소송 현황 ]

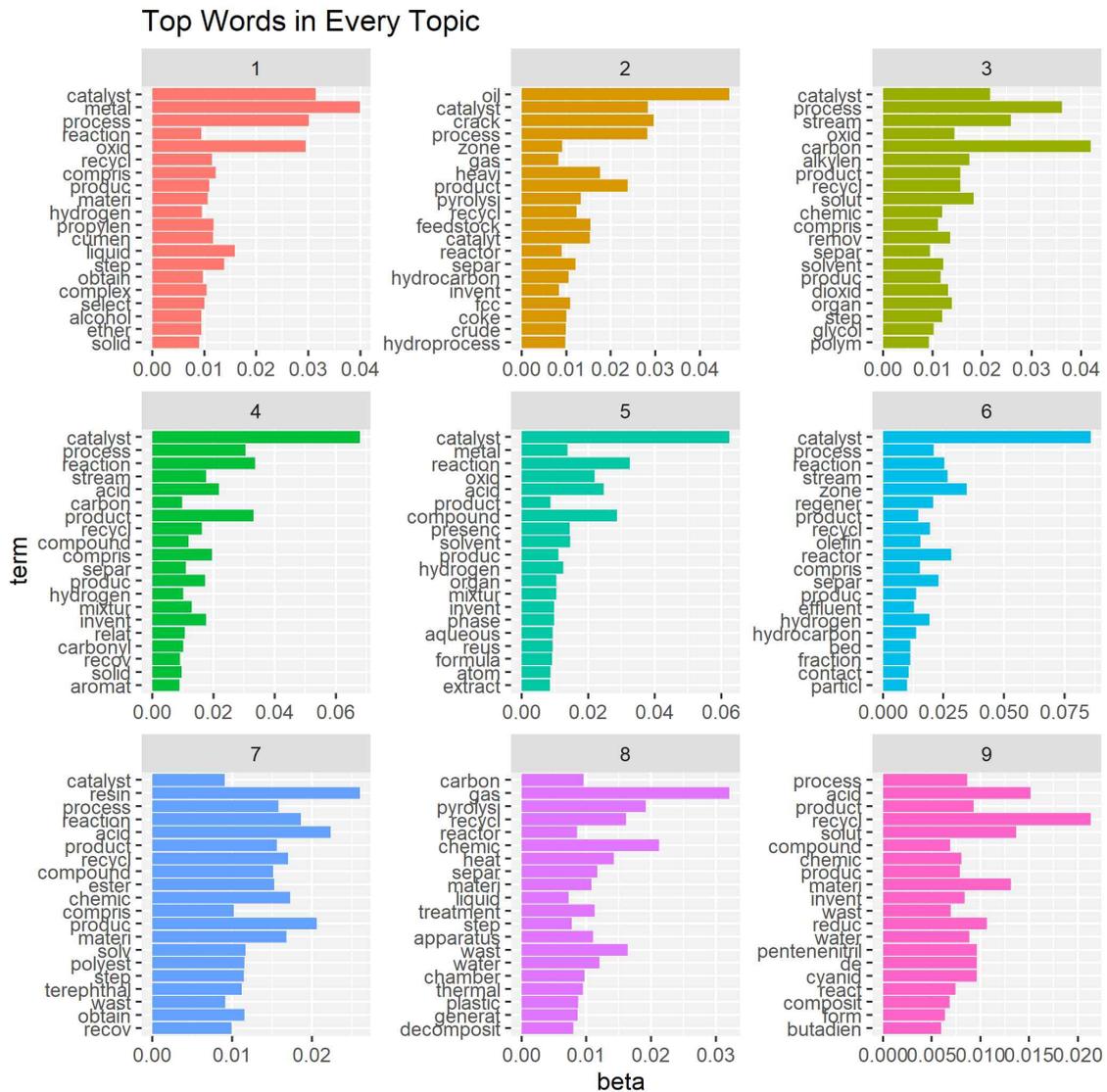
1	US9073843 (2015.07.07)	<b>명칭</b>	<b>출원인</b>	<b>원고 v. 피고</b>
		Process for producing acetic acid	DAICEL CORPORATION	Celanese International Corporation v. Daicel Corporation
		<b>대상제품명</b>	<b>소제기일</b>	<b>소송종료일</b>
		acetic acid	2016.10.31	2018.05.04
2	US7749481 (2006.09.21)	<b>명칭</b>	<b>출원인</b>	<b>원고 v. 피고</b>
		System and process for gas sweetening	HRD Corporation	HRD Corporation v. Dr. Ebrahim Bagherzadeh
		<b>대상제품명</b>	<b>소제기일</b>	<b>소송종료일</b>
		gas sweetening system	2011.03.25	2012.03.26
3	US6140538 (2000.10.31)	<b>명칭</b>	<b>출원인</b>	<b>원고 v. 피고</b>
		Process for preparing 4-aminodiphenylamines	Flexsys America L.P.	Flexsys Americas LP v. Kumho Tire U.S.A., Inc.
		<b>대상제품명</b>	<b>소제기일</b>	<b>소송종료일</b>
		Rubber products	2005.01.28	2012.06.13

## 5. 요소기술 도출

### 가. 특허 기반 토픽 도출

- 1,547개의 특허의 내용을 분석하여 구성 성분이 유사한 것끼리 클러스터링을 시도하여 대표성이 있는 토픽을 도출

[ 화학제품 재활용 공정기술에 대한 토픽 클러스터링 결과 ]



## 나. LDA<sup>31)</sup> 클러스터링 기반 요소기술 도출

[ LDA 클러스터링 기반 요소기술 키워드 도출 ]

No.	상위 키워드	대표적 관련 특허	요소기술 후보
클러스터 01	metal, catalyst, process, oxide, liquid, step, comprise, propylene, cumene, recycle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Catalytic processes for the controlled polymerization of free radically (co) polymerizable monomers and functional polymeric systems prepared thereby</li> </ul>	-
클러스터 02	oil, crack, catalyst, process, product, heavy, feedstock, catalytic, pyrolysis, recycle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reuse of titanium-based catalysts</li> <li>Coking process and system for enhanced catalytic reactions to improve process operation and economics</li> </ul>	-
클러스터 03	carbon, process, stream, catalyst, solution, alkylene, product, recycle, oxide, organ	<ul style="list-style-type: none"> <li>Process for the production of alkylene glycol</li> <li>Method for recovery of aqueous wash in phosphate chemical conversion and apparatus for metal surface treatment</li> </ul>	-
클러스터 04	catalyst, reaction, product, process, acid, comprise, invent, stream, produce, recycle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Production method of alkoxy-modified silsesquioxanes</li> <li>Method for making rubber composition that includes method for making alkoxy-modified silsesquioxanes</li> </ul>	-
클러스터 05	catalyst, reaction, compound, acid, oxide, solvent, presence, metal, hydrogen, produce	<ul style="list-style-type: none"> <li>Method of preparing amino-, imino- and nitrilcarbonxylic acids and silver-promoted copper catalyst for use in said method</li> <li>Carbosilane polymers and methods for use in analytical and purification applications</li> </ul>	-
클러스터 06	catalyst, zone, reactor, stream, reaction, separate, process, regenerate, recycle, hydrogen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fraction to a secondary reaction zone separate from a dense bed stripping zone</li> <li>Process for producing polypropylene from c3 olefins selectively produced in a fluid catalytic cracking process</li> <li>Process for chemical recycling of post consumption poly(ethylene terephthalate) and equipment for chemical recycling of post consumption poly(ethylene terephthalate)</li> </ul>	-
클러스터 07	resin, acid, produce, reaction, chemic, recycle, material, process, product, ester	<ul style="list-style-type: none"> <li>Decomposition product of organic fiber-reinforced plastic, regenerated resin and regeneration method</li> </ul>	촉매를 이용한 페플라스틱 분해기술
클러스터 08	gas, chemic, pyrolysis, wast, recycle, heat, water, separate, treatment, apparatus	<ul style="list-style-type: none"> <li>Method and device for combusting precious metal-containing materials</li> <li>Method and apparatus for waste plastic thermal decomposition and liquefaction</li> </ul>	페플라스틱 열분해 공정
클러스터 09	recycle, acid, solution, material, reduce, de, pentenenitrile, cyanide, product, water	<ul style="list-style-type: none"> <li>Process for the carbonylation of alcohols using a rhodium or iridium based catalyst in an ionic, non-aqueous liquid, with an efficient recycling of the catalyst</li> <li>Catalytic cracking method with maximisation of diesel bases</li> </ul>	-

31) Latent Dirichlet Allocation

### 다. 특허 분류체계 기반 요소기술 도출

□ 화학제품 재활용 공정기술 관련 특허에서 총 10개의 주요 IPC코드(메인그룹)를 산출하였으며, 각 그룹의 정의를 기반으로 요소기술 키워드를 아래와 같이 도출

[ IPC 분류체계에 기반한 요소기술 도출 ]

IPC 기술트리		
(서브클래스) 내용	(메인그룹) 내용	요소기술 후보
(C01B) 비금속 원소; 그 화합물	• (C01B-003) 수소; 수소를 함유하는 혼합 기체; 수소를 함유하는 혼합물로부터의 그의 분리; 수소의 정제	-
(C02F) 물, 폐수, 하수	• (C02F-001) 물, 폐수 또는 하수의 처리	-
(C07C) 비환 화합물 또는 탄소환 화합물	• (C07C-045) 그것들의 화합물의 킬레이트의 제조; 탄소원자 또는 수소원자만으로 결합되어 있는 C=O 기를 가진 화합물의 제조	-
	• (C07C-067) 카르복시산 에스테르의 제조	-
	• (C07C-029) 6원 방향족 환에 속해 있지 않은 탄소 원자에 결합되어 있는 히드록시기 또는 O-금속기를 가진 화합물의 제조	-
(C07C-051) 카르복시산 또는 그들의 염, 산화물 또는 산무수물의 제조	• (C07C-051) 카르복시산 또는 그들의 염, 산화물 또는 산무수물의 제조	-
(C08F) 탄소-탄소 불포화 결합만이 관여하는 반응으로 얻어지는 고분자 화합물	• (C08F-004) 중합 촉매	-
(C08J) 마무리; 일반적 혼합 방법; 서브클래스 C08B, C08C, C08F, C08G 또는 C08H에 포함 되지 않는 후 처리	• (C08J-011) 폐기물의 회수 또는 처리	-
(C10G) 탄화수소유의 분해 증류; 액체 탄화수소 혼합물의 제조, 예. 분해 수소화, 올리고머화(Oligomerisation), 중합 반응	• (C10G-001) 유혈암, 유사, 비용용성 고형 탄소질 원료 또는 유사 원료, 예. 목재, 석탄에서 액체 탄화수소 혼합물의 제조	-
	• (C10G-011) 탄화수소유의 수소 부재하에서의 촉매 분해 증류	-



## 라. 최종 요소기술 도출

- 산업·시장 분석, 기술(특허)분석, 전문가 의견, 타부처로드맵, 중소기업 기술수요를 바탕으로 로드맵 기획을 위하여 요소기술 도출
- 요소기술을 대상으로 전문가를 통해 기술의 범위, 요소기술 간 중복성 등을 조정·검토하여 최종 요소기술명 확정

### [ 화학제품 재활용 공정기술 분야 요소기술 도출 ]

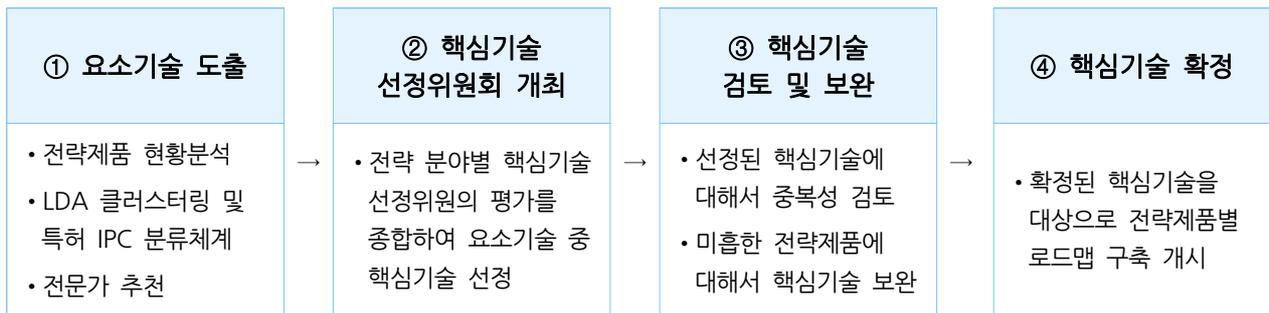
요소기술	출처
프로필렌 산화물 제조기술	전문가 추천
촉매를 이용한 페플라스틱 분해기술	특허 클러스터링, 전문가 추천
뷰틸 메타크릴레이트의 제조방법	전문가 추천
카본 나노 구조체 제조기술	전문가 추천
특수 기능성 화학소재 제조기술	전문가 추천
경질 올레핀의 제조공정	전문가 추천
고온용 접착제 제조기술	전문가 추천
페플라스틱 열분해 공정	특허 클러스터링, 전문가 추천
혼합 산성 폐기물의 분리 및 회수공정	전문가 추천

## 6. 전략제품 기술로드맵

### 가. 핵심기술 선정 절차

- 특허 분석을 통한 요소기술과 기술수요와 각종 문헌을 기반으로 한 요소기술, 전문가 추천 요소기술을 종합하여 요소기술을 도출한 후, 핵심기술 선정위원회의 평가과정 및 검토/보완을 거쳐 핵심기술 확정
- 핵심기술 선정 지표: 기술개발 시급성, 기술개발 파급성, 기술의 중요성 및 중소기업 적합성
  - 장기로드맵 전략제품의 경우, 기술개발 파급성 지표를 중장기 기술개발 파급성으로 대체

#### [ 핵심기술 선정 프로세스 ]



### 나. 핵심기술 리스트

#### [ 화학제품 재활용 공정기술 분야 핵심기술 ]

핵심기술	개요
페플라스틱 열분해 공정	페플라스틱의 열분해 특성 및 물성평가 기술
촉매를 이용한 페플라스틱 분해기술	페플라스틱의 촉매 최적화 및 분해 특성 기술
특수 기능성 화학소재 제조기술	페플라스틱을 이용한 기능성 화학소재 개발 기술
혼합 산성폐기물의 분리 및 회수 공정	산성폐기물의 분리특성 및 회수 기술
고온용 접착제 제조기술	페플라스틱을 이용한 고온용 접착제 제조기술

## 다. 중소기업 기술개발 전략

- 경쟁 환경(SWOT) 분석을 통해 국내 화학제품 재활용 공정기술 산업의 경쟁 환경을 종합적으로 분석
- 국내 화학제품 재활용 공정기술 업체들의 중국 수출물량 증대, 중국산과의 가격경쟁 회피, 부가가치 향상을 위해서 현재 중저가 중심에서 제품의 고급화 추진이 필요
- 최근 대규모로 발생하는 화학제품인 플라스틱 폐기물은 사회적, 환경적 처리비용의 증가를 야기하고 있으며, 아울러 폐플라스틱의 재활용과 재이용을 위한 혁신적인 기술개발이 필요
- 화학제품의 재활용은 일반적으로 혼합 고체폐기물 내에 존재하는 다양한 화학제품을 단일 종류로 각각 선별할 수 있는 고효율 분리·선별 기술을 필요
- 산·학·연 연계 및 테스트베드 확보를 통한 기술개발과 국내시장 개척 및 세계시장 선점전략이 필요

## 라. 기술개발 로드맵

### (1) 중기 기술개발 로드맵

[ 화학제품 재활용 공정기술 분야 중기 기술개발 로드맵 ]

화학제품 재활용 공정기술	화학제품 재활용 공정기술 개발 및 사업화			
	2021년	2022년	2023년	최종 목표
페플라스틱 열분해 공정				페플라스틱 열분해 공정기술 개발 및 사업화
촉매를 이용한 페플라스틱 분해기술				페플라스틱의 촉매 분해기술 개발 및 사업화
특수 기능성 화학소재 제조 기술				폐 화학제품의 기능성 제품화 기술 및 사업화
혼합 산성폐기물의 분리 및 회수 공정				혼합 산성폐기물의 분리/회수 공정 기술 개발 및 사업화
고온용 접착제 제조 기술				페플라스틱을 이용한 고온용 접착제 제조기술 개발 및 사업화

(2) 기술개발 목표

- 최종 중소기업 기술로드맵은 기술/시장 니즈, 연차별 개발계획, 최종목표 등을 제시함으로써 중소기업의 기술개발 방향성을 제시

[ 화학제품 재활용 공정기술 분야 핵심요소기술 연구목표 ]

핵심기술	기술요구사항	연차별 개발목표			최종목표	연계R&D 유형
		1차년도	2차년도	3차년도		
페플라스틱 열분해 공정	열분해 온도 최적화 및 분해기술	350~400	400~450	500 이상	페플라스틱 열분해 기술 및 공정개발	산학연
촉매를 이용한 페플라스틱 분해기술	촉매 선택 및 분해기술	촉매 최적화	촉매를 이용한 분해기술 최적화	촉매를 이용한 페플라스틱 분해 기술 확립	촉매를 이용한 페플라스틱 분해기술 개발 및 공정개발	산학연
특수 기능성 화학소재 제조 기술	페플라스틱의 기능성 소재화	기능성 소재 최적화	기능성 소재 물성평가	기능성 화학소재 기술개발 및 공정화	페플라스틱을 야용한 기능성 소재 개발 및 신뢰성 평가	산학연
혼합 산성폐기물의 분리 및 회수 공정	분리/회수기술	분리/회수 기술 최적화	분리/회수 기술 공정화	분리/회수 기술 확립 및 공정화	혼합 산성폐기물의 분리/회수 기술 개발	산학연
고온용 접착제 제조 기술	접착제 제품화	고온용 접착제 최적화	접착제 물성평가	접착제 제조기술 확립 및 공정화	고온용 접착제 제조 기술개발 및 신뢰성 평가	산학연





전략제품 현황분석

# 히토류원소

## 회수 및 소재화





# 희토류 원소 회수 및 소재화

## 정의 및 범위

- 희토류(Rare earth elements, REE)는 '자연계에 매우 드물게 존재하는 금속 원소'라는 의미로 란타넘(La)계 15개 원소와 스칸듐(Sc), 이트륨(Y)을 더한 17개 원소를 총칭하며 이를 회수하고 소재화하기 위한 도시광산의 개념을 포함

## 전략제품 관련 동향

시장 현황 및 전망	제품 산업 특징
<ul style="list-style-type: none"> <li>• (세계) 희토류 금속 세계 시장 규모는 2018년 80억 9,900만 달러에서 2024년 132억 8,700만 달러로 연평균 8.6%로 성장할 것으로 전망</li> <li>• (국내) 국내 희유금속 순수입금액은 2018년 60.6억 달러였으며, 5.3%의 증가율로 2024년에는 80.3억 달러를 넘을 것으로 전망</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 희토류는 원소별로 완전히 다른 물리적 특성을 활용하여 영구자석, 형광체, 연마제, 합금원소, 촉매 등의 다양한 제품 분야에 활용되고 있음</li> <li>• 희토류 소재 산업은 고순도 및 고기능성 소재 개발이 필요한 기술 집약적인 산업으로, 산업 및 기술적 전후방 연관 효과가 높아 산업과 기술의 균형발전에 중심역할을 하는 국가 전략적 핵심 산업임</li> </ul>
정책 동향	기술 동향
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 산업통상자원부는 자원개발 기본계획('20~'29)을 바탕으로 에너지 환경변화에 능동적으로 대응하기 위한 한반도 자원개발 및 자원안보 인프라를 확충하는 전략을 세움</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미국 에너지국(DOE)의 지원으로 막 용매 추출(membrane solvent extraction) 기술을 개발하여 스크랩 자석 폐기물로부터 저렴하게 희토류를 회수('15)</li> <li>• 한국지질자원연구원에서 '희토류 제조 신기술' 및 폐전자기기 '희토류원소 회수기술' 개발</li> </ul>
핵심 플레이어*	핵심기술
<ul style="list-style-type: none"> <li>• (해외) Molycorp, Lynas Corporation</li> <li>• (대기업) 자화전자, LG이노텍, 현대모비스</li> <li>• (중소기업) 지알이엘, 티플렉스, 나노테크 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미량 희토류원소 회수기술</li> <li>• 희토류 저감 형광소재 제조기술</li> <li>• 희토류 대체 고성능 영구자석 제조기술</li> <li>• 연료전지용 희토류 소재 제조기술</li> <li>• 촉매용 희토류 소재 제조기술</li> </ul>

\*생태계 취약 전략제품

## 중소기업 기술개발 전략

- 폐제품 및 공정부산물 활용 희토류원소 회수기술 개발을 통한 안정적 수급 확보
- 고성능 소재 및 희토류 대체·저감 소재 개발을 통한 기술경쟁력 확보

## 생태계 강화방안

- 국내 희토류 자원의 부재 상황에서 정부 주도로 희토류원소의 회수 및 소재 개발 후 중소기업 기술이전 필요
- 국내 희토류의 재활용 물질흐름은 사실상 전무한 것이므로 향후에는 희토류 재활용 기술을 확보하고, 이를 적용할 수 있는 재활용 지원책 마련이 필요

# 1. 개요

## 가. 정의 및 필요성

### (1) 정의

- 희토류(Rare earth elements, REE)는 ‘자연계에 매우 드물게 존재하는 금속 원소’라는 의미로 란타넘(La)계 15개 원소와 스칸듐(Sc), 이트륨(Y)을 더한 17개 원소를 총칭하며 이를 회수하고 소재화하기 위한 도시광산의 개념을 포함
  - 희토류 원소들은 최외각 전자수가 2개로 화학적 특성이 서로 비슷하며, 중성자수가 다른 원소들에 비해 많기 때문에 강한 자성을 가짐

[ 주기율표 상의 희토류 ]

1A																	8A
1 H 1.00794																	2 He 4.002602
3 Li 6.941	4 Be 9.012182											5 B 10.811	6 C 12.011	7 N 14.007	8 O 15.999	9 F 18.9984032	10 Ne 20.1797
11 Na 22.98976928	12 Mg 24.304											13 Al 26.9815386	14 Si 28.0855	15 P 30.973762	16 S 32.06	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948
19 K 39.0983	20 Ca 40.078	21 Sc 44.955912	22 Ti 47.88	23 V 50.9415	24 Cr 51.9961	25 Mn 54.938045	26 Fe 55.845	27 Co 58.933195	28 Ni 58.6934	29 Cu 63.546	30 Zn 65.38	31 Ga 69.723	32 Ge 72.64	33 As 74.9216	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.798
37 Rb 85.4678	38 Sr 87.62	39 Y 88.90584	40 Zr 91.224	41 Nb 92.90638	42 Mo 95.94	43 Tc 98.9062	44 Ru 101.07	45 Rh 101.07	46 Pd 106.3675	47 Ag 107.8682	48 Cd 112.411	49 In 114.818	50 Sn 118.710	51 Sb 121.757	52 Te 127.6	53 I 126.90447	54 Xe 131.29
55 Cs 132.90545196	56 Ba 137.327	57-71 Lanthanides	72 Hf 178.49	73 Ta 180.94788	74 W 183.84	75 Re 186.207	76 Os 190.23	77 Ir 192.222	78 Pt 195.084	79 Au 196.966569	80 Hg 200.59	81 Tl 204.3833	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98040	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra (226)	89-103 Actinides	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (263)	107 Bh (264)	108 Hs (265)	109 Mt (266)	110 Ds (271)	111 Rg (272)	112 Cn (285)	113 Uut (288)	114 Fl (289)	115 Uup (290)	116 Lv (293)	117 Uus (294)	118 Uuo (294)
Lanthanides		57 La 138.90547	58 Ce 140.12	59 Pr 140.90766	60 Nd 144.242	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.964	64 Gd 157.25	65 Tb 158.92535	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93032	68 Er 167.259	69 Tm 168.93402	70 Yb 173.054	71 Lu 174.967	
Actinides		89 Ac (227)	90 Th (232)	91 Pa (231)	92 U 238.02891	93 Np (237)	94 Pu 244	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (260)	

- 우리나라에서 희토류는 산업에 없어서는 안 될 중요한 원소로서, 라이터와 같은 일상적인 제품에서부터 전자, 항공우주, 통신 등의 첨단과학 기술 분야와 2차전지, 전기차, 풍력발전 등의 미래 친환경적 산업 분야에 필요한 핵심원소
  - 희토류 원소들은 유사한 화학적 특성을 가지고 있으면서도 완전히 다른 물리적 특성을 나타내고 있어 응용 분야가 다양함
  - 희토류의 가장 큰 응용 분야는 희토류 영구자석으로 컴퓨터용 하드디스크, 풍력발전, MRI등에 사용되고 있으며, 전기자동차 시장 확대에 의해 모터용 자석 수요가 급격히 증가하고 있음
  - 그밖에 희토류는 형광체, 촉매, 연마제, 합금원소 등의 핵심원소로 다양한 분야에 적용되고 있음

원자번호	이름	기호	용도	원자번호	이름	기호	용도
21	스칸듐	Sc	항공우주용 경량 알루미늄-스칸듐 합금, 수은 등의 첨가제	64	가돌리늄	Gd	중성자 흡수제, 레이저, 철 및 크로뮴 합금의 첨가제, 녹색 형광체
39	이트륨	Y	레이저, 마이크로파 필터, 고온초전도체	65	터븀	Tb	녹색 형광체, 희토류 자석, 레이저
57	란타넘	La	고굴절 유리, 발화합금, 수소 저장, 특수 광학 유리	66	디스프로슘	Dy	희토류 자석, 레이저
58	세륨	Ce	화학적 산화제, 착색제, 연마제	67	홀뮴	Ho	레이저, 착색제, 원자로 제어봉
59	프라세오디뮴	Pr	고강도 마그네슘 합금 첨가제, 희토류 자석, 레이저	68	어븀	Er	레이저, 바나듐 합금의 첨가제
60	네오디뮴	Nd	희토류 자석, 레이저, 착색제, 고체 레이저	69	툴륨	Tm	휴대형 X-선 방출원, 청색 및 녹색 형광체
61	프로메튬	Pm	원자력 전지	70	이터븀	Yb	철계 합금의 첨가제, 레이저
62	사마륨	Sm	희토류 자석, 레이저, 중성자 흡수제	71	루테튬	Lu	석유화학 촉매, 고굴절 렌즈, 양전자 단층촬영
63	유로퓸	Eu	형광체(적색과 청색), 레이저, 형광 유리				

## (2) 필요성

- 희토류가 들어있는 광물은 200종 이상으로 전 세계적인 희토류 매장량은 적지 않으나 경제성과 환경오염 문제로 주로 중국에서 생산이 이루어짐
  - 희토류 광석은 모나자이트(monazite), 바스트나사이트(bastnasite) 등이 있으며, 국내에도 일부 매장되어 있으나 경제성 부재로 채굴은 이루어지지 않음
  - 희토류는 매장량에 비하여 채굴 가능한 광산이 적고 희토류 생산과정에서 발생하는 환경오염 문제로 인해 중국이 전 세계 생산량의 90% 이상을 차지
- 희토류는 미래 신산업 핵심소재에 필수불가결한 원소임에도 국내 생산이 전무 하므로 안정적인 공급과 소재화 기술이 매우 중요함
  - 현재는 최종수요자가 기초소재를 수입하여 단순 가공하거나 완제품 형태로 수입하는 경우가 대부분이나, 국내 수요 증가에 따라 희토류 정련, 환원, 합금화, 재활용 관련 연구가 증가
  - 최근 전기자동차, 신재생에너지 등에 사용되는 희토자석의 수요가 급격히 증가했고 수요와 공급의 불균형으로 인해 희토류 가격이 상승하고 있어, 자원빈국인 우리나라는 재활용 또는 북한광의 활용 등 대·내외 환경을 고려한 대응책 마련이 시급
- 남북경협에 의한 북한산 희토류광 수입이 가능해질 경우 국내 희토류 자원 공급방안 중 하나가 될 수 있으므로 이에 적극 대비하여 국내 제련산업 활성화를 위한 친환경 희토류 제련기술개발이 필요

## 나. 범위 및 분류

### (1) 가치사슬

- 희토류 소재의 후방산업에는 제련, 정련, 재활용산업 등이 포함되며, 전방산업은 자동차, 디스플레이, 반도체산업 등으로 구성되어 있음
  - 자동차 산업에서는 전기 자동차의 수요가 증가하면서 희토류자석을 수입하여 전기 모터 등이 제작되고 있고, 디스플레이 및 반도체 분야에서도 연마제 및 형광체 등의 용도로 활용성이 증가
  - 후방산업의 경우 국내 원광의 부재로 제련 및 정련 관련 산업은 거의 존재하지 않으며, 재활용기술 관련 경쟁력도 미비한 상태
- 국내의 경우 전방산업에 사용하기 위한 희토류를 전량 수입에 의존하고 있으며, 특히 중국으로부터 수입의존도가 매우 높음

#### [ 희토류원소 회수 및 소재화 분야 산업구조 ]

후방산업	희토류 원소 회수 및 소재화	전방산업
폐희토자석에서 희토류 추출 기술 희토자석의 고기능 순환 소재화 기술 희토 영구자석 제조	희토류 금속	자동차 디스플레이 반도체

### (2) 용도별 분류

- 희토류는 원소별로 완전히 다른 물리적 특성을 활용하여 영구자석, 형광체, 연마제, 합금원소, 촉매 등의 다양한 제품 분야에 활용되는 중
  - 영구자석 소재는 전기차, 풍력발전 등의 모터 및 발전에 적용되며 네오디뮴, 디스프로슘, 프라세오디뮴, 터븀, 사마륨 등의 희토류가 사용됨
  - 형광체는 희토류원소의 고유한 발광특성을 이용하여 LED 조명 및 디스플레이 광원에 활용되며 유로퓸, 가돌리늄, 세륨, 터븀 등이 주로 사용됨
  - 유리용 연마제는 광학 유리 및 반도체용 기판의 연마와 평탄화에 사용되며 세륨이 주로 사용됨
  - 금속의 합금원소로 사용될 경우 철, 알루미늄, 마그네슘 합금의 고온 안정성, 강도, 탄성 등을 향상 가능
  - 석유화학 분야와 자동차 배기가스 처리 분야의 촉매로 이용되고 있으며, 루테튬, 네오디뮴, 사마륨, 세륨 등이 주로 사용됨

## [ 제품분류 관점 기술범위 ]

전략품목	제품분류 관점	세부기술
희토류	영구자석	• 네오디뮴-철-붕소(Nd-Fe-B), 사마륨-코발트(Sm-Co)
	형광체	• LED (Eu, Gd, Ce, Tb, Tm)
	유리용 연마재	• 연마광택제 (Ce), 착색제 (Ho, Nd, Pr, Er)
	금속 합금원소	• 철강(Y, Yb, Gd, La), 알루미늄 합금(Sc, La), 마그네슘 합금 (Pr, Ce, La)
	촉매	• 유체분해용 촉매(Lu, Nd, Sm), 자동차 촉매 (Ce)

- 희토류 소재는 기초소재 제조공정과 소재 및 부품제조 공정을 통해 제조되고 있으며, 희토류의 정련, 고순도화, 합금화, 소재화, 부품화 등과 같은 공급망 단계로 구분
- 원소재로는 합금 및 부품으로 사용되는 원료로서 광산에서 채굴된 원광과 제련, 정련 과정을 거쳐 제조되는 중간단계의 고순도 화합물(산화물, 불화물, 염화물) 또는 금속을 포함
  - 합금 및 소재는 부품화 이전 단계의 희토류 소재로서 원소재를 활용한 합금제품, 형광체 등에 사용되는 고순도 화합물을 포함하며, 원소재와 부품의 중간단계에 위치하는 소재 분류로서 그 자체로 상품성이 있으며 부품화를 위한 기본 단위임
  - 부품은 합금 및 소재를 재처리하거나 가공/코팅 등 후공정을 거쳐 제조되는 기계 및 전자기기를 의미하며, 최종제품에 적용되기 위한 핵심단위로서 희토류 소재 분류 관점에서 가장 높은 부가가치를 지님

## [ 공급망 관점 기술범위 ]

전략품목	공급망 관점	세부기술
희소금속소재	원소재	• 고순도 금속 및 화합물
	합금 및 소재	• 영구자석, 희토류 첨가 합금, 형광체, 촉매, 연마재
	부품	• 모터, 디스플레이, 조명 등

## 2. 산업 및 시장 분석

### 가. 산업 분석

#### ◎ 희토류 산업 분석

- 희토류는 화학적으로 매우 안정적이고 건조한 공기 속에서도 오랫동안 잘 견뎌내며 열을 잘 전도하는 양도체이며 이런 화학적 성질 때문에 최근 광학유리, 전자제품, 금속첨가제, 촉매제 등 첨단산업의 중요한 원자재
  - 채굴과 정제, 그리고 가공 과정이 매우 까다로워 붙여진 이름인 희토류가 채굴 과정에서 큰 비용은 물론, 심각한 환경오염까지 발생
  - 난채굴, 밀수 등의 범람으로 희토류 채굴 후 훼손된 광산과 주변 환경 복원시 천문학적인 비용이 발생하는 데다 심지어 현재 채굴 중인 광산이 언제 복원될지는 아무도 예상할 수 없는 상황
  - 한국지질자원연구원 지구환경연구본부 환경지질 연구실에서 중국발 초미세먼지에 희토류원소가 들어가 있다는 것을 분석
  - 이러한 반환경적 요소에도 불구하고 희토류 자체는 하이브리드 자동차나 풍력발전, 태양열 발전 등 녹색성장을 위한 영구자석 제작에도 약 1kg 정도가 들어갈 만큼 화학적으로 매우 안정된 금속
- 희토류 소재 산업은 고순도 및 고기능성 소재 개발이 필요한 기술 집약적인 산업으로, 산업 및 기술적 전후방 연관 효과가 높아 산업과 기술의 균형발전에 중심역할을 하는 국가 전략적 핵심 산업
  - 희토류는 미래 신산업의 핵심소재로서 필수 불가결한 원소임에도 불구하고 국내 생산량이 전무하므로 해외로부터의 수급 안정성이 매우 중요
  - 일반적으로 국내 전자업체 등의 최종수요자가 희토류 합금 및 산화물을 수입하여 이를 가공하여 사용하거나 완제품의 형태로 수입하는 경우가 대부분인 상황
  - 희토류 소재 산업의 발전 없이는 부품·소재의 대외의존이 불가피하므로, 최종제품 산업의 대외경쟁력 저하 및 국가 무역수지의 악화, 방위산업 및 기술의 대외의존 심화 등의 구조적인 문제
  - 산업에 사용되는 희토류는 전량 수입에 의존하고 있으며, 특히 중국으로부터의 수입의존도가 큼

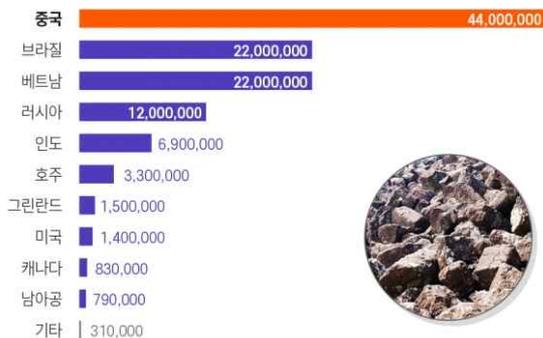
◎ 희토류는 중국을 중심으로 벨류체인 형성

- 세계 최대 희토류 매장국 중국은 4,400만 톤으로 세계 총매장량 37%를 차지, 희토류 생산량은 전 세계 생산량의 70%
  - 중국 희토류 협회는 중국 미확인 매장 및 부존량이 최대 1억 톤이 될 것으로 추정
  - 용도를 보면 석유화학(원유정제) 촉매제가 가장 많이 소비되며, 군사 무기를 제조하는 데 필수적인 영구자석은 전기자동차, 풍력발전, 가전기기 등에서 다양하게 활용되며 수요도 급증
  - 전 세계는 희토류에 대한 중국 의존도를 낮추기 위해 희토류 생산을 가동하거나 그를 대체할 만한 기술을 개발하는 데 활발한 움직임을 보이지만, 대체재를 찾기 어려운 실정
  - 전 세계에 공급되는 희토류의 80%가 중국에서 채굴되고 희토류 자석(rare earthmagnet) 제조에서 중국이 차지하는 비중이 이보다 더 높은 수준이며 이들 산업의 규모는 연간 총 130억 달러에 이릅니다
  
- 2020년 7월 중국이 미국 대형방산업체 Lockheed Martin을 대상으로 대만에 대한 미사일부품 판매를 이유로 제재를 가하겠다고 위협하는 사건이 발생하자 중국의 희토류 산업 지배를 조속히 중단시켜야 할 필요성이 더 부각
  - 20년 4월, 미 국방부는 호주 Lynas와 이 기업의 미국 파트너 Blue Line이 추진하는 프로젝트와 MP Materials의 Mountain Pass 광산을 보조금 지급 대상으로 선정
  - 7월에도 전자폐기물(electronic waste)을 재활용해 희토류 자석을 제조하는 Urban Mining Company에 2,900만 달러를 지원
  
- 에너지경제연구원의 세계 에너지시장 인사이트에 따르면 중국 정부는 ‘중국제조 2025(Made in China 2025)’ 전략에 따라 희토류 채굴, 자석, 하이테크 제조 등을 아우르는 통합 희토류 공급 체인을 구축하기 위해 노력 중

[ 희토류 국가별 매장량과 생산량 ]

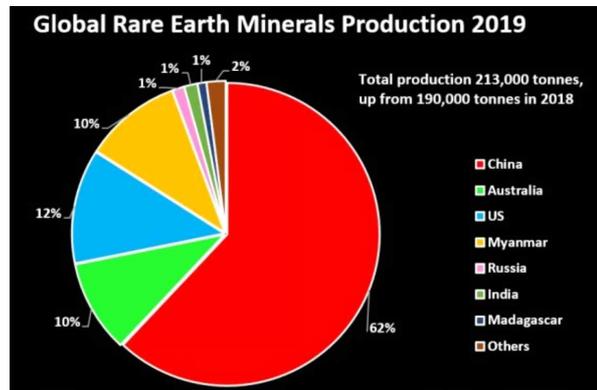
‘희토류’ 국가별 매장량

\* 한 가격 수준에서 경제성이 있는 광량 기준



\* 출처: 그린포스트코리아(2020)

[ 2019년 세계 희토류 생산량 ]



\* 출처: USGS(2020)

◎ 러시아, 희토류 개발 확대 中 독점 견제<sup>32)</sup>

- 러시아는 2030년까지 중국에 이은 세계 2대 희토류 생산국이 되기 위해 노력 중이며 올해 8월 세계 혜택과 저리 대출 등을 통해 투자자를 유인하기 위해 15억 달러 규모의 희토류 계획을 발표
- 러시아 산업무역부는 희토류 부문에 15억 달러를 투자해 오는 2030년까지 세계시장 점유율을 10%로 확대할 계획
  - 현재 러시아의 희토류 점유율은 1.5% 수준
  - 러시아는 세계 2위 희토류 자원국가로 평가되며 전 세계 희토류의 10% 가량인 1,200만 톤이 매장돼 있음
  - 지난 2012년 쿠릴열도 부근에서 레늄, 게르마늄, 인듐, 하프늄 등 막대한 매장량의 희토류가 발견되기도 함

◎ 미국, 광산업에 국가 비상상태를 선포하고 국방물자생산법(DPA)을 활용해 희토류 등 중요 광물 개발에 조기에 착수<sup>33)</sup>

- 미-중 무역전쟁의 재발가능성에 따라 중국의 희토류 수출제한에 대응하기 위해 정책 추진
- 적대국으로부터 중요 광물을 의존하는 것은 미국의 안보, 외교정책, 경제에 비상한 위협이라고 규정하고 이러한 위협에 대응하기 위한 국가 비상상태를 선포
- 중요 광물의 국내 공급망 구축과 확장 및 보호를 미국의 정책 우선순위로 규정하고 국가물자 생산법을 통한 중요 광물 개발 보조금, 대출 등 지원 프로그램 및 지침을 수립
- 미국 및 우방국의 중요 광물의 공급망 교란에 따른 취약성을 줄이기 위한 방안을 강구하고 자국 광산업 활성화 및 보호를 위해 관련 허가절차 신속화 및 프로젝트 조기 완료를 추진

◎ 호주, 핵심광물전략으로 자원경쟁 우위 선점 추진<sup>34)</sup>

- 호주 정부는 향후 10년간 전기자동차 판매량은 25% 증가할 것으로 예상하고 있으며 신재생에너지 발전기를 통한 발전용량을 2028년까지 35%까지 끌어올리는 프로젝트도 진행
  - 전기자동차에 필수적으로 쓰이는 네오디뮴 자석의 30%에는 희토류가, 전기자동차 배터리에는 리튬, 코발트, 희토류가 활용되며 풍력 및 태양광 전기발전기 제작에는 코발트, 망간, 희토류 등의 광물이 사용된다. 리튬배터리에 대한 수요는 연간 25%씩 증가하고 있어 2028년에는 1400GWh를 초과할 것으로 예상

32) ‘러, 희토류 개발 확대 中 독점 견제’, 철강금속신문(20.08.26.)

33) “미국, 중국 희토류 무기화에 본격 대응 나섰다”, 에너지데일리(20.12.24)

34) ‘호주, 핵심광물전략으로 자원경쟁 우위 선점 노린다’, kotra해외시장뉴스(20.08.10.)

- 호주 연방정부는 2019년 3월, 핵심광물 전략으로 24개의 핵심광물을 동력으로 자원산업의 다각화 및 역량 강화를 통해 전 세계 자원 분야 내 호주의 입지를 공고히 할 계획 발표
  - 핵심광물 탐사·채굴·생산·가공 분야의 세계적 선도 국가라는 비전과 핵심 광물분야 투자 촉진 및 유치 활동 활성화, 기술혁신을 위한 연구개발 지원 확대, 관련 인프라 확충이라는 3대 목표를 핵심광물 전략에 제시
- 2020년 2월에는 미국 수출입은행·국제개발금융공사·국방부·지질/과학기관 관계자들과 4대 협력분야를 선정, 차후 협력 단계 및 방안에 대해 논의하고 협력을 위한 양해각서(MOU)를 체결했고 20년 3월에는 캐나다 오타와에서 ‘호주·캐나다 핵심광물 라운드테이블’을 개최하고 양국의 전략과 정책 및 잠재 협업 가능 분야에 대해 논의 진행
  - 일본 경제산업성(METI)과도 2020년 2월에 대화를 갖고 희토류 공급망 강화를 위한 공급망 다변화를 지원하는 공동조치를 취하기로 합의

[ 희토류 생산 주요국의 생산비중 및 생산량 ]

(단위: 천 톤, %)

생산 국가	생산 비중	생산량(18년 기준)
중국	77	121
호주	12	19
북미	7	11
기타	4	6.35

\* 출처: ‘호주 주요 핵심광물 전망’, 호주 산업혁신과학부

◎ 희토류 관련 국내 정책 및 이슈

- 한국 산업통상자원부가 ‘2020~2029년 자원개발 기본계획(20.05.12) 발표
  - 리튬·희토류 자원개발률은 2013년 9.6%에서 2018년 0.8%로 급격히 저하
  - 자원개발 참여 민간기업에 대한 인센티브로 특별 자금 용자를 늘리고, 사라진 각종 세제 지원을 부활시키는 방안도 검토
  - 2022년까지 ‘국가 탐사 데이터베이스’를 구축해 자원개발 관련 정보를 민간에 공개하고, 국가 탐사시설과 장비 인프라를 구축해 민간이 필요할 때 사용할 수 있도록 할 계획
- 강원 강릉시와 국책연구소 한국지질자원연구원이 2020년 ‘석탄재 희토류 추출 기술개발’에 대한 업무협정 양해각서를 체결
  - 이번 업무협정 양해각서를 통해 한국지질자원연구원이 보유한 탄소 광물화 원천 기술을 바탕으로 석탄재 내 희토류 회수 등 저탄소 신산업 창출의 교두보 확보와 기후변화대응 기술개발을 위한 교류를 확대
  - 기술 상용화를 위한 수요기업 2개사가 기술개발, 단계에서부터 참여하여 신산업 창출과 기술 상용화가 추진력을 얻을 것으로 기대

## 나. 시장 분석

### (1) 세계 시장

- 희토류 금속 세계 시장 규모는 2018년 80억 9,900만 달러에서 2024년 132억 8,700만 달러로 연평균 8.6%로 성장할 것으로 전망

[ 희토류 금속 세계 시장규모 및 전망 ]

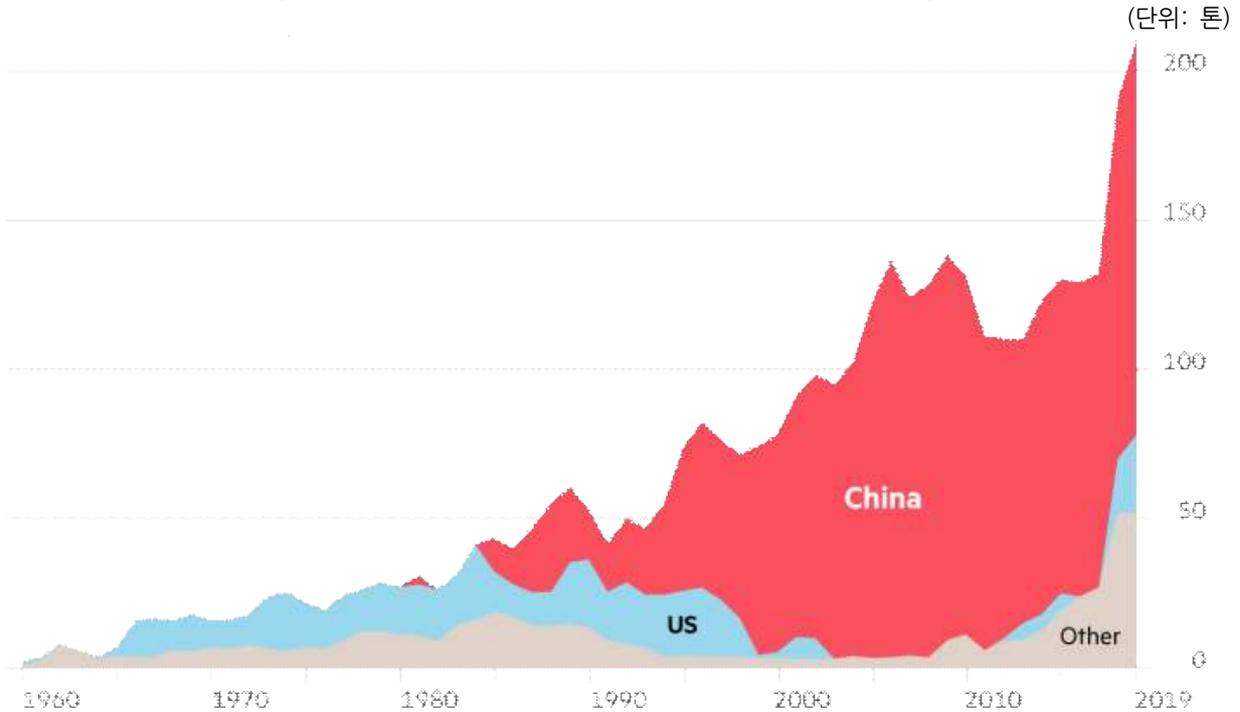
(단위 : 백만 달러, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
세계시장	8,099	8,796	9,553	10,374	11,266	12,235	13,287	8.6

\* 출처: ZionMarketResearch, Global Rare Earth Metals Market 2019-2025

- 희토류 산업에서 중국의 지배력이 상당하기 때문에 신규기업에 대한 진입장벽이 매우 높음
  - 중국의 희토류 공급 체인에 대한 지배력은 희토류 채굴에서 자석 제조, 전기자동차 조립에 이르기까지 여러 부문에서 발휘되며 중국 국영 기업은 희토류 가격결정력까지 가지고 있음

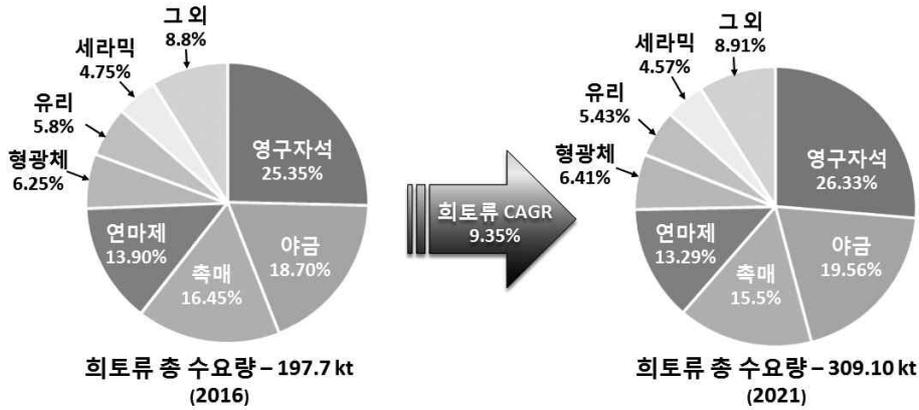
[ 국가별 세계 희토류 생산 비중 변화(1960~2019년) ]



\*출처: 'China dominates rare earths production', US Bureau of Mines; US Geological Survey: 2011-2019 data comes from USGS annual Mineral Commodity Summaries

- 세계 희토류 금속의 총 수요량은 희토류 응용산업의 발달로 인해 연평균 9.35% 증가할 것으로 전망되고 있으며 4차 산업혁명(전기자동차, 신재생에너지, IoT 등) 관련 첨단산업의 발달로 인해 희토류 사용량이 약 1.5배 증가될 것으로 예상

[ 희토류 응용소재 사용량 예측 ]



\*출처: '희토류 친환경 재활용 기술 및 자원 확보 방안', KEIT PD ISSUE REPORT AUGUST 2018 VOL 18-8

- 중국의 금속소재분야 시장은 연평균 6.0%씩 성장하였으며, 세계평균수준(5.5%)보다 다소 높은 수준이며, 이중 희소금속소재 시장의 성장률이 13.3%로 가장 높게 나타남
  - 중국의 희소금속소재 시장은 2024년 505억 달러를 수준으로 성장할 것이며, 세계시장의 약 53.6%를 차지할 것으로 판단됨
  - 중국은 그간 양적 성장에서 벗어나 구조조정과 동시에 고급제품 생산을 확대하는 등 우리와의 기술격차가 빠르게 축소되고 있음

[ 금속소재 분야 주요 품목별 중국시장 현황 및 전망 ]

(단위 : 백만 달러, %)

주요품목	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
철강소재	297,500	310,000	323,025	336,598	350,740	365,477	380,834	4.2
경량금속소재	136,200	142,900	148,904	155,161	161,680	168,473	175,552	4.9
비철금속소재	202,500	220,100	229,348	238,984	249,026	259,489	270,392	8.7
분말소재	500	500	521	543	566	589	614	8.3
희소금속소재	36,200	41,100	42,827	44,626	46,501	48,455	50,491	13.3
금속소재	672,900	714,600	744,625	775,912	808,513	842,484	877,883	6.0

\*출처 : 세계철강협회, 한국비철금속협회, The Aluminium Market Analysis, Financials and Forecasting 2012-2017(Vision Gain), 첨단유망금속소재/부품산업의 기술개발동향과 시장전망분석(지식산업정보원, 2013) 등의 자료 재구성, 전 세계시장에서 중국시장의 점유율 : 철강 44%, 비철 40%, 분말 10%, 희소금속 54%로 추정

## (2) 국내 시장

- 국내 희유금속 순수입금액은 2018년 60.6억 달러였으며, 5.3%의 증가율로 2024년에는 80.3억 달러를 넘을 것으로 전망

### [ 금속소재 분야 주요 품목별 중국시장 현황 및 전망 ]

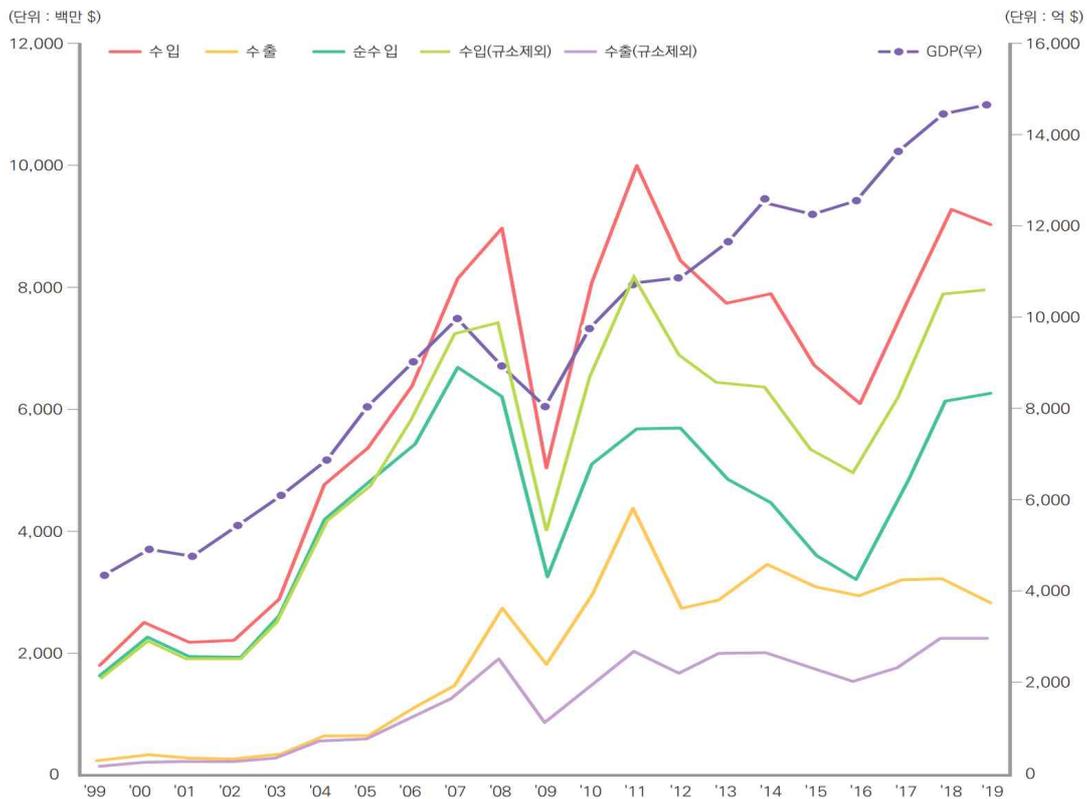
(단위 : 백만 달러, %)

주요품목	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
순수입액	6,059	6,204	6,532	6,879	7,243	7,627	8,031	5.3

\*출처 : 희유금속 원재료교역 분석 2020, 한국지질자원연구원을 바탕으로 5년 이동평균을 통해 연평균 성장률 5.3%을 추산하여 2020년 이후 전망

- '19년 희유금속 원재료 교역규모는 수입 9,019백만 불, 수출 2,815백만 불로 수입이 수출의 3배 규모로 수입과 수출의 격차가 5년 전에 비해 확대
- 희유금속 광종 중 수입은 니켈(1,658백만 불), 수출은 규소(639백만 불)가 가장 큰 규모

### [ 희토류 원소재 교역 추이 ]



\*출처: 희유금속 원재료교역 분석 2020, 한국지질자원연구원

### 3. 기술개발 동향

#### □ 기술경쟁력

- 희토류원소 회수 및 소재화는 일본이 최고기술국으로 평가되었으며, 우리나라는 최고기술국 대비 71.3%의 기술수준을 보유하고 있으며, 최고기술국과의 기술격차는 3.1년으로 분석
- 중소기업의 기술경쟁력은 최고기술국 대비 66.1%, 기술격차는 3.4년으로 평가
- 미국(85.2%)>EU(84.0%)>중국(75.9%),한국의 순으로 평가

#### □ 기술수명주기(TCT)<sup>35)</sup>

- 희토류원소 회수 및 소재화는 8.14의 기술수명주기를 지닌 것으로 파악

### 가. 기술개발 이슈

#### ◎ 미국

- 미국은 US Department of Energy(DOE)에서 2011년 “Critical Materials Strategy”를 발표하였고, Critical Materials Institute(CMI)를 설립하여 희토류를 포함한 critical materials의 공급 다변화, 대체 개발, 재사용 및 재활용 효율 개선, critical materials의 서플라이체인 및 비용에 관한 연구를 실시

- 2015년 폐전자기기 및 희토류광으로부터 희토류를 회수하기 위한 멤브레인 용매추출 시스템 등을 개발하는 등 다양한 성과를 이루고 있음
  - Ames Laboratory에서는 희토자석 제조과정 중 발생하는 사마륨-코발트 스크랩의 재활용 및 폐희토자석으로부터 액상금속 추출기술을 이용한 희토류 분리기술을 개발
- DOE는 coal 및 coal byproduct로부터 희토류를 저비용으로 분리하기 위한 연구를 지원 중
  - 2015년 희토류 회수를 위한 적절한 material, 회수기술 설계, 희토류 회수를 위한 기술적·경제적 가능성 조사를 위한 10개의 프로젝트를 지원
- DOE의 Advanced Manufacturing Office(AMO)에서는 장기적(최대 2025년)으로 원소재 생산기술, 저감 및 대체 기술, 재활용 기술 등 다양한 분야에서 4가지의 기술개발을 목표로 프로젝트 지원을 준비 중

- 미국 에너지국(DOE)의 지원으로 막 용매 추출(membrane solvent extraction) 기술을 개발하여 스크랩 자석 폐기물로부터 저렴하게 희토류를 회수<sup>(15)</sup>

- Oak Ridge 국립연구소의 Ramesh Bhav와 그의 동료들은 희토류를 회수하기 위해 막 분리 기술과 기존의 용매 추출 기술을 결합해서 단지 한 단계의 공정을 통해 란탄족의 네오디뮴, 프라세오디뮴, 디스프로슘뿐만 아니라 철과 붕소 불순물을 포함한 용액을 분리할 수 있으며, 기존의 추출기술보다 20~30% 정도 적은 양의 화학 폐기물을 생성

35) 기술수명주기(TCT, Technical Cycle Time): 특허 출원연도와 인용한 특허들의 출원연도 차이의 중앙값을 통해 기술 변화속도 및 기술의 경제적 수명을 예측

[ Advanced Manufacturing Office(AMO) 프로젝트 내역 ]

목표 기술	기술 유형	완료 시점	미국 현황
미국 에너지 저감 대책을 충족시키기 위한 Nd 및 핵심재료 공정기술 개발	원소재 생산	2025	미국 내 Nd생산 전무 (생산 기술 확보 및 준비 중)
형광체 희토류원소 사용저감기술 (1/10사용, 2015년 수준 특성)	저감 및 대체	2020	형광체용 희토류 250ton/년 소비
희토류 영구자석의 희토류 사용 저감 기술 (1/20사용, 2015년 수준 특성)	저감 및 대체	2025	25~50MGOe / Nd 25wt% 희토자석 제조기술 보유
사용 후 폐기물 재활용 기술 (희토류 재활용 목표 : 20%)	재활용	2025	사용 후 폐기물에 대하여 1% 이하 희토류원소 재활용 중

\* 출처: '희토류 친환경 재활용 기술 및 자원 확보 방안', KEIT PD ISSUE REPORT AUGUST 2018 VOL 18-8

◎ 유럽

- 유럽은 희토류가 그리스, 핀란드, 스페인, 포르투갈, 노르웨이, 터키, 스웨덴에 매장되어 있으나, 대부분 경제성으로 인해 채굴이 어려운 실정
  - 그린란드의 경우 희토류가 약 50~100 Mt 매장되어 있을 것으로 추정되나 실제 광산 개발은 이루어지지 않고 있음
- 2013년 유럽연합은 산·관·학 희토류 전문가를 중심으로 European Rare Earths Competency Network(ERECON)을 조직하였으며, 지속적이고 안정적인 희토류 공급을 위해 희토류 채굴, 재활용 및 대체저감, 산업 기반 구축 및 경쟁력 강화를 주요 현안으로 선정

[ 유럽연합 내 희토류 제련 및 재활용 프로젝트 현황 ]

프로젝트명	연구 목표	기간	대상 금속
REECOVER	희토류 원료에 대한 유럽 내 수급 안정성 향상, 희토류 회수 분야에서의 중소기업의 역량 강화 및 비즈니스 기회 창출	2014~2017	Nd, Dy, Tb, Y
CoLaBATS	폐배터리 재활용에 대한 신공정 및 새로운 습식제련 기술 개발	2013~2016	Co, Ni, Ce, La, Li
A.SPIRE (REE4EU)	희토류 함유 제품 자원 회수 효율성 향상	2015~2019	희 토 자 석, 니켈수소전지

\*출처: '희토류 친환경 재활용 기술 및 자원 확보 방안', KEIT PD ISSUE REPORT AUGUST 2018 VOL 18-8

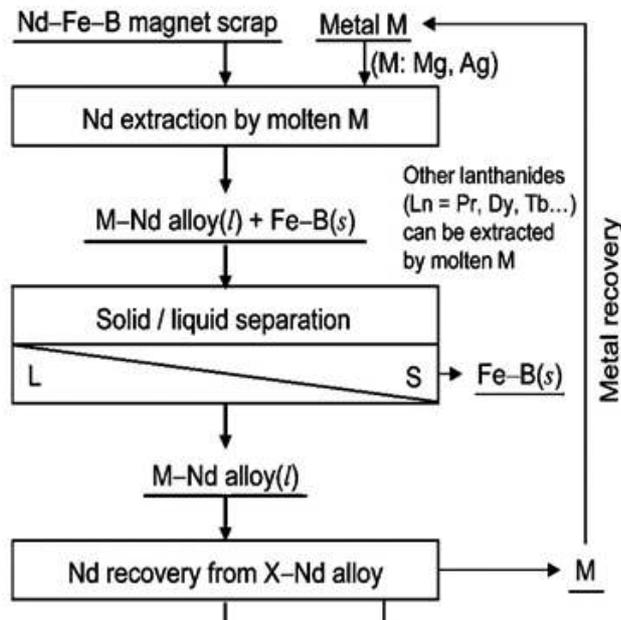
## ◎ 일본

- 일본은 연어 정액이나 유황온천에 서식하는 홍조류 등 특이한 재료를 이용해 폐기물로부터 희토류원소를 효율적으로 추출하는 기술을 연이어 개발
  - 인산염을 함유하고있는 연어 정액을 이용하여 희토류원소를 회수함으로써 기존에 독성물질을 사용하여 발생했던 환경문제를 해결 가능
    - 인산염을 이용할 경우, 기존보다 10배 더 우수한 효율로 희토류원소를 회수 가능
- 유황온천이 있는 녹색 바위에서 흔히 볼 수 있는 키아니디움목 조류의 일종인 ‘Galdieria sulphuraria’란 홍조류를 이용해 희토류원소를 효율적으로 회수 가능
  - 일본 츠크바대학 연구팀은 10종류 금속이 저농도로 포함된 폐기 산성용액 중에서 특정한 조건의 유황온천 홍조류를 이용할 경우 하이브리드자동차의 모터 등에서 사용하는 희토류원소인 네오디뮴과 디스프로슘 등이 약 70%의 높은 효율로 회수된다는 사실을 확인
- 일본 원자력연구개발기구와 아사카이화학연구소는 ‘에멀션 플로우법(Emulsion Flow)’을 이용해 광학 유리 폐기물과 저품위 희토류 원료에서 산처리 등에 의해 용출시킨 희토류를 저비용, 고효율로 99.999%의 순도까지 분리·정제하는 데 성공
  - 에멀션 플로우법은 저비용이면서 최고 수준의 효율을 발휘할 수 있는 새로운 방법으로서, 지금까지 비용면이나 성능면에서 채산이 맞지 않았던 희소 금속의 회수 및 재활용에 활로를 찾을 수 있다는 점에서 주목
- 일본은 국가 및 민간기업 차원에서 희토류 재활용에 대한 연구가 활발히 진행 중
  - 히타치(Hitachi)社は 마그네슘을 이용한 액상 금속 추출기술을 사용하여 폐희토자석 내 Nd, Dy를 회수하는 연구를 실시하였으며 99% 이상의 Nd를 회수하고 약 74%의 Dy를 추출하는데 성공
  - 도쿄대학교 Okabe 교수는 희토자석을 추출매체(염화물, 요오드화물 등의 용융염)에 침적시켜 1000도까지 가열하고 진공증류 하여 희토류만을 선택적으로 추출하는 건식제련법을 개발
  - 혼다(Honda)의 경우 니켈 수소 전지 중 희토류 금속 회수에 대한 연구를 수행하고 있으며, Japan Metals & Chemicals Co., Ltd.(JNC)에서 니켈 수소전지에 함유되어 있는 희토류(La) 산화물을 추출
  - 미쯔비시(Mitsubishi) 전기의 자회사인 GCS(green cycle Systems Corporation)에서는 희토류 자석 회수를 담당하고 자동 해체 장비를 설치하여 희토류 자석을 회수
  - 일본과학기술진흥기구(JST)의 R&D프로그램 ImPACT(Impulsing Paradigm Change through Disruptive Technologies Program)을 통해 핵변환을 이용한 고준위 방사성 폐기물 재활용을 실시하여 희토류, 백금족 금속, 희소금속 등으로 재활용하는 연구를 진행하고 있으며 총 24개 기관이 참여 중

◎ 한국

- 국내에서 습식법을 활용하여 폐희토자석에서 희토류 추출 기술을 개발한 업체로는 현대자동차, 포스코, 삼성 SDI, 성림희토금속 등이 있으며, 주요 학·연 기관들로는 한국지질자원연구원, 한국기계연구원, 포항산업과학연구원, 울산대학교, 서울대학교, 연세대학교에서 연구를 수행하거나 완료
  - 습식 재활용 기술개발로는 Nd 자석 제조과정 중 발생하는 스크랩으로부터 산화 배소/산침출 공정기술을 적용하여 희토류 재활용 기술이 개발됨. 또한, 희토류 원소 회수 및 유용자원 고부가 원료 소재화 순환활용 기술을 개발하여 Nd-Dy를 95% 이상 회수하였으며 99.9% 이상 순도의 Nd/Dy 화합물 제조에 성공
  - 현대자동차와 서울대학교에서는 강산성 용액에 희토자석을 용해시킨 후 pH 조절을 통해 특정 희토류 금속을 선택적 추출하는 방식을 개발하였으며 산침출 공정과 차별화된 바이오 흡착을 이용하여 공정을 단순화, 화학용액을 최소화하여 환경 유해물질을 저감함으로써 희토류 금속 회수
- 국내 희토류 재활용 기술현황은 제련 기술현황과 마찬가지로 습식 위주의 재활용 공정 개발이 대부분 이루어져 있어 환경적 문제로 인해 희토류 재활용 산업활성화에 많은 제약 존재
  - 최근 한국생산기술연구원에서는 미국 AMES Lab.과의 국제공동연구를 통해 희토류 건식 추출 공정 중 하나인 액상금속추출법을 활용한 희토자석에서 희토류를 선택적으로 추출하는 기술을 개발
- 건식법을 활용한 기술로서 생산기술연구원 중심으로 개발한 “Mg금속을 이용한 희토자석의 고기능 순환 소재화 기술”이 있으며, 폐희토자석을 액상마그네슘에 용해시켜, Nd를 선택적으로 추출하고 희토류 환원공정 없이 직접적으로 Nd 금속으로 회수하는 기술

[ 저융점 액상금속을 활용한 희토류 추출 공정 ]



\* 출처: '희토류 친환경 재활용 기술 및 자원 확보 방안', KEIT PD ISSUE REPORT AUGUST 2018 VOL 18-8

## 나. 생태계 기술 동향

### (1) 해외 플레이어 동향

- (Baotou Steel Rare Earth) 중국의 희토류 생산량의 40~70% 정도가 생산
- (Northern Rare Earth) 전체채광의 56.7%, 제련/분리 50%를 점유
- (Molycorp) 미국의 캘리포니아주 마운틴 패스광산에서 희토원소(바스트나사이트)를 생산
  - Molycorp, Inc에 의해 2011년 재가행되어 2014년 5,400톤의 희토류 정광(REO 기준)을 생산
- (Lynas Corporation) 호주의 대표적 희토원소 생산업체인 라이너스(Lynas Corporation)는 마운틴 웰드(Mt. Weld)에서 희토류광(모나자이트) 생산
  - 고온 황산배소, 수심출, 중화, 침전, 염산침출, 용매추출의 과정을 거쳐 2016년 3,897톤의 희토원소 산화물을 생산
- (Arnold Magnetic Technologies) 우주 항공, 군용, 대체 에너지 및 산업용 어플리케이션을 위한 자석을 생산
- (Shin-Etsu Silicone) 희토원료 사용량을 대폭 줄인 기술개발에 성공하여 HDD 헤드용 모터, 세탁기, 하이브리드카용 희토영구자석 제조
- (SYOWA DENKO) 디스프로슘을 사용하지 않는 희토 영구자석 개발
- (Mitsubishi) 희토원소를 사용하지 않는 하이브리드카 및 가전제품 모터용의 희토 자석 개발
- (Hitachi) 희토원소 첨가량(디스프로슘 2%)을 줄인 희토영구자석 제조 및 판매
- (TDK) 재료의 분자를 더욱 작고, 균일하게 가공하는 기술을 사용하여 디스프로슘을 사용하지 않는 희토 영구자석 개발

## (2) 국내 플레이어 동향

- (지알이엘) 국내 군산에 위치한 생산기술연구소는 고품질 희토류본드파우더 제조 기술력도 보유
  - 희토류원광부터 메탈, 알로이, 자석 등 관련 모든 밸류 체인을 보유 중
- (노바텍) 희토류가 원재료인 네오디뮴 자석을 생산
  - 주력 사업은 마그넷(Magnet)과 심재(Magnet Plate) 생산
  - 자석 차폐기술을 기반으로 자동차 전장, 무선충전, 자가발전 등 제품군을 확장해 외형 성장을 지속할 계획
  - 차폐 자석은 오작동 방지기능뿐만 아니라 자기장의 크기를 증폭시킬 수 있으며 필요한 곳으로만 자력을 보낼 수 있는 장점이 있어 전자기기가 고도화될수록 차폐 자석 수요가 늘어날 것으로 전망
- (티플렉스) 희소금속 가공업체
  - 희토류를 비롯해 티타늄, 니켈, 텅스텐, 몰리브덴 등 특수재질의 소재를 유통
- (성림희토금속) 스크랩 및 폐희토 영구자석으로부터의 용융염전해공정을 이용한 희토 원료 회수 연구 진행
  - 전체적인 소결 자석 제조 공정을 거쳐 제조하지 않고 단순 가공 및 판매를 진행
- (쌍용 메테리얼) 첨단 세라믹 부품류, 절삭공구와 산업용소재 등 자동차, 전자, 전기 및 기계산업용 제품을 생산 및 판매
  - 자동차 모터용 희토 영구자석의 양산화기술을 보유하고 있으나, 페라이트 자석 중심으로 생산 중
- (나노테크) 정밀 Motor, Speaker, Sensor용 Nd본드자석, 자동차용 모터, 냉장고 및 세탁기용 Nd사출자석 등 여러 종류의 희토 영구 자석 제조 및 판매
  - 합금설계부터 소결, 자화까지의 모든 과정을 거쳐 희토류 영구자석 제조하는 국내 유일 업체
- (자화전자) 희토 영구자석을 이용하여 고출력 밀도, 소형화 및 경량화의 모터를 제조 및 판매
  - 모터용 고특성 및 내열성 희토 영구자석을 제조 및 판매
- (LGi노텍) 차량용 모터, 카메라 모듈, 통신 모듈 등 자동차 소재부품 생산
  - 희토류 저감 및 대체 기술개발 방향으로 연구 진행 중
- (현대모비스) 여러 방식의 전기자동차용 모터를 개발함으로써 다양한 시도가 이뤄지고 있고, 국내 자동차용 모터 시장에서 가장 앞서나가는 중

## 다. 국내 연구개발 기관 및 동향

### (1) 연구개발 기관

[ 희토류원소 회수 및 소재화 연구기관 현황 ]

기관	소속	연구 분야
한국지질자원연구원	자원활용연구센터	<ul style="list-style-type: none"> <li>광물 자원으로부터 물리·화학·기계·전기적 물성 등이 뛰어난 산업 원료 제조</li> <li>유용 자원을 함유한 순환 자원으로부터 우수한 특성을 지닌 산업 원료 제조</li> <li>해양에 녹아 있는 지속가능형 유용 자원으로부터 고부가 산업 원료 제조</li> <li>물리·추출 야금, 에너지 소재, 희토류 소재, 첨단 세라믹 등의 전문 분야에 걸친 전략 광물 자원의 나노 및 마이크로 스케일 처리 신기술</li> </ul>
한국생산기술연구원	한국희소금속산업 기술센터	<ul style="list-style-type: none"> <li>희토류/비정질 자성소재 및 전자파 흡수/차폐 소재 연구</li> </ul>
한국과학기술원	핵연료주기 연구실	<ul style="list-style-type: none"> <li>후행핵연료주기</li> <li>핵비확산 및 핵안보</li> <li>고온전기화학</li> <li>원전수화학</li> </ul>

### (2) 기관 기술개발 동향

- (한국지질자원연구원) 탄소광물화기술 기반 희토류 제조기술 개발 사업 기획연구 (2020-06-01~2021-02-28)
  - 석탄재로부터 희토류를 포함한 희소 금속 원료 회수 및 활용 연구는 미국 DOE의 NETL과 같이 다양한 기존 기술과 신규 개발 중인 기술들을 검토하고 이 중 상용화 가능성이 높은 기술을 선정하여 단기에 상용급 공정을 설계하는 방향으로 추진
  - 가행 발전소에서 발생하는 석탄재를 대상으로 희토류 회수를 위한 기초 기술 검토, 기술 실증 및 상용화 추진
  - 희토류 소재산업 클러스터 구축 및 활성화 시스템 구축
- (한국생산기술연구원) 단힌 물질수지형 희토류 친환경 건식 폐자원 회수 국제공동 연구 (2019-01-01~2019-12-31)
  - Mg 할라이드 활용 Nd 할라이드 전환 및 Mg 금속 제조 기초연구 -열역학적 정보수집을 위한 기초연구 및 문헌조사 -Mg 할라이드와 NdFeB 폐자석 간 반응기구 고찰 -Nd 할라이드 전환율 및 Mg 금속회수 증대를 위한 기초연구 실시 -용융염 전해제련공정을 통한 Nd 금속 회수 공정검토
- (한국과학기술원) 천연공용용매 합성, 전해정련, 분광 기술을 활용한 폐촉매 희귀금속 재활용 기술개발 (2020-03-01~2025-02-28)
  - 연공용용매(Deep Eutectic Solvents)에서 폐촉매 희귀금속의 기초 물성치를 측정하고 반응 메커니즘을 규명하여 폐촉매에 잔류하는 희귀금속을 회수하여 재활용할 수 있는 친환경 기술을 개발하는 것을 목표

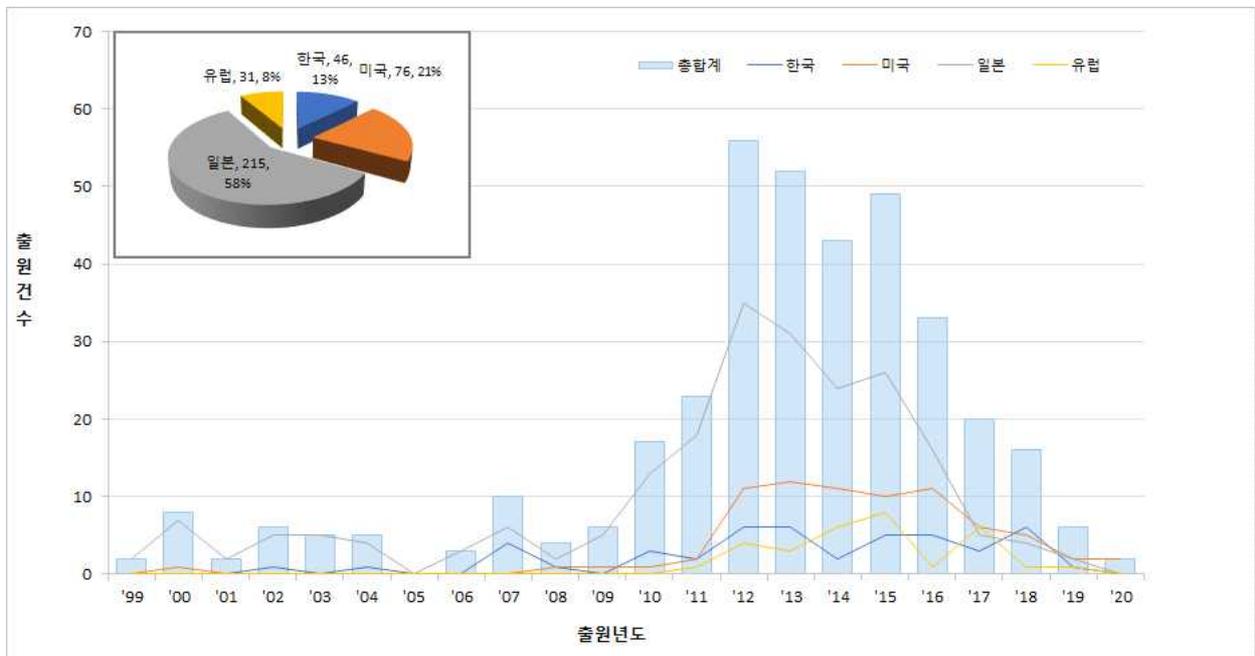
## 4. 특허 동향

### 가. 특허동향 분석

#### (1) 연도별 출원동향

- 히토류원소 회수 및 소재화는 '12년 급격한 증가를 나타낸 이후, 완만한 감소세를 보임
  - 각 국가별로 살펴보면 일본이 가장 활발한 출원활동을 보이고 있음
- 국가별 출원비중을 살펴보면 일본이 전체의 58%의 출원 비중을 차지하고 있어, 최대 출원국으로 히토류원소 회수 및 소재화 분야를 리드하고 있는 것으로 나타났으며, 미국은 21%, 한국은 13%, 유럽은 8% 순으로 나타남

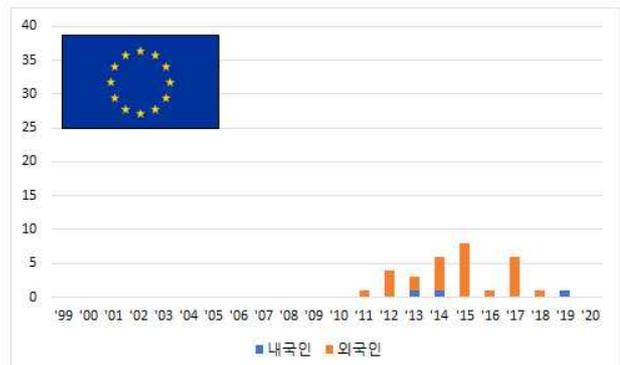
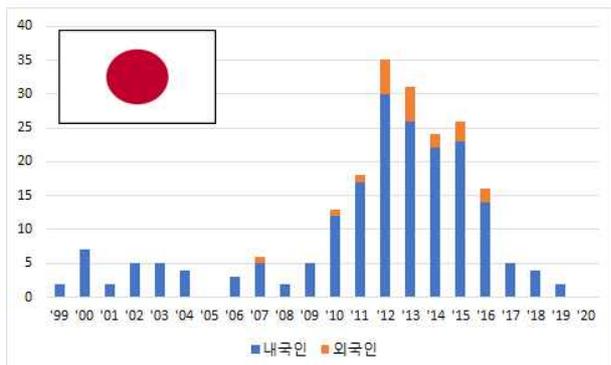
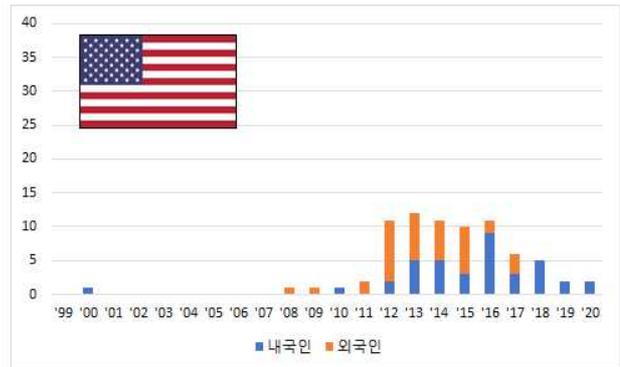
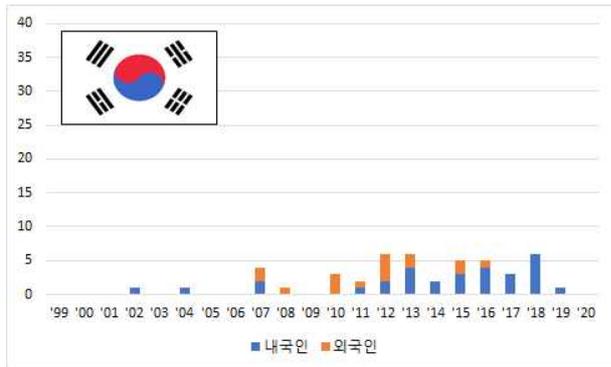
[ 히토류원소 회수 및 소재화 연도별 출원동향 ]



(2) 국가별 출원현황

- 한국의 출원현황을 살펴보면, '11년부터 해당 기술의 출원이 완만히 증가하는 추세
  - 내국인 위주의 출원이 진행되고 있음
  - 한국 기술의 양적 흐름은 미국과 상당히 유사
  - 일본의 출원수에 비해 21% 정도의 수준을 보임
- 미국의 출원현황은 출원수가 매년 15건 이하로, '12년 이후 증가세를 나타내고 있으며, 외국인의 출원 비중의 경우 '15년까지는 외국인이 높았으나, '15년 이후에는 내국인의 비중이 높은 것으로 나타남
- 일본의 출원현황을 살펴보면 분석구간 초기부터 전체 특허기술의 출원 증감 흐름에 영향을 주고 있는 것으로 나타남. 일본의 경우, 한국에 비해 외국인의 비중이 적은 것으로 나타남
- 유럽의 출원현황을 살펴보면 한국과 유사한 동향을 보임

[ 국가별 출원현황 ]

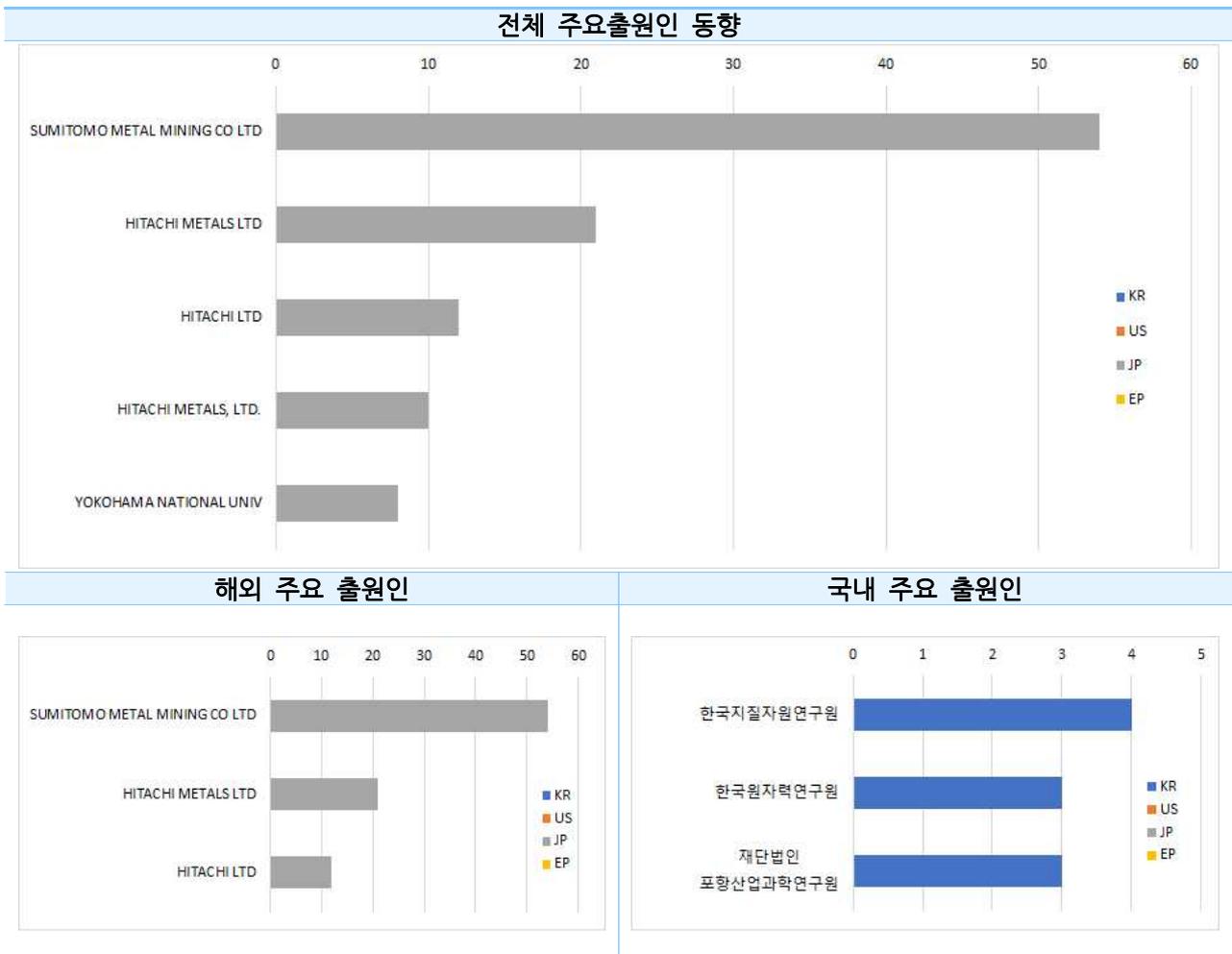




## 나. 주요출원인 분석

- 희토류원소 회수 및 소재화의 전체 주요출원인을 살펴보면, 주로 일본 국적의 출원인이 다수 포함되어 있는 것으로 나타났으며, 제1 출원인으로는 일본의 SUMITOMO METAL MINING CO LTD인 것으로 나타남
  - 제1 출원인인 SUMITOMO METAL MINING CO LTD의 출원은 일본에 집중된 경향을 보임
- 희토류원소 회수 및 소재화 관련 기술로 금속광산, 철강을 다루는 대기업에 의한 출원이 대다수를 차지
  - 국내에서는 연구기관/대학의 활발한 출원이 이루어짐

[ 희토류원소 회수 및 소재화 주요출원인 ]

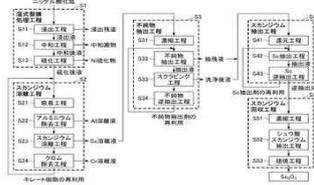
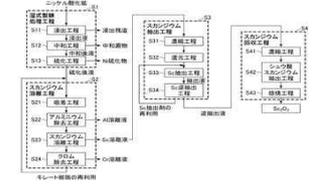
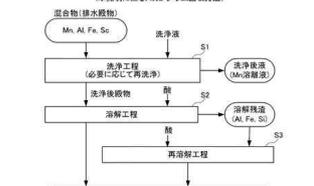


(1) 해외 주요출원인 주요 특허 분석

◎ SUMITOMO METAL MINING CO LTD

- SUMITOMO METAL MINING CO LTD는 일본의 금속광산 기업으로 희토류원소 회수 및 소재화와 관련하여, 스칸듐 등 희토류원소의 회수 방법에 특화된 특허를 다수 출원. 그 중 등록된 특허는 5건
  - 주요 특허들은 흡착공정과 이온교환 수지로부터 스칸듐을 용리하는 기술과 관련된 특허를 다수 출원하는 것으로 파악

[ SUMITOMO METAL MINING CO LTD 주요특허 리스트 ]

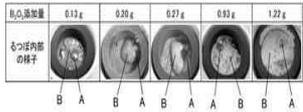
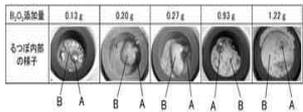
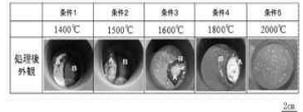
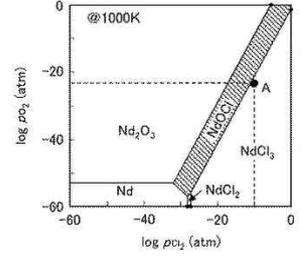
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
JP6409791 (2016.02.05)	스칸듐 회수 방법	스칸듐 함유 용액을 이온교환 수지로 통액 하고, 스칸듐을 이온교환 수지로 흡착시키는 흡착 공정과 이온교환 수지로부터 스칸듐을 용리 하고, 용리 후액을 얻는 용리 공정으로 구성되는 스칸듐 회수 방법	
JP6623803 (2016.02.05)	스칸듐 회수 방법	스칸듐 함유 용액을 이온교환 수지로 통액 하고, 스칸듐을 이온교환 수지로 흡착시키는 흡착 공정과 이온교환 수지로부터 스칸듐을 용리 하고, 용리 후액을 얻는 용리 공정으로 구성되는 스칸듐 회수 방법	
JP5854065 (2014.02.19)	스칸듐 회수 방법	유황 성분을 함유하는 산성 광산 배수를 중화했을 때에 생성되는 중화전물로부터, 스칸듐의 고순도화 기술로 응용할 수 있는 정도로 고순도화된 스칸듐 조정제물을, 복잡한 조작을 실시하지 않고 효율적으로 회수	
JP5652503 (2013.05.10)	스칸듐 회수 방법	Ni산화광을 황산과 함께 가압 용기로 쟁여 넣고, 고온 고압하로 침출액과 침출 찌꺼기에 고액분리하는 침출 공정과, 침출액으로 중화제를 더해 중화전물과 중화 후액을 얻는 중화 공정을 통해 니켈 산화광으로부터 고품위의 스칸듐을 효율적으로 회수	
JP5704078 (2012.01.06)	희토류 원소의 회수 방법	전지 등의 스크랩품 등에서 얻어져 유가 금속과 함께 희토류 원소를 가지는 수용액으로부터, 회수에 사용하기 위한 억제량을 저감해, 효율적으로 희토류 원소의 회수할 수 있는 희토류 원소의 회수 방법	

\* 등록특허 기준, 피인용 문헌수 및 패밀리국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

◎ HITACHI METALS LTD

- HITACHI METALS LTD는 일본의 금속, 강철, 합금 제조기업으로, 희토류원소 회수 및 소재화와 관련하여 등록특허 10건 보유
  - 희토류원소의 회수 방법에서 저비용으로 희토류원소와 철족원소를 포함한 처리 대상물로부터 희토류 원소를 회수하는 기술 등의 응용 특허를 다수 보유

[ HITACHI METALS LTD 주요특허 리스트 ]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
JP6327250 (2014.05.29)	희토류 원소의 회수 방법	희토류 원소와 철족원소를 포함한 처리 대상물로부터 효율적으로 희토류 원소를 회수할 수 있음과 동시에, 처리 용기를 그 소모나 손상을 억제하여 반복적 작업이 가능	-
JP6233321 (2014.01.27)	겸희토류 원소의 회수 방법	저비용으로 간단하고 쉬운 재활용 시스템으로서 실용화가 가능한, 적어도 겸희토류 원소와 철족원소를 포함한 처리 대상물로부터 겸희토류 원소를 회수하는 방법	
JP5598635 (2013.12.26)	희토류 원소의 회수 방법	저비용으로 간단하고 쉬운 재활용 시스템으로서 실용화가 가능한, 적어도 희토류 원소와 철족원소를 포함한 처리 대상물로부터 희토류 원소를 회수하는 방법	
JP6060704 (2013.01.28)	희토류 원소의 회수 방법	저비용으로 간단하고 쉬운 재활용 시스템으로서 실용화가 가능한, 적어도 희토류 원소와 철족원소와 붕소를 포함한 처리 대상물로부터, 희토류 원소를 철족원소와 붕소로부터 분리해 회수하는 방법	
JP5835349 (2012.12.21)	희토류 원소의 분리 회수 방법	토류 원소와는 다른 종류의 희토류 원소로부터 희토류 산염화물이 구성되고 있는 혼합물을 액체로 넣음으로써, 희토류 산염화물을 포함한 불용물과, 희토류 염화물이 용해한 액체를 얻고, 불용물로부터 희토류 산염화물을 회수	

\* 등록특허 기준, 피인용 문헌수 및 패밀리국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

◎ HITACHI LTD

- HITACHI LTD는 일본 기업으로, 희토류원소 회수 및 소재화와 관련하여 총 12건의 특허를 출원, 이 중 등록특허 1건 보유
  - 희토류원소의 분리회수기술에서 비용을 절감할 수 있고, 다른 종류의 희토류원소에 대한 분배 비율 조정이 가능한 응용 특허를 다수 보유

[ HITACHI LTD 주요특허 리스트 ]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
JP5683705 (2012.07.11)	희토류 원소의 분리 회수 방법 및 희토류 원소의 분리 회수 장치	희토류 원소의 분리 회수에서 비용 저감을 달성하기 때문에, 다른 종류의 희토류 원소의 분배 비율을 높이는 것이 생기는 분리 회수 방법 및 그것을 실현하는 분리 회수 장치	

\* 등록특허 기준, 피인용 문헌수 및 패밀리국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

(2) 국내 주요출원인 주요 특허 분석

◎ 한국지질자원연구원

- 한국지질자원연구원은 희토류원소 회수 및 소재화 기술에 있어서, 희토류원소의 회수, 희토류 및 비희토류 원소의 분리회수 기술과 관련된 특허를 다수 출원
  - 한국지질자원연구원은 철-희토류계 영구자석 내 희토류원소의 추출, 희토류원소를 침전시키고 회수하는 기술과 관련된 특허를 국내에 출원. 2002년 이후 해당 기술 관련한 출원을 진행하였으며, 등록 건수는 4건으로 파악

[ 한국지질자원연구원 주요특허 리스트 ]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR2153737 (2019.12.12)	철-희토류계 영구자석으로부터 선택염화법에 의한 희토류 원소의 회수 방법	철-희토류계 영구자석 내 희토류 원소의 추출 공정을 단순화하고, 추출 비용을 낮출 뿐만 아니라, 추출 효율을 높일 수 있는, 희토류 원소의 회수 방법	
KR1422068 (2013.11.14)	희토류 정광으로부터 희토류 및 비희토류 원소의 분리회수방법	희토류 정광을 황산을 이용하여 황산화 반응시키고, 황산화 반응 후 반응 산물을 수침출시키며, 수침출 후 황산 나트륨을 첨가하여 희토류 원소를 침전시키고 회수하는 희토류 정광으로부터 희토류 및 비희토류 원소를 분리 및 회수하는 방법	
KR1392307 (2013.11.06)	폐영구자석 산화스크랩으로부터 희토류 원소의 회수방법	폐영구자석 산화스크랩을 황산 수용액에서 침출시키고, 황산 수용액에 황산 나트륨을 첨가하여 폐영구자석 산화스크랩에 포함된 희토류 원소를 침전시킨 후 회수하는 폐영구자석 산화스크랩으로부터 높은 회수율로 희토류 원소를 회수하는 방법	
KR0534147 (2002.12.20)	세륨연마재 폐슬러리로부터 희토류성분과 알루미늄을 분리회수하는 방법	세륨연마재 폐슬러리 건조분말을 황산화분해한 후 수침출을 거쳐 희토류와 알루미늄을 침출하고 침출용액으로부터 희토류와 알루미늄을 분리	

\* 등록특허 기준, 피인용 문헌수 및 패밀리국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

◎ 한국원자력연구원

- 한국원자력연구원은 희토류원소 회수 및 소재화와 관련하여 우라늄 산화물과 희토류 금속의 분리회수 기술과 관련된 특허를 3건 출원하였으며, 3건의 특허 중 등록된 특허는 1건을 보유

[ 한국원자력연구원 주요특허 리스트 ]

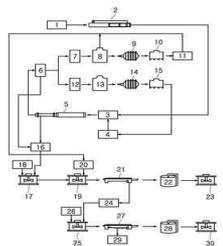
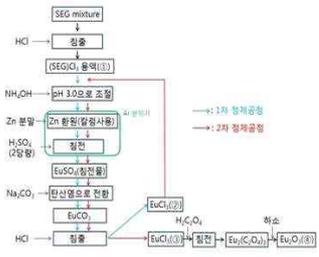
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR1988439 (2017.12.06)	우라늄 산화물과 희토류 금속의 분리 회수 방법 및 이를 위한 분리 회수 장치	우라늄 산화물과 희토류 금속의 분리 회수 방법 및 이를 위한 분리 회수하여 사용후 핵연료 용융염으로부터 우라늄 산화물과 희토류 금속을 분리하여 각각 회수할 수 있는 장치	<pre>                     graph TD                     A[우라늄 화합물의 산화 및 침전] --&gt; B[희토류 화합물의 금속화 전착 및 회수]                     B --&gt; C[우라늄 산화물 회수]                 </pre>

\* 등록특허 기준, 피인용 문헌수 및 패밀리국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

◎ 재단법인 포항산업과학연구원

- 재단법인 포항산업과학연구원은 희토류원소 회수 및 소재화와 관련하여 광석으로부터 유가금속 및 희토류금속을 회수하거나, 금속환원법을 사용하여 희토류를 분리 회수하는 기술과 관련된 특허를 3건 출원하였으며, 이 중 1건이 등록된 것으로 파악

[ 재단법인 포항산업과학연구원 주요특허 리스트 ]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR1543923 (2013.12.26)	광석으로부터 유가금속 및 희토류금속 회수장치	금속 광석의 파쇄, 건조 및 소성하는 장치의 후단에 침출용 광석 제조를 위한 열분해 장치를 배치한 다음, 침출 및 습식 추출과정을 통해 유가금속 및 희토류금속을 회수하고, 열분해제를 회수하여 공정에 재사용할 수 있는 유가금속 및 희토류금속 회수장치	
KR1480494 (2012.12.24)	희토류 혼합물로부터 eu 분리 회수 방법	금속환원법을 사용하여 희토류 혼합물로부터 분리 및 회수된 Eu의 순도를 향상시키는 방법	

\* 등록특허 기준, 피인용 문헌수 및 패밀리국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

## 다. 기술진입장벽 분석

### (1) 기술 집중력 분석

- 희토류원소 회수 및 소재화관련 기술에 대한 시장관점의 기술독점 현황분석을 위해 집중률 지수(CRn: Concentration Ratio n, 상위 n개사 특허점유율의 합) 분석 진행
  - 상위 4개 기업의 시장점유율이 0.24로 희토류원소 회수 및 소재화 분야에 있어서 독과점 정도는 낮은 수준으로 판단
  - 국내 시장에서 중소기업의 점유율 분석결과 0.19로 해당 기술에 대하여 중소기업의 진입장벽은 낮은 것으로 파악

[ 주요출원인의 집중력 및 국내시장 중소기업 집중력 분석 ]

주요 출원인 집중력	주요출원인	출원건수	특허점유율	CRn	n
	SUMITOMO METAL MINING CO LTD(일본)	32	8.7%	0.09	1
	SUMITOMO METAL MINING CO., LTD.(일본)	22	6.0%	0.15	2
	HITACHI METALS LTD(일본)	21	5.7%	0.20	3
	HITACHI LTD(일본)	12	3.3%	<b>0.24</b>	<b>4</b>
	HITACHI METALS, LTD.(일본)	10	2.7%	0.26	5
	YOKOHAMA NATIONAL UNIV(일본)	8	2.2%	0.29	6
	NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY(일본)	7	1.9%	0.30	7
	MITSUBISHI MATERIALS CO(일본)	7	1.9%	0.32	8
	MITSUBISHI MATERIALS CORP(일본)	6	1.6%	0.34	9
	GENERAL ELECTRIC COMPANY(미국)	6	1.6%	0.36	10
<b>전체</b>	<b>368</b>	<b>100%</b>	<b>CR4=0.24</b>		
국내시장 중소기업 집중력	출원인 구분	출원건수	특허점유율	CRn	n
	중소기업(개인)	6	18.8%	0.31	
	대기업	6	18.8%		
	연구기관/대학	20	62.5%		
	<b>전체</b>	<b>32</b>	<b>100%</b>	<b>CR중소기업=0.19</b>	

## (2) 특허소송 현황분석

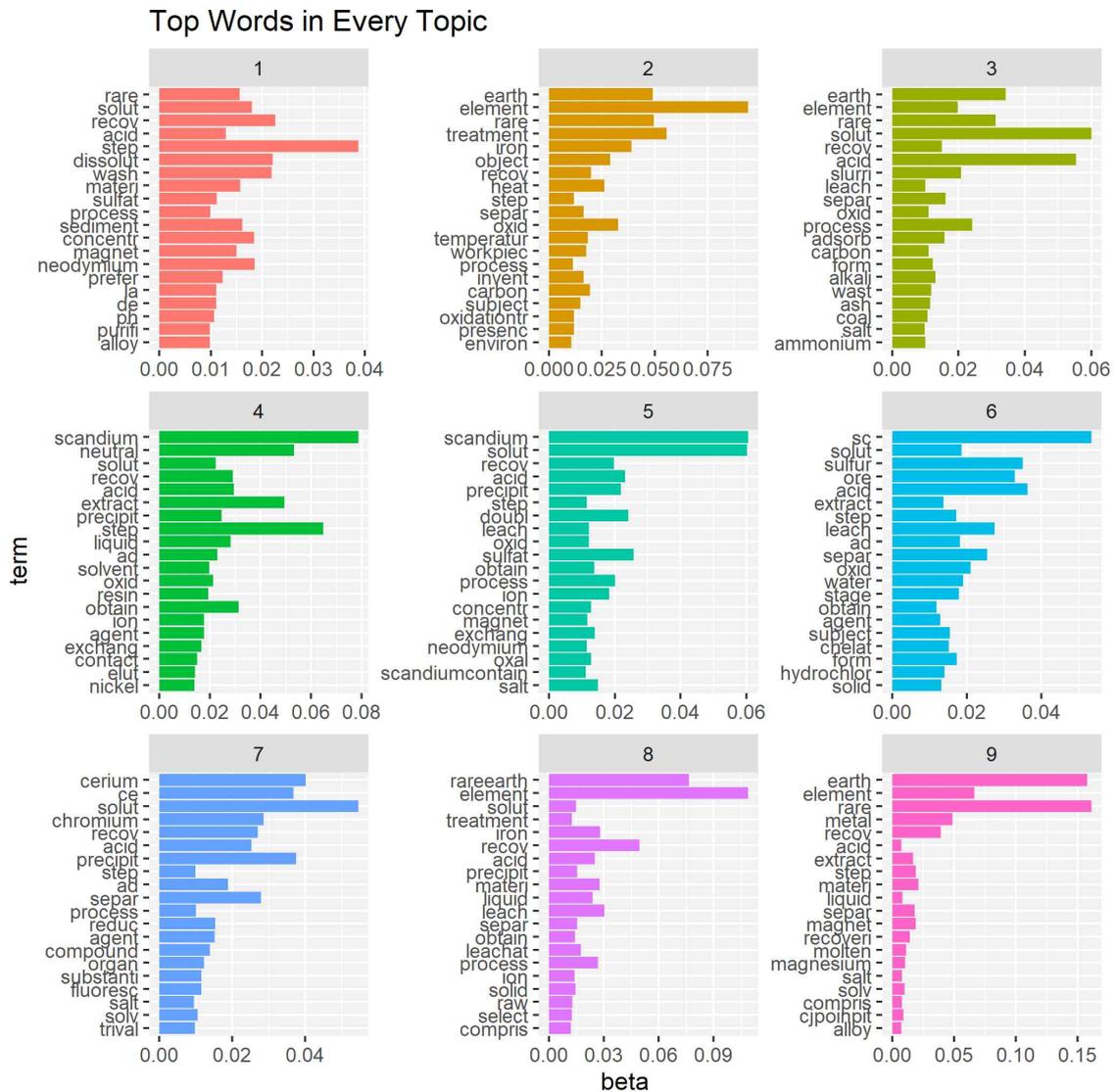
- 희토류원소 회수 및 소재화 분야 관련 특허소송 이력은 검색되지 않음
  - 따라서 국내기업이 미국시장에 진입하는 경우, 해당 분야를 선점할 수 있을 것으로 판단

## 5. 요소기술 도출

### 가. 특허 기반 토픽 도출

- 214개의 특허의 내용을 분석하여 구성 성분이 유사한 것끼리 클러스터링을 시도하여 대표성이 있는 토픽을 도출

[ 희토류 원소 회수 및 소재화에 대한 토픽 클러스터링 결과 ]



## 나. LDA<sup>36)</sup> 클러스터링 기반 요소기술 도출

### [ LDA 클러스터링 기반 요소기술 키워드 도출 ]

No.	상위 키워드	대표적 관련 특허	요소기술 후보
클러스터 01	step, recover, dissolve, wash, neodymium, concentrate, solute, sediment, material, rare	<ul style="list-style-type: none"> <li>Method for selective recovery of at least one rare earth present in waste and waste recovery method implementing same</li> <li>Method for recovering neodymium</li> </ul>	미량 희토류 원소 회수기술
클러스터 02	element, treatment, rare, earth, iron, oxide, object, heat, recover, carbon	<ul style="list-style-type: none"> <li>Method for recovering rare earth elements</li> <li>Recovery method of rare earth</li> </ul>	미량 희토류 원소 회수기술
클러스터 03	solute, acid, earth, rare, process, slurry, element, separate, adsorb, recover	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acid digestion processes for recovery of rare earth elements from coal and coal byproducts</li> <li>Method for recovering scandium</li> </ul>	-
클러스터 04	scandium, step, neutral, extract, obtain, acid, recover, liquid, precipitate, ad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Method for recovering scandium</li> <li>Scandium recovery method</li> </ul>	-
클러스터 05	scandium, solute, sulfate, double, acid, precipitate, process, recover, ion, salt	<ul style="list-style-type: none"> <li>Method for recovering scandium from red mud from alumina production</li> <li>Method for recovering scandium from intermediate products formed in the hydrometallurgical processing of laterite ores</li> </ul>	-
클러스터 06	sc, acid, sulfur, ore, leach, separate, oxide, water, solute, ad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Method for separating and recovering y and eu</li> <li>Method for separating and recovering yttrium and nickel from solid oxide type fuel cell scrap</li> </ul>	-
클러스터 07	solute, cerium, precipitate, chromium, separate, recover, acid, ad, reduce	<ul style="list-style-type: none"> <li>Method for recovering cerium from chromium etching solution</li> <li>Method for improving gold recovery</li> </ul>	-
클러스터 08	element, rare earth, recover, leach, iron, material, process, acid, liquid, leachate	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rare earth element recovery method</li> <li>Method for recovering iron group element and rare-earth element, and apparatus for recovering iron group element and rare-earth element</li> </ul>	미량 희토류 원소 회수기술
클러스터 09	rare, earth, element, metal, recover, material, magnet, step, separate, extract	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apparatus and method for recovering rare earth metal from rare earth magnet</li> <li>Rare earth metal recovering material, and method for recovering rare earth metal</li> </ul>	친환경 희토류 자석 재활용기술

36) Latent Dirichlet Allocation

### 다. 특허 분류체계 기반 요소기술 도출

- 희토류원소 회수 및 소재화 관련 특허에서 총 9개의 주요 IPC코드(메인그룹)를 산출하였으며, 각 그룹의 정의를 기반으로 요소기술 키워드를 아래와 같이 도출

[ IPC 분류체계에 기반한 요소기술 도출 ]

IPC 기술트리		
(서브클래스) 내용	(메인그룹) 내용	요소기술 후보
(B09B) 고체 폐기물의 처리	• (B09B-003) 고체 폐기물의 파괴 또는 유용하거나 무해한 물질로의 전환	-
(B22F) 금속 분말의 가공; 금속분말로부터 물품의 제조; 금속분말의 제조	• (B22F-009) 금속분말 또는 그 현탁액의 제조; 특별히 그에 적용되는 장치 또는 장비	희토류 형광체 재활용기술
(C01F) 금속 베릴륨, 마그네슘, 알루미늄, 칼슘, 스트론튬, 바륨, 라듐, 토륨 화합물 또는 희토류 금속 화합물	• (C01F-017) 희토류 금속 화합물, 즉 스칸듐, 이트륨, 란탄 또는 란탄족의 화합물	-
(C22B) 금속의 제조 또는 정제	• (C22B-059) 희토류금속의 채취	-
	• (C22B-003) 습식법에 의한 광석 또는 농축물로부터의 금속화합물의 추출	-
	• (C22B-007) 광석 이외의 타 원재료, 예. 스크랩으로부터 비철금속 또는 그 화합물 추출을 위한 처리	-
(C25C) 금속의 전해제조, 회수 또는 정련방법; 그것을 위한 장치	• (C25C-001) 용액의 전기분해에 의한 금속의 전해제조, 회수 또는 정련	-
	• (C25C-003) 용액물의 전기분해에 의한 금속의 전해제조, 회수 또는 정련	-
(H01F) 자석; 인덕턴스(Inductance); 변성기; 자기특성을 위한 재료의 선택	• (H01F-041) 이 서브클래스에 포함된 장치의 제조-또는 조합에 특히 적합한 장치 또는 공정	희토류 자석소재 제조기술

## 라. 최종 요소기술 도출

- 산업·시장 분석, 기술(특허)분석, 전문가 의견, 타부처로드맵, 중소기업 기술수요를 바탕으로 로드맵 기획을 위하여 요소기술 도출
- 요소기술을 대상으로 전문가를 통해 기술의 범위, 요소기술 간 중복성 등을 조정·검토하여 최종 요소기술명 확정

### [ 희토류 원소 회수 및 소재화 분야 요소기술 도출 ]

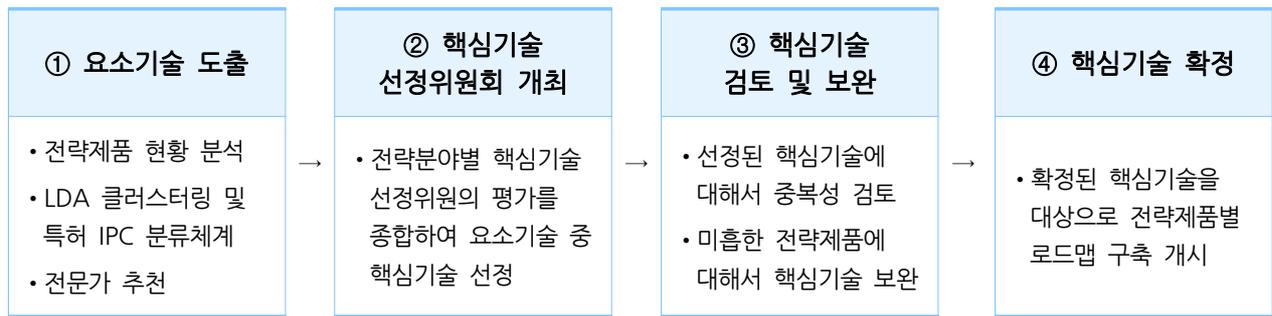
요소기술	출처
친환경 희토류 자석 재활용기술	특허 클러스tring, 전문가 추천
미량 희토류 원소 회수기술	특허 클러스tring, 전문가 추천
희토류 형광체 재활용기술	ICP 기술체계, 전문가 추천
희토류 자석소재 제조기술	ICP 기술체계, 전문가 추천
축매용 희토류 소재 제조기술	전문가 추천
희토류 첨가 고풍성 합금소재 제조기술	전문가 추천
희토류 저감 자석소재 제조기술	전문가 추천
희토류 대체 고성능 영구자석 제조기술	전문가 추천
희토류 저감 형광소재 제조기술	전문가 추천
희토류 연마제 제조기술	전문가 추천
희토류 레이저 소자 제조기술	전문가 추천
원자력용 희토류 소재 제조기술	전문가 추천
연료전지용 희토류 소재 제조기술	전문가 추천

## 6. 전략제품 기술로드맵

### 가. 핵심기술 선정 절차

- 특허 분석을 통한 요소기술과 기술수요와 각종 문헌을 기반으로 한 요소기술, 전문가 추천 요소기술을 종합하여 요소기술을 도출한 후, 핵심기술 선정위원회의 평가과정 및 검토/보완을 거쳐 핵심기술 확정
- 핵심기술 선정 지표: 기술개발 시급성, 기술개발 파급성, 기술의 중요성 및 중소기업 적합성
  - 장기로드맵 전략제품의 경우, 기술개발 파급성 지표를 중장기 기술개발 파급성으로 대체

#### [ 핵심기술 선정 프로세스 ]



### 나. 핵심기술 리스트

#### [ 희토류원소 회수 및 소재화 분야 핵심기술 ]

핵심기술	개요
미량 희토류원소 회수기술	• 폐 제품내 미량 포함되어 있는 희토류원소의 회수기술 (습식 재활용, 분리)
희토류 저감 형광소재 제조기술	• 상용 희토류 형광체와 동일 성능을 갖는 희토류 저감형 형광소재 제조 기술(고휘도, 전이금속 형광체, 저희토유 함유 형광체, 다공질 실리카, 양자점)
희토류 대체 고성능 영구자석 제조기술	• 상용 희토류 자석과 유사한 성능을 갖는 희토류 미포함 영구자석 소재 제조 기술(나노복합자석, 질화물 자석)
연료전지용 희토류 소재 제조기술	• 연료전지용 고체 전해질 소재 제조 기술(연료전지, SOFC, 전해질)
촉매용 희토류 소재 제조기술	• 고효율 희토류 촉매 제조 기술(촉매, 희토류 산화물, 코팅)

### 다. 중소기업 기술개발 전략

- 폐제품 및 공정부산물 활용 희토류원소 회수기술 개발을 통한 안정적 수급 확보
- 국내 희토류 자원의 부재 상황에서 정부/중소기업 중심으로 희토류원소의 회수 및 소재개발 추진 필요
- 고성능 소재 및 희토류 대체·저감 소재 개발을 통한 기술경쟁력 확보

### 라. 기술개발 로드맵

#### (1) 중기 기술개발 로드맵

[ 희토류 원소 회수 및 소재화 분야 중기 기술개발 로드맵 ]

희토류 원소 회수 및 소재화	희토류 원소 회수 및 소재화 제조 기술 개발 및 사업화			
	2021년	2022년	2023년	최종 목표
미량 희토류원소 회수기술*				미량 희토류 원소 회수 기술 개발 및 사업화
희토류 저감 형광소재 제조기술				희토류 저감 형광 소재 개발 및 사업화
희토류 대체 고성능 영구자석 제조기술				희토류 대체 고성능 영구자석 소재 개발 및 사업화
연료전지용 희토류 소재 제조기술				연료전지용 희토류 소재 개발 및 사업화
축매용 희토류 소재 제조기술				축매용 희토류 소재 개발 및 사업화

\*표시는 생태계 취약 기술 표시

(2) 기술개발 목표

- 최종 중소기업 기술로드맵은 기술/시장 니즈, 연차별 개발계획, 최종목표 등을 제시함으로써 중소기업의 기술개발 방향성을 제시

[ 희토류 원소 회수 및 소재화 분야 핵심요소기술 연구목표 ]

핵심기술	기술요구사항	연차별 개발목표			최종목표	연계R&D 유형
		1차년도	2차년도	3차년도		
미량 희토류원소 회수기술	희토류 회수기술	미량 희토류 회수기술 최적화	미량 희토류 원소회수기술 확립	미량 희토류 회수기술 공정화	미량/고효율 희토류 회수 기술개발	산학연
희토류 저감 형광소재 제조기술	희토류 저감 형광소재	희토류 저감 형광소재 기술 최적화	형광소재 물성 연구	희토류 저감 형광소재 기술 확립	희토류 저감 형광소재 개발	산학연
희토류 대체 고성능 영구자석 제조기술	영구자석용 희토류	영구자석용 희토류 기술 최적화	희토류 대체 영구자석용 소재 물성연구	희토류 대체 영구자석 기술 확립	희토류 대체 고성능 영구자석 소재 개발	산학연
연료전지용 희토류 소재 제조기술	연료전지용 희토류	연료전지용 희토류 기술 최적화	연료전지용 희토류 소재 물성연구	연료전지용 희토류 소재기술 확립	연료전지용 희토류 소재 개발	산학연
촉매용 희토류 소재 제조기술	촉매용 희토류	촉매용 희토류 기술 최적화	촉매용 희토류 소재 물성연구	촉매용 희토류 소재 기술 확립	촉매용 희토류 소재 기술 개발	산학연



전략제품 현황분석

# 친환경 합성섬유

(바이오매스, 리사이클, 생분해성 섬유)





## 친환경 합성섬유(바이오매스, 리사이클, 생분해성 섬유)

### 정의 및 범위

- 친환경 섬유소재는 환경적으로 유해하거나 위협을 주지 않는 섬유로 환경보존 및 정화, 환경 개선에 기여하는 특징을 갖고 있고, 바이오매스, 리사이클, 생분해성의 기능을 가지는 천연 또는 합성 섬유소재를 의미
- 친환경 합성섬유는 친환경 특성을 가지나 제조방법은 합성섬유의 공정을 따르는 합성섬유를 말하며, 친환경 합성섬유 소재에는 바이오매스 합성섬유, 리사이클 합성섬유, 생분해성 합성섬유 등이 있음

### 전략제품 관련 동향

시장 현황 및 전망	제품 산업 특징
<ul style="list-style-type: none"> <li>• (세계) 세계 친환경 섬유 시장의 규모는 2018년 375억 2,000만 달러에서 2024년 636억 2,100만 달러로 연평균 9.2%로 성장할 것으로 전망</li> <li>• (국내) 국내 섬유류 시장규모는 2018년 39조 3,930억 원에서 2024년 35조 3,250억 원으로 연평균 -1.8%로 성장할 것으로 전망</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 최근 환경 문제가 지속적으로 이슈화되면서 섬유 분야에서도 환경을 보존하기 위한 친환경 합성섬유 기술개발에 많은 노력을 기울이고 있음</li> <li>• REACH 프로그램의 세계적 확산으로 인해 섬유 의류산업에서 사용되고 있던 많은 화학물질이 규제 대상으로 확인되었고, 화학물질 관리 방식이 전환되고 있음</li> </ul>
정책 동향	기술 동향
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 우리나라 생분해성 제품은 1회용품 사용규제 대상에서 제외, 폐기물 부담금 제외하고 있음</li> <li>• 전 세계적으로 폐플라스틱과 미세플라스틱으로 인한 환경오염이 심화되어 일회용 플라스틱 제품 사용규제를 강화하고 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 바이오매스 기반 섬유 소재의 경우 친환경성, 생분해성 등이 강점이며, 수요산업의 요구가 확대되고 있으나 가격 경쟁력 한계 극복이 중요해 신공법 및 복합화 기술 확보 중</li> <li>• 오염 또는 유해 화학물질 사용, 배출 최소화하는 고효율 친환경 혁신 공정기술 연구개발 중</li> </ul>
핵심 플레이어	핵심기술
<ul style="list-style-type: none"> <li>• (해외) Patagonia, Adidas, Nike, Gore, H&amp;M,</li> <li>• (대기업) 효성, 삼성물산, 코오롱, SK케미칼, 덕성</li> <li>• (중소기업) 비와이엔블랙야크, 세진플러스, 벤트윈</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 재생 폴리에스테르 섬유제조 기술</li> <li>• 바이오매스 유래 원료 활용 복합섬유제조 기술</li> <li>• 생분해성을 가지는 친환경 섬유제조 기술</li> <li>• 재활용이 가능한 섬유 강화 수지 제조 기술</li> </ul>

### 중소기업 기술개발 전략

- 수입 의존도가 높은 바이오매스, 리사이클, 생분해성 섬유제품의 원료와 섬유소재개발이 시급하며, 제조공정 기술개발을 통한 국내 자립화가 필요
- 기능 고부가가치의 응용제품 생산기반 강화와 공정상 오염물질 발생을 최소화할 수 있는 친환경 염색가공 기술 확보를 통해 섬유산업 선진화 필요
- 친환경 합성섬유 원료부터 제품화까지 원천기술 확보로 국내 친환경 섬유 기술력 강화 및 글로벌 시장 진출 확대 필요

# 1. 개요

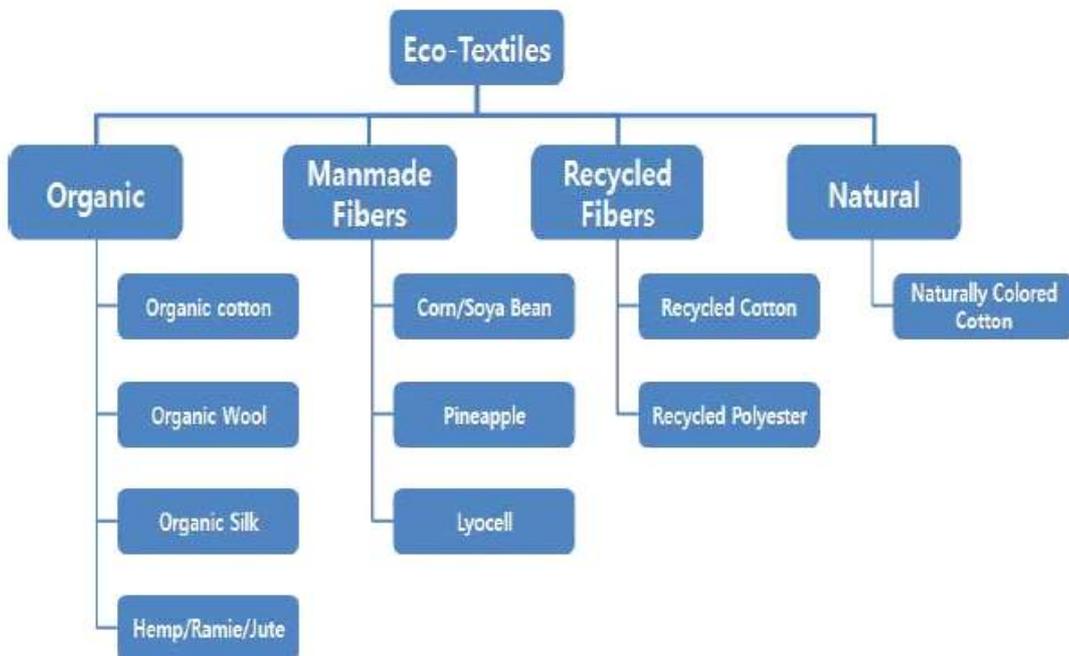
## 가. 정의 및 필요성

### (1) 정의

□ 친환경 섬유소재는 환경적으로 유해하거나 위협을 주지 않는 섬유로 환경보존 및 정화, 환경 개선에 기여하는 특징을 갖고 있고, 바이오매스, 리사이클, 생분해성의 기능을 가지는 천연 또는 합성 섬유소재를 의미

- 소재 측면에서 친환경 섬유는 유기농 섬유, 인조섬유, 재활용 섬유, 천연섬유 등으로 분류할 수 있음

[ 친환경 섬유 소재 ]



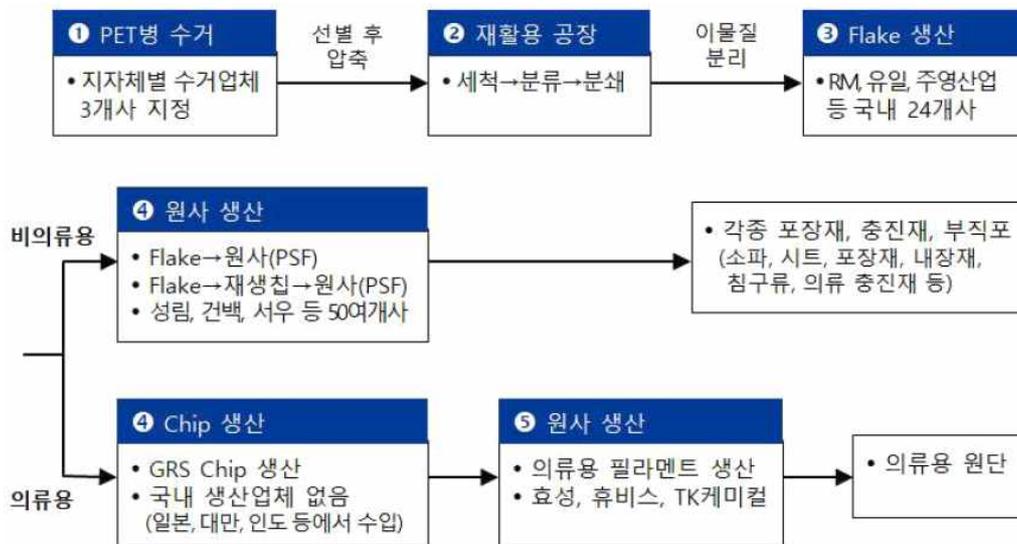
\* 출처: 친환경 섬유 기술 개발동향, 한국섬유개발연구원

□ 친환경 천연섬유는 자연에서 재배한 혹은 천연자원에서 얻은 섬유를 말하며, 면, 양모, 실크의 셀룰로오스계 섬유와 단백질계 섬유가 있음

- 유기농 면, 유기농 실크, 유기농 실크 등이 대표적이며 재배에 사용되는 화학비료를 제제하고 유기농 기준을 설정하여 원료 확보
- 기타 천연 친환경섬유로 셀룰로오스 계 또는 단백질 계로 구분할 수 있고 셀룰로오스 계에는 바나나 줄기, 코코넛, 대나무, 닥나무 등이 있으며, 단백질 계에는 땅콩, 인지오(옥수수), 대두 등으로 구분

- 친환경 합성섬유는 친환경 특성을 가지나 제조방법은 합성섬유의 공정을 따르는 합성섬유를 말하며, 친환경 합성 섬유 소재에는 바이오매스 합성섬유, 리사이클 합성섬유, 생분해성 합성섬유 등이 있음
- 리사이클 친환경 섬유는 사용 완료된 제품이나 제조 공정에서 발생된 부산물을 원 재료로 재이용하는 새롭게 생산된 제품을 말하며, 더 나아가 친환경 저탄소 리사이클 제품은 제품의 라이프 사이클 전체에서 에너지 절감, 저탄소, 유해물질 감소, 환경정화 및 폐기물 감소에 대한 환경부하를 저감시키는 제품을 의미
  - 대부분 차지하는 리사이클 섬유로는 PET가 있으며 티셔츠 한 벌을 제조하기 위해 12개의 PET 공병이 필요
  - PET 이외도 나일론도 폐 나일론을 이용 재활용 나일론 생산하는 기술이 개발된 상태
  - 폐기 면을 재활용하여 공정 일부에 혼합하여 재 방적하는 방식으로 활용

[ PET 리사이클 섬유 생태계 ]



\* 출처: 섬유산업에 부는 리사이클 바람, 한국섬유산업연합회, 2019

## (2) 필요성

### ◎ 친환경 섬유소재 및 제조 공정

- 친환경 및 지속가능성이 수요기업들의 소재 선택의 주요 기준으로 빠르게 전환됨에 따라 바이오매스 유래, 생분해성, 리사이클 소재 등 친환경 섬유소재 및 제조 공정, 인증 확보가 시장 경쟁력의 핵심요소로 대두되고 있음
- 원료-소재-제품에서 폐기에 이르는 전 공정에서의 환경 및 인체 유해물질 배제 요구가 확산됨
  - EU REACH, ZDHC 유해물질 배출규제, 화학물질관리법, BlueSign, SAC Higg Index, 스톡홀름 협약 발효 및 적용 중에 있어 이에 대한 대응 기술이 빠르게 진행 및 개발 중이며, 수요기업의 요구와 선진국의 새로운 보호무역 수단으로 빠르게 확산 중
- 나이키 등 주요 수요 브랜드들의 친환경 소재 및 공정 제품 적용 확대에 따라 바이오매스 기반 섬유, 리사이클 섬유, 생분해성 섬유 등의 친환경 섬유 소재 및 제품에 대한 실질적인 수요가 지속 확대 중에 있으며, 많은 소재, 제품화 기업들이 가격경쟁력과 물성이 우수한 리사이클, 바이오매스 유래 섬유 및 제품을 사업화 중
- 수요기업의 요구와 환경 기술규제 강화 추세로 인해 제조공정 전 과정(소재 → Fabrication → 염색가공 등)에서의 친환경화, 가격 대비 성능과 물성이 우수한 친환경 소재·제조공정, 제조설비의 혁신을 통한 친환경 제조 기술 전 분야 투자 확대와 인증 확보가 필요

### ◎ 플라스틱 문제 해결을 위한 활동

- 폐플라스틱과 미세플라스틱으로 인한 환경오염이 심화되어 세계적으로 일회용 플라스틱 제품 사용 규제를 강화하고 있음
  - EU에서는 플라스틱 그릇, 식기, 음료 막대, 병, 물티슈, 봉지, 포장지, 면봉, 빨대, 풍선 막대 등 일반인이 가장 많이 사용하는 10개 플라스틱 제품 사용을 금지하는 법안을 2021부터 발효하여, 2025년까지 각 회원국은 전체 유통되는 플라스틱 음료수 병 중 90% 이상을 수거해야 함
  - EU의 플라스틱 전략은 △플라스틱 제품 재활용 △플라스틱 폐기물 발생량 감축 △투자 및 혁신 유도 △글로벌 대응으로 구분되며, 이를 통해 2030년까지 플라스틱 분리수거 및 재활용 산업 분야에서 20만 개의 일자리를 창출한다는 목표를 제시
  - 현재 프랑스, 이탈리아, UAE, 파키스탄, 인도 등 산화 생분해 플라스틱(Oxo-degradable bioplastic) 포장재 사용에 대한 법령을 제정하는 중

## [ 국내외 플라스틱 제품 관련 환경 규제 현황 ]

구분	주요 내용
한국	[환경부 고시] · 생분해성 제품은 1회 용품 사용규제 대상에서 제외, 폐기물 부담금 제외 · 생분해성 제품: 환경기술개발 및 지원에 관한 법률, 제1조에 따른 생분해성 수지 제품으로 환경표지 인증을 받은 제품
유럽	· 일회용 플라스틱 제품 사용규제를 위한 지침 제정안 2021년부터 발효 · 일회용 플라스틱 제품의 사용 금지 · 2025년부터는 PET 음료병의 25%는 재활용된 플라스틱으로 제조해야 하고, 2030년부터는 모든 플라스틱병의 30%는 재활용 플라스틱으로 제조 · 2029년까지 플라스틱병의 90%를 의무적으로 수거
미국	· 캘리포니아주, 식품판매점에서 비닐봉지 제공 금지('16) · 식당에서 플라스틱 빨대 사용 금지('18) · 하와이주, 플라스틱 봉투 사용 금지('15.7) · 시애틀, 식당에서 빨대, 포트, 접시 등의 플라스틱 사용 금지('18) 위반 시 벌금 부과(250\$) · 텍사스, 플라스틱 봉투 사용 시 벌금 부과(5c/장)
중국	· 길림성, 비분해성 봉투 사용 금지('15.1): PLA 35%(15년) 30%(16년) 이상 사용
일본	· 일본은 플라스틱 사용에 대한 법적 규제는 따로 없지만, 민간차원으로 플라스틱 관련 협회에서 만든 규정을 업체와 국민이 자율적으로 준수
프랑스	· 비분해성 일회용 쇼핑 봉투 사용규제('16.7), 바이오매스 함량 30% 봉투만 사용('17.1) · 2020년부터 플라스틱 컵과 접시 사용 금지
이탈리아	· 비분해성 봉투 사용규제 시행('14,10):90% 이상 쇼핑백에 사용 중(세계 최대 시장)

\* 출처 : 생분해성 바이오플라스틱 생산기술과 산업동향, 한국산업기술평가관리원, 2019

□ 분해되지 않는 플라스틱으로 인한 환경문제를 해결하기 위해 전 세계 30여 개의 글로벌 기업(BASF, DSM, Dow, Braskem, ExxonMobil, Total, Shell, Mitsubishi Chemical Holdings, Mitsui Chemicals, Procter & Gamble 등)들은 해양 폐플라스틱 감소 및 제거를 위한 솔루션을 증진하는 '플라스틱 쓰레기 제거 연합(AEPW, Alliance to End Plastic Waste)'을 결성함

- AEPW는 5년간 15억 달러 투자를 목표로 하며, 플라스틱 쓰레기 최소화를 위한 새로운 솔루션 개발은 물론, 폐플라스틱 재활용을 통해 순환경제에 기여하는 솔루션 또한 가속화할 예정

◎ 업사이클링 분야

- 순환경제(Circular Economy)<sup>37)</sup>의 핵심은 의류 폐기물 처리
  - 전 세계에서 매년 5,300만 톤의 섬유가 생산되고, 그중 70%가 폐기 및 소각 처리, 1% 미만이 업사이클링(리사이클링)에 활용
  - 의류 폐기물량을 줄이는 업사이클링은 물 사용량 및 온실가스 배출량 감축보다 소비자에게 가시적인 의사소통이 가능한 해결책으로 주목
  
- 업사이클링 확대를 위해 공급망 및 디자인 접근 방식의 변화 필요
  - 효율적인 업사이클링 시스템 구축을 위해 투명하고 단순화된 수직통합(vertical integration)\* 공급망으로 전환 필요
    - \* 원재료 생산에서 최종제품 판매까지 기업의 모든 경영활동 단계를 체계적으로 통합한 시스템으로 한 단계 내에서 이뤄지는 수평적 통합(horizontal integration)과 대비되는 개념
  - 한정된 조건(소재, 컬러, 사이즈 등)에서 브랜드별 특성에 맞는 소재 가공 및 소싱을 통해 재활용 소재를 활용하는 창의적 디자인 접근 필요
  
- 리사이클 소재 함유량의 추적 가능한 근거 확보, 생산 공정의 친환경성 평가(에너지 절감, 탄산가스 저하, 유해물질 감소 등), 재활용 소재 및 제품의 품질, 내환경성 및 신뢰성을 복합적으로 평가할 수 있는 표준화된 인증제도 개발도 요구
  - 환경보호가 지속적으로 대두되면서 친환경 리사이클 폴리에스테르 원단을 찾는 바이어가 늘어나 친환경 섬유 수요가 급증하여 패션 시장을 주도할 전망
  - 특히 해외 유명 브랜드의 에코 트렌드에 주목하고 있으며, 국내 합섬 원사 메이커들은 리사이클 폴리에스테르의 품질 개선에 집중

37) 자원 채취를 통해 제품을 대량생산하고 사용 후 폐기하는 선형경제(Linear Economy)와 대비되는 개념으로 자원절약과 재활용을 통해 지속가능성을 추구하는 친환경 경제 모델

## 나. 범위 및 분류

### (1) 가치사슬

- 고유가, 자원고갈 등에 대한 사회적 우려 증대와 지속적인 환경규제 강화로 친환경 산업구조로의 전환, 친환경 및 에너지 저감 등에 대한 국내 섬유산업의 대응력 강화가 필요
  - 섬유산업은 에너지 고효율 및 저에너지 생산 공정 도입, 에너지 저감 친환경 신소재 개발, 자원 순환형 소재 및 제품 개발 등으로 전환 필요
  - 친환경 기능성 섬유제품에 대한 수요 증가가 기업들에게 틈새시장 개척을 통한 새로운 수익 창출의 기회로 작용
- 국내 섬유사업 관련 업종은 대부분 영세 중소기업의 형태이고, 대상 소재가 다양하여 글로벌 환경 규제 및 기후변화에 대한 발 빠른 대응이 어려운 실정
  - 국내 섬유업계는 RoHS, REACH 등 제품 환경 규제, 기후 변화협약에 따른 온실가스 저감 등 국제 정세에 소극적 대응
  - 기존 주력산업의 경쟁력을 환경적 요소와 결합하여 신시장을 만들어내는 시너지 효과 창출은 매우 취약

#### [ 친환경 합성섬유 분야 산업구조 ]

후방산업	친환경 합성섬유 분야	전방산업
첨단 신소재, 친환경 합성섬유 소재, 기능성 바이오 소재 등	바이오매스, 리사이클, 생분해성 섬유 등	포장재, 자동차 부품, 생활용품, 친환경 의류, 섬유제품 등

## (2) 용도별 분류

친환경 합성섬유 제품은 원천 소재, 중간재, 제품, 기타 등으로 분류할 수 있음

[ 친환경 합성섬유 용도별 분류 ]

	용도	제품/기술
친환경 합성섬유	원천소재	용융 셀룰로오스 소재, 생분해 친환경섬유소재, 비석유계 섬유소재
	중간재	자동차 내장재, 비할로겐 난연재, 소음 방지섬유소재, 섬유여과재, 무공해접착섬유소재, 폐섬유 리사이클 소재, 충전재
	제품	유아동용 섬유, 바닥보강용 섬유제품, 친환경 유기농 섬유제품, 원적외선 방출, 항균, 통기성을 감미한 아웃도어제품
	기타	에너지, 용수 폐수 절감 공정기술, 염액 재활용 기술, NBT융합 천연소재 기술

## (3) 기술별 분류

친환경 섬유소재 분야

- 환경 이슈에 대한 대응 소재는 수요산업(소비자)의 인지도와 요구가 높음
- 바이오매스 기반 섬유 소재의 경우 친환경성, 생분해성 등이 강점이며, 수요산업의 요구가 확대되고 있으나 가격 경쟁력 한계 극복이 중요, 신공법 및 복합화 기술 확보 필요

친환경 공정 및 시스템 분야

- 오염 또는 유해 화학물질 사용, 배출 최소화하는 고효율 친환경 혁신 공정기술
- 섬유, 화학, 기계산업이 융합된 친환경 공정기술과 공정설비의 혁신이 중요

[ 친환경 섬유 기술별 분류 ]

구분	기술 분야	기술	비고
친환경 섬유	친환경 섬유소재 분야	천연·유기농 섬유	Cotton, Wool, Silk, Linen, Pineapple
		재생 섬유	Soy Bean, Bamboo, Tencel™
		재활용 섬유	Recycled cotton, Recycled PET, Recycled Nylom
		바이오매스 기반 합성/반합성 섬유	PLA, Thermoplastic Cellulose, PEF
		바이오매스 기반 친환경 고분자	Ecozen, LEGO Bricks, Plantbottle
	친환경 공정 및 시스템 분야	공정 설비 구축	에너지 절감, 대기오염 관리, 폐기물 관리, 작업환경 개선
		염색 공정 기술	초임계 유체 염색법, 염색 가공용 설비, 저욕비 염색 및 친환경 염료
		친환경 가공 기술	PEC(과불화합물)배제 섬유 제조
	Eco-Circle(재활용) 시스템	PET 재활용 공정기술 내 협업	

- 친환경 섬유는 적용 분야 및 기술에 따라 신재생/재활용/생분해성 소재, 건강/안전/청정 소재, 천연원료 응용 소재, Green 산업용/생활용 제품 및 기술로 분류

[ 제품분류 관점 기술범위 ]

구분	적용분야	제품/기술
친환경 섬유	신재생/재활용/생분해성	비석유계 원료 섬유소재, 자연순환 자원 바이오섬유, 생분해성 섬유소재, 리사이클링 섬유소재
	건강/안전/청정 소재	유해생활환경 차단 섬유, 유아동용 섬유, 무독성 난염 소재, 건강기능성 침장제품, 무공해접착 복합섬유소재, 그린 염색기술
	천연원료 응용 소재	용융 방사 셀룰로오스 제조 기술, 친환경 천연펄프 regenerated섬유, NBT융합 천연섬유, 다기능 천연섬유 복합소재, 한지소재응용제품, 친환경 유기농
	Green 산업용/생활용 제품	그린 위생재 섬유, 환경기능성 바닥장식재, 자동차 내장재, 액체정화 산업용 섬유

- RDS(Responsible Down Standard) 규제 대응 충전재용 복합섬유소재

- 겨울철 수요가 많은 다운 충전재 소재를 친환경 소재로 대체 제조하는 기술
- 천연다운소재 동등수준 이상의 물성 확보가 중요
- 동절기용 패딩섬유 의류제품, 이불, 쿠션, 매트리스, 소파, 자동차 시트 충전재 등에 적용 가능

[ RDS 규제대응 충전재용 복합섬유 ]



\* 출처 : 친환경 섬유 기술동향 및 전망, 한국산업기술평가관리원, 2020

- 셀룰로스 장섬유 부직포

- 친환경 셀룰로스를 필라멘트 상태로 방사하여, 연속으로 부직포를 제조하는 기술
- 고농도 셀룰로오스 방사도프, 장섬유 방사 및 부직포 제조 기술 확보 필요
- 친환경 위생재, 화장품·의료용 소재, 자동차 내장재, 보호복 등으로 다양하게 활용 가능

[ 친환경 셀룰로스 장섬유 부직포 응용분야 ]



\* 출처 : 친환경 섬유 기술동향 및 전망, 한국산업기술평가관리원, 2020

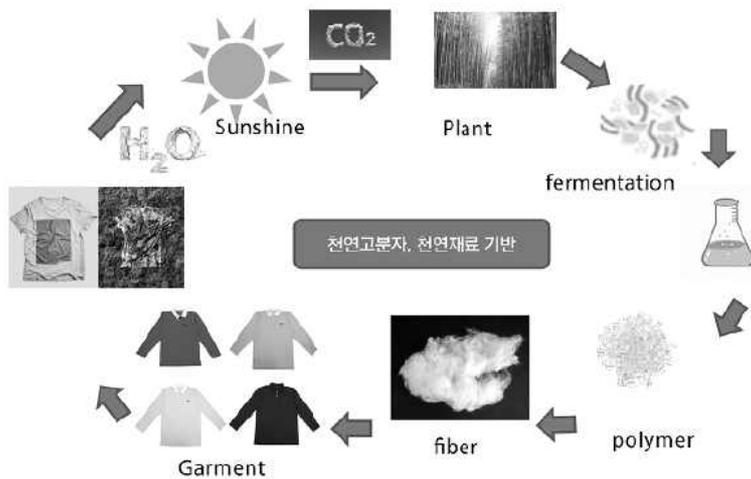
□ RCS, GRS 대응 친환경 혼방소재

- 섬유류 산업분야에서 수요가 제일 많은 폴리에스터/면 혼방소재를 재활용 면/리사이클 폴리에스터 친환경 혼방 소재로 대체 개발
  - \* RCS(recycled claim standard), GRS(global recycled standard)
- 섬유 폐기물에서 면섬유를 추출하여 섬유화, 직편물 제조, 글로벌 기준인 RCS, GRS에 대응하는 면섬유 제조 기술 확보 필요

□ 천연재료기반 재생섬유 제조 기술

- 천연고분자 기반 개질/합성된 바이오매스 수지와 기존 섬유계 합성섬유의 컴파운딩 기술로 생분해 속도 제어가 가능한 섬유소재 개발
- 미세 플라스틱 이슈 대응 친환경 의류제품과 위생재 등 생활용 섬유제품 활용 가능

[ 천연재료기반 섬유소재 및 제품 순환 개념 ]



\* 출처 : 친환경 섬유 기술동향 및 전망, 한국산업기술평가관리원, 2020

□ 바이오 PU(polyurethane) 소재(섬유, 가공용 수지)

- 자원순환형 원료(바이오 폴리올/이소시아네이트)를 이용한 바이오 PU계 소재, 중간재(코팅, 라미네이팅 필름, 멤브레인, 직편물 등) 및 섬유기반 제품(차량 내장재, 위생용품, 신발, 인테리어 내외장재, 의류 등) 생산 기술. 고바이오매스 함량, 물성과 기능성을 동시 만족하는 제조 기술 확보 필요

[ 바이오매스 기반 친환경 소재 및 제품 ]



\* 출처 : 친환경 섬유 기술동향 및 전망, 한국산업기술평가관리원, 2020

□ 섬유폐기물의 업사이클 기술

- 섬유의류 폐기물 물리·화학적 리사이클 기술을 통한 소재 재활용 기술
- 폐자원 펄트 원료화, 부직포 제조, 소재 간 접합 및 복합화 기술 확보 필요

[ 천연 리사이클 소재를 활용한 제품 전시 ]



\* 출처 : 친환경 섬유 기술동향 및 전망, 한국산업기술평가관리원, 2020

□ 친환경 염색가공 기술

- 초임계유체 염색·가공, 디지털날염·가공, 대기압 플라즈마 가공, CPB 연속염색시스템 등 친환경 염색가공 기술 활용 확대 필요
- 생산공정 시스템과의 융합을 통한 스마트화

셀룰로스 나노섬유 복합재

- 친환경, 경량화, 안정성이 우수한 셀룰로스 복합재 개발에 대한 글로벌 경쟁 치열
- 셀룰로스 나노섬유 소재와 바이오매스 기반 수지를 복합화한 친환경, 고강도, 경량 소재로 자동차용 내장재 등에 수요가 증가. 자동차 내장재 수요산업 요구에 만족하는 물성 및 가격경쟁력 확보가 중요

생분해성 PP(Polypropylene) 소재 제조 기술

- 코로나 영향으로 인한 마스크용 PP 부직포(멜트블로운, 스펀본드) 소재 수요 급증으로 인한 생분해성 대체 소재 개발 필요
- 생분해성 제어기술과 기존 PP 대비 물성 및 가격 경쟁력 확보가 중요



## 2. 산업 및 시장 분석

### 가. 산업 분석

#### ◎ 친환경 소재를 이용한 섬유의 제조

- 최근 전 세계적으로 지구 온난화에 따른 온실효과로 이상기후 발생, 생태계 파괴 등 환경 문제가 지속적으로 이슈화되면서 섬유 분야에서도 환경을 보존하기 위한 친환경 합성섬유 기술개발에 많은 노력을 기울이고 있음
- 국내에서도 소비자의 생활수준의 향상과 더불어 국민의 건강과 직결된 환경문제에 대한 관심이 높아지고 이에 부응하는 기술개발과 생활환경을 통하여 건강한 삶의 질을 높여줄 수 있는 주제에 대한 관심이 높음
- 의복은 사람이 살아가는데 꼭 필요한 요소인 의식주 중 하나로 옷 한 벌을 만드는데 많은 양의 폐수가 발생되고 에너지가 소비되어 환경이 많이 오염된다는 것을 소비자들이 인식함

#### ◎ 친환경 섬유 지속가능성 관련 규제 강화 및 기준 상향

- 소비자가 지속가능성을 객관적으로 확인할 수 있도록 제품 정보의 투명성에 대한 요구 증가
  - 노르웨이 소비자위원회는 100% 친환경 소재를 사용한다고 광고한 H&M의 'Conscious Collection'에 대해 정확한 정보 제공 요청
  - 영국 광고심의위원회는 동물성 소재를 사용하지 않는다고 광고하는 비건(vegan) 패션 잡화브랜드 Matt&Nat의 과장된 재활용 소재 사용 광고에 경고 조치
- 브랜드(제품)의 지속가능성에 대한 정보 제공 서비스 및 친환경성을 측정, 평가하는 각종 인증 확대
  - 브랜드의 지속가능성 및 윤리성을 평가하는 'Good On you', 비윤리적 제품에 대한 정보를 제공해 불매를 확대하는 'Boycott' 등의 어플리케이션 등장
  - 지속가능의류연합(SAC)의 HIGG Index를 비롯해 OEKO-TEX, Bluesign, GOTs, ZDHL 프로그램, 일본 ECO마크 등 지속가능성을 평가하는 인증 및 프로그램 급증

#### ◎ 글로벌 섬유기업의 친환경 수요정책 및 이슈

- 글로벌 섬유기업의 친환경 규제 강화
- 소재다변화를 통한 수입대체
  - 수입에 의존하는 면섬유 대체소재 개발 요구

미세플라스틱 저감

- 천연재료(셀룰로스), 천연고분자 기반의 섬유개발에 의한 미세플라스틱 저감

[ 글로벌 섬유기업의 친환경 수요정책 ]

기업	2020-2021	2021-2023	2023-2025
H, Z사	· '25년까지 모든 의류 제품의 원료 및 소재를 친환경 섬유로 사용 · 유해물질 배출제로	· 친환경 셀룰로스 섬유 100% 이용, 리사이클 가능 섬유원사 이용	· 100% 지속가능한 면, 린넨, · 100% 재생 폴리에스터 이용
G7 패션팩트 참여 브랜드	· 2019년 8월에 열린 G7 정상회의에서 럭셔리, SPA, 스포츠 등 32개 회사 150여 개 브랜드가 기후변화 문제를 위해 노력한다는 내용으로 '패션 팩트(Fashion Pact)'라는 이름의 자체 협약을 체결. 전 세계 32개 글로벌 섬유기업들이 모여 2030~2050년까지 섬유산업이 기후 변화, 생물 종 다양성, 해양에 미치는 영향을 최소화하기 위해 친환경 섬유 사용 전환 협약 · 150여 개 섬유기업 브랜드 대표들이 협정서에 서명하였으며, 이에 따라 섬유기업 원부자재 "Material Choice"가 천연재료기반 섬유, 리사이클 섬유, 재생섬유를 100% 사용하게 될 예정임		
I사	· 재생 폴리에스터 비중 50%로 확대	· 2024년까지 100% 친환경 소재 사용	
G사	· 2024년까지 친환경 면 셀룰로스 100% 사용		
P사	· 친환경 면소재, 제조, 친환경 경영 방침 운영 지속		
T, W사	· 의류 벤더, 미국 바이어들은 친환경 인증을 받은 섬유소재의 공급을 요청하면서 2019년부터 친환경섬유 사용 권고 시작 · 미국은 의류 폐기량 세계 1위 오명국가, 친환경섬유 함유량이 높으면 세제감면 혜택 부여		

\* 출처 : 친환경 섬유 기술동향 및 전망, 한국산업기술평가관리원, 2020

2011년 그린피스의 섬유소재 생산 공정 실태보고서 발간을 계기로, 섬유소재의 생산과 이를 적용한 제품 생산 과정에서 사용되는 화학물질로부터 야기되는 환경오염, 인체 유해성 제기

- 글로벌 기업들의 제품 생산 전주기에 대한 화학물질 관리 및 안정성 강화 확산

REACH(Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals) 프로그램의 세계적 확산으로 인해 섬유산업에서 사용되고 있던 많은 화학물질이 규제 대상으로 확인되었고, 제품 출하단계에서 검출 확인단계를 거쳐서 섬유소재 및 의류제품 생산 공정에서 해당 화학물질이 검출되지 않도록 유도하여 궁극적으로 input 관리 방식으로 화학물질 관리 방식이 전환되고 있음

- ZDHC(Zero Discharge of Hazardous Chemicals)는 의류 및 신발산업에서 높은 품질의 제품과 안전한 화학물질의 사용을 통해 환경에 부담을 줄이는 지속가능한 화학지침(sustainable chemical practice)을 제공하는 것을 비전으로 삼아 모든 제품의 전주기에 걸쳐 유해한 화학물질의 zero discharge가 실현되도록 하는 정책 제시. 2019년 현재 30개 브랜드기업이 zero discharge 실현을 위한 기여자로 가입되어 있고, 18개의 단체 및 기관을 포함하여 151개사가 가입
- Global Recycled Standard(GRS)는 완제품의 재활용 원료 함량뿐만 아니라 환경적, 사회적, 화학적인 부분에 대한 준수 여부를 인증하는 기준임. 재활용 섬유 시장의 확대 및 브랜드의 요구 증가에 따라 전 세계를 대상으로, 섬유 원료 및 의류 산업에서 재활용 원료의 추적성을 증명하는 GRS 인증을 시작하였고, 한정된 자원의 효율적 사용과 지구 온난화 방지 및 환경 보전을 위하여 많은 분야에서 재활용 공정이 이루어지고 있음
  - GRS는 재활용 원료의 함유량을 20~100%로 표시하는데 주로 polyester, nylon, cotton과 같은 원료의 재활용 방식에 따라 Post-consumer(소비재로 사용 후 다시 재활용 수거된 폐기물), Pre-consumer(소비재로 사용 전 공장의 폐기로 구분되어 수거된 폐기물)로 분류
  - Recycled Claim Standard(이하 RCS)는 5~100%의 재활용 원료를 사용한 제품에 적용되는 기준. 재활용 원료 출처 확인과 모든 생산 공정에 대한 추적관리를 통해 재활용 원료 사용 투명성을 증명

### ◎ 친환경 합성섬유 지속가능성과 소재 혁명

- 소비자의 환경 인식 개선 및 지속가능성 제품 선호
  - 새로운 소비추세로 부상한 밀레니얼·Z세대의 약 30%가 제품 구매 시 친환경성을 고려하고 더 비용을 지불하는 가치소비를 지향
  - 2020년 소비 트렌드 키워드 ‘Fair Player’로 인해 상품 자체의 가치 외에 브랜드의 선한 사회적 영향력이 중요한 소비 기준이 될 것으로 전망
- 바이어(브랜드)의 지속가능한 제품 선호도 및 수요 증가
  - 소비자의 건강, 안전, 환경보호에 대한 인식이 높아짐에 따라 중국을 비롯해 글로벌 시장에서 친환경 소재에 대한 수요가 급증
  - 영국 런던 친환경섬유 전시회 Future Fabrics Expo에는 친환경섬유인 대마, 라미, 린넨 등을 혼합한 제품이 계속 증가하는 추세
- 정부의 지속가능성 목표 제시 및 장려정책 활성화
  - 유럽연합은 재활용 장려를 위한 “순환경제패키지” 법안을 승인(\*18.5월), 혼합섬유 재활용을 연구하는 “Trash2Cash” 프로젝트에 10개국 참여
  - 중국 베이징은 소비자에게 녹색(친환경) 제품 구매 장려를 위해 3년간 에너지 절약 및 배출량 감축을 위한 소비 촉진 정책 발표(\*19년 1월)

□ 소재 혁명의 목적은 지속가능한 섬유류산업 생태계 구축

- 신소재 개발방향은 기존 천연섬유를 혼합/재가공하는 방식과 미학에 기능성을 겸비한 지속가능한 첨단소재 위주로 개발
- 소재 혁명 키워드는 바이오 가공 가죽, 생분해성 섬유, 폐쇄루프(closedloop) 방식 재활용, e-텍스타일 등임
  - \* 폐쇄루프(closedloop) : 섬유 생산을 위한 재료 자원을 절약하고 생산된 섬유제품의 활용을 극대화하기 위해 공급망에서 발생하는 부산물을 생산단계에 재투입해 폐기물을 최소화하고, 폐기 단계에서도 환경에 영향을 최소화시키는 방식으로 처리하는 시스템

◎ 국내 섬유류 업사이클링은 초기 단계로 자생력이 미약

- 국내는 1~2년 전 업사이클링 개념이 도입, 소비자 수요에 따라 활성화될 수 있으나, 현재는 제품 경쟁력 강화나 매출 증대보다는 친환경적 이미지를 위한 마케팅 및 사회공헌 차원에서 실행 중
  - 국내 업사이클링 브랜드는 100여 개로 대다수가 4년 미만 스타트업, 연 매출 5천만 원 미만으로 전체 재활용제품 매출규모 5조 원의 0.01%에 불과함(경기연구원)

[ 국내외 섬유류기업의 업사이클링 사례 ]

구분	국내	국외
폐의류	<ul style="list-style-type: none"> <li>•(코오롱) 국내 최초 업사이클링 의류 브랜드 '레코드' 로 해외에서 주목</li> <li>•(이스트인디고) 폐의류 및 데님 소재를 가공한 패션제품 제작</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•(Raeburn) 폐의류와 조각원단을 재활용한 컬렉션을 선보이며 과소비를 줄이기 위해 무료 수선 서비스 제공</li> <li>•(Eileen Fisher) 중고의류를 회수해 리워드 지급, 업사이클링하는 Renew 프로그램 운영, 조각원단으로 소품 및 예술작품 제작 프로젝트 등 진행</li> </ul>
플라스틱	<ul style="list-style-type: none"> <li>•(노스페이스) PET병 재활용한 '에코 플리스컬렉션' 출시</li> <li>•(플리츠마마) 효성티앤씨와 협업해 PET병 재활용한 가방 제작</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•(Prada) 섬유기업 아쿠아필과 협력해 폐플라스틱으로 만든 Econyl 소재를 활용한 '리나일론프로젝트'</li> <li>•(Adidas) 해양환경보호단체 Parley for the Oceans와 협업해 해양 플라스틱 폐기물을 재활용한 소재로 운동화 및 신발끈 등 제작</li> </ul>
기타섬유 패션제품	<ul style="list-style-type: none"> <li>•(모어댄) 자동차 폐가죽 업사이클링 패션잡화 브랜드 '컨티뉴'로 화제</li> <li>•(큐클리프) 폐우산을 재활용한 패션제품 제작, 롯데백화점과 협업</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•(Burberry) 가죽 업사이클링 브랜드 Elvis &amp; Kresse와 협업, 폐가죽을 재활용한 가방 및 액세서리 판매 예정</li> <li>•(The Sway) 모든 제품을 폐가죽이나 자투리로 제작하며, 제조시설의 공정한 근무조건을 보장하기 위해 Sedex와 SA-8000 인증 확보</li> </ul>

\* 출처 : 2020년 섬유패션산업 성장의 키워드 제1편 : 지속가능성이 우선이다, 한국섬유산업연합회, 2020

## ◎ 중고의류 자원화 현황

- 중고의류를 소각·매립 등 폐기하지 않고 경제적 가치가 있는 순환자원화하는 방법으로 재사용(Reuse), 업사이클링(Upcycling), 다운사이클링(Downcycling) 등이 있음
  - (재사용) 중고의류를 그대로 또는 수선하여 재사용하는 것으로 온실가스 배출 등 환경편익이 가장 우수한 방안이며, 선진국 중심으로 DIY(Do It Yourself) 운동, 교환 및 공유 플랫폼 형태로 확산 중
  - (업사이클링) 단순 재사용 수준을 넘어 디자인과 첨단기술을 접목, 새로운 가치부여와 새로운 패션제품으로 재탄생시키는 방안으로, 디자이너 단독 또는 디자이너-브랜드 콜라보 형태로 추진되고 있음
  - (다운사이클링) 기계·화학공정을 통해 중고의류를 해체하여 사용 가능한 다른 형태의 재료로 재사용하는 방안으로, 주로 단열재, 청소포, 충전재 등 더 낮은 가치의 제품으로 활용되고 있음
- 전 세계적으로 중고의류의 약 25%는 재사용 또는 다운 사이클 등 재활용되며, 나머지는 매립, 소각되어 연간 1천억 불 규모의 처리 비용 발생
  - 재활용 방식의 대부분은 단열재, 청소포, 충전재, 부직포 등 낮은 가치로 다운사이클 되며, 이후 재사용 불가로 통상적으로 폐기됨
- 벨기에 디자이너 마틴 마르지엘라(Martin Margiela)는 중고의류 업사이클 패션의 선두 주자이며, 미국 Solmate Socks사는 중고 티셔츠로 양말을 생산하는 등 선진국 중심으로 다양한 업사이클링이 확대되고 있음
  - 홍콩 섬유연구원(HKRITA), 핀란드 알토大, 스웨덴 베스테로스 발전, 일본 Jeplan사 등은 중고의류·섬유에서 섬유용해, 셀룰로즈 분리, 바이오 연료추출 기술 등을 개발

## 나. 시장 분석

### (1) 세계시장

- 세계 친환경 섬유 시장의 규모는 2018년 375억 2,000만 달러에서 2024년 636억 2,100만 달러로 연평균 9.2%로 성장할 것으로 전망

[ 세계 친환경 섬유 시장 규모 ]

(단위: 백만 달러, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
세계시장	37,520	40,972	44,741	48,857	53,352	58,261	63,621	9.2

\* 출처: Research & Market, '에코파이버 시장 전망 보고서' 전망, 한국산업기술평가관리원 재가공, 2020

- 기존 식물 가격 변동성과 함께 환경에 대한 우려가 높아짐에 따라 세계 시장에서 친환경섬유 수요가 지속 확대될 것으로 분석
  - 합성 폴리머에 대한 엄격한 환경규제와 바이오매스 기반 소재에 대한 유리한 규제정책도 에코섬유 시장의 성장에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 예상
  - 특히, 온라인 섬유외류 소매시장 확대, 가처분 소득 증가, 고품질의 혁신적인 소재 개발 등이 성장률을 지속적으로 높이는 주요 원동력으로 분석
- 이와 함께 과거 노동집약적 가치 사슬에서 비용 효율적 구조에 초점을 맞추면서 업계도 기계와 장비에 대한 의존도가 높아질 것으로 예상
- 흡착·항균·통기·저자극·UV 차단·절연성 등 다양한 기능을 제공하는 친환경섬유에 대한 지속적인 개발이 의류 시장에서의 중요성을 더욱 높여줄 것임
- 2018년 기준, 합성 또는 재생소재 부분이 미국 친환경 섬유 시장 매출 점유율 61.7%를 차지
  - 인간과 환경에 미치는 해로운 영향을 최소화하기 위해 섬유와 산업 폐기물의 지속가능한 처리 중요성이 커지면서 재생섬유에 대한 수요 증가가 반영된 결과라는 분석
  - 천연유래 친환경섬유(Natural eco fiber)는 2018년 매출에서 22.6%를 차지하고 있으며, 광물, 동물 및 식물 공급원에서 얻어지고 전환되기 때문에 2025년까지 큰 폭으로 성장할 것으로 예상
- 친환경 섬유분야 주요 시장 플레이어들의 새로운 친환경 섬유 개발을 위한 지속적인 R&D 활동과 혁신적인 기술에 대한 신규 시장 참가자들의 투자 증가가 시장 성장에 기여할 것으로 전망
- 친환경 합성섬유의 활용분야는 생활용 및 의류용 이외에도 산업용 분야에서도 친환경 합성섬유가 빠르게 성장하고 있으며 화학 산업, 자동차산업, 신재생에너지 분야 등에서도 친환경 합성섬유에 대한 수요가 증가

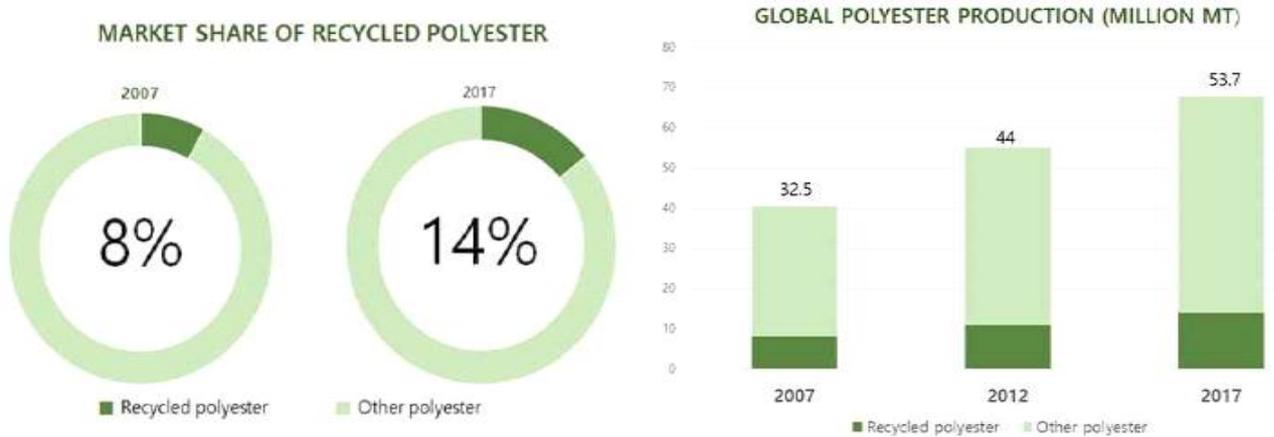
□ PET 생산 및 리사이클 현황

- 2018년 세계 PET 생산량은 7,930만 톤으로, 이중 5,550만 톤이 섬유 및 필라멘트 응용분야에 사용
- 2018년 PET Bottle 수거량 1,280만 톤 중 PET 병의 플레이크 생산과정에서 220만 톤이 소실되고 플레이크 중 56%가 섬유에 사용(약 590만 톤)

□ 폴리에스터 섬유 생산 및 리사이클 현황

- 폴리에스터는 가장 널리 사용되는 섬유로서, 2017년 세계 전체 섬유 생산량의 약 50%를 차지(약 5,300백만 MT)
- 폴리에스터 시장에서 리사이클 폴리에스터 시장 점유율은 2007년 8%에서 2017년 14%로 증가하였고, 2017년 기준 리사이클 폴리에스터 시장에서 필라멘트 점유율은 약 4%인데 반해 PSF(Polyester Staple Fiber)는 약 36%를 차지

[ 폴리에스터 섬유 생산 및 리사이클 현황 ]



\* 출처 : Preferred Fiber & Materials Market Report 2018, Textile Exchange

- 미국의 비영리섬유단체인 Textile Exchange에 따르면 2030년 재활용 Polyester 시장 규모는 전체 시장의 20%가 될 것으로 전망함

## (2) 국내시장

- 전 세계적으로 환경에 대한 관심이 높아지면서 국내의 섬유업계의 친환경 합성섬유에 대한 개발 노력도 활발하게 진행
- 친환경 합성섬유는 환경보존 및 정화, 환경개선에 기여하는 제품으로 제조과정에서 이산화탄소 발생량을 30% 줄이는 것은 물론 석유자원 사용을 줄이고 에너지 발생량을 감소
- 국내 섬유류 시장규모는 2018년 39조 3,930억 원에서 2024년 35조 3,250억 원으로 연평균 -1.8%로 성장할 것으로 전망
  - 국내 친환경 섬유 시장은 초기 단계로 시장 규모는 아직 미비한 것으로 나타남

[ 국내 섬유류 시장규모 및 전망 ]

(단위: 억 원, %)

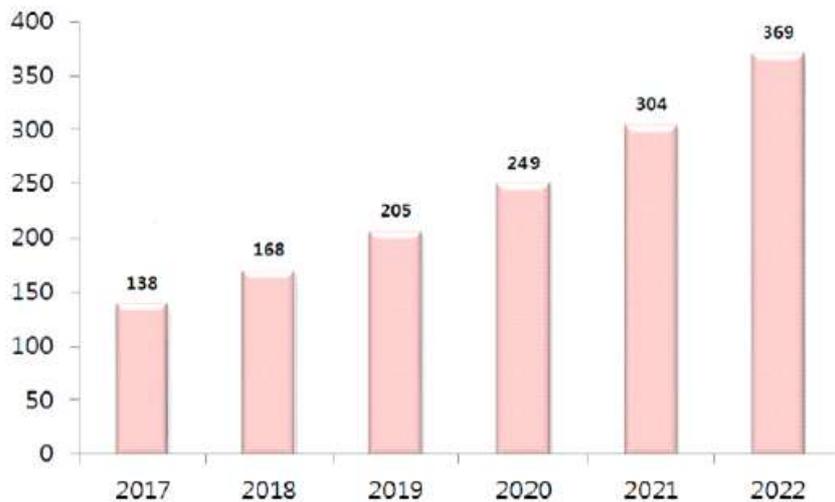
구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
국내시장	393,930	386,840	379,880	373,040	366,320	359,730	353,250	-1.8

\* 출처: 통계청 2018, 재구성

- 바이오플라스틱의 생산 규모는 2017년 138백만 톤에서 연평균 21.7% 성장하여 2022년 369백만 톤의 생산 규모를 형성할 것으로 예측

[ 국내 바이오플라스틱 생산 규모 및 전망 ]

(단위: 백만 톤)



\* 출처 : (사)한국바이오소재패키징협회, NICE평가정보 재가공, 2019

- 산업자원부에서는 섬유산업의 경우, 에너지 효율을 2020년에는 0.12수준으로 높이고 온실가스 배출량은 2007년 기준 50% 수준으로 낮추겠다는 목표치를 제시하며 섬유산업의 에너지 효율 향상 및 온실가스 절감을 위한 정책 제시

- 의류용 리사이클 섬유 시장규모가 연간 만 톤 미만으로 미미하여 상업화 초기 단계이며, 효성, 휴비스 등 화섬기업은 재생원료를 수입, 의류용 필라멘트를 생산 혹은 개발 중
- 비의류용 리사이클 섬유 50여 개 중소기업이 국내 폴리에스터 생산량의 25% 수준인 40만 톤을 재활용하여 주로 충전재 및 패딩 등에 사용되는 있음
- 산업 전반에 나타나고 있는 친환경 트렌드는 자연주의를 추구하는 소비자의 라이프스타일의 변화에 발맞추어, 다양한 산업 영역에서 각종 제품들이 대량으로 생산되고 있는 실정임
- 친환경트렌드의 영향으로 섬유 브랜드 제품에 있어서도 생산성, 기능성, 디자인 측면에 생산에서 폐기까지 환경을 고려하여 디자인을 중시한 친환경 합성섬유 브랜드 제품이 출시됨. 해외 유명 브랜드들이 에코 트렌드에 주목함에 따라 국내 섬유업체가 친환경 합성섬유에 대한 높은 관심을 보이며 다양한 제품을 개발과 품질 개선에 집중함

### 3. 기술개발 동향

- 기술경쟁력
  - 친환경 합성섬유는 미국이 최고기술국으로 평가되었으며, 우리나라는 최고기술국 대비 81.9%의 기술수준을 보유하고 있으며, 최고기술국과의 기술격차는 2.0년으로 분석
  - 중소기업의 기술경쟁력은 최고기술국 대비 72.0%, 기술격차는 3.0년으로 평가
  - 일본(90.6%)>유럽(87.4%)>한국(81.9%)>중국(74.0%)의 순으로 평가
- 기술수명주기(TCT)<sup>38)</sup>
  - 친환경 합성섬유는 8.67의 기술수명주기를 지닌 것으로 파악

#### 가. 기술개발 이슈

##### ◎ 친환경 코르크 섬유소재

- 포르투갈 Sedacor사는 섬유 연구소인 CITEVE 등과 공동으로 친환경 바이오매스 원료인 코르크를 이용한 코르크 섬유소재 ‘CORK-A-TEX’를 개발하여 상용화
  - 유럽의 코르크나무 숲은 생물 다양성을 보존하기 위한 세계 생태계 보존지역으로 포르투갈소재 참나무 숲은 연간 1,300만 톤 이상의 이산화탄소를 보유
  - 전량 소각되는 코르크 폐기물을 면섬유에 혼입 및 코팅하여 친환경코르크사 개발에 성공. 동일 조건 면섬유 직물 대비 파단강도, 내마모성, 내필링성, 치수안전성, 항균활성, 인열저항성이 우수하며, 홈 텍스타일, 패션소재, 실내 장식용 섬유제품 등으로 활용 중에 있음

[ 친환경 코르크 섬유소재 CORK-A-TEX 및 적용 제품 ]



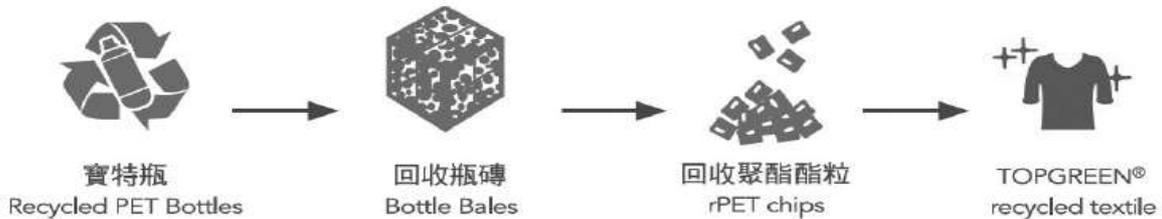
\* 출처 : KEIR PD 이슈리포트(19-11), 한국산업기술평가관리원, 2019

38) 기술수명주기(TCT, Technical Cycle Time): 특허 출원연도와 인용한 특허들의 출원연도 차이의 중앙값을 통해 기술 변화속도 및 기술의 경제적 수명 예측

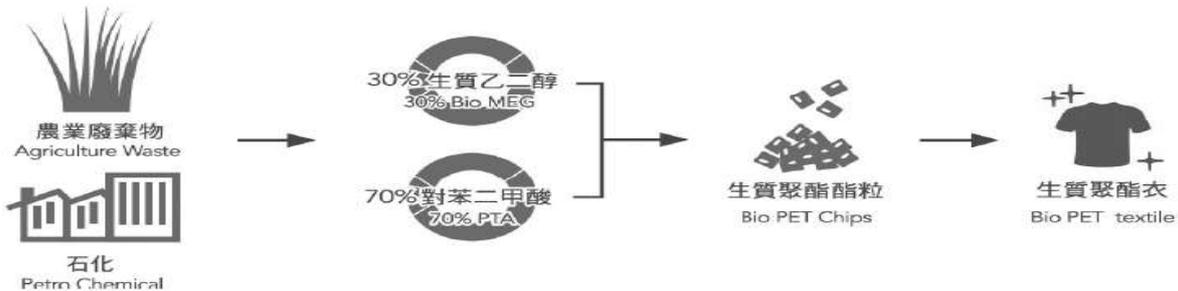
◎ 안티몬 프리 PET 섬유

- 대만의 FENC는 유해 중금속인 안티몬 촉매를 사용하지 않은 안티몬프리 PET 섬유를 개발하여 상용화 중
  - 대만의 섬유소재 기업인 FENC에서는 지속 가능한 친환경 소재 수요에 대응하기 위한 친환경 소재 및 가공 솔루션인 TopGreen 시리즈를 구축하여 프로모션 중에 있음
  - PET병을 이용한 리사이클 소재 TopGreen Recycled PET Filament, 물을 사용하지 않는 초임계 유체 염색소재 TopGreen Water-free Dyeing, 비용제형 친환경 코팅소재 TopGreen Coating & Lamination, 비식용 바이오매스 원료 기반(30% 이상)의 바이오 PET 소재 TopGreen Bio-PET Filament 등 다양한 친환경 소재 및 공정 솔루션 확보

[ TopGreen 시리즈 개념도 ]



TopGreen® Recycled PET Filament 및 제품



TopGreen® Bio-PET Filament 및 제품

\* 출처 : KEIR PD 이슈리포트(19-11), 한국산업기술평가관리원, 2019

◎ 친환경 리사이클 PET 소재

- 리사이클 섬유란 환경문제 대처를 위하여 사용이 완료된 제품(pet 병, 포장재, 섬유 등)이나 제조공정에서 발생하는 폐기물 등을 재활용하여 만들어진 섬유를 의미
  - PET(Polyethylene Terephthalate) 리사이클 섬유는 대부분 PET병으로부터 생산됨
- PET 리사이클 섬유는 크게 의류용과 비의류용(산업용)으로 구분
  - (비의류용 리사이클 섬유) 각종 포장재, 충전재, 부직포 등의 용도로 사용, 주로 순도가 낮은 Flake에서 바로 원사(단섬유)로 생산됨
  - (의류용 리사이클 섬유) 효성, 휴비스 등 화섬 대기업에서 주로 GRS 인증을 받은 고순도 Chip을 사용하여 원사(필라멘트) 생산

- PET, Nylon재생섬유 개발(리사이클 효율성 제고) 및 적용 업체가 지속적으로 확대 중
  - 글로벌 친환경 정책 강화와 수요기업의 요구 증대로 PET, Nylon 재생, 바이오매스 원료 사용 등 친환경 소재 생산 기업 및 수요 지속 급증
  - 나이키, 아디다스 등 주요 브랜드 리사이클 비중 의무화 확대
- 도레이 그룹에서는 PET병을 재생한 리사이클 섬유소재의 적용을 지속적으로 확대. 오랫동안 축적된 기술을 활용하여 레귤러 PET 소재 대비 가격과 물성에 큰 차이가 없는 리사이클 소재를 상용화하여 의류용, 생활용, 산업용 소재에 다양하게 적용 중

◎ 재생 복합재 소재

- Recycled Plastics Envisions
  - 페플라스틱 플레이크와 폴리에스터 섬유를 혼합 후 용융하여 복합 패널용 재생 소재 제조
  - 플라스틱 사용의 이점과 재활용을 통한 과잉 생산 방지 효과가 있으며, 심하게 오염되었거나 복합화된 소재도 재생 가능한 이점
- Recycled Plastics DenimX(네덜란드)
  - 섬유파이버와 바이오 기반 플라스틱을 혼합하여 압축 후 패널로 제조. 재활용 소재를 활용한 자동차용 부품, 램프, 테이블, 의자 등과 같은 라이프 스타일 제품 제조 가능
  - 섬유 폐기물을 재활용하는 동시에 자원 보존, 광범위한 응용이 가능한 업사이클링 프로세스

◎ 친환경 제조공정을 위한 제조시스템

- 초임계 유체 염색기 DyeCoo(네덜란드)
  - DyeCoo는 세계 최초로 물을 사용하지 않고 초임계 이산화탄소를 사용하여 염색을 하는 200kg급 염색조(Vessel) 3개가 1set로 이루어진 상업적인 염색설비인 'DyeOx'를 개발하여 사업화 중
  - 초임계 유체 염색설비는 물과 염색 조제를 전혀 사용하지 않기 때문에 유해한 폐수 발생이 없고, 별도의 탈수/건조 공정이 필요 없어 공정시간 단축 및 에너지 소모를 줄일 수 있음
  - 염색에 사용된 이산화탄소는 최대 95%까지 회수하여 재사용 가능하며, 핵심기술은 250bar의 고온고압을 견딜 수 있는 염색조 압력용기 및 고압 상태에서 초임계 이산화탄소를 순환시킬 수 있는 펌프 설계 기술, 균일한 염색을 위한 Beam 설계 기술 등이며, 초임계유체 염색용 염료 및 공정기술임
  - 현재는 폴리에스터 섬유만 염색 가능하나 향후 나일론, 면 등 적용 소재 확대와 설비 단가를 낮추기 위한 연구개발이 진행 중

□ 디지털날염 설비 Reggiani(이탈리아)

- Reggiani는 MS사와 더불어 고속형 DTP 출력 설비의 선두업체이며, 디지털 이미지 전문의 미국 EFI 그룹이 인수함에 따라 과감한 투자로 상품군의 다양성과 차별화 중
- Single-pass 방식의 출력 설비인 'BOLT'를 개발, 최대 속도가 분당 90m이며, 원단이 출력부에 통과되기 전과 통과 후에 로터리 설비 장착이 가능하여 DTP 전처리나 금박 및 스크린 날염이 가능. 기존의 스크린 날염과 디지털 날염이 동시에 가능한 하이브리드형 설비
- Reggiani는 초고속 디지털 날염 설비인 Bolt를 필두로 12색 이상 컬러 구현이 가능한 'Colors', pigment용 출력 설비인 'Terra'에 설비를 중점적 투자를 진행 중이며, 반응성 잉크와 산성 잉크의 고품질 개발, Indio 염색 관련 공정 개발 예정

[ Reggiani 디지털 날염 설비 제품군 ]

Model	Reggiani FLEXY	Reggiani VOGUE	Reggiani PRO	Reggiani TOP	Reggiani COLORS	Reggiani BOLT
						
Production Speed	180 sqm/h	325 sqm/h	370 sqm/h	740 sqm/h	295 sqm/h	90 lin. met./min
Dpi resolution	600 x 1,200 dpi	600 x 600 dpi	600 x 600 dpi			
Printing heads	8	16	8-16	32	24	

\* 출처 : KEIR PD 이슈리포트(19-11), 한국산업기술평가관리원, 2019

◎ 바이오기술을 활용한 소재 개발 동향

□ 바이오기술을 접목한 친환경 제품개발

- 미국 Genomatica와 Mango Materials는 재생 가능한 원료와 메탄가스를 생물고분자로 발효시키기 위해 미생물 변형 연구
  - Mango Materials는 메탄을 사용해 실로 방사된 폴리머인 PHA(polyhydroxyalkanonates)를 생산, PHA는 PLA(polylacticacid)와 함께 대표적인 친환경 플라스틱으로서 차세대 바이오베이스 폴리머로서 활용이 확대될 전망
  - Algalife와 Faber Futures는 섬유환경의 pH에 따라 청색, 자주색 등의 친환경 염료를 만드는 박테리아 Coelicolor를 개발
  - 독일 AM Silk 및 일본 Spiber는 미국 Bolt Threads의 발효기술을 사용하여 기존 천연실크를 대체할 수 있는 인공실크 섬유 개발
- \* '15년 Spiber는 노스페이스와 협력해 인공거미 실크로 제작된 Moon Parka를 개발, '18년 미생물 발효전문 화학업체인 Evonik과 상업적 생산을 위한 계약을 체결하고, '19년 합성 발효 단백질로 만든 인공 합성 거미줄 섬유 Qmonos를 개발

오믹스 및 분자기술은 스마트섬유 고도화에 기여

- MIT Media Lab는 New Balance와 협업해 수분에 반응하며 통기성을 유지하는 박테리아를 개발, “두 번째 피부(second skin)”와 같은 보디슈트 개발
- 미국 스타트업 Tandem Repeat는 오징어 유전자를 활용해 자체 수선이 가능한 섬유와 미세플라스틱 섬유를 최소화시킬 수 있는 접착제 개발

첨단 바이오기술은 공급망의 혁신과 섬유 재활용을 주도

- 미국 Ambercycle은 유전 가공한 미생물을 사용해 오래된 식물에서 폴리머를 추출해 실로 방사할 수 있는 폴리머로 변환시키는 데 성공
- Ambercycle은 “폐쇄루프 섬유생산 생태계 구축”을 목표로 설립된 기업으로 '16년 H&M Global Change Award에서 25만 유로(약 3.2억 원)의 보조금을 받음
- 트럭 덮개 원단을 재활용한 가방으로 유명한 스위스 Freitag은 리넨, 대마, 모달 등을 사용해 3개월 이내 미생물에 의해 생분해되는 섬유 개발
- Chip[s] Board는 모든 제품이 재활용이 가능하고 생분해성으로 폐기물 제로 시스템을 구축해 재료 생산으로 인한 손실도 다시 공정으로 통합

◎ 바이오플라스틱 기술개발 동향

- 바이오플라스틱 제조 범위에 포함된 기술은 원료 생산, 제품화 과정으로 분류할 수 있음. 원료 생산 요소기술은 바이오매스 발효, 전환, 정제 및 고분자 중합기술을 포함하며, 제품화 과정에는 바이오플라스틱의 가공 및 성형 기술과 이들의 물성을 보완할 수 있는 생분해 촉진 가소제 및 첨가제 개발이 요소기술로 확인됨

[ 바이오플라스틱 분야 핵심요소기술 ]

분류	요소기술	내용
원료 생산	바이오매스 발효기술	생물자원으로부터 바이오플라스틱의 원료인 바이오매스를 제조하는 기술
	바이오매스 전환 기술	바이오매스를 바이오플라스틱에 적용 가능한 화학물질로 전환하는 기술
	바이오매스 정제기술	바이오매스 기초물질을 발효 및 정제시켜 단량체 형태로 변환시키는 기술
	바이오 고분자 중합 기술	단량체를 중합시켜 바이오플라스틱 고분자를 생산하는 기술로, 촉매, 효소 반응, 중합반응, 표면처리 등이 있음
제품화	생분해성 가소제 및 상용화제 개발 및 생산기술	제품 생분해성을 유지하면서 열안정성, 유연성 등의 물성을 개선하는 기술
	바이오플라스틱 가공 및 성형 기술	중합반응으로 형성된 고분자를 이용한 복합재료 제조 및 성형과정 최적화 기술

\* 출처 : NICE평가정보, 2019

- 바이오 플라스틱의 원료인 바이오 고분자는 원료의 생산이 쉽거나 기존 플라스틱과 생산 공정이 유사한 제품군 위주로 산업화함. 다만, 바이오플라스틱이 PLA, 전분 등 일부 소재로 국한되어 소재의 다양화에 관한 연구가 요구되는 실정
- 최근에 ‘자원의절약과 재활용 촉진에 관한 법률’ 및 ‘녹색제품 구매 촉진에 관한 법률’에 의하여 기존 플라스틱의 규제가 강화되고, 생분해성 수지제품에 대하여 폐기물 부담금 부과제외 대상이 되며 바이오플라스틱의 자동차, 전자제품, 건축산업 내 활용 분야는 확대되고 있는 것으로 전망

◎ 친환경 소재 혁명 기술개발 사례

- 친환경적인 셀룰로오스섬유 및 식품 폐기물 중심의 R&D 활성화
  - 생산과정에 있어 환경에 영향이 적은 천연섬유(대마, 라미, 리넨 등)의 기능성을 보완, 개선해 다른 섬유와 블렌딩하는 제품 증가
  - 식품 폐기물(부산물)을 활용해 기존 섬유의 기능을 보유하되 환경에 덜 유해한 제품 중심으로 개발

[ 친환경 소재 혁명 기술개발 사례 ]

구분	주요 내용
천연섬유의 재개발 사례	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 일본은 썬기풀, 라미, 뽕나무 등의 섬유를 생산하는 소기업과 협력해 종이 원사 개발</li> <li>• Acabada ProActiveWear과 Devan Chemicals는 면화보다 물과 화학비료 사용이 적은 대마 제품을 생산하기 위해 파트너십 체결</li> <li>• Circular Systems는 대마, 아마를 비롯해 파인애플, 바나나 및 사탕수수 재배 잔여물로 친환경 합성섬유 및 포장용기, 유기농 비료, 바이오 연료 등을 생산</li> </ul>
식품폐기물/부산물의 섬유 대체재 개발 사례	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pinatex는 파인애플잎 섬유로 만든 비건 가죽으로 New Balance, VF Corporation, 3M 등이 가죽 대용으로 활용 예정</li> <li>• Orange Fiber는 오렌지 껍질을 사용해 실크와 면의 특성이 혼합된 부드러운 소재를 개발해 살바토레 페라가모가 캡슐 컬렉션에서 활용</li> <li>• Chip[s] Board는 감자 폐기물을 활용해 고정장치, 버튼 및 액세서리 등에 사용할 수 있는 바이오 플라스틱 Parblex를 개발</li> </ul>
스마트섬유 사례	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 스탠포드 국제연구소(SRI)의 스타트업 Superflex는 군사용 외골격기술(Military exoskeleton technology)을 활용해 부상을 줄이고 지구력을 강화시키는 슈퍼슈트 출시('17.1월)</li> <li>• 일본 Xenoma는 전도성 소재를 옷에 프린트한 PCF(Printed Circuit Fabric) 기술로 신체 상태를 모니터링 하는 e-스킨 개발('17.2월)</li> <li>• 구글은 생로랑과의 협업을 통해 휴대폰 어플리케이션과 연동되는 컴퓨터가 포함된 Cit-e 백팩을 출시('19.9월)</li> </ul>

\* 출처 : 2020년 섬유패션산업 성장의 키워드 제2편 : 소재 혁명, 한국섬유산업연합회, 2020

- 주요 수요 브랜드들의 친환경 소재 및 공정 제품 적용 확대에 따라 친환경 합성섬유 소재(바이오매스 기반, 리사이클, 생분해성 섬유) 및 제품에 대한 실질적인 수요가 지속 확대 중에 있으며, 도레이 등 많은 기업들이 가격경쟁력과 물성이 우수한 친환경 합성섬유 및 제품을 상업화 중
  
- 새로운 보호무역 수단으로 글로벌 환경 기술규제 강화, 민간에서 자율적으로 시행되는 수요기업의 품질·안전·환경에 대한 규제대상품목(RSL)이 2020년부터 본격 발효됨에 따라 전시회에 참가한 친환경 소재 및 제품 관련 업체 중 ZDHC, 블루사인 등 친환경 인증 회원사가 다수를 차지하고 있으며, 수요기업을 중심으로 소재에서 제품화에 이르는 전 공정의 친환경화 요구가 확대될 전망

## 나. 생태계 기술 동향

### (1) 해외 플레이어 동향

- (Patagonia) 업사이클링한 1만여 개 제품으로 구성된 'Recrafted Collection'을 출시, 중고 마켓플레이스인 Worn Wear 스토어 및 온라인에서 판매('19.11월)
  - 전 산업을 통틀어 지속가능성 우수기업으로 인정받으며, 친환경적 비즈니스 모델로 지속적인 성장과 훌륭한 브랜딩이 가능함을 입증
- (Adidas) 의류 생산시 물 사용량 50% 절감, '20년까지 에너지 사용량 20%로 절감, '24년까지 버진 폴리에스터 사용중단 등의 목표를 발표('19.4월)
  - 세계 최초 해양플라스틱폐기물을 재활용한 운동화 제작('15년), 100% 지속가능한 면소재로 전환('18년) 등 지속가능성 정책 추진
  - '24년까지 모든 제품에 석유를 원재료로 하는 버진 폴리에스터 사용을 중단키로 선언('18.7월)
  - 최근 7년간 사무실내 종이사용량 38%와 일회용품 사용을 줄이고, 이벤트용 현수막·배너 등을 재활용한 가방을 출시할 예정
- (Gore) '2018 지속가능성 보고서'를 발표하고 '23년까지 환경에 해로운 과불화화합물(PFCEC)을 전 제품에서 제거키로 공약('19.2월)
  - 친환경 국제표준인 OEKO-TEX, Bluesign, Higg Index 등과 협업, 섬유유해성 평가시스템 자체 개발
  - 미국 실리콘밸리의 소재기업과 협업해 고어의 생산 공장 3곳이 모두 환경경영시스템 국제표준인 'ISO14001' 인증을 획득
- (Inditex) 자라, 마시모두띠, 오이쇼 등의 모회사로 폐의류 재활용 추진 및 제조, 유통, 판매 전반에 지속 가능한 운영 시스템 도입 계획
  - '20년까지 본사, 물류센터, 매장 등 모든 플랫폼에 재생에너지 사용 및 일회용품 사용 금지 등 Zero Waste 프로그램을 실행
  - '25년까지 그룹 산하 모든 브랜드의 지속 가능한 소재 사용 및 환경친화적인 공정을 통한 제품 생산을 약속('19.7월)
  - MIT와 공동으로 청정에너지를 사용해 폐의류에서 섬유 채취방법을 조사·분석하는 48억 원 규모의 프로젝트에 착수('19.3월)
- (Kering) 구찌, 발렌시아가, 생로랑 등을 보유한 글로벌럭셔리 그룹으로 지속가능발전을 위한 협약 주도 및 다양한 정책 전개
  - 그룹 산하 브랜드들을 포함해 글로벌 패션기업 32개사, 150여 개 브랜드와 환경적 책임에 대한 실천을 약속하는 'G7 패션협약' 발표('19.8월)
  - 지속가능성팀 구성('03년), 여성보호재단 설립('08년), 환경영향측정도구개발('11년), 지속가능소재 라이브러리 구축('13년) 등을 추진

- (LVMH) 루이비통, 디올, 셀린 등을 보유한 세계 최대 럭셔리그룹으로 지속가능한 공급망 구축을 위한 파트너십 체결 및 실행계획 발표
  - 유네스코의 ‘인간과 생물계(Man and Biosphere)’ 프로그램을 5년간 지원하는 파트너십 체결(‘19.5월)
  - 파리 패션위크에서 스텔라 맥카트니와 협업해 ‘Future Life’ 이벤트개최, 지속가능경영 이행계획을 발표(‘19.9월)
- (Nike) 이사회 내 지속가능 경영 전문위원회를 운영, 정책 수립 및 이행과정 등을 검토, ’01년부터 지속가능경영 보고서를 지속 발간
  - 지속가능 발전을 위해 UN 글로벌컴팩트, G7패션협약, Higg Index, ZDHC 등 27개 협단체에 참여
  - ’08년 이후 운동화에 50% 이상 재활용 소재 사용, ’10년 이후 재활용 폴리에스테르 사용 및 ’20년까지 100% 지속 가능한 면 사용
- (Uniqlo) 지속 가능한 의류 공급망 구축을 위해 사업운영 전반에 걸쳐 전략을 수립, 친환경 재료 사용 및 염색기술 개발
  - ’18년부터 지속 가능경영 연례보고서를 발표, 친환경 데님가공법을 개발해 물 사용량을 최대 99%까지 절감(‘18.11월)
  - ’25년 말까지 100% 지속 가능 면화사용을 약속하고 NGO ‘Better Cotton Initiative’(‘18.1월) 및 UN 글로벌컴팩트에 가입(‘18.11월)
- (Stella McCartney) 윤리적 패션을 선도하는 디자이너로 지속 가능한 소재 개발 지원 및 친환경 소재 사용
  - 모피, 가죽, 깃털 및 동물성 재료를 배제한 비건(vegan) 브랜드로서 지속 가능한 소재를 적극 사용하며, 윤리적 패션을 선도
  - 환경에 유해한 기존 소재를 대체하기 위한 신소재 개발을 지원, 홈페이지에 지속 가능한 패션 정보 소개
- (H&M) ’18년 기준 전 제품의 57%, 면제품의 95%에 지속가능 재료를 사용, ’30년까지 100% 사용을 약속(‘19.4월), ’40년까지 Climate Positive<sup>39)</sup> 달성 약속
  - ’15년부터 순환적인 패션 생태계 구축을 위해 혁신을 주도할 기업을 지원하는 ‘Global Change Award’ 개최
- (WAN & WONG) 2013년 설립된 업사이클링 전문 브랜드로 섬유 및 의류공장에서 수집한 폐기물로 지속가능한 의류를 제작
- (Solmate Socks) 중고의류를 활용, 서로 다른 색상 및 문양으로 디자인된 짝짝이 양말제조(GRS 및 Oeko-Tex 인증 획득)

39) Climate Positive : 탄소 제로배출을 넘어 대기 중의 이산화탄소를 추가로 제거함으로써 환경적 이익을 주는 것으로 Carbon Negative라고도 함

- (Farfetch) 지속가능성을 평가하는 어플리케이션 ‘Good On You’에서 평가를 받은 브랜드(제품)를 선별한 “Positively Conscious” 셀렉션 제공
- (Zalando) 지속가능한 제품을 확장할 계획을 발표하고, 제품 포장에 친환경 재료를 사용
- (Fast Retailing) Uniqlo, GU, Theory 등의 모회사로 물 사용량을 90% 이상 줄일 수 있는 워싱 공법을 개발해 전 제품에 도입 예정('18.11월)
- (Sedacor) 섬유 연구소인 CITEVE 등과 공동으로 친환경 바이오매스 원료인 코르크를 이용한 코르크 섬유소재 ‘CORK-A-TEX’를 개발하여 상용화
- (FENC) 유해 중금속인 안티몬 촉매를 사용하지 않은 안티몬프리 PET 섬유를 개발하여 상용화 중
  - 대만의 섬유소재 기업인 FENC에서는 지속 가능한 친환경 소재 수요에 대응하기 위한 친환경 소재 및 가공 솔루션인 TopGreen 시리즈를 구축하여 프로모션 중에 있음

## (2) 국내 플레이어 동향

- 다음 세대를 위해 환경을 보호하고자 하는 소비자들의 확고한 가치관에 따라 국내 업체에서도 친환경 가치를 중점으로 생각하며 다양한 친환경 제품들을 출시
- (비와이엔블랙야크) 친환경 소재 제품 출시 및 다양한 환경보호 활동을 통해 국내 패션기업 중 유일하게 지속가능 개발목표 경영그룹에 선정
  - 환경오염물질을 없앤 친환경 발수제를 다운제품에 적용, 리사이클 소재를 사용해 RDS 인증 획득('19.10월)
  - UN 경제사회이사회 산하 UN지원 SDGs협회가 발표한 '2019 UN 지속가능 개발목표 경영지수' 최우수 그룹 중 최상위 기업으로 선정('19.11월)
- (코오롱) 국내 최초 업사이클링 의류 브랜드 '레코드' 출시, 해외에서 주목받는 지속 가능 브랜드로 성장
  - 폐의류를 해체, 재조합하는 독특한 디자인과 한정수량으로 인한 희소성을 가진 '레코드'는 유럽(독일, 영국, 프랑스)에 진출
  - 소비자들이 업사이클링을 체험할 수 있는 '리테이بل' 프로그램을 진행, 지속 가능한 패션 문화 구축에 기여할 계획
- (효성) 국내 최초 PET병 재활용원사 등 다양한 친환경 섬유 개발 및 지속 가능경영 보고서 발간
  - 지속 가능경영 성과를 공개한 지속가능경영보고서 발표('20.1월) 및 UN 글로벌 콤팩트 가입('19.11월)
  - 폐PET병을 재활용한 원사 '리젠'은 GRS 인증 획득 및 국내외 다수의 브랜드가 사용('08.1월 출시)
  - '크레오라 리젠(스판덱스)'과 '마이판리젠로빅(고강성 나일론)'은 100% 재활용 소재로 친환경성과 기능성을 겸비('20.1월 출시)
- (GS칼텍스) 한국화학연구원, 대상과 협력을 바탕으로 바이오매스 유래 나일론 원료 섬유 및 종합기술을 확보
  - 차세대 바이오연료 이자 친환경 바이오케미컬인 바이오부탄올 개발에 성공하여 상업화 준비 단계
- (삼성물산) '13년 신진 디자이너와 협업을 통해 에잇세컨즈의 재고상품을 기반으로 '업사이클 &리디자인 프로젝트'를 진행, 판매수익은 아동후원 등에 기부
- (SK케미칼) 바이오플라스틱 소재인 '에코젠'을 개발하여 국내 첫 표준 막걸리 잔 소재로 채택
- (에코파티메아리) '06년 국내 최초의 업사이클브랜드인 '에코파티 메아리'를 런칭, 폐가죽, 폐의류 등을 수거, 실용적인 가방, 지갑 등 패션잡화를 생산하여 아름다운가게 매장과 온라인 마켓을 통해 판매 중

- (세진플러스) 사용가치가 없어 소각단계로 넘어가는 중고의류 및 폐섬유 원단을 파쇄, 고밀도 패널 등 건축자재를 만드는 기술을 보유
- (덕성) 건식, 습식 PU수지 및 합성피혁 제조업체로 생활 및 산업용으로 사용되는 코팅섬유를 전문적으로 제조하는 업체로 친환경 기술 적용을 위해 waterbase 수지가공 기술개발도 활발히 진행 중
- (케이씨씨) 세(細)섬유 생산기술을 적용하여 기존보다 단열성능을 10%가량 개선하였으며, 친환경 고성능 단열재 개발하여 마케팅을 실시하고 있음
  - 글라스울 생산 설비 증축을 통해 무기보온 단열재의 유해물질(포름알데히드)이 검출되지 않는 기술을 개발하였으며, 발수와 내구성을 강화하여 물과 습기에 강한 글라스울 제품을 출시
- (벤트윈) 친환경 고분자 소재인 열가소성 폴리우레탄(TPU)을 제조 및 판매하는 회사
  - TPU 제품은 독성이 전혀 검출되지 않으면서 내구성, 내마모성, 내굴곡성이 우수한 제품으로 자동차 내장재, 선박, 의료용 매트, 스포츠용품, 텐트, 애드벌룬, 보호필름 및 일상생활 속 모든 다양한 분야에 적용 중. 품목은 다르나 TPU 필름/시트 제조업체로 한국유화, 기명TPU 등 다수가 있음
- (신풍섬유) 각종 기능성 섬유 및 친환경 섬유 전문 섬유기업으로, 플라즈마 섬유가공기술을 자체 개발하였으며 친환경 PLA 소재의 제품화에도 성공

## 다. 국내 연구개발 기관 및 동향

### (1) 연구개발 기관

[ 친환경 합성섬유(바이오매스, 리사이클, 생분해성 섬유) 분야 주요 연구조직 현황 ]

기관	소속	연구분야
한국화학연구원	바이오화학연구센터	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 바이오매스, 바이오 기반 슈퍼엔지니어링 플라스틱, 이소소르비드, 비스페놀에이 대체, 고내열성, 고강성, 나노셀룰로오스</li> <li>• 생분해성 플라스틱, 바이오플라스틱, 제품 실증화, 생분해 고분자 중합, 생분해 고분자 가공</li> </ul>
금오공과대학교	건축학부	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 환경친화형 리사이클 콘크리트용 골재, 천연골재, 파라계 아라미드섬유, 전단경간비, EFRCA 치환율, 전단강도, 횡강</li> </ul>
한국섬유개발연구원	집합소재연구팀	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 리사이클, 이형단면사, 극세사, 잠재권축사, 기능성 직물</li> </ul>
울산대학교	재료공학전공	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수중대향충돌, 천연고분자, 나노섬유, 친환경 플라스틱, 기능성 복합소재</li> </ul>

### (2) 기관 기술개발 동향

#### 한국화학연구원

- 과학기술정보통신부, 바이오매스 함량 20% 이상을 포함하는 바이오기반 슈퍼엔지니어링 플라스틱 제조 및 응용기술 개발 과제(2020~2024) 추진
- 바이오매스 유래 물질(20중량% 이상)을 이용하여 제조된 세계적 수준의 강한 슈퍼엔지니어링 열가소성 플라스틱의 제조 및 응용기술 개발
- 산업통상자원부, 수요 맞춤형 바이오플라스틱 생분해속도조절 기술개발 과제(2020~2024) 추진
- 생분해성 플라스틱 적용 보강 필러기술 개발(천연물 기반)

#### 금오공과대학교

- 교육부, 파라계 아라미드섬유 보강 환경친화형 리사이클 골재 적용 RC부재의 구조성능 향상 기법 과제(2017~2020) 추진
- 건설폐기물을 재활용함으로써 환경 개선 및 경제적 효과를 향상시키고 건설시장을 활성화를 조성함

#### 한국섬유개발연구원

- 중소벤처기업부, PET 리사이클 세섬 다기능성 원사 및 제품화 공정기술 개발 과제(2020~2020) 추진
- 아웃도어, 캐주얼 재킷, 드레스슈트용으로 사용되는 50D 이하급의 PET 리사이클 세섬 다기능성 섬유를 개발

□ 울산대학교

- 과학기술정보통신부, 수중 대향충돌 방식을 통해 제조된 천연고분자 나노섬유 기반 친환경 기능성 복합플라스틱 과제(2019~2022) 추진

◎ 친환경 합성섬유 관련 선행연구 사례

[ 국내 선행연구(정부/민간) ]

수행기관	연구명(과제명)	연도	주요내용 및 성과
한국화학연구원	바이오매스 함량 20% 이상을 포함하는 바이오기반 슈퍼엔지니어링 플라스틱 제조 및 응용 기술개발	2020 ~ 2024	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존의 환경호르몬 비스페놀에이 (Bisphenol A; BPA) 기반의 PSU와 같은 슈퍼엔지니어링 플라스틱을 대체하고, 우수한 물성(기계적 강도 등)을 확보하기 위해 바이오매스 유래 물질(20중량% 이상)을 이용하여 제조된 세계적 수준의 강한 슈퍼엔지니어링 열가소성 플라스틱의 제조 및 응용기술 개발</li> </ul>
한국화학연구원	수요 맞춤형 바이오플라스틱 생분해 속도조절 기술개발	2020 ~ 2024	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생분해성 플라스틱 적용 보강 필러기술 개발(천연물 기반)</li> <li>• 신규 생분해성 바이오플라스틱 필름제조 기술개발</li> </ul>
금오공과대학교	파라계 아라미드섬유 보강 환경친화형 리사이클 골재 적용 RC부재의 구조성능 향상 기법	2017 ~ 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건설폐기물을 재활용함으로써 환경개선 및 경제적 효과를 향상시키고 건설시장을 활성화를 조성함</li> <li>• Korean Building Code(KBC) EFRCA 콘크리트 구조설계기준 작성을 위한 기초적 자료로 이용가능</li> </ul>
한국섬유개발연구원	PET 리사이클 세섬 다기능성 원사 및 제품화 공정기술 개발	2020 ~ 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 아웃도어, 캐주얼 자켓, 드레스 슈트용으로 사용되는 50D 이하급의 PET 리사이클 세섬 다기능성 섬유를 개발, 개발원사 특성 극대화 및 용도에 적합한 복합사가공, 제직, 염색가공의 제품화 요소기술 개발</li> </ul>
울산대학교	수중대향충돌 방식을 통해 제조된 천연고분자 나노섬유 기반 친환경 기능성 복합플라스틱	2019 ~ 2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ACC 공정을 활용하여 셀룰로스를 포함한 섬유성 천연고분자(키틴/키토산 및 실크 피브로인)를 나노섬유화하고 다양한 화학적 개질을 도입한 후 수분산 폴리우레탄(WPUD), 솔-젤 유-무기 나노소재, SRT protein, PBS(polybutylene succinate), SCG-derived cellulose, 2차원 나노소재(GO, h-BN) 등과 복합화한 친환경 기능성 복합체(코팅, 필름 등) 및 생분해성 복합바이오플라스틱 제조</li> </ul>
삼부정밀화학(주)	바이오매스 기반 열가소성 폴리우레탄 섬유소재 및 응용제품 개발	2020 ~ 2023	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 바이오매스 함량 70% 이상인면서, 석유계 수준의 우수한 물성과 고내열성, 신축성을 갖는 자원순환형 TPU소재 합성, 중합 및 섬유소재 개발</li> <li>• 바이오매스 함량 70% 이상의 기능성 바이오 폴리우레탄계 섬유소재를 적용한 바이오매스 함량 40% 이상인 친환경 TPU 중간재 및 패키지 제품 개발</li> </ul>
(주)한양에코텍	친환경 바이오 폴리우레탄계 수지 및 소재를 응용한 제품개발	2020 ~ 2023	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 석유의존도가 높은 석유화학 고분자수지에 대한 대체원료 개발 및 세계적 환경규제 및 CO2 배출저감 맞춤형 산업군 육성 필요하며 바이오매스기반 주원료의 고함량화를 통한 환경친화 소재 개발 가능</li> </ul>

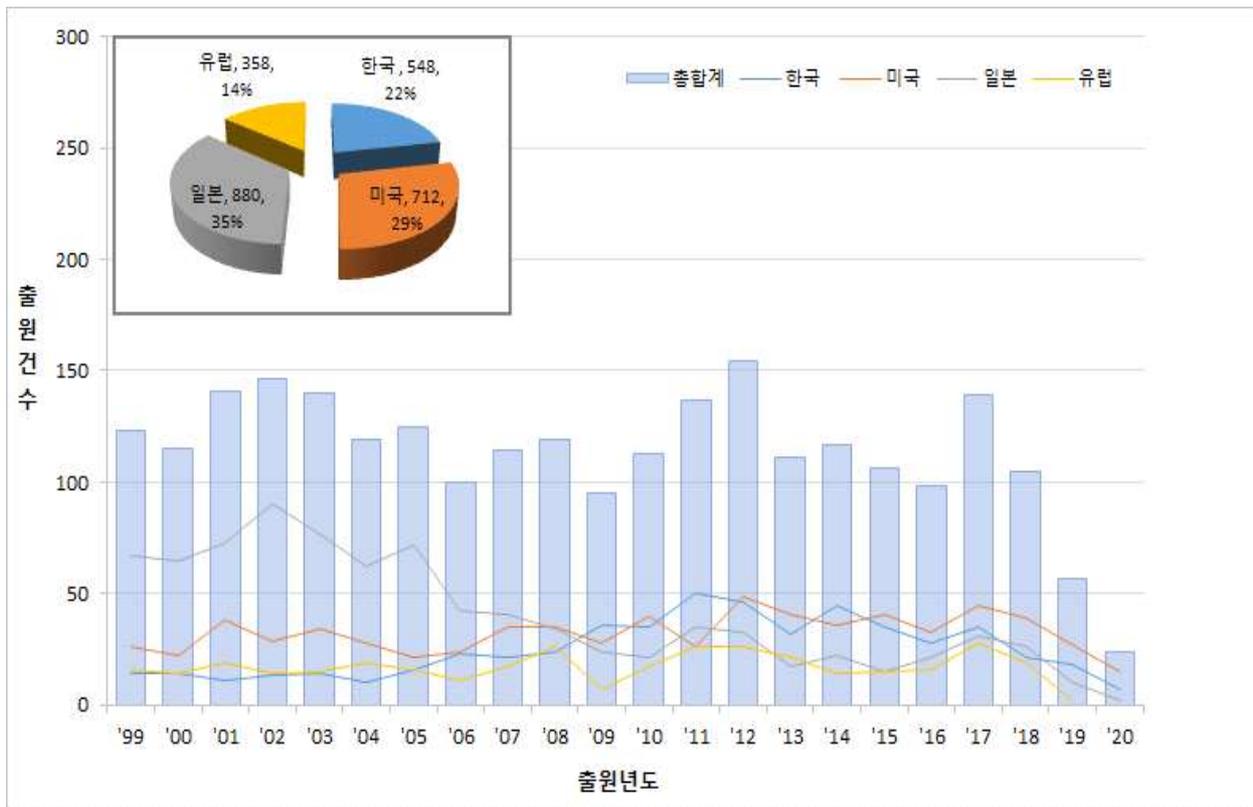
## 4. 특허 동향

### 가. 특허동향 분석

#### (1) 연도별 출원 동향

- 친환경 합성섬유의 지난 '22년(1999년~2020년)간 출원동향<sup>40)</sup>을 살펴보면 2000년대 출원이 집중되었으며, 이후 증감을 반복하면서 최근까지 꾸준한 출원이 이뤄지고 있음
  - 각 국가별로 살펴보면 일본이 가장 활발한 출원활동을 보이고 있음
- 국가별 출원비중을 살펴보면 일본이 전체의 35%의 출원 비중을 차지하고 있어, 최대 출원국으로 친환경 합성섬유 분야를 리드하고 있는 것으로 나타났으며, 미국은 29%, 한국은 22%, 유럽은 14% 순으로 나타남

[ 친환경 합성섬유(바이오매스, 리사이클, 생분해성 섬유) 연도별 출원동향 ]

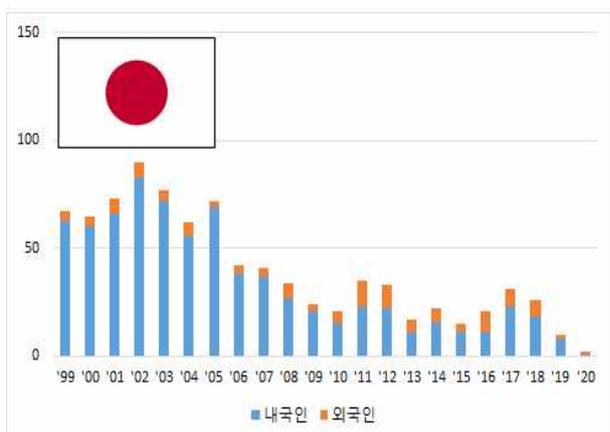


40) 특허출원 후 1년 6개월이 경과하여야 공개되는 특허제도의 특성상 실제 출원이 이루어졌으나 아직 공개되지 않은 미공개데이터가 존재하여 2019, 2020년 데이터가 적게 나타나는 것에 대하여 유의해야 함

## (2) 국가별 출원현황

- 한국의 출원현황을 살펴보면 내국인 82%, 외국인 18%로 내국인이 대다수를 차지하고 있음. 분석기간 동안 내국인의 출원이 외국인보다 월등히 많으며 증감을 반복하면서 출원이 증가하다 최근 소폭 하락하고 있음
- 일본의 출원현황을 살펴보면 분석구간 초중반 전체 특허기술의 출원 증감 흐름에 영향을 주고 있는 것으로 나타남. 초기 시장점유율이 높았으나 최근 출원이 저조하게 나타남. 일본의 경우, 한국에 비해 내국인(85%)의 출원 비중이 더 큰 것으로 나타남
- 미국의 출원현황을 살펴보면 내국인 54%, 외국인 46%로 한국이나 일본 대비 외국인의 점유율이 높게 나타남. 출원활동은 2000년대 초반부터 증감을 반복하며 증가하는 추세였으나 2017년 이후 출원이 소폭 감소함
- 유럽의 출원현황을 살펴보면 유럽인 46%, 비유럽인 54%로 비유럽인의 점유율이 높게 나타남. 출원활동은 2000년대 초반부터 증감을 반복하며 꾸준한 출원이 이뤄지고 있음

[ 친환경 합성섬유(바이오매스, 리사이클, 생분해성 섬유) 국가별 출원현황 ]



### (3) 기술 집중도 분석

□ 전략제품에 대한 최근 기술 집중도 분석을 위한 구간별 기술 키워드 분석 진행

- 전체 구간(1999년~2020년)에서 생분해성 섬유/수지, Carbon Fiber, Biodegradable Polymer 등 친환경 합성섬유 관련 기술 키워드가 다수 도출되었음
- 최근 구간에 대한 기술 키워드 분석 결과, 최근 1구간(2012년~2015년)에는 Knitted Textile, Carbon Fiber, Recycled Fiber, 생분해성 섬유 등이 키워드로 도출되었으며, 2구간(2016년~2020년)에서는 1구간에서 주요 기술 키워드였던 친환경 합성섬유 관련 키워드가 꾸준히 도출된 것으로 나타나 친환경 합성섬유 기술을 접목한 기술 연구가 꾸준히 진행되고 있는 것으로 분석됨

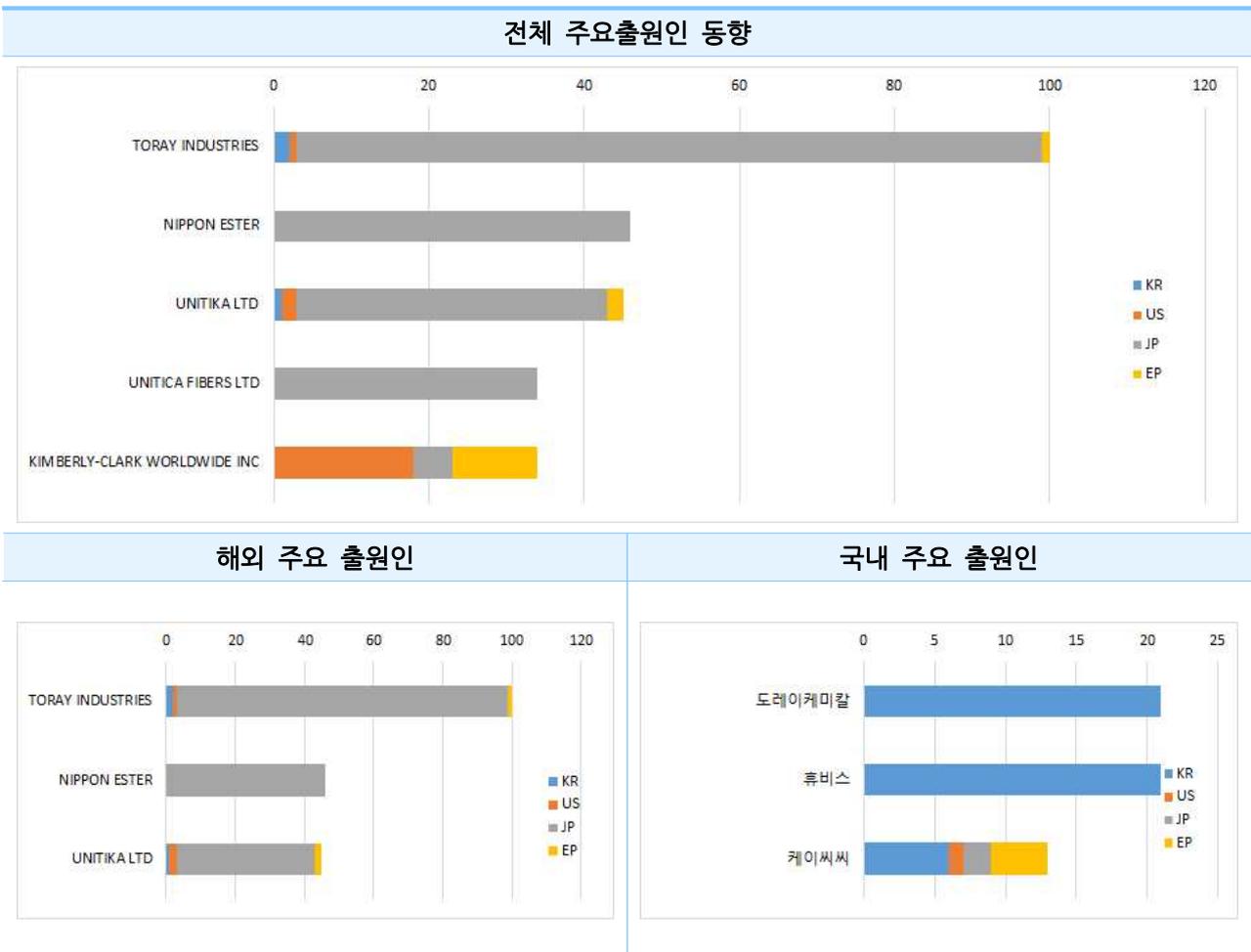
#### [ 특히 키워드 변화로 본 기술개발 동향 변화 ]



## 나. 주요 출원인 분석

- 친환경 합성섬유의 전체 주요출원인을 살펴보면, 주로 일본 국적의 출원인이 다수 포함되어 있는 것으로 나타났으며, 제1 출원인으로는 일본의 TORAY INDUSTRIES인 것으로 나타남
  - 제1 출원인인 TORAY INDUSTRIES는 생분해성 섬유 관련 특허를 다수 출원함
- NIPPON ESTER, UNITICA FIBERS LTD을 제외한 주요출원인은 자국뿐만 아니라 타 국가에도 출원을 진행함. 이는 자국뿐만 아니라 국외에서의 기술 시장 선점 활동을 활발히 하고 있는 것으로 분석됨
- 국내 주요출원인은 도레이케미칼, 휴비스, 케이씨씨로 나타나 대기업의 출원이 많은 것으로 나타남

[ 친환경 합성섬유(바이오매스, 리사이클, 생분해성 섬유) 주요출원인 ]



(1) 해외 주요출원인 주요 특허 분석

◎ TORAY INDUSTRIES

□ TORAY INDUSTRIES는 합성섬유·플라스틱을 시작으로 하는 화학제품이나 정보 관련 소재를 취급하는 일본 기업으로, 친환경 합성섬유와 관련하여 다수의 특허를 출원함. 그중 등록된 특허는 33건

- 주요 특허들은 생분해성 부직포, 열가소성 수지, 장섬유 부직포, 폴리에스테르계 섬유 등 친환경 합성섬유 관련 특허를 다수 출원하는 것으로 파악됨

[ TORAY INDUSTRIES 주요특허 리스트 ]

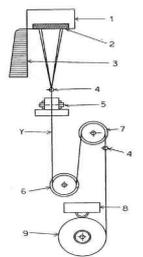
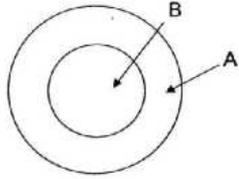
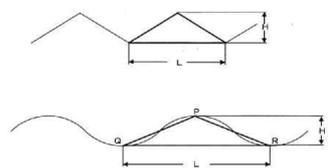
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
JP 6484948 (2014.07.30)	해도 복합섬유	장기보관이 가능하며 높은 고차 가공 통과성을 가진 생분해성 요소를 포함한 해도 복합섬유에 관한 기술	
JP 6089786 (2013.02.28)	폴리젯산과 폴리글리콜산으로 구성되는 해도형 복합섬유	폴리젯산과 폴리글리콜산으로 구성되는 해도형 복합섬유에 관한 기술	
JP 5589886 (2011.02.17)	폴리알킬렌 테레프탈레이트 수지 조성물 및 그것으로 구성되는 섬유	바이오매스 자원 유래의 원료에서 얻어지는 폴리에스테르 및 그것으로 구성되는 섬유에 관한 기술	-
JP 5239466 (2008.04.07)	필터용 부직포 및 그것을 이용한 필터	후가공에 의한 일렉트릿 처리를 하지 않고와도 높은 포집 성능을 가지며, 사용 후의 폐기가 용이한 필터용 부직포에 관한 기술	
JP 4595770 (2005.09.28)	폴리에스테르계열 접착 복합섬유 제조 방법	폴리에스테르 제품을 회수해 재이용할 때, 안정적으로 제조할 수 있고 부직포 용도에 적합한 양호한 접착성을 가지는 재생 폴리에스테르계열 접착성 복합섬유에 관한 기술	-

\* 등록특허 기준, 피인용 문헌수 및 패밀리국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

◎ NIPPON ESTER

- NIPPON ESTER은 폴리에스터 섬유 및 수지의 생산 및 판매하는 일본 기업으로, 1966년 Mitsubishi Chemical Corporation 및 Unitika Ltd. 와 합병되었음. 주요 제품은 친환경 폴리에스터 섬유임
  - NIPPON ESTER는 자국에만 출원하고 있으며, 재생 폴리에스테르 섬유, 생분해성 섬유 및 리사이클 폴리에스테르 섬유 관련 특허를 출원함
  - 친환경 합성섬유 기술과 관련하여 46건의 출원을 진행하였으며, 그 중 등록된 특허는 15건으로 파악됨

[ NIPPON ESTER 주요특허 리스트 ]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
JP 5129068 (2008.09.10)	복합섬유	바이오매스 유래의 모노머 성분을 원료에 포함한 폴리올레핀과 폴리젯산으로 구성되는 복합섬유에 관한 기술	-
JP 4795278 (2007.03.06)	바인더 섬유 및 이것을 이용하여 이루어지는 부직포	생분해성 바인더 섬유 및 이것을 이용하여 이루어지는 부직포에 관한 기술	-
JP 4745091 (2006.03.17)	분섬용 생분해성 폴리에스테르 섬유	자연 환경 하에서 생분해성 능력을 가지며, 권축 가공 후에 분섬에 제공하기 위한 만큼섬용 생분해성 폴리에스테르 섬유에 관한 기술	
JP 4658690 (2005.05.27)	재생 폴리에스테르 복합섬유	재활용 폴리에스테르를 해중합하고 재중합해서 이루어지는 폴리에스테르를 함유하는 폴리에스테르를 심부에 배치한 재생 폴리에스테르 복합섬유에 관한 기술	
JP 4633452 (2004.12.14)	부직포용 단섬유 및 단섬유 부직포	생분해성도 가지는 부직포용 단섬유 및 이 단섬유를 함유해서 이루어지는 단섬유 부직포에 관한 기술	

\* 등록특허 기준, 피인용 문헌수 및 패밀리국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

◎ UNITIKA LTD

- UNITIKA LTD는 오사카에 본사를 둔 일본 회사로 다양한 섬유, 유리, 플라스틱 및 탄소 섬유 제품을 생산하며, 운동복 및 식품 포장과 같은 소비자 제품에 사용되는 필름을 제작함
  - 주요 특허들은 생분해성 부직포, 생분해성 장섬유 부직포, 폴리유산계 복합 단섬유, 폴리젖산계 장섬유 관련 특허를 다수 출원하는 것으로 파악됨

[ UNITIKA LTD 주요특허 리스트 ]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
JP 5618045 (2009.12.07)	생분해성 부직포	생분해성을 가지는 부직포에 관한 기술	-
JP 5356960 (2009.09.16)	폴리머 알로이 섬유 및 이 섬유를 포함한 위생 용품의 표면시트	폴리젖산을 포함한 생분해성을 가지는 폴리머 알로이 섬유 및 이 섬유를 포함한 직물에 관한 기술	-
JP 5355225 (2009.05.29)	폴리젖산계 장섬유 부직포 및 그 제조 방법	유연성이 우수한 생분해성 부직포에 관한 기술	-
JP 5235783 (2009.05.20)	폴리젖산계 잠재 권축 섬유	권축 발현성이 우수하고, 신축성이나 부풀성이 있는 감축을 가지며, 또한 보다 소프트한 감축을 가지는 섬유 집합체를 얻기 위해 적합한 생분해성을 가지는 잠재 권축 섬유에 관한 기술	-
JP 5361420 (2009.01.30)	폴리젖산계 장섬유 부직포 및 그 제조 방법	기계적 물성이 우수함과 동시에 열 봉합성을 겸비하는, 생분해성 부직포에 관한 기술	-

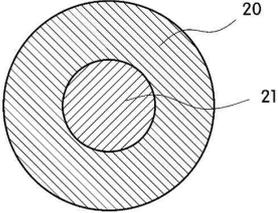
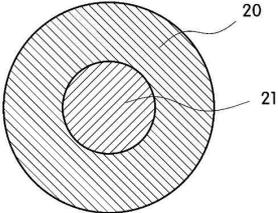
\* 등록특허 기준, 피인용 문헌수 및 패밀리국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

(2) 국내 주요출원인 주요 특허 분석

◎ 도레이케미칼

□ 도레이케미칼은 폴리에스터 섬유면방, 합성수지, 필터 및 관련 제품의 제조 및 판매를 주요 사업으로 하고 있으며, 친환경 합성섬유 기술과 관련된 특허를 21건 출원하였으며, 그중 등록된 특허는 13건

[ 도레이케미칼 주요특허 리스트 ]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR 1788632 (2016.10.05)	열가소성 셀룰로오스 유도체 조성물 및 이를 통해 제조된 섬유	유기용매에 용해하지 않고 용융 방사가 가능하며, 생분해가 잘 이루어지는 친환경 셀룰로오스 유도체 조성물 및 섬유에 관한 기술	-
KR 1573250 (2014.12.31)	생분해성이 우수한 저융점 폴리에스테르계 복합섬유 및 이를 포함하는 인테리어용 원사	방사성이 뛰어나고, 우수한 접착성을 가지며, 생분해성을 발현하는 동시에 높은 유리전이온도(Tg)를 보유함으로써 내열성 등 열적 특성이 향상된 생분해성이 우수한 저융점 폴리에스테르계 복합섬유에 관한 기술	
KR 1642607 (2014.12.26)	열접착성 및 생분해성이 우수한 서멀본딩 부직포용 잠재권축섬유 및 이의 제조방법	생분해성이 우수하면서도 부직포 공정에서 열처리시 우수한 열접착과 신축성을 동시에 발현할 수 있는 잠재권축섬유에 관한 기술	-
KR 1643699 (2012.07.16)	열가소성 셀룰로오스 유도체 복합섬유의 제조방법	유기용매에 용해하지 않고 용융 방사가 가능하며, 생분해가 잘 이루어지는 친환경 셀룰로오스 복합섬유에 관한 기술	
KR 1372857 (2011.12.30)	생분해성 폴리에스테르 블렌드 조성물, 이의 제조방법 및 이로부터 제조된 섬유	생분해가 잘 이루어지면서 방사공정이 가능하여 원사 등에 활용가능한 생분해성 폴리에스테르 블렌드 조성물에 관한 기술	-

\* 등록특허 기준, 피인용문헌수 및 패밀리 국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

◎ 휴비스

- 휴비스는 폴리에스터(Polyester) 섬유인 단섬유 (Staple Fiber) 및 장섬유 (Filament Yarn 및 산업자재소재)를 주력으로 생산, 판매하는 업체로, 친환경 합성섬유 기술과 관련된 특허를 21건 출원하였으며, 그중 등록된 특허는 13건을 보유
  - 휴비스는 주로 바이오매스 유래 원료를 이용한 폴리에스테르 복합섬유 관련 특허를 출원하고 있음

[ 휴비스 주요특허 리스트 ]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR 2144067 (2018.11.30)	폴리에틸렌프라노에이트 수지를 함유하는 폴리에스테르계 복합섬유	바이오매스에서 유래한 물질인 푸란디카르복실산와 에틸렌글리콜로 중합된 폴리에틸렌프라노에이트를 함유하는 폴리에스테르계 복합섬유에 관한 기술	-
KR 1881825 (2016.10.20)	바이오매스 유래 원료를 이용한 폴리에스테르 복합섬유 및 그 제조방법	저점도 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET)와 고점도 폴리트리메틸렌테레프탈레이트 (PTT)를 복합방사하여 자발 고권축 특성을 갖는 폴리에스테르 복합섬유에 관한 기술	-
KR 1780482 (2015.11.06)	소취 생분해성 섬유	열가소성 셀룰로오스에 소취물질에 함유되어 소취 내구성이 우수하고 생분해성을 가지고 있어 친환경적인 소취 생분해성 섬유에 관한 기술	-
KR 1744259 (2015.10.27)	바이오매스 유래 원료를 이용한 폴리트리메틸렌테레프탈레이트 복합섬유 및 그 제조방법	신축성이 우수하며 알칼리 감량속도가 증가하는 특징의 자발 고권축 섬유에 관한 기술	-
KR 1644067 (2014.10.31)	잠재권축성이 우수한 생분해성 복합섬유 및 그 제조 방법	친환경 가소제를 사용함으로써 열유동성이 우수하고 용융방사가 가능한 열가소성 셀룰로오스를 복합방사 공정을 통해 잠재권축성이 우수한 생분해성 복합섬유에 관한 기술	

\* 등록특허 기준, 피인용 문헌수 및 패밀리국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

◎ 케이씨씨

- 케이씨씨는 국내 최대의 도로 생산업체로서 자동차용, 선박용, 공업용, 건축용, 중방식용 등 다양한 분야에 적용할 수 있는 제품 포트폴리오를 구축한 기업으로 친환경 합성섬유 기술과 관련된 특허를 13건 출원하였으며, 13건의 특허 중 등록된 특허는 9건으로 나타남
  - 케이씨씨 한국뿐만 아니라 일본, 미국, 유럽에도 출원을 진행함. 이는 자국뿐만 아니라 국외에서의 기술 시장 선점 활동을 활발히 하고 있는 것으로 분석됨

[ 케이씨씨 주요특허 리스트 ]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
EP 3156468 (2015.06.09)	AQUEOUS COMPOSITE BINDER COMPOSITION AND METHOD FOR BINDING FIBROUS MATERIAL BY MEANS OF SAME	수성 복합 접착제 조성물 및 이를 사용하여 섬유상 재료를 결속하는 방법에 관한 기술	Figure 1 <pre>                     graph TD                         A[Preparation of binder] --&gt; B[Preparation of fibrous material]                         B --&gt; C[Preparation of aqueous composite binder]                         C --&gt; D[Preparation of fibrous material]                         D --&gt; E[Preparation of fibrous material]                         E --&gt; F[Preparation of fibrous material]                     </pre>
JP 6109802 (2014.10.16)	소금 용해성 세라믹 섬유 조성물	고온 단열재용 염용해성 세라믹 섬유 조성물에 관한 기술	-
KR 1871542 (2014.06.10)	공정수의 재활용이 가능한 수성 접착제 조성물 및 이를 사용하여 섬유상 재료를 결속하는 방법	하나 이상의 환원당, 하나 이상의 아미노산, 및 미생물 최소억제농도가 1% 이하인 하나 이상의 알데히드 화합물을 포함하는 수성 접착제 조성물 및 이를 사용하여 섬유상 재료를 결속하는 방법에 관한 기술	-
EP 1979284 (2007.01.24)	A BIODEGRADABLE CERAMIC FIBER COMPOSITION FOR A HEAT INSULATING MATERIAL	고온 단열재용 생분해성 세라믹 섬유 조성물에 관한 기술	-

\* 등록특허 기준, 피인용 문헌수 및 패밀리국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

## 다. 기술진입장벽 분석

### (1) 기술 집중력 분석

- 친환경 합성섬유 관련 기술에 대한 시장관점의 기술독점 현황분석을 위해 집중률 지수(CRn: Concentration Ratio n, 상위 n개사 특허점유율의 합) 분석 진행
  - 상위 4개 기업의 시장점유율이 0.09로 친환경 합성섬유 분야에 있어서 독과점 정도는 낮은 수준으로 판단
  - 국내 시장에서 중소기업의 점유율 분석결과 0.41로 해당 기술에 대하여 중소기업의 진입장벽은 높은 것으로 파악됨

[ 주요출원인의 집중력 및 국내시장 중소기업 집중력 분석 ]

주요 출원인 집중력	주요출원인 출원인	출원건수	특허점유율	CRn	n
	TORAY INDUSTRIES(일본)	100	4.0	0.04	1
	NIPPON ESTER(일본)	46	1.8	0.06	2
	UNITIKA LTD(일본)	45	1.8	0.08	3
	UNITICA FIBERS LTD(일본)	34	1.4	<b>0.09</b>	<b>4</b>
	KIMBERLY-CLARK WORLDWIDE INC(미국)	34	1.4	0.10	5
	ELIXIR MEDICAL(미국)	29	1.2	0.12	6
	TOYO BOSEKI(일본)	27	1.1	0.13	7
	TEIJIN LTD(일본)	27	1.1	0.14	8
	UNI CHARM(일본)	26	1.0	0.15	9
	PROCTER & GAMBLE(미국)	22	0.9	0.16	10
	<b>전체</b>	<b>2,498</b>	<b>100%</b>	<b>CR4=0.09</b>	
	국내시장 중소기업 집중력	출원인 구분	출원건수	특허점유율	CRn
중소기업(개인)		202	41.3	0.41	
대기업		122	24.9		
연구기관/대학		165	33.7		
<b>전체</b>		<b>489</b>	<b>100%</b>	<b>CR중소기업=0.41</b>	

(2) 특허소송 현황 분석

□ 친환경 합성섬유 관련 기술 진입 장벽에 대한 분석을 위해 특허소송 이력 검토

- 2017년 11월 텍사스 서부 지방 법원에 원고 Board of Regents of the University of Texas System과 Boston Scientific Corporation간의 Drug releasing biodegradable fiber for delivery of therapeutics에 대한 특허 침해 소송을 시작으로 델라웨어 지방 법원, CAFC (연방 순회 항소 법원), 미국 대법원 순으로 3년 동안 진행됨. 그 외 Ethicon, Inc., Medtronic, Inc. 기업과 동일 특허로 소송이 진행됨
- The University of Texas System의 Drug releasing biodegradable fiber implant 특허 또한 동일 기업들과 소송이 진행됨

[ The University of Texas System 특허소송 현황 ]

		명칭	출원인	원고 v. 피고
1	US 7033603 (2003.05.02.)  US 6596296 (2000.08.04)	Drug releasing biodegradable fiber for delivery of therapeutics	The University of Texas System	Board of Regents of the University of Texas System v. Boston Scientific Corporation
		대상제품명	소제기일	소송종료일
		SYNERGY™ Everolimus-Eluting Platinum Chromium Coronary Stent System - Monorail™ Catheter	2020.03.10	2020.04.20
		SYNERGY™ Everolimus-Eluting Platinum Chromium Coronary Stent System - Monorail™ Catheter	2018.03.20	2019.09.05
		H7493926008220, H7493926012220, H7493926016220, H7493926020220 and others - SYNERGY™ Everolimus-Eluting Platinum Chromium Coronary Stent System (Monorail™ Catheter Products)	2018.03.13	-
		SYNERGY™ Everolimus-Eluting Platinum Chromium Coronary Stent System - Monorail™ Catheter	2017.11.20.	2018.03.12
2	US 7033603 (2003.05.02.)  US 6596296 (2000.08.04)	명칭	출원인	원고 v. 피고
		Drug releasing biodegradable fiber for delivery of therapeutics	The University of Texas System	Board of Regents of the University of Texas System v. Ethicon, Inc.

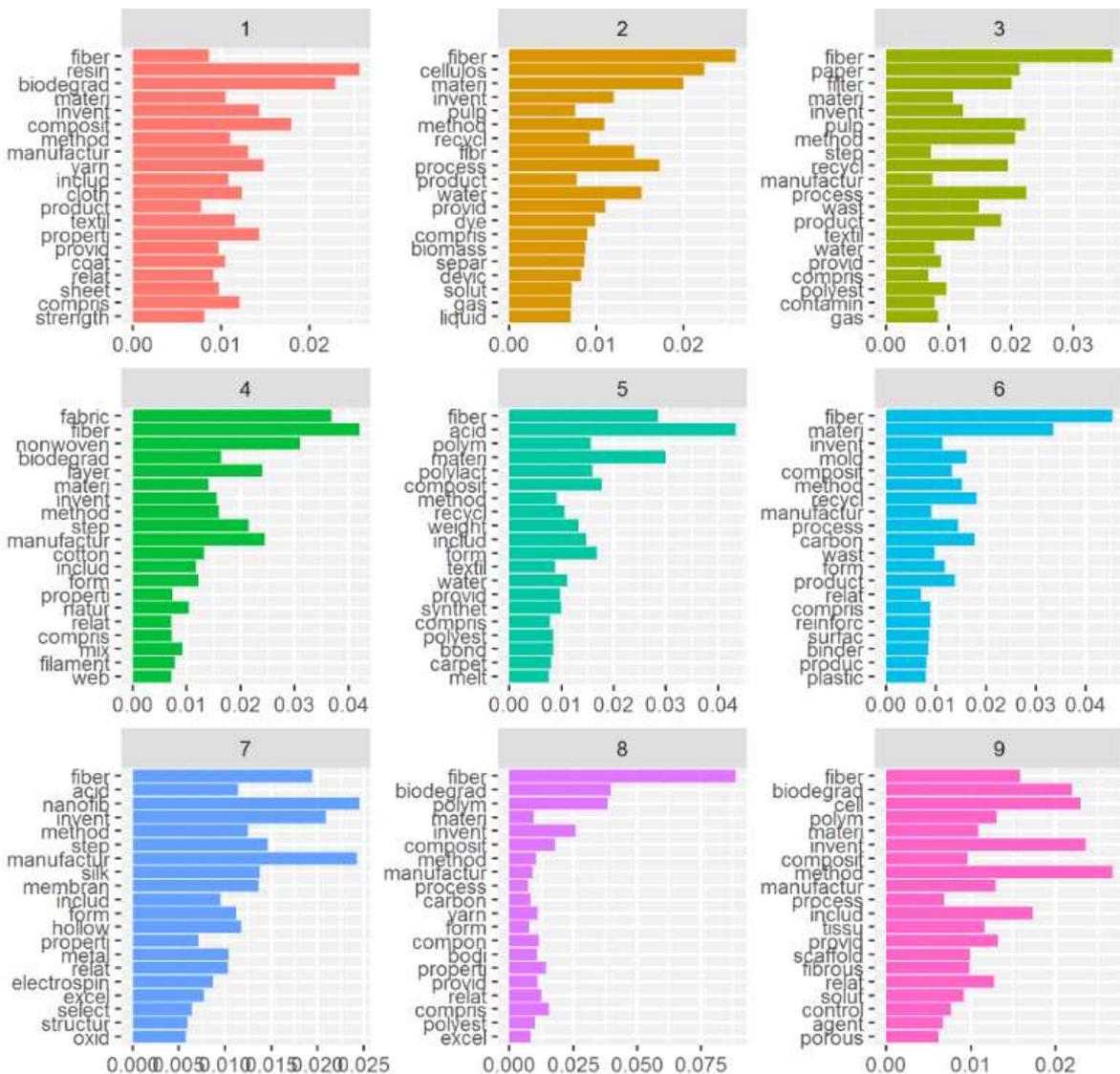
		대상제품명	소제기일	소송종료일
		VCPB269H, VCPB726D, VCPB727D, VCPB416H, VCPB774D, VCPB864D, VCPB417H, VCPB944H, VCPB259H, VCPB739D, VCPB839D, VCPB945H, VCPB260H, VCPB340H, VCPB41D, VCPB740D, VCPB840D, VCPB946H, VCPB31D, VCPB341H, VCPB741D, VCPB841D, VCPB947H, VCPB958H, D10083, D10084, VCPB724D, VCPB978H, VCPB725D, VCPB765D, VCPB977H and Similar products - Anti bacteria	2017.11.15	-
3	US 7033603 (2003.05.02.)	명칭	출원인	원고 v. 피고
		Drug releasing biodegradable fiber for delivery of therapeutics	The University of Texas System	Board of Regents of the University of Texas System v. Medtronic, Inc.
	US 6596296 (2000.08.04)	대상제품명	소제기일	소송종료일
		CMRM6122, CMRM6133, NMRM6122, NMRM6133, K130943, K142611 and K150291 - biodegradable polymer fiber, pharmaceutical drug products	2017.09.29	2018.07.19

## 5. 요소기술 도출

### 가. 특허 기반 토픽 도출

- 2,498건의 특허에 대해서 빈출단어 5,519개 단어의 구성 성분이 유사한 것끼리 그룹핑을 시도하여 토픽을 도출
- 유사한 토픽을 묶어 클러스터 9개로 구성

[ 친환경 합성섬유(바이오매스, 리사이클, 생분해성 섬유)에 대한 토픽 클러스터링 결과 ]



## 나. LDA<sup>41)</sup> 클러스터링 기반 요소기술 도출

[ LDA 클러스터링 기반 요소기술 키워드 도출 ]

No.	상위 5개 키워드	대표적 관련 특허	요소기술 후보
클러스터 01	resin biodegrade yarn cloth textile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• The method of manufacture for PolyLacticAcid fiber</li> <li>• Fibrous sheets coated or impregnated with biodegradable polymers or polymers blends</li> <li>• Fibrous sheets coated or impregnated with biodegradable polyhydroxybutyrate polymers or polymer blends</li> </ul>	생분해성을 가지는 친환경 합성섬유 제조 기술
클러스터 02	fiber cellulose fibre recycle biomass	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agricultural by-product of the manufacturing system to separate chaff and silica minerals and fiber derived from the biomass of</li> <li>• PROCESS AND SYSTEM FOR RETTING PLANT FIBRE FOR TEXTILE USE</li> <li>• NANOCELLULOSE-REINFORCED CELLULOSE FIBERS</li> </ul>	바이오매스 섬유소재화 기술
클러스터 03	fiber recycle wasting textile polyester	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Methods for producing recycled pulp and methods for modifying pulp fiber surfaces using liquid jet cavitation</li> <li>• Method of making carboxylated cellulose fibers and products of the method</li> <li>• METHOD AND COMPOSITION FOR ENZYMATIC TREATMENT OF FIBER FOR PAPERMAKING, AND PAPER PRODUCTS MADE THEREWITH</li> </ul>	고기능성 재생 섬유 제조 기술
클러스터 04	fiber fabric nonwoven biodegrade nature	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MULTIPURPOSE FUNCTIONAL NONWOVEN FIBER, AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME</li> <li>• Biodegradation Non-Woven Fabric and Manufacturing Apparatus and Manufacturing Method</li> <li>• Short Fibers Non-Woven Fabric and Method of Making The Same</li> </ul>	친환경 생분해 부직포 제조 기술
클러스터 05	polylactic acid fiber polymer recycle	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MODIFIED POLYLACTIC ACID FIBERS</li> <li>• BIODEGRADABLE POLYLACTIC ACIDS FOR USE IN FORMING FIBERS</li> <li>• POLYLACTIC ACID FIBERS</li> </ul>	Poly(lactic acid)(PLA) 제조 기술

41) Latent Dirichlet Allocation

클러스터 06	fiber recycle carbon wasting reinforce	<ul style="list-style-type: none"> <li>• The carbon fiber which or the part - regenerative can be regeneratively manufactured with the part - regenerative from the CO2 by using combined manufacturing methods</li> <li>• METHOD FOR PRODUCING PELLETS FROM FIBER COMPOSITE MATERIALS AND CARBON FIBER CONTAINING PELLET</li> <li>• METHOD OF PRODUCING MOLDED PARTS OF CARBON MATERIAL USING RECYCLED CARBON FIBERS</li> </ul>	재생 가능한 탄소 섬유 제조 기술
클러스터 07	nanofiber fiber silk acid properties	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sheath-core type Polyester Composite Fibers Using materials from biomass and Method Preparing Same</li> <li>• Polyester Composite Fibers Using materials from biomass and Method Preparing Same</li> <li>• Polytrimethyleneterephthalate Composite Fibers Using materials from biomass and Method Preparing Same</li> </ul>	바이오매스 유래 원료를 이용한 복합섬유 제조 기술
클러스터 08	fiber biodegrade polymer properties yarn	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Method for Manufacturing Biodegradable Polyester Plied Yarn Having Cotton-like Characteristics, Polyester Plied Yarn Produced Thereby</li> <li>• FIBER COMPRISING A BIODEGRADABLE POLYMER</li> <li>• Biodegradable Hydrophilic Binder Fibers</li> </ul>	생분해성 폴리에스테르 섬유 제조 기술
클러스터 09	biodegrade fiber polymer fibrous porous	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reverse fabrication of porous materials</li> <li>• Mesoporous silica-shelled biopolymer hybrid nanofibrous scaffold and preparation method thereof</li> <li>• ELECTRO-MECHANICALLY STRETCHED MICRO FIBERS AND METHODS OF USE THEREOF</li> </ul>	생분해성 고분자 나노섬유 제조 기술

### 다. 특허 분류체계 기반 요소기술 도출

- 친환경 합성섬유 관련 특허의 주요 IPC 코드를 기반으로 바이오매스, 리사이클, 생분해성 소재를 이용한 복합 섬유 제조 기술, 재생 폴리에스테르 섬유 제조 방법, 생분해성 나노섬유 제조 기술, 생분해성 부직포 제조 기술, 및 재활용이 가능한 섬유 강화 수지 제조 기술 요소기술 키워드를 도출함

[ IPC 분류체계에 기반 한 요소기술 도출 ]

IPC 기술트리		
(서브클래스) 내용	(메인그룹) 내용	요소기술 후보
(D01F) 인조필라멘트, 사, 섬유, 강모, 또는 리본의 제조에 있어서 화학적 특징을 가지는 것	(D01F-008/14) 폴리에스테르를 적어도 1성분으로 하는 것	바이오매스, 리사이클, 생분해성 소재를 이용한 복합 섬유 제조 기술
	(D01F-006/62) 폴리에스테르로부터 되는 것	재생 폴리에스테르 섬유 제조 기술
	(D01F-006/92) 폴리에스테르를 주성분으로 하는 것	-
(D04H) 직물(textile fabrics)의 제조	(D04H-001/42) 특정섬유의 사용에 특징이 있고, 그 사용이 플리이스의 결합에 압도적인 영향을 주지 아니하는 범위의 것	생분해성 나노섬유 제조 기술
	(D04H-003/00) 전부 또는 대부분이 실질적 길이에 대해 실 또는 유사 필라멘트 물질로 구성된 부직포	생분해성 부직포 제조 기술
	(D04H-001/54) 섬유를 서로 융착시키는 것에 의한 것, 예. 부분적인 용융 또는 용해에 의한 것	-
(C08J) 마무리; 일반적 혼합 방법	(C08J-005/04) 성기거나 응집한 섬유상 물질에 의한 고분자 화합물의 보강	재활용이 가능한 섬유 강화 수지 제조 기술

## 라. 최종 요소기술 도출

- 산업·시장 분석, 기술(특허)분석, 전문가 의견, 타부처로드맵, 중소기업 기술수요를 바탕으로 로드맵 기획을 위하여 요소기술 도출
- 요소기술을 대상으로 전문가를 통해 기술의 범위, 요소기술 간 중복성 등을 조정·검토하여 최종 요소기술명 확정

### [ 친환경 합성섬유(바이오매스, 리사이클, 생분해성 섬유) 분야 요소기술 도출 ]

요소기술	출처
고기능성 재생 섬유 제조 기술	특허 클러스터링
바이오매스 유래 원료를 이용한 복합섬유 제조 기술	특허 클러스터링
바이오매스, 리사이클, 생분해성 소재를 이용한 복합 섬유 제조 기술	IPC 기술체계
생분해성 나노섬유 제조 기술	IPC 기술체계
생분해성 부직포 제조 기술	IPC 기술체계
생분해성 폴리에스테르 섬유 제조 기술	특허 클러스터링
생분해성을 가지는 친환경 합성섬유 제조 기술	특허 클러스터링
재생 가능한 탄소 섬유 제조 기술	특허 클러스터링
재생 폴리에스테르 섬유 제조 기술	IPC 기술체계
재활용이 가능한 섬유 강화 수지 제조 기술	IPC 기술체계

## 6. 전략제품 기술로드맵

### 가. 핵심기술 선정 절차

- 특허 분석을 통한 요소기술과 기술수요와 각종 문헌을 기반으로 한 요소기술, 전문가 추천 요소기술을 종합하여 요소기술을 도출한 후, 핵심기술 선정위원회의 평가과정 및 검토/보완을 거쳐 핵심기술 확정
- 핵심기술 선정 지표: 기술개발 시급성, 기술개발 파급성, 기술의 중요성 및 중소기업 적합성
  - 장기로드맵 전략제품의 경우, 기술개발 파급성 지표를 중장기 기술개발 파급성으로 대체

#### [ 핵심기술 선정 프로세스 ]



### 나. 핵심기술 리스트

#### [ 친환경 합성섬유(바이오매스, 리사이클, 생분해성 섬유) 핵심기술 ]

핵심기술	개요
재생 폴리에스테르 섬유제조 기술	• 고효율 저에너지 PET 리사이클 공정 및 정제기술, 단량체 회수 및 재중합 기술, 그리고 이를 이용한 섬유 방사기술을 포함하는 재생 폴리에스테르 섬유제조 기술
바이오매스 유래 원료 활용 복합섬유제조 기술	• 천연자원 유래 바이오매스 원료를 활용하여 고분자 수지, 컴파운딩 기술, 섬유화 및 구조제어 기술, 고부가가치화를 위한 제편직 및 염가공 기술까지를 포함하는 복합섬유제조 기술
생분해성을 가지는 친환경 섬유 제조 기술	• 생분해성 고분자 수지 개발 기술 및 컴파운딩 기술, 생분해성 소재 섬유화 기술 및 생분해 속도 제어 기술, 생분해성 섬유 제품화 기술 및 생분해성 평가 인증 체계 정립 등을 포함하는 친환경 섬유 제조 기술
재활용이 가능한 섬유 강화 수지 제조 기술	• 폐섬유 및 폐자원 분류, 회수, 정제기술, 재활용 섬유의 강도 향상 기술, 섬유강화 복합소재 제품 기술을 포함하는 재활용이 가능한 섬유강화 수지 및 이를 이용한 제품화 기술

## 다. 중소기업 기술개발 전략

- 글로벌 기업들을 중심으로 지속가능한 섬유, 친환경 섬유 사용이 확대되고, 산업용 신규 수요도 증가하는 추세로 이에 대응할 기술개발이 필요함. 특히 수입 의존도가 높은 바이오매스, 리사이클, 생분해성 섬유제품의 원료와 섬유소재개발이 시급하며, 제조공정 기술개발을 통한 국내 자립화가 필요
- 고기능 고부가가치의 응용제품 생산기반 강화와 공정상 오염물질 발생을 최소화할 수 있는 친환경 염색가공 기술 확보를 통해 섬유산업 선진화 필요
- 친환경 합성섬유 원료부터 제품화까지 원천기술 확보로 국내 친환경 섬유 기술력 강화 및 글로벌시장 진출 확대 필요

## 라. 기술개발 로드맵

### (1) 중기 기술개발 로드맵

[ 친환경 합성섬유(바이오매스, 리사이클, 생분해성 섬유) 기술개발 로드맵 ]

친환경 합성섬유 (바이오매스, 리사이클, 생분해성 섬유)	수입 의존도가 높은 바이오매스, 리사이클, 생분해성 섬유제품의 원료와 섬유소재 개발이 시급하며, 제조공정 기술개발을 통한 국내 자립화가 필요			최종 목표
	2021년	2022년	2023년	
재생 폴리에스테르 섬유제조 기술				재생 폴리에스테르 섬유소재 및 프리미엄 제품 개발
바이오매스 유래 원료 활용 복합섬유제조 기술				천연고분자 기반 섬유화, 이를 적용한 친환경 의류 및 생활용 섬유제품 개발
생분해성을 가지는 친환경 섬유 제조 기술				생분해성 섬유의 고부가가치 제품화, 용도별 제품화기술
재활용이 가능한 섬유 강화 수지 제조 기술				재활용이 가능한 섬유강화 복합재료 제품 개발

\* 표시는 생태계 취약 기술을 의미

## (2) 기술개발 목표

- 최종 중소기업 기술로드맵은 기술/시장 니즈, 연차별 개발계획, 최종목표 등을 제시함으로써 중소기업의 기술개발 방향성을 제시

[ 친환경 합성섬유(바이오매스, 리사이클, 생분해성 섬유) 핵심기술 연구목표 ]

핵심기술	기술요구사항	연차별 개발목표			최종목표	연계R&D 유형
		1차년도	2차년도	3차년도		
재생 폴리에스테르 섬유제조 기술	고효율 저에너지 PET 리사이클 공정 및 정제기술, 단량체 회수 및 재중합 기술, 섬유화 기술	수거된 PET 원료의 리사이클, 분리, 정제, 탈색 기술	단량체 회수 재중합 기술	기능성 원사, 복합방사 기술	재생 폴리에스테르 섬유소재 및 프리미엄 제품 개발	상용화 기술혁신
바이오매스 유래 원료 활용 복합섬유제조 기술	바이오매스 고분자 수지, 컴파운딩 기술, 섬유화 및 구조제어 기술, 고부가가치화를 위한 염색/고차가공 기술	고분자 개질 및 합성 기술을 통한 바이오매스 기반 수지 및 추출 공정, 컴파운딩 기술	섬유화 기술, 장, 단섬유 및 이를 이용한 제조 기술	바이오매스 기반 섬유 제편직/염가 공 기술	천연고분자 기반 섬유화, 이를 적용한 친환경 의류 및 생활용 섬유제품 개발	상용화 기술혁신
생분해성을 가지는 친환경 섬유 제조 기술	섬유 방사 및 부직포 제조 기술, 생분해성 제어 및 신뢰성 평가	생분해성 고분자 수지 개발 및 컴파운딩 기술	생분해성 소재 섬유화 기술 및 생분해 속도 제어 기술	생분해성 섬유 제품화 기술 및 생분해성 평가 인증 체계 확립	생분해성 섬유의 고부가가치 제품화, 용도별 제품화기술	상용화 기술혁신
재활용이 가능한 섬유 강화 수지 제조 기술	폐섬유 및 폐자원 분리, 정제, 회수 기술, 재활용 섬유강화 수지 제조 기술	폐섬유 및 폐자원 분류, 회수, 정제 기술	재활용 섬유의 인장 강도 향상 기술	기존 합성 수지/ 재활용된 섬유 강화 복합소재 제품 기술 개발	재활용이 가능한 섬유강화 복합재료 제품 개발	상용화 기술혁신