

전략분야 현황분석

신재생에너지



신재생에너지

1. 개요

가. 일반적 정의

(1) 정의

- 신재생에너지는 재생가능 에너지를 이용하는 에너지로써, 전환수단과 에너지 형태에 따른 신에너지, 에너지원의 종류에 따른 재생에너지로 분류됨
 - 국내에서는 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」 제2조에 의거해 기존의 화석연료를 변환시켜 이용하거나 햇빛, 물, 지열 등을 포함하는 재생가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지로 총 11개 분야로 정의
 - 신에너지: 연료전지, 석탄액화가스화 및 중질잔사유가스화, 수소에너지 등 3개 분야의 에너지를 칭함
 - 재생에너지: 태양광, 태양열, 바이오, 풍력, 수력, 해양, 폐기물, 지열 등 8개 분야의 에너지를 칭함

(2) 필요성

- 에너지 사용의 증가는 온실가스 배출 증가의 결정적인 원인으로 작용하고 있으며 온실가스 감축 및 국제환경 규제 대응이 필수
 - 화석에너지 고갈, 국제 환경규제 강화로 인해 향후에 신재생에너지는 주요 에너지원으로 부상될 전망. 온실가스 감축의무를 준수하고 지속가능한 경제발전을 위해 신재생에너지 개발보급목표를 정하여 중점적으로 투자가 진행
- 우리나라는 에너지 대외 의존도가 높고 유가변동에 의한 영향의 폭이 크고 깊어서, 안정적 에너지수급이 중요한 과제로 대두되고 있으며, 에너지의 해외의존도를 낮추고 에너지수급의 불안정에 대비한 장기경제개발 정책추진
 - 화석연료 고갈과 에너지수요 급증, 기후변화 문제로 인한 새로운 에너지원 개발의 필요성이 제기되어 에너지 다각화 정책의 일환으로 신재생에너지 산업 개발을 추진
- 신재생에너지 산업의 가격경쟁력 확보시 미래 성장 동력산업으로 급신장이 예상되며 미래 신에너지 산업과 녹색기술개발로 새로운 기술과 사업, 시장 및 일자리 창출이 가능하며, 산업의 신동파구로 주목
 - 주요 선진국은 경제성장과 온실가스 감축의 동시달성을 목표로 자국 특성에 맞는 에너지-기후변화 대응 분야의 신성장 동력창출에 주력

나. 구축 범위

(1) 가치사슬

- 2021년 기술로드맵에서는 신에너지와 신재생에너지에 대해서 중점적으로 다룰 예정이며, 신에너지에서는 수소에너지, 석탄액화·가스화 발전, 재생에너지에서는 태양광, 풍력, 수력 및 바이오 에너지를 전략분야에서 다룰 예정임

[신재생에너지 Value Chain]

후방산업	신재생에너지	전방산업
중전기, 에너지저장장치, 바이오공정/기기	신에너지: 연료전지, 석탄액화가스화 및 중질잔사유가스화, 수소에너지 재생에너지: 태양광, 태양열, 바이오, 풍력, 수력, 해양, 폐기물, 지열	에너지/환경 기계, 장비시스템 폐기물관리/자원순환 건설환경 설비기술

(2) 대표적 분류 방법

- 국내에서는 “국가과학기술표준분류” 및 “산업기술분류표”에서 신재생에너지는 중분류에 해당하며 세분류에 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」에 정의된 신재생에너지 각각의 기술을 포함하고 있음
 - 신재생에너지는 국가과학기술표준분류의 대분류 ‘에너지/자원’에 속함. ‘달리 분류되지 않는 신재생 에너지’로 분류하여 신재생에너지 기술의 범위를 확대함
 - 산업기술분류표에서는 대분류 ‘에너지/자원’의 중분류에 신재생에너지가 포함됨

[국내 신재생에너지 분류]

구분	에너지원 분류
신에너지	<ul style="list-style-type: none"> 수소에너지 연료전지 석탄을 액화·가스화한 에너지 및 중질잔사유를 가스화한 에너지로서 대통령령으로 정하는 기준 및 범위에 해당하는 에너지
	<ul style="list-style-type: none"> 그 밖에 석유·석탄·원자력 또는 천연가스가 아닌 에너지로서 대통령령으로 정하는 에너지 현재 대통령에서 해당 항목의 에너지원을 규정하고 있지 않음
재생에너지	<ul style="list-style-type: none"> 태양에너지, 풍력, 수력, 해양에너지, 지열에너지
	<ul style="list-style-type: none"> 생물자원을 변환시켜 이용하는 바이오에너지로서 대통령령으로 정하는 기준 및 범위에 해당하는 에너지 폐기물에너지(비재생폐기물로부터 생산된 것은 제외)로서 대통령령으로 정하는 기준 및 범위에 해당하는 에너지
	<ul style="list-style-type: none"> 그 밖에 석유·석탄·원자력 또는 천연가스가 아닌 에너지로서 대통령령으로 정하는 에너지

- 신재생에너지 생산은 한국표준산업분류 상 발전업의 하위분류인 수력 발전업과 기타 발전업으로 분류
 - 전기, 가스, 증기 및 수도사업 → 전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업 → 전기업 → 발전업 → 수력발전업, 기타 발전업

- 국가직무능력표준의 분류체계에서는 신재생에너지의 생산을 에너지·자원 산업의 하위 개념으로 분류되고, 다시 7개의 세분류 산업으로 분류
 - 환경·에너지·안전 → 에너지·자원 → 신재생에너지 생산 → 태양광에너지생산, 태양열에너지생산, 연료전지에너지생산, 바이오에너지생산, 해양에너지생산, 풍력에너지자원생산, 폐자원에너지생산

- 국제 기준에서의 신재생에너지 분류 기준은 우리나라의 분류 기준과는 다소 차이가 있음
 - 국제에너지기구(International Energy Agency, IEA)는 신·재생에너지를 자연현상에서 발생하고 지속적으로 보충되는 에너지로 정의하는 ‘재생에너지’ 8개 분류와 산업체·기관·병원·가정의 연소 가능한 여러 물질로 구성된 연료로 정의하는 ‘폐기물에너지’로 구분함
 - IEA의 신·재생에너지의 분류는 바이오와 관련된 에너지를 세분화 하며, 폐기물에너지 중 정제폐유와 윤활유 등은 IEA에서 신·재생에너지로 분류하지 않음

[IEA 재생가능에너지 분류]

구분	에너지원 분류	분류
재생가능 에너지	태양에너지(Solar Energy)	• 태양광, 태양열
	풍력(Wind Energy)	• 전기에너지
	수력(Hydro Energy)	• 전기에너지
	해양에너지 (Tide, Wave, Ocean)	• 전기에너지
	지열(Geothermal)	• 발전, 직접 열 이용
	고체 바이오연료 (Solid Biofuels)	• 목재연료, 흑액, 동물 폐기물 등
	바이오가스(Biogases)	• 매립지가스, 하수가스, 기타 혐기성 소화 바이오가스 등
	액체 바이오연료 (Liquid Biofuels)	• 바이오 가솔린, 바이오 디젤 등
비재생폐기물 에너지	재생도시폐기물 (Municipal waste, Renewables)	• 생분해성을 가진 도시 폐기물
	비재생폐기물 에너지 (Non-Renewable Wastes)	• 산업폐기물, 비재생 도시 폐기물

(3) 기술로드맵 전략분야의 범위

- 본 전략분야에서는 신재생에너지 범위 중 신에너지, 재생에너지로 분류되며, 신에너지에서는 수소에너지 재생에너지에서는 태양광, 풍력, 폐기물에너지, 바이오 에너지를 전략분야에서 다룰 예정임

[신재생에너지 기술로드맵 전략분야의 범위]

* : 본 전략분야의 범위

구분	상품 및 기술
신에너지	수소에너지*
	연료전지
	석탄 액화·가스화
재생에너지	태양광*
	태양열
	풍력*
	수력
	해양
	지열
	바이오*
	폐기물*

2. 시장 분석

가. 세계 시장 분석

(1) 세계시장 동향 및 전망

◎ 코로나19로 인한 신재생에너지 시장에 미치는 영향

- 코로나19 여파로 세계 에너지시장의 변화가 현실화되고 있음. 코로나19로 청정한 연료로의 에너지 전환이 가속될 것으로 판단되고 있으며, 석유·가스 기업은 탄소중립 목표를 수립하고 재생에너지와 수소 등으로 사업을 확장하고 있는 추세임
 - 코로나19로 에너지와 ICT(Information and Communications Technology)의 융합이 가속화로, 새로운 사업이 생기고 새로운 일자리가 창출될 것이라는 전망이 나옴
- 세계 전력수요가 축소되는 가운데 국제에너지기구(IEA)는 재생에너지는 다수의 작업인원이 필요하지 않은 재생에너지 발전량은 증가할 것으로 예측함¹⁾
 - 국제에너지기구(IEA)는 코로나 19로 올해 전반적 에너지 수요가 작년보다 6% 줄어들 것으로 전망했으나, 석탄, 석유 등 다른 에너지원 수요가 5-9%정도 감소하고, 신재생 에너지 수요는 0.8% 늘어난다고 보고함
 - 국제에너지기구(IEA)는 코로나19로 인한 자가격리 등의 조치가 태양광이나 풍력, 수소 등 저탄소 에너지원로의 전환을 촉진할 수도 있으리라 기대하고 있음
 - 재생에너지는 지속적인 발전설비 용량 증가, 전력계통에서의 급전 우선순위 보유 등으로 올해 1분기 전체 에너지원 가운데 유일하게 수요가 소폭 증가함
- 주요국에서 경기부양책을 녹색산업을 중심으로 펼칠 계획이고, 낮은 운영비용 및 투자비용 하락 등으로 경쟁력이 개선된다면, 재생에너지는 화석연료보다 양호한 회복세를 보일 것으로 예상됨
- 각 국의 정책적 지원, 연기된 프로젝트의 재개, 발전원가 하락 등에 힘입어 글로벌 재생에너지 산업은 2021년부터 다시 성장을 재개할 수 있을 전망임
- 다수의 기관이 예측한 코로나19 영향으로 인한 부정적 관점으로는 2020년 세계 원유 수요가 급감할 것으로 전망하고 있음. 석유 수요 급감으로 재생에너지 프로젝트에 타격을 주고, 전력수요 감소와 함께 에너지원 간의 경쟁을 심화시킬 수 있다는 전망이 분석됨. 석탄, 석유, 신재생에너지 등의 에너지 수요가 감소할 것으로 예상되고 있음²⁾
 - 2020년 국제유가는 하락세를 보이면서 국내 총에너지와 최종에너지 수요가 전년 대비 각각 1.4%, 1.3% 감소할 것으로 전망³⁾

1) KITA, 코로나로 각광받는 재생에너지 (2020.06)

2) 에너지경제연구원, 세계 에너지시장 인사이트 제20-10호 2020.5.18.

3) 에너지경제연구원, 코로나19, 국제유가 그리고 에너지부문 대응방향' 분석보고서 (2020)

- IEA는 코로나19 확산 여파로 에너지 수요 감소와 물류 차질, 각종 봉쇄조치, 자원 조달 어려움 등으로 신재생에너지 생산설비 건설이 영향을 받고, 2020~2021년 신규 설비 확대 합계치가 코로나19 발생 전 예상치보다 10% 정도 낮아질 것으로 예상함
- 세계 재생에너지 투자는 감소하여 2020년 재생에너지 신규 설치 용량은 전년보다 13% 하락한 167GW에 머무를 전망이다

[세계 재생에너지 연간 설치 용량 전망]

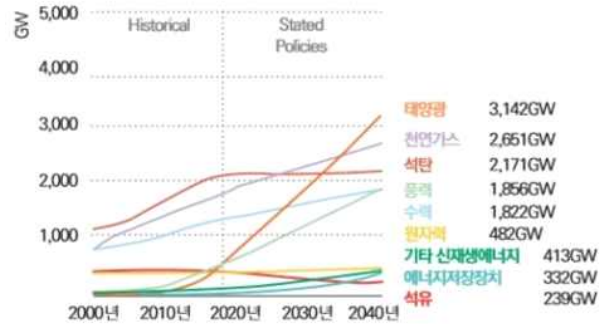


* 출처 : IEA 'Renewable Energy Market Update', 하나은행 하나금융경영연구소 (2020) 재인용

◎ 신재생에너지 시장전망

- 전 세계 재생에너지 설비용량은 2021년까지 42%(825GW) 증가할 것으로 예상됨. 시장 조사업체인 블룸버그 신에너지 파이낸스(BNEF)가 발간한 보고서 'NEO 2019'에 따르면 전 세계적으로 태양광, 풍력 등 재생에너지 발전의 비중이 2050년이면 62%에 이를 것으로 예측함
 - 2050년까지 태양광발전의 평균 건설비용이 63%, 육상풍력은 50% 하락할 것으로 전망함. 2050년까지는 전력수요가 62% 증가함에 따라 발전설비 확대에 13조 3000억 달러의 투자가 필요할 것으로 분석함
 - 전체 발전설비 투자액 13조 3,000억 달러 중 77%(약 10조달러)가 재생에너지에 투자계획이 잡혀있으며, 풍력과 태양광분야에 각각 5조3000억 달러, 4조2000억 달러가 투자될 것으로 예상됨
- 2040년에는 저탄소 발전설비로의 전환이 활발히 진행되면서, 신재생 에너지의 비중이 발전량과 발전설비용량 측면에서 크게 증가할 것으로 예측됨
 - 신재생 발전량은 2035년 이후 석탄발전량을 추월하여 2040년에는 전체 발전량 중 풍력 13%, 태양광 11%, 수력 15%의 비중을 차지할 것으로 예상됨
 - 발전설비용량 측면에서 2040년 전 세계 설비용량은 1만 3,000GW로 2018년 대비 80% 이상 증가하며, 신재생 설비는 2035년 이후 태양광 설비의 용량이 가장 큰 비중을 차지함

[전 세계 전원별 발전량 비중변화(좌) 및 연도별 발전설비용량 변화(우)]



* 출처 : IEA, 세계에너지전망(World Energy Outlook) 2019

- 발전비용 측면에서 2040년에는 발전원별 균등화발전원가(Levelized cost of energy, LCOE)의 차이가 지역별로 크지 않아 전력공급 경쟁이 치열할 것으로 전망됨
 - 2040년 태양광 LCOE가 \$65/MWh 이하로 낮아질 것으로 전망되며, 석탄 및 가스발전의 경우 대부분의 지역에서 2018년 대비 LCOE가 상승함
- 2017~2040년 동안 개발도상국 및 아시아 국가의 에너지 수요 증가는 세계 에너지 수요 증가를 견인할 것으로 전망됨
 - (중국) 중국은 수력, 태양광, 풍력, 태양열, 온수 등 여러 분야에서 보급과 투자를 주도하고 있음. 중국의 에너지 수요는 2040년에도 세계 최대 에너지 소비국으로 위상을 차지할 것으로 예상되나, 증가율은 2000~2017년 증가율 대비 1/5 수준일 것으로 분석됨. 2050년에는 재생에너지 발전량 비중이 62%를 달성할 것으로 예측됨
 - (인도) 2017년 대비 인도의 에너지 수요는 2040년까지 2배 이상 증가하여 전 세계 에너지 수요 증가를 견인할 것으로 예상되며, 2040년에는 중국 에너지 수요의 50%에 달하는 수준으로 증가할 것으로 예측됨
 - (미국) 미국은 2040년 에너지 수요는 2017년 소비수준에서 유지될 전망이며, 배터리 보급 성장을 바탕으로 2050년에 재생에너지 발전량 비중 55%를 달성할 것으로 전망됨
 - (독일) 독일은 풍력과 태양광 합쳐서 74%, 기타 재생에너지원을 포함하여 발전량 비중 84%를 달성하며, 영국은 해상풍력과 배터리 중심 성장에 힘입어 83%를 달성할 것으로 전망됨

◎ 수소에너지

- 수소에너지는 수소위원회에서 발간한 ‘Hydrogen, Scaling up’ 보고서에 의하면, 2050년에 전 세계 에너지 수요량의 대략 20%를 담당하며 이산화탄소가 매년 약 60억톤이 감축될 것으로 전망함
 - 2050년까지 수소와 관련된 산업 분야에서 연간 2조5,000억달러의 시장가치 유발효과 및 3,000만개 이상의 일자리 창출이 가능할 것으로 예측. 2050년까지 수송부문이 가장 큰 비중을 차지할 것으로 전망되며, 그 중 수송용 연료전지가 연료전지 시장 성장을 주도할 것으로 예측됨

- 세계 수소에너지시장은 2018년~2024년간 6.0%의 연평균 성장률로 성장을 지속하여 2024년에는 1,954억 달러 규모에 이를 것으로 전망됨

[수소에너지 세계 시장규모 및 전망]

(단위 : 백만 달러, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
합계	137,800	146,068	154,832	164,122	173,969	184,407	195,471	6.0

* 출처 : Persistence Market Research, Global Market Study on Hydrogen: Robust Growth in the Adoption of Hydrogen Across Various Applications to be Observed in North America in the Coming Years (2018)

◎ 태양광

- 2020년 세계 태양광시장은 중국 수요가 다소 둔화되겠지만 개도국 수요 증가로 중국수요 감소분을 상쇄해 전년대비 10GW 이상 증가한 135~150GW에 달할 전망임
- Bloomberg New Energy Fiance에서 발간한 “2018 Long-Term PV Market Outlook”에 의하면 2050년에 주요국가에 전력의 40% 이상을 태양광으로 공급하는 것을 예측함
 - 2020년 100 GW, 2030년 전후로 200 GW, 2035년 이후로 250 GW 규모의 연간 태양광 시장이 형성될 것으로 전망임
- 전 세계 태양광 발전 시스템 시장은 2018년 7,957억 4,000만 달러에서 연평균 성장률 20.7%로 증가하여 2024년에는 2조 3900억만 달러에 이를 것으로 예상됨

[태양광 에너지 세계 시장규모 및 전망]

(단위 : 백만 달러, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
합계	795,740	954,890	1,145,900	1,375,000	1,650,000	1,980,000	2,389,860	20.7

* 출처 : TechNavio, Global Solar PV System Market, 2017

◎ 풍력

- 풍력은 코로나 19의 영향으로 인해 공급망 차질 및 건설 활동 지연으로 설치용량이 감소될 것으로 예상됨. 풍력발전은 중국, 유럽 및 북미 등 시장 형성이 확립된 지역에서 확대 예상됨
 - 최근의 풍력에너지협회(GWEC) 전망에 의하면 2017년에 60GW 설치 규모를 초과하여 2020년에는 글로벌 연간 설치가 80GW를 도달하게 되며 이로서 총 누적 설치 용량은 797GW를 기록하게 될 것으로 예측됨
 - 유럽은 해상풍력 시장의 허브로서, 영국과 독일 등 유럽 국가들이 북해를 중심으로 해상풍력 개발 주도함. 영국, 독일, 덴마크, 네덜란드, 벨기에 5개국에 누적용량 기준 유럽의 98%로 세계 전체의 82% 차지함

- 중국은 2013년 이후 처음으로 연간 신규 설비용량이 20GW 이하로 감소했으나 2020년까지 10GW 착공, 5GW 완공 계획으로 향후 5년 내 세계 1위에 등극할 것으로 예상됨
- IRENA(2018)에 따르면 세계 해상풍력의 균등화발전단가(LCOE)는 설비비용률 향상, 공급사슬 성숙에 따른 설치, 경쟁입찰 시행 등의 요인들로 인해, 2010년 U\$0.17/kWh에서 2016년 U\$0.14/kWh로 하락한 것으로 조사
- 풍력 에너지 산업에서 터빈 용량이 지속적으로 증가할 것으로 전망
 - 풍력 터빈은 CAPEX의 60~80%를 차지하는 풍력 개발에 가장 큰 지출을 차지하는 중요한 부분으로, 터빈 가격의 추세는 지속적으로 감소함. 글로벌 핵심 OEM 생산 업체는 2018년에 대부분 4MW 용량의 장치를 설치하면서, 터빈 용량의 대형화 추세는 계속 유지될 것으로 예상됨
- 세계 풍력부품 시장은 2018년 4억 5,200억 달러에서 연평균 성장률 12.7% 증가하며, 2024년 12억 6,000달러로 증가할 것으로 전망되며, 세계 풍력 시스템 시장은 2018년 2,400억 달러에서 2024년 7,200만 달러 규모로 증가할 것으로 예측됨

[풍력에너지 세계 시장규모 및 전망]

(단위 : 백만 달러, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
풍력부품	452	543	651	781	937	1,120	1,260	12.7
풍력 시스템	24	29	35	41	49	60	72	20.1

* 출처 : Global Wind Report, 2017

◎ 폐기물에너지

- 세계 폐기물 에너지 시장은 2018년 333억 달러에서 연평균 6.2% 증가하여 2024년 478억 달러 전망
 - 전 세계 폐기물 에너지 시장은 2019~2027년 기간에 연평균 6.22% 증가하여 2019년 354억 달러에서 2023년 450억 달러, 2027년에는 573억 달러로 60% 이상 전망되는데, 이 중 폐기물의 에너지 전환 및 회수기술로 과잉 공기에 의한 소각 및 연소, 산소 제한 조건의 가스화, 무산소 조건의 열분해 등 고온 기술이 전체 시장의 85% 이상 차지함
 - 유럽은 온실가스 배출량 감축, 화석에너지 고갈 대비 안정적인 전력 공급의 목적으로 폐기물 에너지 시장 및 기술을 주도하고 있으며, 최근 중국과 인도가 주요 시장으로 부상하고 있음

[폐기물 에너지 세계 시장 규모 및 전망]

(단위 : 백만 달러, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
합계	33,300	35,400	37,600	39,900	42,400	45,000	47,799	6.2

* 출처 : Global waste to energy market forecast 2019 - 2027 (NK WOOD Research, 2018) 자료 재구성

◎ 바이오에너지

- 바이오에너지 발전용량은 7% 증가하여 122GW에 이르렀고 발전량은 세계적으로 11%증가하여 555 Tkw에 달함
 - 바이오에너지는 세계 최종 에너지소비의 13%를 차지하고 있음. 바이오에너지는 열, 전력, 수송 등 세 가지 주요 에너지 소비 부문에서 역할을 함. 최종 소비 부문별로 살펴보면 건물 난방에서 25.8%로 비중으로 가장 높고 산업용 열에너지의 6.1%, 수송의 3.0%, 전력의 2.1% 차지함
- TechNavio의 ‘Global Bioenergy Market’ 보고서에 따르면, 세계 바이오에너지 시장규모는 2018년 1,717억 달러에서 연평균 5.9% 성장하여 2024년에는 2,436억 달러의 시장규모로 형성될 것으로 전망

[바이오에너지 세계 시장규모 및 전망]

(단위 : 백만 달러, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
합계	171,700	181,200	191,800	203,700	217,200	230,015	243,586	5.9

* 출처 : TechNavio(2018), NICE평가정보 재가공

(2) 세계시장 핵심플레이어 동향

◎ 수소에너지

- 수소에너지 분야 주요제품의 해외 업체는 연료전지/발전분야, 수소연료전지차, 수소생산/수소 충전소로 크게 분류하여 상업화 진행하고 있음
 - (연료전지/발전분야) Toshiba, Kawasaki Heavy Industries, OBAYASHI CORPORATION 등
 - (수소연료전지차) Toyota, Honda, Nissan, Mercedes-Benz, BMW, GM 등
 - (수소생산/수소 충전소) Toshiba energy system, Tohoku Electric Power, MITSUBISHI, J-Power, Kawasaki, Mitsui, Linde plc, Daimler AG, OMV(오스트리아), Shell(네덜란드), Air Liquide(프랑스), Total 등
- (일본) 2021년까지 수소충전소 80개소 건설 목표로, 일본개발은행은 기업들 연합 컨소시엄을 구성하여 일본 H2 Mobility를 발족함. 2030년까지 해외 미이용 에너지를 이용한 수소 서플라이 체인을 구축을 목표로 함
 - (J-POWER, 가와사키 중공업, 셀레판, 이와타니산업) 일본은 수소 서플라이 체인 추진기구인 HySTRA를 중심으로 호주로부터 수소수입을 추진 중에 있음. 2020년부터 실증 운전이 시작되며, 갈탄개질을 이용한 수소수입을 통해 수백엔/Nm³까지 낮추는 것을 목표로 함
 - (미쓰비시그룹, 닛폰유센, 치유다화학건설, 미쓰이 그룹) 수소에너지 체인기술 연구조합(AHEAD)는 브루나이에서 천연가스 개질방식으로 생산한 수소를 톨루엔과 화학반응시켜 메틸시클로hexan 수입

- (IH) 수소관련 연구개발 거점을 후쿠시마 현에 구축했으며, 지역 내에서 생산한 에너지를 지역 내에서 소비하는 것으로 실증사업을 진행하고 있음
 - (쇼와덴코) 수소추출 과정에서 발생하는 이산화탄소를 드라이아이스로 재활용함. 폐플라스틱에서 뽑아낸 수소를 가와사키 시에 위치한 호텔에 공급함
 - (다이세이건설) 풍력발전소 전력으로 제조한 수소를 수소저장합금탱크에 저장하여 트럭을 통해 운반
- (유럽) 유럽연합(EU)의 집행위원회는 ‘유럽 수소전략’을 발표해 수소경제육성을 선언함. ‘탈탄소화’를 지원하기 위해, 그린수소 생산을 증가하고, 2050년까지 ‘최초의 기후 중립대륙’으로 만들겠다는 목표를 밝힘
- (Air Liquide, Linde, Daimler, Shell, Total, OMV) 독일은 6개 기업과 공동 출자하여 H2 모빌리티(MOBILITY)라는 회사를 설립하였으며, H2 모빌리티 주도로 수소충전소 건설·보급을 급속히 확대해 나가고 있음
 - (연방 재료연구원(BAM), BMW, 포드 독일, 테이진 카본 유럽) 수소자동차용 경량탱크 개발을 위한 정부 프로젝트를 시작함. 독일연방경제에너지부는 매년 2천 5백만 유로를 투자하여 수소응용 연구개발을 함께 지원

◎ 태양광

- (중국) 중국의 태양광 업체들이 풍부한 내수 시장과 자국 정부의 지원으로, 전 세계 태양광 시장을 선도하고 있으나, 최근 코로나19 해외 확산으로 중국 태양광 제조업계가 수출에 타격을 받고 있음. 중국 태양광시장은 발전차액지원제도를 근간으로 하는 시장에서 보조금 지원이 없는 순수경쟁시장으로 재편 중에 있음
- 중국 업계에서는 2020년 세계 태양광 설비 규모를 약 140GW로 전망했으나 코로나19 영향을 고려해 120GW로 하향 조정했으며 코로나19가 하반기까지 지속된다면 태양광 해외 수요는 급락할 것으로 예상됨
 - (Jinko Solar) 중국 기반의 글로벌 PV(Photovoltaic, 광전지) 산업의 대표 기업으로, 태양광 산업 수직계열화를 달성한 기업 중 하나임. 최근 네덜란드 태양광개발사 투자사인 Obton과 40MW 규모의 치타형 초고효율 60매 하프셀 모듈을 공급하기로 협약함. TR융합기술을 채택한 진코솔라의 타이거모듈은 모듈 여러 겹을 중첩시켜 460W의 고출력과 20.78%의 모듈 효율을 실현함(2019)
 - (JA Solar) 고성능 광전지 제품 제조업체로서, 고효율성 태양광 모듈이 표준 시험 조건에서 525W가 넘는 출력으로 업계 신기록을 세웠다고 발표함(2020.05)
 - (GCL) 결정질 실리콘 태양광 모듈 제조업체인 GCL은 세계 최대 규모의 태양광 패널 공장 건설을 검토하고 있음
- (일본) 일본은 재생 가능 에너지의 고정 매입 가격을 정부가 인하하자 파산위기를 맞이함
- 일본의 태양광 생산량 2위 업체인 교세라는 미에현의 태양광 패널 공장을 폐쇄했고, 파나소닉 공장도 태양광의 원재료인 폴리실리콘을 생산을 멈춤
 - (Ulvac) 진공 기술을 응용한 제품을 폭넓게 취급하며, FPD 및 PV 제조 장비를 포함한 진공 장비 사업에서 매출을 내고 있음

- (NPC) 태양광 패널의 폐기처리를 위해 유리 와 봉지재 EVA를 분리하는 기술을 개발, 일반적으로 산업 폐기물로 처리되지만, 열화가 되지 않은 것을 선별하여 재사용
- (미국) 2019년 미국은 전력망에 연결된 발전원 중 40%가 태양광 발전으로 높은 비중을 차지하여 2020년 설치량이 14GW를 넘어설 것으로 예상됐으나 코로나19로 불확실성 증가
 - (Applied materials) 새로운 "ecoUP" 이니셔티브의 일환으로 제조 시스템에 대해 웨이퍼 당 기준으로 Applied는 30 % 감소와 동등한 에너지 소비 30 % 감소를 목표로 "3x30" 목표를 내세움
 - (First Solar) 25GW DC 이상의 PV 모듈 DC를 45개국 이상에 공급하였으며, 오하이오에서 연간 생산 용량 1.9GW DC를 갖춘. 연간 5.5GW DC의 생산 능력을 갖춘 베트남과 말레이시아에 제조 시설을 운영하고 있음
 - (Miasole) 유연한 박막 태양광 기술의 토탈 솔루션 제공 업체로서, 독자적인 턴키 박막 태양 광 장비 라인, CIGS 공정 기술, CIG 스퍼터링 타겟 기술을 보유함. 무게 2.2kg/m²에서 최대 540w/piece의 세계 최대 규모의 가요 성 비산 방지 태양 전지판을 제공함

◎ 풍력

- (일본) 일본은 해상풍력발전 개발을 위해 2019년 ‘재생에너지해역이용법’을 실시했으며, 풍력발전은 현재의 0.6% 수준에서 1.7%로 확대해 설비용량을 1000만kW까지 늘릴 계획임
 - (마루베니) 아키타 풍력프로젝트를 위한 특수목적 자회사인 ‘아키타 해상풍력발전주식회사’를 설립하고 총 13개의 회사(오바야시구미, 관서전력, 중부전력, 코스모에코파워, 동북자연에너지, 아키타 은행 등)의 출자를 받아 2020년 2월부터 사업에 착수함
 - (시미즈건설) 해상풍력발전기 건설을 위한 자항식 조업선(SEP선)에 500억 엔을 투자해 건조할 계획을 밝혔고 고요건설, 고시마, 요리가미건설 작업선 건조를 위해 185억 엔을 공동으로 투자
 - (오사카가스) 해상풍력발전을 강화해 재생에너지 전원 확보 목표치를 기존 100만kW에서 200만kW로 늘렸고 맥쿼리와 협력 협정을 체결
- (독일) 세계에서 중국, 미국, 인도에 이어 네 번째로 큰 풍력발전용량(56GW)을 가지고 있으며, 2009년부터 시작된 해상풍력은 현재 5GW 이상의 발전용량을 보유하고 있으며 2030년까지 15GW를 목표로 하고 있음
 - (Fraunhofer IWES, Fraunhofer Institute of Wind Energy System) 독일의 유일한 풍력 전문 정부 연구소이며, 산업계 및 학계와 협업 하에 풍력에너지와 관련된 전 분야 연구를 수행하고 있음. 풍력단지 계획부터 풍력터빈의 하부 구조물 및 로터에 이르는 풍력발전기 전반에 걸친 연구를 수행
 - (독일 Siemens Gamesa) 출력 1만kW 이상의 해상풍력발전기를 2024~2025년까지 개발을 목표로 함. 보수를 간소화하고 가동률을 향상해 발전비용을 낮춰 유지·보수 관련 기술개발을 진행
- (덴마크) 덴마크는 풍력발전으로 조달한 비율이 2019년 기준 47%를 차지하며, 해상 풍력시설이 늘어난 것이 덴마크의 풍력발전 비율 증가에 기여한 것으로 보임
 - 덴마크는 해상풍력관련 Vestas, Seimens Gamesa(터빈, 1위/3위), Orsted, COP(프로젝트 디벨로퍼, 1위/3위), NKT(케이블, 3위) 등 세계적인 글로벌 기업을 보유하고 있음

- (덴마크 Vestas) 미드아메리칸 에너지(MidAmerican Energy)의 풍력 XI 프로젝트에 참여하여 미국 아이오와 주에 110-2.0 MW 터빈들을 설치하면서, 세계 최초로 풍력 발전 용량 100GW에 도달함
- (Orsted) 세계 최대 해상풍력발전 단지인 영국의 윌니 익스텐션 해상풍력 단지를 운영하고 있음. 2025년까지 5.5GW의 해상풍력단지 조성을 목표로 하는 대만에 2.4GW 구축을 담당할 Orsted사는 1단계인 900MW를 2021~2022년에 건설하기로 하고 본격적인 건설 계획을 발표함

◎ 폐기물에너지

- EU, 독일, 미국, 일본을 비롯한 선진국에서는 신재생에너지 확대 차원에서 폐기물에너지화 정책을 추진하고 있음
 - EU는 폐기물 직매립 억제제를 통하여 폐기물에너지화를 추진하고, 일본은 중소형 소각로를 고품연료(RDF)연소시설로 전환하고, 「바이오매스타운」을 건설하여 유기성폐기물의 에너지화를 추진함. 미국은 고품연료(RDF)와 석탄을 혼합하여 연소하는 발전소 30여개소를 운영하고 있음
 - 중국은 석탄 가스화 경험을 폐기물 가스화에 확대 적용. 자체 기술개발에 앞서 1980년대 이후 미국 GE Energy, 네덜란드 Shell, 독일 Lurgi 및 Siemens 등 외국 기술을 도입하여 메탄올, 암모니아 등 석탄 사용량 20만 톤/일 규모의 화학플랜트 운영 경험을 확보
 - (미국 CB&I) 인도에 20,000톤/일 규모의 폐코크 원료를 사용하여 열병합 발전과 수소 생산에 적용할 계획으로 가스화 플랜트를 건설 중
 - (Lurgi) 독일 Lurgi는 폐기물 가스화 합성가스 이용 기술로, SVZ Schwarze Pumpe에 50 MW 가스화 플랜트 설비를 건설하여 운영 중
 - (일본 Ebara) 전 세계적으로 12기의 가스화 용융시설 운영. Nippon Steel은 Gasification/Melting과 2nd Combustion의 가스화 용융시스템 기술을 보유하고 있으며, 전 세계 21개의 가스화 용융시설 운영

◎ 바이오에너지

- 전 세계 바이오매스 발전 시장의 주요 기업으로는 DP Cleantech, Metso, Foster Wheeler 및 Andritz 등이 있으며, 시장점유율 40% 이상을 차지하고 있으며, 추후에도 시장 지배력을 강화할 것으로 예상
 - (독일 DP Cleantech) 신뢰할 수 있는 연소, 가스화 및 생물학적 처리 기술을 통해 폐기물 에너지 시장을 선점하고 있음. 가스 배출 관리 기술, 연료 공급 시스템 및 폐수 기술을 제공하여 에너지 변환 기술을 최적화함. 또한 산업용 보일러와 관련하여 시장 점유율을 확대하고 있음
 - (스위스 Amec Foster Wheeler) Amec Foster Wheeler는 2017년 10월에 인수되어 Wood Group 에 합병됨. 캐나다, 미국, 피지, 칠레, 우루과이, 체코, 인도네시아, 호주, 폴란드 및 영국을 포함한 여러 국가에서 대규모 바이오에너지 프로젝트에 참여했음
 - (오스트리아 Andritz) Andritz는 최근에 일본의 Hitachi Zosen에 연도 가스 세정 시스템을 갖춘 PowerFluid 순환 유동층 보일러를 공급하며, 2023년에 운영예정인 도쿄 남서쪽 시코쿠 섬의 도쿠시마에 건설 될 Hitachi 공장에 공급될 예정임. 약 74.8MW의 전력을 생성하는 것으로 예상됨

나. 국내 시장 분석

(1) 국내시장 동향 및 전망

- 국내 신재생에너지 산업은 태양광 위주로 성장했으며, 향후 국내 신재생에너지 산업은 태양광, 풍력, 수소 위주로 활성화될 것으로 전망됨
 - 2017년 기준 신재생에너지 설비용량은 15.7GW이며 태양광이 37%를 차지함
 - 신재생에너지 시장 규모가 커지면서 태양광, 풍력, ESS 등을 네트워크로 연계하는 새로운 비즈니스 모델이 등장할 전망이다. 향후 태양광, 풍력, ESS 등을 IoT(Internet of Things)로 연계한 신규 사업이 성장할 것으로 예상됨
 - 국내 태양광 사업은 사업자의 수익을 보호하는 등 지원이 확대되면서 성장세가 지속될 것으로 예상됨. 풍력산업은 정부 보조금이 증가하고 대규모 프로젝트가 추진되면서 사업이 확대 될 전망이다

◎ 수소에너지

- 2015년 기준, 국내 수소 사용량은 약 240만 톤으로, 수소의 대부분은 산업용 원료로 사용. 맥킨지 보고서에 의하면, 2050년 국내 수소 사용량은 약 1,690만 톤으로 2015년 대비 사용량이 약 7배 증가할 것으로 전망
 - 연간 최종 에너지 수요의 약 21% 규모로 2050년이면 국내에서 사용되는 에너지의 약 21%를 수소에너지에 의존하게 될 것으로 예상됨
 - 수소는 발전, 수송, 산업, 건물 부문, 산업용 원료로써 광범위하게 사용할 전망. 수소 터빈 발전까지 도입된다면 2050년 국가 전체 발전량의 약 10%에 해당하는 전력을 생산할 수 있을 것으로 추정
- 국내 수소에너지 시장은 2018년 1조 4,690억 원에서 2024년 1조 9,686억 원으로 연평균 5.0% 증가할 것으로 전망

[수소에너지 국내 시장규모 및 전망]

(단위 : 억 원, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
합계	14,690	15,425	16,196	17,006	17,856	18,749	19,686	5.0

* 출처 : 맥킨지 인코퍼레이티드, 한국 수소 산업 로드맵 (2018) 재가공

◎ 태양광

- 2018년 국내 태양광시장은 2.03GW가 설치돼 사상 최고치를 기록, 2019년 2.2GW가 설치될 것으로 전망. 2018년 설치량 기준 세계 7위 규모이며, RPS(Renewable Portfolio Standards, 신재생에너지 공급 의무화 제도) 물량 확대 및 재생에너지 3020 이행계획 등 정부의 지속적인 보급확대 노력으로 2019년에 2GW를 넘어설 것으로 전망임
- 2019년 중국산 모듈의 국내 시장진입이 활발해 질 것으로 예상되며 이에 대한 대책 마련이 요구되며, 내수시장 활성화는 국내 태양광산업 경쟁력 강화에 크게 기여할 것으로 예측됨
- 국내 태양광 발전시장은 2018년 3조 300억 원에서 2024년 7조 35억 원으로 연평균 15.0% 증가할 것으로 전망

[태양광발전 국내 시장규모 및 전망]

(단위 : 억 원, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
합계	30,300	34,900	40,100	46,100	53,000	60,900	70,035	15.0

* 출처 : PIHS ('17.05), TechNavio, Global Solar PV System Market (2017) 재가공

◎ 풍력

- 국내 풍력발전 시장은 2017년 말 기준 풍력 발전용량 1.2GW, 연간 신규 설치용량 150~200MW 내외의 다소 협소한 시장
 - 2017년 말 기준 연간 발전용량 증가폭은 150MW~200MW으로, 한국 풍력 발전용량은 1.14GW 2012~2017년 연평균 발전용량 증가율은 18.4%였음
 - 전력거래소는 산업자원부의 『신·재생에너지 3020 이행계획(안)』 목표달성을 위한 풍력 발전용량을 17.7GW로 제시했으나, 이는 연간 신규 발전용량이 1GW 이상 확보돼야 맞출 수 있음
- 국내 터빈 용량은 최근 3.5MW 급으로 2020년 이후 준공 예정인 프로젝트들의 터빈 용량은 4MW를 넘을 것으로 전망됨. 한반도 해상풍력 자원 잠재량은 최소경제성 기준 33.2GW으로 추정됨. 정부는 2030년까지 이 중 13GW를 사업화할 계획임
- 2018년 국내 풍력발전 시장은 1,700억 원에서 연평균 성장률 20.1%로 성장하여 5,044억 원을 증가할 것으로 전망됨

[풍력발전 국내 시장규모 및 전망]

(단위 : 억 원, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
합계	1,700	2,000	2,500	2,900	2,400	4,200	5,044	20.1

* 출처 : 2018 신재생에너지보급통계 (한국에너지공단, 2019. 11) 재가공

◎ 폐기물에너지

- 국내 폐기물 고행연료 시장은 2018년 2,695억 원에서 2024년 5,491억 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 고행 연료화의 긍정적 요인과 미세먼지 이슈 등 고행연료 사용에 대한 주민 수용성 악화로 부정적 요인이 공존

[폐기물 고행연료 제조 국내 시장규모 및 전망]

(단위 : 억 원, %)

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

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

◎ 바이오에너지

- [제2차 자원순환기본계획(2016~2020)]에 따르면 5년간 바이오가스 시설을 33개소(총 5,160톤/일 처리, 시설단가 2억 원/톤 가정 시 1조 320억 원)를 확충할 계획
 - 바이오가스의 국내 생산 이용시설은 2015년 말, 88개소로 총 처리용량은 56,523톤/일, 처리량은 17,597천 톤/년으로 연간 바이오가스 총 생산량은 284,382천㎥으로 생산량 중 76.7% (218,255천㎥)는 이용되고 23.3%(66,127천㎥)는 미이용
 - 2025년까지 약 1조 4617억 원을 하수처리장 혐기성소화조 증설을 위해 투입하여, 병합소화 바이오가스 시설은 2030년까지 지속적으로 증가될 것으로 예상됨
- 열분해·가스화 분야에서 국내의 경우 열분해 오일 시장이 현재 형성되지 않았으나, 산업부의 시범사업으로 남부발전, 중부발전, 동서발전, 지역난방공사 등에서 상용화 개발을 진행 중
- 바이오에너지 분야에서 고행 바이오연료 부분은 국내 상용화 비중이 높은 산업으로 고행연료는 중점적으로 발전 및 열병합 시설과 산업용 보일러, 기타 시멘트 소성로, 지역난방 등 146개 시설에서 사용
 - 2016년 기준 국내 고행연료 공급량은 SRF 105만 8천 톤, Bio-SRF 225만 5천 톤으로 총 331만 톤가량을 공급
- 국내 바이오에너지 시장규모는 연평균 4.8%규모로, 2020년에 약 2조 9천억 원에서 2024년 3조 규모로 성장할 것으로 전망

[바이오에너지 국내 시장규모 및 전망]

(단위 : 억 원, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
합계	27,248	28,555	29,926	31,363	32,868	34,446	36,099	4.8

* 출처 : 녹색기술센터, 바이오에너지 이슈분석 및 정책제언(2014), TechNavio(2018), NICE평가정보 재가공

(2) 국내 생태계 현황

- 신재생에너지산업은 핵심기술 보유 여부에 따라 글로벌 기업으로 부상할 수 있는 산업으로, 산업생태계 구축에 대·중소기업의 공생발전 방안이 시급
 - 국내 신·재생 에너지 산업 생태계 현황에서 수출확대 가능성, 기업전략·구조와 경쟁 측면, 지원산업 조건, 중소기업 육성, 기술경쟁력 등 생산요소 조건에서 다소 우위에 있는 산업으로 분석됨

[신재생에너지 생태계 이슈]

소분야	생태계 주요이슈
수소에너지	<ul style="list-style-type: none"> • 한국의 수소 에너지 기술, 수소 자동차와 연료전지 분야에 편중. 수소 에너지 인프라 분야의 기술 혁신은 미흡함 • 현재 국내에서 수소 에너지 기술개발은 자동차 산업에서 주도하고 있으며, 일부 기업들에 심하게 편중됨에 따라 중소기업과 산학의 동반 진출이 절실히 요구되는 분야임
태양광	<ul style="list-style-type: none"> • 저렴한 중국 제품으로, 가격 경쟁력에 밀려, 국내 태양광 업계가 힘들어짐 • 국내 태양광 제조기업의 판로 확보를 위한 대책 마련과 대기업-중소기업 동반성장의 모델 제시, 입찰 기준 재정비와 지역 경제 활성화를 위한 대책의 필요함 • 대기업을 중심으로 원자재에서 시스템까지 수직계열화가 이뤄졌으며, 중소·중견기업과의 협력이 중요함
풍력	<ul style="list-style-type: none"> • 국내 풍력발전 시장에서는 외국 기업이 선점하고 있음. 풍력 산업의 핵심인 터빈 제조 기술은 덴마크의 베스타스, 스페인 지멘스 가메사, 미국 GE 등 선진국이 주도하고 있음 • 풍력발전 부품은 중소기업이, 시스템 완제품은 대기업이 생산하는 구도지만, 중소·중견기업의 장비산업 및 핵심 부품·소재에서 여전히 취약한 상황임 • 풍력부품 제조 국내 중소기업과 시스템(대기업)의 상호협력관계 강화 및 단조부품 외 부품 제조업 육성 필요
폐기물에너지	<ul style="list-style-type: none"> • 상생협력의 기반을 조성하고 중소기업이 기술경쟁력 제고를 통한 강소기업으로의 성장 발판을 마련할 수 있도록 지원이 요구됨
바이오에너지	<ul style="list-style-type: none"> • 바이오 액체연료 중 바이오디젤은 2006년부터 중소기업을 중심으로 투자, 생산이 진행되었으며 이 후 대기업이 참여함

(3) 생태계 핵심플레이어 동향

◎ 수소에너지

- 국내 수소에너지 개발 대표기업으로는 현대차그룹을 비롯하여 SK에너지, S-OIL, 롯데케미칼, GS칼텍스, 효성, 이수화학, 대한유화공업, 태광산업, (주)덕양(열화학공정), 롯데정밀화학, LG화학 한화케미칼(전기분해공정) 등이 있음
 - 수소 관련 부품 및 설비기업은 153개로 전체의 34.7%로 가장 많이 차지함. 연료전지 관련 기업이 132개(29.9%), 수소제조 36개(8.2%), 운송저장 24개(5.4%) 등의 비율로 차지함
 - 연료전지분야 대표기업으로, SK에너지, S-OIL, 롯데케미칼, GS-칼텍스, 효성, 이수화학, 대한유화공업, 태광산업, (주)덕양(열화학공정), 롯데정밀화학, LG화학, 한화케미칼(전기분해공정), 에스퓨얼셀, 두산모빌리티노베이션 등이 존재함
 - 수소연료 전지차 및 부품 관련 기업으로는 현대자동차, 기아자동차, 현대모비스, 일진다이아, 한온시스템, S&T모티브, 우리산업, 뉴로스, 뉴인텍, 삼화전자가 존재함. 수소충전소는 효성중공업, 이엠코리아, 제이엔케이히터 등이 있음
 - (기아자동차) 연료전지차로 미국 주요도시 대륙횡단 테스트를 진행하였으며 2020년 1종의 수소 연료전지차를 선보일 예정임
 - (에스퓨얼셀) GS칼텍스의 연료전지 사업부를 인수하면서 설립되었으며, 스택(Stack)과 고분자 전해질 연료전지(PEMFC) 시스템의 통합 설계 및 제어에 관련된 독자 기술을 보유함
 - (제이엔케이히터) LPG와 도시가스를 수소로 변환하는 기술을 가진 회사로 하루 수소생산량 250kg 및 500kg규모의 개질기를 개발, 제작방법까지 확보함. 현재 250kg급 개질기는 제작이 완료돼 시운전 중이며, 2019년에 창원시 성주동 수소충전소 인근에 설치 및 운영될 예정임

◎ 태양광

- 국내 태양광제품의 성능 및 기술력은 세계 최고 수준이나, 중국산 대비 가격에서 열위하여, 중국산 저가 제품에 대한 대책마련이 시급
 - (한화큐셀) 태양전지 제조업체로서, 태양광 셀, 태양광 모듈, 상업용 rooftop 설치 시스템 및 턴키 솔루션을 아우르는 제품 라인업을 보유함
 - 제품 브랜드 큐셀(Q CELLS)은 Q.PEAK, Q.PLUS, Q.PRIME, Q.POWER, 의 태양광 모듈 제품 라인업을 지니며 약 8.1GW의 연간 셀 생산량을 가짐
 - (OCI 태양광발전) 10N급 이상 세계 최고 수준의 고순도 폴리실리콘을 전 세계에 공급하고, 미국 텍사스에 450MW규모의 초대형 태양광발전소를 건설함
 - (웅진에너지) 2006년 웅진그룹과 미국 SunPower Corp.의 합작투자로 설립된 회사임. 태양전지용 잉곳 및 웨이퍼 제조업을 주요 사업으로 영위했으나, 태양광 산업 자체의 침체분위기와 중국의 저가 물량 공세로 웅진에너지는 파산 위기에 있음
 - (신성이엔지) 태양광 셀, 모듈의 제조 및 판매, 클린룸장비(FFU, EFU)의 제조, 판매와 설치공사 등의 사업을 하고 있음

◎ 풍력

- 2017년 기준 국내 풍력발전기 제작사는 두산중공업(3MW), 효성(750kW, 2MW, 5MW), 한진산업(1.5MW, 2MW) 및 유니슨(750kW, 2MW, 2.3MW) 등의 4개사
 - (두산중공업) 2011년 국내 최초로 3MW급 육·해상 풍력발전시스템인 WinDS3000/91을 개발 완료하여 독일인증기관인 DEWI-OCC로부터 국제 형식인증(Type Certification)을 획득함. 저풍속 지역에서 경제성을 제고하여 로터 직경이 134m인 WinDS3000/134 모델을 개발로 2017년 7월 7일 국제 형식인증을 획득함
 - (효성) 효성 풍력사업단의 사업 분야는 육상 및 해상 풍력터빈의 제조, 풍력발전단지 개발, 풍력발전단지 EPC, 풍력터빈 O&M 사업으로 구성됨
 - (한진산업) 한진산업은 2MW급 풍력발전기 상업생산을 본격화. 'HJWT2000'의 메인샤프트, 제네레이터 등 부품에 대한 국산화에 성공. DEWI-OCC의 경남 양산 생산공장에 대한 실사가 완료
 - (유니슨) 저풍속 지역에서 에너지 생산량을 획기적으로 증대시킨 2.3MW 풍력발전기를 2015년 상업화에 성공하였고 후속 개량개선 모델로 블레이드 직경을 더욱 증대시킨 U120 모델로 현재 동남아 등 신흥 저풍속 시장을 개척중임
- 국내에서 풍력발전용 핵심부품 개발 및 생산은 주로 부산 경남지역의 평산, 태웅, 용현BM, 현진소재, 동국 S&C, 유니슨 등에서 메인샤프트, 타워플렌지, 타워, 베어링 등 철강 단조 및 용접 공정을 거치는 주요 부품을 생산 및 수출

◎ 폐기물에너지

- (두산중공업) 독일 자회사인 두산렌체스와 콘소시엄으로 폴란드 올슈틴 폐기물 에너지자원화 건설사업을 2,200억 원에 턴키 계약(2020.8), 2023년 완공 예정으로 하루 300톤의 생활폐기물로부터 110,000 톤의 고품폐기물 생산하여 12MW 규모의 전력과 열을 지역사회에 공급
- (포스코에너지) 부산 생곡폐기물 매립장에 국내 최초의 통합형 생활폐기물 연료화발전소 (폐기물 연료화 + 발전)를 구축하고 부산이앤이 설립하여 폐기물 에너지사업회 수행 중

◎ 바이오에너지

- 국내 바이오에너지 시장에 참여하고 있는 주요 업체는 크게 고체(목재 펠릿 등), 액체(바이오디젤, 바이오에탄올, 바이오부탄올 등), 기체(바이오가스 등) 바이오연료를 개발 및 제조하는 기업군으로 분류
 - (SK케미칼) 국내 최대 바이오디젤 생산업체로, 동식물성 오일을 주원료로 사용하여 기존 수송용 경유를 대체하기 위한 제품으로 공급함
 - ECOPRIME DF라는 브랜드명으로 2008년부터 주요 정유사에 공급하고 있으며, 2018년 기준 19만 7천 톤의 바이오디젤을 생산함. 바이오디젤 생산 업체 중 시장점유율 1위를 차지하고 있으며, 시장비중은 약 30% 수준임. 바이오디젤 외에도 석유계 연료인 벙커C유를 대체할 수 있는 발전용 바이오중유를 개발하여 상용화함. ECOPRIME HF라는 브랜드명으로 2014년부터 국내 주요 발전사에 지속적으로 공급함으로써, 연간 28만 킬로미터를 생산하며 바이오중유 시장을 선도함

3. 기술 분석

가. 해외 기술 동향

(1) 신에너지

◎ 수소에너지

- (미국) 미국 에너지부는 미국에 수소전기차 도입 및 확산을 위하여 H2USA를 시작으로, H2FIRST 프로젝트(Hydrogen Fueling Infrastructure Research and Station Technology)를 만들어, 기업이 당면한 단 중기적인 도전과제를 해결하도록 지원
 - 주요 기술내용은 부품과 시스템의 개발과 시험, 수치해석, 기술 검증, 저비용/고성능 소재의 개발, 시스템과 충전소 건축 설계 등이 포함
- (일본) 일본의 수소공급 이용기술연구조합(HySUT, Research Association of Hydrogen Supply Utilization Technology)은 수소공급에 의한 저탄소사회의 실현을 목표로 연료전지자동차 및 수소공급 인프라의 일본 내 규제 적정화, 국제기준 조화, 국제 기준화에 대한 연구개발, 연료전지자동차 및 수소스테이션용 저비용 기기 시스템 등에 관한 연구개발, 수소스테이션 안전기반 정비에 대한 연구개발 등을 수행 중에 있음
- (유럽) 유럽은 FCH JU(The Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking)을 중심으로 수소전기버스 보급을 2020년까지 세계 최대 규모로 할 예정
 - 2001년부터 350bar의 수소버스 실증을 시작했으며 현재 High V.Lo.City, HyTransit, 3Emotion 등 3개의 프로그램 및 약 90여대의 실증을 진행 중에 있음
 - 독일 H2Mobility 파트너십은 2025년까지 약 400개소의 스테이션을 건립하는데 합의하였으며, 전체적인 투자액 규모는 350백만 유로정도가 될 것이라고 보고함. 영국은 현재 런던을 중심으로 수소충전소를 설치하고 있으며 12기의 수소충전소를 운영하고 있음

(2) 재생에너지

◎ 태양광

- 태양광발전(Solar Photovoltaic Power Generation)은 태양광을 직접 전기로 변환시키는 발전방식으로, 태양전지 중 결정질 실리콘 태양전지가 전체 태양전지 시장을 주도하고 있음
 - 박막 태양전지가 결정질 실리콘 태양전지에 대한 경쟁력을 확보하기 위해서는 저가 및 고기능성, 신규 응용분야에서 기술개발이 이뤄지고 있는 추세임
- (결정질 실리콘 태양전지) 최근 실험실 및 상업용 모듈의 효율향상을 위한 기술개발을 위한 개발이 진행되고 있음. 고효율 양산용 셀을 제조하기 위한 기술로 후면 패시베이션, 후면 국부전극 등이 주목을 받고 있으며, 이를 위한 증착기술, 프린팅기술 등이 개발 중

- 결정전지수명 향상을 위한 보호소재 연구와 웨이퍼 두께를 줄여 폴리실리콘의 소모량을 줄이는 연구, 모듈제작 시 효율이 저하되는 문제(CTM Loss)를 해결하기 위한 연구도 활발히 진행 중임
 - 단결정 실리콘 태양전지의 세계 최고 변환 효율은 2017년 일본의 Kaneka사의 후면 전극형 이종접합(HJ-IBC)태양전지로 얻은 26.6%(79 cm²)임. Panasonic사는 n형 단결정 실리콘 기판에 Intrinsic과 도핑된 비정질 실리콘을 PECVD 공정을 이용하여 차례로 성막하여 만든 HIT(Hetero-junction with Intrinsic Thin layer) 셀을 개발하여 2013년 당시 세계최고의 셀 효율 24.7%(101.8cm²)를 기록함
- (박막 태양전지) 저렴한 생산단가와 넓은 응용분야를 가지고 있어 박막태양전지는 차세대 기술로 주목받고 있음. 최근에 고효율화와 플렉시블 태양전지의 개발이 진행
- 실리콘 박막 태양전지는 실리콘 박막기술을 이용하여, 결정질 실리콘 태양전지의 구조에 비정질 실리콘 또는 실리콘 산화물 박막을 포함하여 터널링 효과를 이용하여 효율을 높이는 연구가 진행됨

◎ 풍력

- 풍력발전기는 대형화에 따른 균형화발전원가 저감효과로 인해 매년 풍력발전기의 대형화가 되고 있음. 풍력발전기 개발 추이는 저풍속, 고효율, 대형화 추세
- 유럽 및 미국에서는 균등화 발전단가의 저감을 위한 다양한 기술개발을 진행하고 있음. 풍력발전기 제작사들은 풍력발전기의 가격 저감을 위해 집중하며, 발전단지 건설 및 운영사들은 전력계통 연계비용을 최소화하는 방향으로 기술개발 중임
- 글로벌 풍력터빈 제조업체는 풍력발전 디지털 기술을 미래 핵심 경쟁력으로 인식, 자체 개발 플랫폼을 통해 다양한 디지털 솔루션을 제공
- 빅데이터, IoT, 인공지능 등 ICT 기술을 활용하여 풍력발전소를 효율적으로 운영하고 발전사업자의 수익성을 극대화하는 디지털 서비스가 중요한 경쟁력으로 부상
- 경량화를 위해 대부분의 블레이드는 유리섬유 강화 폴리머(GFRP)를 사용하며 제작되며, 강성 유지와 하중 경감과 터빈의 대형화를 충족시키기 위해 카본섬유 사용이 확대되는 추세
- (유럽) 유럽은 해상풍력발전의 경우 현재 11~18유로/kWh인 LCOE를 2020년까지 9유로/kWh로 저감하는 것을 목표로 관련 기술개발. 해상 풍력 발전 시장은 주로 영국을 중심으로 발전할 것으로 예상
- (중국) 풍력발전 13.5 계획에 의하면, 2020년까지 총 21GW의 풍력발전 설비용량을 확보하고 이 중 5GW 이상을 해상풍력으로 조달을 목표로 함
- 대규모 투자가 필요한 풍력발전 프로젝트에서 설비 효율 및 신뢰도가 주요하므로, 중국 터빈 제작사들의 경우 수출비중이 낮음. 글로벌 풍력 밸류체인에서 중국의 영향력은 제한적인 경향
- (중동) 유럽계 석유주요업체(BP, Shell, Total 등)와 중동계 국영석유기업들은 재생에너지 사업 다각화를 위해 노력 중에 있음
- 사우디의 아람코(Aramco)는 투라이프(Turaif)지역의 2GW 풍력발전에 투자하는 등 재생에너지 확산에 선도적인 역할을 할 것으로 기대
 - UAE의 NPCC(National Petroleum Constructions Company)는 해상풍력발전사업 추진을 위해 유럽기업 인수 추진('19.6월 Ahmed Al DhaheriCEO 공식화)

◎ 폐기물에너지 및 바이오에너지

- 부산물, 폐기물 및 에너지 작물의 사용증가로 바이오에너지 생산을 지속가능한 에너지로 부상
- (바이오가스) 혼합 배출되는 생활폐기물 등에서 미활용 되던 바이오매스와 가연물을 선별하여 에너지화하는 MBT(Mechanical Biological Treatment)기술의 개발 및 상용화 보급이 활발
 - 유럽의 대규모 MBT 플랜트는 2005년 약 200개(19백만 톤/년 처리)에서 2011년 약 330개(33백만 톤/년 처리), 2017년 현재 약 570개(55백만 톤/년 처리)로 증가하였고 2025년 약 690개(65백만 톤/년 처리)로 증가할 것으로 예상됨
 - 혐기성 소화 설비는 아시아에서 폐수 및 폐기물을 처리하기 위해 널리 보급되고 있음
- (열분해/가스화) 열분해 · 가스화 기술은 북미와 유럽에서 기술과 시장을 선도하고 있음. 가스화 기술은 유럽의 기술수준이 가장 높으며 특히 Poly-generation 분야의 경우 오스트리아, 독일, 스웨덴 등의 기술수준이 가장 높음
 - 가스화 분산 발전의 경우 수 MWe급을 중심으로 상용화 보급이 진행 중이며 수소, SNG, FT 디젤과 같이 고부가 연료 생산 부분도 Demo-plant를 통한 실증이 진행 중에 있음
 - 리그노 셀룰로오스 (Fischer-Tropsch fuels, BtL)에서 액체 연료를 생산하는 설비는 현재 시험 단계임
- (고형연료화) 고형 연료화 및 이를 이용한 보일러 연소기술은 주로 유동층 및 스토커 보일러 기술을 중심으로 발전해 왔으며 전자는 중대형, 후자는 중소형 설비용으로 활용되어 왔음
 - 바이오매스 전용 보일러는 유럽의 FW, Andritz, Valmet 등이 높은 수준의 기술을 보유하고 있으며 최근에는 고온부식과 같은 연소장애 해소기술도 상용화에 성공하여 보급 중에 있음
- (수송연료화) 2세대 바이오 액체연료 및 Advanced 바이오 액체연료의 경우 미국을 중심으로 몇몇 선도기업들이 상업공정을 건설, 운영하면서 상업공정 수준에서 기술을 평가하고 경제성 확보 가능성을 파악하고 있는 단계

나. 국내 기술 동향

- 신재생에너지 분야의 기술경쟁력 평가 결과, 최고기술국은 미국으로 나타났으며 우리나라의 경우는 최고기술국 대비 81.1% 수준으로 나타났고 중소기업은 73.0% 수준으로 평가되었음
 - 최고기술국 대비 우리나라의 기술격차는 2.2년으로 평가되었으며 중소기업의 경우는 3.0년으로 평가되었음

(1) 국내 신재생에너지 산업 특징

- 국내 정부는 코로나19 이후의 경기회복에 재생에너지의 보급확대 등의 그린뉴딜 정책을 내놓고 있음. 녹색산업을 중심으로 경기부양책을 펼칠 계획으로, 국내 신재생에너지 산업은 다소 양호한 회복세를 보일 것으로 예상됨
- 국내 신재생에너지 산업은 태양광과 풍력, 수소연료전지 위주로 활성화가 예상되며, 정부는 REC(신재생발전 공급인증서)의 가중치를 정책 수단으로 활용하여 신재생에너지 산업을 지원함. 향후 태양광, 풍력, ESS 등을 IoT로 연계한 신규 사업이 성장할 전망임
- 산업통상자원부 수소연료전지사업단 및 에너지기술평가원에서 수소충전소 보급사양을 개발
 - 수소분야는 수소충전소 및 연료전지자동차 보급계획에 맞추어 수소충전소 관련부품, 설계기술개발로 가격저감을 위한 기술을 확보하고자 수소충전소 보급사양을 개발. 기술개발 이후 바로 설치가 가능한 실증 연계 위주의 지원이 이뤄지고 있음

(2) 주요 업체 동향

◎ 태양광

- 국내에서는 엘지전자, 현대중공업, GS E&R, 한화큐셀, 신성솔라에너지 등에서 효율 향상과 원가 경쟁력 극복을 위해 고효율화 기술 개발이 활발히 진행

[태양전지 제조 및 연구 관련기업]

실리콘태양전지	<ul style="list-style-type: none"> • 국내에서는 엘지전자, 현대중공업, GS E&R, 한화큐셀, 신성솔라에너지 등에서 효율 향상과 원가 경쟁력 극복을 위해 고효율화 기술 개발이 활발히 진행 • (엘지전자) 태양광 모듈 최적화 기술과 단결정 웨이퍼 기반의 고효율 셀 기술을 적용하여 250MW 출력 모듈 기준 국내 최고 효율인 16.89% 효율을 달성함 • 전기의 이동 통로를 분산해 손실을 최소화 하는 기술을 통해 6형(15.67 cm 대 크기의 N 형 웨이퍼 기준) 세계 최고의 모듈 효율인 19.5% 달성함 • (한화큐셀) P형 HP-multi 기판에 PERC 기술을 적용하여 19.2% 변환 효율태양전지를 생산함
---------	---

[태양전지 제조 및 연구 관련기업]

<p>비결정질 실리콘 태양전지</p>	<ul style="list-style-type: none"> 출연연, 대학을 중심으로 한 다중접합 연구 및 HIT 태양전지 응용연구가 진행되고 있는 수준 정부지원 개발사업을 통하여 a-Si/nc-Si/nc-Si 3중접합 구조로 13.4%의 안정화 효율을 달성하였으며, 5세대급 파일럿 모듈에서는 3중접합을 이용하여 11% 효율을 달성 (주성엔지니어링) 5세대급 단일접합 및 탠덤형 태양전지 모듈생산을 위한 Turn-key 제조장비를 판매함. 폴리이미드 기판을 이용한 접이식 플렉서블 모듈을 개발
<p>CIGS 박막태양전지</p>	<ul style="list-style-type: none"> 원익 IPS, LG 이노텍, 대양금속, GS 칼텍스, 한국에너지기술연구원, KAIST 등 국내 여러 기관과 기업에서 활발히 기술 개발을 진행 (원익IPS) Zn(O, S) 버퍼층을 이용하여 902×1602mm² 대면적의 CIGSe 모듈로 16.0% 효율을 달성하였으며, 세계 최고 기록의 231W 전력 모듈을 생산함 (LG이노텍) 다원 동시증착방식을 사용하여 2012년 30×30cm²에서 16.1%, 60×120cm²에서 13.6% 효율 발표함 (대양금속) 다원 동시증착방식으로 금속 유연기판을 사용하여 변환 효율 12% 목표로 개발 중
<p>염료감응 태양전지</p>	<ul style="list-style-type: none"> 동진씨미켄과 상보, 슬라이앤에스에서 상용화를 추진하고 있으며, 한국과학기술연구원, 한국전자통신연구원, 한국전기연구원, 고려대 등 관련 연구 진행 중 (동진씨미켄) 대면적 고효율 모듈 및 공정 기술을 확보하였고, 지상 설치용 박막 태양전지 모듈에 대한 설계 적격성 확인 및 형식 승인 요구 사항인 IEC 61646의 주요 성능 지표를 만족하는 결과를 보고 (상보) 유연성 있는 금속 기판 태양전지를 롤투롤 방식으로 개발 중이며, 스테인레스기판을 활용한 플렉서블 염료감응 태양전지 개발 과제를 수행 중임

◎ 풍력

- 국내에서는 시스템 및 제품 개발 위주의 기술개발이 진행되어 왔으나 개발기술의 장기 시험평가 등의 성숙기를 거치지 못한 탓에 부품의 경우에는 시제품 단계
 - 정부의 기술개발 지원에 힘입어 5MW급까지 상용화 개발에 성공했지만 부족한 신뢰성과 내구성 검증 및 Track Record로 인해 수출 산업화가 지연됨. 그러나 최근 국내 기업들도 모델 다양화에 나서고 있는 추세임
- (풍력발전용 핵심부품) 풍력발전 핵심부품은 전력변환장치, 발전기, 블레이드, 증속기, 축구동계, 베어링 및 요피치 시스템, 타워, 하부구조(Substructure) 등으로 구분. 국내에서는 2008년부터 부품 기술개발을 중점 지원하여 수출 사업화를 진행
 - 100m이상 하이브리드타워, 카본소재 등 고효율 저하중 대형블레이드 개발, 5~7 MW급 Yaw & Pitch시스템 개발, 5 MW급 증속기 국산화, 지능형 감시제어설비, 대용량 고압전력변환장치, 5 MW급 PMSG개발, 경량 Rotor shaft 등 핵심기술을 개발함

[풍력발전 연구 관련기업]

<p>유니슨</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 750 kW의 경우 3개 모델, 2 MW는 4개 모델로 다양한 운전조건에 적합한 제품개발 • 영구자석형 동기발전기를 적용하여 유지보수 비용 감소와 내구 수명을 증대시켰으며 자체적으로 개발한 제어시스템 및 SCADA 기술이 적용되어 신속한 제어 및 유지보수 가능 • 최근에는 육·해상 공용 모델인 4.2 MW급 풍력터빈을 개발함 • 4.2 MW 풍력발전기는 육상 최대 용량으로 운송 및 설치 제약을 극복하기 위해 모듈식 드라이브 트레인 구조로 개발 이며, 해상에도 적용 가능하도록 육·해상 동시 적용 모델로 개발 중임
<p>두산중공업</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 최초 개발한 3 MW 풍력발전기의 다양화에 성공하여 현재 3개의 모델을 상용화에 성공함 • 블레이드에 작용하는 공력 하중을 저감하기 위해 세계 최초로 비틀림-굽힘 연성(Torsion-Bending Coupling) 방법을 대형 블레이드에 적용함
<p>효성</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 국내 태풍환경에서도 안전성이 보장된 블레이드와 발전량을 향상시킨 5.5 MW 해상용 풍력발전 터빈을 개발 진행 중에 있음 • 효성은 해상용 풍력발전 터빈을 2014년 제주 김녕 국가풍력실증단지에서 설치 운영하여 2015년 독일 DEWI-OCC로부터 국제 형식인증을 획득함

◎ 폐기물에너지 및 바이오에너지

- 국가적 차원에서 바이오연료관련 기술개발 및 생산시설 투자는 지속적으로 확대될 것으로 전망되며, 국내 기후변화에 대응한 신규 바이오매스 자원의 개발 및 재배기술 확립이 필요
- 농진청은 바이오에너지 작물에 대한 품종을 개발하고 생산을 증대시키기 위한 추진계획을 수립했으며, 부산물 및 새로운 경작을 통한 바이오매스 증산 대책을 마련
 - 2020년까지 소규모 목질계 바이오매스 에너지를 활용하기 위한 시설(화목 보일러 6만 5천대) 및 펠릿 등 16개 원료 제조시설을 설치 지원함
 - 해조류와 미세조류의 대량 생산 공정을 확립하여 바이오연료로 활용하고자 하는 방안이 모색되어 2020년까지 연근해와 배타적 경제수역에 50만 ha규모(연간 23억 리터 에탄올 생산 규모)의 해조류 양식장을 조성할 계획임
- 수율과 자원 활용 측면에서 활용 가능성이 높아 3세대(조류) 차세대 바이오에너지 개발이 이뤄지고 있음
 - 대규모 생산을 위해서는 수율 및 가격경쟁력을 결정하는 조류 배양 환경, 반응기 설계 등에 대한 추가 기술 개발이 요구됨
- 바이오부탄올은 바이오에탄올에 비해 높은 효율과 엔진 개조 없이 휘발유 차량의 연료로 사용
 - (GS칼텍스) KAIST와 공동연구를 통해 부탄올의 생산 효율을 3배 이상 높인 균주 개발에 성공함. 발효 생산성과 수율을 높일 수 있는 독자적인 발효공정과 회수, 분리정제 공정을 개발하여 목질계 바이오매스 기반 바이오부탄올 생산기술을 개발함

4. 정책 분석

가. 해외 정책 동향

- 최근 코로나 19 확산으로 주요국들은 경제 회복과 환경 보호를 동시에 달성하고자 녹색정책을 활용 중에 있음
- ‘유럽 그린딜(European Green Deal)’을 발표한 유럽연합은 ‘코로나19’ 영향 극복을 위해 2020년 5월 ‘녹색전환’이 핵심인 ‘유럽회복계획(Recovery plan for Europe)’을 발표함
 - 그린딜은 2050년까지 이산화탄소 순배출량을 0으로 만드는 탄소중립 목표를 세웠으며 유럽을 탄소중립으로 만들기 위해 EU가 추진하는 정책임. 그린딜 추진을 위해 10년 단위로 최소 1조 유로를 투자하기로 함
 - 단기적으로 7,500억 유로의 회복기금을 조성하여 재생에너지, 청정 수송 등을 지원할 계획이며 현재 회원국 간 기금구성과 관련하여 합의 진행 중에 있음

[유럽그린딜 정책개요]



* 출처 : KOTRA, 유럽그린딜(European Green Deal) 추진동향 및 시사점(2020)

- 2020년 7월, 유럽연합 집행위원회는 2050년까지의 기후중립(탄소배출량 제로)목표를 위한 수소전략을 전격 발표했으며, 태양열과 풍력을 이용, 물을 전기 분해해서 수소를 생산하는 그린 수소 생산능력을 갖추는 것이 목적으로 생산 설비와 충전 설비에 대한 대대적인 투자 계획을 포함함

- ASEAN 국가들은 코로나19 확산으로 재생에너지부문에서 위기에 직면해 있으며, 이를 최소화하기 위해 국가별로 다양한 대응책을 펼치고 있음⁴⁾
 - (베트남) 베트남에서는 태양광 발전차액지원제도(Feed-in Tariff, FIT)를 개정하여 재생에너지에 대한 투자를 지속 유지·확대 해나가고자 하는 등 재생에너지 산업에 대한 긍정적인 전망도 비춰지고 있음. 베트남은 에너지 안보 강화 목적으로 2030년까지 발전설비 기준 재생에너지의 비중을 20%까지 확대(제7차 전력개발계획 개정안, 2016.3월)하기 위해, 2020년 4월 FIT를 개정함
 - 베트남의 풍력 FIT는 2021년까지 가동을 시작하는 프로젝트에 한하여 가동일로부터 20년간 적용되는데, 최근의 공급망 혼란으로 정부는 이를 2023년까지 연장하는 것을 고려중에 있음
 - (인도) 인도의 재생에너지부문은 코로나19 영향을 적게 받은 것으로 알려짐. 인도 정부는 코로나19로 인한 재생에너지부문에서의 영향을 최소화하기 위해 여러 대책들을 내놓고 있음
 - 인도 내무부가 재생에너지를 포함한 전력부문을 ‘필수서비스(essential service)’로 간주하여, 전력부문에서의 인·물적 자원의 이동을 허용함(2020.03). 인도의 신재생에너지부는 ‘승인 요건을 갖춘 태양광발전 모델 및 제조업체 명단(Approved List of Models and Manufacturers, ALMM)’ 시행일을 기존 3월 31일에서 9월 30일로 6개월 연장함

(1) 호주

- 코로나 19때문에 미국 달러대비 호주 통화가치 하락으로 인해 프로젝트 비용의 증가로 재생에너지 프로젝트 건설이 지연·취소될 것으로 전망됨
- ‘즉각적인 자산공제(Instant Write-Off)’로 에너지업체들이 태양광 패널과 같은 고정자산 구입 시 구입 금액을 공제 신청할 수 있는 제도로, 에너지업체를 대상으로 상한선을 상향조정하고 확대함

(2) 독일

- 독일 연방 정부는 ‘코로나 19’의 영향을 극복하고, 에너지 전환도 함께 추구하는 1,300억 유로 규모의 지원계획을 발표
 - ‘미래패키지(Future Package)’ 신설, 국외 수소사업 지원, 건물현대화 지원, 재생에너지 이용비용 인하 등의 계획을 포함함. ‘미래패키지’는 청정수소기술 선진화를 위한 정책으로, 70억 유로의 지원금을 투입해 연구·개발 지원 및 관련 인프라에 투자한다는 계획임. 청정수소 기술개발에 있어 협력관계인 국가들을 중심으로 국외 수소 생산 및 산업공정전환 사업에 20억 유로를 투자함
- 독일은 2010년 이후부터 에너지 전환(Energiewende) 정책을 추진하고 있음
 - 독일은 탈원전·탈석탄, 재생에너지 확대를 주요 내용으로 하여, 기존 화석원료와 원자력을 통한 에너지 생산 비율을 지속적으로 낮추고 신재생에너지 비율을 늘려 2050년까지 전체 전기소비 비중의 80% 이상을 목표로 하고 있음
- 독일은 원자력발전을 2022년까지, 화석연료 기반의 발전시설은 2038년까지 전면 가동중지를 목표로 하고 있어 향후 독일 내 신재생에너지법을 근거로 한 신재생에너지 분야의 투자는 지속적으로 늘어날 것으로 예상됨

4) 에너지경제연구원, 세계 에너지시장 인사이트(2020.05)

(3) 영국

- 코로나19로 인한 전력수요 감소로 영국에서는 태양광 등 신재생에너지 발전규모가 점차 확대
- 영국 정부는 유럽연합 재생에너지 지침(Renewable Energy Directive, RED)에 따라 2011년 국가재생에너지실행계획(National Renewable Energy Action Plan : NREAP)을 수립
- 2017년에는 청정성장 전략(Clean Growth Strategy)를 도입해 2032년 청정연료 전원비중 80%, 2050년 100% 청정전원 체제 구축을 목표
- 영국 정부는 2014년 4월 1일부터 차액계약제도(Contracts for Difference, CfDs) 제도를 운영함. CfD에서 발전사업자는 권리행사가격(특정한 저탄소 기술에서 투자비를 반영한 전력 가격)과 기준가격(영국 시장에서 전력의 평균적 시장 가격) 사이의 차액을 지불받음
 - 기준가격이 계약상의 권리행사 가격보다 낮은 경우 발전사업자는 그 차액을 보상받아 기대 수익을 달성할 수 있음. 기준가격이 권리행사가격보다 높을 경우 발전사업자가 그 차액을 반납하여 전력소비자에 대한 부담을 제한하는 구조임
- 영국은 세계 최초의 재생에너지 열 인센티브(Renewable Heat Incentive)를 통해 재생에너지 열 보급 증가를 추진하는 중
 - 영국 정부는 기후 목표 달성을 확실히 하기 위해 RHI 제도를 연장하고 RHI에 대한 지원을 4억3천만 파운드(2015/16)에서 11.5억 파운드(2020/21)로 증가할 계획임

(4) 프랑스

- 프랑스는 2019년 12월 에너지·기후 적응법을 제정하여 2030년 화석 연료 사용을 2012년의 60% 수준으로 줄이고, 2022년부터 모든 가구에 에너지 효율성을 측정하고 관리하도록 의무를 부과함
- 프랑스는 2015년 유럽연합 목표를 달성하고자 원자력발전 의존도 축소 및 재생에너지 비율 확대, 탄소시장 개편 등을 골자로 하는 에너지전환법을 마련
 - 온실가스 배출량 2030년까지 40% 감소(1990년 배출량 대비), 최종 에너지 소비량 2030년까지 20%, 2050년까지 50% 절감(2012년 대비), 재생에너지 소비비중 2030년까지 32%로 확대(재생에너지 전력비중 40%), 화석연료 사용 2030년까지 30% 축소, 2025년까지 원자력 발전 비중 50% 이내로 축소(현재 약 75%) 등의 세부 목표를 명시함
 - 에너지효율제고를 위한 약 1백억 유로 규모의 보조금 지원, 건물 리노베이션을 위한 무이자 대출, 디젤 차량 전기차 전환 시 보조금 지급 등의 내용을 포함함

(5) 일본

- 일본 경제산업성은 대규모 태양광·풍력발전을 대상으로 현재 시행 중인 FIT 제도를 전력 시장가격에 일정 수준의 보조금을 가산해 지급하는 제도(Feed-in Premium, FIP)로 대체하는 논의를 진행 중에 있음
 - FIP(Feed-in Premium)은 신재생에너지발전 사업자가 시장가격에 매전하는 경우 할증으로 보조금을 가산하는 방식을 의미함. 일본 경제산업성은 2020년까지 FIP 제도의 세부규정을 확정해 현행 FIT를 개정할 예정으로 현재 참조가격 적용 방식(시간 단위)이 논의되고 있음

나. 국내 정책 동향

(1) 2020년 「신재생에너지 기술개발 및 이용·보급 실행계획」 확정·공고⁵⁾

- 2020년도 실행계획은 ‘재생에너지 3020 이행계획(‘17.12)’, ‘수소경제 활성화 로드맵(‘19.1)’, ‘제4차 에너지 기술개발 기본계획(‘19.12)’ 등 기존 발표된 신재생에너지 관련 장기계획과의 정합성을 고려함
 - 보급 부문은 ‘재생에너지 신규설비 2.5GW 및 수소차 1만대·연료전지 180MW’ 보급, 기술개발 부문은 ‘에너지전환 분야 세계 최고수준 기술경쟁력 확보’를 목표로 다양한 정책수단을 망라하였음
- 2020년 실행계획에 따른 중점사항으로 ① 에너지 공급의무비율 상향을 통해 재생에너지 수요를 확충 ② 효율·환경 중심으로 재생에너지 생태계를 개선하고, 미래에 대비한 신재생에너지 혁신역량도 강화 ③ 신재생에너지 보급은 안전과 환경을 최우선으로 계획적이며 질서를 추진방향으로 함
 - 한림 해상풍력, 새만금 태양광 등 32개 대규모 프로젝트를 연내에 착공(2.3GW)하여, 2020년 1.9조원 등 향후 3년간 총 11조원 규모의 투자를 추진할 계획임
 - 법령에 따라 신재생에너지 공급의무비율을 상향(‘19년 6%→’20년 7%)하여, 신재생에너지 공급인증서(REC) 수요를 확대함(20년 의무공급량은 ’19년(26,967 GWh) 대비 16.4% 증가(+4,435 GWh)한 31,402 GWh)

(2) 한국형 ‘그린뉴딜’ 정책

- 코로나19 확산에 따른 사회·경제적 위기를 극복하고 선도형 경제로 거듭나기 위해 한국판 뉴딜 정책을 발표
 - 한국판 뉴딜 정책은 도시·공간·생활 인프라의 녹색 전환, 저탄소·분산형 에너지 확산, 녹색산업 혁신 생태계 구축을 위한 것임. 2025년까지 총 73조4,000억 원(국고 42조7,000억 원)을 투자해 65만9000개의 일자리를 창출하고 1,229만 톤(2025년 국가 온실가스 감축 목표량의 20.1%)의 온실가스가 감축될 것으로 기대됨

[그린뉴딜 3대 분야 8개 추진과제]

도시·공간·생활인프라 녹색전환	저탄소·분산형 에너지 확산	녹색산업 혁신 생태계 구축
① 국민생활과 밀접한 공공시설 제로 에너지화 ② 국토·해양·도시의 녹색 생태계 회복 ③ 깨끗하고 안전한 물 관리체계 구축	④ 신재생에너지 확산기반 구축 및 공정한 전환지원 ⑤ 에너지관리 효율화 지능형 스마트 그리드 구축 ⑥ 전기차·수소차 등 그린 모빌리티 보급 확대	⑦ 녹색 선도 유망기업 육성 및 저탄소·녹색 산단 조성 ⑧ R&D·금융 등 녹색혁신 기반조성

* 출처 : 대한민국 정책브리핑, 정책뉴스(2020.07.16.) 기사

5) 신재생에너지정책과, 신재생에너지 실행계획 (2020.02)

- 저탄소 분산형 에너지 확산은 재생에너지 산업생태계를 육성하는 ‘그린에너지’ 사업을 추진함. 국민주주 프로젝트, 공장 지붕 태양광 설치 용자, 태양광발전 공동연구센터구축 등이 있으며 제도개선(집적화단지, RPS 비율상향, RE100 이행수단 마련 등)도 병행함

[신재생에너지 기술개발 및 실증사업 지원]

태양광 기술개발 지원	풍력발전 실증인프라	수소산업 원천기술 개발
<ul style="list-style-type: none"> • 기업 공동활동 연구센터 구축 • 수상형 태양광 종합평가센터 구축 	<ul style="list-style-type: none"> • 초대형 풍력 실증단지 구축 • 풍력 너셀 테스트베드 구축 	<ul style="list-style-type: none"> • 재생에너지이용 그린수소 생산 • 풍전소 등 수소기술 집중지원

* 출처 : 대한민국 정책브리핑, 정책뉴스(2020.07.16.) 기사

- 태양광·해상풍력·수소·수열 분야 핵심 R&D 및 연구 인프라 구축을 지원함으로써 국내 시장 확대가 산업 생태계 성장으로 이어지도록 함
 - 풍력은 최대 13개 권역에 대규모 해상풍력단지 입지발굴을 위해 타당성 조사 및 실증단지의 단계적 구축을 할 예정
 - 태양광은 농촌·산단 용자지원을 확대하고, 주민 참여형 이익공유 사업을 도입함. 주택·상가 등 자가용 신재생설비 설치비도 20만 가구에 지원할 계획임
 - 2022년까지 3개 수소도시를 조성(울산, 전주·완주, 안산)함으로써, 수소의 생산부터 활용까지 전주기 원천기술 개발 및 수소도시를 조성함

(3) 2019년 6월 발표한 제3차 에너지기본계획

- 제3차 에너지기본계획은 에너지 비중을 2040년까지 최대 35%로 올리고, 노후원전 수명연장 및 신규원전 건설을 금지하는 것을 골자로 함
 - 3차 계획은 ‘에너지전환을 통한 지속가능한 성장과 국민 삶의 질제고’라는 비전 아래 에너지 소비구조 혁신, 깨끗하고 안전한 에너지믹스로 전환, 분산형, 참여형 에너지시스템 확대, 에너지산업의 글로벌 경쟁력 강화, 에너지전환을 위한 기반 확충이라는 ‘5대 중점 추진과제’로 구성됨
 - 제3차 에너지기본계획은 정책의 목표와 관련 정책의 추진방향 설정에 중심을 두고 있으며, 2040년까지의 정량적 정책 목표를 제시. 최종에너지 소비감축 및 에너지 원단위 개선을 위해, 4차 산업혁명 활용 수요관리 서비스 등 주요수단을 반영한 에너지 절감 목표를 도출함
- 「재생에너지 3020 이행계획」은 청정에너지 보급, 국민 참여 유도, 대규모 프로젝트 등 참여형 에너지체제 전환을 비전으로 제시하며 R&D, 실증, 수출산업화를 통해 재생에너지 확산을 에너지 신산업 육성 기회로 활용할 계획

5. 중소기업 전략제품

가. R&D 추진전략

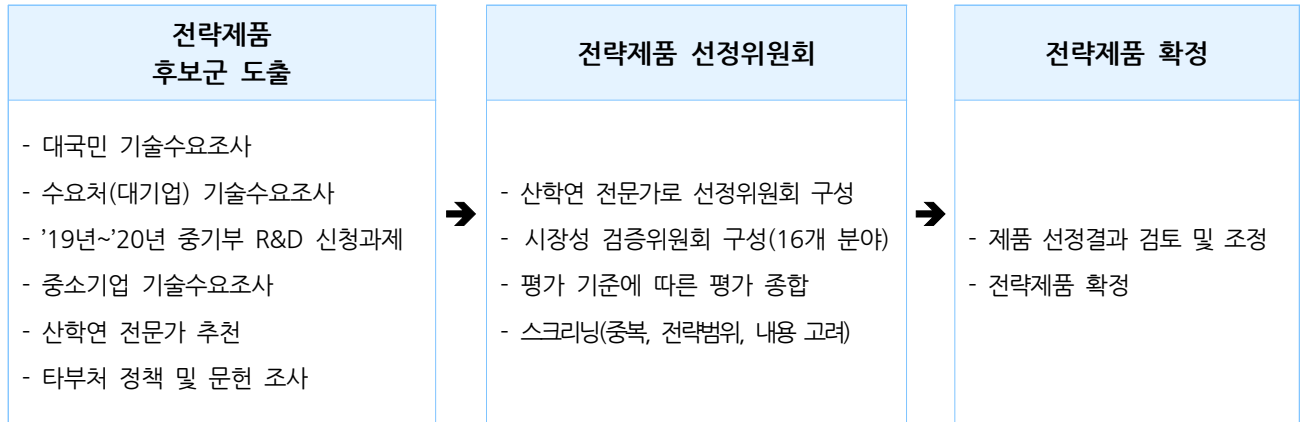
Factor	기회요인	위협요인
정책	<ul style="list-style-type: none"> 신재생에너지 보급목표달성을 위해 2019년 ‘제3차 에너지기본계획’이 최종 확정 민간 · 공공기관 중심의 대규모 프로젝트 추진을 정책 지원함으로써, 소규모 사업자의 수익 안정성과 절차적 편의성이 높아질 것으로 예상 코로나19 확산에 따른 사회 · 경제적 위기를 극복하고 선도형 경제로 거듭나기 위해 한국판 뉴딜 정책으로 신재생에너지 지원이 확대 	<ul style="list-style-type: none"> 국내에서는 신재생에너지가 탈원전 이슈와 결합하여 정치적인 쟁점이 된 상황임 전 세계적으로 재생에너지가 빠르게 보급되며 재생에너지와 관련 자국 산업 보호를 위한 정책이 강화
산업	<ul style="list-style-type: none"> 신기후 변화체제 출범에 따른 재생에너지에 대한 관심 증대 재난재해 증가로 인한 분산전원에 대한 관심 증대로 재생에너지와 연계성을 확보할 수 있음 신재생에너지 산업에서 인도, 중국 등 신흥시장 부상으로 수출기회 확대 	<ul style="list-style-type: none"> 국가별, 기업별로 생산설비 증대 및 전략적 제휴 등으로 경쟁이 심화되며, 상대적으로 높은 진입 장벽 후발주자들의 투자확대로 신재생에너지 공급이 과잉될 우려
시장	<ul style="list-style-type: none"> 신재생에너지는 전력 시스템의 가격변동성을 낮추고 안정적인 전기 공급이 가능하여 시장 확대가 되고 있음 국내 신재생에너지 기술의 지속적인 보급과 확산으로 신재생에너지의 에너지생산 비율이 지속적으로 증가 	<ul style="list-style-type: none"> 재생에너지 보급단가가 높은 수준이지만, 전기 요금은 낮아 가격경쟁력 확보의 어려움 에너지 보급 확대는 전기요금의 상승폭이 커져 소비자의 부담이 함께 증가 정부보급에 의존하는 신재생에너지는 국내외 시장 확대에 한계가 존재
기술	<ul style="list-style-type: none"> 신재생에너지 기술은 제한요소를 극복한 미래 에너지로써, 저탄소 에너지기술로 온실가스 감축에 효과적인 기술로 기대 받고 있음 재생에너지 보급 확대에 따라 계통연계와 합리적 이용개발이 활발히 진행됨 산업간 에너지 융복합 기술 개발로, 신기술개발 수요 확대 	<ul style="list-style-type: none"> 국가적 차원에서 중국, 유럽 등 재생에너지 관련 기술적 한계로 국내 기업들의 글로벌 경쟁력이 다소 약화 자연조건에 따라 발전전력이 변동되는 특성으로 계통 운영 및 전력유지 관점에서 전기에너지 저장장치를 설치해야 안정적인 전원으로 취급



중소기업의 시장대응전략

- 신재생에너지 보급에서 가격경쟁력 확보, 고효율 제품 출시 등의 방식으로 차별화가 요구
- 자국보호 정책환경을 고려하여 특정 국가 중심의 수출은 지양하고 다변화된 판매처 확보 필요
- 제한된 국내수요를 보완을 위해, 다각적인 해외수요의 발굴이 요구되며, 해외진출 시 대기업과 중소기업의 공동 진출을 통해 시너지효과를 높이는 방안을 추진
- 전력계통이 독립형인 국내에서는 향후 분산전원을 네트워크로 연결하는 계통연계형 사업 모델이 등장할 것으로 전망됨에 따라 기술적 대비 요구

나. 전략제품 선정 절차



□ 전략제품 후보군 도출

- (최근 신청 과제) 중소벤처기업부 R&D 지원 사업 '19년~'20년 상반기 신청과제
- (기술수요조사) 중소기업기술정보진흥원 주관 SMTECH(중소기업 기술개발사업 종합관리시스템) 성과 분석 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

◎ 미세조류를 이용한 바이오에너지 생산

- 바이오에너지는 바이오매스를 전환시켜 얻을 수 있는 에너지의 통칭하는 것으로, 미세조류를 이용한 바이오에너지 생산기술은 광합성 생물인 조류로부터 바이오연료를 (바이오에탄올, 바이오디젤, 바이오가스 등) 생산하는 기술
 - 바이오에너지는 열과 전기, 난방, 수송용 연료의 형태 등 생산 가능한 에너지 형태가 다양한 산업
 - 미세조류로부터 생산된 바이오에너지는 다양한 유형으로 전환 가능하여 원료특성에 맞게 바이오매스의 에너지전환 기술 필요

◎ 고효율 수소생산 시스템

- 수소경제는 수소생산, 저장, 운반으로 분류되며, 친환경 수소생산 시스템은 수소공급 충전설비나 파이프라인을 통해 소비자에게 수소를 제공하는 것을 포함
 - 수소에너지는 친환경 지속 가능한 에너지 시스템 수단으로 활용 가능한 에너지
 - 수소생산 산업은 고용, 수익창출 및 친환경 에너지원으로써 전망되는 산업

◎ 수소충전용 장비 및 부품

- 수소 충전인프라는 외부에서 수소차에 수소를 공급하는 인프라를 의미하며, 그 중심에는 수소충전소(Hydrogen Refueling Station, HRS)가 존재. 수소충전소는 수소의 생산 및 공급방식과 이동성 여부 등에 따라 분류
 - 수소차 보급 확대 및 수소 인프라 구축을 강화하는 등 수소충전 장비 및 부품이 요구
 - 수소자동차, 수소충전소, 수소 산업은 직간접적으로 수소와 관련된 기간산업으로 미래 산업과 직결

◎ 중소형 수소 액화 저장 시스템

- 중소형 수소를 액화 저장하기 위한 시스템으로, 액체수소 저장을 위한 부품/설비. 액체수소 저장용 탱크, 액체수소 이송 배관, 액체수소 이송 배관용 진공단열 밸브, 액체수소 충전용 고압 액체 펌프, 액체수소 충전용 고압 기화장치 등 포함
 - 수소에너지 생산, 저장, 운송 관련해 수요 증가가 증대되고 있으나 수소 에너지 운송과 인프라 구축은 부족한 상황
 - 수소 생산·저장·운송·충전 분야는 중소기업 위주로 구성되어 있으며, 활용분야는 대기업 주도로 생태계 형성 중

◎ 태양광 발전 모듈 및 장치

- 태양광 모듈은 태양전지, 부품(EVA, Back Sheet, Ribbon, Cable), 소재(전극 Paste, Cover Glass, Junction Box 등)으로 구성됨. 전력변환기기는 PCS(인버터 포함) 및 전력제어기술로 전력을 생산하여 계통에 연계하기 전까지의 기술
 - TOP 10 기업이 세계 2017년 인버터 시장의 85% 이상을 점유
 - 인버터는 태양광 발전에 있어 주요한 주변장치로서 태양광 발전원가 중 가장 큰 비중을 차지하는 모듈 가격이 점점 하락

◎ 고효율 소형 풍력발전 시스템

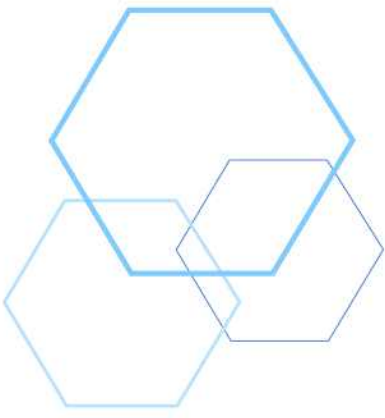
- 풍력에너지를 전력에너지로 변환하여 발생된 전력을 전력계통이나 수용가에게 공급하는 장치로 교류 1000V 미만 직류 1500W 미만의 전압을 생성하는 풍력기기
 - 소형풍력산업은 기계, 항공 및 전기전자, 전력전자 기술 등 복합기술의 연결체
 - 단일 기술의 개발과 보급에 대규모의 인프라나 설비가 필요하지 않음

◎ 해상풍력 구조물 및 부품개발

- 날개(blade)와 허브(hub)로 구성된 회전자(rotor)와 증속장치(gearbox), 발전기(generator), 제어장치(controller), 해상풍력발전기의 수중기초(sub-structure) 및 타워(tower)를 포함한 지지구조물 등 복합적인 요소부품을 통합하여 구성 해상에 설치되어 바람을 이용하는 시스템
 - 고강도, 고강성 경량 구조물이 활용 될 수 있는 신재생에너지, 기계, 항공, 군수산업 등 여러 고부가가치 전방산업에 연계 가능 산업
 - 부유식 해상풍력이 미래기술로써 부상함에 따라 계류시스템의 경우 후방산업의 핵심으로 국산화 잠재력이 큰 영역

◎ 지열 에너지화 활용 냉난방 시스템

- 지하 심부에 부존하는 고온의 지열에너지 자원을 개발하여 전기를 생산하는 기술, 지열에너지는 온도에 따라 지역난방, 온실, 양어, 냉난방 등 활용하는 시스템(저온(10~30℃)의 지열에너지를 활용)
 - 지열에너지는 에너지 절약과 환경 규제에 대응에 크게 기여할 수 있는 환경 친화적인 신재생에너지원
 - 지열 발전분야는 안정적인 전력수급이 가능하며, 지역 냉난방, 열병합 발전 등 연계 융복합 시스템 개발 확대 요구 증가



전략제품 현황분석

미세조류를 이용한 바이오에너지 생산



미세조류를 이용한 바이오에너지 생산

정의 및 범위

- 미세조류는 해양에서 양식가능하며, 육상식물에 비해 단위 면적당 생산성이 높아 미세조류 대량 생산기술개발의 필요성이 증가
- 미세조류를 이용한 바이오에너지 생산기술은 광합성 생물인 조류(Algae)로부터 바이오연료(바이오에탄올, 바이오디젤, 바이오가스 등) 생산 기술이며, 토착 미세조류 확보 및 기능강화(균주 개량), 고밀도 대량배양 최적화, 미세조류 수확기술, 지질의 바이오디젤 전환 기술

전략 제품 관련 동향

시장 현황 및 전망	제품 산업 특징
<ul style="list-style-type: none"> • (세계) 세계 바이오에너지 시장 규모는 2018년 1,717억 달러에서 연평균 5.9%씩 성장해 2024년 2,436억 달러를 기록할 전망 • (국내) 국내 바이오에너지 시장규모는 연평균 4.8%로, 2018년에 약 2조 7,248억 원에서 2024년 3조 6,099억 원 규모로 성장할 것으로 추정됨 	<ul style="list-style-type: none"> • 바이오에너지는 열과 전기, 난방, 수송용 연료의 형태 등 생산 가능한 에너지 형태가 다양한 산업 • 미세조류로부터 생산된 바이오에너지는 다양한 유형으로 전환 가능하여 원료특성에 맞게 바이오매스의 에너지전환 기술 필요
정책 동향	기술 동향
<ul style="list-style-type: none"> • 국내를 비롯한 많은 국가에서 일반디젤에 바이오디젤을 혼합하는 정책을 운영 중에 있음 • 우리나라에서는 바이오 에너지의 중요성이 부각되고 있으며 '2030 에너지 신사업 확산 전략'을 수립했으며, 2019년 모든 중유발전소에 바이오중유를 보급할 수 있도록 법제화 	<ul style="list-style-type: none"> • 미세조류 바이오디젤 기술에서 오일을 추출하고 남은 미세조류 잔여 부산물을 활용하여 다양한 기술이 개발 • 단위 면적당 생산량을 높이고 사계절 안정적 생산이 가능한 미세조류 배양에 적합한 방법을 개발
핵심 플레이어	핵심기술
<ul style="list-style-type: none"> • (해외) Sapphire Energy, Bodega Algae, TerraVia, IGV, IHI • (대기업) GS칼텍스, SK에너지, 현대오일뱅크, 애경유화 • (중소기업) 제이씨케미칼, 파이크오일바이오텍, 코리아세라믹인터네셔널 	<ul style="list-style-type: none"> • 미세조류 부산물을 활용한 고부가 유용물질 생산 및 전환기술 • 바이오디젤 (생)촉매 및 전환공정 기술 • 저가 영양배지 제조 기술 • 유전자재조합 기술을 이용한 미세조류 개발 및 무균유도 기술 • 광생물반응기(Photobioreactor)시스템 • 바이오연료용 미세조류 수확 공정

중소기업 기술개발 전략

- 전처리 및 생산단계에서는 기존 바이오 에너지의 물성을 개선시킬 수 있는 기술 혁신 요구
- 바이오 에너지산업이 여타 신재생에너지에 비해 원료 의존성이 높아 원료 수급 경쟁력을 높일 수 있는 전략필수
- 바이오 에너지 중 활성화되어 있는 바이오디젤 적용에 있어 정유사와 중소기업이 함께 참여가 필요하므로 대기업의 중소기업 간 협력구조 구축

1. 개요

가. 정의 및 필요성

(1) 정의

- 바이오매스는 빛에너지(광합성에 의해 발생)가 화학에너지로 축적된 식물자원으로써, 1세대 바이오매스(곡물자원을 활용), 2세대 바이오매스(작물의 줄기나 폐목재 등), 3세대 바이오매스(물속에서 성장하는 미세조류 활용)로 구분할 수 있음
 - 태양에너지와 물, 이산화탄소 등을 재료로 광합성을 통해 바이오매스를 지속적으로 생산이 가능하며, 바이오매스로 만드는 바이오연료 역시 지속적인 생산이 가능함

- 바이오에너지는 바이오매스를 전환시켜 얻을 수 있는 에너지의 통칭하는 것으로, 식물성 유기물 및 동물성 유기물 등을 열분해하거나 발효시켜 메탄 또는 에탄올, 수소와 같은 액체·기체의 연료를 얻을 수 있으며, 바이오에탄올, 바이오디젤, 바이오메탄 및 바이오수소 등으로 구성됨

- 원료물질인 바이오매스는 지속적인 생산이 가능하고, 온실가스 배출 문제를 해결할 수 있으며 최종산물의 형태가 전력, 연료, 화학소재 등으로 다양하다는 점에서 장점을 가지고 있지만, 대규모 설비투자를 필요로 하며, 다양한 바이오매스 종류로 인해 실제 상용화에 어려움이 있다는 단점을 가지고 있음
 - 태양에너지와 물, 이산화탄소 등을 재료로 광합성을 통해 바이오매스를 지속적으로 생산이 가능하며, 바이오매스로 만드는 바이오연료 역시 지속적인 생산이 가능함

[신재생에너지에서 미세조류를 이용한 바이오에너지 생산]



* 출처 : 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」에 정의된 신재생에너지 분류를 기반으로 재작성

- 조류(Algae)는 물, 이산화탄소와 태양광을 이용하여 광합성 성장이 가능한 모든 광합성 생물의 통칭하며, 미세조류(Microalgae)와 육안으로 관찰할 수 있거나 혹은 미터 단위로도 성장이 가능한 거대조류(Macroalgae)로 분류됨
 - 대기나 수중의 이산화탄소와 물을 원료로 광에너지를 이용하여 유기물질을 합성하고 산소를 생산하는 조류는 지구상에 약 300,000종(species) 이상이 분포하는 것으로 알려져 있으며, 식물과 달리 형태적으로 뿌리, 줄기, 잎의 구분이 명확하지 않음
 - 미세조류는 고밀도 대량배양이 가능하며 형질전환 기술을 이용한 미세조류의 분자적 개량이 용이할 것으로 전망됨. 유향 경작지를 이용하여 바이오연료를 생산할 수 있다는 장점이 있음

(2) 필요성

- 환경규제가 강한 유럽과 바이오매스 원료가 풍부한 미국과 브라질 등을 중심으로 바이오에너지 생산기술 개발 및 상용화가 이뤄지고 있음. 국내의 경우 바이오디젤 위주로 시장이 형성되어 있으며, 주요 국가들은 바이오에너지가 화석연료 대비 상대적으로 가격경쟁력이 낮음에도 불구하고 바이오에너지 보급 확대를 위한 정책을 도입하고 있음
 - 증가하는 에너지 수요 및 고갈되는 화석연료, 온실가스에 대한 환경규제로 대체 연료에 대한 연구가 증가하고 있으며, 그 중 미세조류를 이용한 바이오 연료기술은 수송용 연료(Transportation fuel)로서 액체 바이오 연료의 생산과 소비의 성장은 계속될 것으로 예상됨
- 국내 기술 및 자본을 이용한 대체에너지 기술개발 및 자원 확보가 필수적이며, 석유 대체 연료원으로 바이오연료 기술이 요구됨
- 국제민간항공기구(The International Civil Aviation Organization, ICAO)는 항공 온실가스감축 방법 중 하나로 바이오항공유 활용 촉진을 표명하고 있음
 - 유럽은 IATKA(Initiative Towards Sustainable Kerosene for Aviation)를 설립하여 유럽 바이오항공유 사용 지원하며, 2020년까지 연간 200만 톤(약 250만 kL) 사용을 목표로 함
 - 일본은 INAF(Initiatives for Next Generation Aviation Fuels, 2014.5.)를 발족하여 6종(미세조류, 일반 폐기물 등)의 원료별로 대체항공연료 보급체계(원료조달, 제조 및 공급체계) 확립하기 위한 로드맵 구축 중임
- 미세조류를 이용한 바이오에너지는 오일 외에도 바이오수소, 바이오에탄올, 바이오가스 등 다양한 에너지 생산 가능하며, 대기 및 연소배가스 내 고농도 이산화탄소처리 가능하다는 장점을 가짐
 - 미세조류는 높은 상업적 가치를 가지며, 미세조류는 담수, 해수 및 사막 등 다양한 환경에서 성장이 가능함. 미세조류의 경작에는 폐수처리와 물 재생이 가능함

나. 범위 및 분류

(1) 가치사슬

- 바이오에너지 산업은 바이오매스를 연료로 가공 및 생산할 수 있는 공정기초 산업, 바이오매스 원료를 생산 및 수입하는 농업, 임업, 수산업 등 후방산업으로 위치하며, 수송용 바이오연료를 사용하는 정유 산업, 재생에너지로서 활용하는 발전 산업은 전방산업에 위치함

[바이오에너지 분야 산업구조]

후방산업	바이오에너지 분야	전방산업
농업, 기계설비가공업, 임업, 수산업 오폐수 처리업	고체 바이오연료 액체 바이오연료 기체 바이오연료	정유 산업, 재생에너지 산업, 발전 산업

(2) 용도별 분류

- 미세조류를 사용하여 생산될 수 있는 바이오에너지 종류에 따라, 바이오에탄올, 바이오디젤, 바이오메탄 및 바이오수소로 분류될 수 있음
 - 미세조류는 대사물질의 생산능력 및 특유의 성장으로 차세대 식량, 에너지 및 의료자원으로 인식되고 있음. 미세조류는 광합성을 통해 바이오매스와 지방을 생산하며, 영양소가 부족할 경우 오일형태 (Triglyceride)같은 형태에서 화학에너지를 저장함
 - 조류 바이오매스로부터 조류오일이 추출되고 트랜스 에스테르화(Transesterfication) 또는 하이드로카본으로 지방산의 수소화 반응을 위해 바이오디젤로 전환됨
 - 바이오에탄올은 미세조류에 존재하는 탄수화물로부터 전환될 수 있으며, 미세조류는 수소, 에탄올 등 다른 연료물로 합성이 가능함. 혐기성 발효를 통해 바이오매스는 바이오가스로 전환이 가능함

[바이오에너지의 종류]

구분	세부 내용
바이오에탄올	<ul style="list-style-type: none"> • 화학적으로 생산 가능하나 대부분 생물학적 방법을 통해 생산 • 바이오매스를 기질로 사용하여 효모나 박테리아 등의 미생물 발효로 에탄올 생산
바이오디젤	<ul style="list-style-type: none"> • 미국의 국립에너지 재생연구소에서 해조류를 이용한 바이오디젤 생산 연구 시작됐으나, 경제성 문제로 1996년 연구종료 • 최근 유가상승으로 연구재개
바이오메탄	<ul style="list-style-type: none"> • 주로 나무와 풀, 유기성 고형 폐수 등을 이용하여 생산하며, 조류를 이용하여 생산할 수 있으나 비용이 높음 • 가수분해 반응을 통해 이산화탄소와 수소를 메탄으로 전환시킴 • 육상식물, 유기성 고형폐수 등이 주로 이용되며, 해조류의 경우 생산비용이 높음
바이오수소	<ul style="list-style-type: none"> • 태양에너지와 미생물을 이용한 물, 유기성 폐기물, 바이오매스로부터 수소 생산 • 최근 조류를 활용한 수소 생산 연구 활발

* 출처 : 한국과학기술정보연구원, 미세조류를 이용한 바이오디젤 (2013)

- 바이오연료는 곡물 자원을 사용한 1세대 바이오연료, 작물의 줄기나 폐목재 등을 사용하는 2세대 바이오연료, 미래의 3세대 바이오연료(3rd generation biofuel)로 분류될 수 있음
 - 1세대 바이오연료는 전분에 기인한 것으로 식량 안보와 세계식량 시장에 대한 문제점이 부상함. 1세대 에탄올 기업들은 2세대 바이오연료를 위한 사업에 진입하고 있음
 - 2세대 바이오연료는 에너지 작물, 농작물 잔유물, 임업폐기물 등 식량자원이 아닌 목질계 바이오매스로부터 생산됨. 목질계 바이오매스 전환기술은 상업적 규모의 생산에 이르지 못함. 당화공정에 사용 전에 목질계 바이오매스는 전처리, 비독성화 공정을 필요하며, 생산비용 측면에서도 극복해야 할 문제점이 존재함
 - 차세대 바이오 연료자원으로서 미세조류는 기술적, 경제적으로 가능한 바이오 연료 자원으로써, 경제적 이익을 제공할 수 있고, 주요 연료 소비량을 충족시키는데 기여할 것으로 전망됨

◎ 미세조류 경작을 위한 시스템에 따른 분류

- 미세조류의 경작을 위한 시스템으로 개방형 연못(Open pond), 폐쇄형 연못(Closed pond), 광생물반응기, 광독립영양적 생산(Phototrophic production)이 존재함
 - 개방형 연못은 미세조류의 생산량이 저조하나 초기 투자비 및 운전비가 저렴함. 개방형 연못 배양 시스템은 초기투자비와 운영비용이 낮아 조류기업들이 선택하며 콘크리트, 플라스틱 등의 재질로 제작되며 수차(paddle wheel)를 통해 배양액의 순환 및 미세조류의 침강을 방지함. 고농도 이산화탄소를 공급할 수 있으나, 이산화탄소가 대기 중으로 손실되어 미생물의 오염 및 다른 미세조류에 영향을 받을 수 있음
 - 외부로부터 배양시스템을 물리적으로 격리시킨 폐쇄형 반응기로 광생물 반응기가 있음. 광생물 반응기는 광영양 미생물에 대한 실험을 위한 조명 재배 시스템임. 광생물 반응기는 생물반응기는 운전조건의 조절이 용이하며 미세조류 생산량이 높으나 운전비와 투자비가 높음. 폐쇄형 배양으로 미세조류가 생산되며, 관형, 평판형, 칼럼형 광생물 반응기를 사용함
 - 광독립영양적 생산은 개방형 연못과 폐쇄형 광합성 반응기 시스템 기술을 기초한 두 개의 시스템임. 개방형 연못과 광생물반응기를 연계한 하이브리드 배양시스템 등이 연구되고 있음

◎ 미세조류 바이오연료 생산 공정에 따른 분류

- 미세조류로부터 바이오디젤 생산의 주요 공정은 ① 미세조류 탐색 및 기능강화(균주 개량), ② 미세조류의 고밀도 대량배양, ③ 미세조류의 효율적 수확, ④미세조류 바이오매스로부터 유용물질 및 바이오연료 생산으로 구분될 수 있음
- ① 미세조류 탐색 및 기능강화(균주 개량): 바이오 연료를 상용화에서 미세조류 선정은 높은 지질함량을 가지는 미세조류 배양임. 형질전환을 통해 지질함량과 성장속도가 우수한 균주를 개발하는 연구가 진행되고 있음. 적절한 미세조류의 선정은 바이오 연료생산에 있어 주요 요소임
 - 태양의 높은 빛세기 조건에서 바이오매스로 효율적으로 전환해야 하며, 높은 산소 분압에서 민감성이 낮은 균주개발이 요구됨. 산소가 원활히 배출되지 않을 경우 배양시스템에서 미생물 성장에 대한 산소 저해 효과가 발생할 수 있음
 - 단일 종 또는 멸균 상태로 대량 생산시 배양시스템을 유지하는 것은 어려움이 있으므로 외부 생물의 오염에 안정적인 균주의 개발과 후처리 공정(수확, 오일 추출 등)을 고려한 균주 개발이 요구됨

- ② 미세조류의 고밀도 대량배양: 미세조류의 고농도 대량 배양은 미세조류 유래 바이오디젤 생산 공정의 가장 큰 비용을 차지하는 부분으로 효율을 높이고 경제성을 확보하는 것이 전체 공정 상업화의 핵심임
 - 미세조류의 배양에 있어 이산화탄소의 적절한 공급과 효율적인 광합성을 위해 광량 및 광도의 조절이 필요함. 온도, 혼합, 질소와 인과 같은 영양염류의 적절히 공급되어야 함

- ③ 미세조류의 효율적 수확: 대량배양 시 밀도와 세포 크기, 배양의 최종산물 등의 전체적인 특성을 고려하여 미세조류 수확방법을 설계해야함. 여과법, 부상법, 원심분리법, 침전법, 이온교환법 및 초음파 진동법 등과 같은 수확방법 등이 존재함
 - 미세조류는 연속식 공정의 경우 매일, 회분식 공정의 경우 7-10일에 한 번 수확이 가능함. 상대적으로 후처리 공정을 위해 미세조류의 회수가 어려움. 미세조류 세포의 밀도는 종에 따라 달라지지만 대부분 물과 비슷해 침전이 쉽지 않아 미세조류의 수확은 새로운 접근방식이 시도되어야함
 - 미세조류의 수확기술로 원심분리(centrifugation), 여과(filtration), 침강(sedimentation), 화학응집(chemical flocculation), 기포 부유선별(air flotation) 등 다양한 기술로 시도됨

- ④ 미세조류 바이오매스로부터 유용물질 및 바이오연료 생산: 미세조류 바이오매스 이용 전환기술은 열역학적 전환과 생화학적 전환으로 분류되며, 바이오매스 원료의 종류와 양, 에너지 형태, 경제적 사항, 제품의 최종형태 등이 존재함
 - 미세조류에서 지질을 추출하기 위해 세포벽 파쇄와 생체구성성분 대비 선택적인 추출이 필요함. 미세조류의 세포크기가 μm 단위로 매우 작고, 수분이 다량 함유되어 있는 특성을 고려해야함

[미세조류로부터 유용물질 및 바이오연료 생산 공정도]



* 출처 : 화학공학연구정보센터, 미세조류 바이오매스의 연료화 연구개발 현황 및 전망(2011)

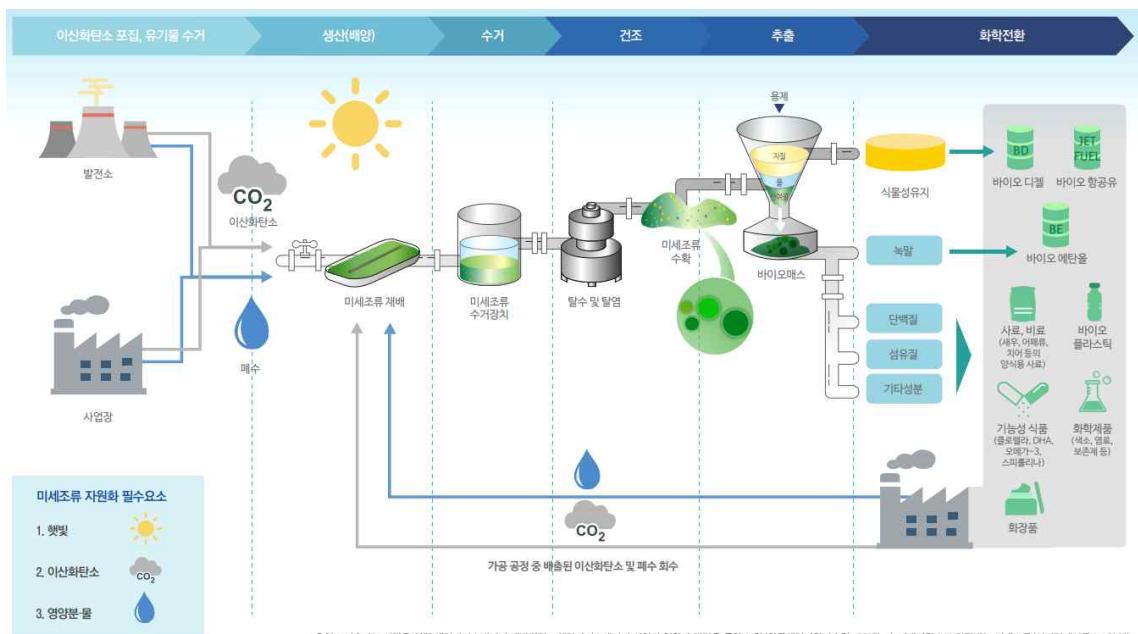
2. 산업 및 시장 분석

가. 산업 분석

◎ 미세조류 바이오매스의 자원화 활용

- 바이오에너지는 열과 전기뿐만 아니라 난방, 수송용 연료의 형태 등 생산 가능한 에너지 형태가 다양한 산업임. 에너지 사용 측면에서 고체 바이오연료는 열과 발전 부문, 액체 바이오연료는 수송 부문에서 주요 에너지원으로 사용되고 있음
 - 2000년도부터 석유대체 연료와 온실가스 저감을 목적으로 바이오디젤, 바이오에탄올의 등 바이오에너지 분야에 대한 연구개발 투자와 개발이 이뤄지고 있음
- 다양한 미세조류로부터 생산된 바이오에너지는 다양한 유형으로 전환 가능하며 각각의 바이오매스는 다른 물리화학적 특성을 가지므로 원료 특성에 맞는 에너지 전환기술이 필요함. 특히 수송부문에서의 활용이 가능한 바이오연료는 세계 재생에너지 공급의 최대 기여요소로 2017년 기준으로 최종 에너지소비의 5%를 차지한 것을 추정되고 있음

[미세조류와 미래 자원 산업]



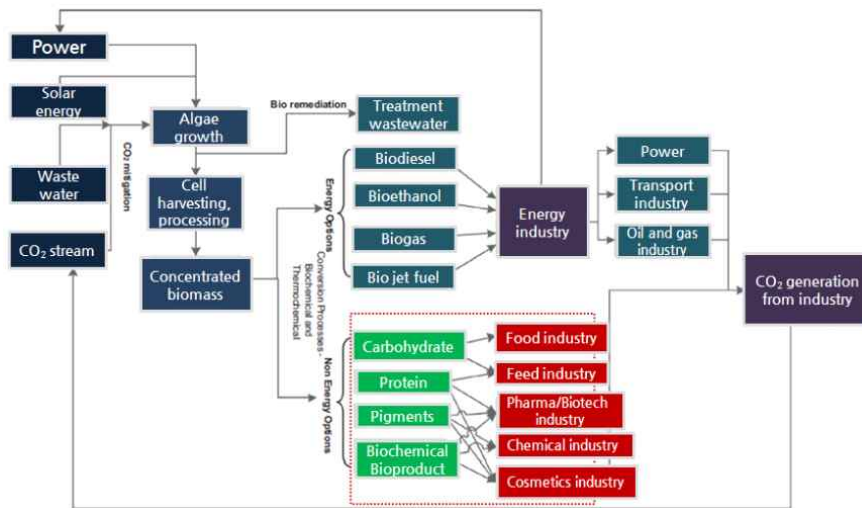
출처 : 지속가능 성장을 위한 해양바이오에너지 개발전략 : 해양바이오에너지 산업의 현황과 전망을 통한 고찰 (한국해양과학기술원, 2015) / 미래자원으로 각광받는 미세조류 (삼성경제연구소, 2012)

* 출처 : KONETIC INFOGRAPHICS(2012)

◎ 미세조류의 고부가가치 자원 활용

- 신재생에너지 공급의무제도에 따라 미세조류 자원화 분야는 바이오디젤 생산을 중심으로 발전되어 왔음. 최근 미세조류 자원화의 경제성을 위해 기능성 소재 분야, 석유화학 대체물질 등 고부가가치 산업으로 발달되며, 관련 시장규모는 확대될 것으로 전망됨
- 미세조류를 이용하여 바이오기능성 소재(기능성 식품, 화장품 및 의약품), 바이오 플라스틱 등으로 개발될 수 있으며, 미세조류 바이오매스의 고부가가치 물질 전환은 항산화 물질을 이용한 식품, 화장품 산업으로도 발전할 수 있음. 환경적 측면으로는 미세조류를 이용하여 질소·인·중금속 오염원의 제거가 가능하며, 수계 방사성물질과 환경호르몬 등을 저감시킬 수 있음
- 미세조류 균주의 시스템 생물공학을 바탕으로 하며, 미세조류를 이용한 바이오연료 생산 후 부산물을 활용한 고부가가치 물질의 생산연구가 활발히 이뤄지고 있음

[미세조류 바이오리파이너리]



* 출처 : 한국환경정책평가연구원, 미세조류 바이오매스의 자원화 활용에 대한 연구 (2016)

◎ 정책적 지원

- 국내를 비롯한 많은 국가에서 일반디젤에 바이오디젤을 혼합하는 정책(Renewable Fuel Standard, RFS)을 운영 중에 있음. 미국과 유럽을 비롯한 주요 선진국들을 중심으로 미세조류를 이용한 바이오디젤의 경제성 확보를 위한 활발한 연구개발 활동이 이뤄지고 있음
- 한국
 - 「대외 에너지 의존도가 높은 국내에서는 바이오 에너지의 중요성이 부각되고 있으며 한국에너지공단 ‘2017년 신재생에너지 보급통계’자료에 따르면 2017년 기준 국내 신재생에너지 누적 설비용량은 15.7GW이며, 이 중 바이오에너지는 2.3GW로 전체 발전 용량의 14.5%를 차지하고 있음
 - 「2012년부터 국내에서는 신재생 에너지 의무 할당제(RPS, Renewable Portfolio Standard 제도)를 시행하였음. 2016년 ‘2030 에너지 신사업 확산 전략’을 수립하여 저탄소 경제로의 이행 계획을 발표함. 2019년 모든 중유발전소에 바이오중유를 보급할 수 있도록 법제화함

- 정부는 향후 2030년까지 신재생에너지 발전량을 20%, 설비용량은 63.8GW로 확대하는 것을 목표로 설정하였으며, 바이오에너지 설비용량은 2.3GW에서 3.3GW로 증설한다고 발표
- 신재생에너지 연료 혼합의무화제도(RFS, Renewable Fuel Standard)를 2017년부터 시행하고 있고, 혼합의무비율은 2.5%에서 2018년 3.0%로 증가하여 2021년까지 3년간 유지됨

□ 미국

- 미국은 기후변화 대응 및 원유 의존성 감소 등을 위해 신재생에너지인 바이오연료를 수송용 연료에 혼합하는 바이오연료 혼합의무제도(RFS, Renewable Fuel Standards)를 시행하고 있음. 수송부문의 RFS 프로그램을 연방 정부 차원에서 운영하고 있으며 48개 주 모든 수송용 화석연료 공급업자인 정제사업자, 수입사업자 및 혼합 업자에게 적용하고 있음
- 미국환경보호청(EPA, Environmental Protection Agency)에서는 신재생에너지 의무혼합량(RVO, Renewable Volume Obligation) 및 혼합율을 1년 단위로 지정하여 수행·평가함

□ 유럽

- 유럽은 기후변화에너지 20/20/20 전략(2020년까지 1990년 대비 온실가스 20% 감축, 재생에너지 20% 이용, 에너지효율 혹은 절약 20% 달성)을 제시함. EU 재생에너지 지침은 수송 분야를 별도로 구분해 이 분야에 최소 10% 재생에너지 이용목표를 규정하고 있는데, 수송 분야에서 많이 이용되고 있는 재생에너지가 바이오에너지임. 유럽은 전 세계 바이오디젤 생산량의 55~60%를 차지하는 바이오디젤 생산국이자 소비국임
- 유럽은 시행 중인 재생에너지지침(RED, Renewable Energy Directive)은 재생에너지 목표치를 2030년까지 32% 이상으로 향상시켰으며 EU 국가들은 2021년부터 2030년까지의 국가 에너지 및 기후변화 계획(10-year National Energy & Climate Plans; NECPs)을 의무적으로 다시 세워야 함
- 수송 부문에서 바이오 연료 관련 기준을 강화했으며, 특히 폐식용유, 동물성 지방, 에너지 작물, 농업 잔류물, 산림 잔류물, 목재 폐기물 등을 차세대 바이오 연료로 구분한 뒤 이들의 보급을 장려하는 내용을 담았음

□ 일본

- 에너지공급 안정성, 친환경성, 에너지안전 제고를 에너지정책의 최우선 목표로 설정하고 2030년 신재생에너지 전원비중 목표를 22~24%로 설정하고, 이를 위한 재생에너지의 주력 전원화 구상을 설계하고 있음
- 분산형 에너지시스템을 지역 밀착형 에너지원으로서 가속화를 위한 수단으로 인식하고 있으며, 바이오매스 전원비중 목표는 3.7~4.6% 수준으로 책정하고 있음

□ 중국

- 중국의 에너지 확보 전략은 크게 ‘에너지 절약 및 효율제고’와 ‘에너지원 확보 및 다양화’의 두 가지 방향으로 추진되고 있음
- 국가 에너지국과 함께 중국국가 개발 개혁 위원회(NDRC), 재정부에서 발표한 E10시행에 따라 2020년까지 바이오 에탄올이 함유된 E10 가솔린을 공급하게 될 것이며, 이는 중국의 공기 오염을 줄이고, 중국의 에너지 현황을 최적화하고자 하는 노력임

나. 시장 분석

(1) 세계시장

- 전 세계 바이오연료 생산량은 2017년 대비 100억 리터 증가하여 2018년 1,540억 리터에 도달함. 바이오 연료 생산량은 예측 기간(2019-2024년)동안 24% (0.9EJ) 증가할 것으로 예상되며, 수송 분야의 재생가능 전기는 전기철도와 전기자동차를 사용하고 점유율이 높아진다면 70% (0.2EJ)규모로 증가 할 것으로 예상⁶⁾
- 2019년에 바이오에너지 발전량은 2011년 이후 연평균 성장률에 미치지 못한 5% 증가한 것으로 추정됨. IEA 지속가능 발전시나리오(SDS, Sustainable Development Scenario)에서 바이오에너지 발전량은 2030년까지 매년 6% 증가할 것으로 예상됨

[지속가능 발전시나리오에서 바이오에너지 2000-2030]



* 출처 : <https://www.iea.org/>(2020.06.02. 업데이트)

- ‘Renewables 2019 Global Status Report’(REN21)에 따르면 세계 재생에너지 누적 설비용량은 2018년에 2,378 GW이며, 이 중 바이오는 130 GW로 전체 발전용량의 5%를 차지하였음. 바이오 설비용량에서 신규 설비용량은 총 181 GW 규모이며, 총 전력 생산에서 재생에너지가 차지하는 비중은 바이오에너지는 2.2%를 차지함

[바이오에너지 세계 시장규모 및 전망]

(단위 : 백만 달러, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
세계시장	1,717,000	1,812,000	1,918,000	2,037,000	2,172,000	2,300,148	2,435,857	5.9

* 출처 : NICE평가정보, 바이오에너지(2019)

* 자료 : TechNavio, Global Bioenergy Market (2018)

6) <https://www.iea.org/>

- 세계 바이오에너지 시장 규모는 2018년 1,717억 달러에서 연평균 5.9%씩 성장해 2024년 2,436억 달러를 기록할 전망
 - 석유의존도 감소와 온실가스 감축을 고려하여 바이오에너지 보급 확대를 위한 정책을 도입하고, 미국과 브라질, 환경규제가 강한 유럽을 중심으로 시장이 형성되어 시장이 성장할 것으로 전망

(2) 국내시장

- 온실가스 배출 및 기후변화에 대한 대응책으로 국내에서도 화석연료를 대체할 바이오에너지 산업이 정부의 정책을 통해 지속적으로 성장하고 있음. 한국에너지공단 신재생에너지센터 「신재생에너지보급통계」에 따르면 2018년 기준 바이오에너지는 4,442,400 TOE⁷⁾(Ton of oil equivalent) 규모로 생산함
- 국내 바이오에너지 시장규모는 연평균 4.8%규모로, 2020년에 약 2조 9천억 원에서 2024년 3조 6천억 원 규모로 성장할 것으로 추정됨

[바이오에너지 국내 시장규모 및 전망]

(단위 : 억 원, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
국내시장	27,248	28,555	29,926	31,363	32,868	34,446	36,099	4.8

* 출처 : 녹색기술센터, 바이오에너지 이슈분석 및 정책제언(2014), TechNavio(2018), NICE평가정보 재가공

7) 1TOE는 전력 11,534kWh, TOE 환산기준 바이오(전기)의 통계작성대상 단위발전량(MWh)

3. 기술 개발 동향

- 기술경쟁력
 - 미세조류를 이용한 바이오에너지 생산은 미국이 최고기술국으로 평가되었으며, 우리나라는 최고기술국 대비 67.8%의 기술수준을 보유하고 있으며, 최고기술국과의 기술격차는 2.7년으로 분석
 - 중소기업의 기술경쟁력은 최고기술국 대비 60.3%, 기술격차는 3.3년으로 평가
 - EU(88.6%)>일본(78.0%)>중국(69.8%)>한국(67.8%)의 순으로 평가
- 기술수명주기(TCT)⁸⁾
 - 미세조류를 이용한 바이오에너지 생산은 7.92의 기술수명주기를 지닌 것으로 파악

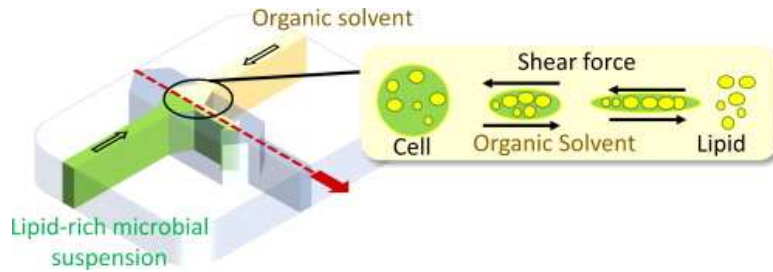
가. 기술개발 이슈

◎ 미세조류 이용 바이오 수송연료 생산기술 개발

- 미국의 NREL(National Renewable Energy Laboratory)에서 미세조류 이용 바이오디젤 생산 연구 프로그램을 가동함. NREL은 기존 동·식물성유 기반 바이오디젤 FAME 분석방법을 이용함으로써, 상용화 기반 연구를 진행함
- 미국의 RFS2는 바이오연료를 4개의 카테고리(Renewable fuel, Advanced biofuel, Cellulosic biofuel, Biomass-based diesel)로 분류하여 미세조류 유래 바이오연료의 상업화 생산을 진행 중임
- 미세조류는 바이오매스가 생산이 되면 바이オリ파이너리(biorefinery) 공정에 의해 바이오가솔린, 바이오에탄올, 바이오디젤과 같은 다양한 형태의 바이오연료로 전환이 가능함
 - Craig Venter가 설립한 Synthetic Genomics사는 ExxonMobil사의 협력을 통해 CRISPR-Cas9 유전자 교정 기술을 적용하여 미세조류 난노클로롭시스(Nannochloropsis gaditana)의 오일 함량을 최소 40%까지 증대시키는 연구에 성공함
- 미국 유타대학(University of Utah)의 연구진은 특별 제작한 제트믹서를 이용하여 비용 면에서 효과적으로 대량의 조류 바이오원유를 빠른 속도로 전달하는 방법을 개발함
 - 조류로부터 바이오연료를 생산하는 데 사용되는 전구물질, 바이오원유는 디젤 연료와 혼합하여 사용됨. 반응기에서 조류(Algae)를 분사할 때 용제(Solvent)를 분사하여 국부적 난류를 발생시켜 용제의 흐름에 지질이 쉽게 혼합하도록 함
- 인하대학교 인하대 해양바이오에너지 생산기술개발연구센터에서는 미세조류를 생산원료로 한 바이오디젤 상용화 기술을 한국산업표준으로 마련함. 미세조류 유래 바이오디젤 연구를 진행하고 있으며, 2015년에는 이를 혼합한 자동차용 경유를 이용해 서울~부산 주행에 성공

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

[조류를 바이오매스로 전환하는 분사 기법]



* 출처 : 기계저널, 조류를 바이오연료로 변환하는 신기술 (2019)

◎ 광배양기를 통한 미세조류 대량배양

- 단위 면적당 생산량을 높이고 사계절 안정적 생산이 가능한 미세조류 배양에 적합한 방법을 개발하는 것이 필요함. 전통적 방식의 미세조류 배양은 탱크나 연못을 이용하는 것이며, 개방형 연못에서 미세조류가 생산되어왔으나 생육 환경이 선택적인 3가지 균종(Spirulina, Dunaliella, Chlorella) 이외에는 적용하기 어려운 것으로 알려짐
- 고밀도 광배양기는 에너지를 과다하게 소비하는 문제점이 존재하여, 상업적 대량배양에 광배양기를 이용하기 위해서는 에너지를 최소화 방안 및 초기도입비의 절감방안, 운용의 간편성 등 다양한 요인을 고려하여 제작할 필요가 있음
 - 광생물 반응기는 나선형, 피라미드형, 관형, 튜브형 등 다양한 형태로 개발되고 있으며, 개방형 배양 시스템에 비하여 비용이 높으나 더 높은 농도로 바이오매스를 생산하기 때문에 배양 이후 추출 공정의 비용을 감소시킬 수 있음
 - 광배양기의 성능은 광배양 시스템의 특성에 따라서 반응기 체적당 생산성(biomass/volume/time) 또는 설비 면적당 생산성(biomass/occupied area/time) 혹은 조명표면 당 생산성(productivity/illuminated biomass surface/time)을 기준으로 평가될 수 있음⁹⁾

[고밀도 광배양기 기술개발 현황]

연구수행 기관	연구개발의 내용	활용
(주) 대상	• 담수클로렐라 암배양	• 건강기능 식품 제품 개발 판매
(주) 카이로스	• 고밀도 광배양기 개발	• 스피루리나 농축제품 생산
Solix Biofue	• 광배양기를 이용한 미세조류 배양	• 바이오 디젤 및 화장품 등 생산
Algatech	• 광배양기를 이용한 미세조류 배양	• 아스타잔틴 생산
Alga Farm	• 광배양기를 이용한 미세조류 배양	• 바이오 디젤 생산

* 출처 : 한국과학기술원, 미세조류 대량배양을 통한 치어양식용 사료개발 및 고부가 기능성 물질 추출 공정개발(2015)

9) 공업화학 전망, 미세조류에 의한 이산화탄소의 생물학적 유기자원화 (2012)

- 인하대학교 해양바이오에너지 연구센터에서는 미세조류로부터 바이오에너지를 해양에서 생산하는 실용화 기술을 개발. 미세조류를 대량 배양하기 위해 낮은 농도의 반투과막 광생물반응기(Semi-permeable Membrane Photobioreactor, SPM-PBR)를 개발하여 적용함
 - 반투과막 광생물반응기는 반투과성 막이 부착되어 있어 세포는 해양으로 유출되지 않고, 반응기내의 해수와 외부 해수의 영양염 농도차에 의해 미세조류를 성장시키는 방식임. 해양 오염을 일으키는 물질을 제거하는 동시에 미세조류 바이오에너지를 생산할 수 있음. 배양액의 적절한 혼합(mixing)은 미세조류 배양에 중요한 요소로 내부 격막이 된 반응기(Internally Partitioned Photobioreactor)를 개발하였으며, 격막을 설치함으로써 미세조류 생산성을 향상

◎ 미세조류 확보 및 균주개량¹⁰⁾

- 조류자원의 확보 및 우량 미세조류 주(strain)의 선별을 위한 광범위한 탐색 작업이 요구됨. 효과적인 바이오매스의 바이오연료의 전환을 위해 우수한 지질 생산능력을 가진 균주의 개발, 시스템대사 플랫폼기술 개발, 바이오연료 및 바이오화합물에 대한 내성 증대 및 생산균주들의 맞춤형 대량 생산 공정 기술 등이 요구됨. 바이오 에너지용 고성능 미세조류 개발을 위해 미세조류의 지질대사와 분비 메커니즘에 대한 이해가 필요함
- 미세조류 균주개량을 위한 일반적인 방법은 형질전환(transformation)이 있으며, 미세조류에서는 글래스비드(glass beads)를 통한 교반 방법, 전기충격(electroporation) 방법, 유전자총(particle bombardment) 방법 및 아그로박테리움(agrobacterium) 방법 등이 적용됨
- 최근엔 유전자 교정기술인 CRISPR associated protein 9(CRISPR-Cas9) 기술이 미세조류에도 적용되어 외래 유전자가 미세조류 게놈(genome)에 남아있지 않은 채 원하는 유전자의 발현 혹은 억제를 통한 미세조류 균주 개량이 이루어지고 있음
- 형질전환 방법과 대사공학(metabolic engineering) 및 합성생물학(synthetic biology) 기술을 형질전환 기술과 조합하여 미세조류로부터 대사경로 혹은 유용물질의 생산을 수학, 통계학적 방법을 통해 최적화하는 연구도 활발히 진행되고 있음
- 국내에서는 2010년 과학기술정보통신부 글로벌프런티어사업으로 출범한 차세대바이오매스 연구단(주관기관, KAIST)에서 미세조류 균주개발 모듈 분야에서 여러 미세조류의 유전자 변형을 통한 고성능 미세조류 개발 연구가 이뤄짐
 - 바이오매스 및 FAME(Fatty acid methyl ester)함량을 증대시킨 균주는 난노클로롭시스를 대상으로 유전자 형질전환해서 나타난 결과를 보고한 바 있음(2015)
- 국내 해양수산부에서는 해양생명공학사업을 통해 바이오디젤 생산을 위한 미세조류 대사재설계 및 형질전환 기술 개발을 통해, 클라미도모나스를 대상으로 미세조류 형질전환 기술 중 CRISPR-Cas9 기술을 적용하여 카로티노이드 색소 생산을 증대시킨 균주를 개량한 바 있음

10) 생명공학정책연구센터, 탄소자원화 광합성 세포공장 (2018)

◎ 미세조류 부산물 활용

- 미세조류 바이오디젤 기술에서 오일을 추출하고 남은 미세조류 잔여 부산물을 활용하는 기술이 개발됨. 단백질, 탄수화물, 색소, ash 등으로 구성된 지질 추출부산물은 가스화(Gasification)를 통해, 열, 전기, 메탄, 일산화탄소로, 미생물 발효하면, 수소, 에탄올, 메탄으로 전환이 가능함. 엽록소, 다당류 등을 활용하여 사료, 비료, 미생물 발효용 기질로도 사용될 수 있음

나. 생태계 기술 동향

(1) 해외 플레이어 동향

Sapphire Energy, Inc(미국)

- Sapphire Energy, Inc는 2007년 설립되었으며, 조류와 함께 원유를 생산하는 것을 목표로 샌디에고에 기반을 둔 미국 에너지 회사임. 뉴멕시코의 Las Cruces에 R&D 시설을 보유하고 있으며 현재 뉴멕시코의 Columbus에 최초의 Integrated Algal BioRefinery를 건설
- Sapphire Energy, Inc의 제품 및 공정은 태양광과 이산화탄소를 공급원료로 사용하는 광합성 미생물 (조류 및 남조류)만으로 바이오연료를 생산함으로써, 석유 기반 제품을 대체함. 미세조류의 수확 및 추출은 독자적으로 보유하고 있는 시스템을 통해 가솔린, 디젤, 제트기 연료로 전환시킴. 2008년 American Society for Testing and Materials(ASTM) certification standards에 적합한 91-octane 가솔린을 조류로 부터 생산에 성공

Bodega Algae, LLC(미국)

- Bodega Algae는 조류 광생물 반응기 개발 업체로 바이오 연료 생산에 사용하기 위해 폐쇄형 연속 흐름 반응기를 개발함. Bodega photobioreactor는 모듈식이며 쌓을 수 있어 산업 플랜트 구내에 효율적으로 배치 가능함
- Bodega가 개발한 조류 광생물 반응기의 핵심은 재배 탱크 전체에 빛을 분배할 수 있는 조명 기술로 이 시스템은 효율적인 조류 광합성에 필요한 빛의 양을 증가시킴. Bodega Algae가 개발한 조명 기술을 통해 광생물 반응기 내부에서 태양 에너지를 전달할 수 있음

TerraVia Holdings, Inc(미국)

- TerraVia는 차세대 식품, 영양 및 특수 재료 회사로 저비용 식물성 설탕을 고가의 오일 및 전체 조류 성분으로 변환기술을 보유함. TerraVia는 Hormel Food Corporation , Utz Quality Foods Inc. 및 Enjoy Life Foods를 비롯하여 다양한 조류 기반 식품 재료를 공급함. 거대한 스테인리스 스틸 용기 내부에서 미세조류를 배양하며 TerraVia 제품의 대부분은 브라질 상파울루에 있는 Bunge와의 합작 투자 시설에서 생산됨

바이오연료 벤처기업 유글레나와 DENSO(일본)

- DENSO의 미세조류 배양 시험에서 만들어진 조류를 유글레나의 바이오연료 정제 실증 플랜트에서 원료로 사용함. 유글레나는 2020년에 국산 바이오제트 연료를 사용한 상업 항공의 실현을 목표로 하고 있음
- ‘Coccomyxa K’는 DENSO의 배양시설에서 만들어지는 조류로써 유글레나의 바이오연료를 정제하는 플랜트에서 원료로 사용하게 됨. 유글레나는 2018년 10월에 완성한 바이오연료의 실증 플랜트의 약 2천 배인 연간 25만 킬로리터의 상업용 플랜트 건설을 예정임

IGV GmbH(독일)

- ‘광배양기를 건설해 일조량이 적은 유럽 기후를 극복하고 다양한 물질을 미세조류로부터 생산. 발전소와 산업체에서 배출되는 이산화탄소를 기질로 미세조류를 대량 생산 후 기름을 추출하여 바이오디젤 생산원료로 활용하는 기술개발을 수행 중에 있음

□ Pacific Northwest National Laboratory(미국)

- ‘미국 퍼시픽 노스웨스트 국립연구소(Pacific Northwest National Laboratory) 해양과학 연구실에서는 미세조류에서 바이오연료 생산 비용을 낮추는 연구를 진행함. 2018년에 에이커 당 2,500 갤런의 수율과 최종 단계로 2022년에 에이커 당 5,000 갤런의 수율을 달성하는 것을 보여주는 것을 목표로 하고 있음. 2030년까지 미세조류 바이오연료의 총 생산비용을 휘발유에 상당하는 갤런 당 3달러까지 낮추는 것임¹¹⁾

□ IHI(일본)

- ‘NEDO의 위탁으로 IHI와 고베대학, 치도세 연구소는 고속증식형 Botryococcus에서 기름을 생산하는 기술 개발을 진행함. 일본 독자의 미세조류 종인 Botryococcus는 증유와 비슷한 탄화수소를 생산할 수 있는 것도 주요특징임
- IHI는 가고시마시 세츠도에 1500 평방미터 규모의 옥외 배양시설을 건설했으며 광합성만으로 미세조류의 안정적인 증식에 성공. 1만 평방미터의 대규모로서 2030년의 상용화를 기대하고 있음

[조류를 상업적으로 활용하는 국외 업체]

미세조류	주요물질	연관 기업
Aphanizomenon flos-aquae	• Extract	• Naturally-harvested
Arthrospira platensis/maxima	• Phycocyanin	• Algaetech international, Cyanotech, DIC Corporation, Olivier MicroAlgues, Parry Nutraceuticals, Scotbio, Spira
Chlorella vulgaris	• Biomass	• Allmicroalgae, Parry Nutraceuticals, Roquette, Taiwan Chlorella, Manufacturing Company
Dunaliella salina/bardawil	• β-carotene	• InterClinical Laboratories, Monzonbiotech, Nature Beta Technologies
Euglena gracilis	• β-1,3-glucan	• Algatech, Euglena Co
Haematococcus pluvialis	• Astaxanthin	• AlgaeCan Biotech, Algaetech International, Algalif, Algamo, Algatech, AstaReal, Cyanotech, Heliae, Yunnan Ginkgo Asta Biotech
Isochrysis sp.	• Biomass	• Archimede ricerche, Necton
Nannochloropsis sp.	• EPA	• Algaspring, Algatech, Allmicroalgae, Archimede ricerche, Monzonbiotech, Necton
Phaeodactylum tricornutum	• Fucoxanthin	• Algatech, Necton
Porphyridium cruentum	• Exopolysaccharides	• Algatech, Necton

* 출처 : Applied sciences (2019)

11) 한국바이오안전성정보센터(KBCH)『바이오화학산업동향(TWB)』

(2) 국내 플레이어 동향

제이씨케미칼

- 친환경 신재생에너지 바이오 연료인 바이오디젤, 바이오중유를 생산하여, 정유사와 발전사 등에 공급하고 있음. 바이오중유는 2019년 상용화하여 발전사에 발전연료로 사용되고 있음. 바이오디젤 연속식 생산공정을 자체 설계하였으며 설비 용량 확대와 공정개선의 결과로 2019년 165,000kℓ 규모로 바이오디젤을 제조할 수 있음

파이코일바이오텍

- 미세조류 배양방식(PSP, Phycoil Signal Process)을 바탕으로 친환경 바이오소재 개발을 하고 있음. 파이코일바이오텍의 PSP 기술은 발효 방식 생산효율을 높이고 다양한 미세조류에 적용할 수 있음. 자연종 미세조류 균주(strain) 50여개를 보유하고 있으며, 발효·추출·정제 전 생산 과정에서 독자 기술을 확보함

(주)코리아세라믹인터내셔널

- 세라믹 필터 전문기업 (주)코리아세라믹인터내셔널은 마이크로 버블링기술이 접목된 ‘미세조류 광 대량 배양 플랜트’ 개발에 성공함. 마이크로 사이즈의 미세한 기포를 발생시키는 신기술(마이크로 버블링 기술) 및 기포의 이중화 공급 방식을 적용하여 이산화탄소 공급을 함
- 배양관을 수직형 엇갈림 방식으로 배치해 일사 조건을 개선하고, 배양액이 순환되는 구조를 토대로 스피롤리나의 생육 속도를 기존 대비 2배 이상 높였으며, 대규모 배양단지 구축을 위한 생산성 극대화에 초점을 맞춰 배양관이 분리되는 구조로 개발함(2017)

[미세조류 광 대량 배양 플랜트]



* 출처 : 한국경제 신문(2017.01)

다. 국내 연구개발 기관 및 동향

(1) 연구개발 기관

[미세조류를 이용한 바이오에너지 생산 분야 주요 연구조직 현황]

기관	소속	연구분야
인하대학교	생명공학과	<ul style="list-style-type: none"> 대사재설계 기반 바이오에너지 생산용 미세조류 세포 공장 설계 및 개발
고려대학교세종캠퍼스	생명정보공학과	<ul style="list-style-type: none"> 고효율 미세조류 바이오매스 다단 수확 기술 개발 미세조류 회수를 위한 생물응집 및 비건조 미세조류의 바이오디젤 생산 기술 개발
금오공과대학교	기계시스템공학과	<ul style="list-style-type: none"> 미세조류를 이용한 환경 친화적 탄소 고정과 바이오에너지 생산
포항공과대학교	생명과학과	<ul style="list-style-type: none"> 스트레스 저항성이 향상된 바이오 연료용 미세조류 개발을 위한 기초 연구

(2) 기관 기술개발 동향

인하대학교

- 진행 미세조류를 이용하여 바이오연료의 전구체인 지방산 생산에 대해 세포성장과 목적산물 생산이 최적화된 대사 네트워크를 재구성하여 균주를 개발

고려대학교세종캠퍼스

- 실증형 고효율 미세조류 바이오매스 다단 수확기술을 확보. 고효율 미세조류 바이오매스 다단 수확 기술을 실증수준(10m³ 규모)에서 개발, 미세조류로부터 바이오디젤을 회수하는 기술

금오공과대학교

- 복사전달 방정식을 광생물반응기에 적용하여 내부 태양복사 분포 해석, Lagrangian 방법을 사용하여 유동에 의한 광생물반응기 내부에 미세조류의 분포 해석 및 Lagre scale 광생물반응기의 바이오 연료 생산성을 예측 및 온도에 따른 변화 고려

포항공과대학교

- 비생물학적 스트레스 반응에 관여하는 BLZ8 전사인자의 분자적 작용 기작을 단세포 미세조류 클라미도모나스에서 규명하여 스트레스 저항성이 향상된 고성능 미세조류 개발

한양대학교

- 대량의 이산화탄소를 고정하여 최대의 바이오매스를 가지는 우수 미세조류를 확보하고, 유용 유기물로 전환할 수 있는 미세조류를 획득. 돌연변이 고속 선발연구로 고성능, 고지질 미세조류들의 후보군을 확보하고 이를 바탕으로 미세조류의 표적 지향적 개량에 의한 초우량 미세조류 개발

◎ 미세조류를 이용한 바이오에너지 생산 관련 선행연구 사례

[국내 선행연구(정부/민간)]

수행기관	연구명(과제명)	연도	주요내용 및 성과
경북대학교	고효율 3세대 바이오에너지 생산을 위한 미세조류 발굴 및 대량배양 기술 연구	2010 ~ 2019	<ul style="list-style-type: none"> 다양한 환경으로부터 분리된 미세조류로부터 생장 감소 요인 대응 유전자원을 발굴하고 후보 유전자를 다른 cell system에 도입하는 기술개발 유용 유전자를 토착 미세조류에 형질도입시켜 계절적 환경적 생장저해 요인을 극복하고 고속성장하는 균주 개발
인하대학교	대사재설계 기반 바이오에너지 생산용 미세조류 세포 공장 설계 및 개발	2016 ~ 2019	<ul style="list-style-type: none"> 실체세포와 유사한 in silico 모델을 확보하여 수학적 시뮬레이션을 통해 phenotype 예측이 가능하도록 보완 스위치 유전자 염기서열 확보 미세조류 내 유전자 도입방법 탐색
연세대학교	차세대 에너지원 미세조류 생산 및 바이오 에너지 증대	2013 ~ 2014	<ul style="list-style-type: none"> 미세조류 생산하고, 안정적 feedstock으로 사용하기 위한 방안을 모색 미세조류 배양에 실패수 적용하여 실패수 이용시 폐수내 오염물질 제거와 율속단계(rate-limiting step)를 규명하고 율속 단계의 가속화 방안을 고찰
충남대학교	미세조류 바이오매스 활용 탄소복합 에너지소재 개발	2017 ~ 2020	<ul style="list-style-type: none"> 인공배양 단일종 미세조류(<i>Chlorella</i> sp.) 유래 탄소 복합체 합성을 위한 수열탄화법, 분무건조법, 자기조립법 등 적용 및 최적 기술 개발 다양한 인공배양 종(<i>Haematococcus</i> sp., <i>Nanochloropsis</i> sp. 등) 및 자연발생 미세조류(<i>Cyanobacteria</i> 등) 이용기술 확보
주식회사 바이오이즈	가축분뇨 혐기소화액을 이용한 바이오연료용 미세조류 고밀도 배양기술 개발	2013 ~ 2016	<ul style="list-style-type: none"> 유기성폐자원 바이오가스 생산시설의 소화액(저급 농축산 용수)을 친환경적으로 정화할 수 있는 미세조류 바이오매스 개발 및 미세조류부터 바이오연료 생산 공정 개발
(주)엔엘피	300톤급 PBR-Open pond 하이브리드형 배양 시스템을 이용한 미세조류 바이오매스 양산 및 디젤 연료화 통합시스템 실증	2012~ 2015	<ul style="list-style-type: none"> 담수 미세조류를 광생물반응기와 옥외 open pond에서의 실증배양과 농축 수확에 대한 현장 실증으로 기초연구를 수행

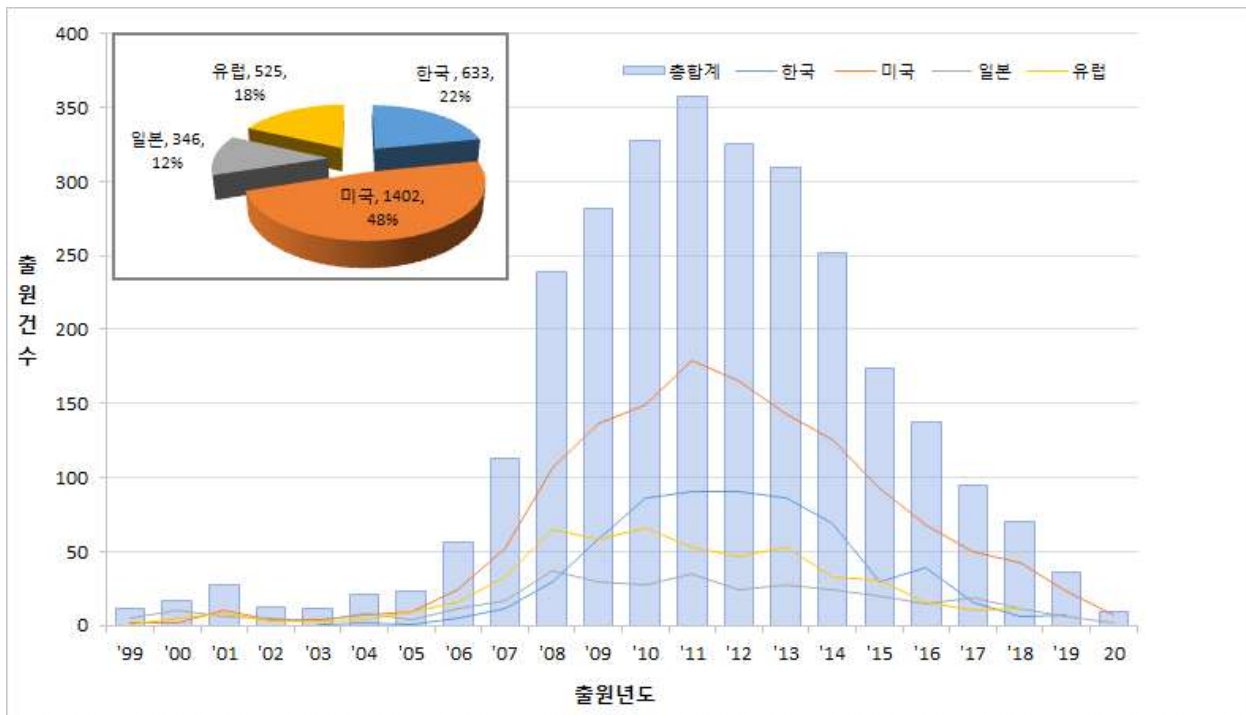
4. 특허 동향

가. 특허동향 분석

(1) 연도별 출원동향

- 미세조류를 이용한 바이오에너지 생산의 지난 22년(1999년~2020년)간 출원동향¹²⁾을 살펴보면 2006년대 이후부터 활발한 출원을 진행하고 있는 것으로 나타났으며, 미국 시장을 대상으로 한 특허출원동향이 전체 미세조류를 이용한 바이오에너지 생산 특허출원동향 반영
- 국가별 출원비중을 살펴보면 미국이 전체의 48%의 출원 비중을 차지하고 있어, 최대 출원국으로 미세조류를 이용한 바이오에너지 생산 분야를 리드하고 있는 것으로 나타났으며, 한국은 22%, 유럽은 18%, 일본은 12% 순으로 나타남

[미세조류를 이용한 바이오에너지 생산 연도별 출원동향]

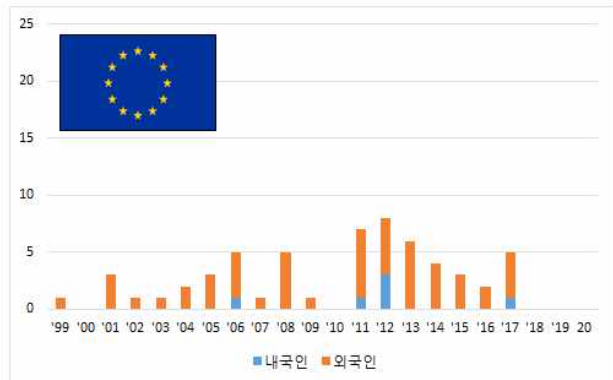
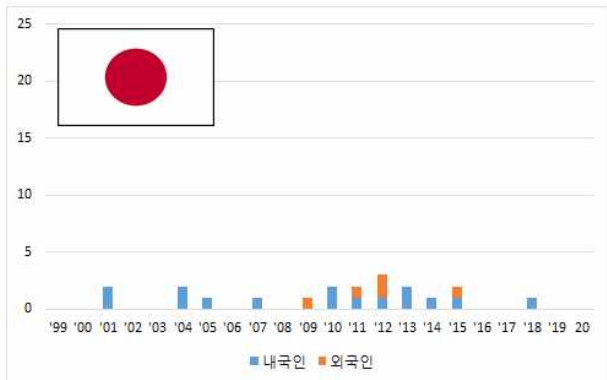
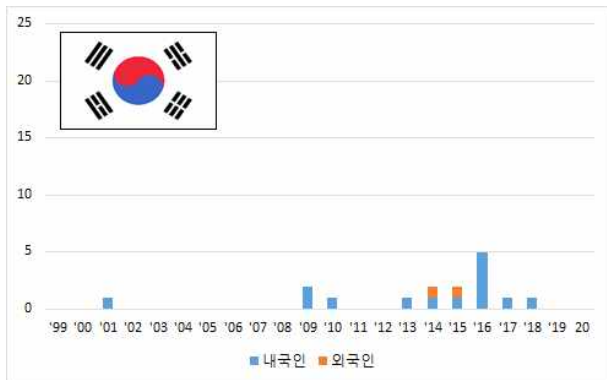


12) 특허출원 후 1년 6개월이 경과하여야 공개되는 특허제도의 특성상 실제 출원이 이루어졌으나 아직 공개되지 않은 미공개데이터가 존재하여 2019, 2020년 데이터가 적게 나타나는 것에 대하여 유의해야 함

(2) 국가별 출원현황

- 한국의 출원현황을 살펴보면 '09년부터 해당 기술의 출원이 발생하며 '16년에 증가하는 추세
 - 내국인 위주의 출원이 진행되고 있으며, 한국 기술은 미국에 비해 다소 낮음
- 미국의 출원현황을 살펴보면 분석구간 초기부터 전체 특허기술의 출원 증감 흐름에 영향을 주고 있는 것으로 나타남. 미국의 경우, 내국인의 출원 비중이 큰 것으로 나타남
- 유럽의 출원현황을 살펴보면 외국인의 비중이 높은 것으로 확인됐으며, '11년에서 '17년 사이에 주로 출원된 것으로 파악됨
- 일본의 출원현황은 출원 수가 매년 5건 이하로, 뚜렷한 증감 동향이 나타나지 않음. 해당 기술 분야에서 일본 시장에 대한 관심도가 높지 않은 것으로 보임

[국가별 출원현황]



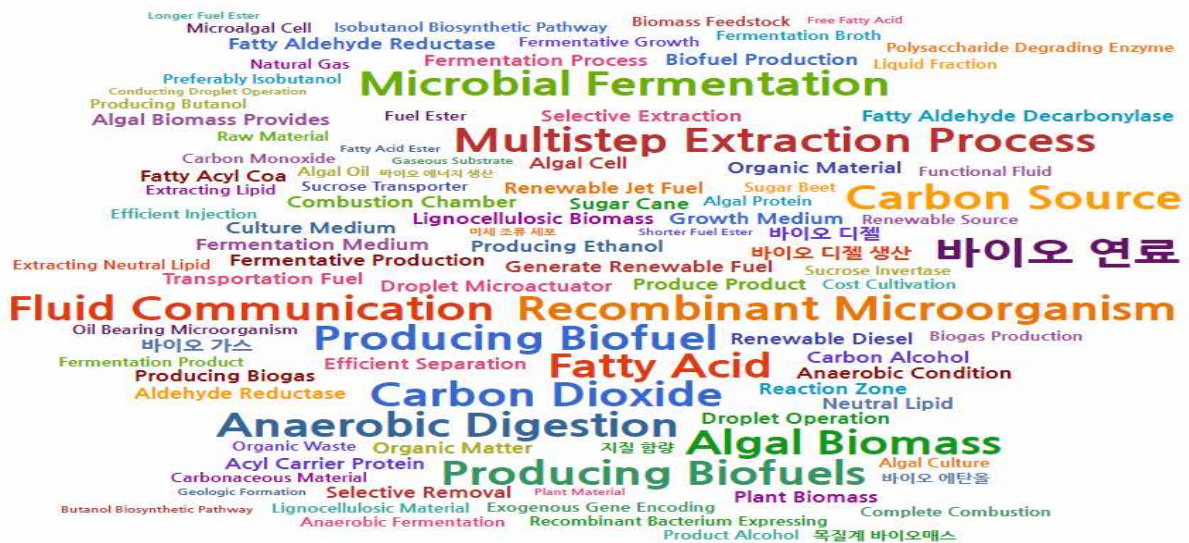
(3) 기술 집중도 분석

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

- 전체 구간(1999년~2020년)에서 바이오에너지 생산, 바이오디젤, 바이오연료 등 일반적인 바이오에너지 생산 관련 기술 키워드가 다수 도출되었으며, 액상 바이오연료 중 바이오디젤, 바이오에탄올과 바이오오일 생산 관련 기술 키워드가 다수 도출
- 최근 구간에 대한 기술 키워드 분석 결과, 최근 1구간(2012년~2015년)에는 바이오디젤, 바이오에탄올 등 바이오에너지 키워드가 도출되었으며, 2구간(2016년~2020년)에서는 1구간에서 주요 기술 키워드였던 바이오연료 생산관련 키워드가 꾸준히 도출된 것으로 나타나 바이오매스를 에너지로 전환하는 기술에 대한 연구가 꾸준히 진행 되고 있는 것으로 분석

[특히 키워드 변화로 본 기술개발 동향 변화]

전체구간(1999년~2020년)



- Microbial Fermentation, 바이오디젤, 바이오디젤 생산, 바이오에너지 생산, Anaerobic Digestion, 바이오연료, 바이오가스, Algal Biomass Provides, 바이오 에탄올, Producing Biofuel, Generate Renewable Fuel, Plant Biomass

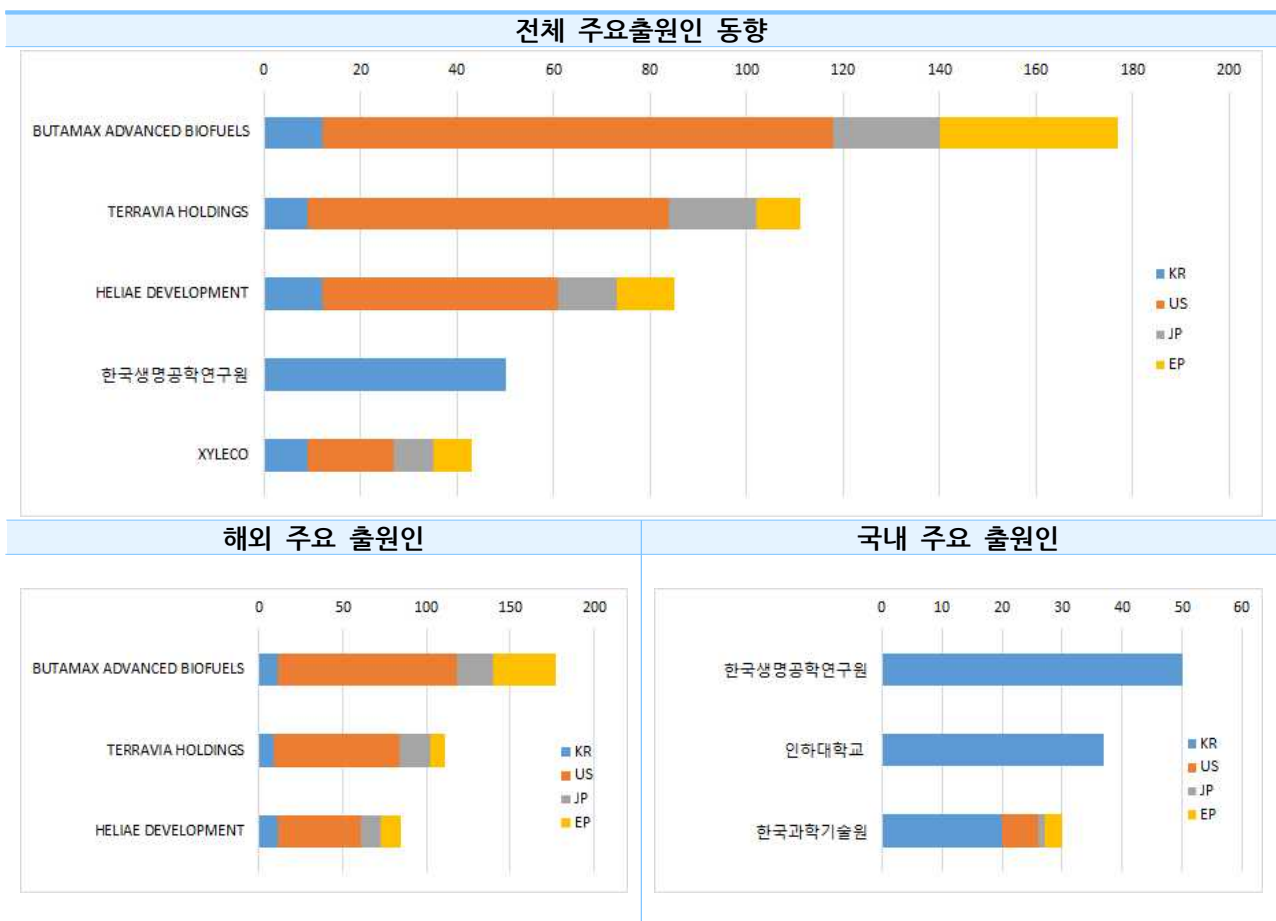
최근구간(2012년~2020년)

1구간(2012년~2015년)	2구간(2016년~2020년)
<ul style="list-style-type: none"> • 바이오연료, Algal Biomass, Recombinant Microorganism, Producing Biofuel, 바이오디젤 생산, Algal Biomass, 바이오 에탄올, 목질계 바이오매스 	<ul style="list-style-type: none"> • Anaerobic Digestion, Carbon Dioxide, Lignocellulosic Biomass, Fermentation Process, 바이오연료 생산, Plant Biomass

나. 주요 출원인 분석

- 미세조류를 이용한 바이오에너지 생산 및 조류발전기의 전체 주요출원인을 살펴보면, 주로 미국 및 유럽 국적의 출원인이 다수 포함되어 있는 것으로 나타났으며, 제 1 출원인으로는 미국의 BUTAMAX ADVANCED BIOFUELS인 것으로 나타남
 - 제 1 출원인인 BUTAMAX ADVANCED BIOFUELS는 Butamax는 BP와 DuPont의 합작 회사로 바이오 이소부탄올을 운송 연료로 상용화하기 위해 설립되었음
- 바이오 에너지 전환기술인 바이오매스를 에너지로 전환하는 기술, 바이오연료 생산을 위해 대기업간 합작에 의해 설립된 기업이 상위출원인으로 확인됨
 - 국내에서는 연구기관 및 대학교의 활발한 출원이 이루어짐

[미세조류를 이용한 바이오에너지 생산 주요출원인]

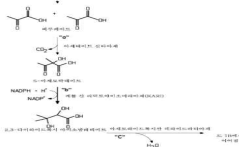
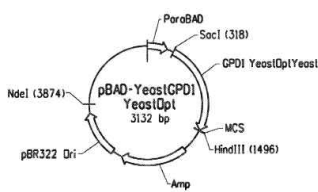
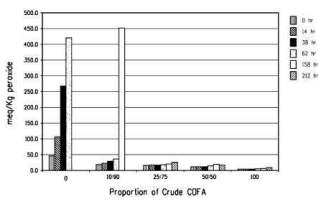
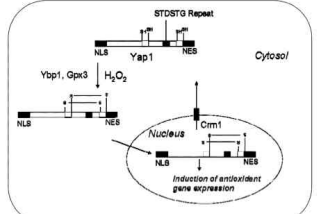


(1) 해외 주요출원인 주요 특허 분석

◎ BUTAMAX ADVANCED BIOFUELS

- BP와 DuPont의 합작 회사인 BUTAMAX ADVANCED BIOFUELS는 미국기업으로, 차세대 친환경 연료인 바이오부탄올 생산과 관련하여, 추출 발효를 이용한 부탄올을 생성하기 위한 방법, 효소를 이용한 이소부탄올의 발효 생산 등 바이오에너지 관련 기술관련 특허를 출원
 - 주요 특허들은 아이소부탄올 발효생산, 알코올의 발효 생산, 개량 균주를 사용하는 탄소 알코올의 생산 기술 특허를 다수 출원하는 것으로 파악

[BUTAMAX ADVANCED BIOFUELS 주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR1573775 (2008.04.16)	고도 활성 케톨-산 리덕토아이스머라아제 효소를 이용한 아이소부탄올의 발효 생산	산업 미생물학 분야 및 알코올의 생성	
US10308910 (2017.04.20)	Partial adaption for butanol production	바이오매스 생산증가 및 부탄올의 경제적인 생산	-
US9944954 (2016.08.04)	Glycerol 3-phosphate dehydrogenase for butanol production	이소부탄올의 생산방법	
US9249076 (2013.09.20)	Recyclable extractant compositions	이소부탄올의 생산방법 및 Fermentable 탄소원을 포함하는 발효 매체를 제공	
US9593349 (2013.08.22)	Fermentative production of alcohols	미생물에서 설계된 방법을 통한 알코올의 발효생산	

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

◎ TERRAVIA HOLDINGS

- TERRAVIA HOLDINGS은 미국의 다국적 기술 기업으로, 저비용 식물성 설탕을 고가의 오일 및 조류 성분으로 변환하는 기술을 개발했으며, 관련한 특허를 미국에 출원
 - 유성 미생물로부터 오일생산 관련 출원을 진행한 특허 모두 미국에 출원한 것으로, 자국 내 출원 성향이 높은 것으로 사료
 - 재조합 중속영양성 미생물에서 맞춤형 오일 제조 기술과 관련하여 주로 출원을 진행하였으며, 그 중 등록된 특허는 60건으로 파악

[TERRAVIA HOLDINGS 주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR1523255 (2008.06.02)	미생물에서 오일의 생성	미생물에서 오일, 연료, 유지화학품 및 기타 화합물을 생성하는데 유용한 방법 및 조성물을 제공	
US9657299 (2015.12.18)	Tailored oils produced from recombinant heterotrophic microorganisms	오일, 연료, 올레오케미칼스와 다른 화합물의 생산을 위한 방법 및 조성물을 포함	
US8633012 (2012.10.11)	Tailored oils produced from recombinant oleaginous microorganisms	오일, 연료, 올레오케미칼스와 다른 화합물의 생산을 위한 방법 및 조성물을 포함	

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

◎ HELIAE DEVELOPMENT

- HELIAE DEVELOPMENT는 독일 업체로, 지속가능한 재생제품 및 솔루션 기업임. 바이오연료를 제조하기 위한 방법 및 시스템, 담수성 해조로부터 단백질의 선택 추출 등과 관련된 기술을 출원함
 - 조류의 세포로부터 단백질 추출의 방법과 엽록소 및 카로티노이드 방법 등을 통해 바이오연료 생산방법에 관한 응용 특허를 다수 보유

[HELIAE DEVELOPMENT 주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
US8748588 (2011.10.07)	Methods of protein extraction from substantially intact algal cells	조류 바이오매스 또는 조류양식으로부터 조류의 단백질의 선택 추출과 분별 증류를 위한 방법	
US8152870 (2011.04.06)	Methods of and systems for producing biofuels	바이오 연료를 생산하기 위한 방법	
US8137555 (2011.04.06)	Methods of and systems for producing biofuels	바이오 연료를 생산하기 위한 방법	
US8115022 (2011.05.31)	Methods of producing biofuels, chlorophylls and carotenoids	카로티노이드와 엽록소와 함께 조류 바이오매스에서 중성 지방을 추출한 조류 바이오매스 생산 방법	

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

(2) 국내 주요출원인 주요 특허 분석

◎ 한국생명공학연구원

- 한국생명공학연구원은 균주를 이용한 바이오에탄올, 바이오디젤 생산 방법 등 바이오에너지를 생산하기 위한 특허를 출원
 - 한국생명공학연구원은 바이오디젤의 생산방법, 미세조류 배양법 및 수확법, 하·폐수에 포함된 부착성 미세조류를 용이하게 바이오매스로 전환 시킬 수 있는 방법 등과 관련된 기술들을 출원한 것으로 파악됨

[한국생명공학연구원 주요특허 리스트]

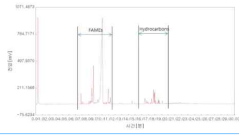
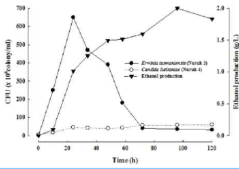
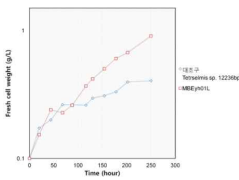
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR1871464 (2011.09.02)	글리세롤 또는 페글리세롤로부터 에탄올 고생성능을 가지는 개량된 변이 미생물 및 이를 이용한 에탄올의 제조방법	에탄올 생성능이 향상된 변이 미생물 및 그 제조방법	
KR1732062 (2016.04.11.)	트라우스토키트리드 균주로부터 무용매 추출을 통한 바이오오일 추출 방법	바이오오일을 고효율로 획득하는 방법	
KR1684455 (2013.07.30)	고정화 효소를 이용한 연속식 바이오디젤 생산 반응기 및 바이오디젤 생산 방법	화학 촉매 대신에 지방분해효소인 리파제(lipase)를 이용하여 생물학적 바이오디젤 연속 반응기 및 생산방법	

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

◎ 인하대학교

□ 인하대학교는 미세조류로부터 바이오에너지를 생산하는 기술에 대한 특허를 37건 출원하였으며, 37건의 특허 중 등록된 특허는 35건을 보유

[인하대학교 주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR1316535 (2011.09.09)	재생 가능한 바이오에너지의 제조방법	미세조류로부터 다양한 종류의 바이오에너지를 순차적으로 생산하는 생산방법	
KR1284558 (2011.03.09)	미생물을 이용한 바이오 에탄올 생산방법	미생물을 이용하여 해조류로부터 바이오에탄올을 생성할 수 있는 방법을 제공	
KR1499909 (2013.07.09)	신규 테트라셀미스 MB Eyh01L(KCTC 12429BP) 및 이를 이용한 바이오디젤의 제조방법	신규 테트라셀미스 MB Eyh01L (Tetraselmis sp. MBEyh01L) 균주(수탁번호 KCTC 12429BP) 및 상기 균주를 이용한 바이오디젤 생산방법	

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

◎ 한국과학기술원

- 한국과학기술원은 교환반응을 이용하여 미세조류로부터 바이오디젤을 제조, 미세조류로부터 바이오디젤, 바이오디젤 첨가제 제조 방법 등 고부가가치 제품으로 제조하는 기술 보유

[한국과학기술원 주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR2037334 (2017.01.13)	인-시츄 에스터 교환반응을 이용하여 미세조류로부터 바이오디젤을 제조하는 방법	인-시츄(in-situ) 에스터 교환반응을 이용하여 미세조류로부터 바이오디젤을 제조하는 방법	
KR1778257 (2015.03.11)	미세조류로부터 바이오디젤, 바이오디젤 첨가제, 알킬포메이트의 동시 제조방법	미세조류에서 알킬 레볼리네이트(alkyl levulinate), 알킬 포메이트(alkyl formate) 및 다이알킬 에테르(dialkyl ether)로 구성된 군에서 선택되는 하나 이상의 화합물과 바이오디젤을 동시에 제조	
KR1392736 (2012.06.22)	질소산화물로 제조된 질산을 이용한 목질계 바이오매스 전처리를 포함하는 바이오에탄올의 제조를 위한 통합공정	배기가스의 질소산화물로 제조된 질산을 목질계 바이오매스의 전처리에 사용하여, 질산의 제거 과정 없이 바이오에탄올의 제조를 위한 발효공정에서 질소원으로 사용하는 통합공정	
KR1277711	부탄올 생성능이 증가된 재조합 미생물 및 이를 이용한 부탄올의 제조방법	대사회로의 조작을 통하여 부탄올 생성능이 증가된 재조합 미생물 및 이를 이용한 부탄올의 제조방법	

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

다. 기술진입장벽 분석

(1) 기술 집중력 분석

- 미세조류를 이용한 바이오에너지 생산 기술에 대한 시장관점의 기술독점 현황분석을 위해 집중률 지수(CRn: Concentration Ratio n, 상위 n개사 특허점유율의 합) 분석 진행
 - 상위 4개 기업의 시장점유율이 0.15로 독과점 정도가 심하지는 않으며, 향후 시장이 커지면서 다양한 업체에 의한 경쟁구도가 생성될 것으로 전망됨
 - 한국국적 출원인 기준 중소기업의 점유율 분석결과 0.13으로, 대기업에 비해 낮은 점유율을 보이고 있으며, 중소기업의 진입에 있어 장벽성이 존재할 것으로 판단됨

[주요출원인의 집중력 및 국내시장 중소기업 집중력 분석]

주요 출원인 집중력	주요출원인 출원인	출원건수	특허점유율	CRn	n
	BUTAMAX ADVANCED BIOFUELS(미국)	177	6.1	0.06	1
	TERRAVIA HOLDINGS(미국)	111	3.8	0.10	2
	HELIAE DEVELOPMENT(독일)	85	2.9	0.13	3
	한국생명공학연구원(한국)	50	1.7	0.15	4
	XYLECO(미국)	43	1.5	0.16	5
	인하대학교(한국)	37	1.3	0.17	6
	DSM IP ASSETS(네덜란드)	31	1.1	0.18	7
	한국과학기술원(한국)	30	1.0	0.19	8
	JOULE UNLIMITED TECHNOLOGIES(미국)	30	1.0	0.20	9
	AURORA ALGAE(미국)	29	1.0	0.21	10
	전체	2,906	100%	CR4=0.15	
	국내시장 중소기업 집중력	출원인 구분	출원건수	특허점유율	CRn
중소기업(개인)		80	13.3	0.13	
대기업		42	7.0		
연구기관/대학		479	79.7		
전체		601	100%	CR중소기업=0.13	

(2) 특허소송 현황 분석

- 미세조류를 이용한 바이오에너지 생산 및 조류발전기 관련 기술 진입 장벽에 대한 분석을 위해 특허소송을 이력 검토
 - 2011년 9월 유타 지방법원에 원고 GENIFUEL와 George A. Oyler간의 해조류를 사용하여 바이오연료를 생산하는 공정에 대한 특허 소송이 진행

[미세조류를 활용한 바이오에너지 생산 관련 특허소송 현황]

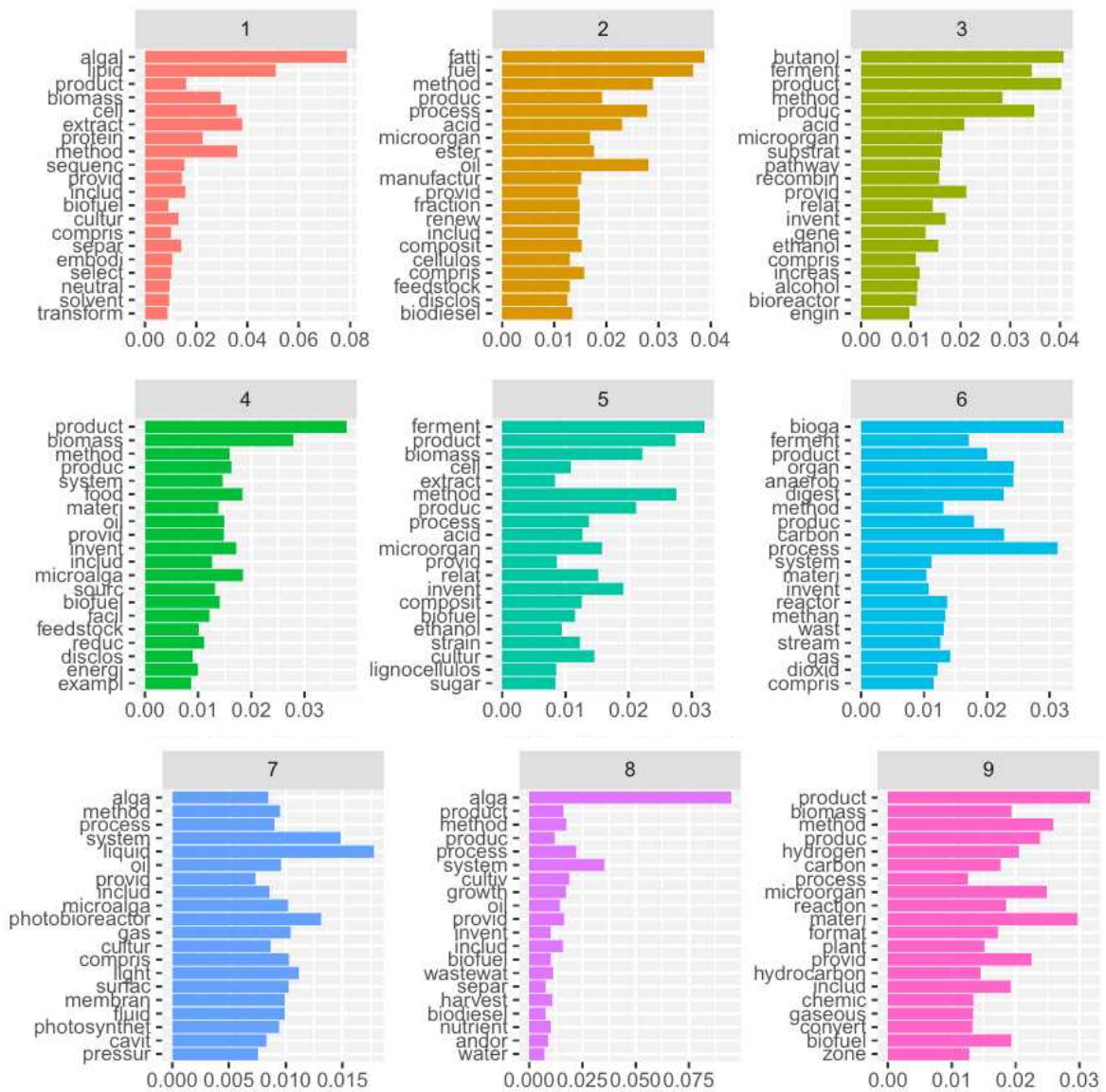
		명칭	출원인	원고 v. 피고
1	US7977076 (2011.07.12)	Integrated processes and systems for production of biofuels using algae	GENIFUEL	Genifuel v. George A. Oyler
		대상제품명	소제기일	소송종료일
		Algae - Methods and devices related to the production of useable fuel and/or fertilizer from plant products	2011.09.15	2012.04.03

5. 요소기술 도출

가. 특허 기반 토픽 도출

- 2,906건의 특허에 대해서 빈출단어 4,421개 단어의 구성 성분이 유사한 것끼리 그룹핑을 시도하여 토픽을 도출
- 유사한 토픽을 묶어 클러스터 9개로 구성

[미세조류를 이용한 바이오에너지 생산에 대한 토픽 클러스터링 결과]



나. LDA¹³⁾ 클러스터링 기반 요소기술 도출

[LDA 클러스터링 기반 요소기술 키워드 도출]

No.	상위 5개 키워드	대표적 관련 특허	요소기술 후보
클러스터 01	microalgae oxygen system photo product	<ul style="list-style-type: none"> Selection method of microalgae strains and micro device for selecting microalgae strains PHOTOBIOREACTOR SYSTEMS POSITIONED ON BODIES OF WATER A photobioreactor for mass production of microalgae 	높은 빛에너지 조건에서 효율적으로 바이오매스로 전환하고, 높은 산소분압 분위기에 민감하지 않은 균주개발
클러스터 02	microalgae pond react photobioreactor bioreactor	<ul style="list-style-type: none"> Novel microalgae culture method Pond type photobioreactor for mass production of microalgae DEVICE FOR CULTURING MICRO ALGAE 	미세조류 대량 배양을 위한 개방형 연못(Open pond) 미세조류 배양 시스템
클러스터 03	microalgae photobioreactor bioreactor illuminate system	<ul style="list-style-type: none"> APPARATUS FOR PRODUCING OF MICROALGAE Solar hybrid photobioreactor SOLAR POWERED SPECTRAL PHOTOSYNTHETIC BIOREACTOR SYSTEM FOR CULTURING MICROALGAE AT HIGH DENSITY 	미세조류 대량 배양을 위한 광생물반응기 (Photobioreactor)
클러스터 04	microalgae system harvest concentrate float	<ul style="list-style-type: none"> SYSTEMS AND METHODS FOR HARVESTING AND DEWATERING ALGAE Apparatus for concentrating and harvesting microalgae microalgae harvesting method using paramagnetic nanoparticle and external magnetic field 	바이오연료용 미세조류 수확공정(화학응집제, 여과막, 기포세척기술, 생물응집제 등)
클러스터 05	microalgae extract oil react equipment	<ul style="list-style-type: none"> Efficient extraction of value-added products from microalgae Methods for Extracting Crude Oil from Wet Microalgae Method for Extracting Lipid from Microalgae 	유기용매 추출법을 활용한 미세조류 오일 추출
클러스터 06	microalgae biodiesel biooil produce react	<ul style="list-style-type: none"> Process for preparing biopolyol using Tetraselmis sp. Chlorella vulgaris CV-16 producing biodiesel, and method for producing biodiesel using the strain Bio-oil production using Fenton-like reaction from microorganisms 	미세조류 오일로 부터 바이오디젤 전환공정

13) Latent Dirichlet Allocation

클러스터 07	microalgae assort marine equipment byproduct	<ul style="list-style-type: none"> Assorted feed composition comprising microalgae byproduct for farming a fish PHARMACEUTICAL COMPOSITION FOR PREVENTION OR TREATMENT OF HYPERTENSION COMPRISING A PEPTIDE ISOLATED FROM BIODIESEL BYPRODUCTS OF MARINE MICROALGAE SYSTEMIC EQUIPMENTS TO PRODUCE BIOENERGY USING MICROALGAE, AND BIODIESEL AND BYPRODUCTS PRODUCED BY THE SAME 	미세조류 부산물 활용기술
클러스터 08	microalgae extract lipid active select	<ul style="list-style-type: none"> Method for detecting lipid accumulation in cells using fluorescent dye Method for selection high-lipid content microalgae using fluorescence activated cell sorter and Nile red dye Micro device for selecting microalgae strains outstanding phototaxis or chemotaxis and selection method of microalgae strains using the same 	미세조류에 포함되어 있는 지질분석(직접전이 메틸화하는 방법, 용매추출을 통한 분석, FAME로 전환하여 측정)
클러스터 09	microalgae oil Extract diesel device	<ul style="list-style-type: none"> Method for preparing of bio-diesel and fatty acid using microalgae oil Method for In-situ Extraction and Transesterification of Wet Microalgae Using Chlorinated Hydrocarbon Method for producing biodiesel from wet microalgae 	미세조류 오일을 이용한 바이오 디젤 제조방법

다. 특허 분류체계 기반 요소기술 도출

- 미세조류를 활용한 바이오에너지 생산 관련 특허의 주요 IPC 코드를 기반으로 한 요소기술은 미세조류 부산물을 활용한 고부가 유용물질 생산 및 전환기술과 미세조류 오일 이용 그린디젤, 항공유 전환 (생)축매 및 전환공정 기술 및 저가 영양배지 제조 기술 후보를 도출

[IPC 분류체계에 기반 한 요소기술 도출]

IPC 기술트리		
(서브클래스) 내용	(메인그룹) 내용	요소기술 후보
(C12P) 발효 또는 효소를 사용하여 원하는 화학물질 또는 조성물을 합성하는 방법 또는 혼합물로부터 광학이성체를 분리하는 방법	(C12P-007/00) 산소원자를 함유한 유기화합물의 제조	바이오연료물질(지질, 탄수화물) 추출 후 미세조류 부산물을 활용한 고부가 유용물질 생산 및 전환기술 미세조류 오일 이용
	(C12P-005/00) 탄화수소의 제조	바이오디젤, 그린디젤, 항공유 전환 (생)축매 및 전환공정 기술
	(C12P-019/00) 당류 래디컬을 함유하는 화합물의 제조	-
(C12N) 미생물 또는 효소; 그 조성물; 미생물의 증식, 보존 또는 유지; 돌연변이 또는 유전 공학; 배양 배지	(C12N-001/00) 미생물, 예.원생동물; 그 조성물 (원생동물, 박테리아 또는 바이러스로부터 기원된 물질을 포함하는 의약품 제제 A61K-035/66, 조류로부터의 것 A61K-036/02, 균류로부터의 것 A61K-036/06; 의약적 세균 항원 또는 항체 조성물의 조제, 예. 세균성 백신 A61K-039/00); 미생물 또는 그 조성물의 증식, 유지, 보존 공정; 미생물을 포함한 조성물의 조제 또는 분리 공정; 그것을 위한 배양배지	미세조류 대량 배양을 위한 저가 영양배지 제조 기술
	(C12N-015/00) 돌연변이 또는 유전공학; 유전자 공학과 관련된 DNA 또는 RNA, 벡터, 예. 플라스미드 또는 그것의 분리, 조제, 정제; 그것을 위한 숙주의 이용	돌연변이 및 유전자 재조합 기술을 이용한 고농도 CO2 이용, 산소내성, 고지질, 고성장 미세조류 개발 및 무균유도 기술 미세조류 대량생산을 위한
(C12M) 효소학 또는 미생물학을 위한 장치(퇴비의 발효를 위한 시설	(C12M-001/00) 효소학 또는 미생물학을 위한 장치	개방형, 폐쇄형, 하이브리드형 광생물배양장치 및 운전기술
	(C12M-003/00) 조직, 동물 또는 식물세포, 혹은 바이러스의 배양장치	-

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

[미세조류를 활용한 바이오에너지 생산 분야 요소기술 도출]

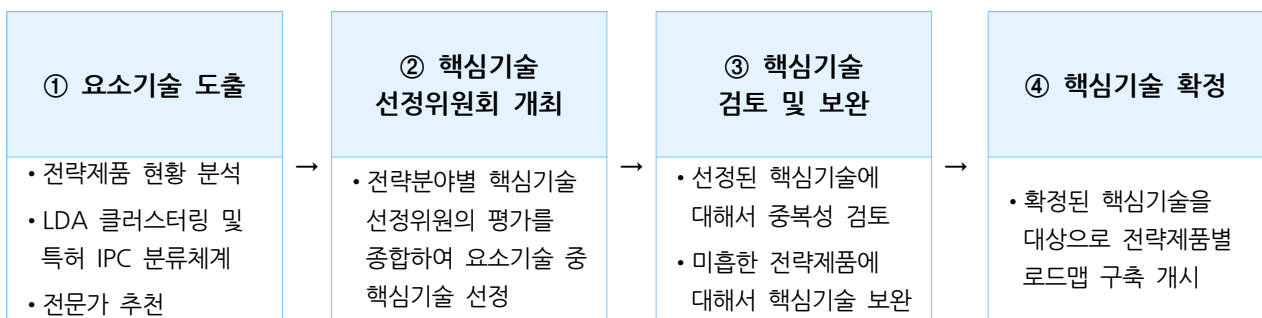
분류	요소기술	출처
유용물질 전환공정	미세조류 부산물을 활용한 고부가 유용물질 생산 및 전환기술	특허 클러스터링, IPC코드
	바이오디젤 (생)축매 및 전환공정 기술	특허 클러스터링
	미세조류 오일 이용 그린디젤, 항공유 전환 (생)축매 및 전환공정 기술	특허 클러스터링, IPC코드
균주개발	돌연변이 및 유전자 재조합 기술을 이용한 고농도 CO ₂ 이용, 산소내성, 고지질, 고성장 미세조류 개발 및 무균유도 기술	특허 클러스터링, 전문가추천
	높은 빛에너지 조건에서 바이오매스로 전환 및 고산소분압 분위기에 민감하지 않은 균주개발	특허 클러스터링
미세조류 대량배양	미세조류 대량 배양을 위한 개방형 연못(Open pond) 배양 시스템 기술	특허 클러스터링
	광생물반응기(Photobioreactor) 시스템	특허 클러스터링
	바이오연료용 미세조류 수확공정	특허 클러스터링
	저에너지 미세조류 오일 추출기술	특허 클러스터링, 전문가추천
	저가 영양배지 제조 기술	특허 클러스터링, 전문가추천, IPC코드

6. 전략제품 기술로드맵

가. 핵심기술 선정 절차

- 특히 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

[미세조류를 활용한 바이오에너지 생산 핵심기술]

분류	핵심기술	개요
유용물질 전환공정	바이오연료물질(지질, 탄수화물) 추출 후 미세조류 부산물을 활용한 고부가 유용물질 생산 및 전환기술	<ul style="list-style-type: none"> • 미세조류는 바이오매스가 생산이 되면 바이오리파이너리 공정에 의해 바이오가솔린, 바이오에탄올, 바이오디젤과 같은 다양한 형태의 바이오연료로 전환이 가능함. 미세조류를 생산원료로 한 고부가 유용물질 생산 및 전환기술
	미세조류 오일 이용 바이오디젤 (생)축매 및 전환공정 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 미세조류 자원화 분야는 바이오디젤 생산을 중심으로 발전하고 있으며, 미세조류 바이오매스의 고부가가치 물질 전환을 위한 축매 및 전환공정 기술
	저에너지 미세조류 오일 추출기술	<ul style="list-style-type: none"> • 미세조류 오일을 수송용 연료로 보급하기 위하여 생산비용 저감과 추출효율을 높일 수 있는 기술
미세조류 대량배양	미세조류 대량 배양을 위한 광생물반응기(Photobioreactor) 시스템 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 단위 면적당 생산량을 높이고 사계절 안정적 생산이 가능한 미세조류 배양에 적합한 광생물반응기 시스템
	바이오연료용 미세조류 수확공정(화학응집제, 여과막, 기포세척기술, 생물응집제 등) 미세조류 대량 배양을 위한 저가 영양배지 제조 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 조류자원의 확보 및 우량 미세조류 주의 선별을 위한 광범위한 탐색 작업 및 바이오연료용 미세조류 수확공정 • 미세조류 저가 영양배지 제조방식으로, 이산화탄소의 주입량, 유기탄소의 종류, 유기탄소의 농도 등 조건설계
균주개발	돌연변이 및 유전자 재조합 기술을 이용한 고농도 CO2 이용, 산소내성, 고지질, 고성장 미세조류 개발 및 무균유도 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 형질전환 방법과 대사공학 및 합성생물학 기술을 형질전환 기술과 조합하여 미세조류로부터 대사경로 혹은 유용물질의 생산을 수학

다. 중소기업 기술개발 전략

- 전처리 및 생산단계에서는 기존 바이오 에너지의 물성을 개선시킬 수 있는 기술 혁신 요구
- 바이오 에너지산업이 여타 신재생에너지에 비해 원료 의존성이 높아 원료 수급 경쟁력을 높일 수 있는 전략필수
- 바이오 에너지 중 활성화되어 있는 바이오디젤 적용에 있어 정유사와 중소기업이 함께 참여가 필요하므로 대기업의 중소기업 간 협력구조 구축

라. 기술개발 로드맵

(1) 중기 기술개발 로드맵

[미세조류를 이용한 바이오에너지 생산 기술개발 로드맵]

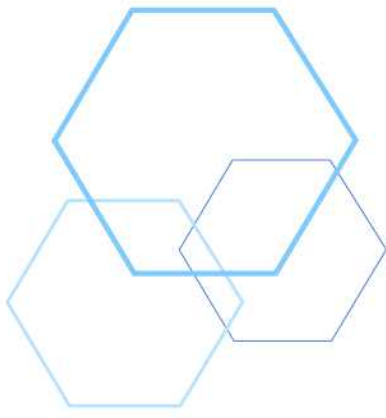
미세조류를 이용한 바이오에너지 생산	미세조류 대량확보 및 바이오 수송연료 생산 기술개발			
	2021년	2022년	2023년	최종 목표
바이오연료물질(지질, 탄수화물) 추출 후 미세조류 부산물을 활용한 고부가 유용물질 생산 및 전환기술				미세조류 유래 고부가 소재 산업화
미세조류 오일 이용 바이오디젤 (생)축매 및 전환공정 기술				바이오디젤 반응기의 최적화 및 대규모화
저에너지 미세조류 오일 추출기술				고효율 저비용의 바이오연료 생산기술을 상용화
미세조류 대량 배양을 위한 광생물반응기(Photobioreactor) 시스템 기술				고효율 미세조류 광생물 반응기개발
바이오연료용 미세조류 수확공정(화학응집제, 여과막, 기포세척기술, 생물응집제 등)				고농도 바이오매스배양기술 및 저에너지 배양, 수확, 추출 처리 통합 공정
미세조류 대량 배양을 위한 저가 영양배지 제조 기술				양산화를 통해 확보된 미세조류 상용화 추진
돌연변이 및 유전자 재조합 기술을 이용한 고농도 CO2 이용, 산소내성, 고지질, 고성장 미세조류 개발 및 무균유도 기술				지질분비가 가능한 고지질 미세조류 균주 상용화

(2) 기술개발 목표

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

[미세조류를 이용한 바이오에너지 생산 분야 핵심요소기술 연구목표]

분류	핵심기술	기술 요구사항	연차별 개발목표			최종목표	연계 R&D 유형
			1차년도	2차년도	3차년도		
유용 물질 전환 공정	미세조류 부산물을 활용한 고부가 유용물질 생산 및 전환기술	최적 미세조류 확보 및 미세조류 부산물 활용 공정 최적화	미세조류 전처리 공정, 미세조류 선정 및 배양조건 최적화	미세조류 부산물 활용 공정 최적화 및 기능성 제품 사업화	-	미세조류 유래 고부가 소재 산업화	상용화
	미세조류 오일 이용 바이오디젤 (생)촉매 및 전환공정 기술	미세조류에 의한 바이오디젤 원료 양산 기술	바이오디젤 생산에 적합한 후보 미세조류들을 탐색	생산된 바이오디젤 및 부산물의 특성 분석	미세조류로부터 지질 추출 방법 개발 및 바이오디젤 합성법 개발	바이오디젤 반응기의 최적화 및 대규모화	상용화
	저에너지 미세조류 오일 추출기술	미세조류 오일의 추출법 개발 기술	추출효율을 높일 수 있는 미세조류 추출법 탐색	미세조류 오일추출 기술별 공정 최적화	미세조류 오일추출 실증연구 및 운전조건 최적화	고효율 저비용의 바이오연료 생산기술을 상용화	상용화
미세조류 대량 배양	미세조류 대량 배양을 위한 광생물반응기 시스템 기술	scale-up 시 효율 유지 디자인의 광생물반응기 제작	높은 광합성 효율과 고경화 성능을 갖는 미세조류의 확보	배양 조건에 따른 효율 비교	고효율 광생물반응기의 제작 및 운전조건 최적화	고효율 미세조류 광생물 반응기개발	상용화
	바이오연료용 미세조류 수확공정	고농도 배양 통하여 수확한 미세조류를 효율적으로 전처리하여 바이오 연료 생산기술	미세조류 연관 미생물의 유전적 정보, 생리적 특성, 생태적 상호 관계 연구	미세조류 고농도 배양 시스템 구축	저에너지형 미세조류 수확 및 지질추출 통합시스템 구축	고농도 바이오매스배양기술 및 저에너지 배양, 수확, 추출 처리 통합 공정	상용화
	미세조류 대량 배양을 위한 저가 영양배지 제조 기술	영양 제반인자에 따른 성장특성 파악 및 최적 배지성분 도출	미세조류 현지 원수 대상 최적배양조건 도출	미세조류 생산시스템 설계/제작 및 운영기술 확립	미세조류 최적운전조건 확립과 생산시스템 표준화된 설계 및 제작 방안 제시	양산화를 통해 확보된 미세조류 상용화 추진	상용화
균주 개발	돌연변이 및 유전자 재조합 기술을 이용한 고농도 CO2 이용, 산소내성, 고지질, 고성장 미세조류 개발 및 무균유도 기술	효율적인 screening 방법 개발 및 적용, 유전적 변형기술 개발	배양조건이 유리한 미세조류 선별 및 지질대사경로의 도입	지질생산 효율이 우수한 미세조류의 형질전환 플랫폼 개발 및 적용	형질전환체 대량배양공정을 위한 최적화 시스템	지질분비가 가능한 고지질 미세조류 균주 상용화	기술혁신



전략제품 현황분석

고효율 수소생산 시스템



고효율 수소생산 시스템

정의 및 범위

- 수소경제는 수소생산, 저장, 운반으로 분류되며, 친환경 수소생산 시스템은 수소공급 충전설비나 파이프라인을 통해 소비자에게 수소를 제공하는 것을 포함함
- 부생수소를 이용한 수소생산방식은 탄화수소의 개질(Reforming)과정을 거쳐, 수소로 전환하여 수소를 대량생산하는 방식으로, 경제적인 생산방식임. 수소생산 기술은 단기적으로 부생수소의 활용, 중기적으로 천연가스 개질, 궁극적으로 재생에너지를 활용한 수전해를 목표로 함

전략 제품 관련 동향

시장 현황 및 전망	제품 산업 특징
<ul style="list-style-type: none"> (세계) 5.2%의 연평균 성장률로 성장을 지속하여 2024년에는 1,770억 달러 규모에 이를 것으로 전망 (국내) 5.0% 연평균 성장률로 2024년에는 1조 9,686억 원 규모에 이를 것으로 전망 	<ul style="list-style-type: none"> 수소에너지는 친환경 지속가능한 에너지시스템 수단으로 활용 가능한 에너지임 수소생산 산업은 고용, 수익창출 및 친환경 에너지원으로써 전망되는 산업임
정책 동향	기술 동향
<ul style="list-style-type: none"> 2018년 8월 '혁신성장전략투자방향'에서 수소경제를 3대 전략투자 분야 중 하나로 선정하고 '수소경제추진 위원회'를 구성 2019년 1월 17일 <수소경제 활성화 로드맵>을 발표 	<ul style="list-style-type: none"> 고용량 수소저장합금 및 수소 방출 장치, 열화학 사이클을 통한 수소생산, 메탄을 이용한 수소생산 및 전기분해에 의한 장치 및 촉매 등 연구개발이 활발 수소의 가격 경쟁력 개선 및 수소의 양산공정 발전을 위해 연구개발이 진행됨
핵심 플레이어*	핵심기술
<ul style="list-style-type: none"> (해외) JX NIPPON OIL & ENERGY, TOSHIBA, TOKYO GAS, PANASONIC, (대기업) 현대자동차, GS칼텍스, 퓨얼셀파워, 효성, 현대하이스코 (중소기업) 덕양, SPG케미칼, 창신화학, 대성산업가스, 제이엔케이이터 	<ul style="list-style-type: none"> 고용량 수소저장합금의 제조 방법 및 수소저장합금 중 수소 방출 장치 전기 분해에 의해 수소를 발생시키는 수소 발생 장치* 열 또는 플라즈마를 이용한 메탄 직접분해 방법과 메탄과 이산화탄소의 반응을 이용하는 이산화탄소 개질반응 원자력 발전소와 결합된 열화학 Cu-CI 사이클을 통한 수소생산 Local Cell 타입 알루미늄 수전해 기술* 물의 전기분해 반응을 촉진하는 수소 발생용 촉매*

*생태계 취약 전략제품

중소기업 기술개발 전략

- 국내 중소제조업의 수소생산을 위한 로드맵 수정과 마스터플랜의 재정립
- 독점성이 높은 수소생산 부품 및 관련 소재에 대한 중소기업 국산화 추진
- 고효율·대용량 수전해 시스템 제조방식을 궁극적 목표로 기술개발 및 재생에너지원과 연계실증 추진
- 중소기업에서는 수소인프라에 대한 대규모 투자가 쉽지 않으므로, 대·중소기업간 공정한 협력·경쟁 관계 조성하고, 지방중소기업의 산·학·연 협력관계를 적극적으로 촉진 요구

생태계 강화방안

- 후방산업이 취약한 수소산업 분야에서 수소생산 분야별 핵심소재, 부품분야 육성이 필수적임. 특히, 수소 생산 분야에서 수전해 및 추출수소 부문에서 기술력 확보를 위한 소재, 공정 및 부품개발이 필요
- 수소생산의 개발에서 상용화 단계에 이르기까지, 주요연계형 R&D 지원체계를 마련해야함
- 수소산업 발전 차원에서 생태계 역량강화에 초점을 두고 정부차원에서 혁신역량 강화지원이 요구됨

1. 개요

가. 정의 및 필요성

(1) 정의

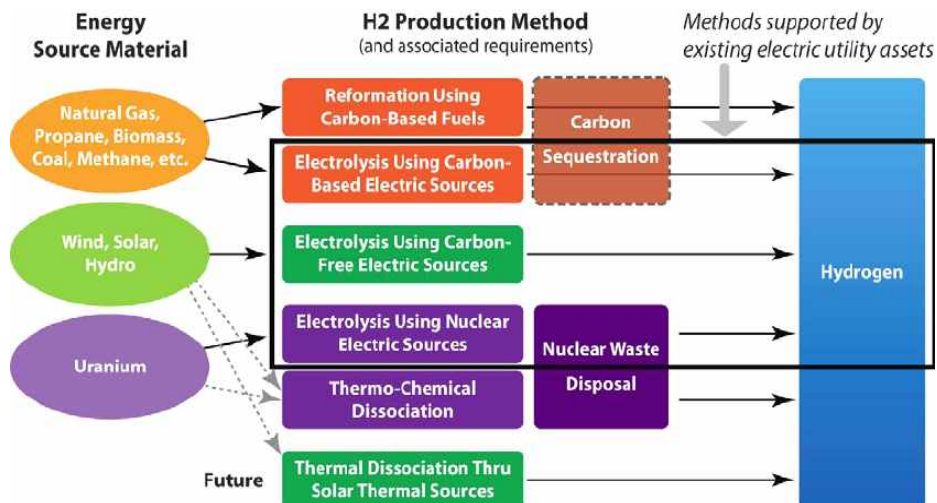
- 수소를 기반으로 운영되는 경제체계를 의미하는 ‘수소경제(Hydrogen Economy)’는 한국의 혁신성장의 핵심 분야로 주목받고 있음. 수소충전소, 수소 파이프라인 등 관련 인프라 구축 과정에서 수소 생산을 위한 화학·기계설계 분야와 배관·용기 등의 소재·부품 분야 등 다양한 분야에서 고부가가치 창출이 가능함
- 수소경제는 수소생산, 저장, 운반은 수소공급 충전설비나 파이프라인을 통해 소비자에게 수소를 제공하는 것을 포함함. 수소 생산 방법에는 부생수소, 천연가스 개질, 물 전기분해(수전해) 방식이 존재함
- 부생수소를 이용한 수소생산방식은 탄화수소의 개질(Reforming)과정을 거쳐, 수소로 전환하여 수소를 대량생산하는 방식으로써, 현재 국내에서 많이 사용하며, 경제적인 생산 방법임
 - 탄화수소 중 메탄은 천연가스의 대부분을 이루는 성분이며, 바이오매스 발효에 의해 생성되는 바이오가스의 약 60% 정도를 차지하는 성분임. 메탄을 개질할 경우 비교적 적은양의 이산화탄소 배출로도 수소 생산이 가능함
 - 메탄을 개질하는 방식은 메탄을 고온(600~800℃)에서 수증기와 반응하여, 수증기를 개질 하는 방법으로 공기에서 산소분리 후 이를 약 400~500℃ 정도에서 메탄과 반응하는 부분산화 방법임
 - 수증기 개질 및 부분산화에 의해서 개질된 메탄은 수소와 일산화탄소의 혼합가스인 합성가스로 전환되며, 이 중 일산화탄소에 다시 수증기를 가해 일산화탄소를 다시 수소를 전환하는 수성전환반응이 진행됨. 이 때 생성된 가스는 분리 및 정제하여 고순도의 수소를 생산하게 됨. 현재 메탄 개질은 대부분 수증기개질 방식을 사용하고 있음
- 화학공정 등에서 부산물로 나오는 부생수소를 회수하여 수소생산이 생산되고 있으며, 파이프라인이나 튜브트레일러에 20MPa(200bar) 정도 압축돼 극히 일부만이 유통되고 있음
 - 수소는 단위 부피당 무게가 가벼운 기체이기 때문에 튜브트레일러 1개의 모듈로는 약 200kg의 수소의 저장·운송만 가능하므로, 운송료 부담으로 인해 실제 수소판매가격이 높아지고 있음. 대부분 부생수소가 나오는 화학단지에 수소를 필요로 하는 산업에서는 필요한 수소를 파이프라인으로 공급받아 사용하나, 이외 지역에서는 튜브트레일러를 통해서 수소를 공급받아 사용할 수밖에 없어 운송료 부담이 큰 편임
 - 수소사용을 해결하기 위해 도시가스 배관이 연결된 곳 혹은 바이오가스가 생산되는 곳에 소규모의 개질기를 설치하여 현지에서 직접 수소를 생산하고, 공급하는 온사이트 수소생산 방식이 요구됨
- 수소는 열화학적 또는 광촉매를 활용하여 혹은 생물학적 기술로 제조할 수 있음
 - 수소 생산방법은 태양광을 이용하여 물에서 수소를 얻는 방법인데 이를 위하여 광촉매활용 기술, 열화학적 수소제조, 생물학적 기술로 가장 풍부한 자원인 물과 태양에너지를 이용하여 수소를 생산하는 기술을 확립하기 위해 연구개발이 진행되고 있음

[신재생에너지에서 고효율 수소생산 시스템]



* 출처 : 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」에 정의된 신재생에너지 분류를 기반으로 재작성

[수소생산방식 개념도]



* 출처 : NREL, Electrolysis: Information and Opportunities for Electric Power Utilities

(2) 필요성

- 현재 발전 및 수송 등 산업 전반적으로 필요로 하는 에너지원 공급을 위해서 석탄, 석유 등 탄화수소 사용을 지양하고 신재생에너지로의 에너지 전환을 강구하고 있으며, 그 중 청정 에너지원인 수소에 대한 관심이 높아지기 시작함
- 수소는 연소과정에서 온실가스인 이산화탄소를 배출하지 않는 청정에너지로 대부분의 수소는 사용 되는 지점에서 생산되고 있으며, 생산된 수소의 약 50%는 암모니아 합성에 사용되고 약 30%는 원유정제에 이용되고 있음

- 미국 DOE는 2050년까지의 단기, 중기 및 장기로 수소이용 확대를 예측함
 - 단기에는 주로 천연가스 고효율 스팀 개질기가 개발되어 수소를 제조하고, 중기에는 천연가스 개질에 더하여 석탄 가스화나 바이오매스 열분해를 통해 수소를 제조하는 경향이 증가하게 되고 장기적으로는 태양전지나 풍력발전을 이용한 물의 전기분해로 수소가 제조될 것으로 예측하고 있음
 - 2050년까지 전 세계 기준 1일 약 2천만 배럴(약 32억 리터)의 석유를 수소가 대체할 것으로 전망되며, 기술 고도화로 온실가스를 배출하지 않는 수전해 방식(물을 전기분해해 수소를 얻는 방식)이 보편화되면 수소 에너지 사용으로 인한 배기가스 감소량은 약 4억 4천만 톤으로 예상됨
- 기후변화협약파리협정이 2016년 11월에 발효됨에 따라, 현재 지속가능한 에너지 활용을 위한 대책 마련이 시급해 지고 있으며, 이를 위한 대책으로, 수소사회로의 전환이 제시됨
 - 일본·미국·독일을 중심으로 주요 수소경제 선진국들은 수소에너지 전환에 대한 구체적인 로드맵과 목표를 제시하고 있으며, 국제에너지기구(IEA)의 수소실험정이나, 수소경제국제파트너십(IPHE)와 같은 국제기구를 통해 수소경제사회의 국제적 어젠다를 형성하려는 노력을 지속하고 있음
- 수소에너지는 자원고갈 및 공급불안에 따른 에너지 안보 문제를 해결할 수 있으며, 저탄소 방식으로 수소에너지를 생산할 경우 온실가스 배출 문제를 해결할 수 있음. 경제적 효율 측면에서도 다른 친환경 에너지 대비 강력한 잠재력을 가짐
 - 저탄소 에너지를 위한 수소생산에는 비용이 막대하게 수반될 것으로 예상되나, 수소에너지 도입 비용을 낮추고, 수소 인프라를 구축하기 위해 기반 구축 연구가 수행될 필요가 있음
 - 2017년 세계경제포럼 개최 기간 중 설립된 수소위원회는 수소가 2050년까지 전 세계 에너지 수요의 18%를 차지할 것으로 전망함. 이는 약 2조 5천억 달러(약 2,800조 원) 규모의 관련 시장을 창출하고, 전 세계 3천만 개의 일자리를 만들어 낼 것으로 기대됨
- 정부는 2015년 12월 ‘수소차 보급 및 시장 활성화 계획’을 시작으로 2018년 6월 ‘친환경차 보급 확산을 위한 정책 방향’까지 지속적으로 수소전기차 보급 대책을 강구하고 있음
 - 수소경제로드맵에 기반하여 한국은 2040년까지 연간 526만 톤의 수소 생산을 목표로 하고 있음(2018년 기준 13만 톤 생산). 킬로그램당 평균 수소 생산 비용을 3천원(미 달러 2.59) 수준으로 낮출 수 있다면 수소는 경제적인 친환경 대체 연료로 각광받을 것으로 전망함
- ‘수소경제 활성화 로드맵’에 따라 정부가 수소생산기지 구축사업을 본격화할 전망이다. 수소생산기지는 거점형 중·대규모 수소생산기지, 분산형 소규모 수소생산기지로 구분됨
 - 천연가스 공급망에 300~1,000Nm³/h 이상급 수소추출기를 구축해 수소를 대량생산하는 중·대규모 수소생산기지는 수소 수요를 감안해 연차적으로 확대한다는 계획에 있음. 중·대규모 수소생산기지는 2,000Nm³/h 규모 1기와 5,000Nm³/h 규모 1기 총 2기를 구축할 계획에 있음
 - 분산형 소규모 수소생산기지는 LPG·CNG 충전소 또는 CNG 버스 차고지 등에 1일 수소 생산량 500kg 수소추출기를 구축해 수소를 생산·공급함. 권역별로 충전소에 공급하는 ‘Mother station’으로 운영하는 방식으로, 도시가스 배관망을 활용해 추출수소를 생산함
 - 수소생산기지 구축사업은 수소생산 및 공급 인프라를 버스차고지나 인근부지, 가스공사의 정압시설에 구축하는 사업으로 2020년에 294억 4,000만원이 편성되며 2019년 대비 144억 4,000만원이 증액됨

나. 범위 및 분류

(1) 가치사슬

- 수소에너지는 화석연료 및 재생에너지원에 의한 수소 생산단계와 생산된 수소를 가공해 저장하는 단계, 저장된 수소를 수요처로 이송하는 단계와 수요처에서 실수요자에게 전달하는 단계, 실수요자가 전달받은 수소연료를 연료전지를 이용해 사용하는 최종단계로 분류됨
- 고효율 수소생산 시스템 분야에서 전방산업으로 에너지 생산·저장이 주목받고 있음. 소규모 지역 전력망에 많이 활용될 분산전원, 발전소가 더욱 커질 것으로 전망됨. 후방산업은 부생수소가 발생하는 중화학공장, 산업가스 발생하는 산업이 이에 해당함

[고효율 수소생산 시스템 분야 산업구조]

후방산업	고효율 수소생산 시스템 분야	전방산업
합성연료, 원유/바이오매스 정제, 암모니아를 포함한 화학분야 공급원료, 산업가스 등 응용품	화학연료개질, 생물학적 수소생산, 열화학사이클에 의한 수소생산, 물 전기분해 수소생산, 대체에너지를 통한 물분해 수소생산	발전소, 전해수소를 이용한 전력그리드

- 수소에너지의 가치사슬 구조는 수소의 생산, 저장·운반과 관련된 공급부문과 수소의 이용 용도에 따른 수요부문으로 구분이 가능함
 - 공급부문은 수소의 생산, 저장·운반을 위한 다양한 장치산업 및 인프라로 구성됨
 - 수요부문은 크게 가정용, 발전용 및 수송용 부문으로 구분할 수 있으며 수소의 이용을 위한 연료 전지 관련 산업이 중심임

(2) 용도별 분류

- 생산된 수소는 연료전지를 이용하여 가정·산업 부문의 분산형 에너지시스템 및 수송용 기기 등 소비 부문의 에너지원으로 이용 가능함

[생산된 수소의 시계열적 소비용도]

현재	실용화 단계	미래
공업용 프로세스에서 석유정제 등, 광화이버 제조, 우주 : 로켓연료	수송(연료전지자동차(FCV)) 가정용 연료전지	업무·산업용 연료전지(수소발전), 가정용(포터블 연료전지), 냉동트럭 등의 특수차량(보조전원), 수송

* 출처 : 수소 연료 전지 전략 협의회 (2016), 「수소 연료 전지 전략 로드맵」, 산업연구원(2016) 재인용

◎ 기술별 분류

- 수소생산 기술은 단기적으로 부생수소의 활용, 중기적으로 천연가스 개질, 궁극적으로 재생에너지를 활용한 수전해를 목표로 함
- 수소생산 기술은 단기적으로 부생수소의 활용, 중기적으로 천연가스 개질, 궁극적으로 재생에너지를 활용한 수전해를 목표로 함
 - 현재 대부분의 수소는 화석연료인 천연가스, 석유/잔사유, 석탄의 수증기개질, 열분해, 가스화를 통해서 생산되고 있으며, 신재생에너지를 통한 물분해, 광을 이용한 직접분해, 원자력에너지를 이용하여 물을 열화학 분해, 고온전기분해를 통해 수소를 생산하는 연구 등이 진행되고 있음

[기술별 분류]

분류	상세 내용
화석연료개질	<ul style="list-style-type: none"> • 천연가스에서 수소를 생산하는 재래방식의 기술은 증기개질, 비촉매 부분산화, 자열개질, 이산화탄소 개질, 직접분해기술 • 세계적으로 생산되는 수소의 약 50%를 제조하는 메탄 수증기 개질공정 기술을 이용 • 첨단방식으로 천연가스에서 수소생산 방식은 촉매부분산화, 플라즈마 촉매개질, 흡착부과 반응 등이 존재하며, 최근에 대체에너지를 이용하여 수소를 생산하려는 다양한 기술들이 연구가 진행되고 있음
생물학적 수소생산	<ul style="list-style-type: none"> • 생물학적 수소생산 기술은 다양하여 기질로 사용되는 원료 물질에 따라 물, 유기물, 가스로 크게 구분되며, 미생물의 기작에 따라 기술이 다양함 • 녹조류(green algae)가 빛을 흡수하여 물로부터 양성자와 전자를 공급받아 수소를 생산하는 직접 물분해(direct photolysis) 수소생산 기술 • 질소고정효소에 의한 광합성작용으로 물을 분해하여 산소를 발생하고 동시에 공기 중의 이산화탄소를 고정하며 수소를 발생하는 효소관여 수소생산 기술 • 유기물로부터 purple non-sulfur 박테리아의 광합성 발효에 의한 수소생산 기술 • 광이 존재하지 않은 조건에서 혐기 미생물에 의해 유기물자체가 에너지원으로 사용되는 발효에 의한 수소생산 기술
열화학 사이클에 의한 수소생산	<ul style="list-style-type: none"> • 금속 산화물을 이용한 다단계 열화학사이클을 이용하여 물로부터 수소를 생산 • 열원으로는 고온의 가스로, 집열된 태양열 및 핵반응로가 가능하며 흡열반응에 필요한 열과 발열을 상쇄하면 이론상 전기분해법보다 높은 열효율을 얻을 수 있음
물 전기분해 수소생산	<ul style="list-style-type: none"> • 상업적으로 개발되어 사용되는 방법은 알칼리 전해질을 이용한 물전기 분해 기술 • 고분자 전해질 물전기분해의 경우 알칼리 수전해보다 에너지효율이 높으며 그 이론효율은 80~90%에 달함 • 이온의 이동을 위해 사용하는 알칼리 전해질 대신 고체산화물을 전해질로 사용하여 고온에서 물을 분해하는 기술
태양광을 이용한 물분해 수소생산	<ul style="list-style-type: none"> • 태양에너지를 이용해 물로부터 수소를 생산하는 기술 • 전기를 만든 후 물 전기분해, 직접 물분해, 광촉매를 이용한 물분해, 광생물학적 방법을 이용한 물분해, Non-O₂(예: 산소발생 과전압이 높기 때문에 H₂S를 이용해 수소와 황을 생산하는 반응) 발생 시스템을 이용한 수소생산 등이 있음

2. 산업 및 시장 분석

가. 산업 분석

◎ 수소경제 활성화 본격화

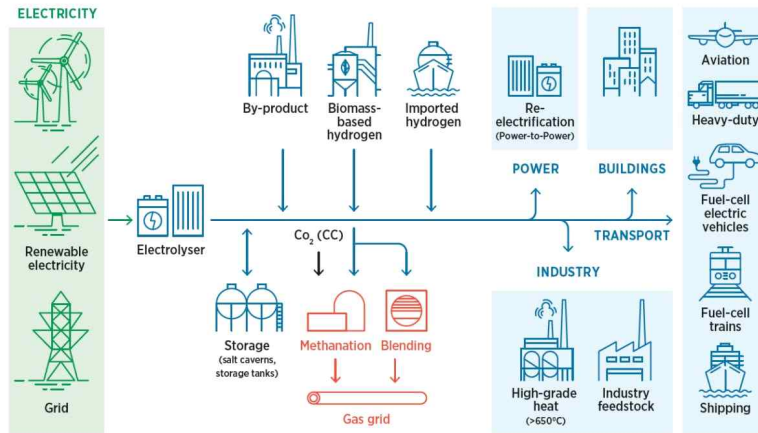
- 국내정부는 코로나19로 인한 침체된 기존 에너지시장의 위기극복과, 일자리 창출, 친환경에너지 보급을 확대해 그린뉴딜 정책을 추진하고 있으며, 스마트 그린도시, 친환경차의 보급 확대 정책을 포함함
- 산업통상자원부는 에너지소비효율을 향상시키고 재생에너지, 수소경제 등 에너지신산업을 확산시켜 저유가를 산업구조 혁신과 에너지전환의 기회로 활용할 방침을 포스트 코로나19 대응과제 제시함
- 코로나19로 침체된 경제회복과 탄소배출량감소목표 달성을 위한 해결책으로써, EU 집행위원회는 수소경제 활성화의 중요성을 강조하며, 에너지 부문의 온실가스배출량 감축을 위한 EU에너지시스템통합전략과 수소전략을 발표함¹⁴⁾
 - 2020~2024년 동안 유럽연합 내 6GW의 수전해 설비를 설치하여 1백만 톤의 수소생산을 지원할 예정임. 2025~2030년까지 최소 40GW의 수전해설비를 확보하고 생산량을 최대 1만 톤까지 늘리겠다는 계획임
 - 2030~2050년에는 화학, 철강분야에서 대규모로 활용 가능해짐에 따라, 수소의 비중이 2050년까지 에너지공급원구성(Energy Mix)이 23% 이상으로 늘어날 전망

◎ 친환경 지속가능 에너지시스템으로 전환에 중요한 수단인 수소에너지

- 수소에너지 시스템에서 수소는 연료전지와 수전해 장치를 통하여 전기에너지로 전환이 가능하며 화석연료 및 핵, 재생에너지원으로 부터 얻을 수 있음. 수소는 가스나 액체로 만들어 쉽게 수송할 수 있고 다양한 형태로 저장가능
- 화석연료 중심에서 수소 가치사슬을 활용하면 수소에너지 중심 에너지 시스템으로 전환가능함. 수소는 연료전지를 통하여 전기에너지로 변환가능하므로, 태양광, 풍력과 같은 재생에 운송하고 운송된 수소를 연료전지로 발전하면 전력에너지 저장장치로 활용 가능함
 - 수소는 1차 에너지원으로부터 얻을 수 있고, 수전해, 천연가스개질, 석탄가스화 방법 등이 상용화 되어있음. 생산된 수소는 고압기체로, 액화상태 및 액상 화합물과 금속수소 화합물과 같은 방법으로 저장되며, 이용기술로 발전용 연료로 연료전지, 가스터빈 등을 사용하여 전력을 생산함. 수소 전기차, 내연기관, 기관차, 로켓엔진 등 수송용 연료로 이용 가능함
 - 잉여전력은 수전해를 통해 수소로 전환되어 저장되고 필요시 연료전지를 통하여 수요지에 전력, 열 및 수소전기자동차용 연료로 공급하게 되며, 저장된 수소는 단거리, 장거리 파이프 망을 통하여 지역에 공급되어 같은 방법으로 활용이 가능함

14) KOTRA 해외시장뉴스, 유럽연합, 수소경제 활성화 본격화(2020.07)

[Power-to-gas 시스템]

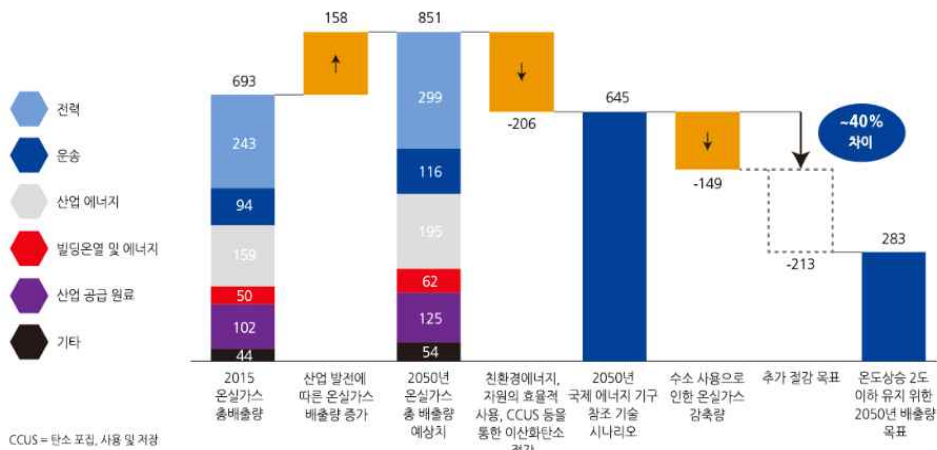


* 출처 : IRENA (International Renewable Energy Agency) (2019)

◎ 고용, 수익창출 및 친환경 에너지원으로써 전망되는 산업

- 수소 경제로의 전환은 신규 산업을 창출하고 경쟁력을 보유한 국내 산업 성장을 도모할 수 있을 것으로 전망됨
 - 맥킨지의 조사에 의하면, 수소 경제는 신규 고용 창출의 원동력이 될 것으로 예측함. 수소 경제로의 전환은 2050년까지 60만 명 수준이며, 전체 밸류체인 측면에서는 수소의 생산부터 유통, 수소차 판매 등 소비의 관점으로 봤을 때, 2050년까지 유관산업 매출 70조원 수준을 기대하고 있음
- 2050년까지 전력 발전, 난방 시스템, 산업용 원료 등 수소의 사용처가 확대되면, 2050년에 발생될 것으로 예상되는 온실가스를 약 60% 정도 감소할 것으로 예상되며, 2030년까지 180만대의 수소차를 운행한다면 미세먼지의 양이 약 10%가 감소될 것으로 전망됨

[2050년 적용분야에 따른 CO2e 예상 감축량(단위 백만 톤)]



* 출처 : 이스트스프링자산운용 코리아(2019.05)

- 중화학공업 기업들은 수소의 저장, 유통 및 생산 기술 개발을 통해 새로운 수소 에너지 사업에 기회를 얻을 수 있음
 - 철강 및 석유화학 기업은 향후 추가적인 수요에 필요한 부생수소 생산설비 확대할 수 있음. 조선/플랜트 기업은 액화천연가스 및 수소 운반 체계에서 추가적인 사업기회, LNG를 활용한 수소 생산 시설 건립, 향후 디젤 선박을 대체할 수소 동력 선박 건조에 적용가능

◎ 전통 및 비전통부문의 수소 소비량 확대

- 수소는 주로 석유화학산업, 전자, 재료, 반도체 제조, 제철 및 우주항공 등의 산업용으로 사용되어 왔으며 지속적인 증가추세를 나타냄
- 가정용, 건물용, 발전용 및 수송용 연료전지 보급이 확대될 경우 선진국들의 온실가스 감축의무 이행에 따른 비전통적 부문의 수소수요도 급격히 확대될 것으로 예상됨
 - Navigant Research(2014)에 따르면 비전통적 부문의 수소소비량은 2013년 1억 6,800만kg에서 2030년에는 약 35억kg으로 확대될 전망이고, 리서치앤마켓(2014)은 수소생산시장이 연평균 5.9%씩 성장하여 2019년에는 1,382억 달러에 달할 것으로 추산함
- 현재의 발전용수요 중심에서 가정용 및 수송용, 건물·상업용 등 다양한 분야로 수소에너지 수요가 확대될 것으로 전망됨에 따라, 수소생산이 확대될 것으로 예측됨

◎ 정책적 지원 강화

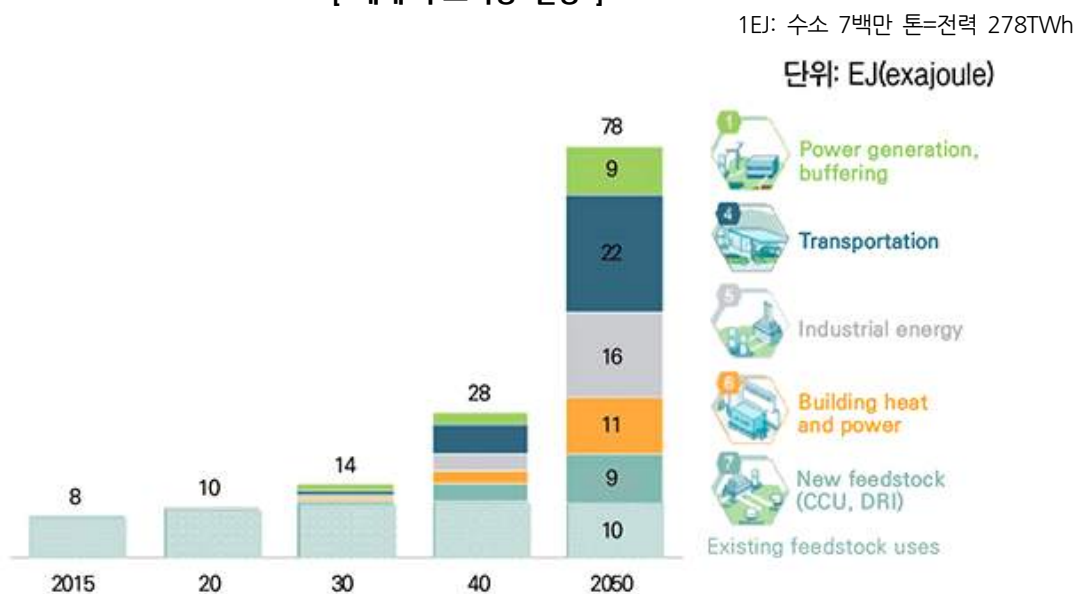
- 영국은 수소경제로의 전환이 코로나19로 인한 경제침체를 이겨내고 저탄소 녹색성장을 주도할 것이라고 전망하고 있음. 영국정부는 2035년부터 내연기관 차량 판매를 금지하면서 전기수소차만 구매가 가능하기 때문에 수소차 수요는 증가할 전망이다
- 코로나19로 인한 경제를 부양하기 위해, 유럽연합은 환경 인프라 투자를 계획의 일환으로 유럽 수소전략을 발표함. EU 수소경제 규모를 2020년 기준 20억 유로(약 2조6970억 원)에서 2030년까지 1400억 유로(약 188조8140억 원)로 높이는 것이 목표임
 - EU 집행위는 역내 각국과 에너지·자동차·화학·운송 등 각 분야기업 총 200개 이상이 참여하는 민관 ‘수소연합’을 결성하기로 함
- 국내정부는 코로나19로 침체된 경제를 살리기 위해, 수소경제가 중심이 될 전망이다. ‘수소경제위원회’에서는 수소경제 선도국가로 도약하기 위해 수소발전 의무화제도 도입방안을 검토하고 있으며, 수소시범도시 기본계획 및 수소도시법 제정방안을 계획할 예정
- 일본은 미이용 에너지를 이용해 수소를 생산·조달하는 수소 서플라이체인을 구축하기 위해 관련 기술 개발 및 국제 협력을 강화하고 있음. 일본의 수소전략은 수소 공급 부문에 초점을 두고 있으며 사업자립화 및 수익성이 확보된 이후 이산화탄소 Free 수소 생산에 집중할 방침
- 중국은 수소전기차 개발 및 보급에 가장 적극적인 나라로 2020년까지 수소 에너지 산업 파크를 조성해 100곳 이상의 수소전기차 관련 기업을 유치하고 2025년까지 세계적인 수소 도시가 될 것을 공언한 바 있음

나. 시장 분석

(1) 세계시장

- 수소위원회의 ‘Hydrogen, Scaling up’ 보고서에서 수소에너지가 2050년에 전 세계 에너지 수요량의 대략 20%를 담당하며 이산화탄소가 매년 약 60억 톤이 감축될 것으로 전망함
 - 2050년까지 수소와 관련된 산업 분야에서 연간 2조5,000억 달러의 시장가치 유발효과 및 3,000만개 이상의 일자리 창출이 가능할 것으로 예측. 2050년까지 수송부문이 가장 큰 비중을 차지할 것으로 전망되며, 그 중 수송용 연료전지가 연료전지 시장 성장을 주도할 것으로 예측함

[세계 수소시장 전망]



* 출처 : Hydrogen Council, Hydrogen, Scaling up (2017), 한국가스신문(2019) 재인용

- 일본의 수소시장 전망치에서는 2030년에 일차에너지 공급량 중 LNG가 가장 큰 비중을 차지하고 다음으로 원자력과 수소가 많은 비중을 차지할 것으로 예상됨
 - 일차에너지 공급량 중 가장 큰 비중을 차지할 것으로 전망되는 수소에너지는 2050년에 대략 40% 정도를 차지할 것으로 예측됨
 - 일본정부는 2030년까지 수소전기차는 80만대, 수소버스는 1,200대, 수소지게차는 만대를 보급할 계획이며, 업무·산업용 연료전지 판매를 확대하며, 가정용 연료전지인 ‘에네팜’의 보급 확대에도 주력할 예정임. 일본의 수소시장 규모는 2030년에 1조엔(약 10조원), 2050년에 8조 엔으로 예측
- 세계 수소생산시장은 2018년~2024년간 5.2%의 연평균 성장률로 성장을 지속하여 2018년에 1,306억 달러에서 2024년에는 1,770억 달러 규모에 이를 것으로 전망됨. 현재 화석연료를 이용하여 수소를 생산하는 비중이 96%로 가장 많음

[고효율 수소생산 시스템 세계 시장규모 및 전망]

(단위 : 백만 달러, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
합계	130,600	137,400	144,600	152,100	160,000	168,300	177,051	5.2

* 출처 : Markets and markets, Hydrogen generation market, 2016

- 세계적으로 강화된 환경규제로 수소에 대한 니즈가 증가하고 있으며 코로나 19로 인한 경제위기를 수소 인프라 확충과 실증 프로젝트 및 기술 개발 지원을 통해 이겨내고 있는 추세로, 수소 에너지 관련 시장규모는 증가할 것으로 예상됨

(2) 국내시장¹⁵⁾

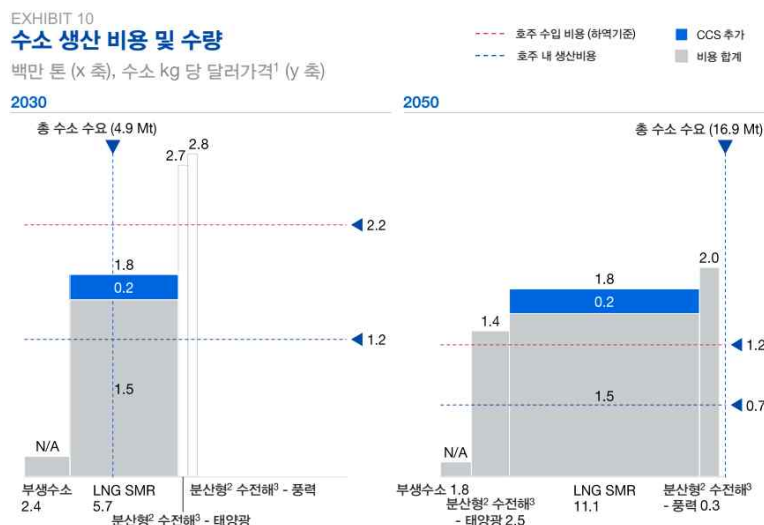
- 글로벌 수소 시장 5위 규모인 국내의 2020년 기준 수소 수요는 444만 톤에 달할 것으로 예측됐으며, 정유 부문에서 86% 발생할 것으로 예측함. 국내 수소생산 시장은 부생수소 및 개질 기반의 수소생산 산업 위주로 형성되어 2017년 약 164만 톤의 수소생산량 중 석유·화학업체가 자체 소비하며, 약 23만 톤을 외부유통을 통해 생산하는 것으로 파악됨
- 우드 맥킨지에 따르면, 최근 한국 정부는 2050년까지 수소 경제를 구축하겠다는 계획 발표를 통해 2022년까지 3개 수소도시 구축, 연료전지 자동차(Fuel Cell Vehicle)보급의 가속화 등이 포함돼 국내 관련 분야의 수소 투자 경쟁이 촉발될 것으로 분석함
 - 수출을 포함한 연료전지차 생산량은 현재 2,000대 이하에서 2022년까지 81만대, 2040년에는 620만대로 증대할 계획임. 우드 맥킨지는 향후 10년간 한국의 재생에너지 분야 투자규모가 460억 달러 이상으로 예측함. 현재 추진 중인 '그린뉴딜' 정책은 향후 10년 안에 한국이 수소생산의 선두국가로 발돋움하는데 큰 도움이 될 것이라고 언급함
- 2050년에 국내 수소 총수요는 약 1,690만 톤에 이를 것으로 전망되며, 최종에너지 소비량은 약 20%에 해당할 것으로 기대됨
 - 수소 총수요는 2030년까지 서서히 증가한 후 2030년 이후에는 기술발전, 고객 확보, 누적된 최종소비 수소차의 구매로 이어지는 선순환으로 급격하게 증가할 것으로 예상됨
 - 한국이 고정형 및 이동형 연료전지 기술에 있어 선도적인 위치를 차지하고 있어, 발전, 수송 및 건물에서 특히 높은 수소의 수요가 기대됨
- 신재생에너지를 이용한 수전해로 청정수소를 얻는데 소요되는 비용은 수소 kg당 14.90달러 수준에서 2030년까지 2.72달러, 2050년에는 1.36달러로 감소할 것으로 예측됨
 - 태양광 및 풍력으로부터 얻는 재생에너지의 LCOE (Levelized Cost of Energy)가 현재 kWh당 148.93달러(태양광)와 92.72달러(풍력)에서 각각 2030년에는 47.29달러와 56.32달러, 2050년에는 25.27달러와 44.94달러 수준으로 감소해야함. Electrolysis 효율이 현재의 60%에서 2030년 이후 85%까지 상승해야 함

15) 맥킨지 인코포레이티드, 한국 수소산업 로드맵(2018)

- 2030년, 국내 총 수소 수요는 부생수소와 국내 SMR (Steam Methane Reforming)로 모두 충족될 수 있을 것으로 예상됨. 간헐적으로 SMR보다 낮은 단가의 재생에너지 기반 수전해도 가능할 것으로 예측됨
- 2050년에는 태양광을 통한 수전해 (1.36달러), CCS설비를 갖춘 SMR (1.75달러), 풍력을 통한 수전해(수소 1kg당 1.95달러)가 모두 호주로부터의 수입비용 (1.23달러) 대비 높은 비용을 보일 것으로 예측됨
 - 각 생산방식에 드는 수소 1kg 당 생산비용을 세로축에, input제약을 고려한 각 방식의 국내 최대 생산 가능량을 표시한 것을 가로축에 표시함
 - 비교그래프에는 생산지부터 최종 사용자까지의 수소 유통비용은 파이프라인, 튜브 트레일러, 암모니아, 액화 등 방법별로 다르고, 각 소비자까지의 최적 유통 방법도 운송 규모와 거리, 소비지의 위치, 수소 사용의 적용 별로 차이가 있어서 유통비용은 포함하지 않았음. 한국까지의 운송비용과 하역비용을 포함함

[수소 생산 비용 및 수량]

단위: 백만톤(x축), 수소 kg 당 달러가격(y축)



* 출처 : 맥킨지 인코포레이티드, 한국 수소 산업 로드맵 (2018)

- 국내 수소생산시장은 2018년~2024년간 5.0%의 연평균 성장률로 성장을 지속하여 2024년에는 1조 9,686억 원 규모에 이를 것으로 전망됨
 - 한국판 그린뉴딜을 발표하며, 재생에너지 3020보다 상향한 목표를 제시했으며, 경제 활력의 요소로 신재생산업이 확대되고 있으며, 전반적인 국내 수소생산 시장은 지속적으로 성장할 것으로 예상됨

[고효율 수소생산 시스템 국내 시장규모 및 전망]

(단위 : 억 원, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
합계	14,690	15,425	16,196	17,006	17,856	18,749	19,686	5.0

* 출처 : 맥킨지 인코포레이티드, 한국 수소 산업 로드맵 (2018) 재가공

3. 기술 개발 동향

- 기술경쟁력
 - 고효율 수소생산 시스템은 일본이 최고기술국으로 평가되었으며, 우리나라는 최고기술국 대비 75.9%의 기술수준을 보유하고 있으며, 최고기술국과의 기술격차는 2.1년으로 분석
 - 중소기업의 기술경쟁력은 최고기술국 대비 69.4%, 기술격차는 2.9년으로 평가
 - 미국(96.8%)>EU(95.0%)>한국, 중국(70.2%)의 순으로 평가
- 기술수명주기(TCT)¹⁶⁾
 - 고효율 수소생산 시스템은 6.44의 기술수명주기를 지닌 것으로 파악

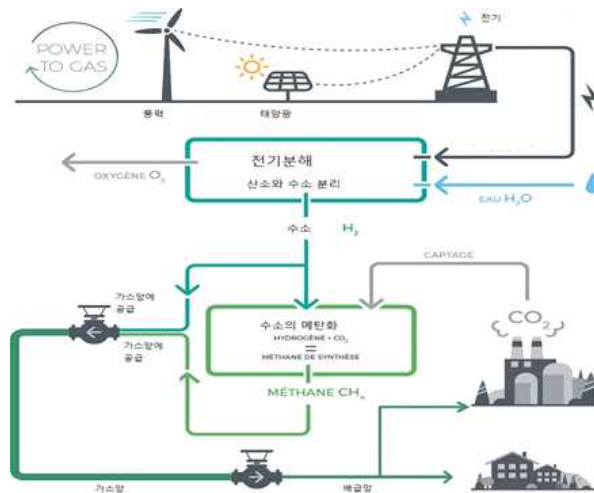
가. 기술개발 이슈

◎ 수소의 가격 경쟁력 개선 및 수소의 양산공정 발전

- 수소의 양산공정에서는 메탄(CH₄)에 고온의 수증기를 이용하여 개질하는 방식이 주된 제조방법 이었음. 수증기 개질 방식으로는 수소의 비용적인 측면에 한계가 있으며, 이는 천연가스의 비용에 개질 비용과 추가비용이 들기 때문임
- 새로운 수소사회에서는 수소생산의 주요 시나리오는 재생가능에너지로 발전한 전력을 이용하여 ‘수전해(물 전기분해)’함으로써 전력을 수소 가스로 변환하는 것이기 때문에 “Power to Gas(P2G)”라고도 불림
 - 수소 생산에 이용함으로써 생산비용을 낮출 수 있고 수소 연료전지의 친환경적 요소를 강화할 수 있어 일부 국가에서 가장 비용이 낮은 에너지로 자리매김할 가능성 있는 방법으로 전망하고 있음
- 전 세계적으로 재생에너지를 이용하여 P2G 방식으로 수소를 양산하는 것에 주목하고 있음
 - 프랑스의 Jupiter 1000은 수전해로 생산된 수소를 가스망을 이용해 운송하는 P2G 시스템임. 프랑스 남부 론(Rhone) 지역에 1MW급의 500만 kWh까지 생산 가능한 설비시설을 3년 내 건설하는 것을 목표로 하고 있음
 - 일본은 2019년 1월 말에 후쿠시마 재생에너지 연구센터에서 연료전지 자동차를 시행했으며, 이는 2020년 7월에 후쿠시마현에서 본격 가동할 예정인 P2G 연구 시설 ‘FH2R’의 사전 시연으로 진행된 것임. 대규모로 수소를 제조하기 위해 건설 중인 수전해 시설인 FH2R(Fukushima Hydrogen Energy Research Field)는 최대 10MW의 전력으로 시간당 1200Nm³(표준 체적) 규모로 수소를 제조할 수 있다고 알려짐
 - 독일에서는 100MW 규모의 P2G 시설 건설 프로젝트가 2018년에 추진되었으며, 2022년을 전후하여 가동될 전망임, 독일 정부는 2G~3GW급 P2G를 2030년까지 실현하는 것의 타당성 검토시작 함

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

[프랑스 Jupiter 1000 프로젝트]



* 출처 : KOTRA 해외뉴스시장, 프랑스 수소 에너지 시장 현황 및 전망(2020.07)

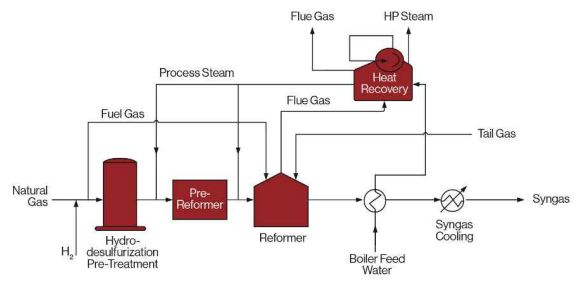
◎ 열화학 사이클을 통한 수소생산

- 열화학적인 물 분해 수소 생산은 대용량의 수소를 생산하기 위한 기술로써, 중간체를 사용한 화학적, 물리적 공정은 오염물질의 배출 없이 물로부터 수소와 산소를 분리해 낼 수 있음
 - 황-요오드 (S-I) 사이클은 가장 대표적인 열화학 사이클로서 파일럿 레벨까지 스케일을 높였고, JAEA(Japan Atomic Energy Agency)는 30 l/h의 수소를 생산해 내는 것으로 보고된바 있음
- 풍부한 원료, 단순성, 열화학적 가능성, 안전성 등을 고려했을 때 S-I, Cu-Cl, Ce-Cl, Fe-Cl, V-Cl, Cu-SO₄, 하이브리드 Cl 사이클이 수소 생산에 가능성이 있는 것으로 보고되고 있음
 - 이론적으로 증명이 완료되었고, 화학적으로 실현 가능성이 존재하지만, 800℃ 이상의 고온이 필요하여, 550℃ 이하에서 적용 가능한 Cu-Cl 사이클이 주목받고 있음
 - Cu-Cl 사이클은 물로부터 수소와 산소를 분해하는 것을 목적으로 하며, 구리와 염소가 중간체 화합물로 이용되고 있으며, Cu-Cl 열화학 사이클을 이용하여 수소를 제조할 경우 화력발전을 이용한 전기분해보다 효율 면에서 33% 이상 증가된다고 보고됨
- Cu-Cl 사이클을 이용하여 수소를 생산하기 위해 스케일 업을 위한 원자력 발전소와 수소 플랜트의 연결이 요구됨
 - 원자력발전소의 폐열을 수소 생산에 사용하는 것을 최종목표로 SCWR(Super-Critical Water Reactor)은 전기와 수소를 동시에 생산할 수 있게 설계되고 있음
- 원자력 발전소와 Cu-Cl 사이클을 결합했을 때, 전기분해 방법과 비교했을 때, 경제성을 확보할 수 있을 것으로 평가받고 있으며, 특히 Cu-Cl 사이클은 저온에서 진행될 수 있어 폐열을 활용할 수 있을 것으로 전망됨

◎ 메탄을 이용한 수소생산(열 또는 플라즈마 이용, 메탄·이산화탄소 반응이용)

- 메탄을 분해하여 생긴 수소는 기존의 수증기 개질 공정 대신에 촉매를 사용하여 메탄을 직접 분해함으로써 원소형태의 탄소와 고순도 수소를 획득할 수 있음
- 플라즈마 개질은 이산화탄소와 메탄으로부터 플라즈마를 이용해 수소와 일산화탄소를 생산하는 방식임
 - 온실가스가 배출되는 화학공장, 시멘트공장 등에 이산화탄소 포집설비를 설치하고, 메탄은 천연가스 파이프라인을 통해 공급받음. 포집된 이산화탄소를 메탄과 혼합한 다음 플라즈마를 통해 수소와 일산화탄소로 전환이 가능. 플라즈마 개질은 이산화탄소를 없애며 수소를 생산가능하게 하는 기술임

[증기 메탄 개질-수소 생산]



* 출처 : <https://www.engineering-airliquide.com/>

◎ 전기분해에 의한 수소발생장치 및 수소발생용 촉매

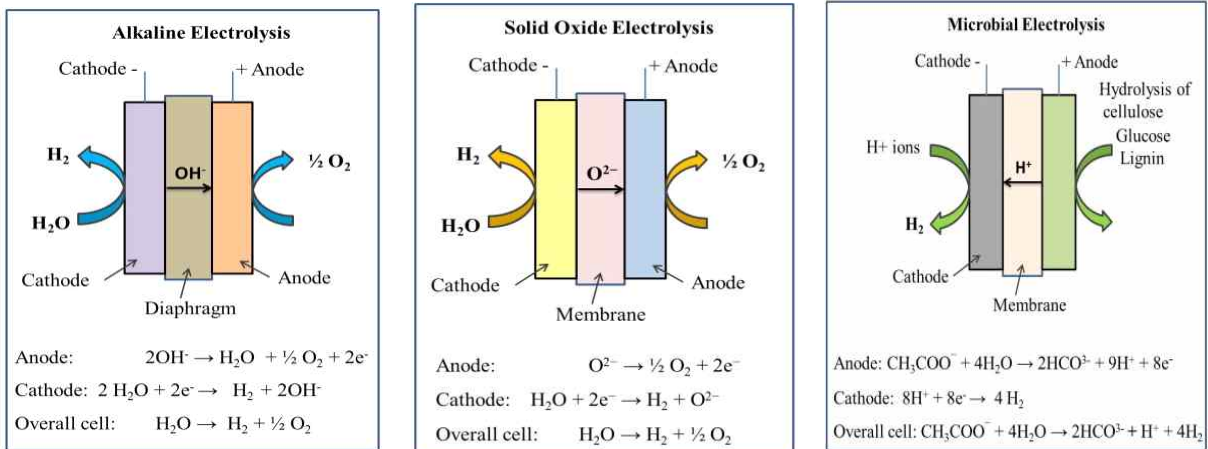
- 전기를 가했을 때 물이 분해되어 수소와 산소를 발생하는 반응인 물 전기분해 기술은 알카라인 물 전기분해, 전해질막, 고온수증기 등의 방법이 존재함
 - 전해질인 알카라인 용액(NaOH, KOH)을 사용하여 물에 전기를 통하게 하면서, 양극과 음극 사이에 격막을 통하여 생성된 가스를 분리하는 알카라인 물 전기분해(Alkaline Electrolysis) 방식임
 - 고효율 수소 및 산소 발생 반응을 위한 촉매개발 기술은 미국, 일본, 유럽 등에서 연구가 진행되고 있으며, 다양한 촉매들 및 격막을 이용한 연계기술이 확립되면, 신시장 창출에 직접적인 기술적 파급효과가 있을 것으로 전망됨
- 국외에서 알카라인 수전해 방식의 수소생산은 현재 IHT, Hydrogenics, NEL Hydrogen, Hydro technik, Accagen 등 많은 회사에서 개발되어 상업적으로 사용되고 있는 기술임
- 고분자전해법(Polymer Electrolyte Membrane Electrolysis, PEM Electrolysis)이라고 하는 전해질 로 고체 고분자 전해질막을 사용하는 방법임
 - 양이온 교환막 수전해의 경우, Proton, Giner, Kurchatov, Siemens 등에서 최근 많은 개발이 이뤄지고 있으며, 높은 전류밀도와 효율을 얻을 수 있지만, 귀금속 및 불소계 고분자막의 사용으로 인한 높은 비용과 산화전극의 부식이 여전히 문제로 여겨지고 있음

- 음이온 교환막 방식의 시간당 최대 1,000L의 수소를 생산 가능한 시스템 및 스택을 상용화하여 판매하는 업체는 이탈리아의 ACTA S.P.A. 사로서, 산화·환원 전극용 비(非)귀금속 산화물 촉매 및 MEA 제작에 사용하는 음이온 교환 ionomer 용액도 개발함. 막의 성능, 신뢰성 및 부식에 대한 문제로 인해 음이온 교환막 수전해 기술은 상용화에 한계가 있으며, 음이온 교환막 수전해 방식의 시스템과 스택 상품을 개발해 상품화가 어려운 실정임

- 고온수증기를 이용한 물 전기분해(High Temperature Electrolysis, HTE)는 이론 분해전압(물 분해에 필요한 에너지 중 전기에너지)는 고온에서 저하되는 현상을 활용한 방법임
 - 물을 분해하기 위해 필요한 전기에너지가 고온에서 더 낮아지는 현상을 이용한 방법을 이용함. 고체산화물전지(SOFC, Solid Oxide Fuel Cells)와 구조와 원리가 같아 전력 저장을 위한 시스템으로 구성이 가능함. 고온의 작동조건을 가지므로 고온에서 충분한 내구성을 가지는 고체 전해질에 대한 개발이 요구되며, 수증기를 700℃ 이상으로 가열하는데 추가열원이 필요함

- 미생물 전기 분해 전지 (Microbial electrolysis cell, MEC) 기술에 의한 수소생산은 재생 가능한 바이오매스 및 폐수를 포함한 유기물에 의해 달성 될 수 있으며, 2005년 네덜란드 펜실베이니아 대학 및 Wageningen 대학에 의해 도입됨
 - MEC에서 전기에너지는 화학에너지로 변환되며, 전류의 영향으로 유기 물질로부터 수소를 생산함

[전기분해에 의한 수소발생장치]



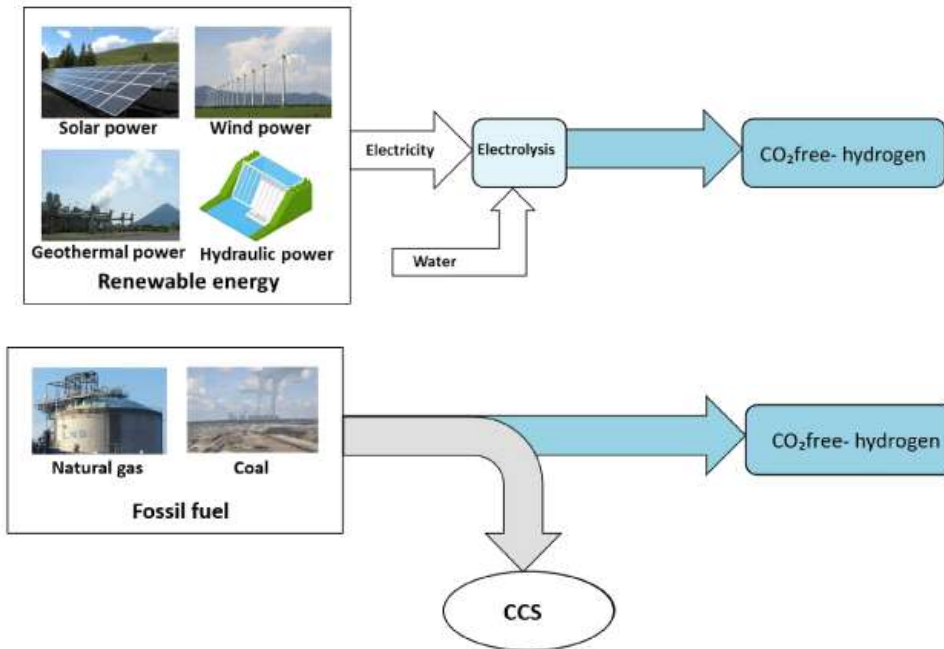
* 출처 : Materials Science for Energy Tech. Hydrogen production by PEM water electrolysis - A review (2019)

나. 생태계 기술 동향

(1) 해외 플레이어 동향

- 미국 에너지부 산하의 SLAC 국립 가속기 연구소와 스탠포드 대학
 - 저가의 수소생산 촉매제를 개발함. 코발트 인산염 촉매의 생산을 확장함으로써, 저렴한 촉매제가 상업 장치에서 물과 수소 가스를 분리해 지속적으로 수소가스를 발생시킬 수 있는 연구를 발표함
- 일본 도쿄대학 국제고등연구소
 - 2018년 12월, 도쿄대학 국제고등연구소는 재생에너지에 의한 수전해의 경제적 타당성 이슈에서 최근 고정형 축전지를 이용하여 수전해 장치 규모를 줄이고 가동률을 높일 수 있다는 연구결과를 내놓음. 이는 수전해 장치의 규모가 작아져도 되고 가동률이 높아지게 되어 투자를 단기간에 회수할 수 있으며, 그 결과 수소의 제조 원가를 크게 낮출 수 있다는 주장임
- 일본 PANASONIC과 도시바 에너지 시스템
 - 순수한 수소를 전제로 한 연료전지 발전 장치를 개발하였음. PANASONIC은 가와사키시에 수소 스테이션 1호기를 설치하고 스테이션에서 발전한 전력을 그 소룸에서 이용하고 있음. 수소 스테이션 인근의 편의점이나 아파트 등에 수소파이프라인을 부설하고 FC 발전기로 발전하는 것을 계획 중임
 - 2018년 1월에 도시바 에너지 시스템즈는 순수소 FC 발전기인 'H2Rex'를 세븐일레븐 본사내의 점포에 도입했으며, 2018년 5월에는 하네다 공항 인근의 호텔에 발전 시의 발열을 온수로 이용할 수 있는 기능도 갖춘 'H2Rex'를 공급하였음
- 일본 JX NIPPON OIL & ENERGY
 - JX NIPPON OIL & ENERGY(JXTG)는 Chiyoda Corporation, 도쿄대학, Queensland University of Technology(QUT)와 공동으로, 저렴한 비용으로 수소를 공급하는 Organic hydride기술을 검증함
 - JXTG (organic hydride electrolytic synthesis technology), QUT (high efficiency tracking solar photovoltaic power generation system), Chiyoda (dehydrogenation technology) 기술을 기반으로, 도쿄대학교가 수소 공급망을 구축하는 것을 목표로 공동연구를 진행함
 - 수소 비용을 낮추기 위해 메틸 사이클로 헥산 (MCH)이라는 유기 수소화물의 생산 공정을 특징으로 하며, "Electrochemical synthesis of organic hydride" 방법은 MCH 생산장비의 50 % 비용을 절감할 수 있음
- 일본 TOKYO GAS
 - 이산화탄소를 절감한 화석연료(fossil fuels) 및 CO₂ 지하저장(CO₂ underground storage)을 기반으로 한 수소생산방법을 개발하고 있음
 - 일본 TOKYO GAS에서 수소생산방법 첫 번째로는 태양 및 풍력과 같은 재생 가능 에너지원에서 생성된 전기를 사용하여 물을 전기 분해하여 수소를 생산하는 방식임. 두 번째는 천연 가스 및 석탄과 같은 저비용 화석 연료에서 생산하고 이 공정에서 일부로 배출된 이산화탄소는 분리 및 수집되어 탄소포집 및 저장방법을 사용하여 지하에 저장됨

[일본 TOKYO GAS의 수소생산 방식]



* 출처 : <https://www.tokyo-gas.co.jp/>

(2) 국내 플레이어 동향

□ 한국에너지기술연구원

- 한국에너지기술연구원은 2019년 8월 ‘복합막 형태의 팔라듐 분리막 기반 수소 생산·정제 핵심 기술’을 개발했으며, 이는 천연가스, 바이오매스를 포함한 합성가스에서 고순도 수소를 생산하고 정제가 가능함
- 500~550℃의 낮은 온도에서 운전이 가능하고 별도의 정제 공정을 추가하지 않아도 합성가스 중 수소만을 선택적으로 분리·정제가 가능함. 현지 공급형(On-Site) 고순도 수소 생산·정제 분야에 중요한 기술이 될 것으로 전망됨

□ 한국화학연구원

- 탄소자원화연구소 CO₂에너지벡터연구그룹은 백금촉매대신 이황화몰리브데넘 촉매를 통해 수소생성 반응의 활성 및 성능을 높일 수 있는 기술을 개발함. 간단한 표면처리 방법을 통해 이황화몰리브데넘의 표면을 변화시켜 수소생성반응의 성능을 높임. 1000℃ 이상의 고온에서 산화제 없이 메틸 라디칼을 제어하면서도 에틸렌과 벤젠 등의 화학원료로 99% 전환하는 비산화 메탄 직접 전환기술로 산화제 없이 메탄을 에틸렌과 수소 등으로 99% 전환할 수 있음
- 탄소자원화연구소 환경자원연구센터는 수소를 적은 비용으로 안전하게 저장·운송할 수 있는 ‘액상 유기물 수소 저장체 기술(Liquid Organic Hydrogen Carrier, LOHC)와 관련해 액체 물질 및 촉매제조원천기술을 개발함

다. 국내 연구개발 기관 및 동향

(1) 연구개발 기관

[고효율 수소생산 시스템 분야 주요 연구조직 현황]

기관	소속	연구분야
한국에너지기술연구원	신재생에너지연구소 연료전지연구실 수소연구실	<ul style="list-style-type: none"> SI(황-요오드) 열화학적 물분해 수소제조 공정 수소충전소용 가압형 고순도 수소생산 시스템 설계 수전해기술 및 재생에너지 연계 기술 광화학 수소제조 기술
한국과학기술원	청정신기술연구소 고온연료전지 연구팀 저온연료전지 연구팀 수소 생산/저장 연구팀	<ul style="list-style-type: none"> 재생에너지 연계 수소생산(수전해), 화학적 수소저장 분산발전용 고온 연료전지 (용융탄산염 연료전지) 연료전지용 수소 생산/저장
한국화학연구원	탄소자원화연구소 환경자원연구센터	<ul style="list-style-type: none"> 액상 유기물 수소 저장체 (LOHC) 기반 수소저장기술 지속가능원료기반 나노시스템 개발 및 이를 이용한 탄성 복합시스템 개발
서울대학교	재료공학부	<ul style="list-style-type: none"> 외부자극 반응 화학물질 기술 유기/무기착화합물 합성기술

(2) 기관 기술개발 동향

한국에너지기술연구원

- 가압형 모듈화 고순도 수소생산 유닛 설계기술개발(2017-01-01 ~ 2022-12-31)로 시장보급형 고순도 수소생산 유닛의 고효율/컴팩트/저가화 원천설계 기술 국산화 및 기술실증을 통한 수소 기반 경제의 핵심플랫폼 융합기술 개발 및 신산업 시장 선도

한국과학기술원

- 전기화학적 방법을 이용한 여러 종류의 바이오메스로부터 수소생산(2009-11-01 ~ 2009-12-31) 개발 기술은 다양한 종류의 바이오매스를 혁신적인 전기화학적인 방법을 통하여 고효율의 수율을 갖는 수소를 제조하는 것으로 목표로 개발 진행

한국화학연구원

- 바이오 플라스틱용 단량체 및 수소 생산이 가능한 전기화학 촉매 반응 연구 및 복합적 친환경 전기화학적 시스템 구축 개발(2019-03-01 ~ 2022-02-28)은 바이오매스 기반의 바이오플라스틱용 단량체 제조 및 수소생산이 동시에 가능한 전기화학 시스템의 촉매 개발

서울대학교

- 물 분해 수소 생산을 위한 고성능 유기 초분자 광촉매 소재 개발(2017-11-01 ~ 2022 -10-31)은 태양광을 이용하여 물로부터 효율적인 수소 생산이 가능한 독창적인 유기 초분자 광촉매 시스템을 구현하는 것을 최종 목표로 함

◎ 고효율 수소생산 시스템 관련 선행연구 사례

[국내 선행연구(정부/민간)]

수행기관	연구명(과제명)	연도	주요내용 및 성과
한국기계연구원	포톤제어기술에 의한 스케일업 PEC 수소생산 고효율화 핵심원천기술 개발	2019 ~ 2020	<ul style="list-style-type: none"> 이산화탄소 발생 없이 수소를 생산하는 친환경 수소생산기술 태양광 기반 광전기화학적 (PEC) 수소생산은 물을 원료로 태양광을 연계하여 저전력 수소생산을 구현하는 친환경 CO₂-free 수소생산 기술
연세대학교	국내 미활용 바이오매스를 이용한 수직창출형 그린수소 생산 시스템 개발	2019 ~ 2023	<ul style="list-style-type: none"> 국내 미활용 바이오매스로부터 외부 에너지 공급 없이 경제적으로 수소를 생산하는 수직 창출형 통합시스템 개발 담체나 membrane을 전혀 사용하지 않아 설치 비용, 운전 비용, 역세척 요구량을 획기적으로 감소시킬 수 있는 신개념 고생산성 바이오수소 생산 공정 개발
한양대학교	부하변동 대응형 고효율성, 고내구성 cation engineering 기반 수전해 수소발생 촉매 핵심기술 개발	2019 ~ 2022	<ul style="list-style-type: none"> 값비싼 촉매인 백금 촉매를 대신하기 위한 니켈, 코발트, 철 등을 촉매로 하는 수소 생산 촉매를 개발하고, 높은 전극 활성도를 위해 촉매 구조를 다공성, 나노와이어 및 나노그래스로 제조하여 기존 백금 촉매에 준하는 과전압 150 mV @ 10mA cm⁻² 수준의 수소 생산 촉매 개발
한국과학기술연구원	바이오매스 유래 미이용 C5 유기 화합물로부터 신재생 수소 생산 공정 개발	2019 ~ 2023	<ul style="list-style-type: none"> 바이오매스 유래 미이용 C5 이상 유기화합물(자일로스 등)로부터 고순도 수소 생산용 전처리/액상개질기/분리막 연계 공정 개발
한국생산기술연구원	해조류 바이오매스 이용 수소 및 바이오 고분자 동시 생산 원천기술 개발	2017 ~ 2020	<ul style="list-style-type: none"> 해조류 바이오매스 이용 수소 및 바이오 고분자 동시 생산 원천기술 개발 메타지노믹스를 활용한 수소/PHA (polyhydroxyalkanoate) 생산 유전자 및 증대 메카니즘 규명 해조류 바이오매스로부터 가용화 탄수화물 확보를 위한 전처리 기술 개발

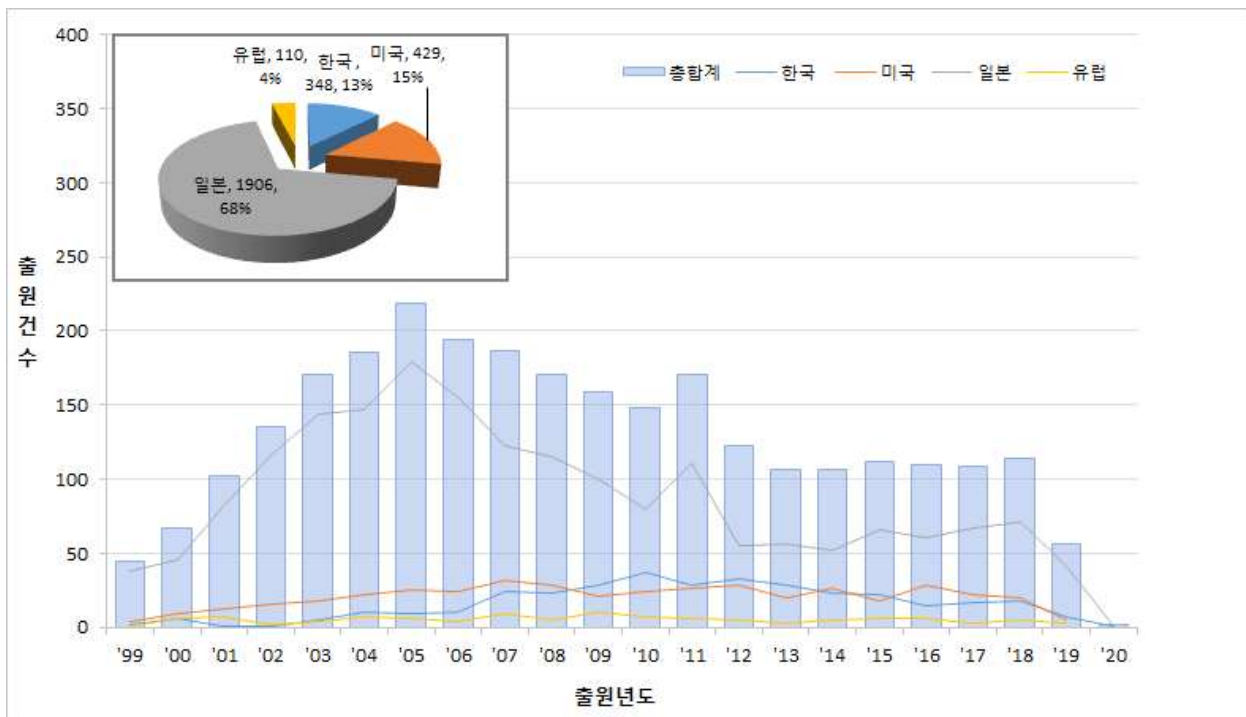
4. 특허 동향

가. 특허동향 분석

(1) 연도별 출원동향

- 고효율 수소생산 시스템의 지난 22년(1999년~2020년)간 출원동향¹⁷⁾을 살펴보면 1999년 이후로 꾸준한 증가추세를 보이며, 일본의 출원 동향이 전체 수소생산관련 특허출원동향을 주도하면서, 일본시장을 대상으로 한 특허출원동향이 전체 고효율 수소생산 시스템특허출원동향 반영
 - 각 국가별로 살펴보면 일본이 가장 활발한 출원활동을 보이고 있으며, '99년을 기점으로 급격한 출원 성장이 이뤄지고 있음. 한국 및 미국에서는 일본에 비해 상대적으로 출원이 저조한 상태
- 국가별 출원비중을 살펴보면 일본이 전체의 68%의 출원 비중을 차지하고 있어, 최대 출원국으로 고효율 수소생산 분야를 리드하고 있는 것으로 나타났으며, 미국은 15%, 한국 13%, 유럽 4% 순으로 나타남

[고효율 수소생산 시스템 연도별 출원동향]

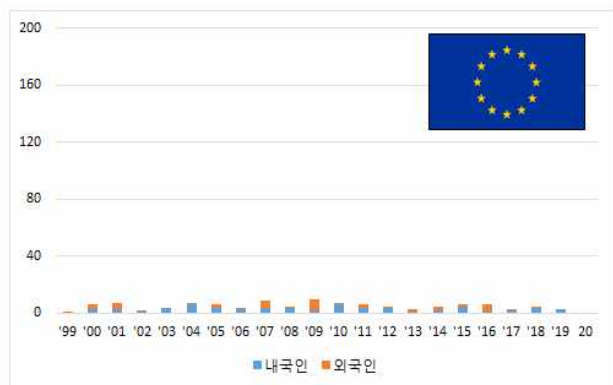
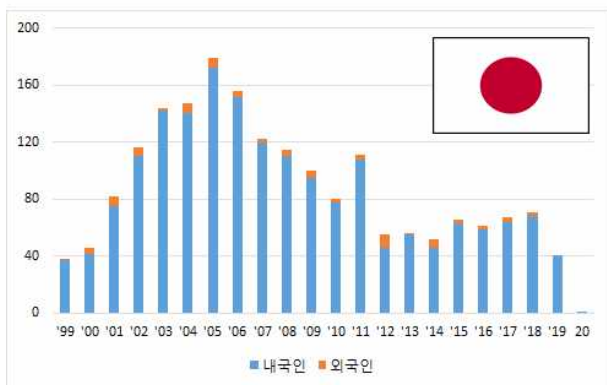
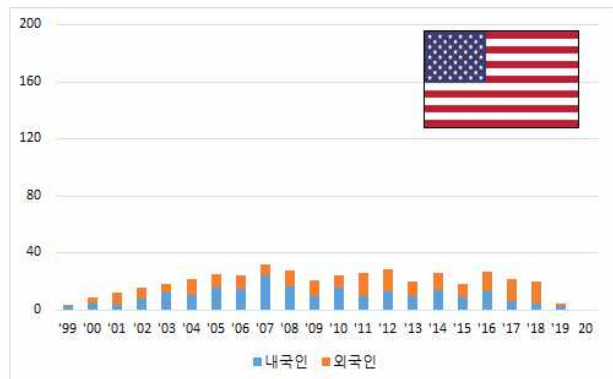
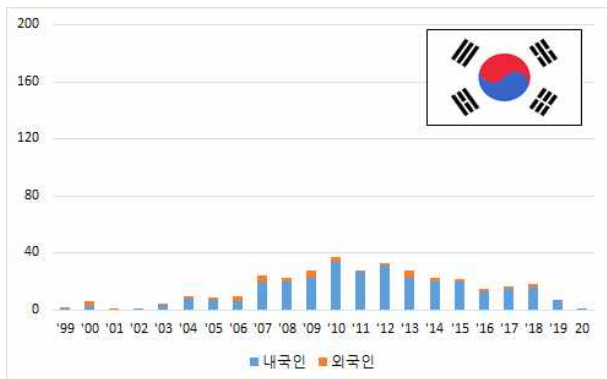


17) 특허출원 후 1년 6개월이 경과하여야 공개되는 특허제도의 특성상 실제 출원이 이루어졌으나 아직 공개되지 않은 미공개데이터가 존재하여 2018, 2019년 데이터가 적게 나타나는 것에 대하여 유의해야 함

(2) 국가별 출원현황

- 한국의 출원현황을 살펴보면 2005년도 이후 출원건이 증가하고 있지만 절대적인 출원 수가 일본에 비해 저조한 상황
 - 내국인 위주의 출원이 진행되고 있으며, 2009년 한국의 한국에너지기술연구원이 2009년 7건, 2010년도 7건을 출원했으며, 한국의 서울대학교가 2009년도에 4건의 특허를 출원
- 미국의 출원현황은 1999년 이후에는 지속적으로 성장하며 최근까지도 활발한 출원이 진행되고 있으며, 외국인의 비중이 우위에 있는 것으로 보임
- 일본의 출원현황은 1999년부터 2004년까지 급격하게 출원하고 있는 추세로, 내국인 출원이 활발히 진행되고 있음. 최근에도 활발히 출원하고 있는 것으로 보아 일본 시장에 대한 관심도가 높은 것으로 보임
- 유럽의 경우는 약간의 증감이 있을 뿐, 미국과 같이 지속적인 출원 추세에 있음

[국가별 출원현황]



(3) 기술 집중도 분석

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

- 전체 구간(1999년~2020년)에서 수증기개질, 수증기개질반응, 탈수소축매 등 수소생산반응 관련 기술 키워드가 다수 도출되었으며, 수소생산을 위한 소재, 반응조건 등의 기술 키워드 다수 도출
- 최근구간에 대한 기술 키워드 분석 결과, 최근 1구간(2012년~2015년)에는 수소생산 관련 기술 키워드와 수소생산반응과 관련한 키워드가 꾸준히 도출되었으며, 2구간(2016년~2020년)에서는 1구간에서 주요 기술 키워드였던 수소제조반응 중 개질반응 관련 키워드가 꾸준히 도출된 것으로 나타나 수소생산을 위한 수증기 개질 기술 연구가 꾸준히 진행 되고 있는 것으로 분석됨

[특히 키워드 변화로 본 기술개발 동향 변화]



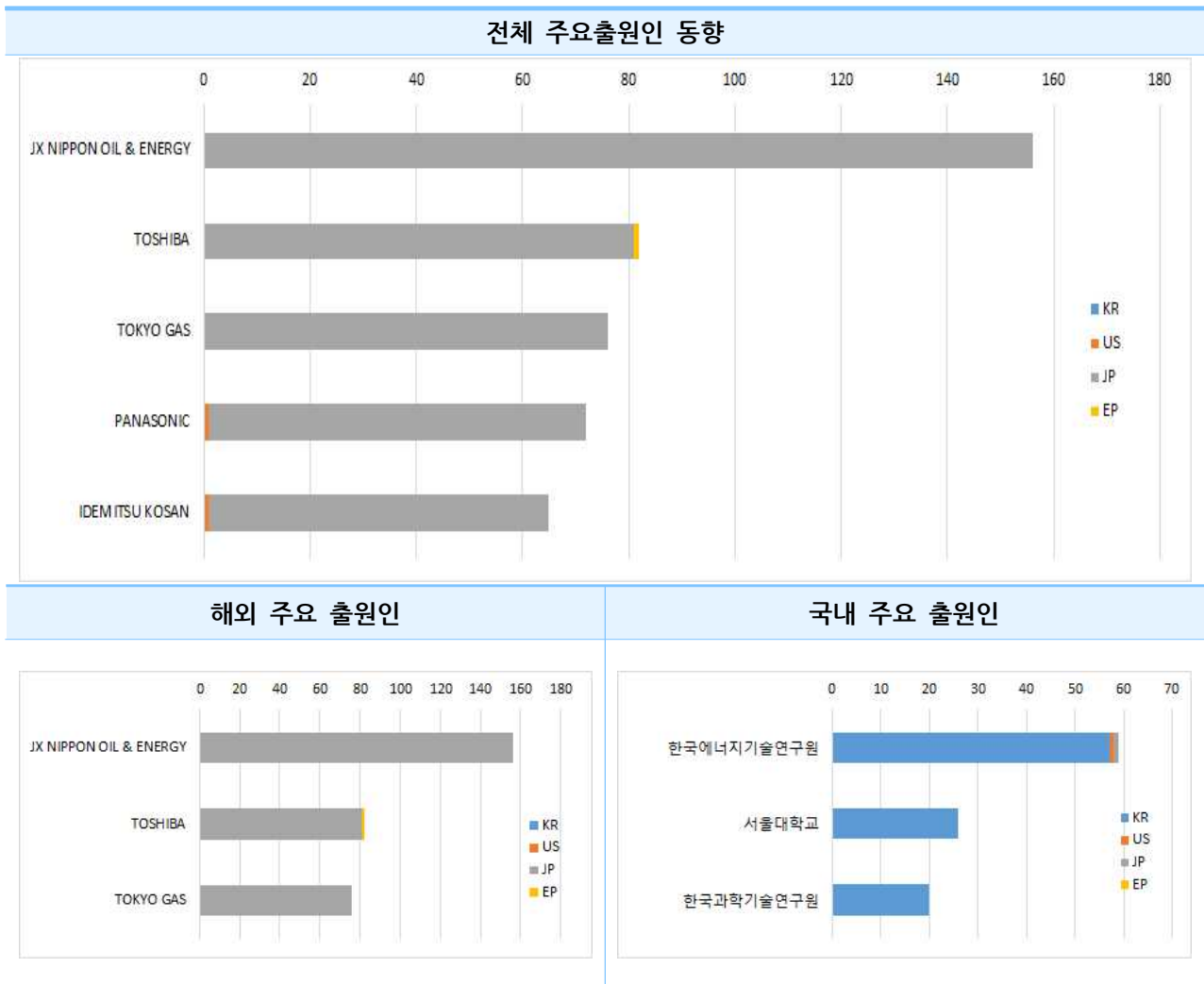
- 수소제조장치, 수소제조시스템, 개질가스, 수소가스, 수소 분리막, 수증기 개질반응, 개질축매, 수증기 개질, 수소제조, 일산화탄소, Producing Hydrogen, 수증기 개질축매, 수증기개질축매, 고순도 수소, 수소회수



나. 주요 출원인 분석

- 고효율 수소생산 시스템 전체 주요출원인을 살펴보면, 주로 일본 국적의 출원인이 다수 포함되어 있으며, 제1출원인은 일본의 JX NIPPON OIL & ENERGY가 나타남
 - 주요출원인은 자국인 일본 시장을 대상으로 특허 출원에 집중하고 있는 것으로 나타났으며, PANASONIC, IDEMITSU KOSAN 등의 기업은 미국 시장에 출원된 것으로 나타남
- 고효율 수소생산 시스템 관련 기술로 석유산업 기업과 천연가스 유틸리티, 전자기기 분야의 기업에 의한 출원이 대다수를 차지
 - 국내에서는 주로 공공 연구기관의 위주의 특허 출원이 주를 이루고 있음

[고효율 수소생산 시스템 주요출원인]



(1) 해외 주요출원인 주요 특허 분석

◎ JX NIPPON OIL & ENERGY

- JX NIPPON OIL & ENERGY는 2001년 이후부터 고효율 수소생산 시스템기술 특허를 출원하였으며, 주로 자국에 출원을 진행함
 - 수소제조를 위해 수소정제장치 및 방법, 이산화탄소 회수방법, 탈수소화 반응을 위한 촉매제조, 수증기 개질용 촉매와 관련된 기술 개발

[JX NIPPON OIL & ENERGY 주요특허 리스트]

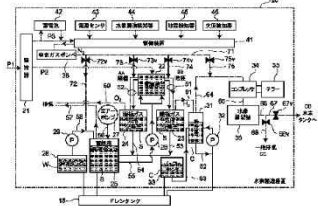
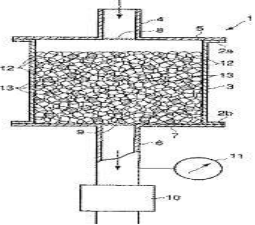
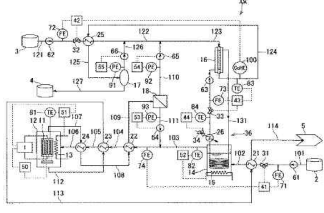
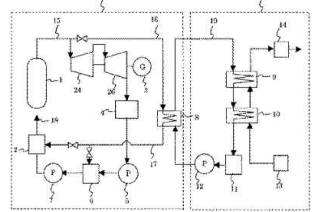
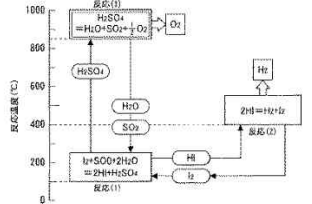
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
JP 5805586 B2(2012.06.19)	수소정제장치 및 수소 정제방법	적은 에너지의 소비량으로 높은 수소 회수율로 수소를 정제할 수 있는 수소 정제 장치 및 수소 정제 방법을 제공	
JP 5039426 (2007.05.07)	수소 제조 및 이산화탄소 회수방법	함탄소 연료로 수소를 제조함과 동시에 이산화탄소를 회수하는 수소 제조 및 이산화탄소 회수 방법	
JP 6297538 (2014.03.25)	나프텐계 탄화수소용 탈수소 촉매, 나프텐계 탄화수소용 탈수소 촉매 제조 방법, 수소 제조 시스템 및 수소 제조방법	탈수소 활성이 우수한 나프텐계 탄화수소용 탈수소 촉매를 제공	
JP 5554102 (2010.03.23)	수소 제조 장치 및 수소 제조 방법	유기 화합물의 탈수소화 반응을 이용하는 수소 제조에 있어서 용이하게 탈수소 촉매의 활성 저하를 억제할 수 있는 수소 제조 장치를 제공	
JP 5072841 (2007.06.11)	수증기 개질용 촉매, 수소 제조 장치 및 연료전지 시스템	수증기 개질용 촉매를 이용한 수소 제조 장치 및 상기 수소 제조 장치를 가지는 연료전지 시스템에 관한 것	

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

◎ TOSHIBA

- TOSHIBA는 2005년 이후에 주로 고효율 수소생산 시스템 관련 특허를 출원하고 있으며, 최근까지도 출원을 진행하고 있음
 - 에탄올로부터의 수소 제조를 위한 개질용 촉매, 고온 수증기 전해를 이용한 수소 제조 장치 및 방법에 관한 기술을 개발

[TOSHIBA 주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
JP 6165972 (2015.09.30)	수소 제조 장치 및 수소 제조 시스템	전력 공급이 정지해도 배관이 파열하지 않는 수소 제조 장치 및 수소 제조 시스템을 제공	
JP 4557849 (2005.09.14)	에탄올로부터의 수소 제조 방법	에탄올로부터의 수소 제조 방법 중 개질용 촉매와 리튬 복합 산화물을 포함한 이산화탄소 흡수제가 충전된 반응기를 사용	
JP 6346013 (2014.07.11)	고온 수증기 전해를 이용한 수소 제조 장치 및 방법	전해 셀에 공급되는 전력이 변동하는 경우에도, 높은 수소 제조 효율을 실현함과 동시에 안정적으로 운전 제어할 수 있는 수소 제조 기술을 제공	
JP 4810138 (2005.06.30)	수소 제조 장치	발전소의 증기 발생 설비에서 발생한 증기의 열을 이용하는 수소 제조 플랜트	
JP 4468092 (2004.06.30)	수소 제조 장치	반응 용기 안의 피촉정 유체의 경계면 위치나 유체의 성분 농도를 비접촉에서 정밀하게 측정할 수 있는 수소 제조 장치	

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

◎ TOKYO GAS

□ TOKYO GAS는 전체구간에서 수소제조시스템 관련한 특허를 출원하였으며, 이산화탄소 분리회수 장치, 수소 분리막 제조, 수소제조 장치 및 공정등과 관련된 기술을 출원함

- 수소 분리막을 구비한 수소 제조 장치, 수소 회수율을 높이는 수소 제조 장치를 개발

[TOKYO GAS 주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
JP 4130603 (2003.04.03)	수소 제조 시스템의 운전 방법	정지 상태, 기동 시작에서 정상 운전까지 시스템 내를 항상 환원 분위기로 함으로써 개질 촉매 및 CO변성 촉매의 열화를 억제해 장기간에 걸쳐 운전을 계속할 수 있는 수소 제조 시스템	
JP 4184037 (2002.10.29)	수소 제조 장치	수소 제조 장치에 비해 현격히 단순화하고 소형화할 수 있는 수소 제조 장치	
JP 5412232 (2009.10.20)	이산화탄소 분리 회수 장치를 수반하는 수소 분리형 수소 제조 시스템	수소 분리형 수소 제조 시스템에 있어서 탄화수소계 연료 유래의 이산화탄소를 효율적으로 회수	
JP 5548996 (2012.03.23)	수소 분리막 제조 방법	베이스 금속층과 피복 금속층 사이의 상호 확산이나 베이스 금속층의 합금 성분의 산화를 방지하기 위한 중간층이 저비용으로 형성된 수소 분리막과 이 수소 분리막을 구비한 수소 제조 장치	
JP 5592680 (2010.03.17)	수소 제조 장치	외막식 원통형 반응관을 포함한 수소 제조 장치의 내삼관과 개질 촉매 검 지지체 사이에 체류하는 오프 가스를 제거해, 수소 회수율을 높이는 수소 제조 장치	

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

(2) 국내 주요출원인 주요 특허 분석

◎ 한국에너지기술연구원

- 한국에너지기술연구원은 연료개질기용 구조체 촉매 설계, 수전해 기술 및 재생에너지 연계 기술, 광화학 수소제조 기술 등과 관련한 특허 다수 출원

[한국에너지기술연구원 주요특허 리스트]

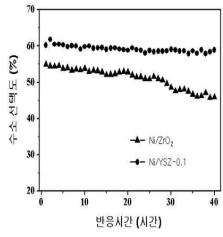
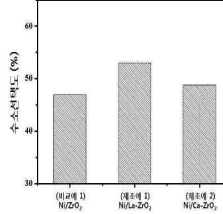
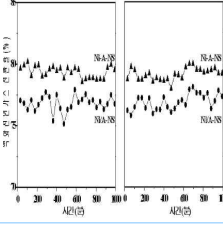
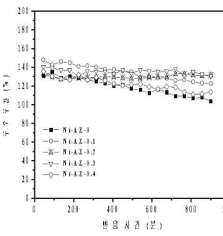
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR 10-1001873 (2008.10.29)	게르마늄 산화물을 이용한 열화학적 물분해 수소 제조방법	게르마늄 산화물을 이용하여 물을 분해하고 수소를 제조하는 방법에 관한 것	
KR 10-1336764 (2011.10.28)	반응분리 동시공정에 의한 수소제조모듈 및 이를 이용한 수소제조반응기	제1개질촉매, 수소 분리막과 마주하는 제2 개질촉매를 포함하는 단위셀, 상기 단위셀 다수를 적층하고 내압챔버에 장착하여 고압 운전이 가능한 수소제조 장치를 제공	
KR 10-1807112 (2015.09.01)	셀-앤-튜브형 천연가스 개질용 반응기 및 이를 이용한 합성가스 또는 수소가스의 제조방법	운전효율이 우수하고 반응과 고순도 수소생산 및 이산화탄소 포집이 가능한 셀-앤-튜브형 천연가스 개질용 반응기 및 합성가스 또는 수소가스의 제조방법	
KR 10-1365716 (2012.09.24)	동시기화법을 이용하는 수소 제조 공정용 금속-탄소 복합체 담지 촉매의 제조 방법 및 이에 의해 제조된 수소 제조 공정용 금속-탄소 복합체 담지 촉매	동시기화법에 의한 코어-셸 구조의 금속-탄소 복합체가 탄소로 코팅된 산화물 계열 지지체의 표면에 담지	
KR 10-1103594 (2009.08.07)	가스화 합성가스를 이용하는 다단 유동층 수성가스 반응장치 및 이를 이용한 수소생산방법	합성가스를 촉매 존재 하에 물과 반응시켜 수소를 생산하는 다단 유동층 수성가스 반응장치 및 이를 이용한 수소 생산 기술	

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

◎ 서울대학교

□ 서울대학교는 수소생산을 위한 전이금속 기반 물분해 촉매와 관련된 기술이 주로 출원됨

[서울대학교 주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR 10-0980590 (2009.03.10)	다공성 이트리아 안정화 지르코니아 담체에 담지된 니켈 촉매, 그 제조방법 및 상기 촉매를 이용한 에탄올의 자열개질반응에 의한 수소 제조방법	촉매를 에탄올 자열개질반응을 통한 수소제조 공정에 이용할 경우 담체의 구조적 및 열적 안정성과 표면적이 증가하게 되어 니켈촉매가 고분산되므로 수소 선택도가 증가	
KR 10-1091803 (2009.07.07)	금속산화물 안정화제를 포함한 다공성 지르코니아 담체에 담지된 니켈 촉매, 그 제조방법 및 상기 촉매를 이용한 에탄올의 자열개질반응에 의한 수소 제조방법	금속산화물 안정화제를 포함하는 다공성 지르코니아 담체에 담지된 니켈 촉매를 에탄올 자열개질반응에 적용하여 고농도의 수소가스를 지속적으로 제조	
KR 10-1040657 (2009.07.10)	중형기공성 니켈-알루미나 혼성촉매, 그 제조방법 및 상기 촉매를 이용한 액화천연가스의 수증기 개질반응에 의한 수소가스 제조방법	촉매를 이용하여 액화천연가스로부터 안정적으로 고농도의 수소가스를 제조하는 방법	
KR 10-1392996 (2012.09.03)	중형기공성 니켈-알루미나-지르코니아 제어로셀 촉매 및 상기 촉매를 이용한 에탄올의 수증기 개질 반응에 의한 수소가스 제조 방법	에탄올의 수증기 개질 반응을 통해 수소가스를 생산하기 위한 니켈-알루미나-지르코니아 촉매	

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

◎ 한국과학기술연구원

□ 한국과학기술연구원은 재생에너지 연계 수소생산(수전해), 화학적 수소저장 관련 기술 특허를 다수 출원

[한국과학기술연구원 주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR 10-0811116 (2006.11.14.)	마그네슘계 수소저장재료의 제조방법	마그네슘계 수소저장재료의 제조방법에 관한 것으로, 고에너지 볼밀링을 이용한 마그네슘계 수소저장재료의 제조방법	
KR 10-0766701 (2006.12.01)	광전셀을 이용한 물 분해 수소 생산 시스템	광에너지 조사에 의한 물 분해로부터 수소를 생산하는 광전기화학전지	
KR 10-1291601 (2011.08.09)	고체산을 이용한 물 분해 수소 제조 방법	내열 및 내압 재질로 이루어진 반응기 내부의 온도를 500 ~ 1500K로 유지시킨 상태에서 물이 흡착된 고체산을 연속적으로 반응기 내부로 투입하고, 고체산에 흡착된 물을 분해하여 수소를 생산	
KR 10-1199775 (2010.09.14)	DME 부분산화개질을 위한 마이크로 채널 반응기용 촉매 활성판, 이를 포함하는 마이크로 채널 반응기 및 이를 이용한 수소 제조방법	활성 촉매판, 이를 포함하는 마이크로 채널 반응기 및 이를 이용한 수소 제조방법	
KR 10-1260454 (2010.10.12)	디젤의 수증기 개질반응용 니켈계 하이드로탈사이트 촉매, 이의 제조방법 및 이를 이용한 디젤의 개질반응에 의한 수소의 제조방법	디젤 개질반응 시 탄소침적에 의한 촉매의 비활성화를 개선하고 탄소침적에 대한 내구성을 향상시키는 고성능 촉매	

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

다. 기술진입장벽 분석

(1) 기술 집중력 분석

- 고효율 수소생산 시스템 관련 기술에 대한 시장관점의 기술독점 현황분석을 위해 집중률 지수(CRn: Concentration Ratio n, 상위 n개사 특허점유율의 합) 분석 진행
 - 상위 4개 기업의 시장점유율이 0.52로 CR4 값이 0.4에서 0.6 사이로, 시장의 독과점 수준이 높을 것으로 해석됨
 - 국내 시장에서 중소기업의 점유율 분석결과 0.14로 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
	JX NIPPON OIL & ENERGY(일본)	156	21.2	0.21	1
	TOSHIBA(일본)	82	11.1	0.32	2
	TOKYO GAS(일본)	76	10.3	0.43	3
	PANASONIC(일본)	72	9.8	0.52	4
	IDEMITSU KOSAN(일본)	65	8.8	0.61	5
	mitsubishi heavy ind(일본)	63	8.5	0.70	6
	TOYOTA MOTOR(일본)	61	8.3	0.78	7
	한국에너지기술연구원(한국)	59	8.0	0.86	8
	OSAKA GAS(일본)	55	7.5	0.93	9
	NAT INST OF ADV IND & TECH(일본)	48	6.5	1.00	10
전체	2,793	100%	CR4=0.52		
국내시장 중소기업 집중력	출원인 구분	출원건수	특허점유율	CRn	n
	중소기업(개인)	49	14.1	0.14	
	대기업	79	22.7		
	연구소(대학)	220	63.2		
	전체	348	100%	CR중소기업=0.14	

(2) 특허소송 현황 분석

- 고효율 수소생산 시스템 관련 기술진입장벽에 대한 분석을 위해 특허소송을 이력 검토
 - 2011년 7월 OREGON 지방 법원에 원고 IDATECH와 ELEMENT ONE, DAVID EDLUND 간의 수소 발생장치에 대한 특허 침해소송이 진행되었으며, 2011년 11월 소취 하로 소송 종료됨

[고효율 수소생산 시스템 관련 특허소송 현황]

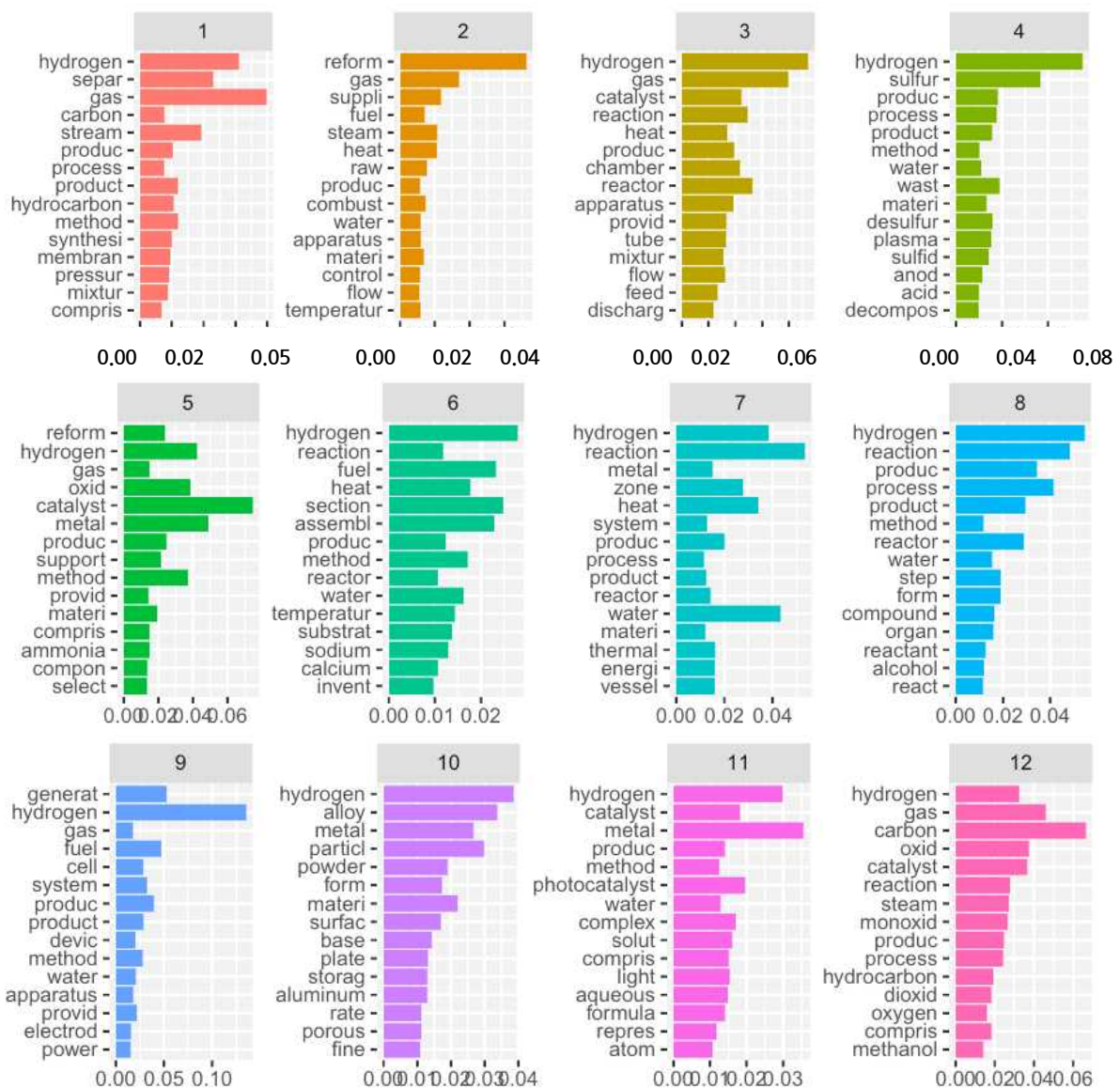
		명칭	출원인	원고 v. 피고
1	US 6221117 (2001.04.24.)	Steam reformer with internal hydrogen purification Hydrogen producing fuel processing system	IDATECH	IDATECH v. ELEMENT ONE, DAVID EDLUND
	US 5997594 (1999.12.07.)			
	대상제품명		소제기일	소송종료일
	US 5861137 (1999.01.19.)	Hydrogen generator or components for hydrogen generator products and fuel cell systems	2011.07.15	2011.11.18

5. 요소기술 도출

가. 특허 기반 토픽 도출

- 2,793건의 특허에 대하여 빈출단어 4,531개의 단어의 구성 성분끼리 유사한 것끼리 그룹핑을 시도하여 토픽을 도출
- 유사한 토픽을 묶어 클러스터 12개로 구성

[고효율 수소생산 시스템에 대한 토픽 클러스터링 결과]



나. LDA¹⁸⁾ 클러스터링 기반 요소기술 도출

[LDA 클러스터링 기반 요소기술 키워드 도출]

No.	상위 5개 키워드	대표적 관련 특허	요소기술 후보
클러스터 01	psa canist helium xerogel tungstat	<ul style="list-style-type: none"> Method and unit for the production of hydrogen from a hydrogen-rich feed gas Pressure swing adsorption process for the production of hydrogen Process for Producing Hydrogen with Various Levels of Purity by H2 PSA 	천연가스 개질을 통한 수소생산에서 발생된 수소를 고순도로 정제하기 위한 압력순환흡착(PSA) 기술
클러스터 02	particle fine particul cuo device	<ul style="list-style-type: none"> ON-START UP OPERATION METHOD FOR HYDROGEN-CONTAINING GAS PRODUCING APPARATUS HYDROGEN PRODUCING APPARATUS, ITS DRIVING METHOD, AND FUEL-CELL SYSTEM HYDROGEN-CONTAINING GAS PRODUCING APPARATUS 	수소함유 가스 생성 장치기동 운전방법 및 연료전지 시스템
클러스터 03	water metal hydrogen generat reactor	<ul style="list-style-type: none"> HYDROGEN PRODUCTION/STORAGE APPARATUS APPARATUS FOR PRODUCING GASEOUS HYDROGEN Method for producing hydrogen storage material and hydrogen storing and desorbing apparatus 	촉매 상에서 메탄가스를 분해시키는 수증기 개질 공정
클러스터 04	raw gas iron reform heat	<ul style="list-style-type: none"> Process For Stimulating Production Of Hydrogen From Petroleum In Subterranean Formations Process for the production of hydrogen from water Process for production of hydrogen from anaerobically decomposed organic materials 	Anaerobically 분해된 유기 재료, 석유함유 미생물로 등의 생물학적 기술을 이용한 물분해 수소제조
클러스터 05	mixtur alloy activ catalyst section	<ul style="list-style-type: none"> Catalyst for production of hydrogen AUTOTHERMAL REFORMING CATALYST AND METHOD FOR PRODUCING HYDROGEN OR SYNTHESIS GAS Carbon monoxide oxidation catalyst, and method for production of hydrogen-containing gas 	수소함유 기체의 생산을 위한 촉매(탄화수소 개질용 촉매 등) 제조를 위한 방법
클러스터 06	desulfur alloy scrub carbon atom	<ul style="list-style-type: none"> HYDROGEN GENERATOR WITH REPLACEABLE FUEL UNIT AND A METHOD OF PRODUCING HYDROGEN GAS Method of producing hydrogen-storing alloy and electrode making use of the alloy Method of producing hydrogen-storing alloy from a zirconium-tin starting material 	고용량 수소저장합금의 제조 방법 및 수소저장합금 중 수소 방출 장치

18) Latent Dirichlet Allocation

클러스터 07	atom cylindr crush oxid form	<ul style="list-style-type: none"> • REACTOR VESSELS WITH PRESSURE AND HEAT TRANSFER FEATURES FOR PRODUCING HYDROGEN-BASED FUELS AND STRUCTURAL ELEMENTS, AND ASSOCIATED SYSTEMS AND METHODS • Direct contact heat transfer in the thermolysis reactor of hydrogen production Cu-Cl cycle 	원자력 발전소와 결합된 열화학 Cu-Cl 사이클을 통한 수소생산
클러스터 08	flow rate tube process dehydrogen	<ul style="list-style-type: none"> • Hot solids gasifier with CO2 removal and hydrogen production • PRODUCTION OF HYDROGEN FROM NON-CYCLIC ORGANIC SUBSTANCES HAVING MULTIPLE ALCOHOL FUNCTIONALITY • Use of methanol in the production of hydrogen and fuel, processes and plants for the production of hydrogen and fuel 	열 또는 플라즈마를 이용한 메탄 직접분해 방법과 메탄과 이산화탄소의 반응을 이용하는 이산화탄소 개질반응
클러스터 09	sodium reaction channel zone cylind	<ul style="list-style-type: none"> • STAND-ALONE HYDROGEN PRODUCTION SYSTEM • HYDROGEN PRODUCTION APPARATUS AND HYDROGEN PRODUCTION PROCESS • Hydrogen production device and method for producing hydrogen 	독립형 수소제조 시스템
클러스터 10	tower separ anod alloy catalyst	<ul style="list-style-type: none"> • A method and apparatus for producing a hydrogen absorption alloy • PRODUCTION OF HYDROGEN OCCLUDING MOLDED ARTICLE • Production method of hydrogen production filter 	수소 흡장합금 제조 방법
클러스터 11	compris level mill combust step	<ul style="list-style-type: none"> • CATALYST AND PROCESS FOR THE PRODUCTION OF HYDROGEN FROM AMMONIA BORANES • MANUFACTURING METHOD OF CdS PHOTOCATALYST FOR HYDROGEN PRODUCTION • PROCESS FRO THE PRODUCTION OF HYDROGEN 	AMMONIA BORANES, CdS 광촉매제, ZnS광촉매 등 물분해 광촉매에 의한 수소제조
클러스터 12	liquid product gaseous control fuel	<ul style="list-style-type: none"> • Process for the production of hydrogen and the co-production of carbon dioxide • PROCESS FOR THE PRODUCTION OF HYDROGEN • PROCESS FOR PRODUCING HYDROGEN INCLUDING A WATER GAS SHIFT REACTION 	수용액에서 수소를 생성하는 산화물, 황화물 광촉매 개발기술

다. 특허 분류체계 기반 요소기술 도출

- 신재생에너지 고효율 수소생산 시스템 전략제품 유효특허의 메인IPC 분석을 통해 고용량 수소저장합금의 제조 방법 및 수소저장합금 중 수소 방출 장치와 막 구조물을 사용하여 수소 기체를 분리장치에 대한 요소기술 후보 도출

[IPC 분류체계에 기반 한 요소기술 도출]

IPC 기술트리		
(서브클래스) 내용	(메인그룹) 내용	요소기술 후보
(C01B) 비금속 원소; 그 화합물 (이산화탄소를 제외한 무기화합물 또는 요소의 준비를 위한 효소사용 또는 발효 과정)	(C01B-003/00) 수소; 수소화물; 물; 탄화수소에서의 합성가스	바이오가스를 이용하는 고순도 수소 생산 장치 및 방법
	(C01B-006/00) 금속의 수소화물; 모노보란 또는 디보란; 그 부가 착화합물[2]	수소화 반응 시 저온조건에서 안정적인 고순도의 금속수소화물 제조
(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	전기분해장치로부터 생산된 고압의 산소가스를 탄화수소연료의 플라즈마 부분산화공정 및 수소가스분리공정에 공급하여 수소가스를 생산하는 장치
(C25B) 화합물 또는 비금속의 제조를 위한 전기분해 또는 전기영동 방법; 그것을 위한 장치	(C25B-001/00) 수소 또는 산소	전기화학적 탈수소화 반응기를 이용하여 수소를 제조하는 방법
	(C25B-009/00) 탱크 또는 탱크의 조립체; 탱크의 구조부분; 구조부분의 조립체 예를들면 전극-격막 조립체	전기 분해에 의해 수소를 발생시키는 수소 발생 장치
(B01J) 화학적 또는 물리적 방법, 예. 촉매 또는 콜로이드 화학; 그들의 관련 장치	(B01J-023/00) 그룹 B01J-021/00에 분류될 수 없는 금속 또는 금속산화물 또는 금속수산화물로 된 촉매	물의 전기분해 반응을 촉진하는 수소 발생용 촉매 수소 발생 반응에 필요한 귀금속 촉매를 대체할 경제적이고 효율적 촉매
	(B01J-035/00) 형태 또는 물리적 성질에 특징이 있는 촉매 일반	-
	(B01J-019/00) 화학적, 물리적 또는 물리화학적 프로세스 일반; 그것들에 관련한 장치	-
(B01D) 분리(습식법에 의한 고체와 고체의 분리)	(B01D-071/00) 재료에 의해 특징지어지는 분리공정 또는 장치를 위한 반투막; 이를 위해 특별히 적합한 생산공정	막 구조물을 사용하여 수소 기체를 분리하는 기술
	(B01D-053/00) 가스 또는 증기의 분리; 기체로부터 휘발성 용제증기의 회수; 폐가스, 예를 들어 엔진배기가스, 매연, 연기굴뚝연기 등의 화학적 또는 생물학적 정화; 또는 에어로졸(응축에 의한 휘발성 용제의 회수	-
(B22F) 금속 분말의 가공; 금속분말로부터 물품의 제조; 금속분말의 제조	(B22F-001/00) 금속분말의 특수처리, 예. 가공을 촉진하기 위한 것, 특성을 개선하기 위한 것; 금속분말 그 자체, 예. 상이한 조성의 입자의 혼합	박막의 금속 치밀막을 형성하여 얻어진 수소분리막 제조방법
	(B22F-009) 금속분말 또는 그 현탁액의 제조; 특별히 그에 적용되는 장치 또는 장비	-
(H01M) 화학에너지를 전기에너지로 직접 변환하기 위한 방법	(H01M-004/00) 전극	-

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

[고효율 수소생산 시스템 분야 요소기술 도출]

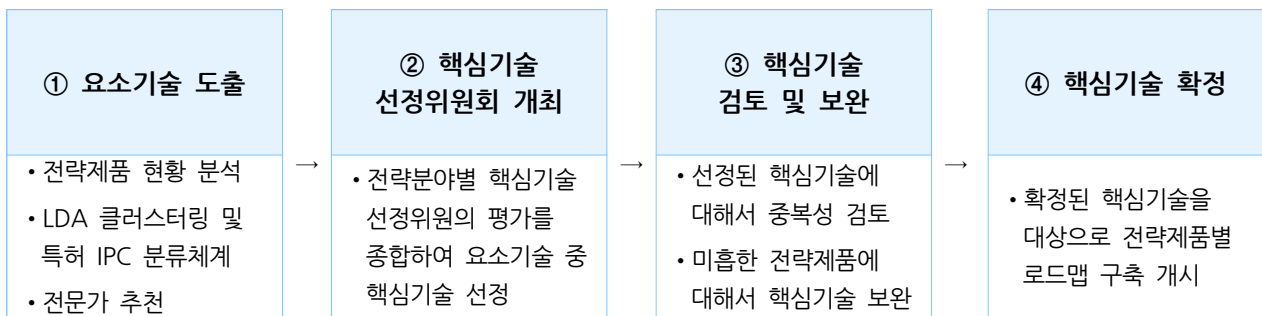
분류	요소기술	출처
장치	고용량 수소저장합금의 제조 방법 및 수소저장합금 중 수소 방출 장치	특허 클러스터링, IPC 기술체계, 전문가추천
	전기 분해에 의해 수소를 발생시키는 수소 발생 장치	특허 클러스터링, 전문가추천
	전기분해장치로부터 생산된 고압의 산소가스를 탄화수소연료의 플라즈마 부분산화공정 및 수소가스분리공정에 공급하여 수소가스를 생산하는 장치	특허 클러스터링, 전문가추천
	막 구조물을 사용하여 수소 기체를 분리장치	특허 클러스터링, IPC 기술체계
	SMR(Steam Methane Reforming) 방법을 이용한 추출수소 생산방식	특허 클러스터링, 전문가추천
공정	열 또는 플라즈마를 이용한 메탄 직접분해 방법과 메탄과 이산화탄소의 반응을 이용하는 이산화탄소 개질반응	특허 클러스터링, 전문가추천
	원자력 발전소와 결합된 열화학 Cu-Cl 사이클을 통한 수소생산	특허 클러스터링
	Local Cell 타입 알루미늄 수전해 기술	특허 클러스터링, 전문가추천
	촉매 상에서 메탄가스를 분해시키는 수증기 개질 공정	특허 클러스터링
	추출수소 생산을 위한 추출기의 공정최적화 및 안정성 기술	특허 클러스터링
소재	물의 전기분해 반응을 촉진하는 수소 발생용 촉매	특허 클러스터링
	수소 함유 기체의 생산을 위한 촉매(탄화수소 개질용 촉매 등) 제조를 위한 방법	특허 클러스터링, 전문가추천
	수용액에서 수소를 생성하는 산화물, 황화물 광촉매 개발기술	특허 클러스터링
	수소 발생 반응에 필요한 귀금속 촉매를 대체할 경제적이고 효율적 촉매제조기술	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

[고효율 수소생산 시스템 분야 핵심기술]

분류	핵심기술	개요
장치	고용량 수소저장합금의 제조 방법 및 수소저장합금 중 수소 방출 장치	<ul style="list-style-type: none"> • 수소저장합금은 가역적으로 수소와 반응해 금속수소화물을 실온에서 발열반응으로 수소를 흡수하고 가열 및 감압하면 수소를 방출하는 금속으로 수소친화력을 갖는 금속원소와 전이금속의 조합으로 다양한 종류가 존재 • 수소원자밀도는 90kg-H₂/m³(액화수소 70.8kg-H₂/m³)이며, 향후 정비용 에너지 저장장치에 적합. 현재 수소저장합금은 10bar상태로 저장되어 있어 비교적 저온이나 상압에서 수소를 방출하기 때문에 활용 분야에 따라 수소 방출 속도 및 양을 조절할 수 있는 기술이 필요함
	전기 분해에 의해 수소를 발생시키는 수소 발생 장치*	<ul style="list-style-type: none"> • 전기분해에 의한 수소발생은 전통적인 Alkaline 수전해와 PEMEC, SOEC로 나뉘며, 시스템은 크게 전극(음, 양), 전해질 및 M-BOP, E-BOP로 나뉨. 각각의 소재 및 부품에 대한 내구성 향상, 고효율, 시스템 최적화 등의 기술이 필요하며, 특히 재생에너지 잉여전력을 활용한 수전해 기술이 매우 필요함

	<p>열 또는 플라즈마를 이용한 메탄 직접분해 방법과 메탄과 이산화탄소의 반응을 이용하는 이산화탄소 개질반응</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 메탄을 수증기 개질 공정 대신에 촉매를 사용하여 열이나 플라즈마로 직접 분해하는 방법은 원소 형태의 탄소와 고순도 수소를 획득하는 방법 • 본 공정에는 금속계 또는 탄소계 촉매가 사용되며 장기 안전성에 대한 기술개발이 필요하며 열원의 종류, 반응기 형태, 운전조건, 촉매의 종류 및 제조법, 비활성화, 재생 등의 기술 개발이 필요 • 플라즈마를 이용한 이산화탄소와 메탄의 혼합기체의 건식개질은 포집된 이산화탄소의 활용처 중의 하나이고 음식폐기물 처리장에 적용할 경우 이산화탄소와 바이오메탄이 같이 발생하기 때문에 외부로부터 원료의 공급 없이 수소를 생산할 수 있으며, 기존의 요소기술들을 최적화하는 시스템 기술 개발이 필요
<p>공정</p>	<p>원자력 발전소와 결합된 열화학 Cu-Cl 사이클을 통한 수소생산</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 열화학사이클을 이용한 수소의 생산은 고온 열분해에 비해 상대적으로 낮은 온도에서 폐사이클이 되도록 단계적으로 반응을 시켜 수소를 생산하는 방법 • 개별공정(열화학공정, 전기화학적 공정) 및 반응기 개발, 전극 및 멤브레인 소재개발, 안전성 및 신뢰성, 경제성분석, 원자력발전소와의 연계 엔지니어링 기술개발이 필요함
	<p>Local Cell 타입 알루미늄 수전해 기술*</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 알루미늄을 수산화나트륨 용액과 반응시키면 알루미늄 표면에 미세한 전기화학적 셀(local cell)이 형성되고 그 셀의 기전력으로 알루미늄의 산화반응과 수소 이온의 환원반응이 일어나 수소를 생산하는 일종의 수전해 기술임 • 물을 제외한 반응물과 생성물 모두를 재사용 및 재활용할 수 있는 친환경 기술이며, 시스템 자체가 단순하고 산소발생이 없기 때문에 매우 안전한 기술임 • 낮은 반응효율, 슬래그 형성 방지 등의 기술과 알루미늄 원료화 기술, 전체 시스템 최적화기술, 반응물 재사용 기술 등이 필요
<p>소재</p>	<p>물의 전기분해 반응을 촉진하는 수소 발생용 촉매*</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 저온 수전해조는 PEMWE(Polymer Electrolyte Membrane Water Electrolyzer)와 AWE(Alkaline Water Electrolyzer)로 분류. PEMWE는 산성분위기의 높은 전위로 부식성이 매우 크기 때문에 귀금속(Pt, Ir, Ru)이 사용되며 이의 대체물질이 필요함 • 두 전해조의 상용화에 공통적으로 필요한 기술은 양극의 산소발생 과전압을 낮추는 기술이며 이를 위해 귀금속 사용량을 줄이는 기술과 다른 전이금속 산화물을 기반으로 한 촉매 개발이 필요. 니켈, 코발트, 페롭스카이트 산화물 등이 높은 활성과 안정성을 갖지만 알카라인 전해조에서는 높은 수소과전압을 해결할 수 있는 기술이 필요함

* 표시는 생태계 취약 기술을 의미

다. 중소기업 기술개발 전략

- 국내 중소제조업의 수소생산을 위한 로드맵 수정과 마스터플랜의 재정립
- 독점성이 높은 수소생산 부품 및 관련 소재에 대한 중소기업 국산화 추진
- 고효율·대용량 수전해 시스템 제조방식을 궁극적 목표로 기술개발 및 재생에너지원과 연계실증 추진
- 중소기업에서는 수소인프라에 대한 대규모 투자가 쉽지 않으므로, 대·중소기업간 공정한 협력·경쟁관계 조성하고, 지방중소기업의 산·학·연 협력관계를 적극적으로 촉진 요구

라. 기술개발 로드맵

(1) 중기 기술개발 로드맵

[고효율 수소생산 시스템 기술개발 로드맵]

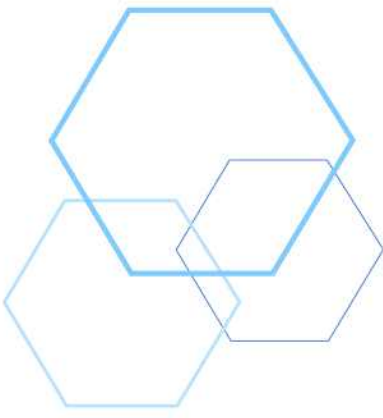
고효율 수소생산 시스템	화석연료 수준의 가격경쟁력 확보 및 수소 수요 증가에 대비한 수소생산			
	2021년	2022년	2023년	최종 목표
고용량 수소저장합금의 제조 방법 및 수소저장합금 중 수소 방출 장치				수소저장합금 삽입 저장용기 개발 및 수소주입/방출최적 공정 개발
전기 분해에 의해 수소를 발생시키는 수소 발생 장치				수전해 수소생산시스템의 BOP 국산화 및 최적화
열 또는 플라즈마를 이용한 메탄 직접분해 방법과 메탄과 이산화탄소의 반응을 이용하는 이산화탄소 개질반응				장기 안전성이 인증된 메탄 직접분해 시스템 최적화 기술 개발
원자력 발전소와 결합된 열화학 Cu-Cl 사이클을 통한 수소생산				CO ₂ + 메탄 혼합기체 제조 및 전주기 최적화시스템 개발
Local Cell 타입 알루미늄 수전해 기술				폐열 및 오프피크 전력을 활용한 최적화된 열화학 수소생산플랜트 제작
물의 전기분해 반응을 촉진하는 수소 발생용 촉매				월 300톤 규모의 최적화된 AI 수소생산시스템 개발

(2) 기술개발 목표

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

[고효율 수소생산 시스템 분야 핵심요소기술 연구목표]

분류	핵심기술	기술요구사항	연차별 개발목표			최종목표	연계 R&D 유형
			1차년도	2차년도	3차년도		
장치	고용량 수소저장합금의 제조 방법 및 수소저장합금 중 수소 방출 장치	수소저장합금 제조 및 수소흡착 및 방출 공정 조건	수소저장용기 제작 및 수소저장합금 삽입	수소 흡착 및 탈착 공정 개발	수소저장합금이 삽입된 저장 용기의 상용화	수소저장합금 삽입 저장용기 개발 및 수소주입/방출최적공정	기술혁신
	전기 분해에 의해 수소를 발생시키는 수소 발생 장치	수전해 수소 생산 시스템 BOP 국산화	E-BOP 및 M-BOP 개발	BOP 성능 및 신뢰성 평가	수전해 수소생산 시스템 적용 및 최적화	수전해수소 생산시스템의 BOP 국산화 및 최적화	상용화
공정	열 또는 플라즈마를 이용한 메탄 직접분해 방법과 메탄과 이산화탄소의 반응을 이용하는 이산화탄소 개질반응	촉매를 이용한 메탄 직접분해기술	촉매 및 반응기 개발	시스템의 장기안전성 기술 개발	운전조건 최적화 및 촉매 재생 기술 개발	장기 안전성이 입증된 메탄 직접분해 시스템 최적화 기술 개발	상용화
	원자력 발전소와 결합된 열화학 Cu-Cl 사이클을 통한 수소생산	CO ₂ + 메탄 혼합기체의 건식개질 기술	혼합가스 형성 및 반응기 개발	혼합가스의 수소와 일산화탄소 전환 공정기술	생산된 수소와 CO의 분리, 정제 및 저장기술	CO ₂ + 메탄혼합 기체 제조 및 전주기 최적화시스템	기술혁신
	Local Cell 타입 알루미늄 수전해 기술	원자력발전소와 연계된 열화학 Cu-Cl 사이클 공정 기술	수소생산을 위한 열화학적 공정 및 전기화학적 공정 개발	안정성 및 신뢰성 평가	원자력발전소와 수소 플랜트 연계 기술	폐열 및 오프피크 전력을 활용한 최적화된 열화학 수소생산플랜트 제작	상용화
소재	물의 전기분해 반응을 촉진하는 수소 발생용 촉매	슬래그 형성 억제 기술	알루미늄펠렛 제조 및 반응기 제작	수소 분리, 건조 및 정제 공정 기술 개발	반응물의 재사용 및 공정 최적화 기술 개발	월 300톤 규모의 최적화된 시 수소생산시스템 개발	창업성장
		낮은 수소 및 산소 발생 과전압과 내구성을 갖춘 낮은 귀금속 함량의 촉매 제조 기술	촉매 재료 설계	기계적 특성 및 전기화학적 특성 평가	촉매 제조 양산화 기술 개발	고효율 수소발생특성을 가진 귀금속 저함유 및 저가의 비귀금속계 촉매 개발	기술혁신



전략제품 현황분석

수소충전용 장비 및 부품



수소충전용 장비 및 부품

정의 및 범위

- 수소충전인프라는 외부에서 수소차에 수소를 공급하는 인프라를 의미하며, 그 중심에는 수소충전소(Hydrogen Refueling Station, HRS)가 존재함. 수소충전소는 수소의 생산 및 공급방식과 이동성 여부 등에 따라 여러 가지 형태로 분류됨
- 수소충전소는 기본적으로 수소를 저장하는 수소저장 용기, 수소의 압력을 높이기 위한 압축기, 수소를 차에 충전하는 디스펜서와 각 장치들을 연결하는 배관·밸브 및 센서 등이 있는 운전장치로 구성됨

전략 제품 관련 동향

시장 현황 및 전망	제품 산업 특징
<ul style="list-style-type: none"> • (세계) 해외 수소 충전용 장비 및 부품 세계 시장 규모는 향후 2024년 약 802억 달러로 전망 • (국내) 2024년 약 1,120억 원 규모로 연평균 성장률 6.0%로 성장할 것으로 전망 	<ul style="list-style-type: none"> • 수소차 보급 확대 및 수소 인프라 구축을 강화하는 등 수소충전 장비 및 부품이 요구 • 수소자동차, 수소충전소, 수소 산업은 직간접적으로 수소와 관련된 기간산업으로 미래 산업이 직결
정책 동향	기술 동향
<ul style="list-style-type: none"> • 정부는 융복합·패키지형 수소충전소를 확대하여 입지 및 구축비용에 대한 부담을 완화 • 수소충전소의 장기적인 구축비용 절감을 위해서 핵심부품 국산화를 적극적으로 추진 중 	<ul style="list-style-type: none"> • 수소충전소의 압축, 저장, 충전 상태를 실시간으로 모니터링기술 • 수소가스 압축 기술 및 액화수소기술, 수소 충전용 장비/자재 개발(피팅류, 밸브류, 펌프류, 파이프 등), 액체수소 저장탱크 개발 관련 기술
핵심 플레이어*	핵심기술
<ul style="list-style-type: none"> • (해외) Linde, HONDA MOTOR, NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL, HITACHI, Air Liquide • (대기업) 현대자동차, 엘지전자, 효성, 코오롱인더스트리 • (중소기업) 광신기계, 이엠솔루션, 에코바이오홀딩스, 우드사이드, 벨코리아, 범한산업, 덕양, SPG케미칼, 제이엔케이히터 	<ul style="list-style-type: none"> • 수소충전 모니터링 및 운용방법 • 수소충전용 호스 • 수소공급스테이션* • 수소고압펌프 • 수소충전용 요소부품*

*생태계 취약 전략제품

중소기업 기술개발 전략

- 고압기체 수소에 대한 고압 저장 및 운송의 효율성을 확대할 수 있는 기술개발
- 수소충전용 부품에 대한 압력기준 등과 같은 제품개발 규제를 완화하여 효율성 제고 추진
- 액화 플랜트 및 액화탱크, 펌프, 밸브 등 국산화 기술 개발 지원
- 중소기업의 수소충전 기술개발을 추진하는 대학, 연구소 등과 금융, 마케팅, 법률, 컨설팅 등의 전문 서비스 기업지원체계를 연계하여 기술개발 추진

생태계 강화방안

- 수소산업 활성화를 위해 수소자동차 정책은 수소소비 시장 촉진에 중점을 두고 있으나, 수소충전 인프라 없이는 수소차 확산은 어려우므로, 정부의 적극적인 지원 하에 수소인프라 구축이 요구됨
- 수소차 보급 확대 및 전체 수소산업 발전을 위해 수소충전소 전후방 산업의 활성화는 주요 개발요소로써, 수소충전부품의 소재부품 분야에 생태계 강화노력이 요구됨
- 수소충전소의 보급의 경우 충전소 입지, 안전, 저장·운송 및 운영 등에 관한 규제개선 필요

1. 개요

가. 정의 및 필요성

(1) 정의

- 수소 충전인프라는 외부에서 수소차에 수소를 공급하는 인프라를 의미하며, 그 중심에는 수소충전소(Hydrogen Refueling Station, HRS)가 존재함
 - 수소충전소는 보통 수소 공급 장치, 압축장치(Compressor), 수소저장장치(탱크), 예냉장치 (Pre-cooler), 충전기(Dispenser) 및 충전소 운전장치(Priority panel)로 구성됨
- 수소충전소는 수소의 생산 및 수급방식과 이동성 여부 등에 따라 여러 가지 형태로 구분됨
수소충전은 수소공급방식에 따라, Off-site(중앙공급방식)와 On-site(현지공급방식)으로 구분됨
 - Off-site는 일정지역에서 수소를 대량생산하여 수소충전소까지 파이프라인 또는 튜브 트레일러로 이송하는 방식임. 대량 생산으로 수소 생산비용이 저렴하며 초기 설치비용이 비교적 낮으나, 수소 이송비용이 추가적으로 발생됨
 - On-site는 수소충전소에서 Compressed natural gas(CNG), Liquefied petroleum gas(LPG) 등을 개질하거나 또는 수전해하여 수소를 생산하는 방식임. 수소생산지와 충전소 간 원거리인 경우 이송비용 절약이 가능하나, 수소 생산 장치가 필요하므로 초기 설치비용이 높음
 - 우리나라의 경우, 부생수소의 외부수급을 활용한 ‘고정형 충전소’를 중심으로 수소충전소의 보급 및 확대가 추진되고 있음

[수소충전소의 종류 및 충전방식]

분류	원료수소 생산방식	충전방식	비고	
고정형 충전소	직접생산 (On-site)	수증기개질	CGH2	• 천연가스/메탄/메탄올/LPG 등
		물전기분해	CGH2	• 풍력/태양력/일반전력 등
	외부수급 (Off-site)	액체수소수급	LH2	• 액체수소 직접 충전
			LCGH2	• 압축기체수소로 변환 후 충전
		기체수소수급	CGH2	• 실린더로 수급
			CGH2	• 트레일러로 수급
이동형 충전소	직접생산	수증기개질	LH2	• 액체수소 직접 충전
		액체수소수급	LCGH2	• 압축기체수소로 변환 후 충전
	외부수급	기체수소수급	CGH2	• 실린더로 수급
			CGH2	• 실린더로 수급

* 출처 : 산업연구원, 신에너지 시대를 여는 수소산업의 성장가능성과 발전과제 (2016.08)

[신재생에너지에서 수소충전용 장비 및 부품]



* 출처 : 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」에 정의된 신재생에너지 분류를 기반으로 재작성

- Off-site와 On-site 방식은 수소 충전소에 수소를 공급하는 방법이 다르고, Fuel cell vehicle(FCV)에 수소를 충전하기까지는 공통적임
 - 35MPa FCV의 경우 수소를 압축기로 승압하여 축압기에 저장하고, 축압기와 FCV 수소탱크의 압력차이로 수소를 충전하는 차압 충전 방식이 일반적임
 - 70MPa FCV로의 수소충전은 고액의 80MPa급 축압기가 필요하기 때문에, 압축기로 수소를 직접 충전하는 직접 충전방식이 검토되고 있음
 - 70MPa 충전에서는 수소를 안전하고 효율적으로 충전하기 위해 -40°C정도까지 냉각하는 프리쿨, 국내표준에 의거한 제어순서로 충전하는 충전 프로토콜, 충전 시 충전 노즐을 통해 적외선 통신으로 FCV 탱크의 온도, 압력 등의 정보를 수소 충전소로 보내는 통신 충전 등의 장치와 기술이 요구됨
- 생산된 수소를 수소전기차, 수소연료전지 연료로 공급하기 위해서는 운송과 저장, 충전소를 통한 공급이 필요함. 수소충전소는 기본적으로 수소를 저장하는 수소저장 용기, 수소의 압력을 높이기 위한 압축기, 수소를 차에 충전하는 디스펜서로 구성됨
 - 수소저장 용기는 400기압으로 수소를 저장하며, 공급되는 수소의 압력이 낮을 경우에는 압축기를 사용하여 압력을 높임
 - 수소 디스펜서는 수소를 연료로 하는 연료전지의 자동차의 수소저장용기에 수소가스를 공급하는 것으로, 수소가스 주체의 개질 가스를 수고공급라인을 통하여 외부의 차량에 공급됨. 디스펜싱 시스템에서 차량의 수소저장용기에 충전 시 용기 내 온도편차에 따라 용기 안정성 및 충전효율의 감소 등의 문제가 발생할 수 있음
 - 저장탱크와 연료전지를 연결하는 수소공급라인에는 유량조절밸브, 솔레노이드밸브, 유량조절기가 설치됨

- 수소충전소는 설치 형태에 따라 독립형, 복합형, 융합형으로 나눌 수 있음. 기존의 주유소나 LPG/CNG 충전소에 수소충전소를 추가로 설치하는 것을 융복합 수소충전소라고 하며, 기존의 부지에 물리적으로 수소충전소를 함께 건설한 것을 복합충전소임
 - CNG 충전소 결합형은 기존 CNG 충전소에서 천연가스를 이용하여 수소 및 HCNG를 생산하여 판매하고 있으며 CNG 충전소와 수소 충전소를 결합한 모델임
 - CNG 충전소 결합형은 수소 충전설비 구축비용을 낮출 수 있어, 초기 사업 모델로써 수소충전소를 활용 가능함. 최근 HCNG의 활용도가 높아지고 있는 독일과 미국을 중심으로, 노르웨이, 스웨덴, 프랑스 등 전 세계 16개 지역에서 실증사업이 진행 중에 있음
 - 이동형 수소 탱크를 기존의 주유소 여유 부지에 설치하는 방식인 주유소 활용형은 이동형 수소탱크의 유연한 선택 배치가 자유롭고, 초기 투자비 및 운영비의 절감, 여유부지의 임대 수입 등에 장점이 있음
 - 국내에서는 On-site 방식으로 매립가스로부터 추출 방식을 통해 수소를 생산하고 최근 건설되는 경우 복합(LPG 충전소, CONG 충전소, 주유소 등과 복합)인 경우가 대다수임. 초기 건설된 충전소의 경우 350bar로 충전하지만, 최근에는 700bar로 충전함

[수소충전소 장치 구성의 개념도]



* 출처 : 월간수소경제, 복합충전소, 수소충전소 보급 확산에 날개 달아주나 (2018.10)

- 수소충전소는 구성 방식에 따라 일반 수소충전소(모든 장치가 방호된 건물이나 캐노피 아래에 설비), 패키지형 수소충전소(수소 카트리지를 제외한 모든 장치가 컨테이너 안에 수납), 대형 트럭 등에 모든 장치가 설치되어 있는 이동형 수소충전소로 분류할 수 있음

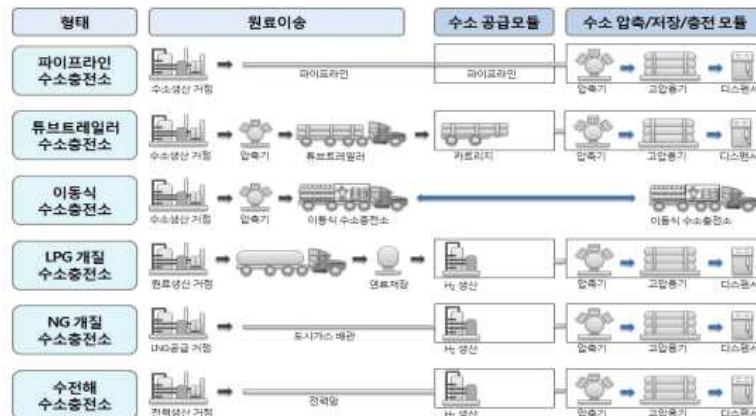
[수소충전소 분류]

분류	상세 내용
off-site 수소충전소	<ul style="list-style-type: none"> • 수소 공급원으로부터의 이송거리가 짧을 경우에 적합. 통상적으로 300 Nm³/h급의 off-site 수소충전소 1기 건설에는 부지비용을 제외하고 30억 원 정도가 소요
개질형 on-site 수소충전소	<ul style="list-style-type: none"> • 천연가스 또는 LPG 개질을 통해 수소를 자체에서 생산하는 방식으로, 수소 공급원으로부터의 이송거리가 장거리일 경우 선호됨 • 수소개질 및 정제설비가 추가되므로 300 Nm³/h급을 1기 건설하는데 약 50억 원이 소요
수전해형 on-site 수소충전소	<ul style="list-style-type: none"> • 친환경 수소생산 방식으로써, 산화탄소 배출이 없고, 전력만 공급가능하면 운영이 가능한 장점이 있으나, 전력비용의 부담이 큼

□ 수소공급방식은 중앙공급방식과 분산공급방식으로 분류할 수 있음

- 중앙공급방식은 수소 대량생산지역에서 수소충전소까지 파이프라인 또는 트레일러(고압, 액화)로 이송하여 사용하는 형태임
- 분산공급방식은 수소충전소에서 CNG, LPG 개질 또는 물을 수전해하여 수소를 생산 하여 사용하는 형태임

[다양한 형태의 수소연료 공급]



* 출처 : 가스안전연구원 미래연구실, 수소산업 안전관리 정책 연구 (2017)

(2) 필요성

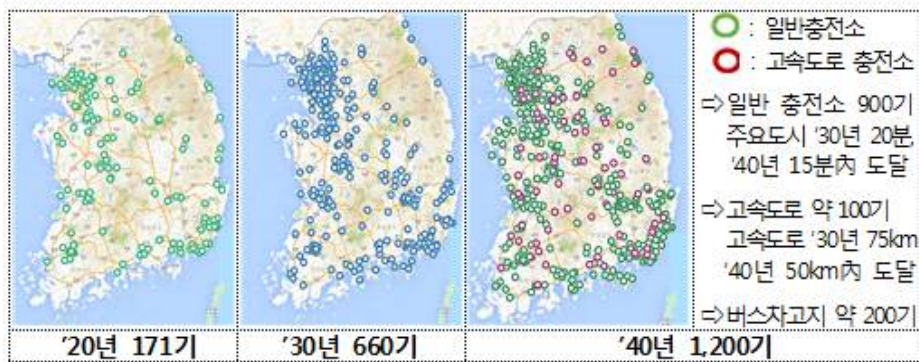
□ 정부가 ‘수소경제’를 혁신성장 전략투자 분야 중 하나로 선정하면서, 그 실행방안으로 ‘수소전기차’를 내세우며 최근에 수소충전소 구축도 적극적으로 추진 중에 있음

- 정부는 2015년 말에 관계부처 합동(산자부, 환경부, 국토부, 기재부, 행자부)으로 발표한 “제3차 환경친화적자동차 개발 및 보급 기본계획”에서 처음으로 수소전기차 및 수소충전소 보급을 위한 로드맵을 제시하였음
- 수소 충전소를 2022년 301개소, 2040년 1,200개소까지 확대하는 것으로 발표하였으며, 2019년 말까지는 지역별 수소전기차 및 충전소 보급계획을 고려하여 누적 86기(2018년 기구축 14기+2018년 이월 29기+2019년 신규 43기)의 수소 충전소를 구축 중에 있음
- 국토부는 도로변 휴게소를 기반으로 2022년까지 60기를 구축하고자 하고 있으며, 현대자동차와 도로공사 등이 협력하여 2018년에는 주요 거점지를 중심으로 8곳의 휴게소에 수소충전소를 건설할 예정임

□ 2020년부터 정부의 예산사업으로 수소전기버스 충전소 실증사업과 수소전기트럭 개조 및 전기동력 부품 국산화 기술개발 사업이 신규로 추진됨

- 차량만으로 운행이 불가능한 수소차는 충전용 수소를 공급할 수 있는 인프라인 수소충전소가 함께 구축되어야 함. 현재 구축되어 있는 일반 수소충전소는 수소전기버스 충전이 가능하지만, 승용차에 맞춰서 수소충전 프로토콜이 맞춰져 있어 충전 속도가 느리다는 단점이 있음. 수소전기버스는 대량의 수소를 소비하기 때문에 수소전기버스 규모에 맞는 충전소의 필요성이 제기됨

['20년, '30년, '40년 수소충전소 구축(안)]



* 출처 : 국토교통부 보도자료(2019.10)

- 설비·기자재 수입, 부지확보 등 수소충전소 구축비용의 부담은 조기 확산에 어려움에 직면했으며, 수소충전소 핵심부품 국산화율도 약 40% 수준에 불과한 상황임
 - 대부분의 장비 및 부품을 해외에 수입하고 있어, 수소 충전소에서 장비와 부품의 국산화가 시급함. 정부는 2022년까지 충전소용 핵심부품인 압축기, 디스펜서, 프리쿨러, 고압밸브 등의 국산화율을 현재 40% 수준에서 62%로 대폭 향상하여, 구축비용 40% 저감을 기대하고 있음
 - 2030년까지는 수소충전소의 모든 부품과 충전기술을 100% 국산화를 목표로 함으로써, 구축비용 70% 저감을 기대
- 산업통상자원부는 수소 융복합충전소 및 소규모 모듈형태의 패키지형 수소충전소 시설기준 등에 관한 특례기준을 제정하고, 패키지형 수소충전 플랫폼 모델 개발·실증사업과 향후 수소충전소의 민간 투자 촉진을 위한 일반 수소 판매가격 및 수소 유류세 등의 정비도 추진하고 있음
- 수소 안전관리 제도 현황을 통해 미국, 일본, 유럽 등 수소경제 선진국에서는 안전기준을 강화됨에 따라, 저장용기 및 배관의 취성검사, 저장탱크의 내부 이물질검사, 튜브트레일러 저장용기 안전장치 등에 대한 안전기준 마련이 요구됨
 - 미세한 수소누출 탐지가 가능한 고감도누출측정기, 음향방출시험기기 등을 활용하여 정밀안전진단을 실시하고, 실시간 모니터링 체계 구축·운영이 필요함

[국내 고압·저압수소 안전관리체계]

구분	고 압(10bar 이상)	저 압(10bar 미만)
근거	고압가스안전법	수소안전법
관리 대상	· 수소충전소 · 튜브트레일러 · 고압저장탱크 · 수송용 배관 · 고압연결저압시설 (수전해, 연료전지 수송기 등)	· 수전해설비, 추출기, 연료전지 등 · 저압 저장탱크
	· 부생수소설비, 반도체 공정용, 발전기 냉각용 등 * 압력 구분에 따른 적용법령 변화	

* 출처 : 제2차 가스안전관리기본계획 (2020)

나. 범위 및 분류

(1) 가치사슬

- 수소는 화석연료 및 바이오매스로부터의 메탄가스 등을 개질하여 얻거나 정유 및 제철 공장 등의 부생수소를 활용, 또는 신재생에너지를 활용한 물의 전기분해 등 다양한 방식을 통해 생산이 가능
 - 수소에너지는 기체, 액체 및 고체의 다양한 형태로 대규모 저장 및 운반이 가능하며 연료전지를 이용하여 가정·산업, 수송, 발전용 기기 등 모든 소비 부문의 에너지원으로 이용될 수 있을 만큼 높은 활용도를 가짐
 - 수소의 생산, 저장·운반과 관련된 공급 부문과 수소의 이용 용도에 따른 수요부문으로 구성되며, 공급 부문은 다양한 장치산업 및 인프라로 구성되어 있으며, 수요부문은 가정·상업용, 산업용, 수송용, 발전용 부문 등에서 수소의 이용을 위한 연료전지 관련 산업이 중심이 됨

[수소충전용 장비 및 부품 분야 산업구조]

후방산업	수소충전용 장비 및 부품 분야	전방산업
석화연료(석유, 천연가스 등), 제철소, 석유화학 공장의 부산물, 신재생에너지, 바이오매스	압축기, 디스펜서, 프리쿨러, 고압밸브, 긴급차단장치, 가스누출 경보장치	FCEV, 가정용, 발전용, 연료전지, 수소발전

(2) 용도별 분류

- 튜브 트레일러 공급 방식 수소충전소를 기준으로 보면, 수소충전소는 압축기, 저장용기, 냉동기(칠러), 충전기(디스펜서)로 구성됨
 - 튜브 트레일러로 공급받은 수소를 저장이 용이하도록 압축기에서 압축해(약 900bar) 고·중압 수소저장용기에 저장해두었다가 수소전기차에 공급함
- 수소충전 압축기는 H₂ 압축기, CNG압축기, CO₂압축기로 분류됨
 - H₂ 압축기는 차세대 에너지 수소를 튜브 트레일러나 자동차 연료탱크에 충전하는 압축기로, 가스 접촉부는 수소취성과 초고순도 등의 문제로 스테인리스 소재를 사용함. 용량 조절은 Start/Stop/By-pass로 주로 조절함
 - CNG압축기는 천연가스를 승용차나 버스의 연료탱크에 압축하여 충전하는 압축기로, 실린더 내부와 패키징에 오일이 공급되는 급유식으로 고압에 사용됨
 - CO₂압축기는 산업용 이산화탄소를 압축하는 압축기로서, 무급유식으로 저압에 사용됨
- 고압수소기체를 저장하기 위한 압력용기는 사용재료와 복합재료 강화방법에 따라, Type 1~4까지 4가지 형태로 구분되며, 수송용 튜브트레일러와 수소충전소용, 수소전기차 탑재용으로 이용하고 있음

- 수소충전소는 선진국과 동일하게 ISO 국제기준에 따른 안전검사를 통과한 부품 사용, 충전소 구축 후 안전검사 실시, 방폭 및 안전 구조물 설치, 안전 관리자 상주 등의 안전 조치를 시행하고 있으며, 수소충전소 시설에는 압력 이상 발생 시 긴급차단장치, 가스누출 경보장치 등 이·삼중의 안전장치가 설치됨

◎ 기술별 분류

- 수소 충전소는 공장에서 수소를 제조하고 차량으로 운반한 후 자동차에 공급하거나 현지에서 직접 수소를 제조한 후 차량에 수소를 공급하는 방식으로 구분할 수 있음
 - 수소충전소는 LPG, CNG, 휘발유를 충전소에서 개질하여 발생한 수소를 이용하는 On-site 방식과 석유화학공단 등에서 생산된 수소를 튜브트레일러나, 파이프라인을 통해 공급받아 이용하는 Off-site 방식으로 구성됨. 수소충전시스템 운전의 경제성 확보를 위하여 다양한 설치개념을 도입하여 설계 및 건설 중에 있음
- 수소충전소 구조는 수소를 공급하는 공급 장치, 저압의 수소를 700bar로 압축하는 압축장치, 고압의 수소를 저장하는 저장장치, 고압의 수소를 수소차에 충전하는 충전장치 및 각 장치들을 연결하는 배관·밸브 및 센서 등이 있는 운전장치로 구성됨

[기술별 분류]

분류	상세 내용
수소공급장치	<ul style="list-style-type: none"> • 카트리지 또는 개질기, 수전해 통해 수소를 공급하는 장치 • 튜브트레일러, 수소를 LPG/CNG 등에서 개질하는 개질장치, 물을 전기분해하여 수소를 생산하는 수전해장치 등이 있음
압축장치	<ul style="list-style-type: none"> • 다이어프램 또는 부스터를 이용하여 수소를 압축하는 장치 • 압축과정은 충전과정에서 필수적이며, 수소기체 압축시 온도가 상승하게 됨 • 충전된 수소가 가열될 경우, 충전소에서 차량의 수소저장장치의 과압/과열 한계범위가 넘어서게 되면 주위온도, 수소 공급 온도, 차량 수소 저장탱크의 목표 압력 등에 따라 예냉(pre-cooling)하는 과정이 요구됨
저장장치	<ul style="list-style-type: none"> • 압축된 수소를 대용량 고압용기에 저장하는 장치
충전장치	<ul style="list-style-type: none"> • 저장된 수소를 디스펜서를 통해 FCEV에 충전하는 장치
운전장치	<ul style="list-style-type: none"> • 각 장치를 연결하는 고압밸브/배관, 센서 및 통합제어 장치

* 출처 : 국토교통과학기술진흥원, 상용급 액체수소 플랜트 핵심기술 개발 사업 (2019)

[수소충전소 안전장치 종류]



* 출처 : 에너지경제연구원, 수소경제 활성화 로드맵 수립 연구 (2019)

2. 산업 및 시장 분석

가. 산업 분석

◎ 수소 인프라 구축의 확대

- 수소는 재생에너지 등 다양한 에너지원으로부터 제조하여 저장·수송이 가능하고, 다양한 공급원(국내·외)을 확보하여 공급 안정성을 확보할 수 있는 장점을 보유하고 있음
 - 수소는 재생에너지 등 다양한 에너지원으로부터 제조하여 저장·수송하는 것이 가능하여 높은 수송 및 저장의 편의성을 보유하고 있음
- 국제 수소 공급망 구축을 위해서는 수소생산에 투입될 저렴한 해외 에너지원을 확보하고, 기술, 안전, 환경적 과제를 선결할 예정이며, 수소 수입을 위한 인프라 정비를 추진하고 있음
 - 산업부, 국토부, 환경부 등 정부 관계부처는 수소경제 활성화 로드맵 및 미래자동차 산업 발전 전략의 후속조치로 '수소 인프라 및 충전소 구축 방안'을 수립함. 2022년 수소차 6.7만대 보급목표 달성 시, 연간 약 3만 톤의 수소 수요가 발생할 것으로 예상되며, 향후 지역별 특화된 방식의 수소 생산 및 저장·운송 방식을 통해 이러한 수요에 적절히 대응할 계획임
 - 수소유통센터 설치를 추진해 적정 수준의 수소 가격을 유지·관리하고, 장기적으로 대용량 튜브 트레일러 제작, 파이프라인 건설, 액화 운송 확대 등 시장 중심의 수소 가격 체계를 구축할 예정임
- 정부는 융복합, 패키지형 수소충전소를 확대하여 입지 및 구축비용 부담을 완화하고, 수소충전소의 장기적인 구축비용 절감을 위해 핵심부품 국산화를 적극적으로 추진할 예정임
 - 기체수소 충전소 대비 설비 면적은 1/20, 충전용량은 3배, 상압 수준의 저장압력, 낮은 설치·운송비 등의 장점이 있는 액화수소 충전소도 '22년까지 3기 이상 구축하는 등 적극 추진해 나갈 계획
- 수소충전소의 '경제성, 편의성, 안전성'을 적극적으로 제고함으로써, '효율적인 수소생산 및 공급을 통한 수소가격 안정화와 수소충전소 균형 배치' 및 '자생적인 확산기반 마련이라는 목표를 제시함
 - 양방향 정보제공 플랫폼 구축을 통해 수소차 이용자가 보다 편리하게 충전소를 이용할 수 있도록 하며, 충전 속도를 향상한 충전소 모델을 개발하여 수소 충전 대기시간을 절감을 목표로 함

◎ 수소자동차와 수소충전소

- 온실가스 배출을 줄이면서 경제적 효용성 측면에서도 가치가 높은 미래 에너지원으로 수소가 주목받음에 따라, 수소차 보급 확대 및 수소인프라 구축을 강화하며, 수소경제가 발전됨
 - 충전인프라 구축이 활발해지고 있으며, 초기 투자비와 충전소 운영유지비 지원이 확대됨에 따라, 세계 주요 자동차업체들은 대부분 2020년을 기점으로 수소전기차 양산을 예상하고 이에 대응한 출시전략을 수립하고 있음
 - 수소전기자동차 산업은 수소연료전지 및 배터리 기술의 비약적인 발전과 각국의 충전시설 확충, 시범단지 운영 등 다양한 정책적 지원을 바탕으로 시장성장 가능성이 높은 산업임

- 수소자동차, 수소충전소, 수소 산업은 직간접적으로 수소관련 기간산업으로 직결
 - 수소연료전지 자동차의 본격적인 보급을 위해서는 수소를 자동차에 주입 및 충전할 수 있는 시설인 수소충전소가 반드시 필요

◎ 수소충전 규제혁신 드라이브

- 정부는 민간주도의 시장자율형 충전소를 확대하고 다수의 충전소 건설을 허용함. LPG·CNG 충전소를 수소충전이 가능한 융복합 충전소로 전환하여 경제성 제고를 추진 중에 있음
 - 민간 SPC사인 HyNet(Hydrogen Network, 한국가스공사, 현대자동차, 공급업체, 충전설비업체 등이 참여)을 통해 다수의 충전소 건설을 허용하면서 수소 충전소의 건설 확대를 위해 지원함
 - 총 누적 310기의 충전소를 2022년까지 구축할 예정으로, 민간 SPC에서 구축할 100기를 포함하여 5개 권역별 충전소 위주로 150기, 주요 고속도로 및 교통거점에 160기를 건설할 예정임
 - 입지 제한 및 이격거리 완화, 운전자 셀프충전 방안 마련 등 규제완화를 추진함으로써, 충전소 보급 확대를 지원하고, 융복합 충전소 및 이동형 충전소 설치 허용, 액화수소 충전소 설치기준 마련, 개발제한구역 내 버스차고지 수소 충전소 설치를 허용하고 있음
- 수소충전 인프라 확산을 위한 정부의 다각적인 규제혁신의 노력으로 산업융합촉진법의 ‘규제 샌드박스’를 활용하여 국회 내에서도 수소충전소가 가동되고 있으며, 도심지, 공공청사에도 수소충전소 설치가 추진되고 있음
 - 산업통상자원부의 규제 샌드박스 1호로 추진된 사업인 국회 수소충전소의 일환으로, 수소 충전소가 국회에 설치됨. 정부 규제개혁의 핵심정책인 ‘규제 샌드박스’ 1호 사업으로, 수소전기차 충전소가 선정됨. 규제 샌드박스 1호 성과로써, 국회에 수소충전소가 준공됐으며, 2020년 3월에는 경기 화성시청 안에 공공청사로는 처음으로 수소충전소가 설치될 예정임
 - 규제개혁으로 정부청사, 지자체, 보건소 등 전국 공공청사 4500여 곳에 수소충전소를 설치할 수 있어, 수소경제 활성화와 도심 충전소 보급이 활성화될 예정임

◎ 정책적 지원 강화

- (유럽) 유럽은 FCH JU (Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking)을 중심으로 수소전기차 및 수소충전소 보급이 진행 중
 - 독일은 수소충전소 설치비와 운영비를 각각 50% 지원하고 있으며, 현재 약 45개의 소매 수소 충전소를 운영 중. 유럽 각국은 H2Mobility (독일), UKH2Mobility (영국), H2Mobility France (프랑스) 등을 구성 하여 수소충전소를 보급하고 있으며, H2ME (Mobility Europe)를 구성하여 유럽 전체를 연결하는 수소충전소 네트워크를 구축함
- 유럽은 FCH-JU를 통해 ‘H2Valley’ 프로젝트를 시행하며, FCH-JU로부터 단일 프로젝트로는 최대 규모인 2000만 유로를 지원받음
 - ‘H2Valley’ 프로젝트는 수소생산·수소충전시설(HRS)·수소모빌리티(버스, 승용차, 트럭, 항공, 내륙비지선)·지역난방·수소저장시설을 망라하는 통합프로젝트임

- (미국) 미국 전역에 약 2만 8,223개의 전기 충전소와 45개의 수소 충전소설립함. 연방 및 주 정부의 친환경 정책으로 전기차 보급 가속화되고 있음. 2030년까지 약 130만 개의 신규 전기차용 충전기 필요 예측
 - 바이든 대통령 당선인은 청정에너지 인프라 구축에 약 2조 달러의 대대적인 투자 계획 발표. 2030년까지 전기차 충전소 50만개 추가, 모든 대중버스 무탄소 전기 버스 전환 등을 계획
- 미국은 H2USA 등을 중심으로 수소전기차 보급 및 수소충전소 구축을 지원
 - ARFVT 프로젝트를 통해 매년 2,000만 달러를 지출하고 있으며, 설치비의 85%, 운영비 중 10만 달러를 3년간 보조함
 - 캘리포니아주는 2050년까지 27%의 친환경차를 보급하고자 하며, 수소충전소 구축에 2023년까지 2,000억 원을 지원할 계획
- (일본) 2014년 정부에서 수소사회 실현을 선언한 바 있으며, 2020년까지 수소사회 진입을 목표로 함
 - 1단계(2015~20년으로 수소이용 대폭 확대, 2단계(2020~30년)는 대규모 수소공급시스템 확립, 3단계는 2030~40년으로 CO₂ free 수소공급시스템 확립을 목표로 하고 있음
 - 1단계의 핵심은 수소전기차 및 수소충전소 구축이며, 정부가 수소충전소 설치비의 50%, 최대 2,200만 엔의 운영 보조금을 지급. 자동차업체, 지자체도 수소충전소 운영비 보조 프로그램 제공
 - 수소충전소 보급을 위해 일본 내의 에너지 회사, 자동차 회사, 플랜트 엔지니어링 회사, 수소 스테이션 운영 회사 등이 HySUT를 발족시켜 공동으로 활동하고 있음
- (중국) 수소충전소 설치비의 60%를 지원하고 있음. 수소전기차는 2016년부터 판매를 개시하였으며, 중국의 6개 자동차 회사가 수소전기차 실증을 진행 중
- 국내 산업통상자원부와 환경부에서는 수소경제 활성화를 위해 그린뉴딜 투자를 확대하며, 2021년 예산으로 2020년 대비 18% 증가한 11조1,592억 원을 편성한다고 발표함. 수전해 그린 수소 생산과 직결되는 재생에너지 관련 예산도 1조6,725억 원 규모로 대폭 확대함
 - 산업통상자원부는 수소택시 보급 등 수소경제 로드맵 구축하며, 충전소 등 기반 시설을 조기에 확충하는 '수소충전소 구축 방안'을 수립예정이며, 다양한 형태의 충전소를 구축·운영하기 위해 한국형 수소충전소 모델을 확보하고 부품 국산화율을 높이기 위한 사업을 진행하고 있음
 - 수소생산기지 구축은 2020년 299억 원에서 2021년 566억 원, 수소안전기반 구축은 2020년 기준 29억 원에서 74억 원으로 증가할 예정임
 - 수소경제 활성화와 수소차 보급확대를 위해 '수소충전소 구축자문단'을 구성하고, 수소충전소 입지가능 부지를 대상으로 입지가능성, 인·허가 문제점, 갈등예상 논의함
 - 환경부는 그린뉴딜 추진계획에 따라 2022년까지 도심에 250기, 고속도로에 60기 등 총 310기의 수소충전소를 구축할 계획임. 전기차 보급, 충전 인프라 구축 예산으로 2020년 8,002억 원에서 1조1,120억 원, 수소전기차 및 충전소 보급은 3,495억 원에서 4,408억 원으로 증액할 계획임

나. 시장 분석

(1) 세계시장

- 전 세계적으로 연간 생산되는 수소는 연간 3,800백만 톤으로 추정됨. 전 세계적으로 환경 관련 기준이 엄격해지면서 환경 친화적인 연료에 대한 수요가 상승되고 있으며, 세계의 수소 에너지 수요가 증가하여, 수소생산량이 증가할 전망이다
 - 북미 2,100백만 톤, 유럽 660백만 톤, 기타 640백만 톤, 일본 180백만 톤, 한국 130백만 톤으로 추산하고 있으며, 전 세계의 수소 시장 규모는 산업용 유통량만으로도 총 208억 달러이며 자체 소비량 230억 달러를 포함하면 438억 달러로 추산됨
- 수소 생산의 증가와 더불어 수소 자동차와 수소충전소의 보급도 본격적으로 이뤄지고 있음. 시장조사 전문기관인 마켓 리서치에 의하면, 2032년에 이르면 전 세계 수소충전소의 숫자가 5,000개에 도달할 것이며 수소 연료 시장 규모가 하루 300만kg에 이를 것으로 전망함
 - 유럽의 경우 6년 내 400개소 이상의 건설이 추진되고 있는 독일, 북미에서는 미국 캘리포니아주에서 활발하게 신규 수소충전소 건설이 이뤄지고 있음
- 미국 시장조사기관 ‘내비건트 리서치’에 따르면 수소 자동차 시장은 2020년경 39만 대에 이를 것이며 세계 연료 전지 시장은 2023년 38조 6,000억 원으로 급성장할 것으로 예상함
 - 수소 연료전지 시장이 확대됨에 따라 수소 충전소의 건설 실증사업 형태에서 미국, 유럽 일본, 한국을 중심으로 본격적으로 확대되고 있음
- 수소충전소 수소공급방식에 따른 경제성에 따라, On-site 및 Off-site 수소충전소를 결정하고, 투자 규모를 고려하여 수소 충전소 보급이 이뤄져야 할 것임
 - 기술 격차를 극복하고 가격 경쟁력을 회복하기 위해 수소 충전소의 핵심 부품의 개발이 필수적임

[수소충전소 수소공급방식에 따른 경제성]

공급방식	생산·운송 형태	경제성				
		시설비	운송비	부대비용	가격변동성	안정성
On-site (기체 수소)	NG, LPG, 납사 등 개질 전력 수전해	중	하	상	안정	상
Off-site (기체 수소)	파이프라인	상	하	하	불안정	중
	튜브트레일러	하	상	하	불안정	하

- 부대비용: 전기요금, 인건비 등 수소제조를 위한 생산 및 운영 비용

- 안정성: 파이프라인 방식은 수소배관(중압), 튜브트레일러 방식은 고압수소가스 운송 및 저장에 대한 안전관리 필요

* 출처 : 한국기계연구원, 대한민국 액체수소 인프라 구축방안 발표자료(2019.05)

[300kg/day, 700bar Hydrogen Station의 경제성 분석 결과]

	초기투자비	수소 공급/생산 비용	스테이션 비용	수소판매가격
Tube Trailer Hydrogen Station	1.86 M\$	5.90 \$/kgH2 (Tube Trailer공급)	8.35 \$/kgH2	14.26 \$/kgH2
Onsite SMR Hydrogen Station	4.43 M\$	11.87 \$/kgH2 (SMR 수소 공급)	8.41 \$/kgH2	20.23 \$/kgH2
Onsite Electrolysis Hydrogen Station	3.45 M\$	13.38 \$/kgH2 (Electrolysis 수소 공급)	8.41 \$/kgH2	21.74 \$/kgH2

* 출처 : 한국기계연구원, 대한민국 액체수소 인프라 구축방안 발표자료(2019.05)

- 닛케이 BP클린테크연구소의 '세계 수소 인프라 프로젝트 총람'에 따르면 세계의 수소 인프라 시장규모는 2025년 20조 엔에서 10년 후인 2035년에는 59조엔, 25년 후인 2050년에는 160조 엔으로 성장할 것으로 예상함
 - 시장조사 회사인 후지경제에 따르면 2017~2030년 13년 동안 일본의 수소발전 시장은 4억 엔에서 450억 엔으로 11배, 수소발전과 관련한 수소연료시장은 1억 엔에서 1008억 엔으로 100배 성장할 것으로 보고함
- 2014년에 Frost & Sullivan에 의하면, 수소차의 세계시장은 전력기반차의 2%인 약 25만대로 추정되며 수소차 가격을 대당 5천만 원으로 산정 시, 수소차 세계시장은 약 13 조원 수준이 될 것으로 전망함
- 해외 수소 충전용 장비 및 부품 시장은 2018년 약 517억 달러에서 2024년 약 802억 달러 규모로 연평균 성장률 7.6%로 성장할 것으로 전망

[수소충전용 장비 및 부품 세계 시장규모 및 전망]

(단위 : 백만 달러, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
세계시장	51,680	55,610	59,840	64,270	69,280	74,540	80,205	7.6

* 출처 : 에너지경제연구원, 수소경제 활성화 로드맵, 한국수소산업 로드맵 등 재가공(2019)

(2) 국내시장

- 국내에서는 충전용 수소를 공급할 수 있는 인프라, 특히 수소충전소가 함께 확대될 전망이다. 이를 위해, 2018년 14개소에서 2022년 310개소, 2040년에는 1,200개소까지 수소충전소를 확대할 예정임
 - 초기에는 시·도별 수소차 보급과 연계하여, 도심지·고속도로 휴게소 등 교통망 거점 및 버스, 택시 차고지 등에 수소충전소 구축하고 충전소 유형별로 차등화 되는 설치보조금과 함께 운영보조금을 지급하는 등 구축 및 운영을 일정정도 정부가 부담함
 - 충분한 수소전기차 보급이 달성되면, 정부주도에서 민간주도로 전환 시장자율형 충전소를 확대하고, LPG·CNG 충전소를 수소충전이 가능한 융복합 충전소로 전환하여 경제성을 제고해 나갈 계획

[수소충전소 유형 및 설치비용]

유형	비용	관련 그림
수소 파이프라인 연결형(3개 도시 기존 구축망 활용, 200km)	<ul style="list-style-type: none"> • 약 27억 원 소요 • 설비구축비용:18억 원 • 현장 공사비용:9억 원 	
수소가스 운반형 (튜브트레일러 활용)	<ul style="list-style-type: none"> • 약 26억 원 소요 • 설비구축비용:17억 원 • 현장 공사비용:9억 원 	
도시가스 추출형 (추출기 설치)	<ul style="list-style-type: none"> • 약 56억 원 소요 • 설비구축비용:21억 원 • 현장공사비용:13억 원 	

* 출처 : 에너지경제연구원, 수소경제활성화 로드맵 수립연구(2019.04)

- 수소생산지에서 파이프라인으로 연결해서 수소를 조달받는 수소 파이프라인 연결형 충전소는 1개소당 설치비용이 약 27억 원 정도 소요됨
 - 수소생산지에서 튜브트레일러를 활용하여 수소를 조달받는 수소가스 운반형 충전소는 1개소당 설치비용이 약 26억 원 정도 소요됨
 - 천연가스(도시가스)를 원료로 수소충전소 내 수소 추출기를 설치, 직접 수소를 생산하여 조달받는 도시가스 추출형 충전소의 경우 추가적으로 추출기 구축비용(약 22억 원 상당)이 발생하게 되어 1개소당 설치비용이 약 56억 원 정도 소요됨
- 500대 정도 운행 중인 중저압기체 튜브트레일러가 대규모 운송을 할 수 있도록 고압(700bar) 용기를 개발하고, 현재 울산, 여수 등 수요처 인근 약 200km 정도 구축된 수소 파이프라인도 고압용 수소 전국망으로 확대 구축할 예정이며, 궁극적으로는 대량 저장 및 운송에 필요한 액화수소나 액상기술을 개발, 탱크로리로 대체해 나갈 계획임

- 내수 및 수출물량 포함 2018년 약 1,800대인 수소전기차 시장의 규모를 2022년 8만 천 대, 2040년에는 620만대 이상 규모로 확대될 전망이다
- 국내 연료전지 부문에서는 설치 규모를 현재 307.6MW에서 2022년 1.5GW 수준으로 확대하며, 양산을 통해 설치비와 발전단가를 대폭 절감하여 2025년경에는 중소형 가스터빈 수준까지 인하하여 2040년 수출 및 내수물량을 합산하여 15GW 이상으로 확대할 계획임
 - 발전용 연료전지는 연료전지 전용 LNG요금제를 신설하고, 일정기간 연료전지의 신재생 공급 인증서 (REC) 가중치를 유지하여 투자 불확실성 제거 및 경제성 확보를 지원함으로써, 발전용 연료전지의 설치 확대를 유도함
- 자가용 연료전지는 2018년 7MW 정도의 보급규모를 2022년 50MW, 2040년에는 2.1GW 이상으로 확대할 예정임
 - 자가용 연료전지는 정부 보급사업 예산의 단계적 확대, LNG 전용 요금제 신설, 전력계통 부담 완화에 따른 전기요금 특례제도 연장 등 경제적 인센티브 제공과 공공기관, 민간 신축건물에 연료전지 의무화를 통해 확산을 지원할 예정
- 국내 수소 충전용 장비 및 부품 시장은 2018년 약 745억 원에서 2024년 약 1,120억 원 규모로 연평균 성장률 6.0%로 성장할 것으로 전망

[수소 충전용 장비 및 부품 국내 시장규모 및 전망]

(단위 : 억 원, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
국내시장	745.5	790.2	837.6	941.1	997.6	1,057.4	1,120.8	6.0

* 출처 : 에너지경제연구원, 수소경제 활성화 로드맵, 한국수소산업 로드맵 등 재가공(2019)

- 국내에서는 2021년 상반기에 수소차 차량 수요, 수소충전소 지역 배분, 교통량 등을 고려한 전국 수소충전소 배치계획을 수립할 계획임
 - 전기차 이용자의 충전 불편도 해소하기 위해 주거지와 직장, 주유소 등 생활거점과 고속도로 휴게소 등 이동거점에 완속충전기 50만기와 급속충전기 1만5000기를 2025년까지 구축할 예정으로 발표함에 따라, 수소 충전용 장비 및 부품 국내 시장은 증가할 것으로 전망됨

3. 기술 개발 동향

- 기술경쟁력
 - 수소충전용 장비 및 부품은 일본이 최고기술국으로 평가되었으며, 우리나라는 최고기술국 대비 73.3%의 기술수준을 보유하고 있으며, 최고기술국과의 기술격차는 2.8년으로 분석
 - 중소기업의 기술경쟁력은 최고기술국 대비 64.3%, 기술격차는 3.5년으로 평가
 - 미국(95.6%)>EU(90.5%)>한국(73.3)>중국(64.3%)의 순으로 평가
- 기술수명주기(TCT)¹⁹⁾
 - 수소충전용 장비 및 부품은 6.98의 기술수명주기를 지닌 것으로 파악

가. 기술개발 이슈

- 수소충전소의 압축, 저장, 충전 상태를 실시간으로 모니터링 하는 기술로 실시간 수소충전 모니터링 및 DB기술은 각각의 부위별 압력, 온도측정과 수소유량, 차량 충전량 측정 및 DB 기술, 정보제공서비스를 포함
- 일본은 수소 기초물성, 수소용 재료 기초물성 연구, 수소용 알루미늄재료 기초연구 및 열전대식 수소센서 연구개발 등 분야별로 기업과 연구조합 등에서 위탁연구로 수행함
 - 일본은 신에너지 산업기술 종합개발 기구 NEDO(New Energy and Industrial Technology Development Organization)의 지원 하에 “수소 안전이용 등 기반기술 개발사업”을 실시함
 - Kyushu 대학교, Tokyo 대학교, Osaka 공업시험소, New Cosmos 사 등의 연구기관에서 반도체 및 고체 전해질형 수소센서 등의 연구와 액화수소의 누출, 확산, 폭발 현상의 시험분석 및 시뮬레이션에 대한 연구를 수행하고 있음
 - Toyota의 Mirai 수소전기차 양산으로 인해 현재 FIS에서 연수소전기차용 수소센서를 양산 중임. Honda의 Clarity 수소전기차도 유럽의 Applied sensor의 수소센서 제품을 채용함

[FIS사 수소누설검지센서(좌) 및 New Cosmos사 수소 누설 검지기(우)]



* 출처 : <https://sensor2025.or.kr/>

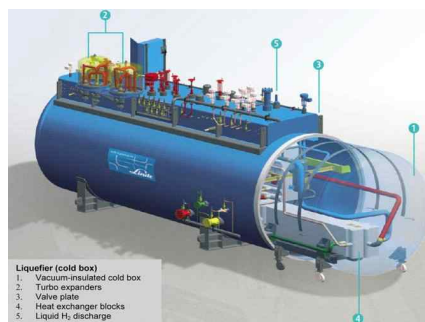
19) 기술수명주기(TCT, Technical Cycle Time): 특허 출원연도와 인용한 특허들의 출원연도 차이의 중앙값을 통해 기술 변화속도 및 기술의 경제적 수명 예측

- 실시간 예방 및 예측 정비 기술을 구축하여, 수소누출, 지진 등 산업사고에 대한 실시간 예방 점검체계를 수립하고, 설비 수명예측을 통해 설비운영 최적화 및 효율화가 가능함
 - 국내 세종공업은 최근 울산 친환경 전지융합 실증 화단지 내에 수소가스 안전 모니터링 시스템을 구축함. 수소 안전 모니터링 시스템은 누설 검지 센서와 모니터링 관제 시스템으로 구성됐으며, 유무선으로 전송되는 누설량과 농도 신호를 모니터링함. 세종공업을 통해 전량 수입품에 의존했던 수소누설 검지센서가 국산화됨
- 수소 전기차 뿐만 아니라 수소의 생산/이송/활용의 전 영역에서 소요되는 안전관리를 위한 필수 부품인 수소센서가 국내에서도 연구가 활발히 진행됨
 - 아주대학교 서형탁 교수팀은 수소발생기와 수소연료전지 등 다양한 수소 모니터링 및 안전장치에 활용할 수 있으며, 액상과 기상에서 육안으로 수소를 확인할 수 있는 다중모드 수소 센서를 개발함. KIST에서는 Pd가 코팅된 CNT와 Pd와 Pt가 분산된 TiO₂ nanotube를 이용한 접촉연소식 수소센서에 관한 연구를 진행함
 - 한국에너지 기술연구원은 나노스케일 MEMS 공정을 적용한 접촉연소식 수소센서를, 경북대는FET형 수소센서를 연구함. 서강대는 비교적 가격이 낮고 가스채색 특성을 갖는 물질을 응용하여 광학적 특성의 변화를 검지함으로써 수소의 존재를 검출하기 위해 다양한 센서 물질 및 내구성과 검지도 면에서 뛰어난 소재를 개발하고 있음

◎ 수소가스 압축기술 및 액화수소기술

- 수소 전기차의 연료탱크 저장압력인 350, 700 bar까지 수소를 충전하는 것이 수소충전소의 역할이며, 이를 위해 기체를 고압으로 압축하는 고압수소방식과 액화수소방식으로 구분됨. 현재 상용화된 기술은 고압기체 수소나 액체수소 형태로 수소를 저장 및 운송하는 방식으로, 다양한 형태의 수소 저장 및 운송방식이 개발 중에 있음
- 국내에서는 장거리·대용량 운송에 필요한 액화·액상 저장기술은 개발단계에 있으며, 고압기체를 저장하는 기술은 실용화단계임
 - 고압기체 수소 저장기술은 500bar 수준으로 상용화하여 확보함. 일부 중소기업에서 액화나 액상수소 저장기술을 개발 중이나 현재는 미흡한 상태임. 운송방식으로 파이프라인과 튜브트레일러가 가능하지만, 운송비용 절감을 위해 고압, 대용량화 등이 요구되고 있음. 액화수소 저장기술은 이미 유럽과 미국 등에 앞서 확보한 상태로 파악되며, 액상수소 저장기술은 세계적으로 개발단계에 있음

[수소액화 핵심설비]



* 출처 : Quantum Technologies, Inc

[국내외 주요기업의 수소저장·운송기술]

국가	분야	기업명	기술 단계	기술내용
한국	고압기체	엔케이 (45명/170억)	상용화	<ul style="list-style-type: none"> 저장탱크·튜브트레일러 운송 기술 보유 200/400/900bar 기술
	고압기체	일진복합소재 (72명/203억)	상용화	<ul style="list-style-type: none"> 350~700bar 수소탱크 제조기술 보유 현대차 납품, 북미시장 진출 등
	액화	하이리움산업 (20명/5억 미만)	실증	<ul style="list-style-type: none"> 자체개발 액화수소 저장 기술을 드론 적용·실증
	액상	메타비스타 (40명/50억 미만)	연구	<ul style="list-style-type: none"> 극저온/액체수소 연구 진행 저장용기, 플랜트
일본	고압기체	JSW (Japan Steel Works)	상용화	<ul style="list-style-type: none"> 고압저장탱크 제조기술 보유 (990bar(Type1) 초고압 저장 용기 국내 수입 中)
	액화	이와타니	실증~상용화	<ul style="list-style-type: none"> 극저온(-253℃) 수소 액화수소 기술 보유
	액상/액상운송	치요다화학 건설	실증~상용화	<ul style="list-style-type: none"> 톨루엔을 수소로 액상저장·이송기술 개발(LOHC)
	액화 운송	가와사키 중공업	연구	<ul style="list-style-type: none"> 수소 액화운반선 및 액화, 수소탱크 등 기술개발 추진
유럽	고압기체/액화	린데 및 에어리퀴드	상용화	<ul style="list-style-type: none"> 상용화된 자체 원천 고압기체·액화기술 보유(전세계 충전시장 진출)
	액상	하이드로지니어스	상용화	<ul style="list-style-type: none"> 디벤질톨루엔⇒수소를 액상으로 저장·이송기술 개발(LOHC)
미국	액화/액상	에어프로덕트	상용화	<ul style="list-style-type: none"> 상용화된 자체 액화기술 보유 및 에틸카바졸 ⇒수소를 액상으로 저장·이송기술 개발(LOHC)
	고압기체	헥사곤컴포지트 및 링컨컴퍼짓	상용화	<ul style="list-style-type: none"> 저장탱크·튜브트레일러 운송 기술 보유(500bar)
	액화	프렉스에어	액화	<ul style="list-style-type: none"> 자체 수소 액화기술 상용화 기술 보유

* 출처 : 에너지경제연구원, 수소경제활성화 로드맵 수립연구(2019.04)

- 수소가스를 고압 압축하기 위해 고압압축기가 필요하며 액화하기 위해서는 초저온 냉동기가 필요함
- 국내에서는 한국과학기술연구원 창업기업인 하이리움산업이 PEM 연료전지 파워팩을 개발하여, 액화수소를 연료로 사용한 드론비행에 성공하였고 최대 비행시간 5 h을 기록한 바 있음

50 kg/hr이상의 수소압축기는 전량 해외제품으로 수입하고 있고, 상용차의 경우 승용차 대비 3배 이상의 충전 속도가 요구되어 국산화 기술개발이 요구되는 기술임

◎ 수소 충전용 장비/자재 개발(피팅류, 밸브류, 펌프류, 파이프 등)

- 극저온 환경에서 가용될 수 있는 필수 부품 중 하나인 극저온 밸브는 인프라의 기술 조건을 충족하기 위한 고도의 신뢰성이 요구되는 요소 부품임
 - National Bureau of Standards에 의하면 극저온 온도는 일반적으로 -150℃이하의 온도영역을 지칭함. 극저온 기술은 첨단과학과 산업 분야에 광범위하게 활용되고 있는 추세
 - 밸브는 극저온의 특수한 분야에서도 필수 요소 부품으로서의 역할을 하며, 극저온 플랜트 파이프라인에서 극저온 유체 흐름을 차단 및 제어하는 역할을 하는 동시에 과도한 압력 상승을 예방하는 필수 부품으로 사용됨

- 극저온 환경에서 사용 가능한 기술 조건을 보유하여야 하고 고도의 신뢰성 및 엄격한 품질조건을 갖추어야 하기 때문에 일반 밸브에 비해 20배 이상의 고부가 가치가 있는 부품임
- 극저온 밸브는 극저온(-253℃) 영역에서 주로 다뤄지므로, 극저온 영역의 특수한 사항을 고려해야 함. 특히, Sealing 및 packing 부분에서 기밀 성능이 요구되며, 극저온에서 수소 취성에 견딜 수 있는 재료의 선정과 최적의 설계 방안 도출이 필수적임
- 액체 수소 등에 활용되는 극저온 밸브는 극저온 환경에서 성능을 발휘해야 하므로, packing 및 seal 등의 특별한 설계 기술이 요구되며 또한 극저온에서 뛰어난 소재를 활용한 밸브 stem 설계 기술 개발이 필요함

[수소 장비/자재 리스트(국내외 기업)]

Level 1	Level 2	기업명	비고
인입스테이션	인입스테이션	Sumitomo, Swagelok, Haskel(BuTech), Takei	4개사
압축패키지	압축기 본체	Hofer, PDC Energy, Linde	3개사
	압축패키지 Gas자재	Swagelok, Haskel(BuTech), EMERSON(TESCOM), WIKA, Foxboro, EMERSON(Rosemount), Takei, United, electric controls, Parker, EMERSON(ASCO), Sumitomo, Metrix Instrument co.	12개사
Storage tank	Storage tank	FIBA Tech	1개사
Priority panel	Priority panel	Swagelok, Haskel(BuTech), EMERSON(TESCOM), Foxboro, EMERSON(Rosemount), WIKA, Parker, EMERSON(ASCO)	8개사
냉동시스템	냉동시스템	Mydax, Foxboro, EMERSON(Rosemount), WIKA, Swagelok, Haskel(BuTech), Haskel(BuTech)	7개사
Inter-cooler	Inter-cooler	Linde	1개사
	충전기 외함	Linde	2개사
	충전기 전기	Allen-Bradley(lockwell), Siemens	2개사
	충전기 자재	Swagelok, Haskel(BuTech), EMERSON(TESCOM), Foxboro, EMERSON(Rosemount), WIKA, Takei, Parker, EMERSON(ASCO), Sumitomo, Weg, Rheonics	12개사

* 출처 : 국토교통과학기술진흥원, 상용급액체수소플랜트 핵심기술개발 사업 (2019)

[극저온 밸브 구분]

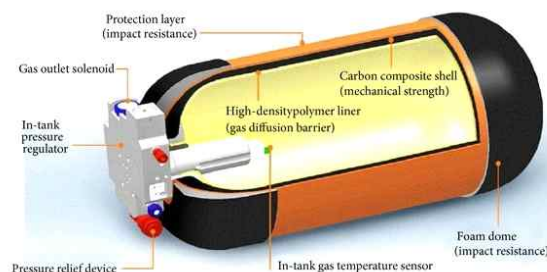


* 출처 : 국토교통과학기술진흥원, 상용급액체수소플랜트 핵심기술개발 사업 (2019)

◎ 액체수소 저장탱크 개발

- 초저온 환경으로 인하여 증발가스(BOG, Boil-Off Gas)의 발생 및 가압 방지하기 위하여 다층단열구조 등 난이도 높은 기술개발이 필요함. 고용적률 탱크는 기술적인 측면에서 저장소뿐만 아니라 수송용으로도 필수적임
- 수소를 액화점인 20 K에 근접한 값으로 유지해야 액체수소 상태로 저장이 가능하며, 이를 위해 단열 성능이 우수한 용기와 내압 성능이 우수한 압력용기가 필요함
 - 대부분의 실증 프로젝트에서 액체 수소 저장 장치를 적용하고 있으며, 액체수소는 극저온 펌프로 가압하고 기화기를 거쳐 증발시킨 후 고압의 기체수소 형태로 수요처에 공급됨
 - 극저온 저장탱크가 액체수소 기반 충전소에 설치될 때, 액체수소 트레일러의 운송 횟수를 고려하여 7-10 일 이상 충전스테이션의 수요를 충족시킬 수 있는 용량으로 설정함
 - 설계압력 기준 (5 bar 이하 또는 73 psig/in²) 에서 액체수소 상태로 저장하기 위해서는 수소의 액화 온도인 20 K에 근접한 값으로 유지해야하므로, 압력용기의 단열 성능이 우수해야 함
- 액체수소 저장탱크의 설계 기준은 ASME SEC VIII Div. 1에 의해 구형 또는 원통형으로 제작되며, 대형탱크는 단위 체적당 표면적을 최소화하여 증발 손실을 최소화하도록 구형제작
- 저온에서의 압력 격납 및 물질 보전, 열 엔지니어링 (신규 절연 재료의 설계 및 배치) 및 BOG 처리, 재료공학 (고강도 금속 및 복합 재료) 기술은 극저온 저장탱크 설계를 성공적으로 개발하기 위해 요구
 - (미국 Air Product) SHELL에서 운영하는 지하 매립형 액체저장 충전소를 시범 건설을 2004년 워싱턴 DC에 미국 DOE의 지원을 받아 구축하였음
 - (Air Liquide 및 BOC) 유럽에서 지하 매립형 액체수소 저장탱크는 HyFleet-CUTE 프로젝트에 의해 영국 런던에 설치되었으며, 탱크제작에 Air Liquide가 맡았고, 운전 및 가스공급은 BOC가 담당함
 - (독일 Linde)는 미래형 액체수소충전소 개념을 제안하였고, 독일 뮌헨에 수소충전소를 건설 (2007년)하여 BMW 및 TOTAL가 운영 중임
 - (NASA) Cape Canaveral에 외경이 20 m (66ft), 저장용량 약 3,800 m³(1 백만 갤런) 인 구형 액체수소 탱크를 보유하고 있으며, 저장 기간은 수년(증발률 : < 0.03 %/day)에 달함

[기체 수소 저장을 위한 TYPE4 압력 용기 및 구성 요소 개략도]



* 출처 : Quantum Technologies, Inc

나. 생태계 기술 동향

(1) 해외 플레이어 동향

□ 독일 Linde

- Linde는 수소 공급체인의 전반적인 분야에 솔루션과 기술을 제공하는 독일 업체로서, 수소분야에서 수소플랜트 제조, 저장설비의 개발 및 공급 솔루션과 관련해 세계 최고의 기술을 보유하고 있으며, 수소연료전지 충전기술을 주도하고 있음
- 세계 수소충전소 시장점유율 1위로 미국, 일본, 유럽 등에 약 90여개의 수소충전소를 구축하였으며 독일 수소충전소 시장의 70%를 점유하고 있음
- 독일 뮌헨 본사에서 수소 솔루션 사업을 주도하고 여러 나라에서 수소관련 업무를 나눠서 진행하고 있음. 오스트리아 비엔나에서는 콤팩트한 고효율의 이온압축기(Ionic compressor) 일괄생산 공정을 개발하여 상용화함. 고압의 수소를 고속으로 주입하게 되면 발열이 발생하는데 발생열을 제거하기 위한 냉동펌프는 독일 뮌헨에서 개발함
- Linde그룹의 수소압축기는 휘발성이 없는 아이오닉 액체를 실린더 내에서 수소가스 냉각 및 기밀용으로 사용하고 있으며, 흡입압력에 관계없이 일정하게 목표치 토출량(펌프 등에서 단위시간 동안의 유체 배출량)을 낼 수 있다는 점이 특징을 가짐
- 유럽, 미국, 일본 등 다양한 지역에 Linde 기술로 수소충전소를 구축하고, 본격 가동에 돌입하는 등 수소인프라 확충에 중점을 두고 기술개발을 진행하고 있음

□ 일본 HONDA MOTOR

- 일본 자동차 기업 HONDA MOTOR이 상용화한 연료전지차(Fuel Cell Vehicle, FCV) HONDA 클래리티는 kg 당 16.47달러인 수소를 5.4 kg 충전할 수 있으며 연료전지 탱크 내 충전에는 최대 5분이 소요됨
- HONDA는 일본 도쿄 빅사이트에서 개최된 'FC EXPO 2019'에서 충전압력 70MPa 패키지형 수소충전 시스템을 출품함, 콤프레서, 고압수소용기, 프리쿨러 등 수소충전소 구성요소들을 컨테이너에 넣은 패키지형 수소충전 시스템은 짧은 설치기간과 자유로운 공간제약의 장점을 가짐
- HONDA 충전압력 70MPa 패키지형 수소충전 시스템은 기존 35MPa 패키지형 수소충전시스템인 'SHS(Smart Hydrogen Station)'에서 70MPa까지 충전압력을 높였으며, HONDA 자사 기술력으로 개발한 고압 수전해 시스템인 '파워 크리에이터'를 통해 컴프레서를 거치지 않고 바로 고압수소탱크에 수소를 저장할 수 있음

□ 일본 NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL

- Nippon Steel & Sumitomo Metal은 고압 수소 환경에서 사용할 수 있는 새로운 스테인레스 스틸 HRX19™을 개발했으며 Nippon Steel & Sumikin Stainless Steel Pipe와 함께 판매를 시작함
- HRX19™은 상용 수소 충전소의 열교환기, 조인트 및 밸브에 사용된바 있음. 고강도 오스테나이트계 스테인리스 스틸이며 ① 수소 가스 취성에 대한 우수한 내성, ② 고강도 및 ③ 우수한 용접성 등 세 가지 특징이 있는 것으로 파악됨. 이는 충전소의 배관 수명을 연장하고 안전성을 향상시키는 데 기여할 것으로 전망됨

[Nippon Steel & Sumitomo Metal HRX19™ 및 수소충전소]



* 출처 : <https://www.nipponsteel.com/>

□ 일본 HITACHI

- 일본은 NEDO 사업을 중심으로 '원격감시를 통한 수소충전소 무인화' 검토에 들어갔으며, 이와 관련해 'FC EXPO 2019'에서 완전한 셀프충전, 수소충전소의 무인화를 위한 솔루션이 제시됨
- HITACHI는 얼굴인식을 이용해 셀프 충전 가능 여부를 판별하는 시스템과 수소충전 디스펜서인 'NEORISE'를 선보였음. 카메라를 이용한 얼굴인식시스템을 통해 운전자의 신원을 파악하고 수소충전 가능여부를 변경할 수 있음

□ 프랑스 Air Liquide

- 글로벌 가스제조 및 엔지니어링 기업인 Air Liquide는 2012년 전 세계 최초로 상업용 수소충전소를 독일에 구축하였으며 2014년 기준으로 전 세계 60여개의 수소충전소를 구축함. 2023년까지 독일에 설치되는 400개의 수소충전소 중 약 100개의 수소충전소를 구축 계획
- Air Liquide의 미국법인은 '올인원 수소충전소'를 개시함. 충전소 모듈은 충전설비를 위한 모든 구성 요소가 제품에 내장되어 있으며, 충전용량은 일 최대 약 200kg이며, 시간당 최대 5회 2~7kg의 충전이 가능함. '올인원 수소충전소'는 기체수소 700bar의 압력으로 공급할 수 있으며, 장소의 제약 없이 설치가 가능해 수소충전소의 입지 테스트 등에 편리하게 사용이 가능함

[Air Liquide 수소충전소]



* 출처 : <https://energies.airliquide.com/>(좌), <https://fuelcellsworks.com/> (우)

(2) 국내 플레이어 동향

- 국내에 수소충전소 건설을 전문으로 하는 회사는 효성, 광신기계, 이엠솔루션 등 다수가 있으나, 여전히 수소충전소용 장비 및 부품의 국산화율은 낮은 편임
- 수소충전소 SPC 'HyNet(수소에너지네트워크)'는 2022년까지 정부의 수소충전소 보급목표인 310기의 3분의 1정도인 총 100기를 건설할 계획임
 - 'HyNet'에 한국가스공사, 현대자동차, 에어리퀴드코리아, 에코바이오홀딩스, 우드사이드, 넬코리아, 범한산업, 효성, 덕양, SPG케미칼, 제이엔케이히터, 코오롱인더스트리, 발맥스기술 등 13개 기업 참여
- 현대자동차
 - 현대자동차의 수소충전소인 'H 스테이션' 구축을 지속적으로 하고 있으며, 자체 수소충전소 구축과는 별도로 2022년까지 수소충전소 310개소 건립을 목표로 하는 민간 특수목적법인(SPC) '수소에너지네트워크주식회사(하이넷)'에도 출자해 수소충전 인프라의 확대를 지원하고 있음
 - 현대자동차는 수소전기차와 수소충전소 보급 확대를 위해, 산업용 가스회사 Air Liquide, 다국적 에너지기업 엔지(Engie)와 함께 수소전기차 및 수소충전 인프라 확대를 위한 공동 MOU를 체결했으며, 현대차와 에어리퀴드, 엔지는 프랑스에서 수소충전 인프라 구축 투자와 운영, 수송용 수소 연료 활용 등 비즈니스 모델을 공동 개발 등 수소인프라 구축에 사업을 진행 중임
- 효성
 - 효성중공업은 국내 수소충전소 시스템 시장에서 40% 점유율로 1위 사업자임. 효성은 CNG(Compressed Natural Gas) 충전소를 건립·운영하면서 고압가스 처리 기술을 축적해 왔음
 - 효성은 수소충전소 건립에 필요한 자재인 수소 충전기·냉각시스템·압축패키지 자체 개발했으며, 수소충전소 사업을 확대해나가면서 수소전기차용 수소연료탱크 핵심부품인 '탄소섬유'도 개발해 일부 시판 중에 있음. Linde와 협력해 세계 최대 규모의 액화수소 공장을 건설하고 전국 120곳에 액화수소 충전소를 구축할 예정
- 엘지전자
 - 엘지전자는 초고속 멀티충전기 사업을 착수함. 엘지전자는 GS칼텍스와 GS칼텍스 직영주유소에 전기충전기가 추가된 형태의 '에너지-모빌리티 융복합 스테이션'을 설치하기로 MOU를 체결함
- GS칼텍스
 - GS칼텍스는 에너지-모빌리티 융복합 스테이션을 설치하고, 그 안에 엘지전자로부터 납품받은 350kW급 초고속 멀티충전기를 설치함. GS칼텍스의 주유소, 액화석유가스 충전소 부지에 수소충전소 'H 강동 수소충전소' 영업을 시작하면서 서울시 내 민간부지에 설치된 첫 수소충전소를 설치함
- 신에너지로 수소가 분류되지만, 수소산업자체는 일정정도 규모의 시장을 형성된 성숙한 산업임. 국내 수소시장 내 수소공급부문은 (주)덕양, (주)SPG, Air Liquide Korea, SDG 등 소수의 중소 또는 중견기업들로 구성됨
 - 대규모 석유화학단지에서 발생한 부생수소와 일부 천연가스 개질을 통해 생산된 수소를 석유화학단지를 중심으로 그 내부에서 순환, 유통하는 방식으로 운영되고 있음

다. 국내 연구개발 기관 및 동향

(1) 연구개발 기관

[수소충전용 장비 및 부품 분야 주요 연구조직 현황]

기관	소속	연구분야
한국에너지기술연구원	한국에너지기술연구원 신재생에너지연구소 수소연구실	<ul style="list-style-type: none"> 수소충전소용 천연가스 수증기개질 수소제조 공급 시스템 개발 수소충전소용 개질기 촉매 설계 및 제조
한국과학기술연구원	수소·연료전지연구단	<ul style="list-style-type: none"> 수소 Station을 위한 개질가스의 고순도 수소 분리 및 경제 요소기술 개발 기술융합형 액화물질 저장용기 기술개발 연료전지용 수소 생산/저장
고등기술연구원	에너지환경연구팀	<ul style="list-style-type: none"> 기체 또는 액상탄화수소를 열화학적으로 개질하여 합성가스(CO+H₂)를 생산하는 기술 천연가스의 스팀개질과 플라즈마 개질을 통해 수소를 생산하는 연구

(2) 기관 기술개발 동향

국민대학교

- 연료전지 자동차 및 유관 에너지플랜트에 수소 연료를 안전하고 효율적으로 공급하기 위하여 액상유기수소운반체(LOHC)에 저장되어 있는 수소를 분리할 수 있는 마이크로 화학반응기 등 LOHC를 이용한 수소충전소용 열유체시스템

한국기계연구원

- 액상유기수소운반체(LOHC)의 전기화학적 수소 생산/저장을 이용한 이산화탄소 배출이 없는 친환경 연료전지 시스템 개발

서울대학교

- 수소저장이 수소-저장재 간의 electromagnetic field interaction에 의한 결과물일 수 있다는 가설을 세우고 이에 기반 한 연구개발
- Field Interaction 기반의 수소저장소재의 설계 요소기술 개발 (수소저장능 5.5 wt% 수준 목표) 2단계(4~5차년도) : 1단계 개발 요소기술의 최적화 및 시제품 제작 (수소저장능 6.5 wt% 수준 목표)

◎ 수소충전용 장비 및 부품 관련 선행연구 사례

[국내 선행연구(정부/민간)]

수행기관	연구명(과제명)	연도	주요내용 및 성과
국민대학교	액체유기수소운반체를 이용한 수소충전소 열유체시스템 설계	2019 ~ 2021	<ul style="list-style-type: none"> 액상유기수소운반체(LOHC)를 이용한 수소 저장/분리 기술 액상유기수소운반체(LOHC)에 저장되어 있는 수소를 분리할 수 있는 마이크로 화학반응기 등 LOHC를 이용한 수소충전소용 열유체시스템
한양대학교	방향족 화합물 기반 고효율 LOHC 소재 개발	2019 ~ 2020	<ul style="list-style-type: none"> 열매체유 기반 LOHC인 monobenzyltoluene (MBT) 및 dibenzyltoluene (DBT)의 수소 충전 및 방출 속도를 개선 각 물질의 이성질체에 대한 물리적 특성 및 수소화/탈수소화 반응 속도를 조사하여 “방향족 화합물 기반 고효율 LOHC 소재”를 개발
한국기계연구원	고효율 수소액화 공정기술개발	2019 ~ 2023	<ul style="list-style-type: none"> 대용량 수소액화 플랜트 기술 상용화를 위한 핵심 기술 국산화 개발 및 성능 검증 고효율 수소액화 공정 기술 개발 - LNG 냉열 활용 수소액화 예냉 방법론 및 고효율 수소액화 공정 모델 개발
서울대학교	Field Interaction Engineering을 통한 상온 고용량 수소저장재 개발	2019 ~ 2023	<ul style="list-style-type: none"> “electromagnetic field interaction에 의한 수소저장” 가설의 이론적/실험적 검증 미국 DOE 최종 목표저장능(6.5 wt%@상온, 100 bar)의 수소저장소재 개발을 위한 요소기술 개발
광신기계(주)	패키지형 수소충전 플랫폼 모델 개발 및 실증	2019 ~ 2020	<ul style="list-style-type: none"> 패키지형 수소충전 플랫폼 모델 실증 모니터링을 위한 설비운영 모니터링을 통한 충전소 운영 DB 구축 RFSR(Ready for start up review) 표준안 제시 모듈화 수소충전설비 설치 운영 모니터링 및 모듈화 수소충전소 가스공급 및 운영
범한산업	도너&어셉터 방식 트레일러형 수소충전 시스템 개발	2016 ~ 2021	<ul style="list-style-type: none"> 중단거리용 이동식 레이저 기반 무선전력전송 시스템 개발을 목표로, 고효율(kW급) 레이저 광원 모듈화 및 레이저 전송 기술, 이동객체 고속 추적 및 시스템 통합 기술, 고효율 광전력 변환소자/전력 충전 및 모니터링 기술에 대한 주요 핵심기술을 개발
신화하이텍(주)	수소충전소용 100 Mpa급 고압배관용 체크밸브 국산화 기술개발	2018 ~ 2019	<ul style="list-style-type: none"> 100 Mpa급 고압 수소충전소용 체크밸브의 국산화 및 사업화를 위하여 고압 작동에 내구성을 확보한 스프링 및 Sealing을 개발 특수한 사용 환경인 수소와 고압하에서 안전성을 확보할 수 있는 내강도 및 내수소 환경 소재를 사용하여 국제규격에 부합하는 제품으로 개발

4. 특허 동향

가. 특허동향 분석

(1) 연도별 출원동향

- 수소충전용 장비 및 부품의 지난 22년(1999년~2020년)간 출원동향²⁰⁾을 살펴보면 1999년 이후부터 활발한 출원을 진행하고 있는 것으로 나타났으며, 꾸준한 증가추세를 보이고 있으며, 일본의 출원동향이 전체 수소충전용 장비 및 부품 특허출원동향을 주도
 - 각 국가별로 살펴보면 일본이 가장 활발한 출원활동을 보이고 있으며, 2000년과 2013년을 기점으로 출원 성장이 이뤄지고 있으며, 유럽에서는 상대적으로 출원이 저조한 상태
- 국가별 출원비중을 살펴보면 일본이 전체의 48%의 출원 비중을 차지하고 있어, 최대 출원국으로 수소충전용 장비 및 부품분야를 리드하고 있는 것으로 나타났으며, 미국은 23%, 한국 20%, 유럽 9% 순으로 나타남

[수소충전용 장비 및 부품 연도별 출원동향]

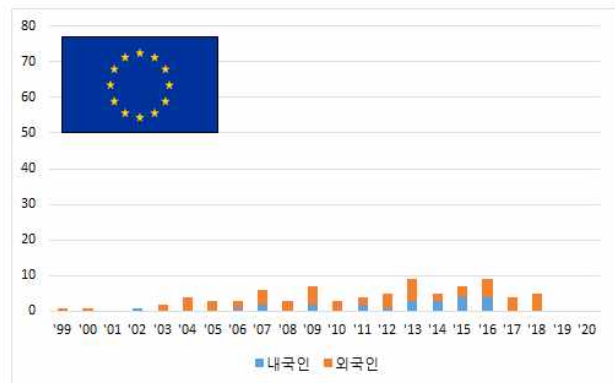
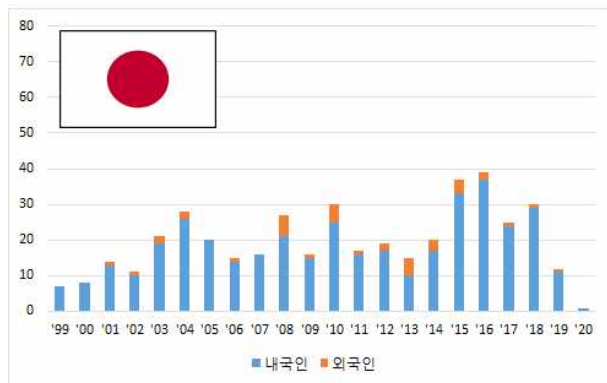
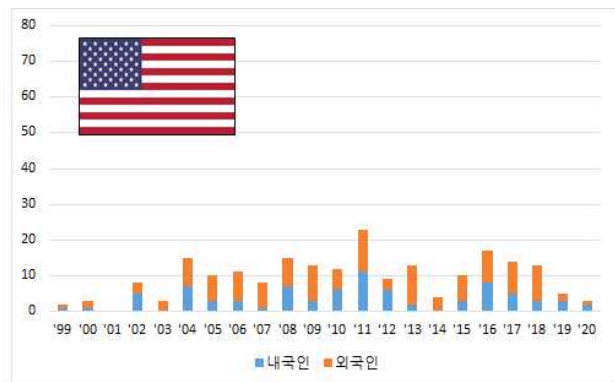
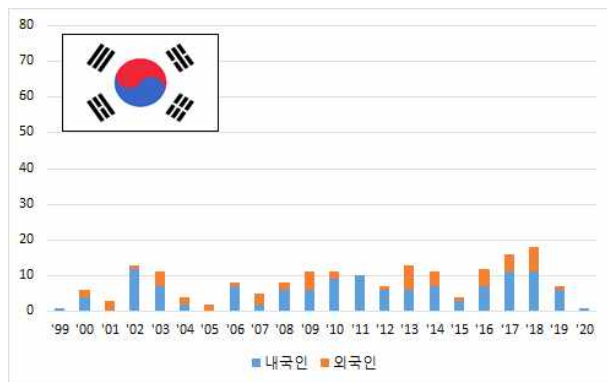


20) 특허출원 후 1년 6개월이 경과하여야 공개되는 특허제도의 특성상 실제 출원이 이루어졌으나 아직 공개되지 않은 미공개데이터가 존재하여 2019, 2020년 데이터가 적게 나타나는 것에 대하여 유의해야 함

(2) 국가별 출원현황

- 한국의 출원현황을 살펴보면 2013년도 이후 출원건이 증가하고 있지만 절대적인 출원수가 일본에 비해 저조한 상황
 - 내국인 위주의 출원이 진행되고 있으며, 2013년 한국의 현대자동차 사가 6건, 2015년 4건, 2014년도 4건 출원하였으며, 최근에도 꾸준히 출원하고 있는 것으로 확인됨
- 미국의 출원현황은 2001년 이후에는 10건 내외로 지속적으로 출원하며 최근까지도 출원이 진행되고 있으며, 외국인의 비중이 우위에 있는 것으로 보임
- 일본의 출원현황은 1999년 이후부터 최근까지 내국인 위주로 출원하고 있으며, 일본 시장에 대한 관심도가 높은 것으로 보임
- 유럽의 경우는 약간의 증감이 있을 뿐, 지속적으로 출원건수가 유지되는 추세에 있음

[국가별 출원현황]



(3) 기술 집중도 분석

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

- 전체구간(1999년~2020년)에서 수소충전 부품관련 키워드가 다수 도출되었으며, 고압으로 수소를 연료탱크에 충전, 수소충전소를 위한 기술 키워드 다수 도출
- 최근구간에 대한 기술 키워드 분석 결과, 최근 1구간(2012년~2015년) 압력센서, 냉각수단, 충전관로와 관련한 키워드가 추가로 도출되었으며 2구간(2016년~2020년)에서는 1구간에서 주요 기술 키워드였던 수소충전장치 관련 키워드가 꾸준히 도출된 것으로 나타나 수소저장을 위한 부품 및 장치를 위한 기술 연구가 꾸준히 진행 되고 있는 것으로 분석됨

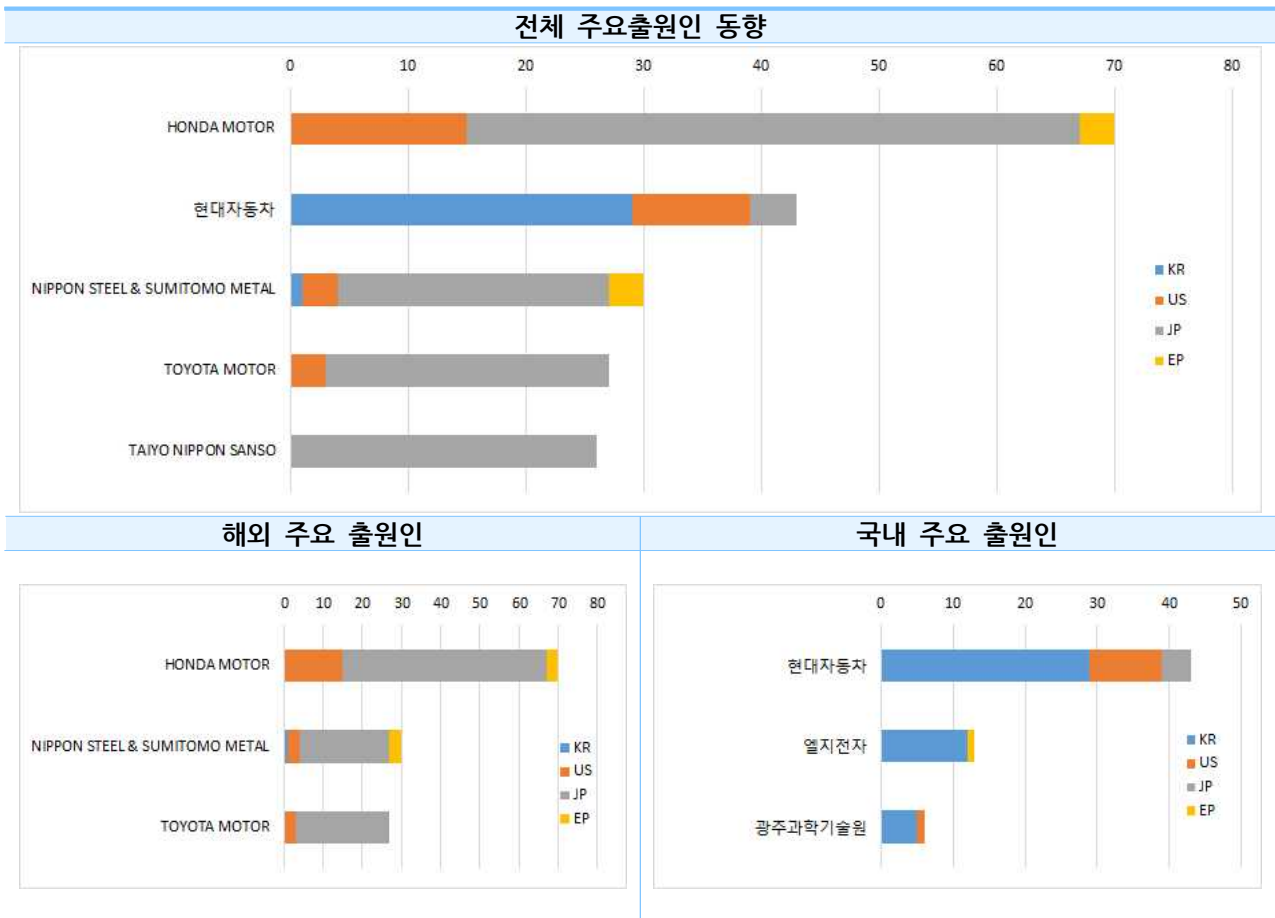
[특히 키워드 변화로 본 기술개발 동향 변화]

전체구간(1999년~2020년)	
<ul style="list-style-type: none"> • 수소충전, 수소충전장치, 수소탱크, 수소충전 시스템, 수소공급, 수소 스테이션, 수소연료탱크, 수소 흡장 합금, 압력센서, 수소 저장 탱크, 고압 수소 탱크, 냉각수단, 수소공급스테이션, 차단밸브, 충전시스템 	
1구간(2012년~2015년)	2구간(2016년~2020년)
<ul style="list-style-type: none"> • 수소충전, 수소가스, 압력센서, 냉각수단, 충전관로 	<ul style="list-style-type: none"> • 수소충전, 수소가스, 수소충전장치, 충전노즐, 가스공급관로, 저장탱크

나. 주요 출원인 분석

- 수소 충전용 장비 및 부품 전체 주요출원인을 살펴보면, 주로 일본 국적의 출원인이 다수 포함되어 있는 것으로 나타났으며, 제1출원인으로는 일본의 HONDA MOTOR가 나타남
 - 주요출원인은 일본자국에 특히 출원에 집중하고 있는 것으로 나타났으며, 상위 일본출원인은 미국, 유럽시장에 출원하며, 해외 진출을 대비하고 있는 것으로 나타남
- 수소 충전용 장비 및 부품 관련 기술로 자동차 분야와 엔지니어링 분야의 기업에 의한 출원이 대다수를 차지
 - 일본의 NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL과 TOYOTA MOTOR도 주요 출원인으로 도출됐고, 국내에서는 주로 공공 대기업 위주의 특허 출원이 주를 이루고 있음

[수소 충전용 장비 및 부품 주요출원인]

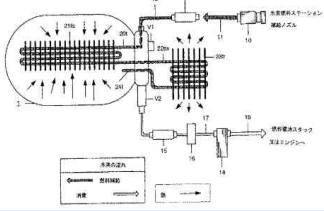
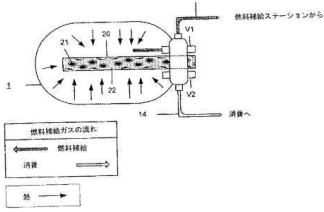
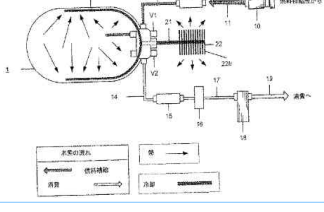
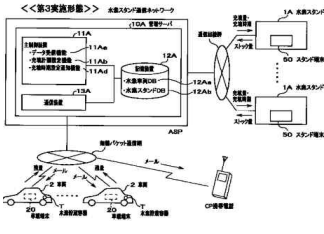
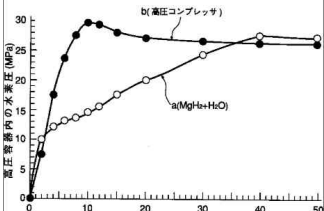


(1) 해외 주요출원인 주요 특허 분석

◎ HONDA MOTOR

- HONDA MOTOR는 차량상의 고압 연료 저장탱크용 가스 냉각 방법, 저장탱크 효율증대를 위한 시스템, 충전관리장치, 고압용기로의 수소충전방법 등이 연구 개발됨

[HONDA MOTOR 주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
JP 4767743 (2006.04.19)	압축천연가스 또는 수소로 작동하는 차량상의 고압 연료 저장탱크용 가스 냉각 방법	탑재용 차량 탱크의 고압 연료 보급에서 발생하는 압축열을 제거할 수 있는 시스템	
JP 5043365 (2006.05.08)	압축천연가스 또는 수소용 고압 저장탱크의 용융/응고 매체를 이용하는 가스 냉각 방법	고압 가스 연료 차량 및 연료 보급 스테이션 설비의 전체적인 효율을 증대하기 위한 시스템	
JP 4768505 (2006.05.08)	압축천연가스 또는 수소 연료용 고압 저장탱크의 효율 증대를 위한 시스템	탱크에 동작 가능하게 상호 연결된 고압 연료 보급소의 연료 보급 라인으로부터의 차량 탑재용 탱크의 연료 보급에 필요한 에너지 및 시간을 감소시키는 시스템	
JP 4153690 (2001.10.25)	수소 스탠드 충전 관리 장치	수소 차량에 원활한 수소의 충전이 가능하고 가지고 환경에 이익이 있는 수소 차량의 보급을 촉진	
JP 4073703 (2002.04.23)	고압 용기로의 수소 충전 방법	수소 발생 물질 및 물을 칭량하여 이들을 고압 용기 내에 충전함	

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

◎ NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL

- NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL은 소 충전용 장비 및 부품기술 특허가 등록됐음
- 고압 수소 가스 환경 하에 있어서 기계적 특성이 우수한 고압 수소 가스용의 스테인리스강 개발과 내수소 가스취화 특성을 구비하는 고Mn 강강재 개발

[NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL 주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
US 10260125 (2016.06.28)	High-strength austenitic stainless steel for high-pressure hydrogen gas	고압 수소 가스 환경 하에 있어서 우수한 기계적 특성을 가지는 고압 수소 가스용의 스테인리스강	-
JP 6451545 (2015.08.05)	고압 수소가스용 고Mn 강강재 및 그 제조 방법 및 그 강재로 구성되는, 배관, 용기, 밸브 및 조인트	고압 수소가스 환경 하에서의 기계적 특성이 우수하고, 양호한 내수소 가스취화 특성을 구비하는 고Mn 강강재	-

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

◎ TOYOTA MOTOR

- TOYOTA MOTOR는 고압의 수소 가스의 압력 에너지를 유효하게 활용할 수 있는 수소 충전 장치, 수소 탱크로의 수소의 충전 시간을 단축, 온도 검출기를 구비한 수소 충전 시스템 등의 기술을 출원함

[TOYOTA MOTOR 주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
JP 6633959 (2016.04.04)	수소 충전 장치	연료전지차에 공급되기 위해 승압된 고압의 수소 가스의 압력 에너지를 유효하게 활용할 수 있는 수소 충전 장치	
JP 5332933 (2009.06.17)	수소 충전 시스템	수소 탱크로의 수소의 충전 시간을 단축	
JP 5321232 (2009.05.1)	온도 검출기 및 온도 검출기를 구비한 수소 충전 시스템	수소 폭발해서 열화된 센서 소자의 출력을 보정해 수소 충전 시의 온도를 측정하는 온도 검출기를 구비한 수소 충전 시스템을 제공	

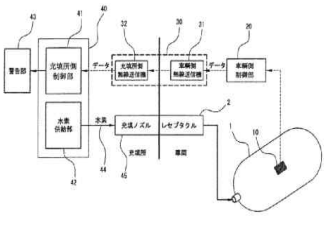
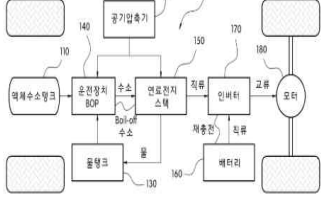
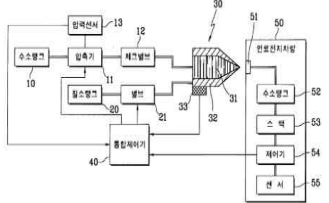
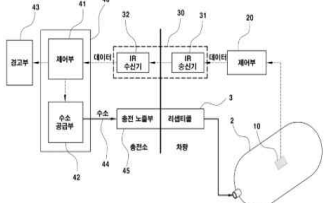
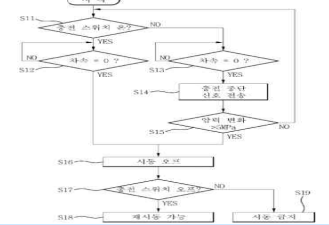
* 등록특허 기준, 피인용문헌수 및 패밀리 국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

(2) 국내 주요출원인 주요 특허 분석

◎ 현대자동차

- 현대자동차는 수소 안전 충전 시스템, 연료전지차량의 수소충전안전장치, 수소탱크의 실시간 변형 정보를 반영하여 충전하는 방법 등 수소충전의 안전성과 관련된 기술을 연구개발함

[현대자동차 주요특허 리스트]

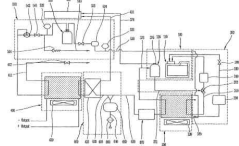
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
JP 6177505 (2012.06.12)	수소 안전 충전 시스템 및 수소 안전 충전 방법	연료전지 자동차에 수소를 충전할 때, 수소 탱크의 실시간 변형 정보를 반영해 수소를 더욱 안전하게 수소 탱크에 충전하는 수소 안전 충전 시스템 및 충전 방법을 제공	
KR 10-0969009 (2008.04.11)	연료전지 차량의 배터리 충전 장치 및 방법	액체 수소의 기화에 따른 기화된 수소 가스를 활용하여 배터리를 충전하는 장치 및 방법	
KR 10-0448823 (2002.07.11)	연료전지차량의 수소 충전 안전 장치	수소 충전소에서 수소를 가압하여 차량내의 수소탱크에 충전시 발생할 수 있는 안전사고를 예방하기 위한 연료전지차량의 수소 충전 안전 장	
US 10218628 (2017.04.12)	연료전지 자동차의 실시간 탱크 변형 정보를 이용하는 수소 안전 충전 시스템 및 충전 방법	수소가 충전되는 수소탱크의 실시간 변형 정보를 반영하여 수소를 전하게 충전할 수 있도록 해주는 수소 안전 충전 시스템 및 방법	
US 10296296 (2016.10.31)	연료전지 차량의 충전 안전 제어 시스템 및 방법	연료전지 차량의 수소 충전 동안 차량의 시동을 오프시켜 수소 충전시 차량의 안전성을 향상시킬 수 있는 연료전지 차량의 충전 안전 제어 시스템 및 방법	

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

◎ 엘지전자

- 엘지전자는 수소저장합금 반응기, 수소저장합금 반응장치의 압축기 구조, 수소저장합금을 이용한 반응장치 시스템의 수소방출장치 등 수소저장과 관련된 기술들이 출원됨

[엘지전자 주요특허 리스트]

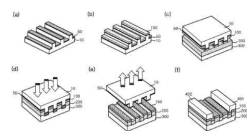
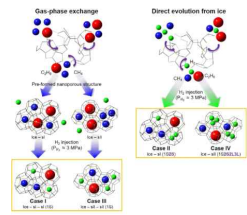
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
US 7691501 (2004.08.17)	Fuel cell system and controlling method thereof	전기 에너지의 출력을 극대화하고 시스템의 안정성을 강화하는 가능한 연료 전지 시스템	

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

◎ 광주과학기술원

- 광주과학기술원은 수소 센서의 제조방법과 천연가스 및 수소저장용 하이드레이트 제조방법에 관한 기술이 출원됨

[광주과학기술원 주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR 10-1671694 (2015.08.19)	수소 센서의 제조방법 및 이에 의해 제조된 수소 센서	금속 나노 리본 어레이를 포함하는 수소 센서의 제조방법	
KR 10-2039986 (2018.02.06)	천연가스 및 수소를 저장하는 하이드레이트 제조방법	천연가스 및 수소가스로 이루어진 혼합가스를 동공의 격자 구조에 포집 및 저장할 수 있는 천연가스 및 수소를 저장하는 하이드레이트 제조방법	

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

다. 기술진입장벽 분석

(1) 기술 집중력 분석

- 수소 충전용 장비 및 부품 관련 기술에 대한 시장관점의 기술독점 현황분석을 위해 집중률 지수(CRn: Concentration Ratio n, 상위 n개사 특허점유율의 합) 분석 진행
 - 상위 4개 기업의 시장점유율이 0.61로 수소 충전용 장비 및 부품 분야에 있어서 독과점 정도는 높은 수준으로 판단됨
 - 한국국적 출원인 기준 중소기업의 점유율 분석결과 0.23으로, 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
	HONDA MOTOR(일본)	70	25.3	0.25	1
	현대자동차(한국)	43	15.5	0.41	2
	NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL(일본)	30	10.8	0.52	3
	TOYOTA MOTOR(일본)	27	9.70	0.61	4
	TAIYO NIPPON SANSO(일본)	26	9.40	0.71	5
	JX NIPPON OIL & ENERGY(일본)	20	7.20	0.71	6
	LINDE(독일)	19	6.90	0.78	7
	AIR LIQUIDE(프랑스)	15	5.40	0.85	8
	JAPAN STEEL WORKS(일본)	14	5.10	0.90	9
	엘지전자(한국)	13	4.70	0.95	10
	전체	903	100%	CR4=0.61	
국내시장 중소기업 집중력	출원인 구분	출원건수	특허점유율	CRn	n
	중소기업(개인)	42	23.1	0.23	
	대기업	129	70.9		
	연구기관/대학	11	6.0		
	전체	182	100%	CR중소기업=0.23	

(2) 특허소송 현황 분석

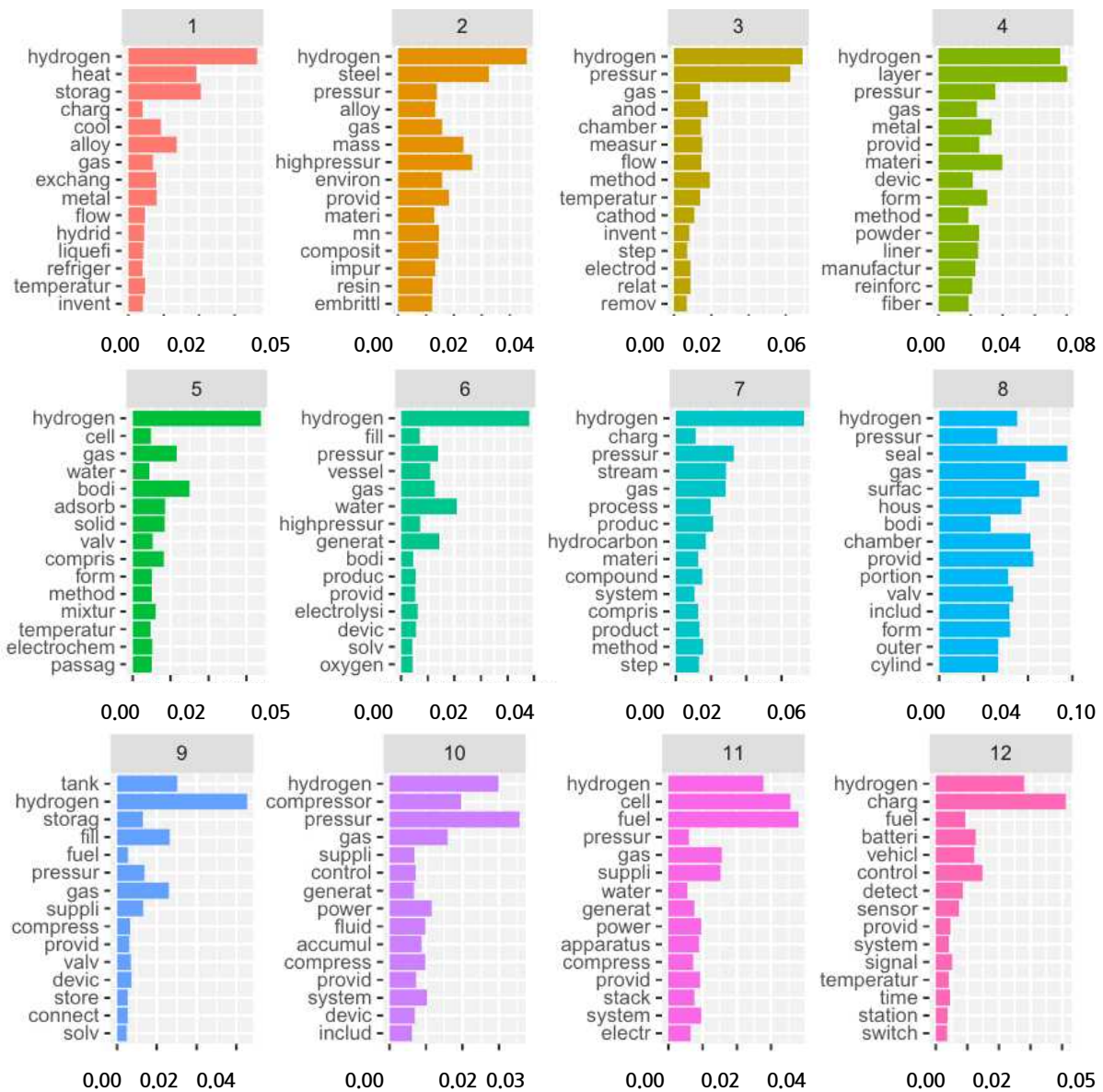
- 수소충전용 장비 및 부품 관련 특허소송을 이력은 없는 것으로 조사됨

5. 요소기술 도출

가. 특허 기반 토픽 도출

- 903건의 특허에 대해서 빈출단어 2,541개 단어의 구성 성분이 유사한 것끼리 그룹핑을 시도하여 토픽을 도출
- 유사한 토픽을 묶어 클러스터 12개로 구성

[수소충전용 장비 및 부품에 대한 토픽 클러스터링 결과]



나. LDA²¹⁾ 클러스터링 기반 요소기술 도출

[LDA 클러스터링 기반 요소기술 키워드 도출]

No.	상위 5개 키워드	대표적 관련 특허	요소기술 후보
클러스터 01	hydrogen gas tank storage fill	<ul style="list-style-type: none"> Hydrogen Filling System having Hydrogen Storage Vessel and Method of Operating the same Metal Hydride Heat Pump System for Cooling And Refrigerating Operating with both Waste Heat Source And Electric Hydrogen Compressor 	수소의 누설을 사전에 예방하기 위한 수소저장용기를 실시간 모니터링 수소충전시스템 및 운용방법
클러스터 02	alloy effluent charging solut divid slurri	<ul style="list-style-type: none"> ALUMINUM ALLOY MATERIAL FOR STORAGE CONTAINER FOR HIGH-PRESSURE HYDROGEN GAS HIGH-STRENGTH AUSTENITIC STAINLESS STEEL FOR HIGH-PRESSURE HYDROGEN GAS METHOD FOR DETERMINING FATIGUE CRACK LIFETIME IN HIGH-PRESSURE HYDROGEN ENVIRONMENT 	고압수소가스 용기용 합금재를 이용한 수소의 저장 및 방출 효율 및 제작 안전성이 증대된 수소 저장 장치
클러스터 03	boss hydroconvers gasfil gasliquid combustor	<ul style="list-style-type: none"> REMOTE PLASMA PRE-CLEAN WITH LOW HYDROGEN PRESSURE DETECTION METHOD OF HYDROGEN PARTIAL PRESSURE AND HYDROGEN SENSOR METHOD FOR CLEANING SURAFCE OF SILICON WAFER THROUGH LOW PRESSURE-HIGH HYDROGEN FLOW RATE PROCESS 	낮은 수소 압력을 이용하는 원거리 플라즈마 예비 세정
클러스터 04	compoud alcohol mild acceler deep	<ul style="list-style-type: none"> Nanowire field-effect transistor memory device using high pressure hydrogen annealing and the method of manufacturing the same HYDROGEN FILLING HOSE Hydrogen charge hose 	내압에 의한 치수 변화를 억제하면서 내압성 및 내구성을 향상시킬 수 있는 수소 충전용 호스
클러스터 05	interrupt reach mobil inspect dissolut	<ul style="list-style-type: none"> capsule inflated to hydrogen and manufacture method TEMPERATURE SENSOR AND HYDROGEN FILLING SYSTEM Method of Preparation for Oxygen-selective Oxide Adsorbent Using High Pressure Hydrogen Firing 	고압 수소 소성을 이용한 산화물계 산소 선택성 흡착제 제조방법
클러스터 06	lowpressur highpur underwat box groov	<ul style="list-style-type: none"> Dissolved hydrogen liquid-discharging pot and method for generating pressurized dissolved hydrogen liquid HYDROGEN-CONTAINING LIQUID FILLING CONTAINER AND FILLING METHOD OF HYDROGEN-CONTAINING LIQUID HIGH-PRESSURE HYDROGEN PRODUCING DEVICE 	고압의 수소 가스에서 분리된 수분에 포함되는 용존 수소를 용이하게 회수해 이용할 수 있는 고압 수소 제조 장치

21) Latent Dirichlet Allocation

<p>클러스터 07</p>	<p>electrolysis owe correspond fallen afterward</p>	<ul style="list-style-type: none"> • SYSTEM AND METHOD FOR REGENERATING ABSORBER BED FOR DRYING COMPRESSED HUMIDIFIED HYDROGEN • METHOD FOR CHARGING HYDROGEN TO MATERIAL AND METHOD FOR EVALUATING HYDROGEN EMBRITTLEMENT CHARACTERISTICS OF MATERIAL • Low pressure catalytic hydrogenation of carbonyl-containing compounds and supported catalysts therefor 	<p>압축 가습된 수소를 건조하기 위한 흡수기 베드를 재생하기 위한 시스템 및 방법</p>
<p>클러스터 08</p>	<p>singl basi gradient train earth</p>	<ul style="list-style-type: none"> • TRUNNION TYPE BALL VALVE FOR HIGH PRESSURE AND HYDROGEN STATION USING THE SAME • NEEDLE VALVE FOR HIGH PRESSURE, AND HYDROGEN STATION EMPLOYING THE SAME • PRESSURE ACCUMULATOR FOR HIGH-PRESSURE HYDROGEN GAS 	<p>수소 등의 고압 유체가 흐르는 수소 스테이션 등의 설비에 바람직한 고압용 트러니언형 볼 밸브 및 이것을 사용하는 수소 스테이션</p>
<p>클러스터 09</p>	<p>xcnm supply minor fill station</p>	<ul style="list-style-type: none"> • HYDROGEN FILLING SYSTEM, HYDROGEN FILLING METHOD, MOVABLE BODY, AND HYDROGEN FILLING DEVICE • HYDROGEN SUPPLY STATION • HYDROGEN FUEL SUPPLY METHOD • HYDROGEN FILLING DEVICE AND CONTROL METHOD THEREFOR 	<p>수소충전탱크로 급속히 수소 가스를 충전할 수 있는 수소 공급 스테이션을 제공</p>
<p>클러스터 10</p>	<p>heighten occuls persist scheme environment</p>	<ul style="list-style-type: none"> • HIGH PRESSURE HYDROGEN GAS COMPRESSOR • HYDROGEN GAS COMPRESSION DEVICE • The expansion turbine type charging system of the high-pressure hydrogen • High compression ratio, hydrogen enhanced gasoline engine system 	<p>높은 에너지 효율을 갖는 고압 펌프를 이용한 수소가스 압축</p>
<p>클러스터 11</p>	<p>enthalpi pack turboexpand acid burden</p>	<ul style="list-style-type: none"> • High-pressure hydrogen producing apparatus • The hybrid electric power system and the energy self-sufficient hydrogen - electricity complex filling station using the reverse dialysis apparatus in which the efficient hydrogen - electricity production is possible • OCEAN ENERGY HYBRID SYSTEM 	<p>하이브리드 발전 시스템 및 에너지 자립형 수소-전기 복합 충전 스테이션</p>
<p>클러스터 12</p>	<p>lack gore tapetum dimension xbsecxbcmhg</p>	<ul style="list-style-type: none"> • HYDROGEN CHARGING SYSTEM AND HYDROGEN CHARGING APPARATUS • System and method for sensing fuel charge state of fuel cell electric vehicle • CHARGING METHOD OF NICKEL HYDROGEN BATTERY AND CHARGING DEVICE FOR EXECUTING THE SAME 	<p>수소연료전지 차량에 수소를 충전하는 수소 충전 시스템 및 수소 충전 장치</p>

다. 특허 분류체계 기반 요소기술 도출

- 수소충전용 장비 및 부품 관련 특허의 주요 IPC 코드를 기반으로 한 요소기술 후보는 수소저장용기를 실시간 모니터링 수소충전시스템 및 운용방법이 요소기술로 선정함

[IPC 분류체계에 기반 한 요소기술 도출]

IPC 기술트리		
(서브클래스) 내용	(메인그룹) 내용	요소기술 후보
(F17C) 압축, 액화 또는 고화(固化)가스의 수용 또는 저장용 용기; 일정용량의 가스탱크; 압축, 액화 또는 고화가스의 용기에의 충전 또는 용기로부터의 방출	(F17C-005/00) 압력용기에 액화, 고화 또는 압축가스를 충전하기 위한 방법 또는 장치	설비의 간소화와 에너지 및 유지비의 획기적인 절감을 도모할 수 있는 액체 수소를 이용한 수소연료 충전 시스템 및 수소연료 공급 방법
	(F17C-011/00) 용기 내에 가스용제 또는 가스흡착제를 사용하는 것	높은 충전 정도 및 최대작동압력에 대한 점착성을 보장하는, 메탈 하이드라이드 저장수단을 수소로 충전하기 위한 방법을 제공
	(F17C-013/00) 용기의 세부 또는 용기의 충전 또는 방출에 관한 세부	온 펌프(cryopump), 열 교환기, 가스 저장소 및 혼합 지점을 포함하는 충전 스테이션에서 수소 유출구 온도를 조절하기 위한 방법
	(F17C-001/00) 압력용기, 예. 가스실린더, 가스탱크, 교환 가능한 카트리지(cartridge)	-
(C01B) 비금속 원소; 그 화합물 (이산화탄소를 제외한 무기화합물 또는 요소의 준비를 위한 효소사용 또는 발효 과정)	(C01B-003/00) 수소; 수소화물; 물; 탄화수소에서의 합성가스	강도의 확률적 편차 감소, 피로 강도의 신뢰성이 향상된 수소탱크 및 제작방법
(C22C) 합금	(C22C-038/00) 철합금, 예. 합금강	-
(C25B) 화합물 또는 비금속의 제조를 위한 전기분해 또는 전기영동 방법; 그것을 위한 장치	(C25B-009/00) 탱크 또는 탱크의 조립체; 탱크의 구조부분; 구조부분의 조립체 예를 들면 전극-격막 조립체	-
(H01M) 화학에너지를 전기에너지로 직접 변환하기 위한 방법 또는 수단	(H01M-008/00) 연료전지; 그의 제조	-
(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	-
(B65B) 물품 또는 재료를 포장하기 위한 기계, 기구, 장치 또는 방법; 포장 해체	(B65B-001/00) 물품 또는 재료를 포장하기 위하여 일반적으로 적용되는 기계, 장치 또는 방법	-

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

[수소충전용 장비 및 부품 분야 요소기술 도출]

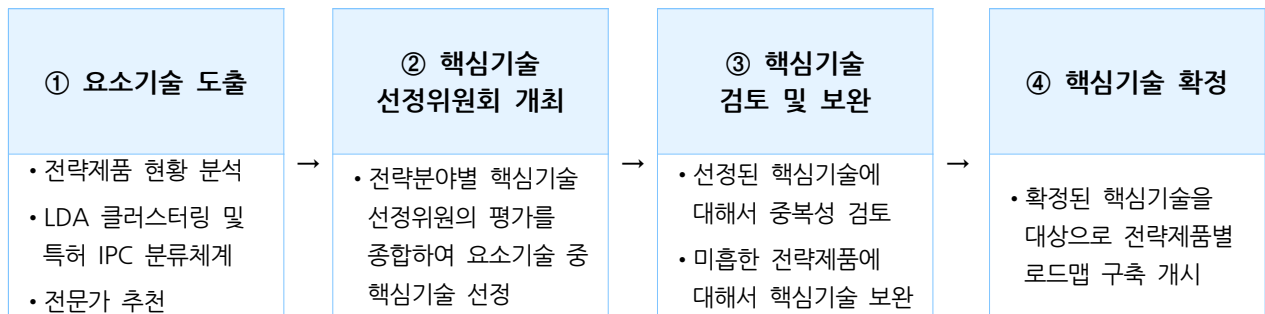
분류	요소기술	출처
공정	수소저장용기를 실시간 모니터링 수소충전시스템 및 운용방법	특허 클러스터링, IPC 기술체계, 전문가추천
	고압 수소 소성을 이용한 산화물계 산소 선택성 흡착제 제조방법	특허 클러스터링, 전문가추천
	압축 가습된 수소를 건조하기 위한 흡수기 베드를 재생하기 위한 시스템 및 방법	특허 클러스터링, 전문가추천
부품 및 장치	수소 충전용 트랙레코드 제조기술	특허 클러스터링
	하이브리드 발전 시스템 및 에너지 자립형 수소-전기 복합 충전 스테이션	특허 클러스터링
	수소 등의 고압 유체가 흐르는 수소 스테이션 등의 설비에 바람직한 고압용 트러니언형 볼 밸브 및 이것을 사용한 수소 스테이션	특허 클러스터링, 전문가추천
	내압에 의한 치수 변화를 억제하면서 내압성 및 내구성을 향상시킬 수 있는 수소 충전용 호스	특허 클러스터링
	수소충전탱크로 급속히 수소 가스를 충전할 수 있는 수소 공급 스테이션을 제공	특허 클러스터링
	900bar 이상의 높은 에너지 효율을 갖는 고압 펌프를 이용하여 수소가스 압축	특허 클러스터링
	수소 충전용 요소부품 개발(피팅류, 밸브류, 펌프류, 파이프 등)	특허 클러스터링, 전문가추천
	고압의 수소 가스에서 분리된 수분에 포함되는 용존 수소를 용이하게 회수해 이용할 수 있는 고압 수소 제조 장치	특허 클러스터링

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

[수소 충전용 장비 및 부품분야 핵심기술]

분류	핵심기술	개요
측정센서	수소저장용기를 실시간 모니터링 수소충전시스템 및 운용방법	<ul style="list-style-type: none"> • 수소저장용기에 대한 압력, 온도와 화재 폭발로 이어질 수 있는 산소농도를 제어할 수 있는 실시간 모니터링 시스템을 구축하고, 이에 대한 실증시험을 통한 검증을 통해 안전성 확보가 요구
부품 및 장치	내압에 의한 치수 변화를 억제하면서 내압성 및 내구성을 향상시킬 수 있는 수소 충전용 호스	<ul style="list-style-type: none"> • 수소의 플렉시블 내압관은 상압, 상온 상태에서 차량 주입 시엔 고압, 저온의 상태로 압력과 온도에 변화 따라 고밀성이 요구되며 수소취화에 의한 내구성과 관의 구부러지는 성능면에서 취급이 어려우므로 이에 대한 기술개발이 요구
	수소충전탱크로 급속히 수소 가스를 충전할 수 있는 수소 공급 스테이션*	<ul style="list-style-type: none"> • 수소 모빌리티 확산을 위해 수소 자동차 충전소는 안전하게 급속 충전이 가능해야 하며 이에 따라 차압 공정에 대한 시스템 설계기술 및 실증시험을 통한 안전성 확보가 요구
	900bar 이상의 높은 에너지 효율을 갖는 고압 펌프를 이용하여 수소가스 압축	<ul style="list-style-type: none"> • 수소경제 활성화 로드맵에 따라 수소액화플랜트 개발이 진행되고 있으나 수소 모빌리티 확산을 위해서는 차량용 수소저장탱크(700bar)에 맞춰 초저온의 액화수소 고압펌프에 대한 기술개발이 요구. 특히, 액화된 수소를 충전소에서 사용하기 위해서는 900bar이상으로 승압하는 압축 기술이 요구
	수소 충전용 요소부품 개발*	<ul style="list-style-type: none"> • 수소취화를 고려한 재질선정과 고온고압조건에 안전과 품질이 확보

* 표시는 생태계 취약 기술을 의미

다. 중소기업 기술개발 전략

- 고압기체 수소에 대한 고압 저장 및 운송의 효율성을 확대할 수 있는 기술개발
- 수소충전용 부품에 대한 압력기준 등과 같은 제품개발 규제를 완화하여 효율성 제고 추진
- 액화 플랜트 및 액화탱크, 펌프, 밸브 등 국산화 기술 개발 지원
- 중소기업의 수소충전 기술개발을 추진하는 대학, 연구소 등과 금융, 마케팅, 법률, 컨설팅 등의 전문 서비스 기업지원체계를 연계하여 기술개발 추진

라. 기술개발 로드맵

(1) 중기 기술개발 로드맵

[수소충전용 장비 및 부품 기술개발 로드맵]

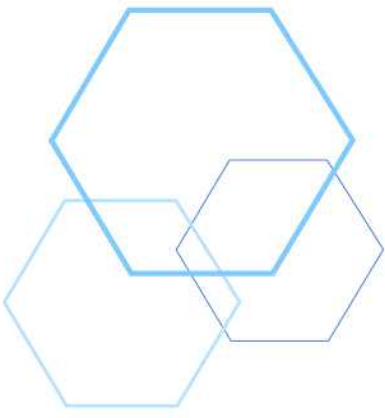
수소충전용 장비 및 부품	수소 충전용 장비 및 부품의 국산화로 한국형 수소충전 인프라 구축			
	2021년	2022년	2023년	최종 목표
수소저장용기를 실시간 모니터링 수소충전시스템 및 운용방법				안전한 수소농도 관리 및 운영 절차 도출
내압에 의한 치수 변화를 억제하면서 내압성 및 내구성을 향상시킬 수 있는 수소 충전용 호스				수소충전소용 고압용 플렉시블 호스개발
수소충전탱크로 급속히 수소 가스를 충전할 수 있는 수소 공급 스테이션				수소 충전 시스템 개발
900bar 이상의 높은 에너지 효율을 갖는 고압 펌프를 이용하여 수소가스 압축				초저온 펌프 개발
수소 충전용 요소부품 개발				수소충전소용 밸브류 설계

(2) 기술개발 목표

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

[수소충전용 장비 및 부품 분야 핵심요소기술 연구목표]

분류	핵심기술	기술요구사항	연차별 개발목표			최종목표	연계R&D 유형
			1차년도	2차년도	3차년도		
공정	수소저장용 기구 실시간 모니터링 수소충전시스템 및 운용방법	산소 실시간 농도 측정	공정시스템 분석	실시간 측정값 분석	실증운전을 통한 시스템 검증	안전한 수소농도 관리 및 운영 절차 도출	상용화
		실시간모니터링 제어로직 설계	공정시스템 분석	시간 단위 배치 분석			
공정	내압에 의한 치수 변화를 억제하면서 내압성 및 내구성 향상시킬 수 있는 수소 충전용 호스	내압성	-	875bar	1255bar	수소충전소용 고압용 플렉시블 호스개발	창업성장
		내구성	-	500회 이상	500회 이상		
부품 및장치	수소충전탱크로 급속히 수소 가스를 충전할 수 있는 수소 공급 스테이션	공정시스템 설계	공정 설계 및 분석	시스템 구성 및 배치	실증시험을 통한 검증	수소 충전 시스템 개발	상용화
	900bar 이상의 높은 에너지 효율을 갖는 고압 펌프를 이용하여 수소가스 압축	초저온 고압 펌프 핵심부품 설계원천기법 개발 및 성능시험	기밀성을 고려한 제품설계	펌프제작 실험장치 설계	성능시험을 통한 제품 검증	초저온 펌프 개발	기술혁신
	수소 충전용 요소부품 개발	KS B ISO 19880-3에 부합하는 밸브류 설계	기밀성을 고려한 제품설계	시제품 제작	공인인증검사	수소충전소용 밸브류 설계	창업성장



전략제품 현황분석

중소형 수소 액화 저장 시스템



중소형 수소 액화 저장 시스템

정의 및 범위

- 중소형 수소를 액화 저장하기 위한 시스템으로, 액체수소 저장을 위한 부품/설비
- 액체수소 저장용 탱크, 액체수소 이송 배관, 액체수소 이송 배관용 진공단열 밸브, 액체수소 충전용 고압 액체 펌프, 액체수소 충전용 고압 기화장치 등 포함

전략 제품 관련 동향

시장 현황 및 전망	제품 산업 특징
<ul style="list-style-type: none"> • (세계) 전체 수소저장별 세계 시장규모는 2018년 4,317억 달러에서 연평균 8.4%씩 성장해 2024년 7,005억 달러를 기록할 전망 • (국내) 수소저장별 국내 시장규모는 2018년 1,940억 원에서 연평균 8.8%씩 성장해 2024년 3,218억 원을 기록할 전망 	<ul style="list-style-type: none"> • 수소에너지 생산, 저장, 운송 관련해 수요 증가가 증대되고 있으나 수소 에너지 운송과 인프라 구축은 부족한 상황 • 수소 생산·저장·운송·충전 분야는 중소기업 위주로 구성되어 있으며, 활용분야는 대기업 주도로 생태계 형성 중
정책 동향	기술 동향
<ul style="list-style-type: none"> • 국내는 2020년 포스트 코로나 시대를 대비한 그린 뉴딜의 핵심투자 과제로 수소경제가 선정. 2020년 7월 '수소경제 추진위원회'가 출범하면서 수소의 활용가능성의 제고가 함께 추진됨 • 미국은 수소 생산량을 확보 및 수소 밸류체인 전반의 기술자원 확보하기 위한 정책추진 	<ul style="list-style-type: none"> • 수소 저장 소재는 액화수소의 적용을 통한 플랜트 사업이 주축으로 차후 금속수소화물 및 유기 및 무기수소화물의 대체가 예상 • 액체수소 저장에서 지속적인 기화로 인한 수소누출로 장기간 수소저장 어려움으로 기화를 억제할 수 있는 소재/부품개발
핵심 플레이어*	핵심기술
<ul style="list-style-type: none"> • (해외) LINDE, Air Liquide, Chiyoda, Air Products & Chemicals(APD) • (대기업) 현대자동차, 두산중공업, 현대중공업, 효성중공업 • (중소기업) 하이리움산업, 대영씨엔이, 덕양, SPG, 대영씨엔이, 메타비스타, 패리티 	<ul style="list-style-type: none"> • 이동식 모듈형 수소액화시스템 개발 • 액체수소충전용 디스펜서 및 리셉터를 개발 • 액체수소용 방폭형 극저온 온도센서 개발* • 액체수소용 Flowmeter 및 Calibration 기술 • 액체수소용 극저온 유체 레벨게이지 개발* • 액체수소 유량 조절을 위한 극저온 밸브*

*생태계 취약 전략제품

중소기업 기술개발 전략

- 중소형 수소를 액화 저장을 위한 부품/설비 및 시스템에 대한 핵심 원천 및 상용화 기술개발이 필수
- 수소 액화저장 시스템 전반의 중소기업 경쟁력 향상을 위한 민간 주체에 관한 육성 지원정책 지원 요구
- 수소 액화저장 핵심소재 개발에 따른 평가 및 도입을 위해 중소, 중견기업의 장비-소재산업 간 긴밀한 협력이 필요

생태계 강화방안

- 고압 기체 수소(200bar) 대비 높은 저장 밀도를 갖도록 수소를 액화시켰을 때, -253℃로 냉각하는 과정에서 액화 비용이 증가하게 되므로 Boil-off 방지를 위한 소재부품 원천기술 개발이 요구됨
- 민간 참여의 확대를 통해 투자비용 및 위험을 이해관계자로부터 분담시킬 수 있는 산업 육성 시스템 구축을 통해, 시장의 불확실성을 감소시키고 수소산업 투자를 유도할 수 있도록 제도마련이 요구
- 공공주도의 R&D 및 실증·상용화 단계와 구체적 전략마련 과정에서 민간 기업의 참여기회 제공

1. 개요

가. 정의 및 필요성

(1) 정의

- 수소액화저장시스템은 기상(Gas phase)의 수소를 압축하여 미세 통로(밸브, Orifice, Porous Plug)로 통과 (팽창) 시키면 압력강하와 함께 온도 강하가 발생하는 효과(Joule-Thomson Effect)를 이용하거나, 수소 또는 고압의 냉매가스를 냉각한 후 단열 팽창시켜 냉매의 온도를 더욱 낮아지게 하는 등 엔트로피(Isentropic) 과정 등을 거쳐 액상 (Liquid phase)으로 상변화 시키고, 상변화 된 액체수소를 시스템 내부 또는 외부에 일정 기간 저장하면서 발생하는 BOG (Boil-off gas)를 최소화할 수 있는 기술
 - 액체수소 생산을 위한 주변 환경, 운영방법 및 경제성 등을 종합적인 고려하고 수소액화를 위한 단위공정들의 최적 조합을 도출하여 수소액화저장시스템의 CAPEX & OPEX를 최소화 할 수 있는 엔지니어링 기술
 - 엔지니어링 기술 개발을 위해서는 극저온 모듈 또는 장치 개발 시 성능 최적화를 위한 열해석 기술 확보가 선행되어야 하며 이를 통하여 액체수소 저장용기 단열시스템 성능 예측, 운전 모드별 BOG 발생 및 압력 상승 예측 등이 가능해지며 궁극적으로 수소액화공정 설계를 통한 효율 예측 정확도가 향상 될 수 있음
- 중소형 수소액화저장시스템은 중소형 규모의 액체수소 생산에 적합한 탄력적 운영 방식을 고려하여 주요장비의 선정, 배치 및 시스템 구성 방식 등의 최적화를 할 수 있음. 규격화된 시스템의 신속한 생산, 현장설치 소요기간 최소화, 현장상황에 따른 시스템 용량변경 용이, 운영 현장 변경에 따른 신속한 이동 설치 가능 등이 가능한 시스템으로 대변할 수 있음
 - 액체수소 생산량은 변경될 수 있으나 모듈당 대략 일일 15 kg 내외의 기체수소를 액체수소로 변환 할 수 있으며 분리 된 독립형 기능 컨테이너 및/또는 스킵드 장착 형태로 제작하여 시스템의 간편한 조립 및 분해를 가능하게 할 수 있음
 - 이는 시스템이 필요한 곳이면 어디에서나 쉽게 운송 및 조립할 수 있도록 전체 시스템을 모듈형으로 제작하고 액체수소 생산을 위한 주요 공정 (사전 냉각, 압축 및 팽창, 가스 액화, 저장)을 하나의 통합 시스템으로 구성하고 이를 동일한 시스템과 결합하여 소형에서 중형 규모의 액체수소를 생산 가능하게 할 수 있음
 - 수소액화저장시스템을 구성하는 주요 기자재로는 액화기 이외에도 생산된 액체수소의 활용성 증대 면에서 충전에 필요한 액체수소 충전용 노즐 및 리셉터클을 비롯하여 액체수소 저장에 필요한 극저온유체 (LNG, LN2, LH2 등) 진공단열시스템에 필수 아이템인 MLI (Multi Layer Insulation), 액체수소용 계측기류 (Flowmeter, 레벨게이지 등) 및 밸브류 등이 있으며 이러한 기자재들은 수소액화시스템 구성에 없어서는 안 되는 장비/장치들이나 국내 생산이 없거나 그 신뢰도가 충분치 못하여 실제 사용은 미미한 수준 임

[신재생에너지에서 중소형 수소 액화 저장 시스템]



* 출처 : 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」에 정의된 신재생에너지 분류를 기반으로 재작성

(2) 필요성

□ 에너지 선진국들의 독자적 수소경제 패러다임 구축 및 산업 경쟁력 강화

- 에너지 선진국들은 민간참여를 적극 유도하여 계획 수립부터 실행 단계까지 독자 수소 사회 패러다임 구축 중인 반면 국내는 수소대응 미흡. 대용량 수소 이송 및 저장에 효율적인 액체수소생산에 관한 국내 기술 수준은 선진국에 비해 현저히 낮음
- 미국은 액체수소 적용분야를 개발해 왔으며 수소액화기술을 수출금지 품목으로 분류함. 기술이전이 어려운 상황에서 국내에서는 기술이 없어 활용분야가 없고 활용이 없어 노하우가 축적되지 못하고 있는 상황임. 수소 산업이 급성장하고 있는 현 시점에서 신속한 제작이 가능하고, 용량 확장이 간단한 모듈형 수소액화기술의 시급히 확보가 되어야 할 시점

□ 중·소용량 수소생산 및 저장, 이송기술 필요성 증대

- 약 1~3 bar의 저압에서 운용되는 액체수소시스템은 약 300~700 bar의 고압에서 운용되는 기체수소시스템에 비해 안전함. 중소형 규모의 모듈화된 수소액화시스템은 신속하고 간편하게 용량 증설이 가능하므로 수소경제 진입 초기 및 수소용량의 향후 증설을 염두에 두고 있는 경우에 적합
- 일반적으로 산업용으로 사용되고 있는 대부분의 수소는 이송·저장 시 고압 압축 방식으로 처리하고 있으나 이를 액화시켜 이송·저장할 경우 약 7 배 정도의 높은 처리능력을 갖출 수 있어 고압 방식 대비 경제성이 탁월함. 수요처의 저장능력을 향상시키고 유·무인 이동수단 및 군수용 등 다양한 수소모빌리티 응용분야와 고순도 수소 산업체 활용이 가능하여 반도체 분야 등에 적용 가능함
- 핵심 보조기기는 현재 국산품이 전무한 상태라서 개발 성공 시 중소형뿐만 아니라 대형시스템에서도 동일하게 사용되며 플랜트, 충전소 등의 O&M (운영 및 유지보수) 에서도 반드시 필요한 기자재임

나. 범위 및 분류

(1) 가치사슬

- 에너지 관련 산업 분야에서 고밀도 에너지인 수소를 효율적으로 저장·이송·공급할 수 있는 중소형 수소액화저장시스템이 구축될 경우 수소에너지 활용기술의 산업 융합이 가속화되어 에너지 산업 분야에서 추가적 부가가치 창출이 가능

[중소형 수소액화 저장시스템 분야 산업구조]

후방산업	중소형 수소액화 저장시스템 분야	전방산업
수소 생산, 극저온 소재, 단열재, 진공, 가스제조, 극저온 용기 및 배관류 시장 등	수소연료, 극저온가스 유량계 및 유량조절밸브, 극저온 온도센서 및 레벨센서, 극저온 연료 디스펜서 등	자동차, UAV / PAV, 건설기계, 가스, 에너지, 발전시장 등

(2) 용도별 분류

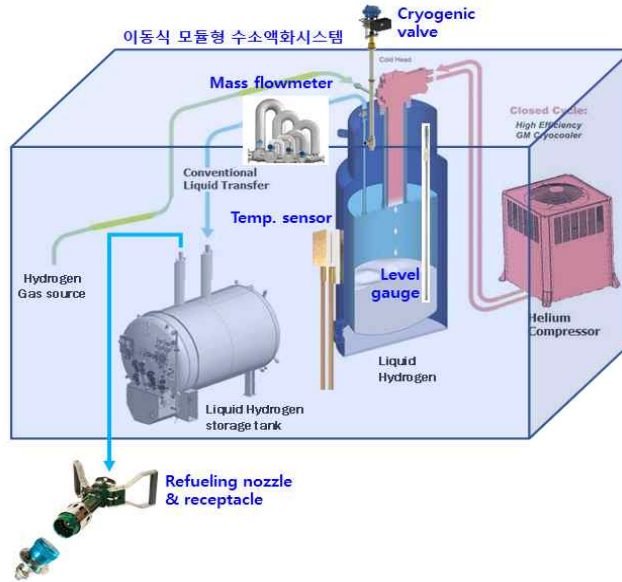
- 고밀도 에너지인 수소의 활용성을 극대화하기 위해서는 안전함과 동시에 보다 효율적이고 편리한 저장·이송·공급 체계가 구축되어야 하므로 수소경제 진입 단계에서 중소형 수소액화저장시스템의 구축이 중요함
- 생산된 액체수소를 연료로 사용할 수 있는 충전과 각종 수소모빌리티 관련 산업 적용 및 지역적 에너지공급 불균형 해소를 위한 저장·이송에 기여하여 추가적 부가가치 창출이 가능

[용도별 분류]

분류	상세 내용
액체수소 기반 수소충전소	<ul style="list-style-type: none"> 수소의 생산, 저장, 운송, 충전, 이용의 5단계 Value Chain 단계에서 수소의 운송비용은 최소화할 위하여 On-site 수소생산과 연계하여 모듈화된 수소액화저장시스템을 활용하여 충전소 운영비용을 최소화 가능
수소모빌리티	액체수소 기반 UAV/PAV <ul style="list-style-type: none"> 수소경제의 활성화 및 액체수소의 활용성 극대화를 위하여 액체수소기반의 수소모빌리티 확대가 필수적이며 연료전지와 접목시켜 국방, 물류, 감시, 측량 등의 미션 수행을 위한 UAV / PAV 산업에 획기적인 효율증대 방안 제시 가능
	액체수소 대형트럭 <ul style="list-style-type: none"> 전기차의 운행 영역 이상의 역할 수행을 위해서는 고출력, 장시간 에너지 공급을 위한 고에너지 파워팩이 필수. 연료전지와 접목한 대형 트럭, 버스 등의 효율증대 방안 제시 가능
	액체수소 기반 건설기계 <ul style="list-style-type: none"> 건설기계의 특성을 고려한 고출력, 장기운전이 필요한 영역에서 온실가스 배출 규제에 실질적인 대응이 가능하여 신규 건설기계 또는 기존 건설기계의 연료공급시스템 변경으로 국가적인 친환경 정책 실현이 가능
	액체수소 기반선박 <ul style="list-style-type: none"> 공간적인 제약조건을 극복하면서 고출력 에너지 공급이 필요로 하는 선박의 강력한 연료 공급시스템의 대안으로 IMO 환경규제를 완벽하게 대응할 수 있는 옵션 제공
액체수소 저장·이송	<ul style="list-style-type: none"> 액체수소의 다양한 산업분야 적용 시 필수적으로 수반되는 저장 및 이송문제의 원활한 해결을 위하여 다양한 부대설비 및 기자재 개발이 필수적임.

◎ 기술별 분류

[중소형 수소액화저장시스템의 개념도]



* 출처 : Smart Energy Compressors for Helium Liquefiers (International Cryocooler ConferenceAt: Syracuse, New York, USAVolume: 18, 2014. 06. modified photo from an original one, Figure 1)

□ 중소형 수소액화저장시스템의 주요 구성요소기술 분류

- (주기기) 이동식 모듈형 수소액화시스템: 중소형 규모의 액체수소 생산에 적합한 탄력적 운영 방식을 고려한 주요장비의 선정, 배치 및 시스템 구성 방식 등의 최적화를 통하여 규격화된 시스템의 신속한 생산, 현장설치 소요기간 최소화, 현장상황에 따른 시스템 용량 변경용이, 운영 현장 변경에 따른 신속한 이동 설치 가능 등이 가능한 시스템
- (주요 기자재) 충전 노즐 및 리셉터클: 수소모빌리티 분야의 액체수소 활용도를 증대시키기 위하여 충전에 필요한 노즐과 리셉터클의 확보가 필수적 임. 적용분야에 따라 형상과 크기가 다양 함. 극저온 유체 충전용이므로 충전 시 BOG 회수 및 동결현상 방지 등을 고려한 설계 필요
- (주요 기자재) 온도센서: 극저온 영역에서 정확하게 측정된 온도는 시스템 운영 방안과 직접적인 연관이 있으므로 액체수소의 생산·이송·저장 및 충전에 있어 간편하면서도 유용한 정보로 활용 됨. 수소가 가연성 가스임을 감안하여 방폭 기능을 고려된 제품 개발 필요
- (주요 기자재) 유량계: 극저온 가스에 대한 유량 측정 중 가장 큰 오류의 원인은 측정 시 일정하고 균일 한 단일상 흐름 유지가 곤란. 이러한 오류 및 기타 오류의 발생 가능성을 최소화하기 랑 측정 방법의 안정성, 재현성, 감도 및 신뢰성의 확보가 중요
- (주요 기자재) 레벨게이지: 액체수소저장용기 내부 잔량은 외부 침투열로 인한 압력 변화에 의해 액상과 기상의 평형상태가 비선형적으로 변하므로, 정확한 측정은 산업 적용 관점에서 매우 중요
- (주요 기자재) 밸브: 액체수소용 극저온 밸브는 액체수소 생산·이송·저장·충전 시스템에 있어 중요한 기자재. 액체수소 활용 분야에 사용되는 극저온 밸브는 액체질소, LNG 등에 사용되고 있는 밸브보다 더욱 혹독한 사용 환경인 20 K 이하의 저온에서 정상적인 작동을 해야 하기 때문에 외부 열침투를 최소화하기 위한 특별한 형상 설계 기술이 요구

2. 산업 및 시장 분석

가. 산업 분석

◎ 미래에너지로 주목받는 수소에너지 활용성 증대

- 수소의 생산·이송·저장·충전 및 활용을 위한 기술혁신으로 수소에너지의 경제적 타당성도 급격히 개선되고 있으며 친환경성, 대용량 저장·운반 가능성 확대, 생산 및 소비의 유연성을 갖춘 미래에너지로써 주목
- 중소형 수소액화저장시스템 개발은 전통적인 가스·에너지 산업에 고난도의 극저온 관련 기술 및 진공단열 기술이 결합되어 기존 산업에서 수소모빌리티 분야까지 새로운 부가가치를 부여하고자 수소충전, 국방, 육·해·공 교통, 저장·이송기기/장비, 발전 시스템 등에 활용 가치가 매우 큰 기술

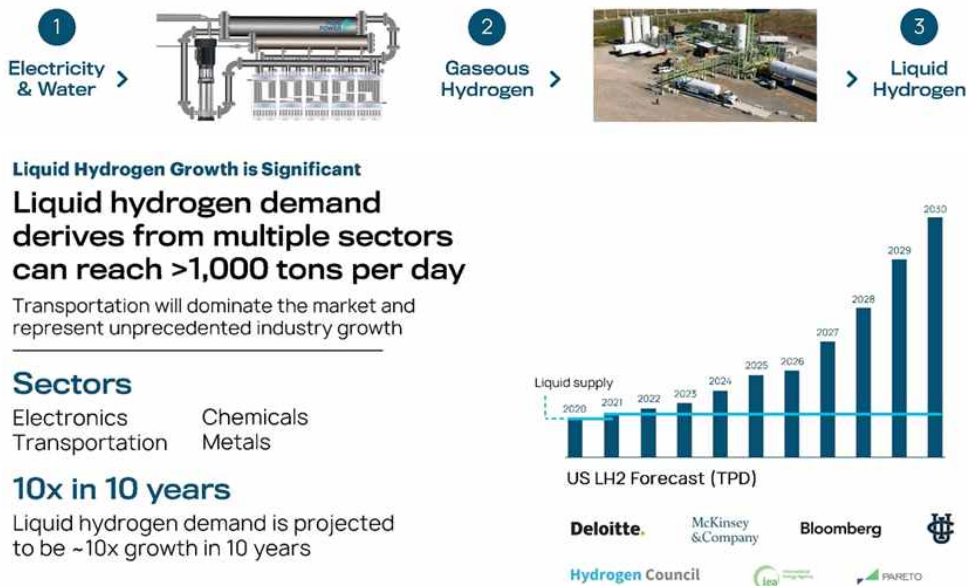
◎ 글로벌 업체에 주도되는 시장

- 세계시장 조사 보고서에서 언급되는 수소액화저장시스템의 주요업체로 LINDE, Air Liquide, Air Products and Chemicals, Praxair 등으로 국내업체는 전무한 실정임. 세계적 선도 회사들은 액체수소 및 수소액화저장시스템 판매만으로도 상당한 수익을 창출하고 있음
 - 산업용 가스 전문 세계적 화학기업인 독일의 LINDE 그룹은 독일의 국가혁신프로그램(NIP)으로부터 지원받아 400kg급 액체수소 저장탱크와 액체수소를 최대 900bar의 기체수소로 전환해주는 차세대 초저온 펌프가 채워진 수소충전소를 독일 하노버에 개시함
 - Air Liquide는 미국 서부 지역에 대형 액체수소플랜트를 신규 설립하기로 결정함. 약 1억5,000만달러(약 1,650억원)를 투자하며, 신규 플랜트의 생산능력은 일일 생산량 30톤을 규모이며, 상용가동은 2022년을 목표로 함
 - Air Products and Chemicals는 세계 최대의 상업용 수소 공급업체로써, 파이프라인, 튜브 트레일러, 액체 수소 트레일러, 실린더를 통해 기체 및 액체 수소를 전 세계에 공급할 수 있음
 - 미국 PLUG POWER INC는 수전해 방식 규모 수소생산부터 중소규모 시스템 모듈화 설계를 통한 신속하고 스케일 확장의 유연성을 극대화함과 동시에 액체수소 형태의 저장 방식을 도입하여 저장·이송 효율성을 증대시키고 있음
- 국내의 경우는 정부 주도로 2019년에 수소액화플랜트 건설의 타당성 검토에 착수하였으며, 2020년에는 지자체 및 소수의 대기업을 중심으로 외산 제품 도입을 통해 수소에너지 사용을 위한 인프라 구축 사업을 추진하기 위한 움직임이 나타나고 있음
 - 정부는 2019년 '제2차 수소경제위원회'를 열고 2022년까지 수소 발전 의무화 제도(HPS)를 도입하는 등 5개 안건을 심의·의결한 바 있음
 - 두산중공업이 국내 첫 수소액화플랜트 건설하고, 향후 20년간 유지보수 업무를 수행함. 플랜트는 일일 5톤의 액화수소 생산을 목표로 경남 창원에 위치한 두산중공업 창원공장 내 부지에 2022년까지 준공될 예정임

◎ 수소경제 글로벌 무한경쟁 도래

- 극저온 가스 관련 세계적 기업인 LINDE는 수소액화플랜트 뿐만 아니라 다양한 분야의 수소 모빌리티 시장 진출로 사업 분야를 확장하고 있음. 2020년에는 노르웨이 Hayvard Group와 협력하여 2021년 상업 운항을 목표로 액체수소기반 크루즈선박 건조 추진 중
- Benz Daimler는 2023년 출시를 목표로 액체수소기반 대형트럭 개발에 박차를 가하고 있어 세계 최초의 상용화 판매가 가능할 것으로 기대를 모으고 있음. 현대자동차가 세계 선두를 달리고 있는 수소연료 전지차 시장은 2020년 5만 9천대에서 2025년에는 4배 이상인 25만대가 운행될 것으로 예상되고 있음

[다양한 분야에 응용되는 수소액화 시장]



* 출처 : <https://www.globenewswire.com/>, (2020.10)

◎ 정책적 지원 강화

- 미국
 - (기업) 미국 내 자원을 활용한 수소 생산량을 확보 및 수소 밸류체인 전반의 기술자원 확보
 - (지역) 캘리포니아주를 중심으로 수소인프라 지원 추진 중('25년까지 수소충전소 200개 설치 추진)
 - (해외) 수소업계 글로벌 리더들을 중심으로 해외진출 추진(블룸에너지-SK간 합작법인, Air Products and Chemicals-울산 투자 의향서 체결 등)

□ 호주

- (기업) 풍부한 재생에너지원과 정책적 지원(국가 수소전략 '19년 11월, 보조금, 규제 완화 등)을 바탕으로 수소 산업 생태계 구축 중
- (지역) South Australia, Western Australia, Tasmania 등 州별로 재생에너지를 사용한 수소 생산 계획을 적극 추진중(툰슬리 수소 공원 사업 등)
- (해외) 한국, 중국, 일본 등 주요 수소 수요처에 수소 수출 방안을 모색 중

□ 일본

- (기업) 수소차 구매 및 인프라(충전소) 확산을 우선적으로 모색해왔으며, 최근 대규모 수소 서플라이체인 구축을 위해 수소 운송저장 정책지원 추진
- (지역) 도쿄 등 각 지자체에 의해 FCEV 구입 보조 등 수소 모빌리티 보급 및 개별 수소 프로젝트 추진(기타큐슈-제철소 부생 수소 활용 등)
- (해외) 국제 수소 서플라이 체인을 구축, 해외로부터의 수소 수입 모색 (HySTRA-호주, 갈탄개질, AHEAD-브루나이 NG 개질)

□ 독일

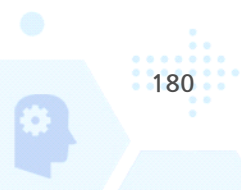
- (기업) 민관합동 특수목적법인 'H2모빌리티'설립, 모빌리티 영역에 우선 집중하여 인프라 구축 지원
- (지역) 7개의 중심(TIER 1)지역을 연결하는 9개의 간선을 중심으로 수소충전소를 정비 중이며, 수소차 공유 스타트업도 설립 및 운영
- (해외) 자국 내 수소 생산량 부족을 보완하기 위해 가나, 나이지리아 등 서아프리카로부터 수소 공급망 탐색 및 공급업체 계약 진행

□ 중국

- (기업) '19년 40개 완성차 기업에서 56종 수소전기차 개발 및 연구 중이며, FCEV 보조금을 통해 시장 활성화 지원 중
- (지역) UNDP 선정 수소경제 시범도시로 '루가오'외 2개 지역 선정
- (해외) 세계최대 암모니아 제조국으로 호주 등 암모니아시장 협력 검토

□ 한국

- 2018년 혁신성장 3대 투자 분야 중 수소경제가 선정되고 2019년 관련 정책이 구체화됐으며, 2020년 포스트 코로나 시대를 대비한 그린 뉴딜의 핵심투자 과제로 선정됨
- 정부는 2018년 「혁신성장 관계장관회의」를 통해 수소경제를 3대 투자 분야 중 하나로 선정하였으며, 「수소경제 활성화 로드맵」을 발표함. 2019년 10월 정부는 「수소경제 활성화 로드맵」을 실현하기 위한 상세 기술 로드맵으로써 「수소 기술개발 로드맵」을 발표함
- 2020년 7월 '수소경제 추진위원회'가 출범하면서 수소의 활용가능성의 제고가 함께 추진됨

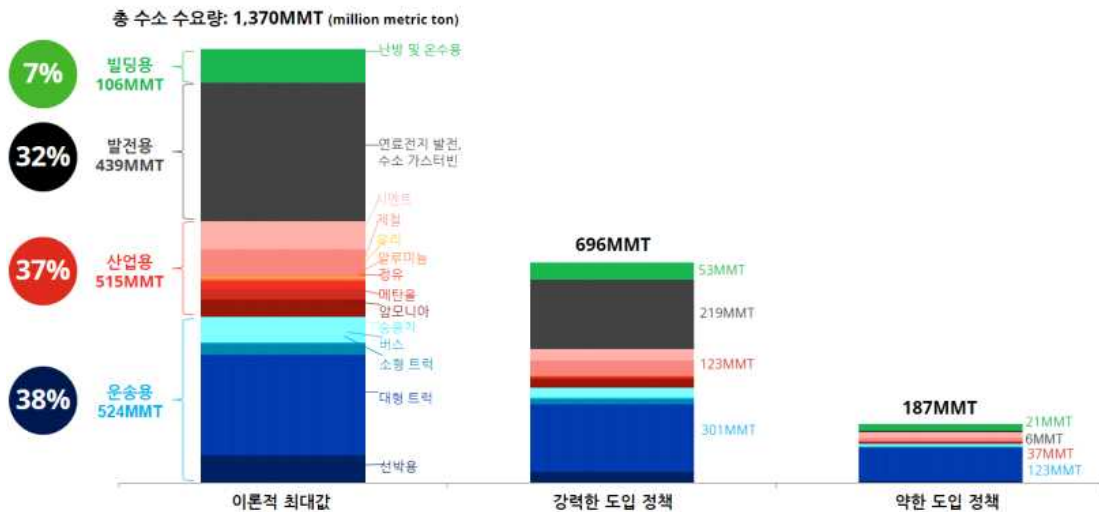


나. 시장 분석

(1) 세계시장

- Bloomberg NEF의 전망에 따르면 1.5℃ 이하로 지구 평균 온도 상승 폭이 억제된다면, 수소가 2050년 글로벌 에너지 총수요의 7%를 차지할 것으로 전망함. 적극적 수소 도입을 유도하는 ‘Strong Policy’ 기준으로는 2050년 글로벌 에너지 총수요의 24%를 수소가 차지할 것으로 보임

[시나리오별 수소 사용처에 따른 2050년 글로벌 수요 전망]



* 출처 : “HOW A DEDICATED HYDROGEN INFRASTRUCTURE CAN BE CREATED”, European Hydrogen Backbone

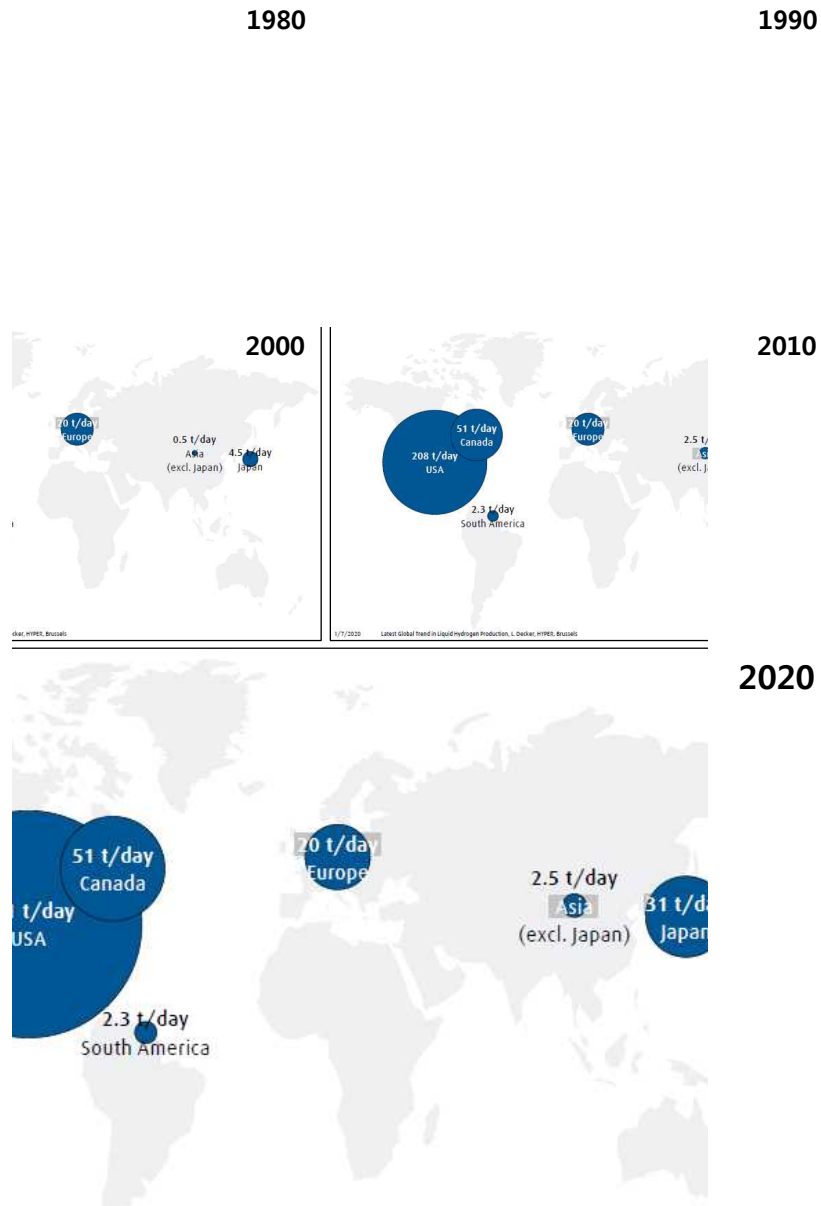
- 일본 Yamaguchi Liquid Hydrogen사의 2019년도 자료에 의하면 2005년 일본 내 전무하던 액체수소의 사용량은 2019년까지 지속적으로 증가해 왔음. 특히, 전체 수소 사용량이 2015년 감소하는 추세 속에서도 액체수소 사용량은 증가하여 2019년 기준 전체 수소사용량의 약 45% 정도 큰 비율로 증가되었음

[일본 내 액체수소 판매량 추이 변화]

* 출처 : Yamaguchi Liquid Hydrogen 주식회사 (Japan, 2019)

- 2019년 LINDE의 'Latest Global Trend in Liquid Hydrogen Production' 발표에 의하면 2000년, 2010년 접어들면서 다양한 산업 분야에 액체수소의 사용이 증가되면서 글로벌 액체수소 생산량이 급증하고 있으며 2020년 현재 북미에서 약 300 TPD, 일본에서 30 TPD, EU에서 20 TPD 생산되고 있음. 국내는 현재까지 전무한 실정임

[액체수소 글로벌 생산량 변화]



* 출처 : Latest Global Trend in Liquid Hydrogen Production (HYPER Closing Seminar, LINDE, Brussels, 2019.12)

- 전체 수소저장별 세계 시장규모는 2018년 4,317억 달러에서 연평균 8.4%씩 성장해 2024년 7,005억 달러를 기록할 전망

[전체 수소저장별 세계 시장규모 및 전망]

(단위 : 백만 달러, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
세계시장	431,744	468,010	507,323	549,938	596,133	646,208	700,490	8.4

* 출처 : MarketsandMarkets, HYDROGEN GENERATION MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2023 (2018)

- 수소저장별 세계 시장규모에서 On-board Storage 방식은 2019년 4,138억 달러에서 연평균 7.7%씩 성장해 2024년 약 5,996억 달러를 기록할 전망. 수소저장 방식 중 On-board Storage 방식이 시장규모가 큰 것으로 파악됨
 - Underground Storage 방식은 2019년 74억 달러에서 연평균 2.8%씩 성장해 2024년 86억 달러를 기록할 것으로 전망되며, Power-to-Gas Storage 방식은 2019년 463억 달러에서 연평균 14.8%씩 성장해 2024년 922억 달러 규모로 성장할 것으로 예측됨

[수소저장별 세계 시장규모 및 전망]

(단위 : 백만 달러, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
On-board Storage	384,204	413,787	445,649	479,964	516,921	556,724	599,592	7.7
Underground Storage	7,247	7,449	7,658	7,872	8,093	8,320	8,553	2.8
Power-to-Gas Storage	40,292	46,255	53,100	60,959	69,982	80,339	92,229	14.8

* 출처 : MarketsandMarkets, HYDROGEN GENERATION MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2023 (2018)

(2) 국내시장

- 국내 수소저장 방식별 시장규모는 전체 수소저장에 대한 세계 시장규모에 기반하여 10% 점유율 추정하였을 때²²⁾, 2018년 1,940억 원에서 2024년 3,218억 원으로 증가할 것으로 전망

[수소저장 방식별 국내 시장규모 및 전망]

(단위 : 억 원, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
국내시장	1,940	2,110	2,296	2,499	2,718	2,958	3,218	8.8

* 출처 : MarketsandMarkets, HYDROGEN GENERATION MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2023 (2018)
수소저장 방식별 세계 시장규모 기반 국내 시장 추정(1달러=1,094원)

22) 2018년 기준, 아시아 지역이 수소생산 발생비율 41.1%, GAGR 8.77% 성장으로 국내 점유율을 10%로 가정 (MarketsandMarkets, HYDROGEN GENERATION MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2023 (2018))

3. 기술 개발 동향

□ 기술경쟁력

- 중소형 수소 액화 저장 시스템은 미국이 최고기술국으로 평가됐으며, 우리나라는 최고기술국 대비 70.6%의 기술수준을 보유하고 있고, 최고기술국과의 기술격차는 3.5년으로 분석
- 중소기업의 기술경쟁력은 최고기술국 대비 63.0%, 기술격차는 4.1년으로 평가
- 일본(99.2%)>EU(95.3%)>한국(70.6%)>중국(67.3%)의 순으로 평가

□ 기술수명주기(TCT)²³⁾

- 중소형 수소 액화 저장 시스템은 9.53의 기술수명주기를 지닌 것으로 파악

가. 기술개발 이슈

◎ 중소형 수소액화저장시스템 관련 기술 동향

- 수소는 수소경제 핵심에너지 운반체로 수요 및 활용분야가 확대 중이며 정부의 '신재생에너지 보급 확대 및 에너지신산업 육성' 정책에 힘입어 급증하는 수요에 선 대응하기 위한 수소액화저장시스템 구축의 사회적 공감대가 형성되고 있어 기술적 대응이 시급히 필요
 - 현존하는 수소액화플랜트가 없고 관련 기술 개발이 미미한 국내의 실정에서는 수소경제 진입단계에서 급증하는 수소에너지 수요에 대응하기 위한 방안으로 중장기적으로 대형 수소액화플랜트 국산화 기술, 단기적으로 중소형 수소액화저장시스템 관련 기술개발을 고려해 볼 수 있음. 중소형 수소액화저장시스템은 중소형 규모의 액체수소 생산에 적합한 탄력적 운영 방식이 가능하여 대용량 생산설비에 대한 타당성 검토 및 신속한 용량확장과 이동설치가 가능하여 관련 기술 확보 및 운영 노하우 축적에 적합한 중간 매개체 역할 제공
 - 수소액화플랜트 개발 관련해서는 국내에서 최초로 지난 2019년에 출범한 한국기계연구원 주관 "상용급 액체수소플랜트핵심기술개발사업"이 현재 진행 중임. 이 사업에서는 0.5 ton/day 설계/제작 및 5 ton/day 설계를 과제 성과물로 도출할 예정. 따라서, 중소기업이 주관하여 개발하고자 하는 "중소형 수소액화저장시스템"은 한국기계연구원 주관의 0.5 ton/day 개발 내용과 중첩되지 않도록 개발 대상과 액체수소 생산능력을 함께 고려해야함
 - 상용급 액체수소플랜트핵심기술개발사업의 경우는 주로 주기기 개발 위주로 개발 내용이 구성되어 있으므로 중소형 수소액화저장시스템 개발 사업에서는 주기기를 제외한 핵심 보조기기 위주로 개발이 진행되는 것이 바람직 함. 핵심 보조기기는 현재 국산품의 전무한 상태라서 개발 성공 시 중소형 뿐만 아니라 대형시스템에서도 동일하게 사용되며 플랜트, 충전소 등의 O&M (운영 및 유지보수) 에서도 반드시 필요로 하는 기자재임
 - 중소형 규모의 이동식 모듈화된 수소액화시스템은 신속하고 간편하게 용량 증설이 가능하므로 수소경제 진입 초기 및 수소용량의 향후 증설을 염두에 두고 있는 경우에 적합

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

- 저장에 필요한 극저온유체 (LNG, LN2, LH2 등) 진공단열 시스템에 필수 아이템인 MLI 경우 그 활용도 및 중요성이 매우 높음에도 불구하고 국내 기술은 전무한 상태임. 액체수소용 계측기류 (Flowmeter, 레벨게이지 등) 및 밸브류는 수소액화시스템 구성에 없어서는 안되지만, 장비/장치들이나 국내 생산이 없거나 그 신뢰도가 충분치 못하여 실제 사용은 미미한 수준임

◎ 액체수소 충전용 디스펜스

- 액체수소 충전용 디스펜스는 액체수소 기반의 수소모빌리티 분야에서 필요로 하는 설비이나 대부분이 고가의 해외 선진업체 장비 도입에 의존 있어 시급한 국산화가 필요함
 - 생산된 액체수소의 활용성 확대 측면에서 차량용 액체수소 충전에 필요한 디스펜스의 핵심 구성품인 충전용 노즐 및 리셉터클은 국산화가 시급

◎ 액체수소용 방폭형 극저온 온도센서

- 액체수소용 방폭형 극저온 온도센서는 가연성 가스가 존재하여 폭발 위험이 있는 영역에서 사용됨. 온도의 변화에 응답하는 센서로 온도변화를 감지하여 온도관리를 자동화하는데 온도센서가 이용됨
 - 온도센서의 종류로 RTD 센서, 바이메탈 온도센서, 열전대 온도센서 등이 존재하며, 센싱부 또는 리드선에서 접촉불량, 오작동 등에 의해 아크 또는 스파크가 발생할 수 있어 가연성 가스가 채워진 폭발 위험 영역에서도 사용할 수 있는 극저온 온도센서 개발이 요구됨

◎ 액체수소용 Flowmeter 개발

- 한국표준과학연구원이 수소 유량 교정시스템을 개발하여, ‘피디케이’에 기술이전을 함. 수소 유량 교정시스템은 수소충전소에서 정량수소가 충전될 수 있도록 유량계를 검증하는 기술임
 - 2018년 개정된 국제법정계량기구(OIML)의 규정에서는 수소유량계의 최대 허용오차를 1.5%~2.0%로 정하고 있음. 기존의 코리올리 유량계는 교정 시 상압·상온에서 액체인 물을 이용되지만 오차파악이 어려움
 - 수소충전소에서는 충전기 내의 유량계가 계량하는 수소기체의 질량 값에 의해 금액이 부과되나, 석유 등과 달리 고압(700 기압) 및 저온(영하 40 ℃)의 가혹 조건에 놓여 있어 유량 측정이 어렵고 결과가 불확실함. 한국표준과학연구원에서 개발한 수소 유량 현장교정시스템은 저장탱크에 고압·저온 조건으로 수소기체를 충전하고, 수소기체의 질량을 국가측정표준으로부터 소급된 정밀저울로 측정하면 유량계의 정확도를 평가할 수 있음

◎ 액체수소용 극저온 유체 레벨게이지 개발

- 액체수소용 극저온 유체 레벨게이지는 극저온 상황에서 액체수소 저장탱크의 레벨을 측정하는 시스템임. 극저온에서 유체 레벨게이지의 상용화된 국내제품은 미미한 상황이며, 초저온저장탱크용 액면측장치의 개발이 요구됨
 - 극저온 액화수소의 사용이 증가함에 따라 극저온 액화수소를 저장하는 용기도 대형화되고 있어 극저온 액화가스 용기에 대한 관리가 필요함

- 극저온 수소는 -169℃ 이하로 온도가 떨어져야 액화가 되며, 액화 후에는 체적이 수백분의 1로 감소됨. 극저온 수소기체를 액화상태로 저장하면 고압의 압축가스(기체상태)로 저장하는 것에 비하여 동일 크기 저장용기의 저장능력을 증대시킬 수 있고, 충전압력을 보다 낮게 유지할 수 있으므로 안전성이 크게 높아짐
- 탱크 내의 극저온 액화가스의 압력이나 잔존량은 압력 변화에 따라 비중 변화가 비선형적으로 변하여 예측하기 어려운 문제가 존재함. 극저온 액화가스 액면 높이 측정에 있어 정도가 높고 압력변화에 의한 비중 변화를 반영할 수 있는 액체수소용 극저온 유체 레벨게이지 개발이 시급함

◎ 액체수소용 극저온 밸브 개발

- 액체수소용 극저온 밸브는 가스를 액체 상태로 운반, 저장하고 내장된 기화기 또는 별도로 설치된 기화기로 기화시켜서 기체상태의 가스를 소정의 압력, 온도, 유량으로 공급하기 위해 사용되며,, 임계온도가 -253℃ 이하의 액화가스를 고압으로 충전하는 밸브임
- 극저온 상태에서 액체수소가 저장 및 운송되므로 극저온 상태 및 고압의 가스 상태에서도 안정적인 작동이 이뤄져야 함. 고압의 극저온 액화가스용 밸브는 -253℃ 이하의 극저온 상태로 된 액화가스가 저압에서 250bar 이상의 고압까지 구동하는 동안 안정적인 기밀이 유지되어야 하며, 외부로부터 열 침입을 최소화하여 열 침입에 의한 고압 액화가스의 팽창을 억제하는 기술이 요구됨

[액화수소 이송용 밸브 및 액화수소제조, 저장 설비 관련기자재]



* 출처 : 강원도, 강원 액화수소산업 규제자유특구 계획서(2020.04)

◎ 액체수소 인프라 구축 경제성 확보

- 액체수소 대량생산 인프라 구축 및 수소연료전지 차량 증가와 연동되어 액체수소기반 시스템의 경제성 증대됨. 수소공급량의 증대에 따른 대량공급 필요성이 급증하여 수소액화저장플랜트 건설이 탄력받고 있으며 액체수소의 대량 생산 인프라 구축과 액체수소 생산 및 공급 단가도 함께 저하되므로 수소경제 진입을 위한 정부의 적극적 지원 필요함
- 일일 충전량이 200 kg 이상일 경우 충전소 건설 시 액체수소 기반 충전소가 기체수소기반 충전소 보다 건설비용이 감소하기 시작함. 충전소 일일 충전량이 200 kg 이상일 경우 액체수소 기반 충전소가 기체수소기반 충전소 보다 충전비용 측면에서 유리

나. 생태계 기술 동향

(1) 해외 플레이어 동향

LINDE

- 스위스에 본사를 두고 있는 세계적인 다국적 기업으로 액체수소생산에 관하여 0.5 ton/day ~ 30 ton/day 급 수소액화플랜트를 설계, 제작, 운영하는 경험이 축적되어 있으며, 수송차량용 100L 급 액체수소저장탱크에서부터 크기는 300m³ 급 지상고정용 액체수소저장 탱크 기술 보유
- LINDE cryo pump 와 LINDE ionic compressor 등을 조합한 혁신적인 형태의 액체수소 및 수소가스의 저장 및 배분시스템을 개발하고 있으며, 액체수소 탱커, 트레일러 및 지상용 액체수소탱크 기술도 제작 중이며, 실제 액체수소를 사용하는 연료전지 차량의 상용화에 기술적으로 가장 근접한 기업임

[LINDE ionic compressor(좌) 및 LINDE cryo pump(우)]



* 출처 : <https://www.LINDE-engineering.com/>

Air Liquide

- 프랑스 기업으로 대표적인 극저온 가스 제조 기업으로 액체수소 생산 및 저장탱크를 개발하고 서비스할 수 있는 기술 보유
- 미국 캘리포니아에 수소연료전지차 35,000 대의 연료 공급이 가능한 30 ton/day 수소액화플랜트 건설 착수 (“퍼스트엘리먼트퓨얼” 공급용, 2018.11)

Air Products and Chemicals

- 수소 관련하여 전 세계 19 개국에 130 개 이상, 미국 내에 100 개에 가까운 수소충전소 운영 중. 미국 텍사스에 급증하는 수소에너지 공급에 선 대응하기 위하여 2021년도까지 30 ton/day 수소액화플랜트 건설을 착수하였고, 2019년도 초반에는 2021년까지 캘리포니아에 액체수소를 공급할 수 있는 설비 구축 계획 발표

가와사키중공업

- 호주에서 수소를 제조하고 액체수소의 형태로 수입하는 “무탄소 수소에너지 공급 체인(Hydrogen Energy Supply Chain: HESC)” 프로젝트 멤버로 참여하여 자체 설계한 Onsite 탱크에 저장하여 액체수소 수송선을 이용하여 이송 예정임. 1250 CBM급 액화수소 운반선 수소프론티어가 올해 시운전을 거쳐 내년에 호주에서 갈탄으로부터 가스 형태로 수소를 생산하여 - 253℃로 액화한 후 일본 고베항까지 운반하는 프로젝트에 투입 예정(2020.09)

(2) 국내 플레이어 동향

□ (주)패리티

- 수소액화저장시스템 및 생산된 액체수소를 활용하여 다양한 수소모빌리티 응용분야에 적용을 목표로 설립된 Startup 기업. 올해 충남도와 함께 “수소에너지 전환 규제자유특구 특구사업”에 선정되어 2021년부터 2년간 ”액체수소 드론 제작·실증” 과제 주관기관으로 본 사업 추진 예정

□ 하이리움산업(주)

- 수소액화, 액화수소 저장 및 이송기술을 활용한 제품을 개발·생산하고 있으며 올해 강원도와 함께 “액화수소산업 규제자유특구 특구사업” 선정되어 2021년부터 2년간 ”액체수소 충전소 구축” 과제 추진 예정

□ 효성

- 효성은 산업용 가스 전문 세계적 화학기업인 LINDE와 함께 오는 2022년까지 총 3,000억원을 투자해 액화수소 생산, 운송 및 충전시설 설치와 운영을 망라하는 밸류체인을 구축할 계획임. 효성화학 용연공장에서 생산되는 부생 수소에 LINDE의 수소 액화 기술과 설비를 적용해 액화수소를 생산하게 됨

□ (주)메타비스타

- 메타비스타는 수소에너지 산업을 선도하고 있는 기업으로, 액체수소 및 극저온 원천기술을 보유하고 있고, 액체수소를 활용해 수소인프라 및 어플리케이션 관련 제품 상용화를 추진하고 있는 기업임. 현재 수소 인프라 구축에 필요한 수소액화플랜트, 수소 저장 및 이송탱크, 액체수소 기반 수소충전소와 드론, 차량 등에 적용할 수 있는 액체수소연료탱크 등의 상용화 출시를 목표로 개발

□ 두산중공업

- 두산중공업은 수소액화 플랜트를 EPC(설계·구매·건설을 한 회사가 담당) 방식으로 세우고 향후 20년간 유지보수 업무를 수행함. 총 사업비 980억원규모의 수소액화 실증사업은 두산중공업과 창원산업진흥원이 사업시행을 위한 SPC(특수목적법인) 설립하고, SPC에서 창원국가산업단지에 입지한 두산중공업 공장부지에 EPC방식(설계-조달-시공)으로 수소액화 실증 플랜트를 건설함. 도시가스를 이용한 추출을 통해 1일 5톤의 액화수소를 생산하게 됨

다. 국내 연구개발 기관 및 동향

(1) 연구개발 기관

[중소형 수소 액화 저장 시스템 분야 주요 연구조직 현황]

기관	소속	연구분야
한국기계연구원	에너지기계연구본부	<ul style="list-style-type: none"> 고효율 수소액화 공정기술개발
한국과학기술원	기계공학과	<ul style="list-style-type: none"> 액체수소 저장탱크 개발 자기냉각에 의한 극저온 수소 재액화기술 개발 연구
한국생산기술연구원	에너지플랜트그룹	<ul style="list-style-type: none"> 액화수소 저장용기용 소재 및 공정 플랫폼 기술개발
한국과학기술연구원	국가기반기술연구본부	<ul style="list-style-type: none"> 기술융합형 액화물질 저장용기 기술개발 수소 저장·운송 클러스터 구축을 위한 예비타당성 조사 연구

(2) 기관 기술개발 동향

한국기계연구원

- 대용량 수소액화 플랜트 기술 상용화를 위한 핵심 기술 국산화 개발 및 성능 검증, 고효율 수소액화 플랜트 상용화 기술개발 기획

한국과학기술원

- 상용급 수소액화 플랜트에 적용 가능한 고용적률 내압구조 액체수소 저장탱크 개발, 대용량 액체수소 저장탱크에 적용 가능한 극저온 단열 시스템 개발, Perlite Powder, MLI, Polyurethane Foam (PUF), Glass Bubble 등 다양한 단열재를 활용하여 대용량 액체수소 저장탱크에 적용 가능한 신개념 극저온 단열 시스템을 개발

한국생산기술연구원

- 초저온 인성 및 내수소취성이 우수한 액화수소 저장용기 시제품 제작 -초저온 소재 용접 공정 최적화 기술 개발 -초저온 환경하에 기계적 물성 및 내수소취성 평가 시스템 구축

한국과학기술연구원

- 고압기체 수소저장 기술 및 액화 수소운송 기술 개발, 암모니아 합성을 통한 수소 저장 기술 개발, 저온 저압형 하버 보수법을 이용한 암모니아 합성 기술 상용화 확보

◎ 국내 중소형 수소 액화 저장 시스템 관련 선행연구 사례

[국내 선행연구(정부/민간)]

수행기관	연구명(과제명)	연도	주요내용 및 성과
대영씨엔이	수소생산 시설 기반 고효율 수소저장/액화 시스템 개발 및 활용	2018 ~ 2020	<ul style="list-style-type: none"> 50Kg급 수소저장합금 및 액화수소 제조장치 개발/활용 상온 10bar용 수소저장합금 조성설계 및 액화수소 제조장치 설계 저장합금의 P.P 수준 Scale Up 및 50Kg급 수소저장용기 설계 및 15Kg/day급 액화수소 제조설비 제작 및 활용
(주)대주기계	수소액화용 극저온 Turbo Expander 개발	2019 ~ 2023	<ul style="list-style-type: none"> 상용급 수소액화 플랜트에 적용 가능한 극저온 Turbo Expander 개발 수소액화 플랜트 핵심기자재 5종(극저온 Turbo Expander) 국산화 개발 및 성능 검증
부산대학교	극저온 액화가스 탱크 내 상변화 및 슬로싱 효과를 고려한 Boil-Off Rate(BOR) 예측 기술 개발	2020 ~ 2023	<ul style="list-style-type: none"> 극저온 액화가스 탱크 내 상변화를 고려한 시뮬레이션 기술 개발 극저온 액화가스의 상변화 해석 기술 고도화 및 다상유동의 슬로싱 시뮬레이션 극저온 액화가스의 상변화 및 슬로싱 효과를 고려한 BOR 예측 기술 개발
한국기계연구원	수소액화용 Cold Box 개발	2019 ~ 2023	<ul style="list-style-type: none"> 상용급 수소액화 플랜트 적용이 가능한 수소액화용 Cold Box 개발 0.5 ton/day급 Cold Box의 개념설계, 기본설계, 열/구조 해석, 상세설계/제작, 진공단열시스템 설계/제작이 수행되고 개발된 설계기술을 통하여 제작된 Cold Box (도입기자재 및 개발기자재 적용)에 대한 성능평가가 수행
(주)동화엔텍	수소액화용 극저온 열교환기 개발	2019 ~ 2023	<ul style="list-style-type: none"> 수소액화플랜트에 적용할 극저온 수소액화용 열교환기의 설계-제조 기술을 개발
에스앤에스 밸브(주)	수소액화용 극저온 밸브 개발	2019 ~ 2023	<ul style="list-style-type: none"> 상용급 수소액화 플랜트 적용이 가능한 수소액화용 극저온 팽창밸브 개발 0.5 TPD급 수소액화 Pilot 플랜트용 극저온 밸브 설계 기술 개발
부경대학교	수소 액화용 초저온 열교환기의 열전달 특성 연구	2019 ~ 2022	<ul style="list-style-type: none"> 수소 액화용 초저온 열교환기의 최적 종류, 재질, 형상 설계 및 제작 기술 개발 수소 액화용 초저온 열교환기 내 열전달 성능 특성 분석 기술 개발

4. 특허 동향

가. 특허동향 분석

(1) 연도별 출원동향

- 중소형 수소액화 저장시스템의 지난 22년(1999년~2020년)간 출원동향²⁴⁾을 살펴보면 2013년부터 성장세를 보이고 있으며, 2018년에 최대건수를 출원함. 일본, 미국 시장을 대상으로 한 특허출원동향이 전체 중소형 수소 액화 저장시스템 특허출원동향 반영
- 국가별 출원비중을 살펴보면 일본이 전체의 45%의 출원 비중을 차지하고 있어, 최대 출원국으로 중소형 수소액화 저장탱크, 밸브, 극저온 냉각 시스템 등 관련 기술을 리드하고 있는 것으로 나타났으며, 미국은 23%, 한국은 21%, 유럽은 11% 순으로 나타남

[중소형 수소 액화 저장 시스템 연도별 출원동향]

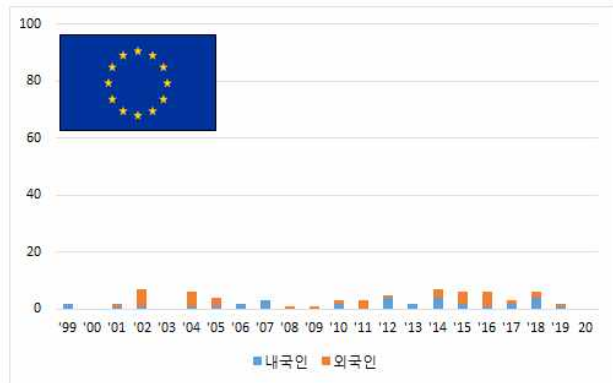
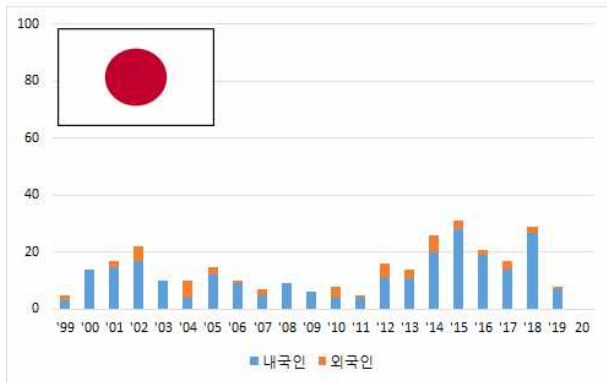
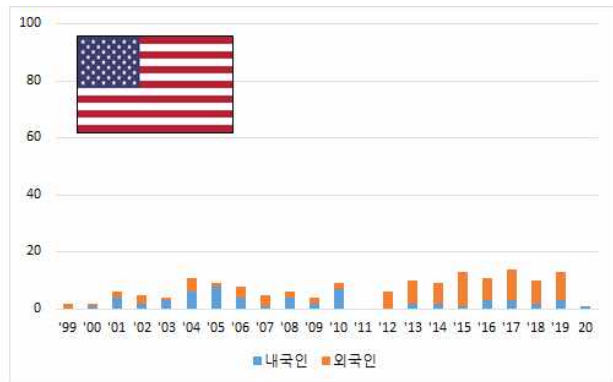
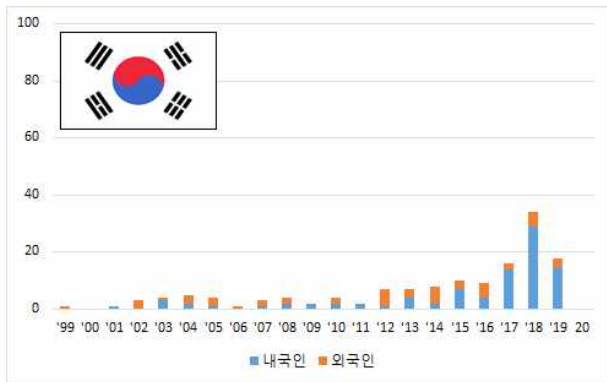


24) 특허출원 후 1년 6개월이 경과하여야 공개되는 특허제도의 특성상 실제 출원이 이루어졌으나 아직 공개되지 않은 미공개데이터가 존재하여 2019, 2020년 데이터가 적게 나타나는 것에 대하여 유의해야 함

(2) 국가별 출원현황

- 한국의 출원현황을 살펴보면 2012년부터 해당 기술의 출원이 증가하는 추세로 내국인 위주로 출원이 진행되고 있음
- 미국의 출원현황을 살펴보면 분석구간 초기부터 전체 특허기술의 출원 증감 흐름에 영향을 주고 있는 것으로 나타남. 미국의 경우, 한국에 비해 외국인의 출원 비중이 큰 것으로 나타남
- 유럽의 출원현황을 살펴보면 출원건수가 매년 10건 이하로 주로 외국인 위주로 출원이 이뤄짐
- 일본의 출원현황은 출원건수가 1999년에서 2002년까지 증가하는 추세를 보이다 잠시 주춤하다, 2012년 이후에 다시 증가하는 추세를 보임. 2015년에 최대 건수를 나타내며, 주로 내국인 위주로 출원이 이뤄진 것으로 파악됨

[국가별 출원현황]



(3) 기술 집중도 분석

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

- 전체 구간(1999년~2020년)에서 액체수소, 액체수소탱크, 극저온 냉동기 등 수소액화 부품 관련 기술 키워드가 다수 도출되었으며, 극저온 냉동장치, 수소스테이션, 수소흡장합금 등도 다수 도출
- 최근 구간에 대한 기술 키워드 분석 결과, 최근 1구간(2012년~2015년)에는 액화수소 저장탱크 관련 기술 키워드와 극저온 냉동기와 관련된 키워드가 도출되었으며, 2구간(2016년~2020년)에서는 1구간에서 주요 기술 키워드였던 액화수소 관련 키워드가 꾸준히 도출된 것으로 나타나 수소가스를 액화하기 위한 기술을 접목한 기술 연구가 꾸준히 진행 되고 있는 것으로 분석

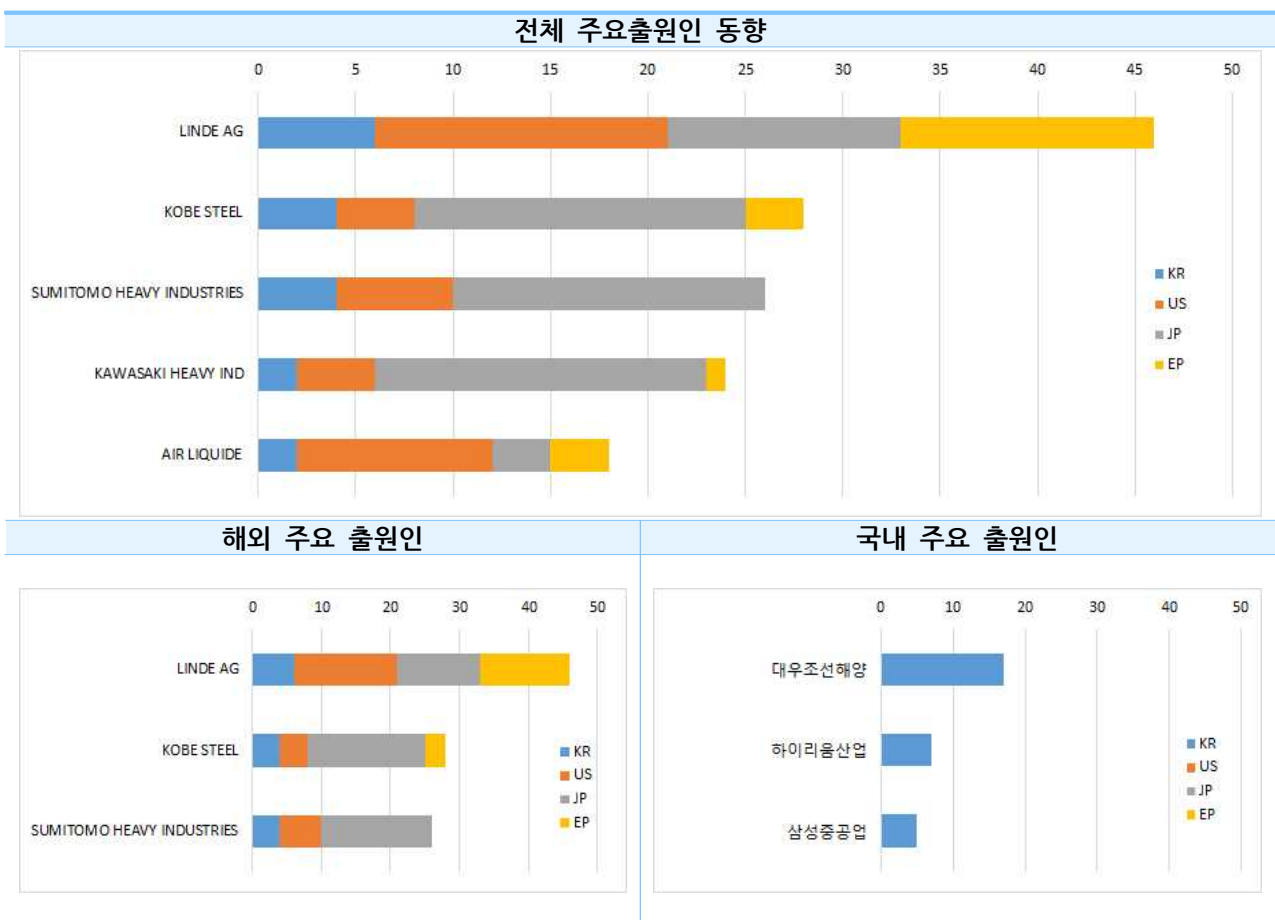
[특히 키워드 변화로 본 기술개발 동향 변화]



나. 주요 출원인 분석

- 중소형 수소 액화 저장 시스템의 전체 주요출원인을 살펴보면, 일본, 유럽국적의 출원인이 포함되어있으며, 제1출원인으로는 독일의 LINDE인 것으로 나타남
 - 제1출원인인 LINDE를 이어 일본의 KOBE STEEL, SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES, KAWASAKI HEAVY IND가 다출원인으로 확인됨
- 중소형 수소 액화 저장 시스템 기술을 활용하여, 극저온 액화가스용 기화기, 액화가스 저장탱크 관련 기술로 대기업에 의한 출원이 대다수를 차지
 - 국내에서는 특히 중소기업 및 대기업의 활발한 출원이 이루어짐

[중소형 수소 액화 저장 시스템 주요출원인]

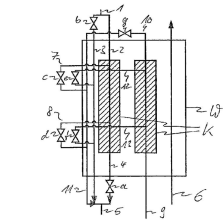
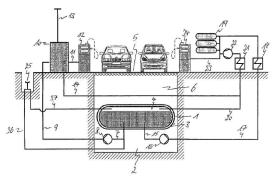
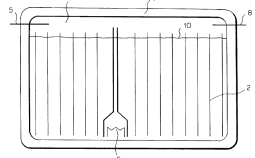
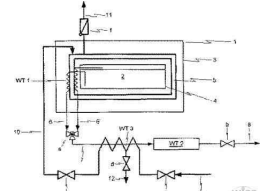


(1) 해외 주요출원인 주요 특허 분석

◎ LINDE

- LINDE는 중소형 수소액화 저장시스템과 관련하여, 액화 가스용 저장 탱크, 고압 기액 분리기를 구비한 심랭압축기 등 수소액화를 위한 저장기술에 특화된 특허를 46건 출원했고 등록특허는 12건인 것으로 확인됨
 - 주요 특허들은 오르토-파라 전이 촉매에 통하는 수소 액화 방법, 수소 저장부 탱크 등과 관련된 기술 특허를 다수 출원하는 것으로 파악

[LINDE 주요특허 리스트]

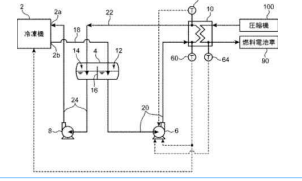
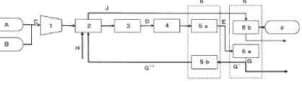
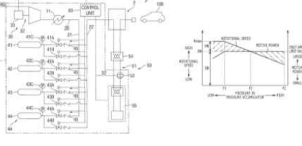
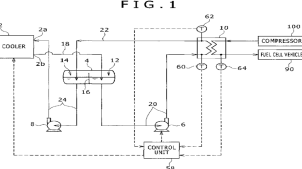
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
US7040119 (2002.02.08)	Method and device for liquefying hydrogen	오르토-파라 전이 촉매에 통하는 수소 액화 방법	
EP1360084 (2002.02.13)	FILLING STATION FOR HYDROGEN	액화 및 가스, 가압된 수소를 위한 충전 스테이션	
US6367647 (1999.10.28)	Storage container for liquefied gases	상단, 하부 및 측벽을 가지고 에워싼 대기 온도와 압력, 경도 범위의 다수의 수직적으로 확장하는 파티션에 의해 셀로 분리되는 수소 저장부 탱크	
3888972	심냉매체용 저장 용기	액체 수소를 위한 저장 용기에 관한 것임	

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

◎ KOBE STEEL

- KOBE STEEL은 일본회사로, 저온 액화 가스의 기화 설비, 고순도 수소 제조 방법, 수소 가스의 냉각 시스템 등에 관한 특허를 주로 출원
 - 수소액화와 관련하여 28건을 일본, 미국, 유럽출원을 진행하였으며, 그 중 등록된 특허는 14건으로 파악되며, 주로 2016년 이후에 출원됨

[KOBE STEEL 주요특허 리스트]

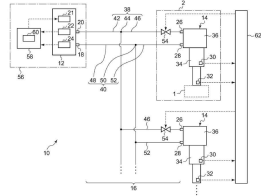
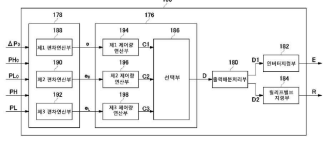
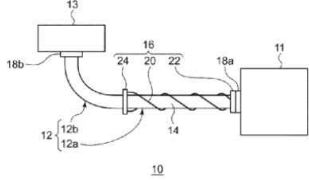
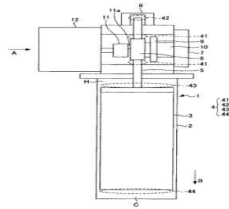
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
JP6368396 (2017.04.10)	수소 가스의 냉각 방법 및 수소 가스의 냉각 시스템	열교환기의 소형화 및 수소 가스의 냉각 처리량의 확보를 양립하고 수소 가스의 냉각에 이용하는 브라인의 사용량을 감소시킴	
JP4636204 (2009.10.30)	고순도 수소 제조 방법	저비용의 고순도 수소 제조 방법을 제공	
US10473268 (2016.02.12)	Compressor unit and gas supply apparatus	가스 공급 장치는 수소 가스를 압축하고, 압축한 수소 가스를 축압기에 저장하는 압축부 및 어부를 구비	
EP3029406 (2014.07.17)	HYDROGEN GAS COOLING METHOD AND HYDROGEN GAS COOLING SYSTEM	열교환기의 소형화 및 수소 가스의 냉각 처리량의 확보를 양립	

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

◎ SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES

- SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES은 크라이오 펌프 시스템, 극저온 시스템, 압축기 유닛의 제어 장치, 극저온 냉동기, 펌프 등 수소액화를 위한 펌프관련하여 특허를 주로 출원함
 - 극저온 냉동장치, 및 극저온 냉동장치의 제어방법, 극저온 냉동기를 위한 압축기 유닛 및 크라이오 펌프 시스템, 극저온 냉동기의 압축기 등의 응용 특허를 다수 보유

[SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES 주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR10-1990519 (2016.04.25)	극저온 냉동장치, 및 극저온 냉동장치의 제어방법	멀티운전을 가능하게 하는 극저온 냉동장치에 있어서 복수의 냉동기의 냉동능력을 개별적으로 조정	
KR10-1428315 (2012.12.26)	크라이오 펌프시스템, 극저온시스템, 압축기유닛의 제어장치 및 그 제어방법	극저온시스템을 위한 압축기유닛에 관련하여, 시스템의 운전계속성에 기여할 수 있는 제어를 제공	
JP6580496 (2016.02.08)	극저온 냉동기 및 극저온 냉동기용 플렉시블 접속관	극저온 냉동기용 플렉시블 접속관의 고유 진동수를 용이하게 조정	
JP6117309 (2015.10.14)	극저온 냉동기	냉매 가스에 의해 발생하는 압력 손실과 관련되지 않고 모터에 대해서 역방향의 힘이 작용하는 것을 가능한 한 억제하여 모터의 슬립을 효과적으로 방지할 수 있는 극저온 냉동기	

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

(2) 국내 주요출원인 주요 특허 분석

◎ 대우조선해양

- 대우조선해양은 극저온 액화가스용 기화기, 액화수소 운반선의 증발가스 처리 시스템, 수소 저장탱크가 구비된 해상 부유구조물 등과 관련된 특허를 다수 출원했으며, 2018년 이후에 출원되어 현재는 공개상태임
 - 대우조선해양은 2017년, 2018년에 주로 출원했으며, 증발가스 재액화 시스템에 적용되는 열교환기, 극저온 액화가스용 기화기, 선박용 액화수소 저장탱크 등과 관련된 특허를 주로 출원한 것으로 파악됨

[대우조선해양 주요특허 리스트]

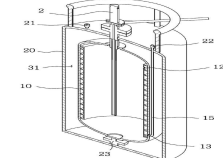
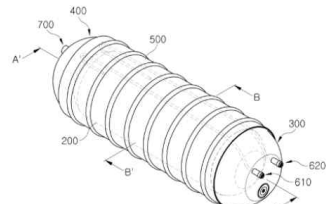
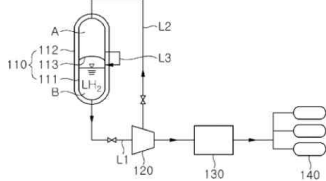
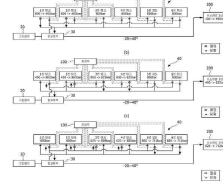
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR10-1733278 (2015.03.24)	금속연료를 이용한 잠수함 수소 시스템 및 수소 관리방법	금속연료를 이용한 잠수함 수소 시스템 및 수소 관리방법	

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

◎ 하이리움산업(주)

- 하이리움산업(주)은 제1 내조탱크와 제2 내조탱크 상호간의 압력차를 이용하여 액체수소 저장탱크로부터 고압펌프로 액체수소를 흘려가게 하는 저장탱크, 액화수소 충전포트, 액화수소 저장용기 등과 관련된 기술을 주로 출원함

[하이리움산업(주) 주요특허 리스트]

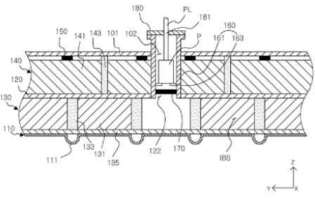
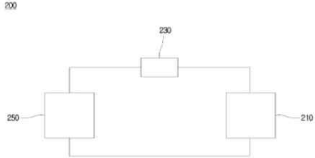
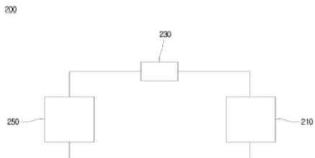
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR10-1744284 (2016.04.25)	액화수소 저장용기	설정된 압력하에서 액화된 상태의 수소를 저장하기 위한 액화수소 저장용기	
KR10-2021038 (2018.01.15)	저장탱크	액화수소와 같은 유체를 저장시키기 위한 저장탱크에 관한 것	
KR 10-2130703 (2018.09.20)	액체수소 저장탱크를 포함하는 액체수소 충전시스템 및 충전방법	액체수소 저장탱크를 포함하는 액체수소 충전시스템 및 충전방법이 개시	
KR10-2105134 (2018.06.01)	액체 수소를 이용한 수소연료 충전 시스템 및 수소연료 공급 방법에 의한 수소연료 공급 방법	액체수소탱크부로부터의 극저온 액체 수소를 고압펌프로 가압하여 고압수소탱크부에 저장된 고압의 수소를 외부 충전 대상체에 동력 없이 충전	

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

◎ 삼성중공업

- 삼성중공업은 액화수소 저장탱크 구조체, 액화수소 저장탱크 누출 감지 장치, 액화수소 저장탱크 손상 감지 장치 및 방법 등과 관련된 특허를 주로 국내에 특허를 출원함

[삼성중공업 주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR10-2039573 (2017.11.01)	액화수소 저장탱크 구조체	액화수소 저장탱크 구조체는 구조벽, 1차 방벽, 2차 방벽 및 이너 베리어 스페이스(IBS)를 진공 상태로 만드는 펌프가 배치되는 펌프 배치부를 포함	
KR10-2039577 (2017.12.05)	액화수소 저장탱크 누출 감지 장치	액화수소 저장탱크의 1차 방벽과 2차 방벽 사이 공간인 이너 베리어 스페이스(Inner Barrier Space)에 대한 액화수소의 누출을 감지하는 장치	
JP6580496 (2016.02.08)	액화수소 저장탱크 손상 감지 장치 및 방법	액화수소 저장탱크의 1차 방벽과 2차 방벽 사이 공간이며 진공 상태에 놓이는 이너 베리어 스페이스(Inner Barrier Space)의 진공 상태가 유지되는지 여부를 감지하여 상기 액화수소 저장탱크의 손상을 감지하는 장치	

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

다. 기술진입장벽 분석

(1) 기술 집중력 분석

- 중소형 수소 액화 저장 시스템 관련 기술에 대한 시장관점의 기술독점 현황분석을 위해 집중률 지수(CRn: Concentration Ratio n, 상위 n개사 특허점유율의 합) 분석 진행
 - 상위 4개 기업의 시장점유율이 0.18로 독과점 정도가 심하지는 않으며, 향후 시장이 커지면서 다양한 업체에 의한 경쟁구도가 생성될 것으로 전망됨
 - 한국국적 출원인 기준 중소기업의 점유율 분석결과 0.37로, 대기업에 비해 낮은 점유율을 보이고 있으며, 중소기업의 진입에 있어 장벽성이 존재할 것으로 판단됨

[주요출원인의 집중력 및 국내시장 중소기업 집중력 분석]

주요 출원인 집중력	주요출원인 출원인	출원건수	특허점유율	CRn	n
	LINDE AG(독일)	41	6.8	0.07	1
	KOBE STEEL(일본)	37	4.2	0.11	2
	SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES(일본)	35	3.9	0.15	3
	KAWASAKI HEAVY IND(일본)	33	3.6	0.18	4
	AIR LIQUIDE(프랑스)	29	2.7	0.21	5
	대우조선해양(한국)	28	2.5	0.24	6
	TOYOTA MOTOR(일본)	28	1.9	0.26	7
	mitsubishi heavy ind(일본)	27	1.9	0.27	8
	TAIYO NIPPON SANSO(일본)	20	1.9	0.29	9
	GM GLOBAL TECH.(미국)	20	1.6	0.31	10
	전체	672	100%	CR4=0.18	

국내시장 중소기업 집중력	출원인 구분	출원건수	특허점유율	CRn	n
	중소기업(개인)	37	37.0	0.37	
	대기업	35	35.0		
	연구기관/대학	28	28.0		
	전체	100	100%	CR중소기업=0.37	

(2) 특허소송 현황 분석

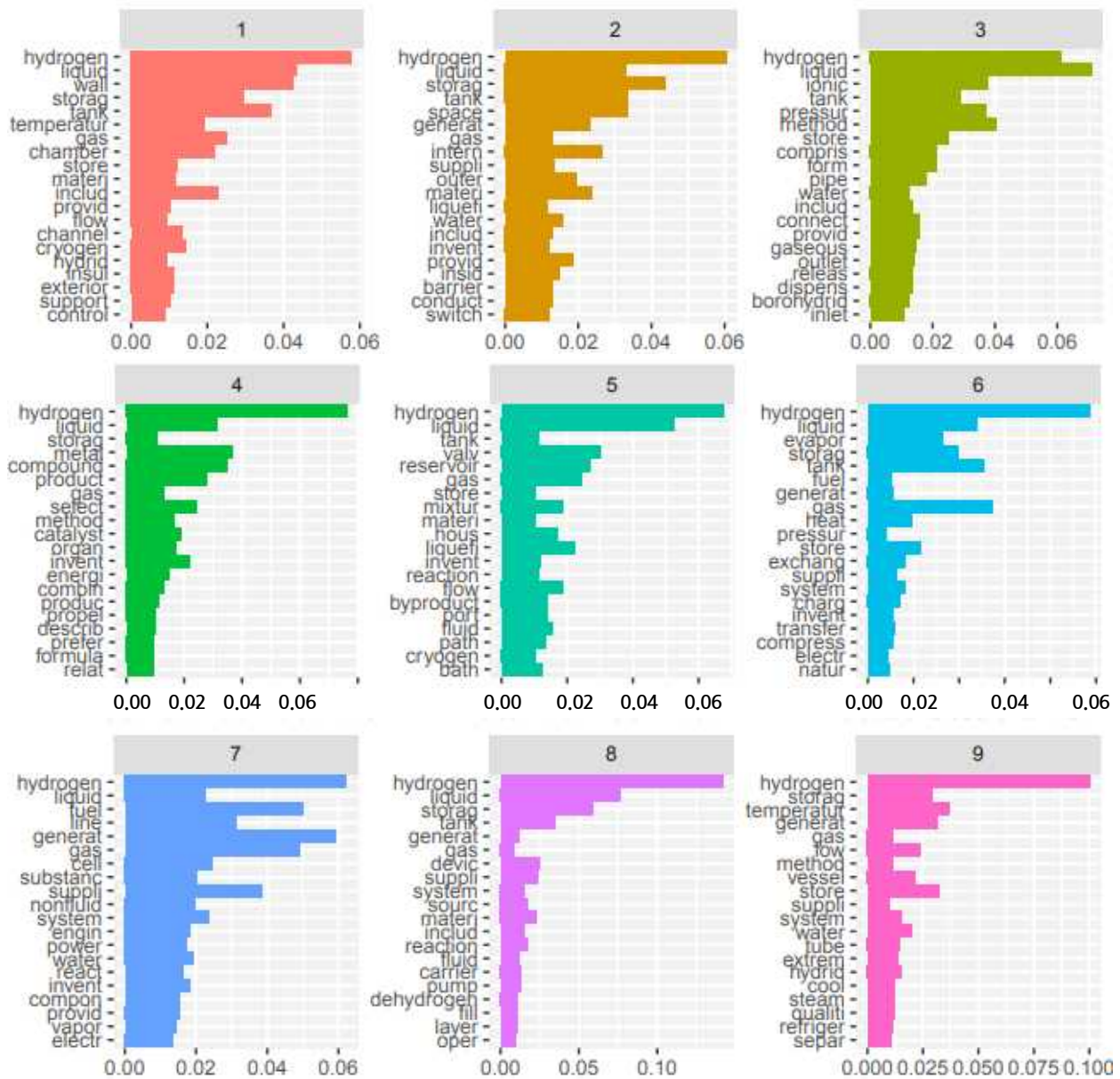
- 중소형 수소 액화 저장 시스템 관련 특허소송을 이력은 없는 것으로 조사됨

5. 요소기술 도출

가. 특허 기반 토픽 도출

- 672건의 특허에 대해서 빈출단어 1,160개 단어의 구성 성분이 유사한 것끼리 그룹핑을 시도하여 토픽을 도출
- 유사한 토픽을 묶어 클러스터 9개로 구성

[중소기업 수소 액화 저장 시스템에 대한 토픽 클러스터링 결과]



나. LDA²⁵⁾ 클러스터링 기반 요소기술 도출

[LDA 클러스터링 기반 요소기술 키워드 도출]

No.	상위 5개 키워드	대표적 관련 특허	요소기술 후보
클러스터 01	hydrogen gas expander storage cryogenic	<ul style="list-style-type: none"> The turbo expander · compressor equation charging system and method for controlling the same of the high-pressure hydrogen The expansion turbine type charging system of the high-pressure hydrogen Gas and liquid hydrogen composite charge system 	수소액화용 극저온 turbo expander 개발
클러스터 02	hydrogen liquid exchange heat produ	<ul style="list-style-type: none"> High-pressure hydrogen heat exchanger Heat exchanging device of hydrogen producing apparatus APPARATUS FOR IMPROVED HYDROGEN STATION 	수소액화용 극저온 열교환기 개발
클러스터 03	hydrogen liquid valve cryogenic vaccum	<ul style="list-style-type: none"> VALVE FOR CRYOGENIC LIQUID GAS Valve for use in extremely low temperature CRYOGENIC VALVE 	액체수소 이송 배관용 진공단열 밸브, 극저온밸브
클러스터 04	hydrogen liquid pipe supply cool	<ul style="list-style-type: none"> HYDROGEN SUPPLY PIPING AND METHOD OF MANUFACTURING HYDROGEN SUPPLY PIPING Cooling of a supply pipe in a hydrogen refueling system Gas charging apparatus 	액체수소 이송 배관(재액화된 액체수소를 내조탱크로 이송시키는 이송라인)
클러스터 05	hydrogen cold box convers highpur	<ul style="list-style-type: none"> Turbo-type hydrogen cold box Cold box with ortho-para hydrogen conversion function Hydrogen cold box 	수소액화용 Cold Box 개발
클러스터 06	hydrogen pump gas liquid highpur	<ul style="list-style-type: none"> Water gas & hydrogen gas Exchange Equipment of gas turbine liquid fuel The hydrogen filling station having liquid hydrogen Hydrogen pump system operable without external electric power supply 	고압펌프 내에서 기화된 수소의 손실 없이 액체수소의 충전이 가능한 액체수소 공급장치

25) Latent Dirichlet Allocation

클러스터 07	hydrogen tank pressure liquid highpress	<ul style="list-style-type: none"> • PROCESS AND DEVICE FOR FILLING TANKS WITH PRESSURIZED GAS • ELECTROCHEMICAL HYDROGEN COMPRESSOR • Hydrogen Gas Compressor 	액화수소저장 탱크내 내부압력을 조절하기 위한 승압장치
클러스터 08	hydrogen gas dispens test tank	<ul style="list-style-type: none"> • The inspection apparatus of the hydrogen gas dispenser • HYDROGEN DISPENSER TEST APPARATUS AND METHOD • Hydrogen dispensing process and system 	액체수소 디스펜서
클러스터 09	hydrogen liquid tank lorry supply	<ul style="list-style-type: none"> • The use of biodegradation property hydrocarbon fluid in electrical vehicle • LIQUEFIED HYDROGEN SUPPLY EQUIPMENT AND TANK LORRY FOR LIQUEFIED HYDROGEN SUPPLY • LIQUEFIED HYDROGEN FUEL TANK FOR DRONES AND AUTOMOBILES 	액체수소 운송용 탱크로리

다. 특허 분류체계 기반 요소기술 도출

- 중소형 수소 액화 저장 시스템 관련 특허의 주요 IPC 코드를 기반으로 한 요소기술 후보는 이동식 모듈형 수소액화시스템 개발, 극저온 유체 이송용 액체수소펌프 개발을 도출

[IPC 분류체계에 기반 한 요소기술 도출]

IPC 기술트리		
(서브클래스) 내용	(메인그룹) 내용	요소기술 후보
(F17C) 압축, 액화 또는 고화가스의 수용 또는 저장용 용기; 일정용량의 가스탱크; 압축, 액화 또는 고화가스의 용기에의 충전 또는 용기로부터의 방출	(F17C-005/00) 압력용기에 액화, 고화 또는 압축가스를 충전하기 위한 방법 또는 장치	액체 수소 공급용 수소저장 시스템 및 액체수소 공급 방법 이동식 모듈형 수소액화시스템 개발
	(F17C-011/00) 용기 내에 가스용제 또는 가스흡착제를 사용하는 것	LOHC (액상유기수소운반체) 저장 수단 활용한 수소저장 방법
	(F17C-013/00) 용기의 세부 또는 용기의 충전 또는 방출에 관한 세부	극저온 유체 이송용 액체수소펌프 개발
	(F17C-001/00) 압력용기, 예. 가스실린더, 가스탱크, 교환 가능한 카트리지(cartridge)	액체수소 저장용기
(C01B) 비금속 원소; 그 화합물 (이산화탄소를 제외한 무기화합물 또는 요소의 준비를 위한 효소사용 또는 발효 과정	(C01B-003/00) 수소; 수소화물; 물; 탄화수소에서의 합성가스	개질을 통한 수소 제조방법
(C22C) 합금	(C22C-038/00) 철합금, 예. 합금강	수소저장합금
(C25B) 화합물 또는 비금속의 제조를 위한 전기분해 또는 전기영동 방법; 그것을 위한 장치	(C25B-001/00) 무기화합물 또는 비금속의 전해제조	전기분해를 통한 수소제조
	(C25B-009/00) 탱크 또는 탱크의 조립체; 탱크의 구조부분; 구조부분의 조립체 예를 들면 전극-격막 조립체	전기분해를 통한 수소생산 장치
(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	부생수소를 이용한 수소 제조 방법
(B65B) 물품 또는 재료를 포장하기 위한 기계, 기구, 장치 또는 방법; 포장 해체	(B65B-001) 물품 또는 재료를 포장하기 위하여 일반적으로 적용되는 기계, 장치 또는 방법	액체수소 이송을 위한 극저온유지 이송용기

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

[중소형 수소 액화 저장 시스템 분야 요소기술 도출]

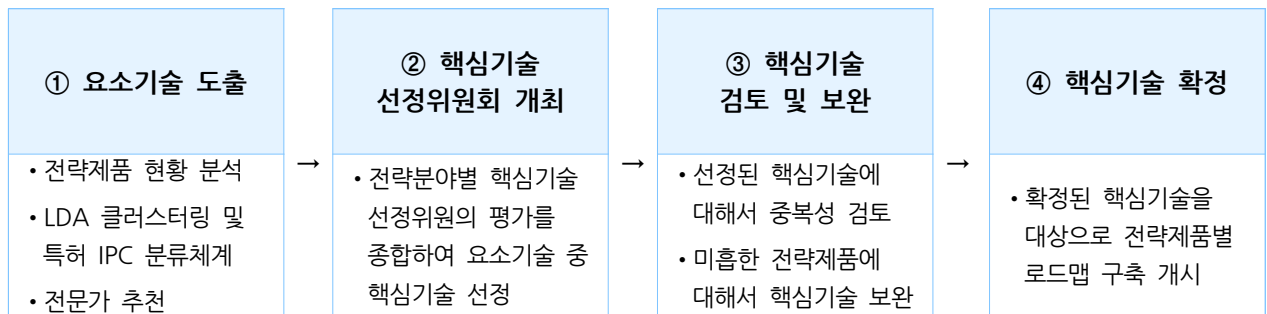
분류	요소기술	출처
시스템	이동식 모듈형 수소액화시스템 개발	특허 클러스터링, IPC 분류체계
	고효율 Ortho-para 수소변환시스템 개발	전문가추천
부품 및 장치	액체수소 충전용 디스펜서 및 리셉터클 개발	특허 클러스터링
	극저온 진공단열용 MLI(Multi-layer insulation) 개발	특허 클러스터링
	액체수소용 방폭형 극저온 온도센서 개발	특허 클러스터링, 전문가추천
	액체수소용 Flowmeter 및 Calibration 기술 개발	특허 클러스터링, 전문가추천
	액체수소용 극저온 유체 레벨게이지 개발	특허 클러스터링
	액체수소 유량 조절을 위한 극저온 밸브 개발	특허 클러스터링
	고효율 Ortho-para 수소변환시스템 개발	특허 클러스터링
	극저온 유체 이송용 액체수소펌프 개발	특허 클러스터링, IPC 분류체계

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

[중 소형 수소 액화 저장 시스템 분야 핵심기술]

분류	핵심기술	개요
시스템	이동식 모듈형 수소액화시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 중 소형 규모의 액체수소 생산에 적합한 탄력적 운영 방식을 고려함. 운영현장에 따른 주요장비의 선정, 배치 및 시스템 구성 방식 등의 최적화 시스템 기술
부품 및 장치	액체수소충전용 디스펜서 및 리셉터클 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 디스펜서는 수소를 연료로 하는 연료전지 자동차의 수소저장용기에 액체수소를 공급하는 것으로, 저장탱크 내 BOG 회수기술과 극저온 Coupling 설계기술이 요구
	액체수소용 방폭형 극저온 온도센서 개발*	<ul style="list-style-type: none"> • 수소액화시스템의 주요공정별 온도측정과 액체수소충전소 및 액체수소 기반 모빌리티 분야 등에 사용되는 액체수소 저장용기 내부 상태를 확인하기 위한 온도 측정 기술
	액체수소용 Flowmeter 및 Calibration 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 액체수소의 정확한 유량측정은 액체수소 생산, 이송, 저장, 충전 시스템 및 수소모빌리티에 주요 역할을 함. 비등점 부근의 액체수소와 비정상적 낮은 밀도와 점도 변화에서 액체 수소 유량계 설계의 적합성을 요구
	액체수소용 극저온 유체 레벨게이지 개발*	<ul style="list-style-type: none"> • 액체수소저장용기 내부 잔량은 외부 침투열로 인한 압력 변화에 의해 액상과 기상의 평형상태가 비선형적으로 변하기 때문에 유체 레벨게이지에 대한 정확한 측정기술
	액체수소 유량 조절을 위한 극저온 밸브*	<ul style="list-style-type: none"> • 상압에서 비등점이 20K인 액체수소용 극저온 밸브는 액체 또는 기체 상태의 극저온 가스의 이송, 유량조절을 위해 필요한 온도, 압력 및 유량으로 공급하기 위한 밸브

* 표시는 생태계 취약 기술을 의미

다. 중소기업 기술개발 전략

- 중소형 수소를 액화 저장을 위한 부품/설비 및 시스템에 대한 핵심 원천 및 상용화 기술개발이 필수
- 수소 액화저장 시스템 전반의 중소기업 경쟁력 향상을 위한 민간 주체에 관한 육성 지원정책 지원 요구
- 수소 액화저장 핵심소재 개발에 따른 평가 및 도입을 위해 중소, 중견기업의 장비-소재산업 간 긴밀한 협력이 필요

라. 기술개발 로드맵

(1) 중기 기술개발 로드맵

[중소기업 수소 액화 저장 시스템 기술개발 로드맵]

중소형 수소 액화 저장 시스템	중소형 수소액화 저장 부품 및 시스템 국산화를 통한 기술 및 가격경쟁력 제고			
	2021년	2022년	2023년	최종 목표
이동식 모듈형 수소액화시스템 개발				15 kg/day 급 이동식 모듈형 수소액화시스템 개발
액체수소충전용 디스펜서 및 리셉터클 개발				저장탱크 내 BOG 회수를 고려한 액체수소 충전용 디스펜서, 리셉터클 개발
액체수소용 방폭형 극저온 온도센서 개발				가연성 극저온 가스 온도 측정용 방폭형 온도 센서
액체수소용 Flowmeter 및 Calibration 기술				0.35% 오차범위 정확도의 액체수소용 유량계 국산화 개발
액체수소용 극저온 유체 레벨게이지 개발				액체수소 저장용기에서 운영되는 레벨게이지 개발
액체수소 유량 조절을 위한 극저온 밸브				기밀도 100%의 액체수소용 극저온 밸브 국산화 개발

(2) 기술개발 목표

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

[중소형 수소 액화 저장 시스템 분야 핵심요소기술 연구목표]

분류	핵심기술	기술요구사항	연차별 개발목표			최종목표	연계R&D 유형
			1차년도	2차년도	3차년도		
시스템	이동식 모듈형 수소액화시스템 개발	수소액화공정 설계 및 시스템 엔지니어링 기술	수소액화공정 설계	수소액화시스템 엔지니어링 기술 개발	수소액화시스템 성능 평가	15 kg/day 급 이동식 모듈형 수소액화시스템 개발	상용화
		수소액화시스템 제작 기술	수소액화 주요장치 사양 도출 및 구매발주	수소액화시스템 인허가 및 제작	이동식 모듈형 수소액화시스템 수정 및 보완		
부품 및 장치	액체수소충전용 디스펜서 및 리셉터클 개발	저장탱크 내 BOG 회수기술	충전 시 BOG 회수 실험 장치 제작	충전 시 BOG 회수 성능 평가	-	저장탱크 내 BOG 회수를 고려한 액체수소 충전용 디스펜서, 리셉터클 개발	창업성장
		극저온 Coupling 설계기술	저장탱크 내 BOG 회수를 고려한 리셉터클 설계, 시제품	시제품 성능 평가 및 문제점 보완 수정	-		
	액체수소용 방폭형 극저온 온도센서 개발	극저온 온도 센서용 요소 패키징기술	밀봉 패키지형 온도센서설계 및 시제품	사용환경 고려한 센서성능평가	-	가연성 극저온 가스 온도 측정용 방폭형 온도 센서	기술혁신
		극저온 온도센서 부식 및 연성화 방지	부식, 연성화 특징 및 평가를 위한 실험장치	장기운영 시 부식특성, 정밀도 평가	-		
	액체수소용 Flowmeter 및 Calibration 기술	액체수소용 유량 측정 기술 개발	시그널 프로세싱 및 압력강화 최소화	비선형 보상 기술 및 유체밀도측정	액체수소용 유량계 시제품 성능 평가 및 정확도 향상 기술 확보	0.35% 오차범위 정확도의 액체수소용 유량계 국산화 개발	상용화
		액체수소용 유량계 설계/제작 기술 개발	저온 유량계 구조제작, 조립 시제품	액체수소용 유량계 시제품 제작			
액체수소용 극저온 유체 레벨게이지 개발	액체수소용 레벨 측정 기술 개발	레벨게이지 설계 인자 분석 및 영향도 평가	레벨게이지 특성 평가를 위한 장치 제작	액체수소 저장용기에서 운영되는 레벨게이지 시제품 성능평가 및 수정사항 보완	액체수소 저장용기에 운영되는 레벨게이지 개발	기술혁신	
	액체수소용 레벨게이지 설계 및 제작	레벨게이지 주요 구성품 사양 도출	액체수소용 레벨게이지 밸브 시제품				
액체수소 유량 조절을 위한 극저온 밸브	극저온 수소 밸브 설계 기술 개발	극저온 밸브 설계 인자 분석 및 영향도 평가	극저온 밸브 시제품 성능 평가 및 수정사항 보완	-	기밀도 100%의 액체수소용 극저온 밸브 국산화 개발	창업성장	
	극저온 수소 밸브 제작 기술 개발	극저온 액체수소 밸브 주요구성품 사양 도출	극저온 액체수소 밸브 시제품 제작	-			



전략제품 현황분석

태양광 발전 모듈 및 장치



태양광 발전 모듈 및 장치

정의 및 범위

- 태양광 모듈은 태양장치는 태양광 모듈에서 발생된 직류 전력을 범용으로 사용가능한 교류 전력으로 변환하기 위한 시스템 및 주변기기를 의미함
- 태양광 모듈은 태양전지, 부품(EVA, Back Sheet, Ribbon, Cable), 소재(전극 Paste, Cover Glass, Junction Box 등)으로 구성됨. 전력변환기기는 PCS(인버터 포함) 및 전력제어기술로 전력을 생산하여 계통에 연계하기 전까지의 기술을 포함함

전략 제품 관련 동향

시장 현황 및 전망	제품 산업 특징
<ul style="list-style-type: none"> (세계) 세계 태양광시장은 선진국 수요(미국 및 유럽 등)와 개도국 수요 증가로 125 GW 설치, 연평균 성장률 20.7%로 증가하여 2024년에는 2조 3,898억 달러 예상 (국내) 국내 태양광시장은 2.2 GW에 달해 성장세가 지속할 것으로 전망, 연평균 성장률 15%로 증가하여 2024년에는 대략 7.3조억 원 예상 	<ul style="list-style-type: none"> TOP 10 기업이 세계 2017년 인버터 시장의 85% 이상을 점유 인버터는 태양광 발전에 있어 주요한 주변장치로서 태양광 발전원가 중 가장 큰 비중을 차지하는 모듈 가격이 점점 하락
정책 동향	기술 동향
<ul style="list-style-type: none"> 2017년 12월 '재생에너지 3020 이행계획 발표'. 기존 5.7 GW에서 2030년까지 태양광발전 설비용량을 36.5 GW로 확대 2018년 소규모 태양광 발전사업자 위한 한국형 FIT 제도 도입, 입찰경쟁 없는 고정가격 기준 	<ul style="list-style-type: none"> 고효율 태양전지 개발을 위한 경쟁 치열 PERC Cell에 이어 Bifacial Cells, N-type Cell 등 다양한 태양전지 기술이 상용화 전망 태양광 설치 수요도 고효율 제품에 집중
핵심 플레이어	핵심기술
<ul style="list-style-type: none"> (해외) JA Solar, Tongwei Solar, JinkoSolar, GCL (대기업) 한화큐셀, OCI, LG전자, 현대그린에너지 (중소기업) 인터솔라, 신성ENG, 쏠라테크, S-Energy 	<ul style="list-style-type: none"> 계측제어 및 원격모니터링 고장진단 원격감시 모니터링 전력변환장치 및 제어방법 효율증대가 개선된 최적설계 태양전지 보호시트 수상 태양광 발전소 시설물

중소기업 기술개발 전략

- 여러 단계 중 모듈 및 전력변환장치와 같이 건물 일체형 태양광 발전시스템을 구성하는 세부 기술 단계에 참여하여 이에 대한 경쟁력만 갖춘 상태로, 중소기업간 또는 대기업 중소기업 간의 상생모델 구축 필요
- 태양광 분야 공급 불균형 해소 및 시스템 설치단가 하락에 따른 중소규모 태양광 발전시스템 시장 확대

1. 개요

가. 정의 및 필요성

(1) 정의

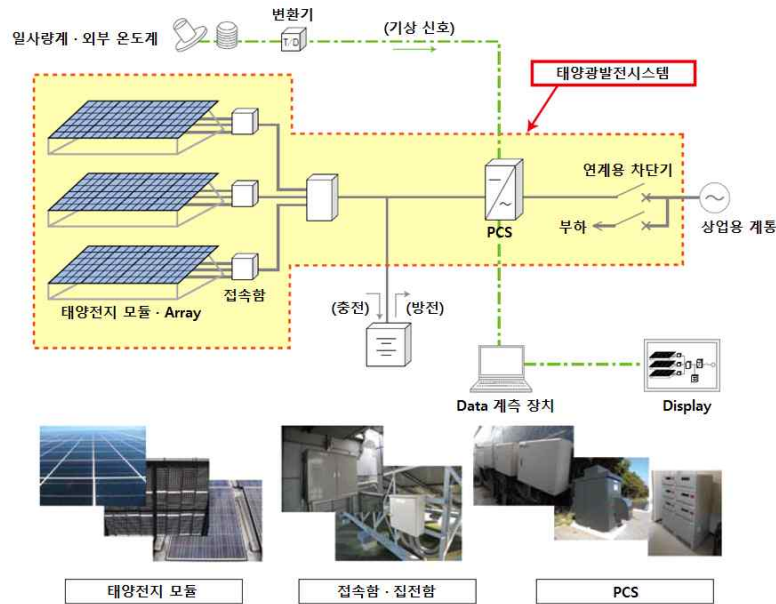
- 태양광 모듈은 태양빛을 받아서 전력을 생산하는 태양전지(셀)로 구성되며 태양광발전 시스템을 구성하는 기본 단위이고, 전력변환장치는 태양전지 모듈에서 발생된 직류 전력을 범용으로 사용가능한 교류 전력으로 변환하기 위한 시스템 및 주변기기를 의미함.
- 전력변환장치는 태양전지 모듈에서 발생된 직류 전력을 사용가능한 교류 전력으로 변환하기 위한 시스템 및 주변기기(BOS, Balance Of Systems)를 의미함
 - 특히, 태양전지 모듈에서 발생하는 직류 전력의 효율적인 사용을 위해 최대 전력점 추적 제어(MPPT, Maximum Power Point Tracking) 기능을 필수적으로 포함
- 태양광 발전시스템은 태양광으로 발전된 직류 전기 에너지를 인버터에 공급하여 사용전력으로 변환시켜 안정된 전원을 수요자에게 공급하는 시스템을 의미

[신재생에너지에서 태양광 발전 모듈 및 장치]



* 출처 : 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」에 정의된 신재생에너지 분류를 기반으로 재작성

[태양광발전시스템 구성]



* 출처 : 태양광발전 Field Test 사업에 관한 Guide Line, NEDO(2016)

(2) 필요성

- 태양광 발전은 후쿠시마 원전사고 및 기후 변화 대응에 따른 파리협약(온실가스 감축) 등과 같은 국제적인 이슈가 발생하면서 원전 또는 화석연료를 대체할 수 있는 친환경에너지, 또는 자체적으로 에너지를 생산하여 소비하는 에너지 프로슈머로서의 역할이 증대되고 있음
 - 에너지 소비 패턴이 공급자 방식에서 소비자 방식으로 전환되면서 태양광발전 중심의 분산전원에 대한 관심이 고조되고 있음
 - 또한 전기자동차 보급이 확대되면서 태양광 발전 중심의 에너지 저장 및 공급시스템에 대한 관심이 높아지고 있음
 - 더욱이 태양광발전은 다른 에너지 대비 발전단가가 상대적으로 높아 경제성이 취약하고, 날씨 조건에 의존하는 바가 많아 발전량이 일정하지 않고, 주간의 한정된 일조량으로 발전시간이 제한받는 등 치명적인 단점도 있어 이를 극복하기 위한 기술개발이 필요함
- 정부가 재생에너지 3020계획에 이어 2040년 재생에너지 비중을 30~35%로 높이는 로드맵을 마련했고, 재생에너지 목표치(25~40%)를 구체화함
 - 국제에너지기구(IEA)는 전 세계 재생에너지 발전 비중이 2016년 24%에서 2040년에 41%까지 확대될 것으로 전망하면서 태양광 확대가 요구됨
 - 2035년 글로벌 신재생에너지의 발전 비중은 40% 내외. 가장 빠른 성장세를 보이고 있는 태양광은 약 30%(vs. 2018년 8%)을 비중을 차지할 전망
 - 신재생에너지의 비중 확대 흐름 속 태양광 산업의 성장 흐름은 지속될 전망

나. 범위 및 분류

(1) 가치사슬

- 태양전지 및 태양광 발전 분야를 구성하고 있는 산업은 ① 폴리실리콘 소재, 웨이퍼, 금속 소재, 공정 가스, 케미컬 재료 등 소재 관련 후방산업, ② 태양전지 및 모듈 공정 및 제조장비(자동화 설비 등), 검사 및 분석 장비(신뢰성 장비 포함) 등 태양전지 제조와 관련된 산업, ③ 전력제어 시스템(PCS), 에너지저장장치(ESS, Energy Storage Systems), 시스템 설치 가대, 접지, 시스템 모니터링 및 건설 산업, Developer(SI, EPC) 등 태양전지 전방산업으로 구분됨

[태양광 발전 모듈 분야 산업구조]

후방산업	태양광 발전 모듈 분야	전방산업
폴리실리콘 소재 웨이퍼, 공정가스, 기타 화학 소재 등	태양전지 장비(공정, 제조) 검사 및 분석 장비 자동화 설비	전력제어시스템(PCS), 에너지저장장치(ESS) 설치 및 모니터링, 건설 산업 등

- 태양전지 시장의 특성상 태양전지 모듈과 태양전지 전력변환기기는 서로 종속적인 특징을 가지므로 미래 유망 산업인 태양전지 시장은 태양전지 전력변환기기/시스템 시장에도 긍정적인 영향을 미칠 것으로 판단됨

[태양광 전력변환장치 분야 산업구조]

후방산업	태양광 전력변환장치 분야	전방산업
반도체, 수동부품 관련 산업, Cable 산업, 등	전력 생산(가정용, 상업용, 발전용) BIPV	건축, 토목, 전력 산업 등

(2) 용도별 분류

- 태양광 발전시스템을 구성하는 주요 제품인 태양광 모듈 및 전력변환장치는 시스템을 구성하는 방식에 차이는 있지만, 사용하는 방식에 따라 발전용(Utility), 상업용, 가정용 등으로 구분됨

[용도별 분류]

용도	세부 내용
발전용(Utility)	• 소규모 발전소를 대체할 수 있을 정도의 태양광 발전시스템(수백 kW ~ 수십 MW 규모)
상업용	• 공공건물 또는 상업용 건물 옥상 또는 주차장 등에 설치하여 발전사업 또는 자체 소비할 수 있는 태양광 발전시스템(수 십 ~ 수백 kW 규모)
가정용	• 가정에서 자체적으로 전력을 생산하여 사용하기 위한 태양광 발전시스템 • 규모는 3~6 kW급 정도

◎ 기술별 분류

- 광기전력 효과를 활용하여 DC 전력을 생산하는 태양광 모듈은 태양전지 모듈 성능 개선 기술, 고효율화 기술로 분류됨
 - 전력을 생산하는 태양전지 모듈 기술은 전지 고효율화 기술, CTM loss저감 기술 등
- 전력변환장치는 전력변환장치 성능을 향상시키기 위한 기술, 태양광 모듈에서 생산된 전력을 효율적으로 제어할 수 있는 기술로 구분
 - 전력변환장치 성능 향상 기술은 변환효율 개선 기술, 성능 지수 향상 기술 등
 - 태양전지 모듈 성능 개선 기술은 Array 설계 기술, 인버터 연계 기술 등
 - 전력 제어 기술은 최대전력점을 추적할 수 있는 기술(MPPT), 실시간으로 모니터링하는 기술
- 태양전지는 빛을 흡수하는 소재의 종류에 따라 Si계, 화합물반도체계, 유기계 등으로 분류될 수 있으며, 상용화 순서에 따라서는 1세대(결정질 실리콘), 2세대(실리콘박막, CIGS 및 CdTe 박막), 3세대(염료감응, 유기) 및 차세대(양자점, 플라즈몬 등)로 분류

[태양전지 종류별 효율 및 특징]

종류		세부 내용	변화효율	단계	
실리콘계	결정계	단결정	• 200 μm 정도의 얇은 단결정 Si 기판 이용 • 장점 : 성능, 신뢰, 과제 : 저가격화	~20%	실용화
		다결정	• 작은 결정이 집합된 다결정 기판 이용 • 장점 : 단결정 저렴, 과제: 단결정보다 효율 낮음	~15%	실용화
	박막계	• -Si이나 미세결정 박막을 기판 위에 형성 • 장점 : 대면적으로 양산 가능 • 과제 : 효율 낮음	~9% (비정질)	실용화	
화합물계	CIGS계	• Cu, In, Se 등을 원료로 하는 박막형 • 장점 : 자원절약, 양산가능, 저가격 • 과제 : In의 자원량	~14%	실용화	
	CdTe계	• Cd, Te을 원료로 하는 박막형 • 장점 : 자원절약, 양산가능, 저가격 • 과제 : Cd의 독성	~13%	실용화	
	집광계	• III족과 V족 원소로 된 화합물 다접합 집광기술 • 장점 : 초고성능 • 과제 : 저가격화	셀 효율 ~38%	연구단계	
유기계	염료감응	• TiO_2 에 흡착된 염료가 광을 흡수하여 발전하는 타입 • 장점 : 저가격화 가능성 • 과제 : 고효율화, 내구성	셀 효율 ~14%	연구단계	
	유기박막	• 유기반도체를 이용하는 박막형 • 장점 : 저가격화 가능성 • 과제 : 고효율화, 내구성	셀 효율 ~12%	연구단계	

※ 자료 : Vacuum Square, 국내외 태양광 기술개발 및 시장 동향 (2016.05)

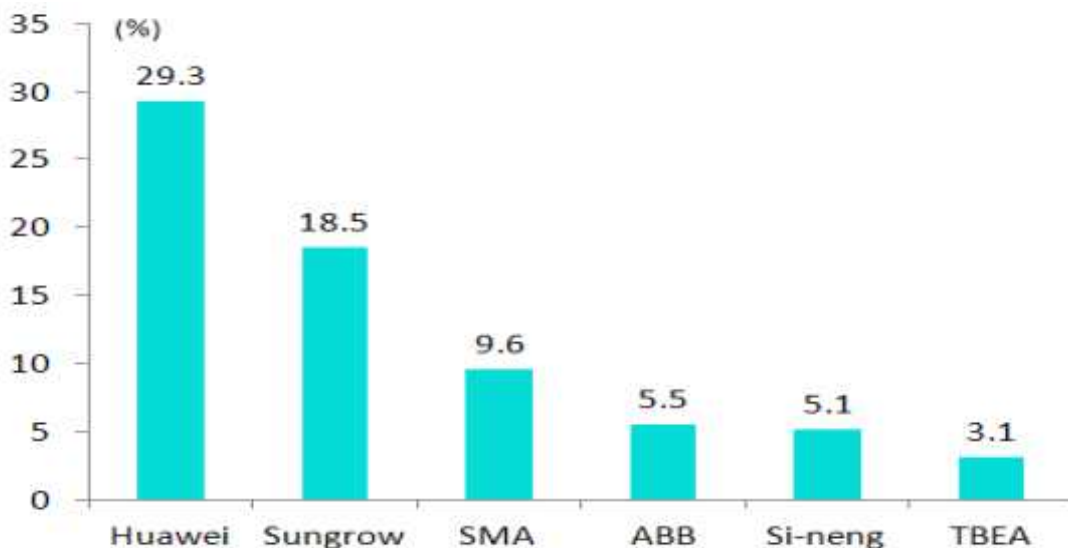
2. 산업 및 시장 분석

가. 산업 분석

◎ 태양광 모듈

- 태양광 모듈은 2019년 10월 기준 단결정 실리콘 모듈 가격은 \$0.24/W, 다결정 실리콘 모듈 가격은 \$0.21/W를 기록
 - 1분기부터 3분기까지 주요 제품 가격 변동을 살펴보면 폴리실리콘 -7%, 단결정 웨이퍼 5%, 다결정 웨이퍼 -11%, 단결정 태양전지 -21%, 단결정 실리콘 모듈 -13%, 다결정 실리콘 모듈 -12%를 기록
 - 주요 제품가격이 하락하긴 하였으나, 2018년 대비 하락 폭은 크게 감소, 특히 단결정 웨이퍼의 경우 공급부족으로 인해 가격이 상승
 - 4분기 수요 증가로 모듈 가격은 현 가격대에서 안정화될 것으로 예상, 특히 올해 10 GW의 모듈을 수입한 미국 수요가 여전히 양호해 남은 기간 5 GW 이상의 추가 수요가 발생할 것으로 예상
- 전력변환장치(인버터 포함)에서 인버터는 태양광 발전에 있어 주요한 주변장치로서 태양광 발전원가 중 가장 큰 비중을 차지하는 모듈 가격이 점점 하락하면서, 그 중요성 증가
 - TOP 10 기업이 세계 2017년 인버터 시장의 85% 이상을 점유하고 있는 가운데, 중국의 Huawei (1위)와 Sungrow(2위)가 48%를 점유
 - Sungrow는 인도에 인버터 공장을 설립하기 위해 ABB, GE 등과 협력

[세계 주요 인버터 제조기업의 시장 점유율(2017년 매출 기준)]



* 출처 : 블룸버그, 산업은행 조사월보(2018.06)

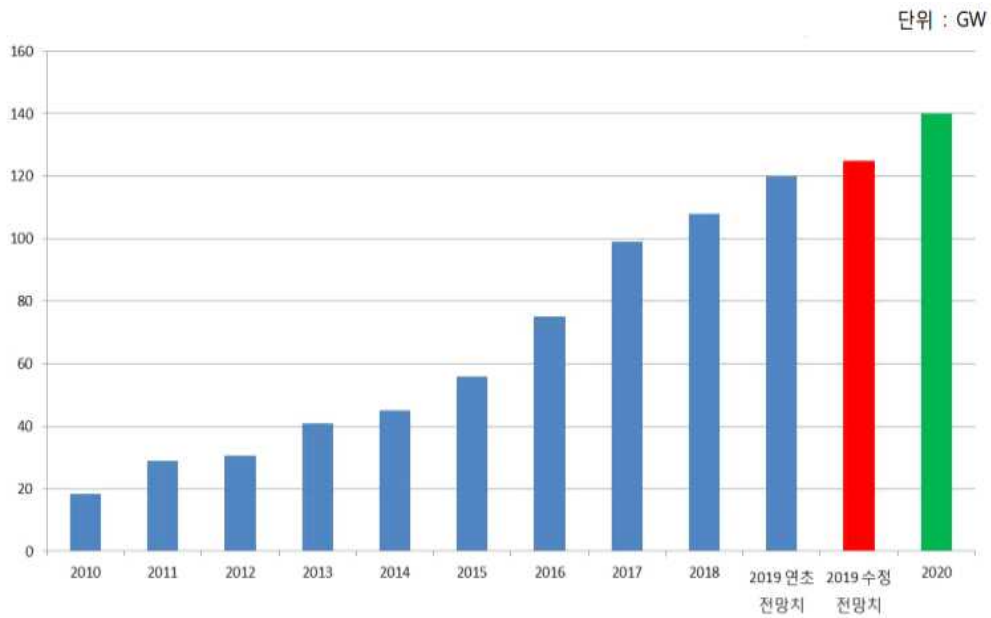
나. 시장 분석

(1) 세계시장

- 2019년 세계 태양광시장은 미국 및 유럽 등 양호한 선진국 수요와 개도국 수요 증가로 인해 연초 예상치 120 GW를 넘어서, 125 GW 설치될 것으로 예상
 - 미국 및 독일, 스페인 프랑스 등 유럽 주요 국가들의 2019년 태양광 수요 증가율이 두 자릿수를 기록할 정도로 양호한 성장세를 기록 중
 - 올해 미국 태양광 수요는 전년대비 15% 이상 증가할 것으로 예상되며, 독일, 스페인, 프랑스 등 주요 유럽 국가들의 수요 증가세도 10% 이상을 기록할 것으로 예상
 - 베트남, 말레이시아 등 동남아시아 시장과 UAE, 이집트 등 중동시장은 본격적인 성장단계에 진입. 특히 베트남의 경우 전년도 설치량은 169 MW에 불과했으나, 올해 5 GW가 설치될 전망
 - 선진국 시장의 양호한 성장세와 개도국으로 수요 확산으로 인해 올해 세계 태양광시장은 연초 전망치 120 GW에서 125 GW로 상향 전망
- 2020년 세계 태양광시장은 중국 수요가 다소 둔화되겠지만 개도국 수요 증가로 중국수요 감소분을 상쇄해 전년대비 10 GW 이상 증가한 135~150 GW에 달할 전망
 - 2020년 세계 태양광 수요는 Big 2 시장 중 중국 수요가 둔화될 것으로 예상되나 미국시장은 여전히 양호한 흐름을 이어갈 전망
 - 태양광 제품 가격 하락 지속으로 인한 그리드패러티 도달 지역 확산으로 동남아시아, 중동 등 개도국 시장 수요 증가가 중국 수요 감소분을 상쇄할 것으로 예상
 - 특히 세계 최저 수준의 태양광 발전단가를 바탕으로 대규모 태양광 프로젝트가 개발되고 있는 중동시장이 차세대 시장으로 부상해, 이 지역 수요를 잡기 위한 기업 간 경쟁이 치열해질 전망
 - 태양광 기술 역시 눈부시게 발전해 태양광 발전단가 하락을 가속화할 것으로 예상
 - 다결정 태양전지 중심의 태양광 수요가 단결정 태양전지로 빠르게 전환되고 있으며, 2020년에는 단결정 고효율 태양전지 수요가 절반을 넘어서 2020년은 고효율 태양전지 중심의 기술 재편이 이루어지는 원년이 될 전망
 - Bifacial 모듈²⁶⁾ 및 기존의 웨이퍼 면적은 키운 M6 라인 도입 등 새로운 태양광 기술이 빠르게 시장에서 자리 잡을 전망

26) Bifacial 모듈은 일명 양면형 모듈로, 일반적으로 태양광 모듈은 한쪽면만 태양전지가 있는 방식인데 반해, Bifacial 모듈은 바닥에 반사된 산란광을 이용하여 추가적인 전기 생산이 가능케 해 효율을 높이는 모듈 방식

[2020년 세계 태양모듈 및 장치 시장 전망]



* 출처 : 2019 3분기 태양광산업동향, 한국수출입은행(2019)

[글로벌 발전 수요 증장기 추이 및 전망]

(단위: TWh, GW, %)

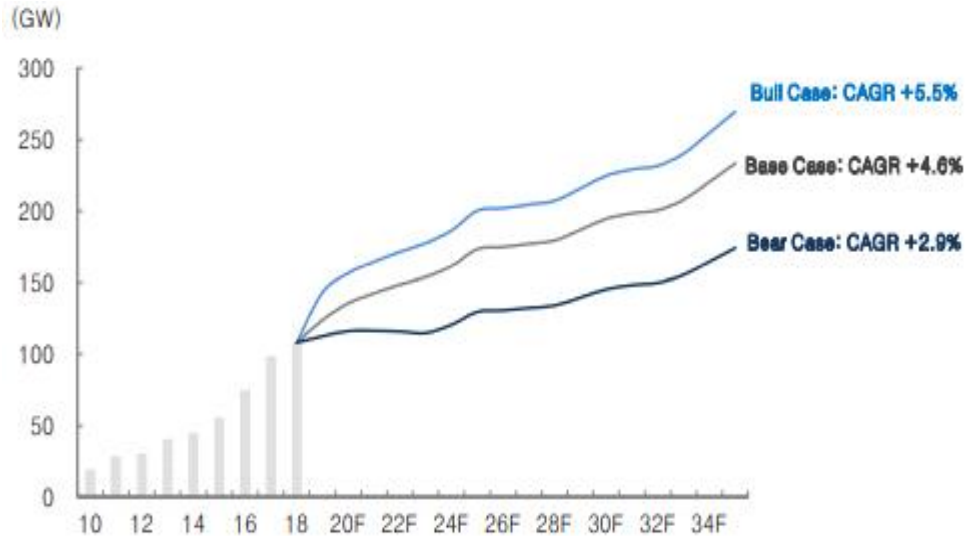
종류	00	05	10	15	20F	25F	30F	35F	
글로벌	15,555	18,459	21,578	24,289	27,115	29,937	33,053	36,494	
발전량	신재생	2,873	3,281	4,189	5,521	7,410	9,595	12,160	14,671
	태양광	1	4	34	260	795	1,605	2,763	4,214
	풍력	31	104	342	832	1,495	2,272	3,304	4,500
태양광	누적 설치	0.6	4.2	42.6	244.0	778.9	1,515.9	2,360.8	3,357.4
	신규 설치	0.0	1.4	19.6	56.0	132.9	159.6	184.5	214.9
발전 비중	신재생	18.5	17.8	19.4	22.7	27.3	32.0	36.8	40.2
	태양광	0.0	0.1	0.8	4.7	10.7	16.7	22.7	28.7
	풍력	1.1	3.2	8.2	15.1	20.2	23.7	27.2	30.7

* 태양광/풍력의 발전비중은 신재생에너지 내에서 차지하는 비중
 * 출처 : BNEF, BP, IEA, 대신증권 Research&Strategy본부 재가공(2019)

- 신규 설치 기준 연평균 +177 GW(vs. 누적 기준 성장률 +11.9%)를 Base Case로 제시할 때, 2035년까지 요구되는 신규 설치 규모는 지속적으로 증가할 전망이다
 - 2019년 124 GW에서 2035년에는 215 GW(vs. 2018년 108 GW)까지 증가함. Bull Case와 Bear Case로는 각각 연평균 +205 GW(vs. +5.5%), +130 GW(vs.+2.9%)의 신규 설치를 제시함

- (Bull Case) 보급 목표 달성(40%) + 태양광 비중 32% → 태양광 +205 GW/년
- (Base Case) 보급 목표 달성(40%) + 태양광 비중 29% → 태양광 +177 GW/년
- (Bear Case) 보급 목표 미달(35%) + 태양광 비중 26% → 태양광 +132 GW

[시나리오별 글로벌 태양광 수요 장기 추이 및 전망]



* 출처 : BNEF, BP, IEA, 대신증권 Research&Strategy본부 재가공(2019)

- 전 세계 태양광 발전 시스템 시장은 2018년 7,957억 4,000만 달러에서 연평균 성장률 20.7%로 증가하여 2024년에는 2조 3900억만 달러에 이를 것으로 예상됨

[태양광 발전 모듈 및 장치 세계 시장규모 및 전망]

(단위 : 백만 달러, %)

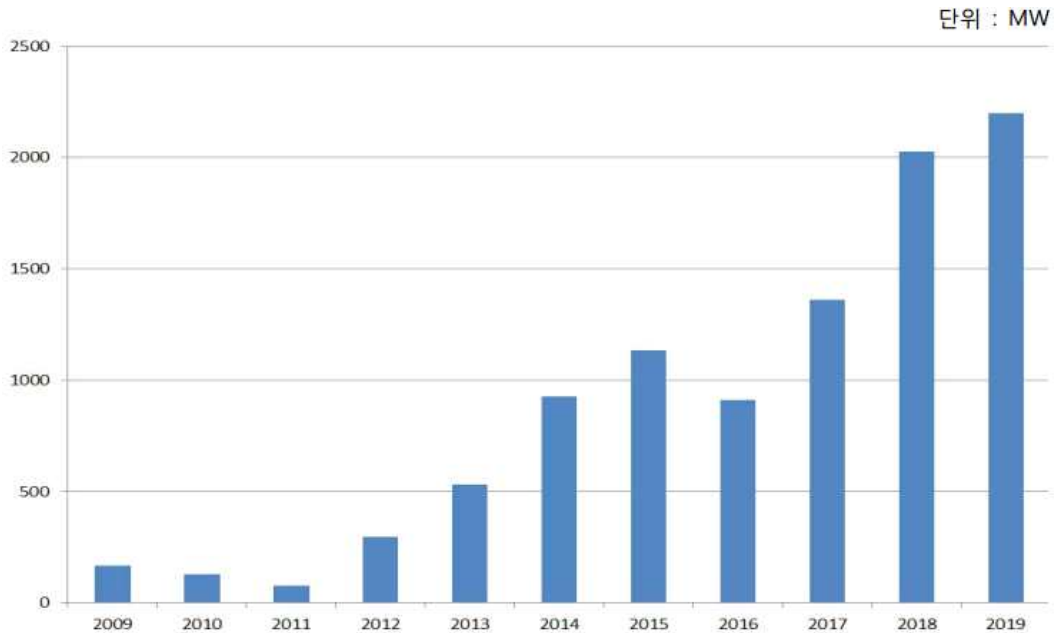
구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
세계시장	795,740	954,890	1,145,900	1,375,000	1,650,000	1,980,000	2,389,860	20.7

* 출처 : TechNavio, Global Solar PV System Market, 2017

(2) 국내시장

- 2018년 국내 태양광 설치량은 사상 최고치를 기록
 - 2018년 4분기 0.6 GW가 설치되었으며, 2018년 총 설치량은 2.0 GW을 기록해 사상 최고치를 경신 2018년 설치량 기준 중국, 인도, 미국, 일본, 호주, 독일, 멕시코에 이은 세계 7위
 - RPS 물량 확대 및 재생에너지 3020 이행계획 등 정부의 지속적인 보급확대 노력이 결실을 맺음
- 2019년 국내 태양광시장은 2.2 GW에 달해 성장세가 지속할 것으로 전망
 - 국내 태양광시장은 규제 개선 등 정부의 태양광 보급확대 노력으로 2년 연속 2 GW를 넘어설 것으로 예측되며, 내수시장 활성화는 국내 태양광산업 경쟁력 강화에 크게 기여할 전망이다

[국내 태양모듈 및 장치 시장 전망]



* 출처 : 2018 4분기 태양광산업동향, 한국수출입은행(2018)

- 국내 태양광 발전시장은 2018년 3조 300억 원에서 2024년 7조 35억 원으로 연평균 15.0% 증가할 것으로 전망

[태양광 발전 모듈 및 장치 국내 시장규모 및 전망]

(단위 : 억 원, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
국내시장	30,300	34,900	40,100	46,100	53,000	60,900	73,500	15.0

* 출처 : IHS ('17.05), TechNavio, Global Solar PV System Market (2017) 재가공

3. 기술 개발 동향

□ 기술경쟁력

- 태양광 발전 모듈 및 장치는 일본이 최고기술국으로 평가되었으며, 우리나라는 최고기술국 대비 91.8%의 기술수준을 보유하고 있으며, 최고기술국과의 기술격차는 0.3년으로 분석
- 중소기업의 기술경쟁력은 최고기술국 대비 85.0%, 기술격차는 0.9년으로 평가
- EU(93.6.0%)>한국>미국(91.6%), 중국(87.0%)의 순으로 평가

□ 기술수명주기(TCT)²⁷⁾

- 태양광 발전 모듈 및 장치는 5.71의 기술수명주기를 지닌 것으로 파악

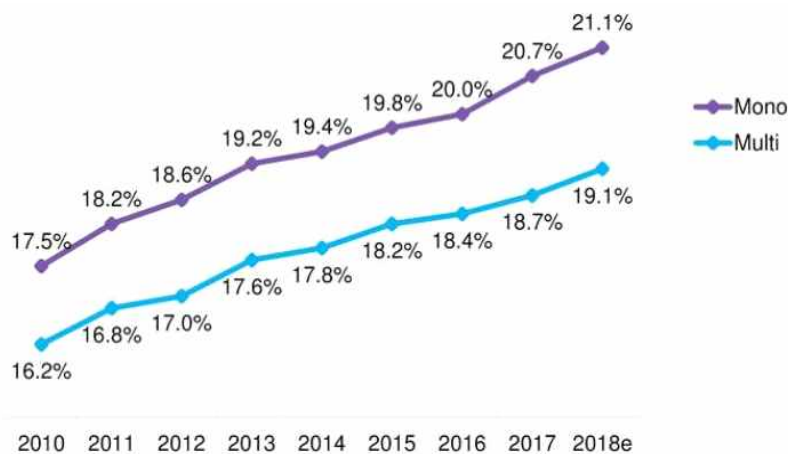
가. 기술개발 이슈

◎ 태양광 발전 모듈 효율증가

□ 고효율 태양전지 개발을 위한 경쟁이 치열해지고 있으며, 시장수요도 빠르게 전환 중

- 고효율 태양전지 보급 확대를 위한 중국 Top Runner 프로그램으로 수요 증가로 인해 2018년 4분기 고효율 태양전지 공급 부족 사태가 발생
- 여기에 미국 및 유럽 지역 가정용 수요가 증가함에 따라 단위 면적당 출력이 높은 고효율 제품에 대한 선호가 뚜렷함
- 최근 들어 단결정 웨이퍼 가격의 하락도 고효율 태양전지 기술개발을 활성화시키는데 기여
- 2010년 단결정 태양전지 효율은 17.5%에 불과했으나, 2017년 20%를 돌파, 2019년 21%를 넘어설 것으로 예상

[단결정태양전지 효율]

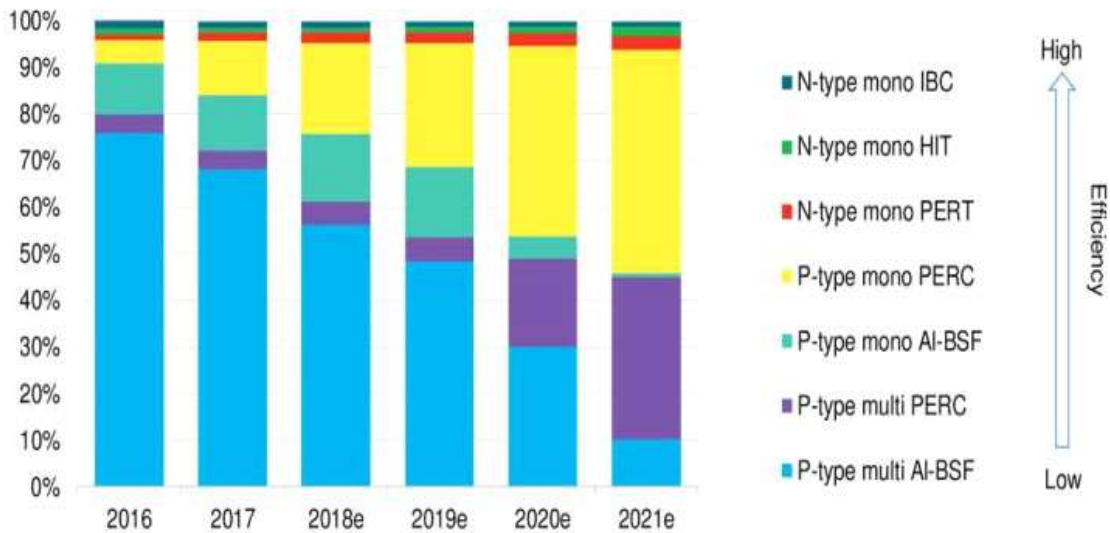


* 출처 : 2018 4분기 태양광산업동향, 한국수출입은행(2018)

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

- 고효율 제품개발을 위한 기술개발 경쟁이 치열해지고 있으며, 태양전지 뒷면전극에 새로운 반사층을 만들어 효율을 높이는 PERC(Passivated Emitter Rear Cell)에 이어 Bifacial Cells, N-type Cell 등 다양한 태양전지 기술이 상용화될 전망
 - 2020년 P-type 단결정 PERC 전지 시장 점유율이 50%를 넘어설 것으로 예상되는 등 시장수요에 대응할 수 있는 고효율 제품 포트폴리오의 구성 여부가 태양전지 및 모듈 기업의 경쟁력을 결정하는데 큰 영향을 미칠 전망

[태양전지 부품별 효율전망]



* 출처 : 2018 4분기 태양광산업동향, 한국수출입은행(2018)

- 2018년 태양광 발전 효율은 20%(Mono/Multi 평균) 수준 이었으며, 효율 개선을 위해 다양한 기술들이 개발/적용되고 있는 추세임
 - PERC(후면 반사), BSF(후면 알루미늄 코팅), Bi-facial(양면 발전) 등이 있으며, 특히 고효율 제품인 Mono(단결정) 셀 비중이 Multi(다결정) 대비 빠르게 확대되고 있음
 - Mono셀과 Multi 셀의 효율 차이는 2018년 기준 2%p(vs. 2010년 1.3%p)에 이르는데, Multi 생산을 모두 Mono로 전환한다면 11%의 물량 증가 효과(발전 효율 Multi 19% vs. Mono 21%)를 누릴 수 있다는 의미임
- 최근 태양광 설치 수요도 고효율 제품에 집중되고 있음
 - 2010년 Multi 대비 Mono 셀의 프리미엄(BNEF data 기준)은 0.7%(0.01달러)에 불과했으나 2017년에는 23%(0.06달러)로 상승했고, 절대적 수준으로도 6배나 상승한 수치임
 - Mono-PERC 셀의 경우 Multi 셀 대비 약 35%의 가격 프리미엄을 받고 있음. 고효율 제품에 대한 비중확대로 향후 시장 구조도 고효율 제품에 대한 비중이 높은 업체들을 중심으로 재편될 가능성이 높음

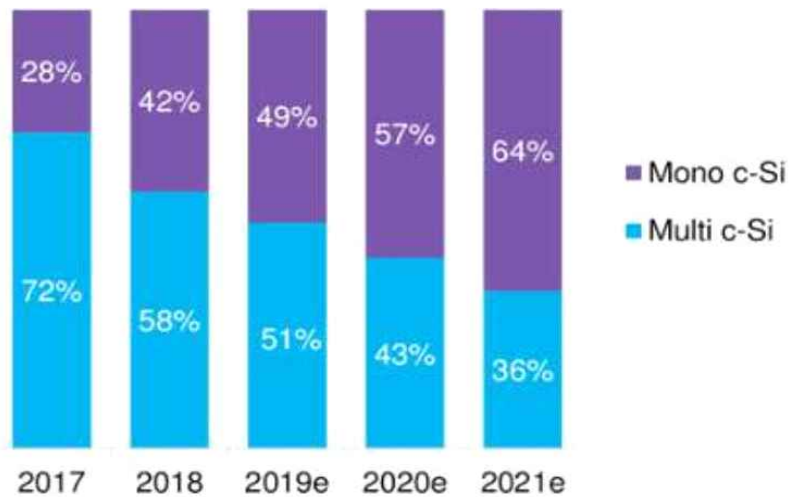
나. 생태계 기술 동향

(1) 해외 플레이어 동향

◎ 태양광 발전 모듈 효율증가

- 2019년 세계 태양광시장의 주요 이슈를 살펴보면 그리드패러티 도달에 따른 개도국 시장 부상, 고효율 태양전지로 전환, 대형 태양광기업의 탄생으로 요약
 - 중국 및 미국을 포함한 8개 선진국 비중은 2015년 82%를 정점으로 낮아지고 있으며, 2019년 사상 처음으로 60%를 하회한 58% 예상
 - 2019년 태양광발전의 그리드패러티 도달은 선진국에 한정되어 있던 수요가 개도국으로 확산되어 가는 원년, 2020년 이후 개도국 비중은 점점 더 확대될 전망
 - 2017년 단결정 태양전지 비중은 28%에 불과했으나, 고효율 태양전지에 대한 수요가 증가하면서 2019년 단결정 태양전지 비중이 50%에 육박, 세계 태양광 시장은 다결정 태양전지에서 고효율 단결정 태양전지로 재편

[단결정 VS 다결정 태양광 모듈 비율 동향]



* 출처 : 2019년 3분기 태양광산업동향, 한국 수출입은행(2019)

- 2019년 태양광 모듈 생산용량 기준 10 GW를 넘어선 대형 태양광 기업이 탄생, 중국 Longi 15 GW, Jinko 10.8 GW, 한화큐셀 10.7 GW, JA Solar 10.5 GW, 향후 세계 1위 기업 자리를 차지하기 위한 경쟁이 더욱 치열해질 전망

[Top 10 모듈 생산 캐파]

Rank	Production(GW) 2018				Module Shipment(GW) 2018	
	Cell		Module			
1	Hanwha Q CELLS	7.4	JinkoSolar	8.6	JinkoSolar	11.4
2	JA Solar	7.0	JA Solar	8.5	JA Solar	8.5
3	Tongwei Solar	6.5	Canadian Solar	8.0	Trina Solar	7.5
4	JinkoSolar	5.8	Hanwha Q CELLS	7.7	Canadian Solar	6.8
5	Canadian Solar	5.7	LONGi	7.5	LONGi	6.6
6	Trina Solar	5.1	Trina Solar	6.1	Hanwha Q CELLS	5.6
7	Suntech/Shunfeng	4.5	GCL	4.6	GCL	4.6
8	LONGi	4.4	Risen Energy	3.3	Risen Energy	3.4
9	Uniex New Energy	4.0	Chint Electrics (Astronergy)	3.2	Suntech/Shunfeng	3.3
10	Aiko Solar	3.1	Seraphim Solar	3.1	Chint Electrics (Astronergy)	3.2

* 출처 : RTS Corporation(2019.07)

◎ 전력변환장치(인버터 포함)

Huawei Technologies

- ICT(Information and Communications Technologies) 솔루션 제공업체로, IT 인프라, 네트워킹, 휴대전화, 데이터통신, 인버터, 기타 제품을 설계, 제조 및 판매함
- 2016년 3월에는 SMA의 스트링 인버터 출하량을 초과했으며, 2016년 10월에는 북미 지역의 유틸리티 규모의 태양광 발전소에 SUN2000 스트링 인버터를 공급함

SMA Solar Technology

- 태양 에너지 장비 제조업체로, 그리드 연결, 오프-그리드, 전원 백업 작업을 통해 PV 시스템용 태양광 인버터를 생산함
- 2016년 7월에는 스트링 인버터용 최초로 출시하였으며, 2016년 8월에는 덴마크에서 스트링 인버터를 제공하는 60 MW 규모의 태양광 발전소 프로젝트를 수주함

SUNGROW

- 상업용, 주거용, 유틸리티 규모의 태양광 발전 시스템을 위한 태양광 인버터 및 에너지 저장 장치 기술을 제공하는 업체(전 세계에 약 31 GW의 인버터 설치)
- 2016년 9월에는 태양광 산업을 위한 세계 최초의 1,500V-스트링 인버터를 출시함

(2) 국내 플레이어 동향

◎ 태양광 발전 모듈 효율증가

- 모듈업체를 중심으로 성장하고 있으며, 최근에는 모듈업체에서 태양광발전 시스템 설치로 사업을 확장하고 있음
 - 결정질 실리콘 태양전지 기업 위주로 산업이 형성되어 있으며, 박막 태양전지는 현재 R&D 위주로 다양한 개발이 진행 중임

[태양광 발전 모듈 제조기업별 동향]

구분	업체명	사업영역 및 주요내용
결정질	 한화	<ul style="list-style-type: none"> • 한화솔라원(중국) 및 한화큐셀(말레이시아, 한국)로 수직계열화 완료 • 태양광모듈(음성) 1.5GW / 태양전지(진천) 1.5GW • PERC셀을 적용한 태양광 모듈 사업 중 • 한화케미칼에서 폴리실리콘 13,000톤 양산 • 한화솔라에너지에서 EPC(발전사업) 추진
	 OCI	<ul style="list-style-type: none"> • 2016년 기준 52,000톤 규모의 양산 캐파 구축 • 연산 2만 톤 도쿠야마 말레이시아 공장인수 • OCI 솔라파워에서 텍사스 샌안토니오에 400 MW 태양광발전프로젝트완료
	 현대중공업	<ul style="list-style-type: none"> • 태양전지 및 모듈 600 MW 규모 양산 캐파 구축 • PERC셀을 적용한 태양광 모듈 개발
	 LG전자	<ul style="list-style-type: none"> • 태양전지 및 모듈 1.3GW 규모 양산 구축(PERT 1.2 GW, IBC 100 MW) • 다양한 모듈 개발 : N-type 모듈, Bifacial 모듈 등
	 S-Energy	<ul style="list-style-type: none"> • 태양광 모듈 500 MW 규모 구축 • 태양광발전시스템 중 Utility(발전사업) 사업 추진
	 신성솔라 에너지	<ul style="list-style-type: none"> • 태양전지 500 MW, 태양광모듈 200 MW 규모 양산 캐파 구축 • 태양광발전시스템 중 Utility(발전사업) 사업 추진
박막	 코오롱 유기 박막 인더스트리	<ul style="list-style-type: none"> • R2R방식(고분자 재료 사용)을 적용한 Flexible 유기 박막 태양전지 개발 완료, Niche market용 모듈로 사업화를 위해서 노력 중

* 출처: 국내 태양광 모듈 조사, 기업 미팅(2019)

◎ 태양광용 인버터 제조업체

- 국내 태양광용 인버터(PCS) 제조 전문업체는 헥스파워, 다쓰테크, 윌링스 등 중소기업 형태가 대부분이며 최근 효성 및 현대중공업 등의 대기업이 제품 개발을 완료해 시장에 진입하였음

- 국내 태양광용 PCS 제조업체들의 경우 소용량 제품이 주를 이루고, 대용량 PCS의 개발은 연구 개발 중이거나 초기 상용화 단계의 미진한 상태로 이에 대한 대책 필요한 실정임
- 다쓰테크
 - 단상인버터의 경우 최고 수준의 효율을 보유하고 있고 4년 연속 국내 1위의 M/S를 달성 및 삼상인버터는 국내 최초로 무변압기형을 개발했고 동종 대비 최저무게와 최고효율의 장점을 보유하고 있음
- 헥스파워 시스템
 - 태양광 계통연계형 인버터(Grid-connected PV inverter)를 국내 최초로 개발하고 생산해왔으며 최초 3 kW급 소용량 태양광 인버터를 주력으로 하다 점차 5 kW/10 kW/20 kW/ 30 kW/ 50 kW/100 kW/250 kW 급으로 다양한 용량의 인버터를 시장에 출시
- 윌링스
 - 2003년 설립되어 태양광 PCS 전문 기업으로 초기에 진출한 몇 안 되는 국내 기업 중 하나로서, 2004년 3 kW 인버터를 개발하고, 2005년 10 kW ~ 50 kW까지의 태양광 PCS를 개발하여 현재 시장에 제품을 출시하고 있음
 - 최근에는 100 kW/125 kW/250 kW 급의 태양광 인버터 개발에 성공하여, 시장에 출시함
- 현대중공업
 - 3 kW급의 단상 인버터에서부터 250 kW급의 3상 4선식 인버터 까지를 생산 중에 있음
 - 92~96%의 높은 효율을 보유하고 있으며 같은 출력대비 소형/경량화로 설치 및 유지관리가 용이함
 - 원격 및 로컬통신을 통한 데이터 모니터링이 가능하고 입력 장비보호를 위한 각종 보호기능을 탑재해 50 kW, 100 kW급에서 EN 50178 규정에 의거해 CE 및 TUV 인증을 획득함. 4 kW급 단상인버터는 일본 인증(JET)을 받아 일본에 수출하고 있음
- LS 산전
 - 1986년부터 태양광사업을 시작해 1990년대 초부터 태양광 발전용 인버터의 연구를 시작함
 - 오랜 기간 연구를 거쳐 최근에는 Solarvert 모델로써 3 kW급 태양광 PCS를 출시함. 또한 인버터사업의 핵심 부품인 전력 반도체 모듈의 자체생산으로 매출이 확대되었고 최근에는 일본시장으로의 태양광 모듈, 인버터, 모니터링 세트의 진출을 시도하고 있으며 JET, J-PEC, J-MIC인증을 취득함
 - LS산전의 100 kW급 태양광발전 패키지 솔루션은 임야에 태양광 발전설비를 설치할 경우 규모에 상관없이 가중치 0.7을 부여하는 RPS제도 개선안이 최근 확정됨에 따라 신규 사업화가 어려워진 소규모발전 사업자들을 타겟으로 함

다. 국내 연구개발 기관 및 동향

(1) 연구개발 기관

[태양광 발전 모듈 및 장치 분야 주요 연구조직 현황]

기관	소속	연구분야
한국에너지기술연구원	신재생에너지연구소 태양광연구실	<ul style="list-style-type: none"> • 결정질실리콘 태양전지 기술개발 • 칼코지나이드 기반(CIGS, CZTS, CTS) 화합물 박막, 실리콘 박막, 염료감응 및 유기 복합형 등의 차세대 태양전지 기술개발 • 태양광발전(PV) 모듈 및 건물일체형 태양광발전(BIPV) 관련기술 개발 • PV용 전력변환장치(PCS) 기술 개발
대구경북과학기술원	에너지융합연구부	<ul style="list-style-type: none"> • 고성능 칼코지나이드/할라이드 기반 차세대 박막태양전지 원천기술 개발 • 기능성 태양전지 요소기술 확보 및 신개념 태양전지 융합 소자 개발 • 웨어러블 에너지원 대응 자가 에너지변환 및 고안정성 에너지저장 원천기술 개발
한국과학기술원	전기 및 전자공학부	<ul style="list-style-type: none"> • 유기고분자-양자점 기반 하이브리드 태양전지 개발 • 고분자-양자점 태양전지의 효율을 높일 수 있는 기술

(2) 기관 기술개발 동향

대구경북과학기술원 에너지융합연구부

- 플렉시블 CZTS계 박막태양전지의 광전변환 세계 최고 수준인 11.4%의 효율을 달성
- 저비용·친환경 소재인 청동(Cu-Sn)과 황동(Cu-Zn)을 이용하기 때문에 고가인 인듐이나 중금속재료인 납, 카드뮴을 이용하는 기존의 박막 태양전지(CIGS, CdTe, 페로브스카이트)에 비해 대량 생산이 유리한 기술
- 기존의 3층 구조 CZTS계 박막태양전지 전구체를 다층 구조로 바꿔 전압 특성 및 균일도를 개선해 효율을 향상

한국전자통신연구원(ETRI)

- 유리기판 위에 200나노미터(nm)급의 은 나노입자로 이뤄진 나노디스크 형태의 패턴을 제작한 후, 갈바닉 치환공정을 통해 입자하나 하나를 금으로 쌓아 금과 은이 공존하는 메타소재로 이뤄진 메타물질을 제작
- 메타물질 원천소재 기술 개발로 태양전지 소자로 적용 예상

◎ 태양광 발전 모듈 및 장치 관련 선행연구 사례

[국내 선행연구(정부/민간)]

수행기관	연구명(과제명)	연도	주요내용 및 성과
원광전력(주)	집광형 태양광시스템을 위한 요소기술 및 모듈 개발	2009 ~ 2012	<ul style="list-style-type: none"> 열에 강한 초소형 고효율 화합물반도체 태양전지를 활용하여 집광형 태양광시스템을 위한 무선연결 태양추적기 및 고배율 집광기를 개발 이를 통합한 효율 20%이상의 집광형 태양광모듈을 설계하고 시작품을 제작
(주)비제이 파워	7kg/m ² 이하급, 건물용 경량 비박막형 태양광모듈 개발	2015 ~ 2017	<ul style="list-style-type: none"> 경량 비 박막형 태양광 모듈 요소 기술 개발 경량화를 위한 전면소재 및 봉지재 개발 경량 비 박막형 태양광 모듈 중량 7 kg/m² 이하 달성 경량 비 박막형 태양광 모듈 소재 국산화
한국에너지 기술연구원	태양광 폐모듈 소재 기반의 태양광 모듈 재제조	2018 ~ 2021	<ul style="list-style-type: none"> 태양광 폐모듈 소재 기반의 태양광 모듈 재제조 시스템 개발을 통한 태양광 산업 선순환 체계 구축 태양광 Mobile 재활용 시스템을 위한 고효율 모듈 분리기술 개발 폐모듈 회수소재 기반의 19%급 태양전지 및 50W급 태양광 모듈 재제조 기술 개발
서울과학기술대학교	고효율/고 신뢰성 발광형 컬러 태양광 모듈 및 시스템 연구	2019 ~ 2022	<ul style="list-style-type: none"> 발광 입자를 대면적 태양광 모듈 (50×50 mm²)에 적용하여 고효율 컬러 태양광 모듈 구현 및 이를 이용한 안정적인 시스템에 대해 연구
한국산업 기술시험원	태양광 모듈의 수명 및 성능특성에 대한 현장평가 방법	2015 ~ 2018	<ul style="list-style-type: none"> 태양광 모듈 현장평가 태양광 모듈 현장평가 성능시험 현재 운영 중인 태양광 발전소 운전 및 고장 데이터 수집 보유 태양광 모듈 성능평가 장비를 활용 현장 평가 수행 - 결합 모듈의 현장 시험 및 실증 데이터 확보(PID모듈, Snail track모듈, 부식모듈)
한국에너지 기술연구원	농가 태양광시스템을 위한 40% 경량 태양광 모듈 및 클러스터링 네트워크 디바이스(Clustering network device) 개발	2018 ~ 2021	<ul style="list-style-type: none"> 농가 적용을 위한 20% 경량화 모듈 설계 적용 가능성을 고려한 태양전지 모듈 부자재별 특성 분석 및 대체품목 선정 경량 태양전지 모듈 설계 및 시제품 구현(경량화 20%, CTM loss 5% 이하, 모듈규격 4×6셀)

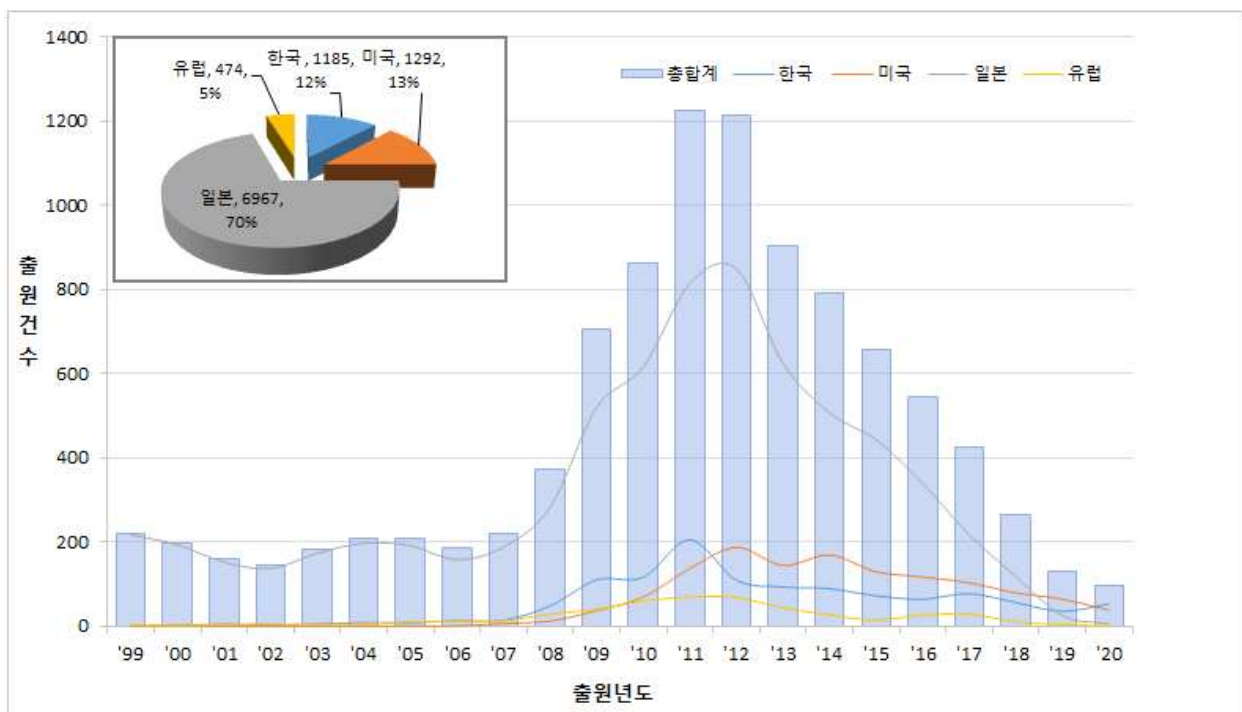
4. 특허 동향

가. 특허동향 분석

(1) 연도별 출원동향

- 태양광 발전 모듈 및 장치의 지난 20년('99~'20)간 출원동향²⁸⁾을 살펴보면 2008년에서 2011년까지 급격한 증가추세를 보이고 있으며, 일본 출원동향이 전체 태양광 발전 모듈 및 장치 특허출원동향을 주도
 - 각 국가별로 살펴보면 일본이 가장 활발한 출원활동을 보이고 있으며, 2007년을 기점으로 급격한 출원 성장이 이뤄지고 있음
 - 한국 및 미국에서는 일본에 비해 상대적으로 출원이 저조한 상태
- 국가별 출원비중을 살펴보면 일본이 전체의 70%의 출원 비중을 차지하고 있어, 최대 출원국으로 태양광 장치 및 모듈분야를 리드하고 있는 것으로 나타났으며, 미국은 13%, 한국 12%, 유럽 5% 순으로 나타남

[태양광 발전 모듈 및 장치 연도별 출원동향]

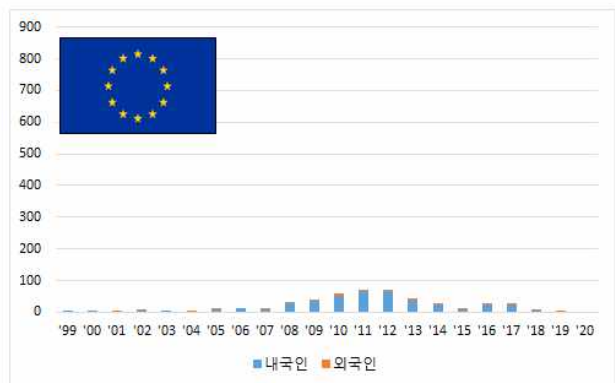
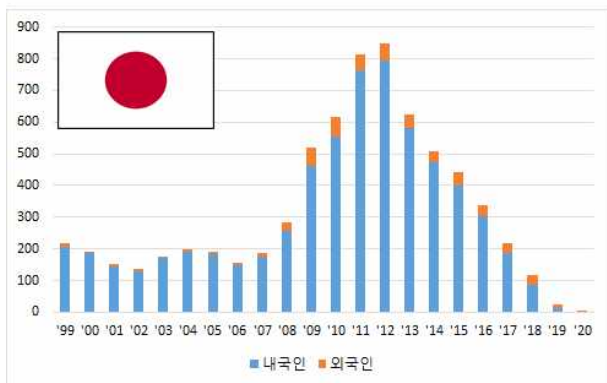
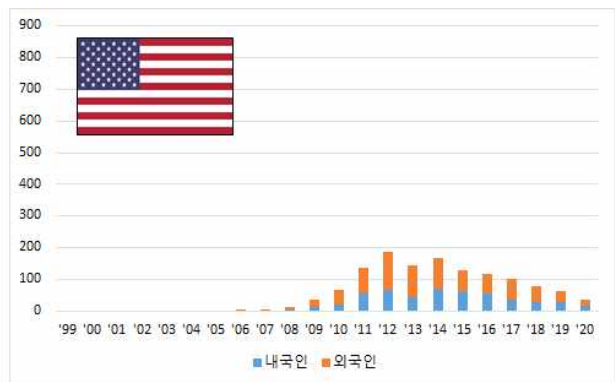
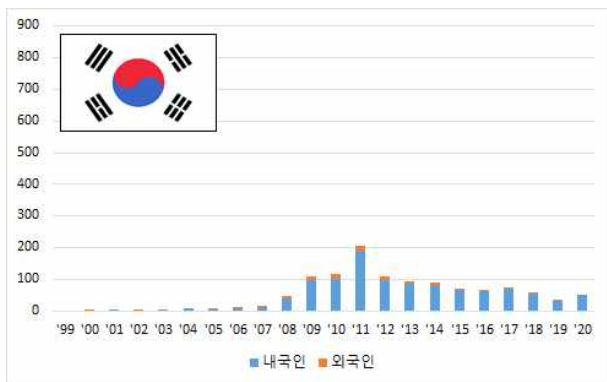


28) 특허출원 후 1년 6개월이 경과하여야 공개되는 특허제도의 특성상 실제 출원이 이루어졌으나 아직 공개되지 않은 미공개데이터가 존재하여 2019, 2020년 데이터가 적게 나타나는 것에 대하여 유의해야 함

(2) 국가별 출원현황

- 한국의 출원현황을 살펴보면 2007년도 이후 출원건이 증가하고 있지만 절대적인 출원수가 일본에 비해 저조한 상황
 - 내국인 위주의 출원이 진행되고 있으며, 엘지이노텍이 2011년에 72건, 2012년에 13건 출원함
- 미국의 출원현황은 2006년 이후부터 2012년까지는 지속적으로 성장했고, 최근까지도 활발한 출원이 진행되고 있으며, 외국인의 비중이 우위에 있는 것으로 보임
- 일본의 출원현황은 2006년까지는 내국인 출원이 대다수였으며 2006년을 기점으로 외국인 출원이 지속적으로 하고 있는 추세임
- 유럽의 경우는 약간의 증감의 출원동향을 보임

[국가별 출원현황]



(3) 기술 집중도 분석

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

- 전체구간(1999년~2020년)에서 태양광 발전 모듈, 광전변환소자 등 태양전지 모듈의 고효율화와 수명발전량 증대를 위한 태양광 모듈장치 기술 키워드가 도출되었음
- 최근구간에 대한 기술 키워드 분석 결과, 최근 1구간(2012년~2015년)에는 모듈제조 키워드와 관련한 키워드가 지속적으로 도출되었으며, 2구간(2016년~2020년)에서는 1구간에서 주요 기술 키워드였던 모듈부품 관련 키워드가 꾸준히 도출된 것으로 나타나 발전효율을 높이기 위한 태양광모듈장치 기술 연구가 꾸준히 진행 되고 있는 것으로 분석됨

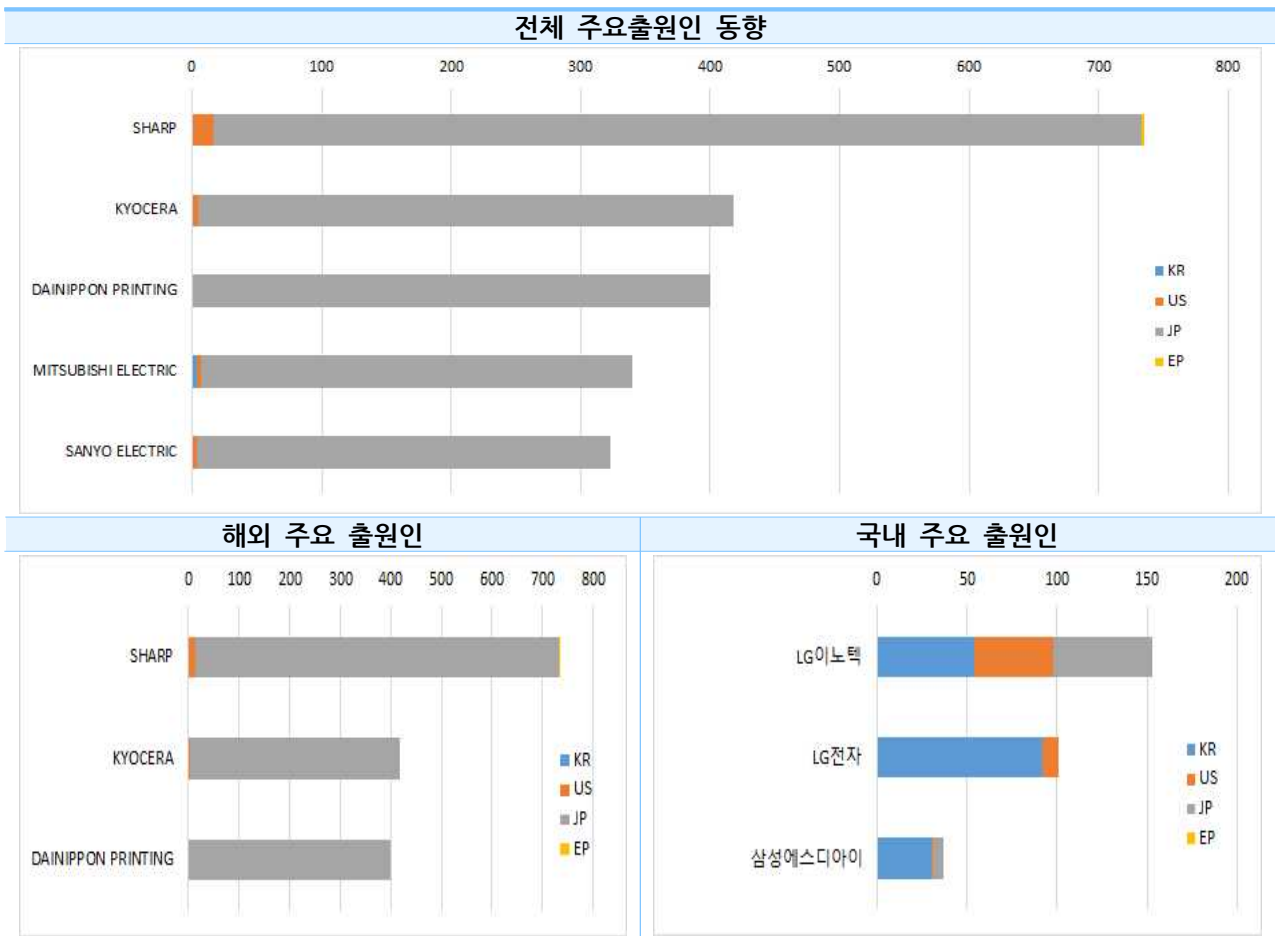
[특히 키워드 변화로 본 기술개발 동향 변화]



나. 주요 출원인 분석

- 태양광 발전 모듈 및 장치에 대한 전체 주요출원인을 살펴보면, 주로 일본 국적의 출원인이 다수 포함되어 있는 것으로 나타났으며, 제1출원인으로는 일본의 SHARP가 나타남
 - 주요출원인은 일본시장을 위주로 특허 출원에 집중하고 있는 것으로 나타났음
- 태양광 발전 모듈 및 장치관련 기술로 전자제품 분야의 기업에 의한 출원이 대다수를 차지
 - 일본의 KYOCERA와 DAINIPPON PRINTING, MITSUBISHI ELECTRIC, SANYO ELECTRIC 등이 주요 출원인으로 도출
 - 국내에서는 주로 대기업 위주의 특허 출원이 주를 이루고 있음

[태양광 발전 모듈 및 장치 주요출원인]

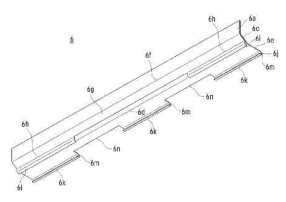
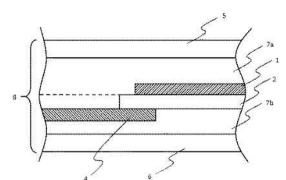
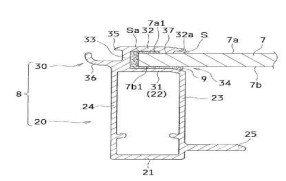
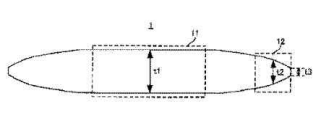
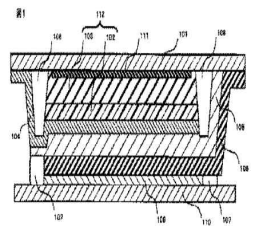


(1) 해외 주요출원인 주요 특허 분석

◎ SHARP

- SHARP는 셀 균열을 억제하기 위한 태양전지모듈, 실리콘 기판을 구비하는 광전 변환소자, 설치작업이 용이한 태양전지 모듈 등과 관련된 특허들 다수 출원했으며 등록특허는 139건임
- 주요 특허들은 광전변환 소자 및 광전 변환 모듈을 이용한 태양광 발전 시스템에 대한 기술 특허를 다수 출원하는 것으로 파악

[SHARP 주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
JP 6521780 (2015.07.23)	태양전지 모듈의 옵션 부재 및 그 설치 구조	설치 작업이 용이하고, 그 설치 위치나 개수 등을 현장에서 용이하게 조절할 수 있는 태양전지 모듈의 옵션 부재	
JP 6518164 (2015.07.31)	태양전지 모듈 및 그 제조 방법	제조 시의 셀 균열을 억제하고 외관을 해치기 어려운 태양전지 모듈	
JP 6422832 (2015.07.23)	태양전지 모듈	접착 부재에 의해 접착하는 구조의 태양전지 모듈	
JP 6423373 (2015.01.20.)	광전 변환 소자 및 그것을 구비한 태양전지 모듈	실리콘 기판을 구비하는 광전 변환 소자	
JP 6270990 (2015.03.26.)	광전 변환 소자, 색소 증감 태양전지 및 색소 증감 태양전지 모듈	광전 변환 소자, 색소 증감 태양전지 및 색소 증감 태양전지 모듈	

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

◎ KYOCERA

- KYOCERA는 광전 변환 효율을 향상시킬 수 있는 태양전지, 패널 오염 및 과열을 방지하는 태양전지 모듈, 광전 변환 효율을 고효율로 유지할 수 있는 태양전지 소자 등과 관련된 특허를 보유하고 있으며, 캐리어의 수집 능력이 높고 이것에 의해 단락 전류 밀도를 향상시킬 수 있는 광전 변환 장치 및 광전 변환 모듈 기술과 관련한 특허를 미국에 출원

[KYOCERA 주요특허 리스트]

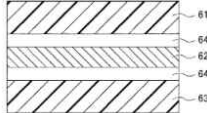
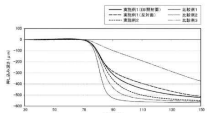
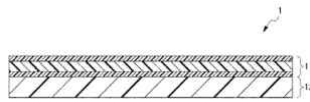

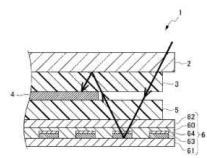
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
JP 6613365 (2017.03.28)	태양전지 소자 및 태양전지 모듈	광전 변환 효율을 향상시킬 수 있는 태양전지	
JP 6448665 (2015.12.25)	태양전지 모듈 및 그것을 이용한 태양전지 어레이	수광면의 오염 발생을 감소시키고 발전 효율을 유지하는 태양전지 모듈	
JP 6430842 (2015.01.29)	태양전지 소자 제조 방법 및 태양전지 모듈 제조 방법	저비용으로 제조 가능한 패시베이션층의 보호층을 형성하는 태양전지 소자	
JP 6359125 (2016.01.28)	태양전지 모듈	태양전지 모듈은 앞면, 뒷면 및 측면을 가지는 태양전지 패널 구성되며, 태양전지 패널의 테두리부에 접착하는 접착제 구비	
JP 6285545 (2015.05.22)	태양전지 소자 및 태양전지 모듈	광전 변환 효율을 고효율로 유지할 수 있는 태양전지 소자 및 태양전지 모듈	

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

◎ DAINIPPON PRINTING

- DAINIPPON PRINTING는 일본의 반도체 패키지 기판, 액정 디스플레이용 컬러 필터 등 생산 기업으로 등록특허 156건 보유
- 태양광 백시트 소재, 태양전지 모듈용 이면 보호시트 베이스 수지 등 태양광 발전 시스템의 효율 향상과 내구성 개선을 위한 태양광 모듈소재 기술 특허 다수 보유하고 있으며, 자국내 출원 성향을 보이고 있음
 - 태양전지용 모듈용 이면 보호 시트, 모듈용 밀봉재 시트, 이면보호 시트 등 소재기술 개발

[DAINIPPON PRINTING 주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
JP 6609968 (2015.03.31.)	태양전지용 모듈용 이면 보호 시트	중간층으로서 알루미늄 포일을 적용한 다층의 이면 보호 시트	
JP 6603994 (2015.01.30)	태양전지 모듈용 밀봉재 시트 및 태양전지 모듈	내열성을 충분히 가지는 태양전지 모듈용 밀봉재 시트	
JP 6597011 (2015.07.17)	태양전지 모듈용 밀봉재 일체형 이면 보호 시트 및 그것을 이용하여 이루어진 태양전지 모듈	발전 효율 저하가 적은 밀봉재 일체형 이면 보호 시트	
JP 6507510 (2014.07.24)	태양전지 모듈용 밀봉재 시트	우수한 수증기 배리어성이나 절연성을 유지한 태양전지 모듈용 밀봉재 시트	
JP 6464890 (2015.03.31)	태양전지 모듈용 이면 보호 시트	확산 반사율의 저하도 억제할 수 있는 우수한 이면 보호 시트	

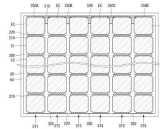
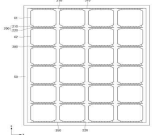

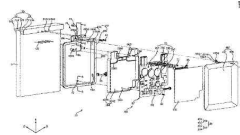
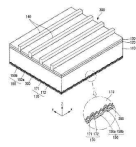
* 등록특허 기준, 피인용문헌수 및 패밀리 국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

(2) 국내 주요출원인 주요 특허 분석

◎ LG전자

- LG전자는 수광 면적이 극대화된 태양 전지 모듈, 곡면형 태양광 발전 모듈, 모듈의 조립 공정의 생산성을 향상시킨 태양전지 모듈 등 태양광 모듈 제작방법에 관한 기술에 대한 특허를 다수 출원
 - LG전자는 태양광 발전모듈 및 장치 기술에 있어서, 153건의 특허가 출원되었으며, 태양광 발전 모듈 및 장치 기술과 관련된 특허를 국내, 미국, 일본 등 다양한 국가에 특허를 출원. 2010년 대 중반 이후 해당 기술 관련한 활발한 출원을 진행하였으며, 등록 건수는 76건으로 파악

[LG 전자 주요특허 리스트]

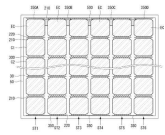
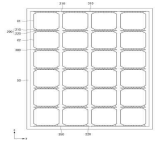
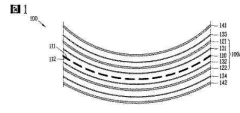
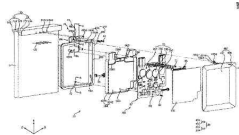
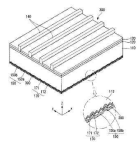
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR 10-1806972 (2016.07.21)	태양 전지 모듈	수광 면적이 극대화된 태양 전지 모듈을 제공	
KR 10-1788169 (2016.07.13)	태양 전지 모듈 및 태양 전지	신뢰성이 향상된 태양 전지 모듈과 태양 전지	
JP 6573940 (2017.08.04)	태양광 발전 모듈 및 그 제조 방법	태양전지의 균열이 발생하지 않는 구조의 곡면형 태양광 발전 모듈 및 그 제조 방법	
JP 6534815 (2015.01.15)	일체형 인버터 및 그것을 포함한 태양전지 모듈	태양전지 모듈의 조립 공정의 생산성을 향상시키고 태양전지 모듈의 구조적 안정성을 향상시킬 수 있는 일체형 인버터	
JP 6437582 (2017.01.27)	태양전지 및 태양전지 모듈	p-n접합을 형성하는 반도체부, 서로 다른 도전형 반도체부에 각각 접속된 전극을 구비	

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

◎ LG이노텍

- LG이노텍은 내습성이 향상된 태양전지 모듈, 모듈 내에 수분 등이 침투하여 신뢰성이 저하되는 문제를 해결하기 위한 태양전지 모듈 제조방법과 관련된 기술이 출원된 것으로 확인됨
- LG이노텍은 태양광 발전 모듈 및 장치 기술에 있어서, 101건의 특허가 출원되었으며, 태양광 발전 모듈 및 장치 기술과 관련된 특허를 국내, 미국에 특허를 출원. 2011년 대 중반 이후 해당 기술 관련한 활발한 출원을 진행하였으며, 등록 건수는 39건으로 파악

[LG이노텍 주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR 10-1806972 (2016.07.21)	태양 전지 모듈	수광 면적이 극대화된 태양 전지 모듈을 제공	
KR 10-1788169 (2016.07.13)	태양 전지 모듈 및 태양 전지	신뢰성이 향상된 태양 전지 모듈과 태양 전지	
JP 6573940 (2017.08.04)	태양광 발전 모듈 및 그 제조 방법	태양전지의 균열이 발생하지 않는 구조의 곡면형 태양광 발전 모듈 및 그 제조 방법	
JP 6534815 (2015.01.15)	일체형 인버터 및 그것을 포함한 태양전지 모듈	태양전지 모듈의 조립 공정의 생산성을 향상시키고 태양전지 모듈의 구조적 안정성을 향상시킬 수 있는 일체형 인버터	
JP 6437582 (2017.01.27)	태양전지 및 태양전지 모듈	p-n접합을 형성하는 반도체부, 서로 다른 도전형 반도체부에 각각 접속된 전극을 구비	

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

◎ 삼성SDI

- 삼성SDI는 태양광 발전 모듈 및 장치 기술에 있어서, 빛 에너지를 전기 에너지로 변환시키는 태양전지 모듈에 대한 특허를 다수 출원
 - 삼성SDI는 태양광 발전 모듈 및 장치기술에 있어서, 광전 변환 모듈 기술과 관련된 특허를 국내, 미국, 일본 등 다양한 국가에서 특허를 출원. 2013년 대 중반 이후 해당 기술 관련한 활발한 출원을 진행하였으며, 등록 건수는 14건으로 파악

[삼성SDI 주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR 10-1520044 (2009.01.30)	태양전지 모듈 및 이의 제조 방법	빛 에너지를 전기 에너지로 변환시키는 태양전지 모듈 및 이의 제조 방법	
KR 10-1440896 (2013.06.17)	박막 태양전지 모듈 및 이의 제조방법	에지 실링을 생략하더라도 외부의 습기의 침투를 방지할 수 있는 박막 태양전지 모듈 및 이의 제조방법	
KR 10-1156546 (2011.05.31)	광전변환모듈	제조과정에서 모듈 내부의 압력이 축적되거나 또는 불순가스의 잔류에 따라 전해질의 밀봉 구조가 손상되는 것을 방지	

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

다. 기술진입장벽 분석

(1) 기술 집중력 분석

- 태양광 발전 모듈 및 장치 관련 기술에 대한 시장관점의 기술독점 현황분석을 위해 집중률 지수(CRn: Concentration Ratio n, 상위 n개사 특허점유율의 합) 분석 진행
 - 상위 4개 기업의 시장점유율이 0.19로 태양광 장치 및 모듈 분야에 있어서 독과점 정도는 낮은 수준으로 판단됨
 - 국내 시장에서 중소기업의 점유율 분석결과 0.61으로 중소기업의 국내시장에 대한 중소기업의 시장진입이 된 것으로 판단됨

[주요출원인의 집중력 및 국내시장 중소기업 집중력 분석]

주요 출원인 집중력	주요출원인 출원인	출원건수	특허점유율	CRn	n
	SHARP(일본)	735	7.4	0.07	1
	KYOCERA(일본)	418	4.2	0.12	2
	DAINIPPON PRINTING(일본)	400	4.0	0.16	3
	MITSUBISHI ELECTRIC(일본)	340	3.4	0.19	4
	SANYO ELECTRIC(일본)	323	3.3	0.22	5
	PANASONIC IP MANAGEMENT(일본)	261	2.6	0.25	6
	TOPPAN PRINTING(일본)	222	2.2	0.27	7
	KANEKA(일본)	212	2.1	0.29	8
	CANON(일본)	189	1.9	0.31	9
	FUJIFILM(일본)	176	1.8	0.33	10
	전체	9,918	100%	CR4=0.19	
국내시장 중소기업 집중력	출원인 구분	출원건수	특허점유율	CRn	n
	중소기업(개인)	663	60.7	0.61	
	대기업	290	26.6		
	연구기관/대학	139	12.7		
	전체	1,092	100%	CR중소기업=0.61	

(2) 특허소송 현황 분석

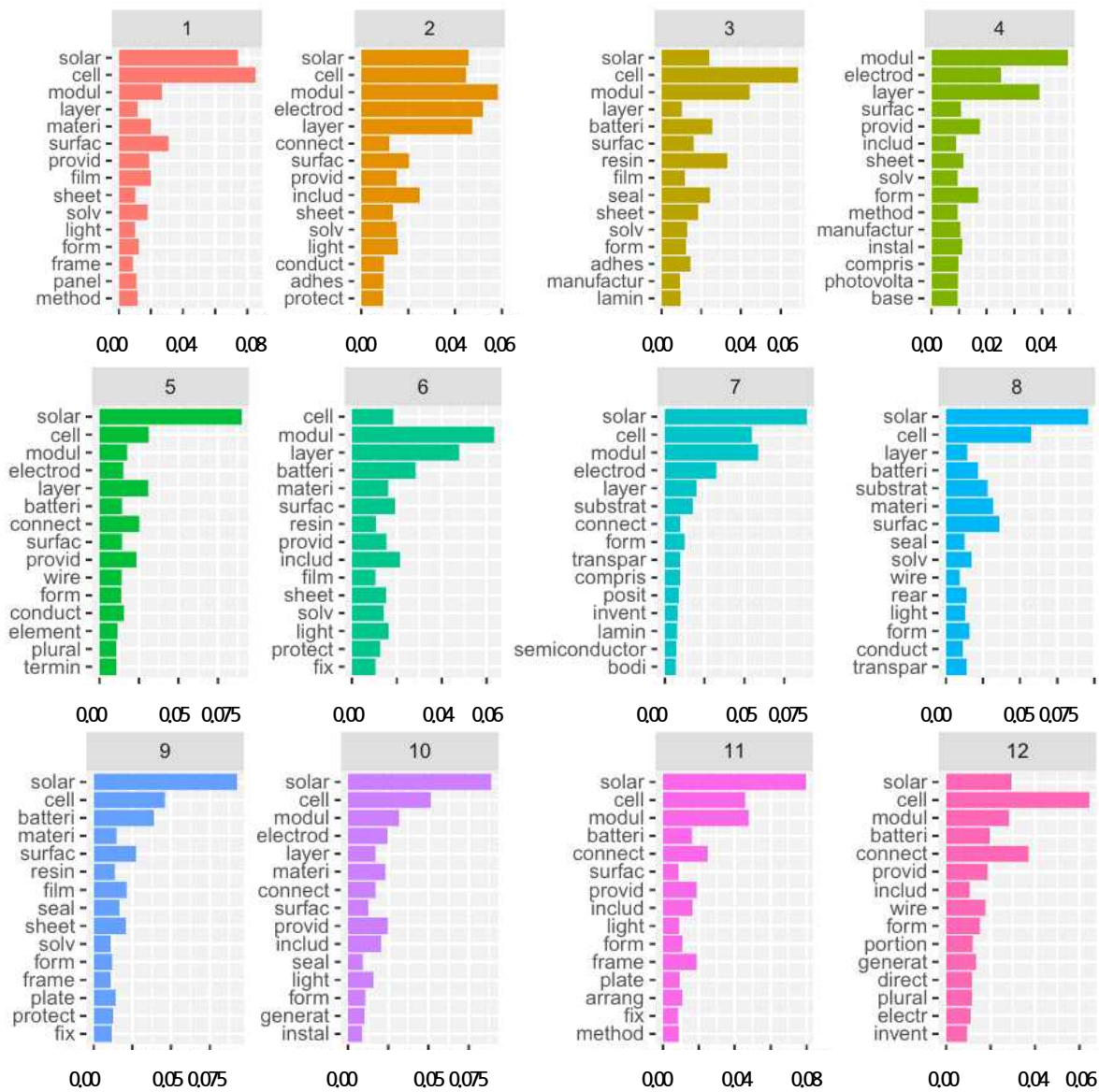
- 태양광 발전 모듈 및 장치 관련 특허소송을 이력은 없는 것으로 조사됨

5. 요소기술 도출

가. 특허 기반 토픽 도출

- 9,918건의 특허에 대해서 빈출단어 18,230개 단어의 구성 성분이 유사한 것끼리 그룹핑을 시도하여 토픽을 도출
- 유사한 토픽을 묶어 클러스터 12개로 구성

[태양광 발전 모듈 및 장치에 대한 토픽 클러스터링 결과]



나. LDA²⁹⁾ 클러스터링 기반 요소기술 도출

[LDA 클러스터링 기반 요소기술 키워드 도출]

No.	상위 5개 키워드	대표적 관련 특허	요소기술 후보
클러스터 01	cell solar surface module monitor	<ul style="list-style-type: none"> SOLAR CELL MODULE MONITORING SYSTEM Solar Panel Unfold Module and Artificial Satellite Having the Same Solid state dye-sensitized solar cell tandem module 	태양광 발전시스템의 계측제어 및 원격 모니터링 기술
클러스터 02	module electrode layer solar cell	<ul style="list-style-type: none"> Solar cell module and preparation method thereof SOLAR CELL, METHOD OF MANUFACTURING THE SAME, AND SOLAR CELL MODULE Solar Cell Panel with inserted ribbon electrodes and method for manufacturing the same 	수명 개선 및 효율 증대가 개선된 태양광 발전시스템의 최적설계와 모델링 기술
클러스터 03	cell module resin batteries substrate	<ul style="list-style-type: none"> THIN FILM TYPE SOLAR MODULE BACK SHEET AND ITS MAKING METHOD METHOD FOR MANUFACTURING SILICON SUBSTRATE FOR SOLAR CELL METHOD FOR MANUFACTURING SOLAR-POWER-GENERATOR SUBSTRATE AND APPARATUS FOR MANUFACTURING SOLAR-POWER-GENERATOR SUBSTRATE 	태양광 발전 장치의 실리콘 기판 표면에 요철 구조를 형성하는 태양광 발전 장치용 기판제조장치
클러스터 04	module layer electrode sheet quntum	<ul style="list-style-type: none"> Method and apparatus for assembling a solar cell module Monitoring apparatus for the condition of inverter in a solar cell module Laminator for Solar Cell Module 	퀀텀 기술이 적용된 태양광 모듈 및 특수 나노 코팅 처리된 발전 반사판
클러스터 05	solar cell layer connect connect	<ul style="list-style-type: none"> Manufacture method of fixing frame for solar battery module DYE-SENSITIZED SOLAR CELL MODULE IN MULTI GLASS PLATE A production method of flexible solar cell module and the flexible solar cell module using thereof 	염료 감응형 태양전지 제조단가 절감을 위한 박막 제작 및 소재 기술
클러스터 06	module layer batteris film angle	<ul style="list-style-type: none"> Cooling element for solar cell modules Mounting module for solar cells Solar power system with variable type angle adjustment appratus 	발전량의 확보를 위한 가변형 각도조절장치를 구비한 태양광 발전시스템

29) Latent Dirichlet Allocation

클러스터 07	solar modul cell electrodi operat	<ul style="list-style-type: none"> Photovoltaic power generating system with dual inverters and central system for power controlling in electric power network comprised thereof A solar cell module subsidiary battery with funtion of both memory card reading and bluetooth enabling A solar power conversion unit and operating method for the unit 	태양광발전의 효율을 최대로 할 수 있는 태양광발전 전력변환장치 및 제어방법
클러스터 08	solar cell surfac control remote	<ul style="list-style-type: none"> METHODS OF MEASURING AND EVALUATING POWER LOSSES IN SOLAR CELL, SOLAR MODULE, AND SOLAR FACILITIES BY MEANS OF PHOTOGRAPHIC LUMINESCENCE AND THERMOGRAPHY MEASUREMENTS SYSTEM AND METHOD FOR CONTROLLING SOLAR POWER OUTPUT 	태양광발전 고장진단 원격감시 모니터링 시스템을 갖는 태양광 발전장치
클러스터 09	solar cell batteri surfac convers	<ul style="list-style-type: none"> A solar power conversion unit and operating method for the unit SUNLIGHT-TRACKING CONTROL APPARATUS FOR SOLAR CELL MODULE PANEL STRUCTURE SUPPORT TOOL AND SOLAR BATTERY MODULE SYSTEM USING THE SAME 	태양광발전 어레이의 최대 출력점을 추적하여 에너지를 최대로 생산할 수 있는 전력변환장치
클러스터 10	solar cell modul provid electrodi	<ul style="list-style-type: none"> Prefabricated structural element with integrated solar cell module Apparatus for manufacturing solar cell modules The apparatus for monitoring connection board of solar cell module 	변환효율이 좋은 고효율 이면 전극형 태양전지 셀, 태양전지 모듈, 및 태양광 발전 시스템
클러스터 11	solar modul cell connect provid	<ul style="list-style-type: none"> One-touch type solar battery module joint SOLAR CELL MODULE, MANUFACTURING METHOD THEREOF, AND ENCAPSULATION SHEET FOR SOLAR CELL ENCAPSULATION SHEET HAVING ELECTRODE FOR SOLAR CELL, METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME, SOLAR CELL MODULE COMPRISING THE SAME AND METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME 	태양전지의 신뢰성을 개선시키는 전극 일체형 태양전지 보호시트 및 이를 포함하는 태양전지 모듈
클러스터 12	cell connect solar modul aqua	<ul style="list-style-type: none"> AQUATIC STRUCTURE FOR INSTALLING SOLAR MODULE Floating structure for install solar module on the sea Structure with green bottom plate using solar-cell module and ground heat 	수상에 설치하기 위한 수상 태양광 발전소 시설물의 장치 및 지지구조

다. 특허 분류체계 기반 요소기술 도출

- 태양광 발전 모듈 및 장치 관련 특허의 주요 IPC 코드를 기반으로 한 요소기술 후보는 태양광 발전시스템의 계측제어 및 원격 모니터링 기술이 도출됨

[IPC 분류체계에 기반 한 요소기술 도출]

IPC 기술트리		
(서브클래스) 내용	(메인그룹) 내용	요소기술 후보
(H01L) 반도체 장치; 다른 곳에 속하지 않는 전기적 고체 장치 (측정에 반도체 장치를 사용)	(H01L-031/00) 적외선 복사, 가시광, 단파장의 전자기파, 또는 입자 복사에 감응하는 반도체 장치로, 이들 복사에 의한 에너지를 전기적 에너지로 변환하거나 이들 복사에 의해 전기적 에너지를 제어하는 것에 특별히 적용되는 것; 그들 장치 또는 그 부품의 제조 또는 처리에 특별히 적용되는 방법 또는 장치; 그들 세부	설치 비용 및 제조 비용이 절감될 수 있는 유기 태양전지 모듈 제조 방법
	(H01L-051/00) 능동 부분으로서 유기 재료를 이용하거나 능동 부분으로서 유기 재료와 다른 재료와의 조합을 이용하는 고체 장치; 그들 장치 또는 그 부품의 제조 또는 처리에 특별히 적용되는 방법 또는 장치	외부에서 들어오는 수분 및 산소를 효과적으로 차단할 수 있는 태양전지 모듈 제조
(H01M) 화학에너지를 전기에너지로 직접 변환하기 위한 방법 또는 수단, 예. 배터리	(H01M-014/00) 6/00 ~ 12/00으로 분류되지 않는 전기 화학적인 전류 또는 전압의 발생 장치; 그 제조	-
(H01G) 콘덴서; 전해용 콘덴서, 정류기, 검파기, 개폐장치 감광장치	(H01G-009/00) 전해콘덴서, 정류기, 검파기, 개폐장치, 감광장치 또는 온도감응소자; 그 제조방법	-
(H02S) 적외선, 가시광선 또는 자외선의 변환에 의한 전력의 발생, 예. 광전지[PV] 모듈을 이용하는 것 (방사원으로 부터 전기 에너지를 획득하는 것)	(H02S-040/00) 그룹 H02S-010/00-H02S-030/00에 포함되지 않는 PV 모듈과 결합하는 구성부품 또는 부속품	발전효율 최적화부를 연결하여 태양전지 패널의 발전효율을 최적화 시키는 태양광 패널의 최대 전력 발생 시스템
	(H02S-020/00) PV 모듈을 위한 지지구조	효율적인 전기 생산이 가능한 태양광 모듈 각도 조정장치
	(H02S-030/00) 광전환에 관련된 것을 제외한 PV 모듈의 구조적 세부	-
	(H02S-050/00) PV 시스템의 감시 또는 시험, 예. 부하 균형 또는 고장 식별	결합이 발견된 태양 전지를 쉽게 교체할 수 있는 태양전지 모듈의 수리 방법
(E04D) 지붕 잇기; 천창; 물받이 홈통; 지붕 공사용 공구(플라스터 또는 다공성 재료에 의한 외벽의 피복	(E04D-013/00) 지붕 잇기에 관련되는 특수 장치 또는 기구; 지붕 배수	누수의 위험이 없이 간편하게 고정설치하기 위한 태양광 모듈 고정장치
(E04H) 특정 목적의 건축물 또는 유사한 구축물; 수영 또는 물놀이용 수조 또는 풀; 마스트(mast); 울타리; 텐트 또는 차양	(E04H-005/00) 공업 또는 농업 목적에 대한 건축물 또는 건축물의 그룹	태양광 모듈의 경사각을 간편하게 조절할 수 있는 지붕용 태양광 모듈 거치대
(C08L) 고분자 화합물의 조성물	(C08L-023/00) 단 한 개의 탄소-탄소 이중 결합을 가진 불포화 지방족 탄화수소의 호모중합체 또는 공중합체의 조성물 그런 고분자 유도체의 조성물	내후성이고, 열적으로 견고하고 비용효과적인 태양광 모듈용 후면 필름

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

[태양광 발전 모듈 및 장치 분야 요소기술 도출]

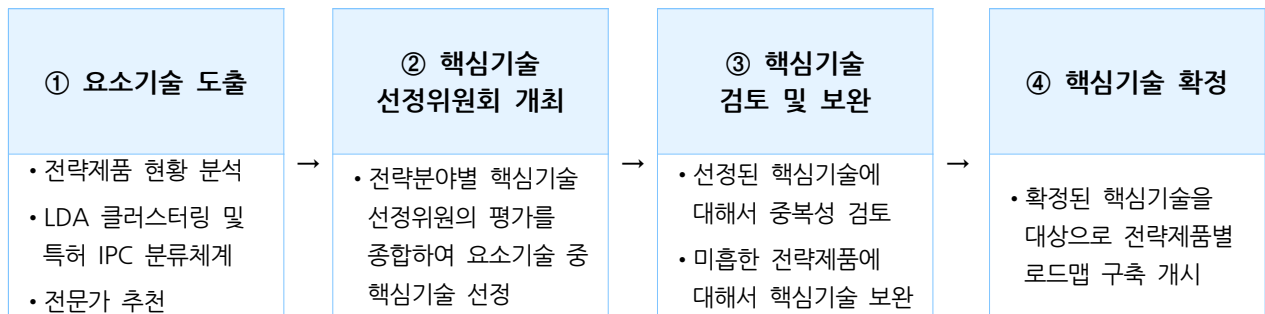
분류	요소기술	출처
모니터링 기술	태양광 발전시스템의 계측제어 및 원격 모니터링 기술	특허 클러스터링, IPC 기술체계, 전문가추천
	태양광발전 고장진단 원격감시 모니터링 시스템을 갖는 태양광 발전장치	특허 클러스터링, 전문가추천
	결함이 발견된 태양 전지를 쉽게 교체할 수 있는 태양전지 모듈의 수리 방법	특허 클러스터링, 전문가추천
효율극대화 기술	태양광발전의 효율을 최대로 할 수 있는 태양광발전 전력변환장치 및 제어방법	특허 클러스터링, 전문가추천
	수명 개선 및 효율 증대가 개선된 태양광 발전시스템의 최적설계와 모델링 기술	특허 클러스터링, 전문가추천
	발전량의 확보를 위한 가변형 각도조절장치를 구비한 태양광 발전시스템	특허 클러스터링, 전문가추천
	변환효율이 좋은 고효율 이면 전극형 태양전지 셀, 태양전지 모듈, 및 태양광 발전 시스템	특허 클러스터링
태양광 소재부품	태양전지의 신뢰성을 개선시키는 전극 일체형 태양전지 보호시트 및 이를 포함하는 태양전지 모듈	특허 클러스터링
	수상에 설치하기 위한 수상 태양광 발전소 시설물의 장치 및 지지구조	특허 클러스터링
	염료 감응형 태양전지 제조단가 절감을 위한 박막 제작 및 소재 기술	특허 클러스터링
	외부에서 들어오는 수분 및 산소를 효과적으로 차단할 수 있는 태양전지 모듈 제조	특허 클러스터링, 전문가추천
	설치 비용 및 제조 비용이 절감될 수 있는 유기 태양전지 모듈 제조 방법	특허 클러스터링

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

[태양광 발전 모듈 및 장치 분야 핵심기술]

분류	핵심기술	개요
모니터링 기술	태양광 발전시스템의 계측제어 및 원격 모니터링	<ul style="list-style-type: none"> • 태양광 발전시스템을 효율적으로 운영하기 위해서 센서 네트워크를 활용하여 원격지에서 전력 생산 등을 모니터링 하는 기술
	태양광발전 고장진단 원격감시 모니터링 시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 태양광 발전시스템을 옥외에서 운영하면서 시간이 경과함에 따라 Hot spot 등으로 모듈 출력이 저하하는 현상을 감지하기 위한 모니터링 기술
효율극대화 기술	태양광발전의 최대효율 태양광발전 전력변환장치 및 제어방법	<ul style="list-style-type: none"> • 태양광 발전시스템에서 생산하는 전력을 최대화하기 위한 MPPT 관련 기술
	수명 개선 및 효율 증대가 개선된 태양광 발전시스템의 최적설계와 모델링 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 태양광발전시스템의 유지보수를 통한 전력 생산량 증대 및 기상 데이터를 활용하여 발전량 예측할 수 있는 모델링 기술
태양광 소재부품	전극 일체형 태양전지 보호시트 및 이를 포함하는 태양전지 모듈	<ul style="list-style-type: none"> • 태양광 모듈로 이물질이 유입되는 것을 막고, 태양광 모듈로 입사된 광을 반사하여 태양전지 셀의 에너지 변환효율을 향상시키는 기술
	수상에 설치하기 위한 수상 태양광 발전소 시설물의 장치 및 지지구조	<ul style="list-style-type: none"> • 수상에 설치되는 태양광 발전시스템, 접속반, BOS(PCS 포함) 등을 안정성을 확보하기 위한 계류장치 및 구조물 관련 기술

다. 중소기업 기술개발 전략

- 여러 단계 중 모듈 및 전력변환장치와 같이 건물 일체형 태양광 발전시스템을 구성하는 세부 기술 단계에 참여하여 이에 대한 경쟁력만 갖춘 상태로, 중소기업 간 또는 대기업 중소기업 간의 상생모델 구축 필요
- 태양광 분야 수급 불균형 해소 및 시스템 설치단가 하락에 따른 중소규모 태양광 발전시스템 시장 확대

라. 기술개발 로드맵

(1) 중기 기술개발 로드맵

[태양광 발전 모듈 및 장치분야 기술개발 로드맵]

태양광 발전 모듈 및 장치	대면적 고기능성 태양광 모듈 개발을 통한 고효율 양산화 실현			
	2021년	2022년	2023년	최종 목표
태양광 발전시스템의 계측제어 및 원격 모니터링				정밀계측: ±2% 이내 유/무효전력 추종 및 제어원격 모니터링
태양광발전 고장진단 원격감시 모니터링 시스템				고정도 99% 고장진단 모니터링기술개발
태양광발전의 최대효율 태양광발전 전력변환장치 및 제어방법				순환전류: < 3% 역률제어범위: ±0.15 전류THD: < 3%
수명 개선 및 효율 증대가 개선된 태양광 발전시스템의 최적설계와 모델링 기술				에너지 모델링: 50개 예제 위치기반 3D 모델링에디터 web 서비스 최적설계 및 모델링 web 서비스
전극 일체형 태양전지 보호시트 및 이를 포함하는 태양전지 모듈				RH 95 < 1.5 g/m ² d (평가온도 38℃) <DC 2,000 V 이상
수상에 설치하기 위한 수상 태양광 발전소 시설물의 장치 및 지지구조				90% 이상 (신품 대비)

* 표시는 생태계 취약 기술을 의미

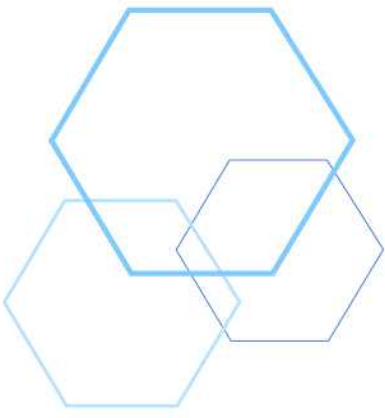
(2) 기술개발 목표

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

[태양광 발전 모듈 및 장치 분야 핵심요소기술 연구목표]

분류	핵심기술	기술요구사항	연차별 개발목표			최종목표	연계R&D 유형
			1차년도	2차년도	3차년도		
모니터링 기술	계측제어 및 원격모니터링	정밀 계측 기술 유/무효전력 제어 원격 모니터링	정밀 계측: $\pm 3\%$ 이내 원격 모니터링	정밀계측: $\pm 2\%$ 이내 유/무효전력 추중 제어원격 모니터링	정밀계측: $\pm 2\%$ 이내 유/무효전력 원격 제어원격 모니터링	정밀계측: $\pm 2\%$ 이내 유/무효전력 추중 및 제어원격 모니터링	상용화
	고장진단 원격감시 모니터링	어레이단위 고장검출기술	어레이 단위 고장검출 검출율 90%이상	어레이 단위 고장검출 검출율 95%이상	어레이 단위 고장검출 검출율 99%이상	고정도 99% 고장진단 모니터링기술개발	상용화
효율 극대화 기술	전력변환장치 및 제어방법	순환전류 제어기술 유/무효전력 제어기술 출력 필터 설계기술	순환전류: $< 10\%$ 역률제어범위 : ± 0.05 전류THD: $< 5\%$	순환전류: $< 5\%$ 역률제어범위 : ± 0.1 전류THD: $< 5\%$	순환전류: $< 3\%$ 역률제어범위 : ± 0.15 전류THD: $< 3\%$	순환전류: $< 3\%$ 역률제어범위: ± 0.15 전류THD: $< 3\%$	기술혁신
	효율증대가 개선된 최적설계	발전예측 기술 3D 모델링 Web 기반 설계 서비스	PV모듈, BOS 에너지 단위 모델링 위치기반 3D 모델링	에너지 모델링: 10개 예제 위치기반 3D 모델링에디터 실증단지 모델링 및 실측 자료 비교	에너지 모델링: 50개 예제 위치기반 3D 모델링에디터 web 서비스 최적설계 및 모델링 web 서비스	에너지 모델링: 50개 예제 위치기반 3D 모델링에디터 web 서비스 최적설계 및 모델링 web 서비스	기술혁신
태양광 소재 부품	태양전지 보호시트	내후성 투습성 부분방전전압	RH 85% $< 2.0 \text{ g/m}^2$ (평가온도 38℃) $< \text{DC } 1,500 \text{ V}$	RH 90 $< 1.7 \text{ g/m}^2$ (평가온도 38℃) $< \text{DC } 1,700 \text{ V}$	RH 95 $< 1.5 \text{ g/m}^2$ (평가온도 38℃) $< \text{DC } 2,000 \text{ V}$ 이상	RH 95 $< 1.5 \text{ g/m}^2$ (평가온도 38℃) $< \text{DC } 2,000 \text{ V}$ 이상	상용화
	수상 태양광 발전소 시설물	UV 조사 시험* (인장강도)	80% 이상 (신품 대비)	85 이상 (신품 대비)	90% 이상 (신품 대비)	90% 이상 (신품 대비)	상용화

* 장기 신뢰성 검증 시험 : UV(자외선)을 24h 이상 조사



전략제품 현황분석

고효율 소형

풍력발전 시스템



고효율 소형 풍력발전 시스템

정의 및 범위

- 소형 풍력발전 시스템은 한국산업표준(KS C 8570)에 따라 로터회전면적 200 m²이하로 정의하며 용도상 계통연계형과 독립전원용으로 구분됨
- 풍력에너지를 전력에너지로 변환하여 발생한 전력을 전력계통이나 수용가에게 공급하는 장치로 교류 1000v 미만 직류 1500w 미만의 전압을 생성하는 풍력기기

전략 제품 관련 동향

시장 현황 및 전망	제품 산업 특징
<ul style="list-style-type: none"> • (세계) 고효율 소형 풍력발전 시스템 세계 시장 규모는 2018년 646백만 달러에서 2024년 1,811백만 달러로 성장할 것으로 전망 • (국내) 고효율 소형 풍력발전 시스템 국내 시장은 2018년 약 20억 원에서 2024년 약 72억 원 규모로 성장할 것으로 전망 	<ul style="list-style-type: none"> • 소형풍력산업은 기계, 항공 및 전기전자, 전력전자 기술 등 복합기술의 연결체 • 단일 기술의 개발과 보급에 대규모의 인프라나 설비가 필요하지 않아 중소기업에 적합
정책 동향	기술 동향
<ul style="list-style-type: none"> • 정부의 지속적인 신재생에너지 육성정책 추진 • 소형풍력 보급을 저해하는 요소로는 태양광과 차별되는 전기상계거래 규정과 대형풍력과 동일한 REC 제도 	<ul style="list-style-type: none"> • 발전 사업용 시장이 확대되면서 20 kW ~ 50 kW급 제품개발이 활발함 • 용량증가제품개발에 따라 소형풍력발전기용 피치제어 및 요제어 기술의 연구가 진행 중
핵심 플레이어	핵심기술
<ul style="list-style-type: none"> • (해외) Xzeres Wind Power Corp, Bergey Wind Power Inc, Hummer, Solid Wind Power, SD Wind Energy • (대기업) 현대중공업, 삼성중공업, 효성 • (중소기업) 금풍, 설택, 한국신재생에너지, 하아에너지 코리아, 제이에이치에너지, 에니텍시스 	<ul style="list-style-type: none"> • 능동/수동 피치제어기술을 이용한 과풍속제어 기술 • 계통연계형 인버터 전력변환 및 연계 장치 • 시스템 매칭 및 계통연계 성능 시험 장치 • 상태모니터링을 통한 고장 진단 및 예측 기술 • 고효율 풍력 전력관리를 위한 프로그램 개발 기술 • 계통연계 및 안정화기술

중소기업 기술개발 전략

- 소형풍력기술은 복합기술로 전문 중소기업 간의 연합이나 협력을 통해 기술적 복합성 극복 필요
- 핵심요소부품의 공동연구와 공용부품사용을 통하여 가격경쟁력 향상을 위한 노력 필요
- 국내 전문연구기관 또는 대학의 기술력을 활용하여 trial error 최소화 필요

1. 개요

가. 정의 및 필요성

(1) 정의

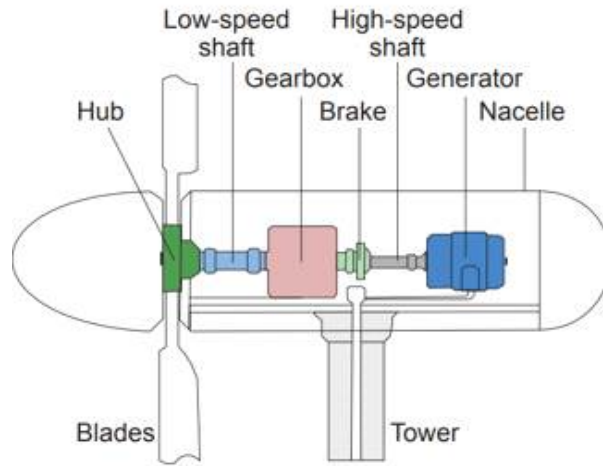
- 소형 풍력발전 시스템(Small Wind Turbine)은 바람으로부터 동력을 얻어 전기를 생산하는 전기기기로서 국제규격인 IEC(International Electrotechnical Commission) 61400-2 기준으로 독립형과 계통연계형 용도로 1000Vac 또는 1500 Vdc 미만의 전압에서 발전하면서 로터회전면적 200 ㎡ 이하인 풍력발전시스템에 적용하고 있음
- 국내에서 소형풍력발전시스템의 정의는 신재생에너지 설비인증기관인 한국에너지공단의 인증 기준인 KS C 8570에 따라 로터 회전 면적이 200 ㎡ 미만, 정격전압이 AC 100 V 또는 DC 1500 V 미만인 소형풍력발전시스템과 회전 면적이 6.5 ㎡ 미만(정격 출력으로는 1 kW 미만)으로 정격전압 AC 1000 V 또는 DC 1500 V 미만인 초소형 풍력발전시스템에 구분하여 적용하고 있음

[신재생에너지에서 고효율 소형 풍력발전 시스템]



* 출처 : 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」에 정의된 신재생에너지 분류를 기반으로 제작성

[소형풍력발전시스템(기어드타입) 개략도]



* 출처 : Wind Energy Factsheet (Center for Sustainable System, University of Michigan, 2019)

- 세계적으로 용량에 따른 소형풍력의 구분은 신재생에너지 지원정책에 따라 국가별로 상이하며 미국과 중국은 100 kW이하, 독일은 75 kW이하 캐나다는 0.3 kW~1 kW를 미니풍력터빈, 1~30 kW를 소형풍력터빈으로 분류하며 영국은 마이크로풍력(0~1.5 kW), 소형풍력(1.5 kW~15 kW), 중소형풍력(15~100 kW) 구분하고 있고 특별히 일본의 경우 발전차액지원제도 정책에 따라 20 kW미만의 소형풍력을 별도 지정하고 있음
- 소형풍력발전시스템은, 용도별, 로터형태 및 위치, 요소부품의 구성방식에 따라 다양하게 분류됨
 - 용도상 생산된 전력을 배터리에 저장하여 사용하는 독립형과 계통과 연계하여 전기를 절감하는 계통 연계형 시스템을 구분
 - 소형풍력발전시스템은 로터의 회전축이 바람의 방향과 수직인 수직축 풍력발전시스템과 수평인 수평축 풍력발전시스템으로 구분되며 수평축풍력발전시스템은 바람 받는 로터위치에 따라 다시 업 윈드 풍력발전시스템과 다운 윈드 풍력발전시스템으로 구분됨
 - 증속기 유무에 따라 기어드 타입과 기어리스타입, 제어방식에 따라 피치 제어와 스톱제어방식으로 분류됨
 - 소형풍력발전시스템에서는 능동 피치기구뿐만 아니라 수동피치기구도 사용되며 소용량 풍력발전 시스템에서는 펄링시스템을 이용한 제어장치도 사용됨
- 풍력발전시스템에서 주축(Main shaft)과 주베어링(Main bearing), 나셀허브는 구조적 안정성 과 내구성에 매우 중요한 부품이며 재료 및 정밀공작기계의 대형화로 수준 높은 생산기술이 필요하지만 소형풍력발전시스템에서는 국내 생산기반기술이 충분
- 풍력발전기 전체를 지지하는 타워는 상부에 나셀과 연결되며 하부기초에 하중을 전달하는 구조물로 일반적으로 원형강관의 철구조물이 사용되지만 경제성을 높이기 위해 격자 철탑이나 콘크리트를 사용하는 경우도 있음

(2) 필요성

- 중대형 풍력발전시스템은 많은 자본과 설비투자가 필요하여 대기업 중심으로 개발되고 있으나 소형풍력발전시스템의 경우 적은 자본과 소규모 설비로 개발이 가능하여 국내 중소기업의 특성에 적합한 업종
- 소형풍력산업은 기계, 항공, 전기, 전력전자, IT, 토목 등과 같은 다양한 기술 분야의 복합기술 결합체이고 기반기술이 국내 인프라로 대응이 가능하여 대부분의 구성부품을 국산화 할 수 있다는 장점이 있으며 기술국산화를 통한 단가 절감과 경쟁력 확보, supply chain구성을 통한 유관산업계와의 연관성장을 기대할 수 있음
- 설계, 제조 및 설치의 전 과정에서 자동화가 불가능한 기술집약형 산업으로 높은 고용효과를 기대할 수 있는 고부가가치 산업

나. 범위 및 분류

(1) 가치사슬

- 소형풍력산업은 자가발전, 상업발전, 융복합발전 및 마이크로그리드 핵심구성 기술로 태양광과 함께 안정적인 전력 공급원임
 - 소형 풍력발전시스템은 복합재 블레이드의 공력 및 구조설계를 통한 복합재 성형 공정을 통해 블레이드가 공급되며, 주로 사용되는 영구자석형 발전기는 설계, 성형, 착자 및 제조와 시험을 통해 공급
 - 전력변환 및 연계장치는 전력전자 산업계를 통해 설계, 전력전자 부품 조달, 제조 및 시험 등을 통해 공급되고 있으며, 기타 철 구조물 등은 역시 구조설계, 재료선정, 제조 및 시험 등을 통해 공급

[소형풍력발전시스템 산업구조]

후방산업	소형풍력발전시스템	전방산업
FRP, 영구자석, 재료, 소재, 기계가공, 전력전자소재, 전기기기, 철구조물, IoT, SW, 장비	블레이드, 동기식발전기, 유도형 발전기, 인버터 및 연계장치, PCS, 타워	독립전원, 계통연계, 상업발전, 신재생에너지 융복합발전, ESS, 마이크로그리드

(2) 용도별 분류

- 고효율 소형풍력 발전시스템은 독립전원, 계통 연계형으로 자가소비용 설비와 상업발전용 설비 그리고 마이크로그리드 및 융복합 발전시스템 구성요소로 분류 될 수 있음
 - 소형풍력발전시스템은 전통적으로 자가발전용으로 시장이 형성되었으나 신재생에너지 확대 요구에 따라 상업발전 분야로 시장이 확대되고 있음
 - 개발도상국 및 도서지역을 중심으로 분산전원 시장이 확대됨에 따라 풍력, 태양광, ESS를 결합하고 EMS를 통한 운영기술 기반으로 스마트그리드 기술이 발달하고 있음

[고효율 소형풍력 발전시스템 용도별 분류]

용도	세부 내용
독립전원공급	• 도서지역, 농장 등 계통 미연계 지역에 소규모 전력공급의 요구가 지속됨에 따라 조립 및 운송이 용이한 소형풍력기기 시장이 형성
계통연계	• 계통연계지역의 전기사용량 절감을 목적으로 계통연계인버터를 통한 상계거래
상업발전	• 전 세계적으로 신재생에너지 보급 확대 기조 속에서 FIT, REC 등 전력거래시장에 대응할 수 있는 발전사업용 소형풍력제품 증가
마이크로그리드	• 전원공급, 전력저장, 에너지관리 등 마이크로그리드 구성을 통한 전력최적화 및 안전성확보

◎기술별 분류

- 소형풍력발전시스템은, 용도별, 로터형태 및 위치, 요소부품의 구성방식에 따라 다양하게 분류됨
- 제품분류 관점에서 소형풍력발전시스템은 로터회전축의 방향에 따라 수평축과 수직축으로 분류되며 로터위치에 따라 업윈드와 다운윈드로 분류
 - 수평축풍력발전시스템은 로터회전축이 바람이 불어오는 방향과 수평인 풍력발전설비이며 수직축 풍력발전시스템은 로터회전축이 바람이 불어오는 방향과 수직인 풍력발전시스템
 - 업윈드 풍력발전시스템과 다운윈드 풍력발전시스템은 발전운전 시 블레이드가 장착된 로터의 위치에 따라서 구분되며 업윈드 풍력발전시스템은 로터회전면이 타워 전면에 위치하며 다운윈드는 후면에 위치함
 - 풍력발전시스템에서 활용되는 기어의 구조는 원통기어와 유성기어로서 그 조합에 따라 다양한 형태의 구조를 가짐

[회전축에 의한 풍력발전기 분류]



수직축풍력발전시스템



수평축풍력발전시스템

* 출처 : (좌) qr6 brochure(Quiet Revolution), (우) R-9000 brochure(Evance Wind)

[로터위치 의한 풍력발전기 분류]



업윈드 풍력발전시스템



다운윈드 풍력발전시스템

* 출처 : (좌)SWP-25kW brochure (Solid wind power), (우) skystream 3.7 brochure (Xzeres Wind Corporation)

[제품 분류 관점 분류]

구분	분류	상세 내용
회전축방향	수평축	<ul style="list-style-type: none"> 대형풍력발전시스템에서 사용되고 있으며 공력효율이 높고 시스템단가가 낮지만 바람을 추종하는 별도의 요잉장치가 필요
	수직축	<ul style="list-style-type: none"> 바람의 방향에 관계없이 발전이 가능하여 요잉장치가 필요 없으며 소음이 낮지만 시스템 단가가 높은 편
로터위치	업윈드	<ul style="list-style-type: none"> 로터회전면 전면에 위치하여 다운윈드 보다 난류의 영향이 적고 효율이 높은 기계 설계에 유리하지만 능동 요시스템 혹은 꼬리날개를 부착한 수동 요시스템을 적용해야 함
	다운윈드	<ul style="list-style-type: none"> 풍력발전기의 방향 제어를 위한 요시스템 설계에 유리하지만 나셀과 타워를 거쳐 바람을 받게 되고 발생된 난류의 영향을 피할 수 없어 효율과 피로문제를 가져올 수 있음

- 소형풍력발전시스템은 출력제어방식에 따라 피치제어 풍력발전시스템과 스톨제어방식으로 분류되며 증속기의 사용여부에 따라 기어드 방식과 기어리스 방식으로 나뉨
 - 피치제어 풍력발전기는 모터, 유압 등을 사용하여 피치각을 조절하는 능동형피치시스템과 부가 질량을 장착하여 부가질량의 원심력이용하이 피치제어를 수행하는 수동형피치시스템을 구분됨
 - 증속기 유무에 따라 운전 방식이 결정되며 통상적으로 기어드타입은 정속운전, 기어리스타입은 가변속운전 방식으로 운전됨

[구성요소에 따른 분류]

구분	분류	상세 내용
제어방식	피치제어	<ul style="list-style-type: none"> 풍속 및 발전기 출력을 감지하여 블레이드의 피치각을 변화 시켜 출력을 제어하는 방식 낮은 풍속에서 최적각도를 유지할 수 있어 실속제어 보다 좋은 출력을 얻을 수 있음
	스톨제어	<ul style="list-style-type: none"> 피치각을 고정하고 풍속이 일정 이상이 되면 블레이드 형상이 유체역학적 특성에 의해 스톨현상이 일어나서 출력저하가 되는 것을 이용하는 제어방식 구조가 단순하고 경제성이 높음
기어유무	기어드	<ul style="list-style-type: none"> 기어드 타입 풍력발전시스템은 증속기를 사용하여 발전기의 회전속도를 증가시키며 주로 유도발전기에 적용 신뢰성이 높으며 돌풍에 안정적으로 운전이 용이 계통주파수에 따라 운전속도가 결정되지만 back-to-back기술로 가변운전가능
	기어리스 (직결구동)	<ul style="list-style-type: none"> 증속기를 사용하지 않고 로터회전축이 발전기회전축과 직결 동기발전기를 사용하여 가변운전이 가능하여 기계적 손실을 줄일 수 있어 효율이 높으나 발전기 단가가 높으며 나셀 하중이 증가

2. 산업 및 시장 분석

가. 산업 분석

◎ 정부의 에너지 정책(그린 뉴딜)에 주도되는 시장

- (영국) FIT프로그램시행으로 소형풍력시장이 폭발적으로 성장하였으나 2012년 45펜스 ~ 26펜스였던 인센티브가 매년 감소하여 2019년에는 6펜스로 감소하였고 영국대표제조사가 파산하는 등 시장의 급속히 위축되었음
- (일본) 2011년 후쿠시마 원전사고 이후 20 kW 미만의 소형풍력발전시스템에 대해 55엔의 FIT 프로그램을 시행하여 2018년도에만 12.9 MW가 신규설치 되었고 153 MW가 추가로 설치될 계획임
- (이탈리아) 2015년부터 2016년까지 FIT비율은 0.11유로~0.25유로였으며 2017년부터 감소하고 있으나 2015년 9.8 MW, 2016년 57.9 MW, 2017년 77.5 MW가 설치되었음
- 그린뉴딜은 정부의 재원, 인력, 정책 투입을 통해 단기간에 온실가스 감축을 실행할 대안으로 파리협정에 따른 온실가스 감축 목표를 달성하기 위한 실효성 있는 정책. 파리협정에 따라 우리나라는 2030년까지 온실가스 배출량을 5억 3천 6백만 톤으로 줄여야 함
- 한국사회에서 '기후변화'와 '경제적 불평등', '일자리' 문제는 해결해야 할 당면과제이며, 불황에 따른 일자리대책으로 확장재정이 필요한 시기로 '그린 뉴딜'은 적합한 정책이 될 수 있음
- 온실가스 감축 대안과 기술이 발달해 예산과 인력을 투입하면 일자리 창출 발생. 세계 신규발전 설비 투자액의 70%가 풍력, 태양광, 바이오에너지, 수력과 같은 재생가능 에너지에 투자되고 있음
 - 재생가능에너지가 석탄, 가스, 원전보다 더 저렴해져 그리드 패리티(Grid Parity)³⁰⁾에 도달한 국가가 늘어나고 있음. 효율 높은 에너지 설비, 스마트 그리드, 전기차, 수소차와 제로 에너지 빌딩, 플러스 에너지 빌딩 등 기술 대안이 가격 경쟁력을 갖춰가고 있음
- 문재인 정부는 2019년 3차 녹색성장 5개년 계획(2019-2023)에 '포용적 녹색국가 구현'을 비전으로 수립. 경제성장의 혜택이 골고루 돌아가는 포용국가와 지속가능한 발전과 기후환경변화 대응을 주요 과제로 설정. 미세먼지, 에너지전환, 기후변화 대응 정책은 연결되어 있으며, 화석에너지 소비량을 줄이는 규제와 산업전환정책 필요
- 정부는 2030년까지 110조원을 투입해 풍력, 태양광을 중심으로 재생에너지 발전량 비중을 현재 7%에서 20%로 늘린다고 발표하였으며 풍력발전관련 기술 개발 및 보급을 위한 투자가 지속적으로 이루어지고 있음³¹⁾

30) 그리드 패리티는 태양광·풍력 등 재생가능에너지로 전기를 생산하는 데 드는 발전원가가 원유 등 화석연료 발전원가와 같아지는 시점

31) 산업통상자원부, 재생에너지 3020 이행계획, 2017년 12월

- 한국에너지공단에서는 관공서 및 지자체를 중심으로 소형풍력, 태양광, 태양열, 지열, 수소, 연료전지 등 2종이상의 에너지를 융합하는 융복합지원사업이 지속적으로 확대되고 있으며 2018년도 융복합사업비 규모가 처음 사업을 시작한 2013년에 비해 10배 이상 증가함
- 융복합지원 사업비가 매년 급증하고 있으나 소형풍력발전시스템의 에너지원별 점유율은 낮은 상황으로 제품신뢰성 향상과 가격경쟁력 확보가 필요
- 국내 소형풍력시장은 정부의 신재생에너지 보급 사업으로 설치비용의 50%를 보조금으로 지원하는 사업에 의존하고 있으며 잠재시장이 큰 민간사업은 대형풍력과 동일한 REC기준으로 인해 시장형성이 되지 않고 있음

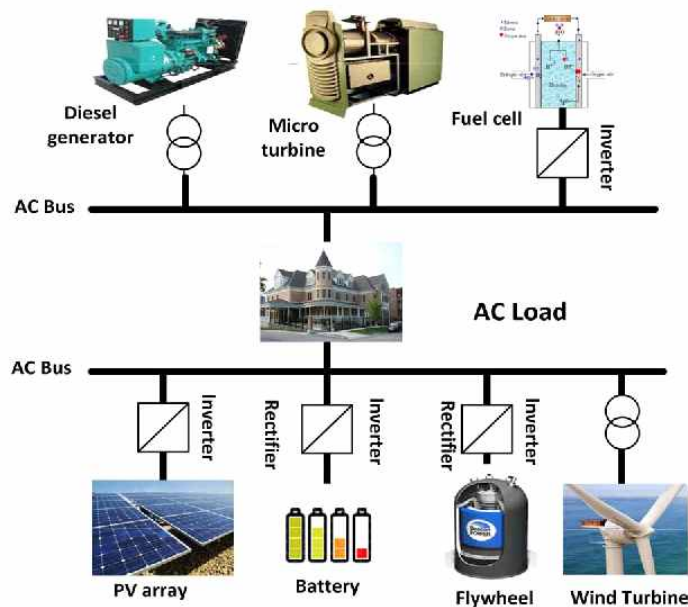
◎ 시스템산업으로 복합기술의 결합체

- 소형풍력터빈 분야는 기계, 항공, 전기, 전력전자, 토목 등과 같은 다양한 기술 분야의 복합기술의 결합체이며 최근에는 스마트폰을 이용한 모니터링 및 풍력발전기제어를 제공하는 업체가 출현함에 따라 기술영역이 확대되고 있음
- 소형풍력터빈을 구성하는 블레이드, 발전기 및 전력변환장치 등의 핵심부품이 안정적 성능을 갖는다고 해도 핵심부품들의 기술적배경과 운전조건 등이 서로 달라서 다양한 외부환경에 대한 안정적 연계성을 유지하는 데에 한계가 있음
- 안정적 연계성을 추구하려면 사전해석통한 시뮬레이션강화와 실증을 통한 상호 연계 운전을 통해 연계성능향상, 성능적 효율성과 안정성을 추구해야함
- 최근 발전사업용 소형풍력시스템의 개발이 진행되고 있어 증속기 및 유도발전기, 피지 제어시스템, 요제어시스템 등 대형풍력발전시스템 기술이 소형풍력발전시스템에 적용되기 시작함
- 블레이드, 영구자석형 발전기, 유도발전기, 전력변환장치 등 대부분의 핵심제품을 국내 기반산업으로 개발 할 수 있는 환경이나 국내 시장이 형성되지 않아 supply chain이 체계적으로 구성되어 있지 않음
- 현재 소형풍력제조사들은 supply chain의 미성숙으로 개별기업차원에서 소형풍력터빈의 핵심부품을 기술개발하고 있는 실정이며 부족한 자본과 기술력으로 인해 기술적 완성도를 높이기 어려운 상황
- 국내 시장의 규모 확대정책을 통한 기술개발, 보급 및 재투자의 선 순환적 주기를 조성하여 경쟁력을 확보할 필요가 있음

◎ 마이크로그리드 시장 확대에 따른 핵심기술

- 마이크로그리드 시장은 풍력, 태양광, ESS, ICT 산업 등 다양한 산업들과의 시너지를 극대화할 수 있는 융복합 기술로서 신산업 관심도가 높아짐에 따라 마이크로그리드 시장도 큰 폭으로 확대 될 것으로 예상

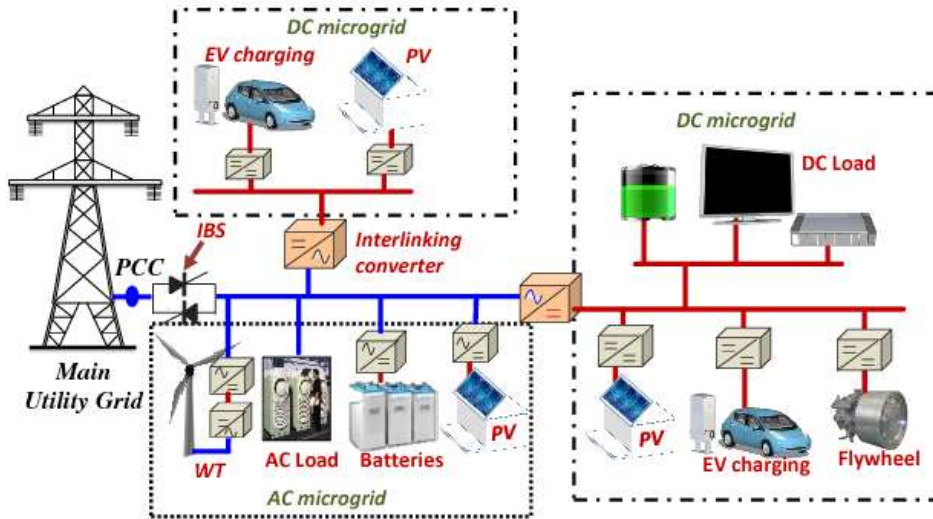
[독립형 마이크로그리드 구성(예)]



* 출처 : 도서지역 마이크로그리드 구축 (IEEE, 2016.)

- 세계적으로 과거 대규모 발전소 위주의 전력공급 방식에서 안정성과 효율성을 증진하기 위한 수단 중하나로 마이크로그리드가 확산
 - 계통에 연계되어 평상시에는 전력계통에 연계하여 전력을 공급, 비상시에는 계통에서 분리되어 무정전으로 전력을 공급하는 계통연계형과 고립된 지역(섬, 사막 등)에 다양한 전원을 적절하게 조합하여 독립적으로 전원을 공급
 - 전력품질보상을 위한 PCS(Power Conditioning System), 계통보호를 위한 STS/IED(Static Transfer Switch/Intelligent Electronic Device) 등으로 구성
 - 마이크로그리드를 통해 에너지 프로슈머를 확산시키고 중앙 발전원(석탄, 원전 등)의 발전부담 경감, 전력공급 안전성 확보, 수요측 전력 요금 절감 가능)

[계통연계형 마이크로그리드 구성(예)]



* 출처 : 하이브리드 AC-DC 마이크로그리드 (IEEE, 2014.)

- 국내의 경우는 전남 진도군 가사도, 제주 가파도, 제주비양도, 인천백야도와 지도, 충남 홍성군 죽도 등 풍력을 이용한 마이크로그리드 구축사례가 늘고 있으며 말레이시아, 인도네시아 등 동남아시아지역과 카자흐스탄, 키르기즈스탄 등 중앙아시아를 중심으로 마이크로그리드를 도입하기 위한 노력이 계속되고 있음

나. 시장 분석

(1) 세계시장

- 세계 소형 풍력발전 시스템 누적설치용량은 2018년도 기준으로 1.7GW에 달할 것으로 예상되며 383백만 달러의 시장이 형성되었다고 추산
- 소형풍력시장은 국가의 에너지정책과 FIT시행여부 등 소형풍력발전시스템의 인센티브 제도에 따라 크게 영향을 받는 시장으로 국가별, FIT시행 시기에 따라 큰 편차를 보이는 특성이 있음
- 미국의 소형풍력산업은 최근 몇 년간 태양광 발전과의 경쟁이 계속됨에 따라 하락추세가 계속되고 있음
 - 2018년에 1.5 MW의 소형풍력발전시스템이 설치되었으나 2017년도 1.7 MW 2016년도 2.4 MW, 2015년도 4.3 MW에 비해 하락세를 보이고 있음
 - 미국 소형풍력제조업체는 2018년 미국 내 소형풍력판매용량의 76%를 차지하고 있지만 2015년 100% 점유율에서 점차 낮아지고 있으며 25 kW 이상의 제품에서는 점유율이 더 낮은 편임
- 영국의 소형풍력시장은 정부의 FIT프로그램 축소와 제한에 따라 꾸준히 감소되고 있음
- 일본과 덴마크는 FIT프로그램 시행으로 소형풍력산업 규모가 2017년부터 2018년 사이에 300%이상 크게 증가하였음
- 세계 소형풍력발전시스템 시장은 2018년~2024년간 12.7%의 연평균 성장률로 성장을 지속하여 2024년에는 1,811백만 달러 규모에 이를 것으로 전망됨

[소형 풍력발전 시스템 세계 시장규모 및 전망]

(단위 : 백만 달러, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
세계시장	646	775	930	1,116	1,339	1,607	1,811	12.7

* 출처 : 2018 Distributed Wind Market Report (U.S. Department of Energy , 2019. 08) 재가공

(2) 국내시장

- 국내업체 및 제품 현황을 살펴보면 국내 소형풍력발전시스템 제조사의 규모는 작은 편이며 10여개의 제작사와 20여개의 부품 업체가 생산 활동을 지속하고 있는 상황
 - 국내 소형풍력발전시스템 제조업체는 불안정한 국내 시장 규모로 인해 안정적인 연구개발에 치중할 수 있는 여건이 미진하여, 소형 풍력발전 기계부품 공급업체 육성에 한계가 있음
- 한국에너지공단의 신재생에너지 보급사업 중 융복합지원사업이 2013년 이후 지속적으로 추진됨에 따라 지자체를 중심으로 소형풍력터빈이 꾸준히 설치되고 되고 있음
 - 높은 제품단가와 설치사이트 부족으로 에너지원별 점유율이 크게 낮은 상황
- 국내 소형풍력시장의 성장을 위해서는 정부 보급 사업으로 제품설치 시 보조금을 지원하는 방식을 탈피하여 민간시장이 활성화 될 수 있는 지원책이 요구되며 FIT(Feed In Tariff) 도입이나 REC(Renewable Energy Certificate)가중치 조정으로 민간발전사업 육성이 필요함
- 국내 소형풍력발전시스템 시장은 2018년~2024년간 20.1%의 연평균 성장률로 성장을 지속하여 2024년에는 72억 원 규모에 이를 것으로 전망됨

[소형 풍력발전 시스템 국내 시장규모 및 전망]

(단위 : 억 원, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
국내시장	24	29	35	41	49	60	72	20.1

* 출처 : 2018 신재생에너지보급통계 (한국에너지공단 , 2019. 11) 재가공

3. 기술 개발 동향

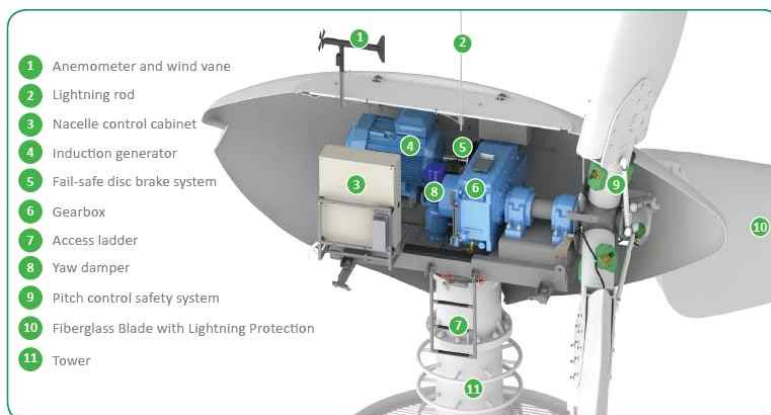
- 기술경쟁력
 - 고효율 소형 풍력발전 시스템은 유럽이 최고기술국으로 평가되었으며, 우리나라는 최고기술국 대비 81.1%의 기술수준을 보유하고 있으며, 최고기술국과의 기술격차는 1.7년으로 분석
 - 중소기업의 기술경쟁력은 최고기술국 대비 75.7%, 기술격차는 2.1년으로 평가
 - 미국(94.1%)>일본(89.0%)>한국, 중국(76.3%)의 순으로 평가
- 기술수명주기(TCT)³²
 - 고효율 소형 풍력발전 시스템은 8.07의 기술수명주기를 지닌 것으로 파악

가. 기술개발 이슈

◎ 상업발전용 소형풍력발전시스템 개발 증가

- 가격경쟁력을 높이기 위해서 20 kW~50 kW급 소형풍력발전시스템 개발이 늘고 있으며 대형풍력발전시스템의 제어기술을 채택하여 안전성을 높이기 위한 기술개발이 진행 중임
 - 기존의 소형풍력발전시스템에 적용되고 있는 영구자석형 동기식발전기와 인버터의 용량을 확대 하여 사용하거나 가격경쟁력을 확보하기 위해 증속기와 유도형발전기를 적용하는 방식으로 개발진행 중임
 - 과풍속제어기술은 실속제어 방식을 사용하거나 능동/수동 피치제어기술의 도입을 시도하고 있으며 요제어방식도 능동 요제어방식을 적용하는 추세
 - 전력변환장치의 경우 계통연계형 인버터를 사용하는 것이 일반적이었으나 유도발전기를 적용하는 경우 범용 Back To Back 인버터를 사용하거나 계통에 직접 연결하는 방식을 연구하고 있음

[유도발전기를 적용한 50kW 소형풍력발전시스템 개념도]



* 출처 : E-3120 brochure(Endurance Energy Mftg Ltd)

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

◎ 대형 풍력발전 시스템 기술요소의 소형 풍력발전 시스템 적용

- 세계 소형풍력 시스템은 태양광산업의 지속적인 단가경쟁에 따른 가격하락 기조에서 경쟁력이 하락함에 따라 소형 풍력 시스템의 경쟁력강화를 위해 로터회전면적을 넓히고 정격풍속을 낮추어 발전생산량 및 이용률을 높이는 추세
 - 전통적으로 소형풍력발전시스템의 정격풍속은 12 m/s였으나 최근 제품의 정격풍속은 10 m/s가 대부분이며 9 m/s도 등장. 로터회전 면적이 증가하면 공력하중이 증가하며 기존 소형풍력발전시스템의 단순한 제어구조로는 풍력발전기의 안전성확보가 어려움
- 이용률이 높은 상업발전용 소형 풍력발전 시스템의 시장성장으로 대형 풍력발전 시스템의 요소 기술들이 소형풍력발전시스템에 적용되기 시작
 - 능동형 피치시스템과 요시스템을 적용하는 소형풍력발전시스템이 증가하고 있으며 기계식 브레이크의 장착이 일반화됨. 증속기와 유도발전기를 사용하여 Two Speed Generator를 사용하여 인버터 없이 계통에 직접 연결하는 제품개발
 - 유도발전기를 사용하는 소형풍력발전시스템의 가변운전과 나라마다 다양한 계통주파수에 대응할 수 있도록 대형풍력발전시스템의 전력계통기술인 Back-To-Back 기술이 도입

[소형풍력발전시스템(구동제어계) 구성]



* 출처 : Wind Energy Factsheet (Center for Sustainable System, University of Michigan, 2019)

◎ 정부 R&D를 통한 인증추진 제품 확대

- 소형풍력개발업체의 기술개발의 어려움 해소를 위해, 강원대학교는 한국에너지기술평가원의 재원으로 소형풍력 최적화 엔지니어링 과제를 수행하고 있음
 - 강원대학교는 주관기관으로써 소형풍력 최적엔지니어링 기술센터를 설립하였고 참여기관으로 한국표준과학연구원, 광운대학교, 충남대학교, 한국기계전기전자시험연구원과 함께 개선이 필요한 소형풍력제품들을 선정하여 연구를 수행중임
 - 최적엔지니어링 대상기술은 공력해석, 구조해석, 구조시험, 발전기 최적화, 실증시험을 망라하며 시스템 매칭 및 계통연계기술을 포함하고 있음
 - 참여기업으로는 설텍, 제이에이치에너지, 지유, 삼원테크, 라온테크, 에스코알티에스, 애니 텍시스 등이 참여 중이며 100 W~100 kW까지 다양한 용량의 제품에 대해서 기술지원을 진행하고 있음.

나. 생태계 기술 동향

(1) 해외 플레이어 동향

Xzeres Wind Power(미국)

- 미국의 SWCC, 영국의 MCS, 일본의 ClassNK 인증을 확보한 10 kW 수평축풍력발전시스템을 주력으로 Southwest의 skystream 3.7모델을 인수하여 판매를 지속하고 있음
- 2013년에 일본지사를 설립하여 일본시장 개척에 중점을 두었으나 일본경제산업성에 보고된 미공개 사건으로 인해 ClassNK인증이 일시적으로 중단되어 판매에 어려움을 겪었으며 2019년에 결국 일본지사가 파산하였음

[회전축에 의한 풍력발전기 분류]



XZERES Skystream 3.7

* 출처 : <https://www.xzeres.com/>, 자사홈페이지

SD Wind Energy(일본)

- SD Wind Energy는 영국의 Kingspan Group으로 부터 소형풍력사업을 인수하였으며 70개국 5,000대가 설치된 SD3(3 kW), SD(6 kW)을 판매하고 있음
- 국내 협력사를 통해 한국에너지공단의 KS인증을 확보하였으나 국내시장협소와 높은 제품단가로 국내 점유율은 낮은 상황

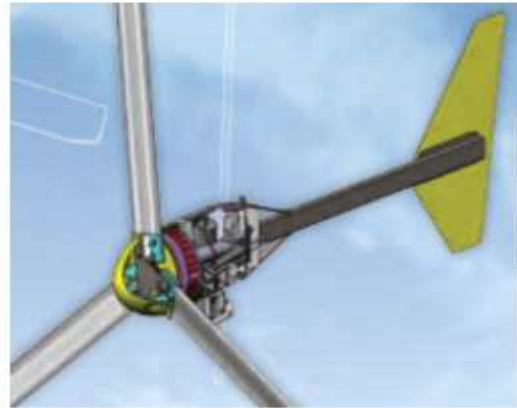
Bergey Wind Power(미국)

- Side Furling기술을 사용하고 있는 10kW 수평축풍력발전시스템을 판매하고 있으며 7.5 kW 모델은 단종 되었고 일본시장 개척을 위해 ClassNK인증을 확보하였음

[수평축풍력발전시스템]



BERGEY EXCEL 15



BERGEY EXCEL 10

* 출처 : <http://www.bergey.com/>, 자사홈페이지

Solid Wind Power(덴마크)

- 덴마크 FIT프로그램으로 따라 25 kW 풍력발전시스템을 제조, 생산하고 있으며 신뢰성 높은 증속기와 유도발전기를 채용하고 있음
- 일본시장에서 FIT프로그램에 참여하기 위하여 19.8 kW로 성능을 다운사이징 하여 ClassNK인증을 확보하였음
- 일본 전력시장에서 성능을 인정받아 2018년도에만 800대 이상의 계약을 체결하여 매출이 급성장하였음

[수평축풍력발전시스템]



SWP-25 kW



SWP-19.4 및 25 kW

* 출처 : <https://www.solid-group.dk/>, 자사홈페이지

Hummer(중국)

- 500 W~200 kW에 이르기까지 다양한 용량의 모델을 보유하고 있으며 블레이드, 발전기, 전력변환장 등 모든 부품을 자체생산하고 있으나 기술력부족으로 인증확보에 어려움을 겪고 있음

(2) 국내 플레이어 동향

금풍

- 200W, 3 kW 수직축풍력발전시스템과 10 kW 수평축풍력발전시스템에 대해 KS인증을 확보 하였으며 정부보급사업인 융복합지원사업에 지속적으로 참여하여 보급을 확대하고 있음
- 최근 소형풍력의 경제성을 확보하기 위하여 증속기와 유도발전기를 적용한 20 kW제품을 개발 중이며 실증을 앞두고 있음

선택

- KS인증을 받은 3 kW, 10 kW 소형풍력발전기제품의 생산을 계속하는 한편 영구자석형 동기식 발전기와 계통연계형인버터를 단품으로 해외에 수출하고 있음. 현재 제주 김녕 한국에너지기술연구원 풍력발전기 실증단지에서 100 kW 풍력발전시스템을 실증 하고 있으며 KOLAS 시험을 진행하고 있음

한국신재생에너지

- 3 kW 수평축 다운윈드 제품을 생산중이며 한국에너지기술평가원의 몽골지역 맞춤형 풍력 발전 시스템 개발 및 실증의 연구과제를 지원받아 몽골 시장을 개척하고 있음

[저소음 풍력발전기]



* 출처 : <http://lsenergy.kr/> , 한국신재생에너지 홈페이지

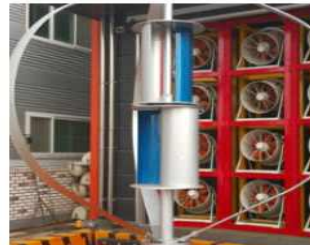
하이에너지코리아

- 300W, 1.5 kW, 3 kW 수직축 풍력발전기를 생산하고 있으며 발전사업을 위한 제품원가를 줄이기 위한 대량 생산체계 구축에 노력하고 있음. DS-3000모델에 대하여 미국 SWCC인증을 확보하였음

[수직축 풍력발전기]



DS-300



DS-3000

* 출처 : <http://www.hi-energy.co.kr/kor/>, (주)하이에너지코리아 홈페이지

제이에이치에너지

- 헬리컬 사보니우스타입의 풍력발전기와 태양광을 결합한 하이브리드 가로등을 개발하여 강원도 및 한국도로공사에 지속적으로 납품 중임

에니텍시스

- 무인민원발급기, 통합증명발급기 생산 전문회사이며 사업 확장을 위하여 2엽 블레이드를 채용한 수직축풍력발전기를 개발하고 있음
- 독특한 디자인을 가진 가로등타입의 하이브리드 풍력발전기를 일본에 수출하고 있으며 계통연계형 20 kW제품을 별도로 개발 중이고 KS인증 절차를 진행하고 있음

[저소음 풍력발전기]



AW8K

* 출처 : <http://www.anytek.com/>, (주)에니텍시스 홈페이지

다. 국내 연구개발 기관 및 동향

(1) 연구개발 기관

[고효율 소형 풍력발전 시스템 분야 주요 연구조직 현황]

기관	소속	연구분야
강원대학교	메카트로닉스공학과	• 나노/마이크로기계시스템
한국에너지기술연구원	풍력발전연구센터	• 소형 풍력발전시스템 출력제어 시스템
동의대학교	풍력태양광융합발전연구소	• 발전기/전동기 및 제어
전북대학교	전력ICT연구실	• 광통신 및 광정보
호원대학교	전기정보통신학부	• 발전기와 정류회로 개선을 통한 전체 시스템

(2) 기관 기술개발 동향

강원대학교

- 소형 풍력발전시스템 최적화 엔지니어링 기술개발을 통해 블레이드 공력하중 해석 및 설계, 타워 구조물 하중 및 구조해석, 설계하중 (Design Load Cases)해석 및 시뮬레이션 기술 개발 (2015-12-01 ~ 2019-09-30)

한국에너지기술연구원

- 소형(10 kW급)풍력발전시스템을 위한 발전기설계 및 제작 및 운전 및 출력장치, 계통연계장치의 제작(2002-07-01 ~ 2003-04-01)

동의대학교

- 10 kW급 복합날개 방식 풍력발전 시스템을 개발(2006-01-01 ~ 2008-12-01)

전북대학교

- 소형 풍력발전기 운용 무선 상태 모니터링 시스템 개발(2011-06-01 ~ 2012-05-31)

호원대학교

- 9상 출력을 갖는 소형 풍력발전 시스템 개발(2011-06-01 ~ 2012-05-31)



◎ 고효율 소형 풍력발전 시스템 관련 선행연구 사례

[국내 선행연구(정부/민간)]

수행기관	연구명(과제명)	연도	주요내용 및 성과
강원대학교	소형 풍력발전시스템 최적화 엔지니어링 기술개발	2015 ~ 2019	<ul style="list-style-type: none"> 인버터 최적 설계 분석 및 제어기술 검증 및 지원 시스템/부품 성능시험기술 개발 소형풍력 기계적 하중 성능 필드 측정 신뢰도 향상 기술 개발
한국에너지기술연구원	소형 풍력발전시스템을 위한 발전기 및 계통연계장치 제작	2002 ~ 2003	<ul style="list-style-type: none"> 풍력발전시스템 운전, 출력제어장치 및 계통연계장치 설계 및 제작 기술지원을 통한 기업의 애로기술을 해결하여 Prototype 제작 정격 10 kW급 영구자석형 동기발전기 설계 및 제작
동의대학교	10KW급 복합날개 방식 풍력발전 시스템 개발	2006 ~ 2008	<ul style="list-style-type: none"> 복합날개 방식 풍력발전시스템의 기술자료 분석 수직형 및 수평형 블레이드의 복합형 블레이드 설계 및 제작기술 개발 동력전달장치 설계 및 제작: 기동보상용 수평축 풍력터빈과 수직축 풍력터빈과의 상호결합용 증속기어 설계 및 제작기술 개발
전북대학교	소형 풍력발전기 운용 무선 상태 모니터링 시스템 개발	2011 ~ 2012	<ul style="list-style-type: none"> 풍력발전기 상태 모니터링을 위한 센서 규격 설정 및 신호처리 기술 개발 풍력발전기 상태 모니터링을 위한 센서 규격 설정 풍력발전기 상태 모니터링을 위한 네트워크 설계 및 적용시험 풍력발전기 상태 모니터링을 위한 무선센서 노드 구현
호원대학교	9상 출력을 갖는 소형 풍력발전 시스템 개발	2011 ~ 2012	<ul style="list-style-type: none"> 9상 출력을 갖는 AFPM 발전기 개발 9상 정류회로 개발 발전기와 정류회로 개선을 통한 전체 시스템 효율 개선

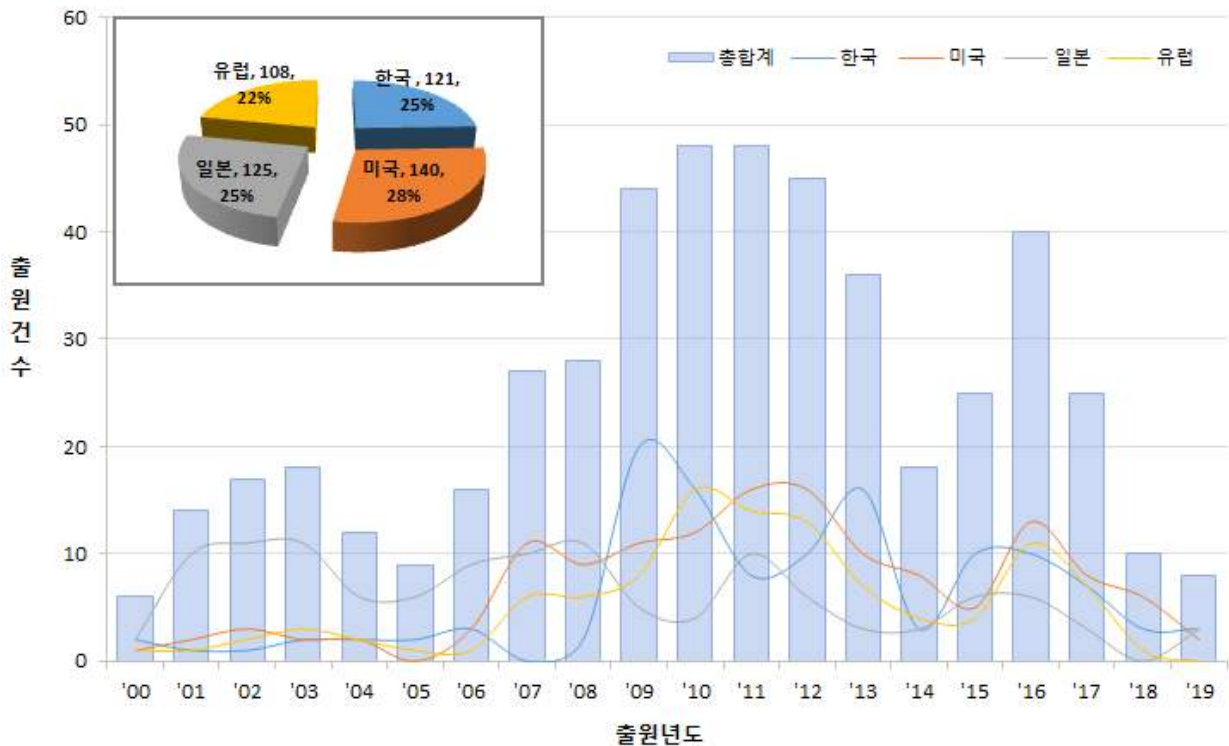
4. 특허 동향

가. 특허동향 분석

(1) 연도별 출원동향

- 고효율 소형 풍력시스템의 지난 20년('99~'20)간 출원동향³³⁾을 살펴보면 2005년 이후로 꾸준한 증가추세를 보이고 있으며, 미국 및 일본의 출원동향이 전체 소형풍력시스템 특허출원동향을 주도
 - 각 국가별로 살펴보면 일본과 미국이 가장 활발한 출원활동을 보이고 있으며, 2008년을 기점으로 급격한 출원 성장이 이뤄지다 최근에 저조한 상태임
 - 한국 및 유럽의 경우 미국, 일본과 비슷한 출원 활동을 하고 있는 상태임
- 국가별 출원비중을 살펴보면 미국이 전체의 140건(28%)의 출원 비중을 차지하고 있으며, 최대 출원국으로 소형풍력시스템 분야를 리드하고 있는 것으로 나타났으며, 일본 125건(25%), 한국 121건(25%), 유럽 108건(22%) 순으로 나타남

[고효율 소형 풍력발전 시스템 연도별 출원동향]

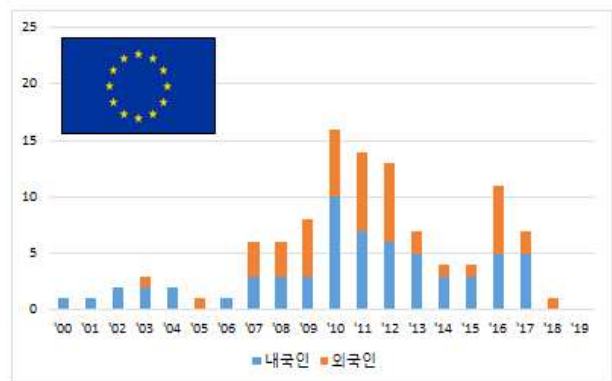
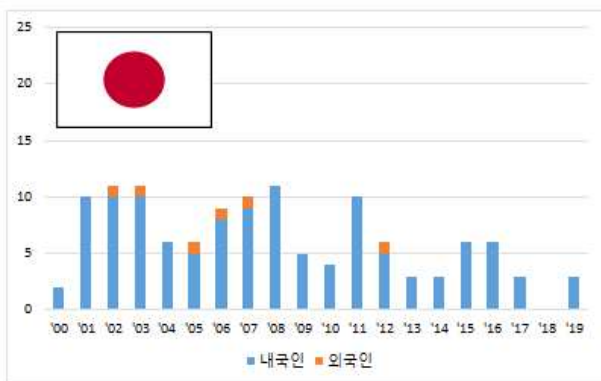
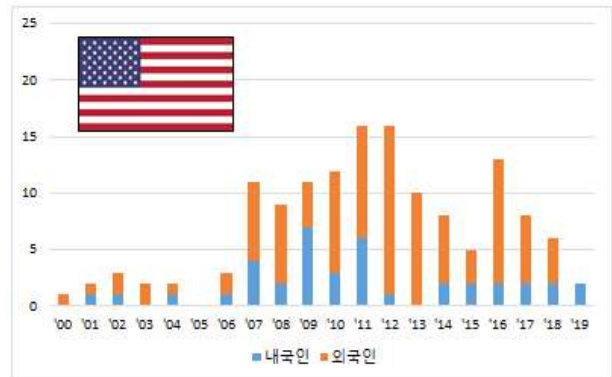
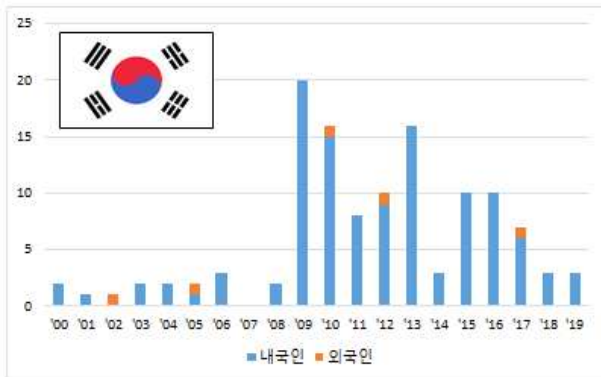


33) 특허출원 후 1년 6개월이 경과하여야 공개되는 특허제도의 특성상 실제 출원이 이루어졌으나 아직 공개되지 않은 미공개데이터가 존재하여 2019, 2020년 데이터가 적게 나타나는 것에 대하여 유의해야 함

(2) 국가별 출원현황

- 한국의 출원현황을 살펴보면 2008년도 이후 출원 건이 증가하고 있지만 최근 특허 수가 감소하고 있는 것으로 나타남
 - 내국인 위주의 출원이 진행되고 있으며, 독일의 WOBLEN ALOYS가 2002년 1건의 특허를 출원하였으며, 일본의 MITSUBISHI HEAVY가 2010년 1건의 특허를 출원함
- 미국의 출원현황은 2007년 이후에는 지속적으로 성장하며 최근까지도 활발한 출원이 진행되고 있다 2014년 이후 출원 증가, 감소의 형태를 보이고 있음. 외국인의 비중이 우위에 있는 것으로 보임
- 일본의 출원현황은 2001년도 이후 출원 건이 증가하는 것으로 나타났으며, 내국인 위주의 출원이 진행되고 있음. 2007년을 기점으로 외국인 연 2~3건의 출원을 하고 있는 추세로, 일본 시장에 대한 관심도가 높지 않은 것으로 보임
- 유럽의 경우는 약간의 증감과 외국인의 비중의 높게 나타나고 있으며, 미국과 같이 지속적인 출원 증가 추세를 보이다 현재는 주춤한 상태를 보이고 있음

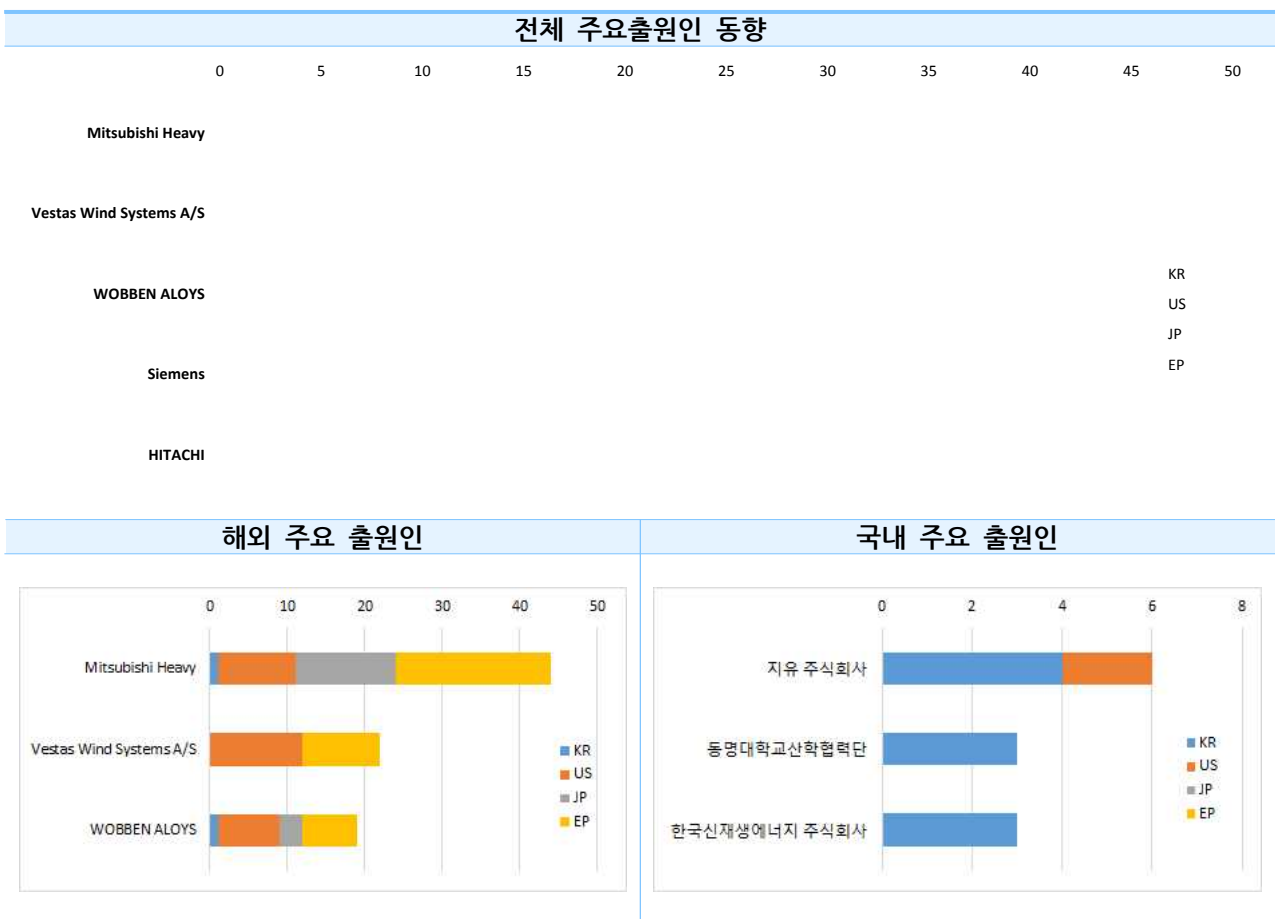
[국가별 출원현황]



나. 주요 출원인 분석

- 고효율 소형풍력시스템 전체 주요출원인을 살펴보면, 주로 유럽 국적의 출원인이 다수 포함되어 있는 것으로 나타났으나, 제1출원인으로는 일본의 MITSUBISHI HEAVY로 나타남
 - 주요출원인 일부는 유럽 및 미국 시장을 대상으로 특허 출원에 집중하고 있는 것으로 나타났으며, 특히 MITSUBISHI HEAVY, Wobben, Aloys의 기업은 주요국에 진입하고 있는 것으로 나타남
- 고효율 소형풍력시스템 관련 기술로 전통적인 풍력 분야와 전력 분야의 기업에 의한 출원이 대다수를 차지
 - 유럽의 Vestas Wind Systems A/S, Wobben Aloys와 Siemens도 주요 출원인으로 도출
 - 국내에서는 주로 공공 연구기관 및 중소기업 위주의 특허 출원이 주를 이루고 있음

[고효율 소형 풍력발전 시스템 주요출원인]

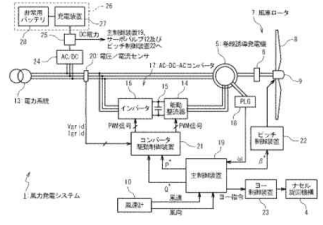
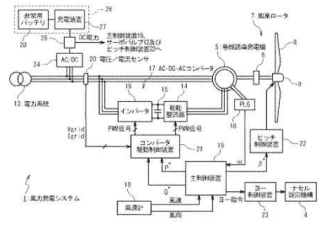
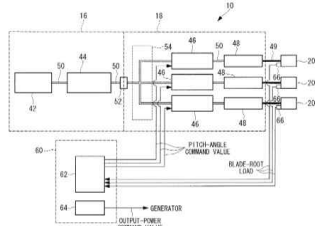
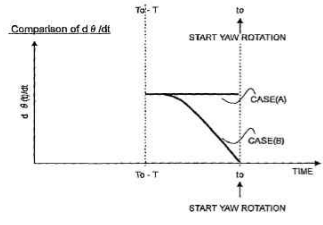
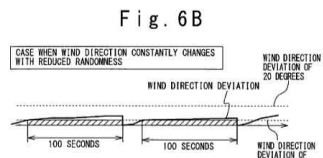


(1) 해외 주요출원인 주요 특허 분석

◎ MITSUBISHI HEAVY

- MITSUBISHI HEAVY는 고효율 소형 풍력시스템에 대한 장치 효율 및 유지보수 관련 기술 특허 다수 출원

[MITSUBISHI HEAVY 주요특허 리스트]

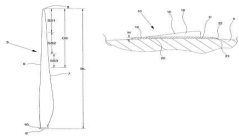
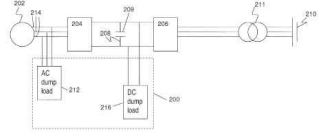
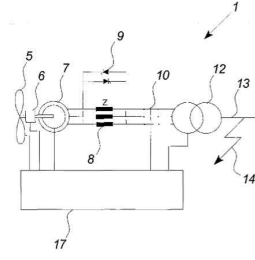
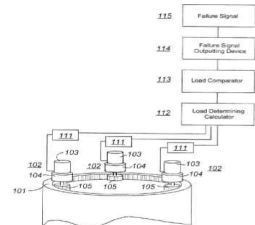
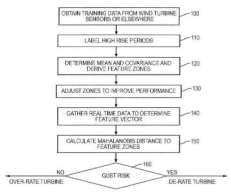
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
JP 4738206 (2006.02.28)	풍력 발전 시스템 및 그 제어 방법	소형 풍력 전력변환 및 안정화 기술	
JP 4885096 (2007.09.11)	풍력 발전 시스템 및 그 제어 방법	소형 풍력 전력변환 및 안정화 기술	
US 8523520 (2011.05.27)	Blade pitch control system, wind turbine generator, and blade pitch control method	소형 풍력발전기 블레이드 개발 기술	
US 8043055 (2008.03.24)	Wind turbine generator system	소형 풍력발전기 제어 기술	
EP 2143939 (2008.03.24)	WIND TURBINE GENERATOR AND ITS CONTROL METHOD	소형 풍력발전기 제어 장치 및 운전 제어 기술	

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

◎ Vestas Wind Systems A/S

- Vestas Wind Systems A/S는 풍력 발전기 장치, 풍력발전 운영 방법 등 소형풍력시스템 기술에 있어 풍력 발전 장치의 전력 계통 안정화 및 시스템 설정 관련 기술 특허 다수 출원

[Vestas Wind Systems A/S 주요특허 리스트]

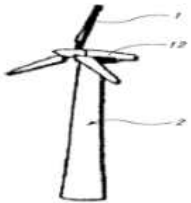

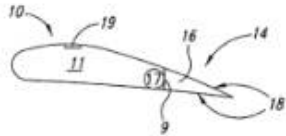
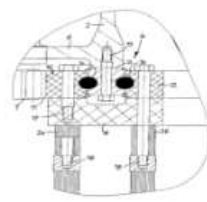
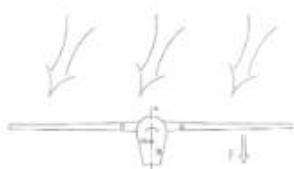
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
US 8162590 (2008.12.09)	Wind turbine blade and a pitch controlled wind turbine	소형 풍력발전기 블레이드 개발 기술	
US 8957536 (2012.12.27)	Wind turbine	소형풍력 발전기 시스템 설계 기술	
EP 1651865 (2003.08.07)	METHOD OF CONTROLLING A WIND TURBINE CONNECTED TO AN ELECTRIC UTILITY GRID DURING MALFUNCTION IN SAID ELECTRIC UTILITY GRID, CONTROL SYSTEM, WIND TURBINE AND FAMILY HEREOF	소형 풍력발전기용 통합 변환/제어 안정화 기술	
US 9869298 (2011.06.24)	Rotational positioning system in a wind turbine	소형풍력 발전 시스템 설정 기술	
US 9366235 (2011.06.16)	Estimation of wind conditions at a wind turbine	소형풍력 발전 시스템 설정 기술	

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

◎ Wobben, Aloys

- Wobben, Aloys는 공기역학 로터를 이용한 발전효율 방법, 풍향을 검출하는 장치와 방위 위치를 검출하는 장치 등 풍력 발전 기술에 대한 전력변환 및 안정화 기술 관련된 기술 특허를 다수 출원할 것으로 파악됨

[Wobben, Aloys 주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
US 7638893 (2002.09.21)	Method for operating a wind park	지역 및 개별 풍력 설치 장치 통합 제어 시스템	
US 7392114 (2006.02.01)	Method for operating a wind park	지역 및 개별 풍력 설치 장치 통합 제어 시스템	
US 7204674 (2001.12.20)	Rotor blade for a wind power installation	소형 풍력발전기 블레이드 개발 기술	
US 6799947 (2002.12.17)	Bearing for an adjustable rotor blade on a wind energy plant	소형 풍력 발전기 제어 기술	
JP 4058341 (2002.01.25)	풍력장치	소형 풍력 발전 설계 및 유동해석 기술	

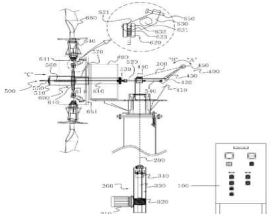
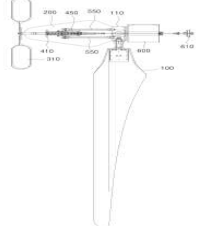
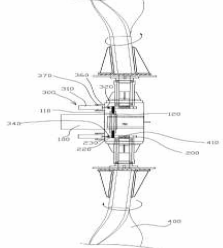
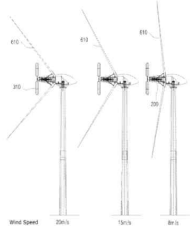
* 등록특허 기준, 피인용문헌수 및 패밀리 국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

(2) 국내 주요출원인 주요 특허 분석

◎ 지유

- 지유는 자연형 하천강화 기술, 도시형 소형풍력발전기술, 소수력 발전 기술을 보유한 기업으로 소형풍력발전기의 블레이드 피치조절 기술과 관련된 특허를 6건 출원하였으며, 6건의 특허 중 등록된 특허는 4건을 보유

[지유 주요특허 리스트]

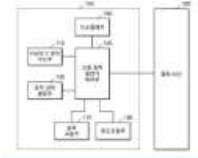

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR 1369198 (2013.03.05)	소형 풍력 발전장치의 블레이드 피치 제어장치	소형 풍력발전기 블레이드 및 전력변환 안정화 기술	
KR 1758011 (2016.02.09)	소형 풍력발전기의 블레이드 피치 조절장치	소형 풍력발전기 블레이드 및 전력변환 안정화 기술	
KR 1330016 (2013.09.30)	소형 풍력 발전장치의 블레이드 피치 제어장치	소형 풍력발전기 블레이드 및 전력변환 안정화 기술	
US 10174741 (2016.01.27)	Blade pitch control apparatus for small size wind power generator	소형 풍력발전기 블레이드 및 전력변환 안정화 기술	

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

◎ 동명대학교 산학협력단

- 동명대학교 산학협력단은 고효율 소형 풍력발전 시스템 기술에 있어서, 소형 풍력 발전 시스템 모니터링 및 제어 장치 기술과 관련된 특허를 보유

[동명대학교 산학협력단 주요특허 리스트]

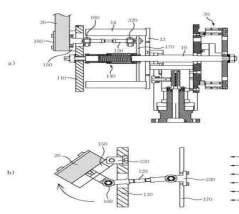
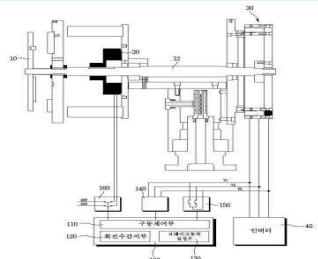
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR 1534003 (2013.12.27)	소형 풍력 발전 시스템 모니터링 및 제어 장치 및 이를 포함하는 소형 풍력 발전 시스템	발전 및 전력변환 장치 모니터링 시스템	
KR 1506955 (2013.10.14)	권선저항을 이용한 소형 풍력발전시스템용 전원제어장치	소형풍력발전 전력변환 및 안정화 기술	

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

◎ 한국신재생에너지

- 한국신재생에너지는 강한 바람이 불 때 날개 수평각을 조정하여 바람을 효율적으로 이용하여 전기를 생산할 수 있도록 하는 전력을 생성하는 발전기 기술에 대한 특허 출원을 시작하여, 국내 위주의 출원을 진행

[한국신재생에너지 주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR 2008662 (2017.12.13)	소형 풍력발전기의 날개 수평각 조정장치	소형풍력발전 전력변환 및 안정화 기술	
KR 1927394 (2017.03.23)	소형 풍력발전기의 제동장치	소형 풍력발전기용 통합 변환/제어 안정화 기술	

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

다. 기술진입장벽 분석

(1) 기술 집중력 분석

- 고효율 소형 풍력발전 시스템 관련 기술에 대한 시장관점의 기술독점 현황분석을 위해 집중률 지수(CRn: Concentration Ratio n, 상위 n개사 특허점유율의 합) 분석 진행
 - 상위 4개 기업의 시장점유율이 0.20으로 소형풍력시스템 분야에 있어서 아직까지 독과점 정도는 낮은 수준으로 판단
 - 국내 시장에서 중소기업의 점유율 분석결과 0.79으로 중소기업의 국내시장에 대한 중소기업의 시장진입이 높은 것으로 판단됨

[주요출원인의 집중력 및 국내시장 중소기업 집중력 분석]

주요 출원인 집중력	주요출원인 출원인	출원건수	특허점유율	CRn	n
	MITSUBISHI HEAVY(일본)	44	8.9	0.09	1
	Vestas Wind Systems(독일)	22	4.5	0.13	2
	WOBLEN ALOYS(독일)	19	3.8	0.17	3
	Siemens(독일)	12	2.4	0.20	4
	HITACHI(일본)	6	1.2	0.21	5
	지유 주식회사(한국)	6	1.2	0.22	6
	PANASONIC(일본)	6	1.2	0.23	7
	Nordex Energy(일본)	5	1.0	0.24	8
	CHOSHON YASUHISA(일본)	5	1.0	0.25	9
	General Electric(미국)	4	0.8	0.26	10
	전체	494	100%	CR4=0.20	
국내시장 중소기업 집중력	출원인 구분	출원건수	특허점유율	CRn	n
	중소기업(개인)	95	78.5	0.78	
	대기업	6	5.0		
	연구기관/대학	20	16.5		
	전체	121	100%	CR중소기업=0.20	

(2) 특허소송 현황 분석

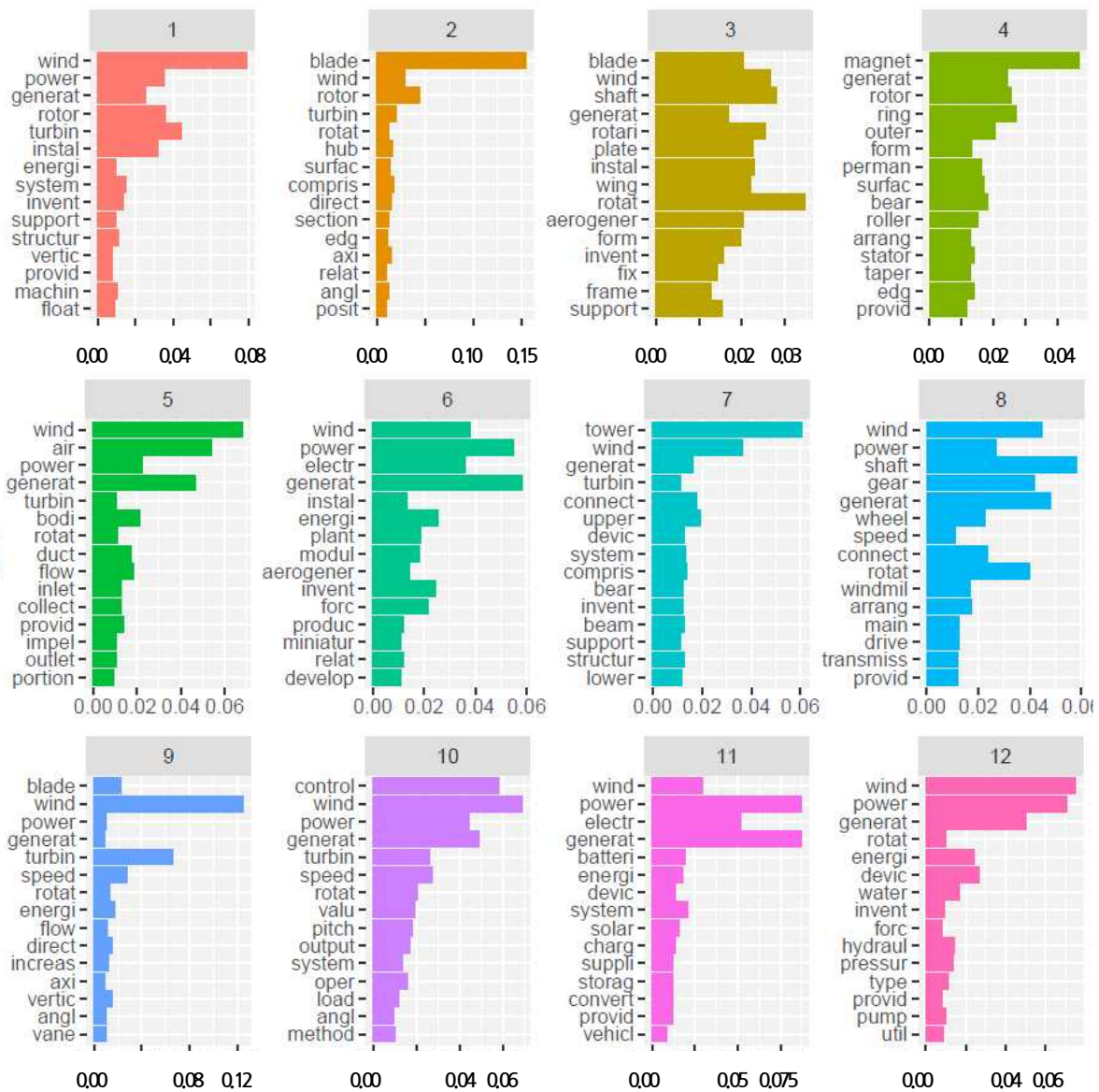
- 고효율 소형 풍력발전 시스템 관련 특허소송을 이력은 없는 것으로 조사됨

5. 요소기술 도출

가. 특허 기반 토픽 도출

- 관련 특허에 대해서 494개의 특허에 대해서 빈출단어 1,237개 단어의 구성 성분이 유사한 것끼리 그룹핑을 시도하여 토픽을 도출
- 유사한 토픽을 묶어 클러스터 12개로 구성

[고효율 소형 풍력발전 시스템에 대한 토픽 클러스터링 결과]



나. LDA³⁴⁾ 클러스터링 기반 요소기술 도출

[LDA 클러스터링 기반 요소기술 키워드 도출]

No.	상위 5개 키워드	대표적 관련 특허	요소기술 후보
클러스터 01	wind control system operation base	<ul style="list-style-type: none"> Control System For Wind Power Generating The wind turbine control method and system Apparatus for controlling hydraulic type wind turbine and Method for the same 	고효율 터빈 제어 시스템
클러스터 02	wind control speed method blade	<ul style="list-style-type: none"> Wind speed control device for a vertical wind power generator with a folding screen device for increasing turbine rotation speed Model Predictive Control With Finite Control Set For Variable-speed Wind Turbines The method for deciding the equivalence speed of wind 	다양한 바람속도에 따른 풍력제어 기술
클러스터 03	wind turbine blade control operating	<ul style="list-style-type: none"> The control method of the wind-driven electric plant The wind-driven electric plant and the method for operating the wind-driven electric plant Wind turbine system and method for operating the same Control system of Wind turbine 	발전 설비의 냉각 제어장치 관성제어방법
클러스터 04	wind system air installation fix	<ul style="list-style-type: none"> Monitoring system of wind generator using radar airborne wind power generating system Maintenance System for Blades for Wind turbines Intelligent vending system and method 	풍력 자동 모니터링, 유지보수 시스템
클러스터 05	generator control rotate aerogenerator rotor	<ul style="list-style-type: none"> METHOD FOR CONTROLLING OUTPUT OF WIND TURBINE TO MINIMIZE DYNAMIC LOAD blade zig for assembling rotor of wind generator Multi rotor system of the variable angle control structure WIND GENERATOR AND METHOD FOR CONTROLLING POSITION OF ROTOR 	LVRT 제어기술
클러스터 06	power control shaft drive force	<ul style="list-style-type: none"> HEATING SYSTEM OF THE EDDY CURRENT DIRECT DRIVEN TYPE USING WIND ENERGY AND CONTROL METHOD THEREOF Method for controlling wind-driven generator Apparatus for controlling pitch drive of wind power generator and method for controlling thereof 	피치제어를 통한 풍력제어시스템

34) Latent Dirichlet Allocation

클러스터 07	wind generator power control voltage	<ul style="list-style-type: none"> • SYNCHRONIZATION METHOD OF WIND POWER GENERATION SYSTEM AND WIND POWER GENERATION SYSTEM • METHOD FOR LOW VOLTAGE RIDE THROUGH OF WIND POWER GENERATOR • The Method of controlling reactive power of wind power generator in low voltage in the power grid 	저전압 제어 시스템
클러스터 08	wind turbine blade pitch operation	<ul style="list-style-type: none"> • Pitch controller of control system of Wind turbine • A blade for the active pitch control system of Wind turbine • BLADE PITCH ANGLE CONTROL DEVICE AND WIND POWER GENERATION DEVICE • System and Program recoding medium for pitch angle control of wind turbine • blade pitch control device for wind power generator 	냉각 유지 디바이스시스템
클러스터 09	wind turbine control system value	<ul style="list-style-type: none"> • METHOD FOR OPERATING A WIND TURBINE • RECORDING OF MEASURED VALUES FOR A WIND TURBINE • BLADE ANGLE VARIATION RATE THRESHOLD VALUE ADJUSTMENT 	고효율 풍력 전력관리를 위한 프로그램 개발 기술
클러스터 10	wind power turbine connect rotate	<ul style="list-style-type: none"> • Method and arrangement for controlling an operation of an electric energy production facility during a disconnection to a utility grid • CONNECTING FLANGE FOR TUBULAR COMPONENTS • Operating a wind turbine being connected to a utility grid solely via a HVDC power connection with a network bridge controller performing a power and a voltage control 	풍력 하이브리드 전력 그리드 개발 기술
클러스터 11	power turbine control system electro	<ul style="list-style-type: none"> • Reduction of noise and vibrations of an electromechanical transducer by using a modified stator coil drive signal comprising harmonic components • Generator of method using electromagnet and assistance permanent pole • VIBRATION ABSORBER HAVING AN ELECTROMAGNETIC BRAKE FOR WIND TURBINES 	소음 및 진동저감 풍력발전 시스템 개발
클러스터 12	wind system speed method value	<ul style="list-style-type: none"> • The method, for transmitting the control parameter with unit from the controller, especially, the wind power generation plant controller of the wind power generation plant unit and the controlled controller • Variable speed transmission for wind turbine generation using motor and planetary gear mechanism • Wind speed control device for a vertical wind power generator with a folding screen device for increasing turbine rotation speed 	고효율 발전 시스템

다. 특허 분류체계 기반 요소기술 도출

- 고효율 소형 풍력발전 시스템 관련 특허의 주요 IPC 코드를 기반으로 한 요소기술 후보는 상태모니터링을 통한 고장 진단 및 예측 기술로 도출됨

[IPC 분류체계에 기반 한 요소기술 도출]

IPC 기술트리		
(서브클래스) 내용	(메인그룹) 내용	요소기술 후보
(F03D) 풍력 원동기	(F03D-001/00) 거의 풍력방향으로 회전축을 갖는 풍력원동기	날개 각도 제어 장치
	(F03D-003/00) 풍력의 방향에 거의 직각인 회전축을 가진 풍력원동기	출력제어 장치 발전량 제어장치 터빈제어 시스템 진동제어 장치
	(F03D-007/00) 풍력원동기의 제어	온도 제어시스템 생산 시스템 관리 시스템
	(F03D-009/00) 풍력 원동기의 특수 용도로의 적응; 풍력 원동기와 그것에 의해 구동되는 장치와 조합; 특정 위치에 설치하기 위해 특별히 적용되는 풍력 원동기	유지보수 시스템 고장감지시스템 상태모니터링을 통한 고장 진단 및 예측
(H02P) 전동기, 전기 발전기 또는 다이내모일렉트릭(역학적 에너지와 전기적 에너지를 서로 변환하는, Dynamo-electric) 변환기 ; 변압기를 제어하는 것, 원자로 또는 초크 코일(choke coil)의 제어 또는 규제 [1985.01]	(H02P-009/00) 목표 출력을 얻기 위한 발전기 제어장치	유효전력 제어 시스템 발전용량 계산 및 분산 시스템

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

[고효율 소형 풍력발전 시스템 분야 요소기술 도출]

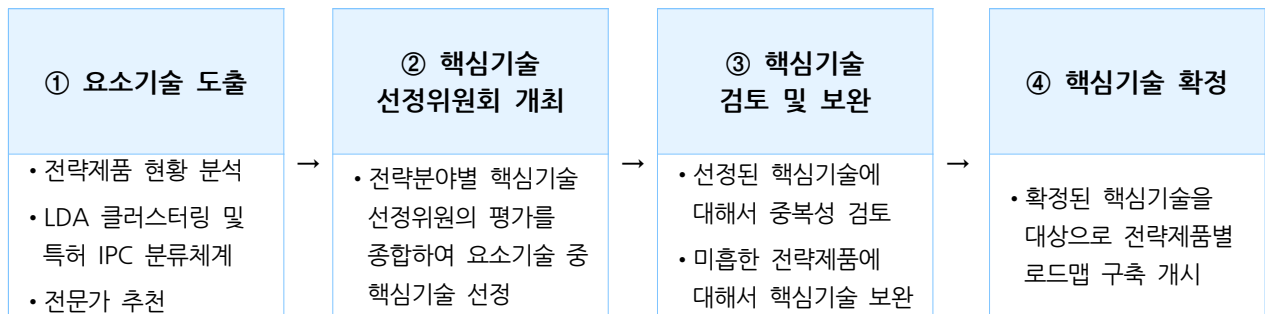
분류	요소기술	출처
관리 및 진단기술	상태모니터링을 통한 고장 진단 및 예측 기술	특허 클러스터링, IPC 기술체계, 전문가추천
	고효율 풍력 전력관리를 위한 프로그램 개발 기술	특허 클러스터링, 전문가추천
	계통연계 및 안정화기술	특허 클러스터링, 전문가추천
공정 최적화	소음 및 진동저감 기술	특허 클러스터링
	소형풍력 최적화 기술	특허 클러스터링, 전문가추천
	고효율 터빈 제어시스템	특허 클러스터링
	피치제어를 통한 풍력제어기술	특허 클러스터링
	LVRT 제어기술	특허 클러스터링

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

[고효율 소형 풍력발전 시스템 분야 핵심기술]

분류	핵심기술	개요
관리 및 진단기술	상태모니터링을 통한 고장 진단 및 예측 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 풍력발전시스템의 고장 관련 부품에 대한 보수 혹은 교체를 위하여 고장을 검출 및 진단하며 수명을 예측하는 지능화 기술
	고효율 풍력 전력관리를 위한 프로그램 개발 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 마이크로그리드에 적용되는 소형 풍력발전 시스템의 최대 발전량을 추종하는 프로그램 개발기술
	계통연계 및 안정화기술	<ul style="list-style-type: none"> • 풍력자 원의 비선형적 특성에 대응하여 안정적인 전력 공급을 위한 전력보조 설비기술 및 계통 고장 시 풍력 설비를 보호하기 위한 보호 기술
공정 최적화	소음 및 진동저감 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 풍력발전시스템의 기계적, 전기적 소음을 저감시키며 시스템의 피로하중을 증가시키는 진동을 저감하는 기술
	소형풍력 최적화 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 최적운전점이 상이한 요소부품들 간의 특성을 분석하여 풍력발전 시스템 전체 신뢰성 및 이용률을 높이는 기술

다. 중소기업 기술개발 전략

- 국내 중소기업의 소형풍력발전시스템 최적화를 위한 로드맵 수정과 마스터플랜의 재정립
- 소형풍력기술은 복합기술로 전문 중소기업 간의 연합이나 협력을 통해 기술적 복합성 극복
- 핵심요소부품의 공동연구와 공용부품사용을 통하여 가격경쟁력 향상을 위한 노력 필요
- 국내 전문연구기관 또는 대학의 기술력을 활용하여 trial error 최소화

라. 기술개발 로드맵

(1) 중기 기술개발 로드맵

[고효율 소형 풍력발전 시스템 기술개발 로드맵]

고효율 소형 풍력발전 시스템	고효율 소형 풍력발전 시스템 관리 및 진단을 위한 안정화 확보			
	2021년	2022년	2023년	최종 목표
상태모니터링을 통한 고장 진단 및 예측 기술				SCADA 시스템 및 고장진단 및 수명예측 기술개발
고효율 풍력 전력관리를 위한 프로그램 개발 기술				풍력발전시스템 최적운전알고리즘개발
계통연계 및 안정화기술				전력계통 공급안전성 및 풍력발전기 보호기술개발
소음 및 진동저감 기술				45 dB 이하
소형풍력 최적화 기술				50 kW이상 40%이상

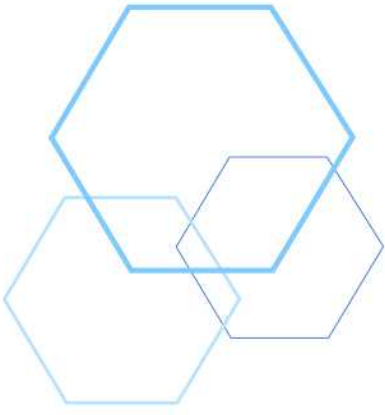
* 표시는 생태계 취약 기술을 의미

(2) 기술개발 목표

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

[고효율 소형 풍력발전 시스템 분야 핵심요소기술 연구목표]

분류	핵심기술	기술요구사항	연차별 개발목표			최종목표	연계R&D 유형
			1차년도	2차년도	3차년도		
관리 및 진단 기술	상태 모니터링을 통한 고장 진단 및 예측 기술	풍력발전시스템 요소부품 고장진단 및 수명예측 기술	요소부품 성능분석	요소부품 측정센서 및 측정기술	요소부품별 고장 검측 및 진단	SCADA 시스템 및 고장진단 및 수명예측 기술개발	상용화
	고효율 풍력 전력관리를 위한 프로그램 개발 기술	마이크로그리드 용 풍력발전시스템 이용률 향상	DC커플링 적용기술	AC커플링 적용기술	마이크로 그리드 구성용 풍력설비 연계프로그램 개발	풍력발전시스템 최적인전알 고리즘개발	상용화
	계통연계 및 안정화기술	전력계통 안정화 및 풍력설비보호 기술	전력보호 설비기술	계통 보호기술	풍력발전 시스템 보호기술	전력계통 공급안전성 및 풍력발전기 보호기술개발	창업성장
공정 최적화	소음 및 진동저감 기술	소형 풍력발전 시스템 소음감소 및 진동저감기술	55 dB	50 dB	45 dB	45 dB이하	상용화
	소형풍력 최적화 기술	용량별 최적화기술 및 고효율	20 kW 30%	30 kW 35%	50 kW 40%	50 kW 이상 40%이상	기술혁신



전략제품 현황분석

해상풍력 구조물 및 부품개발



해상풍력 구조물 및 부품개발

정의 및 범위

- 날개(blade)와 허브(hub)로 구성된 회전자(rotor)와 회전을 증속하여 발전기를 구동시키는 증속장치(gearbox), 전기를 생산하는 발전기(generator), 출력 및 안전을 통제하는 제어장치(controller), 해상풍력발전기의 수중기초(sub-structure) 및 타워(tower)를 포함한 지지구조물 등 복합적인 요소부품을 통합하여 구성되는 체계이며 해상(Offshore)에 설치되어 바람을 이용한 발전을 하는 시스템으로 정의됨
- 육상과는 달리 해상의 경우 해상용 하부지지구조물(Substructure)과 전력전송을 위한 계통연계가 포함되며, 너셀컴포넌트는 주프레임(Main Frame), 브레이크(Brake), 요드라이브(Yaw drive), 기어박스(Gear Box), 주축(Main Frame), 커플링(Coupling), 로터블레이드는 블레이드(Blade), 허브(Hub), 피치드라이브(Pitch Drive), 하부구조물은 고정식(Fixed)과 부유식(Floating) 등 세부적으로 정의 할 수 있음

전략 제품 관련 동향

시장 현황 및 전망	제품 산업 특징
<ul style="list-style-type: none"> • (세계) 해상풍력 구조물 및 부품개발 기술의 세계시장 규모는 2024년에는 40억 달러로 전망 • (국내) 해상풍력 구조물 및 부품개발 기술의 세계시장 규모는 2024년에는 1조 7천억 원으로 전망 	<ul style="list-style-type: none"> • 고강도, 고강성 경량 구조물이 활용 될 수 있는 신재생에너지, 기계, 항공, 군수산업 등 여러 고부가가치 전방산업에 연계 가능 산업 • 부유식 해상풍력이 미래기술로써 부상함에 따라 계류시스템의 경우 후방산업의 핵심으로 국산화 잠재력이 큰 영역
정책 동향	기술 동향
<ul style="list-style-type: none"> • 재생에너지 3020 계획에 의해 2030년까지 해상풍력 12GW를 설치하겠다는 목표 • 그린뉴딜 정책 중 대규모 해상풍력 단지 입지 발굴을 위해 13개 권역의 타당성을 조사하고 전남 영광에 실증단지를 구축 	<ul style="list-style-type: none"> • 하중저감을 위한 bend-twist 커플링설계 기술 • 육/해상 운송 및 설치 용이성을 위한 분리형 블레이드 기술 개발에 집중 • flap등 공력면 제어기술을 응용한 능동하중 저감기술
핵심 플레이어	핵심기술
<ul style="list-style-type: none"> • (해외) Vestas, Adwen, Goldwind, MHI, NDAC, Senvion, SGRE, M.A.Mortenson Company, Foundoecean, Minelco, Suzlon, Nordex, NEG, A2SEA, Ballast Nedam • (대기업) 금호P&B, 세아제강, 세진중공업 • (중소기업) 휴먼컴퍼지트, 삼강엠앤티 	<ul style="list-style-type: none"> • 국내 해양환경에 적합한 친환경 해상풍력발전용 하부지지구조물 개발 • 소형 멀티 하이브리드 부유식 해상풍력 • 해상풍력발전기 운송·설치기술 및 장비 • 해상풍력 하중 저감형 로터블레이드 제어 • 다목적 소형 부유식 해상풍력시스템 개발 • 해상풍력-수소 연계 발전 및 변환시스템

중소기업 기술개발 전략

- 부유식 기초에 적합한 시스템 배치를 통한 경량화와 최적설계 및 구성품 기술 개발
- 부유식 하부구조물 및 부유식용 파일럿 실증 후 5~10MW급의 대용량에 대한 기술 개발
- 손상감지 및 구조건전성 모니터링 기술을 활용한 지능형 블레이드 기술에 대한 고기능성 블레이드 기술 개발

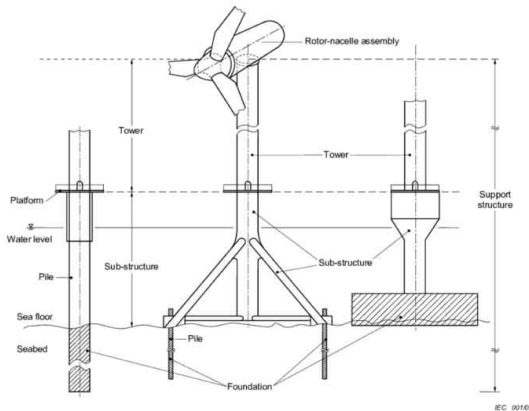
1. 개요

가. 정의 및 필요성

(1) 정의

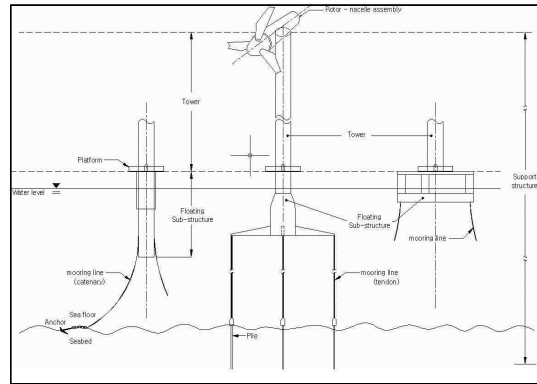
- 해상풍력발전시스템(offshore wind turbine system)은 날개(blade)와 허브(hub)로 구성된 회전자(rotor)와 회전을 증속하여 발전기를 구동시키는 증속장치(gearbox), 전기를 생산하는 발전기(generator), 출력 및 안전을 통제하는 제어장치(controller), 해상풍력발전기의 하부구조물(sub-structure) 및 타워(tower)를 포함한 지지구조물 등 복합적인 요소부품을 통합하여 구성되는 시스템
 - 블레이드는 풍력발전시스템의 가장 핵심적이고 특징적인 구성요소로서, 풍력터빈의 출력 발생원인 동시에 하중 발생원이기 때문에 시스템의 출력효율 뿐 아니라 신뢰성, 내구성 및 경제성에 가장 큰 영향을 미치는 핵심 부품임
 - 풍력 발전 시스템 구동제어계는 수평축 풍력발전기의 양력 방식의 풍력 발전기에 속하고, 증속기를 포함하는 간접 구동 방식(gear type)을 의미하며, 구동제어의 역할을 담당함. 풍력에너지를 발전기로 전달하여 전기에너지로 변환함
 - 풍력발전 타워란 너셀(nacelle)과 블레이드(blade)를 포함한 상부구조물을 지지(support)하는 역할을 하는 구조물이며, 기초는 타워의 하부에 위치하며 타워를 포함한 상부구조물이 안정성을 유지해야 함
 - 하부구조물은 풍력발전기가 해상에 설치 시 RNA(Rotor-Nacelle-Assembly)를 지지하고 해양환경하중(파랑, 조류 등)에 견딜 수 있도록 강도(Strength)를 유지해야 함. 해저면에 착저되는 고정식 수면위에 부양되는 부유체 형식으로 구분될 수 있음
 - 전력변환장치 및 계통연계는 해상에서 발전된 풍력에너지의 변환 및 육상으로 전력전송을 위해 필요하며 발전기, 변압기, 변환장치 등으로 구분될 수 있음. 육상까지 안정적으로 전기부하를 유지하고 전송할 수 있도록 해야 함
- 풍력발전 블레이드란 바람의 운동에너지를 발전기를 돌리는 기계적 에너지로 전환해주는 역할을 하는 부품으로, 허브에 연결된 추축을 통해 증속기 및 발전기에 토크를 공급함. 공력에너지를 토크에 의한 회전력으로 변환하는 익형의 특성에 따라 양력을 이용하는 블레이드 방식과 항력을 이용하는 방식으로 구분되나, 해상풍력발전과 같은 대형 상업용 풍력발전시장에서는 경제성을 이유로 3개의 블레이드를 갖는 양력형 로터블레이드가 일반적임
 - 육상용 블레이드와 해상용 블레이드의 기술적인 차이는 크게 없으나 육상용인 경우 주민수용성을 감안하여 블레이드의 끝단 소음을 저감하는 설계를 도입하는 경우가 많으며, 육상운송의 한계를 고려하여 5MW 미만 용량의 블레이드가 적용되는 것이 일반적임
 - 해상풍력용 블레이드의 경우 크기에 따른 운송제약이 적어 5MW이상의 대용량 블레이드 적용이 가능하며, 블레이드 대형화에 따른 기계적 강성 문제를 해결하기 위해 탄소섬유와 같은 고강성 재료의 적용성이 확대됨

[해상풍력발전시스템 및 핵심부품의 정의]



[고정식]

* 출처 : IEC 61400-3-1 & 3-2



[부유식]

- 풍력발전 타워란 너셀(nacelle)과 블레이드(blade)를 포함한 상부구조물을 지지(support)하는 역할을 하는 구조물을 의미하며, 하부구조물은 타워의 하부에 위치하며 타워를 포함한 상부구조물이 안정성을 유지함. 하부구조물은 해저면에 고정하는 방식인 착저(고정)식과 계류를 통해 해저면에 고정하고 해수면에서 위치를 유지하는 부유식으로 구분할 수 있음
 - 육상용 하부구조물은 주로 콘크리트에 철근을 넣어서 인장, 진동, 충격에 대한 저항을 증대시킨 RC(Reinforced Concrete)를 사용함
 - 해상용 하부구조물은 타워를 포함한 상부구조물을 지지하는 역할을 하며 타워의 하부에 위치하고 바닷물에 잠긴 기초 하부구조물을 의미함

[신재생에너지에서 해상풍력 구조물 및 부품개발]



* 출처 : 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」에 정의된 신재생에너지 분류를 기반으로 재작성

(2) 필요성

- 육상풍력의 한계, 제약조건으로 인한 해상으로의 진출추세 및 조선해양기술 접목과 해양엔지니어링 통합기술로 해상풍력발전 개발요구 증대되고 있음
 - 경쟁력 있는 육상 풍력발전단지 개발의 한계와 부지사용, 거주환경 및 민원제기를 통한 해상풍력발전단지의 개발 필요성이 증가함
 - 선진국을 중심으로 육상풍력에서 기술축적, 산업화가 달성되었으며, 연관사업 유발효과가 큰 해상풍력 시장이 향후 급성장할 것으로 예측
 - 국내 풍력관련 기업들의 역량을 집결하여 조선·중공업, 플랜트, 첨단 IT 등 관련 산업경쟁력을 활용시 단기간내 세계 선두권 진입 가능
 - 해상풍력발전단지의 개발은 풍력발전 시스템을 포함하여 운송, 설치, 계통연계 및 유지보수 등의 시장을 모두 포함하는 종합엔지니어링 기술로써 차세대 성장 동력원으로 시장전망이 매우 높은 편임

◎ 블레이드

- 해상풍력발전 시장의 확대에 따라 블레이드의 대형화를 위한 고강성, 고강도 소재적용기술과 함께 대형블레이드의 하중저감 및 신뢰도 개선요구가 증가하고 있으며, 대형 블레이드의 육해상 운송 및 설치를 위한 비용절감 기술에 대한 필요성이 높아지고 있음
 - 시스템 대형화에 따라 해상풍력발전시스템 요소부품 중 블레이드가 차지하는 비중이 늘어나고 있는 추세이므로 대형블레이드 유관기술의 국산화 필요성이 높음
 - 블레이드의 구조적 결함은 해상풍력발전시스템의 대단위 손상 또는 붕괴를 야기시킬 수 있으며, 유지보수 측면에서 많은 비용발생을 초래하는 대형 구조물 이므로 설계-제작-운영-유지보수 과정에서 부품의 신뢰성을 개선하기 위한 요소기술의 기술개발 필요성이 대두됨

◎ 타워 및 하부구조물

- 해상 고정식 및 부유식 풍력발전단지 건설과 함께 수요가 급증하고 있고 현재 중공원형 형태의 타워가 주력 시장 제품이나 비용절감과 함께 진동 및 내구성, 좌굴 안정성 확보를 위한 하이브리드 형태의 제품이 출시되고 있어 다양한 형태의 타워와 하부구조물 관련 기술개발의 필요성이 높아지고 있음
 - 국내 및 국외 모두 향후 대형 해상풍력발전단지 건설계획에 따라 해상용에 타워/기초에 대한 대단위 수요가 예측되어 관련 기술개발의 필요성이 높음
 - 해외의 경우 지반의 영향을 고려한 타워 및 기초 구조물설계가 이루어지고 있어 기초구조물-지반 연성(structure-soil coupling) 해석의 기술개발 필요성이 대두됨
 - 또한, 해상풍력 단지의 건설 시 지반의 영향을 고려한 고정 장치 및 앵커 링과 관련된 기술개발이 필요함

나. 범위 및 분류

(1) 가치사슬

- 전 산업 분야에서 고정식 및 부유식 해상풍력시스템의 기술적 발전과 성숙이 진행될 경우 전방산업 뿐만 아니라 후방산업의 기술집약적 부가가치 창출이 가능
 - 후방산업에 속하는 볼트 및 너트 등의 체결류, 사다리 등의 국산화와 기술고도화는 이미 진척이 많이 되었으나, 승강기, 전선류, 플랜지 단조품, 해저면에 적용하는 앵커체인 등의 고정장치, 운송, 시공 및 검사장비, 설치/건설산업은 국내에서는 아직 경험이 없어 기초기술력 확보와 함께 향후 산업군 형성이 비교적 용이한 분야임. 또한, 최근 부유식 해상풍력이 미래기술로써 부상함에 따라 계류시스템의 경우 후방산업의 핵심으로 국산화 잠재력이 큰 영역임
 - 육상 및 해상용 풍력발전 산업은 신재생에너지, 조선, 해양, 토목, 기계, 발전, 전력 등의 여러 산업의 특징을 복합적으로 갖고 있으며 관련 분야의 다양한 전문기술과 지식의 융합이 요구됨. 육상용의 경우 기계, 전기, 전자 산업분야의 비중이 큰 반면 해상용의 경우 토목, 조선해양, 중전기 분야 등의 중공업 산업의 비중이 큰 특징을 갖고 있음

[해상풍력발전시스템 분야 산업구조]

후방산업	태양광 발전모듈 분야	전방산업
플랜지 단조품, 볼트 및 너트 등의 체결류, 승강기, 전선류, 사다리, 앵커체인 등의 고정장치, 운송, 시공 및 검사장비, 설치/건설, 계류시스템 등	타워 제조공정, 검사, 자동화 설비, 분석 및 검사장비 및 하부구조물의 해양야드 건조, 적재, 운송설치, 전력전송 등	신재생에너지, 조선, 해양, 토목, 기계, 발전, 전력 등

- 해상풍력시스템용 대형 복합재 블레이드 기술은 소재기술을 중심으로 한 후방산업 뿐만 아니라 기계, 항공, 군수산업 등 고 부가가치 후방산업에 대한 가치창출 기여도가 높음
 - 후방산업에 속하는 소재기술은 고강도 고강성의 탄소섬유 및 유리섬유 복합소재 기술을 기반으로 모재(matrix)로 사용되는 레진(resin)과 샌드위치 코어 소재기술이 융합되어 있으며, 군수 및 항공우주 산업 등에 연계가 가능한 고부가가치 기술 영역임. 탄소섬유 소재와 복합재료용 레진 기술의 일부 영역은 현재 국산화가 활발히 진행 중에 있으며, 대형 해상풍력발전엔 적용이 가능한 저비용, 고신뢰성 복합재료용 강화섬유 분야는 향후 시장확대 및 국산화 가능성이 높은 분야임
 - 육상 및 해상용 풍력발전 블레이드 기술은 고강도, 고강성 경량 구조물이 활용 될 수 있는 신재생에너지, 기계, 항공, 군수산업 등 여러 고부가가치 전방산업에 연계가 가능함

[해상풍력발전시스템 블레이드 기술 산업구조]

후방산업	태양광 발전모듈 분야	전방산업
유리섬유 패브릭, 탄소섬유 패브릭, 레진, 샌드위치 코어, 겔코트, 접착제, 금속 체결장치, 목형, FRP 성형물드, 복합재 제작, 복합재 보수, 비파괴검사, 운송, 설치	복합재 블레이드 성형 및 제조, 검사, 적재 및 운송, 설치, 블레이드 유지보수 등	신재생에너지, 기계, 항공, 군수산업 등

(2) 용도별 분류

- 다양한 산업분야에서 해상풍력 타워 및 하부구조물의 요소기술이 접목될 수 있는 엔지니어링 기반의 산업융합이 가속화되어 관련 산업분야, 특히 조선, 해양, 토목 등 추가적 부가가치 창출이 가능

[용도별 분류(해상풍력발전기 블레이드)]

용도	세부 내용
해상발전단지	<ul style="list-style-type: none"> 해상발전단지 후류영향 및 단지효율, 소음 환경영향 등의 문제해결 및 단지 차원에서 발전효율을 극대화하기 위해 필수
원격제어시스템	<ul style="list-style-type: none"> 블레이드의 상태감시 및 모니터링을 통한 해상풍력발전시스템 건전성 개선, 유지보수 주기 최적화에 따른 유지보수 비용 절감에 활용가능
해상운송설치 시스템	<ul style="list-style-type: none"> 해상풍력발전시스템 요소부품 중 가장 큰 부피를 차지하는 블레이드의 최적 운송 및 설치를 통한 비용의 절감, 장비 운영의 효율성을 높임으로써 설치비용 절감에 활용

[용도별 분류(해상풍력 타워 및 하부구조물)]

용도	세부 내용
해상발전단지	<ul style="list-style-type: none"> 해상발전단지 건설을 통한 육상의 공간적한계, 민원으로 인한 사회적 문제를 해결하고 발전효율을 극대화하기 위해 필수
계통연계시스템 (전력전송)	<ul style="list-style-type: none"> 전력망은 ICT로 효율을 향상시킬 수 있는 인프라로 특히 해상풍력 등이 전력 그리드에 접속할 때 자원 낭비가 없도록 최적화하고 제어하는 데 ICT가 필수
원격제어시스템	<ul style="list-style-type: none"> 전력망 및 해상구조물의 모니터링 및 원격감시, 제어를 통한 해상풍력발전시스템 하부구조물의 건전성, 운영상태에 관한 유지보수에 활용 가능
해상운송설치 시스템	<ul style="list-style-type: none"> 해상풍력발전시스템의 최적 운송 및 설치를 통한 비용의 절감, 장비 운영의 효율성을 높임으로써 초중량물에 관한 기술적 발전 가능
조선해양 및 토목 제작·건설	<ul style="list-style-type: none"> 해상풍력 타워 및 하부구조물의 제작을 통한 야드의 운영 및 건조기술의 발전을 위해 필수적이며, 현장 설치 시 해저면의 토목 시공기술 활용을 위해 필수

◎ 기술별 분류

- 풍력발전 블레이드의 경우 육상 및 해상용 블레이드를 분류하기 위한 기술적 구분방법이 따로 제시되어 있지 않으며, 5MW이상의 대형풍력발전시스템이 일반적으로 해상에 적용되는 것을 감안할 때 적용시스템 용량에 따라 육해상용을 구분하는 것이 일반적임
 - 제품분류관점에서 풍력발전 블레이드는 적용되는 소재에 따라 유리섬유 복합재 블레이드와 탄소섬유와 유리섬유 소재가 혼합된 탄소/유리섬유 복합재 블레이드로 구분할 수 있으며, 기술적으로는 bend-twist 커플링 설계 등이 적용된 수동형 하중저감기술, 능동형 하중저감 기술, 소음저감 기술, de-icing 기술, 손상감지 기술뿐만 아니라 운송, 설치 및 유지보수 등과 관련된 기술까지 포함하여 분류할 수 있음
 - 공급망 관점에서 풍력발전 블레이드는 원재료에 해당되는 섬유 패브릭(Fiber fabric), 레진(Resin), 샌드위치 코어(Sandwich core), 겔코트(Gel coat), 접착제(Adhesive), 낙뢰(lightening) receptor, 루트 조인트(root-joint)로 구성되며 복합재 구조 성형을 위한 목형 및 몰드(mold), 운송 및 적재를 위한 치구 등이 공급망 단계별 주요제품으로 분류될 수 있음

[풍력발전 블레이드의 기술적 분류 관점의 분류]

대분야	중분야	세부제품
풍력발전 블레이드	원소재	• 유리섬유 복합재 블레이드, 유리/탄소섬유 복합재 블레이드
	기능성	• 블레이드 de-icing 장치, 손상감지 장치, 소음 및 하중저감 장치, 레이더 흡수 장치
	운송 및 설치	• 육상 운송용 기립장치, 적재 및 해상운송용 지그, 분리형 블레이드 체결기구

[풍력발전 블레이드의 공급망 단계별 주요제품 분류]

대분야	중분야	세부제품
풍력발전 블레이드	원소재, 부품	• 유리섬유 패브릭, 탄소섬유 패브릭, 레진, 샌드위치 코어, 겔코트, 접착제, 낙뢰 receptor, 루트 조인트(T-bolt 등)
	기능성	• 목형, 몰드, fabric 재단기, 적층 자동화 장비, RTM 레진 혼합기, 진공펌프, 오븐, root 홀 가공기, 조립설비, 비파괴 검사장비
	운송 및 설치	• 육상 운송용 기립장치, 적재 및 해상운송용 지그, 분리형 블레이드 체결기구

- 육상 및 해상용 모두 상부로부터 타워까지의 형태는 동일하나 육상용 기초는 고정식이 유일하며 해상용 하부구조물은 고정식과 부유식으로 분류됨

[해상풍력발전시스템 타워 및 하부구조물 분류]



- 풍력발전 타워/하부구조물은 제품분류관점에서 육상 및 해상을 모두 포함하는 타워/기초 구조물 영역이며, 공급망 기준으로 원료, 콘크리트, 강재, 타워/기초 부품 전영역으로 확대될 수 있고, 기술적으로는 제조 향상 기술, 접합, 용접, 구조적 특성 등 타워/기초 제조를 위한 부품소재 등에 특징이 있는 기술 뿐 아니라, 설치, 유지보수 등과 관련된 기술까지 포함됨
- 공급망 관점에서는 풍력발전 타워/기초는 원재료에 해당하는 강재, 시멘트, 골재, 물, 혼화재료, 철근, 플랜지, 콘크리트 기초, 강재(steel) 기초 및 계류선, 앵커 등을 거쳐 실제 수용가 또는 발전 전기 계통에 연계 될 수 있는 풍력 타워/하부구조물로 구성됨

[풍력발전 타워/하부구조물의 분류 관점의 분류]

대분야	중분야	세부제품
풍력발전 타워/하부구조물 소재	원소재(강재)	• 강재, 플랜지, 스테드, 너트, 볼트 등 연결부
	원소재(콘크리트)	• 시멘트, 골재, 물, 혼화재료, 철근
	타워/하부구조물	• 강판구조물, 앵커볼트, RC 콘크리트, 복합재

[풍력발전 타워/하부구조물의 공급망 단계별 주요제품 분류]

대분야	중분야	세부제품
풍력발전 타워/하부구조물	원소재	• 강재, 스테드, 너트, 볼트 등 연결부, 강재기초 및 계류라인, 시멘트, 골재, 물, 혼화재료, 철근
	장비	• 단조설비, 용접설비, 강재 굽힘 및 절단기, 자동화 설비, 조립설비, 크레인, 설치선박, 바지, 콘크리트 제조 믹서기, 바이브레이터, 라인, 레미콘 등, 윈치
	타워/하부구조물	• 강판구조물, 앵커볼트, RC 콘크리트, 용접, 사다리, 승강기, 계류선, 앵커

2. 산업 및 시장 분석

가. 산업 분석

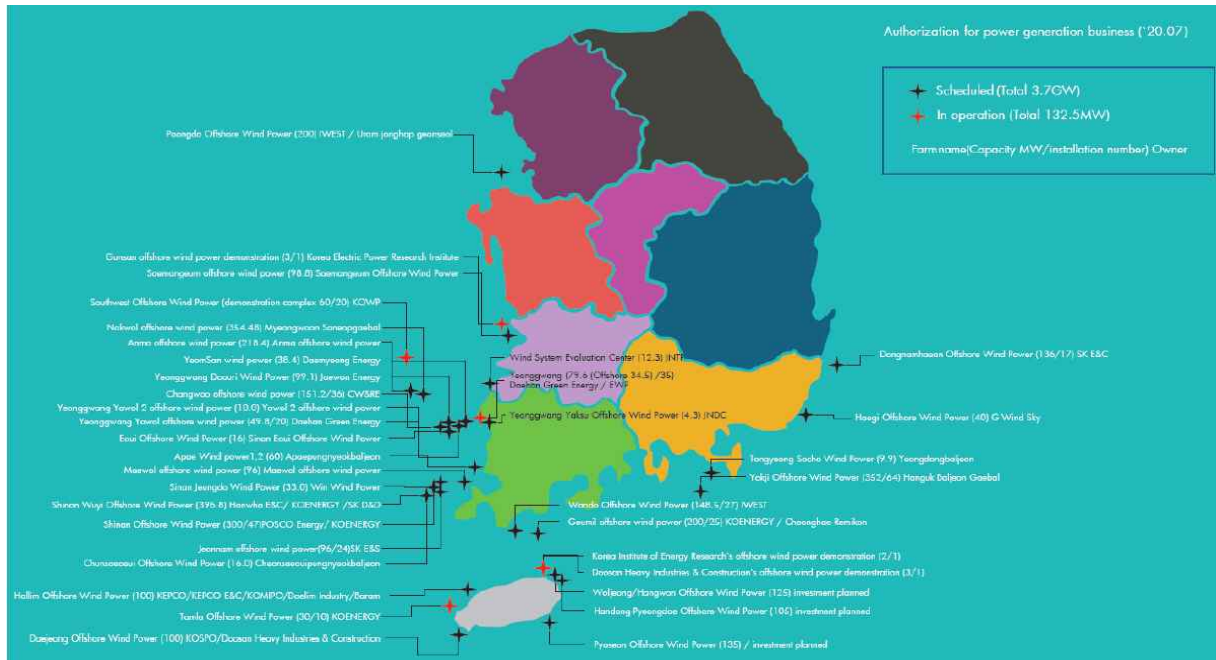
◎ 적용 분야의 확대

- 최근 풍력발전기가 대형화됨에 따라 발전단지 건설이 육상에서 해상으로 이동하고 있는 추세임. 따라서 해상용 풍력발전 타워/하부구조물에 관한 제작 및 건조 산업은 국내 중공업, 토목기반 산업을 기반으로 금속, 소재 등 관련 산업이 융복합적으로 경쟁력을 가지고 있어야 대외 기술 우위를 점할 수 있는 산업임
 - 시스템과 구성품의 수직계열화가 특징적이며 Vestas, GE, Siemens 등 Market Leader의 경우 주요 구성품을 자체 제작 또는 수직계열화를 통해 대량 생산으로 시장을 지배하고 있으며 REpower, Nordex 등은 주요 구성품의 수직계열화가 미비한 업체의 경우 수급이 불안정하여 대량 생산이 어려움
 - 최근 미래지향적인 부유식 기초 시스템의 설계 및 개발이 활발히 이루어지고 있으며 향후 부유식 기초에 적합한 시스템 배치를 통한 경량화와 최적설계 기술과 함께 관련 구성품 개발과 부유식 하부구조물 및 부유식용 파일럿 실증 후 5~10MW급의 대용량으로 확대하여 이에 대한 시장 대응이 필요함

◎ 정책적 지원 강화

- 재생에너지 3020 계획에 의해 2030년까지 해상풍력 12GW를 설치하겠다는 목표가 유효함. 국내는 대량의 에너지자원을 수입하는 한편, 육상풍력 설치를 위한 입지가 부족하기 때문에 해상풍력 이 요구되는 취지에 공감
 - 반도체 IT, 자동차, 화학 등 에너지 집약적 산업 비중이 높으면서 조선 기계 철강 등의 산업 경쟁력을 통해 해양 엔지니어링 및 공급망 역량이 풍부함
 - 긴 허가 기간 낮은 발전차액지원제도 등 정책적 걸림돌이 많음. 2020년 6월 현재 운전 중인 발전용량은 1,325 MW에 그치고 있음
- 그린뉴딜 정책과 더불어 해상풍력 이 재조명되고 있음. 그린뉴딜 정책 중 대규모 해상풍력 단지 입지 발굴을 위해 13개 권역의 타당성을 조사하고 전남 영광에 실증단지를 구축하겠다는 안이 포함돼 있음, 정부는 2030년까지 연평균 1.2GW 해상풍력을 신규 공급하겠다고 밝힘
 - 전북 서남권 해상풍력 사업이 구체화되고 있는데 2029년까지 14조원을 투자해 고창 부안간 해상에 시범단지 400MW와 확산단지 2GW 등 총 2.4GW의 해상풍력 단지를 구축할 예정임
 - 제주도는 최근 국내 최대 규모인 100MW급 제주한림 해상풍력 발전 개발 사업을 승인하였음
 - 특히 부유식 해상풍력 의 잠재력이 큰 시장으로 주목받고 있다 2030년까지 한국에 1.2GW의 부유식 해상풍력 이 구축될 것으로 전망됨

[한국 23개의 해상풍력 프로젝트 현황]



* 출처 : 한국풍력산업협회

□ 코로나19이후 중장기 경기부양을 위한 핵심정책에 포함, 중장기 설치목표 50% 상향³⁵⁾

- 코로나19 사태로 인한 대내외 경기침체를 극복하고 저성장/양극화의 위기에서 중장기 경제 패러다임의 변화를 추진하기 위해 정부는 7월 ‘한국판 뉴딜’ 종합계획을 발표
- ‘선도국가로 도약하는 대한민국으로의 대전환’이라는 비전아래 ‘디지털뉴딜’과 ‘그린뉴딜’이라는 정책방향을 중심으로 대규모 재정투자과 제도개선을 추진하는 중장기 국가발전전략을 제시했는데, 우리가 주목해야 할 부분은 경제기반의 친환경·저탄소 전환을 가속화하겠다는 ‘그린뉴딜’ 정책임
- 그린뉴딜은 1) 도시. 공간. 생활 인프라 녹색전환, 2) 저탄소. 분산형 에너지 확산, 3) 녹색산업혁신 생태계 구축이라는 세가지 분야에 올해 추경부터 2022년까지 32.5조원, 2025년까지 73.4조원이라는 대규모 투자가 진행될 계획으로, 신재생에너지와 확대와 관련해 구체적인 실행방안으로 태양광과 풍력 발전용량을 2019년 12.7GW에서 2022년 26.3GW, 2025년 42.7GW로 확대하는 계획을 제시함(사업비는 22년까지 4.5조원, 25년까지 11.3조원)
- 태양광과 풍력발전의 설비량을 구분해서 제시하지는 않았지만 제8차 전력수급계획에서 발표했던 목표인 2022년 17.3GW(태양광 12.9GW, 풍력 4.4GW), 2025년 28.0GW(태양광 19.5GW, 풍력 8.5GW)를 각각 50% 이상 상향 조정한 것임. 특히 풍력은 대규모 해상풍력단지 입지발굴을 위해 최대 13개 권역의 풍황 예측.타당성 조사 지원 및 배후.실증단지 단계적 구축을 추진

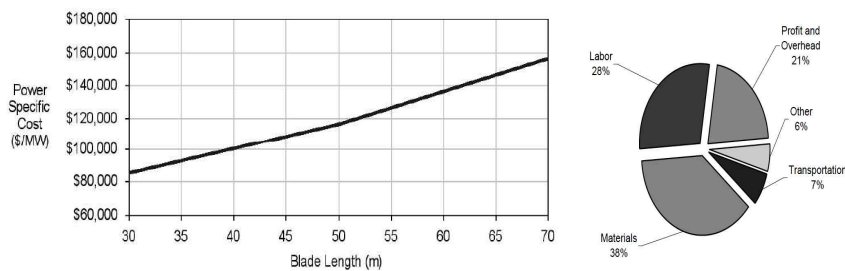
35) 기획재정부

나. 시장 분석

(1) 세계시장

- 전 세계 풍력발전시장이 연평균 30% 이상의 높은 성장률을 보이고 있는 가운데, 이미 미국, 유럽 등의 선진국에서는 대규모 풍력발전단지가 건설 완료 및 진행 중이며, 최근 국내를 포함한 아시아 등지에서도 풍력발전단지 조성을 위한 풍력발전기 수요가 급증하고 있음
 - 해상풍력 블레이드 기술은 블레이드의 대형화 추세에 따라 기존의 유리섬유 강화 복합소재에서 탄소섬유 복합소재 비율을 확대하는 방향으로 소재적용 비율이 변하면서 시장이 확대될 것으로 전망됨. 또한, 블레이드 대형화에 따라 구조체의 신뢰성을 개선하기 위한 블레이드 건전성 모니터링 및 저하중 기능성 블레이드에 대한 시장 수요가 증가하고 있음
 - 전통적인 Oil & Gas 분야의 고정식 및 부유식 기초의 제조는 한국이 세계적인 기술경쟁력을 보유하고 있어 이를 해상용 풍력발전기의 기초분야에 응용할 경우 단시간에 제조와 함께 설계/해석과 같은 원천 기술력 확보할 수 있는 분야
 - 해상풍력 기초의 제조기술과 함께 볼트류, 전선류, 콘크리트와 같은 부품산업의 활성화가 기대되며, 해양 환경조건에 노출될 경우 염분에 강한 부식방지기술의 고도화가 요구될 것이며 도장시스템 산업의 시장이 커질 것으로 예상됨
 - 해상풍력발전의 경우 설치/운송/검사/유지보수/인증 산업이 필수적이므로 건설업체의 시공경험을 바탕으로 풍력발전기 설치/운송 산업 시장에 진입할 수 있고 국내 인증기관과 함께 유지보수/인증(해상의 경우 프로젝트 인증)기술력을 높일 수 있을 것임

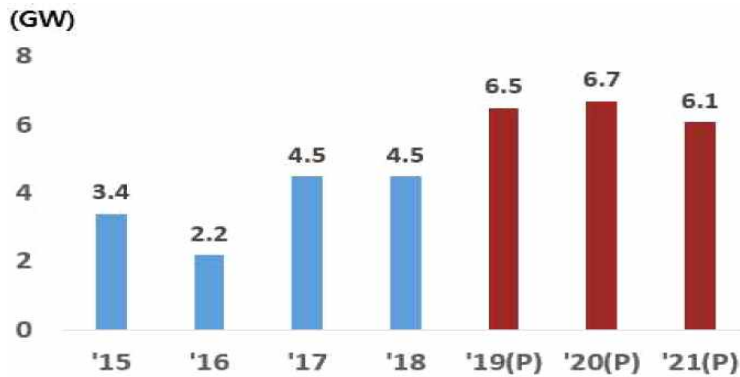
[풍력발전 블레이드 비용 분석]



* 출처 : Cost Study for Large Wind Turbine Blades, Sandia Report, SAND2003-1428

- 풍력발전시스템의 대형화, 해상화 추세로 고효율 발전시스템의 중요성이 부각됨에 따라 ICT 기술을 활용한 디지털화가 빠르게 진행 중
- 풍력터빈의 대형화 및 해상풍력 확대 추세로 설비 최적화, 운영·보수(O&M)비용 절감 등 고효율 발전시스템의 중요성이 대두
 - 터빈의 대형화로 발전 단지 내 풍력터빈 설치개수는 감소함에 따라 풍력터빈 한 기의 가용성, 신뢰성, 효율, 수명이 매우 중요해짐
 - 현장접근이 어려운 해상풍력의 경우 유지보수 작업이 까다롭고 비용이 많이 발생하기 때문에 시스템 결함 발생 시, 사업의 수익성³⁶⁾에 큰 영향을 끼칠 수 있음

[글로벌 해상풍력 신규 설치용량 추이 및 전망]



* 출처 : Global Wind Energy Council, 2019

- (영국) 2030년까지 국가 전력의 40%를 해상풍력으로 조달할 계획임. 이를 위해 2030년 해상풍력 목표를 기존 30GW에서 40GW로 상향했다 매년 평균 3GW씩 신규로 설치될 예정임
 - 2030년까지 2년마다 보조금 성격의 차액 계약인 CfD (Contract for Difference)를 지원. 지금까지 3라운드 CfD를 진행하면서 비용을 30% 절감하는데 성공함
- (독일) 최근 6월에 해상풍력 법 개정안을 승인함. 이에 따르면 2030년 해상풍력 목표를 기존 15GW에서 20GW로 상향하고 2040년까지 40GW를 목표로 하며, 풍력 프로젝트에 대한 허가 절차도 간소화함
- (프랑스) 다년간 에너지 프로그램을 통해 2028년 해상풍력 목표치를 5.2~6.2GW로 상향. 2023년 운영 목표는 2.4GW이며 올해부터 2028년까지 8.75GW를 입찰할 계획이며, 올해 하반기 1GW를 시작으로 매년 평균 1GW의 입찰이 진행
 - Tender I, II, III 프로젝트에서 3.5GW가 승인된 상태이고 부유식 해상풍력 이 추진. Tender I 중 480MW가 2022년에 가동되고 2023년에 496MW 프로젝트가 이어질 예정임
- 전 세계 해상풍력 구조물 및 부품개발 시장은 2018년 10억 3,900만 달러에서 연평균 성장률 23.0%로 증가하여 2024년에는 약 40억 달러에 이를 것으로 예상됨

[해상풍력 구조물 및 부품 개발 세계 시장규모 및 전망]

(단위 : 백만 달러, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
세계시장	1,039	1,350	1,754	2,157	2,653	3,263	4,014	23.0

* 출처 : 세계풍력에너지협의회(GWEC), Global Wind Report 2019

* 출처 : 2018~2024년 까지 연평균성장률 23%를 기준으로 시장전망 예측

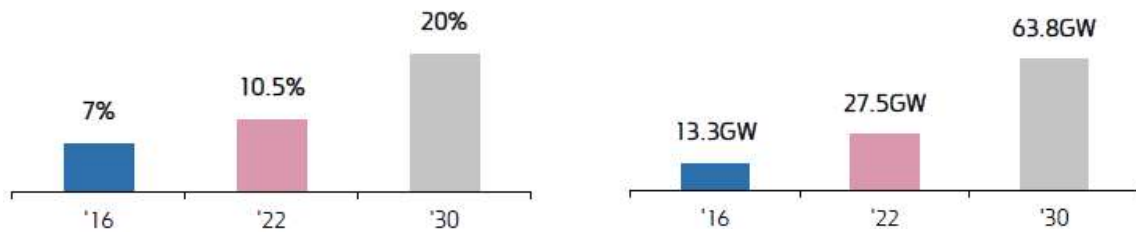
* 출처 : Cost Study for Large Wind Turbine Blades, Sandia Report, (SAND2003-1428), 원가비중 추정

36) 영국 해상풍력의 경우 '18년 기준 MW당 연간 약 12만 달러의 O&M 비용 발생, 육상풍력의 1.5배 이상

(2) 국내시장

- 2016년 기준 우리나라의 재생에너지 발전 비중은 7%로 독일 29%, 영국 25%, 일본 16%, 미국 15% 등 주요국 대비 턱없이 낮은 수준임
- 정부는 제 8차 전력수급기본계획을 바탕으로 2017년 말 ‘재생에너지 3020 이행계획’을 통해 재생에너지 발전량 비중을 2016년 7%에서 2030년 20%까지 확대하는 중장기목표 설정
- 신재생에너지 확대를 위한 신규설비 95% 이상을 태양광, 풍력 등 청정에너지로 공급할 계획으로 풍력은 2017년 설비용량이 1.2GW에 불과했지만 2018년 이후 16.5GW의 신규설비 도입을 통해 2030년 설비용량을 2017년보다 약 15배 증가한 17.7GW까지 확대하겠다는 계획을 발표함

[재생에너지 3020이행계획 재생에너지 보급목표]



* 출처 : 산업통상자원부, 키움증권 리서치센터

- 2020년 5월 전력수급기본계획 워킹그룹인 총괄분과위원회가 공개한 ‘제9차 전력수급기본계획 초안’에 따르면 중장기 석탄/원전비중 축소와 LNG/신재생에너지 확대기준은 제8차 전력수급기본계획 이후에도 지속될 전망
 - 석탄 및 원자력 설비량은 2030년 각각 32.6GW, 20.4GW에서 2034년 29.0GW, 19.4GW로 축소되고 (사업용)신재생에너지 설비량은 2030년 57.9GW에서 2034년 78.1GW로 확대될 계획임
 - 당초 예정보다 1년가량 늦어진 제9차 전력수급기본계획은 올해 안으로 발표될 최종안에서 신재생에너지 중 풍력발전설비에 대한 구체적인 계획도 공개될 예정
- 국내 해상풍력 구조물 및 부품개발 시장은 2018년 약 4천4백억 원에서 2024년 약 1조 7천억 원 규모로 성장할 것으로 전망

[해상풍력 구조물 및 부품 개발 국내 시장규모 및 전망]

(단위 : 억 원, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
국내시장	4,474	5,810	7,546	9,281	11,416	14,042	17,271	23.0

* 출처 : 세계풍력에너지협의회(GWEC), Global Wind Report 2019

* 출처 : 2018~2024년 까지 연평균성장률 23%를 기준으로 시장전망 예측

* 출처 : Cost Study for Large Wind Turbine Blades, Sandia Report, (SAND2003-1428), 원가비중 추정

3. 기술 개발 동향

- 기술경쟁력
 - 해상풍력 구조물 및 부품개발 기술은 유럽이 최고기술국으로 평가되었으며, 우리나라는 최고기술국 대비 80.6%의 기술수준을 보유하고 있으며, 최고기술국과의 기술격차는 2.0년으로 분석
 - 중소기업의 기술경쟁력은 최고기술국 대비 72.0%, 기술격차는 2.7년으로 평가
 - 미국(93.1%)>일본(82.7%)>한국, 중국(78.2%)의 순으로 평가
- 기술수명주기(TCT)³⁷⁾
 - 해상풍력 구조물 및 부품개발 기술은 8.68의 기술수명주기를 지닌 것으로 파악

가. 기술개발 이슈

◎ 해상풍력 블레이드

- 해상 풍력발전시스템이 대형화 되면서 70m 이상의 길이를 갖는 대형 풍력발전 블레이드의 상용운전 확대. 60m 미만급 블레이드에서 25%정도에 해당하던 탄소섬유소재 적용비율이 70m 이상급 블레이드에서는 55%이상으로 고강성, 고강도 섬유 적용비율 확대 추세³⁸⁾
 - 70m 이상 길이를 갖는 대형 복합재 블레이드를 적용한 해외사로는 GE, Vestas, Adwen, Goldwind, MHI, NDAC, Senvion, SGRE 등이 있음
 - 대형블레이드의 육/해상 운송 및 설치 용이성을 위한 분리형 블레이드기술, 하중저감을 위한 bend-twist 커플링설계 기술, flap 등 공력면 제어기술을 응용한 능동하중 저감기술, 손상감지 및 구조건전성 모니터링 기술을 활용한 지능형 블레이드 기술 등 고기능성 블레이드 기술에 대한 연구가 지속되고 있음³⁹⁾

◎ 해상풍력 타워 및 하부구조물

- 세계적인 업체들은 대부분 유럽의 회사로서 육상용 보다는 해상용에 많이 치우쳐 있음. 전통적으로 해양구조물을 생산 경험을 다수 보유하고 있는 회사로서 육상용 보다는 우리나라의 기술종속이 클 것으로 판단되나 조선해양 산업을 기반으로 국내업체들의 진출기회가 늘어날 것으로 예측됨.
 - 해외사로는 M.A.Mortenson Company, Foundocean, Minelco, Suzlon, Nordex, NEG, A2SEA, Ballast Nedam, SAM, SeeBA Energy Farming, Solutions 등이 있음
 - Tripile 풍력터빈 해상용 기초는 독일의 Bard Engineering에서 개발한 형식이며, 3개의 강관파일을 수면위로 노출되도록 설치한 후 특수하게 제작한 Transition Piece로 연결한 형태의 구조물이며 Jacket형태의 풍력터빈 해상용 기초는 SENVION사의 제품임

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

38) Sandia Blade Workshop 2018, SAND2018-9682C

39) Sandia Blade Workshop 2018

나. 생태계 기술 동향

(1) 해외 플레이어 동향

- 풍력발전블레이드 전문 제작사로는 GE에 인수된 LM Wind Power 사가 전세계 시장점유율 17% 이상을 점유하며 관련 시장 및 기술을 선도하고 있으며, TECSIS, TPI composite 과 같은 블레이드 전문 제작사들이 시장을 확대하고 있음
 - GE Renewable Energy 사는 12MW용량의 Haliade-X 풍력발전기에 적용하기 위한 로터직경 220m 의 대형블레이드를 개발중에 있으며 2021년 상용 운전 예정
 - 블레이드 전문제조기업으로 시장점유율 2위 기업인 TPI Composite은 전세계 12개 생산시설을 분산 운영하며 블레이드 아웃소싱 확대 추세에 대응하고 있음
- 블레이드를 자체 생산하는 풍력발전시스템 OEM제작사들의 경우 Vestas, Siemens, Suzulon 등이 대표적이나 공급망 다변화 및 아웃소싱 정책 확대 추세에 따라 자체 제작비율은 감소하고 있음

(2) 국내 플레이어 동향

- 풍력 블레이드 제조업체에서 소재부문은 대기업, 제조부문은 중소기업을 중심으로 구성됨
 - 복합재 블레이드용 강화섬유 직조소재는 대부분 Hexel, Torray 등 해외사 제품이 시장을 점유하였으나, 대형 풍력발전블레이드 수요증가에 따라 효성 등 국내 탄소섬유 제작사의 풍력 블레이드용 소재시장 진입을 통해 강화섬유 수입의존도 비중이 개선될 전망
 - 복합재 블레이드 성형시 모재로 사용되는 에폭시 수지 전문 생산·판매 업체로는 국도화학 주식회사와 금호P&B가 있으며, 국도화학의 경우 2009년 풍력 블레이드용 에폭시 수지에 대해 DNV-GL 인증을 확보하고 3MW급 블레이드에 적용을 통해 시장에 진입
 - 국내 블레이드 제조사로는 (주)휴먼컴퍼지트가 탄소섬유가 적용된 블레이드 길이 66m 의 5.5MW급 해상풍력발전용 블레이드를 양산 중에 있으며, 2021까지 블레이드 길이 100m급에 해당하는 8MW급 대형 블레이드의 연구개발을 통해 2022년 상용운전을 목표로 하고 있음
- 풍력 타워/기초 관련 업체는 중소기업을 중심으로 하며 소재, 제품, 건설 등으로 구분할 수 있음. 기술의 종속성이 크지 않아 로얄티 부담은 크지 않은 상황임. 핵심 소재 및 응용관련 업체는 대부분 소규모 업체들로서 경쟁력이 해외 선진기업들에 비해 낙후되어 있음
 - 육상용에 대한 설치/시공 경험은 있으나 해상에 대한 경험이 전무하여 해상풍력단지 건설 시 해외 설치/시공기술에 의존할 것으로 예상되며, 철강판/콘크리트 원료 자체의 수입의존도는 높지 않은 것으로 나타남. 플랜지 경우 국내업체의 수출실적을 감안할 때 수입의존도는 중간으로 판단되나, 타워/하부구조물의 경우 국내에 설치된 풍력발전기를 고려해 보면 수입의존도가 높은 것으로 나타남
 - 해상용의 경우 서남해 해상풍력발전단지 경험을 통해 부유식으로 확대되는 추세이나, 부유식 해상풍력의 경험은 현재 파일럿 실증단계에 머무르는 수준임. 하부구조물의 제작·건조는 국내 중견조선소의 야드를 활용하며, 조선분야 선박건조 경험으로 기술적으로 개발이 가능한 상황임

다. 국내 연구개발 기관 및 동향

(1) 연구개발 기관

[해상풍력 구조물 및 부품개발 분야 주요 연구조직 현황]

기관	소속	연구분야
한국해양과학기술원	선박해양플랜트 연구소	<ul style="list-style-type: none"> • 풍력발전 블레이드 공력특성 해석을 위한 날개요소운동량이론 기반의 수치해석 프로그램 개발 • 날개요소운동량이론 해석코드를 활용한 부유식 풍력발전 모형실험용 블레이드 모델링 수행 • 부유식 해상풍력 블레이드 재설계를 적용한 모형실험과의 비교를 통해 설계결과 검증
한국기계연구원	재료연구소	<ul style="list-style-type: none"> • 블레이드 예상 시험하중을 고려한 원치 사양 (최대하중, 속도, 감속비등) 및 수량 결정 • 8MW급 블레이드의 길이, 중량, Root bending moment, Max. chord 등 주요 블레이드 Spec 산출
한국건설기술연구원	구조융합연구소	<ul style="list-style-type: none"> • 해저 하이브리드기초 급속 정착 및 안정화 기술 개발 • 해양, 지반조건별 하이브리드 지지구조물 적용방안 수립 방법 기술 • 구조물 제작 및 설치 관련 해석 기술

(2) 기관 기술개발 동향

한국해양과학기술원

- 부유식 해상풍력발전 구조물의 축소 모형시험을 위한 블레이드 모델링 프로그램 개발
- 해양에너지 및 항만·해양구조물 실용화 기술 개발
- SPAR 기반 연계형 지지구조물 기술 개발

한국기계연구원

- 해양풍력발전시스템 기반 기술 개발
- 파도의 회전 및 병진운동을 이용한 1kW급 가변 공진형 파력발전장치의 개발
- 중대형 풍력발전용 하이브리드(풍력+디젤엔진) 시스템 설계 및 제어 원천기술개발

한국건설기술연구원

- 파력발전의 발전효율 향상을 위한 연근해용 수평축 회전의 3kW급 원통형 파력발전 시스템 개발
- 해상풍력 하이브리드 지지구조 시스템 개발
- 해상풍력 콘크리트 지지구조물의 해양외력 안전성 평가 기술 개발

◎ 해상풍력 구조물 및 부품개발 관련 선행연구 사례

[국내 선행연구(정부/민간)]

수행기관	연구명(과제명)	연도	주요내용 및 성과
두산중공업	8MW급 대용량 해상풍력발전시스템 개발	2020 ~ 2020	<ul style="list-style-type: none"> 초대형 카본 블레이드 LPS 설계 나셀/허브 구성품 System Integration 구성품 제작/시험 육·해상 실증 Site 탐색/평가 블레이드 제작 (시험용 1기) 블레이드 시편 제작 (LPS 시험용 1기) 풍력발전시스템 하부구조물 상세 설계
(주)휴먼컴퍼지트	블레이드 생산단가 저감을 위한 제조공정 자동화기술 개발	2020 ~ 2020	<ul style="list-style-type: none"> 제조공정 자동화 라인 설계 및 개발 자동화 제조공정 프로세스 규격화 레이저 초음파 전파 영상화 시스템 및 레일시스템 연계 기술 개발
(주)진아스틸	변형저감 열처리를 이용한 3MW급 풍력발전용 bearing 부품개발	2020 ~ 2021	<ul style="list-style-type: none"> 높은 안전성과 신뢰성이 보장되는 bearing carriage의 절단과 성형기술개발 용접 시 열-변형 인한 제품의 치수변형을 제어 가능한 용접공정과 전용 jig 개발 변형저감 열처리 적용을 통하여 매출에 필요한 인증조건 확보
한국기계연구원	8MW급 대형 풍력 블레이드 수직 정하중시험 및 다점가진 피로시험 기술 개발	2020 ~ 2020	<ul style="list-style-type: none"> Test rig & 윈치 동시제어 장치 및 S/W 개발 Tilttable Test Rig의 안전한 운용을 위한 부속장치 개발 다점가진 피로시험 장치 개발
(주)에이스이엔티	5MW급 부유식 대형 해상풍력 발전시스템 설계기술 개발	2020 ~ 2020	<ul style="list-style-type: none"> 효율적 해상풍력단지 O&M 수행 방안을 도출하여 저비용 O&M추진 모델 부유식 해상풍력 시스템 운전방안 및 제어알고리즘 개발 부유식 풍력발전기 통합연성하중해석
(주)휴먼컴퍼지트	블레이드 생산단가 저감을 위한 제조공정 자동화기술 개발	2019 ~ 2020	<ul style="list-style-type: none"> 적층 공정 자동화 기술 : 섬유 적층 모듈 설계 및 제작 본딩 공정 자동화 기술 : 부품 조립을 위한 주제/경화제 혼합 시스템 개발 블레이드 후가공 시스템 : 3차원 표면 형상 가공 시스템 개발

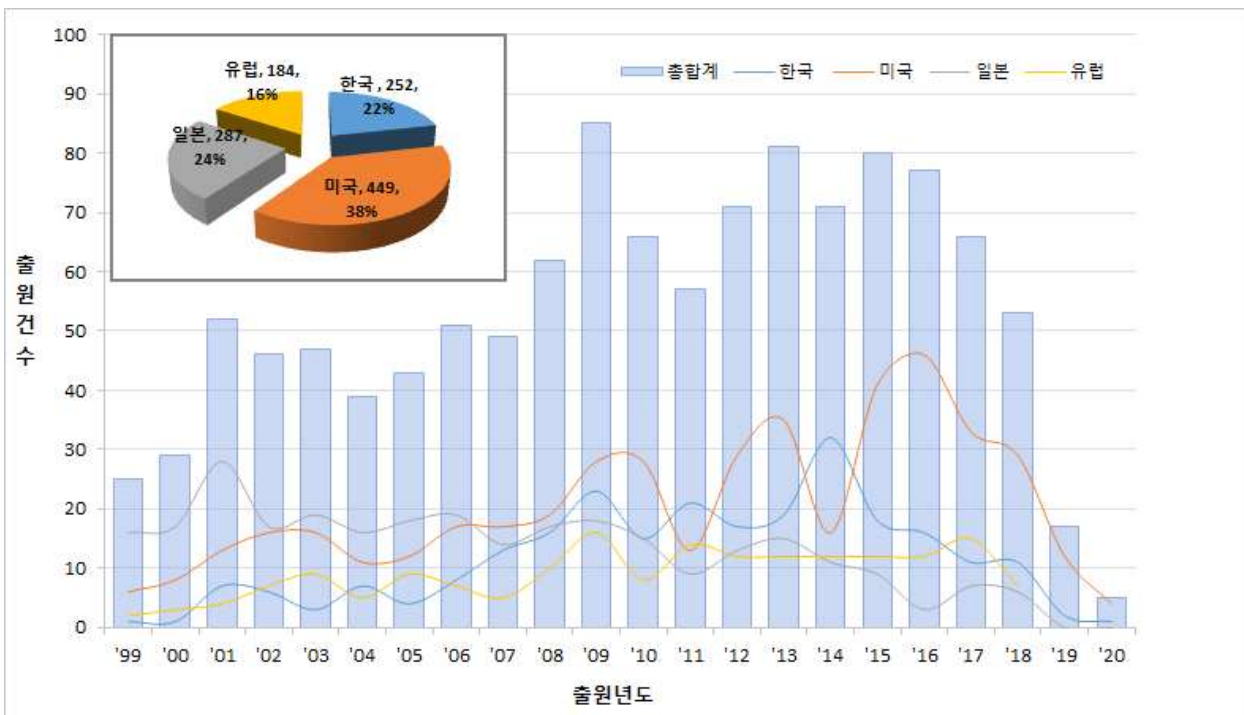
4. 특허 동향

가. 특허동향 분석

(1) 연도별 출원동향

- 해상풍력발전시스템 및 핵심부품의 지난 20년(1999~2020)간 출원동향⁴⁰⁾을 살펴보면 2001년에서 2018년까지 꾸준한 증가추세를 보이고 있으며, 미국 출원동향이 해상풍력발전시스템 특허출원동향을 주도
 - 각 국가별로 살펴보면 미국이 가장 활발한 출원활동을 보이고 있으며, 2008년을 기점으로 급격한 출원 성장이 이뤄지고 있음
 - 한국 및 일본에서는 미국에 비해 상대적으로 출원이 저조한 상태
- 국가별 출원비중을 살펴보면 미국이 전체의 38%의 출원 비중을 차지하고 있어, 최대 출원국으로 해상풍력 구조물 및 부품개발을 리드하고 있는 것으로 나타났으며, 일본은 24%, 한국 22%, 유럽 16% 순으로 나타남

[해상풍력 구조물 및 부품개발 연도별 출원동향]

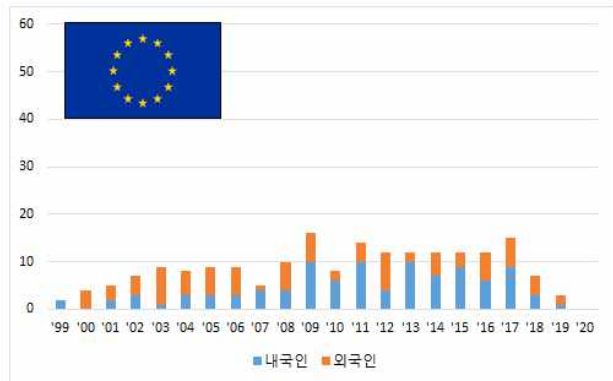
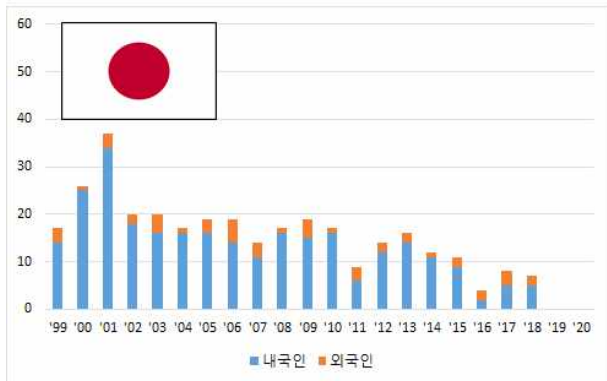
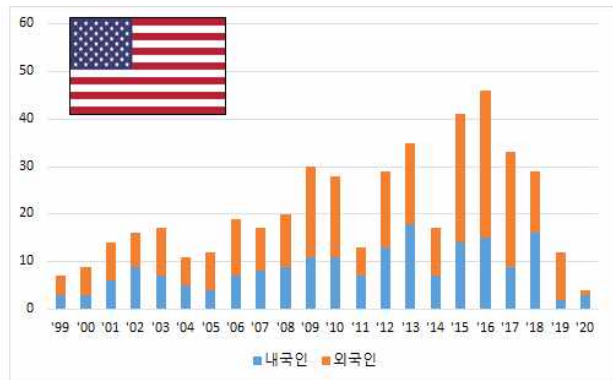
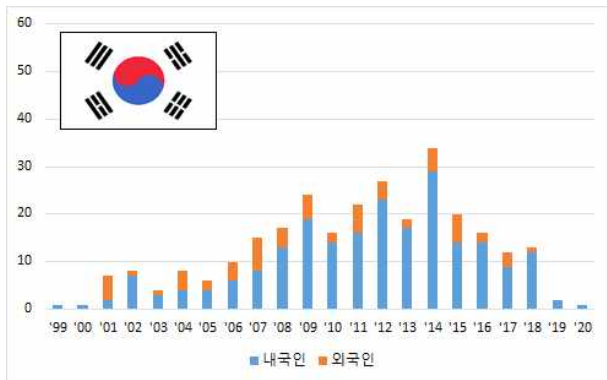


40) 특허출원 후 1년 6개월이 경과하여야 공개되는 특허제도의 특성상 실제 출원이 이루어졌으나 아직 공개되지 않은 미공개데이터가 존재하여 2019, 2020년 데이터가 적게 나타나는 것에 대하여 유의해야 함

(2) 국가별 출원현황

- 한국의 출원현황을 살펴보면 2007년도 이후 출원건이 증가하고 있지만 최근 특허 수가 감소하고 있는 것으로 나타남
 - 내국인 위주의 출원이 진행되고 있으며, 중소기업 위주의 출원이 2009년에 14건, 2014년에 15건 출원함
- 미국의 출원현황은 2006년 이후부터 2012년까지는 지속적으로 성장했고, 최근까지도 활발한 출원이 진행되고 있으며, 외국인의 비중이 우위에 있는 것으로 보임
- 일본의 출원현황은 2006년까지는 내국인 출원이 대다수를 이루고 있음
- 유럽의 경우는 약간의 증감과 외국인의 비중의 높게 나타나고 있으며, 미국과 같이 지속적인 출원 증가 추세를 보이다 현재는 주춤한 상태를 보이고 있음

[국가별 출원현황]



(3) 기술 집중도 분석

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

- 전체 구간(1999년~2020년)에서 Wind Turbine, 회전 가능, Primary Winding, Secondary Winding, Power Converter, 풍력 발전 장치, Wave Energy Converter 등 풍력 에너지 발전 장치 관련 기술 키워드가 다수 도출되었으며, 해상풍력발전시스템 및 핵심부품을 위한 기술 키워드 다수 도출
- 최근구간에 대한 기술 키워드 분석 결과, 최근 1구간(2012년~2015년)에는 풍력발전 장치 관련 기술 키워드와 발전 효율과 관련한 키워드가 추가로 도출되었으며, 2구간(2015년~ 2020년)에서는 1구간에서 주요 기술 키워드였던 소형발전 장치 관련 키워드가 꾸준히 도출된 것으로 나타나 소형 풍력 에너지 발전을 위한 기술 연구가 꾸준히 진행 되고 있는 것으로 분석됨

[특허 키워드 변화로 본 기술개발 동향 변화]

전체구간(1999년~2020년)



- 풍력발전장치, Wind Turbine, 회전가능, Primary Winding, Secondary Winding, Power Converter

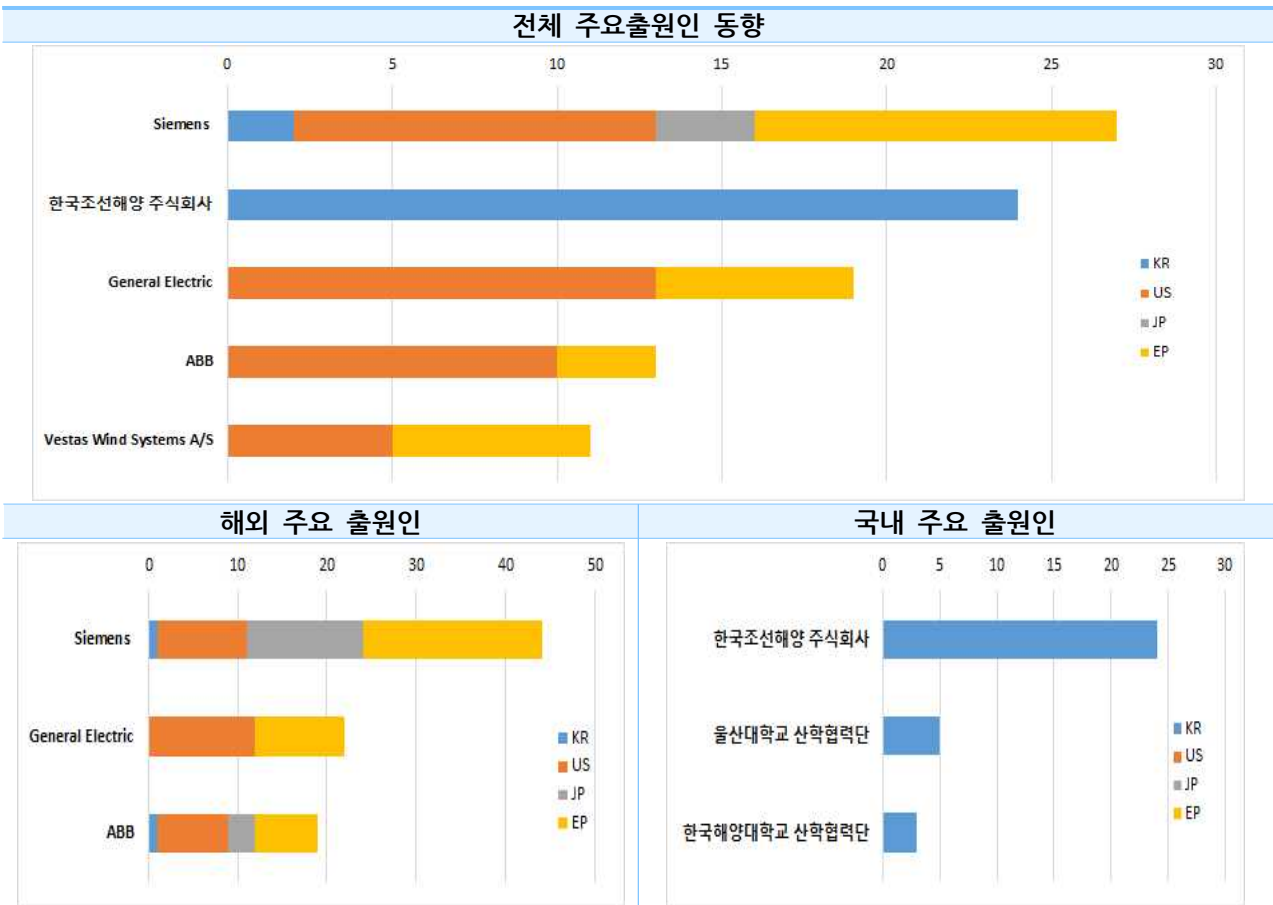
최근구간(2012년~2020년)

1구간(2012년~2015년)	2구간(2016년~2020년)
<ul style="list-style-type: none"> • 풍력 발전 장치, 풍력발전기, Wind Turbine, 회전가능, Primary Winding, 	<ul style="list-style-type: none"> • Wind Turbine, Secondary Winding, Power Converter, Primary Winding, Dc Converter, 회전 가능

나. 주요 출원인 분석

- 해상풍력발전시스템 및 핵심부품에 대한 전체 주요출원인을 살펴보면, 주로 유럽 국적의 출원인이 다수 포함되어 있는 것으로 나타났으며, 제1출원인으로는 유럽(독일)의 Siemens로 나타남
 - 주요출원인은 일부는 유럽 및 미국 시장을 대상으로 특허 출원에 집중하고 있는 것으로 나타났으며, Siemens, GE, ABB, Vestas Wind Systems A/S의 기업은 주요국에 진입하고 있는 것으로 나타남
 - 한국의 한국조선해양 주식회사의 경우, 내수 시장 위주의 출원이 주를 이루고 있음
- 해상풍력 구조물 및 부품개발 관련 기술로 전통적인 풍력 분야와 전력 분야의 기업에 의한 출원이 대다수를 차지
 - 유럽의 Vestas Wind Systems A/S, Wobben Aloys와 일본 Mitsubishi Heavy, Siemens도 주요 출원인으로 도출
 - 국내에서는 주로 대학 및 중소기업 위주의 특허 출원이 주를 이루고 있음

[해상풍력 구조물 및 부품개발 주요출원인]

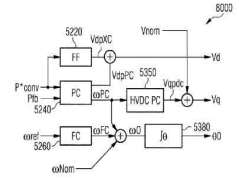
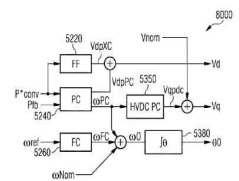
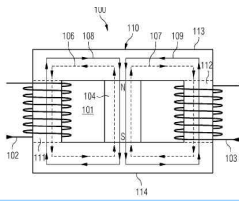
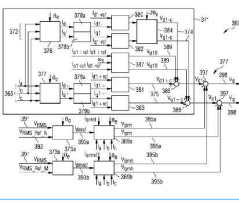
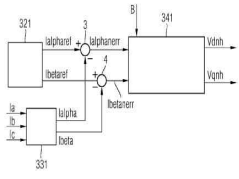


(1) 해외 주요출원인 주요 특허 분석

◎ Siemens

- Siemens는 컨트롤러에 의해 고전압 직류 전력 접속과 엄빌리컬 교류 케이블의 쌍방을 통해 전력 계통에 접속되어 있는 풍력 터빈의 운전 방법 등과 관련된 특허들 다수 출원. 그 중 등록된 특허는 27건
 - 주요 특허들은 계통 브리지 컨트롤러, 풍력 터빈 및 발전 및 송전 시스템 제어 에 대한 기술 특허를 다수 출원하는 것으로 파악

[Siemens 주요특허 리스트]

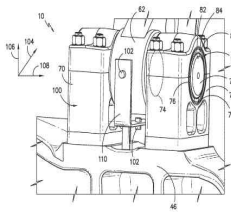
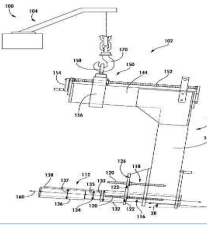
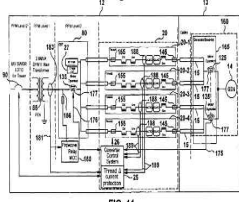
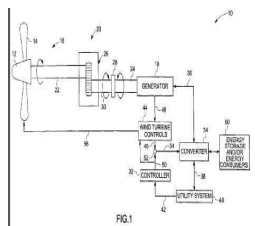
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
JP 6312165 (2016.07.07)	전력 및 전압의 제어를 실시하는 계통측 브리지 컨트롤러에 의한 고전압 직류 전력 접속만을 통해 전력 계통에 접속되어 있는 풍력 터빈의 운전	풍력 터빈의 운전을 제어하는 제어 방법	
JP 6312166 (2016.07.07)	풍력 터빈, 당해 풍력 터빈을 제어하는 방법, 당해 풍력 터빈을 구비한 발전 및 송전 시스템, 당해 풍력 터빈의 운전을 제어하는 컴퓨터 프로그램, 당해 풍력 터빈의 전력 변환기의 계통측 브리지의 동작을 제어하기 위한 계통측 브리지 컨트롤러	계통 브리지 컨트롤러, 풍력 터빈 및 발전 및 송전 시스템 제어 방법	
US 9899829 (2015.02.04)	Passive fault current limiter for wind power applications	제너레이터를 위한 사고 전류를 제한하기 위한 디바이스를 제조하기 위한 방법	
EP 3264593 (2016.06.30)	CONTROL ARRANGEMENT FOR A GENERATOR	고정자의 고정자 전류와 고정자 고조파전압을 제어하기 위한 제어 배치에 관한 것이고의 전기적인 기계, 추가적으로 제어 배치를 포함하는 발전기 시스템	
EP 2869458 (2013.10.30)	Current controller of a wind turbine	발전기측 변환기 제어기의 부품인 전류 제어하는 방법	

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

◎ General Electric

- General Electric은 풍력 터빈 발전기에 더 높은 전력 출력제공 할 때 풍력터빈 발전기의 출력을 안정화하는 방법 등과 관련된 특허들 다수 출원. 그 중 등록된 특허는 11건
 - 주요 특허들은 풍력변환기, 컨버터 보호 기술, 터빈 제어 기술에 대한 기술 특허를 다수 출원하는 것으로 파악

[General Electric 주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
US 9683553 (2013.09.06)	System and method for monitoring wind turbine loading	풍저항의 모니터링 로딩을 위한 시스템과 방법	
US 9404559 (2012.09.10)	Fixture, maintenance assembly, and method for maintaining wind turbine gearbox	안전하고 효율적이고 기어박스의 방향을 위한 계정이 유리했을 것이는 기어박스로부터 기어를 제거하고 대체시키기 위한 방법과 장치	
EP 2141788 (2009.06.19)	Optimizing converter protection for wind turbine generators	부하에 출력을 제공하는 풍력 터빈 전력 시스템을위한 통합 고장 및 인력 보호를위한 시스템 및 방법	
EP 1790850 (2006.11.28)	System for utility and wind turbine control	유틸리티를위한 발전에 사용되는 풍력 터빈 발전기 의 과도 상태 동안 전력을 안정화 시키는 방법	

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

◎ ABB

- ABB은 DC 출력 풍력 터빈에서 전력을 소산하기위한 장치, 시스템, 장치, 하드웨어, 방법 및 조합 등과 관련된 특허들 다수 출원. 그 중 등록된 특허는 11건
 - 주요 특허들은 전원변환 장치 제어, 전력변환 장치 제어 시스템 기술에 대한 기술 특허를 다수 출원하는 것으로 파악

[CARDIAC PACEMAKERS 주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
US 10063161 (2016.10.18)	Active neutral point clamped converter control system and method	전원 변환 장치 제어 시스템	
US 9945359 (2015.08.13)	DC output wind turbine with power dissipation	DC 출력 풍력 발전기를 갖는 풍력 발전소에서의 전력 제어 시스템	
EP 3376513 (2017.03.13)	AN ARRANGEMENT OF LCL FILTER STRUCTURE	인버터 또는 네트워크 컨버터의 출력에 연결되는 필터 구조 및 초크의 배열 기술	

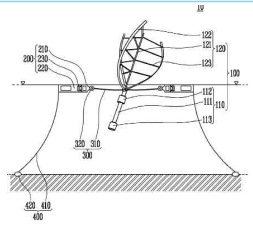
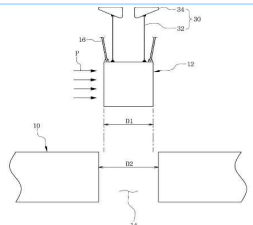
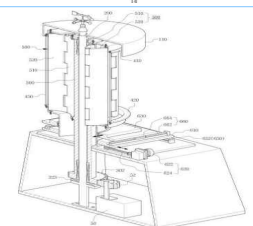
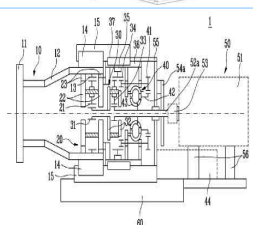
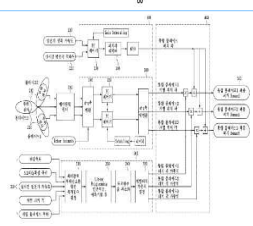
* 등록특허 기준, 피인용문헌수 및 패밀리 국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

(2) 국내 주요출원인 주요 특허 분석

◎ 한국조선해양 주식회사

- 한국조선해양 주식회사는 부유식 풍력발전 시스템 및 발전효율을 극대화하는 풍력터빈 기술 등에 관한 특허를 다수 출원
 - 한국조선해양 주식회사는 해상풍력 구조물 및 부품개발 기술에 있어서, 5건의 특허가 출원되어 있음

[한국조선해양 주식회사 주요특허 리스트]

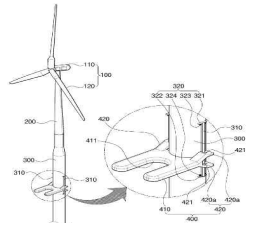
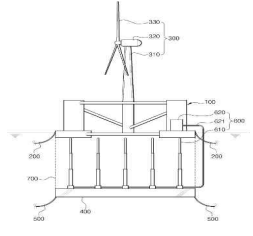
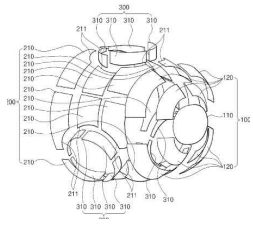
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR 10-2067906 (2018.08.28)	부유식 풍력발전 시스템	베어링 및 기어 등의 기계요소가 필요 없도록 하여 제작이 간편하면서도 초대형화(예를 들어, 30~50MW이상 제작 가능) 할 수 있도록 하는 부유식 풍력발전 시스템	
KR 10-2098403 (2014.07.24)	부유식 해양 구조물용 터렛의 동적 거동 저감 장치	터렛이 문풀의 내면에 부딪히는 충돌도 완화시켜 문풀과 터렛이 파손되는 것을 방지할 수 있도록 한 부유식 해양 구조물용 터렛의 동적 거동 저감 장치	
KR 10-1633136 (2011.05.26)	가변익 수직축 풍력 터빈	풍향 및 풍속에 대응하여 날개의 형태와 면적을 변화시킬 수 있어 발전효율을 극대화할 수 있는 가변익 수직축 풍력 터빈	
KR 10-1383425 (2013.01.30)	풍력 발전용 가변속 동력 전달 장치	전기적인 전압 변환을 수행하지 않으므로써 전압 컨버터를 생략하고, 기구적으로 RPM을 일정하게 유지할 수 있도록 하여 구성을 단순화하고 제조 단가를 낮출 수 있는 풍력 발전용 가변속 동력 전달 장치	
KR 10-1375768 (2009.09.01)	풍력발전기의 개별 블레이드 피치 제어 방법 및 제어 시스템	풍력발전기의 개별 블레이드 각도를 조절하여 풍력발전기의 기계적 부하 감소 및 일정한 최대 출력 발전을 가능하게 하는 풍력발전기의 개별 블레이드 피치 제어 방법 및 제어 시스템	

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

◎ 울산대학교 산학협력단

- 울산대학교 산학협력단은 해상풍력 구조물 및 부품개발 기술에 있어서, 평형상태로 부유되게 하면서 풍력에 의한 발전이 안정적으로 이루어질 수 있는 부유식 풍력발전 기술 및 블레이드 결합 제조방법 기술과 관련된 특허를 보유

[울산대학교 산학협력단 주요특허 리스트]

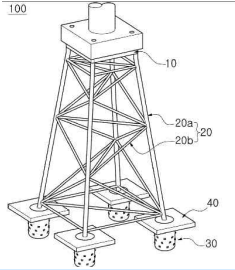
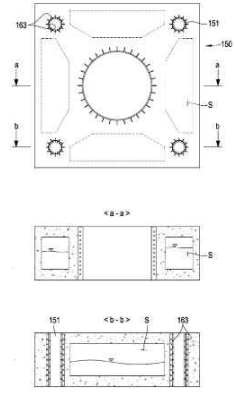
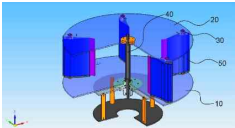
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR 10-2086155 (2018.11.29)	해상 풍력발전장치	해상 환경이나 조수 간만의 차이에 상관없이 유지보수를 위한 선박의 접근을 안정적으로 이루어질 수 있게 하는 해상 풍력발전장치	
KR 10-1927602 (2017.01.03)	부유식 해상풍력발전장치	소형풍력발전 전력변환 및 안정화 기술	
KR 10-1625793 (2015.03.26)	풍력발전기용 블레이드 결합부 제조방법	풍력발전기의 로터축과 블레이드 사이를 연결하는 허브 또는 스피너와 같은 결합부를 제조하는 방법	

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

◎ 한국해양대학교 산학협력단

- 한국해양대학교 산학협력단은 해상풍력발전기 구조물, 해저 지반에 풍력발전설비를 설치할 수 있는 자켓지지구조물 기술과 관련된 특허를 보유

[한국해양대학교 산학협력단 주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR 10-1777199 (2016.03.09)	해양구조물 고정용 석션파일	해저 지반에 관입시 지지력이 향상되는 해양구조물 고정용 석션파일	
KR 10-1696265 (2015.02.25)	TLD 적용에 의한 제진성능이 향상된 해상풍력 자켓지지구조물 및 그 시공방법	신속한 시공이 가능하며, 제진성능이 우수하도록 제작된 TLD 적용에 의한 제진성능이 향상된 해상풍력 자켓지지구조물 및 그 시공방법	
KR 10-1552167 (2014.01.14)	회전날개를 구비하는 수직축 풍력발전장치	바람의 방향에 따라 회전날개가 스태퍼의 설정범위 내에서 자유롭게 회전하여 대응각을 형성할 수 있도록 하여 회전날개의 양력과 항력을 모두 회전동력에 활용할 수 있어 발전효율을 향상 방법	

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

다. 기술진입장벽 분석

(1) 기술 집중력 분석

- 해상풍력 구조물 및 부품개발 관련 기술에 대한 시장관점의 기술독점 현황분석을 위해 집중률 지수(CRn: Concentration Ratio n, 상위 n개사 특허점유율의 합) 분석 진행
 - 상위 4개 기업의 시장점유율이 0.07로 소형풍력시스템 분야에 있어서 아직까지 독과점 정도는 낮은 수준으로 판단
 - 국내 시장에서 중소기업의 점유율 분석결과 0.57으로 중소기업의 국내시장에 대한 중소기업의 시장진입이 높은 것으로 판단됨

[주요출원인의 집중력 및 국내시장 중소기업 집중력 분석]

주요 출원인 집중력	주요출원인 출원인	출원건수	특허점유율	CRn	n
	Siemens(독일)	27	2.3	0.02	1
	한국조선해양 주식회사(한국)	24	2.0	0.04	2
	General Electric(미국)	19	1.6	0.06	3
	ABB(유럽)	13	1.1	0.07	4
	Vestas Wind Systems A/S(덴마크)	11	0.9	0.08	5
	Ocean Power Technologies(미국)	11	0.9	0.09	6
	JTEKT(일본)	11	0.9	0.10	7
	ROHRER TECHNOLOGIES(미국)	10	0.9	0.11	8
	STMICROELECTRONICS(스위스)	9	0.8	0.12	9
	AISIN AW(일본)	9	0.8	0.12	10
	전체	1,172	100%	CR4=0.07	
	국내시장 중소기업 집중력	출원인 구분	출원건수	특허점유율	CRn
중소기업(개인)		143	56.7	0.57	
대기업		14	5.6		
연구기관/대학		35	13.9		
전체		121	100%	CR중소기업=0.57	

(2) 특허소송 현황 분석

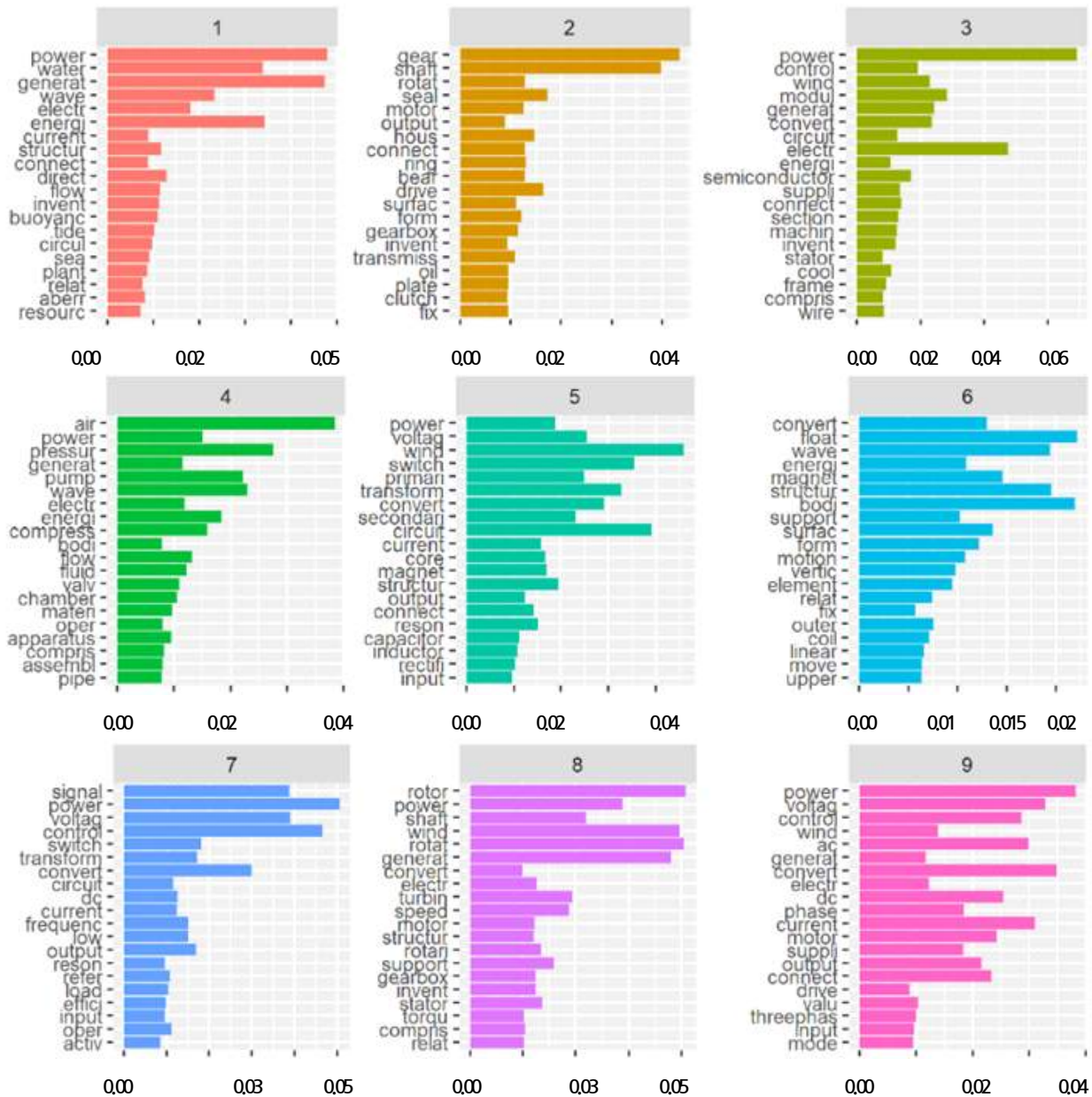
- 해상풍력 구조물 및 부품개발 관련 특허소송을 이력은 없는 것으로 조사됨

5. 요소기술 도출

가. 특허 기반 토픽 도출

- 관련 특허에 대해서 1,172개의 특허에 대해서 빈출단어 654개 단어의 구성 성분이 유사한 것끼리 그룹핑을 시도하여 토픽을 도출
- 유사한 토픽을 묶어 클러스터 9개로 구성

[해상풍력발전시스템 및 핵심부품에 대한 클러스터링 결과]



나. LDA⁴¹⁾ 클러스터링 기반 요소기술 도출

[LDA 클러스터링 기반 요소기술 키워드 도출]

No.	상위 5개 키워드	대표적 관련 특허	요소기술 후보
클러스터 01	power generate energize water buoyancy	<ul style="list-style-type: none"> • COMPLEX GENERATION SYSTEM BY ORBITAL-CIRCULATION LIMITLESS POWER USE TO HYDRO AND GRAVITY • MULTIFUNCTIONAL WIND/WATER TURBINE AND ASSEMBLY THEREOF FOR MULTIPLE APPLICATIONS AND USES • High-efficiency wind power generators used as hydrokinetic energy converters on bridge and other structures 	풍력 에너지-파력 에너지-조력 에너지 통합 발전 시스템
클러스터 02	gear shaft seal drive rotation	<ul style="list-style-type: none"> • Device for supporting carrier in yaw drive for wind power generation • The reduction gear of the crawler travelling unit where the main bearing fixation is easy • Fixture, maintenance assembly, and method for maintaining wind turbine gearbox 	풍력터빈 기어 박스 유지 장치
클러스터 03	power electricity module generate convert	<ul style="list-style-type: none"> • Method for controlling electric power system • Power supply system with multiple generator synchronizing power properties • Passive fault current limiter for wind power applications 	풍력 발전기의 이상 전류 차단 방법 및 시스템
클러스터 04	air pressure switch pump energize	<ul style="list-style-type: none"> • Offshore wind turbine • Ocean powered rankine cycle turbine • compressed air creation device that uses of wave energy 	타워 구조체를 통한 전기를 변환 고효율 풍력 발전 시스템
클러스터 05	wind switch transform convert secondaries	<ul style="list-style-type: none"> • Soft switching converter using current shaping • Voltage converter with coupled inductive windings, and associated methods • DC output wind turbine with power dissipation 	풍력에너지의 출력제어 방법 및 장치

41) Latent Dirichlet Allocation

클러스터 06	floater magnet structure convert vertical	<ul style="list-style-type: none"> • WAVE/TIDAL&WIND ENERGY CONVERTERS • WIND POWER GENERATION SYSTEM, ARRANGEMENT STRUCTURE OF PERMANENT MAGNETS, AND ELECTRICITY/FORCE CONVERSION SYSTEM • Wind harnessing system 	멀티 터빈용 부유식 구조물 및 플랫폼
클러스터 07	power control voltage convert transform	<ul style="list-style-type: none"> • OPERATING A WIND TURBINE BEING CONNECTED TO A UTILITY GRID BOTH VIA A HVDC POWER CONNECTION AND VIA AN UMBILICAL AC CABLE WITH A NETWORK BRIDGE CONTROLLER PERFORMING A POWER AND A VOLTAGE CONTROL • OPERATING A WIND TURBINE CONNECTED TO A UTILITY GRID VIA AN UMBILICAL AC CABLE THROUGH A NETWORK BRIDGE CONTROLLER WITH POWER AND VOLTAGE CONTROL • WIND TURBINE CONNECTED TO A UTILITY GRID VIA A HVDC POWER CONNECTION THROUGH A NETWORK BRIDGE CONTROLLER WITH POWER AND VOLTAGE CONTROL 	계통 안정성 확보를 위해 전력보상설비와 풍력발전기 운전상태 고려한 풍력터빈 및 통합제어 제어시스템
클러스터 08	rotor rotate wind generate power	<ul style="list-style-type: none"> • A new wind turbine generator using new self-generation electric material for high power efficiency • Wind turbine power transmission system • Generator, nacelle, and mounting method of a nacelle of a wind energy converter 	다기능 고효율 회전기를 가지는 풍력발전기
클러스터 09	power convert voltage current motor	<ul style="list-style-type: none"> • Wind power generator and method for controlling a compensation of unbalance voltage in linking point of system • Power factor collection method for wind power generator using current control • Current control method for wind power generator 	풍력 시스템의 상호 접속점 불균형 전압 보상 방법

다. 특허 분류체계 기반 요소기술 도출

- 해상풍력 구조물 및 부품개발 관련 특허의 주요 IPC 코드를 기반으로 유지보수시스템 및 날개 각도제어 시스템 요소기술 키워드를 도출함

[IPC 분류체계에 기반 한 요소기술 도출]

IPC 기술트리		
(서브클래스) 내용	(메인그룹) 내용	요소기술 후보
(H02P) 전동기, 발전기, 회전변환기의 제어 또는 조정; 변압기 또는 리액터(Reactors) 또는 초크코일(Choke coil)의 제어	(H02P-009/00) 목표 출력을 얻기 위한 발전기 제어장치[1,8]	멀티형 풍력 발전기
(H02M) 교류-교류, 교류-직류 또는 직류-직류변환장치 및 주요한 또는 유사한 전력공급장치와 함께 사용하기 위한 장치; 직류 또는 교류입력의 서지 출력변환; 그것을 제어 또는 조정(전기 또는 자기변량을 조정하기 위한 시스템일반, 예. 변압기, 리액터 또는 초크 코일을 사용하기 위한 것, 정지 변환기를 가진 이와 같은 시스템을 결합	(H02P-007/00) 직류전동기의 속도 또는 토크 조정, 제어장치 [1,2,2006.01,2016.01]	- 풍력발전 시스템 및 그 운용 방법
	(H02P-003/00) 전동기, 발전기 또는 회전 변환기의 정지 또는 감속장치(전자 정류자를 가지는 동기 전동기의 정지 H02P-006/24; 스텝 기동하는 전동기의 정지 H02P-008/24; 벡터 제어 H02P-021/00) [2,4,8]	
(F03B) 액체용 기계 또는 기관(액체 및 압축성 유체용기계 또는 기관 F01; 액체용 용적형기관 F03C; 액체용 용적형기계 F04)	(F03B-013/00) 특수용도를 위한 기계 또는 기관의 적용; 구동하거나 또는 구동되는 장치와 기계 또는 기관의 조합(만약 장치의 특징이 크면, 그와 같은 장치에 해당하는 곳을 참조, 예, H02K-007/18); 발전소 또는 동력집합체(수공 E02B; 용적형기계 또는 기관에만 결합한 것 F03C)	하부 구조물이 해저면에 고정되지 않고 해상에 떠 있는 형태의 부유식 해상풍력발전 장치
(F03D) 풍력원동기	(F03D-009/00) 풍력 원동기의 특수 용도로의 적용; 풍력 원동기와 그것에 의해 구동되는 장치와 조합; 특정 위치에 설치하기 위해 특별히 적용되는 풍력 원동기 (전력 발생을 위한 하이브리드 풍력-태양 에너지 시스템 H02S-010/12) [1,2006.01,2016.01]	-

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

[해상풍력 구조물 및 부품개발 분야 요소기술 도출]

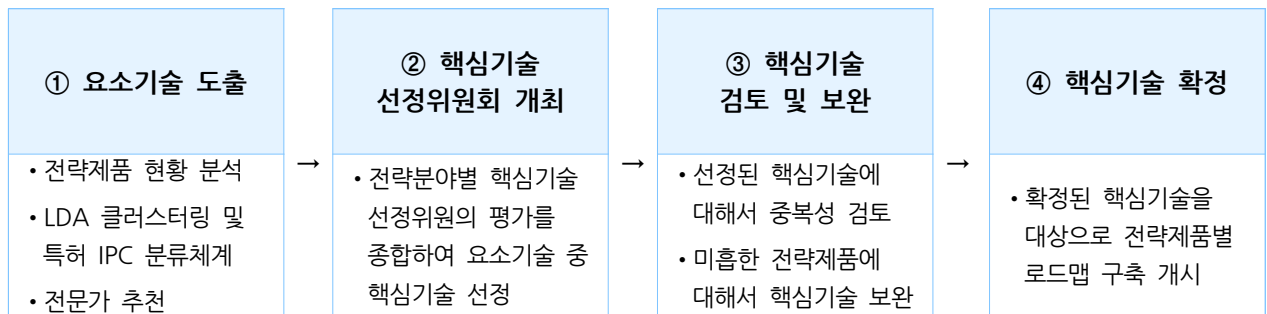
분류	요소기술	출처
부품	국내 해양환경에 적합한 친환경 해상풍력발전용 하부지지구조물 개발	특허 클러스터링, 전문가추천
	소형 멀티 하이브리드 부유식 해상풍력발전기 개발	특허 클러스터링, 전문가추천
	해상풍력발전기 운송·설치기술 및 장비개발	특허 클러스터링, 전문가추천, IPC 기술체계
	정착물을 제거할 수 있게 붙일 수 있는 부착메커니즘을 포함하는 풍력터빈 기어박스 유지장치	특허 클러스터링
시스템	해상풍력 하중저감형 로터블레이드 통합제어기술 개발	특허 클러스터링, 전문가추천
	다목적 소형 부유식 해상풍력시스템 개발	특허 클러스터링, 전문가추천, IPC 기술체계
	해상풍력-수소 연계 발전 및 변환시스템 개발	특허 클러스터링, 전문가추천
	풍력 에너지-파력 에너지-조력 에너지 통합 발전 시스템	특허 클러스터링, IPC 기술체계
	풍력 터빈 발전기의 이상 전류 차단 방법 및 시스템	특허 클러스터링, IPC 기술체계
	타워 구조체, 타워 탑에 지지된 로터의 회전에 의해 전기를 생산하는 발전기, 발전기에서 전기를 변환하는 고효율 풍력 발전 시스템	특허 클러스터링
운영방법	해상풍력 성능평가 및 인증기술 개발	특허 클러스터링, 전문가추천
	전력 및 전압의 제어를 실시간으로 하는 계통 측 브리지컨트롤러에 의한 풍력 터빈 작동제어 및 운영방법	특허 클러스터링, 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

[해상풍력 구조물 및 부품개발 분야 핵심기술]

분류	핵심기술	개요
부품	국내 해양환경에 적합한 친환경 해상풍력발전용 하부지구조물 개발	• 해양환경에 미치는 영향을 최소화하는 국내해역에 적합한 고정식 해상풍력발전시스템의 하부지구조물에 관한 기술 개발
	소형 멀티 하이브리드 부유식 해상풍력발전기 개발	• 다수의 소형풍력발전기를 해상부유체위에 설치하여 하나의 통합된 부유구조물로 설치·운영에 관한 기술 개발
	해상풍력발전기 운송·설치기술 및 장비개발	• 육상으로부터 해상풍력발전기 설치위치까지 운송 및 설치를 위한 장비에 관한 기술 개발
시스템	해상풍력 하중저감형 로터블레이드 통합제어기술 개발	• 해상풍력발전기 로터블레이드의 피치, 요 등 제어를 통한 하중저감을 위한 통합제어에 관한 기술 개발
	다목적 소형 부유식 해상풍력시스템 개발	• 관광, 레저, 수산양식 등 다목적 복합이용 목적의 소형 부유식 해상풍력시스템에 관한 기술 개발
	해상풍력-수소 연계 발전 및 변환시스템 개발	• 해상풍력발전기로부터 얻은 전기를 분해하여 수소로 변환하고 에너지로 이용할 수 있도록 복합시스템에 관한 기술 개발
	전력 및 전압의 제어를 실시 시간으로하는 계통측 브리지 컨트롤러에 의한 풍력 터빈 작동 제어 및 운영 방법	• 해상풍력발전단지 안정운영을 위한 계통연계 및 해석기술에 관한 기술로, 대규모 풍력발전단지 연계 시 예상되는 불확실성 제거로 광역정전 예방할 수 있는 기술개발

다. 중소기업 기술개발 전략

- 부유식 기초에 적합한 시스템 배치를 통한 경량화와 최적설계 및 구성품 기술 개발
- 부유식 하부구조물 및 부유식용 파일럿 실증 후 5~10MW급의 대용량에 대한 기술 개발
- 손상감지 및 구조건전성 모니터링 기술을 활용한 지능형 블레이드 기술에 대한 고기능성 블레이드 기술 개발

라. 기술개발 로드맵

(1) 중기 기술개발 로드맵

[해상풍력 구조물 및 부품개발 기술개발 로드맵]

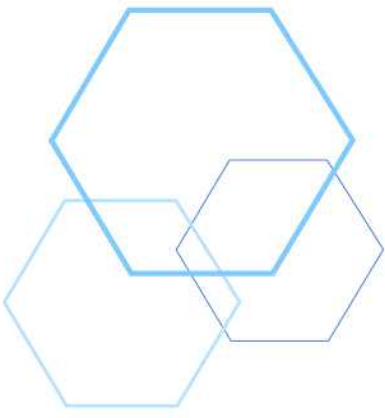
해상풍력발전시스템 및 핵심부품개발	친환경 해상풍력 발전기 시스템 및 해상 부유식 지지구조 개발			
	2021년	2022년	2023년	최종 목표
국내 해양환경에 적합한 친환경 해상풍력 발전용 하부지지구조물 개발				친환경 해상풍력발전기 최적 하부지지 구조물 도출
소형 멀티 하이브리드 부유식 해상풍력발전기 개발				다수 해상부유식 소형풍력발전시스템 구현
해상 풍력발전기 운송·설치기술 및 장비개발				해상풍력발전기 운송설치장비 장비 제시
해상풍력 하중저감형 로터블레이드 통합제어기술 개발				하중저감용 통합제어기술 구현
다목적 소형 부유식 해상풍력시스템 개발				복합 소형부유식 해상풍력발전기 도출
해상풍력-수소 연계 발전 및 변환시스템 개발				해상풍력-수소 연계발전 변환시스템 도출
전력 및 전압의 제어를 실시 시간으로하는 계통측 브리지 컨트롤러에 의한 풍력 터빈 작동 제어 및 운영 방법				풍력 시스템 신뢰성 향상을 위한 최적 제어기 설계 및 운영비 최소화 기술 확보

(2) 기술개발 목표

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

[해상풍력 구조물 및 부품개발 분야 핵심요소기술 연구목표]

분류	핵심기술	기술요구사항	연차별 개발목표			최종목표	연계R&D 유형
			1차년도	2차년도	3차년도		
부품	국내 해양환경에 적합한 친환경 해상풍력발전용 하부지구조물 개발	친환경기술 지지구조설계 해양환경평가	국내해양환경 분석 및 해양환경하중 평가	친환경공법 및 하부지구조물 설계	환경영향 최소화, 지지구조 최적화	친환경 해상풍력발전기 최적 하부지구조물 도출	상용화
	소형 멀티 하이브리드 부유식 해상풍력발전기 개발	해상부유기술 전력통합운영	해상환경 평가 및 소형풍력발전기 설계	다수소형풍력 해상부유체 설계	하이브리드 시스템 최적화	다수 해상부유식 소형풍력발전시스템 구현	기술혁신
	해상풍력발전기 운송·설치기술 및 장비개발	해상장비기술 해상작업기술	해상환경 평가 및 운송설치 방식	운송경로 및 설치 장비기본 설계	운송경로 최적 설치 장비	해상 풍력발전기 운송설치장비 장비 제시	상용화
시스템	해상풍력 하중저감형 로터블레이드 통합제어기술 개발	하중평가 제어설계 블레이드설계	블레이드 하중평가, 제어항목	제어방식, 블레이드 연동	통합제어기 최적화	하중저감용 통합제어기술 구현	기술혁신
	다목적 소형 부유식 해상풍력시스템 개발	소형풍력발전 해상부유기술	복합이용, 해상상태 평가, 소형풍력터빈 제시	해상환경하중 평가, 부유체 설계	다목적용 복합이용 부유체 설계 제시	복합 소형부유식 해상풍력발전기 도출	창업성장
	해상풍력-수소 연계 발전 및 변환시스템 개발	해상운용 수소변환기술	해상풍력발전기 선정, 수소변환장치	변환기법, 저장방법, 시스템설계	변환시스템 최적화 및 설계 제시	해상풍력-수소 연계발전 변환시스템 도출	기술혁신
	전력 및 전압의 제어를 실시 시간으로하는 계통축브리지 컨트롤러에 의한 풍력 터빈 작동 제어 및 운영 방법	풍력시스템 터빈제어기 동작특성 및 알고리즘 검증기술	풍력터빈 제어 알고리즘을 설계	해상풍력발전 시스템의 계통영향 평가를 위한 풍력발전시뮬레이터 검증	출력제어시스템 시작품 제작 및 시험	풍력 시스템 신뢰성 향상을 위한 최적 제어기 설계 및 운영비 최소화 기술 확보	기술혁신



전략제품 현황분석

지열 에너지화 활용 냉난방 시스템



지열 에너지화 활용 냉난방 시스템

정의 및 범위

- 지하 심부에 부존하는 고온의 지열에너지 자원을 개발하여 전기를 생산하는 기술로, 지열에너지는 온도에 따라 지역난방, 온실, 양어, 냉난방 등 활용하는 시스템 (저온(10~30℃)의 지열에너지를 활용)
- 지열 냉난방 시스템은 회로형식에 따라, 개방형 지열시스템(천부지열, 지하수, 해수 및 지표수이용), 밀폐형 지열시스템(천부지열, 지하수 및 지표수 이용), 복합형 지열펌프시스템(천부지열, 지하수, 기존의 냉난방시설이용)으로 분류

전략 제품 관련 동향

시장 현황 및 전망	제품 산업 특징
<ul style="list-style-type: none"> • (세계) 세계 지열에너지는 2018년 172억 달러에서 연평균 10.0%씩 성장해 2024년 304억 달러를 기록할 전망 • (국내) 지열냉난방 시스템의 국내 시장규모는 2018년 기준 3,500억 원 규모로 추정되며 연평균 5.0%씩 성장해 2024년 4,690억 원 규모로 성장할 전망 	<ul style="list-style-type: none"> • 지열에너지는 에너지 절약과 환경 규제에 대응에 크게 기여할 수 있는 환경 친화적인 신재생에너지원 • 지열 발전분야는 안정적인 전력수급이 가능하며, 지역 냉난방, 열병합 발전 등 연계 융복합 시스템 개발 확대 요구 증가
정책 동향	기술 동향
<ul style="list-style-type: none"> • 국내 정부의 공공의무화 제도 시행과 보급 보조금제도의 시행. 지열원을 공동주택 난방과 온수로 이용하는 차세대 지역난방 공급시스템의 실증돌입 • 미국은 세계의 지열산업을 주도하며, 산학연이 연계하여 기초 및 응용연구를 활발히 진행 	<ul style="list-style-type: none"> • 비화산지대에서의 인공저류층 지열시스템 혹은 인공 저류층 생성 기술을 이용한 지열발전 기술의 규모 확대 • 지열원 열펌프를 이용한 냉난방 분야에서는 계간축열(seasonal storage)을 위한 지중열저장기술을 접목해서 스마트 열 그리드로 확장
핵심 플레이어	핵심기술
<ul style="list-style-type: none"> • (해외) Geothermal International, SWECO, Geowarmth Heat Pumps, Calpine TOSHIBA, Ansaldo-Tosi • (대기업) 코오롱글로벌, 현대엔지니어링 • (중소기업) 지엔원에너지, 대성히트에너지스, 지오테크, 제이앤이지, 지지케이 	<ul style="list-style-type: none"> • 고효율 대용량 지열원 이용 냉난방 시스템 • 지열원 중심의 신재생에너지 하이브리드 열원 최적 통합 운영시스템 • 지중열교환기 시공비 절감을 위한 부품·소재 기술 및 시공 장비 개발 • 고효율/컴팩트 지중열교환기 설계 및 제작 • 지열 에너지화 활용 냉난방 시스템 최적 제어 및 유지관리 기술

중소기업 기술개발 전략

- 국내외 지열 열펌프 및 발전 업체와의 협력체계를 구축하여 신시장 창출 전략 마련
- 지열 냉난방 시스템의 초기 투자비를 절감하기 위해서 구조물 및 사용자 특성 등에 의한 냉난방 부하 산정 요구
- 지열원 냉난방 시스템의 고성능 대용량화 및 하이브리드 열원 최적 통합화 전략 추진

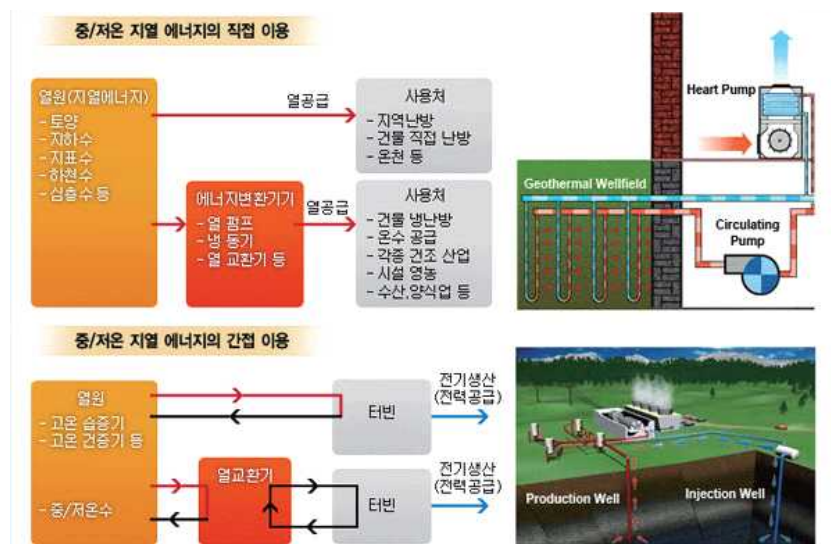
1. 개요

가. 정의 및 필요성

(1) 정의

- 지열에너지는 지하를 구성하고 있는 토양, 암반 및 지하수가 가지고 있는 열에너지자원으로, 열에너지는 대기와의 온도차이만 있으면 에너지원으로 사용할 수 있음. 지열발전은 지하의 고온층에서 증기나 열수의 형태로 열을 받아들여 발전하는 방식임. 지하로 갈수록 온도가 높아지는 특성으로 고온 지열 외에도 대기와의 온도차에 또한 에너지원으로 사용될 수도 있음
- 지열에너지는 자원의 특성에 따라 심부지열에너지와 천부지열에너지로 구분되며, 이용방법에 따라 직접이용기술과 간접이용기술로 분류됨
 - 심부지열에너지는 지하 500m~수km 깊이에 부존하는 고온의 열에너지를, 천부지열에너지는 지하 300m 깊이 이내에 부존하는 저온의 열에너지를 지칭함
 - 직접이용기술은 열을 추출하여 사용자에게 직접 공급하거나 열펌프와 같은 에너지 변환기기를 통해 냉·난방에 활용할 수 있으며, 지하의 토양, 암반, 지하수 등이 가진 열에너지 또는 연중 일정한 지중온도와 지표의 온도차를 이용함

[지열에너지 활용방식]



* 출처 : 에너지설비관리, 지열 히트펌프 시스템, 저온의 열에너지로도 충분해 (2018.05)

- 지열냉난방 시스템(Geothermal Heat Pump System, GHP)은 지열온도를 지하로 150m가량 매립한 파이프와 히트펌프를 이용해 건물내부로 유입시켜 냉난방 시스템에 활용하는 시스템임
 - 신재생에너지 시스템 중 지열 냉난방 시스템은 천공 깊이가 150~200m 수준으로 파이프에 물을 주입해 파이프 내부에서 순환시켜 국내 지형에 적용되며 도심 지역에서의 활용에 제약을 받지 않음. 날씨 변화에 상관없이 지열 냉난방 시스템을 가동시킬 수 있어 신재생에너지 시스템 중 가장 효과적인 방법 중 하나로써, 투자비 회수 기간이 짧음

[신재생에너지에서 지열에너지화 활용 냉난방시스템]



* 출처 : 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」에 정의된 신재생에너지 분류를 기반으로 재작성

(2) 필요성

- 지열 냉난방 시스템은 지열히트펌프의 친환경성, 경제성, 효율성, 편리성 등으로 국내 보급률이 증가하고 있는 추세임. 외부의 변화에 영향을 받지 않고 건물의 냉난방에 적용 시 효율이 높은 에너지 절약 시스템으로 활용 가능함
- 유가급변에 대한 우려, 지구 온난화로 인한 탄소배출 규제 및 화석연료의 사용제한으로 신재생에너지를 대체에너지로써 개발하고 활성화 할 필요가 있음. 지열 냉난방 시스템은 심부지열원 없이 저엔탈피 지열(10~20℃)로도 에너지로 활용될 수 있음
 - 신재생에너지 분야에서 지열 냉난방 시스템은 환경에 악영향을 주지 않고, 현존하는 기술로도 충분히 이용 가능함
- 지중에 열교환기를 설치하고 히트펌프를 이용해 지열을 흡수하는 구조를 가지고 있어 심부지열원 없이 저온의 열만으로 에너지를 활용할 수 있음. 낮은 온도의 열원에서 높은 온도의 열원으로 열을 펌핑하여, 고온의 열에너지를 필요하지 않음
- 지열을 냉방에 사용할 경우 에너지 절감 효과가 난방에 적용할 경우 77%로 상당히 높은 수준임. 열냉난방 시스템을 도입한 후 예상되는 투자비 회수 기간은 단독 주택 7년, 빌딩 5년, 호텔 및 병원 2년으로 보고 있음

나. 범위 및 분류

(1) 가치사슬

- 지열 냉난방 시스템은 크게 시스템 설계 및 시공, 지중열교환기 관련 기술, 열펌프 유닛, 시스템 최적화 및 제어기술, 표준화 및 인증, 경제성 평가 및 유지관리 기술 등으로 분류될 수 있음
 - 시스템 설계 및 시공에 있어서 지열 냉난방 시스템은 기계기술과 건설기술이 융합된 분야임. 지중열교환기 관련 기술은 국산화와 저비용 시공을 위한 기술개발 투자를 통해, 시스템의 성능을 높이고 초기 투자비를 낮추는 방향으로 연구개발이 진행되어야 함
 - 표준화 및 인증, 경제성 평가 및 유지관리 기술개발에 있어서, 용량의 시스템에 대한 성능 실증과 효율 향상기술 개발, 설계/시공기준구축, 시스템 표준화, 경제성 평가 등 기반 인프라 구축 등에 대한 기술개발 병행이 요구됨

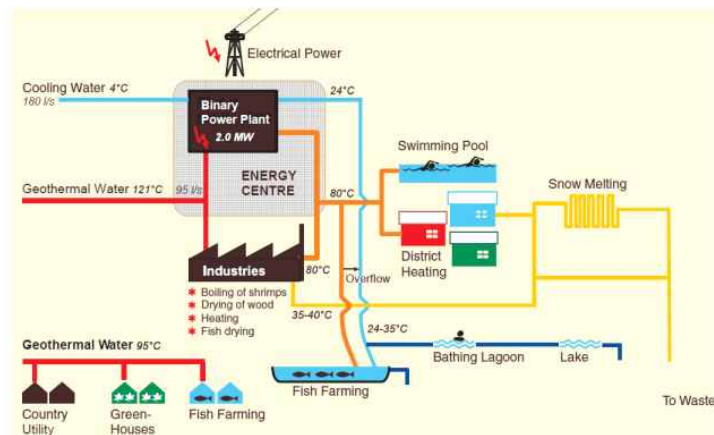
[지열 에너지화 활용 냉난방 시스템 분야 산업구조 분야 산업구조]

후방산업	지열에너지화 활용 냉난방 시스템	전방산업
심부지열 탐사, 시추, 도로 응설, 터널 폐열원 회수 등	지열히트펌프, 압축기, 열교환기, 시스템 제어기	제로에너지주택, 패시브 하우스, 농축산 분야 등

(2) 용도별 분류

- 온도에 따라 지열에너지는 발전, 지역난방, 온실, 양어, 냉난방 등으로 다양하게 활용될 수 있고, 지열에너지의 활용 심도에 따라 심부지열과 천부지중열로 분류하기도 함
 - 심부 지열은 통상 지하 300 m 깊이 이상의 지열수 또는 높은 암반의 열을 활용하며, 천부 지중열은 통상 지하 300 m 깊이 이내의 연중 일정한 지하 온도와 대기의 온도차를 활용함

[지열에너지 다중이용을 이상화한 개략도]

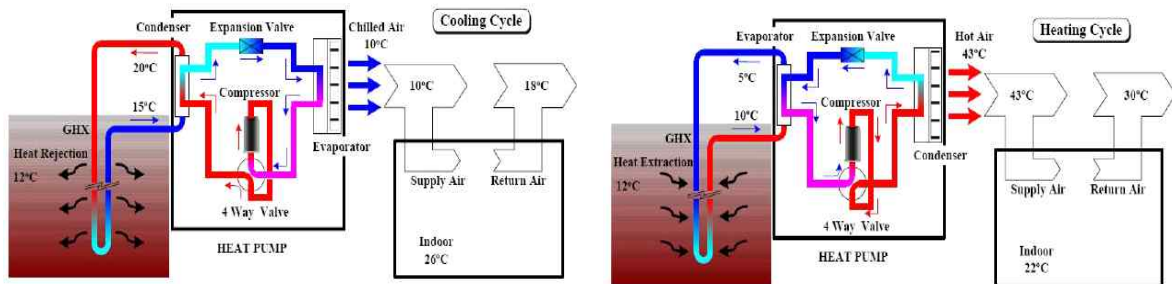


* 출처 : 서울에너지공사 에너지연구소(2018.10)

- 지열에너지 기술은 최종 생산물의 관점에서 직접이용(Direct use)기술과 간접이용(Indirect use) 기술로 구분할 수 있음. 지열 직접이용은 지열을 이용한 냉난방으로서 열을 사용자에게 직접 공급하거나, 지열 열펌프를 이용한 냉난방 기술임. 간접이용은 지열발전을 통해서 전기를 생산하는 기술임
- 지열직접이용 기술은 저온 지열수 활용기술, 지열원 열펌프기술, 지열원 열펌프를 이용한 냉난방 시스템 등으로 구분됨. 직접이용 기술 중 열펌프 활용기술은 가장 큰 부분을 활용하는 기술이며, 천부지중의 저온(10~30°C)의 지열에너지를 효율적으로 활용하는 기술임
 - 직접이용 방식은 지열원을 통해 열에너지를 직접 생산하는 방식이며, 땅에서 중온수(30~150°C)를 추출하여 사용자에게 직접적으로 공급하는 방식으로 이뤄짐. 직접이용 기술에서 지열원 열펌프(geothermal heat pump 또는 ground source heat pump; GHP 또는 GSHP)를 별도로 분류하기도 함. 지열수의 열에너지를 발전기를 거친 지열수를 난방, 온실산업에 이용하여 활용하는 방식이 추진되고 있음
 - 저온 지열수 활용: 지열수를 지하로부터 끌어올려 지역난방, 온실난방, 양어·양식 및 온천 등에 활용하는 기술로, 지하에 충분한 양의 지열수가 부존하여야만 활용 가능함
 - 지열원 열펌프기술: 지열원 열펌프(Ground-Source Heat Pump, GSHP)는 연중 일정한 지하온도와 대기와의 온도차를 열원으로 이용하며, 지질조건에 관계없이 적용 가능함으로써 유비쿼터스 지열자원 활용이 가능한 기술임
 - 지열원 열펌프를 이용한 냉난방 시스템: 냉매와 천부지하와의 열교환 방식에 따라 분류할 수 있음. 시추공을 이용한 수직밀폐형, 지하 약 2~3m 깊이에 열교환 파이프를 매설하는 수평형, 지하수를 끌어올려 열교환 하는 개방형으로 구분됨
- 지열발전은 간접이용 방식은 열원에서 전기를 생산하는 방식으로 땅에서 추출한 고온수나 증기(120~350°C)의 열에너지를 이용해 터빈을 구동하여 전기를 발전하는 방식임. 고온 열수자원의 부존 방식에 따라 건증기(dry steam), 플래쉬(flash), 바이너리(binary) 발전 방식으로 분류될 수 있음
- 일반적 지열시스템(밀폐형)은 열교환 유체를 이용한 지중열교환기(ground heat exchanger), 지열순환펌프, 냉난방 열펌프(건물내부 기계실) 및 2차 시설(공조·설비)로 구성됨
 - 지중 열교환기는 지중에서 열을 흡수(난방) 또는 방출(냉방)하도록 지중에 설치되는 열 교환기임
 - 지열히트펌프는 지중열을 냉/난방에 사용할 수 있도록 이동시켜 적정온도로 가공하는 장비로써, 지열 히트펌프를 구동하여 열을 가공하는데 전력이 소모되므로 전기료가 발생함
 - 순환펌프는 지중열을 히트펌프에 전달(지열순환)하고 냉난방 열을 히트펌프에서 실내로 전달(냉/온수 순환)하는 역할을 함
 - 실내장비는 히트펌프에서 가공된 냉/온열을 이용하여 실내를 냉난방 하는 장비로써 주로 팬코일 유닛(냉방 시) 및 바닥 난방관(난방 시)을 이용됨

- 지열시스템의 원리는 겨울에 건물난방을 위해 땅속에서(혹은 지하수) 추출한 열에너지를 기계적 압력으로 온도를 증가시켜(40~60°C) 건물 내로 보내고 여름에는 냉방을 위해 건물 내의 열을 흡수하여 땅속(혹은 지하수)으로 보내고 건물 내부는 찬 공기(5~7°C)로 대체함
 - (지열이용 히트펌프의 냉방사이클) 냉방모드에서 작동할 경우 실내에서 흡수한 열을 지중 열교환기를 통해 지중으로 방출함
 - 고온·고압 냉매는 과열증기 상태로 압축기를 나와 4방 밸브를 거쳐 응축기로 들어감. 응축기에서 고온의 증기냉매는 상대적으로 온도가 낮은 부동액과 열교환하고, 응축기를 나온 고온의 액상냉매는 팽창밸브를 지나면서 저온·저압의 상태가 됨
 - 저온·저압의 상태의 액상냉매는 증발기로 들어가 실내공기와 열교환을 하게됨. 증발기를 나온 저온·저압의 액상냉매는 4방 밸브를 지나 압축기로 들어가 압축과정을 겪으면서 고온·고압의 증기 냉매가 됨
 - (지열이용 히트펌프의 난방사이클) 난방모드의 경우 지중 열교환기는 지중에서 열을 흡수하여 실내로 공급함
 - 압축기를 나온 고온·고압의 증기냉매는 4방밸브를 거쳐 응축기로 들어감. 응축기에서 고온의 증기냉매는 상대적으로 온도가 낮은 실내 순환공기(물-공기 방식)또는 물(물-물 방식)과 열교환을 수행함. 온도가 상승한 공기 또는 물은 분배장치를 통해 난방을 하거나 온수를 공급하게 됨
 - 응축기를 통과하면서 액상으로 상이 변한 냉매는 팽창밸브를 지나면서 온도와 압력이 감소하여 증발기로 들어감. 증발기로 유입된 액상냉매는 지중열교환기를 순환하는 부동액으로부터 에너지를 받아 다시 증발하고 4방밸브를 지나 압축기로 들어감. 압축기는 저온·저압의 액상냉매를 압축하여 처음 상태로 만듦

[지열 에너지화 활용 냉난방 시스템]



지열히트펌프의 냉방 사이클

지열히트펌프의 난방 사이클

* 출처 : 김성수, 지열에너지를 이용한 히트펌프 시스템에 관한 연구(2010)

◎ 기술별 분류

- 저엔탈피 지열을 이용하는 지열원 히트펌프(Ground Source Heat Pump, GSHP 혹은 Geothermal Heat Pump) 시스템은 열원 종류에 따라 구분됨
 - 지열원 히트펌프는 고온열수를 필요하지 않아 지역제한이 없고, 지하와 대기의 온도차를 이용해 냉난방을 활용하는 기술임. 외부 에너지원(전기)의 공급이 있어야 열펌프 가동이 가능하며, 지중으로부터 열을 얻거나(난방), 땅으로 열을 방출하는(냉방) 방식에 따라 밀폐형(수직, 수평, 에너지파일 등)과 개방형(지하수 이용)으로 분류함
- 지반 이용 히트펌프(Ground Coupled Heat Pump, GCHP), 지하수 이용 히트펌프(Ground Water Heat Pump, GWHP), 지표수 이용 히트펌프(Surface Water Heat Pump, SWHP) 및 복합 지열원 히트펌프(Hybrid Ground Source Heat Pump, HGSH) 시스템 등이 있음
 - 지반 이용 히트펌프는 폴리에틸렌 파이프를 지중에 매설하여 지중열을 이용하는 시스템으로 일반적인 지열이용 시스템임. 지중열교환기의 형상에 따라 수직형과 수평형으로 구분되며, 지중열교환기를 냉난방용량에 따라 다양한 깊이로 매설될 수 있음
 - 지하수이용 히트펌프는 개방형 히트펌프로서 중소형에서는 최근에 사용되지 않고, 대형에는 경제적으로 유리함. 개방형 중에서 가장 효율이 우수하지만 물속의 오염물질은 배관 및 열교환기에 파울링 또는 스케일을 야기할 수 있음
 - 지표수 이용 히트펌프는 추운 지방에서도 지표수 표면은 얼지만 지표수 표면 아래는 약 4℃ 이상을 유지하므로 호수나 강 등에 이용하는 방식임. 자연 또는 인공연못 그리고 호수 등을 열원 또는 히트싱크로 활용하며, 열원이나 히트싱크로 사용하는 연못 또는 호수의 크기가 작은 경우 외기의 변화에 영향을 받아 효율이 다소 감소될 수 있음
- 열전달(교환)유체의 순환방식에 따라 밀폐형(closed loop)과 개방형(open loop)으로 구분됨. 지중열원으로 지반과 지하수를 주로 이용하며, 순환방식으로는 밀폐형 지반이용 방식(주로 수직형)과 밀폐형에 준하는 지하수이용 방식이 주로 적용됨

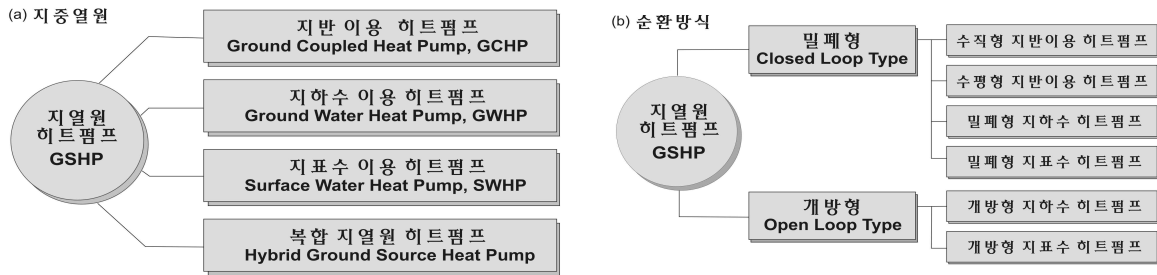
[지중 열교환 방식별 지열 냉난방 시스템의 특성 비교]

	설치비용	열교환 성능	공간적, 지질적 제약
수직밀폐형	높음	중간	거의 없음
수평형	낮음	낮음	넓은 공간 필요
개방형	중간	높음	지하수 부존량이 많은 지역유리

* 출처 : 김성수, 지열에너지를 이용한 히트펌프 시스템에 관한 연구(2010)

- 지상의 히트펌프 등에 설치되는 '실내 열교환기'와 땅속에 설치되는 '지중열교환기'로 지중열교환기는 '수직 밀폐형'과 '개방형'으로 분류됨
 - '밀폐형'은 지중 150~300m 깊이로 지열공을 굴착하고, 지열공 내부에 열교환 파이프를 설치하는 방식으로, 파이프를 통해 물을 순환시키면서 열교환함. 기계실에 순환 펌프를 1개만 설치하면 돼서 유지 관리가 편리하지만, 지열공(지중열교환기) 1개소당 열교환 용량이 작아 지열공을 많이 굴착해야 한다는 단점이 존재함
 - '개방형'은 지중 300~500m 깊이로 굴착한 뒤 지열공 내 지하수를 직접 뽑아 올려 지상 히트펌프로 보내면서 열교환하는 방식으로 열교환 용량이 밀폐형의 10배에 달해 지열공을 적게 굴착해도 됨. 시설 부지 면적이 축소되는 효과가 있어 도심 지역 내 시설로 적합하지만 지하수 양수를 위해 지열공마다 수중펌프를 일일이 설치해야 하며 유지 관리가 어려움

[열원 및 열전달유체의 순환방식에 의한 지열 히트펌프 시스템 분류]



* 출처 : 한국지하수토양환경학회, 지열시스템의 토양·지하수환경 영향연구(2008)

2. 산업 및 시장 분석

가. 산업 분석

◎ 지열에너지 활용 에너지 절감 및 환경 규제 대응

- 지열에너지(geothermal energy)는 에너지 절약과 환경 규제에 대응에 크게 기여할 수 있는 환경 친화적인 신·재생에너지원임
 - 재생에너지인 지열에너지는 에너지생산에 필요한 지표 면적이 매우 작은 특징으로 도시지역 에너지원으로 각광받고 있음. 심부지열에너지는 열 및 전력 공급에 있어 기저부하용으로 사용할 수 있다는 장점이 있음. 냉난방 시스템 중에 지열냉난방 시스템은 효율이 높은 시스템으로 평가되며, 경제성이 확보되고 있음
 - 지열원의 활용도 증대 및 유용성 확대를 위해 고온 열원 확보가 가능한 심부지열 활용 분야의 경제성 확보 필요. 심부지열의 경제성 확보를 위해 다양한 지열에너지와 활용을 위한 융합기술 개발을 통한 에너지 활용도 극대화 방안 필요
- 다양한 신·재생에너지 등의 청정에너지 가운데, 안정적인 전력수급이 가능한 지열 발전분야의 개발 및 보급 활성화를 위한 정책이 추진되고 있음
- 국제에너지기구(IEA)의 Energy Technology Perspectives의 Blue scenario는 2050년까지 연간 1,000TWh가 가능하다고 전망하며 지열 직접이용의 경우도 지열원 열펌프의 증가로 2050년까지 수십배 규모(815GWt)로 성장을 전망함

◎ 지역 냉난방, 열병합 발전 등 연계 융복합 시스템 개발 확대 요구 증가

- 국내에서는 폐열을 활용한 열병합발전(Combined Heat and Power)을 도입했으며, 4세대 지역난방 사업 진행 중에 있음. 4세대 지역난방에는 기존의 중앙 집중 방식의 열원만으로 열을 공급하는 것이 아닌 신·재생에너지원을 사용하여 온실가스 배출량을 줄이거나, 신·재생에너지원만으로 열을 공급하는 등의 시도들이 포함됨
 - 4스마트 열 그리드는 스마트 그리드를 열 부문으로 확장한 개념으로, 디지털 기술을 이용한 실시간 모니터링 및 분산에너지원을 바탕으로 열 공급을 최적화하는 네트워크임
 - 4세대 지역난방의 최종 단계는 스마트 열 그리드로 효율적으로 열을 공급하거나 사용하는 방식, 공급 및 사용자 간의 양방향 열 거래, 열사용량 예측을 통한 잉여열 감소 등 전체적인 지역난방의 효율적인 운영과 관련된 의미들을 함축하고 있음
 - 4세대 지역난방의 열매체는 중·저온수(30~70°C)이며, 열원은 저온 열원 및 재생에너지원임. 히트펌프와 열병합발전이 통합되어 전력시장뿐만 아니라 계통운영보조서비스 시장에 참여가 가능함
 - 유럽에서는 지역난방의 회수열을 태양열이나 히트펌프를 통해 가열하여 다른 건물에 공급하는 연구가 진행 중에 있으며, 저온 지역난방 시 급탕온도를 유지하기 위해, 추가로 축열조, 히트펌프 등을 설치하는 연구도 진행되고 있음

◎ 정책적 지원 요구

□ 한국

- 정부의 강력한 공공의무화 제도 시행과 다양한 보급 보조금제도의 시행으로 지열원 열펌프 시장은 매년 100 MW 이상의 신규 설비가 보급되고 있음
- 신재생에너지에서 나오는 저온 열원을 공동주택 난방과 온수로 이용하는 차세대 지역난방 공급시스템이 본격적인 실증에 들어서고, 있음. 서울시와 서울에너지공사는 친환경 스마트에너지시티로 조성 중인 마곡지구에 신재생에너지 및 4차 산업혁명 기술을 기반으로 에너지 효율성을 높인 ‘차세대(4세대) 지역난방’ 실증을 시작함

□ 미국

- 미국은 세계의 지열산업을 주도하고 있으며, 탐사와 지온경사 분포도 및 지열류량 분포도 데이터베이스 구축, 지열발전 사이클의 효율 향상 및 저온 지열자원 이용기술 등 지열발전 기술 등 다양한 분야에서 산학연이 연계하여 기초 및 응용연구를 활발히 진행하고 있음

□ 유럽

- EU는 에너지전환 정책의 목표 달성을 위해 열공급 부문 재생에너지 비중을 확대하기 위한 보급 목표를 수립하고 있음
- 독일의 RHO(Renewable Heat Obligation)제도는 의무대상자에 해당하는 신축 건물 소유주는 ‘태양열·바이오매스·지열’ 등 재생에너지 열원을 선택해 건물 냉난방 에너지수요의 일정부분을 충당해야함
- 영국의 RHI(Renewable Heat Incentive)제도는 경제성이 떨어지는 재생에너지 열 생산방식에 대해 장기적 재정 지원을 통해 생산비용 차액을 보조해주는 제도로써 RHI제도 1단계 과정에서는 화석연료를 대량 소비하는 특성을 지닌 ‘기업, 공공부문, 비영리부문, 산업부문’ 등 비주거용 건물에 대해 제도를 우선 적용했으며 2014년부터 시행된 2단계 과정에서는 주거용 건물을 대상으로 적용범위가 확대됨
- 프랑스의 Heat fund제도는 열 생산과 지역난방 개발에 대해 보조금을 지원함. 지역난방시스템의 기술적 성능(효율 및 단열 수준 등), 재생에너지 공급 비중, 지속가능성 등을 평가해 보조금을 결정하고 있으며 프랑스 열 기금 목표는 2020년까지 5.5Mtoe 규모의 재생에너지 열 생산을 지원

□ 일본

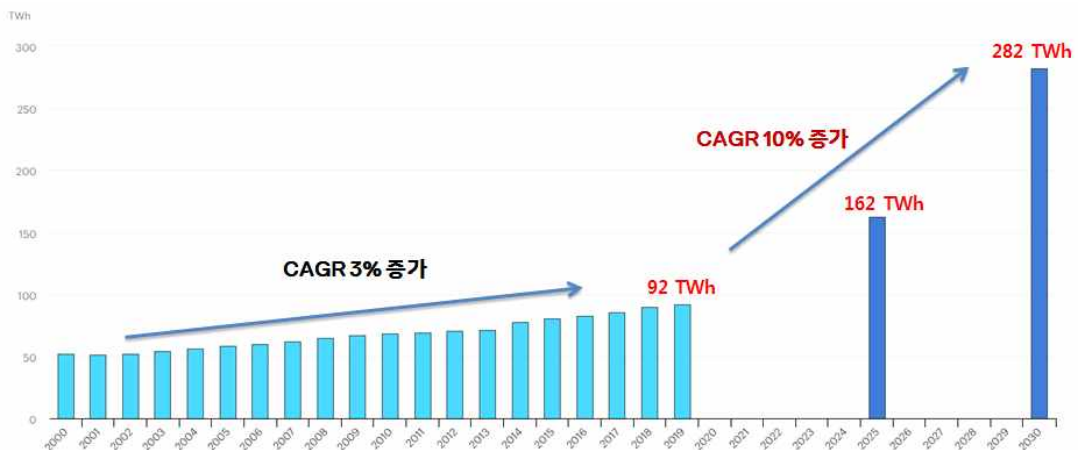
- 일본 정부는 에너지 정책의 기본방침을 설정하였으며, 2013년도 대비 온실가스를 26.0% 감소를 2030년까지로 설정하여, 현재 「3E+S(에너지믹스)」 대처를 실시 중
- 3E+S(에너지믹스)는 안전성(Safety)을 대전제로 자급률(Energy Security), 경제 효율성 (Economic Efficiency), 환경 적합 (Environment)을 병행한다는 의미임
- 일본은 세계 3위의 지열자원량(2,347만kW)을 가지나, 국립공원 규제구역이 약80%이므로, 설비용량은 544MW, 자원이용률은 2%에 불과함. 일본 정부는 규제완화를 위해, 2015년부터 국립·국가 지정 공원 제2종 및 제3종 특별지역에서의 개발을 조건부로 승인하는 등, 지열 발전 확대에 노력하고 있음

나. 시장 분석

(1) 세계시장

- IEA에 따르면, 지열발전량(Geothermal electricity generation)은 신재생에너지 발전량 대비 평균 성장률보다 낮은 3% 수준으로 증가함. 지속 가능한 개발 시나리오로 지열 발전이 이뤄질려면 2019-30년 동안 연간 10%의 규모의 증가가 필요할 것으로 예측함

[지속 가능한 개발 시나리오의 지열 발전, 2000-2030]



* 출처 : <https://www.iea.org/>

- 지난 5년 동안 지열 용량 증가량은 연간 평균 500 MW였으며, 이러한 성장은 자원 가용성이 풍부하고 미개발 상태 요인으로, 대부분 신흥 경제국에서 발생함
- 지열발전은 2016년 기준 13.3 GW가 보급되었으며, GEA에 따르면 5년 후에는 최소 14.8 GW에서 최대 18.3 GW까지 보급이 확대될 것으로 전망됨

[지속 가능한 개발 시나리오의 지열 발전, 2000-2030]

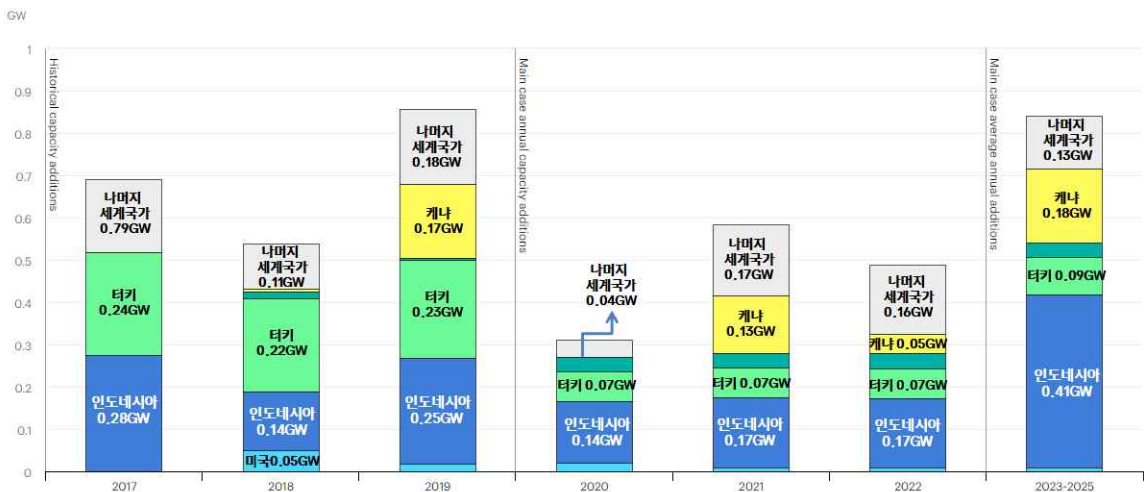


* 출처 : 한국에너지공단, 2018 신재생에너지백서

* 자료 : GEA 2016 시장 보고서

- 전 세계 지열 용량은 2020년에 0.3 GW에 이를 것으로 예상되며 이는 2019년 대비하여 3분의 1로 최고치를 기록할 것으로 예측됨
 - 이는 2020년 인도네시아에서 145 MW의 용량 (Rantau Dedap 공장에서 90 MW, Sorik Marapi 공장에서 45 MW)을 추가하여 새로운 지열 개발을 주도한 것으로 예상됨. 인도네시아에 이어 터키가 70 MW의 용량을 추가하면서, 지열발전량이 증가한 것으로 파악됨
 - 인도네시아와 터키는 2020년 신규 지열 발전 증설로 지열발전의 3분의 2 이상을 차지할 것으로 예상되며 필리핀, 미국 및 볼리비아가 나머지 대부분을 담당 할 것으로 예상됨
- 코로나 19로 인하여 세계적으로 지열발전 관련 장비 및 소재에 대한 공급이 중단됨으로써, 많은 프로젝트가 지연이 되었음. 원래 2020년에 여러 중소 규모의 지열발전 프로젝트가 대신 2021년에 위탁 될 것으로 예상됨
 - 터키에서는 원래 2020년 말에 종료 될 예정이었던 신규 공장에 대한 10년 FIT 계획이 코로나19로 인해 2021년 중반까지 공장설립을 연장하였음

[2017-2025년 일부 국가의 지열 용량 추가 규모]

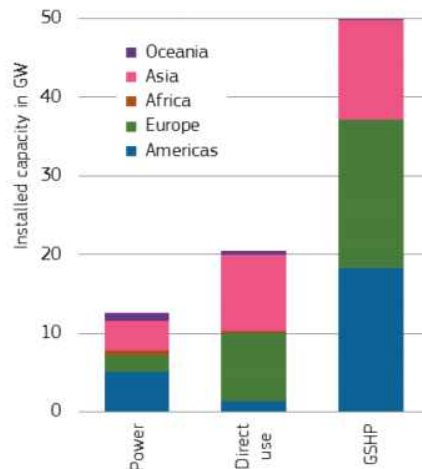


* 출처 : <https://www.iea.org/>

- 글로벌 누적 지열 용량은 2022년까지 7% 증가한 16.5GW로 예상되며 인도네시아, 케냐, 터키 및 필리핀이 성장의 2/3를 담당함
 - 인도네시아에서 국영 기업인 PT Geo Dipa Energi (GDE)는 Dieng 및 Patuha 공장의 110MW 확장을 위해 아시아 개발 은행으로부터 미화 3억 달러의 대출을 받았음. 케냐에서 Nakuru지역에서는 2021년에 가동될 것으로 예상되는 Olkaria 발전소에서의 추가 83MW 지열발전을 포함하여 다양한 프로젝트를 진행되고 있음. 전 세계적으로 매년 평균 0.8GW를 초과함
- 인도네시아 정부는 최근 2030년까지 8GW의 설치 용량(2019년 2.1GW에서 증가량)을 목표로 지열 에너지 로드맵을 계획했으나 국가의 상당한 지열 잠재력을 광범위하게 활용하려면 낮은 에너지 가격, 제한된 지역 전력 수요, 자본 투자 부족, 환경 및 사회 문제를 비롯한 여러 문제를 해결해야 함

- 국가별 지열발전 누적 설비용량을 보면 미국이 가장 높고, 필리핀, 인도네시아, 멕시코, 뉴질랜드, 이탈리아, 아이슬란드, 케냐, 일본 순임. 최근 5년간 국가별 설비용량의 증가량은 케냐(392 MW), 미국(352 MW), 터키(306 MW), 뉴질랜드(243 MW), 인도네시아(143 MW)순임
 - 지열분야의 성장이 큰 국가들은 자연조건과 정부 및 민간의 투자와 지원제도를 통해 성과를 보임
- 지열원 열펌프의 보급 용량이 50 GW수준으로, 발전이나 기타 직접이용에 비해 높은 수준이며, 지난 5년간 연평균 10% 이상의 증가율을 보여 지열원 열펌프는 지열에너지 활용방식에서 주요한 위치를 차지하고 있음
 - 지열원 열펌프는 현재까지 북미, 서유럽과 북유럽, 그리고 동아시아에 국한되어 있으므로 경제개발에 따라 기타 국가에서의 시장 확대가 기대되고 있음

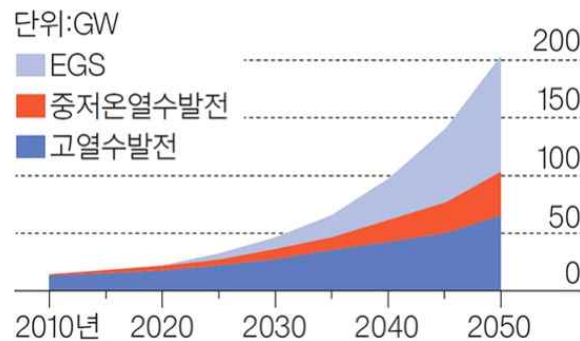
[전 세계 지열발전 및 직접이용 대륙별 보급 현황]



* 출처 : 한국에너지공단, 2018 신재생에너지백서
 * 자료 : 2015 JRC Geothermal Energy Status Report

- 국제재생에너지협회(IRENA)와 UNFCCC에서는 2030년까지 65 GW를 지열발전의 목표로 설정하고 있음. 국제에너지기구(IEA)에 따르면 2050년경이 되면 전 세계 지열발전은 원전 200기에 해당하는 200 GW 규모로 성장할 것으로 예측함

[세계 지열발전 설비 능력 추이와 전망]



* 출처 : 중앙일보(2019)

- BCC Research에 따르면, 세계 지열에너지는 2018년 172억 달러에서 연평균 10.0%씩 성장해 2024년 304억 달러를 기록할 전망
 - 지열에너지와 전기 송배전 수요 증가, 신흥국에서 지열발전 인프라 공사로 아시아, 태평양 및 유럽, 북미지역을 주도로 지열 발전 시장이 증가할 것으로 예측됨

[지열에너지 세계 시장규모 및 전망]

(단위 : 백만 달러, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
세계시장	17,170	18,886	20,775	22,853	25,138	27,652	30,417	10.0

* 출처 : BCC Research, Global market for geothermal power generation (2015)

(2) 국내시장

- 한국에너지공단에서 제공한 2018년 「신재생에너지보급통계」에 따르면, 국내 지열에너지 생산규모는 2018년 기준 205.5천 toe 규모인 것으로 파악됨. 국내 지열에너지는 지열 열펌프 시스템을 중심으로 정부 주도의 시장이 형성된 것으로 파악됨
 - 지열 냉난방의 경우, 지열 히트펌프 시스템의 공공기관 설치 의무화 사업과 주택지원 사업 등을 통해 보급 중이며, 2015년에 승인된 사업승인 기준으로 공공기관 설치 의무화사업이 2016년 기준 설치 용량의 65%를 차지하고 있음

[지열냉난방 보급 현황]

(단위 : toe)

구분	~'10	'11	'12	'13	'14	'15.06	합계
주택지원	3,275	2,826	4,015	5,841	6,097	3,022	25,076
건축지원	11,783	1,459	1,957	2,003	2,044	926	20,172
지역지원	22,599	1,088	1,729	447	575	127	26,565
공공의무화	44,787	20,135	21,151	23,758	17,410	11,068	138,309
합계	82,444	25,508	28,852	32,049	26,126	15,143	210,122

* 출처 : 산업통상자원부 「우리나라 지열에너지 이용 현황」 (2016)

- 국내 지열냉난방 시스템의 시장 규모는 2018년 기준 약 3,500억 원 규모인 것으로 추정되며 연평균 5.0%씩 성장해 2024년 4,690억 원 규모로 성장할 전망
 - '공공기관 설치의무화제도'와 '주택지원사업'이 시장 성장에 가장 큰 역할을 수행하면서, 국내 지열냉난방 시스템 국내시장 규모가 증가할 것으로 예상됨

[지열냉난방 시스템 국내 시장규모 및 전망]

(단위 : 억 원, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
국내시장	3,500	3,675	3,859	4,052	4,254	4,467	4,690	5.0

* 출처 : 냉난방공조저널 칸, 지열시장 활성화 기폭제 '공동주택'(2018), 한국에너지공단 「신재생에너지보급통계」 2018 참고 추정치

3. 기술 개발 동향

□ 기술경쟁력

- 지열 에너지화 활용 냉난방 시스템은 일본이 최고기술국으로 평가되었으며, 우리나라는 최고기술국 대비 92.2%의 기술수준을 보유하고 있으며, 최고기술국과의 기술격차는 1.0년으로 분석
- 중소기업의 기술경쟁력은 최고기술국 대비 85.2%, 기술격차는 1.5년으로 평가
- 미국(94.4%)>한국(92.2%)>EU(90.5%)>중국(78.9%)의 순으로 평가

□ 기술수명주기(TCT)⁴²⁾

- 지열 에너지화 활용 냉난방 시스템은 6.49의 기술수명주기를 지닌 것으로 파악

가. 기술개발 이슈

◎ 지열원 및 하이브리드 열원 최적 통합 시스템

- 지열원 및 하이브리드 열원 최적 통합 시스템은 신재생에너지 보급이 확대됨에 따라, 단일 건물에 다양한 열원의 냉난방 시스템이 공존하게 되고, 이를 하나의 통합시스템으로 구성하는 시스템임
- 지열을 이용한 지열시스템을 다양한 열원(원수, 배수, 폐수, 해수, 강물, 냉각탑 등)과 연계해 지중열교환기의 효율을 최적화 하고 지열시스템을 난방부하 기준으로 설계해 지중열교환기를 많이 줄여도 냉방운전 시 발생하는 피크부하에 충분히 대응 할 수 있도록 한 것이 지열 하이브리드 시스템임
- 지열 하이브리드 시스템은 대규모 아파트 단지(1,000세대 이상)에 신재생 에너지를 적용할 목적으로 아파트 단지의 냉난방 및 급탕에 대한 열원으로 지열 및 하수열원을 활용하고, 냉각기능으로 공기열원을, 비상용 발전으로 태양광을, 자체 발전기를 통해 히트펌프 가동전기를 생산하는 구조로 구성되어진 자가 발전 시스템임
- 고효율 지열 하이브리드 시스템은 온도차에너지(원수, 상수도, 강물, 배수, 폐수 등), 해수, 냉각탑(개방형, 밀폐형)등을 지열히트펌프시스템의 보조열원으로 활용할 수 있고 다양한 온도차에너지 등을 동시에 유효하게 활용할 수 있음
 - 보조열원을 활용해 지중온도의 최적상태를 유지해 연간 시스템효율을 향상시킬 수 있으며, 지중열교환기 개수를 감소시킬 수 있어 설치비가 절감되며 설치부지가 덜 필요함
- 기존의 열원과 지열 히트펌프 시스템을 복합적으로 운영하는 제어기술인 하이브리드 제어기술은 지열 히트펌프 시스템의 효율 향상 방법의 하나로 타 열원 시스템과 복합운동을 통한 시스템 성능개선에 관한 연구가 진행하고 있음

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

◎ 지열 히트펌프 시스템 개발

- 지열 히트펌프 시스템은 지중열교환기와 열펌프로 크게 구성된 냉난방 겸용 시스템으로, 냉방 시에는 건물 내의 열을 지중으로 방출하고, 난방과 급탕 시에는 지중의 열을 실내와 온수에 공급함으로써 하나의 시스템으로 공간 냉난방과 온수, 급탕을 동시에 구현할 수 있음
- 기존 냉난방 설비와 비교했을 때, 지열 히트펌프 시스템은 효율이 높고 성능이 우수한 시스템으로, 난방에 필요한 에너지의 약 75%를 지중열교환기를 통해 흡수하므로 기존의 전기히터를 이용한 직접가열 방식에 의한 난방법에 비해 70%의 에너지 절감이 가능함
 - 지열 히트펌프는 지중에 열교환기를 설치하고 히트펌프를 이용하여 지열을 흡수하여 난방을 수행함. 냉방 시 지열 히트펌프를 역으로 작동하면 히트펌프의 고온측 열이 지중으로 방출되어 냉방이 진행됨
- 지열 히트펌프 시스템은 지열에너지의 직접이용 방식에서 큰 부분을 차지하는 분야로, 통상 300m 이내 10~20℃ 범위의 지중, 지하수 및 지표수를 열원으로 이용하는 히트펌프 시스템을 의미함
- 지열 히트펌프 시스템은 보어홀 천공을 포함한 지중열교환기 시공비(40~50%)와 히트펌프 구입비(15~25%)가 대부분을 차지하므로, 지열 시스템의 보급 활성화를 위해 히트펌프를 포함한 각종 기기와 자재에 대한 개발이 필수적임
 - 다양한 지반조건에서 타 공조 시스템보다 동등 이상의 시스템 성능을 확보하기 위한 지중열교환기의 기술개발 및 설치 방법과 지열 히트펌프 시스템 설치를 위한 지반 굴착비용 절감에 관한 연구가 이뤄지고 있음
- 국내 지열 히트펌프 시스템을 시공한 사례로는 세종시 정부청사 1단계, 롯데슈퍼타워, 서울시 신청사, 한전 신사옥 등 국내 대표적인 신축 건물 등이 존재함

◎ 공동주택 지열시스템 적용

- 지열에너지는 연중 일정한 온도를 유지하기 때문에 항온성이 우수하며 기후 및 외기온에 영향을 받지 않으므로 동절기 및 하절기 타열원 사용대비 효율이 비교적 우수해 에너지절감이 가능함. 공동주택에 적용 가능한 최적화된 지열시스템 개발 및 검증과 관련된 개발이 이뤄지고 있음
- 냉난방·급탕 구현이 가능한 지열시스템은 높은 효율과 고온수 출수가 안정적인 히트펌프, 천공면적과 시공시간을 줄일 수 있는 공법개발, 냉난방열원 최적분배 등 연구개발이 시급함
- 최근 고심도 천공, 건물하부천공, 고효율 벤토나이트 등을 적용해 동일용량대비 천공점유면적을 최적화해 현장별 상황에 적합하게 지열시스템의 공동주택 적용 최적화공법 기술이 활발하게 이뤄지고 있음
 - 다양한 부하패턴과 대용량 냉난방부하에 따른 천공부지는 고층형 공동주택의 다세대를 위한 지열시스템을 계획 시 필요하므로, 공동주택은 용적율로 인해 건물외부의 천공은 조경, 우수배관 등으로 제한돼 천공부지 확보가 해결과제임

나. 생태계 기술 동향

(1) 해외 플레이어 동향

Dandelion

- Google의 모회사인 Alphabet사가 운영하고 있는 X laboratory사에서 분사한 기술기업인 Dandelion사는 열원으로써 지열을 이용하는 일체형 가정용 난방 및 공기조화시스템을 개발함. Dandelion사는 히트펌프 제작사이자, 미 Oklahoma주 Tulsa에 본사를 두고 있는 AAON사와 제품개발에서 협력해 왔음. 기존 유류난방을 Dandelion Air로 변경할 경우에는 매년 난방 및 냉방비용을 약 20% 정도 가량 절감효과가 있음

스웨덴의 SP 기술연구소

- 태양광시스템, 지상 소스 열펌프(GSHP)와 시추공 열에너지 저장(BTES) 기술을 통합하는 하이브리드 시스템을 기반으로 하는 태양광과 지열을 갖춘 새로운 하이브리드 신재생에너지 시스템에 대한 개념을 증명함
- 하이브리드 태양광 모듈은 태양광 패널을 순환하며 냉각시키는 임베디드 시스템을 갖춘 기존 태양전지로 구성되어 있어, 태양전지 온도를 낮추고, 태양전지 효율을 감소시키는 과열을 방지함

미쓰비시히타치파워시스템

- 미쓰비시히타치파워시스템은 일본업체로, 미쓰비시중공업과 히타치제작소가 양사의 화력발전시스템사업을 통합한 기업임. 100기 이상 총 설비 용량 300만kW가 넘는 지열 발전용 증기 터빈을 세계 13개국에 납입함

도시바

- 일본기업인 도시바는 2019년 6월 기준 누계 출력 약 3.7GW의 지열발전기기를 납입한 이력이 있음. 5개국(탄자니아, 에티오피아, 지부티, 우간다, 말라위) 현지기업과 지열발전개발을 목표로 협업에 합의

Calpine

- 북아메리카의 지열발전 공급 분야에서 선두를 달리고 있음. The Geysers와 Sonoma의 지열발전시설 22개 중 19개 운영. 설비용량 750 MWe

CalEnergy

- 미국 내 10개와 필리핀에 3개의 지열발전소를 운영하고 있으며 1,900 MWe의 설비용량

Unocal

- 인도네시아와 필리핀에서 지열발전 사업을 하고 있으며 인도네시아에 350 MWe, 필리핀에 632 MWe의 지열발전 설비를 운영 중

(2) 국내 플레이어 동향

□ 지엔원에너지

- 지엔원에너지는 지열 냉난방시스템 전문기업으로 2002 설립된 이후 지중 열을 이용한 건물 및 시설물의 냉난방시스템 설치 시공 분야에서 노하우를 축적함. 지엔원에너지의 수직밀폐형 지열 냉난방시스템은 지표면으로부터 약 200m 깊이에서 온도차를 통한 열 교환을 통해 에너지를 얻는 방식임

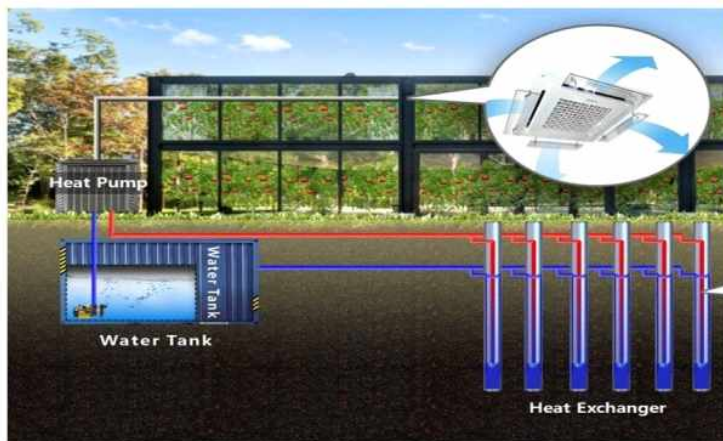
□ 대성히트에너지스(주)

- 대성히트에너지스는 지열히트펌프 및 시스템보급에서 스마트팜용 복합열원 히트펌프, 태양광 및 연료전지 등 신재생에너지 보급 활성화에 집중하고 있음. 현재 지열제품의 경우 KS인증을 획득한 3~150RT까지 13개의 모델로 라인업함

□ (주)지앤지테크놀로지

- (주)지앤지테크놀로지는 지열공 내부에 수중펌프가 없는 단일순환펌프 구성 반밀폐형 지열시스템 인 '지오섬 하이브리드'를 개발하였음. '지오섬 하이브리드'는 개방형 형태의 반밀폐형 구조로써 지열공내 수중순환펌프가 없는 반밀폐형 지중열교환기로 구성돼 있는 것이 특징임. 한국농어촌연구원과 함께 참여한 스마트팜 수출연구사업단의 K-PLANT 사업을 통해 얻어진 연구성과임

[단일순환펌프형 반밀폐식 지열시스템]



* 출처 : 국토일보, '지오섬 하이브리드' 지열시스템 개발상용화 (2020)

다. 국내 연구개발 기관 및 동향

(1) 연구개발 기관

[지열 에너지화 활용 냉난방 시스템 분야 주요 연구조직 현황]

기관	소속	연구분야
한국지질자원연구원	지구환경연구본부	<ul style="list-style-type: none"> 기후변화대응 지하수 /지열 자원 확보 및 생태보전 융합기술(Terra-4G) 개발
한국에너지기술연구원	에너지효율소재연구본부	<ul style="list-style-type: none"> 지열 히트펌프 기반 온실 열 그리드 시스템 구축 원예시설의 공조를 위한 태양열·지열 융복합 에너지 생산·저장·관리 및 실증모델 구축
충북대학교	지열연구센터	<ul style="list-style-type: none"> 지열 냉난방기를 설치하려는 수요자에게 설계 기초자료로 필요한 지중열전도도를 측정
한국생산기술연구원	청정혁신기술그룹	<ul style="list-style-type: none"> 친환경 지열 히트펌프 냉난방을 위한 제주형 지중열교환기 개발

(2) 기관 기술개발 동향

한국지질자원연구원

- 지하수의존생태계(지하수/지열/생태) 요소평가/기반기술 개발, SMART 지하수-지열 융합시스템 기반기술 개발

한국에너지기술연구원

- 지열 히트펌프 기반 온실 열 그리드 기술개발로 과도한 지중열 공사가 필요 없는 중소규모 영농형 온실 수요 대상 고효율 친환경 지열 히트펌프 기반 온실 열 공급 상용화 기술 확립

충북대학교

- 충북대학교는 지난 2011년 산업자원부 에너지관리공단으로부터 지중 열전도도 측정 가능 기관으로 선정됐으며, 지중 열전도도 측정공인인증기관 KOLAS(한국인정기구)인증을 취득함

한국생산기술연구원

- 기후변화대응을 위한 자원순환형 에너지 생산시스템 개발, 다공성 암석 매체를 이용한 고효율 심부지열 지중열교환기 코어 기술 개발

◎ 지열 에너지화 활용 냉난방 시스템 관련 선행연구 사례

[국내 선행연구(정부/민간)]

수행기관	연구명(과제명)	연도	주요내용 및 성과
한국에너지기술연구원	원예시설의 공조를 위한 태양열·지열 융복합 에너지 생산·저장·관리 및 실증모델 구축	2020 ~ 2022	<ul style="list-style-type: none"> 실증대상 온실의 연중 냉난방 부하 대부분을 감당할 수 있는 재생에너지 융복합(태양열·지열) 통합에너지 시스템 설계 및 구축 계간축열식 태양열 및 지열원 히트펌프 적용 재생에너지 융복합 시스템을 구축하고, 실증연구를 통해 연간 에너지 비용 70% 이상을 절감하는 통합에너지 시스템 구성/관리운영 방안을 제시
부경대학교	급탕에너지 절약을 위한 지열히트펌프 응축열 및 배수 폐열 이용 방법	2017 ~ 2020	<ul style="list-style-type: none"> 지열, 폐수열 이용 지열, 폐수열 이용 냉·난방 및 급탕 복합형 히트펌프 시스템 제안 지중열 히트펌프 시스템 장기간 운전에 따라 지중 히트싱크 과열이 일어나는 현상을 완화
장한기술(주)	재생에너지 융복합 이용 통합에너지시스템 설계·구축 및 비즈니스 모델 개발	2020 ~ 2022	<ul style="list-style-type: none"> 4,300 m²(1,300평) 규모 온실을 대상으로 난방부하 80%와 냉방부하 50% 이상을 담당할 수 있는 계간축열식 태양열 및 지열원 히트펌프 적용 재생에너지 융복합 시스템을 구축
한국냉동공조인증센터	융복합 냉온 동시 히트펌프 이용시스템 기술기준(안) 개발	2020 ~ 2021	<ul style="list-style-type: none"> 융복합 냉온 동시 히트펌프 관련 신재생 에너지설비(지열에너지) 기술기준(안) 개발 융복합 냉온동시 히트펌프의 효율성능, 제품 안전성 기준(안) 및 평가방법 개발 히트펌프시스템 사용 지하수의 수질, 수온 등 환경유해인자 조사 및 사용기준 제시
인터텍	기술규제 검토 및 규제완화를 통한 제주형 지열설비 기술 및 성능시험, 시공 기준안 정립	2020 ~ 2022	<ul style="list-style-type: none"> 한국에너지공단 기준 및 제주도 지하수조례 등 사회적환경, 규제 조사 및 분석 기반, 제주도 환경적, 지형적 특수성을 고려한 지하수 활용 기술 연구 경제성 분석을 통한 지열시스템 기술개발과 경제성분석 열전도도 모의실험을 통한 제주도 맞춤형 지열시스템의 지하열원 해석을 위한 모듈개발과 시공기준(안) 수립
한국에너지기술연구원	지열 히트펌프 기반 온실 열 그리드 시스템 구축	2020 ~ 2022	<ul style="list-style-type: none"> 지열 히트펌프 기반 온실 열 그리드 기술 열 공급원과 수요 온실을 연결해주는 온실 열 그리드 시스템 배관망 연결형 분산형 히트펌프 열 공급 시스템
강릉원주대학교	저심도 지열에너지 시스템과 지반 상호작용 분석을 위한 다중물리 해석 기법 개발과 현장 실증	2018 ~ 2021	<ul style="list-style-type: none"> 최근 건물의 냉난방에 널리 활용되고 있는 저심도 지열에너지 이용에 따른 주변지반의 온도변화가 지반 거동에 미치는 영향을 분석하고 연구결과의 현장적용 방안을 제시

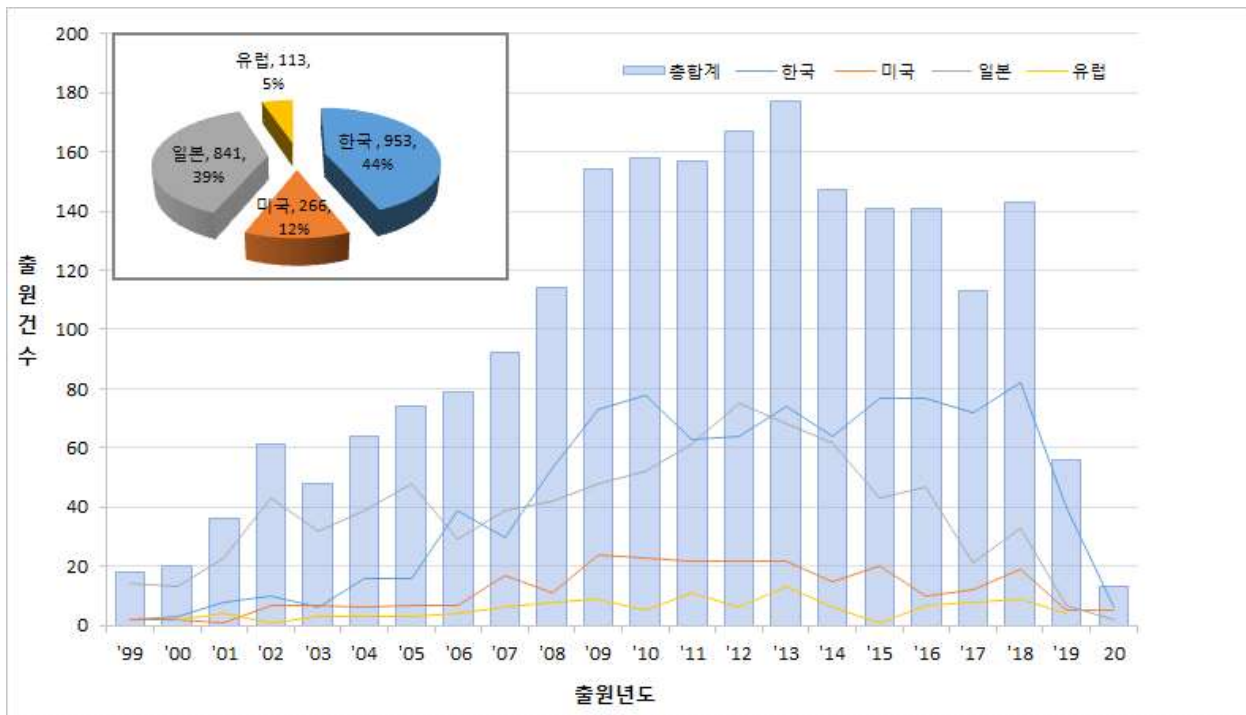
4. 특허 동향

가. 특허동향 분석

(1) 연도별 출원동향

- 지열 에너지화 활용 냉난방 시스템의 지난 22년(1999년~2020년)간 출원동향⁴³⁾을 살펴보면 2000년대 초반 이후부터 출원이 증가하고 있는 것으로 나타났으며, 일본과 한국시장을 대상으로 한 특허출원동향이 전체 지열 에너지화 활용 냉난방 시스템 특허출원동향 반영
- 국가별 출원비중을 살펴보면 한국이 전체 44%의 출원비중을 차지하고 있어, 최대 출원국으로 나타났으며, 일본이 39%를 차지하며 한국과 일본이 지열 에너지화 활용 냉난방 시스템 분야를 리드하고 있는 것으로 나타났으며, 미국 12%, 유럽 5% 순으로 나타남

[지열 에너지화 활용 냉난방 시스템 연도별 출원동향]

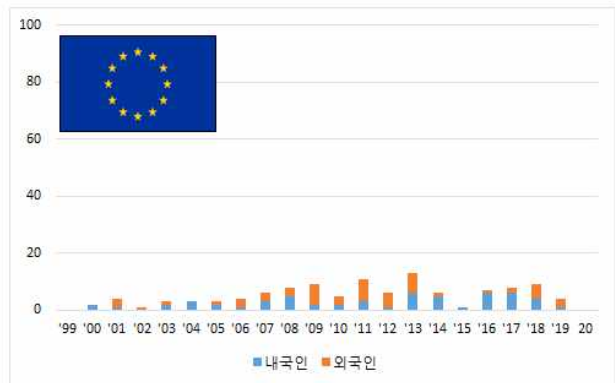
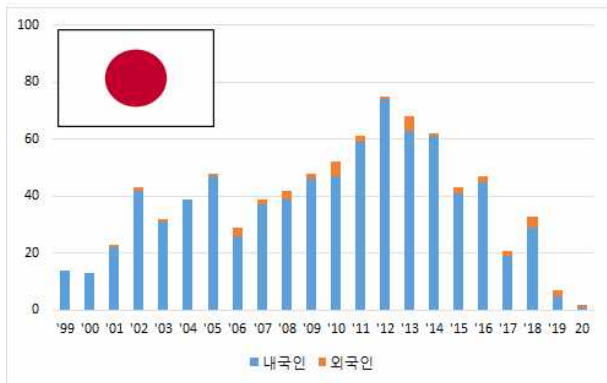
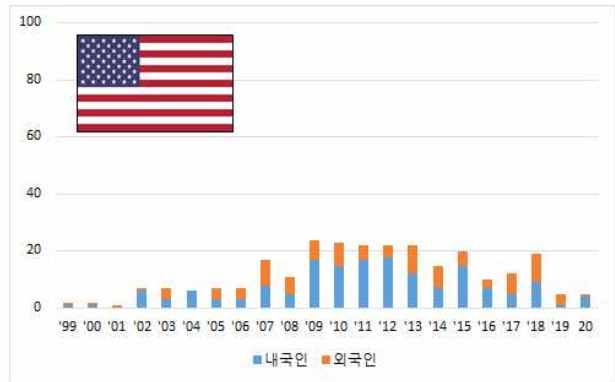
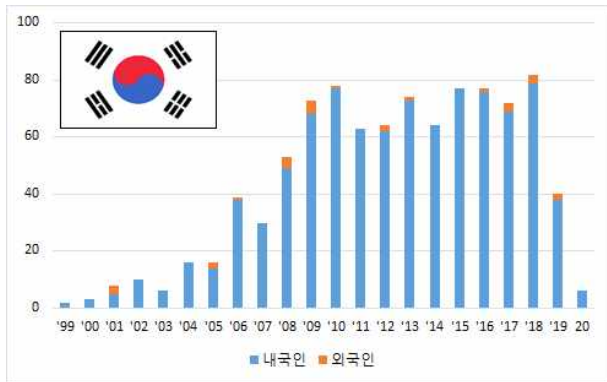


43) 특허출원 후 1년 6개월이 경과하여야 공개되는 특허제도의 특성상 실제 출원이 이루어졌으나 아직 공개되지 않은 미공개데이터가 존재하여 2019, 2020년 데이터가 적게 나타나는 것에 대하여 유의해야 함

(2) 국가별 출원현황

- 한국의 출원현황을 살펴보면 2005년부터 해당 기술의 출원이 급격히 증가하는 추세
 - 내국인 위주의 출원이 진행되고 있음
- 미국의 출원현황을 살펴보면 2005년부터 출원이 본격적으로 발생하며, 2009년 이후로 20건 내외로 특허출원이 꾸준히 발생하고 있는 것으로 나타남
- 일본의 경우, 내외국인에 의한 출원비중이 높은 것으로 나타났으며, 분석구간 초기부터 전체 특허기술의 출원 증감 흐름에 영향을 주고 있는 것으로 나타남. 일본의 경우, 미국과 유럽에 비해 내국인의 출원 비중이 상대적으로 높은 것으로 나타남
- 유럽의 경우, 외국인(비유럽인)에 의한 출원비중이 높은 것으로 나타났으며, 주요 외국인으로는 일본 출원인 위주이며, 2011년에 최대건을 출원한 것으로 파악됨

[국가별 출원현황]



(3) 기술 집중도 분석

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

- 전체구간(1999년~2020년)에서 지열 히트펌프시스템 등 지열 에너지화 활용 냉난방시스템 관련 기술 키워드가 다수 도출되었으며, 지열에너지 직접이용을 위한 부품위주로 키워드 다수 도출
- 최근 구간에 대한 기술 키워드 분석 결과, 최근 1구간(2012년~2015년)에는 지중열교환기, 히트펌프 관련 기술 키워드가 도출되었으며, 2구간(2016년~2020년)에서는 1구간에서 주요 기술 키워드였던 지중열교환기, 히트펌프 키워드가 꾸준히 도출된 것으로 나타나 히트펌프시스템 기술 연구가 꾸준히 진행 되고 있는 것으로 분석

[특히 키워드 변화로 본 기술개발 동향 변화]

전체구간(1999년~2020년)



- 지열 히트펌프 시스템, 교환 파이프, 열교환 효율, 히트펌프시스템, 냉난방 시스템, Geothermal Energy, Heat exchanger, Working Fluid, 히트펌프, 지열 열교환기, 지중지열, 난방운전

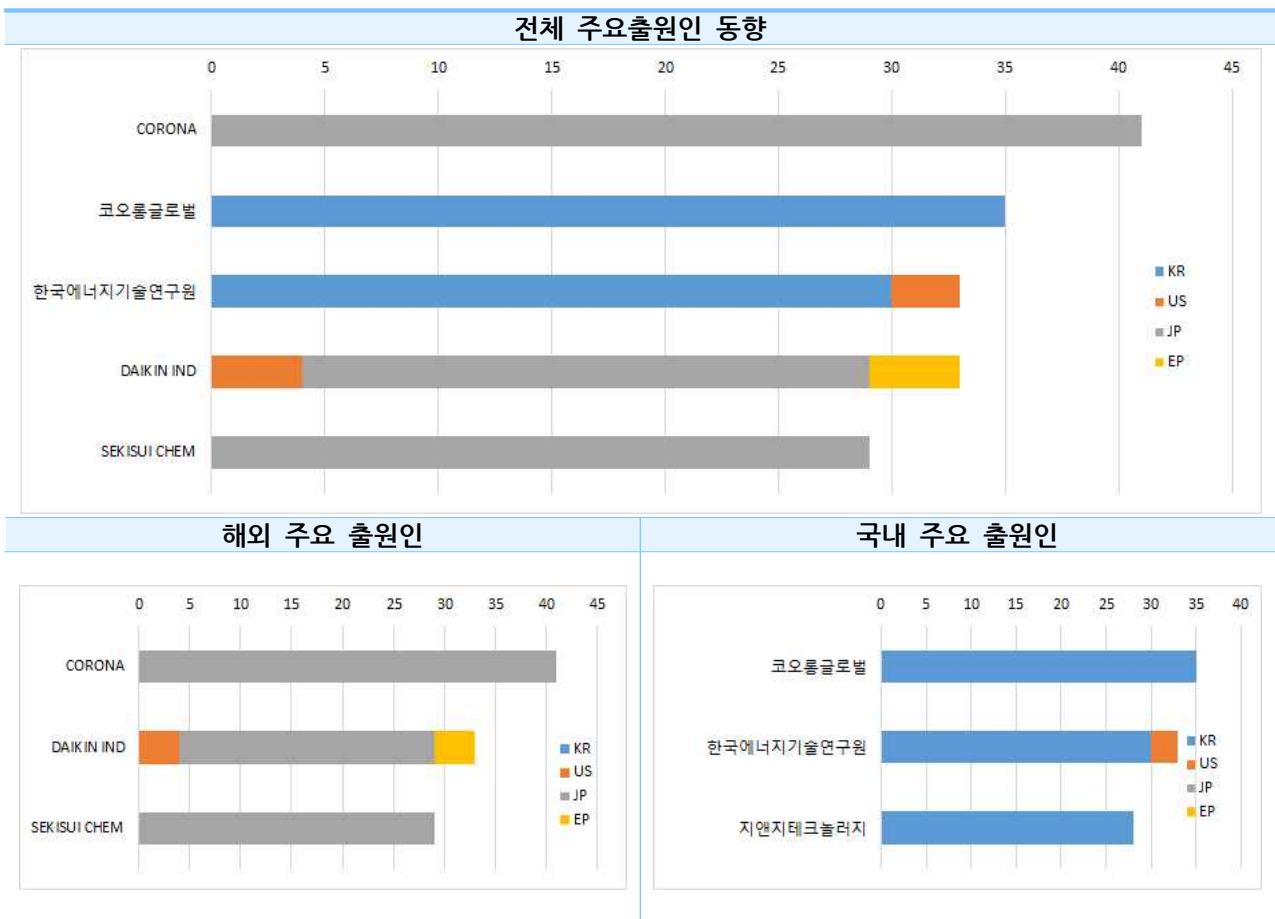
최근구간(2012년~2020년)

1구간(2012년~2015년)	2구간(2016년~2020년)
<ul style="list-style-type: none"> • 지중열교환기, 히트펌프 회로, 열교환 효율, 냉난방 시스템, 지중 열교환 파이프 	<ul style="list-style-type: none"> • 히트펌프시스템, 열교환 효율, 지중열 교환기, 지중열 교환 장치, 열교환 유닛, 축열 탱크, Geothermal Energy

나. 주요 출원인 분석

- 지열 에너지화 활용 냉난방 시스템의 전체 주요출원인을 살펴보면, 주로 일본과 한국국적의 출원인이 다수 포함되어 있는 것으로 나타남
 - 주요 출원인 대부분이 미국 및 한국 시장을 대상으로 특허 출원에 집중하고 있는 것으로 나타났으며, DAIKIN INDUSTRIES는 미국, 일본 및 유럽에도 출원을 진행한 것으로 나타남
- 지열 에너지화 활용 냉난방 시스템 기술은 국내에서 중소기업 및 연구기관의 활발한 출원이 이루어짐

[지열 에너지화 활용 냉난방 시스템 주요출원인]



(1) 해외 주요출원인 주요 특허 분석

◎ CORONA

- CORONA는 일본 기업으로, 지열 에너지화 활용 냉난방 시스템과 관련하여, 지중열 히트펌프 장치, 복합 열원 히트펌프 장치 등 기술에 특화된 특허를 41건 출원했고 등록특허는 33건
 - 주요 특허들은 보다 지중열의 최적의 채열에 의해 효율이 좋은 지중열 히트펌프 장치와 관련된 기술 특허를 다수 출원하는 것으로 파악

[CORONA 주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
JP6495023 (2015.01.28)	지중열 이용 시스템	한정된 공간 안에 설치한 강관말뚝끼리의 열 간섭의 영향을 작게 하고 채열량의 저하를 최대한 억제한 지중열 이용 시스템을 제공	
JP5763361 (2017.05.26)	지중열 히트펌프 장치	열원 측 열교환기의 부동액 유로의 부동액 중의 수분 동결을 방지하는 지중열 히트펌프 장치를 제공	
JP5405205 (2009.06.23)	지중열 이용 히트펌프식 급탕기	지중의 온도 저하를 억제하고 히트펌프를 고효율로 동작시킬 수 있는 지중열 이용 히트펌프식 급탕기를 제공	
JP6057761 (2013.02.15)	지중열 히트펌프 장치	지중열 순환 회로의 공기제거작업을 간략화한 지중열 히트펌프 장치를 제공	

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

◎ DAIKIN INDUSTRIES

- DAIKIN INDUSTRIES는 일본의 다국적 냉방공조회사로써, 열원으로서 지열을 이용하여 히트펌프식 난방 시스템에 관한 특허를 자국에 주로 출원
 - 지중열 교환기에 관련하여 출원을 진행한 특허 모두 미국에 출원한 것으로, 자국 내 출원 성향이 높은 것으로 사료
 - 지중열 교환기에 관련하여 33건을 일본, 미국, 유럽출원을 진행하였으며, 그 중 등록된 특허는 4건으로 파악되나 권리가 만료된 상태임

[DAIKIN INDUSTRIES 주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
JP4636205 (2009.10.30)	지중열 교환기 및 그것을 구비한 공조 시스템	열매체가 봉입된 지중열 교환기에서 냉방 운전 및 난방 운전의 양쪽 모두로 피열 교환 유체가 지중의 토양과 효율적으로 열 교환할 수 있음	
JP4636204 (2009.10.30)	지중열 교환기 및 그것을 구비한 공조 시스템	열매체가 봉입된 지중열 교환기에서 피열 교환 유체가 지중의 토양과 효율적으로 열 교환할 수 있음	
JP5381325 (2009.05.22)	열교환기 및 공조 시스템	공조 시스템의 소비 동력이 감소를 해결할 수 있는 열교환기	
JP5510316 (2009.04.30)	열교환기 및 공조 시스템	지중 또는 수중에 설치되는 열교환기 및 그것을 이용한 공조 시스템	

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

◎ SEKISUI CHEMICAL

- SEKISUI CHEMICAL은 일본의 고성능 플라스틱, 도시 인프라 및 환경 제품, 의료 사업 등을 하고있으며, 지열 에너지화 활용 냉난방 시스템 관련하여 지중열 이용 장치, 지중열용 채열관, 지열 이용형 히트펌프 시스템 등을 출원함
 - 지중 매설관의 접속 구조, 지중열 교환 공조 시스템, 지중열 교환기의 설치 방법 및 지중열 교환 구조 등의 응용 특허를 다수 보유

[SEKISUI CHEMICAL 주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
JP4791895 (2006.06.19)	지열 이용 공조 시스템	슬라이드관 내에 도입된 외기와 지중열과의 열교환율을 향상시킬 수 있는 지열 이용 공조 시스템	
JP5331328 (2007.11.27)	지열이용 시스템	지중에 매설되어 있는 열 교환 파이프와 지중열과의 열 교환 성능의 향상을 도모하고,보다 효과적인 지열이용 시스템을 제공	
JP5809786 (2010.08.24)	지열 이용형 히트펌프 시스템	건물 주위 스페이스를 더욱 확보할 수 있는 히트펌프 시스템의 제공	
JP5914084 (2012.03.26)	하수 열 등의 채열시스템 및 그 시공 방법	지중에 매설된 기설관을 유하하는 하수 등이 보유하는 열을 도로 등을 개착하지 않고 효율적으로 채가열	

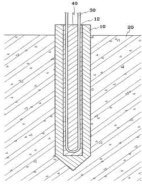
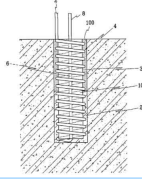
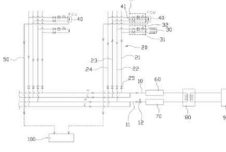
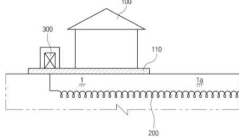
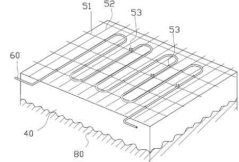
* 등록특허 기준, 피인용문헌수 및 패밀리 국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

(2) 국내 주요출원인 주요 특허 분석

◎ 코오롱글로벌

- 코오롱글로벌은 지열 냉난방수 전환제어 시스템, 지열을 이용한 건설현장 가설건물의 냉난방 시스템, 공동주택의 개별식 지열 냉난방 시스템 등 지열냉난방시스템과 관련된 특허를 다수 출원
 - 코오롱글로벌은 지열을 이용한 지역 냉난방시스템, 지열과 열교환되는 지중열교환기, 지중열교환기 파이프 설치 등 국내에 특허를 주로 출원

[코오롱글로벌 주요특허 리스트]

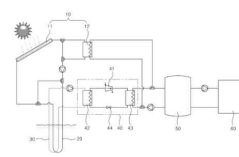
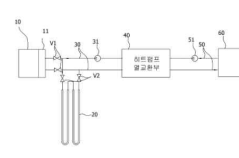
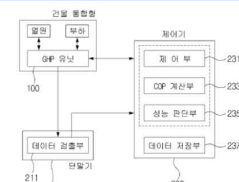
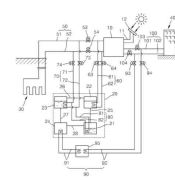
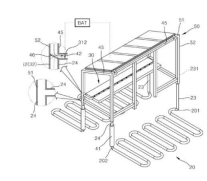
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR0654151 (2004.06.22)	말뚝의 중공부를 이용한 열교환장치 및 그 설치공법	지열에너지를 갖는 열전달 유체를 필요한 장소로 이동시켜 열교환에 의하여 냉난방을 행하도록 하는 히트펌프를 포함하는 열교환장치	
KR0666469 (2004.06.23)	코일형 지열교환기	코일형 지열교환기를 운반하거나 지중에 매설하였을 경우, 코일부가 변형되는 것을 방지할 수 있도록 구성된 코일형 지열교환기를 제공	
KR1031676 (2009.05.28)	공동주택의 지열 냉난방수 전환제어 시스템	냉온수를 이용하여 냉난방을하는 지열 냉난방 시스템	
KR1067882 (2008.12.02)	지열을 이용한 건설현장 가설건물의 냉난방 시스템 및 그 시공방법	건설현장 가설건물의 냉난방 시스템	
KR1087477 (2009.05.28)	건물 기초 슬래브를 이용한 지열 냉난방시스템	건물의 기초 슬래브나 버림 콘크리트 작업시에 지중열교환기의 파이프가 매설된 지열냉난방 시스템	

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

◎ 한국에너지기술연구원

- 한국에너지기술연구원은 태양에너지와 지열을 이용한 에너지 자립형 냉난방 부스, 지중열 및 태양열을 이용한 하이브리드 열교환 시스템, 태양에너지와 지열을 융합한 열-전기 복합 생산 시스템 등 지열과 신재생에너지를 융합하여 출원한 기술을 주로 출원함

[한국에너지기술연구원 주요특허 리스트]

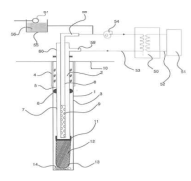
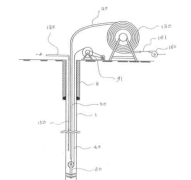
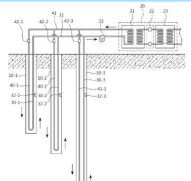
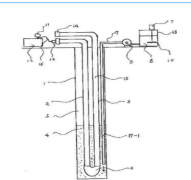
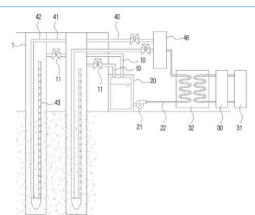
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR1339068 (2012.01.20)	태양열 지중축열방식의 태양열겸용 히트펌프장치의 급탕 및 난방시스템	태양열 지중축열방식의 태양열겸용 히트펌프장치의 급탕 및 난방시스템	
KR1387908 (2012.02.16)	연료전지와 지열히트펌프를 이용한 복합 냉난방 시스템	연료전지에서 발생되는 열과 지열히트펌프의 열을 이용하여 난방을 수행	
KR1455189 (2013.02.28)	ICT 기반의 열원 히트펌프 시스템 및 그 성능 진단 방법	건물 등의 에너지 부하에 설치되어 운용 중인 지열원 히트펌프에 대한 실시간 생산열량 및 성적계수를 측정	
KR1495305 (2013.07.25)	태양열과 지열을 이용한 하이브리드 냉난방 시스템	태양열과 지열을 이용하여 건물 내부를 냉난방시킬 수 있는 하이브리드 냉난방 시스템	
KR2016064 (2017.11.30)	지열을 이용한 자립형 스마트 벤치	지열을 이용하여 냉난방이 가능하면서도 에너지를 소비하지 않는 자립형 스마트 벤치	

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

◎ 지앤지테크놀러지

- 지앤지테크놀러지는 이중 삽입 지열관을 이용한 폐쇄형 지중열교환기 장치, 고심도용 지중 열교환 시스템, 순환 지하수의 유로 폐쇄 방지형 지열 시스템 등 지열 에너지를 활용한 시스템에 관련된 특허를 출원함

[지앤지테크놀러지 주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR0880675 (2008.05.01)	이중 삽입 지열관을 이용한 폐쇄형 지중열교환기 장치 및 구성 방법	지하수를 취수하지 않은 상태에서 지중 열을 이용할 수 있도록 한 폐쇄형 지중열 교환장치	
KR0981527 (2010.01.11)	고심도 수직밀폐형 지중 열교환기 장치 및 구성 방법	고심도 수직밀폐형 지중 열교환기 장치 및 구성방법	
KR1370640 (2012.05.30)	지열공의 시공 깊이를 달리하는 지열 시스템	최적의 열교환효율을 얻을 수 있는 지열공의 시공 깊이를 달리하는 지열 시스템	
KR1415299 (2012.05.30)	고심도용 지중 열교환기 그라우팅 장치 및 방법	고심도에서 연질의 HDPE 관이 함몰되지 않도록 하기 위해 실행될 수 있도록 한 고심도용 지중 열교환기 그라우팅장치 및 방법	
KR1992308 (2018.12.07)	스마트팜과 건축물 냉난방을 위한 단일 급수방식을 이용한 지열시스템 및 이의 시공 방법	대규모 지열 용량에서도 한 대의 펌프를 운용할 수 있는 스마트팜과 건축물 냉난방을 위한 단일 급수방식을 이용한 지열시스템 및 이의 시공 방법	

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

다. 기술진입장벽 분석

(1) 기술 집중력 분석

- 지열 에너지화 활용 냉난방 시스템 관련 기술에 대한 시장관점의 기술독점 현황분석을 위해 집중률 지수(CRn: Concentration Ratio n, 상위 n개사 특허점유율의 합) 분석 진행
 - 상위 4개 기업의 시장점유율이 0.07로 독과점 정도가 낮은 편이나, 향후 시장이 커지면서 다양한 업체에 의한 경쟁구도가 생성될 것으로 전망됨
 - 국내 시장에서 중소기업의 점유율 분석결과 0.71으로 해당 기술에 대하여 중소기업의 진입장벽은 높지 않은 것으로 파악

[주요출원인의 집중력 및 국내시장 중소기업 집중력 분석]

주요 출원인 집중력	주요출원인 출원인	출원건수	특허점유율	CRn	n
	CORONA(일본)	41	1.9	0.02	1
	DAIKIN INDUSTRIES(일본)	37	1.7	0.04	2
	코오롱글로벌(한국)	35	1.6	0.05	3
	한국에너지기술연구원(한국)	33	1.5	0.07	4
	SEKISUI CHEM(일본)	29	1.3	0.08	5
	지앤지테크놀로지(한국)	28	1.3	0.09	6
	OHBAYASHI(일본)	28	1.3	0.11	7
	MISAWA(일본)	27	1.2	0.12	8
	탐솔(한국)	20	0.9	0.13	9
	지지케이(한국)	20	0.9	0.14	10
	전체	2,173	100%	CR4=0.07	
국내시장 중소기업 집중력	출원인 구분	출원건수	특허점유율	CRn	n
	중소기업(개인)	672	71.3	0.71	
	대기업	116	12.3		
	연구기관/대학	154	16.3		
	전체	942	100%	CR중소기업=0.71	

(2) 특허소송 현황 분석

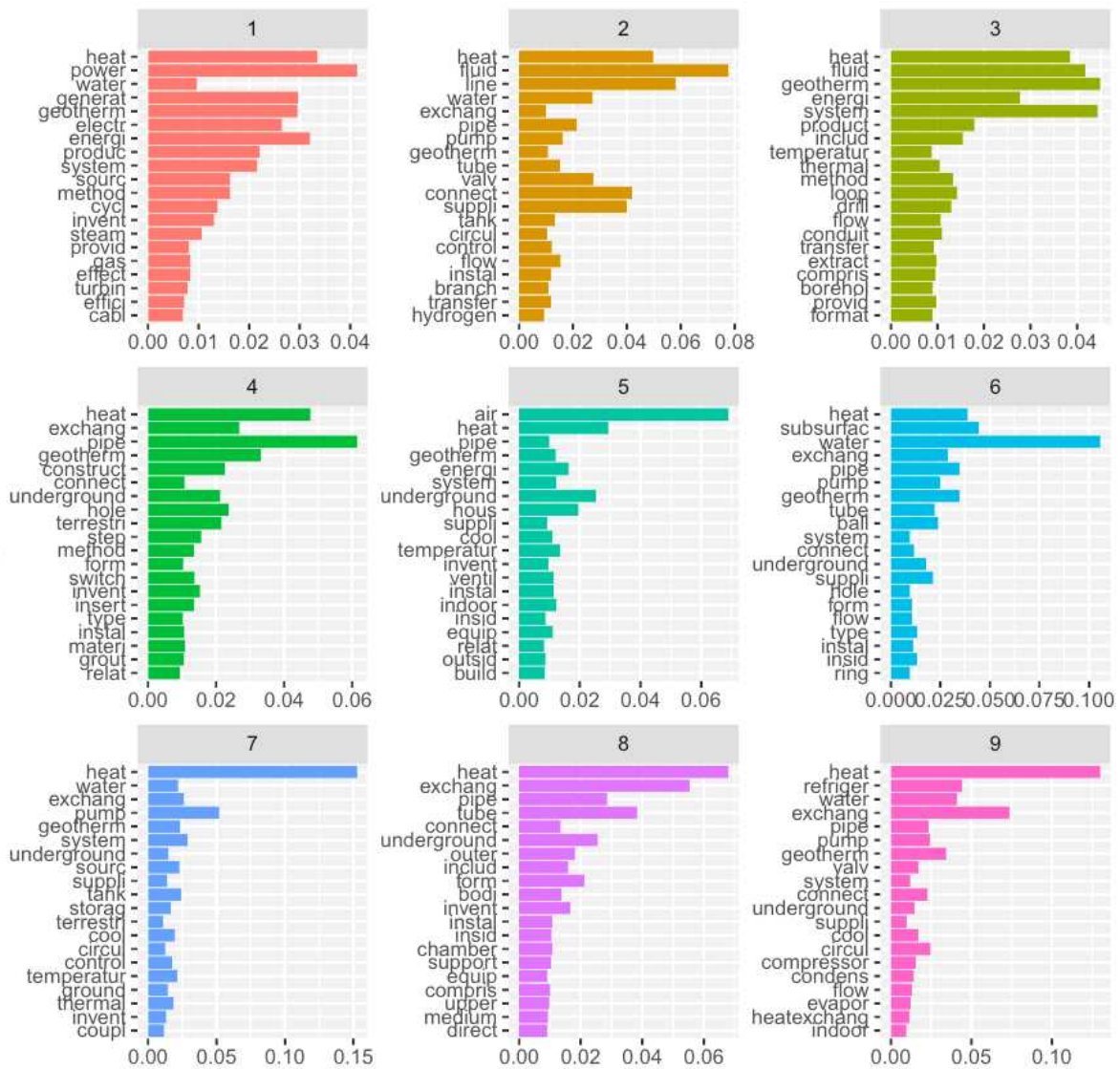
- 지열 에너지화 활용 냉난방 시스템 관련 특허소송을 이력은 없는 것으로 조사됨

5. 요소기술 도출

가. 특허 기반 토픽 도출

- 2,173건의 특허에 대해서 빈출단어 3,632개 단어의 구성 성분이 유사한 것끼리 그룹핑을 시도하여 토픽을 도출
- 유사한 토픽을 묶어 클러스터 9개로 구성

[지열 에너지화 활용 냉난방 시스템에 대한 토픽 클러스터링 결과]



나. LDA⁴⁴⁾ 클러스터링 기반 요소기술 도출

[LDA 클러스터링 기반 요소기술 키워드 도출]

No.	상위 5개 키워드	대표적 관련 특허	요소기술 후보
클러스터 01	geothermal condition heati Heat Exchang	<ul style="list-style-type: none"> standing column well type geothermal heat pump system based on ground pump Geothermal heat air conditioning and heating system using balancing tank Geothermal Heat Exchanging System and Construction Method thereof 	고효율 대용량 지열원 냉난방 시스템
클러스터 02	heat geothermal cool control hybrid	<ul style="list-style-type: none"> Hybrid geothermal heating and cooling system, and method thereof) Geothermal heat pump system comprising vertical type and horizontal type heat exchange pipe and control method thereof Heating System Using Solar Thermal Heat Pump 	지열원 및 하이브리드 열원 최적 통합 시스템(지열+기존 냉난방 설비, 지열+태양·재생에너지원)
클러스터 03	ground heat refrige geothermal cool	<ul style="list-style-type: none"> Combined turbulent type ground heat exchange system Method for calculation of heating value of brine-refrigerant type heat pump system using geothermal heat energy SCREW PILE TYPE GEOTHERMAL HEAT EXCHANGER 	지중열교환기 시공비 절감을 위한 부품·소재 기술 및 시공 장비 개발
클러스터 04	pump air Ground power geothermal	<ul style="list-style-type: none"> Size computing method of Vertical Borehole Heat Exchangers in Ground-coupled heat pump systems Air circulation device and method using geothermal heat AUTOMATED COMBINED POWER GENERATION SYSTEM USING GEOTHERMAL ENERGY 	기후 환경 및 다양한 건물에 적합한 지열 열펌프 시스템 개발
클러스터 05	exchange energy convert alternative geothermal	<ul style="list-style-type: none"> Scavenger energy converter system its new applications and its control systems Geothermal heat exchanger and heat pump circuit System and method for creating a geothermal roadway utility with alternative energy pumping system 	고효율/컴팩트 지중열교환기 설계 및 제작 기술
클러스터 06	geothermal pump energy system geothermal	<ul style="list-style-type: none"> Geothermal energy production with supercritical fluids System and method for creating a geothermal roadway utility with alternative energy pumping system Electroactive polymer thermal electric generators 	지열 에너지화 활용 냉난방 시스템 최적 제어 및 유지관리 기술

44) Latent Dirichlet Allocation

클러스터 07	plant open pump geothermal power	<ul style="list-style-type: none"> • Seal system for geothermal power plant operating on high pressure geothermal steam • Geothermal heat pump system • Method of combining waste water treatment and power generation technologies 	개방형 지중열교환기 설계 및 제작 기술
클러스터 08	heat engine cool pump unit	<ul style="list-style-type: none"> • Water-mist blower cooling system and its new applications • Heat engine • Heating a leach field 	고온/고효율 히트펌프 유닛 설계 및 제작 기술
클러스터 09	heat geothermal pump thermal grout	<ul style="list-style-type: none"> • Geothermal heat pump system • Direct refrigerant geothermal heat exchange or multiple source subcool/postheat/precool system therefor • Thermally conductive cementitious grout for 	대체냉매 적용 지열 히트펌프 유닛 설계 및 제작 기술

다. 특허 분류체계 기반 요소기술 도출

- 지열 에너지화 활용 냉난방 시스템 관련 특허의 주요 IPC 코드를 기반으로 한 요소기술 후보는 지중열교환기 시공비 절감을 위한 부품·소재 기술 및 시공 장비 개발로 도출함

[IPC 분류체계에 기반 한 요소기술 도출]

IPC 기술트리		
(서브클래스) 내용	(메인그룹) 내용	요소기술 후보
(F24F) 공기조화; 공기가습; 환기; 차폐를 위한 기류의 이용	(F24F-005/00) F24F 1/00 또는 F24F 3/00에 분류되지 않는 공기조화방식 또는 공기조화장치	-
	(F24F-003/00) 조정된 1차 공기를 1개 또는 그 이상의 중앙장치로부터 2차처리를 위하여 방 또는 공간에 설치된 분배유닛에 공급하는 공기조화방식; 이 같은 방식을 위하여 특별히 설계된 장치	-
	(F24F-011/00) 제어 또는 안전 장치	-
(F24T) 지열 수집기; 지열 시스템	(F24T-010/00) 지열 수집기	지중열교환기 시공비 절감을 위한 부품·소재 기술 및 시공 장비 개발
(E02D) 기초; 굴착; 축제(특히 수공에 적합한 것 E02B); 지하 또는 수중 구조물	(E02D-005/00) 기초 공사에 특히 적용되는 격벽(隔壁), 말뚝 또는 그 유사물의 구조 요소	-
	(E01C-011/00) 포장의 세부	-

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

[지열 에너지화 활용 냉난방 시스템 분야 요소기술 도출]

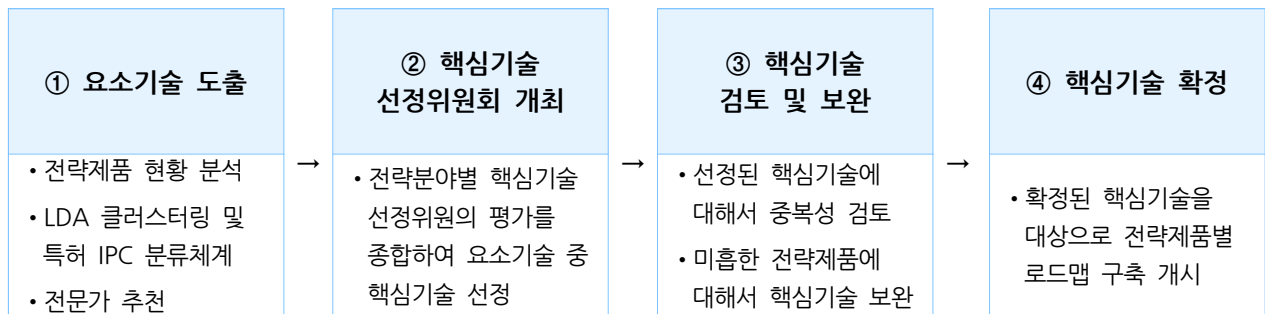
분류	요소기술	출처
시스템	고효율 대용량 지열원 이용 냉난방 시스템	특허 클러스터링
	지열원 중심의 신재생에너지 하이브리드 열원 최적 통합 운영시스템	특허 클러스터링
	지열 에너지화 활용 냉난방 시스템 최적 제어 및 유지관리 기술	특허 클러스터링
지중열 교환기	지중열교환기 시공비 절감을 위한 부품·소재 기술 및 시공 장비 개발	특허 클러스터링, IPC체계
	개방형 지중열교환기 설계 및 제작 기술	특허 클러스터링
	고효율/컴팩트 지중열교환기 설계 및 제작 기술	특허 클러스터링, 전문가추천
히트펌프	기후 환경 및 다양한 건물에 적합한 지열 열펌프 시스템 개발	특허 클러스터링, 전문가추천
	지열 이용을 위한 고온/고효율 히트펌프 유닛 설계 및 제작 기술	특허 클러스터링
	대체냉매 적용 지열 히트펌프 유닛 설계 및 제작 기술	특허 클러스터링

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

[지열 에너지화 활용 냉난방 시스템 분야 핵심기술]

분류	핵심기술	개요
시스템	고효율 대용량 지열원 이용 냉난방 시스템 및 최적 제어기술	<ul style="list-style-type: none"> • 약 400~500세대의 주거용 건물, 대형 건물군에 냉난방과 급탕을 공급할 수 있는 고효율 대용량 지열원 냉난방 시스템. 냉난방 시스템 통합화 및 최적설계 기술
	지열원 중심의 신재생에너지 하이브리드 열원 최적 통합 운영시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 폐열, 태양광, 태양열, 지열 등 신재생에너지를 활용한 친환경 열원을 하나로 통합하여, 난방 및 급탕으로 활용할 수 있는 시스템. 열공급 시스템을 하나의 통합시스템으로 패키지화하여 설계하며, 건물일체화 실현
	지열 에너지화 활용 냉난방 시스템 최적 제어 및 유지관리 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 각 기기의 운전상황을 중앙에서 감시 제어하고, 정밀한 온도제어 등이 필요하며, 실제적으로 에너지 절감이 되는 상황을 모니터링하는 기술. 지열 냉난방 시스템의 설계 신뢰성 확립 및 유지관리 기술 확보 필수
지중열교환기	지중열교환기 시공비 절감을 위한 부품·소재 기술 및 시공 장비 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 지중열교환기는 시스템의 성능과 초기 투자비를 결정하는 중요 요소로, 시공비를 줄일 수 있는 기술이 요구. 대용량 복합 지중열교환 부품에 대한 성능분석과 지중 열특성에 따른 지중 열교환 시스템 설계 등이 필요
	고효율/컴팩트 지중열교환기 설계 및 제작 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 다양한 지반조건에서 타 공조 시스템보다 시스템 성능을 확보하기 위한 지중열교환기의 기술개발 및 설치공법 기술
	지열 이용을 위한 고온/고효율 히트펌프 유닛 설계 및 제작 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 지열원 히트펌프 설계기술에 관한 것으로, 고효율 저시공비의 히트펌프 유닛기술을 개발함으로써 향후 지열 베이스의 신재생 에너지 융합이나 저장 분야로 응용가능

다. 중소기업 기술개발 전략

- 국내외 지열 열펌프 및 발전 업체와의 협력체계를 구축하여 신시장 창출 전략 마련
- 지열 냉난방 시스템의 초기 투자비를 절감하기 위해서 구조물 및 사용자 특성 등에 의한 냉난방 부하 산정 요구
- 지열원 냉난방 시스템의 고성능 대용량화 및 하이브리드 열원 최적 통합화 전략 추진

라. 기술개발 로드맵

(1) 중기 기술개발 로드맵

[지열 에너지화 활용 냉난방 시스템 기술개발 로드맵]

지열 에너지화 활용 냉난방 시스템	대형 건물군에 적용 가능한 최적화된 지열시스템 개발 및 경제성 확보			최종 목표
	2021년	2022년	2023년	
고효율 대용량 지열원 이용 냉난방 시스템 및 최적 제어기술				지열원 이용 냉난방 시스템의 최적제어 및 설계로 대규모 집단 열에너지 공급
지열원 중심의 신재생에너지 하이브리드 열원 최적 통합 운영시스템				경제성을 확보하는 차세대 에너지 자립형 건축물
지열 에너지화 활용 냉난방 시스템 최적 제어 및 유지관리 기술				지열 냉난방 시스템의 설계 신뢰성 확립 및 유지관리 기술확보
지중열교환기 시공비 절감을 위한 부품·소재 기술 및 시공 장비 개발				시공비 절감을 위한 지열냉난방용 지중 열교환장비 및 시공법개발
고효율/컴팩트 지중열교환기 설계 및 제작 기술				지열냉난방시스템 활용을 위한 지중 열교환기 설계기술 확보
지열 이용을 위한 고온/고효율 히트펌프 유닛 설계 및 제작 기술				지열원 히트펌프 유닛 실증단계 성능향상

(2) 기술개발 목표

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

[지열 에너지화 활용 냉난방 시스템 분야 핵심요소기술 연구목표]

분류	핵심기술	기술요구사항	연차별 개발목표			최종목표	연계R&D 유형
			1차년도	2차년도	3차년도		
시스템	고효율 대용량 지열원 이용 냉난방 시스템 및 최적 제어기술	열펌프, 공조설비, 열교환시스템 등 구성요소를 통합할 수 있는 설계 기술	고효율 지열원 열펌프 유닛 설계 및 제작	지중부하 최소화를 위한 지반특성 반영한 지중열교환기 활용 열특성분석 및 설계기술	대용량 냉난방 시스템의 고장패턴 진단 및 시스템 최적제어, 유지관리기술	지열원 이용 냉난방 시스템의 최적제어 및 설계로 대규모 집단 열에너지 공급	상용화
	지열원 중심의 신재생에너지 하이브리드 열원 최적 통합 운영시스템	태양열시스템 연계한 계간축열과 건축물의 지열 냉난방시스템 도입	계간축열조 열유동 특성 해석 및 축열효율 향상을 위한 성능해석 모델 개발	고성능 지중 계간축열 시스템 성능 평가 시뮬레이터 개발	축열시스템 안정화 구조 설계 및 실시간 온도 모니터링 시스템 개발	경제성을 확보하는 차세대 에너지 자립형 건축물	기술혁신
	지열 에너지화 활용 냉난방 시스템 최적 제어 및 유지관리 기술	지중 열해석 능력 및 지열 냉난방시스템의 효율향상 기술 개발, 장기 운전을 통한 시스템의 효율 및 능력저하 예측기술 개발	지열시스템 지열영향 데이터베이스 구축, 특정 규모의 지열시스템에 대한 적합성 평가	지열시스템 지열영향 모니터링 시스템 개발 및 현장적용, 보완	지열시스템 설계, 시공 및 측정 기술 체계화, 현장 적용성 제시	지열 냉난방 시스템의 설계 신뢰성 확립 및 유지관리 기술확보	상용화
지중열 교환기	지중열교환기 시공비 절감을 위한 부품·소재 기술 및 시공 장비 개발	공사비 절감이 가능한 지중열교환기 설치 공법 및 시공장비 개발	각종 센서(유량계, 온도계, 압력계, 전력계 등) 설치 및 지중열교환기 실증성능평가	지열원 열펌프 시스템 설계 파라미터 분석을 위한 시스템 설계인자에 따른 시스템 디자인	제작한 지중열교환기 시공, 현장시험 및 현장 검정 시험	시공비 절감을 위한 지열냉난방 용 지중 열교환장비 및 시공법개발	창업성장
	고효율/컴팩트 지중열교환기 설계 및 제작 기술	지중열교환기 설계 및 시공법, 성능 예측 및 실증시험	지중 열교환기 시뮬레이션 구축으로 건물 냉난방 운전에 따른 설계공정	설계 변수 조건 및 성능 영향 인자 (지중 열전도율, 냉난방 운전시간	지중 열교환기의 성능 검증을 위한 냉난방 실증 실험 및 지중열교환기 적용 Pilot	지열냉난방 시스템 활용을 위한 지중 열교환기 설계기술 확보	상용화

			완성	등)에 따른 설계	Plant 운전 성능 분석		
지열 이용을 위한 고온 /고효율 히트펌프 유닛 설계 및 제작 기술	고효율 히트펌프 유닛 설계 및 제작기술	지열 히트펌프유닛 에너지 저감성능 분석(작동조건별 COP, 부분부하 패턴, 전기 소비량 평가 등)	에너지 최소화를 위한 지열 히트펌프유닛 최적 운전 방안 제시	지상설비 운전 형태(축열)에 따른 지중 특성 규명	지열원 히트펌프 유닛 실증단계 성능향상		상용화