해외건설 신시장 진출 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 기획보고서

2020. 4. 21.

㈜ Knowledgeworks

해외건설 신시장 진출 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 기획보고서

2020. 4. 21.

㈜ Knowledgeworks

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

이 보고서를 (주)날리지웍스에서 수행한 “해외건설 신시장 진출 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 기획보고서”의 연구보고서로 제출합니다

2020. 4. 21.

주관연구기관	(주)날리지웍스	연구책임자	류형근	이사
	〃	연구원	손창수	선임컨설턴트
	〃	〃	방영민	선임컨설턴트
	〃	〃	김우리	선임컨설턴트
	〃	〃	권은주	선임컨설턴트
	〃	〃	김영준	컨설턴트
	〃	〃	백경인	컨설턴트
공동연구기관	해외건설협회	연구책임자	정창구	센터장
	〃	연구원	조성원	부장
	〃	〃	이강욱	과장
공동연구기관	한국전력원자력 대학원 대학교	연구책임자	정우용	교수
	〃	연구원	박수진	교수
	연세대학교	〃	박찬영	박사과정
공동연구기관	서울시립대학교	연구책임자	김영태	교수
	〃	연구원	염춘호	교수
	〃	〃	정유미	연구원

< 요 약 문 >

Ⅰ. 추진배경

□ 플랜트는 국내 건설에서 높은 위상 차지

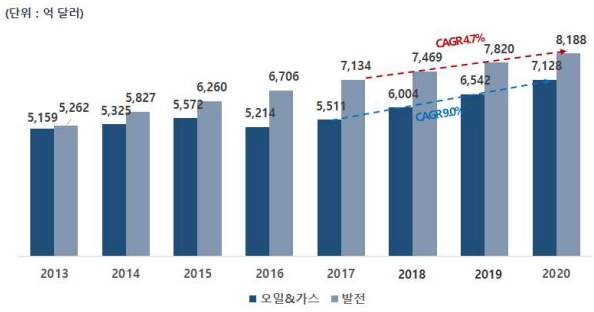
○ **해외건설 수주**에서 **플랜트가 차지하는 비중**은 '18년 **57.3%**(해건협)

○ 플랜트는 관련 **산업의 전후방효과**와 고용 및 부가가치 창출 등 국민경제에 미치는 **파급효과가 큰 분야**

□ **해외플랜트 시장은 지속 성장**하고 있으나, **국내기업의 수주**는 **급감**

○ 글로벌 인구증가 및 산업발전으로 **에너지 및 발전수요 증가**

○ 국내는 '15년 해외플랜트 수주 급감 이후, 회복하고 있지 못함



<해외 플랜트 시장 추이 및 전망(중소기업벤처부)>

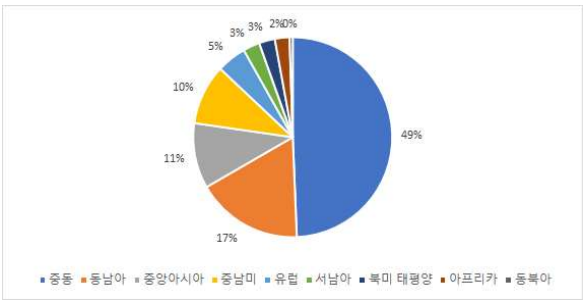


<국내기업의 해외 플랜트 수주 추이(e-나라지표)>

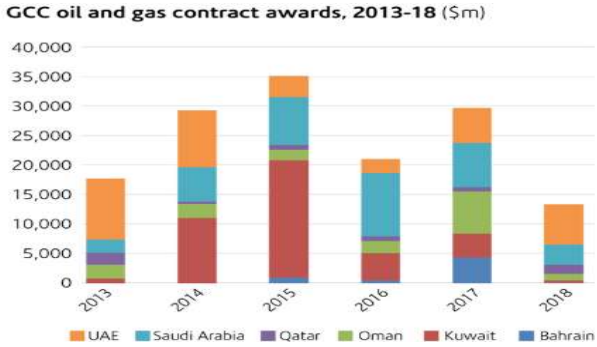
□ 해외플랜트 수주급감은 국내 **수주가 편중된 중동지역**의 **발주 감소**에 기인

○ 국내 **플랜트 수주의 50%가 편중**되어 있는 **중동**지역 발주는 '15년 350억 달러에서 '18년 130억 달러로 절반 이상 급감(해건협, MEED)

- 국내 **중동지역 수주의 59%**는 **정유·석유화학 공종**



<권역별 수주 비중(`12~`18, 해외건설협회)>



<중동 오일&가스 발주동향(`13~`18, MEED)>

□ 해외 플랜트 수주확대를 위해서는 특정 지역/플랜트 편중에서 벗어나 **신규 플랜트 시장으로 진출**과 **기존 시장에서의 경쟁력 확보**가 시급한 상황임

〈 시장 여건 〉

□ '30년까지 **세계 에너지 소비는** 지속적으로 **증가**할 전망

○ 특히 **아시아, 중동, 아프리카**의 **에너지 소비 증가**가 두드러짐

* '30년까지 에너지소비 증가율은 아프리카 16.6%, 중동 11.7%, 아시아 7.1%인 반면, 미주(0.1%)와 유럽(-3.8%)은 정체 또는 감소

○ 전 세계적으로 **가스 수요 증가**하며, **아시아·중동·아프리카**는 **석탄 및 석유 수요 증가**(IEA)

* '30년까지 주요 에너지원 수요 증가율은 가스 9.9%, 석유 3.6%, 석탄 -0.6%
* 아시아 석탄·석유 수요는 지속 증가하여, '30년 아시아 에너지원 중 석탄·석유 비중은 각각 51%, 34%
* '30년까지 중동·아프리카의 석탄 수요 증가율은 각각 9.6%, 7.1%이며, 석유 수요 증가율은 각각 8.1%, 18.6%

□ 채굴기술이 발전하며, 그간 개발되지 못하던 **비전통자원시장 성장**

○ **오일샌드** 등 **비전통유 생산**이 **확대**되며, '40년에는 전통유 생산량의 56.2%수준까지 비전통유 생산이 이루어질 전망(IEA)

* 계획/추진예정 오일샌드플랜트 시장은 550억 달러(Global Data)

○ 5TCF 미만의 **중소형 가스전** 개소는 대형 가스전 개소의 80배 이상(IHS Energy)

* 계획/추진예정 LNG플랜트 시장은 3,396억 달러(Global Data)

□ **CO2배출 규제 강화**로 **재생에너지** 및 **가스화력 발전**이 **확대**되고 있으며, **현지자원**의 **발전자원 활용 수요**도 지속 전망

○ 각국의 **재생에너지 확대 정책**으로 **재생에너지 발전량**은 '30년까지 '18년의 3배 이상 **성장**(IEA)

- 기술발전으로 인한 **발전단가 하락**으로 **태양광·풍력 시장성장 가속화**

* 계획/추진예정 태양광 플랜트 시장은 930억 달러, 풍력 플랜트는 2,473억 달러(Global Data)

- **수소에너지**는 '50년 **전세계 에너지 수요**의 **18%**를 차지할 전망(수소위원회, '18)

* 수소에너지 시장은 '21년 1,511억 달러 전망(한국수소산업협회)

○ **친환경 발전원**으로 **안정적 전원공급**이 가능한 **가스화력, 태양열, 양수발전** 시장도 **부각**

* 계획/추진예정 가스화력 시장은 892억 달러, 태양열은 621억 달러, 수력은 3,128억 달러(Global Data)

○ 특히, **아시아 지역**에서는 **자국**의 **저발열량탄, 바이오폐기물**을 활용하는 **석탄화력발전, 재생연료발전 수요** 존재

* 동남아 재생연료 플랜트 시장은 '17년 기준 10.8억 달러, 연평균 14%의 고성장(Frost&Sullivan)

* 전세계 석탄화력발전플랜트 시장은 '30년 53,064억 달러 전망(KIAT)

□ **개발국가**를 중심으로 **급증**하는 **폐기물**의 **자원화 니즈** 확대

○ 급격한 산업화와 인구가 급증하는 개발국가는 산업폐기물, 생활폐기물 처리문제 시급

* 전세계 폐기물처리시장은 '26년 4,500억 달러 전망(Waste Management Market)

Ⅱ. 국내외 플랜트 해외사업 경쟁력 분석

□ **LNG 액화공정 기술**은 있으나 **실적** 및 **프로젝트 경험 부족**, 후방의 **LNG 이송, 저장** 기술은 **우수**

○ 국내 **LNG 액화공정, 모듈러** 독자기술 개발, **상용급 실증**은 진행 중

* 일 생산 100t급 Test-bed 운영을 통해 라이센스 확보 추진 중

○ **대형 LNG**시장은 **메이저**가 **진입장벽**을 형성하고 있어 대형 LNG 시장으로 바로 진출은 어려운 상황

○ LNG 후방의 **LNG 터미널**(이송·저장·재기화)기술은 **최고 수준**으로 평가



<LNG플랜트 사업단 개발 액화공정기술>


<국내 수주 파나마 LNG 터미널·복합화력>

□ **오일샌드 저비용생산기술**을 개발하였으며, **실증가능 해외 현장 보유**

○ 메이저는 수십년의 운영실적 기반 **전통유 시장 진입장벽 구축**, 국내는 **실적** 및 **경험 부족**으로 전통유 시장 진출 어려움

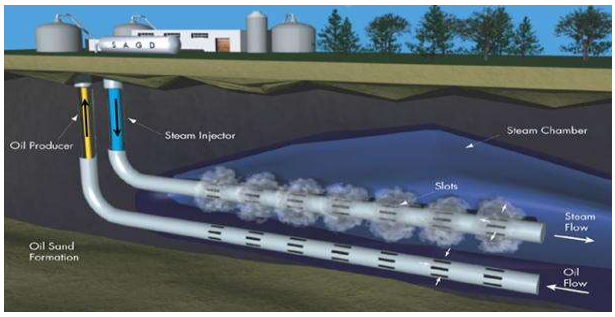
○ 국내는 상용화된 오일샌드 채굴기술보다 **저렴한 ES-SAGD기술 개발** 중

○ **한국석유공사** 보유 **캐나다광구**에서 개발기술 **현장 실증 가능**

- 캐나다 **극한지역**에서의 **기술경험**은 **부족**



<한국석유공사 보유 캐나다 광구>

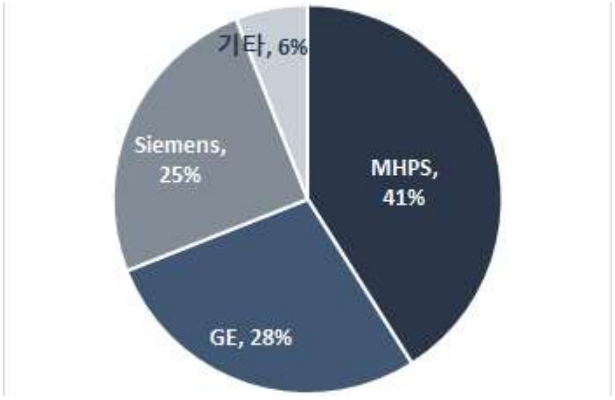


<상용화된 SAGD방식의 오일샌드 채굴>

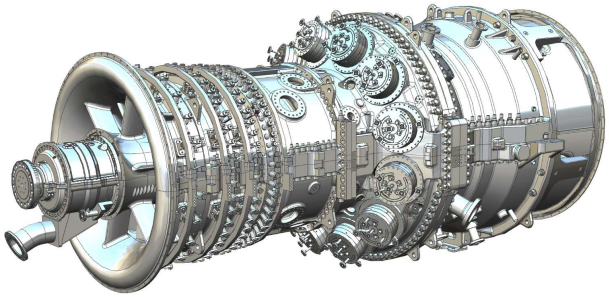
□ **가스화력**의 핵심인 **가스터빈**을 개발하였으나, **선도기업**과 **격차**는 존재

○ 3대 **메이저가** 가스터빈 시장의 **90%이상**을 **점유**, **발전설비 성능**과 **가격 측면**에서 메이저에 비해 **미흡**

○ **발전 공기업**이 해외 운영사업으로 진출하고 있어, 운영기관 **구매**에 따라 **국내 가스터빈**이 **적용 가능**



<100MW이상 가스터빈 시장점유율(2018)>



<국내 개발 270MW 가스터빈>

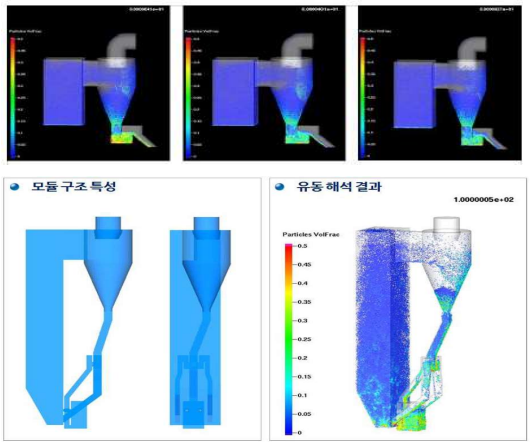
□ 국내 운영경험을 기반으로 **석탄화력·재생연료·폐기물** 플랜트의 핵심인 **CFB보일러 설계·제작 가능**

○ **CFB보일러**는 해외 라이센싱으로 제작 중이나, **독자적인 설계** 및 **라이센싱**이 **가능**한 수준에 도달

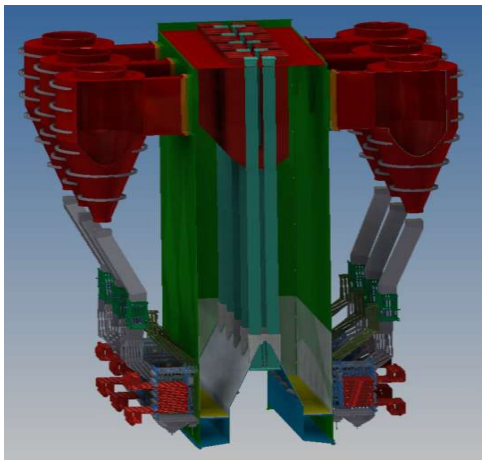
- 석탄화력이 감소하는 **국내**에서 **실증이 어려워**, 라이센싱 미확보

○ 국내 및 **동남아 석탄화력발전 운영경험** 및 노하우 보유

○ 국내와 **상이한 현지의 바이오 원료/폐기물 성상**에 대한 고려는 필요



<국내 고유모델 3D 시뮬레이션 성능예측>


<국내 USC-CFB 기본설계안>

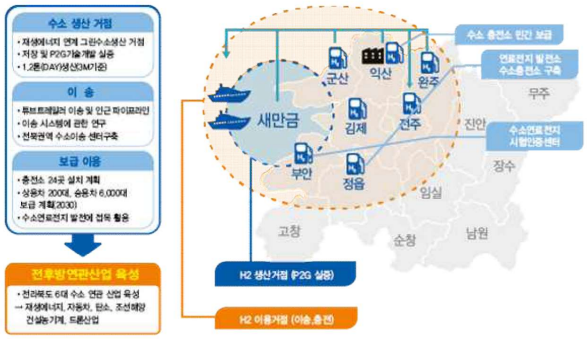
□ **태양열**은 **요소기술**을 **확보**하고, **가격경쟁력**도 있으나, 상용급 실증이 이루어지지 못한 상황

○ **200kW급 태양열 시스템 설계·제작 구축**과 **운전 경험**은 **확보**, **국내 일사량 부족**으로 **상용급 실증**은 **미추진**

□ 국내 지자체 중심으로 **수소인프라, 생산** 및 **활용 실증사업**들이 추진 중으로 해외와 경쟁이 가능한 수준

○ 선도국은 CO2발생/에너지 소모량 저감 **수전해, 메탄가스 개질 및 CO2포집** 등의 방식으로 **수소생산**기술을 개발


<200kW급 태양열 시스템(대구)>



<전라북도 수소 생산-활용 클러스터 계획>

□ 국내 **50MW급 수력발전 실증** 중으로 선도기업과 **기술격차**는 있으나 기술기반은 있으며, **국내 공기업 해외 운영사업**을 통해 **실증 가능**

□ 국내 **풍력/태양광** 관련 제품은 **상용화**되어있으나, 선도기업 대비 **가격과 기술격차**가 존재하여 **핵심기기**로 **시장 진출**은 **어려운 상황**

○ 풍력의 경우, 선도기업에 비해 **부유식 해상풍력기술**은 **부족**하며, **발전용량, 가격측면 열위**

○ 태양광의 경우, CIGS 등 **선도기술**은 **우수**하나, **저가의 중국제품**에 비해 양산품의 **가격경쟁력 극복 어려움**

Ⅲ. 해외건설 신시장 진출 플랜트건설 기술개발방향

□ **(LNG)** 진입장벽이 상대적으로 낮은 **소형 LNG시장**을 타겟으로 **이송, 저장, 발전 운영**까지 포함하는 **패키지**로 기술개발 추진

○ 대형 LNG생산가격 수준의 **저비용 소형 LNG 액화 및 모듈러 시공 기술** 개발·실증

○ 국내 역량이 우수한 **이송, 저장 기술**을 **패키지**로 추진하여, 소형 LNG시장에서 경쟁력 향상 추진

□ **(비전통유)** 전통유와 경쟁가능한 **저비용 시추, 생산, 개질, 이송 패키지** 기술을 개발하고, **공기업**이 **보유**한 **해외 광구 대상 실증** 추진

○ 시추 및 생산한 **비전통유**의 **성상**과 **이송환경**에 따라 **개질기술, 이송기술**과 연계한 프로젝트로 추진

○ 한국석유공사가 보유한 **오일샌드광구**에서 **극한환경 대응기술 실증**

□ **(가스화력)** 전방산업인 **LNG와 패키지**(G2P)로 **가스터빈 해외 실증** 추진

○ 경쟁력이 낮아 단독으로 해외진출이 어려운 **가스터빈**의 해외 실증을 위해 **소형LNG** 및 **이송-저장**과 함께 **패키지**로 추진

- **소형 LNG**만으로는 **수익성 확보**에 **어려움**이 있으므로, 가스화력 발전 운영까지 패키지로 추진

□ **(석탄화력/재생연료/폐기물) 현지 저급탄, 바이오/생활폐기물**의 **성상**에 적합한 **CFB 플랜트 실증** 및 **현지 CO2** 및 **오염물질 배출저감 니즈** 반영

○ 저발열량탄 생산국은 **자국 자원활용 니즈**가 있으며, 국내와 **상이**한 **성상의 원료** 기반 **고효율 발전기술** 확보 및 **현지실증** 필요

○ 저개발국가에서도 CO2와 미세먼지 등 대기오염은 이슈화되고 있어, **CO2** 및 **대기오염물질 배출저감** 기술 적용 필요

○ **현지**에서 발생하는 **바이오폐기물, 산업폐기물, 생활폐기물** 처리에 적합한 **원료 전처리** 및 **고효율 발전 기술** 개발 및 **현지 실증**

□ **(수력)** 시장이 활발한 **100MW급 수력발전 설계·제작기술** 개발, 국내 **공기업**이 **운영** 중인 **현지 수력발전소**에 부합하도록 **제작** 및 **실증** 추진

○ 현지 하천의 유량, 유속, 유사량, 낙차 등을 고려하여 100MW급 수력발전설비 개발 필요

□ **(풍력, 태양광)** 핵심기기로 시장진출이 어려워, **보조전원 시장** 및 **타 플랜트와 연계** 추진

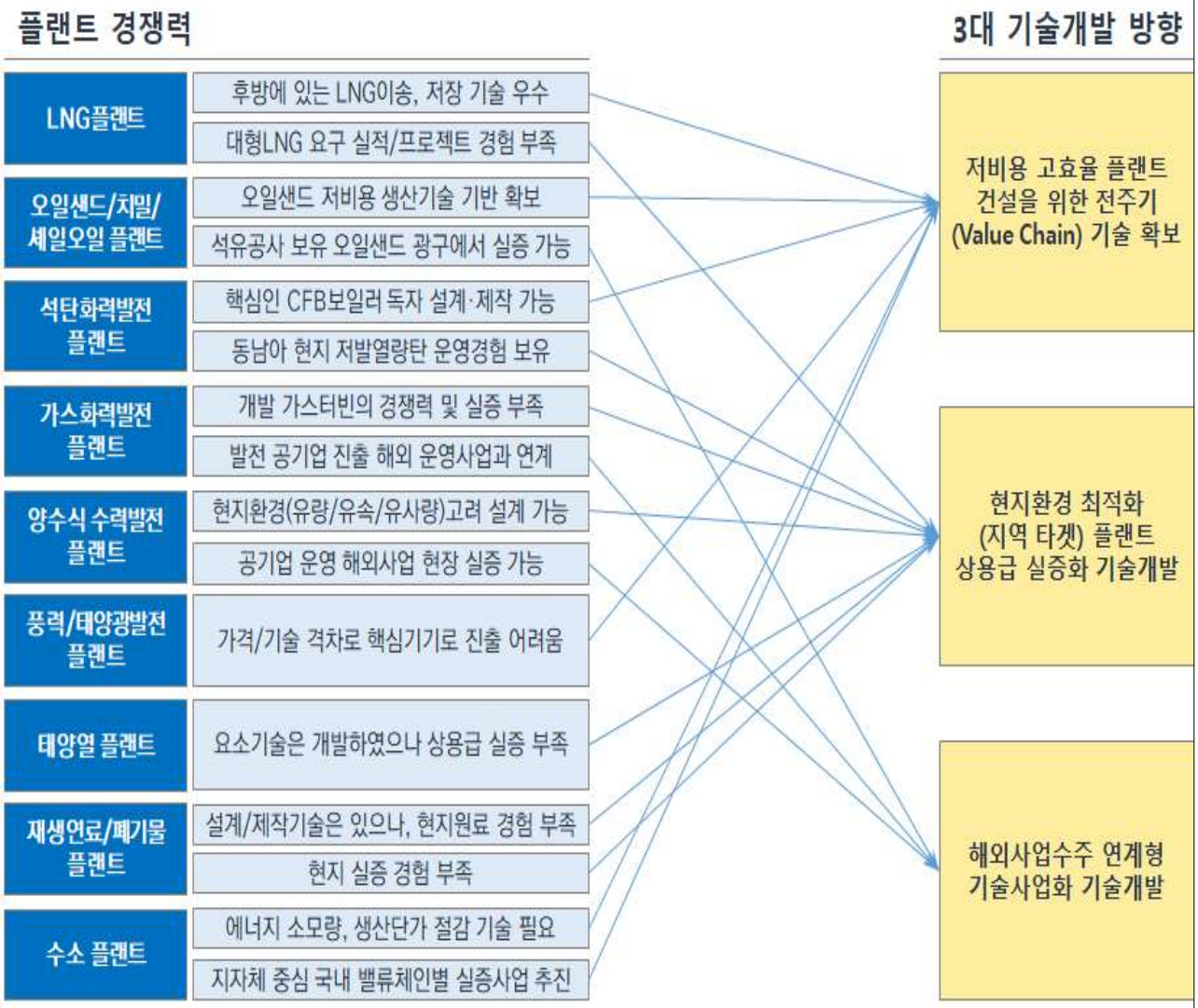
○ 풍력발전과 태양광발전은 타 플랜트의 보조전원으로 활용하며, 국내 개발제품의 실증 추진

□ **(태양열) 일사량**이 풍부한 지역에 **상용급 실증단지 구축** 및 **실적확보**

○ 칠레 고산지대 등 일사량이 풍부한 지역에 1MW규모의 상용급 플랜트 실증 추진 후, 대규모 태양열 단지 프로젝트 시장 진출

□ **(수소) 산유국 대상**으로는 **화석연료 개질 대용량 생산기술**을 **실증**하고, **풍력·태양광**과 **연계**한 **수전해 수소생산 패키지** 추진

○ **화석연료 개질**의 경우, **산유국**에서 버려지는 **동반가스**를 **활용**하고, 발생되는 대량의 **CO2**를 **포집** 및 **처리**기술도 개발·적용



1 저비용 고효율 플랜트 건설을 위한 전주기(Value Chain) 기술 확보

○ 플랜트 시장에서 경쟁우위를 위한 **저비용·고효율·대용량 생산**기술 확보

- 경쟁자원 및 경쟁사보다 **저비용**으로 **생산·발전**이 가능한 기술 확보

* 유가보다 저렴한 비전통유 생산 플랜트기술, 2,450원/kg 미만 그린수소생산 플랜트기술 등

- 투입량 대비 **고효율 운영, 대용량 생산**이 가능한 기술 확보

* 100MW급 이상 대수력 플랜트기술, 43%이상 발전효율 초초임계 CFB 기술 등

○ **전후방 밸류체인과 연계**한 플랜트 **패키지 프로젝트** 추진으로 경쟁력 향상 및 해외시장 진출 기회 마련

- 단독 공종으로는 경쟁력이 약한 플랜트는 **패키지화**로 경쟁력 확보

* 소형LNG 연계 가스화력발전플랜트(G2P)로 가스터빈 해외진출 기반 마련

* 해상풍력기반 수전해 수소플랜트(P2G)로 풍력터빈 활용기반 마련

2 현지환경 최적화(지역 타겟) 플랜트 상용급 실증화 기술개발

○ **현지니즈**에 **부합**하는 기술개발 추진

- **현지 자연환경·원료 성상·규제조건** 등에 부합하는 **플랜트 설계** 및 **시공**기술 개발

* 현지 일사량, 풍량, 발전원료·폐기물 성상, 유속 등 국내와 상이한 조건을 고려한 기술

* 현지 CO2저감목표, 오염물질 배출규제에 따른 친환경 석탄화력발전플랜트 기술 등

○ **현지 상용급 플랜트 실증시설 구축** 및 **실적** 확보

- 현지 상용급 플랜트 **실증지 중심으로 추가시장 진출 기반** 마련

3 해외사업수주 연계형 기술사업화 기술개발

○ **투자사업**과 **연계**한 해외시장 진출

- 국내 **자원개발 공기업** 보유 **해외 광구개발** 사업과 **연계**한 기술개발 추진으로 국내 개발 핵심 요소기술 **해외 실증** 및 **실적** 확보

* 가스공사 보유 광구의 LNG를 활용하는 G2P사업을 통해 개발 가스터빈 실증, K-water 운영 해외 수력발전시설을 활용하여 개발 대수력 수차 실증 추진 등

□ 9개의 '해외건설 신시장 진출 기술개발 추진 플랜트'로부터 **해외진출 상품관점**의 **9대 전략프로젝트**를 도출



Ⅳ. 목표 및 전략

플랜트 기술경쟁력 강화를 통한 해외시장 확대



지역 및 공종 다변화 전략기술 확보 및 실증

2030년 목표	◈ 3개 권역(북미, 중남미, 유럽) 신규진출, 2개 권역(중동, 아시아) 확대 ◈ 신공정 8개, 사업관리기술 1개 개발 ◈ 신시장 진출을 통한 221억 달러 수주 확대



3대 기술 개발방향	1 저비용 고효율 플랜트 건설을 위한 전주기 기술 확보	2 현지환경 최적화(지역 타겟) 플랜트 상용급 실증화 기술개발	3 해외사업수주 연계형 기술사업화 기술개발
전략 프로젝트	저비용 비전통 오일 생산플랜트	신남방 재생연료/폐기물 플랜트	세계 선도형 저급자원 발전 플랜트
	모듈형 전주기 가스 인프라스트럭쳐	상용급 상시 운전형 태양열 발전 플랜트	디지털기반 플랜트 사업관리기술
	LPG기반 CO_2 순환형 수소 인프라스트럭쳐	상용급 수력/양수 발전 플랜트	해상 신재생 에너지 인프라스트럭쳐

〈 해외 플랜트 시장 진출 As-Is To-Be 〉

중동지역 편중	⇨	아시아/미주대륙 등 전 세계로 진출 확대
석유화학 공종 편중		비전통유/Gas to Power 등 다양한 공종 사업 진출

○ 아시아, 미주대륙 실증지역을 거점으로 진출지역 확대



○ `30년 지역 및 공종 다변화를 통한 221억 달러 수주 확대(`18년 대비 2배 이상)



Ⅴ. 전략프로젝트

1 저비용 비전통 오일 생산 플랜트

□ **(개념) 비전통오일 생산·처리·이송 플랜트** 건설 핵심기술개발 및 실증

○ 비전통오일(오일샌드, 초중질유, 셰일오일 등)의 생산·부분개질 기술과 처리·순환설비 및 이송관련 기술을 개발

□ **(시장여건) 오일샌드 등 비전통유 생산량**은 점점 **증가**하여 '40년에는 전통유 생산량의 56.2%까지 성장 전망

○ 계획/추진예정인 오일샌드 플랜트 시장규모는 550억 달러

□ **(기술경쟁력) 저비용 오일샌드 생산**이 가능한 ES-SAGD기술을 **개발중**이며, 오일샌드가 매장되어 있는 **극한지역**에서의 **핵심원천기술**은 **부재**

○ **한국석유공사**가 생산하고 있는 **캐나다 오일샌드 광구**에서 **실증 가능**

□ **(정부지원필요성)** 현지 **기술적 이슈**와 **문제, 한계**를 극복하기 위한 기술개발 **리스크**가 **존재**하여 **민간투자**의 **한계**로 정부 분담 필요

□ **(목표)** 북미, 러시아, 중남미 타겟 **비전통오일 친환경 생산·처리·이송 플랜트** 핵심기술 개발 및 실증(생산단가 50$/b 이하-기존 방식 대비 생산단가 10%이상 절감)

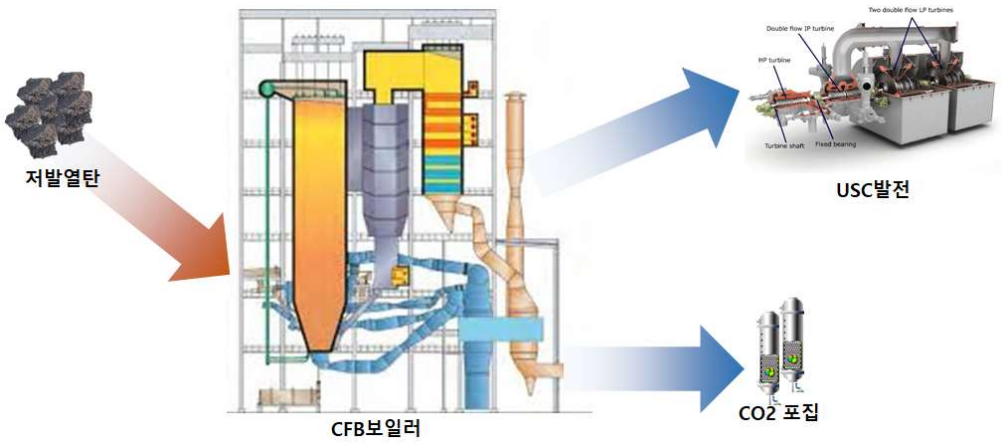
□ **(기대효과) 기존 캐나다 오일샌드 시장 수주**를 **2배 확대**하여 '30년 기준 30억 달러 수주 전망

○ 지난 10년간 국내기업이 캐나다 오일샌드 프로젝트 2건 수주

2 세계 선도형 저급자원 발전플랜트

□ **(개념) 현지생산 저발열량탄**을 원료로 하는 **고효율·저공해 청정화력**발전 플랜트 **패키지 기술개발** 및 **현지실증**

○ 현지 갈탄, 바이오매스 등을 원료로 하는 CFB보일러로 증기를 발생시켜, 초초임계압 고효율 증기터빈 발전을 하고, 이 과정에서 발생한 CO_2를 포집하는 플랜트



□ **(시장여건)** 계획/추진예정인 석탄화력발전 시장규모는 1,456억 달러

○ 노후 석탄화력을 대체하는 **친환경 고효율 석탄화력** 확대

○ 국내 기업은 **아시아 지역**을 **중심**으로 석탄화력발전 수주

□ **(기술경쟁력)** 국내 기업은 Foster Wheeler사에 비해 **브랜드가치가 낮고 Track Record가 부재**하나, 국내 **발전사-제작사 컨소시엄**은 **세계최고 수준의 보일러 설계/건설/운영 역량**을 **보유**하고 있음

○ Track Record만 확보되면, 독자 설계기술로 해외 진출 가능

□ **(정부지원필요성)** 동남아시아, 중앙아시아 채굴 현지자원을 활용하는 발전 사업으로 **정부의 신남방/신북방 정책**에 따른 **경제협력체계**를 **지원**하는 사업임

□ **(목표) 고효율 바이오매스 혼소용 USC-CFB 해외 실증**을 통해 **경제적 전력 생산**과 더불어, **미세먼지 80%저감** 및 **CO_2 22%저감** 기술 자립

○ 600MW급 발전효율 43%(기존 석탄화력 대비 효율 5%향상)

□ **(기대효과)** 기존 아시아지역의 노후 석탄화력을 대체하는 **고효율 친환경 석탄화력 수주**로 '30년 기준 29억 달러 수주 전망

○ **아시아지역 석탄화력발전시장에 진출 중**이므로, 시장의 10%점유 가정

3 모듈형 전주기 가스 인프라스트럭쳐

□ **(개념) 소형가스전** 채굴 천연가스를 **정제·액화**하여 **육상이송**하고, **가스화력 발전**을 통해 지역 내 전력을 공급하는 **가스 밸류체인 전주기 모듈형 플랜트 패키지** 기술개발



□ **(시장여건)** 계획/추진예정인 LNG플랜트 시장규모는 3,396억 달러, 가스화력발전 시장규모는 892억 달러이며, '50년까지 **가스 수요 증가로 LNG 및 가스화력 플랜트 시장은 지속 성장** 전망

□ **(기술경쟁력) 대형 LNG**와 **가스터빈 해외수주 실적은 없으나**, 관련 **핵심기술**은 **보유**하고 있으며, **최근 가스터빈 국내모델**의 **실증** 추진 중

○ **가스전처리**, **액화공정** 기술, **초저온 LNG 저장**기술, **모듈러** 기술 등이 개발되어, **라이센스 확보**를 위한 실증 중

○ **Track Record 확보** 시, **Gas to Power시장**과 **대형 LNG**, 국내 **가스터빈 적용 가스화력발전** 개별시장 진출 가능

□ **(정부지원필요성) 민간**의 **대형 실증단지 구축** 및 **지속적인 투자**의 **어려움**이 있으며, EPC기업, 엔지니어링 기업, 기자재 기업 등의 역량향상을 도모하고, **플랜트 산업생태계 구축**에 **기여**하는 사업임

□ **(목표)** 중소형 가스전 보유국 대상 **소형**(트레인 당 15만t/y급) **LNG생산** 및 **90MW급 가스화력 플랜트** 기술개발 및 현지 통합실증

○ 국내 가스터빈 적용을 위한 **발전 공기업**의 **운영사업** 추진

○ 건설비용 절감, 공기단축 및 파이낸싱 비용 절감 등 총 사업비 15% 절감

□ **(기대효과) 국내 진출경험**이 **없는 소형 LNG** 기반 Gas to Power플랜트 시장에서 '30년 기준 19.7억 달러 수주 전망

○ 소형 LNG사업은 진출 경험이 부재하여, 초기시장 점유는 크지 않은 것으로 가정

4 신남방 맞춤형 재생연료/폐기물 플랜트

□ **(개념) 현지**에서 **폐기**되는 **바이오 물질**과 **생활폐기물**을 원료로 하는 **현지 맞춤형 플랜트 EPC** 및 **스마트 O&M**과 **사업지원** 기술 개발

○ 신남방의 고염분, 고함수율 바이오매스/폐기물(우드칩/생활폐기물(베트남), 왕겨(캄보디아), 사탕수수껍질(태국), 코코넛껍질(말레이시아), 팜껍질(인도네시아))



□ **(시장여건) 동남아시아 재생연료 플랜트** 시장은 '17년 10.8억 달러에서 연 14%의 **고성장**을 하고 있으며, 폐기물처리 시장규모는 '26년 4,500억 달러로 전망

□ **(기술경쟁력)** 재생연료 및 폐기물 에너지화 **핵심원천기술**은 **해외**에 **의존**하고 있으나, **국내 설계/시공 및 운영경험**은 **풍부**함

○ 국내 **바이오매스** 및 폐기물에너지화 플랜트 **투입 원료** 및 **폐기물**의 **성상**과, 동남아시아 현지 원료 및 폐기물의 성상이 **상이**하므로, 현지 원료 및 폐기물을 대상으로 하는 기술개발 및 실증 요구

○ **기존 시장**을 장악하던 **중국제품**이 **품질문제**로 **배제**되고 있는 현시점이 국내에서 진출할 적기

□ **(정부지원필요성)** 재생연료 시장은 **중소기업 진출**을 고려할 수 있는 시장이나, 국내 중소기업은 **현지 기술적 이슈**와 **문제**를 **극복**하기 위한 **기술개발 역량 부족** 및 **투자 한계**가 있으며, **정부**에서 **분담**이 필요함

□ **(목표)** 동남아시아 **현지 식생자원**을 **원료**로 하는 **고효율 재생연료**, 현지 **생활폐기물처리** 플랜트 **패키지 실증 플랫폼** 구축

* 4,000kcal/kg 이상 고품질 바이오펠릿 제조, 50톤/일 바이오매스 처리, 1,000톤/일 폐기물처리

□ **(기대효과) 아시아지역**에서의 **국가 인지도**를 기반으로 재생연료/폐기물 시장의 10%를 점유하여 '30년 기준 5.9억 달러 수주 전망

5 해상 신재생 에너지 인프라스트럭쳐

□ **(개념) 해상풍력발전** 플랜트 생산전력으로 **해수담수화** 및 **수전해**를 통해 **수소**를 **생산**하고, 이를 **육상으로 운송**하는 융합 시스템 개발

○ 인공섬을 이용하여 에너지 생산, 저장 및 가공



□ **(시장여건)** 계획/추진예정인 **풍력 플랜트** 시장규모는 2,473억 달러이며, 기술발전으로 인한 **발전단가 하락으로 시장성장 가속화**

○ 북해 해상풍력 연계 수소생산 인공섬 프로젝트 등이 추진 중이며, 수소에너지 시장 규모는 '21년 1,511억 달러, '50년에는 전세계 에너지 수요의 18%차지 전망

□ **(기술경쟁력)** 국내 해상풍력터빈은 5.5MW급으로 **선진기업에 비해 용량, 효율, 가격측면**에서 **열위**이나, 그린수소 연계 에너지 전송기술은 전세계적으로 개발단계로 **국내 그린수소생산기술**과 **연계**하여 **추격 가능**

□ **(정부지원필요성)** 해외시장 진출을 위해 **장기간**의 **충분**한 **실증**이 **요구**되며, **개발단계**부터 **T/B구축 및 실증까지** 정부의 강력한 지원이 요구됨

□ **(목표) 해상풍력발전 플랜트 설계 및 건설**(발전단가 0.07$/kWh, 건설단가 3,500$/kWh 수준)**기술 개발 및 실증**

□ **(기대효과)** 국내 **진출경험이 없는 해상풍력-수소 연계 플랜트 시장**에서 '30년 기준 17.7억달러 수주 전망

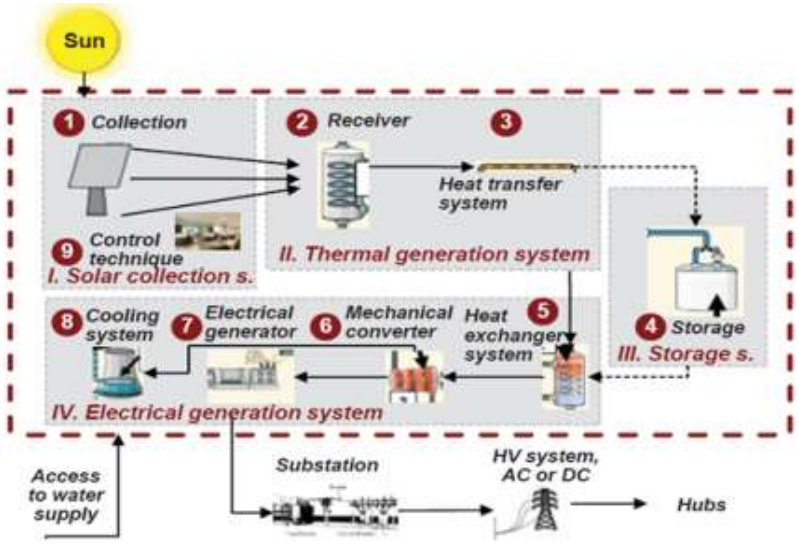
○ 해상풍력과 수소생산 플랜트 모두 해외시장 진출 경험이 부재하여, 초기시장 점유는 크지 않은 것으로 가정

6 상용급 상시 운전형 태양열 발전 플랜트

□ **(개념) 고온의 열에너지** 생성이 가능한 **집광형 태양열** 발전방식의 플랜트 건설 기술

○ 태양광을 반사체로 반사하여 집광기로 보내고 열로 전환하여 최종적으로 증기터빈 또는 가스터빈을 구동

- 주간은 태양열발전, 야간은 축열발전을 통해 상시 발전



□ **(시장여건)** 계획/추진예정인 태양열 플랜트 시장규모는 621억 달러이며, 연 14%의 고성장 전망

○ 야간에도 발전이 가능한 **안정적인 발전원**으로, 칠레 고산지역 광산 전력공급 니즈 등으로 **중남미, 중동** 지역에서 **지속 발주**

□ **(기술경쟁력)** 태양열 관련 **요소기술**을 **개발**하여 200kW급 기술은 확보하고 있으나, **상용급 실증** 및 **운영 경험**은 **부재**

○ **선도기업**과 **기술격차**는 있으나 국내에서 **추격가능 수준**

○ **국내 일사량 조건** 등이 태양열발전에 부족하여 국내 **실증이 어려우며**, 칠레 등 **전력공급**이 **시급한 국가 대상 실증단지** 추진 가능

□ **(정부지원필요성)** 태양광에 비해 가격경쟁력 극복 가능성이 높으나, **국내여건상 실증 추진이 어려우며, 미래 시장진출**을 위한 정부의 **해외실증 지원**이 필요함

□ **(목표)** 중남미, 아시아, 중동, 아프리카 태양열 발전 플랜트 수주

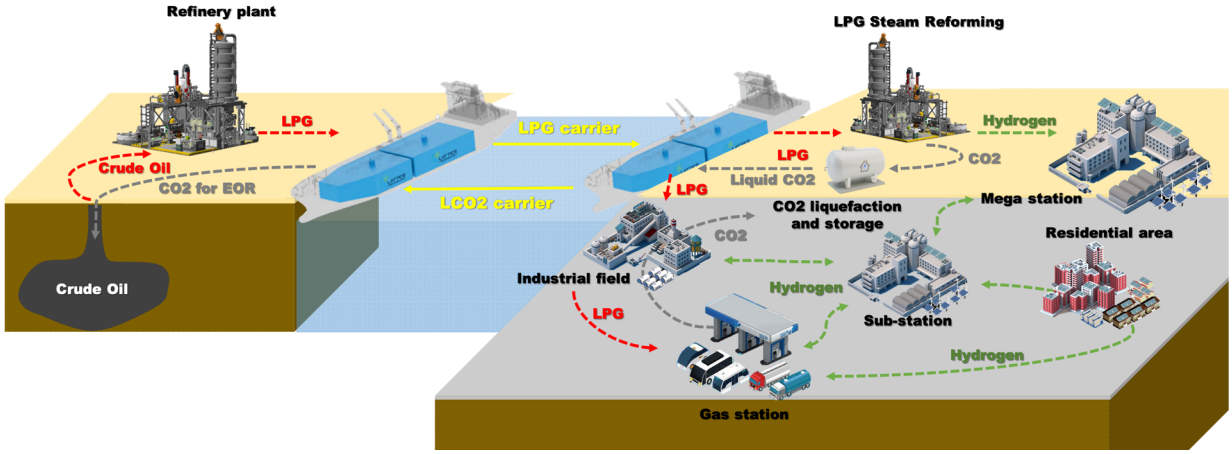
* 파라볼릭 전력생산단가 0.06$/kWh 이하 플랜트기술 개발

□ **(기대효과)** 해외 현지실증단지를 기반으로 '30년 23억 달러 수주 전망

7 LPG기반 CO_2 순환형 수소 인프라스트럭쳐

□ **(개념) LPG개질 수소**를 **저비용·대량 생산**하고, **액화·저장·이송**하며, 발생되는 **CO_2는 포집**하여 **유전의 생산효율 향상**에 활용하는 시스템

○ LPG를 수소생산지까지 이송하고, LPG 개질공정을 통해 수소를 생산하며, 수소생산공정에서 발생한 CO_2는 LPG운송선박을 통해 유전으로 이송하여 석유회수 증진에 활용



□ **(시장여건)** 수소에너지 시장규모는 '21년 1,511억 달러로 전망되며, '50년에는 전 세계 에너지 수요의 18%를 차지할 전망

○ LPG 생산지, 인수기지 등에 수소생산 플랜트 프로젝트 제안 가능

□ **(기술경쟁력) 대용량 수소생산 기술개발** 및 **실증사업**이 **국내 지자체**를 중심으로 추진되고 있으며, 유관기술인 **LNG개질** 및 **LPG선박 기술력 보유**

○ 국내 수소기술로드맵 추진과 함께 화석연료 **개질방식의 수소생산 요소기술 역량**이 **향상**될 전망

□ **(정부지원필요성)** 대용량 저가 수소 및 저탄소 수소 공급을 통해 **수소사회**를 **조기**에 **구현하고,** LPG 수소생산플랜트 **해외 진출 기반** 마련

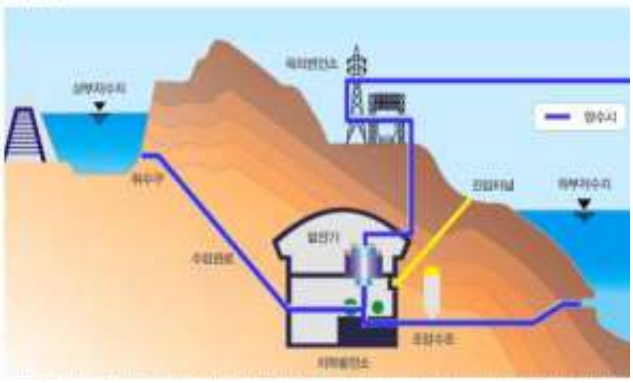
□ **(목표)** LPG 활용 **대용량 저비용 수소생산 플랜트** 및 CO_2 **액화·저장·이송·활용 통합 시스템 기술 실증**을 통해 해외시장 진출 확대

□ **(기대효과)** 중동 지역에서의 **국가 인지도**를 기반으로 **부생가스 개질**을 통한 수소생산 시장의 5%를 점유하여 '30년 기준 63.8억 달러 수주 전망

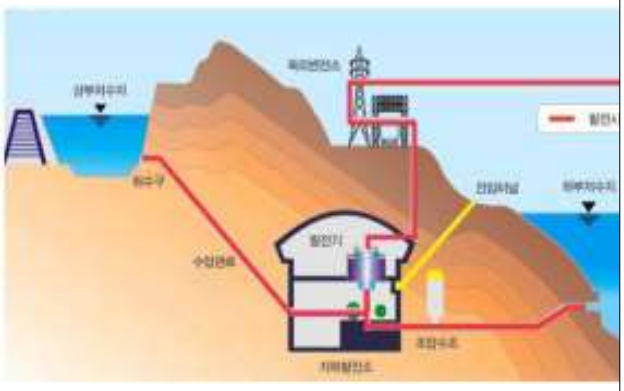
8 상용급 수력/양수 발전플랜트

□ **(개념) 현지 지형환경**을 고려한 **수력발전** 및 안정적 전원공급이 가능한 **양수식 발전 플랜트** 건설기술 개발

○ 1단계로 100MW급 수력발전 플랜트 설계, 제작, 설치, 운영기술을 확보하고, 이를 기반으로 양수식 수력발전설비로 고도화



a) 양수운전



b) 발전운전

□ **(시장여건)** 계획/추진예정인 수력발전 플랜트 시장은 3,128억 달러이며, 안정적 전원공급이 가능한 양수식 발전도 부각

○ **100MW급 이상**인 **대수력발전 플랜트** 시장이 **활발**하며, 국내에서 집중해야 할 시장임

□ **(기술경쟁력)** 국내는 **50MW급** 수차를 대청댐에 **실증** 중으로, 선도기업에 비해 경쟁력은 미흡하나, **개발기술 기반 발전용량 확대 가능**

○ 국내 수력발전 **공기업**이 **운영** 중인 **해외 수력플랜트의 개대체 시장**에서 개발 수력플랜트 **현지실증 추진** 가능

□ **(정부지원필요성)** 수력발전플랜트는 Order Made방식으로 해외 선진업체에 대한 기술의존도가 높아 설계·제작 특성을 고려한 원천기술 확보 필요

□ **(목표) 100MW급** 이상 수력발전설비 설계·제작기술 확보 및 아시아, 중남미권 국가 **현지에 적합한 양수식 수력 발전 플랜트 건설**기술 개발

* 0.05$/kWh 이하 저비용 양수식 수력발전 플랜트 건설 기술개발

□ **(기대효과)** 아시아지역 수력운영사업 진출 경험을 기반으로 수력시장의 5%를 점유하여 '30년 기준 31.3억달러 수주 전망

9 디지털기반 플랜트 사업관리 기술

□ **(개념)** 디지털 데이터 처리기술을 활용하여 **지역, 언어, 코드, 규모, 인터페이스, 지식공유의 제약성을 효율적으로 개선**할 수 있는 사업관리 기술 개발

○ **(비)영어권국가 사업정보 자동발굴 및 시장예측, 계약서 자동검토, AWP기반 사업관리, 개방형 글로벌 구매조달 시스템 구축**으로 사업관리 효율성 제고



□ **(시장여건)** 비영어권 국가의 진출이 확대되고 있고, 발주처의 사업관리 요구수준이 높아지고 상황에서, 디지털기반 사업관리 기술을 고도화하여 해외시장 진출을 선도할 필요가 있음

□ **(기술경쟁력)** 텍스트 마이닝을 활용한 마켓팅, 계약서 검토가 타산업분야에서 활발히 개발되고 있고, 디지털 기반 AWP 사업관리와 글로벌 조달관리 시스템을 발주처에서 요구하고 있으나, **국내 건설기업은 도입 시도 단계임**

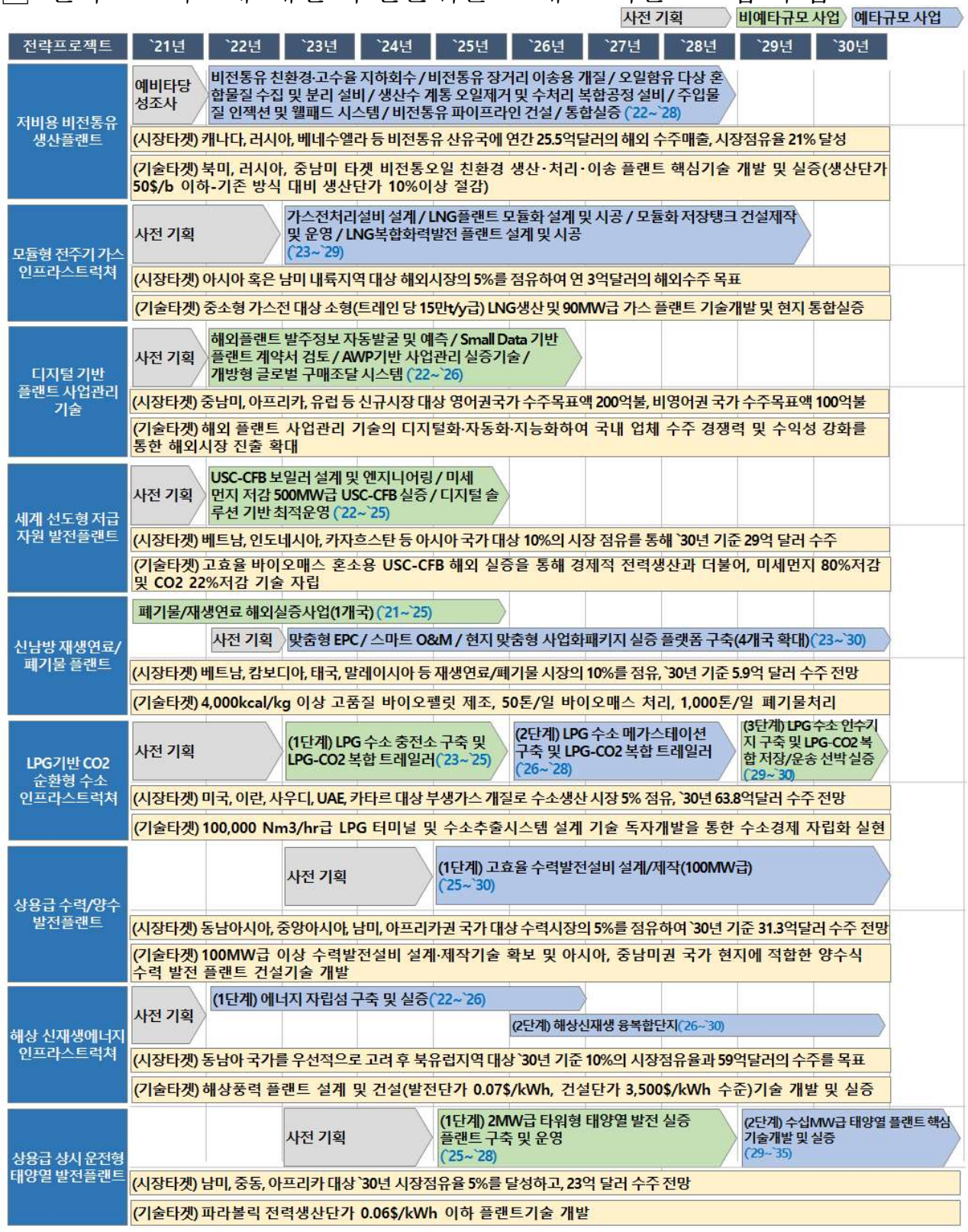
□ **(정부지원필요성)** 기술개발에 상당한 데이터와 초기비용이 필요하여, **중소기업은 자체 개발이 어려움.** 일부 대기업이 자체 개발을 시도하고 있으나, 통합된 플랫폼과 데이터로 개발하면 효과가 극대화 될 수 있음.

□ **(목표)** 해외 플랜트 사업관리 기술의 **디지털화·자동화·지능화**하여 국내 업체 수주 경쟁력 및 수익성 강화를 통한 해외시장 진출 확대

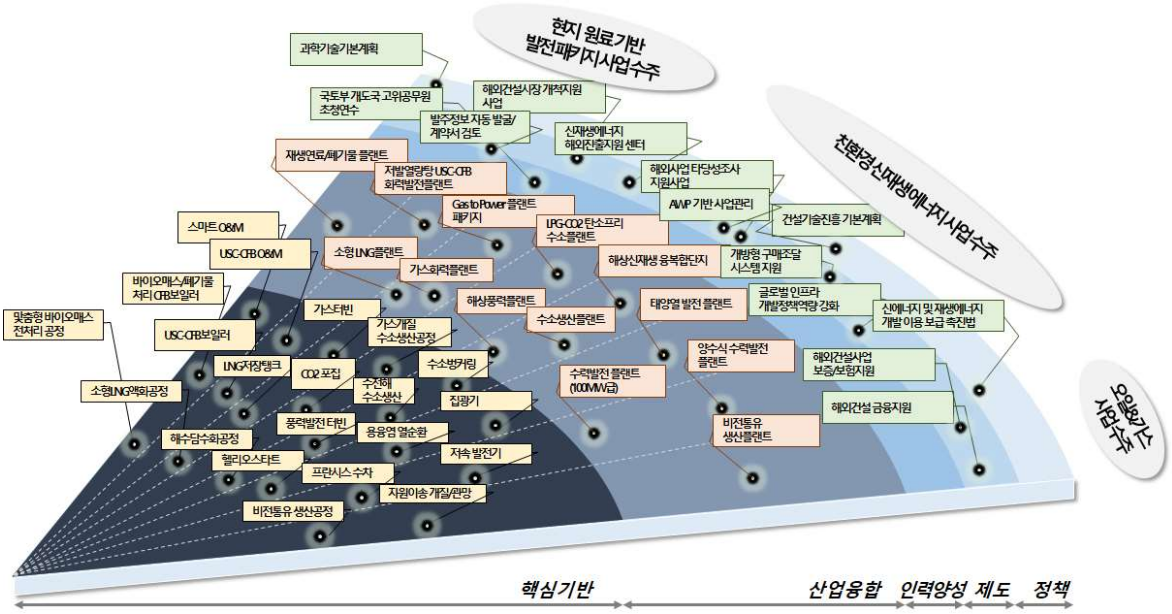
□ **(기대효과)** 플랜트 프로젝트 추가 수주(영어권 국가 10%, 비영어권 국가 20%), 플랜트 프로젝트 사업 생산성 25% 향상, 수익성 5% 향상 기대

Ⅵ. 기술로드맵 및 PIE모델

□ 전략프로젝트에 대한 우선순위를 토대로 기술로드맵 수립



□ 해외 신시장 진출을 위한 플랜트분야 PIE모델



< 목 차 >

1장. 개요 ····· 1

1절. 과업배경 및 목적 ····· 1

1. 과업배경 ····· 1

2. 과업수행 범위 및 추진절차 ····· 6

2절. 기획대상 플랜트 범위 ····· 8

1. 개요 ····· 8

2. 플랜트 분류체계 분석 ····· 8

3. 기획대상 플랜트 분류체계 설정 ····· 13

3절. 기획추진 개요 ····· 18

1. 기획 추진체계 ····· 18

2. 전문가위원회 ····· 19

2장. 플랜트 해외진출 환경분석 ····· 23

1절. 정책동향분석 ····· 23

1. 국내외 플랜트 산업지원 정책동향 ····· 23

2. 국내외 플랜트 R&D 정책동향 ····· 52

2절. 시장동향분석 ····· 75

1. 해외 플랜트 시장규모 및 전망 ····· 75

2. 국내기업의 해외 플랜트 수주현황 ····· 139

3절. 기술동향분석 ····· 150

1. 국내외 플랜트 기술동향 ····· 150

2. 정부 R&D 투자 및 성과분석 ····· 236

4절. 경쟁력 분석 ····· 252

1. 기술수준 및 경쟁력 분석 ····· 252

2. 국내 인프라 현황 분석 ····· 263
3장. 기술개발 전략 ····· 277
1절. 기술개발 추진 플랜트 ····· 277
1. 해외건설 신시장 진출 대상 플랜트 종합분석 ····· 277
2. 해외건설 신시장 진출 기술개발 추진 플랜트 ····· 288
2절. 기술개발 추진방향 ····· 292
3절. 비전 및 목표 ····· 296
4절. 전략프로젝트 ····· 297
1. 개요 ····· 297
2. 전략프로젝트별 연구 과제 구성 ····· 299
3. 전략프로젝트 연구 내용 ····· 307
4장. 해외건설 신시장 진출 플랜트 R&D 로드맵 ····· 477
1절. 해외건설 신시장 진출 플랜트 PIE모델 ····· 477
1. 개요 ····· 477
2. 해외건설 신시장 진출 플랜트 PIE모델 도출 ····· 480
2절. 중장기 R&D 로드맵 ····· 489
1. 전략프로젝트 우선순위 평가 ····· 489
2. R&D 로드맵 ····· 491
3절. 플랜트 분야 해외시장 진출 전략 ····· 493
1. 팀 코리아 추진체계 구성 ····· 493
2. 해외실증을 통한 Track Record 확보 및 현지 맞춤형 서비스 제공 ····· 495
3. 해외 실증지 기반 현지교류 ····· 496
4. 정부의 해외진출지원제도와 연계한 사업추진 ····· 497

< 표 목 차 >

<표 1> 국토교통부 <국토교통 R&D 동향조사> 플랜트 분류 ····· 8
<표 2> 산업통상자원부 <2018 산업기술 R&BD 전략> 플랜트 분류 ····· 9
<표 3> 플랜트 수주 상위 업체의 플랜트 프로젝트 공종 현황(`09~`18) ····· 9
<표 4> GlobalData Project Insight 플랜트 분류(`18) ····· 11
<표 5> 분석대상 플랜트 분류체계 ····· 11
<표 6> 분석대상 플랜트에 대한 1차 검토결과 ····· 14
<표 7> 기획대상 플랜트 분류체계 ····· 16
<표 8> 분야별 전문가 명단 ····· 19
<표 9> 전문가위원회 활동내용 ····· 21
<표 10> 해외건설 관련 법률에 따른 국토부의 해외건설 지원영역 구분 ····· 25
<표 11> 중국 정부의 재생에너지 정책 ····· 38
<표 12> 청정전력계획에 따른 미국 주별 화력발전 온실가스 배출량 감축목표 현황 ····· 46
<표 13> 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018~2027)의 플랜트 연구개발 관련 전략목표 및 기술구성 요소 ····· 53
<표 14> 산업통상자원부의 풍력 발전 분야의 기술로드맵(`18~`22) ····· 55
<표 15> NEDO의 연구분야별 중장기계획 프로젝트 ····· 65
<표 16> Horizon 2020 프로그램에서 추진하는 '안전, 청정, 고효율 에너지' 기술개발 분야 ····· 70
<표 17> 전략적 에너지 기술계획(SET-Plan) 연구 분야 및 주요 목표 ····· 71
<표 18> 미국 에너지 첨단 연구프로젝트국(ARPA-E)의 연도별 투자 금액(단위 : 백만 달러) ····· 74
<표 19> 세계 에너지원별 1차에너지 수요 전망(2025, 2040년) (단위 : Mtoe) ····· 75
<표 20> 권역별 주요 가스 플랜트 프로젝트(`18.11. 기준) ····· 84
<표 21> 전세계 셰일가스 가채매장량 및 비중 ····· 89
<표 22> 권역별 주요 석유 플랜트 프로젝트(`18.11. 기준) ····· 91
<표 23> 전세계 주요 파이프라인 프로젝트(출처 : Project Insight, Global Data, 2018.2.) ····· 96
<표 24> 권역별 주요 정유 및 석유화학 플랜트 프로젝트(`18.11. 기준) ····· 97
<표 25> 권역별 주요 화력발전 플랜트 프로젝트(`18.2. 기준) ····· 104
<표 26> 전세계 주요 석탄화력 발전 프로젝트(출처 : Project Insight, Global Data, 2018.2.) ····· 107
<표 27> 전세계 주요 가스화력 발전 프로젝트(출처 : Project Insight, Global Data, 2018.2.) ····· 108
<표 28> 권역별 주요 수력발전 플랜트 프로젝트(`18.2. 기준) ····· 111
<표 29> `18년 수력발전 시설용량 및 발전량 상위 5개국 ····· 112

<표 30> 권역별 주요 신재생에너지 발전 플랜트 프로젝트(`18.2. 기준) ····· 116
<표 31> 전세계 주요 태양광 발전 프로젝트(출처 : Project Insight, Global Data, 2018.2.) ····· 121
<표 32> 에너지원별 생산단가 ····· 125
<표 33> 세계 해양 에너지 잠재 자원량 ····· 127
<표 34> 전세계 주요 해양에너지 발전 프로젝트(출처 : Project Insight, Global Data, 2018.2.) ····· 127
<표 35> 권역별 주요 담수화 플랜트 프로젝트(Global Water Intelligence 2015 기준) ····· 131
<표 36> 권역별 주요 수처리 플랜트 프로젝트(Global Water Intelligence 2015 기준) ····· 133
<표 37> 자원개발 국가별 파이프라인 표준 ····· 165
<표 38> 가스 플랜트 소분류별 부처별 R&D투자(`16~`18) ····· 238
<표 39> 석유 플랜트 소분류별 부처별 R&D투자(`16~`18) ····· 238
<표 40> 극한지 자원 플랜트 소분류별 부처별 R&D투자(`16~`18) ····· 239
<표 41> 석유화학 플랜트 소분류별 부처별 R&D투자(`16~`18) ····· 239
<표 42> 자원개발 플랜트 공통 부처별 R&D투자(`16~`18) ····· 240
<표 43> 화력발전 플랜트 소분류별 부처별 R&D투자(`16~`18) ····· 242
<표 44> 수력발전 플랜트 소분류별 부처별 R&D투자(`16~`18) ····· 243
<표 45> 신재생에너지 발전플랜트 소분류별 부처별 R&D투자(`16~`18) ····· 244
<표 46> 자원순환 플랜트 소분류별 부처별 R&D투자(`16~`18) ····· 247
<표 47> 수처리 플랜트 소분류별 부처별 R&D투자(`16~`18) ····· 248
<표 48> 담수화 플랜트 소분류별 부처별 R&D투자(`16~`18) ····· 249
<표 49> 수자원·환경 플랜트 공통 분야의 부처별 R&D투자(`16~`18) ····· 250
<표 50> 플랜트 공통 R&D 밸류체인 및 부처별 R&D투자(`16~`18) ····· 251
<표 51> 자원개발 플랜트 국가별 특허기술경쟁력 ····· 258
<표 52> 자원개발 플랜트 국가별 논문기술경쟁력 ····· 258
<표 53> 발전플랜트 국가별 특허기술경쟁력 ····· 259
<표 54> 발전플랜트 국가별 논문기술경쟁력 ····· 259
<표 55> 신재생에너지플랜트 국가별 특허기술경쟁력 ····· 260
<표 56> 신재생에너지플랜트 국가별 논문기술경쟁력 ····· 261
<표 57> 수자원·환경플랜트 국가별 특허기술경쟁력 ····· 261
<표 58> 수자원·환경플랜트 국가별 논문기술경쟁력 ····· 262
<표 59> 자원개발 플랜트 분야 국내 연구기관 및 보유기술 현황 ····· 263
<표 60> 발전·신재생 플랜트 분야 국내 연구기관 및 보유기술 현황 ····· 264
<표 61> 수자원·환경 플랜트 분야 국내 연구기관 및 보유기술 현황 ····· 265
<표 62> 플랜트 관련 산업기술인력 인프라(출처 : 2018년도 산업기술인력 수급동향 실태조사) ····· 267

<표 63> 발전플랜트 분야 부문별·학력별 전문인력 분포 ····· 269
<표 64> 자원개발 플랜트(정유 및 석유화학) 분야 관련 국내 기자재 인프라 현황 ····· 271
<표 65> 자원개발 플랜트(극한지 자원플랜트) 분야 관련 국내 기자재 인프라 현황 ····· 272
<표 66> 발전·신재생 플랜트 분야 관련 국내 기자재 인프라 현황 ····· 273
<표 67> 수자원·환경 플랜트(자원순환) 분야 관련 국내 기자재 인프라 현황 ····· 275
<표 68> 해외건설 신시장 진출 기술개발 추진 플랜트 검토 ····· 289
<표 69> '해외건설 신시장 진출 기술개발 추진 플랜트'의 기술개발 추진 시 고려사안 ····· 292
<표 70> 기도출 플랜트 R&D과제 후보군 확보를 위해 검토한 선행연구 ····· 299
<표 71> 해외 진출대상 플랜트와 연계되는 기도출 플랜트 R&D과제 후보군 ····· 299
<표 72> 기술니즈조사 회신결과 ····· 304
<표 73> 비전통오일 생산전망 ····· 309
<표 74> 연도별 전원구성(정격기준) 전망 (단위 : GW) ····· 328
<표 75> 전세계 석탄 매장량 (2018년) ····· 330
<표 76> 대용량 USC CFB 보일러의 잠재적 시장규모 전망(단위: 억 달러) ····· 331
<표 77> 국내 유동층 연구 개발 실적 및 현황 ····· 333
<표 78> 증기조건에 따른 보일러 운전 성능 비교 ····· 339
<표 79> 세계 에너지원별 1차에너지 수요 전망(2025, 2040년) (단위 : Mtoe) ····· 350
<표 80> 엔지니어링 미래선도 기술개발사업과의 중복성 검토 ····· 383
<표 81> 유사선행과제 내용 ····· 404
<표 82> 에너지원별 생산단가 ····· 411
<표 83> 수소생산량별 필요 담수화 설비용량 ····· 414
<표 84> 단계별 사업 추진 계획일정 ····· 425
<표 85> 수전해설비 구축비용 ····· 426
<표 86> 수소설비 구축비용 ····· 426
<표 87> 단계별 추진방안 및 개발목표 ····· 452
<표 88> 사우디 주요 신재생에너지 발전 프로젝트 ····· 459
<표 89> 주요 에너지 저장기술 비교 ····· 463
<표 90> 신재생에너지 발전 설비계획 (2015~2029년) ····· 467
<표 91> 국내양수발전소 현황 ····· 468
<표 92> 국내 수력 설비용량 ····· 469
<표 93> 전략프로젝트 추진 타당성 평가 항목 ····· 489
<표 94> 전략프로젝트 우선순위 평가 항목별 AHP평가 결과 ····· 489
<표 95> 전략프로젝트 우선순위 평가 결과 ····· 490

< 그림 목차 >

[그림 1] 전세계 에너지원별 수요 전망 ····· 1
[그림 2] 전세계 발전원별 수요 전망 ····· 2
[그림 3] 오일&가스 및 발전 플랜트 시장 전망 ····· 3
[그림 4] 국내 기업의 연도별 해외플랜트 총계 수주 추이 (`12~`18) ····· 3
[그림 5] 유가와 해외수주액 변동 추이 ····· 4
[그림 6] 권역별 해외플랜트 수주 추이 ····· 4
[그림 7] 권역별 해외플랜트 수주 비중 ····· 4
[그림 8] 플랜트 공종별 해외플랜트 수주 추이 ····· 5
[그림 9] 플랜트 공종별 해외플랜트 수주 비중 ····· 5
[그림 10] 기획추진 Framework ····· 7
[그림 11] 기획 추진체계 ····· 18
[그림 12] 해외건설협회 시장개척지원사업의 절차 ····· 30
[그림 13] 해외건설협회 공동보증 지원사업 절차 ····· 31
[그림 14] 해외건설협회 사업성평가 지원사업의 절차 ····· 32
[그림 15] 해외건설협회 현장훈련(OJT)지원사업의 절차 ····· 33
[그림 16] Global Top 10 풍력터빈 제조기업 ····· 39
[그림 17] 2050년 유럽 에너지 그리드 전망 ····· 43
[그림 18] 산업통상자원부의 태양광 분야 기술로드맵(2018~2027) ····· 54
[그림 19] 산업통상자원부의 수소·연료전지 분야 기술로드맵(2018~2027) ····· 55
[그림 20] 산업통상자원부의 자원개발 분야 기술로드맵(2018~2027) ····· 59
[그림 21] 산업통상자원부의 플랜트 엔지니어링 분야 기술로드맵(2018~2027) ····· 60
[그림 22] 환경부의 물환경-상하수도 분야 기술로드맵(2018~2027) ····· 61
[그림 23] 환경부의 자원순환 분야 기술로드맵(2018~2027) ····· 62
[그림 24] 일본 경제산업성 바이오매스 에너지 분야 기술전략맵 ····· 67
[그림 25] 중국제조 2025에서 추진하는 발전·신재생에너지 플랜트 분야의 기술 개발 로드맵 ····· 69
[그림 26] Low Carbon Energy Technology Roadmap ····· 71
[그림 27] US Energy Policy Framework and the DOE Fossil Energy and CCS Programs ····· 73
[그림 28] IEA의 NPS 기반 전세계 에너지원별 수요 전망 ····· 76
[그림 29] IEA의 NPS 기반 전세계 전력 에너지원별 수요 전망 ····· 76
[그림 30] IEA의 NPS 기반 아시아·태평양 권역 전력 에너지원별 수요 전망 ····· 77

[그림 31] IEA의 NPS 기반 북아메리카 권역 전력 에너지원별 수요 전망 ····· 77
[그림 32] IEA의 NPS 기반 EU 권역 전력 에너지원별 수요 전망 ····· 78
[그림 33] IEA의 NPS 기반 중동 권역 전력 에너지원별 수요 전망 ····· 78
[그림 34] IEA의 NPS 기반 아프리카 권역 전력 에너지원별 수요 전망 ····· 79
[그림 35] IEA의 NPS 기반 중남미 권역 전력 에너지원별 수요 전망 ····· 79
[그림 36] IEA의 NPS 기반 전력 에너지원별 발전 플랜트 발전용량 전망 ····· 80
[그림 37] IEA의 NPS 기반 전세계 부문별 석유 수요 전망 ····· 80
[그림 38] 플랜트 신규 프로젝트 분야별 비중 ····· 81
[그림 39] 플랜트 신규 프로젝트 권역별 비중 ····· 81
[그림 40] 자원개발 플랜트 신규 프로젝트의 분야별 비중 ····· 82
[그림 41] 자원개발 플랜트 신규 프로젝트의 권역별 비중 ····· 82
[그림 42] 자원개발 플랜트 투자 주체별 비중 ····· 82
[그림 43] 전세계 Oil&Gas 플랜트 프로젝트 세부 공종별 규모(단위 : 백만 달러) ····· 83
[그림 44] 권역별 가스 플랜트 프로젝트 비중(단위: 억 달러) ····· 84
[그림 45] 가스매장량별 가스전 분포 ····· 86
[그림 46] 권역별 석유 플랜트 프로젝트 비중(단위: 억 달러) ····· 91
[그림 47] 오일샌드 매장 국가 Top 20 국가별 매장량 분포 (단위 : 십억bbl) ····· 93
[그림 48] 자원이송망 건설 및 계획현황 ····· 95
[그림 49] 권역별 정유 및 석유화학 플랜트 프로젝트 비중(단위: 억 달러) ····· 97
[그림 50] 권역별 석유화학 분야 투자 추이 ····· 99
[그림 51] 발전·신재생 플랜트 신규 프로젝트의 분야별 비중 ····· 101
[그림 52] 발전·신재생 플랜트 신규 프로젝트의 권역별 비중 ····· 101
[그림 53] 전세계 발전 플랜트 프로젝트 년도별 규모 예측(단위 : 백만 달러) ····· 102
[그림 54] 전세계 발전 플랜트 프로젝트 에너지원별 규모(단위 : 백만 달러) ····· 102
[그림 55] 권역별 화력발전 플랜트 프로젝트 비중(단위: 억 달러) ····· 103
[그림 56] 석탄화력 발전설비 폐쇄 및 신규추가에 따른 발전용량 증가 추이 ····· 105
[그림 57] 권역별 석탄화력 및 가스화력 투자결정(FID) ····· 106
[그림 58] 아임계 석탄화력 발전 설비의 평균 운용 기간 ····· 106
[그림 59] OECD 및 Non-OECD 국가별 에너지원별 전력 생산량 예상 ····· 107
[그림 60] EU 국가별 열병합발전 현황 및 잠재량 ····· 110
[그림 61] 권역별 수력발전 플랜트 프로젝트 비중(단위: 억 달러) ····· 110
[그림 62] `18년 수력 시설용량 점유율 상위 5개국 ····· 112
[그림 63] `18년 수력 발전용량 증가율 상위 10개국 ····· 113

[그림 64] UAE 2030 신재생에너지 개발계획 ····· 113
[그림 65] 권역별 신재생에너지 발전 플랜트 프로젝트 비중(단위: 억 달러) ····· 115
[그림 66] 상위 10개국의 풍력 발전용량과 전년 대비 증가 용량(2017-2018년) ····· 118
[그림 67] 태양광 설비 투자비 및 평균 설치 단가 추이 ····· 119
[그림 68] 세계 태양광발전 설비누적용량(2008-2018) ····· 120
[그림 69] 2018년도 태양광발전 누적 및 추가 설비용량 ····· 120
[그림 70] 2006-2016 지역별 누적 CSP 설치 규모 ····· 122
[그림 71] 전세계 태양열발전 프로젝트 현황 ····· 123
[그림 72] 2010-2015 재생에너지 분야별 성장률 ····· 123
[그림 73] 전세계 수소 생산 시장 규모 추이(`17~`22)(단위 : 억 달러) ····· 124
[그림 74] 권역별 바이오매스 시장 성장세 전망 ····· 125
[그림 75] 세계 바이오매스 시장 점유율 ····· 126
[그림 76] 아시아 바이오매스 시장 ····· 126
[그림 77] 바이오매스 발전단가 (IRENA) ····· 126
[그림 78] 수자원·환경 플랜트 신규 프로젝트의 분야별 비중 ····· 128
[그림 79] 수자원·환경 플랜트 신규 프로젝트의 권역별 비중 ····· 128
[그림 80] 전세계 수자원 플랜트 프로젝트 규모 상위 10개 국(단위 : 백만 달러) ····· 129
[그림 81] 전세계 수자원 플랜트 프로젝트 세부 공종별 규모(단위 : 백만 달러) ····· 129
[그림 82] 권역별 담수화 플랜트 프로젝트 비중(단위: 억 달러) ····· 130
[그림 83] 권역별 수처리 플랜트 프로젝트 비중(단위: 억 달러) ····· 133
[그림 84] 전세계 연평균 폐기물처리시장 성장 추이(`17~`26)(단위 : 억 달러) ····· 137
[그림 85] 국내 기업의 연도별 해외 플랜트 총계 수주 추이 (`12~`18) ····· 139
[그림 86] 국내 기업의 해외 플랜트 수주 총계 연도별·공종별 추이 및 공종별 총 수주 비중(`12~`18) 140
[그림 87] 국내 기업의 해외 플랜트 수주 총계 연도별·지역별 추이 및 지역별 총 수주 비중(`12~`18) 140
[그림 88] 국내 기업의 아시아 지역 연도별 해외 플랜트 수주 추이 (`12~`18) ····· 141
[그림 89] 국내 기업의 아시아 지역 해외 플랜트 수주 연도별·공종별 추이 및 공종별 총 수주 비중 ·· 142
[그림 90] 국내 기업의 중동 지역 연도별 해외 플랜트 수주 추이 (`12~`18) ····· 142
[그림 91] 국내 기업의 중동 지역 해외 플랜트 수주 연도별·공종별 추이 및 공종별 총 수주 비중 ····· 144
[그림 92] 국내 기업의 아프리카 지역 연도별 해외 플랜트 수주 추이 (`12~`18) ····· 144
[그림 93] 국내 기업의 아프리카 지역 해외 플랜트 수주 연도별·공종별 추이 및 공종별 총 수주 비중 145
[그림 94] 국내 기업의 중남미 지역 연도별 해외 플랜트 수주 추이 (`12~`18) ····· 146
[그림 95] 국내 기업의 중남미 지역 해외 플랜트 수주 연도별·공종별 추이 및 공종별 총 수주 비중 ·· 147
[그림 96] 국내 기업의 북미·태평양 지역 연도별 해외 플랜트 수주 추이 (`12~`18) ····· 147

[그림 97] 국내 기업의 북미·태평양 지역 해외 플랜트 수주 연도별·공종별 추이 및 공종별 총 수주 비중 ····· 148
[그림 98] 국내 기업의 유럽 지역 연도별 해외 플랜트 수주 추이 (`12~`18) ····· 148
[그림 99] 국내 기업의 유럽 지역 해외 플랜트 수주 연도별·공종별 추이 및 공종별 총 수주 비중 ····· 149
[그림 100] 모듈 내화성능 시험평가 및 외조부재(SCP) 제작성 검증 ····· 153
[그림 101] 모듈화 적용 오일플랜트 구조 ····· 160
[그림 102] 모듈화 적용 오일샌드 플랜트 모듈 패키지 구조 및 파일럿 테스트 수행 ····· 161
[그림 103] Hybrid 방향성 추진체 및 MWD Integration 시스템 ····· 161
[그림 104] 42인치 볼밸브 시제품(左) 및 API-X80 파이프(右) ····· 167
[그림 105] 카타르의 Pearl GTL 및 Oryx GTL 플랜트 위치와 설비 구조 ····· 168
[그림 106] 중국의 USC 석탄화력 발전효율 증대 로드맵 ····· 173
[그림 107] 저급 연료 활용/CO2 원천분리/효율 향상 ····· 175
[그림 108] 일본 경제산업성의 차세대 화력발전 기술 개발 목표 ····· 177
[그림 109] 두산중공업 대형 가스터빈 개발 모델 ····· 178
[그림 110] 두산중공업 중형 가스터빈 개발 모델 ····· 179
[그림 111] Kemper 실증 프로젝트 IGCC 플랜트 ····· 180
[그림 112] J-Coal CCT R&D Roadmap (중장기 연구개발) ····· 181
[그림 113] 러시아 발전소 사고 현장 ····· 184
[그림 114] 수로식 터널 사례 ····· 185
[그림 115] 일본 Fukushima 프로젝트 ····· 187
[그림 116] 일본 Kabashima 프로젝트 ····· 187
[그림 117] 포르투갈 부유식 해상풍력 발전기 ····· 187
[그림 118] PERC 구조 태양전지 ····· 191
[그림 119] 칠레 Copiapo Solar Project (260MW) ····· 193
[그림 120] 집광방식별 비교표 ····· 194
[그림 121] 2010-2018년 건설비, Capacity factor, LCOE 동향 ····· 195
[그림 122] 이스라엘 Sorek 담수화 플랜트 ····· 206
[그림 123] PRO(압력지연삼투)를 이용한 해수담수화 플랜트 에너지 회수 기술 적용을 통한 운영단가 및 에너지 절감률 ····· 208
[그림 124] 중동지역 맞춤형 저에너지 해수담수화 플랜트 기술개발의 단계별 목표 성능 ····· 209
[그림 125] 초순수의 활용처(organo corporation) ····· 211
[그림 126] EDI 모듈 ····· 212
[그림 127] Uppsala시의 건물분야 사용 에너지원 변화 ····· 218
[그림 128] 폐기물 처리 및 자원회수 시스템 ····· 219
[그림 129] 두산중공업의 슬러지 재활용 플랜트 개요도 ····· 223

[그림 130] 폐기물 에너지기술형태별 세계시장 비중 ····· 224
[그림 131] 오스트리아 Güssing plant 가스화 설비 ····· 225
[그림 132] Bio-Solid 가스화 설비 ····· 226
[그림 133] 해외 플랜트 건설사업 Value-Chain ····· 227
[그림 134] 플랜트별 R&D투자 비중(`16~18) ····· 236
[그림 135] 플랜트 부처별 R&D투자 비중(`16~`18) ····· 236
[그림 136] 자원개발 플랜트별 R&D투자 비중(`16~'18) ····· 237
[그림 137] 자원개발 플랜트 부처별 R&D투자 비중(`16~'18) ····· 237
[그림 138] 발전·신재생 플랜트별 R&D투자 비중(`16~'18) ····· 241
[그림 139] 발전·신재생 플랜트 부처별 R&D투자 비중(`16~'18) ····· 241
[그림 140] 수자원·환경 플랜트별 R&D투자 비중(`16~'18) ····· 245
[그림 141] 수자원·환경 플랜트 부처별 R&D투자 비중(`16~'18) ····· 245
[그림 142] `16년도 발전플랜트 부문 직무군 별 전문인력 수(출처 : 한국플랜트산업협회) ····· 268
[그림 143] 가스매장량별 가스전 분포 ····· 277
[그림 144] 해외건설 신시장 진출 기술개발 추진 플랜트 선정 과정 ····· 288
[그림 145] 비전·목표 체계도 ····· 296
[그림 146] 9대 전략프로젝트의 도출 ····· 298
[그림 147] 저비용 비전통유 생산 플랜트 개념도 ····· 307
[그림 148] 세계선도형 저급자원 발전플랜트 개념도 ····· 324
[그림 149] 에너지원별 소비 전망(단위 : quads) ····· 325
[그림 150] 권역별 에너지 소비 전망(단위 : quads) ····· 325
[그림 151] 국내 CFB 보일러 성장 Trends ····· 329
[그림 152] World Energy Mix ····· 329
[그림 153] 전 세계 석탄발전 수요 전망 ····· 329
[그림 154] 전 세계 CFB 보일러 성장 Trends ····· 331
[그림 155] 전세계 CFB 보일러 시장 분석 및 전망 ····· 332
[그림 156] CFB 보일러 시장규모 및 연평균 성장률 ····· 332
[그림 157] 국내 순환유동층 연구개발 분야 및 개발 경향/실적 분석 ····· 335
[그림 158] USC-CFB RPM 개념 설계 결과 : 한전 전력연구원(좌)/두산-Lentjes(우) ····· 336
[그림 159] 한국형 600MW급 USC-CFB 보일러 설계 ····· 337
[그림 160] USC-CFB 기술 추진 현황 ····· 338
[그림 161] 순환유동층 보일러 기술의 제작사별 대용량화 기술 개발 현황 및 특징 ····· 339
[그림 162] CFB 보일러 기술 추이 ····· 340

[그림 163] 연차별 연구개발 내용 ····· 343
[그림 164] 모듈형 전주기 가스 인프라스트럭쳐 개념도 ····· 349
[그림 165] 가스매장량별 가스전 분포 ····· 351
[그림 166] IEA의 NPS 기반 전세계 에너지원별 수요 전망 ····· 356
[그림 167] 신규설치 가스발전플랜트 발전량 전망 ····· 357
[그림 168] 가스터빈 시장점유율 전망(`18~`27) ····· 358
[그림 169] 전원별 발전량 전망, World Energy Outlook, 2019 ····· 358
[그림 170] 유형별 세계 발전 용량 전망(~2040) ····· 359
[그림 171] 가스 복합화력 유형별 발전단가 ····· 359
[그림 172] 두산중공업 대형 가스터빈 개발 모델 ····· 362
[그림 173] 두산중공업 중형 가스터빈 개발 모델 ····· 363
[그림 174] 에너지원별 오염물질 배출 ····· 363
[그림 175] 디지털기반 플랜트 사업관리기술 개념도 ····· 372
[그림 176] SK건설 입찰안내서 분석시스템 (SK건설, 2020) ····· 377
[그림 177] Advanced Work Packaging in project life cycle (CII, 2015) ····· 378
[그림 178] 동남아시아 각국에서 발생하는 미활용 재생연료 ····· 390
[그림 179] 현지 맞춤형 기술 및 사업화 융합패키지 실증 플랫폼 개념도 ····· 390
[그림 180] 태국의 사탕수수껍질을 이용한 열병합발전 모델 ····· 391
[그림 181] 인도네시아의 재생연료 에너지 자립섬 모델 ····· 391
[그림 182] 베트남의 볏집, 왕겨를 이용한 바이오에탄올 제조 모델 ····· 391
[그림 183] 말레이시아의 팜부산물을 이용한 고열량 펠렛 제조 모델 ····· 391
[그림 184] 신남방 재생연료/폐기물 플랜트 개념 ····· 391
[그림 185] 권역별 바이오매스 시장 성장세 전망 ····· 397
[그림 186] 동남아시아 국가별 재생연료의 원료 현황 ····· 397
[그림 187] 세계 바이오매스 시장 점유율 ····· 398
[그림 188] 아시아 바이오매스 시장 ····· 398
[그림 189] 바이오매스 발전단가 (IRENA) ····· 398
[그림 190] 1MW당 알칼라인 수전해 설비비용 및 수소생산비용 ····· 415
[그림 191] 북해 대규모 해상풍력 연계 인공섬 조감도 ····· 426
[그림 192] 태양열발전 집광 방식에 따른 분류 ····· 429
[그림 193] 태양열발전 구성 ····· 429
[그림 194] 누적 CSP 설치 규모 ····· 430
[그림 195] 2006-2016 지역별 누적 CSP 설치 규모 ····· 432

[그림 196] 전세계 태양열발전 프로젝트 현황 ····· 433
[그림 197] 2010-2015 재생에너지 분야별 성장률 ····· 433
[그림 198] 칠레 Copiapo Solar Project (260MW) ····· 434
[그림 199] 집광방식별 비교표 ····· 435
[그림 200] 2010-2018년 건설비, Capacity factor, LCOE 동향 ····· 436
[그림 201] 2010-2022년 LCOE 경향 ····· 439
[그림 202] 타워형 태양열 발전플랜트 구현 ····· 440
[그림 203] LPG기반 CO2 순환형 수소 인프라스트럭쳐 개념도 ····· 444
[그림 204] LPG 시장 가격 추이 ····· 445
[그림 205] 국내 탄소배출권 가격 동향 ····· 449
[그림 206] 2020년 1월 기준 국제 탄소배출권 가격 비교 ····· 449
[그림 207] 양수발전 운전방식 ····· 463
[그림 208] 양수발전 전력공급 체계 ····· 464
[그림 209] 양수식 수력 발전플랜트 구현 ····· 472
[그림 210] 연계형 PIE모델 개념 ····· 478
[그림 211] 모듈형 전주기 가스 인프라스트럭쳐 PIE 모델 ····· 480
[그림 212] 세계 선도형 저급자원 발전플랜트 PIE 모델 ····· 481
[그림 213] 신남방 재생연료/폐기물 플랜트 PIE 모델 ····· 482
[그림 214] LPG 기반 CO2 순환형 수소 인프라스트럭쳐 PIE 모델 ····· 483
[그림 215] 상용급 수력/양수 발전플랜트 PIE 모델 ····· 484
[그림 216] 저비용 비전통유 생산플랜트 PIE 모델 ····· 485
[그림 217] 상용급 상시 운전형 태양열 발전플랜트 PIE 모델 ····· 486
[그림 218] 해상 신재생에너지 인프라스트럭쳐 PIE 모델 ····· 487
[그림 219] 해외건설 신시장 진출 플랜트 PIE모델 ····· 488
[그림 220] 해외 신시장 진출을 위한 플랜트분야 R&D로드맵 ····· 492

1장. 개요

1절. 과업배경 및 목적

1. 과업배경

□ **글로벌 인구증가 및 산업발전으로 에너지 및 발전 수요는 증가할 것으로 전망됨**

○ IEA에 따르면, ‘40년까지 에너지수요는 25%이상 증가할 것으로 전망되며, 에너지원별로는 재생에너지와 천연가스 수요가 크게 증가할 것으로 전망됨

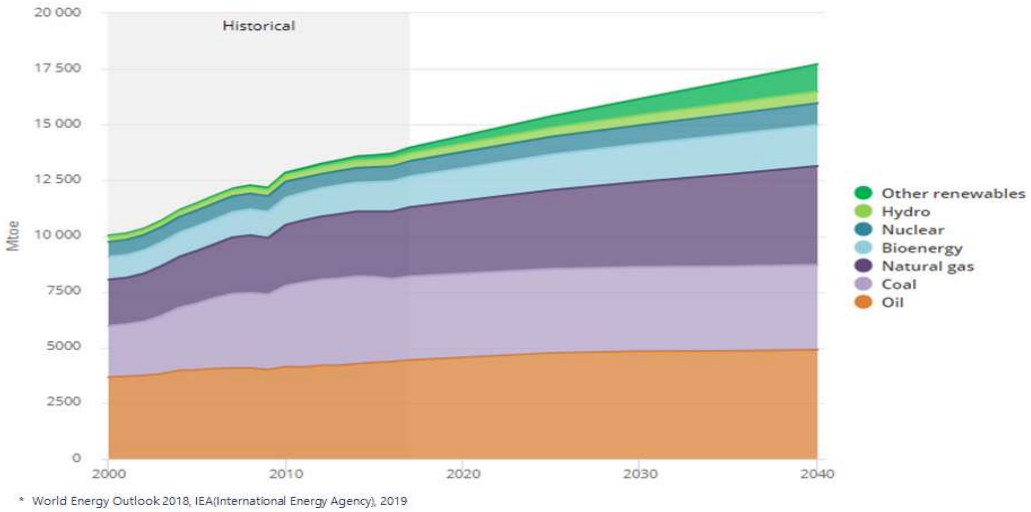
- 에너지 수요 증가는 소득 증가 및 개발도상국 인구 증가(17억 명)에 기인하며, 특히, 신흥국이 세계 에너지수요 증가를 견인할 것으로 전망됨

  • ‘40년까지 아시아 국가는 전 세계 천연가스 소비 증가의 50%, 풍력 및 태양광 소비 증가의 60%, 석유 소비 증가의 80% 이상, 석탄 및 원자력 소비 증가의 100% 이상을 차지할 것으로 전망됨

  • 인도의 에너지 수요는 ‘40년까지 ‘17년 대비 2배 이상 증가하여 전세계 에너지 수요 증가를 견인하는 국가로 부상할 전망임

  • 중동과 북아프리카 지역의 에너지 수요는 지속적으로 빠른 성장세를 보이고, ‘40년 에너지 수요는 ‘17년 대비 60% 이상의 증가를 기록할 전망임

  • ‘17~‘40년 기간 중 중남미 권역의 에너지 수요는 40%에 수준의 소비 증가를 기록할 전망임

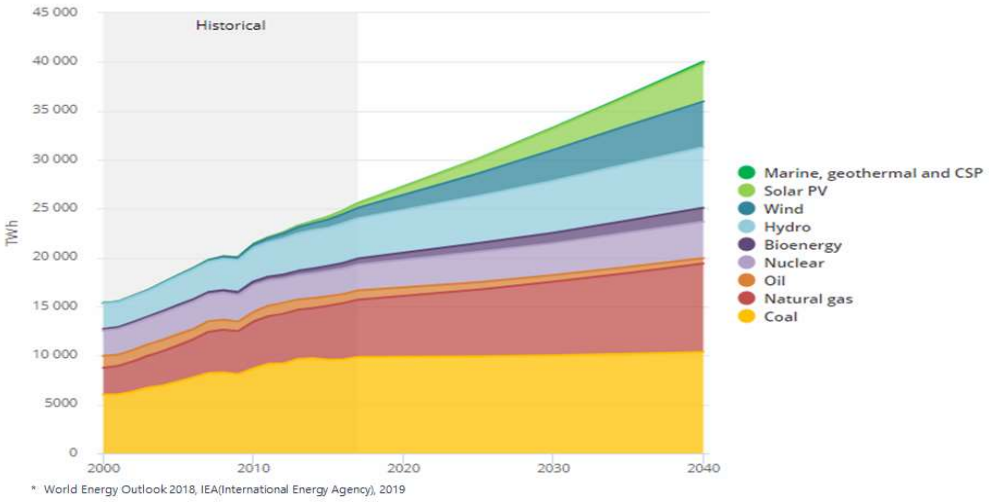


[그림 1] 전세계 에너지원별 수요 전망

○ 발전수요는 ‘40년까지 연평균 3.51% 증가가 예상되며, 에너지원별로 구분하면 석유, 석탄 전력수요는 감소/정체인 반면, 천연가스, 태양광과 풍력 전력 수요는 크게 증가할 것으로 전망됨

- 아시아・태평양과 중동 권역에서는 석탄 및 천연가스 수요가 지속적으로 증가하는 가운데 태양광・풍력・수력의 전력 에너지원 수요의 증가세가 클 것으로 전망됨

- 북아메리카와 유럽연합(EU) 권역에서는 석탄 및 원자력 수요가 감소하는 반면, 태양광・풍력・천연가스의 전력 에너지원 수요 증가율이 높을 것으로 전망됨



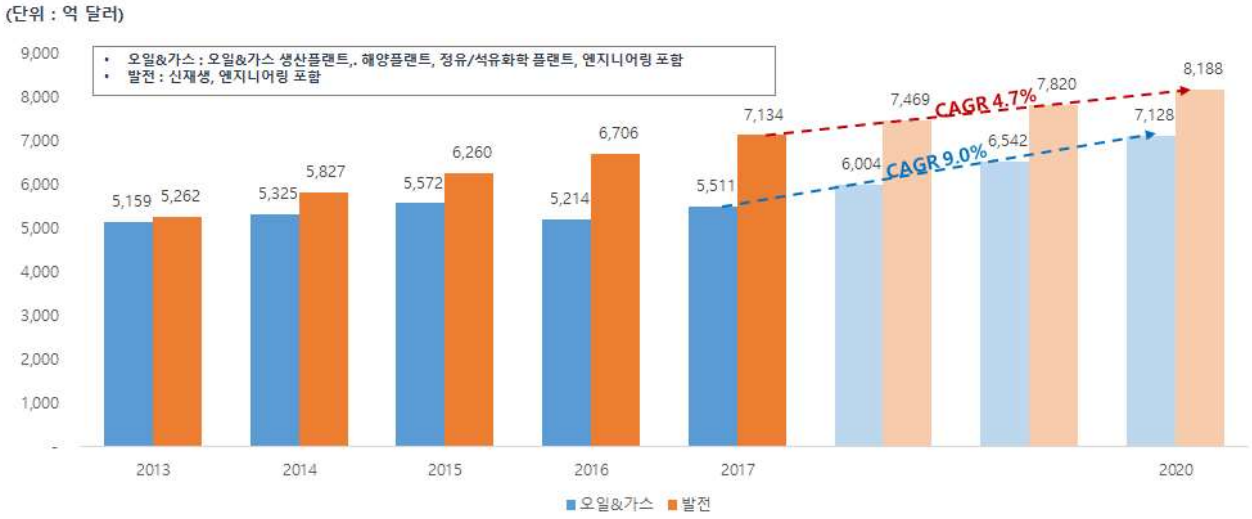
[그림 2] 전세계 발전원별 수요 전망

□ **에너지/발전 수요에 따라 오일&가스 및 발전플랜트의 시장규모는 ‘17년 기준 1조 2,635억 달러이며, ‘20년까지 연평균 6.6%의 증가율로 성장할 것으로 예상됨**

○ ‘20년까지 오일&가스 시장은 연평균 9.0%의 증가율로 성장하여 ‘20년에는 7,128억 달러규모로 전망되며, 발전 시장은 연평균 4.7%의 증가율로 성장하여 ‘20년에는 8,188억 달러 규모로 전망됨

○ 에너지 및 발전수요 증가로 오일&가스와 발전플랜트 시장규모는 ‘40년까지 지속적으로 성장할 것으로 전망됨

- 생산성 향상, 발전효율 향상 등 기술의 발전에 따라 에너지 생산량 및 발전량 대비 단가가 감소하므로, 시장 성장률은 6.6%보다는 낮은 수치를 기록할 것으로 예상되나, 건설수요 자체는 지속될 것으로 전망됨



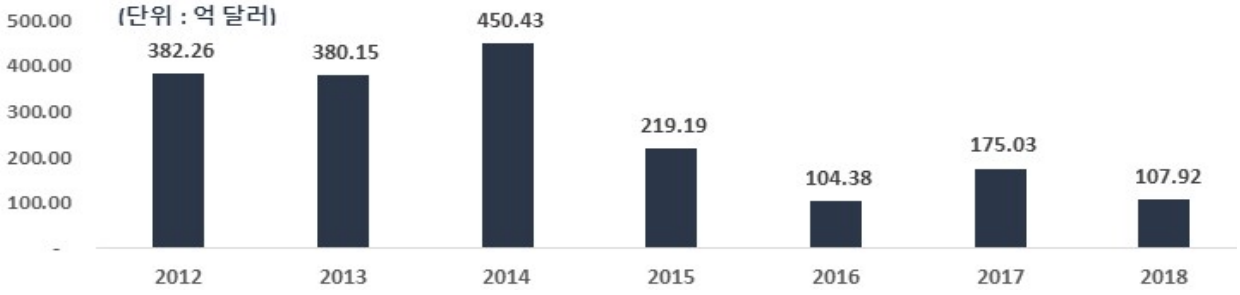
* 2016 중소중견기업 기술로드맵-플랜트엔지니어링, 중소벤처기업부, 2017.

[그림 3] 오일&가스 및 발전 플랜트 시장 전망

□ **반면, 국내기업의 해외 플랜트 수주는 '14년에 450.43억 달러로 정점에 도달한 이후 급감하고 있으며, 과거 수준으로 회복하지 못하고 있는 상황임**

○ '15년에는 '14년 해외 플랜트 수주액의 절반 이하인 219.19억 달러, '16년에는 '15년 수주액의 절반 이하인 104.38억 달러로 급감하였음

○ '17년에 175.03억 달러로 일시적으로 반등하였으나, '18년 107.92억 달러로 다시 하락하여 아직 과거수준으로 회복하지 못하고 있음



[그림 4] 국내 기업의 연도별 해외플랜트 총계 수주 추이 (`12~`18)

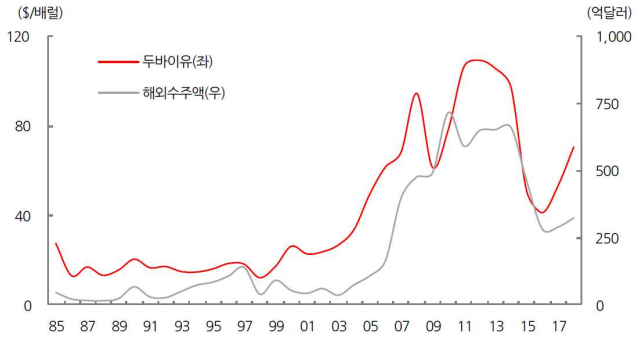
* 자료 : 해외건설협회 데이터베이스, 2019.

□ **국내 플랜트 수주 급감은 국내 플랜트 수주가 편중된 중동지역 수주 감소와 원유·정유 및 발전플랜트 수주감소 영향이 큰 것으로 파악됨**

○ '12~'18년간 권역별 플랜트 수주액은 '14년 이후 전반적으로 하락 추세에 있으나, 국내 플랜트 수주액의 49%를 차지하는 중동지역의 플랜트 수주가 '15년 급감하면서 국내 플랜트 수주가 크게 하락한 것으로 나타남

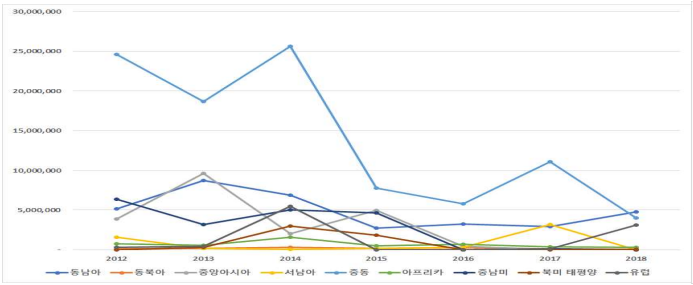
- 국내 플랜트 수주의 50%를 차지하는 중동지역 수주는 '14년 234.52억 달러를 정점으로 하락하여 '18년에는 30.76억 달러로 12년 이래 최저치를 기록함

  • 유가의 하락은 중동지역의 수주 비중 축소와 산업설비 부문의 수주 축소로 이어진 것으로 분석됨[1)]



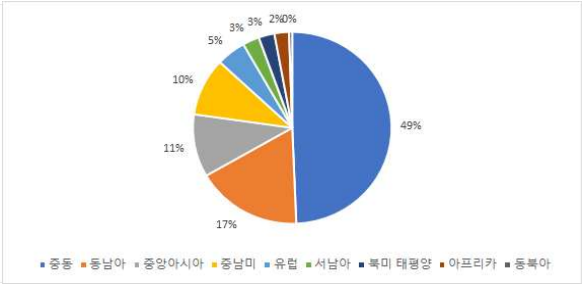
[그림 5] 유가와 해외수주액 변동 추이

* 자료 : 해외건설협회, BNK투자증권



[그림 6] 권역별 해외플랜트 수주 추이

* 자료 : 해외건설협회 수주 자료 기반 연구진 분석



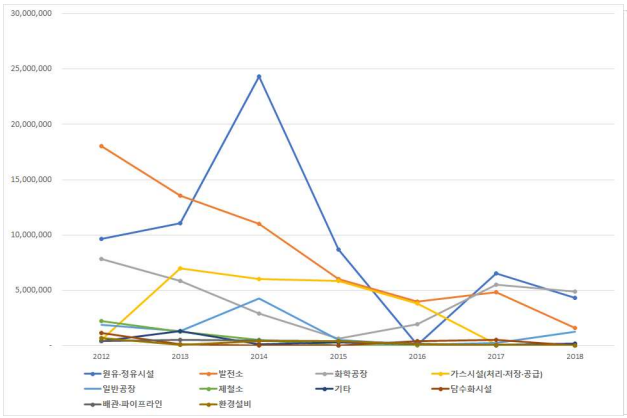
[그림 7] 권역별 해외플랜트 수주 비중

* 자료 : 해외건설협회 수주 자료 기반 연구진 분석

○ '12~'18년간 국내 플랜트 수주에서 가장 큰 비중을 차지하고 있는 원유·정유플랜트 수주는 '14년 정점에 도달한 이후, 지속적으로 하락하여, '16년에는 타 플랜트 공종에 비해 수주가 감소하였음

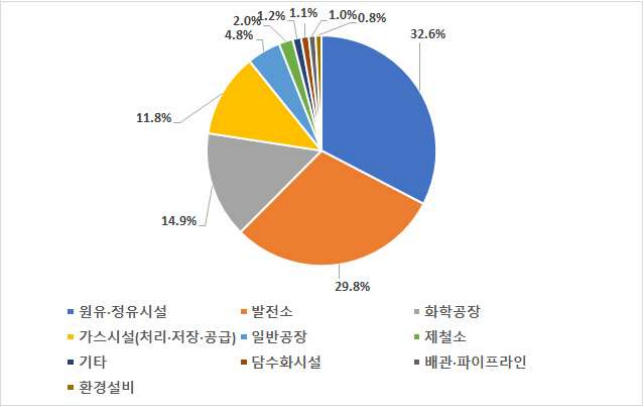
○ '12~'13년간 국내 플랜트 수주 1위를 차지하였던 발전플랜트는 수주가 지속적으로 감소하고 있음

1) 해외건설협회, BNK투자증권



[그림 8] 플랜트 공종별 해외플랜트 수주 추이

* 자료 : 해외건설협회 수주 자료 기반 연구진 분석



[그림 9] 플랜트 공종별 해외플랜트 수주 비중

* 자료 : 해외건설협회 수주 자료 기반 연구진 분석

□ **그동안 수주가 많지 않았던 지역과 플랜트 공종으로 시장진출을 확대할 필요가 있음**

○ 중동 사례와 같이, 특정 지역과 시장에 수주가 편중된 경우 해당시장이 침체되면 국내 플랜트 해외사업 수주도 동반 하락할 우려가 있음

□ **플랜트 산업은 국가 경제성장의 중추적인 역할을 담당해온 산업이나 최근 대내외 환경요인으로 인해 성장한계에 직면해 있음**

○ 플랜트 산업은 플랜트, 건설, 제조 등 전 산업분야에서 자원과 공학적 기술을 활용하여 경제·사회적 부가가치를 창출토록 하는 산업임[2)]

○ '18년까지 국가 해외건설 수주액의 53%를 담당하고 있으나, 선진국의 기술집약적 고부가가치 영역으로 진출하지 못하고, 후발국과 가격경쟁에서 밀리는 넛크랙커 상황에 직면해 있음

- 특히 최근 중국은 개발자금을 앞세워 저개발국가의 플랜트 사업을 대거 수주하며, 국내 기업과 경쟁에서 우위를 보임

○ 국내 기업간 경쟁이 심화로 수주한 플랜트 사업의 수익성 확보도 어려움

○ 국내 대기업의 플랜트 분야 신규수주가 급감하고 있으며, 대규모 인력 구조조정이 이루어지고 있음

- 현대중공업은 해양공장 가동을 중단하고, 정규직 2천 6백명을 감축함

- 삼성중공업은 '18년 1~2천명의 인력을 구조조정함

2) 엔지니어링산업진흥법 제2조

2. 과업수행 범위 및 추진절차

□ **이 기획연구는 국내 기업의 해외 플랜트 신시장 진출을 도모하기 위한 기술경쟁력 확보 방안과 R&D 중장기 기술로드맵을 수립하기 위해 추진되었음**

○ 해외 플랜트 사업 수주 관점에서 플랜트에 대한 시장과 기술 현황분석을 통해 국내외 경쟁력을 분석함

○ 새로운 지역과 공종으로 해외진출을 고려해볼 수 있는 플랜트들을 검토함

○ 해외 플랜트 유망시장 진출을 위해 필요한 기술개발 수요를 확인하고, 이를 기반으로 해외사업에 진출하기 위한 10년간 기술개발계획을 수립함

○ R&D만으로는 시너지가 나오기 어려우므로, 인력양성, 제도나 정책에 대해서도 종합적으로 지원하기 위한 방안을 모색함

□ **해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵은 4단계의 과정을 거쳐 도출됨**

○ (1단계) 국내 사업수행 또는 R&D경험이 있는 플랜트 중, 기획대상 플랜트범위 설정

○ (2단계) 기획대상 플랜트별로 정책동향, 시장동향, 기술동향, 정부 R&D투자, 경쟁력을 분석함

- 정책동향분석에서는 국내외 플랜트 산업지원정책과 R&D정책을 분석함

- 시장동향분석에서는 플랜트별 권역별 프로젝트 추진계획 및 현지 시장니즈와 국내기업의 해외 수주실적을 분석함

- 기술동향분석에서는 플랜트별 국내외 기술현황 및 성능, 기술 Trend를 분석함

- 정부 R&D투자 분석에서는 플랜트별 국내 R&D추진현황을 분석함

- 경쟁력 분석에서는 플랜트별 국내 기술수준 및 기술경쟁력, 국내 인프라현황을 분석함

○ (3단계) 플랜트 환경분석 결과를 토대로 기술개발 추진이 필요한 플랜트를 선별하고, 기술개발 추진방향과 비전목표를 도출하며, 상품관점에서 전략프로젝트를 도출함

- 플랜트별 시장, 기술, R&D투자, 경쟁력 분석결과를 종합하여 기술개발 추진 대상 플랜트를 도출함

- 해외건설 신시장 진출관점에서 기술개발 추진 플랜트별 추진방향 및 기술개발 방향을 도출하고 비전 및 목표를 수립함

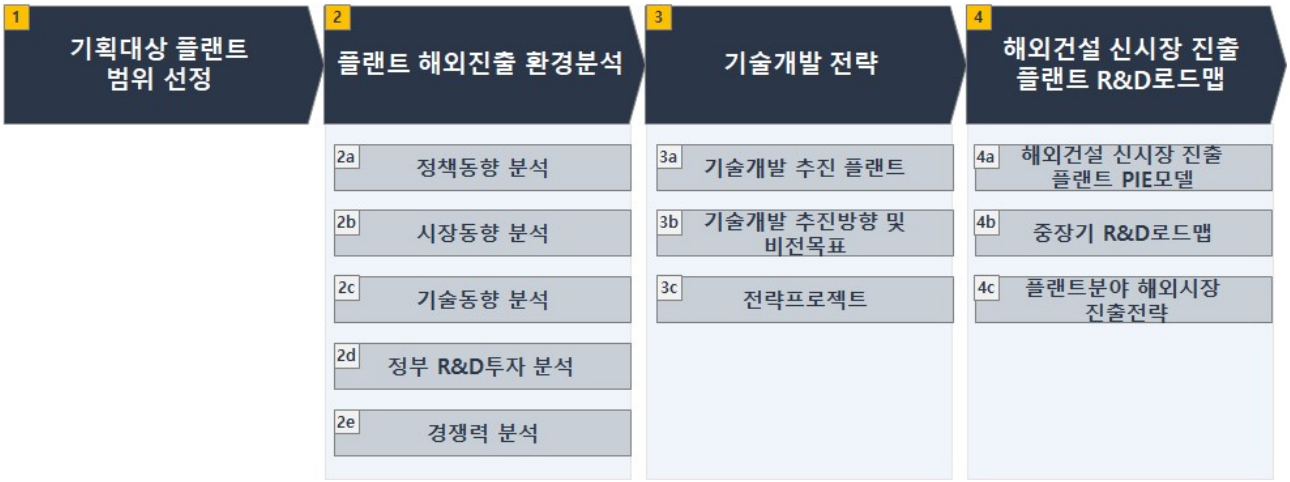
- 해외건설 신시장 기술개발 추진 플랜트로부터 해외진출 상품관점에서 전략프로젝트를 도출함

○ (4단계) 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 PIE모델과 R&D로드맵을 수립하고, 해외시장 진출전략을 도출함

- 전략프로젝트별로 핵심기반, 산업융합, 인력양성·제도·정책을 정리하고, 이를 연계형 PIE 모델로 구성함

- '21년부터 '30년까지 전략프로젝트 이행을 위한 로드맵을 도출함

- 전략프로젝트 추진과 연계하여 해외시장 진출전략을 수립함



[그림 10] 기획추진 Framework

2절. 기획대상 플랜트 범위

1. 개요

□ **플랜트의 분류체계를 전체적으로 검토해보고 이 중 기획연구의 목적에 부합하는 플랜트 분류체계로 기획 대상 플랜트 범위를 한정하고자 하였음**

○ 플랜트 분류체계는 국내 정책, 국내 기업의 사업영역, 해외시장 정보 등을 모두 포괄할 수 있도록 구성하여 체계화하였음

○ 전체적인 플랜트 분류체계를 마련한 이후에는 기획연구의 목적에 부합하는 플랜트 분류체계를 설정하기 위해 기획연구진과 전문가 검토가 이루어졌음

- 총괄자문회의, 분과별 1차 전문가위원회에서 기획연구진이 구성한 플랜트 체계를 검토하고, 분과회의 논의를 통해 기획 대상 플랜트 분류체계를 설정하였음

2. 플랜트 분류체계 분석

□ **국토교통 R&D 동향조사에서는 플랜트를 발전・자원개발・신재생에너지・담수처리 및 환경의 4대 분야 및 19개 중분류로 플랜트를 분류하고 있음**

<표 1> 국토교통부 <국토교통 R&D 동향조사> 플랜트 분류

대분류	중분류
발전 플랜트	화력발전
	원자력발전
	핵융합발전
	수력발전
자원개발 플랜트	석탄가스화
	오일가스/셰일가스 추출
	가스 플랜트
	자원이송/스테이션
신재생에너지 플랜트	풍력에너지
	해양에너지
	바이오가스화
	태양광/태양열발전
	지열발전
	수소생산/인프라
담수처리 및 환경플랜트	해수담수화
	폐기물처리
	수처리(초순수/하폐수)
	대기오염방지 및 CCS

□ **산업통상자원부의 <2018 산업기술 R&BD 전략>에서는 플랜트를 크게 발전, 수처리, 오일&가스 및 정유·석유화학으로 구분하고 세부적으로 12개의 중분류 플랜트로 분류함**

<표 2> 산업통상자원부 <2018 산업기술 R&BD 전략> 플랜트 분류

대분류	중분류
발전	석탄화력 발전
	천연가스 복합화력 발전
	석탄가스화 복합발전(IGCC)
	분산 및 하이브리드 발전
	발전플랜트 CO2 회수 및 처리
수처리	담수화 플랜트
	정수처리 플랜트
	공정수처리 플랜트
오일&가스 및 정유·석유화학	오일&가스 생산
	연료전환
	중질류 고도화
	화학원료 전환

□ **해외 플랜트사업을 수행하는 국내기업의 플랜트 수주실적을 검토한 결과, 기업에서 수행하는 플랜트 프로젝트는 국토부 및 산업부의 플랜트 분류에 모두 포함되는 것으로 확인됨**

○ 해외건설협회의 최근 10년('09~'18) 간 국내 플랜트 수주 상위 업체 통계 자료를 기반으로 10년 간 수주액이 100억 달러 이상인 상위 업체 12곳에서 수행한 플랜트 프로젝트 검토 결과 국토부 및 산업부의 플랜트 분류에 포함되는 것으로 확인됨

<표 3> 플랜트 수주 상위 업체의 플랜트 프로젝트 공종 현황(`09~`18)

수주 순위	기업명	주요 플랜트 프로젝트	준공 년도	플랜트 공종 분류
1	삼성엔지니어링	Lotte Chemical MEG-1 Project	2018	석유화학
		ENI Zubair Oil Field Development GOSP Project	2017	오일&가스(원유)
		Luberef Yanbu Refinery Expansion Project	2016	정유
		MOW MUHARRAQ SEWAGE TREATMENT BOT PROJECT	2014	수처리(하·폐수)
		Samsung Electronics M Project	2014	수처리(초순수)
		CFE MANZANILLO LNG TERMINAL PROJECT	2012	오일&가스(LNG)
2	현대엔지니어링	Takhiatash Power Plant Efficiency Improvement Project	2021	복합화력발전
		Kalselteng 2 CFSPP (2x100MW)	2020	화력발전
		Uzbekistan Gas To Liquid Project(UZGTL)	2020	석유화학(GTL)
		Kiyanly Petrochemical Complex Project	2018	석유화학
		Hiranandani LNG Terminal FEED Services	2011	오일&가스(LNG)

수주 순위	기업명	주요 플랜트 프로젝트	준공 년도	플랜트 공종 분류
3	현대건설	Basrah Common Seawater Supply Project	2025	해수담수화
		SATAH AL RAZBOOT (SARB) FIELD DEVELOPMENT PROJECT EPC PACKAGE 4	2018	정유
		PEARL GTL(GAS TO LIQUID) PROJECT	2011	석유화학(GTL)
4	GS건설	BASF Expansion Ultrason Project	2017	석유화학
		GSC VGOFCC	2013	정유
		대구하수슬러지 처리시설 설치공사	2011	수처리
		Yerevan CCPP	2010	복합화력발전 가스화력발전
5	SK건설	고성하이화력발전소 건설공사(고성그린파워 Project)	2021	화력발전
		미국 매그놀리아 LNG 프로젝트	2020	오일&가스(LNG)
		Laos, Xe-Pian Xe Namnoy 수력발전 Project	2019	수력발전
		KNPC Clean Fuel Project	2017	오일&가스(LNG)
		IRPC UHV Project	2016	석유화학
		SK하이닉스 통합폐수처리장 건설 PJT	2016	수처리(하·폐수)
6	현대중공업	AZN 1 IWPP	2018	복합화력발전 해수담수화
		CFP MAB2	2018	정유
7	두산중공업	인도네시아 JAWA 9·10호기	2024	복합화력발전
		Sharqiya 해수담수화 프로젝트	2021	해수담수화
		Jebel Ali M	2010	복합화력발전
8	대림산업	울산 복합화력 발전소	2015	복합화력발전
		사우디 YERP-3	2014	정유
		예천 양수 1,2호기 기전	2011	수력발전
9	대우건설	오만 수르(Sur) 발전소	2014	복합화력발전
		파푸아뉴기니 LNG	2013	오일&가스(LNG)
		카타르 화학 공장 2단계 (Q-Chem II)	2010	석유화학
10	한국전력공사	파키스탄 LEPCL 석탄화력 O&M	2020-2031 (O&M)	석탄화력발전
		요르단 IPP3 600MW	2012~2038 (O&M)	디젤발전
11	포스코건설	방글라데시 마타바리 석탄화력	2024	석탄화력발전 (초초임계)
		은성/광진 태양광	2018	신재생에너지(태양광)
		부산 RDF 발전	2013	신재생에너지(폐기물)
12	삼성물산	싱가폴 LNG 터미널	2018	오일&가스(LNG)
		캐나다 온타리오 풍력발전	2014	신재생에너지(풍력)
		사우디 Qurayyah 복합화력발전	2014	복합화력발전

□ GlobalData의 '18년도 Project Insight 분석 보고서에서는 플랜트를 크게 오일 & 가스와 발전(power) 분야로 구분하고 있음

<표 4> GlobalData Project Insight 플랜트 분류(`18)

대분류	중분류
오일&가스	재가스화
	액화
	정유 플랜트
	파이프라인
	생산플랜트
발전	석탄 발전
	가스화력 발전
	지열 발전
	수력 발전
	원자력 발전
	해양 발전
	석유화력 발전
	태양 에너지 발전
	풍력 발전

□ 기존 플랜트 분류체계에 대한 분석을 토대로 대분류와 중분류 플랜트들을 구성하고, 중분류 하위에 분석대상이 되는 플랜트를 목적물별로 총망라함

<표 5> 분석대상 플랜트 분류체계

대분류	중분류	소분류
자원개발 플랜트	가스 플랜트	LNG플랜트
		SNG플랜트
		재가스화 플랜트
		치밀·셰일가스 플랜트
		메탄 하이드레이트
		석탄층 메탄가스화 플랜트
	석유 플랜트	오일샌드 플랜트
		치밀·셰일오일 플랜트
	해양플랜트	FPSO
		Drill Ship
		Offshore 해양플랜트
	극한지 자원플랜트	극지 자원개발 플랜트
		극한지파이프라인
	정유 및 석유화학 플랜트	석유화학 플랜트
		정유플랜트
	수소 플랜트	수소 네트워크
		수소 생산 및 공급

대분류	중분류	소분류
발전·신재생 플랜트	화력	석탄화력 발전플랜트
		가스화력 발전플랜트
		분산 및 하이브리드 발전플랜트
		복합화력 발전플랜트
		가스화 열병합 발전플랜트
	수력	댐식 발전플랜트
		수로식 발전플랜트
		양수식 발전플랜트
발전·신재생 플랜트	원자력	Sea-side 원자력 발전소
		Dam or riverside 원자력 발전소
		부유식 원자력 발전소
	신재생	풍력플랜트
		연료전지 발전 플랜트
		태양광플랜트
		태양열플랜트
		지열발전 플랜트
		해양발전 플랜트
		바이오에너지 플랜트
수자원· 환경 플랜트	담수화 플랜트	증발식 해수담수화 플랜트
		역삼투해수담수화 플랜트
		정삼투해수담수화 플랜트
		이동형 담수화 플랜트
		분산형신재생융복합 해수담수화
	수처리 플랜트	정수처리 플랜트
		공정수처리 플랜트
		하폐수처리 플랜트
	자원순환플랜트	순환형 복합플랜트
		부생가스 포집-생산/제품화 플랜트
		폐기물 무해화 플랜트
		복합폐기물 고형연료화 플랜트
		고형폐기물 합성가스 생산 플랜트
		폐기물 소각열 이용 플랜트

3. 기획대상 플랜트 분류체계 설정

□ **플랜트 분류체계 분석으로부터 도출한 '분석대상 플랜트 분류체계'에 대해 '30년까지 상용화가 어려운 플랜트, 시장이 미약할 것으로 예상되는 플랜트, 국토부의 주도적 추진이 어려운 영역 등의 검토를 통해 기획 대상 플랜트 분류체계를 설정하였음**

○ 중분류 단위에서는 원자력 플랜트와 해양플랜트를 제외하였음

- 발전·신재생플랜트의 중분류 중 원자력플랜트는 특성상 Test-Bed 구현이 어려워 통합실증 추진이 어렵고, 정부의 R&D계획에는 원전해체기술 중심으로 개발이 추진되며 건설기술 개발은 부재하여 기획대상 플랜트에서 제외함

- 자원개발플랜트의 중분류 중 해양플랜트는 해저탐사, 설계, 건조 및 제작, 운영의 선박기술 중심으로 추진되고 있으며, 건설기술에 대한 내용은 반영되기 어려워 기획대상 플랜트에서 제외하였음

○ 소분류 단위에서는 신재생플랜트 중 연료전지 발전, 지열발전 플랜트를 제외하였으며, 가스플랜트 중 메탄 하이드레이트 플랜트, 담수화플랜트 중분류 중 이동형 담수화 플랜트를 제외함

- 연료전지 발전플랜트는 플랜트 신시장 진출을 위한 핵심기술이 건설기술이 아니라 연료전지 단위기술에 있기 때문에 건설기술 영역으로 보기 어려워, 기획대상 플랜트에서 제외하였음

- 지열발전 플랜트는 최근 포항 지열발전 플랜트의 지진유발 문제로 지열발전 R&D를 전면 폐지한 상황이며, 안전에 대한 문제로 해외사업 추진여부가 불확실하여 기획대상 플랜트에서 제외하였음

- 메탄 하이드레이트 플랜트는 지반안정성 및 경제성확보 등 기술적 난제와 기후변화 및 지질재해 등 환경영향으로 가까운 미래에 활용되지 못할 것으로 전망됨[3]에 따라 기획대상 플랜트에서 제외하였음

- 이동형 담수화 플랜트는 국내 도서지역을 타겟으로 개발중인 기술로, 해외에도 수요는 있으나, 시장규모가 크지않고, 시장성장도 크지 않을 것으로 전망되어 기획대상 플랜트에서 제외하였음

3) Science Times, 2019

<표 6> 분석대상 플랜트에 대한 1차 검토결과

대분류	중분류	소분류
발전·신재생 플랜트	화력	석탄화력 발전플랜트
		가스화력 발전플랜트
		분산 및 하이브리드 발전플랜트
		복합화력 발전플랜트
		가스화 열병합 발전플랜트
	수력	댐식 발전플랜트
		수로식 발전플랜트
		양수식 발전플랜트
	원자력(제외)	**Sea-side 원자력 발전소(제외)**
		Dam or Riverside 원자력 발전소(제외)
		부유식 원자력 발전소(제외)
	신재생	풍력플랜트
		태양광플랜트
		태양열플랜트
		해양발전 플랜트
		연료전지 발전 플랜트(제외)
		지열발전 플랜트(제외)
		바이오에너지
		수소 플랜트
자원개발 플랜트	가스 플랜트	LNG플랜트
		재가스화 플랜트
		치밀·셰일가스 플랜트
		메탄 하이드레이트(제외)
		석탄층 메탄가스화 플랜트
	석유 플랜트	오일샌드 플랜트
		치밀·셰일오일 플랜트
	해양플랜트(제외)	**FPSO(제외)**
		Drill Ship(제외)
		Offshore 해양플랜트(제외)
	극한지 자원플랜트	극지 자원개발 플랜트
		파이프라인
	정유 및 석유화학 플랜트	석유화학 플랜트
		정유플랜트
수자원· 환경 플랜트	담수화 플랜트	증발식 해수담수화 플랜트
		정삼투 해수담수화 플랜트
		역삼투 해수담수화 플랜트
		이동형 담수화 플랜트(제외)
	수처리 플랜트	정수처리 플랜트
		공정수처리 플랜트
		하수처리 플랜트
		산업폐수처리 플랜트
	자원순환플랜트	순환형 복합플랜트
		폐기물 고형화·소각 플랜트
		폐기물 에너지화 플랜트

□ **기획대상 플랜트 범위에 대한 분과별 전문가 의견수렴을 통해 3개 대분류, 10개 중분류, 34개 소분류로 구성된 ‘기획 대상 플랜트 분류체계’를 설정함**

○ “재가스화 플랜트”는 LNG의 후방에 있는 터미널에서의 재가스화 기술을 의미하므로 “LNG 플랜트”로 병합함

○ “수소플랜트”는 자원 생산-공급 관점에서 자원개발플랜트로 분류하였으나, 신재생에너지법에서 수소에너지를 언급하고 있으므로, 신재생플랜트 하위로 분류함

- 수소플랜트는 국토교통부에서 관심을 가지고 다부처로 고려하고 있는 영역이며, 국토교통과학기술진흥원에서 “상용급 액체수소 플랜트 핵심기술 개발”과제를 수행중임

○ “분산형 신재생 융복합 해수담수화”, “폐기물 무해화 플랜트”는 상품이라기보다는 연구관점에서 명명된 플랜트이므로, 플랜트 분류체계에서 제외함

○ “하폐수처리 플랜트”는 “하수처리플랜트”와 “산업폐수처리플랜트”로 분리하는 것이 적절함

- “하수처리플랜트”와 “산업폐수처리플랜트”는 별도의 상품으로, 각각 별도로 발주되고 있으므로, 분리해서 접근할 필요가 있음

○ “부생가스 포집 생산/제품화 플랜트”는 자원개발 플랜트에 부착되는 부분으로 보는 것이 적절함

○ “복합폐기물 고형연료화”, “고형폐기물 합성가스 생산”, “폐기물 소각열 이용”은 타 분류에 비해 너무 세분화되어 있으므로 “폐기물 에너지화 플랜트”로 병합함

○ “폐기물 소각 플랜트”, “폐기물 고형화 플랜트”는 폐기물 처리관점에서 별도의 소분류로 추가함

- “폐기물 소각 플랜트”는 배기가스처리 등 R&D를 고려할 요소가 많으며, 슬러지 고형연료화도 이슈가 되는 부분임

○ “극한지 파이프라인”은 “파이프라인”자체로 하나의 상품으로 볼 수 있는 여지가 있으므로, “극한지”표현을 제외함

□ 최종적인 ‘기획대상 플랜트 분류체계’는 아래와 같으며, 해당 소분류 플랜트를 기준으로 시장·기술동향과 우리의 경쟁력 등을 분석하여 ‘해외 신시장 진출 대상 플랜트’를 선별하고 기술개발 전략프로젝트를 발굴하여 로드맵을 구성하고자 함

<표 7> 기획대상 플랜트 분류체계

대분류	중분류	소분류	정의
발전·신재생 플랜트	화력	석탄화력 발전플랜트	▪ 보일러에 석탄을 연소시켜 발생된 증기로 스팀터빈을 구동시켜 전력을 생산해내는 시스템
		가스화력 발전플랜트	▪ 압축연료가스의 폭발력으로 가스터빈(gas turbine)을 구동시켜 전력을 생산하는 Simple Cycle 발전과, Simple Cycle 발전시 발생된 가스터빈 배가스를 통해 배열회수보일러(HRSG)에서 스팀을 생산하여 스팀터빈(steam turbine)으로 2차 발전을 하는 Combined Cycle 발전으로 구분
		분산 및 하이브리드 발전플랜트	▪ 신재생에너지를 포함한 둘 이상의 에너지생산 시스템과 에너지저장 시스템을 결합해 전력, 열, 가스를 공급·관리하는 시스템
		복합화력 발전플랜트	▪ 가스터빈 발전과 증기터빈발전의 조합을 복합화력(combined cycle)시스템이라 지칭
		가스화 열병합 발전플랜트	▪ 폐기물, 바이오매스의 처리와 에너지 생산을 목적으로 하는발전 시스템
	수력	댐식 발전플랜트	▪ 물의 높이 즉 낙차를 이용한 구조의 발전 시스템
		수로식 발전플랜트	▪ 물의 낙차를 얻을수 없을때, 보통 저수지같은 경우 물을 끌어올린다음 필요한 낙차가 되었을때 떨어뜨리는 구조의 발전 시스템
		양수식 발전플랜트	▪ 산지지역에서 낙차를 크게 하기 위해 산꼭대기에 상부저수지를 만들고 산지아래 하천에 하부저수지를 만들어 상부와 하부저수지 사이만큼 큰 낙차를 이용하는 발전 시스템
	신재생	풍력플랜트	▪ 풍량, 지형, 전력계통 연계조건 등을 종합적으로 고려해서 위치하게 되는 풍력발전소는 자연의 바람에너지로 날개(Blade)를 돌려 발전기의 축을 회전시킴으로써 전기를 생산하고 공급하는 설비
		태양광플랜트	▪ 태양으로 전달되는 복사에너지를 전기에너지로 변환하는 발전 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술 및 태양으로부터 전달되는 복사열을 고온으로 집열하여 증기를 발생시키고 증기로 인한 팽창력으로 증기터빈을 구동시켜 전기를 생산하는 설비의 설계/시공/ ▪ 운영 및 유지관리 기술을 의미
		태양열플랜트	
		해양발전 플랜트	▪ 석유·가스 등 해양자원을 발굴·시추 및 생산하는 장비
		바이오에너지	▪ 환경오염의 원인이 될 수 있는 가축분뇨를 위생적으로 처리하고 자원화하여 에너지 생산은 물론 비료로 전환할 수 있는 이상적인 시스템
		수소 플랜트	▪ 물로 부터 수소와 산소를 제조하여 각각 압축용기에 충전하고, 이 충전된 용기를 유통, 공급, 사용하는 설비

대분류	중분류	소분류	정의
자원개발 플랜트	가스 플랜트	LNG플랜트	▪ LNG 액화 신공정 및 상용 액화플랜트 설계 독자기술 개발, 해양플랜트 설계기술 확보를 통한 해외 LNG 플랜트 시장에 진입할 수 있는 EPC 필수기술을 개발하는 사업
		치밀·셰일가스 플랜트	▪ 치밀/셰일층에 갇혀 이동하지 못한 가스자원을 수직과 수평을 함께 시추해야 하는 방법과 수압파쇄 기법을 사용해 생산하는 기술 및 설비
		석탄층 메탄가스화 플랜트	▪ 석탄내의 모든 유기물을 가연성기체로 바꾸어 에너지를 얻는 플랜트
자원개발 플랜트	석유 플랜트	오일샌드 플랜트	▪ 오일샌드의 생산/처리/이송을 위한 설비 및 시스템
		치밀·셰일오일 플랜트	▪ 치밀/셰일층에 갇혀 이동하지 못한 오일자원을 수직과 수평을 함께 시추해야 하는 방법과 수압파쇄 기법을 사용해 생산하는 기술 및 설비
	극한지 자원플랜트	극지 자원개발 플랜트	▪ 극한지의 석유나 가스를 채굴하기 위해 환경 여건등이 고려된 플랜트
		파이프라인	▪ 석유/가스등의 자원의 장거리 육상 이송을 위한 관망 설치/운영/유지관리 등의 플랜트
	정유 및 석유화학 플랜트	석유화학 플랜트	▪ 정유플랜트에서 생산된 납사를 이용하여 다양한 제품을 생산하는 플랜트
		정유플랜트	▪ 오일&가스플랜트에서 생산된 원유를 증류하여 다양한 원료를 만들어내는 플랜트
수자원· 환경 플랜트	담수화 플랜트	증발식 해수담수화 플랜트	▪ 끓여서 나온 수증기를 식혀 농축해 담수를 얻는 방식의 플랜트
		정삼투 해수담수화 플랜트	▪ 삼투압 현상을 그대로 이용해 담수를 얻는 방식의 플랜트
		역삼투 해수담수화 플랜트	▪ 분리막(멤브레인)을 사용해 바닷물에 삼투압 이상의 압력을 가해 해수 속의 염분을 제거하고 담수를 얻는 방법의 플랜트
	수처리 플랜트	정수처리 플랜트	▪ 지표수(하천수,댐 등) 원수로 하여 사용처의 목적에 맞게 물을 정화하여 공급하는 플랜트
		공정수처리 플랜트	▪ 공정수를 원수로 하여 사용처의 목적에 맞게 물을 정화하여 공급하는 플랜트
		하수처리 플랜트	▪ 지하수를 원수로 하여 사용처의 목적에 맞게 물을 정화하여 공급하는 플랜트
		산업폐수처리 플랜트	▪ 산업폐수를 원수로 하여 사용처의 목적에 맞게 물을 정화하여 공급하는 플랜트
수자원· 환경 플랜트	자원순환플랜트	순환형 복합플랜트	▪ 도시 지역의 다양한 유틸리티 시설들을 하나의 패키지로 묶는 플랜트
		폐기물 고형화·소각 플랜트	▪ 고화제를 이용하여 폐기물 내의 유독물질을 차단 피막보호하는 기술을 이용한 플랜트로, 방사성 폐기물을 처리하는데 사용
		폐기물 에너지화 플랜트	▪ 쓰레기 소각로에서 발생하는 열 에너지를 난방 및 발전에 사용하고 있고, 매립지가스나 혐기성 소화가스를 연료로 하여 가스엔진 또는 스팀터빈으로 열병합발전(Combined Heat & Power, CHP)을 하는 플랜트

3절. 기획추진 개요

1. 기획 추진체계

□ **동 과업은 ㈜날리지웍스에서 주관연구기관을 맡아 과업을 총괄하였으며, 공동연구기관인 해외건설협회, 한국전력 국제원자력대학원대학교, 서울시립대학교는 전문가위원회를 운영하며 분야별 플랜트 기획을 추진함**

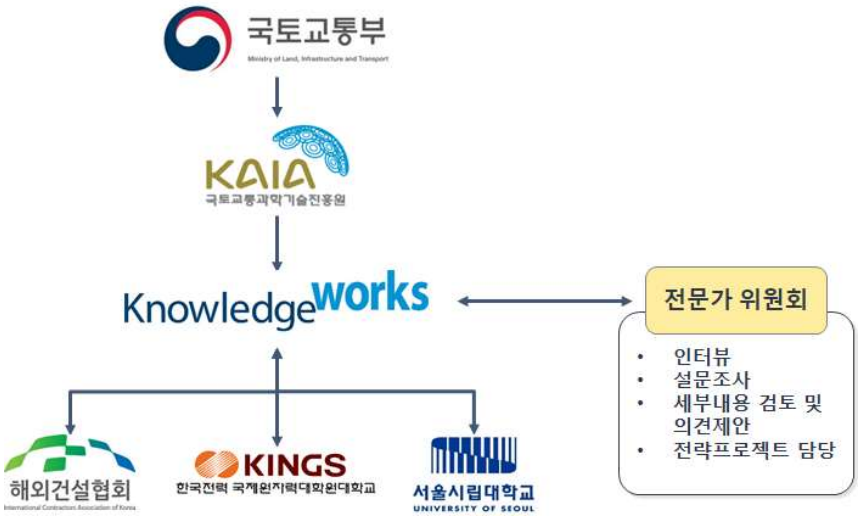
○ 국토교통과학기술진흥원은 과업 전반에 대한 관리 및 지원 역할을 수행함

○ ㈜날리지웍스는 과업의 연구책임을 맡아, 국토교통과학기술진흥원과 피드백을 주고받으며, 기획프로세스 수립과 환경분석, 기술개발방향 및 비전/목표(안) 도출 등 과업 전반을 수행함

○ 해외건설협회는 오일&가스 플랜트 기술분과를 담당하며, 과업추진 주요의사결정에 참여하고, 오일&가스 플랜트분야 전문가위원회를 운영하여 해당분야의 전략프로젝트의 내용도출 및 보고서 작성을 지원함

○ 한국전력 국제원자력대학원대학교는 발전&신재생 플랜트 기술분과를 담당하며, 과업추진 주요의사결정에 참여하고, 발전&신재생 플랜트분야 전문가위원회를 운영하여 해당분야의 전략프로젝트의 내용도출 및 보고서 작성을 지원함

○ 서울시립대학교는 수자원/환경 플랜트 기술분과를 담당하며, 과업추진 주요의사결정에 참여하고, 수자원&환경 플랜트분야 전문가위원회를 운영하여 해당분야의 전략프로젝트의 내용도출 및 보고서 작성을 지원함



[그림 11] 기획 추진체계

2. 전문가위원회

□ **현장의 경험 및 노하우, 최신의 정보 및 지식을 반영한 결과물을 도출하기 위해 전문가 위원회를 운영하여 세부 플랜트 시장 및 기술적 측면의 전문성과 객관성을 확보함**

○ 문헌 기반의 자료조사를 토대로 분석 초안을 도출하고, 전문가위원회 검토 및 피드백을 통해 현장의 의견을 반영하였음

- 분야별 해외플랜트 시장환경 및 현지국가의 니즈 분석, 기술 Trend 및 니즈에 대한 분석은 분야별 전문가위원회를 통해 검토하였음

- 기술개발방향 도출 및 해외진출대상 플랜트 선정 이후에는 선정된 플랜트에 집중하여 구체적인 시장환경 니즈 및 기술 니즈에 대한 검토를 수행하였으며, 이를 수행할 수 있는 전문가로 추가 구성하였음

- 해외진출 대상 플랜트로 선정된 플랜트 목적물이 분야별로 편차가 있어, 전체 전문가위원의 구성에서 차이가 있음

□ **분야별 전문가는 자원개발분야 18명, 발전・신재생분야 21명, 수자원・환경분야 10명, 사업관리분야 8명이며, 전문가 명단은 다음과 같음**

<표 8> 분야별 전문가 명단

분야	연번	성명	소속	구분
자원개발	1	강필선	대우건설	산
	2	구병수	동화엔텍	산
	3	김광복	글로벌 독립 컨설턴트	산
	4	김영민	필즈엔지니어링	산
	5	김학성	GS건설	산
	6	박기호	대우건설	산
	7	송경열	SK이노베이션	산
	8	신동규	한국조선해양	산
	9	이상무	SK건설	산
	10	장재우	대우건설	산
	11	최상규	필즈엔지니어링	산
	12	황선장	GS건설	산
	13	황호진	SK Lounge	산
	14	이상규	가스연구원	연
	15	이승종	고등기술연구원	연
	16	황인주	한국건설기술연구원	연
	17	이수출	경북대학교	학
	18	최현대	서울대학교 EDRC	학

분야	연번	성명	소속	구분
발전 신재생	1	박병춘	에너지공단	기타
	2	권영호	한국태양열협회	산
	3	김영근	대림산업	산
	4	김원복	MHPS	산
	5	김은수	두산중공업	산
	6	나종희	한국전력기술	산
	7	박희주	두산중공업	산
	8	안인수	한국수자원공사	산
	9	오정준	포스코인터내셔널	산
	10	이대용	포스코	산
	11	정재용	세한에너지	산
	12	하희상	GS건설	산
	13	황윤호	한양건설	산
	14	김영주	지질자원연구원	연
	15	박성호	고등기술연구원	연
	16	박영수	고등기술연구원	연
	17	이종민	한국전력연구원	연
	18	이진욱	고등기술연구원	연
	19	황태규	조선해양기자재연구원	연
	20	장대준	KAIST	학
수자원 환경	1	김창용	GS건설	산
	2	류제천	현대엔지니어링	산
	3	박현수	대우건설	산
	4	신용승	현대건설	산
	5	오희경	대우건설	산
	6	이상철	삼우씨엠	산
	7	이수진	도화엔지니어링	산
	8	정찬기	도화엔지니어링	산
	9	한대희	현대엔지니어링	산
	10	윤선권	서울기술연구원	연
사업관리	1	문병식	한국수력원자력	산
	2	이영목	KIND	산
	3	이종원	현대건설	산
	4	지범준	SK건설	산
	5	김석순	가스연구원	연
	6	김경민	중앙대학교	학
	7	김병일	안동대학교	학

□ 전문가위원회 운영 및 운영결과는 다음과 같음

<표 9> 전문가위원회 활동내용

일시	활동 내용	활동 내용 상세
`19. 5. 17.	총괄위원회	▪ 과업추진계획 검토 ▪ 플랜트 분류 및 분석대상 플랜트 범위 검토
`19. 6. 17. ~ `19. 6. 23.	플랜트 분야별 검토(서면)	▪ 분야별 분석대상 플랜트 검토
`19. 6. 24. ~`19. 7. 4.	플랜트 분야별 분과회의	▪ 분야별 플랜트 분류 검토 ▪ 분야별 플랜트 분석대상 범위 검토 ▪ 분야별 플랜트 최신 시장 트렌드 및 기술 트렌드 논의
`19. 8. 8. ~ `19. 8. 22.	플랜트 분야별 분과회의(서면1차)	▪ 분야별 해외사업 추진대상 플랜트 제안 ▪ 해외 권역별 시장 니즈 및 기술개발 니즈 의견 수렴
`19. 9. 17. ~ `19. 10. 16.	플랜트 분야별 분과회의(서면2차)	▪ 해외 권역별 시장 니즈 및 기술개발 니즈에 대한 추가 의견 수렴
`19. 12. 27. ~ `20. 1. 17.	전략프로젝트별 기업전문가 간담회	▪ 도출 전략프로젝트 검토 ▪ 전략프로젝트별 사업추진 가능성 검토 ▪ 전략프로젝트별 비즈니스 모델 논의 ▪ 전략프로젝트별 진출대상 국가 및 진출전략 논의
`20. 1. 30. ~ `20. 2. 14.	전략프로젝트별 내용 1차 보완	▪ 전략프로젝트별 담당 전문가 그룹 설정 ▪ 전략프로젝트별 사업개념 재검토
`20. 3. 12. ~ `20. 3. 31.	전략프로젝트별 내용 1차 보완	▪ 전략프로젝트별 사업개념도 작성 ▪ 전략프로젝트별 동향 보완 ▪ 전략프로젝트별 목표치 및 수주목표 산정 ▪ 전략프로젝트별 진출전략 보완

2장. 플랜트 해외진출 환경분석

1절. 정책동향분석

1. 국내외 플랜트 산업지원 정책동향

가. 국내 플랜트 산업지원 정책동향

□ **국정운영 5개년 계획에서는 건설산업의 해외 진출을 통한 일자리 창출과 국토교통 산업 경쟁력 강화를 제시함**

○ 정부는 '국가기간교통망 공공성 강화 및 국토교통산업 경쟁력 강화'의 일환으로 해외진출 지원을 통한 일자리 창출을 정책방향으로 제시하고 있음

□ **정부는 '해외수주 활력 제고방안('19)'을 수립하며, 해외 플랜트 분야 펀드 조성, 민간-공공 협업을 통한 투자개발형 사업수주 확대 정책을 추진함**

○ 정부·공공기관 출자와 민간자금 매칭으로 '글로벌 플랜트·건설·스마트시티 펀드' 재원을 마련하고 있음

- '19년에 3조원의 재원 중 1차분에 해당하는 1.5조원을 확보하여 자금지원을 개시하였음

○ 현지 네트워크를 구축하고 있는 공공기관 간 협력을 추진하고 있음

- KOTRA, KOICA, 수은, 한국해외인프라도시개발지원공사(KIND) 등 다수의 현지 네트워크 기 구축기관과 여타 공공기관 간 임시 파견제도를 활성화함

- 현지 사무소가 설치된 경우에는 해당지역 네트워크 전문가 양성을 위해 파견자를 최소 3년 이상 상주 조치함

○ UAE·사우디 등 현지구매 의무화 국가에 대기업과 동반 진출하는 중소·중견 기업에 대한 지원을 확대하고 있음

- 수은의 '현지법인 사업자금 대출제도' 지원절차 간소화와 사업자금 대출 등에 대한 우대금리 제공을 지원함

- 무역보험공사의 '해외사업금융보험' 제도를 통해, 대기업 동반진출시 시설투자에 대한 지원한도 우대 및 보험료 할인방안을 마련함

○ 해외인프라사업 발굴·개발을 위한 예비타당성조사(pre F/S) 및 본 타당성조사(F/S) 지원을 확대함

- '19년 국토부 해외인프라 도시개발사업 타당성조사지원에 62억원, 산업부 해외플랜트 시장개척지원에 42억원의 예산을 배정함

○ 기업의 해외수주 관련 정보접근성 제고를 위해 범정부 수주지원 통합정보시스템을 구축할 계획임

- 해외건설종합정보시스템(해외건설협회), 해외건설엔지니어링정보시스템(한국건설기술연구원) 등 분산되어 있는 사업정보를 일원화하여 정부, 재외공관, 공공기관 해외사무소 등의 수집 정보를 통합 제공할 계획임

○ 사업성 중심의 보증심사 강화를 위해 공동보증제도 주관기관을 해건협으로 지정하고 기업이 부담하는 평가수수료도 50% 지원하고 있음

- 기업 신용도가 낮은 중소·중견기업에 대해, 사업성 평가에 기반하여 5개 금융기관(수은, 산은, 무보, 건설공제조합, 서울보증보험)이 공동으로 보증을 제공함

- 중소·중견기업의 소규모 인프라사업 수주 지원을 위해 해외진출 컨설팅 제공 등을 마련할 계획임

□ **한국플랜트산업협회는 해외플랜트시장개척지원사업을 통해 해외플랜트 프로젝트 관련 기업의 수주기회 확대 및 시장다변화 촉진을 위한 타당성조사 비용과 시장개척을 위한 조사 비용의 일부를 지원하고 있음**

○ 해외플랜트 프로젝트 관련 기업에게는 프로젝트 당 2억원 이내, 전략플랜트는 3억원 이내, 산업개발계획은 5억원 이내를 지원하며, 중소기업의 경우 타당성조사 비용의 75%, 중견기업 및 대기업의 경우 타당성조사 비용의 50%를 지원함

○ 지원 내용은 다음과 같음

- 해외플랜트 EPC, 공정설비 프로젝트, 투자개발형사업 등의 수주를 위한 타당성조사 비용지원

- 해외플랜트 수주 및 수출과 관련하여 시장개척을 위한 현지 시장조사 및 수주교섭 활동의 비용

- 신흥국 플랜트 프로젝트 발굴을 위한 산업개발계획 수립 비용 지원

(1) 국토교통부

□ **국토교통부는 해외건설촉진법에 의거하여 해외건설업 신고 및 해외공사 지원 등에 대한 업무를 수행하고 있음**

○ 국토교통부는 해외건설업의 신고와 해외공사에 대한 지원 등 해외건설을 촉진하는 데에 필요한 사항을 정함으로써 해외건설업의 진흥과 국제수지의 향상에 이바지하기 위한 목적으로 해외건설촉진법을 수립하였음

- 해외건설촉진법은 건설산업기본법에 우선하여 적용되며, 해외건설촉진법에 규정한 사항을 제외하고는 건설산업기본법이 적용됨

- 해외건설촉진법은 해외건설사업자에 대한 정부의 지원 항목을 규정하고 있으며, 이때 해외건설사업자는 해외건설공사, 해외건설 엔지니어링 활동을 수행하는 개인 또는 법인을 의미함

  - “해외건설공사”란 해외에서 시행되는 토목공사·건축공사·산업설비공사·조경공사와 전기공사·정보통신공사 등을 의미함

  - “해외건설 엔지니어링 활동”이란 해외건설공사에 관한 기획·타당성조사·설계·분석·구매·조달·시험·감리·시운전·평가·자문·지도 등의 활동을 의미함

- 해외건설촉진법에서 규정하는 국토부의 해외건설사업 지원내용은 다음과 같음

<표 10> 해외건설 관련 법률에 따른 국토부의 해외건설 지원영역 구분

법률명	해외건설 관련 국토부의 지원 업무	내용
해외건설 촉진법	해외 중소건설사업자 지원	해외건설시장을 개척하려는 중소건설사업자 육성 ▪ 해외진출 관련 정보 ▪ 해외 수주에 관한 상담 및 지도 ▪ 해외건설 교육훈련 ▪ 기타
	해외건설정책 및 연구개발 등 지원	해외건설의 진흥을 위한 지원 ▪ 해외건설시장 동향조사·분석 및 시장 전망 ▪ 주요 국가 해외건설 제도·정책 동향조사·분석 ▪ 해외건설 진흥을 위한 국제협력의 추진 ▪ 해외건설 진흥을 위한 정책개발 및 제도개선 지원 ▪ 해외건설 시장개척을 위한 연구·조사사업 ▪ 해외건설 진출에 따른 사업성 분석 및 리스크 관리 컨설팅
	해외공사 관련 국제협력 지원 등	해외건설업 촉진을 위해 비용 지원

법률명	해외건설 관련 국토부의 지원 업무	내용
		▪ 해외공사에 따른 외국과의 국제협력 및 기술교류에 소요되는 비용 ▪ 투자가 수반되는 해외공사의 타당성조사에 소요되는 비용 ▪ 해외공사정보 수집·분석 등 해외건설업의 촉진을 위하여 필요한 비용
	금융자문	금융기관으로부터 해외건설과 관련하여 필요한 금융업무에 대한 금융자문, 금융주선 또는 집합투자기구 설립에 대한 자문
	정보체계의 구축	해외공사에 대한 전략적 지원을 위하여 정보를 관리할 수 있는 정보체계의 구축·운영 ▪ 해외건설사업자에 대한 지원에 관한 사항 ▪ 해외공사 관련 현지 정보 및 자료 ▪ 해외공사 관련 외국과의 국제협력 및 기술교류 ▪ 해외공사 관련 인력 육성 및 관리
	우수 해외건설사업자 지정 등	우수 해외건설사업자로 지정하여 새로운 해외건설시장의 개척이 필요하다고 인정하는 경우, 시장을 지정하여 해외건설사업자로 하여금 개척을 권고하고, 필요한 부분을 지원 ▪ 해외시장을 개척하거나 해외건설 수주 실적 등이 우수한 해외건설사업자 ▪ 해외시장에 진출하려는 우수 중소건설사업자
	합작 수주·시공의 권고 등	해외건설사업자의 국제경쟁력 강화와 대규모 공사의 수주 및 시공을 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 해외건설사업자 2인 이상의 합작 수주 및 시공을 권고
	공공기관의 해외공사 투자	해외건설사업자로 인정되는 공공기관은 해외건설의 활성화를 위하여 해외건설집합투자기구에 출자하거나 투자 ▪ 사회기반시설 및 이에 준하는 시설의 신설·증설·개량 또는 운영에 관한 해외공사에 대한 투자
	기술개발	일정 금액 이상의 해외공사를 수주한 해외건설사업자에게 그 수주액의 일부를 건설기술의 선진화를 위한 기술개발에 투자하도록 권고하고 지원
	해외건설전문인력의 육성 및 관리	해외건설 분야의 전문적인 기술 또는 기능을 보유한 인력의 육성 및 관리 등을 위하여 해외건설전문인력의 육성관리 등에 관한 시책 수립 및 추진 ▪ 해외건설전문인력의 수급 및 활용 ▪ 해외건설전문인력의 육성 및 교육훈련 ▪ 해외건설전문인력의 경력 관리와 경력 인증
	응급의료시설의 설치 등	일정 규모 이상의 해외건설공사가 시행되는 현장에 해외파견 건설근로자가 질병에 걸리가나 부상을 입은 경우 적절한 치료를 받을 수 있도록 응급의료시설과 의료진을 갖추어야 함

□ **국토교통부는 해외건설사업 지원을 위해 해외건설정책과와 해외건설지원과를 두고 있으며, 해외사업 관련 타당성조사, 시장개척, 금융지원, 인력 양성 등의 정책을 추진하고 있음**

○ 국토교통부는 국토분야를 담당하는 1차관 하위에 기획조정실, 국토도시실, 주택토지실, 건설정책국을 두고 있으며, 건설정책국 하위에 해외건설정책과와 해외건설지원과를 두고 해외건설 업무를 수행하고 있음[4)]

- 해외건설정책과는 해외건설 인력양성, 글로벌인프라펀드 관리, 글로벌플랜트건설스마트시티 펀드 조성 및 운영관리, KIND(한국해외인프라도시개발지원공사) 업무, MDB담당업무, 해외건설 정책, 펀드, ODA, 해외 인프라 OJT 및 인력관리, 글로벌 인프라펀드(GIF) 및 모태펀드(PIS) 등의 업무를 수행함

- 해외건설지원과는 신남방, 신북방 건설협력 지원, GICC(글로벌 인프라 협력 컨퍼런스), EBRD(유럽부흥개발은행), 해외건설 수주지원, 시장개척지원사업 등의 업무를 수행함

○ 국토교통부는 고위공무원, 공기업, 현지진출 건설・엔지니어링 기업 등으로 구성된 별도의 수주지원단을 통해 해외건설 협력방안 및 수주지원 활동을 추진함

- '18년 10월 베트남 기획투자부(MPI, 법・제도), 교통부(MOT, 사업 발주・관리) 등과 투자개발방식(PPP)을 주제로 「한-베 교통 인프라 협력회의(10.29~11.2)」를 개최하여 정부간 협력채널 구축

- '15년 5월 국토부는 UAE, 쿠웨이트, 사우디아라비아, 오만 4개국에 민관 합동 수주지원단을 파견하여 기술 및 인력교류, 공동연구를 통해 우리의 기술력과 경험을 적극 공유하고, 설계, 사업관리, 전략적 투자 등 다방면으로 협력 추진[5)]

- '15년 1월 국토부는 카타르, 투르크메니스탄에 수주지원단을 파견하여 대규모 플랜트 사업 및 각종 인프라 사업에 대한 협력방안을 모색함[6)]

○ 해외건설전문가(K-Build Bridge) 지원사업에서는 중소 건설업체에 전문가를 파견하여 해외공사 전반에 관한 자문을 지원하고 있음

- 선발된 전문가가 해당 업체를 방문하여 진출전략 수립, 수주, 계약, 공정관리, 리스크관리 등 다양한 분야에 대한 자문을 일정기간 지속적으로 제공하는 방식으로 운영됨

  • 필요할 경우 선발된 전문가 외에 추가적으로 세무, 법률 등 분야별 전문가를 활용하여 자문을 실시하고 있음

○ 국토교통부는 국내 중소・중견기업의 해외 진출을 위한 진출 프로세스 지원, 금융지원, 인력 지원 이외에도 사업 추진 시에 발생하는 리스크 관리에 대한 지원을 시행중임

---

4) 국토교통부 조직도 및 수행역할, 국토교통부, 2019. 5. 검색기준
5) 플랜트 넘어, 철도 · 메트로, 수자원 분야로 중동 진출 다변화 나서, 국토교통부, 2015. 5. 28.
6) 카타르 · 투르크에서 올해 첫 해외건설 수주지원 나서, 국토교통부, 2015. 1.23.

- 국토교통부 해외건설공사 통합리스크 관리시스템(FIRMS)에서는 중소 건설사들의 리스크관리 기술을 향상시켜, 자력으로 해외사업 진출을 돕고 해외건설 시장에서 지속적인 수익 창출과 원활한 사업 수행을 지원함

  • 해외건설을 준비하는 기업이 스스로의 역량수준을 파악하고, 원/하도급 리스크 분석 및 통합적 리스크 관리를 위한 툴을 제공함

○ 국토교통부의 2019년 주요업무 추진계획에서는 플랜트분야 해외건설과 관련하여 모태펀드 조성 및 글로벌인프라펀드 확대를 추진하고 있음[7)]

- 국토교통부는 글로벌인프라펀드(GIF)와 글로벌인프라벤처펀드(GIVF)를 통해서 국내기업이 수주한 해외 인프라 건설 사업에 투자를 수행 중에 있음

  • GIF의 지원 규모는 3,500억원(정부 400억, 공공기관 1,600억, 민간 1,500억원)이며, 투자신탁형 사모펀드를 통해 목적산업 육성 지원에 적합한 투자대상을 먼저 발굴하고 투자를 진행하는 형식을 취함

※ 플랜트 관련 지원 실적으로는 1호펀드(KDB인프라자산운용)의 터키 키리칼레 가스복합발전사업 450억원 투자, 2호펀드(신한BNPP자산운용)의 파키스탄 수력발전사업, 포르투갈 태양광 발전사업, 요르단 타필라 풍력발전사업에 약 1,200억원 투자 실적이 확인됨

  • GIVF의 지원 규모는 총 850억원(국토부 400억 원, 산업은행 250억 원, 수출입은행200억 원)으로, GIF와 마찬가지로 투자신탁형 사모펀드 유형임

- 국토교통 해외진출을 위해 ‘수주에서 투자’로 변화된 해외 인프라 시장 패러다임 변화에 맞춰, 단순 도급에서 벗어난 전략적 투자개발사업(PPP)을 지원

  • 진출전략 : 신남방・북방 등 핵심사업에 정부・민간・지원공사(KIND) 등이 참여하는 팀코리아를 구성하고 진출・협력 패키지 마련

  • 금융지원 : 3조원 규모의 모태펀드(글로벌 플랜트・건설・스마트시티 펀드) 조성 및 글로벌인프라펀드(GIF) 확대 추진

※ 한-아세안 협력펀드(1,000억원), 한-유라시안 협력펀드(1,000억원) 등 총 3,000억원 규모

○ 그 외 사전타당성 조사, 금융지원, 인력양성사업 등은 해외건설협회와 해외인프라도시개발지원공사를 통해 수행하고 있음

7) 2019년 국토교통부 주요업무 추진계획, 국토교통부, 2019. 3. 8.

□ **해외건설협회는 중소·중견기업의 해외건설·플랜트 시장 진출을 도모하기 위해 사전 타당성조사, 시장개척 지원, 현지 법·제도·정책 조사 지원 등 인큐베이팅 제도를 운영 중임**

○ 해외투자개발 사업타당성조사(F/S) 사업에서는 해외 투자개발사업 진출 지원, 글로벌 인프라펀드 투자대상 사업 발굴을 수행하며 '15년 기준 총 20억원(사업 당 최대 5억원)의 예산이 집행됨

- 신청 대상 사업은 사회기반시설에 대한 민간투자법 제2조 1호 및 제21조 1항에서 정하는 사회기반시설 또는 이와 연관된 사업으로 해외에서 수행되는 사업으로, 에너지·건설관련 플랜트사업으로 국토교통부장관이 필요하다고 인정하는 사업임

- 신청 자격은 도시·교통·에너지 등 인프라 사업에 개발·건설·운영 등으로 참여하는 해외건설업자를 대상으로 함

- 동 사업을 통하여 '15년 12월 요르단 타필라 풍력발전사업에 대해 남부발전-대림에너지-글로벌인프라 2호 펀드 운용사(신한BNPP)간 투자협약식이 체결됨[8)]

○ 해외건설 중소기업수주지원센터의 시장개척지원 사업에서는 신시장 개척 시 투입되는 비용의 일부를 지원함으로써 적극적인 시장개척을 유도하며, 사업 당 지원한도는 2억원임

- 신청 자격은 해외건설업 신고를 마친 공종에 종사하며, 국내 기업의 하도급이 아닌 경우임

- 지원 가능 국가는 미진출 국가, 최근 5년 간 국내 수주실적이 4억 불 미만인 국가임

- 지원 가능 기업은 중소·중견기업, 대기업 및 공기업이 중소기업 또는 중견기업과 공동으로 신청한 경우로 한정함

  • 다만 대기업 및 공기업이 미주, 유럽, 사하라 이남 아프리카 지역에 진출하는 경우는 단독 신청이 가능함

- 동 사업에 선정된 기업은 타당성조사 및 수주교섭에 대한 지원을 받을 수 있음

- 시행 절차는 시행계획 공고, 신청, 평가, 시행, 사업관리 순으로 진행되며 사업관리 과정을 통해 계속 지원여부 및 협약금액의 변경 여부를 결정함

8) 해외 인프라개발사업 발굴부터 금융투자까지, 국토교통부, `15. 12. 24.



[그림 12] 해외건설협회 시장개척지원사업의 절차

○ 해외건설 중소기업수주지원센터의 인프라협력센터는 해외 프로젝트 수주 연결, 코디네이팅, 지원정책 홍보, 현지 법·제도 등 정보 전파 사업을 추진함

- 대상 운영 국가는 아랍에미레이트, 페루임

○ 해외건설협회 해외건설정책지원센터에서는 해외건설 정책수립과 금융지원, 해외 진출 기업의 진출전략 및 리스크 정보의 종합적·체계적인 제공을 수행함

- 해외건설 진흥을 위한 정책개발 및 제도개선 지원, 해외건설 금융지원 방안 및 기법 연구, 해외건설 관련 국내외 금융·보증기관과의 업무협력 강화 등을 추진함

○ 해외건설협회는 중소·중견기업들이 원활하게 보증서를 발급받을 수 있도록 해외건설과 관련된 금융기관의 각종 보증 발급에 필요한 심사업무를 지원하는 공동보증 및 사업성 평가 지원사업을 수행 중임

- 공동보증 지원사업에서는 금융기관들이 사업성 평가에 기반하여 리스크를 분담, 공동으로 중소·중견기업에 보증을 제공하도록 함

  • ‘15년 7월 기준 해외건설협회 및 5개 금융기관에서 공동보증제도 운용을 위한 협약을 체결함

- 방식은 공동보증과 부분공동보증으로 나뉘며, 1개 사업에 대한 보증 한도는 총 50억원 이내로 한정함

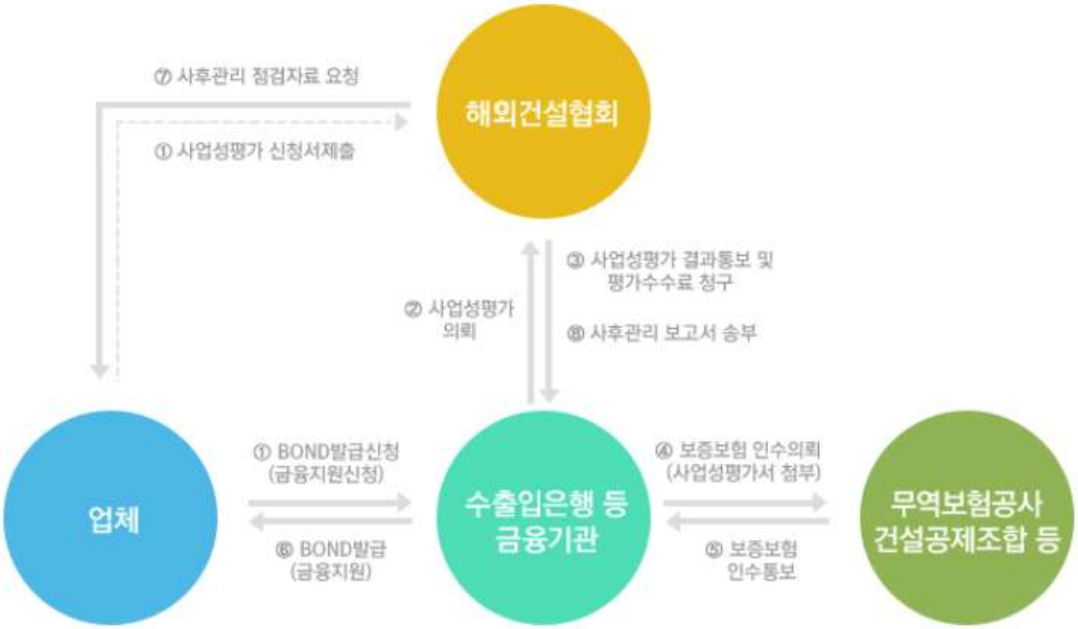


[그림 13] 해외건설협회 공동보증 지원사업 절차

- 사업성평가 지원사업에서는 해외건설 프로젝트의 특수성을 감안, 분야별 전문가에 의한 사업성평가를 통해 협회에서 은행 심사업무를 지원함

  • 활용 가능 기관은 한국수출입은행, 한국무역보험공사, 건설공제조합, 서울보증보험 등임

- 동 사업을 통하여 대외 신인도가 유지되고 있는 국책은행(산업은행, 수출입은행)과 무역보험공사를 연계하여 국내 기업의 해외건설 자금조달 보증 업무를 취급하게 함으로써 해외 발주처에서 국내 기업의 금융보증을 신뢰할 수 있도록 함



[그림 14] 해외건설협회 사업성평가 지원사업의 절차

○ 해외건설협회에서는 현장훈련(OJT) 지원사업을 통해 해외건설 현장 전문인력을 양성하고 우리기업의 해외 진출을 지원함

- 동 사업에서는 국토교통부에서 운영하는 해외건설 전문인력 양성과정 수료자, 마이스터고 및 특성화고 졸업자, 청년·정규직 등을 채용하는 기업을 우선 선정함

- 해외건설 현장에 파견한 참여자에 대한 파견비용(월 200만원/인) 및 훈련비용(월 100만원/인)을 지원함

- 동 사업의 시행 절차는 크게 공고, 신청 접수, 지원기업 선정, 지원금 지급 및 신청, 현장훈련(OJT) 수행으로 이어지며 지원대상 기업의 해외 현장에서 OJT가 성공적으로 실시된 이후 해외건설협회와 지원기업이 협약서를 체결하게 됨



[그림 15] 해외건설협회 현장훈련(OJT)지원사업의 절차

□ **해외인프라도시개발지원공사(KIND)는 국내 기업의 해외 인프라 개발·투자 추진에 대한 전문적 지원, 사전타당성 조사, 시장개척지원, 현지 법·제도·정책 조사 지원, 금융지원, 전문인력양성사업 등을 수행하고 있음**

○ 한국토지주택공사, 한국수출입은행, 한국수자원공사, 한국철도공사 등 9개 공공기관은 한국해외인프라도시개발지원공사(KIND) 설립을 통해 국내 기업의 해외 인프라 개발·투자 추진에 대한 유기적·전문적 지원을 수행함

○ 국내 건설기업의 해외 진출 Team Korea 사업 추진을 위한 플랫폼으로서 G2G를 통한 프로젝트 발굴부터 사업 개발지원, 금융지원에 이르는 PPP 사업 전 단계에 걸친 지원을 제공함

- (사업 발굴) 고위급 수주지원 참여, 상대국 인프라 중장기계획 및 정책에 대한 기술검토를 통해 사업 수요 선제적 발굴·제안

- (개발 지원) 금융, 법률, 인프라 엔지니어링 전문성을 바탕으로 사업 타당성을 사전에 검토하고 예비·본타당성조사 비용 지원

- (금융지원) 대출 주선, 정책성 펀드 또는 글로벌 국부펀드 투자 연계 등을 통해 민간의 재원 조달 부담 완화

○ 해외인프라도시개발지원공사(KIND)에서는 국내 기업의 해외인프라·도시개발사업 진출을 위한 사업타당성 조사 지원 사업을 수행 중임

(2) 산업통상자원부

□ **산업통상자원부는 중소엔지니어링 기업의 해외보증, 신재생에너지 플랜트 분야 해외 진출 지원 시장개척, 타당성조사, 전문인력 양성과 국제협력 및 네트워크 구축, 금융지원 정책을 추진하고 있음**

○ 산업통상자원부는 국내 기업의 신재생에너지 플랜트 분야 해외 진출을 지원하기 위한 시장개척, 타당성조사, 전문인력 양성 등을 지원하고 있음

- 신재생에너지 해외 타당성 조사 지원사업에서는 중소·중견 신재생 기업의 해외 프로젝트 개발 리스크 최소화하기 위하여 태양광, 풍력 등 유망 분야를 대상으로 연간 14억원 규모(프로젝트당 2억원 이내)의 지원을 추진함

- 신재생에너지 해외진출센터에서는 통하여 태양광, 태양열, 풍력 관련 국내 중소·중견기업의 해외진출 전반에 대한 지원을 수행 중임

  • 동 센터에서는 출/수주 자문, 인프라 구축, 해외시장 정보제공 등을 수행함

- 해외시장개척 지원사업에서는 국내 신재생에너지 기업의 해외시장 개척을 위한 사전 파악, 홍보에 대한 지원 사업을 수행함

  • 해외 신재생에너지 전시회에 한국관을 구성하여 단체참가를 추진하는 비용을 지원하며, '18년 기준 총 5건의 해외 신재생에너지 기술박람회 참가를 지원함

- '09년부터 추진되고 있는 플랜트전문인력양성사업에서는 고용노동부의 「국가기간·전략산업직종훈련」 예산을 지원받아 플랜트 산업 분야로의 진출을 희망하는 미취업자들에게 교육의 기회를 제공하고 있음

  • 동 사업은 플랜트 업계 즉시 투입 가능한 플랜트 전문 인력 양성과 플랜트 산업 전문가 육성을 통한 청년 취업 확대를 목표로 함

- '12년부터 '16년까지 추진된 엔지니어링 산업진흥 기본계획에서는 핵심영역 기술경쟁력 제고, 글로벌 전문인력 양성체계 강화, 해외진출 지원체계 고도화, 법·제도 및 인프라 정비를 주요 지원 시책으로 추진함

○ 산업통상자원부는 중소 엔지니어링 기업의 해외 보증서 발급 지원 정책을 추진함

- '17년 4월 산업통상자원부는 엔지니어링공제조합-우리은행 간 공동보증 MOU를 체결하여 중소 엔지니어링 기업의 해외 보증서 발급 문턱을 대폭 낮춤

- 중소 엔지니어링 기업은 기존에 두세 단계를 거쳐야 해외 보증서를 발급받을 수 있어 비용과 시간 부담이 컸으나, 공동보증을 통해 보증서 발급 절차가 대폭 간소화됨에 따라 비용과 시간이 1/3이상 감소함

○ 산업통상자원부는 국제 협력에 중점을 두고, 국내 기업들의 해외 정보 획득 및 네트워킹, 국제 금융기관과 연계된 금융 지원 정책을 추진하고 있음

- '08년부터 지속되고 있는 한국-아프리카 산업협력포럼에서는 인프라, 플랜트 건설 분야를 중심으로 아프리카 각국 관련기관 장·차관, 발주처 CEO 및 투자청, 플랜트 산업협회를 비롯한 국내 건설·플랜트 관련 기업인의 네트워킹을 지원하고 있음

  - 포럼에서는 공동 산업협력 세미나, 우수기술 홍보관 운영을 통해 국내 건설·플랜트 업체의 홍보 기회를 마련함

  - 동 포럼에서 논의된 알제리 화력발전소 등 53억불 프로젝트가 실제 수주로 연결되었음

- '12년부터 추진되고 있는 산업통상자원부-아시아개발은행(ADB) 협력 포럼에서는 아세안 지역의 발주처, 국내 플랜트·건설 관련 기업이 참석하여 ADB의 에너지 정책을 공유하고 공동 프로젝트에 대한 협력 논의를 수행함

  - '18년 12월 개최된 제6차 MOTIE-ADB 협력포럼에서는 '13년 체결한 양해각서(MOU)를 갱신하였으며, 아세안 국가의 에너지 접근성 제고와 재생에너지 개발, 에너지효율 향상, 스마트그리드 구축 등 공동 프로젝트 개발에 합의하였으며, 투자 제안 및 금융 지원에 대한 논의가 이루어짐

- 산업통상자원부는 기획재정부와 공동으로 '다자개발은행(MDB)·글로벌개발펀드(GDF) 프로젝트 플라자'를 통해 국내 기업들의 MDB 조달 시장 진출과 프로젝트 수주를 돕고, MDB·GDF 및 수원국의 여러 발주처들에게는 우리 기업의 우수성을 알려오고 있음

  - 국내에서는 KOTRA, 수출입은행, 무역보험공사 및 국내의 해외 건설 관련 기업이 참가함

  - 국외에서는 세계은행, 아시아개발은행(ADB), 아시아인프라투자은행(AIIB) 등의 다자개발은행과 주요 발주처가 참가함

  - 2017년에는 코스타리카, 인도, 세르비아 등 해외 44개 발주처가 참석하여 273억 달러 규모의 프로젝트를 우리 기업(200개사)들에게 소개하고 프로젝트 참여방안 등에 대한 논의가 이뤄짐

- ‘19년 5월 산업통상자원부와 대한무역투자진흥공사는 ‘중견기업의 세계시장 진출과 수출기업화를 지원하기 위한 수출상담회인 ‘월드클래스 프로덕트 쇼 2019’를 개최함[9)]

  • 해외 바이어 85개사와 국내기업 204개사 등 400여 명이 참여하였으며, 플랜트 장비 분야의 SEIKA 사 등 다수의 글로벌 엔지니어링 기업이 참가하여 국내 기업과 구매 상담을 진행함

- ‘17년 2월 산업통상자원부는 싱가포르·필리핀과의 통상·에너지·산업 협력 강화 합의를 추진하기로 합의함

  • 중·미에 편중된 수출시장 다변화를 위한 아세안(ASEAN) 소비재, 플랜트 시장 진출을 위해 동남아시아 시장의 태양광발전소·석탄화력발전소 수주 지원 활동을 전개함

  • 한-필 에너지장관회담을 개최하여 2천만 달러 규모의 수빅 태양광발전소 개발사업을 수주하고 ‘17년 상반기 중 착공키로 합의했으며, 18억 달러 규모의 수알 석탄화력발전소 개발사업을 필리핀이 국가 중요사업으로 지정해 관련 허가절차를 완화하는 방안을 추진하였음

9) 중견기업 수출상담회, “월드클래스 프로덕트쇼 2019” 개최, 산업통상자원부 보도자료 2015.5.22.

나. 국외 플랜트 산업지원 정책동향

(1) 중국

□ **석탄중심의 에너지 소비구조 개선을 위해 천연가스 확산, 셰일가스 확대, 신재생 확대 보급, 내륙지역의 SNG프로젝트 추진 정책을 추진하고 있음[10)]**

○ 중국은 현재의 석탄 중심 에너지 소비구조를 개선하고자 천연가스 비중을 늘려갈 계획이며, '35년까지 전체 가스 생산의 62%를 셰일가스로 충당할 계획임

- 중국 정부는 '30년까지 GDP당 탄소배출량 60~65% 감축('05년 기준)을 목표로 셰일가스 생산 증대를 추진 중임

  • 2009년 11월 중국 정부는 '미-중 친환경 에너지 협력 방안(U.S.-China Clean Energy Announcements)' 을 통해 미국 기업의 중국 내 셰일가스 개발 지원을 명시함

○ 중국 정부는 신재생에너지 확대 보급 정책을 추진 중에 있으며, 특히 태양광 발전 분야 육성을 집중적으로 추진 중에 있음

- 2013년과 2014년 중국 정부는 약 23건의 재생에너지 관련 정책을 발표하였으며, 이 중 태양광 발전 정책이 12건으로 태양광 육성에 많은 노력을 기울이고 있음

  • 태양광 관련 정책은 12건, 풍력 관련 정책 3건, 지열 관련 정책 1건, 수력 관련 정책은 1건이며, 나머지 정책은 전체 재생에너지원을 대상으로 함

  • 태양광 관련 정책은 세제 혜택, 기술 및 시스템의 표준 개발, 보급목표 제시, 관세 조정 등의 내용들을 포함함

10) 플랜트연구사업 자체평가보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2019.3.

<표 11> 중국 정부의 재생에너지 정책

정책	발표 시기	정책 유형	에너지원
Notice of the State Development and Reform Commission on offshore wind power electricity price policy	2014.6	FIT	육상풍력
Notice on issues concerning State Grid Corporation of China to buy distributed PV power generation projects' electricity products invoice etc	2014.6	세제혜택	태양광
National certification and Implementation Supervision Commission, Energy Bureau on strengthening the PV products testing and certification work	2014.2	인증	태양광
Interim Measures for the new power access network supervision	2014.2	표준화	신재생 일반
Notice of VAT policy of large-scale hydropower enterprise	2014.2	세제혜택	수력
Distributed PV power generation service guide of China Southern Power Grid Company Limited(Interim)	2013.11	표준화	태양광
Renewable electricity generation bonus	2013.9	인센티브	신재생 일반
The State Development and Reform Commission's notice on promotion of PV industry by exert the price	2013.9	관세조정	태양광
Code of Practice of the PV manufacturing	2013.9	표준화	태양광
Interim procedures of management of the code of practice of PV manufacturing	2013.10	표준화	태양광
The State Council's comments on promote the development of the PV industry	2013.7	정책지원, 목표수립	태양광
Interim procedures of the management of distributed power gride	2013.7	보조금 지원	태양광

* 자료 : IEA/IRENA Joint Polices and Measures database, IEA, 2014

- 중국제조 2025('15.5) 발표(10대 중점사업 중 신재생에너지 설비 등 전력설비)와 '14년 및 '16년 독일정부와의 정상회담을 통해 인더스트리 4.0의 스마트 플랜트 관련 협력을 강화할 계획임

○ 중국 내륙 지역의 총 투자액 300억 위안 규모 합성천연가스(Synthetic Natural Gas) 프로젝트가 착공 예정임

- 연간 40억㎥의 합성천연가스 생산이 가능한 장수성 및 신장 지역의 청정에너지 부문 지원을 위한 프로젝트를 추진함

□ 자국기업의 해외진출을 위해 해외 전력회사를 인수하여 해외 현지에 풍력발전기를 수출하고 있으며, 기술개발 지원을 통해 풍력터빈 경쟁력을 세계최고 수준으로 향상시킴

○ 중국의 전력 공기업은 2011~2014년 동안 재정위기로 자산 매각이 증가한 남유럽 기업의 지분을 인수함

- 2011년 중국삼협총공사는 포르투갈 국영전력회사인 EDP의 지분 (21.35%), 2014년에는 중국 국가전력망공사가 이태리 송전기업인 CDP Reti의 지분(35%)를 인수함

○ 중국 정부의 풍력발전산업 집중육성전략으로 2015년 한 해 동안 5개국에 275MW 규모의 풍력발전기를 수출하였으며, 2008년부터 총 누적 수출량은 2,036MW으로 집계됨

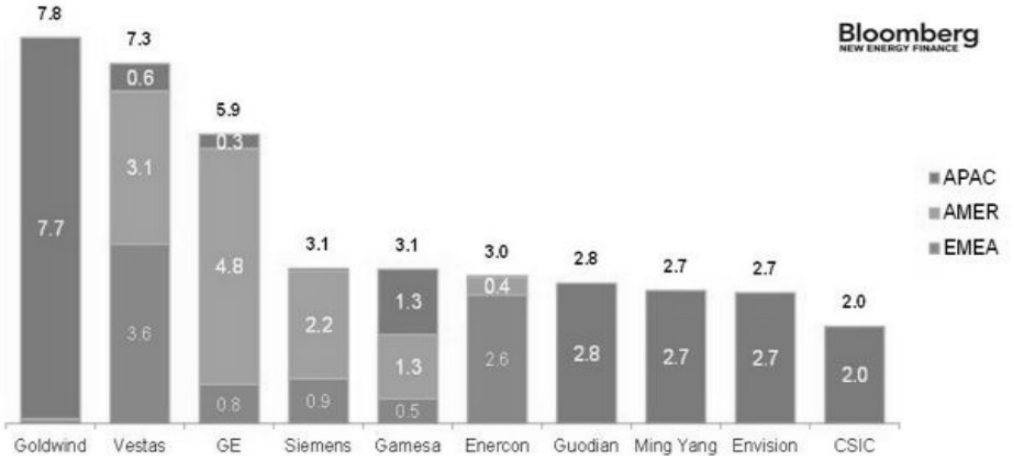
- 중국의 풍력발전기 5대 수출국 : 미국, 파키스탄, 프랑스, 스웨덴, 벨라루스

○ 중국 정부는 신재생에너지 분야로의 집중 투자를 통해 풍력터빈 경쟁력을 세계수준까지 끌어올리는데 성공함[11)]

- 2016년 기준 현재 풍력발전기 단지용량 세계 1위, 글로벌 top 10 시스템사 중 5개의 중국기업이 포함됨

  • 2015년 Goldwind사는 중국 내 풍력발전 시장에서 25% 이상의 시장점유율을 지속적으로 확보하고 있으며 세계 풍력발전 시스템사로 부상하였음

  • 풍력터빈 건설 해외 5개 선도기업인 Goldwind이 7.8GW, Vestas가 7.3GW, GE가 5.9GW, Siemens와 Gamesa가 각각 3.1GW를 담당함



[그림 16] Global Top 10 풍력터빈 제조기업

11) 2018 에너지산업 산업기술 R&BD 전략, 산업통상자원 R&D 전략기획단, 2018,

(2) 일본

□ **일본 정부는 일본무역진흥기구(JETRO)를 중심으로 권역별 주요국가의 플랜트・인프라 사업정보, 기업진출현황, 기업수요조사, 시장 정보 등을 제공함**

○ JETRO에서는 통해 자국 기업의 플랜트・인프라 건설사업 해외 진출을 위한 마케팅 정보, 현지 조사 레포트 등을 권역별로 제공하고 있음[12)]

○ JETRO에서는 러시아・CIS, 아시아, 중동, 유럽, 오세아니아, 아프리카, 북미, 중남미의 8개 권역으로 구분하고 각 권역별 주요 국가의 플랜트・인프라 관련 정보를 제공함

- 제공 정보내용은 일본 기업의 현재 진출 상황, 기업별 앙케이트 조사, 현지 시장 조사, 지리적 정보, 정세 정보, 해당국 주요 경제 뉴스 등임

□ **민간사업자의 해외진출 시 타당성조사, 실증사업 비용을 지원하며, 대상국 파트너와 연계, 전문가파견 등 인적교류를 지원함**

○ 경제산업성은 자국 기업의 해외 플랜트・인프라 산업 진출을 위하여 관련 부처와 연계하여 부문별 '해외전개전략'을 수립하였으며, 플랜트 관련 해외전개전략은 크게 자원순환(리사이클), 물산업, 전력의 3개 분야로 구성됨[13)]

- 자원순환(리사이클)분야 해외전개전략에서는 일본 국내 자원순환 시장 성장의 한계 봉착, 환경 보전 관점에서의 향후 해외 수요 증대를 고려하여 아시아 주요 국가를 타겟으로 함

  • 진출 대상국의 파트너와 연계 구축 및 대상국 정부와의 협력을 적극적으로 추진함

  • 민간 사업자의 해외 진출 시 사업 타당성 조사, 실증 사업 비용 지원 등을 추진함

  • 전문가 파견 및 초빙 등을 통한 인적 교류, 일본 국내 전문 인력 양성 등을 추진함

- 물산업 분야 해외전개전략에서는 유럽 및 한국・싱가포르 경쟁자들의 대두에 대응하여 현지 사정에 적합한 패키지 사업 진출과 정부의 사령탑 역할 확립을 목표로 함

  • 해외진출 마스터플랜 작성 시 각국의 물 수요 및 제반 여건에 부응하고 일본 기업의 노하우를 적용할 수 있는 독자적 진출안 구축을 추진함

  • 공공 지원 툴을 최대한 활용하여 폭넓은 해외 파트너와의 연계를 추진함

---

12) JETRO 홈페이지(https://www.jetro.go.jp/worldtop), 2019.7. 검색 기준
13) 해외전개전략 책정에 대하여, 경제산업성 홈페이지, 2018.7.27.

- 중동, 동남아, 아프리카 등 중점 프로젝트 지역을 설정하여 정부가 사령탑 기능을 수행하고 일본 국내·외의 주체가 일체가 되는 사업 체계를 구축함

- 전력 분야 해외전개전략에서는 일본 국내 전력 수요의 정체 및 중국·한국 기업과의 경쟁이 격화되는 상황에서 가스·석탄화력 발전에서의 비용 경쟁력 강화를 목표로 함

  - 일본 기업이 축적하였던 기존 노하우 및 실적을 기반으로 원료에서부터 발전까지 일관 서비스를 제공하는 Gas to Power 기술개발 및 인재육성, 기업 간 연계를 적극적으로 지원함

  - 가스화력 발전의 경우 이니셜 퍼포먼스, 발전 비용 절감 기술을 고도화하여 Gas to Power로의 진출뿐만 아니라 주요 기기의 수출 확대를 도모함

  - 석탄화력 발전의 경우 IGCC 등에 있어서 양산을 통한 비용 절감과, 환경장치 분야에서의 가격 경쟁력 확보를 목표로 함

□ **일본 정부는 신재생에너지 보급 촉진 보조금 지원 제도를 시행 중임**

○ 일본 경제산업성은 태양광발전시스템과 가정용연료전지의 보급을 촉진하기 위해 보조금 지원제도를 신설함[14)]

- 가정용연료전지 1대당 600만엔을 지원하고 있으며, 여기에 LNG, LPG, 등유 등 에너지공급사가 300만엔을 추가로 지원함

○ 일본 정부는 FIT 개정을 통해 균형적인 신재생에너지 보급을 추진함[15)]

- FIT 도입 후 대용량(1 MW 이상) 비주택 태양광 편중 현상 및 전력 소비자 부담이 가중됨에 따라 태양광 보조금 지원액을 24 엔/kWh로 하향 조정함

  - 월평균 FIT 부과금 포함 전기요금(엔/가구): 87('12) → 120('13) → 225('14) → 474('15.5)

  - 태양광 보조금 추이(엔/kWh) : 42('12년) → 36('13년) → 32('14년) → 29('15년)

- 대규모 태양광 발전 설비에 대한 입찰제를 도입하여 보조금을 결정함

- 기존에는 환경·안전평가를 경제산업성 및 환경성에서 각각 받아야 했으나 이 과정을 단일화하고 평가기간을 평균 2년(기존 평가기간은 3~5년)으로 단축하여 비태양광 보급 확대를 유도함

14) 중규모 수력플랜트 건설기술 개발 기획 최종보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2016.7.
15) 2018 총론 산업기술 R&BD 전략, 산업통상자원 R&D 전략기획단, 2018.

(3) 유럽연합(EU)

□ **EU는 신재생에너지 확충 및 에너지 발전에서의 효율 개선 정책 기조를 지속적으로 추진 중임**

○ EU는 '10년 '2020전략'에 이어 '14년 발표된 '2030 기후·에너지정책 프레임워크'를 발표하며 온실가스 배출저감, 재생에너지 확충, 에너지 효율 개선의 정책기조를 유지함[16)]

- '30년까지 온실가스 배출량을 '90년 대비 40% 감축하는 목표를 설정하였으며, 국가별 목표 할당량을 제시함

  • 회원국들은 기존 '2020전략'과 동일하게 국가별로 온실가스 배출저감 목표를 설정하고 이를 이행해야 함

  • 범 EU 차원에서 온실가스 배출 감축은 EU-ETS에 포함되는 산업부문과 EU-ETS에 비적용되는 부분으로 분류하여 달성되어야 하며, ETS 부문은 '30년 까지 '05년 대비 온실가스 배출량 43% 달성, EU-ETS 비적용 부문은 30% 감축으로 목표를 설정함

- '30년까지 재생에너지 소비목표를 범 EU 차원에서 최소 27%로 확대하겠다는 목표를 제시함

□ **EU는 '에너지 공급안보와 경쟁력 개선, 2050년까지 온실가스배출 감축률 80% 달성을 목표로 하는 '에너지 로드맵 2050'을 '11년부터 추진 중임[17)]**

○ '에너지 로드맵 2050'에서는 에너지믹스, 신재생에너지, 에너지효율성 및 신기술 관련 시나리오를 작성함

- 모든 시나리오는 4대 탈탄소화 요소인 에너지효율성, 신재생, 원자력, 탄소포집저장에 관한 전망을 포함함

  • 에너지 절약을 통해 에너지 소비는 '05~'08년 최고점 대비 41% 감소

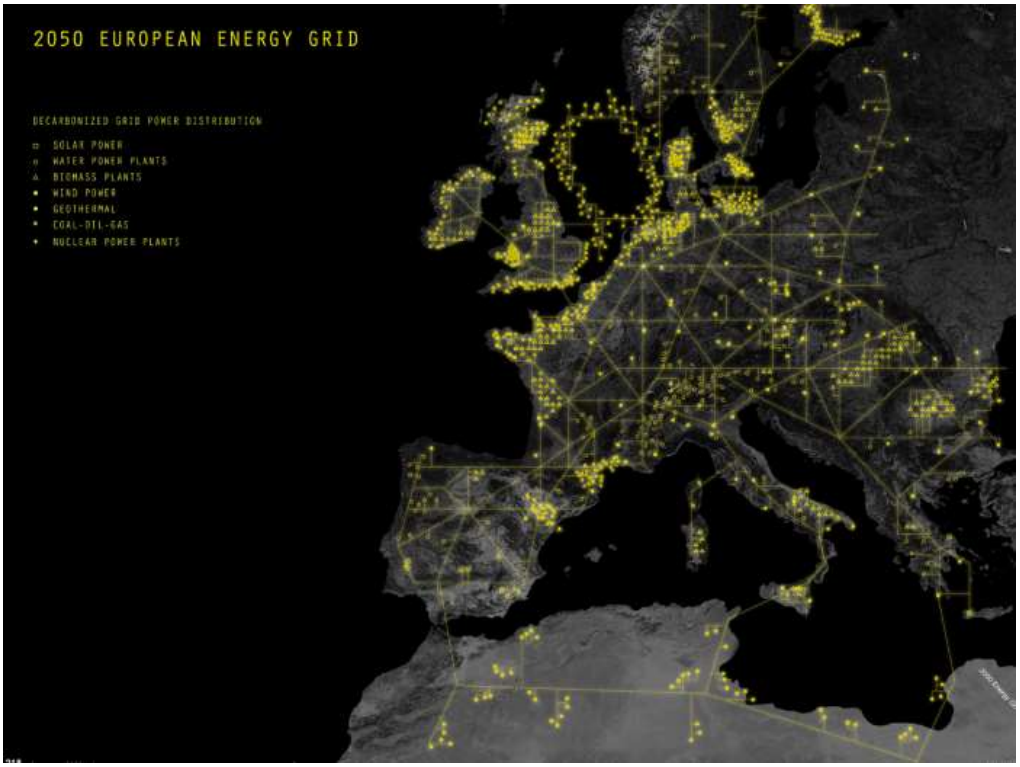
  • 모든 에너지원간 시장원리에 따른 경쟁이 가속화

  • 신재생에너지원은 전체 에너지대비 75%, 전기 대비 96%의 비중을 차지함

  • 탄소포집저장 개발이 지연될 경우 원자력 비중을 18% 설정하고, 탄소포집저장이 활성화될 경우 전력의 32%는 탄소포집저장을 통해 생산될 예정임

○ 에너지원별 전망을 살펴보면 가스의 비중이 성장하고, 원자력 발전에 대해서는 중립적 입장, 신재생에너지의 확대, 에너지효율성 증대를 통한 에너지 소비 감소를 예측함

16) 세계 에너지시장 인사이트 14-5호, 에너지경제연구원, 2014.2.
17) ROADMAP 2050, EU, 2011



[그림 17] 2050년 유럽 에너지 그리드 전망

* 자료 : Roadmap 2050-Visuals, EU 로드맵2050홈페이지2015.05 검색

□ 독일은 화석연료 의존도 감축, 신재생에너지 비중을 증가시키는 에너지 정책을 추진함

○ 메르켈 정부는 '22년까지 원전의 완전 폐쇄, 화석연료 의존도 감축, 신재생에너지 비중을 증가시키는 에너지 전환 정책을 추진함[18)]

- 독일은 원전폐쇄, 화석연료 의존도 감축 및 신재생에너지 비중 증가를 중장기 에너지 정책 목표로 설정하고 재생에너지를 중심으로 하는 전원 구성을 추진함

- 독일 정부는 에너지 전환을 위해 총 8개의 법안을 개정하여 원전 운영시기 제한, 신재생에너지 증대, 에너지 효율성 강화, 지능형 전력계량기 도입 등을 추진함

○ 메르켈 정부는 '20년까지 독일 신재생에너지 보급의 기본계획이 되는 국가에너지실행계획(NREAP : National Energy Action Plan)을 발표하고 신재생에너지 개발을 확대할 방침을 수립함[19)]

- 최종 에너지 소비량의 18%, 냉·난방수요의 15.5%, 전력수요의 37%, 수송용 에너지의 13%를 재생에너지로 충당할 계획임

18) 2015 국토교통 R&D 동향조사 플랜트분야, 국토교통과학기술진흥원, 2015.12.
19) 2015 국토교통 R&D 동향조사 플랜트분야, 국토교통과학기술진흥원, 2015.12.

- 신재생에너지 발전의 구체적인 실행계획으로 Amendment of the Renewable Energy Sources Act와 Market Incentive Program을 추진함

  • Amendment of the Renewable Energy Sources Act를 통해 2012년 총 전력공급량 대비 2020년에는 35%, 2030년에는 50%, 2040년에는 65%, 2050년에는 100%를 재생에너지로 충당할 계획임

  • 전력공급에서 재생에너지 비중을 증가시키기 위해 시장・시스템・전력망의 통합을 강조하였으며, FIT제도[20]를 도입함

□ **프랑스는 '20년까지 최종 에너지 소비량 중 재생에너지의 비중을 확대하기 위한 세제 혜택, 보조금 지원제도 등을 적극적으로 추진하며, 재생에너지 확대를 위한 국가행동계획을 발표함**

○ 설비 구입에 대한 세금공제, 소규모 태양열발전소 설비 투자금액에 인하된 부가세율(5.5%)을 적용하는 세제지원 혜택을 제공함[21]

- 프랑스의 FIT 단가는 육상풍력 8.2c€/kWh, 해상풍력 13c€/kWh, 10.24~12.0c€/kWh, 바이오매스 8.121~9.745c€/kWh, 수력 6.07c€/kWh 수준임

- 태양광 발전차액지원을 상향 조정하고, 분기마다 조정하는 태양광 FIT 기준가격의 감축률을 제한하여 EU 권역에서 생산한 태양광 설비에 대한 보너스 혜택을 부여함

○ 프랑스 정부는 국가행동계획에서 2020년까지 국가 총 에너지 소비량 중 23%를 재생에너지로 충당하겠다는 목표를 설정함[22][23]

- 2020년 총 에너지 소비는 155,268 ktoe로 전망되며, 이중 재생에너지로 35,711 ktoe를 생산할 계획이며, 재생에너지를 통해 2020년에는 전력 27%, 냉난방 33%, 수송분야 10.5%를 재생에너지로 충당할 계획임[24]

○ '다년도 투자계획(PPI : Programmation pluriannuelles des investissements)'을 통하여 재생에너지원별 구체적인 목표수치를 설정함

- 2020년까지 수력발전은 71.7TWh, 풍력발전은 57.9TWh, 바이오매스는 17TWh, 태양에너지는 6.8TWh로 발전용량을 확대시킬 계획임

---

20) FIT 제도는 정부에 의해 정해진 가격에 의해 전력회사가 신재생에너지를 사들이는 제도로, 일부 발전 사업자에게 일정 비율의 전력을 신재생에너지로 충당시킬 것을 의무화시키는 RPS 제도와 구분됨
21) 신재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014.
22) 신재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014
23) 주요국 에너지정책 현황(프랑스), 국가에너지통계종합정보시스템 홈페이지(www.kesis.net),2019 검색 기준
24) 프랑스 에너지 정책 현황 및 최근 동향, 주OECD 대표부, 조희송 참사관, 2018.8.

(4) 미국

□ **미국 정부는 재생에너지 분야의 투자 촉진을 위한 세액 혜택 부여, 보급 촉진 정책을 추진 중임**

○ 미 연방정부는 2015년 12월 통합세출법안 개정을 통해 재생에너지 분야 세액 공제 혜택 기간을 연장하여 재생에너지 분야 투자를 가속화함[25)]

- 동 세액 공제 혜택은 2013년 말에 1차적으로 종료되었으나 재생에너지 발전량에 대한 세액 공제 혜택 기간을 '16.12.31(풍력은 '19.12.31) 까지 연장함

  • 태양에너지와 지열 발전에 한하여 ITC 적용기간을 '22년 이후로 무제한 연장하나 단계적으로 세액공제를 축소할 계획

  • '21.12.31일 이전에 설치·운영 중인 주거용 에너지 시설, 태양에너지 발전시스템, 소규모 풍력시설, 지열 히트펌프 등의 투자에 대해 30%의 세액공제를 부여함

○ 미국 에너지부(DOE)에서는 'ARRA(American Recovery and Reinvestment Act)'를 통해 기후변화 대응 및 경기 침체에 대응하기 위한 방안으로 재생에너지 보급 정책을 적극적으로 추진함[26)]

- 미국은 ARRA 정책을 통해 재생에너지 보급을 추진하며, 2009년부터 2019년까지 에너지 효율향상과 재생에너지 분야 연구에 총 272억 달러를 투자함

- 기후변화 대응 관련 산업 육성을 통한 경제부양을 목표로 '15년 R&D 투자 비중을 확대함

  • 클린에너지 산업 육성을 통한 경제부양의 의지를 반영하여 '15년 DOE의 R&D 예산을 증액하였으며, 2020년까지 2005년도 온실가스 배출량 수준 대비 17% 감축과 풍력·태양광 설비용량을 2배로 확대하여 청정에너지 확대를 위한 10GW 청정발전설비 건설을 추진함

□ **미국 연방 환경부(EPA)에서는 '기후변화 액션플랜'의 후속 작업으로 기존 화력발전소의 온실가스 배출 감축 목표치를 제시한 '청정전력계획'을 발표함[27)]**

○ '기후변화 액션플랜'은 온실가스 규제 강화, 신재생에너지 확대, 에너지 효율성 강화 등의 추진을 목표로 함

---

25) 2018 총론 산업기술 R&BD 전략, 산업통상자원 R&D 전략기획단, 2018.
26) 2015 국토교통 R&D 동향조사 플랜트분야, 국토교통과학기술진흥원, 2015.12.
27) 2015 국토교통 R&D 동향조사 플랜트분야, 국토교통과학기술진흥원, 2015.12.

○ 화력발전소의 온실가스 배출 감축을 목표로 한 ‘청정전력계획’이 실현된다면 발전부문 온실가스 배출량이 ‘05년 대비 ‘20년까지 25%, ‘30년까지 30% 감축될 것으로 전망됨

○ EPA에서는 ‘청정전력계획’을 통해 각 주(州)별 월단위 감축목표와 이를 실행하기 위한 가이드라인을 제시함

<표 12> 청정전력계획에 따른 미국 주별 화력발전 온실가스 배출량 감축목표 현황

감축목표	해당 주	
50% 이상	3개	워싱턴, 애리조나, 사우스캐롤라이나
41~50%	7개	오리건, 뉴햄프셔, 조지아, 아칸소, 뉴욕, 뉴져지, 미네소타
36~40%	11개	노스캐롤라이나, 루이지애나, 테네시, 텍사스, 플로리다, 버지니아, 매사추세츠, 미시시피, 메릴랜드, 오클라호마, 콜로라도
31~39%	9개	사우스다코타, 네바다, 위스콘신, 뉴멕시코, 일리노이, 아이다호, 델라웨어, 미시간, 펜실베이니아
21~30%	11개	코네티컷, 오하이오, 유타, 앨라배마, 네브래스카, 알래스카, 캘리포니아, 캔자스, 미주리, 몬태나, 인디애나
10~20%	8개	웨스트버지니아, 와이오밍, 켄터키, 아이오와, 하와이, 로드아일랜드, 메인, 노스다코타

* 자료 : 미국 청정전력계획 내용과 향후 전망, World Energy Market Insight, 이지웅, 2014.7

(5) 동남아권 국가

□ **동남아시아 및 중앙아시아에서 생산되는 석탄은 발열량이 높지 않은 저급탄이며, 함수율이 높아 안정적 가동이 어려우며, 효율이 낮고, 다량의 오염물질이 배출되는 문제가 있음**

- 저개발국가 內 다양하게 분포되어 있는 저발열탄을 에너지원으로 사용할 때, 낮은 연소성에도 불구하고 안정적 연소 운영이 요구됨
- 저발열탄은 효율이 낮아 기존 대비 높은 효율 달성이 가능한 화력발전 플랜트에 대한 니즈가 있음
- 산업발전 속도가 빠른 아시아 개발도상국가들은 전력에 대한 수요도 높지만, 급속한 산업발전으로 인해 환경오염도 심각한 문제로 대두되고 있어 환경오염물질(CO2, SOx, NOx) 배출이 적은 청정화력발전 기술이 요구됨

□ **동남아시아 현지에서는 바이오매스 부산물을 이용한 열병합발전, 고형연료 제조 등 개별 시설 형태로 사업이 이루어지고 있고 적용 기술들은 해외에서 도입**

- 태국 Dan Chang Bio Energy 프로젝트에서는 농업부산물을 이용하여 120톤/시×2기, 53MW 열병합발전 사업을 진행하였으나, 보일러와 스팀터빈은 Alstom사 제품
- 태국 Chia Meng Group 프로젝트에서는 왕겨를 이용하여 17톤/시, 2.5MW 열병합발전 사업을 진행하였고, 공급자는 유럽의 KonusKesselGmbH, Deutsche Babcock Group
- 말레이시아 TSH Bio Energy Sdn Bhd 프로젝트에서는 팜부산물(EFB, PKS)을 이용하여 80톤/시, 14MW 열병합발전 사업을 진행하였고, 보일러는 Babcock&Wilcox사 제품

□ **인도네시아는 2030년까지 탄소 배출을 현재 수준의 약 29%까지 감축할 계획을 수립하고 있으며, 신재생 에너지는 인도네시아 전력 시장 개발 계획에서 석탄, 석유, 가스 등의 화석 연료에 대한 의존도를 줄여 나가는 과정에서 최적의 방안이 되어줄 것으로 보임[28)]**

- 탄소 배출량의 효과적인 감축, 에너지원 확충, 전력기술 발전, 가스 등 천연자원 고갈 방지를 위해 인도네시아 정부는 에너지 혼합 정책을 적용
- 에너지 혼합 정책은 인도네시아의 수입의존도가 높아진 화석연료의 사용을 줄일 수 있도록 할 것이며, 최근에 에너지 자원 수입으로 인해 무역적자가 증가함에 따라 신재생에너지원 비중을 늘리기를 희망

28) 인도네시아 신재생에너지 시장 최신 동향 및 정책, KOTRA, 2019.

□ **인도네시아에서의 바이오에너지 시장은 농업, 플랜테이션 바이오매스 폐기물, 야자유 제분소 폐수(POME), 도시 고형 폐기물(MSW) 및 바이오디젤 등으로 구성되고 있음**

○ 이 시장의 대부분은 10MW 이하 발전용량의 전력 발전소가 차지하고 있음

○ 제대로 처리되지 않고 있는 다량의 농업 폐기물과 MSW는 바이오에너지원으로서의 잠재성이 크나 이러한 잠재성을 발현시키기 위해서는 지역적 차원에서의 규제 및 계약 환경에 변화가 있어야 할 것

○ 최근에 MSW PPA(도시 고형 폐기물 전력 구매 계약)에 대한 규정을 발표함

□ **말레이시아 정부는 2025년까지 재생에너지의 비율을 20%까지 끌어올리고, 2030년까지 에너지 구성에서 대형 수력을 포함한 재생에너지의 비율을 30%로 목표로 함[29)]**

○ 말레이시아의 재생 에너지 산업, 특히 바이오매스와 태양열 프로젝트는 투자자들에게 점점 더 매력적으로 되어가고 있으며, 2018년부터 2027년까지 예상 연평균 성장률은 8.6%로, 향후 10년 동안 비수력 재생 에너지 생산 능력의 견실한 성장이 예상됨

○ 말레이시아는 세계 최고의 팜유 생산국 중 하나이기에 에너지 생산에 있어서 바이오가스와 바이오매스는 기회는 크지만, 현재의 관세는 생산자들이 해당 사업을 시작하기에 충분히 매력적이지 않은 상황

○ 현재 말레이시아에서 야자수유 공장의 1/4만이 바이오가스/바이오매스 전력 생산에 이용되고 있음

□ **캄보디아의 신재생에너지 사업은 정부의 보조금 없이 민간주도로 발전 중**

○ 프랑스, 말레이시아, 중국 등의 태양광 프로젝트 업체들은 프로젝트 투자를 희망하는 기업들을 대상으로 적극적인 마케팅 활동 중

○ 민간 기업 및 단체에서는 캄보디아의 높은 전기료와 낮은 품질의 전력사정을 보완하는 보조 발전의 형태로 도입이 활발

○ 태양광 이외 신재생에너지 부분은 대표적으로 사탕수수 찌꺼기를 활용한 발전으로 Phnom Penh Sugar Power Plant, KAMADHENU VENTURES 등의 업체가 사업 수행 중에 있으며, 그 외 많은 도정업체들은 왕겨를 활용한 자체 발전시설 갖춤

○ 태양광의 경우 최근 태양광 설비 가격인하 및 저렴한 설치비용, 중장기 전기료 절감과 결부한 프로젝트에 대한 관심이 높아짐에 따라 다수의 프로젝트 스터디가 진행 중

29) 말레이시아 신재생에너지 시장 동향, KOTRA, 2018

(6) 중동/남미권 국가

□ **사우디 정부는 비전 2030 발표 이후, 기존의 석유광물자원부(Ministry of Petroleum and Mineral Resources)를 전력 및 산업 정책 기능을 추가 담당하는 에너지산업광물자원부(Ministry of Energy Industry and Minerals Resources)로 개편하며 비석유 에너지 정책 강화 의지를 드러냄[30)]**

○ 2017년 NREP 1차 총 발전용량 700MW 규모(300MW 태양광발전, 400MW 풍력발전), 사카카(Sakaka) 태양광발전 사업 입찰 및 2018년 2월 사우디 현지회사 아쿠아 파워(ACWA Power) 사업자 선정

- 사카카 태양광발전 사업: 수도 리야드 20만 가구 전력 공급 위한 300MW 규모, 3억 달러 투입 예정 사업

○ 태양에너지 프로젝트 2030(Solar power Project Plan 2030) 추진

- 2017년 10월 리야드서 사우디 공공투자펀드(The Public Investment Fund, PIF)와 소프트뱅크 비전펀드(Softbank Vision Fund, SVF) 간 사우디 내 태양광 발전소 건설을 골자로 한 태양에너지 프로젝트 2030 추진 양해각서 체결

- 이후 2018년 3월 빈 살만 왕세자 미국 순방 중 소프트뱅크 손정의 회장과 사우디 대규모 태양광 개발사업을 본격적으로 추진할 합작회사 설립 양해각서 체결, 해당 회사 주도로 2030년까지 20만MW 규모 태양광 발전단지 건설 합의

○ 태양광 발전 프로젝트 포함 최근 사우디 대규모 프로젝트의 화두가 현지화(Localization)임을 고려, 현지생산 및 기술이전 등 현지 기업과의 파트너십 제휴 통한 사우디 시장진출 필요

□ **이란은 태양광(Photovoltaic; PV) 에너지로 가장 큰 잠재성을 가진 국가 중 하나로, 이란은 현재 95%의 전기 수요량을 화석 연료로 충족하고 있으나 정부는 태양광 에너지와 같은 재생 가능 에너지원의 성장을 촉진하기 위해 해당 분야에 많은 노력을 기울이고 있음[31)]**

○ 연간 300일 동안 육지 면적의 3분의 2가 햇빛을 강하게 받지만, 석유와 가스 매장량이 풍부해 전기료의 최종 가격이 낮으며 은행들도 이를 통해 많은 이익을 취득하기 때문에 다른 방식의 전기 공급에 대한 투자가 이루어지지 않고 있음

○ 이러한 요소들이 이란의 PV 산업의 발전을 더디게 하고 있고 태양광 산업 관련 시설들은 많지 않음

---

30) 사우디 태양에너지의 새로운 도약, KOTRA, 2018
31) 이란 태양광 에너지시장 성장 잠재성, KOTRA,2017

○ PV 산업은 기술 및 재정적인 요소들로부터 매우 취약하기 때문에 비유기적인 성장이 이루어지고 있음

- 정부는 다양한 프로젝트를 통해 가정과 공공장소에 태양광 시설을 보급하는 데 많은 투자를 하고 있으며, 민간 보조도 확대하고 있음

○ 대부분의 태양광 발전 장치는 중국, UAE, 이탈리아 및 터키로부터 수입되고 있으며, 한국의 경우 상위 순위 6위의 수출량을 기록하고 있음

□ **칠레는 효율증가를 위하여 고온에 적합한 타워식 발전방식의 기술개발에 집중하고 있음**

○ 기술의 발달과 더불어 단위 발전용량당 건설비 감소를 위하여 플랜트 용량이 커지고 있으며 100MW 이상 발전이 주로 이루어지고 있으며, 칠레 Copiapo 프로젝트의 경우 260MW 규모이며, 14시간 발전이 가능하도록 열저장 용량이 설치되었음

□ **도미니카공화국 정부의 풍력, 태양광, 바이오매스 등 재생에너지 활성화 정책으로 다수의 태양광 발전소를 건설 중이며 전기요금 절감 대한 방안으로 일반 소비자 수요 또한 늘어나는 추세[32)]**

○ 적도 부근 위치 도미니카공화국은 연중 높은 일조량으로 효율적 태양 에너지 활용 가능

- 도미니카공화국 전력청(CDEEE)에 따르면 시간당 1500~2000킬로와트 생산 잠재력을 보유하고 있으나, 기술 등의 문제로 제대로 활용하고 있지 못하는 상황

○ 석유를 전량 수입하는 도미니카공화국 정부의 석유의존도 감소 정책에 따라 재생에너지 개발과 활용을 적극 지원하고 있음

- 재생에너지 중 도미니카공화국의 지리적 요인으로 태양열이 각광받고 있으나, 기술 및 비용 문제로 현재 잠재적 활용가능 태양 에너지 중 17~20%가량만 활용되는 것으로 평가

○ 도미니카공화국은 2015년 파리기후변화협약 가입국가로 대체 에너지 개발과 상용화에 매우 적극적임

○ 현재 도미니카공화국은 태양열 패널을 전량 수입하고 있으며 저가 중국산 제품이 40% 이상 점유하고 있음

32) 도미니카공화국 태양열 패널 시장동향, KOTRA, 2018

□ **브라질국가전력공사(ANEEL)가 2012년 발표한 '재생가능한 에너지 법안 482호 (Resolução Normativa 482/2012)'가 장기간의 조율 과정을 거쳐 2016년 3월 발효됨에 따라, 태양광 발전이 빠른 속도로 증가하고 있음[33)]**

○ 브라질 연방 정부가 2002년 발표한 최초 신재생 에너지 프로그램 Proinfa는 바이오매스, 풍력 및 소수력 발전 프로젝트에 집중

- 2002년에는 태양광 발전에 관심을 두지 않았으나, 2014년 열린 신재생 에너지 경매에서 태양광 에너지가 처음 포함됐으며 이때부터 브라질에서 태양광 발전이 본격적으로 주목받기 시작함

○ 태양광 에너지는 다른 신재생 에너지에 비해 비싼 가격 때문에 크게 인기를 끌지 못하다가 2017년에 바이오매스, 소수력 발전보다 더 낮은 가격으로 공급이 가능해져 경쟁력 있는 신재생에너지로 부상하기 시작함

- 태양광 프로젝트에 보조금을 지급하는 브라질 정부의 노력과 집열판 등과 같은 장비 가격 하락이 태양광 발전 설치 증가를 견인함

○ Fronius Solar Energy사는 "브라질은 태양광 분야에 많은 잠재력을 가지고 있으며, 태양광 발전 프로젝트가 대폭 증가하고 있어 태양광 발전 설비 업체 및 관련 제품 업체는 브라질 시장에 주목해야 한다"라고 강조함

○ 브라질국가전력공사(ANEEL)에 따르면 2024년까지 약 120만 대의 태양광 발전기가 브라질 전역의 가정과 회사에 설치될 전망

○ 2024년에는 태양광 에너지가 브라질에서 사용되는 에너지 전체에서 15%를 차지하게 될 전망이며 2030년까지 태양광 에너지시장은 약 1000억 헤알 규모가 될 전망

33) 브라질 태양광 발전시장을 주목하라, KOTRA, 2018

2. 국내외 플랜트 R&D 정책동향

가. 국내 플랜트 R&D정책

□ **정부는 제4차 과학기술기본계획의 120대 중점과학기술로 친환경·스마트 플랜트 기반 기술과 하·폐수 처리·재활용·자원화 기술을 선정하여 R&D 투자를 추진할 계획임**

○ 기계·제조 대분류의 중점과학기술로 '친환경·스마트 플랜트 기반 기술'이 도출됨

○ '과학기술로 모두가 행복한 삶 구현' 전략 달성을 위해서, 쓰레기, 폐기물 및 '하·폐수의 처리·재활용·자원화 기술 고도화'기술이 도출됨

- 세부 추진과제로 '자원순환사회 마련·쾌적한 생활환경 구현'이 제시됨

(1) 국토교통부

□ **국토교통부는 '제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018~2027)'을 통해 수출 전략화가 가능한 기술분야로 스마트자원플랜트 분야를 제시함**

○ 동 계획에서는 '혁신을 통한 성장, 사람을 위한 국토교통'이라는 비전 하에 '기술융합을 통한 새로운 가치창출'을 4대 추진전략 중 하나로 설정하였으며, '고효율 하이브리드 플랜트'는 동 추진전략을 달성하기 위한 전략목표로 설정됨

- '고효율 하이브리드 플랜트' 전략목표에서는 선제적 대응을 통해 수출 전략화가 가능한 기술 분야로 스마트 자원 플랜트 분야를 제시함

○ 스마트 자원 플랜트 분의 주요 기술구성 요소로는 자원 탐사·채굴·수송 장비, 천연가스·수소 액화 플랜트, 자원 순환 플랜트 분야가 제시됨

- 자원 탐사·채굴·수송 장비 기술에서는 천연가스, 오일샌드, 바이오매스 등 자원의 탐사 · 채굴 · 수송 및 원료화 소요 비용을 최소화하여 경제성 있는 자원 플랜트 기술 개발을 목표로 함

- 천연가스·수소 액화 플랜트 기술에서는 합성가스, 액화수소, 합성유 등 가스에너지의 생산·액화·활용을 위한 플랜트 설계·건설·운용 기술 개발로 新산업 분야 진출을 목표로 함

- 자원 순환 플랜트 기술에서는 다양한 폐자원을 하나의 플랜트에서 에너지로 재생산할 수 있는 지하 복합 플랜트 기술 개발 등으로 도시 에너지 자립 추진을 목표로 함

○ 차세대 담수화 플랜트의 주요 기술구성 요소로는 융합형 新담수화시스템, 에너지 저감 유지관리시스템, 자원회수형 방류시스템 분야가 제시됨

- 新담수화 시스템 기술에서는 2개 이상의 담수화 방식을 융합하거나 첨단소재를 이용한 새로운 담수생산 공정기술 개발로 담수 성능 · 효율성 향상을 목표로 함

- 에너지 저감 유지관리시스템 기술에서는 풍력, 태양열 등 친환경에너지 이용기술, 플랜트 내 운영관리 효율화 기술 개발 등으로 역삼투압 방식의 담수화 비용 저감을 목표로 함

- 자원회수형 방류시스템 기술에서는 담수화 후 발생하는 농축수에서 희귀금속을 추출하거나 담수화 부산물을 이용한 건설재료 생산기술 개발 등으로 경제성 향상을 목표로 함

○ 무인운영 시스템 기술의 경우 차세대 담수화 플랜트 및 스마트 자원 플랜트의 공통 기술구성 요소로 제시됨

- IoT 기반 원격제어 등을 통한 플랜트 무인운영 시스템 개발 등으로 플랜트 운영 비용 절감과 사고발생시 인명피해 최소화를 목표로 함

<표 13> 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(2018~2027)의 플랜트 연구개발 관련 전략목표 및 기술구성 요소

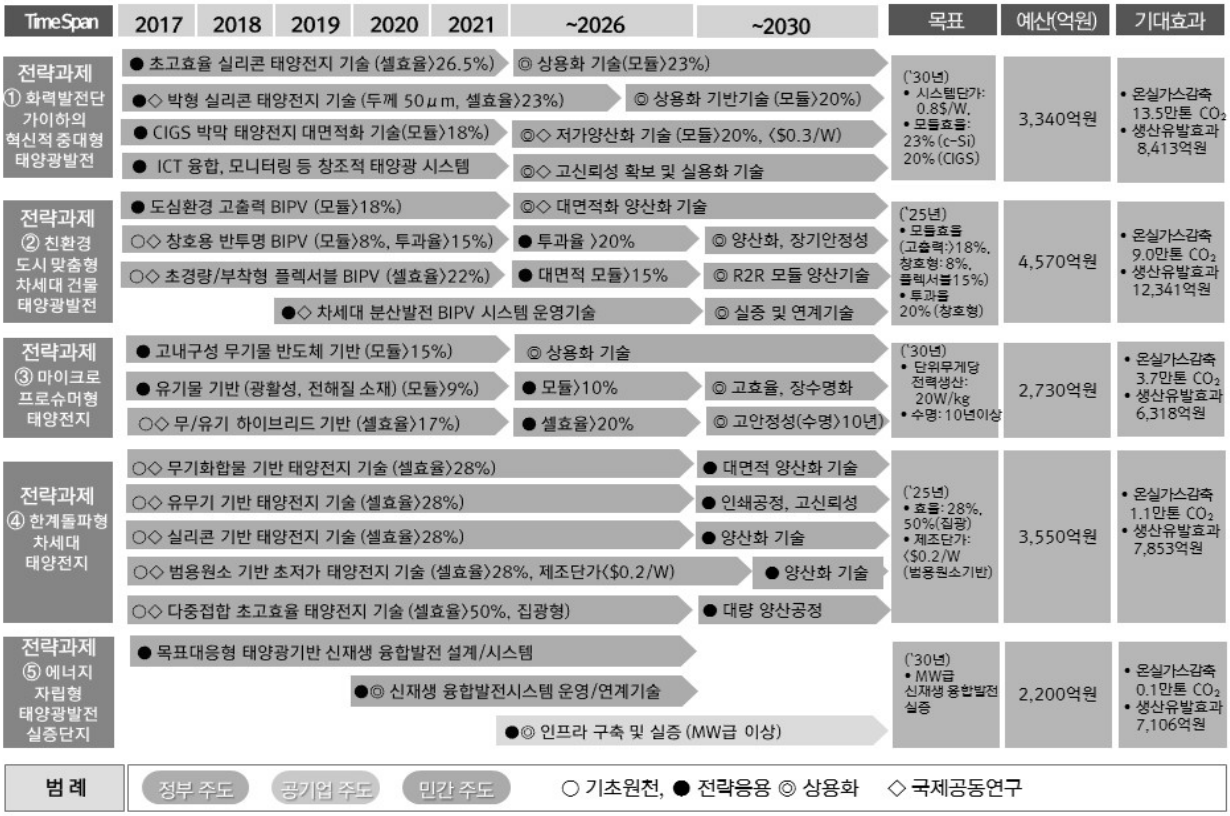
비전	추진전략	실천과제	전략목표	수출전략화 가능 기술분야	기술구성 요소
혁신을 통한 성장, 사람을 위한 국토교통	4차산업혁명 대응 혁신성장 동력 육성	…	…	…	…
	기술융합을 통한 새로운 가치창출	융합기술을 통한 건설 지능화 실현	…	…	…
		고부가가치 건설기술 창출	미래형 건축·구조물	…	…
			고효율 하이브리드 플랜트	차세대 담수화 플랜트	융합형 新담수화시스템
					에너지 저감 유지관리 시스템
					자원회수형 방류시스템
					플랜트 무인운영시스템
				스마트 자원 플랜트	플랜트 무인운영시스템
					자원 탐사·채굴·수송 장비
					천연가스·수소 액화 플랜트
					자원 순환 플랜트
		기존 수송시스템 혁신기술 도입	…	…	…
	사람 중심의 국토교통 기술	…	…	…	…
	미래지향적 R&D 시스템 도입	…	…	…	…

(2) 산업자원통상부

□ **산업통상자원부는 '2018 산업기술 R&BD 전략'을 통해 태양광, 수소·연료전지, 풍력발전, 자원개발 및 플랜트 엔지니어링 분야에 대한 기술개발 로드맵을 추진할 계획임**

○ 태양광 분야에서는 5대 전략과제 기술 개발을 추진함

- 5대 전략과제로는 화력발전단가 이하의 혁신적 중대형 태양광 발전, 친환경 도시 맞춤형 차세대 건물 태양광 발전, 마이크로 프로슈머형 태양전지, 한계돌파형 차세대 태양전지, 에너지 자립형 태양광발전 실증단지가 제시됨



[그림 18] 산업통상자원부의 태양광 분야 기술로드맵(2018~2027)

○ 수소·연료전지 분야에서는 11개 분야의 기술개발을 추진함

- 기술개발 대상 11개 기술분야는 크게 고효율 연료전지 기술 및 도심형 연료전지 분산발전 시스템 기술, 연료전지 기반 융복합 기술·수소 에너지 기반 기술로 구분됨

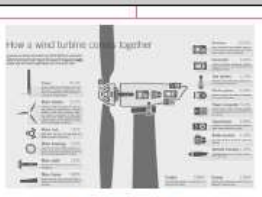
<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>2018–2019</th><th>2020–2021</th><th>2022–2023</th><th>2024–2025</th><th>2026–2027</th></tr>
<tr><td colspan="2">글로벌
메가트렌드</td><td colspan="5">◇ 연료전지 시스템 가격 저감 및 수명향상
◇ 발전단가 저감을 위한 발전효율 및 내구성 향상
◇ 신규 시장창출을 위한 수소 연료전지 기반 융복합 기술
◇ 수소사회 기반 구축을 위한 수소에너지 활용 기술</td></tr>
<tr><td rowspan="5">고효율
연료전지
기술
/
도심형
연료전지
분산발전
시스템
기술</td><td>주요
성과
(대표
제품)</td><td>연료전지 부품 소재</td><td>연료전지복합발전시스템</td><td>저가 스택 양산화</td><td>수출형 건물용 연료전지</td><td>도심형 고효율 발전용 SOFC
개발</td></tr>
<tr><td>제품
기술</td><td colspan="2">연료전지 복합화 제품개발 및 실증</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2"></td><td colspan="2">수출연계 건물용 연료전지 실증
연료전지 기반 가상발전소 플랫폼 기술 및 분산자원 출력제어기술</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3"></td><td colspan="2">도심형 고효율 발전용 SOFC 개발</td></tr>
<tr><td>원천
기술</td><td colspan="3">고온용 연료전지 장수명화를 위한 원천 기술 개발</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3"></td><td colspan="2">스택 단가저감 및 양산화 기술</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연료전지
기반
융복합
기술
/
수소
에너지
기반</td><td>주요
성과
(대표
제품)</td><td>통신기지, 에너지 자립섬
원격지 독립/백업 전원
시스템
패키지형 수소충전소</td><td>연료전지 지게차
수소/전기/열 생산
삼중열병합 시스템</td><td>수소전기버스 충전소
고효율 수전해</td><td>융복합 충전소</td><td>Power to Gas 실용화</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">구 분</td><td>2018–2019</td><td>2020–2021</td><td>2022–2023</td><td>2024–2025</td><td>2026–2027</td></tr>
<tr><td rowspan="4">기술</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>제품
기술</td><td colspan="2">Power to Gas 기술 개발
신재생 에너지 발전소 응용기술 개발
연료전지 기반 전기/열/수소 생산 시스템 개발 및 실증</td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">연료전지 물류운반차 모니터링 사업</td><td colspan="3">부생수소를 활용한 수소공급 기반기술 개발
수전해 방식에 의한 수소공급 기반기술 개발</td></tr>
<tr><td>원천
기술</td><td colspan="3">저가 수소생산 및 고효율 수소저장 원천기술</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

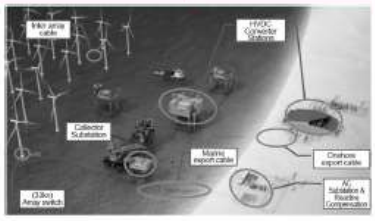
[그림 19] 산업통상자원부의 수소·연료전지 분야 기술로드맵(2018~2027)

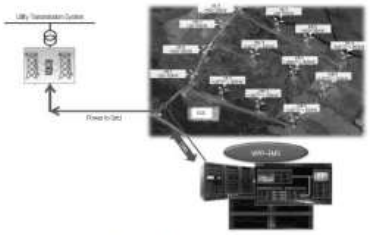
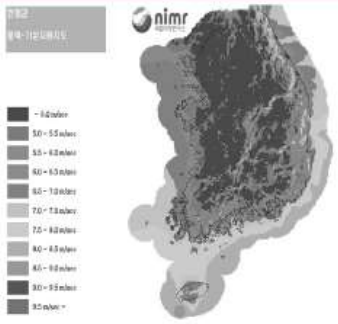
○ 풍력 발전 분야에서는 초대형 해상용 대용량 풍력발전기 개발 및 실증, 부유식 해상 풍력 발전기 개발 등을 제시함

- ICT 통합 운영・유지 보수 Platform 개발 및 실증, 초대형 해상용 대용량 풍력발전기 개발 및 실증, 풍력발전 핵심부품 공급체계 구축, 부유식 해상풍력 발전기 개발, 단지 입지 제약조건 완화를 위한 계통연계 비용 최적화, 풍력터빈 부품/시스템 복합 시험 평가단지 구축, 다중등급 육상용 대용량 풍력발전 시스템의 7개 분야임

<표 14> 산업통상자원부의 풍력 발전 분야의 기술로드맵(`18~`22)

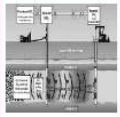
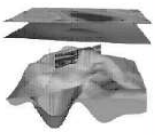
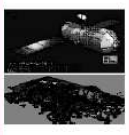
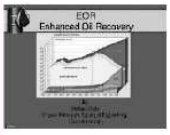
기술 분야 구분	기술개발 로드맵 상세	2018	2019	2020	2021	2022
ICT 통합 운영·유지 보수 Platform 개발 및 실증	연도별 주요 목표 (성과)	● 단위기기 CMBM 기술개발				
		● 시스템 단위 CMBM 유지보수 개발				
			● Predictive O&M Platform 개발			
			● 단지 단의 CMBM O&M Platform 개발			
	시장 타겟	'14년 국내 풍력발전량은 1,145GWh이며 국내 O&M 시장규모는 약 220억원/년				
	기술 타겟	약 13원/kWh인 O&M 비용을 20% 저감하여 10.4원/kWh 달성				
					 출처: GE	
초대형 해상용 대용량 풍력발전기 개발 및 실증	연도별 주요 목표 (성과)	◎ 해상용 대형 풍력발전기 개발 및 실증				
		◎ Multi-Type 풍력발전 플랫폼 개발 및 실증				
		◎ 해외 Grid Code 적합 시스템 개발 및 실증				
	시장 타겟	'20년 세계 해상풍력시장은 약 25조원 규모로 전망				
	기술 타겟	현재 약 15억원/MW인 해상풍력발전기 가격을 12억원/MW로 저감				
					 출처: Siemens	
풍력발전 핵심부품 공급체계 구축	연도별 주요 목표 (성과)	● Drive Train 핵심 및 요소 부품 개발				
		● 수출주도형 풍력발전 요소 부품 개발				
			● 블레이드 경제성 및 신뢰성 향상			
		◎ 부품/시스템 복합시험단지 구축				
	시장 타겟	국내 풍력부품 시장규모는 '15년 기준 약 1,900억원 이며 '20년에는 3,000억원 수준 전망				
	기술 타겟	현재 50~70%인 부품 국산화율을 80% 이상으로 향상				
					 출처: EWEA	

<table>
<tr><th>기술 분야
구분</th><th colspan="5">기술개발 로드맵 상세</th></tr>
<tr><th></th><th>2018</th><th>2019</th><th>2020</th><th>2021</th><th>2022</th></tr>
<tr><td>부유식
해상풍력
발전기 개발</td><td colspan="5">
<table>
<tr><td>연도
별
주요
목표
(성과)</td><td colspan="4">● 부유체 설계 및 제작 기술
● 부유체/풍력발전기 통합제어 기술
● 계류시스템 설계기술
◎ 부유식 풍력 실증</td></tr>
<tr><td>시장
타겟</td><td colspan="3">'20년 기준 세계 시장규모는 580MW 규모로 예상되며, 금액 기준으로는 1조 5,000억원 규모임.</td><td rowspan="2"> 
출처: offshorewind.biz</td></tr>
<tr><td>기술
타겟</td><td colspan="3">현재 60억원/MW인 부유식 해상풍력 설치비를 54억원/MW로 저감</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>풍력발전 단지
입지 제약조건
완화를 위한
계통연계 비용
최적화</td><td colspan="5">
<table>
<tr><td>연도
별
주요
목표
(성과)</td><td colspan="4">◎ 풍력발전단지의 규모별, 거리별 계통연계 비용 산출 프로세스 개발
◎ 신규 발전단지 건설을 위한 선로 보강 및 신규 송전망 구축을 위한 효율적 클러스터링 기술
◎ 계통연계 비용의 최적화를 위한 해상풍력 발전단지와 육·해상변전소 입지조건 분석기술
◎ 해상 변전소, 케이블 등 주요 기기의 설계 및 유지 관리 최적화 기술</td></tr>
<tr><td>시장
타겟</td><td colspan="3">국내 풍력부품 시장규모는 '15년 기준 약 1,900억원 이며 '20년에는 3,000억원 수준 전망</td><td rowspan="2"> 
출처: EWEA</td></tr>
<tr><td>기술
타겟</td><td colspan="3">현재 LCOE 기준 2020년까지 20% 낮출 수 있는 해상풍력 발전단지 계통연계 비용 최적화 기술</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>기술 분야
구분</th><th colspan="5">기술개발 로드맵 상세</th></tr>
<tr><th></th><th>2018</th><th>2019</th><th>2020</th><th>2021</th><th>2022</th></tr>
<tr><td>풍력터빈
부품/시스템
복합 시험
평가단지 구축</td><td colspan="5">
<table>
<tr><td>연도별
주요
목표
(성과)</td><td colspan="4">◎ 풍력발전 부품/시스템 복합 시험단지 인허가 및 기초설계
◎ 실증용 부품/시스템 사양검토 및 복합 단지건설
◎ 부품/시스템 복합시험단지 구축
◎ 풍력 부품/시스템 시험 및 실증 단지 사업화</td></tr>
<tr><td>시장
타겟</td><td colspan="3">'20년 기준 세계 시장규모는 580MW 규모로 예상되며, 금액 기준으로는 1조 5,000억원 규모임.</td><td rowspan="2"> 
출처: offshorewind.biz</td></tr>
<tr><td>기술
타겟</td><td colspan="3">5~8MW급 풍력터빈 부품/시스템 실증단지 건설 및 신뢰성 평가기술 플랫폼 개발</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>다중등급
육상용 대용량
풍력발전
시스템</td><td colspan="5">
<table>
<tr><td>연도별
주요
목표
(성과)</td><td colspan="3">◎ 풍력터빈 주요부 하중저감 기술 개발
◎ 다중등급 구현을 위한 하중저감 기술 통합형 풍력터빈 컨트롤러 개발
◎ 하중저감 컨트롤러 적용 형 육상 대용량 풍력터빈 설계
◎ 풍력터빈 시제품 제작 및 필드 테스트/형식인증 취득</td><td rowspan="2"> 
출처: 국립기상과학원</td></tr>
<tr><td>시장
타겟</td><td colspan="2">환경부 육상풍력 지침 시행을 통해 향후 국내 육상풍력 투자규모는 5,000억원 수준으로 전망</td></tr>
<tr><td>기술
타겟</td><td colspan="3">국내 및 해외 다양한 사이트 조건에 적용될 수 있는 다중등급 풍력발전시스템 개발</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

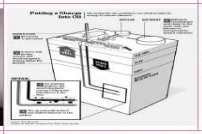
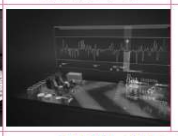
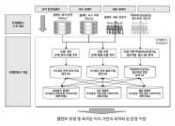
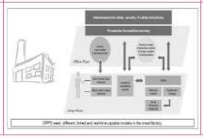
○ 자원개발 분야에서는 ‘친환경 스마트 자원기술을 4차산업혁명 시대 국가 신성장동력산업으로 육성’ 비전 하에 ‘자원개발 4차산업 기반조성’, ‘신기후변화 대응책 마련’, ‘서비스 신시장 창출’을 3대 목표로 설정함

- 기술개발 대상 분야는 스마트 자원 개발 기술, 기후변화 대응 자원 개발 기술, 자원 개발 서비스 기술의 3개 분야임

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>2018</th><th>2019</th><th>2020</th><th>2021</th><th>2022</th></tr>
<tr><td rowspan="6">스마트 자원 개발 기술</td><td rowspan="2">연도별 주요 목표 (성과)</td><td>Full Scale 디지털오일필드 시스템 기반조성</td><td>Full Scale 디지털 오일필드 시스템 현장 적용성 검증</td><td>유가스전 원격 관리 및 빅데이터 분석 센터 구축</td><td>빅-데이터 시스템 통신보안 기술개발</td><td>실시간 자료관리 분석 SW개발</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td rowspan="3">제품</td><td colspan="2">Full Scale DOF(Full Scale digital oil field system) 관리 아키텍쳐 SW</td><td colspan="3">정형/비정형 빅-데이터 구축을 위한 슈퍼컴 시스템</td></tr>
<tr><td colspan="2">유가스전용 유무선 통신 제어 시스템</td><td colspan="3">유가스전 각종 빅-데이터 분석을 위한 인공지능기법 SW</td></tr>
<tr><td colspan="2">유가스전 자료취득용 각종 센서</td><td colspan="3">빅-데이터 센터용 보안 시스템</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술</td><td colspan="2">AI(딥러닝) 적용을 통한 현장자료 분석 알고리즘 개발</td><td colspan="3">현장 최적운영 조건맞춤형 인공지능기법 알고리즘 기술개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">실시간 생산자료 및 매장량 평가 알고리즘 개발</td><td colspan="2">자원탐사 빅-데이터 분석 알고리즘</td><td>실시간 생산자산 가치평가 알고리즘</td></tr>
<tr><td rowspan="6">기후 변화 대응 자원 개발 기술</td><td rowspan="2">연도별 주요 목표 (성과)</td><td colspan="2">CCS 적용현장 데이터베이스 구축</td><td>CCS 기술 현장실증기술 개발</td><td>CCS연계 CO2-EOR 현장실증기술 개발</td><td>탄소광물화 기술개발</td><td>리튬광으로부터 리튬회수기술</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td>  </td><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td rowspan="2">제품</td><td colspan="4">대용량 CO2 자동 주입 압축기</td><td colspan="2">친환경 기능성 시멘트</td></tr>
<tr><td colspan="4">CO2, 탄화수소 분리장치</td><td colspan="2">산화리튬 원광</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술</td><td colspan="6">CO2-EOR 현장적용기술, 대용량 이산화탄소 활용 탄소광물화 기술개발</td></tr>
<tr><td colspan="6">리튬, 코발트, 리켈 및 망간 등 4차산업 핵심원료 확보 기술개발</td></tr>
<tr><td rowspan="6">자원 개발 서비스 기술</td><td rowspan="2">연도별 주요 목표 (성과)</td><td colspan="2">3D/4D 탄성파탐사자료 해석 SW 개발</td><td>IoT/ICT 기반 원격 선광시스템 운영기술</td><td>Flow assurance 기술</td><td>무인항공 이용 광물자원 탐사기술</td><td>빅-데이터이용 유전 생산성 증진기술</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td>  </td><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td rowspan="3">제품</td><td colspan="4">3D/4D 탐사선 자료처리 SW</td><td colspan="2">원격 광물자원탐사 무인항공 시스템</td></tr>
<tr><td colspan="4">생산정 및 수송관 내 파라핀 제거용 화학제품</td><td colspan="2">수압파쇄 및 수평시추 궤도설계 시스템</td></tr>
<tr><td colspan="4">IoT/ICT 기반 선광장 원격 제어 시스템</td><td colspan="2">기능성 폴리머 제어 시스템</td></tr>
<tr><td rowspan="3">기술</td><td colspan="4">3D/4D 탐사자료 특수처리 기술개발</td><td colspan="2">탐사용 무인항공기 제어 기술개발</td></tr>
<tr><td colspan="4">ICT/IoT 기반 원격 선광장 운영 기술개발</td><td colspan="2">기능성 폴리머 제조 기술개발</td></tr>
<tr><td colspan="4">파이프내 파라핀 축적 방지 및 제거 서비스 기술개발</td><td colspan="2">빅-데이터 이용 잔류오일 분포 분석기술 개발</td></tr>
</table>

[그림 20] 산업통상자원부의 자원개발 분야 기술로드맵(2018~2027)

○ 플랜트 엔지니어링 분야에서는 고효율 오일&가스 생산/이송/가공 기술, 지식 기반 플랜트 엔지니어링 설계 기술, 지식 기반 프로젝트 관리 기술, 지식 기반 플랜트 운영 기술을 제시함

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>2018~2019</th><th>2020~2021</th><th>2022~2023</th><th>2024~2025</th><th>2026~2027</th></tr>
<tr><td colspan="2">글로벌
메가트렌드</td><td colspan="5">◇ 에너지 자원 고갈 가속화로 중질유, 셰일, 심해저 유전 등 비전통 에너지원 개발 확대
◇ 글로벌 플랜트 시장의 신규 플랜트의 거대화, 복잡화 추세가 가속화 되면서 프로젝트 수행에 따르는 불확실성과 위험도 증가
◇ 4차 산업혁명 지능정보 기술 적용을 통한 지능형 엔지니어링 기술 개발경쟁 가속</td></tr>
<tr><td rowspan="5">고효율
오일&
가스
생산/이송/
가공 기술</td><td rowspan="2">주요
성과
(대표
제품)</td><td></td><td>유전 및 가스전 스마트
운영 시스템</td><td>고화 중질유 액화 생산
시스템</td><td>천연가스 흡착·저장·이송
모듈화 시스템</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>  </td><td>  </td><td>  </td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">제품
기술</td><td colspan="2">유전 및 가스전 스마트 운영 시스템
(3년/30억원)</td><td colspan="2">유전 중질유 채굴기술 고도화(EOR : Enhanced Oil Recovery)</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">천연가스 흡착·저장·이송 모듈화 시스템
(4년/40억원)</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>원천
기술</td><td colspan="3">고화 및 고점도 중질유 액화 생산기술
(5년/50억원, 로열티창출형, 국제R&D)</td><td colspan="2">지능형 오일&가스 탐사기술</td></tr>
<tr><td rowspan="5">지식
기반
플랜트
엔지니어링
설계
기술</td><td rowspan="2">주요
성과
(대표
제품)</td><td></td><td>지식기반 플랜트 설계
프레임워크 기준모델</td><td>지식기반 플랜트 설계
지원 시스템</td><td>플랜트 디지털 엔지니어링
협업지원 시스템</td><td>지식기반 플랜트 설계지원 시스템 확산</td></tr>
<tr><td></td><td>  </td><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td rowspan="2">제품
기술</td><td colspan="3">지식기반 플랜트 설계 지원 시스템
(4년/80억원)</td><td colspan="2">지식기반 플랜트 설계지원 시스템
고도화</td></tr>
<tr><td colspan="3">플랜트 엔지니어링 디지털 협업 지원 시스템
(4년/40억원)</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>원천
기술</td><td>지식기반 플랜트 설계지원
프레임워크 설계
(2년/10억원, 로열티창출형)</td><td colspan="2">지식기반 플랜트 설계 지원
프레임워크
설계 범위 확대</td><td colspan="2">화학공정 라이센스 개발 기술
(공정 및 촉매)</td></tr>
<tr><td rowspan="5">지식
기반
프로젝트
관리 기술</td><td rowspan="2">주요
성과
(대표
제품)</td><td></td><td></td><td>지능형 플랜트 구매
엔지니어링 지원 시스템</td><td>지능형 플랜트 PM 시스템</td><td>지능형 플랜트 PM 확산
(업종)</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td rowspan="2">제품
기술</td><td colspan="2">플랜트 프로젝트 구매 엔지니어링 지원 시스템
(4년/40억원)</td><td colspan="2">프로젝트 기획 타당성 평가 지원 시스템</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">경험사례 빅데이터기반 지능형 PM 의사결정 지원 시스템
(4년/40억원)</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>원천
기술</td><td colspan="2">지식기반 플랜트 O&M
지식베이스 프레임워크 기준
모델</td><td>지능형 플랜트 O&M을 위한
빅데이터 구축</td><td>지능형 플랜트 O&M 지원
시스템</td><td>지능형 플랜트 O&M 지원 시스템 확산
(플랜트 유형)</td></tr>
<tr><td rowspan="5">지식
기반
플랜트
운영 기술</td><td rowspan="2">주요
성과
(대표
제품)</td><td></td><td>  </td><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">지식기반 지능형 플랜트 운영 시스템
(4년/90억원)</td><td colspan="2">스마트 설계 및 O&M 통합 지원 패키지</td><td></td></tr>
<tr><td>제품
기술</td><td colspan="2">지식기반 플랜트 O&M
지식베이스 프레임워크 설계
(2년/10억원, 로열티창출형)</td><td colspan="2">스마트 O&M 지원 지식베이스
프레임워크 범위 확대</td><td>스마트 설계 및 O&M 통합 지원 프레임워크
설계</td></tr>
<tr><td>원천
기술</td><td colspan="5"></td></tr>
</table>

[그림 21] 산업통상자원부의 플랜트 엔지니어링 분야 기술로드맵(2018~2027)

(3) 환경부

□ **환경부는 '환경기술로드맵 Eco-TRM 2022'를 통해 수처리 플랜트 및 자원 순환 플랜트 분야의 기술개발 로드맵을 제시함**

○ 물환경-상하수도 분야에서는 첨단 지능형 최적 정수처리 플랜트, 수처리 플랜트 에너지 자립율 제고 등의 기술개발을 제시함



[그림 22] 환경부의 물환경-상하수도 분야 기술로드맵(2018~2027)

○ 자원 순환 분야에서는 폐기물 통합관리 시스템, 처리 시설의 고도화, 유·무폐자원 재활용 등의 기술개발을 제시함



[그림 23] 환경부의 자원순환 분야 기술로드맵(2018~2027)

나. 국외 플랜트 R&D 정책

(1) 일본

□ **일본은 '과학기술이노베이션 종합전략'에서 깨끗한 에너지 공급의 안정화 및 저비용화 추진을 제시하고 신재생에너지 및 고효율 청정 혁신 발전, 자원다양화, 수소 인프라 확충 등을 위한 기술개발을 추진함**

○ '깨끗한 에너지 공급의 안정화 및 저비용화' 시책에서는 부유식 해상풍력 발전기술, 태양광 시스템 발전 기술, 파력 및 해양온도차 발전 기술, 바이오매스 기반 연료 제조 기술, 이산화탄소 분리·회수 기술, 차세대 해양자원 탐사 및 채굴 기술, 고효율 화력 발전 기술, 원자력 및 초장기적인 에너지 기술개발 등을 주요 기술개발 과제로 제시함

○ '수소사회 실현을 위한 신기술 개발' 시책에서는 수소 캐리어의 제조, 저장 수송 기술, 차세대 수소 축전지 혁신 기술 등을 주요 기술개발 과제로 제시함

○ '신기술 개발을 통한 에너지 효율 향상' 시책에서는 공장·플랜트 생산 프로세스에서의 에너지 효율성 향상 기술, 연료전지의 고효율화 및 고내구화 기술, 내연기관의 효율 향상 기술 등이 주요 기술개발과제로 제시됨

□ **'16년 4월 일본 내각부는 신재생에너지, 수소에너지 활용, 에너지 효율성 제고, 이산화탄소 포집 및 활용 기술 개발을 골자로 한 '에너지·환경 이노베이션 전략(NESTI2050)'을 발표함**

○ '제5차 과학기술기본계획' 및 내각부 산하 '지구온난화 대책 추진 본부'에서 제기된 에너지 부문의 문제 해결을 2050년까지 달성하기 위해 수립됨

○ '에너지 시스템 통합기술', '에너지 절약 분야', '에너지 저장 분야', '에너지 생산 분야', '온실가스고정화·유효이용'의 5개 분야를 혁신기술분야로 선정함

- 에너지 시스템 통합기술 분야의 핵심 세부기술로는 통합시스템 기술 및 온실가스 최소화 시뮬레이션 기술, 시스템 구성 핵심 기술, 에너지 시스템 대응 센싱 기술, 초전도 용융 기술이 제시됨

- 에너지 절약분야의 핵심 세부기술로는 막분리 기술, 혁신적인 촉매 이용 생산공정 기술이 제시됨

- 에너지 저장 분야의 핵심 세부기술로는 차세대 축전지, 수소 등 에너지 캐리어의 제조·수송 및 저장 이용 기술이 제시됨

- 에너지 생산 분야의 핵심 세부기술로는 차세대 태양광 발전, 차세대 지열발전 기술이 제시됨

- 온실가스 고정화/유효이용 분야의 핵심 세부기술로는 온실가스의 혁신적 분리 및 포집 기술, 온실가스 유효이용 기술이 제시됨

○ 동 전략에서는 일본 국내에서의 기술개발뿐만 아니라 각국 연구진들과의 국제 협력을 통해 기술개발 전략을 공유하고, 개발도상국으로의 에너지 혁신 기술 이전을 추진하는 것을 목표로 함

- 개발도상국에서의 신재생에너지 보급이 달성될 수 있도록 신기술・시스템 평가 방법의 국제표준화 등을 추진할 계획임

□ **신에너지산업기술종합개발기구(NEDO)는 태양광・풍력 및 청정석탄 발전, 바이오매스 에너지 분야의 기술보급을 위한 국책연구를 추진 중임**

○ 일본 경제산업성 산하 신재생에너지 신에너지산업기술종합개발기구(New Energy Development Organization; NEDO)는 신재생에너지와 청정석탄 발전 기술의 보급을 위한 연구개발사업을 추진 중임[34)35)]

- NEDO는 신재생에너지의 보급을 확대하기 위해 '15년도부터 추진되는 제3차 기관 중장기 계획에 신재생에너지의 분야별 기술개발 로드맵을 포함시킴

  • 태양광 발전 비용을 기간 전원 수준으로 감소시키기 위한 저비용화 관련 기술과 태양광 기술의 고부가 가치화를 위한 새로운 도입 모델을 연구함

  • 풍력 발전의 대량 도입을 위한 풍력발전의 추가 비용 절감과 유지 보수 기술의 고도화, 초대형 해상 풍차 기술의 확립을 위한 기술개발을 실시함

  • 미세 조류를 이용한 제트 연료 등 차세대 바이오 연료의 제조 기술을 확립하기 위한 기술 개발과 바이오매스 연료의 활용을 촉진하고 효율적인 열 이용을 위한 기술개발을 추진함

  • 지열에너지의 도입 확대를 위해 발전 기술의 소형화, 고효율화를 위한 기술 개발을 추진하며 저비용 열측정 기술의 개발과 실증을 추진함

  • 청정 석탄 기술(CCT) 분야에서는 석탄 화력의 고효율화 및 저탄소화를 위하여 고효율 연료 전지에 적용 가능한 석탄 가스의 요소 기술 개발을 추진함

34) 중규모 수력플랜트 건설기술 개발 기획 최종보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2016.7.
35) 일본의 해외플랜트 수주 추이와 주요 부문별 시장 전략, 월간 KIET 산업경제, 산업연구원, 2018.1.18.

○ 일본 국내 기업들과 협력하여 신재생에너지 발전 시스템 개발을 적극 추진 중임

- '17년 8월 NEDO는 IHI와 세계 최초의 해류에너지 활용 수중 부체식 100kW급 발전 실증기기 제작을 완료함

  • 실증기기의 부품은 대부분 일본 국내에서 자체 조달함

  • 향후 조수간만의 차에 구애받지 않는 해류 발전에 적용될 수 있을 것으로 기대됨

- NEDO는 일본 기업들이 보유하고 있는 선진 시공 기술력을 바탕으로 유럽의 선도 기업들에 대항할 수 있는 해상풍력 발전 저비용 기술 개발을 추진 중임

<표 15> NEDO의 연구분야별 중장기계획 프로젝트

연구분야	에너지원	프로젝트 명
신재생에너지	▪ 태양광발전	▪ 태양에너지 기술 연구개발 ▪ 태양광 발전 다용도 시범 프로젝트 ▪ 태양광 발전 시스템 효율향상·유지관리 기술개발 프로젝트
	▪ 풍력발전	▪ 풍력발전 등 기술 연구개발 ▪ 풍력발전 등 도입 지원 사업
	▪ 바이오매스	▪ 바이오매스 에너지 기술 연구개발 ▪ 바이오매스 에너지의 지역 자립 시스템 시범 사업
	▪ 해양에너지 발전	▪ 해양에너지 기술 연구개발
	▪ 지열에너지 발전	▪ 지열 발전 기술 연구개발 ▪ 신재생에너지 열이용 기술 개발
청정석탄기술 분야	▪ 제로배출 석탄화력 기술개발 프로젝트 ▪ 환경조화형 제철 공정 기술 개발	

* 자료 : NEDO의 제3기 중기목표, 경제산업성, 2015.3.

□ 금속광물자원기구(JOGMEC)는 비전통 석유가스전과 메탄하이드레이트 등의 기술개발을 추진함[36)]

○ 석유천연가스 금속광물자원기구는 '에너지 안정공급의 효율적' 실현을 위해 석유·천연가스 개발 사업의 위험관리를 출자 및 채무보증의 형태로 지원하며 석유·천연가스 개발기업의 연구 지원을 적극 추진 중임

- 금속광물 자원개발을 위해 '13년부터 '16년까지 아키타현과 야마가타현 앞바다 등 배타적 경제수역을 포함한 해역에서 메탄하이드레이트 매장량을 조사하는 프로젝트를 추진 중임

36) OHHSHORE BUSINESS 14호, 한국해양수산개발원, 2013.11.

- 석유 및 천연가스 개발부문에서는 '13년부터 러시아와 오호츠크해의 해저 유전 공동개발을 진행하며, '17년부터 구체적인 시추 지점을 찾기 위한 시험 채광을 시행한 뒤, '20년대 후반부터 본격적인 생산에 착수할 예정임

□ **일본 정부는 수소사회 실현을 위한 수소발전 분야의 전략로드맵을 수립함**

○ 문부과학성 및 중앙 부처 합동으로 2014년 6월 화석연료 및 원자력 의존도 감소와 수소사회 실현을 목표로 연료전지, 수소 · 연료전지 자동차, 수소발전 분야에 대해 전략로드맵이 수립됨

○ 동 로드맵은 3단계로 구성되며, 2050년까지의 기술개발상을 제시함

- (1단계) '17년부터 산업용·업무용 분산전원으로서 연료전지를 보급, 대도시 중심 수소·연료 전지 자동차 확대 등

- (2단계) 수소발전 본격화를 위해 '20년까지 기술개발·실증을 진행하고, '30년대 대규모 발전 설비 도입을 위한 인프라 구축

- (3단계) 수소제조·수송·저장 일괄 시스템을 확대하여, '40년 CCS·신재생에너지와 함께 'CO2 free' 수소공급 시스템 완성

□ **일본 경제산업성은 바이오매스 에너지 분야의 기술전략맵을 수립함[37)]**

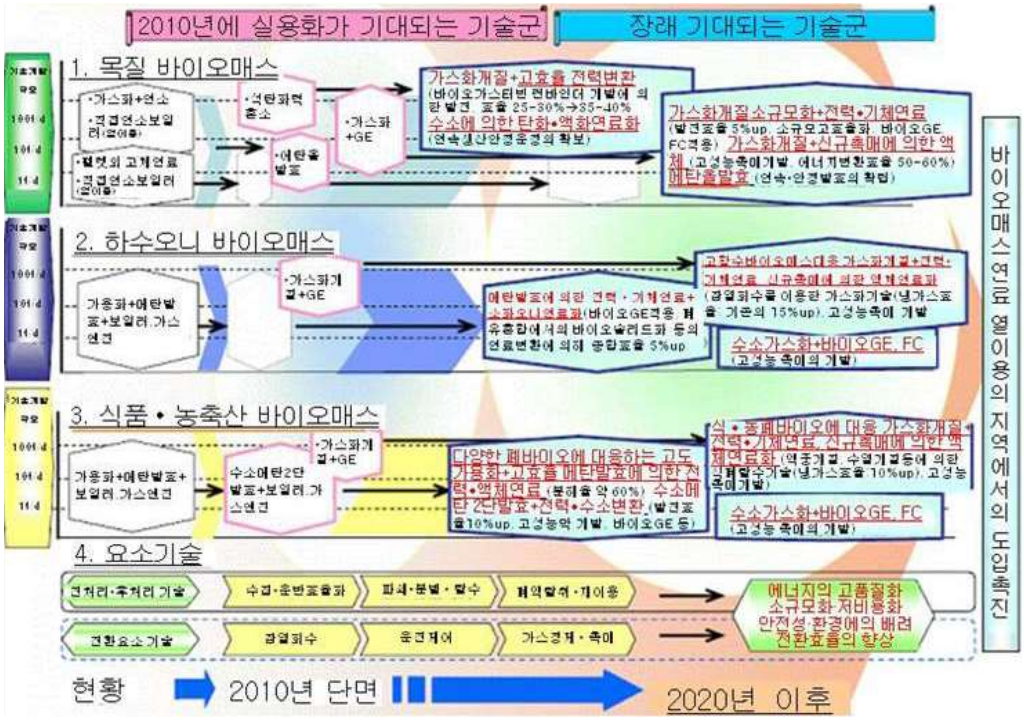
○ 동 기술전략맵에서 바이오매스의 연료화 기술은 고효율 BDF 제조, 가스화기술(목질/슬러지류), 물질· 에너지 병산(코프로덕션), 가정용에너지 전환 기술로 구성됨

- 목질바이오매스의 경우 단기적으로 가스화+연소, 펠릿 고체연료 직접연소, 석탄화력 혼소, 에탄올 발효, 가스화+가스엔진이 단기간에 실용화가 기대 되는 기술군으로 분류됨

- 하수슬러지는 메탄발효+전력·기체연료+소화슬러지 연료화, 고함수바이오매스대응 가스화개질+전력·기체연료+액체연료화가 중장기적으로 기대되는 기술군으로 분류됨

- 식품·농축산 바이오매스는 고도가용화+고효율 메탄발표+전력·기체연료, 수소메탄 2단발효+전력·수소변환, 식품·농축산물 대응 가스화개질+전력·기체연료, 액체연료화, 수열가스화+바이오가스엔진, 연료전지가 중장기적으로 기대되는 기술군으로 분류됨

37) 플랜트 R&D 부처간 공동 로드맵 수립 기획연구 최종보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2016.1.



[그림 24] 일본 경제산업성 바이오매스 에너지 분야 기술전략맵

(2) 중국

□ **중국 정부는 ‘중국제조 2025’를 통해 발전·신재생에너지 분야의 ‘해외 진출 40%’를 목표로 기술개발을 추진 중임[38)]**

○ 1,200MW 대용량 고효율 초임계 석탄발전, 400MW 가스터빈 발전, 대형 선진수력 발전, 10MW급 대형 해상풍력발전 및 50~150MW급 태양광 발전설비 개발을 목표로 하고 있음

- 대용량·고효율 석탄발전에 요구되는 고성능 전력전자부품, 고온 초전도소재 등 핵심 소자 및 부품의 응용기술을 향상시키고 상용화를 추진함

  • 2020년까지 1,200MW등급 초임계 설비, 32~35MPa/600℃/620℃/620℃(2차재가열), 발전효율 48% 달성을 목표로 함

  • 2030년까지 교류 직류 혼합 소형 배전망 설비 및 직류 배전망 설비 발전

- 중형 가스터빈 발전에 필요한 장비, 순환효율 개선 등을 추진함

  • 400MW 급 중형 가스터빈 발전 설비, 단순순환출력 40MW, 발전효율 40%, 연합순환효율 60% 달성을 목표로 함

- 최대 용량 400MW 급의 대형 선진 수력발전 설비 개발을 추진함

  • 용량 150~400MW, 속도조절 범위 ±10%의 가변속 펌프 저장능력을 갖춘 수력 설비를 개발함

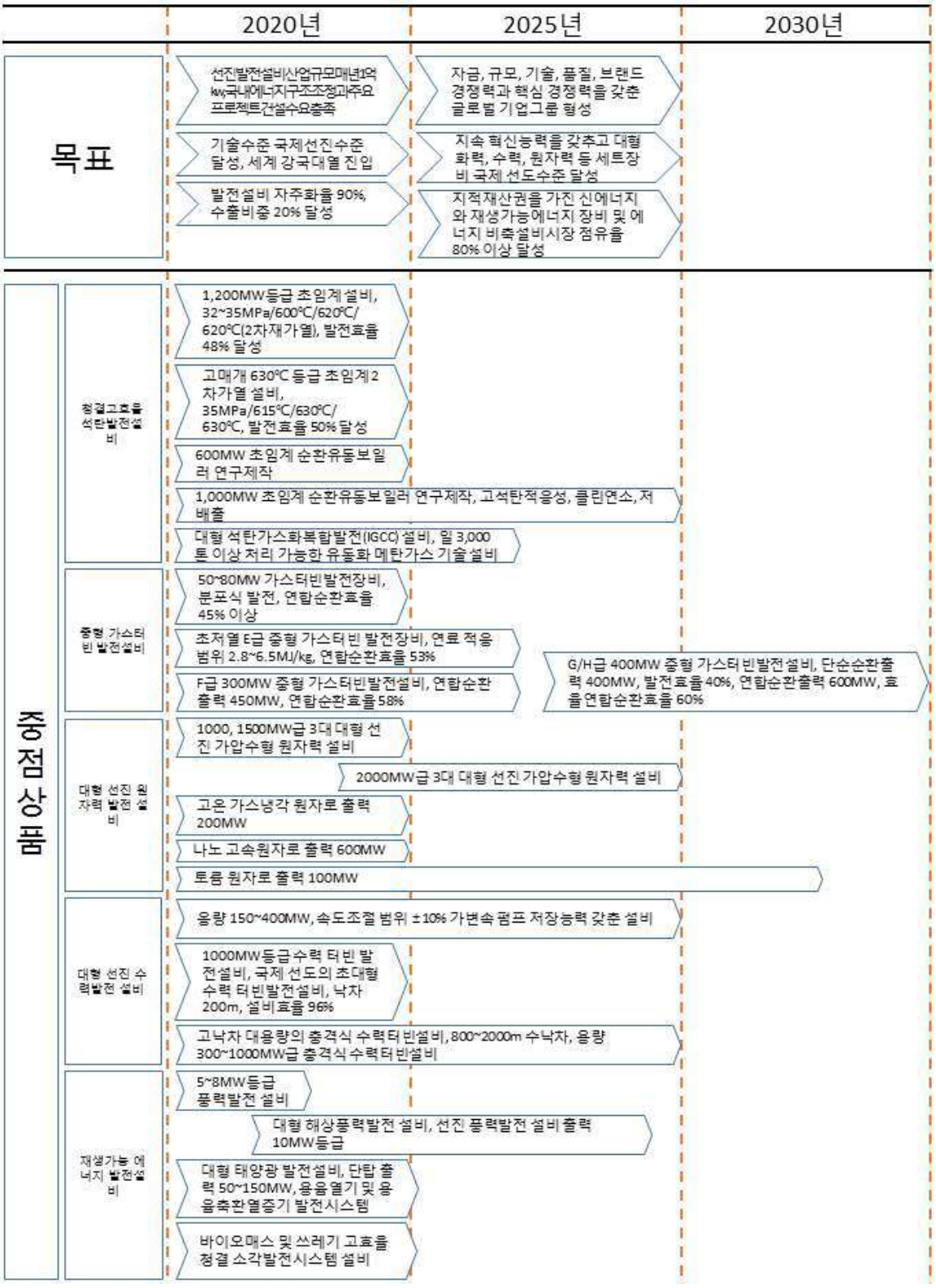
  • 고낙차 대용량의 충격식 수력발전터빈, 개선된 설비효율의 발전설비 개발을 추진함

- 대형 해상풍력발전 및 태양광발전 설비 개발을 추진함

  • 10MW 등급의 대형 해상풍력발전 설비, 기존 유럽 선도국의 선진 풍력발전 수준 달성을 목표로 함

  • 단탑 출력 50~150MW 급의 대형 태양광 발전설비 및 용융축환열증기 발전시스템 개발을 추진함

38) 증국제조2025 추진성과와 시사점, 국제무역연구원, 2019.1.14.



[그림 25] 중국제조 2025에서 추진하는 발전·신재생에너지 플랜트 분야의 기술 개발 로드맵

(3) EU

□ **EU는 Horizon2020 및 전략적 에너지 기술계획, EUROGIA2020을 통해 저탄소 고효율 에너지 및 신재생 에너지, 청정화 기술개발 등을 추진[39][40]**

○ 'Horizon 2020' 프로그램에서는 안전, 청정, 고효율 에너지' 개발을 위해 저탄소 발전 기술과 대체연료를 개발하고 있음

- 동 프로그램의 전체 예산 630억 유로 중 35%인 220억 유로를 동 에너지 기술 개발에 투자함

<표 16> Horizon 2020 프로그램에서 추진하는 '안전, 청정, 고효율 에너지' 기술개발 분야

세부 분야	내용
에너지 효율 및 탄소배출량 저감	▪ 스마트하고 효율적인 에너지 사용을 위한 대규모 시장 기술, 서비스 개발 ▪ 효율적이고 재생 가능한 냉·난방 시스템의 잠재력 실현 ▪ 유럽 스마트 도시 공동체 촉진
저비용, 저탄소 전기 공급	▪ 풍력 에너지를 100% 사용할 수 있는 기술 개발 ▪ 효율적이고 가격경쟁력 있는 태양 에너지 시스템 개발 ▪ 이산화탄소포집, 운송저장을 위한 환경적으로 안전한 기술 개발 ▪ 지열, 수소, 해양 및 기타 재생 가능한 에너지 옵션 개발
대체연료와 이동식 에너지원	▪ 바이오에너지 활용 지속가능한 친환경 연료에너지 개발 ▪ 세계 시장을 선도하는 수소와 연료전지 기술 개발 촉진 ▪ 분말금속연료, 광합성미생물 에너지연료 등 새로운 대체연료 개발
유럽 단일의 스마트 전력망	▪ 2020년까지 유럽 내 전력의 35%를 스마트 그리드로 제공 ▪ 전력망 송배전, 저장장치 관련 부품 및 관련 기술개발 지원 ▪ 효율적 전력망관리 및 안전운영 시스템 구축
의사결정과 대중 참여	▪ 에너지 관련 주요 사회경제적 이슈 평가방법론 및 모형 개발 ▪ 에너지 관련 정책에 대한 데이터 베이스 구축

* 자료 : 한-EU 과기협력 현황분석 및 협력활성화 로드맵, 미래창조과학부, 2014.10

○ 전략적 에너지 기술계획에서는 저탄소 에너지를 위해 바이오에너지, CCS, 수소연료전지, 태양·풍력에너지 분야별 기술개발 로드맵을 수립함

- 2020년까지 이산화탄소 20% 저감, 저탄소 에너지원을 활용한 발전 비중 20% 달성, 에너지 효율 증가를 통한 에너지 사용량 20% 감소를 목표로 기술개발을 추진함

39) 플랜트 R&D 부처간 공동 로드맵 수립 기획연구 최종보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2016.1.
40) 2015 국토교통 R&D 동향조사 플랜트분야, 국토교통과학기술진흥원, 2015.12.

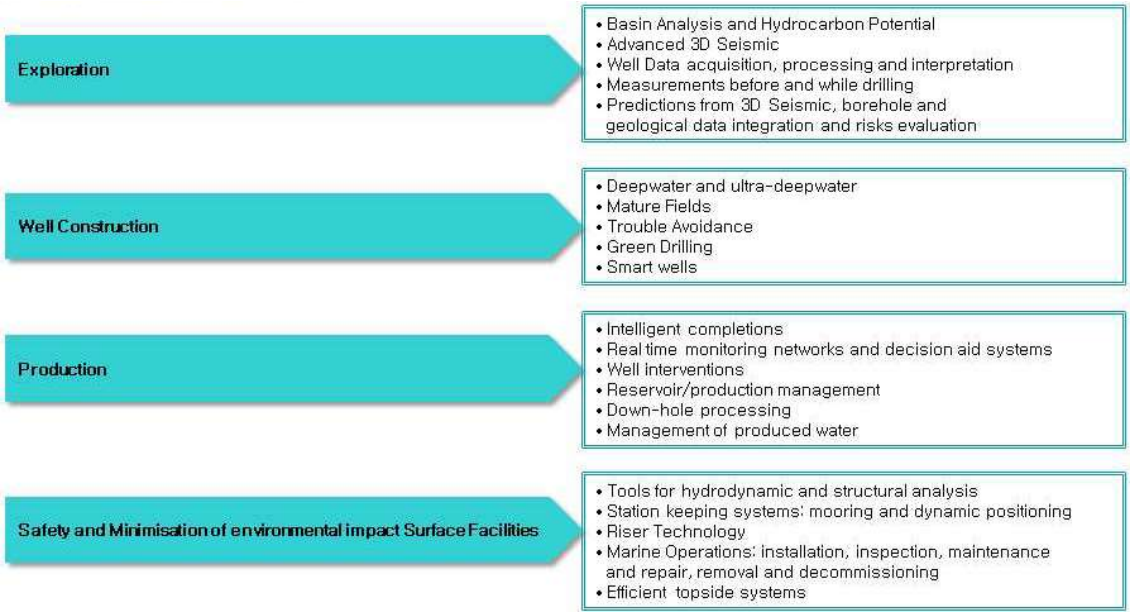
<표 17> 전략적 에너지 기술계획(SET-Plan) 연구 분야 및 주요 목표

세부 분야	내용
바이오에너지	▪ 바이오연료/액체 개발로 온실가스 배출량 60% 감축
CCS	▪ 발전 및 에너지집약산업에 CCS적용으로 온실가스 배출량 20% 감축
전력망	▪ 2020년까지 분산·집중된 신재생에너지 발전량의 35%, 2050년까지는 100% 수용 가능한 송배전 시스템 마련
수소·연료전지	▪ 2015년~2020년 대량 시장도입 및 상용화를 위해 수소공급 및 연료전지 기술개발 가속화
원자력	▪ 2020년까지 GEN IV 시범사업 추진, 2040년 이후 상용화 목표
에너지효율-스마트도시	▪ 도시에 에너지효율향상기술, 신재생에너지 보급
태양에너지	▪ 태양광/태양열 발전 대량 보급, 전력망과의 연계성 강화
풍력	▪ 해상풍력의 경쟁력 강화, 전력망과의 통합 촉진

* 자료 : 2014 에너지기술 이노베이션 로드맵, 산업통상자원부, 2014

□ **EURIGIA2020 프로젝트에서는 오일·가스 기술의 청정화 달성을 포함한 에너지 섹터별 기술로드맵을 제시함**

○ EU에서 추진하는 EUROGIA2020 프로젝트에서는 에너지 기술의 혁신을 위해 EU 역내 기업, 연구소, 학교의 기술개발 네트워크를 지원하고 있음



[그림 26] Low Carbon Energy Technology Roadmap (출처 : EUROGIA2020 For Low Carbon Energy Technologies, Technology Roadmap, 2013. 5)

(4) 미국

□ **DOE, DOI 및 미육군 3개 부처와 수력발전 산업계, 학계 등 다양한 이해관계자들의 협력을 통해 혁신적 수력발전 플랜트 기술개발사업을 추진함[41)]**

○ 동 기술개발 사업은 DOE와 내무부(DOI), 미 육군 간의 수력발전을 위한 양해각서(Memorandum of Understanding for Hydropower)를 기반으로 수행되며, 3개 부처 뿐만 아니라 수력 발전 산업계, 학계 및 다양한 이해관계자들의 협력을 통해 추진됨

○ 동 기술개발 사업은 주요 4대 달성 목표를 설정함

- 기존 및 미래의 수력 발전 플랜트 전력 생산성 향상을 위한 유체 측정 기술의 정확도를 향상시키고 비용 절감

- 발전기의 규모와 중량을 획기적으로 낮추고, 발전 출력을 향상시킬 수 있는 초전도 발전 기술 평가

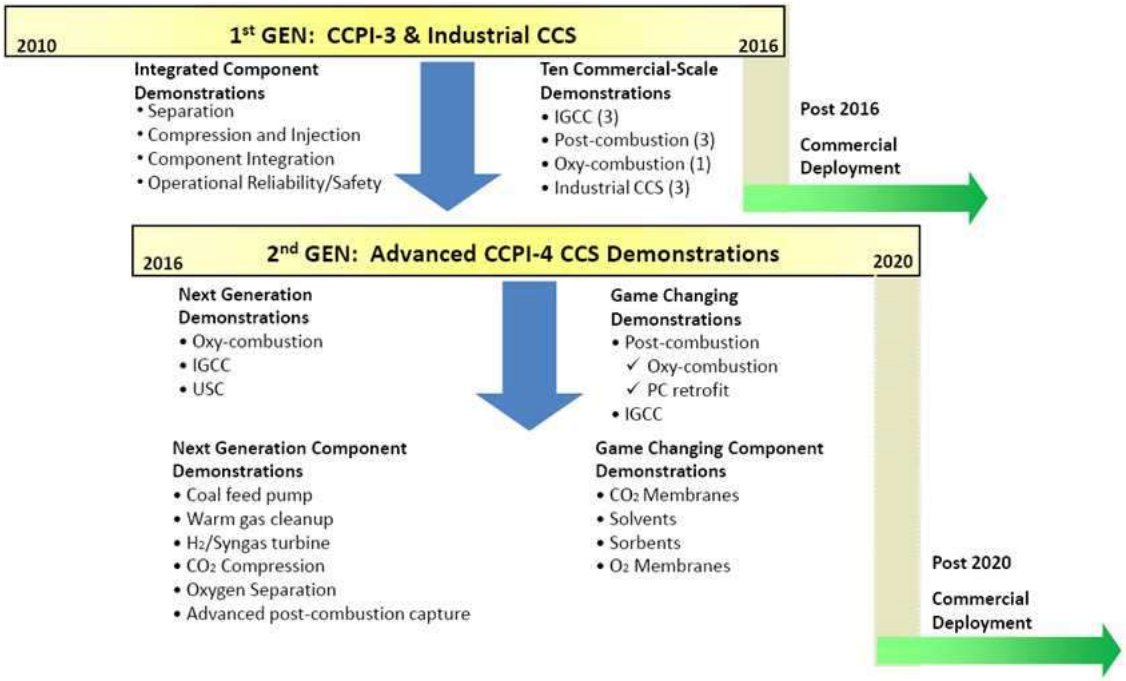
- 17,500GW (약 1.5백만 미국가정에 전기공급량) 용량의 잠재력을 갖춘 비(非)전력발전용 댐과 도관 등에 적합한 저비용, 저영향성 수력발전 기술 개발

- 친환경적 수력 터빈 설계 툴을 개발하고, 기후 변화에 따른 미국 수력발전 및 수자원 인프라의 위험성에 대한 면밀한 평가

□ **미국 에너지부(DOE)에서는 Carbon Capture and Storage(CCS), Enhanced Coal Bed Methane 플랜트 기술개발을 추진함[42)]**

○ 2016년까지 IGCC 플랜트 3개를 포함한 10개의 상용급 플랜트 시연을 수행하였으며, 2020년까지 차세대 CCS 플랜트 시연을 계획하고 있음

41) 중규모 수력플랜트 건설기술 개발 기획 최종보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2016.7.
42) 플랜트 R&D 부처간 공동 로드맵 수립 기획연구 최종보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2016.1.



[그림 27] US Energy Policy Framework and the DOE Fossil Energy and CCS Programs, 2010(출처: National Energy Technology Laboratory, DOE's CCS Program, 2010)

□ **미국 정부는 기존 대비 이산화탄소 발생량이 저감되는 차세대 발전 플랜트 기술 개발을 추진함**

○ 연방정부에 의해 신규 건설 석탄화력 플랜트에 대해 기존 대비 이산화탄소 발생량 50% 저감 의무화 규제가 도입됨에 따라 이에 대응하는 차세대 플랜트 기술 개발이 요구되고 있음[43)44)]

- 미 연방정부는 석탄화력 CO2를 2005년 대비 2030년까지 30% 감소할 계획으로, 청정에너지 및 안전보장법(American Clean Energy and Security Act)을 2009년 제정함

- 미국 에너지부(Department of Energy; DOE)에서는 '비전통 에너지원 개발에 대한 다부처 협동 보고서(Report on the Multiagency Collaboration on Unconventional Oil and Gas Research)를 발간하여 기존 화석연료 채굴을 대체할 수 있는 플랜트 기술 개발의 제도적 여건을 마련함

  • 동 보고서에 따르면 미국·캐나다·호주와 같은 기존 비전통 가스자원 생산국 이외에도 러시아, 멕시코, 알제리, 아르헨티나 등이 추가적으로 비전통 가스 생산을 계획 중에 있음

43) 에너지시장 환경변화에 따른 천연가스액화(GTL) 사업 진출전략, 에너지경제연구원, 2015.9.
44) 고효율 중소형 GTL 플랜트 상용화 기술개발 기획, 국토교통과학기술진흥원, 2018.4.

□ **미국 연방정부는 재정지원 및 인센티브 제공을 통해 비전통 자원 개발을 촉진하고 있으며, 비전통 자원개발에 대한 연구개발 또한 지속적으로 추진 중임**

○ '05년 통과된 에너지 정책 법안(Energy Policy Act)에서는 비전통 자원에 대한 새로운 공급망 확충과 FT반응을 이용한 연료 생산시설에 대한 대출 보증을 실시하는 등 정책적 지원을 적극적으로 수행하고 있음[45)]

○ 미국 에너지 첨단 연구 프로젝트국(ARPA-E)은 혁신적 에너지기술 개발에 대한 투자를 지속적으로 확대해 나가고 있음[46)]

- 성능향상, 비용절감, 상용화 시기 단축을 통해 미래 메가트렌드 변혁을 선도하는 한계돌파형 에너지자원 기술개발을 본격 추진함

<표 18> 미국 에너지 첨단 연구프로젝트국(ARPA-E)의 연도별 투자 금액(단위 : 백만 달러)

년도	2011	2012	2013	2014	2015	2016
투자 금액	180	275	251	280	280	325

* 자료 : 자료 : Fiscal Year 2016 Budget Request (http://arpa-e.energy.gov)

- APRA-E에서는 주요 4대 연구개발 프로그램을 추진 중임

  • REMOTE 프로그램에서는 미국 내 풍부한 매장량을 자랑하는 셰일가스를 포함한 천연가스 이용 액체연료 생산 기술개발을 수행함

  • RANGE 프로그램에서는 전기자동차 주행효율성 향상을 위해 전체 배터리 시스템 설계 및 아키텍처 재조정 및 배터리시스템의 경량화에 주력함

  • FOCUS 프로그램에서는 태양광산업의 지속적 성장을 위한 저비용, 고효율 전력공급이 가능한 하이브리드 태양에너지 기술 개발을 추진함

  • IMPACT 프로그램에서는 이산화탄소 포집기술 개발을 위해 15개 과제에 3,300만 달러를 투자함

45) 플랜트 R&D 부처간 공동 로드맵 수립 기획연구 최종보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2016.1.
46) 2015 국토교통 R&D 동향조사 플랜트분야, 국토교통과학기술진흥원, 2015.12.

2절. 시장동향분석

1. 해외 플랜트 시장규모 및 전망

□ **국제에너지기구(International Energy Agency; IEA)의 「World Energy Outlook 2018」에 따르면 전세계 에너지 수요는 2040년까지 25% 증가할 것으로 전망함**

○ 2017~2040년 기간 중 25% 이상 증가할 전망이며, 만약 에너지효율 개선이 시도되지 않을 경우, 동기간 에너지수요 증가율은 50%에 달할 전망임

○ 개발도상국의 에너지수요 증가는 2017~2040년 기간 중 세계 에너지 수요 증가를 견인할 것으로 전망되고 있으며, 특히 아시아 국가의 에너지 수요 증가가 세계 에너지 수급구조 변화를 결정할 것으로 예상됨

<표 19> 세계 에너지원별 1차에너지 수요 전망(2025, 2040년) (단위 : Mtoe)

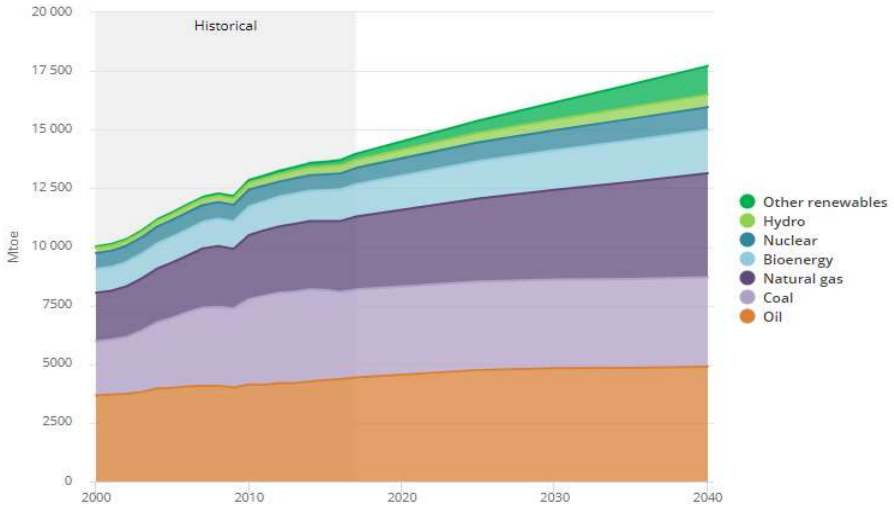
에너지원	실적치		NPS*		SDS*		CPS*	
	2000	2017	2025	2040	2025	2040	2025	2040
석탄	2,308	3,750	**3,768**	**3,809**	3,045	1,597	3,998	4,769
석유	3,665	4,435	**4,754**	**4,894**	4,334	3,156	4,902	5,570
가스	2,071	3,107	**3,539**	**4,436**	3,454	3,433	3,616	4,804
원자력	675	688	**805**	**971**	861	1,293	803	951
재생에너지	662	1,334	**1,855**	**3,014**	2,056	4,159	1,798	2,642
수력	225	353	**415**	**531**	431	601	413	514
바이오에너지	377	727	**924**	**1,260**	976	1,427	906	1,181
기타	60	254	**516**	**1,223**	648	2,132	479	948
고체 바이오매스	646	658	**666**	**591**	396	77	666	591
총계	10,027	13,972	**15,388**	**17,715**	14,146	13,715	15,782	19,328
화석연료 비중	80%	81%	**78%**	**74%**	77%	60%	79%	78%
CO2 배출(Gt)	23.1	32.6	**33.9**	**35.9**	29.5	17.6	35.5	42.5

* NPS: 신정책 시나리오(New Policies Scenario), SDS: 지속가능한 발전 시나리오(Sustainable Development Scenario), CPS: 현정책 시나리오(Current Policies Scenario)
* 출처 : World Energy Outlook, IEA, 2018

□ **신정책시나리오(NPS)에 따른 에너지원별 수요는 석유의 경우 증가세는 둔화, 천연가스의 경우 지속적인 증가, 석탄의 경우 감소할 것으로 전망됨**

○ 천연가스, 석탄, 석유의 소비 증가세는 둔화되나 지속적인 수요는 존재할 것으로 전망되며, 신재생에너지의 수요는 점차 증가할 것으로 예측됨

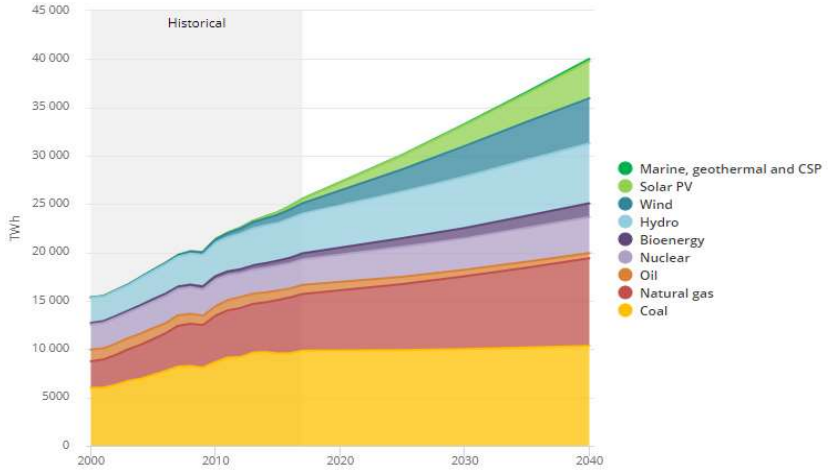
- 원자력 발전, 바이오에너지, 수력발전의 경우 큰 증가세를 보이지 않을 것으로 전망됨



[그림 28] IEA의 NPS 기반 전세계 에너지원별 수요 전망

□ **전력 에너지원별로 볼 때, 석탄 수요는 유지, 석유 수요는 감소할 것으로 예상되며, 신재생에너지원의 수요가 증가할 것으로 전망됨**

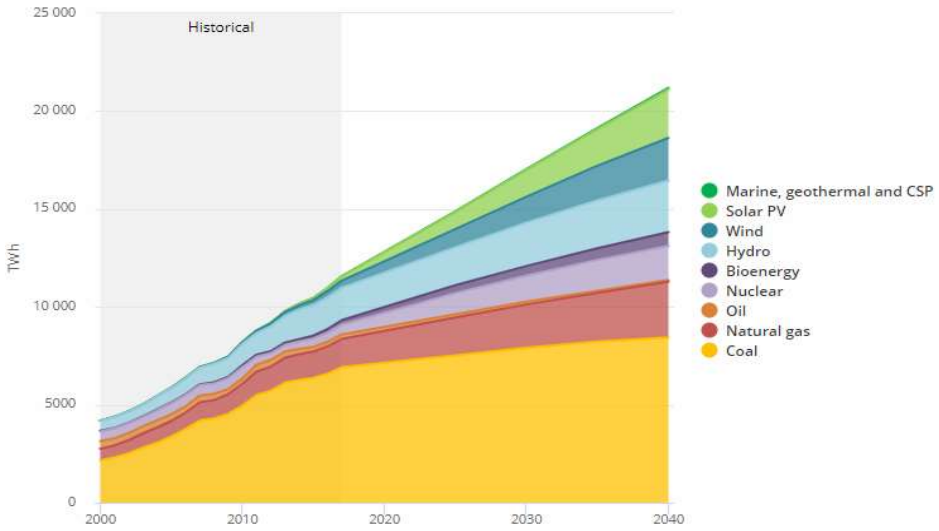
○ 전세계 전력 에너지원별 수요 분석 결과, 천연가스, 태양광, 풍력, 바이오에너지의 수요가 증가하는 가운데 석탄 및 석유 수요는 유지되거나 감소할 것으로 전망됨



[그림 29] IEA의 NPS 기반 전세계 전력 에너지원별 수요 전망

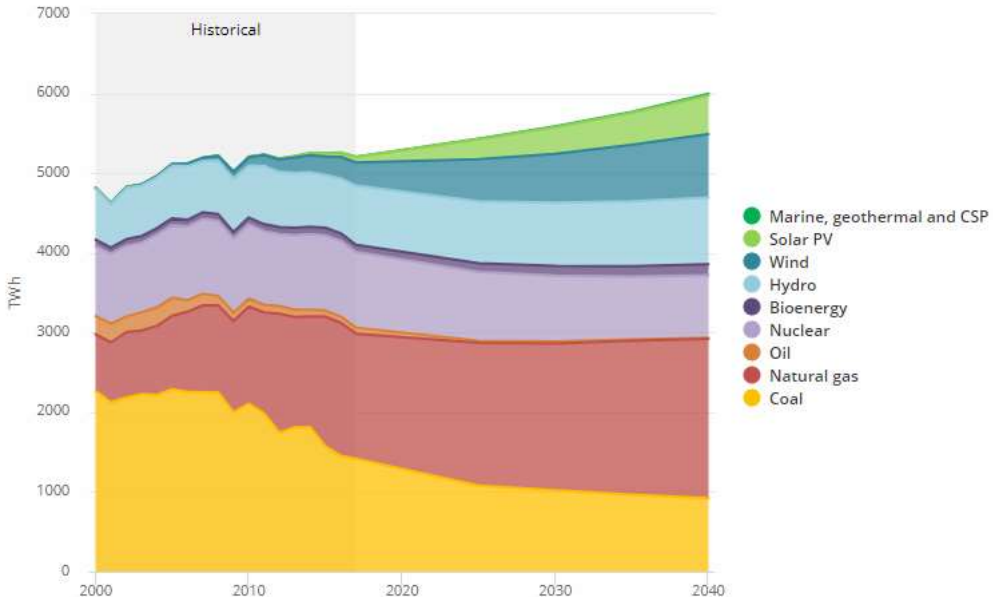
○ 권역별 전력 에너지원별 수요 예측 결과 모든 권역에서 태양광 및 풍력의 수요가 증가할 것으로 전망됨

- 아시아・태평양 권역에서는 석탄 및 천연가스 수요가 완만하게 증가하는 가운데 태양광・풍력・수력의 전력 에너지원 수요의 증가세가 클 것으로 전망됨



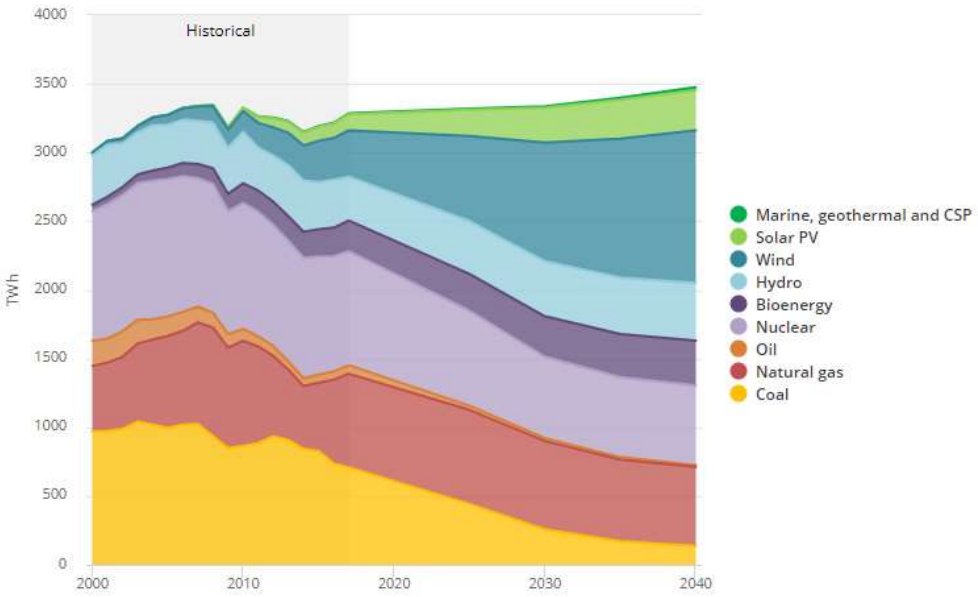
[그림 30] IEA의 NPS 기반 아시아·태평양 권역 전력 에너지원별 수요 전망

- 북아메리카 권역에서는 석탄 및 원자력 수요가 감소할 것으로 예상되는 가운데 태양광・풍력・천연가스의 전력 에너지원 수요 증가율이 높을 것으로 전망됨



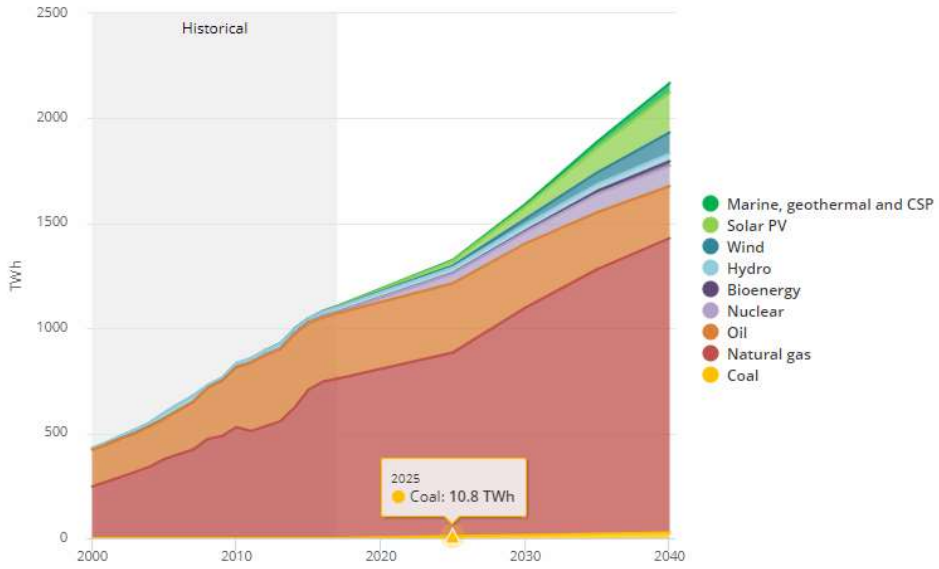
[그림 31] IEA의 NPS 기반 북아메리카 권역 전력 에너지원별 수요 전망

- 유럽연합(EU) 권역에서는 석탄 수요가 큰 폭으로 감소하고 원자력의 점진적인 수요 감소가 예상되는 가운데, 풍력의 수요가 급격히 증가할 것으로 전망됨



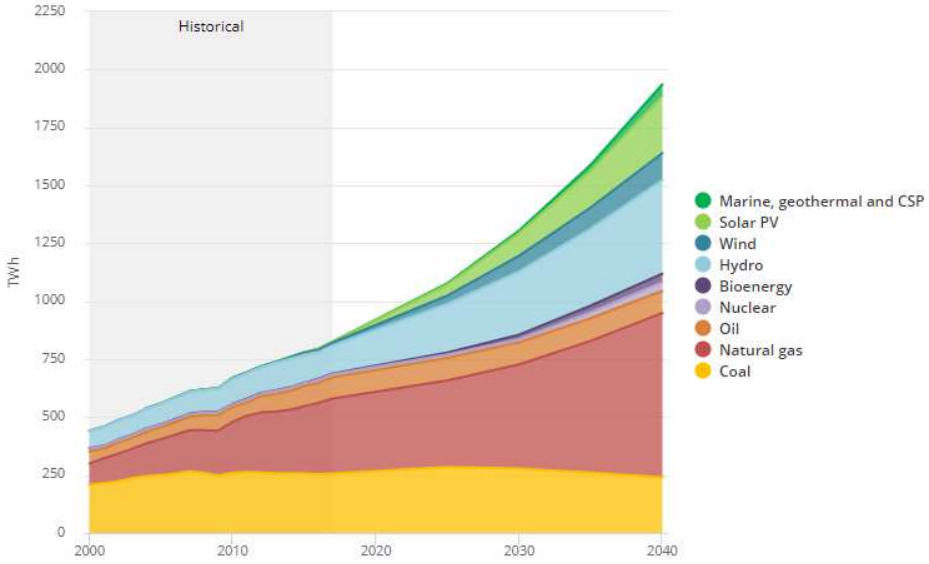
[그림 32] IEA의 NPS 기반 EU 권역 전력 에너지원별 수요 전망

- 중동 권역에서는 천연가스의 수요가 지속적으로 증가할 것으로 예측되며, 태양광 및 풍력 발전의 수요가 2020년대 이후 증가할 것으로 전망됨



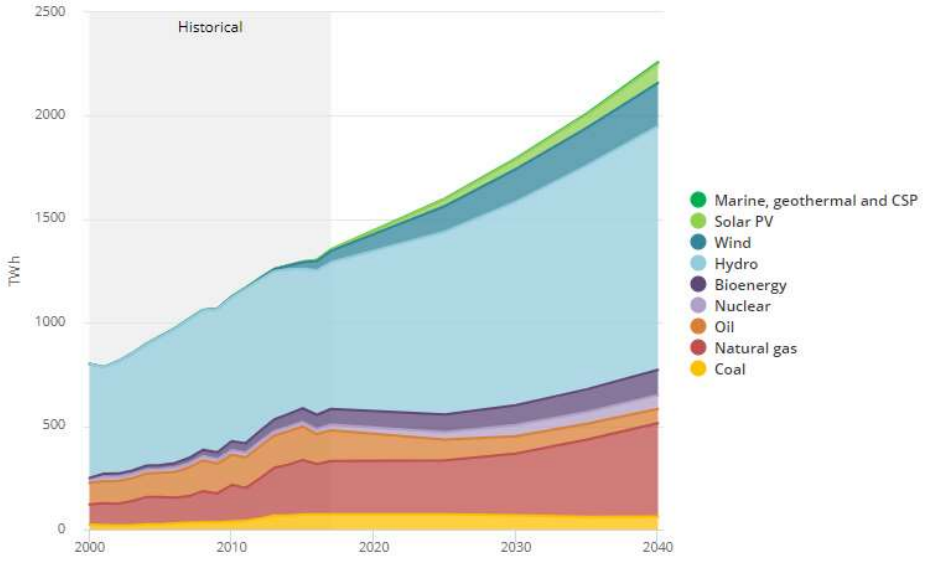
[그림 33] IEA의 NPS 기반 중동 권역 전력 에너지원별 수요 전망

- 아프리카 권역에서는 석탄 발전의 수요가 감소하는 가운데 천연가스, 태양광, 풍력, 수력 수요의 증가가 전망됨



[그림 34] IEA의 NPS 기반 아프리카 권역 전력 에너지원별 수요 전망

- 중남미 권역의 전력 에너지원 수요는 수력이 압도적인 비중으로, 향후에도 이를 유지할 것으로 전망되며 풍력 및 태양광, 천연가스의 수요가 증가할 것으로 예상됨

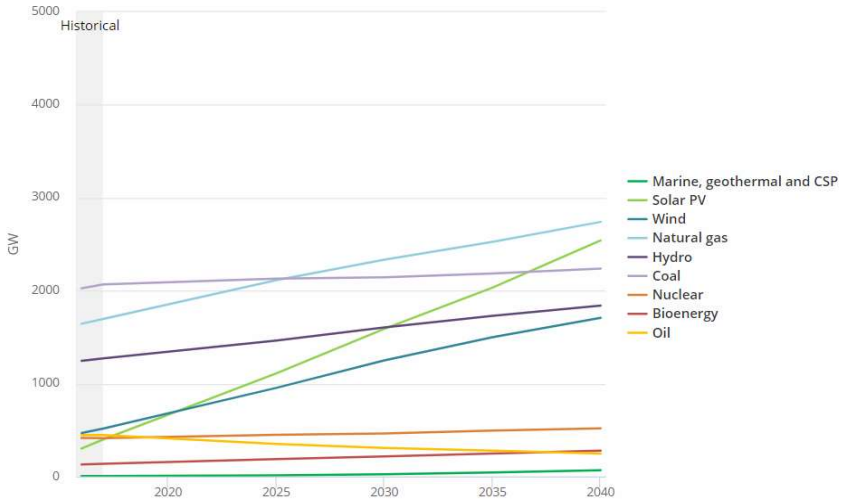


[그림 35] IEA의 NPS 기반 중남미 권역 전력 에너지원별 수요 전망

□ **전력 에너지원별 발전 플랜트 총 발전용량(generation capacity) 추이 분석 결과 태양광과 풍력 발전 플랜트의 발전용량 증가가 예상됨**

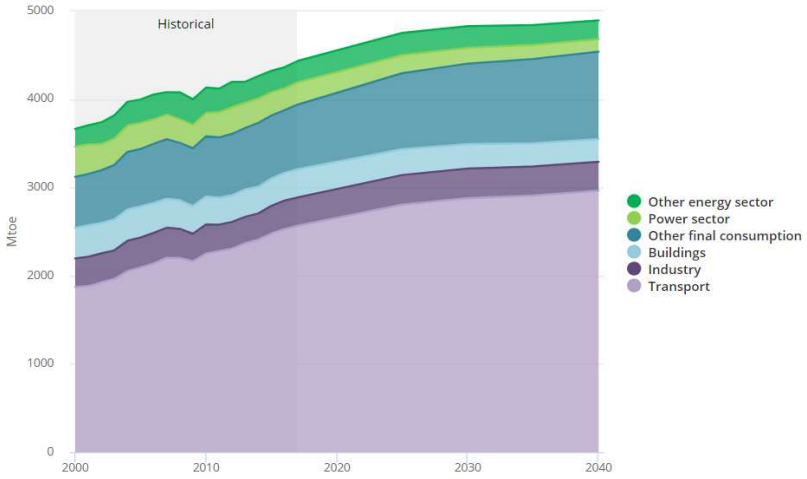
○ 태양광과 풍력의 발전용량이 모두 증가하는 가운데 천연가스 발전 플랜트의 발전용량은 2040년에 가장 높은 비중을 차지할 것으로 전망됨

- 석탄화력 발전소 및 원자력 발전소, 바이오에너지 발전소는 현재의 발전용량을 유지할 것으로 전망됨



[그림 36] IEA의 NPS 기반 전력 에너지원별 발전 플랜트 발전용량 전망

□ **전세계 부문별 석유 수요의 경우 수송 부문이 지속적으로 가장 많은 비중을 차지할 것으로 예상되는 가운데 수송, 최종 소비, 산업 및 에너지원에서의 수요가 지속적으로 유지될 것으로 전망됨**

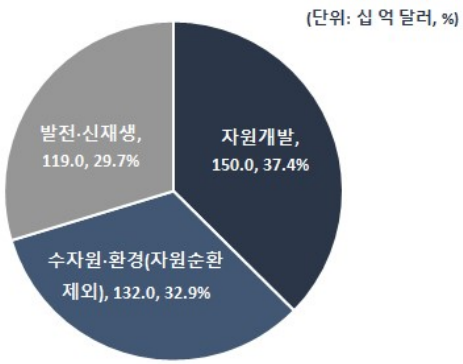


[그림 37] IEA의 NPS 기반 전세계 부문별 석유 수요 전망

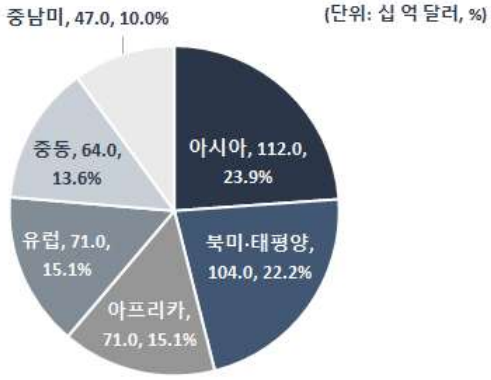
□ **'18년 현재 계획・추진중인 신규 프로젝트 규모로 볼 때, 자원개발 플랜트 프로젝트 비중이 가장 크며, 권역별로는 아시아와 북미・태평양 지역의 비중이 큰 것으로 조사됨[47]**

○ 계획・추진중인 자원개발 플랜트 프로젝트는 약 1,500억달러(37.4%), 수자원・환경 플랜트 프로젝트는 약 1,320억달러(32.9%), 발전・신재생 플랜트 프로젝트는 1,190억달러(29.7%)로 확인됨

○ 아시아지역의 플랜트 프로젝트는 1,120억달러, 북미・태평양지역의 플랜트 프로젝트는 1,040억달러로 전체 46%를 차지하고 있음



[그림 38] 플랜트 신규 프로젝트 분야별 비중



[그림 39] 플랜트 신규 프로젝트 권역별 비중

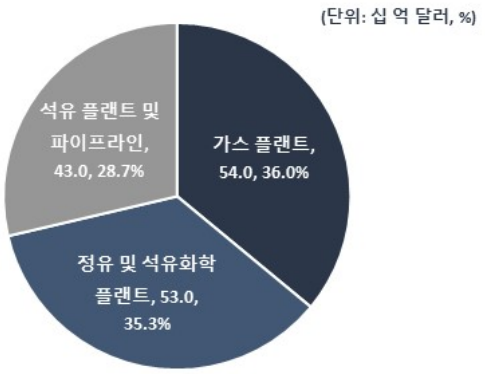
47) Global Data, 2019.

가. 자원개발 플랜트 시장동향 분석

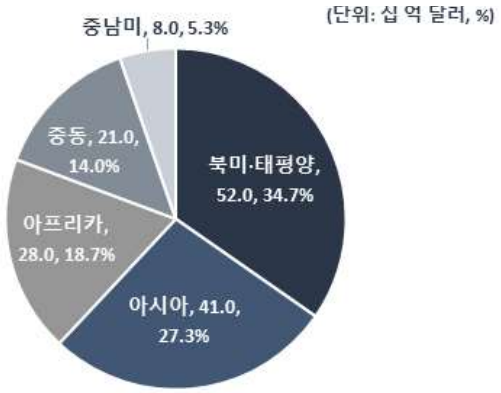
□ **'18년 현재 계획·추진 중인 자원개발 플랜트 중, 가스 플랜트의 비중이 가장 큰 것으로 나타났으며, 권역별로는 북미·태평양 지역의 비중이 가장 큰 것으로 조사됨**

○ 중분류별로 가스 플랜트는 약 540억 달러(36.0%), 정유 및 석유화학 플랜트 약 530억 달러(35.3%), 석유 플랜트 및 파이프라인 약 430억 달러(28.7%)로 확인됨

○ 북미·태평양 지역의 자원개발 플랜트 프로젝트는 약 520억 달러, 아시아 지역의 자원개발 플랜트 프로젝트는 약 410억 달러로 전체의 62.0%를 차지하는 것으로 조사됨

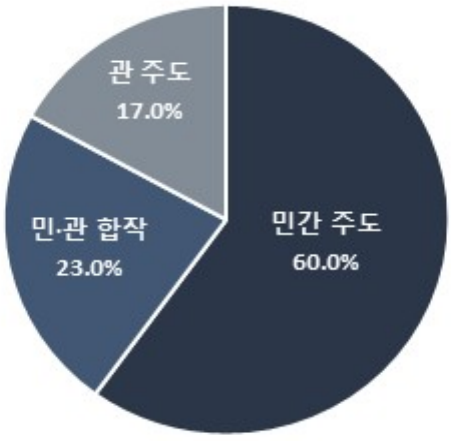


[그림 40] 자원개발 플랜트 신규 프로젝트의 분야별 비중



[그림 41] 자원개발 플랜트 신규 프로젝트의 권역별 비중

□ **투자 주체별로는 민간 투자가 전체의 60%, 민·관 합작이 23%, 관 주도의 투자 비중이 17%로 나타났음**



[그림 42] 자원개발 플랜트 투자 주체별 비중

□ **세부 공종별로는 정유 플랜트 건설 부문이 가장 큰 비중을 차지하였으며 석유화학 플랜트 건설 부문이 근소하게 2위를 차지한 것으로 나타남**

○ 아시아·태평양 지역의 경우 인도, 중국, 말레이시아의 집중적인 투자에 따라 정유화학 플랜트 건설 부문에서 가장 큰 비중을 차지한 것으로 조사됨



[그림 43] 전세계 Oil&Gas 플랜트 프로젝트 세부 공종별 규모(단위 : 백만 달러)

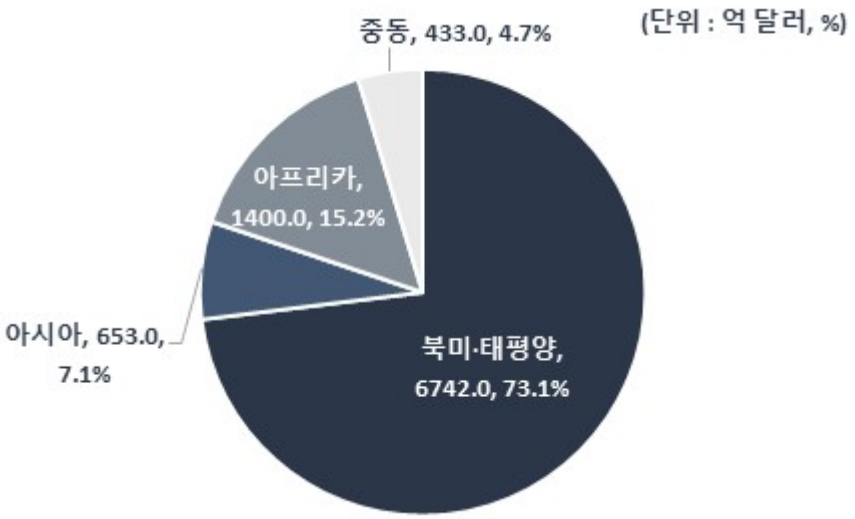
(1) 가스 플랜트

□ **'18년 11월 현재 계획 또는 실행단계에 있는 가스플랜트의 시장규모는 총 9,228.0억 달러로 조사됨[48)]**

○ 권역별로는 북미·태평양지역의 시장규모가 6,742.0억 달러로 전세계 시장의 73.1%를 차지하고 있음

- 이어, 아프리카 지역 1,400.0억 달러, 아시아 지역 653.0억 달러, 중동 지역 433.0억 달러 순으로 시장규모가 큰 것으로 나타났으며, 중남미와 유럽권역에서는 가스 플랜트 시장이 형성되지 않은 것으로 조사됨

48) Global Data, 해외건설협회 제공, 2018.11.



[그림 44] 권역별 가스 플랜트 프로젝트 비중(단위: 억 달러)

<표 20> 권역별 주요 가스 플랜트 프로젝트(`18.11. 기준)

Project name	Country	Sector	Capacity (m3/d)	권역	프로젝트 규모 (US $m)
Gorgon Gas Field Development	Australia	가스	N/A	북미·태평양	54,000
Stewart LNG Terminal	Canada	LNG	N/A	북미·태평양	45,000
Alaska LNG Development	United States	LNG	119,465	북미·태평양	45,000
Ichthys Gas Field Development	Australia	가스	4,412	북미·태평양	37,000
Wheatstone LNG Plant	Australia	LNG	N/A	북미·태평양	34,000
Kitsault LNG Export Facility	Canada	LNG	N/A	북미·태평양	30,396
Lindi Liquefied Natural Gas Plant	Tanzania	LNG	27,572	아프리카	30,000
West Coast LNG Terminal	Canada	LNG	N/A	북미·태평양	30,000
Sarita Bay LNG Export Facility	Canada	LNG	65753	북미·태평양	28,144
Shah Deniz Phase II Gas Field Development	Azerbaijan	가스	16,000	아시아	28,000
Prince Rupert LNG Terminal	Canada	LNG	N/A	북미·태평양	25,000
Port Moresby Esso Highlands PNG LNG Plant	Papua New Guinea	LNG	349,025	북미·태평양	23,000
Saanich Inlet Floating LNG Processing Plant	Canada	LNG	6,904	북미·태평양	22,871
Brass LNG Plant	Nigeria	LNG	N/A	아프리카	20,000
Sabine Pass LNG Terminal Expansion	United States	LNG	N/A	북미·태평양	20,000
Grassy Point LNG Export Facility	Canada	LNG	N/A	북미·태평양	20,000
Aurora LNG Terminal	Canada	LNG	16,543	북미·태평양	20,000
Cameron LNG Export Facility	United States	LNG	N/A	북미·태평양	18,000
Block 61 Gas Field Development	Oman	가스	116,164	북미·태평양	16,000

Project name	Country	Sector	Capacity (m3/d)	권역	프로젝트 규모 (US $m)
Driftwood LNG Terminal	United States	LNG	71,233	북미·태평양	16,000
Freeport LNG Terminal	United States	LNG	N/A	북미·태평양	15,550
Corpus Christi Liquefaction Export Terminal	United States	LNG	15,534	북미·태평양	15,400
Pluto LNG Expansion	Australia	LNG	1,930	북미·태평양	15,000
Northern Australia Offshore Gas Field Development	Australia	LNG	N/A	북미·태평양	15,000
Palma e Mocimboa da Praia Onshore Natural Gas Processing Facility	Mozambique	LNG	N/A	아프리카	15,000
Bonny Island NLNG Train VII	Nigeria	가스	21,918	아프리카	15,000
Kitimat LNG Terminal	Canada	LNG	11,233	북미·태평양	15,000
Al-Fadhili Gas Processing Plant	Saudi Arabia	가스	13,308,918	중동	13,300
Kish Gas Field Development	Iran	가스	N/A	중동	13,000
Zohr Offshore Gas Field Development	Egypt	가스	N/A	아프리카	12,000
West Nile Delta Offshore Gas Field Development – Egypt	Egypt	가스	387,671	아프리카	12,000
Zhundong Coal To Gas Plant	China	SNG	21,917,808	아시아	11,300
Lake Charles Liquefaction Plant Expansion	United States	LNG	9,205	북미·태평양	11,000
Grassroots LNG Liquefaction Facility	United States	LNG	38,601	북미·태평양	11,000
Scarborough FLNG Facility	Australia	LNG	19,178	북미·태평양	10,475
Ca Voi Xanh Offshore Gas Field Development	Vietnam	LNG	N/A	아시아	10,000
Block 1 Offshore LNG Gas Field Development	Tanzania	가스	N/A	아프리카	10,000
Hail and Ghasha Sour Gas Fields Development	UAE	LNG	28,300,000	중동	10,000
Olokola LNG Plant	Nigeria	가스	47,699	아프리카	10,000
Golden Pass LNG Liquefaction Facility	United States	LNG	42,740	북미·태평양	10,000
Port Arthur Liquefaction and Export Terminal	United States	LNG	N/A	북미·태평양	10,000
Jordan Cove LNG Export Terminal	United States	LNG	27,021	북미·태평양	10,000
Goldboro LNG Export Facility	Canada	LNG	27,397	북미·태평양	8,300
Gendalo to Gehem Natural Gas Fields Development	Indonesia	LNG	4,932	아시아	8,000
Tangguh LNG Plant Train III	Indonesia	LNG	10,477	아시아	8,000
Coral Field Area 4 Development	Mozambique	가스	N/A	아프리카	8,000
Onshore Liquefied Natural Gas Plant	Mozambique	LNG	27,572	아프리카	8,000
Pascagoula Gulf LNG Terminal Expansion	United States	LNG	27,572	북미·태평양	8,000
Cambridge Energy Floating LNG	United States	LNG	N/A	북미·태평양	8,000
Lavan Gas Field Development	Iran	가스	36,811,616	중동	7,000
Offshore Floating Natural Gas Liquefaction Plant	United States	LNG	N/A	북미·태평양	7,000
Monkey Island LNG Export Terminal	United States	LNG	N/A	북미·태평양	6,900
Gorgon Gas Field Expansion: Train IV	Australia	가스	14,337	북미·태평양	6,881
Timor Sea Offshore LNG Plant	Australia	LNG	8,272	북미·태평양	6,280

□ **기존 주요 생산지역 외에 북극권, 북극해 연안, 캐나다 내륙 등에서 천연가스 시장이 형성됨[49)]**

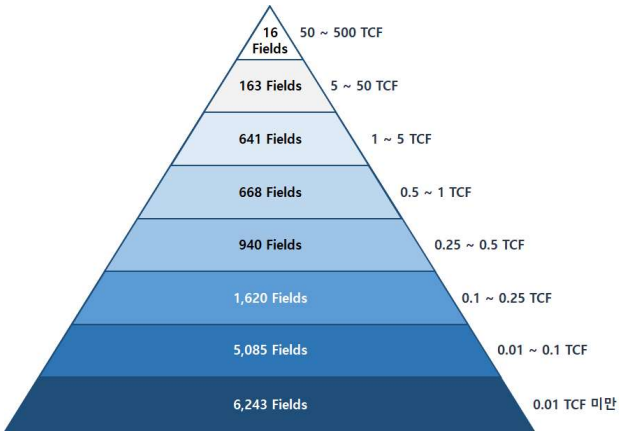
○ 북극해저 시장은 극히 드물며, 러시아 사할린 등 극동지역 내륙지역 쪽으로 개발 시장이 확산되고 있음

○ 러시아 중앙아시아 지역은 그동안 국내기업이 많이 진출하지 못하였으며, 특히 중앙아시아지역은 파이낸싱에 문제가 있음

○ 호주에서도 천연가스 액화에 대한 수요가 있음

□ **소형가스전은 아직 개발이 활성화되지 않은 시장이나 매장된 총자원량은 규모가 매우 큰 편으로, 향후 기술개발에 따라 시장이 커질 것으로 예상되는 유망시장임**

○ 5TCF 이상의 대형가스전은 개소가 179개소이나, 5TCF 미만의 소형가스전은 15,197개소로 총 매장량으로 본다면, 소형가스전의 매장량 규모도 매우 큰 것으로 확인됨[50)]



[그림 45] 가스매장량별 가스전 분포

* 자료 : Syntroleum, IHS Energy

(가) LNG 플랜트

□ **LNG시장의 경우 7개 글로벌 기업이 카르텔을 형성하고 있어 그동안 국내에서 진출하기 어려웠으나, 최근 카르텔이 깨진 상황으로 육상·해상 모두 LNG 개발이 확대될 것으로 전망됨[51)]**

○ 네덜란드의 CBNI가 페루에 진출하면서, 사실상 글로벌 메이저기업의 카르텔이 깨진 상황이며, 육상/해상 모두 개발이 확대될 것으로 전망됨

- 특히 셰일가스 시장이 확대되면서 기존 카르텔 중심의 시장에서 전환됨

49) 전문가 인터뷰, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 1차 분과회의, 2019.6.27.
50) 중소규모 GTL플랜트 실용화 개발에 대한 추가연구 보고, 일본해사협회, 2015.
51) 전문가 인터뷰, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 1차 분과회의, 2019.6.27.

□ LNG 플랜트의 경우 셰일가스 산업의 성장에 따라 동반 성장하는 추세를 보임

○ 셰일가스에서 발생되는 가스의 분리정제 및 LNG로의 액화를 위한 LNG 액화플랜트 산업이 부상하고 있음

○ 중소형 가스전을 소유한 개발도상국에서의 LNG 플랜트 개발 수요가 점차 증가함에 따라 이에 적합한 중소형 LNG 플랜트의 수요가 확대되고 있음

- 과거에는 규모의 경제 논리에 기반하여 전체 가스전의 2%에 불과한 대형 가스전에서만 LNG 플랜트가 건설되어 운영되었으나 최근에는 기술의 발전에 따라 중소형 가스전에서도 LNG 플랜트가 적극적으로 운영되고 있음

- 인도네시아의 경우 그동안 대부분의 천연가스를 수출해 왔으나, 최근에는 자국 내 사용을 위한 액화설비 구축 프로젝트를 진행 중임

  • 인도네시아 정부는 '15년부터 중소규모 LNG 액화설비 도입과 부유식 가스저장 기화설비 도입 등을 적극적으로 추진 중임

□ LNG 플랜트 시장은 업스트림 분야의 자금 경색으로 수십 억 달러 규모의 대형 프로젝트 추진이 어려워 소형·모듈러·단기 사이클 프로젝트를 선호하는 경향을 보이고 있음[52)]

○ 2014-2015년 간 LNG 설비 투자는 연 350억불 수준이었으나 2017년도에는 약 200억불에 불과하였고, 2018년도 투자액도 180억불로 감소가 예상됨

○ 장기적으로 가스 수요 및 글로벌 LNG 교역량이 증가할 것으로 전망되나, 신규 프로젝트 진행이 더디어 짐에 따라 2019년 내에 신규 프로젝트의 FID가 없을 경우 2023년도 LNG 시장은 위축될 우려가 있음

- 2010년도 초반에 승인된(주로 미국, 호주에서 진행) 일단의 대규모 프로젝트들이 완료되면서 FID가 감소하였으며 이후 2년 간 LNG 설비투자가 미진하였음

- 다만 중국의 경우 대기오염 감축을 위해 석탄에서 가스로 전력원을 변환 중이며 유럽과 한국에서도 수입량이 증가하고 있음

○ 소형 LNG시장은 '19년 63.5억달러에서 '24년 104.0억달러로 연평균 10.4%의 증가율로 성장 전망[53)]

52) World Energy Outlook 2018, IEA, 2018.
53) Market Watch, 2019

□ LNG시장은 Big-size, Base Load, Peak Load로 구분되는 가운데, Base Load 시장은 최근 Buyer시장으로 전환되고 있음[54)]

○ Peak Load 시장은 프로젝트 규모가 매우 작고, 진입장벽이 낮아 중국에서 많이 참여하고 있으나, 국내 입장에서는 매력도가 낮아 진출하지 않고 있음

○ Base Load 시장에서는 통상적으로 20년간 생산물 운영권(off take)계약이 추진되며, 계약이 완료되어야 은행에서 대출을 받아 사업추진이 가능하며, 미국을 제외한 LNG 플랜트는 Buyer시장임

- 대표적인 Base Load 시장인 러시아의 야말과 호주의 익투스 프로젝트의 경우 각각 생산물 운영권 지분의 40%와 60%를 일본의 도쿄가스, 도요가스, 사할린가스, 간사이가스가 차지하였으며, 메이저 기업인 Shell에 우선하여 일본의 치요다, JGC가 수행함

○ Base Load 시장은 20년간 운영을 해야 하는 상황으로 증명된 기술이 아니면 구매가 이루어지기 어려운 시장임

□ LNG 발전 플랜트의 증가 추세에 맞추어 LNG Import Terminal 시장이 함께 확대될 것으로 전망됨[55)]

○ 북미지역의 셰일가스 개발에 따른 가스공급 과잉 해소를 위해 적극적인 수출전략을 펼치고 있으며, 이에 따른 LNG 플랜트 및 터미널 건설 프로젝트가 꾸준히 진행될 전망임[56)]

○ LNG Terminal은 국내기업 진출이 가능하나, 진입장벽 자체가 높지 않아 수익성이 높지 않은 시장임[57)]

- LNG Terminal 분야는 국내 역량이 높은 것으로 평가되고 있으나, 국내에서 사업을 많이 수행하고 있지는 않으며, 유럽기업들이 LNG Import Terminal부터 진입을 시도하고 있음

54) 전문가 인터뷰, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 1차 분과회의, 2019.6.27.
55) 전문가 인터뷰, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 1차 분과회의, 2019.6.27.
56) 에너지산업 산업기술R&BD 전략, 산업통상자원부, 2019.1.
57) 전문가 인터뷰, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 1차 분과회의, 2019.6.27.

(나) 치밀・셰일가스 플랜트

□ **기존 전통가스는 중동, 러시아를 중심으로 독점되어 있으나, 셰일가스를 포함하는 비전통가스는 미국, 중국, 유럽 등에 고르게 분포해 있어 향후 이들 국가를 중심으로 셰일가스공급이 확대될 것으로 보임**

○ 중동·러시아에 집중되어 있는 전통가스와 달리 셰일가스는 미국을 포함하여 전세계에 상대적으로 고르게 분포함[58)]

- 셰일가스의 가채매장량은 1,500억톤(LNG 환산기준)으로, 전 세계가 약 60년간 사용 가능한 규모임

<표 21> 전세계 셰일가스 가채매장량 및 비중

국가명	전통가스		셰일가스	
	확인매장량(백만톤)	비중(%)	가채매장량(백만톤)	비중(%)
미국/캐나다	7,753	6	23,736	16
중 국	2,291	2	23,216	15
남 미	5,621	4	41,122	27
아프리카	10,729	8	8,120	5
유 럽	18,859	14	12,451	8
중 동	59,571	43	20,884	14
러시아	24,360	17	5,976	4
기 타	9,406	6	14,429	10
합 계	138,590	100	149,934	100

* 자료: (BP, '13) Statistical Review of World Energy, (EIA, '13) Technically recoverable shale oil and shale gas resources

○ 셰일가스 생산량의 급속 증가로 기존의 중동・러시아 중심의 국제 가스 공급구조가 재편되고 있는 것으로 평가됨[59)]

- 국제에너지기구(IEA)는 매장량이 풍부한 셰일가스가 북미를 중심으로 본격 개발되면서 천연가스 황금시대가 도래할 것으로 전망함

- 천연가스시장 주도권이 전통가스 수출주도국인 중동국과 러시아에서 미국, 중국, 유럽 등 셰일가스 보유국으로 이동할 것으로 예측됨

○ '18년 하반기 기준, 저유가 시기(50달러/배럴)가 종료했다는 기대감 상승과 함께 미국 석유 업스트림 부문 M&A가 셰일자원 중심으로 활발해지고 있음[60)]

58) 제5차 해외자원개발 기본계획(안), 산업통상자원부, 2014.09
59) 제5차 해외자원개발 기본계획(안), 산업통상자원부, 2014.09
60) 한국수출입은행 석유 가스 등 에너지 시장 분기보고서, 2019.

- 1분기에 87억 달러, 2분기 211억 달러의 M&A가 성사됨

- 일본 Osaka Gas, Sumitomo, 태국 최대 광물기업 Kalnin등이 셰일 자산을 매입함

□ **치밀·셰일가스 시장은 시장 주기가 짧은 wild cat시장이며, 미국에서도 player 규모가 작은 시장으로, 우리가 진출하기 힘든 시장으로 분석됨[61)]**

○ 치밀/셰일 플랜트는 유가와 연동되어 있으나 미국이 통제하고 있는 시장임

○ 현재시점에서는 셰일가스 이외의 치밀가스는 채산성이 낮아 시장형성 가능성이 높지 않음

- 비전통가스로 이미 셰일가스 시장이 형성된 상황에서 매장량이 풍부한 셰일가스보다 채산성이 낮은 치밀가스의 개발가능성은 낮음

○ 국내 기업 진입관점에서 fracturing, 수평탐사/시추, 물사용을 하지 않는 탐사/시추 등의 요소기술을 확보하더라도, 생산시장으로의 진출은 어려운 것으로 분석됨

- 조사나 탐사분야는 영미권 기업이 아니면 진출하기 어려움

- 개발된 가스나 석유를 정제 가공하는 미들/다운스트림 부분은 진출할 여지가 있음

(다) 석탄층 메탄가스화 플랜트

□ **석탄층 메탄가스화는 호주, 중국, 남미에 존재하며, 셰일가스에 비해 채산성이 낮으므로 셰일가스가 개발된 이후에는 개발 필요성이 낮아짐[62)]**

○ 석탄 메탄가스는 CO2 발생의 문제를 내포하고 있으며, Solid Bed로 매장량 평가가 어려워 투자가 쉽지 않음

○ 아직까지 중국에서 석탄은 보편적인 원료이며, CO2에 대한 문제가 해소될 경우에 향후 시장 확대가 예상됨

- 중국정부는 '20년까지 CBM 420Bcm 확보, 셰일가스 1,000Bcm 신규 확보를 목표로, 누계 확인매장량 규모를 CBM 1,000Bcm, 셰일가스 1,500Bcm 수준으로 확대하고자 함

61) 전문가 인터뷰, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 1차 분과회의, 2019.6.27.
62) 전문가 인터뷰, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 1차 분과회의, 2019.6.27.

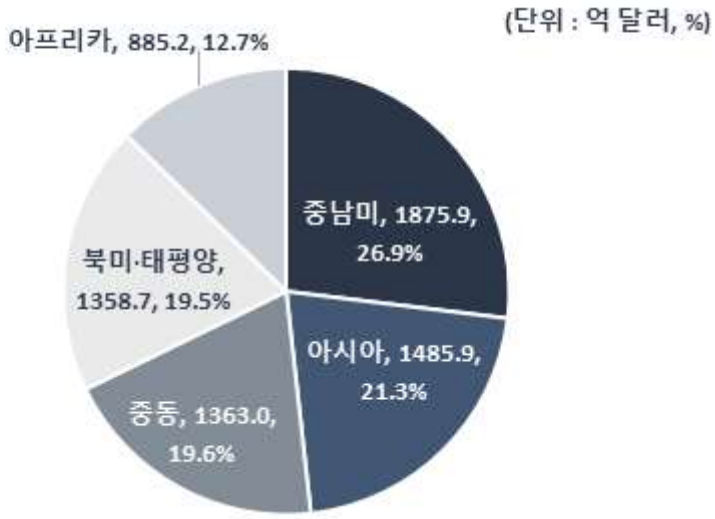
(2) 석유 플랜트 및 극지자원개발·파이프라인

□ **'18년 11월 현재 계획 또는 실행단계에 있는 석유 플랜트의 시장규모는 총 6,968.7억 달러임[63]**

○ 권역별로는 중남미 지역의 시장규모가 1,875.9억 달러로 전세계 시장의 26.9%를 차지하고 있음

- 이어, 아프리카 지역 1,588.2억 달러, 아시아 1,485.9억 달러, 북미·태평양 1,358.7억 달러, 중동 지역 660.0억 달러 순으로 조사됨

  • 유럽 지역에서의 신규 석유플랜트 프로젝트는 확인되지 않음



[그림 46] 권역별 석유 플랜트 프로젝트 비중(단위: 억 달러)

<표 22> 권역별 주요 석유 플랜트 프로젝트(`18.11. 기준)

Project name	Country	Sector	Capacity (m3/d)	권역	프로젝트 규모 (US $m)
Libra Offshore Oil Field Development	Brazil	석유	28,800	중남미	80,000
Malaysia to South Korea Trans Oriental Gas Pipeline	Malaysia	Pipeline	N/A	아시아	50,000
Lula oil field (ex-Tupi) Development	Brazil	석유	44,800	중남미	50,000
Tengiz Oil Field Future Growth Development	Kazakhstan	석유	33,086	아시아	36,800
Bonga Field Extension	Nigeria	석유	400,000	아프리카	33,000
Kearl Oil Sands Development	Canada	오일샌드	N/A	북미·태평양	32,000
Majnoon Full Field Expansion	Iraq	석유	64,000	중동	30,000
Heavy Crude Oil Production	Venezuela	석유	32,000	중남미	20,000

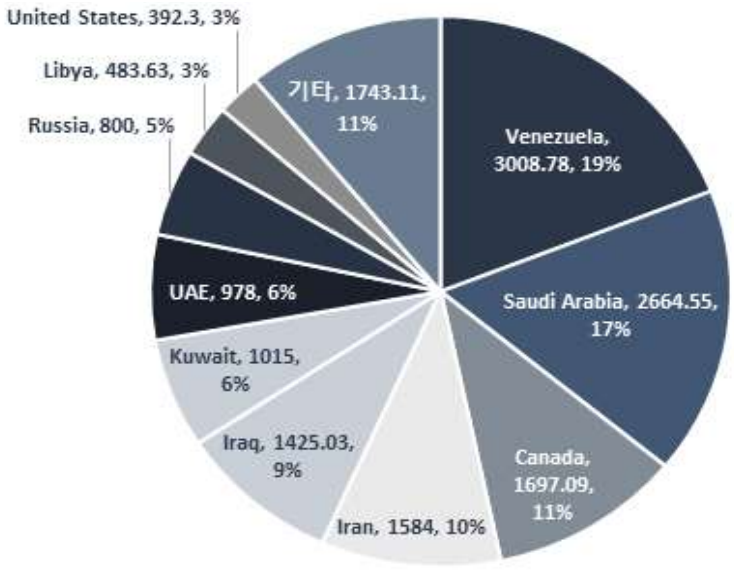
63) Global Data, 해외건설협회 제공, 2018.11.

Project name	Country	Sector	Capacity (m3/d)	권역	프로젝트 규모 (US $m)
Basra to Aqaba Oil Pipeline	Iraq	Pipeline	N/A	중동	18,000
Az Zubair Oil Field Redevelopment	Iraq	석유	N/A	중동	18,000
Liza Deepwater Oil Field Development	Guyana	석유	N/A	중남미	18,000
Fort Hills Mine Oil Sands Development	Canada	오일샌드	28,800	북미·태평양	17,000
Block 32 Kaombo Oil Field Development	Angola	석유	N/A	아프리카	16,000
Sino-Russian Eastern Route Gas pipeline (Power of Siberia): China Section (Heihe to Shanghai)	China	Pipeline	N/A	아시아	15,000
Egina Offshore Field Development	Nigeria	석유	23,848	아프리카	15,000
Edmonton to Prince Rupert Oil Pipeline	Canada	Pipeline	317,975	북미·태평양	14,000
Mackenzie Valley Pipeline	Canada	Pipeline	N/A	북미·태평양	12,385
Tsentralnoye Offshore Field Development	Kazakhstan	석유	N/A	아시아	12,000
Carcara Offshore Oil Field Development	Brazil	석유	N/A	중남미	12,000
Bul Hanine Offshore Oilfield Redevelopment	Qatar	석유	14,400	중동	11,000
White Stream Natural Gas Pipeline	Azerbaijan	Pipeline	87,671,233	아시아	10,000
TAPI Gas Pipeline Development	Turkmenistan	Pipeline	N/A	아시아	10,000
Yadavaran Oil Field Development	Iran	석유	90,400	중동	10,000
Halfaya Oilfield Development	Iraq	석유	64,000	중동	10,000
Upper Zakum Full Field Development	UAE	석유	39,781	중동	10,000
Alaska Stand Alone Pipeline Development	United States	Pipeline	14,126,082	북미·태평양	10,000
Midstream Pipeline Network Extension	Algeria	Pipeline	N/A	아프리카	8,620
Trans-Anatolian Gas Pipeline	Azerbaijan	Pipeline	43,835,616	아시아	8,600
Appomattox Offshore Oil Field Development	United States	석유	28,000	북미·태평양	8,500
Azadegan Oil Field Development	Iran	석유	24,000	중동	8,000
EA-1 and EA-1A Oil Field Development	Uganda	석유	N/A	아프리카	8,000
Keystone XL Pipeline	Canada	Pipeline	127,178	북미·태평양	8,000
Cape Three Points Integrated Oil and Gas Development	Ghana	석유	N/A	아프리카	7,900
Bacia de Santos Oil Drilling Rigs Development	Brazil	석유	N/A	중남미	7,594
Iran to Pakistan (IP) Gas Pipeline	Iran	Pipeline	N/A	중동	7,500
Westcoast Connector Gas Transmission	Canada	Pipeline	118,930,756	북미·태평양	7,500
Pacific Connector Gas Pipeline	United States	Pipeline	N/A	북미·태평양	7,300
Line 3 Pipeline Replacement	Canada	Pipeline	120,822	북미·태평양	7,176
Lower Fars Heavy Oil Field Development	Kuwait	석유	9,600	중동	7,000
Assalouyeh to Bazargan Gas Pipeline	Iran	Pipeline	N/A	중동	6,800
Azerbaijan to Romania Interconnector	Georgia	Pipeline	19,178,082	아시아	6,190
Trans Mountain Pipeline Expansion	Canada	Pipeline	69,233	북미·태평양	6,005
Christina Lake Oil Sands Plant Phase III	Canada	오일샌드	24,000	북미·태평양	6,000

(가) 오일샌드 플랜트

□ **세계 오일샌드 매장량은 1조 8,800억 bbl 이상으로 추정되며 전체 매장량의 절반을 보유한 베네수엘라, 사우디아라비아, 캐나다 등에서 오일샌드 플랜트 건설 수요가 발생할 것으로 전망됨[64)]**

○ 국가별 오일샌드 매장량은 베네수엘라 3,008.8억 배럴, 사우디아라비아 2,644.6억 배럴, 캐나다 1697.1억 배럴로 추정됨



[그림 47] 오일샌드 매장 국가 Top 20 국가별 매장량 분포 (단위 : 십억bbl)

* 자료 : World Atlas, US EIA, 2017.

□ **현재 캐나다 극한지역에서 오일샌드 생산이 가장 활발하며, 생산량 증가 가능성이 매우 높아 시장 진출의 적기로 판단됨**

○ 캐나다는 전세계 오일샌드 매장량 3위 국가로 추정 매장량이 1,697억 배럴이며, 지속적으로 신규프로젝트가 추진되고 있어 시장진출이 가능할 것으로 분석됨

□ **오일샌드는 그동안 파이프라인 문제로 새로운 프로젝트 추진이 어려울 것으로 전망되었으나, 최근 파이프라인 문제가 해소되어 장기적으로는 긍정적인 시장으로 분석됨[65)]**

○ SK건설에서 캐나다 프로젝트를 추진했었으나, 내륙-바다, 캐나다-미국 간 이송 파이프라인 문제가 걸림돌로 작용하였음[66)]

64) Are WE Entering a Golden Age of Gas, IEA/OECD, 2011
65) 전문가 인터뷰, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 1차 분과회의, 2019.6.27.
66) 캐나다 에너지산업, KOTRA, 2019. 6.

- 운영중인 주요 파이프라인의 처리용량은 총 400만b/d이며, 정기유지보수 등에 따른 송유관 운영중단 기간을 고려할 경우 실제 운송가능 용량은 약 330만b/d임

- 2017년 서부지역 원유생산량은 약 390만b/d로 이미 송유관 수송용량을 초과하고 있으며, 환경단체 및 지역 주민들의 반발로 송유관 건설 착공이 지연되거나 무산되고 있었음

- 현재는 시장이 본격화되지는 않았으나, 송유관 관련 문제가 해소되면서 개발권 협상 등이 이루어질 것으로 보임

○ 베네수엘라의 오리노코 프로젝트가 진행되면 향후 10년간은 프로젝트가 추진되기 어려울 것으로 전망됨

- 오일샌드는 중질유 계통으로 중미권의 정치적 안정화가 이루어진다면, 중남미 권역에서의 개발시장도 커질 것으로 예상됨

- 오리노코는 황성분이 많아 황성분 처리기술이 요구됨

(나) 극지 자원개발 플랜트

□ **전 세계 미 발견 석유자원의 43%, 가스자원의 58%가 영구동토를 포함한 극한지에 매장되어 있는 것으로 분석됨[67]**

○ 그린란드 영해에는 원유 48 Bbbl, 서부 그린란드와 동부캐나다 사이의 지역에는 원유 7.3 Bbbl, 천연가스 52 Tcf가 부존하는 것으로 추정됨[68]

(다) 파이프라인

□ **가스수요의 지속적 증가, 비전통 자원 사용 증대로 비전통 자원이 풍부하게 매장된 극한지와 수요 도시를 연결하는 자원이송망 건설사업이 추진되고 있음**

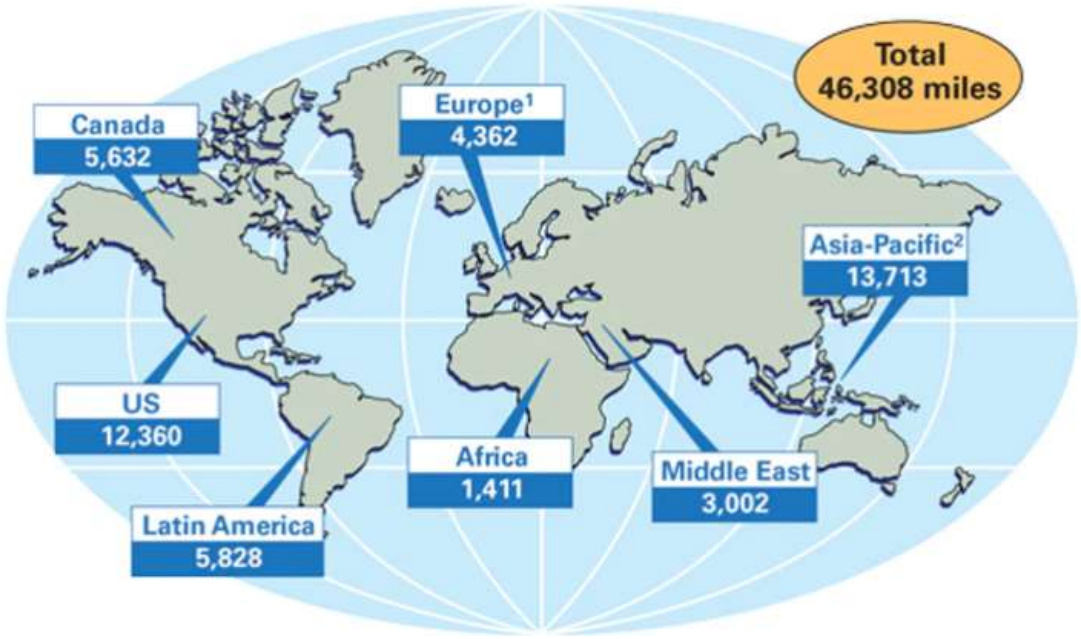
○ '16년 기준 전세계적으로 건설 중이거나 계획이 수립된 파이프라인은 74,525km 규모로 조사됨[69]

- 북미 지역에 건설될 파이프라인 연장은 총 28,955.2km로 권역별 건설 예정 파이프라인 규모가 가장 큰 것으로 나타남

67) United States Geological Survey, 2012
68) 북극 석유자원개발과 해양플랜트 산업의 현황 및 전망, 한국자원공학학회지 2018.
69) Near-term pipeline construction strong, OIL & GAS Journal, 2016.2.1.

- 이어서 아시아·태평양 지역 22,068.9km, 중남미 지역 9,379.2km, 유럽 지역 7,019.9km로 조사됨

  • ‘16년도의 파이프라인 건설 규모는 전년도 대비 64% 증가한 것으로 극지방에서의 천연가스 채굴 프로젝트 증가에 따라 향후에도 캐나다 및 동유럽 지역의 수요가 증가할 것으로 전망됨



[그림 48] 자원이송망 건설 및 계획현황

* 자료 : Near-term pipeline construction strong, OIL & GAS Journal, 2016.2.1.

□ **‘18년 기준 사업 규모 상위 5위권의 파이프라인 프로젝트는 말레이시아, 이라크, 중국, 캐나다에서 수행 중임**

○ 캐나다의 경우 상위 19개 프로젝트 중 6개를 차지하고 있어 가장 비중이 높은 것으로 나타남

○ 북미 이외에도 러시아에서 유럽으로 이송되는 파이프라인 시장 또한 매우 큰 것으로 파악됨[70)]

- 중동지역의 해저 파이프라인도 검토 중인 가운데 파이프라인 시장은 주로 유럽계 건설사에서 진출하고 있음

○ 복수의 국가가 통과하는 파이프라인 사업은 정치적 요인 등 통제되기 어려운 외부요인들이 많아 사업에 어려움이 있을 수 있음

70) 전문가 인터뷰, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 1차 분과회의, 2019.6.27.

<표 23> 전세계 주요 파이프라인 프로젝트(출처 : Project Insight, Global Data, 2018.2.)

프로젝트 명칭	국가	사업 단계	사업 규모(조 원)
Malaysia to South Korea Trans Oriental Gas Pipeline	Malaysia	Planning	58.21
Basra to Aqaba Oil Pipeline	Iraq	Pre-execution	20.96
Sino-Russian Eastern Route Gas pipeline (Power of Siberia): China Section (Heihe to Shanghai)	China	Execution	17.46
Edmonton to Prince Rupert Oil Pipeline	Canada	Pre-execution	16.30
Mackenzie Valley Pipeline	Canada	Planning	14.42
White Stream Natural Gas Pipeline	Azerbaijan	Pre-planning	11.64
Bontang Oil Refinery	Indonesia	Pre-planning	11.64
TAPI Gas Pipeline Development	Turkmenistan	Execution	11.64
Alaska Stand Alone Pipeline Development	United States	Planning	11.64
Midstream Pipeline Network Extension	Algeria	Execution	10.04
Trans-Anatolian Gas Pipeline	Azerbaijan	Execution	10.01
Keystone XL Pipeline	Canada	Planning	9.31
Iran to Pakistan (IP) Gas Pipeline	Iran	Execution	8.73
Westcoast Connector Gas Transmission	Canada	Planning	8.73
Pacific Connector Gas Pipeline	United States	Planning	8.50
Line 3 Pipeline Replacement	Canada	Execution	8.35
Assalouyeh to Bazargan Gas Pipeline	Iran	Execution	7.92
Azerbaijan to Romania Interconnector	Georgia	Planning	7.21
Trans Mountain Pipeline Expansion	Canada	Pre-execution	6.99

(3) 정유 및 석유화학 플랜트

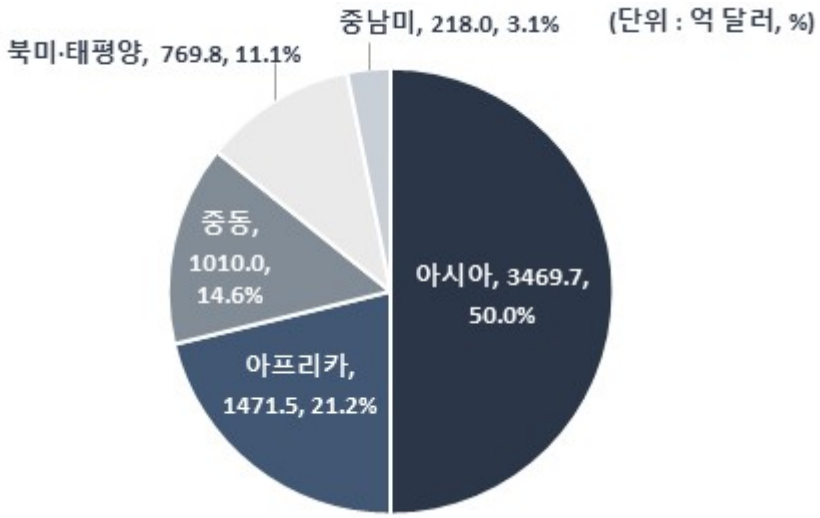
□ **'18년 기준 계획 또는 실행단계에 있는 정유 및 석유화학 플랜트의 시장규모는 총 6,939.03억 달러로 조사됨[71]**

○ 권역별로는 아시아 지역의 시장규모가 3,469.7억 달러로 전세계 시장의 50%를 차지하고 있음

- 아프리카 1,471.5억 달러, 중동 1,010.0억 달러, 북미・태평양 769.8억 달러, 중남미 지역 218.0억 달러 순으로 시장규모가 큰 것으로 나타남

○ 사업 규모 상위 5위권의 프로젝트는 인도, 나이지리아, 말레이시아, 오만, 캐나다에서 수행되고 있는 것으로 분석됨

71) Global Data, 해외건설협회 제공, 2018.11.



[그림 49] 권역별 정유 및 석유화학 플랜트 프로젝트 비중(단위: 억 달러)

<표 24> 권역별 주요 정유 및 석유화학 플랜트 프로젝트(`18.11. 기준)

Project name	Country	Sector	Capacity (m3 per day)	권역	프로젝트 규모 (US $m)
Babulwadi Oil Refinery	India	정유	165,432	아시아	41,926
Oporoma Oil Refinery	Nigeria	정유	41,192	아프리카	30,000
Pengerang Refinery and Petrochemicals Integrated Development	Malaysia	정유화학	25,268	아시아	27,000
Duqm Refinery and Petrochemical Complex	Oman	석유화학	N/A	중동	25,000
Kitimat Clean Refinery	Canada	정유	88,000	북미·태평양	22,000
Sturgeon County Bitumen Upgrader	Canada	석유화학	23,836	북미·태평양	21,579
Karachaganak Oil Processing Complex Expansion: Phase III	Kazakhstan	정유	N/A	아시아	20,000
Sultan Abdul Halim Refinery Complex	Malaysia	정유	402,550	아시아	20,000
Oil Refinery Complex	Philippines	정유	40,000	아시아	20,000
Yanbu Integrated Refinery & Petrochemicals Complex	Saudi Arabia	정유화학	64,000	중동	20,000
Lagos Lekki Free Trade Zone Integrated Refinery/Petrochemical and Fertilizer Complex	Nigeria	정유화학	114,422	아프리카	18,000
Al Zour Refinery Expansion	Kuwait	정유	128,000	중동	16,000
Mthombo Crude Oil Refinery	South Africa	정유	48,000	아프리카	15,254
Zhengzhou Gulei Oil Refinery	China	정유	47,424	아시아	15,000
Sual Kampac Energy City	Philippines	정유	164,110	아시아	15,000
Oil & Gas Processing and Petrochemical Complex	Azerbaijan	석유화학	13,695	아시아	15,000
Basra Refinery Upgrade	Iraq	정유	33,600	중동	15,000
Tuban Grass Root Oil Refinery	Indonesia	정유	48,000	아시아	14,000
Prince Rupert Bitumen Refinery	Canada	정유	14,000	북미·태평양	14,000
Clean Fuel Refineries Upgrade	Kuwait	정유	N/A	중동	14,000
Eloy Alfaro Pacific Refinery and Petrochemical Complex Development	Ecuador	석유화학	32,000	중남미	13,000
Jamnagar Petrochemical Complex Expansion	India	석유화학	13,372	아시아	12,800
Kribi Oil Refinery	Cameroon	정유	N/A	아프리카	12,000
Dalian Crude Oil Refinery and Petrochemical Complex	China	정유화학	55,144	아시아	11,532
Al Shaheen Refinery	Qatar	정유	40,000	중동	11,000
Bontang Oil Refinery	Indonesia	정유	N/A	아시아	10,000
Caojing Refinery and Petrochemical Complex	China	정유화학	2,757	아시아	10,000
Walvis Bay Oil Refinery	Namibia	정유	N/A	아프리카	10,000

Project name	Country	Sector	Capacity (m3 per day)	권역	프로젝트 규모 (US $m)
Portland Petrochemical Plant	United States	석유화학	N/A	북미·태평양	10,000
Jask Oil Refinery	Iran	정유	48,000	아프리카	10,000
Ras Tanura Refinery Expansion	Saudi Arabia	정유	N/A	아프리카	10,000
Jazan Economic City: Industrial Zone	Saudi Arabia	정유	64,000	아프리카	10,000
Jieyang Oil Refinery	China	정유	64,000	아시아	9,800
Ethylene Production Plant	United States	석유화학	6,617	북미·태평양	9,400
Petrochemical Complex Phase II Expansion	Saudi Arabia	석유화학	1,654	아프리카	9,100
Nghi Son Refinery and Petrochemical Complex	Vietnam	정유화학	52,880	아시아	9,000
West Indonesia Oil Refinery II	Indonesia	정유	48,000	아시아	9,000
Huizhou Refinery Development	China	정유	33,086	아시아	8,846
Puerto La Cruz Refinery Upgradation	Venezuela	정유	N/A	중남미	8,800
Namibe Oil Refinery	Angola	정유	N/A	아프리카	8,500
Java Oil Refinery Development	Indonesia	정유	16,000	아시아	8,400
Nam Van Phong Refinery	Vietnam	정유	27,572	아시아	8,000
Pulau Muara Besar Integrated Refinery & Petrochemical Complex	Brunei	정유화학	135,847	아시아	7,700
West Java Oil Refinery	Indonesia	정유	24,000	아시아	7,500
Ain Sokhna Tahrir Petrochemical Complex	Egypt	석유화학	10,395	아프리카	7,300
Kakinada Petrochemical Plant	India	석유화학	41,358	아시아	7,129
Riau Oil Refinery	Indonesia	정유	N/A	아시아	7,000
Oil Refinery and Petrochemical Complex	Oman	정유화학	40,000	아프리카	7,000
Quanzhou Oil Refinery Expansion	China	정유	9,600	아시아	6,800
Cochin Port Outer Harbour Oil Refinery and Trading Hub	India	정유	55,144	아시아	6,700
Karabatan Integrated Gas Chemical Complex Development	Kazakhstan	석유화학	N/A	아시아	6,300
Atyrau Gas Chemical Complex	Kazakhstan	석유화학	N/A	아시아	6,300
Barmer Oil Refinery	India	정유	24,815	아시아	6,237

(가) 정유 플랜트

□ **정유플랜트는 공급과잉 상태가 지속될 전망이나, 기존 시설 개선공사에 대한 수요는 증가할 것으로 전망됨[72)]**

○ 최근 2~3년 동안 중동, 중국, 미국에서 꾸준히 설비가 증설되어 상당기간 구조적인 공급과잉 상태가 지속될 것으로 전망됨[73)]

- 특히 대체에너지 등의 개발이 활발히 이루어지고 있어, 인구증가에도 석유기반 발전플랜트 수요는 감소하고 있어 정유플랜트 신규 발주에 영향을 주고 있음

○ 환경규제 및 소비자 선호도 변화에 대응하기 위해 품질 향상을 위한 플랜트 개선공사의 수요가 증가할 전망

- 유럽은 노후화된 저효율 정유 설비들을 가동 중지하거나 폐쇄하는 경향임

72) 에너지산업 산업기술R&BD 전략, 산업통상자원부, 2019.
73) 전문가 인터뷰, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 1차 분과회의, 2019.6.27.

(나) 석유화학 플랜트

□ **전세계 석유화학 분야 설비 투자액은 2017년에는 약 170억 달러, 2018년도에는 200억 달러로 15% 증가하였으며 정유와 석유화학 설비의 통합이 활발하게 진행 중임[74)]**

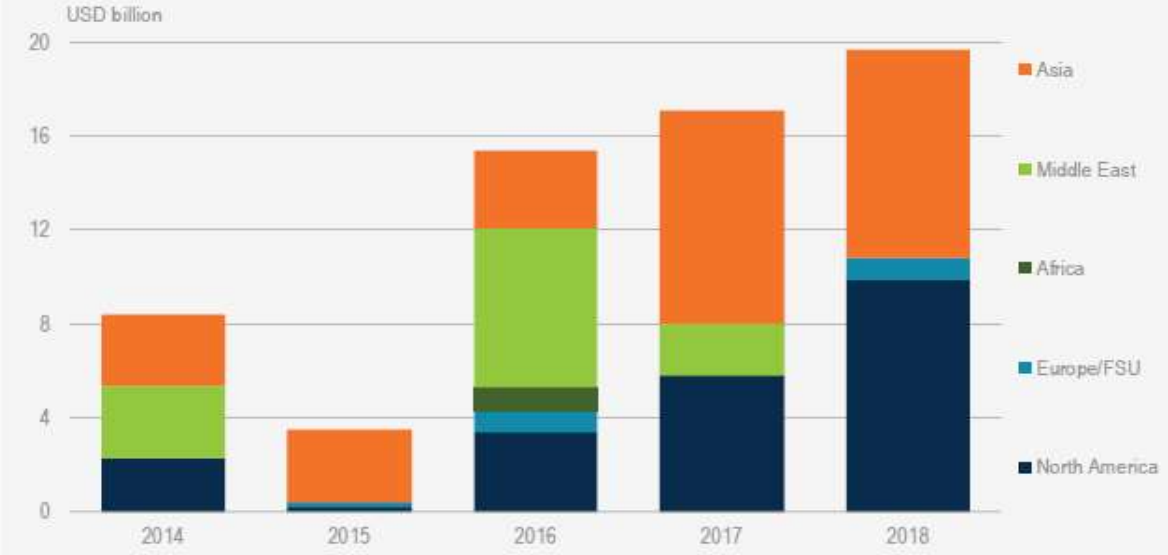
○ 2016년, 2017년에는 아시아 및 중동 지역 주도로 석유화학 투자가 이루어졌으나, 2018년에는 북미지역의 석유화학 투자 비중이 가장 큰 것으로 분석됨

- 아시아에서는 정유설비와 석유화학설비의 통합이 활발하게 이뤄지고 있으며 중국의 경우, 정유설비의 3/4에서 에틸렌 생산 석유화학설비가 결합되어 있음

- 미국의 경우 셰일 오일에서 저렴하게 에탄올 생산이 가능하여 석유 화학 제품의 수익성이 향상되고 있으므로, 석유화학 플랜트에 대한 지속적인 투자가 이뤄질 것으로 전망됨

  • 오일 메이저들은 미국에 에탄올 생산 석유화학설비를 건설 및 운영 중임

[그림 50] 권역별 석유화학 분야 투자 추이



□ **중동 지역 국가들은 국제유가의 하락에 따른 석유제품 경쟁력 강화를 위해 고부가가치 석유화학 제품의 생산 확대를 추진함[75)]**

○ 사우디아라비아, UAE, 쿠웨이트 등 주요 산유국들은 국내 수요가 제한적인 석유정제 대신 고부가가치 수출용 석유화학 제품의 생산 다각화에 집중적으로 투자할 계획임

74) World Energy Outlook 2018, IEA, 2018.
75) 국제유가 등락이 중동지역 프로젝트 발주 및 수주에 미치는 영향, K-BUILD 저널, 2019.2.

○ 생산성 확대 및 효율성 증진을 위해 주요 산유국들은 기존 정유 플랜트와 신규 석유화학 단지를 통합 개발하는 계획을 활발히 추진 중임

□ **전 세계 CPS(사이버물리시스템) 기반 석유화학 플랜트엔지니어링 시장 규모는 2015년 202억 달러에서 2020년 259억 달러로 성장이 전망됨[76)]**

○ 오일&가스 및 석유화학 플랜트의 upstream, downstream 부문에는 다양한 플랜트가 존재하나, 국내 기업들은 주로 하류부문의 EPC 공사(정유, 석유화학 플랜트)에 집중하는 성향임

○ 국내 EPC 업체가 주로 플랜트 시공 관리 업무를 담당하고, 실제 시공 및 기자재의 설치는 외주를 통해 해결하고 있어 EPC 업체의 시공 관리 업무를 지원하기 위한 플랜트 시공계획 수립, 진행 모니터링 및 관리 시스템에 관한 관심이 높아지고 있음

□ **GTL플랜트 건설시장과 생산된 합성유 제품 판매 시장 규모는 2014년 약 8조 6,866억원 규모에서 2023년 약 48조 734억원으로 5배 이상 급성장할 것으로 전망되고 있음[77)]**

○ GTL플랜트는 현대건설에서 중앙아시아지역의 프로젝트 수주에 성공한 바 있으며, 물류비용이 비싼 내륙국가에서는 일부 수요가 파악됨[78)]

- 국내 기업이 2,000bpd급으로 실증플랜트를 개발하였을 때, 한국가스공사에서 상용급 운영 가능성을 실증해주지 않는 이상, 해외시장에 바로 진출하기는 어려울 것으로 판단됨

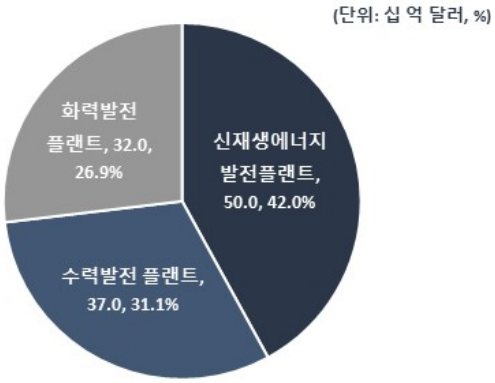
76) 중소 중견기업 기술로드맵 2017~2019, 중소기업벤처부, 2017.
77) 에너지시장 환경변화에 따른 천연가스액화(GTL) 사업 진출전략, 에너지경제연구원, 2015.9.
78) 전문가 인터뷰, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 1차 분과회의, 2019.6.27.

나. 발전・신재생 플랜트 시장동향 분석

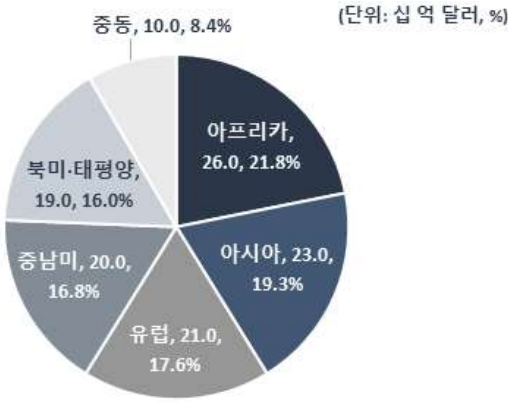
□ **'18년 현재 계획・추진 중인 발전・신재생 플랜트 중, 신재생에너지 발전플랜트의 비중이 가장 큰 것으로 나타났으며, 권역별로는 아프리카와 아시아 지역의 비중이 가장 큰 것으로 조사됨**

○ 신재생에너지 발전플랜트는 약 500억 달러(42.0%), 수력발전 플랜트 약 370억 달러(31.1%), 화력발전 플랜트 약 320억 달러(26.9%)로 확인됨

○ 중동 지역(100억 달러, 9.4%)를 제외한 나머지 5개 권역의 발전・신재생 플랜트 프로젝트 규모는 190~260억 달러 규모로 근소한 차이를 보이는 것으로 나타남



[그림 51] 발전·신재생 플랜트 신규 프로젝트의 분야별 비중



[그림 52] 발전·신재생 플랜트 신규 프로젝트의 권역별 비중

□ **전 세계의 계획 단계부터 실제 운용 중인 발전 플랜트 프로젝트의 연간 규모는 4,739억 달러('19년 4월 기준)로 추산됨[79)]**

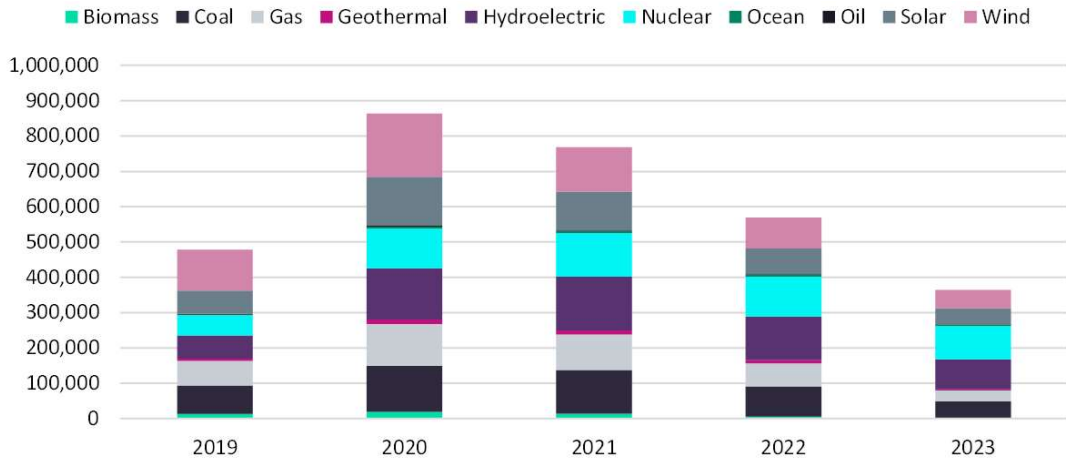
○ 전체 프로젝트 규모로 살펴보았을 때, 중국의 발전 플랜트 프로젝트 규모가 가장 큰 4,739억 달러로 나타났으며, 인도 4,332억 달러, 미국 3,655억 달러 순으로 조사됨

○ 연간 프로젝트 규모의 경우, '20년에는 사상 최대 규모인 8,000억 달러 이상의 프로젝트 규모에 도달할 것으로 예상되나 '20년 이후에 발전 플랜트 프로젝트 규모는 점차 감소할 것으로 예측됨

- 아시아・태평양 지역의 급속한 도시화에 따라서 전력 소비량의 증가가 예상되지만 기존 프로젝트들의 준공 및 노후 발전소의 폐쇄에 따라 프로젝트 규모 총량은 감소할 것으로 전망됨

79) GlobalData, 2019.4.

- 독일의 원자력 발전소 폐쇄, 중국의 과잉 발전으로 인한 석탄 화력 발전소 폐쇄 등 또한 발전 플랜트 프로젝트 규모 감소에 기여할 것으로 예상됨



[그림 53] 전세계 발전 플랜트 프로젝트 년도별 규모 예측(단위 : 백만 달러)

□ **에너지원별 규모로는 원자력 발전 8,906억 달러, 수력 발전 8,291억 달러, 풍력 발전 7,487억 달러 순으로 전세계 발전 플랜트 프로젝트 중 원자력 발전이 가장 많은 비중을 차지하고 있으나 전세계적인 원자력 발전 쇠퇴 기조에 따라 향후 감소할 것으로 전망됨[80]**

○ 아시아・태평양 지역은 원자력, 화력, 수력, 지열, 바이오매스 발전에서 가장 많은 비중을 차지하고 있으며, 석탄의 경우 전세계 발전 프로젝트 규모의 77%가 아시아・태평양 지역에 집중되어 있는 것으로 나타남



[그림 54] 전세계 발전 플랜트 프로젝트 에너지원별 규모(단위 : 백만 달러)

80) GlobalData, 2019.4.

□ **이집트, 사우디아라비아, 쿠웨이트 등 중동・북아프리카 국가에서 발전 플랜트 수요가 향후 급증할 것으로 전망됨[81)]**

○ 중동・북아프리카 지역은 주요 산유지대로서, 재정적 여력을 바탕으로 에너지 중심의 산업시설 및 인프라 확충 사업이 추진되고 있음

○ 북아프리카 지역의 경우 현재의 전력 수요 대비 83.3% 증가한 발전시설의 확대를 필요로 함

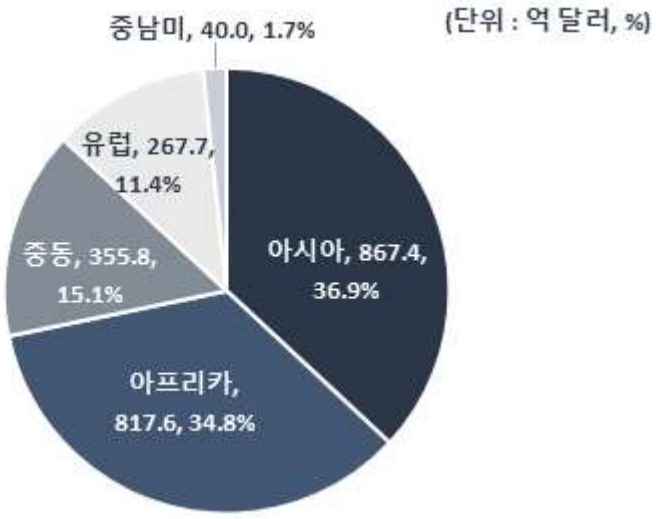
(1) 화력발전 플랜트

□ **'18년 2월 현재 계획 또는 실행단계에 있는 화력발전 플랜트의 시장규모는 총 2,348.45억 달러임[82)]**

○ 권역별로는 아시아 지역의 시장규모가 867.4억 달러로 전세계 시장의 36.9%를 차지하고 있음

- 이어서 아프리카 817.6억 달러, 중동 355.8억 달러, 유럽 267.7억 달러, 중남미 지역 40.0억 달러 순으로 조사됨

- 북미 지역에서는 현재 계획 또는 실행 단계에 있는 주요 화력발전 플랜트 프로젝트가 확인되지 않음



[그림 55] 권역별 화력발전 플랜트 프로젝트 비중(단위: 억 달러)

81) 중동, 아프리카 발전시장 동향 및 전망 분석, K-BULID 저널, 2016.9.
82) Global Data, 해외건설협회 제공, 2018.12.

<표 25> 권역별 주요 화력발전 플랜트 프로젝트(`18.2. 기준)

Project name	Sector	국가	Capacity(MW)	권역	프로젝트 규모 (US $m)
Quang Ngai Gas-Fired Power Complex	Gas	Vietnam	8,750	아시아	20,000
Bijie Coal-Fired Power Plant	Coal	China	6,600	아시아	15,695
Erkovetskaya Thermal Power Plant	Coal	Russia	8,000	유럽	15,000
Coal-Fired Power Plant	Coal	Egypt	6,000	아프리카	11,000
Medupi Coal-Fired Power Plant	Coal	South Africa	4,800	아프리카	10,243
Kusile Coal Fired Power Station	Coal	South Africa	4,800	아프리카	10,220
Sparkle Gas-fired Power Plant	Gas	Nigeria	4,000	아프리카	10,000
Hamrawien Coal-Fired Power Station	Coal	Egypt	6,000	아프리카	10,000
Song Hau Power Center	Coal	Vietnam	5,200	아시아	9,000
Al Khairan IWPP Plant	Gas	Kuwait	4,500	중동	8,400
Az Zour North IWPP Plant 5039	Gas	Kuwait	5,039	중동	8,200
Maheshkhali Upazila Coal-Based Thermal Power Plant	Coal	Bangladesh	6,000	아시아	8,000
Cilacap Coal-Fired Power Complex	Coal	Indonesia	5,000	아시아	7,500
Dung Quat Economic Zone Thermal Power Plant	Coal	Vietnam	4,400	아시아	7,000
Kien Luong Thermal Power Plant	Coal	Vietnam	4,400	아시아	6,700
Long Phu Power Center 4400 MW	Coal	Vietnam	4,400	아시아	6,600
Darlipali Coal Based Thermal Power Plant	Coal	India	4,800	아시아	6,242
Kogi Coal-Fired Power Plant	Coal	Nigeria	1,200	아프리카	6,000
Salwa Industrial City Trigeneration Power Plant	Gas	Saudi Arabia	1,500	중동	5,320
Rabigh Industrial City Trigeneration Power Plant	Gas	Saudi Arabia	1,500	중동	5,320
Dinar Lignite-Fired Power Plant	Coal	Turkey	3,500	유럽	5,000
Jorf Lasfar Gas to Power Project	Gas	Morocco	2,400	아프리카	4,600
Coega Zone X CCGT Power Plant	Gas	South Africa	2,500	아프리카	4,500
Al-Hasa Industrial City Trigeneration Power Plant	Gas	Saudi Arabia	1,200	중동	4,335
Jubail Power And Desalination Plant Phase	Gas	Saudi Arabia	3,000	중동	4,000
Port-au-Prince Gas Fired Power Plant	Gas	Haiti	2,000	중남미	4,000
Benue Coal Fired Power Plant	Coal	Nigeria	1,200	아프리카	4,000
Gas to Power Plant	Gas	South Africa	N/A	아프리카	3,900
Elektrownia Opole Coal Fired Power Plant	Coal	Poland	900	유럽	3,700
Enugu Coal Fired Power Plant	Coal	Nigeria	1,000	아프리카	3,700
Okija Thermal Power Plant	Gas	Nigeria	2,000	아프리카	3,600
Drax Gas-Fired Power and Battery Facility	Gas	United Kingdom	3,600	유럽	3,070

□ **이집트 정부는 석탄화력발전을 신증설하면서 가스화력 중심의 발전시설을 석탄화력, 원전 등으로 다변화할 계획임[83)]**

○ 이집트 정부는 석탄화력발전을 2022년까지 12.5GW 규모로 신·증설할 예정임

- 가스발전 중심(약 80%)이었으나 지난 몇 년간 가스 부족으로 인해 발전소 가동률이 낮아져 2014년 석탄화력발전소 도입을 추진

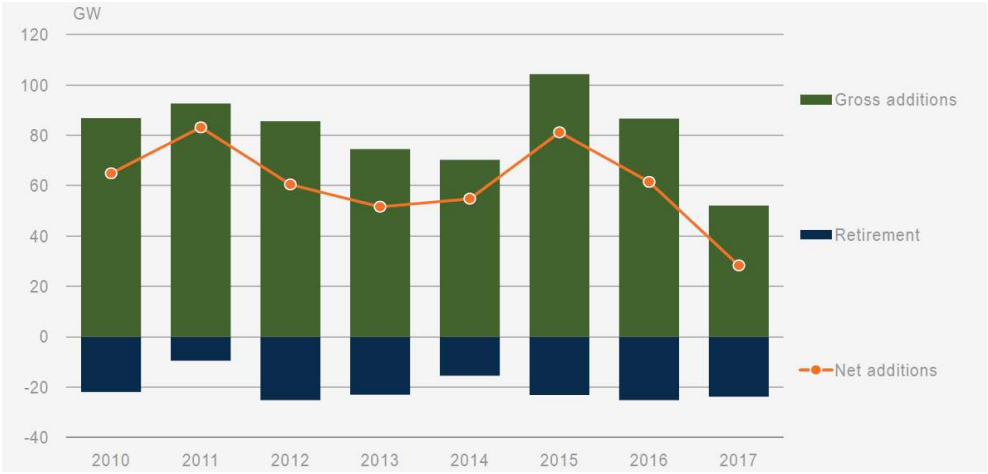
○ 발전설비와 송배전망 투자에 총 707억 달러가 요구되며 이중 민간부문을 통해 457억 달러를 조달할 계획함

(가) 석탄화력 발전플랜트

□ **전 세계적으로 석탄화력발전 설비용량은 증가하고 있으나, 신규투자의 증가세는 감소하고 있음**

○ 전 세계적으로 폐쇄되는 발전 설비 용량은 큰 변동이 없으나, 추가되는 설비 용량은 2015년 80GW 넘게 증가한 이후, 감소 추세임

[그림 56] 석탄화력 발전설비 폐쇄 및 신규추가에 따른 발전용량 증가 추이

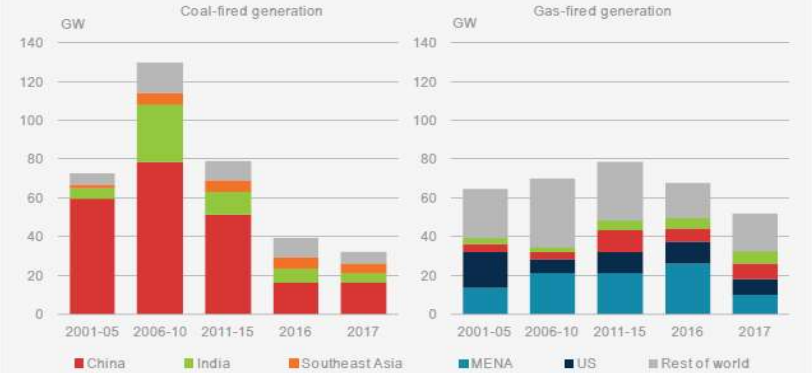


- 석탄화력 발전에 대한 투자는 전년 대비 18% 감소하였으며, 2010년의 2/3 수준에 불과한 것으로 분석됨[84)]

  • 개발도상국에서 석탄은 저렴한 발전원으로서 주요 지위를 유지 중이기 때문에 동남아를 중심으로 한 투자는 지속적으로 이뤄지고 있음

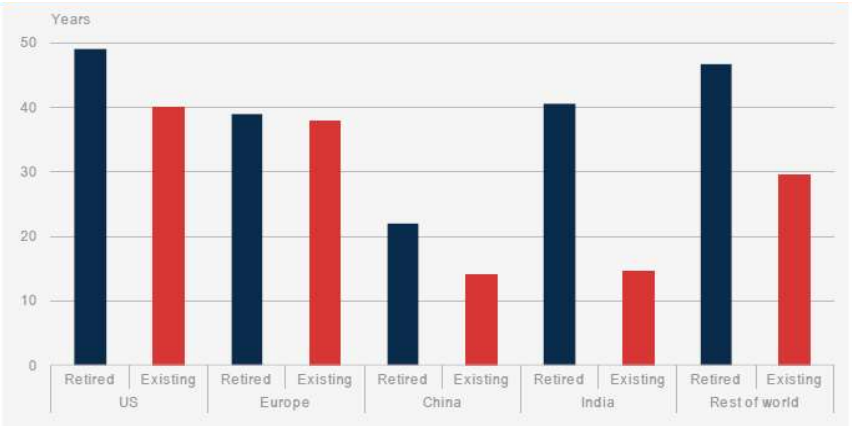
83) 에너지시장 환경변화에 따른 천연가스액화(GTL) 사업 진출전략, 에너지경제연구원, 2015.9.
84) World Energy Outlook 2018, IEA, 2018.

[그림 57] 권역별 석탄화력 및 가스화력 투자결정(FID)



- 최대 투자처는 중국과 인도로 전세계 석탄화력 투자의 약 80%가 중국과 인도에서 이루어졌으나, 중국, 인도에서 비효율적인 아임계 석탄화력 발전소가 대규모 폐쇄하면서, 전세계 발전 용량 증가분의 절반 가량이 감소함

[그림 58] 아임계 석탄화력 발전 설비의 평균 운용 기간



□ **비 OECD국가는 향후에도 석탄화력이 주요 발전 에너지원으로 활용될 것으로 전망됨[85)]**

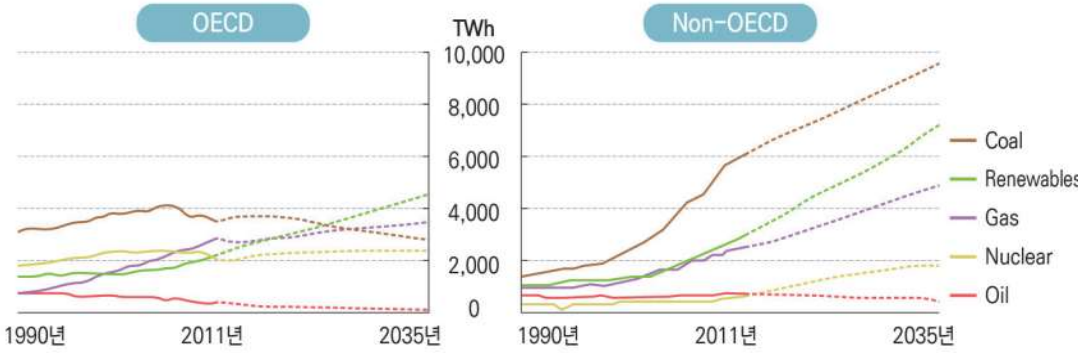
○ 비OECD국가는 전력수요 증가에 따라 석유를 제외한 모든 에너지원이 지속적으로 확대될 것으로 전망됨

- 석탄화력 발전이 주요 발전 에너지원으로 활용될 것으로 전망됨

- 석탄화력과 함께 신재생에너지, 가스, 원자력 발전 등도 꾸준히 증가할 것으로 전망되며, 석유화력은 점차 감소할 것으로 전망됨

○ OECD국가는 전반적으로 전력수요가 정체될 것으로 보이며, 석탄 및 석유화력 발전이 감소하고 이를 신재생에너지와 가스, 원자력이 대체할 것으로 전망됨

85) 2014 에너지기술 이노베이션 로드맵 - 고효율 청정화력발전, 산업통상자원부, 2014



[그림 59] OECD 및 Non-OECD 국가별 에너지원별 전력 생산량 예상

* 자료 : Annual energy Outlook 2013, IEA, 2014

□ **'18년 기준 사업 규모 상위 5위권의 석탄화력 발전 프로젝트는 중국, 러시아, 이집트 남아공에서 추진되고 있음**

<표 26> 전세계 주요 석탄화력 발전 프로젝트(출처 : Project Insight, Global Data, 2018.2.)

프로젝트 명칭	국가	사업 단계	사업 규모(조 원)
Bijie Coal-Fired Power Plant	China	Planning	18.27
Erkovetskaya Thermal Power Plant	Russia	Planning	17.46
Coal-Fired Power Plant	Egypt	Pre-Planning	12.81
Medupi Coal-Fired Power Plant	South Africa	Execution	11.93
Kusile Coal Fired Power Station	South Africa	Execution	11.90
Hamrawien Coal-Fired Power Station	Egypt	Pre-Execution	11.64
Song Hau Power Center	Vietnam	Execution	10.48
MaheshkhaliUpazila Coal-Based Thermal Power Plant	Bangladesh	Planning	9.31
Cilacap Coal-Fired Power Complex	Indonesia	Planning	8.73
Dung Quat Economic Zone Thermal Power Plant	Vietnam	Planning	8.15
Kien Luong Thermal Power Plant	Vietnam	Planning	7.80
Long Phu Power Center 4400 MW	Vietnam	Execution	7.68
Darlipali Coal Based Thermal Power Plant	India	Execution	7.27
Kogi Coal-Fired Power Plant	Nigeria	Planning	6.99
Dinar Lignite-Fired Power Plant	Turkey	Planning	5.82
Benue Coal Fired Power Plant	Nigeria	Planning	4.66
Enugu Coal Fired Power Plant	Nigeria	Planning	4.31
Elektrownia Opole Coal Fired Power Plant	Poland	Execution	4.31

□ **베트남, 인도네시아, 인도의 경우 고효율 석탄화력 발전플랜트 사업이 지속적으로 추진되고 있으며, 국내 기업의 참여 기회가 증가할 것으로 전망됨[86]**

86) 발전플랜트 산업 전망 및 국내기업 경쟁력, 한국수출입은행, 2015.12.

(나) 가스화력 발전플랜트

□ **미국, 중동 및 북아프리카지역을 중심으로 가스화력발전 투자가 확대되고 있으며, 가스화력 발전 용량은 '40년까지 약 40% 증가할 것으로 전망됨[87]**

○ 중동 및 북아프리카의 경우 부존자원을 활용하는 것이 경제적이기 때문에 가스화력 발전 설비에 주로 투자 중임

- 중동지역에서는 유전에서 석유채굴 시 발생하는 부생가스 활용에 대한 니즈가 있으며, 부생가스/수반가스를 이용한 가스화력 발전플랜트가 확대될 것으로 전망됨

○ 미국의 경우 셰일가스 등 자국의 자원에 대한 활용 니즈가 높아 가스화력에 투자가 이뤄지고 있음

○ 중국의 경우 석탄화력의 발전량이 여전히 많으나, 대기오염 등 환경적 부담으로 석탄화력 비중을 낮추고 가스화력 비중을 높이고자 함

□ **'18년 기준 사업 규모 상위 5위권의 가스화력 발전 프로젝트는 베트남, 나이지리아, 쿠웨이트, 사우디아라비아에서 추진 중임**

○ 주요 가스화력 발전 프로젝트는 동남아시아, 중동・아프리카 등 발전도상국을 중심으로 추진되고 있는 것으로 분석됨

<표 27> 전세계 주요 가스화력 발전 프로젝트(출처 : Project Insight, Global Data, 2018.2.)

프로젝트 명칭	국가	사업 단계	사업 규모(조 원)
Quang Ngai Gas-Fired Power Complex	Vietnam	Planning	23.29
Sparkle Gas-fired Power Plant	Nigeria	Planning	11.64
Al Khairan IWPP Plant	Kuwait	Pre-Execution	9.78
Az Zour North IWPP Plant 5039	Kuwait	Planning	9.55
Salwa Industrial City Trigeneration Power Plant	Saudi Arabia	Execution	6.19
Rabigh Industrial City Trigeneration Power Plant	Saudi Arabia	Execution	6.19
Jorf Lasfar Gas to Power Project	Morocco	Pre-Execution	5.36
Coega Zone X CCGT Power Plant	South Africa	Planning	5.24
Al-Hasa Industrial City Trigeneration Power Plant	Saudi Arabia	Execution	5.05
Port-au-Prince Gas Fired Power Plant	Haiti	Planning	4.66
Jubail Power And Desalination Plant Phase	Saudi Arabia	Pre-Execution	4.66
Gas to Power Plant	South Africa	Planning	4.54
Okija Thermal Power Plant	Nigeria	Planning	4.19
Drax Gas-Fired Power and Battery Facility	United Kingdom	Planning	3.57

87) World Energy Outlook 2018, IEA, 2018.

(다) 복합화력 발전플랜트

□ **기후변화협약에 따라 CO2 감축이 이슈가 되는 상황에서 기존 석탄화력발전 플랜트를 대체하는 친환경 복합화력 발전플랜트는 지속적으로 확대될 것으로 전망됨[88][89]**

○ 기후변화협약 등 환경규제 강화, 아시아지역의 경제성장, 노후 석탄발전설비 대체 수요를 고려할 때 석탄을 이용한 전력의 안정적 공급과 환경오염물질 감소라는 조건을 만족시키는 IGCC에 대한 관심이 높아지고 있음

- 중국 및 호주는 자국의 석탄을 최대한 이용하기 위하여 석탄가스 복합화력 발전(IGCC : Integrated Gasification Combined Cycle) 가스화 공정을 CCS, CTL, SNG 및 화학연료 생산 등 다양한 분야로 확장해 나갈 계획임

○ 셰일가스 개발 확대, 유가 및 LNG가격 하락 등 세계 에너지시장의 변화로 현재는 IGCC에 대한 관망세가 이어지고 있으나, CO2규제 현실화 및 CCS기술 상업화 시점을 고려할 때, '30년 전후로 IGCC시장이 급격히 성장할 것으로 예상됨

- '30년에는 약 250GW(약 8,300억 달러)의 거대시장이 형성될 전망임

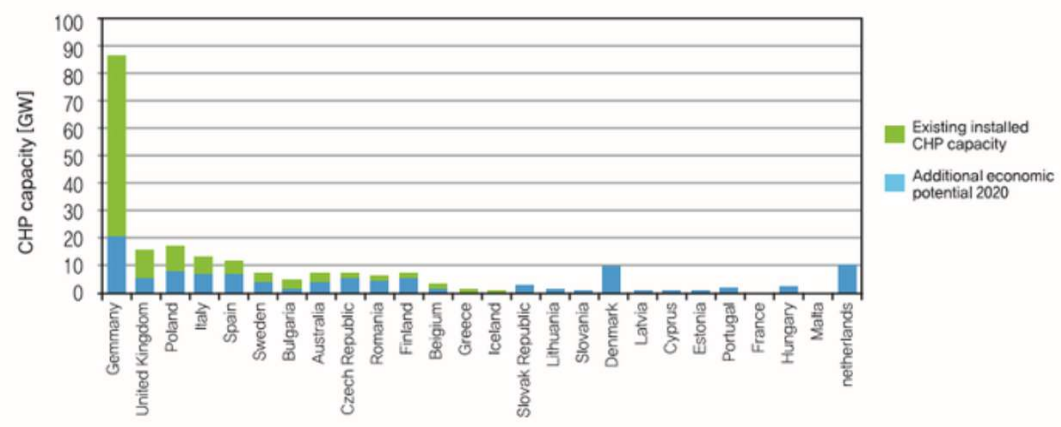
(라) 가스화 열병합 발전플랜트

□ **선진국을 중심으로 바이오가스, LNG 등을 이용하는 열병합 발전이 급속도로 확산되고 있음[90]**

○ 현재 EU 전체 발전량의 11% 수준인 열병합발전 비중이 2030년에는 20%에 달할 것으로 예상됨[91]

- EU의 소형 열병합 발전 보급 프로그램은 '20년까지 매년 455 TWh의 전력을 열병합 발전을 통해 생산할 계획이며, 이를 통해 연간 46 TWh의 에너지 절감 및 연간 20Mton의 CO2저감효과 달성을 목표로 하고 있음

88) 시스템산업 산업기술R&BD 전략, 산업통상자원부, 2019.1.
89) IGCC기술동향과 국내보급 여건 및 정책적 검토, 에너지경제연구원, 2018.
90) 세계는 열병합발전 확산…韓발전사는 이중규제로 적자수렁,매일경제, 2018.6.27.
91) 온실가스 감축기술 전략로드맵 2011



[그림 60] EU 국가별 열병합발전 현황 및 잠재량

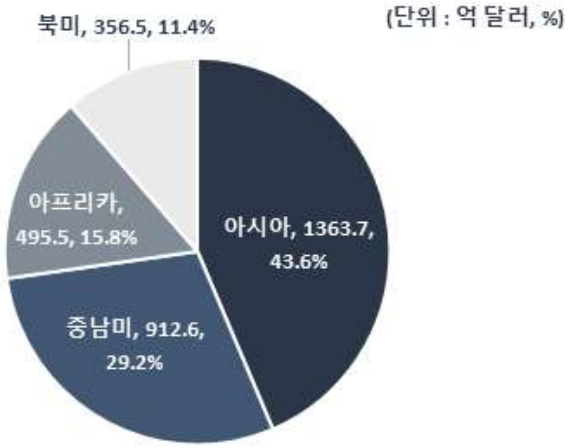
(2) 수력발전 플랜트

□ **'18년 2월 현재 계획 또는 실행단계에 있는 수력발전 플랜트의 시장규모는 총 3,128.31억 달러임[92)]**

○ 권역별로는 아시아 지역의 시장규모가 1,363.7억 달러로 전세계 시장의 43.6%를 차지하고 있음

- 이어서 중남미 912.6억 달러, 아프리카 495.5억 달러, 북미・태평양 356.5억 달러 순으로 조사됨

- 유럽 지역에서는 현재 계획 또는 실행 단계에 있는 주요 수력발전 플랜트 프로젝트가 확인되지 않음



[그림 61] 권역별 수력발전 플랜트 프로젝트 비중(단위: 억 달러)

92) Global Data, 해외건설협회 제공, 2018.2.

<표 28> 권역별 주요 수력발전 플랜트 프로젝트(`18.2. 기준)

Project name	Sector	국가	Capacity(MW)	권역	프로젝트 규모 (US $m)
Karnali Chisapani Multipurpose Dam	Hydroelectric	Nepal	10,800	아시아	23,000
Kayan River Hydroelectric Power Plant	Hydroelectric	Indonesia	6,080	아시아	17,800
Tapajos Hydropower Complex	Hydroelectric	Brazil	10,682	중남미	16,000
Upper Siang Hydroelectric Power Plant	Hydroelectric	India	9,750	아시아	15,650
Inga III Basse Chute Hydroelectric Power Plant	Hydroelectric	DR of the Congo	4,800	아프리카	14,000
Diamer Bhasha Hydroelectric Power Plant	Hydroelectric	Pakistan	4,500	아시아	14,000
Bunji Hydroelectric Power Plant	Hydroelectric	Pakistan	7,100	아시아	13,500
Baihetan Hydroelectric Power Plant	Hydroelectric	China	14,000	아시아	13,100
Lower Churchill Muskrat Falls Hydroelectric Power Plant	Hydroelectric	Canada	3,074	북미	12,500
Mai Tong Tarsang Hydroelectric Power Plant	Hydroelectric	Myanmar	7,110	아시아	12,000
Belo Monte Hydroelectric Power Plant	Hydroelectric	Brazil	11,233	중남미	11,200
Lianghekou Hydroelectric Power Plant	Hydroelectric	China	3,000	아시아	10,824
Rio Madera Hydroelectric Power Plant	Hydroelectric	Bolivia	3,000	중남미	10,000
Wudongde Hydroelectric Power Plant	Hydroelectric	China	10,200	아시아	9,000
Dasu Hydropower Plant	Hydroelectric	Pakistan	4,320	아시아	7,500
Villa Bella Binational Hydroelectric Plant	Hydroelectric	Bolivia	4,000	중남미	7,000
Angosto del Bala Hydroelectric Power Plant	Hydroelectric	Bolivia	4,000	중남미	7,000
Keeyask Hydroelectric Power Plant	Hydroelectric	Canada	695	북미	6,973
Site C Clean Energy Project	Hydroelectric	Canada	1,100	북미	6,510
Romaine Hydroelectric Complex	Hydroelectric	Canada	1,550	북미	6,068
Batoka Hydroelectric Power Plant	Hydroelectric	Zambia	2,400	아프리카	6,000
Adamawa Aluminum Refinery	Hydroelectric	Cameroon	1,100	아프리카	6,000
Manuel Piar Hydroelectric Power Complex	Hydroelectric	Venezuela	2,160	중남미	5,996
Mambilla Hydroelectric Power Plant	Hydroelectric	Nigeria	3,050	아프리카	5,800
Garabi-Parambi Hydroelectric Power Plant	Hydroelectric	Brazil	2,200	중남미	5,200
Santiago Hydroelectric Power Plant	Hydroelectric	Ecuador	3,600	중남미	5,000
Canafisto Hydroelectric Power Plant	Hydroelectric	Colombia	960	중남미	5,000
Grand Ethiopian Renaissance Dam and Hydroelectric Power Plant	Hydroelectric	Ethiopia	6,000	아프리카	5,000
Kirchner-Cepernic Hydropower Complex	Hydroelectric	Argentina	1,740	중남미	4,714
Caculo Cabaca Hydroelectric Power Plant	Hydroelectric	Angola	2,171	아프리카	4,532
Tams Hydropower Plant	Hydroelectric	Ethiopia	1,700	아프리카	4,214
Sao Simao Alto Hydroelectric Power Plant	Hydroelectric	Brazil	3,509	중남미	4,000
Luapula River Hydroelectric Power Plant	Hydroelectric	Zambia	1,000	아프리카	4,000
Pescadero Ituango HPP	Hydroelectric	Colombia	2,400	중남미	3,800
Mactaquac Hydropower Plant Redevelopment	Hydroelectric	Canada	672	북미	3,600
Patia Hydroelectric Power Complex	Hydroelectric	Colombia	1,650	중남미	3,300
Maranon Hydro Power Plant	Hydroelectric	Peru	1,525	중남미	3,050

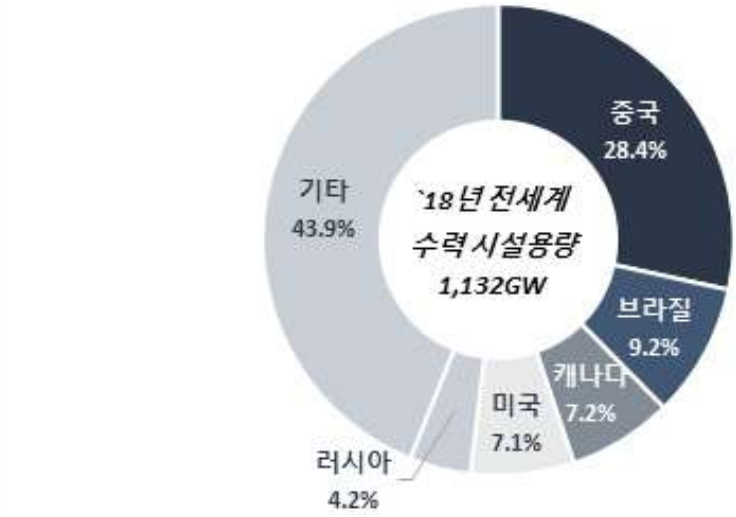
□ **'18년 기준 전세계 수력발전 시설용량은 1,132GW로 조사되었으며, 중국에서 가장 활발하게 추진되고 있음[93)]**

○ 국가별 수력발전소 시설용량(GW)을 살펴보면 중국, 브라질, 캐나다, 미국, 러시아 순이며, 시설용량 점유율은 상위 5개국이 전세계의 56%를 차지함

<표 29> `18년 수력발전 시설용량 및 발전량 상위 5개국

국가	시설용량(GW)	시설용량 점유율(%)
중국	322	28.4
브라질	104	9.2
캐나다	81	7.2
미국	80	7.1
러시아	47	4.2
기타	498	43.9
합계	1,132	100.0

* 자료 : RENEWABLES 2019 GLOBAL STATUS REPORT, REN21, 2019



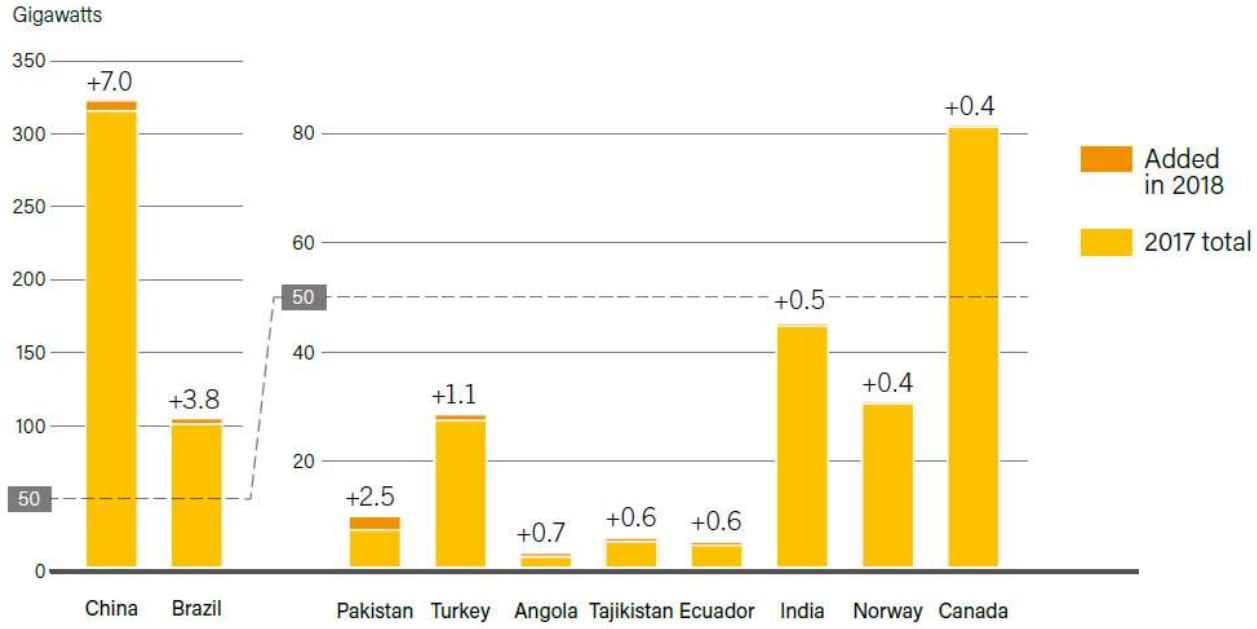
[그림 62] `18년 수력 시설용량 점유율 상위 5개국

* 자료 : RENEWABLES 2019 GLOBAL STATUS REPORT, REN21, 2019

○ '17년도 대비 '18년도 수력 신규 용량 증가율은 중국이 7.0% 증가로 가장 높은 것으로 나타난 가운데 브라질, 파키스탄, 터키, 앙골라, 타지키스탄, 에콰도르가 그 뒤를 잇는 것으로 조사됨

93) RENEWABLES 2014 GLOBAL STATUS REPORT, REN21, 2014

- 터키의 경우 '17년 기준 전체 자국 내 전력 생산량 중 20.2%를 수력이 차지하고 있으며, 이는 유럽지역 전체의 16%에 해당함[94]



[그림 63] `18년 수력 발전용량 증가율 상위 10개국

* 자료 : RENEWABLES 2019 GLOBAL STATUS REPORT, REN21, 2019

□ **아랍에미레이트(UAE)의 아부다비 및 두바이는 신재생에너지의 비중을 점차 높이는 가운데, 수전력 사업의 민영화를 추진 중임[95]**

○ UAE 연방 정부는 UAE 발전의 대부분을 차지하는 천연가스(2015년 기준 98.43%)를 2021년까지 76%로 줄이고 디젤 등을 주원료로 하는 발전소는 녹색에너지로 대체하여 신재생 에너지 비율을 24%까지 확대할 계획임

년도	아부다비	두바이
2013	- 태양광, Masdar City PV- 10MW (2009) - 풍력, Sir Bani Yas Wind- 28.8MW - 태양광, Shams1 CSP- 100MW	- 태양광, Mohammad Bin Rashid Al Maktoum Dubai Solar Park PV, Phase 1- 13MW - 태양광, Installed rooftop buildings- 4MW
2020	- 태양광, Noor1 PV- 100MW - 태양광, Noor2 PV- 150MW - 매립가스, Waste to Energy- 100MW(2016)	- 태양광, Mohammad Bin Rashid Al Maktoum Dubai Solar Park PV, Phase 2- 130MW
2030		- 태양광, Mohammad Bin Rashid Al Maktoum Dubai Solar Park PV, Phase 3- 1000MW
합계	489 MW	1,147 MW

[그림 64] UAE 2030 신재생에너지 개발계획

94) KDB산업은행 월간 주요 산업동향, 2018.12
95) 해외발전플랜트 시장에서의 국내건설사 수주경쟁력 향상 방안에 관한 연구, 김병수, 한양대학교 공학대학원 석사논문, 2016.8.

○ 아부다비는 1998년 수전력청을 설립한 이래 20년간 수전력 사업을 민영화하려는 노력을 기울여 왔으며, 민영발전회사는 총 9개사로 Abu Dhabi 수전력청 60%, 민간사업자 40%의 지분 구조를 보이고 있음

○ 두바이 수전력청은 2015년 4월, 2020년까지 신재생에너지 발전을 7%, 2030년까지는 15%까지 높이겠다는 수정안을 발표하였으며, 아부다비의 뒤를 이어 독립발전사업자 방식으로 전환하는 추세임

- 두바이 수전력청이 2011년 발주한 Hassyan Clean Coal IPP 프로젝트는 UAE에서 처음으로 시도되는 정탄(Clean Coal) 발전소로 독립발전사업자 방식으로 발주됨

□ **동남아 등을 중심으로 대수력[96] 발전 프로젝트가 활발히 발주되고 있으며 환경적 영향력을 최소화하는 친환경적 에너지원으로 소수력 발전도 성장 잠재력이 높은 것으로 보임**

○ 우리기업은 필리핀, 파키스탄 등의 아시아 지역을 중심으로 진출하였음

□ **신흥국은 신규 설치, 유럽과 북미는 기존 발전소의 현대화 중심으로 발전**

○ 40년 이상된 노후 수력발전 설비는 300GW 규모로, 총 설치량의 1~2%인 년간 12~16GW가 현대화 될 것으로 전망

96) 출력규모에 의한 분류에 따르면 설비용량 기준 100,000kw 이상은 대수력, 10,000~100,000kw는 중수력, 1,000~10,000kw는 소수력으로 분류

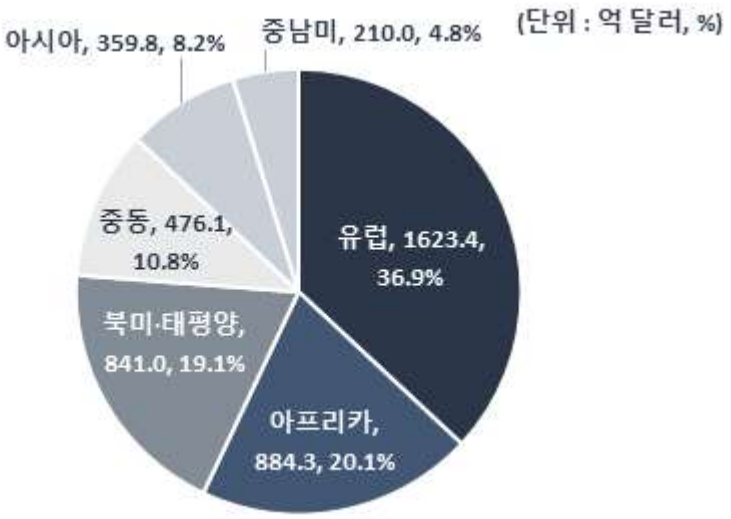
(3) 신재생에너지 발전플랜트

□ **'18년 2월 현재 계획 또는 실행단계에 있는 신재생에너지 발전 플랜트의 시장규모는 총 4,394.65억 달러임[97]**

○ 권역별로는 유럽 지역의 시장규모가 1,623.4억 달러로 전세계 시장의 43.6%를 차지하고 있음

- 이어서 아프리카 884.3억 달러, 북미・태평양 841.0억 달러, 중동 476.1억 달러, 아시아 359.8억 달러, 중남미 210.0억 달러 순으로 조사됨

• 전세계 모든 권역에서 신재생에너지 발전 플랜트의 신규 프로젝트가 확인되었음



[그림 65] 권역별 신재생에너지 발전 플랜트 프로젝트 비중(단위: 억 달러)

97) Global Data, 해외건설협회 제공, 2018.2.

<표 30> 권역별 주요 신재생에너지 발전 플랜트 프로젝트(`18.2. 기준)

Project name	Sector	국가	Capacity (MW)	권역	프로젝트 규모 (US $m)
East Anglia Offshore Windfarm Development	Wind	United Kingdom	7,114	유럽	35,000
Solar Power Development	Solar	Nigeria	10,000	아프리카	30,000
Hornsea Offshore Wind Farm 5986 MW – UK	Wind	United Kingdom	5,986	유럽	22,051
Mariah Wind Farm	Wind	United States	10,000	북미·태평양	22,000
Upington Solar Power Park	Solar	South Africa	5,000	아프리카	21,304
Solar Power Plant	Solar	Qatar	1,800	중동	20,000
Crown Round III Offshore Wind Farm Development: Zone III	Wind	United Kingdom	4,800	유럽	18,000
Crown Round III Offshore Wind Farm Development	Wind	United Kingdom	3,500	유럽	17,000
Mohammed Bin Rashid Al Maktoum Solar Park	Solar	UAE	1,013	중동	13,608
Tunur Solar Power Plant	Solar	Tunisia	2,000	아프리카	12,430
Taohuajiang Inland Nuclear Power Station	Solar	China	5,000	아시아	11,447
Khuzestan Energy Park	Solar	Iran	1,000	중동	10,000
Lesotho Highlands Onshore Wind Farm	Wind	Lesotho	6,000	아프리카	10,000
Northern Tidal Power Gateways	Ocean	United Kingdom	N/A	유럽	9,925
Cardiff Tidal Lagoon Power Plant	Ocean	United Kingdom	2,800	유럽	9,872
NaiKun Offshore Wind Farm	Wind	Canada	1,750	북미·태평양	9,200
Rajasthan Solar Park	Solar	India	10,000	아시아	9,034
Integrated Solar Energy Generation Program	Solar	Morocco	2,080	아프리카	9,000
Southwest Offshore Wind Farm	Wind	South Korea	2,500	아시아	9,000
Moray Firth Offshore Wind Farms	Wind	United Kingdom	1,500	유럽	7,550
Markbygden Wind Farm	Wind	Sweden	4,000	유럽	6,900
Parque Termosolar El Loa	Solar	Chile	300	중남미	6,500
Hybrid Solar-Wind Park	Solar	India	4,000	아시아	6,500
Baltic Sea Offshore Wind Farm	Wind	Estonia	1,999	유럽	6,000
Virginia Offshore Wind Farm 2000 MW	Wind	United States	2,000	북미·태평양	6,000
Ada Estuary Wave Farm	Ocean	Ghana	1,000	아프리카	5,700
Hollandse Kust Zuid Wind Farm	Wind	Netherlands	1,400	유럽	5,000
Sandstone Energy X CSP	Solar	United States	2,000	북미·태평양	5,000
Chokecherry and Sierra Madre Wind Farm	Wind	United States	3,000	북미·태평양	5,000
Bay State Wind Farm	Wind	United States	2,000	북미·태평양	5,000
Deepwater Wind Energy Center	Wind	United States	1,000	북미·태평양	5,000
Parque Fotovoltaico Tamarugal	Solar	Chile	1,162	중남미	4,500
Wind Catcher Energy Connection	Wind	United States	2,000	북미·태평양	4,500
Morro Bay Offshore Wind Farm	Wind	United States	765	북미·태평양	4,500
Triton Knoll Offshore Wind Farm	Wind	United Kingdom	860	유럽	4,348
Waad Al-Shamal Mining City Development	Solar	Saudi Arabia	1,390	중동	4,000
Chugwater Wind Farm	Wind	United States	2,100	북미·태평양	4,000
Rhode Island Offshore Wind Farm	Wind	United States	1,000	북미·태평양	4,000
Beatrice Offshore Wind Farm	Wind	United Kingdom	588	유럽	3,889
Froyabanken Offshore Wind Farm	Wind	Norway	1,500	유럽	3,800
Wind XI Power Plant	Wind	United States	2,000	북미·태평양	3,600
Gastre Wind Park	Wind	Argentina	1,350	중남미	3,500
Inch Cape Offshore Wind Farm	Wind	United Kingdom	784	유럽	3,500
Kriegers Flak Offshore Wind Farm	Wind	Denmark	600	유럽	3,500
Maria Elena Thermo Solar Park	Solar	Chile	400	중남미	3,300
New Jersey Offshore Wind Farm	Wind	United States	1,000	북미·태평양	3,300
Chapada do Gurgueia Wind Complex	Wind	Brazil	1,700	중남미	3,200
Borssele Wind Farm Zone	Wind	Netherlands	1,400	유럽	3,007
Walney Offshore Wind Farm Expansion	Wind	United Kingdom	660	유럽	3,000
Long Island Empire Wind Power Plant	Wind	United States	N/A	북미·태평양	3,000

(가) 풍력발전 플랜트

□ **풍력발전 플랜트 발전용량은 증가하고 있으나, 기술발전에 따른 풍력발전 플랜트 건설 단가는 낮아지고 있어, 총 투자는 감소할 것으로 전망됨[98)]**

○ 육상풍력의 경우 유럽을 포함하여 미국, 중국, 브라질 등 주요국에서 투자액의 15%가 감소함

- 기술 발전에 따른 투자비 절감 효과와 모듈 가격 하락으로 프로젝트 단가가 약 15% 감소하며, 총 투자액이 감소함

○ 해상풍력발전 플랜트 수주에서 가장 중요한 요인은 가격이며, 발전단가는 지난 10년간 20% 하락하였으며, 향후에도 기술발전을 통해 지속적으로 하락할 것으로 전망

- 현재 세계시장의 발전단가(LCOE)는 0.13$/kWh (130$/MWh), 건설단가는 4,353$/kW로[99)], 2017년 기준 국내시장 해상풍력발전 플랜트의 발전단가 202.87원/kWh, 건설단가 507만원/kW[100)] 보다 낮은 수준임

□ **2018년 기준으로 중국의 풍력발전용량이 전년대비 21.1% 증가하였으며, 유럽 국가 중 5개 국가가 상위 10개국에 포함되어 EU국가에서 풍력발전이 활발히 추진되는 것으로 분석됨[101)]**

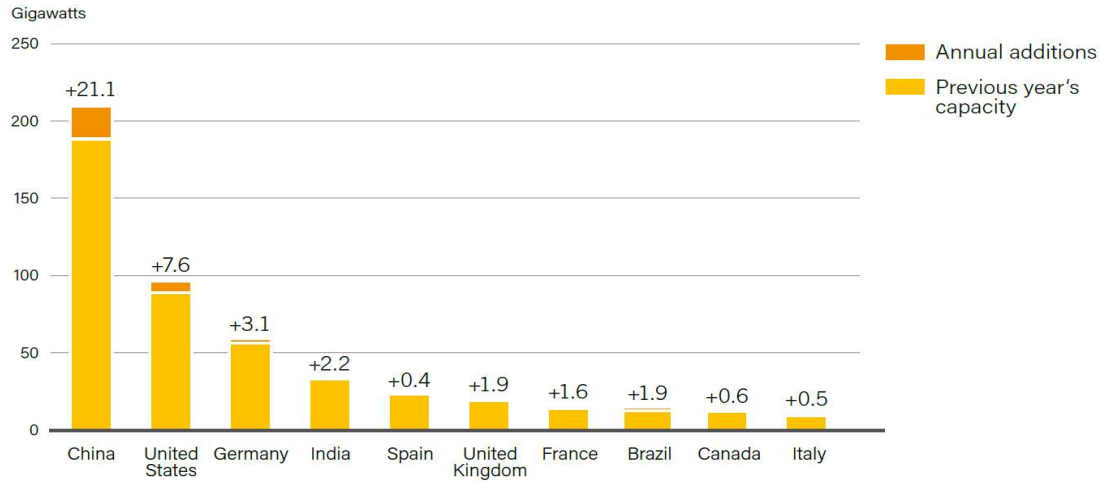
○ 전 세계 해상풍력발전 플랜트의 2018년 설치량은 23GW이며, 전체 플랜트 중 90%가 유럽과 북미 지역에 분포되어 있음

- 향후 전세계 해상풍력발전 플랜트는 2030년까지 228GW, 2050년까지 1000GW가 설치될 것으로 전망[102)]

○ 중국에 이어 미국, 독일, 인도, 스페인, 영국, 프랑스, 브라질, 캐나다, 이탈리아 순으로 풍력 발전 규모가 큰 것으로 나타남

- 중국은 총 누적 설비용량이 200GW를 상회하여 세계 최대의 풍력발전 국가로 조사됨

98) World Energy Outlook 2018, IEA, 2018.
99) Renewable Power Generations Costs in 2018, IRENA(국제재생에너지기구), 2019
100) 균등화 발전원가 해외사례 조사 및 시사점 분석, 한국전력공사, 2018
101) 신재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014
102) Future of Wind, IRENA(국제재생에너지기구), 2019



[그림 66] 상위 10개국의 풍력 발전용량과 전년 대비 증가 용량(2017-2018년)

* 자료 : Renewables 2019. Global Status Report, REN21. 2019

□ **부유식 해상풍력은 단가측면에서 당장의 시장형성은 어려울 것으로 전망되며, 20~30년 뒤에는 상용화될 것으로 전망됨[103)]**

○ 고정식 해상 풍력의 단가는 육상풍력 단가의 4배 정도이며, 해상 부유식 풍력은 고정식 해상 풍력 단가보다 3배 이상인 것으로 분석됨

- 해상고정식의 건설단가가 육상풍력에 비해 고가인 이유는 하부구조 공사 비용이 크게 소요되기 때문임

(나) 태양광발전 플랜트

□ **제품 가격이 빠르게 하락하면서 태양광 발전의 경쟁력이 높아지고 있으며, 시장이 본격적으로 확대되면서 2015년 이후 2차 성장기에 진입함[104)]**

○ 2016년 3분기 단기간에 걸친 20%이상의 가격하락으로 인하여 2017년 상반기 미국 Suniva, 독일 Solar World 등이 파산 보호신청을 하고, 일본의 50개 이상의 태양광 발전과 관련된 업체들이 도산하는 등 2차 구조조정이 진행되고 있음

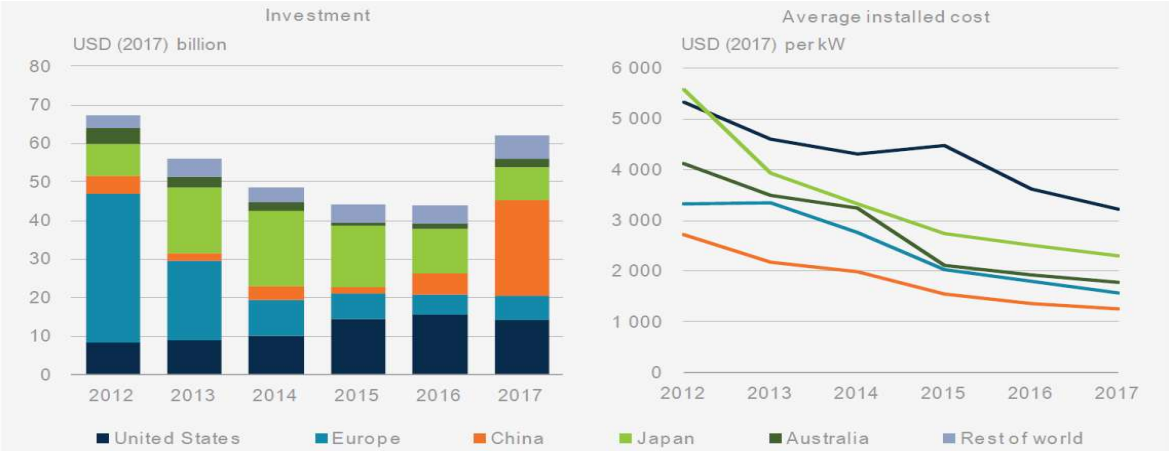
○ 대량 생산체계가 구축됨에 따라 단가가 빠르게 하락하고 있으며, 2010년 와트당 3.5달러였던 태양광 시스템 가격은 예상보다 빠른 2017년에 와트당 1달러를 달성할 것이며, 2025년에는 와트당 0.7달러까지 달성 전망됨

103) 전문가 인터뷰, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 1차 분과회의, 2019.6.21.
104) 에너지산업 산업기술R&BD 전략, 산업통상자원부, 2019.1.

□ **태양광의 경우 현재 전세계 총 에너지 투자액의 약 8%가 투자되는 분야로, 투자 증가분의 약 45%가 중국에서 발생하고 있음[105)]**

○ 2012년은 유럽이 전세계 태양광 발전 투자를 주도했으나, 이후 약 4년 간 일본의 투자가 강세를 이루었으며, 최근에는 중국의 투자가 압도적이었음

[그림 67] 태양광 설비 투자비 및 평균 설치 단가 추이

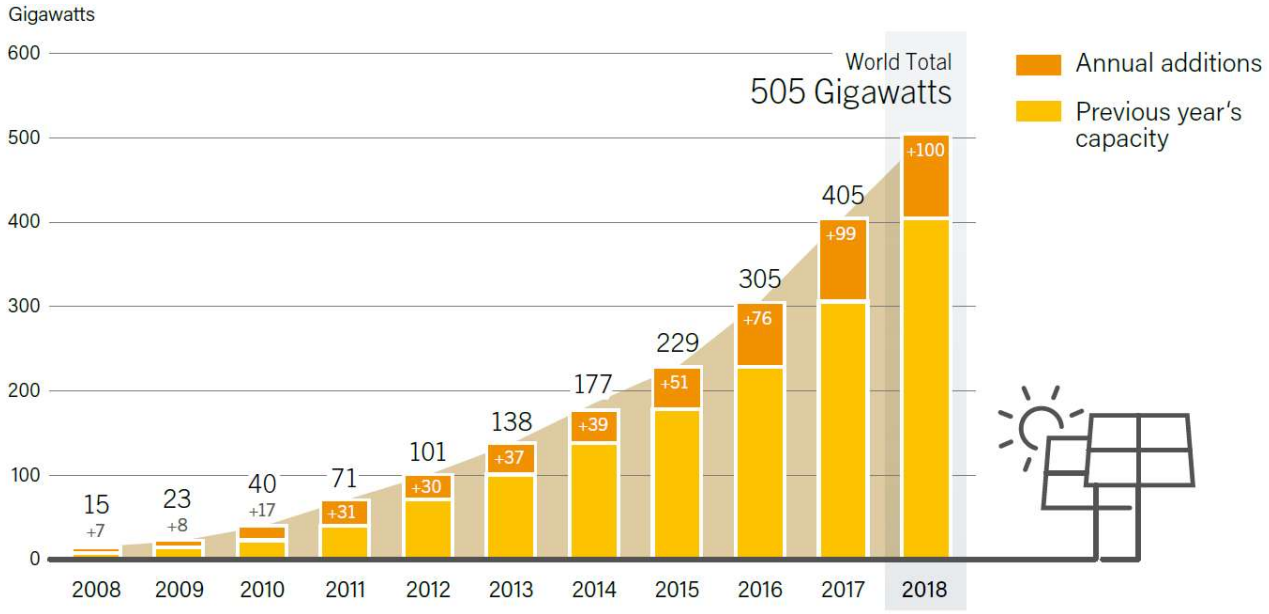


□ **2008~2018년까지 태양광 발전의 누적 설비용량은 중국, 미국, 일본, 독일, 인도를 중심으로 확충되어 2008년 15GW에서 2018년 말 505GW로 급격히 증가함[106)]**

○ 2016~2017년, 2017~2018년 간에는 연간 100GW의 신규 태양광 발전 설비의 증설이 이루어짐

- 2011, 2012년의 급속한 태양광 발전설비 보급확산은 태양광 발전 이용 하락으로 인한 것으로 보임

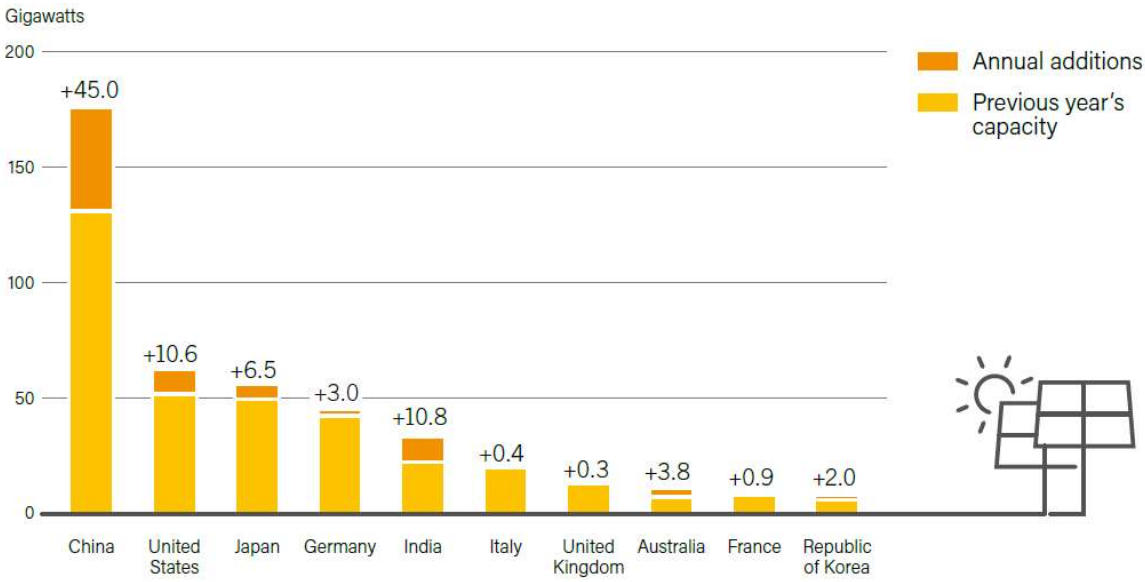
105) World Energy Outlook 2018, IEA, 2018.
106) Renewables 2019. Global Status Report, REN21. 2019



[그림 68] 세계 태양광발전 설비누적용량(2008-2018)

* 자료 : Renewables 2019. Global Status Report, REN21. 2019

○ 2018년 기준 중국, 미국, 일본이 태양광 발전 상위 3개국이며, 한국은 전세계 10위권의 발전 용량을 기록함



[그림 69] 2018년도 태양광발전 누적 및 추가 설비용량

* 자료 : Renewables 2019. Global Status Report, REN21. 2019

□ **사업 규모 상위 5위권의 태양광 발전 프로젝트는 나이지리아, 남아프리카공화국, 카타르, UAE, 튀니지 등 중동・아프리카 지역을 중심으로 시행되고 있는 것으로 조사됨**

○ 나이지리아, 남아공 등 사하라 사막 이남 아프리카 국가들의 태양광발전 개발 의욕이 상당히 높은 것으로 분석됨[107)]

- 이들 국가는 2000년 이후 경제가 급성장하고 있음에도 5억~6.2억 명 가량이 전력을 공급받지 못하고 있을 정도로 전력 사정이 매우 열악하여, 발전 플랜트 시장의 잠재력이 큰 상황임

<표 31> 전세계 주요 태양광 발전 프로젝트(출처 : Project Insight, Global Data, 2018.2.)

프로젝트 명칭	국가	사업 단계	사업 규모(조 원)
Solar Power Development	Nigeria	Planning	34.93
Upington Solar Power Park	South Africa	Pre-Planning	24.80
Solar Power Plant	Qatar	Planning	23.29
Mohammed Bin Rashid Al Maktoum Solar Park	UAE	Execution	15.84
Tunur Solar Power Plant	Tunisia	Planning	14.47
Taohuajiang Inland Nuclear Power Station	China	Execution	13.33
Khuzestan Energy Park	Iran	Planning	11.64
Rajasthan Solar Park	India	Execution	10.52
Integrated Solar Energy Generation Program	Morocco	Execution	10.48
Parque Termosolar El Loa	Chile	Planning	7.57
Hybrid Solar-Wind Park	India	Pre-Execution	7.57
Sandstone Energy X CSP	United States	Planning	5.82
Parque Fotovoltaico Tamarugal	Chile	Planning	5.24
Waad Al-Shamal Mining City Development	Saudi Arabia	Execution	4.66
Maria Elena Thermo Solar Park	Chile	Execution	3.84

107) 중동, 아프리카 발전시장 동향 및 전망 분석, K-BUILD 저널, 2016.9.

(다) 태양열 발전 플랜트

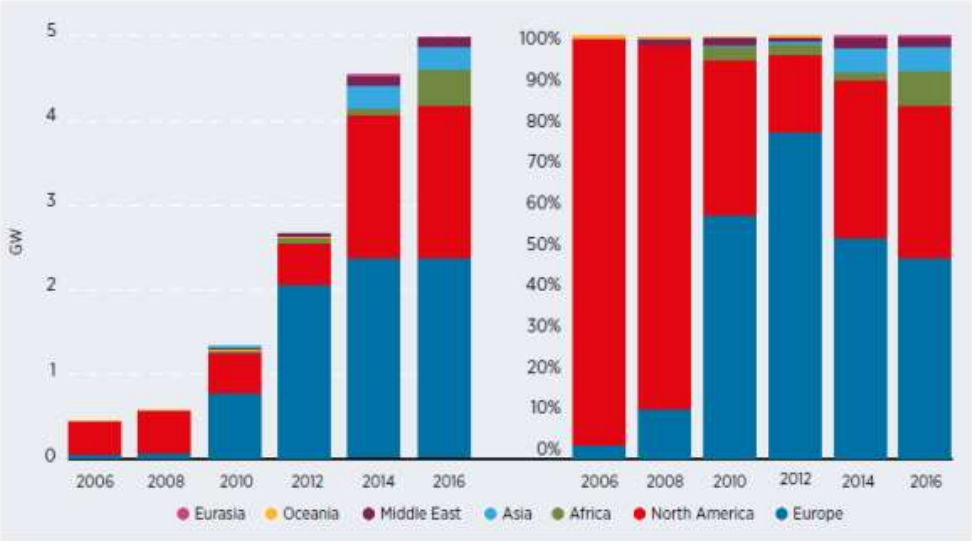
□ **태양열발전 플랜트 시장은 지속적으로 확대될 전망이며, 원가 절감을 위한 기술 개발이 진행 중임**

○ 2018년 기준 세계 시장규모는 약 5.5GW 수준으로 성장하고 있음

○ 스페인, 미국을 중심으로 2013년부터는 남아프리카, 모로코, 칠레, 중국, 인도 등으로 시장 확대

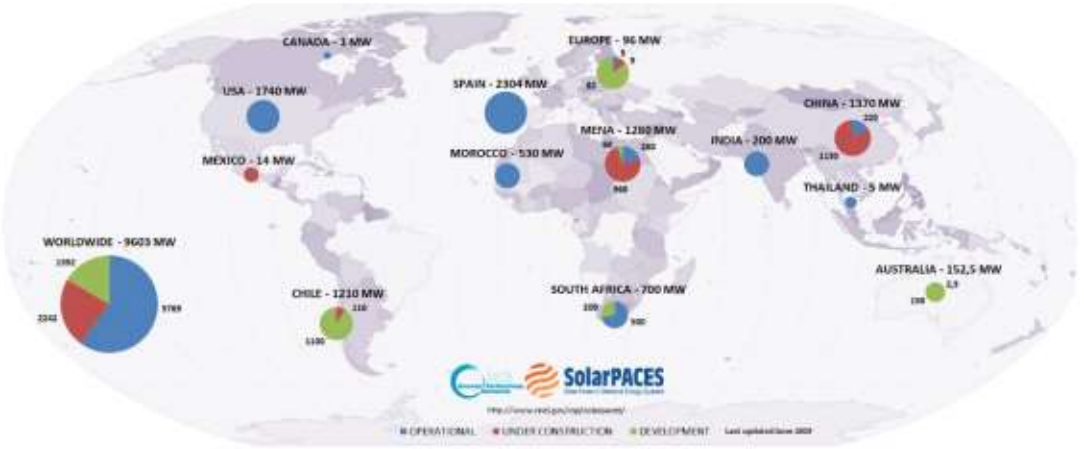
○ 중국은 1.15GW 규모가 건설 중이며 모로코는 550MW, 남아프리카는 500MW가 운전 중에 있음

○ 재생에너지 분야 중 2010-2015년 성장률은 35%로 2번째로 높으며 2015년 기준 9.7%로서 태양광, 풍력 다음으로 높음



[그림 70] 2006-2016 지역별 누적 CSP 설치 규모

* 자료 : Renewable Power Generation Costs in 2017, IRENA



[그림 71] 전세계 태양열발전 프로젝트 현황

* 자료 : https://www.solarpaces.org/csp-technologies/csp-projects-around-the-world/ (IEA/SolarPACES Homepage)



[그림 72] 2010-2015 재생에너지 분야별 성장률

* 자료 : Renewables 2016 Global Status Report, REN21

(라) 수소 플랜트

□ **전세계 수소 생산 시장의 규모는 '17년 1,152.5억 달러에서 '22년 1,547.4억 달러 수준으로 성장할 것으로 전망됨**

○ '17~'22년 간 수소 생산 시장의 연평균 성장률은 6.07%로 전망됨

○ 수소 생산 시장은 상업용(merchant) 수소와 내부사용(captive) 수소로 구분됨

- 상업용 수소는 수소 생산 플랜트에서 생산되어 파이프라인 혹은 이송망을 통해 시장에 공급되는 수소를 의미함

- 내부사용 수소는 소비자에 의해 자체적으로 생산되는 수소를 의미함

○ '09년에 이미 1,000만 톤의 수소를 생산한 중국의 경우 향후에도 수소 생산 시장이 급격하게 확대될 것으로 전망됨



[그림 73] 전세계 수소 생산 시장 규모 추이(`17~`22)(단위 : 억 달러)

□ **재생에너지를 활용한 수소 생산의 비중은 지속적으로 확대될 전망이나, 가격절감과 효율향상 문제는 여전히 남아있음**

○ 2018년 기준 전세계 수소에너지 요구량은 78.9Mt으로 지난 20년간 50% 이상 증가하였으나, 아직 재생에너지를 활용한 수전해 방식 수소 생산의 비중은 매우 낮고(약 0.1% 미만), 천연가스나 석탄을 이용한 생산 방식에 비하여 비용이 높음[108)]

108) The future of Hydrogen, IEA(국제에너지기구), 2019

<표 32> 에너지원별 생산단가

구분	생산단가	단위
Natural gas	0.9-3.2	USD/kg
Natural gas with CCUS	1.5-2.9	USD/kg
Coal	1.2-2.2	USD/kg
Renewables	3-7.5	USD/kg

○ 재생에너지에 대한 관심 증대 및 기술 발전과 맞물려 재생에너지를 이용한 수전해 수소 생산은 점차 증가할 것으로 전망됨

(4) 재생연료 발전플랜트

□ **재생연료 발전플랜트 시장은 아시아 국가를 중심으로 크게 성장하고 있음[109)]**



[그림 74] 권역별 바이오매스 시장 성장세 전망

○ 동남아시아 바이오매스 플랜트시장은 '11년부터 '17년까지 연평균 14.1% 성장이 이루어져 '17년 동남아시아 바이오매스 플랜트시장은 10.8억 달러 규모임[110)]

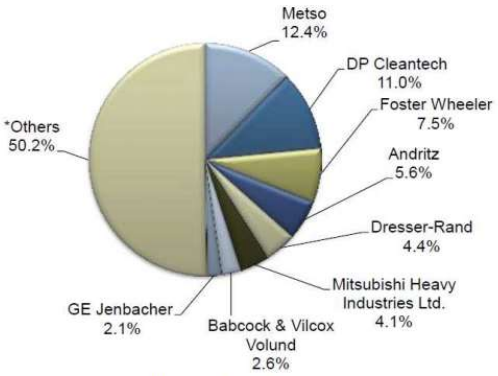
- 동남아 바이오매스 플랜트 시설은 '11년 183개소에서 '17년 516개소로 크게 증가

- 인도네시아 등 동남아 5개국의 농림부산물 바이오매스 발생량은 '12년 기준 9억 6,200만 톤으로 높은 활용 잠재량 보유[111)]

109) Biomass Power Generation Market by Feedstock and Geography - Global Forecast & Analysis 2019-2023, Technavio, 2019.
110) Frost & Sullivan, 2018
111) 세계 에너지시장 인사이트, 에너지경제연구원, 2018.6.25.

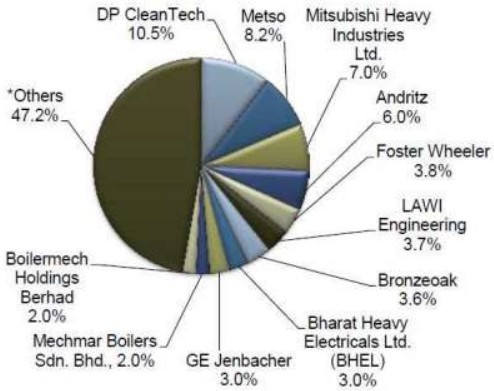
□ 재생연료 발전플랜트 주요 기업으로는 Metso, DP Cleantech, Foster Wheeler, Andritz 등이 있으며, 특히 아시아지역에서는 Mitsubishi Heavy Industries의 점유가 높은 편임[112)]

○ 아시아 재생연료 발전플랜트 시장은 상당히 분산되어 있으며, 지역 OEM이 바이오매스 발전시장을 지배하고 있음



※ 자료 : Frost & Sullivan, Global Biomass Power Generation Market, 2016

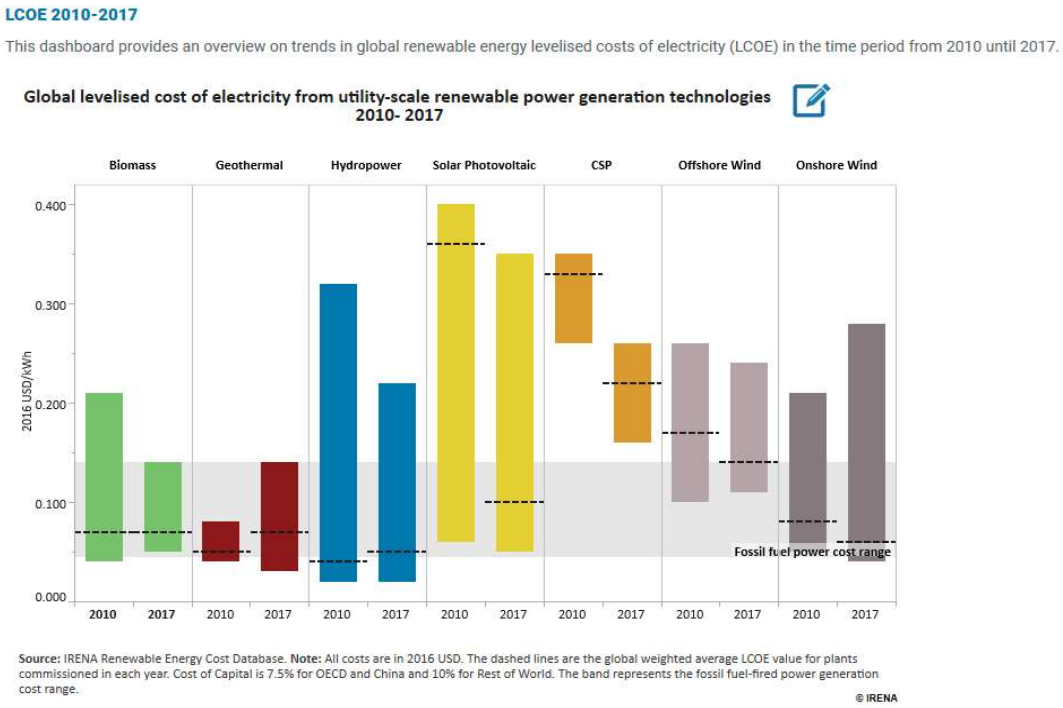
[그림 75] 세계 바이오매스 시장 점유율



※ 자료 : Frost & Sullivan, Global Biomass Power Generation Market, 2016

[그림 76] 아시아 바이오매스 시장

□ 현재 바이오매스 시장에서 발전단가는 0.15$/kWh수준으로 형성되어 있음



[그림 77] 바이오매스 발전단가 (IRENA)

112) 바이오매스 시장, 연구개발특구진흥재단, 2017.

(5) 해양에너지 발전플랜트

□ **세계의 해양에너지 발전 잠재량은 총 7만 6,820TWh이며, '50년까지 세계적으로 최대 300GW의 해양에너지 발전시설이 건설될 것으로 예측됨**

○ 해양에너지 발전 잠재량은 열(해수온도차), 파력, 조력/조류, 연도차 순임[113)]

<표 33> 세계 해양 에너지 잠재 자원량

해양에너지 종류	연간 잠재력 발전가능량(TWh/년)
파력	29,500
조력/조류	1,670
열(해수온도차)	44,000
연도차	1,650
합계	76,820

* 자료 : Marine&Ocean Energy Development, APEC Energy Working Group, 2013

○ '50년까지 세계적으로 최대 300GW의 해양에너지 발전시설이 건설될 것으로 예측됨[114)]

○ 아르헨티나, 호주, 캐나다, 인도, 영국, 미국, 러시아 등에서 조력발전 건설계획을 추진하고 있어 향후 시장 규모가 확대될 것으로 전망됨

□ **'18년 기준 주요 해양에너지 발전 프로젝트는 영국 2건, 가나 1건이 조사됨**

<표 34> 전세계 주요 해양에너지 발전 프로젝트(출처 : Project Insight, Global Data, 2018.2.)

프로젝트 명칭	국가	사업 단계	사업 규모(조 원)
Northern Tidal Power Gateways	United Kingdom	Pre-Planning	11.56
Cardiff Tidal Lagoon Power Plant	United Kingdom	Planning	11.49
Ada Estuary Wave Farm	Ghana	Execution	6.64

□ **파력발전 관련 세계 시장은 2030년경 38조원 규모로 성장할 것으로 전망되며, 미국은 2050년까지 전체 전력수요의 약 7%를 파력발전으로 공급할 계획임[115)]**

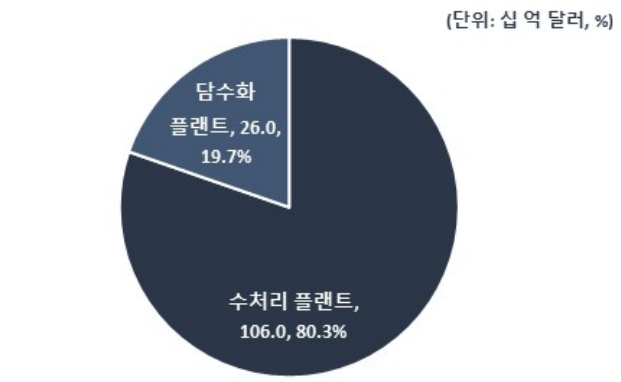
113) Marine&Ocean Energy Development, APEC Energy Working Group, 2013
114) An International Vision for Ocean Energy, iea-oes, 2017. 10
115) 해양수산부 보도자료, 파도에서 전기를, "해양에너지" 시대 본격 개막, 2016.6.30.

다. 수자원・환경 플랜트 시장동향 분석

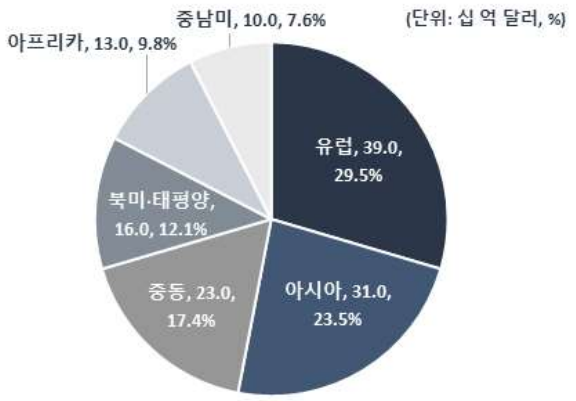
□ **'18년 현재 계획・추진 중인 수자원・환경 플랜트(자원순환 플랜트 제외) 중, 수처리 플랜트의 비중이 가장 큰 것으로 나타났으며, 권역별로는 유럽과 아시아 지역의 비중이 가장 큰 것으로 조사됨**

○ 중분류별로 수처리 플랜트는 약 106.0억 달러(80.3%), 담수화 플랜트 약 26.0억 달러(26.0%)로 확인됨

○ 유럽 지역의 수자원・환경 플랜트 프로젝트 약 39.0억 달러(29.5%), 아시아 지역의 프로젝트 약 31.0억 달러(23.5%)로 두 지역의 프로젝트 비중이 전체의 53.0%를 차지하는 것으로 나타남



[그림 78] 수자원·환경 플랜트 신규 프로젝트의 분야별 비중



[그림 79] 수자원·환경 플랜트 신규 프로젝트의 권역별 비중

□ **'18년 7월 기준 전세계의 계획 단계부터 실제 운용 중인 모든 수자원 플랜트 프로젝트의 규모는 3,680억 달러 규모로 추산됨[116)]**

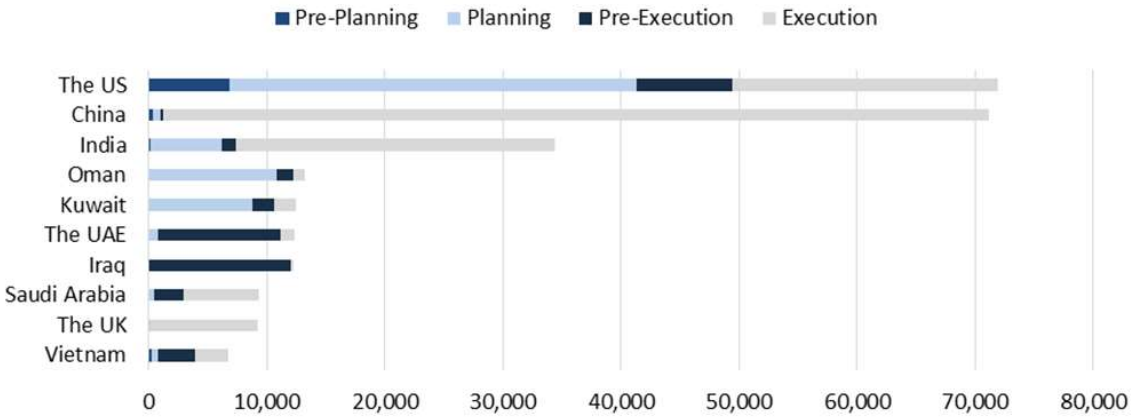
○ 아시아・태평양 지역이 1,524억 달러로 가장 많은 비중을 차지하였으며, 미국 1,034억 달러, 중동 및 아프리카 886억 달러, 유럽 236억 달러 순으로 조사됨

- 아시아・태평양 지역의 급속한 산업화와 도시화에 따라 수자원 플랜트의 수요가 급증하는 추세가 지속될 것으로 예상됨

- 국가별 규모는 미국이 720억 달러, 중국이 711억 달러, 인도가 344억 달러, 오만이 133억 달러 순으로 조사됨

116) GlobalData, 2019.4.

○ 프로젝트 주체별 비중으로는 관 주도의 투자가 56%로 가장 많은 비중을 차지하였으며, 민·관 합작이 36%, 순수 민간 투자가 8%로 타 플랜트 산업에 비해 공공 사업 성격이 두드러지는 것으로 나타남

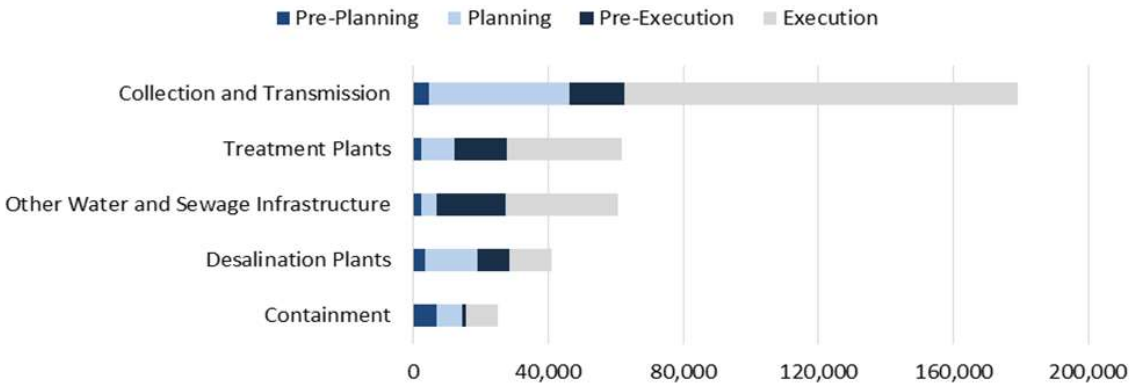


[그림 80] 전세계 수자원 플랜트 프로젝트 규모 상위 10개 국(단위 : 백만 달러)

□ **세부 공종별로는 물 확보 및 공급 분야의 비중이 압도적으로 큰 것으로 조사되었으며, 수처리 플랜트, 기타 수자원 인프라, 담수화 플랜트, 저수 시설 순으로 나타남**

○ 물 확보 및 공급 플랜트 프로젝트의 규모는 1,793억 달러, 수처리 플랜트 619억 달러, 기타 수자원 인프라 플랜트 607억 달러, 담수화 플랜트 411억 달러, 저수 시설 251억 달러로 조사됨

- 프로젝트별 단가로는 중국 황허 유역의 620억 달러 규모의 수자원 배분 시설 시공 프로젝트가 가장 높은 것으로 조사됨



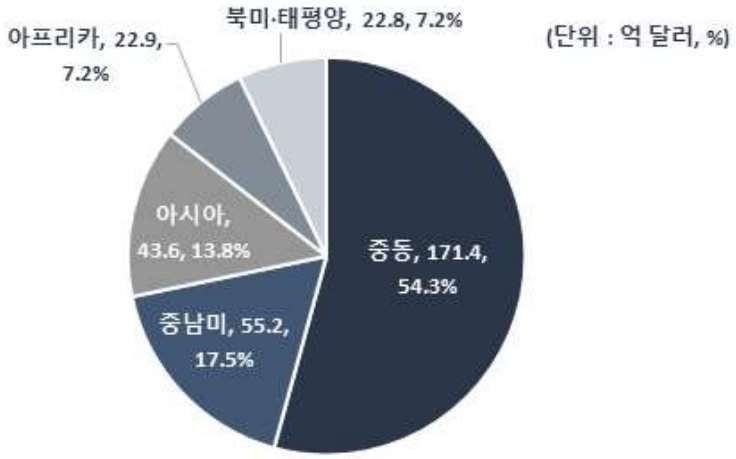
[그림 81] 전세계 수자원 플랜트 프로젝트 세부 공종별 규모(단위 : 백만 달러)

(1) 담수화 플랜트

□ **'15년 기준 현재 계획 또는 실행단계에 있는 주요 담수화 플랜트의 시장규모는 총 315.83억 달러임[117]**

○ 권역별로는 중동 지역의 시장규모가 171.4억 달러로 전세계 시장의 54.3%를 차지하고 있음

- 이어서 아프리카 중남미 55.2억 달러, 아시아 43.6억 달러, 아프리카 22.9억 달러, 북미・태평양 지역 22.8억 달러 순으로 조사됨



[그림 82] 권역별 담수화 플랜트 프로젝트 비중(단위: 억 달러)

117) Global Data, 해외건설협회 제공, 2018.2.

<표 35> 권역별 주요 담수화 플랜트 프로젝트(Global Water Intelligence 2015 기준)

Project name	Sector	국가	권역	프로젝트 규모 (US $m)
Az Zour North IWPP Plant	담수화	Kuwait	중동	8,200
Water Desalination Plant Development	담수화	Chile	중남미	3,430
Yanbu Power and Desalination Plant Phase III 3100 MW	담수화	Saudi Arabia	중동	3,000
Seawater Desalination Plant	담수화	China	아시아	2,200
Rabigh Independent Water Project (IWP): Phase 3	담수화	Saudi Arabia	중동	1,300
Cape Riche Desalination Plant	담수화	Australia	북미·태평양	1,280
Al Taweelah Desalination Plant	담수화	The UAE	중동	1,200
Huntington Beach Desalination Plant	담수화	The US	북미·태평양	1,000
Casablanca Seawater Desalination Plant	담수화	Morocco	아프리카	900
Nangang Sea Water Desalination Plant	담수화	China	아시아	893
Minera Spence: Sea Water Treatment Plant	담수화	Chile	중남미	800
Spence Desalination Plant	담수화	Chile	중남미	800
Integrated Solid Waste Management and Water Desalination Plant	담수화	Bahrain	중동	741
Desalination Facility For The Gaza Strip	담수화	Palestinian Territory	중동	692
Perur Desalination Plant	담수화	India	아시아	668
Dahej Desalination Plant	담수화	India	아시아	600
RJM Water Transmission System	담수화	Saudi Arabia	중동	500
Rosarito Desalination Plant	담수화	Mexico	중남미	490
Sorek Second Desalination Plant – Israel	담수화	Israel	중동	400
Doha Seawater Reverse Osmosis Desalination Plant: Phase II – Kuwait	담수화	Kuwait	중동	400
Doha Seawater Reverse Osmosis Desalination Plant: Phase I – Kuwait	담수화	Kuwait	중동	390
Sfax Desalination Plant – Tunisia	담수화	Tunisia	아프리카	371
Tifnit Sea Water Desalination Plant – Souss-Massa-Daraa	담수화	Morocco	아프리카	354
Agadir Water Desalination and Irrigation Plant – Souss-Massa-Draa	담수화	Morocco	아프리카	350
Shuaiba III Desalination Plant Upgrade – Makkah	담수화	Saudi Arabia	중동	314
Port Said Seawater Desalination Plant – Egypt	담수화	Egypt	아프리카	310

□ **'11~'18년간 추진된 담수화 시장규모를 볼 때, 국가별로는 미국이 84억 달러로 가장 크며, 사우디아라비아 등 중동국가가 뒤를 잇고 있음[118)]**

○ 전 세계 해수담수화 시설의 약 46.7%가 중동·북아프리카 지역에 위치하고 있으며, 동 지역에서의 해수담수화 시장은 '14년 4조원에서 '20년 19조원으로 성장이 전망됨

- 사우디아라비아는 증발법과 역삼투법이 비슷하게 사용되고 있으나 최근에는 에너지 사용량이 적은 역삼투법이 증가하고 있는 추세임

118) Global Water Market 2014, GWI, 2015

• 사우디아라비아는 충분한 재정을 바탕으로 담수화 중심의 상수원 개발에 지속적으로 투자하고 있음

- UAE는 증발식 방식에 많은 경험을 보유하고 있으나, 최근에는 외국 기업과의 협력을 통해 역삼투법을 포함하는 저에너지형 해수담수화 기술 도입을 추진 중임

- 요르단, 오만의 경우 물 사용량의 지속적인 증가로 담수화 부문의 시장이 확대될 것으로 전망됨

• 오만은 시장개방 정책으로 해외 기업의 프로젝트 개발-운영 전반의 참여가 활발함

○ 알제리, 튀니지의 경우 담수자원 확보에 상당한 어려움을 겪고 있으며 해수담수화 뿐만 아니라 대규모 기수담수화 플랜트를 도입하고 있음

□ **아시아・태평양 지역의 경우 중국, 인도, 호주에서 해수담수화 시장의 성장이 전망됨[119]**

○ 중국은 급격한 도시화 및 경제성장으로 인해 담수프로젝트 5개년 계획을 실행하고 있으며, 해외기업들의 접근이 중동 시장에 비해 어려우나 선진기술 습득을 위한 개방은 진행하고 있음

○ 인도는 '05년 이후 많은 외국 기업에게 담수화 프로젝트 참여기회를 제공하여 자국내 불안정한 수자원 인프라 개선을 도모하고 있음

○ 호주는 높은 상수도 보급률을 나타내고 있으나, 가뭄 등의 문제로 담수화 시장이 급성장할 것으로 전망됨

□ **역삼투(Reverse Osmosis) 해수담수화플랜트 시장은 증발식 해수담수화플랜트 시장과 함께 성장이 지속되고 있음[120]**

○ 역삼투는 현재 UAE 등 중동에 수요가 있으며, 100만톤급의 대형 담수화 플랜트 발주가 이루어지고 있음

○ 아시아 저개발권 국가들은 증발식 해수담수화 플랜트 시장이 형성되어 있음

□ **상수용 담수화플랜트 외에도, 공업용 초순수, 수전해 수소생산용 용수로 담수화설비가 사용되고 있음[121]**

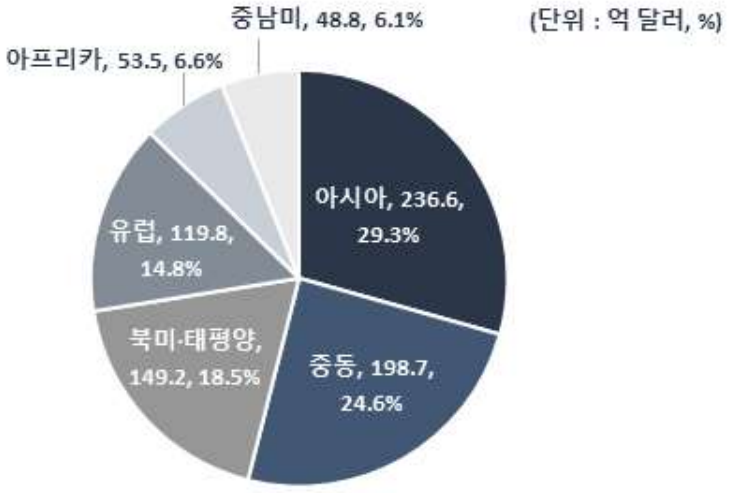
119) Global Water Market 2014, GWI, 2015
120) 전문가 인터뷰, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 1차 분과회의, 2019.7.4.
121) 전문가 인터뷰, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 1차 분과회의, 2019.7.4.

(2) 수처리 플랜트

□ **'15년 기준 현재 계획 또는 실행단계에 있는 주요 수처리 플랜트의 시장규모는 총 806.6억 달러임[122)]**

○ 권역별로는 아시아 지역의 시장규모가 236.6억 달러로 전세계 시장의 29.3%를 차지하고 있음

- 이어서 중동 198.7억 달러, 북미・태평양 149.2억 달러, 유럽 119.8억 달러, 아프리카 53.5억 달러, 중남미 48.8억 달러 순으로 조사됨



[그림 83] 권역별 수처리 플랜트 프로젝트 비중(단위: 억 달러)

<표 36> 권역별 주요 수처리 플랜트 프로젝트(Global Water Intelligence 2015 기준)

Project name	Sector	국가	권역	프로젝트 규모 (US $m)
Common Seawater Supply Facility	수처리	Iraq	중동	12,000
San Wai Sewage Treatment Works Phase I	하수처리	Hong Kong	아시아	4,000
Water Purification Facility	수처리	United States	북미·태평양	3,200
Ho Chi Minh Sewage Treatment Plant	하수처리	Vietnam	아시아	3,000
Tangshan Water Infrastructure Development	수처리	China	아시아	2,700
RegionalSan – The EchoWater – California	수처리	United States	북미·태평양	2,000
Umm Al Hayman Wastewater Treatment Plant	폐수처리	Kuwait	중동	1,800
Herbert Hoover Dike Redevelopment	수처리	United States	북미·태평양	1,700
Kingdom Riyadh Land Infrastructure Facilities	수처리	Saudi Arabia	중동	1,500
Bortnychi Waste Water Treatment Plant	폐수처리	Ukraine	유럽	1,500
Mumbai Sewage Disposal Facilities	하수처리	India	아시아	1,492
AP5 Sewage Network	하수처리	Brazil	중남미	1,358

122) Global Data, 해외건설협회 제공, 2018.2.

Project name	Sector	국가	권역	프로젝트 규모 (US $m)
Houston Northeast Water Purification Plant Expansion	수처리	United States	북미·태평양	1,300
Acheres Seine-Aval Water Treatment Plant Renovation	수처리	France	유럽	1,300
Canoas Wastewater Treatment Plant	폐수처리	Colombia	중남미	1,105
Sogakope-Lome Transboundary Water Supply	수처리	Ghana	아프리카	1,100
Mokolo Crocodile Water Augmentation	수처리	South Africa	아프리카	1,014
Effluent Water Treatment and Injection Plant	수처리	Kuwait	중동	1,000
Navajo to Gallup Water Supply Network	수처리	United States	북미·태평양	1,000
Soo Locks Modernization Project	수처리	United States	북미·태평양	1,000
Broga Water Treatment Plant	수처리	Malaysia	아시아	945
San Antonio Water Supply System	수처리	United States	북미·태평양	927
Sistema Integral Water Program	수처리	Mexico	중남미	911
Langat II Water Treatment Plant	수처리	Malaysia	아시아	870
Stockholm Waste Water Treatment System Upgrade	폐수처리	Sweden	유럽	813
Bay Park Sewage Treatment Plant Redevelopment	하수처리	United States	북미·태평양	810
Sanaga River Water Production Plant	수처리	Cameroon	아프리카	770
McLoughlin Point Wastewater Sewage Treatment Plant	수처리	Canada	북미·태평양	765
Abu Rawash Wastewater Treatment Plant Expansion	폐수처리	Egypt	아프리카	752
Yen Xa Wastewater Treatment Plant	폐수처리	Vietnam	아시아	715
Karian-Serpong Water Conveyance System	수처리	Indonesia	아시아	690
Gandharbpur Water Treatment Plant	수처리	Bangladesh	아시아	675
Clonshaugh Waste Water Treatment Plant	폐수처리	Ireland	유럽	667
Paepys Water Treatment Plant	수처리	Cameroon	아프리카	645
North Hollywood Water Treatment Facility	수처리	United States	북미·태평양	600
San Fernando Groundwater Treatment Plants	수처리	United States	북미·태평양	600
Emscher Sewer Plant	하수처리	Germany	유럽	600
Nagaur Lift Water Supply Development	수처리	India	아시아	582
Karnaphuli Water Treatment Plant Phase II	수처리	Bangladesh	아시아	570
Doha South Sewage Infrastructure Project	하수처리	Qatar	중동	560
Bulacan Bulk Water Supply	수처리	Philippines	아시아	542
Bello Wastewater Treatment Plant	폐수처리	Colombia	중남미	541
Melamchi Water Supply Project	수처리	Nepal	아시아	531
New Lions Gate Secondary Wastewater Treatment Plant	수처리	Canada	북미·태평양	522
Wastewater Treatment Plants	폐수처리	Paraguay	중남미	516
Brunsbuttel Sluice Basin Development	수처리	Germany	유럽	516
Wara Pressure Maintenance	수처리	Kuwait	중동	500
Sha Tin Water Treatment Plant Upgrade	수처리	Hong Kong	아시아	500
Sha Tin Cavern Sewage Treatment Works	수처리	Hong Kong	아시아	500
Green Technology Park	수처리	Vietnam	아시아	500
Bonnybrook Wastewater Treatment Plant D Expansion	폐수처리	Canada	북미·태평양	500
HCMC District 2 Wastewater Treatment Plant	폐수처리	Vietnam	아시아	495
Jinan Zhangqiu Urban-Rural Integration Water Supply Project	폐수처리	China	아시아	493
Ringsend Sewage Plant Upgrade	하수처리	Ireland	유럽	490
Mefou Water Treatment Plant – Cameroon	수처리	Cameroon	중동	465
Northern Town Waste-Water Treatment Plant – Bahrain	폐수처리	Bahrain	중동	461
Klong Toei Wastewater Treatment Plant	폐수처리	Thailand	아시아	453
El Salitre Wastewater Treatment Plant Development	폐수처리	Colombia	중남미	450
Jatiluhur Drinking Water Treatment System	수처리	Indonesia	아시아	450
Dan Phuong Red River Surface Water Plant	수처리	Vietnam	아시아	450
Blominmäki Wastewater Treatment Plant	수처리	Finland	유럽	448

Project name	Sector	국가	권역	프로젝트 규모 (US $m)
Saidabad Water Treatment Plant Phase III	수처리	Bangladesh	아시아	443
Muscat Waste Water Management Project – Oman	폐수처리	Oman	중동	420
Tai Po Water Treatment Facility	수처리	Hong Kong	아시아	419
Jatigede Water Supply System	수처리	Indonesia	아시아	416
Dasherkandi Sewage Treatment Plant	수처리	Bangladesh	아시아	415
Al Dhakira Sewage Treatment Plant – Qatar	하수처리	Qatar	중동	412
Padma (Jashaldia) Water Treatment Plant: Phase I	수처리	Bangladesh	아시아	411
Qilihe Anning Sewage Treatment Plant Reconstruction	수처리	China	아시아	407
Tubli Sewerage Treatment Plant Expansion: Phase IV – Manama	하수처리	Bahrain	중동	400
Glina Wastewater Treatment Plant Expansion Phase II	폐수처리	Romania	유럽	400
Itare Dam Development – Nakuru	수처리	Kenya	아프리카	399
Deephams Sewage Treatment Works Redevelopment	하수처리	United Kingdom	유럽	385
Jebel Ali Sewage Treatment Plant: Phase II – UAE	수처리	The UAE	중동	354
Adiyan Waterworks Phase II – Lagos	수처리	Nigeria	아프리카	350
Bekkelaget Sewage Water Treatment Facility Expansion	수처리	Norway	유럽	335
Dormaa-Ahenkro-Berekum-Suhum Water Supply Network–Ghana	수처리	Ghana	아프리카	320
Veliko Selo Wastewater Treatment Facility	폐수처리	Serbia	유럽	299
Davyhulme Wastewater Treatment Plant Upgrade	수처리	United Kingdom	유럽	292
Blackburn and Darwen Wastewater Treatment Plant Upgrade	폐수처리	United Kingdom	유럽	270
Energy Optimization Sludge Treatment Plant	수처리	Austria	유럽	263
Integrated Water and Wastewater Programme	폐수처리	Turkey	유럽	250
Císarský Central Waste Water Treatment Plant Upgrade	폐수처리	Czechia	유럽	235
Vartry Water Supply Upgrade	수처리	Ireland	유럽	225
Ampsin-Neuville Lock Site Expansion	수처리	Belgium	유럽	160
Tulcea Water and Waste Water System Improvements	폐수처리	Romania	유럽	160
Krasnogvardeysky Okhta Sewage Collector: Phase I	하수처리	Russia	유럽	159
Kyzyl Modernization of Housing and Communal Infrastructure: Boiler Facility	수처리	Russia	유럽	156
Third Lock Chamber Princess Beatrix Lock Development and Widening Lek Canal	수처리	Netherlands	유럽	151
Kyzyl Modernization of Housing and Communal Infrastructure: Water Supply Stations	수처리	Russia	유럽	150
Tarnow Waste Incineration Plant	수처리	Poland	유럽	148
Utrecht Sewage Treatment Plant	하수처리	Netherlands	유럽	140
Glasgow Shieldhall Strategic Sewer Tunnel	수처리	United Kingdom	유럽	135
Cornigliano Sewage Treatment Plant	수처리	Italy	유럽	130
Osijek Wastewater Treatment Plant	하수처리	Croatia	유럽	125
Anchorsholme Park Sewer Facilities	하수처리	United Kingdom	유럽	123
Waste Treatment Plants	폐수처리	Russia	유럽	120
Yuzhnyye Sewage Treatment Plant Reconstruction	수처리	Ukraine	유럽	115
Atakoy Water Treatment Plant Expansion	수처리	Turkey	유럽	110
Cagnes-Sur-Mer Waste Water Treatment Plant	폐수처리	France	유럽	109
Athlone Main Drainage System	수처리	Ireland	유럽	107
Water Network Development	수처리	Russia	유럽	104
Knostrop Sludge Treatment and Anaerobic Digestion Facility	수처리	United Kingdom	유럽	96
Woolston Wastewater Treatment Plant Redevelopment	폐수처리	United Kingdom	유럽	95
Morecambe Bay Wastewater Treatment Upgrades	폐수처리	United Kingdom	유럽	94

(가) 정수처리 플랜트

□ **기후변화에 따른 물 부족 및 물 수요 증가로 2000년대 들어 수처리 설비시장이 급속히 확대되고 있음[123)]**

○ 정부 재정에서 정수처리 설비투자는 우선순위가 높아 정수처리 플랜트 프로젝트 시장은 꾸준한 규모를 형성할 전망임

○ 물 부족 지역에서의 인구증가가 수처리 설비투자의 주요 동인이나, 최근에는 이상기후 현상도 수처리 설비 수요증가의 한 원인으로 작용하고 있음

□ **고순도 공정수처리 플랜트의 경우 과거 전자산업이 부흥한 일본, 미국을 중심으로 기술이 개발되어 있으며 현재도 일본의 몇 개 회사만이 시장을 주도할 정도로 폐쇄적인 시장으로 분석됨[124)]**

○ 고순도 공업용수 플랜트 시장의 규모는 '14년 기준 약 1조 7,000억 원으로 추정되며 '25년에는 4조 3,000억 원 수준으로 증가할 것으로 예상하고 있음

○ 권역별 시장규모로는 반도체 등 첨단 산업이 밀집되어 있는 아시아 지역이 전체 시장의 50%를 차지하며, 북미, 중동 순으로 시장 점유율이 높음

- 전자산업의 수처리 시장에서 고순도 공업용수 규모가 전체 시장의 80% 이상을 차지하고 있음

- 전자산업의 경우 한국・중국・대만・일본이 주도하는 만큼, 동아시아 지역의 고순도 공정수처리 시장은 향후에도 큰 규모를 유지할 것으로 전망됨

(나) 하폐수처리 플랜트

□ **미국의 비전통자원 개발 기업들의 환경 관리에 대한 관심이 높아짐에 따라 비전통자원 수처리 산업의 시장 확대에 기여할 것으로 전망됨**

○ 미국 환경청(EPA)이 '14년도에 제정한 폐수 제한 가이드라인(ELGs)에 따라 향후 북미를 중심으로 석유 및 가스 추출 시설에서의 온실가스 배출 및 폐수 배출이 엄격하게 관리되고 있음

123) 에너지산업 산업기술R&BD 전략, 산업통상자원부, 2019.1.
124) 플랜트(물 및 가스분야) 기술체계 및 기술개발전략, 국토교통과학기술진흥원, 2015.12.

(3) 자원순환 플랜트

□ **전세계 폐기물처리 시장은 '17년 2,450억 달러 규모에서 '26년에는 약 4,500억 달러 규모로 성장할 것으로 전망됨[125)]**

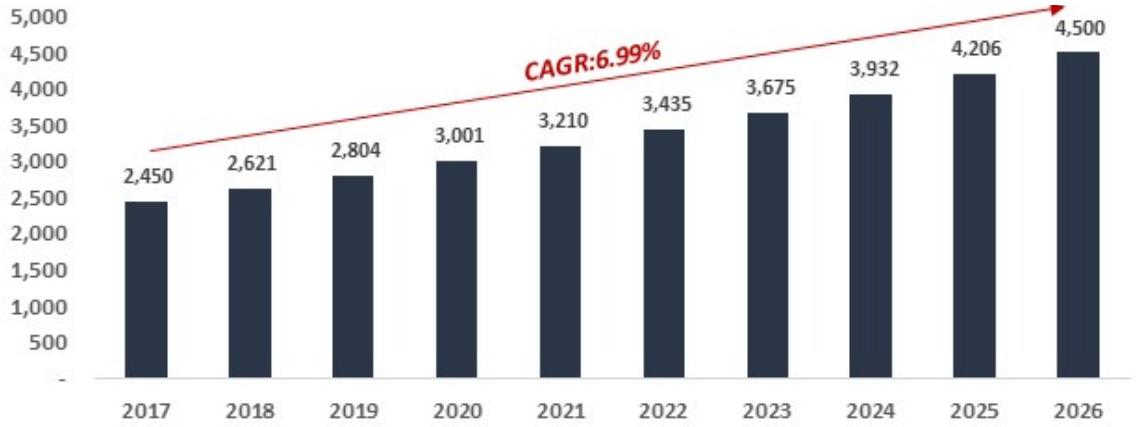
○ '17~'26년 간 전세계 폐기물처리 시장의 연평균 성장률(CAGR)은 약 6.3%를 기록할 것으로 예상됨

○ '16년 기준 가장 많은 비중을 차지하는 권역은 유럽 지역이지만, 향후 아시아·태평양 및 북미 지역의 폐기물처리 시장이 확대될 것으로 전망됨

- 아시아·태평양 지역은 급속한 도시화 및 산업화에 따라 향후 폐기물 처리 시장의 지속적인 성장이 예상됨

- 북아메리카 지역의 경우 엄격한 폐기물 처리 규제 시행으로 관련 기술 개발 및 시장 확대가 전망됨

○ 폐기물처리 시장의 주요 경쟁자로는 CLEAN HARBORS, INC., Daiseki Co. Ltd., Waste Management Inc., Suez Environment S.A., Veolia Environment S.A, Republic Services Inc., Remondis AG & Co. Kg, Biffa Group 등으로 조사됨



[그림 84] 전세계 연평균 폐기물처리시장 성장 추이(`17~`26)(단위 : 억 달러)

125) Maximize Market Research Industry 홈페이지, Waste Management Market, 2019.9.

□ **선진국을 중심으로 환경기초시설과 에너지플랜트의 도시화・지하화 사례가 증가하고 있음**

○ 스웨덴 스톡홀롬에서는 터널형식으로 하수처리 시설을 설치하고 슬러지를 통해 바이오가스 및 농업용 비료를 생산하고 있음

- 하수처리량은 24만㎥/일, 면적은 30만㎡으로 18km의 터널을 이용하여 설치, 13MNm3 바이오가스는 발전, 지역난방, 차량연료 등으로 공급

○ 싱가포르에서는 친환경 에너지 생산과 폐기물・수처리 집적화에 의한 비용절감을 위해 물재생센터와 통합 폐기물 처리시설의 복합화 프로젝트를 추진하고 있음

□ **급속한 산업발전이 이루어지고 있는 동남아권 국가에서는 산업폐기물과 생활폐기물이 다량 발생하고 있으나, 이를 제대로 처리하지 못하여 폐기물처리에 대한 니즈가 큼[126)]**

○ 동남아권 국가는 급격한 산업화에 따른 인구증가가 이루어지고 있으며, 생활폐기물에 대한 처리가 이루어지지 못하고, 방치되고 있는 상황임

- 동남아권 국가의 경우, 재활용이 적절히 이루어지고 있지 못하며, 음식물쓰레기가 함께 버려지고 있어 생활폐기물의 함수율도 높아 폐기물 처리효율이 높지 못함

○ 산업폐기물도 대량 발생하고 있어, 이를 일괄처리할 수 있는 대형 소각로가 요구됨

126) 전문가 간담회, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 폐기물 에너지화 플랜트, 2020.1.14.

2. 국내기업의 해외 플랜트 수주현황

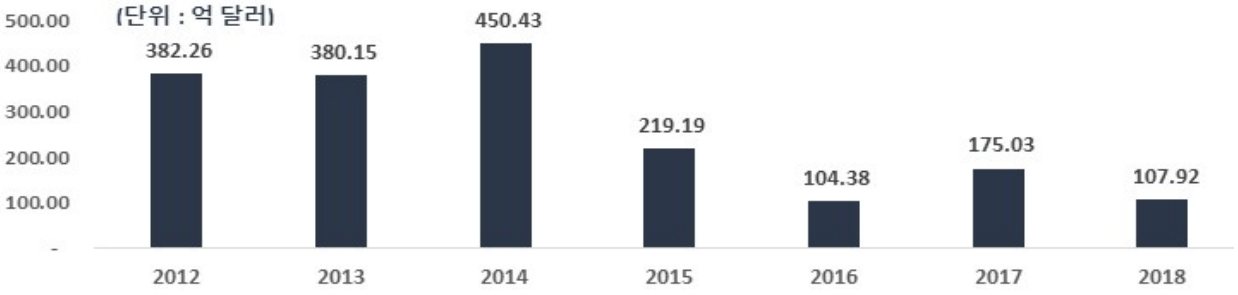
가. 총괄

□ **국내 기업의 해외 플랜트 수주 규모는 '14년 450.43억 달러로 최고치를 기록한 이후 급락하여 예년 수준을 회복하고 있지 못함[127]**

○ '14년 해외 플랜트 수주액은 450.43억 달러로 역대 최고치를 기록하였으나, '15년에는 219.19억 달러로 전년도의 절반에 못미치는 수주실적을 보임

○ '16년에는 '15년 해외 플랜트 수주액의 절반에 미달하는 104.38억 달러 수주에 그침

○ '17년에는 175.03억 달러를 수주하여 반등하는 듯 하였으나, '18년 107.92억 달러 수주로 '16년 수준에 그침



[그림 85] 국내 기업의 연도별 해외 플랜트 총계 수주 추이 (`12~`18)

* 자료 : 해외건설협회 데이터베이스, 2019.

□ **'12~'18년간 원유·정유, 화력발전, 석유화학 플랜트가 전체 플랜트 수주의 80%를 차지하고 있으며, 특히 원유·정유, 화력발전 플랜트의 수주회복이 더딘 상황임**

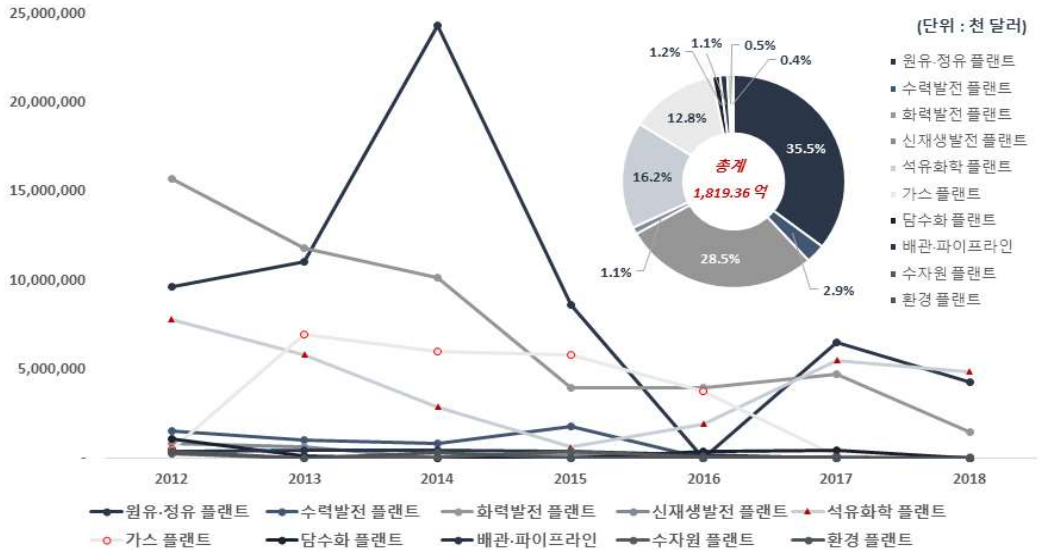
○ 원유·정유플랜트는 전체 플랜트 수주의 35.5%를 차지하고 있으며, '14년에는 243.27억 달러를 수주하였으나, '15년부터 수주가 급감하여 '18년에는 42.94억 달러 수주에 그침

○ 화력발전 플랜트는 전체 플랜트 수주의 29.5%를 차지하고 있으며, '12년 156.93억 달러 수주 이후, 지속적으로 수주가 감소하여 '18년에는 15.11억 달러 수주에 그침

○ 석유화학플랜트는 전체 플랜트 수주의 16.2%를 차지하고 있으며, '12년 78.29억 달러 수주 이후, '15년 6.37억 달러 수주까지 하락하였다가 '17년 55.19억 달러로 회복함

○ 전체 플랜트 수주의 12.8%를 차지하는 가스플랜트의 경우, '13년 69.55억 달러 수주 이후 지속하락하여 '18년에는 0.10억 달러 수주에 그침

127) 해외건설협회 데이터베이스 분석 - 국내 기업의 플랜트 수주액 중 일반공장, 제철소, 기타 플랜트(기계설치, 철구조물)를 제외한 발전플랜트, 자원개발플랜트, 수자원 환경플랜트의 수주액을 분석한 결과임



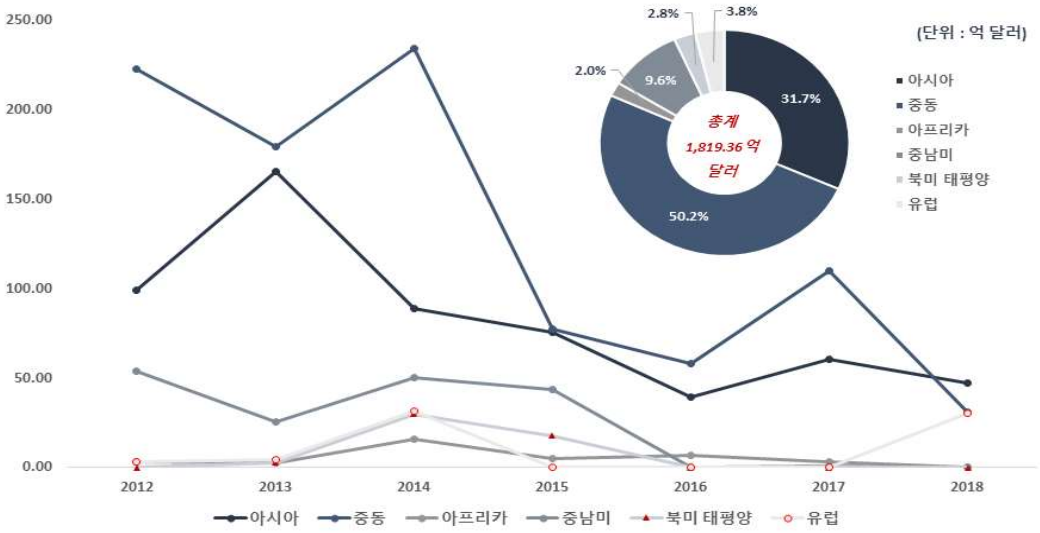
[그림 86] 국내 기업의 해외 플랜트 수주 총계 연도별·공종별 추이 및 공종별 총 수주 비중(`12~`18)

* 자료 : 해외건설협회 데이터베이스, 2019.

□ **12~'18년간 지역별 플랜트 수주 중 중동지역이 차지하는 비중이 50.2%로 가장 크며, '14년 이후 중동 지역을 포함한 아시아지역의 수주 실적이 하락하면서 전반적인 국내 기업의 플랜트 수주 실적 하락으로 이어진 것으로 분석됨**

○ 중동지역의 경우 '14년 최고치인 234.50억 달러 규모의 플랜트 사업들을 수주하였으나, '18년에는 30.76억 달러로 급격히 감소함

○ 아시아지역은 중동에 이어 국내 기업 수주규모가 큰 지역이며, '13년 최고치인 165.72억 달러 규모의 플랜트 사업들을 수주하였으나, '18년에는 47.06억 달러로 감소함



[그림 87] 국내 기업의 해외 플랜트 수주 총계 연도별·지역별 추이 및 지역별 총 수주 비중(`12~`18)

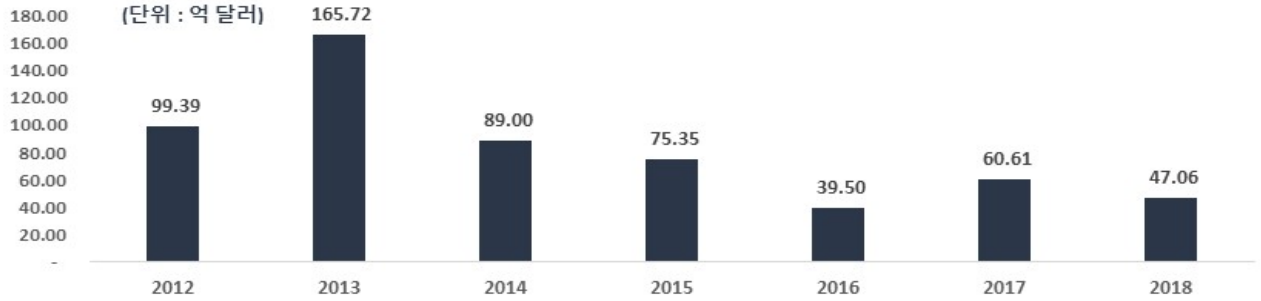
* 자료 : 해외건설협회 데이터베이스, 2019.

나. 아시아

□ **국내 기업의 아시아지역 플랜트 수주액은 '13년 최고치인 165.72억 달러를 기록한 이후 '14년 급감하였으며, 이후 40억~60억 달러 수준으로 수주가 이루어지고 있음**

○ '14년 아시아지역 플랜트 수주액은 전년도의 절반 수준인 89.00억 달러로 급감함

○ '16년까지 아시아지역 플랜트 수주액은 지속 하락하였으며, '17년 60.61억 달러, '18년 47.06억 달러를 수주하였음



[그림 88] 국내 기업의 아시아 지역 연도별 해외 플랜트 수주 추이 (`12~`18)

* 자료 : 해외건설협회 데이터베이스, 2019.

□ **아시아지역에서 수주비중이 43.9%로 가장 큰 화력발전플랜트와 수주비중이 17.0%인 가스플랜트의 수주감소가 아시아 지역의 플랜트 수주 감소에 영향을 미친 것으로 분석됨**

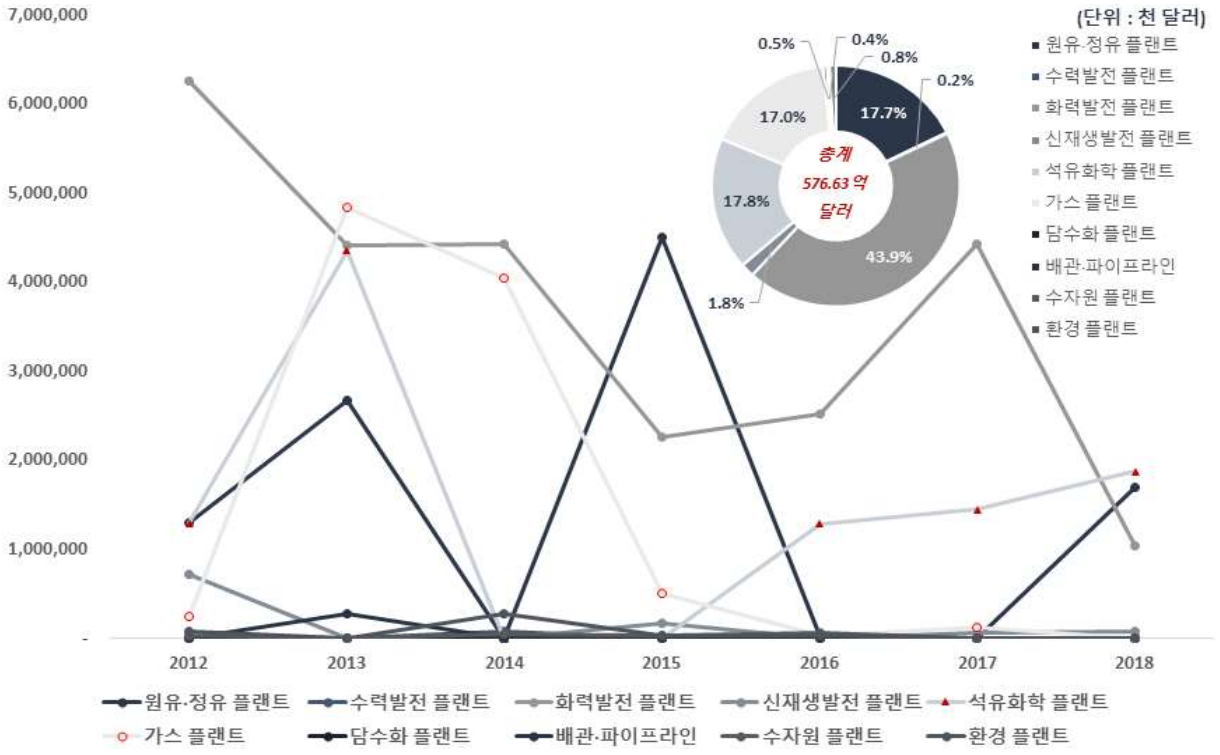
○ 화력발전플랜트는 '12년 62.59억 달러를 수주하였으나, '18년에는 10.38억 달러 수주에 머무름

○ 화력발전플랜트에 이어 수주 비중이 큰 석유화학플랜트는 '14~'15년 수주가 급감한 이후, '16년부터 회복되어 '18년에는 18.77억 달러를 수주하였음

○ 원유·정유플랜트는 '15년 45.00억 달러 수주에는 미치지 못하나, '16년 급감한 이후 수주가 증가하여 '18년에는 16.92억 달러를 수주하였음

○ 가스플랜트는 '113년 48.36억 달러를 수주한 이후 지속적으로 감소하여 '18년에는 수주를 하지 못함

○ '12~'18년간 아시아지역에서 담수화플랜트 수주는 전무함



[그림 89] 국내 기업의 아시아 지역 해외 플랜트 수주 연도별·공종별 추이 및 공종별 총 수주 비중(`12~`18)

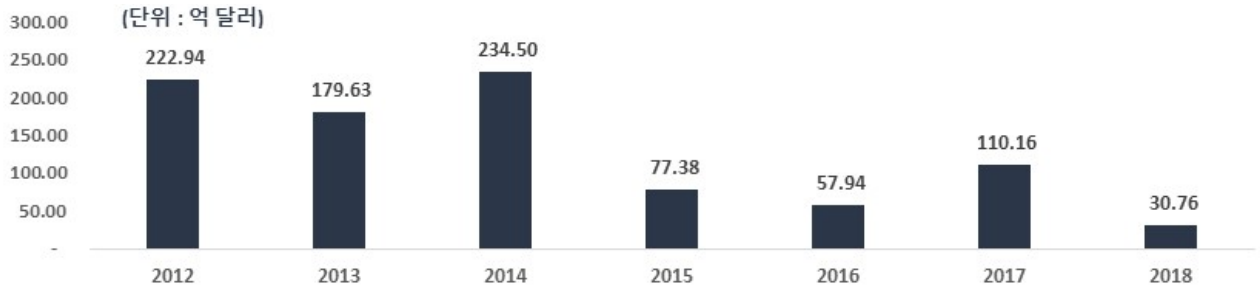
* 자료 : 해외건설협회 데이터베이스, 2019.

다. 중동

□ **국내 기업의 중동지역 플랜트 수주액은 '14년 최고치인 234.50억 달러를 기록한 이후 '15년 급감하였으며, '18년에는 30.76억 달러에 그침**

○ '15년 중동지역 플랜트 수주액은 전년도의 33% 수준인 77.38억 달러에 그침

○ '17년 중동지역 플랜트 수주액은 110.16억 달러로 전년대비 2배 가까이 증가하였으나, '18년에는 '12년 이후 최저치인 30.76억 달러에 그침



[그림 90] 국내 기업의 중동 지역 연도별 해외 플랜트 수주 추이 (`12~`18)

* 자료 : 해외건설협회 데이터베이스, 2019.

□ **중동지역에서 수주비중이 44.7%로 가장 큰 원유·정유 플랜트와 수주비중이 21.7%인 화력발전플랜트의 수주감소가 중동지역의 플랜트 수주 감소에 영향을 미친 것으로 분석됨**

○ 원유·정유플랜트는 '14년 167.95억 달러를 수주하였으나, 이후 수주가 줄어 '18년에는 26.03억 달러 수주에 그침

○ 원유·정유플랜트에 이어 수주 비중이 큰 화력발전 플랜트는 '13년까지 70억 달러 정도를 수주하였으나, '15년 이후에는 10억 달러 이상 수주하고 있지 못하며, '18년에는 4.73억 달러 수주에 머무름

○ 석유화학플랜트는 '12년에 수주한 65.29억 달러 수준에는 미치지는 못하나, '17년 40.73억 달러를 수주하였음

- '18년에는 석유화학플랜트 사업을 수주하지 못함

○ 가스플랜트는 '13년 이후 '16년까지 매년 10억 달러 이상을 수주하였으나, '17년 이후에는 사업을 수주하지 못하고 있음

- 현대건설이 '16년 10월 수주한 7억 3,570만달러 규모의 사우디아라비아 가스 디메타나이저 처리시설 이후, 가스플랜트 사업 수주는 전무함

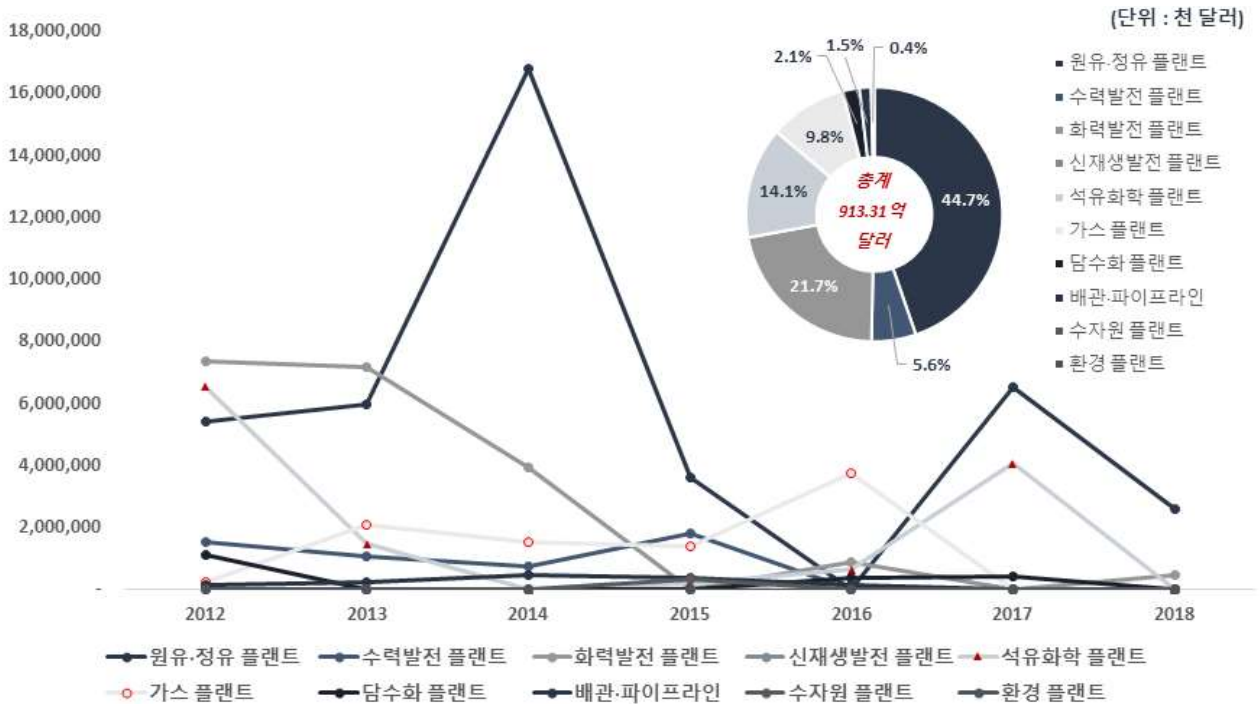
□ **중동 지역은 발전플랜트의 경쟁이 치열한 곳으로 수익성 악화를 극복하기 위해 부가가치를 제고할 수 있는 개발자 역량 제고가 필요함[128)]**

○ 한국 기업들은 GCC 지역 건설중인 발전설비의 69%(36.2GW)를 담당하나 중국, 유럽과의 경쟁이 심화되고 있음

- 현대중공업, 삼성물산, 두산중공업 등 다수의 우리기업들이 중동에서 활발히 사업을 추진하고 있으나 2015년 신규 수주사업으로는 삼성물산의 카타르 Facility D IWPP이 유일함

- 중국 Harbin은 GCC 최초의 석탄화력 발전 플랜트 사업인 두바이 Hassyan (1,200MW)프로젝트의 우선 협상자로 선정됨

128) 발전플랜트 산업 전망 및 국내기업 경쟁력, 한국수출입은행, 2015.12



[그림 91] 국내 기업의 중동 지역 해외 플랜트 수주 연도별·공종별 추이 및 공종별 총 수주 비중(`12~`18)

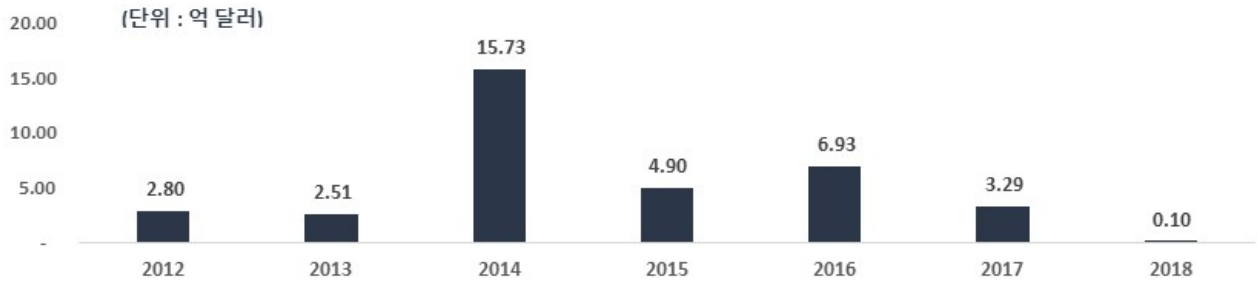
* 자료 : 해외건설협회 데이터베이스, 2019.

라. 아프리카

□ **국내 기업의 아프리카지역 플랜트 수주액은 '14년 최고치인 15.73억 달러를 기록한 이후 급감하였으며, '18년에는 0.10억 달러 수주에 그침**

○ '15년 아프리카지역 플랜트 수주액은 전년도의 31% 수준인 4.90억 달러 수주에 그침

○ '16년 6.93억 달러 수주 이후, 매년 감소하여 '18년에는 0.10억 달러 수주에 그침



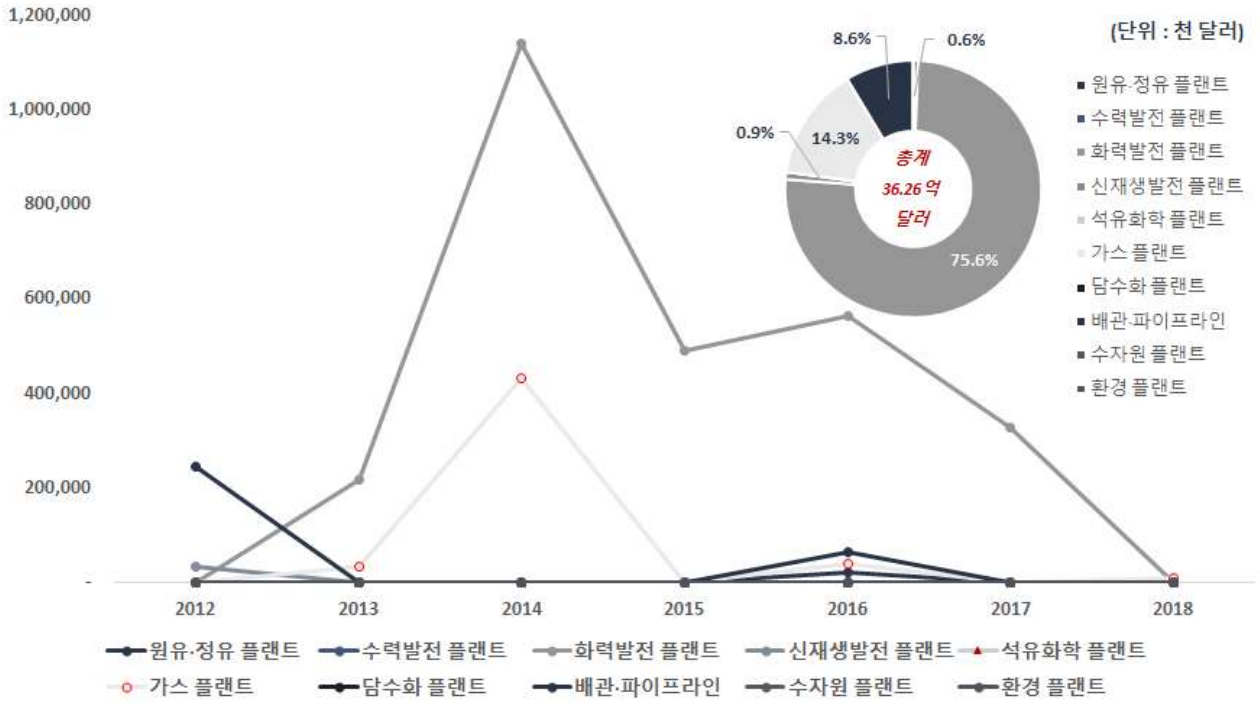
[그림 92] 국내 기업의 아프리카 지역 연도별 해외 플랜트 수주 추이 (`12~`18)

* 자료 : 해외건설협회 데이터베이스, 2019.

□ **아프리카지역에서 수주비중이 75.6%로 가장 큰 화력발전플랜트의 수주감소가 아프리카 지역의 플랜트 수주 감소에 영향을 미친 것으로 분석됨**

○ 화력발전플랜트는 '14년 11.40억 달러를 수주하였으나, 이후 수주가 줄어 '17년에는 3.29억 달러, '18년에는 수주하지 못함

○ 아프리카지역에서 수력발전, 석유화학, 담수화플랜트, 수처리플랜트, 폐기물처리 환경플랜트 수주는 전무함



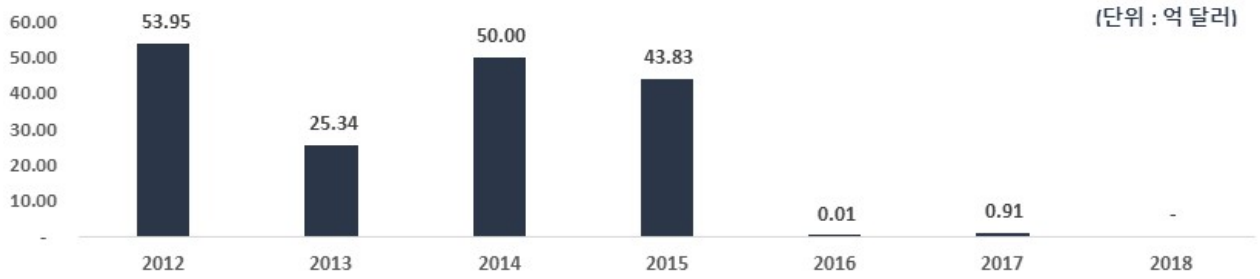
[그림 93] 국내 기업의 아프리카 지역 해외 플랜트 수주 연도별·공종별 추이 및 공종별 총 수주 비중(`12~`18)

* 자료 : 해외건설협회 데이터베이스, 2019.

마. 중남미

□ **국내 기업의 중남미 지역 플랜트 수주액은 '12년 53.95억 달러를 기록한 이후 감소추세에 있으며, '16년 이후에는 수주규모가 1.00억 달러에 미치지 못하는 것으로 나타남**

○ '18년에는 중남미지역에서 플랜트 수주를 하지 못하였음



[그림 94] 국내 기업의 중남미 지역 연도별 해외 플랜트 수주 추이 (`12~`18)

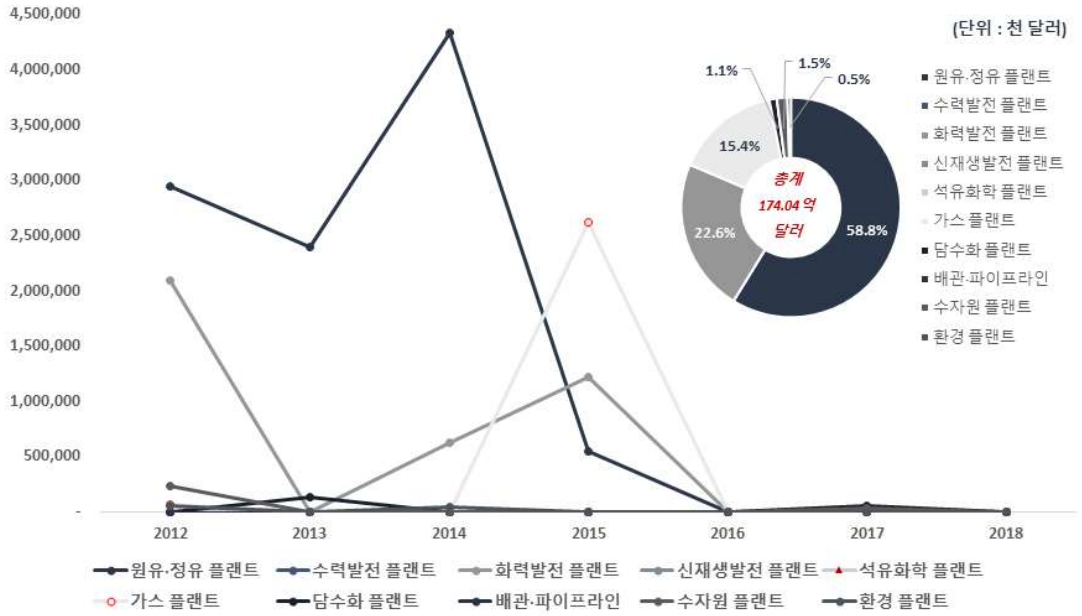
* 자료 : 해외건설협회 데이터베이스, 2019.

□ **중남미 지역에서 수주비중이 가장 큰 플랜트는 원유·정유 플랜트이나, '14년 이후 수주는 급감하였음**

○ 원유·정유 플랜트에 이어 중남미 지역에서 수주비중이 컸던 화력발전플랜트, 가스플랜트는 '15년 이후 수주가 전무함

○ '16년과 '17년에는 1억 달러 미만 규모의 담수화플랜트, 수처리플랜트를 수주하였음

○ 중남미지역에서 수력발전, 신재생발전, 석유화학플랜트 수주는 전무함



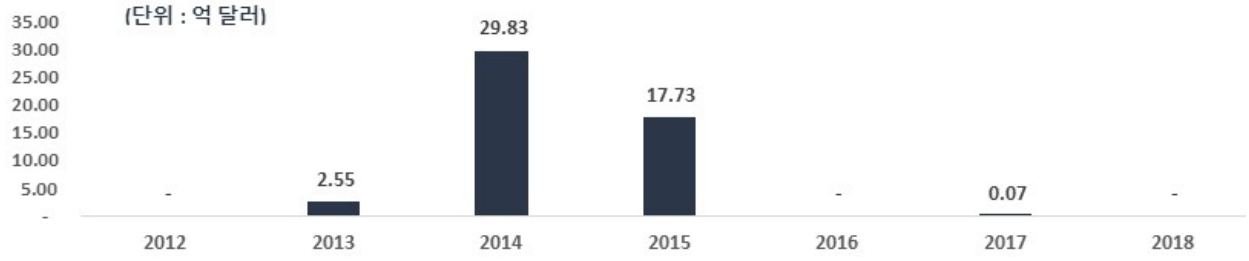
[그림 95] 국내 기업의 중남미 지역 해외 플랜트 수주 연도별·공종별 추이 및 공종별 총 수주 비중(`12~`18)

* 자료 : 해외건설협회 데이터베이스, 2019.

바. 북미・태평양

□ **북미・태평양 지역의 국내 기업 플랜트 수주는 '13~'15년 간 이외에 별다른 실적이 확인되지 않음**

○ '16년 이후 수주는 0.10억 달러에도 미치지 못함



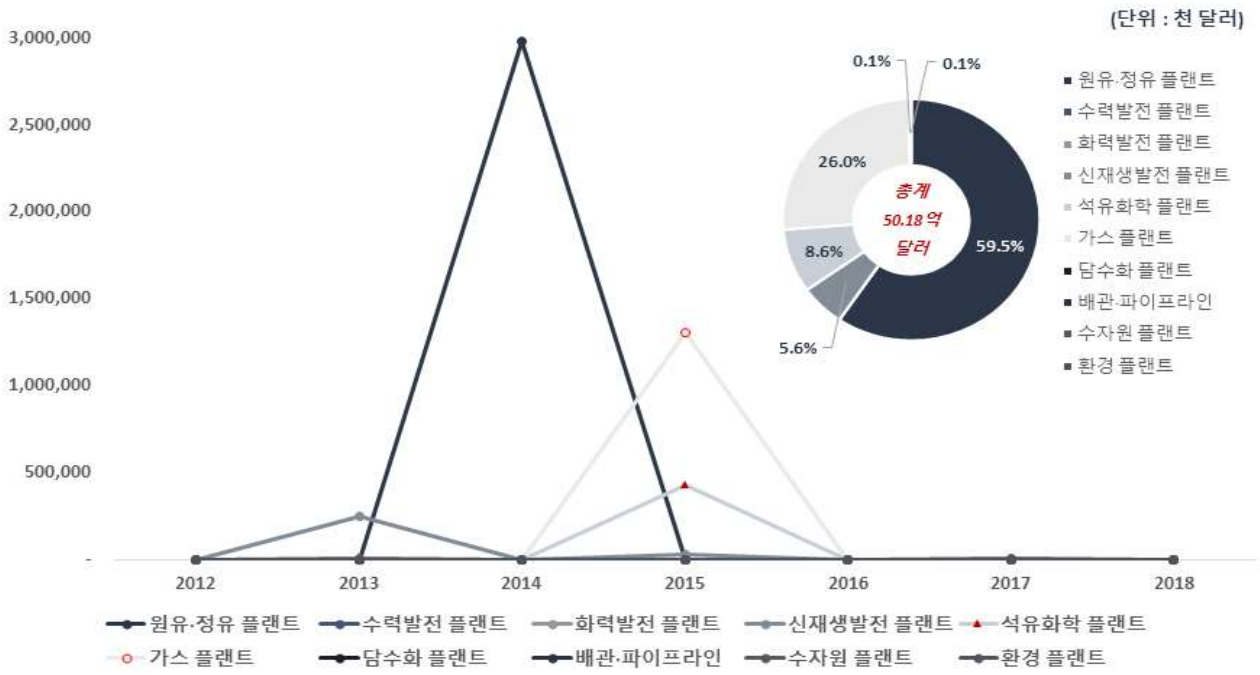
[그림 96] 국내 기업의 북미·태평양 지역 연도별 해외 플랜트 수주 추이 (`12~`18)

* 자료 : 해외건설협회 데이터베이스, 2019.

□ **'14년 원유・정유플랜트 수주, '15년 가스플랜트 및 석유화학플랜트 수주 외에 대규모 수주는 발생하지 않음**

○ 북미지역에서 가장 큰 비중을 차지하는 원유・정유플랜트 수주는 '14년에만 발생함

○ 북미지역에서 수력발전, 화력발전, 담수화플랜트 수주는 전무함

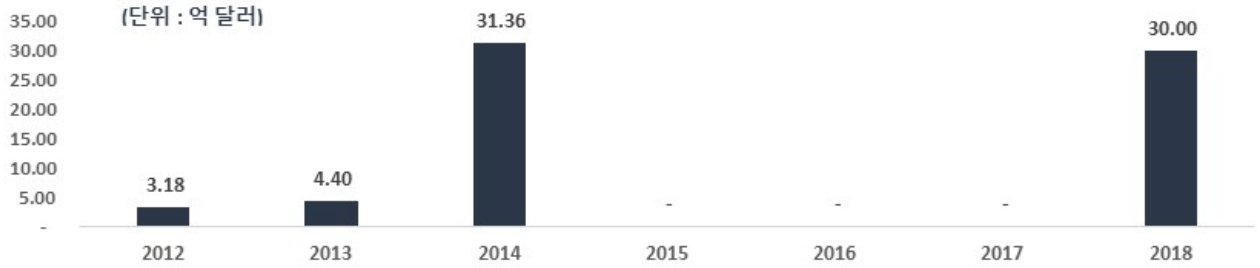


[그림 97] 국내 기업의 북미·태평양 지역 해외 플랜트 수주 연도별·공종별 추이 및 공종별 총 수주 비중(`12~`18)

* 자료 : 해외건설협회 데이터베이스, 2019.

사. 유럽

□ **유럽 지역에서는 '14년 31.36억 달러의 국내 기업 플랜트 수주 실적이 기록된 이후 3년간 수주 실적이 없었으며 '18년 30.0억 달러 규모의 수주 실적이 확인됨**



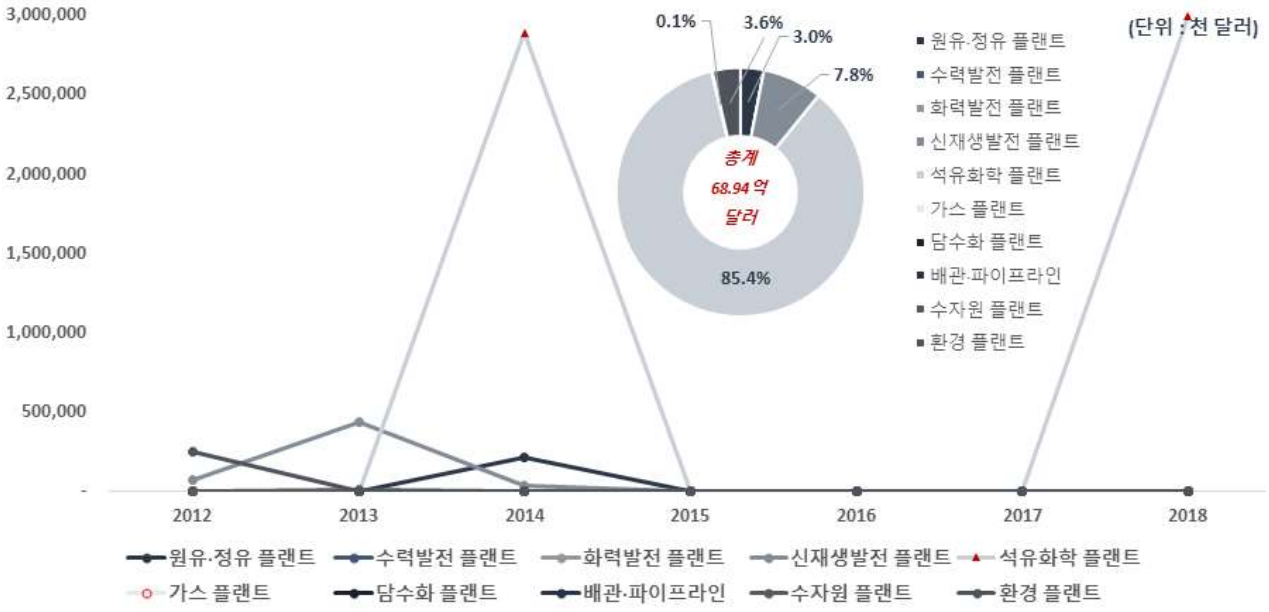
[그림 98] 국내 기업의 유럽 지역 연도별 해외 플랜트 수주 추이 (`12~`18)

* 자료 : 해외건설협회 데이터베이스, 2019.

□ **유럽 지역 국내 기업 플랜트 수주 실적은 전체 실적의 85.4%를 차지하는 석유화학플랜트의 실적에 크게 영향을 받는 것으로 나타남**

○ 석유화학플랜트는 '14년에 28.90억 달러, '18년에 30.00억 달러 수주가 이루어졌음

○ 수력발전, 화력발전, 가스플랜트, 담수화플랜트 수주는 전무함



[그림 99] 국내 기업의 유럽 지역 해외 플랜트 수주 연도별·공종별 추이 및 공종별 총 수주 비중(`12~`18)

* 자료 : 해외건설협회 데이터베이스, 2019.

3절. 기술동향분석

1. 국내외 플랜트 기술동향

가. 자원개발 플랜트 기술동향 분석

(1) 가스 플랜트

(가) LNG플랜트

① 해외 기술동향

□ **해외에서는 LNG생산비용 저감을 위해 새로운 액화공정과 생산량의 대규모화 기술개발이 이루어지고 있음**

○ LNG플랜트 EPC기업의 카르텔이 형성되어 있어 LNG플랜트사업자는 가격협상에서 불리한 상황에 있었으며, EPC비용 저감에 대한 니즈가 있음[129)]

- LNG플랜트의 핵심인 LNG액화 공정기술은 미국의 Air Products와 ConocoPhillips가 독점하고 있으며, EPC기업과 카르텔을 형성하고 있어 LNG플랜트 사업자는 가격협상에서 불리한 상황에 놓여 있었음

  • 전세계 LNG플랜트의 84%가 Air Products의 LNG액화공정인 C3MR 공정을 사용하고 있음

  • Air Products나 ConocoPhillips액화기술을 사용한 호주지역 LNG플랜트의 톤당 EPC비용은 1,500달러 수준임

○ LNG플랜트 EPC비용 저감을 위해 저비용 LNG액화 공정기술들이 개발되고 있으며, 신규진입자는 저비용 LNG액화공정 기술을 기반으로 시장에 진출하고 있음

- 2017년 이후, 신규 진입자들은 저렴한 LNG플랜트 EPC비용을 내세워 시장에 진출하면서 LNG플랜트 카르텔이 붕괴되고 있음

- Calcasieu Pass LNG플랜트는 Chart Industries의 액화기술을 사용하여 톤당 EPC비용을 호주지역 LNG플랜트의 절반 이하 수준인 450~700달러 수준으로 저감시킴

○ LNG플랜트 용량 대규모화를 통한 LNG생산비용을 저감하려는 노력도 이어지고 있음[130)]

---

129) 2017 글로벌 LNG플랜트 프로젝트 현황, K-BUILD 저널, 2017.4.
130) Market Leading Products 오일 · 가스 · 정유 · 석유화학 플랜트, 한국산업기술진흥원, 2014.3.

- LNG 도입 초기의 플랜트는 한 트레인 당 1mtpa 정도였지만, 현재 진행중인 Qatargas QG-II, QG-III, QG-IV 및 RasGas-III 프로젝트는 트레인 당 7.8 mtpa의 메가 트레인을 적용하여 LNG생산비용을 절감시키고 있음

□ **구성설비의 효율성 확보를 위한 고효율 액화 사이클 공정기술 개발이 이루어지고 있음[131]**

○ LNG운반선의 증발가스 재액화, FPSO 등에 집적하기 위한 소형설비에 대한 니즈가 존재하며, 단순하고 컴팩트한 사이클 액화공정기술이 요구되고 있음

□ **Chiyoda Engineering은 AI 기술을 활용한 LNG 플랜트 증산 운영기술을 개발하였으며, 인도네시아 및 UAE LNG플랜트에 적용할 계획임[132]**

○ AI기술을 활용한 LNG 증산 기술은 LNG 액화공정 과거 운영데이터를 기반으로 학습하며, 상시 변화하는 플랜트 운영조건 하에서 최적 운영조건을 실시간으로 제시하는 기술임

- 운영자의 인적 경험을 기반으로 운영하는 것이 아니라 과거 운영데이터를 기반으로 최적 조건으로 운영함으로써 생산효율이 개선되며 LNG증산이 기대됨

○ Chiyoda Engineering은 AI기술을 활용한 LNG 증산 기술을 인도네시아 및 UAE의 LNG 플랜트에 적용할 계획임

□ **Chiyoda는 고효율 싱글MR(혼합냉매) 이용방식과, 안전성이 높은 질소사이클 프로세스 효율 제고 방식으로 생산단가를 낮추고 있음[133]**

○ Chiyoda는 효율이 높은 싱글MR(혼합냉매)를 이용한 방식과, 효율은 낮지만 안전성이 높은 질소사이클 프로세스를 이용한 기술을 보유하고 있으며, 최근에는 안전성이 높은 질소사이클 프로세스의 효율을 높이는 방식을 개발하며 선도하고 있음

□ **LNG 저장탱크의 경우 기존의 강재 탱크에서 멤브레인 방식으로, 20만kL 급 이상의 대형화가 진행되는 추세임[134]**

○ LNG 분야에서는 현재 상대적인 시공비 절감을 위하여 저장 및 공급기술 위주로 초저온 액화 및 저장 용량의 증대 수요가 지속되고 있음

131) Market Leading Products 오일·가스·정유·석유화학 플랜트, 한국산업기술진흥원, 2014.3.
132) 日 기업, AI 활용한 LNG플랜트 증산, 가스신문, 2018.9.7.
133) 소형 LNG액화 및 기화 프로젝트, EnB, 2017
134) 플랜트 R&D 부처간 공동로드맵 수립 기획 최종보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2016.1.

② 국내 기술동향

□ **국내는 LNG플랜트 프로젝트 관리 역량이 부족한 상황에서 공정 최적화 기술과 중소형 모듈러 플랜트 관련 기술개발 등을 추진함**

○ 우리나라는 LNG플랜트와 같이 대형 프로젝트 추진 경험이 부족하여, LNG플랜트 사업 진출에 어려움을 겪고 있음[135)]

- LNG플랜트는 사업규모가 매우 큰 대형프로젝트로 추진이 되나, 국내는 대형 프로젝트를 수행한 경험이 없음

○ LNG 플랜트 사업단에서는 고효율 천연가스 신액화공정(KSMR) 최적화 기술을 개발함

- 천연가스 액화공정을 실증 및 개선하고, 운영기술 확보 기반을 마련함

- 상용급 LNG플랜트 FEED 패키지('14.8), 상용급 LNG-FPSO 플랜트 FEED 패키지1차 설계('15.6) 적용을 완료함

- 기자재로 개발한 재응축기 스키드의 경우 15억원의 매출 성과를 달성함

○ 아시아권을 타겟으로 하는 이동형 소형 LNG플랜트 엔지니어링 패키지 및 실증기술이 개발 중에 있음

- '이동형 소형 육상 LNG 플랜트 모듈화 엔지니어링 패키지 및 실증기술 개발' 연구에서는 ISO 컨테이너형 LNG 모듈화 플랜트 기술개발을 통해 동남아・서남아시아 등지로의 소규모 LNG 플랜트 수출 촉진을 목표로 함[136)]

○ 중소형 모듈러 LNG 저장탱크의 기술개발을 통해 모듈러 LNG 저장탱크 외조 제작・검증과 새로운 구조 형식의 신기술 사용적합성 인증에 성공함[137)]

- 세계 최초 기술로 기존 PSC(Pre-Stressed Concrete) 구조의 습식탱크를 SCP 구조로 모듈화하여 현장에서 신속 설치시공이 가능할 것으로 전망됨

  • 대상지역 특성별 시장 수요조사 및 모듈형 탱크 경쟁력 분석에 따라 극지, 오지, 도서지역 등 비용절감 및 공기 단축 효과 확보 가능

  • 50,000m3 용량의 중소형 LNG 저장탱크 1기의 건설비용은 약 0.4~0.5억불로, 중소형 LNG 저장탱크의 세계 수요(2,000기)를 고려했을 때 모듈러 방식을 통해 기술선점 및 점유율 확보가 가능할 것으로 전망됨

135) 전문가 인터뷰, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 1차 분과회의, 2019.6.27.
136) NTIS, 검색기준 2019.5
137) 중소형 모듈러 LNG 저장탱크 개발 및 실용화, 현대중공업, 국토교통부 플랜트연구사업, 2019



[그림 100] 모듈 내화성능 시험평가 및 외조부재(SCP) 제작성 검증

□ **LNG 터미널은 액화기술에 비해 기술적 난이도가 높지 않아 진입장벽은 낮은 상황이며, 국내 기업이 유럽 LNG 터미널 시장 진입을 계획하고 있는 것으로 나타남[138)]**

○ 우리나라는 세계 2위의 LNG 수입국으로, LNG터미널에 대한 국내 운영경험이 풍부하여 대외적으로도 국내 LNG 터미널 역량이 높은 것으로 평가되고 있음

○ LNG터미널에 대한 높은 역량에도 불구하고, 국내에서 LNG터미널 프로젝트 수주 시도를 많이 하고 있지 않으며, 유럽에서 LNG수입터미널 기술을 개발하며, 시장진입을 시도하고 있음

□ **우리나라는 LNG 터미널에 대한 기술력을 보유하고 있으며, 특히 한국가스공사는 LNG 터미널의 저장탱크에 대하여 라이센싱도 가능한 수준으로 파악됨[139)]**

○ 한국가스공사의 LNG 저장 능력은 총 1,147만 kL로 세계 에너지 기업 중 최대 수준으로 운영 노하우를 보유하고 있음

○ '16년 3월 한국가스공사는 현대엔지니어링과 컨소시엄을 구성하여 쿠웨이트 LNG Import Terminal을 수주함[140)]

- 현대엔지니어링은 EPC를 담당하고, 한국가스공사는 O&M을 담당함

○ 포스코건설은 '17년 6월 태국 PTT LNG 터미널 2단계를 준공하였으며, '19년 7월에는 파나마 Colon LNG 터미널을 준공함[141)]

138) 전문가 인터뷰, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 1차 분과회의, 2019.6.27.
139) 'LNG 세계 1위' 가스공사... 한국 에너지기업 발전史 다시 쓴다, 한국경제, 2018.9.27.
140) https://www.perikorea.com, 2019.8. 검색 기준
141) 포스코건설 홈페이지, 2019.8. 검색 기준

○ 국내에서는 최근 간접식 LNG 재가스화 기술 개발이 수행되고 있음

- '단납기 가스공급설비용 고효율 간접식 LNG 재기화 엔지니어링 기술' 연구에서는 재가스화에 필요한 500kW급 PCHE 열교환기 개발을 통해 국내의 독자적인 재가스화 공정 기술 확보를 목표로 함[142)]

□ **한국기계연구원과 대우조선해양은 차세대 극저온 LNG 플랜트 기술 개발 협약을 체결함[143)]**

○ 한국기계연구원은 에너지기계연구본부를 중심으로 영하 150℃ 이하의 LNG 액화 등 차세대 극저온 플랜트 기술개발을 대우조선해양과의 MOU 체결을 통해 지속적으로 추진할 계획임

- 기계연구원은 압축기, 밸브, 열교환기 등의 극저온 기자재 기술 및 극저온 플랜트의 안전 신뢰성 기술 개발을 기 수행 중임

○ 대우조선해양은 기존의 주력 기술 분야인 LNG운반선, LNG 연료추진 선박, 부유식 LNG 플랜트 기술에 한국기계연구원의 극저온 플랜트 기술을 접목하여 기술 고도화를 도모하고 있음

□ **한국가스공사에서는 이란 가스전 대상의 육상용 LNG플랜트 Pre-FEED 설계집을 개발함[144)]**

○ LNG 액화플랜트 분야별 총 213종의 Pre-FEED 설계도서를 작성함

- 동 공사에서 기존에 참여한 가스전 개발사업을 기반으로, 현재 국내 기술로 자체 수행이 가능한 수준의 설계집이 작성됨

  • 프로젝트 관리 : Logistic plan 등 10종

  • BoD, 전처리, KSMR액화, 유틸리티 공정설계 : 142종

  • 기계, 배관, 전기, 계장, 토목, 회전기기, HSE : 61종

142) NTIS, 검색기준 2019.5
143) 해사신문, LNG-수소액화 등 차세대 극저온플랜트기술 개발 나선다, 2018.7.28
144) 육상용 LNG플랜트 Pre-FEED 기술개발, 한국가스공사, 2017.6.

(나) 치밀・셰일가스 플랜트

① 해외 기술동향

□ **탐사 및 채굴기술의 발달로 셰일가스 플랜트는 경제성이 높아지고 있으며, 친환경 자원기술 및 고효율 연료전환 기술의 확대 관점으로 기술개발이 이루어지고 있음[145)]**

○ 셰일 및 치밀가스전의 생산기법인 다중 수압파쇄와 수평정 시추기술은 메이저 석유회사인 BJ Service, EOG 등에서 보유하고 있음

- 수평정 시추 기술과 관련하여 시추 방향 및 시추 진로와 관련된 방향성 시추(Directional drilling) 연구가 진행되고 있음

- 수압파쇄 기술의 경우 파쇄구간의 최적 간격, 파쇄유체의 주입압력, 발생된 균열의 길이와 간극 파악을 위한 microseismic과 저류층의 물성분석 연구가 진행되고 있음

② 국내 기술동향

□ **Fracturing, 수평탐사/시추, 물사용을 하지 않는 탐사/시추 기술개발 니즈는 존재하나, 요소기술을 확보하더라도 생산시장 진출은 어려운 상황임[146)]**

○ 개발된 가스나 석유를 정제 가공하는 부문(Middlestream/Downstream)은 기술 개발을 통한 진출 여지가 있는 것으로 조사됨

○ 조사 및 탐사 분야와 같은 생산 부문(upstream)의 경우 영미권 기업이 아니면 진출하기 어려운 구조임

□ **SK이노베이션 석유개발부문 북미사업본부에서는 석유탐사 과정에서 습득한 탄성파 탐사기술 등을 융합하는 시도를 수행 중임[147)]**

○ 현지 광구운영을 통해 습득한 시추・파쇄 등 셰일가스 기술의 최적화 뿐만 아니라 현재까지 동 사가 축적해 온 탄성파 탐사기술을 발전시킬 계획임

○ 계열사인 SK텔레콤의 IT 기술과 SK CNS의 데이터 기술 등과 융복합을 통해 미국 내 셰일가스 개발 경쟁력 제고를 목표로 하고 있음

145) Market Leading Products 오일・가스・정유・석유화학 플랜트, 한국산업기술진흥원, 2014.3.
146) 전문가 인터뷰, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 1차 분과회의, 2019.6.27.
147) 노컷뉴스, 한국엔 셰일가스 안 나지만…기술확보는 필수, 2018.12.4.

(다) 석탄층 메탄가스화(CBM) 플랜트

① 해외 기술동향

□ **석탄층 메탄가스화 기술의 보급에 온실가스(CO2) 발생이 가장 큰 걸림돌로 작용하는 가운데, 이산화탄소를 석탄층에 격리시킬 수 있는 ECBM (Enhanced Coalbed Methane) 방식의 기술개발이 기술 선도국을 중심으로 주목받고 있음[148]**

○ CBM 관련 생산정 및 수송 파이프라인의 다상 다성분 유동 모델 개발, 회수 가스의 포집 및 정제를 위한 플랜트 공정 설계 기술, CBM을 이용한 DME Plant 개발, CBM을 이용한 GTL 활용기술 개발, CBM을 이용한 Compact LNG Plant 개발 등이 추진되었음

○ CBM개발은 캐나다, 호주, 중국, 인도, 인도네시아, 베트남 등 40여개 국가에서 개발이 진행되어 생산량이 꾸준히 증가하고 있는 상황임

- ECBM의 경우 미국 에너지부(DOE)에서 가스기술연구소(GTI)를 포함한 산학연 공동으로 기술개발을 추진 중임

② 국내 기술동향

□ **국내의 경우 '05년부터 타당성조사를 실시하였으나 경제성이 있는 탄층을 발견하지 못하였고 생산관련 기술은 초입단계인 것으로 분석됨[149]**

○ 정부는 '19년 천연가스 자주개발 목표 45% 달성을 위한 5대 추진과제 중 하나로 셰일·치밀가스, 석탄층메탄가스(CBM) 등 비전통 가스자원의 개발역량 강화를 계획함

- 이를 위해 미국, 인도네시아, 호주, 중국 등 주요석탄 부존 지역의 CBM 개발기술과 유망광구 확보를 추진 중에 있음

- 호주 GLNG 사업을 통해 '15년 상반기부터 CBM을 국내로 액화가스 형태로 도입하고 있으며, 인도네시아 Sugico社와 공동으로 CBM 생산실증 R&D를 실시 중임

148) 세계 석탄층메탄가스(CBM) 개발전망, 김영인, 자원환경지질 제48권, 2015.
149) 세계 석탄층메탄가스(CBM) 개발전망, 김영인, 자원환경지질 제48권, 2015.

□ **국내에서는 최근 CBM 실증사업을 위한 기술 개발이 수행되고 있음**

○ ‘해외 석탄층 메탄가스 실증사업을 통한 온실가스저감 기술개발’ 연구에서는 몽골 현장 실증 CBM 플랜트 건설을 위한 탐사정 위치 선정 기술, 실증 플랜트 설계 기술, 환경·기후 조건을 고려한 실증 대상 가스전에 대한 분석 기술 등 원천기술을 개발함

□ **한국가스공사에서는 상업용 CBM 광구를 대상으로 생산성을 극대화하는 광구평가·기술 개발을 수행 중임[150]**

○ CBM 분석을 위한 G&G 분야별 상관성 분석, CBM 특화 물성 측정 실험실 구축 및 감압에 따른 동적물성 변화 메카니즘 규명, 불균질한 저류층 정적·동적 모델 구축, 다중공 네트워크 파이프라인 및 회수분리기 설계 등을 추진함

○ 동 개발 기술을 통해 최종적으로 호주 GLNG 광구의 현장자료 QC 및 광구평가분야 기술지원과 가스공사 신규 CBM 광구에 대한 자원량 및 매장량 평가분야 기술 지원을 목표로 함

150) 석탄층 메탄가스(CBM) 생산기술 최적화 및 현장실증연구, 한국가스공사, 2018.6.

(2) 석유 플랜트

(가) 오일샌드 플랜트

① 해외 기술동향

□ **기술선도국은 고산도 중질원유 처리를 위한 설비부식방지 기술 연구를 활발히 진행하고 있음[151]**

○ 미국의 ExxonMobil을 비롯하여 다수의 화학업체에서 고산도 원유처리에 따른 설비 부식 방지 기술을 개발 중에 있음

○ Desalter 전문 업체인 Cameron사는 중질유 처리 기술 개발 및 남미 지역 Refinery 대상으로 상용화 작업을 진행 중에 있음

○ Nalco 등 첨가제 공급업체에서 칼슘제거 첨가제 개발 및 상용화를 추진 중임

□ **기술선도국은 극한지 자원탐사·채굴 및 장비시스템 기술, 이수처리 비용 저감 친환경 채굴 기술, 모듈방식 설계/시공 기술 등을 개발 중임[152]**

○ 일일 시추길이 증가 및 이수물질 비용 감소를 위한 기술 개발 등 미개척 자원에너지 시장으로 잠재성이 큰 극한지 자원 탐사·채굴 및 장비시스템 기술 확보를 추진함

○ 비전통에너지 수요증가에 대비하여 오일샌드 모듈화 플랜트 및 저급자원 변환 상용 플랜트 설계 및 실증기술 확보를 추진함

○ 오일샌드 채굴과 관련하여 최근 친환경 효율화 생산을 위하여 다양한 지하회수법이 개발되어 적용되고 있음

- 지하에서 오일을 직접 회수하는 지하회수기술, 역청을 일반경질유로 바꾸는 개질기술이 현재의 주류 개발 기술임

○ 오일샌드 플랜트 건설 기술의 발전 동향은 현장 제작, 시공방식에서 공장제작-모듈 운송 후 조립하는 모듈방식 설계/시공으로 발전하고 있음[153]

151) 2014 에너지기술 이노베이션로드맵- 차세대 청정연료, 산업통상자원부 · 한국에너지기술평가원, 2014.12
152) 플랜트연구사업 자체평가보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2019.3.
153) 플랜트 R&D 부처간 공동로드맵 수립 기획 최종보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2016.1.

□ **Shell, Suncor, Exxon-mobil 등 해외 선도기업들은 모듈화 기술을 활용하여 현장 노동력 요구를 최소화하고 있음[154)]**

○ Shell은 비투멘 추출장치, 탄화수소 유체 제조 장치를 포함하는 오일샌드 모듈화 기술을 개발하였음

○ Suncor는 타르샌드로부터 비투멘 점성을 낮추는 공정 및 설비, 비투멘으로부터 오일을 추출하는 모듈러 웰패드 시스템 등을 개발함

○ Exxon-mobil은 오일 정제 및 석유화학 처리를 위한 내침식성 서멧 라이닝, 추출된 탄화수소의 성분을 추정하고, 비투멘의 질을 조절하는 방법을 개발함

□ **미국은 최근 온실가스 배출로 규제가 심한 노천채굴 방식 대신 스팀으로 석유성분을 녹이고 물과 혼합된 비투멘을 지상으로 뽑아낸 후 오일과 불순물을 분리하는 SAGD방식 도입을 확대하고 있음[155)]**

○ 2000년대 초부터 SAGD공법이 상업적으로 널리 사용되었으며, 현재는 스팀의 사용량을 감소시켜 운영비 절감 및 이산화탄소 배출을 감소시키기 위한 탄화수소 용매를 사용하는 연구가 진행되고 있음

- SAGD공법은 두 개의 수평정을 사용하며 스팀을 주입하여 비투멘의 점성도를 낮추어 중력을 통해 생산하는 방식임

  • CCS공법에 비해 심도가 얕은 저류층에 적용이 가능하여 활용도가 높으며 최종 회수율은 50%내외임

- 탄화수소 용매를 활용한 지하회수 공법은 변형된 SAGD기법으로 솔벤트를 스팀과 혼합, 주입하여 SAGD의 스팀 효과와 솔벤트와 고점성 원유간의 희석효과를 이용한 회수기법임

  • 솔벤트 및 스팀 주입과 원유 생산이 2개의 수평정에서 각각 연속적으로 이루어지며, 생산된 원유에서 솔벤트를 분리하고 분리된 솔벤트는 재주입됨

  • 솔벤트는 식수원으로 유출이 어렵고, 주입되는 솔벤트의 양이 적으며, 스팀챔버 외부의 차가운 고점성 원유가 있기 때문에 솔벤트는 스팀챔버 내부에 머물러 환경문제가 적음

154) 특허분석을 통한 오일샌드 플랜트 모듈화 기술동향 연구, 2016.
155) 새로운 지상유전 오일샌드, 퓨처에코, 2013.

□ **중국 정부는 캐나다 앨버타 주 정부의 North Alberta 오일샌드 개발에 중국석유공사(CNPC)를 앞세워서 참여하는 등 해외 기술 습득을 적극적으로 추진 중임[156)]**

○ 중국 정부는 원유 수요 증가에 따른 원유 도입선 다변화를 목적으로 중질 원유를 포함한 오일샌드 사업에 참여 중임

○ CNPC는 '06년 11월에는 앨버타 주 정부와 공동으로 베이징에서 'World Heavy Oil Conference'를 개최하는 등 적극적인 개발 행보를 보이고 있음

② 국내 기술동향

□ **오일샌드와 관련하여 국내에서는 드릴링 시스템 국산화, 오일샌드 생산·처리, 오일샌드 모듈화 플랜트 설계·제작 및 현장적용기술개발 등을 추진 중이며, 라이센스도 가능한 수준임**

○ '오일샌드 모듈화 플랜트 시공을 위한 설계, 제작 및 현장적용기술 개발' 연구를 통하여 주요 기기의 설계·제작·시공 기술을 확보함[157)]

- 오일샌드 육상플랜트의 모듈화 플랜트 시공을 위한 설계 기술을 개발하고, 오일샌드 SAGD 플랜트 공정유닛 프로토타입 실증을 완료함('17.9.)

• 40 bbls/day급 FWKO vessel 유동가시화 실증 및 생산수 분리를 확인함

※ FWKO vessel : 물을 많이 사용하는 공정특성상 다량의 다상유체를 분리하는 역할을 하는 primary separator



[그림 101] 모듈화 적용 오일플랜트 구조

156) 오일샌드플랜트 모듈화기술 기획 최종보고서, 국토교통과학기술평가원, 2013.2.
157) 오일샌드 모듈화 플랜트 시공을 위한 설계, 제작 및 현장적용기술 개발 4년차 보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2017.12.

- 오일샌드 생산플랜트의 모듈화율을 현재 30%에서 50%로 제고함

- 극한지 동결지반에 플랜트 급속시공을 위한 신형식 파일 및 지반변위 감지 시스템을 개발함

- 모듈화 적용 면적 57,000㎡, 처리용량 300배럴 규모의 육상 오일샌드 파일럿 플랜트 국내실증이 수행됨



[그림 102] 모듈화 적용 오일샌드 플랜트 모듈 패키지 구조 및 파일럿 테스트 수행

○ ‘시추용 육상 드릴링 시스템의 방향제어 추진체 및 이수순환 기술 개발’ 과제에서는 드릴링 시스템을 국산화함

- 세계 최고 수준의 이수 순환 압력(35MPa) 및 공급 유량(100m3/h)을 달성하고, 캐나다 파일럿 플랜트에서 실증을 수행함

  • 왕복경로 4 km 급(수직 1km+경사 1km) 이수 자동제어시스템 및 연속순환시스템 등



[그림 103] Hybrid 방향성 추진체 및 MWD Integration 시스템

○ 산업통상자원부는 박층 오일샌드 대상 회수특성 분석, 친환경 생산수 탈염기술 등 오일샌드 생산 및 회수 처리 기술개발을 추진함[158]

- ‘박층 오일샌드 생산공법 최적화 연구’ 과제에서는 박층(10m이하) 오일샌드 대상 수치적 회수특징을 분석함

158) Alio 공시 시스템, NTIS 검색 기준(2019)

- ‘친환경 비튜멘 생산 설비와 최적운전 기술 개발’ 과제에서는 SAGD 스팀 유동특성 규명(2D 랩스케일 실험)과 생산수 처리를 위한 CDI 탈염기술 개발을 수행함

- ‘비재래 원유 증산을 위한 중합체 주입 sequence 및 plant 설계’ 과제에서는 10bpd급 다상물질 처리 기술 개발을 수행함

(나) 치밀·셰일오일 플랜트

① 해외 기술동향

□ **탐사 및 채굴기술의 발달로 경제성이 높아진 셰일오일 등의 비전통 오일에 대한 친환경 자원기술개발 및 고효율 연료전환 기술의 확대가 주된 방향성으로 확인됨[159)]**

○ 셰일오일 유전의 생산기법인 다중 수압파쇄와 수평정 시추기술은 메이저 석유회사, BJ Service, EOG 등에서 관련 기술을 보유하고 있음

- 수평정 시추 기술의 경우 시추 방향 및 시추 진로와 관련된 방향성 시추(Directional drilling)에 대한 연구가 진행되고 있음

- 수압파쇄 기술의 경우 파쇄구간의 최적 간격, 파쇄유체의 주입압력, 발생된 균열의 길이와 간극 파악을 위한 microseismic과 저류층의 물성분석 분야의 연구가 진행되고 있음

② 국내 기술동향

□ **3km 이상 대심도 셰일오일 개발 및 수평시추가 증가함에 따라 이와 관련된 기술개발이 요구되고 있으며, ‘18년 포스코건설에서는 3km 이상의 시추가 가능한 premium connection 기술 개발을 수행함[160)]**

○ 기존의 API Connection은 Well Depth 2.5km 이하의 유정과 육상 가스정에서만 사용 가능하여 시추 작업 시 Bending, Torque, Fatigue 등의 문제로 인한 취약점이 발생하거나 시추 작업 시 연결부 손상에 따른 공기지연 문제 발생하고 있음

○ 동 기술 개발에서는 Tenaris, VAM 등 해외 Major 사에서 기 개발한 Premium Connection 제품군의 국산화를 달성함

159) Market Leading Products 오일·가스·정유·석유화학 플랜트, 한국산업기술진흥원, 2014.3.
160) 셰일가스 채굴용 premium connection 및 성능평가기술 개발, 산업통상자원부, 2018.1.15.

- 국내 최초로 Connection 시험규격인 ISO 13679 CAL IV 성능을 만족함

- Major 사의 보유 특허 분석을 통하여 특허권을 침해하지 않는 국내의 고유 나사형상을 개발하고, 이를 반영한 Premium Connection 가공 프로세스를 정립함

○ 향후 셰일오일/가스 채굴 시 활용되는 OCTG에 동 기술 개발의 성과물을 적용할 수 있을 것으로 판단됨

(3) 극한지 자원플랜트

(가) 극지 자원개발 플랜트

① 해외 기술동향

□ **미국, 유럽 등 기술 선도국들은 우주기술을 기반으로 초극한 환경에서도 시추가 가능한 첨단 시추장비 개발을 경쟁적으로 추진 중임[161)]**

○ 미국 NASA는 대표 시추장비인 아이스브레이커 드릴(The Icebreaker Drill)을 개발함

- 아이스브레이커 드릴은 전개 암(Deployment Arm), Z축 스테이지(Z-stage), 회전 타격식 드릴 구동부(Rotary-percussive Drill Head), 오거(Auger)·비트(Bit), 샘플추출장치(Sampling System)로 구성됨

○ EU 우주국(ESA)은 화성 지표의 시추가 가능한 엑소마스 드릴을 개발함

- 다수의 드릴파이프(Drill Pipe)를 하나의 드릴스트링(Drill String)으로 결합하며, 2m 시추작업을 수행 가능함

- 드릴파이프 결합·해체 기능 구현 모듈, 드릴파이프 공급 기능 구현 모듈, 드릴파이프 저장기능 구현 모듈이 추가됨

② 국내 기술동향

□ **국내는 극한지 플랜트 기술개발의 초기단계로, 동토지역 2,000Km급 자원이송망 설계·시공·유지관리 기술과 지능형 파이프라인 통합운영 요소기술이 개발되고 있음**

○ 국내 극한지 플랜트 기술 개발은 동결지반을 대상으로 하는 설계정수 도출과 시추장비 개념설계 등으로 추진되고 있으며 개발 초기 단계로 분석됨[162)]

161) 미래 주권 확보를 위한 극한지 개발 및 탐사용 협동 이동체 시스템 기술개발, 한국로봇융합연구원, 2019.2.

- 한국건설기술연구원은 극한지(남북극 지역) 혹한의 환경에서 지반조사가 가능한 시추장비 개발을 위해 우주 선도국의 우주용 시추장비를 분석하여 극한지용 시추장비 개념설계를 완료함

- 동결지반을 대상으로 엔지니어링 설계에 필요한 설계 정수 도출이 수행됨

  • 지반 동결에 따른 동상현상 관측용 실내실험법 정립, 동결토 강도 특성 분석, 지반 열적 안정화 공법 개발에 집중됨

- 미개척 극지 및 동토 개발을 위한 방향성 드릴링 시스템을 개발함

  • 지반조사, 비개착 파이프라인 시공, 지층 자원에너지 탐사 및 채굴 시공, 지층 환경오염방지 시공 등이 가능한 시스템으로 개발함

○ '북극권 에너지자원 플랜트 현지적용을 위한 선행기술 연구'를 통해 북극권 대상 자원개발 플랜트사업 추진을 위한 선행기술 연구가 수행되고 있음[163)]

- 북극권 주변의 혹한 환경에서 오일·가스 자원 개발환경과 리스크분석을 위한 기술개발을 추진함

- 북극권 지상 플랜트 계획 및 기초설계 평가 관련 선행기술을 개발함

- 북극권 플랜트 사업진출 여부를 판단하는 의사결정 기법을 수립하고, 북극권 지역으로 진출 시 진입장벽에 대한 대응방안을 마련함

(나) 파이프라인

① 해외 기술동향

□ 미국과 독일을 중심으로 자원유출 실시간 모니터링 기술, 지능형 파이프라인 통합 운영 시스템 기술, 동토 지역 자원이송망 비용 최소화 기술 등을 개발 중임

○ 독일의 HENKEL은 복합재료를 활용한 손상 자원이송망 수선시스템을 개발하고 세계적인 인증업체인 DNV GL에서 인증받음[164)]

- 자원이송시스템은 기후적 요소 및 화학적 공격 등으로 인한 부식조건에 노출되기 쉬우며, 기존에는 부식발생 부위 전체를 교체하는 방식으로 보강하였음

- HENKEL은 강철매체에 강력하게 접착되는 접착제와 세라믹 스프레이를 활용하여 강철

162) 미래 주권 확보를 위한 극한지 개발 및 탐사용 협동 이동체 시스템 기술개발, 한국로봇융합연구원, 2019.2.
163) NTIS, 검색기준 2019.5
164) 파이프 수명을 연장시키는 방법, KISTI 미리안 글로벌 동향브리핑, 2014.7

파이프를 보강하는 기술개발을 추진함

○ ABB그룹의 LGR(Los Gatos Research)은 오일과 가스의 누출을 실시간으로 모니터링 할 수 있는 기술을 개발함[165]

- 차량으로 이동하며 레이저 기반으로 다중 가스의 농도를 측정하고, GPS 기반 실시간 맵핑 기술을 통해 파이프라인에서 누출되는 가스를 확인할 수 있도록 함

○ 미국의 T.D. 윌리암슨, 베이커휴즈, GE, 로젠 등 메이저 회사 주도로 MFL(Magnetic Flux Leakage, 66.6%), UT(Ultrasonic Test, 33.4%) 등이 개발되고 있음[166]

○ 비파괴 검사 분야에서는 GE Measurement and Control Solutions와 Olympus NDT 등 상위 2개 기업이 시장의 50% 이상을 점유하고 있으며 약 150개 업체가 활동하고 있음

□ **동토 지역에서의 자원이송망 구축 비용을 최소화하기 위해 자동화 건설 기계장비 등이 개발되고 있음[167]**

○ 초장거리 파이프라인 현장수동 용접 시 연결부 품질편차, 작업시간 등 개선이 필요함

○ 장치 집적화를 통한 작업시간 개선 기술과 정량적 품질확보를 위한 고효율 용접자동화 기술이 개발됨

□ **자원개발 국가별 파이프라인에 대한 표준이 존재하며, 이에 대한 인증이 요구됨[168]**

<표 37> 자원개발 국가별 파이프라인 표준

국가	주요내용
미국	▪ CFR Part 192, title49에서 파이프라인/이송시스템에 대한 최소 요구조건을 규정 ▪ ASME B31.8(Gas transmission and distribution piping system)에 의거 가스이송 파이프라인 설비에 대한 설계, 설치, 검사 및 시험에 대한 표준 ▪ ASME B31.4(Gas transportation systems for liquid hydrocarbons and other liquids)에 의거 원유 등 액체 이송용 파이프라인 설비에 대한 설계, 설치, 검사 및 시험에 대한 표준
뉴질랜드	▪ 신규 파이프라인 인증은 NZS/AS 2885 표준에 따르며 설계단에서 위험도평가를 요구하고 있음 ▪ 방식코팅 이전에 파이프 및 부품류에 대한 검사가 이루어져야 하며, 방식코팅에 대한 홀리데이검사 실시해야 함 ▪ 모든 파이프라인은 AS1978에 따라 공인된 강도 및 누설시험을 통과해야 함
캐나다	▪ CSA Z662(Oil & gas pipeline systems)에 따라 정부관리자 주도로 적합성 검사가 실시됨 ▪ CSA와 같은 제3자 증명을 통해 파이프라인 안전성 증대를 유도하고 있음

165) 파이프라인에서 메탄의 유수를 휴대용으로 모니터링, KISTI 미리안 글로벌 동향브리핑, 2014.7
166) 에너지산업 산업기술 R&BD 전략, 산업통상자원부, 2019.1.
167) 플랜트 R&D 부처간 공동로드맵 수립 기획 최종보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2016.1.
168) 북극권 에너지자원 플랜트 현지적용을 위한 선행기술 연구, 국토교통부, 2019

국가	주요내용
	▪ 위험도관리(Risk management)에 대한 새로운 표준인 Z662-15를 강제 적용할 예정(2015년)
노르웨이	▪ 별도 지정기관을 통하여 DNV-DSS-316(Verification of onshore pipeline)에 따라 육상 파이프라인 시스템에 대한 기준, 안내 및 건전성 검증을 실시함
러시아	▪ 러시아 국영 송유관 회사인 트란스네프트에서 파이프라인 품질관리시스템을 관리 ▪ 러시아 연방의 표준 및 규정 준수 ▪ GOST의 요구사항 : ISO9001_2008, GOST R 55048_2012 ▪ 러시아 안전요구사항 적합여부 시험·인증을 위한 GOST R인증이 수반되어야 함

② 국내 기술동향

□ **'18년까지 국토교통부의 플랜트연구사업을 통해 해외진출 교두보 마련을 위한 동토지역 2,000km급 자원이송망(육상) 설계・시공 및 유지관리 기술개발이 추진됨**

○ '극한지 자원이송망-기반구조물 설계 및 평가 기술개발' 연구에서는 극한지 기후조건을 고려한 극한지용 동토지반 평가장비 개발, 동결지반 부지평가 기법 수립, 동결지반 강성 평가지표 수립을 수행함[169)]

○ '극한지 환경영향을 고려한 최적 파이프라인 시공 기법 개발' 연구에서는 극한환경과 동토 특성에 따른 위험요인을 반영한 시공 매뉴얼을 개발함[170)]

- 극한지용(-40℃ 이하) 고성능(인성, 변형능) 파이프 및 현장 연결구조 기술을 개발함

- 위험인자 극복형 파이프라인 이음부 시공 기술 및 환경영향평가 기법을 개발함

- 경기도 연천군에서 테스트베드 구축을 통한 기술검증을 수행함

○ '극한지 자원 이송망 유지관리 및 평가기술 개발' 연구에서는 자원이송망의 안전관리를 위한 계측장비 및 통신방법 개발, 상시전원 구축, 광대역 DTM 기술 구축을 수행함[171)]

169) NTIS, 검색기준 2019.5
170) NTIS, 검색기준 2019.5
171) NTIS, 검색기준 2019.5



[그림 104] 42인치 볼밸브 시제품(左) 및 API-X80 파이프(右)

□ **한국가스공사와 한국가스공사연구개발원은 인텔리전트 피그 시스템을 개발하였음[172)]**

○ 국내 코인즈, 아시아프로텍 등에서 지능형 파이프라인 통합운영의 요소기술인 인텔리전트 피그 관련 서비스를 실시하고 있음

(4) 정유 및 석유화학 플랜트

(가) 석유화학 플랜트

① 해외 기술동향

□ **TechnipFMC는 에틸렌 생산 원천 기술을 보유하고 있으며, 에틸렌 생산 기자재 제작뿐만 아니라, EPC도 함께 수행하고 있음[173)]**

○ TechnipFMC는 대부분의 경쟁업체와 달리, 에틸렌 생산 기자재를 직접 제작하고 EPC를 수행할 수 있는 역량을 갖춤

- 에틸렌 제조에는 전통적으로 나프타가 사용되었으나 최근 유가 상승으로 인해 LNG를 처리하는 과정에서 생산되는 에탄가스가 활용되고 있으며, TechnipFMC는 이 부문의 독자적인 기술을 보유하고 있음

- TechnipFMC는 세계에서 발주하는 에틸렌 프로젝트의 35%을 점유하고 있음

172) 에너지산업 산업기술 R&BD 전략, 산업통상자원부, 2019.1.
173) 2017 글로벌 에틸렌 플랜트 프로젝트 동향, K-BUILD 저널, 2017.7.

□ **선도기업을 중심으로 대형 GTL 기술개발은 활발하나, 모듈형 GTL 기술개발은 상대적으로 저조한 편임**

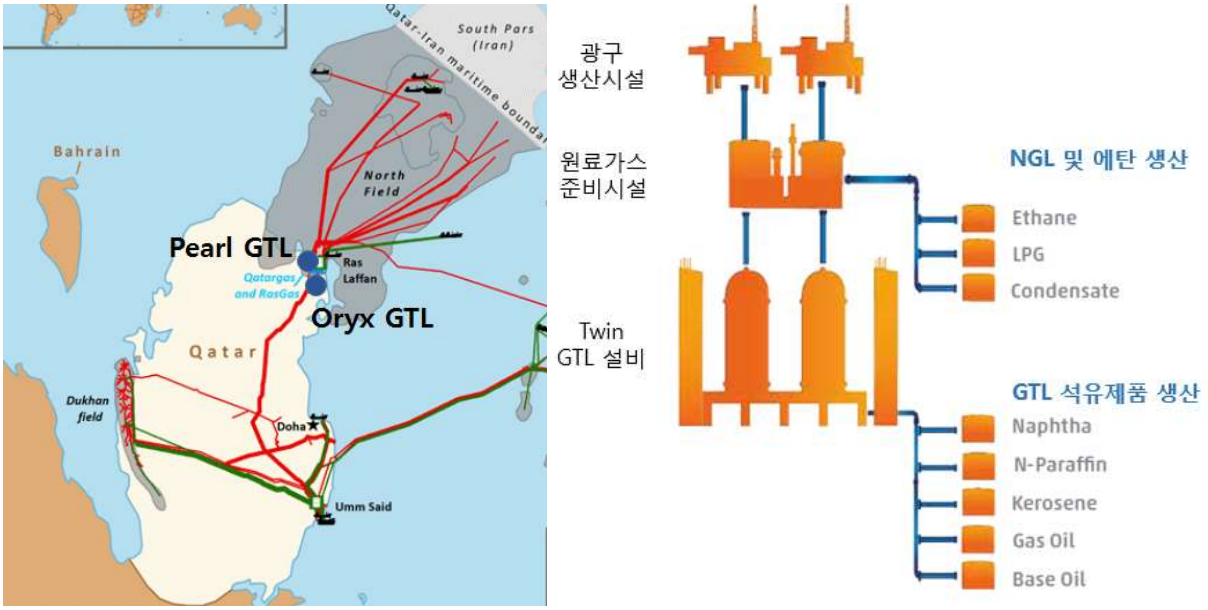
○ 세계적으로 GTL(Gas To Liquid) 기술은 상용화 초기단계로 메이저 업체 각 사에서 보유한 기술 실증을 통해 시장 진출 노력을 기울이고 있으며, 대형 GTL은 미국, 영국 및 일본의 선도 기업을 중심으로 활발히 진행 중임

- 대형 GTL 기술을 상용화한 기업은 미국의 Shell사와 남아공의 Sasol사가 대표적이며, Exxon, JOGMEC, Syntroleum 등에서는 자체적으로 실증 단계의 기술을 확보하고 상업화를 준비 중임

- 카타르는 상업용 GTL 플랜트 운영을 시작한 첫 번째 국가로서, 세계 최대 규모의 Pearl GTL 및 Oryx GTL 2개의 설비를 이미 가동하고 있음[174)]

  • Pearl GTL은 카타르 국영 석유기업(Qatar Petroleum)과 Shell 간의 개발생산물분배협정(DPSA)를 통해 건설된 플랜트로, '11년부터 가동을 시작하여 '12년 10월에는 최대 140,000배럴/Day을 생산하는 최대 규모의 단일 GTL 플랜트임

  • Oryx GTL은 2006년 6월에 가동을 시작한 34,000배럴/Day 규모의 GTL 플랜트로, 대규모 LNG 생산시설 및 석유화학 정제 시설과 연계하여 클러스터를 이루고 있으며, 고품질 초저유황 경유를 생산함



[그림 105] 카타르의 Pearl GTL 및 Oryx GTL 플랜트 위치와 설비 구조

174) 에너지시장 환경변화에 따른 천연가스액화(GTL) 사업 진출전략, 에너지경제연구원, 2015.9.

○ 모듈형 GTL 기술의 핵심 구성 기술인 모듈형 원료가스 전처리·리포밍 기술의 경우 선도 업체에서도 기술 개발이 원활하게 이뤄지지 않는 것으로 분석됨[175)176)]

- 마이크로 반응기를 이용한 GTL 기술로서 Velocys(Oxford catalyst group)와 Compact GTL(CGTL)이 대표적이며 현재 상업화 초기 단계임

  • 소규모 GTL 기술로서 Velocys와 Compact GTL 외에 INFRA Technology, Verdis Fuels, GL2, Gas Technologies, LLC, Oberon Fuels 등이 개발함

  • 원료가스 전처리·리포밍 기술 이외에 모듈형 FT 합성 반응 기술, 합성연료 업그레이딩 기술은 구미권의 선도 기업에서 활발히 실증화가 이루어지고 있음

○ 국외 선도기업의 마이크로 반응 GTL 기술은 공정이 모듈화되어 있어 기본 unit 모듈만 개발하더라도 이를 number up에 의해 바로 상용화할 수 있는 이점을 가짐

□ **해외에서는 석유 생산시설에서 정유과정을 거치지 않고, 바로 석유화학제품으로 만드는 기술들이 개발되어 현장에 적용되고 있음[177)]**

② 국내 기술동향

□ **국내에는 핵심이 되는 GTL 모듈형 반응기 기술이 부재하며, 모듈형 반응기 기반의 플랜트 운영실적도 부재하여 해외 선도기업의 라이센싱을 통해서만 해외진출이 가능한 상황임[178)]**

○ 핵심이 되는 모듈형 반응기는 전체 플랜트 건설비의 70~80%에 육박하는 핵심이 되는 기술이나, 국내에 기술이 부재하며, 국내기업의 적자수주 요인이 될 우려가 있음

- 주요 설비에 해외 제품을 사용할 경우 해외 진출시장 선정에도 제약조건으로 작용하므로, 핵심이 되는 모듈형 반응기의 국산화 및 플랜트 시범운영을 통한 운영실적 확보가 필요한 상황임

○ 컴팩트화 및 모듈화 이외에 GTL 전체공정 중 합성가스 제조공정의 단순화와 에너지 효율 제고가 요구됨

- 국내 GTL 플랜트 기술의 해외 시장 진출을 위한 상용 scale(2,000bpd)의 실증이 요구됨[179)]

○ ‘고효율(93%) 순 수소 및 합성가스(syn gas) 제조용 신 전기화학적 촉매막 반응기 개발’ 연구에서 자립화한 수전해 효율 93% 이상, 순도 99.99% 이상의 촉매 전극 기술은 GTL 플랜트에 적용 가능함[180)]

---

175) 고효율 중소형 GTL플랜트 상용화 기술개발 기획, 국토교통과학기술진흥원, 2019.4.
176) 2014 에너지기술 이노베이션로드맵- 차세대 청정연료, 산업통상자원부 · 한국에너지기술평가원, 2014.12
177) 2014 에너지기술 이노베이션로드맵- 차세대 청정연료, 산업통상자원부 · 한국에너지기술평가원, 2014.12
178) 고효율 중소형 GTL플랜트 상용화 기술개발 기획, 국토교통과학기술진흥원, 2019.4.
179) 전문가 인터뷰, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 1차 분과회의, 2019.6.27.
180) NTIS, 검색기준 2019.5

□ **석유화학 플랜트 O&M지원 시스템을 위해 데이터 통합 표준 및 의사결정 모델, 석유화학 원료 제조・합성기술 개발이 추진되고 있음**

○ 석유화학 플랜트 O&M을 위해 데이터, 모델, 시스템 등 제반 자원 및 환경 가용성에 기반한 현실적인 의사결정 모델을 개발 중에 있으며, 플랜트 O&M지원 시스템 상용화를 목표로 함[181)]

- 공정상황의 실시간 추적 및 분석을 통해 플랜트 운영 및 유지보수 최적화 프로세스를 개발함

- 재료, 단위장치/공정구조, 설비증설/제거/변경 등 운전조건 변화에 따른 플랜트 공정 개선 및 신공정을 개발함

- 시장, 공급망 등 외부 환경변화에 따른 최적 대응이 가능하도록 함

- 프로세스별 의사결정 지원체계 및 가용데이터 기반의 의사결정 지원모델을 개발함

○ 국내에서는 석유화학 원료 제조・합성기술에 대한 연구가 수행되고 있음[182)]

- ‘C1가스로부터 석유화학 기초유분 및 청정액체연료 제조기술 개발’ 연구에서는 가솔린・디젤 영역의 탄화수소에서 고선택성을 갖는 촉매와 기존 대비 수율이 15% 향상된 방향족 화합물 제조 기법을 개발하고 있음

- ‘합성가스로부터 석유화학 원료의 직접 합성을 위한 이원 활성점 촉매 반응시스템 개발’ 연구에서는 CO2 등이 과량으로 함유된 합성가스 등을 기반으로 석유화학 원료물질(디젤, 가솔린 및 BTX) 등의 합성이 가능한 촉매를 개발하고 있음

□ **한국과학기술연구원, 화학연구원에서는 GTL-FPSO 공정의 조기시장 진입을 목표로 GTL-FPSO 공정의 핵심기술 개발과 GTL-FPSO 공정 개념설계 개발에 관한 연구로서 산업통상자원부 'GTL-FPSO 공정 상용화를 위한 기반기술개발'과제를 수행함[183)]**

○ 핵심공정에 관련된 Reforming 및 FT 촉매개발 연구가 수행되고 있음

○ 기반기술은 현재 충분히 축적되었으나 상업화를 위해서는 test-bed를 활용한 실증연구를 통하여 격상(scale-up) 설계 기술 확보 및 실적(track record) 확보 등이 필요한 수준으로 평가됨

181) 2017년도 제8차 산업핵심기술개발사업 신규사업 지원대상 RFP
182) NTIS, 검색기준 2019.5
183) 플랜트 R&D 부처간 공동 로드맵 수립 기획연구, 국토교통과학기술진흥원, 2016.1.

(나) 정유 플랜트

① 해외 기술동향

□ **인구증가에도 불구하고, 대체에너지 등의 개발로 발전연료 수요가 감소할 것으로 전망되어 개발도상국을 제외한 정유 부문 기술개발 니즈는 감소하고 있음[184]**

○ 석유 수요 증가는 모두 개발도상국에서 발생하고, OECD국가의 수요는 '40년까지 연평균 40만b/d 이상 감소할 것으로 전망되고 있음

② 국내 기술동향

□ **국내 정유사의 운영기술은 세계적인 수준으로 파악되나, 원천공정 및 기본설계 엔지니어링은 여전히 해외기업에 의존하고 있는 상황임**

○ 국내 기업의 정유운영에 대한 기술력은 세계적인 수준으로 분석됨[185]

- 국내에는 세계에서 가장 큰 정유공장 2기를 운영하며 정유공장 운영 노하우 및 기술을 축적하고 있어 운영기술을 전수 받아가는 해외 기업들도 있음

- 운영시장과 연계하여 충분히 시너지를 발휘할 수 있을 것으로 판단됨

○ 원유도입 의사결정 최적화, 정제설비 고장 및 사고 예방 기술 등 정유기술과 4차산업 혁명기술을 연계하여 운영기술을 고도화하고 있음[186]

- 계획되지 않은 정유플랜트 가동중단 방지가 석유제품 산출량을 극대화하고 영업 손실을 최소화하는 데에 필수적이며, 이를 4차 산업혁명 기술과의 연계를 통해 실현하고자 함

  • 정유 부문은 제품의 수율, 불량률, 계획한 산출물의 획득을 위한 공정의 무결성이 매우 중요함

- '플랜트 O&M 지원을 위한 센서 기반 가상 플랜트 엔지니어링 기술개발' 연구에서는 정유화학 플랜트의 구조 건선성 평가 및 이상 진단을 위한 가상 플랜트 엔지니어링 개발 추진 중[187]

○ 정유플랜트 기본설계 엔지니어링 역량은 외국의 엔지니어링기술에 의존하고 있으며, 원천공정기술(Principle Process Technology)도 전무한 실정으로 공정 라이센스 기술과 기본설계 엔지니어링 기술의 국산화가 필요함[188]

---

184) 2018년 세계 에너지수요 전망(IEA World Energy Outlook 2018) 분석, 에너지경제연구원, 2018.12.
185) 전문가 인터뷰, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 1차 분과회의, 2019.6.27.
186) '석유산업과 4차 산업혁명', GS칼텍스 홈페이지, 2019.8. 검색기준
187) NTIS, 검색기준 2019.5
188) 석유산업 경쟁력 강화방안 연구, 에너지경제연구원, 2017.9.

나. 발전・신재생 플랜트 기술동향 분석

(1) 화력발전 플랜트

(가) 석탄화력 발전플랜트

① 해외 기술동향

□ **선진국은 고효율 발전을 위해 극초임계압(HSC:Hyper Super Critical)의 고효율 석탄화력발전 기술개발을 지속적으로 추진하고 있음[189)]**

○ 미국은 최근 가스터빈용 초내열 합금의 강점을 살려 760℃에 사용할 수 있는 발전용 초내열합금 소재기술을 개발 중이며, 극초임계압 발전에 활용할 계획임

○ 일본은 축적된 소재기술과 초초임계압(USC:Ultra Super Critical)기술을 바탕으로 요소기술개발을 완료하였으며, 실증을 준비 중임

- Retrofit을 Target으로 하는 국책과제 수행과 동시에 각 제조사별로 독자적인 신규건설 기술개발을 수행함

○ 일본의 Toshiba, Hitachi, Mitsubishi 등은 500MW 급 석탄화력 초임계 발전소(538℃/538℃)를 초초임계 발전소(700℃ 이상)로 개조하는 기술개발을 추진 중임[190)]

- 주요 기업별로 초초임계압 및 성능향상을 위한 독자적인 모델을 개발하고 있음

□ **선진국은 석탄화력발전소의 CO2배출을 저감하고 고효율 발전을 위한 초임계 CO2사이클 적용 화력발전 플랜트 기술을 개발함[191)]**

○ 미국은 노후화된 석탄화력 설비가 많아 발전소의 CO2 배출감소를 위한 설비개선을 집중적으로 수행하고 있음

- 샌디아 국가연구소(SNL, Sandia National Lab)는 세계 최초로 초임계 CO2 발전방식의 필수 구성품인 터보머신과 열교환기를 결합하여 종합실험장치(300 kWe급)를 구성함

- Pratt&Whitney Rocketdyne사는 DOE의 지원으로 초임계 CO2사이클을 이용한 CO2 무배출형 석탄화력 발전플랜트 개념설계를 진행함

189) 에너지기술 이노베이션로드맵-고효율 청정화력발전, 산업통상자원부, 2014, 산업통상자원부 · 한국에너지기술평가원, 2014.12
190) 초임계 CO_2를 이용한 발전 기술 동향, 공업화학 전망 제17권 제1호, 2014
191) 초임계 CO_2를 이용한 발전 기술 동향, 공업화학 전망 제17권 제1호, 2014

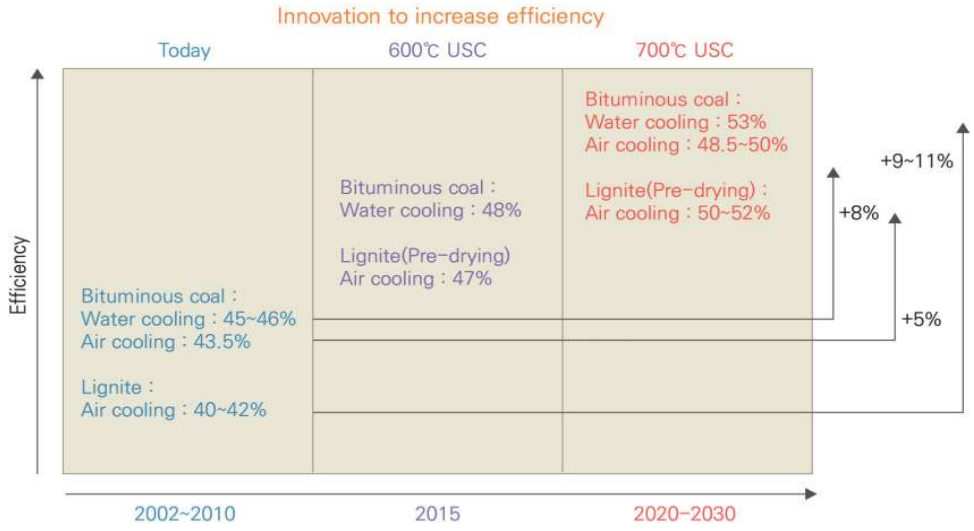
- GE는 독자적으로 초임계 CO2발전방식을 활용한 가스터빈 폐열재생 시스템을 연구하여, 샌디아 국가연구소에서 실증하고, Echogen사와 소형 초임계 CO2발전 모듈 제품을 상용화함

○ 일본은 초임계 CO2 사이클 적용 화력발전플랜트 핵심기기인 연소기 실험에 성공함

- Toshiba는 초임계 CO2사이클 적용 연소기의 연소실험을 300기압의 초고압 조건에서 성공함

□ **중국은 석탄화력발전 효율 증대 및 비용절감 기술개발을 추진 중이며, 이를 통해 석탄화력발전 플랜트 보급을 확대할 계획임[192)]**

○ 중국은 '30년까지 700℃급 HSC 석탄화력발전 발전효율을 50% 이상 높이는 것을 목표로 기술개발 중임



[그림 106] 중국의 USC 석탄화력 발전효율 증대 로드맵

* 자료 : 2014 에너지기술 이노베이션 로드맵 - 고효율 청정화력발전, 산업통상자원부, 2014

192) 2014 에너지기술 이노베이션 로드맵 - 고효율 청정화력발전, 산업통상자원부, 2014

② 국내 기술동향

□ **국내는 순환유동층 석탄화력(CFC) 보일러 기술을 보유하고 있으며, 보일러에서 CO2를 원천분리하는 기술 상용화도 추진 중에 있음**

○ 한국전력기술은 순환유동층 석탄화력 발전(CFB) 보일러 설계 기술을 확보하여 세계 최대급 CFB 발전소를 운영 중이며, 해외 순환유동층 석탄화력 발전소 타당성 조사사업도 수행하고 있음[193)]

- 한국전력기술은 '09년부터 세계 최대규모의 삼척화력 1,2호기 종합설계를 수행하였으며, 현재 500MW급 유동층보일러 2기와 1000MW급 초초임계압 증기터빈을 조합한 세계 최대급의 순환유동층 변압운전 발전소를 운영하고 있음

- 한국전력기술은 몽골 바얀텍(Bayanteeg), 필리핀 파나이(Panay)와 세부(Cebu), 인도네시아 방코바랏(Banko Barat)지역의 석탄유동층 석탄화력발전소 건설에 대한 타당성 조사 사업을 수행함

○ 한국에너지기술연구원은 '21년까지 석탄화력 발전에서 CO2를 원천분리할 수 있는 '순산소 순환유동층 보일러 원천기술'을 개발하고, 실증규모(2MWe)급에 적용하기 위한 기술을 개발할 계획임[194)]

- 초임계 순산소 순환유동층 보일러 기술은 저급연료 연소를 통한 연료 다변화에 대응 가능하고 높은 발전효율과 온실가스 저감에 기여하는 기술임

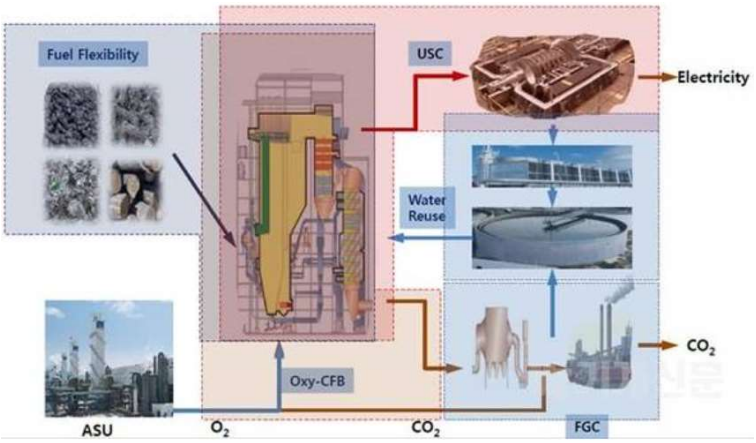
  • 발전효율이 높아 순산소 연소의 단점을 극복할 수 있을 것으로 기대됨

- 국내 대용량 석탄순환 유동층 보일러 발전설비는 국내 라이선스가 존재하지 않아 해외기업에 많은 라이선스 비용을 지불하며 건설하고 있음

- 동 연구에서 2MWe급 초임계 순산소 유동층 보일러 기술을 개발하고, 상용규모 발전플랜트 기본설계 데이터를 확보하여 국산화를 목표로 하고 있음

- 이를 기반으로 300MWe급 국산 초임계 순산소 순환 유동층 보일러 제작이 가능할 것으로 기대됨

193) 한국전력기술 순환유동층 석탄화력 소개 홈페이지, 2019.8. 검색기준.
194) 에너지연, '순산소 순환유동층 보일러 원천 기술' 개발... 석탄화력발전 시장 패러다임 변화 예고, 기계신문, 2018.12.



[그림 107] 저급 연료 활용/CO2 원천분리/효율 향상

□ **석탄화력발전플랜트는 전 세계적으로 감소하는 추세이나, 저개발국가에서는 여전히 주력상품이며, 국내에서 관련 기자재 제작이 모두 가능한 수준임[195)]**

○ 석탄화력 발전의 경우 국내에서 기자재 제작이 모두 가능하므로 저개발국가 대상 석탄화력발전 플랜트의 수익성은 높을 것으로 분석됨

○ 대형 석탄화력플랜트보다는 중소형 석탄화력 플랜트에 대한 니즈가 있으며, 앞으로 저개발국가에서는 CFB 유동층 보일러기술이 대세가 될 것으로 예상됨

○ 균일한 품질의 원료가 공급되지 않는 상황에서 안정적인 석탄화력 발전이 가능하도록 O&M 기술의 추가적인 개발이 요구됨

- 베트남, 인도, 동남아는 저급탄에 대한 관리가 이루어지고 있지 않은 상황임

□ **국내에서는 석탄화력 발전소의 미세먼지 저감 및 초임계 기술 개발이 수행됨**

○ '석탄화력발전소 기존 전기집진장치 활용을 위한 초 미세먼지(2.5㎛ 이하) 제거용 고효율 융합형 정전여과집진장치 개발' 연구에서는 기존 기술 대비 초미세먼지(2.5㎛ 이하) 99.9% 제거 기술 확보를 목표로 함[196)]

○ '고효율 석탄화력용 초임계 CO2 발전 원천기술 개발 및 시험' 연구에서는 석탄화력 기반 100MWe 급 초임계 발전플랜트 통합 공정 설계 및 해석 기술 개발을 통해 기술 선점을 목표로 함[197)]

195) 전문가 인터뷰, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 1차 분과회의, 2019.6.21.
196) NTIS, 검색기준 2019.5
197) NTIS, 검색기준 2019.5

□ **한국서부발전・이앤지・암니스컨소시엄은 충남 태안군 서부발전 본사에서 중국의 신리러발전유한공사・중헝전기와 한국 석탄・가스 발전기술들의 중국 발전소 적용을 공동으로 추진하는 기술사업화 업무협약(MOU)를 체결함[198]**

○ 국내 발전 업계는 석탄가스화발전기술(IGCC), 브라운가스 기술, 가스화력발전소에서의 메탄올 생산 기술 등을 개발해 중국 측에 제공할 예정임

- 브라운가스는 물을 전기분해해 나오는 수소와 산소를 결합한 것으로 LNG와 비교해 화염전파속도는 100배 이상, 온도상승 능력은 약 2배에 달하여 LNG 발전터빈에 가스와 함께 투입하면 발전효율 제고 및 투입 가스량 저감이 기대됨

- 메탄올 생산 기술은 LNG발전소에 가스를 공급하는 과정에서 메탄가스를 추출하고 전기를 생산할 때 나오는 이산화탄소를 포집, 물을 혼합해 메탄올로 만드는 기술로 메탄올 생산과 동시에 탄소배출권을 확보할 수 있다는 장점을 가짐

(나) 가스화력 발전

① 해외 기술동향

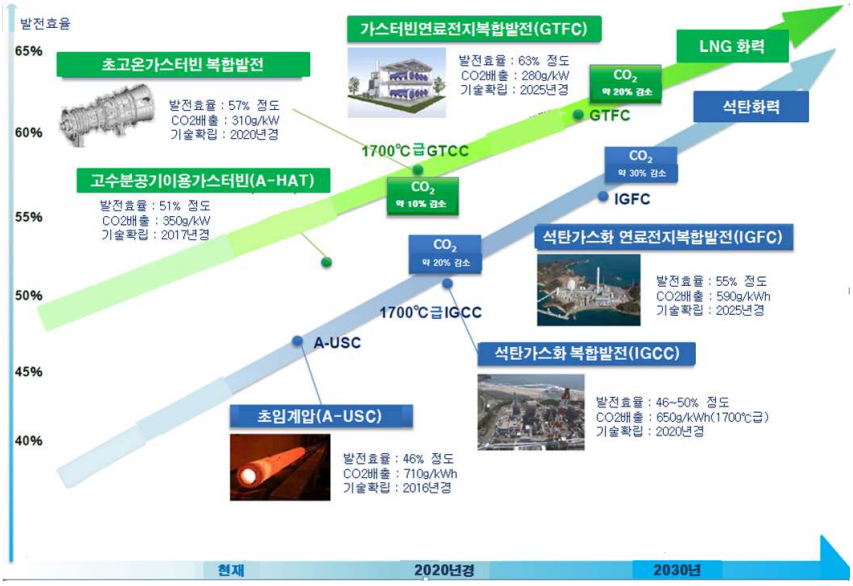
□ **LNG화력발전 효율을 높이는 GTFC(Gas Turbine Fuel Cell), GTCC (Gas Turbine Combined Cycle) 등의 기술개발을 추진함**

○ 일본 경제산업성은 '25년까지 LNG 화력발전의 효율을 높이기 위한 가스터빈 연료전지 복합발전(GTFC) 기술 개발 목표를 설정함[199]

- GTFC 기술은 가스터빈에 연료전지를 결합해 발전효율을 높이는 기술로 제1세대, 제2세대를 뛰어넘는 궁극적 발전단계인 제3세대 기술로 평가됨

  • 동 기술개발을 통해 발전효율을 53%에서 63%로 향상시키고자 함

198) 매일경제 2017.9.26.
199) 日, 2025년 세계 최고수준 고효율 화력발전소 개발에 박차, KOTRA 해외시장 뉴스, 2015.7.10.



[그림 108] 일본 경제산업성의 차세대 화력발전 기술 개발 목표

○ 일본의 Toyo Engineering은 LNG 기반의 GTCC(Gas Turbine Combined Cycle) 발전 기술을 보유하고 있음[200]

- GTCC는 가스터빈을 돌리고 남은 폐열을 이용해 증기터빈을 한 번 더 돌리는 초고효율 화력발전 기술임

- GTCC 기술을 보유한 Toyo Engineering은 미국 General Electrics와의 파트너십을 통해 향후 고효율 LNG 플랜트 시장 점유율을 높여갈 것으로 예상됨

② 국내 기술동향

□ **가스화력발전 플랜트에서 가스터빈 기술이 가장 핵심이 되나, 아직 우리나라는 상용 가스화력발전 플랜트의 실증까지 도달하지 못하여 해외 가스터빈에 의존하고 있음[201]**

○ 국내에서 가스터빈을 제작할 수 있는 기업은 두산중공업이 유일한 상황이나, 기반여건이 미흡하여 민간단독으로 기술개발을 추진하기에는 어려운 상황임

- 두산중공업은 국가 연구개발사업으로 가스터빈 기술을 개발하였으나, 실증 및 실적 확보를 하지 못하였으며, 해외시장진출이 어려운 상황임

○ 고온의 가스터빈 제작에 필요한 요소기술이 개발되지 못하여 구성부품에 대해서는 해외 구매가 이루어져야 하는 상황임

200) Toyo Engineering 홈페이지, 2019.8. 검색기준
201) 전문가 인터뷰, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 1차 분과회의, 2019.6.21.

- 가스터빈은 블레이드 등 다양한 부품 및 단위요소기술이 결합되어 산출되나, 국내에서 블레이드 제작업체 등 벤더가 부재한 상황에서 기술내재화 및 국산화가 요구됨

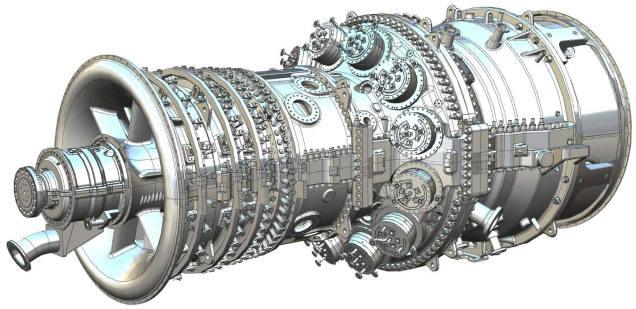
□ **국내에 가스터빈 기술이 부재하므로, 해외 주기기 업체가 수행하는 시운전 과정도 참여하지 못하고 있음**

○ GE 등 해외 주기기 업체는 시운전을 할 때에 모니터링 및 운영의 노하우에 대한 부분을 비공개로 하며, 내부직원의 경험 및 역량향상에 활용하고 있음

- 해외 발전사업자 입장에서는 기존 부품에 대한 안정성·신뢰성 차원에서 가스터빈을 제작한 해외 OEM사로부터의 부품 수급을 선호할 수밖에 없는 실정임

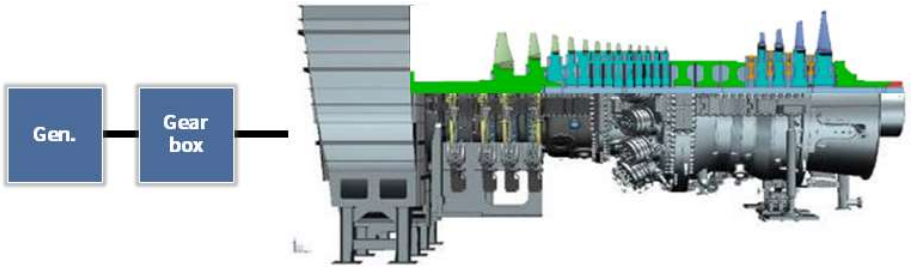
□ **해외 가스터빈 Major사는 대형 가스터빈 핵심 설계기술을 이미 확보하고 타 업체로의 기술이전을 제한하고 있어 핵심기술의 국내 내재화가 용이하지 않음**

○ 최근 두산중공업에서 270MW급 가스터빈을 개발하였으며, 산업부 지원으로 국내 가스복합화력발전소 실증을 계획중이며, 산업통상자원부 주관 “한국형 표준 가스복합발전 모델 개발 및 테스트 베드 구축”을 통해 380MW급 가스터빈을 개발 계획중



[그림 109] 두산중공업 대형 가스터빈 개발 모델

○ 지역난방, 신재생 수요 및 송전 Grid 망 Capa가 부족한 국가 타겟의 90MW 급 중소형 가스터빈을 개발 계획 중임



[그림 110] 두산중공업 중형 가스터빈 개발 모델

○ 발전설비 산업은 안정성, 신뢰성이 중시되므로 대규모 투자가 불가피하고 투자자금 회수에 많은 시간 소요

- 가스터빈 1차 발전 후 발생된 배열을 회수하여 증기터빈에 의한 추가 발전으로 발전효율 60% 이상의 고효율 구현 가능

- 미세먼지 PM10 배출은 전무하고, PM2.5 배출 원인인 질소산화물(NOx) 배출량은 석탄화력 대비 30%이하 수준

- 현재 기술은 NOx 25ppm 수준으로 유지하며, 배열회수보일러(HRSG)에 SCR(선택적 촉매 저감설비)를 설치하여 5ppm 이하로 운영되고 있음

(다) 복합화력 발전플랜트

① 해외 기술동향

□ **미국, 독일, 일본 등 기술 선도국에서는 IGCC, SNG, IGFC 등 석탄가스를 이용한 고효율 발전과 CO2발생 저감 극초임계 기술개발을 추진하고 있음[202)203)]**

○ 미국은 IGCC 석탄가스화복합발전에 CO2 포집기술과 EOR(Enhanced Oil Recovery), 고부가가치 화학원료 생산설비가 결합된 플랜트 기술개발 프로젝트를 진행함

- HECA 프로젝트를 통해 Pet Coke를 사용하는 IGCC와 수소 병산이 가능한 IGFC플랜트 기술개발을 추진함

202) 2014 에너지기술 이노베이션로드맵-고효율 청정화력발전, 산업통상자원, 2014
203) 플랜트 R&D 부처간 공동로드맵 수립 기획 최종보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2016.1.

- Kemper 실증 프로젝트를 통해 순환유동층 석탄 IGCC와 CO2포집설비, EOR이 결합된 프로젝트를 추진 중이며, 연간 300만톤의 CO2 포집이 가능한 524MWe급 규모의 상용설비를 실증하고 있음

- Summit Power Texas Clean Energy 프로젝트를 통해 석탄가스화 IGCC와 CO2포집설비, EOR설비, 비료 생산이 가능한 설비를 개발하고 있음



[그림 111] Kemper 실증 프로젝트 IGCC 플랜트
자료 : 2014 에너지기술 이노베이션로드맵-고효율 청정화력발전, 산업통상자원부, 2014

○ 독일의 Uhde는 석탄과 폐기물 사용하여 메탄올과 가솔린 생산이 가능한 플랜트 설비를 운영하고 있음

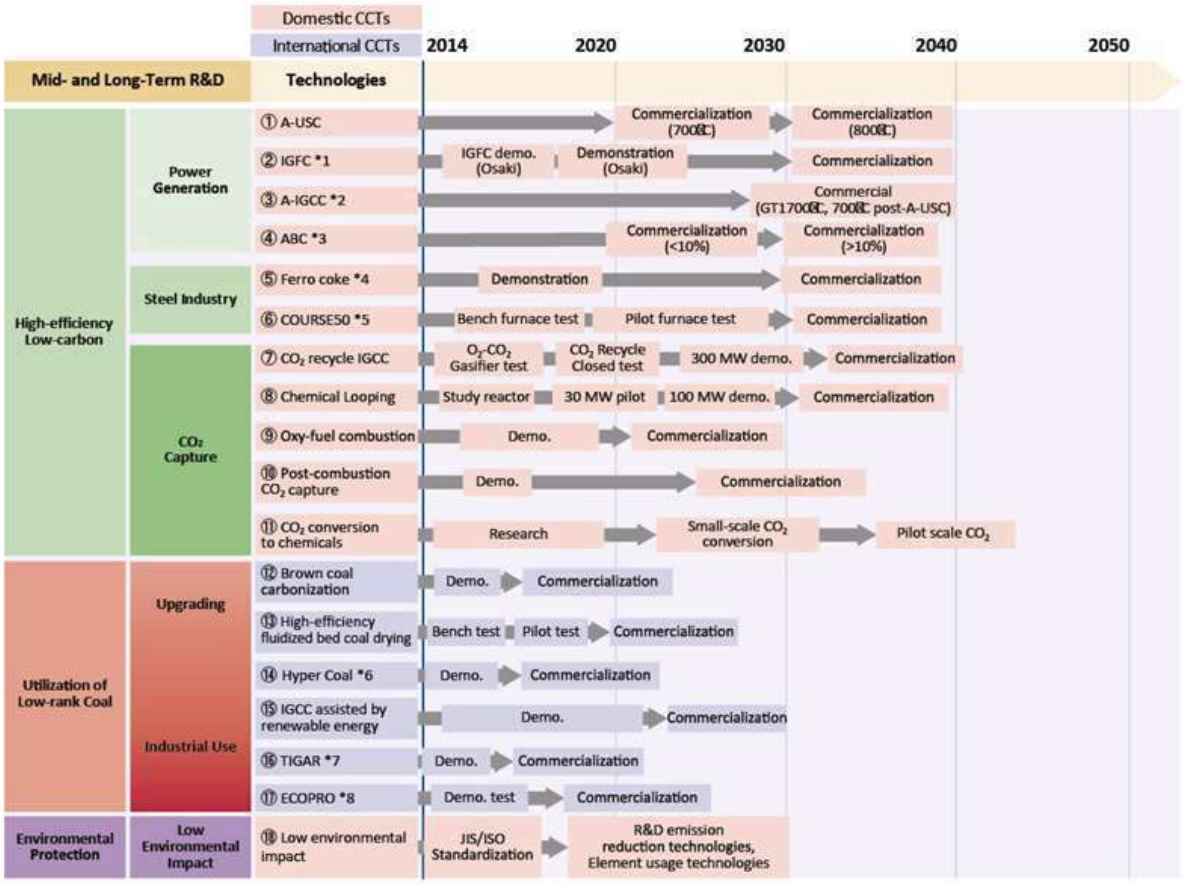
○ 일본은 석탄가스 폴리제너레이션 독자기술을 확보하고 있으며, IGCC, IGFC 등 발전효율 향상 및 CO2배출 저감 기술개발을 추진 중임

- 도쿄전력과 Joban Joint Power는 500MW급 신규 IGCC 2기 건설 계획을 발표함

- 일본 NEDO는 Clean Coal Technology R&D를 지원하여 CO2 배출을 최소화하는 고효율 CO2 포집 기술을 개발하고 있음

- 일본 정부는 석탄발전 효율 향상 활동을 통해 현재 발전효율 약 41%(HHV, net)를 기록하고 있는 USC(Ultra Super Critical) 기술과 병행하여, IGCC와 IGFC의 기술 개발을 촉진하여 석탄화력 발전효율을 현재 40%에서 55%로 개선할 계획임

  • 석탄가스화복합발전(IGCC)을 2020년대 초까지, 석탄 가스화 연료전지 복합 발전(IGFC) 실증실험을 2025년경까지 완료할 계획임



[그림 112] J-Coal CCT R&D Roadmap (중장기 연구개발) (출처: Uichiro Yoshimura, Global Need for Clean Coal Technologies and J-COAL's Roadmap to Get There)

○ 중국은 해외기술을 도입하여 내재화하며, 자국 건설현장에서 사업화 실적을 확보하고 있음

- 300MW급 석탄IGCC 기술을 개발하여 '12년 텐진에 구축 완료하였으며, 2단계 사업으로 CO2 포집저장 설비를 연계할 예정임

□ **복합화력 가스터빈에서 현재 가장 보편적인 연료희박 예혼합 방식은 NOx 배출 저감에는 효과적이나 화염이 불안정하며, 이를 개선하기 위한 연구는 기술 선도국에서도 미진한 상황임[204]**

○ 불안정한 화염이 가스터빈의 안정적인 운전에는 장애요인으로 작용하여 선진 Major 사를 비롯한 전 세계 유수의 연구기관 및 대학에서 10여년 이상 주된 연구 분야로 다루어졌으나 근본적인 해결이 어려운 상황임

204) 차세대 가스터빈 발전 대응 초저공해 연소기핵심원천기술 개발(I), 한국에너지기술연구원, 2017.12.

○ 연료희박 가연한계 근방에서 운전하는 예혼합 연소기는 현재 가장 많이 적용되고 있는 저 NOx 배출의 대안으로서 대부분의 Major사에서 채택되어 NOx 배출 저감에 기여하고 있음

- 가스터빈 배출 NOx 저감이 이슈화된 1980년대 이후 연소기 CAN 내부 고온 화염에서 생성되는 Thermal NOx를 억제하기 위해 수증기 분사, 다단 연소기술 등이 사용되어왔으나, 최근에는 예혼합 방식이 정착됨

② 국내 기술동향

□ **국내에서는 복합화력 발전플랜트의 최적 관리 시스템에 대한 기술개발이 최근 수행됨**

○ '복합발전 플랜트 안전 운영을 위한 취약 노드 기술 개발' 연구에서는 최적 관리를 위한 스마트 관리 시스템 개발을 통해 연간 2,000~3,000억원의 국내 복합발전 플랜트 관리 시장 점유를 목표로 함[205)]

○ 현재 LNG복합화력 발전소의 제작기술과 일반설비에 대한 기술은 국산화에 이른 것으로 평가되지만, 가스터빈과 관련된 고온부품 핵심기술은 아직 확보하지 못한 상황임[206)]

(라) 가스화 열병합 발전플랜트

□ **국내에서는 최근 바이오가스 활용 열병합 발전의 고효율화 및 탈황 정제 시스템 개발 등이 수행됨**

○ '바이오가스 활용 100 kWh급 열병합 발전을 위한 90 CMH급 Redox 탈황/정제 시스템 개발' 연구에서는 Redox-cycle 탈황공정 최적화 및 이를 적용한 열병합발전 시스템 개발을 통해 바이오가스 발전기기의 탈황 패키지화 기술 확보를 목표로 함[207)]

○ '500kW급 고효율 바이오가스 열병합시스템 개발' 연구에서는 해외에 의존하였던 기존 열병합 발전 시스템 기술에서 탈피하여 바이오가스 분석을 통한 Gax Mixer 선정, 발전용 제어시스템 제작, 연소 제어 알고리즘, 개선된 촉매 등의 기술 자립화를 통해 세계적인 기술경쟁력을 확보하고자 함[208)]

205) NTIS, 검색기준 2019.5
206) LNG 발전용 가스터빈 고온부품 국산 자립화해야, 에너지신문, 2018.11.6.
207) NTIS, 검색기준 2019.5
208) NTIS, 검색기준 2019.5

□ **대형 열병합발전 시스템의 경우에는 효성중공업에서 한국가스공사 연구개발원과 공동으로 1,000kW급 가스터빈패키지 열병합 발전 시스템으로 개발하여 시운전을 완료하고 한국가스공사의 사옥에 설치하여 상업운전 중임[209)]**

○ 효성중공업이 개발한 동 발전 시스템은 발전단효율 25%, 종합열효율 73%를 달성함

○ 효성 이외에도 쌍용중공업(200kW), 대우중공업(200kW) 등에서 가스엔진 및 디젤엔진 기반 열병합발전용 터빈을 개발함

□ **소형 열병합발전 시스템의 경우 한국에너지기술연구원에서 20kW급 LPG엔진 열병합발전 시스템을 개발한 바 있고 삼성중공업에서 자체비용으로 30kW급, 300kW급 가스엔진 열병합발전 시스템을 개발함[210)]**

○ 국내의 소형 열병합발전 시스템 관련 주요 기관으로는 한국과학기술연구원, 한국기계연구원, 한국에너지기술연구원, 한국전기연구원 등이 있으며 기업체로는 효성중공업, 쌍용중공업, 일진중공업, 삼성테크윈, 한라중공업 등이 조사됨

(2) 수력발전 플랜트

① 해외 기술동향

□ **기술선도국은 대용량 발전 및 효율성능 향상 발전설비 기술 및 안전성 감시/진단, 수로식 기술개발을 추진함**

○ 해외는 대형 수차개발을 통해 발전량을 확보하는 한편, 효율성능을 높이는 방향으로 기술이 개발되고 있으며, 세계최고 수준의 발전설비는 812MW급, 96%의 효율성능을 보임[211)]

- 세계 최대기기는 812MW/기 프란시스 수차로 중국의 Xiajiaba발전소에 설치되어 있음

- Alstom은 프란시스 수차의 세계 최고수준인 최대 95%의 효율성능을 보이고 있음

○ 수력설비의 대형화로 인한 하중 고려 설계와 감시/진단 기술개발이 추진되고 있음[212)]

- 러시아의 Sayano-Shushenskaya 발전소에서는 프란시스 650MW 10기 운영 중 수충격 발생으로 9기의 터빈이 완파되는 사고가 발생하였으며, 대형수력발전설비의 하중을 고려한 설계와 감시/진단 기술이 요구됨

209) Konetic Report, 고효율 에너지 이용기술인 소형열병합발전 기술 개발동향, 2016.11.17.
210) Konetic Report, 고효율 에너지 이용기술인 소형열병합발전 기술 개발동향, 2016.11.17.
211) 15MW 프란시스 수차 발전기 국산화 및 실증, 대한전기협회, 2015.09.
212) 중규모 수력플랜트 건설기술 개발 기획, 국토교통부, 2015.



[그림 113] 러시아 발전소 사고 현장

○ 신규 건설보다 기존의 노후 수력 발전플랜트에 대한 현대화 기술개발이 추진되고 있으며, 낙차식에서 유속을 이용한 수로식 수력발전플랜트로 기술 개발 트렌드가 변화하고 있음[213)]

- 위치에너지에 기반한 낙차식 수력발전 플랜트 건설은 포화상태에 도달함에 따라 발전효율 향상을 위한 기존 노후시설의 현대화 중심으로 기술개발이 이루어지고 있음

- 수로의 유속을 이용한 수력발전플랜트 기술이 발전함에 따라 낙차식 수력발전플랜트 건설이 부적합한 지형에서도 경제성이 확보되어 수로식 수력발전플랜트로 트렌드가 변화하고 있음

② 국내 기술동향

□ **국내 기술로 상용화된 발전설비는 15MW급(92%효율성능)이며, 50MW급 수력플랜트 설계/제작 및 실증 연구를 추진 중임**

○ 국내는 소수력 중심의 기술개발이 이루어지고 있으며, 중대수력 설비 대부분을 유럽과 일본의 해외기술에 의존하고 있음

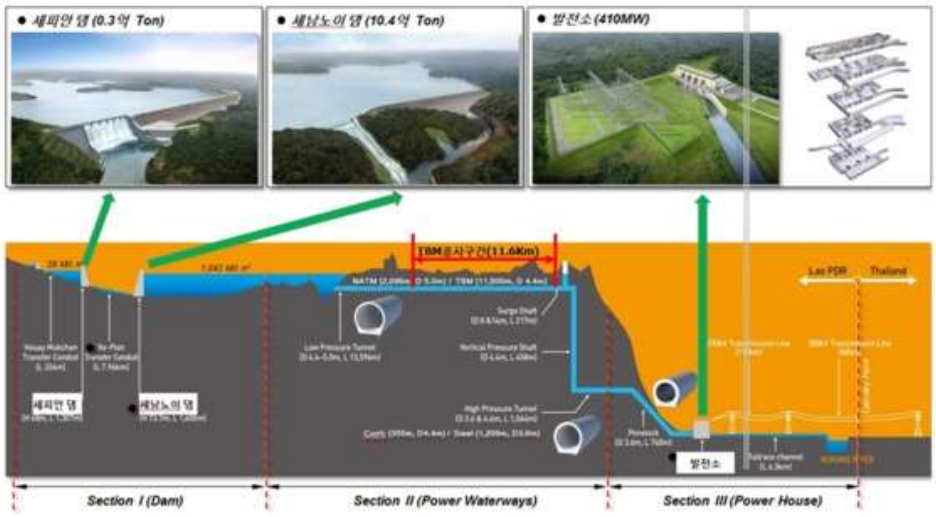
- 현재 실증된 최대 출력의 수차는 15MW급이며, 최대효율은 92%수준임[214)]

○ 최근 국내에서는 50MW급(92%효율 성능) 수력설비의 현장 시공을 위한 발전설비 시설물 내진/수충격 안전도 평가, 4분할 설비의 현장설치, 노후도 평가 연구를 수행중임

213) 수력발전 시장 현황 및 전망, 한국수출입은행 해외경제연구소 산업투자조사실, 2013.07.02
214) 15MW 프란시스 수차 발전기 국산화 및 실증, 대한전기협회, 2015.09.

□ **SK건설은 라오스의 세피안-세남노이 수력발전 프로젝트에서 수면아래 길이 13.6Km의 지하수로를 뚫어 모인 물을 낙하지점으로 이동시킨 후, 수직구를 통해 690m바닥으로 떨어뜨려 터빈을 돌리는 댐-수로식 발전플랜트를 건설함**[215]

○ 수로터널은 대형 터널굴착기(TBM)를 이용하고, 낙하지점을 지나 물의 압력이 세지는 수로지점에선 두께 4cm의 철강을 덧대어 압력에 대응되도록 함



[그림 114] 수로식 터널 사례

□ **국내에서는 대용량 양수발전 플랜트의 기술개발이 최근 수행됨**

○ '신시장 창출을 위한 대용량 양수발전시스템 설계 및 진단 원천기술개발' 연구에서는 고효율 대용량 펌프/수차 설계, 운전특성 파악, 성능 해석, 예지정비 시스템 개발 등 대용량 양수발전 원천기술 확보를 통해 현재 수입에 의존하고 있는 양수발전 시스템의 자립화를 목표로 함[216]

215) [新 해외건설 열전] ⑥ '시공에서 운영까지' ...SK건설, 라오스에 국내 최초 개발형 수력발전, news1, 2018. 7.
216) NTIS, 검색기준 2019.5

(3) 신재생에너지 발전플랜트

(가) 풍력발전 플랜트

① 해외 기술동향

□ **선도국은 해상풍력 하이브리드형 지지구조 및 부유식 개발을 통해 발전단가를 낮추기 위한 노력을 기울이고 있음[217]**

○ 풍력발전은 해상풍력 중심으로 추진되고 있으며, 하부구조 건설비, 염분으로 인한 부식, 해상환경에서의 유지보수 편리성을 고려한 조립분해 편리성이 비용을 낮추기 위한 주요 요소가 되고 있음

- 해상용으로 시장이 확대되면서 기존 기술을 기반으로 한 대형화는 한계에 봉착하였으며, 소재 및 설계를 개선하는 연구가 진행되고 있음

  • EU를 중심으로 한 국외 풍력발전 선도국에서는 터빈은 풍력타워의 높이를 높여 고풍속 바람을 이용하고 블레이드(Blade) 길이를 늘려 단면적을 확대하는 대형화 전략을 추진 중임[218]

  • 업체별로는 풍력발전의 선도업체인 Vestas사가 8MW급 실증을 완료한 상태이며, 해상풍력발전 선도업체인 SIEMENS사는 덴마크에서 7MW급을 실증 중에 있고, 프랑스 ALSTOM에서도 7MW급 Prototype을 준비 중임

- 해상용의 경우 설치, 유지보수의 편리성 등을 고려하여 조립 및 분해가 편리한 구조로 기술개발이 필요하며, 염분에 의한 부식, 낙뢰보호시스템 등에 대한 고려도 필요한 것으로 분석됨

- 초전도 풍력발전기 개발, 기존 기어, 직접구동 및 하이브리드 방식, Hydraulic 방식의 드라이브 트레인 연구도 진행 중임

○ 원해 대수심에서의 단지개발을 위한 프로젝트가 진행 중이며, 고정식 지지구조물의 건설비용 감소를 위한 부유식 해상풍력 실증 프로젝트가 진행 중임[219]

- 현재 선진국의 기술수준은 이안거리 40Km, 수심 35m 수준까지 해상풍력단지 조성이 가능함

- 일본은 Fukushima 프로젝트를 통해 부유체를 개발하고 '13년 6월부터 운영 중임

---

217) 2014 신·재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014.12
218) 에너지산업 산업기술 R&BD 전략, 산업통상자원부, 2019.1.
219) 해상풍력 중장기 R&D 로드맵, 산업통상자원부·한국에너지기술평가원, 2014.07

- 기선으로부터 20km, 수심 100~200m에서 부유할 수 있는 Semi-submersible type의 부유체를 개발함

- 일본은 '13년 9월 수심 80~100m에서 부유하는 Fuji Heavy Industry의 부유체 Spar type의 해상풍력 발전을 추진함



[그림 115] 일본 Fukushima 프로젝트



[그림 116] 일본 Kabashima 프로젝트

* 자료 : 해상풍력 중장기 R&D 로드맵, 산업통상자원부·한국에너지기술평가원, 2014.07

- 포르투갈은 기선으로부터 6km 거리의 부유식 해상풍력 프로젝트를 진행하여 수심 50m 까지 부유하는 중량 1,350tonM, Principle Power의 Semi-submersible type을 적용함



[그림 117] 포르투갈 부유식 해상풍력 발전기

② 국내 기술동향

□ **국내는 현재 해상풍력 가격경쟁력이 해외보다 낮은 상황이며, 비용절감을 위한 연구들도 초기단계에 있음**

○ 국내 기업들은 해외 입찰 시 통상적인 요구조건 충족을 위한 Track-Record 확보에 어려움을 겪고 있으나, 국내 시장의 협소함 등을 극복하고 국내 업체들의 설치용량이 증가하는 등 시장 진출에 비교적 적극적인 편임[220)]

- 국내 대기업에서 정부지원 또는 자체개발로 3MW급의 풍력 발전 터빈은 인증을 완료하고 판매가 가능하며, 5MW급 이상 시스템은 '15년에 인증을 완료하고 실증을 통하여 '17년경 판매 가능한 수준에 도달함

  • 해외 입찰 시 통상적으로 연간 100MW이상 운전 및 생산실적 등을 요구함

○ 미래 해상풍력 시장에서의 경쟁력 확보를 위해 하이브리드형 지지구조물, 부유식 해상풍력 등을 포함한 다양한 형식의 지지구조 개발이 국내에서도 수행되나, 아직은 원천기술 개발 단계로 분석됨[221)]

- '12MW급 부유식 해상풍력발전시스템 상용화를 위한 핵심기술개발' 연구에서는 Novel Hybrid Offshore Floater 축소 모형 제작 및 시험, 고효율 저비용 위치유지장치 개발 등을 통해 초대형 풍력발전기 기술 자립화를 목표로 함

- '3MW급 대형 풍력 발전 타워 플랜지 제작 및 설계 기술 개발' 연구에서는 최대 직경 10m의 대형 해상용 풍력타워 플랜지 기계가공에 필요한 터닝 머신·드릴 머신 기술 개발과 원천기술 확보를 통해 국제적인 기술력 확보를 목표로 함

- 'MW급 풍력발전기의 원가절감 수출용 Yaw &Pitch Drive 양산기술 개발' 연구에서는 Yaw &Pitch Drive 기술의 자립화를 추진함

○ 해상 풍력발전의 상부구조에서는 원가절감과 발전기 고효율화가 주요 기술개발 니즈이며, 공사시간 단축 기술 개발도 주요한 이슈임[222)]

- 8MW까지 이미 상용화된 제품들이 많으며, 상용화된 제품간 가격경쟁력이 시장을 좌우함

  • 10MW이상의 대형풍력은 여전히 기술난이도가 높아 기술확보가 중요한 영역임

220) 에너지산업 산업기술 R&BD 전략, 산업통상자원부, 2019.1.
221) 에너지산업 산업기술 R&BD 전략, 산업통상자원부, 2019.1.
222) 전문가 인터뷰, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 1차 분과회의, 2019.6.21.

- 기계적 측면의 고효율도 중요하지만, 운영제어 측면의 고효율도 기술개발이 필요한 영역임

  • 국내는 운영제어 측면이 미흡하여 해외에 의존하고 있는 실정으로 기술확보가 필요함

- 하부구조 경량화 개발도 중요한 부분이나, 사업비에 미치는 영향은 크지 않은 반면, 공사기간 단축이 사업비에 미치는 영향이 매우 큰 편임

  • 하부구조 공사를 위해서는 설치를 위한 특수장비 및 선박임대가 필요함

  • 현재 실증단지에서 선박임대 1일 임대비가 6,500만원이며, 1기를 설치하는 데에 대략 40일 정도가 소요됨

  • 현재 국내 실증단지에 적용되는 기술은 자켓으로 설치하는 방식이며, 유럽 등은 모노파일로 설치를 하는 데, 소요기간은 1~2일 수준이므로, 향후 국내에서 모노파일 형태의 해상풍력 설치가 지향해야 할 방향으로 판단됨

□ **풍력 타워 및 시스템 개발 분야와 풍력단지 설계·토목 분야에 대한 개발이 시급함[223]**

○ 국산 기자재의 track record 확보 및 설계 분야의 역량 제고를 위하여 국산 기자재를 사용하는 실증단지 확대 구축이 요구됨

(나) 태양광발전 플랜트

① 해외 기술동향

□ **선도국들은 태양광 태양셀의 효율증대 및 제조단가 절감측면의 연구들을 추진하고 있음**

○ 태양광 발전에 필수적인 태양전지는 크게 결정질 실리콘 태양전지와 박막 태양전지로 구분되며, 현재 박막 태양전지가 차세대 방식으로 대두되어 다양한 연구개발이 수행되고 있음[224]

- 결정질 실리콘 태양전지는 이미 효율이 이론적 최대치에 근접하여 R&D를 통한 성능개선 여지가 작으며, 효율 증대보다는 소재개발 및 생산기술 개선을 통한 원가절감에 초점을 두고 연구가 진행되고 있음

223) 에너지 플랜트 산업부문별 해외 경쟁력 강화방안 연구, 2013
224) 2014 신·재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014.12

- 박막 태양전지는 저렴한 생산단가와 넓은 응용분야를 가지고 있어 차세대 기술로 주목받고 있으나 낮은 효율과 생산성 문제로 시장을 대체하고 있지 못하며, 효율성 향상 및 제조단가 절감을 위한 연구가 필요한 상황임

  • 기존 결정질 실리콘 태양전지의 가격 급락으로 박막 태양전지의 시장점유 확대 및 관련 연구 추진에 난항을 겪고 있음

  • '10년 독일의 ZSW는 소면적 기준 20.3%의 최고효율을 달성하여 실험실 수준에서 다결정 실리콘 태양전지 효율 수준에 도달하였으며, 일본의 Solar Frontier의 1GW급 투자 및 Turn-Key 장비업체의 출현으로 양산이슈가 해결될 것으로 전망됨

- '12년말에 개발된 효율 10.9%의 고상 염료감응 태양전지와 플렉시블 유기박막 태양광 모듈도 주목받고 있음

○ 미국, 독일, 호주, 일본 기업을 중심으로 태양전지의 효율 증대가 이뤄지고 있음[225)]

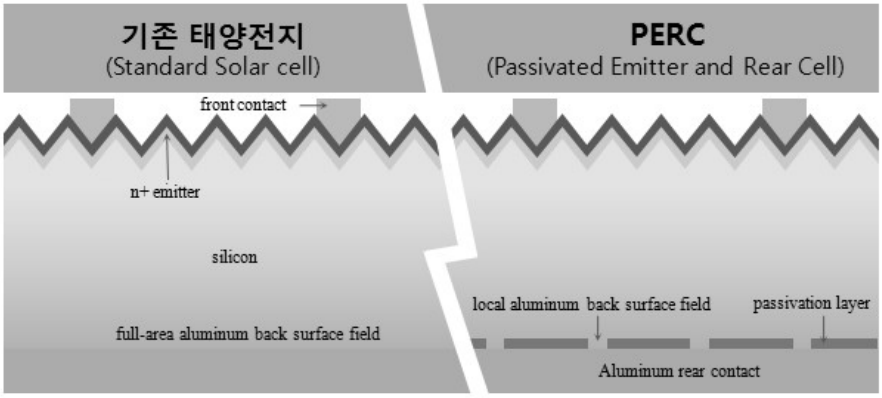
- 결정질 실리콘 태양전지는 2017년3월 Kaneka(일)사가 이종접합 후면접촉(hetero-junction back contact) 방식으로 최고효율 26.6%를 달성하여 그동안 25.6%의 최고기록을 보유한 Panasonic(일)사를 추월함

- 유기 태양전지는 독일에서 탠덤 구조로 12%의 효율을 달성하였으며, Mitsybishi Chemical(일)은 단위소자에서 11%이상의 효율과 롤투롤 인쇄공정을 적용한 플렉서블형 제품에 대한 상용화를 진행 중임[226)]

- 23.2% 변환효율을 가지고는 PERC 구조는 호주 UNSW에서 처음으로 제안되었으며, 700mV의 높은 개방전압을 얻을 수 있는 것으로 분석됨

  • 고효율 PERC 구조에서는 절연체를 후면에 증착시킨 후, 레이저를 이용하여 부분적으로 개방하고 Metalization 후공정을 통해 국소적으로 BSF를 형성함으로써 실리콘 후면이 후면 전극과 직접적으로 접촉하는 것을 최소화함

225) 에너지산업 산업기술R&BD 전략, 산업통상자원부, 2019.1.
226) 에너지산업 산업기술R&BD 전략, 산업통상자원부, 2019.1.



[그림 118] PERC 구조 태양전지

- 초박형 결정형 태양전지의 낮은 흡수율이 문제점으로 대두되고 있으며, 이에 대한 한계 극복을 위하여 새로운 광전 소자 및 이를 위한 재료 공정 기술 개발과 더불어 표면형상 제어를 통하여 광흡수를 극대화시키는 연구가 진행 중임

- CIGS 박막 태양전지의 경우 중국 CNBM에서 독일 Avancis사 인수를 통해 기술을 확보하고, 약 1.8조원 투자를 통해 1단계 300MW를 포함한 총 1.5GW규모의 공장을 2015년 착공함

- 페로브스카이트 태양전지의 경우 미국과 영국, 스위스를 중심으로 활발하게 연구가 진행되고 있으며 UCLA의 Yang Yang 그룹은 19%의 효율을 보유하고 있음

② 국내 기술동향

□ **CIGS박막, 페로브스카이트 박막 태양전지를 개발 중이나, 상용화단계에는 도달하지 못하였음[227]**

○ 국내 기업들은 활발한 기술개발을 통해 효율을 높여가고 있으나, 상용화에는 미흡한 것으로 나타남

- CIGS 박막 태양전지는 삼성SDI에서 5G급 대면적 모듈에서 16%(TÜV 인증) 효율을 달성하였으나 상용화에는 이르지 못함

- LG전자는 n-type 단결정 양면수광형 셀을 개발하여 22%의 높은 효율을 달성하였으며, 신성솔라에너지는 p-type 기판과 레이저 도핑을 이용하여 19.6% 효율을 달성하고 21.2% 효율을 갖는 PERC 셀도 개발함

227) 에너지산업 산업기술R&BD 전략, 산업통상자원부, 2019.1.

- 한국에너지기술연구원에서는 단위소자 기준 유리기판 20.0% 및 플렉서블 기판 18%의 효율을 달성함

- 유기 태양전지는 코오롱인더스트리가 롤투롤 연속 인쇄공정을 기반으로 상용화를 진행하고 있으며 단위소자 11%, 플렉서블 모듈 5%정도의 효율을 얻고 있음

- 페로브스카이트 태양전지는 주로 대학과 연구소를 중심으로 활발히 개발되고 있으며 화학연구원에서 22.1%의 효율을 달성하였음

  • ‘스퍼터링 공정을 이용한 페로브스카이트 박막 태양전지 대면적화 기술 개발’ 연구에서는 현재 국내에서 세계 최고 효율을 달성한 페로브스카이트 태양전지를 실용화가 가능한 수준으로 제고하는 것을 목표로 함[228)]

- 수상태양광은 중소기업에서도 국내 기술력이 있는 상황이므로, 동남아시아에 진출할 수 있는 것으로 조사됨[229)]

  • ‘메탈프레임 부유체 기반 수상태양광 시스템 기술개발 및 1MW급 몽골 실증’ 연구에서는 수상태양광 실증 기술 확보를 통해 태양광을 도입하고자 하는 개발도상국을 대상으로 시장 진출하는 것을 목표로 함[230)]

(다) 태양열 발전 플렌트

① 해외 기술동향

□ **최근 태양열발전은 효율증가를 위하여 고온에 적합한 타워식 발전방식의 기술개발에 집중하고 있음**

○ 기술의 발달과 더불어 단위 발전용량당 건설비 감소를 위하여 플랜트 용량이 커지고 있으며 100MW 이상 발전이 주로 이루어지고 있음

○ 칠레 Copiapo 프로젝트의 경우 260MW 규모이며, 14시간 발전이 가능하도록 열저장 용량이 설치되었음

228) NTIS, 검색기준 2019.5
229) 전문가 인터뷰, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 1차 분과회의, 2019.6.21.
230) NTIS, 검색기준 2019.5



[그림 119] 칠레 Copiapo Solar Project (260MW)

□ **발전방식으로 초임계 이산화탄소 발전방식을 채택하여 플랜트 규모의 소형화, 발전단가 감소(<6 cents/kWh)를 달성하고자 함**

○ 현재 태양열발전 플랜트 운전을 위한 최대 증기온도는 600 ℃ 이하로서 발전효율 증가를 위해 제한되고 있음

○ 이를 해결하기 위하여 기존의 작동유체인 용융염(Molten Salt)에서 고체입자(Particle)로 대체하여 700 ℃ 이상에서 운전하려고 함

○ 미국 DOE의 경우 3세대 태양열발전 플랜트 기술 로드맵[231]을 발표하였으며, 700℃급 파워 블록으로서 초임계 이산화탄소 발전방식을 채택

○ 중국의 Shouhang과 EDF는 Dunhuang 10MWe CSP 플랜트를 초임계 이산화탄소 발전 방식으로 retrofit하는 프로젝트를 2018년 착수, 2020년 11월 데모 플랜트 시운전을 목표로 추진중[232]

□ **2018년 기준 전체 약 0.5 GW 규모 신규 운전된 발전플랜트를 기준으로 평균 발전단가(LCOE)는 0.185 USD/kWh로 2017년 대비 26% 감소하였고 2010년 대비 46% 낮아짐[233]**

○ 최근 700MW(DEWA, 2017) 플랜트 등에서는 0.073 USD/kWh 수준으로 매우 낮은 입찰 발전단가[234]를 보이고 있음

○ 일반적인 경우 2018년 0.185 USD/kWh로서 2017년 대비 26%, 2010년 대비 46% 감소되었음

231) Concentrating Solar Power Gen3 Demonstration Roadmap, 2017
232) Retrifit of Dunhuang 10 MW molten salt plant with a high temperature supercritical CO2 cycle, SolarPACES 2019
233) Renewable Power Generation Costs in 2018, IRENA
234) Dubai Electricity and Water Authority (DEWA) (2017), https://www.dewa.gov.ae/en/about-dewa/news-and-media/press-and-news/latest-news/2017/09/dewa-awards-aed142-billion-largest-csp

○ 전체 건설비용은 설치지역, 저장용량, 발전형식에 따라 다르지만 2017년 7,200 USD/kW에서 2018년 5,200 USD/kW로 줄어들었으며 동시에 capacity factor는 39%에서 45%로 증가하였으며, 2018년 기준 평균 최근 저장 용량은 8.3시간임[235)]

○ 집광 방식에 따른 4가지 분류(구유형, 접시형, 타워형, 프레넬형) 중 타워형이 주목받고 있는 이유는 다른 발전 형식과 비교하여 터빈 입구 증기온도와 압력을 높일 수 있어 태양열발전 효율을 증가시킬 수 있는 형식이기 때문임

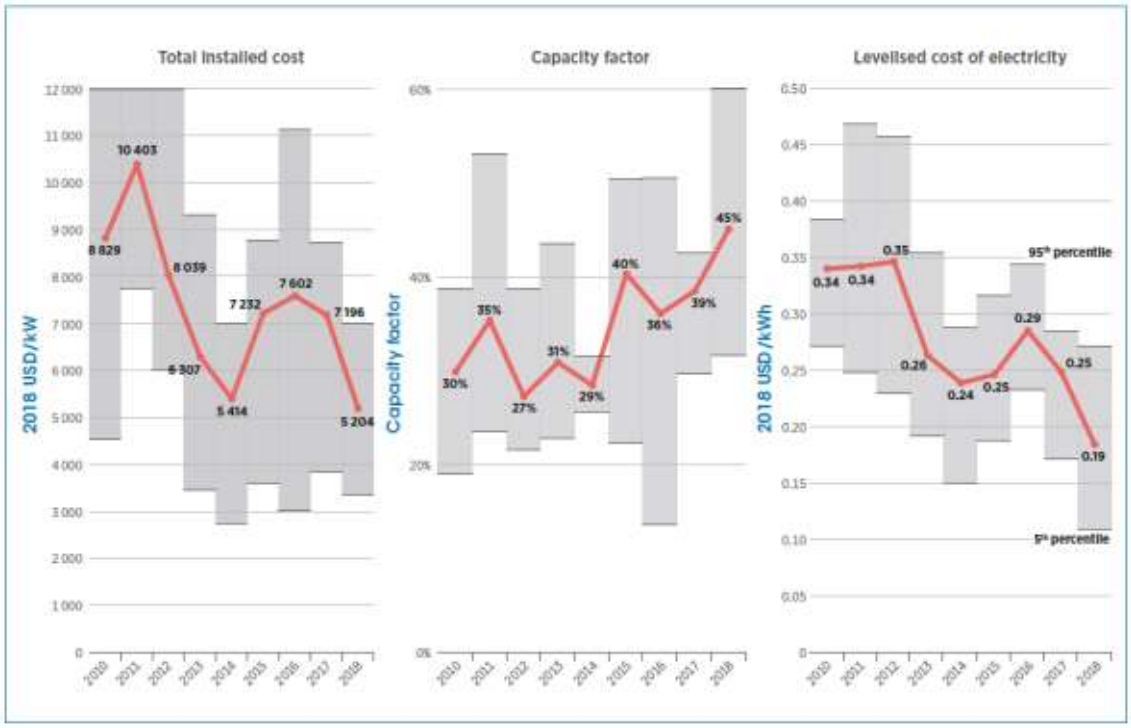
- 이를 위하여 현재 주로 사용하고 있는 용융염의 증발온도를 600 ℃ 이상으로 높이는 연구가 진행 중이며 초임계 발전시스템과 연계한 시스템 구축을 추진하고 있음

- 아래 표[236)]와 같이 타워형의 경우 효율이 20~35% 높고 발전가능성이 가장 높은 기술로 평가되고 있어 타워형 기술개발 수요가 증가하는 추세임

Technology	Optical efficiency	Annual solar-to-electric efficiency	Land occupancy	Water cooling (L/MWh)	Storage possible	Possible backup/ hydrid mode	Solar fuels	Outlook for improvements
Parabolic troughs	**	15%	Large	3 000 or dry	Yes, but not yet with DSG	Yes	No	Limited
Linear Fresnel receivers	*	8-10%	Medium	3 000 or dry	Yes, but not yet with DSG	Yes	No	Significant
Towers (central receiver systems)	**	20-35% (concepts)	Medium	2 000 or dry	Depends on plant configuration	Yes	Yes	Very significant
Parabolic dishes	***	25-30%	Small	none	Depends on plant configuration	Yes, but in limited cases	Yes	Through mass production

[그림 120] 집광방식별 비교표

235) Renewable Power Generation Costs in 2018, IRENA
236) https://theenergybackyard.wordpress.com/2013/03/25/concentrated-solar-power/



[그림 121] 2010-2018년 건설비, Capacity factor, LCOE 동향

* 참조: Renewable Power Generation Costs in 2018, IRENA

② 국내 기술동향

□ **200kW급 태양열발전 기술개발 프로젝트를 추진하여 전체 시스템에 대한 설계와 제작이 이루어졌으며, 운전 경험을 확보하고 있음**

○ 태양추적 및 반사장치인 헬리오스타트 국산화 기술개발 추진

○ 태양열 집광정밀도 평가 기술 개발

○ 국내 일사량 부족으로 인해 태양열발전 시장 형성이 어려움에 따라 국내 기술개발이 지체되고 있음

○ 최근 태양열발전과 연계가능성이 높은 초임계 이산화탄소 발전 기반기술 확보를 위한 연구가 정부출연기관을 중심으로 추진 중

(라) 해양발전 플렌트

① 해외 기술동향

□ **유럽해양에너지위원회는 해양에너지 경제성 확보를 위해 조류, 파력 및 해상풍력 발전을 결합한 복합발전소를 계획함[237]**

○ 건설 및 운영 시 발전시설 설치, 운영 및 유지 등에서 약 40% 이상의 시너지 효과가 발생하여 큰 폭의 비용 절감효과가 나타날 것으로 분석됨

□ **해양발전의 주요 기술개발 선도국으로는 미국, 영국, 캐나다, 네덜란드, 일본 등이 있으며, 영국 및 캐나다에서는 다양한 조류발전 시스템과 계통연계 실험을 수행 중임[238]**

○ 주요 조류발전 시스템으로는 Marine Current Turbines(MCT)의 SeaGen, Tidal Generation 의 수평축 조류발전 시스템, Andritz Hydro-Hammerfest의 HS1000, Scotrenewables Tidal Power Ltd의 SR250, Kawasaki 중공업의 수평축 조류발전 시스템, Atlantis Resources Corporation의 AR1000 및 Alstom사의 Oceade 등이 있음

② 국내 기술동향

□ **KIOST는 해양수산부 국가연구개발사업인 능동제어형 조류발전 기술개발('11~'18)을 통해 효율이 높고 경제적인 시스템으로 수평축 조류발전 시스템을 개발함[239]**

○ 현재 조류발전시스템 성능향상 기술개발 연구는 수직축 수차의 효율을 향상시키는 방안의 일환으로 dual 시스템에 대한 연구와 함께 조류발전 배치최적화 및 구조물 안전성 향상과 관련된 연구를 진행함

- 수직축, 수평축 및 진동식 수차의 설계, 수치, 수리 및 현장 실험 등을 수행

○ '15년부터는 조류에너지 융복합 발전기술개발 연구에 착수하여 조류발전의 경제성을 향상시키는 방안의 일환으로 조류-해상풍력 복합발전기술 연구와 조류-양수발전 융합기술 연구가 수행 중임

□ **최근 국내에서는 조류-양수 융합발전, 1MW 급 파력발전 시스템, 부유식 조류 발전 등의 연구가 수행됨**

○ '조류-양수 융합발전시스템 개발 및 실증' 연구는 KOICA 등을 통한 개발도상국 조류-양수발전 시장 진출을 목표로 국내 연안에서의 조류-양수 융복합 발전 기술 개발을 추진함[240]

237) 조류발전 기술개발 국제동향, 한국해양과학기술원, 2015.
238) 조류발전 기술개발 국제동향, 한국해양과학기술원, 2015.
239) 조류발전 기술개발 국제동향, 한국해양과학기술원, 2015.
240) NTIS, 검색기준 2019.5

○ ‘파랑변화에 대응 가능한 1MW급 운동 부체 배열식 파력발전시스템 원천기술 개발’ 연구는 웨더베이닝 부이 설계기술의 자립화를 통해 향후 부유식 조류 및 풍력발전 플랫폼으로의 확장 적용과 해외 프로젝트 참여 기반을 조성하고자 함[241)]

○ ‘부유식 브릿지형 15kW급 수평축 조류(潮流)발전 시스템 개발 및 상용화를 위한 실증’ 연구에서는 향후 중대형 수평축 브릿지형 조류발전을 위한 track record 축적을 통해 조류발전 BM 수출 확대를 목표로 함[242)]

□ **국내 최초의 제주 파력발전소는 현재 500kW급 규모이나 5,000kW급으로 시설 용량 확장 예정[243)]**

○ ‘14년 12월 선박해양플랜트연구소는 250kW급 2기의 시험용 착저식 파력발전기를 설치하여 현재까지 출력성능검사를 수행 중으로, 파손되었던 스톤백 복구 등을 통해 확장을 추진하고 있음

(마) 수소 플랜트

① 해외 기술동향

□ **미국, 일본 등 선도국은 경제성이 있는 수소 제작・액화 플랜트 개발을 추진 중임[244)]**

○ APCI(미국), Praxair(미국), Linde(독일), Air Liquide(프랑스), Iwatani(일본) 등은 10tons/day 급 이상의 수소액화플랜트를 개발하여 운용 중이며, 헬륨 브레이튼 사이클 냉동 또는 수소 클로드 사이클 냉동을 이용한 수소액화 플랜트를 개발함

○ 미국 에너지부(DOE)는 천연가스 및 신재생에너지 활용 물 전기분해 등 다양한 기술 적용을 통해 2~3달러/GGE(Gasoline Gallon Equivalent)을 목표로 경제성 높은 수소액화 플랜트 기술 개발을 수행 중임

- DOE 산하 국립 LLNL (Lawrence Livermore National Lab.) 연구소에서는 극저온 고압탱크 개발 및 성능평가를 독립적으로 수행하고 있음

- 현재 DOE는 BMW, Caltech Ford, GM, LANL (Los Alamos National Lab.) Lincoln Composites, SCI, UCTC 등과 긴밀히 협조하여 다양한 수소저장방법의 시스템 중량, 부피 및 제작비용, 저장효율 증가, 충전/배출성능 해석, 수명 (Life Cycle) 연장에 대한 연구를 진행 중에 있음

241) NTIS, 검색기준 2019.5
242) NTIS, 검색기준 2019.5
243) 제주의소리, 2018.6.8
244) 상용급 액체수소 플랜트 핵심기술개발사업 최종보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2019.1.

○ 일본 정부는 3단계 수소 경제 육성 전략 수립을 통해 염가의 수소 제조・액화 기술 개발을 추진 중임

- 일본 정부는 해외의 미이용 자원(갈탄) 및 염가의 재생에너지를 통해 수소를 제조·액화하고 액체수소선을 통해 수소 수요지에 수송하여 공급하는 「CO2 프리 수소 체인」 구상을 제시하고 기술 개발을 지원 중임

- Kawasaki 중공업은 '16년 3월 호주에서 싸게 제조한 수소를 액화하여 일본으로 수입하기 위해 영국의 Royal Dutch Shell과 액화수소의 생산 및 운반기술 개발 제휴를 체결함

□ **EU는 천연가스 개질과 물전기분해를 통한 수소생산에서 부생수소 활용, CCS기술 활용, 재생에너지 등을 활용한 수소생산으로 비용절감을 도모할 계획임**

○ EU는 '20년까지 태양광, 원자력, 폐열에 기반한 열화학 공정과 고압의 전기분해를 사용한 물분리(water splitting) 기술의 효율을 개선시키고 저압 및 저비용의 바이오수소 기술과 태양광 등의 직접수소 생산기술을 개발할 계획임[245)]

- 수소생산 전략 도입 초기에는 천연가스 개질과 물 전기분해 등의 방식으로 수소를 생산함

- 중기에는 부생수소 등의 비용 효과적 수소 생산, CCS 기술을 적용한 화석연료 기반의 집중형 수소 대량생산을 도입함

- 장기적으로 바이오매스 등의 재생에너지, 천연가스 이용 분산형 수소생산 방식을 수립함

○ EU 및 미국, 일본을 중심으로 열화학적 수소제조 공정, 물 분해 수소제조 기술 개발이 추진 중임[246)]

- EU에서 30개 이상 국가(영국, 이탈리아, 스페인, 독일, 벨기에, 네델란드, 덴마크, 노르웨이, 스웨덴 등)에서 재생 전력 수용을 위한 수소의 생산과 저장, 이용에 대한 연구 및 실증이 진행 중

  • EU는 RESelyser, Elygrid와 같은 재생전력 연계형 고효율 및 대형 알카라인 수전해 기술 개발 연구가 진행 중에 있으며, PrimoLyzer, NEXPEL과 같은 PEM 수전해 연구, 고온수전해 연구로 adel 프로젝트를 진행

- 일본의 원자력연구소에서는 열효율이 70%에 이르는 30MW급 고온가스로를 보유 하고 있으며, 이 시스템에서 얻은 고온 열을 이용하여 SI(Sulfur Iodine) 열화학적 수소 제조 공정에 대한 연구를 진행 중

245) 에너지산업 산업기술 R&BD 전략, 산업통상자원부, 2019.1.
246) 에너지산업 산업기술 R&BD 전략, 산업통상자원부, 2019.1.

- 물 분해 수소제조의 경우, 미국 에너지부(DOE)에서 고분자전해질 수전해 장치에 대하여 고효율, 고내구성 및 저비용 전해장치를 개발하는 연구를 진행 중이며, 최근 Proton-onsite사는 70,000시간 운전에 성공함

□ **수소네트워크 분야의 경우 수소의 생산, 이송, 저장, 공급 기술로서 기존 관망 및 저장방식, 소재의 적용에 제한이 있어 장기적인 투자가 요구되고 있음[247)]**

○ 수소 저장 또는 탑재기술은 기존 고압가스 방식과 액화방식, 합금저장방식 등이 개발되고 있으나 경제적 수준에서 적용에 한계가 발생함

○ 수소 이송/운반기술은 단기적으로 트레일러, 장기적으로는 파이프라인이 유력한 것으로 분석됨

□ **최근에는 액화플랜트의 경제성 제고를 위한 자기냉동, 열음향냉동 등 신냉동기술 및 마이크로채널 열교환기 등의 적용이 검토되고 있음[248)]**

○ 자기냉동은 카르노(Carnot) 성적계수(COP, Coefficient Of Performance)가 40~50%로 매우 높고 6~20 K의 낮은 온도영역에서 동작가능

○ 소형 수소액화용 냉동시스템으로 활용도가 높을 것으로 기대되고 있으나, 현재의 기술수준에서는 대형 액화플랜트에 적용하기에는 기술적 한계성을 지니고 있음

○ 대부분 버려지고 있는 LNG 인수기지의 LNG 증발열을 이용한 액체질소 예냉과정을 대체함으로써 수소액화플랜트의 경제성을 제고

○ LNG는 대기압에서의 비등점이 -160.3℃로, 수소가스의 예냉 또는 예냉용 질소의 재액화, 압축기에 LNG 냉열 이용 등이 가능

○ 산업단지에 존재하는 공기분리장치의 경우 산소, 질소, 아르곤 등을 분리하기 위해 -196℃ 이하의 액화공정 운영, 생산된 액체질소는 기화과정을 거쳐 상업적으로 판매되므로 수소가스의 예냉에 활용 가능

247) 플랜트 R&D 부처간 공동로드맵 수립 기획 최종보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2016.1.
248) 상용급 액체수소 플랜트 핵심기술개발사업 기획보고서, 국토교통부, 2019.

② 국내 기술동향

□ **생산비용을 저감하기 위한 수전해조 스택, 촉매기반 개질 효율화 연구 등이 추진 중임**

○ 국내에서는 수증기개질 방법에 의한 수소제조장치 기술개발은 활발히 이루어져 선진국 수준에 근접하게 진행되고 있음[249)]

- 한국에너지기술연구원에서는 컴팩트・고효율 1, 3, 5 kW 급 기술개발이 이루어졌으며 20 kW급 개발이 진행 중임

- 고온가스 냉각로을 이용한 열화학적 물분해 수소제조 기술로 SI공정이 Lab-scale로 개발 중에 있으며 가압 수소생산 및 산소생산을 50 L/h로 실증한 바 있으며 3개의 section을 연계하는 기술개발 현재 진행 중임

○ 최근 국내에서는 유도가열 기반 수소 생산 시스템, 수소 생산단가 저감을 위한 기술개발 등이 수행됨[250)]

- '수소생산단가 저감을 위한 350기압급 고분자 전해질 수전해조 스택 기술 개발' 연구에서는 DS PEM 스택 평가 설비를 통한 매커니즘 규명 등을 통해 수소 생산 단가 저감을 목표로 함

- '고주파 유도가열 기반 고효율 수소 생산 시스템 개발' 연구에서는 수소 생산에 필요한 촉매 가속 수명평가 비교, 개질 반응관 내구성 및 신뢰성 평가 등을 통해 고효율 수소 생산 기술 자립화를 목표로 함

□ **국내의 경우 프론티어 사업을 중심으로 수소에너지의 생산/저장 기술 개발이 주로 이루어졌으며, 각 지자체를 중심으로 수소인프라 및 수소 활용 실증사업들이 진행되거나 추진 중임[251)]**

○ 고효율 수소에너지 제조・저장・이용 기술 개발 사업단(2003년~2012년)에서는 자연에너지・천연가스를 이용한 수소제조 기술과 고압 수소저장 및 수소화합물 이용 저장 기술을 연구하였음

○ 울산시는 수소타운, 수소연료전지 실증사업, 수소타운 구축 추진

○ 경남 창원시는 수소차 중점 보급도시 선정 및 수소산업 인프라 구축 추진

249) 에너지산업 산업기술 R&BD 전략, 산업통상자원부, 2019.1.
250) NTIS, 검색기준 2019.5
251) 251) 상용급 액체수소 플랜트 핵심기술개발사업 최종보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2019.1.

- 충전소 확충, 수소자동차 보급, 인프라 구축을 통한 수소 관련 기자재 선도 기업 육성, 시험평가 인프라 구축 등 국산화 지원

○ 대전시는 수소인프라 신뢰성 센터 건립사업 추진

- 수소 생산・저장・이송・이용 인프라에 요구되는 부품・소재의 신뢰성 확보를 위한 안전/연구/개발/규격/표준/인증/보급의 국가 Central Hub 기구 설립

□ **국내에서는 수소액화기술 기초연구가 수행되었으며, 극저온 플랜트에 대한 기술역량은 미흡한 상황임[252)]**

○ 소용량 수소액화기 및 액화공기분리장치에 대한 기초연구를 수행하였으나, 극저온 플랜트에 대한 기술역량은 미흡함

- 산업자원부 에너지・자원기술개발사업의 일환으로 '05년까지 한국가스공사 주관으로 '천연가스로부터 대량 수소제조 및 수소저장 기술개발' 과제가 수행되었으나 수소액화기술은 실험실 규모의 소규모 연구수행만이 이루어짐

- 고효율 수소에너지 제조・저장・이용 기술개발사업단에서는 자연에너지 활용 5 Nm3/hr급 물분해 수소 제조기술 및 금속/화학 수소화물, 나노재료를 이용한 저장기술, 수소에너지 이용기술 개발을 목표로 연구개발이 수행되었으나 수소액화 기술과 관련된 연구개발은 수행되지 않음

□ **한국기계연구원과 한국가스안전공사에서는 수소액화플랜트 구축을 위해 주기적인 연구 협의체를 운영 중으로, '고효율 수소액화플랜트 상용화 기술개발 기획' 추진을 계획하고 있음[253)]**

○ 동 기획사업에서는 5톤/일 생산량 규모의 수소 플랜트 기술 개발을 목표로 함

- 동 기획사업에서 고려하고 있는 액화수소 플랜트 사업모델은 부생수소, 도시가스, LNG, 신재생 수전해 등의 4가지 모델로, 각각의 특성을 분석하여 최종 사업 모델을 선정할 계획임

- 최종적으로 2개의 액화 플랜트를 구축하여 운영 경험 및 기술 확보를 동시에 추진하고자 함

  • 1호 플랜트는 해외 선도기업의 기술을 도입하여 구축 및 운영 기술을 습득하고, 2호 플랜트는 1호 플랜트를 기반으로 획득된 데이터 기반 EPC를 수행함으로써 수소 액화플랜트 구축 기술을 확보할 계획임

○ 기술 확보를 위한 연구기관, 플랜트 EPC를 담당하는 건설사, 수소 유통업체들이 복합적으로 참여하는 컨소시엄 구축을 추진함

---

252) 상용급 액체수소 플랜트 핵심기술개발사업 최종보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2019.1.
253) 수소액화기술 자립, 해낸다 - 액화수소플랜트 구축으로 상용화·기술 동시 확보, 월간 수소경제 2017.12.4.

(바) 재생연료

① 해외 기술동향

□ **유럽을 중심으로 바이오매스 타운 개발사례가 있으나, 유럽 바이오매스 타운에 이용되는 원료는 농촌 지역에서 발생하는 바이오매스로 동남아 지역 바이오매스와 특성 및 적용 기술이 상이**

○ 독일 윤데마을에서는 마을 인근의 축산분뇨, 에너지 작물을 활용하여 바이오가스 발전(연 4~5백만kWh 생산)을 통한 주민 난방비 절감 및 소득증대

○ 오스트리아 뮤레크에서는 기존 농업 방식을 에너지작물(유채 등)로 전환하여 연간 15만MWh(열, 전기, 수송연료 총계) 공급(’85년 부터 순차적 조성)

○ 스웨덴 하마비에서는 폐수, 폐바이오매스로부터 바이오가스와 태양열 융합으로 지역 난방 소비량의 50% 공급

○ 스웨덴 벡스웨에서는 음식물류폐기물, 슬러지로부터 바이오가스와 폐목재를 이용하여 차량연료, 지역냉난방 시설에 공급함으로써 온실가스 32% 삭감

□ **동남아시아 현지에서는 바이오매스 부산물을 이용한 열병합발전, 고형연료 제조 등 개별 시설 형태로 사업이 이루어지고 있고 적용 기술들은 해외에서 도입**

○ 태국 Dan Chang Bio Energy 프로젝트에서는 농업부산물을 이용하여 120톤/시×2기, 53MW 열병합발전 사업을 진행하였으나, 보일러와 스팀터빈은 Alstom사 제품

○ 태국 Chia Meng Group 프로젝트에서는 왕겨를 이용하여 17톤/시, 2.5MW 열병합발전 사업을 진행하였고, 공급자는 유럽의 KonusKesselGmbH, Deutsche Babcock Group

○ 말레이시아 TSH Bio Energy Sdn Bhd 프로젝트에서는 팜부산물(EFB, PKS)를 이용하여 80톤/시, 14MW 열병합발전 사업을 진행하였고, 보일러는 Babcock&Wilcox사 제품

□ **600MW 이상급 USC 순환유동층 보일러 설계제작 기술은 알스톰, Foster Wheeler 등 소수의 선도기업이 시장을 독점하고 있으며, 두산중공업은 2011년 Lentjes 지분을 인수하여 재생연료 발전 플랜트시장에 진출하였음[254]**

○ Foster Wheeler, Alstom은 600~800MW급, 중국 동팡보일러는 600MW급 제작 및 상용 운영

254) 바이오매스 시장, 연구개발특구진흥재단, 2017.

○ 폐기물 보일러기술은 유럽, 미국, 일본을 중심으로 발전하였으며 대표적인 기업으로는 독일 Standard Kessel, 스웨덴 AF, 오스트리아 Andritz, 핀란드 Metso와 Warsila, 미국 Foster Weeler, B&W, 일본 Yoshimine과 Kawasaki 등이 있음

○ 폐기물 가스화 발전시스템 기술의 경우 상용화 초기 단계로 발전용 합성가스 엔진기술의 경우 미국 GE Jenbacher, Caterpillar, 독일의 MAN 등의 업체가 가스엔진을 장착한 폐기물 가스발전 시스템[255]을 공급하고 있음

○ 두산중공업은 300MW급, 현대중공업은 200MW급 설계기술 보유

② 국내 기술동향

□ **국내에서는 미래창조과학부 글로벌프론티어사업(’ 10.10～’ 19.8)의 차세대바이오매스연구단과 범부처(환경부, 산업부) 친환경에너지타운시범사업(’ 15～’ 17)이 추진됨**

○ 차세대바이오매스연구단에서는 고성능 바이오매스 개발, 친환경·경제적 바이오매스 확보, 바이오매스의 연료·소재 전환 융합기술 개발을 목표로 글로벌 원천기술을 개발함

○ 친환경에너지타운시범사업에서는 1단계 ’ 17년까지 정부주도로 홍천 등 15～20개소를 조성하고 2단계 ’ 18년부터는 민간주도로 사업확대 추진

○ 가축분료, 목질계 바이오매스 등 자원 공급 한계로 인한 경제성 부족, 설비 운영에 대한 전문성 부족, 유지・보수에 대한 잦은 민원 발생으로 운용 효율성이 낮음

□ **한국동서발전이 2013년 목질계 고형연료방식의 국내 최대 바이오매스발전소(300MW X 1기)를 준공하여 운영[256]하고 있으며, 현지원료를 활용한 재생연료 발전플랜트는 EPC 및 운영경험이 부재함**

○ 순환유동층(CFBC)방식으로 2종류 이상을 연소하는 혼소방식이 아닌 목질계 고형연료 방식임

○ 핵심설비에 대한 라이센싱 확보와 현지 바이오매스를 사용한 장기운전 실적확보로 EPC와 O&M 패키지 사업 수주 지원 필요

255) 합성가스의 연료적 특성에 맞게 노킹제어기술, CO 처리기술, 연료성분 변화 대응 기술 등을 적용한 것으로 알려짐
256) Market Leading Products- 대용량 USC-CFB 보일러, 한국산업기술진흥원, 2014.

다. 수자원·환경 플랜트 기술동향 분석

(1) 담수화 플랜트

(가) 증발식 해수담수화 플랜트

① 해외 기술동향

□ **전세계적으로 담수 생산단가 절감을 위한 에너지 소비율 저감 기술개발이 이뤄지고 있음[257]**

○ 세계 수준의 생산단가는 0.76$/㎥ 수준에 도달하였으며, 지속적 원가 절감을 위해 담수화 효율성 증대 등 관련 기술 개발 중임

○ UAE는 증발식 방식의 다양한 기술개발 경험을 보유하고 있으며, UAE 정부는 외국기업과 BOO 방식을 통해 저에너지형 해수담수화 기술 도입 추진함

※ Build-Operate-Ownership : 민간투자유치 방식의 하나로 민간이 주도하여 수요자금을 조달하여 건설하고, 소유권을 가지고 운영하는 방식

□ **막증발법은 현재 기업과 연구소를 중심으로 기술 개발이 진행 중임[258]**

○ 소재와 공정개발 분야로 구분되어 연구가 진행 중임

- 소재 부분은 막증발법에 적용되는 모듈을 개발하기 위한 부분으로, 투과율(flux)의 증대와 열손실 최소화를 위한 기술개발이 이루어지고 있음

- 공정 부분에서는 에너지원 확보 측면에서 태양열 및 폐열을 활용하는 방법과 함께 열손실 저감 및 효율 향상을 위한 AGMD(Air Gap MD), VMD (vacuumed MD) 등의 다양한 공정 개발이 이루어지고 있음

257) 플랜트연구사업 자체평가보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2019.3.
258) 플랜트 R&D 부처간 공동로드맵 수립 기획 최종보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2016.1.

② 국내 기술동향

□ **증발식 플랜트는 재이용, 무방류폐수처리에도 활용되는 기술로, 국내 발전플랜트에서 사용되는 기술이며, 세화엔지니어링이 증발식에서 유래된 무방류 기술을 보유하고 있음[259)]**

○ 광주과학기술원(GIST)는 '19년 4월 여수 하수종말처리장 내에 설치한 정삼투-역삼투 융합형 해수담수화・하수재이용 융합기술 실증에 성공함

- 동 기술은 기존 역삼투 공정이 4.0 kWh/t의 에너지를 사용하면서 유입유량 대비 50%의 생산수를 확보하는데 그치는 반면, 2.3kWh/t의 적은 에너지를 사용하면서 유입유량 대비 90% 이상의 생산수 확보가 가능한 것으로 분석됨

(나) 정삼투 해수담수화 플랜트

① 해외 기술동향

□ **현재의 상용기술인 역삼투방식에 정삼투방식을 연계하여 미래시장을 겨냥한 기술선도형 융・복합 공정기술 등 개발이 추진되고 있으나, 정삼투(Forward Osmosis) 해수담수화 플랜트 기술은 10년 내에 상용화되기 어려운 기술로 보임[260)]**

○ 현재의 유도물질은 유해성문제로 인해 안전성이 확보되지 못하고 있으며, 향후 새로운 유도물질이 개발되기 전까지는 상용화되기 어려울 것으로 보임

○ 혁신적인 무해한 유도물질이 개발되기까지 10년 내에 시장형성은 어려운 것으로 분석됨

② 국내 기술동향

□ **현재 국내 대기업들의 경우, 핵심기술은 일부 보유하고 있지만, 정삼투 해수담수화 플랜트와 관련하여 입찰 초청서를 받은 적은 없는 상황임[261)]**

○ 국내 대기업들도 정삼투와 관련하여 입찰초청서(ITB:Invitation to Bidder)를 받은 적이 없으며, 정삼투 시스템은 현재로서는 사업성이 없는 것으로 파악됨

259) GIST, 해수담수화・하수재이용 융합기술 시설 시연회, 광주매일신문, 2019.4.16.
260) 전문가 인터뷰, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 1차 분과회의, 2019.7.4.
261) 전문가 인터뷰, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 1차 분과회의, 2019.7.4.

(다) 역삼투 해수담수화 플랜트

① 해외 기술동향

□ **담수생산능력을 증대하기 위해 RO막의 대형화, 공정 최적화, 전처리시설의 수처리 성능향상 기술 등이 선진국을 중심으로 개발되고 있음[262)]**

○ '13년 기준 세계 최대 RO해수담수화 플랜트인 이스라엘의 Sorek플랜트는 16인치 RO모듈이 적용됨

- '07년 이전 RO막은 8인치 모듈이 시장지배적인 상황이었으나 '10년 이후 싱가포르에서 16인치 모듈이 검증된 이후 확대되어 상용화됨

- 16인치 RO막 대형화를 통해 RO플랜트의 에너지 저감과 배관 이음쇠류 간략화에 의한 건설비 저감, 가동률 향상이 가능해짐



[그림 122] 이스라엘 Sorek 담수화 플랜트

* 자료 : 이스라엘 Sorek 담수화 플랜트 - 글로벌 최초 RO 설비의 수직구조화 설계로 투자비용 절감, WATER INDUSTRY NETWORK, 2014.01

○ 최근 국외의 RO 해수담수화 핵심기술 개발은 전체 공정 중 전처리, RO막, 후처리, 에너지 회수과정을 중심으로 이뤄지고 있음[263)]

- RO 방식의 해수담수화 플랜트 시장은 50,000톤 이상의 대형 플랜트를 중심으로 연간 17%의 성장을 보이고 있어 관련 기술개발이 활발히 진행 중임

- 전처리 핵심기술에서 고려되는 연구내용은 RO막에서 박테리아 번식, 바이오파울링 및 스케일 형성의 억제, 콜로이드 입자와 수용성 유기물의 응집, 부유입자의 제거, 잔존 활성 염소 제거에 대한 기술개발임

262) 이스라엘 Sorek 담수화 플랜트 - 글로벌 최초 RO 설비의 수직구조화 설계로 투자비용 절감, WATER INDUSTRY NETWORK, 2014.01
263) 초정밀 해수 수질 분석 기술을 이용한 해수담수화 핵심기술의 평가 지원 및 테스트베드 관리 최종보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2015.5.

- RO막의 핵심기술에는 polarization농도, fouling과 scaling, 화학세정, 유입수의 수질 및 염도, 여과 회수 및 염분의 통과 등이 주로 고려되고 있음

- 해수담수화 플랜트의 마지막 단계로 처리수의 직접적인 사용과 관련이 있는 후처리 공정의 경우 pH 조절이나 최소한의 광물질 유지, 브롬 제거, 소독 등이 주요 연구 대상임

○ RO막을 통한 해수담수처리 효율을 향상시키기 위해 해수의 오염성분 제거, 살균처리 등 해수담수 전처리 설비가 요구되고 있음

- 중동의 주요 해수담수화 플랜트 발주국가에서는 해수담수화 플랜트에 해수전처리 시설을 필수요건으로 제시하여 프로젝트를 발주함[264)]

② 국내 기술동향

□ **우리나라는 담수화 시스템에 대한 설계·운영경험이 부족하여 해외 해수염도에 따라 이를 전처리하고 공정을 최적화하는 데에 어려움을 겪고 있음[265)]**

○ 국내 기업의 경우 규모에 따라 역삼투 담수화 플랜트의 설계 및 플랜트 구성 역량에 아직 도달하지 못한 것으로 분석됨

○ 국내 염도와 해외 염도가 상이하여 국내에서 실증한 기술로 해외에 진출하기에는 어려움이 있으며, 현지에서의 실증플랜트 운영이 필요함

- 특히, UAE는 국내와 염도가 상이하여 해외 실증플랜트 없이 국내에서 개발한 기술을 그대로 가져가기에 어려움이 있는 것으로 분석됨

○ 국내에 RO막 등 개별 부품 기업들은 존재하나, 이를 시스템화한 해수담수화 시스템 보유 전문업체는 실적을 확보하지 못한 상황임

- 국내 해수담수화 시스템 기업이 부재하여 국내 대기업은 M&A를 통해 해외 시스템 기업을 인수하고 있음

  • GS건설은 해수담수화 시스템 기업인 스페인의 INEMA를 자회사로 두고 있으며, 두산중공업도 해수담수화 시스템 기업을 인수하였다가 최근 매각함

264) 해외건설촉진 연구개발사업, 국토교통부 · KAIA, 2013.07
265) 전문가 인터뷰, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 1차 분과회의, 2019.7.4.

□ **역삼투 해수담수화 기술의 국산화를 위한 노력은 지속되고 있음**

○ 막(MF, RO)설비 공정운영 및 관리를 위한 全공정 자동화시스템 과제에서 개발된 해수담수화 운영프로그램을 대산산업지역에 적용함으로써 공업용수의 안정적 공급을 달성함

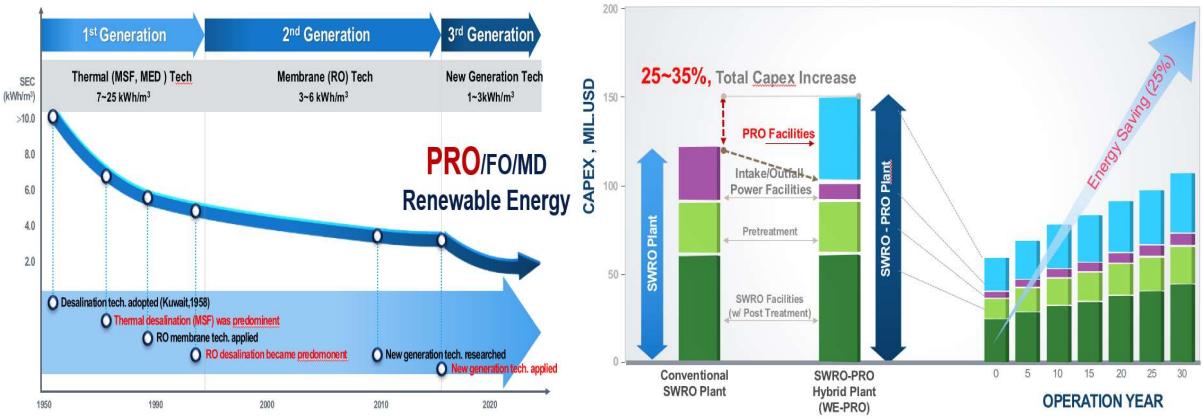
- 국내 2위 화학단지인 대산산업지역의 가뭄으로 공업용수가 부족한 상황이었으며, 공장증설에 대응되는 해수담수화 시스템이 구축되었음

○ 해수담수화플랜트 저전력·저비용 운영관리 기술을 국산화함

- 전자동 운영시스템 구축, 단위공정 최적화 및 운영관리 기술 개발 등 K-water 해수담수화플랜트 운영프로그램(특허, iWater 기반)을 개발・활용함

○ MD/PRO 복합탈염 공정 실증플랜트 기술개발을 통해 PRO(압력지연삼투)를 이용한 해수담수화 플랜트 에너지 회수 기술을 확보함

- 기존 SWRO 해수담수화 공정 기술 대비 전력비를 약 25% 이상 절감하고 운영단가 대비 약 10% 절감하는 기술임



[그림 123] PRO(압력지연삼투)를 이용한 해수담수화 플랜트 에너지 회수 기술 적용을 통한 운영단가 및 에너지 절감률

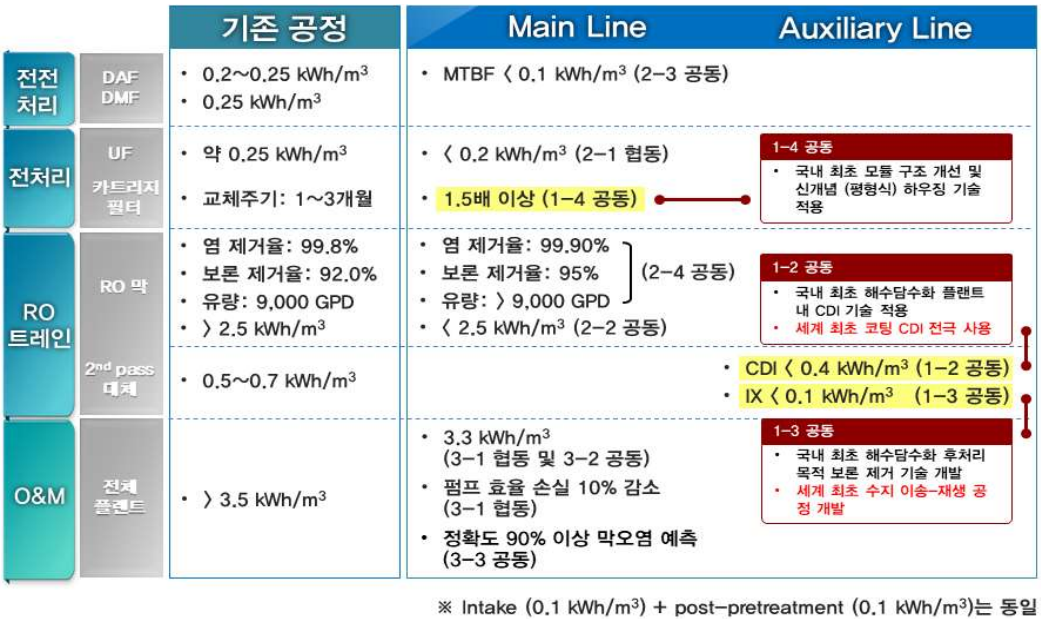
- 해수담수화 농축수를 원수로 하고, 해수농도 수준의 농축수를 배출시키는 친환경 해수담수화-신재생에너지(염도차에너지) 회수 기술을 확보하였으며, 중동과 미국 캘리포니아 등의 해수담수화 시설 농축수 관련 이슈에 대응할 수 있을 것으로 전망됨

○ 중동지역 맞춤형 저에너지 해수담수화 플랜트 기술개발을 통해 해외 공동연구 성과를 확보함

- 핵심 시장인 UAE의 시장진출을 위해 UAE 칼리파 대학과 공동 연구 협약(Research Agreement: RA)을 체결하고 1,000m3/d 규모의 대규모 파일럿 플랜트 운영 시 성능 평가업무를 수행함

  • 조류제거를 위한 전처리 실공정 기술 개발을 수행하였으며, 테스트베드를 통한 기술검증까지 수행됨

- 1,000m3/d 대규모 파일럿 플랜트에서의 기술적 조합은 세계 최초로 진행되었으며 저에너지와 생산수 가격 경쟁력을 확보할 것으로 전망됨



[그림 124] 중동지역 맞춤형 저에너지 해수담수화 플랜트 기술개발의 단계별 목표 성능

○ 최근 국내에서는 정삼투-역삼투 융합 기술, 초고성능 역삼투막 모듈 시스템 개발 등이 수행됨

- '정삼투-역삼투 융합 플랜트 엔지니어링 기술개발' 연구에서는 기존 역삼투 해수담수화 시스템 대비 전력 소모량 절감을 통해 해외 해수담수화 사업의 시장경쟁력 확보를 목표로 함[266]

- '적조 고염 대응 해수담수화플랜트 전처리 공정 및 초고성능 역삼투막 모듈 시스템 개발' 연구에서는 해수 전처리 UF 막 모듈 시스템과 연계한 저에너지 RO 시스템의 현지맞춤형 설계·시공 기술 개발을 통해 해외 시장 경쟁력 확보를 목표로 함[267]

266) NTIS, 검색기준 2019.5
267) NTIS, 검색기준 2019.5

□ **우리나라의 해수담수화 기술력(3.9㎾h/㎥)은 세계 최고수준(3.6㎾h/㎥)과 비교 시 약 5년의 격차를 보임[268]**

○ 국내 역삼투(RO) 방식의 중형급 해수담수화 플랜트시설은 부산 기장과 포스코 광양제철 2개소가 유일한 상황임

□ **중소기업기술정보진흥원에서는 중소·중견기업 기술로드맵(2019~2021)을 통해 해수담수화 플랜트의 정보화 및 지능화 기술개발 계획을 제시함**

○ 해수담수화 플랜트 운영 및 관리의 효율성 제고를 위하여 IT기술을 도입한 차세대 물 관리 시스템으로 수자원의 관리, 물의 생산과 수송, 사용한 물의 처리 및 재이용 등 전 분야에서 정보화와 지능화를 추진할 계획임[269]

□ **LG화학은 청주공장에서 RO필터 1만 7,000여개를 2015~2016년 동안 생산했으며, 중동 오만 Sohar SWRO가 2017년까지 소하르 지역에 건설하는 해수담수화공장 역삼투압 필터 단독 공급업체로 선정된 바 있음[270]**

○ 동 공급 계약은 하루 동안 25만톤의 담수를 약 80만명에 공급할 수 있는 규모로, LG화학이 해수 내 붕소와 염분 제거율 등 주요 제품 성능에서 타 업체를 상회한 것으로 조사됨

268) 중소 중견기업 기술로드맵 2017~2019
269) 중소 중견기업 기술로드맵 2019~2021
270) LG 화학, 중동 오만서 대규모 담수화 필터 수주, 뉴스1, 2016.6.13.

(2) 수처리 플랜트

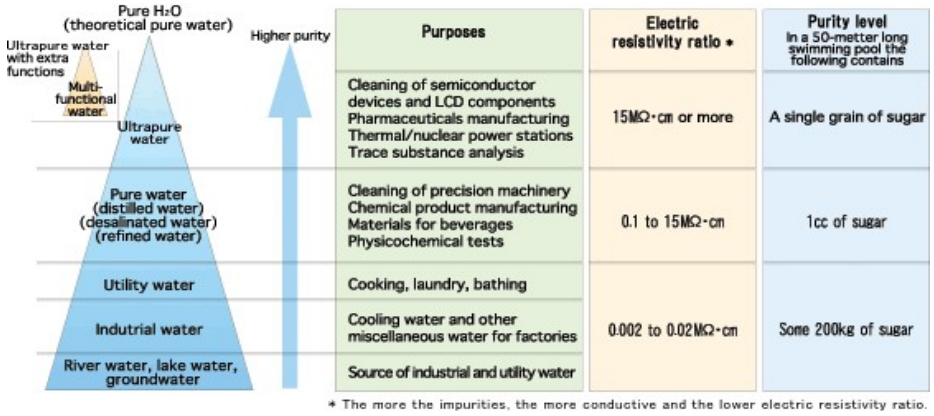
(가) 공정수처리 플랜트

① 해외 기술동향

□ **베올리아, 수에즈 등의 선도기관은 수요처의 니즈, 원수의 수질 등을 고려하여 최적화된 공정설계를 통해 시장에 진출하고 있음**

○ 국외 선도국에서는 수처리 공정에 MF/UF/NF/RO 멤브레인을 적용하는 한편 EDI/ED 공정기술을 사용하여 산업용의 초순수를 생산하고 있음[271]

- 전기 전자 산업에서는 매우 중요한 공정인 반도체 자재의 세척용으로 초순수를 요구하고 있으며, 발전소의 보일러 유입용수로도 다량의 초순수를 필요로 하고 있음



[그림 125] 초순수의 활용처(organo corporation)

* 자료 : ORGANO CORPORATION 홈페이지(http://www.organo.co.jp/)

- 산업용으로 사용되는 초순수는 음용수 수질기준에서 출발하여 MF, UF, NF 및 최종적으로 RO 멤브레인 필터 순서로 사용됨

  • 추가적으로 매우 높은 특정한 고순도의 물을 얻기 위해서는 EDI 또는 ED 공정기술을 사용하여 물분자보다는 이온성 물질을 우선적으로 제거하는 과정을 거치게 됨

271) 순수 · 초순수, WATER INDUSTRY NETWORK 홈페이지(http://www.roplant.or.kr/), 2015.05 검색



[그림 126] EDI 모듈

* 자료 : 순수·초순수, WATER INDUSTRY NETWORK 홈페이지(http://www.roplant.or.kr/),

② 국내 기술동향

□ **국내에서는 초순수 생산공정 패키지형 플랜트 설계 연구가 수행됨**

○ 국내에서도 초순수 공업용수의 수요가 늘어날 것으로 예상됨에 따라, MD-CDI 복합공정의 기술개발이 수행됨[272)]

- MD-CDI 기술이 현업에 적용될 경우 해수로부터 초순수를 생산하는 기존 RO-EDI 복합공정의 한계를 극복할 수 있음

  • RO 분리막에서 발생되는 오염 현상에 의해 콜로이드, 미생물 등이 발생하며, 이로 인해 분리막의 생산능력이 감소되고 운영비용이 증가함

  • MD 공정의 경우 RO 공정에 비해 구동압력이 낮아 저에너지 소비 및 고효율화가 가능하고, 각종 이온과 염 제거율이 우수한 것으로 확인됨

○ '반도체급 산업용수용 초순수 생산공정기술 및 4종 소모성 기자재의 국산화 개발' 연구에서는 초순수 생산 공정의 RO 수처리제 국산화 개발 및 1,000m3/d 급의 패키지형 플랜트 설계를 수행함[273)]

□ **효성은 가압식 중공사막을 적용한 멤브레인 수처리 시스템으로 환경부의 환경신기술 인·검증을 획득함[274)]**

○ 효성의 멤브레인 수처리 시스템은 기공 사이즈 0.03㎛(머리카락 굵기의 2000분의 1)의 중공사(中空絲) 분리막을 이용해 물속의 탁질 오염물질과 대장균, 병원성 원생동물 등을 99.99% 이상 완벽히 제거할 수 있음

272) 초순수 생산을 위한 MD-CDI 하이브리드 공정 개발, 과학기술정보통신부 중견연구자 지원사업, 2017.4.
273) NTIS, 검색기준 2019.5
274) 이투데이, 효성, 분리막 솔루션 포트폴리오 강화... 산업용수 시장 공략, 2017.10.30.

○ 효성은 이번 가압식 멤브레인 수처리시스템의 환경신기술 인증 획득으로 지난 2013년 침지식 멤브레인 수처리시스템과 함께 정수처리, 산업용수, 하수재이용 등 다양한 수질과 현장 특성에 적합한 분리막 솔루션 공급이 가능해짐

□ **두산중공업은 순수/초순수 등 산업용수 생산을 위한 발전/산업용 용수공급 솔루션 및 전문화된 공정수처리 플랜트 시스템 기술을 보유하고 있음[275)]**

○ 두산중공업은 '72년 영국의 Dessolved Air Flotation 기술을 도입한 이래 부양 및 여과를 결합한 산업용수 처리 시스템을 개발함

○ 공정수처리를 위한 독자 기술을 보유하고 있으며, 전처리, 스크리닝, 부유, 정화, 통기, 흡착, 연화 등의 기술을 지속적으로 개발하고 있음

275) 두산중공업 홈페이지 수처리 플랜트 소개, 2019.7. 검색기준

(나) 정수처리 플랜트

① 해외 기술동향

□ **해외 정수처리 공정은 막여과 중심으로 옮겨가고 있음[276]**

○ 세계 정수처리 시장의 신규투자 비중에서 막여과 공법이 차지하는 비중은 '11년 14%에서 '15년 23%로 성장함

○ 막여과 공정은 기존 수처리 공법의 응집-침전-모래여과 공정을 대체하는 기술로서, 향후 중국·동남아 및 중동·북아프리카 시장에 주로 적용될 것으로 분석됨

□ **선진국의 경우 정수장의 효율적인 운영관리·비용 절감 기술개발을 활발히 추진하여 적용 중에 있음[277]**

○ 시설물의 노후, 에너지 비용 증가에 따라 ICT 기반의 관리 지능화를 통해 비용 절감 등 운영 효율화를 위한 노력을 지속적으로 추진하고 있음

- 미국의 경우 지능형 원격 검침 인프라(Advanced Metering Infrastructure)를 빠르게 도입 중임

- EU는 Water Framework Directive를 기반으로 ICT 기술 접목 프로그램인 @Qua를 추진하여 효율적인 정수처리 네트워크 운영을 도모함

② 국내 기술동향

□ **국내 정수처리 플랜트 관리 기술개발은 상수관망 관리 기술 중심으로 개발되어 왔으며, 정수시설을 대상으로 하는 통합 관리 기술개발은 막공정 등 일부 특정 공정에 한하여 개발됨[278]**

○ 최근 들어 국내에서도 정수장 노후화에 따른 개·보수 수요가 증가함에 따라 운영·관리 선진화 및 효율화를 위한 관련 기술 수요가 증가하고 있음

□ **정수처리에서 중요한 부분은 원수의 문제이며, 중앙아시아 국가는 원수의 수질이 낮아 국내 공정기술 개발로만 접근하기에는 어려움이 있음[279]**

○ 우즈베키스탄 등 중앙아시아 국가는 원수 수질이 낮아 TDS와 SS가 높으며, 국내 공정처리에 부가적인 처리가 필요하여 국내에서의 사업성만으로 해외시장에 접근하기에는 무리가 있음

276) 다기능성 정수처리용 멤브레인 소재 개발, 산업통상자원부, 2017.5.
277) 상·하수도 혁신 기술개발사업, 한국환경산업기술원, 2017.9.
278) 상·하수도 혁신 기술개발사업, 한국환경산업기술원, 2017.9.
279) 전문가 인터뷰, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 1차 분과회의, 2019.7.4.

○ 전처리가 매우 중요하나 현재 국내 기업들은 전처리에서 실패를 겪고 있으며, 시스템차원에서 R&D가 필요함

□ **최근 국내에서는 나노막 및 저압역삼투압 정수처리 기술, 지역 맞춤형 정수시설 지능형 운영장비 기술 개발 등이 수행됨**

○ '해외 진출형 나노막(NF)/저압역삼투막(LPRO)기반 고도정수처리 장비개발' 연구에서는 개선된 중공사 분리막을 적용한 10ton/d 급의 파일럿 플랜트 운영을 통해 지역 맞춤형 정수처리 기술 확보하고, 해외 진출 기반 조성을 목표로 함[280)]

○ '오염물질 저감 맞춤형 정수시설 및 지능형 운영 장비 개발' 연구에서는 저온플라즈마 수처리 공정 기술을 적용한 지역 맞춤형 정수처리시설 설계·시공·운영 통합 기술 개발을 통하여 동남아시아 대상 시장경쟁력 확보를 목표로 함[281)]

(다) 하폐수처리 플랜트

① 해외 기술동향

□ **선진국은 BOD, 질소, 인등의 처리를 위한 BNR기술이 확립된 상황이며, 미국 등에서는 상대적으로 전력소요의 부담이 적은 침지식 MBR 공정의 발전과 함께 도시하수처리장의 MBR 적용이 점차 증가하고 있음[282)]**

○ 일본은 차세대 MBR에 대한 연구개발사업을 추진하여 실증 보급 및 해외진출을 목표로 지원하고 있음

- 일본은 소화가스 발전, 하수열 이용, 소수력 발전, 풍력 발전 등을 이용하여 하수처리시설을 운영 중임

○ 싱가포르 국립수자원공사(PUB)에서는 "the Environment&Water Research Programme(EWPR)를 통해, 지속가능한 수자원공급을 위한 잠재적 솔루션을 아이디어 단계에서 테스트 베드단계까지 전주기 지원을 하고 있으며, 수처리비용 절감기술을 위해 Anammox와 혐기성 MBR공정 실증테스트를 진행 중임

○ 미국의 경우는 대표적인 하수 처리수 재이용 사례로 Water Factory 21(캘리포니아, Orange County)을 들 수 있는데, 적용공정은 소석회/소독/MF/UF/고도산화로 구성되며, 지하수 충진을 통한 해수침입방지용으로 이용되고 있음

280) NTIS, 검색기준 2019.5
281) NTIS, 검색기준 2019.5
282) 상·하수도 혁신 기술개발사업, 한국환경산업기술원, 2017.9.

- West Basin Water Recycling Plant에서는 재이용수 이용 목적에 따라 처리공정을 달리 적용하고 있으며 재이용수 단가 또한 처리공정별로 상이한 특징이 있음

  • 3차 처리만 할 경우 기본 수돗물 가격에서 25∼40% 할인, RO 공정의 경우 2∼2.5배의 높은 가격임

② 국내 기술동향

□ **하수처리 공법은 개발되었으나, 기자재 기술은 미흡하여 해외제품에 대한 의존도가 높으며, 에너지소비율이 높아 에너지효율개선 연구는 지속 추진 중임**

○ 국내에서는 고도처리 등 처리공법 개발에 집중되어 기자재 기술개발은 상대적으로 미흡하고 대부분 해외제품에 대한 의존도가 높은 실정

- 송풍기의 경우 주요 선진국과 유사한 기술력을 확보하였으나, 수심이 깊으며 대용량 처리장에 적합한 고압, 대형 송풍기는 효율이 미흡함

○ 하수처리 플랜트의 경우 처리공법 개발과 함께 교반장치, 슬러지 이송 펌프, 폭기장치, 산기장치 등이 개발되었으나, 에너지 소비율이 높아 지속적으로 에너지 효율개선에 대한 기술개발이 추진 중임[283)]

○ 최근 국내에서는 고효율 질소저감 하수처리기술, 펜톤 처리를 적용한 하폐수 처리기술 개발 등이 수행됨

- ‘호기성 그래뉼 슬러지(AGS)를 이용한 고효율 질소저감 하수처리기술 개발’ 연구에서는 고염분 하수에 적합한 AGS 공정 설계 기술 개발과 test-bed 적용을 통해 해당 기술의 상용화 및 자산관리 프로그램 개발까지 수행함[284)]

- ‘난분해성 하폐수처리를 위한 하이브리드 유동상 펜톤 처리 기술 개발’ 연구에서는 Hybrid-FBR Fenton 처리 기술 개발을 통해 다양한 고농도 난분해성 유기물 및 영양염류 처리 기술을 확보함[285)]

○ 국내 기업은 폐수처리 관련 개별 요소기술들을 보유는 하고 있으나, 다양한 요구조건에 따라 이를 어떻게 조합해야 하는지에 대한 기술들은 없는 상황임[286)]

- 국내에 시스템 기술을 보유하고 있는 기업이 전무하며, UV등과 관련하여 축적된 데이터도 전무함

283) 상·하수도 혁신 기술개발사업, 한국환경산업기술원, 2017.9.
284) NTIS, 검색기준 2019.5
285) NTIS, 검색기준 2019.5
286) 상·하수도 혁신 기술개발사업, 한국환경산업기술원, 2017.9.

- 경쟁기업인 Suez, Veolia는 축적된 데이터를 기반으로 진출 대상 시장을 확대하고 있음

- 관련 데이터를 축적해야 기술발전도 가능하며, 이를 국가 차원의 R&D로 추진할 필요가 있음

□ **두산중공업은 다양한 난분해성 폐수를 포함한 전 산업영역에서의 폐수 및 다양한 지역에서의 공공 하수처리에 대응할 수 있는 고도처리 설비 및 오염물 처리, 재이용 솔루션 등을 보유하고 있음[287)]**

○ 동 사는 예비 처리(모래 및 침전물 제거, septicity 제어), 초기 처리, 2차 처리(표준 활성 슬러지 공정, 혼합 필름 MBBR, MBR 등), 3차 처리(드럼 필터, 증발, 탈질소 등) 등에 대한 기술을 확보하고 있음

287) 두산중공업 홈페이지 수처리 플랜트 소개, 2019.7. 검색기준

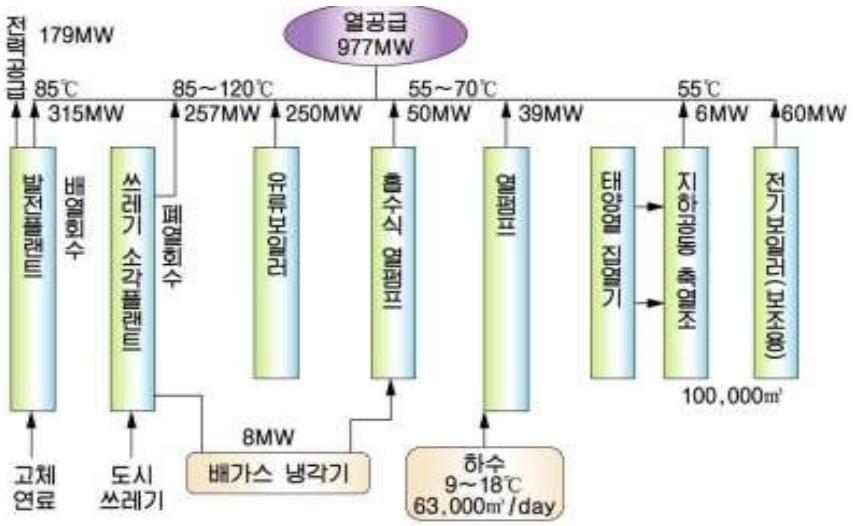
(3) 자원순환 플랜트

(가) 순환형 복합플랜트

① 해외 기술동향

□ **스웨덴과 일본 등은 화석연료 사용을 줄이고, 도시 내 자원을 활용하여 에너지를 대체하는 도심지 순환형 복합플랜트가 운영되고 있음**

○ 스웨덴 Uppsala시는 석유 일변도의 에너지 사용형태에서 벗어나 목재칩이나 피트 등의 고체연료와 쓰레기 소각, 각종 도시배열을 이용하는 하수열원 열펌프시스템 및 태양열 암반공동 장기축열 등 다양한 시스템을 도입함

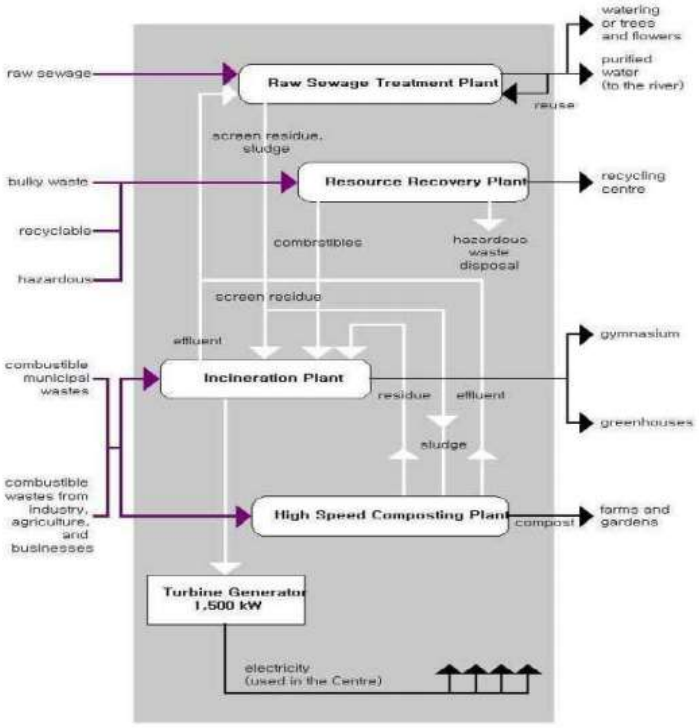


[그림 127] Uppsala시의 건물분야 사용 에너지원 변화

○ 스웨덴 Gothenberg시는 바이오연료와 폐기물에너지 등 재생에너지의 사용율이 66%로 높고, 값이 비싼 고급연료인 천연가스의 소비율은 6%에 불과

○ 일본은 도심 및 신도시 지역에서 적지 않은 비율로 중소규모의 열병합발전을 통해 집단에너지를 공급하고 있음

- 온수풀장 및 공공복지시설물 등에 공급하고 있으며, 나아가 동식물의 온실 및 야채 공장의 열원으로도 이용되고 있음



[그림 128] 폐기물 처리 및 자원회수 시스템

② 국내 기술동향

□ **최근 국내에서는 도시 내 자원순환 플랜트 기술 개발과 폐자원에서의 유용자원 회수 기술에 대한 연구가 수행됨**

○ ‘도시자원 순환형 복합플랜트 공정기술 개발’ 연구에서는 2만 명 인구 기준 유기성 폐자원 기반 복합연료(고형연료, 바이오메탄) 생산 기술 개발을 수행하여 기존 매립장에 대한 부정적 인식 경감과 하수슬러지, 음식폐기물, CO2 절감을 달성하고자 함[288)]

○ ‘PU계 미활용 폐자원의 화학원료화 상용시스템 및 순환활용 기술실증’ 연구에서는 PU계 폐자원을 재활용한 재생 폴리올 제조 기술 실증화 및 응용 기술 개발을 통해 폴리우레탄 자원 순환 체계 확립을 목표로 함[289)]

○ ‘탈질/탈황 폐촉매로부터 유용자원회수 상용시스템 및 수출패키지 개발’ 연구에서는 표준화된 폐촉매 유기금속 회수 상용화 시스템 테스트베드 구축 기술 확보를 통해 유망 국가로의 진출을 목표로 함

288) NTIS, 검색기준 2019.5
289) NTIS, 검색기준 2019.5

(나) 폐기물 고형화·소각 플랜트

① 해외 기술동향

□ **해외의 유기성 폐기물을 이용한 고형연료화 기술은 고형연료 제조기술과 연소기술이 상당부분 완성되어 있으며, 많은 상용화 플랜트가 가동되어 전력, 스팀 등의 유틸리티 생산에 활용되고 있음[290]**

○ 미국은 도시폐기물의 수분함량이 낮아 건조기술이 많이 개발되어 있으며 고형연료를 생산하여 발전소 석탄 혼소를 이용한 발전에 이용하여 운전중임

- 고형연료의 생산과 동시에 에너지를 생산하는 곳은 개인회사, 공공기관이 주를 이루고 있으며 전기회사 등 에너지수요처에서는 연소만을 전문적으로 운전 중임

○ 유럽은 폐기물 내에서 가연성폐기물과 유기성폐기물을 분리 배출하여, 별도로 자원화하는 시스템으로의 전환을 이루어 왔음

- MBT를 이용하여 생활폐기물을 전처리하고 생분해성 유기성폐기물은 혐기소화를 통해서 바이오가스를 회수하고 생물학적 분해가 되지 않는 폐기물을 이용하여 고형연료를 생산하는 등 각 폐기물의 특성에 맞게 처리하는 것을 기본으로 하고 있음

- 생산된 고형연료의 경우에는 화력발전소에서 보조연료로 사용하고 있음

○ 독일의 REW AG 그룹은 슬러지의 대부분을 석탄 투입 컨베이어에 이송하여 연소로에 직접 투입하며, 석탄 사용량은 연간 2천만 톤으로 이중 석탄사용량의 2%인 32만 톤의 하수슬러지를 혼소하고 있음

- 발전소 내에는 부대설비로 도시폐기물 소각로가 있어 발생한 열원으로 발전하여 지역에 공급하고 있음

- 독일 하이브로에 위치한 ENBW는 역청탄 40만 톤과 슬러지 건조 연료와의 5~10% 정도를 탈수 슬러지와 건조 슬러지 두 가지 방식으로 혼소하고 있으며, 특히, 건조 슬러지의 경우 만 6천 톤 적용 시 석탄 4천 8백 톤을 대체하는 절감효과를 보임

○ 일본은 중소형소각로를 고형연료시설로 대체하기 시작하면서 소각과 동시에 고형연료화로의 전환을 이루고 있음

- 유기성폐기물은 RDF 생산을 통해서 전용보일러를 이용하여 스팀 또는 전기를 생산하고 하수슬러지의 경우 석탄혼소를 위한 건조 또는 탄화 기술을 많이 이용하고 있음

290) 유기성 폐기물의 유증반탄화 건조를 통한 고체연료화, KONETIC, 2016.11.16.

- 동경도하수도국은 하수슬러지의 자원화를 도모하기 위해 민간기업과 연계하여 발생하는 슬러지 탄화사업을 실시하고 있으며 탄화물을 생산하여 석탄화력 발전소에 석탄대체연료로써 발전소의 연료(전체 용량의 1%)로 사용하여 발전하고 있음

- 신일철엔지니어링에서는 슬러지 연료화 사업을 하수도국과 공동으로 수행하여 왔으며 야하다 발전소의 연료(전체 사용량의 2%)로 사용하고 있음

- 생산된 슬러지탄의 발열량은 3,500~4,000kcal/kg으로 가격은 2,000엔/톤에 판매를 하고 슬러지 연료화 시스템은 직접열풍건조방식으로 함수율 80% 정도의 하수슬러지를 10% 이하의 슬러지 연료로 생산하고 있음

□ **세계 최대 시장 중 하나인 중국은 아직 선진 기술의 발전이 더딘 편으로, 공정과정에서 배출되는 오염물질의 처리에 어려움을 겪고 있음[291]**

○ 중국은 2020년 선전시에 세계에서 가장 큰 폐기물 에너지 발전소를 운영할 계획임

- 선전시의 폐기물 소각시설은 하루에 약 5,000톤의 폐기물을 처리할 수 있는 규모임

□ **소각열을 이용한 폐기물처리 기술개발 분야에서는 에너지 회수율을 높이기 위한 연구가 미국 및 일본을 중심으로 활발하게 진행되고 있음[292]**

○ 미국은 세계 최대 생산규모의 폐기물 에너지 생산시스템을 개발함

- 1일 1,000톤 이상 대형 폐기물을 한 곳에 집하시켜 대규모로 전처리하여 발열량이 높은 폐기물 연료를 생산하고 현장에서 발전소의 연료로 사용하여 전력을 생산함으로써 경제성을 높임

○ 일본의 Hitachi는 수냉식 화격자와 배출가스 순환기술을 적용하여 고온 연소와 화격자의 수명연장을 통한 에너지 회수율 증가와 경제성 향상 기술을 개발 중임

291) 폐기물을 활용한 에너지 발전기술 동향, 환경부, 2018.
292) 2014 신 · 재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014.12

② 국내 기술동향

□ **국내에서는 고체연료화 기술보다는 건조 전처리 기술에 대한 연구가 많이 진행되어 왔으며 특히, 일부 중소기업에서 로타리킬른형 건조 장치를 개발하여 건조에 적용하고 있으나 현재까지 운전 실적이 충분하지 못한 상황임[293)]**

○ 건조에 중점을 둔 고체 연료화기술은 고체생성물의 물리·화학적 특성과 그 활용도에 대한 연구가 미비한 수준으로 투입에너지 대비 발열량이 낮아 에너지화가 어려움

○ 유기성폐기물 건조에서 투입 에너지량 대비 열량이 높은 기술 중 하나인 유중건조기술은 국내에서 개발되었으나 아직 각 기술의 완성도가 낮아 현장에 투입된 기술은 거의 없는 현실이며 현재 실용화된 바가 없음

□ **최근 국내에서는 도서지역에서의 이동형 고형연료 생산시스템 및 열병합 발전용 고형연료 생산에 대한 연구가 수행됨**

○ '도서지역 현장 이동형 1톤/일급 해안 폐기물 고형연료 생산시스템 개발 및 실증' 연구에서는 1 ton/d급 이동식 해안 폐기물 고형연료 통합 시스템 설계·시공 및 운전 기술 개발을 통해 바다로 유출되는 폐기물 재활용 비율을 제고함으로써 사회적 비용 절감을 목표로 함[294)]

○ '열병합 발전용 저에너지 소비형 슬러지 고형연료 생산 및 적용 기술개발' 연구에서는 하수슬러지 일일 처리용량 50 ton/d급의 수열탄화 기반 고형연료 플랜트 설계·시공 및 운전 기술 개발을 수행하며, 최종적으로 함수율 10%의 고형연료 8 ton/d 생산을 목표로 함[295)]

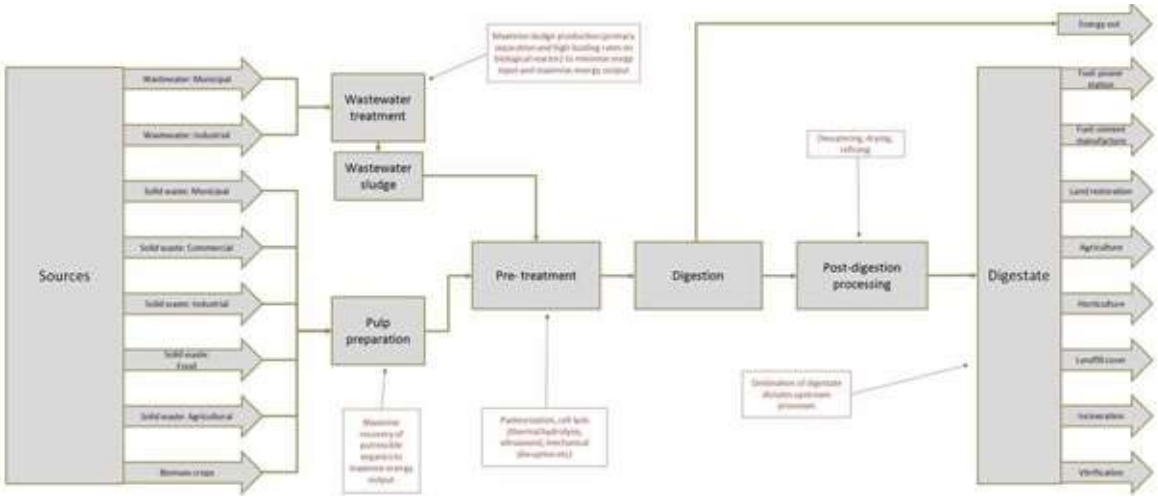
□ **국내에서는 10,000℃ 이상의 고온 상압의 플라즈마를 이용한 폐기물 열분해 용융기술이 개발되고 있음[296)]**

○ 슬러지 투기금지 등 국제규약에 따라 관련 기술의 개발의 증가하고 있으며, 기존 지상식 습식산화기술에 비하여 획기적인 에너지 절감 효과가 있는 대심도 방식 반응기에 관한 연구가 증가 추세임

293) 유기성 폐기물의 유중반탄화 건조를 통한 고체연료화, KONETIC, 2016.11.16.
294) NTIS, 검색기준 2019.5
295) NTIS, 검색기준 2019.5
296) 플랜트 R&D 부처간 공동로드맵 수립 기획 최종보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2016.1.

□ **두산중공업은 하수 및 발전/산업폐수 처리시설에서 필연적으로 발생하는 슬러지를 감량화・안정화하는 처리 기술과, 발생 가스를 이용한 에너지 재활용 플랜트 기술을 보유하고 있음[297)]**

○ 동 사는 슬러지의 물리・화학적 처리(화학적 안정화, 슬러지 소화), 열처리(열 가수분해, 열 건조), 악취 처리(악취 조절) 등에 대한 기술을 확보하고 있음



[그림 129] 두산중공업의 슬러지 재활용 플랜트 개요도

□ **상대적으로 열분해 및 가스화 분야는 국내 시장이 아직 궤도에 오르지 못해 공기업 및 중소기업을 중심으로 pilot 규모의 기술 확보 수준에 머물러 있음**

○ ‘폐비닐 혼합 가연성 폐기물의 직접가열 방식의 열분해 액상연료 및 가스화 합성가스 동시 생산 기술개발’ 에서는 실험용 열분해 반응기 및 오일 정제 공정 및 열분해 유동층 반응기의 pilot 제품을 제작함[298)]

○ ‘농업부산물 폐자원 이용 20톤/일급 열분해 가스화를 통한 고부가가치 자원화 및 고효율 에너지 이용 기술개발’ 에서는 3톤/일 급의 최적 운전기술 개발 및 20/톤 일급 pilot 규모 열분해 가스화 시스템 제작, 35 Nm3/hr급 합성가스 정제 및 공급시스템 최적 운전기술 개발을 수행함

297) 두산중공업 홈페이지 수처리 플랜트 소개, 2019.7. 검색기준
298) NTIS, 2019.9. 검색기준

(다) 폐기물 에너지화 플랜트

① 해외 기술동향

□ **폐기물 에너지화 플랜트는 폐기물을 열적 방법, 생물학적 방법 등의 처리과정을 통해 다양한 에너지의 형태로 변환하는 기술로 세계시장에서는 주로 열적방법 기술이 적용되고 있으며, 전력생산비용 저감, CO2발생 저감, 폐기물원료의 분리 효율 관련 기술이 요구되고 있음[299]**

○ 폐기물 에너지화의 열적방법으로는 연소, 열분해, 가스화(열적), 가스화(플라즈마 아크)방법이 있으며, 생물학적방법으로는 발효, 메탄 포획/매립가스 등의 방법이 있음

- '12년 기준으로 열적 폐기물에너지화 기술이 전체 시장에서 80%이상을 차지하고 있음



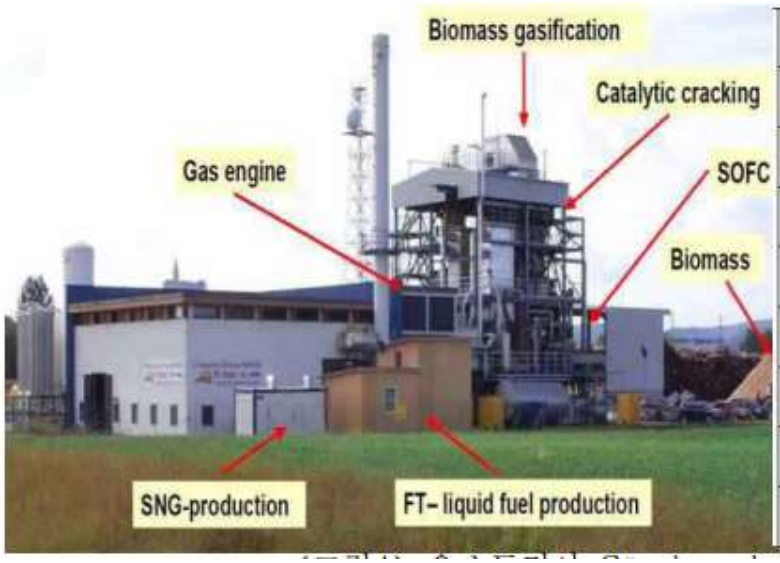
[그림 130] 폐기물 에너지기술형태별 세계시장 비중

○ 폐기물 에너지화 플랜트 도입을 저해하는 요인으로 높은 초기 투자비 및 운전비용 증대로 인한 에너지화 플랜트 매력 감소, 사용할 수 있는 폐기물 종류의 제한 및 분리의 어려움 등과 같은 원료물질의 탄력성 부족이 꼽히고 있음

□ **폐기물을 에너지화하는 기술 중 Bio-Solid로부터 생산되는 합성가스, char, 바이오오일은 Bio-Solid에 비해 에너지 밀도가 높아 이송에 유리하며, CO2배출에서 자유로워 미래 기술로 각광받고 있으며, 고효율 타르제거가 안정성에 큰 영향을 주고 있음**

○ 오스트리아의 Güssing에 설치된 bio-solid 가스화 및 열병합 발전 설비는 8MWth의 규모로 세워진 Demo plant로 bio-solid 및 우드 칩으로부터 가스화를 통하여 합성가스를 제조하고 이를 이용하여 엔진 발전 및 Organic Rankine cycle을 이용한 폐열 발전을 수행하고 있음

299) 폐기물 에너지화 기술, KISTI Market Report, 2014.



Gasifier startup	Nov. 2001
Gas engine startup	Apr. 2002
Fuel	Wood chips
Fuel Power	8 MW_{th}
Electrical output	2 MWe
Thermal output	4.5 MW_{th}
Electrical efficiency	25.0%
Thermal efficiency	56.3%
Total efficiency	81.3%

[그림 131] 오스트리아 Güssing plant 가스화 설비

□ **네덜란드는 ECN의 MILENA 프로젝트를 통해 열병합 발전 및 SNG 기술을 운전 중임**

○ ECN의 MILENA 프로젝트는 2009년부터 시작된 연구로서, 고유의 가스화 기술에 대한 10~15MWth 규모의 열병합 발전실증과 여기에 연계된 SNG기술 개발을 병행하고 있음

- 이 과제에는 HVC(플랜트 소유), EPC(OLGA 방식 타르 제거), Dahlman(정제 및 메탄화) 등이 참여하고 있음

- 사용된 MILENA 방식 가스화기는 Indirect gasifier이며, 여기에 OLGA 방식의 타르 제거와 SNG 공정으로 구성됨

- 2007년에 0.8MWth 규모의 가스화 파일롯 플랜트를 건설하였고, 가스 정제 및 메탄화 공정 연구를 위해 30㎾ 규모의 설비를 이용하고 있음

② 국내 기술동향

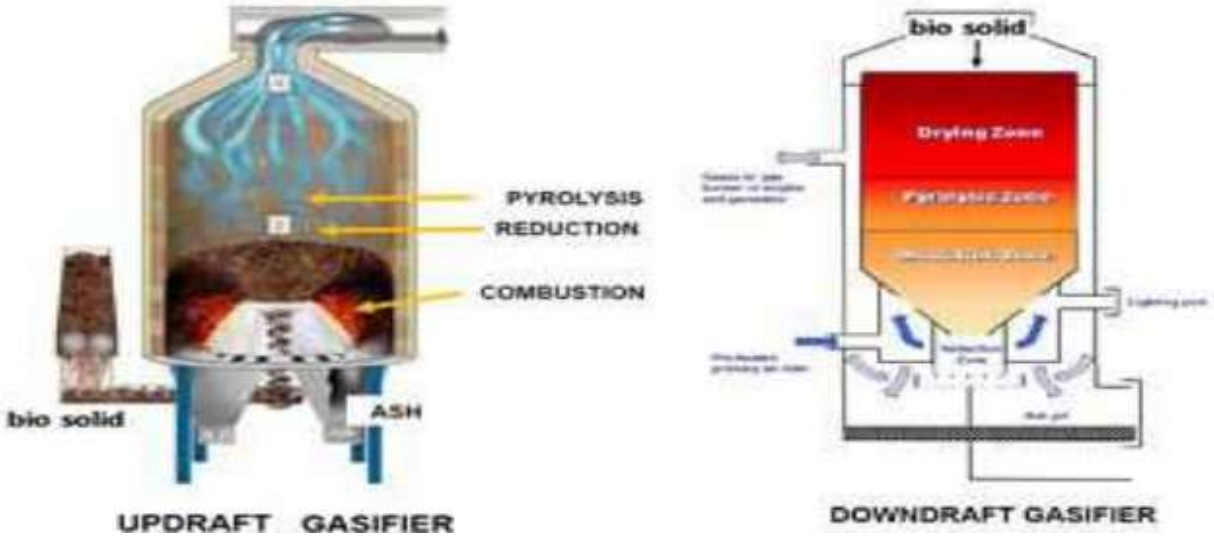
□ **bio-solid 가스화 기술개발은 아직 기초단계로서 국내의 에너지기술연구원, 생산기술연구원이나 일부 대학 등에서 소규모 실험을 통한 연구개발을 진행 중이며, 실증까지 완료된다면 시장진출이 가능할 것으로 분석됨[300]**

○ '저품위 혼합 폐기물의 연료화를 통한 열에너지 생산기술' 연구에서는 20 ton/d 급의 저품위 혼합 폐기물을 기반으로 Bio-drying Pilot 시설과 고형연료 생산시설을 연계하여 400 ton/d 급의 상용화 시스템 설계기술 확보를 추진함[301]

○ Bio-solid대상으로 하는 가스화에 대한 기술기반은 보유한 상황임

- IGCC와 같은 화석연료를 대상으로 하는 가스화 관련 기초 연구경험이 많이 축적되었음

○ 고품질 합성가스 생산 및 이용을 위한 실증 규모의 플랜트 설계 및 운전 경험을 축적하고 안정적인 가동률을 실증이 요구되고 있으며, 실증까지 완료되는 경우, 전 세계의 bio-solid 가스화 시장에 성공적으로 진입 가능할 것으로 분석됨



[그림 132] Bio-Solid 가스화 설비

300) Bio-solid 가스화를 통한 합성가스 및 에너지 생산, KONETIC, 2014.
301) NTIS, 검색기준 2019.5

라. 밸류체인별 기술동향 분석

□ (개요) 플랜트는 사업발굴 및 개발, 건설, 시설 운영, 해체/철거의 Value-Chain 단계를 거치므로, 이러한 단계별 기술동향 분석이 이루어졌음

○ 사업발굴 및 개발단계에서는 시장분석, 사업개발 및 금융설계로 세분함

○ 건설단계에서는 사업관리, 개념설계/FEED, 구매/조달, 상세설계/시공으로 세분함

○ 운영단계는 O&M, 철거단계는 해체/철거로 세분함

[그림 133] 해외 플랜트 건설사업 Value-Chain

<table>
<tr><th colspan="2">사업발굴 및 개발단계</th><th colspan="3">건설단계</th><th>운영단계</th><th>철거단계</th></tr>
<tr><td>시장분석</td><td>사업개발 및 금융설계</td><td>개념설계/ FEED</td><td>구매/조달</td><td>상세설계/ 시공</td><td>O&M</td><td>해체/철거</td></tr>
<tr><td colspan="5">사업관리</td><td></td><td></td></tr>
</table>

(1) 시장분석기술

□ 국내 기업은 해외 플랜트 시장 정보를 분석하고, 시장성이 있는 사업을 선별하는 역량이 부족함[302]

○ 국내 기업의 경우 플랜트 프로젝트 전 생애주기에 걸친 주요 의사결정이 이루어지는 기획 단계에서, 관련 정보를 수집·처리·저장하여 관련 참여자가 그 정보를 재사용하거나 이후 단계에 활용할 수 있는 방안을 구축하고 있지 않음

(2) 사업개발 및 금융설계기술

□ 국내 기업은 금융구조 구축, 조달계획 수립, 리스크 관리를 위한 기술역량이 부족함[303]

○ 선진기업들은 해외건설사업 수행을 위해 전사적으로 예방적 리스크 관리체계를 구축하고, 이를 바탕으로 한 사업 의사결정을 수행하고 있음

- Hochtief AG는 본사와 자회사 및 지사 간의 기업네트워크를 바탕으로 리스크 조기경보체계를 운영하고 있음

302) 플랜트 프로젝트 사업기획단계 표준 업무 프로세스 개발, 한국건설관리학회 논문집, 2016.7.
303) 해외건설촉진 연구개발사업 기획보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2013.7.

- Skanska AB는 기업 내 SRA라는 리스크 전담부서를 운영하고 있으며 입찰 전 Core Competency Matrix라는 우수사업 선별모델과 Operational Risk Assessment라는 운영리스크 사전평가 체계를 활용하여 매달 50여개의 사업을 평가함

○ 국내의 경우 일부 대기업에 한하여 자체적인 리스크 관리체계를 운영하고 있음

- 리스크 관리는 대부분 사업 생애주기 중 입찰 단계에 초점을 두고 있으며, 생애주기기반 또는 전사차원의 통합적 리스크 평가 관련 연구는 미흡한 상황임

- 건설기업에서 실무적으로 활용하는 리스크관리는 대부분이 체크리스트 유형을 택하고 있어 성과 예측이나 프로젝트 전체적 관점, 기업 전사적 관점에서의 리스크 평가 및 관리가 불가능한 한계를 갖고 있음

(3) 개념설계/FEED 기술

□ **천연가스 성분, 지역특성 등에 따라 필요구성장치가 달라지고, 국가별 건설비 및 운송비, 환경차이에 따른 가격변동이 차이가 있으나, 이러한 복합적 요인들을 고려한 객관적 평가를 수행하지 못함[304]**

○ LNG플랜트 기본설계에 대한 객관적인 평가를 위해서는, 직접적인 건설 투자비뿐만이 아니라, 운전 경비, LNG 생산량 및 LNG 플랜트 건설에 필요한 부지 면적 등, 다양한 평가 요소들을 평가항목으로 선정하여야 하나, LNG 플랜트의 복합적인 요인을 고려한 객관적 평가가 어려운 상황임

□ **국내에서도 FEED의 중요성을 인지하여 관련 연구를 수행하고 있으나, 관리업무를 고려한 FEED연구는 미흡한 편임[305]**

○ 기존 FEED연구는 설계업무 중심의 프로세스 및 성과물을 위한 연구 중심임

- 사업관리 관점의 연구는 협업관리, 정보관리, 인터페이스 관리 등 특정 관리업무만을 대상으로 한 연구만 수행되었으며, 프로젝트 전체에 영향을 미치는 관리적 관점의 FEED업무 연구는 미흡함

○ 선행연구 분석 결과 FEED 기획단계와 사전조사 및 자료 수집단계의 업무, 사업공사비 산정단계의 업무는 중요도가 높으나, 현재 업무역량이 미흡한 것으로 분석됨

304) LNG 플랜트 프로젝트의 기본설계 평가방법에 관한 연구, 박종화 외 2인, 한국가스학회지, 2016.
305) 사업관리 관점의 FEED업무 프로세스 구조 및 항목평가, 한국건설관리학회, 2015.

- FEED 기획단계와 사전조사 및 자료 수집단계에서는 발주자의 핵심 요구사항을 분석하고 플랜트의 기능적·성능적 목표 설정 및 경제적·환경적 타당성 검토를 수행하는 중요한 업무를 수행하여야 하나, 관련 업무역량은 부족한 것으로 평가됨

- 반면 플랜트 핵심설계기준을 확립하고 설계 성과물을 도출하는 개념설계와 기본설계, 시공부분의 역량은 높은 것으로 평가됨

□ **High-Tech기술이 요구되는 플랜트의 기획 및 계획단계와 기본설계 역량이 부족하여 국제 입찰 가능성이 낮음[306]**

(4) 사업관리

□ **미국 FLUOR는 석유, 가스, 화학 및 석유화학, 발전을 제공하는 글로벌 엔지니어링 조달·건설·유지보수 및 사업관리 역량을 보유하고 있음[307]**

○ 동 사는 Global Services 사업을 통해 건설 프로젝트에서 요구되는 인력, 현장 장비, 자재의 최적 배치 서비스를 제공하고 있음

- '15년 말 기준 동 서비스를 통한 매출은 4.9억 달러로 조사됨

□ **미국의 Construction Industry Instutite(CII)는 Advanced Work Packaging(AWP) 을 개발함[308]**

○ CII는 미국을 포함한 10여개 선진국가의 발주기관, 엔지니어링 기업으로 구성된 엔지니어링 연구 조직으로 플랜트를 포함한 엔지니어링 분야에서의 안전하고 효율적인 건설·관리 솔루션을 제안하고 있음

○ AWP는 사업설계-계약-시공-관리에 이르는 건설·엔지니어링 전 단계에서 전체 프로세스의 흐름을 관리하고, 효율적인 단계별 작업이 가능하도록 하는 프레임워크임

○ CII는 동 프레임워크를 통하여 3D 건설 모델링과 현실 간의 격차 해소, 조달 및 시공 업무의 일원화 등을 달성하고자 함

306) 중소·중견기업 기술로드맵 2017-2019 플랜트엔지니어링, 중소벤처기업부, 2016
307) Global Leading Player FLUOR의 핵심역량분석, 서울대학교 건설환경종합연구소, 2017.1.
308) World Construction Now 선진국의 건설지식정보 인프라-CII (Construction Industry Institute, 서울대학교 건설환경종합연구소, 2017.3.31.

□ **프랑스 최대 건설 그룹인 VINCI는 플랜트·인프라 건설 과정에서 vertical integration을 통해 최적의 효율을 달성하고 있음[309)]**

○ 동 그룹은 원자재 입수와 최종제품의 공급에 이르기까지 자회사내에서 생산 및 관리의 수직적 통합을 지향함

○ 생산 뿐만 아니라 운영까지 분야별/자회사간의 공조와 통합서비스가 가능한 체계를 그룹 내에서 구축함

□ **프랑스의 Schneider Electric은 가상 플랜트 모델을 통한 플랜트 운영 지원 프로그램인 OTS(Operator Training Simulator)를 개발함[310)]**

○ 동 프로그램은 2차원 혹은 3차원의 플랜트 공정 시뮬레이션 모델을 기반으로 위험 상황에 대한 대응법을 제시하고 플랜트 성능의 일관된 유지관리를 통해 운영자로 하여금 플랜트 운영 역량을 제고할 수 있도록 함

□ **플랜트 설계단계에서 시공 및 운영 단계에서 발생할 수 있는 다양한 문제점들을 미리 도출 및 분석하여 설계오류 검증, 비용 감소·공기 단축 등을 목적으로 하는 가상현실 기반의 설계 협업 시스템 개발이 활발히 추진되고 있음[311)]**

○ 위치 및 지리정보 기반의 시공계획/관리 시뮬레이터, 가상현실 기반의 플랜트 공정 시스템 실시간 운영 시뮬레이터 기술이 개발됨

○ 동적 공정 시뮬레이션과 사고 시뮬레이션의 연계를 통하여 이상상태 발생 시 훈련 기능까지 작업자훈련시스템의 영역이 확장되고 있음

□ **대형 사업인 LNG플랜트 사업의 경우, 프로젝트 관리역량이 부족하여 사업수주에 어려움이 있음[312)]**

○ LNG플랜트는 사업규모가 매우 큰 규모의 대형 프로젝트로 추진이 되고 있으나, 국내는 대형 프로젝트를 수행한 경험이 없음

309) Global Leading Player VINCI의 핵심 경영 전략, 서울대학교 건설환경종합연구소, 2016.7.31.
310) Schneider Electric OTS 소개 홈페이지, 2019.8. 검색기준
311) 플랜트 R&D 부처간 공동로드맵 수립 기획 최종보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2016.1.
312) 전문가 분과위원회, 2019. 6.

(5) 구매/조달 기술

□ **선도기업인 Bechtel은 자체 구매관리시스템(BPS : Bechtel Procurement System)을 운영하며, 플랜트 기자재 구매를 관리하고 있음[313]**

○ 플랜트 사업의 경쟁력은 설치 기간이나 비용 경쟁보다 기자재 구매력에 의해 좌우된다고 할 수 있을 정도임

- 플랜트 사업의 전체 사업비 중 기자재 가격이 차지하는 비중이 50% 이상이며, 공기를 좌우하므로 기자재 구매관리는 중요한 요소임

○ Bechtel은 전 세계 주요 기자재 공급자 정보를 상시 파악하고 있으며, Bechtel이 직접 정보를 축적하는 것이 아니라 전 세계 주요 기자재 공급자가 자발적으로 Bechtel의 BPS에 접근하여 공급자 정보를 수시로 보완하고 있음

□ **Bechtel은 엔지니어링과 기자재 구매를 패키지화시킨 EP시스템을 보유함[314]**

□ **국내 대기업들은 구매관리 계획 및 실행, 계약자 DB구축 및 관리 관련 시스템을 보유하고 있어 비교적 체계적인 구매관리를 수행하고 있음[315]**

○ 구매관리 활동을 위한 기본적인 절차서 및 전사시스템 모듈은 전사 차원에서 보유하고 있으며, 구매관리 담당자는 이를 활용하여 업무를 수행하는 것으로 분석됨

○ 구매관리 계획 및 실행, 계약자 관리 등은 기본적인 템플릿, 계약자 데이터베이스(DB), 계약자 관리 절차 등을 활용하여 수행하고 있으며, 사업 완료 시 수행 결과를 비교적 체계적으로 관리하고 향후 사업에 적용하고 있음

□ **국내 기업은 시공과정에서 자재 공급납기 및 품질, 물량의 불확실성을 관리하는 데에 어려움이 있음[316]**

○ 중소기업들은 계약관리, 안전관리, 공정관리, 품질관리, 리스크관리 등 다양한 시스템 엔지니어링 기술분야의 역량이 부족한 실정이며, 해외건설협회 중소기업수주지원센터의 컨설팅 또한 필요역량 확보에 도움이 되지 못하고 있음

313) Global Leading Player BECHTEHL의 핵심역량분석, 서울대학교 건설환경종합연구소, 2016. 6.
314) Global Leading Player BECHTEHL의 핵심역량분석, 서울대학교 건설환경종합연구소, 2016. 6.
315) 국내 건설기업의 해외 프로젝트관리 역량 진단, 한국건설산업연구원, 2018.8.
316) 해외건설촉진 연구개발사업 기획보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2013.7.

□ **국내에서는 EPC기업의 구매조달 관리시스템 구축을 위한 SCM기반 업무 프로세스 정립연구가 추진되었음**

○ 플랜트 구매조달단계의 SCM기반 업무 프로세스 정립 연구에서는 LNG플랜트를 대상으로 SCM도입을 위한 업무영역과 프로세스를 정립하였음

○ 연구결과는 SCM을 활용한 플랜트 프로젝트의 구매조달 업무시스템 구축에 활용될 것으로 기대됨

(6) 상세설계/시공관리 기술

□ **복잡한 공정의 생산성 향상을 통한 공사기간 단축을 위해 최근 공장에서 모듈을 제작하여 현장에서 설치하는 모듈러 공법이 추진되고 있음[317]**

○ 미국, 싱가폴 및 많은 국가에서 모듈러 건설 프로젝트가 급속하게 확대되고 있음

○ 많은 개발도상국가 및 건설인프라가 부족한 국가에서도 모듈러와 연관된 건축물에 대한 관심이 증가하고 있는 상황임

○ 수요 변화에 대하여 탄력적으로 대응할 수 있는 시설물에 대한 요구 등으로 인해 향후 모듈러 건설 시장은 지속적으로 확대될 것으로 예상됨

□ **해외 선진기업에서는 이미 다수의 육상플랜트 건설에 시공블록 모듈 기반의 모듈화 설계기술 적용을 시도하고 있음**

□ **최근 LNG플랜트와 오일샌드플랜트에서 모듈화 시공 수요가 증가하고 있음[318]**

○ 모듈러 플랜트의 경우 기존의 현장시공 플랜트의 구매 조달 업무에 제작, 운송단계가 추가됨에 따라 불확실성이 증가하며 이에 대비한 비용의 변동 위험성 분석, 평가, 대응방안 수립이 중요함

□ **국내 기업의 경우 일부 EPC기업에서 파이프랙 등 비교적 단순한 모듈 위주의 설계와 제작에 보조적으로 참여하는 수준임[319]**

○ 대기업을 중심으로 기업 내부 엔지니어링 시스템들의 정보를 통합하는 포털 시스템을 개발하여 업무에 적용하고 있으나, 외부 기관들과의 플랜트 정보 통합에는 많은 어려움이 있으며, 솔루션의 국산화가 미흡한 실정임

317) 기획논단, 국내 모듈러 공법 기술현황 및 발전 방향, 국토교통과학기술진흥원 홈페이지, 2019년 검색 기준
318) 모듈러 플랜트의 업무특성을 고려한 위험 평가 및 예비비 예측, 한국건설관리학회 논문집, 2018.9.
319) PLM 기반 모듈화 설계 기술 기획, 국토교통과학기술진흥원, 2012.12.

○ 국내 일부 건설 업체가 파이프랙 시공블록모듈을 중심으로 육상 플랜트에 모듈화 설계 기술 적용을 시도하고 있는 것으로 확인됨

□ **해외 현지 건설기준, 설계코드의 차이로 프로젝트 수주에 어려움을 겪음[320]**

○ 해외공사 발주정보 및 해외건설시장 동향 변화, 건설기준 및 제도에 대한 신속한 정보 입수는 건설기업의 해외건설 수주 및 수행을 위한 필수 요소이나, 국내기업은 이러한 정보의 수집 및 선별역량이 부족함

□ **원자력 및 석탄화력 플랜트분야는 설계 및 엔지니어링 기술을 보유[321]**

○ 국내의 경우 원자력기술 개발 사업을 통해 한전 전력연구원 및 원자력연구원이 원자력발전소의 펌프, 밸브, 배관, 압력용기에 대한 온라인 감시 및 예측진단 기술을 개발함

□ **국내 대기업을 중심으로 4차 산업혁명 지능정보 기술도입을 추진 중이며, 특히 3D기반 지능형 설계검증기술은 업계 최초로 적용[322]**

○ 최근 국내 건설기업에서는 3D Modeling, BIM을 활용한 시공 시뮬레이션을 수행하면서 공정 간 간섭 및 설계 오류를 사전에 파악하는 등 자체 모델 혹은 선진기술 활용으로 시장 선점을 모색하고 있음

□ **시공관리를 위한 시스템을 구비하고, 성과 및 시행착오에 대한 내용들을 DB화하고 있음[323]**

○ 조직 차원의 시공관리 역량은 자체적으로 체계화된 절차/규정을 보유하면서 일부 사업에 적용하고 있는 수준으로 분석되었으며, 전산시스템에서의 시공관리 역량은 시스템 구축은 이뤄졌으나 충분한 활용성은 아직 갖추지 못한 수준으로 분석됨

□ **독일 Siemens는 플랜트 정보의 수집・처리・저장을 수행하는 IoT 기반 플랫폼인 MindSphere를 개발함[324]**

○ MindSphere는 다양한 디바이스 및 기업 시스템의 지원 프로토콜 옵션, Siemens의 오픈 Platform-as-a-Service 및 AWS 클라우드 서비스와의 결합을 통해 최첨단의 플랜트 운영 환경을 제공함

---

320) 해외건설촉진 연구개발사업 기획보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2013.7.
321) 중소·중견기업 기술로드맵 2017-2019 플랜트엔지니어링, 중소벤처기업부, 2016
322) 정부 '건설산업 혁신방안 '과 소프트역량 다시 보기, 포스코경영연구원, 2018.10.
323) 국내 건설기업의 해외 프로젝트관리 역량 진단, 한국건설산업연구원, 2018.8.
324) Siemens MindSphere 소개 홈페이지, 2019.8. 검색기준

○ 동 플랫폼을 통하여 흩어져있는 장비 및 산업 자산들이 연결되어, 어느 장비가 어디에서 어떻게 작동하고 있는지에 대한 상태를 대시보드 형태로 실시간 점검할 수 있음

- 이를 통해 설비의 정비 시간 절감, 품질 및 수율 상승, 공정 실패 저감이 가능해짐

□ **미국 GE는 Digital Twin 기반 플랜트 운영 최적화·문제 예측 진단 프로그램인 Predix 및 Predix 기반의 Digital Power Plant 솔루션을 개발함[325)]**

○ Digital Power Plant 솔루션은 '15년 최초로 공개되었으며, 발전 플랜트 내에서 취합된 모든 데이터를 통합·관리함으로서 플랜트의 최적 운영을 도모함

- 동 솔루션은 신축 플랜트 뿐만 아니라 기존 발전 플랜트에도 적용할 수 있으며, 모든 공종의 발전에 대응함

○ 압력, 온도, 진동 등 다양한 운영 환경 변수를 Predix가 취합·분석하며, 이를 기반으로 동 솔루션은 문제 발생을 사전에 예측하고 최적의 해결 방법을 운영자에게 신속하게 제공함

□ **현대엔지니어링은 '16년 IDBV(Intelligent Design Basis Verification) 개발을 통해 플랜트 설계검증 업무를 3D 모델링과 접목시킴[326)]**

○ IDBV는 3D 설계 과정에서 실시간 검증을 통해 발생 가능한 오류를 실시간으로 자동 검증하고 검증 결과 보고서를 자동 생성함

- 실시간 사전 검증을 통해 설계 오류를 신속하고 정확하게 제거함으로써 재시공 비율을 절감할 수 있으며, 전체적인 설계 품질 향상으로 이어질 수 있음

○ 동 기술 개발을 통해 현대엔지니어링은 미국 Intergraph 플랜트 3D 영상 부문에서 2년 연속 최우수상을 수상함

325) 디지털 발전소를 소개합니다, GE코리아 홈페이지, 2019.8. 검색기준
326) 기술이 경쟁력이다, 현대엔지니어링, 폴리뉴스 2017.2.15.

(7) O&M기술

□ **Schlumberger, Baker Hughes, Halliburton, CNPC(China National Petroleum Corporation) 등 메이저 자원개발 기업을 중심으로 스마트 유전 관리 시스템 기술이 개발되고 있음[327)]**

- ○ Schlumberger는 '10년 쿠웨이트에 DOF 시스템을 구축, 연간 80~140만 배럴의 생산량 증대를 달성함
- ○ Bake Hughes는 리얼타임 모니터링 및 데이터 관리, 데이터 시각화 등 리스크를 줄이고 성과를 높일 수 있도록 넓은 범위의 DOF 기술 서비스 포트폴리오를 구성함
- ○ BP는 '14년부터 HP와 협력하여 6,000개의 유정에 DOF 시스템을 적용할 예정이며, 200명 이상의 데이터분석 전문가를 영입함

□ **플랜트 전체 생애주기 관점에서 기획·설계·프로젝트관리·플랜트 O&M 및 HSE 대응을 위한 공통 엔지니어링 기술과 이를 지원하는 산업용 플랫폼 개발이 추진되고 있음[328)]**

(8) 해체/철거기술

□ **EPC이후의 시운전(Commissioning), Asset Management, Demolition 과정 및 해체・철거에 대한 기술개발이 추가적으로 수행되어야 함[329)330)]**

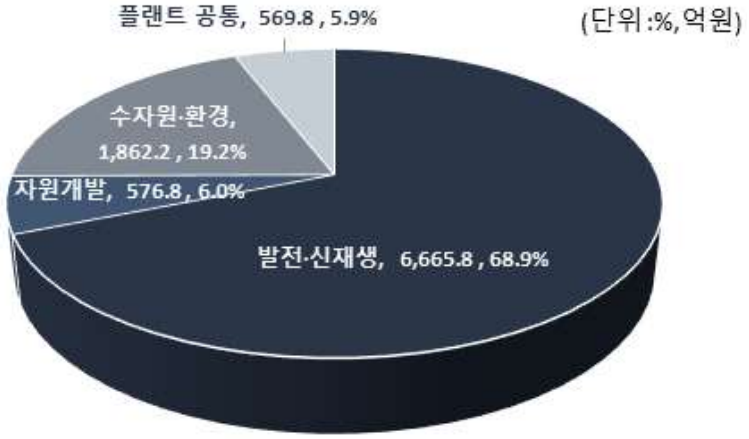
- ○ 해외 기술 선도국 중에는 계획/조사나 해체/철거 사업만 수행하는 기업들도 있으며, 벡텔과 같이 Total Supply Provider도 존재함
- ○ 신규 시장도 있으나, 노후된 시설물을 대상으로 하는 브라운필드 시장도 클 것으로 전망되며, Decommission, Demolition 분야의 시장도 상당한 규모를 가짐
  - 일반적으로 플랫폼 개발에 5억 달러가 소요될 경우, 해체・철거에는 3억 달러가 소요되는 것으로 나타남
  - 현재 북해를 중심으로 30년 이상 노후된 해상 석유 및 가스 시추 플랫폼의 비중은 35%를 초과하는 것으로 분석되며, 향후 '50년까지 약 110조원 이상이 해상 플랫폼의 해체에 투자될 것으로 분석되고 있음

327) 에너지산업 산업기술 R&BD 전략, 산업통상자원부, 2019.1.
328) 시스템산업 산업기술 R&BD 전략, 산업통상자원부, 2019.1.
329) 전문가 인터뷰, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 1차 분과회의, 2019.6.27.
330) 해상 플랫폼의 해체 시장조사 및 기술동향, 한국과학기술정보연구원, 2016.6.

2. 정부 R&D 투자 및 성과분석

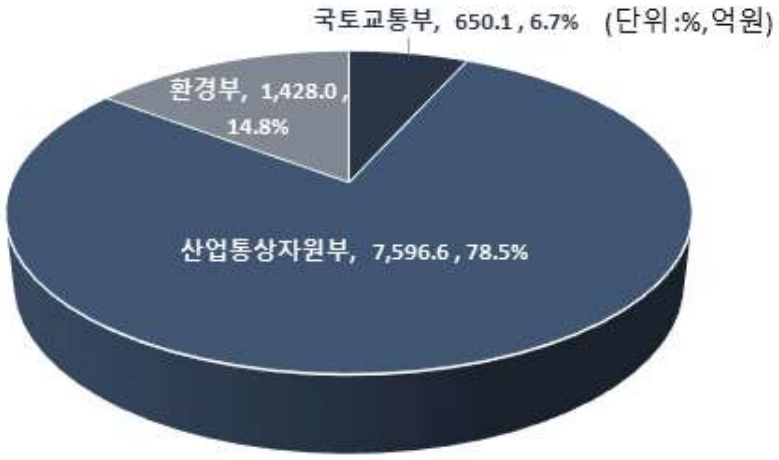
□ **'16~ '18년간 국내 플랜트분야 R&D는 총 9,677.3억원이 투자되었으며, 이 중 발전·신재생분야 R&D는 전체 68.9%인 6,665.8억원이 투자되었음**

○ 수자원·환경분야 R&D투자는 1,862.2억원으로 전체 19.2% 비중을 차지하고 있으며, 자원개발분야 R&D투자는 전체 6.0%인 576.8억원, 플랜트 공통분야에 대한 R&D는 전체의 5.9%인 569.8억원이 투자되었음



[그림 134] 플랜트별 R&D투자 비중(`16~18)

□ **'16~ '18년간 부처별 투자를 살펴보면, 국토교통부의 R&D는 전체 6.7%인 650.1억원이 투자되었으며, 산업통상자원부의 R&D투자가 7,596.6억원으로 가장 크게 이루어짐**

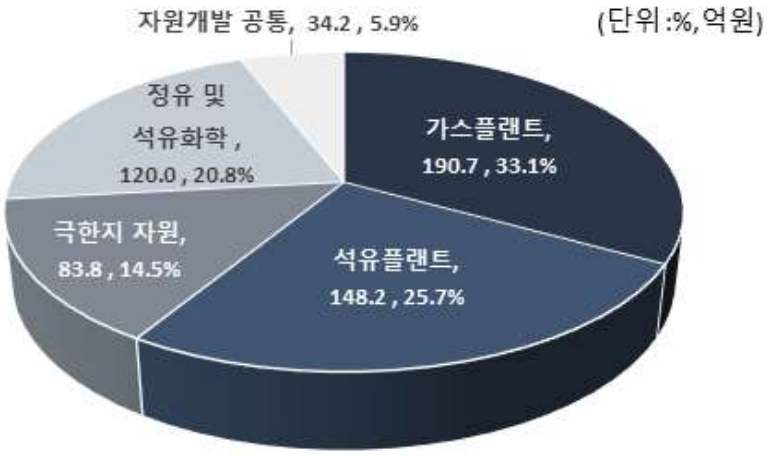


[그림 135] 플랜트 부처별 R&D투자 비중(`16~`18)

가. 자원개발 플랜트

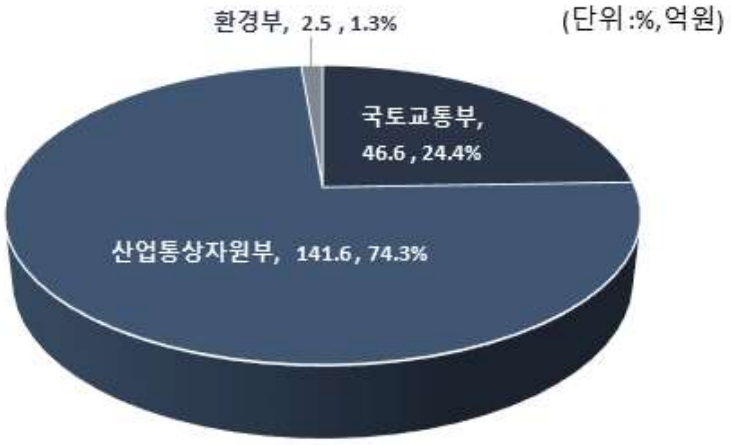
□ **'16~'18년간 자원개발 플랜트 R&D에서 가스플랜트 R&D 투자 규모가 190.7억원으로 가장 큰 것으로 나타남**

○ 가스플랜트에 이어 석유플랜트 148.2억원, 정유 및 석유화학 플랜트 120.0억원, 극한지 자원 83.8억원 순으로 투자가 이루어짐



[그림 136] 자원개발 플랜트별 R&D투자 비중(`16~'18)

□ **'16~ '18년간 자원개발 플랜트의 부처별 R&D 투자를 살펴보면, 국토교통부의 R&D는 전체 24.4%인 46.6억원이 투자되었으며, 산업통상자원부의 R&D투자가 141.6억원으로 가장 크게 이루어짐**



[그림 137] 자원개발 플랜트 부처별 R&D투자 비중(`16~'18)

(1) 가스 플랜트

□ **'16~'18년 간 가스 플랜트 R&D는 산업통상자원부 중심으로 투자되었으며, 국토교통부는 LNG플랜트, 환경부는 석탄층 메탄가스화 플랜트 R&D에 집중하여 투자한 것으로 분석됨**

○ 가스 플랜트 R&D의 대부분은 LNG플랜트 R&D이며, 산업통상자원부를 중심으로 국토교통부에서도 LNG플랜트 R&D가 추진됨

- 국토교통부는 중소형 모듈러 LNG저장탱크 개발 및 실용화 R&D를 추진함

- 산업통상자원부는 이동형 소형 육상 LNG플랜트 모듈화 엔지니어링 패키지 및 실증, 단납기 가스공급설비용 고효율 간접식 LNG재기화 엔지니어링 기술, 천연가스-디젤 혼소 분산형 발전시스템을 위한 LNG공급시스템 기술 개발을 추진함

○ 치밀 셰일가스플랜트 R&D는 산업통상자원부에서 추진되었으며, 셰일가스전 발생폐수 재이용 및 생산수 처리 시스템 엔지니어링 기술개발이 추진됨

○ 석탄층 메탄가스화 R&D는 환경부에서 추진 중이며, 온실가스 저감 CBM(Coalbed Methane) 실증 플랜트 건설・운영 기술개발사업이 '20년까지 추진예정임

<표 38> 가스 플랜트 소분류별 부처별 R&D투자(`16~`18)

(단위 : 억원)

플랜트 소분류	국토교통부	산업통상자원부	환경부	계
LNG플랜트	46.6	120.8	-	167.4
치밀·셰일가스 플랜트	-	20.8	-	20.8
석탄층 메탄가스화 플랜트	-	-	2.5	2.5
총계	46.6	141.6	2.5	190.7

(2) 석유 플랜트

□ **'16~'18년 간 석유 플랜트 R&D는 오일샌드 플랜트를 중심으로 모두 국토교통부에서 이뤄진 것으로 분석됨**

○ 석유 플랜트 R&D로는 오일샌드 육상플랜트의 고유모듈 기술 개발 및 제작, 시공 기술 개발 R&D가 추진됨

<표 39> 석유 플랜트 소분류별 부처별 R&D투자(`16~`18)

(단위 : 억원)

플랜트 소분류	국토교통부	산업통상자원부	환경부	계
오일샌드 플랜트	148.2	-	-	148.2
총계	148.2	-	-	148.2

(3) 극한지 자원 플랜트

□ **'16~'18년 간 극한지 자원 플랜트 R&D는 모두 국토교통부에서 이뤄진 것으로 분석됨**

○ 극한지 자원 플랜트 R&D 투자 규모의 94%는 파이프라인 R&D에 투자된 것으로 나타남

- 파이프라인 기술개발로는 극한지 자원이송망 유지관리 및 평가 기술, 극한지 환경 영향을 고려한 최적 파이프라인 시공 기법, 극한지 자원이송망 기반구조물 설계 기술 개발 등이 추진됨

○ 극지 자원개발 플랜트 R&D로는 북극권의 자원플랜트 현지 적용을 위한 선행기술 연구가 '23년까지 추진 예정임

<표 40> 극한지 자원 플랜트 소분류별 부처별 R&D투자(`16~`18)

(단위 : 억원)

플랜트 소분류	국토교통부	산업통상자원부	환경부	계
극지 자원개발 플랜트	4.8	-	-	4.8
파이프라인	79.0	-	-	79.0
총계	83.8	-	-	83.8

(4) 석유화학 플랜트

□ **'16~'18년 간 석유화학 플랜트 R&D는 산업통상자원부를 중심으로 투자되었으며, 산업통상자원부에서는 석유화학 플랜트 O&M을 위한 통합시스템 R&D, 환경부에서는 매립지 가스 전처리 및 LNG 증발가스 관련 R&D에 투자된 것으로 분석됨**

○ 산업통상자원부에서는 석유화학 플랜트 O&M을 위한 지식베이스 프레임워크 통합시스템 개발 등을 추진함

○ 환경부에서는 매립지 가스의 전처리 기술 개발, LNG 증발가스(BOG)의 탈루 방지 재액화 기술 개발이 추진됨

<표 41> 석유화학 플랜트 소분류별 부처별 R&D투자(`16~`18)

(단위 : 억원)

플랜트 소분류	국토교통부	산업통상자원부	환경부	계
석유화학 플랜트	-	102.9	17.1	120.0
총계	-	102.9	17.1	120.0

(5) 자원개발 플랜트 공통

□ **'16~'18년 간 자원개발 플랜트 공통 R&D는 모두 국토교통부에서 이뤄진 것으로 분석됨**

○ 자원개발 플랜트의 공통 R&D로는 드릴링 시스템의 추진체 및 방향제어 기술 개발, 석유 및 가스 플랜트에서의 유상 특화형 이수 혼합 처리 시스템 개발 등이 추진됨

<표 42> 자원개발 플랜트 공통 부처별 R&D투자(`16~`18)

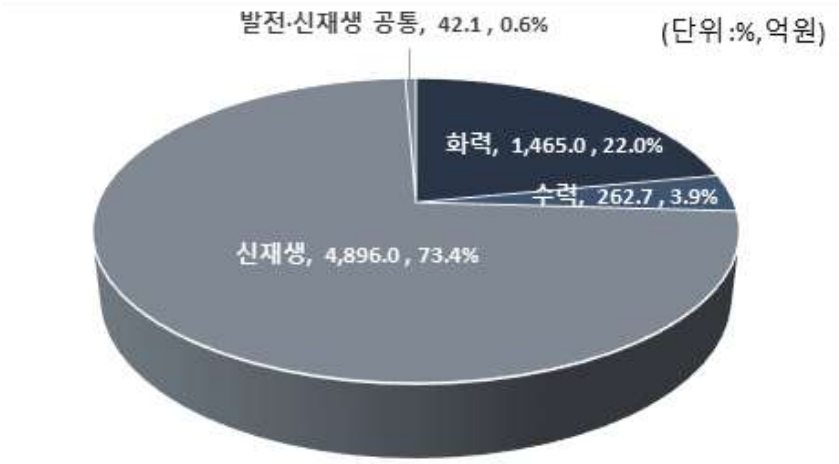
(단위 : 억원)

플랜트 소분류	국토교통부	산업통상자원부	환경부	계
자원개발 플랜트 공통	34.2	-	-	34.2
총계	34.2	-	-	34.2

나. 발전・신재생 플랜트

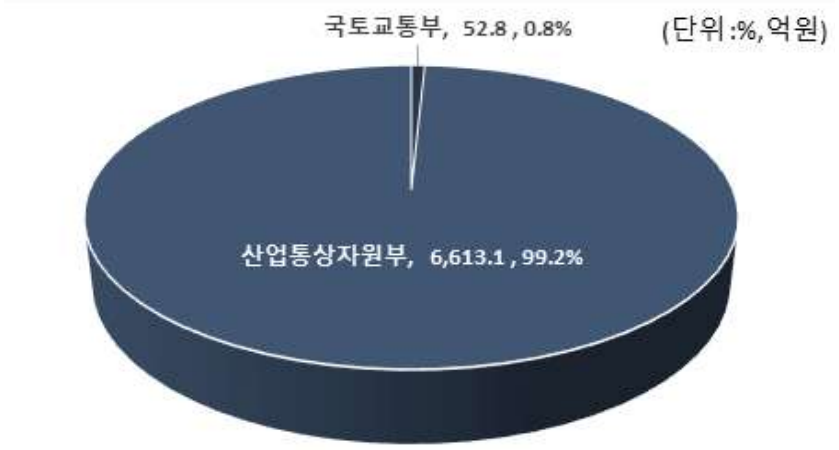
□ **'16~'18년간 발전・신재생 플랜트 R&D는 신재생분야 R&D 투자 규모가 4,896.0억원으로 전체의 73.4%를 차지하여 가장 큰 것으로 나타남**

○ 신재생 플랜트에 이어 화력발전 플랜트 1,465.0억원, 수력발전 플랜트 262.7억원, 발전・신재생분야 공통 42.1억원 순으로 R&D 투자가 이루어졌음



[그림 138] 발전·신재생 플랜트별 R&D투자 비중(`16~'18)

□ **'16~ '18년간 발전・신재생 플랜트의 부처별 R&D투자를 살펴보면, 국토교통부의 R&D는 전체의 0.8%인 52.8억원이 투자되었으며, 산업통상자원부에서 전체 발전・신재생 플랜트 R&D투자액의 99.2%인 6,613.1억원이 투자된 것으로 분석됨**



[그림 139] 발전·신재생 플랜트 부처별 R&D투자 비중(`16~'18)

(1) 화력발전 플랜트

□ **'16~'18년 간 화력발전 플랜트의 R&D는 모두 산업통상자원부의 예산으로 투자되었으며, 화력발전 플랜트 증기터빈/보일러 실증, 가스터빈 고온부품 재생정비 R&D 투자가 이루어짐**

○ 석탄화력발전 플랜트 R&D는 청정발전 기술의 실증 테스트베드 구축, 발전회 정제 및 복합무기폐기물의 중금속 안정화를 통한 CO2고용화 상용화 기술, 고효율 석탄화력용 초임계 CO2 발전 원천기술 개발 및 시험 과제 등이 추진됨

○ 가스화력발전 플랜트 R&D로는 산업용 가스터빈의 운영효율 향상을 위한 스마트 기기 연동 정비지원 시스템 개발이 추진됨

○ 분산 및 하이브리드 발전플랜트 R&D로는 천연가스-디젤 혼소 분산형 발전시스템 개발 및 실증 기술, 석탄 및 산업폐수 슬러리를 이용한 분산형 가스화 발전 기술 개발이 추진됨

○ 복합화력 발전플랜트 R&D로는 복합발전 플랜트 안전 운영을 위한 취약 노드 기술, 복합화력 HRSG 내부 Wet Partical 융합 제거 시스템 개발 및 실증 R&D가 추진됨

○ 가스화 열병합 발전플랜트 R&D로는 5,000kcal/kg 이하 복합 저급연료사용 열병합 발전시스템 요소기술, 분산발전용 바이오 오일 가스터빈 연소 시스템 개발이 추진됨

○ 화력발전 플랜트 공통 R&D로는 표준화력 500MW Retrofit을 위한 증기터빈/보일러 실증 기술, 발전용 F급 가스터빈 고온부품 재생정비 기술, 화력발전소 발생 미세먼지 대응 기술 등이 추진됨

<표 43> 화력발전 플랜트 소분류별 부처별 R&D투자(`16~`18)

(단위 : 억원)

플랜트 소분류	국토교통부	산업통상자원부	환경부	계
석탄화력발전	-	376.2	-	376.2
가스화력발전	-	5.3	-	5.3
분산 및 하이브리드 발전	-	28.7	-	28.7
복합화력 발전	-	41.9	-	41.9
가스화 열병합 발전	-	60.7	-	60.7
화력발전 공통	-	952.2	-	952.2
총계	-	1,465.0	-	1,465.0

(2) 수력발전 플랜트

□ **'16~'18년 간 수력발전 플랜트 R&D는 산업통상자원부를 중심으로 이뤄진 가운데, 국토교통부에서는 수력플랜트 전반의 시공·평가 기술 개발이 수행됨**

○ 국토교통부에서는 수력플랜트 On-Site 제작/설치 기술, 수력플랜트 안정성 검토 및 설계, 수력플랜트 성능시험 및 평가기술 개발 과제가 수행됨

○ 산업통상자원부에서는 50MW급 프란시스 수차 런너 기술개발 및 실증, 6MW급 벌브형 수차 국산화 기술개발, 100kW급 마이크로 펌프수차 개발 및 실증 등 수차 개발 과제가 수행됨

<표 44> 수력발전 플랜트 소분류별 부처별 R&D투자(`16~`18)

(단위 : 억원)

플랜트 소분류	국토교통부	산업통상자원부	환경부	계
수력발전 플랜트 공통	52.8	164.6	-	217.3
총계	52.8	209.9	-	262.7

(3) 신재생에너지 발전플랜트

□ **'16~'18년 간 신재생에너지 발전플랜트 R&D는 산업통상자원부를 중심으로 이뤄졌으며, 환경부에서 일부 태양광발전 플랜트 R&D가 수행됨**

○ 태양광발전 플랜트 주요 R&D로는 태양전지 모듈의 효율 향상, 핵심 공정장비 기술 확보, 실증단지 구축 기술 등의 과제가 수행됨

- 태양전지 모듈 향상 R&D로는 400㎠의 면적에서 효율 7% 이상을 갖는 유기 태양전지 서브 모듈 개발, 고효율 Advanced PERC 태양광 모듈 핵심기술 개발 등이 수행됨

- 핵심 공정장비 확보 R&D로는 초경량 유연 CIGS 박막 모듈 공정장비 상용화 기술개발, 100MW급 n형 이종접합 결정질 실리콘 태양전지의 핵심 공정장비 기술개발 등이 수행됨

- 실증단지 구축 기술 R&D로는 오픈프레임 모듈·UV 내구성 부유체 기반 수상태양광 시스템 개발 및 1MW급 실증, 고효율 양면(Bi-facial) 발전 태양광 모듈 개발 및 실증 과제가 수행됨

○ 풍력발전 플랜트의 주요 R&D로는 풍력발전 블레이드, 해상풍력 지지구조, 터빈 모듈 개발 등의 과제가 수행됨

- 블레이드 관련 R&D로는 국산 수지를 적용한 해상용 풍력발전기 블레이드 개발 및 실증, 70M 이상 풍력발전기 블레이드용 생산성 및 품질 향상을 위한 소재・공정기술개발 등이 수행됨

- 토목 및 건축 기술 관련 R&D로는 실규모 해상풍력 터빈을 탑재한 석션버켓 지지구조 실증연구, 3MW급 대형 풍력 발전 타워 플랜지 제작 및 설계 기술 개발 등이 수행됨

- 터빈 모듈 관련 R&D로는 3.5~4.0MW급 육상용 모듈식 드라이브 트레인 개발 및 실증, 수출주도형 100kW 풍력터빈 제어기 국산화개발 및 실증 등이 수행됨

○ 해양발전 플랜트 R&D로는 발전소 폐열을 활용한 해양복합온도차발전 실증 기술 개발, 조류-양수 융합발전시스템 개발 및 실증, 파랑변화에 대응 가능한 1MW급 운동부체 배열식 파력발전시스템 원천기술 개발 과제 등이 추진됨

○ 수소플랜트의 주요 R&D로는 수소생산단가 저감을 위한 350기압급 고분자 전해질 수전해조 스택 기술 개발, 상용 모재 기반 알카라인 수전해 전극 제조 기술 개발 과제 등이 수행됨

○ 신재생에너지 발전플랜트 공통 R&D로는 도심형 대량 신재생에너지 하이브리드 열공급 스마트 플랫폼 개발, 고정식 해양 구조물의 구조해석 및 기본설계 지원 솔루션 개발 과제 등이 수행됨

<표 45> 신재생에너지 발전플랜트 소분류별 부처별 R&D투자(`16~`18)

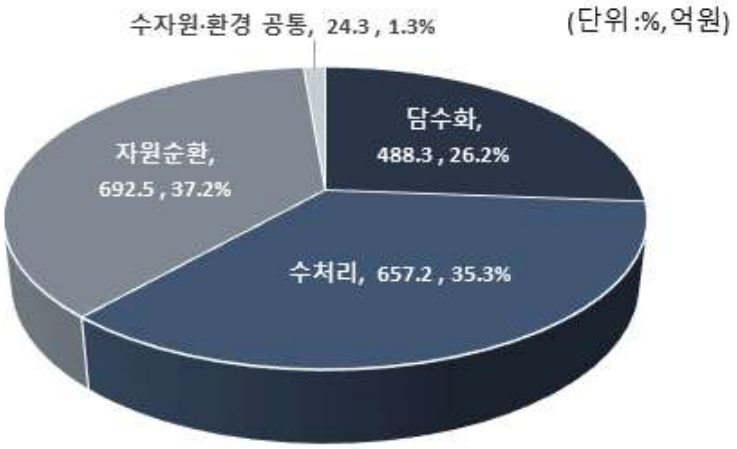
(단위 : 억원)

플랜트 소분류	국토교통부	산업통상자원부	환경부	계
태양광발전 플랜트	-	2,580.0	-	2,580.0
풍력발전 플랜트	-	1,832.5	-	1,832.5
해양발전 플랜트	-	226.4	-	226.4
수소플랜트	-	142.2	-	142.2
신재생에너지 발전플랜트 공통	-	114.9	-	114.9
총계	-	4,896.0	-	4,896.0

다. 수자원・환경 플랜트

□ **'16~'18년 간 수자원・환경 플랜트 분야의 R&D는 자원순환 분야의 투자 규모가 692.5억원(37.2%)으로 가장 큰 것으로 나타남**

○ 자원순환에 이어서 수처리 657.2억원(35.3%), 담수화(488.3억원, 26.2%), 수자원・환경 플랜트 공통 24.3억원(1.3%) 순으로 투자가 이루어졌음



[그림 140] 수자원·환경 플랜트별 R&D투자 비중(`16~'18)

□ **'16~'18년 간 수자원・환경 플랜트의 부처별 R&D 투자를 살펴보면 환경부의 투자 규모가 1,408.5억원(75.6%)으로 가장 비중이 큰 것으로 나타남**

○ 환경부에 이어 산업통상자원부(384.0억원, 20.6%), 국토교통부(69.8억원, 3.7%) 순으로 규모가 큰 것으로 조사됨



[그림 141] 수자원·환경 플랜트 부처별 R&D투자 비중(`16~'18)

(1) 자원순환 플랜트

□ **'16~'18년 간 자원순환 플랜트 R&D는 환경부를 중심으로 수행된 가운데, 산업통상자원부는 폐기물 에너지화 및 고형화/소각 플랜트에, 국토교통부는 순환형 복합 플랜트 R&D에 집중하여 투자한 것으로 분석됨**

○ 폐기물 고형화/소각 플랜트 R&D로는 산업통상자원부에서 슬러지 및 폐기물 기반 연료 생산 기술 개발이, 환경부에서는 금속 폐자원 재자원화 기술 개발이 수행됨

- 산업통상자원부는 저에너지 소비형 슬러지 고형연료 생산 및 적용 기술 개발, 도서지역 현장 이동형 1톤/일급 해안 폐기물 고형연료 생산시스템 개발 및 실증 등의 과제를 수행함

- 환경부는 PET계 미활용 폐자원의 화학원료화 상용시스템 및 용도 다변화 기술실증, 탈황 폐촉매 금속회수 상용시스템 개발, Si계 혼합슬러지로부터 초음파 기반 Si 분리회수기술 및 용도 개발 등 폐자원의 재자원화 과제를 수행함

○ 순환형 복합플랜트 R&D로는 국토교통부의 도시자원 순환형 복합플랜트 보급기술 개발 과제가 수행됨

○ 폐기물 에너지화 플랜트 R&D는 산업통상자원부에서 열분해 에너지 생산 및 열에너지 생산 기술이, 환경부에서는 신재생에너지 활용 바이오메탄 기술 개발이 수행됨

- 산업통상자원부는 열분해 액상연료 및 가스화 합성가스 동시 생산 기술개발, 저품위 혼합 폐기물의 연료화를 통한 열에너지 생산기술 개발을 추진함

- 환경부는 태양열에너지를 이용한 바이오메탄 분해기술 개발, 태양열 활용 바이오메탄 개질 플랜트의 시스템 상세 설계 및 검증 과제를 수행함

○ 자원순환 플랜트 공통 R&D는 산업통상자원부에서 폐기물 에너지 시스템 개량 기술이, 환경부에서는 배출가스로부터의 자원 회수 및 중질화 활용 기술 개발이 수행됨

- 산업통상자원부는 50t/d이상 상용급 고형연료 사용시설 효율 향상을 위한 연소 장애 극복 기술 개발, 폐기물에너지 시스템의 수냉식 화격자 국산화 적용기술 개발 과제를 수행함

- 환경부는 LFG 중질화 및 활용기술 개발, 고농도 배출가스로부터 고순도 N2O 회수 및 정제 기술개발 과제를 수행함

<표 46> 자원순환 플랜트 소분류별 부처별 R&D투자(`16~`18)

(단위 : 억원)

플랜트 소분류	국토교통부	산업통상자원부	환경부	계
폐기물 고형화/소각 플랜트	-	57.6	337.1	394.8
순환형 복합플랜트	69.8	-	-	69.8
폐기물 에너지화 플랜트	-	37.6	12.2	49.8
자원순환 플랜트 공통	-	92.1	86.1	178.2
총계	69.8	187.3	435.5	692.5

(2) 수처리 플랜트

□ **'16~'18년 간 수처리 플랜트 R&D는 환경부를 중심으로 수행된 가운데, 산업통상자원부에서는 하폐수처리 플랜트 중심의 R&D가 추진됨**

○ 하폐수처리 플랜트 R&D로는 슬러지의 고효율 처리공정, 전처리장치 및 통합 공정 개발 등이 이루어짐

- 환경부는 호기성 그래뉼 슬러지 제조 및 고효율 초고도 처리공정 개발, 저에너지 소비형 하이브리드 건조시스템 및 악취저감 통합 공정 개발, 하·폐수 처리용 고효율의 고집적 침지식 중공사막 개발 등을 수행함

- 산업통상자원부는 하수슬러지 무건조 탈산소 액화기술, 고온단상 병합혐기성소화를 위한 맞춤형 전처리 공정과 분리막 정제기술 개발 과제를 수행함

○ 정수처리 플랜트 R&D는 모두 환경부에서 이뤄짐

- 저에너지 분산모듈형 정수장치 및 원격제어 솔루션 개발, 수출 집중형 소규모 정수장치 패키지 개발 및 실증화, 머신러닝 기반 정수처리공정 진단 및 통합운영 시스템 개발 등 정수처리시스템의 효율화 및 패키지화 과제가 수행됨

- 해외 진출형 나노막(NF)/저압역삼투막(LPRO)기반 고도정수처리 장비, 가중응집제를 이용한 일체형 응집/침전 시스템 등 정수처리 공정 기술 개발이 수행됨

○ 공정수처리 플랜트 R&D로는 반도체급 산업용수용 초순수 생산공정 기술 개발 및 소모성 기자재의 국산화 개발 과제가 수행됨

○ 수처리 플랜트 공통 R&D로는 저에너지 탈염 수처리 엔지니어링 패키지, 신경회로망형(Deep Belief Network) 인공지능 기반의 통합 운영/제어 플랫폼 개발 등이 수행됨

<표 47> 수처리 플랜트 소분류별 부처별 R&D투자(`16~`18)

(단위 : 억원)

플랜트 소분류	국토교통부	산업통상자원부	환경부	계
하폐수처리 플랜트	-	56.3	308.6	364.9
정수처리 플랜트	-	-	192.1	192.1
공정수처리 플랜트	-	38.0	-	38.0
수처리 플랜트 공통	-	62.3	-	62.3
총계	-	156.6	500.7	657.2

(3) 담수화 플랜트

□ **'16~'18년 간 담수화 플랜트 R&D는 환경부를 중심으로 수행된 가운데, 산업통상자원부에서는 해외 시장 진출을 위한 기술 개발을 수행함**

○ 역삼투 해수담수화 플랜트 R&D로는 역삼투막 고급 세정기술 개발, 융합공정 고도화 기술 개발 및 해외 시장 맞춤형 기술 개발이 수행됨

- 산업통상자원부에서는 중동시장 진출을 위한 신재생에너지 해수 담수화 융합 기술 개발, 산업용 재이용수 생산을 위한 저에너지 탈염 수처리 엔지니어링 패키지 개발 과제를 수행함

- 환경부에서는 해수담수화 역삼투막 고급세정기술 개발, UAE 현지 실증 플랜트 적용 및 차세대 해수담수화 요소기술 개발, 저비용 전처리 기술개발 과제를 수행함

○ 정삼투 플랜트 R&D로는 압력지연삼투를 이용한 해수담수화 플랜트 에너지 회수기술, MD-PRO 복합탈염공정 사업화 체계 구축 개발 등이 추진됨

○ 담수화 플랜트 공통 R&D로는 해수담수화 플랜트 설계・구축・운영 기술 개발 및 하이브리드 담수화 기술개발 등이 수행됨

- 산업통상자원부에서는 무방류 지향형 고효율 하이브리드 담수화 기술 개발, 전력생산 및 담수공급용 i-WEP Tower의 개념설계 및 요소기술개발을 수행함

- 환경부에서는 저에너지 고효율 해수담수화플랜트 설계/구축/운영 기술 개발, 해수담수화 플랜트 부산물 자원화 기술 개발 등의 과제를 수행함

<표 48> 담수화 플랜트 소분류별 부처별 R&D투자(`16~`18)

(단위 : 억원)

플랜트 소분류	국토교통부	산업통상자원부	환경부	계
역삼투 해수담수화 플랜트	-	26.1	251.0	277.1
정삼투 플랜트	-	-	46.8	46.8
담수화 플랜트 공통	-	14.1	150.2	164.4
총계	-	40.2	448.1	488.3

(4) 수자원・환경플랜트 공통

□ **'16~'18년 간 수자원・환경플랜트 공통 R&D는 모두 환경부에서 이뤄진 것으로 분석됨**

○ 자원개발 플랜트의 공통 R&D로는 저농도 N2O 함유 배출가스의 열 분해 기술 개발 및 Pilot Plant 건설 및 운전, Non-CO2온실가스 중 CH4가스 활용 및 저감기술 등의 과제가 추진됨

<표 49> 수자원·환경 플랜트 공통 분야의 부처별 R&D투자(`16~`18)

(단위 : 억원)

플랜트 소분류	국토교통부	산업통상자원부	환경부	계
수자원·환경 플랜트 공통	-	-	24.3	24.3
총계	-	-	24.3	24.3

라. 플랜트 공통 R&D

□ **'16~'18년 간 플랜트 공통 분야 R&D는 산업통상자원부를 중심으로 이뤄진 가운데, 국토교통부가 차지하는 투자 비중은 전체의 36.1%로 조사됨**

○ 구매조달 단계의 R&D로는 시스템엔지니어링 기반 플랜트 엔지니어링 구매 관리지원 시스템 개발 과제가 산업통상자원부에 의해 수행됨

○ 상세설계 단계의 R&D로는 지능형 통합설계 교육시스템 개발, 클라우드 기반 기본설계 및 FEED 자동화 업무 지원 시스템 개발, 플랜트 최적설계를 위한 아키텍처 설계 등의 과제가 산업통상자원부에 의해 수행됨

○ 시공 단계의 R&D는 시공 과정에서의 협업 체계 지원 및 엔지니어링 관리 과제가 주로 수행된 것으로 조사됨

- 국토교통부는 플랜트 협업 지원 라이브러리 기술 개발, 플랜트 협업 단위 모듈화 지식 기반 시스템 및 시공성 평가 시뮬레이션 기술 개발, 플랜트 동시병행 협업체계 지원기술 개발 등의 과제를 수행함

- 산업통상자원부는 플랜트 엔지니어링 프로젝트의 지능형 통합관리 지원 시스템 개발, 3D 스캐닝 기반 플랜트 엔지니어링 응용지원 솔루션 및 활용기술 개발 등의 과제를 수행함

○ 운영 및 유지관리 단계의 R&D로는 플랜트 안전운영, O&M 지원 가상 플랜트 기술개발 등의 과제가 수행됨

- 국토교통부는 모바일 기반 실시간 지능형 P&ID 검색 시스템 개발, 센서 기반 가상 플랜트 엔지니어링 기술개발, 지식기반 플랜트 O&M을 위한 지식베이스 프레임워크 통합시스템 개념설계 개발 등의 과제를 수행함

- 산업통상자원부는 햅틱기반 플랜트 안전훈련 체감화 기술 개발, 플랜트 안전 훈련 플랫폼 구축 및 통합 기술 개발 등의 과제를 수행함

<표 50> 플랜트 공통 R&D 밸류체인 및 부처별 R&D투자(`16~`18)

(단위 : 억원)

플랜트 밸류체인 구분	국토교통부	산업통상자원부	환경부	계
구매조달	-	17.5	-	17.5
상세설계	-	95.7	-	95.7
시공	83.9	112.8	-	196.7
운영 및 유지관리	130.9	153.9	-	284.8
총계	214.9	380.0	-	594.8

4절. 경쟁력 분석

1. 기술수준 및 경쟁력 분석[331]

가. 플랜트 기술수준 분석

□ **플랜트 기술수준 분석은 최근에 수행된 플랜트 목적물별 기술수준조사 연구결과를 활용하여 도출함**

○ ‘2019년 국토교통 기술수준조사’에서는 ‘19년을 기준으로 플랜트 목적물별 해외 선진국 대비 국내 기술수준을 평가하였음

- ‘19년 연구에서는 플랜트 기술분류별로 특허·논문을 분석하여 경쟁력을 도출하고, 특허/논문 정량분석결과와 ‘15년 기술수준조사결과를 바탕으로 하는 2round 델파이로 기술수준을 평가하였음



○ 동 연구의 플랜트 분류와 ‘2019년 국토교통 기술수준조사’의 플랜트 분류는 상이하므로, 동 연구의 플랜트 분류와 연계표를 도출하였음

○ 동 연구의 플랜트 분류에 해당하는 선행연구의 플랜트별 기술수준의 평균값으로 산정함

331) 2019 국토교통 기술수준분석 및 경쟁력분석(KAIA, 국토교통부) 결과를 기반으로 동 기획 범위에 포함되는 플랜트에 대해 분석하였음

(1) 자원개발플랜트

(가) 가스 플랜트

□ **'19년 국내 가스 플랜트의 기술수준은 68.0%, 최고기술보유국과의 기술격차는 6.0년으로 분석됨**

○ 최고기술보유국은 미국이며, 우리나라의 기술수준은 '15년 64.9%에 비해 상승한 것으로 평가됨

○ 우리나라는 대형 GTL 플랜트 기술과 모듈형 마이크로 GTL 원천기술을 일부 확보하고 있으나 상용화를 위해서는 연구가 필요한 상황으로 분석됨

- 국내에서는 모듈형 마이크로 GTL 원천기술 자체개발에 성공하였으나 컴팩트 GTL 모듈화공정, 마이크로 반응기 공정 등의 연구가 필요한 상황임

(나) 석유 플랜트

□ **'19년 국내 석유 플랜트의 기술수준은 60.0%, 최고기술보유국과의 기술격차는 8.0년으로 분석됨**

○ 최고기술보유국은 미국이며, 우리나라의 기술수준은 '15년 59.6%에 비해 큰 변화는 없는 것으로 평가됨

○ 해외는 오일샌드 열공법 상용화에 따른 온실가스에너지 소비 저감 공법이 연구되고 있으며, 우리나라는 오일샌드 플랜트 핵심공정을 제외한 모듈 제작 상세분야의 실용화 단계에 도달하는 수준임

- Alberta 주정부에서는 '19년부터 오일샌드 부분개질기술 실증개발에 투자를 진행 중임

- 오일샌드플랜트 모듈화 제작 시공기술 개발이 ' 20년 완료되며, 후속 비전통오일생산기술 개발 예정

(다) 극한지 자원 플랜트

□ **'19년 국내 극한지 자원 플랜트의 기술수준은 55.0%, 최고기술보유국과의 기술격차는 8.0년으로 분석됨**

○ 최고기술보유국은 미국이며, 우리나라의 기술수준은 '15년 54.26%에 비해 큰 변화는 없는 것으로 평가됨

○ 국외는 사업 리스크 감소, 투자효율성, 이동 제약 차원에서 모듈화 건설공법이 확산 단계에 있으며, 우리나라는 에너지자원 플랜트 적용성 확보를 위한 선행연구 단계

- 러시아에서는 초대형 북극에너지개발 프로젝트인 야말LNG 개발사업이 ’17년에 1차 완성되어 생산에 들어갔으며, 야말 후속 2단계로 사할린 프로젝트를 계획 중

- 국내에서는 북극권 에너지자원 플랜트 현지 적용기술에 관한 연구가 건설환경 정립, 사업리스크 확률분석, 현지화 플랜트 공정의 개념설계 등에 관한 연구가 진행 중

(2) 발전・신재생플랜트

(가) 화력발전 플랜트

□ **‘19년 국내 화력발전 플랜트의 기술수준은 77.5%, 최고기술보유국과의 기술격차는 5.0년으로 분석됨**

○ 최고기술보유국은 미국이며, 우리나라의 기술수준은 ‘15년 74.8%에 비해 상승한 것으로 평가됨

○ 우리나라는 최근 미국과 협력하여 친환경 화력발전 기술을 개발하여 실증 플랜트를 통해 검증하였으며 이에 따라 화력발전 분야의 기술수준이 향상된 것으로 평가

- 미국의 에너지 기업들은 에너지부(DOE)의 지원으로 친환경 화력발전 플랜트 건설을 위한 CO2 원천분리 및 배가스 불순 제거 가압순산소연소시스템을 개발

- 유럽과 미국 등은 케미컬루핑연소 기술의 효율성 향상을 위해 고체입자의 산소전달량과 산소전달 반응성능, 순환유동층 연소시스템 효율 향상 등의 연구를 추진

- 최근 우리나라 에너지기술연구원에서 순산소 연소를 통해 석탄 화력발전의 이산화탄소를 원천분리할 수 있는 ‘순산소 순환유동층 보일러 원천기술’ 개발에 성공하였으며, 이를 실증규모(2MWe)급에 적용하기 위한 기술개발을 진행 중

(나) 수력발전 플랜트

□ **‘19년 국내 수력발전 플랜트의 기술수준은 72.5%, 최고기술보유국과의 기술격차는 5.8년으로 분석됨**

○ 최고기술보유국은 미국이며, 우리나라의 기술수준은 ‘15년 67.6%에 비해 상승한 것으로 평가됨

○ 우리나라는 엇회전 펌프 개발 등의 다양한 소수력발전 기술을 개발하고 있어 기술력이 향상되었으나 수력발전 운영 디지털화 분야의 연구는 미흡한 상황

- 친환경・신재생에너지 개발 정책에 따라 소규모 전기 생산이 가능한 소수력발전의 효율성 향상을 위해 유럽, 한국 등은 역회전 펌프터빈을 개발

- GE는 스페인 수력발전소가 스마트하게 전력을 생산할 수 있도록 수력발전 운영을 디지털화하는 관련 소프트웨어와 컨설팅 서비스를 제공

(다) 신재생에너지 플랜트

□ '19년 국내 신재생에너지 플랜트의 기술수준은 73.1%, 최고기술보유국과의 기술격차는 5.2년으로 분석됨

○ 최고기술보유국은 미국이며, 우리나라의 기술수준은 '15년 68.0%에 비해 상승한 것으로 평가됨

○ GE는 '18년 6월, 로터 직경 260m, 용량 12MW 세계 최대의 풍력 발전기 Haliade-X 개발 및 시범 설치하였음

○ 국내 풍력발전설비 업체는 4.2MW와 5.56MW급 풍력발전설비 개발에 성공하여 대형 풍력 터빈 생산 체계를 구축하였고, 현재 8MW급을 '22년 상용화 목표로 개발 중

○ 미국은 온도별 혐기성 소화, 반응기 형태별 혐기성 소화, 바이오가스 이용기술개발에 역점

- 유럽의 경우 대규모 집중형보다는 중소규모 농가형 바이오가스 플랜트의 설계 및 운전에 대한 기술개발이 활발

○ 기존 실리콘 태양전지 대비 저가이며 고효율을 보이는 페로브스카이트 소재를 사용한 태양전지개발을 위해 세계 각국에서 활발한 연구 추진 중

- 국내 태양전지설비 기술은 효율 22% 수준인 440W 단결정 태양전지 개발하여 상용화에 성공하였으며 효율 증대 및 생산성 확보 위한 연구 진행 중

○ 유럽, 미국, 일본은 가스화 및 발효 공정을 통해 생산된 수소의 경제성 확보를 위해 합성가스 고부가가치화, 타 발효 공정과의 연계 등 상용화 기술개발 추진

- 우리나라는 저온 수전해 시스템 제작 기술을 보유하고 있으나, 그 외 기술은 연구실 규모의 기초 연구단계

(3) 수자원・환경플랜트

(가) 담수화 플랜트

□ **'19년 국내 담수화 플랜트의 기술수준은 85.0%, 최고기술보유국과의 기술격차는 3.0년으로 분석됨**

○ 최고기술보유국은 미국이며, 우리나라의 기술수준은 '15년 87.4%에 비해 하락한 것으로 평가됨

○ 우리나라는 해수담수화 관련 연구를 지속적으로 투자하고 있으며 해외에 기술이전을 수행할 정도로 기술수준이 향상되었으나 O&M 분야의 기술력은 부족한 상황

- 미국, 유럽 등은 기존 해수담수화 플랜트의 한계를 극복하기 위하여 에너지 저감 기술 및 분리막 소재를 개발하여 해수담수화의 효율성을 향상

- 글로벌 IT 솔루션 기업들은 해수담수화 플랜트 운영비용을 줄이기 위해 다양한 역삼투압 해수담수화 플랜트 O&M 기술을 개발

- 국내에서는 세계 최초, 최대 규모(1,000m3/일) 정삼투 기반 담수화 파일럿플랜트를 통해 정・역삼투 융합 담수화 기술을 개발

(나) 수처리 플랜트

□ **'19년 국내 수처리 플랜트의 기술수준은 84.0%, 최고기술보유국과의 기술격차는 3.5년으로 분석됨**

○ 최고기술보유국은 미국이며, 우리나라의 기술수준은 '15년 83.9%에 비해 큰 변동은 없는 것으로 평가됨

○ 선진국에서는 화학품, 다저항성 박테리아, 기름 분리 등 다양한 수처리 기술이 개발되고 있으나 우리나라는 폐수처리에 국한된 연구를 수행

- 미국, 영국, 일본 등은 물 부족을 극복하기 위해 하수・폐수 처리의 효율성 향상 및 비용 절감을 위한 기술개발을 추진

- 국내에서는 발전소용 친환경 수처리 기술인 폐수무방류처리(ZLD, Zero Liquid Discharge)를 자체개발하여 발전소 및 중소형 공단 폐수처리에 적용

(다) 자원순환 플랜트

□ **'19년 국내 자원순환 플랜트의 기술수준은 84.0%, 최고기술보유국과의 기술격차는 5.0년으로 분석됨**

○ 최고기술보유국은 미국이며, 우리나라의 기술수준은 '15년 80.5%에 비해 상승한 것으로 평가됨

○ 미국은 1일 1,000톤 이상의 폐기물 에너지 생산 시스템을 개발하여 상용화하였으며 일본은 에너지 회수율 증가 관련 연구개발 추진 중

- 국내 폐기물처리 기술 중 소각열 이용기술 분야는 에너지 회수 고효율화 기술을 중심으로 개발되고 있으며, 고효율 소각일체형보일러 시스템을 개발

나. 특허 및 논문 기반 기술경쟁력 분석

□ **국토교통부의 2019 국토교통 기술수준조사 보고서 상에 발표된 내용을 기반으로 본 연구분야에 맞추어 분야별 기술수준을 재구성함**

(1) 자원개발플랜트

(가) 특허기술경쟁력

□ **발전플랜트 분야 특허기술경쟁력은 미국이 가장 높으며 한국은 비교대상 7개국 중 6위로 평가**

○ 자원개발플랜트 분야 특허기술경쟁력 순위는 1위 미국, 2위 영국, 3위 독일, 4위 일본, 5위 프랑스, 6위 한국, 7위 중국 순

○ 한국은 특허활동도(2위)에서 상위권 수준이며, 특허집중도(4위), 특허영향력(4위)은 중위권 수준, 특허시장력(6위)은 하위권 수준으로 평가

<표 51> 자원개발 플랜트 국가별 특허기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	영국	프랑스
특허활동도	0.17	0.08	0.15	0.53	0.05	0.01	0.01
특허집중도	0.91	0.70	1.01	1.13	0.94	0.77	0.81
특허시장력	0.92	2.00	2.96	0.24	123	2.91	2.11
특허영향력	1.17	0.97	3.76	0.26	2.36	1.22	0.50

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	영국	프랑스
종합점수	33.9	45.3	100.0	13.5	54.9	61.6	40.4
순위	6	4	1	7	3	2	5

(나) 논문기술경쟁력

□ 자원개발플랜트 분야 논문기술경쟁력은 미국이 가장 높으며 한국은 비교대상 7개국 중 6위로 평가

○ 자원개발플랜트 분야 논문기술경쟁력 순위는 1위 영국, 2위 미국, 3위 프랑스, 4위 독일, 5위 일본, 6위 한국, 7위 중국 순

○ 한국의 논문활동도(7위)와 논문집중도(7위)는 하위권 수준이며, 논문영향력(5위)은 중위권 수준으로 평가

<표 52> 자원개발 플랜트 국가별 논문기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	영국	프랑스
논문활동도	0.03	0.11	0.16	0.43	0.11	0.09	0.07
논문집중도	0.61	1.78	0.63	1.03	1.36	1.04	1.31
논문영향력	0.99	0.86	1.91	0.38	1.23	1.92	1.39

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	영국	프랑스
종합점수	52.0	57.3	96.	29.4	70.9	100.0	77.5
순위	6	5	2	7	4	1	3

(2) 발전플랜트

(가) 특허기술경쟁력

□ 발전플랜트 분야 특허기술경쟁력은 미국이 가장 높으며 한국은 비교대상 7개국 중 5위로 평가

○ 발전플랜트 분야 특허기술경쟁력 순위는 1위 미국, 2위 독일, 3위 일본, 4위 프랑스, 5위 한국, 6위 영국, 7위 중국 순

○ 한국의 특허활동도(2위)와 특허집중도(2위)는 상위권 수준이며, 특허시장력(5위)은 중위권 수준, 특허영향력(6위)은 하위권 수준으로 평가

<표 53> 발전플랜트 국가별 특허기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	영국	프랑스
특허활동도	0.27	0.30	012	0.24	0.06	0.01	0.01
특허집중도	1.43	2.46	0.81	0.51	1.13	0.66	0.82
특허시장력	0.85	1.10	2.62	0.30	0.66	0.89	1.17
특허영향력	0.85	1.14	2.31	035	2.43	1.07	0.96

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	영국	프랑스
종합점수	41.9	57.9	100.0	16.6	66.0	41.3	45.5
순위	5	3	1	7	2	6	4

(나) 논문기술경쟁력

□ **발전플랜트 분야 논문기술경쟁력은 미국이 가장 높으며 한국은 비교대상 7개국 중 6위로 평가**

○ 발전플랜트 분야 논문기술경쟁력 순위는 1위 영국, 2위 미국, 3위 프랑스, 4위 독일, 5위 일본, 6위 한국, 7위 중국 순

○ 한국의 논문활동도(7위)와 논문집중도(7위)는 하위권 수준이며, 논문영향력(5위)는 중위권 수준으로 평가

<표 54> 발전플랜트 국가별 논문기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	영국	프랑스
논문활동도	0.03	0.11	0.16	0.43	0.11	0.09	0.07
논문집중도	0.61	1.78	0.63	1.03	1.36	1.04	1.31
논문영향력	0.99	0.86	1.91	0.38	1.23	1.92	1.39

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	영국	프랑스
종합점수	52.0	57.3	96.	29.4	70.9	100.0	77.5
순위	6	5	2	7	4	1	3

(3) 신재생에너지플랜트

(가) 특허기술경쟁력

□ **신재생에너지플랜트 분야 특허기술경쟁력은 미국이 가장 높으며 한국은 비교대상 7개국 중 5위로 평가**

○ 신재생에너지플랜트 분야 특허기술경쟁력 순위는 1위 미국, 2위 독일, 3위 영국, 4위 일본, 5위 한국, 6위 프랑스, 7위 중국 순

○ 한국은 특허활동도(2위)와 특허집중도(2위)에서 상위권 수준이며, 특허시장력(5위), 특허영향력(5위)에서 중위권 수준으로 평가

<표 55> 신재생에너지플랜트 국가별 특허기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	영국	프랑스
특허활동도	0.21	0.11	0.09	0.53	0.04	0.01	0.00
특허집중도	10.9	0.93	0.65	1.14	0.89	0.53	0.27
특허시장력	1.40	2.26	2.95	0.21	1.15	1.69	1.64
특허영향력	1.07	1.23	4.60	0.32	2.54	2.05	0.59

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	영국	프랑스
종합점수	36.5	48.8	100.0	12.8	50.9	50.2	29.8
순위	5	4	1	7	2	3	6

(나) 논문기술경쟁력

□ **신재생에너지플랜트 분야 논문기술경쟁력은 미국이 가장 높으며 한국은 비교대상 7개국 중 6위로 평가**

○ 신재생에너지플랜트 분야 논문기술경쟁력 순위는 1위 미국, 2위 영국, 3위 독일, 4위 프랑스, 5위 일본, 6위 한국, 7위 중국 순

○ 한국의 논문활동도(7위)와 논문집중도(7위)는 하위권 수준이며, 논문영향력(5위)은 중위권 수준으로 평가

<표 56> 신재생에너지플랜트 국가별 논문기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	영국	프랑스
논문활동도	0.02	0.09	0.17	0.37	0.15	0.11	0.08
논문집중도	0.52	1.39	0.67	0.90	1.85	1.25	1.59
논문영향력	0.82	0.69	1.82	0.41	1.28	1.48	1.23

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	영국	프랑스
종합점수	46.7	49.2	100.0	31.6	84.2	88.3	78.4
순위	6	5	1	7	3	2	4

(4) 수자원・환경플랜트

(가) 특허기술경쟁력

□ **수자원・환경플랜트 분야 특허기술경쟁력은 미국이 가장 높으며 한국은 비교대상 7개국 중 5위로 평가**

○ 수자원・환경플랜트 분야 특허기술경쟁력 순위는 1위 미국, 2위 영국, 3위 독일, 4위 일본, 5위 한국, 6위 프랑스, 7위 중국 순

○ 한국은 특허활동도(3위)와 특허집중도(2위)에서 상위권 수준이며, 특허시장력(6위)은 하위권 수준, 특허영향력(5위)은 중위권 수준으로 평가

<표 57> 수자원·환경플랜트 국가별 특허기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	영국	프랑스
특허활동도	0.21	0.28	0.06	0.42	0.01	0.00	0.01
특허집중도	1.12	2.33	0.44	0.89	0.29	0.39	0.57
특허시장력	0.90	1.42	4.53	0.11	2.16	5.84	1.42
특허영향력	1.20	1.57	6.35	0.23	1.79	1.24	0.65

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	영국	프랑스
종합점수	22.4	33.8	100.0	6.4	36.6	65.3	20.3
순위	5	4	1	7	3	2	6

(나) 논문기술경쟁력

□ **수자원·환경플랜트 분야 논문기술경쟁력은 미국이 가장 높으며 한국은 비교대상 7개국 중 6위로 평가**

○ 수자원·환경플랜트 분야 논문기술경쟁력 순위는 1위 미국, 2위 영국, 3위 프랑스, 4위 독일, 5위 일본, 6위 한국, 7위 중국 순

○ 한국의 논문활동도(7위)와 논문집중도(6위)는 하위권 수준이며, 논문영향력(5위)은 중위권 수준으로 평가

<표 58> 수자원·환경플랜트 국가별 논문기술경쟁력

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	영국	프랑스
논문활동도	0.03	0.11	0.17	0.39	0.12	0.11	0.08
논문집중도	0.70	1.68	0.66	0.93	1.40	1.33	1.43
논문영향력	0.91	0.75	1.94	0.37	1.27	1.55	1.30

가중치 적용 후 환산점수 도출

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	영국	프랑스
종합점수	50.4	52.5	100.0	28.5	74.8	87.3	76.1
순위	6	5	1	7	4	2	3

2. 국내 인프라 현황 분석

가. 플랜트 관련 주요 기관 현황

(1) 자원개발 플랜트 분야

□ 자원개발 플랜트 분야 연구를 수행하고 있는 주요기관 및 보유기술현황은 다음과 같음

<표 59> 자원개발 플랜트 분야 국내 연구기관 및 보유기술 현황

산·학·연 구분	기관명	보유기술 현황
산	(주)세트이엔지	▪ 상용화(음폐수 바이오가스 습식 생물탈황기술)
산	(주)신넥앤테크	▪ 상용화(음폐수 바이오가스 습식 생물탈황기술)
산	(주)씨이에스	▪ 상용화(음폐수 바이오가스 습식 생물탈황기술)
산	(주)아스페	▪ 국내 PSA방식 정제시설 시공
산	(주)에코에너지	▪ 상용화 (발전시설 원료 공급, 최대 500N㎥ LFG/min) ▪ 상용화 (습식 황화수소 제거기술 약 583N㎥/min 규모)
산	(주)제이오	▪ 0.2bpd 규모의 pilot 플랜트 제작 및 시공 기술
산	BF international	▪ DFDE,LNG-RV,DRL 등 고효율, 대형화 LNGC기술 안정화 단계 ▪ pilot 규모 설계/제작/ 평가 완료 단계 (20 Nm3/h)
산	EDRC	▪ pilot 규모 설계/제작/ 평가 완료 단계 (20 Nm3/h)
산	GS건설	▪ 캐나다 중질원유 오일샌드에서 석유 성분 추출 기술
학	KAIST	▪ 프로토타입 모델의 신뢰성 및 안전성 평가 단계
연	KIST	▪ 플랜트 Bench 신뢰규성모 평성가능 단계
산	SK건설	▪ 오일샌드 플랜트 기본 설계 및 모듈공정 기술 ▪ 캐나다 Fort Hilss 오일샌드 플랜트 시공 기술
산	STAUFF	▪ 단위공정기술을 hybrid한 고효율 LNG-FPSO, LNG-FSRU 기술개발단계
연	고등기술연구원	▪ 중소형 GTL FEED 설계 기술 부재
학	공주대학교	▪ 중소형 GTL FEED 설계 기술 부재
산	금호건설	▪ Bench 규모의 성능평가 및 신뢰성 시험 단계
학	대구가톨릭대학교	▪ Bench 규모의 성능평가 및 신뢰성 시험 단계
산	대우건설	▪ 가스 플랜트 모듈화 설계 기술
산	대화알로이텍	▪ 가스 플랜트 모듈화 설계 기술
학	부산대학교	▪ 가스 플랜트 모듈화 설계 기술
산	삼성엔지니어링	▪ 가스 플랜트 모듈화 설계 기술 ▪ pilot 플랜트 실증규모 운영 가능
산	삼성중공업	▪ pilot 플랜트 실증규모 운영 가능
산	삼이코포레이션	▪ Xebec사 PSA 정제기술 국내 에이전트
산	성진지오텍	▪ 오일샌드 플랜트 모듈 설계 기술
산	수도권매립지관리공사	▪ 오일샌드 플랜트 모듈 설계 기술 ▪ 가스 전처리공정(제습, 탈황, 탈실록산) 설계, 시공, 운전

산·학·연 구분	기관명	보유기술 현황
학	전남대학교	▪ pilot test 완료 단계(20 Nm3/h)
산	제이오	▪ pilot test 완료 단계(20 Nm3/h)
학	중앙대학교	▪ 실증규모 모사 가능
연	플랜트건설연구원	▪ 실증규모 모사 가능
산	한국가스공사	▪ 실증규모 모사 가능
산	한국가스기술공사	▪ LNG인수기지 유지관리 기술 ▪ LNG터미널 운영건설 노하우 ▪ 바이오가스 전처리, 정제 기술 보유
연	한국건설기술연구원	▪ LNG 플랜트 모듈화 설계 기술
연	한국에너지기술연구원	▪ Pilot 플랜트 설계 기술

(2) 발전・신재생 플랜트 분야

□ **발전・신재생 플랜트 분야 연구를 수행하고 있는 주요기관 및 보유기술현황은 다음과 같음**

<표 60> 발전·신재생 플랜트 분야 국내 연구기관 및 보유기술 현황

산·학·연 구분	기관명	보유기술 현황
연	K-Water 연구원	▪ 보유기술 현황
학	강릉원주대	▪ 내진 안전성 평가
산	강산정밀	▪ 내진 안전성 평가
학	경희대학교	▪ 발전플랜트 안정성 평가 및 진단 관리
산	대양수력	▪ 발전플랜트 안정성 평가 및 진단 관리
산	두산중공업	▪ 발전플랜트 안정성 평가 및 진단 관리
산	두산중공업	▪ 발전플랜트 안정성 평가 및 진단 관리
산	디엔디이	▪ 발전플랜트 안정성 평가 및 진단 관리
학	목포대학교	▪ 수차 설계기술(형상, 유동해석, 안정성 등)
산	반석엠에스	▪ 수차 제작 및 조립 기술
산	수자원기술주식회사	▪ 수력발전 시스템 운영 최적화(시운전, 유압제어, 부대설비 운영) 기술 ▪ 수차 제작 및 조립 기술
학	안동대학교	▪ 수력발전 시스템 운영 최적화(시운전, 유압제어, 부대설비 운영) 기술
산	유신	▪ 수력발전 시스템 운영 최적화(시운전, 유압제어, 부대설비 운영) 기술
학	인덕대학교	▪ 수력발전 시스템 운영 최적화(시운전, 유압제어, 부대설비 운영) 기술
산	일진에너지	▪ 플랜트 기자재 및 모듈 설계 기술
산	㈜신한정공	▪ 플랜트 기자재 및 모듈 설계 기술 ▪ 수력발전 시스템 현장설치(수차 및 발전기 기술)
산	주연정공	▪ 수력발전 시스템 현장설치(수차 및 발전기 기술)
학	충남대학교	▪ 수력발전 시스템 현장설치(수차 및 발전기 기술)
연	한국과학기술연구원	▪ 수력발전 시스템 현장설치(수차 및 발전기 기술) ▪ 화력발전기 설계기술(형상, 유동해석, 안정성 등)

산·학·연 구분	기관명	보유기술 현황
연	한국기계연구원	▪ 수차 성능 시험 기술
산	한국씨스코	▪ 수차 성능 시험 기술
연	한국원자력연구원	▪ 수차 성능 시험 기술
연	한국전력연구원	▪ 제어시스템 알고리즘 및 시퀀스 기술
연	한국조선해양기자재 연구원	▪ 제어시스템 알고리즘 및 시퀀스 기술
학	한국해양대학교	▪ 제어시스템 알고리즘 및 시퀀스 기술
산	효성중공업	▪ 발전기 제작 및 조립 기술
산	대성산업가스	▪ 대규모 공기분리장치와 반도체용 초고순도 특수가스 제조시설을 갖춤
산	덕양	▪ 군산공장에 중압·고압 압축기 5대, 세정탑, 탈산소 촉매탑 등의 시설을 갖추고 있으며 시간당 4,000N㎥의 수소를 생산
산	SPG케미칼	▪ 초고순도 H2를 안정적으로 공급
산	창신화학	▪ 하우든 버튼 코블린사의 다이아프램 컴프레셔 4대를 통해 시간당 최대 3,200N㎥ 의 순도 99.999%의 수소를 생산
산	SK이노베이션㈜	▪ LPG를 이용한 30Nm3/h 수소 제조장치 및 이를 활용한 수소스테이션 개발
산	일진복합소재	▪ 1세대 FCEV 수소 700bar 용기 유럽인증 완료
산	㈜효성	▪ 국내 최초 프로판가스 탈수소공법으로 수소 생산 ▪ `15년 프로필렌 생산규모 20만t→50만t 증설로 수소생산 증대

(3) 수자원・환경 플랜트 분야

□ **수자원・환경 플랜트 분야 연구를 수행하고 있는 주요기관 및 보유기술현황은 다음과 같음**

<표 61> 수자원·환경 플랜트 분야 국내 연구기관 및 보유기술 현황

산·학·연 구분	기관명	보유기술 현황
산	두산중공업	▪ 국내유일의 자체프로세스 및 EPC/Turnkey 능력 보유업체 ▪ 신기술인 하이브리드식 대형해수 담수화 플랜트를 세계 최초로 중동 UAE 후자이라에 건설함 ▪ 현재 Shuaibah RO 플랜트 건설 완료, Shuwaikh RO, Jeddah RO 플랜트 건설 중임
산	현대건설 및 현대엔지니어링	▪ 주로 MSF 방식의 건설부분 수행 ▪ EPC/Turnkey수행 경험 미보유
산	동안엔지니어링	▪ RO 방식을 주로 사용하여 염수 및 지하수를 이용한 산업용 정수 및 초순수설비 시공
산	웅진케미칼	▪ 세계 4번째 16인치 역삼투막 개발 ▪ 정삼투막 8 인치 프로토타입연구
산	대우건설	▪ 자체적으로 저에너지 정삼투 해수담수화 기술 실용화 수행 ▪ 10㎥/일 규모의 정삼투 파일럿 플랜트 설계/시공/운전을 통하여 100㎥/일 이상의 설계/시공기술을 확보
산	포스코건설	▪ 3만㎥/일 규모의 해수담수화 시설 준공

산·학·연 구분	기관명	보유기술 현황
산	에코니티	▪ HDPE를 이용한 침지형 하폐수 처리용 막, PVDF를 이용한 가압형 정수용막 등을 개발
연	국토교통과학기술 진흥원	▪ 건설교통기술혁신로드맵 및 중장기 계획 등 다양한 국토교통 R&D 정보 제공 ▪ 지하공간 활용 도시기반 복합플랜트 실증 사업의 전반적 사업관리 및 예산 운용 등의 실무 추진 계획
연	한국환경산업기술원	▪ 하폐·수 고도처리 및 유용자원 재활용 기술 개발 ▪ 가연성·유기성 폐자원 에너지화 기술개발
연	한국에너지기술평가원	▪ 기후변화, 고유가 등 에너지 환경변화 대응을 위한 녹색성장 기술개발 ▪ 스마트 송전, 스마트 전력서비스 기술 개발
연	한국건설기술연구원	▪ 도시기반 순환형 복합플랜트 연구 ▪ 구조물 기초, 터널, 지반 보강·개량, 지반환경 등과 관련된 각종 인프라의 첨단 건설 기술 개발
연	한국생산기술연구원	▪ 에너지자원 관련 플랜트 핵심기술 개발 ▪ 생산기반기술연구 및 생산시스템의 통합 및 친환경, 고효율, 자동/기능화 생산시스템 기술개발
연	한국기계연구원	▪ 대형 복합 기계시스템의 설계와 엔지니어링에 필요한 핵심 요소 기술 ▪ 플랜트와 타 기술 분야의 융합 및 플랜트 안전 확보 기술
연	한국에너지기술연구원	▪ 하수슬러지 연료화 제조 및 공정기술 개발 ▪ 저탄소 에너지/환경 공정기술 개발
연	한국환경정책평가 연구원	▪ 지속가능한 국토환경 조성을 위해 전략 수립과 계획·관리에 관한 연구를 추진 ▪ 물관리 정책 및 신재생에너지 정책과 관련하여 기술개발 방향 제시
산	한국토지주택공사	▪ 기후변화 적응을 위한 도시기반시설 설계효율화 및 설계기준 ▪ 도시 및 교통계획, 도시기반 환경계획, 경관 및 조경계 획 등
산	GS건설	▪ 초장대 터널 및 지하공간을 높은 효율성으로 안전하게 시공할 수 있는 설계, 시공, 유지관리 기술
산	현대엔지니어링	▪ 폐기물을 차량연료로 만드는 바이오가스 차량연료화 정제기술 개발
연	고등기술연구원	▪ 에너지환경 분야의 pilot plant 설계/제작/시운전까지의 turn-key service 운용 및 공정해석
산	한국플랜트산업협회	▪ 해외플랜트 타당성 조사 지원 ▪ 해외 수주 지원 ▪ 플랜트 관련 전문인력 양성 ▪ 중소형 플랜트 수출 지원 ▪ 플랜트 산업 관련 이슈별/국가별 연구
연	건설연구인프라운영원	▪ 전국에 분산 구축된 대형실험시설 운영 및 관리 ▪ 재난 및 안전분야(구조물, 지반 등)에 대한 대형 실증실험 지원 및 컨트롤타워 역할
연	건설기계부품연구원	▪ 융복합 건설기계, 친환경 건설기계 관련 기술개발 및건설기계 제품・부품 신뢰성 평가
연	건축도시공간연구소	▪ 건축·도시공간과 관련한 국정과제 및 중장기 발전방향 제시 ▪ 기본계획 수립, 법령 제·개정 등 정책현안에 대한 개선 방안 도출 수행
연	한국건설기술연구원	▪ 유비쿼터스 기반 지하 도시시설물 지능화 기술

나. 플랜트 관련 주요 인력 현황

□ 국내 플랜트 엔지니어링 관련 기계설비·전기전자·화학공학 분야 기술자는 약 21만 2,800여명으로 조사됨

○ 21만 2,800여명의 기술자 중 동 분야 석사 이상의 학위를 가진 기술자는 총 27,612명(13.0%)이며, 이들은 고급 인력으로 분류할 수 있음

<표 62> 플랜트 관련 산업기술인력 인프라(출처 : 2018년도 산업기술인력 수급동향 실태조사)

인력구분	고졸	전문학사	학사	석사	박사	계
기계공학 기술자 및 연구원	0	10,812	45,743	10,596	5,007	72,158
공업기계 설치 및 정비원	7,387	8,110	2,323	15	0	17,835
발전 및 배전 장치 조작원	2,821	1,918	1,056	0	0	5,795
전기·전자 및 기계 공학 시험원	0	11,754	10,592	3,071	159	25,576
화학공학 기술자 및 연구원	2,393	2,827	16,544	5,521	1,691	28,976
화학공학 시험원	0	3,078	3,170	525	210	6,983
화학물 가공장치 조작원	11,861	2,424	81	0	0	14,366
기타 석유 및 화학물 가공장치 조작원	3,156	698	616	0	0	4,470
화학제품 생산기 조작원	25,631	4,993	2,462	7	17	33,110
가스·에너지 기술자 및 연구원	0	200	406	356	437	1,399
석유 가스 관련 제어장치 조작원	1,853	288	0	0	0	2,141
합계	**55,102**	**47,102**	**82,993**	**20,091**	**7,521**	**212,809**

□ '17년도 기준 주요 플랜트 기자재 EPC 업체 임직원들은 인력개발보다는 고용 유지를 선호하는 것으로 조사됨[332)]

○ 중소·중견 규모의 플랜트 기자재 업체들은 불황기에 자금력이 급속히 악화되어 인력을 재배치하여 운용하기 어려운 상임

- 플랜트 총괄 조사 결과, 시장이 현 상태로 유지될 것으로 전망하는 비중은 54.8%, 축소될 것으로 전망하는 경우는 28.8%로 집계됨

332) `18년도 플랜트 기자재 인력수급 및 교육훈련 수요조사 보고서, 한국플랜트산업협회, 2017.

- 반면, 플랜트 기자재 업계 종사자들은 이들보다 낮게 보아 현 상태 유지를 41.6%, 축소 전망을 42.6%로 응답하여 시장을 더 부정적으로 예측하는 것으로 나타남

○ 조사 대상 기업의 64.4%가 2017년도 1년 간 인력을 충원하였으나, 이는 결원 보충, 업무 및 조직 변경에 따른 고용으로, 기존사업 확대 혹은 신규 사업 진출 등에 따른 전체 인원 확대로 연결되지 않음

□ **플랜트 기자재 관련 업체의 평균 근속 기간은 '7~9년', 연차별 비중은 사원·대리가 가장 많은 비중을 차지하는 것으로 나타남[333)]**

○ '7~9년'의 근속 기간은 31.7%로 나타났으며 이어서 '4~6년' 30.7%, '10년 이상' 25.7%, '1~3년' 11.9%로 나타나 플랜트 관련 업체 종사자의 절반 이상이 '7년 이상' 근속하여 근무하고 있는 것으로 조사됨

○ 사원·대리의 비중이 33.8%로 조사되었으며, 이어서 '부장(10년 이상)'이 27.2%, '과장(4~6년차)' 21.5%, '차장(7~9년차)'가 17.5%순으로 조사됨

□ **'16년도 기준 발전플랜트 전문 인력은 9,635명으로 조사되었으며 설계 부문에 가장 많이 분포되어 있는 것으로 나타남[334)]**

○ 발전플랜트 업무에 종사하는 국내 전문인력의 수는 9,635명으로, 플랜트산업협회 소속 기업의 플랜트 부문 전문인력 총 26,172명의 36.8%로 조사됨

○ 설계 부문 3,387명(35.2%)에 이어 사업관리 2,709명(28.1%), 시공 1,255명(13%), 기획/영업 1,172명(12.2%), 구매 937명(9.7%), 시운전 175명(1.8%) 등의 순으로 나타남



[그림 142] `16년도 발전플랜트 부문 직무군 별 전문인력 수(출처 : 한국플랜트산업협회)

333) `18년도 플랜트 기자재 인력수급 및 교육훈련 수요조사 보고서, 한국플랜트산업협회, 2017.
334) `18년도 플랜트 기자재 인력수급 및 교육훈련 수요조사 보고서, 한국플랜트산업협회, 2017.

□ **학력 별 인력 현황으로는 학사 졸업자가 7,832명(81.3%)으로 가장 많은 비중을 차지하였으며, 이어서 석・박사 1,027명(10.7%), 전문학사 776명(8.0%) 순으로 조사됨[335]**

○ 고학력 전문인력인 석・박사 졸업자가 가장 많은 비중을 차지한 부문은 설계 분야(14.7%)로 조사되었으며, 이어서 기획 영업 8.3%, 사업 관리 7.5%, 시공 6.5%, 시운전 5.1%, 구매 4.5%의 순으로 나타남

<표 63> 발전플랜트 분야 부문별·학력별 전문인력 분포

부문별 인력구분		전문학사	학사	석·박사
기획/영업	**기획/영업 총계**	**132**	**943**	**97**
	마케팅	32	337	65
	견적	47	354	19
	프로포절	53	252	13
사업관리	**사업관리 총계**	**208**	**2,297**	**204**
	사업관리	166	1,938	162
	공정관리	37	221	14
	계약관리	5	138	28
설계	**설계 총계**	**261**	**3,427**	**636**
	설계관리	5	51	82
	성능	14	23	5
	기계	14	609	106
	배관	55	360	19
	전기	65	341	32
	계장	19	429	32
	토목	5	257	176
	건축	14	237	100
	수처리	19	78	28
	공조	9	189	14
구매	**구매 총계**	**42**	**853**	**42**
시공	**시공 총계**	**143**	**1,031**	**81**
	기계	37	300	9
	배관	32	78	1
	전기	19	178	6
	계장	14	83	5
	토목	14	221	37
	건축	27	171	23
시운전	**시운전 총계**	32	134	9
총 계		**776**	**7,832**	**1,027**

335) `16년도 플랜트산업 인력수급 실태 및 교육훈련 수요조사 결과 보고서(발전플랜트 분야), 한국플랜트산업협회, 2015.

다. 플랜트 관련 시설 및 장비 현황

(1) 자원개발 플랜트 분야

□ **정유 및 석유화학 관련 장비·기자재로서 촉매 제조·반응 시험 시설, bench 및 pilot 스케일 리포밍 및 FT 반응기 시설, 공정 및 반응기 설계 시뮬레이션 하드웨어 및 소프트웨어 등이 있으며 국내 연구기관 및 기업에서 이를 보유하고 있음**

- 화학연구원, 에너지기술연구원, KIST를 비롯한 출연연구소와 화학공학과가 있는 국내연구중심 대학들은 촉매 성능을 랩 규모에서 테스트하기 위한 기본 시설 및 장비를 다수 보유 중임
- 촉매 대량 제조 시설은 (주)희성 촉매, (주)대화알로이테크를 비롯하여 다수의 국내 중견 기업에서 보유
- 반응기 설계 및 제조 시설은 (주)알파라발코헥스, 이노월 등의 중견 기업에서 보유 중
- 공정 및 반응기 설계/모사 소프트웨어(UniSim Design Suite (Honeywell, Inc.), PRO II (Invensys), Matlab (MathWorks Inc.), COMSOL Multiphysics (COMSOL Inc.))는 화학연/에기연/KIST를 비롯한 출연연구소와 서울대/아주대/중앙대 등 국내연구중심 대학에서 다수 보유
- Bench 및 pilot scale로 반응을 진행하며 마이크로 반응 시스템 및 촉매 안정성을 시험할 수 있는 반응 공정 연구시설은 한국화학연구원 및 한국에너지기술연구원이 등이 보유하고 있음
- 공정 기본설계 및 상세설계를 위한 하드웨어 및 소프트웨어는 (주)에코프로, (주)제이오를 비롯한 중견기업과 대형 엔지니어링사가 모두 보유

<표 64> 자원개발 플랜트(정유 및 석유화학) 분야 관련 국내 기자재 인프라 현황

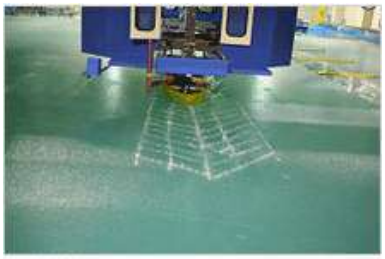
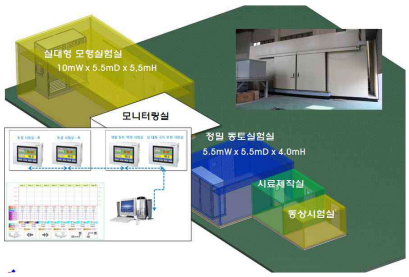
보유 기관	연구시설 및 장비명	규격 (모델명)	비고 (설치 장소)
한국에너지기술연구원	▪ CO, H2 gas analyzer	A0 2020 Uras 26, Caldos 27	대전본원 화석실험동 1층 102-2호
	▪ 분리막 코팅장치 성능개조	시작품 제작	대전본원 제2연구동 1층 103호
현대중공업	▪ 공정모사용 S/W(임차)	ASPEN Energy Analyzer	현대중공업
	▪ 공정모사용 S/W(임차)	ASPEN Plus	현대중공업(주)
	▪ 공정모사용 워크스테이션	HP 820	현대중공업-구매 진행 중
한국화학연구원	▪ 촉매평가시스템	고정상 반응기	화학연구원,3연구동,109호
	▪ 생성물 분석용 GC 시스템	Acme 600 GC	화학연구원,3연구동,109호
	▪ 전산모사 소프트웨어	ASPEN 8.4	화학연 3연구동 105호
	▪ 전산모사 소프트웨어	ASPEN 8.4	화학연 3연구동 105호

□ **극한지 자원 플랜트 관련 장비・기자재는 한국해양과학기술원, 한국건설기술연구원에서 보유하고 있는 것으로 조사됨**

○ 한국해양과학기술원은 해상 선박의 빙해에서의 거동 실험을 위한 대덕분원 연구 부지에 빙해 수조 시설을 '09년부터 보유함

○ 한국건설기술연구원은 극한공학실험실 구축을 통해 대형냉동챔버 설비와 정밀냉동챔버 시험을 수행함

<표 65> 자원개발 플랜트(극한지 자원플랜트) 분야 관련 국내 기자재 인프라 현황

보유 기관	연구시설 및 장비명	규격 (모델명)	활용 목적 및 성능
한국해양과학 기술원	▪ 빙해 수조  	42×32×2.5m (L×W×D)	▪ 빙해를 재현할 수 있는 대형 수조 ▪ -50℃까지 온도를 낮출 수 있는 극저온 콜드룸 2실
한국건설기술연 구원	▪ 극한공학실험실  	-	▪ -50~50℃ 온도에서의 정밀동토역학 시험 수행 ▪ 실대형 극지모형 수행 ▪ 동결시험 수행

(2) 발전・신재생 플랜트 분야

□ **발전 플랜트의 경우 대학 및 산업체에서 토질 역학 시험기, 압축 시험기, 수차모델 시험설비, 부하 및 전압 변환장치 시험기 등을 보유하고 있으며 국책 연구기관에서는 수차 시험 설비 등을 보유 중임**

○ 대양수력은 수차 모델시험장비, 발전기 특성시험 설비, 분경용 워크스테이션, 터닝 가공 머신, 발전기 코일 성형기 등의 설비를 보유함

○ 인덕대학교는 대형 토조시험 장치, 전자동 삼축압축시험기/CRS, 복합 토질 역학 시험기 등을 보유함

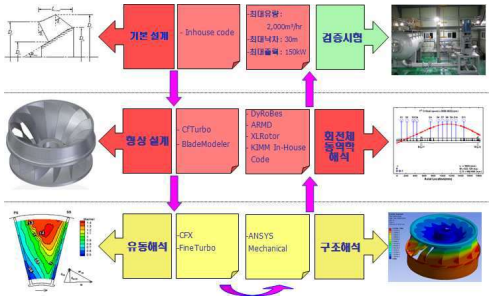
○ 두산중공업은 화력/원자력 Balancing Bunker, 발전기 제작공장, 발전기 성능시험장, TCS(Turbine Control System), Engineering Room, Excitation System Simulator Room, Excitation System Test Shop 등의 시설을 보유함

○ 강릉원주대학교는 전압 및 전류 분석 기기를 보유함

○ 한국기계연구원은 설계/해석/소프트웨어, 구조해석 S/W, 회전체 동역학 설계/해석, 수력성능시험 설비 등을 보유함

<표 66> 발전·신재생 플랜트 분야 관련 국내 기자재 인프라 현황

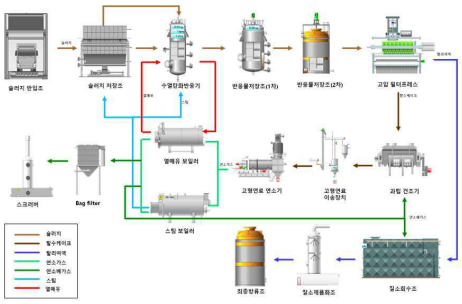
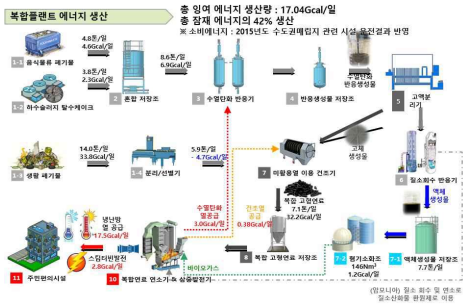
보유 기관	연구시설 및 장비명	규격(모델명)	활용 목적 및 성능
대양수력	▪ 수차모델시험설비 	-	-
인덕 대학교	▪ 대형 토조시험 장치 	-	▪ 대형 토조 시험
	▪ 전자동 삼축압축시험기/CRS 	-	▪ 삼축압축 시험
	▪ 토질 역학 시험기 	-	▪ 토질역학 시험

보유 기관	연구시설 및 장비명	규격(모델명)	활용 목적 및 성능
두산 중공업	▪ 발전기 성능 시험장 	-	▪ 용량별 발전기 성능 시험
	▪ 고속 밸런싱 시험장 	-	▪ 고속 밸런싱 시험
강릉원주대 학교	▪ 3상부하 시험기, 주파수 및 전압 변환 장치, 3상 전력분석기 등 	-	▪ 발전기 전류 및 전압 시험
한국기계 연구원	▪ 설계 및 동역학, 구조 해석 시험 설비 	-	▪ 설계/해석/소프트웨어 ▪ 구조해석 S/W, 회전체 동역학 설계/해석 ▪ 수력성능시험

(3) 수자원・환경 플랜트 분야

□ 고등기술연구원은 50톤/일 급 처리용량 수열탄화 통합공정 시설 및 인구 2만명 기준의 복합플랜트 시설을 보유하고 있으며, 한국산업기술시험원, 건설기계부품연구원, 각 대학에서 자원순환 플랜트 구축에 필요한 연구장비 및 설비를 갖추고 있음

<표 67> 수자원·환경 플랜트(자원순환) 분야 관련 국내 기자재 인프라 현황

보유 기관	연구시설 및 장비명	규격 (모델명)	활용 목적 및 성능
고등기술연구원	▪ 50T/D 처리용량 수열탄화 통합공정 시설 	▪ 슬러지 저장조 : 50㎥ / 슬러지 이송(HOSE) 펌프 : 10㎥/hr X 20kgf/㎠ X 1기	▪ 하수슬러지 50톤/일(함수율 80% 기준)
	▪ 인구 2만 기준 복합플랜트 시설(Test Bed) 	▪ 슬러지 저장조 : 35㎥ / 음식물류 저장조 : 35㎥ / 생활폐기 ▪ 물 저장조 : 35㎥	▪ 인구 2만명, 음식물류폐기물 5톤/일, 하수슬러지 4톤/일, 생활폐기 ▪ 물 14톤/일
한국산업기술시험원	▪ 기계설비성능평가, 내진검증 및 시험평가, 승강기시험평가, 방폭인증, 조선기자재 시험인증, 음향기기 음압시험	-	▪ 시험 인증
건설기계부품연구원	▪ 금속 및 관련제품(인장, 굽힘, 브리넬 경도, 충격시험 방법 등)	-	▪ 시험
재료연구소	▪ 금속 및 관련제품(인장,브리넬 경도시험 방법),플라스틱 및 관련 제품, 철강(철 및 강의 스파크 방전 원자 방출 분광 분석 방법 등)	-	▪ 시험
한밭대학교 재료평가 연구센터	▪ 금속 및 관련제품(비커스, 로크웰 경도 시험방법 등)	-	▪ 시험
한국산업기술대학교	▪ 에너지효율(최대 수요 전력 제어기, 고효율에너지기자재)	-	▪ 시험

3장. 기술개발 전략

1절. 기술개발 추진 플랜트

1. 해외건설 신시장 진출 대상 플랜트 종합분석

가. 자원개발 플랜트

(1) 가스플랜트

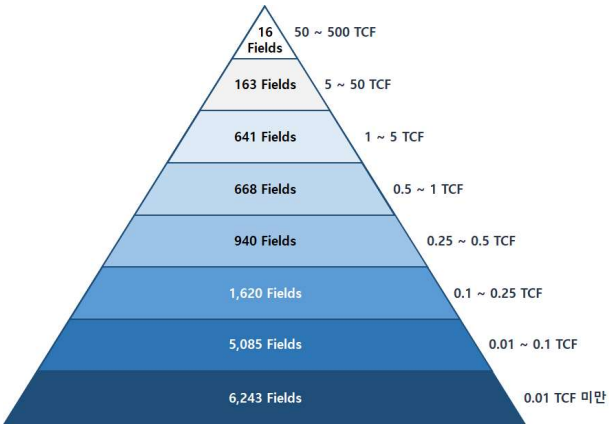
□ **소형 LNG 시장은 채산성을 확보하면서 국내 기업의 진출이 가능할 것으로 예상되며, 이를 위해 고효율 저비용 소형 LNG용 액화공정과 모듈러 기술 개발이 필요할 것으로 판단됨**

○ (시장) 가스플랜트 시장은 가스에너지원 수요 증가에 따라 지속적인 성장이 전망되며, 이 중 소형 LNG 시장은 국내 기업의 진출이 가능할 것으로 판단됨

- '18년 11월 기준으로 계획 또는 실행단계에 있는 가스플랜트의 시장규모는 총 9,228.0억 달러로 조사됨[336)]

- 소형LNG플랜트의 대상이 되는 소형가스전은 아직 개발이 활성화되지 않은 시장이나 매장된 총자원량은 규모가 매우 큰 편으로, 향후 기술개발에 따라 시장이 커질 것으로 예상되는 유망시장임

○ 5TCF 이상의 대형가스전은 개소가 179개소이나, 5TCF 미만의 중소형가스전은 15,197개소로 확인됨[337)]



[그림 143] 가스매장량별 가스전 분포

* 자료 : Syntroleum, IHS Energy

336) Global Data, 해외건설협회 제공, 2018.11.
337) 중소규모 GTL플랜트 실용화 개발에 대한 추가연구 보고, 일본해사협회, 2015.

- LNG시장의 경우 7개 글로벌 기업의 카르텔이 붕괴되고 있는 상황이나, 국내 기업의 LNG프로젝트 경험 부족으로 진출이 쉽지 않으며, 최근 시장이 확대되고 있고 상대적으로 진입장벽이 낮은 중소형 LNG플랜트로 진출을 고려할 필요가 있음

- 셰일가스시장은 북미지역을 중심으로 급성장하고 있으나, 자국기업 중심의 폐쇄적 시장임

- 석탄층 메탄가스화 시장은 셰일가스에 비해 채산성이 낮아, 시장형성이 어려움

○ (기술) 소형 LNG에서 생산단가를 낮출 수 있는 소형 LNG 액화공정기술과 효율을 높이기 위한 가스전처리기술 확보 및 실증이 필요함

- 소형 LNG에 적합한 액화공정기술들이 경쟁하고 있으며, 안전성을 확보하면서도, 효율을 높여서 생산단가를 저감할 수 있는 액화공정과 모듈러가 도입되고 있음

- 국내는 LNG기화, 저장탱크 등에 대한 운영경험을 기반으로 LNG터미널에서 강점을 보이고 있음

- 셰일가스의 경우 선진국은 수압파쇄 기술을 통해 생산단가를 저감하며 채산성을 확보하고 있으나, 국내는 관련 기술이 부재하며, 사실상 기술개발을 통한 시장진입은 어려운 상황임

- 국내외에서 석탄층가스화에 대한 연구를 수행하고 있으나, 사업성 확보가 가능한 수준의 생산기술은 보유하지 못함

(2) 석유/극한지 자원플랜트

□ **비전통 오일 중 채산성 확보가 가능한 오일샌드와 셰일오일 시장에 국내 기업의 진출이 가능할 것으로 예상되며, 이를 위해 친환경 저비용 생산기술과 원유이송을 위한 개질기술 개발이 필요할 것으로 판단됨**

○ (시장) 석유플랜트 시장 중 비전통 오일시장은 지속적인 성장이 전망되며, 오일메이저가 장악한 전통 오일시장에 비해 상대적으로 진입장벽이 낮고 채산성이 좋은 것으로 알려진 오일샌드 시장에 국내 기업의 진출 가능성이 높을 것으로 판단됨

- '18년 11월 기준으로 계획 또는 실행단계에 있는 석유 플랜트의 시장규모는 총 6,968.7억 달러임[338]

338) Global Data, 해외건설협회 제공, 2018.11.

- 전통 석유시장은 오일 메이져가 장악하고 있어, 비전통 오일시장으로의 진출을 고려하는 것이 필요하며, 비전통오일시장 중에서는 오일샌드의 채산성이 가장 높음

- 현재 캐나다 극한지역 오일샌드 생산이 가장 활발하며, 생산량 증가 가능성이 매우 높아 시장 진출의 적기로 판단됨

○ (기술) 비전통오일에 대한 채굴을 친환경적으로 수행하고, 생산단가를 낮출 수 있는 기술 확보가 필요하며, 특히 오일샌드의 경우, 고점성 원유성분을 이송하기 위한 개질기술 확보도 요구됨

- 미국 등 선진국은 오염을 최소화하는 지하회수기술을 적용하고 있고, 50$/bbl 수준의 생산단가를 확보하였으며, 국내에서는 지하회수기술의 효율을 보다 개선하여 생산단가를 추가로 저감할 수 있는 기술을 개발 중임

- 국내 석유공사가 캐나다 오일샌드 광구를 보유하고 있어, 이를 활용할 경우, 국내 개발기술을 실증할 수 있는 기회가 될 것임

  • 캐나다 오일샌드 시장의 파이프라인 문제가 해소됨에 따라 조만간 사업이 추진될 예정

(3) 정유・석유화학 플랜트

□ **정유-석유화학 통합플랜트에 대한 니즈가 중동에서 확대되고 있으며, 국내기업의 풍부한 정유 및 석유화학 경험을 바탕으로 해외 공정 라이센싱과 촉매를 구매하여 민간 주도의 해외시장 진출이 가능할 것으로 판단됨**

○ (시장) 정유플랜트시장은 정체, 석유화학 플랜트 시장은 중동을 중심으로 발주가 확대될 것으로 전망되며, 특히 중동지역에서는 정유-석유화학 통합플랜트에 대한 니즈가 확대되고 있음

- '18년 기준으로 계획 또는 실행단계에 있는 정유 및 석유화학 플랜트의 시장규모는 총 6,939.03억 달러로 조사됨[339]

- 정유플랜트는 공급과잉 상태가 지속될 전망이나, 기존 시설 개선공사에 대한 수요는 지속될 것으로 전망됨[340]

339) Global Data, 해외건설협회 제공, 2018.11.
340) 에너지산업 산업기술R&BD 전략, 산업통상자원부, 2019.

- 중동 지역 국가들은 국제유가의 하락에 따른 석유제품 경쟁력 강화를 위해 고부가가치 석유화학 제품의 생산확대를 추진하고 있으며, 특히 생산성 확대 및 효율성 증진을 위해 정유플랜트와 석유화학플랜트를 통합 개발하는 계획을 활발히 추진 중임[341]

○ (기술) 국내 기업의 정유 및 석유화학 플랜트 경험과 O&M역량은 세계적 수준으로 파악되며, 민간에서 자체적으로 해외 촉매, 공정원천기술을 구매하여 해외시장에 진출할 수 있을 것으로 판단됨

- 국내 정유사의 운영기술은 세계적인 수준으로 파악되나, 원천공정 및 기본설계 엔지니어링은 여전히 해외기업에 의존하고 있는 상황임

- 석유화학 플랜트 O&M지원 시스템을 위해 데이터 통합 표준 및 의사결정 모델, 석유화학 원료 제조·합성기술 개발이 추진되고 있음

- 정유/석유화학 플랜트에서 패러다임 전환 아이템으로 석유/화학 통합플랜트인 new Oil to Chemical 혁신기술개발이 대두되고 있음[342]

  • Oil to Chemical 기술은 에틸렌 생산원가를 톤당 약 200달러 이상 절감

  • 사우디 SABIC과 Crude oil to Chemical 단지 건설 추진, $20 bn. 투자, '24년 완공 계획

341) 국제유가 등락이 중동지역 프로젝트 발주 및 수주에 미치는 영향, K-BUILD 저널, 2019.2.
342) LG경제연구원(임지수), "세계 석유기업의 화학사업 투자 확대, 어떻게 볼 것인가", 2018.

나. 발전・신재생 플랜트

(1) 화력발전플랜트

□ **가스화력플랜트 시장의 경우 국내 개발 가스터빈의 실증과 시장 진출을 동시에 고려하는 것이 필요하며, 석탄화력플랜트의 경우, 아시아 저발열량탄 생산국가의 수요에 대응하여 현지 생산원료에 적합한 USC-CFB기술의 확보 및 실증이 필요함**

○ (시장) 3대 major사가 독점하고 있는 가스터빈이 핵심인 가스화력플랜트시장은 전세계적으로 확대될 것으로 전망되며, 아시아권 비OECD국가에서는 여전히 석탄화력이 주요 발전 에너지원으로 확대될 전망임

- '18년 2월 기준으로 계획 또는 실행단계에 있는 화력발전 플랜트의 시장규모는 총 2,348.45억 달러임[343]

- 전 세계적으로 석탄화력발전 설비용량은 증가하고 있으며, 신규투자의 증가세는 감소하고 있으나, 비 OECD국가에서는 향후에도 석탄화력이 주요 발전 에너지원으로 활용될 것으로 전망됨[344]

- 기후변화협약에 따라 CO2 감축이 이슈가 되는 상황에서 기존 석탄화력발전 플랜트를 대체하는 친환경 복합화력 발전플랜트는 지속적으로 확대될 것으로 전망됨[345][346]

- 미국, 중동 및 북아프리카지역을 중심으로 가스화력발전 투자가 확대될 것으로 전망되며, 가스화력 발전 용량은 '40년까지 약 40% 증가할 것으로 전망됨[347]

○ (기술) 가스화력발전의 핵심이 되는 가스터빈은 국내에서 아직 실증이 이루어지지 못하여 개발 가스터빈의 현장적용이 어려운 상황이며, 석탄화력발전에 사용되는 CFB 보일러기술은 국내에서 자체 라이센싱이 가능한 수준까지 기술력이 확보되어 있음

- 가스화력발전 플랜트에서 가스터빈 기술이 가장 핵심이 되나, 아직 우리나라는 상용 가스화력발전 플랜트의 실증까지 도달하지 못하여 해외 가스터빈에 의존하고 있음[348]

---

343) Global Data, 해외건설협회 제공, 2018.12.
344) 2014 에너지기술 이노베이션 로드맵 - 고효율 청정화력발전, 산업통상자원부, 2014
345) 시스템산업 산업기술R&BD 전략, 산업통상자원부, 2019.1.
346) IGCC기술동향과 국내보급 여건 및 정책적 검토, 에너지경제연구원, 2018.
347) World Energy Outlook 2018, IEA, 2018.
348) 전문가 인터뷰, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 1차 분과회의, 2019.6.21.

- 아시아 석탄 생산국가의 탄은 함수율이 높고, 발열량이 낮은 저발열량탄인 경우가 많으며, 저발열량탄을 원료로 안정적으로 발전하는 기술확보가 필요함

- 국내는 순환유동층 석탄화력(CFB) 보일러 기술을 보유하고 있으며, 보일러에서 CO2를 원천분리하는 기술, 석탄화력 발전소의 미세먼지 저감 및 초임계 기술 개발이 수행되고 있음

(2) 수력발전 플랜트

□ **수력발전플랜트 시장은 100MW급 이상 대수력 시장의 규모가 크며, 현재 국내에 확보된 50MW급을 기반으로 100MW급 수력발전플랜트 개발 및 실증이 필요함**

○ (시장) 수력발전 플랜트 시장은 지속적으로 성장하고 있으며, 특히 동남아 등을 중심으로 100MW이상의 대수력 시장과 현대화 시장이 형성되어 있으며, 양수식 수력에 대한 니즈도 있는 것으로 조사됨

- '18년 2월 기준으로 계획 또는 실행단계에 있는 수력발전 플랜트의 시장규모는 총 3,128.31억 달러임[349]

- 동남아 등을 중심으로 대수력[350] 발전 프로젝트가 활발히 발주되고 있으며 환경적 영향력을 최소화하는 친환경적 에너지원으로서 소수력 발전도 성장 잠재력이 높은 것으로 보임

- 수력발전의 경우, 저수량에 따라 전력부하 변동이 심하여 안정적인 발전원으로 사용할 수 있는 양수식 발전에 대한 니즈도 존재

○ (기술) 발전용량의 대형화・고효율화 방향으로 수력발전설비 개발이 이루어지고 있으며, 국내는 아직 50MW급 실증 중으로, 시장에 진출한다면, 100MW급 개발 및 실증이 필요함

- 해외는 대형 수차개발을 통해 발전량을 확보하는 한편, 효율성능을 높이는 방향으로 기술이 개발되고 있으며, 세계 최고 수준의 발전설비는 812MW급, 96%의 효율성능을 보임[351]

- 국내 기술로 상용화된 발전설비는 15MW급(92%효율성능)이며, 50MW급 수력플랜트 설계/제작 및 실증 연구를 추진 중임

---

349) Global Data, 해외건설협회 제공, 2018.2.
350) 출력규모에 의한 분류에 따르면 설비용량 기준 100,000kw 이상은 대수력, 10,000~100,000kw는 중수력, 1,000~10,000kw는 소수력으로 분류
351) 15MW 프란시스 수차 발전기 국산화 및 실증, 2015.09.

(3) 신재생 에너지 플랜트

□ **가격/기술경쟁력의 격차가 큰 태양광·풍력발전 플랜트는 발전시장 진출보다는 보조전원시장으로의 진출을 고려하고, 태양열·재생연료·수소생산 플랜트는 현지 원료 및 자연환경에 부합하는 기술 개발 및 현지 실증을 통해 시장 진출이 가능할 것으로 보임**

○ (시장) 재생에너지 시장은 전반적으로 확대되고 있고 기술의 발전과 함께 생산단가가 지속적으로 낮아지고 있어 시장이 활성화되고 있지만, 후발주자인 국내 기업 입장에서는 수익성 확보가 더욱 어려워지고 있음

- '18년 2월 기준으로 계획 또는 실행단계에 있는 신재생에너지 발전 플랜트의 시장 규모는 총 4,394.65억 달러임[352]

- 풍력발전 플랜트의 발전용량은 증가하고 있으나 기술발전에 따른 풍력발전 플랜트의 건설단가는 낮아지고 있어 총 투자는 감소할 것으로 전망되며, 육상에서 해상으로, 근해에서 원해로 풍력발전 플랜트의 건설지역이 이동하고 있음[353]

- 제품 가격이 빠르게 하락하면서 태양광 발전의 경쟁력이 높아지고 시장이 본격적으로 확대되면서 2015년 이후 태양광 발전 시장은 2차 성장기에 진입함[354]

  • 특히 태양광 관련 투자 증가분의 약 45%가 중국에서 발생하고 있으며, 중국은 가격경쟁력을 앞세워 세계 태양광패널시장을 장악하고 있음[355]

- 태양열발전 플랜트 시장은 최근 급성장하고 있으며, 지속적으로 확대될 전망임

  • 하루 발전시간이 4~8시간에 불과한 태양광과는 달리 태양열은 24시간 발전도 가능하여 안정적인 신재생에너지 전력원으로 부각되고 있음

- 전 세계 수소 생산 시장의 규모는 '17년 1,152.5억 달러 규모에서 '22년 1,547.4억 달러 규모로 성장할 것으로 전망되며, 미래에는 주력 에너지원이 될 것으로 전망됨

- 재생연료 발전플랜트 시장은 바이오 폐기물이 방치되고 있는 동남아시아 국가를 중심으로 크게 성장하고 있음[356]

352) Global Data, 해외건설협회 제공, 2018.2.
353) World Energy Outlook 2018, IEA, 2018.
354) 에너지산업 산업기술R&BD 전략, 산업통상자원부, 2019.1.
355) World Energy Outlook 2018, IEA, 2018.
356) Biomass Power Generation Market by Feedstock and Geography - Global Forecast & Analysis 2019-2023, Technavio, 2019.

○ (기술) 재생에너지 중 태양광・풍력은 국내와 해외의 가격/기술격차가 커 국내 핵심 기기로 시장에 진출하기는 어려운 상황이며, 태양열・수소・바이오매스 등은 현지의 원료성상을 고려하여 CO2저감과 생산 및 발전단가 저감 그리고 고효율화 기술 확보를 통해 시장 진출이 가능할 것으로 판단됨

- 선도국은 해상풍력 하이브리드형 지지구조, 부유식 개발을 통해 발전단가를 낮추기 위한 노력을 기울이고 있는 반면, 국내는 현재 해상풍력 가격경쟁력이 해외보다 열위에 있는 상황이며, 비용절감을 위한 연구들도 초기단계에 있음[357)]

  • 풍력터빈의 용량도 해외는 12MW급 상용화가 이루어졌으나, 국내는 5MW급 상용화가 되어 기술 수준의 차이가 존재함

- 국내에서 선도적인 CIGS박막, 페로브스카이트 박막 태양전지를 개발 중이나, 상용화 단계에는 도달하지 못하였으며, 가격경쟁력 측면에서 중국과의 격차를 극복하지 못하고 있음[358)]

- 최근 태양열발전은 효율증가를 위해 고온에 적합한 타워식 발전방식의 기술개발이 이루어지고 있으며, 국내는 200kW급 태양열발전 기술개발을 통해 시스템 설계, 제작 및 구축과 운전 경험까지 확보하였으나, 상용급 실증은 하지 못한 상황임

- 선도국은 CO2발생 저감, 에너지 소모량 절감, 생산단가 절감이 가능한 수전해, 메탄가스 개질 및 CO2포집 등의 방식으로 수소생산기술을 개발하고 있으며, 국내도 수소에너지의 생산/저장 기술 개발이 추진되고 있으며, 지자체를 중심으로 수소인프라 및 수소 활용 실증사업들이 추진 중임[359)]

- 국내에서도 바이오매스 플랜트를 운영하고 있으나, 현지시장 진출을 위해서는 현지 원료의 성상에 부합하는 전처리기술 및 연소 발전기술이 필요함

357) 2014 신 · 재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014.12
358) 에너지산업 산업기술R&BD 전략, 산업통상자원부, 2019.1.
359) 359) 상용급 액체수소 플랜트 핵심기술개발사업 최종보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2019.1.

다. 수자원・환경 플랜트

(1) 담수화 플랜트

□ **국내 기술수준이 높은 것으로 평가되는 담수화플랜트 시장은 주로 고염도지역인 중동・북아프리카에 크게 형성되어 있어, 현지 염도에 부합하는 공정설계 및 운영기술 확보와 현지 실증을 통한 시장 진출을 고려할 필요가 있음**

○ (시장) 상수공급을 위한 담수화 플랜트 시장은 중동과 북아프리카, 미국, 아시아권 국가를 중심으로 형성되어 있으며, 상수용 담수화 플랜트 외에도 공업용 초순수와 수전해 수소생산용 용수를 위한 담수화설비 시장이 있음

- '15년 기준으로 계획 또는 실행단계에 있는 주요 담수화 플랜트의 시장규모는 총 315.83억 달러임[360]

- 역삼투(Reverse Osmosis) 해수담수화플랜트 시장은 증발식 해수담수화플랜트 시장과 함께 성장이 지속되고 있음[361]

- 상수용 담수화플랜트 외에도, 공업용 초순수와 수전해 수소생산용 용수를 위한 담수화설비가 사용되고 있음[362]

○ (기술) 해외는 담수 생산단가 절감 및 에너지 소비 저감을 위한 기술이 개발되고 있으며, 국내는 담수화 플랜트 시스템에 대한 설계 및 운영경험이 부족하여 국내 해수환경과 상이한 중동지역에 실증플랜트 건설 및 운영을 통해 이를 극복하고자 함

- 전 세계적으로 담수 생산단가 절감을 위한 에너지 소비율 저감 기술개발이 이뤄지고 있음[363]

- 담수생산능력을 증대하기 위해 RO막의 대형화, 공정 최적화, 전처리시설의 수처리 성능향상 기술 등이 선진국을 중심으로 개발되고 있음[364]

- 우리나라는 담수화 시스템에 대한 설계, 운영경험이 부족하여 해외 해수염도에 따라 이를 전처리하고, 공정을 최적화하는 데에 어려움을 겪었으며, 국토부에서 이관된 환경부사업을 통해 중동 현지 해수담수화 실증플랜트를 운영 중에 있음[365]

---

360) Global Data, 해외건설협회 제공, 2018.2.
361) 전문가 인터뷰, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 1차 분과회의, 2019.7.4.
362) 전문가 인터뷰, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 1차 분과회의, 2019.7.4.
363) 플랜트연구사업 자체평가보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2019.3.
364) 이스라엘 Sorek 담수화 플랜트 - 글로벌 최초 RO 설비의 수직구조화 설계로 투자비용 절감, WATER INDUSTRY NETWORK, 2014.01
365) 전문가 인터뷰, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 1차 분과회의, 2019.7.4.

(2) 수처리 플랜트

□ **수처리플랜트는 물이 부족한 중동・북아프리카・중앙아시아 등에서 꾸준한 수요가 있으며, 현지 수질환경에 부합하도록 플랜트 시스템 설계 및 현지 실증을 통해 시장 진출을 고려할 수 있음**

○ (시장) 수처리 시장은 물부족국가를 중심으로 형성되어 있으며, 규모가 크지 않아 중소・중견기업에서 주로 진출하는 시장임

- '15년 기준으로 계획 또는 실행단계에 있는 주요 수처리 플랜트의 시장규모는 총 806.6억 달러임[366]

- 기후변화에 따른 물 부족 및 물 수요 증가로 2000년대 들어 수처리 설비시장이 급속히 확대되고 있음[367]

- 고순도 공정수처리 플랜트의 경우 과거 전자산업이 부흥한 일본, 미국을 중심으로 기술이 개발되어 있으며 현재도 일본의 몇 개 회사만이 시장을 주도할 정도로 폐쇄적인 시장으로 분석됨[368]

○ (기술) 국내 수처리공정 설계 엔지니어링에 대한 역량은 미흡한 수준이며, 현지 수질환경을 고려한 최적비용의 에너지소모 수처리 공정을 설계하고 이를 현지에서 실증하여 운영해 보는 것이 필요함

- 베올리아, 수에즈 등의 선도기관은 수요처의 니즈, 원수의 수질 등을 고려하여 최적화된 공정설계를 통해 시장에 진출하고 있음

- 두산중공업도 해외 수처리 기업의 인수합병을 통해 순수/초순수 등 산업용수 생산을 위한 발전/산업용 용수공급 솔루션 및 전문화된 공정수처리 플랜트 시스템 기술을 보유하고 있음[369]

- 정수처리에서 중요한 부분은 원수의 문제이며, 중앙아시아 국가는 원수의 수질이 낮아 국내 공정기술 개발로만 접근하기에는 어려움이 있음[370]

- 국내 하수처리 공법은 개발되었으나, 기자재 기술은 미흡하여 해외제품에 대한 의존도가 높으며, 에너지소비율이 높아 에너지효율개선 연구는 지속 추진 중임

---

366) Global Data, 해외건설협회 제공, 2018.2.
367) 에너지산업 산업기술R&BD 전략, 산업통상자원부, 2019.1.
368) 플랜트(물 및 가스분야) 기술체계 및 기술개발전략, 국토교통과학기술진흥원, 2015.12.
369) 두산중공업 홈페이지 수처리 플랜트 소개, 2019.7. 검색기준
370) 전문가 인터뷰, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 1차 분과회의, 2019.7.4.

(3) 자원순환 플랜트

□ **산업·생활폐기물 처리 니즈가 큰 동남아권 국가를 타겟으로 현지 폐기물의 특성에 따른 전처리 및 운영기술 확보를 통해 시장 진출이 가능할 것으로 판단됨**

○ (시장) 급속한 산업발전이 이루어지고 있는 동남아권 국가의 산업폐기물과 생활폐기물 처리 니즈가 크며, 산업폐기물의 경우 대형 폐기물처리 시설이 요구되고, 생활폐기물은 중소형 분산형 폐기물에너지화 플랜트로 접근하는 것이 필요함

- 전세계 폐기물처리 시장은 '17년 2,450억 달러 규모에서 '26년에는 약 4,500억 달러 규모로 성장할 것으로 전망됨[371]

- 급속한 산업발전이 이루어지고 있는 동남아권 국가에서는 산업폐기물과 생활폐기물이 다량 발생하고 있으나, 이를 제대로 처리하고 있지 못하여 폐기물처리에 대한 니즈가 큼[372]

○ (기술) 주로 시장이 형성되는 동남아국가로 진출하기 위해서는 현지 폐기물 성상에 맞는 폐기물 분석기술 및 전처리기술 확보가 필요함

- 해외의 유기성 폐기물을 이용한 고형연료화 기술은 고형연료 제조기술과 연소기술이 상당부분 완성되어 있으며, 많은 상용화 플랜트가 가동되어 전력, 스팀 등의 유틸리티 생산에 활용되고 있음[373]

- 소각열을 이용한 폐기물처리 기술개발 분야에서는 에너지 회수율을 높이기 위한 연구가 미국 및 일본을 중심으로 활발하게 진행되고 있음[374]

- bio-solid 가스화 기술개발은 아직 기초단계로서 국내의 에너지기술연구원, 생산기술연구원이나 일부 대학 등에서 소규모 실험을 통한 연구개발을 진행 중이며, 실증까지 완료되는 경우, 시장진출이 가능한 수준으로 분석됨[375]

371) Maximize Market Research Industry 홈페이지, Waste Management Market, 2019.9.
372) 전문가 간담회, 해외건설 신시장 진출을 위한 플랜트 건설분야 R&D 중장기 기술로드맵 수립 폐기물 에너지화 플랜트, 2020.1.14.
373) 유기성 폐기물의 유중반탄화 건조를 통한 고체연료화, KONETIC, 2016.11.16.
374) 2014 신·재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014.12
375) Bio-solid 가스화를 통한 합성가스 및 에너지 생산, KONETIC, 2014.

2. 해외건설 신시장 진출 기술개발 추진 플랜트

□ **‘해외건설 신시장 진출 대상 플랜트’의 종합분석을 바탕으로 ‘기획 대상 플랜트 분류체계’의 33개(소분류 기준) 플랜트 중 10개 플랜트를 ‘해외건설 신시장 진출 기술개발 추진 플랜트’로 선별하였음**

○ ‘해외건설 신시장 진출 기술개발 추진 플랜트’는 LNG 플랜트, 오일샌드/치밀-셰일 오일 플랜트, 석탄화력발전 플랜트, 가스화력발전 플랜트, 수력발전 플랜트, 태양열발전 플랜트, 수소 플랜트, 재생연료 플랜트, 폐기물 처리 플랜트의 10개로 선별

- 풍력발전 플랜트와 태양광발전 플랜트는 보조전원시장으로의 진출을 고려하거나 타 플랜트와의 연계를 통한 해외 진출을 모색하는 것으로 판단하였음

- 담수화 플랜트와 수처리 플랜트는 타 부처에서 해외 현지실증사업까지 추진하고 있으므로 동 기획연구의 해외진출 기술개발 추진 플랜트에서는 제외하되, 요소기술 단위에서 연계활용이 가능한 경우 성과 연계는 고려함

- 정유·석유화학 플랜트는 국내 민간역량이 우수하므로, 민간 주도의 해외 진출을 모색하고 이를 지원하는 관점에서 고려함



[그림 144] 해외건설 신시장 진출 기술개발 추진 플랜트 선정 과정

*오일샌드 플랜트와 치밀-셰일 오일 플랜트는 이후 하나의 플랜트(비전통오일 플랜트)로 묶어서 고려함

<표 68> 해외건설 신시장 진출 기술개발 추진 플랜트 검토

플랜트		해외건설 신시장 진출 대상 플랜트의 분석		시장규모	해외 진출 가능 플랜트	비고
		시장	기술			
자원개발	가스플랜트	▪ 가스플랜트 시장은 가스에너지원 수요 증가에 따라 지속적으로 성장할 것으로 전망되며, 소형 LNG시장은 국내 기업 진입 가능	▪ 소형LNG에서 생산단가를 낮출 수 있는 소형LNG 액화공정기술, 효율을 높이기 위한 가스전처리기술 확보 및 실증 필요	9,228.0억 달러	▪ 채산성도 확보할 수 있으면서 국내 기업의 진출이 가능할 것으로 예상되는 소형 LNG 플랜트	LNG플랜트 추진
	석유 플랜트	▪ 석유플랜트 시장의 지속적인 성장이 전망되며, 오일메이저가 장악한 전통 석유시장에 비해 상대적으로 진입장벽이 낮은 비전통석유 시장의 국내 기업 진입 가능	▪ 비전통석유 채굴을 친환경적으로 수행하고, 생산단가를 낮출 수 있는 기술과 고점성 원유성분을 이송하기 위한 개질기술 확보 및 실증 필요	6,968.7억 달러	▪ 진입장벽이 상대적으로 낮은 비전통 석유 중 채산성 확보가 가능한 오일샌드·셰일오일 플랜트	오일샌드/치밀-셰일 오일 플랜트 추진
	정유· 석유화학	▪ 석유화학 플랜트 시장은 중동을 중심으로 정유-석유화학 통합플랜트에 대한 니즈 확인	▪ 국내기업의 정유 및 석유화학 플랜트 경험이 풍부하고 O&M 역량이 세계적 수준으로, 촉매·공정의 라이센스 구매로 해외진출 가능	6,939.03억 달러	▪ 정유-석유화학 통합플랜트	민간역량 우수하므로 민간주도 추진

플랜트		해외건설 신시장 진출 대상 플랜트의 분석		시장규모	해외 진출 가능 플랜트	비고
		시장	기술			
발전·신재생	화력 발전	▪ 3대 major사가 독점하는 가스터빈이 핵심이 되는 가스화력시장은 지속적으로 확대전망	▪ 가스화력 가스터빈은 국내 실증이 이루어지지 못하여 개발 가스터빈의 현장적용이 어려움	2,348.45억 달러	▪ 국내 가스터빈의 구매결정이 가능한 경우, 가스화력플랜트 현지 실증	가스화력발전 플랜트 추진
		▪ 아시아권 비OECD국가에서는 여전히 석탄화력이 주요 발전 에너지원으로서 향후에도 확대될 전망	▪ 석탄화력발전에 사용되는 CFB 보일러기술은 국내에서 자체 라이센싱이 가능한 수준		▪ 아시아 현지생산 저발열량탄 기반 고효율·친환경 석탄 화력발전 플랜트	석탄화력발전 플랜트 추진
	수력 발전	▪ 동남아시아 등을 중심으로 100MW 이상의 대수력 시장과 현대화 시장 형성, 양수식 수력 니즈 존재	▪ 100MW급 수력발전플랜트 개발 및 실증 후, 양수식 개발 추진	3,128.31억 달러	▪ 동남아 타겟 100MW급 수력발전 플랜트	양수식 수력발전 플랜트 추진
	신재생	▪ 풍력발전은 육상에서 해상, 근해에서 원해로 이동하고 있으며, 유럽, 북미지역 중심	▪ 국내 풍력터빈, 부유식 설비 등의 선진국과 기술격차가 큼	4,394.65억 달러	▪ 국내 풍력터빈 구매결정이 가능한 경우, 풍력플랜트 현지 실증	보조전원 시장 고려 / 타 플랜트 연계 추진
		▪ 태양광 발전은 중국이 가격경쟁력을 앞세워 시장 장악	▪ 선도기술은 개발중이나, 양산품의 가격경쟁력을 극복하지 못함		▪ 국내 태양광 패널 구매결정이 가능한 경우, 태양광플랜트 현지 실증	보조전원 시장 고려 / 타 플랜트 연계 추진

플랜트		해외건설 신시장 진출 대상 플랜트의 분석		시장규모	해외 진출 가능 플랜트	비고
		시장	기술			
		▪ 태양열 발전은 안정적 발전이 가능하여 급성장하고 있으며, 태양광에 비해 경쟁력 확보 가능	▪ 요소기술은 개발하였으나, 국내 환경여건 상 실증하지 못하였으며, 현지실증 추진 필요		▪ 상용급 태양열 발전 플랜트 해외 현지 실증	태양열 발전 플랜트 추진
		▪ 수소는 미래 주요 에너지원으로 대두될 것으로 전망	▪ 수소생산과정에서 CO2발생 저감, 생산비용 저감, 안정적 대량 생산기술 필요		▪ 저비용 대용량 친환경 수소생산 시스템 개발 및 현지 실증	수소플랜트 추진
		▪ 동남아권 중심으로 바이오 폐기물 처리 및 에너지화 시장 확대	▪ 동남아 현지원료에 부합하는 폐기물 전처리 및 연소, 발전 운영관리 기술 필요		▪ 동남아권 현지 바이오폐기물을 대상으로 하는 재생연료 플랜트 현지 실증	재생연료 플랜트 추진
수자원·환경	담수화	▪ 물부족국가를 중심으로 상수용 대용량 해수담수화 플랜트 시장 확대, 공정수처리와 수전해용 용수처리 설비 시장과 연계됨	▪ 해외 현지 염도에 최적화할 수 있는 해수담수화 공정설계 및 운영기술 확보 필요	315.83억 달러	▪ 현지 염도 및 수질조건에 부합하는 현지 맞춤형 해수담수화 플랜트 현지 실증	타 부처 해외 실증사업 개발성과와 연계 추진
	수처리	▪ 물부족국가를 중심으로 중소규모의 수처리 플랜트 확대	▪ 현지 수질조건에 따라 에너지 소모 및 운영비용을 최소화할 수 있는 수처리 플랜트 시스템 기술 개발 및 실증	806.6억 달러	▪ 현지 수질조건에 부합하는 현지 맞춤형 고효율 수처리 플랜트 현지 실증	타 부처 해외 실증사업 개발성과와 연계 추진
	자원 순환	▪ 급격한 산업발전으로 폐기물이 급증하고 있는 동남아 개발국가의 산업폐기물/생활폐기	▪ 현지 산업폐기물/생활폐기물 성상에 따라 최적화된 전처리 및 발전운영 기술 개발	4,500억 달러	▪ 현지 폐기물 조건에 부합하는 현지 맞춤형 폐기물 에너지화 플랜트 현지 실증	폐기물 에너지화 플랜트 추진

플랜트		해외건설 신시장 진출 대상 플랜트의 분석		시장규모	해외 진출 가능 플랜트	비고
		시장	기술			
		물 처리 시장 성장 전망	및 실증			

2절. 기술개발 추진방향

□ **‘해외건설 신시장 진출 기술개발 추진 플랜트’로 선별된 9개 플랜트는 ‘플랜트 해외진출 환경분석’으로부터 도출된 시사점을 바탕으로 기술개발을 추진함**

<표 69> ‘해외건설 신시장 진출 기술개발 추진 플랜트’의 기술개발 추진 시 고려사안

LNG 플랜트	▪ 대형 LNG시장은 Major가 장악하고 있으나, 소형LNG 시장은 상대적 진입장벽이 낮음 ▪ `24년 소형LNG시장은 104억달러로 10.4%의 고성장율로 성장 전망 ▪ 소형LNG(전처리-액화)만으로는 수익성 확보에 어려움이 있을 수 있으므로, 이송-저장-발전 운영까지 고려 ▪ 국내 액화공정, 저장탱크, 모듈러 기술은 상용화 전단계까지 개발 경험 보유
오일샌드/ 치밀·셰일 오일 플랜트	▪ 전통오일 공급은 감소할 것으로 전망되는 반면, 비전통 오일 개발은 지속적 확대 전망 ▪ 저유가 기조에서도 채산성이 확보되는 생산단가 저감기술 필요 ▪ 친환경 석유채굴기술의 부각 ▪ 고점성의 원유를 파이프라인 이송을 위한 개질기술 필요 ▪ 석유공사에서 오일샌드 광구를 보유하여 이를 실증단지로 활용가능
석탄화력 발전 플랜트	▪ `50년까지 석탄발전량은 유지될 전망이며, 특히 저급탄(전체 석탄 매장량의 47.3%)채굴량 증가로 CFB보일러 시장 확대 전망 ▪ 발열량이 낮은 현지생산 저급탄을 원료로 활용하여 안정적 발전운영이 가능한 CFB 보일러 기술역량 보유 ▪ 석탄화력에서 배출되는 CO2 및 오염물질 저감하는 친환경 기술 요구
가스화력 발전 플랜트	▪ `50년까지 오염물질 배출이 적은 가스화력 발전 수요 지속 증가전망 ▪ 국내 270MW급 가스터빈을 개발하였으나 실증 및 Track Record 부재 ▪ 세계시장의 90%를 3대 Major가 장악하여, 국내에서 기자재 선정 권한이 있는 프로젝트 발굴 필요
수력발전 플랜트	▪ 신규건설(연 1조달러) 외에 현대화시장(연 75억 달러)도 성장하고 있는 유망 시장임 ▪ 100MW급 이상 수력발전 시장이 크나, 국내는 50MW급 실증단계 ▪ 안정적 전력생산에 대한 니즈로 양수식 발전 확대 전망

태양열 플랜트	▪ 발전부하가 심한 태양광에 비해 태양열은 24시간 발전가능하여 태양광보다 성장세가 큼 (`18년 발전용량은 5.5GW로 `10년 대비 4.3배 성장) ▪ 발전효율 증대를 위해 용융염을 열전달매체로 사용하고 있으며, 최근 유체에서 고체입자 대체, 이산화탄소 발전방식 연구도 추진 ▪ 국내 기반기술은 보유하고 있으나, 상용급 실증은 미수행 ▪ 국내 일사량 부족으로, 해외 현지 실증 필요
재생연료 플랜트	▪ 주로 동남아권에서 소규모 분산형으로 시장 형성되어, 중소기업이 단독으로 해외진출을 고려할 수 있는 사업(동남아 시장 10.8억달러, `17년 기준) ▪ 신남방정책의 경제협력을 지원하는 사업 ▪ 해외기술 기반으로 국내 바이오매스 플랜트를 건설한 경험이 있으며, 설계·제작·건설 및 O&M 역량은 보유한 것으로 평가 ▪ 낮은 발열, 불균일 원료에 대한 가공 전처리 요구
수소 플랜트	▪ 온실가스 배출저감에 대한 이슈로 장기적으로는 수전해 공법 전망 ▪ 안정적 수소공급을 위해 저렴한 화석연료 개질방식의 수소생산이 병행될 것으로 전망되며, 이산화탄소 문제를 해결하기 위해 CO2포집 설비 요구 ▪ 수소생산(수전해/개질)에 많은 에너지가 소요되므로, 고효율 수소추출공정 개발 요구 ▪ 대용량 수소생산 및 생산단가 저감 니즈
폐기물 에너지화 플랜트	▪ 동남아시아 국가의 생활폐기물 처리(중소규모) 니즈 ▪ 국내와 다른 생활폐기물 성상 처리 기술 필요(고수분, 낮은 재활용률 등)

□ **9개 플랜트의 기술개발 추진방향은 국내외 기업의 플랜트 해외사업 경쟁력을 반영하여 설정함**

○ 해외선도기업의 플랜트 해외사업에서의 경쟁력은 크게 다음의 4가지로 집약됨

- 선도국은 상용플랜트 운영실적을 기반으로 시장을 독점하여 진입장벽 형성

- 저비용・고효율 플랜트 기술을 통해 시장에서의 지배력 강화

- 국가별 요구조건에 특화된 플랜트 기술을 통해 해외진출 경쟁력 강화

- 선도기업은 플랜트 사업개발/관리 효율화를 통해 수익 극대화

○ 국내기업의 플랜트 해외사업에서의 경쟁력은 크게 다음의 4가지로 집약됨

- 프로젝트 경험 부족과 체계적이지 못한 사업관리로 수주 저하 및 수익성 악화

- 핵심기자재 및 공정의 해외 의존으로 수익성 확보 어려우나, 이를 극복하기 위한 민관의 노력이 이루어지고 있음

- 시장 진출 중인 일부 플랜트에 대해서는 건설 및 O&M 역량 우수하나, 원천공정 및 시스템 엔지니어링 역량 강화 등이 요구됨

- 요소기술들은 다수 개발되고 있으나, 상용급 시스템으로 개발 및 실증은 일부 국토부 R&D에서 확인되며, 기술사업화를 통한 해외 플랜트 수주사례는 많지 않음

□ **‘플랜트 해외진출 환경분석’으로부터 도출된 시사점과 ‘국내외 기업의 플랜트 해외사업 경쟁력’을 고려한 9개 플랜트 기술개발 추진 방향은 크게 3가지로 요약됨**

○ 저비용 고효율 플랜트 건설을 위한 전주기(Value Chain) 기술 확보

○ 현지환경 최적화(지역 타겟) 플랜트 상용급 실증화 기술개발

○ 해외사업수주 연계형 기술사업화 기술개발

<해외건설 신시장 진출 플랜트의 3대 기술개발 추진방향>

① 저비용 고효율 플랜트 건설을 위한 전주기(Value Chain) 기술 확보

○ 사업개발/관리, EPC, O&M 등 전주기 관점의 저비용 고효율 기술 확보

○ 사업개발/관리 최적화로 조달/시공/운영 상 문제 사전 대응 비용 절감

- 비전통자원개발 의사결정지원, 3D/AR/VR기반 시뮬레이션 등

○ 첨단기술 기반 설계 오류 최소화, 체계적 구매/조달관리, 모듈화 시공 등 시공성 향상 및 공기 단축을 통한 비용 절감

- 첨단 ICT기술 기반 설계자동화, 구매/조달 최적화 시스템, LNG/오일샌드 모듈화 등

○ 고효율 공정 및 설비를 적용하여 생산성 향상 및 운영/유지관리 효율화

- 초임계 고효율 발전, 폐자원 에너지 회수율 향상, 투입 원료 전처리를 통한 가동률 제고

2 현지환경 최적화(지역 타겟) 플랜트 상용급 실증화 기술개발

○ 현지 니즈 부합 기술이 결합된 상용급 플랜트의 실증 및 실적 확보

○ 발주국의 개발자원 성분, 지형 및 기후환경, 인프라, 환경기준, 투입 원료의 품질, 생산물 품질 요구 등에 따라 다양한 공정 및 설비 최적화 역량 확보

- CO2/NOx/SOx 배출기준에 부합하는 발전 및 폐기물처리, 원유성분을 고려한 최적 공정, 현지 생산 및 운영을 고려한 기술개발과 실증 등

○ 상용급 인정 규모의 플랜트 통합시스템 실증 테스트베드 구축・운영 실적 확보

3 해외사업수주 연계형 기술사업화 기술개발

○ 실증화된 기술의 해외 시장 진출로 이어지도록 해외건설 정책・제도와 결합한 기술사업화 기술개발 추진

- 현지 협력 실증 Pilot・T/B 구축 및 사업 연계 기술개발 추진 등

○ 해외진출 전략과 결합한 기술개발 추진

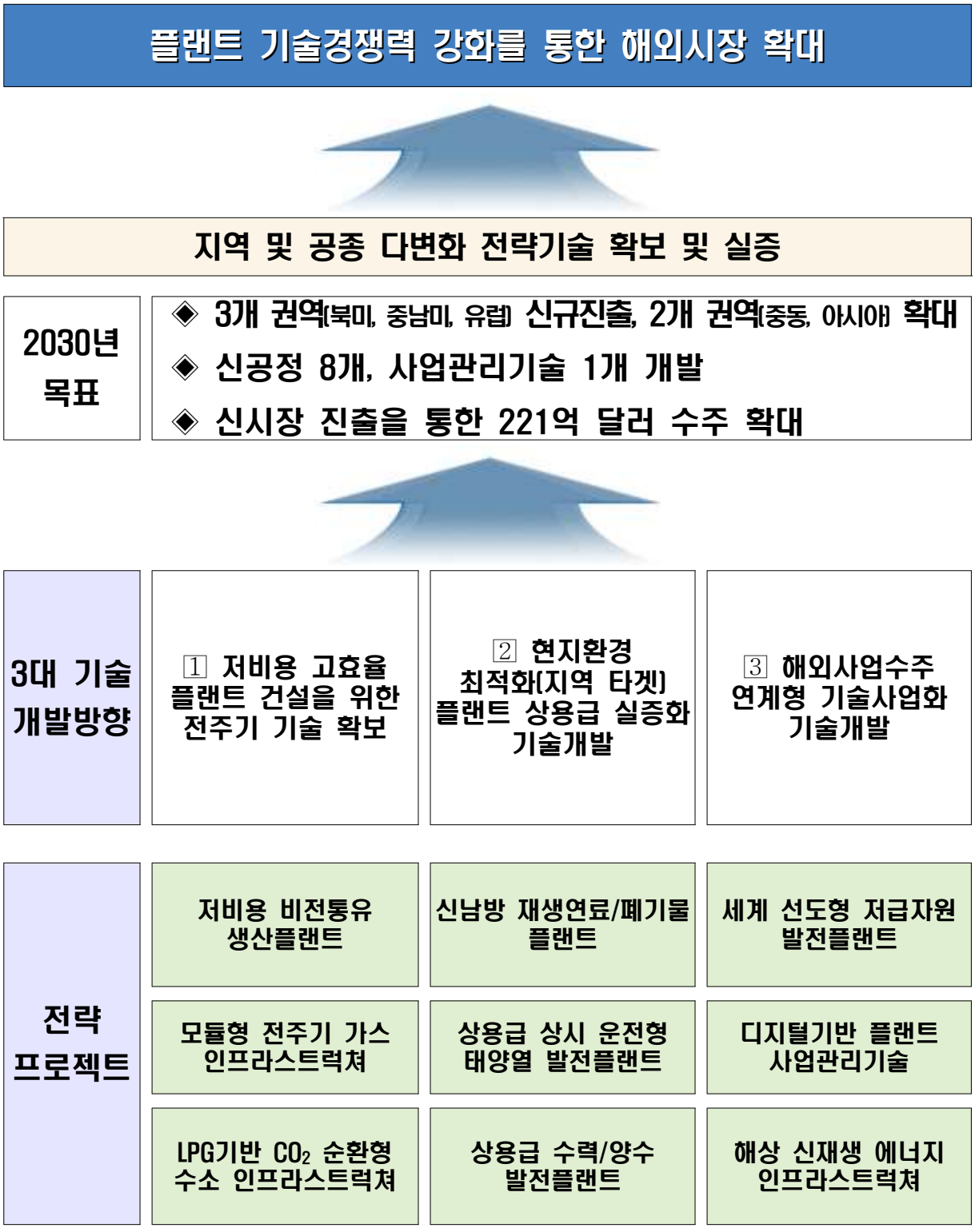
- 해외건설협회 및 KIND 등에서 발굴한 사업 연계 및 정부 금융지원, 컨소시엄 구성

- 타겟 지역의 플랜트 시장 진출 및 점유확대를 위한 현지조달 및 금융조달 계획 연계

- 현지 네트워크 연계 등

3절. 비전 및 목표

[그림 145] 비전·목표 체계도



4절. 전략프로젝트

1. 개요

□ **9개의 ‘해외건설 신시장 진출 기술개발 추진 플랜트’로부터 해외진출 상품관점의 9대 전략프로젝트를 도출하였음**

○ **오일샌드/치밀-셰일 오일 플랜트**는 비전통유의 생산·처리·이송을 위한 플랜트 건설에 요구되는 핵심기술을 개발하고 실증하는 **‘저비용 비전통유 생산플랜트’** 기술개발 전략프로젝트로 추진

○ **석탄화력 발전플랜트**는 동남아시아·중앙아시아의 현지 원료를 대상으로 **‘세계 선도형 저급자원 발전플랜트’** 기술개발 전략프로젝트로 추진

○ **LNG플랜트**는 소형으로 추진할 경우, 수익성 확보가 어려울 수 있으므로 **가스화력발전**사업까지 패키지로 추진하며, 국내 개발 가스터빈을 적용하는 **‘모듈형 전주기 가스 인프라스트럭쳐’** 기술개발 전략프로젝트로 추진

○ **재생연료 플랜트**와 **폐기물 에너지화 플랜트**는 관련 수요가 큰 동남아시아를 타겟으로하는 **‘신남방 재생연료/폐기물 플랜트’** 기술개발 전략프로젝트로 추진

○ **수소플랜트**는 천연가스를 통해 수소를 생산하는 플랜트와 수전해 방식으로 수소를 생산하는 플랜트 각각에 대한 기술개발 전략프로젝트를 추진

- **천연가스**로부터 수소를 생산하는 **수소플랜트**는 LPG 스팀추출공정을 통해 수소를 생산하고 이 때 발생하는 CO2를 LPG운송선박으로 회수하는 **‘LPG기반 CO2 순환형 수소 인프라스트럭쳐’** 기술개발 전략프로젝트로 추진

- 중장기적으로 유망한 **수전해** 방식의 **수소플랜트**는 P2G 기술개발로 추진하기 위해 해상풍력발전과 연계하고 수전해용 용수 공급 등을 위해 해수담수화 플랜트와도 연계하는 **‘해상 신재생 에너지 인프라스트럭쳐’** 기술개발 전략프로젝트로 추진

○ **태양열 플랜트**는 태양광을 반사체로 반사하여 흡수기로 보내고 열로 전환하여 증기터빈 또는 가스터빈을 구동시켜 전력을 생산하는 타워형 발전 시스템 개발의 **‘상용급 상시 운전형 태양열 발전플랜트’** 기술개발 전략프로젝트로 추진

○ **양수식 수력발전 플랜트**는 노후 수력발전소의 현대화를 위한 기술개발 및 실증과 대용량 양수발전시스템을 설계·제작하는 **‘상용급 수력/양수 발전플랜트’** 기술개발 전략프로젝트로 추진

○ 9개 플랜트 모두에서 공통적으로 요구되는 발주정보, 계약서 검토, 사업관리, 조달관리 기술확보를 위해 **‘디지털 기반 플랜트 사업관리’** 기술개발 전략프로젝트로 추진



[그림 146] 9대 전략프로젝트의 도출

2. 전략프로젝트별 연구 과제 구성

□ **전략프로젝트별 연구과제는 기존연구에서 도출된 플랜트 R&D 과제 후보군 중 미추진 과제와 산업계 전문가를 대상으로 하는 추가 기술니즈조사 결과를 토대로 구성함**

○ 기존 연구에서 도출한 플랜트 R&D과제 후보군 확보를 위해 검토한 선행연구는 다음의 11개 연구임

<표 70> 기도출 플랜트 R&D과제 후보군 확보를 위해 검토한 선행연구

연번	자료 구분
1	2040 국토교통 미래기술예측조사
2	2045 국토교통 100대 미래유망기술
3	국토교통분야 미래선도기술 사전조사 연구
4	제5차 과학기술예측조사
5	기획은 추진되었으나, 본과제로 미추진과제
6	플랜트 R&D부처간 공동로드맵 수립 기획연구 후보과제
7	수소로드맵
8	국토부 예타추진과제
9	동남아 지역 현지맞춤형 바이오가스 과제
10	계속과제
11	국토교통 2050 아이템

○ 해외진출대상으로 고려한 플랜트와 관련된 기도출 플랜트 R&D과제 후보군은 아래 표에 제시된 95개이며, 이 중 19개의 아이템이 전략프로젝트와 연계됨

<표 71> 해외 진출대상 플랜트와 연계되는 기도출 플랜트 R&D과제 후보군

연번	기존 연구에서 도출된 플랜트R&D과제 후보군	플랜트분야	전략프로젝트 연계 여부
1	생산전력 0.5kWh/ton이하 차세대 정삼투식 해수담수화 기술	담수화 플랜트	-
2	에너지 80%저감을 위한 에너지 순환형·분산형 복합 플랜트 기술	자원순환 플랜트	-
3	온실가스 및 미세먼지 ZERO발생 연료 생산플랜트 기술	자원순환 플랜트	-
4	자원생산이 가능한 융복합 담수플랜트 건설기술	담수화 플랜트	-

연번	기존 연구에서 도출된 플랜트R&D과제 후보군	플랜트분야	전략프로젝트 연계 여부
5	50MW급 신재생에너지를 이용한 에너지 자립형 부유식 플랜트	신재생에너지 플랜트	O
6	생분해 폐기물 처리/가공을 위한 광역 플랜트 기술	자원순환 플랜트	-
7	해저-연안-수상 자립형 에너지 플랜트와 인프라 구축	신재생에너지 플랜트	O
8	차세대 고효율·대용량 해수 담수화 플랜트 기술	담수화 플랜트	-
9	신재생에너지 이용 자립형 부유식 인프라/플랜트	신재생에너지 플랜트	O
10	지능형 물재이용 플랜트	수처리 플랜트	-
11	고효율 중소형 GTL 플랜트 상용화 기술개발	석유화학정유 플랜트	-
12	극한지 이송 스테이션 건설플랜트 기술 개발 기획	극한지 자원 플랜트	-
13	동토지역 극한작업용 자동화 시공 운용기술 기획	극한지 자원 플랜트	-
14	셰일가스 개발에 따른 오염방지기술 개발 기획연구	가스플랜트	-
15	저급자원 변환 합성가스 상용화 플랜트 건설기술	석유화학정유 플랜트	-
16	첨단산업단지 기반조성을 위한 맞춤형 공업용수 플랜트 건설기술 개발 기획	수처리 플랜트	-
17	합성가스 기반 수소생산플랜트 건설기술	신재생에너지 플랜트	-
18	해상 이동형 해수담수화 플랜트 기술개발	담수화 플랜트	O
19	해상풍력 플랫폼 건설기술 기획	신재생에너지 플랜트	O
20	Advanced 초임계압(A-USC, HSC) 발전 플랜트	화력발전 플랜트	O
21	Bio-DME 생산플랜트(바이오매스 가스화에 의한 DME생산)	신재생에너지 플랜트	-
22	Bio-SNG 생산플랜트(바이오매스 가스화에 의한 SNG생산)	신재생에너지 플랜트	-
23	ICT 융합플랜트 및 ICT 기반 엔지니어링	플랜트 사업관리	-
24	Mega floating/barge 발전 플랜트	신재생에너지 플랜트	O
25	SNG에서 생산가능한 고농도 수소 해저 수송 시스템	신재생에너지 플랜트	-
26	SNG플랜트 합성가스 활용 수소 제조 플랜트	신재생에너지	-

연번	기존 연구에서 도출된 플랜트R&D과제 후보군	플랜트분야	전략프로젝트 연계 여부
		플랜트	
27	가스하이드레이트 채굴/저장/이송/활용 시스템	가스플랜트	-
28	가스화 공정 연계 대용량 고온형 연료전지 열병합발전 플랜트	화력발전 플랜트	-
29	가스화 연료전지 발전 시스템	화력발전 플랜트	-
30	가스화 플랜트 활용 polygeneration 플랜트	화력발전 플랜트	-
31	고효율 컴팩트 바이오매스 열병합 발전 플랜트(폐산림자원, 고형연료 활용)	신재생에너지 플랜트	O
32	나노튜브 기반 역삼투막 해수담수화 플랜트(플럭스 10배 향상)	담수화 플랜트	-
33	냉각수 무방류 시스템(증발로 손실되는 냉각수 무방류 기술)	수처리 플랜트	-
34	대수심용 이동형 플랫폼(해저 깊은 곳에서 유지/가동 가능)	극한지 자원 플랜트	-
35	대심도 초임계 압력 조건 활용 폐기물 처리 및 에너지 생산 플랜트(심해건설)	폐기물	-
36	대용량 유동층 연소발전 플랜트	화력발전 플랜트	O
37	대체 부산물 활용 바이오디젤/에탄올 대량 생산 플랜트	신재생에너지 플랜트	-
38	마이크로기기 동력원 초소형 발전 시스템	화력발전 플랜트	-
39	모듈화 GTL 플랜트	가스플랜트	-
40	바이오가스 정제 자동차 연료급 CNG 생산 플랜트	가스플랜트	-
41	배출 폐수증기 재활용 플랜트(슬러지 건조, 발전소 등)	자원순환 플랜트	-
42	생화학물질(Bio-Chemical) 생산 마이크로 플랜트	신재생에너지 플랜트	-
43	석탄으로부터 합성석유 생산 플랜트	석유플랜트	-
44	석탄층 메탄가스 자원화 플랜트	가스플랜트	-
45	셰일가스 downstream 공정 제로에미션 모듈화 플랜트	가스플랜트	-
46	셰일가스 생산/저장/수송 플랜트	가스플랜트	-
47	수소 Station을 기반으로 한 에너지 자급형 도시모델 개발	신재생에너지 플랜트	-
48	수소 대량 생산 및 공급시스템(5만명 이상 대단지 보급)	신재생에너지 플랜트	-

연번	기존 연구에서 도출된 플랜트R&D과제 후보군	플랜트분야	전략프로젝트 연계 여부
49	수소 제조 국산화 플랜트(정유공장 사용가능 대용량)	신재생에너지 플랜트	-
50	수소액화 극저온 플랜트	신재생에너지 플랜트	-
51	스마트 플랜트용 빅데이터 플랫폼 기술	플랜트 사업관리	-
52	신재생에너지 활용 해수담수화 플랜트	담수화 플랜트	-
53	심랭법 공기액화 분리 플랜트	신재생에너지 플랜트	-
54	에너지 순환형 분산형 도시 기반 복합 플랜트	자원순환 플랜트	-
55	오일 샌드 오일 성분 추출/분리/활용 시스템	석유플랜트	-
56	유기성 폐기물 바이오가스 활용 연료전지 열병합 발전플랜트	신재생에너지 플랜트	-
57	유기성 폐기물의 유중 반탄화 및 가스화 복합공정에 의한 열병합 발전	신재생에너지 플랜트	-
58	유기성폐자원 사용 바이오가스 생산 및 고부가가치 연료 생산 플랜트	자원순환 플랜트	-
59	저 Nox MILD 연소 석탄발전 플랜트	화력발전플랜트	O
60	저급원료 활용 고부가가치 화학원료 및 합성연료 생산 플랜트	석유화학정유 플랜트	-
61	저급탄 활용 가스화 플랜트	화력발전 플랜트	-
62	저급탄의 고품위화 플랜트(호주/인도네시아 등 생산 저급탄 활용)	화력발전 플랜트	O
63	초목계 바이오매스의 바이오원유화 제조 플랜트	신재생에너지 플랜트	-
64	초순수 제조 담수화 플랜트	담수화 플랜트	-
65	초임계압 Co2싸이클 고효율 발전 플랜트	화력발전 플랜트	-
66	펫코크 최적 활용 플랜트	자원순환 플랜트	O
67	플랜트 유출 독성가스 실시간 감지 및 자동 중화처리 기술	자원순환 플랜트	-
68	해양 부유식 이동형 해수담수화 실증 플랜트 기술 개발	담수화 플랜트	-
69	해저 및 극한지역 자원이송 시스템	극한지 자원 플랜트	-
70	물리적 수소저장기술-수소 수요처별 저장시스템 가격 저감기술개발(45만원/KgH2)	신재생에너지 플랜트	-

연번	기존 연구에서 도출된 플랜트R&D과제 후보군	플랜트분야	전략프로젝트 연계 여부
71	물리적 수소저장기술-수소 흡착량이 큰 나노세공 구조 소재 및 저장시스템 개발(0.065khH2/kg 시스템 구축 실증)	신재생에너지 플랜트	-
72	물리적 수소저장기술-수소액화플랜트 기술개발 및 액체 수소 저장탱크 개발(50ton/day급 수소액화플랜트, 800,000m3수소저장탱크)	신재생에너지 플랜트	-
73	물분해 수소생산-10MWth급 초고온 시험로 개발 및 플랜트 실증	신재생에너지 플랜트	O
74	물분해 수소생산-MW급 고온 수전해 시스템 개발	신재생에너지 플랜트	O
75	물분해 수소생산-고효율 열화학사이클 수소 생산 파일럿 개발	신재생에너지 플랜트	O
76	물분해 수소생산-광전기화학 수소 생산 시스템 기술 개발	신재생에너지 플랜트	O
77	물분해 수소생산-수~100MW 저온 수전해 시스템 개발	신재생에너지 플랜트	O
78	바이오매스/폐자원 이용 수소생산-가연성 폐자원 가스화 수소생산 플랜트 실증	신재생에너지 플랜트	-
79	바이오매스/폐자원 이용 수소생산-바이오매스 가스화 수소 생산 플랜트 실증	신재생에너지 플랜트	-
80	바이오매스/폐자원 이용 수소생산-생물학적 발효 기반 바이오수소 고생산성 원천기술 개발	신재생에너지 플랜트	-
81	수소운송기술-수소 육상 운송비용 저감을 위한 대용량 운송기술(기체수소 1톤급, 액체수소 3.5톤급, 장거리 수소배관망 구축)	신재생에너지 플랜트	-
82	수소운송기술-해외 생산 수소 이송을 위한 수소운송 선박기술개발(10만 m3/sys이상 운송선 개발)	신재생에너지 플랜트	-
83	연료이용 수소생산-분산형(500~1,000Nm3/h) on-site 수소생산 시스템 개발	신재생에너지 플랜트	-
84	연료이용 수소생산-생물학적 CO전환 바이오수소 대량생산기술 개발	신재생에너지 플랜트	-
85	연료이용 수소생산-펫코크/석탄 순산소가스화 수소생산(7.5~13.5톤/일)기술개발	신재생에너지 플랜트	-
86	화학적 수소저장기술-Power to X 원천기술개발(500~1,000Nm3-H2/h급 수소저장/추출/활용 플랜트 기술개발)	신재생에너지 플랜트	-
87	화학적 수소저장기술-금속 수소화물 설계/공정 시스템	신재생에너지	-

연번	기존 연구에서 도출된 플랜트R&D과제 후보군	플랜트분야	전략프로젝트 연계 여부
	기술 개발(1MWh급 금속수소화물 기반 수소저장시스템 실증)	플랜트	
88	화학적 수소저장기술-액상 유무 기수소화물 합성 촉매 및 시스템 기술개발(LOHC 수소저장/추출 플랜트 및 실증)	신재생에너지 플랜트	-
89	극한지 오일생산 플랜트 건설 핵심기술(극한지 고점성 원유생산설비/ 극한지 채굴오일 처리 및 순환공급설비/극한지 플랜트 인프라)	석유플랜트	-
90	부유식 해상풍력기술 실증	신재생에너지 플랜트	-
91	동남아시아 현지 맞춤형 바이오매스 플랜트 패키지 개발	신재생에너지 플랜트	O
92	북극권 자원에너지 개발 기초(선행)기술	극한지 자원 플랜트	-
93	상용급 액체수소 플랜트 핵심기술개발 사업	신재생에너지 플랜트	-
94	시추용 육상 드릴링 시스템의 방향제어 추진체 및 이수순환기술 개발	가스플랜트	-
95	비전통유 생산 플랜트 건설 핵심기술 개발	석유플랜트	O

□ **기도출된 아이템 외에 추가적인 기술니즈조사를 통해 확보한 아이템은 아래 표의 35개 이며, 이 중 20개의 아이템이 전략프로젝트와 연계됨**

○ 기술니즈조사는 3개 분과(자원개발, 발전・신재생, 수자원・환경)의 분과위원 15명과 분과위원 추천 산업계 전문가 100명을 대상으로 조사하였으며, 총 35건의 기술니즈를 회신받음

○ 기술니즈조사는 플랜트분야 해외 신시장 진출과 기존 시장에서의 수주확대 및 수익성 제고를 위해 필요한 기술니즈를 조사한 것임

<표 72> 기술니즈조사 회신결과

연번	기술니즈명	플랜트분야	전략프로젝트 연계 여부
1	극한지 황회수공정 기술	극한지 자원 플랜트	-
2	스마트 SCM기반 플랜트 건설의 구매조달 플랫폼	플랜트 사업관리	O
3	해외 IPP사업 현금흐름 타당성 평가모델	플랜트 사업관리	-

연번	기술니즈명	플랜트분야	전략프로젝트 연계 여부
4	비전통자원 개발용 시추생산 플랜트	가스플랜트	O
5	발주시장 동향 및 계약서 맞춤형 해외플랜트 사업리스크 자동추출 시스템	플랜트 사업관리	O
6	공종/지역 특성 및 시장구조를 반영한 최적 펀딩구조 제시 솔루션	플랜트 사업관리	-
7	해외 플랜트 개발사업의 신용등급 및 적정수익률 평가시스템 개발	플랜트 사업관리	-
8	플랜트 지능형 안전 설계 시스템 및 이상상황 조기감지기술 개발	가스플랜트/석유플랜트	-
9	국산 대형 가스터빈 복합화력플랜트 해외시장 개척을 위한 50Hz 시장 대상 실증플랜트	화력발전 플랜트	O
10	동남아시아 석탄화력발전 시장 진출을 위한 고효율/저공해 CFB 보일러 현지 실증	화력발전 플랜트	O
11	중소형 화력발전 플랜트 시장 개척을 위한 실적 확보	화력발전 플랜트	O
12	해상 풍력 플랜트 시스템 실증	신재생에너지 플랜트	O
13	Base Proposal, VE(Value Engineering)에 의한 Alternative Proposal 작성	플랜트 사업관리	-
14	가스플랜트 시장 진출을 위한 모듈러 공법 개발	가스 플랜트	O
15	LNG 시장 진출을 위한 LNG 플랜트 원천 기술 확보	가스 플랜트	O
16	동남아시아 생활폐기물 소각발전(폐기물에너지화) 시장에 진출하기 위한 고수분 생활폐기물 전처리공정을 포함한 소각발전 플랜트 시스템 현지실증	자원순환 플랜트	O
17	해수담수화 플랜트 시장 진출을 위한 모듈러 설계 및 시공기술의 현지실증	담수화 플랜트	O
18	하.폐수 고도처리 플랜트 시장에 진출하기 위한 고도처리공정 및 운영관리(O&M) 부문을 포함한 하수처리 고도화 플랜트 시스템 현지 실증	수처리 플랜트	-
19	대량의 수소를 싼 가격으로 생산하기 위한 수소 plant 개발	수소 플랜트	O
20	하수처리 시장에 진출하기 위한 고효율 슬러치 처리기술의 고도화 현지 실증	자원순환 플랜트	-
21	추운지역의 가스전에서 이산화탄소 배출 조건(50 ppm 이하)에 맞추기 위해 저농도 이산화탄소 제거 흡수기술	가스 플랜트	-
22	동남아시아지역 석유가스전에서 배출되는 플레어가스의 자원화 활용 플랜트 시장에 진출하기 위한 플레어가스 전처리플랜트 시스템 개발 및 현지실증	가스 플랜트	O
23	상세설계/시공관리 개념에서 AWP(Advanced Work Package) 도입 및 운영 역량 확보	플랜트 사업관리	O
24	수소액화 및 대용량 액체수소 저장, 운송 기술 개발 및 실증	신재생에너지 플랜트	O
25	고염도 해수 전처리공정을 포함한 해수담수화 플랜트 시스템 현지실증	담수화 플랜트	-
26	염해 농지 태양광에 대한 구조체 설계 및 실증	신재생에너지 플랜트	-

연번	기술니즈명	플랜트분야	전략프로젝트 연계 여부
27	현지 다양한 폐기물 조건 조사와 이에 맞는 고형폐기물 소각플랜트 개발 필요	자원순환 플랜트	O
28	태양광발전 고효율 셀 개발	신재생에너지 플랜트	-
29	석유/가스 플랜트의 모듈화 기술개발	석유플랜트/가스플랜트	O
30	재생에너지 연계 공기 활용 대용량 에너지 저장 및 도심형 초청정 공조용 하이브리드 시스템 실증기술	신재생에너지 플랜트	-
31	신재생에너지 기반 친환경 마이크로그리드화할 수 있도록 태양광/풍력/ESS/Diesel Hybrid 시스템 설계운용기술을 개발하고 현지에 실증	신재생에너지 플랜트	-
32	중소규모 가스전처리 해외시장 독자 진출을 위한 컴팩트형 고효율 가스 전처리시스템 통합 설계패키지 및 실증	가스플랜트	O
33	노후화된 Offshore Plant & Vessel 및 Onshore Oil & Gas Plant에 대한 Decommissioning or Demolition Market 진출을 위한 관련 기술 검토 및 실증	석유플랜트/가스플랜트	-
34	동남아시아 맞춤형 수출을 위한 바이오매스 플랜트 기술개발 및 융합패키지 실증 플랫폼 구축 사업 기획	신재생에너지 플랜트	O
35	태양열 플랜트 핵심기술 개발 및 실증	신재생에너지 플랜트	O

3. 전략프로젝트 연구 내용

가. 저비용 비전통유 생산플랜트

(1) 개념

□ **비전통유의 생산·처리·이송을 위한 플랜트 건설에 요구되는 핵심기술을 개발 및 실증하는 R&D사업**

○ 비전통유의 생산·부분개질 기술과 모든 비전통유플랜트에 적용이 가능한 처리·순환설비 및 이송관련 기술을 개발

- 현지의 지하 오일의 저류특성에 따라 지상으로 효율적인 분출설비로서 가압설비, 회수물질의 수집과 분리설비가 요구됨

- 다수의 오일 웰헤드에서 분출되는 에멀전을 적정위치로 모으기 위한 수집관 및 매니폴더, 저장탱크 등을 설치하고, 왕복동형 압축기를 활용하여 가스를 이송하거나 머드펌프를 사용하여 머드를 재순환함

- 오일처리유닛을 통해 불순물과 수분을 제거하고, 효율적 이송을 위하여 필요시 적정한 점성을 유지하도록 변환·조정을 통해 장거리 이송을 함

[그림 147] 저비용 비전통유 생산 플랜트 개념도

○ 비전통유는 기술적 한계 및 높은 개발비용 등의 이유로 개발되지 않다가, 신기술의 적용을 통해 생산하는 석유자원을 의미하며, 오일샌드, 초중질유, 셰일오일, 치밀오일 등이 있음

- 오일샌드(oilsand) : 점토나 모래, 물 등에 역청(bitumen)상태의 중질 원유가 10% 이상 함유된 것
- 초중질유(extra heavy oil) : 전통오일이 생물분해 과정을 거치며 매우 무겁고 끈적한 상태의 오일이 된 것으로 열(스팀)을 주입하여 생산
- 셰일오일(shale oil) : 퇴적암의 한 종류인 셰일층이 퇴적될 때 같이 묻힌 고대 생물들의 열과 압력을 받아 형성된 액체 탄화수소
- 치밀오일(tight oil) : 투수율이 전통 오일의 저류층보다는 낮지만 셰일오일층 보다는 높은 상태의 지층에서 생산되는 원유

(2) 추진배경 및 필요성

(가) 추진배경

□ **신재생에너지 등 대체에너지의 사용량 증가에도 불구하고, '40년까지 오일 수요는 지속적으로 증가할 것으로 전망되고 있음**

○ 절대 수요량 기준으로 오일은 일일생산량이 '15년 95백만b/d에서 '40년 113백만 b/d로 약 16%가 증가할 것으로 전망됨

- OPEC 산유국의 경우, 아프리카를 제외한 중동지역에서 저가 생산이 대폭 증가하고, 캐나다와 카자흐스탄, 러시아, 브라질은 24%까지 증가할 것으로 전망됨

□ **전통오일 매장량 추가 확보 한계로 전통오일의 공급감소 및 비전통 오일의 지속적인 공급 증가가 전망됨**

○ 비전통오일은 에너지·자원 잠재량은 크나 개발여건이 열악했던 극지, 북극권, 구러시아 연방공화국, 중앙아시아 내륙, 알래스카, 캐나다, 중남미 지역 등을 중심으로 지리적 접근이 개선되면서 개발이 증가하고 있음

○ 최근의 기술개발로 인한 생산단가 절감에 힘입어 비전통오일의 개발 및 생산이 증가하고 있으며, 이에 따라 개발을 위한 플랜트 건설 시장의 확대가 전망됨

- 비전통오일 공급은 '17년 8.5mb/d에서 '40년 16.3mb/d로 증가할 것으로 전망됨

<표 73> 비전통오일 생산전망

(단위:mb/d)

구분		2017	2025	2030	2035	2040
초중질유 (Bitmen)	Oil sand	2.7	3.4	3.5	3.6	3.8
	Extra Heavy Oil	1.0	0.8	1.0	1.3	1.7
치밀오일(Tight Oil)		4.8	9.8	10.0	10.4	10.8

□ **메이저기업의 관심도가 상대적으로 낮은 비전통 오일 플랜트시장에 진출할 경우 국내 해외플랜트 수주 확대에 기여할 것으로 전망되며, 이를 위한 기술 경쟁력 향상이 필요함**

○ 메이저기업은 전통 오일 플랜트시장에서 진입장벽을 구축하고 안정적으로 수익을 창출하고 있으며, 비전통 오일에 대한 관심도는 상대적으로 낮은 상황임

○ 비전통 오일플랜트에서는 생산성 제고, 납기 단축, 비용 최소화가 중요하며, 플랜트 공정 및 건설에서의 효율성 향상기술 확보가 시장경쟁력으로 영향을 미침

(나) 정부지원 필요성

□ **비전통유 플랜트는 규모가 크고 난이도가 높은 기술로, 주력시장 외 신시장 진출이 극히 저조한 편이며, 선도기업의 견제 등으로 민간의 투자리스크가 높아 정부 지원이 필요함**

○ 선도 개발기업과 라이센스 기업의 카르텔이 형성되어 있어, 국내 기업 단독으로 시장성을 고려하여 진출하기에 어려움이 있음

○ Track Record 확보에 5~7년이라는 장기간이 소요되며, 민간에서 미래시장 진출에 대한 불확실성이 높은 상황에서 장기간 투자를 지속하기 어려움

□ **비전통유 플랜트 시장은 진출이 미미한 분야로서 현지 기술적 이슈와 문제, 한계를 극복하기 위한 기술개발 리스크가 존재하여 이러한 민간투자의 한계를 정부가 분담하는 것이 필요함**

○ 비전통유 시장은 새로운 시장으로 국내 기업의 경험이 많지 않은 분야여서 민간투자의 위험성이 높음

○ '14년 SK건설에서 수행한 캐나다 Alberta주 포트힐스 오일샌드 프로젝트(25억 달러)는 핵심공정의 라이센스는 미보유한 상황으로 핵심공정에 대한 기술은 해외업체에 의존하고 있음

□ **비전통오일 자원 개발현장을 보유하고 있는 국가나 개발권을 가진 기업의 시장독점으로 인해 우리기업의 고부가가치 시장진입에 어려움이 있음**

○ 실증을 위한 상류부문 현장을 보유하지 못한 국내 여건상 민간의 자력만으로는 리스크가 큼

- 최근 민간기업 등에서 비전통오일 생산 사업을 추진하였으나 현지 개발환경에 대한 정보수집 및 엔지니어링 분석·평가의 한계, 건설기술 제약 등으로 사업리스크가 큰 것으로 분석됨

- 국고를 통해 현지 개발환경 조사, 사업계획, 설계, 시험인증 및 지원체계 등을 지원하고 Track Record를 확보하여 기업 역량제고 및 사업리스크 저감 필요

□ **우리 중소기업의 비전통 오일 플랜트 투자여건과 경험실적, 역량 등을 고려시 가치사슬 진입을 위한 지원이 필요함**

○ 정부지원을 통해 비전통유 플랜트 시장에 진출할 경우, 오일산업 고부가가치 중류·상류시장 진출을 통한 경제활동 영역을 확대할 수 있음

○ 또한, 이를 통한 중동시장 및 일부 저부가가치 공종사업에 편중된 리스크를 저감할 수 있음

- 자원개발 플랜트는 발주처 영향, 경기변동에 민감하여 리스크 관리가 필요함

○ 신시장 산업생태계 조성 및 활성화를 통한 산업연관효과 향상, 이를 통한 산업/연구분야 신규 일자리 창출이 가능함

(다) 사업추진 시급성

□ **비전통오일 개발을 위한 투자 확대 추세로 시장이 확대되는 신시장임에도 국내 기업의 경쟁력 부족으로 진출이 미진하여, 이를 극복하기 위한 기술개발이 시급**

○ 최근의 기술개발로 인한 생산단가 절감에 힘입어 비전통오일의 개발 및 생산이 증가하고 있으며, 이에 따라 개발을 위한 플랜트 건설 시장의 확대가 전망됨

○ 각국은 비전통오일에 대한 자원개발 투자를 확대하는 추세로서, 고부가가치 신시장 진출경쟁력을 강화하기 위해서는 기술개발이 시급함

- 비전통오일 플랜트 시장 진입 및 경쟁력 강화를 위해서는 FEED를 포함하는 핵심·원천 기술의 확보 및 개발기술의 실증이 시급함

  • 시공 위주의 EPC수주에서 벗어나 핵심기자재의 국내 개발을 통해 구매조달 과정의 위험을 낮추고, 국내 플랜트 산업 활성화를 위해서는 FEED를 포함하는 핵심·원천기술의 개발이 시급함

- 개발기술의 T/B 현장 실증 직후 상용화 생산 적용이 가능하여 Track Record 확보가 가능하며, 이를 기반으로 해외 비전통오일 생산시장 진출이 가능함

  • 한국석유공사가 현재 생산중인 캐나다 오일샌드 광구를 활용한 실증이 가능하며, 기술개발이 성공할 경우 석유공사의 2단계 생산프로젝트에 바로 적용이 가능함

  • 개발이 지연되어 석유공사 2단계 오일샌드 생산에 적용이 이루어지지 못할 경우, 핵심 라이선스에 대한 해외구매가 이루어져야 하며, 관련 기자재 조달도 해외업체 중심으로 진행되는 등 국내 기업의 해외시장 진출 기회 상실이 우려됨

□ **산업기반 붕괴에 직면한 플랜트 건설산업의 육성·촉진을 위하여 국가차원의 전략적·선제적 투자를 통한 신시장 선점 필요**

○ 비전통 오일 플랜트 시장 성장추세, 기술발전주기, 기술수준, 산업여건 등을 종합 고려시, 신성장동력 및 신시장 창출을 위해 동 사업에 대한 국고지원을 통해 대규모 투자가 필요한 시점

- 미지원시 해외플랜트 건설수주의 지역 및 공종 편중은 고착화되고, 기존 주력사업 모델로 수주규모는 해외변수에 의존하게 될 것으로 예상됨

- 성장하고 있는 고부가가치 오일생산 중·상류 부문 등 신시장에서 증가하고 있는 기술수요에 대응되는 핵심기술과 건설실적의 미확보 등으로 인해, 현지 진출 경쟁력 저하 및 시장진입시기를 상실할 가능성이 큼

- 시장진입시기, 산업 파급효과, 중소기업 육성 등 국가적인 현안문제 해결에 중요한 기술로서, 국가 정책 실천 차원에서 정부 주도의 투자가 시급

○ 오일자원 에너지 개발현장을 보유하고 있는 국가나 개발권을 가진 기업의 시장독점으로 인해 우리기업의 고부가가치 시장진입에 애로

- 현지 열악한 개발환경 조사, 사업계획, 설계, 시험인증 지원체계 등 민간 건설부문의 역량제고 및 사업리스크 저감을 통해 진출 활성화 필요

○ 비전통오일·가스플랜트 건설시장은 고부가가치 가치사슬 영역이나, 관련 현장과 실적, 기술력을 보유하지 못한 여건에서 민간부분의 자력 진출의 한계 극복 시급

(라) 정부정책과의 부합성

□ **제4차 과학기술기본계획(2018～2022)의 중점과학기술로 “친환경・스마트 플랜트 기반 기술” 반영**

○ 친환경 스마트 플랜트 기반기술 : 첨단 플랜트 엔지니어링, 에너지자원 플랜트, 플랜트 건설을 위한 기반 구조, 스마트 운영 및 친환경 기술 등이 반영됨

□ **제6차 건설기술진흥기본계획(2018～2022)에 해외 수요 대응형 건설기술 개발(자원화 플랜트) 등이 반영됨**

○ 해외 수요 대응형 건설기술 개발은 기획단계부터 체계적인 시장 수요 분석, Track Record 확보가 용이한 분야에 중점을 두고 있으며, 자원화 플랜트 R&D추진을 내용으로 하고 있음

□ **제1차 국토교통연구개발사업종합계획(2018～2027)에 고부가가치 건설기술 창출분야에 스마트 자원 플랜트-자원 탐사・채굴・수송 장비 등이 반영**

(3) 동향분석

(가) 시장동향

□ **비전통오일에 해당하고 생산가능한 것으로 평가되는 오일샌드와 heavy Oil 등은 캐나다를 중심으로 하는 아메리카대륙과 유럽 및 유라시아의 북쪽지역에 매장되어 있는 것으로 분석됨**

○ Oil Shale의 경우 미국 및 캐나다 지역에 대부분 존재하는 것으로 추정됨

○ 대부분의 비전통오일 in situ 방식 생산은 캐나다와 베네수엘라에서 이루어지고 있음

- 캐나다는 2.4mb/d 규모로 오일샌드의 55%를 in situ 방식으로 생산중이며, 베네수엘라가 0.4mb/d로 생산중인 extra heavy oil은 베네수엘라 전체 오일생산의 15%를 차지하는 것으로 나타남

- 유럽지역의 경우 동유럽과 유라시아, 남미 지역에도 extra heavy oil 형태의 비전통오일 매장량이 풍부한 것으로 평가됨

□ **IEA는 '40년 비전통오일 생산시장 규모가 전통오일 생산시장 규모의 56.2% 수준으로 성장할 것으로 전망하고 있음**

○ '40년 전통오일 하루 생산량은 63.8mb/d, 비전통오일 하루 생산량은 37.4mb/d로 전통오일 생산량의 56.2%에 달할 것으로 전망됨

○ '17년 기준 오일샌드의 일일 생산량은 280만 배럴이며, '30년에는 409만 배럴, '38년에는 540만 배럴이 생산될 것으로 전망됨

□ **비전통오일 개발을 위한 투자 확대 추세로 시장이 확대되는 신시장임에도 국내 기업의 경쟁력 부족으로 진출이 미진**

○ 비전통 석유는 기존의 전통자원 회수기술로 개발 및 생산이 불가능하고, 회수율 및 경제성 관련 위험이 큰 자원으로 오일샌드, 초중질유, 오일셰일, 치밀오일, 셰일오일 등이 있으며, 현재 생산비용을 고려할 때, 캐나다와 베네수엘라에 매장된 오일샌드가 비전통 석유로서는 시장성이 있는 것으로 나타남[376)]

○ 전통오일 매장량 추가 확보 등의 한계로 인한 전통오일의 공급감소 및 비전통 오일의 지속적인 공급 증가 전망

○ 최근의 기술개발로 인한 생산단가 절감에 힘입어 비전통오일의 개발 및 생산이 증가하고 있으며, 이에 따라 개발을 위한 플랜트 건설 시장의 확대가 전망

- 캐나다의 경우 현재 운영 중인 88개 프로젝트의 약 2배 규모인 159개의 프로젝트가 향후 착수 예정이며, 이 중, 112개의 프로젝트는 2027년도 이후 생산 시작 예정

□ **(시사점) 전통유 매장지역 추가발굴이 어려운 상황에서 비전통유 개발을 위한 투자 확대가 이루어지고 있으며, 현재의 유사상황에서는 배럴당 50달러 미만으로 생산이 가능해야 프로젝트에서 수익확보가 가능함**

(나) 기술동향

□ **미국은 최근 온실가스 배출로 규제가 심한 노천채굴 방식 대신 스팀으로 석유성분을 녹이고 물과 혼합된 비투멘을 지상으로 뽑아낸 후 오일과 불순물을 분리하는 SAGD방식 증가[377)]**

○ 2000년대 초부터 SAGD공법이 상업적으로 널리 사용되었으며, 현재는 스팀의 사용량을 감소시켜 운영비 절감 및 이산화탄소 배출을 감소시키기 위한 탄화수소 용매를 사용하는 연구가 진행되고 있음

376) 2018년도 예비타당성조사 보고서, 극한지 오일생산 플랜트 건설 핵심기술 개발사업, KISTEP, 2019.
377) 새로운 지상유전 오일샌드, 퓨처에코, 2013.

- SAGD공법은 두 개의 수평정을 사용하며 스팀을 주입하여 비투멘의 점성도를 낮추어 중력을 통해 생산하는 방식임

  • CCS공법에 비해 심도가 얕은 저류층에 적용이 가능하여 활용도가 높으며 최종 회수율은 50%내외임

- 탄화수소 용매를 활용한 지하회수 공법은 변형된 SAGD기법으로 수%의 솔벤트를 스팀과 혼합, 주입하여 SAGD의 스팀 효과와 솔벤트와 고점성 원유간의 희석효과를 이용한 회수기법임

  • 솔벤트 및 스팀 주입과 원유 생산이 2개의 수평정에서 각각 연속적으로 이루어지며, 생산된 원유에서 솔벤트를 분리하고 분리된 솔벤트는 재주입됨

  • 솔벤트는 식수원으로 유출이 어렵고, 주입되는 솔벤트의 양이 적으며, 스팀챔버 외부의 차가운 고점성 원유가 있기 때문에 솔벤트는 스팀챔버 내부에 머물러 환경문제가 적음

□ **캐나다 오일샌드의 경우, 내륙에서 생산한 중질유를 해외수출을 위해 해안으로 이송하기 위한 기술확보가 요구됨**

○ 오일샌드는 고점성을 지니고 있으며, 노천 채굴을 제외한 대부분 열 회수 공법을 적용하여 자원을 생산하고 있음

- 고점성 원유의 대표적인 지하 회수 방법으로는 증기배유 공법 및 윤회증기자극법이 있으며, 글로벌 정유회사는 이를 사용하여 고점도 원유를 생산하고 있음

○ 오일샌드는 고점성을 지니고 있어 이송을 위해서는 유동성 확보가 중요하며, 이를 위한 개질기술이 필요함

- 오일샌드 역청을 비롯한 중질유분의 개질기술은 크게 탄소제거 방식과 수소첨가 방식으로 구분되며, '14년 기준 탄소제거 방식의 일종인 Coking공정의 보급이 40%로 가장 많고, 수첨 분해는 26%임

□ **비전통 오일 플랜트 시장 진입 및 경쟁력 강화를 위해서는 FEED를 포함하는 핵심・원천 기술의 확보 및 개발기술의 실증이 시급**

○ 시장 진입을 위해서는 비전통 오일 생산플랜트 관련 개발기술의 Track Record 확보가 중요하지만, 우리 기업의 경우 기술개발은 물론 실증까지의 역량이 부족

○ 비전통 오일 시장의 성장추세와 기술개발 및 Track Record 확보를 위한 시간의 장기소요(5~7년)를 종합 고려시, 핵심・원천기술개발이 시급

○ 개발기술의 T/B 현장실증 직후 상용화 생산 적용 가능

□ (시사점) 기존의 노천채굴방식은 환경오염 문제가 대두되므로, 환경오염을 최소화하고, 채굴한 고점성의 비전통유의 이송을 위한 유동성 확보기술이 개발되고 있음

○ 기존 노천채굴방식은 수질악화 문제가 제기되므로, 친환경적인 SAGD(steam-assisted gravity drainage)방식이 선호되고 있음

○ 오일샌드의 성분은 고점성의 특성을 지니며, 특히 극한지역에서의 파이프라인을 통한 이송을 고려할 때에 고유동성을 확보할 수 있는 기술이 요구됨

(다) 국내 기업의 역량

□ 국내 GS건설, SK건설이 캐나다 오일샌드사업에 진출한 경험은 보유하고 있음

○ GS건설은 '10년 한국석유공사에서 발주한 3,600억원 규모의 캐나다 블랙골드 오일샌드 프로젝트를 수주하여 모듈형으로 건설을 수행한 경험이 있음

○ SK건설은 수증기 압입방식의 기술로 '14년 캐나다 오일샌드 프로젝트를 수주하여 모듈방식으로 현지에서 조립하여 '17년 완공하였음

○ 국내에 다수의 대학, 정출연 등 연구수행 가능 인력 및 실험시설이 존재하며, T/B 실증을 위한 캐나다 현지 오일샌드 생산광구를 확보하고 있음

(라) SWOT분석

강점	약점
▪ 수처리, 석유정제 등 오일샌드 플랜트 연관 기술 실적 보유 ▪ 세계적 수준의 ICT, IoT, 소재·부품 융복합 역량 보유 ▪ 국내 제조 장치 산업의 품질 경쟁력이 우수함 ▪ 법/제도적 제약이 없으며, 상위계획과 밀접하게 부합함	▪ 오일샌드가 매장되어 있는 극한지역에서의 핵심원천기술 미보유 ▪ 오일샌드 플랜트 기술의 국내 검증 및 실증이 어려움 ▪ 오일 상류 및 중류분야 주력사업모델 미보유 ▪ 플랜트 R&D투자가 저조하며 핵심원천기술 미흡 ▪ 현지 개발리스크 정보가 부재하며, 유관기관과 국제교류협력은 미흡 ▪ 중견 중소기업이 참여하는 산업생태계가 취약하며, 종합적인 검증 및 실증인프라가 부족함
기회	**위협**
▪ 기술개발로 인한 생산단가 절감에 힘입어 비전통오일의 개발 및 생산 증가 ▪ 오일샌드 산유국 자원개발 투자 확대 및 개발 가속화 ▪ 장기적으로 오일수요와 생산이 증가할 것으로 전망됨 ▪ 중장기적으로 유가상승이 전망되며, 에너지 안보가 강화되는 추세임 ▪ 주요 비전통 산유국의 자우너개발이 지속되고 있으며, 주요국의 투자도 확대되고 있음 ▪ 주요 메이저 석유회사의 상류부문에 대한 투자 비중이 확대되고 있음	▪ 선진국의 카르텔로 독점적 지위 강화 및 신흥국과의 가격경쟁 심화 ▪ 오일샌드 산유국 환경규제 강화 추세로 플랜트 건설 및 운전시 제약조건 발생 ▪ 수주감소로 인한 기업의 구조조정으로 산업기반 붕괴가 우려됨 ▪ 중국, 인도 등 신흥개발국과의 가격경쟁력이 저하되고 있음 ▪ 자국의 산업보호를 위한 기술무역 장벽이 강화되고 있음

(4) 진출대상 국가

□ **캐나다, 러시아, 베네수엘라 등 비전통유 산유국**

(5) 목표 및 단계별 목표

□ **비전통오일 생산·처리·이송 플랜트 핵심기술 개발 및 실증**

○ 비전통 오일 생산 및 처리 플랜트 핵심기술(생산단가 저감) 확보

- 오일생산량 대비 스팀주입량 사용비율 12%, 분리효율 95%이상

- 생산단가 50$/배럴 이하로 생산가능한 통합플랜트 기술 실증

○ 비전통유 생산 플랜트 개념설계 및 FEED 자립화

○ 오일생산 현지 실즐플랜트 구축 및 운영을 통한 Track Record 확보

(6) 기술개발 내용

□ **고점성 원유 (비전통유)의 친환경/고수율 지하 회수 기술**

○ 비전통유 저류층 변화 예측 및 고해상 영상화 기술

- ES-SAGD 적합 저류층 모델링 기술

- 4차원 고해상 비전통유 변화 예측 기술

○ 비전통유 생산증진을 위한 하이브리드 열공법 및 운영・제어기술

- 생산증진을 위한 하이브리드 열공법 기술

- 현장 실증 광구의 특성을 반영한 ES-SAGD 공법 기술

□ **고점성 원유(비전통유)의 장거리 이송용 부분개질 기술**

○ 비전통유의 생산 수율 및 품질 향상을 위한 친환경 지하개질 기술

- 수중 열분해용 저가 하이브리드 유/무기 금속 촉매 제조 및 반응 공정기술

- 수소 전달체에 의한 중질유 개질 기술

- 수중 열분해용 유/무기금속 촉매 효율 극대화를 위한 계면물성 개질 기술

○ 파이프라인 이송용 합성원유 생산을 위한 부분개질 촉매기술

- 물기반 부분개질 분산형 촉매 설계 및 제조기술

- 부분개질 촉매의 성능 향상 기술

- 부분개질 촉매의 Scale-up 기술

○ 비전통유의 열공법 생산 공정과 연계된 부분개질 반응기/공정 기술

- 부분개질 반응기/공정의 성능향상 기술개발

- 부분개질 반응기/공정의 성능평가 및 설계기술

- 부분개질 반응기/공정의 운전 및 최적화 기술

□ 오일 함유 다상 혼합물질 수집 및 분리설비 기술

○ 다상 혼합물질 수집 및 분리설비 기술

- 에너지 플랜트용 유수분리 기술

- 고점성 슬러지 이송기술

○ 오일 처리 기술

- 오일 처리 기술

○ 싸이크론을 이용한 미립자 제거 기술

- Wellhead De-sander

- In-line type De-sanding Unit

□ 생산수 계통의 오일제거 및 수처리 복합공정 설비기술

○ 기후극변화 대응 수처리 복합공정 설비의 기능유지를 위한 스마트 시공 및 운영관리 기술

- 단위공정별 이동형 모듈러 원터치 조합기술

- 혼합현실 기반의 스마트 운영 가상화 시뮬레이션 기술

- 복합공정 설비의 AI기반 통합원격제어 및 유지관리 시스템 기술

○ 고품질 재이용수 생산을 위한 전처리기술

- Micro Bubble을 이용한 Dispersed Oil 분리기술
- 미량 오일 및 용존 유기물 등 다상물질 제거기술
- 무기막을 이용한 친환경 재이용수 전처리 생산 공정 모듈화 기술

○ 고품질 재이용수 생산을 위한 본처리 공정기술

- 극한 환경 맞춤형 고품질 재이용수 모듈화 기술
- 안정적 고품질 재이용수 생산을 위한 유지관리기술
- 환경 친화적 농축수 냉동식 담수화 기술

□ 주입물질 인젝션 및 웰패드 시스템 기술

○ 웰패드 시스템 및 생산유체 수집·분리 기술

- 웰패드 모듈화 설계 및 제작기술
- 생산유체 수집·그룹 분리장치 기술
- 생산광 단열 및 유동제어 기술
- 생산유체 3상 분리시험 기술

○ 모듈형 중기 생산 및 인젝션 설비 기술

- 고점성 원유 생산용 고순도 증기 발생기술
- 증기 인젝션 스테이션 설계 및 제작기술

○ 모듈형 복합 열캐리어 가압 스테이션 기술

- 복합 열캐리어 스테이션 통합설계 및 제작기술
- 복합 열캐리어 연소기 모델링 및 제어기술
- 복합 열캐리어 연소기 및 연료 주입설비 제작기술

□ **비전통유 생산 플랜트용 파이프라인 건설 기술**

○ 장거리 파이프라인 건설사업의 리스크 분석기반 비용-공기 예측기술

- 파이프라인 건설 프로젝트 리스크 평가기술 개발

- 리스크 분석기반 파이프라인 건설사업의 확률적 비용-공기 예측기술 개발

○ 비전통유 생산 및 수송을 위한 대구경 파이프 개발기술

- 비전통유 생산 및 수송용 파이프라인 고온 인장/저온 인성 보증 제품 개발

- 비전통유 생산 및 수송용 파이프라인의 내/외면 코팅 및 단열기술

○ 파이프라인 매설을 위한 굴착 자동화 기술

- 자동화 굴착 작업환경 모니터링 기술개발

- 파이프 매설을 위한 굴착 자동화 기술개발

○ 파이프라인 스마트 현장 접합 기술

- 파이프라인 용접을 위한 전용 장비 및 도구 개발기술

- 접합품질 검사 및 안전진단 자동화 기술개발

○ 파이프라인 고속 Backfill 기술

- 오일샌드 및 Muskeg등 특수지반 대상 동상방지형 파이프라인 뒷채움재 및 시험법 개발

- 비전통유 파이프라인 Backfill기술의 시공성 평가 및 현장검증

- 파이프라인 Backfill 고속 시공공법 및 자동화 기술 개발

□ **오일 생산 플랜트의 패키지화 설계 및 통합실증 기술**

○ 비전통오일 오일생산 플랜트의 Pre-FEED 및 통합실증 기술

- 오일 생산 플랜트의 Pre-FEED 기술

- 오일 생산 플랜트의 통합실증 기술

○ 고점성 원유 통합 생산 및 개질공정의 에너지 분석과 최적화 기술

- 고점서 원유 통합 생산 및 개질 공정의 에너지 분석 모델

- 고점성 원유 통합 생산 및 개질 공정의 에너지 최적화 솔루션

(7) 선행 연구개발 사업 및 성과연계 방안

□ **국토부 플랜트연구사업**

○ 오일 플랜트 및 이송망 설계기초 데이터를 이용하여 파이프라인과 지반의 복합거동 평가, 오일샌드 모듈화 배치 및 모듈 제작기법에 기초한 핵심공정의 라이센스 확보, 온도변화에 따른 이송망과 지반의 역학관계에 관한 성과를 연계활용할 계획임

□ **국토부 건설기술연구사업**

○ 시공 자동화분야의 건설기계 운용정보, 엔지니어링 표준자료, 건설프로세스 등을 검토하여 극한지 개발 및 건설환경과 비교를 통해 문제점 분석, 리스크 인지 등에 활용할 계획임

□ **산업부 플랜트 엔지니어링 핵심기술 개발사업**

○ 발전시스템, 석탄가스회, 해저용 장비, 기자재류 등에 집중하고 있어, 담수화 공정이나 셰일가스전 생산수 처리시스템의 멤브레인 부품, 그간 운용・유지관리 데이터 등 일부 성과를 설계 및 유지관리기술 개발에 연계하여 활용이 가능할 것으로 분석됨

□ **산업부 플랜트 자원기술개발사업**

○ 현장연계 대형 상용화 기술, 미래선도 기술 및 서비스 기술 내용을 기초데이터로 미비점을 보완하고 극한지역에 자원개발 상용화기술에 활용할 계획임

(8) 최종성과물

□ **(공법) 고점성 원유의 친환경/고수율 지하 회수기술**

□ **(공법) 고점성 원유의 장거리 이송용 부분개질 기술**

□ **(장비) 오일 함유 다상 혼합물질 수집 및 분리설비기술**

□ **(장비) 생산수 계통의 오일제거 및 수처리 복합공정 설비기술**

□ **(장비) 주입물질 인젝션 및 웰패드 시스템 기술**

□ **(공법) 비전통유 생산 플랜트용 파이프라인 건설기술**

□ **(기법) 오일생산 플랜트의 패키지화 설계 및 통합실증 기술**

(9) 해외진출 전략

□ **사업추진체계는 대형 EPC, 중소 엔지니어링 기업(모듈설계), 기자재업체, 투자사가 함께 컨소시엄으로 진출하는 것을 고려함**

○ 대형 EPC는 현지 플랜트 건설실적을 기반으로 플랜트 시장 진출 저변확대 기반 마련 측면에서 참여를 유도할 수 있음

- 대형 EPC사는 전체적인 사업운영권, 좀더 큰 사업 진출을 위한 Track Record 확보

○ 중소 엔지니어링업체는 FEED를 수행하고, 모듈러로 사업을 성공적으로 수행하는 경우, 향후 이를 기준으로 모듈러 시장진출이 가능할 것임

- 캐나다 지역의 경우, 극한환경, 엄격한 환경규제, 현지의 높은 인건비 및 인력수급의 불안정성을 고려할 때, 모듈러로 진출이 적합할 수 있음

- 기업입장에서는 책임소재 문제가 발생하므로 기업 단독으로 모듈화 추진이 어려워, 국가R&D로 추진하는 것이 의미가 있으며, 실적만 확보된다고 하면 이후 해외시장 진출이 가능함

○ 소형업체에서는 조달 및 설치업무를 수행하며, 실적을 확보할 수 있음

□ **비전통오일 생산기술 및 시험인증 기관과 국제교류 및 협력 추진**

○ 비전통오일 매장 현장을 미보유한 우리의 여건에서 현지 네트워크를 활용하여 정보 및 데이터의 확보와 기술교류는 기술개발 및 사업 추진의 리스크를 대폭 줄일 수 있음

- 사업 기획단계부터 현지 국가, 유관기관과의 업무협약을 통하여 현지 공동연구 기획, 검증 현장 협조, 시험인증지원 등에 관한 교류・협력을 추진

- 현지 사업분야와 연관된 국가 주도의 출연연구소, 대학교 등과 인력교류, 아이디어 교류를 위한 컨퍼런스 등을 정기적으로 추진하여 연구참여 인력의 현장경험 확보 및 역량을 제고함

- 본 사업 추진단계에서 전략적으로 연구팀을 해외 현지에 파견하여 공동연구 수행체계를 구축하고, 현지 수요기술의 사업화를 전제로 공동개발하는 전략을 추진

○ 핵심기술의 효율적 개발과 현지 실증을 지원하기 위한 국제공동연구, 실증지원체계를 구축하여 중점추진

- 현지 수요를 파악하여 초기에 요소기술에 대한 강점과 약점을 분석하여 역할을 분담하고, 최종적으로는 관련기업이 현지에 사업화 진출이 가능한 모델을 상정함

(10) 사업추진 위험요인과 대응방안

□ **해외 실증플랜트 후보지 선정 및 인허가 지연 가능성이 있으나, 사전에 후보지 관련 현지 정부 및 규제기관, 연구기관과 국제 교류협력을 통한 조사분석, 선행연구 및 국제공동연구를 추진하고 있음**

○ 선행연구를 통하여 현지 개발환경에 대한 조사·분석, 규제기관 및 주요 연구기관과 교류협력을 추진 중(북극권 에너지 플랜트 선행기술, '18~)

(11) 예상되는 참여기업

□ EPC기업 : GS건설, SK건설

□ 기자재 기업 : 현대중공업, 두산중공업, 동아엔텍

□ 자원개발기업 : 한국석유공사

(12) 사업기간 및 소요예산

□ 사업기간 : '22년~'28년

□ 소요예산 : 3,986억원

(13) 기대효과

(가) 정책적 기대효과

□ **해외 플랜트 시장·공종 다변화 이슈 해소**

○ 우리나라 해외플랜트 수주의 지역공종의 편중 해소를 통한 리스크 저감

(나) 기술적 기대효과

□ **비전통유 생산현지에 적합한 기술 개발 및 기술격차 해소**

○ 비전통유 생산현지의 기후와 현장여건에 적합한 기술 확보를 통해 생산성과 신뢰성 향상

○ 부족하였던 핵심기술을 확보함으로써, 선진국과의 기술격차를 좁힘

○ 비전통유 생산 플랜트 개념설계 및 FEED 자립화

(다) 경제적 기대효과

□ 오일샌드 시장에서 매년 1개 프로젝트씩 수주하는 경우, 연간 25.5억달러의 해외 수주 매출달성이 가능하며 21%의 시장점유율을 목표로 함

□ 비전통오일 중상류 부문 시장점유 확대에 기여

○ 실증을 통한 Track Record의 확보

○ 오일생산 단가 저감

□ 대형 건설사/중공업사/엔지니어링사, 중견 엔지니어링/기자재사, 중소 기자재사 협력 생태계 구축

○ 개발현장을 보유하고 있는 국가나 개발권을 가진 선진기업의 시장 카르텔로 인해 비전통오일 생산 플랜트 시장에 민간기업의 진입 애로를 해소

○ 생산 현지 여건을 고려한 기술개발과 이의 실증, 시험인증에 관한 전주기 역량을 확보하여 건설 및 엔지니어링사와 조달체인에 해당하는 중견・소기업의 동반진출 모델을 창출

(14) 제도 및 지원정책 활용방안

□ 국토교통부의 해외건설시장 개척지원사업을 활용하여 신시장 개척 및 신규 프로젝트 발굴 추진

○ 해외건설협회에 해외 유망프로젝트에 대한 사업모델 검토 및 타당성 조사, 현지수주 교섭, 발주처 초청 비용 지원 신청

□ 국토교통부의 글로벌 인프라 펀드를 활용하여 금융조달 추진

○ 한국해외인프라도시개발공사(KIND)의 글로벌 인프라 펀드를 기반으로 발굴사업 참여 및 차입금 조달 추진

□ 한국수출입은행의 해외건설・플랜트 금융서비스를 활용하여 금융권으로부터 대출 시 보증지원

○ 한국수출입은행이 대주가 되어 상업은행이나 타 ECA, MDB에게 보증을 제공, SPC에 대출 및 지분을 투자하여 사업주에게 대출/사업자문/금융자문 수행

나. 세계 선도형 저급자원 발전플랜트

(1) 개념

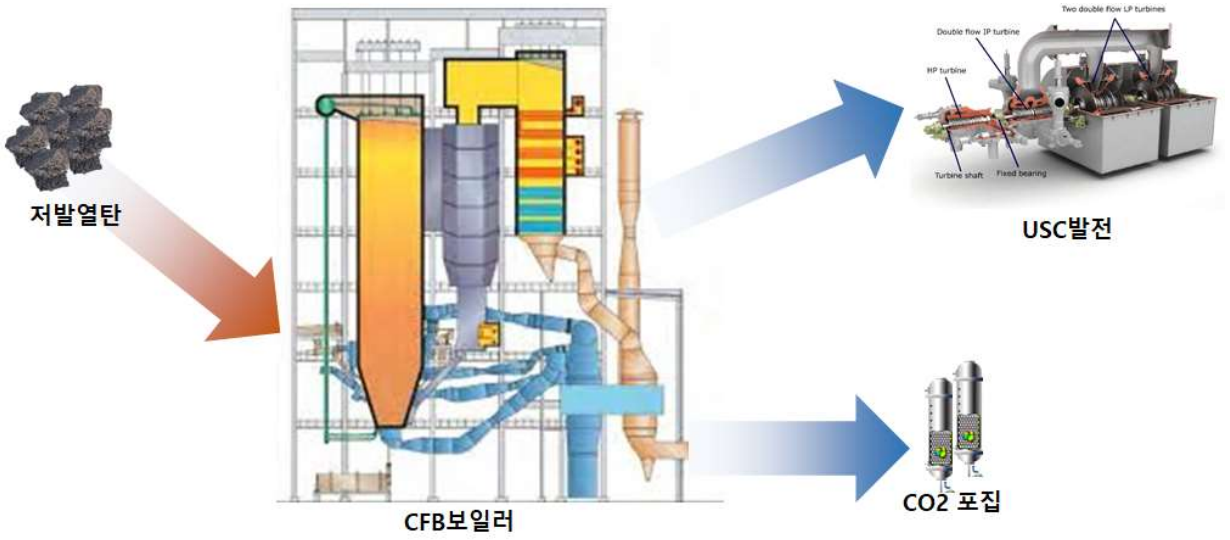
□ **해외 현지에서 생산된 저발열량탄을 원료로 하는 고효율·저공해 청정화력 발전 플랜트 패키지 기술개발**

○ 함수분이 높고 발열량이 낮은 현지의 저발열량탄을 원료로 사용하는 CFB보일러

- 품질이 일정하지 않은 동남아, 중앙아시아에서 생산되는 저발열탄을 원료로 안정적 발전이 가능한 CFB 보일러 기술

○ 고효율 발전이 가능한 초초임계압 증기터빈 발전

○ 저발열량탄을 연소하는 과정에서 발생하는 다량의 CO2 포집 기술



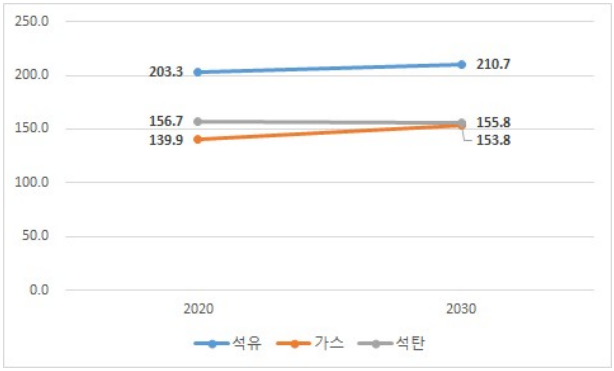
[그림 148] 세계선도형 저급자원 발전플랜트 개념도

(2) 추진배경 및 필요성

(가) 추진배경

□ **전세계적으로 천연가스 기반 화력발전이 증가하고 있으나, 동남아시아, 중앙아시아 등 아시아 권역에서는 자국에서 생산되는 석탄을 활용하는 청정화력발전에 대한 높은 수요가 지속적 존재할 것으로 전망**

○ '30년까지 전세계 중장기 에너지원 소비를 전망할 때, 석탄소비는 소폭 감소하지만, 여전히 제2의 에너지원으로, 특히 아시아 지역에서는 주요 에너지원이 될 전망임



[그림 149] 에너지원별 소비 전망(단위 : quads)



[그림 150] 권역별 에너지 소비 전망(단위 : quads)

□ **동남아시아 및 중앙아시아에서 생산되는 석탄은 발열량이 높지 않은 저급탄이며, 함수율이 높아 안정적 가동이 어려우며, 효율이 낮고, 다량의 오염물질이 배출되는 문제가 있음**

○ 저개발국가 內 다양하게 분포되어 있는 저발열탄을 에너지원으로 사용할 때, 낮은 연소성에도 불구하고 안정적 연소 운영이 요구됨

○ 저발열탄은 효율이 낮아 기존 대비 높은 효율 달성이 가능한 화력발전 플랜트에 대한 니즈가 있음

○ 산업발전 속도가 빠른 아시아 개발도상국가들은 전력에 대한 수요도 높지만, 급속한 산업발전으로 인해 환경오염도 심각한 문제로 대두되고 있어 환경오염물질(CO2, SOx, NOx) 배출이 적은 청정화력발전 기술이 요구됨

(나) 정부지원 필요성

□ **동남아시아, 중앙아시아 등 신남방/신북방 국가에서 채굴되는 현지자원을 활용한 발전 플랜트 구축은 정부의 신남방/신북방 정책에 따른 경제협력체계를 지원하는 사업임**

○ 현지 국가들은 자국에서 채굴되는 자원을 활용하는 발전사업을 통해 원료 비용을 줄이고, 자국의 안정적 전력공급에 대한 니즈가 있음

○ 정부는 신남방, 신북방정책을 추진하며, 동남아권 국가 및 동북아, 중앙아시아권 국가와 경제협력체계 구축을 추진하고 있음

□ **플랜트는 대규모 예산 및 장기간 운영을 통한 실증이 요구되며, 국가간 정치외교에 따른 리스크가 존재하여 정부차원의 리스크에 대한 분담이 필요함**

○ 신발전 연구 비용 및 실증 비용에 있어 그 금액이 상당히 크며, 중장기 연구 분야 특성과 높은 리스크 분담 특성 상 단기 투자 회수가 불가능하여 공기업 자체 수행은 어려운 부분이 있음

- 대용량 초초임계압 순환유동층 초도품 실증 시 막대한 금액이 요구되며, 장기간 연구 수행에 따른 단기 투자 회수가 불가능하여 공기업 자체 수행이 어려움

- 또한, 여러 산학연 주도로 상세설계, 제작/건설, 기술검증, 운영 등의 복합 기술이 개발/적용되어야 하므로 정부 주도하에 협력할 필요가 있음

○ 초초임계 순환유동층 기술에 대한 자체 설계 및 운영기술 기반 확보가 현재 이루어진 상태에서, 이의 실증 구현을 위한 정부 정책 및 지원이 절실히 요구되고 있는 실정임

- 저발열량탄(무연탄, 고수분탄, 고황탄 등)을 활용한 고효율 발전을 가능케 하고, 신재생에너지원의 혼소를 통한 CO2 저감 (>30% CO2 발생저감) 달성이 가능할 것으로 기대되고 있어 이에 대한 정부의 전략적 선도가 필요함

○ 신발전 설비에 대한 설계 및 기술선도 부분이 가장 중요하며, 많은 경험과 기술력 축적이 요구되는 분야로 정부 주도하에 다수의 기업 및 연구소가 협력하여 기술 개발할 필요가 있음

□ **국내 대/중소기업의 수출형 Package 개발을 통한 해외진출 증대**

○ 외국 기술 도입을 통한 안정적 설비 건설 및 운영을 할 수 있음에도 불구하고, 국내 기업 육성 및 일자리 창출 측면에서 비교적 Risk가 큰 플랜트 설계 및 제작, 건설 등은 정부의 지원을 통한 기술개발 실패확률을 줄일 필요가 있음

○ 국내 기업의 플랜트기술 실증을 통한 해외진출 기반 구축은 해외 신시장의 개척 및 외화수익 극대화에 기여할 것으로 판단됨

- 고효율/초청정 순환유동층 발전기술 뿐만 아니라, 본 실증을 통해 세계 최고 수준의 유동층 보일러 운영 기술, 설계/제작 기술, 진단 기술 등 관련 요소 기술 확보가 가능하여, 이를 위한 관련 기술 해외 진출에 대한 정부 차원의 전략적 선도가 필요할 것으로 판단됨

(다) 사업추진 시급성

□ 대용량 초초임계압 순환유동층 기술 국산화를 통한 친환경 新석탄화력발전 시장 대응 필요

○ 전 세계적인 기후변화에 대한 환경 문제 인식 변화 및 관련 규제 강화에 따라 기본 석탄화력 대비 고효율/초청정 발전이 가능한 新석탄화력발전 기술의 시장 수요가 증가하고 있음

○ 新석탄화력발전 시장 진출을 위해 한전-제작사-발전사는 세계 최고 수준의 대용량 초초임계압 순환유동층 보일러 설계 기술을 민간협동과제를 통해 '18년 개발 완료

○ 본 기술은 바이오매스 20% 혼소가 가능하고 최적 Air Quality Control System 적용을 통한 미세먼지 배출 최소화 등을 개발 시 고려하여 기존 석탄 화력 대비 초청정한 기술을 확보한 것으로 평가됨

○ 본 기술의 국산화/상용화 및 해외 시장 진출을 위해서는 실증을 통한 Track Record 확보가 필수적이며, 이를 위한 국가차원의 실증 기회 제공이 필요함

□ 유동층 발전시장의 선진사 기술 독점 방지를 위한 기술 국산화 필요

○ 아시아 개도국을 중심으로 유동층 발전의 급격한 성장에도 불구하고, 국내 원천기술 부재로 국외 원천기술사의 시장 독점 현상이 심화되고 있음

○ 향후 新석탄화력발전 시장 기술 독점 회피 및 선점을 위해서는 대용량 초초임계압 순환유동층 기술의 조기 국산화를 통한 기술 경쟁력 확보가 필수적임

○ 본 기술의 조기 국산화 완성을 통해 한전(발전사 포함)-제작사의 운영, 설계/제작 등 기술조합 시너지로 유동층 관련 기술의 해외 진출 가속화 가능

○ 국내외를 막론하고 관련 기술의 실증을 통한 Track Record 확보는 지속적으로 성장하는 선진사의 시장독점을 막고, 향후 개발도상국으로부터 발주되는 관련 사업에 대한 기술, 시장적 접근이 가능할 것으로 판단됨

(라) 정부정책과의 부합성

□ 신발전시스템 국산화 개발과제로 국가의 온실가스 저감 정책목표에 부합하며, 국가 에너지 안보 및 친환경 에너지 기술의 육성 차원에서의 정부 지원이 필요함

○ 미세먼지, 온실가스 최소화 정책, Industry 4.0 융성 정책 등 정부 정책 목표에 부합하며, 국내 기술 조합시 단기간에 기술국산화가 가능하므로 국가 에너지 안보 및 친환경 에너지 육성 차원에서 정부 지원이 절실함

□ (2014, 산업부) 에너지기술 이노베이션 로드맵 및 제3차 에너지기술개발 계획에서는 기후변화와 에너지안보 대응형 고효율 청정발전기술로 수출산업화 기반확보를 위해 “대용량 초초임계 순환유동층” 기술을 선정함

□ (2014, 산업부) 제2차 에너지기본계획에서는 화석 연료 기반의 전통에너지 청정화를 위한 고효율·친환경 화력 발전기술 개발 및 국산화 기술개발 확대 필요성을 제기함

□ (2014, 산업부) 산업기술진흥원 발전부분 미래유망 품목으로 선정

□ (2015, 관계부처 합동) 2030 에너지 신산업 확산 전략의 新기후변화 대응을 위한 ‘저탄소발전’, ‘에너지 신산업의 수출 산업화 추진’ 등과 연관됨

(3) 동향분석

(가) 시장동향

□ 제8차 전력수급기본계획에 의하면, 2017년 기 설치된 국내 석탄 발전 정격 용량 구성비는 LNG 31.9%, 석탄 31.6%, 원자력 19.3%, 신재생 9.7% 순이며, 석탄화력 발전은 2017년 36.9GW에서 향후 42.0GW로 늘었다가 39.9GW(약 23%)로 유지될 것으로 예상

○ 석탄가격 상승에 대비하기 위해 신규(17.7GW) 발전설비 내 저급탄용 CFB 보일러 건설이 포함되어 있음

○ 현재 정책에 반영되지 않은 CFB 보일러, 민간 발전 부분 및 향후 노후 발전소 Retrofit 시장을 고려할 때 바이오매스를 혼소할 수 있는 고효율 CFB 보일러 수요는 지속적으로 상승할 것으로 예상됨

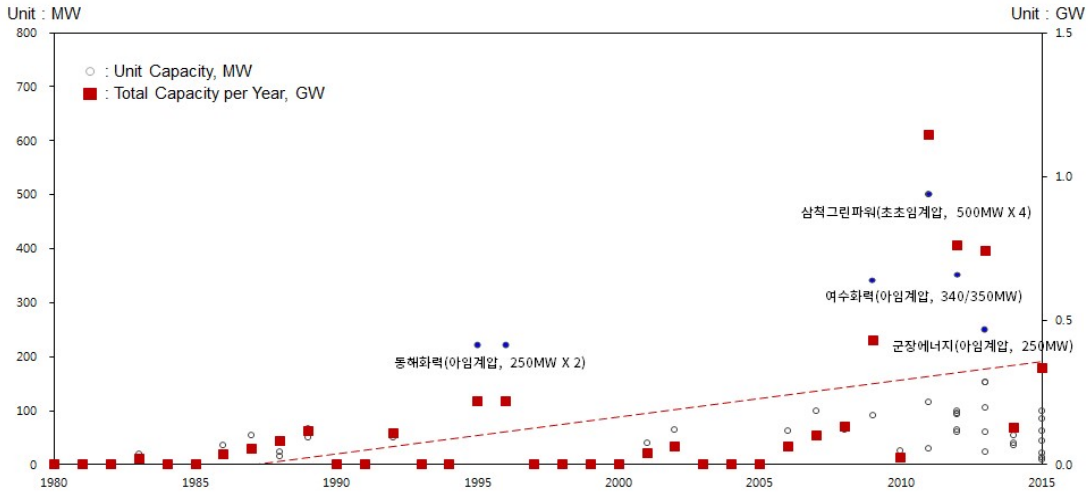
<표 74> 연도별 전원구성(정격기준) 전망 (단위 : GW)

연도	구분	원자력	석탄	LNG	신재생	석유	양수	계
2017	용량	22.5	36.9	37.4	11.3	4.2	4.7	117.0
	비중	19.3%	31.6%	31.9%	9.7%	3.5%	4.0%	100%
2022	용량	27.5	42.0	42.0	23.3	2.8	4.7	142.4
	비중	19.3%	29.5%	29.5%	16.4%	2.0%	3.3%	100%
2026	용량	23.7	39.9	44.3	38.8	1.4	4.7	152.8
	비중	15.5%	26.1%	29.0%	25.4%	0.9%	3.1%	100%
2030	용량	20.4	39.9	47.5	58.5	1.4	6.1	173.7
	비중	11.7%	23.0%	27.3%	33.7%	0.8%	3.5%	100%
2031	용량	20.4	39.9	47.5	58.6	1.4	6.7	174.5
	비중	11.7%	22.9%	27.2%	33.6%	0.8%	3.8%	100%

* 자료: (제8차전력수급기본계획, 2017)

○ 1980년대부터 현재까지 100MW 이하 산업용 CFB 보일러는 지속적으로 공급되고 있으며, 발전용 CFB 보일러의 경우, 1990년대 후반 동해화력(200MW × 2기)의 최초 공급 이후, 여수화력 2호기(2011년, 340MW), 여수화력 1호기(2016년, 350MW) 등이 현재 상업운전 중이며, 전체 CFB 보일러 공급 대수는 지속적으로 증가하였음

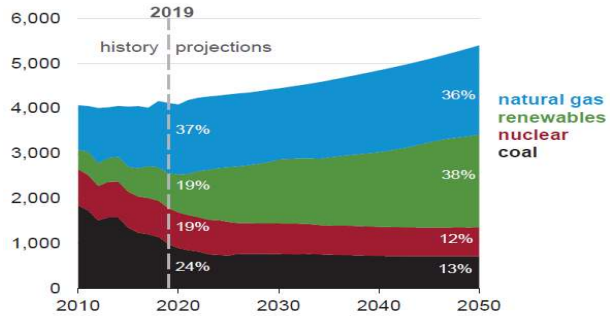
○ 특히, 국내외 최대 규모 CFB 보일러인 삼척그린파워(1,000MW × 2기)는 초초임계 CFB 보일러(500MW × 2기)가 터빈 1기에 연결된 방식으로 현재 시운전 중에 있으며, 삼척그린파워 상업 운전(2017년) 이후 국내 대용량 초초임계압 CFB 보일러의 수요 가시화가 기대됨



[그림 151] 국내 CFB 보일러 성장 Trends

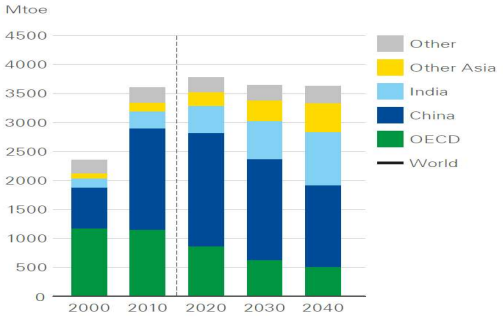
* 자료 : 두산중공업 내부 자료, 2015 McCoy Report Data, Award Date 기준

□ **전 세계 전력생산 에너지원 중 석탄 비율은 다소 감소하지만, 절대량은 2050년까지 유지될 전망이며, 이는 인도/동남아시아 등 개발도상국 석탄수요의 상대적 증가가 예상되기 때문임**



[그림 152] World Energy Mix

* 자료 : AEO Annual Energy Outlook, 2020



[그림 153] 전 세계 석탄발전 수요 전망

* 자료 : BP Energy Outlook, 2019

□ **전 세계 석탄 발전 수요 증가로 인하여 Hard Coal의 장기적 공급 어려움 및 저급탄(전 세계 매장량의 약 47.3%) 의존도 증가가 예측되며, 이에 저급탄 활용을 위한 최적 Solution인 CFB 보일러의 시장 확대가 전망됨**

○ Hard Coal의 장기적 공급 어려움으로 전세계 매장량의 약 47.3%를 차지하고 있는 저급탄 의존도 증가가 예측됨

○ 특히, 아시아(중국, 인도, 인도네시아, 베트남 등) 및 호주의 석탄 생산량은 지속적으로 증가하는 추세임

- 석탄생산량 증가는 아시아 개도국의 경제 성장에 필요한 에너지 소비량과 밀접한 관련이 있음

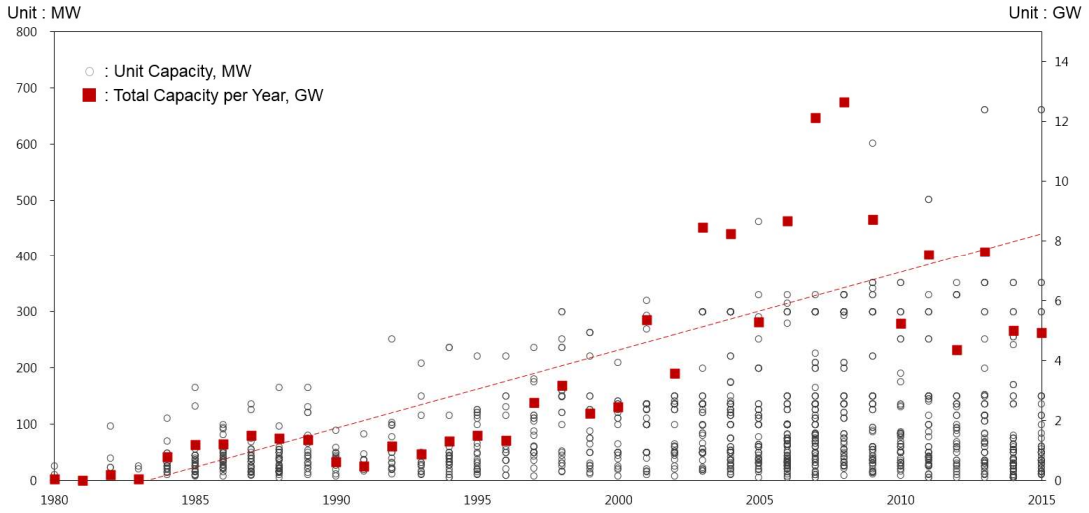
<표 75> 전세계 석탄 매장량 (2018년)

구분	Bituminous Anthracite (Mton)	Sub-Bituminous Lignite (Mton)	Total (Mton)	Share (%)
North America	225,673	32,339	258,012	24.5
South & Central America	8,943	5,073	14,016	1.3
Europe	56,132	78,461	134,593	12.8
Commonwealth of Independent States	98,123	90,730	188,853	17.9
Middle East & Africa	14,354	66	14,420	1.4
Asia Pacific	331,678	113,210	444,888	42.2
European Union	22,612	53,356	75,968	7.2
OECD	322,234	177,484	499,718	47.4
Non-OECD	412,669	142,395	555,064	52.6
Total	734,903	319,879	1,054,782	100.0

* 자료 : BP Statistical Review of World Energy 2019

□ **'80년대 이후 현재까지 CFB 보일러 시장은 지속적으로 성장하여, '14년 기준 전체 보일러 공급량의 약 6.0%를 차지하고 있음**

○ '00년대 초반 초임계압 CFB 보일러 공급이후, 고효율/대용량화 트렌드를 보이고 있어 향후 500MW급 이상의 초초임계압 CFB 보일러 수요는 증가할 것으로 추정됨



[그림 154] 전 세계 CFB 보일러 성장 Trends

* 자료 : 두산중공업 자료, 2015 McCoy Report Data, Award Date 기준

□ **현재까지 200MW 이하 중소형 CFB 보일러 시장은 아시아, 인도, 중국을 중심으로 4GW/년 내외 시장이 형성되었으며, 2000년대 중반 이후, FW 및 중국 3사 주도로 아임계압급 중형 CFB 보일러 및 초임계압급 중대형 CFB 보일러 시장이 가시화되어 기존 아임계압급 CFB 보일러 및 PC 보일러 시장 대체 기술로 부상 중임**

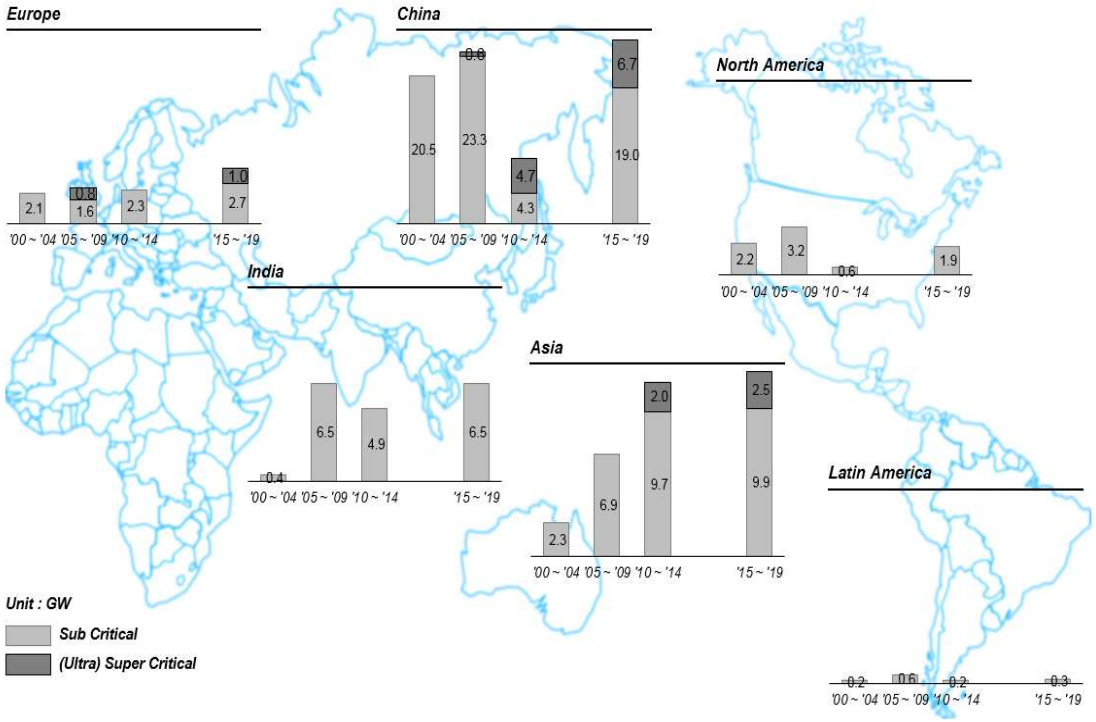
○ RPS(Renewable Portpolio Standard), NOx/SOx 등 환경규제 강화, 저질탄/ 바이오매스/ 폐기물 혼소 수요 증가 등으로 전체 CFB 보일러 시장의 지속적인 성장이 전망되며, 특히 대형화/고효율화 CFB 보일러 기술 추세 등을 고려해 볼 때, 200MW 이상 중대형 CFB 보일러의 비중이 확대될 것으로 예측됨

□ **대용량 USC급의 순환유동층 보일러의 잠재적 시장 규모는 전체 석탄화력 플랜트 시장의 30% 수준으로 '20년 전체 시장규모 4조 9,680억 달러 중 1조 4,904억 달러로 예상됨**

<표 76> 대용량 USC CFB 보일러의 잠재적 시장규모 전망(단위: 억 달러)

구분	2010	2013	2020	2030
석탄화력발전 시장규모	38,520	41,575	49,680	53,064
대용량 USC 순환유동층 보일러 시장규모	11,556	12,473	14,904	15,919

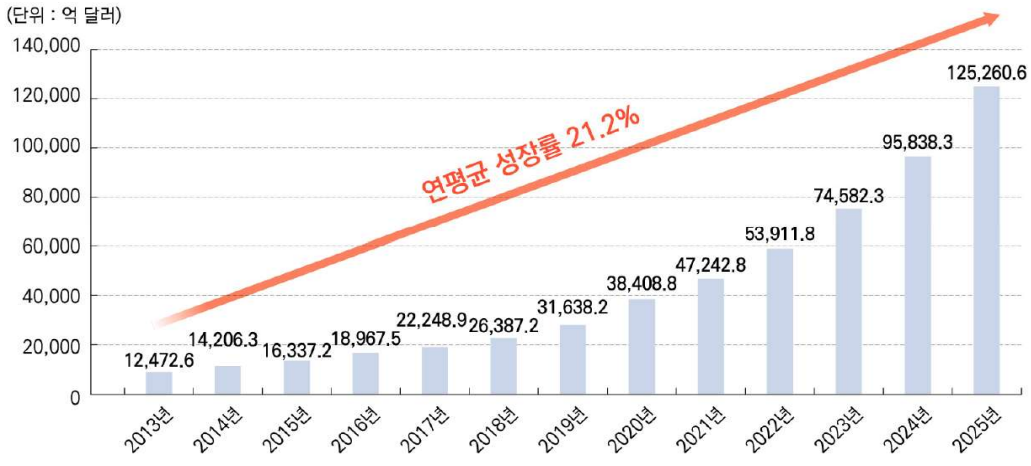
* 자료 : KIAT, 아이파트너즈 분석보고서(2013)



[그림 155] 전세계 CFB 보일러 시장 분석 및 전망

* 자료 : 2015 McCoy Report Data, Award Date 기준

□ 순환유동층 보일러 연평균 성장률은 21.2%로 예측되며, '25년 순환유동층 보일러 전체 시장규모는 약 12조 5,207억달러가 될 것으로 예상됨



	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년
순환유동층 보일러 시장규모	12,472.6	14,206.3	16,337.2	18,967.5	22,248.9	26,387.2	31,638.2	38,408.8	47,242.8	53,911.8	74,582.3	95,838.3	125,206.6

[그림 156] CFB 보일러 시장규모 및 연평균 성장률

* 자료 : IDC, Business Insider, 언론보도자료 토대로 재구성(2013년)

□ **전세계적으로 천연가스 기반 화력발전이 증가하고 있으나, 동남아시아, 중국은 자국에서 생산되는 석탄을 활용하는 화력발전에 대한 수요가 여전히 높아 현지 저발열탄 활용 석탄화력발전플랜트 시장은 유망함[378)379)]**

○ 환경규제가 심하지 않은 국가에서는 탈황설비나 SCR 없이도 보일러만 운영할 수 있으며, 다양한 연료를 사용할 수 있음

○ 특히 베트남 등 아시아 국가는 무연탄 자원이 많아, 연료 다변화 측면에서 이점이 있어 유동층 보일러 시장은 지속적으로 유지되고 있음

(나) 기술동향

□ **최근 국내 유동층 관련 연구는 순환유동층 보일러의 요소기술, 운영기술, 연료다변화 국산화/상용화 관련 기술개발이 진행되고 있음**

○ 1990년대 기포유동층/순환유동층 열분해/연소 및 열전달 기초연구 및 순환유동층/가압유동층 연소/가스화 및 요소기술 개발이 수행되었음

○ 2000년대 아임계압 상용 순환유동층 연소/설계/운영 기술, 유동층 소각 기술 및 가압유동층 핵심 기술 개발 중심으로 이루어졌음

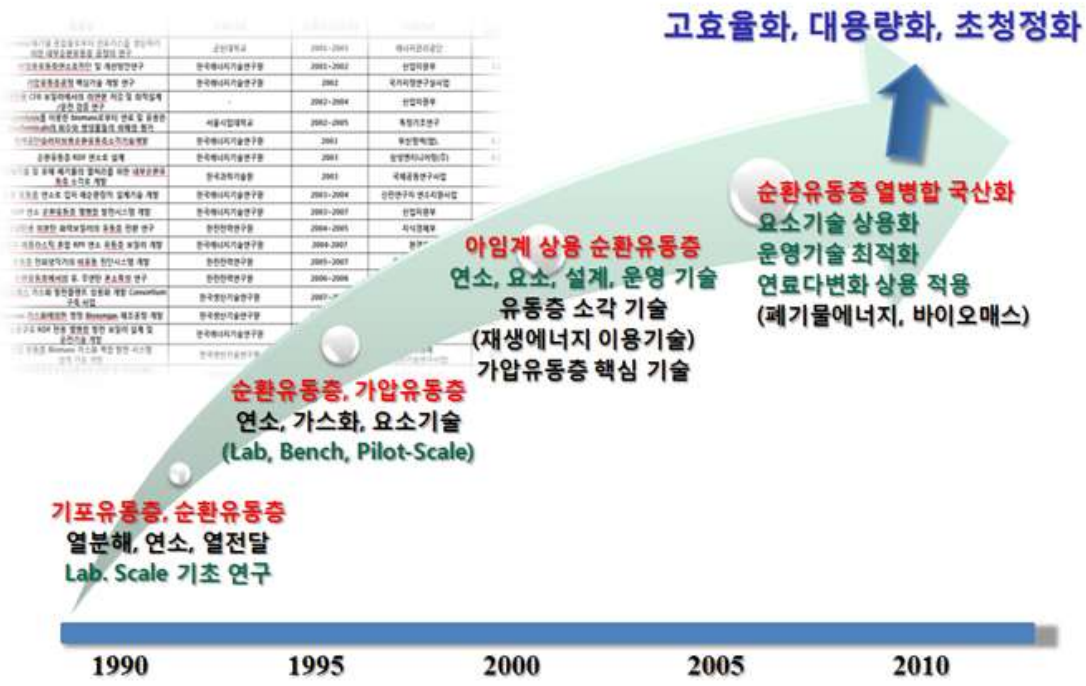
<표 77> 국내 유동층 연구 개발 실적 및 현황

과제명	수행 기관	수행기간 (년도)	지원기관
유동층 연소로 내에서 수평 휜 전열관의 침식 및 열전달 특성	국민대학교	-	국제공동연구
2단 성회류유동층연소로를 이용한 산업 고형 폐기물 소각에 관한 연구	경성대학교	-	핵심전문연구
유동층 연소 반응기 패키지 기술 개발	삼성엔지니어링	-	국책연구개발사업
바이오매스/폐기물 유동상 고정층 가스화 기술	한국에너지기술연구원	-	내부과제
유동층 연소보일러의 실용화 연구	한국자원연구소	1987	국가주도사업
파키스탄 석탄의 이용기술 연구	한국자원연구소	1987-1989	과학기술처
고형폐기물의 유동층 연소특성	부산수산대학교 환경공학과	1987	핵심전문연구
한국산 무연탄을 이용한 충진 유동층 연소로의 동특성에 관한 연구	부산대학교 환경공학과	1988	핵심전문연구
순환 유동층 석탄 연소 기술개발	한국과학기술원 화학공학과	1989	과기부과제

378) World Energy Outlook, IEA, 2018.
379) 분과위원회, 2019. 7.

과제명	수행 기관	수행기간 (년도)	지원기관
석탄의 국내 종합 활용 연구(석탄의 저온. 부분 가스화)	한국과학기술원	1990	과기부과제
순환 유동층 석탄 연소 기술개발 2	한국과학기술원 화학공학과	1990	과기부과제
석탄의 국내 종합 활용연구(석탄의 저온부분 가스화)	한국과학기술연구원	1990	정부민간사업
유연탄의 저온 열분해에 의한 CHAR, CHOWM 연료제조 및 활용기술 3	한국자원연구소	1991	러시아현지연구개발사업
순환 유동층 석탄 연소 기술개발 3	한국과학기술원 화학공학과	1991	과기부과제
촉매 석탄가스화 공정개발 (Pilot-scale 순환유동층 가스화 반응기의 연구)	한국과학기술원	1995-1997	통상산업부
Bench scale 가압 유동층 석탄연소 기술개발	한국에너지기술연구원	1997	통상산업부
순환유동층 연소 및 배연조절기술개발	한국에너지기술연구원	1998-2000	통상산업부
국내탄용 순환유동층 보일러의 운전 특성 연구	한전전력연구원	1998-2000	한전
가압유동층연소 요소기술개발	KAIST	1999-2002	산업자원부
국내무연탄 연소로 설계	한국에너지기술연구원	2000	산업자원부
순환유동층에서의 입자 및 마모 특성연구	한전전력연구원	2000-2002	한전
Biomass/폐기물로부터 연료가스를 생산을 위한 내부순환유동층 공정연구	군산대학교	2001-2003	에너지관리공단
산업용유동층연소로진단 및 개선방안연구	한국에너지기술연구원	2001-2002	산업자원부
가압유동층공정 핵심기술 개발 연구	한국에너지기술연구원	2002	국가지정연구실사업
국내탄용 CFB 보일러에서의 미연분 저감 및 최적 설계/운전 검증 연구	한전전력연구원	2002-2004	산업자원부
Fast pyrolysis를 이용한 biomass로부터 연료 및 유용한 bio-chemicals의 회수	서울시립대학교	2002-2005	특정기초연구
염색공단슬러지상용순환유동층소각기술개발	한국에너지기술연구원	2003	부산염색(협),
순환유동층 RDF 연소로 설계	한국에너지기술연구원	2003	삼성엔지니어링(주)
고형폐기물 및 유해 폐기물의 열처리를 위한 내부순환유동층 소각로 개발	한국과학기술원	2003	국제공동 연구사업
순환 유동층 연소로 입자 재순환장치 설계기술 개발	한국에너지기술연구원	2003-2004	신진연구자 연구지원사업
RDF 연소 순환유동층열병합 발전시스템 개발	한국에너지기술연구원	2003-2007	산업자원부
국내탄용 미분탄 화력보일러의 유동층 전환 연구	한전전력연구원	2004-2005	지식경제부
슬러지폐플라스틱 혼합 RPF 연소 유동층 보일러 개발	한국에너지기술연구원	2004-2007	환경부
유동층 전회냉각기의 비유동 진단시스템 개발	한전전력연구원	2005-2007	한국동서발전
순환유동층에서의 유, 무연탄 혼소특성 연구	한전전력연구원	2006-2006	한국동서발전

과제명	수행 기관	수행기간 (년도)	지원기관
바이오매스 가스화 발전플랜트 상용화 개발 Consortium 구축 사업	한국생산기술연구원	2007-2007	생산기술 연구사업
Biomass 가스화에 의한 청정 Biosyngas 제조공정 개발	한국생산기술연구원	2007-2010	지식경제부
상용규모 RDF 전용 열병합 발전 보일러 설계 및 운전기술 개발	한국에너지기술연구원	2007-2011	지식경제부
가압 유동층Biomass 가스화 복합 발전 시스템 설계 기술 개발	한국생산기술연구원	2008-2008	생산기술 연구사업
상용순환유동층보일러에서의 RDF 및 바이오매스 이용기술 개발	한전전력연구원	2008-2009	한국동서발전
300MW급 순환유동층보일러의 최적 운영 기술 개발	한전전력연구원	2009-2011	한국남동발전
대용량 순환유동층보일러에서의 연료다변화 연소공정 기술개발	한전전력연구원	2011-2013	한국남동발전



[그림 157] 국내 순환유동층 연구개발 분야 및 개발 경향/실적 분석

○ 이와 같은 순환유동층 기술개발 연구에도 동해화력, 여수화력, 삼척그린파워 등 국내 발전용 순환유동층 보일러는 국외 기술로 설계되어, 국내 기술로 설계되고 공급된 사례는 없는 실정임

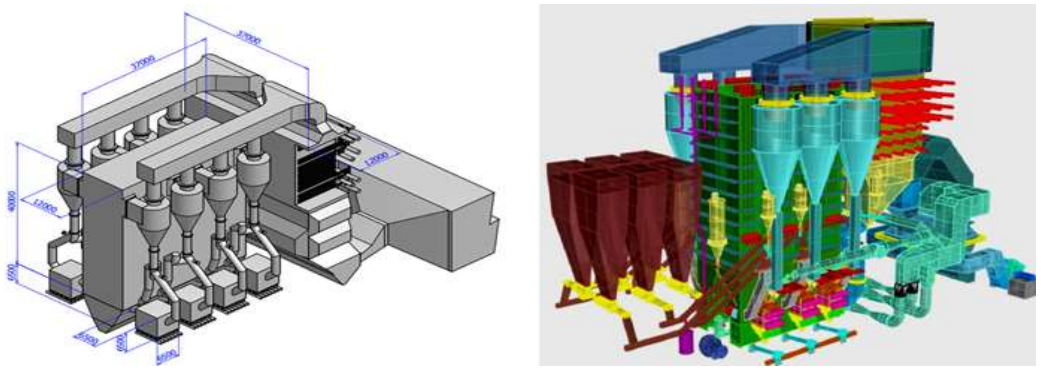
□ **국내 순환유동층 보일러 Major 제작사인 두산중공업 및 현대중공업은 OEM사 기술 제휴/흡수를 통해 사업화하고 있음**

○ 현대중공업은 150MW급 이하 중소형 CFB 보일러 주요 요소기술에 대해 기술 자립(기존 Ahlstrom 기술 흡수)을 이룬 것으로 평가되고 있음

○ 두산중공업은 2012년 Lentjes(구 Lugri)를 인수하여 CFB OEM사 기술 제휴를 통해 동해화력, 여수화력 등 국내 순환유동층 보일러 설계/시공 경험이 있으며, 300MW급 CFB 보일러 설계 능력을 보유하고 있음

○ 2013년에는 USC급 대용량 CFB 보일러 기술 개발 타당성 검토(Feasibility Study)를 위해 두산-Lentjes, 한전 전력연구원 및 한국에너지기술연구원이 협력하여 기술성, 경제성, 시장성 검토를 완료하였음

- 국내외 USC-CFB 보일러 시장 전망, USC-CFB RPM(Reference Product Model) 개념설계[380], 국내 발전 부분 적용 시 경제성 검토 결과[381] 등을 토대로 USC-CFB 기술개발 타당성을 확보할 수 있었음



[그림 158] USC-CFB RPM 개념 설계 결과 : 한전 전력연구원(좌)/두산-Lentjes(우)
* 참고 문헌 : 두산중공업 USC-CFB Feasibility Study Report, 2013

○ 최근 대용량/고효율 CFB 보일러 국산화 모델 확보 및 수출형 Package 도출을 통한 국내외 사업 진출을 위해 한전/두산중공업/발전 3사(남동 발전, 남부 발전, 동서 발전)가 참여하는 민간 협동과제를 추진 완료하였으며, 과제 개요는 아래와 같음

- (기술개발 비전) 저급연료 기반 고효율, 대용량 USC-CFB 국산화 기술 개발

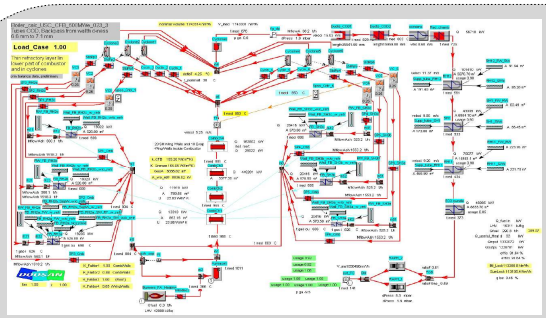
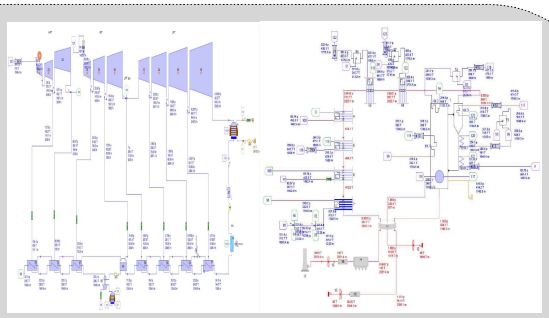
  • 순환유동층 발전기술의 초초임계 격상을 통한 고효율화 및 대용량화 기술 개발

  • 저급연료와 바이오매스 혼소를 통한 친환경발전 구현

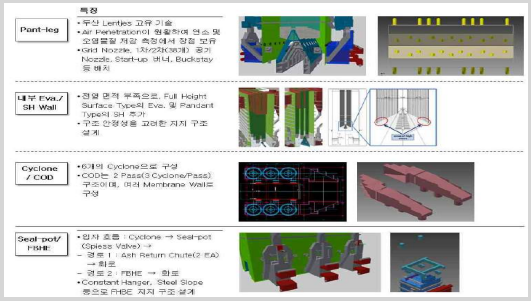
380) 한전 전력연구원, 두산-Lentjes 수행, 2013
381) 미분탄 보일러와 비교 시, 30% 경제성 우위 확보

- (목표) 대용량 USC-CFB 보일러의 국산화 기술개발

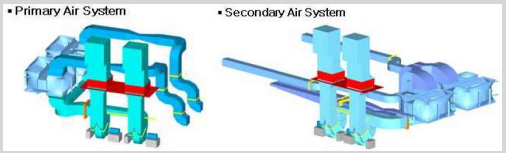
  - 고효율 : > 43% (초초임계 기술 구현 : 250bar, 600℃ 이상)
  - 대용량 : > 500MW (표준화력 Retrofit 가능 모델 도출)
  - 친환경 : 탈황 탈질 고도화 및 실질적 CO2 저감(고효율화) 달성
  - 연료다변화 : 저급탄 및 바이오매스, 폐기물에너지 활용
  - 다중 유동층 열교환기 재순환 온도편차 : < 50℃

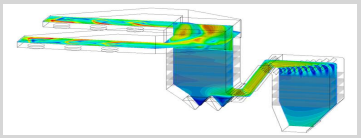



<600MW급 USC-CFB 개념 설계완료>

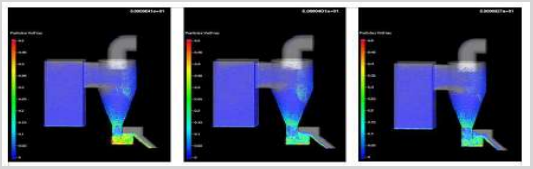
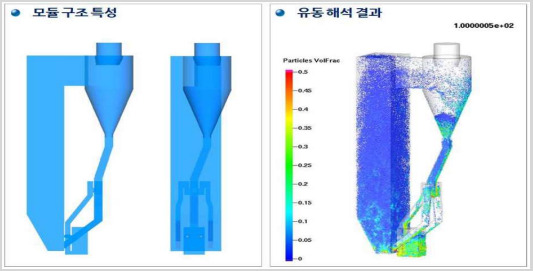


<핵심요소설비 고유모델 도출>

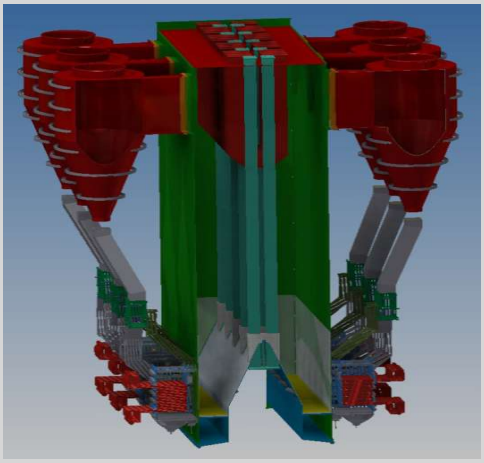




<보일러 주요(보조)기기 설계도출>

<고유모델 3D 시뮬레이션 성능예측>



<USC-CFB 기본 설계안 도출>

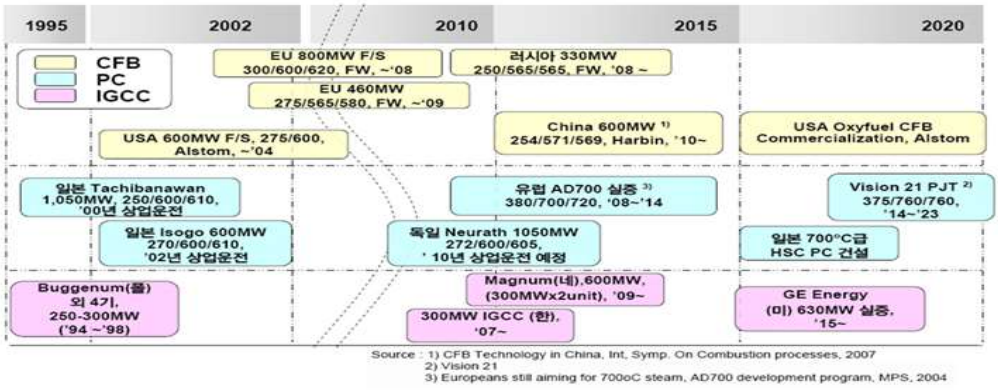
[그림 159] 한국형 600MW급 USC-CFB 보일러 설계

□ **석탄을 이용한 에너지 전환(전력 생산)에 있어 해외 순환유동층 보일러 주요 기술개발 추세는 다음과 같음**

○ 연료 다변화에 따른 에너지원 이용기술의 CFB 적합성 부각

○ USC급 대용량(500MW이상) CFB 기술개발 및 보급에 따른 경쟁력 제고

○ CO2 환경규제에 따른 미래 CFB-CCS 기술 보급 및 실질적 감축 기술 부각

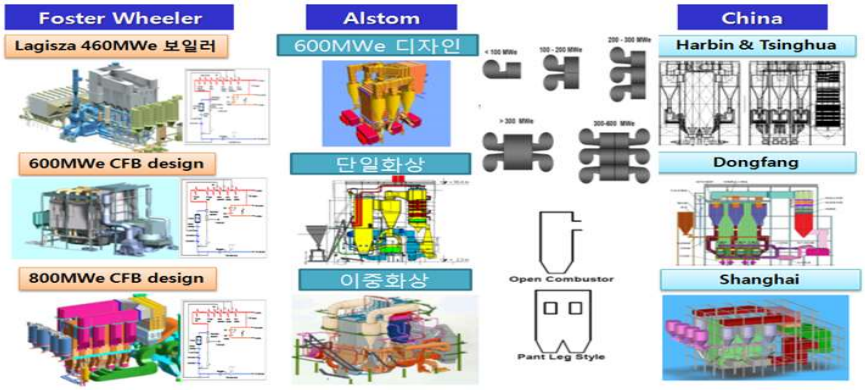


[그림 160] USC-CFB 기술 추진 현황

□ **순환유동층 보일러 대용량화 기술은 Foster Wheeler사와 Alstom사가 양분하여 성장하고 있으며, 신규 중국시장 확대에 따른 중국기술(동방, 하얼빈, 상해 보일러사)의 상승이 부각되고 있음**

○ 일부 중소형 순환유동층 보일러는 Valmet 및 중국 중소형 제작사 등이 관련 시장 기술을 개발, 확대 보급 중인 것으로 보고됨

○ 각 제작사별 고유한 순환유동층 보일러 요소 기술(Cyclone, External Heat Exchanger, Nozzle, Furnace 등)을 차별화하여 대용량화에 적용함



[그림 161] 순환유동층 보일러 기술의 제작사별 대용량화 기술 개발 현황 및 특징

○ 아임계, 초임계, 초초임계 보일러의 증기의 온도와 압력의 변화에 따라 보일러 열효율의 개선 효과를 비교한 결과 초(초)임계의 경우 42% 이상의 발전 효율을, 극초임계의 경우 48%이상의 발전 효율을 기대할 수 있음

<표 78> 증기조건에 따른 보일러 운전 성능 비교

Plant Type	Price ($/kW)	Steam 압력	Steam 온도	Auxiliary Consumption	효율 (%)	CO2 (G/kWh)	SO2 (G/kWh)
Conventional	850	165	538/538	4-6	< 40.0	- 855	- 2.4
580℃ SC	1050	290	580/580/580	5-7	> 42.0	- 780	- 2.2
700℃ USC	1100	365	700/700/700	6-8	> 48.0	- 710	- 2.0

* 자료 : Jianxiong Mao, Asia Claen Energy Forum, 2008

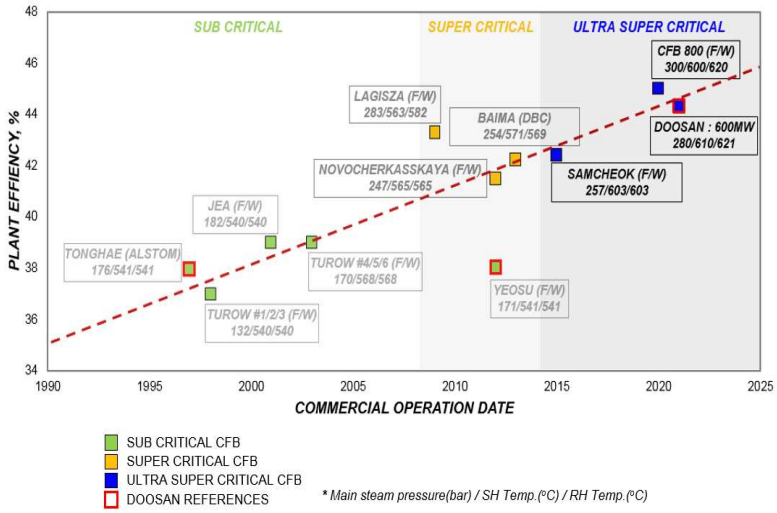
□ **초임계압 및 초초임계압 운전을 통한 사이클 상 열효율 증가로 대용량화/고효율화로 기술이 전환되고 있으며, 2020년을 기점으로 초초임계압 발전 기술이 화력발전의 주력으로 전환 전망**

○ 현재 미분탄 보일러의 경우 1,000MW급 보일러가 상용 운전되고 있으며, 시장 경쟁을 위해 순환유동층 보일러는 대용량 초초임계압 기술로 전환 중에 있음

- Lagisza(폴란드, 460MW), Baima(중국, 600MW) 등의 초임계압 발전소가 현재 상업운전 중에 있음

- 특히 초초임계압 삼척그린파워(한국, 500MW) 발전소가 2017년 이후, 상업운전 중임

○ 현재 전 세계 순환유동층 대형화/고효율화 기술은 600℃/280bar 이상의 초초임계 증기 생산 기술 신뢰성 확보에 집중하고 있으며, 일부 OEM사의 경우 800MW급 개념설계를 완료하여 미래 시장에 대비하고 있음



[그림 162] CFB 보일러 기술 추이

* 자료 : 두산중공업 내부 자료

□ **개발국가의 3,000Kcal급의 저발열탄으로 안정적 가동이 가능하며, 발열량 확보가 가능한 현지 저발열탄 개량 전처리 기술, 공정상 현지 저발열탄 사용이 가능한 기술이 필요**

○ 국내 CFB(순환유동층 석탄화력) 보일러 기술은 해외 라이센스로 사용 중이나, 국내에서 설계역량은 확보하고 있으며[382], 순환유동층 연소를 통한 수분 제거기술 사용을 통해 석탄 취급설비 막힘 방지, 유동층연소 원활, 탈황 기술을 보유함[383]

- 국내 한국전력, 두산중공업, 두산렌체스, 두산밥콕 등이 연구개발을 하였으나, 국내 석탄화력발전 실증이 어려워 Track Record는 확보하지 못한 상황임

○ 화력발전 보일러 기술은 해외 라이센싱 의존 중이나, 국내 화력발전 설비 운영경험 및 동남아 발전 O&M 사업 진출 경험은 있음

○ 동남아시아권에서 세계 2위의 동방보일러 등 중국제품에 대한 신뢰도가 낮으며, 가동률을 높일 수 있는 RAM 역량이 기술경쟁력으로 인식되고 있음

(다) 국내 기업의 역량

□ **국내 순환유동층 보일러 대표 제작사인 두산중공업 및 현대중공업은 각각 300MW급, 150MW급 CFB 보일러 설계기술을 보유하고 있으나 아직 Track Record는 확보하지 못함**

○ 현대중공업은 150MW급 이하 중소형 CFB 보일러 주요 요소기술에 대해 기술 자립(기존 Ahlstrom 기술 흡수)을 이룬 것으로 평가되고 있음

382) 분과위원회, 2019. 7.
383) 에너지연, '순산소 순환유동층 보일러 원천 기술' 개발... 석탄화력발전 시장 패러다임 변화 예고, 기계신문, 2018.12.

○ 두산중공업은 2012년 Lentjes(구 Lugri)를 인수하여 CFB OEM사 기술 제휴를 통해 동해화력, 여수화력 등 국내 순환유동층 보일러 설계/시공 경험이 있으며, 300MW급 CFB 보일러 설계 능력을 보유하고 있음

○ 국내 한국전력, 두산중공업, 두산렌체스, 두산밥콕 등이 연구개발을 하였으나, 국내 석탄화력발전 실증이 어려워 Track Record는 확보하지 못한 상황임

(라) SWOT분석

강점	약점
▪ 한전-발전사-제작사 컨소시엄을 세계 최고수준 보일러 설계/건설/운영 역량/실적 보유	▪ 국내 Track-Record 부재로 해외 초도품 공급 시 과도한 보증 조건 요구
기회	**위협**
▪ 저열량탄 매장량이 풍부한 동남아 중심 고효율/초청정 CFB 보일러 Needs 증가 ▪ 바이오매스, 폐기물 등 저질연료 발전사업 및 소규모 분산발전원 등으로의 확대 가능	▪ Foster Wheeler사 등 CFB 보일러 독점공급 시장 형성으로 브랜드가치 상대적 열위 ▪ 전세계 친환경에너지 보급 기조 유지로 석탄발전 자체 이미지 하락

(4) 진출대상 국가

□ **무연탄 등의 저열량탄 생산량 또는 매장량이 많고, 발전수요가 높은 베트남, 인도네시아, 카자흐스탄 등 아시아 국가 대상**

(5) 목표 및 단계별 목표

□ **고효율 바이오메스 혼소용 USC-CFB T/B 구축을 통해 경제적 전력생산과 더불어, 미세먼지 및 CO2 저감 달성 기술을 확립하고, 신발전기술의 자립을 통한 해외수출 기반 구축 및 국가 경제 활성 기여**

□ **세계 최고수준의 기술수준 달성을 목표로 함**

○ 효율 : 43% (초초임계 기술 구현 : 250bar, 600℃ 이상)

○ 발전 용량 : > 500MW 내외(표준화력 Retrofit 가능 모델 도출)

○ 이용률 : 90% 이상 (실증 후 3년 이내)

○ 미세먼지 저감 : 기존 발전설비 배출농도 대비 80% 이상 저감

○ CO2 저감 : 고효율화 (12% 내외 저감) 및 바이오메스 혼소(20% 저감)를 통한 연간 90만톤의 CO2 저감

○ 연료다변화 : 저급탄(<5,000 kcal/kg) 및 바이오메스, 폐기물에너지 활용

○ 친환경 : 탈황 탈질 고도화 및 실질적 CO2 저감(고효율화)

□ **한국형 고효율 대용량 순환유동층 실증을 통한 해외 수출기반을 구축하고, 해외 수익형 국산모델을 개발함**

□ **국내 발전사/중공업사의 동반 해외진출 BIZ 모델 구축**

○ EPC/BOT/BOO 등 해외 발전플랜트 시장 진입모델 개발

(6) 기술개발 내용

□ **USC-CFB 실증 Site 선정에 따른 기술/경제성 평가**

○ 국내외 실증 Site 후보군 기술, 경제성 평가 및 평가툴 개발

○ 기술 경제성 평가를 통한 타당성 검토 및 최적 실증 Site 도출

□ **USC-CFB 보일러 최종설계 도출 및 Plant Engineering**

○ USC-CFB 실증 규모의 최종 설계 도출 : 한전그룹사-두산重 그룹사 자체 연구 결과물 활용

○ Plant Engineering 설계 및 최적 공정 구성안 도출 : CCS Ready를 위한 부지계획 및 관련 설비 구성 반영

□ **CO2 및 미세먼지 저감형 600MW급 USC-CFB 실증 건설(Biomass/Bio-SRF 20% 혼소 가능)**

○ 핵심요소설비(Cyclone, 외부열교환기 등) 모듈 제작/설치를 통한 건설 공기단축 및 플랜트 신뢰성 향상

○ 미세먼지 저감 통합 환경설비 및 솔루션 설치(국내 他연구개발 연계)

○ 600MW급 USC-CFB 시운전 및 성공적 상업운전 달성

□ **USC-CFB 디지털 솔루션 개발 및 적용을 통한 최적 운영기술 구현**

○ 빅데이터 기반 USC-CFB 모니터링 시스템 구축

○ 물리화학적 기반의 정적(Static) 및 동적(Dynamic)모델 개발을 통한 플랜트 조기경보 진단 시스템 구축

○ Virtual Plant 구현을 통한 발전플랜트 종합 관리 시스템 개발

□ 500MW급 내외 USC-CFB 운전장애/환경문제 대응 기술 개발

○ 연료별 보일러 성능예측 및 플랜트 효율향상 방안 도출

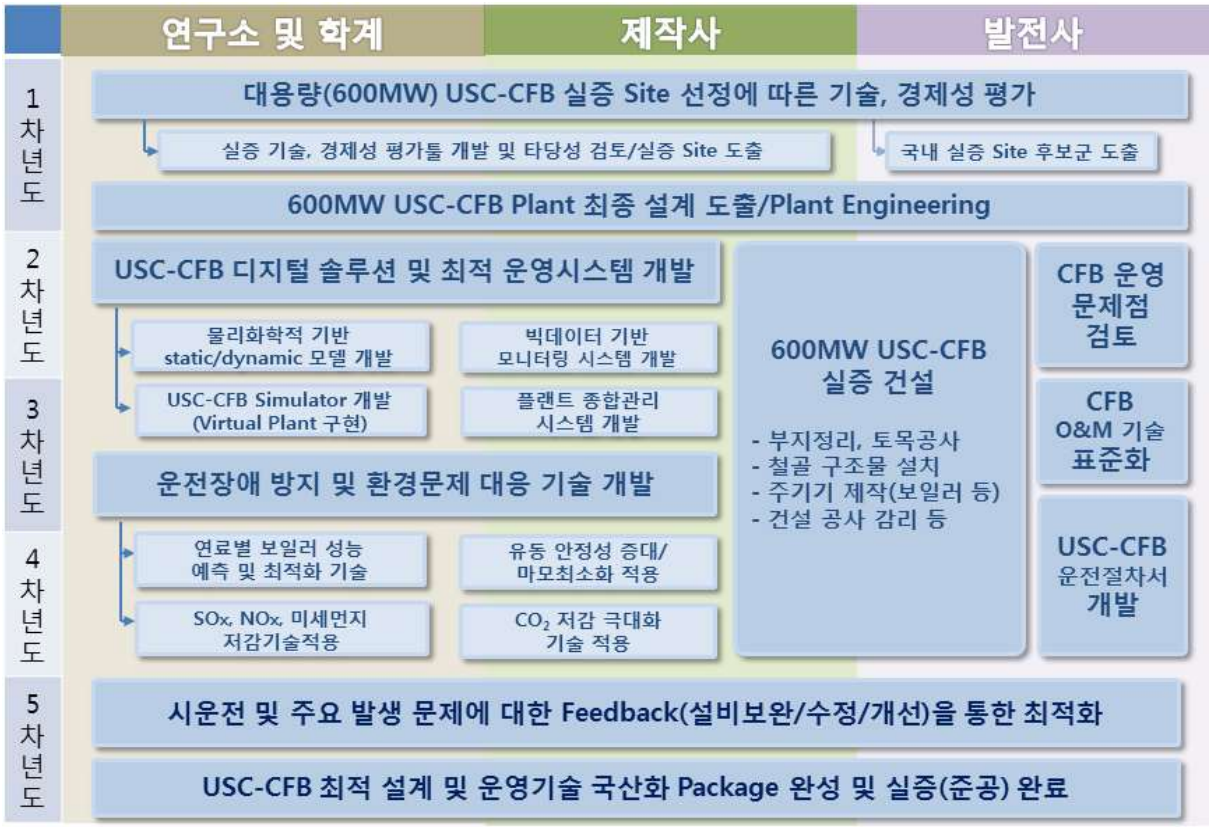
○ SOx, NOx, Dust 계측 Smart 센서를 이용한 환경오염물질 최소 배출기법 개발 및 실증

○ 유동 안정성 증대 및 수냉벽 튜브 마모 최소화 운전기법 개발

□ USC-CFB 건설 · 운영 기술 표준화 및 Package화

○ 해외시장 진출을 위한 Plant 설계/건설/운영기술 표준화

○ Plant 설계 및 건설, 운영기술 최적화를 위한 Package화



[그림 163] 연차별 연구개발 내용

(7) 선행 연구개발 사업 및 성과연계 방안

□ 한국전력-두산중공업-발전사(동서/남동/남부 발전) 참여 민간협동과제 “대용량 초초임계 순환유동층 기술개발” 결과인 설계기술을 고효율·초청정 600MW급 한국형 USC-CFB 보일러 실증사업의 기반기술로 활용 예정

(8) 최종성과물

□ **고효율·초청정 대용량 한국형 USC-CFB 실증 보일러**

○ Test-Bed화를 통한 친환경(CO2, SOx, NOx, 미세먼지 저감 등) 실증 시험 및 최적 구현, ICT 기술 구현 등 다양한 신기술 적용의 장으로 실증 설비 활용

□ **대용량 USC-CFB Virtual Simulator**

□ **빅데이터 기반 USC-CFB 최적 운영 Program**

□ **해외 수출형 USC-CFB 고요 모델에 대한 통합 수출 Package (설계 + 시공 + 운영에 대한 종합 Package)**

(9) 해외진출 전략

□ **두산중공업 등 주기기 제작사와 설계사가 함께 아시아 국가 현지실증 추진**

○ 해외 실증사이트 발굴 후, FEED Study 및 실증 추진

(10) 사업추진 위험요인과 대응방안

□ **석탄화력발전소에 대한 국내 부정적 시각**

○ 석탄화력발전소는 미세먼지와 온실가스 발생의 원인으로 인식되고 있어 정부는 기존 노후 석탄발전소를 폐지하고 신규 석탄화력의 전력시장 진입을 제한하고 있음

○ 유동층 발전방식은 보일러 연소온도가 낮고 비산회 발생량이 적어 기존 발전방식과 비교할 때 배가스 중 미세먼지 발생량이 적으며, 바이오매스 연료 다변화(혼소 증가)가 가능하여 온실가스 저감에도 효과적인 기술임

○ 본 초초임계 순환유동층 발전시스템에서는 최신식 미세먼지 저감장치를 도입하고, 발전효율을 향상(5%↑)시켜 석탄 사용량을 저감함과 동시에 바이오매스 혼소율을 20%까지 높여 친환경 발전을 구현함으로써 미세먼지 및 온실가스 발생량을 획기적으로 감소시킬 수 있음

○ 또한, CCS Ready 기술을 통해 부지 확보 및 CCS 기술 융합 가능성을 사전 파악하여, 중장기적인 CO2 저감에 대한 전략적 대응 가능

□ **국산화 기술개발품에 대한 높은 해외시장 진입장벽**

○ 연구개발의 대상이 되는 발전시설은 성공적으로 개발되어도 실용화를 위하여 실증시험을 거치고, 실제 발전을 하는 Track record를 확보해야함

○ 본 초초임계 순환유동층 발전시스템은 동남아시아, 남아공 등의 신규 해외발전시장의 경쟁우위 선점을 위해 반드시 국내 Track record 확보가 필요하며, 이를 위해 정부가 정책적으로 국산화 신기술 발전설비에 대한 Incentive를 부여할 필요성이 있음

○ 본 기술개발 성공을 통해 종합 설계(A&E) - 기자재 공급(EPC) -건설 - 연료 조달(E&P) - 운영&유지(O&M)의 Value Chain을 구성하여 수출형 Package 개발을 통한 해외시장 개척이 가능하고 수익을 극대화시킬 수 있음

□ **신발전 기술의 실증 계획 수립 및 Site 마련시 정부 협조 필요**

○ 본 초청정 고효율 신발전시스템의 국산화개발을 위해서는 반드시 국내 실증이 필요함

○ 하지만 신규 발전소 건설을 위해서는 차기 전력수급계획에 반영이 선행되어야 하므로 국가 에너지 안보 및 친환경 에너지 기술의 육성 측면에서 정부 지원이 반드시 필요함

(11) 예상되는 참여기업

□ **국산화 설계/제작, 부품국산화 등 : 한국전력연구원, 두산중공업, 중소기업 등**

□ **운영기술 : 한국동서발전, 한국남동발전, 한국남부발전**

□ **해석/진단 : 한국생산기술연구원, 한국에너지기술연구원, 한국기계연구원 등 연구소 및 KAIST, 연세대, 부산대, 한국교통대, 전북대 등 대학교**

(12) 사업기간 및 소요예산

□ **사업기간 : '22년 ~ '25년**

□ **소요예산 : 440억원(정부출연금 : 290억원, 민간 : 150억원)**

(13) 기대효과

(가) 정책적 기대효과

□ **관련 정부 중장기 계획 연계 및 준수**

○ 산업부를 비롯한 관계부처들의 중장기 정책방향과 부합하므로 관련 정책들을 수행하는데 있어 효과가 있을 것으로 예상됨

□ **에너지기술개발관련 법령의 목적 수행**

○ 국가는 기술개발 지원에 대한 규정을 「과학기술기본법」,「산업기술혁신 촉진법」, 「에너지법」에 두고 추진하고 있고, 동법률에 따른 에너지분야의 연구개발의 핵심적인 요소는 발전부문에서 고효율-친환경 발전기술임

○ 초초임계 순환유동층 발전기술에 대한 정부의 지원은 국가 연구개발지원에 관련된 법률의 목적을 효과적으로 수행할 수 있는 방안이 됨

(나) 기술적 기대효과

□ **대용량 초초임계압 순환유동층 국내 고유모델 구축으로 고효율 저급탄 발전 보일러 기술을 집약, 개선하여 국내 관련 기술 시너지 효과 기대**

□ **대용량 순환유동층 보일러 기술 개발을 통해 미분탄 보일러 기술과 차별화된 새로운 기술 확보**

○ 보일러 제작/운전 기술, 바이오매스, SRF, 폐기물 혼소 기술, Oxy Ready 기술, Once-Through(OTU) 기술, 고온/고압용 소재 기술, 탈황 기술, 입자 처리 기술 등

□ **기존 미분탄 보일러 기술인 연료 공급 기술, 스팀 생산 기술, 스팀 터빈 이용 기술 등을 통합/적용 등 각 공정 기술 간 확산 효과 및 전후방 관련 산업으로의 파급 기대**

□ **저급탄, 바이오매스, 폐기물 등을 활용하여 고품질 합성가스 연료를 생산하는 유동층 가스화 시스템 개발에 순환유동층 보일러 설계, 제작, 운영 기술을 적용하여, 미래 시장 수요가 증가할 것으로 예상되는 유동층 가스화 시스템 기술 국산화에 기여 가능**

□ **Retrofit 및 Re-powering 대상 국내 500MW급 표준화력 보일러(34기, 17GW)에 최적 이용 기술 Solution 제공 가능**

(다) 경제적 기대효과

□ **본 고효율, 청정 초초임계 순환유동층 신발전기술의 실증을 통해 산업 및 경제적으로 기대할 수 있는 효과는, 크게 국내 실증사업을 통한 경제적, 산업적 파급효과와 해외 발전기술 수출을 통한 경제적, 산업적 파급효과가 있을 수 있음**

○ 국내 실증사업을 통한 경제적, 산업적 파급효과

- 열량탄을 이용한 경제적 전력생산을 통해 고열량탄을 사용하는 미분탄 대비 순 발전원가(석탄세, 탄소거래가격 제외)의 30% 저감 가능[384)]

- 저열량탄 및 바이오매스 등의 저급연료의 전력에너지로의 전환에 있어, 초초임계압 증기조건 고도화로 5% 이상의 효율 증대로 인한 경제적 전력생산이 가능

- 바이오매스(SRF 포함) 20% 혼소 가능기술 구현으로 인해, 국내 신재생에너지원의 연료화 사업시장을 활성화시킬 것으로 기대

- 고효율화(5% 효율증가로, >12% CO2 저감) 및 신재생에너지원(바이오매스) 20% 혼소로 인해 연간 901,141톤의 CO2를 저감할 수 있음[385)]

- 한편, 미세먼지 저감설비의 실증 구축 및 4차 산업 연계 구현을 통해 신발전 혁신기술의 T/B 역할을 함으로서 관련 산업의 선도 및 신 시장 창출에 큰 기여를 할 것으로 기대

○ 해외 발전기술 수출을 통한 경제적, 산업적 파급효과

- 대용량 초초임계압 순환유동층 보일러 기술 조기 국산화를 통해, 현재 Foster Wheeler사, Alstom사 및 중국 3사가 주도하고 있는 국내외 발전용 대용량 순환유동층 보일러 시장에 진입하여 10%의 시장 점유를 통해 '30년 기준 29억 달러 수주 전망

- 특히, 전력소비의 포화상태로 성장이 둔화된 국내 발전시장에 대해 관련 기술의 해외 진출의 기술기반을 제공함으로서 국내 발전 중공업 분야, 발전엔지니어링 분야 그리고 발전 운영 및 요소설비 산업의 활성화에 기여할 것으로 기대

- 해외시장으로는 인도, 인도네시아, 필리핀, 베트남 등의 아시아 개도국 및 터키 등의 저급탄 다량 보유국, 그리고 아프리카(남아공, 보츠와나 등) 및 남아메리카 등의 개도국이 본 신발전 기술의 주요 수출 대상국이 될 것으로 기대

- 현재도, 한전 및 발전사, 국내 발전중공업, 건설 社에서는 아시아(필리핀, 말레이시아, 베트남, 인도네시아 등), 아프리카(남아공, 보츠와나 등), 유럽(터키 등) 그리고 중동(사우디아라비아 등)에 저열량탄을 이용한 에너지 전환기술로 유동층 발전 기술을 수출하여 운영, 건설하거나 건설할 예정

384) 2014년, 한전 전력연구원 경제성 평가자료
385) 2016년 한전 온실가스 기술개발 R&D 로드맵 참조

(14) 제도 및 지원정책 활용방안

□ **국토교통부의 해외건설시장 개척지원사업을 활용하여 신시장 개척 및 신규 프로젝트 발굴 추진**

○ 해외건설협회에 해외 유망프로젝트에 대한 사업모델 검토 및 타당성 조사, 현지수주 교섭, 발주처 초청 비용 지원 신청

□ **국토교통부의 글로벌 인프라 펀드를 활용하여 금융조달 추진**

○ 한국해외인프라도시개발공사(KIND)의 글로벌 인프라 펀드를 기반으로 발굴사업 참여 및 차입금 조달 추진

□ **한국수출입은행의 해외건설·플랜트 금융서비스를 활용하여 금융권으로부터 대출 시 보증지원**

○ 한국수출입은행이 대주가 되어 상업은행이나 타 ECA, MDB에게 보증을 제공, SPC에 대출 및 지분을 투자하여 사업주에게 대출/사업자문/금융자문 수행

다. 모듈형 전주기 가스 인프라스트럭쳐

(1) 개념

□ **소형가스전에서 채굴한 천연가스를 액화하여 내륙의 수요지역으로 육상이송하고, 친환경 발전수단인 가스화력 발전을 통해 지역 내 에너지를 자급하는 플랜트 패키지 기술 개발**

○ 소형 가스전을 대상으로 하는 연산 15만톤 규모의 소형 LNG플랜트로 전처리와 액화 공정을 포함함

- 해상운송 및 파이프라인으로 가스 공급이 어려운 내륙지역에서 경제성이 있는 소형 가스전을 대상으로 함

- LNG 연산 15만톤은 90MW급 가스화력발전에 소요되는 가스량을 기준으로 함

○ 생산된 LNG는 LNG탱크 운송차량을 통해 수요지역의 저장탱크로 이송함

- 육로이송을 할 경우, 운송비용을 고려할 때, 가스전 중심 반경 1,000Km이내 지역에 도로망으로 LNG공급이 가능함

○ 석유보다 저렴한 생산비용으로 가스화력발전에 대한 수요가 증가하고 있으며, 최근에는 생산된 LNG를 이송 저장 및 가스화력발전까지 하나의 사업으로 추진되는 Gas to Power 프로젝트 추진이 활발히 이루어지고 있음

- 최근 포스코건설은 파나마에 18만㎥ LNG 탱크 및 터미널과 380MW급 복합화력 발전 프로젝트(7,800억원)를 준공하였음[386]

○ 단순 EPC만으로는 수익을 극대화하기 어려우므로, 국내 LNG터미널 및 가스화력발전소 운영경험을 기반으로 O&M도 포함함

○ 특히 주요 진출 대상으로 고려하고 있는 아시아 내륙지역의 계절별 시공여건, 현지 기술인력의 역량을 고려하여 신속시공이 가능한 모듈러 기술을 접목함



[그림 164] 모듈형 전주기 가스 인프라스트럭쳐 개념도

386) 포스코건설, 파나마 복합화력발전소 · LNG터미널 준공, 서울파이낸스, 2019. 10.20.

(2) 추진배경 및 필요성

(가) 추진배경

□ **전 세계 에너지원으로서 천연가스에 대한 수요는 크게 증가할 것으로 전망되어, LNG 생산 확대가 이루어질 것으로 보임**

○ 특히 기후변화협약에 따른 CO2규제 강화와 대기오염 심화로 발전원으로서 석탄에 비해 친환경적인 가스에너지 수요가 증가하고 있음

- 발전원별 이산화탄소 배출계수를 비교할 때, 가스화력은 549g/kWh로 석탄화력(991g/kWh), 석유화력(782g/kWh)에 비해 CO2배출 저감에서 유리함[387]

- 특히 가스화력의 미세먼지 배출량은 석탄화력의 1,800분의 1 수준으로 대기오염을 줄이는 데에 크게 기여할 것으로 예상됨[388]

<표 79> 세계 에너지원별 1차에너지 수요 전망(2025, 2040년) (단위 : Mtoe)

에너지원	실적치		NPS*		SDS*		CPS*	
	2000	2017	2025	2040	2025	2040	2025	2040
석탄	2,308	3,750	**3,768**	**3,809**	3,045	1,597	3,998	4,769
석유	3,665	4,435	**4,754**	**4,894**	4,334	3,156	4,902	5,570
천연가스	2,071	3,107	**3,539**	**4,436**	3,454	3,433	3,616	4,804
원자력	675	688	**805**	**971**	861	1,293	803	951
재생에너지	662	1,334	**1,855**	**3,014**	2,056	4,159	1,798	2,642
수력	225	353	**415**	**531**	431	601	413	514
바이오에너지	377	727	**924**	**1,260**	976	1,427	906	1,181
기타	60	254	**516**	**1,223**	648	2,132	479	948
고체 바이오매스	646	658	**666**	**591**	396	77	666	591
총계	10,027	13,972	**15,388**	**17,715**	14,146	13,715	15,782	19,328
화석연료 비중	80%	81%	**78%**	**74%**	77%	60%	79%	78%
CO2 배출(Gt)	23.1	32.6	**33.9**	**35.9**	29.5	17.6	35.5	42.5

* NPS: 신정책 시나리오(New Policies Scenario), SDS: 지속가능한 발전 시나리오(Sustainable Development Scenario), CPS: 현정책 시나리오(Current Policies Scenario)
* 자료 : World Energy Outlook, IEA, 2018

□ **LNG시장은 대형가스전을 중심으로 메이저기업이 수십년간 운영경험을 토대로 진입장벽을 구축하고 있어 국내에서 진출이 쉽지 않은 상황임**

○ 대형 LNG의 경우 한번 설비를 구축하면 대용량의 LNG생산이 가능하여 생산자 입장에서는 다수의 소형 LNG생산시설보다는 소수의 대형 LNG생산시설을 선호하므로, 대형 LNG시장을 중심으로 시장이 형성되어 있음

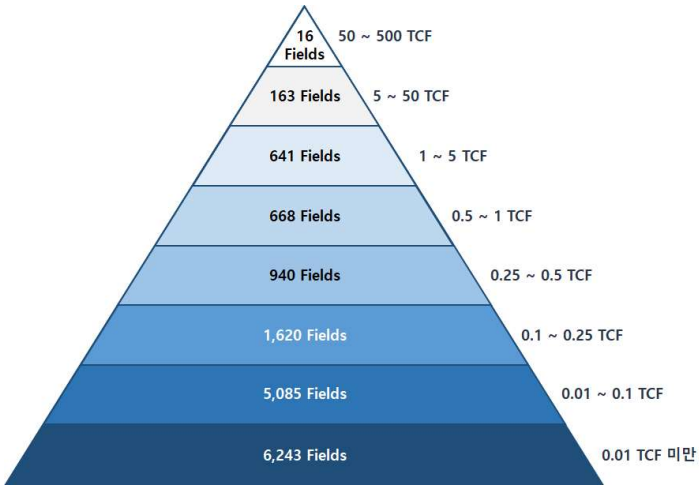
387) 국제원자력기구(IAEA), 2018
388) 脫원전에 LNG수요 2배 `쑥`…전기료 · CO2는 어쩌나, 매일경제, 2018. 4.5.

○ 대형 LNG시장은 기술적 요소보다도 실적 및 신뢰도가 수주의 주요 요인으로 시장을 선점하고 있는 메이저기업들이 카르텔을 형성하고 있어, 대형 프로젝트 경험이 부족한 우리나라가 진출하기에는 어려움이 있음

- 대형 LNG플랜트의 경우, 벡텔, 치요다, JGC, 테크닙 등 수십년간의 실적을 보유한 주요기업이 진입장벽을 형성하고 있음

□ **반면, 소형LNG플랜트의 대상이 되는 소형가스전은 아직 개발이 활성화되지 않은 시장이나 매장된 총자원량은 규모가 매우 큰 편으로, 향후 기술개발에 따라 시장이 커질 것으로 예상되는 유망시장임**

○ 5TCF 이상의 대형가스전은 개소가 179개소이나, 5TCF 미만의 소형가스전은 15,197개소로 총 매장량으로 본다면, 소형가스전의 매장량 규모도 매우 큰 것으로 확인됨[389]



[그림 165] 가스매장량별 가스전 분포

* 자료 : Syntroleum, IHS Energy

○ 과거 셰일가스는 고가의 생산비용으로 개발되지 않았으나, 수평시추 및 수압파쇄 기술 등이 개발되며 채산성이 확보되어 현재 활발하게 생산이 이루어지고 있으며, 소형 LNG의 경우에도 이와 유사한 과정으로 성장할 것으로 전망됨

□ **특히, 소형 LNG시장은 대형 LNG시장에 비해 상대적으로 진입장벽이 낮으며, 저비용으로 가스이송이 어려운 내륙지역은 소형LNG에 대한 수요가 높아 기술경쟁력을 앞세워 적극적으로 공략해야 할 시장임**

○ 최근 대형 LNG에 대한 개발사의 투자 리스크로 소형 LNG에 대한 니즈가 있으며, 소형 LNG플랜트 시장이 형성되고 있음

389) 중소규모 GTL플랜트 실용화 개발에 대한 추가연구 보고, 일본해사협회, 2015.

○ 메이저 기업들은 대형 LNG로부터 수익을 창출하고 있어, 아직 소형 LNG시장에 대한 관심도는 낮은 편임

○ 특히, LNG공급이 어려워 운송비용을 고려할 때, LNG가격대가 높은 내륙지역에서는 소형LNG플랜트에 대한 니즈가 있음

- 해상운송이 어렵거나, 파이프라인으로 LNG공급이 어려운 내륙지역은 육상 운송수단을 통해 LNG를 공급받아야 하며, 고가의 LNG운송비용으로 인근지역에서 생산된 LNG를 이송할 경우, 경제성이 우수함

□ **모듈화를 통해 공기를 단축하고 총 사업비용을 줄일 수 있다면, 국내 기업이 해외 경쟁기업에 비해 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 전망됨**

○ 모듈화가 이루어지게 되면, 표준화를 통해 모듈 생산비용을 절감할 수 있으며, 현지 인력의 기술력으로 인한 품질저하의 문제를 해소할 수 있어 시공비용 저감이 가능함

○ 또한, 병렬시공이 가능하여 공기단축이 가능하며, 공기단축을 통한 인건비, 장비 임대비 저감 뿐만 아니라, 막대한 금융비용도 줄일 수 있어, 총사업비 절감이 가능함

○ 모듈화를 통해 경쟁국보다 우수한 가격경쟁력으로 수주확대에 기여할 수 있음

□ **또한, 소형 LNG EPC만 수행하는 것이 아니라, LNG가스화력발전 플랜트 EPC와 O&M까지 패키지로 진출할 경우, 국내기업의 수익 극대화가 가능할 것으로 전망됨**

○ 최근 국내에서 가스터빈을 개발하고, 실증 및 시범사업 후 해외시장으로 진출을 계획 중이나, 주기기는 소수의 해외 Major사가 시장점유하고 있어 단독으로 해외 진출이 쉽지 않음

- 가스복합화력발전플랜트 건설에서 가스터빈 등 주기기가 차지하는 비중은 40%이상으로 건설단가 저감에 주기기가 미치는 영향이 큰 상황임[390]

- 현재, 가스터빈은 100MW급 이상의 경우 MHPS, GE, Siemens가 전세계 90%이상을 점유하고 있어, 국내에서 신뢰성 있는 주기기를 확보하였다고 하더라도 해외 진출이 여의치 않은 상황임[391]

- 두산중공업은 최근 270MW급 가스터빈을 개발하여 국내 복합발전플랜트에 적용할 계획이며, 380MW급 가스터빈을 개발하여 국내에서 실증 및 시범사업을 추진할 계획임

390) 에너지 플랜트 산업 부문별 해외 경쟁력 강화 방안 연구-발전 및 전략 인프라 부문, 에너지경제연구원, 2013.
391) McCoy Power Reports 2019.

(나) 정부지원 필요성

□ **LNG플랜트와 가스화력발전 플랜트는 초기투자비용 및 초기개발 부담이 커서 기업이 단독으로 기술개발을 통한 시장진출이 어려운 상황임**

○ LNG플랜트와 가스화력발전 플랜트는 대형 설비시설로, 기술개발을 위해서는 대규모 예산투입이 요구됨

- 가스터빈은 항공기 엔진과 동일한 기술기반으로, 가스터빈 기술보유국은 국가 차원에서 관련 기술을 전략기술로 분류하여 해외 유출을 극도로 제한하는 실정으로 기술개발이 어려운 분야

- 국내기업은 최근 국책과제로 대형가스터빈 설계기술을 확보하였으나 초기 시장진출 단계로 복합효율 60% 수준으로 약 3년의 기술격차가 있음

○ 해외사업수주를 위해서는 상용급 규모의 시설에서 운영실적이 요구되며, 이를 위해 대형 실증단지를 구축하고, 지속적으로 운영을 하며 안정성 및 신뢰성에 대한 검증이 이루어져야 함

○ 이를 민간기업에서 지속적으로 투자하며 기술을 개발하기에 어려움이 있으며, 정부주도의 R&D를 통해 기업 측면에서 Risk를 줄이고, 국내 기업들이 해외시장에서 수주경쟁력을 확보할 수 있도록 지원이 필요함

□ **소형 LNG와 가스화력발전 니즈가 있는 지역의 Gas to Power시장을 선점하여 해외진출 기반을 마련하고, 중견/중소기업의 역량 향상 등 국가경제적 파급효과가 매우 크므로 정부의 정책적 지원이 필요함**

○ 해외 Gas to Power 시장으로 진출 및 지속적인 성장을 담보할 수 있는 사업 모델이며, 국내 EPC기업, 모듈러 엔지니어링기업, 가스터빈 관련 중견/중소기업과 동반성장하여 해외 시장진출 확대를 기대할 수 있음

- 가스화력발전 플랜트의 경우, 완제품을 구성하는 3,600여 종, 4만여 개 부품을 조달하기 위해 국내 업체 238곳이 참여 중으로, 국산 가스터빈 개발 및 보급이 새로운 산업 생태계 구축으로 연계될 수 있음

○ 특히 개발기술을 해외 실증단지에서 운영하며, 실적을 확보함으로써 국내 기술의 해외진출 기반을 마련할 수 있음

- 해외 Major사의 주요 기자재를 구매하여 안정적인 플랜트 건설은 할 수 있으나, LNG플랜트 및 가스화력플랜트를 운영하는 과정에서 지속적인 부품교체 및 유지관리가 이루어져야 하는데, 결국 해외기업들에게만 수혜가 돌아가게 됨

- 특히, 국내 공공기업이 주도하는 가스공급 및 발전시장 특성 상 민간기업에서 O&M 역량을 향상시키기에는 어려움이 있음

○ LNG플랜트와 패키지로 가스화력발전플랜트를 추진함으로써 해외진출을 위한 기반 마련이 필요함

(다) 사업추진 시급성

□ 전세계적으로 환경적 측면에서 친환경 천연가스에 대한 니즈가 지속적으로 증가하고 있으며, 특히 아시아-태평양 국가들 중심으로 LNG 소비가 급성장할 것으로 예상됨

○ 친환경 및 저탄소(COP21) 기조 속에 천연가스에 대한 에너지 수요가 지속되고 있음

- 중국, 인도 등 중동지역이 가스수요 증가세를 주도하고, 미국의 경우 2030년에는 석유를 제치고 가스가 에너지믹스 중 가장 큰 비중을 차지할 것으로 예상됨

○ 아시아-태평양 지역 중심 신흥시장의 급성장으로 세계 LNG 수요의 70% 이상을 지속적으로 유지할 것으로 예상

- 2011년부터 LNG를 수입하기 시작한 태국을 비롯하여 싱가포르, 말레이시아 등 동남아 국가들의 LNG 수입이 크게 증가하고 있음

□ 소형 LNG시장 진입장벽이 높지 않은 상황에서 기술경쟁력을 확보하여 시장 선점이 시급한 상황임

○ 소형 LNG시장은 아직 시장을 지배하는 기업이 나타나지 않은 상황임

- LNG메이저 기업들은 시장을 지배하고 있는 대형 LNG시장에 주력하고 있음

- 소형 LNG의 경우는 다양한 형태의 공정기술이 제안되어 치열한 경쟁이 진행 중이기 때문에 기술 공급이 다양화 될 것으로 기대됨

○ 액화 공정기술의 발전으로 소형LNG의 경제성이 높아지게 될 경우, 경쟁이 보다 치열해질 것으로 예상됨

○ 아직 시장선점이 이루어지지 못한 현 시점이 기술개발을 통한 소형 LNG시장 진출의 적기임

- 향후 유가 상승과 가스가격 상승에 따라 소형LNG 시장이 급성장하는 시점에서 기술개발에 착수해서는 이미, 기술력을 확보한 기업들이 시장을 선점하여 해외 소형 LNG시장진출이 어려워질 것임

□ **가스화력발전의 핵심기기인 가스터빈은 해외시장을 타겟으로 실증이 이루어지고 있지 못하고 있으며, 현 상황이 지속될 경우 막대한 예산이 투입되어 개발된 기술이 사장될 우려가 있음**

○ 가스터빈기술은 수조원의 예산이 투입되어 개발이 이루어졌으나, 아직 실증이 이루어지지 못하여 해외시장 진출은 어려운 상황임

○ 국내에서 실증이 이루어지더라도, 메이저기업이 시장의 90%이상을 장악하고 있는 상황에서 단독으로 진출은 쉽지 않음

○ Gas to Power 플랜트를 통해 수요국가에 패키지로 진출할 경우, 가스터빈의 해외 실적이 확보되므로, 해외시장 진출 기반을 마련할 수 있음

(라) 정부정책과의 부합성

□ **우리나라의 LNG 플랜트 산업은 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법(시행 : 2015.7.31, 법률 제11965호, 2013.7.30., 일부개정)에 근거**

□ **동 사업 추진은 세계적 환경 규제 및 청정개발 체계로의 이행과 에너지 안보 차원에서 국가 전략상 중요한 의미를 가지고 있음**

○ 세계적으로 교토의정서(Kyoto protocol; 기후변화협약에 따른 온실가스 감축목표에 관한 의정서)에 의해 당사국은 온실가스 감축을 위한 정책과 조치를 취해야 함

- 제21차 기후변화협약 당사국 총회에서 그동안 선진국에만 부과한 탄소배출 감축의무를 2020년부터 기후변화에 모든 국가가 전 지구적으로 대응하고 참여하기로 합의하고, 우리나라도 국제사회 공동차원의 종합적인 이행점검을 2023년부터 받아야 됨

○ 청정에너지의 개발 및 사용처 확대를 통하여 청정연료 경제구조로 전환되고 있음

○ 향후 수소경제로 진행하는 과정에서 과도기적으로 천연가스는 중요한 에너지원으로 평가되고 있으며, 선진 각국에서 에너지안보 측면에서 해외 에너지 확보에 전력을 다하고 있으며 관련 산업을 국가적 차원에서 육성하고 있음

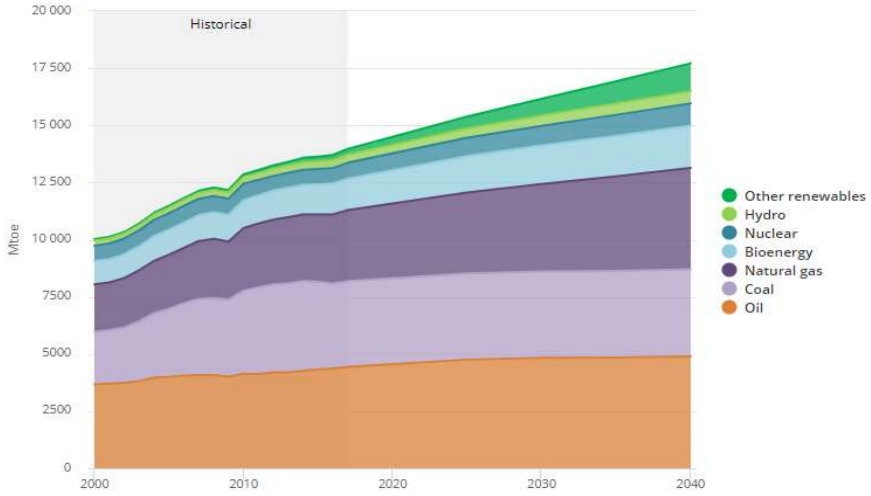
○ 우리나라도 국가적인 에너지 수급을 위한 안보차원의 접근이 필요하며 이를 뒷받침할 수 있는 육상형·해상형 LNG 플랜트 분야의 우리 기술 확보를 위하여 본 사업의 추진은 정책적으로 큰 의미를 가지고 있음

(3) 동향분석

(가) 시장동향

□ **천연가스 수요의 증가로 가스플랜트 시장은 지속적으로 확대될 전망이며, 국내 시장경쟁력을 고려할 때에 시장진입 장벽이 낮은 소형가스전 대상 플랜트 시장 진출 고려**

○ IEA는 글로벌 인구증가 및 산업발전으로 특히 천연가스 수요가 크게 증가할 것으로 전망함[392]



[그림 166] IEA의 NPS 기반 전세계 에너지원별 수요 전망

* 자료 : World Energy Outlook, IEA, 2018

□ **5TCF 이상의 대형가스전은 개소가 179개소이나, 5TCF 미만의 소형가스전은 15,197개소로 매장량 규모 면에서는 대형가스전 못지 않으며, 아직 개발이 많이 이루어지고 있지 않음을 고려한다면, 향후 소형 LNG 시장 잠재력이 매우 클 것으로 전망됨[393]**

○ 대형LNG 플랜트 시장은 Bechtel, Chiyoda, JGC, Technip등 메이저기업이 수십년의 실적을 기반으로 진입장벽을 형성하고 있음

○ 소형LNG 플랜트 시장은 그동안 형성되지 않았으나, 최근 대형 LNG플랜트에 대한 개발사 투자 리스크로 소형 LNG에 대한 니즈는 존재함

- 소형 LNG시장은 '19년 63.5억달러에서 '24년 104.0억달러로 연평균 10.4%의 증가율로 성장 전망[394]

392) World Energy Outlook 2018, IEA, 2019.
393) 중소규모 GTL플랜트 실용화 개발에 대한 추가연구 보고, 일본해사협회, 2015.
394) Market Watch, 2019

□ **LNG가 기존의 선박 연료유를 대체할 가능성이 매우 높으며, 이로 인해 중소형 규모의 LNG 저장 탱크의 시장도 크게 증가할 것으로 전망됨**

○ 유럽연합집행위원회(EU)는 2025년까지 유럽에 LNG 벙커링 기반시설 설치를 촉구하였고 이에 따라 노르웨이의 Bergen, Oslo, Gasnor 등과 각국은 LNG 벙커링 시설을 확대 중임

- 러시아의 Gazprom은 유럽 내 LNG 벙커링을 추진 중이며, 네덜란드 Gasunie사와 벙커링용 LNG 터미널 프로젝트에 참여중이며, 북해 및 발틱해에서의 LNG 벙커링에 대한 공동 개발을 추진 중에 있음

- 프랑스 GDF SUEZ는 네덜란드 Cofely Netherland N.V와 합작회사인 LNG Solution을 설립해 네덜란드 선박과 트럭 연료용 LNG 공급을 추진 중임

○ 북미 셰일가스 생산량 증가로 인한 천연가스 가격 하락으로, LNG 벙커링이 활성화될 전망임

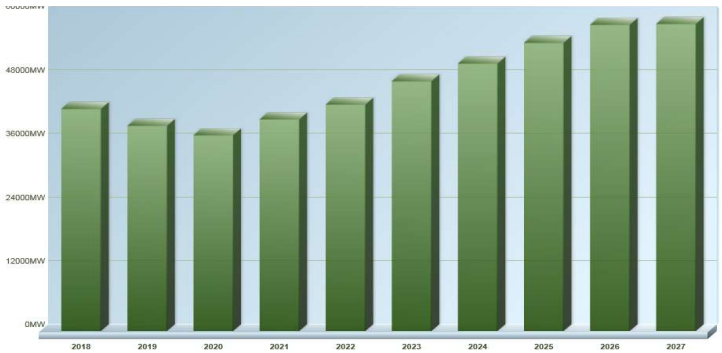
- LNG 개발 자회사인 Waller사는 루이지애나주 Cameron Parish에 LNG 플랜트를 건설 중이며, 향후 LNG 벙커 barge로 선박용 LNG를 선박에 공급할 계획임

○ 세계 최대의 유류 벙커링 국가인 싱가포르에서는, 싱가포르 항만청과 Singapore LNG가 발전용 LNG 터미널 건설과 LNG 벙커링 프로젝트를 추진 중임

- 2014년 하반기~2015년 초부터 10,000㎥ LNG 벙커링 선박을 이용한 LNG 벙커링을 시작할 예정임

□ **미국의 IHS 케임브리지에너지연구소(CERA)는 전세계적으로 2018년부터 2028년까지 총 432GW의 가스발전이 신규 설치될 것으로 전망**

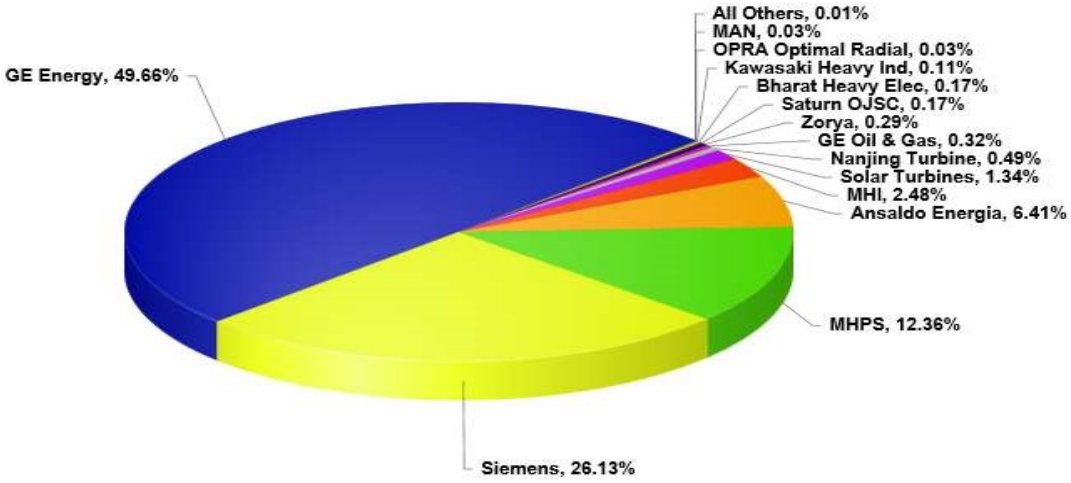
○ 2035년까지 연평균 2~3% 성장전망[395]



[그림 167] 신규설치 가스발전플랜트 발전량 전망

395) Worldwide Gas Turbine Report, 2020.1.5.

○ 2018~2027년 동안 GE, Siemens, MHPS가 세계 가스터빈 시장의 85% 이상을 점유할 것으로 예측됨[396]



[그림 168] 가스터빈 시장점유율 전망(`18~`27)

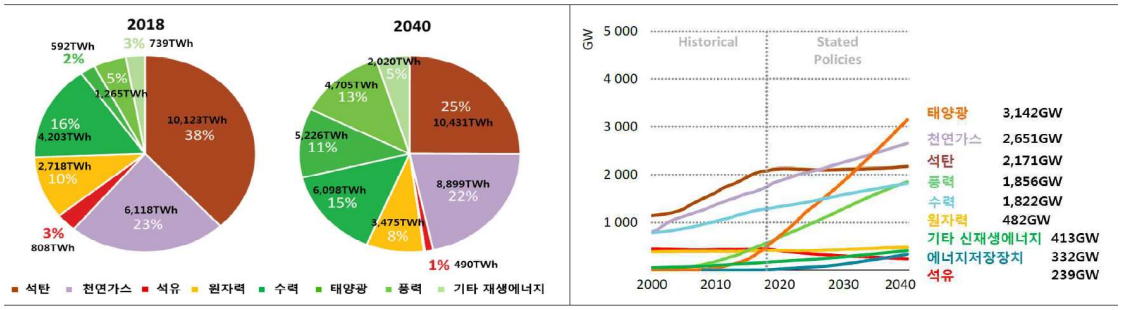
○ 세계적으로 2040년까지 가스발전용량의 지속적인 증가 전망

- 2040년 전 세계 발전량은 41,373TWh로 2018년 대비 55% 증가할 것으로 전망됨
- 가스복합화력 발전소는 2018년 통계로 전체 전력생산량의 6,118TWH (23%)를 차지하고 있으며, 2040년까지 발전량 8,899TWh(22%)로 증가할 것으로 전망됨
- 향후 10년 동안 재생에너지의 전력 용량 추가는 가스 전력 추가의 2배가 될 것으로 예상되지만, 더 큰 부하요인으로 인해 가스연료는 지속적으로 전 세세적으로 주요 발전원이 될 것임



[그림 169] 전원별 발전량 전망, World Energy Outlook, 2019

396) Gas Turbine Electrical Power Generation, ,2017



[그림 170] 유형별 세계 발전 용량 전망(~2040)

□ **현재 복합화력 발전플랜트 평균 건설단가는 각각 950$/kW이며, '19년 기준 Gas-CT 발전단가는 CAPEX 919$/kW, Gas-CC는 927$/kW, Gas-CC-CCS는 2,292$/kW로 확인됨[397]**

	Overnight Capital Cost ($/kW)	Construction Financing Factor (ConFinFactor)	CAPEX ($/kW)
Gas-CT: National-gas-fired combustion turbine	$899	1.022	$919
Gas-CC: National-gas-fired combined cycle	$906	1.022	$927
Gas-CC-CCS: Combined cycle with carbon capture sequestration	$2,242	1.022	$2,292

[그림 171] 가스 복합화력 유형별 발전단가

□ **최근 Gas to Power 플랜트 프로젝트가 확대되고 있어, LNG플랜트 단독 수주보다는 가스화력발전 플랜트와 LNG, 터미널, 저장시설과 연계한 프로젝트가 발주되고 있음**

○ 베트남에서 현지 LNG도입부터 저장, 기화설비와 연계하여 LNG복합화력 발전을 하는 프로젝트가 추진되고 있어, 전방밸류체인과 연계하는 통합 프로젝트 발굴도 검토가 필요함

- GS에너지는 베트남 내 자산운용사인 비나캐피탈과 3GW규모의 LNG복합화력발전소를 건설하여 운영하는 내용의 양해각서를 체결하였으며, 베트남 내 LNG를 자체 도입하여 저장·기화설비와 연계 운영하며, LNG밸류체인을 구축할 계획임

  • GS에너지는 국내 당진 복합화력발전소 건설 시, 해외 냐드둔으로부터 H-Class 가스터빈을 조달받아 사업을 수행한 바 있음[398]

397) EIA, Construction cost data for electric generators installed in 2017
398) Siemens 홈페이지(https://www.siemens.co.kr/kor/press/press-releases-view.asp?Idx=420), 2019 검색 기준

□ **(시사점) 천연가스 에너지 및 가스화력 발전 수요증가에 따라 향후, LNG 및 가스화력 발전시장이 유망하며, 개화단계에 있는 소형 LNG와 가스화력발전 패키지 프로젝트인 소형 LNG Gas to Power플랜트에 관심을 가질 필요가 있음**

○ 천연가스에 대한 수요 증가에 따라, LNG시장은 지속성장할 것으로 전망되는 가운데, 개발이 많이 이루어지지 못한 소형 가스전을 대상으로 하는 소형 LNG시장이 미래에는 급성장할 것으로 전망됨

- 소형 가스전별 매장량은 적으나, 개소수는 대형가스전의 100배 정도 많이 분포해 있으며, 총 매장량도 적지 않은 수준으로 추정됨

○ 선박분야에서도 LNG 활용 사례가 증가할 것으로 전망됨에 따라 중소형 저장시설, LNG벙커링 등, 다양한 규모의 LNG시설에 대한 니즈가 확대될 것으로 전망됨

○ 신재생에너지 활용이 급증할 것으로 전망되지만 안정적 전원공급이 어려워, 가스화력발전에 대한 니즈도 확대될 전망임

- 가스화력발전은 빠른 시간 내 기동이 가능하여 첨두부하 및 기저 부하용으로 활용 가능함

○ 최근에는 LNG와 가스화력발전을 패키지형태로 추진하는 Gas to Power 프로젝트가 새로운 트렌드로 대두되고 있음

(나) 기술동향

□ **소형 LNG사업 수주를 위해서는 소형가스전에서 채산성을 확보할 수 있는 생산비용 저감기술 개발 필요**

○ 그동안 대형 LNG중심으로 사업이 추진된 것은 규모의 경제측면에서 대형 LNG가 경제성이 높았기 때문임

○ 현재 시장에서는 액화천연가스 생산단가가 3.3$/mmBTU이며, 이 이하로 생산할 수 있는 기술들이 개발됨에 따라 시장이 형성되고 있음

- JGC는 오만의 인 소 하르 LNG플랜트 프로젝트를 소형LNG플랜트 개념설계로 수주

- 소형 LNG플랜트는 계열당 30~50만t/y 규모

○ 선도기업인 Chiyoda는 고효율 싱글MR(혼합냉매) 이용방식과, 안전성이 높은 질소사이클 프로세스 효율 제고 방식으로 생산단가를 낮추고 있음[399)]

- 치요다는 효율이 높은 싱글MR(혼합냉매)를 이용한 방식과, 효율은 낮지만 안전성이 높은 질소사이클 프로세스를 이용한 기술을 보유하고 있으며, 최근에는 안전성이 높은 질소사이클 프로세스의 효율을 높이는 방식을 개발하며 선도하고 있음

○ 우리나라는 LNG플랜트 사업단을 통해 5Mt/y 규모의 대용량 천연가스 액화공정 기술(액화효율 92%이상)과 전처리 기술(가스 정제율 98%)을 개발한 경험이 있음

□ LNG 저장탱크의 설계 및 시공의 경우 한국가스공사 및 국내 대형 건설사에서 독자적 설계와 시공 능력 보유 중이지만 모듈화 기술에 대해서는 미흡한 수준

○ LNG 저장탱크의 설계 및 시공의 경우 한국가스공사 및 국내 대형 건설사에서 독자적 설계와 시공 능력을 가지고 있으며, 근래에 들어서 해외수주 등을 통하여 선진업체와 동등한 수준의 기술 경쟁력을 확보하고 있는 것으로 판단됨

○ 최근 국제 육상 및 해상의 대형 LNG 프로젝트의 경우 핵심 공정 설비를 제외한 대부분의 설비들이 한국의 중공업 관련 업체에서 모듈화되어 제작, 납품 및 건설되고 있으나 저장탱크 내조와 저장탱크 자체를 모듈화하는 기술은 미흡

○ 원거리 해양에 있는 가스전을 개발하기 위해 생산, 저장 및 출하가 가능한 부유식 해양 LNG 액화 플랜트 (LNG-FPSO; Floating Production Storage and Offloading)가 발주되고 있으며, 국내 조선·해양 메이저 3사가 전 세계 프로젝트를 대부분 수행하지만, 핵심 설계기술은 아직 해외 엔지니어링 기술에 의존하고 있으며, 제작 중 설계변경과 공기 미 준수의 문제가 야기됨

○ 국내외적으로 조립식 모듈러 LNG 저장탱크의 개발은 기본 개념 정립 단계이며 일부 해양 플랜트 및 조선사를 중심으로 형식 적용 가능성을 검토하는 수준이지만, 모듈러 방식의 육상 LNG 저장탱크의 기술개발은 거의 없는 실정

- LNG 저장탱크의 경우 CB&I, Whessoe 등 세계적인 유수의 엔지니어링 업체에서, 전 세계에서 발주된 대부분의 LNG 저장탱크 설계·시공 실적을 보유하고 있으며, 최근 모듈화 개념을 이용한 LNG 저장 탱크에 대한 연구가 Mustang을 중심으로 진행되고 있지만, 소규모 탱크의 병렬연결에 기반을 두고 있다는 점에서 가격 경쟁력 확보가 어려울 것으로 판단됨

○ 최근 제작 공사비용 및 공사기간 단축을 위하여 거의 모든 LNG 액화 플랜트 설비는 모듈화 되어 설계 및 제작되고 있으나, 액화된 LNG의 저장 및 선박으로의 수송을 위한 LNG 저장 탱크의 경우 아직 현장에서 조립 및 제작되어 과다한 제작 공기 및 비용은 육상 LNG 설비 관련 프로젝트의 착수에 걸림돌로 작용하고 있음

399) 소형 LNG액화 및 기화 프로젝트, EnB, 2017

- 최초로 모듈형 LNG 저장 탱크의 설계 개념이 도입된 프로젝트는 Exxon Mobil이 주관한 Adriatic 해상 LNG Terminal (이하 ALT)이라고 할 수가 있으나, ALT의 경우 모듈 설계 개념은 내조에만 부분적으로 작용되어 있으며, 상대적으로 많은 인력 및 공기가 소요되는 외조 제작 작업은 모두 현장에서 이루어져 실제 공기 및 비용 단축 효과는 미미함

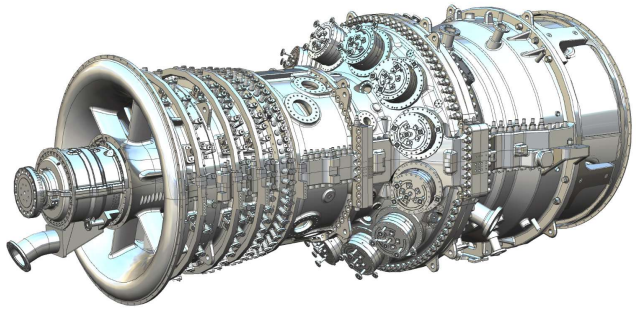
- ALT 공사 후 Exxon Mobil은 해상 LNG Terminal의 설치 경험을 바탕으로 구조 안정성과 경제성 확보를 위하여 저장 탱크의 폭과 길이는 증가시키는 대신 높이는 낮추고 콘크리트 외조 중앙부의 ballast compartment를 추가하는 동시에 외조의 루프를 콘크리트 구조에서 철 구조물로 변경함

- 또한, 9% Ni강의 독립형 내조를 일반 탄소강의 멤브레인형 내조로 변경함으로써 비용 절감을 꾀하는 방안을 검토하고 있으나, 모듈형 저장탱크의 개념으로 확장되지 못하고 있음

□ **복합화력발전소 주요 기술인 가스터빈 설계기술은 공력, 열역학, 열전달, 진동, 소재 등 기계 분야의 고난이도 기술을 포함하고 있어 단기간에 확보할 수 있는 기술이 아니며, 검증된 기술을 기반으로 기술개선을 통해 차세대 기술로 진보해 나아가는 특징을 보임**

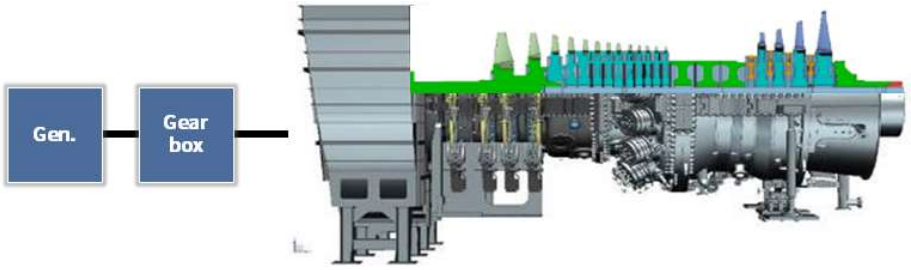
○ 해외 가스터빈 Major사는 대형 가스터빈 핵심 설계기술을 이미 확보하고 타 업체로의 기술이전을 제한하고 있어 핵심기술의 국내 내재화가 용이하지 않음

○ 최근 두산중공업에서 270MW급 가스터빈을 개발하였으며, 산업부 지원으로 국내 가스복합화력발전소 실증을 계획중이며, 산업통상자원부 주관 “한국형 표준 가스복합발전 모델 개발 및 테스트 베드 구축”을 통해 380MW급 가스터빈을 개발 계획중임



[그림 172] 두산중공업 대형 가스터빈 개발 모델

○ 지역난방, 신재생 수요 및 송전 Grid 망 Capa가 부족한 국가 타겟의 90MW 급 중소형 가스터빈을 개발 계획 중임



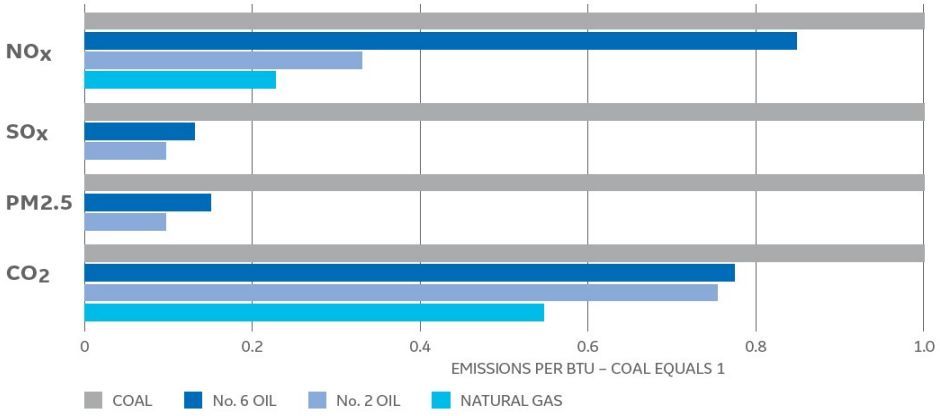
[그림 173] 두산중공업 중형 가스터빈 개발 모델

○ 발전설비 산업은 안정성, 신뢰성이 중시되므로 대규모 투자가 불가피하고 투자자금 회수에 많은 시간 소요

- 가스터빈 1차 발전 후 발생된 배열을 회수하여 증기터빈에 의한 추가 발전으로 발전효율 60% 이상의 고효율 구현 가능

- 미세먼지 PM10 배출 전무, PM2.5 배출 원인인 질소산화물(NOx) 배출량은 석탄화력 대비 30%이하 수준

- 현재 기술은 NOx 25 ppm 수준으로 유지하며, 배열회수보일러(HRSG)에 SCR(선택적 촉매 저감설비)를 설치하여 5 ppm 이하로 운영되고 있음



[그림 174] 에너지원별 오염물질 배출

- 천연 가스의 가장 큰 편익은 석탄과 다른 화석 연료에 대한 보다 깨끗한 환경을 제공하는 것임

  • 천연가스를 연소하면 석탄보다 이산화탄소(CO2) 배출량이 50% 적고, 질소산화물(NOx), 황산화물 (SOx) 및 미세 입자상 물질(PM2.5)이 훨씬 적게 발생함

□ **(시사점) 소형LNG분야에서는 채산성 확보를 위한 저비용 LNG액화공정기술이 경쟁력이 되고 있으며, 가스화력분야에서는 고효율 발전용량 대형화 추세로 기술개발이 이루어지고 있음**

○ 소형 LNG사업 수주를 위해서는 소형가스전에서 채산성을 확보할 수 있는 생산비용 저감기술 개발 필요

○ LNG 저장탱크의 설계 및 시공의 경우 한국가스공사 및 국내 대형 건설사에서 독자적설계와 시공 능력 보유 중이지만 모듈화 기술에 대해서는 미흡한 수준

○ 가스화력발전은 발전효율을 높이는 방향으로 기술개발이 이루어지고 있으며, 메이저 기업은 검증된 기술을 기반으로 발전용량을 대형화하는 추세에 있음

(다) 국내 기업의 역량

□ **LNG분야는 저장탱크의 설계 및 시공 역량은 보유하고 있으나, 대형 LNG프로젝트를 국내에서 완수한 경험은 없으며, LNG플랜트 사업단에서 5Mt/y 규모의 기술을 개발한 경험이 있음**

○ 우리나라는 LNG플랜트 사업단을 통해 5Mt/y 규모의 대용량 천연가스 액화공정 기술(액화효율 92%이상)과 전처리 기술(가스 정제율 98%)을 개발한 경험이 있음

○ LNG 저장탱크의 설계 및 시공의 경우 한국가스공사 및 국내 대형 건설사에서 독자적 설계와 시공 능력을 가지고 있으며, 근래에 들어서 해외수주 등을 통하여 선진업체와 동등한 수준의 기술 경쟁력을 확보하고 있는 것으로 판단됨

○ 최근 국제 육상 및 해상의 대형 LNG 프로젝트의 경우 핵심 공정 설비를 제외한 대부분의 설비들이 한국의 중공업 관련 업체에서 모듈화 되어 제작, 납품 및 건설되고 있으나 저장탱크 내조 및 자체를 모듈화 하는 기술은 미흡

□ **가스터빈분야는 두산중공업과 성일터빈이 관련 기술을 보유하고 있으며, 고온부품 단품 위주의 기술력은 있으나, 가스복합발전소를 건설할 수 있는 가스터빈제작 자체 기술은 초기 단계임**

- 국내 가스터빈 국산비율 0% 수준으로 관련 파생산업(부품 등)의 수입의존도 심화

- 해외선진사 설비를 100% 설치・운영 중이며, 점진적으로 F급에서 H급의 고출력・고효율 가스터빈으로 기종변화가 진행

- LNG 복합발전소의 제작기술과 일반설비(보일러, 발전기 등)는 국산화 되었으나, F급 이상에 대한 가스터빈 및 관련 고온부품 등의 핵심기술은 미확보

- 가스터빈 고온부품은 국내시장만 연간 3,000억 원 규모이나 전량 해외 선진사가 독점하고 있어 국산화 기술개발이 시급함

○ 국내에서는 블레이드 등 고온의 가스터빈 제작에 필요한 요소기술이 개발되지 못하였으며, 가스터빈 세부 핵심부품은 해외구매를 통해 확보하고 있음[400]

(라) SWOT분석

강점	약점
▪ 핵심기술인 천연가스 액화공정에 대한 특허 및 원천 기술 보유 ▪ 가스전처리, 초저온 LNG 저장기술 등 LNG플랜트 연관 기술의 실적 및 원천 기술 보유 ▪ 세계적 수준의 ICT, IoT, 소재·부품 융복합 역량 보유 ▪ 국내 가스터빈 원천기술력을 바탕으로 해외 Major사에 의존하던 기술 및 가격종속에서 탈피할 수 있음 ▪ 한전-발전사는 이미 해외 가스터빈을 적용하여 가스복합화력발전 분야에 해외진출을 하고 있음 ▪ 두산중공업은 '19년 LNG 가스터빈을 독자개발하여 한국서부발전과 김포열병합발전소 LNG 가스터빈 공급계약을 체결	▪ 대형 LNG플랜트와 같이 대형 프로젝트를 국내에서 수행한 경험이 부재하여, 발주처에 대형 프로젝트 관리에 대한 신뢰를 주지 못함 ▪ 국내 가스터빈 관련 제조사의 Track Record 부재로 해외 가스복합발전소 입찰조건 부합으로 입찰 불가 및 초도품 공급에 대한 과도한 보증 조건 요구
기회	**위협**
▪ 경제성, 환경 및 저탄소 (COP21) 기조 속에 대용량 고효율 가스터빈 Needs 지속 ▪ 미국은 Shale Gas로 가스복합발전소에 낮은 연료 단가 유지 ▪ 최근에는 유가하락으로 인해 대형화 추세는 다소 주춤한 반면, 기술발전에 의한 생산단가 저감으로 중소규모 가스전 액화사업의 경제성이 확보되어 중소규모 가스전이 신규시장으로 급부상 ▪ 전세계에 분포해 있는 경제성 있는 가스전은 약 2,500여개로 대부분이 중소형 규모의 가스전으로 활용 가능성이 높음 ▪ 현재 23개국에 Small-Mid Scale LNG 플랜트 시장이 형성되어 있으며 향후 동남아 및 중앙아메리카 지역에 신흥 시장이 형성될 것으로 전망됨 ▪ 초소형 LNG시스템 등 환경 대응형 비즈니스 모델 다양화	▪ GE, Siemens, MHPS사 등 가스터빈 독점공급 시장 형성으로 브랜드가치 상대적 열위 ▪ 대용량·고효율 가스복합발전소 요구로 신기술에 대한 Needs 강화되나 기술개발 후 지속적인 판매 및 운영 실적을 기반으로 지속적인 요소기술 개발 제품 반영으로 해외 주요 Major사는 지속적인 기술개발 가능 ▪ 액화공정 분야는 전세계적으로 3~4개의 선진업체가 라이센스 장벽을 구축하여 다른 후발업체의 시장 진입을 어렵게 하고 있는 상황 ▪ 파급력이 큰 액화플랜트 EPC 기술은 일본과 미국의 주요 기업이 선점하고 있으며, 벡텔(Bechtel), 치요다(Chiyoda), JGC, 테크닙(Technip), CB&I, KBR, 사이펨(Saipem) 등 7개 기업이 시장을 독과점하고 있어, 경험과 능력이 부족한 후발주자의 진출은 매우 어려운 실정

(4) 진출대상 국가

□ **아시아 혹은 남미 내륙지역의 소형 가스 생산지 인근 가스화력 발전 수요가 있는 지역 중 국내 기업 컨소시엄 진출이 가능한 국가를 대상으로 함**

400) 분과위원회, 2019. 7.

(5) 목표 및 단계별 목표

□ **아시아 타겟 모듈형 Gas to Power 플랜트 기술개발 및 현지 통합실증**

○ 플레어가스 및 천연가스 전처리 설비 구축

○ 가스화력발전 소요를 고려한 연산 15만톤급 LNG생산 설비 시공

○ 90MW급 가스터빈 개발 및 구축

○ 90MW LNG 복합화력발전소 설계 및 시공

(6) 기술개발 내용

□ **전처리설비 설계기술 개발**

○ 플레어가스 혹은 천연가스 가스전 성분 및 지속적 공급 방안 정립

○ 플레어가스와 천연가스의 성분을 고려한 소형 가스 전처리설비 설계기술 확보

- 이산화탄소, 황화수소, 수분, 수은, 산 등 불순물 정제기술

□ **LNG플랜트 모듈화 설계 및 시공 기술**

○ 소형 LNG(계열당 15만t/y)에 효과적인 액화공정 기술 라이센싱 확보

- 고효율 혼합냉매 기술 등 국산화된 천연가스 액화기술을 활용한 소형 액화기술의 라이센싱 확보

○ 설치 및 철거비용 저감 및 현지 리스크 저감을 위한 소형 LNG모듈화 설계/시공기술

- 소형화의 장점인 시공시간 단축을 위한 모듈화 설계 및 시공기술 확보

- 구축된 모듈의 시험 및 성능 평가기술 확보

□ **모듈화 저장탱크 건설제작 및 운영기술**

○ 3만톤급 모듈화 저장탱크 제작 기술

- 기확보된 3만톤급(6만㎥) 저장탱크의 설계기술을 기반으로 실증이 가능한 3만톤급 모듈화 저장탱크 개발

□ LNG 복합화력발전 플랜트 설계/시공 기술

○ 해외 진출을 위한 가스화력발전 Package 모델 개발

- 가스복합발전을 구성하는 가스터빈, 배열회수보일러, 증기터빈 및 보조기기 최적 설계, 제작 및 운영기술 표준화

- 가스복합발전 플랜트 제작 생태계 구축을 위한 핵심부품 국산화

• 가스터빈 고온부품 코팅, 정밀제작 (Hole drilling 등) 및 특수공정기술 개발

• 가스터빈 성능향상을 위한 300℃ 이상 연료 열교환기 설계/제작기술 개발

○ 현지 가스화력발전 플랜트 설계/시공기술

- 수출형 가스복합 플랜트 설계표준화를 통한 원가 절감 및 운전신뢰성 확보

□ 현지 상용급 실증플랜트 구축 및 평가기술

○ 실증플랜트 구축 및 장기간 운영을 통한 상업성 입증

(7) 선행 연구개발 사업 및 성과연계 방안

□ LNG 사업단 성과연계 방안

○ 선행연구에서는 연산 500만톤급의 액화공정(KSMR:Korea Single Mixed Refrigerants) 기술 개발 및 플랜트 설계제작기술을 개발하고, 하루 100톤 규모의 한국형 천연가스 액화공정 설비 Test-Bed 운영을 통해 라이센스 확보 추진

○ 동 사업에서는 선행연구의 액화공정 및 플랜트 설계제작 기술 개발과정을 기반으로 연산 15만톤에 효율적인 액화공정 및 플랜트 설계기술을 개발하고, 현지실증을 통해 기술을 검증하고 운영실적을 확보함

□ LNG FPSO 성과연계 방안

○ 선행연구에서는 LNG-FPSO Topside FEED 설계, 전처리 FEED 설계기술을 개발함

○ 동 사업에서는 LNG FPSO의 Topside compact 설계기술을 LNG플랜트 모듈화 설계기술 개발에 활용함

□ **한국형 LNG 저장탱크 개발**

○ 선행연구에서는 니켈-강을 이용한 27만㎘급의 LNG저장탱크를 개발하여 삼척 산단 기지에 3기 설치하였음

○ 동 사업의 LNG저장탱크 현지실증 건설 시, 선행연구의 LNG저장탱크 시공경험 활용

□ **중소형 모듈러 LNG 저장탱크 연구단**

○ 선행연구에서는 Reverse Engineering을 통해 50,000㎥~60,000㎥급의 모듈러 LNG 저장탱크 설계기술 확보

○ 동 사업에서는 선행연구의 50,000㎥~60,000㎥급의 모듈러 LNG 저장탱크 설계기술을 기반으로 모듈러 LNG저장탱크를 제작하고, 실증 추진

(8) 최종성과물

□ **(기법) 소형 콤팩트화가 가능한 가스 전처리설비 설계기술**

□ **(기법) 소형 LNG(계열당 15만t/y)에 효과적인 액화공정 기술 라이센싱**

□ **(기법) 설치 및 철거비용 저감 및 현지 리스크 저감을 위한 소형 LNG모듈화 설계/시공기술**

□ **(기법) 현지 가스화력발전 플랜트 설계/시공기술**

□ **(기법) 현지 상용급 실증플랜트 구축 및 평가기술**

□ **(기법) LNG 및 가스화력 운영 및 Risk 관리기술**

(9) 해외진출 전략

□ **한국가스공사, 발전공기업, 대형 EPC, 중소 엔지니어링 기업(모듈설계), 기자재업체(액화설비,가스터빈 등 핵심 주기기)가 함께 컨소시엄으로 진출하는 LNG-가스화력발전 전 주기 팀 코리아 추진체계로 목표시장에 진출하여 설계・시공 및 운영 실적 확보**

○ 대형 EPC는 중소형 LNG플랜트 자체에 대해서는 관심도가 낮지만, 중소형 LNG플랜트 건설 실적을 기반으로 대형 LNG플랜트 시장 진출 기반 마련 측면에서 참여를 유도할 수 있음

- 대형 EPC사는 전체적인 사업운영권, 좀 더 큰 사업 진출을 위한 Track Record 확보

○ 중소 엔지니어링업체는 FEED를 수행하고, 모듈러로 사업을 성공적으로 수행하는 경우, 향후 이를 기준으로 모듈러 시장진출이 가능할 것임

- LNG플랜트는 모듈러로 적용하기에 유리한 사업임

- 기업입장에서는 책임소재 문제가 발생하므로 기업 단독으로 모듈화 추진이 어려워, 국가R&D로 추진하는 것이 의미가 있으며, 실적만 확보된다고 하면 이후 해외시장 진출이 가능함

○ 소형업체에서는 조달 및 설치업무를 수행하며, 실적을 확보할 수 있음

○ 두산중공업 및 가스터빈 관련 중견·중소기업과 함께 60Hz 국가 현지 실증 추진

(10) 사업추진 위험요인과 대응방안

□ **국산화 기술개발품에 대한 높은 해외시장 진입장벽**

○ 가스복합화력에 적용되는 주기기는 성공적으로 개발되어도 실용화를 위하여 실증시험을 거치고, 실제 발전을 하는 Track record를 확보해야 함

○ 특히, 가스터빈의 경우 신규 해외발전시장에서 입찰을 위해서는 반드시 국내 Track record 확보가 필요하며, 사우디 같은 일부 특수한 지역에서는 그 지역의 Local 연료(ASL, AXL)에 대한 검증이 필요함

○ 이를 위해 가스터빈 기술개발 후 해외시장 개척을 위해 가스복합발전소 수출형 Package 개발에 대한 지원이 필요함

□ **한국형 표준복합발전소 실증 및 경쟁력 확보를 위한 대규모 공급을 위한 정부 협조 필요**

○ 가스복합화력에 적용되는 가스터빈 국내실증이 반드시 필요함

○ 또한 국내시장을 선점하고 있는 해외 Major사와 대등하게 기술 및 가격부분 경쟁력을 확보하기 위해서는 대규모 제작을 통한 성능 Upgrade 및 가스터빈 산업인프라 구축으로 인한 가격 경쟁력 강화의 선순환이 필요함

○ 가스복합발전소 해외시장 진출 교두보를 확보하고 해외 Major 사에 의존하는 가스터빈기술을 국내 기술로 전환하여 국가 에너지 안보 및 친환경 에너지 기술의 육성 측면에서 정부 지원이 반드시 필요함

○ 해외사업을 수행하는 발전 공기업이 국산 제품을 활용하는 경우, 투자금액에 대한 경영평가 가점 추진

- 일회성 인센티브를 벗어나, 발전소 운영중 지속적으로 발생하는 국산제품 정비금액에 대해 지속적인 가점 추진

□ **선진국 금융기관이나 MDB와의 협조융자 등을 통해 리스크 최소화**

○ 국가 위험이 높고 국가신용도가 낮은 국가는 국제 금융시장에서 자금조달이 용이하지 않으며, 현지 금융시장을 통한 자금조달 역시 용이하지 않음

- 특히, 저개발 국가는 금융시장 시스템이 취약하기 때문에 주로 단기 상업대출 형태로 거래가 이루어지고 있으며, 중장기 자본이 필요한 인프라 개발자금의 조달은 쉽지 않음

• 재정사정이 열악한 저개발 국가는 인프라 개발자금을 자체적으로 조달하기가 어렵기 때문에 BOT 방식과 같은 민간투자 사업을 확대해 나가고 있음

○ DFI(Development Financial Institution, 다자간개발금융기관)는 금융지원의 조건으로 자국기업의 투자 또는 계약수주 등의 형태로 자국이익을 요구하지 않아 국내 기업이 기본적인 지원요건만 갖추면 별도의 제약 없이 DFI의 자금 활용

(11) 예상되는 참여기업

□ **가스복합화력 기업 : 두산중공업 및 중견/중소기업**

□ **발전자회사 기업 : 한국서부발전, 한국동서발전, 한국남부발전, 한국중부발전, 한국남동발전**

□ **LNG EPC기업 : GS건설, SK건설, 삼성엔지니어링**

□ **기자재 기업 : 한화파워시스템, 현대중공업, 동화엔텍**

□ **자원개발기업 : 한국가스공사**

(12) 사업기간 및 소요예산

□ **'22년~'28년간 1조 1,000억원**

(13) 기대효과

(가) 정책적 기대효과

□ **정부 탈원전·탈석탄 정책에 따라 신재생·LNG 발전 확대**

○ 정부의 미세먼지·CO2 저감 및 재생에너지 확대에 따른 전력수급 안정화를 위한 에너지 정책에 따른 경제적 발전원의 확보 가능

□ **천연가스 액화플랜트 특화형 설계기술 인력 양성 및 프로젝트 참여를 통한 고용 창출**

(나) 기술적 기대효과

□ 세계 최고 수준의 가스복합발전플랜트 설계 및 제작 기술 확보

□ 천연가스 액화공정 기술 최적화 및 다양한 공정 설계 자료 확보

□ T/B 운전(Reference) 및 실제 프로젝트 적용(Track record)을 통해 육상 및 해상 천연가스 액화플랜트 프로젝트 참여 가능성 확대

□ 개선된 T/B 운전을 통한 천연가스 관련 개발기술 실증 및 교육 프로그램으로 활용

(다) 경제적 기대효과

□ 해외시장의 5%를 점유할 경우, 연 19.7억달러의 해외수주 가능

□ LNG 발전 증가와 국내 제조업 성장의 연계를 통해 관련 부품 · 소재 중소 · 중견기업의 내수시장 확보 및 수출 사업화 추진

□ 모듈화를 통한 시공비 저감, 공기 단축을 통한 금융비 저감, EPC+O&M 패키지를 통한 수익 확보

□ 발전용 가스터빈 국산 모델의 해외시장 진입발판 마련 및 관련 제조업의 재도약과 해외 의존도 탈피

(14) 제도 및 지원정책 활용방안

□ 국토교통부의 해외건설시장 개척지원사업을 활용하여 신시장 개척 및 신규 프로젝트 발굴 추진

○ 해외건설협회에 해외 유망프로젝트에 대한 사업모델 검토 및 타당성 조사, 현지수주 교섭, 발주처 초청 비용 지원 신청

□ 국토교통부의 글로벌 인프라 펀드를 활용하여 금융조달 추진

○ 한국해외인프라도시개발공사(KIND)의 글로벌 인프라 펀드를 기반으로 발굴사업 참여 및 차입금 조달 추진

□ 한국수출입은행의 해외건설 · 플랜트 금융서비스를 활용하여 금융권으로부터 대출 시 보증지원

○ 한국수출입은행이 대주가 되어 상업은행이나 타 ECA, MDB에게 보증을 제공, SPC에 대출 및 지분을 투자하여 사업주에게 대출/사업자문/금융자문 수행

라. 디지털기반 플랜트 사업관리기술

(1) 개념

□ 디지털 데이터처리 기술을 활용하여 사업발굴, 입찰/계약 관리, 리스크 관리, 공기관리, 공사비 관리 등의 효율성을 높여 국내 업체의 해외 수주 경쟁력 및 수익성 강화



[그림 175] 디지털기반 플랜트 사업관리기술 개념도

○ 텍스트마이닝, 웹크롤링 등의 기술을 활용하여, 플랜트 건설시장을 예측하고 비영어권 신규시장의 사업정보를 신속하게 확보하여 플랜트 수주경쟁력 강화

○ 자연어처리, 텍스트마이닝 등의 기술을 활용하여 입찰관련 계약조건(일반조건, 특수조건, 설계기준, 시방기준 등)을 자동으로 검토하고 설계, 시공, 계약 리스크를 줄여 플랜트 수익경쟁력 제고

○ 설계, 조달, 시공계획을 디지털 Code기반으로 package화하여 공사비와 공기의 계획, 변경, 모니터링, 예측 등을 고도화하여 플랜트 건설관리 역량 제고

○ 글로벌 건설시장의 인력, 장비, 재료에 대하여 개방형구조 조달/거래 시스템을 구축하여 신규 및 현지 건설시장의 수주 및 수행 역량 제고

(2) 추진배경 및 필요성

(가) 추진배경

□ 해외플랜트 신규시장 수주활동에 대한 지원 요구

○ 해외 수주활동을 위해서 많은 인력과 판매비가 소요되고 있음

- 비영어권 국가 (북미, 중남미, 아프리카)와 같이 기존 네트워크나 사업이 적은 경우, 신규시장 선정 및 활동비 투자에 어려움을 느끼고 있음

○ 유가, 원자재, 환율 등의 영향이 큰 해외플랜트 시장은 지역별, 국가별 발주시장이나 사업정보의 변동성이 큼

- 발주시장 예측이나 사업정보 발굴능력은 플랜트 수주경쟁력에 중요한 부분이며, 특히, 비영어권 국가에 대해서는 국내기업이 취약점을 보이고 있음

○ 기존의 아시아, 중동 시장 이외에 아프리카, 남미, 동유럽 등 진출경험이 적은 지역에 대한 발주동향과 사업정보를 빠르게 확보하는 것이 필요함

- 특히, 중소 · 중견기업의 사업정보 파악 능력은 매우 미흡한 수준임

○ 신규시장 진출시 현지 조달, 제3국 조달, 아국기업의 인력, 장비, 자재 조달 가능성, 가격, 생산성에 대한 정보가 미흡하여 수주활동에 어려움을 느끼는 경우가 많음

○ 국내 부품 및 전문시공업체가 해외에서 활동하기 위한 Supply Chain Network 지원 서비스가 미흡함

□ 해외플랜트 수익성 제고 지원 필요

○ 해외플랜트 입찰은 4-5개월 사이에 이루어지는 경우가 많은데, 사업 규모가 1조원이 넘는 경우 수 천 페이지의 입찰도서를 꼼꼼히 검토하는데 어려움이 있음

- 특히, 일반조건이나 특수조건과 같이 주요조항이 아닌, 설계조항, 시방조항의 경우 그 양이 방대하고 엔지니어의 계약서 검토역량이 미흡하여 누락과 오류가 빈번하게 발생함

○ 아국기업 조달, 현지 조달 및 제3국으로부터의 인력, 장비, 재료의 우수하고 원활한 조달은 사업관리의 원천적인 가격 경쟁력인데, 이를 지원하는 시스템이나 서비스가 미흡함

□ **메가 프로젝트 수행 역량 향상 필요**

○ 메가 플랜트 발주자는 사업계획, 입찰, 계약, 관리를 대행하는 PMC(Project Management Consultant) 업체를 활용하는 비중이 증대하고 있으며, 이러한 선진업체들이 고도화된 사업관리 시스템을 건설사에 요구하고 있음

- 벡텔의 경우, 2008년 기준 전체사업의 PMC매출이 15%였으나 2018년 기준 40%까지 증가하였음

○ 특히, 메가 프로젝트의 경우 AWP(Advanced Work Packaging), Interface management, Code기반 설계/조달/시공 관리, 확률론적 견적 등 국내 플랜트 사업에서는 잘 사용하지 않는 사업관리 기술을 EPC 입찰자에게 요구하고 있음

○ AWP 기반의 사업 수행을 통하여 생산성, 공사비관리, 안전관리, 변화관리, 품질관리, 공기관리 측면에서 더 나은 성과를 거둘 수 있음

- AWP 수행을 위한 역량을 갖추고 있을 경우 생산성 25% 향상, 공사비 10% 절감 등 성과가 더 크게 향상됨[401)]

○ 이러한 사업관리 기술은 디지털 트랜스포메이션(Digital Transformation)기반으로 대형 건설사가 중심이 되어 실용화 기술 확보에 노력을 기하고 있음

(나) 정부지원 필요성

□ **디지털 데이터 처리기술 향상으로 사업관리 분야 R&D화**

○ 사업관리 영역은 기술보다는 매니지먼트 성격이 강하여, 정부나 기업에서 지금까지 R&D 투자에 소극적이었음

○ 하지만, 디지털 데이터 처리기술의 급속한 발전과 함께 스마트건설 사업단과 같이 현장조사, 안전관리, 시공관리 등이 R&D화 되고 있음

401) Construction Industry Institutte(CII), 'Making the Case for Advanced Work Packaging as a Standard Best Practice', 2015

○ 해외플랜트 사업에서도, 디지털 데이터 처리기술의 발전과 함께 사업발굴, 입찰준비, 공사비관리, 공기관리, 구매조달 등에서 플랜트 경쟁력을 제고 할 수 있는 부분이 많이 발생하고 있음

□ **정부 차원의 추진을 통해 다부처간 협업이 필요**

○ 해외건설촉진법에 의하여 해외플랜트 사업의 수주 및 수행 관리는 국토교통부에서 관할하고 있지만, 플랜트 사업 전반에 대하여 산업자원부에서도 관리하고 있어 양부처간의 협업이 필요함

○ 현재, 산업자원부에서 추진하고 있는 미래선도 엔지니어링 사업에서 PM 사업이 추진되고 있으므로, 산업자원부 추진 결과에 따라, 세부과제 범위 조정 및 협업을 고려 할 수 있음

(다) 사업추진 시급성

□ **산업기반 붕괴까지 회자되고 있는 플랜트 건설산업의 촉진을 위하여 국가차원의 전략적・선제적 투자를 통한 경쟁력 확보 필요**

○ 해외플랜트 시장은 ENR 250 매출기준으로 2013년 대비 2018년 73% 수준으로 감소하였으나, 우리기업의 매출은 50% 수준으로 유독 크게 감소함

○ 특히, 우리기업의 해외수주는 2013년(652억불) 대비 2018년(321억불) 절반 수준으로 위축하였으며, 이에 따라 플랜트 산업 전반이 붕괴의 위기까지 처하고 있음[402)]

○ 국내 건설기업이 수 년 내에 해외플랜트시장에서 경쟁력과 새로운 포지셔닝을 확보하지 않으면, 회생재기를 위한 골든타임을 놓칠 수 있음

○ 이에 따라, 플랜트 신상품 발굴뿐만 아니라 기존상품에의 수주 경쟁력 및 수행 생산성 제고를 위한 관리기술의 향상이 필요함

○ 디지털 기술기반의 사업관리 기술은 디지털 기술의 특성상 급속도로 발전되고 있어, 일정한 시점이 지나면 R&D개발과 기술리더가 아닌 기술 구매자 또는 시장퇴출로 전환됨

(라) 정부정책과의 부합성

□ **제4차 과학기술기본계획(2018～2022)의 중점과학기술로 “친환경・스마트 플랜트 기반 기술” 반영**

○ 친환경 스마트 플랜트 기반기술: 첨단 플랜트 엔지니어링, 에너지자원 플랜트, 플랜트 건설을 위한 기반 구조, 스마트 운영 및 친환경 기술 등이 반영됨

402) 해외건설협회, 2019

□ **제6차 건설기술진흥기본계획(2018~2022)에 스마트 건설기술을 통한 생산성 향상 (4차 산업혁명 대응 스마트 건설기술 개발, IOT 유지관리) 등이 반영됨**

□ **제1차 국토교통연구개발사업종합계획(2018~2027)에 융합기술을 통한 건설지능화 실현, 고부가가치건설기술 창출 등이 반영됨**

○ 세부 기술로 '플랜트 무인운영시스템', 'BIM 기반 지능형설계', '건설프로세스 통합관리 플랫폼' 등이 포함됨

(3) 동향분석

(가) 시장동향

□ **플랜트 사업관리 기술은, EPC 수주의 핵심역량으로서, 별도 아웃소싱이 되지 않는 분야이기에 독립적으로 시장의 크기를 평가하기는 어려움**

○ 해외발주자가 플랜트 사업에서 PM/CM 업체를 활용하는 비중이 높아지고 있음

- ENR top 100 기업 기준 글로벌 시장에서 PM/CM 매출은 2017년 대비 26.8% 증가하였음[403)]

○ 계약자 입장에서는, 플랜트 상품군에 따라 매우 다르지만, 플랜트 총 사업비 중 구매조달이 40-50%, 시공이 20-30%, 엔지니어링이 10%, 사업관리가 5-10% 정도의 비중을 차지하고 있음

○ 해외플랜트 사업에서 선진건설업체들이 EPC Contractor에서 초대형사업의 사업관리를 전문으로 하는 PMC 사업으로 일부 이동을 하고 있음

○ 사업 프로세스 전반을 디지털기반으로 관리하는 기술은 향후 5년 뒤, 이 분야의 핵심기술력으로 자리 잡을 것으로 예상

(나) 기술동향

□ **사업수주 지원기술**

○ 해외플랜트 사업정보 발굴이나 마케팅 전략은 인터넷 검색, 전문 컨설팅기관 정보지, 현지네트워크 등에 의해 의존하고 있으며, IT 기반 자동화 기술 활용은 매우 미흡함

○ 타산업 분야에서는 SNA(Social Network Analysis), 웹크롤링, 판매정보 등을 바탕으로 수요예측 및 마케팅 전략을 수립하고 있음

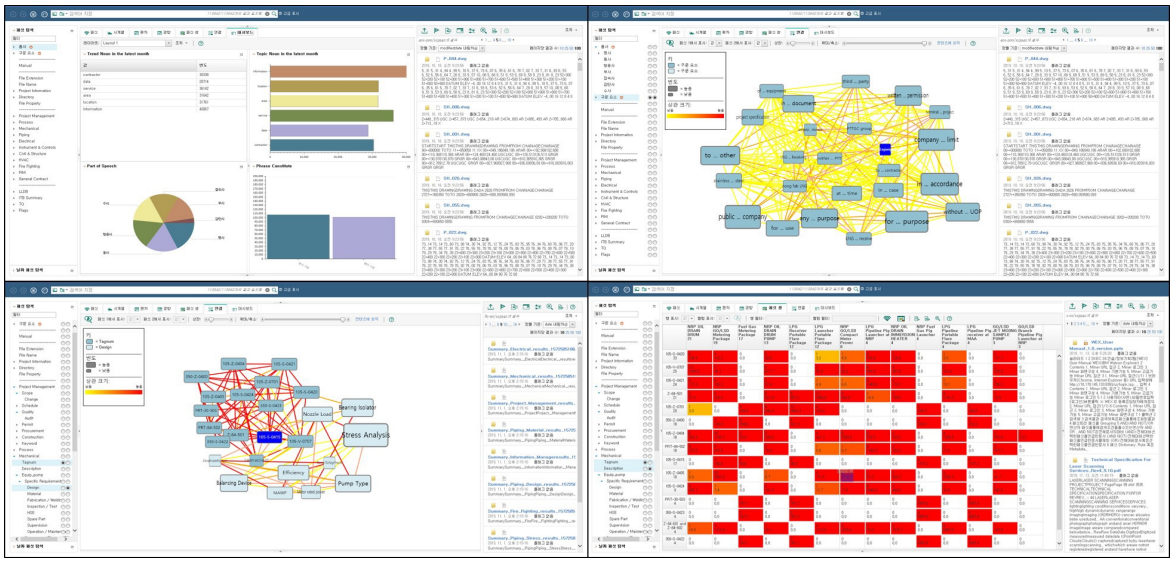
403) ENR(Engineering News Record), 'ENR 2019's Top 100 Professional Service Firms: Companies Aim to Offer Clients More', 2019

- Amazon은 비정형 텍스트 데이터에 내재된 정보 추출을 지원하는 기계학습 기반 Amazon Comprehend를 개발하여, 고객의견 분석, 법률문서 분석, 의료정보 분석 등 다양한 분야에 적용가능한 자연어 처리 서비스를 제공하고 있음

○ IBM은 인공지능 기법을 활용하여 비정형 텍스트 데이터 분석을 통해 엔지니어링 분야 requirement management를 지원하는 Watson AI for Engineering을 개발하였음

○ SK 건설은 인공지능 '에이브릴'을 활용해 일반계약을 포함한 공정, 배관, 기계, 전기, 계측제어, 토목, 건축, 소방 등 전체 설계 공종 입찰 안내서 분석 시스템을 구축하였음

- 통상 1만여 장에 달하는 입찰 안내서 분석에만 엔지니어 30명이 100시간씩 총 3000시간가량을 투입해야했지만, 이 시스템을 활용하면 이를 60%이상 획기적으로 절감이 가능함

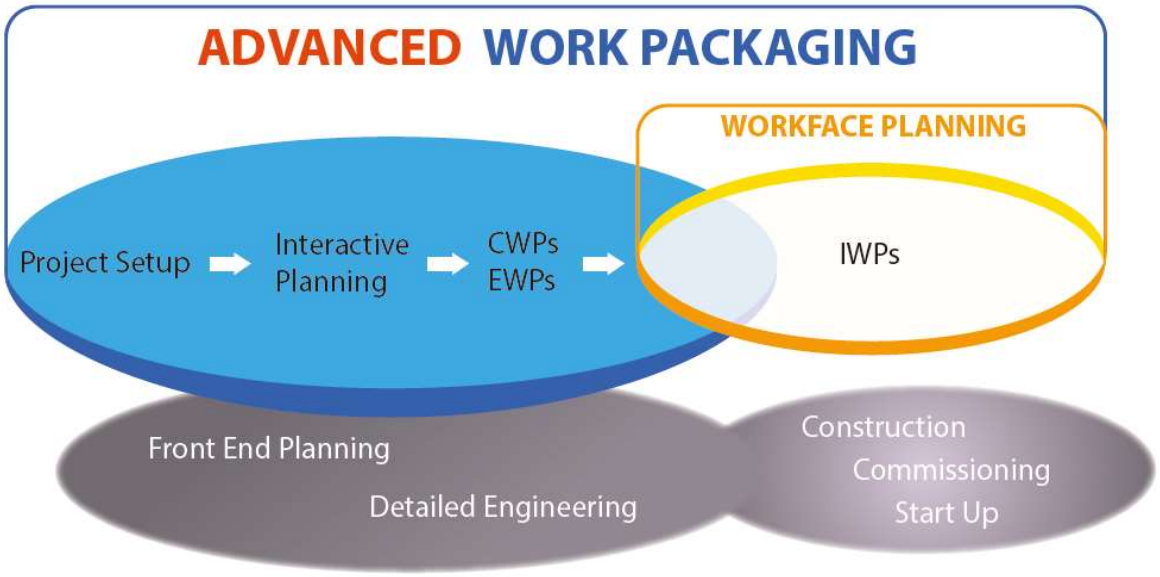


[그림 176] SK건설 입찰안내서 분석시스템 (SK건설, 2020)

○ 타 국내 대형 건설기업들도 IBM, Amazon, SAS 등에서 제공하는 범용 AI 플랫폼을 활용하여 ITB, 계약서 등을 자동으로 검토하는 솔루션을 도입하고자 하는 추세에 있음

□ 사업수행 관리기술

○ 미국, 캐나다 등을 중심으로 대형 플랜트 사업 수행시 E-P-C 개별 업무를 관리하던 기존 방식의 단점을 보완하기 위하여, 단계간 유사한 성질의 업무들을 그룹핑하여 처리하고 관리 효율을 향상시키기 위한 AWP(Advanced Work Package)방식이 도입되었으며, AWP를 운영할 수 있는 계약자를 요구하는 발주처가 증가하고 있음



[그림 177] Advanced Work Packaging in project life cycle (CII, 2015)

○ Hexagon, 다쏘시스템, Aveva 등은 3D 엔지니어링 설계를 구매조달과 연결하는 시스템을 기업들에게 지원하고 있으나, 아직까지는 설계-구매-시공 Code의 통합관리와 예산-구매-집행-실공정 통합관리에서 실효적이고 실용적인 활용에 어려움을 겪고 있음

○ AWP 및 설계-구매-시공 통합관리 관련 기반 기술 개발은 이미 많이 진행 중이며, 실제 사업 적용을 통한 best practice와 track record 확보를 위한 실증사업이 필요함

○ 구매조달을 위한 인력, 장비, 자재관리 네트워크는 기업 내부적으로 관리되고 있으며, 일부 글로벌 에이전트 업체에서 관련 서비스를 제공하고 있음

○ Total Oilfield Equipment & Supply (www.rigzone.com) 같은 경우, 석유화학 분야 장비에 대한 구매/임대 서비스를 지원하고 있음

(다) 국내 기업의 경쟁력

□ **국내 기업의 사업관리 기술은 유럽 및 미국 선진기업에 비해 취약하다고 평가받고 있으나, 그럼에도 불구하고, 주말근무, 야간근무 등으로 공기 준수 역량이 뛰어나고 발주자와 클레임을 최소화하여 많은 발주자로부터 선호를 받고 있음**

□ **언어에 대한 문제 및 정보취득, 문화의 차이 및 조달관리 네트워크는 취약한 편임**

○ 비영어권 국가에 대한 사업정보 및 시장정보 취득역량이 미흡함

○ 하도급 관리 관점 영어역량은 많이 향상되었으나, 발주처 대응 수준의 영어역량은 아직 미흡하여, 계약도서 검토, 문서관리, 협상, 커뮤니케이션 등은 아직 원활하지 못한 모습을 보임

○ 국내 기준 장기계속계약 공사에 익숙하여, 공기관리가 예산의 지배를 받다보니, 공기 계획, 모니터링, 예측, DB화 등에 대한 역량과 관리 문화가 미흡

○ 동남아 및 중동 일부 지역을 제외하고는 인력, 자재, 장비 조달 네트워크가 미흡

□ **메가 플랜트 프로젝트 수행경험이 미비하여, 코드기반 작업 패키지화에 투자와 실적이 매우 미흡**

(라) SWOT분석

강점	약점
▪ 국내 기업은 공기 준수 역량이 뛰어나고 발주자와 클레임을 최소화하여 많은 발주자로부터 선호를 받고 있음	▪ 비영어권 국가에 대한 사업정보 및 시장정보 취득 역량이 미흡 ▪ 하도급 관리 관점 영어역량은 많이 향상되었으나, 발주처 대응 수준의 영어역량은 아직 미흡하여, 계약도서 검토, 문서관리, 협상, 커뮤니케이션 등은 아직 원활하지 못한 모습을 보임 ▪ 국내 기준 장기계속계약 공사에 익숙하여, 공기관리가 예산의 지배를 받다보니, 공기 계획, 모니터링, 예측, DB화 등에 대한 역량과 관리 문화가 미흡 ▪ 메가 플랜트 프로젝트 수행경험이 미비하여, 코드기반 작업 패키지화에 투자와 실적이 매우 미흡 ▪ 동남아 및 중동 일부 지역을 제외하고는 인력, 자재, 장비 조달 네트워크가 미흡 ▪ 국내 원자력 및 화력발전 발주량 급감으로 국내 플랜트 공급망 위축 및 붕괴
기회	**위협**
▪ 미국, 유럽 등 기존 선진 건설기업들의 EPC사업에서 투자사업 및 PMC사업으로 사업영역 이동으로, 고품질 EPC사업에서 상대적으로 경쟁력을 확보하고 있음 ▪ 유럽 및 캐나다 시장의 내국인 기술인력 조달이 부족해짐에 따라, 우리 기업에게 진출기회가 열리고 있음 ▪ 아프리카, 중남미, 동유럽 등에서 투자사업 진출과 함께 신규 플랜트 시장 진출이 가속화되고 있음	▪ 플랜트 시장에 큰 영향을 미치는 국제 정세 및 유가 등의 변동에 따라 사업 계획 및 발주, 수주 및 수행의 불확실성이 매우 큼 ▪ 발전 및 신재생 에너지 플랜트 시장에서 중국 기업이 규모의 경제를 통한 가격 경쟁을 확보로 수주를 확대하고 있음 ▪ 계약, 라이센싱, 기본설계, 사업관리 역량이 좋은 선진 기업은 발주자쪽 사업자(PMC)로 이동하여 고도의 사업관리 기술을 EPC 사업자에게 요구하고 있음 ▪ 국내 플랜트 사업에서는 도입하고 있지 않지만, 글로벌 발주자는 AWP 기반의 사업수행, 확률론적 공사비 및 공기 관리 등 디지털기반 발전된 관리 기술을 요구하고 있음

(4) 진출대상 국가

□ **수주지원시스템을 통한 중남미, 아프리카, 유럽 등 신규시장 진출**

○ 비영어권 국가에 대한 시장예측, 사업발굴정보, 계약서 검토 역량을 향상시켜 수주 활동 지원

- 특히, 중남미, 아프리카, 동유럽 등 비영어권 국가에서 이러한 기술개발은 매우 유용하게 사용 될 수 있음

□ **수행관리시스템(AWP 기반 사업관리, 개방형 구매조달) 개발을 통한 북미, 중동 지역 메가 플랜트 프로젝트 진출**

○ 조 단위 플랜트 사업의 경우, 설계, 구매, 조달의 복잡성이 매우 높아, 기존 엑셀이나 스케쥴링 프로그램 기반의 사업관리는 한계가 있음

○ 디지털 기반에 AWP 사업관리와 개방형 구매조달 시스템을 구축하여, 메가 프로젝트 사업수주와 수행의 역량을 향상시킴

(5) 목표 및 단계별 목표

□ **사업수주지원 기술 개발**

○ 영어권 국가의 시장예측 및 사업정보 발굴 인력 생산성 100% 향상

○ 비영어권 국가의 시장예측 및 사업정보 발굴 인력 생산성 300% 향상

○ 계약서의 일반조건 및 특수조건 검토 인력 생산성 100% 향상, 정확도 98% 확보

○ 계약서의 설계조건 및 시방조건 검토 인력 생산성 100% 향상, 정확도 95% 확보

□ **사업수행지원 기술 개발**

○ AWP 기반 사업관리로 Rework 발생률 10% 감소

○ AWP 기반 사업관리로 월평균 SPI(Schedule Performance Index) 5% 향상

○ 개방형 구매조달 시스템 활용을 통해, 인력, 장비, 자재 평균조달단가 5% 감소

(6) 기술개발 내용

□ **해외플랜트 발주정보 자동 발굴 및 예측기술**

- ○ 해외플랜트 발주정보와 시장예측을 위한 키워드 및 상관구조 도출
- ○ 텍스트 마이닝 전처리를 위한 비영어/영어권의 건설시장관련 용어 라이브러리 구축
- ○ 발주정보와 시장예측에 관련된 문자인식구조 규칙 수립
- ○ 웹크롤링을 통한 비영어권/영어권 발주정보 자동추출 및 정리 시스템 개발
- ○ 추출된 해외사업 관련 빅데이터 정보 이용 지역별/공종별 해외 플랜트 시장 예측

□ **Small Data 기반의 플랜트 계약서 검토 기술**

- ○ 스몰데이터 관점의 계약 도서 최적 분석 방법 도출
- ○ 계약도서 자연어 분석을 위한 플랜트 용어 라이브러리 구축
- ○ 전문가 heuristic 기반 일반조건, 특수조건, 설계조건, 시방조건 등에 대한 핵심 및 독소 조항 검토를 위한 code기반 rule 도출
- ○ 반자동으로 embedding한 rule을 텍스트 마이닝 기법을 이용하여, 계약도서의 독소 조항 검토 및 계약서간 특징을 비교 분석하는 기술 개발

□ **AWP를 이용한 Best Practice 사업관리 실증 기술**

- ○ 기존 AWP 연구 진행 기업 대상 실증 관련 니즈조사
- ○ AWP 파일럿 프로젝트 적용 선정 (대상, 예산, 기간, 조직, 성과, 공유 등)
- ○ AWP 적용을 위한 분류체계, 코드화, 프로세스, 모니터링 방법 등의 표준화
- ○ AWP 파일럿 프로젝트 실증 및 사례 공유

□ **개방형 글로벌 구매조달 시스템 개발**

- ○ 플랜트 공종별, 단계별 구매조달 관련 분류체계 수립
- ○ 국내 및 지역별 플랜트 구매조달시장 조사
- ○ 개방형 구매조달 비즈니스 모델 개발
- ○ 비즈니스 모델 기반 빅데이터 구축

○ 구매조달 공급, 수요, 가격 예측모델 개발

○ 웹, 모바일, 클라우드 기반 시스템 구축

(7) 선행 연구개발 사업 및 성과연계 방안

□ **국토부의 플랜트 협업 지원 플랫폼 개발사업에서 창출되는 성과물은 연계하고, 스마트 건설기술개발사업의 연구와는 상호협력 추진**

○ 국토교통과학기술진흥원 플랜트연구사업 ‘플랜트 건설 동시병행 협업 기술 및 플랫폼 개발’(~ ‘19.12)의 연구개발성과인 협업체계 지원시스템 및 기술을 플랜트 실증 기술 개발에 활용하여 AWP 적용 성과를 증대시킬 수 있을 것으로 사료됨

○ 국토교통과학기술진흥원 스마트건설기술개발사업(‘20 ~)의 11세부의 ‘디지털 트윈 및 AI 기반의 건설 시뮬레이션 기술’ 개발 과제와 텍스트마이닝을 위한 건설 관련 용어 라이브러리 구축, 텍스트마이닝 전문가/기법 정보 등의 연계가 가능할 것으로 사료됨

○ 국토교통과학기술진흥원 스마트건설기술개발사업(‘20 ~) 10세부의 ‘스마트 딜리버리 시스템’(기존의 ERP+SCM+PMIS를 종합한 개념) 개발 성과와 연계

- 해당 과제는 도로구조물을 대상으로 하나, 구매조달 관련 분류체계 수립 및 시스템 개발 관련 상호 협력이 가능할 것으로 사료됨

□ **산업자원부 미래선도 엔지니어링 사업 추진결과에 따른 성과 연계 혹은 연구범위 조정**

○ 산업자원부는 현재 설계, PM, O&M이라는 3개 대분류 기반으로 미래선도엔지니어링 사업을 추진하고 있음

○ 20년 3월 현재, 3번째 본타당성 심사를 진행중인 것으로 파악하고 있으며, PM분과에서 다소 유사해 보이는 사업이 있으므로 표 1과 같은 중복성 검토를 진행하였음

○ 해외플랜트 발주정보 자동 발굴 및 예측기술과 개방형 글로벌 구매조달 시스템 개발은 전혀 다른 사업임

○ Small Data 기반 플랜트 계약서 검토 기술, AWP를 이용한 Best Practice 사업 관리 실증 기술은 기술개발 방법이 완전히 다르거나, 기발개발 적용단계 시점이 다른 과제로 산자부 미래선도 엔지니어링 사업과 차이가 있음

○ 다만, Small Data 기반 플랜트 계약서 검토 기술, AWP를 이용한 Best Practice 사업 관리 실증 기술은 산업자원부에서 세부 전략을 수정할 경우, 본 과제는 연구범위를 조정하거나 산자부와 협업을 추진할 수 있음

<표 80> 엔지니어링 미래선도 기술개발사업과의 중복성 검토

국토교통부 해외신시장진출을 위한 플랜트 로드맵	산업부 엔지니어링 미래선도 기술개발사업	중복성 검토
해외플랜트 발주정보 자동 발굴 및 예측기술	유사항목 없음	- 해당사항 없음
Small Data기반 플랜트 계약서 검토 기술	계약서 자동분석 및 스마트 클레임 기술	- 기술개발목표는 유사하게 보이나, 방법론에서 많은 차이를 보임, - 본 전략과제는 small data 기반에 전문가 로직이 임베드되는 텍스트 마이닝 기법이며, - 미래선도 사업은 big data 기반 으로 AI를 결합하여 기술을 개발한다는 것임 → 플랜트계약서는 빅데이터화하기 어렵기 때문에, 산자부 기획은 실행이 매우 제한적일 것으로 예상함
AWP를 이용한 Best Practice 사업 관리 실증 기술	플랫폼 기반 기능형 시공 패키지(AWP) 의사결정 기술	- 본 전략과제는 AWP 실증이 준비가 된 기업을 대상으로 사업자를 선정한 뒤, 4-5년 이내에 실증과 Lesson & Learn 공유를 완료하는 기획임 - 미래선도 사업은 AWP 수행을 위해, 기초작업부터 모두 시작하시는 것으로 (TRL 3~7수준), 실증 시작도 4차년도 이후라고 예상함 실증소요기간 3-4년) - AWP 개발 및 실증완료가 7, 8년 이후 이루어진다면 너무 늦을 것으로 판단됨
개방형 글로벌 구매조달 시스템 개발	설계-구매-시공 통합형 기자재 추적 기술	- 본 전략과제는 특정 프로젝트의 설계-구매-시공 관리를 위한 시스템이 아니라, 여러 사업과, 여러 기업을 위한 구매조달 시스템 및 구매조달 시장정보를 제공하는 기술임 - 미래선도 사업은 단일 프로젝트 내에서 설계-구매-시공을 관리하는 기술임 - 즉, 제목은 유사해 보이나 목적과 대상이 전혀 다른 시스템 개발임

(8) 최종성과물

□ (기법) 해외플랜트 발주정보 자동 검색 및 시장예측 기술

□ (기법) 계약서 자동 검토 및 리스크 분석 기술

□ (기법) AWP를 이용한 사업관리 실증 및 사례

□ (시스템) 개방형 글로벌 구매조달 시스템

(9) 해외진출 활용 전략

□ 해외플랜트 발주정보 자동 발굴 및 예측 기술

○ 중소·중견기업은 비영어권(아프리카, 중남미, 동유럽, 동남/서남 아시아) 및 영어권 국가의 사업발주 정보를 신속하게 제공받을 수 있어, 해외마케팅 비용을 절감하고 해외사업 진출 전략을 다각적으로 도모할 수 있음

○ 대기업은 비영어권 신규 국가의 발주시장 정보를 빠르게 획득할 뿐만 아니라 지역별 세부공종별 시장예측 정보를 참조하여, 인력관리, 장비관리, 법인설립 등 사업진출 전략을 고도화 할 수 있음

□ Small Data 기반의 플랜트 계약서 검토 기술

○ 계약서의 일반조건, 특수조건은 계약, 법무팀에서 관할하기 때문에 자동검토기술이 크게 필요하지 않을 수 있으나, 설계기준 및 시방서의 경우 일반 엔지니어들이 짧은 입찰기간에 검토해야 하므로 해당분석 기술이 매우 유용함

○ 대기업은 계약도서 검토의 시간과 예산을 줄일 수 있을 뿐 아니라, 검토오류를 줄여서 수주 후 손실을 줄일 수 있음

○ 중소·중견기업은 계약팀이나 법무팀이 없거나 미흡한 경우가 많아, 계약서 검토 기술은 원도급, 하도급 계약 모두에서 매우 유용하게 활용될 것임

□ AWP를 이용한 Best Practice 사업 관리 실증 기술

○ 발주자는 AWP 시행을 위해 별도의 예산을 지급하는 것이 아니기 때문에, 계약자는 AWP가 선진시스템이라는 것을 알지만, 비용과 시행착오에 대한 우려로 선뜻 시도하는 것이 쉽지 않음

○ 또한, AWP에 대한 컨설팅과 이론은 많이 존재하나, 실제로 이를 경험하거나 수행한 자료는 매우 미흡하므로, 실증자료를 공유하게 되면, 국내기업에 AWP 적용을 안착시키는 데 매우 유용할 것으로 기대함

○ 최근 아프리카, 중동 등의 발주자가 요구하는 AWP에 적극적으로 대응할 수 있음

□ **개방형 글로벌 구매조달 시스템 개발**

○ 플랜트 장비, 부품, 재료 관련 조달업체 해외진출을 위한 supply chain 네트워크 지원

○ 대기업 입장에서는 아국, 현지국, 제3국의 구매조달 역량을 강화할 수 있음

○ 특히, 시스템이 활발히 운영되면 신규시장 진출시 구매조달 리스크를 줄일 수 있음

(10) 사업추진 위험요인과 대응방안

□ **계약서 검토 기술 개발을 위하여 기업들의 정보 공유 및 협조 필요**

○ 계약서 자동 검토 기술 개발을 위해서는 기업들로부터 입찰안내서, 시방서 등의 자료를 제공받아야하나, 계약관련 서류는 외부공개가 원칙적으로는 금지되어 있음

○ 다만, 설계기준과 표준 시방서는 모두 공개되거나 구매할 수 있음

○ 따라서, 인터넷에 공개된 일부 발주처의 표준계약서를 취득하고, 계약자료 비공개조건으로 참여하는 기업의 협조를 받아야 함

○ 이러한 이유로, big data를 기반으로 계약서 검토를 위한 추출하는 기술이 아닌, small data를 기반에 전문가의 경험을 더하여 계약서 검토 조건을 정하고 검토할 수 있는 기술 개발을 목표로 하는 것이 현실적임

□ **AWP 해외 실증 사업이 원활하게 추진되지 않을 가능성**

○ AWP best practice 마련과 track record 축적을 위하여 실제 해외 플랜트 사업 대상 실증이 필수적이나, 적절한 사업 물색에 실패하거나 혹은 사업이 지연되어 연구기간 내 마무리되지 못하는 경우 등의 문제가 발생할 수 있음

○ 현재 A기업이 발주처 요구와 상관없이 AWP를 내부개발 중에 있으며, 본 조사에 의하면 다수의 기업이 AWP 적용에 대하여 고민을 하고 있음

○ 따라서, 발주처 요구와 상관없이, 기 수주하여 진행중인 해외플랜트사업(착공한지 얼마 안 된 사업에 가중치 부여)에 대하여 사업자를 선정하는 것이 바람직하며, 본 사업에 2022년 이전에 발주된다면 기업들의 많은 관심이 있을 것으로 예상됨

○ 만약의 사태를 대비하여, 국내 플랜트 사업에서 시범적용하거나 국토부 R&D로 진행하는 플랜트 사업 일부를 work packaging 기반으로 수행하는 등의 복안을 연구 초기부터 함께 계획할 수 있음

(11) 예상되는 참여기업

□ 해외플랜트 발주정보 자동 발굴 및 예측 기술

○ 디지털 트랜스포메이션 기술을 기업에 적용하고 있는 SK건설, 삼성물산, 대림산업, 포스코건설 등의 기업이 관심을 가질 것으로 예상

○ 건설시장전망 및 지역별 동향정보를 제공하고 있는 해외건설협회, 건설산업연구원, 한국수출입은행, 부동산/인프라 투자 및 증권회사 등에서 관심을 가질 것으로 예상

□ Small Data 기반의 플랜트 계약서 검토 기술

○ SK건설, 현대건설이 이미 해당 기술을 개발하고 있으며, 삼성물산, 대림산업, 포스코건설 등의 기업이 등이 관심을 가질 것으로 예상

○ 텍스트 마이닝 기반에 문서검토에 관심이 있는 건설기술연구원, 건설산업연구원 등의 참여가 예상됨

○ AI와 빅데이터 정보 기술을 활용한 리걸테크 기반의 법률 서비스를 도입하고 있는 법무법인 율촌, 대륙아주 등 대형 로펌에서 관심을 가질 것으로 예상

□ AWP를 이용한 Best Practice 사업 관리 실증 기술

○ 발주자로부터 AWP 적용을 요구받고 있거나, 이러한 트렌드를 인지하고 있는 삼성엔지니어링, 현대엔지니어링, 현대건설, SK건설, GS건설, 두산중공업, 대림산업, 포스코건설, 한화건설 등이 참여 예상됨

○ Hexagon, 다쏘, AVEVA 등 플랜트 분야 사업관리 소프트웨어 업체들이 유사 시스템을 개발 중이거나 관심을 가지고 있으나, 실증대상 사업을 찾지 못하고 있어, 실증대상 사업 시행시 참여가 예상됨

□ 개방형 글로벌 구매조달 시스템 개발

○ 새로운 비즈니스 분야이기 때문에, 어떠한 기업이나 기관이 참여할 것인지 현재로서는 예단하기 어려움

○ 다만, 비즈니스모델과 시스템솔루션이 구체화되면, 많은 투자자들이 확보할 수 있을 것으로 예상되며, 개방형 시스템이기 때문에, 기업보다는 기관, 협회, 국제기구와 같은 곳에서 운영하는 것이 더 바람직 할 수 있음

(12) 사업기간 및 소요예산

□ '21년~'25년간 220억원

(13) 기대효과

(가) 정책적 기대효과

□ 중소·중견 기업의 지원

○ 중소·중견 기업의 경우 글로벌 마케팅 인력이 부족하고, 커뮤니케이션 역량이 미흡한 경우가 많으므로 해외발주정보 자동지원 시스템은 수주 경쟁력 확대에 기여할 것임

○ 중소·중견 기업의 경우, 법무, 계약 관련 인력이 부족하므로, 계약서 독서 조항을 자동으로 검색 비교해주는 기술이 개발되면, 해외사업 수익성 확보 및 리스크 관리에 도움이 될 것으로 기대됨

□ 4차 산업혁명 기술적용 확대

○ 국가 R&D 정책방향인 4차 산업혁명 기술의 플랜트건설 분야 적용과 기업의 디지털 트랜스포메이션 활성화를 앞당길 수 있을 것으로 기대함

(나) 기술적 기대효과

□ 텍스트 기반 사업관리 기술 향상

○ 텍스트 마이닝 기술 도입을 통해 해외 플랜트 사업 초기단계에서 보다 빠르고 정확한 정보 수집, 분석, 의사결정지원 프로세스를 정립하여 사업개발 및 프리콘 기술 경쟁력 확보

□ 사업관리 및 생산성 기술 향상

○ 사업 정보를 디지털화하여 정보 연계, 전달을 용이하게 하고 사업 단계 간, 개인 간 발생할 수 있는 의사소통 오류를 줄이고 사업 수행을 효율화하여 Rework을 줄이고 사업관리 기술 경쟁력 확보

○ AWP 및 디지털기반 설계-구매-조달 기술은 실제 적용시, 이론과 실제의 차이 및 시행 착오에 의한 비용이 크게 발생함

- 기업들이 필요성을 인지하면서도 적극적인 개발에 어려움을 느끼고 있음

○ 국가 지원을 통한 시범사업 적용이 매우 필요하며, 이를 바탕으로 해외 플랜트 수주 경쟁력이 강화 될 수 있음

(다) 경제적 기대효과

□ 수주 경쟁력 증대

○ 영어권국가의 수주목표액을 200억불, 비영어권 국가의 수주목표액을 연간 100억불이라고 가정할 때, 수주활동(총입찰금액)을 영어권 국가에서는 10%, 비영어권국가에서는 20% 향상을 기대함

○ 개방형 글로벌 구매조달 시스템은 신규시장 진입을 용이하게 하고, 국내 기업의 해외신시장 수주액 증가에 5% 기여할 것으로 예상함

□ 수익 경쟁력 증대

○ 텍스트 마이닝 기반 계약서 자동검토는 입찰 전 리스크를 사전에 예방하여, 대기업의 경우 수주금액의 0.5%, 중소기업의 경우 3%의 수익성 향상을 기대함

○ AWP 실증적용과 디지털기반 설계-구매-시공 통합기술은 Rework 감소와 공기준수 역량을 강화하여, AWP를 적용할 수 있는 연간 200억불 메가프로젝트에 대해, 생산성 25% 향상, 수익률 10% 향상을 기대함[404]

○ 개방형 글로벌 구매조달 시스템은 구매조달 단가 경쟁력을 향상시켜, 구매조달 단가를 2% 절감할 할 것으로 기대함

(14) 제도 및 지원정책 활용방안

□ 국토교통부 해외건설산업정보시스템 구축과 서비스 연동

○ 19년 2월 대외경제장관회의에서는 해외건설 활성화를 위하여 해외건설산업정보시스템 구축을 의결하였으며, 국토교통부에서는 21년 시스템구축 발주하여 23년 시스템 상용화를 목표로 준비 중에 있음

404) CII 사례기반

○ 본 과제에서 해외플랜트 발주정보 자동 발굴 및 예측 기술, Small Data 기반의 플랜트 계약서 검토 기술, 개방형 글로벌 구매조달 시스템 기술을 개발하여, 해외건설산업정보시스템과 연동하여 서비스를 제공한다면, 보다 효율적이고 효과적인 대국민 서비스가 가능할 것으로 사료됨

□ 4차 해외건설진흥계획에 반영하여 추진

○ 국토교통부는 해외건설 활성화를 위하여, 2021년 2025년까지의 해외건설진흥계획을 2020년에 수립 중에 있음

○ 본 과제 기술개발성과와 활용방안을 해외건설진흥계획에 포함하여 진행할 경우 시너지 효과가 클 것으로 기대함

마. 신남방 재생연료/폐기물 플랜트

(1) 개념

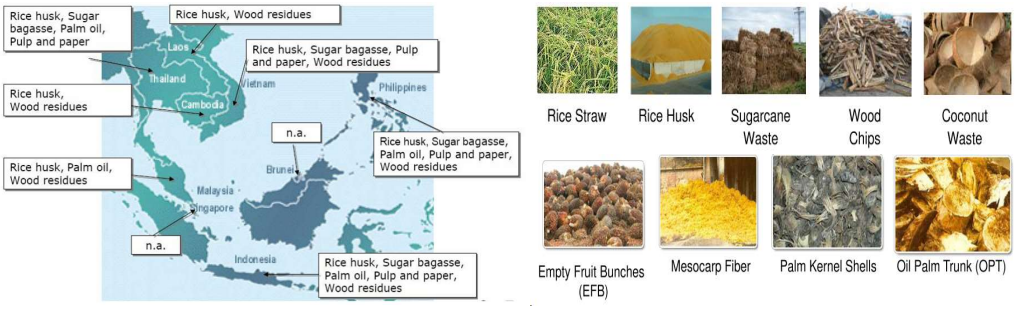
□ **재생연료 플랜트를 원격 유지관리하는 스마트 O&M 기술 개발과 동시에 현지 사업지원 솔루션을 지원하여 신시장 사업에 진출하는 재생연료 사업화 패키지(맞춤형 EPC + 스마트 O&M +사업지원 솔루션) 실증 플랫폼 구축 사업**

○ 동남아시아 맞춤형 재생연료 플랜트 건설기술 개발을 통하여 각 국의 재생연료에 특화된 EPC 기술을 확보하고 지능정보기술을 기반으로 함

○ 베트남, 캄보디아, 태국, 말레이시아, 인도네시아 등 5개국에서 미활용되고 있는 우드칩, 왕겨, 사탕수수껍질, 코코넛껍질, 팜껍질 및 생활폐기물을 활용하는 재생연료 발전플랜트 원격 통합관리 기술개발

- 5개 국가별로 현지 천연원료를 활용하는 재생연료 플랜트 플랫폼을 개발하고, 이를 기반으로 신남방 국가 진출 추진

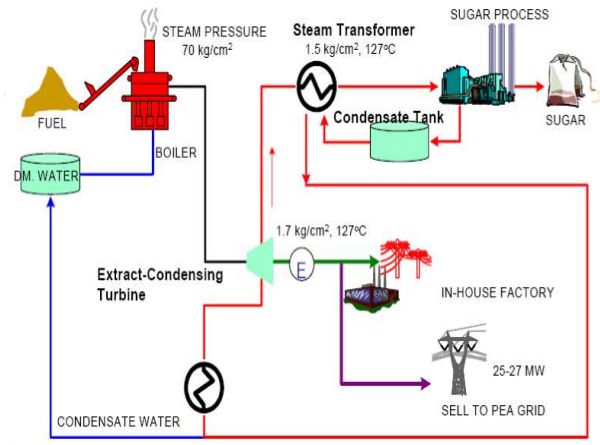
- 도시화와 산업화로 폐기물이 다량 발생하고 있는 베트남에는 생활폐기물을 처리할 수 있는 폐기물 플랜트 플랫폼도 병행



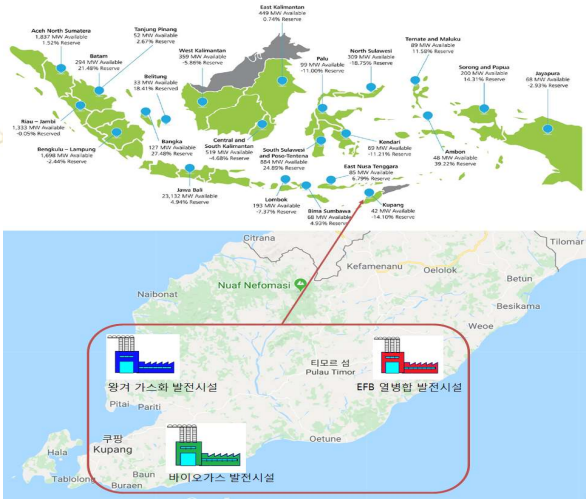
[그림 178] 동남아시아 각국에서 발생하는 미활용 재생연료



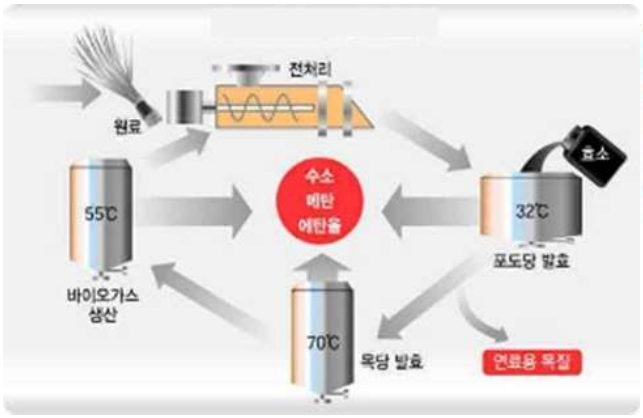
[그림 179] 현지 맞춤형 기술 및 사업화 융합패키지 실증 플랫폼 개념도



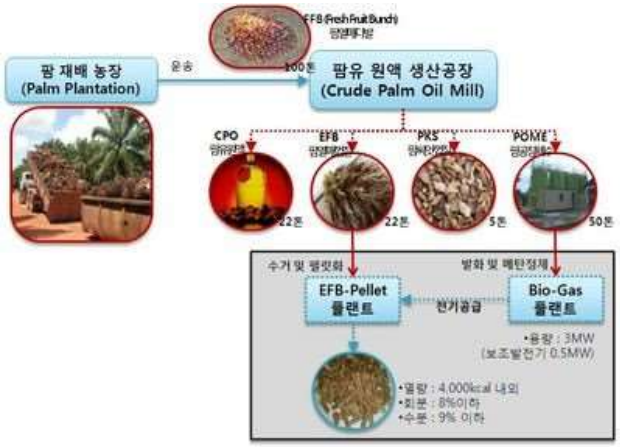
[그림 180] 태국의 사탕수수껍질을 이용한 열병합발전 모델



[그림 181] 인도네시아의 재생연료 에너지 자립섬 모델



[그림 182] 베트남의 볏짚, 왕겨를 이용한 바이오에탄올 제조 모델



[그림 183] 말레이시아의 팜부산물을 이용한 고열량 펠렛 제조 모델

○ 현지 실증지역을 거점으로 국가 내 또는 인접국가로 재생연료 및 폐기물 발전플랜트 진출 확대 추진



[그림 184] 신남방 재생연료/폐기물 플랜트 개념

(2) 추진배경 및 필요성

(가) 추진배경

□ **재생연료는 탄소중립측면에서 친환경 플랜트로 분류되며, 동남아시아의 환경문제를 해결할 수 있는 플랜트로 각광받고 있어, 동남아시아 지역에서 시장성장이 전망됨**

○ 바이오에너지 생산 및 사용과정에서는 탄소가 배출되고 있으나, 원료가 되는 바이오식물이 자라며, 탄소배출량을 감소시키기 때문에 재생연료 플랜트는 탄소중립 플랜트가 됨

○ 동남아 지역에서 버려지는 바이오 폐기물을 전력발전에 활용함으로써, 전력도 확보하고, 폐기물처리도 해결할 수 있어 동남아 지역의 환경문제를 해결하는 플랜트로 각광받고 있음

□ **과거 일본과 중국이 동남아시아 지역의 재생연료시장에 진출하였으나, 아직 시장을 장악하지 못한 상황으로, 국내 바이오매스 플랜트 기술을 기반으로 현지원료에 적합한 현지 실증 플랜트를 확보할 경우, 시장점유 확대 가능**

○ 초기에는 일본기업에서 동남아지역 바이오매스 진출이 이루어졌으나, 고가의 사업비용으로 동남아 국가에서는 저비용으로 사업수행이 가능한 중국기업에 관심을 가짐

○ 이에 중국기업에서 동남아 시장 진출이 활발히 이루어졌으나, 운영과정에서 품질 문제가 발생하고, 실제 가동률이 높지 않은 문제가 발생함

- 중국에서 수주한 플랜트의 경우 품질문제로 운영 중 가동을 중단하고, 수리를 해야 하는 경우가 빈번하게 발생하여 가동률이 낮아지는 문제 발생함

○ 가동률 문제로 현재 인도네시아 등 주요 국가에서는 중국제품에 대한 도입을 불허하고, 안정적으로 운영이 가능한 새로운 기업에 대한 니즈가 있어, 국내에서 진출하여 안정적 가동이 이루어질 경우, 시장 확대가 가능할 것으로 전망됨

(나) 정부지원 필요성

□ **재생연료는 현지 맞춤형으로 개발이 필요하며, 장기간 운영과 대규모 투자가 요구되어 개발위험이 크므로 민간의 독자적인 연구개발이 어려움**

○ 재생연료 플랜트는 정부 주도의 해외 맞춤형 플랜트 기술개발·확산을 통해 신산업·신시장 창출 및 동남아시장 선점이 필요함

- 건설산업 혁신방안('18.6, 국토부) 및 바이오산업 혁신 정책방향 및 핵심과제('20.1, 기재부) 등

- 당사국의 주요 재생연료 및 부지 제공과 국내 기술력·실증연구로 안정적인 현지 맞춤형 사업실적 확보 가능

○ 또한, 우리 기업의 폐기물처리 에너지화를 위한 원천기술은 유럽 기업에 의존하고 있으며, 기술력 확보 및 급성장하는 동남아시장을 선점하기 위해서는 정부의 전략적인 지원이 필요

- 폐기물처리 에너지화를 위한 원천기술은 유럽의 기업들이 대부분 보유하고 있으며 최근 일본 기업은 유럽 원천기술사 인수 등을 통하여 기술확보 및 기술개발 등을 통하여 급성장하고 있음

- 우리 기업의 기술은 50~150톤의 중소규모 플랜트 기술을 국산화하기 시작한 단계로 대규모처리를 위한 원천기술개발을 위한 노력과 동시에 현재 보유한 기술을 중심으로 해외에 진출할 수 있도록 실증이 이루어질 필요가 있음

- 국내는 바이오매스 플랜트를 건설하여 운영하고 있으며, 운영측면의 노하우 및 혼합설비 설치에 대한 노하우는 매우 우수한 것으로 인정받고 있음

○ 개별기업의 기술개발을 위한 대규모 투자 및 현지실증은 제도적 재정적 한계가 있으므로, 해당 분야의 발전 및 확대되는 시장을 선점하기 위해서는 정부의 전략적인 투자가 필요함

□ **해외 플랜트 진출 국가로는 경제성장성을 기준으로 동남아시아 시장이 유망하나, 개발도상국들의 저가공세로 재생연료 EPC 사업 경쟁력 약화**

○ 인도네시아, 베트남, 방글라데시, 스리랑카는 경제개발에 따른 인프라 수요가 연 10% 이상 큰 폭으로 증가할 전망임

○ 사업성 확보를 위해서는 현지 실정에 맞는 재생연료 플랜트 EPC와 O&M 사업 수주 병행이 필요함

○ 또한, 사업 리스크 관리를 위해서는 동남아시아 국가별 정책, 법·제도, 인허가, 문화 등 사업환경에 대한 철저한 조사와 지원 필요

□ **재생연료 시장은 대기업보다는 중소기업 진출을 고려할 수 있는 시장이나, 국내 중소기업은 현지 기술적 이슈와 문제를 극복하기 위한 기술개발 리스크에 대한 민간투자의 한계가 있으며, 정부에서 분담이 필요함**

○ 동남아시아 국가를 대상으로 하는 재생연료 플랜트는 원료운송 효율화를 위해 주로 분산형/중소형으로 건설되며, 중소형 플랜트는 중소기업에서 사업을 수행하는 것이 보다 효율적임

- 재생연료는 바이오 폐기물을 원료로 활용하는 것으로 각 농지나 임지에서 발생하며, 이를 집중형으로 추진할 경우, 재생연료 플랜트까지 이송하는데에 소요되는 운송비용이 과다하므로 효율성이 낮아지게 됨

- 따라서 재생연료 플랜트는 바이오 폐기물 발생지역에서 중소규모로 건설되는 것이 효율적임

○ 우리 중소기업의 해외 플랜트 투자여건과 경험실적, 역량 등을 고려 시 가치사슬 진입을 위한 지원 필요

- 동남아 현지의 정치적, 제도적 환경 등 시장 개척에 따른 리스크 해소 필요

○ 중소기업의 해외시장 진출을 통한 경제활동 영역 확대, 이를 통한 중동시장 및 일부 저부가가치 공종사업에 편중된 리스크(발주처 영향, 경기변동에 민감) 저감

□ **재생연료 플랜트를 운영할 경우, 동남아 현지의 환경오염을 저감시켜줄 뿐만 아니라, 탄소배출권을 확보하여 판매도 가능하므로, 동남아권에서의 국가위상 제고 및 국익에 기여하는 기술임**

○ 바이오에너지 생산 및 사용과정에서는 탄소가 배출되고 있으나, 원료가 되는 바이오식물이 자라며, 탄소배출량을 감소시키기 때문에 재생연료 플랜트는 탄소중립 플랜트로 인정받고 있음

○ 동남아지역은 급속한 산업발전 및 인구증가에 따라 전력수요가 많으며, 주로 석탄화력을 통해 전력을 확보하고 있어, 환경오염문제가 발생하고 있음

- 이를 재생연료로 대체하는 경우 동남아 지역의 환경오염문제도 해결가능하며, 동남아 권역에서 대한민국의 위상이 크게 제고될 것으로 기대됨

○ 국내 기업에서 재생연료 플랜트를 운영하는 경우, 탄소배출권 확보가 가능하며, 탄소배출권 판매도 가능하여 국익에 크게 기여함

□ **동남아시아 주요국들과 정부주도 국제협력을 통한 안정적인 현지 실증과 신남방정책 목표 달성에 기여**

○ 당사국의 주요 재생연료 및 부지 제공과 국내의 기술력 및 실증연구 개발비용 투자로 안정적인 현지 맞춤형 사업실적 확보

- 실질적인 비즈니스 모델 창출을 통한 상호 국가간 지속적인 협력 도출 가능

○ 현지의 긴급한 재생연료 시장수요(에너지, 자원, 환경, 기후변화 등) 분야에 대한 국내 강소기업의 동남아시아 시장 진출로 사람중심의 기술·경제 국제협력 강화

□ **한국의 생산 요충지로 인식됐을 뿐 소비시장으로서 덜 부각된 동남아시아와의 국가 간 획기적인 경제적 협력 강화와 제한된 시장진출의 한계 극복 및 해외시장 경쟁력 확보를 위해 단계적 R&D를 통한 정부주도의 개선 역할 필요**

(다) 사업추진 시급성

□ **해외 플랜트 건설시장의 지속적인 수주감소로 인한 침체를 극복하기 위해 기술개발을 통한 신시장 진출 시급**

○ 우리나라 해외 건설시장은 플랜트 분야가 견인해왔으나, '15년도부터 수주감소 현상이 지속되고 있음

○ 플랜트 산업은 엔지니어링, 기계설비, 건설 등의 복합 산업으로서, 단품을 생산하는 중소기업까지의 연쇄 침체가 심화되고 있음

□ **해외 플랜트 수주액 감소 및 일부분야 적자 누적으로 경쟁력 확보를 위해 시급히 핵심기술 개발 및 실증 필요**

○ 동남아 플랜트 시장 급성장에 대응하고, 정부의 신남방정책 목표 달성에 기여하기 위해 기술개발 지원이 시급

- '19년 12월 신남방특위 안건에서는 아세안 각국의 현지수요 및 현안 등을 고려하여 잠재적 기대성과가 높은 현지 수요 적극 발굴 추진

  • 기술·사업분야 재발굴 및 합작투자 방안 검토

○ 사업성 확보를 위해서는 현지 실정에 맞는 핵심공정에 대한 라이센싱 확보와 장기운전 실적 확보로 패키지(EPC+O&M) 사업 수주 지원 필요

□ **최근 일본의 무역규제로 현지 재생연료를 에너지화하기 위한 내식성 반응기가 일본의 통제 리스트에 포함됨에 따라, 동남아 재생연료 플랜트 시장 진출을 위해서는 기술 자립화를 위한 R&D가 시급함**

○ 왕겨, 야자 등 각 원재료를 에너지화하기 위한 내식성 반응기(50톤/일[405])의 경우, 국산화가 전무한 수준이며, 일본의 통제리스트에 포함되어, 일본으로부터의 기술도입도 어려운 상황임

405) 상용화를 위한 바이오매스 원재료 처리 최소기준

- 일본은 내식성 반응기를 미사일 개발 등에 사용가능하다며, 감시대상품목으로 통제 리스트에 포함시킴

○ 한국의 폐기물처리 에너지화 플랜트 기술은 중소규모(50~150톤) 플랜트를 중심으로 기술을 국산화하기 시작하는 단계로 처리기술 확보를 위한 기술개발이 필요

○ 현재 세계적인 추세는 발생되는 열을 활용하여 전기를 생산하는 기술에 대한 수요가 높아지고 있어 이를 위한 기술개발이 시장선점을 위해 중요함

- 폐기물처리를 통해 발생하는 열을 활용할 경우, 보다 경제성을 높일 수 있으나, 이는 열원을 요구하는 산업단지가 인접한 경우에만 가능함

(라) 정부정책과의 부합성

□ **제4차 과학기술기본계획(2018～2022)의 중점과학기술로 “친환경・스마트 플랜트 기반 기술” 반영**

○ 친환경 스마트 플랜트 기반기술 : 첨단 플랜트 엔지니어링, 에너지자원 플랜트, 플랜트 건설을 위한 기반 구조, 스마트 운영 및 친환경 기술 등이 반영됨

□ **제6차 건설기술진흥기본계획(2018～2022)에 스마트 건설기술을 통한 생산성 향상(스마트 건설 자동화), 해외 수요 대응형 건설기술 개발(자원화 플랜트) 등이 반영됨**

○ 기술개발: 스마트 건설기술을 통한 생산성 향상 및 해외 수요 대응형 건설기술 개발

○ 산업 개편 및 육성: 엔지니어링 역량 강화 및 해외진출 지원

□ **신기후체제(Post-2020)의 파리협정이 채택(‘15.12월)・발효(‘16.11월)됨에 따라 동남아시아 재생연료 플랜트시장 진출을 통한 해외 탄소배출권 확보로 관련 기업들의 탄소 배출 부담 감소 가능 및 강화된 온실가스감축 목표 달성에 기여**

○ 국내 배출권 거래제 현황(‘15년 기준) : 할당 대상 업체(524개), 할당량(5억3,975만톤), 실제 배출량(5억4,265만톤)

○ 1톤당 탄소배출권 가격 증가(‘15년:11,744원 → ‘17년:24,300원)

○ 신기후체제 출범에 대비, ‘30년 배출전망치 37%(국내 25.7%, 국외 11.3%) 감축계획

(3) 환경분석

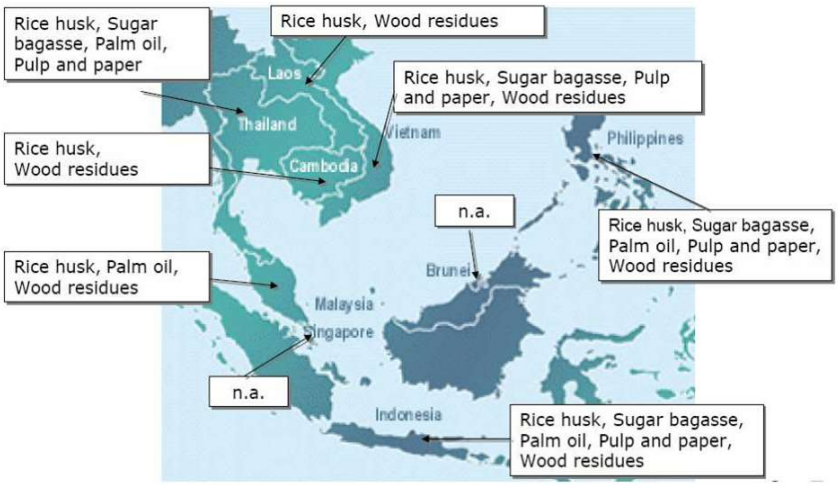
(가) 시장동향

□ **재생연료 발전플랜트 시장은 아시아 국가를 중심으로 크게 성장하고 있음[406)]**



[그림 185] 권역별 바이오매스 시장 성장세 전망

○ 동남아시아 재생연료 발전플랜트 시장의 주요 원료는 목재 잔류물, 종이펄프, 사탕수수, 쌀겨, 야자유 등임[407)]



[그림 186] 동남아시아 국가별 재생연료의 원료 현황

○ 동남아 바이오매스 플랜트시장은 '11년부터 '17년까지 연평균 14.1% 성장이 이루어져 '17년 동남아 바이오매스 플랜트시장은 10.8억 달러 규모임[408)]

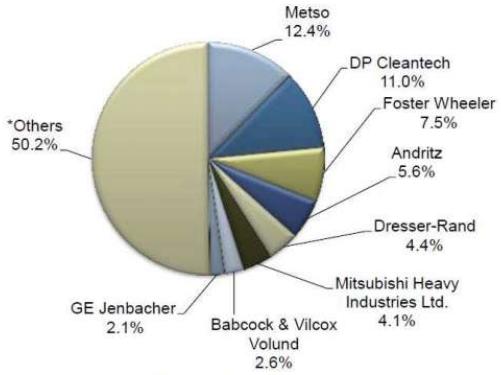
- 동남아 바이오매스 플랜트 시설은 '11년 183개소에서 '17년 516개소로 크게 증가

406) Biomass Power Generation Market by Feedstock and Geography - Global Forecast & Analysis 2019-2023, Technavio, 2019.
407) 동남아시아 현지 맞춤형 바이오매스 플랜트 패키지 개발 사업, 국토교통과학기술진흥원, 2018. 3.
408) Frost & Sullivan, 2018

- 인도네시아 등 동남아 5개국의 농림부산물 바이오매스 발생량은 '12년 기준 9억 6,200만 톤으로 높은 활용 잠재량 보유[409)]

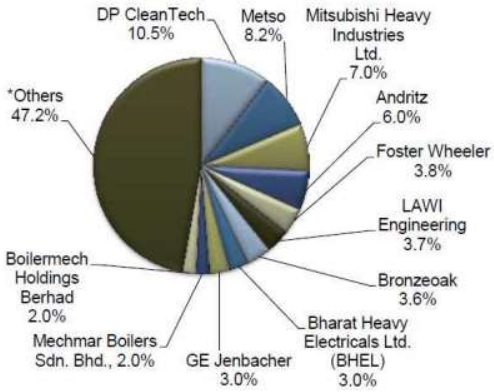
□ **재생연료 발전플랜트 주요 기업으로는 Metso, DP Cleantech, Foster Wheeler, Andritz 등이 있으며, 특히 아시아지역에서는 Mitsubishi Heavy Industries의 점유도 높은 편임[410)]**

○ 아시아 재생연료 발전플랜트 시장은 상당히 분산되어 있으며, 지역 OEM이 바이오매스 발전시장을 지배하고 있음



※ 자료 : Frost & Sullivan, Global Biomass Power Generation Market, 2016

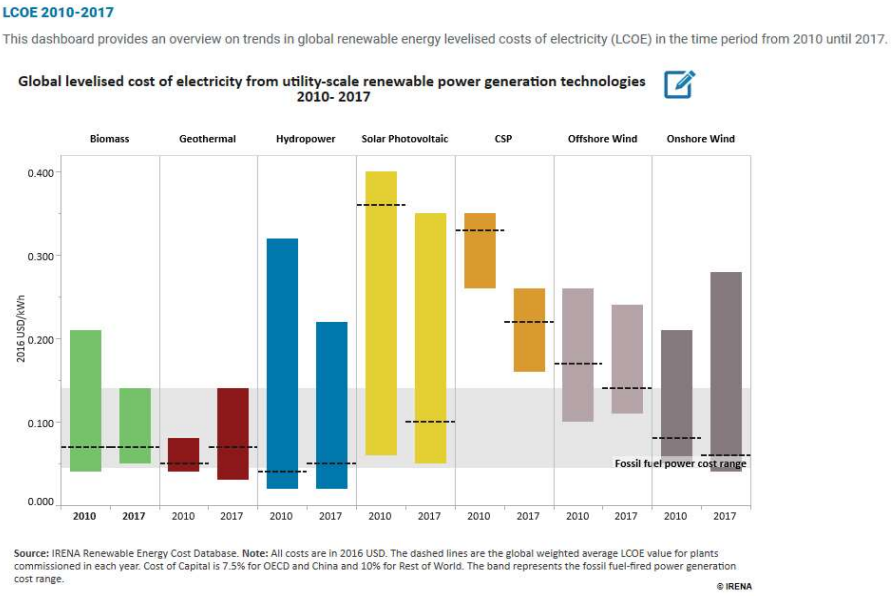
[그림 187] 세계 바이오매스 시장 점유율



※ 자료 : Frost & Sullivan, Global Biomass Power Generation Market, 2016

[그림 188] 아시아 바이오매스 시장

□ **현재 바이오매스 시장에서 발전단가는 0.15$/kWh수준으로 형성되어 있음**



[그림 189] 바이오매스 발전단가 (IRENA)

409) 세계 에너지시장 인사이트, 에너지경제연구원, 2018.6.25.
410) 바이오매스 시장, 연구개발특구진흥재단, 2017.

(나) 기술동향

□ **유럽을 중심으로 바이오매스 타운 개발사례가 있으나, 유럽 바이오매스 타운에 이용되는 원료는 농촌 지역에서 발생하는 바이오매스로 동남아 지역 바이오매스와 특성 및 적용 기술이 상이**

○ 독일 윤데마을에서는 마을 인근의 축산분뇨, 에너지 작물을 활용하여 바이오가스 발전(연 4~5백만kWh 생산)을 통한 주민 난방비 절감 및 소득증대

○ 오스트리아 뮤레크에서는 기존 농업 방식을 에너지작물(유채 등)로 전환하여 연간 15만MWh(열, 전기, 수송연료 총계) 공급(’85년 부터 순차적 조성)

○ 스웨덴 하마비에서는 폐수, 폐바이오매스로부터 바이오가스와 태양열 융합으로 지역 난방 소비량의 50% 공급

○ 스웨덴 벡스웨에서는 음식물류폐기물, 슬러지로부터 바이오가스와 폐목재를 이용하여 차량연료, 지역냉난방 시설에 공급함으로써 온실가스 32% 삭감

□ **동남아시아 현지에서는 바이오매스 부산물을 이용한 열병합발전, 고형연료 제조 등 개별 시설 형태로 사업이 이루어지고 있고 적용 기술들은 해외에서 도입**

○ 태국 Dan Chang Bio Energy 프로젝트에서는 농업부산물을 이용하여 120톤/시×2기, 53MW 열병합발전 사업을 진행하였으나, 보일러와 스팀터빈은 Alstom사 제품

○ 태국 Chia Meng Group 프로젝트에서는 왕겨를 이용하여 17톤/시, 2.5MW 열병합발전 사업을 진행하였고, 공급자는 유럽의 KonusKesselGmbH, Deutsche Babcock Group

○ 말레이시아 TSH Bio Energy Sdn Bhd 프로젝트에서는 팜부산물(EFB, PKS)를 이용하여 80톤/시, 14MW 열병합발전 사업을 진행하였고, 보일러는 Babcock&Wilcox사 제품

□ **600MW 이상급 USC 순환유동층 보일러 설계제작 기술은 알스톰, Foster Wheeler 등 소수의 선도기업이 시장을 독점하고 있으며, 두산중공업은 2011년 Lentjes 지분을 인수하여 재생연료 발전 플랜트시장에 진출하였음[411)]**

○ Foster Wheeler, Alstom은 600~800MW급, 중국 동팡보일러는 600MW급 제작 및 상용 운영

○ 폐기물 보일러기술은 유럽, 미국, 일본을 중심으로 발전하였으며 대표적인 기업으로는 독일 Standard Kessel, 스웨덴 AF, 오스트리아 Andritz, 핀란드 Metso와 Warsila, 미국 Foster Weeler, B&W, 일본 Yoshimine과 Kawasaki 등이 있음

411) 바이오매스 시장, 연구개발특구진흥재단, 2017.

○ 폐기물 가스화 발전시스템 기술의 경우 상용화 초기 단계로 발전용 합성가스 엔진기술의 경우 미국 GE Jenbacher, Caterpillar, 독일의 MAN 등의 업체가 가스엔진을 장착한 폐기물 가스발전 시스템[412]을 공급하고 있음

○ 두산중공업은 300MW급, 현대중공업은 200MW급 설계기술 보유

□ **국내에서는 미래창조과학부 글로벌프론티어사업(’ 10.10～’ 19.8)의 차세대바이오매스 연구단과 범부처(환경부, 산업부) 친환경에너지타운시범사업(’ 15～’ 17)이 추진됨**

○ 차세대바이오매스연구단에서는 고성능 바이오매스 개발, 친환경·경제적 바이오매스 확보, 바이오매스의 연료·소재 전환 융합기술 개발을 목표로 글로벌 원천기술을 개발함

○ 친환경에너지타운시범사업에서는 1단계 ’ 17년까지 정부주도로 홍천 등 15～20개소 조성하고 2단계 ’ 18년부터는 민간주도로 사업확대 추진

○ 가축분료, 목질계 바이오매스 등 자원 공급 한계로 인한 경제성 부족, 설비 운영에 대한 전문성 부족, 유지・보수에 대한 잦은 민원 발생으로 운용 효율성이 낮음

□ **국내 기업 및 연구기관은 다음과 같음[413]**

○ (생산가공 분야) 자원 및 품종 개발에 있어서의 주요 기업 및 연구기관은 ㈜바이트론, 동부한농, 생명공학연구원, 국립식량과학원 등

○ (액체연료생산 분야) 바이오에탄올, 바이오디젤 생산에 있어서의 주요 기업 및 연구기관은 창해에탄올, 엘비엘네트웍스, 두원정공, GS칼텍스, SK에너지, 코오롱건설, 삼성물산, 한국생산기술연구원, 한국에너지기술연구원 등

○ (가스화 분야) 청정바이오합성가스 생산에 있어서 주요 기업 및 연구기관은 ㈜지앤지인텍, 삼양에너에너지(주), ㈜대우건설, 포스코, GS건설, 고등기술연구원 등

□ **한국동서발전이 2013년 목질계 고형연료방식의 국내 최대 바이오매스발전소(300MW X 1기)를 준공하여 운영[414]하고 있으며, 현지원료를 활용한 재생연료 발전플랜트는 EPC 및 운영경험이 부재함**

○ 순환유동층(CFBC)방식으로 2종류 이상을 연소하는 혼소방식이 아닌 목질계 고형연료 방식임

○ 핵심설비에 대한 라이센싱 확보와 현지 바이오매스를 사용한 장기운전 실적확보로 EPC와 O&M 패키지 사업 수주 지원 필요

412) 합성가스의 연료적 특성에 맞게 노킹제어기술, CO 처리기술, 연료성분 변화 대응 기술 등을 적용한 것으로 알려짐
413) 바이오매스에너지화 로드맵, 중소기업청, 2011
414) Market Leading Products- 대용량 USC-CFB 보일러, 한국산업기술진흥원, 2014.

(다) 국내 기업의 역량분석

□ **국내 기업은 재생연료 플랜트에 사용되는 PC보일러 기술을 보유하고 있으며, 국내 영동 100MW급 재생연료 플랜트에 적용하여 운영을 하고 있어 실적도 보유하고 있는 상황임**[415]

○ 두산중공업의 소각로를 PC보일러로 활용 가능한 상황임

- 1,000톤 규모의 소각로는 국내 국산화가 이루어져있지 않으며, 일본 가와사키 제품이 가격측면에서 국내보다 우수함

○ 현지에 진출하기 위해서는 보다 저비용으로 생산이 가능한 기술 확보가 필요함

- 현지에서 버려지는 사탕수수대 등을 무상으로 사용하는 경우에, 사업성을 확보할 수 있으나, 현지에서 이를 원료로서 비용을 요구하고 있어 현재로서는 수익성 확보가 쉽지 않은 상황임

(라) SWOT분석

강점	약점
▪ 수처리, 석유정제 등 플랜트 연관 기술 실적 보유 ▪ 해외 재생연료 및 폐기물에너지화 선진 원천기술 기반 설계, 시공 및 운영경험 보유 ▪ 세계적 수준의 ICT, IoT, 소재·부품 융복합 역량 보유	▪ 재생연료 및 폐기물에너지화 핵심원천기술 부재로 선진기술의 종속화 가능성 확대 ▪ 재생연료 및 폐기물에너지화 해외실적 미비에 따른 해외 입찰기회 한계 ▪ 독창적 기술의 부재로 해외기술사와의 차별화 요소 전무
기회	**위협**
▪ 저개발 국가의 급성장에 따른 폐기물 처리에 대한 ISSUE 부각 ▪ 재생연료 및 폐기물에너지화 기술은 신친환경적 기술 발전으로 신재생에너지중 하나로 각광	▪ 해외 선진기술사의 우월적 지위 강화 및 신흥국과의 가격경쟁 심화 ▪ 환경규제 강화 추세로 플랜트 건설비 증가 및 운전시 제약조건 발생 ▪ 지역별 맞춤형 실증요구

(4) 진출대상 국가

□ **베트남 : 우드칩, 생활폐기물**

□ **캄보디아 : 왕겨**

□ **태국 : 사탕수수껍질**

□ **말레이시아 : 코코넛껍질**

□ **인도네시아 : 팜껍질**

415) 기업체 전문가 간담회, 2020. 1. 9.

(5) 목표 및 단계별 목표

□ **국내기업의 동남아시아 신시장 진출을 위한 맞춤형 EPC, 스마트 O&M 및 현지사업화 지원 패키지 실증 플랫폼 구축**

○ 핵심공정 라이센싱 확보 및 현지 맞춤형 EPC 모델 개발·실증을 통한 현지화 track record 확보

○ 동남아시아 지역거점센터를 통한 강소기업들의 재생연료 플랜트 공동협력사업 동반 진출과 해외 재생연료 시장 진출 교두보 확보

○ 현지 맞춤형 재생연료 플랜트 수주를 위한 국가별 R&D 정책, 법·제도, 인허가, 시장수요, 문화 등 사업진출 관련 정보 수집 및 제공

□ **동남아시아 주요국들과의 국제협력을 통한 안정적인 현지 실증과 신남방정책 목표 달성**

○ 현지 수요에 기반한 재생연료 플랜트 분야에 국내 강소기업들의 동남아시아 시장 진출로 사람중심의 기술·경제 국제협력 달성

□ **고품질 바이오펠릿(4,000kcal/kg 이상 발열량) 제조 및 50톤/일 바이오매스 플랜트, 1,000톤/일 급의 대용량 폐기물처리 플랜트 구축(핵심설비 국산화율 70%이상) 및 발전 플랜트 운영**

○ (1단계) 보일러, 터빈, 환경설비 등 핵심설비 모듈화 및 라이센싱, 현지 시장수요기반 맞춤형 모델 개발

○ (2단계) 모듈화 플랜트 실증 및 맞춤형 EPC, O&M데이터 확보

(6) 기술개발 내용

□ **동남아시아 맞춤형 EPC 개발**

○ 동남아시아 주요국의 수요기반 스마트 재생연료 플랜트 보급모델 개발

- 동남아시아 국가별 바이오매스 플랜트 적용 모델 개발

- 동남아시아 국가별 바이오매스 플랜트 확산 및 비즈니스 모델 개발

○ 동남아시아 현지 맞춤형 재생연료 핵심공정 라이센싱 확보 기술 개발

- 재생연료 열병합발전, 바이오연료, 바이오활성탄, 바이오합성가스 등 재생연료 활용 공정별 핵심공정 국산화

- 재생연료 플랜트의 모듈화, 복합화, 고효율화 기술

- 재생연료 플랜트 부산물 자원화 및 재순환 기술

○ 동남아시아 국가별 재생연료 모듈화 플랜트 실·검증 기술 개발

- 재생연료 단위설비의 통합 및 연계 기술

- 국산 EPC 실적 확보

□ **스마트 O&M 기술 개발**

○ 재생연료 모듈화 플랜트 실증을 통한 O&M 데이터 확보

○ 지능정보기반 스마트 재생연료 플랜트 그리드 구축

- 스마트 재생연료 플랜트 O&M big data 구축

- ICT/IoT 및 빅데이터 기술 등을 활용한 원격 스마트 통합관리시스템 개발

- 스마트 재생연료 플랜트 VR/AR/MR 구축

- 스마트 재생연료 플랜트 그리드 Cloud 구축

□ **사업화지원 토탈 솔루션 개발**

○ 현지 사업환경 조사 및 지원

- 동남아시아 국가별 정책, 법・규제, 인허가, 인프라 등 조사

- 동남아시아 맞춤형 수출 관련 지역 Big Data 구축

- 해외 플랜트 비즈니스 관련 법률(분쟁 사례 등) AI 개발

○ 당사국 협력체계 구축

- 당사국 재생연료, 부지 및 유틸리티 제공 국제협력 업무협약

- 동남아시아 맞춤형 전문 인력양성 및 현지 활용

- 당사국과의 기술 및 인력 교류 업무협약

- 동남아시아 국가별 해외 탄소배출권 확보 모델 수립

□ **현지 맞춤형 사업화패키지 실증 플랫폼 구축**

○ 개별패키지(맞춤형 EPC, 스마트 O&M, 사업화지원 솔루션)의 연계/융합

○ 동남아시아 스마트 재생연료 플랜트 실증 거점 확보 및 통합 관리

(7) 선행 연구개발 사업 및 성과연계 방안

□ **재생연료 관련 선행연구개발사업의 내용은 다음과 같음**

<표 81> 유사선행과제 내용

구분	선행과제명 (연구연도)	연구자	연구목적	주요 연구내용	선행과제와의 차별성
1	차세대 바이오매스 연구단 ('10.10~'19.8)	장용근	바이오연료·소재 기술강국 실현	- 고성능 바이오매스 개발 - 친환경·경제적 바이오매스 확보 - 바이오매스의 연료·소재 전환 융합기술 개발	선행과제는 미세조류에 기반한 바이오오일 제조 원천기술 등 실용화 기반을 마련하는 것으로, 본 제안 사업인 동남아시아 현지 농업 및 팜부산물을 활용한 바이오매스 에너지, 자원화 실증연구와는 연료물질, 기술수준, 설비 규모 등에서 차이가 있으며, 향후 바이오매스 연료제조 원천기술이 확립되면 본 사업과 연계 가능
2	친환경에너지 타운시범사업 ('15~'17)	홍천 등 지자체	환경과 에너지 문제 동시 해결을 위한 지역 맞춤형 신재생에너지 활용 사업	- 가축분뇨처리시설과 하수처리장 융합형 - 매립지 대규모 태양광 설치 - 하수처리장 연계 신재생 융복합형	선행과제는 유기성폐기물, 태양광 등 신재생에너지의 지역맞춤형 범부처 사업으로서, 본 제안 사업인 동남아시아 현지 맞춤형 패키지 사업과는 사업목적, 연구내용 등에서 차이가 있으며, 향후 동남아시아 현지 폐기물 에너지화 사업으로 확대될 경우 사업모델로써 활용 가능
3	폐자원에너지화 기술개발 사업 ('13~'20)	이장근, 배우근	한국형 폐자원 에너지화 실증시스템 개발	- 가연성폐자원의 공기사용 가스화 및 활용 - 유기성폐자원 바이오 연료화 기술	선행과제는 생활폐기물, 음식물, 하수슬러지 등 폐자원 에너지화 실증연구 사업으로서, 본 제안 사업인 동남아시아 현지 맞춤형 패키지 사업과는 사업목적, 연구내용 등에서 차이가 있음. 향후 동남아시아 바이오매스 활용 기술의 일부로써는 개발기술 성과활용을 위해 본 사업에 활용 가능

□ **동남아 국가 현지 바이오매스를 원료로 하는 재생연료 플랜트 관련 연구개발 성과는 부재함**

○ 국내 지역맞춤형 폐기물 활용, 미세조류 활용 바이오연료 기술개발 등 시범사업이기 추진되었으나, 왕겨, 사탕수수, 야자유, 목재 등을 원료로 하는 재생연료 기술개발 연구는 부재함

(8) 최종성과물

□ 동남아시아 맞춤형 EPC

□ 스마트 O&M 기술

□ 사업화지원 토탈 솔루션

□ 현지 맞춤형 사업화패키지 실증 플랫폼

(9) 해외진출 전략

□ ODA를 활용한 재생연료 플랜트 사업을 발굴하고, 사업타당성 조사를 수행하고, 10MW급 재생연료 발전플랜트 건설 및 운영 추진

○ 현지 국가, 유관기관과의 업무협약을 통하여 현지 공동연구 기획, 검증현장 협조, 시험인증지원 등에 관한 교류・협력을 추진

○ 사업 추진 시 연구팀을 해외 현지에 파견하여 공동연구센터를 구축하고, 현지 수요기술을 공동 개발하는 전략 추진

□ 폐기물 처리 에너지화 기술 및 시험인증 기관과 국제교류 및 협력 추진

○ 현지 국가, 유관기관과의 업무협약을 통하여 현지 공동연구 기획, 검증현장 협조, 시험인증지원 등에 관한 교류・협력을 추진

○ 사업 추진 시 연구팀을 해외 현지에 파견하여 공동연구센터를 구축하고, 현지 수요기술을 공동 개발하는 전략 추진

(10) 사업추진 위험요인과 대응방안

□ 동 사업은 지속적인 원료공급이 담보되어야 해외시장진출 및 운영을 통한 수익확보가 가능함

○ 동남아 재생연료 플랜트 시장은 10MW급으로 규모의 경제 실현이 어려우며, 프로젝트를 통해 생산되는 전력사업 운영을 통해 수익 보전이 필요함

○ 안정적 전력생산을 위해서는 연료의 안정적 공급이 필수적이나, 동남아 현지의 여건상 동일한 품질의 재생연료 공급이 어려울 수 있음

□ 사업 추진에 앞서, 현지 재생연료의 특성 및 성분에 대한 검토를 진행하고, 연료 전처리 내용을 기술개발 과정에 포함

(11) 예상되는 참여기업

□ EPC기업 : GS건설, 포스코건설, 대우건설

□ 기자재 기업 : 현대중공업, 두산중공업, 동아엔텍

(12) 사업기간 및 소요예산

□ '21년~'30년간 총 사업비 3,570억원(정부 2,500억원, 민간 1,070억원)

(13) 기대효과

(가) 정책적 기대효과

□ 해외 플랜트 시장·공종 다변화 이슈 해소

○ 우리나라 해외플랜트 수주의 지역공종의 편중 해소를 통한 리스크 저감

□ 재생연료는 친환경 신재생에너지로 분류되어, 해외 현지시장 진출 시, 기후변화협약에 따른 CO2감축 지원

□ 재생연료 플랜트 기술 확립 및 수출 증대로 관련 분야 전문인력 양성 및 고용창출에 기여

□ 동남아시아 시장의 국내 기술 보급 및 지원으로 유럽, 일본, 중국 중심의 시장에서 국내 기업의 참여 기회 확대

□ RPS 대상 기업 및 국내 기업들의 동남아시아 현지 투자 및 지원으로 기업 이미지 개선

(나) 기술적 기대효과

□ 선도국과의 핵심 요소기술에 대한 기술격차 해소

□ 재생연료 플랜트 기술 자립화

□ 미활용 재생연료의 적극적인 활용 및 분산전원 확보로 동남아시아 현지의 합리적인 에너지 수급체계 구축에 기여

(다) 경제적 기대효과

□ 아시아지역에서의 국가 인지도를 기반으로 재생연료/폐기물 시장의 10%를 점유하여 '30년 기준 5.9억 달러 수주 전망

□ 해외 현지에서의 탄소배출권 확보로 RPS 대상 기업들의 비용 절감

□ 동남아시아 재생연료 플랜트 시장점유 확대

□ 중소형 건설사/중공업사/엔지니어링사, 중견 엔지니어링/기자재사, 중소 기자재사 협력 생태계 구축

○ 발주국과 개발사의 카르텔이 형성되어 있는 시장으로 진출기회 확보

○ 생산 현지 여건을 고려한 기술개발과 이의 실증, 시험인증에 관한 전주기 역량을 확보하여 건설 및 엔지니어링사와 조달체인에 해당하는 중견・소기업의 동반진출 모델을 창출

(14) 제도 및 지원정책 활용방안

□ 국토교통부의 해외건설시장 개척지원사업을 활용하여 신시장 개척 및 신규 프로젝트 발굴 추진

○ 해외건설협회에 해외 유망프로젝트에 대한 사업모델 검토 및 타당성 조사, 현지수주 교섭, 발주처 초청 비용 지원 신청

□ 국토교통부의 글로벌 인프라 펀드를 활용하여 금융조달 추진

○ 한국해외인프라도시개발공사(KIND)의 글로벌 인프라 펀드를 기반으로 발굴사업 참여 및 차입금 조달 추진

□ 한국수출입은행의 해외건설・플랜트 금융서비스를 활용하여 금융권으로부터 대출 시 보증지원

○ 한국수출입은행이 대주가 되어 상업은행이나 타 ECA, MDB에게 보증을 제공, SPC에 대출 및 지분을 투자하여 사업주에게 대출/사업자문/금융자문 수행

바. 해상 신재생 에너지 인프라스트럭쳐

(1) 개념

□ **해상신재생융복합단지 건설 시장 진출에 요구되는 핵심기술 개발 및 실증 R&D 사업**

- ○ 해상풍력발전 플랜트에서 생산된 전력으로, 수소 제조용 해수담수화 및 수전해 수소 생산/저장을 위한 융합 시스템 개발
- ○ 해상풍력발전-해수담수화-수소생산 및 저장 플랜트를 연계한 해상신재생융복합단지 건설 프로젝트 수주를 위한 기술 개발 및 실증

(2) 추진배경 및 필요성

(가) 추진배경

□ **신기후체제 출범에 따라 전세계 신재생에너지 투자가 크게 확대될 것으로 예측되며, 해상풍력발전 플랜트 시장의 규모도 크게 확대될 것으로 전망**

- ○ 해상풍력발전 시장은 2010년 이후 매년 30%씩 고성장하고 있으며, 향후에도 신재생에너지원 중 두 번째로 큰 성장률을 기록할 것으로 전망
- ○ EU는 2030년까지 전체 전력 소비량 중 약 23%를 풍력발전으로 공급하는 것을 목표로 하며, 미국 역시 2030년까지 전체 전력 소비량에서 풍력발전 비중을 20%까지 확대하는 계획을 수립하였음
- ○ 해상풍력발전은 더 강하고 지속적인 바람을 활용할 수 있고, 입지 선정 측면에서도 제한이 없어 육상풍력발전이 가지고 있는 한계를 보완할 수 있다는 점에서 많은 관심을 받고 있음
- ○ 풍력자원, 소음, 환경 등의 이슈로 해상풍력 발전플랜트 도입이 증가하는 가운데, 육지에서 더 먼 바다로 진출이 확대되고 있음

□ **재생에너지 증가에 따른 계통안정화를 위하여 P2G(Power to Gas) 기술이 각광받고 있으며, 특히 수소는 안정적이고 비용이 적은 친환경 에너지원으로서 중요성이 증가하고 있음**

- ○ 풍력발전을 통해 생산되는 전력은 기상상황이나 자연환경 변화에 따라 출력변동이 심하여 계통의 안정적 유지가 큰 이슈로, 수소는 유연한 전력 공급 및 재생 에너지 저장을 위한 주요 대안으로 떠오르고 있음

○ P2G 기술을 통해 전기에너지를 수소로 전환하여 활용할 경우, 저렴한 가격으로 장기간 에너지 저장이 가능하고 장거리로 이송할 수 있기 때문에 수소는 해상풍력발전 플랜트에서 생산된 전력을 안정적으로 이용하는데 가장 적합한 형태라고 할 수 있음

□ **해상풍력 + 해수담수화 + 수소생산 및 저장의 해상신재생 융복합단지 건설로 차별화된 상품 개발 필요**

○ 해외 해상풍력시장의 기술경쟁력 및 가격경쟁력 측면에서 국내기업이 해외선도기업을 따라가기에는 쉽지 않은 시각이 존재함

- 이에 따라, 국내기업이 경쟁력이 있는 해수담수화 및 수소생산 기술력을 결합하는 융복합한 기술이 차별화된 경쟁력을 가질 수 있음

○ 독일 TenneT사를 중심으로 하는 유럽의 송배전사들은 북해에 대규모 해상풍력 연계를 위한 인공섬 건설을 합의하였고, 15억 유로 규모의 인공섬 건설과 P2G 실증계획('17~'27년)을 발표함

- 초기목표인 인공섬과 해상풍력 30 GW 건설을 완료하고 장기적('50년)으로는 해상풍력 70~100 GW 연계가 가능하도록 인공섬을 확장하면, 약 8천만명이 혜택을 받을 것으로 예상됨

(나) 정부지원 필요성

□ **플랜트 산업의 지속적인 성장을 위하여 신시장·공종으로의 다변화와 경제적 효과의 공유·확산을 위해 정부 지원 필요**

○ 해상 신재생융복합단지 사업은 해상풍력발전, 해수담수화, 수소생산 플랜트를 융합하여 사업 규모와 기술개발을 통한 산업 전후방 파급효과가 매우 큼

○ 거대한 투자비가 소요되며, 기기의 신뢰성을 검증하기 위한 장기간의 충분한 실증시험이 필요하며, 이를 위해 개발단계에서부터 실증을 위한 test-bed까지 정부의 강력한 추진 의지와 지원이 요구됨

○ 현지 기술적 이슈와 문제, 한계를 극복하기 위한 기술개발 리스크에 대한 민간투자의 한계를 정부에서 분담 필요

(다) 사업추진 시급성

□ 글로벌 해상풍력시장 진입을 위한 골든타임

○ 글로벌 해상풍력시장관점에서는 국내해상풍력기술이 경쟁력이 미흡한 상황으로 기술, 가격 경쟁력확보와 Track Record 확보가 시급한 상황임

○ 따라서, 해상신시장에서 증가하는 수요에 맞추어 초기에 기술 경쟁력과 Track Record를 확보하지 못할 경우 향후에는 시장 진입이 불가능한 상황이 올 수 있으므로, 융복합 상품을 통해 빠른 시장진입이 필요함

○ 신성장동력 및 신시장 창출을 위해 시장 성장추세, 기술수준, 산업여건 등을 종합적으로 고려하여 해상풍력 발전 플랜트 건설 기술 개발에 투자가 필요함

(라) 정부정책과의 부합성

□ 제4차 과학기술기본계획(2018~2022)의 중점과학기술로 '친환경·스마트 플랜트 기반기술' 반영

○ 친환경 스마트 플랜트 기반기술 : 첨단 플랜트 엔지니어링, 에너지자원 플랜트, 플랜트 건설을 위한 기반 구조, 스마트 운영 및 친환경 기술 등이 반영

□ 제6차 건설기술진흥기본계획(2018~2022)에 '해외 수요 대응형 건설기술 개발' 반영

(3) 동향분석

(가) 시장동향

□ 해상풍력발전 시장은 전세계적인 친환경에너지원으로의 전환 추세와 함께 지속적으로 확대될 전망

○ 2018년 기준 전세계 해상풍력발전 플랜트 설치량은 23GW이며, 전체 플랜트 중 90%가 유럽과 북미지역에 분포되어 있음

- 향후 전세계 해상풍력발전 플랜트는 2030년까지 228GW, 2050년까지 1000GW가 설치될 것으로 전망[416)]

○ 해상풍력발전 플랜트 수주에서 가장 중요한 요인은 가격이며, 발전단가는 지난 10년간 20% 하락하였으며, 향후에도 기술발전을 통해 지속적으로 하락할 것으로 전망

416) Future of Wind, IRENA(국제재생에너지기구), 2019

- 현재 세계시장의 발전단가(LCOE)는 0.13$/kWh (130$/MWh), 건설단가는 4,353$/kW로[417], 2017년 기준 국내시장 해상풍력발전 플랜트의 발전단가 202.87원/kWh, 건설단가 507만원/kW[418] 보다 낮은 수준임

□ **재생에너지를 활용한 수소 생산의 비중은 지속적으로 확대될 전망이나, 가격절감과 효율향상 문제는 여전히 남아있음**

○ 2018년 기준 전세계 수소에너지 요구량은 78.9Mt으로 지난 20년간 50% 이상 증가하였으나, 아직 재생에너지를 활용한 수전해 방식 수소 생산의 비중은 매우 낮고(약 0.1% 미만), 천연가스나 석탄을 이용한 생산 방식에 비하여 비용이 높음[419]

<표 82> 에너지원별 생산단가

구분	생산단가	단위
Natural gas	0.9-3.2	USD/kg
Natural gas with CCUS	1.5-2.9	USD/kg
Coal	1.2-2.2	USD/kg
Renewables	3-7.5	USD/kg

○ 그러나 재생에너지에 대한 관심 증대 및 기술 발전과 맞물려 재생에너지를 이용한 수전해 수소 생산은 점차 증가할 것으로 전망됨

□ **향후, 에너지의 수요와 공급에 대한 불안정성의 해결책으로 장기간 사용가능한 대용량 에너지 저장시스템, 지역 그리드망 및 P2G 기술개발은 필수적**

○ P2G 기술은 태양광, 풍력 등 재생에너지 보급의 증가에 따라 발생하는 출력 변동성, 전력 수요/공급의 불일치, 송배전 제약 등의 전력계통 문제 해결과 열/수송 등 다양한 분야에 활용가능한 유연성이 특징임

○ EC(유럽집행위)/FCH JU[420]에 따르면 '30년에는 2,000시간 에너지 저장시 리튬이온 1,000유로/MWh, 양수발전 400유로/MWh, 수소 140유로/MWh 수준에 도달하여 경제성 확보 예상

○ 비화석연료 기반 수소 수요 증가, 수전해 기술 가격하락, 재생에너지 발전단가 하락에 따라 P2G 기술 활용은 수년 내에 대폭 성장 전망

417) Renewable Power Generations Costs in 2018, IRENA(국제재생에너지기구), 2019
418) 균등화 발전원가 해외사례 조사 및 시사점 분석, 한국전력공사, 2018
419) The future of Hydrogen, IEA(국제에너지기구), 2019
420) Fuel Cell and Hydrogen Joint Undertaking : 유럽의 수소 연료전지 보급확대, 기술개발, 실증을 위하여 구성된 민관연 파트너십

(나) 기술동향

□ **해상풍력발전 플랜트를 위한 풍력 터빈은 단기적으로 해외업체의 구매가 불가피 하나, 장기적으로 국내업체 실증 및 Track Record 지원을 통한 해외시장 진출애로 해소 필요**

○ 국내 해상풍력발전 플랜트의 경우 두산중공업 3MW급(탐라) 및 5.5MW급(한림)의 해상풍력터빈을 적용하고 있으나 향후 풍력터빈 단위용량의 증대(8~12MW급) 추세로 인해 해외기술의 국내시장 진입 가속화 예상

○ 세계 최고 기술수준으로는 GE는 12MW급 풍력터빈이 개발된 반면, 국내는 현재 두산중공업의 5.5MW급 풍력터빈이 상용화 이후 8MW급 풍력터빈 개발('22년 완료) 및 10MW급으로 Upgrade 추진 계획보유

○ R&D를 통해 기술을 확보하더라도 해외 최고기술을 보유한 업체에 비해 LCOE가 2배 이상이 되므로, 현재로서는 가격 경쟁력 측면에서 터빈은 해외구매가 불가피함

○ 해외터빈을 구매하여 해외시장에 진출할 경우, 현지의 파고, 풍력자원, 수심, 연안과의 거리를 고려한 해상풍력 발전 플랜트 건설 기술을 통해 차별화가 필요함

○ 원해로 진출함에 따라 부유식 해상풍력 기술이 요구되며, 계류, 건설, 안정적 발전을 위한 기술이 필요

□ **국내외에서 P2G 효율 향상 및 비용절감을 위한 원천기술 연구와 시스템 적용을 위한 실증사업이 한창 진행 중임**

○ 국내에서는 2019년 01월, 정부의 수소경제활성화 로드맵에 따라 다수의 수소 관련 R&D가 수행되고 있으며, 특히 수전해 기술과 관련하여 수전해 효율향상(55 → 70%, 22년까지), 경제성 확보 및 플랜트 상용화 기술(30년까지) 등이 연구되고 있음

○ 한국전력은 재생 에너지의 잉여 전력을 수소로 전환해 최적의 사용 방안을 창출하고 미래형 전력망 시스템을 구축하는 P2G 기반 마이크로그리드 실증사업에 착수[421]

○ 한국조선해양기자재연구원은 제주도 카본프리 아일랜드를 목표로 대규모 신재생에너지와 연계한 P2G 통합운영 플랫폼 구축 타당성 조사를 실시하였고 제주특화 수소 전주기(생산/이송/활용) 인프라 구축 및 활용계획을 발표[422]

○ 현재 독일에서는 연구, 개발, 상용 가동 목적으로 P2G 기술을 운영하는 프로젝트가 50개 이상이며, 2022년까지 독일에서만 35개의 발전소가 가동될 것으로 예상[423]

421) '울산에 잉여 재생에너지 이용한 미래형 전력망 구축', 파이낸셜뉴스, 2020.02
422) '제주도 대규모 재생에너지 발전단지 연계 P2G 통합운영 실증사업 사전타당성 조사', 한라일보, 2019.08
423) '독일 대표 시험인증기관, "P2G 에너지저장기술 성숙 단계로 발전했다"', 첨단뉴스, 2019.04

○ 초기에는 연구 목적으로 전기분해 용량이 kW 수준인 소규모 시스템만 운영됐지만, 오늘날에는 MW수준 전력의 프로젝트가 수행되고 있으며, 많은 프로젝트에서 기존의 수전해 기술에 비해 부하변동에 대한 유연성이 좋은 고분자 전해질 활용 기술을 적용하고 있음

(다) 국내 기업의 역량

□ **풍력사업의 모든 value chain에 대해서 사업수행을 위한 기술력을 보유하고 상용 PJT를 추진하며 경험은 축적하고 있으나, 가격경쟁력 측면에서는 취약한 상황임**

○ 국내는 현재 두산중공업의 5.5MW급 풍력터빈이 상용화 이후 8MW급 풍력터빈 개발 ('22년 완료) 및 10MW급으로 Upgrade 추진할 계획임

○ R&D를 통해 기술을 확보하더라도 해외 최고기술을 보유한 업체에 비해 LCOE가 2배 이상이 되므로, 현재로서는 가격 경쟁력 측면에서 터빈은 해외구매가 불가피함

○ 해외터빈을 구매하여 해외시장에 진출할 경우, 현지의 파고, 풍력자원, 수심, 연안과의 거리를 고려한 해상풍력 발전 플랜트 건설 기술을 통해 차별화가 필요함

○ 원해로 진출함에 따라 부유식 해상풍력 기술이 요구되며, 계류, 건설, 안정적 발전을 위한 기술이 필요

(라) SWOT분석

강점	약점
▪ 국내기업 5.5MW급 해상풍력터빈 상용 기술 확보 및 8MW/10MW급 터빈 기술 개발 중 ▪ 풍력사업의 모든 value chain에 대해서 사업수행을 위한 기술력을 보유하고 상용 PJT를 추진하며 경험 축적 ▪ P2G 요소기술 개발 뿐만 아니라 국내 대상 P2G 클러스터, 플랫폼 실증 사업을 다수 추진 중으로 향후 해외사업진출에 도움이 될 수 있음	▪ 국내 Supply chain 부족 등으로 제품 원가 경쟁력 약함 ▪ 규모의 경제를 갖추지 못하여 기술개발투자가 어렵고 관련 산업 및 개발 인프라 부족으로 해외사와 경쟁 열위 상태
기회	**위협**
▪ 파리 기후변화 협약으로 인한 전세계 신재생에너지 시장 확대 전망 ▪ 기후변화 적극대응 및 미래 신산업 창출을 위한 국내 신재생에너지(해상풍력, P2G 등) 기술개발 및 관련 산업 육성정책 지원과 투자 확대	▪ 해외 기업들은 LCOE 저감을 위해서 설치/시공 및 운영 기술 등 전 단계에 걸친 가격 저감 기술 개발 진행 중 ▪ 시스템 대형화를 통한 CAPEX 저감과 기술개발을 통한 OPEX 저감 기술을 패키지로 상용화 진행 중

(4) 진출대상 국가

□ **동남아시아 국가를 우선적으로 고려하고, 이후 북유럽지역으로 진출 확대 추진**

(5) 목표 및 단계별 목표

□ **해상풍력발전 플랜트 건설 기술 개발 및 실증**

○ 해상풍력발전 플랜트 설계 및 건설 기술 개발

- 발전단가 0.06~0.07$/kWh, 건설단가 3,000~3,500$/kWh 수준

○ 실증 플랜트 구축 및 운영을 통한 Track Record 확보

- 8MW급 이상 고정식 해상풍력발전 실증 플랜트 (풍력터빈 및 하부구조물 포함) 1개소 운영 (100MW급 이상)

- 8MW급 이상 부유식 해상풍력발전 실증 플랜트 (풍력터빈 및 부유체 포함) 1개소 운영 (100MW급 이상)

□ **수전해 수소 제조용 해수담수화 플랜트 건설 기술 개발 및 실증**

○ 친환경 해수담수화 플랜트 설계 및 건설 기술 개발

- 수전해 수소 제조용 담수 생산 플랜트 설계 및 건설 기술 개발 (담수화용량: 150 m^3/일급[424])

<표 83> 수소생산량별 필요 담수화 설비용량

수소생산량 (ton/year)	수소변환 필요 수량 (m^3/year)	필요 담수화 설비용량 (m^3/day)
10,000	10,000	28
20,000	20,000	55
30,000	30,000	83
40,000	40,000	110
50,000	50,000	137

- 친환경 해수담수화 시스템을 위한 풍력발전 기반 재생에너지 융합 시스템 개발

○ 실증 플랜트 구축 및 운영을 통한 Track Record 확보

- 12MW급(12기×200Nm3/h , 2만톤/년) 이상 수소 생산 설비 운영

424) 수소 5만톤/년 생산기준, 담수화 137 m^3/일 용량이 필요

(6) 기술개발 내용

□ (1단계) 풍력발전 잉여전력 활용 에너지자립 카본프리섬 실증

○ 도서지역 풍력발전에너지 잉여전력 활용 수전해 수소 생산 및 저장 플랜트 설계 및 건설 기술

- 수전해 수소생산 단가 2016년 기준 5,154원/kg, 2030년 2,475원/kg 예상[425)]

항목	비용 (백만원)	
	2016년	2030년
자본비용	585.7(1/10)	292.8(1/10)
수소생산설비	313.2	156.6
저장시설	15.4	7.7
압축기,펌프	58.2	29.1
분배기	64	32.0
건설비	64.5	32.3
기타비용	70.3	35.2
운영비용	180.3(605.9)	90.1
잉여전력(전기비)	0(425.6)	0
인건비	76.7	38.4
관리비	69.1	34.5
기타	34.5	17.3
합계(백만원/년)	238.9(664.5)	119.4
수소생산비용 (원/kg)	5,154(14,336)	2,475

[그림 190] 1MW당 알칼라인 수전해 설비비용 및 수소생산비용

- 기존 보유 및 신규 개설 풍력발전 잉여전력 이용 수전해 수소 생산 플랜트 설계 및 건설 기술 개발

- 고압수소저장설비 설계 및 건설 기술 개발

- 저압액화수소저장 설비 설계 및 건설 기술 개발

○ 도서지역 친환경에너지 공급을 위한 수소공급거점 건설 및 공유시스템 개발

- 연안분산형 수륙 복합수소 스테이션 개발

- 도서지역 수소공급거점 건설 및 보급인프라(선박이송, 해저배관) 구축

○ 풍력발전 잉여전력 활용 수소생산을 통한 카본프리섬 기반 수소 전주기 플랫폼 실증 및 통합운영을 통한 Track Record 확보

- 에너지 활용 시스템 개발 및 전력계통 통합운용 기술개발

425) 수전해설비 설계수명10년, 할인율 4.5% 적용, 전력비용 163원/kWh, Economic evaluation with sensitivity and profitability analysis for hydrogen production from water electrolysis in Korea, *Int J. Hydro. Energy* (2017)

- 잉여전력 수전해기반 수소생산 플랜트 상용화 기자재 시험 및 인증체계 구축

<풍력발전 잉여전력 활용 에너지자립 카본프리섬 실증 계획(제주도 모델)>

□ **제주 잉여전력과 에너지자립**

○ 제주는 화력발전(59만kW), 고전압송전(40만 kW), 신재생(37만 kW)으로 전력을 공급하고 있으며 향후 '30년까지 신재생으로만(430만 kW) 전력생산 계획 수립

○ 내륙은 전력계통이 연결되어 있기 때문에 출력제한-잉여전력이 없음

○ 제주-육지간 연결된 육전망은 단방향으로 전기를 받기만 하여 출력제한 발생

○ 제주는 에너지자립을 위해 신재생 확대, 잉여전력 활용, 스마트 그리드 등을 반영한 CFI2030 계획으로 적극 대응

○ 수소 활용, 장거리 이송망, 전력연계 기술 등 수소전주기 발생가능한 시행착오에 대한 최적시스템 검증 및 대규모 T/B임






제주 애월항 LNG터미널



제주 LNG 배관망


태양광 발전설비 현황

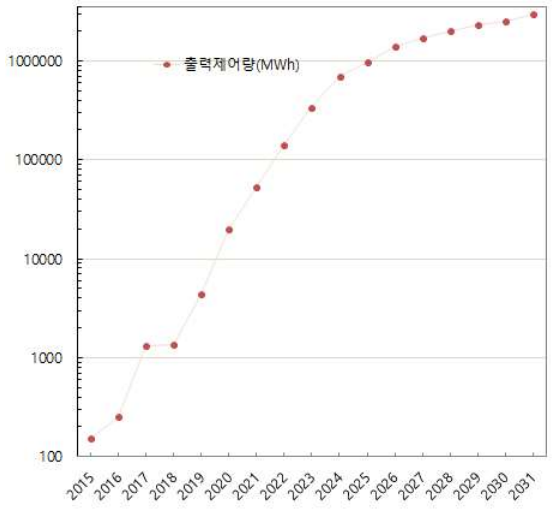

제주 전기차 충전소 현황

<제주 수소전주기 플랫폼 관련 인프라>

□ **제주 신재생확대에 따른 출력제어 추정 및 수소생산량**

○ 2031년 풍력 출력제한량으로 생산가능한 수소량 : 58,074톤/년

426) 수소생산전력량 51 kWh/kg(2016년), 49 kWh/kg(2030년) 중 49 kWh/kg 적용, Hydrogen from renewable power, Technology outlook for the energy transition, (2018) - www.irena.org



연도	ⓐ총수요량 (MWh)	ⓑ총발전량 (MWh)	ⓒ신재생발전량 (MWh)	신재생발전량 비중(%) ⓒ/ⓑx100	총제어량 (MWh) (ⓐ-ⓑ)	제어비중 (%) (ⓐ-ⓑ)/ⓒ
'19	6,035,995	6,037,662	791,703	13.12%	4,343	0.21%
'20	6,394,945	6,414,658	957,166	14.97%	19,713	2.06%
'21	6,663,995	6,716,706	1,215,945	18.25%	52,711	4.34%
'22	6,901,993	7,040,998	1,633,161	23.66%	139,005	8.51%
'23	7,132,002	7,471,637	2,127,545	29.83%	339,635	15.96%
'24	7,330,115	8,018,986	2,770,578	37.80%	688,871	24.86%
'25	7,521,185	8,495,865	3,284,645	43.67%	974,680	29.67%
'26	7,709,807	9,100,986	3,921,938	50.87%	1,391,179	35.47%
'27	7,902,784	9,607,147	4,409,169	55.79%	1,704,363	38.65%
'28	8,112,165	10,133,551	4,915,088	60.59%	2,021,386	41.13%
'29	8,351,846	10,658,427	5,383,631	64.46%	2,306,581	42.84%
'30	8,653,693	11,155,856	5,770,366	66.68%	2,502,163	43.36%
'31	8,872,132	11,833,887	6,418,706	72.35%	2,961,755	46.14%

<제주 연도별 출력제어예측 및 제어비중 전망, 자료: KPX한국전력거래소>



연도	총제어량 (MWh)	
	출력제한량 (MWh) (역송불가)	가능 수소생산량 (ton)
'19	1,667	85
'20	19,713	387
'21	52,711	1034
'22	139,005	2,726
'23	339,635	6,660
'24	688,871	13,507
'25	974,680	19,111
'26	1,391,179	27,278
'27	1,704,363	33,419
'28	2,021,386	39,635
'29	2,306,581	45,227
'30	2,502,163	49,062
'31	2,961,755	58,074

<국가 수소공급계획 및 제주 잉여전력-수소생산량[426] 추정>

□ 수소전주기 실증플랫폼 운영계획

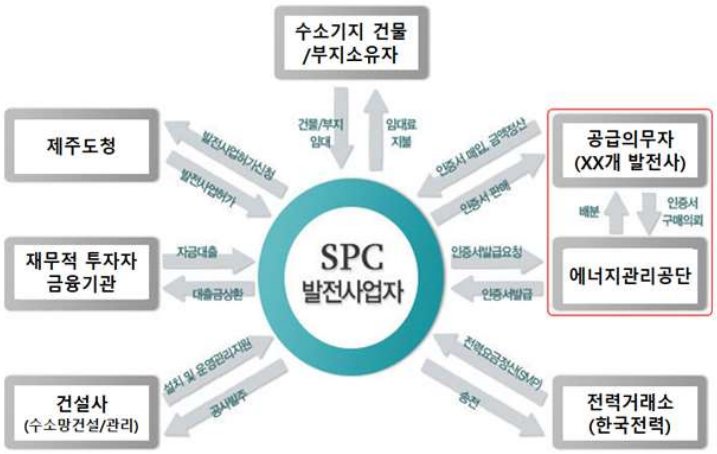
○ 수소전주기 SPC 구축 필수

○ 잉여전력 발생시 수소생산 및 전력관리 시스템 개발 필수

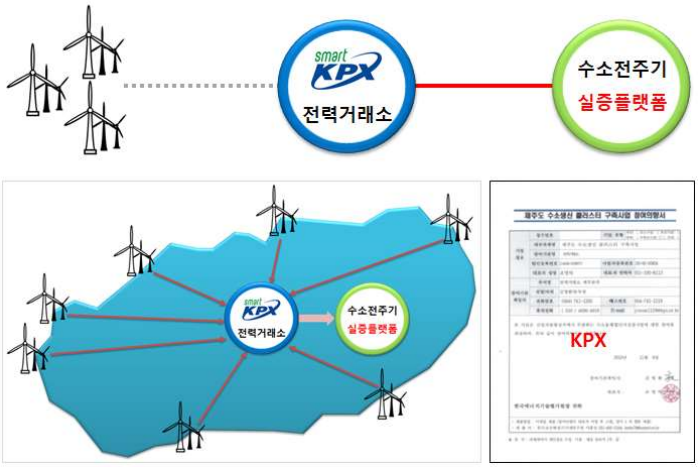
○ 각 풍력발전단지에서 출력제한분에 대한 전력을 전력거래소로 송전

○ 전력거래소에서 출력제한분에 대해 0원으로 상계처리 후 수소생산

○ 생산된 수소 판매 수익을 각 풍력발전단지로 배분



<제주 수소전주기 SPC 개념도>

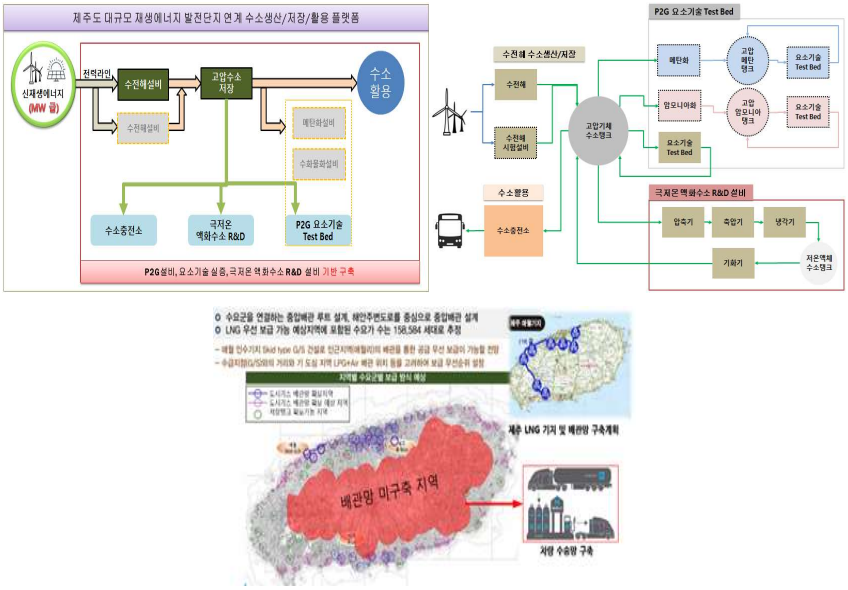


<제주 잉여전력 활용 개념도>

발전사업자	발전소명	위치	규모	사업기간	비고
제주자치도	행원연안국산화풍력	구좌읍 행원리	3MW(1기)	12.01~14.02	
	김녕풍력실증단지	구좌읍 김녕리	10.5MW(2기)	12.01~13.12	
제주에너지공사	행원풍력발전단지	구좌읍 행원리	11.45MW(12기)	97.08~14.11	
	신창 그린빌리지	한경면 신창리	1.7MW(2기)	05.04~06.02	
	김녕 국산화 풍력	구좌읍 김녕리	0.75MW(1기)	08.11~10.02	
	가시리 국산화 단지	표선면 가시리	15MW(13기)	08.11~12.03	
	동북풍력발전단지	구좌읍 동복리	30MW(15기)	14.08~15.08	
한국남부발전㈜	제주한경풍력발전	한경면 신창~용수	21MW(9기)	03.06~07.12	
	성산풍력발전	성산읍 수산리	20MW(10기)	07.04~10.09	
한국에너지기술연구원	제주월정풍력발전	구좌읍 월정리	1.5MW(1기)	05.12~06.03	
탐라해상풍력㈜	탐라해상풍력발전	한경면 두모리, 금능리해안	30MW(10기)	12.12~17.10	
그 외	9개소	-	124MW(43기)		
합계	20개소	-	269MW(119기)	-	

* 절차 이행 중 9개소 – 638MW(149기)

<제주 제주 풍력발전사업자 현황>



<제주 수소전주기 실증플랫폼 개념도>

Target	1차년도	2차년도	3차년도
수소 플랫폼 단지 구축	1. 건축설계 - 대상부지선정 및 부지계약완료 - 기본 설계 완료 2. 수소저장 및 충전시설 착공	1. 수소저장 및 충전시설 완공 2. 수전해 설비 및 R&D 연구시설 구축	1. 수소 플랫폼 단지 완공
수소 플랫폼 내 장비 구축	1. 단지 내 장비구축을 위한 각 장비 배치도 구상 2. 수소저장시설 구축 - 고압기체 수소탱크 구축 3. 수소 충전소 구축 4. Test bed 설계 - 고압부품, 용기 - 극저온 유체	1. 수전해 수소생산/저장시설 구축 2. 극저온 액화수소 R&D설비구축 - 압축기, 축압기, 냉각기, 기화기 - 저온 액체 수소탱크 구축 3. Test bed 기반구축 4. 시험평가 기법 개발	1. P2G 요소기술 TEST BED 구축 - 수소메탄화 시설 구축 - 저장용기 및 기타 설비 구축 2. 수소 기자재 시험평가 설비 구축 3. Test bed 장비 셋업 및 시운전 4. 수소 시험 평가 기법 및 절차서 개발
플랫폼 관련 인적·물적 네트워크 구축	1. 수소관련 산업분야 기술 교류회 구성 2. 수소관련 산업분야 기술 지원	1. 국내·외 기술교류 프로그램 추진 2. 수소 전문 학회 공동개최	1. 수소 관련 기술정보 제공
	• 수소 저장 및 충전시설 구축 • 관련 네크워크 구축	• 수전해 및 극저온 R&D 시설 구축 • 기술교류 및 학회 개최	• 수소 융복합시설 및 장비 구축

< 주 수소전주기 실증플랫폼 구축 연차별 세부내용>

구분	김녕국가풍력발전실증단지
지번	제주시 구좌읍 김녕리 467-6
현황	풍력발전기 5,500kW 2기(총 11MW)
면적	26,832m²
지도	



<제주 수소전주기 실증플랫폼 입지 및 시설조감도 예시>

□ (2단계) 해상 신재생융복합단지 플랜트 설계/구축 및 실증

○ 해상 신재생융합복합단지(인공섬) 설계 기술 개발

○ 신재생융합에너지 전력 계통 통합 운영을 통한 수소기술 개발

○ 대규모 거점형 수소벙커링 및 수소충전 도크 건설 기술 개발

- 대규모 액화수소/고압기체 저장 및 이송 시스템 기술 개발

- 선박용 수소충전 도크 설계 및 건설 기술 개발

○ 액화수소 이송선 설계 및 건조 기술 개발

- 해외용 장거리 수소이송선 및 국내용 소규모 이송선 설계 및 건조 기술 개발

<해상 신재생융복합단지 플랜트 실증 계획>

□ (안) 국내 유인도 인근 무인도 연계 해상 신재생융합단지 실증

○ 국내 최대 인구 체류 유인섬 보유 잉여전력을 활용하여 에너지자립 카본프리섬 실증(1단계) 후, 보급 확산 차원에서 국내 유인도 및 무인도 연계 해상 신재생융합단지 실증화(2단계) 가능

○ 우리나라는 해수부기준 약 3358개의 섬이 있으며, 유인도는 482개, 무인도는 2876개 임

- 대부분의 섬이 전라남도에 속해 있으며, 전체 섬의 60~65% 차지

- 유인도 인근 무인도에 풍력 및 태양광 등의 신재생에너지발전 설비를 구축하여 인근 유인섬에서 활용할 수 있는 전력 및 수소 공급

○ 덕적도 인근 섬에서 신재생에너지를 이용하여 전력 및 수소를 생산하여 덕적도 공급가능하며, 인근 인천국제공항에도 전력 및 수소 공급 가능

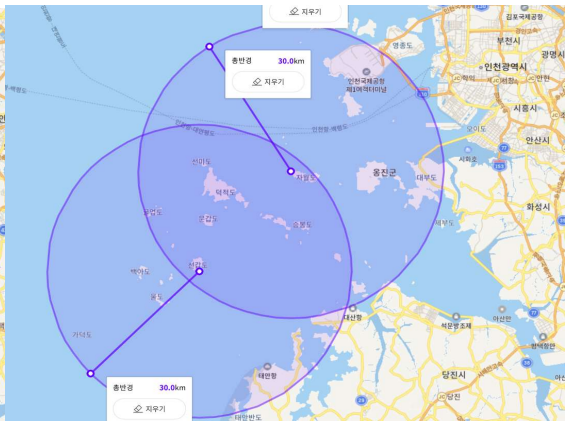
- 국내 섬과 섬을 잇는 신재생에너지섬 벨트 구축 가능



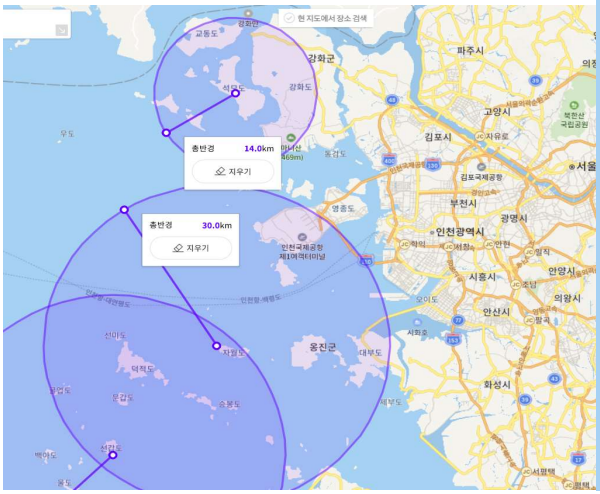
<유인도 인근 무인도 연계해상 신재생에너지 융합단지화>



<덕적도 반경 35km 이내 섬분포>



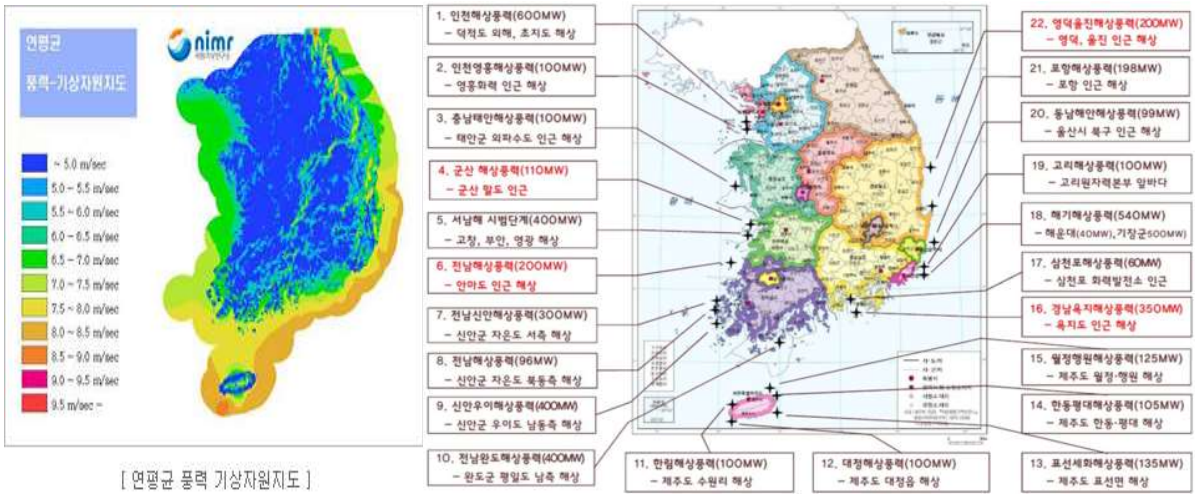
<자월도 및 선갑도 반경 30km 이내 섬분포>



<석모도 반경 14km 이내 및 자월도 반경 30km 이내 섬분포>



<흑산도 반경 8.2 km 이내 및 반경 19.8km 이내 섬분포>



<신재생자원 및 해상풍력 인프라>

□ (2안) 국제 공동협력 에너지공유 해상단지 실증

○ 상대적으로 수심이 낮은 서해안의 공해를 활용하여 한국-북한-중국 에너지공유 해상단지 구축

○ 동해의 경우 수심이 깊으므로 부유식 인공섬을 활용한 한국-러시아-일본 에너지공유 해상단지 구축



<한반도 신에너지 경제지도 구상과 국제 에너지공유 해상단지 예시>



<국제 에너지공유 해상단지 개념도>

(7) 선행 연구개발 사업 및 성과연계 방안

□ **산업부 에너지기술개발사업 (신재생에너지핵심기술개발, 2020년)**

○ 대용량터빈 개발, 해상풍력 시스템 기술 개발 등 성과와 연계

□ **산업부 에너지기술개발사업 (2019년)**

○ 재생에너지를 활용한 수소 생산/저장 기술 개발 등 성과와 연계

○ 수소융복합단지실증사업 (수소생산-저장/운송) 등 성과와 연계

(8) 최종성과물

□ **현지 환경을 고려한 해상풍력발전 플랜트 설계 및 건설 기술**

□ **친환경 해수담수화 플랜트 설계 및 건설 기술**

□ **풍력발전에너지 수전해 수소 생산 및 저장 플랜트 설계 및 건설 기술**

□ **해상풍력-해수담수화-수소생산 융합 시스템**

□ **풍력발전 잉여전력 활용 수소생산을 통한 카본프리섬 기반 수소 전주기 플랫폼 실증 및 통합운영을 통한 Track Record 확보**

□ **해외 해상신재생융복합단지 Track record 확보**

□ **액화수소 이송선 건조기술**

□ **대규모 수소벙커링 및 수소충전 도크 설계 및 건설 기술**

□ **도서지역 수소보급망 및 공유 시스템 기술 개발**

□ **분산형 수륙복합 수소스테이션 기술 개발**

(9) 해외진출 전략

□ **정부 지원을 통한 사업 발굴 및 실증 플랜트 건설/운영**

○ 정부 네트워크를 통해 관련 사업을 발굴하고 상용화급 해상풍력발전 플랜트의 현지 실증을 추진하여 Track Record를 확보하고 현지 사업 수행 경험을 축적하여 향후 사업 수주에 도움이 될 수 있음

- 국토부 및 산하기관 네트워크를 이용하여 현지 실증을 위한 정보제공과 실질적인 지원(현지조사, 인력, 금융 등)이 가능

- R&D 예산으로 실증 플랜트 건설/운영을 지원하여 상용화되지 않은 기술의 리스크를 저감하여 현지 발주처/오너의 부담을 줄일 수 있음

□ **신재생융복합단지 실증 대상 국가 및 지역 선정**

○ 저풍속 지역에 해상풍력 발전 플랜트를 설치 시에는 전력생산량이 낮아 경제성 확보가 어렵기 때문에 고풍속 지역에서 풍력발전시스템의 단위용량을 증대하여 발전단가 저감이 필요

○ 현지 요구조건에 따른 전력생산량과 이에 따른 담수화용량, 수소생산용량 등을 결정하고, CAPEX, OPEX를 고려하여 가장 경제성 있는 단위용량과 구성품을 선정하여 이에 따라 경쟁력 있는 해상신재생융복합단지 실증 필요

○ 현지조건 뿐만 아니라 정부 지원정책, 투자환경, 해외업체와의 경쟁력, 인허가 규제사항, 운송, 현지협력 파트너 선정, 경제성 분석 등 실제 사업 수행을 위한 다양한 조건들을 고려하여 실증 대상 국가와 지역을 선정해야 함

(10) 사업추진 위험요인과 대응방안

□ **실증 단계에서는 충분한 시장이 확보되지 않아 기자재, 부품의 비용 상승으로 인한 객관적인 가격 경쟁력 측정이 어려울 수 있음**

□ **국가/지역별 해상풍력발전, P2G 플랜트 특성(Tariff, 해상 Infra, Localization 요구 등)이 다름에 따라 지역별 발주 및 건설 상황을 감안한 Risk 사전 검토 및 Hedge 필요**

(11) 예상되는 참여기업

□ 제주에너지공사, 남부발전, 두산중공업 등이 참여 전망

(12) 사업기간 및 소요예산

□ 해상 신재생융복합단지 플랜트 설계/구축 및 국외 사업화

○ 사업기간 (총 8년, 1단계 : 5년 + 2단계 5년)

<표 84> 단계별 사업 추진 계획일정

해상신재생융복합단지									
단계	세부 목표	년차별 추진 계획							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1단계 에너지자립 섬	구축								
	실증								
2단계 해상 신재생융복합단지	구축								
	실증								

- 1단계 에너지자립 섬 : 풍력발전 잉여전력 활용 수소생산을 통한 카본프리섬 기반 수소 전주기 플랫폼 구축

- 2단계 해상 신재생융합단지 : 원해 인공섬 건설을 통한 대규모 해상 신재생융복합단지 구축

○ 사업비 : 1단계 1,200억원, 2단계 1조원

- 1단계 에너지자립 섬 : 풍력발전 잉여전력 활용 수소생산을 통한 카본프리섬 기반 수소 전주기 플랫폼 구축

  • 수전해설비, 시험설비(요소기술, 극저온 액화수소, 가스변환), 통합운영 설비, 수소충전소, 수소공급망 및 기간시설 구축 등

<표 85> 수전해설비 구축비용

수소생산량 (ton/year)	수전해 처리 용량 (ton/day)	수전해 설비 수량 (대, 200Nm^3/h 급)	수전해설비 구축 비용 (억원)
10,000	28	6	150
20,000	**55**	**12**	**300**
30,000	83	18	450
40,000	110	23	575
50,000	137	29	725

<표 86> 수소설비 구축비용

구분	**수전해 (2만톤/년 생산기준)**	요소기술 시험설비	극저온 액화수소	수소 충전소 1개소	가스변환/ 통합엔지니어링	수소공급망 및 기간시설[427]
규모	**12 MW급[428] (12 x 200 Nm^3/h 생산)**	수소메탄화, 암모니아변환, 저장용기 배관, 밸브, 파이프 등	냉각설비, 저장용기, 배관, 밸브, 파이프, 펌프 등	하루 수소차 약 35대 충전	-	수륙복합충전소, 수소 이송선박, 수소트레일러, 해저배관, 고압배관망, 지역관리시설 등
장비(설비) 예산	**300억**	100억	230억	30억	40억	500억

- 2단계 해상 신재생융합단지 : 원해 인공섬 건설을 통한 대규모 해상 신재생융복합단지 구축

  • 인공섬 구축, GW급 해상풍력, 전력허브, 장거리 고압송전망, 대규모 수소저장/이송 설비 등[429]



[그림 191] 북해 대규모 해상풍력 연계 인공섬 조감도

427) 수소그리드 연결 10억/km (750 bar 고압배관, 300 bar 저압배관), 트레일러 5억/대, 수륙복합충전소 50억/개소, 근해 이송선 20억/척, 해저캐이블 10억/km, 가압설비 및 지역관리설비 5억/개소 등

428) 수소생산 5만톤/년 기준,

429) 북해 해상풍력 연계 인공섬 건설 프로젝트
- 도거뱅크라는 광대한 모래퇴적지에 6㎢ 크기의 인공섬 건설 : 15억 유로 소요 예상 (2조30억원)
- 항구, 항공활주로, 인공호수 및 녹지를 포함한 기반시설 구축 비용임 (해상풍력, 송전로 구축비용 제외)

(13) 기대효과

(가) 정책적 기대효과

□ **해외 플랜트 시장·공종 다변화 이슈 해소**

○ 우리나라 해외플랜트 수주 지역·공종의 편중 해소를 통한 리스크 저감

○ 향후 큰 성장이 예상되는 신재생에너지 발전 시장 진출을 통해 국내 산업계에 경제적으로 기여하는 바가 클 것으로 기대

(나) 기술적 기대효과

□ **현지 환경을 고려한 설계, 조달, 건설, 운영 및 유지관리 기술력 확보**

○ 해외 시장 진출시 매우 중요한 현지조건과 현장여건에 따른 신뢰성 확보 기술 개발 및 실증을 통한 경험 축적을 통해 국내 업체 기술 경쟁력 향상

□ **플랜트에 적용된 각종 부품기술에 대한 경험 확보**

○ 복합소재, 철강, 베어링, 기어류 등 많은 기계부품과 발전기, 스위치, 트랜스포머, PLC, 각종 센서 등 다양한 전장품으로 구성되며 적용된 제품들과 연관된 소재와 부품산업의 기술력 향상과 경험 확보

(다) 경제적 기대효과

□ **'30년 기준 10%의 시장점유율과 17.7억달러의 수주를 목표로 함**

□ **해상신재생융복합단지 수주 확대에 기여**

○ 실증을 통한 Track Record의 확보

○ 해상풍력 발전, 해수담수화, 수전해 수소생산 플랜트 발전단가 저감

○ 수소이송선 시장 선점을 통한 조선 및 해운산업 활성화

(14) 제도 및 지원정책 활용방안

□ **해상신재생융복합단지 사업 기획 및 발굴 지원**

○ 국토교통부 '해외건설시장개척지원사업'과 산업통상자원부 '신재생에너지 해외진출지원센터'를 통하여 해상풍력 플랜트 신규 사업 발굴 및 수주 정보 제공

○ 국토교통부 해외건설정보 네트워크 및 해외건설협회 GICC를 통해 해외 발주처에 사업제안, 수주교섭 등 사업 수주 지원

□ **해상신재생융복합단지 사업 개발 지원**

○ 국토교통부(한국해외인프라도시개발공사)와 산업통상자원부(신재생에너지센터), 해양수산부에서 수행 중인 '해외사업 타당성조사 지원사업'을 통해 타당성조사 비용 지원

○ 한국해외인프라도시개발공사(KIND), 수출입은행(KEXIM)을 통해 금융자문, 금융주선뿐만 아니라 직접투자, 출자 등의 금융 지원

○ 건설공제조합, 한국무역보험공사를 통해 해외사업 계약보증, 해외투자보험 등 해외사업 개발 및 수행 관련 각종 보증/보험 관련 사항 지원

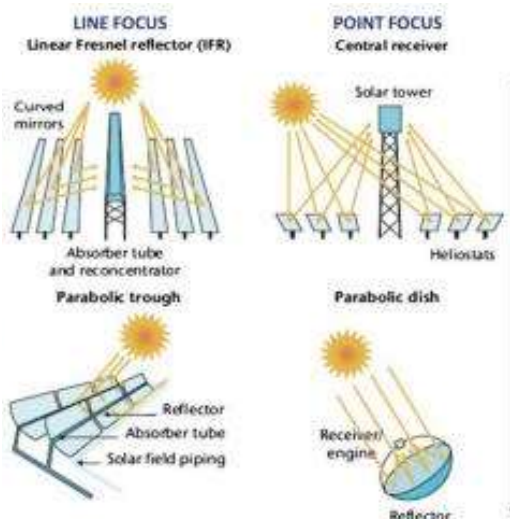
사. 상용급 상시 운전형 태양열 발전플랜트

(1) 개념

□ **태양열발전은 태양광을 반사체로 반사하여 흡수기로 보내고 열로 전환하여 최종적으로 증기터빈 또는 가스터빈을 구동시켜 전력을 생산하는 발전 시스템**

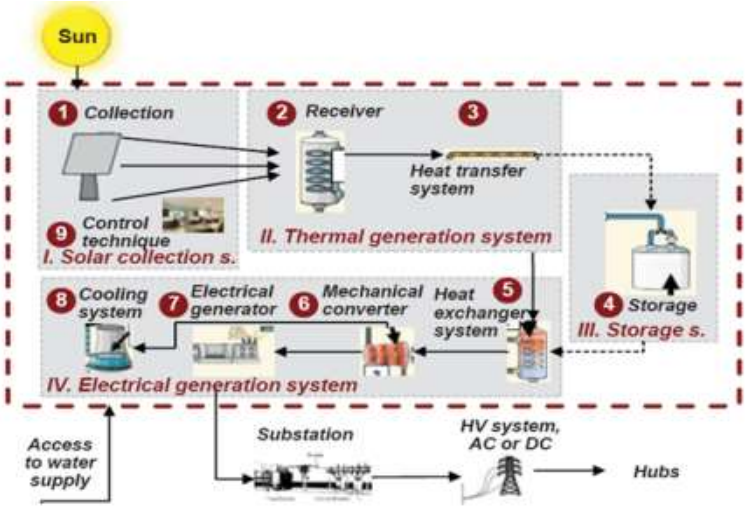
○ 일반적으로 태양열 발전은 집광, 흡수, 저장, 발전부로 구성됨

○ 태양열 발전은 집광 방식 따라 구유형, 접시형, 타워형, 프레넬형으로 나뉨



[그림 192] 태양열발전 집광 방식에 따른 분류

* 자료: Concentrating Solar Power-Technology Roadmap, 2010, IEA



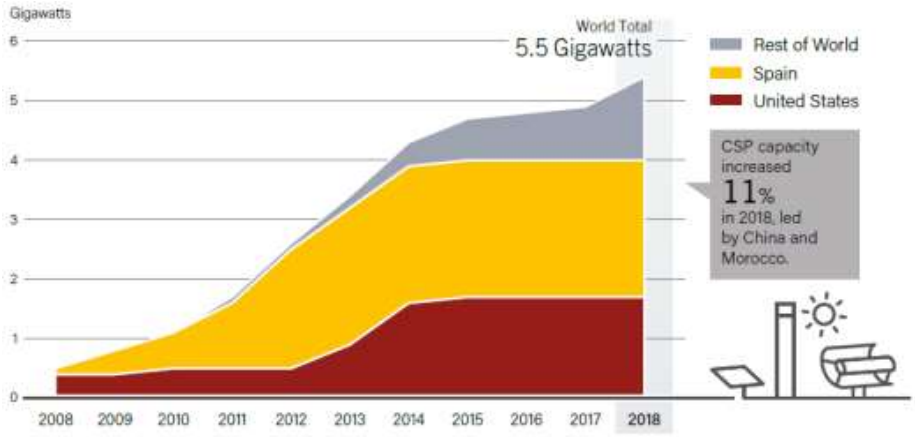
[그림 193] 태양열발전 구성

(2) 추진배경 및 필요성

(가) 추진배경

□ **태양열발전은 태양광에 비해 안정적 전원공급이 가능한 기술로 해외 태양열 플랜트 시장은 큰 폭으로 성장하고 있음**

○ 전세계에 설치된 태양열발전 플랜트 용량은 2018년 기준 5.5 GW이며, 2010년 대비 4.3배 성장함



[그림 194] 누적 CSP 설치 규모

* 자료 : Renewables 2019 Global Status Report, REN21

○ 현재 건설중인 태양열발전 플랜트는 남미, 중국 및 중동-아프리카 시장을 중심으로 형성되어 있으며, 2018년에만 중국 및 모로코에 설치된 플랜트의 용량이 기존 대비 11 % 증가함

○ 태양열발전 플랜트 원가 절감 및 대량생산, 효율 향상을 위한 다양한 기술이 지속적으로 개발되고 있음

(나) 정부지원 필요성

□ **우리나라 플랜트산업의 지속 가능한 성장과 국가 경제적 공유·확산효과를 위해 신시장·공종으로 다변화 및 주력사업(Flagship)을 적기에 창출 필요**

○ 국내에서의 태양열 발전은 R&D 수준의 연구만 진행되어 왔고 태양광에 비해 관심이 낮고 전문 인력이 부족하나, 향후 시장이 확대될 것으로 예상되어 이에 대비한 정부의 기술개발 및 전문가 양성을 위한 지원이 필요함

(다) 사업추진 시급성

□ **태양열발전 분야 표준화 작업이 진행 중이며 이와 더불어 효율향상을 위한 차세대 기술 개발을 추진 중이어서 현 단계 해외실증 추진을 통한 기술확보가 시급**

○ IEA/SolarPACES Task별 워킹그룹을 통한 요소기술별 표준화 작업이 진행 중인 시기이며 이와 더불어 발전효율 증가를 위한 고온열흡수, 초임계발전 시스템 연계 등 차세대 기술 개발이 각 나라별로 이루어지고 있어 해외실증 및 이를 이용한 기술개발이 시급히 요구됨

□ **전세계적으로 강화되는 환경규제로 신재생에너지에 대한 시장 수요가 확대되고 있음에도 불구하고 국내 기업의 경쟁력 부족으로 진출이 미진하여, 이를 극복하기 위한 기술개발이 시급**

○ 전세계 신재생에너지 시장은 2017년도 기준 9,280억 달러 규모이며 2025년까지 1조 5,123억 달러로 성장할 것으로 예상

□ **산업기반 붕괴에 직면한 플랜트 건설산업의 육성·촉진을 위하여 국가차원의 전략적·선제적 투자를 통한 신시장 선점 필요**

○ 태양열 발전 플랜트의 경우, 수소생산, 오일샌드 스팀생산 등에도 결합 가능하여 잠재 성장가능성이 높아 해당 기술을 전략적으로 육성할 필요가 있음

(라) 정부정책과의 부합성

□ **제4차 과학기술기본계획(2018～2022)의 중점과학기술로 “친환경·스마트 플랜트 기반기술” 반영**

○ 친환경 스마트 플랜트 기반기술 : 첨단 플랜트 엔지니어링, 에너지자원 플랜트, 플랜트 건설을 위한 기반 구조, 스마트 운영 및 친환경 기술 등이 반영됨

□ **제6차 건설기술진흥기본계획(2018～2022)에 스마트 건설기술을 통한 생산성 향상(스마트 건설 자동화), 해외 수요 대응형 건설기술 개발(자원화 플랜트) 등이 반영됨**

○ 기술개발: 스마트 건설기술을 통한 생산성 향상 및 해외 수요 대응형 건설기술 개발

○ 산업 개편, 육성: 엔지니어링의 역량 강화 및 해외진출 지원

(3) 동향분석

(가) 시장동향

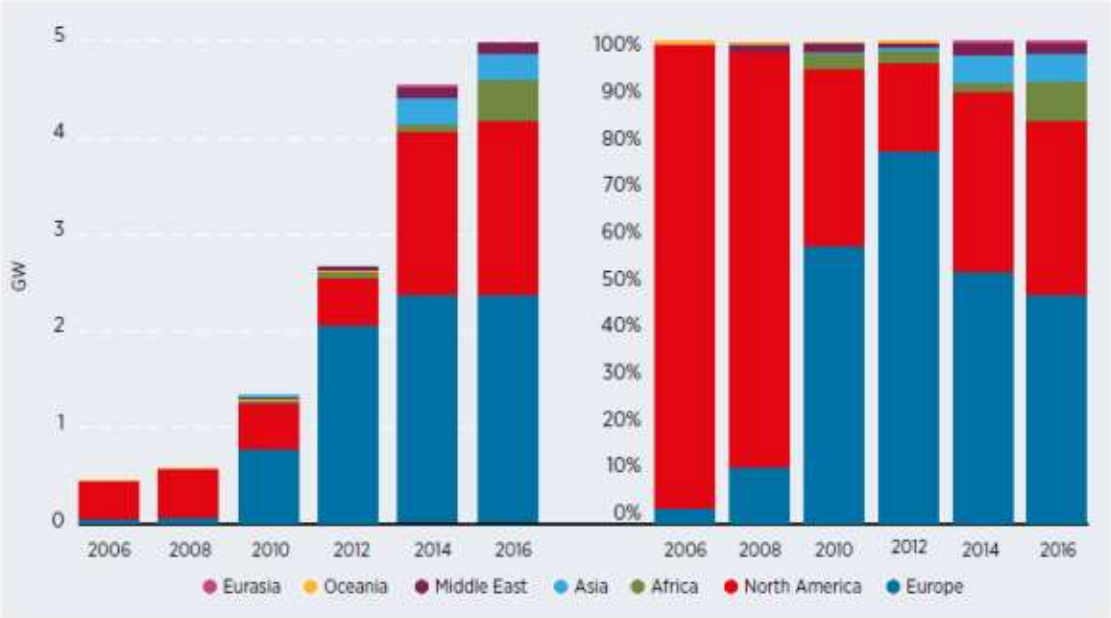
□ **태양열발전 플랜트 시장은 지속적으로 확대될 전망이며, 원가 절감을 위한 기술 개발이 진행 중임**

○ 2018년 기준 세계 시장규모 약 5.5GW 규모로 성장

○ 기존 스페인, 미국 시장에서 2013년부터 남아프리카, 모로코, 칠레, 중국, 인도 등으로 시장 확대

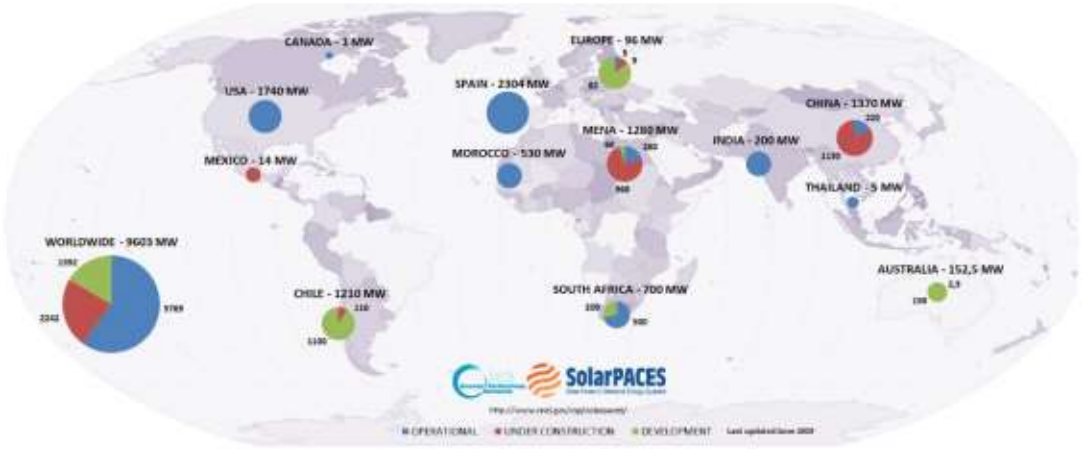
○ 중국은 1.15GW 규모가 건설 중이며 모로코는 550MW, 남아프리카는 500MW가 운전 중에 있음

○ 재생에너지 분야 중 2010-2015년 성장률은 35%로 2번째로 높으며 2015년 기준 9.7%로서 태양광, 풍력 다음으로 높음



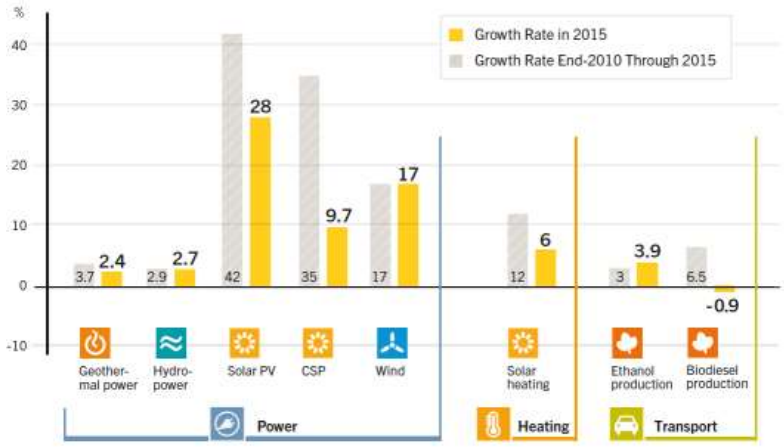
[그림 195] 2006-2016 지역별 누적 CSP 설치 규모

* 자료 : Renewable Power Generation Costs in 2017, IRENA



[그림 196] 전세계 태양열발전 프로젝트 현황

* 자료 : https://www.solarpaces.org/csp-technologies/csp-projects-around-the-world/ (IEA/SolarPACES Homepage)



[그림 197] 2010-2015 재생에너지 분야별 성장률

* 자료 : Renewables 2016 Global Status Report, REN21

(나) 기술동향

□ 100 MW이상 대규모화 및 24시간 발전 추세

○ 최근 태양열발전은 효율증가를 위하여 고온에 적합한 타워식 발전방식의 기술개발에 집중하고 있음

○ 기술의 발달과 더불어 단위 발전용량당 건설비 감소를 위하여 플랜트 용량이 커지고 있으며 100MW 이상 발전이 주로 이루어지고 있음

- 특히 칠레 Copiapo 프로젝트의 경우 260 MW 규모이며 열저장 용량이 14시간 발전이 가능하도록 설치



[그림 198] 칠레 Copiapo Solar Project (260MW)

□ **초임계 이산화탄소 발전시스템 연계**

○ 현재 태양열발전 플랜트 운전을 위한 최대 증기온도는 600 ℃ 이하로서 발전효율 증가를 위해 제한되고 있음

○ 이를 해결하기 위하여 기존의 작동유체인 용융염(Molten Salt)에서 고체입자(Particle)로 대체하여 700 ℃ 이상에서 운전하려고 함

○ 이때 발전방식으로 초임계 이산화탄소 발전방식을 채택하여 플랜트 규모의 소형화, 발전단가 감소(<6 cents/kWh)를 달성하고자 함

○ 미국 DOE의 경우 3세대 태양열발전 플랜트 기술 로드맵(Concentrating Solar Power Gen3 Demonstration Roadmap, 2017)을 발표하였으며, 700℃급 파워 블록으로서 초임계 이산화탄소 발전방식을 채택

○ 중국의 Shouhang과 EDF는 Dunhuang 10MWe CSP 플랜트를 초임계 이산화탄소 발전 방식으로 retrofit하는 프로젝트를 2018년 착수, 2020년 11월 데모 플랜트 시운전을 목표로 추진중[430]

□ **발전단가 감소 추세**

○ 2018년 기준 전체 약 0.5 GW 규모 신규 운전된 발전플랜트를 기준으로 평균 발전단가(LCOE)는 0.185 USD/kWh로 2017년 대비 26% 감소하였고 2010년 대비 46% 낮아짐[431]

- 최근 700MW (DEWA, 2017) 플랜트 등에서는 0.073 USD/kWh 도 매우 낮은 입찰 발전단가[432]를 보이고 있음

430) Retrifit of Dunhuang 10 MW molten salt plant with a high temperature supercritical CO2 cycle, SolarPACES 2019
431) Renewable Power Generation Costs in 2018, IRENA

- 그러나 일반적인 경우 2018년 0.185 USD/kWh로서 2017년 대비 26%, 2010년 대비 46% 감소되었음

○ 전체 건설비용은 설치지역, 저장용량, 발전형식에 따라 다르지만 2017년 7,200 USD/kW에서 2018년 5,200 USD/kW로 줄어들었으며 동시에 capacity factor는 39%에서 45%로 증가하였음

- 2018년 기준 평균 최근 저장 용량은 8.3시간임[433]

○ 집광 방식에 따른 4가지 분류(구유형, 접시형, 타워형, 프레넬형) 중 타워형이 주목받고 있는 이유는 다른 발전 형식과 비교하여 터빈 입구 증기온도, 압력을 높일 수 있어 태양열발전 효율을 증가시킬 수 있는 형식이기 때문임

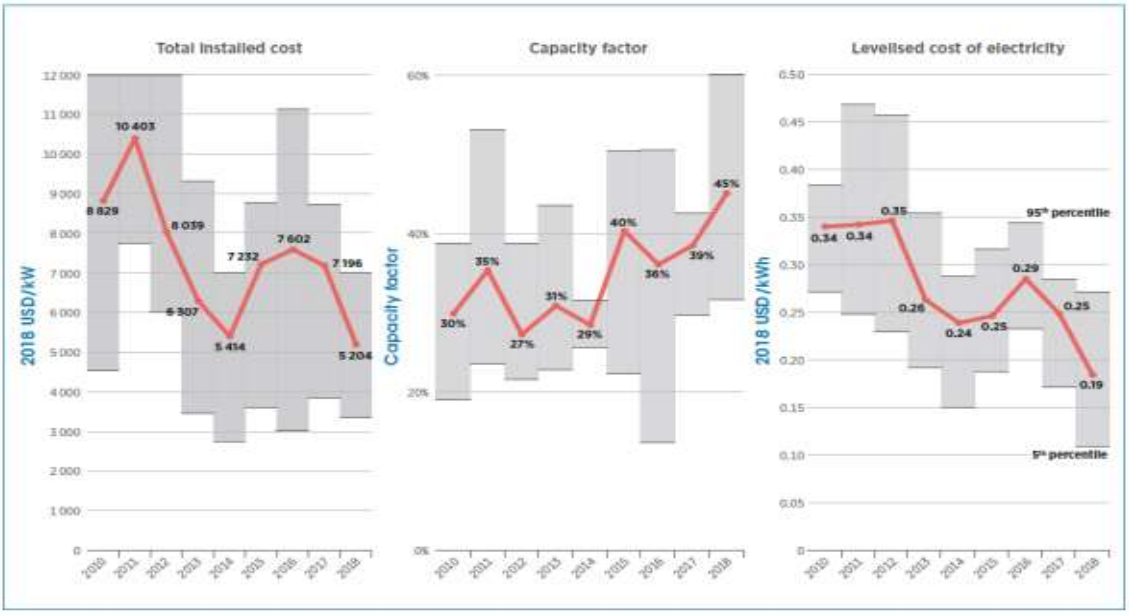
- 이를 위하여 현재 주로 사용하고 있는 용융염의 증발온도를 600 ℃ 이상으로 높이는 연구가 진행 중이며 초임계 발전시스템과 연계한 시스템 구축을 추진하고 있음

- 아래 표[434]와 같이 타워형의 경우 효율이 20~35% 높고 발전가능성이 가장 높은 기술로 평가되고 있어 타워형 기술개발 수요가 증가하는 추세임

Technology	Optical efficiency	Annual solar-to-electric efficiency	Land occupancy	Water cooling (L/MWh)	Storage possible	Possible backup/ hydrid mode	Solar fuels	Outlook for improvements
Parabolic troughs	**	15%	Large	3 000 or dry	Yes, but not yet with DSG	Yes	No	Limited
Linear Fresnel receivers	*	8-10%	Medium	3 000 or dry	Yes, but not yet with DSG	Yes	No	Significant
Towers (central receiver systems)	**	20-35% (concepts)	Medium	2 000 or dry	Depends on plant configuration	Yes	Yes	Very significant
Parabolic dishes	***	25-30%	Small	none	Depends on plant configuration	Yes, but in limited cases	Yes	Through mass production

[그림 199] 집광방식별 비교표

432) Dubai Electricity and Water Authority (DEWA) (2017), https://www.dewa.gov.ae/en/about-dewa/news-and-media/press-and-news/latest-news/2017/09/dewa-awards-aed142-billion-largest-csp
433) Renewable Power Generation Costs in 2018, IRENA
434) https://theenergybackyard.wordpress.com/2013/03/25/concentrated-solar-power/



[그림 200] 2010-2018년 건설비, Capacity factor, LCOE 동향

* 자료 : Renewable Power Generation Costs in 2018, IRENA

□ **국내 기술개발 현황**

○ 200kW급 태양열발전 기술개발 프로젝트를 추진하여 전체 시스템에 대한 설계, 제작 및 구축하여 운전 경험 확보

○ 태양추적 및 반사장치인 헬리오스타트 국산화 기술개발 추진

○ 태양열 집광정밀도 평가 기술 개발

○ 국내 일사량 부족으로 인해 태양열발전 시장 형성이 어려우며, 국내 기술개발이 지체되고 있음

○ 최근 태양열발전과 연계가능성이 높은 초임계 이산화탄소 발전 기반기술 확보를 위한 연구가 정부출연기관을 중심으로 추진 중

(다) 국내 기업의 역량

□ **현재 국내 태양열 발전 프로젝트가 추진되지 않아 태양열 발전 기업은 부재하나, 태양열 발전 구성품을 제작할 수 있는 제조기업은 있음**

○ '10년대 초 GS건설에서 중국 태양열발전 사업참여를 검토한 바 있음

○ 이후, 국내 태양열발전 프로젝트가 추진되지 못하는 상황에서 기업내 관련 사업부서들은 타 사업영역으로 전환됨

(라) SWOT분석

강점	약점
▪ 세계적 수준의 발전플랜트 기술을 보유 ▪ 중동 등 다양한 국가에서의 사업 경험	▪ 대규모 태양열집광 기술에 대한 구축· 운전 등의 실증기술 부족 ▪ 태양열집광과 발전시스템 연계 운전에 대한 운영기술 부족 ▪ 국내 일사량 부족에 따른 시장 형성에 어려움이 있어 국내 Track Record 확보가 어려움
기회	**위협**
▪ 고일사 산유국에서 자국의 에너지 자원 보호 및 풍부한 태양에너지 활용에 따른 투자 확대 ▪ 화석연료 이용 대규모 발전설비를 대체할 수 있는 재생에너지 발전플랜트 기술로 기후변화 대응 온실가스 감축목표 달성에 필요 ▪ 국가별 특성에 따른 산업용 전기·열 공급이 가능	▪ 일부 글로벌 기업의 시장 선점에 따른 세계시장 진입장벽이 높음 ▪ 발전플랜트 건설 후 연간 운전결과 guarantee 확보 필요 ▪ 설치 국가별 일사조건 등 기후조건에 따른 설계 변경

(4) 진출대상 국가

□ 남미, 중동, 아프리카

○ 세계적으로 직달일사량이 높은 나라인 중동, 아프리카, 남미 등을 중심으로 활성화 되고 있는 상업용 태양열발전 시장에 참여가 기대됨

- 연누적 직달일사량은 칠레 3,300 kWh/m^2, 알제리 2,500 kWh/m2, 남아공 2,800 kWh/m2, UAE 2050 kWh/m^2, 중국 2,000 kWh/m2로 태양열발전을 위한 최적의 지역임[435)]

(5) 목표 및 단계별 목표

□ (1단계) 2MW급 이하 타워형 태양열 발전 실증 플랜트 구축 및 운영

○ 용융염 축열조를 포함한 2MW급 이하 규모의 타워형 태양열발전 해외실증플랜트를 구축하고 운영기술을 확보

□ (2단계) 수십 MW급 태양열 플랜트 핵심기술 개발 및 실증

○ 해외 진출 지역에서 해당국 연구기관, 기업체와 함께 수십 MW급 타워형 태양열발전 구축 및 운전

○ 용융염(Molten Salt) 흡수기, 헬리오스타트 저가화, 열저장 및 플랜트 운영 등 요소기술과 플랜트 운영 기술 확보

435) SolarGIS Global Solar Atlas, 2019년 검색 기준

○ 현재 기술수준에 적합한 용융염 이용, 14시간 열저장 발전 방식 채택으로 하절기 24시간 연속운전이 가능한 기술 확보 필요

○ 증기터빈 입구 온도 증가를 통한 발전플랜트 효율향상과 발전단가 저감을 위하여 고체입자 흡수기 기술 및 초임계 발전시스템 기술 개발 필요

(6) 기술개발 내용

□ **(1단계) 2MW급 이하 타워형 태양열 발전 실증 플랜트 구축 및 운영**

○ 용융염 축열조를 포함한 2MW급 타워형 태양열 발전 플랜트 설계, 구축 및 운영기술개발

□ **(2단계) 수십 MW급 태양열 플랜트 핵심기술 개발 및 실증**

○ 태양열발전플랜트 건설단가 및 발전단가 절감을 위한 설계 및 원천기술을 확보하고 수십 MW급 해외 실증플랜트 설립 및 운영기술 확보

○ 전체 플랜트 설계기술 개발 및 연간 발전량 예측

- 위성영상기반 일사량 예측[436]

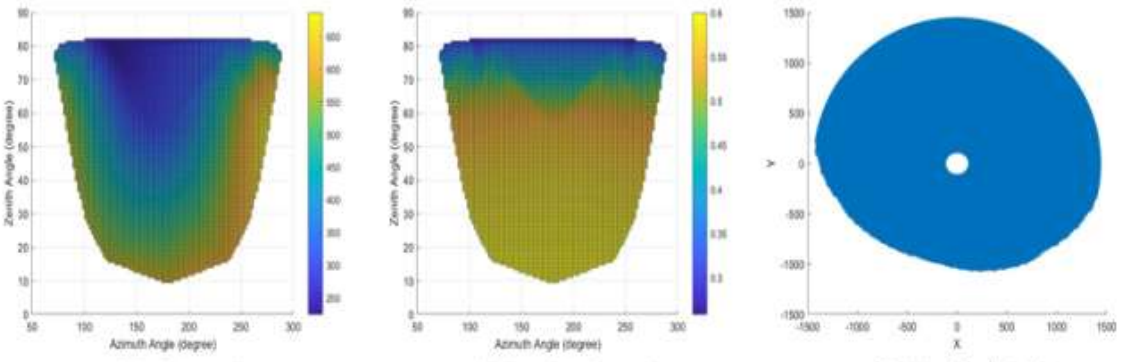
- CSP 설비효율에 따른 잠재량 산정

- KIER 개발 CSP 분석프로그램 기반 최적 플랜트 설계

  • 헬리오스타트 수, 타워높이, 흡수기 크기 및 연간생산량 등 고려

<칠레, Antofagasta 기준 100 MWe급 CSP 플랜트 분석 (반사부 면적: 16 m2) 결과>

□ **헬리오스타트 최적갯수 : 67,102 개 / 연간 예상 발전량 : 360.29 MWh**



〈Field flux map〉 〈Field optical eff. map〉 〈Scatter of heliostats〉

436) 미국 GOES-West 위성영상 및 UASIBS-KIER 모델 활용

○ 저가형 헬리오스타트 개발, 설치, 및 운영 기술

- 상업용 고성능 저가 헬리오스타트 개발: 대량생산 및 저가화를 위한 구조 경량화 및 생산방법 개발

- 헬리오스타트 시험 및 평가 기준개발: 국내외 공인된 기준이 없으므로 한국이 이를 주도적으로 개발하고 연구할 수 있음

- 헬리오스타트 시공 신공법 개발

○ 용융염을 이용한 열흡수, 열전달, 열저장 등 열순환 기술 개발 및 실증

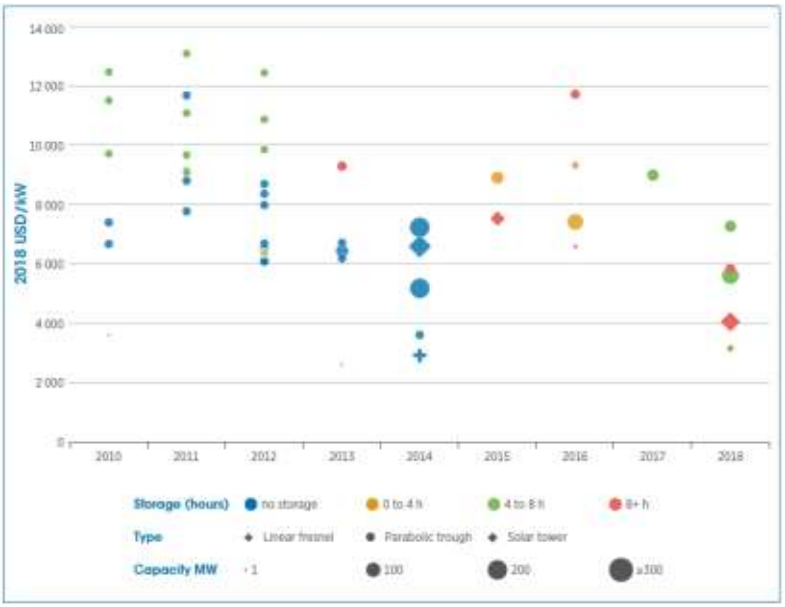
- 24시간 운전을 위한 열저장 기술

○ 차세대 발전시스템을 위한 solid particle 이용 열흡수, 열전달, 열저장 등 열순환 기술 개발

- 초고온 운전 및 초임계 발전시스템과 연계 가능 기술

○ 현지 발전시장에 진입하기 위한 발전단가 절감 기술 확보

- 타워형 발전플랜트 기준(2018년) 발전단가는 140$/MWh(4~8h 열저장), 효율은 15~20%(solar-to-electricity), 목표 발전단가는 60$/MWh임



[그림 201] 2010-2022년 LCOE 경향

* 자료 : Renewable Power Generation Costs in 2018, IRENA

(7) 선행 연구개발 사업 및 성과연계 방안

□ **산업부 자원기술개발사업**

○ 1MW급 태양열 발전시스템 개발 및 실증연구 (2005.12.~2009.12)

○ 10kW급 태양열 화학반응 복합발전 시스템 개발 (2004.06~2007.05)

○ 200kW급 타워형 태양열발전 시스템 기술 개발 (2008.12~2011.9)

○ 100kW PTC 태양열 발전 실증연구 (2010.06~2012.09)

○ 고일사 지역 수출형 태양열 하이브리드 냉방시스템 기술개발 (2014.11~2017.11)

□ **KIER 기관 주요사업 (산업연계형)**

○ 타워형 태양열발전용 헬리오스타트 상업화 모델 개발(2017.1.1.~2019.12.31.)

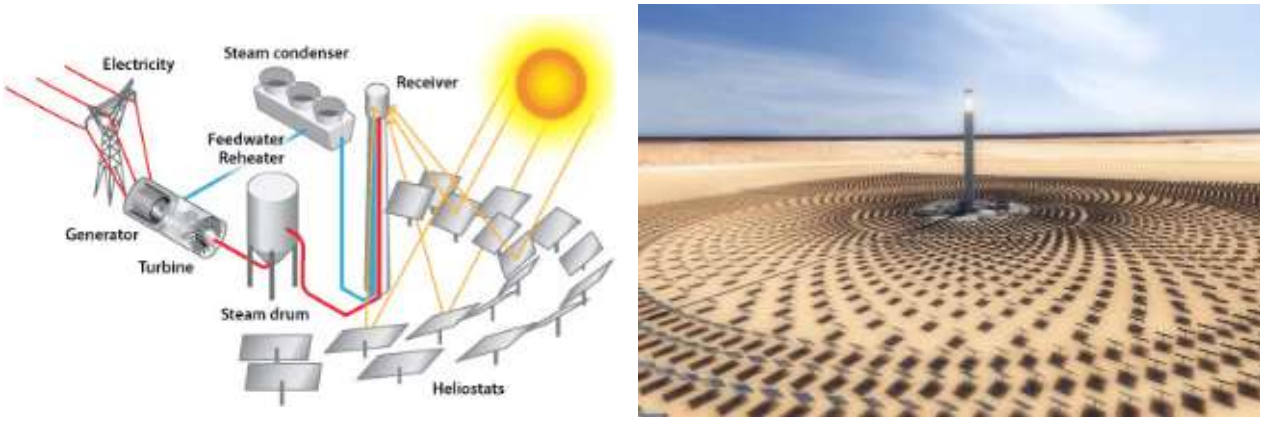
(8) 최종성과물

□ **(공법) 2MW 이하 타워형 태양열 발전 최적 플랜트 설계기술 - 1단계**

□ **(공법) 수십 MW급 태양열 집열 방식을 고려한 최적 플랜트 설계기술 - 2단계**

□ **(장비) 태양열 집열 부분의 저가화 기술, 열흡수를 위한 열전달 기기 및 고온재료 개발 - 2단계**

□ **(기법) 현지 기온 및 기후에 최적화된 플랜트 설계, 구축 및 운영·평가 기술 – 2단계**



[그림 202] 타워형 태양열 발전플랜트 구현

* 자료 : www.energy.gov, evwind.es

(9) 해외진출 전략

□ **초기단계 발전기기 위주의 사업참여**

○ 태양열발전은 크게 태양열과 발전블록으로 나눌 수 있으며 발전블록은 국내 업체가 참여할 수 있음

○ 이에 초기 시장참여는 태양열발전 플랜트 중 발전블록, 열교환기, 타워건설 등 부분 참여 형태로 시장진출

□ **태양열발전 사업개발 참여**

○ 국내 중공업, 엔지니어링사 등의 해외 플랜트 경험이 풍부하므로 기존 태양열발전 시장에서 태양열 기술을 보유하고 있는 기업과 함께 고일사 지역에서 사업개발 추진

○ 태양 추적, 반사 및 집광 기술과 운영 기술을 보유하고 있는 기업과 전체 플랜트 설계가 가능한 기업과의 연계를 통하여 태양열발전 사업개발 추진

(10) 사업추진 위험요인과 대응방안

□ **해외 실증플랜트 후보지 선정 및 인허가 지연 가능성이 있으나, 사전에 후보지 관련 현지 정부 및 규제기관, 연구기관과 국제 교류협력을 통한 조사 분석, 선행연구 및 국제 공동연구를 추진**

□ **국내 기업의 해외 플랜트 참여시 플랜트 건설 후 1년간 성능검증에 대한 공동책임 등의 부담이 있음**

□ **'태양열-초임계 이산화탄소 발전' 등의 타 분야와의 연계를 통해 독자적 기술수출모델을 확보할 필요가 있음**

○ 태양열 발전플랜트 기술을 선점하고 있는 국가들과의 경쟁에서 유리한 위치를 차지하고 새로운 시장 및 기술 동향을 반영하여 초임계 이산화탄소 발전, 바이오매스 발전 등 타 발전플랜트와의 하이브리드 기술을 발전시킬 수 있음

(11) 예상되는 참여기업

□ **EPC/타워건설 기업 : 현대중공업, 두산중공업, GS건설, 삼성물산, 현대엔지니어링 등**

□ **기자재 기업 : 현대중공업, 두산중공업 등**

(12) 사업기간 및 소요예산

□ **(1단계) '22년~'25년간 285억원**

□ **(2단계) '22년~'28년간 3000억원**

(13) 기대효과

(가) 정책적 기대효과

□ **해외 플랜트 시장·공종 다변화 이슈 해소**

○ 우리나라 해외플랜트 수주의 지역 및 품목 편중 해소를 통한 리스크 저감

○ 중동, 남아메리카, 아프리카 등 고일사 지역을 플랜트 수출 대상 지역으로 확대 가능

□ **지구온난화 대응 기술**

○ 기존 화석연료 기반의 발전플랜트에서 신재생기반의 발전플랜트로의 시장 확대에 따른 글로벌 추세에 대응

○ 지구온난화에 따른 온실가스 감축노력으로 각 국가별 발전플랜트 포트폴리오 다변화에 기여

(나) 기술적 기대효과

□ **기술개발 및 접근성이 용이**

○ 기존 화력발전을 기반으로 태양열 집광 및 열저장 기술을 활용하는 플랜트 기술로서 국내 플랜트 설계, 제작, 운영 기반 기업의 기술적 접근성이 용이함

○ 지역별 일사량, 기후 조건 등에 따른 맞춤형 플랜트 설계가 필요함에 따라 국내의 뛰어난 플랜트 기술 필요

□ **수소생산 기술, 열이용 기술로서 활용가능**

○ 태양열을 집광하여 다양한 온도의 열량을 제공함으로서 바이오가스, 천연가스 등으로 개질수소, 열화학수소생산이 가능

○ 고온 열저장기술은 국내 산업공정 중 배출되는 고온의 열에너지를 재활용할 수 있는 기술로서 이용가능

○ 태양열 바이오매스 발전플랜트, LNG 복합발전과 연계운전, 태양열-초임계 이산화탄소 발전 등 다양한 형태의 발전소와 결합하여 활용할 수 있음

(다) 경제적 기대효과

□ **해외 현지실증단지를 기반으로 '30년 시장점유율 5%를 달성하고, 23억 달러 수주 전망**

□ **부문 시장점유 확대에 기여**

○ 아웃소싱으로 이루어지는 태양열 발전 플랜트의 특성상 요소기술 개발 및 시스템 기술 개발 등 상업적 기술 개발은 새로운 시장을 선점할 수 있는 기회

○ 플랜트를 구성하는 파워블록(Power Block), 열저장 등이 플랜트 건설비용의 약 30% 정도로서 태양열(Solar Field) 부분 기술개발 중에도 시장진입이 가능

□ **대형 기업들의 협력 생태계 구축**

○ 생산 현지 여건을 고려한 기술개발과 이의 실증, 시험인증에 관한 전주기 역량을 확보하여 건설 및 엔지니어링사와 조달체인에 해당하는 중견·소기업의 동반진출 모델을 창출 (건설사/중공업사/엔지니어링사/기자재사)

(14) 제도 및 지원정책 활용방안

□ **국토교통부의 해외건설시장 개척지원사업을 활용하여 신시장 개척 및 신규 프로젝트 발굴 추진**

○ 해외건설협회에 해외 유망프로젝트에 대한 사업모델 검토 및 타당성 조사, 현지수주 교섭, 발주처 초청 비용 지원 신청

□ **국토교통부의 글로벌 인프라 펀드를 활용하여 금융조달 추진**

○ 한국해외인프라도시개발공사(KIND)의 글로벌 인프라 펀드를 기반으로 발굴사업 참여 및 차입금 조달 추진

□ **한국수출입은행의 해외건설·플랜트 금융서비스를 활용하여 금융권으로부터 대출 시 보증지원**

○ 한국수출입은행이 대주가 되어 상업은행이나 타 ECA, MDB에게 보증을 제공, SPC에 대출 및 지분을 투자하여 사업주에게 대출/사업자문/금융자문 수행

아. LPG기반 CO2 순환형 수소 인프라스트럭쳐

(1) 개념

□ **LPG운송선박으로 통해 LPG를 수소생산설비지역까지 이송하고, LPG 개질공정을 통해 수소를 생산하며, 이 때 발생하는 CO2는 LPG운송선박으로 통해 유전으로 이송하여 석유회수 증진에 활용하는 개념임**

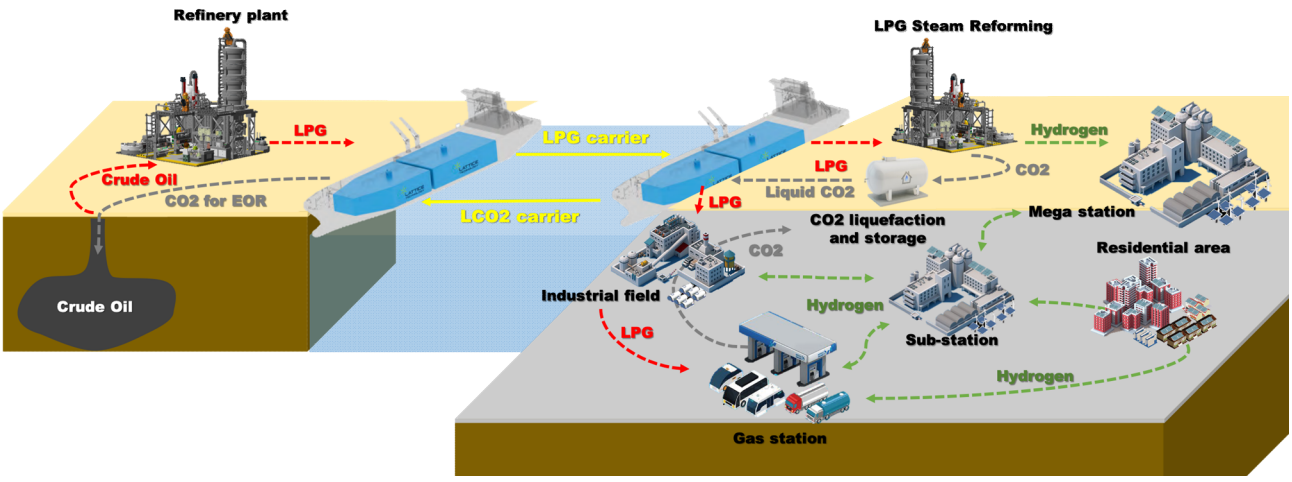
○ LPG(액화석유가스, Liquefied petroleum gas)는 프로판(C3H8)과 부탄(C4H10)으로 구성되어 있으며, 다음과 같이 개질공정을 통해 천연가스 추출 공정에 비해서 상대적으로 많은 수소 생산이 가능함

$$C_3H_8 + 6H_2O \rightarrow 3CO_2 + 10H_2$$

○ 하지만 탄소 함유량이 상대적으로 높기 때문에 이산화탄소 배출량 또한 많게 되며, 탈탄소 수소(CO2 free hydrogen production) 생산 및 온실가스 저감을 위해서는 이산화탄소 포집과 처리가 동반되어야 함

○ 이산화탄소의 끓는점(-56.55℃)은 대용량 LPG운송선박의 화물창 조건(-42.07℃ 미만)과 유사하여 해외로부터 수입되는 LPG운송선박의 LPG 저장화물창에 저장/운송이 가능하고, 이는 LPG 수출국에 이송되어 CO2-EOR(Carbon dioxide Enhanced oil recovery, 이산화탄소 주입 석유회수증진)에 활용이 가능함

○ 회항하는 LPG 운송선박을 이용함으로써 저렴한 이산화탄소를 통해 원유회수가 가능함과 동시에 수소활용국(LPG 수입국)에서는 탈탄소 수소 생산 사회 구현이 가능



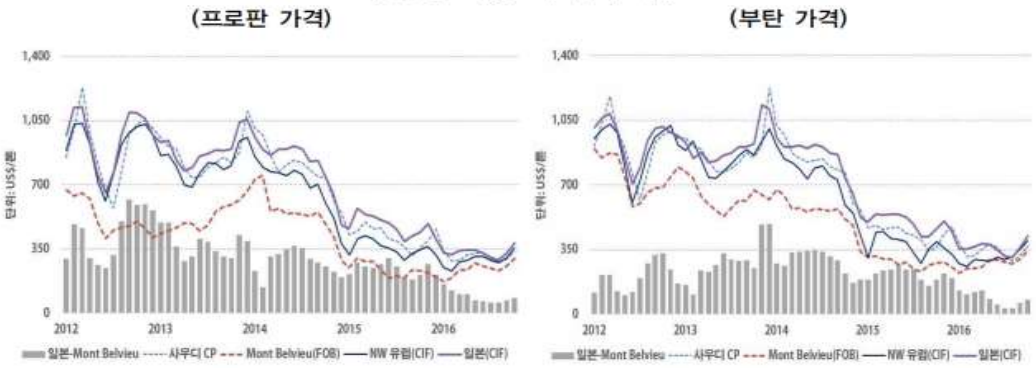
[그림 203] LPG기반 CO2 순환형 수소 인프라스트럭쳐 개념도

(2) 추진배경 및 필요성

(가) 추진배경

□ **지구온난화 가속화로 인한 저탄소/탈탄소사회 구현을 위한 노력이 높아지고 있으며, 이를 위해 재생에너지원 확대/보급과 동시에 청정연료인 수소 활용에 대한 노력이 증가하고 있음**

□ **LPG의 경우, 미국산 LPG 공급 과잉으로 인해 도매가격이 큰 폭으로 하락하고 있으며, 저렴한 LPG를 이용하여 수소를 개질할 경우 저비용 수소 생산이 가능함**



자료: Thomson Reuter, WLPGA

[그림 204] LPG 시장 가격 추이

□ **현재 수소를 생산하는 방법은 천연가스-스팀 추출법(steam-methane reforming), 재생에너지원의 잉여 전력원을 이용한 수전해 수소생산법, 제철/화공에서 배출되는 부생수소를 통해 생산하는 방법이 대표적임**

○ 수전해 수소 생산법은 전기를 통해 물을 전기화학반응을 통해 수소를 생산하는 방법으로 탄소 배출 없이 수소 생산이 가능하기 때문에 대표적인 탈탄소 수소생산 방법이나, 수소생산원가가 높아 탈탄소 수소사회 구현의 제약이 되고 있음

○ 천연가스(NG) 혹은 액화석유가스(LPG)와 같은 탄화수소계(Hydrocarbon) 연료를 이용한 스팀 추출법의 경우, 비교적 저렴한 수소생산이 가능하나 개질반응 이후 이산화탄소 배출이 되기 때문에 탈탄소 사회 구현을 위해서는 이산화탄소 포집이 요구됨

□ **진정한 탈탄소 수소사회 구현과 조기구축을 위해서는 수소추출공정 이후에 배출되는 이산화탄소의 포집과 저장이 필요하며, 더불어 효율적인 활용기술 연계가 필요함**

○ 이산화탄소는 지중저장과 함께 원유회수증진을 위해서 산유국 혹은 LPG 수출국의 필수적인 작동유체이므로 수소추출공정에서 배출된 이산화탄소의 효율적인 회수/저장/운송 기술이 필요함

□ 2018년 세계 LPG 생산량은 약 3억 톤으로 추정되고, 북미 지역의 지속적인 셰일가스 생산량에 힘입어 2025년에는 약 3.7억 톤에 달할 것으로 예상됨

□ 선박 환경규제 IMO 2020의 본격 시행으로 세계적인 친환경 선박 수요 증가에 따라 LPG 선박 보급이 확대 예상되며, 이와 CO2-free LPG 수소 생산 연계 시 국내 수소 보급에 기여 가능

(나) 정부지원 필요성

□ 수소추출공정의 이산화탄소 포집/저장/활용의 기술실현을 통한 민간자본의 조기투입 유도

○ 대용량 수소추출공정의 민간자본 조기투입을 유도하기 위해서 수소추출공정의 이산화탄소 포집/저장/활용 기술실현과 비즈니스 모델을 제시

□ 해외산유국(LPG 수출국)과 사업연계를 위한 국가간 합의 및 대규모 민간자본유치 유도

○ 해외산유국과의 국가간 사업화 협약을 통한 대규모 민간자본유치를 유도하고, 중소/중견, 대기업의 해외진출과 사업화 유도하기 위해서 정부 지원 필요

□ 대용량 저가수소 및 저탄소 수소공급을 통해 수소사회 조기 구현 및 LPG 수소생산플랜트 해외진출 기반 마련

○ 대용량 저가 수소생산 및 공급을 통해 수소사회의 조기 구현이 가능

○ 상용급 실증을 통해 실적을 확보하고 LPG수소생산플랜트의 해외진출 기반을 마련

(다) 사업추진 시급성

□ 진정한 탈탄소사회 구현과 조기 구축을 위해서는 저가 수소를 대량으로 공급 가능한 기술이 필요하며, 해외 기술에 의존하고 있는 대형 수소추출 기술개발이 시급함

○ 국내 기업의 경우 소형 수소생산시스템에 대하여 상용화 및 기술 개발이 진행 중이나, 대형 수소생산시스템의 경우에는 해외에 전부 의존하고 있어 기술개발 및 실증까지의 역량이 부족함

□ 수소추출공정에서 배출되는 이산화탄소의 효율적인 포집/저장 그리고 활용기술 연계의 통합 비즈니스 모델을 제시하고 이에 대한 실증을 통해 타당성을 입증함으로써 민간자본의 투입을 가속화하고 탈탄소 수소사회 조기 구현 가능

○ 수소추출공정에서 배출되는 이산화탄소는 현재 기술적으로 포집/저장은 가능하나, 활용에 대한 명확한 비즈니스 모델이 제시되고 있지 않아 민간 자본의 투입이 부진한 상태임

○ 이산화탄소의 활용에 대한 명확한 비즈니스 모델 제시와 해외 산유국(LPG 수출국)과 연계 제시를 통한 LPG 수입에 대한 경쟁력 강화와 이산화탄소 활용에 대한 비전을 제시

○ 수소기술개발 로드맵에서 제시한 국내 수소 공급 계획 일정을 고려할 시, 대형 화석연료 개질 플랜트에 대한 핵심기술 개발 및 실증이 시급함

(라) 정부정책과의 부합성

□ **수소경제 활성화 로드맵 (2019) 중 “수소경제 활성화 로드맵 비전 및 목표” 반영**

○ 초기 수소경제 이행 : 거점형 중·대규모 수소생산기지 건설, 고효율 추출 기술 확보, 수소추출기 국산화, 대규모 수소 추출기술 확보, 효율 75%이상 달성 등이 반영됨

○ 안정적·보편적 공급 시스템 확

- 2040년까지 전체 수소 생산량의 30% (158만 톤/년)를 추출수소로 공급하고자 하는 계획 반영

□ **과학기술계장관회의에서 발표한 수소 기술개발 로드맵(안) (2019) 중 “수소 생산 핵심기술 개발 전략” 반영**

○ 저가 수소 생산 : 화석연료 수소추출 기술 개발을 통하여 저가의 대량 수소 생산 기술 확보

○ 친환경 Blue hydrogen 생산 : LPG 수소추출공정에 CO2 회수공정을 결합한 탈탄소 수소 생산 기술 개발

(3) 동향분석

(가) 시장동향

□ **중국에서는 중국제조 2025 및 수소 이니셔티브를 선언하여 수소 제조 기술을 확보하고 있음**

○ 신재생에너지 및 원자력이용, 메탄수소추출 등을 통한 수소제조기술을 중점적으로 개발하고 있음

□ **한국 정부에서는 수소 수요량에 맞추어 2040년까지 연간 526만 톤의 친환경 수소를 화석연료 수준의 가격으로 공급하고자 하며, 이를 위하여 화석연료 기반 수소추출을 통한 추출수소를 생산하고자 함**

○ 국내의 주요 수소 공급원은 석유화학 공정에서 발생하는 부생 수소이나, 이는 대부분 공정에서 자체소비를 하므로 부생수소의 생산량 확대에는 한계가 있음

○ 수소 생산량 확대를 위하여 상용화가 완료된 천연가스 수소추출 기술 개발을 통하여 2025년까지 저가 수소 대량 생산 기술을 확보할 예정

○ 천연가스·석유가스 수소추출공정에서 발생하는 CO2를 포집/저장 및 활용(수출)하는 방안을 필수적으로 강구해야 기후온난화 효과가 없는 탈탄소 수소로 인정이 가능

○ 단기적으로 2030년까지는 전체 수소 생산량의 50 % (97만 톤/년)를 추출 수소로 공급할 예정이며, 장기적으로 2040년까지는 전체 수소 생산량의 30 % (158만 톤/년)를 추출 수소로 공급할 예정

□ **수소경제의 성장에 따라 수소 시장이 확대되고 있는 추세임에도 불구하고 국내 기업의 경쟁력 부족으로 수소 생산 분야에 대한 진출이 미진**

○ 수소를 생산에는 화석연료 수소추출, 바이오매스, 폐자원, 수전해 공법 등 다양한 방법이 이용되고 있으나, 현재 생산비용과 기술 수준을 고려할 때 화석연료 개질을 통한 추출 수소 생산이 가장 경제적인 것으로 나타남

○ 온실가스 배출 저감이 이슈가 됨에 따라 장기적으로는 신재생에너지 및 수전해 공법을 통하여 수소가 생산될 것이나, 수소 시장의 규모가 확대됨에 따라 안정적으로 수소를 공급하기 위해서는 화석연료 기반 수소추출을 통한 추출 수소 공급이 뒷받침되어야 하며, 이에 따라 추출 수소 시장확대가 전망

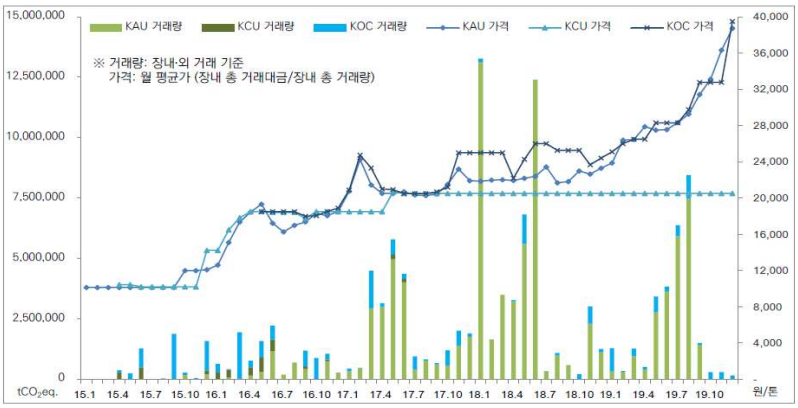
- 한국에서는 대량의 수소생산·공급을 위하여 수소생산기지를 구축할 계획이며, 수소 개질기를 이용하여 수소를 생산하는 거점형·분산형 수소생산기지를 총 18개를 설치할 예정

- 일본에서는 2025년까지 일본에 1000 대의 수소스테이션을 운영할 계획이며, 이 중 100개소 이상을 LPG 수소추출공정을 이용하는 수소스테이션을 건설할 예정

□ **온실가스 저감 확대와 더불어 탄소 배출권 시장 성장 가능성**

○ 국내 탄소배출권 가격은 2015년 4월에 8640원/ton-CO2로 시작하였으나, 2020년 1월 기준 38,200원/ton-CO2까지 상승하였으며, 시장 참여자들이 배출권을 비축하고 판매하지 않는 상황이 반복되어 탄소배출권의 품귀현상이 발생함

○ 2021년부터 3차 배출권 거래제 기본계획이 시행되어 탄소배출권의 유상할당 비율이 종전 3 %에서 10 %로 확대될 경우, 탄소배출권 가격은 향후 더욱 상승할 것으로 예측됨



[그림 205] 국내 탄소배출권 가격 동향



[그림 206] 2020년 1월 기준 국제 탄소배출권 가격 비교

(나) 기술동향

□ **유럽 및 일본을 중심으로 중·소형 수소추출공정 시스템에 대한 상용화 및 대형 플랜트 실증이 진행되고 있음**

○ 유럽과 일본에서는 천연가스 수소추출공정을 이미 상용화하였으며, 전세계 수소수요량의 76%를 천연가스 수소추출시스템을 통하여 공급하고 있음

○ 유럽·일본에서는 대형 가스화 플랜트 실증이 진행 중에 있음

○ 일본에서는 30 - 1000 Nm3 등 다양한 규모의 소·중대형 LPG 수소추출공정이 상용화 되었지만, 국내에서는 30Nm3 급의 소형 LPG 수소추출공정에 대하여 개발이 완료되었음

□ **화석연료기반 수소추출공정은 에너지 소모가 많으므로 고효율 수소추출공정에 대한 개발이 진행되고 있음**

○ 전통적인 수소추출공정은 800 ~ 1000 ℃에서 작동하므로 고온의 열을 제공하기 위하여 에너지가 많이 들어가며, 이를 개선하기 위하여 작동온도를 400 ~ 500 ℃로 낮추어 효율을 개선하는 개발이 진행되고 있음

○ 저온에서도 개질 효율을 높일 수 있는 백금, 류비듐, 료듐 등의 귀금속 촉매에 대한 개발이 진행 중에 있음

□ **국내 SK Gas는 '09년 30 Nm3/h 급 LPG 수소추출시스템 개발 및 상용화를 완료하였음**

○ 국내 설치된 수소충전소 중 상암 충전소에서는 매립가스 수소추출기를 이용하고 있음

(다) 국내 기업의 역량

□ **국내의 경우 LPG추출 수소생산을 위한 기반은 보유하고 있으며, 소형 수소추출시스템에 대하여 국산화를 추진 중이나, 아직 대형 시스템에 대한 개발 역량은 부족한 상황임**

○ LPG 추출 수소 및 LPG/liquid CO2 복합 저장/운송 연관 기술력 확보

- LNG 개질 기술, LPG/LNG선박 기술 및 CO2 액화/저장 기술력 확보

- 세계적 수준의 ICT, IoT 역량 보유

○ LPG 산업의 관련 인프라 활용

- LNG 운반선, 수입기지, 충전소 등의 기존 인프라를 활용한 단기간 수소 생산 및 공급 가능

○ LNG 대비 가격경쟁력 있는 Blue Hydrogen 생산 가능

- LPG를 통한 수소추출공정은 LNG 수소추출공정대비 스팀 요구량이 3배정도 더 필요하고, 이산화탄소 배출량과 수소생산량이 2.5배정도 증가하나, 유효열량기준 가격은 약 23% 정도 증가하기 때문에 LNG 수소추출공정의 수소원가대비 10% 이상 저렴한 수소 생산 가능

  • IEA의 CCUS연계 LNG 수소추출비용 $ 2.4/kg-H2의 CAPEX/OPEX/Fuel cost 비중을 바탕으로 LPG 수소추출비용의 CAPEX/OPEX 증가비율 반응과 유효열량기준 가격 상승률 반영

- LNG 추출 수소 생산 및 CO2-EOR 활용의 시너지 효과로 인한 가격경쟁력 확보

- 수소 생산 과정에서 발생되는 CO2를 LPG 수출국의 EOR 작동유체로 활용 가능

(라) SWOT분석

강점	약점
▪ 천연가스 추출 공정에 비해 상대적으로 많은 수소 생산이 가능 ▪ 이산화탄소의 끓는점(-56.55℃)은 LPG 이송 선박의 화물창 조건(-42.07℃)과 유사 ▪ 회수 이산화탄소는 CO2-EOR 활용 가능 ▪ LNG 개질 기술 및 LPG선박 기술력 확보	▪ 탄소 함유량이 상대적으로 높아 이산화탄소 배출량이 많음 ▪ 대형 수소생산 기술개발 및 실증 관련 국내기업의 역량 및 경쟁력 부족 ▪ 고온을 유지하기 위한 다량의 에너지 소모
기회	**위협**
▪ 수소경제 성장 및 추출 수소 시장 확대 전망 ▪ 2040년 연간 158만 톤 추출수소 국내 공급 ▪ 세계 EOR 시장 확대 전망 ▪ 세계적으로 대형 LPG선의 대량 발주 예상 ▪ 대량의 Blue Hydrogen 생산설비 요구 ▪ 이산화탄소 저장/활용 모델 요구	▪ 천연가스 추출 수소 생산량 증가로 인한 가격 경쟁력 악화 ▪ 유럽 및 일본을 중심으로 한 중·소형 LPG 추출시스템에 대한 상용화 진행

(4) 진출대상 국가

□ LPG 생산지, 인수기지 등에 수소생산 플랜트 프로젝트 제안 가능

○ LPG 수출국

- 미국, 이란, 사우디아라비아, 아랍에미리트, 카타르 등

○ LPG 수입국

- 동남아시아권 국가

(5) 목표 및 단계별 목표

□ (1단계) 고속도로 수소 충전소용 300 Nm3-H2/hr급 on-site LPG 수소추출, CO2 액화 및 LPG/CO2 복합 트레일러 운반 기술 개발

○ 국내 최초 300 Nm3-H2/hr급 LPG 수소추출시스템 개발과 동시에 열효율 75% 이상, 수소회수율 80% 이상의 고농도 수소 생산 시스템 개발

○ 공정 신뢰도 확보를 위한 누적 2,700 시간 Track Record 확보 및 가용도 향상 방안 도출

○ 수소추출가스로부터 이산화탄소 순도 95% 이상의 이산화탄소 포집을 구현함과 동시에 LPG 냉열을 통해 이산화탄소 액화 냉열 활용을 통한 고집적도 열교환기 및 냉동 사이클 개발

○ LPG-Liquid CO2 복합 저장/운송이 가능한 20톤급 화물창 설계 및 실증을 통해 고안정성/내구성과 sloshing 저감 격자구조 설계를 통해 단일 화물창에 2종 물질 저장에 따른 안정성 확보 및 테스트

○ 기존 선박의 화물창 개조기술과 함께 신조 선박(LPG-Liquid CO2 복합 저장/운송)에 대한 기본/개념 설계를 수행하여 개념 기술에 대한 타당성 입증과 사업화 초기 자료 활용 예정

□ **(2단계) 고속도로 수소 충전소용 3,000 Nm3-H2/hr 메가스테이션급 off-site 탄소프리 LPG 수소추출 시스템 scale-up 및 CO2 활용 기술 개발**

○ 경제성과 환경성을 확보할 수 있는 비즈니스 모델을 제시함과 동시에 수소원가 및 LPG 수입 원가에 대한 경제성 분석과 사업성 분석을 수행하여 민간자본 유치를 위한 기초자료 제공예정

□ **(3단계) LPG 인수기지용 150,000 Nm3-H2/hr급 탄소프리 LPG 수소추출 시스템 scale-up및 LPG/CO2 복합 저장/운송 선박 화물창 실증**

<표 87> 단계별 추진방안 및 개발목표

단계	사업 기간	추진 방안	수소생산량	액화 이산화탄소 화물창 용량	개발 프로세스
1단계	'22~'25 (4년)	정부 주도	300Nm3/h (LPG 충전소급)	200m3	LPG개질 → CO2 액화 → 복합 트레일러 운반 → 소형 복합 화물창 저장
2단계	'26~'30 (5년)	정부 주도	3,000Nm3/h (메가스테이션급)	2,000m3	LPG개질 → CO2 액화 → 복합 트레일러 운반 → 중형 복합 화물창 저장 → CO2 활용
3단계	'31~	민간 주도	150,000Nm3/h (LPG 인수기지급)	100,000m3 (20,000m3 × 5기)	LPG개질 → CO2 액화 → 대형 복합 화물창 저장·운송 → 하역·운반 → CO2 활용

(6) 기술개발 내용

□ **1단계**

○ LPG 수소추출공정 연계 수소정제 및 이산화탄소 포집 기술 개발

- 300 Nm3-H2/hr급 LPG 수소추출시스템(40 Nm3/hr LPG 공급 기준) 실증 및 최적 운전기술 개발

- 300 Nm3-H2/hr급 LPG 수소추출시스템 연계 수소정제 및 고농도 이산화탄소 포집/저장 기술개발

- LPG 수소추출용 고활성도 촉매 국산화 기술 개발

○ LPG 냉열을 활용한 CO2 액화 기술

- LPG 냉열이용 CO2 예냉 및 액화 기술 개발

- 고집적도 LPG 냉열-CO2 열교환기 국산화 기술 개발

○ LPG-Liquid CO2 복합 트레일러 저장 탱크 실증 및 안전성 평가 기술개발

- LPG-Liquid CO2 복합 트레일러 저장 탱크 설계 기술 개발

- 20톤급 LPG-Liquid CO2 복합 트레일러 저장 탱크 실증 및 안전성 평가 기술 개발

○ LNG/LPG-Liquid CO2 복합 저장/운송 설계 기술 개발

- 기존 LNG/LPG 운송선박 화물창 개조 기술 개발

- LNG/LPG-Liquid CO2 복합 저장/운송 선박 개념/기본 설계 기술 개발

- LNG/LPG-Liquid CO2 복합 저장/운송 화물창 개념/기본설계 기술개발

○ 메가스테이션급 LPG 수소추출 시스템 최적 방안 도출

- 3,000 Nm3-H2/hr 메가스테이션급 off-site 탄소프리 LPG 수소추출 시스템 scale-up 설계 및 경제성 분석

□ **2단계**

○ 3,000 Nm3-H2/hr급 LPG 수소추출시스템(400 Nm3/hr LPG 공급 기준) 실증 및 최적 운전기술 개발

○ LPG 냉열을 활용한 1,500 Nm3/hr급 CO2 액화 기술 개발

○ 2,000m3급 LPG-Liquid CO2 복합 트레일러 저장 탱크 실증 및 안전성 평가 기술개발

○ LNG/LPG-Liquid CO2 복합 저장/운송 설계 기술 개발

- LNG/LPG-Liquid CO2 복합 저장/운송 선박 상세 설계 기술 개발

- LNG/LPG-Liquid CO2 복합 저장/운송 화물창 상세 설계 기술개발

○ LPG 인구기지용 LPG 수소추출 시스템 최적 방안 도출

- 150,000 Nm3-H2/hr급 탄소프리 LPG 수소추출 시스템 scale-up 설계 및 경제성 분석

- 경제성/환경성, value chain 분석을 통한 비즈니스 모델 개발

□ **3단계**

○ LPG 인수기지용 150,000 Nm3-H2/hr급 LPG 수소추출시스템(20,000 Nm3/hr LPG 공급 기준) 실증 및 최적 운전기술 개발

○ LPG 냉열을 활용한 72,500 Nm3/hr급 CO2 액화 기술 개발

○ 100,000m3 (20,000m3 × 5기)급 LPG-Liquid CO2 복합 선박 화물창 실증

○ 대용량 LPG 터미널 설계 및 Liquid CO2 벙커링 기술 개발

(7) 선행 연구개발 사업 및 성과연계 방안

□ **산업부 자원기술개발사업**

○ 수소스테이션 국산화 기술개발 (2004.09. ~ 2009.08.)

- 30 Nm3급 소형 LPG 수소추출공정의 반응기 설계, 반응촉매에 대한 원천기술 확보 및 실증

□ **산업부 민군기술협력개발사업**

○ 도너&에셉터 방식 트레일러형 수소충전 시스템 개발 (2016.11. ~ 2019.11.22.)

- 150 Nm3급 LPG 및 LNG 수소추출시스템 개발

- 민수용 활용을 위한 150 Nm3, 700 MPa급 수소 압축기 국산화

□ **교육부 지역혁신창의인력양성사업**

○ 수소생산용 탄화수소 리포머 및 리포밍 촉매 개발 인력 양성 (2015.07. ~ 2018.04.)

- 500 ~ 800℃, 수소 전환율 90% 이상, 수소 선택률 70% 이상의 구동 조건을 만족하는 촉매 및 1Nm3/h 급 LPG 수소추출공정 설계

□ **과학부 연구운영비지원사업**

○ 클린에너지 산업 생태계창출을 위한 수소 밸류체인 핵심기술 개발 (2019.01. ~2019.12)

- LNG・LPG 수소추출공정에 필요한 저온, 저가형 촉매 기술 및 제조 기술 개발

□ **산업부 에너지수요관리핵심기술개발사업**

○ 10 MW급 연소후 건식 CO2 포집기술 고도화 및 50/일 압축・액화 기술 개발 (2018.10. ~ 2021.09.)

- 10MW급 건식 CO2 포집플랜트 압축액화설비 공정 최적화 및 흡수제 성능 최적화를 통한 플랜트 통합 운영기술 확립

○ 이산화탄소포집과 수소생산 동시공정을 위한 수소분리/이산화탄소 흡수 하이브리드 공정개발 (2018.05 ~ 2021.04.)

- 2 Nm3/h급 수소분리막/이산화탄소 흡수제 하이브리드 시스템 제작 및 전산유체역학을 이용한 반응기 내 유동 해석

- 분리막・흡수제 고효율 하이브리드 공정에 대한 전체 시스템 설계, 공정설계도 구성 및 공정모사 프로그램을 이용한 해석

□ **산업통상자원부 신재생에너지핵심기술개발사업**

○ 수소충전소용 대용량 수소제조장치 개발 (2017.12. ~ 2020.02.)

- 500kg/day 급 수소추출공정 현장 설치 및 실증운영 진행중

- 500kg/day 급 수소추출시스템에 필요한 수소정제공정 (PSA) 개발, 최적화 및 실증운영 진행중

□ **교육부 기본연구지원사업**

○ 고온 CO2 화학흡착제 개발 및 이의 응용 (2009.05 ~ 2012.04.)

- 고온 CO2 흡착제 개발 및 수소추출공정과 CO2 흡착을 결합한 통합 공정 개발

□ **지식경제부 일반사업**

○ 고순도 수소분리 및 저장 핵심원천 기술개발 (2006.01. ~ 2008.12.)

- 고심도 탈황 흡착제 및 45 wt% 이상의 고효율・고온 CO2 흡수제 개발

- 개발된 탈황 흡착제 및 CO2 흡착제 기반의 LNG・LPG 수소추출공정 개발

□ **지식경제부 부품소재기술개발사업**

○ CCS 상용화를 위한 해상 이산화탄소 플랜트용의 20 bar 이상 액화 이산화탄소 loading/unloading 기술 개발 (2011.09 ~ 2013.08.)

- 대형 액화 CO2 저장탱크 설계 및 설계 검증 시험을 통한 국제인증 획득

- Loading/unloading 시스템 시제품 제작 및 실험·검증 시험을 통한 국제인증 획득

□ **지식경제부 그린카등수송시스템산업원천기술개발사업**

○ CO2 운송선 화물탱크/Gas Dome 설계/생산 및 하역시스템 개발 (2010.12. ~ 2012.03.)

- 액화 CO2 화물탱크 기본 설계 및 선적·하역 시 화물탱크 운영방법 최적안 선정

- 액화 CO2 loading/unloading 시스템, 증발 가스 handling 시스템 상세 설계 및 선급(AIP) 인증

(8) 최종성과물

□ **1단계**

○ (공법) 300 N㎥/hr급 LPG 충전소 소규모 수소추출시스템 설계 기술

○ (공법) LPG 냉열이용 소규모 Liquid CO2 저장 및 벙커링 기술

○ (공법) LPG-Liquid CO2 복합 저장 탱크 설계 기술

○ (공법) 기존 LPG 운송선박 화물창 개조 기술

○ (장비) 300 Nm3/hr급 LPG 수소추출시스템 및 수소 정제 플랜트

○ (장비) LPG 냉열이용 소규모 CO2 예냉 및 액화 플랜트

○ (장비) 10톤급 LPG-Liquid CO2 복합 저장 탱크

○ (장비) 200㎥급 LPG-Liquid CO2 복합 저장 화물창

□ **2단계**

○ (공법) 3,000 N㎥/hr급 메가스테이션 중규모 수소추출시스템 설계 기술

○ (공법) LPG 냉열이용 중규모 Liquid CO2 저장 및 벙커링 기술

○ (공법) LPG-Liquid CO2 복합 저장/운송 선박 개념/기본 설계 기술

○ (공법) LPG-Liquid CO2 복합 저장/운송 화물창 설계 기술

○ (장비) 3,000 Nm3/hr급 LPG 수소추출시스템 및 수소 정제 플랜트

○ (장비) LPG 냉열이용 중규모 CO2 예냉 및 액화 플랜트

○ (장비) 20톤급 LPG-Liquid CO2 복합 저장 탱크

○ (장비) 2,000㎥급 LPG-Liquid CO2 복합 저장 화물창

□ **3단계**

○ (공법) 150,000 N㎥/hr급 LPG 인수기지용 대규모 수소추출시스템 설계 기술

○ (공법) LPG 냉열이용 대규모 Liquid CO2 저장 및 벙커링 기술

○ (공법) LPG-Liquid CO2 복합 저장/운송 화물창 설계 기술개발

○ (장비) 150,000 Nm3/hr급 LPG 수소추출시스템 및 수소 정제 플랜트

○ (장비) LPG 냉열이용 대규모 CO2 예냉 및 액화 플랜트

○ (장비) 100,000㎥급(2,000㎥급×5기)) LPG-Liquid CO2 복합 저장 화물창

(9) 해외진출 전략

□ **사업추진체계는 LPG 수입기지 운영사, LPG 운반선 제작사, 대형 EPC, 중소 엔지니어링 기업, 기자재업체, 투자사가 함께 컨소시엄으로 진출하는 추진체계를 고려함**

○ LPG 수입기지 운영사는 기존 LPG 시장 점유율을 기반으로 추출 수소 시장 진출 측면에서 참여 가능

○ LPG 운반선 제작사는 기존 운반선 제작실적을 기반으로 LPG/liquid CO2 복합 운송 시장 진출 측면에서 참여 가능

○ 대형 EPC는 플랜트 건설실적을 기반으로 수소 추출, 수소 정제, CO2 액화 플랜트 시장 진출 가능

○ 중소 엔지니어링 기업은 FEED를 수행하고, 기자제업체는 관련 기자제 개발을 통해 향후 LPG 추출 수소 시장진출 가능

□ **해외 LPG 수출국에 저렴한 이산화탄소 공급에 따른 경제적인 LPG 확보**

○ 회항하는 LPG 운송선박을 이용한 저렴한 EOR용 이산화탄소 공급에 따른 원유 생산량 극대화를 도모하고 탄소배출권 거래를 통한 저렴한 LPG 확보 가능

□ **이산화탄소 활용기술 연계의 통합 비즈니스 모델 제시로 민간자본의 투입 가속화**

○ 해외 LPG 수출국과 CO2-EOR 연계 제시를 통한 LPG 수입에 대한 경쟁력 강화

○ 해외 LPG 수출국과의 국가간 사업화 협약을 통한 대규모 민간자본유치 유도

○ 정부 지원을 통한 중소/중견, 대기업의 해외진출과 사업화 유도

(10) 사업추진 위험요인과 대응방안

□ **LPG 수소 추출 시 LPG 1몰당 이산화탄소 3몰이 생성되어 생성 이산화탄소의 30% 수준만 선박을 통해 LPG 생산국으로 회항이 가능하기 때문에 이에 대한 대응이 필요**

○ 기존 LPG 수요량을 고려하여 선박 운송용량의 100%로 LPG를 수입한 후 수입량의 30%만 수소추출용으로 사용하고 나머지 70%는 기존 LPG 수요물량으로 사용

- ‘19년 1 ~ 3분기 LPG 총수요는 752만6,000톤이며, 이 중 수송용은 총수요량의 약 30%인 227만4,000톤을 차지함

- LPG 227만4,000톤은 수소 64만8,000톤을 생산할 수 있는 양으로 ’ 30년 추출수소 수요량 97만톤의 약 66.8%에 해당

  • H2/LPG≒0.285(ton-H2/ton-LPG)

□ **LPG 추출 시 발생한 이산화탄소의 CO2-EOR 사용처 확보 필요**

○ LPG 추출에 의한 수소 65만8,000톤/년 생산 시 이산화탄소 540만톤/년이 발생하며, 이는 사우디아라비아 CO2-EOR 공법에 필요한 이산화탄소 38,354만톤/년의 1.4%에 해당함

- CO2/H2≒8.33(ton-CO2/ton-H2)

- CO2 net emissions reduction≒0.19(ton-CO2/EOR barrel)

- 사우디아라비아 원유생산량≒1,229만배럴/일

- CO2-EOR 공법에 의한 원유생산 비중≒45%

○ 또한 신재생에너지와 연계한 P2G를 통한 이산화탄소 메탄화에 이용 가능

- 사우디는 최근 신재생에너지 발전 프로젝트를 다수 추진중이며, ‘17년 2월 700 MW 규모의 태양광(300 MW, Sakaka 지역) 및 풍력(400 MW, Midyan 지역) 발전 경매입찰 시작

<표 88> 사우디 주요 신재생에너지 발전 프로젝트

프로젝트명	에너지원	용량(MW)	현재상태
KAUST Solar Park	태양광	2	운영중('10년 준공)
Saudi Aramco Solar Car Park	태양광	10	운영중('11년 준공)
KAPSARC Solar Park	태양광	3.5	운영중('12년 준공)
Al-Jouf&Rafha Solar Park	태양광	100	경매중
Turaif Wind	풍력	2.75	운영중('17년 준공)
Duba 1 ISCC	ISCC(태양열발전)	43	건설중
Waad Al Shamal ISCC	ISCC(태양열발전)	50	건설중
Taiba ISCC	ISCC(태양열발전)	180	경매중
Jizan IGCC	IGCC	2,400	건설중

□ **해외 LPG 수출국 선정 지연 가능성이 있으나, 사전에 해외 후보지 업체로부터 사업제안을 받은 상태임**

○ 사우디아라비아 아람코는 미래 글로벌 에너지믹스에서 수소 역할 확대 차원의 LPG 추출 수소 및 CO2-EOR 연계 사업을 국내 제시

□ **정부 내 타 부처와 업무 중복성 이슈에 대한 논점 발생이 예상되며, 이에 대한 대응이 필요**

○ 플랜트 분야 기술개발은 산업통상자원부에서 수행하고 있지만 대형 상용급 설비 개발투자는 현실적으로 어렵고 플랜트 해외수출은 국토교통부 주관업무이므로 이 부분을 중점 추진하는 기획으로 대응이 필요

□ **수소 생산 플랜트는 기술 난이도가 높아 민간 주도의 기술개발 추진이 어렵고 정부도 민간에서 충분히 자체 소화가능한 분야로 인식되는 중간 gray 지역에 위치**

○ 저렴한 수소 공급 및 이산화탄소 포집/저장/활용의 기술실현을 통한 탈산소 수소사회 조기 구현을 위한 정부지원의 타당성을 강화 제시

□ **LNG 추출 수소 플랜트 기술/시장에 대한 해외 기술선진사의 독과점 체제 시장**

○ LPG 추출 수소 국내 실증플랜트 건설 운영을 통해 사업수행 실적을 확보함으로써 본격적 시장에 대응

○ LPG 수소 추출과 CO2-EOR 연계를 통해 LPG 수출국가와의 연계 해외사업 참여기회 가능

□ **중국의 플랜트 분야 경쟁력 급부상**

○ 중국과 차별화(ICT 기술, 모듈화 적용 등)된 플랜트 세부기술 경쟁력 제고 방안 분석과 추진

○ 플랜트 분야 소재, 부품, 설비, 건설 운영의 체계적 supply chain 구현

(11) 예상되는 참여기업 List

□ **SK 가스, E1, 대우조선해양, 한국조선해양, 삼성중공업, 한국중부발전, 태경화학, 아람코(사우디) 등**

○ SK Gas는 울산과 평택 두 곳에 총 47만 톤의 대규모 LPG 저장기지를 보유

○ E1은 여수, 인천, 대산 세 곳에 총 46.7만 톤의 대규모 LPG 저장기지를 보유

(12) 사업기간 및 소요예산

□ **(1단계) ’ 22～’ 25년간 300억원(정부주도)**

□ **(2단계) ’ 26～’ 30년간 500억원(정부주도)**

□ **(3단계) ’ 31년 이후, 3,000억원(민간주도, 정부 300억원)**

(13) 기대효과

(가) 정책적 기대효과

□ **LPG-H2 융복합 충전소 확대 보급 가능에 따른 주민 수용성 확대 가능**

○ 전국 LPG 충전소는 약 2,000개가 운용중이며 이러한 충전소를 활용하여 LPG on-site 수소 추출 시스템으로 확장할 경우 정부 계획 중인 수소충전소의 신규 건설 없이 충족 가능

○ 기존 LPG 충전소는 주민 수용성 문제를 해결한 상황이고 이를 수소융복합충전소로 확대할 경우 신규 건설에 의한 주민 수용성 문제를 해결함과 동시에 기존 충전소 확장으로 경제성 확보 가능

○ 수소 충전소 확대 보급에 따른 수소차 보급 확대는 수소에너지에 대한 주민 수용성 확대에 기여 가능

○ 대부분 LPG는 트레일러를 통해 공급되고, 이 또한 비등점이 유사한 이산화탄소를 저장/운송이 가능하기 때문에 소형 이산화탄소 저장/액화 시스템 적용에 따라 인수터미널로 이송이 가능

□ **수소경제 및 탈탄소 수소사회 조기 구현 가능**

○ 대용량 저가 수소생산 및 이산화탄소 포집/저장/활용으로 수소경제 및 탈탄소 수소사회 조기 구현이 가능

□ **조선 산업의 새로운 비즈니스 모델 제시를 통한 지역경제 활성화 가능**

○ LPG-Liquid CO2 복합 저장/운송선박을 통한 글로벌 오일회사의 비즈니스 모델 확장에 따른 신조 선박의 발주가 증가할 것으로 예상되며 이에 따른 조선산업기반 지역의 경제 활성화 도모

(나) 기술적 기대효과

□ **100,000 Nm3/hr급 LPG 터미널 및 수소추출시스템 설계 기술 독자개발을 통한 수소경제 자립화 실현**

○ 대용량 LPG 터미널 설계 기술 개발에 따른 가스플랜트 독자 기술 확보와 대용량 LPG기반 수소추출시스템 독자 개발을 통한 수소경제실현 및 해외 시장 진출

○ 100,000 Nm3-H2/hr 급 LPG 수소 추출기는 연간 78 톤의 추출 수소를 생산할 수 있음

○ 이는 2030년 추출 수소 공급량 (97만 톤/년)의 81 %, 2040 년 추출 수소 공급량 (158만 톤/년)의 50%에 해당하는 규모임

□ **액화수소선박을 비롯한 LPG-Liquid CO2 복합 저장/운송 선박 개발을 통한 조선/해양분야 수소 산업 선점**

○ 액화수소선박을 비롯한 LPG-Liquid CO2 복합/저장 운송 선박 개발을 통해 조선/해양분야 수소 산업의 선점과 기존 LPG 선박 개조기술개발을 통한 중/소 조선소 활성화 가능

(다) 경제적 기대효과

□ **중동 지역에서의 국가 인지도를 기반으로 부생가스 개질을 통한 수소생산 시장의 5%를 점유하여 '30년 기준 63.8억 달러 수주 전망**

□ **저가 탈탄소 수소 생산을 통한 수소경제 활성화 도모 및 민간자본 유치 확대 가능**

○ 저가 탈탄소 수소 생산 및 이산화탄소 포집/저장/활용 비즈니스 모델 및 기술구현을 통해 수소경제 활성화를 도모하고 이에 따른 민간자본의 유입 확대에 기여 가능

□ **해외산유국(LPG 수출국)에 저렴한 이산화탄소를 공급함에 따른 경제적인 LPG 확보 가능**

○ LPG를 통한 수소추출시스템은 1kg의 수소생산 시 6.6kg의 이산화탄소를 배출하고 탄소 배출권 거래를 적용할 경우 약 8% 이상의 수소 원가 절감이 가능함

○ 해외산유국(LPG 수출국)에 저렴한 이산화탄소를 공급함에 따른 원유 생산량 극대화를 도모하고 탄소배출권 거래를 통한 저렴한 LPG 확보 가능

○ 저렴한 LPG 확보에 따른 저가 수소 생산 및 LPG 기반 산업/상업/주택의 경제적 부담 감소

(14) 제도 및 지원정책 활용방안

□ **국토교통부의 해외건설시장 개척지원사업을 활용하여 신시장 개척 및 신규 프로젝트 발굴 추진**

○ 해외건설협회에 해외 유망프로젝트에 대한 사업모델 검토 및 타당성 조사, 현지수주 교섭, 발주처 초청 비용 지원 신청

□ **국토교통부의 글로벌 인프라 펀드를 활용하여 금융조달 추진**

○ 한국해외인프라도시개발공사(KIND)의 글로벌 인프라 펀드를 기반으로 발굴사업 참여 및 차입금 조달 추진

□ **한국수출입은행의 해외건설・플랜트 금융서비스를 활용하여 금융권으로부터 대출 시 보증지원**

○ 한국수출입은행이 대주가 되어 상업은행이나 타 ECA, MDB에게 보증을 제공, SPC에 대출 및 지분을 투자하여 사업주에게 대출/사업자문/금융자문 수행

자. 상용급 수력/양수 발전플랜트

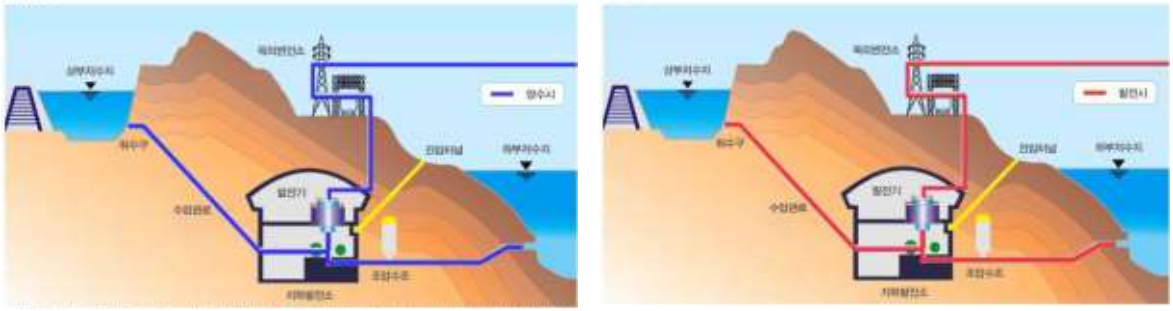
(1) 개념

□ **수력발전 플랜트 설계, 제작, 설치, 운영 기술을 개발함**

○ (1단계) 노후 수력발전 플랜트 설비 및 플랜트 가동을 위한 수력발전 플랜트 설계, 제작, 설치, 운영 기술 개발

○ (2단계) 양수발전시스템 설계 및 제작기술 개발

- 양수발전은 전력수요가 적은 심야의 저렴한 전력을 이용하여 하부댐의 물을 상부댐에 저장하였다가 전력수요가 증가할 때 상부댐의 물을 하부댐으로 낙하시켜 전력을 생산하는 방식



a) 양수운전 b) 발전운전

[그림 207] 양수발전 운전방식

- 양수발전을 대체할 수 있는 에너지 저장기술로는 축전지, 연료전지와 연계한 수소저장체 및 압력공기 저장시스템 등이 있음

  • 하지만 이들 기술 가운데 어떤 것도 아래 표와 같이 대형 기술설비 및 경제성에 있어서 양수 발전시설과 비교 가능한 기술단계에 도달한 기술은 없음

<표 89> 주요 에너지 저장기술 비교

항 목	양수발전	공기압축	NaS배터리	납축전지	리튬이온	플라이휠
가격 ($/kWh)	100~350	10~100	350~400	200~300	1,000~1,200	3,000~5,000
수명(년)	20~30	20~30	15	3~5	10	20
충방전횟수	5,000~10,000	5,000~10,000	4,500	100~800	1,000~1,500	>100,000
전력변환효율	78~85%	70~85%	78%	90%	96%	85%

* 자료 : New Energy Finance

- 양수 발전은 전력공급을 신속하게 할 수 있으며 탄력적으로 조절할 수 있기 때문에 믿을만한 보조 에너지 시스템으로 사용되어 왔음

  - 에너지 시스템에서 전력 공급 및 소비를 오가며 전력을 유지하고, 전력 시스템의 장애를 피하기 위해서는 대기전력이 항상 일정한 수준으로 유지되어야 함

  - 양수 발전시설은 타 발전에 비해 가동시간이 짧고 급격한 부하 변동에 신속히 대응할 수 있는 예비전력으로써 매우 탄력적인 대기전력을 유지할 수 있어 보조에너지 및 에너지 준비에 가장 유연한 저장기술로 평가됨



[그림 208] 양수발전 전력공급 체계

(2) 추진배경 및 필요성

(가) 추진배경

□ **전 세계적으로 온실가스 감축, 에너지 안보 등을 위한 신재생에너지 수요가 증가함에 따라 수력발전 시장도 확대될 것으로 전망**

○ 2017년 신재생에너지 누적 설비용량은 2,195GW이며 그 중 수력이 약 50%인 1,114GW로 큰 비중을 차지하는 주요 발전원임

○ 2017년 신재생에너지 신규 투자는 2,798억 달러로 전년(2,740억 달러) 대비 2% 성장하였고 신규 발전설비용량은 가격 하락에 힘입어 2016년 대비 9% 증가한 178GW로 역대 최대치 기록

○ 세계의 1차 에너지 공급량(TPES)은 13,761Mtoe로 그중 화석연료가 81%, 재생에너지가 13.7%를 차지하고 재생에너지를 원별로 보면 바이오와 폐기물이 69.5%로 가장 높고, 수력, 풍력, 태양에너지, 조력, 지역 순으로 나타났음

□ **아시아, 중남미, 아프리카 지역 등 신흥국 및 개도국을 중심으로 현지 자원(물)을 활용하여 대용량 전기를 생산하고자 하는 수요가 높음**

○ 남미 등 개도국 중심으로 2017년까지 연간 200GW의 수력발전 설비가 증설되었으며, 신규설치 용량은 2035년까지 722GW로 석탄, 풍력 다음으로 크게 증가할 전망

□ **국내 수력설비 노후화에 따른 수력현대화 기술 개발 필요**

○ 수력설비 노후화에 의해 약 6~7% 내외의 효율저하가 발생되어지며, 노후설비를 현대화할 시 약 10%의 효율 상승을 통하여 재생에너지 생산량 증대

○ 국내 중·대형 수력발전소는 전량 외국 기자재를 사용하여 왔으며, 노후수력발전소 현대화 시 대부분 일본 기자재를 사용하여 왔음

○ 국내 원천기술 부재에 따른 국부유출 및 기술 종속화가 심화되고 있음

(나) 정부지원 필요성

□ **규모가 크고 난이도가 높은 기술로 민간의 투자리스크가 높아 정부 지원이 필요**

○ 수력 플랜트 건설은 2,531.9 USD/㎾가 필요한 대규모의 프로젝트로써 이중 토목건설 1,396.8 USD/㎾, 기전 설비 821 USD/㎾, 예비비 등 기타비용으로 구분되어 짐[437]

○ 정부의 주도적 지원으로 10MW, 50MW의 중소규모 수력플랜트 설계·제작 기술은 확보 중이나, 100MW 이상 대용량 수력 설비의 개발 사례는 없어 정부 지원을 통한 제조업체의 적극적인 노력 없이는 자발적 기술개발이 곤란한 실정

○ 국내 수력 분야 원천기술 확보를 위해서는 대규모 R&D 지원과 전문 인력 확충, T/B 지원 등이 수반되어야 하므로 국가 차원의 예산과 정책적 지원이 필수

□ **우리나라 플랜트산업의 지속 가능한 성장과 국가 경제적 공유·확산효과를 위해 신시장·공종으로 다변화 및 주력사업(Flagship)을 적기에 창출 필요**

○ 토목건설비용이 전체 사업비의 약 55%를 차지하고 있으므로, 수력 플랜트 건설사업의 해외진출 지원을 위해서는 토목건설기술 개발과 수차발전기 국산화가 시급함

□ **양수발전은 현재 세계적으로 약 300기 이상이 설치, 운용 중으로 총 발전용량은 117GW 이상으로, 주로 유럽, 미국 및 일본에 집중되어 있음**

○ 유럽과 일본, 중국은 양수 발전용량을 지속적으로 확대

437) Hydroelectric Power "A Guide for Developers and Investors" (International Finance Corproation), 2015

□ **2026년까지 해외 수력발전설비 신규 설치시장의 규모는 약 1조 달러(약 1천50조원)에 달하고, 수력발전설비 현대화 시장규모 또한 연간 75억 달러(약 8조원)를 초과할 것으로 전망**

○ 현재 수력/양수발전설비 시장은 프랑스 Alstom(알스톰), 오스트리아 Andritz(안드리츠), 독일 Voith Hydro(호이트 하이드로) 등이 해외시장을 대부분 점유

□ **해외 수력/양수발전산업의 성장세와 잠재력은 매우 높지만 우리나라는 발전용량 5MW 이상 중대형 수력발전설비를 43대를 보유하고 있음에도 국내 기술력 부족으로 100% 해외기술과 제품에 의존하고 있음**

○ 중대형 수력/양수 발전설비의 설계, 제작 원천기술이 전무해 일본 및 외국 기술에 의존하여 고장 및 사고 발생 시 복구비용과 시간이 증가, 국부 유출 심화

□ **수력/양수 발전설비의 국산화 필요성이 대두되고 있는 상황에서 해외 수력설비 시장은 소수의 공급자가 시장을 장악해 수요가 공급을 초과하고 있는 고부가가치를 지닌 블루오션으로 부상**

□ **해외 수력/양수발전산업의 성장세와 잠재력은 매우 높은 편으로 국내시장 점유율 확대 및 해외시장 진출을 위해서는 새로운 고부가가치형 원천기술력 확보가 시급한 상황**

□ **원천기술 확보로 지속가능한 기술경쟁력 확보 필요**

○ 국내·외 수력사업 진출에 따른 지속적인 경쟁력을 확보하기 위해서는 Order Made방식의 수차발전기 설계·제작 특성을 고려한 원천기술 확보 필요

○ 핵심기술에 속하는 대용량 양수발전 수차 설계기술은 아직 해외 선진업체의 기술에 여전히 의존, 경쟁력을 확보하기 위해 표준 설계 기반이 마련되어야 함

(다) 사업추진 시급성

□ **수력발전의 경우 50MW를 기준으로 적용하여 해외 진출도 활발히 추진하고 있으나, 비용 절감, 플랜트 설비 및 플랜트 가동을 위한 구조물 측면에서 기술개발이 시급함**

○ 우리 기업의 해외 진출에 가장 큰 걸림돌이 되는 가격경쟁력을 확보하기 위해서는 플랜트 설비 개발, 구축 및 운영 등의 측면에서 기술 및 경험을 확보할 필요가 있음

□ **설비 노후 가속화로 현대화 사업이 활발히 이루어져 국내 수력발전 시장 규모는 지속적으로 확대될 전망이나, 국내 수력설비에 대한 해외기술 의존도는 높은 실정**

○ 100MW 이상 대용량 수력플랜트는 100% 외산으로 수력설비에 대한 외산자재 도입 및 대체로 국부 유출이 심각

□ **산업기반 붕괴에 직면한 플랜트 건설산업의 육성·촉진을 위하여 국가차원의 전략적·선제적 투자를 통한 신시장 선점 필요**

○ 중국은 국내 수력시장에 대한 경험과 가격 경쟁력을 앞세워 해외 수력 플랜트 건설사업에 적극적으로 진출하고 있음

○ 이탈리아 등의 선진 건설사는 저렴한 댐 건설공법을 적용한 가격 경쟁력을 확보하여 해외 수력 플랜트 건설사업에 진출하고 있음

○ 해외 EPC사는 기술적 우위가 확보된 유럽 및 일본의 수차발전설비를 구매하거나, 가격이 저렴한 중국 제품을 구매하여 사용하고 있음

(라) 정부정책과의 부합성

□ **제4차 과학기술기본계획(2018~2022)의 중점과학기술로 "친환경·스마트 플랜트 기반 기술" 반영**

○ 친환경 스마트 플랜트 기반기술 : 첨단 플랜트 엔지니어링, 에너지자원 플랜트, 플랜트 건설을 위한 기반 구조, 스마트 운영 및 친환경 기술 등이 반영됨

□ **제6차 건설기술진흥기본계획(2018~2022)에 스마트 건설기술을 통한 생산성 향상(-스마트 건설 자동화), 해외 수요 대응형 건설기술 개발(자원화 플랜트) 등이 반영됨**

□ **7차 전력수급계획에 따라 신재생에너지의 비율을 확대할 계획**

○ 발전량 예측할 수 없는 재생에너지인 풍력과 해양 에너지, 태양광 등의 비중 확대에 따라 전문가들은 전력계통의 위험 증대에 대한 대응을 위해서 양수발전 설비 증설 필요성 지적

○ 신재생에너지 확대에 대응해 경제적이고 대용량으로 전력저장이 가능한 에너지 저장 시스템의 확충 및 보완 필요성 증가

<표 90> 신재생에너지 발전 설비계획 (2015~2029년)

(단위 : MW)

연도	수력	풍력	해양 에너지	태양광	바이오	폐기물	부생 가스	연료 전지	IGCC	계
2014	1,767	604	255	1,791	137	152	1,373	161	0	6,241
2029	1,824	8,064	1,025	16,565	193	168	2,800	1,351	900	32,890

* 자료 : 7차 전력수급계획

(3) 동향분석

(가) 시장동향

□ **동남아 등을 중심으로 대수력[438] 발전 프로젝트가 활발히 발주되고 있으며 환경적 영향력을 최소화하는 친환경적 에너지원으로 소수력 발전도 성장 잠재력이 높은 것으로 보임**

○ 우리기업은 필리핀, 파키스탄 등의 아시아 지역을 중심으로 진출하였음

□ **신흥국은 신규 설치, 유럽과 북미는 기존 발전소의 현대화 중심으로 발전**

○ 40년 이상된 노후 수력발전 설비는 300GW 규모로, 총 설치량의 1~2%인 년간 12~16GW가 현대화 될 것으로 전망

□ **국내 양수발전소는 7개 사업소에서 16기가 건설·운영, 설비용량은 4,700MW에 달해 한국 표준원자력 발전기 5기와 맞먹는 규모며, 국내 발전설비용량의 5.8%를 차지**

○ 16년 1월 기준 전체 수력 설비용량(6,471MW)에서 차지하는 비중은 72.6% 수준

○ 양수발전 기술은 100% 해외 도입에 의존

○ 한수원은 2025년까지 양수 발전 포함 총 12기 1,141MW 용량의 수력 설비 성능 개선 현대화 계획 발표

<표 91> 국내양수발전소 현황

양수발전소	준공연도	설비대수	단위용량(MW)	총용량(MW)
청평	1980	2	200	400
삼랑진	1985	2	300	600
무주	1995	2	300	600
산청	2001	2	350	700
양양	2006	4	250	1,000
청송	2006	2	300	600
예천	2011	2	400	800
총 용 량				4,700

438) 출력규모에 의한 분류에 따르면 설비용량 기준 100,000kw 이상은 대수력, 10,000~100,000kw는 중수력, 1,000~10,000kw는 소수력으로 분류

<표 92> 국내 수력 설비용량

구분		대수	용량	점유율(%)
일반수력	한수원	21	595.2	9.2
	수자원공사	20	986.6	15.2
	소계	41	1,581.8	24.4
양수	한수원	16	4,700	72.6
소수력	한수원	14	11.3	0.2
	수자원공사	81	85.1	1.3
	한전 및 발전자회사	23	37.6	0.6
	기타	122	55.7	0.9
	소계	240	189.7	3.0
합계		297	6471.5	100

(나) 기술동향

□ **수력발전 플랜트 설비 국내 기술력 수준은 선진국에 비해 비교적 낮음**

○ 세계 최대 발전설비는 96%의 발전효율을 지니는 812MW급 프란시스 수차인 반면 국내 기술로 상용화된 설비는 92%의 효율성능을 지니는 15MW급 프란시스 수차임

○ 국내 기술력 수준은 50MW급 프란시스 수차에 대한 설계, 제작, 시공, 평가에 대한 기술개발을 추진 중으로 상용화 단계에 있음

□ **국내 수력발전시스템에 공급되는 수차 및 발전기 등 주요기기는 히타찌, 알스톰, 후지 등 전량 외산에 의존**

○ 두산중공업이 수력발전기를 제작했지만 실제적으로 주기기사로써 설계를 수행하고 제작한 경험은 없고, 대규모 수력 플랜트에 대해서는 우리 기술로 설계와 제작을 한 사례는 없음

(다) 국내 기업의 역량

□ **두산중공업이 수력발전기를 제작한 경험은 있으나, 설계를 직접 수행한 경험은 부재하며, 특히 대형 수력플랜트를 설계 및 제작한 사례는 없음**

(라) SWOT분석

강점	약점
▪ 해양 플랜트, 조선산업 중심의 중공업 제조 기술력 보유 ▪ 유사한 발전설비인 원자력 터빈 등에 대한 기술력 및 세계적 명성 유지 ▪ 세계적 수준의 ICT, IoT, Simulation 능력을 통한 기초 역량 우수	▪ 대형 수력발전설비에 대한 원천 설계 기술 능력 부족 ▪ 수력발전설비의 실증을 통한 검증 사례 부족으로 기존 해외 유명 제작사와의 경쟁력 부족
기회	**위협**
▪ 동남아, 구소련 국가 등 저개발국가에서의 수력발전 개발 수요 증가 ▪ 전력 송배전 계통 구축이 어려운 지역에 대한 친환경 에너지 공급원으로서의 활용가치가 높아짐	▪ 기존 기술력과 실적을 확보한 주요 선진국의 기업들의 독점적 지위와 자국의 실증 적용을 통한 저가 공세중인 중국 기업 ▪ 수력발전설비 특성상 적용지 환경에 부합하도록 맞춤형 설계·제작이 요구되므로, 다양한 조건에서의 실적 요구 가능성이 높음

(4) 진출대상 국가

□ **동남아시아, 중앙아시아, 남미, 아프리카권 국가**

(5) 목표 및 단계별 목표

□ **국내기업의 100MW급 이상 수력발전설비 제작경험이 전무한 상태에서 양수발전설비를 설계 및 제작으로 바로 진입하는 것은 여러 가지 어려움이 있으므로, 단계별(1단계 : 대용량 고효율 수력발전설비, 2단계 : 대용량 양수발전설비)로 사업 추진**

○ (1단계) 고효율 수력발전설비 설계, 제작

- 프란시스 수차(효율 92% 수준)

- 저속 동기발전기(효율 96.5% 수준)

○ (2단계) 대용량 양수발전시스템 설계, 제작

- 수차출력(200MW 수준)

- 수차효율(91% 수준)

- 펌프효율(95% 수준)

- 발전기용량(200MW 수준) : 가변속 양수발전시스템용 발전기

- 발전기효율(96% 수준) : 가변속 양수발전시스템용 발전기

- 발전기 회전수(450RPM 수준) : 가변속 양수발전시스템용 발전기

(6) 기술개발 내용

□ (1단계) 노후 수력발전소 현대화를 위한 기술개발 및 실증

○ 100MW 런너 개발 및 실증을 통한 Track Record 확보

□ (2단계) 대용량 양수발전시스템 설계, 제작

○ 200MW급 이상 대용량 양수발전용 고효율 펌프/수차 개발

○ 가변속 양수 발전시스템용 발전기 개발

○ 양수발전시스템 이상진단 및 고장예측을 위한 예지정비 시스템 원천기술 개발

(7) 선행 연구개발 사업 및 성과연계 방안

□ 국토부 플랜트연구사업

○ 「중규모 수력플랜트 건설기술 개발」 사업은 주관기업(K-water)에서 운영하고 있는 현장 실증을 목표로 진행되고 있으며, 현재 개발되고 있는 수차발전기 시스템이 대청수력(45㎿급)에 제작・설치될 예정임

○ 본 과제에서 실물 수차발전기의 제작・설치를 연구하고 있는 중소기업(수차 : 신한정공, 발전기 : 썬테크) 제품을 국내 현장에 적용하여 Track Record가 확보되면 이를 바탕으로 해외 수력플랜트 시장에 활용 가능할 것으로 판단됨

□ 산업부 플랜트 엔지니어링 핵심기술 개발사업

○ 「50㎿급 프란시스 런너 개발」 사업은 주관기업(K-water)에서 운영하고 있는 현장 실증을 목표로 진행되고 있으며, 현재 개발되고 있는 프란시스 런너가 합천수력(50㎿급)에 제작・설치될 예정임

- 수력 플랜트에서 런너의 수명은 10년[439]으로 다른 설비에 비하여 수명이 현저히 짧으며, 수력플랜트의 핵심기술로써 수차의 효율은 제품 품질을 결정하는 척도임

- 본 과제를 통하여 수력플랜트 핵심부품의 설계・제작・설치 기술 및 주관기업 현장 실증 Track Record를 확보할 수 있음

439) Hydroelectric Power “A Guide for Developers and Investors” (International Finance Corproation), 2015

- K-water 등에서는 해외 수력플랜트를 운영하고 있으며, 이중 필리핀 앙갓(프란시스 수차 50MW 4대), 파키스탄(프란시스 수차 50MW, 3대) 등의 런너 교체 시기에 맞추어 개발된 런너 기술을 활용 가능할 것으로 판단됨

○ 「1MW 이하급 프란시스 수차발전시스템 기술개발 및 실증」 사업을 신한정공에서 2012.6~2016.6 수행하였음

○ 「10MW급 이상 프란시스 수차발전기 개발 및 실증」 사업은 한국수력원자력에서 2013.6~2016.5 수행하였으며, 실제 섬진강수력발전소에서 운영중

○ 「신시장 창출을 위한 대용량 프란시스 수차/동기발전기 설계 및 진단원천기술 개발」 사업을 한국조선해양기자재연구원에서 2016.12~2019.11 수행하였음

(8) 최종성과물

□ **(공법) 안정적 수력발전을 위한 발전설비 효율화, 안정화를 위한 설계법 - 1단계**

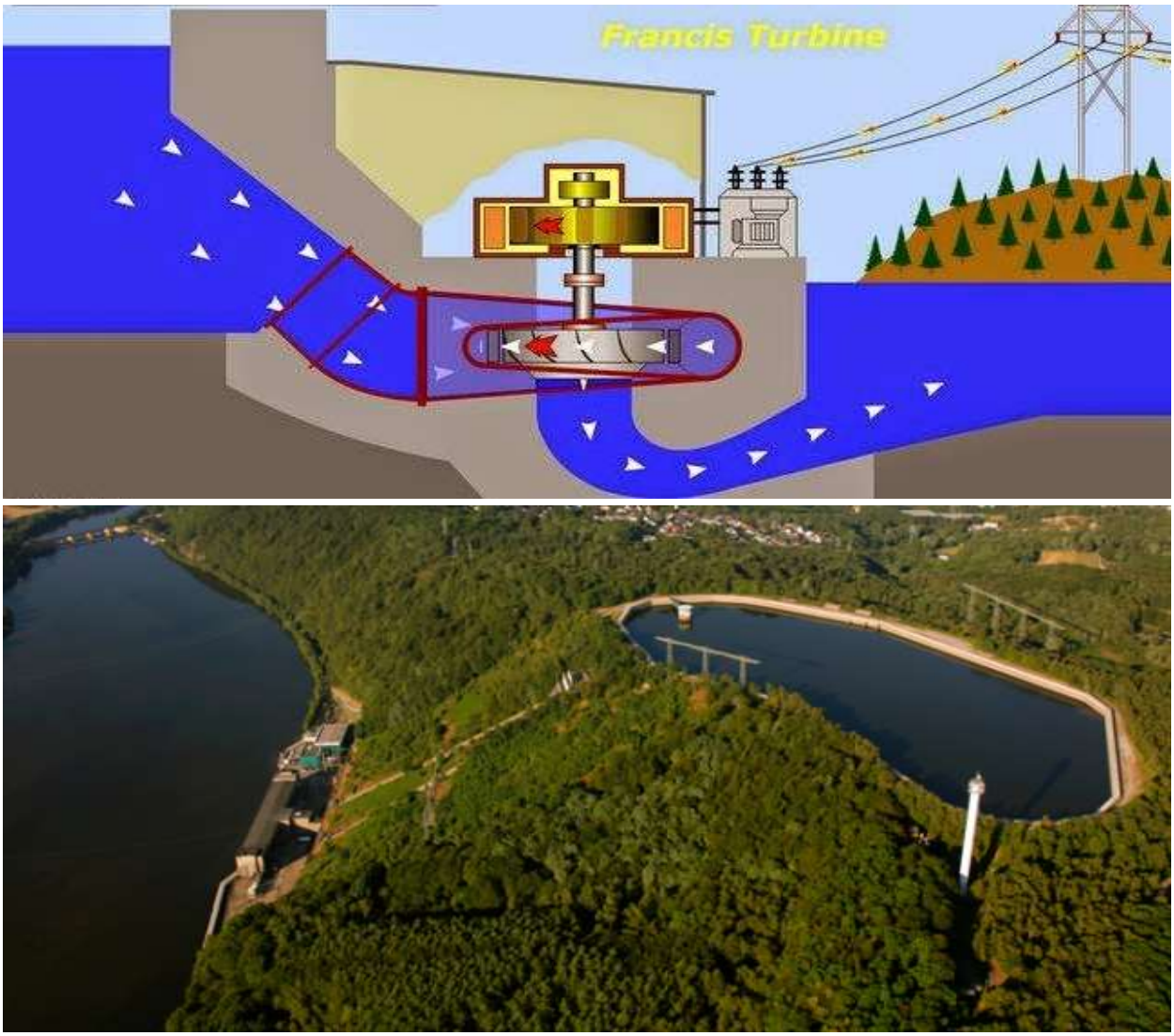
□ **(공법) 양수발전시스템 설계법 - 2단계**

□ **(장비) 100MW급 프란시스 수차 및 저속 동기발전기 - 1단계**

□ **(장비) 200MW급 양수발전시스템을 위한 수차, 펌프, 발전기 개발 - 2단계**

□ **(기법) 고효율 프란시스 수차 설계·제작·설치·운영 기술, 고효율 발전설비의 설계·제작 기술, 수력플랜트와 연계한 안정적 구조물 운영 기술 - 1단계**

□ **(기법) 200MW급 양수식 발전시스템 설계·제작·설치·운영 기술 - 2단계**



[그림 209] 양수식 수력 발전플랜트 구현

* 자료 : entura.com.au/ www.green-mechanic.com

(9) 사업추진 전략

□ **사업 추진체계는 공기업, 대형 엔지니어링 기업, 중소 제조사(수차, 발전기)와 공동 참여 방식으로 실증 플랜트 적용을 통한 국내 기업의 수력 현대화 사업 기반을 先 구축**

○ K-water, 발전사들은 대규모 수력발전 플랜트와 성능시험 인프라를 보유하고 있어 축적된 운영실적, 운영기술, 노하우를 토대로 개발 기술의 실증 및 검증 가능

○ 중소 제조사는 이미 중소규모 수력발전설비를 중심으로 국산화 기술을 확보하고 있어, 대규모 수력설비에 대한 기술역량 확대가 기대됨

○ 해외 전문 제작사 핵심기술 전문인력 참여 등 기술협력을 통해 성과 극대화 가능

□ **향후 해외 수력발전플랜트 사업 진출시에는 국내 실증사업 컨소시엄을 중심으로 플랜트에 대한 컨소시엄과 건설사가 함께 진출하는 추진체계를 고려함**

○ 수력발전 사업은 상업발전을 통한 수익 사업으로도 진행되며, World Bank, IDB 등의 기금을 통한 저개발 국가에 대한 지원 사업의 형태로도 추진됨

○ 대형 EPC는 현지 플랜트 건설실적을 기반으로 플랜트 시장 진출 저변확대 기반 마련 측면에서 참여를 유도할 수 있음

(10) 사업추진 위험요인과 대응방안

□ **100MW급 실증플랜트 확보가 어려울 수 있으며, 국내 대형 수력플랜트 현대화 계획과 연계하여 추진이 필요함**

○ 국내 모델수차 성능시험 인프라와 대형 수력플랜트 현대화 계획을 고려할 경우, 100MW급 대용량 수차에 대한 성능검증은 가능하며, 이를 기반으로 Track Record를 확보할 수 있음

○ 해외 100MW급 실증플랜트 후보지는 지연가능성이 높으므로, 국내 100MW급 후보지에 적용하여 실증을 추진하며, 현지 정부 및 규제기관, 연구기관과 국제 교류협력을 통한 조사분석, 선행연구 및 국제공동연구를 추진함

- 해외 실증 적지를 찾고 인허가를 득하는데 상황에 따른 지연 가능성이 높음

(11) 예상되는 참여기업

□ **EPC기업 : 현대건설, GS건설, SK건설**

□ **민간기업 : 현대중공업, 두산중공업, 신한정공, 대양하이드로, 금성이앤씨, 썬테크**

□ **공기업 : 한국수자원공사, 한국수력원자력, 한국전력**

(12) 사업기간 및 소요예산

□ (1단계) 고효율 수력발전설비 설계, 제작

○ ‘22년~‘28년간 500억원

□ (2단계) 대용량 양수발전시스템 설계, 제작

○ ‘25년~‘30년간 500억원

(13) 기대효과

(가) 정책적 기대효과

□ 수력발전 산업 활성화를 통한 국가 신재생에너지 확대

○ 국내 수력발전 산업 활성화를 통한 국가 신재생에너지 보급 확대로 정부 재생에너지 3020[440] 정책 부응

○ 국내 노후 수력 현대화 사업 시점에 맞춰 중소규모 수력발전 국산화 기술과 연계한 100MW급 대용량 수력플랜트 기술 개발의 전략적 지원으로 국가 R&D 성과 극대화 및 수력 경쟁력 향상 도모

□ 친환경 발전 플랜트 시장의 확대 및 신시장 개발

○ 국내에서 확보된 기술을 토대로 가장 전통적인 신재생에너지원의 하나인 수력발전설비에 대한 신규 플랜트 시장 확보는 물론 친환경 국가 이미지 제고

(나) 기술적 기대효과

□ 운영기술과 제작기술의 조합을 통한 수력발전설비 종합 솔루션 제공

○ 수력발전설비의 운영기술은 세계 최고 수준에 도달

○ 설계, 제작, 설치 기술과 조합하여 운영관리 기술을 종합적으로 제공하여 해외 컨소시엄과의 차별성 확보

440) 2030년 재생에너지 발전량 비중 20% 달성

(다) 경제적 기대효과

□ **아시아지역 수력운영사업 진출 경험을 기반으로 수력시장의 5%를 점유하여 '30년 기준 31.3억달러 수주 전망**

□ **신규 수력발전 플랜트 시장 진출을 통한 국내 제조업 성장**

○ 수력발전 플랜트 산업의 성장으로 국내 제조업의 성장과 신규 고용효과 창출

□ **국내 공기업/대형 건설사/엔지니어링사, 중소 제조사 협력 생태계 구축**

○ 수력발전 전문 공기업과 중소 제조사, 국책연구기관, 대규모 EPC 업체로 구성되는 컨소시엄의 협업을 통한 각 기업의 신규 사업 개척에 활력

(14) 제도 및 지원정책 활용방안

□ **국토교통부의 해외건설시장 개척지원사업을 활용하여 신시장 개척 및 신규 프로젝트 발굴 추진**

○ 해외건설협회에 해외 유망프로젝트에 대한 사업모델 검토 및 타당성 조사, 현지수주 교섭, 발주처 초청 비용 지원 신청

□ **국토교통부의 글로벌 인프라 펀드를 활용하여 금융조달 추진**

○ 한국해외인프라도시개발공사(KIND)의 글로벌 인프라 펀드를 기반으로 발굴사업 참여 및 차입금 조달 추진

□ **한국수출입은행의 해외건설·플랜트 금융서비스를 활용하여 금융권으로부터 대출 시 보증지원**

○ 한국수출입은행이 대주가 되어 상업은행이나 타 ECA, MDB에게 보증을 제공, SPC에 대출 및 지분을 투자하여 사업주에게 대출/사업자문/금융자문 수행

4장. 해외건설 신시장 진출 플랜트 R&D 로드맵

1절. 해외건설 신시장 진출 플랜트 PIE모델

1. 개요

□ **PIE(Platform for Investment & Evaluation) 모델은 기존의 개별기술단위 지원방식에서 탈피하여 기술·산업·제도를 하나의 연계된 패키지 사업군으로 구성하여 종합적으로 지원할 수 있는 정부 R&D전략 투자모델임[441]**

○ 개발기술이 사업화되어 효과를 발휘하기 위해서는 기술개발 외에도 함께 개발기술을 실험할 수 있는 인프라 구축, 법제도 마련, 인증체계 마련 등이 병행되어야 함

- 기술이 개발되더라도 이를 실증하고 검증해야 기술수요처에서 신뢰하고 사용할 것이며, 법제도적 뒷받침이 되어야 사회적으로 활용이 가능함

○ 기존에는 개개의 기술별 과제 추진으로 인해 R&D의 중복성 및 실효성 문제가 지속적으로 제기되었음

- 유사사업간 시너지를 발휘하기도 어렵고, 중복문제로 예산의 비효율적 투자가 이루어지거나, 경합되는 영역에서 기술개발이 이루어지지 못하는 경우가 발생하여 기술의 효과가 반감되어 왔음

○ 플랜트는 소재·부품·장치·공정 기술들이 결합된 시스템 기술이며, 해외시장에 진출하기 위해서는 통합실증, 기술 적용을 위한 규제 완화, 해외 네트워크 및 정보제공 등 종합적인 지원마련이 필요함

□ **PIE모델 도출은 전략프로젝트별로 PIE모델을 도출한 후, 이를 연계형 PIE모델로 구성함**

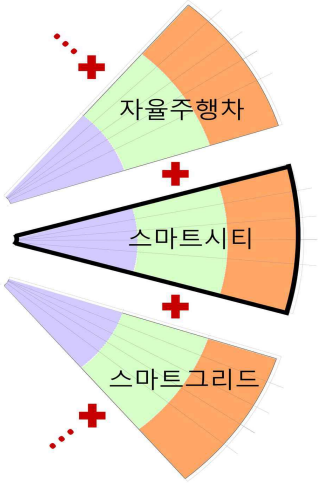
○ 전략프로젝트 중에는 상호연계활용되는 핵심기반기술도 존재하며, 해외진출을 위한 인력양성제도, 법·제도나 지원정책들은 공통적으로 해당하는 부분이 존재하여 연계형으로 하나의 PIE모델로 구성함

- 수소이송을 위한 액화기술은 “LPG기반 CO2 순환형 수소 인프라스트럭쳐”, “해상 신재생 에너지 인프라스트럭쳐” 전략프로젝트에 공통으로 사용되는 기술임

- CFB보일러기술은 “세계 선도형 저급자원 발전플랜트”, “신남방 재생연료/폐기물 플랜트”에 공통으로 사용되는 기술임

441) 4차산업혁명 대응 정부R&D패키지化 투자모델 개발연구, 과학기술정보통신부, 2017.

- 해외건설 금융지원 제도, 해외건설사업 보증보험지원제도, 글로벌 인프라 개발정책 역량 강화 등의 정책은 해외사업 추진을 위해 필요한 정책으로 모든 전략프로젝트에서 요구되는 사항임



[그림 210] 연계형 PIE모델 개념

○ 핵심기반은 플랜트 해외사업 진출 플랜트를 구현하는데 필요한 단위요소기술들로 구성함

- 동 전략프로젝트에서 개발하지 않고, 선행연구 및 타부처 성과와 연계활용하는 단위요소기술도 반영함

○ 산업융합은 궁극적으로 산업계의 기술활용을 고려하여, R&D를 통해 최종적으로 도출되는 성과물로, 해외시장에 진출하는 상품단위로 제시함

- 전략프로젝트명과 동일하거나, 패키지형의 전략프로젝트가 아닌 단일 상품으로도 시장진출을 고려할 수 있다면, 단일 상품도 산업융합에 반영함

○ 인력양성은 국내 해외건설사업 진출, 또는 플랜트 사업 수행 등에 필요한 정부의 인력양성제도를 확인하고, 이를 제시함

- 전략프로젝트별 R&D 및 이를 활용한 사업을 수행하는 데 소요되는 인력은 현재 정부의 해외건설 관련 인력양성제도 및 플랜트산업분야의 인력양성제도를 활용하여 확보할 계획임

  • 국토교통부의 해외건설 현장훈련 지원사업, 해외건설협회의 해외전문가 양성과정, 한국플랜트산업협회에서 수행하는 플랜트 전문인력양성사업, 플랜트 산업교육 등의 지원제도를 활용하며, 전략프로젝트 추진에 따라 필요한 인력의 추가 확보

○ 제도는 국토교통부, 산업통상자원부, 환경부 등의 플랜트분야 해외건설사업 수주 및 수행을 위한 지원제도 중 전략프로젝트 추진과 관련된 내용을 확인하고, 향후 정부 차원의 지원이 필요한 제도로서 “디지털 기반 플랜트 사업관리 기술” 전략프로젝트 내용 중 활용가능한 부분을 제시하였음

○ 정책은 국토교통부, 산업통상자원부, 환경부 등의 플랜트분야 해외건설사업 수주 및 수행과 관련된 국가 상위계획, 법령, 부처별 정책 내용으로 구성함

○ 각 전략프로젝트별로 궁극적으로 달성하고자 하는 지향점을 도출하고, 유사한 지향점은 병합하여 크게 3가지의 지향점을 도출하고, 전략프로젝트별 PIE모델을 연계함

- 동남아권을 대상으로 하는 재생연료/폐기물 플랜트 내용의 “신남방 재생연료/폐기물 플랜트”, “세계 선도형 저급자원 발전플랜트”, “모듈형 전주기 가스 인프라스트럭쳐”는 모두 현지의 원료를 기반으로 하는 발전사업이므로, “현지원료 기반 발전패키지 사업수주”를 지향점으로 제시함

- “LPG기반 CO2 순환형 수소 인프라스트럭쳐”, “상용급 수력/양수 발전플랜트”, “상용급 상시 운전형 태양열 발전플랜트”, “해상 신재생 에너지 인프라스트럭쳐” 전략프로젝트는 모두 신재생에너지에 해당하며, “친환경 신재생에너지 사업수주”를 지향점으로 제시함

- “저비용 비전통유 생산플랜트”는 “오일&가스분야 사업수주”를 지향함

2. 해외건설 신시장 진출 플랜트 PIE모델 도출

□ 모듈형 전주기 가스 인프라스트럭쳐

○ 핵심기반

- 소형LNG액화 공정, LNG저장탱크, 가스터빈 등

○ 산업융합

- 소형LNG플랜트, 가스화력발전플랜트, Gas to Power 플랜트 패키지 등

○ 인력양성

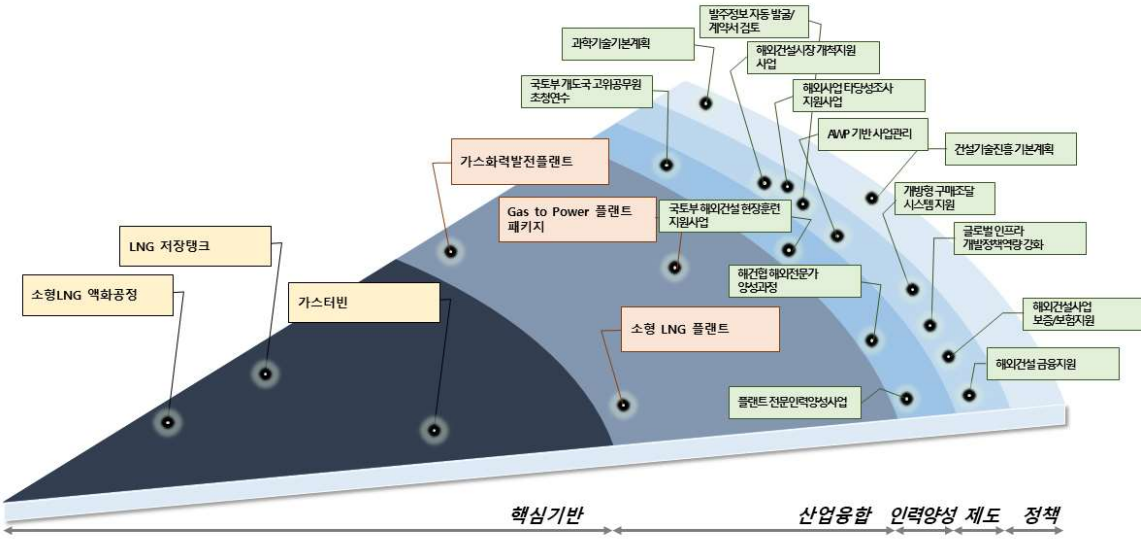
- 국토교통부의 해외건설 현장훈련 지원사업, 해외건설협회의 해외전문가 양성과정, 한국플랜트산업협회에서 수행하는 플랜트 전문인력양성사업, 플랜트 산업교육 국토부 개도국 고위공무원 초청연수 등

○ 제도

- 발주정보 자동발굴/계약서 검토, 해외건설시장 개척지원사업, 해외사업타당성조사 지원사업, AWP기반 사업관리, 개방형 구매조달 시스템 지원, 글로벌 인프라 개발정책역량 강화, 해외건설사업 보증/보험 지원, 해외건설 금융지원 등

○ 정책

- 과학기술기본계획, 건설기술진흥기본계획 등



[그림 211] 모듈형 전주기 가스 인프라스트럭쳐 PIE 모델

□ **세계 선도형 저급자원 발전플랜트**

○ 핵심기반

- USC-CFB 보일러, USC-CFB O&M 등

○ 산업융합

- 저발열량탄 USC-CFB 화력발전플랜트

○ 인력양성

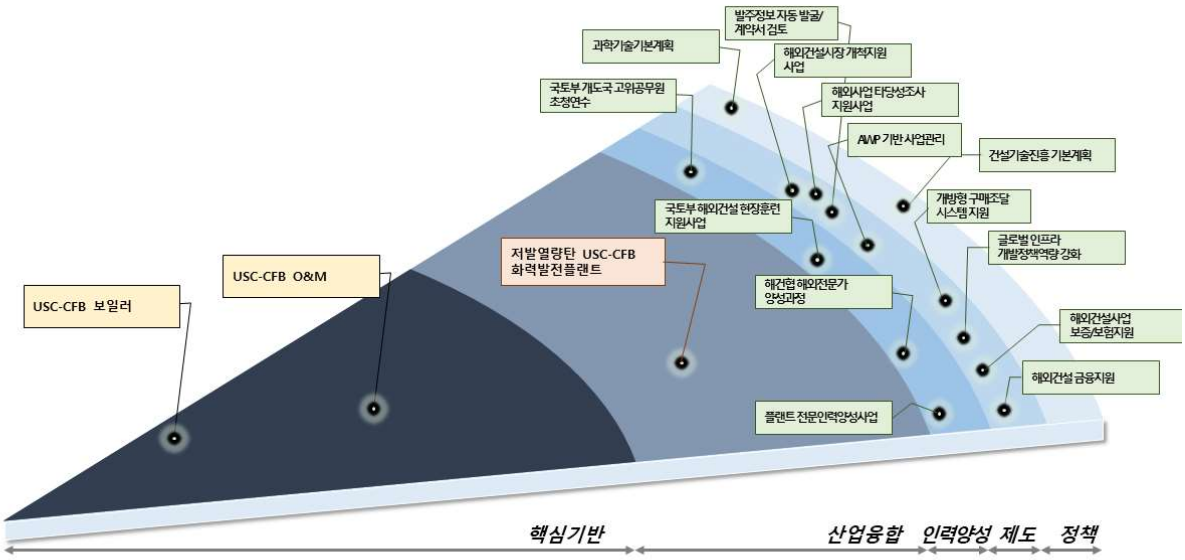
- 국토교통부의 해외건설 현장훈련 지원사업, 해외건설협회의 해외전문가 양성과정, 한국플랜트산업협회에서 수행하는 플랜트 전문인력양성사업, 플랜트 산업교육 국토부 개도국 고위공무원 초청연수 등

○ 제도

- 발주정보 자동발굴/계약서 검토, 해외건설시장 개척지원사업, 해외사업타당성조사 지원사업, AWP기반 사업관리, 개방형 구매조달 시스템 지원, 글로벌 인프라 개발정책역량 강화, 해외건설사업 보증/보험 지원, 해외건설 금융지원 등

○ 정책

- 과학기술기본계획, 건설기술진흥기본계획 등



[그림 212] 세계 선도형 저급자원 발전플랜트 PIE 모델

□ **신남방 재생연료/폐기물 플랜트**

○ 핵심기반

- 맞춤형 바이오매스 전처리 공정, 바이오매스/폐기물 처리 CFB, 스마트 O&M 등

○ 산업융합

- 재생연료/폐기물 플랜트

○ 인력양성

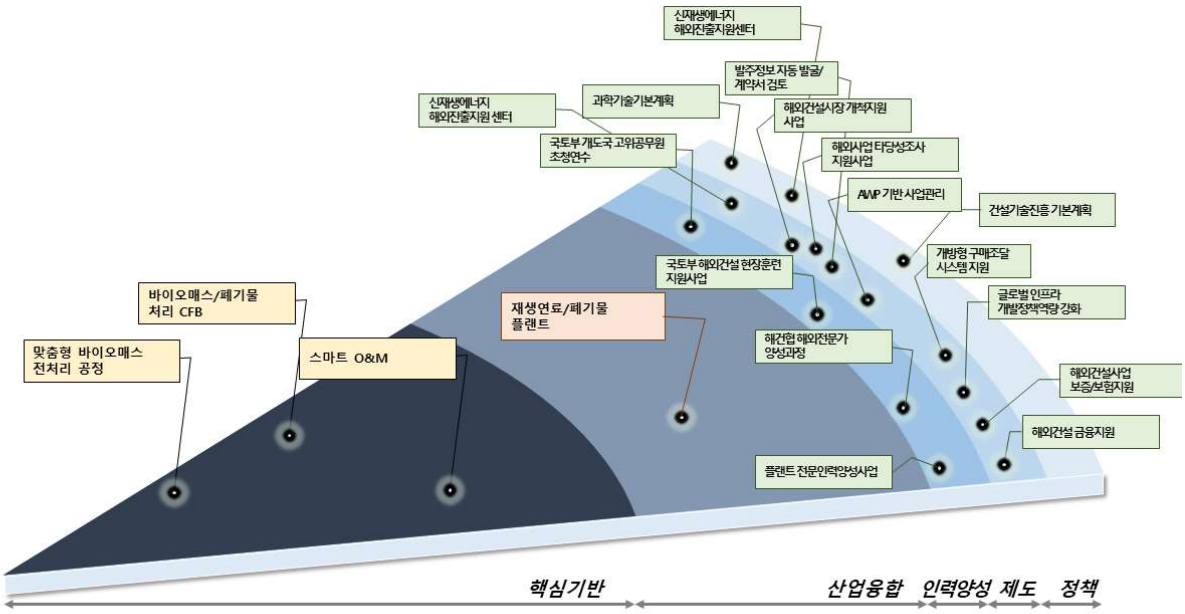
- 국토교통부의 해외건설 현장훈련 지원사업, 해외건설협회의 해외전문가 양성과정, 한국플랜트산업협회에서 수행하는 플랜트 전문인력양성사업, 플랜트 산업교육 국토부 개도국 고위공무원 초청연수 등

○ 제도

- 발주정보 자동발굴/계약서 검토, 해외건설시장 개척지원사업, 해외사업타당성조사 지원사업, AWP기반 사업관리, 개방형 구매조달 시스템 지원, 글로벌 인프라 개발정책역량 강화, 해외건설사업 보증/보험 지원, 해외건설 금융지원, 신재생에너지 해외진출지원 센터 등

○ 정책

- 과학기술기본계획, 건설기술진흥기본계획, 신재생 및 재생에너지 개발 이용보급 촉진법 등



[그림 213] 신남방 재생연료/폐기물 플랜트 PIE 모델

□ LPG기반 CO2 순환형 수소 인프라스트럭쳐

○ 핵심기반

- CO2포집, 가스개발 수소생산공정 등

○ 산업융합

- LPG-CO2 탄소프리 수소플랜트

○ 인력양성

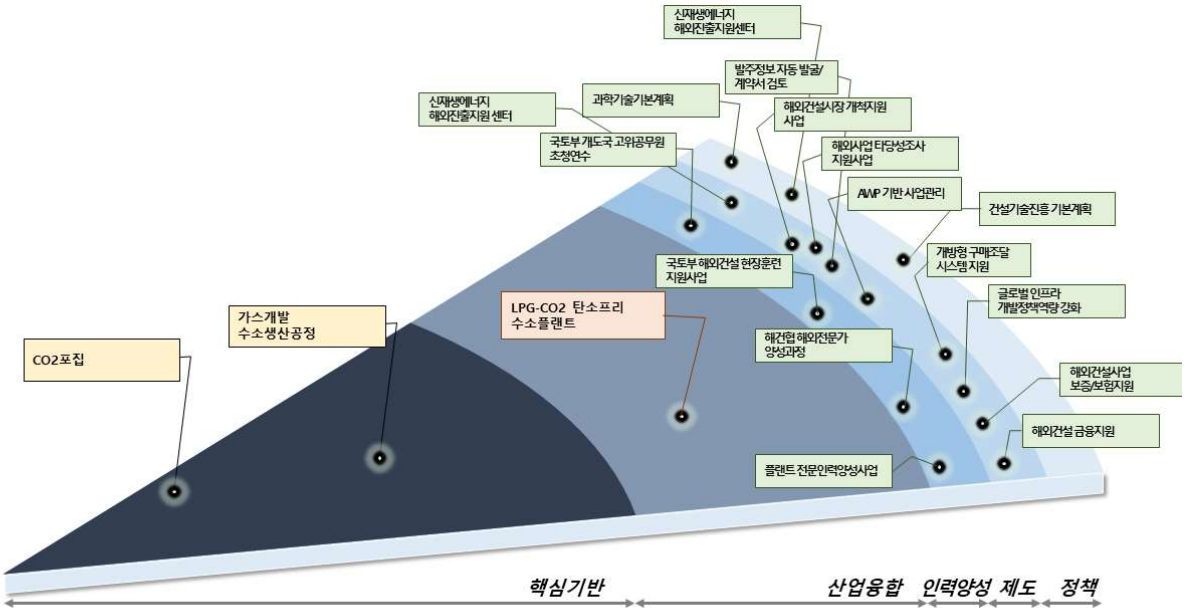
- 국토교통부의 해외건설 현장훈련 지원사업, 해외건설협회의 해외전문가 양성과정, 한국플랜트산업협회에서 수행하는 플랜트 전문인력양성사업, 플랜트 산업교육 국토부 개도국 고위공무원 초청연수 등

○ 제도

- 발주정보 자동발굴/계약서 검토, 해외건설시장 개척지원사업, 해외사업타당성조사 지원사업, AWP기반 사업관리, 개방형 구매조달 시스템 지원, 글로벌 인프라 개발정책역량 강화, 해외건설사업 보증/보험 지원, 해외건설 금융지원, 신재생에너지 해외진출지원 센터 등

○ 정책

- 과학기술기본계획, 건설기술진흥기본계획, 신재생 및 재생에너지 개발 이용보급 촉진법 등



[그림 214] LPG 기반 CO2 순환형 수소 인프라스트럭쳐 PIE 모델

□ **상용급 수력/양수 발전플랜트**

○ 핵심기반

- 프란시스 수차, 저속발전기 등

○ 산업융합

- 100MW급 수력발전 플랜트, 양수식 수력발전 플랜트

○ 인력양성

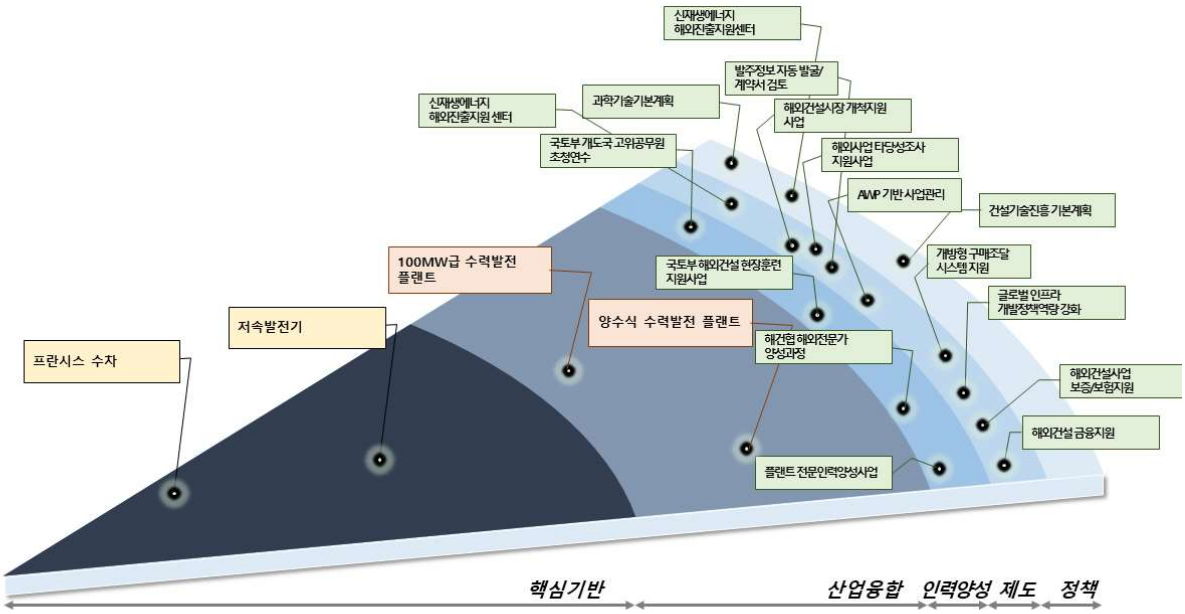
- 국토교통부의 해외건설 현장훈련 지원사업, 해외건설협회의 해외전문가 양성과정, 한국플랜트산업협회에서 수행하는 플랜트 전문인력양성사업, 플랜트 산업교육 국토부 개도국 고위공무원 초청연수 등

○ 제도

- 발주정보 자동발굴/계약서 검토, 해외건설시장 개척지원사업, 해외사업타당성조사 지원사업, AWP기반 사업관리, 개방형 구매조달 시스템 지원, 글로벌 인프라 개발정책역량 강화, 해외건설사업 보증/보험 지원, 해외건설 금융지원, 신재생에너지 해외진출지원 센터 등

○ 정책

- 과학기술기본계획, 건설기술진흥기본계획, 신재생 및 재생에너지 개발 이용보급 촉진법 등



[그림 215] 상용급 수력/양수 발전플랜트 PIE 모델

□ **저비용 비전통유 생산플랜트**

○ 핵심기반

- 비전통유 생산공정, 자원이송개질, 자원이송관망 등

○ 산업융합

- 비전통유 생산플랜트

○ 인력양성

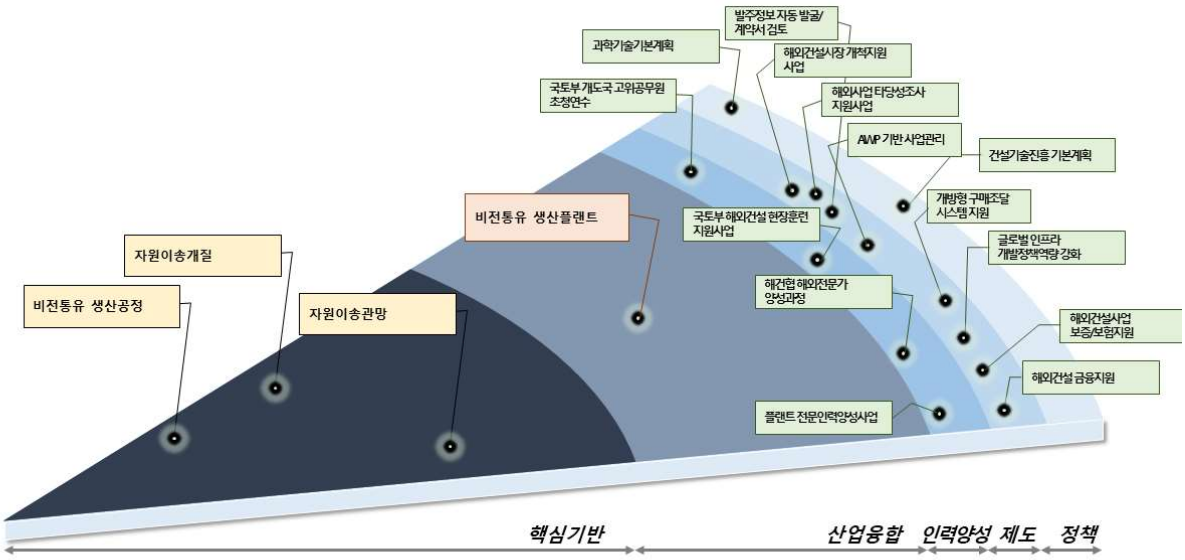
- 국토교통부의 해외건설 현장훈련 지원사업, 해외건설협회의 해외전문가 양성과정, 한국플랜트산업협회에서 수행하는 플랜트 전문인력양성사업, 플랜트 산업교육 국토부 개도국 고위공무원 초청연수 등

○ 제도

- 발주정보 자동발굴/계약서 검토, 해외건설시장 개척지원사업, 해외사업타당성조사 지원사업, AWP기반 사업관리, 개방형 구매조달 시스템 지원, 글로벌 인프라 개발정책역량 강화, 해외건설사업 보증/보험 지원, 해외건설 금융지원 등

○ 정책

- 과학기술기본계획, 건설기술진흥기본계획 등



[그림 216] 저비용 비전통유 생산플랜트 PIE 모델

□ **상용급 상시 운전형 태양열 발전플랜트**

○ 핵심기반

- 헬리오스타트, 용융염 열순환, 집광기 등

○ 산업융합

- 태양열 발전 플랜트

○ 인력양성

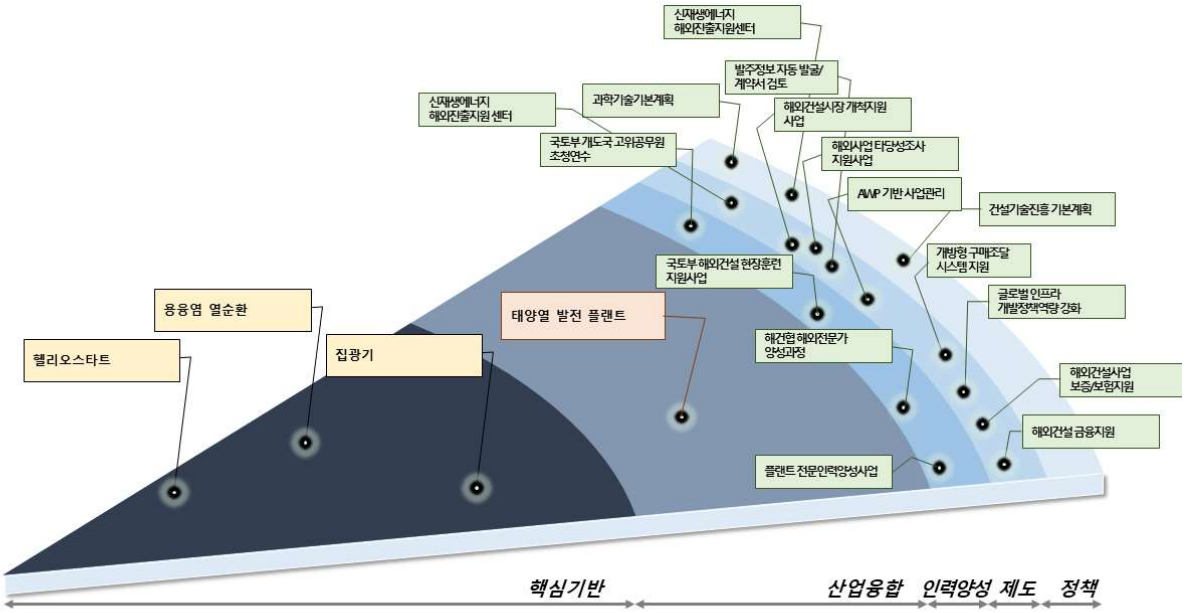
- 국토교통부의 해외건설 현장훈련 지원사업, 해외건설협회의 해외전문가 양성과정, 한국플랜트산업협회에서 수행하는 플랜트 전문인력양성사업, 플랜트 산업교육 국토부 개도국 고위공무원 초청연수 등

○ 제도

- 발주정보 자동발굴/계약서 검토, 해외건설시장 개척지원사업, 해외사업타당성조사 지원사업, AWP기반 사업관리, 개방형 구매조달 시스템 지원, 글로벌 인프라 개발정책역량 강화, 해외건설사업 보증/보험 지원, 해외건설 금융지원, 신재생에너지 해외진출지원 센터 등

○ 정책

- 과학기술기본계획, 건설기술진흥기본계획, 신재생 및 재생에너지 개발 이용보급 촉진법 등



[그림 217] 상용급 상시 운전형 태양열 발전플랜트 PIE 모델

□ **해상 신재생 에너지 인프라스트럭쳐**

○ 핵심기반

- 해수담수화 공정, 풍력발전터빈, 수전해 수소생산, 수소벙커링 등

○ 산업융합

- 해상풍력플랜트, 수전해방식 수소생산플랜트, 해상신재생 융복합단지

○ 인력양성

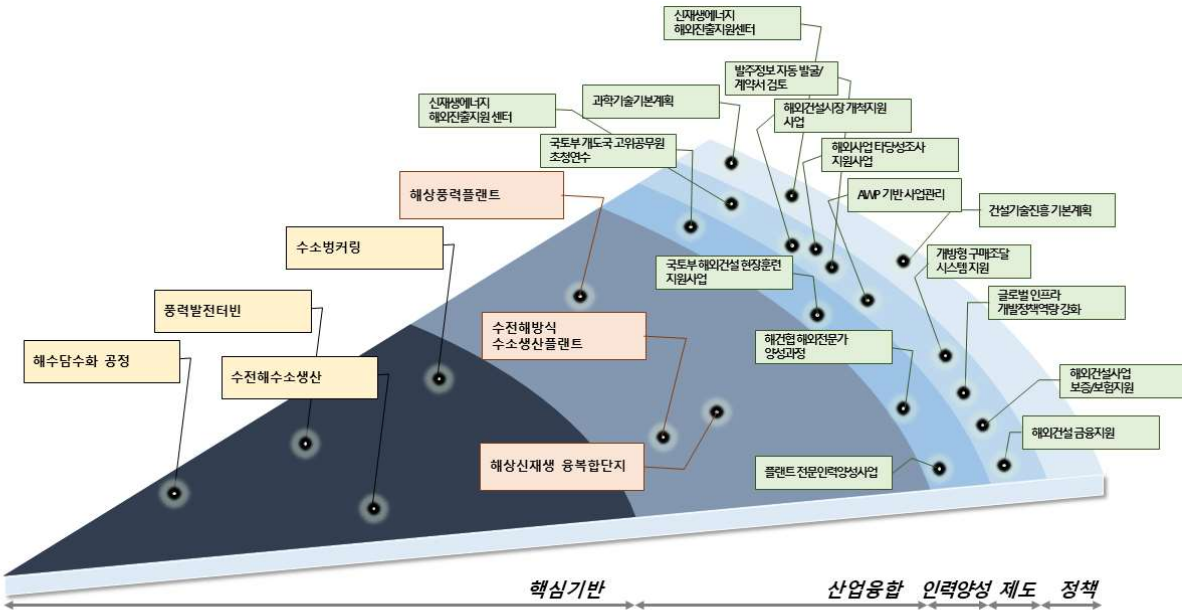
- 국토교통부의 해외건설 현장훈련 지원사업, 해외건설협회의 해외전문가 양성과정, 한국플랜트산업협회에서 수행하는 플랜트 전문인력양성사업, 플랜트 산업교육 국토부 개도국 고위공무원 초청연수 등

○ 제도

- 발주정보 자동발굴/계약서 검토, 해외건설시장 개척지원사업, 해외사업타당성조사 지원사업, AWP기반 사업관리, 개방형 구매조달 시스템 지원, 글로벌 인프라 개발정책역량 강화, 해외건설사업 보증/보험 지원, 해외건설 금융지원, 신재생에너지 해외진출지원 센터 등

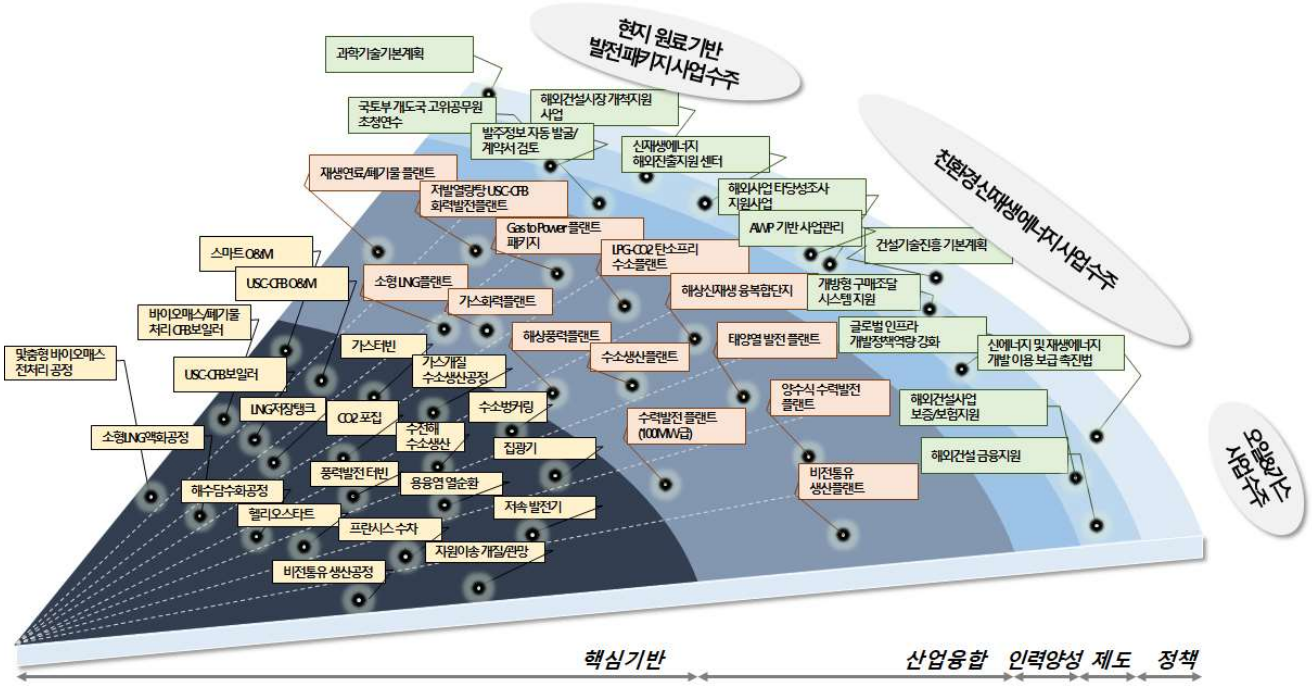
○ 정책

- 과학기술기본계획, 건설기술진흥기본계획, 신재생 및 재생에너지 개발 이용보급 촉진법 등



[그림 218] 해상 신재생에너지 인프라스트럭쳐 PIE 모델

□ 8개 전략프로젝트별 PIE모델을 연계한 해외건설 신시장 진출 플랜트 PIE모델은 다음과 같이 도식화됨



[그림 219] 해외건설 신시장 진출 플랜트 PIE모델

2절. 중장기 R&D 로드맵

1. 전략프로젝트 우선순위 평가

가. 개요

□ **9개 전략프로젝트별 추진 타당성을 평가하기 위해 예비타당성 평가 방식의 AHP 평가를 추진하였고 이로부터 전략프로젝트별 우선순위를 분석하여 로드맵에 반영함**

○ 전략프로젝트 추진 타당성 평가항목은 대형예산이 투입되는 R&D사업의 시행/미시행 여부를 평가하는 예비타당성 검토항목을 참고하여 구성하였음

○ 전략프로젝트에 대한 우선순위는 정부정책과 연계, 시장개화시점, 기술개발을 위한 제반여건의 구비시점 등을 고려하여 검토되었음

<표 93> 전략프로젝트 추진 타당성 평가 항목

평가항목	세부지표	지표설명
기술적 타당성	문제/이슈의 적절성	▪ 배경 및 필요성, 문제이슈의 시급성 측면에서 검토
	사업목표의 적절성	▪ 사업목표치 설정의 적절성 ▪ 사업달성 효과
	세부활동 및 추진전략의 적절성	▪ 연구내용의 구체성 및 문제이슈 해결수단으로 적절성 ▪ 사업목표 달성을 위한 추진전략의 적절성
정책적 타당성	정책의 일관성 및 추진체제	▪ 정부정책과의 부합성, 정부지원필요성 ▪ 사업추진체계의 적절성
	사업 추진상의 위험요인	▪ 법제도규정에 따른 위험요인 및 대응전략 적절성 ▪ 기타 사업추진상 위험요인 및 대응전략 적절성
경제적 타당성	경제성	▪ 예상 수주매출 기대효과 ▪ 예상 비용절감 효과

○ 각 평가항목별 가중치는 전문가 AHP평가를 통해 도출하였음

- AHP평가결과에 따른 가중치는 다음과 같이 도출되었으며, 모든 평가자 응답결과에 대한 Consistency Index가 0.1 이하로 일관성을 확보하였음

<표 94> 전략프로젝트 우선순위 평가 항목별 AHP평가 결과

기술적 타당성	정책적 타당성	경제적 타당성
0.47	**0.15**	**0.38**

○ 전략프로젝트별로 기술적 타당성, 정책적 타당성, 경제적 타당성에 대해 전문가 평가를 추진하였음

- 평가는 0.0점에서 1.0점 사이에서 0.1점 단위로 평가를 하였으며, 0.5점 이상인 경우 사업시행, 0.5점 미만인 경우 사업 미시행으로 평가기준을 제시하였음

  • 1.0점에 가까울수록 사업시행 필요성이 높고, 0점에 가까울수록 사업시행 필요성이 낮음

- 전문가 평가결과 9개 전략프로젝트 모두 시행할 필요가 있는 것으로 평가되었으며, 모듈형 전주기 가스 인프라스트럭처의 추진필요성이 가장 높은 것으로 평가됨

<표 95> 전략프로젝트 우선순위 평가 결과

순위	전략프로젝트	기술적 타당성 (0.47)	정책적 타당성 (0.15)	경제적 타당성 (0.38)	평가 점수	시행/ 미시행
1	모듈형 전주기 가스 인프라스트럭쳐	0.75	0.77	0.73	0.744	시행
2	디지털기반 플랜트 사업관리기술	0.69	0.70	0.67	0.681	시행
3	세계 선도형 저급자원 발전플랜트	0.66	0.65	0.63	0.646	시행
4	신남방 맞춤형 재생연료/폐기물 플랜트	0.64	0.70	0.61	0.640	시행
5	LPG기반 CO2 순환형 수소 인프라스트럭쳐	0.65	0.72	0.59	0.637	시행
6	저비용 비전통 오일 생산 플랜트	0.68	0.66	0.57	0.633	시행
7	상용급 수력/양수 발전플랜트	0.65	0.64	0.61	0.633	시행
8	해상 신재생 에너지 인프라스트럭쳐	0.61	0.70	0.54	0.598	시행
9	상용급 상시 운전형 태양열 발전 플랜트	0.61	0.66	0.53	0.587	시행

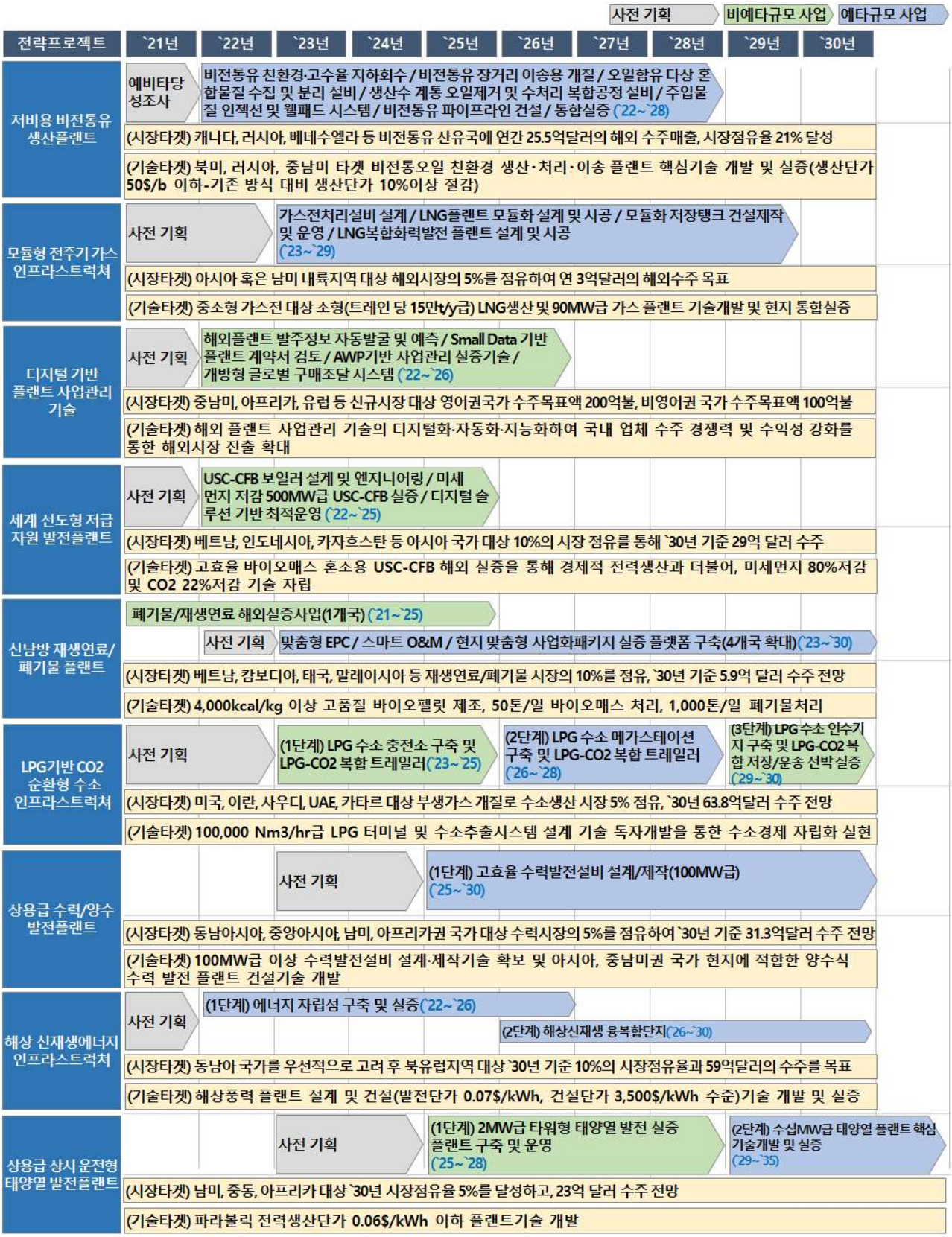
2. R&D 로드맵

□ **R&D로드맵은 9개 전략프로젝트에 대한 우선순위 평가를 고려하여 착수시점을 고려하되, 기 추진이 확정된 사업은 우선 추진하는 것으로 설정함**

○ “저비용 비전통유 생산플랜트”는 현재 예비타당성조사를 진행 중이며, 사업시행으로 결정될 경우, ‘22년부터 사업이 착수됨

○ “신남방 재생연료/폐기물 플랜트”는 현재 해외실증사업(1개국)으로 기획 중으로 ‘21년 비예타규모로 사업이 추진될 예정이므로, 우선순위평가는 4순위이나, ‘21년 사업이 착수되는 것으로 설정함

○ “해상 신재생에너지 인프라스트럭쳐”는 범부처로 추진되는 국가 수소경제활성화 로드맵 및 수소기술로드맵에 따라 현재 예타사업 규모로 기획 중이므로, ‘22년 사업이 착수되는 것으로 설정함



[그림 220] 해외 신시장 진출을 위한 플랜트분야 R&D로드맵

3절. 플랜트 분야 해외시장 진출 전략

1. 팀 코리아 추진체계 구성

□ **국내 투자사가 투자지분을 갖고, 국내 EPC기업-엔지니어링기업-기자재기업이 컨소시엄으로 해외 플랜트 사업을 수행하여 국내 기업의 해외사업 참여기회를 확대함**

○ LNG, 가스화력발전 등 주요 플랜트 시장에서 국내 기업의 시장진출이 어려웠던 것은 신규진입자로서 수십년간의 실적을 바탕으로 형성되어 있는 진입장벽을 넘지 못했기 때문임

- 주요 플랜트 시장에서 사업수주를 하지 못함으로써, 플랜트 프로젝트 수행 경험을 확보하지 못하고, 결국 프로젝트 수행 경험 부재가 더 큰 진입장벽으로 작용하는 악순환에 빠져있음

○ 해외 주요 플랜트 사업 수주를 하지 못하는 악순환에서 선순환으로 전환을 위해서는 국내 투자사가 해외 개발 프로젝트에 투자 지분을 갖고, 국내 제품이 적용될 수 있도록 기반을 마련해 주어야 함

○ 일본이 LNG시장에서 두각을 나타내게 된 것은 LNG 개발사업에 투자하여 광구 지분권을 갖고, 자국 기업의 참여를 위한 기반을 마련했기 때문임

- 일본 도쿄 가스공사는 알래스카, 러시아, 호주 등 해외 주요 가스전 광구개발에 투자하여 지분권을 갖고, 자국 EPC기업의 사업수주, 자국 기자재 활용을 위한 기반을 마련하였으며, 일본 EPC기업, 기자재 기업은 해외프로젝트 수행경험을 기반으로 후속 해외사업 수주를 확대하고 있음

○ 해외진출 플랜트 R&D로드맵의 전략프로젝트 개발 플랜트 기술의 실증과 국내 개발 기자재 도입을 한국석유공사와 가스공사가 보유하고 있는 해외광구에서 추진하여, 국내 개발기술이 해외에서 Track Record를 쌓을 수 있는 기반을 마련하는 것이 필요함

- 한국석유공사가 보유하고 있는 캐나다 오일샌드 광구에 “저비용 비전통유 생산플랜트” 전략프로젝트 개발기술을 적용할 수 있는 기반을 마련하고, 현지 실증을 추진함

- 이를 통해 “저비용 비전통유 생산플랜트”에 참여하는 기업들은 시공 및 운영에 대한 경험을 확보할 수 있으며, 기자재업체들은 Track Record를 확보하게 됨

○ 풍력 플랜트에 소요되는 풍력터빈과 가스화력발전 플랜트에 사용되는 가스터빈은 아무리 성능이 우수하더라도 Track Record 없이는 해외시장에서 사용되기 어려우므로, 국내에서 지분을 투자하여 국내 핵심기술의 Track Record를 확보할 수 있는 기반을 마련하는 것이 중요함

- 해외 기술에 비해 성능·가격 측면에서 미흡하더라도, 정책적 측면에서 국산화를 위해 국내 기술 사용을 권고할 수 있음

□ **모듈러 엔지니어링 기업과 기자재 기업이 한국형 플랜트 플랫폼을 구축함으로써, 향후 시장점유를 확대해 나아갈 때에 기자재 및 건설비용을 절감할 수 있음**

○ 모듈화 시공의 강점은 동일한 형태의 제품을 공장에서 제작함으로써 모듈 제작 비용을 낮출 수 있다는 점임

- 엔지니어링기업과 기자재 기업이 한국형 플랜트 플랫폼을 구축하고 동일 모형으로 타 지역에 진출하게 된다면 비용절감을 통해 수주가능성을 높이고, 기업의 수익성 향상에 기여할 수 있음

○ 중소 엔지니어링업체는 FEED를 수행하고 모듈러로 사업을 성공적으로 수행하는 경우, 향후 이를 기준으로 모듈러 시장진출이 가능할 것임

- 현지 환경, 엄격한 환경규제, 현지의 높은 인건비 및 인력수급이 불안정할 경우, 모듈러로 진출이 적합할 수 있음

- 기업입장에서는 책임소재 문제가 발생하므로 기업 단독으로 모듈화 추진이 어려워 이를 국가 R&D로 추진하는 타당성이 존재하며, 실적만 확보된다면 이후 해외시장 진출이 가능함

□ **대형 EPC사는 실증 사업에 참여함으로써 현지 플랜트 건설실적을 확보하고 플랜트 시장 진출 저변확대의 기반을 마련할 수 있음**

○ 대형 EPC사는 전체적인 사업운영권과 대형 사업 진출을 위한 Track Record를 확보할 수 있음

○ 국내 기술력이 우수하더라도 운영 실적이 확보되지 않는다면, 곧바로 대형시장 진출은 어려우므로 컨소시엄으로 상용급 실증단지에서 실적을 확보하는 것이 해외진출 방안이 됨

2. 해외실증을 통한 Track Record 확보 및 현지 맞춤형 서비스 제공

□ **현지에서 요구하는 상품을 제공하는 실증사업을 추진함**

○ 발전시설의 경우 현지의 전력계통 연계와 현지에서 요구하는 발전량 등에 부합하는 내용에 따라 플랜트 설계가 이루어져야 함

- 특히, 현지원료를 사용하는 발전플랜트의 경우, 현지의 원료성분과 성상을 고려하여 효율적인 운영이 될 수 있도록 설계 및 실증시설을 구축하여야 함

○ 현지에서 실증시설을 운영함으로써, 현지 수요처에게 국내 개발 플랜트에 대한 성능과 안정성을 증명하고 보여줌으로써 현지 국가의 신뢰도를 확보할 수 있음

○ 또한, 실증시설을 거점으로 하여 현지 국가 및 인접 국가로 시장을 확대해 나아가기 위한 기반이 됨

□ **해외 실증대상 및 지역을 선정하고 승인을 확보하기 위해 정부지원 정책을 활용함**

○ 정부 네트워크를 통해 전략프로젝트별 현지 실증을 추진하여 Track Record를 확보하고 현지 사업 수행 경험을 축적하여 향후 사업 수주에 도움이 될 수 있음

- 국토교통부 및 산하기관 네트워크를 이용하여 현지 실증을 위한 정보제공과 현지조사, 인력, 금융 등의 실질적 지원이 가능함

- R&D 예산으로 실증 플랜트 건설/운영을 지원하여 상용화되지 않은 기술의 리스크를 저감하여 현지 발주처/오너의 부담을 줄일 수 있음

○ 현지조건 뿐만 아니라 정부 지원정책, 투자환경, 해외업체와의 경쟁력, 인허가 규제사항, 운송, 현지협력 파트너 선정, 경제성 분석 등 실제 사업 수행을 위한 다양한 조건들을 고려하여 실증 대상 국가와 지역을 선정해야 함

3. 해외 실증지 기반 현지교류

□ **현지실증지 대상 국가와 개발기술에 대한 공동연구를 지속 추진하고 시험인증 기관과 국제교류 및 협력을 통해 리스크 저감을 도모함**

○ 자원매장 현장을 미보유한 우리의 여건에서 현지 네트워크를 활용하여 정보 및 데이터의 확보와 기술교류는 기술개발 및 사업 추진의 리스크를 대폭 줄일 수 있음

- 사업 기획단계부터 현지 국가, 유관기관과의 업무협약을 통하여 현지 공동연구 기획, 검증 현장 협조, 시험인증지원 등에 관한 교류·협력을 추진

- 현지 사업분야와 연관된 국가 주도의 출연연구소, 대학교 등과 인력교류, 아이디어 교류를 위한 컨퍼런스 등을 정기적으로 추진하여 연구참여 인력의 현장경험 확보 및 역량을 제고함

- 본 사업 추진단계에서 전략적으로 연구팀을 해외 현지에 파견하여 공동연구 수행체계를 구축하고, 현지 수요기술의 사업화를 전제로 공동개발하는 전략을 추진

○ 핵심기술의 효율적 개발과 현지 실증을 지원하기 위한 국제공동연구, 실증지원체계를 구축하여 중점추진

- 현지 수요를 파악하여 초기에 요소기술에 대한 강점과 약점을 분석하여 역할을 분담하고, 최종적으로는 관련기업이 현지에 사업화 진출이 가능한 모델을 상정함

□ **현지실증지를 기반으로 현지국가와 네트워크를 구축하고 현지업체를 활용하여 정보취득 및 발주처 네트워크를 형성함으로써 시장점유 확대 기반을 마련함**

○ 현지화에 필요한 모든 자원을 국내기업에서 지원할 수 없는 한계를 극복하기 위해서 경쟁력을 보유한 현지기업과의 전략적 협력을 고려함[442)]

- 조직 내부의 현지화 역량을 근간으로 현지 사업추진을 위한 파트너로서 우수 협력기업들을 조사 및 발굴하고, 지속적인 관리를 통해 기업의 내부자원으로 활용할 수 있는 시스템 구축이 필요함

○ 현지실증단지 구축사업 공동참여 등을 통해 향후 사업확장 시 필요한 인적자원과 인프라에 대한 마련을 사전적으로 준비할 수 있음

○ 현지실증단지 기반 현지국가와 네트워크 구축과 관련하여 대한무역투자진흥공사는 해외투자진출지원사업을 통해 발주처 면담, 로컬 에이전트 및 파트너 알선을 지원함[443)]

442) 국내외 건설기업의 해외건설 현지화 전략 사례 및 시사점, 한국건설산업연구원, 2015
443) 2017 해외 인프라개발사업 진출 지원제도 종합가이드, 국토교통부 2017

4. 정부의 해외진출지원제도와 연계한 사업추진

□ 국토교통부의 해외건설시장 개척지원사업을 활용하여 신시장 개척 및 신규 프로젝트 발굴 추진

○ 해외건설협회에 해외 유망프로젝트에 대한 사업모델 검토 및 타당성 조사, 현지수주 교섭, 발주처 초청 비용 지원 신청

○ 국토교통부 해외건설산업정보시스템 구축과 서비스 연동한 신규 프로젝트 발굴

- 19년 2월 대외경제장관회의에서는 해외건설 활성화를 위하여 해외건설산업정보시스템 구축을 의결하였으며, 국토교통부에서는 21년 시스템구축을 발주하여 23년 시스템 상용화를 목표로 준비 중에 있음

- 해외진출 플랜트 R&D로드맵의 전략프로젝트를 통해 해외플랜트 발주정보 자동 발굴 및 예측 기술, Small Data 기반의 플랜트 계약서 검토 기술, 개방형 글로벌 구매조달 시스템 기술을 개발하고 이를 해외건설산업정보시스템과 연동하여 서비스 제공을 추진할 계획임

□ 한국해외인프라도시개발공사(KIND)와 연계한 사업발굴 및 글로벌 인프라 펀드를 활용한 금융조달 추진

○ KIND는 조성된 펀드를 기반으로 해외사업들을 발굴하고 있으며, 해외진출 R&D로드맵의 전략프로젝트 적용이 가능한 해외사업들을 분석하여 KIND의 사업과 연계 추진함

- KIND에서는 해외 인프라 사업 중 수력발전 사업 등 전략프로젝트와 연계되는 사업들을 분석하고 발굴하고 있음

- KIND에서 추진하고자 하는 사업과 전략프로젝트를 연계하여, 현지 실증이 가능하도록 사업발굴 및 투자가 이루어지는 경우, 국내 개발 플랜트기술의 해외 실적 확보 및 해외진출 기반을 마련할 수 있음

○ 한국해외인프라도시개발공사(KIND)의 글로벌 인프라 펀드, 한국수출입은행 등과 연계하여 금융대출 보증지원, 금융자문 등을 기반으로 차입금 조달을 추진하며, 국내에서 금융기관과 연계된 지원정책 활용이 가능함

- 국토교통부는 글로벌 인프라 협력 컨퍼런스를 통해 발주처, 정부부처 및 MDB 등 국제금융기관 인사를 초청해 프로젝트 설명회 개최를 지원함

- 기획재정부는 해외 인프라 수주투자 지원센터를 통해 수출 해외투자 해외자원개발 및 M&A 등을 위한 맞춤형 금융자문 연계서비스를 수행함

- 한국수출입은행은 기업지원서비스를 통해 해외자원개발 및 해외인수, 합병(M&A) 등을 위한 맞춤형 금융자문 수행하며, 해외건설 플랜트 금융서비스를 통해 해외건설 플랜트 사업의 금융지원 강화하고 있음

  • 또한, 해외자원개발금융 지원제도를 통해 해외자원 보유국에 진출해 자원 탐사, 개발, 생산 등에 필요한 자금에 대해 금융서비스를 제공하고, 탐사사업 및 지분 인수에 필요한 소요자금을 지원함

- 한국무역보험공사는 해외투자보험을 통해 해외 인프라개발형 사업 전체 소요자금에 대한 금융계약을 지원함