

2015

국토교통 R&D 동향조사

플랜트분야

Ministry of Land,
Infrastructure, and
Transport

Korea
Agency for
Infrastructure Technology
Advancement



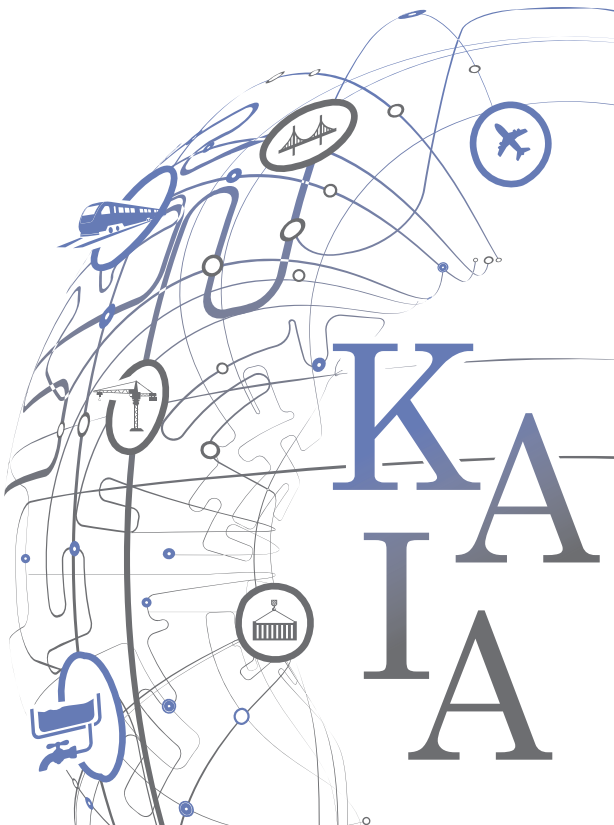
생활을 편리하게!
시간을 풍요롭게!

-creative dream builder-

KAIA

국토교통 R&D 동향조사 플랜트분야

CONTENTS



01. 개요	04
I. 플랜트의 정의 및 범위	04
II. 플랜트 연구의 필요성	07
02. 국내외 주요 정책동향	10
I. 미국	10
II. EU	13
III. 독일	15
IV. 프랑스	17
V. 일본	19
VI. 중국	21
VII. 한국	24
03. 발전플랜트	30
I. 주요 선진국 동향	30
II. 국내 동향	39
04. 자원개발플랜트	48
I. 주요 선진국 동향	48
II. 국내 동향	56
05. 신재생에너지 플랜트	64
I. 주요 선진국 동향	64
II. 국내 동향	76
06. 담수처리 및 환경플랜트	86
I. 주요 선진국 동향	86
II. 국내 동향	93
07. 국내외 동향 요약	98
I. 시장동향	98
II. 정책동향	99
III. 기술동향	100
08. 주요이슈 및 시사점	102
09. 참고문헌	104



01. 개요

I. 플랜트의 정의 및 범위

- 플랜트란 발전소나 정유공장과 같이 기계와 장치를 설치하여 생산자가 목적으로 하는 원료 또는 중간재, 최종 제품을 제조할 수 있는 생산설비를 의미¹⁾²⁾
 - 플랜트는 복합공정을 통해서 계획된 산출물을 생산하는 통합설비를 의미
 - 통합설비(integrated facility)란 독립적인 기능을 갖도록 소재·부품·단위 기계·부분 조립체·기계·용기·배관·구조물 등을 유기적이고 체계적으로 조합한 집합체로 유틸리티·부지·노동력·자금 등의 투입이 수반
 - 플랜트산업은 설계·조달·시공이 반드시 포함 되며 최근에는 사업관리 요구가 확대되는 추세
- 플랜트 기술은 플랜트 건설목적에 따라 발전 플랜트 기술, 자원개발 플랜트 기술, 신재생에너지 플랜트 기술, 담수처리 및 환경플랜트 기술로 구분
 - 발전플랜트 기술은 석탄 및 석유, 가스 등의 연소, 핵분열 및 핵융합에 의한 열에너지와 물의 낙차에 의한 위치에너지로 터빈 및 발전기를 구동시켜 전기에너지로 변환시키는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술이며, 화력발전, 원자력발전, 핵융합발전, 수력발전으로 구분
 - 화력발전플랜트 기술은 석탄, 석유, 가스 등을 연소시켜 발생하는 고온·고압의 가스나 열에 의한 증기를 이용한 가스터빈 및 증기터빈, 또는 이를 조합한 열에너지를 전기에너지로 변환하는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술
 - 발전 시 발생하는 열을 회수하여 난방이나 냉방에 이용하는 열병합발전기술을 포함
 - 원자력발전플랜트 기술은 핵분열에 의해 발생한 열에너지를 이용하여 터빈과 발전기를 회전시킴으로써 전기를 생산하는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리/해체기술
 - 핵융발전플랜트 기술은 핵융합 시 생긴 질량결손에 의해 방출되는 에너지를 이용하여 전기를 생산하는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술
 - 수력발전플랜트 기술은 물의 낙차에 의한 위치에너지로 터빈 및 발전기를 이용하여 전기에너지로 변환시키는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술

1) 플랜트/엔지니어링산업 시장동향과 기술개발전략, 지식산업정보원, 2013

2) 플랜트산업의 기초분석, 산업연구원, 2012



- 자원개발 플랜트 기술은 석유, 가스, 광물 등 각종 에너지·자원의 탐사·개발, 전처리, 변환 및 전환, 기존 유·가스 채굴방식과 다른 방식으로 채굴(세일가스, 오일샌드, 석탄가스화 등 비전통에너지)하기 위한 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술이며, 석탄가스화, 오일샌드/세일가스 추출, 심해저자원개발, 자원이송/스테이션, 가스플랜트로 구분
 - 석탄가스화 플랜트 기술은 석탄을 불완전 연소시켜 발생한 합성가스를 탄화수소 개질을 통해 메탄 등으로 전환하는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술
 - 오일샌드/세일가스 추출 플랜트 기술은 지하에 매장된 오일샌드와 세일가스를 추출하기 위한 설비의 설계/설치/운영 및 유지관리 기술
 - 심해저자원개발 플랜트 기술은 심해저에 매장되어 있는 고체상태의 메탄하이드레이트 및 천연가스를 채취, 생산·변환하여 이송하기 위한 설비의 설계/설치/운영 및 유지관리 기술
 - 자원이송/스테이션 플랜트 기술은 원격지의 가스, 오일 등을 수요처로 이송하는 기술로서 주로 장거리 배관계통이나 증계스테이션 및 핵심설비의 설계/재료/시공/운영 및 유지관리 기술
 - 가스 플랜트 기술은 가스전에서 채굴한 원료의 전처리, 초저온 액화, 액체연료나 원료로 전환, 이송 및 운송, 저장 등에 관한 설비의 설계/설치/운영 및 유지관리 기술
- 신재생에너지 플랜트 기술은 신재생에너지를 생산하거나 이용하는 설비 또는 이를 활용하여 전기를 생산하는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술로 국토교통부에서 다루는 풍력발전, 해양에너지, 바이오가스화, 태양광/태양열 발전, 지열발전, 수소생산/인프라로 구분
 - 풍력발전 플랜트 기술은 공기의 유동이 가진 운동에너지의 공기역학적 특성을 이용하여 회전자를 회전시켜 기계적 에너지로 변환 후 직접 이용하거나 발전기를 구동하여 전력을 얻는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술
 - 해양에너지 플랜트 기술은 조석이 발생하는 하구, 만을 방조제로 막아 해수를 가두고 수차발전기를 설치하여 외해와 조지 내의 수위차를 이용하여 발전시키는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술
 - 바이오가스화 플랜트 기술은 유기성 원료를 분해시 발생하는 가스를 정제하여 메탄 등으로 전환하는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술
 - 태양광/태양열 발전 플랜트 기술은 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

- 지열발전 플랜트 기술은 지표면으로부터 수내지 수십미터 깊이의 흙 또는 지하수, 호수나 강물 등을 에너지원으로 하여 전력 또는 냉난방 열원으로 변환시키는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술
- 수소생산/인프라 플랜트 기술은 수소를 에너지원으로 사용하기 위한 수소제조, 저장, 수송과 관련된 설비기술
- 담수처리 및 환경 플랜트 기술은 염분을 포함하는 해수나 염수에서 염분을 제거하거나 각종 오폐수에서 오염원을 적절한 수준으로 제거하여 음용수 또는 용도별 용수로 처리하는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술, 도시나 단지 등에서 발생하는 폐기물을 수집·처리·활용하는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술, 플랜트 건설 및 운영상 발생하는 온실가스 등을 포집·활용하는 기술을 의미
 - 해수담수화 플랜트 기술은 해수 중에 용해되어 있는 염분을 제거하여 담수를 얻을 수 있는 제반 프로세스 및 설비의 처리/공정/설계/시공/운영 및 유지관리 기술
 - 폐기물처리 플랜트 기술은 폐기물을 환경적으로 무해하게 안정화 처리하면서 자원화를 통해 재활용 할 수 있는 폐기물 처리 기술과 설비의 기획/설계/시공 및 유지관리 기술
 - 수처리 플랜트 기술은 기존의 물리적, 화학적 및 생물학적 처리 기법을 이용하여 산업 용도에 따른 초순수 제조기술, 생활 및 산업활동에서 발생하는 하수 및 폐수 처리 및 재활용 기술
 - 대기오염방지 및 CCS 기술은 대기배출시설에서 배출되는 오염물질을 제거하거나 감소시키는 설비 및 CO₂ 회수 설비기술을 의미

표 1 플랜트분야 중분류 기술분야 정의 및 범위

발전플랜트	• 석탄 및 석유, 가스 등의 연소, 핵분열 및 핵융합에 의한 열에너지와 물의 낙차에 의한 위치에너지로 터빈 및 발전기를 구동시켜 전기에너지로 변환시키는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술
자원개발 플랜트	• 석유, 가스, 광물 등 각종 에너지자원의 탐사개발, 전처리, 변환 및 전환, 기존 유·가스 채굴방식과 다른 방식으로 채굴(셰일가스, 오일샌드, 석탄가스화 등 비전통에너지)하기 위한 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술
신재생에너지 플랜트	• 신재생에너지를 생산하거나 이용하는 설비 또는 이를 활용하여 전기를 생산하는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술
담수처리 및 환경플랜트	• 염분을 포함하는 해수나 염수에서 염분을 제거하거나 각종 오폐수에서 오염원을 적절한 수준으로 제거하여 음용수 또는 용도별 용수로 처리하는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술 • 도시나 단지 등에서 발생하는 폐기물을 수집·처리·활용하는 설비의 설계/시공/운영 및 유지관리 기술 • 플랜트 건설 및 운영상 발생하는 온실가스 등을 포집·활용하는 기술

II. 플랜트 연구의 필요성

- 플랜트는 다양한 산업분야가 포함된 종합산업으로 해외 수출 시 외화가득률이 높은 고부가가치 산업³⁾
 - 플랜트는 제품을 제조하기 위한 기계·장비 등의 하드웨어, 하드웨어 설치에 필요한 설계 및 엔지니어링 등의 소프트웨어, 건설시공, 운영 및 유지보수가 포함된 종합산업으로 산업연관 효과가 매우 큰 산업
 - 플랜트 산업은 자국내 새로운 산업육성이나 수입대체 및 수출진흥에 기여하는 바가 크며, 비교적 통상마찰 및 규제가 적은 반면 외화가득률이 높은 고부가가치 산업
- 온실가스 배출량 규제에 따라 기존 화석연료를 에너지원으로 활용하는 발전플랜트 개량 및 청정에너지 자원개발 플랜트 건설이 확대될 것으로 전망⁴⁾
 - 미국, 유럽 등 선진국에서는 온실가스 배출 저감을 위해 CO₂발생량에 따른 세금을 부과하고 있으며 이에 따라 클린디젤, 전기차, 수소연료전지차 등 다양한 대체연료차량 도입이 시도
 - '10년 IFA에서 작성한 Blue Map Scenario에 따르면 '50년까지 온실가스 배출량 50% 감축목표를 달성하기 위해 신재생에너지의 역할을 강조하고 있으며, 미국, EU, 일본, 중국 등 세계적으로 온실가스 저감에 대한 의무부담이 강제
- 화석에너지의 고갈, 신흥국의 에너지 수요증가에 따라 에너지 공급과 수요의 불균형이 심화되며, 비전통적인 방식의 자원개발 및 에너지 발전 플랜트가 확산될 것으로 전망⁴⁾
 - 향후 10년 내 원유 생산은 정점에 도달할 것으로 예측하고 있으나, IEA는 '30년까지 원유수요가 1억 600만 배럴/일 이상으로 증가할 것으로 전망
 - '35년 1차 에너지 수요는 중국 등 비 OECD 국가의 수요 급증으로 '09년 대비 40%가 증가하며 에너지 자원 부족이 심화될 것으로 추정
 - 원자재 수급 불안에 따라 원자력, 태양열, 풍력 등 신개념 에너지원을 이용하는 도시체제로 전환될 것으로 예상

3) 플랜트/엔지니어링산업 시장동향과 기술개발전략, 지식산업정보원, 2013

4) 2040 국토교통 미래기술 예측조사, 국토교통부, 2013

- 전 세계 인구증가 및 경제성장은 수자원 부족 및 환경오염 문제를 야기하며, 이를 해소하기 위한 수처리 및 환경플랜트 보급이 확대될 것으로 전망⁵⁾
 - ‘밀레니엄 프로젝트’의 “11년 미래 보고서”는 ‘25년에 전 세계 인구의 절반이 물부족으로 고통받게 될 것으로 전망
 - 저개발국가를 중심으로 경제성장과 함께 인구증가가 예상되어 물수요는 증가할 것으로 전망
 - 기후변화로 기온 상승 및 가뭄발생기간이 증가하여 전세계적으로 물부족 현상은 심화될 것으로 전망
 - 물부족 문제 해소를 위해 새로운 개념의 담수화 시설 및 하폐수 고도처리 시설 보급이 확대될 것으로 전망
 - 각종 산업활동에서 야기되는 환경오염문제 및 사회적 비용을 최소화하기 위한 방안이 적극 검토
- 국내 해외건설 사업수주액 중 플랜트 분야가 차지하는 비중은 높으나, 핵심 엔지니어링 기술 부족으로 고부가가치 영역 해외수주에 어려움⁶⁾
 - 해수담수화 등 일부 분야에서는 국산화율이 높지만 플랜트 부문에서 기본설계 등 핵심 원천기술은 선진기업이 독식
 - 미국·유럽 등 선진업체들은 핵심기술분야를 독점하고 후발업체 진입을 억제
- 향후 주요 국가경쟁력 요소로 부각되는 미래 에너지 및 자원개발 사업 진출기반 마련을 위한 플랜트 건설관련 제반 기술 확보가 필요

5) 2040 국토교통 미래기술 예측조사, 국토교통부, 2013

6) 해외건설촉진연구개발사업, 국토교통부, 2013

생활을 편리하게!
시간을 풍요롭게!

-creative dream builder-

KAIA



02. 국내외 주요 정책동향

I. 미국

○ 오바마 정부는 에너지 수입의존도를 축소하기 위해 비전통에너지 개발과 신재생에너지 공급을 증대

- 오바마 1기 정부에서는 '신에너지 정책'을 통해 에너지 해외 의존도를 축소하고 100년 동안 공급이 가능한 비전통 가스 개발을 추진⁷⁾
- 2기 정부부터 '전방위 에너지 전략(All of the Energy Above Energy Strategy)'을 추진하며 석유, 천연가스, 원자력, 신재생에너지, 에너지 효율 등 가능한 모든 자원을 활용함으로써 에너지 자립도를 제고하며 환경오염 및 기후변화에 대해 적극적으로 대응⁸⁾
- 미국은 비전통에너지 자원 중 셰일가스 개발로 '18년부터는 천연가스 순수출국으로 전환할 것으로 예측되며, '20년 순수출 규모는 1/9조 입방피트에 이를 것으로 추정

○ 미국 환경보호청(EPA)은 '기후변화 액션플랜'의 후속 작업으로 기존 화력발전소의 온실가스 배출 감축을 목표로 한 '청정전력계획'을 발표⁹⁾

- '기후변화 액션플랜'은 온실가스 규제 강화, 신재생에너지 확대, 에너지 효율성 강화 등을 추진

표 2 기후변화 액션플랜의 주요 내용

항목	주요 내용
온실가스 규제 강화	• 발전소 온실가스 배출 규제 • '18년부터 대형차량의 연비기준 대폭 강화
신재생에너지 확대	• '20년까지 풍력/태양광 설비용량을 '13년 기준 2배로 확대 • 청정에너지 핵심기술 투자 확대(79억 달러 추가 배정) • 화석연료 보조금 철폐
에너지효율과 기후변화 대응능력 제고	• 주택·상업·산업분야 에너지효율 2배 증진 • 건물·인프라시설 기후변화 가이드라인 개발 • '14년 기후변화 대응 연구에 27억달러 예산 배정
기후변화 관련 기술의 확대 적용	• 4,800억 달러 규모의 환경상품과 서비스 자유무역 추진 • 중국, 인도, 브라질 등 주요국과 양자협력 체결

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

7) 한반도 르네상스 구현을 위한 VIP 리포트(미국 에너지 정책 변화와 시사점) 580호, 현대경제연구원, 2014.8.11

8) 제 13-27호-세계 에너지시장 인사이트, 에너지경제연구원, 2013.7.19

9) 미국 청정전력계획 내용과 향후 전망, World Energy Market Insight, 이지웅, 2014.7

- 화력발전소의 온실가스 배출 감축을 목표로 한 ‘청정전력계획’이 실현된다면 발전부문 온실가스 배출량이 '05년 대비 '20년까지 25%, '30년까지 30% 감축될 것으로 전망
- ‘청정전력계획’을 통해 각 주(州)별 월단위 감축목표와 이를 실행하기 위한 가이드라인을 제시
 - 각 주정부는 자율적으로 감축목표를 설정하고, 구체적인 감축안을 '16년 6월까지 마련

표 3 주별 화력발전 온실가스 배출량 감축목표(안) 분포 현황

감축목표	해당 주	
50% 이상	3개	워싱턴, 애리조나, 사우스캐롤라이나
41~50%	7개	오리건, 뉴햄프셔, 조지아, 아칸소, 뉴욕, 뉴저지, 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

- DOE는 ‘ARRA(American Recovery and Reinvestment Act)’를 통해 기후변화 대응 및 경기 침체에 대응하기 위한 방안으로 재생에너지 보급 정책을 적극적으로 추진¹⁰⁾
 - 미국은 ARRA 정책을 통해 재생에너지 보급을 추진하며, '09년부터 '19년까지 에너지 효율향상과 재생에너지 분야 연구에 총 272억 달러를 투자할 예정
 - 기후변화 대응 관련 산업 육성을 통한 경제부양을 목표로 '15년 R&D 투자 비중을 확대¹¹⁾
 - 클린에너지 산업 육성을 통한 경제부양의 의지를 반영하여 '15년 DOE의 R&D 예산을 증액
 - '20년까지 '05년도 온실가스 배출량 수준 대비 17% 감축과 풍력·태양광 설비용량을 2배로 확대하여 청정에너지 확대를 위한 10GW 청정발전설비 건설을 추진¹²⁾

10) 신재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014

11) 제3차 에너지 기술개발 계획, 산업통상자원부, 2014.12

12) 2014 에너지기술 이노베이션 로드맵 총괄보고서, 산업통상자원부·한국에너지기술연구원, 2014.12

○ 미국 에너지 첨단 연구프로젝트국(ARPA-E)은 혁신적 에너지기술 투자를 지속적으로 확대하여, '16년 3억2,500만 달러를 투자할 계획

- 성능향상, 비용절감, 상용화시기 단축을 통해 미래 메가트렌드 변혁을 선도하는 한계돌파형 기술개발을 본격 추진

표 4 미국 에너지 첨단 연구프로젝트국(ARPA-E)의 연도별 투자 금액

(단위 : 백만 달러)

연도	'11년	'12년	'13년	'14년	'15년	'16년
투자 금액	180	275	251	280	280	325

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

- REMOTE 프로그램에서는 미국 내 풍부한 매장량을 자랑하는 셰일가스를 포함한 천연가스 이용 액체연료 생산 기술개발을 수행
- RANGE 프로그램에서는 전기자동차 주행효율성 향상을 위해 전체 배터리 시스템 설계 및 아키텍처 재조정 및 배터리시스템의 경량화에 주력
- FOCUS 프로그램에서는 태양광산업의 지속적 성장을 위한 저비용, 고효율 전력공급이 가능한 하이브리드 태양에너지 기술 개발을 추진
- IMPACCT 프로그램에서는 이산화탄소 포집기술 개발을 위해 15개 과제에 3,300만 달러를 투자

○ 미국은 후쿠시마 원전사고 이후에도, 기존 신규 원전건설 계획을 유지

- '10년 미국정부는 29기의 신규 원전건설 및 원전건설을 위한 83억 달러 대출 보증 지원 계획을 발표하는 등 적극적인 신규 원전정책 추진
- '15년 6월 현재 미국에서는 총 5개의 원자로가 건설 중이며 49개의 원자로를 추가로 건설할 계획¹³⁾
 - 건설 중인 5개의 원자로는 모두 1,000MW 이상의 대형 원자로이며, 추가 건설 계획 중인 49개의 원자로 중 30개의 원자로가 1,000MW 이상의 대형 원자로, 나머지 19개의 원자로가 1,000MW 이하의 소형 원자로

13) Nuclear Power in the USA, World Nuclear Association, 2015.6

II. EU

- EU는 '10년 '2020전략'에 이어 '14년 '2030 기후·에너지정책 프레임워크'를 발표하며 온실가스 배출저감, 재생에너지 확충, 에너지 효율 개선의 정책기조를 유지¹⁴⁾
 - '30년까지 '90년 대비 온실가스 배출량 40% 감축 목표를 설정하고 국가별 목표할당량 제시
 - '30년까지 범 EU 차원에서 최소 27%까지 재생에너지 소비목표 확대 제시
- EU는 에너지 공급안보와 경쟁력 개선, '50년까지 온실가스배출 감축률 80% 달성을 목표로 하는 '에너지 로드맵 2050'을 '11년부터 추진 중¹⁵⁾
 - '에너지 로드맵 2050'에서는 에너지믹스, 신재생에너지, 에너지효율성 및 신기술 관련 시나리오를 작성
 - － 모든 시나리오에는 4대 탈탄소화 요소인 에너지효율성, 신재생, 원자력, 탄소포집저장에 관한 전망이 포함

그림 1 '50년 유럽 에너지 그리드 전망



자료 : Roadmap 2050—Visuals, EU 로드맵2050홈페이지, 2015.5 검색

- 에너지원별 전망을 살펴보면 가스의 비중이 성장하고, 원자력 발전에 대해서는 중립적 입장, 신재생에너지의 확대, 에너지효율성 증대를 통한 에너지 소비 감소를 예측
- EU 집행위원회는 '셰일가스와 셰일오일 개발 및 채굴에 관한 가이드라인'을 발표하고 채굴에 사용되는 화학물질 및 물에 관한 자료 공개를 요구¹⁶⁾
 - 유럽위원회는 '셰일가스와 셰일오일 개발 및 채굴에 관한 가이드라인'을 통해 '14년 12월까지 셰일가스 추출사업 현황을 집행위원회에 보고하고 수압파쇄법을 이용한 셰일가스와 셰일오일 채굴에 사용되는 화학물질 및 물에 관한 자료를 공개

14) 세계 에너지시장 인사이트 14-5호, 에너지경제연구원, 2014.2.14

15) ROADMAP 2050, EU, 2011

16) 미국발 '셰일 혁명'에 다급해진 유럽, 푸른여우의 세상 이야기, 2014.2.7

- EU 내에서도 수압파쇄법으로 인한 환경오염에 대한 우려로 인해 셰일가스와 셰일오일 개발 추진여부에 대해 의견이 엇갈리고 있는 상황
- Horizon 2020에서는 ‘안전, 청정, 고효율 에너지’ 개발을 중요시하며, 에너지 효율, 저탄소 기술, 대체연료, 스마트 그리드 등의 기술개발을 추진¹⁷⁾
- 전체 Horizon 2020 예산 630억 유로 중 35%인 220억 유로를 ‘안전, 청정, 고효율 에너지’ 개발에 투자

표 5 안전, 청정, 고효율 에너지 세부 분야

세부 분야	내용
에너지 효율 및 탄소배출량 저감	• 스마트하고 효율적인 에너지 사용을 위한 대규모 시장 기술, 서비스 개발 • 효율적이고 재생 가능한 냉난방 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	• '20년까지 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 기술계획(SET-Plan)을 실천하기 위해 저탄소 에너지기술 개발에 연간 32~54억 유로를 투자¹⁸⁾
- SET-Plan은 저탄소 기술개발의 가속화와 시장 확장을 EU가 주도하기 위해 추진된 프로젝트로 청정·고효율 및 저탄소 에너지 기술 개발을 목표로 설정
 - '20년까지 CO₂ 20% 저감, 저탄소에너지원으로 20% 에너지할당, 에너지효율 증가를 통한 주 에너지사용 20% 감소를 목표로 기술개발을 추진

17) An EU budget for low carbon growth, EC, 2013.11

18) 2014 에너지기술 이노베이션 로드맵, 산업통상자원부, 2014

- 주요 개발 영역은 바이오에너지, 태양열, 에너지 효율 빌딩, 열에너지 네트워크, 에너지 저장, 지열 및 핵에너지, 광발전·풍력 및 조력에너지, 시스템 통합, 교육 및 훈련 시스템의 조화 등

표 6 전략적 에너지 기술계획(SET-Plan) 연구 분야 및 주요 목표

분야	목표
바이오에너지	바이오연료/액체 개발로 온실가스 배출량 60% 감축
CCS	발전 및 에너지집약산업에 CCS적용으로 온실가스 배출량 20% 감축
전력망	'20년까지 분산·집중된 신재생에너지 발전량의 35%를, '50년까지는 100% 수용 가능한 송배전 시스템 마련
수소·연료전지	'15년~'20년 대량 시장도입 및 상용화를 위해 수소공급 및 연료전지 기술개발 가속화
원자력	'20년까지 GEN IV 시범사업 추진, '40년 이후 상용화 목표
에너지효율-스마트도시	도시 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

III. 독일

- 독일 메르켈 정부는 '22년까지 원전의 완전 폐쇄, 화석연료 의존도 감축, 신재생에너지 비중을 증가시키는 에너지 전환 정책을 추진
 - 독일은 원전폐쇄, 화석연료 의존도 감축 및 신재생에너지 비중 증가를 중장기 에너지 정책 목표로 설정하고 재생에너지를 중심으로 하는 전원 구성을 추진¹⁹⁾
 - 독일 정부는 에너지 전환을 위해 총 8개의 법안을 개정하여 원전 운영시기 제한, 신재생에너지 증대, 에너지 효율성 강화, 지능형 전력계량기 도입 등을 추진²⁰⁾
- 독일 정부는 '20년까지 독일 신재생에너지 보급의 기본계획이 되는 국가에너지실행계획(NREAP : National Energy Action Plan)을 발표하고 신재생에너지 개발을 확대할 방침²¹⁾
 - 최종 에너지 소비량의 18%, 냉·난방수요의 15.5%, 전력수요의 37%, 수송용 에너지의 13%를 재생에너지로 충당할 계획

19) KEMRI 전력경제 REVIEW 2015년 제9호, 한전경제경영연구원, 2015.3.16

20) 독일, 원자력에서 신재생에너지로 전환, 전기평론, 2013.9.24

21) 신재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014

- 신재생에너지 발전의 구체적인 실행계획으로 Amendment of the Renewable Energy Sources Act와 Market Incentive Program을 추진
 - Amendment of the Renewable Energy Sources Act를 통해 '12년 총 전력공급량 대비 '20년에는 35%, '30년에는 50%, '40년에는 65%, '50년에는 100%를 재생에너지로 충당할 계획
 - 전력공급에서 재생에너지 비중을 증가시키기 위해 시장·시스템·전력망의 통합을 강조하였으며, FIT제도²²⁾를 도입
- 지속가능한 에너지 개발, 에너지의 효율적 사용, 기후변화 대응을 위한 재생에너지 개발에 중점을 둔 연구개발 프로그램을 추진
 - 지속가능한 에너지 기술 개발을 위한 '지속가능한 발전을 위한 연구(FORNE)' 계획을 수립하여 '10년부터 '15년까지 20억 유로를 투입²³⁾
 - 에너지의 효율적 생산, 전환, 저장, 이용, 수송 등과 관련한 기초연구를 위한 '에너지 기초연구 2020+'를 발표²⁴⁾
 - '90년부터 에너지 생산성 2배 향상에 기여하는 기술개발을 목표로 효율적 에너지 생산, 변환, 저장, 수송, 사용 및 온실가스 감축 관련 연구를 '20년까지 추진
 - '하이테크 전략 2020'을 통해 기후에너지 분야에 대한 연구를 수행하며 고효율 에너지 미래 도시 개발, 바이오연료 자원 개발, 에너지 공급 다변화 분야의 기술개발을 추진²⁵⁾

표 7 하이테크 전략 '20년의 기후에너지 중점분야 정책 목표

중점분야	정책의 목표	단기 시책	장기시책
친환경 및 고효율에너지 미래도시개발	국민의 삶의 질이 보장되는 미래도시개발	에너지 효율 매년 1%에서 2%로 증대, '20년까지 난방수요 20% 감축	'50년까지 모든 도시건축물 에너지 수요 80% 감축
바이오연료 자원개발	후세대를 위한 화석연료를 보완하고 대체하는 바이오 연료 개발	'30년까지 화학비료를 대체할 바이오비료 개발	친환경바이오 연료를 개발하여 고용창출 및 제조원료의 국산화
에너지공급 다변화	에너지공급 효율성 증대위한 새로운 에너지 기술 개발	이산화탄소 배출량 90%까지 감축, 화석연료사용량 50% 감축, 전기사용량 25% 감축	'50년까지 모든 건물 난방량 80% 감축 및 교통분야 에너지사용량 40% 감축

자료 : 독일 첨단기술전략의 10대 프로젝트 및 실행방안, 한국산업기술진흥원, 2013.4

22) FIT 제도는 정부에 의해 정해진 가격에 의해 전력회사가 신재생에너지를 사들이는 제도로, 일부 발전 사업자에게 일정 비율의 전력을 신재생에너지로 충당시킬 것을 의무화시키는 RPS 제도와 구분됨

23) FORNE: Forschung für nachhaltige Entwicklungen : www.bmbf.de

24) Basic Energy Research 2020+ : www.ptj.de/

25) 독일 첨단기술전략의 10대 프로젝트 및 실행방안, 한국산업기술진흥원, 2013.4

- 바이오 연료 자원 개발 목표 달성을 위해 연방정부에서 ‘바이오 경제 2030’ R&D프로젝트를 추진하며, 총 5억7,000만 유로를 투자할 계획

표 8 바이오 연료개발 프로젝트의 마일스톤

연도	내용
'12년	바이오정유연구개발 로드맵 작성
'12년	로위나 바이오화학 중앙연구소(CBP) 준공
'13년	바이오프로세스개발 연구시설 가동
'14년	바이오에너지 2021프로젝트 시행 결과 발표
'15년	산학공동연구기관 “바이오혁신 산업기술연구소” 지원

자료 : 독일 첨단기술전략의 10대 프로젝트 및 실행방안, 한국산업기술진흥원, 2013.4

IV. 프랑스

- 프랑스 정부는 '20년까지 최종 에너지 소비에서 재생에너지가 차지하는 비중을 23%로 향상시키는 것을 목표로 설정하고 재생에너지 확대에 관한 국가행동계획을 발표
 - '20년까지 국가 총 에너지 소비량 중 23%를 재생에너지로 충당하겠다는 목표를 설정²⁶⁾
 - ‘다년 투자계획(PPI : Programmation pluriannuelles des investissements)’을 통하여 재생에너지원별 구체적인 목표수치를 설정
 - '20년까지 수력발전은 71.7TWh, 풍력발전은 57.9TWh, 바이오매스는 17TWh, 태양에너지는 6.8TWh로 발전용량을 확대시킬 계획
 - 재생에너지 확대 정책은 사회적 합의를 통해 사르코지 대통령이 수립한 계획으로, 이후 올랑드 대통령 또한 재생에너지 확대에 대한 기존 정책 기조 유지 전망
- 프랑스는 '20년까지 최종 에너지 소비량 중 재생에너지의 비중을 확대하기 위해 세제 혜택, FIT 제도 등을 정비²⁷⁾
 - 설비 구입에 대한 세금공제, 소규모 태양열발전소 설비 투자금액에 인화된 부가세율(5.5%)을 적용하는 세제지원 혜택을 제공
 - 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 수준

26) 주요국 에너지정책 현황(프랑스), 국가에너지통계종합정보시스템 홈페이지(www.kesis.net), 2015.5 검색

27) 신재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014

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

○ 프랑스는 후쿠시마 사태에도 불구하고 꾸준히 원전 확대 정책기조 유지²⁸⁾

- EDF사는 '20년부터 EPR(European Pressurized Water Reactor)을 매년 1기씩 준공하여 기존원전 58기를 EPR로 대체할 계획
- CEA(프랑스원자력 및 대체에너지청)는 제4세대 원전인 소듐냉각고속로 건설 추진과 가스냉각 고속로를 개발하기로 결정하였으며 '35년~'40년경 제4세대 원전의 상업운전을 시작할 예정
- '13년 4월 프랑스 원자력안전청(ASN)은 냉각시스템 및 원자로 건물 보강 등을 조건으로 Fessenheim 원전 2호기(900MW)의 10년 연장 가동을 승인

○ ADEME(환경 및 에너지 관리청)에서는 재생에너지분야 연구개발을 증진하고 신기술 전파를 가속화하기 위한 연구개발 투자를 계획

- ADEME에서는 '14년~'20년간 '지속가능한 도시 및 지역', '지속가능한 생산 및 신재생에너지', '농업, 토양 및 산림 바이오매스', '대기질이 건강 및 환경에 미치는 영향', '에너지, 환경, 사회'의 다섯가지 주제로 연구를 수행

표 9 프랑스 ADEME의 '14년~'20년의 주요 연구 분야 및 연구 프로그램

연구 분야	연구 프로그램
지속가능한 도시 및 지역	• 지속가능한 도시를 위한 건축 환경 • 깨끗하고 에너지 효율적인 차량 • 지능형 에너지 시스템과 환경
지속가능한 생산 및 신재생에너지	• 에코 디자인 및 생산 시스템의 환경 효율성 • 신재생에너지의 생산 및 관리 • CO₂의 포집 및 회수 • 폐기물의 처리, 분류, 재활용, 회수
농업, 토양 및 산림 바이오매스	• 농업 및 임업 원료의 지속가능한 생산 • 바이오매스의 활용 • 토양과 하층토, 오염지역의 지속가능한 관리 및 이산화탄소의 지질학적 저장
대기 질이 건강 및 환경에 미치는 영향	• 공기질 개선 및 보존 • 환경과 건강에 미치는 영향 평가 및 우선순위 관리물질 연구
에너지, 환경, 사회	• 에너지, 환경, 사회

자료 : 프로그램 RDI 전략 2014~2020, ADEME 홈페이지(<http://www.ademe.fr>), 2015.5 검색

28) 국제 에너지자원동향, 외교부, 2013.5.2

V. 일본

- '14년 '제4차 에너지기본계획'을 통해 후쿠시마 원전 사고 이후 '원전 제로' 에너지 정책기조를 '원전 재가동'으로 전환하고 원자력을 주요 에너지원으로 적극 활용과 동시에 재생에너지 보급 확대를 적극 추진
- 동일본 대지진 이후 처음으로 수립된 정책계획인 '제4차 에너지기본계획'에서는 후쿠시마 원전 사고 당시 민주당 정권이 주장했던 '원전 제로' 방침을 포기
- 장기적 관점에서 원전 의존도를 감소시키기 위해, 신재생에너지 도입을 최대한 촉진하며 계통 강화, 규제 합리화, 저비용화의 연구개발 추진을 주요 정책방향으로 설정

표 10 일본 제4차 에너지기본계획의 에너지원별 위상 및 정책방향

에너지원	위상	정책 방향
재생에너지	• 온실가스 배출 없이 일본에서 생산할 수 있는 유망한 국산 에너지원	• 3년간 도입을 최대한 가속화 • 현재 수준을 상회하는 도입을 목표로 설정
원자력	• 중요한 기저부하 전원으로 인정	• 원전 의존도는 감소 • 안정 확보 규모를 판단하기 위해 원자력규제 위원회의 규제기준에 따라 안전 확인 후, 원전 가동
석탄	• 중요한 기저부하 전원 • 화력발전소 재건설 등으로 최신기술 도입	• 노후 화력발전소의 교체 및 신증설을 통한 이용 가능 최신기술 도입 • 발전효율 개선을 통한 발전량 당 온실가스 배출량 감소 추진
천연가스	• 공급원 다각화 등으로 비용 삭감을 추진	• 높은 가격에 LNG를 도입하기 때문에 과도한 의존을 피하면서 다변화추진을 통한 비용 감축 필요 • 천연가스 이용율을 높이고 유사 시 강인성 향상 등의 체제 구축
석유	• 향후 활용해 가는 중요한 에너지원	• 공급원 다변화, 산유국과의 협력, 비축 등 위기관리 강화 • 원유의 효율적 이용, 운송용 연료의 다양화, 조정 정원으로서의 석유 화력 발전 활용
LP 가스	• 재해 시에 에너지 공급의 '마지막 수단'	• 꾸준한 비축 시행 및 충전소의 설비 강화 등의 공급체제 강화 • 공급구조 개선을 통한 비용 억제

자료 : 세계에너지현안-일본 에너지기본계획 개정안 초안(전문), 에너지경제연구원, 2013.12

- 일본의 NEDO(New Energy Development Organization)는 제3차 기관 중장기 계획을 통해 신재생에너지와 청정석탄기술의 보급을 위해 에너지원별 연구개발사업을 추진²⁹⁾
- NEDO는 신재생에너지의 보급을 확대하기 위해 '15년도부터 추진되는 제3기 중기 목표를 수립하고 신재생에너지 분야별 기술개발 계획을 수립

표 11 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
청정석탄기술분야	• 제로배출 석탄화력 기술개발 프로젝트 • 환경조화형 제철 공정 기술 개발	

자료 : NEDO의 제3기 중기목표, 경제산업성, 2015.3

- 일본 경제산업성은 원전사고 후 석탄화력발전 가동률 및 신설 계획이 증가하자 '에너지 절약 규제'를 도입하여 화력발전소의 이산화탄소 배출 규제를 강화³⁰⁾
- 원전 정지로 인한 전력 부족으로 소형 석탄 화력 발전소 신설 급증에 대응하기 위하여 CO₂ 배출량이 적으면서도 발전 효율이 높은 설비를 의무 설치해야하는 규제를 마련
- 원전 사고 이후, 화력 발전소의 가동률이 높아지면서 CO₂ 등 온실가스 배출량이 급증하였으며, 또한 신규 소형 석탄 화력발전소의 신설이 증가할 예정
 - '15년 기준 현재 총 40건의 약 1500만 kW의 석탄 화력발전소 신설이 예정
 - 경제산업성은 신규 및 재건축 화력 발전소의 설비와 석탄에 대한 연료별 발전 효율기준을 마련하고 기준 이상의 시설 설치를 의무화하는 조항을 신설

29) NEDO의 제3기 중기목표, 경제산업성, 2015.3

30) 일, 화력발전 규제 강화, 전자신문, 2015.2.23

- 일본 석유천연가스 금속광물자원기구(JOGMEC)를 중심으로 비전통 석유가스전과 메탄하이드레이트 등 석유천연가스 개발 기업의 연구를 지원³¹⁾
 - 석유천연가스 금속광물자원기구는 '에너지 안전공급의 효율적 실현'을 위해 출자 및 채무보증의 형태로 석유·천연가스 개발사업의 위험관리 및 연구 지원
 - 금속광물 자원개발을 위해 '13년부터 '16년까지 아키타현과 야마가타현 앞바다 등 배타적경제수역을 포함한 해역에서 메탄하이드레이트 매장량을 조사하는 프로젝트를 추진 중
 - 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 예정

VI. 중국

- 중국은 '12차 5개년 에너지발전 계획'을 수립하고 '15년까지 에너지소비 억제, 생산효율성 강화, 비전통자원의 개발을 추진
 - 주요 목표는 에너지 소비 총량 및 효율, 에너지 생산과 공급능력, 에너지 소비구조 최적화, 국가종합 에너지기지 건설, 생태환경보호³²⁾
 - '15년까지 에너지 소비 총량을 40억 tce로 억제하고, 생산전력 당 에너지원 소모량을 '10년 대비 16% 감소시키며, 석탄화력의 전력생산을 '15년까지 323g/kWh로 낮출 계획
 - 에너지 공급능력은 43억 tce로 확대하고, 1차에너지에서 석탄 비중은 65% 이하로, 비화석에너지의 비중을 11.4%로 확대할 계획
 - 국가종합에너지기지 건설 및 1차에너지 생산능력을 26억6,000만 tce로 확대시킬 계획
 - 이산화탄소 배출량을 '10년 대비 17% 감소, 전력미공급문제 해결, 천연가스 사용 인구 증대를 목표로 설정
 - 탄층가스, 셰일가스 등의 비전통자원개발 기술력을 향상시키고 비화석 에너지를 개발하여 중국 내 자원 개발 강화를 추진³³⁾
 - '15년까지 수력 발전량 2.9억 kW, 풍력 발전량 1억 kW 등 전체 에너지소비의 9.5%를 신재생에너지로 공급하는 것을 목표로 설정

31) OHHSHORE BUSINESS 14호, 한국해양수산개발원, 2013.11.1

32) 세계 에너지시장 인사이트 13-6호, 에너지경제연구원, 2013.2.8

33) 2014 에너지기술 이노베이션 로드맵, 산업통상자원부, 2014

- '15년까지 태양에너지발전 설비용량을 2,100만 kW까지 증대하고 결정질 실리콘·박막·신형 전지 개발을 추진
- 셰일가스 잠재력 조사평가, 분포지역 파악, 셰일가스 자원량·매장량·생산량 평가기술을 개발

○ 중국은 신재생에너지 확대 보급 정책을 추진 중에 있으며, 특히 집중적으로 태양광 발전 분야 육성

- '13년과 '14년 중국은 약 23건의 재생에너지 관련 정책을 발표하였으며, 이 중 태양광 발전 정책이 12건으로 태양광 육성에 노력 중
 - 태양광 관련 정책은 12건, 풍력 관련 정책 3건, 지열 관련 정책 1건, 수력 관련 정책은 1건이며, 나머지는 전체 재생에너지원 대상 정책
 - 태양광 관련 정책은 세제 혜택, 기술 및 시스템의 표준 개발, 보급목표 제시, 관세 조정 등의 내용들을 포함
- 중국 국가에너지국(NEA)는 "14년 태양광발전 신규 건설 규모에 관한 통지"를 발표하며 총 14GW 규모의 태양광발전 건설을 계획³⁴⁾
 - '14년 태양광발전 신규건설 계획규모는 14GW로 태양광발전소 6GW, 분산형발전이 8GW

○ 중국의 총 발전량 중 원자력 발전이 차지하는 비중은 2% 정도이나 비화석연료 확대정책에 따라 향후 원자력 발전비중이 증가할 것으로 전망³⁵⁾

- 중국은 '20년까지 총 에너지 소비의 최소 15%('30년까지 20%) 이상을 원자력, 재생에너지 등 비화석 연료를 통해 공급할 계획
- 중국은 '20년까지 58GW 규모의 원자력 발전소를 건설할 계획이며, 현재 이 중 30GW가 건설 중
 - 가압경수로(CRP 1000) 26기를 건설 중이며, 이는 전세계 원전 건설 물량의 30%
- 정부 계획대로 원자력발전소 건설이 완료되면 향후 중국은 일본, 러시아, 한국을 넘어 세계 3위의 원자력 발전 국가로 부상할 것으로 전망
- 최근 3년 동안 중국의 원자력 발전소 건설이 집중되고 있으며, 전력수요 확대로 원자력 발전량도 계속 증가하는 추세
 - 중국의 원자력 발전소 설치용량은 23GW이며, 이 중 10GW가 '13년 이후 설치
- 현재 중국은 모든 형태의 원자로 기술을 수입하고 있으며 미국으로부터 기술이전을 받아 자체적으로 가압경수로 기술 'CAP 1400'을 보유

34) 세계 에너지시장 인사이트 제 14-5호, 에너지경제연구원, 2014.2.14

35) 중국의 원자력 발전 확대 현황 및 전망, 한국에너지공단, 2015.8

- 내몽고, 신장(Xinjiang) 등에서의 생산 확대, 해외구매 확대를 통해 우라늄 비축량을 지속적으로 확대
- 루마니아, 아르헨티나, 터키, 남아프리카 등과 원자력 기술 수출 및 원전건설 등에 대한 협력을 체결한 상태

○ 중국은 석탄화력발전 효율 증대 정책을 추진하고 있으며 자국 기술 개발을 통한 비용절감 및 보급정책을 추진 중³⁶⁾

- 중국 내 합성가스플랜트 건설시 자국 업체가 설계, 제작과정에 의무적으로 참여하도록 하고 있으며 자체기술화에 성공
- 중국은 석탄화력발전에서 '30년까지 700℃급 HSC를 개발 및 보급하여 50%대 발전효율을 목표로 기술개발 중

○ 중국 셰일가스 12.5계획의 가장 중요한 목표는 셰일가스의 보유량 확보이며, 외교적 노력을 통해 셰일가스 핵심기술 보유를 위해 노력

- 중국은 '15년까지 셰일가스 확인매장량을 0.6Tcm 증대시키고, 연간 생산량을 6.5Bcm으로 확대한다는 목표를 세웠으며, '14년 4월까지 중국에서 총 322개의 셰일가스정이 시추되어 '15년 말에는 중국의 셰일가스 생산량이 최소 10Bcm, 최대 12~13Bcm에 달해 6.5Bcm이라는 목표치를 초과할 것으로 전망³⁷⁾
- '12차 5개년 계획'에서 셰일가스의 생산목표뿐만 아니라 생태환경보호, 에너지 구조개선, 에너지 안보에 대한 주요 정책과제를 제시하고 13차 5개년 계획 단계에서 본격적인 생산이 이루어지도록 할 계획³⁸⁾
- 중국은 미·중 친환경에너지협력방안에 셰일가스 개발협력 이니셔티브를 포함시켜 미국의 셰일가스 개발기술을 이전받기 위한 제도적 장치를 마련
 - 로열더치셸과의 공동사업계획을 확정하고 쓰촨성 푸순-용촨지역에 매장된 셰일가스를 개발 중에 있으며, 코노코, 엑슨모빌, BP 등은 중국 내 R&D 센터 건설을 추진³⁹⁾

36) 2014 에너지기술 이노베이션 로드맵 - 고효율 청정화력발전, 산업통상자원부, 2014

37) 중국 에너지부문 12.5계획 평가 및 13.5계획 전망, WORLD ENERGY MARKET Insight, 2015.2

38) 미래자원인 셰일가스 자원개발 기술동향, 미래창조과학부·한국과학기술정보연구원, 2013.9

39) 셰일가스 무섭게 퍼올리는 중국...한국 산업계 비상, 조선비즈, 2014.4

VII. 한국

○ 에너지 관련 최상위 정책인 '제2차 에너지 기본계획'을 통해 에너지 자원의 효율적 배분과 수요중심의 에너지 정책을 추진⁴⁰⁾

- 2차 에너지 기본계획은 에너지원별, 부문별 에너지 관련 계획에 대해 원칙과 방향을 제시하는 성격의 최상위 계획으로 6대 중점과제를 제시
 - 중점과제로 수요 관리 중심의 에너지 정책, 분산형 발전시스템 구축, 환경, 안전과의 조화, 에너지 안보의 강화와 안정적 공급, 원별 안정적 공급체계 구축, 국민과 함께하는 에너지 정책을 추진

표 12 6대 중점과제 및 주요 목표와 과제

중점과제	주요목표	주요과제
수요관리 중심의 에너지 정책전환	• '35년 전력수요의 15% 감축	• 에너지 세율조정, 전기요금 체계 개선, ICT 수요관리 시스템 구축 등
분산형 발전시스템의 구축	• '35년 발전량의 15% 이상을 분산형으로 공급	• 송전제약 사전검토, 분산형 전원 확대 등
환경, 안전과의 조화를 모색	• 신규 발전소에 대한 최신 온실가스 감축기술 적용	• 기후변화 대응 제고, 원전 안전성 강화 등
에너지 안보의 강화와 안정적 공급	• 해외 자원개발 역량강화, 신재생 에너지 보급 11%	• 자원개발 공기업 내실화, 신재생 보급확대, 국제공조 강화 등
원별 안정적 공급체계 구축	• 석유, 가스 등 전통에너지의 안정적 공급	• 도입선 다변화, 국내 비축역력 강화 등
국민과 함께 하는 에너지 정책추진	• '15년부터 에너지 바우처 제도 도입	• 에너지복지 강화, 에너지 갈등관리의 선제적 대응 등

자료 : 제2차 에너지기본계획, 산업통상자원부, 2014.1

○ 첨단산업과 에너지산업 접목을 통한 신산업 창출을 위해 에너지기술개발계획에 기반한 에너지 기술 혁신 프로그램인 'Energy Innovation Architecture 2025'를 추진⁴¹⁾

- 에너지효율향상 및 온실가스감축 기술개발을 통해, 제2차 국가에너지 기본계획의 목표 달성을 위한 기술적 토대를 마련
 - '23년까지 기술사업화율 40% 및 주요분야 기술수준 90% 이상 달성, 국내외 파급효과 31조 원, 일자리 10만 명 창출 기여를 주요 목표로 설정

40) 제2차 에너지기본계획, 산업통상자원부, 2014.1

41) 제3차 에너지기술개발계획, 산업통상자원부, 2014

- Energy Innovation Architecture 2025 프로그램에서는 제2차 국가에너지기본계획의 정책목표 달성을 위해 수요관리, 분산형발전, 환경·안전, 안정적 공급, 신시장 창출을 위한 기술개발을 추진

그림 2 Energy Innovation Architecture 2025 프로그램 개념도



자료 : 제3차 에너지기술개발계획, 산업통상자원부, 2014

- Energy Innovation Architecture 2025 기반의 에너지기술 관련 17대 프로그램별 로드맵을 수립하고 에너지 공급, 수요 및 에너지 혁신 관련 분야의 R&D 정책을 추진
- Energy Innovation Architecture 2025에 향후 10년간 총 13.7조 원(정부 6.4조 원, 민간 7.3조 원)을 투자할 계획
- 에너지 확보뿐만 아니라 일자리 창출 등 경제적인 파급효과를 고려하여 에너지 공급기반 확충 및 신재생에너지 보급, 에너지 시설 안정성 강화 등을 제시
 - 관계부처 협동의 경제혁신 3개년 계획(14.03)에서 에너지 공급기반 확충과 수요자원 거래시장 도입 등을 추진⁴²⁾
 - 셰일가스개발 참여 등 에너지 공급기반을 확충하여 수급구조를 개선하고, 수요자원 거래시장 도입 및 스마트그리드 확산 등 전력산업 경쟁력 강화가 목표
 - 제2차 녹색성장 5개년 계획에서 지속가능한 에너지 체계 구축이라는 정책방향 아래 신재생에너지 보급, 분산형 발전 시스템, 에너지 시설 안정성 등의 중점과제를 제시⁴³⁾
 - '14년 7월부터 관계부처 합동으로 기후변화대응 에너지 신산업 창출을 추진⁴⁴⁾

42) 2014 에너지기술 이노베이션 로드맵, 산업통상자원부, 2014

43) 제2차 녹색성장 5개년 계획, 관계부처 합동, 2014.5

44) 2014 에너지기술 이노베이션로드맵 총괄보고서, 산업통상자원부·한국에너지기술연구원, 2014.12

○ '4차 신재생에너지 기본계획'을 통해 신재생에너지에 기반한 지속가능한 에너지 시스템 구축을 위한 기술개발을 계획⁴⁵⁾

- '35년까지 1차 에너지의 11.0%를 신재생에너지로 공급하는 것을 계획
 - ('12) 3.2% → ('14) 3.6% → ('20) 5.0% → ('25) 7.7% → ('30) 9.7% → ('35) 11%
- '14년~'35년 기간 중 신재생에너지 연평균 증가율은 6.2%
 - 동 기간 연평균 0.7% 증가에 그친 1차 에너지 수요를 상회
- 폐기물 비중 축소, 태양광과 풍력을 핵심 에너지원으로 육성
 - 원별 비중('12→'35) : 폐기물(68.4%→29.2%), 풍력(2.2%→18.2%), 태양광(2.7%→14.1%)

표 13 1차에너지 기준 원별 비중 목표 (단위 : %)

구분	'12년	'14년	'25년	'35년	연평균 증가율
태양열	0.3	0.5	3.7	7.9	21.2
태양광	2.7	4.9	12.9	14.1	11.7
풍력	2.2	2.6	15.6	18.2	16.5
바이오	15.2	13.3	19.0	18.0	7.7
수력	9.3	9.7	4.1	2.9	0.3
지열	0.7	0.9	4.4	8.5	18.0
해양	1.1	1.1	1.6	1.3	6.7
폐기물	68.4	67.0	38.8	29.2	2.0

자료 : 제4차 신재생에너지 기본계획, 산업통상자원부, 2014.9

- '35년에는 전체 전력량 중 13.4%를 신재생에너지로 공급할 계획
- “정부주도”에서 “민관파트너십”으로 전환하기 위한 신재생에너지시장 생태계 조성에 주력할 예정
 - 시장친화적 제도설계, 수익형 비즈니스 모델 제시, 규제완화, 신재생보급에 적합한 모델 발굴을 통한 자발적 민간투자를 제고
- 해외시장 진출을 통해 지속가능성장을 위한 자생력 확보에 주력할 예정
 - 협소한 국내시장을 넘어 적극적 해외진출을 통해 국내보급과의 상호 선순환 창출
- 후쿠시마 사고 이후 안전성 강화에 초점을 맞춘 원전운영 관리 정책과 관련 기술 발전 방안을 추진
 - 산업통상자원부는 원전의 안전성 도모를 위한 기술개발 추진을 목적으로 4대 추진분야 및 안전주도 7대 세부기술개발을 명시한 원전기술발전방안(Nu-Tech 2030)(안)을 '15년 10월경 발표할 예정^{46) 47)}

45) 제4차 신재생에너지 기본계획, 산업통상자원부, 2014.9

46) 지식경제부 보도자료, 제3회 원자력의 날 “다시 시작하는 원자력, 안전을 넘어 안심으로!”, 2012.12.27

47) 2015 국토교통 R&D기술수준조사 및 동향분석 플랜트분야 2차 전문가 자문위원회, 2015.7.9.

- 대규모 재해로 인한 고장 사고의 예방·대책 기술 개발과 새로운 개념의 안전성 강화를 통한 안전성 향상을 추구
- 4대 추진 분야별 연평균 3,300억 원의 예산을 투자할 예정

표 14 원전기술발전방안 4대 추진 분야별 투자계획

(단위 : 억 원)

구분	1단계 (‘14년~’17년)	2단계 (‘18년~’22년)	3단계 (‘23년~’30년)	총계
가동원전 안전성	5,747	5,928	8,020	19,695
신규원전 안전성	5,330	6,300	9,700	21,330
고신뢰성 핵연료 및 기자재	3,529	3,930	5,460	12,919
원전 방사성폐기물 처리 및 해체	1,185	1,345	1,390	3,920
	15,791	17,503	24,570	57,864

자료 : 지식경제부 보도자료-제3회 원자력의 날 “다시 시작하는 원자력, 안전을 넘어 안심으로”, 지식경제부, 2012.12.27

- 제4차 원자력진흥종합계획(안)에서는 수출경쟁력이 강화된 차세대 한국형 고유원전 개발을 추진⁴⁸⁾
 - 미래 상용원전의 수요에 대비하고, 국제 경쟁력 제고를 위한 프리미엄급 고유원전 개발을 추진
 - 가격 경쟁력 강화를 위한 건설기술 및 신형 핵연료 재료 개발과 안전성 기반 수출경쟁력 증강을 위한 기술 개발을 추진
 - 1,500MWe급 고유원전 주기기 설계최적화 및 터빈발전기 모델 개발 등 대형 원전기기 개발 및 성능평가 기술 확보
- 한국수력원자력은 제4차 중장기연구개발계획을 수립하여 매년 원자력 발전소의 건설·운영·해체 기술개발 및 신재생에너지와 수력발전 기술개발 사업을 계획⁴⁹⁾
 - 연구개발사업의 목적은 원전 안전성 강화, 설비신뢰성 제고, 전력공급 안전성 확보, 성장동력 산출
- ‘22년~’36년도에 핵융합 발전소 건설능력 확보를 목표로 ‘22년부터 4차 진흥기본계획이 추진될 예정⁵⁰⁾
 - ‘22년~’36년에 추진되는 3단계 사업에서는 핵융합 발전소 건설능력 확보를 목표로 DEMO설계, 건설 및 전기생산 실증, ITER운영 핵심역할 수행, 핵융합 동력로 노심설계 및 계통설계완료, 핵융합기술의 산업화 및 국제시장 선점이 수행될 예정
 - ‘22년부터 4차/5차/6차 진흥기본계획에 따라 기술개발이 추진될 예정

48) 제4차 원자력진흥종합계획(안), 교육과학기술부, 지식경제부, 2011

49) 한국수력원자력 홈페이지(<https://cms.hknp.co.kr>), 2015.7

50) 제2차 핵융합에너지개발진흥 기본계획(2012~2016), 교육과학기술부, 2011.12

○ '20년까지 플랜트 상용화 및 국제 CCS 기술경쟁력 확보를 목표로 범부처의 국가 CCS 종합 추진계획을 수립⁵¹⁾

- 이산화탄소의 「포집-수송-저장 핵심 원천기술 개발」 및 「통합 플랜트 건설 및 실증사업」을 포함하는 「국가 CCS 종합 추진계획」을 수립 및 발표
 - '10년부터 '19년까지 총 2조3,000억 원 규모의 투자를 계획(정부 1조2,000억 원(52%), 민간 1조 1,000억 원(48%))
- 100만 톤급 포집-수송-저장 통합플랜트 실증완료, 30달러/tCO₂ 이하 처리비용 달성을 위한 원천기술 개발을 세부목표로 함

표 15 국가 CCS 종합 추진계획의 분야별 추진 계획

분야	추진 계획
포집	• NBIT 기술과의 융합연구를 통해 포집비용 \$20/tCO₂ 이하 달성이 가능한 원천기술 4개 이상 확보 • 개발된 기술의 단계적 격상연구를 통하여 '20년까지 100MW 이상 실증사업 2개 완료
수송	• 수송비용 저감을 위한 선박수송 대안 검증 및 민간 참여를 통한 기술 조기확보 및 신산업 창출 추진 • '20년 이후 장기간·대규모 수송을 위한 파이프라인 수송기술 확보 및 국가 CO₂ 수송 인프라망 구축 추진
저장	• 울릉분지에 대한 정밀탐사를 통한 저장 실증지 확보 및 국내 저장 잠재용량 평가를 통한 연안 해역별 대규모 저장소 확보 • 1만 톤급 포집-수송-저장 통합 실증을 통한 CCS 전주기 기술 완성 및 100만 톤급 통합 실증을 통한 상용화 역량 확보
전환	• 장기적 관점에서 포집된 대량의 CO₂를 화학적, 생물학적으로 전환 이용할 수 있는 새로운 개념의 한계돌파형 원천기술 개발 추진 • CO₂를 원료로 유용물질 생산 및 유독한 화학공정 대체, 최신 바이오기술을 활용한 고효율 바이오디젤 생산기술 개발
환경관리 및 기반구축	• 신뢰성 확보를 위한 전주기 환경관리체계 구축 및 모니터링, 위해성평가 및 관리기술 개발 • 상용 보급을 위한 법·제도 정비 및 대국민 인식 제고, 기술혁신 및 상용화 촉진을 위한 인프라 정비, 인력양성 및 국제협력 추진

자료 : 국가 CCS 종합 추진계획, 교육과학기술부, 2010

51) 국가 CCS 종합 추진계획, 교육과학기술부, 2010

○ '15년 국토교통기술 연구개발사업에서는 해외 플랜트 수주 경쟁력을 증대하기 위한 플랜트연구사업이 추진될 예정⁵²⁾

- 주요 중점 분야는 담수화 기술, 가스·비전통 자원화 기술, 자원 이송 및 순환기술, 플랜트건설 지원 인프라 기술로 구분
 - '15년도 해외 담수화 시장 점유율 증대를 위한 차세대 담수화 기술 및 비전통 에너지 수요 대응 모듈화 플랜트 시공기술 등에 투자를 강화할 계획
 - 동토지역 자원개발 대비 극한지 자원이송망 건설기술 및 플랜트 건설 생애주기 최적화를 위한 협업지원 기술 개발 등을 지속할 계획
- 주요 중점 분야의 연구 개발을 추진하기 위해 '15년도에는 계속과제 9개, 종료 1개 과제를 추진하며 이에 275억 원을 투자할 계획

표 16 국토교통 기술 연구개발사업 플랜트연구사업 세부 기술분야

연구 분야		투자 실적 및 계획 (단위: 백만원)			
중점분야	세부 기술분야	'13년	'14년	'15년	'16년 이후
담수화 기술	막공정 융복합 기술	4,596	8,400	13,200	40,804
	공정효율화 기술				
가스·비전통 자원화 기술	담수화 응용 플랜트 기술	16,917	7,400	6,488	17,500
	가스플랜트 고도화 기술				
자원 이송 및 순환기술	극한지 에너지 플랜트 건설기술	3,000	4,600	3,818	11,582
	가스·비전통 자원화시설 건설기술				
플랜트 건설 지원 인프라 기술	자원 이송 네트워크 기술	500	2,000	4,000	17,200
	수소 인프라 구축 기술				
	생활기반 자원순환 플랜트 건설기술				
	플랜트 사업수행 고도화 기술				
	글로벌 진출 지원시스템 구축 기술				
	실증인프라 기술				

자료 : 2015년도 국토교통기술 연구개발사업 시행계획, 국토교통부·국토교통과학기술진흥원, 2014.12

52) 2015년도 국토교통기술 연구개발사업 시행계획, 국토교통부·국토교통과학기술진흥원, 2014.12



03. 발전플랜트

I. 주요 선진국

1. 시장동향

- 비 OECD국가는 향후에도 석탄화력이 주요 발전 에너지원으로 활용될 것으로 전망⁵³⁾
 - 비 OECD국가는 전력수요 증가에 따라 석유를 제외한 모든 에너지원이 지속적으로 확대될 것으로 전망
 - 석탄화력 발전이 주요 발전 에너지원으로 활용될 것으로 전망
 - 석탄화력과 함께 신재생에너지, 가스, 원자력 발전 등도 꾸준히 증가할 것으로 전망되며, 석유화력은 점차 감소할 것으로 전망
 - OECD국가는 전반적으로 전력수요가 정체될 것으로 보이며, 석탄 및 석유화력 발전이 감소하고 이를 신재생에너지와 가스, 원자력이 대체할 것으로 전망⁵⁴⁾
- 세계 석탄화력 발전 용량은 '10년 1,605GW에서 '30년 2,211GW로 성장할 것으로 예상되며 이는 중국, 인도, ASEAN국가의 수요증대에 기인⁵⁵⁾
 - 중국을 비롯하여 인도, ASEAN, 중동 권역 국가들의 석탄화력 발전용량은 지속적으로 증가할 것으로 전망
 - 중국은 세계 최대 석탄화력 발전 국가로 '30년에는 전세계 석탄화력 발전용량의 47%를 차지할 것으로 전망
 - 아프리카와 남미 권역 국가들의 석탄화력 발전용량은 '20년까지 증가하나 이후 정체될 것으로 전망

53) 2014 에너지기술 이노베이션 로드맵 - 고효율 청정화력발전, 산업통상자원부, 2014

54) Annual Energy Outlook 2013, IEA, 2014

55) Global Prospects for Coal-Fired Power Generation, Frost&Sullivan, 2012.6

- EU, 러시아, 북미, 아시아(OECD)국가는 석탄화력 발전용량이 지속적으로 감소하거나 감소 추세로 전환 될 것으로 전망

표 17 세계 주요 권역별 석탄화력 발전용량

(단위 : GW)

지역	'10년	'20년	'30년
EU	204	180	137
러시아	54	48	44
중동	6	9	12
아프리카	43	55	53
북미	355	373	351
남미	7	13	13
중국	632	945	1,040
인도	99	201	267
ASEAN	35	67	115
아시아(OECD)	103	105	97
기타	67	74	82
총계	1,605	2,070	2,211

자료 : Global Prospects for Coal-Fired Power Generation, Frost&Sullivan, 2012, 6.

○ 후쿠시마 사고 이후에도 기존 신규원전 건설 기조에는 큰 변화가 없을 것으로 전망

- 후쿠시마 사고 이후 독일 등 일부 국가가 원전 중단을 결정했음에도 불구하고 아직까지 전 세계적인 원전건설 기조에는 큰 변화가 없음

– 주요 원전 수출국들은 안전성이 강화된 신형 원자로 개발을 통해 시장 장악력 및 경쟁력 강화에 주력⁵⁶⁾

표 18 후쿠시마 사고 이후 원전 건설 변화 추이

발전소	운영 중	건설 중	계획 중	합계
사고전	437기 (373,966MW)	60기 (61,759MW)	158기 (176,773MW)	655기 (981,643MW)
사고후 (‘13년 7월 1일 기준)	432기 (371,870MW)	68기 (71,226MW)	162기 (183,025MW)	662기 (984,871MW)
차이	-5기 (-2,096MW)	+8기 (9,467MW)	+4기 (6,252MW)	+7기 (3,338W)

자료 : 제 2차 에너지기본계획, 산업통상자원부, 2014. 1

○ 미국의 Navigant Research는 '30년경 100MWe급 중소형 원자로 182기가 건설될 것으로 전망⁵⁷⁾

- 석유·석탄·가스를 사용하는 소형발전소 중 30년 이상된 노후시설이 18,400여기로 이들을 대체할 소형발전기로 중소형 원자로 수요가 증가할 것으로 전망

○ 초기 원전의 노후화 시기가 도래함에 따라 원전 해체 및 신규 원전건설 수요가 향후 10년간 증가할 것으로 전망

- 원전의 평균 수명은 약 40년으로, 현재 운영 중인 원전의 상당수가 '70년~'80년대에 건설된 것을 고려하면 원전 해체 및 신규 원전건설 수요가 10년 내에 집중적으로 발생할 것으로 판단⁵⁸⁾
- '14년 기준으로 가동 후 30년이 경과한 노후 원자로가 전체의 약 45%이며, 40년을 초과한 원자로비중은 12.6%에 달함

표 19 전세계 원자로의 노후화 현황

구분	원자로수 기준(%)	발전용량기준(%)
10년 미만	8.6	8.4
10년~19년	9.8	9.7
20년~29년	36.3	41.5
30년~39년	32.8	31.5
40년 이상	12.6	8.9

자료: Nuclear Power Reactors in the World 2015 Edition, IAEA, 2015.5

56) 2014 에너지기술 이노베이션 로드맵 - 에너지공급 국민안심 원자력발전, 산업통상자원부, 2014

57) 중소형 원자로 SMART, 해외 수출길 열리다, 미래창조과학부 보도자료, 2015.3.3

58) 2014 에너지기술 이노베이션 로드맵 - 에너지공급 국민안심 원자력발전, 산업통상자원부, 2014

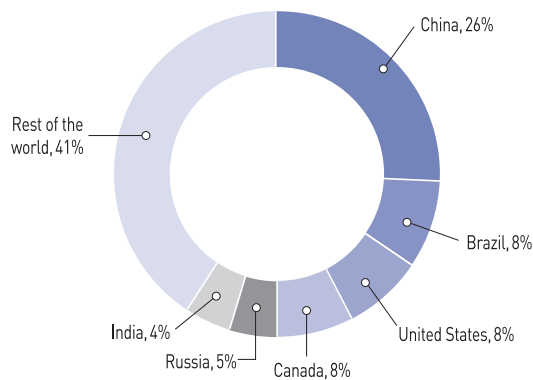
- '13년 기준 전세계 수력발전 시설용량은 1,000GW로 연간발전량은 3,750TWh이며, 중국에서 가장 활발하게 추진⁵⁹⁾
- 국가별 수력발전소 시설용량/발전량을 살펴보면 중국, 브라질, 미국 순이며, 시설용량 점유율은 상위 6개국이 전세계의 59%를 차지

표 20 '13년 수력발전 시설용량 및 발전량 상위 6개국

국가	시설용량(GW)	발전량(TWh)	시설용량 점유율(%)
중국	260	905	26.0
브라질	85.7	415	8.6
미국	78.4	269	7.8
캐나다	76.2	388	7.6
러시아	46.7	174.7	4.7
인도	43.7	143	4.4
기타	409.3	1,455.3	40.9
합계	1,000	3,750	100

자료 : RENEWABLES 2014 GLOBAL STATUS REPORT, REN21, 2014

그림 3 '13년 수력 시설용량 점유율 상위 6개국

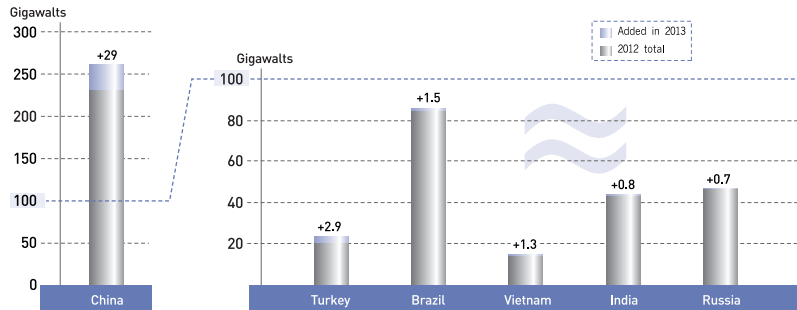


자료 : RENEWABLES 2014 GLOBAL STATUS REPORT, REN21, 2014

59) RENEWABLES 2014 GLOBAL STATUS REPORT, REN21, 2014

- 중국은 신규 건설용량에서도 가장 앞서고 있으며 터키, 브라질, 베트남, 인도, 러시아도 개발이 활발하게 진행

그림 4 2013년 수력 발전용량 증가율 상위 6개국



자료 : RENEWABLES 2014 GLOBAL STATUS REPORT, REN21, 2014

- 수력개발의 잠재량은 아시아가 17,962TWh(45.1%)로 가장 높으며 이어 남미 7,541TWh(18.9%), 북중미 5,511(13.8%) 순인 것으로 파악⁶⁰⁾

표 21 세계 수력 개발 잠재량

(발전량 : TWh)						
구분	아시아	남미	북중미	유럽	아프리카	합계
개발 잠재량	17,962	7,541	5,511	4,919	3,909	39,842
비중(%)	45.1	18.9	13.8	12.3	9.8	100

자료 : 신재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014

2. 기술동향

(1) 화력발전

- 선진국은 고효율 발전을 위해 극초임계압(HSC: Hyper Super Critical)의 고효율 석탄화력발전 기술개발을 지속 추진⁶¹⁾
 - 미국은 최근 가스터빈용 초내열 합금의 강점을 살려 760℃에 사용할 수 있는 발전용 초내열합금 소재기술을 개발 중이며, 극초임계압 발전에 활용할 계획

60) 신재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014

61) 에너지기술 이노베이션로드맵-고효율 청정화력발전, 산업통상자원부, 2014, 산업통상자원부-한국에너지기술연구원, 2014.12

- 일본은 축적된 소재기술과 초초임계압(USC: Ultra Super Critical)기술을 바탕으로 요소기술개발을 완료하였으며, 실증을 준비 중
 - Retrofit을 Target으로 하는 국책과제 수행과 동시에 각 제조사 별로 독자적인 신규건설 기술개발을 수행
- 석탄화력발전의 경우 노후설비의 발전성능 향상 및 CO₂ 배출 저감을 위해 개량하는 기술이 개발
 - 미국은 노후화된 석탄화력 설비가 많아 발전소의 CO₂ 배출감소를 위한 설비개선을 단기간에 집중적으로 수행할 것으로 전망
 - 일본의 Toshiba, Hitachi, Mitsubishi 등은 500MW 급 석탄화력 초임계 발전소(538℃/538℃)를 초초임계 발전소(700℃ 이상)로 개조하는 기술개발을 추진 중
 - 회사별로 초초임계압 및 성능향상을 위한 독자적인 모델을 개발하고 있으며, '16년경에 실용화될 것으로 전망
 - 중국은 국가 차원에서 다수의 성능개선 Project 추진을 계획하고 있으며, 최근에는 고급사양 터빈 도입을 통한 기존 석탄화력 발전시설 개선을 추진
 - 중국의 발전 3사(Harbin, Dongfang, Shanghai)는 급격한 경제성장으로 예상되는 전력수요에 대응하기 위해 자국의 신규발전 설비에 중점을 둔 기술개발을 추진
- 미국은 초임계 CO₂ 발전 실증플랜트를 건설하여 전력생산을 진행하는 단계에 있으며, 일본은 핵심기기인 연소기의 연소실험을 수행하는 단계⁶²⁾
 - 미국은 '11년부터 DOE의 NREL⁶³⁾ 주관으로 10MWe 태양열 발전용 초임계 CO₂ 발전 실증을 위한 Sunshot 프로그램을 진행
 - 미국의 샌디아 국가연구소(SNL, Sandia National Lab)는 세계 최초로 초임계 CO₂ 발전방식의 필수 구성품인 터보머신과 열교환기를 결합하여 종합실험장치(300 kWe급)를 구성하고 전력생산까지 진행
 - 일본은 '13년 7월 현재 개발 중인 초임계 CO₂ 사이클 적용 화력발전플랜트에서 핵심 기기인 연소기에 대한 목표인 초고압(300기압)에서의 연소실험을 성공
 - 초임계 CO₂ 사이클 적용 화력발전플랜트는 기존의 가스복합발전플랜트에 상응하는 높은 발전효율을 나타내면서, CO₂를 분리·회수하는 설비를 설치하지 않고 고순도의 고압 CO₂를 회수할 수 있는 시스템

62) 초임계 CO₂를 이용한 발전 기술 동향, 공업화학 전망 제17권 제1호, 2014

63) National Renewable Energy Lab

The diagram illustrates a pre-combustion CO₂ capture process using a Pressurized Fluidized Bed Combustor (PFBC). The process involves the following components and flows:

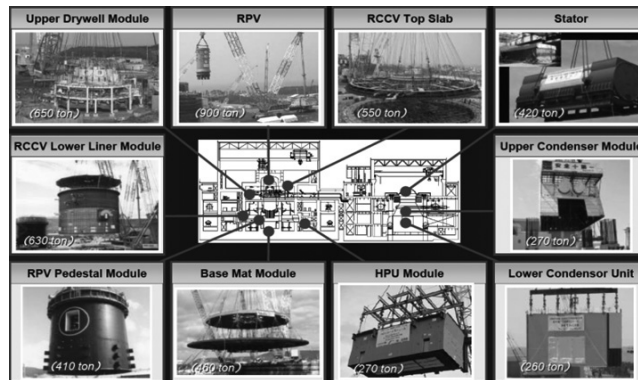
- Inputs:** Coal, Limestone, and Air (from an Air Separation Unit, ASU, providing N₂).
- PFBC Reactor:** The main combustion chamber where coal and limestone are burned in a fluidized bed.
- Gas Cleanup:** The gas stream from the PFBC passes through a Cyclone and a Filter to remove particulates.
- CO₂ Compression and Sequestration:** The cleaned gas stream is compressed by a CO₂ Compressor and sent to a CO₂ sequestration unit.
- Heat Recovery and Power Generation:** The gas stream is also used to heat a Heat Recovery Steam Generator (HRSG) via a Heat Transfer Reactor (HTR). The HRSG produces steam for a Steam Turbine, which is cooled by a Cooling Tower. Additionally, the gas stream can be used to generate power in a SCOT (Sulfur Compound Oxidation Treatment) unit, which is also cooled by a Cooling Tower.
- SCOT Cycle:** The SCOT unit is part of a cycle that includes a SCOT Compressor and a SCOT Turbine, which are also cooled by a Cooling Tower.

(2) 원자력발전

- 64) 에너지공급 국민안심 원자력발전, 산업통상자원부, 2014

- WEC의 AP1000에서는 구조-설비-복합 모듈 Open Top 공법, 4D Plant Model, Temporary top cover, 대용량 콘크리트 일괄 타설 기술을 제시
- AREVA의 EPR은 One-Step Pouring, 대형크레인 활용, 특수 콘크리트 등 신재료, Area/Parallel Construction, 구조모듈화 공법, All Weather Construction 기술을 개발
- GE-Hitachi는 ABWR과 ESBWR에서 구조-설비-복합 모듈 공법 확대적용, Area Construction, Advanced SC구조적용, Open-Top-Parallel Construction, Plant Integrated CAE System, FRID 활용, Hull Structure 신 구조 등을 제시

그림 6 구조-설비-복합모듈 공법 확대적용



- Toshiba는 ABWR에서 Open-Top-Parallel Construction, 자동용접, SC구조적용 및 설비-복합 모듈화, All-Weather Construction, 6D CAD 활용 현장시뮬레이션 등을 제시
- 주요 선진국에서는 노후원전의 수명이 도래함에 따라 원전을 원격으로 안전하게 해체할 수 있는 기술이 개발되어 현장에 적용⁶⁵⁾
- 영국은 현재 원자로 상부와 노심하부, 압력용기, 단열재 절단 등에 원격해체장치를 활용
 - 미국은 원전 해체와 시료 채취 및 상황조사 등을 위한 원자로 해체 및 조사 로봇을 개발해 활용
 - 프랑스는 원전을 원격으로 해체하기 위해 '마에스트로(MAESTRO)'라는 시스템을 개발
 - MAESTRO 시스템을 통해 가상현실 환경에서 해체장비의 정밀 조작이 가능
 - 일본은 원전해체 기술개발 관련 기관인 일본원자력연구개발기구(JAEA)에서 원격해체 로봇기술로 마스터형(master)과 매니플레이터(manipulator)형 원격해체조작 시스템을 개발하여 사용 중

65) 원전해체 R&D 해외. 전자신문, 2015.4.26

(3) 핵융합발전

- 핵융합에너지 실용화를 목적으로 ITER 프로젝트가 추진 중이며 장시간 운영이 가능한 초전도 토카막을 사용한 핵융합로를 건설하고, 가열장치의 성능 업그레이드 중⁶⁶⁾
 - ITER 프로젝트를 통해 500MW급의 핵융합에너지 발생과 함께 삼중수소 증식 등 공학적 기술을 최종적으로 실증하기 위한 연구를 프랑스 남부 카다라쉬에서 추진
 - '20년까지 최초 플라즈마 발생 성공을 목표로 유럽연합, 일본, 미국, 러시아, 중국, 인도, 한국 등 7개 국가가 공동으로 개발을 추진 중
 - 열출력 500MW, 에너지 증폭율(Q)이 10 이상인 국제핵융합실험로(ITER)의 국제공동건설·운영을 통해 핵융합에너지의 실용화를 위한 최종 공학적 실증을 목표

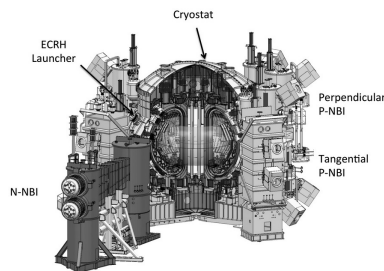
그림 7 프랑스 남부 카다라쉬 ITER 건설 현장



자료 : Fusion Now, 국가핵융합연구소, 2015

- 일본은 ITER 운영 및 DEMO 실험연구를 위한 선형연구장치로 JT-60SA 업그레이드를 진행 중이며, '15년 완공 예정
 - 1조 원의 예산을 투입하여 기존 상전도자석을 초전도자석으로 변경하였으며, JT-60SA 내 장치 전체의 성능향상을 추진 중

그림 8 일본 JT-60SA 주요 부품



자료 : 일본 JT-60SA 홈페이지(<http://www.jt60sa.org/>), 2015.5

66) 제2차 핵융합에너지개발진흥 기본계획(2012~2016), 교육과학기술부·국가핵융합위원회, 2011.12

- 중국은 ITER 선행연구 수행을 위해 EAST 부대장치 확충 등 대규모 재원 투입을 통한 장치성능 및 연구능력 극대화를 추진
 - 현재 7.5MW 수준의 가열능력을 보유하고 있으며, '15년까지 20MW 확보를 목표로 연구를 추진 중

(4) 수력발전

- 수력발전플랜트분야는 신규건설 보다 기존 노후 수력발전플랜트의 현대화가 추진되며 낙차식에서 유속을 이용한 수로식 수력발전플랜트로 트렌드 변화⁶⁷⁾
 - 위치에너지를 기반한 낙차식 수력발전 플랜트 건설은 지형환경적 요인에 따라 경제성이 좌우되며, 수력발전에 유리한 지형의 상당수에 수력발전플랜트가 건설됨에 따라 신규 발주물량은 감소 추세
 - 수로의 유속을 이용한 수력발전플랜트 기술이 발전함에 따라 낙차식 수력발전플랜트 건설이 부적합한 지형에서도 경제성이 확보되어 점차 유속을 이용한 수력발전플랜트로 트렌드가 변화

II. 국내 동향

1. 시장동향

- '15년 고시 예정인 제7차 전력수급기본계획(안)에서는 제6차 계획 대비 원전, LNG 등 친환경 전원의 비중을 증가시키고 석탄 발전설비의 비중을 감소시킬 계획⁶⁸⁾
 - 제6차 기본계획에서의 원전과 LNG의 전원 구성비는 피크기여도 반영 기준으로 각각 27.4%, 24.3%였으나 제7차 기본계획에서는 각각 28.5%, 24.7%로 증가시킬 계획
 - 건설기간이 상대적으로 짧은 석탄 화력발전 시 온실가스 감축 측면에서는 부정적이기 때문에 POST2020에 대응한 온실가스 감축을 위해 원전비중을 증가시키는 것으로 계획을 수정
 - 석탄 전원 구성비의 경우 제6차 기본계획 34.7%에서 제7차 기본계획 32.2%로 감소시킬 계획

표 22 전원 구성비 전망(피크기여도 반영 기준)

구분	원전	석탄	LNG	신재생	집단	석유·양수
6차 (27년)	27.4%	34.7%	24.3%	4.5%	4.6%	4.5%
7차 (29년)	28.5%	32.2%	24.7%	4.6%	5.8%	4.2%

자료 : 제7차 전력수급기본계획(안), 산업통상자원부, 2015.6

67) 수력발전 시장 현황 및 전망, 한국수출입은행 해외경제연구소 산업투자조사실, 2013.7.2

68) 제7차 전력수급기본계획(안), 산업통상자원부, 2015.6

- 사용연수가 20년이 지난 국내 발전설비 비율이 24%이며 5년 후에는 약 35% 수준으로 국내 발전설비는 노후화단계에 근접⁶⁹⁾

- 국내발전설비의 일부는 노후화 단계에 근접하고 있는 상태로 수명관리를 통한 설비의 안정성을 확보할 필요가 있으며, 발전부지 확보의 어려움 등으로 설비의 출력증대 및 성능 개선을 통한 효율성의 제고 필요

표 23 국내 발전설비의 사용연수별 현황

Capacity		~5	5~10	10~15	15~20	20~25	25~	계
원자력	1,000MW 미만	3	—	3	6	—	—	12
	표준1,000MW	6	2	—	—	—	—	8
	표준1,400MW	—	—	—	—	—	—	0
화력	200MW 미만	2	—	—	—	3	9	14
	200MW 이상	5	3	—	8	9	11	36
	New 500MW	4	12	4	—	—	—	20
	800MW	2	—	—	—	—	—	2
	870MW	—	—	—	—	—	—	0
	1,000MW	—	—	—	—	—	—	0
복합화력	100MW 미만	—	30	—	—	—	—	30
	100MW 이상	28	42	—	—	—	—	70
수력	양수발전	4	2	—	2	2	—	10
	일반발전	2	2	7	10	8	30	59
	민간발전소	6	29	40	13	11	5	104
계(Units)		65	122	54	39	33	55	365
점유율		17%	33%	15%	11%	9%	15%	100%

- 신규 설비 및 건설 중인 발전플랜트 확정 설비를 포함하면 '13년~'27년 기간 동안 50,923MW 발전 플랜트 건설에 약 70조 원이 소요될 전망

- 우리나라는 급증하는 전력수요에 대응하기 위해 '27년까지 원전 13기를 추가로 건설하고 해외 원전수출 확대를 지속적으로 추진^{70) 71)}

- 우리나라의 원전 비중은 '27년 피크기여도 기준 27.4%, 발전량 36.9%에 달할 것으로 예상되며, 최근 발표된 '35년 원전 비중은 설비용량 기준 29% 수준

69) 2014 에너지기술 이노베이션 로드맵 - 고효율 청정화력발전, 산업통상자원부, 2014

70) 제7차 전력수급기본계획(안), 산업통상자원부, 2015.6

71) 2014 에너지기술 이노베이션 로드맵 - 에너지공급 국민안심 원자력발전, 산업통상자원부, 2014

- 전력수요의 급증에 따라 현재 우리나라는 기존 OPR1000(출력 1,000MWe)의 후속으로 개발된 3세대 원전인 APR1400(출력 1,400MWe) 위주로 신규원전을 건설 중
- 국내 원자력발전소 건설 단가는 \$2,300/kW 수준으로 선진국 대비 20% 이상의 가격 경쟁력 보유
 - 원자력발전소 건설기간은 52개월로 경쟁국인 미국(57개월), 프랑스(60개월), 러시아(83개월) 보다 짧으며, 가동률은 92.5%로 세계 평균 이용률 79.7%를 상회
 - '10년 단가를 기준으로 우리나라 원자력발전은 39.6원/kWh로 가장 저렴한 발전원
- '13년 양수를 포함한 수력설비 용량은 6,454MW로 총 설비용량의 7.4%이며, 발전량은 8,483GWh로 1.65%를 점유
- 일반 수력은 총 16개소로 발전량은 3,561GWh로 0.7%를 점유하고 있으며, 설비용량은 1,596MW로 총 설비용량의 1.8%를 점유

표 24 일반 수력 발전소 현황

구분	발전소명(용량 : MW)	설비용량(MW)
계	16개소	1595.75
K-water (9개소)	소양강(200), 충주(412), 대청(90), 안동(90), 합천(100), 주암(22.5), 임해(50), 남강(14), 용담(22.1)	1,000.6
한수원 (7개소)	화천(108), 춘천(62.28), 의암(48), 청평(140.1), 팔당(120), 섬진강(34.8), 강릉(82)	595.18

자료 : 전력통계정보시스템, 전력거래소, 2014

- 연료원별 발전량은 유연탄, 국내탄 등의 석탄 연료를 사용하는 발전량이 가장 큰 비중을 차지하고 있으며 원자력, LNG 순으로 비중을 차지하며 LNG를 이용한 발전량은 '11년부터 '13년까지 꾸준히 증가

표 25 연료원별 발전설비용량 및 전력거래량

(발전량: MW, GWh)

구분	원자력	유연탄	국내탄	LNG	유류	양수	수력	소수력
'11년	18,716 (147,763)	24,254 (185,778)	1,125 (7,777)	18,517 (96,005)	5,337 (9,568)	4,700 (3,214)	1,590 (4,123)	122 (366)
12년	20,716 (143,548)	24,312 (184,603)	1,125 (8,020)	20,152 (105,177)	5,100 (14,524)	4,700 (3,634)	1,590 (3,348)	148 (513)
'13년	20,716 (132,465)	24,371 (186,987)	1,125 (7,371)	23,600 (119,875)	5,040 (14,757)	4,700 (4,088)	1,596 (3,561)	159 (662)

자료 : 전력통계정보시스템, 전력거래소, 2014

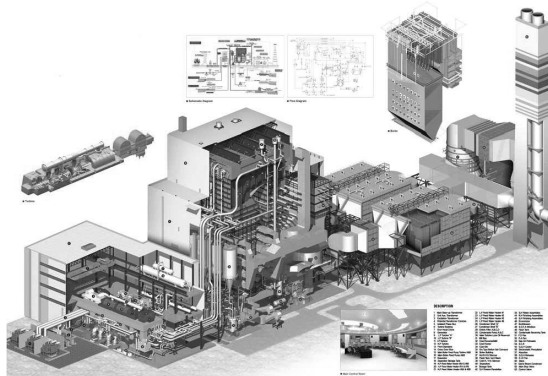
- 전력시장에서 수력이 차지하는 점유율은 적으나, 전력수요를 조절할 수 있는 중앙급전부하(설비용량 20MW 이상)로써 계통안정에 기여
- 국내 소수력발전소는 108개소에 설비용량 159.4MW이며, '13년도 연간 662GWh의 전력을 생산
 - 한국수자원공사 42개소, 한국전력공사 및 발전회사 17개소, 민간 발전사업자 23개소, 한국농어촌공사 13개소, 지자체 13개소(하수종말처리장 6개소, 정수장 4개소, 하천 3개소) 등 108개소가 운영 중

2. 기술동향

(1) 화력발전

- 국내는 '02년부터 초초임계압(USC) 석탄화력발전 기술개발을 시작하였으며, '17년에는 1,000MW급 초초임계압(USC) 석탄화력발전 실증사업이 완료될 예정⁷²⁾
 - '10년까지 상용화 이전의 설계기술을 확보하였으며, '17년에는 실증플랜트의 시운전과 예방정비 후 Feed back을 통한 설계기술 최적화를 계획
 - 개발 중인 1,000MW급 초초임계압 석탄화력발전소는 발전효율이 44%로 상업운전 중인 선진국의 1,000MW 600℃급 초초임계압 석탄화력 발전소의 발전효율이 43%수준임을 고려하면 개발기술은 기술경쟁력이 높은 것으로 분석

그림 9 한국형 초초임계압 화력발전소



자료 : 초초임계압(USC) 화력발전기술 개발, 대한기계학회 논문집, 2012

- 국내는 외국 상용기술을 국내 최초로 도입하여 석탄가스 플리제너레이션이 건설 완성단계에 있으며 향후 국산화율을 제고하여 국가 기술로 추진할 계획^{72)와 동일}

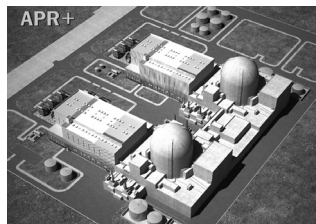
72) 초초임계압(USC) 화력발전기술 개발, 대한기계학회 논문집, 2012

- 서부발전은 태안에 네덜란드 Shell사의 가스화기술로 300MW IGCC를 건설 중이며, '15년 시운전, 이후 생산되는 석탄가스를 연료전지와 연계 발전할 계획
 - 포스코는 광양에 미국 BC&I사의 가스화기술로 연산 50만 톤 합성천연가스 플랜트 건설을 '14년 완공하였으며, '15년부터 운영할 계획
 - 남부발전은 석탄가스화를 통한 합성천연가스 발전소 2기를 건설 중
- 국내 초임계 CO₂발전은 한국원자력연구원이 국제협력 프로그램을 통해 원자로 적용을 위한 연구를 수행한 바 있으며, 최근에는 화력발전에 접목시키려는 연구를 추진
- 한국원자력연구원은 원자력 관련 국제협력프로그램을 통해 소듐냉각고속로인 KALIMER-600과 연계한 에너지전환 계통으로 초임계 CO₂ 발전시스템의 계통을 구성
 - 동 연구에서는 주요기기의 크기 및 형태 등을 설정하여 성능분석 및 설계를 위한 1차원 코드 개발과 3차원 유동해석을 통하여 초임계 CO₂ 발전시스템의 핵심 기기에 적용 가능성을 분석

(2) 원자력발전

- 원자로냉각재펌프(RCP⁷³⁾), 핵심설계코드, 계측제어시스템(MMIS⁷⁴⁾)의 3대 핵심기술의 자립화를 실현하였으며 원전소유권 확보와 원전 해외진출을 겨냥하여 APR+ 기술개발 사업을 완료⁷⁵⁾
- 유럽시장 진출을 목표로 독립 4계열 안전계통 설계, 노외노심용융물 냉각설비 등 주요 계통, 구조물, 기기 단위설계 기술을 개발하여 '15년 말 EUR 인증 신청을 준비 중
 - APR+ 2단계 기술개발을 통해서 안전성과 경제성을 향상시킨 APR+ 표준설계 완료 및 인허가를 취득
 - APR+ 기술개발을 통해서 고유코드 방법론 개발 등 기술 고유화를 추진하여 '15년에 코드 국산화를 완료
 - APR+ 3단계 공통핵심기술 설계 안전성 검증 및 표준설계 안전성 향상 기술개발이 추진 중

그림 10 APR+ 조감도



자료 : 한수원, 차세대 신형원전 기술개발 성공, 한국수력원자력 홈페이지(<https://cms.khnp.co.kr/>), 2014.8.14

73) Reactor Coolant Pump

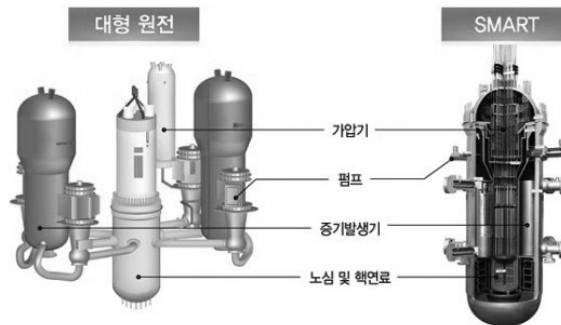
74) Man-Machine Interface System

75) 2014 에너지기술 이노베이션로드맵 총괄보고서, 산업통상자원부-한국에너지기술평가원, 2014.12

- 한국원자력연구원은 100MW급 중소형 원전인 SMART원자로를 개발하여 '12년 세계 최초로 표준 설계인가(SDA)를 획득하였으며, '15년 3월에 사우디아라비아와 '18년까지 2기 이상을 건설하는 MOU를 체결^{76) 77)}

- SMART원자로는 출력이 1,000MW 이상인 대형 원전의 10분의 1 수준으로 원자로계통의 주요기기가 모두 압력용기 안에 들어가도록 일체형으로 설계되어 안전성이 강화된 원전
- SMART원전은 주요기기를 모듈형태로 설계하여 현장에서 조립·용접과정을 최소화하여 건설기간을 크게 단축시켰으며, 해수담수화에 적용이 가능하도록 설계
 - 해수담수화용 SMART원전 1기는 매일 전기 9만 KW와 물 4만톤을 동시에 생산 가능
- 건설비용은 약 1조원으로 대형원전에 비해 1/5수준이나 전기출력량이 1/10이하여서 생산성은 절반 이하로 떨어져 전력생산단가가 대형원전의 2배
 - 동급의 화력발전소에 비하면 전력생산단가가 저렴한 것으로 분석
- 사우디아라비아 왕립 원자력 신재생에너지원(KACARE)은 아직 실증시설이 없는 중소형 원자로인 SMART원자로의 도입 추진과 함께 공동기술개발과 인력양성을 위한 MOU를 체결
 - 사우디는 '30년까지 전체 소비에너지의 20%를 원자력 발전으로 대체하는 '에너지 혁신프로그램'을 추진하고 있으며, 10년 내 원전 2기를 건설하여 상업운전을 시작하고 매년 2기씩 건설하여 '30년까지 총 16기의 원전을 건설할 계획

그림 11 대형원전 원자로와 SMART원전 원자로 비교



자료 : 한국원자력연구원

- 현재 원전해체 작업을 위해 필요한 핵심기반기술 중 우리나라가 보유한 기술은 17가지로 '21년까지 미확보한 21개 핵심기술의 개발을 완료한다는 방침⁷⁸⁾

76) [사우디 원전수출] 사우디 정부가 설계도만 있는 원전을 도입한 까닭, 조선비즈, 2015.3.3

77) [사우디 원전수출] 한국형 소형원자로 스마트(SMART)는, 조선비즈, 2015.3.3

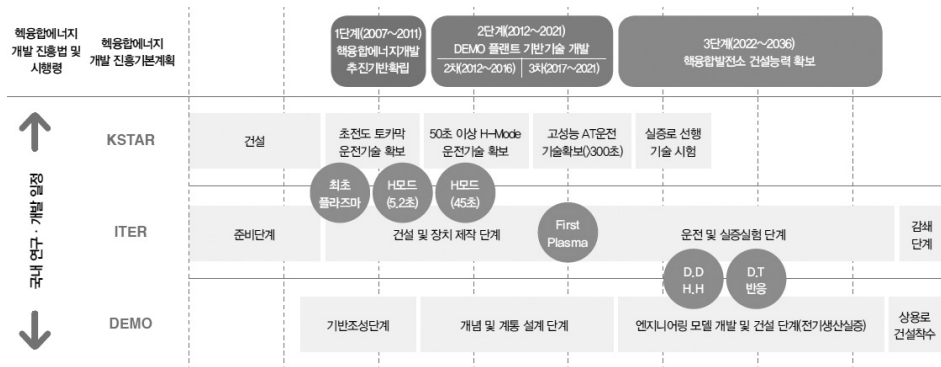
78) 에너지기술 이노베이션로드맵- 에너지공급 국민안심 원자력발전, 산업통상자원부, 2014

- '13년 일본에 배수로 오염토양 처리장비 및 제염제 수출, 방사성 세슘 오염 소각재 제염기술 현지실증 등을 수행
- 해체의 경우, 기기/시설의 해체, 발생 폐기물의 처리/처분, 시설 및 부지의 제염 등이 복합적으로 고려되어야 하므로 향후 국내 수요에 대비한 장기적인 전략 수립이 필요

(3) 핵융합

- 국가핵융합연구소(NFRI)에서는 핵융합에너지개발 진흥기본계획에 근거하여 핵융합에너지 상용화 기술 확보를 위한 연구 개발을 추진⁷⁹⁾
 - '15년 DEMO 개념 및 계통 설계 단계를 수행 중이며, 최종적으로 DEMO 설계 및 핵심기술 개발을 위한 기반 구축을 목표
 - 세부적으로는 핵융합 실증로 설계개념 개발 및 노공학 연구기반 구축과 핵융합 대규모 시뮬레이션 및 이론해석 기술 제고를 위해 노력

그림 12 핵융합로 기술개발 로드맵



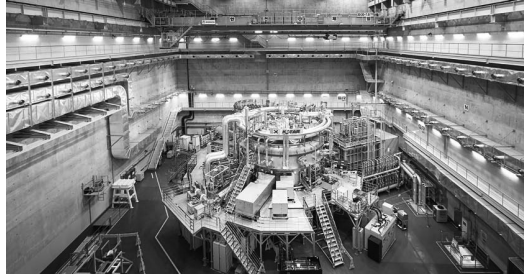
자료 : 국가핵융합연구소 브로슈어, 국가핵융합연구소, 2015.4

- KSTAR 프로젝트를 통해 장시간 운전기술 개발과 ITER 선행 연구장치를 위한 기술을 개발 중¹⁴⁴⁾
 - KSTAR 프로젝트는 차세대 초전도 핵융합 연구장치 개발을 통해 한국형 핵융합 발전로 건설을 위한 원천 기술을 확보하기 위한 프로젝트
 - 핵융합로 기술자립을 위해 KSTAR 장치를 활용한 장시간 고성능 플라즈마 운전역량 확보, ITER 운전 및 핵융합로 설계를 위한 현안 물리 연구를 수행

79) 국가핵융합연구소 브로슈어, 국가핵융합연구소, 2015.4

- 최종 목표는 트로이달 자기장세기 3.5테슬라, 플라스마 지속시간 300초, 플라스마 전류 2.0MA, 플라스마 온도 3억 도 달성

그림 13 KSTAR 연구장치 개발



자료 : 국가핵융합연구소 브로슈어, 국가핵융합연구소, 2015.4

- 국가핵융합연구소(NFRI)는 열출력 500MW, 에너지 증폭률(Q) 10 이상인 국제핵융합실험로 건설 및 운영을 위한 ITER 프로젝트에 참여 중
 - 우리나라는 ITER 구축을 위한 TF초전도 도체, 진공용기 본체, 진공용기 포트, MC 버스바 등의 조달품목을 설계 및 제작

그림 14 국가핵융합연구소 ITER 조달품목



자료 : 국가핵융합연구소 브로슈어, 국가핵융합연구소, 2015.4

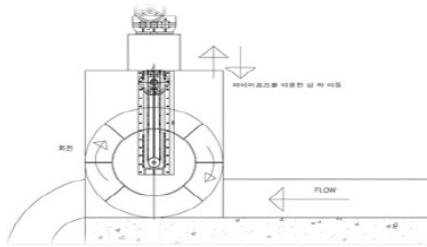
(4) 수력발전

- 국내는 수력발전플랜트 수차제작 기술의 국산화와 성능 향상을 통한 효율증대 기술에 집중
 - 기존 국내 수력발전플랜트는 국외 수차제작 기술에 의존하였으며, 정부연구개발사업을 통해 국내 수차제작기술을 향상 시킴에 따라 국내 제작 수차가 적용된 수력발전플랜트가 증가⁸⁰⁾

80) 국가핵융합연구소 브로슈어, 국가핵융합연구소, 2015.4

- 기존 국내에 수차성능시험 시설 부재로 해외에 의존하였으나, '13년 11월에 K-Water 연구원에 수차성능시험센터를 설치하여 국내 개발 수차의 성능시험이 가능
- 국내 수차효율이 국외 수차의 80~90%수준까지 근접함에 따라 국내 수차를 이용한 수력발전소가 증가
- 저낙차 수류식 초소형 수차가 개발됨에 따라 기존 개발조건으로 부적합한 것으로 판단되던 지점이 새로운 수력발전 플랜트 구축가능 지점으로 부각⁸¹⁾
 - 기존에는 물의 위치에너지와 유량만을 이용하여 수력발전을 하였으나, 기존 방식의 수력발전 가능 잠재지역은 이미 포화상태에 도달
 - 저낙차 수류식 초소형 수차는 물의 유속을 활용하여 저낙차 수력발전이 가능

그림 15 서울시 중랑소수력발전소 적용 전경



자료 : 신재생에너지 동향자료, 에너지관리공단, 2014.9

81) 2014 신재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014.12



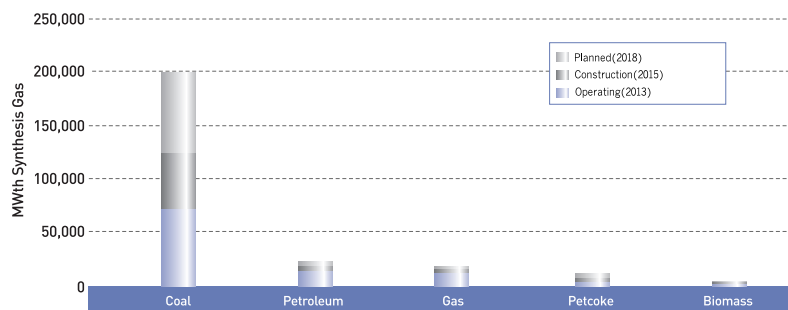
04. 자원개발플랜트

I. 주요 선진국 동향

1. 시장동향

- 합성가스는 주로 석탄가스화 방식으로 생산될 것으로 보이며, 생산된 합성가스는 화학원료 및 가스연료로 활용될 것으로 전망
- '13년 가스화 원료 기준 합성가스 생산량은 석탄가스화 비중이 가장 높으며 점유율이 지속적으로 상승하여 '15년 이후에는 대부분 석탄가스화를 통해 합성가스가 생산될 것으로 전망

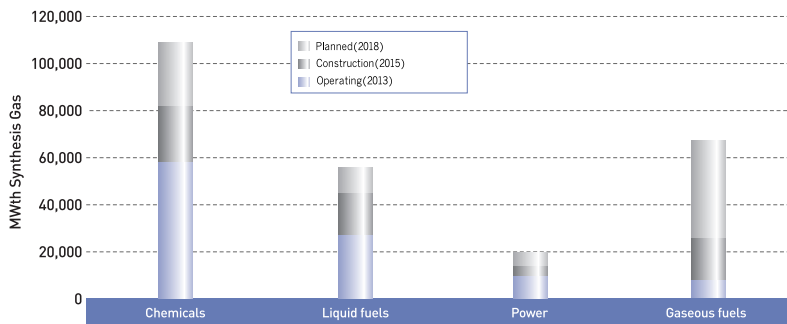
그림 16 전 세계 합성가스 생산량과 건설 및 계획 용량



자료 : State of the Gasification Industry – the Updated Worldwide Gasification Database,⁸⁾ Gasification Technologies Conference, Chris Higman, 2013.10

- '13년까지 합성가스는 주로 화학원료로 사용되었으며 '15년 이후에는 가스연료 활용이 가장 크게 증가하여 화학원료 다음으로 많이 활용될 것으로 전망
- 최근 10여년 간 중국의 석탄 합성가스 생산과 화학원료 활용 프로젝트가 급증함에 따라 화학원료로 활용 비중이 가장 높음

그림 17 생산 합성가스의 최종 활용처



자료 : State of the Gasification Industry – the Updated Worldwide Gasification Database," Gasification Technologies Conference, Chris Higman, 2013,10

- 기존 전통가스는 중동, 러시아를 중심으로 매장되어 있으나, 셰일가스를 포함하는 비전통가스는 미국, 중국, 유럽 등에 고르게 분포해 있어 향후 이들 국가를 중심으로 셰일가스 공급이 확대될 것으로 예상

- 중동·러시아에 집중되어 있는 전통가스와 달리 셰일가스는 미국을 포함하여 전세계에 상대적으로 고르게 분포⁸²⁾

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

표 26 전세계 셰일가스 가채매장량 및 비중

국가명	전통가스		셰일가스	
	확인매장량(백만 톤)	비중(%)	가채매장량(백만 톤)	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

82) 제5차 해외자원개발 기본계획(안), 산업통상자원부, 2014.9

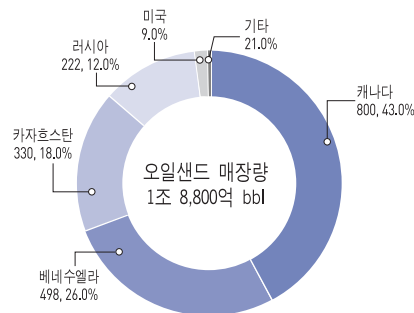
- 셰일가스 생산량의 급속 증가로 기존의 중동·러시아 중심의 국제 가스 공급구조가 재편되고 있는 것으로 평가⁸³⁾

- 국제에너지기구(IEA)는 매장량이 풍부한 북미를 중심으로 셰일가스가 본격 개발되면서 천연가스 황금시대가 도래할 것으로 전망
- 천연가스시장 주도권이 전통가스 수출주도국인 중동국과 러시아에서 미국, 중국, 유럽 등 셰일가스 보유국으로 이동할 것으로 예측

- 세계 오일샌드 매장량은 1조 8,800억 bbl로 추정되며 전체 매장량의 2/3를 보유한 캐나다와 베네수엘라 등에서 오일샌드 플랜트 건설 수요가 발생할 것으로 전망⁸⁴⁾

- 국가별 오일샌드 매장량 비중은 캐나다 43.0%, 베네수엘라 26.0%, 카자흐스탄 18.0%, 러시아 12.0%

그림 18 국가별 오일샌드 매장량 (단위:십억 bbl)



자료 : Are WE Entering a Golden Age of Gas, IEA/OECD, 2011

- 가스수요의 지속적 증가, 비전통 자원 사용 증대로 비전통 자원이 풍부하게 매장된 극한지와 수요 도시를 연결하는 자원이송망 건설사업이 추진

- 자원생산지에서 중동부 유럽으로 석유가스를 이송하기 위한 장거리 에너지 자원 수송 파이프라인 건설 프로젝트가 추진⁸⁵⁾
 - 터키에서 출발하여 동구권 국가를 경유하여 오스트리아에 도달하는 파이프라인을 건설하는 나부코 프로젝트에 총 79억 유로가 투자되었으며, '14년 가동 시작
 - 러시아에서 불가리아까지 총 900km의 가스 공급을 위한 사우스스트림 파이프라인 건설 프로젝트는 200억 달러가 투자되어 '15년 공사 완료 예정

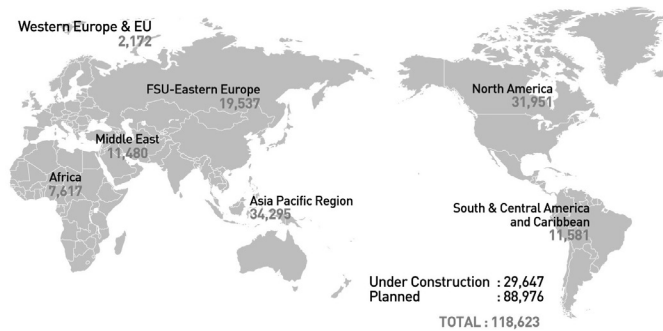
83) 제5차 해외자원개발 기본계획(안), 산업통상자원부, 2014.9

84) Are WE Entering a Golden Age of Gas, IEA/OECD, 2011

85) 극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술 기획, 국토해양부·한국건설교통기술평가원, 2012.10

- 카스피해 연안 가스를 중부유럽 및 동유럽으로 수송하기 위한 2개 노선으로 구성된 화이트스트림 파이프라인 프로젝트가 추진 중이며, '15년 1단계 공사가 완료 예정
- 현재 전세계적으로 건설 중이거나 계획이 수립된 파이프라인은 188,030km 규모로 추정
 - 북미, 동유럽에 건설예정인 84,000Km, 아시아 국제 가스배관 건설계획 연장이 약 75,000Km로 동토지역에 건설될 가스 이송망의 시장규모는 약 477조 원에 이를 것으로 추정

그림 19 자원이송망 건설 및 계획현황



자료 : Pipeline & Gas Journal, 2012

2. 기술동향

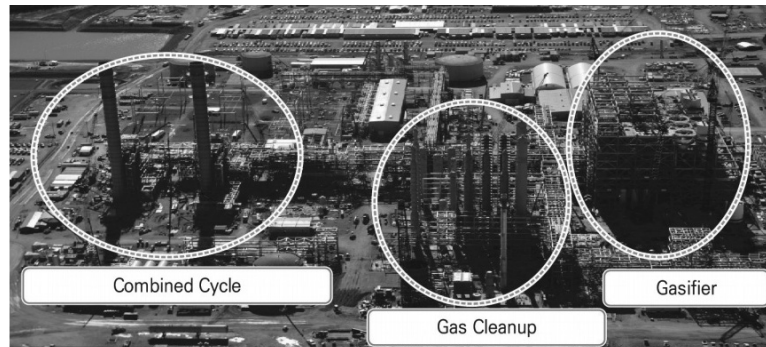
(1) 석탄가스화

- 미국, 독일, 일본 등에서 에너지 효율성 관점에서 IGCC, SNG, IGFC 등 석탄가스를 이용해 전기를 생산함과 동시에 수소, 비료, 액체연료 등을 생산하는 폴리제너레이션 기술 연구가 활발히 진행⁸⁶⁾
 - 미국은 IGCC 석탄가스화복합발전에서 CO₂ 포집기술과 EOR(Enhanced Oil Recovery), 고부가가치 화학원료 생산설비가 결합된 플랜트 기술개발 프로젝트를 진행
 - HECA 프로젝트를 통해 Pet Coke를 사용하는 IGCC와 수소 병산이 가능한 IGFC 플랜트 기술개발을 추진
 - Kemper 실증 프로젝트를 통해 순환유동층 석탄 IGCC와 CO₂ 포집설비, EOR이 결합된 프로젝트를 추진 중이며, 연간 300만톤의 CO₂ 포집이 가능한 524MW급 규모의 상용설비를 실증

86) 2014 에너지기술 이노베이션로드맵-고효율 청정화력발전, 산업통상자원, 2014

- Summit Power Texas Clean Energy 프로젝트를 통해 석탄가스화 IGCC와 CO₂ 포집설비, EOR 설비, 비료 생산이 가능한 설비를 개발

그림 20 Kemper 실증 프로젝트 IGCC 플랜트



자료 : 2014 에너지기술 이노베이션로드맵-고효율 청정화력발전, 산업통상자원, 2014

- 독일의 Uhde는 석탄과 폐기물 사용하여 메탄올과 가솔린 생산이 가능한 플랜트 설비를 운영
- 일본은 석탄가스 폴리제너레이션 독자기술을 확보하고 있으며, 대형 IGCC를 상용화하기 위한 기술개발을 추진
- 중국은 해외기술을 도입하여 내재화함으로써, 자국 건설현장에서 사업화 실적을 확보
 - 300MW급 석탄 IGCC 기술을 개발하여 '12년 텐진에 구축 완료하였으며, 2단계 사업으로 CO₂ 포집저장 설비를 연계할 예정
 - 중국은 부족한 원유에 대응하여 원유기반 화학물질인 비료, 메탄올, DME 등을 석탄에서 추출하여 생산
- 선진국은 개발도상국가 시장 진출을 목표로 기존 미활용되던 고수분 저급탄을 건조하여 발전소에서 활용하는 기술을 개발하여 상용화⁸⁷⁾
 - 미국은 석탄 건조기술 개발을 진행(Worley Parson)하여 발전소에 사용하는 고수분 저등급석탄을 발전소 미활용에너지로 건조하기 위해 기류유동층 방식 건조기인 DryFining을 개발
 - DryFining은 저급탄 활용이 확대될 것으로 예상되는 중국을 목표시장으로 함
 - 독일의 RWE는 스팀 유동층 석탄 건조기술 개발을 진행하여 호주에서 상용화
 - RWE의 스팀유동층 방식의 건조기인 WTAM은 고수분 저급탄을 건조하는 설비

87) 2014 에너지기술 이노베이션로드맵-고효율 청정화력발전, 산업통상자원, 2014

- 일본은 전 세계에서 가장 다양한 저급탄 개량 기술을 개발
 - Kobe Steel은 용제건조기술, 용매추출기술, Ash Free Coal 기술을 확보하고 있으며, JGC는 CWM 기술, Tsukishia Kikai는 STD 기술을 보유
- 중국 GB Clean Energy는 열분해를 통한 석탄 고품위화 기술을 확보
 - LIMax™으로 알려진 열분해 기술을 개발하였으며, 열분해를 통해 고품위화 석탄, 열분해 가스, 타르를 생산

(2) 오일샌드/세일가스 추출

- 미국 DOE, 캐나다 CANMET, 베네수엘라, 사우디, 일본, 프랑스 정부 등에서 중질원유 처리기술 연구를 활발히 진행⁸⁸⁾
 - 미국의 주요 Refinery 기업인 ExxonMobil을 비롯하여 다수의 화학업체에서 고산도 원유처리에 따른 설비 부식 방지 기술을 개발 중
 - Desalter 전문 업체인 Cameron사는 Heavy Crude 처리 기술 개발 및 남미 지역 Refinery 대상으로 상용화 작업을 진행 중
 - Nalco 등 첨가제 공급업체에서 칼슘제거 첨가제 개발 및 상용화를 추진 중
- 오일샌드 추출은 전통적인 석유 시추보다 많은 비용이 발생하고 더 많은 온실가스를 배출하여 본격적인 상업화를 위해서는 저비용생산 및 친환경생산 기술이 요구⁸⁹⁾
 - 캐나다는 전세계에서 가장 큰 오일샌드를 보유하고 있으며, '17년말부터 가동에 들어갈 예정이나, 경제성 및 대기오염 문제로 차기 프로젝트들은 지연될 가능성이 높음
 - 현재 오일샌드 추출은 뜨거운 물과 화학물질을 이용하여 모래를 씻거나, 지하의 횡축으로 스팀을 주입하는 방법이 적용되고 있으며, 두 공정 모두 전통적인 석유시추보다 많은 비용을 필요로 하며, 더 많은 양의 온실가스를 배출
 - 앨버타주에서만 20개 이상의 오일샌드 프로젝트가 추진 중이며, 이미 많은 자본이 투입되었기 때문에 유가와 관계없이 추진될 예정이나, 유가가 반등되지 않는다면 차기 프로젝트는 지연될 예정

88) 2014 에너지기술 이노베이션로드맵- 차세대 청정연료, 산업통상자원부한국에너지기술평가원, 2014.12

89) 유가급락으로 위기를 맞은 키스톤 송유관 프로젝트, KISTI 미리안 글로벌 동향브리핑(GTB), 2015.1

(3) 심해저자원개발

- 심해저자원은 채굴수익성 문제로 인해 본격적으로 개발되지 않았으나, 미국을 중심으로 미래 자원고갈에 대비하여 채굴수익성 확보를 위한 기술을 개발⁹⁰⁾
 - 미국 방위산업체인 Lockheed Martin은 우수한 심해저 자원기술을 보유하고 있으며, 해상실증시험을 통해 대부분의 단괴 층(nodule-bed) DB를 구축
 - 최근에는 금속가격 상승에 대응하기 위해 미국 주도로 원격조정 차량 및 심해저 광물을 이송하기 위한 유연라이저(Flexible Riser)기술력이 진전
 - 기존에는 해저 이동장치를 사용해 단괴를 흡입하거나 끌어모으고, 장치로 단괴를 슬러리 상태로 갈아 펌프를 통해 배로 이송하는 방법을 사용
- 메탄하이드레이트는 일본을 중심으로 가스하이드레이트의 시험생산을 위한 Mallik 프로그램이 진행 중이며 경제적 우위 확보를 위한 기술개발이 필요⁹¹⁾
 - Mallik 프로그램은 일본을 중심으로 미국, 캐나다, 인도 등이 컨소시엄을 구성하여 추진 중인 프로젝트
 - 컨소시엄은 일본의 JOGMEC 등 10여개 기관, 미국의 DOE와 USGS, 캐나다의 CGS, 인도 및 기타 민간기관으로 구성
 - 캐나다 북서부 육상의 동토지역에 매장된 가스하이드레이트의 시험생산을 하였으며, '13년 일본 난카이 해구 수심 1,000m에서 시험생산에 성공
 - 메탄하이드레이트는 퇴적물이 느슨하여 관정을 건조하기가 불안정하고 모래에 막힐 위험을 안고 있어, 이를 해결하는 것이 당면 과제⁹²⁾
 - 생산기술은 시험수준이며 상업적인 생산으로 이어지기 위해서는 비전통가스인 셰일가스 보다 경제적 우위가 확보 필요
 - '19년까지는 심해에서 메탄의 상업적 추출이 가능할 것으로 전망

(4) 자원이송/스테이션

- 메탄하이드레이트를 비롯하여 천연가스를 이송하는 관로의 경우 자원유출 문제가 발생하고 있으며, 이를 감지하고 보강하는 기술이 개발

90) 영국 회사의 심해저원 추구, 한국과학기술정보연구원, 이흥원, 2013

91) 2030 미래해양산업 전략 보고서, 한국공학한림원 해양산업위원회, 2014

92) 선두권 진입을 향해 역주하는 일본의 메탄 하이드레이트 개발, 한국과학기술정보연구원, 신희덕, 2013

- 독일의 HENKEL은 복합재료를 활용한 손상 자원이송망 수선시스템을 개발하고 세계적인 인증업체인 DNV GL에서 인증⁹³⁾
 - 자원이송시스템은 기후적 요소 및 화학적 공격 등으로 인한 부식조건에 노출되어 있으며, 기존에는 부식발생 부위 전체를 교체하는 방식으로 보강
 - HENKEL은 풍력발전소의 로터 블레이드, 자동차 산업의 경량부품으로 활용되는 섬유보강 고분자 복합재료를 적용한 고강도 유리-탄소 섬유 테이프를 개발
 - 또한, 강철매체에 강력하게 접착되는 접착제와 세라믹 스프레이를 활용하여 강철 파이프를 보강하는 기술개발을 추진
- ABB그룹의 일원인 LGR(Los Gatos Research)은 오일과 가스의 누출을 실시간으로 모니터링할 수 있는 기술을 개발⁹⁴⁾
 - 차량이동 레이저 기반으로 다중가스의 농도를 측정하고, GPS 기반 실시간 맵핑 기술을 통해 파이프라인에서 누출되는 가스를 확인 가능

(5) 가스플랜트

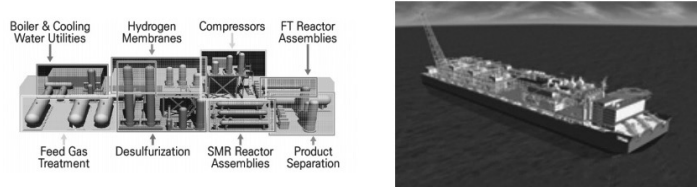
- 세계적으로 GTL 기술은 상용화 초기단계로 각 사에서 보유한 기술 실증을 통해 시장에 진출⁹⁵⁾
 - 대형 GTL 기술을 상용화시킨 회사는 미국의 Shell사와 남아공의 Sasol사가 대표적이며, Exxon, JOGMEC, Syntroleum 등에서는 자체적으로 실증 단계의 기술을 확보하고 상업화를 준비 중
 - 마이크로 반응기를 이용한 GTL 기술로서 Velocys(Oxford catalyst group)와 Compact GTL(CGTL)이 대표적이며 현재 상업화 초기 단계
- 해상 GTL-FPSO기술은 전세계적으로 Pilot Plant 단계에 있으며 Compact GTL은 Velocys와 Compact GTL사가 선도
 - 최근 경제적인 한계가스전 개발의 일환으로 해상 GTL-FPSO 공정은 Compact GTL, Velocys, Syntroleum, Petrobras 등에서 개발 중이며, Compact GTL-Petrobras는 Pilot(20 BPD) 연구를 진행 중
 - BP의 Compact Reformer 기술, GTLpetrol의 Compact/Modular GTL Plant 기술, 일본 JOGMEC의 SCR기술, CompactGTL사의 모듈화 기술 및 Air Products사의 ITM 기술 등의 GTL-FPSO 관련 연구가 진행 중

93) 파이프 수명을 연장시키는 방법, KISTI 미리안 글로벌 동향브리핑, 2014.7

94) 파이프라인에서 메탄의 유수를 휴대용으로 모니터링, KISTI 미리안 글로벌 동향브리핑, 2014.7

95) 2014 에너지기술 이노베이션로드맵- 차세대 청정연료, 산업통상자원부-한국에너지기술연구원, 2014.12

그림 21 Velocys의 GTL-FPSO 공정 개략도



자료 : 2014 에너지기술 이노베이션로드맵- 차세대 청정연료, 산업통상자원부·한국에너지기술연구원, 2014.12

II. 국내 동향

1. 시장동향

- 천연가스 수요는 '12년 38,287천 톤에서 '27년 37,699천 톤으로 연평균 0.1% 감소할 것으로 전망⁹⁶⁾
 - 도시가스 수요는 '12년 20,108천 톤에서 '27년 29,943천 톤으로 연평균 2.7%로 증가할 것으로 전망
 - 산업용은 경쟁연료가 천연가스로 연료전환되며 증가할 것으로 전망되나 가정용은 증가세가 둔화될 전망
 - 발전용 수요는 '12년 18,179천 톤에서 '27년 7,756천 톤으로 연평균 5.5%로 감소할 것으로 전망
 - 원전, 석탄 등의 기저발전 증가로 침투부하인 발전용 LNG 가격은 크게 감소할 전망

표 27 장기 천연가스 수요전망

(단위: 천 톤)

연도	도시가스용				발전용				합계
	가정용	일반용	산업용	소계	발전전용	열병합	자가용	소계	
'12년 실적	8,304	3,073	8,731	20,108	13,747	4,096	336	18,179	38,287
'15년	8,445	3,260	10,451	22,156	12,730	4,562	319	17,611	39,767
'20년	9,187	3,975	12,790	25,952	2,789	4,910	319	8,018	33,970
'27년	9,535	4,781	15,627	29,943	2,501	4,936	319	7,756	37,699
연평균 증가율	0.9%	3.0%	4.0%	2.7%	△10.7%	1.3%	△0.3%	△5.5%	△0.1%

* 직수입 물량 포함

* 발전용 중 자가용은 POSCO의 도입예정물량임

자료 : 제11차 장기 천연가스 수급계획(2013~2027), 산업통상자원부, 2013.4

96) 제11차 장기 천연가스 수급계획(2013~2027), 산업통상자원부, 2013.4

- 국내 석탄가스화 플랜트로 IGCC와 SNG가 건설되고 있으며, 운영을 통해 경제성 및 기술 효용성이 확보된다면 추가적인 석탄가스화 플랜트 건설시장이 형성될 것으로 전망
 - 국내 최초 IGCC인 태안 IGCC가 '15년부터 운영을 시작하였으며 IGCC 발전소의 경제성 및 기술 효용성이 검증되면 향후 약 2조 4,500억 원 규모의 시장이 형성될 것으로 전망⁹⁷⁾
 - 포스코에서 시작한 석탄가스화 SNG 1기와 경남, 삼척지역에 추진되는 추가 SNG 2기 등에 총 5.3조 원의 예산이 투자되고 있으며, 향후 남부발전의 SNG건설계획이 추진될 경우 '30년까지 5.3조 원의 신규 설비 시장이 예상⁹⁸⁾
- 동해-2 가스전 개발을 통해 '16년부터 '19년까지 209억 입방피트 천연가스를 개발하고 약 18만 5,000배럴에 달하는 초경질원유를 생산할 것으로 예측⁹⁹⁾
 - 209억입방피트의 천연가스 개발은 약 3억 7,000만 달러 규모로 추정되며, 3년간 일반 가정 14만 가구가 매일 사용할 수 있는 양
 - 동해-2가스전 아래에 위치한 동해 대륙붕에서 상업 생산이 가능한 천연가스층이 추가로 확인되어 가스 분출 시험에 성공하였으며, 정부는 '23년까지 울릉, 서해, 제주 3개 대륙붕에서 최대 9공의 시추 탐사를 진행할 예정
- 독도 부근에 메탄하이드레이트가 약 6억톤이 매장되어 있는 것으로 추정되며, 향후 경제성확보 여하에 따라 심해저 메탄하이드레이트 플랜트 건설이 이루어질 것으로 예상¹⁰⁰⁾
 - 독도에 매장되어 있는 메탄하이드레이트는 6억톤으로 추정되며, 이는 우리나라 천연가스 사용 200년 이상의 분량에 해당
- 러시아-중국-한국을 연결하는 가스 파이프라인 구축 사업이 검토 중¹⁰¹⁾
 - 인천으로부터 300km 떨어진 거리에 러시아와 중국의 파이프라인이 구축되며 향후 러시아의 천연가스 수입과 관련한 파이프라인 사업이 성장할 것으로 예측
 - '15년 4월 기준 중국과 러시아는 410조 원의 천연가스 거래를 체결하고 '18년 완공을 목표로 동부 시베리아와 산둥반도를 잇는 4,000km 파이프라인 구축 사업을 추진

97) 2013-2014 에너지기술 국내시장 전망, 에너지기술평가원·산업통상자원부, 2013.12

98) 신재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014

99) '국내 차세대 유전' 동해-2 가스전 개발 본격 착수, 아시아경제, 2015.04.16

100) '꿈의 에너지원' 메탄하이드레이트 아시아 신에너지 전쟁 불씨 되나, 서울경제, 2014.5.1

101) 코앞에 오는 러 가스, 경제외교 지렛대 삼을 길 찾아야, 중앙일보, 2014.5.26

- 국내의 송유관은 남북송유관, 경인송유관, TKP, 호서송유관으로 구성되며 송유관로 연장은 총 1,208km¹⁰²⁾
 - 여수-곡성-전주-대전-천안-판교를 잇는 남북송유관 연장을 476km로 최대 길이

그림 22 국내 송유관 현황



자료 : 시설현황, 대한송유관공사 홈페이지(<http://www.dopco.co.kr/>), 2015.5

- GTL 국내 시장은 '20년에 1조 620억 원, '23년에는 4조 8,073억 원의 시장으로 성장할 전망¹⁰³⁾
 - 육·해상 가스전에 적용할 수 있는 GTL 기술은 아직까지 국내에서 상용화 사례가 없으나, 19년까지 기술개발 완료 후 전체 GTL 국내 시장은 상업화 초기 단계에 진입할 것으로 예측

2. 기술동향

(1) 석탄가스화

- 국내는 해외 가스화기술 도입을 통해 건설 중인 IGCC를 '15년 시운전 예정이며, 장기적으로 생산된 석탄가스를 연료전지와 연계한 고효율 발전을 추진할 계획¹⁰⁴⁾
 - 서부발전에서 태안에 네덜란드 Shell사의 가스화 기술로 300MW의 발전용량을 가진 1.5세대 IGCC를 건설하고 있으며, '15년부터 시운전이 예정
 - '06년부터 10년간 한국형 IGCC기술확보를 위해 300MW급 실증 IGCC플랜트 종합설계, 제작 및 건설, IGCC플랜트 운영기술 개발, Pilot Test-Bed 및 단위공정 국산화 기술개발, 설계기술의 90% 이상 달성 등을 목표로 연구를 진행

102) 시설현황, 대한송유관공사 홈페이지(<http://www.dopco.co.kr/>), 2015.5

103) 2014 에너지기술 이노베이션 로드맵 - 차세대 청정연료, 산업통상자원부, 2014

104) 2014 신재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014.12

그림 23 한국 1호기 석탄 300MW급 IGCC 태안건설 현장



자료 : 2014 신재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014.12

○ 한국에너지기술연구원은 친수성의 석탄 기공을 사탕수수, 당밀, 글리세롤 같은 친수성의 바이오매스로 대체한 하이브리드 석탄을 개발¹⁰⁵⁾

- 하이브리드 석탄은 수분이 차있던 저급탄의 수분을 제거하고 그 기공 내로 바이오액(사탕수수, 당밀, 글리세롤 등)을 확산, 건조(또는 저온 탄화)시켜 결합한 연료
- 제조공정이 간단하며 적은 에너지로 저급탄을 친환경 고품위 연료로 전화시킬 수 있는 기술로 실제 발전소에서 이용할 경우 막대한 에너지 효율 증가 및 CO₂감축 효과가 기대
 - 미분탄 화력발전소에서 500MW 발전을 위해 인도네시아 저급탄 기준 약 296ton/hr의 연료공급이 필요하나, 하이브리드 석탄을 사용 시 197ton/hr의 연료공급이 필요한 것으로 분석되어 보일러 효율 향상뿐 아니라 CO₂발생량을 30% 이상 줄일 수 있음
- '13년 6월 개발기술을 메탈코코리야로 기술이전하고 '14년 2월 중부발전과 “하이브리드 석탄 융합기술 협력” 관련 MOU 체결을 통해 상용화를 추진

그림 24 하이브리드석탄의 개념도



자료 : 저급탄, 친환경 고품위 연료로의 전환, energium, 한국에너지기술연구원, 2014.6.16. 보도자료

105) 저급탄, 친환경 고품위 연료로의 전환, energium, 한국에너지기술연구원, 2014.6.16. 보도자료

- '90년대 정부출연과 민간기업에서 가스화플랜트 파일럿 단계의 시험가동을 추해왔으나 상용화된 가스화 기술은 대부분 선진국의 기술을 수입하여 국내 기술 축적이 부족한 실정¹⁰⁶⁾
 - 석탄을 이용한 SNG 제조 공정개발 연구가 소규모로 진행되었으며, 포스코 등에서 대규모의 SNG 제조 실증 플랜트 도입을 위한 기술개발을 진행
 - 고온고압 가스화기와 복사열교환기 등 석탄가스화 공정에서 요구되는 고가의 설비에 대한 설계 및 제작 분야에서는 국내업체들의 상용 실적이 없는 실정

(2) 오일샌드/세일가스 추출

- 국내는 오일샌드 플랜트 자체가 진입 초기이며, 원천기술이 타 플랜트에 비하여 상대적으로 취약하기 때문에, 관련 기술 획득을 위한 국가차원의 연구를 진행 중
 - 경쟁력 향상을 위해 플랜트 구조물의 모듈화 기술을 연구하여, 공사기간을 단축하고 공사비를 절감할 수 있도록 관련 기술에 대한 초기 연구를 진행¹⁰⁷⁾
 - 플랜트구조물 모듈화 기술은 국내 자원개발사업과 연계하여 캐나다에서 대거 추진계획 중인 오일플랜트 건설현장 진출을 목적으로 개발 중
- 산학연 컨소시움(석유공·가스공·지자연·서울대 등)이 석유공사 캐나다 몬트리 세일가스 광구에 대해 '13년 12월부터 4년간 과제를 추진
 - 세일가스 개발·평가의 핵심요소인 Sweet spot과 수평정 궤도를 도출, 현장에 적용하고 미세지진 기법과 생산실적을 통해 결과검증 후 성과를 보완할 예정
- 산업통상자원부는 '세일가스용 소재, 생산시스템 개발 및 테스트베드사업'을 추진하여 소재(강관/기자재), 엔지니어링 분야의 기술개발을 추진¹⁰⁸⁾
 - '세일가스용 소재, 생산시스템 개발 및 테스트베드사업'은 세일가스 등 비전통 에너지 개발에 따른 에너지 기업의 유정용 강관 및 관련 기자재 수요 증가에 선제적으로 대응하기 위하여 추진
 - 1단계 기술 개발('14년~'16년) 기간 동안 328억 원을 투자하며, 2단계 테스트베드 단계('17년~'18년)에서 162억 원을 투자할 계획
 - 기술개발분야는 크게 강관과 기자재 소재와, 수처리, 분리 및 탈수 시스템 엔지니어링 분야로 구분

106) 2014 신재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014.12

107) 오일샌드플랜트 모듈화 기술 기획, 국토해양부·한국건설교통기술평가원, 신홍식, 2013

108) 보도자료-철강, 엔지니어링, 에너지 기업이 힘을 합쳐 세일가스 혁명에 대비한다, 산업통상자원부, 2013.10.1

그림 25 이동형 세일가스 분리·탈수 장치



자료 : 보도자료-철강, 엔지니어링, 에너지 기업이 힘을 합쳐 셰일가스 혁명에 대비한다, 산업통상자원부, 2013.10.1

(3) 심해저자원개발

- 국내는 가스하이드레이트 사업단을 발족하고 동해 울릉분지에서의 시험시추를 통해 부존량을 확인했으며 현재 생산시험 연구를 수행¹⁰⁹⁾
 - 태평양 심해저광물자원(망간단괴) 개발사업에서는 '15년 한국해양과학기술원에서 제작한 시험 채광기(미내로)를 이용한 채광시험 및 저충충격시험을 계획

그림 26 메탄 하이드레이트 탐사/시추/채굴



자료 : 2030 미래해양산업 전략 보고서, 한국공학한립원 해양산업위원회, 2014.

109) 보도자료-철강, 엔지니어링, 에너지 기업이 힘을 합쳐 셰일가스 혁명에 대비한다, 산업통상자원부, 2013.10.1

(4) 자원이송/스테이션

● 영구동토를 대상으로 자원이송망의 안전성과 건설비용을 저감할 수 있는 국가연구개발사업을 '18년까지 추진 예정¹¹⁰⁾

- 러시아의 시베리아 자원이송망 건설시장 진출을 위해 영구동토지역의 지반환경 및 기후환경에 대응가능한 구조물 설계 및 시공기술, 최적 관망선로 설계기술, 유지관리 및 평가기술을 개발
- 국내는 우수한 제강 기술과 상온에서의 파이프 인장변형 성능평가 경험을 보유하고 있으나, 극한환경에서의 실험실적은 전무한 상태이며, 동 연구개발을 통해 러시아 등 동토지역의 자원이송망 건설사업 진출을 위한 기술을 확보할 것으로 기대

그림 27 극한지 자원이송망 파이프라인 소재기술 및 자동용접기술



자료 : 극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술 기획, 국토해양부·한국건설교통기술평가원, 2012.10

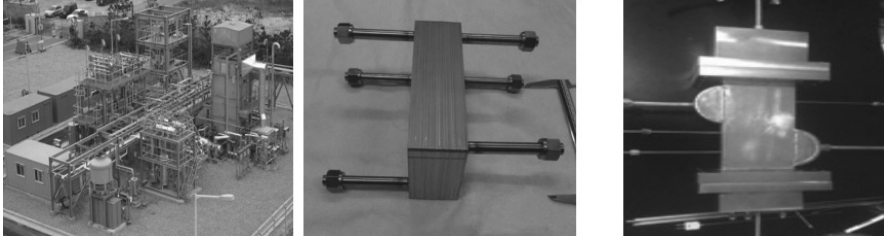
(5) 가스플랜트

● 국내 대형 GTL기술 및 마이크로 GTL기술은 파일럿 규모 설비연구가 진행되는 단계

- 국내에서 대형 GTL 기술은 천연가스에서 1bpd 규모의 합성유를 제조하는 파일럿 연구가 완료
 - 한국화학연구원에서 합성가스에서 합성유를 제조하는 슬러리 반응기 적용한 공정을, 한국에너지기술 연구원은 천연가스를 물과 이산화탄소를 사용하여 개질함으로 합성가스를 제조하는 리포밍 기술을 개발
- 한국화학연구원과 한국에너지기술연구원은 0.2 bpd 파일럿 플랜트 규모에서 중소규모가스전 개발용 마이크로 GTL 기술 관련 공동연구를 수행 중
 - 한국에너지기술연구원은 컴팩트 고정층 열교환 반응기를 응용하여 마이크로 개질기를 한국화학연구원에서는 열교환 성능이 우수한 마이크로 채널 피셔-트롭쉬 반응기와 고성능 촉매를 개발

110) 극한지 자원이송망 설계 및 시공자동화 기술 기획, 국토해양부·한국건설교통기술평가원, 2012.10

그림 28 (좌) 1bpd 규모의 GTL pilot plan, (우) 마이크로 GTL용 개질기와 피셔-트롭시 반응기



자료 : 2014 에너지기술 이노베이션로드맵- 차세대 청정연료, 산업통상자원부·한국에너지기술연구원, 2014.12

○ 국토교통부에서는 중규모 해상가스전 적용을 위한 LNG-FPSO의 Topside 플랜트 천연가스 액화공정 개발 사업을 지원¹¹⁾

- 새로운 액화공정인 KSMR(Korea Single Mixed Refrigerant) 냉동사이클을 개발하고, 이를 검증할 파일럿 설비 테스트베드를 구축
- 실제 적용 가능성이 높은 한국가스공사 보유 가스전에 대해 pre-FEED를 수행하여 주 열교환기, 압축기 및 드라이버 구성, 냉동사이클 설계 및 최적화, PFD와 Heat & Material Balance등 의 설계를 수행

그림 29 KSMR 테스트베드(PFHE형)



11) 2014년 국토교통 R&D 우수성과 20선, 국토교통부, 2015



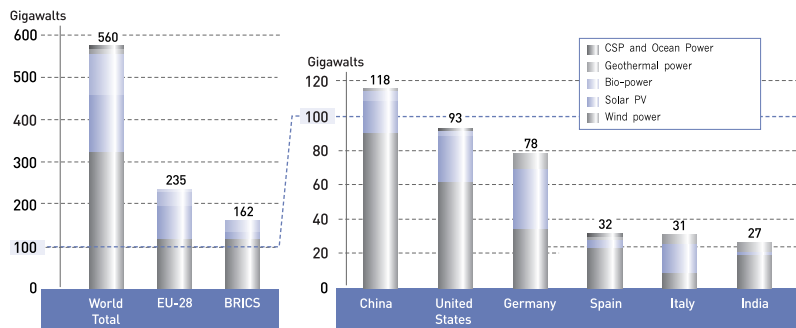
05. 신재생에너지 플랜트

I. 주요 선진국 동향

1. 시장동향

- 신재생에너지 발전용량은 '13년 기준으로 중국, 미국, 독일이 큰 편이며, 신재생에너지 전력의 50% 이상은 풍력발전에서 생산¹¹²⁾
 - 풍력발전이 전체 신재생에너지 발전용량의 50%를 상회하며, 이어 태양광발전과, 바이오발전 순으로 발전용량이 큰 것으로 분석
 - 설비용량 기준으로 중국과 미국, 독일의 발전용량이 큰 편이며, 이어 스페인과 이태리, 인도 순
 - EU국가와 BRICs국가의 신재생에너지 발전용량이 큼

그림 30 재생에너지전력 용량: 세계, EU-28, BRICS 및 상위 6개국(수력 제외)



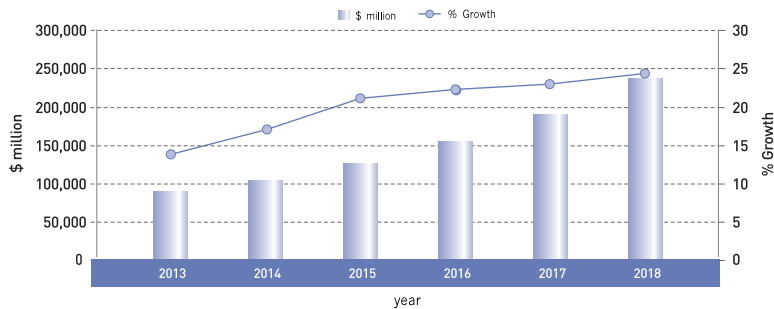
자료 : Renewables 2014, Global Status Report, REN21, 2014

112) 신재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014

- 세계 풍력에너지 시장은 '13년 약 890억 달러에서 '18년 약 2,365억 달러로 연평균 21.5% 성장이 예상¹¹³⁾

- 세계 풍력에너지 시장은 '15년 이후 평균 성장률이 20%를 상회하는 등 급격한 성장이 전망

그림 31 세계 풍력에너지 시장 전망('13~'18)



자료 : MarketLine, Global Wind Energy, 2014.11

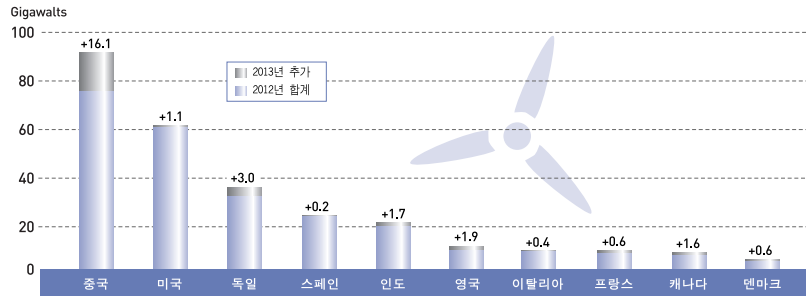
- '13년 기준으로 중국의 풍력발전용량이 전년대비 크게 증가하였으며, 풍력발전용량 상위 10개국 중 EU 6개 국가가 포함되어 EU에서 풍력발전이 활발히 추진¹¹⁴⁾

- '13년 말 기준 85개국에서 상업적 풍력사업이 진행 중이며, 최소 71개국에서 10MW 규모 이상의 설비 증설 완료
- 중국은 '13년 16.1GW를 설치하였으며 총 누적 설비용량이 91.4GW에 이르러 세계 최대의 풍력발전 설비 보유 국가

113) MarketLine, Global Wind Energy, 2014.11

114) 신재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014

그림 32 상위 10개국의 풍력 발전용량과 추가용량(2013년)



자료 : Renewables 2014, Global Status Report, REN21, 2014

- 세계의 해양에너지 발전 잠재량은 총 7만 6,820TWh이며, '50년까지 세계적으로 최대 748MW의 해양에너지 발전시설이 건설될 것으로 예측¹¹⁵⁾

- 해양에너지 발전 잠재량은 열(해수온도차), 파력, 조력/조류, 연도차 순

표 28 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 748MW의 해양에너지 발전시설이 건설될 것으로 예측되며, 이는 세계 발전시설용량의 약 19%에 해당하는 규모¹¹⁶⁾
- 조력발전소를 운용 중인 국가는 프랑스, 캐나다, 러시아, 중국, 한국이며, 향후 아르헨티나, 호주 등에서 조력발전 건설계획을 추진하고 있어 시장규모가 확대될 전망¹¹⁷⁾
- '60년대부터 프랑스, 캐나다, 중국, 러시아, 한국은 조력발전소를 시범적으로 운영하며, 기술개선을 추진
 - 중국에는 Jiangxia 외에도 8개의 조력발전소가 가동되고 있으나 규모와 발전량은 미미한 수준

115) Marine&Ocean Energy Development, APEC Energy Working Group, 2013

116) An International Vision for Ocean Energy, iea-oes, 2011.10

117) 신재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014

– 한국의 시화호 조력발전소는 세계 최대 규모

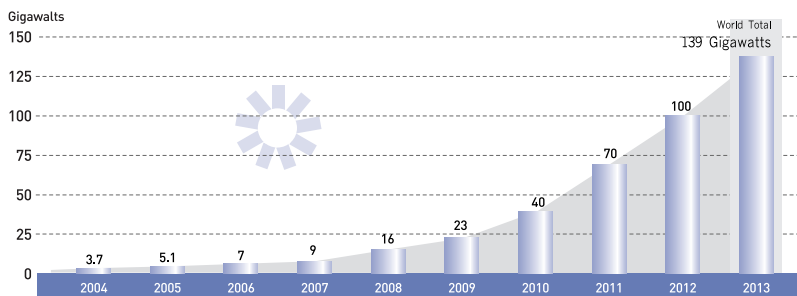
표 29 운영 중인 조력발전소 현황

발전소명	국가	시설용량(MW)	최대조차(m)	준공년도
La Rance	프랑스	240	13.5	'66년
Annapolis Royal	캐나다	20	8.7	'84년
Jiangxia	중국	3.2	8.4	'85년
Kislaya Guba	러시아	0.4	9	'68년
시화호	한국	254	7.8	10년

자료 : 신재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014

- 아르헨티나, 호주, 캐나다, 인도, 영국, 미국, 러시아 등에서 조력발전 건설계획을 추진하고 있어 향후 시장 규모가 확대될 것으로 전망
- '13년 기준 바이오에너지 발전설비에서 88GW, 405TWh의 전력을 생산 중이며, 주로 고체 바이오매스를 활용해 바이오에너지 전력 생산
 - 바이오에너지에 의한 전력 생산은 '13년 기준 전 세계 전력 생산량의 1.24%를 차지
 - 석탄과 바이오매스의 혼합연소는 바이오매스를 이용한 대규모 전력생산의 중요한 대안으로 부각
- '00년~'13년까지 태양광 발전의 누적 설비용량은 독일, 중국, 이탈리아, 일본, 미국 등을 중심으로 확충되어 '04년 3.7GW에서 '13년 말 139.0GW로 증가¹¹⁸⁾
 - '11년, '12년에 기존 누적 설비 용량을 능가하는 68.7GW 규모의 신규설비가 구축
 - 태양광 발전 단가 하락으로 '11년, '12년 태양광 발전설비 보급이 급속히 확산

그림 33 세계 태양광발전 설비누적용량 ('04년~'13년)

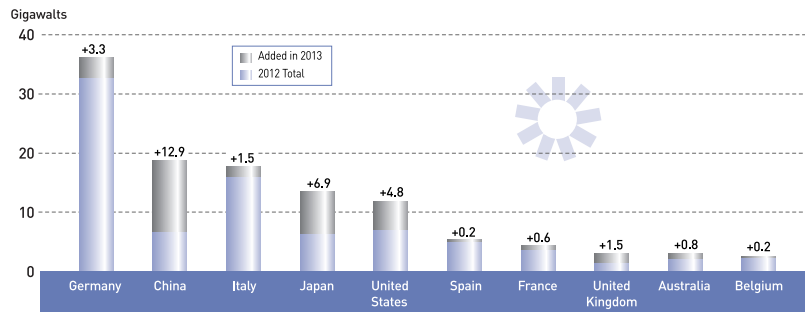


자료 : Renewables 2014, Global Status Report, REN21, 2014

118) Renewables 2014, Global Status Report, REN21, 2014

- '13년 기준 독일과 중국, 이탈리아가 태양광 발전 상위 3개국이며, 중국, 일본, 미국을 중심으로 전년대비 설비용량이 크게 증가

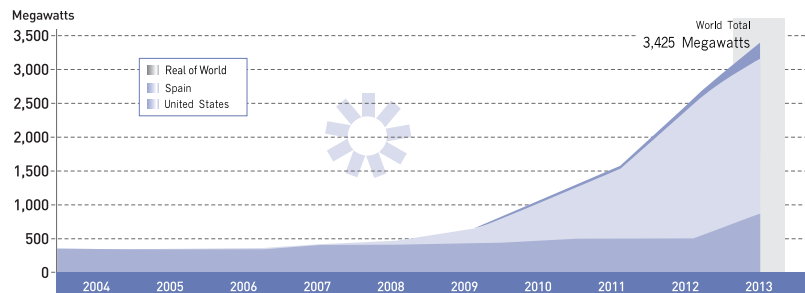
그림 34 태양광발전 누적 및 추가 설비용량 (2013)



자료 : Renewables 2014, Global Status Report, REN21, 2014

- 태양열발전 총 누적 설비용량은 '04년 340MW에서 '13년 3,400MW에 이르러 설비용량이 10배 증가하였으며, 이는 스페인과 미국의 설비증설에 따른 것¹¹⁹⁾
 - '12년 태양열 발전설비는 기록적으로 증가하여 최근 5년간 설비용량의 50%가량이 '12년에 건설
 - '13년도에도 0.9GW의 설비증설을 이루어 전년대비 36% 증가
 - '08년 이후 스페인에서 태양열 발전설비 운영을 개시하며 태양열 발전설비용량이 증가
 - 미국은 초기에 태양열 발전설비를 건설한 이후 '12년까지 추가 건설은 다소 정체
 - 미국과 스페인을 제외한 나머지 국가들의 태양열발전은 저조

그림 35 태양열발전(CSP) 설비용량 (국별/지역별: 2004-2013)



자료 : Renewables 2014, Global Status Report, REN21, 2014

119) Renewables 2014, Global Status Report, REN21, 2014

- 전 세계적으로 '12년도에 지열발전이 11,5MWe가 설치되었으며, 건설 중 또는 건설 예정으로 발표한 것을 포함하면 '20년도에는 약 두 배에 달할 것으로 예측¹²⁰⁾
 - '12년 기준 전 세계 지열발전용량은 11,456MWe 수준이나 '20년에는 24,162MWe로 약 2배 이상의 성장이 전망
 - 현재 가장 큰 지열발전 시스템을 보유하고있는 미국은 '12년 전세계 지열발전 용량의 약 22.5%를 차지할 것으로 전망되며, 필리핀, 인도네시아가 각각 14.3%의 지열발전 용량을 보유할 것으로 전망

표 30 전세계 지열발전 용량

County	'12년	'15년	'20년
USA	3,187	4,136	5,442
Philippines	1,972	2,112	3,447
Indonesia	1,335	2,325	3,453
Mexico	990	1,208	1,208
EU	941	1,113	1,499
New Zealand	750	1,35	1,599
Iceland	675	890	1,285
Japan	537	568	1,807
Kenya	205	402	560
El Salvador	204	287	290
Costa Rica	201	201	201
Nicaragua	124	209	240
Turkey	115	206	1,232
Russia	82	190	194
rest of the world	138	1,852.65	1,705
World total	11,456	15,701	24,162

자료 : European Geothermal Congress 2013

120) European Geothermal Congress 2013

2. 기술동향

(1) 풍력발전

○ 선진국에서는 해상진출 관점에서 풍력발전 기술개발이 집중

- 해상용으로 시장이 확대되면서 기존 기술을 기반으로 한 대형화는 한계에 봉착하였으며, 소재 및 설계를 개선하는 연구가 진행¹²¹⁾

○ 원해 대수심에서의 단지개발을 위한 프로젝트가 진행 중이며, 고정식 지지구조물의 건설비용 감소를 위한 부유식 해상풍력 실증 프로젝트가 진행 중¹²²⁾

- 일본은 Fukushima 프로젝트를 통해 부유체를 개발하고 '13년 6월부터 운영 중
 - 기선으로부터 20km, 수심 100~200m에서 부유할 수 있는 Semi-submersible type의 부유체를 개발
- 일본은 '13년 9월 수심 80~100m에서 부유하는 Fuji Heavy Industry의 부유체 Spar type의 해상풍력 발전을 추진

그림 36 일본 Fukushima 프로젝트



그림 37 일본 Kabashima 프로젝트



자료 : 해상풍력 중장기 R&D 로드맵, 산업통상자원부·한국에너지기술평가원, 2014.7

- 포르투갈은 기선으로부터 6km 거리의 부유식 해상풍력 프로젝트를 진행하여 수심 50m 까지 부유하는 중량 1,350Mton, Principle Power의 Semi-submersible type을 적용

(2) 해양에너지

○ 파력발전은 유럽, 미국, 일본 등 선진국을 중심으로 다양한 실험역에서 실증이 이루어지는 단계¹²¹⁾

- 덴마크의 Wave Dragon은 1.5MW 월파형 파력발전시스템 실증플랜트를 제작하여 실험역 실증을 진행 중

121) 2014 산재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014.12

122) 해상풍력 중장기 R&D 로드맵, 산업통상자원부·한국에너지기술평가원, 2014.7

- 영국은 최근 가장 활발하게 기술개발이 진행되고 있는 가동물체형 파력발전시스템 기술을 선도하고 있으며, Pelamis는 부유식 플랜트, Aquamarine Power는 착저식 플랜트인 Oyster, Archimedes Wave Swing(AWS)는 혼합형 플랜트를 실험해역에서 시험 중

그림 38 Wave Dragon(덴마크, 월파형)



그림 39 Pelamis(영국, 가동물체형)



자료 : 2014 산재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014.12

○ '60년대에 대규모 조력개발 시험발전소 건설 이후 새로운 기술개발 적용 사례는 확인 불가

- 프랑스의 Range 발전소, 러시아의 Kislaya Guba 발전소, 캐나다의 Annapolis 발전소, 중국의 Jiangxia 발전소가 대표적인 조력발전소
 - 이들 발전소는 대규모 조력개발을 위한 시험발전소로 대규모 조력 개발에 따른 시행착오를 최소화하기 위한 목적으로 조력개발연구, 건설 및 가동경험을 축적

그림 40 Rance 조력발전소(프랑스)



그림 41 Annapolis 조력발전소(캐나다)



자료 : 2014 산재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014.12

○ 조류발전은 아직까지 상용화되고 있지 않으나, 다양한 방식의 조류발전시스템이 개발되고 있으며 실험해역 실증이 활발하게 진행¹²³⁾

- 영국의 MCT(Marine Current Turbines), Lunar Energy, OpenHydro는 각각 독자적인 조류발전시스템을 개발하여 실험해역 시험을 진행

123) 2014 산재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014.12

- 영국의 EB는 150kW Stingray 형태의 조류발전을 실험하였으며 이를 기반으로 5MW급 조류발전단지를 상용화할 계획
- SMD Hydrovision은 조류의 입사방향 변화에 따라 자체적으로 방향을 조절할 수 있는 계류식 조류발전을 개발

(3) 바이오가스화

- 미국은 기존 바이오가스화 공정의 비용절감을 위해 태양열 에너지와 결합한 가스화 공정의 경제성을 확인하였으며, 플랜트 규모 확장을 위한 후속연구가 추진 중¹²⁴⁾
 - 전통적인 바이오매스 가스화 공정에서는 바이오매스 원료물질의 20~30%만이 연소과정을 통해 열에너지로 생산
 - 미국 미네소타 대학교 연구진은 바이오가스화 공정에 집광형 태양광으로부터 필요한 열에너지가 공급되면 바이오매스로부터 유용한 합성가스로 전환이 가능하며 보다 경제적인 공정 수행이 가능함을 확인
 - 바이오매스 가스화 시설에 태양에너지 발전 추가비용은 전체 자본금의 1/3가량을 차지하나, 전통적인 플랜트에서 요구되던 설비 규모 축소가 가능하며 바이오매스당 생산되는 합성가스 생산규모를 향상 가능
 - 태양열 에너지와 결합한 가스화 공정은 현재 벤치규모(3kW시제품)를 통해서만 그 이점이 확인되었으며, 플랜트 규모 확장을 위한 후속연구를 추진 중

(4) 태양광/태양열발전

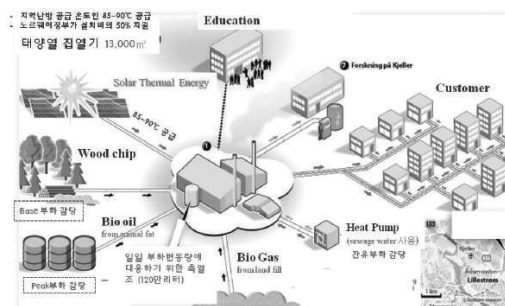
- 태양광 발전은 크게 결정질 실리콘 태양전지와 박막 태양전지로 구분되며, 박막 태양전지가 차세대 방식으로 대두되어 다양한 연구개발이 수행¹²⁵⁾
 - 결정질 실리콘 태양전지는 이미 그 효율이 이론적 최대치에 가까워져 R&D를 통한 성능개선 여지가 적어, 소재개발 및 생산기술 개선을 통한 원가절감에 초점을 두고 연구가 진행
 - 박막 태양전지는 생산단가가 저렴하고 응용분야가 넓어 차세대 기술로 주목받고 있으나 효율과 생산성이 낮아 시장을 대체하지 못하는 상황으로 이를 극복하기 위한 효율성 향상 및 제조단가 절감 연구가 필요한 상황

124) 천연가스 대체를 위한 바이오매스 가스화-태양 열에너지 통합시스템, KISTI 미리안 글로벌 동향브리핑(GB), 2015.2

125) 2014 신·재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014.12

- 그 외 '12년말에 개발된 효율 10.9%의 고상 염료감응 태양전지와 플렉시블 유기박막 태양광 모듈도 주목
- 태양열 발전분야에서는 주로 집열기 제조원가를 줄이기 위한 연구와 중온을 효율적으로 얻기 위한 연구가 수행¹²⁶⁾
 - 미국과 MENA(Middle East and North Africa)는 발전단가 하락 및 에너지효율 향상을 위해 집광형 태양광 발전(CSP, Concentrated solar power)시설의 장비 및 시설, 디자인을 개선
 - CSP비용효율은 운전온도의 고온화를 통한 에너지효율향상을 통해 달성되며, 발전시스템 디자인개선과 장비 및 시설 개선, 그리고 건설기술 향상에 의해 비용저감 가능
 - 그 외 하이브리드 CSP 기술 적용에 대한 연구개발과 재래식 발전소에 CSP를 통한 증기발생기를 부착하는 연구가 미국 에너지부의 지원 하에 추진
 - 제조원가 절감을 위해 폴리머 소재 집열기, 건물외장재로 사용할 수 있는 건물 외장용 태양열 집열장치, 발전과 열을 동시에 생산할 수 있는 태양광-태양열 복합기(PVT : PV-Thermal) 등이 개발
 - 200℃ 전후의 중온을 효율적으로 얻어 태양열 냉방용이나 산업용으로 사용할 수 있는 중온용 태양열 집열기가 개발
- '12년 EU는 태양열, 바이오연료 등 다양한 신재생에너지를 활용해 지역난방을 공급하는 시스템을 개발하여 노르웨이 오슬로에 시범 적용
 - EU는 'SUNSTORE 4'프로젝트를 통해 계간축열식 태양열 시스템, 열병합전용 우드칩보일러, 고온용 히트펌프로 구성된 신재생 융복합시스템을 개발
 - EU는 20여개의 대규모 시스템을 보급할 예정이며, '12년 노르웨이 오슬로에 이를 시범 적용

그림 42 신재생 융복합 지역난방 시스템(노르웨이 Lillestrom)



자료 : 2014 신재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014.12

126) 2014 신재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014.12

(5) 지열발전

- 미국, 독일 등의 주요 국가들은 전통적인 지열 열펌프 시스템 효율향상, 열원 다변화 및 초기투자비 절감, 친환경대체 냉매 적용 기술 등에 집중
 - 미국은 세계 지열발전 산업을 주도하고 있으며 지열자원을 효과적으로 활용하기 위한 탐사와 DB구축에 많은 연구비를 투자
 - 지열자원 최적 이용기술, 심부 시추기술, 저온 지열발전 사이클의 효율향상 기술 EGS기술 분야에서 기초 및 응용연구를 진행
 - 바이너리 발전의 효율을 높이기 위한 터빈과 발전기 개발 등 원천기술 확보를 위해 노력
 - 지열저류층 전문 수치해석 프로그램인 TOUGH를 개발하여 고준위 방사성 지하처분 이산화탄소 지중저장 등으로 적용성 확대를 추구
 - 독일 연방 지질자원연구원은 EGS 지열발전 상업화를 위한 저류층 수리자극 관련 연구를 진행

그림 43 EGS발전 개념도

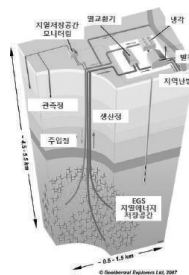


그림 44 프랑스 술츠의 EGS프로젝트



자료 : 2014 산·재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014.12

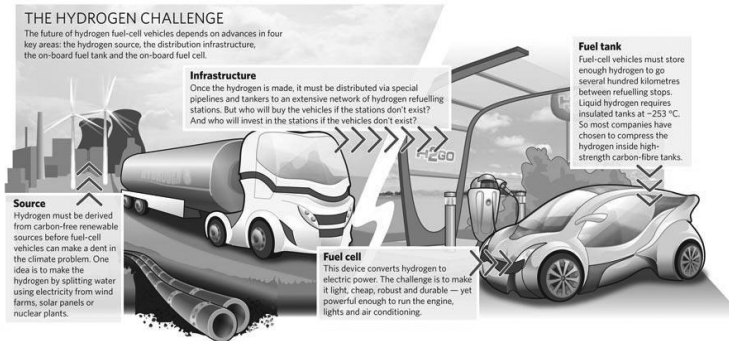
(6) 수소생산/인프라

- 자동차 기술 선진국을 중심으로 수소연료전지 자동차 보급을 위해 저비용 수소 생산, 저장, 수송, 충전 인프라 구축 기술을 개발¹²⁷⁾
 - 미국은 수소연료전지 자동차 적용을 목적으로 수소저장 시스템 및 충전 인프라 연구를 진행 중이며, 성능 및 안전성 향상, 비용절감 관점에서 연구를 수행
 - 효율적이고 안전한 수송용 수소저장 용기와 혁신적인 수소저장 소재를 개발하여 안전성 향상 및 제조비용 절감을 추구

127) 2014 산·재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014.12

- 수소연료전지 자동차가 보급되기 위해서는 충전 인프라 시설이 필수적으로 확보되어야 하며, 이를 위해 H2USA와 H2FIRST(Hydrogen Fueling Infrastructure Research and Station Technology) 프로젝트를 통해 수소 충전 스테이션 건설시간과 비용절감 연구에 집중¹²⁸⁾

그림 45 미국 H2FIRST의 수소생산 및 운송 충전 인프라 개념도



자료 : 2014 신재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014.12

- 일본은 '14년 '일본재흥전략 2014'에서 연료전지자동차 및 가정용 연료전지 이용 등 수소사회 실현을 위한 수소연료전지전략로드맵을 제시하고, 자국기술을 국제표준화
- 독일은 자동차용(CEP II)과 가정용 에너지공급(CALLUX)에 주안을 두고 있으며, '23년까지 약 400개소의 스테이션 건립을 목표

128) Department of Energy launches new hydrogen fuel initiative, US DEPARTMENT OF ENERGY, 2013

II. 국내 동향

1. 시장동향

- 국내 에너지기본계획에서는 신재생에너지 보급 목표를 '20년 5.2%, '25년 7.5%, '35년 11%로 설정¹²⁹⁾

- 에너지원별로는 폐기물·바이오의 비중이 감소하는 반면, 동 감소분을 태양광과 풍력이 대체할 것으로 전망되며 '35년을 기준으로 폐기물은 29.2%, 풍력 18.2%, 바이오 17.9%, 태양광 14.1%의 비중을 차지할 것으로 예측

표 31 1차 에너지 기준 원별 보급 목표 (%)

에너지원	태양광	태양열	풍력	지열	폐기물	바이오	수력	해양
'20년	11.1	1.4	11.3	2.5	47.3	17.6	6.3	2.4
'25년	13.3	3.9	12.5	4.6	40.2	19.6	4.3	1.6
'35년	14.1	7.9	18.2	8.5	29.2	17.9	2.9	1.3

자료 : 제2차 에너지기본계획, 산업통상자원부, 2014.1

- 해상풍력 수요량은 '35년까지 10,56GW규모로 파악되며, 이를 조달하기 위해 매년 500MW 규모 이상의 단지 개발이 필요할 것으로 예측¹³⁰⁾

- 해상풍력중장기R&D로드맵에서는 해상풍력 수요량을 제2차 국가에너지기본계획, 제4차 신재생 에너지기본계획에 필요한 용량 조사를 통해 '35년까지 10.6GW 규모로 파악

표 32 해상풍력 단지개발 시나리오

(단위 : MW)

구분	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35
연간 단지 개발규모	12	188	264	434	550	620	626	575	580	570	577	540	548	565	555	550	575	553	560	552	570
누적 단지 개발규모	17	205	469	903	1,453	2,073	2,699	3,274	3,854	4,424	5,001	5,541	6,089	6,654	7,209	7,759	8,334	8,887	9,447	9,999	10,569

자료 : 해상풍력 중장기 R&D 로드맵, 산업통상자원부·한국에너지기술평가원, 2014.7

129) 제2차 에너지기본계획, 산업통상자원부, 2014.1

130) 해상풍력 중장기 R&D 로드맵, 산업통상자원부·한국에너지기술평가원, 2014.7

- 국내 해양에너지 시장은 초기에 조력발전에 의한 주도가 예상되며, 이후 조류발전과 파력발전이 확대되어 해양에너지 총 설치용량이 '30년 3.2GW에 이를 전망
 - 초기에는 조력발전이 주도하지만 중장기적으로는 조류발전과 파력발전 보급이 확대되며 급격히 해양에너지 시장이 확대될 전망
 - 총 해양에너지 설치용량은 '20년 1.9GW에서 '30년 3.2GW에 이를 전망
- 현재 해양에너지 플랜트 건설은 조력과 조류 발전 분야에 집중하여 추진 중이며, 시화호에 연간 552GWh 전력생산이 가능한 대규모 발전단지 건설이 검토 중¹³¹⁾
 - 조류발전은 인천, 진도, 장죽수도 등에서 대규모 발전단지 건설이 검토

표 33 국내 조류발전 개발계획

구분	시설용량(MW)	기간	개발계획
인천	200	'12년~'15년	타당성 검토 중
신안	260	'12년~'16년	타당성 검토 중
완도	300	'15년	계획
울돌목	50	'18년	실증시험중
대방	20	'11년 부터	예비타당성 조사후 보류
맹골	250	'18년	계획
장죽	150	'18년	계획

자료 : 신재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014

131) 신재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014

- '10년 완공된 시화조력발전소를 포함하여 가로림, 강화, 인천, 천수만 등의 지역이 검토 중

표 34 국내 조력발전 개발계획

구분	평균대조차 (m)	조지면적 (km ²)	시설용량 (MW)	연간발전량 (GWh/year)	추진현황
시화호	7.8	43.15	254 (수차10기, 수문8문)	552	가동중
가로림만	6.7	96.03	520 (수타20기, 수문12문)	950	환경영향 평가서 재보완 진행 중
인천만	7.7	157.45	1320 (수차44기, 수문20문)	2410	공유수면매립 기본계획 반영 진행 중
강화	7.8	36.9	420 (수차14기, 수문4문)	710	공유수면매립 기본계획 반영 진행 중
아산만	8	31.4	365 (수차10기, 수문8문)	545	타당성조사 진행 중

자료 : 신재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014

- '13년 보급된 바이오에너지는 약 1,558천 toe로 전체 신재생에너지 보급의 15.8%를 차지
 - 국내 바이오매스 부존자원은 연간 1,128만 toe 정도이며 현재 기술로 이용 가능한 보급 잠재량은 232만 toe 수준
 - 실제 국내에서 보급 중인 바이오에너지는 유기성 폐기물 혐기소화에 의한 바이오가스(메탄) 및 LFG의 열 또는 발전 이용, 성형탄, 우드 칩 등 고형 바이오연료의 연소에 의한 열, 발전 그리고 바이오디젤 등

표 35 국내 바이오에너지 보급 현황

(단위 : toe)

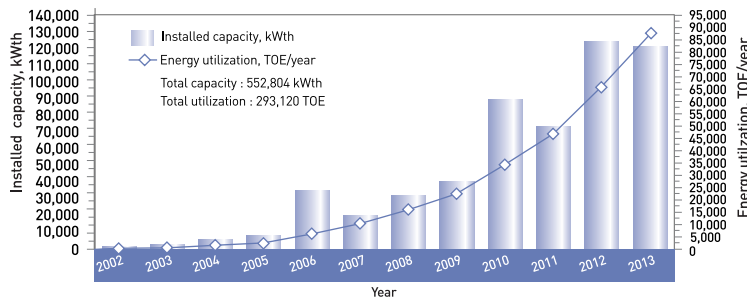
구분	'10년	'11년	'12년	'13년
바이오가스	80,343	91,184	107,430	139,370
LFG	114,990	124,220	116,073	97,497
바이오디젤	356,822	336,054	359,916	369,081
우드칩	132,230	163,022	164,542	168,466
성형탄	23,053	24,591	23,857	23,517
임산 연료	23,419	23,665	56,481	49,622
목재 펠릿	23,766	50,995	120,055	268,129
폐목재	—	149,632	140,874	175,983
흑액	—	—	228,337	229,254
하수슬러지 고형연료	—	—	17,159	37,574
합계	754,623	963,363	1,334,724	1,558,492

자료 : 2013년 신재생에너지 보급통계, 에너지관리공단 신재생에너지센터, 2014.11

- 국내 지열발전 시스템은 지방을 중심으로 한 정부 보급정책에 따라 크게 증가하여 '13년 기준 누적 설치 용량이 약 552,804kWh에 달함¹³²⁾

- '03년 말까지 약 30개소의 지열 열펌프 시스템이 구축된 이후로 정부 보급정책에 힘입어 크게 증가하였으며 '13년도에는 기준으로 누적 설치 용량이 약 552,804kWh에 달함
- '09년 이후 그린홈 100만호 보급사업, 공공기관설치의무화제도 확대 시행, 시설원에 지열설비 보급사업 등을 통해 가정용, 공공건물용, 시설원예용 시스템 보급이 크게 증가

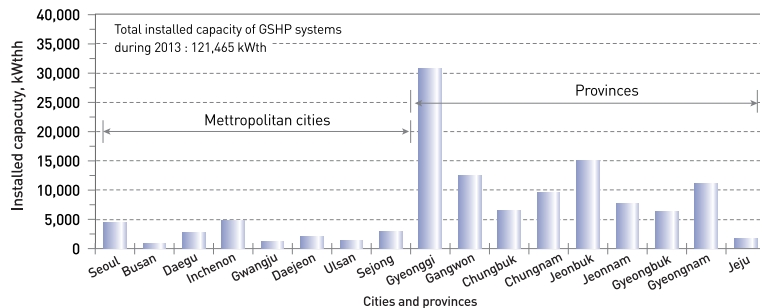
그림 46 국내 지열 열펌프 시스템 보급 용량과 에너지 생산량 변화 추이



자료 : 신재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014

- '13년도 기준 지역별로 보면 경기도, 전라북도, 강원도에서 주로 많이 보급되었으며, 최근 들어 시스템의 용량도 대형화되는 추세

그림 47 지역별 보급 용량('13년)



자료 : 신재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014

132) 신재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014

2. 기술동향

(1) 풍력발전

- 국내는 '12년 이후 연 500억 원 수준의 정부 연구비를 지원하여 대형 해상풍력시스템 및 해상풍력 단지구축 관련 기술개발에 집중
 - 3MW급은 정부 지원을 통해 인증이 완료되어 판매가 가능한 수준이며, 5MW급은 '14년에 인증을 개시하여 '15년부터 판매할 예정¹³³⁾
 - 정부는 서남해에 2.5GW급의 해상풍력단지 조성계획을 수립하였으며, 새만금 풍력발전 시범단지(40MW), 부산지역의 목도 해상풍력발전단지(20MW), 제주의 해상풍력단지(2GW) 건설계획은 논의 중¹³⁴⁾

그림 49 서남해 2.5GW 해상풍력단지 조성계획



자료 : 한국의 해상풍력 현황과 발전방향에 관한 연구, The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, 62(3), 성진가이태진, 2013

(2) 해양에너지

- 국내 파력발전기술 중 진동수주형 기술은 실증단계에 진입하고 있으며, 월파형 파력발전 및 가동물체형 파력발전은 연구 초기단계
 - 진동수주형 파력에너지 변환장치 공기챔버와 웰즈 및 임펄스 공기터빈 설계기술을 확보하였으며, 부유계류식 진동수주형 파력발전구조물을 실험해역에 설치

133) 2014 신재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014.12

134) 한국의 해상풍력 현황과 발전방향에 관한 연구, The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, 62(3), 성진가이태진, 2013

그림 49 60kW급 부유식 파력발전시스템



자료 : 2014 신재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014.12

- 국내는 '12년부터 시화호 조력발전소를 가동 중이며, 조력발전 구조물 설계 및 시공기술을 확보하였으나 발전기 및 발전제어기는 해외 제품을 수입하여 설치
 - 시화호 운영방법을 담수호에서 해수호로 전환함에 따라 시화호 발전소 건설을 '04년에 착공하여 '12년에 완공하고 운영을 시작
 - 시화호 조력발전소를 건설 및 운영하며 조력발전구조물 설계, 시공, 운용, 유지보수 기술을 확보하였으나 발전기 및 전력제어기술은 해외제품을 수입하여 적용
 - 시화호 조력발전소 외에 가로림만, 천수만, 인천만, 해주만 등의 주요 조력발전 후보지에 대한 타당성 분석 및 발전소 개념설계를 실시하며 조력발전 적지/환경영향 평가기술은 확보
- 국내는 1MW급 조류발전 시스템이 건설되어 운용 중이며, 부유식 조류발전은 100kW급 실증 플랜트를 실해역에 설치하였으나 공유수면사용 문제로 운용이 중단된 상황

(3) 바이오가스화

- 국내는 바이오에너지 생산에 활용가능한 바이오매스자원이 많지 않아, 해외 바이오매스 자원을 활용할 수 있는 에너지 생산기술이 개발¹³⁵⁾
 - 해외 바이오매스 자원은 국내 자원과 물리화학적 특성이 일부 다르며 이로 인해 공정기술의 운전 조건이 상이

135) 2014 신재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014.12

- 국내 기업의 해외 팜 농장 사업 진출이 이어짐에 따라 팜 부산물을 에너지로 활용하는 기술개발이 착수
 - 팜 부산물을 열분해하여 바이오오일을 생산하여 보일러 연료로 사용하는 기술과 생물공정에 의해 바이오 에탄올을 생산 차량연료로 활용하는 기술 개발을 동시에 추진 중
 - 해외 바이오매스 자원 활용 에너지 생산기술이 확보될 경우, 국내 기업들의 동남아 플랜테이션 사업 진출이 활발해 질 것으로 전망
- 기존의 대규모 발전용 중심의 기술개발을 벗어나 가정용 시장, DIPV, ESS 및 EMS와 결합한 솔루션 기술 개발로 확대 중¹³⁶⁾
- DIPV(Device Integrated PV), ESS(Energy Storage System), EMS(Energy Management System) 등은 IT 장비와 같은 타산업 융합을 통한 새로운 비즈니스 모델

(4) 태양광/태양열 발전

- 국토교통부는 기존 설비 대비 효율성이 높은 추적식 수상태양광 발전 설비 개발을 지원¹³⁷⁾
- 추적식 수상태양광 기술은 기존의 고정식 육상태양광에 비해 25% 향상된 효율을 기대할 수 있음
 - 추적식 수상태양광 기술은 수상환경의 냉각효과, 태양위치에 따른 최적 방위각과 경사각으로 자동조정을 통해 기존 기술대비 고효율성을 보장
 - 추적식 수상태양광 기술은 기존 육상태양광 대비 1.5배에 달하는 원가가 문제이며, 이를 해결하기 위해 최소의 전력으로 태양광 구조물을 회전시킬 수 있는 구조체, 태양광 패널 효율성 향상, 무선센서 네트워크 및 모바일 운영시스템을 구축

그림 50 추적식 수상태양광 설비 구성도

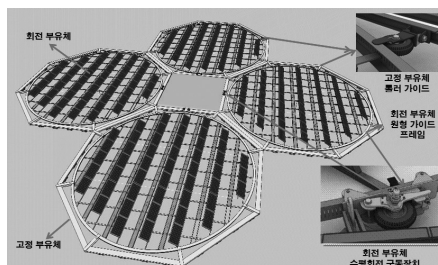


그림 51 합천 100kW 추적식 수상태양광발전 시스템



136) 제 3차 에너지기술개발계획, 산업통상자원부, 2014.12

137) 2014년 국토교통 \$&D 우수성과 20선, 국토교통부, 2015

- 친환경 에너지 타운 개발을 추진함으로써 광주광역시 북구 운정동의 매립지 상부에 국내에서 3번째 규모의 태양광 발전소의 건립을 추진¹³⁸⁾
 - 광주광역시 북구 운정동의 총 26만 2,000㎡의 면적에 1단계 12MW, 2단계 8MW 규모의 태양광 발전소를 건립하며, 이곳에서 생산된 전기를 판매하여 연간 10억 원의 수익(1단계 기준)을 참여비율에 따라 주민에 분배한다는 방침¹³⁹⁾
 - 신재생에너지 체험빌리지 조성, 태양열 목욕탕 설치, 태양광을 비롯한 신재생에너지를 활용하는 주택을 마을단위로 구성하는 그린빌리지 조성을 추진

(5) 지열발전

- 최근에는 타 열원과의 융합기술과 ICT와 연계한 기술개발이 추진¹⁴⁰⁾
 - 최근 4Km이상의 수직시추 기술을 확보하며 심부지열 발전연구가 추진
 - “MW급 지열발전 상용화 기술개발”과제를 통해 포항에서 최대 4,127m심도에 성공한 바 있음
 - 4Km 이상의 수직시추 기술을 4Km 이상의 방향성 시추기술로 향상시킨다면 심부 시추기술은 세계 최고수준으로 향상될 것으로 전망
 - '13년도에는 EGS인공 지열저류층 생성 시뮬레이터 개발, ICT융합지열 시스템의 지능형 통합유지관리 기술개발, 지열 저류층 4차원 영상화기술개발 과제가 착수되어 '16년까지 추진될 예정

(6) 수소생산/인프라

- 국내에서는 미래창조부를 중심으로 수소에너지 제조·저장·이용기술개발을 추진하고 있으며, 해양수산부에서는 수소연료전지분야에서 해양생물을 이용한 바이오수소 생산 기술을 개발
 - 미래창조부는 '03년부터 '13년까지 수소에너지사업단을 추진하여 다양한 수소 제조기술 및 저장기술 분야의 원천·핵심 기술을 확보¹⁴¹⁾

138) 2014년 국토교통 R&D 우수성과 20선, 국토교통부, 2015

139) 지역 특색에 맞는 친환경 에너지 설비를 추진한다, 동아시아언스, 2014.12.12

140) 2014 산·재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014.12

141) 21C 프론티어사업-미래를 향한 10년의 도전, 미래창조과학부 (재)연구개발성과지원센터, 2013

표 36 미래창조과학부 수소에너지사업단의 단계별 주요 연구개발 내용

분야	1단계('03년~'05년)	2단계('06년~'08년)	3단계('09년~'12년)
	핵심기반기술 확보	실증을 위한 기술 확보	상용화 기반기술 확보
수소제조	• 시간당 20m³ 규모의 수소 생산 공급을 위한 충전소 구축	• 열화학, 광화학, 생물학적 수소제조 성능향상	• 광화학, 생물학적 수소제조 실증 • 수전해 수소제조 실용화 (5Nm³/hr)
수소저장	• 수소자동차용 고압수소 저장용기 개발(350bar)	• 금속수소화물 및 나노재료 등을 이용한 수소저장 기술 개발	• 금속 화학수소화물 등을 이용한 수소저장 시스템
수소이용	• 리니어 동력/발전(1kW) 및 수소센서 요소기술 개발	• 리니어 동력/발전(5kW) 및 수소센서 고성능화	• 리니어 동력/발전(5kW) 시스템 개발

자료 : 21C 프론티어사업-미래를 향한 10년의 도전, 미래창조과학부 (재)연구개발성과지원센터, 2013

- 해양수산부는 '18년까지 해양고세균을 활용한 바이오 수소 대량생산기술개발을 목표로 해양과학기술원의 연구를 지원¹⁴²⁾

○ 철강 및 자동차 업계를 중심으로 수소 생산 및 인프라 구축을 위한 단지조성을 확대할 계획

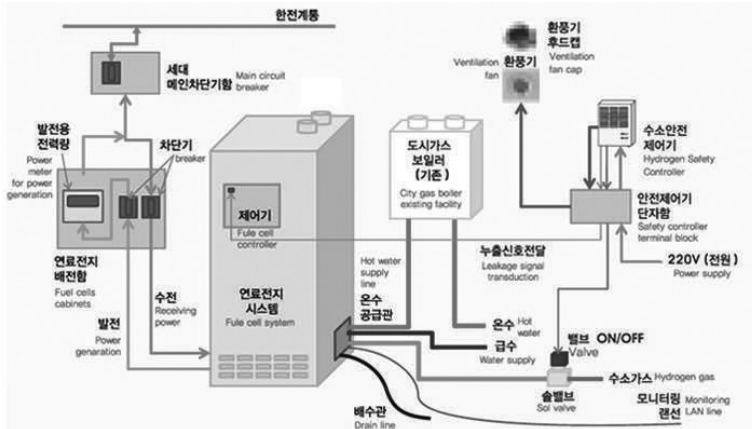
- 포스코는 철 조강시 발생하는 CO₂를 저감하기 위해 수소환원제철공정을 추진하고 있으며, 경상북도의 지원으로 '14년부터 포항시에 수소연료 빌리지타운 조성을 추진 중¹⁴³⁾
- 현대자동차는 '13년에 수소자동차 생산시설을 구축하였으며, 울산 인근 화학공업단지의 부생수소를 활용한 연료전지 수소타운을 구축¹⁴⁴⁾

142) 연구사업소개-해양 초고온 고세균 이용 바이오수소 생산기술 개발, 한국해양과학기술원 홈페이지(<http://kiost.ac/>), 2015.5 검색

143) 포항에 수소연료전지 타운 단계적 구축, 세계일보, 2014.6.4

144) 울산 수소타운 시범사업 현황, 우향수, 2014

그림 52 울산수소타운 개략도



자료 : 포항에 수소연료전지 타운 단계적 구축, 세계일보, 2014.6.4



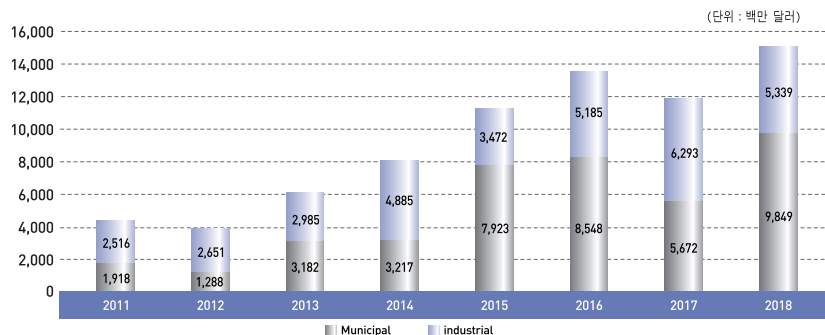
06. 담수처리 및 환경플랜트

I. 주요 선진국 동향

1. 시장동향

- '13년 기준 세계 담수화시장 규모는 62억 달러, '18년에는 152억 달러 규모로 성장할 것으로 전망¹⁴⁵⁾
- '13년 기준 담수화시장 62억 달러 중 상수용 32억 달러, 산업용 30억 달러 시장을 형성하고 있으며, '18년에는 상수용 98억 달러, 산업용 53억 달러로 성장할 것으로 예측

그림 53 세계 담수화 시장 현황 및 전망

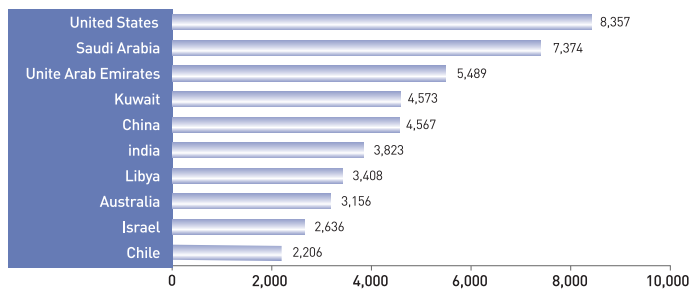


자료 : Global Water Market 2014, GWI, 2013

- 국가별로는 미국 담수화시장이 '11년~'18년간 84억 달러로 세계 최대 규모이며 사우디아라비아 등 중동국가 순
- '11년~'18년간 담수화 시장은 미국이 전세계 시장의 11%인 84억 달러
- 사우디 아라비아, UAE, 쿠웨이트, 리비아, 이스라엘 등 중동 북아프리카 국가들의 담수화 시장 비중은 전체 1/3을 차지
- 미국과 중동국가를 제외하고는 중국 46억 달러(6%), 인도 38억 달러(5%), 호주 32억 달러(4%), 칠레 22억 달러(3%)의 담수화 시장이 큰 규모로 성장할 것으로 전망

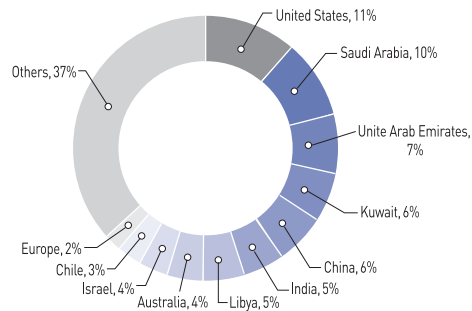
145) 연구사업소개-해양 초고순 고세균 이용 바이오수소 생산기술 개발, 한국해양과학기술원 홈페이지(<http://kiost.ac/>), 2015.5 검색

그림 54 '11년~'18년 세계 주요 국가별 담수화 시장 규모(단위 : 백만 달러)



자료 : Global Water Market 2014, GWI, 2013

그림 55 '11년~'18년 세계 주요 국가별 담수화 시장 비중



자료 : Global Water Market 2014, GWI, 2013

○ 폐기물처리 시장¹⁴⁶⁾은 '13년 3,870억 달러에서 연평균 8.4%의 성장률로 증가하여 '20년에는 약 7,500억 달러의 시장을 형성할 것으로 전망¹⁴⁷⁾

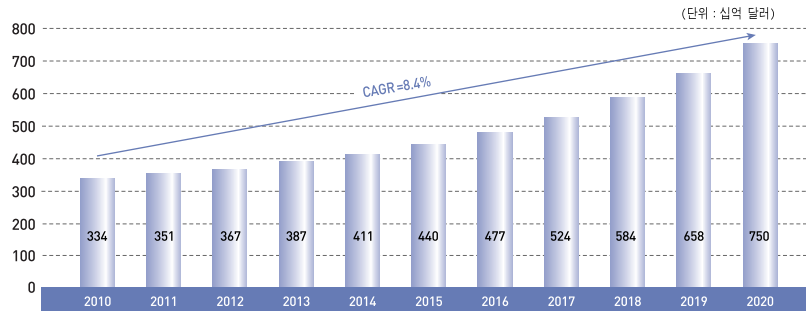
- 경제성장에 따른 건강에 대한 관심 증가는 산업폐기물의 처리 기술 개발을 더욱 촉진시켜 '13년 약 3,870억 달러에서 연평균 증가율 8.4%로 성장할 것으로 전망

146) Industrial Waste Management Services Market

147) Frost & Sullivan, Global Industrial Waste Management Services Market, 2014.8

- 고도폐기물처리, 매립, 온실가스 등에 대한 국제적 규제가 강화도 폐기물처리시장 성장에 기여할 것으로 예상

그림 56 세계 폐기물처리 시장 전망('10년~'20년)

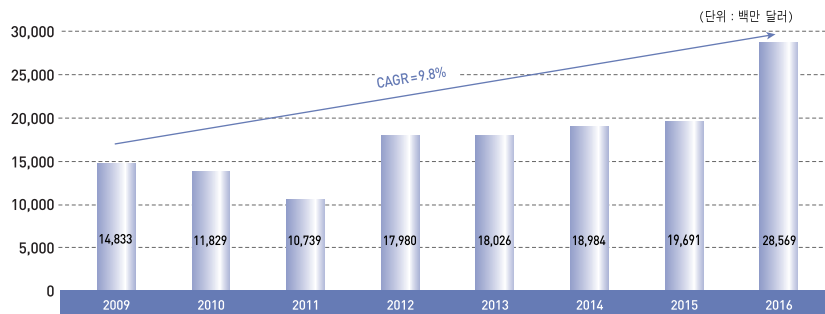


자료 : Frost & Sullivan, Global Industrial Waste Management Services Market, 2014.8

○ 폐자원에너지화 시장은 '12년 약 180억 달러에서 '16년 약 286억 달러로 연평균 9.8% 성장이 예상¹⁴⁸⁾

- 폐기물에너지화를 장려하는 관련 법률과 정책에 따라 폐기물에너지화 시장 성장이 이루어질 것으로 전망

그림 57 세계 폐자원에너지화 시장 전망('09년~'16년)



자료 : Frost & Sullivan, Global Industrial Waste Management Services Market, 2014. 08.

148) Frost & Sullivan, Global Industrial Waste Management Services Market, 2014.8

- '15년에서 '50년까지 발전 및 산업 분야에서 온실가스 감축을 위한 CCS 기술 적용이 급격하게 증가할 것으로 전망¹⁴⁹⁾
 - 전 세계의 에너지 관련 CO₂ 배출 저감 시나리오 분석에 의하면 에너지절약, 재생에너지, CCS, 효율향상 기술이 배출 저감에 기여할 것으로 예측
 - CCS가 '50년 전체 CO₂ 배출 저감의 17% 기여 및 누적 기여도 14% 담당할 것으로 전망
 - '15년~'50년 기간동안 발전 및 산업 분야에서 온실가스 감축을 위한 CCS 기술 적용이 급격하게 증가할 것으로 전망

2. 기술동향

(1) 해수담수화

- 담수생산능력을 증대하기 위해 RO막의 대형화, 공정 최적화, 전처리시설의 수처리 성능향상 기술 등이 개발
 - '13년 세계최대 RO 해수담수화 플랜트인 이스라엘의 Sorek플랜트는 16인치 RO모듈이 적용¹⁵⁰⁾
 - 16인치 RO막 대형화를 통해 RO 플랜트의 에너지 저감과 배관 이음쇠류 간략화에 의한 건설비 저감, 가동률 향상이 가능
 - RO막을 통한 해수담수처리 효율을 향상시키기 위해 해수의 오염성분 제거, 살균처리 등 해수담수 전처리 설비가 요구
 - 중동의 주요 해수담수화 플랜트 발주국가에서는 해수담수화 플랜트에 해수전처리 시설을 필수요건으로 제시하여 프로젝트를 발주¹⁵¹⁾

그림 58 이스라엘 Sorek 담수화 플랜트



자료 : 이스라엘 Sorek 담수화 플랜트 - 글로벌 최초 RO 설비의 수직구조화 설계로 투자비용 절감, WATER INDUSTRY NETWORK, 2014.1

149) ETP-2014, IEA, 2014

150) 이스라엘 Sorek 담수화 플랜트 - 글로벌 최초 RO 설비의 수직구조화 설계로 투자비용 절감, WATER INDUSTRY NETWORK, 2014.1

151) 해외건설촉진 연구개발사업, 국토교통부/KAIA, 2013.7

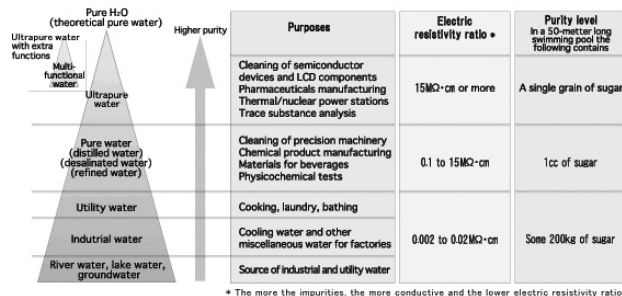
(2) 폐기물처리

- 소각열을 이용한 폐기물처리 기술개발 분야에서는 에너지 회수율을 높이기 위한 연구가 활발하게 진행¹⁵²⁾
 - 미국은 세계 최대의 폐기물 에너지 생산규모의 대규모 폐기물 에너지 생산시스템을 개발
 - 1일 1,000톤 이상 대형 폐기물을 한 곳에 집하시켜 대규모로 전처리하여 발열량이 높은 폐기물 연료를 생산하고 현장에서 발전소의 연료로 사용하여 전력을 생산함으로써 경제성을 제고
 - 일본의 Hitachi는 수냉 화격자와 배출가스 순환기술을 적용하여 고온 연소와 화격자의 수명연장을 통한 에너지 회수율 증가와 경제성 향상 기술을 개발 중
- 유기성 폐기물의 매립이 엄격하게 통제됨에 따라 고형연료기술이 연계된 MBT플랜트 기술개발이 지속적으로 추진
 - 유기물은 생물학적 처리에 의해 퇴비를 만들고 가연성분은 고형연료를 만드는 방식의 복합플랜트가 유럽의 주류
 - 생활계와 사업장계 복합폐기물 처리가 가능한 고형연료 제조기술이 꾸준히 개발
 - 오스트리아의 EREMA는 플라스틱을 고온접촉 및 수냉방식으로 소형입상 성형품을 생산하는 제품을 개발
 - 일본은 건조 후 성형을 하고 소석회를 첨가하는 방식의 고형연료 제조기술이 활성화

(3) 수처리(초순수/하폐수)

- 해외에서는 수처리 공정에 MF/UF/NF/RO 멤브레인을 적용하는 한편 EDI/ED 공정기술을 사용하여 산업용의 초순수를 생산
 - 전기전자 산업에서 매우 중요한 공정인 반도체 자재 세척용으로 초순수 요구, 발전소 보일러 유입용수로도 다량의 초순수를 요구

그림 59 초순수의 활용처(organo corporation)



자료 : ORGANO CORPORATION 홈페이지(<http://www.organo.co.jp/>)

152) 2014 산·재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014.12

- 산업용으로 사용되는 초순수는 음용수 수질기준에서 출발하여 MF, UF, NF 및 최종적으로 RO 멤브레인 필터 순서로 사용¹⁵³⁾
 - 추가적으로 매우 높은 특정한 고순도의 물을 얻기 위해서는 EDI 또는 ED 공정기술을 사용하여 물분자보다는 이온성 물질을 우선적으로 제거하는 과정을 거침

그림 60 EDI 모듈



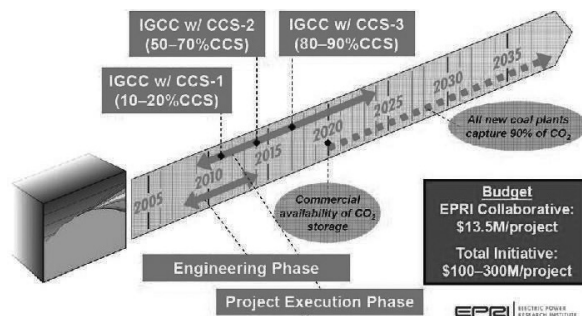
자료 : 순수·초순수, WATER INDUSTRY NETWORK 홈페이지(<http://www.roplant.or.kr/>), 2015.5 검색

(4) 대기오염방지 및 CCS

○ 해외 선진국에서는 기존 IGCC에 CO₂를 포집 및 저장하기 위한 IGCC+CCS 기술 확보를 추진 중¹⁵⁴⁾

- 미국은 '02년부터 시작된 CCPI(Clean Coal Power Initiative) 프로그램을 통해 수은, NOx 등 오염물질 저감, CO₂ 포집 IGCC 등의 실증사업을 지원
 - 미국 EPRI는 단계별로 CO₂ 포집률을 향상시키는 계획을 수립하여 '17년부터 가동 예정인 3호기에서 80~90%의 CO₂를 포집하는 것을 목표

그림 61 미국 EPRI에서 추진 예정인 IGCC+CCS Initiative 계획



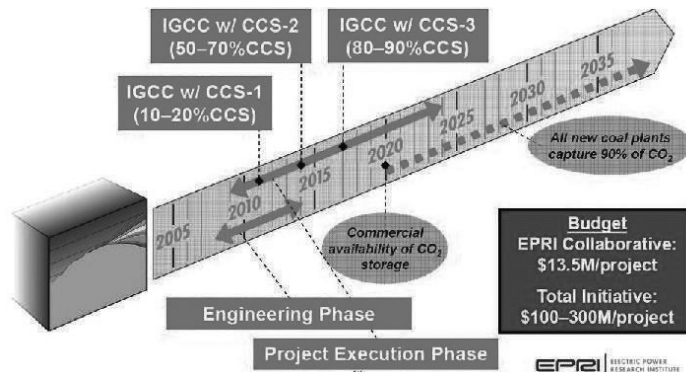
자료 : 2014 산재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014.12

153) 순수·초순수, WATER INDUSTRY NETWORK 홈페이지(<http://www.roplant.or.kr/>), 2015.5 검색

154) 2014 산재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014.12

- EU는 석탄화력발전에서 발생하는 CO₂를 포집 저장하기 위한 CCS 프로젝트에 중점을 두고 지원사업을 추진 중
 - 스페인의 OXYCFB 300Compostilla 프로젝트('09~'16), 네덜란드 ROAD 프로젝트에서는 '14년 기준으로 CCS에 연계하는 플랜트 설비기술을 실증 중
 - 영국의 Don Valley 발전소 프로젝트는 CO₂를 북해유전 지하에 저장하는 IGCC+CCS시설로 현장 실증 중이며, 건설비 저감을 위한 연구를 수행
- 일본은 IGCC에서 발생하는 CO₂를 포집하기 위해 연소후, 연소전, 순산소연소 기술개발 연구를 수행 중이며 특히 효율개선 기술에 집중

그림 62 일본 IGCC 실증발전소 공정흐름도



자료 : 2014 신재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014.12

II. 국내 동향

1. 시장동향

- 국내 산업용수 시장은 업종 및 생산제품의 품질에 따라 수요가 다양하며 주요 업종의 수질별 사용량은 반도체 및 LCD분야의 초순수(생산공정)가 높은 비율을 차지¹⁵⁵⁾

- 생산공정에 사용되는 초순수는 반도체와 LCD분야에서 사용비율이 40%로 높은 편
- 초순수(생산공정)는 반도체 및 LCD 분야에서 약 40%로 높은 사용량을 보이며, 순수(보일러 급수)는 반도체 등 다른 분야의 차지 비율이 동일하며, 침전수(냉각수 외)는 단일 분야 중 전자가 약 86%로 높은 비중을 차지

표 37 국내 산업용수의 용도별 사용비율

용도		주요사용처	분야(%)				
			반도체	LCD	Solar	전자	기타
사용비율	초순수	생산공정	40	40	29	5	—
	순수	보일러 급수	10	10	10	10	10
	침전수	냉각수	50	50	61	86	90

자료 : 물과 미래-2015 세계 물의 날 자료집, 국토교통부 k-water, 2015

- '25년 수도정비기본계획의 공업용수 수요량을 반영하여 순수 및 초순수 수요량을 추정한 결과 '10년 약 65만³/일에서 '20년 103만 5천³/일로 약 59% 증가가 예상
- '25년 수도정비기본계획상의 471개 산업단지 장래 공업용수 수요량에 반영하여 순수 및 초순수 수요량을 산정한 결과 초순수 수요량은 '10년 30.1만³/일에서 '20년 49.7만³/일로 약 65%의 증가가 예상
 - 순수 수요량은 '10년 34.8만³/일에서 '20년 53.9만³/일로 약 55%의 증가가 예상

표 38 순수 및 초순수 수요량

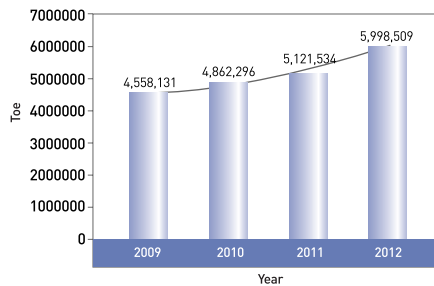
구분	수요량(만 ³ /일)			
	합계	초순수	순수	침전수
'10년	4,437,885	301,459	348,069	3,788,357
'15년	6,391,358	481,924	491,286	5,418,148
'20년	7,228,606	496,745	539,191	6,192,670

자료 : 물과 미래-2015 세계 물의 날 자료집, 국토교통부 k-water, 2015

155) 물과 미래-2015 세계 물의 날 자료집, 국토교통부 k-water, 2015

- 연도별 폐기물 에너지는 '12년 크게 증가하여 연간 약 600만 toe의 총 폐기물 에너지가 생산 및 보급되었으며, 꾸준히 증가하는 추세

그림 63 국내 총 폐기물에너지 보급현황



자료 : 2013년 신재생에너지 보급통계, 에너지관리공단 신재생에너지센터, 2014.11

- 국내 온실가스배출량 증가가 예상됨에 따라 CO₂감축 확대가 요구되며, CCS 기술개발 및 상용화 추진될 경우 '30년에는 3,200만 톤의 CO₂가 감소될 것으로 전망¹⁵⁶⁾
 - '20년 국내 온실가스 배출량은 '05년 대비 37% 증가하여 813백만 톤에 달할 것으로 예상되며 1인당 배출량은 33% 증가한 16.4 톤이 될 전망
 - CCS 기술개발 및 상용화 추진으로 '20년 3백만 톤/년, '30년 3천 2백만 톤/년 의 CO₂ 감축이 전망

그림 64 우리나라 온실가스



그림 65 우리나라 온실가스

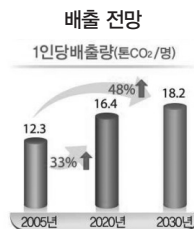


그림 66 CCS 기술개발 및



자료 : 국가 CCS 종합 추진계획, 녹색성장위원회

2. 기술동향

(1) 해수담수화

- 국내에는 '14년 5월 부산 기장군 1일 생산량 4.5만 톤으로 세계 최대규모인 8MIGD트레인과 16인치 Membrane이 적용된 RO방식 해수담수화 플랜트를 완공하고 운영 중¹⁵⁷⁾

156) 국가 CCS 종합 추진계획, 녹색성장위원회

157) 2014년 국토교통 R&D 우수성과 20선, 국토교통부, 2015

- '06년 세계 초일류 해수담수화 플랜트기술 확보를 목표로 해수담수화 플랜트 사업단을 추진하였으며 '14년까지 세계최대규모인 8MIGD 트레인과 16인치 Membrane을 사용한 역삼투압 방식의 해수담수화 실증플랜트를 부산 기장군에 건설하고 운영 중
 - 다양한 종류의 전처리 시스템 및 에너지 회수장치(ERD : Energy Recovery Device)의 성능을 비교/검증할 수 있도록 테스트베드를 구성
 - 에너지 저감, 에너지 및 유기자원 회수를 위한 막증발법(MD), 정삼투법(FO), 압력지연 삼투법(PRO) 등 새로운 기술의 상용화를 위한 연구가 추진 중¹⁵⁸⁾

그림 67 부산 기장의 8MIGD 해수담수화 시설



(2) 폐기물처리

- 소각열 이용기술분야는 에너지 회수 고효율화 기술을 중심으로 개발되고 있으며, 고효율 소각일체형 보일러 시스템이 개발¹⁵⁹⁾
 - 정부 주도로 국산화 연구를 추진한 결과 가스화 연소식 중형소각로와 스토커식 소각로 제작 기술을 확보
 - 최근에는 신재생에너지 발전 차액보전제도가 시행됨에 따라 중소도시에 기설치된 중형소각로에 해외 증기터빈을 설치하여 폐열발전을 하고 있음
- 국내 폐기물 고형연료 제조기술은 아직 미흡하여 해외기술을 도입 후, 제조설비를 건설 및 운영하며 연구를 진행
 - 비성형 고형연료에 대한 900 톤/일 규모의 제조설비가 부산시에 건설되어 열병합 발전시설과 함께 운영 중
 - 고형연료 이용기술은 석탄화력 열병합발전소에서 고형연료를 혼소하는 기술, 무한궤도 회격자식과 외부순환 유동층식 고형연료 전용보일러가 연구되었으며, 400Kg/시 급 무한궤도식 고형연료 보일러가 원주시청에서 상시 가동 중

158) 2015 국토교통 R&D기술수준조사 및 동향분석 플랜트분야 2차 전문가 위원회, 2015.7.9

159) 2014 산재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014.12

- 외부순환유동층식 전용발전소는 정부 연구개발 사업을 통해 1MWe급 Pilot Plant를 구축한 뒤, 10MW급 실증플랜트 기술개발을 진행 중

그림 68 고품연료 제조시설과 고품연료 전용 순환유동층발전시설

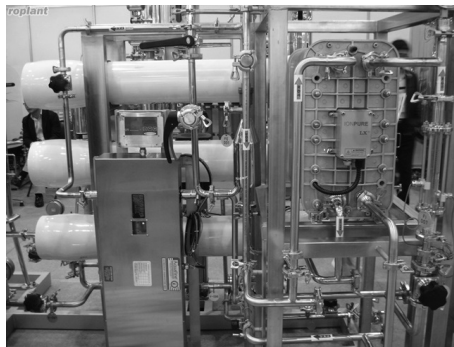


자료 : 2014 산재생에너지 백서, 산업통상자원부, 2014.12

(3) 수처리

- 국내 초순수처리기술은 원천 기술 및 상용화 기술이 미흡하며, K-water의 초순수 Pilot Plant를 기반으로 역삼투 장치를 이용한 초순수 연구를 수행¹⁶⁰⁾
 - 국내는 원천 기술이나 상용화 기술을 확보하지 못하였고 외국설계사의 시스템을 모방하는 수준
 - 국내 역삼투막 기술을 선도하는 웅진케미칼의 경우 일반용 역삼투막 기술은 우수하나, 경험과 수요부족으로 초저압 및 초순수용 역삼투막 연구 추진 미흡
 - K-water는 초순수 Pilot Plant를 설치하여 연구를 수행하고 있으며, 현대제철, 대산 등을 대상으로 역삼투 장치를 이용한 맞춤형 산업용수 사업을 전개하여 역삼투 장치에 대한 운영노하우를 축적

그림 69 초순수 PILOT PLANT



자료 : KAIA 이슈 리포트-초순수 산업 및 기술 동향, 국토교통과학기술진흥원, 2015.5

160) KAIA 이슈 리포트-초순수 산업 및 기술 동향, 국토교통과학기술진흥원, 2015.5

(4) 대기오염방지 및 CCS

- 국내에서는 세계 최초로 300MW규모의 건식 CO₂포집 플랜트 대규모 실증사업을 추진 중이며, 습식은 '13년 5월에 10MW규모의 파일럿 플랜트를 준공¹⁶¹⁾
 - 한국에너지기술연구원과 한전전력연구원은 '02년 10월 '친환경 건식 CO₂ 포집기술개발'연구를 수행하며 건식 CO₂포집에 대한 원천기술을 확보하였으며, 이를 기반으로 '10년 3월 0.5MW 건식 CO₂포집 시험설비를 하동화력 3호기에 준공
 - 전력연구원은 고체 흡수제 조성설계와 대량 생산기술, 에너지기술연구원은 순환 유동층의 CO₂포집공정을 개발
 - '14년 9월까지 알칼리 금속 탄산염을 활성성분으로 하는 분무건조법의 고체 흡수제를 개발하고, '14년 4월 세계 최초로 10MW연소 후 건식 CO₂포집 파일럿 플랜트를 하동화력 8호기에 준공

그림 70 10MW 연소 후 건식 CO₂ 포집 파일럿 플랜트



자료 : 이산화탄소(CO₂) 포집 및 장치 기술, 기계산업, 한국기계산업진흥회, 2014.12

- 기존 기술을 개선한 300MW건식 플랜트 기본설계가 추진 중이며, 세계 최초로 대규모 실증사업을 삼척 그린파워단지에 실시될 계획
- 연소 후 습식에서도 아민을 흡수제로 사용하는 10MW 파일럿 플랜트가 '13년 5월 보령화학 8호기에 준공

161) 이산화탄소(CO₂) 포집 및 장치 기술, 기계산업, 한국기계산업진흥회, 2014.12



07. 국내외 동향 요약

I. 시장동향

- '18년 해외 플랜트분야 건설시장은 약 5,154억 달러규모, 국내 플랜트분야 건설 시장은 29조 원 규모로 추정
 - 해외 플랜트분야 시장은 석유화학플랜트 건설시장, 전력플랜트 건설시장, 산업플랜트 건설시장 등으로 구분되며, ENR자료를 기반으로 추정하면 '18년 해외플랜트분야 건설시장규모는 약 5,154억 달러 규모로 추정
 - ENR의 세계건설시장의 공종별 매출규모('13년)에서 전망한 석유화학플랜트시장에 CAGR을 적용하여 외삽하면, '18년 석유화학플랜트시장 총매출은 2,887.7억 달러로 추정
 - ENR의 세계건설시장의 공종별 매출규모('13년)에서 전망한 전력플랜트시장에 CAGR을 적용하여 외삽하면, '18년 전력플랜트시장 총매출은 1,251.3억 달러로 추정
 - ENR의 세계건설시장의 공종별 매출규모('13년)에서 전망한 산업플랜트시장에 CAGR을 적용하여 외삽하면, '18년 산업플랜트시장 총매출은 1,015.5억 달러로 추정
 - 한국건설협회('13년)에서 전망한 국내 플랜트건설시장에 CAGR을 적용하여 외삽하면, '18년 국내 플랜트 건설시장 규모는 29조 5,151억 원으로 추정

구분	'10년	'11년	'12년	'13년	'14년	'15년	'16년	'17년	'18년
해외 플랜트분야 시장 (단위 : 백만 달러)	148,870	180,840	213,790	247,564	286,673	331,960	384,402	445,128	515,449
석유화학플랜트 건설시장	89,320	104,230	119,770	138,691	160,601	185,972	215,351	249,371	288,766
전력플랜트 건설시장	38,600	47,040	51,900	60,099	69,593	80,587	93,318	108,060	125,131
산업플랜트 건설시장	20,950	29,570	42,120	48,774	56,479	65,401	75,733	87,697	101,552
국내 플랜트분야 시장 (단위 : 억 원)	95,843	95,950	126,938	145,106	168,168	193,561	222,789	256,430	295,151

II. 정책동향

구분	내용
미국	미국은 오바마 1기정부의 '신재생에너지 정책'에서 2기정부의 '전방위 에너지 전략'을 통해 전통적, 비전통적 자원 및 신재생에너지를 통한 에너지 자립도 제고를 위한 정책을 추진하고 있으며, 플랜트(발전)의 중장기적인 온실가스 저감목표('05년 대비 '30년까지 30% 감축)를 설정
EU	EU는 2020전략에 이어 '2030 기후, 에너지 정책 프레임워크'를 통해 온실가스 배출저감 및 재생에너지 확대, 에너지 효율 개선 정책 기조를 유지하고 있으며, '에너지로드맵 2050'을 통해 장기적 관점의 온실가스 배출저감 정책 목표를 제시
독일	독일은 중장기적으로 재생에너지 확대를 위한 정책('20년까지 최종 에너지 소비량의 19%를 재생에너지로 충당, '22년까지 원전을 완전 폐쇄)을 시행하고, 에너지의 효율성제고 및 재생에너지 개발을 위한 연구('에너지 기초연구 2020+', '하이테크 전략 2020', '바이오 경제 2030')를 추진
프랑스	프랑스는 중장기적으로 재생에너지 확대를 위한 정책('20년까지 최종 에너지 소비량 중 재생에너지 비율 23% 목표)을 시행하고 있으며, 환경 및 에너지 관리청 주도로 '20년까지 연구개발을 추진
일본	최근 일본은 '원전 제로' 방침에서 원전 재가동을 위한 정책을 추진함과 동시에 신재생에너지 도입을 촉진하기 위한 정책을 시행을 위한 'Cool Earth' 프로그램을 통해 '50년까지의 에너지원별 기술개발 로드맵'을 수립
중국	중국은 신재생에너지 활성화 정책('15년까지 전체 에너지소비의 9.5%를 신재생에너지로 공급하는 것을 목표로 설정)을 시행하고 있으며, 특히 태양광분야 발전을 집중적으로 지원('13년~'14년 간 23건의 재생에너지 관련 정책을 발표하였으며, 태양광 발전 정책이 12건)
한국	국내에서는 '제2차 에너지 기본계획'을 통해 '35년까지의 에너지 자원의 효율적 배분과 수요중심의 에너지 정책을 추진하고 있으며, 플랜트 수주경쟁력 강화 및 신재생에너지에 기반한 지속가능한 에너지 시스템 구축을 위한 연구에 투자(신재생에너지 보급률 '15년 4.3%, '20년 6.1%, '30년 11% 달성을 목표로 설정)

분야	주요 기술동향
발전플랜트	• 석탄화력 발전의 효율성을 향상시키고 초임계 CO₂ 활용기술을 개발 – 극초임계압의 고효율 석탄화력발전 기술개발을 추진 중이며 노후설비의 발전성능 향상 기술을 개발 • 원자력발전의 안전성 향상을 위한 연구가 진행 중 – 안전성 평가 및 정밀도 향상 기술 실증이 이루어지고 있으며 안전한 원전 해체 기술이 적용 중 • 핵융합에너지 실용화를 목적으로 장시간 운영이 가능한 핵융합로를 건설하고, 가열장치의 성능을 업그레이드 중 • 노후 수력발전플랜트의 현대화가 추진되며 낙차식에서 유속을 이용한 수로식 수력발전플랜트로 트렌드가 변화 • 국내에서는 '02년부터 초초임계압(USC) 석탄화력발전 기술개발을 시작하였으며, '17년에는 1,000MW급 초초임계압(USC) 석탄화력발전 실증사업이 완료될 예정이며, 원전분야에서는 해외진출을 위한 인증 기술, 안전한 해체 기술이 개발 중
자원개발 플랜트	• 미국, 독일, 일본 등에서는 석탄가스화 연구개발을 추진 중 – IGCC, SNG, IGFC 등 석탄가스를 이용해 전기를 생산함과 동시에 수소, 비료, 액체연료 등을 생산하는 폴리제너레이션 기술 연구가 활발히 진행 중 – 기존 미활용되던 고수분 저급탄을 건조하여 발전소에서 활용하는 기술을 개발하여 상용화 • 미국 등에서는 중질원유 처리기술 연구를 활발히 진행 – 고산도 원유처리에 따른 설비 부식 방지 기술을 개발 중 – Heavy Crude 처리 기술 개발 및 남미 지역 Refinery 대상으로 상용화 작업을 진행 중 – Nalco 등 첨가제 공급업체에서 칼슘제거 첨가제 개발 및 상용화를 추진 중 • 오일샌드 추출은 전통적인 석유 시추보다 많은 비용이 발생하고 더 많은 온실가스를 배출하여 본격적인 상업화를 위해서는 저비용생산 및 친환경생산 기술이 요구 • 미국을 중심으로 미래 자원고갈에 대비하여 채굴수익성 확보를 위한 심해저자원개발기술을 연구 • 메탄하이드레이트는 일본을 중심으로 가스하이드레이트의 시험생산을 위한 Mallik 프로그램이 진행 중이며 경제적 우위 확보를 위한 기술개발이 필요 • 메탄하이드레이트를 비롯하여 천연가스를 이송하는 관로의 경우 자원유출 문제가 발생하고 있으며, 이를 감지하고 보강하는 기술이 개발 • 세계적으로 GTL 기술은 상용화 초기단계로 각 사에서 보유한 기술 실증을 통해 시장 진출 도모 • 해상 GTL-FPSO기술은 전세계적으로 Pilot Plant 단계에 있으며 Compact GTL은 Velocys와 CompactGTL사가 선도 • 자원개발 플랜트 분야는 국내 부존 자원이 적어 국내 시장이 미형성되어 있으며, 수익성이 담보되지 않는 상황에서 국가연구개발사업을 통해 주로 해외자원개발을 목표로 기술개발을 추진

분야	주요 기술동향
신재생에너지 플랜트	● 신재생에너지 생산 및 공급 확대를 위한 국가간 또는 지역간 전력계통을 연계하는 기술이 부각되고 있으며, 양방향 송전을 위한 HVDC 송전선 건설 프로젝트가 추진 중 ● 고정식 지지구조물의 건설비용 감소를 위한 부유식 해상풍력발전플랜트 연구가 진행 중 선진국에서는 해상진출 관점에서 풍력발전 기술개발이 집중 중 ● 파력발전은 유럽, 미국, 일본 등 선진국을 중심으로 다양한 실험역에서 실증이 이루어지는 단계 ● 조력발전 및 조류발전은 실제 적용된 사례 확인 불가 ● 박막 태양전지의 다양한 연구개발이 수행 중 － 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 상황 ● 태양열 발전분야에서는 주로 집열기 제조원가를 줄이기 위한 연구와 증온을 효율적으로 얻기 위한 연구가 수행 중 ● '12년 EU는 태양열, 바이오연료 등 다양한 신재생에너지를 활용해 지역난방을 공급하는 시스템을 개발하여 노르웨이 오슬로에 시범적용 ● 미국, 독일 등의 주요 국가들은 전통적인 지열 열펌프 시스템 효율향상, 열원 다변화 및 초기투자비 절감, 친환경대체 냉매 적용 기술 등에 집중 ● 수소생산/인프라는 자동차 기술 선진국을 중심으로 수소연료전지 자동차 보급을 위해 저비용 수소 생산, 저장, 수송, 충전 인프라 구축 기술을 개발 ● 국내 신재생 에너지분야에서는 풍력 및 태양광, 조력발전의 상용화 기술이 가시화되어 있으며, 그 외 신재생 에너지분야의 기술개발은 초기단계
담수처리 및 환경플랜트	● 해수담수화 플랜트는 담수생산능력을 증대하기 위해 RO막의 대형화, 공정 최적화, 전처리시설의 수처리 성능향상 기술 등이 개발 중 ● 회수율을 높이기 위한 폐기물처리 기술 및 고형연료기술이 연계된 MBT플랜트 기술개발이 지속적으로 추진 중 － 일본은 수냉 화력자와 배출가스 순환기술을 적용하여 고온 연소와 화력자의 수명연장을 통한 에너지 회수율 증가와 경제성 향상 기술을 개발 중 － 유기물은 생물학적 처리를 통해 퇴비로 만들고 가연성분은 고형연료를 만드는 방식의 복합플랜트가 유럽의 주류 ● 해외에서는 수처리 공정에 MF/UF/NF/RO 멤브레인을 적용하는 한편 EDI/ED 공정기술을 사용하여 산업용의 초순수를 생산 중 ● 해외 선진국에서는 기존 IGCC에 CO₂를 포집 및 저장하기 위한 IGCC+CCS기술 확보를 추진 중 ● 국내는 역삼투막 기반 해수담수화 공정 및 초순수 공정을 개발하여 실증시설을 구축하여 운영 중에 있으며, 폐기물처리 플랜트의 경우 소각열 이용 및 폐기물 고형연료 제조기술 연구가 추진 중 ● 국내에서는 세계 최초로 300MW규모의 건식 CO₂포집 플랜트 대규모 실증사업을 추진 중이며, 습식은 '13년 5월에 10MW규모의 파일럿 플랜트를 준공



08. 주요이슈 및 시사점

- 에너지소비 증대 및 석탄/석유 자원 고갈 우려, 온실가스 배출규제에 따라 각국은 기존 석탄/석유 자원을 대체하는 에너지 보급 확대를 추구

 - 현재 석탄/석유 자원 의존도는 80%에 육박하고 있으나 '50년을 전후하여 석탄/석유 자원고갈이 예상됨에 따라 기존 에너지자원을 대체하는 에너지자원 개발에 초점
 - 개발도상국의 경제산업발전은 에너지 자원 소비 증대를 가속화
 - 미국은 '기후변화 액션 플랜'에 따라 온실가스 규제강화, 신재생에너지 확대, 에너지 효율성 강화를 추진
 - EU국가는 회원국을 대상으로 '20년, '30년까지 온실가스 배출량 저감 목표치, 재생에너지 보급 확대 목표치를 할당하고 이를 이행
 - 후쿠시마 원전사고 이후 각국은 일시적으로 원전신규건설계획을 보류하였으나, 현재는 전반적으로 안전성을 강화하여 기존 건설계획을 유지하려는 추세
 - 중국은 신재생에너지 중 태양광 발전 육성을 집중적으로 추진
- 에너지 발전 플랜트방식의 성능 및 효율성 향상을 통해 단위에너지당 발전량을 증대시키는 기술이 각광

 - 일본과 중국 등은 초초임계압 화력발전, 고사양 발전터빈으로 개조 등을 통해 투입 자원 대비 발전량을 높이는 기술을 개발하여 상용화
 - 기존에는 활용되지 못하던 저급석탄을 활용할 수 있는 석탄가스화 플랜트 보급확대를 위한 기술개발이 지속
- 새로운 에너지 발전 플랜트 기술은 주로 경제성 문제로 인해 상용화 및 보급에 어려움을 겪고 있으며, 건설 및 운영비용을 저감할 수 있는 기술개발이 요구

 - 각국은 신재생에너지 보급확대를 위해 세제혜택, 구축비용 지원 등 보급확대 정책을 병행하여 추진
 - 신재생에너지는 기술개발 초기단계로 주로 시험용으로 현장에 설치되어 운영 중에 있으며, 시험시설을 운영하며 기술력 향상을 추구



- 해양에너지 플랜트는 '70~'80년대부터 연구되어 실험설치되어 운영 중에 있으나, 건설 및 운영비용 대비 발전량이 미미하여 보급확대에는 어려움
 - 태양에너지 및 풍력발전 플랜트는 일부시설에 부분적으로 적용되고 있으며, 대용량 발전을 통한 규모의 경제를 확보하기 위해 대규모 발전단지 구축을 추진
 - 수소생산 및 이용 인프라는 아직 기술부족으로 경제성이 확보되지 않았으며, 저렴한 비용으로 생산 및 운송, 충전이 가능한 설비 및 건설기술, 운영기술을 개발
- 전통적인 화석연료를 대체할 수 있는 비전통 자원을 개발하기 위한 연구가 진행되고 있으나, 기존 화석연료 대비 경제성 문제로 민간차원의 적극추진은 어려운 상황
- 셰일가스, 심해저 메탄하이드레이트, 오일샌드 기술 등은 아직 기술초기단계로 전통적인 석탄/석유/가스 생산기술에 비해 생산단가가 고가이므로 기업의 적극적 추진 부족
 - 셰일가스, 심해저 메탄하이드레이트, 오일샌드 추출과 연관되는 인접기술발전에 따라 기존 석탄/석유/가스 생산에 비해 저비용 생산이 가능하다고 판단되는 '20년을 전후하여 연구개발이 활성화 될 것으로 전망
- 최근의 발전플랜트는 복수의 발전터빈, CCS설비, 비료생산 등이 가능한 폴리제너레이션 플랜트로 발주가 확대
- 신규 증기이용 발전플랜트 건설사업은 발생 온실가스를 포집하는 CCS설비를 결합하여 발주
 - 미국, 독일, 일본 등을 중심으로 석탄과 폐기물을 사용하여 발전과 함께 메탄올, 가스, 비료 생산 등이 가능한 폴리제너레이션 플랜트 설비 기술개발이 활발하게 진행



09. 참고문헌

- 2013-2014 에너지기술국내시장전망, 에너지기술평가원·산업통상자원부, 2013.12
- 2014 신·재생에너지백서, 산업통상자원부, 2014.12
- 2014 에너지 기술 이노베이션로드맵, 산업통상자원부, 2014
- 2030 미래해양산업전략보고서, 한국공학한립원해양산업위원회, 2014
- 2040 국토교통미래기술예측조사, 국토교통부, 2013
- 21C 프론티어사업-미래를향한10년의도전, 미래창조과학부(재)연구개발성과지원센터, 2013
- KAIA 이슈리포트-초순수 산업 및 기술동향, 국토교통과학기술진흥원, 2015.5
- KEMRI 전력경제 REVIEW2015년제9호, 한전경제경영연구원, 2015.3.16
- NEDO의 제3기 중기목표, 경제산업성, 2015.3
- OHSHORE BUSINESS 14호, 한국해양수산개발원, 2013.11.1
- 국가 CCS 종합 추진계획, 교육과학기술부, 2010
- 국가핵융합연구소 브로슈어, 국가핵융합연구소, 2015.4
- 사우디 정부가 설계도만 있는 원전을 도입한 까닭, 조선비즈, 2015.3.3
- 한국형 소형 원자로 스마트(SMART)는, 조선비즈, 2015.3.3
- '국내차세대유전'동해-2가스전개발본격착수, 아시아경제, 2015.4.16
- 국제 에너지자원 동향, 외교부, 2013.5.2
- 극한지 자원 이송망 설계 및 시공자동화 기술기획, 국토해양부·한국건설교통기술평가원, 2012.10
- '꿈의 에너지원' 메탄하이드레이트 아시아 신에너지 전쟁 불씨되나, 서울경제, 2014.5.1
- 독일 첨단기술전략의 10대 프로젝트 및 실행방안, 한국산업기술진흥원, 2013.4
- 독일, 원자력에서 신재생에너지로 전환, 전기평론, 2013.9.24
- 물과 미래-2015 세계물의 날 자료집, 국토교통부·k-water, 2015
- 미국 청정전력계획 내용과 향후 전망, WorldEnergyMarketInsight, 이지웅, 2014.7
- 미국발 '셰일 혁명'에 다급해진 유럽, 푸른여우의 세상 이야기, 2014.2.7
- 미래자원인 셰일가스 자원개발 기술동향, 미래창조과학부·한국과학기술정보연구원, 2013.9
- 보도자료-철강, 엔지니어링, 에너지기업이힘을합쳐셰일가스혁명에대비한다, 산업통상자원부, 2013.10.01
- 선두권 진입을 향해 역주하는 일본의 메탄하이드레이트 개발, 한국과학기술정보연구원, 신희덕, 2013
- 세계에너지시장 인사이트(13-6호, 14-36호, 14호-5), 에너지경제연구원, 2013.2.8



- 세계건설시장의 공종별 매출규모, ENR, 2013
- 셰일가스 무섭게 퍼올리는 중국... 한국산업계비상, 조선비즈, 2014.4
- 수력 발전시장 현황 및 전망, 한국수출입은행해외경제연구소산업투자조사실, 2013.7.2
- 영국회사의 심해자원 추구, 한국과학기술정보연구원, 이홍원, 2013
- 오일샌드 플랜트 모듈화 기술 기획, 국토해양부·한국건설교통기술평가원, 신흥식, 2013
- 울산 수소타운 시범사업현황, 우향수, 2014
- 원전해제 R&D 해외, 전자신문, 2015.4.26
- 유가급락으로 위기를 맞은 키스톤 송유관 프로젝트, KISTI 미리안 글로벌 동향 브리핑(GTB), 2015.1
- 이산화탄소(CO₂)포집 및 장치기술, 기계산업, 한국기계산업진흥회, 2014.12
- 일, 화력발전규제강화, 전자신문, 2015.2.23
- 저급탄, 친환경 고품위 연료로의 전환, energium, 한국에너지기술연구원, 2014.6.16 보도자료
- 신재생에너지 동향자료, 에너지관리공단, 2014.9
- 신재생에너지백서, 산업통상자원부, 2014
- 에너지 공급 국민안심 원자력발전, 산업통상자원부, 2014
- 중소형원자로SMART, 해외수출길열리다, 미래창조과학부보도자료, 2015.3.3
- 지식경제부보도자료, 제3회원자력의날“다시 시작하는 원자력, 안전을 넘어 안심으로!”, 2012.12.27
- 지역특색에 맞는 친환경 에너지설비를 추진한다, 동아사이언스, 2014.12.12
- 천연가스 대체를 위한 바이오매스 가스화-태양열에너지통합시스템, KISTI 미리안 글로벌동향 브리핑(GTB), 2015.2
- 초임계CO₂를 이용한 발전기술 동향, 공업화학 전망제17권제1호, 2014
- 초초임계압(USC) 화력발전 기술 개발, 대한기계학회논문집, 2012
- 코앞에 오는 러가스, 경제·외교 지렛대 삼을길 찾아야, 중앙일보, 2014.5.26
- 파이프 수명을 연장시키는 방법, KISTI 미리안 글로벌동향 브리핑, 2014.7
- 파이프라인에서 메탄의 유수를 휴대용으로 모니터링, KISTI 미리안 글로벌 동향브리핑, 2014.7
- 포항에 수소연료 전지타운 단계적 구축, 세계일보, 2014.6.4
- 프랑스 에너지정책현황 및 최근동향, 주OECD대표부, 조희송참서관, 2013.8.2
- 플랜트/엔지니어링 산업시장동향과 기술개발전략, 지식산업정보원, 2013
- 플랜트산업의 기초분석, 산업연구원, 2012

- 한국의 해상풍력현황과 발전방향에 관한연구, 성진기·이태진, 2013
- 한반 도르네상스 구현을 위한 VIP리포트(미국에너지정책변화와시사점)580호, 현대경제연구원, 2014.8.11
- 해외원자력산업동향, 한국원전수출산업협회, 2013.1
- An EU budget for low carbon growth, EC, 2013.11
- An International Vision for Ocean Energy, IEA-OES, 2011.10
- Are WE Entering a Golden Age of Gas, IEA/OECD, 2011
- Basic Energy Research 2020+ : www.ptj.de/
- Department of Energy launches new hydrogen fuel initiative, US DEPARTMENT OF ENERGY, 2013
- ETP-2014, IEA, 2014
- FORNE: Forschung für nachhaltige Entwicklungen : www.bmbf.de
- Global Construction outlook, IHS Global Insight
- Global Industrial Waste Management Services Market, Frost & Sullivan, 2014.8
- Global Prospects for Coal-Fired Power Generation, Frost&Sullivan, 2012.6
- Global Water Market 2014, GWI, 2013
- European Geothermal Congress, 2013
- Industrial Waste Management Services Market
- Man-Machine Interface System
- Marine&Ocean Energy Development, APEC Energy Working Group, 2013
- MarketLine, Global Wind Energy, 2014.11
- National Renewable Energy Lab
- Nuclear Power in the USA, World Nuclear Association, 2015.6
- Reactor Coolant Pump
- RENEWABLES 2014 GLOBAL STATUS REPORT, REN21, 2014
- Renewables 2014. Global Status Report, REN21, 2014
- ROADMAP 2050, EU, 2011
- World Nuclear News, WNN, 2012.10.24
- 순수·초순수, WATERINDUSTRYNETWORK홈페이지(www.roplant.or.kr)
- 시설현황, 대한송유관공사홈페이지(www.dopco.co.kr)
- 한국해양과학기술원홈페이지(www.kiost.ac)
- 국가 에너지 통계 종합정보 시스템 홈페이지(www.kesis.net)
- 한국건설협회(www.kosca.or.kr)
- 한국수력원자력(<https://cms.hknp.co.kr>)

생활을 편리하게!
시간을 풍요롭게!

-creative dream builder-

KAIA



2015 국토교통 R&D 동향조사 플랜트분야

발행인 김병수

발행처 국토교통과학기술진흥원

발행일 2015년 12월



경기도 안양시 동안구 시민대로 286(관양동 1600) 송백빌딩 2~6F
TEL. 031-389-6313

이 책의 저작권은 국토교통과학기술진흥원에 있습니다.
이 곳에 담긴 모든 내용 및 자료는 허가없이 어떠한 형태로든 무단으로 복사, 전재하거나 변형하여
사용할 수 없습니다.

이책의 내용은 우리원 홈페이지 e-book으로 보실 수 있습니다.

