

기후변화대응기술 확보 로드맵(CTR) 발전 방안 연구
(Improvement and development of Climate Technology Roadma)

한국에너지기술연구원

한 국 연 구 재 단

제 출 문

한국연구재단 이사장 귀하

본 보고서를 “ 기후변화대응기술 확보 로드맵(CTR) 발전 방안 연구 ”의
최종보고서로 제출합니다.

2017. 11. 6.

요 약 문

I. 제 목

- 기후변화대응기술 확보 로드맵(CTR) 발전 방안 연구

II. 연구의 목적 및 필요성

- CTR에서 설정하고 있는 핵심 기후기술에 대한 적정성 및 시의성을 재검토하고, 그 외 온실가스 감축 및 신시장 창출이 가능한 기술 분야를 추가 발굴하여 중점 기후기술의 재정립 필요
- 연구목표
 - 국가 기후기술경쟁력의 지속적 제고를 위한 CTR의 6대 핵심기술 개선 및 발전방안 도출
 - 기후관련 정책·기술·시장 동향정보에 대한 종합적 분석과 국가 기후변화대응 기술정책 수립 지원

III. 연구의 내용 및 범위

- 기후기술로드맵(CTR)의 탄소저감분야에 포함된 6대기술을 포함한 기후/에너지 기술 분야의 환경변화 분석
- CTR에 제시된 기술의 기술적정성 검토, 기후기술 중점 연구분야 후보와 우선순위 도출 및 핵심 기후기술 개편 대안 제시
- 과기정통부 기후변화대응 기술정책활동 지원을 위한 핵심 6대기술별 글로벌 산업동향 분석 및 기타 기후기술 관련 정책수립 지원

IV. 연구결과

- 기후기술 분야별(신재생에너지, 효율향상, 수요관리, 청정화력) 국내외 정책·기술·시장 동향 분석
 - (정책동향) 전세계적으로 신재생에너지 보급목표 수립, 에너지효율 개선 및 수요관리 관련 지원제도 수립 및 석탄화력발전의 청정발전 전원으로의 전환 정책 추진
 - (기술개발동향) 온실가스 배출 저감을 위한 신재생에너지 기술개발, 효율향상 및 분산

형 전원 핵심기술 개발 및 저탄소 화석연료 이용 기술 개발에 투자

- (시장동향) 신재생에너지 관련 투자는 지속적으로 증가하고 있으며, 신시장 창출이 가능한 혁신적 에너지기술, 신재생연계 ESS 및 에너지 전환에 따른 청정화력 시장, CCS 투자 확대

○ 기후변화대응 탄소저감 6대기술 적정성 검토

- (부처별 투자 현황) 태양전지, 연료전지, 바이오연료, 이차전지, 전력IT, CCS 분야에 산업부와 과기정통부가 모두 R&D 투자 중이며, CCS를 제외하고는 산업부의 투자규모가 가장 큼
- (부처별-수행주체별 투자 현황) 부처별 수행주체를 살펴보면, 과기정통부의 경우 출연연/전문연과 대학이 수행하는 R&D에 투자가 높고, 산업부의 경우 기업에 투자가 높은 것으로 나타남. 특히 산업부의 경우 중소기업이 수행하는 R&D에 가장 많은 예산 투자
- (연구 기간별 투자 현황) 탄소저감 6대기술 R&D 예산은 2년초과 3년이하의 연구기간을 가진 R&D에 많이 분포되어있으며, CCS의 경우 기술개발 특성 상 8년을 초과하는 연구기간을 가지는 R&D에도 투자 지속
- 전문가 설문평가에 의한 기후변화대응 6대기술의 시장매력도, 기술수준 및 각 기술별 온실가스 감축효과(직접) 현황분석 실시
- 이차전지, 태양전지의 경우 시장매력도 및 기술수준이 높으며, 특히 이차전지는 온실가스 감축효과도 높은 것으로 평가됨
- CCS 기술의 경우 아직 상용화단계에 이르지 못한 기술로 기술수준 및 시장매력도가 낮은편에 속하나, 온실가스 감축효과는 가장 큰 것으로 나타남
- 전력IT의 경우 기술수준은 가장 낮으나 시장매력도는 상위권으로 나타나 기술수준 향상을 위한 R&D 투자가 필요함
- 연료전지 및 바이오연료의 경우 기술수준은 중간정도이나 시장매력도가 크게 높지 않은 것으로 나타났으며, 온실가스 감축효과도 6대기술 중에서는 높지 않은 것으로 나타나 혁신기술 및 원천기술 확보를 위한 노력이 필요할 것으로 사료됨

○ 기후변화대응 유망기술 발굴

- 미래 기후기술경쟁력의 지속적 제고를 위해 차세대 유망기술 분야를 도출하고, 향후 국가 기후변화대응 R&D의 효과적인 추진을 위한 주요 분야별(신재생에너지, 에너지효율향상, 온실가스 처리/활용, 수요관리) 투자 우선순위 분석
- (수요자 Needs 발굴) 수요기업협의체, 연구관리 전담기관 커뮤니티, 산학연 간담회 등을 통한 기후변화대응 기술에 대한 수요자 요구사항 도출 및 기술적 요구사항 정의
- (태양전지)BIPV, DIPV 등 응용분야에 따른 기술개발 및 박막, CIGS 태양전지 등과 같은

차세대 태양전지에 대한 기술개발 및 지원제도 개선에 대한 의견 제시

- (수소·연료전지) 연료전지 원천기술 확보 및 연료전지 복합발전, 수소생산, 연료전지 자동차 등과 같이 응용분야 확대에 대한 혁신적인 아이디어 도출, 수소기반 차세대 인프라 및 플랫폼 개발과 기술융합, 그리고 이를 지원해줄 수 있는 제도적 기반 마련에 대한 요구
- (바이오에너지) 바이오매스 자원확보 및 공정 프로세스 개선, 고부가가치 화학원료 동시 생산을 위한 경제성 확보문제 해결 및기술 상용화를 위한 실증연구 지원 및 해외진출을 위한 기반 마련
- (이차전지) 전기자동차용 차세대 이차전지 원천소재개발, 성능향상 및 신재생에너지 연계 ESS 기술개발 등 차세대 R&D 발굴과 이차전지 소재 국산화, 시스템/ 응용기술에 대한 핵심 원천기술 확보에 대한 요구
- (전력IT) 에너지원 융합 및 네트워크, 그리드 운영·관리를 위한 전력IT 기반의 융복합 및 에너지 Big Data와 핵심기술을 이용한 R&D 및 분산형 발전 및 전력/열 저장 분야 연구개발 필요
- (CCS) 현재 주로 수행되고 있는 포집위주의 연구 외에 수송 및 저장 부분의 연구 확대가 필요하며, 기술 상용화를 위한 비즈니스 모델 개발 및 기업주도의 CCUS 기술개발 활성화 필요
- (기후변화대응 유망기술 후보군 도출) 국내외 자료 및 보고서 검토를 통해 유망 기후기술 후보분야* 선정
 - * (신재생에너지) 태양에너지, 바이오에너지, 수소연료전지, 풍력, 지열, 해양
 - (수요관리) 신재생하이브리드, 에너지저장, 스마트그리드, EMS
 - (효율향상) 건물, 수송, 산업효율
 - (온실가스 처리/활용) CCS, Non-CO₂ 처리기술
- (기후기술 우선순위 도출) 기술적 요구사항과 중점 연구분야를 맵핑하고, 기술전문가 및 정책/전략 전문가를 대상으로 한 설문조사 등을 통해 국내 기술수준, 시장 전망 등에 대한 기후/에너지 전문가(에너지 RP 등)의 의견을 반영하여 기후변화대응 유망기술 우선순위 도출
- (기술우선순위) 기술전문가를 대상으로 실시한 기술 우선순위 종합평가점수 도출 결과 태양 에너지, 에너지저장, 풍력, 스마트그리드, 수송, CCS 기술 분야가 기후변화대응 관련 유망 기술 기술우선순위 평가에서 상위권으로 나타남
- (투자우선순위) 전략기획전문가를 대상으로 실시한 AHP 설문평가결과 국가 정책·전략 연계성, 기술개발 시급성, 온실가스 감축 및 경제·사회적 파급효과 기준 모두에서 신재생분야가 중요도가 가장 높게 나왔으며, 가중치를 반영한 최종적인 전략적 R&D 투자 중요도 분야는 신재생, 수요관리, 효율향상, 온실가스 처리/활용 분야 순으로 중요한 것으로 도출됨
- (기후변화대응 미래 유망기술 최종 도출) 도출된 우선순위에 대해 전문가 자문위원회 등을

통해 결과 검증 및 국가 기후기술경쟁력의 지속적 제고를 위한 핵심 기후기술 개편 대안 제시

- 도출된 유망기술의 현재 기술현황 분석 및 향후 R&D 추진방안 도출



V. 연구결과의 활용계획

- 환경변화에 부합하는 기후변화대응 중점기술 재조정 및 체계적 관리체계 고도화를 통해, 국가 기후기술 R&D 투자 효율성 강화 및 우수성과 창출 유도를 위한 중요한 기반 마련
- 기후/에너지 기술 분야의 최신 국내외 시장, 정책, 기술동향 분석을 통해 새로운 에너지/기후 변화 시장에 능동적으로 대응하고, 정부의 정책 및 전략 수립 시 전문성 향상에 기여 가능

SUMMARY

I. Title

- Improvement and development of Climate Technology Roadmap

II. Research objective and necessity

- It is necessary to re-examine the appropriateness and timeliness of main climate technology defined in the CTR and to re-establish key technology by future exploring technology areas that can reduce GHG and create new market
- Developing and improving the 6 key technologies of CTR for continuous improvement of national climate technology competitiveness
- Analysis on climate-related policies, technologies, and market trend information

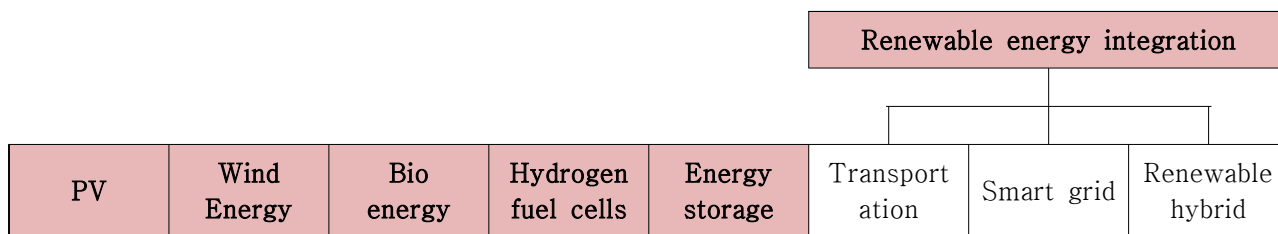
III. Research contents and scope

- Analysis of environmental changes in the climate/energy technology field, including 6 key technologies included in the carbon reduction field of the Climate Technology Roadmap (CTR)
- Review technical adequacy of technology defined in CTR, identify candidate technologies and priorities of climate technology, and propose alternative key climate technology
- Analysis of global industry trends by six core technologies to support developing climate technology policy of 'Ministry of Science and ICT'

IV. Results

- Analysis of global policy, technology and market trend on Climate technology(renewable energy, efficiency improvement, demand management, clean power)

- Establishment of new renewable energy supply targets, improvement of energy efficiency and demand management, and promotion of conversion of coal-fired power generation to clean power generation Worldwide
- Investment on developing renewable energy technologies to reduce GHG emissions, improving energy efficiency, developing key technologies for distributed power generation, and technologies for using low-carbon fossil fuels
- Investments related to renewable energy have been steadily increasing, and investment on Innovative energy technologies that can create new markets, renewable energy linked ESS, clean power market due to energy conversion, and CCS have been expanding
- Review of 6 key technologies for carbon reduction in response to climate change
 - ‘Ministry of Trade, Industry and Energy’ and ‘Ministry of Science and ICT’ are all investing R & D in the fields of solar cells, fuel cells, biofuels, secondary batteries, power IT and CCS, and ‘Ministry of Trade, Industry and Energy’ has the biggest investment in climate technology R&D except for CCS.
 - 'Ministry of Science and ICT' has high investment on R&D of Government funded institution and University, and 'Ministry of Trade, Industry and Energy' has high investment on R&D of industry. Especially, 'Ministry of Trade, Industry and Energy' has the biggest investment on R&D of medium and small enterprises
 - Analyzing the market attractiveness, technology level, and GHG reduction effect(direct) of 6 climate technologies by expert questionnaire evaluation
- Promising climate technology selection
 - To advance future climate technology competitiveness, draw promising climate technology area, and analysis of investment priorities on key area(renewable energy, efficiency improvement, demand management, clean coal and greenhouse gas treatment) for effective climate technology R&D



V. Expectation and application plan

- Through readjustment of key climate technology with environment change and enhancement of management system, establishing an important basis for strengthening efficiency of R&D investment and inducing excellent research performance of national climate technology
- Through analyzing the latest domestic and overseas market, policy and technology trends in climate / energy technology, It can actively respond to new energy/climate technology market, and contribute to strengthen expertise in the formulation of government climate/energy policies and strategies.

CONTENTS

1. Overview	1
1.1. Research objective and necessity	1
1.2. Research contents and promotion strategy	3
1.2.1. Research contents	3
1.2.2. Promotion strategy	5
2. Analysis of global/domestic trends on Climate technology sectors	6
2.1. Renewable Energy	6
2.1.1. Analysis of global/domestic policy trends	7
2.1.2. Analysis of global/domestic technology trends	9
2.1.3. Analysis of global/domestic market trends	12
2.2. Energy efficiency	15
2.2.1. Analysis of global/domestic policy trends	16
2.2.2. Analysis of global/domestic technology trends	18
2.2.3. Analysis of global/domestic market trends	21
2.3. Demand side management	23
2.3.1. Analysis of global/domestic policy trends	24
2.3.2. Analysis of global/domestic technology trends	26
2.3.3. Analysis of global/domestic market trends	28
2.4. Clean power	31
2.4.1. Analysis of global/domestic policy trends	32
2.4.2. Analysis of global/domestic technology trends	34
2.4.3. Analysis of global/domestic market trends	36
3. Assessing the adequacy of climate technology	39
3.1. Overview	39
3.1.1. Overview of assessing the adequacy of 6 key technology on carbon reduction area	39
3.2. Results of assessing the adequacy of 6 key technology on carbon reduction area	40
3.2.1 Analysis of investment on 6 key climate technology	40

4. Elicitation of promising climate technology	50
4.1. Overview	50
4.1.1. Process of eliciting promising climate technology	50
4.2. Needs analysis of climate technology R&D	51
4.2.1. Overview	51
4.2.2. Consumer's needs analysis	51
4.3. Setting promising climate technology candidate	59
4.3.1. Definition of climate technology	59
4.3.2. Policy considerations for developing promising climate technology	67
4.3.3. Deriving promising climate technology candidates	71
4.4. Survey on eliciting promising climate technology	73
4.4.1. Prioritizing climate technologies candidates	73
4.4.2. Prioritize investment by climate technology sectors	77
4.4.3. Elicitation of promising climate technology	78
4.5. Promising climate technology overview and status analysis	80
4.5.1. Photovoltaic	80
4.5.2. Wind Power	82
4.5.3. Bio energy	84
4.5.4. Hydrogen-fuel cell	86
4.5.5. energy storage	88
4.5.6. renewable energy integration	90
4.6. Elicitation of main climate technology	92
5. Climate-Related Technology Policy Support	99
5.1. Supporting other Climate Technology Policy activities for 'Ministry of Science and ICT'	99
5.1.1. Analysis of the needs to expand investment for climate change according to climate change policy in U.S. and global environmental changes	99
5.1.2. Industry Trend Survey on climate change	109
5.1.3. Comparison on policy and budget for renewable energy by governments	112
5.1.4. Status and outlook on renewable energy in India	115
5.1.5. Energy transition policy in Germany	117
5.1.6. Support of interview on domestic climate technology	120

6. Conclusion and Suggestions 123

 6.1. Summary of Research 123

 6.2. Expected effects 126

Reference 127

[Appendix 1] Survey questionnaire on prioritizing climate technology 130

[Appendix 2] AHP survey questionnaire on prioritizing government investment for
 climate technology R&D 152

[Appendix 3] Photos of expert meetings on the development of promising climate
 technology 161

목 차

1. 연구의 개요	1
1.1. 연구의 배경 및 목표	1
1.2. 연구내용 및 추진전략	3
1.2.1. 연구내용	3
1.2.2. 추진전략	5
2. 기후기술 분야별 국내·외 동향 분석	6
2.1. 신재생에너지	6
2.1.1. 정책동향 분석	7
2.1.2. 기술동향 분석	9
2.1.3. 시장동향 분석	12
2.2. 효율향상	15
2.2.1. 정책동향 분석	16
2.2.2. 기술동향 분석	18
2.2.3. 시장동향 분석	21
2.3. 수요관리	23
2.3.1. 정책동향 분석	24
2.3.2. 기술동향 분석	26
2.3.3. 시장동향 분석	28
2.4. 청정화력	31
2.4.1. 정책동향 분석	32
2.4.2. 기술동향 분석	34
2.4.3. 시장동향 분석	36
3. 기후변화대응기술 적정성 검토	39
3.1. 개요	39
3.1.1. 탄소저감분야 6대 핵심기술 적정성 검토 배경	39
3.2. 탄소저감분야 6대 핵심기술 적정성 검토 분석 결과	40
3.2.1. 기후변화대응 6대기술 투자현황 분석	40
4. 기후변화대응 유망기술 발굴	50
4.1. 개요	50
4.1.1. 기후변화대응 유망기술 발굴 프로세스	50

4.2. 기후변화대응 기술개발 수요자 Needs 분석	51
4.2.1. 개요	51
4.2.2. 수요자 Needs 분석	51
4.3. 유망 기후기술 후보군 설정	59
4.3.1. 기후기술의 정의	59
4.3.2. 기후변화대응 유망기술 도출을 위한 정책적 고려사항	67
4.3.3. 기후변화대응 유망기술 후보군 도출	71
4.4. 기후변화대응 유망기술 발굴 설문	73
4.4.1. 기후변화대응 기술 후보군 간 우선순위 도출	73
4.4.2. 기후변화대응 분야별 투자 우선순위 도출	77
4.4.3. 기후변화대응 유망기술 도출	78
4.5. 기후변화대응 유망기술 개요 및 현황분석	80
4.5.1. 태양전지	80
4.5.2. 풍력	82
4.5.3. 바이오에너지	84
4.5.4. 수소·연료전지	86
4.5.5. 차세대 에너지 저장	88
4.5.6. 신재생에너지 통합기술	90
4.6. 기후변화대응 중점 기후기술 도출	92
5. 기타 기후관련 기술정책 활동 지원	99
5.1. 과기정통부 기후기술 정책활동 지원	99
5.1.1. 미국 기후변화 정책 및 글로벌 환경변화에 따른 기후변화대응 투자 확대 필요성 분석	99
5.1.2. 기후변화대응 관련 민간 산업 동향	109
5.1.3. 정부 별 신재생에너지 지원 정책 및 예산 비교	112
5.1.4. 인도 신재생에너지 관련 현황 및 전망	115
5.1.5. 독일 에너지 전환 정책	117
5.1.6. 국내 기후기술 관련 인터뷰 지원	120
6. 결론 및 제언	123
6.1. 주요 수행내용 요약	123
6.2. 기대효과	126
참고문헌	127

[부록 1] 기후변화대응 유망기술 발굴에 관한 1차 설문조사 자료	130
[부록 2] 국가 기후변화대응 R&D 투자 우선순위 도출을 위한 국가 기후변화대응 R&D 투자 우선순위 도출을 위한 전문가 AHP 설문평가 자료	152
[부록 3] 기후변화대응 유망기술 발굴 관련 전문가 간담회 현장 사진	161

1. 연구의 개요

1.1. 연구의 배경 및 목표

□ 연구 배경

- 전 세계적으로 2020년까지 태양전지, 바이오연료, 이차전지, 전력IT와 같은 기후기술 관련 시장이 2배 이상 성장할 전망이며, 현재 시장형성 단계인 CCS의 경우 기후변화대응 투자 확대를 통해 향후 시장의 급성장이 전망됨
- 주요국에서는 파리협정 이행 및 미래 성장동력 강화를 위해 에너지 신산업 분야 지원 정책 및 석탄발전 억제, 친환경차 보급노력 등을 확대
- 산업분야에서는 기후변화 대응 및 4차산업으로의 패러다임 변화에 따라 글로벌 기업의 에너지신산업 적극 진출로 에너지·기후기술 개발 가속화
- IEA의 보고서('15)에 따르면 기후협약의 충실한 이행을 위해 2015년부터 2030년까지 에너지 효율과 저탄소기술에 약 13.5조 달러의 투자가 필요하며, 2015년부터 2030년까지 신재생에너지 분야에 약 4조 달러 규모의 투자가 발생될 것으로 전망
- 정부는 기후기술의 중요성을 고려하여 탄소저감, 탄소자원화, 기후변화적응 분야의 기후 기술 R&D를 지속적으로 추진하고, 기후변화대응기술의 체계적인 확보 및 활용을 통해 효율적인 국가 R&D 지원을 추구하기 위해 기후변화대응기술 확보 로드맵(CTR, Climate Technology Roadmap) 도출(2016.6)
- 기후변화 대응기술 관련 R&D 과제현황 자료 제공, 로드맵 수립 결과 검토 및 과제 기획 단계에서의 효율적인 공동 활용을 위해 범정부 및 관리기관이 참여하는 네트워크(작업반) 협업체계를 구축하고, CTR(안) 마련 및 기후산업육성모델 도출
- 기후변화대응 핵심기술개발 전략('14.7), 탄소자원화 발전 전략('16.4) 등을 통해 설정된 10대 기후기술* 관련 R&D 과제는 2016년 5월 기준 총 715개 과제, 4,833 억원으로 집계

[기후변화대응 기술 확보 로드맵(CTR)의 중점 기후 기술]

분야	기후기술
탄소저감	태양전지, 연료전지, 바이오연료, 이차전지, 전력IT, CCS
탄소자원화	부생가스 전환, CO ₂ 전환, CO ₂ 광물화
기후변화적응	공통 플랫폼 기술

- 저탄소 녹색성장 기본법 제26조(녹색기술의 연구개발 및 사업화), 파리협정 이행을 위한 기후변화 대응체계 개편방안('16.2, 녹색성장위원회) 등에 따라, 기후변화대응을 위해 현재 구축되어있는 기후기술로드맵(CTR)의 효율적 활용을 위한 발전방향 모색 필요
- 현재 정의되어있는 중점기후기술에 대한 검토를 통해 추가적인 투자가 필요한 기후기술을 발굴하고, 대상기술의 효과적인 관리 및 성과의 연계활용을 극대화 할 수 있는 새로운 기반 구축 필요
- 또한 기후변화 대응 기술정책 수립의 효율성 향상을 위해 국내외 정책, 기술, 시장, 산업 동향에 대한 시기적절한 정보 분석, 종합적인 자료 관리와 공유체계, 범부처 협업 등 체계적인 기반 구축 필요
- 정부는 2030년 신재생에너지 전력량 20% 달성 목표를 설정하고, 당초 '35년까지 13.4%인 신재생에너지 발전비중 목표를 '25년까지로 10년 앞당길 의지 표명('16.11월 신재생에너지 보급 활성화 대책)
- 산업부는 6월 29일 '30년까지 신재생에너지의 전력생산 비율을 20%까지 공급하기 위한 「신재생3020 이행계획」 수립 논의를 위해 민·관 합동 회의 개최

[신재생 3020 이행계획(안) 핵심내용]

- '30년 까지 53GW의 신규 신재생에너지 설비 보급
- 태양광 및 풍력을 80% 수준으로 보급해 선진국 수준의 믹스 달성
- 연평균 설치량을 현 보급추세(연평균 1.7GW)보다 2GW씩 추가된 3.7GW로 확대
- 신재생에너지 계획입지제도* 도입
 - * 계획입지제도: 잔류염분 등으로 경작이 어려운 간척지, 유휴/한계농지 등을 활용
- 신재생에너지 일자리 창출을 위한 기술개발(R&D), 실증, 수요창출을 통한 경쟁력 강화, 국내 산업생태계 육성, 수출지원, 세금감면 등 추진
- ※ (향후 계획) 규제개선, 수용성, 지역·공공, 일자리·산업 등 4개 이슈별로 분과를 구성·운영하여 늦어도 8월말까지 신재생 3020 이행계획 수립 예정

- 정부는 국정운영 5개년 계획(100대 국정과제)를 발표
 - 친환경차(전기차·수소차 등), IoT·빅데이터 기반의 스마트카 육성, 이차전지를 비롯한 전기차 부품과 충전인프라 등 신산업 창출 지원
 - 온실가스 감축을 위한 신재생에너지 인프라 확대, 분산형 전원 등 에너지 신산업 비즈니스 모델 정착 및 친환경 미래 에너지발굴 육성

□ 연구 목표

- 최근 파리 협정 이후 세계적으로 기후변화 정책 및 투자가 급격히 변화 중이고, 4차 산업으로의 패러다임 전환에 따라 기후·에너지 분야 신산업 창출 등 기후 기술을 둘러싼 환경에 많은 변화가 이루어지고 있음
 - 따라서, CTR에서 설정하고 있는 핵심 기후기술에 대한 적정성 및 시의성을 재검토하고, 그 외 온실가스 감축 및 신시장 창출이 가능한 기술 분야를 추가 발굴하여 중점 기후기술의 재정립 필요
- 연구목표
 - 국가 기후기술경쟁력의 지속적 제고를 위한 CTR의 6대 핵심기술 개선 및 발전방안 도출
 - 기후관련 정책·기술·시장 동향정보에 대한 종합적 분석과 국가 기후변화대응 기술정책 수립 지원

1.2. 연구내용 및 추진전략

1.2.1. 연구내용

□ 6대 기술*을 포함한 기후/에너지 기술 분야의 환경변화 분석

* 태양전지, 연료전지, 바이오연료, 전력IT(EMS, 신재생에너지 하이브리드), CCS

○ 기후변화대응 핵심 6대기술 현황 분석

- 국내외 6대 기술별 기후변화대응관련 정책, 기술, 시장 및 산업 현황 등을 분석
- 분석결과를 종합하여 주요 시사점을 도출하고, 핵심 6대기술 적정성 검토를 위한 동향자료로 활용

○ 기후/에너지기술 동향 분석

- 국내외 기후/에너지기술 정책, 기술, 시장 및 산업 현황 등을 분석

※ 기후기술 : 탄소저감, 탄소자원화, 기후변화적응 분야에 직·간접 기여하는 기술

- 분석결과를 종합하여 주요 시사점을 도출하고, 기후기술 중점 연구분야 도출 및 우선순위 분석을 위한 동향자료로 활용

□ CTR 작성대상 6대 기술, 30개 세부기술군의 적정성 검토 및 보완

① 탄소저감 기술 적정성 검토

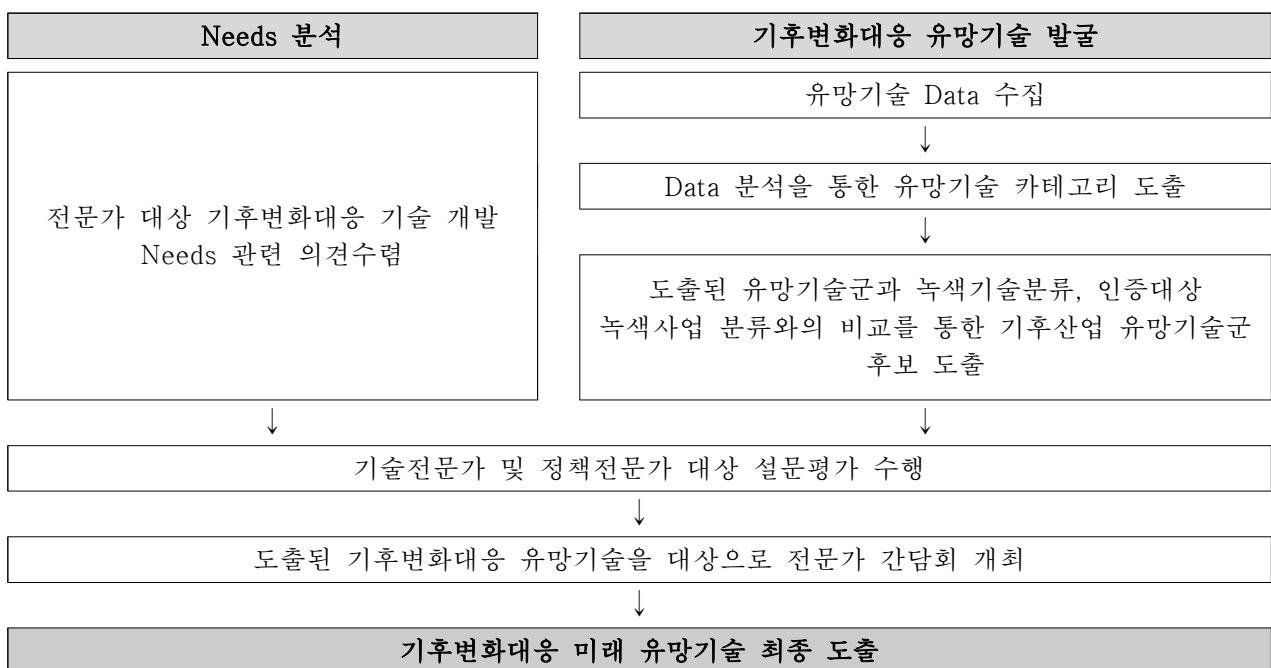
○ 검토 대상 : 탄소저감분야 6대 핵심기술, 30개 세부 기술군

※ 미래부와 협의를 통해 CTR 10대기술 중 탄소저감분야 6대기술의 적정성에 대한 검토를 중심으로 과제 수행

○ 적정성 검토

- 국가 정책과의 부합성, 시장매력도 등에 대해 기술별 전문가(연구재단 RP 등)를 활용하여 최대한 정확성 및 신뢰성 확보
- 최근 환경변화 분석 결과까지 고려하여 탄소저감분야 6대기술, 30개 세부기술군에 대한 적정성 검토

② 기후기술 중점 연구분야 후보 및 우선순위 도출



○ 수요자 Needs 발굴

- 수요기업협의체, 연구관리 전담기관 커뮤니티, 산·학·연 간담회 등을 통한 수요자 요구사항 도출
- 수요자 요구의 근본적인 원인을 파악하고 이를 해결하기 위한 방안으로 기술적 요구사항 정의

○ 중점 연구분야 후보 도출

- 국내외 자료*들을 검토하여 기후기술 중점 연구분야 선정

* 2016년 10대 혁신기술(MIT), 글로벌 트렌드 2030(미국국가정보위원회), 빅데이터로 찾은 미래 먹거리 기술(특허청), 2016년 10대 미래유망기술(KISTEP) 등

○ 기후기술 우선순위 도출

- 기술적 요구사항과 중점 연구분야를 맵핑하고, 국내 기술수준, 시장 전망 등에 대한 기후/에너지 전문가(에너지 RP 등)의 의견을 반영하여 기후기술 우선순위 도출

○ 핵심 기후기술 개편 대안 제시

- 도출된 우선순위에 대해 각 기술분야별 산학연 전문가 간담회를 통해 신뢰성 확보된 결과 정리 및 기술별 향후 R&D 추진방향 제시
- 국가 기후기술경쟁력의 지속적 제고를 위한 핵심 기후기술 개편 대안 제시

□ 미래부 기후변화대응 기술정책 및 전략수립 지원

- 핵심 6대 기술별 글로벌 산업 동향 지속적인 확보 및 관련기관 공유 서비스
- 기타 미래부의 기후기술관련 정책수립 과정 등에서 필요로 하는 사항 지원

1.2.2. 추진전략

□ 6대 기술을 포함한 기후/에너지 기술 분야의 환경변화 분석

- 기후기술전략센터에서 국내외 정책, 기술, 시장 동향에 관한 기초자료 수집 및 분석 후, 6대 기술분야별 전문가인 연구재단 RP*의 검토를 통해 시사점 도출 등 결과 종합 검토 및 정리

* RP : Research Planner, 연구재단에서 R&D 기획을 위해 선정·운영하는 분야별 전문가 그룹
(분야: 태양전지, 연료전지, 바이오연료, 이차전지, 전력IT(EMS, 신재생에너지 하이브리드), CCS)

□ CTR 작성대상 6대 기술, 30개 세부기술군의 적정성 검토 및 보완

- 전체적인 적정성 검토 및 보완 실무는 기후기술전략센터에서 담당하고, 전문적인 기술적 판단이 필요한 사항들은 RP중심으로 산·학·연 전문가를 활용
- 부처별 연구관리 전담기관, 공청회 등 충분한 의견수렴을 통해 적정성 검토 결과 개편 대안 제시
- 전체적인 모든 진행과정은 미래부의 관리하에 진행

□ 미래부 기후변화대응 기술정책 활동 지원

- 기후기술전략센터와 공동 연구 참여자인 RP 중심으로 필요 업무 대응 지원

2. 기후기술 분야별 국내·외 동향 분석

2.1. 신재생에너지

정 책	◆ (세계) 신재생에너지 보급목표 수립 및 목표 달성을 위한 지원방안 마련 * (미) 현재 시행되고 있는 지원정책의 지속가능성 증가 * (중) 에너지믹스 최적화 및 석탄의존도 감축 목표 수립 * (독) 재생에너지 보급을 위한 시장기반 정책 도입 및 신재생에너지 공급 비중 확대 ◆ (국내) 新에너지원 대체 및 보급 확대 등 비용 효율적인 감축 정책 및 수단 확대 * '35년까지 1차 에너지의 11%를 신재생에너지로 공급 * '35년까지 전체 전력량 중 13.4%를 신재생에너지로 공급 * '29년 전체 전력수요의 11.7%를 신재생에너지로 공급
기 술	◆ (세계) 신재생에너지 발전 비용 절감을 위한 기술개발 투자 강화 및 개발기술 시스템 사업 추진 * (ARPA-E) 고효율의 태양에너지 기술 개발 및 태양광 전력 시스템의 기술 개발 추진 * (NEDO) 태양광 발전비용 절감을 위한 고성능, 고신뢰성의 기술 개발 추진 ◆ (국내) 온실가스 감축 및 시장창출을 위해 신재생에너지 분야에 대한 집중 투자 * 태양전지, 연료전지 등 기후변화대응 핵심기술을 중심으로 집중 투자 및 기후산업육성모델을 추가로 도출하여 투자를 지속적으로 확대 * 청정에너지 R&D 투자확대 : ('16) 약 5,600억원 → ('21) 약 1.12조원
시 장	◆ (세계) 신재생에너지 신규 설치 및 관련 투자액은 지속적으로 증가 * 풍력 및 태양광 발전은 전 세계 신재생에너지 발전량 중 약 90% 비중 차지 * 아시아 시장 확대가 두드러지며, 중국이 급속도로 성장할 것으로 예측 ◆ (국내) 에너지산업 활성화 촉진을 위한 투자 여건 개선 및 민간투자 유발효과 상승 기대 * 6대 발전사의 신규 수요 확대 및 시장 참여 증가 * 중소기업 및 소규모 기업 맞춤형 펀드 조성으로 시장참여 확대 기대 * '15년 설치용량이 태양광 1.1GW, 풍력 208MW로 '14년 대비 신규설비 증가



☞ 신재생에너지의 보급 확대 목표 수립과 달성을 위한 지원정책 방안 시행 및 신재생에너지 수요 증가와 시장 확대에 의한 전 세계 신재생에너지 신규 설치의 지속적인 증가 및 발전 비용 절감을 위한 기술개발에 대한 투자 확대

2.1.1. 정책동향 분석

- ◆ (세계) 신재생에너지 보급 확대 목표를 수립하고, 신재생에너지 지원정책 수립을 통해 기후변화 대응을 위한 노력 강화
- ◆ (국내) 기후변화와 에너지 문제에 대응하기 위해 적극적으로 신재생에너지 보급정책 확대 추진

□ 국외 동향

- 2016년, 173개국 신재생 보급목표 수립 및 146개국 지원방안 마련
 - 미국('35년, 27%), 중국('30년 30%), EU('30년 27%) 등 주요국은 신재생에너지 20% 이상 보급목표 수립 및 달성을 위해 RPS, FIT, RFS 등 지원정책 시행
- (미국) 트럼프의 친화석연료 정책기조와 상관없이 현재 주정부에서 시행중인 신재생공급 의무화제도, 발전차액지원제도 등 약 4,000여개에 달하는 신재생에너지 보급지원 정책들이 대부분 지속될 가능성이 높음¹⁾
 - 트럼프가 제안한 인프라 투자확대 문건에 풍력에너지 관련 사업이 포함되어 있어 신재생에너지 전망에 긍정적 신호로 작용
 - 신재생 투자가 위축되거나 투자 증가세가 둔화될 수 있지만, 장기적으로 미국에서 신재생에너지 설비비중이 지속적으로 확대되는 추세는 이어질 것으로 전망
 - 캘리포니아 주는 2030년까지 온실가스 배출량을 1990년 수준 대비 40% 감축하는 내용의 법안 마련하고 세부계획을 발표('17.1월)
 - 뉴욕 주는 2030년까지 전력의 50%를 재생에너지로 공급한다는 '청정에너지기준(CES)' 개정안 채택('16.8월)
- (중국) 2020년까지 에너지정책 기조를 에너지믹스 최적화, 에너지효율 제고, 청정·저탄소 에너지체계 구축 등으로 설정²⁾
 - 2020년까지 1차에너지 소비에서 석탄의존도를 58% 이하로 책정하고 있으며, 청정에너지의 비중을 15% 이상으로 확대하는 것을 목표로 함(에너지발전 13.5계획,'16)
 - 1차 에너지소비에서 비화석에너지 비중 13.2%, 전원믹스(발전설비 기준)에서 35.7% 달성(풍력발전 비중 8.6%, 태양에너지 발전 비중 3.9%)하여 에너지믹스 개선 발표
 - 2016년에 신규로 풍력발전 설비용량 2,000만kW, 태양광발전 1,500만 kW, 태양열발전 100만kW를 증가할 예정

1) Trade Brief, 한국무역협회, 2017

2) 세계 에너지시장 인사이트 제16-2호, 에너지경제연구원

- **(일본)** 재생에너지 개발 및 보급 증대를 위해 시행된 재생에너지 고정가격 매입제도(FIT)로 재생에너지 비중은 증대되었으나 태양광발전에 편중된 도입으로 문제가 발생하여 재검토
 - FIT 도입 이후 2014년 11월까지 태양광(10kW 이상) 발전용량은 전체 재생에너지에서 약 90% 차지함
- **(EU)** 에너지시장에서 불안정한 규제 체계, 저탄소 기술 투자에 대한 불확실성, 물가 상승, 높은 수입의존도, 경쟁력 약화 등 현행 EU 에너지정책이 안고 있는 여러 문제를 고려하여 새로운 기후·에너지 정책 프레임워크를 마련
 - '30년까지 EU 최종에너지 소비 중 재생에너지 비중을 최소 27%로 확대
 - 유럽 집행위원회에서 Top-down 형태의 정책을 통한 포괄적인 온실가스감축 및 지속가능에너지 확충 추진
- **(독일)** '2050 에너지전환(Eneriewende)'를 목표로 EEG 2.0 개정을 통한 재생에너지 발전 비중 목표를 상향 조정하여 풍력, 태양광 등의 설치용량과 FIT 수준을 제한하여 비용 상승 억제, 에너지다소비기업에 대한 감면제도 개선 추진
 - 2015년 독일 내 총 전력 소비량 중 재생에너지 전력 비중은 약 32%로, 2025년에는 40~45%, 2030년에는 55~60%까지 증가를 목표로 함

□ 국내 동향

- 저탄소 경제체제로 전환하기 위해 新에너지원 대체 및 보급 확대 등 비용 효율적인 감축 정책 및 수단 확대 추진
 - 신재생에너지 확산을 위해 '20년까지 총 30조원을 투자하여 1,300만kW 규모의 신재생에너지 발전소 확충(에너지신산업 성과 확산 및 규제개혁 종합대책, '16)
 - '35년 신재생에너지 보급률 11% 달성을 위해 신재생공급의무비율 상향, 보급 지원 사업 추진, 신재생연료혼합의무화제도(RFS) 시행 등을 추진(기후변화대응기본계획, '16)
 - 신재생에너지 발전량을 '29년 기준으로 11.7%로 확대하고 발전설비 비중은 20.1% 확대 추진 (제7차전력수급기본계획, '15)
 - '35년까지 1차 에너지의 11.0%, 전체 전력량 중 13.4%를 신재생에너지로 공급한다는 목표 수립(제4차 신재생에너지 기본계획, '14)
 - '30년까지 신재생에너지 전력생산 비율을 20%로 공급하기 위한 신재생3020 이행계획 수립('17.8월 예정)

2.1.2. 기술동향 분석

- ◆ (세계) 신재생에너지의 발전 비용을 절감하기 위하여 기술개발에 대한 투자를 지속적으로 강화 및 개발기술 시스템 제공
- ◆ (국내) 온실가스 감축 목표를 달성하기 위하여 기후변화대응 핵심 원천기술 확보 및 보급 확대를 위한 R&D 집중 투자

□ 국외 기술개발 동향

- (미국, ARPA-E) 태양에너지, 바이오연료, 연료전지, 신재생에너지 이용 액체연료 전환 등 관련 기술개발 투자
 - (태양광) 태양이 없을 때에도 저비용, 고효율의 전력공급이 가능한 하이브리드 태양에너지 기술 개발 및 태양광 전력 시스템의 비용 절감·성능 향상 기술 개발 추진 중
 - (바이오연료) 바이오매스 수율 향상을 위한 바이오연료 작물 재배 자동화, 시스템화 기술 개발
- (일본, NEDO) 에너지·환경기술 분야에서는 태양광 발전이나 풍력발전, 바이오매스 이용 기술, 에너지절약기술, 연료전지, 각종 재활용기술, 지구 온난화 대책 기술의 개발·보급에 주력
 - (태양광) '30년까지 태양광 발전비용을 7엔/kWh으로 낮춘다는 목표를 달성하기 위해 발전 비용을 저감하기 위한 고성능, 고신뢰성 기술 개발 추진
 - (풍력) 해상 풍력 에너지 개발을 위한 설치 장소 계획에 필요한 풍력 및 자연 및 사회 환경에 대한 여러 정보를 통합한 NeoWins 시스템 제공
 - (연료전지) 석탄 가스화 연료 전지 복합 발전(IGFC)에 적용하기 위한 원소 기술의 연구 및 개발을 위한 프로젝트 시작
- (EU, Horizon2020) 에너지 관련 분야는 '안전하고 깨끗하며 효율적인 에너지'로 크게 에너지효율과 경쟁력 있는 저탄소 에너지기술 등으로 구분되어 추진
 - (태양광) 비용 효율적인 산업용 셀 및 모듈 생산을 목표로 파일럿 라인 수준에서 높은 성능을 보이는 PV 기술의 제조 혁신을 추진
 - (풍력) 해상풍력의 터빈/농장의 유지 보수 감소, 신뢰성 향상 및 수명 연장을 위한 솔루션 및 10MW 이상 풍력 터빈 건설 추진
 - (바이오연료) 유망한 첨단 바이오연료 Pathway 실증 및 고급 항공 바이오연료의 상업 생산 가능 추진

□ 국내 기술개발 동향

- 에너지의 안정적 공급 및 분산발전 적용 확대에 따라 신재생에너지기술의 안전화·고효율화·다양화·연구 확대 추세
 - 태양전지의 저가화·대면적화·고효율화 및 풍력 부품·시스템 의 가격 저감 등 가격·산업 경쟁력 확보 기술개발 활발
- 온실가스 감축기술과 관련 산업 시장창출을 위해 신재생에너지 및 에너지저장 기술개발 분야에 대한 투자 확대
 - 온실가스 저감·활용 연구개발 및 에너지산업 육성에 부합하는 태양전지·연료전지 등 기후변화대응 핵심기술을 중심으로 선택·집중 투자³⁾
- 기후기술 핵심 원천기술 확보, 청정에너지 기술 상용화 및 실증 연구 투자 확대 등을 통해 저탄소 기술의 시장 진입을 지원(기후변화대응기본계획, '16)
 - 청정에너지 분야에서도 공공 R&D 투자를 '21년까지 2배로 확대하여 기술경쟁력 확보 및 실증연구 지원 강화를 통해 시장진입을 촉진

* 청정에너지 R&D 투자확대 : ('16년) 약 5,600억원 → ('21년) 약 1.12조원
- 기후변화대응기술의 체계적인 확보·확산을 통해 파리협정 이행을 효과적으로 지원
 - 기후산업육성모델을 중심으로 기술개발을 추진할 계획이며, 기술 및 정책 동향 등 환경변화를 분석하여 기후산업육성모델을 추가 도출하여 지원을 지속적으로 확대할 계획
- 온실가스 저감 촉진을 위하여 신재생에너지 보급 확대에 대한 R&D 투자 확대(제3차 에너지기술개발실행계획, '17)
 - (태양광) 초저가·초고효율 태양전지 개발, 전력수요가 높은 도시맞춤형 태양광 발전시스템 개발 등 태양광 보급 확대
 - (연료전지) 초고효율 연료전지 기술, 수소 인프라, 대용량 장기 에너지저장 융복합 기술 확보 등 연료전지 보급 확대
 - (풍력) 해상풍력 장비 국산화 및 풍력단지 운영역량 강화를 통해 풍력발전 기술의 수출 기반 마련
 - (바이오) RFS(Renewable Fuel Standard) 관련기술 확보 및 국내 바이오매스 활용 극대화를 통한 국내 바이오연료 시장 창출
- 기존 화석연료를 대체하는 재생에너지와 신에너지 및 융복합 에너지공급체계 구축 관련 기술 마련을 위한 전략과제 제시(청정에너지기술 로드맵, '16)⁴⁾

3) 2018년도 정부연구개발 투자방향 및 기준, 미래창조과학부, 2017

4) 청정에너지기술로드맵, 관계부처합동, 2016

- (태양광) 차세대 태양전지의 효율 및 내구성 향상으로 조기 상용화 추진 및 효율적인 에너지 공급 및 소비를 위한 태양광 기반의 에너지자립시스템 구축 및 소재·부품·장비의 Supply-Chain 강화로 시장경쟁력 확보
 - 화력발전단가 이하의 혁신적 중대형 태양광발전
 - 친환경 도시맞춤형 차세대 건물 태양광발전
 - 마이크로 프로슈머형 태양전지
 - 한계돌파형 차세대 태양전지
 - 에너지 자립형 태양광발전 실증단지
- (풍력) 부품 국산화로 시스템 가격 경쟁력 확보 및 풍력발전단지 유지보수 및 운영 최적화를 위한 ICT 플랫폼 구축 및 새로운 해상풍력 시장에 대응하기 위한 시스템 개발 추진
 - ICT 통합 운영·유지보수 Platform 개발 및 실증
 - 해상용 대용량 풍력발전시스템 개발 및 실증
 - 풍력발전 핵심 부품 공급체계 구축
 - 부유식 해상풍력 발전기 개발
- (수소·연료전지) 발전단가 저감, 높은 가격 등 시장경쟁력 저하를 극복하고 기술 융복합을 통한 가상발전소 플랫폼과 재생에너지 발전시스템의 효율화 추진
 - Grid Parity 달성을 위한 차세대 고효율 연료전지 기술
 - 도심 공존형 연료전지 기반 가상발전소 플랫폼 구축
 - 연료전지 기반 융복합 기술
 - 수소경제 조기실현을 위한 수소공급망 기반기술
 - 한계돌파형 원천기술
- (바이오) 미세조류, 바이오매스 등 바이오연료 대량 생산 기술 개발 및 기존 에너지그리드 활용을 극대화하고 에너지생산과 고부가가치 화학제품 생산 추진 및 신재생 전력을 이용한 CO₂ 전환 바이오에너지 생산 효율화
 - 탄소활용 에너지 원료 옴니매스 생산 기술
 - 도시에너지 망 연결 바이오에너지 기술
 - 탄소 순환형 고품 바이오매스 연료화 청정 기술
 - 탄소 중립 바이오연료 시장 경쟁력 강화 기술
 - 탄소 무배출 바이오 화학공정기술
- 신재생전력 연계 생물학적 CO₂ 전환 바이오에너지 생산기술

2.1.3. 시장동향 분석

- ◆ (세계) 전 세계 신재생에너지의 신규 설치 및 관련 투자액은 지속적으로 증가하는 추세를 보이며, 태양광과 풍력 산업에 집중 투자할 것으로 전망
- ◆ (국내) 정부는 에너지산업 활성화를 촉진하고, 기업은 사업기회를 모색하면서 개방과 경쟁도입, 저탄소 전원믹스 구성, 신재생 및 에너지 신산업 활로 구축이 중요한 이슈가 될 전망

□ 세계 시장동향⁵⁾

- 전 세계 신재생에너지의 신규 설치 및 관련 투자액 지속적으로 증가
 - 2015년 전 세계 신재생에너지 신규 설치량은 133GW으로 '30년까지 신재생에너지 설치량은 2,995GW에 달할 것으로 전망

[세계 신재생에너지 시장 전망]



(단위:GW)

자료: New Energy Finance

- 온실가스 감축을 위한 선진국들의 개도국 신재생에너지 투자가 늘어날 것으로 예상됨에 따라 신재생에너지 수요가 아시아, 중남미 등 개도국으로 빠르게 확산될 전망
- IEA는 2040년까지 약 44조\$(누적 기준)에 달하는 투자가 세계 에너지 공급 부문에 집행될 것으로 전망하고 있으며, 약 9조\$(20%)의 재원이 신재생에너지에 투자될 것으로 전망⁶⁾
- 풍력 및 태양광 발전은 전 세계 신재생에너지 발전량 중 약 90% 비중을 차지, 관련 시설 투자 분야에서도 전체 신재생에너지 시장을 선도
 - 2015년 기준 태양광 설치용량은 약 219GW 규모에 달하며, 풍력발전 설치 용량은 약 417GW 규모로 설치

5) 신재생에너지 산업 현황과 육성전략, 전국경제인연합회, 2016

6) World Energy Outlook, IEA, 2016

- 2030년 태양광 1,738GW, 풍력이 1,046GW의 설치량을 보일 것으로 예상되어 향후 신재생에너지산업은 두 에너지를 중심으로 성장할 것으로 예상

[세계 태양광시장 전망]



[세계 풍력시장 전망]



○ 신재생에너지는 '40년 발전설비 구성에서 최대 발전원으로 부상할 전망

- 2030년까지 신재생에너지 발전 시장에 4.2조 달러가 유입되면서 연평균 약 6.3% 성장을 보일 것으로 전망(IEA)
- 2040년 전 세계 발전설비 비중은 신재생(27%), 가스(24%), 석탄(23%), 수력(17%), 원자력(6%)로 신재생에너지 비중이 가장 커질 것으로 전망(IEA)
- 아시아 시장 확대가 두드러지며, 특히 중국은 2020년 전체 신재생에너지 시장의 38%를 차지할 것으로 전망

□ 국내 동향

- 2015년 기준, 국내 신재생에너지의 발전량은 37,314GWh로 총 발전량 대비 6.76%를 차지⁷⁾
 - 태양광 신규용량 1.1GW(누적 3.6GW)설치로 발전량이 2014년에 비해 55.5% 증가한 3,975GWh를 기록하였으며, 신규 설치된 태양광은 새만금햇빛누리(10.9MW), 카이로스 에너지(8.9MW) 등으로 확인
 - 풍력은 규제완화로 신규설치가 전년에 비해 2.8배 증가한 208MW를 기록하였고, 신규 설치된 풍력에너지는 GS영양(59.4MW), 영광백수(40MW) 등으로 확인
 - 연료전지 발전량은 2015년도 1,089GWh를 기록하였으며, 2014년에 비해 15.5% 증가
- 한국전력공사 및 6대 발전사의 신규 수요 확대 및 시장 참여기업 증가⁸⁾
 - 정부는 태양광(1조 4,341억원, 38.6%), 풍력(1조 2,997억원, 35%), 연료전지(6,660억원, 17.9%), 기타(3,122억원, 8.5%)에 '18년 까지 총 3.7조원 투자 추진
 - 주요사업으로 충북태양광(40MW), 철도유희부지 태양광(50MW), 고흥풍력(40MW), 대정해상풍력(100MW), 송도연료전지(40MW) 등 대형사업 포함
- 중소기업 및 소규모 기업 맞춤형 펀드 조성으로 시장참여 확대 기대
 - 국내 연기금, 보험사, 발전사가 동참해 중소기업 및 소규모 사업자 맞춤형 기금조성을 추진(예: 풍력발전상생펀드, 소규모태양광펀드 등)
 - 정부는 '신재생+전력저장장치(ESS)'에 신재생에너지 공급인증서(REC) 가중치를 우대하는 등 보급확산을 위한 제도정비를 병행

7) 중소중견기업기술로드맵(2017-2019), 중소기업청, 2017

8) 2017년 국내외 에너지시장 전망, 포스코경영연구원, 2017

2.2. 효율향상

정 책	◆ (세계) 에너지효율 개선을 위해 주요국에서는 국가 에너지효율 지침을 제시하고 투자유인 정책을 개발 및 제공 * (미) '30년까지 건물면적 ft²당 평균 에너지 사용 30% 감축 * (중) '20년까지 에너지원단위를 '15년 대비 15% 감소 * (EU) 에너지효율을 '30년까지 최소 27% 개선 ◆ (국내) 온실가스 감축을 위한 건물/산업/수송분야 에너지 효율향상을 통한 에너지 사용량 감축 촉진 * '25년부터 신축 건축물의 제로에너지화 * 자동차 평균연비제도를 중·대형차까지 확대 * 산업공정에서의 신기술·신설비 도입
기 술	◆ (세계) 기존 발전시스템 대체 및 다양한 에너지원과 연계가 가능한 미래형 발전 시스템 기술 및 ICT 연계 효율향상기술에 대한 수요 증가 * (미) 건물 에너지효율 향상, 수송분야 에너지사용 저감 등 관련 기술개발 투자 * (독) 난방/냉방 기술, 건물 효율향상/제로에너지, 산업·서비스 및 제품의 에너지 효율 향상 중심 * (일) 에너지절약/시스템 기술개발 및 이차전지 산업경쟁력 강화 ◆ (국내) 융합기술 기반의 효율향상 기술개발로 산업·수송·건물분야 에너지 소비절감·경제성 향상 및 관련 산업 육성을 위한 과제 수행을 통한 기술보급 촉진 * 산업/수송/건물 효율향상 관련 기술·인프라 개발 및 실증 추진을 통한 신시장 창출 노력
시 장	◆ (세계) 수송, 산업, 건물 부문의 에너지 효율 향상을 위해 약 8.3조 달러의 투자가 필요할 것으로 전망 * 제로에너지빌딩 시장 : ('16) 1000억\$ → ('35) 1.4조\$ * 전기차 : ('15) 130만 대 → ('25) 3,000만 대 ◆ (국내) 건물 효율향상 및 전기차 분야에 대한 집중투자로 신시장 창출 노력 * 전기차 보급 : ('16) 5,914대 → ('17) 1만 4,000대



☞ 에너지 사용량 감축 및 온실가스 감축을 위한 건물, 수송, 고효율기기 등의 에너지 효율향상 핵심기술 개발과, 관련 신시장 창출을 위한 실증/인프라 및 상용화 필요

2.2.1. 정책동향 분석

- ◆ (세계) 에너지효율 개선을 위해 주요국에서는 국가 에너지효율 지침을 제시하고 투자유인 정책을 개발 및 제공
- ◆ (국내) 온실가스 감축을 위한 건물/산업/수송분야 에너지 효율향상을 통한 에너지 사용량 감축 촉진

□ 국외 동향

- 세계 주요국들은 에너지효율 개선을 위해 정책적으로 효율향상에 대한 의무 강화 및 인센티브 프로그램 제공 등을 통해 에너지 효율 시장 형성 추진 중
- (미국) 2025년까지 2010년 대비 건물부문 에너지원단위 20%감축 2030년까지 건물면적 ft²당 평균 에너지 사용 30% 감축 목표 설정(Appliance Standards Program)
 - 효율화 시책 중 하나인 가전기기·설비 표준 프로그램(The Appliance and Equipment Standards Program)은 현재 70개 이상의 가전기기과 10개의 에너지설비에 적용
- (중국) 중국의 에너지수요 증가추세는 둔화되고 있으며, 특히 산업부문의 에너지 절약(216Mtoe, 2014년)이 크게 기여한 것으로 분석됨
 - 중국정부는 에너지절감 의무프로그램(Top 1,000 Program)을 9개 에너지집약 산업, 1,000개 기업(산업부문 에너지소비 47%, 최종에너지 33% 소비, 2005년)을 대상으로 시행
 - 중국은 13.5계획에서 2020년까지 에너지원단위를 2015년 수준 대비 15% 감소를 목표로 설정하였으며, 2020년까지 연간 에너지수요 증가를 560Mtoe로 제한
 - 2020년까지 에너지소비 총량을 억제하기 위해 에너지 다소비 업종의 에너지소비 총량 통제, 고효율 기기 보급, 에너지소비 감시체계 구축, 공공건축물에 대한 에너지소비효율 개선 등의 추진계획 발표(에너지발전전략 행동계획, '14)
- (일본) 최고 효율상품을 효율기준으로 설정하는 Top Runner programme 제도 확대 및 중소기업·주택·수송 분야에서 에너지 절약 강화(에너지혁신전략, '16)
 - 2015년을 기준으로 가정용·산업용 전자기기, 조명설비, 자동차, 열기구, 조리기구, 모터·변압기 등 산업용 전자장비 등 총 31가지를 대상으로 Top Runner programme 적용
 - 2020년까지 신축 주택의 50% 이상 제로에너지 주택으로 보급, 2030년까지 주택 단열 성능 약 30%로 확대 및 에너지 절약형 조명으로 전환(LED 100%)
 - 기존차량 연비기준 향상 및 2030년까지 신차비율의 50~70%를 전기차 등 차세대 자동차로 확대

- (EU) 에너지효율을 2030년까지 최소 27% 개선한다는 목표를 실현하기 위한 노력의 일환으로 에너지효율 등급표시제도 강화((Energy Efficiency Labelling, '16)
 - EU는 냉난방 시설, 냉각장치, 스마트 기기, 냉장고, 세탁기, 식기세척기 등의 상품에 대한 표준 및 효율기준 강화를 고려하고 있음
 - 독일은 '2050 기후행동계획(Climatic Action Plan 2050)을 공식 채택(2016.11.14.)하고, 전기자동차, 열펌프 등 새로운 소비형태로 2050년까지 전력수요는 현저하게 증가될 것이므로 모든 부문의 효율성 개선이 우선되어야 함을 시사⁹⁾

□ 국내 동향

- '25년부터 신축하는 건축물은 제로에너지로 지어지도록 의무화하고, 현재 승용차에만 적용되는 평균연비제도를 중·대형차까지 확대 및 산업공정에서의 신기술·신설비 도입 등 에너지 효율 강화(제1차 기후변화대응기본계획, '16)
 - (건물의 제로에너지화 확대) 건축물 허가기준 단계적 강화로 제로에너지 건축물 공급 확대, 기존노후 건축물 에너지 성능개선 유도 및 BEMS 확산기술개발 및 제도기반 마련
 - (차량의 배출저감 및 대중교통 활성화) 차량 평균연비가 선진국 목표수준((EU) 26.5 km/L (일본) 20.3 km/L)에 도달하도록 '16년 18.4 km/L에서 '20년 24.3 km/L 로 기준 강화 및 차량 성능향상, 구매보조금 지원, 충전시설 확충, 인센티브 지원 등으로 전기차 등 친환경차 보급 확대
 - (산업 부문에서의 에너지 효율 강화) 산업 공정에 신규 기술·설비 도입, 공통기기 효율 향상, 에너지관리시스템 보급 확대 및 공정에서 발생한 폐열 및 스팀회수, 미활용열 재사용을 통해 에너지소비 최적화
- 2030년 국가온실가스 감축목표 37%(BAU대비)를 효율적으로 목표 달성하기 위한 체계적인 이행방안 제시 : '30년 산업부문(56.4백만톤), 건물 부문(35.8백만톤), 수송부문(25.9백만톤) 온실가스 감축 목표 로드맵 수립(2030 국가 온실가스감축 기본로드맵, '16)
 - 철강, 석유화학 등 22개 업종에서 에너지 효율 개선, 친환경 공정 가스 개발 및 냉매 대체, 혁신적 기술도입, 폐자원 활용 등을 추진
 - 제로에너지 빌딩 등 고효율 건축물 보급 확대, 노후 건축물 에너지 성능 개선, 건물 에너지관리 시스템(BEMS) 보급 확대 등을 통해 에너지 효율화를 유도
 - 차량 평균연비 기준강화, 친환경차 보급 확대, 대중교통 중심의 교통체계 구축, 전환수송 촉진 등 녹색물류 효율화 등을 추진

9) 독일 2050기후행동계획 수립동향, 외교부, 2016



[2030년 부문별 목표 감축량]

2.2.2. 기술동향 분석

- ◆ (세계) 기존 발전시스템 대체 및 다양한 에너지원과 연계가 가능한 미래형 발전시스템 기술 및 ICT 연계 효율향상기술에 대한 수요 증가
- ◆ (국내) 융합기술 기반의 효율향상 기술개발로 산업·수송·건물분야 에너지 소비절감·경제성 향상 및 관련 산업 육성을 위한 과제 수행을 통한 기술보급 촉진

□ 국외 기술개발 동향

- (IEA) 2013년 건물 총 전력 및 열 소비량에서 도시지역 건물부문이 약 80%를 차지하며, 2050년까지 세계 건물부문 전력 소비량 증가의 80% 이상이 도시 지역에서 발생할 것으로 예상되므로, 에너지 효율적인 건물 외피와 냉방 설비 등을 활용해 건물부문의 냉방 수요 감축 필요
 - 6DS¹⁰⁾에서는 2050년까지 증가할 세계 냉방 에너지 수요의 90%가, 2DS¹¹⁾에서는 2050년까지 세계적으로 절약되는 냉방 에너지의 85%가 도시지역에서 기인
 - 건물 에너지효율 등급 및 최저소비효율기준(MEPS¹²⁾)을 시행함으로써 효율적이고 지속가능한 도시에너지 계획이 가능
 - 현대적인 집단에너지 네트워크와 건물 에너지의 통합은 열펌프 기술 및 재생에너지원을 결합시켜 비용효과적인 저탄소 지역사회를 달성할 수 있는 기회 제공
- (미국, APRA-E) 건물 에너지효율 향상, 수송분야 에너지사용 저감 등 관련 기술개발 투자

10) 현재 추세의 확장으로 1차에너지 수요와 이산화탄소 배출은 60% 증가하여 2013~2050년 누적 배출량은 1,700 GtCO₂에 이를 것

11) 세계 평균 온도 상승을 2℃ 이하로 억제하기 위한 목표에 부합하는 지속가능 에너지 시스템의 개발 및 탄소배출 경로

12) MEPS: minimum energy performance standard

- (건물) 건물 에너지효율 향상과 CO₂ 감축을 위한 건물 내 냉난방 시스템·디바이스 개발 및 에너지효율 향상을 위한 혁신적인 소재 개발
- (수송) 자동차 에너지 사용 절감을 위한 제어기술개발 및 고성능·저비용의 EV/PHEV 공급을 위한 배터리 및 에너지저장 시스템 개발,
- (산업효율) 고효율 열전 발전소 기술 및 효율적으로 열 낭비를 감축할 수 있는 초고효율 공랭식 열교환기, 보조 냉각 및 냉각 저장 시스템 등 개발
- (일본, NEDO) 에너지전환/공급, 산업, 주거/상업, 운송 등의 분야에서 에너지절약/시스템 기술개발 및 이차전지 산업경쟁력 강화를 위한 R&D 수행
 - (에너지절약분야) 에너지전환/공급, 산업, 주거/상업, 운송, cross sector 등 5개의 분야에서 에너지절약 및 시스템 기술개발을 수행 중
 - 전략적 에너지기술 혁신 프로그램: 원유 환산 연간 10만 kL이상의 에너지 절약효과(2030년 목표)달성 가능한 에너지 절약기술의 기초, 실용화, 실증
 - 미이용 열에너지의 혁신적인 활용 기술 연구 개발 : 자동차, 주택 등에서 미활용 되고 있는 열에너지를 이용할 수 있는 열 관리 기술: 단열, 축열, 열전 등
 - 고온 초전도 실용화 촉진 기술개발: 액체 헬륨을 필요하지 않는 초전도 응용 기술 및 실증
 - 국제 에너지 소비 효율화 등 기술 시스템 실증 사업 : 에너지 기술 시스템에 대한 글로벌 실증 사업
- (EU, Horizon2020) 난방/냉방 기술, 건물 효율향상/제로에너지 건물, 산업·서비스 및 제품의 에너지 효율 향상을 위한 R&D 투자
 - (난방/냉방) 도시 시설에서의 폐열회수/재사용으로 지역 또는 개별 난방/냉방시스템의 에너지 효율 증진 및 신재생과 에너지 효율 솔루션을 통합한 표준 설치 패키지 개발
 - (건물) 제로에너지 건물·건물 리노베이션 지원 및 에너지 관리시스템에 대한 수요반응 통합
 - (산업) 산업 시스템에서 폐열의 재활용 및 에너지 협력 및 상호 에너지 서비스를 통한 산업 단지의 에너지 효율 향상

□ 국내 기술개발 동향

- 산업/수송/건물 효율향상 관련 기술·인프라 개발 및 실증 추진을 위한 전략과제 제시(청정에너지기술 로드맵, '16)
 - (산업효율) 에너지 자원(열, 전기 등)의 주 소비 주체인 산업계에서 분산소비되고 있는 에너지를 집중 통합 관리하고 고효율 신공정을 개발함으로써 에너지 저소비 및 저탄소 산업구조로 전환하기 위한 기술기반 구축

- 열에너지 네트워크 적용 산업단지 고효율화
- 네트워크 기반 산업용 전기 다소비기기 고효율화
- 스마트공장 기술 적용 산업부분 에너지효율화
- CO₂ 저감형 Hybrid 수소 제철기술 개발
- 순환경제 구축을 위한 고효율 재자원화 기술개발
- 고효율·저탄소 신 화학공정 기술개발
- 에너지 고효율 기술·서비스 융합 플랫폼 개발
- (수송효율) 에너지 소비 효율이 우수하고 무공해/저공해 기준을 충족하는 친환경 자동차 개발
- IoT 기반 전기차 자동충전 및 인터페이스 기술 개발
- 전기차용 PnP(Plug and Play)형 표준 플랫폼 및 모듈 기술 개발
- 혁신소재 기반 전기차용 차세대 이차전지시스템 기술 개발
- 첨단 재료를 적용한 전력기반 자동차의 고전력밀도 드라이브 트레인 기술 개발
- 무공해 수소연료전지 자동차 및 충전인프라 상용화
- 자동차 파워트레인 및 새시 모듈 경량화
- 저탄소 대체연료엔진 자동차 기술 개발
- 상용차량 고효율 파워트레인 기술개발
- (건물효율) 제로에너지빌딩의 보급확산을 위해 건물 에너지 효율 극대화 및 도시 단위의 에너지 최적화 기술 개발
- 제로에너지 커뮤니티 네트워크 구축 및 관리기술
- 제로에너지 건물 핵심 부품 전략 사업화
- 제로에너지 커뮤니티 글로벌 모델 구축
- 기축 건물 에너지 최적화 기술 및 활성화
- 에너지 다소비분야 효율화 및 응용기술 확보(에너지기술개발 실행계획, '17)¹³⁾
- (수송) 전기차 보급 확대를 위한 충전 효율향상 및 충전 인프라 기술 확보, 상용차 연비 향상을 위한 핵심부품 개발 지원
- (건물) 제로에너지건물 구현을 위한 부하저감 기술 및 신재생 에너지 연동시스템, 온실가스 감축을 위한 CO₂ 대량활용기술 확보
- (공정) 고효율·저탄소 新화학공정 및 ICT 융합 스마트 공정시스템 개발을 통한 혁신공정 기반 확보
- (다소비기기) 대량 에너지를 소비하는 전동시스템 및 전기로·건조기 등의 에너지 절감기술 확보

13) 2016년도 에너지기술개발 실행계획, 산업통상자원부, 2017

2.2.3. 시장동향 분석

- ◆ (세계) 수송, 산업, 건물 부문의 에너지 효율 향상을 위해 약 8.3조 달러의 투자가 필요할 것으로 전망(IEA,2015)¹⁴⁾하고 있으며, 상용화를 위한 기술개발 추진으로 시장확대 가속화
- ◆ (국내) 건물 효율향상 및 전기차 분야에 대한 집중투자로 신시장 창출 노력

□ 세계 시장동향

- IEA는 2040년까지 약 44조\$(누적 기준)에 달하는 투자가 세계 에너지 공급 부문에 집행될 것으로 전망하고 있으며, 약 23조\$의 재원이 에너지효율개선을 위해 투자될 것으로 전망¹⁵⁾
 - － 2015년 에너지 효율에 대한 세계 투자는 2,120억\$로 2014년에 비해 6% 증가한 것으로 추산¹⁶⁾
- (건물)제로에너지빌딩 세계시장은 '16년 1000억\$ 규모에서 '35년 1.4조\$로 크게 성장할 것으로 전망¹⁷⁾

[Total Zero Energy building Revenue by Product/Service, World Markets]



- (수송) 전기자동차 모델이 다양화되며, 기존 차량과의 가격차이가 점점 축소됨에 따라 전기자동차가 이용이 확산될 전망¹⁸⁾
 - － 2015년 세계의 전기자동차 보급은 130만 대에 육박했으며, 이는 2014년도 수준에 약 두 배에 해당하는 보급 수준
 - － 2025년까지 전기자동차 보급대수는 3,000만대로 증가하고, 2040년에는 1억 5천만대를 초과할 것으로 전망됨

14) Energy and Climate Change, WEO Special Briefing for COP21, IEA, 2015

15) World Energy Outlook, IEA, 2016

16) Energy Efficiency Market Report 2016, IEA, 2016

17) Net Zero Energy Buildings, Navigant research, 2016

18) World Energy Outlook, IEA, 2016

[연도별 전기자동차 보급 전망]



- (에너지고효율기기) 세계 주요 가전제품, 장비 및 조명(제품 및 관련 서비스)의 에너지효율 분야의 투자는 2015년 620억\$ 증가하였으며, 이러한 고효율기기에 대한 총 지출(Total Spending)은 2015년 기준 1,510억\$로 나타남

[2015년 세계 고효율기기 투자현황]



□ 국내 동향

- 에너지신산업 종합대책('16.7) 및 신재생보급 활성화('16.11) 후속대책의 일환으로 2017년 에너지 신산업에 전년대비 25% 증가된 총 14조원 투자¹⁹⁾
 - (건물) 국내 제로에너지건축물 인증제도 도입으로 '25년 신규건축면적이 50%를 제로에너지빌딩으로 건축할 경우, 연간 260만톤의 온실가스 감축 및 18만명의 고용효과 기대²⁰⁾
 - (전기차) '16년 국내 전기차 보급대수는 5,914대로 '15년(2,907대) 대비 약 2배 이상 커진 상황이며²¹⁾, 환경부에서 2017년 전기차 1만 4,000대 보급지원 계획

19) 산업통상자원부 보도자료, 2016.1.3

20) 제로에너지건축물(ZEB) 인증제도 시행, 한국에너지공단, 2017

2.3. 수요관리²²⁾

정 책	◆ (세계) 국가적 차원에서 스마트그리드, ICT 연계 수요관리 관련 연구개발 추진 및 법·지원제도 마련을 통해 기술경쟁력 확보 노력 * (미) 캘리포니아주는 2030년까지 전원 믹스에서 재생에너지 비중을 50%로 확대 계획 * (EU) AMI 보급 및 신재생전원으로 구성되어 있는 분산전원 수용, EU 지역 내 효율적 에너지거래 구현 * (일) 2024년 까지 모든 가정에 스마트 미터 보급으로 스마트 그리드 인프라 확장 목표 ◆ (국내) 수요관리와 ICT 기술의 융합을 통한 에너지 사용량 감축 촉진 * 전기·가스 AMI 보급계획을 통해 에너지컨설팅, 분산자원 관리 등 관련 비즈니스 활성화 지원 및 스마트그리드 보급 * 신축 건축물, 기존 에너지 다소비 건물·공장에 EMS 도입 권장 계획 발표
기 술	◆ (세계) 분산형 전원 및 수요관리 확대를 위한 에너지 네트워크/ 그리드 등의 핵심기술 개발 및 실증프로젝트 확대 * (미) 지역별 수요 맞춤형 마이크로그리드 구축 및 에너지 최적사용을 위한 분산에너지 통합 운영 * (EU) IoT 기술 적용 등을 통한 도시형 마이크로그리드 구축 * (일) 에너지 공급 안정화를 위한 스마트시티·커뮤니티 등 스마트그리드 실증 프로젝트 진행 ◆ (국내) 신재생연계 ESS, e-프로슈머 및 스마트그리드 실증R&D 확대 * 신재생에너지 연계, 배전망, 발전기, 대규모 수용가 등 다양한 용도의 ESS 활용범위 확대 * 다양한 에너지원이 거래시장에 효과적으로 판매/거래될 수 있는 시스템 및 인프라 구축 * 전력 수요관리 및 분산형 전원 확산 기반 구축
시 장	◆ (세계) 그리드 및 네트워크의 피크부하 관리, 제어, 운영 최적화를 위한 수요반응시장의 신규수요 창출 및 신재생 발전 확대에 의한 신재생연계 ESS 시장 확대 * 수요반응시장 : ('14) 30.8GW → ('23) 197.7GW * 마이크로그리드 : ('15) 168.5억\$ → ('22) 389.9억\$ * EMS : ('16) 324.1억\$ → ('22) 767.5억\$ * ESS : ('15) 196.2MW → ('22) 12.7GW ◆ (국내) 수요자원거래시장이 개설되고 정책적으로 확대 지원하고 있으며, 국내의 AMI 및 ESS 시장 확대를 위한 정부 투자 활성화로 스마트그리드 분산발전 관련 시장 확대 전망 * 전기AMI : 1조5천억원을 투자하여 2천만호에 보급 계획 * ESS : ('16) 3천억원 → ('20) 6천억원

☞ 수요관리 시장 확대에 따른 ICT 연계 핵심 요소기술 및 네트워크 운영/신재생 융합기술 개발 및 산업화를 위한 실증 인프라 구축과 지원제도 강화 등으로 시장경쟁력 강화 필요

21) 전기자동차 및 충전인프라 지역별 현황, 환경부, 2016

22) 에너지 수요관리 분야는 생산 및 저장된 에너지를 수요처로 공급하기 위한 송배전 및 ICT 기술로 융복합된 스마트그리드 등 전기의 생산, 운반, 소비와 관련된 시스템 및 부품·소재, 장비, 구조물에 관련된 기술을 의미

2.3.1. 정책동향 분석

- ◆ (세계) 국가적 차원에서 스마트그리드, ICT 연계 수요관리 관련 연구개발 추진 및 법·지원제도 마련을 통해 기술경쟁력 확보 노력
- ◆ (국내) 수요관리와 ICT 기술의 융합을 통한 에너지 사용량 감축 촉진

□ 국외 동향

- 세계 주요국들은 신재생에너지 연계 발전 및 에너지 효율 향상을 중심으로, 국가적 차원에서 신재생 분산발전, 스마트그리드, ICT 연계 에너지 효율성 개선 등 수요관리 관련 연구개발 추진 및 법·지원제도 마련을 통해 기술경쟁력 확보 노력 중
- (미국) 미국은 『미국 회복과 재투자법 (ARRA : American Recovery and Reinvestment Act, 2009년)』에 따라, 전기 조달 및 에너지 인프라 현대화에 45억 달러 이상을 투자한 바 있으며, 2025년까지 총 1,770억 달러 추가 투자 예정²³⁾
 - 트럼프 정부의 주요 인프라 프로젝트 중 에너지 인프라 투자금액은 약 215억 달러로 전체 금액 중 15.6%를 차지하고 있으며, 이중 풍력 송전망 투자 및 발전망 현대화 프로젝트 포함
 - 2001년부터 송전선에 대한 투자는 7%씩 증가하고 있으며, 스마트 그리드 기술에 대한 관심도 높아져서, 2013년 기준으로 25개 이상의 주에서 이미 스마트 그리드 관련 정책 제시
 - Grid 2030의 지원 정책을 발표로 2030년까지 45억 달러를 투자해 캠퍼스, 군사시설 등 점차적으로 마이크로그리드를 구축·확대 예정
 - 캘리포니아주는 2030년까지 전원 믹스에서 재생에너지 비중을 50%로 확대할 계획이며, 가상 발전소를 이용해 청정 전력을 관리하고 필요할 때 전력망에 공급할 계획²⁴⁾
 - 공장, 캠퍼스, 병원, 군사시설 등을 중심으로 마이크로그리드 시설을 확대해 나가고 있으며, 현재 12개의 군사시설 및 General Electric(GE), Boeing 등 다양한 기업이 마이크로그리드 기술개발 및 사업에 참여²⁵⁾
- (중국) 전력부문 13.5계획(2016~2020년) 발표를 통해 전력망 운영구조 최적화, 분산형 신재생에너지 발전원 개발 및 에너지저장, 스마트 전력, 에너지 다원화 응용기술 프로젝트 추진²⁶⁾
 - 전력망 접속의 형평성 제고, 지역 간 송전 촉진, 마이크로 그리드 확대, 열병합·가스 발전 촉진, 매전연영(煤電聯營)⁴⁾ 확대, 전력망 예비용량 증설, 에너지 절약 확대, 배출감축 관리시스템 개선, 고효율 스마트 전력시스템 건설, 기술 관리감독 등에 대한 지침 제시

23) 트럼프 시대의 미국 공공인프라 시장, Kotra, 2017

24) 세계 에너지시장 인사이트 제17-8호, 에너지경제연구원, 2017

25) 마이크로그리드, 미래 전력산업 '빛'이 되다, HelloT 첨단뉴스, 2016.9.30

26) 세계 에너지시장 인사이트 제17-13호, 에너지경제연구원, 2017

- (EU) 에너지2020 전략에 따라 분산자원을 각 도시의 인프라 구조에 통합하여 신뢰성 높고 경제적인 도시형 마이크로그리드 구축을 추진하고 있으며, 이를 위해 신재생전원 및 분산전원의 보급 확산, 탄소중립도시 구축을 위한 IoT 기술 적용 등의 프로젝트들을 추진²⁷⁾
- Horizon2020의 ‘Secure, Clean and Efficient Energy’ 분야에서 스마트시티를 주요 우선 투자영역으로 설정('14년), 4대 주요기술*개발 목표 설정
 - * ① 에너지·교통·ICT가 통합된 스마트 도시와 지역사회 개발, ② 데이터 수집 성능 측정을 위한 프레임워크 개발, ③ 스마트도시 및 지역사회를 위한 시스템표준 개발, ④ 지방정부의 스마트도시공공네트워크 설립
- 독일은 2017년 재생에너지법 개정을 통해 재생에너지 시장 내 통제 가능한 시장경쟁체제 도입과 더불어 전력 공급망 구성의 합리화 등 이중의 패러다임의 전환 추구
- EU 차원에서 AMI 보급을 주도하여 신재생전원으로 구성되어 있는 분산전원 수용 및 EU 지역 내 효율적 에너지거래 구현
- (일본) 에너지 혁신전략(2016)을 통해 산업/상업/가정/수송 부문별 수요 측면의 에너지 사용실태를 일/월/연간 수준으로 분석하는 기술 등 등 혁신적인 에너지 관리 기술 실현 및 재생에너지 기반의 분산형 에너지 시스템 이용 촉진
- 새로운 에너지 시스템 구축을 위해 재생에너지·에너지절약 융합형 에너지 시스템 구축을 통한 수급관리 기술의 고도화 추진으로 네가와트 거래, 축전지 제어 등 IoT 기술을 활용한 신규 비즈니스 창출
- 에너지·환경 혁신전략(2016)을 통해 에너지 생산, 전환, 소비의 영역들의 ICT 연계 및 인공지능, 빅데이터, IoT 등의 기술을 통한 에너지 시스템 최적화 및 에너지 시스템 구성을 위한 차세대 전력, 센서, 초전도체 등의 핵심기술 개발 분야 선정
- 2024년 까지 모든 가정에 스마트 미터 보급으로 스마트 그리드 인프라 확장 목표
- ESS를 포함한 스마트 마이크로그리드시스템을 구축하여 피크 시간대에 전기요금을 절감하고 비상전원으로도 이용하는 차세대 상점 모델(Next generation store) 도입²⁸⁾

□ 국내 동향

- 산업부는 신기후체제 대응방안으로 ‘2030 에너지신산업 확산전략’을 추진중이며, 전력 수요자원 거래시장(에너지 프로슈머시장), 에너지 자립섬, ESS(에너지 저장장치), 친환경 에너지타운과 같은 수요관리 분야 지원
- 2022년까지 총 2조원을 투자하는 전기·가스 AMI 보급계획을 통해 에너지컨설팅, 분산자원관리 등 관련 비즈니스 활성화 지원 및 AMI 기반 전국 스마트그리드 보급²⁹⁾

27) 마이크로그리드 구축을 위한 타당성 조사 연구 용역 최종보고서, 제주에너지공사, 2016

28) 에너지 프로슈머 시장에서의 에너지저장장치 활용 사례 및 제도 개선 필요성, 한국경제연구원, 2017

- ‘제2차 에너지기본계획’에서 신축 건축물, 기존 에너지 다소비 건물·공장에 EMS 도입 권장 계획을 발표함으로써 에너지관리 확대
- ‘기후변화 대응 에너지 新산업 창출방안’ 마련을 통해 에너지관리 통합서비스 사업 및 독립형 마이크로그리드 사업 추진

2.3.2. 기술동향 분석

- ◆ (세계) 분산형 전원 및 수요관리 확대를 위한 에너지 네트워크/ 그리드 등의 핵심기술 개발 및 실증프로젝트 확대
- ◆ (국내) 신재생연계 ESS, e-프로슈머 및 스마트그리드 실증확대를 통한 신시장창출

□ 국외 기술개발 동향

- (IEA) 분산형 전원 및 수요관리의 비중을 늘리기 위해서는 에너지 네트워크 모니터링, 관제, 기획의 근본적인 개선과 더불어 타 에너지부문과의 통합 필요³⁰⁾
- (미국) 군사용, 캠퍼스용, 도시지역 등 지역별 수요 맞춤형 마이크로그리드 구축 및 에너지 최적사용을 위한 분산에너지 통합 운영 추진 중
 - 국방부(DOD)와 에너지부(DOE)의 협력으로 2011년부터 SPIDERS(Smart Power Infrastructure Demonstration for Energy Reliability and Security) 군사용 마이크로그리드 실증 연구 진
 - 화석연료 기반의 군사기지 에너지원을 신재생에너지원으로 전환하는 프로젝트 진행, 2025년까지 전체 군사시설 에너지원의 25%를 신재생에너지로 구성 목표
 - (APRA-E) 송전 및 분배 그리드의 오픈소스 모델 개발, 그리드 내 신재생에너지 저장 기술개발 등 네트워크를 통해 최적화된 분산 에너지 시스템 개발을 위한 기술개발
- (일본) 2011년 후쿠시마 원전사태 이후 신재생에너지의 보급 증가와 수요, 에너지 공급 안정화를 위한 스마트시티·커뮤니티 등 스마트그리드 실증 프로젝트 진행
 - (NEDO) 분산형 에너지 차세대 전력망 구축 및 스마트그리드·스마트 커뮤니티 등 ICT 활용 하이브리드 시스템 실증 사업 추진
- (EU) 신재생전원 및 분산자원을 각 도시의 인프라 구조에 통합하고 IoT 기술 적용 등을 통한 도시형 마이크로그리드 구축 추진
 - (Grid4EU) 2011년 11월부터 2016년 1월까지 유럽에서 8개 EU국가, 미국 및 스위스의

29) 에너지新산업 성과확산 및 규제개혁 종합대책, 산업통상자원부, 2016

30) KIER 기술정책 Focus - IEA의 에너지 기술 전망[ETP] 2016의 주요 내용 및 시사점, 한국에너지기술연구원, 2016

27개 기관이 파트너링을 맺고 공동으로 마이크로그리드 프로젝트 실증으로 DER, 소규모 저장, 전기자동차의 통합, 계통 자동화, 에너지효율 및 부하관리 관련 R&D, Cost-benefit 분석, 기술개발 및 표준 제정 등 수행³¹⁾

- 분산형 네트워크에 연결된 신재생에너지원 사용 확대
- 전력시장에 대한 고객의 능동적이고 효과적인 참여 이행
- 네트워크 신뢰성 향상을 통한 안전한 에너지공급
- 네트워크 운영과 전력사용 고객간의 상호작용 증대를 통한 피크부하 관리 개선
- (Horizon2020)신재생에너지의 점유율이 높은 스마트 그리드, 저장 및 에너지 시스템 통합을 가능하게 하는 차세대 혁신 분산 시스템·네트워크 기술 개발 및 실증

□ 국내 기술개발 동향

- ESS·e-프로슈머·스마트그리드 기반의 수요관리 기술·인프라 개발 및 실증 추진 전략과제 제시 (청정에너지기술 로드맵, '16)
- (ESS) 신재생에너지보급 확대에 맞추어 신재생에너지 연계, 배전망, 발전기, 대규모 수용가 등 다양한 용도의 ESS 활용범위 확대
 - 신재생에너지 Farm 품질향상 및 전력 자원 효율화를 위한 ESS 핵심요소기술 및 ESS 플랫폼 기술
 - 보조서비스, 분산발전, 마이크로그리드형 에너지저장 기술
 - 수요관리 및 전력 서비스 분야 가치창출을 위한 환경정보, 전력사용 패턴, 수요변동 분석 시간 단축 및 멀티 배터리 기반 통합시스템 기술
 - ESS 가치 극대화 및 신뢰성 제고를 위한 전지시스템 성능, 안전성 평가 및 예측 등 공통 기반 기술
 - 해외 특수지역용 ESS 실증을 위한 ESS-EMS 연계 기술
- (e-프로슈머) 전력거래 시장 제도 신설, 관련사업 발굴, 재정지원 및 투자확대로 e-프로슈머 사업 활성화
 - 다양한 에너지원(전기·열 등)이 거래시장과 개별 수요처에 효과적으로 판매·거래될 수 있는 시스템 개발 및 인프라 구축
 - 에너지 소비특성 DB와 에너지 정보처리 기술, 분산에너지원 관리기술 등을 개발·실증하여 e-프로슈머 산업 활성화를 위한 Energy Cloud 실증 기술
 - 열거래 기반 e-prosumer 보급을 위한 복합열원(신재생E포함)의 양방향 열거래 및 광역 열에너지 활용 기반 구축

31) Large-Scale Demonstration of Advanced Smart Grid Solutions with wide Replication and Scalability Potential for EUROPE, European Commission, 2011

- 가스 에너지 재활용 기반 에너지 자립형 모델 실증기술
- 다중이용 대형 공공시설을 활용한 분산 독립형 프로슈머 플랫폼 및 실증모델 개발
- (스마트그리드) 에너지신산업을 활용한 전력 수요관리 및 분산형 전원 확산 기반 구축
- 분산전원 확대를 대비한 전력안정화 시스템 및 도심 내 전력체증을 해결하는 송배전망 및 차세대 전력계통 운영 플랫폼 개발을 통한 수용성과 공급체계 효율성 제고
- 빅데이터 활용, 다양한 자원·에너지의 최적관리와 다양한 여건(지역·소비자·용량·자원)을 고려한 분산자원 거래 및 개방형 플랫폼 구축
- 친환경 고효율 전력기기 및 공정개선, 국제표준 대응 및 시험인증기준 확립
- ESS 및 스마트그리드 실증확대를 통한 신시장창출 및 수출경쟁력 강화(에너지기술개발 실행계획, '17)
 - (ESS) 전기차, 계통연계 등 시장확보를 위한 혁신적 고에너지밀도 중대형 2차전지 개발 및 ESS 산업의 글로벌 기술경쟁력 확보와 신시장 창출 유도를 위한 국내외 실증지원 강화
 - (스마트그리드) 에너지프로슈머 육성을 위한 개방형 플랫폼 기반 AMI개발·실증 및 고압 직류송전 실증 등을 통한 Track-Record 확보를 통한 전력인프라 분야의 신시장 창출
- 이차전지, 전력IT를 핵심기술로 선정하고, 관련 기후산업육성모델 발굴을 통해 원천기술 개발 및 실증을 위한 R&D 추진(기후변화대응기술 확보 로드맵, '16)

2.3.3. 시장동향 분석

- ◆ (세계) 그리드 및 네트워크의 피크부하 관리, 제어, 운영 최적화를 위한 수요반응시장의 신규수요 창출 및 신재생 발전 확대에 의한 신재생연계 ESS 시장 확대
- ◆ (국내) 수요자원거래시장이 개설되고 정책적으로 확대 지원하고 있으며, 국내의 AMI 및 ESS 시장 확대를 위한 정부 투자 활성화로 스마트그리드 분산발전 관련 시장 확대 전망

□ 세계 시장동향

- (Demand Response 시장) 그리드 피크부하 감소 노력 등으로 인해 Demand response(DR) 프로그램의 신규 수요가 창출되고 있으며, 세계 Demand Response 용량은 2014년 30.8GW에서 2023년 196.7GW로 확대될 것으로 예측

[세계 지역별 수요반응 시장 성장 전망]



- (DRMS) 전력시장의 관리 및 제어를 위한 수요대응관리시스템(Demand Response Management Systems, DRMS)의 전세계 지출은 2016년 46.1백만\$에서 2025년 232.3백만\$로 증가할 것으로 예상³²⁾
- (T&D) 세계 연평균 전력수요 증가에 힘입어 송배전(T&D) 인프라의 경우 2015년에서 2030년 사이 약 5조\$가 투자될 것으로 예상
- (마이크로그리드) 세계 마이크로그리드 분야는 향후 5년간 실증단계 및 상업화 단계 프로젝트가 진행되며 급속히 성장할 것으로 예측되며³³⁾, 관련 시장은 2015년 168.5억\$에서 연평균 12.45%로 증가하여 2022년 389.9억\$에 이를 것으로 전망³⁴⁾
- (AMI) Internet of Things(IoT)의 활용 증가와 함께 AMI (Advanced Metering Infrastructure) 시장은 2015년 44.8억 달러에서 2020년 91.9억 달러로 예상 기간 동안 연평균 성장률(CAGR) 15.5%로 성장할 것으로 예상³⁵⁾
- (EMS) 세계 에너지관리시스템(EMS) 시장은 EMS 의무규정 및 정책, 에너지 인센티브 프로그램, 스마트 그리드 기술 채택, 에너지 인프라의 디지털화, 분산형 그리드 관리 및 컨트롤 기술 등으로 인해 수요가 급증하여 2016년 324.1억\$에서 2021년 767.5억\$로 연평균 18.8%로 성장할 것으로 예상³⁶⁾
- (ESS) 재생에너지 연계 ESS 전력용량을 위한 신규설치 ESS 시스템은 2015년 196.2MW에서 2025년 12.7GW로 확대될 전망³⁷⁾

32) Demand Response Management Systems, Navigant Research, 2016

33) Global Microgrid Market Set To Reach \$23 Billion By 2021, Predicts GlobalData, Clean Technology, 2017

34) Microgrid Market worth 38.99 Billion USD by 2022, Markets and Markets, 2017

35) Advanced Metering Infrastructure Market by Device (Smart Electric, Water, & Gas Meters), by Solution (MDM, Meter Data Analytics, AMI Security, and Meter Communication Infrastructure), by Service, and by Regions – Global Forecast to 2020, Markets and Markets, 2017

36) Energy Management System (EMS) Market worth 76.75 Billion USD by 2021, Market and Market, 2016

37) Energy Storage for Renewables integration, Navigant Research, 2015



□ 국내 시장동향

- 2014년 에너지 신산업 육성정책의 6대 신산업 중에 하나로 ‘수요자원 거래시장(negawatt market)’을 추가하였으며, 「지능형전력망의 구축 및 이용촉진에 관한 법률」 제12조 제1항³⁸⁾에 따라 지능형전력망 서비스 제공사업자로 등록한 자 중 대통령령으로 정하는 수요관리사업자는 사용이 예상되는 전력 및 전력량의 차이인 가상의 전기를 거래가능한 시장 개설
 - 전력시장에 새롭게 참여하는 중소형DR에 대해서는 완화된 등록기준(2MW)을 적용 (‘17.1~)하며, 국민DR 시범사업(‘16.6~’18.12)을 통해 IoT, AMI 등을 통해 아파트·소규모 상가 등이 아낀 전기를 시장에 판매하도록 제도적 지원³⁹⁾
- 정부는 ‘에너지新산업 성과확산 및 규제개혁 종합대책’ 발표를 통해 2022년까지 전기·가스에너지 사용자를 대상으로 전기·가스 AMI 보급에 2조원 투자, ESS에 4조 5천억원 투자 발표로 스마트그리드 시장 확대 예상
 - 전기AMI는 1조5천억원을 투자하여 2천만호에 보급할 계획이며, 이를 통해 에너지컨설팅, 분산자원관리 등 관련 비즈니스 활성화 기대
 - 2022년까지 ESS에 4조 5천억원 투자 및 REC 가중치 4~5 부여 등의 지원정책 강화를 통해 현재 3천억원 규모인 국내 ESS 시장이 ‘20년 6천억원 규모로 확대 및 해외 송배전망 시장, ESS·신재생 연계시장 수출도 올해 4.3억불에서 ‘20년 32억불로 확대 전망

38) 제12조(지능형전력망 사업자의 등록 등) ① 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 지능형전력망 사업을 하려는 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 전문인력, 자본금 등의 등록기준을 갖추어 산업통상자원부장관에게 등록하여야 한다.

<개정 2013.3.23.> 1. 지능형전력망 기반 구축사업, 2. 지능형전력망 서비스 제공사업

39) 2016년도 지능형 전력망 시행계획, 산업통상자원부, 2016

2.4. 청정화력

정 책	◆ (세계) INDC 제출에 따라 '16년 이후 주요국들은 탈화석연료화를 기반으로 석탄화력발전의 청정발전 전원으로의 전환을 에너지공급 정책 기조로 제시 * (미) 화석연료 기반 자원 탐사·개발, 청정석탄기술 개발 * (중) '20년 가스화력발전설비 110GW으로 확대 목표 * (일) '25년까지 GTFC(석탄가스화연료전지복합발전) 및 IGCC 등 차세대 화력발전 기술 확립 목표 ◆ (국내) 고효율 청정화력 발전, 차세대 청정연료 및 CCUS 기술 개발 등을 통한 발전 부문 온실가스 감축 목표 실현 및 기후변화 대응 능력 제고 방향 제시 * 기존 석탄화력 발전을 LNG, 바이오매스 등 청정연료 발전으로 전환 * '20년까지 포집/수송/저장 통합 CCS 플랜트 실증화 및 기술경쟁력 확보
기 술	◆ (세계) 고효율 석탄발전 기술, 천연가스 액체연료 전환, CCS 기술 등 화력발전 분야에서 온실가스 배출 저감 및 저탄소 화석연료 이용 기술 개발에 투자 중 * (미) 천연가스 자원의 효율적 사용, CO₂ 발생 저감 및 대기 중 CO₂ 감소를 위한 탄소고정 기술 개발 수행 * (일) 차세대 화력 발전 기술, 저품위 석탄 활용 기술, CCS 대규모 실증 및 해저 저장 타당성 연구 수행 * (EU) CO₂ 포집·전환·활용, 저장·모니터링 등 CCS 관련 기술 개발 및 실증 사업 수행 ◆ (국내) 신기후 체제에 대응하기 위해 기존 화력발전 시스템에서 온실가스의 대규모 직접 감축이 가능한 기술의 개발 및 실증 위주의 R&D 추진 * 석탄발전 고효율화, 가스터빈 및 ICGCC 등 관련 기술 및 설비의 국산화 추진 및 CCS 실증, 포집 탄소의 고부가 활용을 위한 탄소자원화 기술 개발 수행
시 장	◆ (세계) 가스복합화력 비중 확대 등에 따라 청정화력 시장 확대 / CCS 관련 기술에 대한 광범위한 투자 예상 * '16~'40년 화석연료 기반 발전 누적 투자 약 2.7조\$ * 가스화력발전 '40년까지 연평균 0.4%씩 증가 전망 * CCS 세계 시장규모 : ('15) \$22억 → ('23) \$150억 ◆ (국내) 新정부 노후 석탄발전소 일시 가동 중지 및 임기 내 폐쇄 계획 등에 따라 발전용 LNG 수요 증가 및 가스화력발전 건설·기자재 시장 확대 예상 * 석탄발전 설비 비중 : (6차) 28.6% → (8차) 23.0% * 석탄발전 설비 비중 : (6차) 23.4% → (8차) 29.1% * 발전용 LNG 수요 '16~'31년간 연평균 2.6% 증가 전망



☞ 석탄화력발전 ⇒ 가스화력발전으로의 전력 수급 패러다임 전환에 따라 단계적 석탄화력발전 비중 축소에 대응하는 차세대 청정화력 및 CCS 기술 개발 필요

- * 석탄가스화·액화 기술, IGCC, CO₂ 포집 및 활용 기술 등

2.4.1. 정책동향 분석

- ◆ (세계) INDC 제출에 따라 '16년 이후 주요국들은 **탈화석연료화를 기반으로 석탄화력발전의 청정발전 전원으로의 전환**을 에너지공급 정책 기조로 제시
- ◆ (국내) **고효율 청정화력 발전, 차세대 청정연료 및 CCUS 기술 개발 등을 통한 발전 부문 온실가스 감축 목표 실현 및 기후변화 대응 능력 제고 방향 제시**

□ 국외 동향

- 에너지의 안정적 공급과 기후변화 대응의 두 가지 측면에서 화석연료 기반 전통에너지의 청정화 및 화력발전 CCS 기술 적용 관련 정책 추진
- (미국) 화석 연료 개발 및 생산 확대를 통해 자국 국익에 적대적인 국가로부터 에너지를 수입할 필요가 없도록 완전한 에너지 독립 목표 제시(An America First Energy Plan, '16)
 - 석탄, 석유, 천연가스 등 화석연료 중심으로 에너지 자원을 적극적으로 탐사·개발·활용 및 키스톤 XL 파이프라인 건설 재추진을 통해 에너지 안보 및 일자리 창출 계획
 - 에너지 생산을 늘리기 위해 기후행동계획(Climate Action Plan, CAP) 등의 규제 폐지 및 청정석탄기술 개발 및 석탄 산업 부흥 공표
 - 오바마 행정부 말기에는 청정전력계획(Clean Power Plan, CPP) 시행을 통해 가스복합 화력 비중 확대 추진 및 바이오매스 혼소에 탄소 크레딧 부여 등을 발표한 바 있으나, 현재 CPP에 대한 집행 정지 청원에 의해 적법성 소송 완료시 까지 해당 정책 시행 중단
 - 그러나 청정석탄화력발전 이니셔티브(Clean Coal Power Initiative(CCPI))에 의해 CCS, IGCC 등을 포함한 청정석탄기술 연구개발 지원을 지속적으로 추진 중(DOE Strategic Plan, '14)
- (중국) 석탄화력 발전 감축 정책을 표명하며 가스 발전 비중을 확대함에 따라 신규 가스 발전 설비 건설 추진 및 가스자원 탐사·개발 등을 중점 추진(제13차 5개년 계획, '16)
 - 가스화력발전 50GW를 신규 산업가동하여 '20년 가스화력 발전설비가 110GW(가스화력 비중: 5%이상) 이상이 되도록 할 계획
 - 또한 기존 화력발전소에 의한 환경 영향 최소화를 위해 석탄화력발전소 초저배출, 석탄층 메탄가스 산업화 기지 건설 및 천연·세일가스 탐사 개발, 저등위 석탄 중저온 열분해 그레이딩 전환 등 석탄의 청정·고효율 이용 및 비정규 석유가스 개발 계획 발표
- (일본) 전력분야 천연가스 시장 신규 진출 및 CO₂ 배출 억제를 위한 새로운 에너지 시스템 구축을 통해 기후변화에 대응하는 혁신적 에너지 정책 추진(에너지혁신전략, '16)

- LNG 시장 육성을 위한 유통 인프라 정비 및 전력의 안정적 공급을 위한 연료공급 다각화(천연가스의 합리적 수급 체계 확보) 추진
- ‘차세대 화력발전 기술 로드맵’에 따라 2025년까지 가스터빈 연료전지 복합발전(GTFC) 및 석탄가스화연료전지복합발전(IGFC) 등 차세대 화력발전 기술 확립
- CO₂ 분리 및 회수 기술 고도화(사용되는 에너지 50% 감축), 화학원료 생산을 위한 효과적인 CO₂ 활용기술 등 CO₂ 고정 및 활용 기술 개발 촉진(에너지·환경 혁신전략, '16)
- (EU) 에너지 안보 강화를 위한 접근 중 하나로 전통 및 비전통 화석연료(천연가스 중심), 환경친화적 방식으로 추출한 셰일가스 등 지속가능한 에너지원 개발 추진(2030 기후·에너지정책 프레임워크, '14)
- 회원국은 온실가스 배출, 재생에너지, 에너지 안보, 연구 및 혁신 외에 셰일가스, CCS와 같은 주요 분야에서의 목표 달성을 위한 자국 차원의 명확한 접근법 제시가 필요함을 강조
- 특히 EU 장기적 온실가스 감축목표 달성을 위해서 CCS 중요성이 부각됨에 따라 향후 10년간 실증사업 및 R&D 노력 강화
- 또한 2020 기후·에너지 패키지('09) 계획 하에 추진된 전략적 에너지 기술계획(SET Plan)에 따라 저탄소 기술에 지속적 투자 추진 중으로 2025년까지 CCS 기술 경쟁력 확보 및 최대 12개 실증 플랜트 구축을 계획
- 더불어 비전통 화석연료 자원 개발을 위해 LNG 개발 및 2025년까지 139개의 육·해상 LNG 스테이션 구축 추진 (Clean fuel strategy, '13)

□ 국내 동향

- 기후변화 대응을 위한 청정에너지 R&D 확대 정책에 따라 기존 화력발전 시스템의 성능 향상 및 안정성 강화를 위한 기술개발 사업 등 추진(에너지기술개발 실행계획, '17)
- 온실가스·미세먼지 저감, 발전소 재해·재난 안전 강화 및 발전설비 개량기술 확보 등을 통한 기술 경쟁력 강화 노력
- 기존 석탄화력 발전을 LNG, 바이오매스 등 청정연료 발전으로 전환, CO₂ 포집·저장을 위한 대규모 저장소 확보 및 관련 핵심기술 개발, CO₂ 광물화 및 산업원료로의 활용 추진(기후변화대응기본계획,'16)
- 기후변화대응형 청정화력 발전 시스템 구현, 비화석원료와 저등급 석탄 및 비재래형 유분·가스 활용 액체연료 생산, CO₂의 저비용·고효율 포집/저장/활용 추진(제3차 에너지기술개발계획,'14)
- 2020년까지 포집-수송-저장 통합 플랜트 실증화, 원천기술 개발로 국제 기술경쟁력 확보 추진(국가 CCS 종합추진계획, '10)

2.4.2. 기술동향 분석

- ◆ (세계) 고효율 석탄발전 기술, 천연가스 액체연료 전환, CCS 기술 등 화력발전 분야에서 온실가스 배출 저감 및 저탄소 화석연료 이용 기술 개발에 투자 중
- ◆ (국내) 신기후 체제에 대응하기 위해 기존 화력발전 시스템에서 온실가스의 대규모 직접 감축이 가능한 기술의 개발 및 실증 위주의 R&D 추진

□ 국외 기술개발 동향

- (IEA) 에너지 소비 부문에서 탈탄소 전력 전환이 이루어짐에 따라 탈탄소화, 흡수기술 (CCS 등)이 보급될 것으로 전망⁴⁰⁾
 - 현재 전력 시장 메커니즘에서 석탄에 대한 저탄소 대안으로 천연가스화력발전 지원이 필요하며, 석탄 발전소 건설의 단계적 중단을 위해서는 임계 기술 활용에 대한 국가 에너지 계획 및 정책 시행 권고
 - 2DS 경로에서 B2DS로 전환을 위해 CCS 기술의 신속한 구축이 주도적인 역할을 수행하며 기술 의존도는 증가할 것으로 전망
- ※ 분야별 온실가스 감축 기여도 : CCS(32%), 에너지효율(34%), 연료전환(18%), 신재생에너지(15%), 원자력(1%)
- (미국, APRA-E) 천연가스 자원의 효율적 사용 기술과 CO₂ 발생 저감 기술 및 대기 중 CO₂ 감소를 위한 혁신적인 탄소 고정 기술 개발 추진
 - 석유 및 천연가스 생산에서 발생하는 메탄의 감지·측정 시스템의 성능 향상 및 저가화
 - 천연가스(메탄)를 수송용 액체연료로 전환하기 위한 생체 촉매 기술 개발을 통해 저비용으로 미국 내 천연가스 활용, 기존 가솔린 차량 대비 온실가스 배출량 감소 및 액체연료 비용 감소를 목표
 - (탄소포집·저장) 화력발전소의 CO₂ 포집·제거 비용 최소화를 위한 혁신적 소재 및 공정 개발, 토양의 탄소저장 기능 개선을 위한 새로운 작물 육종 기술개발 등
- (일본, NEDO) CO₂ 배출 감소에 기여하는 혁신적 차세대 화력 발전 기술의 확립 및 안정적 석탄 공급 확보를 위해 저렴하고 자원 잠재력 있는 저품위 석탄 활용 도모를 위한 R&D 수행
 - (차세대 화력 발전) 석탄 가스화 연료전지 복합 발전, 고효율 가스 터빈, 선진 초초임계 화력발전, 석탄 가스 클린업, CO₂ 분리형 화학연소 석탄 이용 기술, CO₂ 회수형 폐쇄 IGCC 기술 개발 등 추진

40) Energy Technology Perspective 2017, IEA, 2017

- (청정 석탄 기술) 저품위 석탄 개발 및 이를 이용한 SNG 제조 등 저품위 석탄 이용 촉진 사업, 석탄회의 유효 이용에 관한 조사 및 석탄재·IGCC 용융 슬래그의 유효 이용 기술 개발 등 석탄 이용 환경 대책 사업 추진
- (CCS) 분리·회수, 운송·저장 등 대규모 CCS실증, 석탄가스화 연료전지 복합발전과 CO₂ 분리 회수를 결합한 저탄소 화력발전 실증, CO₂ 해저 저장 적합 지점 조사 사업 등 추진
- (EU, Horizon2020) 저탄소경제로의 전환을 위한 화석연료 사용의 탈탄소화 R&D 추진
 - 고효율 CO₂ 포집 공정, 포집된 CO₂의 원료로 전환·활용, CO₂ 지중 저장 및 모니터링·제어 기술, 고효율 화석연료 플랜트 기술 등 CCS 관련 기술개발 및 실증 사업 중점 추진

□ 국내 기술개발 동향

- 석탄발전 고효율화, 발전 부문 가스 비중 증가에 대응하여 가스터빈 및 IGCC 등 관련 기술 및 설비의 국산화, 석탄화력 발전소의 연료 대체, CO₂ 포집·저장·전환 기술 확보 및 실증 추진 (청정에너지기술로드맵, '16)
 - 700℃급 CO₂ 저감형 청정석탄 A-USC 기술개발
 - 차세대 고효율 가스터빈 개발
 - 대형 석탄화력 저탄소 연료 혼소시스템 기술개발
 - 초임계 CO₂ 신발전 시스템 개발
 - 석탄가스화 연료전지(IGFC) 발전
 - 석탄가스화 발전용 CO₂ 대응 국내 고유 저비용 고효율 콤팩트 공정 기술
 - CO₂ 포집기술 확보 및 중규모 포집 실증
 - CO₂ 저장 핵심기술 확보 및 실증
 - 차세대 CO₂ 전환 기술(CO₂ 및 부생가스 이용 화학 원료·연료 생산, CO₂ 광물화 등)
- 세계 최고 수준의 CO₂ 포집 비용 달성 및 수송-저장 통합 실증, 발전소 및 산업 부생가스의 고부가 활용을 위한 청정연료·화학제품 생산, 탄소시장 선점을 위한 탄소광물화 적정기술 개발 등 R&D 추진 (기후변화대응 기술 확보 로드맵, '16)

2.4.3. 시장동향 분석

- ◆ (세계) 개도국의 석탄화력 수요 지속, 셰일가스 개발 및 천연가스 가격하락에 따른 가스복합화력 비중 확대 등에 따라 청정화력 시장 확대/각국 온실가스 감축 정책과 아태 지역 제조업 성장에 따라 CCS 관련 기술에 대한 광범위한 투자 및 포집 비용 감소 예상
- ◆ (국내) 新정부 노후 석탄발전소 일시 가동 중지 및 대통령 임기 내 폐쇄 계획 등에 따라 발전용 LNG 수요 증가 및 가스화력발전 건설·기자재 시장 확대 예상

□ 세계 시장동향

- ‘16~’40년 화석연료기반 발전에 대한 전세계 누적 투자 규모는 약 2.7조\$로 전망⁴¹⁾
- 가스 소비는 2015~2035년동안 연평균 1.6%로 빠르게 증가하여 2035년 이후 1차 에너지 중 두 번째로 가장 많이 소비하는 에너지원이 될 것으로 전망되며, 석탄 소비는 2020년 정점에 도달 후 지난 20년간의 성장에 대비하여 연평균 2.7%씩 급격하게 감소할 것으로 전망⁴²⁾
- 미국, 중국이 셰일가스 생산을 주도하고 중동, 러시아 및 호주가 기존의 천연가스 생산 시장을 주도함으로써 향후 전력 부문에서 급증하는 가스 수요 충족에 기여할 것으로 예상
- 일부 지역에서는 석탄 발전이 증가하나 향후 10년 내에 피크에 도달할 것으로 전망되며, 가스 화력발전은 2040년까지 연평균 0.4%씩 증가할 것으로 전망⁴³⁾
- 석탄발전 설치용량은 ‘22년에 2,224GW로 피크 도달 후 ’40년까지 연간 20~30GW씩 감소하며, 가스 화력발전 설비 용량은 ‘31년에 1,912GW로 피크 도달 후 ’40년까지 연평균 12GW씩 감소할 것으로 전망

[1차에너지 원별 소비(좌) 및 구성비(우) 변화추이 및 전망 (출처: BP, 2017)]



41) World Energy Outlook 2016, IEA, 2016

42) BP Energy Outlook 2017, BP, 2017

43) New Energy Outlook 2017 : Fossil fuels, Bloomberg New Energy Finance, 2017

[2015-2030 가스 생산 전망(좌) 및 부문별 가스 소비 전망(우) (출처: BP, 2017)]



- 대규모 CCS 프로젝트의 글로벌 포트폴리오가 지속적으로 확장 중으로 CCS 세계 시장 규모는 2015년에 22억\$를 돌파하였고 2016년 이후 연평균 25%씩 성장하여 2023년에는 약 150억\$를 상회할 것으로 전망⁴⁴⁾
- 2016년 전세계 CCS에 대한 누적 투자는 전년도와 동일한 1,844억\$로 집계되었으며 미국, 캐나다, 노르웨이, 중국 순으로 시장 선도 중⁴⁵⁾
- BNEF는 현재 계획 중인 프로젝트만을 고려했을 때 향후 10년 동안 CCS의 성장은 발전 분야에서 있을 것으로 전망하며, 전체 CO2 포집량은 2016년 약 4,500만톤에서 2025년 8,000만톤 이상으로 증가할 것으로 예상⁴⁶⁾
- IEA에 의하면 기존 프로젝트들의 연간 총 포집량은 약 3,000만톤 이상의 수준이나 2DS 충족을 위해서는 부족한 상태로, 2025년에 2DS를 충족하기 위해서는 평균 저장 용량이 매년 4억톤 이상의 증가가 필수⁴⁷⁾
- DOE는 2024년까지 연소 후 탄소 포집 공정을 통해 90% 포집 및 95% 순도의 CO2 포집 비용을 톤당 40\$ 미만으로 달성한다는 목표를 제시

[대형 CCS 프로젝트 분야별 CO2 포집량 전망(Mt/year (출처: IEA, 2017)]



44) Carbon Capture and Sequestration(CCS) Market Size, Global Market Insights, 2016

45) 2017 CCS Market Outlook, Bloomberg New Energy Finance, 2017

46) 2017 CCS Market Outlook, Bloomberg New Energy Finance, 2017

47) Energy Technology Perspective 2017, IEA, 2017

□ 국내 동향

- 新정부에서 석탄발전소 59기 중 노후 발전소(30년 이상) 10기 중 8기의 일시가동 중지 및 대통령 임기 내 모두 폐쇄를 지시함에 따라 석탄발전 설비 용량이 크게 감소할 전망⁴⁸⁾

[전폐쇄 예정 노후 석탄 화력발전소 설비 용량 (출처: 한국에너지공단, 2017⁴⁸⁾)]

발전소	중부발전				남동발전				동서발전		합계
구분	보령		서천		삼천포		영동		호남		
호기	1호기	2호기	1호기	2호기	1호기	2호기	1호기	2호기	1호기	2호기	
용량(MW)	500	500	200	200	560	560	125	200	250	250	3,350

- 이에 따라 LNG 발전이 석탄화력발전설비의 단계적 축소 과정에서 역할이 강조될 것이며, 13차 천연가스수급계획에서는 과거에 줄어들 것으로 전망했던 발전용 LNG 수요가 ‘31년까지 연평균 2.6% 증가할 것으로 전망⁴⁹⁾
- 올해 예정된 8차 전력수급계획의 전원구성에서 LNG의 비중은 29%로 예상되어 7차 계획의 24%보다 5% 높아질 것으로 전망

[전원별 발전설비 추이와 추정 (출처: 한국투자증권, 2017⁴⁹⁾)]

	2012	2013	2014	2015	2016	6차(2027)	7차(2029)	8차(2031)
석탄	24,534	24,534	26,274	26,274	30,546	45,394	44,018	36,543
LNG	20,166	23,803	28,157	29,292	29,292	37,031	39,514	46,176

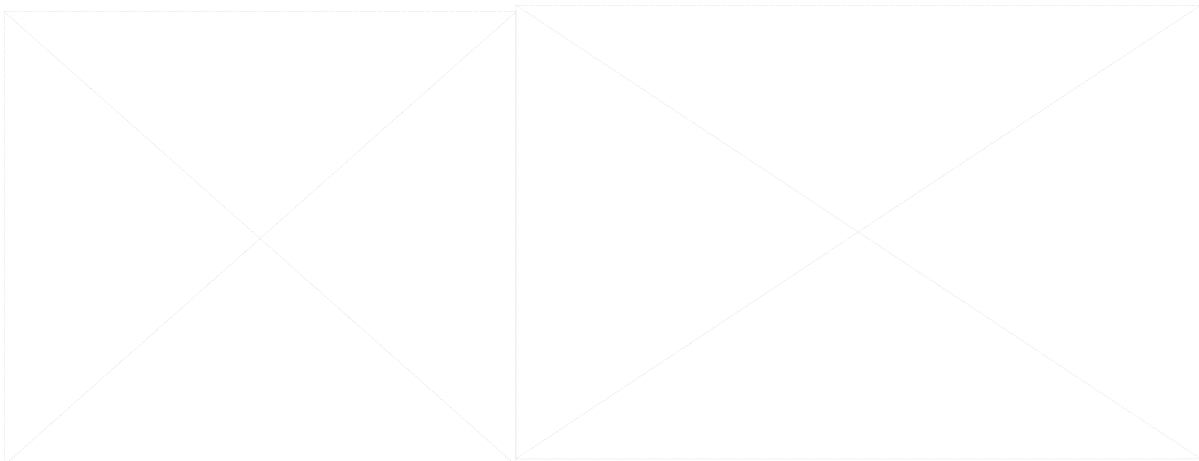
[전력수급계획별 발전설비 구성비]

(출처: 한국투자증권, 2017

; 제공된 그래프를 재편집 하였습니다)

[발전용 LNG 수요 예측(연평균 2.6% 증가 전망)]

(출처: 한국투자증권, 2017)



- 국내 CCS 시장은 아직 형성되지 않았으나, 국내 5대 발전사 중심으로 산·학·연 공동 연구를 통해 포집·전환 기술 개발 및 플랜트 실증 사업 등 추진 중

48) KEA 에너지 이슈 브리핑 Vol.62, 한국에너지공단, 2017

49) 산업분석 In-depth / 전력·가스, 한국투자증권, 2017

3. 기후변화대응기술 적정성 검토

3.1. 개요

3.1.1. 탄소저감분야 6대 핵심기술 적정성 검토 배경

□ 목적

- 기후변화대응기술 확보 로드맵(CTR)에 포함된 10대 핵심기술(탄소저감-태양전지, 연료전지, 바이오연료, 이차전지, 전력IT, CCS, 탄소자원화-부생가스 전환, CO₂ 전환, CO₂ 광물화, 기후변화 적응-공통 플랫폼 기술) 중 ‘탄소저감분야’로 설정된 6대 핵심기술을 중심으로 시장매력도, 기술수준 등에 대한 기술전문가 평가를 통한 기술 R&D 현황 점검

□ 분석방법

- 기후변화대응기술 확보 로드맵(CTR) 상의 R&D 수행 현황에 대한 정보를 활용하여 2016년 기후변화대응 R&D 투자현황 및 온실가스 감축효과 등 종합 분석 실시
- 기술전문가 평가를 통해 탄소저감 6대분야(태양전지, 연료전지, 바이오연료, 이차전지, 전력IT, CCS) 기술에 대한 시장매력도, 기술수준 및 국내 연구환경 수준 분석

평가항목		주요 내용																	
시장	시장매력도	• 기술별 세계 시장의 성장 및 확장 가능성, 시장의 경쟁 상황 등을 종합적으로 고려한 2030년 예상 시장매력도																	
R&D 역량	기술수준	• 세계 최고 기술수준(100%) 대비 우리나라의 상대적인 기술수준(%) <상대수준 평가 기준>																	
		<table><tr><th>%</th><th>개념 및 정의</th><th>%</th><th>개념 및 정의</th></tr><tr><td>100</td><td>세계 최고수준</td><td>70~79</td><td>최고기술보다 다소 뒤쳐진 수준</td></tr><tr><td>90~99</td><td>최고기술과 동등한 수준</td><td>60~69</td><td>최고기술보다 낮은 수준</td></tr><tr><td>80~89</td><td>최고기술에 근접한 수준</td><td>59이하</td><td>최고기술보다 아주 낮은 수준</td></tr></table>		%	개념 및 정의	%	개념 및 정의	100	세계 최고수준	70~79	최고기술보다 다소 뒤쳐진 수준	90~99	최고기술과 동등한 수준	60~69	최고기술보다 낮은 수준	80~89	최고기술에 근접한 수준	59이하	최고기술보다 아주 낮은 수준
		%	개념 및 정의	%	개념 및 정의														
		100	세계 최고수준	70~79	최고기술보다 다소 뒤쳐진 수준														
	90~99	최고기술과 동등한 수준	60~69	최고기술보다 낮은 수준															
80~89	최고기술에 근접한 수준	59이하	최고기술보다 아주 낮은 수준																
	국내 연구환경 수준	• 국내 관련 연구자 수, R&D 인프라 구축 수준 등을 종합적으로 고려한 연구환경 수준																	

3.2. 탄소저감분야 6대 핵심기술 적정성 검토 분석 결과

3.2.1 기후변화대응 6대기술 투자현황 분석

- (부처별 투자 현황) 태양전지, 연료전지, 바이오연료, 이차전지, 전력IT, CCS 분야에 산업부와 과기정통부가 모두 R&D 투자 중이며, CCS를 제외하고는 산업부의 투자규모가 가장 큼
 - 바이오연료의 경우 국토부, 환경부, 해수부, 산림청, 농진청, 농식품부, 산업부, 과기정통부와 같이 다양한 부처에서 R&D 투자 중
 - 전력IT의 경우 ‘건물/가정용 EMS’ 분야에 국토부의 투자가 가장 많은 것으로 나타났으며, 과기정통부의 경우 신재생에너지 하이브리드 분야 중 ‘신재생에너지간 열원통합 및 블록히팅 제어’분야의 R&D에 투자
 - CCS기술개발의 경우 산업부와 미래부는 CO₂ 포집, 수송 및 저장기술 모두에 R&D 투자를 수행하고 있으며, 환경부와 해수부는 CO₂ 수송 및 저장기술에 투자를 집중



- (연구수행 주체별 투자 현황) 다양한 연구수행주체가 탄소저감 6대분야의 R&D를 수행
 - 태양전지의 경우 기업, 연구단, 대학, 출연연/전문연과 같이 다양한 수행주체가 R&D를 수행하고 있으며, 그 중 중소기업과 대학의 R&D 수행예산이 높은 것으로 나타남
 - 연료전지의 경우 기업과 출연연을 중심으로 R&D 수행중
 - 바이오의 경우 대학이 가장 높은 예산규모를 가지며, 중소기업, 연구단 및 국립식량과학원과 같은 정부부처에서도 R&D를 수행하고 있는 것으로 나타남



- (부처별-수행주체별 투자 현황) 부처별 수행주체를 살펴보면, 과기정통부의 경우 출연연/전문연과 대학이 수행하는 R&D에 투자가 높고, 산업부의 경우 기업에 투자가 높은 것으로 나타남. 특히 산업부의 경우 중소기업이 수행하는 R&D에 가장 많은 예산 투자



- (연구 기간별 투자 현황) 탄소저감 6대기술 R&D 예산은 2년초과 3년이하의 연구기간을 가진 R&D에 많이 분포되어있으며, CCS의 경우 기술개발 특성 상 8년을 초과하는 연구기간을 가지는 R&D에도 투자 지속



□ 세부기술군 별 투자현황 분석

- (태양전지) 과기정통부의 경우 페로브스카이트, 유기태양전지 등과 같은 차세대 태양전지 R&D에 예산을 투자하고 있으며, 산업부는 실리콘 태양전지 부분에 더 많은 투자 중



- 실리콘 태양전지 관련 R&D의 경우 대기업/중견기업/중소기업을 중심으로 수행되고 있으며, 페로브스카이트는 대학/연구단, 유기태양전지의 경우 대기업과 대학, 출연연에서 수행하는 예산이 큰 것으로 나타남



- 태양전지 세부기술군 중 현재 CTR에서 공개되어있는 ‘유기태양전지’의 세부기술 분류별 투자현황을 분석(※ 현재 CTR 전체 기술리스트 및 예산 상세는 비공개)
- ‘유기태양전지 효율 및 수명향상’ 부분의 경우 과기정통부에서 응용연구에 R&D 투자 중
- ‘유기태양전지 신소재 개발’은 산업부에서는 응용, 개발, 기초연구 모두에 R&D 투자를 하고 있으며, 과기정통부의 경우 기초와 개발연구에 중점적으로 R&D 투자 중
- ‘유기태양전지 대량생산공정’기술의 경우 산업부에서는 응용연구 R&D를 중심으로 기초연구까지 투자 중이며, 과기정통부의 경우 개발연구에 투자 집중



- (연료전지) 산업부의 경우 고분자연료전지스택 고성능화 및 저가화, 고체산화물 연료전지에 중점적으로 R&D 예산을 투자하고 있으며, 과기정통부의 경우 수소제조 및 저장비용 절감에 가장 많은 R&D 투자 중



- ‘고분자 연료전지 스택 고성능화 및 저가화’ 기술 분야의 경우 출연연/전문연, 중소기업, 대기업/중견기업에서 수행하는 R&D에 대한 투자가 높았으며, ‘수소 제조 및 저장비용 절감’ 기술분야는 출연연/전문연의 R&D 수행에 투자하는 예산이 높은 것으로 나타남
- ‘차세대 연료전지’의 경우 대학과 출연연/전문연에서 수행하는 R&D에 투자 중이며, ‘발전용 용융탄산염/인산염 연료전지 출력 내구성 강화’ 관련 R&D는 중소기업에서 수행하는 과제에 예산 투자



- **(바이오연료)** ‘바이오연료 생산 플랜트’와 ‘미활용 바이오매스 에너지화’ 관련 R&D는 산업부에서 중점적으로 투자를 수행하고 있으며, ‘미세조류 바이오리파이너리’기술 관련 R&D는 과기정통부, ‘신규바이오매스자원 대량확보’분야는 과기정통부와 해수부가 중점적으로 투자 중



- ‘미세조류 바이오리파이너리’ 분야 국가 R&D는 출연연/전문연, 대학, 연구단 중심으로 수행하고 있으며, ‘바이오 연료생산 플랜트’는 기업을 중심으로 수행 중
- ‘미활용 바이오매스 에너지화’ 국가 R&D는 대학과 중소기업 중심, ‘신규 바이오매스자원 대량확보’ 분야는 대학과 연구단을 중심으로 수행 중



- **(이차전지)** 이차전지 분야는 전체적으로 산업부에서 주도적으로 R&D 투자를 하고 있으며, 특히 ‘리튬이온전지 성능 고도화’와 ‘ESS 저가화, 장수명화, 고효율화’분야의 R&D에 집중 투자하고 있는 것으로 나타남



- 이차전지 분야는 중소기업 및 대기업/중견기업을 중심으로 수행되고 있는 국가 R&D에 집중적으로 예산이 투입되고 있으며, 출연연의 경우 모든 세부 기술분야에 걸쳐 국가 R&D를 수행하고 있는 것으로 나타남
- ‘리튬이온 전지성능 고도화’와 ‘ESS 저가화, 장수명화, 고효율화’의 경우 특히 기업의 수행예산규모가 큰 것으로 나타남



- (전력IT) 전력IT 중 EMS 분야의 경우 국토부에서 가장 많은 투자를 수행하고 있으며, 신재생하이브리드 분야의 경우 ‘신재생에너지 간 열원통합 및 블록히팅제어’ 분야는 과기정통부에서, ‘ESS 활용 전기에너지 융복합 및 V2G 기술’의 경우 산업부에서 중점 투자 중
- 산업부의 경우 BEMS(건물/가정용 EMS 에너지 절감률 향상), FEMS(공장용 EMS 에너지 절감률 향상) 및 EMS 도약기술 전반에 걸쳐 소규모의 투자를 수행하고 있음



- 전력IT분야인 EMS와 신재생하이브리드 분야는 아직 상용화되지 않은 기술로 개발단계의 R&D가 주로 수행되고 있으며, 따라서 출연연/전문연 및 중소기업을 대상으로 과제가 수행되고 있음.
- 'ESS 활용 전기에너지 융복합 및 V2G 기술'의 경우 분산전원, 스마트그리드 기술이 적용되는 공공성을 가지는 기술이므로, 공기업에서도 수행 중



- (CCS) CCS 기술은 해수부, 과기정통부, 산업부, 환경부에서 R&D 투자 중
 - '세계적 수준의 CO₂ 포집비용 달성' 분야의 경우 산업부와 과기정통부에서, 'CO₂ 수송 및 저장기술' 분야는 해수부를 중심으로 투자가 수행되고 있음



- 수행주체별 투자현황을 살펴보면, ‘세계적 수준의 CO₂ 포집비용 달성’분야의 경우 출연연/전문연, 대학, 공기업, 중소기업, 연구단과 같이 다양한 곳에서 R&D가 수행되고 있으며, ‘CO₂ 수송 및 저장기술’분야의 경우 대학과 출연연/전문연에서 R&D 수행 중



□ 기후변화대응 6대기술 현황 분석

- 전문가 설문평가에 의한 기후변화대응 6대기술의 시장매력도, 기술수준 및 각 기술별 온실가스 감축효과(직접) 현황분석의 경우 이차전지, 태양전지의 경우 시장매력도 및 기술수준이 높으며, 특히 이차전지는 온실가스 감축효과도 높은 것으로 평가됨
- CCS 기술의 경우 아직 상용화단계에 이르지 못한 기술로 기술수준 및 시장매력도가 낮은편에 속하나, 온실가스 감축효과는 가장 큰 것으로 나타남
- 전력IT의 경우 기술수준은 가장 낮으나 시장매력도는 상위권으로 나타나 기술수준 향상을 위한 R&D 투자가 필요함

- 연료전지 및 바이오연료의 경우 기술수준은 중간정도이나 시장매력도가 크게 높지 않은 것으로 나타났으며, 온실가스 감축효과도 6대기술 중에서는 높지 않은 것으로 나타나 혁신기술 및 원천기술 확보를 위한 노력이 필요할 것으로 사료됨



- 기후변화대응 6대 핵심기술의 2016년도 기술 R&D 투자현황, 기술수준 및 시장현황, 온실가스 감축효과(직접)을 모두 비교해서 분석해본 결과, 태양전지, 이차전지는 투자, 기술력, 시장성 모두 우수한 것으로 나타나고 있으며, 전력 IT의 경우 시장성에 비해 기술력 및 투자가 미흡한 것으로 나타나 이에 대한 대응 마련이 필요함
- CCS 기술의 경우 R&D 투자금액도 크고, 온실가스 감축효과도 큰 기술이지만 시장매력도가 낮고 기술수준도 낮아 신시장 창출 및 기술 선도를 위한 R&D 투자에 집중 필요



4. 기후변화대응 유망기술 발굴

4.1. 개요

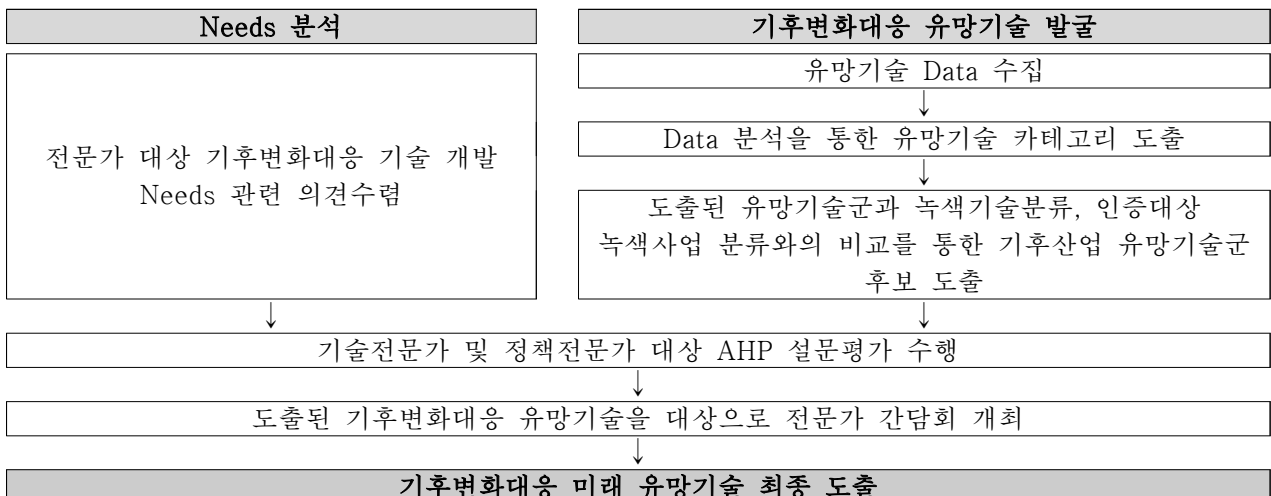
4.1.1. 기후변화대응 유망기술 발굴 프로세스

□ 목적

- 미래 기후기술경쟁력의 지속적 제고를 위해 차세대 유망기술 분야를 도출하고, 향후 국가 기후변화대응 R&D의 효과적인 추진을 위한 주요 분야별(신재생에너지, 에너지효율향상, 온실가스 처리/활용, 수요관리) 투자 우선순위 분석

□ 방법

- **(수요자 Needs 발굴)** 수요기업협의체, 연구관리 전담기관 커뮤니티, 산학연 간담회 등을 통한 기후변화대응 기술에 대한 수요자 요구사항 도출 및 기술적 요구사항 정의
- **(기후변화대응 유망기술 후보군 도출)** 국내외 자료 및 보고서 검토를 통해 유망 기후기술 후보분야 선정
- **(기후기술 우선순위 도출)** 기술적 요구사항과 중점 연구분야를 맵핑하고, 기술전문가 및 정책/전략 전문가를 대상으로 한 설문조사 등을 통해 국내 기술수준, 시장 전망 등에 대한 기후/에너지 전문가(에너지 RP 등)의 의견을 반영하여 기후변화대응 유망기술 우선순위 도출
- **(기후변화대응 미래 유망기술 최종 도출)** 도출된 우선순위에 대해 전문가 자문위원회 등을 통해 결과 검증 및 국가 기후기술경쟁력의 지속적 제고를 위한 핵심 기후기술 개편 대안 제시



4.2. 기후변화대응 기술개발 수요자 Needs 분석

4.2.1. 개요

□ 분석 방법

- 2016년 진행된 기후변화대응 6대기술 수요기업협의체를 통한 수요자 기술 Needs, 2017년 기후산업육성모델 간담회를 통한 산학연 기술개발 이슈에 관한 의견 및 미래 에너지시스템 전문가 간담회를 통한 R&D 전략 등을 분석하여 기후변화대응 기술개발 수요자 기술 요구사항에 대한 분석 실시
- **(수요기업협의체)** 2016년 개최된 6대 기술(태양전지, 연료전지, 바이오연료, 이차전지, 전력IT, CCS)분야 수요기업 협의체를 통해 논의된 내용을 기반으로 기술적 요구사항 도출
 - 개발기술의 산업화 촉진을 위한 규제 및 제도개선과 기타 성공적인 기후기술 개발과 산업화를 위한 제안사항 정리
- **(미래 에너지시스템 전문가 간담회)** 급변하는 글로벌 환경변화에 선제적으로 대응하기 위해 에너지·기후 메가트렌드와 국가 R&D 발전방향에 대한 논의
 - 4차 산업혁명 도래 등 사회, 경제적 패러다임의 변화에 따른 에너지, 기후 분야의 새로운 전략 방향에 대한 전문가 의견 수렴
- **(기후산업육성모델 간담회)** 태양전지, 연료전지, 이차전지, 바이오연료 등 기후산업육성모델 관련 산·학·연·관 전문가 의견 수렴

4.2.2. 수요자 Needs 분석

□ 태양전지

- BIPV, DIPV 등 응용분야에 따른 기술개발 및 박막, CIGS 태양전지 등과 같은 차세대 태양전지에 대한 기술개발 및 지원제도 개선에 대한 의견 제시

□ 수소·연료전지

- 연료전지 원천기술 확보 및 기술 상용화를 위한 기술개발 요구 및 핵심소재 개발에 대한 투자 확대에 대한 요구사항 제시

- 연료전지 복합발전, 수소생산, 연료전지 자동차 등과 같이 응용분야 확대에 대한 혁신적인 아이디어 도출 필요
- 수소기반 차세대 인프라 및 플랫폼 개발과 기술융합, 그리고 이를 지원해줄 수 있는 제도적 기반 마련에 대한 요구

□ 바이오에너지

- 바이오매스 자원확보 및 공정 프로세스 개선, 고부가가치 화학원료 동시생산을 위한 경제성 확보문제 해결 필요
- 기술 상용화를 위한 실증연구 지원 및 해외진출을 위한 기반 마련

□ 이차전지

- 전기자동차용 차세대 이차전지 원천소재개발, 성능향상 및 신재생에너지 연계 ESS 기술개발 등 차세대 R&D 발굴 필요
- 이차전지 소재 국산화, 시스템/ 응용기술에 대한 핵심 원천기술 확보에 대한 요구

□ 전력IT

- 에너지원 융합 및 네트워크, 그리드 운영·관리를 위한 전력IT 기반의 융복합 및 에너지 Big Data를 이용한 R&D필요
- 요소기술개발 뿐 아니라 복합적 연구개발 및 실증사업 필요
- 분산형 발전 및 전력/열 저장 분야 연구개발 필요

□ CCS

- 현재 주로 수행되고 있는 포집위주의 연구 외에 수송 및 저장 부분의 연구 확대가 필요하며, 기술 상용화를 위한 비즈니스 모델 개발 및 기업주도의 CCUS 기술개발 활성화 필요

<기후변화대응 기술개발 관련 수요자 Needs>

수요자 Needs	산	학	연	관	기술적 요구	중점기술	
온실가스 감축 및 차세대 BIPV 시장 선점에 고효율 플렉서블 무기박막 태양전지 개발 필수	○				BIPV	태양전지	
BIPV 성능 평가 기준 수립 및 인증제도 시행 절대적으로 필요, 표준인증제도 마련 적극 찬성	○						
건물일체형 태양전지 보급 활성화를 위해 건물일체형에 적합한 표준인증제도,관례, 조례 정비 필요	○						
BIPV 모듈을 다양한 크기의 규격화된 기준모듈로 인증, 크기 범위를 설정하여 시리즈로 인증 필요	○						
BIPV 모듈 부자재에 대한 단품 인증 및 이를 조합한 모듈 제조공정에 대한 시스템 인증 필요	○						
건물일체형 태양전지는 소규모 자가발전소 역할 가능하므로 상당히 긍정적	○						
도시 확장성을 고려한 각종시설물에 태양광을 응용하는 태양광 도시 근린화 사업 제안	○						
BIPV 관련, 향후 건물 투자가 확대 될 것	○						
자동차 자가전원용 태양광 발전에 드론용을 추가하여 범위 확대하면 좋을 것	○				VIPV		
자동차, 의류 등 많은 분야로 태양전지 적용분야가 확대 중으로 다양한 비즈니스 모델 제안 가능	○				DIPV 등		
플렉서블 무기 박막 태양전지 및 반투과형 유기 태양전지는 차세대 기술로서 시장성 담보 가능	○				무기박막/유기 태양전지		
결정질 실리콘 외 미래시장인 차세대 태양전지에 대한 준비가 필요	○				차세대 태양전지		
박막태양전지의 경우 내구성 취약하므로 상용화를 위해 이에 대한 기술 개발 필요	○				박막		
CIGS 태양전지는 산업화(양산)에 성공할 경우 산업에서 잠재력이 매우 클 것으로 판단, 투자 고려 필요	○				CIGS		
CIGS 박막 태양전지 경우 글로벌 사업과 연계 추진하면 사업화 도움 될 것	○						
선택적 파장 흡수가 가능한 반투명 염료감응 태양전지 기반 에너지절감형 유리온실 제안	○				염료감응		
태양전지 효율, 가격, 내구성 등을 위한 소재, 제조 공정 등 핵심기술에서의 Break-through 필요	○				효율/내구성 향상 및 저가화		
고내구성, 고효율 태양전지 기술과 다양한 도심 외부환경에 대한 내구성 확보를 위한 모듈 장기적 안정성 기술 개발 필요	○						
태양전지 개발과 함께 IoT 독립전원 시스템에 최적화된 저전력 인버터 시스템 기술 개발 고려 필요	○				시스템		
다양한 관련 기업 참여할 수 있는 개방적 환경 조성 필요(태양광업체+건설업체 함께 참여 등)	○				융합컨소시엄		
삼중염병합 복합발전 시스템에 차세대 고온 PEMFC	○				PEMFC	수소	

수요자 Needs	산	학	연	관	기술적 요구	중점기술
스택 핵심원천기술 개발 필요						연료전지
저온 고분자연료전지의 열 활용성을 극대화할 수 있는 기술개발이 병행되어야 함	○					
저온형 또는 중온형 고분자 연료전지, SOFC 등 기술 개발 필요	○					
SOFC의 경우 열사이클에 의한 내구성 저하 문제를 신소재 개발 등의 원천기술로 해결, 상용화 필요	○				SOFC	
건물용 차세대 연료전지는 요소기술을 좀 더 잘 구성하면 적절한 산업육성모델 될 것	○				건물용 차세대 연료전지	
고가 소재의 재활용 또는 회수 기술 개발 반드시 필요	○				핵심소재	
일본, 미국이 주도하고 있는 연료전지 핵심소재에 대한 R&D 투자 및 기술개발 확대 필요	○					
삼중열병합 복합발전 시스템 개발 시 동급 용량의 연료 개질기 개발 고려 필요	○				발전	
연료전지 기반 융복합 분산발전 시스템 기술 개발에서 연료전지 배열을 이용한 히트펌프 용량 산정 및 연료전지에 적합한 배열이용기술 개발에 대한 보완 필요	○					
연료전지를 기반한 가상발전소를 패키지화하여 수출동력 창출 가능	○					
연료전지 복합발전 관련 국내 핵심기술 및 주변기술 수준 아직 미흡	○					
복합 스테이션(수소/전기) 기술개발 필요	○					
수전해 기술의 혁신적 개발, 수소 생산을 위한 보다 혁신적 아이디어(renewable device 활용 등) 필요	○				수소생산	
친환경수소생산 기술을 좀 더 크게 키워서 지원할 필요	○					
연료전지를 이용한 전기차 충전시스템에 대해서 수소를 압축 보관이 타당한지 보완 분석 필요	○				연료전지 자동차	
데이터센터, 백화점 등 타겟 기술수요처 적용을 위해서는 시스템 콤팩트화가 필수	○				시스템 콤팩트화	
단순 연료전지 계통연결이 아닌 EMS 기반 지역 통합에너지 솔루션 체계 구축 모델 제안	○				인프라/플랫폼	
수소기반 차세대 카본프리에너지시티 구현에 기여할 차세대 연료전지 기술 개발 시급	○					
연료전지 기반 융복합 분산발전에서 ICT, IoT가 접목된 EMS 플랫폼 기술 개발 강조 필요	○					
전력 프로슈머 뿐만 아니라 열/냉방 네트워크 형성을 통한 토탈 에너지 프로슈머 쪽으로 확장, 보급 필요	○					
수소 저장 압력 및 탱크 용량에 대한 안전을 보장하면서 규제를 완화할 수 있는 방법 도출 필요	○					
사업화 모델로 자리 잡기 위해서 발전사를 대상으로 REC 판매/생산된 잉여 전력의 판매 등 제도적 기반 동시 필요	○				제도적 기반마련	
수소스테이션 및 수소 생산, 저장, 발전 등과 관련하여	○					

수요자 Needs	산	학	연	관	기술적 요구	중점기술
사이트의 안전 관리에 대한 표준화 기술 개발						중점기술
수소 인프라의 바틀넥 해소를 위해 융복합 방식의 접근 필요	○				기술융합	
발전된 전기의 방충전이 가능한 ESS 복합화에 대한 경제성 및 타당성 분석 필요	○					
실제 산업적용의 효과를 높게 가져갈 수 있도록 요소기술뿐 아니라 전체적인 시스템 관점에서 기술개발 추진 필요	○				시스템화	
장기적인 계획으로 기술개발 및 실증/사업화를 지속적으로 추진하는 방식 필요	○				사업화 지원	
전체 연료전지 시스템 비용 낮추기 위해서 국가적으로 supply chain 구축이 필요	○				가격저감	
PEMFC 등 상용화가 이루어지고 있는 분야 연구에 편향되어 있으므로 다른 연료전지 기술개발 지원 필요	○				과제 다양화	
바이오매스 해외 자원 확보를 위한 일원화된 담당기관 및 시스템 필요			○		자원확보	바이오 에너지
원료수급 어려움, 관련 정책 및 규제 정비 필요	○				자원확보	
바이오매스가 일정량 이상 필요하나 안정적으로 생산되는 바이오매스 찾기 어려움, 규모 경제 달성 중요	○				자원확보	
바이오에너지 원료 확보에 대한 문제 해결 필요	○				자원확보	
산업화를 위한 실증연구 지원(R&D 장기적 투자계획, 법, 제도 등) 필요			○		실증	
바이오연료 실증 플랜트 활성화 투자 필요	○				실증	
해외 바이오매스 사업에 국내 기술 수출하여 바이오연료 생산 추진이 긍정적으로 판단	○				해외진출	
우리 기술로 해외에서 현지화하는 것 생각해볼 수 있음				○	해외진출	
바이오 원유-복합정유 긍정적. 안정적 기술 개발을 위해 개발 시작 단계에서 정유회사 코멘트 수용 필요	○				바이오 원유	
비식용 바이오매스 활용 바이오매스-원유 복합 정유공장 모델 세계적 흐름과 일치하는 모델	○				바이오원유	
바이오매스 처리, 분리정제 비용이 단가상승의 요인이므로 공정 프로세스 개선 및 바이오매스에서 단순 연료생산 뿐 아니라 고부가가치 화학원료 동시 생산을 위한 경제성 확보 문제 해결 필요	○				경제성 확보	
바이오연료 BM은 선행개발 사례, 개발 가능성, 기술 적용 정유사와의 소통 수반 필요	○				사업화	
에너지 밀도 향상과 관련하여 공격적인 목표 설정 필요	○				밀도향상	이차전지
혁신적이고 새로운 형태의 R&D(in-situ sensign, no-metal 전극 등) 아이템 발굴 필요	○				차세대 R&D 발굴	
리튬 외 Post-Li, 가성비 좋은 납축전지 등에 대한 기술개발도 지원 필요	○				Post-Li	
고성능 전기차용 배터리 기술 개발 시급	○				전기차	

수요자 Needs	산	학	연	관	기술적 요구	중점기술
차세대 이차전지 기술 목표를 GM/폭스바겐 등 고객 요구사항과 연결해 상세 계획 및 산업화 연계 필요	○				전기차	
에너지저장장치 개발과 함께 에너지 저장 관리 분야에 대한 기술개발도 함께 필요	○				에너지저장 관리	
ESS-EMS 연계 등을 위해 EMS에 대한 투자 확대 필요	○				에너지저장 관리	
셀 개발에만 집중하지 말고 소프트웨어, 시스템 등 주변 또는 응용기술에 대한 R&D 지원도 필요	○				시스템/응용기술	
AC-→DC 변환 및 DC 충방전 손실 최소화를 위해 융복합 중심 기술개발 및 DC-Linked 기술 개발 필요	○				DC-Linked 기술	
LiB 와 같은 성숙 시장에서는 5+5+2~3 단계가 부적합한 전략일 수 있으나 차세대 기술에서는 환경이 다를 수 있으므로 초기 사업화 동시 추진 전략과 병행하여 지원 하는 것이 필요			○		차세대	
ESS와 PV 연계 시장이 향후 활성화 될 것	○				신재생연계 ESS	
폐배터리 처리에 대한 연구 필요, 용도 변환 사용에 대한 안정성 문제 관련 기술개발 필요	○				폐배터리 처리	
LIB 전지 소재 국산화율은 40%(중국 소재에 의지), 차별화된 소재 기술 R&D 적극 지원 필요	○				소재 국산화	
중소기업 육성을 위한 프로젝트(개발된 기술의 테스트, 검증 등) 필요	○				중소기업 지원	
FEMS에서 S/W분야의 고급제어 및 분석 기술에 대한 기술 확보가 필요(현재는 DB구축 및 분석 수준임)	○				FEMS	EMS
FEMS 도입에 의해 가능한 생산성 저하에 대한 최종소비자들이 가지는 의문점에 대해 대응 필요	○					
FEMS 관련 연구개발 미미, 좀더 투자 확대 필요	○					
연속공정(프로세스 공정)은 거의 외국기술이고 단속공정(자동차, 조선 등 조립 공정)은 관리 및 기술개발 거의 수행 안되고 있음. 외국기술의 국산화, 국내 업종 및 공정에 적합한 기술개발 필요	○					
새로운 에너지원과 기존 에너지를 융합하여 관리하는 융합형 관리시스템 개발 필요	○				에너지 융합관리	
성숙된 전력IT 기술 기반 융복합 중심 연구 수행을 위한 아이디어 필요	○				전력IT 기반 융복합	그리드
기존 개별건물 중심의 효율화에서 향후 에너지 그리드 성격의 R&D로 전환하여 수행 필요	○				그리드	
요소기술 개발 외 다단계적, 복합적 연구개발 및 실증사업 필요	○				융합기술개발 및 실증	
전력 쪽 연구개발은 활발하지만 열쪽 기술개발이 미미	○				열에너지 기술	신재생 하이브리드

수요자 Needs	산	학	연	관	기술적 요구	중점기술
열에너지 저장 연구개발 필요	○					
개별건물 열에너지 기술개발 적용은 경제성이 낮으므로 통합적으로 수요관리, 에너지 효율적 이용, 생산, 분배에 대한 종합적 기술개발 필요	○					
향후 청정에너지 시스템 기반 분산형에너지 시스템으로 나아가야함			○		분산형발전	
미래 에너지 시스템은 Prosumer, 분산화 형태. 공급/플랫폼/제어 모두 분산된 형태로 갈 것이며, Big-Data, IoT 사용 활성화는 이미 시작됨	○				분산형 발전 Big-Data	
컨트롤 가능한 분산형 발전으로 고민해 보아야 하며, 기술의 경우 집적화/대형화 된 에너지 공급기술이 비용효과적인 면에서 더 이상 효율적이지 않을 수 있다는 것을 고려해야 함	○				분산형 발전	
기후산업육성모델이 잘 만들어져 있고, 분산 에너지 중 요소기술 R&D는 잘 수행되고 있다고 봄. 따라서 방향성(분산형, 사회적 비용 낮추는 방향 등)에 대해 확신을 가지고 R&D 수행해야 함			○		분산형 발전	
에너지도 네트워크로 이해될 가능성이 높음. 이미 망 형태로 에너지 공급이 이루어지고 있으며, 전력망 비중이 높음. 향후 에너지관련 산업의 경우 네트워크로 이루어질 것.	○				에너지 네트워크	
네트워크 관련 노하우를 바탕으로 다양한 에너지원 결합→에너지를 어떤 구조로 어떤 시간대에 어떻게 누가 쓰고 있는지 알아야하며, 수요자들의 사용패턴, 정보 등을 공유해야함 →에너지 Big Data 공유 필요			○		에너지 Big Data	
열은 열로 공급해야함(지금까지는 전기를 이용한 열 공급). 하이브리드 시스템이나 Thermal Storage 등으로 공급				○	열공급 신재생하이브리드	
해양에너지 분야도 CTR 상에서 참여할 기회 필요	○				해양에너지	해양에너지
포집위주의 연구가 진행 중으로 수송과 저장 분야 연구 소홀, 향후 중요도가 높아질 것으로 예상	○				수송/저장	CCS
저장 및 수송분야 진행 사업이 미미	○					
지중저장분야는 기업에서 비즈니스모델을 만들기 어려운 분야이므로 초기 정부 투자 중요	○				지중저장/상업화	
저장소 확보에 대한 불확실성 해결이 필요	○				저장	
SPC 사업방식 필요	○				SPC	
기존 발전소에 CCS 설비 설치시의 비용을 줄일 수 있는 기술개발 필요	○				설치비용절감	
단순 포집비용 언급이 아닌 전체 시스템 비용에 대한 목표 설정 필요	○				시스템	

수요자 Needs	산	학	연	관	기술적 요구	중점기술
CCS는 포집, 저장, 전환 기술간의 균형이 중요			○		-	
대량 포집 CO2의 대량처리 기술 관련 BM개발 및 업체 주도의 CCUS 필요			○		사업화	
제공 기술과 개도국의 니즈간 갭을 고려하여 글로벌 사업 추진 필요				○	국제협력	전략기획
CASE STUDY와 경제성 분석을 R&D 추진 초기부터 병행하여 시장을 타겟으로 추진하는 것이 필요		○			시장 수요대응	
시장조사 등에 기반한 사업 추진 필요				○	시장 수요대응	
5+5+2~3만 고수하지 말고 완벽히 개발이 끝난 기술이 아니더라도 사업화를 추진하는 전략 필요				○	사업화	
개발된 기술을 산업화로 연결시키는 연계기술 확보 및 다양한 차세대 비즈니스 모델 발굴 강화 필요				○	사업화 지원	
원천기술과 산업화 사이의 Death Valley 극복을 위해 차세대 기술 경우 정부 전인 필요	○				사업화 지원	
원천 기술 개발 시 산업체가 함께 참여해서 원천기술과 사업화가 연계될 수 있도록 정책 지원 필요	○				사업화	
산업계에서 집중할 수 있는 사업모델 개발이 중요	○				사업화	
중소/중견기업이 협업할 수 있고 국내에 설치 가능한 과제 도출 지원 필요	○				중소기업 지원 실증사업 지원	
6대 기술을 융합 연계한 장기적 로드맵 수립 필요	○				기술융합	
인공광합성 관련 연구에 대한 상세 기획 고려 필요				○	인공광합성	탄소 자원화
모두 전기를 쓰는 기술로 바뀌며, 수송부분 기술혁신이 어렵다고 생각했는데, 전기차로 빠르게 전환되고 있음. 모든 부분이 빠르게 전력화 될 것	○				전기차	전기차
V2G와 같은 신시장을 만드는 부분은 CO2가 많이 배출될 수 밖에 없으나 고용창출과 성장동력, 수출 확대 부분에서 의미가 있음				○	V2G	
에너지시스템 변화는 현재까지는 외부요인(사용자 편의성, 비용 등)에 의한 것이었지만, 이제는 환경문제 등을 이유로 해서 우리가 바꾸어 나가야 함.	○				R&D 전략	기타
효율향상/수요관리가 아니라 탄소가 덜 포함된 에너지를 더 쓰는 방법으로 방향을 바꾸어가야 함	○				R&D 전략	
단위기술의 효율은 이미 포화상태이며, Network기반 기술은 Optimize되어 있음. 따라서 융합을 통한 최적화 필요				○	기술융합	
규제에 맞추어 기술개발이 수행되고, 제도가 시장규모를 키우고 발전단가를 낮출 수 있음.				○	제도 개선	

4.3. 유망 기후기술 후보군 설정

4.3.1. 기후기술의 정의

□ 기후기술 정부 R&D 개념

- 기후기술은 크게 ①탄소저감기술(Mitigation), ②탄소자원화기술(Utilization), ③기후변화적응기술(Adaptation)로 구분

※ 기후기술은 청정에너지 기술, 신재생에너지 기술 등을 포함하는 최상위 개념

- (의의) 기후기술은 기본적으로 기존의 감축수단(신재생에너지 보급 등)의 효율성을 제고함으로써 온실가스 감축부담을 완화

※ 혁신적 기후기술은 새로운 감축수단을 제공하고 신산업창출(‘기후산업’)의 전기마련

< 국내외 기후기술의 정의 >

분류	정의
녹색·기후기술 (녹색기후기술백서, GTC, 2017)	• 사회, 경제활동의 전 과정에 걸쳐 기후변화에 대응·적응하고, 온실가스를 저감 및 친환경에너지자원을 개발·확보를 통해 고부가가치를 창출함으로써 미래 저탄소 성장 동력 확보에 기여하는 기술 - 온실가스 감축기술, 청정에너지기술, 에너지이용 효율화 기술, 청정생산기술, 자원순환 및 친환경기술 등
기후기술 (UNFCCC, 2015)	• 어떠한 장비, 기법, 실용적 지식 혹은 기술로서 온실가스 배출물을 줄이거나 기후변화에 적응할 수 있도록 돕는 것
기후변화 저감기술 (OECD, 2012)	• 재생 가능한 에너지 세대와 비화석연료 에너지 세대 포함 • 온실가스의 포집, 저장, 격리, 혹은 처분 • 배출 저감에 직접적이거나 간접적인 기여를 하는 기술 • 수소기술, 연료전지 • 효율적인 전기 전과 혹은 분배를 위한 기술 • 연소기술(생산량 효율을 위한 기술, 향상된 인풋 효율을 위한 기술)
청정기술 (Clean Technology, 2016)	• 오염 방지, 자원 축소와 관리, 폐기물 축소, 에너지 효율, 탄소 완화와 수익성을 포함하되, 이것에 국한되지 않은 지속 가능한 비즈니스 접근을 지원하는 산업 안에 있는 넓은 과정, 실행, 그리고 도구를 의미

□ 기후변화대응 유망기술 후보군 선정을 위한 Data 수집 및 분석

- 27대 중점 녹색기술 및 국내외 미래 유망기술 선정 사례* 조사를 통한 유망기술 Data 수집

* 27대 중점 녹색기술, 미래성장동력 종합실천계획(2015), 에너지기술개발계획(2015), 미션 이노베이션(2016), 10대 청정에너지 혁신기술(2014), KISTI 11대 먹거리기술(2015), KISTEP 10대 미래유망기술(2016), 미래유망청정생산기술(2014), 특허청(빅데이터로 찾은 미래먹거리 기술)(2013), 중소기업맞춤형 기술개발로드맵(2014), World Economic Forum(Emerging Technologies)(2016), MIT(2016년10대 혁신기술)(2016), Mckinsey Global Institute(Disruptive technologies)(2014), 글로벌트렌드 2030 (미국국가정보위원회)(Resource Technologies 분야)(2014)

< 국내외 미래 유망기술 선정 사례 분석을 통한 유망기술 카테고리 도출 >

	27대 중점 녹색기술(GTC)	미래성장동력 종합실천계획 (2015)	에너지기술 개발계획(17대 프로그램) (2015)	미션 이노베이션 (2016)	10대 청정에너지 혁신기술(제5차 클린에너지 장관회의) (2014)	KISTI (11대역거리기술) (2015)	KISTEP (10대미래유망 기술) (2016)	한국산업기술평 가관리원 (미래유망청정 생산기술) (2014)	특허청 (빅데이터로찾 은미래먹거리기 술-에너지/자원 환경/기상분야) (2013)	중소기업청 (중소기업맞춤형 기술개발로드맵) (2014)	World Economic Forum (Emerging Technologies) (2016)	MIT (2016년10대 혁신기술) (2016)	mckinsey Global Institute (Disruptive technologies) (2014)	글로벌트렌드 2030 (미국국가정보 위원회) (ResourceTech nologies분야) (2014)
태양 에너 지	· 실 리 콘 계 태양전지의 고효율 저 가화 기술 · 비실리콘계 태양전지 양산 및 핵 심원천 기술			· 태양광	· 초고효율 태양광 발전					· 에너지변환 저장	· 페로브스카이트 태양전지	· 솔 라 시 티 기가 팩토리	· 재 생 에 너 지 기술	· 태양에너지
바이 오 에너 지	· 바이오에너 지 생산요 소기술 및 시스템 기술		· 차세대 청정연료	· 바이오	· 바이오연료					· 에너지자원 활용			· 재 생 에 너 지 기술	· 바이 오 기 반 에너지
수소 연료 전지	· 고효율 수 소제조 및 수소저장 기 술 · 차세대 고효 율 연료전지 시스템 기술		· 미래형 고효율 에너지변환 /저장	· 수소연료전지						· 에너지변환 저장				
풍력				· 풍력	· 해상풍력					· 에너지변환 저장			· 재 생 에 너 지 기술	
지열					· 지열시스템								· Geothermal	
해양													· Ocean thermal energy conversion	
신재 생하 이브 리드		· 신재생에너지 하이브리드 시스템	· 신재생하이브 리드시스템		· 신재생에너지 하이브리드 시스템									
이차 전지	· 고효율 이 차전지 기 술		· 수요 대응 형 ESS	· ESS	· 에너지 저장장치				· LiB의 분리 막 및 전해질 개발기술	· 에너지변환 저장	· 차세대 배터리		· 에 너 지 저 장 장치	

	27대 중점 녹색기술(GTC)	미래성장동력 종합실천계획 (2015)	에너지기술 개발계획(17대 프로그램) (2015)	미션 이노베이션 (2016)	10대 청정에너지 혁신기술(제5차 클린에너지 장관회의) (2014)	KISTI (11대먹거리기술) (2015)	KISTEP (10대미래유망 기술) (2016)	한국산업기술평 가관리원 (미래유망청정 생산기술) (2014)	특허청 (빅데이터로찾 은미래먹거리기 술-에너지/자원 환경/기상분야) (2013)	중소기업청 (중소기업맞춤형 기술개발로드맵) (2014)	World Economic Forum (Emerging Technologies) (2016)	MIT (2016년10대 혁신기술) (2016)	mckinsey Global Institue (Disruptive technologies) (2014)	글로벌트렌드 2030 (미국국가정보 위원회) (ResourceTech nologies분야) (2014)
									슈퍼캐패시터 전극 개발기술 · 메탈/에어전 지의 공기극 개발 기술					
그리 드		· 멀티터미널 직류 송배전 시스템	· 스마트 마이크로 그리드 에너지 네트워크 시스템 · 차세대송배전 · 무선전력 송수신	· 스마트그리드	· 초고압 직류송전 · 마이크로 그리드									
도시 건물 효율	· 생 태 공 간 조성 및 도시재생 기술 · 친환경 저에너 지 건축 기술 · 조명용 그린 기술		· 스마트 홈·빌 딩	· 건물효율						· 에코조명건축				
EMS			· 스 마 트 FEMS		· 빅데이터 에너지관리 시스템				· 에너지관리 기술					
수송	· 고효율 자공해 차량 기술 · 지능형 교통 물류 기술	· 스마트자동차		· 수송효율		· 친환경 탄소 제로엔진				· 수송기계	· 자율주행자동차	· 테슬라 자동조종 장치	· 무인 자동차	
공정	· 환 경 부 하 및 에너지 소비 예측을 고 려 한 G r e e n Process 기 술	· 첨 단 소 재 가 공시스템	· 3D프린팅 기 반 최신제조공 정					· 그린프린팅 · 청정원천 공정기술 · 에코 공정설 계 기술 · 분 리 정 제 공 정기술 · 건식공정 기술	· 자 원 절 감 형 3D 프 린팅 기술	· 친환경생산 · 제조기반 · 무기소재공정 · 화학소재공정		· 3D 프린트		
산업 효율	· 전력 및 전 기기 효율 성 향상 기술			· 산업효율						· 산업용기계				

	27대 중점 녹색기술(GTC)	미래성장동력 종합실천계획 (2015)	에너지기술 개발계획(17대 프로그램) (2015)	미션 이노베이션 (2016)	10대 청정에너지 혁신기술(제5차 클린에너지 장관회의) (2014)	KISTI (11대먹거리기술) (2015)	KISTEP (10대미래유망 기술) (2016)	한국산업기술평 가관리원 (미래유망청정 생산기술) (2014)	특허청 (빅데이터로찾 은미래먹거리기 술-에너지/자원 환경/기상분야) (2013)	중소기업청 (중소기업맞춤형 기술개발로드맵) (2014)	World Economic Forum (Emerging Technologies) (2016)	MIT (2016년10대 혁신기술) (2016)	mckinsey Global Institue (Disruptive technologies) (2014)	글로벌트렌드 2030 (미국국가정보 위원회) (ResourceTech nologies분야) (2014)
차세 대 발전		· 초임계 CO ₂ 발전시스템	· 미래형 에너지발전											
청정 화력	· 석탄가스화 복합발전 기술		· 고효율 청정화력 발전	· 청정화력										
CCS	· CO ₂ 포집 저 장 처리기술		· CCUS	· CCUS	· 탄 소 포 집 및 저장				· 신개념 연소 후 CO ₂ 포집 시스템 · 이 산 화 탄 소 포집 저장 및 고정화 처리기술					
Non- CO ₂	· Non-CO ₂ (이 산 화 탄 소재외 온 실 가스) 처 리 기술													
소재		· 융복합 소재						· 유니소재	· 단열기술(소 재 및 시스템)	· 나노융합	· 2D소재		· 첨단 재료	
자원 개발 관리		· 심해저/극한 환경 해양 플랫폼	· 차세대 전 략자원개발					· 자연모사 · 자원/에너지 절감관리 서 비스 시스템	· 세일/ 치밀가스 · 이종물리탐 사자료 복합 분석 및 해석기술 · 광체 매장량 평가 및 모델링 기술 · 자연모사를 이용한 에너지 자원 및 오염물저감 기술	· 에너지자원 활용			· 첨단석유/가 스 탐사 및 채굴기술	
적응	· 기후변화 예측 및 모 델링 개발	· 재난안전관리 스마트시스템				· 도시,해양,사 막 녹색화 기술		· 환경규제 대응 대응기 반기술	· 온실가스 배출 분석 통합 모니터					·물관리

	27대 중점 녹색기술(GTC)	미래성장동력 종합실천계획 (2015)	에너지기술 개발계획(17대 프로그램) (2015)	미션 이노베이션 (2016)	10대 청정에너지 혁신기술(제5차 클린에너지 장관회의) (2014)	KISTI (11대핵거라기술) (2015)	KISTEP (10대미래유망 기술) (2016)	한국산업기술평 가관리원 (미래유망청정 생산기술) (2014)	특허청 (빅데이터로찾 은미래먹거리기 술-에너지/자원 환경/기상분야) (2013)	중소기업청 (중소기업맞춤형 기술개발로드맵) (2014)	World Economic Forum (Emerging Technologies) (2016)	MIT (2016년10대 혁신기술) (2016)	mckinsey Global Institue (Disruptive technologies) (2014)	글로벌트렌드 2030 (미국국가정보 위원회) (ResourceTech nologies분야) (2014)
	기술 · 기 후 변 화 영 향 평 가 및 적응기술 · 수계수질평 가 및 관리 기술 · 대체수자원 확보기술 · 유해성물질 모 니 터 링 및 환경정 화 기술							· 유해물질 규제기술 · 환경오염 저 감관리 서비 스 시스템	· 링 시스템 · 자동기상 관측장비 · 자동 적설계 · 기상정보 서비스 기술					
ICT		· 지능형 로봇 · 착용형 스마 트기기 · 지능형 사물 인터넷 · 빅데이터	· 에 너 지 I o T + B i g Data 플랫폼				· 사물 정보 기 술 (IoE)			· ICT융합	· 나 노 센 서 와 나 노 사 물 인 터 넷		· 사물인터넷 · 클라우드 기 술 · 첨단 로봇 기술	
미세 먼지/ 오염 물질 저감							· 시스템 기 반 미세먼지 대응기술		· 여 과 집 진 방식의 입자 상 오염물질 처리기술 · 분리막 여과 방식의 용존 성 오염물 질 처리기술 · 프 탈 레 이 트 계 가소제 대체 및 저 감기술 · 배출원 원천 감량화 기술					
원자 력	· 개량형 경 수로 설계 및 건설 기		· 국 민 안 심 원자력발전	· 원자력										

	27대 중점 녹색기술(GTC)	미래성장동력 종합실천계획 (2015)	에너지기술 개발계획(17대 프로그램) (2015)	미션 이노베이션 (2016)	10대 청정에너지 혁신기술(제5차 클린에너지 장관회의) (2014)	KISTI (11대먹거리기술) (2015)	KISTEP (10대미래유망 기술) (2016)	한국산업기술평 가관리원 (미래유망청정 생산기술) (2014)	특허청 (빅데이터로 찾 은미래먹거리기 술-에너지/자원 환경/기상분야) (2013)	중소기업청 (중소기업맞춤형 기술개발로드맵) (2014)	World Economic Forum (Emerging Technologies) (2016)	MIT (2016년10대 혁신기술) (2016)	mckinsey Global Institue (Disruptive technologies) (2014)	글로벌트렌드 2030 (미국국가정보 위원회) (ResourceTech nologies분야) (2014)
	· 술 · 친환경 핵비 · 확산성 고속 · 로 및 순환 · 핵 주 기 시 스 · 템 개발 기 · 술 · 핵융합로 설 · 계 및 건설 · 기술													
활용	· 폐기물 저감 · 재활용 에너 · 지화 기술													
기타	· 친환경 식 · 물성장 촉진 · 기술 · 가상현실 기 · 술	· 5G 이동통신 · 고속-수직 · 이착륙 무인 · 항공기 실감형 · 콘텐츠 · 스마트 바이 · 오 생산시스 · 템 · 가상훈련 시 · 스템 · 맞춤형 웰니 · 스 케어 · 지능형 반도 · 체		· e-프로슈머		· 진단 치료용 · 나노머신 · 뇌 신경 모방 · 반도체 소자 · 소프트로봇 · 자연모사 · 감각센서 · 뇌-기계 · 인터페이스 · 기능성 분자 · 전자소자 · 양자컴퓨팅 · 슈퍼박테리아 · 대응기술 · 인공 광합성 · 기반 청정 · 에너지 생산 · 기술	· 빅 데이터 · 기반 사기방지 · 기술 · 온라인/모바 · 일 금융거래 · 보안기술 · 사물인터넷 · (IoT)보안 · 딥러닝 기반 · 디지털 어 · 시스턴트 · 여가용 가상 · 현실 기술 · 정신건강 · 진단/치료 · 기술 · 소셜로봇(공 · 감로봇기술) · 빅데이터 기반 · 감염병 예측/ · 경보시스템			· 로봇응용 · 바이오 · 의료기기 · 차세대 디스 · 플레이 · 반도체 · 컴퓨팅SW · 디지털 콘텐 · 츠 · DTV방송 · 안전보안	· 블록체인 · 인체장기 칩 · 개방형 인공 · 지능 생태계 · 광유전학 · 시스템 대사 · 공학	· 번역공학 · 농작물 유전 · 자 편집 · 대화 인터페 · 이스 · 재사용 가능 · 한 로케 · 로봇간 정보 · 를 공유할 · 수 있는 로 · 봇 · DNA 앱 스 · 토어 · 업무용 메신 · 저 '슬랙' · 공기전력 공 · 급	· 모바일 · 인터넷 · 지식노동의 · 자동화 · 차세대 · 유전학	· 유전자 변형 · 작물 · 정밀농업

- 국내외 유망기술 선정 관련 Data 분석을 통하여 총 26개의 사례별 기술 카테고리 도출

유망기술 사례별 공통 기술 카테고리				
태양에너지	바이오에너지	수소연료전지	풍력	해양
지열	신재생하이브리드	그리드	이차전지	산업효율
도시·건물 효율	EMS	수송	제조공정	소재
차세대발전	청정화력	CCS	Non-CO2	자원개발·관리
적응	ICT	미세먼지/오염물질 저감	원자력	활용 및 기타

- 도출된 기술 카테고리과 녹색기술분류(KIAT), 인증대상 녹색사업 기술분류(KIAT), 녹색 산업 분류체계(2015,GTC)와의 비교를 통해 기후변화대응 유망기술 후보로 4개의 상위 기술군 및 15개 세부기술군 도출

< 기후산업 유망기술 후보기술군 정리>

유망기술 후보기술군	녹색기술 분류 (KIAT)	녹색사업 분류 (KIAT)	녹색산업 분류체계 (GTC,2015) ⁵⁰⁾
태양에너지	태양광, 태양열	태양에너지 개발·보급·활용	신재생에너지(태양광, 태양열)
바이오에너지	바이오폐기물에너지	바이오연료 고효율화 공정·설비 설치·운영, 목질계/에너지작물 개발·보급, 가연성 폐기물 에너지화, 유기성 폐자원 에너지화 플랜트 건설·운영	신재생에너지(바이오에너지)
수소연료전지	연료전지, 수소	연료전지 개발보급	신재생에너지 (수소에너지, 연료전지)
풍력	풍력	풍력(해상·육상) 에너지 보급	신재생에너지(풍력)
지열	지열	지열에너지 개발·보급·이용	신재생에너지(지열)
해양	해양에너지	해양에너지(해양바이오연료 포함) 및 해양자원 보급·이용, 신재생에너지용 해양공간 조성, 해수담수화	수자원 관리(해수담수화(소분류)) 신재생에너지(해양에너지)
신재생하이브리드			스마트/마이크로그리드(EV충전 및 V2G)
이차전지	에너지 저장, 차세대 이차전지		스마트/마이크로그리드(에너지 저장)
스마트그리드	스마트그리드	스마트그리드 도입·확산	스마트/마이크로그리드
건물	신광원 고효율 조명, U-City,	LED 응용·보급·확산, 에너지	그린시티, 그린홈

유망기술 후보기술군	녹색기술 분류 (KIAT)	녹색사업 분류 (KIAT)	녹색산업 분류체계 (GTC,2015) ⁵⁰⁾
	저에너지 친환경 주택	절약형 건축물 신·개축, U-City 통합 운영센터 구축, 에너지 자립형 마을 조성 등	
EMS	그린 SW & 솔루션	EMS 도입	스마트/마이크로그리드(에너지 관리)
수송	그린카, 저공해 고효율 차량	친환경 그린카 보급, 그린카 지원인프라 구축	지능형 차량, 교통, 철도 시스템
산업효율	에너지 다소비기기 및 산업공정 고효율화, 청정생산,	에너지 고효율화 공정·설비 설치·운영	
	히트펌프, 에너지 다소비기기 및 산업공정 고효율화	소각여열 회수 재이용, 열병합발전 시스템 플랜트 설치·운영	
	소형열병합기술	도시기반 복합형 에너지 플랜트 설치·운영	
청정화력	IGCC, 청정연료	IGCC 플랜트 건설·운영, 청정연료 고효율화 공정·설비 설치·운영	청정화석에너지
CCS	CCS	CO ₂ 포집·저장·활용플랜트 설치·운영	이산화탄소 포집·저장·전환
Non-CO ₂	Non-CO ₂ 온실가스 처리	Non-CO ₂ 배출저감	Non-CO ₂ 처리 및 모니터링
소재	신소재		
적용	자연친화적 하천관리, 담수플랜트, 자연 재해 대응시스템, 통합수자원관리, 수계 수질 평가/관리, 해양수자원, 고효율 농어촌 용수자원, 고도 수처리, 누수 방지 및 절수, 기후변화 영향평가 및 적응, 폐기 물 및 폐자원, 기후변화 감시 및 예측, 생태계 보전 및 복원, 유해성 물질 모니터링 및 환경 정화, 기상관측장비/ 예보 등	대하천 홍수 조절지 건설, 환경보호 및 보전사업(대분류)	기후변화 관측산업, 질환산업, 재해저감 산업, 대기·수질·토양 오염 처리 산업
자원개발관리			
ICT	차세대 IoT 센서 네트워크		
미세 먼지/오염 물질 저감			
원자력	원자력, 핵융합		원자력에너지
활용			

50) 지속가능한 녹색기술 R&D 정책추진을 위한 지원연구-녹색산업 분류체계 마련 연구, 녹색기술센터, 2015

4.3.2 기후변화대응 유망기술 도출을 위한 정책적 고려사항

○ '30년 신재생에너지 전력량 20% 목표 설정

- 산업부는 당초 '35년까지 13.4%인 신재생에너지 발전비중 목표를 '25년까지로 10년 앞당길 의지 표명('16.11월 신재생에너지 보급 활성화 대책)

* '25년 13.4% 달성 시 '30년 신재생 발전비중은 18% 수준으로 예상되어 '30년 까지 20% 달성은 충분히 가능할 것으로 기대

- 신재생에너지 전력량 비중 확대에 안정적인 에너지 공급과 발전부문 온실가스 감축 기여

○ 신재생3020 이행계획 수립('17.8월 예정)

- 산업부는 6월 29일 '30년까지 신재생에너지의 전력생산 비율을 20%까지 공급하기 위한 「신재생3020 이행계획」 수립 논의를 위해 민·관 합동 회의 개최

< 신재생 3020 이행계획(안) 핵심내용 >

- '30년 까지 53GW의 신규 신재생에너지 설비 보급
 - 태양광 및 풍력을 80% 수준으로 보급해 선진국 수준의 믹스 달성
 - 연평균 설치량을 현 보급추세(연평균 1.7GW)보다 2GW씩 추가된 3.7GW로 확대
 - 신재생에너지 계획입지제도* 도입
 - * 계획입지제도: 잔류염분 등으로 경작이 어려운 간척지, 유휴/한계농지 등을 활용
 - 신재생에너지 일자리 창출을 위한 기술개발(R&D), 실증, 수요창출을 통한 경쟁력 강화, 국내 산업생태계 육성, 수출지원, 세금감면 등 추진
- ※ (향후 계획) 규제개선, 수용성, 지역·공공, 일자리·산업 등 4개 이슈별로 분과를 구성·운영하여 늦어도 8월말까지 신재생 3020 이행계획 수립 예정

○ 국정운영 5개년 계획(100대 국정과제) 발표

- 친환경차(전기차·수소차 등) 및 IoT·빅데이터 기반의 스마트카 육성, 이차전지를 비롯한 전기차 부품 및 충전인프라 등 신산업 창출
- 온실가스 감축을 위한 신재생에너지 인프라 확대, 분산형 전원 등 에너지 신산업 비즈니스 모델 정착 및 친환경 미래 에너지발굴 육성

<정부정책 및 유망기술 후보군 비교>

구분	신재생						효율향상			수요관리				온실가스 처리/활용	
	태양 에너지	바이오 에너지	수소 연료전지	풍력	지열	해양	건물	수송	산업 효율	신재생 하이브리드	에너지 저장	스마트 그리드	EMS	CCS	Non-CO ₂ 처리기술
더불어 민주당 제19대 대선 공약	4차 산업혁명 기반 ICT 르네상스														
	ICT 강국을 상징하는 스마트 시티 조성 확산						○					○	○		
	고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴·육성														
	전후방 산업연관효과가 큰 미래형 친환경·스마트카 육성							○			○				
	기후변화협약 등 온실가스 감축에 대응할 신재생에너지산업 육성	○	○	○	○	○				○	○	○		○	
	한국형 자율협력주행 스마트하이웨이시스템 고도화, 확산							○							
	조선·해운 상생으로 재건														
	친환경 고효율 선박 확보를 통해 조선·해운 상생협력 구축							○							
	혁신도시를 4차 산업혁명의 전진기지화														
	혁신도시 중심의 혁신 클러스터 통한 지역산업 경쟁력 확보(지능형 스마트도시)	○	○	○	○	○	○	○		○	○				
	원전 정책 전면 재검토														
	RPS 의무공급비율 목표 상향조정, 통한 신재생에너지 보급 확대	○	○	○	○	○				○	○				
	재생에너지 비율 2030년까지 20% 확대														
	남해안의 풍부한 풍력자원을 이용한 해상풍력 집중투자				○										
	재생에너지 전력생산 비율 2030년까지 20%로 상향조정	○	○	○	○					○	○				
	4차 산업 적용 에너지사용 효율화 기술개발 추진											○	○		
	건축물의 단열, 각종 에너지 제품의 효율향상 등을 통하여 효율적인 에너지 수요관리						○								
	친환경 저탄소 미래에너지 발굴														

구분		신재생						효율향상			수요관리				온실가스 처리/활용	
		태양 에너지	바이오 에너지	수소 연료전지	풍력	지열	해양	건물	수송	산업 효율	신재생 하이브리드	에너지 저장	스마트 그리드	EMS	CCS	Non-CO ₂ 처리기술
	저탄소·친환경 전원기반 마련(분산형 전원설비 보급)										○	○	○			
	수요자원 거래시장, 태양광 대여사업, 에너지 프로슈머 등 에너지 신산업 비즈니스 모델 정착 및 발굴 육성	○						○	○	○	○	○	○	○	○	
	에너지다소비형 산업구조를 저탄소 고효율성 구조로 전환									○						
	4차 산업사회 기반 IoE(Internet of Energy) 산업 육성													○		
문재인 정부 국정 운영 5개년 계획 (100대 국정 과제)	고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴·육성															
	(친환경·스마트카) 전기차·수소차 획기적 보급 확대, 자동차-ICT 융합 플랫폼 구축 등 스마트카 개발 및 자율주행차 산업 육성			○					○			○				
	친환경 미래 에너지발굴·육성															
	(재생에너지) '30년 재생에너지 발전량 비중 20% 달성	○	○	○	○						○	○				
	(에너지신산업) 친환경·스마트 에너지 인프라 구축, IoE 기반 신비즈니스 창출											○	○	○		
	(에너지효율) 핵심분야별 수요관리 강화, 미활용 열에너지 활용 활성화 등을 통해 저탄소·고효율 구조로 전환							○	○	○				○		

구분	신재생						효율향상			수요관리				온실가스 처리/활용	
	태양 에너지	바이오 에너지	수소 연료전지	풍력	지열	해양	건물	수송	산업 효율	신재생 하이브리드	에너지 저장	스마트 그리드	EMS	CCS	Non-CO ₂ 처리기술
주력산업 경쟁력 제고로 산업경제의 활력 회복															
(제조업 부흥) '22년까지 스마트 공장 2만개 보급·확산							○		○				○		
미세먼지 걱정 없는 쾌적한 대기환경 조성															
(경유차 단계적 감축) '22년까지 전기차 등 친환경차 보급 획기적 확대								○			○				
탈원전 정책으로 안전하고 깨끗한 에너지로 전환															
(분산형 전원 확대) 분산형 전원의 인허가, 연료구매, 요금설정 등 전 과정에 대한 체계적인 지원 강화	○	○	○	○	○	○				○	○	○	○		
도시경쟁력 강화 및 삶의 질 개선을 위한 도시재생뉴딜 추진															
(주거취약계층 녹색건축물 우선 적용) '18년부터 공공임대주택 등 소형 주택 에너지성능을 패시브하우스 수준으로 강화							○								
신재생 3020 이행계획															
이행계획 수립('17.8월 예정)	○			○						○	○				

4.3.3. 기후변화대응 유망기술 후보군 도출

- 국내외 유망기술 Data 분석과 녹색기술 분류, 녹색사업 분류, 녹색산업 분류체계와의 비교 및 세계 기후변화대응 정책, 신정부 에너지정책을 반영하여 신재생에너지, 수요관리, 효율 향상, 온실가스 처리/활용 분야의 기술을 중심으로 유망기술군 후보 도출 및 활용기술 정의

< 기후산업 유망기술군 후보 영역 >

유망기술 후보기술군		녹색기술 분류	녹색사업 분류	녹색산업 분류체계 ⁵¹⁾
신재생 에너지	태양에너지	○	○	○
	바이오에너지	○	○	○
	수소연료전지	○	○	○
	풍력	○	○	○
	지열	○	○	○
	해양	○	○	○
수요관리	신재생하이브리드			○
	에너지저장	○		○
	스마트그리드	○	○	○
	EMS	○	○	○
효율향상	건물	○	○	○
	수송	○	○	○
	산업효율	○	○	
온실가스 처리/활용	CCS	○	○	○
	Non-CO ₂ 처리기술	○	○	○

< 기후산업 유망기술군 후보의 기술군 및 활용기술 정의>

상위 기술군	세부 기술	기술군 정의	중점기술
신재생 에너지	태양 에너지	태양으로부터 오는 빛에너지나 열에너지를 전기 및 열로 변환/저장시켜 직간접적으로 활용하는 기술	- 태양광(Solar Photovoltaic, 발전) - 태양열(Solar thermal, 냉·난방·발전) - 태양연료 (Solar fuel, 연료)
	바이오 에너지	바이오매스(Biomass, 유기성 생물체를 총칭)를 직접 또는 생·화학적, 물리적 변환과정을 통해 액체, 가스, 고체연료나 전기·열에너지 형태로 이용하는 화학, 생물, 연소공학 등의 기술	- 바이오액체연료 생산기술 - 바이오매스 가스화기술 - 바이오매스 생산/가공기술
	수소·연료 전지	(수소에너지) 물, 유기물, 화석연료 등의 화합물 형태로 존재하는 수소를 분리, 생산해서 이용 (연료전지) 수소와 산소의 화학반응으로 생기는 화학에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 기술	- 수소 제조·저장·이용 - MCFC, SOFC, PEMFC, DMFC 등

51) 지속가능한 녹색기술 R&D 정책추진을 위한 지원연구-녹색산업 분류체계 마련 연구, 녹색기술센터, 2015

	풍력	바람에너지를 변환시켜 전기를 생산하는 발전 기술	- 대용량 육해상 풍력발전 - 육해상 풍력발전단지 개발 및 운영기술 - 육해상 풍력 하부구조물 설치 기술
	지열	물, 지하수 및 지하의 열 등의 온도차를 이용하여 냉·난방에 활용하는 기술	- 지열원 냉난방 시스템 - 지열원 및 하이브리드 열원 최적 통합 - 지역 열공급 시스템
	해양	해양의 조수·파도·해류·온도차 등을 변환시켜 전기 또는 열을 생산하는 기술	- 조력/파력/조류 발전 - 온도차 발전 - 해양염분차 발전
에너지 효율 향상	건물	스마트그리드, 신재생에너지 등 전력공급의 다양화, 도시/건물 전력 이용 다변화 및 증가하는 전력수요에 대응할 수 있는 도시/건물 부하저감, 효율향상 및 운영관리 관련 기술	- 스마트시티 - 제로에너지하우스 - ICT 연계 최적 에너지 수요관리 기술
	수송	고연비, 저탄소차량, 클린디젤, 전기·하이브리드·지능형 그린 자동차 등 온실가스 저감을 위한 고효율 저공해 자동차 관련 기술	- 전기자동차 - 연료전지 자동차 - 하이브리드 자동차
	산업 효율	- 온실가스 배출을 줄이고, 자원 효율성을 극대화할 수 있는 공정 - 에너지다소비기기의 효율향상 기술	- 친환경공정 - 전동기, 보일러, 요, 로, 건조기 효율향상 기술
온실 가스 처리/활용	CCS	고농도의 CO₂를 포집·압축·수송하여 안전하게 대량저장 하는 기술	- CO₂ 포집기술 - CO₂ 수송기술 - CO₂ 저장기술
	Non-CO ₂ 처리기술	Non-CO₂(이산화탄소 제외) 온실가스의 발생 현황을 모니터링 및 데이터베이스화하고, 이를 저감하고자 포집, 정제, 활용 및 분해처리 기술과 배출을 원천적으로 개선할 수 있는 대체물질 및 대체프로세스를 개발하는 기술	- Non-CO₂ 대기오염 물질의 발생 억제, 포집, 정제, 활용, 대체 기술 - Non-CO₂ 모니터링 및 평가 기술
수요 관리	에너지 저장	외부의 전기 에너지를 화학 에너지의 형태로 바꾸어 저장해 두었다가 필요할 때에 전기를 만들어 내는 기술	- 전지식 저장장치(리튬이차전지, 초고용량 커패시터, 레독스 흐름전지, 나트륨전지 등) - 에너지 저장시스템(ESS)
	신재생 하이브리드	신재생에너지를 포함한 둘 이상의 에너지생산시스템과 에너지저장시스템을 결합한 전력 및 열, 가스 공급·관리 시스템	- 친환경에너지타운 - 제로에너지빌딩 - 에너지 자립섬 - V2G
	스마트 그리드	전기의 생산, 운반, 소비 과정에 정보통신기술을 접목하여 공급자와 소비자가 서로 상호작용함으로써 효율성을 높인 지능형 전력망시스템	- 신재생분산발전 - 전기차 충전시스템 - 에너지 프로슈머
	EMS	공장, 빌딩 등의 에너지 소비 관리 시스템	- BEMS (Building EMS) - FEMS (Factory EMS) - CEMS (Community EMS)

4.4. 기후변화대응 유망기술 발굴 설문

4.4.1. 기후변화대응 기술 후보군 간 우선순위 도출

□ 개요

- 기후변화대응 관련 유망기술의 우선순위 도출을 위해 분야별 기술전문가 32인을 대상으로 15개 후보기술별 시장매력도, 국내 연구환경 수준, 정책·제도 지원환경 수준, 온실가스 감축 기여도, 기술수준에 대한 설문 실시
- 설문 참여자의 설문 결과 중 참여자의 전문 연구분야와 관련이 있는 기술군에 대한 설문 결과만을 결과분석에 사용

□ 설문 내용

- 각 후보기술별로 시장매력도, 국내 연구환경 수준, 정책·제도 지원환경 수준, 온실가스 감축 기여도, 기술수준에 관해 5점척도 혹은 100점 척도를 이용하여 기술수준 평가 실시

구분		평가방법
1. 시장매력도	평가기술별 세계 시장의 성장 및 확장 가능성, 시장의 경쟁 상황 등을 종합적으로 고려한 중장기(2030년) 시장매력도	5점척도 (매우낮음(1)~매우높음(5))
2. 국내 연구환경 수준	국내 관련 연구자 수, R&D 인프라(실험장비, 실증 등) 구축 수준 등을 종합적으로 고려한 연구환경 수준	
3. 정책·제도 지원 환경 수준	지원제도, 정책의 일관성, 표준화 등의 제반 인프라를 고려하였을 때 각 분야 별 개발기술의 실제 적용 및 사업화를 위한 환경 수준	
4. 온실가스 감축 기여도	각 기술개발이 중장기(~2030년)적 측면에서 온실가스 감축목표 달성에 대한 기여도	
5. 기술수준	최고 기술보유국의 기술수준을 100점으로 하여, 현재시점에서 최고기술 대비 국내 기술의 상대적인 수준	0~100점까지 1점 단위로 점수 기입

□ 참여자 구성

- 본 설문은 대학 및 연구소의 기술전문가 32명을 대상으로 실시하였으며, 이 중 정책/전략 전문가의 설문을 제외한 30개의 설문결과를 사용

구분		응답자수	구분	응답자수(비율)
연구 경력	5년 미만	1	신재생	14 (47%)
	5년 이상~10년 미만	2		
	10년 이상~20년 미만	14	효율 향상/수요관리	12 (40%)
	20년 이상	13		
소속 기관	대학	2	기후변화/청정연료/CCS	4 (13%)
	국공립연구기관 및 정부출연연구소	26		
	기업 및 민간연구소	2		
총 30명				

- (기후산업 유망기술 후보군 기술 및 연구환경 수준 분석) 기술별 연구환경 수준 및 최고 기술수준 대비 기술수준에 대한 전문가 설문평가와 2014년 녹색기술 R&D 투자 통계에 의거한 정부의 R&D 투자액을 기준으로 15개 기후기술 후보군의 현황을 분석
 - 태양에너지와 이차전지 기술은 연구환경수준과 기술수준 모두 높으며, 정부의 R&D 투자액도 큰 것으로 나타남
 - 지열과 해양 기술의 경우 현재의 기술수준이 하위권이며, R&D 투자도 상대적으로 낮고 이에 따라 연구환경 수준도 하위권으로 나타남



- (온실가스 감축 기여도 및 시장매력도 평가 결과) 기술별 시장매력도, 온실가스 감축 기여도에 대한 설문평가와 정부의 에너지/기후기술 관련 정책과 기술분야의 부합도 분석 실시
 - ※ 정책부합도의 경우 ‘제2차 에너지 기본계획(' 14)’, ‘제3차 에너지기술개발계획(' 14)’, ‘기후변화 대응 기술혁신과 산업화 지원계획(' 15)’, 신기후체제 대응을 위한 '2030 에너지산업 확산 전략(' 15), ‘청정에너지 기술발전전략(' 16)’과 후보기술과의 연관성 분석을 통해 도출

- 온실가스 감축기여도(>3.5)와 시장매력도(>3.5)가 모두 높은 그룹은 태양에너지, 신재생하이브리드, 풍력, EMS, 건물, 수송 분야로 나타났으며, 해당 분야 기술의 정책부합도 역시 상위권으로 나타남
- 온실가스 감축기여도는 낮지만(<3.5) 시장매력도가 높은(>3.5) 후보기술군은 이차전지, 스마트그리드, 수소연료전지 분야로 향후 관련분야의 시장 확대 및 신시장 창출에 대비한 기술개발 수행이 필요함
- 온실가스 감축기여도와 시장매력도가 모두 낮은(<3.5) 기술군은 바이오에너지, 지열, 해양, Non-CO2처리기술로 나타남. 이 중 바이오에너지는 낮은 온실가스 감축기여도와 시장매력도에도 불구하고 정책부합도가 큰 것으로 나타나, 국가차원에서 지속적으로 기술개발에 투자해야 할 필요가 있음



- (기후변화대응 기술 후보군 간 종합 우선순위 도출) AHP 설문평가 실시로 평가기준 간 상대적 중요도 및 가중치를 도출하였으며, 기술전문가를 대상으로 한 우선순위 설문 평가점수에 이 가중치를 적용하여 최종 우선순위 산정

<평가기준 간 상대적 중요도 산정에 의한 가중치>

구분	시장매력도	국내 연구환경 수준	정책·제도 지원 환경 수준	온실가스 감축 기여도	기술수준
가중치	0.345	0.075	0.142	0.294	0.144

- 기술간 우선순위 점수 도출 시 설문 결과의 평균값을 100점 척도를 기준으로 Normalize 하고, 각 평가기준 별 가중치를 적용하여 기후변화대응 기술후보 간 기술개발 우선순위 선정을 위한 종합점수 도출
- 기술 우선순위 종합점수 도출 결과 태양에너지, 에너지저장, 풍력, 스마트그리드, 수송, CCS 기술 분야가 기후변화대응 관련 유망기술 기술우선순위 평가에서 상위권으로 나타남

< 기술간 우선순위 도출 >

구분	신재생						효율향상			수요관리				온실가스 처리/활용	
	태양 에너지	바이오 에너지	수소 연료전지	풍력	지열	해양	건물	수송	산업 효율	신재생 하이브리드	에너지 저장	스마트 그리드	EMS	CCS	Non-CO ₂ 처리기술
시장 매력도	90.91	82.00	73.33	82.50	62.50	57.50	75.56	75.56	72.73	80.00	89.09	83.64	73.33	80.00	50.00
국내 연구환경 수준	78.18	56.36	74.55	60.00	60.00	48.00	65.00	68.89	66.67	58.95	80.00	70.00	67.50	75.00	60.00
정책·제도 지원환경 수준	82.00	64.44	65.45	71.43	60.00	48.57	60.00	60.00	63.64	57.78	76.36	58.18	55.00	65.00	50.00
온실가스 감축기여도	73.33	65.00	55.00	84.00	58.00	52.00	76.67	83.33	77.50	71.11	65.71	72.50	70.00	70.00	53.33
기술수준	86.50	83.13	84.00	72.14	69.14	65.71	80.89	82.22	81.27	73.39	87.27	81.36	74.17	82.50	77.50
평가결과	82.89	72.75	68.45	78.19	61.59	55.09	73.65	76.09	73.62	71.70	79.47	75.40	69.43	74.92	55.69
Normalize	1.00	0.88	0.83	0.94	0.74	0.66	0.89	0.92	0.89	0.87	0.96	0.91	0.84	0.90	0.67

4.4.2. 기후변화대응 분야별 투자 우선순위 도출

- (개요) 국가 기후변화대응 R&D 투자를 추진함에 있어 주요 분야별(신재생에너지, 에너지효율향상, 온실가스 처리/활용, 수요관리) 투자 우선순위 도출을 위해 전략기획 전문가를 대상으로 AHP 설문평가 실시
- (설문 내용) 투자 우선순위 도출을 위해 신재생에너지, 효율향상, 수요관리, 온실가스 처리/활용 분야에 대한 국가 정책·전략 연계성, 기술개발 시급성, 경제·사회적 파급효과에 대한 설문 실시

기준	설명	평가방법
1. 국가 정책·전략 연계성	• 국가 주요 기후변화 및 에너지 관련 정책과 국가 R&D 투자전략 등 국가 상위계획과의 부합성 등을 고려한 R&D의 정책적 연계 정도	AHP 설문평가
2. 기술개발 시급성	• 국내외 환경 및 시장 전망, 국내 기술역량과 인프라 등을 고려하였을 때 해당 분야의 R&D 추진의 시급성 정도	
3. 온실가스 감축 및 경제·사회적 파급효과	• 온실가스 감축, 신시장 및 일자리 창출효과 등을 고려하여 관련 R&D가 기후변화 대응과 산업에 미치는 파급 효과 정도	

- (참여자 구성) 총 18명의 대학 및 정부출연연구소, 연구전담기관 등 국가 에너지 정책·전략기획 전문가들이 본 설문에 참여하였으며, 설문응답 중 일관성지수가 0.1 이하(C.R.≤0.1)인 17부의 설문평가 데이터를 분석에 사용

구분		응답자수	구분		응답자수
연구 경력	5년 이상~10년 미만	3	소속 기관	대 학	1
	10년 이상~20년 미만	4		국공립연구기관 및 정부출연연구기관	11
	20년 이상	11		연구전담기관	5
				공공기관	1
총 18명					

- (평가기준 간 상대적 중요도 평가) AHP 설문평가를 통해 3개의 평가기준 간 상대적 중요도 및 가중치 산정

구분	국가 정책·전략 연계성	기술개발 시급성	온실가스 감축 및 경제·사회적 파급효과
가중치	0.374	0.283	0.343

- (분야 간 전략적 R&D 투자 우선순위 산정 결과) 신재생, 효율향상, 수요관리, 온실가스 처리 활용분야를 대상으로 3개의 기준(국가 정책·전략 연계성, 기술개발 시급성, 온실가스 감축 및 경제·사회적 파급효과)을 활용하여 전략적 R&D 투자 중요도 산정을 위한 AHP 평가 수행

- 3가지 기준 모두에서 신재생분야가 중요도가 가장 높게 나왔으며, 가중치를 반영한 최종적인 전략적 R&D 투자 중요도 분야는 신재생, 수요관리, 효율향상, 온실가스 처리/활용 분야 순으로 중요한 것으로 도출됨

<분야 간 전략적 R&D 투자 우선순위>

구분	구분	국가 정책·전략 연계성	기술개발 시급성	온실가스 감축 및 경제·사회적 파급효과	최종 가중치
	가중치	0.399	0.286	0.315	
신재생		0.379	0.410	0.424	0.402
효율향상		0.238	0.217	0.247	0.235
수요관리		0.280	0.236	0.215	0.247
온실가스 처리/활용		0.103	0.137	0.114	0.116
계		1.000	1.000	1.000	1.000

4.4.3. 기후변화대응 유망기술 도출

- (유망기술 도출 결과) 기술전문가를 대상으로 도출한 15개 후보기술별 기술우선순위 평가결과에 정책전문가들을 대상으로 한 투자우선순위 분야별 중요도 가중치를 대입하여 최종적으로 기후변화대응 유망기술 후보기술에 대한 평가결과 및 순위 도출
- 전체 기후변화대응 유망기술 평가 중 신재생분야 기술(태양에너지, 바이오에너지, 수소연료전지, 풍력, 지열, 해양), 수송, 신재생하이브리드, 에너지 저장, 스마트그리드 기술이 상위 기술군으로 도출

< 기후변화대응 유망기술 투자우선순위 평가 결과 및 순위 >

구분	신재생						효율향상			수요관리				온실가스 처리/활용	
	태양 에너지	바이오 에너지	수소 연료 전지	풍력	지열	해양	건물	수송	산업 효율	신재생 하이브리드	에너지 저장	스마트 그리드	EMS	CCS	Non-C O ₂ 처리 기술
투자 우선 순위	0.402	0.353	0.332	0.379	0.299	0.267	0.209	0.216	0.209	0.214	0.237	0.225	0.207	0.105	0.078
	1	3	4	2	5	6	11	9	12	10	7	8	13	14	15

○ **(유망기술 최종 후보군 도출)** 정책/전략 전문가를 대상으로 실시한 기후기술 투자우선순위 설문 평가결과 상위 10개의 기술군을 최종후보군 도출 대상기술로 선정

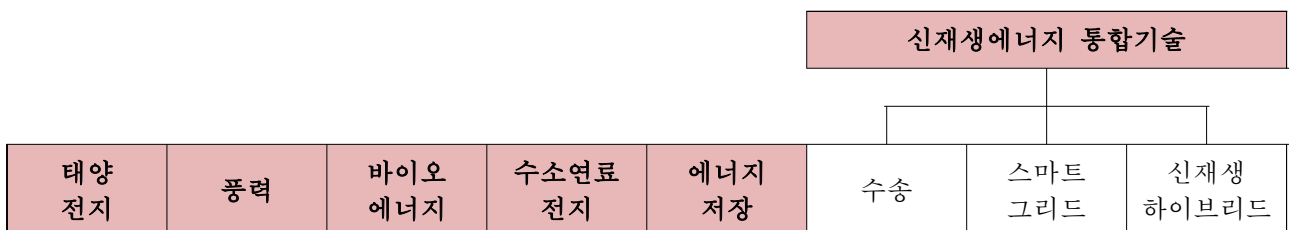
- 10개 기술군 중 기술전문가들의 기술우선순위 평가 시 도출되었던 개별 시장매력도, 온실가스 감축기여도 및 기술수준을 고려하여 최종적으로 태양에너지, 풍력, 바이오에너지, 수소연료전지, 에너지저장, 스마트그리드, 신재생하이브리드, 수송 분야를 기후변화대응 유망기술 최종 후보군으로 도출

※ 시장매력도 및 온실가스 감축기여도 3.5 이하, 기술수준 70 이하인 지열과 해양 기술군 제외



○ **(기후변화대응 유망기술 제안)** 평가결과로 도출된 8개의 유망기술 최종 후보군을 대상으로 국가 기후변화·에너지 정책방향 및 과학기술정보통신부의 차세대 R&D 전략방향을 고려하여 6개의 기후변화대응 유망기술을 제안

※ 기후변화대응 유망기술: 태양에너지, 풍력, 바이오에너지, 수소연료전지, 차세대 에너지저장, 신재생에너지원 통합기술



4.5. 기후변화대응 유망기술 개요 및 현황분석

4.5.1. 태양전지

(1) 개요

□ 태양전지 기술군 정의

- 태양광(Solar Photovoltaic, 발전) : 태양전지(태양광을 전기로 변환하는 반도체소자)를 이용하여 전기를 생산하는 기술
 - － 원리 : 태양광이 반도체에 흡수될 때 전하가 발생하는 효과(광전효과)를 이용하여 태양전지 양쪽 표면을 전극화

□ 국내 태양에너지 자원량

- 태양에너지의 이론적 잠재량은 11,383백만toe/년이며, 지리적 잠재량은 이론적 자원 잠재량의 24.8%에 해당. 현재의 기술로 에너지 이용이 가능한 태양에너지 잠재량은 이론적 잠재량의 7.6% 수준

<국내 태양에너지 잠재량>

	석유환산톤(10^3 toe/년)	발전량(TWh/년)	설비용량(GW)
이론적	11,383,147	132,362	97,459
지리적	2,824,128	32,839	24,178
기술적	870,436	10,123	7,451

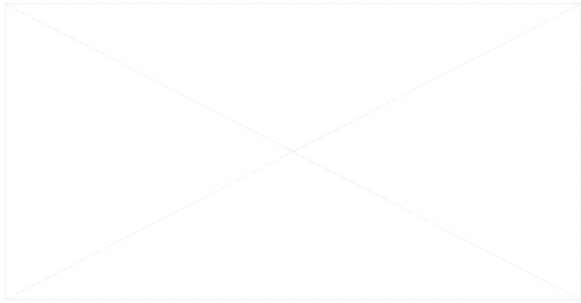
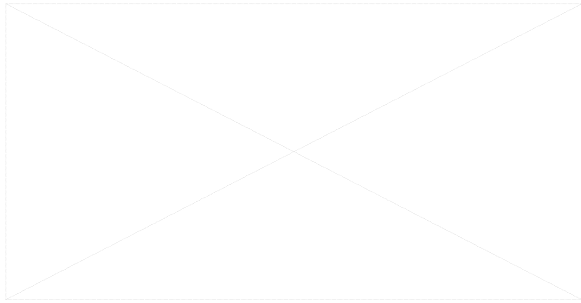
□ 태양전지 기술군별 시장 · 산업 현황

- 신규 설치량은 지속적 증가*('14년 40.3 → '20년 83.9GW/연)가 예상되나, 가격하락**으로 시장은 보합('14년 1,159억 → '16년 1,494억 → '20년 1,343억\$) 전망

* 특히, 중동지역 폭발적 증가 예상('14년 5MW → '15년 60MW → '20년 4.6GW)

** 예시: 태양광 폴리실리콘('10년 72→'16년15\$/kg), 모듈('10년 1.68→'16년0.37\$/W)

< 전세계 태양광 시장 전망 >

연도별 신규설치량 (GW)	연도별 신규 설치 시장 (십억 \$)
	

□ 태양전지 주요국 R&D 투자 현황

- **(태양광)** 기술군별로 저가화·성능향상 및 양산 기술개발(실리콘, CIGS 등)부터 상용화 목적인 원천기술 개발 및 실증(염료감응, 페로브스카이트 등), 차세대 소재/소자 개발까지 다양하게 지원

< 태양광 주요국 R&D 투자 현황 >

- ▶ (미국) ARPA-E*의 Focus 프로그램을 통해 태양광 발전 성능개선·저비용화 및 하이브리드 컨버터 개발 기술 등을 지원
 - * Advanced Research Projects Agency-Energy(에너지 첨단연구 프로젝트 사무국)
- ▶ (일본) NEDO*에서 실리콘 고효율 기술부터 신소재 태양전지까지 원천기술 개발부터 실증시험(수상)사업까지 전 분야 및 전 단계 지원
 - * New Energy and Industrial Technology Development Organization(신 에너지산업기술 개발 종합 기구)
- ▶ (한국) 미래부 중심으로 차세대 태양전지 소재, 소자구조, 에너지변환 원천기술을, 산업부 중심으로 실리콘 태양전지 저가화 및 양산 기술개발을 지원

(2) 기술현황 분석

태양광(Solar PV)

-
- ◆ 경제성, 고효율(광→전), 내구성, 대면적화, 가공성, 환경영향 등 고려, 상용기술, 차세대 상용화를 위해 개선중인 기술, 기초원천연구 단계로 구분
-

- 상용기술 : 혁신적 기술개선의 한계 봉착한 既 상용화된 기술
 - 실리콘 : 태양광 시장 90% 이상 점유중, 이론적 효율한계에 다다름
 - 양면형 등 활용 극대화를 위한 기술개선 · 실증 중
 - CIGS, CdTe : 8% 수준의 시장 점유, 자원량부족(인듐) 및 환경(카드뮴) 문제
- 차세대 상용화 기술 : 가공성 · 고효율성 등 장점이 있으나 현재로서는 대규모 발전용으로 실리콘 태양전지를 대체하기에는 기술적 한계 존재
 - 염료감응 · 유기박막 등 유기계: 가공성이 좋아 곡면 등 변형적용 가능
 - 내구성 문제 및 이론적 효율 한계로 대단위 발전용 적용 어려움
 - 페로브스카이트: 가공성이 좋으면서도 고효율이 가능하나 환경문제(납) 해결 필요
- 기초원천 연구개발 단계 기술 : 혁신적 성과 창출을 위한 新기술
 - III-V족: 고효율 소재로 고가
 - 양자점: 기초연구단계로 불확실성 높음

4.5.2. 풍력

(1) 개요

- 풍력 및 수력 기술군 분류
 - 풍력(Wind) : 바람의 운동에너지를 기계적 운동으로 거쳐 전기에너지로 변환하는 기술
 - 원리 : (블레이드) 바람의 운동에너지를 회전운동으로 변환, (축구동계) 블레이드의 회전운동을 전력으로 전환, (전력변환계) 회전 운동을 전기에너지로 변환

□ 국내 풍력 자원량

- 풍력자원의 이론적 잠재량은 169,271천toe/년이며, 지리적 잠재량은 이론적 자원 잠재량의 44.4%에 해당. 현재의 기술로 에너지 이용이 가능한 풍력 잠재량은 이론적 잠재량의 9.9% 수준

<국내 풍력자원 잠재량>

	석유환산톤(10^3 toe/년)	발전량(TWh/년)	설비용량(GW)
이론적	169,271	1,969	910
지리적	75,201	2,675	334
기술적	16,720	194	97

□ 풍력 기술군별 시장·산업 현황

- 풍력 : '15년 기준으로 세계 풍력발전 누적 설치용량은 432.4GW에 도달하였고, '40년까지 2,033GW로 늘어날 전망
- 중국은 '15년 신규 설치용량 30.8GW로 '09년 이후 세계 최대 풍력시장으로 부상
- 국내의 경우 '16년 기준으로 약 200MW의 풍력발전기가 신규 설치되었고, 누적 설비용량은 1GW 돌파
- (육상풍력) 세계 풍력 수요는 아직까지 육상풍력이 압도적 비중을 차지
- (해상풍력) 유럽을 중심으로 '15년 기준 약 3.4GW 신규 설치하였고, 누적 설치용량은 12.5GW 규모로 해상풍력 산업이 급속히 확산 중

(2) 기술현황 분석

풍력(Wind)

◆ 육상·해상풍력으로 분류하여 환경별 필요한 조건들을 고려, 상용기술과 차세대 상용화를 위해 개선중인 기술로 단계 구분

□ 상용기술 : 풍력발전시스템은 상용화 개발까지 성공하였으나, 가격 및 성능 경쟁력이 열위

- 국산화로 개발된 풍력발전기는 유럽산, 중국산 대비 가격 및 성능 경쟁력에서 뒤처지고 있어 성능개량, 신뢰성, 및 내구성 확보 필요
- 내구성 및 신뢰성 검증을 위한 엔지니어링 기술 확보가 부족하며, 효율 및 경제성 향상을 위한 시스템 최적화가 미흡한 상태

□ 차세대 상용화 기술 : 해상풍력 대형화 및 실증단계 진입

- 해상용 대형 풍력발전시스템 개발은 효성(5MW) 및 유니슨(4MW)에서 개발 중이거나 개발 완료되었으며, 두산중공업은 현대중공업의 5.5MW 해상용 풍력발전기를 인수하여 사업화 추진 중
- 풍력 분야 선진국인 유럽(노르웨이, 네덜란드 독일, 덴마크 등)에서도 현재 실증 진행 중인 분야
- 부유식 풍력발전기는 국가 지원 하에 750kW급 부유식 '18년 목표로 실증사업이 현재 진행 중

4.5.3. 바이오에너지

(1) 개요

□ 바이오에너지 기술군 분류

- 바이오에너지(Bio) : 곡물, 목질계 바이오매스, 유기성 폐기물 등을 원료로 하여 열화학 또는 생물 공정을 이용하여 열, 전기 및 바이오연료를 생산하는 기술
 - 원리 : 바이오매스에서 화학적·생물학적 전환을 통해 에너지 변환

□ 국내 바이오에너지 자원량

- 바이오에너지의 이론적 잠재량은 407,395천toe/년이며, 지리적 잠재량은 이론적 자원 잠재량의 4.7%에 해당. 현재의 기술로 에너지 이용이 가능한 바이오에너지 잠재량은 이론적 잠재량의 3.8% 수준

<국내 바이오에너지 잠재량>

	석유환산톤(10^3 toe/년)	발전량(TWh/년)	설비용량(GW)
이론적	407,395	1,705	237
지리적	19,121	80	11
기술적	15,368	64	9

□ 바이오에너지 기술군별 시장·산업 현황

- (바이오에너지) RPS 시행('11)에 따라 발전부문 고형연료 시장 형성, RFS 도입('15) 후 수송용 바이오연료 중심으로 지속적 확대 추세

※ '14년 국내 바이오에너지 보급량 약 2,821천TOE(신재생E 보급 24.5%차지)

- (바이오가스) 최소 31만TOE/년, 최대 98만TOE/년의 잠재량 보유 중, 소규모 국지 활용에서 통합소화, 대형화 될 경우 시장 확대 전망
- (고형연료) '11년 RPS 제도 시행에 따라 발전 부문에서 고형 바이오연료 수요가 급격히 증가하였고, 향후에도 성장세 유지 전망
- (액상연료) RFS 시행('15) 및 혼합비율 상향 조정 예정('18~)으로 액상 바이오연료 시장 확대* 및 산업 활성화 계획 중

* (국내 바이오디젤 시장규모) '14년 6천억원→'18년 1조2천억원(연평균 18.9% 성장)

※ 바이오디젤 생산 등록 업체 약 18개, 정유사에 납품업체는 총 8개('16.4 기준)

(2) 기술현황 분석

바이오(Bio)

◆ 바이오매스 자원, 최종 이용분야 등을 고려하여 상용기술, 차세대 상용화를 위해 개선중인 기술, 기초원천연구 단계로 구분

- 상용기술 : 고품연료, 바이오가스, 및 바이오디젤 등 기술 상용화 진입
 - 목재 펠릿 등을 이용한 바이오매스 전용 발전소는 상용화에 진입하였고, 바이오메탄이나 바이오 합성가스를 이용한 기술개발은 국내 기술 보유 중이거나, 실증 연구 중
 - 도시에너지망 연계 바이오가스 경우, 바이오가스 정제/회수 기술과 운영기술 개발은 높은 수준이나 공정/장치 기술개발 필요
 - 수송용 바이오연료로써 국내 SK 케미컬, GS 바이오 등에서 상업생산 중이며, GS 칼텍스에서는 부탄올 실증연구 중
 - 국내에서 원천기술을 보유하고 있는 강산당화 기술과 절수형 전처리 기술에 대한 개발 및 파일럿/데모플랜트 규모의 실증 기술 개발 중
- 차세대 상용화 기술 : 국내 바이오매스 자원량의 최대 사용 및 글로벌 시장 선점을 위한 차세대 상용화 기술 개발 및 해외 바이오매스 자원 확보 필요
 - 국내 부존 바이오매스자원의 보급 확대를 위해 목질계, 지질계에 대한 원료 활용성 향상 연구 필요
 - 비식용 원료를 활용한 수송용 바이오연료(차세대 바이오연료)생산기술 수준이 해외 선진국 대비 상당한 격차 존재
 - 바이오매스 확보를 위해 미세조류 분야 기술개발에 집중하였으나, 조속한 산업화를 위해 미세조류 시장성 향상 연구 함께 추진 필요
 - 해외 바이오매스 자원 확보의 경우 해외 농장 사업과 연계하여 글로벌 협력 기술개발 및 실증사업 추진 필요
- 기초원천 연구개발 단계 기술 : 바이오연료와 바이오화학제품 동시 생산 가능한 고부가가치 新기술 개발
 - 전환 기술 대비 원료 생산 및 고부가화 연구는 상대적으로 취약하며, 석유화학 제품 대체 가능한 고부가가치 제품 동시 창출로 경제성 확보 필요

4.5.4. 수소·연료전지

(1) 개요

□ 수소·연료전지 기술군 분류

- 수소에너지(Hydrogen) : 수소의 제조, 유통, 수소충전소 보급 및 안전기술 등을 포함한 수소 기반 기술
 - 원리 : 전기와 마찬가지로 에너지 캐리어로써 지구상에서 수소 단독으로 거의 존재하지 않으므로 물, 천연가스 등의 화합물에서 추출
- 연료전지(Fuel cell) : 연료의 전기화학반응을 통해 전기와 열을 생산하는 기술로서 연료전지 스택, 연료변환 및 공급장치, 주변기기(BOP, Balance of Plant) 및 제어기술을 포함하는 통합기술을 의미
 - 원리 : 연료의 화학에너지를 전기화학반응에 의해 전기에너지로 직접변환

□ 수소·연료전지 시장·산업 현황

- (수소에너지) 세계적으로 화석연료의 사용에 대한 규제가 강화됨에 따라 현재의 발전용 수요 중심의 수소시장이 가정용 및 상업용, 수송용 등 다양한 분야로 확대될 전망
 - 세계 수소 제조 시장은 '16년~'21년간 5.2%의 연평균 성장률로 성장을 지속하여 '21년에는 1,520억 9,000만달러 규모에 이를 것으로 전망
 - '14년 국내 산업용 수소 총 공급 가능량은 약 299,300m³/hr
- (연료전지) RPS 기반 발전 시장 지속 성장 중이며 수소충전소 및 FCV 양산·보급 정책('15.12) 추진으로 향후 수송용 시장 확대 전망
 - ※ '14년 기준 연료전지발전 총 보급량 199.4천TOE
 - (발전용) 누적설치량 170MW 수준에 도달('16), 평균 이용율 90% 이상으로, 새로운 에너지 수단으로서 신뢰성 확보 및 지속 시장 확대 중
 - (주택·건물용) 주택지원사업에 따른 보급 확산으로 1kW급 소형 PEMFC 누적 설치량이 약 3천대 수준의 시장 형성
 - (수송용) 수소스테이션 및 연료전지 차량의 양산 및 보급을 위한 인프라 구축 지원 정책
 - * 추진으로 시장 및 산업 확대 전망
 - * (수소차 보급(누계)) '20년 0.9만대 → '30년 63만대 → '50년 700만대
 - (충전소 보급(누계)) '20년 80개 → '30년 520개 → '50년 1500개

(2) 기술현황 분석

수소(Hydrogen)

◆ 경제성, 기술융합, 안정성(인프라) 등을 고려하여, 상용기술, 차세대 상용화를 위해 개선중인 기술, 기초원천연구 단계로 구분

- 상용기술 : 낮은 경제성 및 환경·안정성 문제로 한계에 봉착
 - 상용화된 천연가스 개질 및 수전해방식의 경우 경제성 부족 문제
 - 수소저장기술은 일본을 중심으로 금속착수소화물, 화학 수소화물을 중심으로 산업화 추진 중
- 차세대 상용화 기술 : 경제성 향상을 위한 기술 및 사업화 모델 개발
 - 신재생에너지의 잉여전력을 활용한 수소 생산 확대 R&D 수행 중
 - 수소 및 전기의 동시 충전 및 열 활용이 가능한 새로운 개념의 복합 충전소 사업화 모델 개발
- 기초원천 연구개발 단계 기술 : 수소의 생산, 저장 및 소비를 동일한 시스템에서 구현할 수 있는 양방향 수전해 관련 기초원천 연구 진행 중
 - 수전해장치의 효율 및 안정성을 증대시키기 위해 소재 원천기술, 계면현상, 이온전도 메커니즘 및 열화현상 등의 기초 원천연구 필요

연료전지(Fuel cell)

◆ 시장 형성 및 민간 영역에서의 기술 개발 정도에 따라 상용, 차세대 상용, 기초원천연구 단계로 구분

- 상용기술 : 미국, 일본, 한국을 중심으로 발전·가정 및 수송용 시장 확대 중이며 고성능, 저가화 등 판매 제품 고도화에 집중
 - (MCFC, PAFC) 발전용으로서 출력에 따라 다양한 제품이 생산 중이나, 시스템 단가를 낮추기 위해 성능 향상 및 대용량화(수백kW→MW) 기술 개발 중
 - (PEMFC) 가정용·수송용으로 사용되나 수소차 시장 확대추세에 따라 가격 절감, 내구성 향상 등 실증기술개발에 주력 중이며, Supply chain 강화를 통한 시장 창출형 제품 개발 확대 중
- 차세대 상용화 기술 : 실증을 통한 안정화 및 대용량화 등 상용화 추진

- (SOFC) 장시간 실증운전 성공(수kW급, 2,000시간)을 통해 스택 기술이 안정화 중이
나 대용량화(수백kW급 이상), 장수명화 등 상용기술 개발 필요
- (고온형 PEMFC) 핵심 소재·스택 등 원천기술 확보, 시스템 실증 단계 진입
 - * (에스퓨얼셀) LNG·LPG용 고온형 PEMFC 기반 5kW 건물용 시스템 실증 단계 도달
- 기초원천 연구개발 단계 기술 : PEMFC 대체 가능한 비용 획기적 신개념 연료전지
원천기술 개발 및 확보 추진
- (SAFC) 생산비용을 대폭 절감 가능한 연료전지로서 핵심 소재 개발 위주의 기초·원천 기
술 개발 중

4.5.5. 차세대 에너지 저장

(1) 개요

□ 차세대 에너지 저장 기술군 분류

- 차세대 에너지 저장 : 신재생에너지의 안정적 공급체계와 전력피크·수요관리 대응체계 구
축을 위한 차세대 전력 및 열저장 기술
 - (전력저장) 전력계통의 효율적 운영 및 안정적인 전력공급을 위해 생산된 전력을 저장하
여 필요할 때 사용할 수 있도록 공급하는 기술
 - (열저장) 열에너지의 생산과 수요사이에 발생하는 시간적·양적 부하격차를 해소하기 위
해 열에너지를 저장했다가 공급하는 기술

□ 차세대 에너지 저장 시장·산업 현황

- ESS(이차전지) 세계시장 규모는 '15년 20억\$에서 '20년 120억\$로 약 6배 확대 예상
 - * 국내 ESS 시장의 경우 '16년 3,000억원 규모에서 '20년 6,000억원 규모로 확대 될 것으로 전망되
며, 신재생출력 안정화 관련 시장이 크게 확대 될 전망 ('14년 10MW→ '20년 1,350MW)⁵²⁾
- 리튬이온 시장은 2016년 98.5기가와트시(GWh)에서 2020년 544.2GWh로 5.5배 확대
될 전망이며, 금액으로는 2016년 159억달러(약18조7600억원)에서 543억달러로 성장
(SNE리서치, 2016)
 - 리튬 이온 이차전지용 양극재는 매년 수요가 증가하면서 2014년 12만 4,674톤 규모에서
2017년 25만 1,690톤, 2020년에는 60만 2,518톤 규모로 연평균 성장률 30.0%의 성장 전망

52) '에너지신산업의 총아 에너지저장장치', 산업통상자원부, 2015

- 리튬이온 이차전지용 음극재도 2014년 8만 2,122톤 규모에서 2017년 19만 184톤, 2020년에는 40만 2,953톤 규모로 연평균 성장률 30.4% 성장 전망
- Thermal storage 시장은 '17년 36.7억\$에서 '22년 62억\$로 성장 할 것으로 예상(연평균 성장률 11%)
- * 계간축열 기술은 유럽에서 실증사업이 활발히 진행되고 있으며, 국내의 경우 2014년부터 추진 되어온 진천 친환경에너지타운에서 태양열 기반 계간축열 시스템 구축

(2) 기술현황 분석

차세대 에너지 저장

◆ 차세대 에너지저장 관련 핵심기술들의 기술수준 및 응용분야를 고려하여 상용, 차세대 상용, 기초원천연구 단계로 구분

- 상용기술 : 일부 기술의 경우 세계적으로 상용화가 되어 시장형성이 되었으나, 국내에서는 아직 실증 초기단계로 세계시장에서의 경쟁력 낮음
 - NaS 전지와 레독스 흐름전지 일부(VRFB, Zn-Br 등) 상용화 성공
 - * NGK(일)는 세계 최초로 NaS 상용화에 성공하여 풍력과 연계한 하이브리드 시스템('08), 태양광과 연계운전('15) 등 대규모 신재생에너지 백업에 이용하였으나, 폭발사고로 인해 국내에서는 NaS 전지 사업 중단 상태
 - * 스미토모 전기공업 (일), Prudent Energy(중), Gildemeister(유), Startups(미)는 바나듐 레독스 흐름전지(VRFB) 상용화 성공으로 풍력발전 출력 안정화, 피크절감 등에 활용
 - 복수의 미활용에너지 및 신재생에너지 설비에서 생산되는 열에너지를 효율적으로 융합하여 저장하였다가 수요처에 공급하는 블록히팅 기술 보급 확대
 - * 진천 친환경에너지타운에서 계간축열식 신재생융복합 블록히팅 시스템 실증 완료
- 차세대 상용화 기술 : 신재생연계 분산전원 대응 기술 및 피크절감에 활용하기 위한 실증연구 중심
 - 레독스 흐름전지는 하여 일본, 미국, 중국 등에서 신재생 연계 및 피크절감에 활용하기 위해 실증 중
 - 전고체전지는 신뢰성과 안전성이 뛰어나며, 높은 에너지밀도와 스택킹 용이
 - 분산전원 대응 차세대 저장기술의 기술안정성 확보 및 양산체계 구축을 위한 장기간의 투자 및 지원 필요

□ 기초원천 연구개발 단계 기술 : 4차 산업혁명 대비 에너지저장 및 핵심 원천기술 개발 필요

- 블랙아웃, 신재생에너지의 간헐성 등 전력 고품위화 문제 해결을 위해 시장경쟁력을 보유한 중대형 이차전지 핵심원천기술 개발 중
 - 나트륨/마그네슘 등과 같은 비리튬과 이온 전지의 경우 저가의 소재 사용으로 경제성이 있으나, 아직 안전성과 신뢰성 확보 미흡
- 화학반응 열저장은 시스템이 복잡하고 높은 기술 수준과 낮은 조작 가능성으로 현재까지 실험 연구 단계

4.5.6. 신재생에너지원 통합기술

(1) 개요

□ 신재생에너지원 통합기술 기술군 분류

- 신재생에너지 통합기술 : 복수의 신재생에너지 생산설비 및 에너지 저장장치의 조합과 제어를 통해 공급과 수요를 최적화 하는 시스템
 - (신재생 융복합이용 시스템) 다양한 신재생에너지원을 조합하여 적용 지역의 자원 여건과 수요 특성에 맞는 최적의 솔루션을 제시하는 시스템 (열+열, 열+전기, 전기+전기)
 - (신재생 연계 ESS) 신재생발전 품질 안정화를 위해 신재생에너지원과 ESS 등 저장기술을 연계한 시스템 기술
 - (ESI⁵³)-EMS) xEMS⁵⁴)에 ICBM⁵⁵)과 인공지능 등 4차산업 핵심기술 접목으로 신재생발전 통합 운영 및 ESS 등과의 이중 에너지 네트워크 최적화 제어

□ 신재생에너지원 통합기술 시장 · 산업 현황

- 신재생에너지 연계형 ESS 설치 용량이 '15년 196.2MW에서 '25년 12,700MW로 증가할 것으로 전망⁵⁶⁾

53) ESI : Energy System Integration

54) HEMS, BEMS, FEMS 등을 통칭

55) IoT, Cloud, Big Data, Mobile 기술을 통칭

56) Energy storage for renewables integration, Navigant Research, 2015



※ESRI: Energy storage for renewable integration

- 분산형 에너지 자원 통합을 위한 전세계 스마트그리드 및 에너지 기술 시장 규모는 '15년 73억\$에서 '24년 209억\$까지 확대될 전망
- * 정부에서는 친환경에너지타운을 통해 '30년까지 100조원 규모의 시장과 50만개의 일자리 창출 목표 발표
- 세계 EMIS(Energy Management Information System) 시장은 '15년 599.3억\$ 에서 '20년 720.9억\$로 연간 3.8%의 성장률을 보일 전망이며, 아시아 시장에서의 성장률이 크게 나타날 것으로 예측⁵⁷⁾
- 2020년에 전세계 시장은 V2G 용 전기차 보급 대수는 1,058천대, V2G용 전기차에 의한 매출액은 266억불, V2G 용 전기차의 충전인프라 매출액은 67억불, V2G 기술관련 매출액은 105억불이며, V2G 서비스로 인한 매출은 29억불 예상⁵⁸⁾

(2) 기술현황 분석

신재생에너지원 통합기술

◆ 신재생에너지원 통합기술을 적용한 신재생하이브리드 시스템 구축을 위한 요소기술들의 기술수준 및 기술간 융합 정도 등을 고려하여 상용, 차세대 상용, 기초원천연구 단계로 구분

□ 상용기술 : 국내의 경우 아직 시장형성이 되지 않은 기술로, 현재 기술 상용화를 위한 실증사업을 중심으로 기술개발 추진 중

○ 국내외 도서지역을 중심으로 신재생 융복합시스템 설치 및 운영 중

57) Energy Management Information Systems: Global Markets, BCC Research, 2016

58) Issue report Vol.123, 울산발전연구원, 2016

* 국내에서는 친환경에너지자립섬 조성사업의 일환으로 PV와 ESS를 연계한 Micro Grid 사업 진행 등 실증사업 수행 중

□ 차세대 상용화 기술 : 현재 상용화 되고 있는 신재생 하이브리드 기술의 한계극복 및 계통 불안정성 개선을 위한 실증 중심

- 전력계통의 불안정성 개선을 위한 대규모 신재생연계 ESS 통합기술 및 다중 에너지원 이용 에너지 네트워크 운영시스템 초기 실증 단계
 - 신재생 에너지원간 안정적인 통합을 위한 요소 기술 개발 및 실증
 - 신재생연계 ESS용 전력관리 시스템 및 통합운영 위한 플랫폼 기술 R&D

□ 기초원천 연구개발 단계 기술 : 4차 산업혁명 대비 에너지 수요관리 원천기술 개발 필요

- IoT 데이터기반 기계학습 적용 에너지시스템 연계 EMS 핵심기술 개발 초기단계

4.6. 기후변화대응 중점 기후기술 도출

□ 기후변화대응 유망기술 발굴 및 차세대 기후기술 확대를 위한 전문가 간담회 개최

- 도출된 유망기술 후보군 및 현황 분석자료를 바탕으로 태양전지, 풍력, 바이오 에너지, 수소·연료전지, 에너지저장, 신재생에너지 통합기술 분야 전문가 간담회 개최
 - 일시: 2017.9.4.(월)~2017.9.5.(화)
 - 장소: 서울 더플라자 호텔
 - 논의 내용: 국가 기후기술 경쟁력의 지속적 제고를 위해 추가적으로 투자가 필요한 기후 기술 후보군 적정성/기술별 분류체계 검토 및 발전방안 도출
 - 세부일정

일시		내용
9/4 (월)	10:00~11:30	「태양에너지」 분야 간담회
	11:30~12:30	점심식사
	12:30~13:00	정리 및 준비
	13:00~14:30	「수소·연료전지」 분야 간담회
	14:30~15:30	정리 및 준비
	15:30~17:00	「풍력」 분야 간담회
9/5 (화)	10:00~11:30	「에너지저장」 분야 간담회
	11:30~12:30	점심식사
	12:30~13:00	정리 및 준비
	13:00~14:30	「신재생에너지 통합기술」 분야 간담회
	14:30~15:30	정리 및 준비
	15:30~17:00	「바이오에너지」 분야 간담회

－ 참석자 : 한국에너지기술연구원 기후기술전략센터 및 분야별 외부전문가

[분야별 전문가LIST]

구분	소속	직위	참석자
태양전지	한국에너지기술연구원	책임연구원	조준식
	LG화학 중앙연구소	부장	이재철
	한국전자통신연구원	책임연구원	정용덕
	전남대학교	교수	김진혁
	한국화학연구원	책임연구원	신원석
	한국화학연구원	책임연구원	서장원
풍력	한국에너지기술연구원	선임연구원	손은국
	블루이코노미전략연구원	대표	오시덕
	선박해양플랜트연구소	책임연구원	이강수
바이오에너지	한국에너지기술연구원	책임연구원	김덕근
	한국석유관리원	책임연구원	김재곤
	한국과학기술연구원	책임연구원	하정명
	서강대학교	교수	나정걸
	GS칼텍스	팀장	신용안
	인하대학교	교수	김동훈
수소·연료전지	한국에너지기술연구원	책임연구원	박구곤
	자동차부품연구원	팀장	구영모
	STX중공업	연구소장	이동원
	한국가스공사	책임연구원	박달영
	한국과학기술연구원	책임연구원	김형준
	상명대학교	교수	박진수
에너지저장	한국에너지기술연구원	책임연구원	연순화
	한국과학기술연구원	센터장	정경윤
	UNIST	교수	김일용
	한국전지산업협회	선임	조민영
	연세대학교	교수	김광범
	세종대학교	교수	정재동
신재생에너지하이브리드	한국에너지기술연구원	책임연구원	한수빈
		책임연구원	연순화
	숭실대학교	교수	박종후
	한양대학교 ERICA	교수	김성민
	코오롱베니트	팀장	금상수

□ 태양전지

○ 세부기술 개발 주제 제안 의견

- 이중 소재간 하이브리드 태양전지 개발, 텐덤화 기술
- 계산과학 기반 태양전지 소재 개발
- 양자점(Quantum dot) 태양전지 개발
- 소형/이동형(드론 등) 기기 적용을 위한 태양전지 초경량화 기술

○ 태양전지 중점 기후기술 분류

기후기술	세부 기술	
태양전지	발전용	결정질 실리콘 태양전지
		실리콘박막 태양전지
	건물용	CIGS
		CdTe
		염료감응형태양전지
	휴대/이동용	유기 태양전지
		페로브스카이트 태양전지
	한계돌파	결정질 실리콘 태양전지

□ 풍력

○ 세부기술 개발 주제 제안 의견

- 부품 및 소재 시험/평가 기술 개발, O&M 등
- 풍황 조건에 따른 발전량 사전 예보/예측 기술을 통한 경제성 확보
- 초전도 발전기 열 제어 기술

○ 풍력 중점 기후기술 분류

기후기술	세부 기술	
풍력	(육/해상) 풍력 신소재/부품 기술	블레이드 신소재
		초전도 발전기 소재
	풍력 발전단지 유지 보수 및 운영	설비 예지보전 기술
	풍력단지 발전전력 효율 극대화	발전기 대형화
	부유식 해상풍력 통합 연성 제어 기술	단지 통합제어
	해상 풍력 구조물 및 시스템 통합 기술	부유체 구조물 터빈·부유체·구조물· 계류 시스템 통합

□ 수소·연료전지

○ 세부기술 개발 주제 제안 의견

- 고온형 연료전지(SOFC 등) 소재의 열팽창 및 열팽창에 의한 절연 문제 해결 기술 개발
- ‘CO₂-free’ 연료전지 이용 ‘멀티제네레이션(전력, 열, 수소 등)’ 기술, 수소 사회 구현을 위한 ‘H₂Grid(이송·저장)’ 기술 개발 등
- 전기/수소 융합스테이션, 수소 스마트 커뮤니티(도시 단위) 기술 등
- 설계 및 장비 기술 관련 시뮬레이션/Tool 개발, 경제성 분석 및 국제 규격·표준 검토 등 정책 연구 등

○ 수소·연료전지 중점 기후기술 분류

기후기술	구분	세부 기술	
수소·연료전지	수소	제조	화석연료 개질
			수전해 방식
			부생수소
		저장	액체수소(액화수소)
			고체수소(금속 수소화물)
			기체수소(고압수소)
			액상수소(캐리어물질)
		수송·공급	파이프라인
			저장용기(탱크, 차량 등)
			수소충전소
	연료전지	가정/건물용	고분자전해질막 연료전지(PEMFC)
			고체산화물 연료전지(SOFC)
			고체알칼리 연료전지(SAFC)
		발전용	고분자전해질막 연료전지(PEMFC)
			고체산화물 연료전지(SOFC)
			용융탄산염 연료전지(MCFC)
			인산형 연료전지(PAFC)
		수송용	고분자전해질막 연료전지(PEMFC)
			고체산화물 연료전지(SOFC)
			직접메탄올 연료전지(DMFC)
		특수용	UPS, 캠핑용, 드론용, 군용 등

□ 바이오에너지

○ 세부기술 개발 주제 제안 의견

- ‘바이오에너지 생산 공정 부산물을 이용한 바이오케미칼 생산’ 등 바이오 분야 내 융합 연구(개별 기술의 낮은 경제성 보완) 활성화
- 바이오에너지 분야 LCA(Life cycle assessment) 및 TEA(Techno-economic analysis) 관련 연구, 밸류체인 분석 등 정책 연구
- 타 기후기술 분야(태양광, 풍력 등)와의 바이오에너지 연계 기술

○ 바이오에너지 중점 기후기술 분류

기후기술	세부 기술	
바이오 에너지/화학	발전용	고형연료
		액체연료
		기체연료
	수송용	바이오알코올
		바이오디젤
		고탄소연료/바이오항공유
	화학제품용	범용
		특수용
	신규 바이오매스	신규 에너지작물 확보(미세조류 포함)
		미활용 바이오매스 에너지화

□ 에너지저장

○ 세부기술 개발 주제 제안 의견

- EV 폐배터리의 ESS 활용 기술, EV-ESS 연계 기술
- 소재의 개발-실증 연계 사업 기획
- 표준 및 인증 등 검증 기술/Tool 개발
- 고밀도화를 통한 열에너지 택배 기술 개발
- 非탄소 기반(메탈 유기물 등) 슈퍼커패시터 소재 개발
- 리튬이온전지 고속충방전 기술, 음극소재 개발 등

○ 에너지저장 중점 기후기술 분류

기후기술	구분	세부 기술	
차세대 에너지 저장	전력 저장	EV용 리튬이온전지 성능 고도화	
		EV용 차세대이차전지	
		ESS용 리튬이온전지 및 소재/안전성 기술 개발	
		ESS용 차세대이차전지	
		커패시터 에너지밀도 향상	
	열 저장	고밀도 열저장	
		장기축열	고온
			중온
			저온

□ 신재생에너지 통합기술

○ 세부기술 개발 주제 제안 의견

- 배터리 충·방전 센싱 및 보안 기술
- ‘가상발전소(VPP, Vertual Power Plant)’ 관련 기술 개발
- ICT 기술을 이용한 분산전원 시스템 개발
- ‘신재생에너지 통합 생산-저장-관리 기술’ 개발

○ 신재생에너지 통합기술 중점 기후기술 분류

기후기술	세부 기술
신재생에너지통합기술	신재생에너지 복합이용 시스템
	신재생에너지 연계 ESS 및 V2G
	ESI-EMS

□ 탄소저감분야 중점 기후기술 기술 분류(안) 도출 결과

분야	기후기술	세부기술군
I. 탄소 저감	1. 태양전지	1-1. 발전용 태양전지 기술
		1-2. 건물용(BIPV) 태양전지 기술
		1-3. 휴대용/이동용 태양전지 기술
		1-4. 한계돌파형 태양전지 기술
	2. 풍력	2-5. 풍력 신소재/부품 기술
		2-6. 풍력 발전단지 유지 보수 및 운영 기술
		2-7. 풍력단지 발전전력 효율 극대화
		2-8. 부유식 해상풍력 통합 연성 제어 기술
		2-9. 해상 풍력 구조물 및 시스템 통합 기술
	3. 수소· 연료전지	3-10. 수소 제조
		3-11. 수소 저장
		3-12. 수소 수송 및 공급
		3-13. 가정/건물용 연료전지
		3-14. 발전용 연료전지
		3-15. 수송용 연료전지
		3-16. 특수목적형 연료전지
	4. 바이오 에너지	4-17. 발전용 바이오에너지 기술
		4-18. 수송용 바이오연료 개발
		4-19. 화학제품용 바이오에너지/화학 기술
		4-20. 신규 바이오매스
	5. 에너지 저장	5-21. EV용 리튬이온전지 성능 고도화
		5-22. EV용 차세대 이차전지
		5-23. ESS용 리튬이온전지 및 소재/안전성 기술 개발
		5-24. ESS용 차세대 이차전지
		5-25. 슈퍼 커패시터 에너지 밀도 향상
		5-26. 고밀도 열 저장 기술
		5-27. 장기 축열
	6. 신재생 에너지 통합기술	6-28. 신재생에너지 복합이용 시스템
		6-29. 신재생에너지 연계 ESS 및 V2G
		6-30. ESI-EMS

5. 기타 기후관련 기술정책 활동 지원

5.1. 과기정통부 기후기술 정책활동 지원

5.1.1. 미국 기후변화 정책 및 글로벌 환경변화에 따른 기후변화대응 투자 확대 필요성 분석

□ 배경

- (COP21) '15년 COP21을 통해 195개국이 참여한 파리협정이 채택, '16년 11월 발효됨으로써 선진국과 개발도상국이 온실가스 감축 의무를 함께 이행
 - 파리협정 발효 요건인 전 세계 온실가스 배출의 55% 이상을 차지하는 55개 국가이상 비준이 '16년 10월 5일 충족됨에 따라 30일 후인 11월 4일 파리협정 공식 발효
- (COP22) '16년 COP22에서는 중국을 비롯한 190여개 당사국들이 트럼프정부의 정책과 상관 없이 파리협정 이행을 위한 확고한 정치적 의지를 다시 한 번 재확인하고, 신기후체제는 되돌릴 수 없는 불가역적인 국제적 대세임을 명확히 확인⁵⁹⁾
 - 향후 2년 동안 파리협정의 이행을 위한 세부조항 및 규정을 확정하는 후속협상을 2018년 말까지 완료하는 작업계획에 합의함으로써 신기후체제 수립을 위한 국제사회의 논의가 본격화 됨

□ 트럼프 정부의 기후변화 관련 주요 정책

- (트럼프 취임전) 오바마 정부에서 기후변화대응을 위한 글로벌 협력을 리드해 왔으나, 트럼프 당선으로 인해 미국의 파리협정 탈퇴, 신재생에너지 지원 정책 축소 등이 예상되어 신기후체제에 부정적 영향을 미칠 것에 대한 우려 확대
 - 미국 내 화석연료 개발 및 생산 확대를 통한 에너지 독립, 환경규제 완화 및 석탄 석유·가스 개발을 통한 경제 활성화 계획 제시
 - 트럼프는 취임하게 되면 100일 안에 실업을 초래하는 기후행동 계획(Climate Action Plan), 청정수법(Clean Water Rule) 등 오바마 정부의 행정명령들을 폐지할 것이며, 연방정부 소유지에서의 자원 개발 허가 동결을 해제할 것이라고 밝힘⁶⁰⁾
- 100일 '에너지 액션 플랜' 제시로 규제 철폐, 투자 확대 등을 통해 화석연료 등 전통적 산업의 재

59) 신기후체제 수립 관련 COP22 기후변화 협상: 평가와 전망, 국립외교원 외교안보연구소, 2016.12.13

60) 美 트럼프정부 에너지 정책에 따른 향후 전망, Kotra, 2017.1.20

기 추진 및 원유·가스·석탄 등 화석연료 산업을 미국 제조업 부활의 핵심 동력원으로 평가⁶¹⁾⁶²⁾

- 액션 플랜에는 연방 소유지에서의 원유 생산 금지 해제, 신규 시추 제한 폐지, 석탄 산업 활성화, 송유관 구축 등을 포함
- UN 기후변화협약에 관해 부담하는 수십억의 분담금을 취소하고, 이를 미국의 수자원·환경 자원 인프라 개선에 사용
- 관-민 협력 체제를 확충하고 세제혜택을 통해 민간 투자자를 유치하여 향후 10년간 1조 달러 상당의 인프라 투자금을 조성

○ (취임후) 미국 우선 에너지계획(America First Energy Plan) 발표를 통해 에너지자립과 고용 창출을 위한 미국 내 화석연료 개발·생산 확대 및 기존 에너지 산업에 대한 규제 대폭 해제⁶³⁾를 정책방향으로 제시

※ 환경보호청(EPA) 청장, 스콧 프루이트(Scott Pruitt) : 기후변화 부정론자로 기후변화에 대한 회의적 시각 피력

※ 에너지부 장관, 릭 페리(Rick Perry) : 에너지부 폐지를 주장했으며, 텍사스 주지사 시절 화석연료 사용 제한 규제 철폐

- 기후 행동 계획(The Climate Action Plan) 등 유해하고 불필요한 정책 폐지
- 미국에 매장된 50조 달러 규모의 셰일 석유 및 가스 개발·이용
- 청정석탄 생산 기술개발 주력 및 오랫동안 침체돼 있었던 석탄 산업 재건
- 에너지 개발을 통해 얻어진 수익으로 도로와 학교, 다리 등 인프라 건설
- 석유수출국기구(OPEC) 카르텔과 미국의 국익에 적대적인 나라들로부터 에너지 독립을 이루는 데 주력 및 걸프만 동맹국들과 함께 긍정적인 에너지 협력관계 개선

※ 트럼프 행정부 6대 국정기조

- 미국 우선 에너지 계획 (America First Energy Plan)
- 미국 우선 외교정책 ((America First Foreign Policy)
- 일자리 회복과 성장 ((Bringing Back Jobs And Growth)
- 미군 재건 (Making Our Military Strong Again)
- 법질서 구축 (Standing Up For Our Law Enforcement Community)
- 모든 미국인을 위한 무역협정 (Trade Deals Working For ALL Americans)

○ 환경오염을 이유로 오바마 정부에서 반대해온 키스톤XL 송유관과 다코타엑세스 대형 송유관 사업을 재개하라는 행정명령에 서명('17.1.24)

61) '전통산업 부활'로 '미국 우선주의' 이룬다, 한국경제매거진, 2017.01.18

62) 2016 미국 대선 동향 리포트 제12호, 강효상 국회의원, 2016.11.15

63) 트럼프, '위대한 미국' 재건을 위한 6대 과제 발표, 중앙일보, 2017.01.21

- 키스톤 XL 프로젝트는 캐나다 알버타 주와 미국 네브라스카 주까지 파이프라인을 신설하는 것으로 기존 파이프라인과 연결되면 캐나다산 원유를 텍사스 주까지 수송하고, 이를 통해 미국의 에너지안보와 고용에 기여할 수 있다고 주장⁶⁴⁾
- 트럼프 인수위원회에서 공공안전 관련 시급성, 초기 준비작업 최소 30% 완료(Shovel-Ready), 일자리창출, 미국제조업 부양 기여도 등을 기준으로 긴급투자가 요구되는 주요 인프라 프로젝트 50개 선정(1,375억 달러 규모)⁶⁵⁾
- 에너지 인프라 투자금액은 약 215억 달러로 전체 금액 중 15.6% 차지
- 에너지 관련 계획으로 글로벌 최대 풍력발전 단지 건설 프로젝트(50억 달러), 풍력 송전망 투자(55억 달러), 에너지 저장장치와 발전망 현대화 프로젝트(미정) 등 신에너지 관련 프로젝트 대거 포함

[미국 트럼프정부의 긴급투자 프로젝트 (에너지 관련 분야)]

프로젝트명	내용	분야	비용 (억달러)	고용창출 효과(명)
Plains and Eastern Electric Transmission Lines	720마일의 송전선 제거 및 정리	풍력 송전망	25	3,300(직접)
South Carolina Dams Accelerated Repairs	폭우에 대비하지 못하는 댐 재건	수자원/ 내륙수로	8.5	2,200(직접)
Hydroelectric Plants operated by the U.S. Army Corps of Engineers	수력전기공장 오래된 터빈 교체 등 재설비	수력발전	40	550(직접)
TransWest Express Transmission	고전압 전기수송시스템 재정비	풍력 송전망	30	3,000(직접) 4,000(간접)
Chokecherry and Sierra Madre Wind Energy/Wyoming	1,000여개의 풍력 발전용 터빈 정비	풍력발전	50	1,000(직접)
Atlantic Coast Pipeline	다수의 공공 유지시설과 긴급전력 공급	송유관 (LNG)	40~50	10,000(직접)
Champlain Hudson Power Express	1,000메가와트의 재생 가능한 전력시스템 설비	수력발전	22	1,000(직접)
Energy Storage and Grid Modernization	정전에 대비해서 에너지 비축 시설 개발	ESS	미정	미정

64) 세계 에너지시장 인사이트 제16-42호, 에너지경제연구원, 2016

65) 트럼프의 긴급 50개 투자계획, 유진투자증권, 2017 / 트럼프 정부의 최우선 인프라 프로젝트, Kotra, 2017.01.31

□ 글로벌 기후변화 정책·산업 현황

- (글로벌 대응현황) 국제사회는 트럼프 정부의 기후변화대응 투자 축소 우려에 대해 미국의 지속적인 참여 의지 표명과 파리협정 이행을 강하게 촉구
 - COP22에서 프랑스 올랑드 대통령은 협정 철회 불가와 미국의 약속이행을 강조하였고, UN 반기문 前사무총장은 트럼프 당선인의 기후변화대응 정책 재검토를 요청
 - (중국) 중국은 스스로 제시한 온실가스 감축목표를 토대로 미국이 탈퇴하더라도 각국과 연대해 온난화방지를 추진하겠다는 입장 표명
 - (EU) EU는 이미 2030 목표에 동의하였으므로 현재 설정한 환경정책을 유지할 것이며, 미국과 상관없이 온도상승폭 제한 목표를 고수하겠다는 입장 표명
 - (일본) 온실가스 배출량 2위인 미국은 과거에도 교토의정서 비준을 거부해 세계 온난화 대책이 정체되었으므로 같은 일을 반복해서는 안된다고 경고
- (국가별 정책현황) 주요국에서는 파리협정 이행 및 미래 성장동력 강화를 위해 에너지 신산업 분야 지원정책 및 석탄발전 억제, 친환경차 보급노력 등 지속
 - (중국) 중국 국가에너지국(NEA)에 따르면 중국은 향후 3년간 3,610억 달러를 재생에너지 산업에 투자할 예정이며, 1,300만 개의 일자리를 재생에너지 분야에서 창출할 것으로 전망⁶⁶⁾
 - (EU) EU의 장기적인 기후·에너지 목표 달성 및 파리협정 이행 등을 위한 구체적 실행 방안으로 새로운 정책안 패키지(Winter Package 'Clean Energy for All Europeans')발표('16.11)⁶⁷⁾
 - (영국) 2025년까지 자국 내 석탄화력발전소를 전면 폐쇄하기 위한 脫석탄 계획 발표('16.11)
 - (프랑스) 중장기에너지계획(Programmation Pluriannuelle de l'Energie, PPE)발표('16.10)로 에너지수요 관리 강화, 에너지공급원 다변화, 화석연료 의존도 감축, 재생에너지 지원 중심의 에너지믹스 개편 등 자국의 에너지공급 시스템의 친환경성과 안정성 제고를 목표⁶⁸⁾
- ※ 전체 재생에너지 발전설비용량을 2014년(41GW) 대비 2018년과 2023년에 각각 52GW, 71~78 GW까지 증대하겠다는 강도 높은 재생에너지발전 개발 목표치 제시
- (핀란드) 장기적인 국가 에너지·기후전략(Energy and Climate Strategy for 2030 and Beyond) 발표('16.11)를 통해 2030년까지 脫석탄을 이루겠다는 목표를 제시
- ※ 향후 14년 내에 석탄화력에 의한 전력생산을 전면 중단, 전통적인 발전에너지를 바이오연료

66) 재생에너지, 뛰어가는 중국 뒷걸음질 치는 미국, 에너지경제, 2017

67) 세계 에너지시장 인사이트 제16-47호, 에너지경제연구원, 2017

68) 세계 에너지시장 인사이트 제16-42호, 에너지경제연구원, 2016

및 재생에너지로 대체하여 2050년까지 재생에너지원 기반의 탄소중립적인 에너지시스템 구축

- (독일) 기후변화대응의 일환으로 향후 2050년까지 자국의 온실가스 배출량을 1990년 대비 80~95% 감축하기 위한 장기적 차원의 기후행동계획 2050(Climat Action Plan 2050) 공식 채택('16.11)⁶⁹⁾

·EU 수송부문 저탄소 전략(European strategy for low-emission mobility)의 일환으로 2030년부터 신규 내연기관 자동차 판매를 금지하는 결의안 통과('16.9)

○ (재생에너지 투자 현황) 세계 재생에너지 보급 및 투자는 중국이 주도적으로 주도⁷⁰⁾

※ 설비용량 기준으로 중국이 수력, 태양광, 풍력, 태양열, 지열 난방 분야에서 모두 세계 1위

[2015년 세계 재생에너지 투자 상위 5개국]

구분		1	2	3	4	5
전력	재생에너지발전 (수력포함)	중국	미국	브라질	독일	캐나다
	재생에너지발전 (수력제외)	중국	미국	독일	일본	인도
	바이오 발전	미국	중국	독일	브라질	일본
	지열 발전	미국	필리핀	인도네시아	멕시코	뉴질랜드
	수력 용량	중국	브라질	미국	캐나다	러시아
	수력 발전량	중국	브라질	캐나다	미국	러시아
	집광형 태양열 발전	스페인	미국	인도	모로코	남아공
	태양광 발전(PV) 용량	중국	독일	일본	미국	이탈리아
	풍력 용량	중국	미국	독일	인도	스페인
열	태양열 온수기 용량	중국	미국	독일	터키	브라질
	지열 용량	중국	터키	일본	아이슬랜드	인도

○ (산업·시장현황) 기후변화 대응 및 4차산업으로의 패러다임 변화에 따라 글로벌 기업의 에너지산업 적극 진출로 에너지·기후기술 개발 가속화

기업명	현황
테슬라 (미)	•전기차, 자율주행 및 마이크로그리드/e-프로슈머 분야 사업 확대 - (전기차) 보급형 전기차 'Model 3'가 '17년 하반기부터 순차적 생산·판매 예정이며, '18년부터 연간 50만대의 생산 계획 발표 ※ 1회 충전시 주행거리 346km, 판매가격 \$35,000, 사전예약 약 40만대에 육박 - (마이크로그리드) 분산자원 최적화 솔루션 및 플랫폼을 개발하여 Local Microgrid를 운영하는 모델로 사업을 확장 중⁷¹⁾ ※ 사업영역 확장을 위해 미국 주택 및 상업용 태양광 1위 업체인 'Solarcity'를 인수 ('16.8)
애플	• 태양광 및 매립지 가스를 이용하는 친환경에너지 생산 사업에 본격적 진출, 향후 전기자

69) 트럼프 '기후변화는 사기?', 독일 "내 갈길 간다", 에너지경제, 2016.11.21

70) Renewable Global Status Report 2016, REN21, 2016

기업명	현황
(미)	동차 사업 진출을 위한 포석 마련 - 에너지 자회사 '애플 에너지' 설립, 쿠파티노* 및 네바다 지역에 설치된 솔라 팜에서 생산되는 전기 중 자체적으로 소비하고 남은 잉여 전력 판매⁷²⁾ * '16년 6월 쿠파티노에 100% 재생에너지로 구동되는 애플 캠퍼스2를 건축 중, 이곳에 설치되는 재생에너지 용량 규모는 총 18MW(솔라 팜 14MW, 연료전지 4MW) - 노스캐롤라이나 주에 매립지 가스 에너지 공장 건설 착수, 매립지에서 발생하는 메탄의 약 40%를 판매할 수 있는 권한 확보 완료⁷³⁾
구글 (미)	• '15년 하반기부터 미국 일부 지역에서 'Project Sunroof' 시작, 개인이 무료로 자신의 주택 옥상에서 생산되는 전력량을 확인하는 서비스* 제공⁷⁴⁾ * 주택 옥상 클릭→전력 생산량 확인→발전 설비 업체 선택→조건에 따른 전력 절감비용 확인 - 각 가정의 전력 사용량 및 생산량을 파악함으로써 잉여 전력량을 파악할 수 있으며 이를 이용하여 전력 판매 사업 시작
GM (미)	• LG전자와의 기술제휴를 통해 개발한 차세대 전기차 Chevrolet Bolt*를 공개(CES2016), '16년 10월부터 양산 예정이며 향후 무인택시사업을 위해 차량 공유 서비스 업체 Lyft와 전략 제휴 발표 * 1회 충전시 주행거리 218마일(약 349km), 판매가 \$30,000(미 연방 보조금 적용 시)
싼샤 그룹 (중)	• 장쑤성 근해에서 202MW 규모의 해상풍력발전 단지를 구축을 발표(중국 단일 해상풍력발전소 규모로는 최대 규모) - 향후 매년 510GW발전 가능
BYD (중)	• '15년 기준 전기차 판매실적 세계 1위 기업으로, 전기버스와 전기택시 분야에 적극적으로 해외 진출 추진 중 - BYD그룹의 궁극적인 목표는 태양광발전과 이차전지로 화석연료에 의존하지 않는 사회 건설
하너지 홀딩스 (중)	• 태양광 패널로 전력 충전이 가능한 전기자동차 개발, 3년 안에 상용화 추진⁷⁵⁾ - 중국의 자동차 업체인 포톤모터(Foton Motors)와 함께 향후 태양광패널이 부착된 전기버스를 생산, 보급할 계획
혼다 (일)	• Smart Home System을 개발하여 태양광, ESS, EMS를 이용한 홈 마이크로그리드 솔루션 제공 중
폭스바겐 (독)	• '16년 6월 새로운 사업 전략(TOGETHER - Strategy 2025)을 발표하였으며 향후 전기차, 자율주행 및 배터리 기술에 주력할 것을 표명⁷⁶⁾ - '25년 최대 300만대 전기차 판매 계획 발표(전체 판매량의 25%), '20년까지 자율주행 시스템 개발 예정이며 '16년 말 주행거리 300km의 신형 전기차 e-GOLF 출시 예정 * 현재 폭스바겐 그룹이 중점 추진 중인 전기차 개발 사업은 e-GOLF, 포르쉐 '미션-E' 프로젝트, 아우디 E-tron SUV 개발임 - CES 2016에서 전기 컨셉카 'BUDD-E'를 공개, 배터리 및 구동 부문 플랫폼 형태로 전기차 개발을 추진 중이며, 플랫폼 방식의 전기자동차 생산 모델 개발에 성공하면 이차전지 자체 생산 추진 예정 * 약 100억 유로(13조원)를 투자하여 자체 배터리 공장 건설 계획 발표('16. 5)

□ 글로벌 기후변화 산업·시장 전망

- IEA의 보고서('15)에 따르면 기후협약의 충실한 이행을 위해 2015년부터 2030년까지 에너지 효율과 저탄소기술에 약 13.5조 달러의 투자 필요⁷⁷⁾

71) 에너지산업 발전전략 발표자료, 에너지산업추진협의회, 2016

72) 애플:에너지 자회사 '애플에너지'설립, ITCLE, 2016.6.10

73) 애플, 새로운 성장 위해 친환경 에너지 산업 진출, NAVI4U, 2016.6.14

74) 신재생에너지 산업의 과거와 현재, 그리고 미래, KTB투자증권, 2016.6.16

75) 중국서 최초 '태양광 전기차' 탄생, 조선비즈, 2016.7.5

76) 보도자료 : 폭스바겐 "2025년까지 전기차 30종 출시", ZDNet Korea, 2016.6.17

77) Energy and Climate Change, WEO Special Briefing for COP21, IEA, 2015

- OECD 국가는 에너지효율분야의 투자에 60%를 할당(5조 달러)하지만, 비OECD 국가의 경우 저탄소 기술에 대한 투자에 더 많은 부분을 할당(2.7조 달러)할 것
- (신재생에너지) 2015년부터 2030년까지 신재생에너지 분야에 약 4조 달러 규모의 투자가 발생될 것으로 전망(IEA,2015)⁷⁸⁾
 - ※ 신재생에너지 부문 투자 중 1/3은 풍력, 약 30%는 태양광 발전, 약 1/4은 수력발전부문에 투자될 것으로 예상
- 2040년 세계 발전설비에 투자되는 12.2조 달러 중 8조 달러가 신재생에너지에 투입될 것으로 예상(BNEF)⁷⁹⁾(80)
- 풍력과 태양광 발전비용 하락으로 Grid parity 달성 지역이 확대되면서 전세계적으로 정부의 재정지원 없이 사업을 추진하며 산업성장을 위한 자생력 확보⁸¹⁾
 - ※ 육상풍력은 미국 및 유럽 다수의 국가가 Grid parity에 도달했으며, 태양광도 2014년 기준 40여 개 국가가 달성(일부지역 달성 국가 포함)

분야	시장전망	관련 정책동향
태양광	▪ 세계 태양광 시장은 미국, 유럽 등의 그리드패리티 도달 등에 따라 '20년까지 2배 이상 성장 전망 ※ 시장 매출액 : ('13) \$598.4억 → ('20) \$1,340억	▪ (미) ITC제도를 통해 주거용/상업용 시설 태양광 설비에 대한 30% 세액공제 ▪ (EU) '20년까지 EU 전력의 15%를 태양에너지로 충당 ▪ (일) '30년까지 전력생산량 중 7% 태양광으로 보급
연료 전지	▪ '30년 세계 연료전지 시장규모는 '14년 대비 약 48배 성장이 전망되며, 이 중 수송용 연료전지가 4조 7,520억 엔으로 전체의 약 73%를 차지할 전망 ※ 시장규모 : ('14) 1,369억 엔 → ('30) 6조 4,923억 엔	▪ (미국) SGIP를 통해 연료전지 설치비용의 약 65~75% 인센티브 제공 ▪ (독) '23년까지 약 400개소 수소스테이션 건립 ▪ (일) '30년까지 가정용 연료전지 530만대, 연료 전지차(FCV), 80만대 보급 계획 수립
바이오 연료	▪ '20년까지 세계 바이오연료 시장은 '12년 대비 약 3배 확대 전망 ※ 시장 규모 : ('12) \$1,578억 → ('20) \$4,471억	▪ (EU) '20년까지 수송용 연료의 10%를 바이오연료로 충당 ▪ (일) '30년까지 전력생산량 중 바이오매스 비중 3.7~4.6% 목표 설정
풍력	▪ 세계 풍력시장은 '20년까지 누적용량 791.9GW로 성장하여 '15년 432.9GW 대비 약 2배 성장할 것으로 전망⁸²⁾ ▪ '20년까지 아시아 시장은 중국의 성장에 힘입어 세계 풍력발전시장의 50% 이상을 점유할 것으로 예상	▪ (중) '전력부문 13.5계획('16.11)'에서 '20년까지 해상풍력발전 설비용량을 5GW 이상으로 확대 목표 설정⁸³⁾

78) Energy and Climate Change, WEO Special Briefing for COP21, IEA, 2015

79) 불확실성 높은 트럼프 시대의 세계경제, LG경제연구원, 2016.11.9

80) 최근 신재생에너지 글로벌 이슈와 시사점, KDB산업은행, 2016.5.26

81) 최근 신재생에너지 글로벌 이슈와 시사점, KDB산업은행, 2016.5.26

82) GLOBAL WIND REPORT, GWEC, 2015

83) 세계 에너지시장 인사이트 제16-46호, 에너지경제연구원, 2016

- (에너지 효율) 수송, 산업, 건물 부문의 에너지 효율 향상을 위해 약 8.3조 달러의 투자가 필요할 것으로 전망(IEA,2015)⁸⁴⁾

분야	시장전망	정책동향
이차 전지	- 세계 이차전지 시장은 대용량 ESS 등 중대형 이차전지 시장 주도로 '20년까지 2배 이상 성장 ('15년 대비) ※ 이차전지 시장 :('15) \$661억 → ('20) \$1,031억	(미) 캘리포니아주는 '20년까지 공급 전력의 5% 의무설치 (EU) '20년까지 유럽 내 태양광발전 시설 중 12%에 ESS 설치 (영) '20년까지 신재생에너지 설비 비중 15% 및 ESS 2,000MW 보급 추진 (독) 2013년부터 보조금 상한 금액으로 신규 PV(태양광발전) + ESS 일괄 구축형은 600유로/kW, 기존에 설치된 PV에 ESS 추가 부착형을 660유로/kW까지 지급 및 ESS 가격의 최대 30%의 설치 보조금 지원⁸⁵⁾ (일) 2030년까지 신차 비율의 50~70%를 전기차 등 차세대 자동차로 확대하고, 전기자동차 등 주행거리 연장을 위한 전지개발 계획 마련
EMS	- 에너지 수요관리 강화 및 투자 확대 로 세계 EMS 시장 규모는 '20년까지 2배 이상 지속적 확대('15년 대비) ※ 세계 시장 (BEMS) : ('15) \$24억 → ('20) \$55.6억 (FEMS) : ('15) \$135억 → ('20) \$224억	(미) '20년까지 고효율 에너지주택 600만 채 건설 계획 (일) 경제산업성의 '에너지 관리시스템 도입 촉진 보조사업('13)' 및 대규모 HEMS 정보 기반 정비 사업('14)의 실시로 EMS 시장규모 확대

- (전기차) '15년 전세계 신규 판매량은 '14년 32만대에서 72% 증가한 55만대였으며, 향후 전기차 가격 하락, 주행거리 증대, 충전 불편함 최소화 등을 바탕으로 '19년을 기점으로 급속하게 시장 성장을 이룰 것으로 전망⁸⁶⁾

※ 전기차 베스트셀러는 Tesla Model S 50,366대, Nissan Leaf 43,870대, Mitsubishi Outlander PHEV 43,259대, BYD Qin 31,898대, BMW i3 24,083대, Kandi Panda EV 20,390대, BYD Tang 18,375대, Chevrolet Volt 17,508대, Volkswagen e-Golf 17,282대 순으로 파악

- '15년 최대 판매 시장은 중국이었으나⁸⁷⁾ 누적 보급 대수는 미국이 여전히 선두를 차지하였으며, 전기차 판매 비중이 가장 높은 나라는 노르웨이로 신차 판매량의 23%를 차지

※ (미국) 40.4만대, (중국) 31.2만대, (일본) 12.6만대, (네덜란드) 8.8만대, (노르웨이) 7.1만대

※ 노르웨이는 전기차 취득시 등록세 10만 Kroner(12만 USD), 부가가치세(25%), 도로 통행료 면제 및 버스전용차로 주행 특혜 제공, 충전소는 400m마다 1대 꼴로 설치

84) Energy and Climate Change, WEO Special Briefing for COP21, IEA, 2015

85) 독일정부, 재생에너지 발전시장 지원, EC21, 2015.08.21

86) Bolt와 Model3로 보는 전기차 개발 전략, 키움증권, 2016.11.1

87) Global EV outlook 2016, IEA, 2016

- 전기차는 2020년 중반까지 보조금 없이도 내연기관 자동차 대비 경쟁력을 갖출 것으로 예상(BNEF)⁸⁸⁾

시장전망	정책동향
▪ '20년에는 BEV(순수전기차) 407만대, PHEV 208만대 등 651만대의 전기차 시장 형성(SNE Research)⁸⁹⁾ ▪ '30년에는 전체 자동차 판매량(약 1.2억대)의 35%를 전기차가 차지할 것으로 전망(BNEF)⁹⁰⁾	▪ (중) 국가전력망공사(SGCC)는 2020년까지 전기자동차 충전소 10,000개, 충전시설 120,000개를 설치하고, 베이징, 상하이, 항저우 등 지역으로 부터 반경 1km 내에 공공 급속 충전시설을 구축할 계획⁹¹⁾ ▪ (EU) EU 집행위는 역내 23개 회원국에서 추진 중인 친환경 및 저탄소 분야의 144개 신규 프로젝트에 대해 EU 예산으로 약 2억2,200만 유로 규모의 투자 프로그램(LIFE Programme)자금 지원 승인('16.11) ▪ (영)저탄소 및 에너지 고효율 자동차기술 연구개발(R&D)부문에서 5개 프로젝트에 대한 7,500만 파운드 규모의 지원계획 발표('16.1) ▪ (프) 자국 내 전기자동차 보급 활성화를 위한 충전 인프라 확충, 보조금 지원 확대 등 다양한 방안 제시('16.10) ※ 향후 2020년까지 전기자동차 충전소를 1백만 개로 확대하는 목표를 제시하며 개인용 및 공용 충전소를 각각 90만 개, 10만 개 설치하고, 전기자동차 관련 보조금 지원제도를 연장하거나 도입할 계획이라고 발표 ▪ (독) 전기자동차의 보급 확대를 위해 전기 및 하이브리드자동차 구매 보조금 지급(6억 유로), 충전인프라 확충(3억 유로), 관용차 구매(1억 유로) 등에 총 10억 유로 규모의 자금지원 계획 발표('16.4)

□ 시사점

- 트럼프 정부의 미국우선주의 및 화석연료 중심의 정책이 신재생에너지 투자 및 기후변화 대응에 부정적인 영향을 줄 것이라는 초기 예상과는 달리, 고용 중심의 정책기조로 인하여 경제성 있는 신에너지 분야 산업 지원
 - 일자리 창출 가능성 및 경쟁력이 낮은 화석연료 관련 산업보다 성장성이 높고 고용창출이 가능한 신재생에너지 분야에 대한 투자가 지속될 것으로 예상됨
 - 연방세액공제 등 지원정책의 중단 시 신재생 투자 증가세가 둔화될 수 있지만 주별 신재생 보급정책이나 관련기술 개발에 의한 신재생 발전 비용감소, 지역별 잠재량 등 여건에 따라 신재생에너지 원별로 차별적으로 경쟁력이 유지 될 것
- 미국의 파리협정 탈퇴 가능성은 낮아 보이며, 협정 탈퇴를 무기로 파리협정 재협상을 주도할 것으로 전망⁹²⁾

88) Electric vehicles to be 35% of global new car sales by 2040, BNEF, 2016

89) Bolt와 Model3로 보는 전기차 개발 전략, 키움증권, 2016.11.1

90) Future of Energy, BNEF, 2016

91) 세계 에너지시장 인사이트 제16-46호, 에너지경제연구원, 2016

- 미국이 유엔기후변화협약(UNFCCC)이나 녹색기후기금(GCF)에 제공하는 재원공여도 중단하겠다는 입장이어서 개도국의 기후변화 적응관련 국제사회의 노력이나 투자에 어려움이 생길 우려 존재⁹³⁾
- 미국의 입장변화에 따라 신기후체제의 추진동력이 한시적으로 약화될 수 있으나 국가차원의 기후변화대응 강화 기조는 지속될 것이며, 관련 기후기술에 대한 투자도 지속적으로 확대될 것으로 기대
 - 트럼프 정부에서도 노후시설 현대화와 셰일가스 생산 확대, 신에너지 부문 투자 지속 등을 통해 환경개선 및 고용창출 노력을 지속해 나갈 전망
 - 미국의 정책기조 변화와 상관없이 각국은 파리협정 이행을 위한 기후변화대응정책 강화를 추진 중이며, 중국, 일본, EU 등에서 관련 산업 및 시장 주도를 위한 투자가 지속적으로 이루어지고 있음
 - 중국과 인도 등 개도국 역시 미세먼지 등 대기오염 개선을 위해서라도 온실가스 감축 정책 추진 및 관련 산업 지원정책을 지속적으로 추진해 나갈 것
 - 주요국에서는 발전 및 수송분야를 중심으로 배기가스 및 연비규제 도입 등을 통해 환경규제를 강화하고 있으며⁹⁴⁾, 글로벌 주요 기업들의 경우 전기차 개발 및 신재생연계 ESS 등을 중심으로 신산업 추진
- 미국은 에너지 인프라에 민간의 투자를 장려하고 있으며, 세계적으로 신재생에너지 그리드 패리티 도달에 따른 보조금 축소로 관련 민간 수요가 주도하는 시장 성장 전망
 - 비즈니스 모델에 기반한 기후기술의 기술혁신과 경제성 확보를 위해 정부와 민간의 기후산업 관련 투자확대로 세계 시장에서의 기술경쟁력 확보 및 신시장 창출노력 필요

92) KEMRI 전력경제 REVIEW 2017년 제2호, 한전경제경영연구원, 2017

93) 세계 에너지시장 인사이트 제16-42호, 에너지경제연구원, 2016

94) 세계 에너지시장의변화요인과 영향 분석, Energy Focus 3(4), 에너지경제연구원, 2016.12.30

5.1.2. 기후변화대응 관련 민간 산업 동향

□ 분야별 기업 동향

○ 태양전지

- '15.1월 태양광 평균 판매 단가 하락에도 불구하고, 셀·모듈 제조원가 감소 및 중국 수요 증가(올해 설치목표 15GW 제시)로 설비투자 및 출하량 확대 추세
- 미국 태양광 설치 시장이 '14년 6.3GW에서 '16년 11.1GW로 급증하였으며, 국내 대기업 및 중견업체들이 미국 수주에 잇달아 성공하는 등 모듈 생산 본격 개시(한화케미칼, LG 전자, OCI 등)

○ 연료전지

- (수송용) '20년까지 북미, 유럽에서 강화된 환경 기준*이 적용될 것으로 예상됨에 따라 현대차, 도요타 등 주요 기업이 투자 확대 예정
- (발전용) 신재생에너지의무할당제(RPS) 본격 시행으로 시장 파이 확대 중으로, 대기업이 주로 인수합병 또는 합작법인 설립을 통한 기술 확보 및 공정 국산화에 투자 중

○ 바이오에너지

- '15.7월 연료혼합 의무제도(RFS) 시행으로 바이오디젤·알코올 시장이 본격화될 것으로 기대되며, 유가 하락에 맞서 사업 다각화를 추진 중인 정유업계를 중심으로 기술개발 및 생산설비 단계적 확대

○ 이차전지

- 한국은 출하량 기준 세계 1위(삼성 SDI), 2위(LG 화학) 기업을 보유하고 있으며 시장규모도 '13년 123억원 → '20년 3,300억원 규모로 성장 전망
- 대기업 중심의 기술개발 및 상용화가 활발히 이루어지고 있는 분야이며, 특히 최근 중국의 배터리 시장 공략을 위한 투자 급증

○ 전력IT

- (EMS) 글로벌 기업이 국내 시장의 70% 이상을 점유 중이며, 전문 중소기업 중심을 형성되었던 초기시장에 대기업 참여 활발(LG그룹, 포스코 등)
- (신재생 하이브리드) 주로 출연연 및 기업 연구소 등에서 연구 개발 중

○ CSS

- 국내 CCS 시장은 형성되지 않았으며, 대기업들은 CCS 해외플랜트 수주 등을 목표로 공정개발·실증연구 및 생물학적·화학적 전환기술 개발 중

□ 기업별 동향

○ 태양전지

- ▶ (한화케미칼) '15.2월 한화솔라원과 한화큐셀을 한화큐셀로 통합하여 폴리실리콘-잉곳-웨이퍼-셀-모듈-발전사업에 이르는 수직 계열화를 완성, 이르면 '15년 내에 최초의 1GW급 용융 실리콘 웨이퍼 생산 공장 착공 예정 (기존 실리콘 공정에 비해 생산비용 50% 절감)
- ▶ (LG전자) '14년 4분기에 태양광사업 흑자 전환에 성공하였으며 금년에 구미공장의 고효율 태양광모듈 생산라인에 1,600억원 투자 예정
- ▶ (OCI) '15년 2분기내로 폴리실리콘 공장 증설(1만톤, 총 5만2천톤)을 완료하고 자회사인 미션솔라에너지(텍사스, '14.9월 설립)을 통해 태양전지 모듈도 본격 생산 중

○ 연료전지

- ▶ (현대자동차) '13년에 세계 최초로 수소연료차 양산 체제 구축. 광주 창조경제혁신센터를 통해 창업 지원 ('19년까지 정부와 공동으로 1,775억원 규모의 펀드를 조성)
 - ▶ (두산) '14.7월 미국의 '클리어엣지파워'(건물용)와 한국의 '퓨얼셀파워'(주택용)를 인수 합병하여 '두산 퓨얼셀아메리카'를 출범
 - ▶ (LG) LG퓨얼셀시스템코리아를 설립(LG, LG전자, LG화학) (2-3년 내 시장 진출 목표)
 - ▶ (포스코에너지) 현재 국내 용융탄산염 연료전지(대규모 발전용) 시장을 사실상 독점 중으로 향후 건물 등 중형 연료전지 시장 공략 예정
 - ▶ (평택시) 최근 세계 최대 규모 360MW급 연료전지발전소 건설을 발표 (1단계로 2016년까지 100MW, 2018년까지 완공, 총 투자비 2조원)
 - ▶ (서울시) 장기적으로 총 330MW규모 연료전지 발전소 신설 예정. 130MW는 직접투자, 200MW는 발전사업자에게 위탁 (고덕동 130MW, 탄천지하철차량기지 20MW, 신내차량기지 등에 110MW)
- ※ 기타 한국수력원자력 120MW, 동서발전 60MW, SK건설 20MW 등

○ 바이오에너지

- ▶ (SK케미칼) 국내 최대 바이오디젤 생산기업(14만톤/연)으로 '14년 시장점유율(30%)을 기반으로 3~4만톤/연 규모의 증설 예상
- ▶ (GS칼텍스) '14년 목질계 바이오매스를 활용한 바이오부탄올 양산기술을 세계 최초로 확보하여 '15년 시범생산을 위한 공장건설 착수, '16년부터 본격 양산 예정

- ▶ (창해에탄올) '06년 국내 최대 규모의 바이오에탄올 증류·탈수 설비를 독자적으로 개발하고 관련 기술을 미국, 중국, 브라질 등 5개국에 특허 출원
 - '15년부터 베트남에 에탄올 기술 및 플랜트 수출 추진

○ 이차전지

- ▶ (삼성SDI) '14.8월 중국 안정환신그룹과 합작하여 시안에 자동차용 이차전지 공장을 건설, '15.10월부터 양산 예정(연간 4만대 규모)
- ▶ (LG화학) '14.10월 중국 난징시 국유기업과 합작으로 이차전지 공장 건설에 투자, '15년 말 가동 예정
- ▶ (SK이노베이션) '14.3월 및 7월 리튬이온전지 분리막 생산라인 증설로 중소형 이차전지 세계 2위로 등극

○ 전력IT

- ▶ (LG그룹) 융복합 정보기술을 바탕으로 EMS를 포함한 에너지 생산, 저장, 효율적 사용 등 토털 솔루션 사업을 차세대 성장엔진으로 육성할 계획('14.11월 발표)
- ▶ (포스코ICT) 포스코 포항과 광양제철소를 포함한 국내에 여러 산업단지에 공장용 EMS 확대 적용 중
- ▶ (LS산전) 기존 빌딩에 스마트 그리드 기술을 융합시킨 새로운 개념의 연구소 'R&D 캠퍼스'를 준공('15.3월)하여 에너지 분야에서 글로벌 수준의 연구개발 경쟁력 확보 기대
 - * R&D 캠퍼스에 ESS, 태양광 발전 시스템, 스마트 콘센트, 자연채광 자동제어 블라인드 등을 적용, 각각을 중앙제어센터에서 통합 관리·제어

○ CSS

- ▶ (SK이노베이션) SK 이노베이션은 CO2로 친환경 플라스틱 원료 기술개발을 완료하여 '20년까지 연간 매출 5조원, 탄소배출권 100만톤 확보 예정
- ▶ (한국전력·한국동서발전) 공동으로 연간 3만5천톤 온실가스 감축이 가능한 「CO2를 이용한 광물자원화 기술개발('13.6~'16.3)」에 19억 투자
- ▶ (남부발전) CO2의 화학적·생물학적 전환 기술에 집중 투자
 - (주)엔엘피 및 한국지역난방공사와 CO2를 활용한 미세조류 배양으로 바이오오일, 향산화물질, 기능성 화장품 등 기술개발('11.5~)
 - KC 코트렐과 공동으로 CO2를 물과 전기화학적으로 반응시켜 개미산(포름산), 메탄올 등 고부가가치 원료 전환 기술 개발('13.10~)

5.1.3. 정부 별 신재생에너지 지원 정책 및 예산 비교

□ 관련 법률 제정 및 정책 현황

- '06년 '에너지기본법' 제정에 따라 에너지 정책 추진(장기·통합적 비전, 기본원칙 제시 등)의 체계적 근간이 마련됨
- 이후 다수 부처에서 개별 법률을 통하여 부분적으로 실시하던 기후변화, 신재생에너지 대책 등을 유기적으로 연계·통합하기 위해 '저탄소 녹색성장 기본법('10)'이 제정되었고 현재까지 기후변화 관련 최상위 법적 기능 수행

<정부별 에너지·기후 관련 주요 법률 제정 현황>

	제정 법률 (전부개정, 타법개정 포함)	관련 법정 계획
노무현 (2003~2008)	- 에너지기본법('06, 제정)	- 국가에너지기본계획 - 지역에너지기본계획 - 에너지기술개발계획
	- 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법('04, 전부개정)	- 신재생에너지 기본계획
	- 친환경상품 구매 촉진에 관한 법률('04, 제정)	
	- 환경 친화적 자동차의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률('04, 제정) - 산업기술혁신촉진법('06, 전부개정)	
이명박 (2008~2013)	- 저탄소 녹색성장 기본법('10, 제정) ※ 저탄소 녹색성장 관련 최상위 법률	- 녹색성장국가전략 - 기후변화대응 기본계획 - 에너지기본계획
	- 에너지법('10, 타법개정(에너지기본법))*	- 지역에너지기본계획 - 에너지기술개발계획
	- 녹색건축물 조성 지원법('12, 제정)	
	- 온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률('12, 제정)	
박근혜 (2013~2017)	- 녹색기후기금의 운영지원에 관한 법률('13, 제정)	

* '저탄소녹색성장기본법('10)'의 제정으로 녹색성장위원회가 설치되어 '에너지기본법'에 따른 대통령 소속 국가에너지위원회가 지식경제부 장관 소속의 에너지위원회로 변경. 「에너지기본계획」 수립은 '저탄소녹색성장기본법'에서 지정

- (신재생 보급 비중) 2차 신재생에너지기본계획에서 적극적 신재생 보급목표를 제시하였으나, 이후 3차와 4차에 걸쳐 중장기 보급목표(11%)는 그대로인 채 달성시기만 연장('30→'35)하는 등 기존 계획 대비 보급목표 후퇴

신재생에너지기본계획 기준	1차에너지 대비 신재생에너지 보급 비중(%)
노무현 (2003~2008)	- 2차('03) : ('03) 2.06 → ('06) 3.0 → ('09) 3.99 → ('11) 5.0 → ('12) 5.60
이명박 (2008~2013)	- 3차('08) : ('08) 2.58 → ('10) 2.98 → ('15) 4.33 → ('20) 6.05 → ('30) 11.0
박근혜 (2013~2017)	- 4차('14) : ('12) 3.2 → ('14) 3.6 → ('20) 5.0 → ('25) 7.7 → ('30) 9.7 → ('35) 11.0

□ 신재생에너지 관련 정부 예산추이

- 신재생에너지 기술개발 및 보급사업 등에 지원된 정부 예산의 경우 '03년 이후 지속적으로 증가가 이루어 졌으나, '11년 1조35억원으로 최대치를 기록한 이후 매년 감소추세
- '12년 FIT 폐지되고 RPS(신재생에너지 공급의무화)로 전환됨에 따라 관련 재정지원이 감소되었으며, 이와 함께 기술개발과 보급예산도 큰 폭의 감소세를 보임
- * 박근혜 정부에서 보조금 지급을 통한 신재생에너지 보급 확대가 아닌 용자를 통한 산업화 전략으로 정책방향을 변화시킨 것에 기인



<신재생에너지 관련 정부예산 추이(단위:억원)>

		노무현(2003~2008)					이명박(2008~2013)					박근혜(2013~2017)			
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
신재생 에너지 기술개발	예산	370	588	940	1,245	1,326	2,088	2,394	2,528	2,677	2,503	2,437	2,271	2,131	1,863
	연평균 증가율	37.6%					4.6%					-8.6%			
신재생 에너지 보급사업	예산	284	619	923	1,375	1,541	3,081	1,951	2,007	2,000	1,890	1,320	1,334	1,184	1,010
	연평균 증가율	52.6%					-11.5%					-8.5%			
보급용자	예산	478	500	1,170	1,213	1,213	1,803	1,303	913	1,118	893	942	1,284	1,350	1,000
	연평균 증가율	26.2%					-16.1%					2.0%			
발전차액 지원(FIT)	예산	57	51	78	111	270	1,266	1,492	2,636	3,950	3,950	3,460	3,360	3,692	3,226
	연평균 증가율	47.5%					32.9%					-2.3%			
기타	예산	-	-	-	-	-	-	-	-	290	496	220	55	109	109
계	예산	1,189	1,758	3,111	3,944	4,350	8,239	7,141	8,084	10,035	9,713	8,279	8,304	8,466	7,208
	전년대비 증가율	-	47.9%	77.0%	26.8%	10.3%	89.4%	-13.3%	13.2%	24.1%	-3.2%	-14.8%	0.3%	2.0%	-14.9%
연평균 증가율		38.3%					4.2%					-4.5%			

출처: (2012~2016 예산) 최근 5년간 정부의 신재생에너지 사업예산 및 2017년 예산 계획(산업통상자원부(국정감사자료), 2016)
 (2010~2011 예산) 지식경제부 보도자료(지식경제부, 2011.1.7.)
 (2008~2009 예산) 2009년도 신재생에너지 기술개발 및 이용보급 실행계획(지식경제부, 2009)
 (2003~2007 예산) 제3차 신재생에너지기술개발 및 이용보급 기본계획(지식경제부, 2008)

※ 신재생에너지기술개발 예산의 경우 기술개발, 인력양성, 설비보급기반구축 예산 포함

□ 에너지기술개발사업 별 정부 R&D 예산추이

- 에너지기술개발사업 R&D 예산은 '03년부터 지속적으로 증가하다가 '11년을 기점으로 감소하는 추세
- '03년에서 '12년까지 전체 에너지기술개발사업 예산 중 전력/원자력 예산비중이 59%에서 26%까지 크게 감소하였으나, 그 이후 점진적 증가추세
- 신재생에너지 예산비중은 2010년까지 지속적으로 증가하였으나, 그 이후 큰 변화 없이 비슷한 비중 유지

<에너지기술개발사업 별 정부예산 추이(단위:억원)>

		노무현 (2003~2008)					이명박 (2008~2013)					박근혜 (2013~2017)	
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
전력/ 원자력	예산	984	1,120	1,450	1,446	1,633	1,742	1,755	1,776	2,029	1,598	1,870	1,650
	비중	58.6%	52.3%	50.8%	40.5%	39.5%	34.0%	30.4%	28%	31%	26%	31%	29%
방사성 폐기물	예산	-	-	-	-	-	-	44	119	118	124	126	126
	비중	-	-	-	-	-	-	0.8%	2%	2%	2%	2%	2%
에너지 자원	예산	366	433	610	964	1,295	1,432	1,926	2,100	2,153	2,142	1,807	1,731
	비중	21.8%	20.2%	21.4%	27.0%	31.3%	27.9%	33.3%	33%	33%	35%	30%	30%
신재생 에너지	예산	330	588	794	1,158	1,209	1,953	2,056	2,400	2,233	2,273	2,161	2,243
	비중	19.6%	27.5%	27.8%	32.5%	29.2%	38.1%	35.6%	38%	34%	37%	36%	39%
계	예산	1,680	2,141	2,854	3,568	4,137	5,127	5,781	6,395	6,533	6,137	5,964	5,750
	비중	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

출처: 에너지R&D 통계자료집, 한국에너지기술평가원

※예산사업내역: 전력/원자력(전력융합원천기술개발, 원자력융합원천기술개발), 방사성폐기물(방사성폐기물관리기술개발), 에너지자원(에너지자원융합원천기술개발), 신재생에너지(신재생에너지융합원천기술개발)

□ 정리 및 요약

- '06년 '에너지기본법' 제정에 따라 에너지 정책 추진의 체계적 근간이 마련되었으며, '10년 '저탄소 녹색성장 기본법' 제정으로 부처별로 실시하고 있는 대책 등을 유기적으로 연계·통합하여 기후변화 관련 최상위 기능 수행
- '신재생에너지 기본계획'에서 제시한 1차 에너지 대비 신재생에너지 보급 비중 목표는 '03년 2차 계획 수립 이후 3차('08), 4차('13) 계획에서 점진적으로 후퇴
- 신재생에너지 기술개발 및 보급사업 등에 지원된 정부 예산의 경우 '03년(1,189억원)에서 '11년(10,035억원)까지 약 9배 정도 증가되었으나, '12년 이후 감소 추세
- 에너지기술개발사업 R&D 예산 중 신재생에너지 R&D 예산이 차지하는 비중은 '03년 19.6%에서 '10년 38%까지 지속적으로 증가하였으나, '11년 이후 비슷한 비중으로 유지되고 있는 추세

5.1.4. 인도 신재생에너지 관련 현황 및 전망

□ 개요

- 인도는 약 12억 9,500만 명의 거대한 소비시장으로 미국, 중국에 이어 세계3위의 경제규모로 2000년 이후 2012년까지 연평균 8% 이상의 고성장 지속

경제지표	경제성장률	1인당 GDP	총 GDP	소비자물가 상승률
2014~2015	7.4%	US\$1,747	US\$2억 90억 (세계 7위)	5.9%

* IMF, Database(2016)

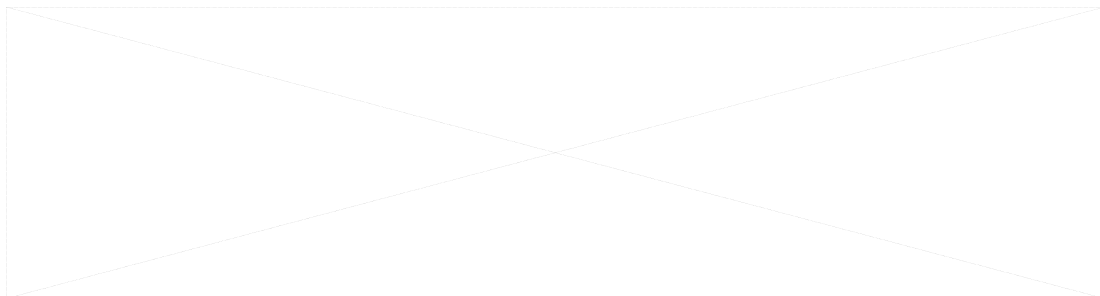
- '14년 취임한 모디 총리는 인도의 고성장을 위한 제조업 활성화 캠페인인 'Make in India'를 발표
 - 장기적인 관점에서 인도 제조업 분야의 글로벌 경쟁력 확보를 위한 규제 완화, 인프라 구축, 인적자원 개발, 기술개발 등 다방면으로 지원
 - 특히 IT, 항공, 철도, 재생에너지, 자동차부품, 시스템 설계, 생명공학, 전자 등 25개의 집중 육성 산업*을 지정 및 개발하여 고도의 산업화 달성을 목표

* 핵심 산업별 글로벌 허브화 전략을 통해 일자리 1억개 창출 및 경제성장 동반 달성 추진

□ 인도 신재생에너지 투자 현황

- 인도 재생에너지 발전 및 연료분야 신규 투자는 '14년 83억 대비 22.9% 증가한 102억 달러로 유틸리티 규모의 태양광 및 풍력 투자 금액 확대*에 기인

* 태양광 발전에 46억 달러, 풍력에 6억 달러 증가



* REN21, Renewable 2016 Global Status Report(2016)

□ 인도 신재생에너지 개발 현황

- '27년까지 전체 전력의 57%를 비화석에너지원으로 공급하는 국가전력계획(National Electricity Plan, 2016) 발표

연도	총 발전 설비용량(MW)	비화석에너지원(MW)		비화석에너지원 설비 용량 비중(%)
		화석에너지원(MW)	비화석에너지원(MW)	
2016	302,088	210,675	91,413	30.0
2022	523,389	278,481	244,908	46.8
2027	640,189	278,481	361,708	56.5

- 인도는 석탄화력 추가증설을 억제하는 등 脫化石에너지 정책을 추진하여 총 발전설비용량 중 비化石에너지 발전원(원자력, 수력, 신재생에너지)의 설비 비중을 46.8%(’22) → 56.5%(’27)으로 증가하게 될 것으로 전망
- ‘22년까지 신재생에너지 발전 용량 목표를 175GW로 설정하고, 태양광·열(100GW), 풍력(60GW), 바이오에너지(10GW) 소수력(5GW)로 생산 예정
- 인도 정부는 신재생에너지 사업부(Ministry of New and Renewable Energy)를 중심으로 신재생에너지 개발 및 보급 확대를 위한 정책을 적극적으로 추진
 - 인도 정부와 영국 정부의 태양에너지(광·열) 분야의 협력 협약, 클린 에너지를 위한 무역 플랫폼 설립 등 양자, 다자간 협력을 통한 신재생에너지 개발 및 보급 확대 추진
 - 또한 인도 정부는 태양열 공원 프로젝트 등 평균 50kW급 프로젝트를 태양광·열, 풍력, 바이오매스 분야에 향후 5년간 1만개 시행 예정
 - 주정부들에게 재생가능 에너지기술의 필요성에 대해 강조하고 태양광 지붕 패널 설치를 위한 사업계획 준비를 요구

□ 시사점

- 인도 정부는 경제성장세 지속을 위해 에너지의 안정적 공급기반 구축 필요
 - 脫化石에너지 정책 추진으로 재생에너지를 포함한 비化石에너지원을 기반으로 전력을 공급하고, 신재생에너지산업을 육성하기 위해 태양에너지, 풍력, 바이오에너지 분야의 정책 지원 및 투자 확대
- 글로벌 협력, 민·관 협력 등 다양한 방면으로 재생에너지 확대를 위한 노력을 하고 있어 우리나라가 확보하고 있는 신재생에너지 원천기술 중심으로 한-인 양자간 협력이 가능할 것으로 기대
 - 태양에너지 분야에서는 Solar thermal systems, Thin film based solar PV, Crystalline silicon based solar PV, 태양열 공원 프로젝트, 지붕 태양열 PV, 다양한 오프그리드(off-grid)식 태양열 PV, 그리고 하이브리드 시스템과 관련된 기술들에 대해 협력 가능
 - 풍력 분야에서는 Stall regulated with fixed blades, Pitch regulated with adjustable blades와 같은 풍력발전터빈 기술 개발 협력이 가능할 것으로 기대
 - 농업경제 기반의 인도는 바이오매스 시장으로써 잠재성이 높다고 판단되며, 인도 내에서의 Waste to energy는 가동 가능한 프로젝트가 거의 없는 초기단계 이므로 바이오매스 산업에서 연소, 기화 및 유입 쓰레기 열분해와 같은 분야에서 기술개발 협력이 가능

※ KOTRA 뉴델리 무역관 자료⁹⁵⁾의 시사점 인용

95) 인도에 부는 신재생 그린에너지 바람, Kotra 해외시장뉴스, 2016.10.14

5.1.5. 독일 에너지 전환 정책

□ 독일 에너지 전환 정책(Energiewende; Energy transition)⁹⁶⁾(2011.07)

- 독일정부는 '에너지전환(Energiewende)' 정책을 추진하여 세계 최고 수준의 에너지 효율적이고 환경 친화적인 경제사회 달성을 비전으로 제시
- 2011년 3월 후쿠시마 원전사고 이후, 독일 정부는 '에너지전환' 정책을 강화하여 2022년까지 원전의 단계적 폐쇄를 대비하여 신재생에너지 보급 가속화와 에너지 효율 향상을 통하여 에너지 공급 시스템과 기술 영역에 있어 근본적인 변화 추구
 - ※ 재생에너지 기술의 효과적인 보급을 위해서 기술혁신을 통한 비용감소의 중요성을 강조하며, 풍력을 핵심 전략기술로 간주하여 10개의 풍력 단지에 50억 유로의 투자를 결정
- 에너지전환을 가속화하기 위하여 2011년 '에너지패키지(Energy Package)'를 발표하였으며, 이것은 6개의 법과 1개의 강령으로 구성

<Energiewende 주요 내용>

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">○ 1990년 온실가스 배출량을 기준으로 2020년까지 40% 감축, 2050년 까지 80~95% 감축○ 1차 에너지의 60%를 신재생에너지로 공급(2050년)<ul style="list-style-type: none">- 신재생 에너지에 대한 투자는 풍력과 태양에너지 발전 정책에 중점○ 에너지 효율 매년 2%씩 향상 |
|--|
- (원자력법 개정) 2022년까지 모든 원전을 단계적으로 폐쇄
 - (전력망확대촉진법 제정) 신재생에너지 발전 전력공급 확대를 위한 전력망 연계 지원
 - (신재생에너지법 개정) 총 전력 소비량에서 차지하는 재생가능 에너지의 비율을 2020년까지 적어도 30%로, 2030년까지 적어도 50%, 2040년까지 적어도 65%, 2050년까지 적어도 80%로 확대. 풍력, 지열, 바이오매스 등의 신재생에너지원에 대한 FIT 지원금을 인상하는 방안 포함
 - (에너지산업법 개정) 송전시스템 세분화 및 독일의 모든 전력망 운영사업자(송전계통 운영자) (TSO⁹⁷⁾)가 전력망 구축 공동계획을 수립할 의무 부여
 - (에너지기후변화기금법 개정) EU-ETS 배출권 거래의 수익 전체가 기금에 적립, 적립된 기금은 원자력 폐지, 환경 친화적 에너지 공급, 전기차 개발 등에 사용
 - (기후목표와 양립 가능한 도시·지방 개발강화법) 도시 및 지역 공동체에서 신재생에너지와 열병합발전(CHP) 사용 확대
 - (해상풍력 발전설비 강령) 연방해사청(Federal Agency for Maritime Shipping and Hyd

96) 세계 에너지시장 인사이트(13-22호), 에너지경제연구원2013,

97) Transmission System Operator, 송전계통 운영자

rography)이 해상풍력 프로젝트 승인 절차 권한 부여받았으며, 이에 따라 프로젝트 승인 절차 간소화 및 신속한 진행 기대

□ 독일 에너지 전환 정책 추이⁹⁸⁾

- 독일은 원자력 및 화력 발전에서 재생에너지발전으로 에너지 시스템을 전환하기 위해 에너지전환 정책을 기반으로 '13년까지 700억 유로 투자
- 2015년 독일 내 총 발전량 중 재생에너지 전력 비중은 약 32%에 이르는데, 이는 전년대비 4.2% 증가한 수치로, 2025년에는 40~45%, 2035년에는 55~60%까지 증가를 목표로 함

<재생에너지 발전량 추이(GWh,%)>

국가		1995	2000	2005	2010	2012	2013	2014	2015(p)
독일	발전량	31,195	41,265	65,757	111,161	150,012	158,944	169,946	203,251
	비중	5.9	7.2	10.7	17.7	24.1	25.3	27.3	31.5

출처: 2015년 신재생에너지 보급통계, 한국에너지공단, 2016

<Share of energy sources in gross German power production in 2016(p)>

구분	Nuclear	Lignite	Hard coal	Natural gas	Mineral oil	Others	Renewables					
발전량 (GWh)	846,000	150,000	111,500	80,500	5,900	27,500	188,300					
							Wind onshore	Wind offshore	Hydro power	Biomass	Solar	Waste
							65,000	12,400	21,000	45,600	38,200	6,000
비중 (%)	13.1	23.1	17.2	12.4	0.9	4.3	29.0					
							Wind onshore	Wind offshore	Hydro power	Biomass	Solar	Waste
							10.0	1.9	3.2	7.0	5.9	0.9

출처: AG Energiebilanzen 2017 (<http://www.ag-energiebilanzen.de>)

- 1990년 대비 2014년 탄소 배출량을 27% 감축하여 2012년까지 21% 감축하기로 한 교토 프로토콜의 목표를 초과 달성하였고, 2020년까지 40%, 2050년까지 80~95% 감축을 목표로 함⁹⁹⁾
- 2015년 독일 에너지경제부는 신재생에너지로 인한 일자리의 순증가분이 2030년까지는 매년 10만개, 2050년까지는 매년 23만개에 이를 것으로 전망
- 향후 독일은 대규모 발전의 경우 점진적으로 발전차액지원제도를 시장기반 지원체제인 경쟁입찰 제도로 대체할 계획임¹⁰⁰⁾

※ 2015년 일부 재생에너지원(태양광 등)에 대한 경매입찰제도의 시범적용 이후 2017년부터 에너지원별로 본격 시행에 나설 계획

98) 독일 에너지전환(Energiewende) 정책의 명암, 과학기술정책(통권223호), 2017

99) 독일 에너지전환 정책의 추이와 시사점, 한국경제연구원, 2016

100) 저탄소 에너지기술 혁신을 위한정책 메가트렌드 : 주요국의 신재생에너지 대상, GTC, 2017

<독일 에너지정책 변화에 따른 원자력/신재생 에너지 전력생산량 변화추이>



□ 2017년 재생에너지법 개정¹⁰¹⁾

- 독일 정부는 재생에너지법(EEG) 2014를 통해 재생에너지원과 관련해 안정적인 공급 계획을 마련하고 재생에너지를 시장 내 단계적으로 통합시키고자 한 바 있음
- 독일 정부는 이에 이어 2017년 1월 1일부로 기존의 재생에너지법(EEG) 2014의 개정안인 재생에너지법(EEG) 2017 발효
 - 2017년 재생에너지법은 재생에너지 시장 내 통제 가능한 시장경쟁체제 도입과 더불어 전력 공급망 구성의 합리화 등 이중의 패러다임의 전환 추구
 - 독일 정부는 공공 입찰 모델과 관련해 아래와 같은 3대 목표를 설정
- ① (계획성 개선) 2014년 확정된 재생에너지 확충 기조를 유지하되 입찰을 통해 향후 확충 사업을 효과적으로 관리
- ② (경쟁력 강화) 입찰은 에너지발전시설 운영자간 경쟁을 장려, 이를 통해 재생에너지 확충에 소요되는 비용 절감 가능, 재생에너지 전력은 발전 시설 운영을 위해 필요한 만큼 보상돼야 함.
- ③ (다양성 제고) 소규모 기업에서 대기업에 이르기까지 발전 설비 운영기업의 다양성 유지 및 공정한 기회 부여, 원칙적으로 발전용량 750kW(바이오매스 시설의 경우 150 kW) 이상의 설비에 대해 간편하고 투명한 입찰 모델 적용

101) 독일 2017 재생에너지법 시행, 새로운 분기점 마련, Kotra, 2016

5.1.6. 국내 기후기술 관련 인터뷰 지원

□ 해외 시장 선점 가능한 기후기술

- 개도국/선진국 2-track으로 해외 시장 선점 가능할 것으로 기대
- (개도국) 동남아시아, 아프리카 지역과 같이 기후 영향을 많이 받는 지역 수요 기반의 기후기술협력을 통한 시장 선점 가능
 - 개도국들은 전기 부족, 자연재해 피해, 폐기물 자운화 등과 관련된 애로사항을 표출하였으며, NDE 수요분석 결과¹⁰²⁾ 기후변화적응(39.7%), 에너지공급(32.4%), 에너지효율(27.9%) 순으로 기술수요가 나타남
- ※ 기후변화적응(수자원 관리/수처리, 농업/산림, 모니터링/모델링, 자연재해 예방 등), 에너지공급(신재생에너지, 에너지저장, CCS, 난방 등), 에너지효율(친환경건물, 교통, 발전/송배전 등)
- 따라서 개도국에 기후변화 인프라를 구축해 주는 사업 중심(소형 태양광 발전사업, 지하수정화 사업, 수질개선사업 등)으로 해외사업개발을 추진하여 시장 잠재력이 큰 개도국 시장 선점이 가능할 것으로 기대
- (선진국) IT, 빅데이터, 전기차 등 미래 산업 대응 가능한 혁신 기술 기반으로 시장 선점 가능
 - 태양전지, 이차전지 등 기술적 우위를 선점하고 있고 국내 산업이 활성화*된 기후기술 기반의 해외 시장 선점 가능하며,
 - * 한화큐셀, 삼성SDI, LG화학 등 글로벌 TOP 기업
 - 차세대 혁신 기술 기반*의 기후변화대응 관련 新시장(DIPV, CIPV, 무인자동차 등) 선점 가능
 - * 세계 최고 효율의 페로브스카이트 태양전지 기술, 세계 최초로 안정화된 인공광합성 기술 개발 등

□ 유망 기후기술 사업

- 미래부는 온실가스 저감·자원화 및 적응 분야에서 세계최고 효율 또는 최초 개발 등의 우수한 연구성과를 달성
 - ※ 예: 페로브스카이트 태양전지 22.1% 세계 최고효율 달성('16)
- '16년부터는 국가 기후기술협력창구인 NDE로서 우리 기술의 개도국 진출을 지원하고 있는 바, 2건의 기술지원사업* 수주 성과도 창출
 - * 유엔기후변화협약 부속기구에서 발주하는 사업으로 우리나라는 기니 기후변화 적응('16.11월), 케냐 수자원 공급('16.12월) 수주
- 파리기후협정 체결 이후 R&D 총괄부처로서 기후변화대응기술 확보 로드맵을 수립('16.6) 하고 체계적으로 R&D를 수행하고 있으며,

102) 유엔 기후기술메커니즘 하의 국가지정기구(NDE) 실행 전략 연구, GTC, 2016

- 지난해부터, 기획단계부터 차세대 기술의 적용·확산을 고려한 기술주도형 사업화 모델인 “기후산업육성모델*”을 발굴·지원하는 바, 보다 가시적인 성과를 기대하고 있음

* 핵심 요소기술을 패키지화하여 원천기술확보(5년) + 실증(5년) 지원

(예: 도심형 태양광, 이동기기형 태양광, 건물형 연료전지, 대용량 이차전지 등)

참고 : 기후변화대응 기술개발 대표성과(‘16)

분 야	주요 내용
 태양전지	◇ 既 실리콘 태양전지의 경제·기술적 한계극복을 위한 비실리콘계 차세대 원천기술 개발 지원 • <페로브스카이트> 세계 최고효율달성, 고성능·고안정성 정공수송체 개발 세계 최고효율 달성 및 갱신 중(‘15년 20.1%, ‘16년 22.1%) 既유기물 → 지구상에 풍부한 무기물(황철석 나노입자 FeS ₂) • <유기> 상용화를 위한 대면적 고효율 광활성 소재 개발 용액 공정용 단분자 유기태양전지 서브모듈 전무 → 7.45%급 서브모듈 유기태양전지용 신개념 단분자 소재 개발
 연료전지	◇ 연료전지 가격경쟁력 확보 및 상용기술의 한계 극복을 위한 차세대 연료전지 원천기술 개발 지원 • <PEMFC> 외부 전압인가 없는 물분해 효율향상 기술 개발 태양광 사용을 극대화하여 7.7% 물분해 효율 달성
 바이오에너지	◇ 신규 바이오매스 확보 및 연료화 복합 기술 개발 지원 • <인공광합성> CO ₂ 전기화학 전환 알코올 생산기술 개발 세계 최초로 안정된 기술 개발 (* 국내 특허 출원 중) • <바이오플라스틱> 세계 최초로 미생물 이용 의료용 바이오플라스틱 폴리락테이트-co-글라이콜레이트 생산 기술 개발
 이차전지	◇ 리튬이차전지 원천기술 경쟁력 향상 및 차세대 이차전지 원천기술 개발 지원 • <아연금속공기> 이차전지의 사이클수명 증대 : 5회(‘13) → 20회(‘14) → 46회(‘15) → 72회(‘16)
 CCS	• <포집> 세계 최고수준 CO ₂ 포집 실증(150Nm ³ /hr) 既흡수제 대비 흡수용량(2.5배)·흡수속도(1.5배) 증진, 에너지 사용량(40%)·투자비(30%) 절감 및 재생에너지 요구량 개선(日2.4→2.0 GJ/tCO ₂) • <포집> 세계 최고수준 1단 건식 포집공정 및 혁신 흡수제 개발 既건식 흡착제 탈착성능, 반응속도, 재생 안정성 및 경제성 향상
 탄소자원화	• <C1> 세계 최초 CO가스로부터 호기성 미생물 활용 개미산 생산기술 개발

□ 4차 산업혁명 적용 가능한 기후기술

○ 4차 산업혁명은 물리학, 디지털, 생물학 등의 기술을 기반으로 사람, 사물, 공간을 초연결·초지능화하여 산업구조 및 사회 시스템의 혁신*을 추구하나,

* 무인자동차, 로봇, 개인 중심의 공유경제, 디지털 플랫폼 시장 등

－ 4차 산업혁명을 주도할 산업들의 에너지 사용 소모가 높아* 新기후체제와 상호 대립될 수 있다는 우려 존재

* '11년 기준 전세계 데이터 센터가 처리한 전력량은 6,840억kW로 이는 서울에서 15년간 소비되는 전력량과 동일

○ 4차 산업혁명과 신기후체제의 동시 달성을 위해서는 저탄소·탄소중립 에너지 사용 증대 및 탄소 흡수원 확대 등이 필요

－ 4차 산업혁명에서는 새로운 에너지원이 등장하는 것이 아니라 기존 에너지원*이 연관 분야의 신기술들과 융합되면서 변화와 혁신을 가져올 것이라 기대

* 기존 산업혁명 주요 에너지원 : 석탄(1차), 석탄·석유·원자력을 기반의 전기(2차), 석탄 및 전력+재생에너지(3차)

－ (신재생에너지) 빅데이터, 인공지능(AI), 전기차 등 4차 산업혁명 핵심 산업의 전력 수요 증가에 대비하여 태양에너지, 풍력, 해양에너지, 연료전지 등 신재생에너지 기술 중심의 분산형 저탄소 발전 필요

－ (신재생 하이브리드) 안정적이고 효율적인 신재생에너지 공급을 위한 연료전지, 이차전지, 히트펌프 등 에너지(열, 전기 등) 저장 기술과 출력변동성(variability), 유연성(flexibility)등을 제어할 수 있는 시스템 최적화 등 에너지 관리 시스템 기술 필요

－ (탄소 포집·저장) 국내 온실가스 직접 감축 및 국제 탄소시장 메커니즘 활용을 통한 감축 등을 위해 온실가스를 포집·저장하는 CCS 기술 필요

－ (탄소활용) 현재 형성단계인 이산화탄소 관련 시장을 선점하기 위해 온실가스를 자원화하여 화학제품을 만드는 부생가스 전환, CO₂ 전환 등 탄소자원화 기술 필요

6. 결론 및 제언

6.1. 주요 수행내용 요약

- 본 과제는 CTR에서 설정하고 있는 핵심 기후기술에 대한 적정성 및 시의성을 재검토하고, 그 외 온실가스 감축 및 신시장 창출이 가능한 기술 분야를 추가 발굴하여 중점 기후기술을 재정립하고, 도출된 중점 기후기술의 발전방안을 도출하기 위해 수행되었음

□ 기후기술 분야별 국내외 동향분석

- R&D 수행의 기반이 되는 외부 환경변화 파악을 위해 기후기술 분야별(신재생에너지, 효율향상, 수요관리, 청정석탄 및 온실가스 처리)를 대상으로 국내외 정책·기술·시장 동향 자료 조사 및 분석 수행
 - (정책동향) 전세계적으로 신재생에너지 보급목표 수립, 에너지효율 개선 및 수요관리 관련 지원제도 수립 및 석탄화력발전의 청정발전 전원으로의 전환 정책 추진
 - (기술개발동향) 온실가스 배출 저감을 위한 신재생에너지 기술개발, 효율향상 및 분산형 전원 핵심기술 개발 및 저탄소 화석연료 이용 기술 개발에 투자
 - (시장동향) 신재생에너지 관련 투자는 지속적으로 증가하고 있으며, 신시장 창출이 가능한 혁신적 에너지기술, 신재생연계 ESS 및 에너지 전환에 따른 청정화력 시장, CCS 투자 확대

□ 기후변화대응기술 적정성 검토

- 2016년도 기후기술로드맵(CTR)에 포함된 10대기술 중 ‘탄소저감분야’로 설정된 6대 핵심기술을 중심으로 시장매력도, 기술수준 등에 대한 기술전문가 평가를 통한 기술 R&D 현황 점검
 - (부처별 투자 현황) 태양전지, 연료전지, 바이오연료, 이차전지, 전력IT, CCS 분야에 산업부와 과기정통부가 모두 R&D 투자 중이며, CCS를 제외하고는 산업부의 투자규모가 가장 큼
 - (부처별-수행주체별 투자 현황) 부처별 수행주체를 살펴보면, 과기정통부의 경우 출연연/전문연과 대학이 수행하는 R&D에 투자가 높고, 산업부의 경우 기업에 투자가 높은 것으로 나타남. 특히 산업부의 경우 중소기업이 수행하는 R&D에 가장 많은 예산 투자
 - (연구 기간별 투자 현황) 탄소저감 6대기술 R&D 예산은 2년초과 3년이하의 연구기간을 가진 R&D에 많이 분포되어있으며, CCS의 경우 기술개발 특성 상 8년을 초과하는 연구기간을 가지는 R&D에도 투자 지속
 - 전문가 설문평가에 의한 기후변화대응 6대기술의 시장매력도, 기술수준 및 각 기술별 온실가스 감축효과(직접) 현황분석 실시

□ 기후변화대응 유망기술 발굴

- 미래 기후기술경쟁력의 지속적 제고를 위해 차세대 유망기술 분야를 도출하고, 향후 국가 기후변화대응 R&D의 효과적인 추진을 위한 주요 분야별(신재생에너지, 에너지효율향상, 온실가스 처리/활용, 수요관리) 투자 우선순위 분석
 - (수요자 Needs 발굴) 수요기업협의체, 연구관리 전담기관 커뮤니티, 산학연 간담회 등을 통한 기후변화대응 기술에 대한 수요자 요구사항 도출 및 기술적 요구사항 정의
 - (기후변화대응 유망기술 후보군 도출) 국내외 자료 및 보고서 검토를 통해 유망 기후기술 후보분야 선정
 - (기후기술 우선순위 도출) 기술적 요구사항과 중점 연구분야를 맵핑하고, 기술전문가 및 정책/전략 전문가를 대상으로 한 설문조사 등을 통해 국내 기술수준, 시장 전망 등에 대한 기후/에너지 전문가(에너지 RP 등)의 의견을 반영하여 기후변화대응 유망기술 우선순위 도출
 - (기후변화대응 미래 유망기술 최종 도출) 도출된 우선순위에 대해 전문가 자문위원회 등을 통해 결과 검증 및 국가 기후기술경쟁력의 지속적 제고를 위한 핵심 기후기술 개편 대안 제시
- 도출된 유망기술의 현재 기술현황 분석 및 향후 R&D 추진방안 도출
 - 유망기술 : 태양에너지, 풍력, 수소·연료전지, 바이오에너지, 에너지저장, 신재생에너지 통합기술

□ 기타 기후관련 기술정책 활동 지원

- 미국 기후변화 정책 및 글로벌 환경변화에 따른 기후변화대응 투자 확대 필요성 분석
 - 트럼프 정부의 미국우선주의 및 화석연료 중심의 정책이 신재생에너지 투자 및 기후변화대응에 부정적인 영향을 줄 것이라는 초기 예상과는 달리, 고용 중심의 정책기조로 인하여 경제성 있는 신에너지 분야 산업 지원
- 기후변화대응 관련 6대 기술별 민간 산업동향
 - 태양전지, 연료전지, 바이오에너지, 이차전지, 전력IT, CCS 분야의 민간기업의 투자, 양산, 사업 동향 파악 및 분석
- 정부 별 신재생에너지 지원정책 및 예산 비교
 - 노무현(' 03~ ' 08), 이명박(' 08~ ' 13), 박근혜(' 13~ ' 17) 정부의 에너지·기후 관련 주요 법률 제정 현황, 신재생에너지 보급 비중 및 신재생에너지 관련 정부 예산추이 비교 분석
- 인도 신재생에너지 관련 투자, 기술개발 현황 및 전망 분석
 - 脫화석에너지 정책 추진으로 재생에너지를 포함한 비화석에너지원을 기반으로 전력을 공급하고, 신재생에너지산업을 육성하기 위해 태양에너지, 풍력, 바이오에너지 분야의 정책 지원 및 투자 확대

□ 시사점

- 전 세계적으로 신재생에너지 보급확대 및 수요관리 시장확대, 온실가스 감축을 위하여 전세계적으로 기후기술에 대한 기술개발 및 산업화연계 실증인프라 구축, 지원제도 강화 등을 통한 시장경쟁력 강화를 위한 노력이 진행중
- 국내의 경우 2016년 기준 대표적인 6대 기후기술인 태양전지 연료전지, 바이오연료, 이차전지, 전력IT, CCS 분야에 산업부와 과기정통부를 중심으로 국가 R&D 예산을 투자중
- 미래 기후기술경쟁력의 지속적 제고를 위해 수요기업 간담회, 환경분석 및 전문가 설문조사 등을 통해 차세대 유망기술 분야(태양에너지, 풍력, 바이오에너지, 수소연료전지, 차세대 에너지저장, 신재생에너지원 통합기술)를 도출하고, 전문가 간담회를 통해 향후 효과적인 R&D 투자 및 추진을 위한 주요 세부기술군 선정
- 2016년 중점 투자 기후기술 대비 도출된 차세대 유망기술 분야의 변동내용 정리

2016년		2017년	
태양전지	→	태양전지	세계적으로 기술개발의 중요성이 확대되고 있고, 국내의 경우 신재생에너지 확대정책의 중점기술로 지원 중
		(신규) 풍력	신정부 신재생에너지 확대정책에 대응하여 풍력기술개발 추가
연료전지	→	수소·연료전지	수소 기술개발의 중요도 확대에 따라 수소·연료전지로 수정
바이오연료	→	바이오에너지	화학제품용 바이오기술분야 추가에 따라 바이오연료에서 에너지로 기술범위 확대
이차전지	→	에너지저장	기존 전력저장에 한정되어있던 에너지저장 기술을 열저장까지 확대하여 투자
전력IT	→	신재생에너지원 통합기술	에너지관리기술, 신재생하이브리드, V2G 등 신재생 통합 및 융합기술 카테고리 추가
CCS	→	(삭제)	정책적으로 신재생에너지 기술개발 및 투자의 중요성 확대로 효과적인 R&D 투자를 위해 신재생에너지 관련 기술군을 위주로 재구성하며 CCS 기술 제외

6.2. 기대효과

- 환경변화에 부합하는 기후변화대응 중점기술 재조정을 통해, 국가 기후기술 R&D 투자 효율성 강화 및 우수성과 창출 유도를 위한 중요한 기반 마련
 - 최근 환경변화와 적정성을 고려하여 도출된 기술기반의 중점연구 분야를 국가 기후변화 대응 관련 R&D 과제기획 등에 활용함으로써 성과의 연계활용 극대화 가능
 - 정부가 집중 육성해야할 핵심 기후기술개발 분야를 제안함으로써 글로벌 기후산업 시장에서 우위를 선점할 수 있는 전략적 기후기술 R&D 역량 강화
- 기후/에너지 기술 분야의 최신 국내외 시장, 정책, 기술동향 분석을 통해 새로운 에너지/기후변화 시장에 능동적으로 대응 가능
 - 수시 정책업무 지원 과정에서 작성된 분석자료 등의 성과물들은 향후 미래부의 기후변화대응 관련 정책 및 전략수립 과정에 지속적으로 활용이 가능하며, 이를 통해 정부의 정책 및 전략마련의 전문성 향상에 기여할 것으로 기대

참고문헌

1. Trade Brief, 한국무역협회, 2017
2. 2014년 산업연관표, 한국은행, 2016
3. 2016 미국대선동향리포트제12호, 강효상국회의원, 2016
4. 2016년도 지능형 전력망 시행계획, 산업통상자원부, 2016
5. 2017 CCS Market Outlook, 2017, Bloomberg New Energy Finance, 2017
6. 2017년 국내외 에너지 시장 전망, 포스코경영연구원
7. 2017년도 에너지 기술 개발 실행 계획, 산업통상자원부, 2016
8. 2018년도 정부 연구 개발 투자 방향 및 기준, 미래창조과학부, 2017
9. Advanced Metering Infrastructure Market by Device (Smart Electric, Water, & Gas Meters), by Solution (MDM, Meter Data Analytics, AMI Security, and Meter Communication Infrastructure), by Service, and by Regions – Global Forecast to 2020, Markets and Markets, 2017
10. Bolt와 Model3로 보는 전기차 개발 전략, 키움증권, 2016
11. BP Energy Outlook 2017, BP, 2017
12. Carbon Capture and Sequestration(CCS) Market Size, Global Market Insights, 2016
13. Demand Response Management Systems, Navigant Research, 2016
14. Electric vehicles to be 35% of global new car sales by 2040, BNEF, 2016
15. Energy and Climate Change, WEO Special Briefing for COP21, IEA, 2015
16. Energy Efficiency Market Report 2016, IEA, 2016
17. Energy Focus, 에너지경제연구원, 2016
18. Energy Management System (EMS) Market worth 76.75 Billion USD by 2021, Market and Market, 2016
19. Energy Storage for Renewables integration, Navigant Research, 2015
20. Energy Technology Perspective 2017, IEA
21. Future of Energy, BNEF, 2016.6
22. Global EV outlook 2016, IEA, 2016
23. Global Microgrid Market Set To Reach \$23 Billion By 2021, Predicts GlobalData, Clea

n Technology, 2017

24. GLOBAL WIND REPORT, GWEC, 2015
25. Issues in estimating the employment generated by energy sector activities, the world bank, 2011
26. KEA 에너지이슈브리핑Vol.62,한국에너지공단,2017
27. KEMRI 전력경제REVIEW,한전경제경영연구원,2017
28. KIER 기술정책 Focus - IEA의 에너지기술전망[ETP] 2016의 주요내용 및 시사점, 한국 에너지기술연구원,2016
29. Large-Scale Demonstration of Advanced Smart Grid Solutions with wide Replication and Scalability Potential for EUROPE, European Commission, 2011
30. Microgrid Market worth 38.99 Billion USD by 2022, Markets and Markets, 2017
31. Net Zero Energy Buildings, Navigant research, 2016
32. New Energy Outlook 2017, Bloomberg New Energy Finance, 2017
33. Renewable Energy and Jobs, IRENA,2016
34. Renewable Global Status Report 2016, REN21, 2016
35. World Energy Outlook, IEA, 2016
36. 독일 2017 재생에너지법 시행, 새로운 분기점마련, Kotra, 2016
37. 독일 2050 기후행동계획 수립 동향, 외교부, 2016
38. 독일 에너지전환 정책의 추이와 시사점, 한국경제연구원, 2016
39. 독일 에너지전환(Energiewende) 정책의 명암, 과학기술정책(통권223호), 2017
40. 독일정부, 재생에너지 발전시장 지원, EC21 ,2015
41. 마이크로그리드 구축을 위한 타당성조사 연구용역 최종보고서, 제주에너지공사, 2016
42. 美 트럼프정부 에너지 정책에 따른 향후전망, Kotra, 2017
43. 범부처 신재생에너지 R&D 추진전략(안), 교육과학기술부, 2010
44. 보도자료: 마이크로그리드, 미래전력산업 ‘빛’이 되다, HelloT 첨단뉴스, 2016. 9.30.
45. 보도자료: 애플, 새로운 성장위해 친환경에너지산업 진출, NAVI4U, 2016.6.14.
46. 보도자료: 애플: 에너지자회사 ‘애플에너지’ 설립 ,ITCLE, 2016.6.10.
47. 보도자료: 재생에너지, 뛰어가는 중국 뒷걸음질치는 미국, 에너지경제, 2017.1.13.
48. 보도자료: 전통산업 부활로 ‘미국우선주의’ 이룬다, 한국경제매거진, 2017.01.18.

49. 보도자료: 중국서 최초 ‘태양광전기차’ 탄생, 조선비즈, 2016.7.5.
50. 보도자료: 트럼프 ‘기후변화는사기’?, 독일 “내갈길간다”, 에너지경제, 2016. 11. 21.
51. 보도자료: 트럼프, '위대한미국' 재건을 위한 6대과제발표, 중앙일보, 2017.01.21.
52. 보도자료: 폭스바겐 “2025년까지 전기차30종출시”, ZDNetKorea, 2016.6.17.
53. 불확실성 높은 트럼프시대의 세계경제, LG경제연구원, 2016
54. 산업기술 R&D투자의 고용창출 효과분석, 김호영외, 기술혁신학회지, 2014
55. 산업분석 In-depth/ 전력·가스, 한국투자증권, 2017
56. 세계에너지시장인사이트 제16-2호, 에너지경제연구원, 2016
57. 세계에너지시장인사이트 제16-42호, 에너지경제연구원, 2016
58. 세계에너지시장인사이트 제16-46호, 에너지경제연구원, 2016
59. 세계에너지시장인사이트 제16-47호, 에너지경제연구원, 2017
60. 세계에너지시장인사이트 제17-13호, 에너지경제연구원, 2017
61. 세계에너지시장인사이트 제17-8호, 에너지경제연구원, 2017
62. 세계에너지시장인사이트 제 13-22호, 에너지경제연구원, 2013
63. 신기후체제 수립관련 COP22 기후변화협상: 평가와전망, 국립외교원외교안보연구소, 2016
64. 신성장동력 투자활성화방안, 지식경제부, 2010
65. 신재생에너지 산업현황과 육성전략, 전국경제인연합회, 2016
66. 신재생에너지산업의 과거와 현재, 그리고 미래, KTB투자증권, 2016
67. 신재생에너지산업의 경제적 파급효과분석, 권승문외, Journal of Climate Change Research, 2016
68. 에너지 프로슈머시장에서의 에너지 저장장치 활용사례 및 제도개선 필요성, 한국경제연구원, 2017
69. 에너지신산업 발전전략 발표자료, 에너지신산업 추진협의회, 2016
70. 에너지新산업 성과확산 및 규제개혁 종합대책, 산업통상자원부, 2016
71. 유엔기후기술 메커니즘하의 국가지정기구(NDE) 실행전략연구, GTC, 2016
72. 저탄소에너지 기술혁신을 위한 정책 메가트렌드: 주요국의 신재생에너지대상, GTC, 2017
73. 전기자동차 및 충전인프라 지역별 현황, 환경부, 2016
74. 정부정책이 고용에 미치는 영향에 대한 분석 및 평가시리즈(VII)-신재생에너지의 기술개발 및 이용·보급정책, 고용노동부, 2010

75. 제로에너지건축물(ZEB) 인증제도시행, 한국에너지공단, 2017
76. 중소기업기술로드맵(2017-2019), 중소기업청, 2017
77. 지속가능한 녹색기술 R&D 정책추진을 위한 지원연구 - 녹색산업분류체계 마련 연구, 녹색기술센터, 2015
78. 청정에너지기술로드맵, 관계부처합동, 2016
79. 최근 신재생에너지 글로벌 이슈와 시사점, KDB산업은행, 2016
80. 트럼프시대의 미국 공공인프라시장, Kotra, 2017
81. 트럼프정부의 최우선 인프라프로젝트, Kotra, 2017
82. 트럼프의 긴급 50개 투자계획, 유진투자증권, 2017

기후변화대응 유망기술 발굴에 관한 설문조사

안녕하십니까?

한국에너지기술연구원 기후기술전략센터에서는 기후변화 대응을 위한 혁신적인 기후기술 R&D 전략 및 관련 정책수립 기반연구를 수행하고 있습니다.

본 설문에서는 이러한 연구의 일환으로 ‘기후변화대응 핵심기술개발전략(’14.7)’에서 설정된 기후변화대응 6대 핵심기술(태양전지, 연료전지, 바이오연료, 이차전지, 전력IT, CCS)의 현황을 점검하고, 향후 기후기술경쟁력의 지속적 제고를 위한 미래 유망기술 분야 도출 및 우선순위 분석에 대해 전문가 여러분의 의견을 수렴하고자 합니다.

응답해 주신 내용은 연구목적 이외에는 절대 사용되지 않을 것이며, 통계법 제33조 및 제34조에 의하여 비밀이 보장됩니다. 부디 바쁘시더라도 우리나라 기후변화대응 유망기술 발굴 및 관련 기술분야에 대한 효과적인 연구개발투자가 이루어질 수 있도록 설문조사에 도움을 주실 것을 간곡히 부탁드립니다.

감사합니다.

2017.3.30.

한국에너지기술연구원 기후기술전략센터

[작성 안내]

설문 응답의 편의를 위해 「기후변화대응 6대기술 환경분석(첨부1)」과 「기후기술 분야별 국내외 동향분석(첨부2)」 자료의 정책/시장/기술에 대한 환경 및 동향분석 자료를 첨부해 드렸습니다. 설문 응답을 위한 기초자료로 활용해 주시기 바랍니다.

[설문의 구성]

I. 기후변화대응 6대기술 현황 조사

II. 기후산업 유망기술 발굴을 위한 기술수준 조사

※ 첨부1. 기후변화대응 6대기술 환경분석 (p.14~19)

첨부2. 기후기술 분야별 국내외 동향분석 (p.20~24)

[조사기간] 2017. 3. 30 ~ 2016. 4. 7

[문의 및 제출처] 배치혜 선임연구원 (042-860-3595, chihye@kier.re.kr)

[설문자 인적사항]

전문분야	
연구경력	① 5년 미만 ② 5년 이상~10년 미만 ③ 10년 이상 ~20년 미만 ④ 20년 이상
소속기관	① 대학 ② 국공립연구기관 및 정부출연연구소 ③ 기업 및 민간연구소 ④ 중앙 및 지방정부

I. 기후변화대응 6대기술 현황 조사

■ 기후변화대응 6대기술 현황

- ‘기후변화대응 핵심기술개발 전략(‘14.7)’을 통해 시장전망, 기술경쟁력, 우리나라 주력산업 연관성(고도화 효과) 및 온실가스 저감 효과를 고려하여 6대 기후기술(태양전지, 연료전지, 바이오연료, 이차전지, 전력IT(EMS, 신재생하이브리드), CCS) 설정
- 선정된 기후변화대응 6대 기술을 중심으로 다양한 연구 주체들의 활동을 ‘과제 레벨(목표, 투자규모, 예상 일정, 성과활용 등)’까지 파악·제공하여 기후기술의 체계적인 기획·확보·활용 지원하기 위한 ‘기후변화대응 기술확보 로드맵(CTR)(‘16.6)’ 작성

□ 기후변화대응 6대기술 현황 조사

- ‘기후변화대응 핵심기술개발 전략(‘14.7)’에서 설정된 기후변화대응 6대기술에 대하여 「첨부1. 기후변화대응 6대기술 환경분석 (p.14~19)」과 아래의 평가항목 및 주요내용을 참고하시어 각 기술 및 문항별로 수준을 기입해 주시기 바랍니다.

평가항목		주요 내용			
시장	시장매력도	기술별 세계 시장의 성장 및 확장 가능성, 시장의 경쟁 상황 등을 종합적으로 고려한 2030년 예상 시장매력도 ※ 「첨부1. 기후변화대응 6대기술 환경분석 (p.14~19)」의 기술별 시장규모 참고			
R&D 역량	기술수준	세계 최고 기술수준(100%) 대비 우리나라의 상대적인 기술수준 (%)			
		<상대수준 평가 기준>			
		%	개념 및 정의	%	개념 및 정의
		100	세계 최고수준	70~79	최고기술보다 다소 뒤쳐진 수준
	90~99	최고기술과 동등한 수준	60~69	최고기술보다 낮은 수준	
80~89	최고기술에 근접한 수준	59이하	최고기술보다 아주 낮은 수준		
	국내 연구환경 수준	국내 관련 연구자 수, R&D 인프라 구축 수준 등을 종합적으로 고려한 연구환경 수준			

1. 태양전지

기술명	기술정의	기술분야
태양전지	태양에너지로부터 전기에너지를 생산하는 기술	- 실리콘 태양전지 - 차세대 태양전지

－ 태양전지분야의 시장매력도, 기술수준, 국내 연구역량에 대해 제시한 평가항목에 따라 평가 및 기입해 주시기 바랍니다.

평가항목		평가척도				
시장	시장매력도	매우낮음	낮음	보통	높음	매우높음
기술	기술수준	_____ % (세계최고기술을 100으로 했을 때 국내 기술의 상대적 수준)				
	국내 연구역량	매우낮음	낮음	보통	높음	매우높음

2. 연료전지

기술명	기술정의	기술분야
연료전지	수소를 활용하여 전기에너지를 생산하는 기술	- 상용 연료전지 - 차세대 연료전지

－ 연료전지분야의 시장매력도, 기술수준, 국내 연구역량에 대해 제시한 평가항목에 따라 평가 및 기입해 주시기 바랍니다.

평가항목		평가척도				
시장	시장매력도	매우낮음	낮음	보통	높음	매우높음
기술	기술수준	_____ % (세계최고기술을 100으로 했을 때 국내 기술의 상대적 수준)				
	국내 연구역량	매우낮음	낮음	보통	높음	매우높음

3. 바이오연료

기술명	기술정의	기술분야
바이오연료	목재, 곡물, 조류 등에서 바이오디젤 등의 연료를 생산하는 기술	- 바이오연료 생산 - 신규 바이오매스

－ 바이오연료분야의 시장매력도, 기술수준, 국내 연구역량에 대해 제시한 평가항목에 따라 평가 및 기입해 주시기 바랍니다.

평가항목		평가척도				
시장	시장매력도	매우낮음	낮음	보통	높음	매우높음
기술	기술수준	_____ % (세계최고기술을 100으로 했을 때 국내 기술의 상대적 수준)				
	국내 연구역량	매우낮음	낮음	보통	높음	매우높음

4. 이차전지

기술명	기술정의	기술분야
이차전지	휴대폰, 전기자동차 등에 활용되는 전기에너지 저장 기술	- 중소형 이차전지 - 대용량 이차전지

－ 이차전지분야의 시장매력도, 기술수준, 국내 연구역량에 대해 제시한 평가항목에 따라 평가 및 기입해 주시기 바랍니다.

평가항목		평가척도				
시장	시장매력도	매우낮음	낮음	보통	높음	매우높음
기술	기술수준	_____ % (세계최고기술을 100으로 했을 때 국내 기술의 상대적 수준)				
	국내 연구역량	매우낮음	낮음	보통	높음	매우높음

5. 전력IT

기술명	기술정의	기술분야
전력IT	• EMS : 공장, 빌딩 등의 에너지 소비 관리 시스템	• BEMS, FEMS, CEMS
	• 신·재생 에너지 하이브리드 : 신재생 에너지 복합 발전 및 열생산 시스템	• 신재생에너지 열원 통합 및 블로킹 • V2G

－ 전력IT 분야의 시장매력도, 기술수준, 국내 연구역량에 대해 제시한 평가항목에 따라 평가 및 기입해 주시기 바랍니다.

평가항목		평가척도				
시장	시장매력도	매우낮음	낮음	보통	높음	매우높음
기술	기술수준	_____ % (세계최고기술을 100으로 했을 때 국내 기술의 상대적 수준)				
	국내 연구역량	매우낮음	낮음	보통	높음	매우높음

6. CCS

기술명	기술정의	기술분야
CCS	• 이산화탄소 포집 및 처리기술 (Carbon dioxide Capture & Sequestration)	• CO ₂ 포집 • 수송 및 저장

－ CCS 분야의 시장매력도, 기술수준, 국내 연구역량에 대해 제시한 평가항목에 따라 평가 및 기입해 주시기 바랍니다.

평가항목		평가척도				
시장	시장매력도	매우낮음	낮음	보통	높음	매우높음
기술	기술수준	_____ % (세계최고기술을 100으로 했을 때 국내 기술의 상대적 수준)				
	국내 연구역량	매우낮음	낮음	보통	높음	매우높음

II. 기후산업 유망기술 발굴을 위한 기술수준 조사

■ 기후산업 유망기술군 후보영역 설정

- 27대 중점 녹색기술 및 국내외 미래 유망기술 선정 사례* 조사를 통한 유망 기술 Data 수집

* 27대 중점 녹색기술, 미래성장동력 종합실천계획(2015), 에너지기술개발계획(2015), 미션 이노베이션(2016), 10대 청정에너지 혁신기술(2014), KISTI 11대 먹거리기술(2015), KISTEP 10대 미래유망기술(2016), 미래유망청정생산기술(2014), 특허청(빅데이터로 찾은 미래먹거리 기술)(2013), 중소기업맞춤형 기술개발로드맵(2014), World Economic Forum(Emerging Technologies)(2016), MIT(2016년10대 혁신기술)(2016), Mckinsey Global Institute(Disruptive technologies)(2014), 글로벌트렌드 2030 (미국국가정보위원회)(Resource Technologies 분야)(2014)

- 도출된 기술군과 녹색기술분류(KIAT), 인증대상 녹색사업 기술분류(KIAT), 녹색산업 분류체계(2015,GTC)와의 비교를 통해 기후변화대응 유망기술군 후보 18개 기술군 도출

[기후산업 유망기술군 후보 영역]

유망기술 후보기술군		녹색기술 분류 (KIAT)	녹색사업 분류 (KIAT)	녹색산업 분류체계 (GTC,2015)
신재생 에너지	태양에너지	○	○	○
	바이오에너지	○	○	○
	수소연료전지	○	○	○
	풍력	○	○	○
	지열	○	○	○
	해양	○	○	○
효율향상	이차전지	○		○
	건물	○	○	○
	수송	○	○	○
	산업효율	○	○	
온실가스 감축	CCS	○	○	○
	Non-CO ₂	○	○	○
청정화력		○	○	○
신재생하이브리드				○
스마트그리드		○	○	○
EMS		○	○	○
소재		○		
적응		○	○	○

□ 기후산업 유망기술군 후보영역 설정

- － 도출된 기후변화대응 유망 기술군 후보 18개의 기술군 정의 및 ‘첨부2. 기후기술 분야별 국내외 동향분석 (p.20~24)’을 참고하셔서 기후변화 적응기술 분야의 시장매력도, 기술경쟁력(기술수준, 국내 연구역량 등), 사업화 용이성, 파급효과(온실가스 저감효과), R&D 투자 우선순위에 대해 제시한 평가항목에 따라 평가 및 기입해 주시기 바랍니다.

[기후산업 유망기술군 후보의 기술군 및 활용기술 정의]

기술군명	기술군 정의	중점기술
태양에너지	태양으로부터 오는 빛에너지나 열에너지를 전기 및 열로 변환/저장시켜 직간접적으로 활용하는 기술	- 태양광(Solar Photovoltaic, 발전) - 태양열(Solar thermal, 냉·난방·발전) - 태양연료 (Solar fuel, 연료)
바이오에너지	바이오매스(Biomass, 유기성 생물체를 총칭)를 직접 또는 생·화학적, 물리적변환과정을 통해 액체, 가스, 고체연료나 전기·열에너지 형태로 이용하는 화학, 생물, 연소공학 등의 기술	- 바이오액체연료 생산기술 - 바이오매스 가스화기술 - 바이오매스 생산/가공기술
수소·연료전지	(수소에너지) 물, 유기물, 화석연료 등의 화합물 형태로 존재하는 수소를 분리, 생산해서 이용 (연료전지) 수소와 산소의 화학반응으로 생기는 화학에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 기술	- 수소 제조·저장·이용 - MCFC, SOFC, PEMFC, DMFC 등
풍력	바람에너지를 변환시켜 전기를 생산하는 발전 기술	- 대용량 육해상 풍력발전 - 육해상 풍력발전단지 개발 및 운영 기술 - 육해상 풍력 하부구조물 설치 기술
지열	지열에너지는 물, 지하수 및 지하의 열 등의 온도차를 이용하여 냉·난방에 활용하는 기술	- 지열원 냉난방 시스템 - 지열원 및 하이브리드 열원 최적 통합 - 지역 열공급 시스템
해양	해양의 조수·파도·해류·온도차 등을 변환시켜 전기 또는 열을 생산하는 기술	- 조력/파력/조류 발전 - 온도차 발전 - 해양염분차 발전
이차전지	외부의 전기 에너지를 화학 에너지의 형태로 바꾸어 저장해 두었다가 필요할 때에 전기를 만들어 내는 기술	- 전지식 저장장치(리튬이차전지, 초고용량 커패시터, 레독스 흐름전지, 나트륨전지 등) - 에너지 저장시스템(ESS)
건물	스마트그리드, 신재생에너지 등 전력공급의 다양화, 도시/건물 전력 이용 다변화 및 증가하는 전력수요에 대응할 수 있는 도시/건물 부하저감, 효율향상 및 운영관리 관련 기술	- 스마트시티 - 제로에너지하우스 - ICT 연계 최적 에너지 수요관리 기술

수송	고연비, 저탄소차량, 클린디젤, 전기·하이브리드·지능형 그린 자동차 등 온실가스 저감을 위한 고효율 저공해 자동차 관련 기술	- 전기자동차 - 연료전지 자동차 - 하이브리드 자동차
산업효율	- 온실가스 배출을 줄이고, 자원 효율성을 극대화할 수 있는 공정 - 에너지다소비기기의 효율향상 기술	- 친환경공정 - 전동기, 보일러, 요, 로, 건조기 효율향상 기술
CCS	고농도의 CO₂를 포집·압축·수송하여 안전하게 대량저장 하는 기술	- CO₂ 포집기술 - CO₂ 수송기술 - CO₂ 저장기술
Non-CO ₂ 처리기술	Non-CO₂(이산화탄소 제외) 온실가스의 발생 현황을 모니터링 및 데이터베이스화 하고, 이를 저감하고자 포집, 정제, 활용 및 분해처리 기술과 배출을 원천적으로 개선할 수 있는 대체물질 및 대체프로세스를 개발하는 기술	- Non-CO₂ 대기오염 물질의 발생 억제, 포집, 정제, 활용, 대체제 기술 - Non-CO₂ 모니터링 및 평가 기술
청정화력	기존 화력발전 보다 고효율 발전은 물론 온실가스 배출을 획기적으로 감소시키는 기후변화 대응형 발전시스템	- 고효율 가스터빈 발전 - IGCC - 초임계 CO₂ 발전
신재생 하이브리드	신재생에너지를 포함한 둘 이상의 에너지 생산시스템과 에너지저장시스템을 결합한 전력 및 열, 가스 공급·관리 시스템	- 친환경에너지타운 - 제로에너지빌딩 - 에너지 자립섬 - V2G
스마트 그리드	전기의 생산, 운반, 소비 과정에 정보통신 기술을 접목하여 공급자와 소비자가 서로 상호작용함으로써 효율성을 높인 지능형 전력망시스템	- 신재생분산발전 - 전기차 충전시스템 - 에너지 프로슈머
EMS	공장, 빌딩 등의 에너지 소비 관리 시스템	- BEMS (Building EMS) - FEMS (Factory EMS) - CEMS (Cloud EMS)
소재	여러 분야에 걸쳐 공통·효율적으로 적용할 수 있는 고효율, 친환경 소재	- 신재생에너지 및 저탄소 에너지용 응용소재 - 에너지 환경용 소재 - 고성능 화학소재
기후변화 적응기술	홍수, 가뭄, 우수증감, 해수면 상승, 폭풍 빈도 및 강도변화 등의 기후변화 영향에 대한 취약성을 저감시키고 저항력을 강화시키는 데 도움이 되는 기술	- 기후변화 감시/전망 - 기후변화 영향 관측/예측 - 기후변화 리스크 관리체계 - 피해 저감 및 회복력 강화 - 중장기 대응기반 구축

- 각 문항별로 수준에 대해 아래 평가표를 참고하셔서 아래 항목별로 1~5점 척도로 수준을 평가해 주시기 바랍니다.

매우낮음	낮음	보통	높음	매우높음
1	2	3	4	5

1. 시장매력도	• ‘첨부2. 기후기술 분야별 국내외 동향분석 (p.20~24)’의 기술별 시장규모를 참고하여 평가기술별 세계 시장의 성장 및 확장 가능성, 시장의 경쟁 상황 등을 종합적으로 고려한 중장기(2030년) 시장매력도에 대한 의견을 수렴하고자 합니다.
2. 국내 연구환경 수준	• 국내 관련 연구자 수, R&D 인프라(실험장비, 실증 등) 구축 수준 등을 종합적으로 고려한 연구환경 수준에 대한 의견을 수렴하고자 합니다.
3. 정책·제도 지원 환경 수준	• 지원제도, 정책의 일관성, 표준화 등의 제반 인프라를 고려하였을 때 각 분야 별 개발기술의 실제 적용 및 사업화를 위한 환경 수준에 대한 의견을 수렴하고자 합니다.
4. 온실가스 감축 기여도	• 각 기술개발이 중장기(~2030년)적 측면에서 온실가스 감축목표 달성에 어느 정도 기여할 것인지에 대한 의견을 수렴하고자 합니다.

기술군명	시장매력도	국내 연구환경 수준	정책·제도 지원 환경 수준	온실가스 감축 기여도
태양에너지				
바이오에너지				
수소·연료전지				
풍력				
지열				
해양				
이차전지				
건물				
수송				
산업효율				
CCS				
Non-CO ₂ 처리기술				
청정화력				
신재생하이브리드				
스마트그리드				
EMS				
소재				
기후변화적응기술				

5. 기술수준

- 최고 기술보유국의 기술수준을 100점으로 하여, 현재시점에서 최고기술 대비 국내 기술의 상대적인 수준에 대한 의견을 수렴하고자 합니다.
- 아래 표를 바탕으로 점수를 0~100점까지 1점 단위로 점수를 기입해 주시기 바랍니다.

<상대수준 평가 기준>

점수	개념 및 정의	점수	개념 및 정의
100	세계 최고수준	70~79	최고기술보다 다소 뒤쳐진 수준
90~99	최고기술과 동등한 수준	60~69	최고기술보다 낮은 수준
80~89	최고기술에 근접한 수준	59이하	최고기술보다 아주 낮은 수준

기술군명	기술수준 (세계최고기술을 100으로 했을 때 국내 기술의 상대적 수준)	<참고> KISTEP 기술수준 평가 결과
태양에너지		
바이오에너지		
수소·연료전지		
풍력		
지열		
해양		
이차전지		
건물		
수송		
산업효율		
CCS		
Non-CO ₂ 처리기술		
청정화력		
신재생하이브리드		
스마트그리드		
EMS		
소재		
기후변화적응기술		

6. 투자우선순위

- 향후 중장기 국가 R&D 투자에 있어 중점을 두어 투자해야 할 핵심적인 기술군에 대한 의견을 수렴하고자 합니다. 각 기술군 별로 투자우선순위에 대한 평가를 해당되는 곳에 V 표시를 해주시기 바랍니다.

기술군명	투자우선순위						
	매우 낮음	낮음	다소 낮음	보통	다소 높음	높음	매우 높음
태양에너지							
바이오에너지							
수소·연료전지							
풍력							
지열							
해양							
이차전지							
건물							
수송							
산업효율							
CCS							
Non-CO ₂ 처리기술							
청정화력							
신재생하이브리드							
스마트그리드							
EMS							
소재							
기후변화적응기술							

1. 태양광

정책	◆ (세계) 태양광 발전은 신재생에너지 보급 확대 정책의 중심축 형성 - (미) 주거용/상업용 시설의 태양광 설비 30% 세액 공제 - (EU) '20년까지 EU 전력의 15%를 태양에너지로 충당 - (일) '30년까지 전력생산량 중 7% 태양광으로 보급 ◆ (국내) 제2차 에너지 기본계획, 제4차 신재생에너지 기본계획 등 주요 에너지 계획에서 태양광 보급 확대를 중요한 정책방향으로 제시 - 신재생에너지 중 태양광 비중 : ('14) 4.9% → ('35) 14.1% - 신재생 발전량 중 태양광 비중 : ('14) 7.5% → ('35) 23.4%
기술	◆ (세계) 대규모 태양광 발전, 빌딩 등 실증 위주 및 차세대 태양전지 기술개발 - (미) 분산형 PV 시스템 기반 태양광발전, 대규모 태양광 단지 등 실증 및 상용화 중심 * (APRA-E) 태양광 전력 변환 비용 절감 기술, 태양이 없을 때에도 저비용·고효율 전력공급이 가능한 하이브리드 태양에너지 기술 개발 - (독) 효율향상, 신공정 개발, 비용절감 생산기술 등 상업화를 위한 기술개발 수행 * (Horizon2020) EU PV 제조 산업 경쟁력 강화, PV 전기 비용 절감 - (일) '30년까지 모듈변환효율 40% 및 발전비용 7엔/kWh 개발 목표 제시 * (NEDO) 태양광 다용도 적용, 시스템 효율 향상·유지 관리 기술, 태양광발전 재활용, 실리콘/CIGS/III-V족/페로브스카이트 태양전지 기술 개발 ◆ (국내) 현재 태양광 시장의 중심을 이루고 있는 실리콘 태양전지와 더욱 높은 효율과 낮은 가격의 부가가치가 높은 차세대 태양전지에 대한 전략적인 기술개발 추진 중 - 결정질 실리콘 태양전지 Grid Parity 달성, BIPV, 염료감응, 유기 등 차세대 태양전지 상용화, 인증기반 확대 및 박막 태양광 장비개발 인프라 구축 등
시장	◆ (세계) 세계 태양광 시장은 미국, 유럽 등의 그리드패리티 도달 등에 따라 '20년까지 2배 이상 성장('14년 대비) - 신규 설치량 : ('14) 40.3GW → ('20) 83.9GW - 누적 설치량 : ('14) 177.9GW → ('20) 589.3GW - 시장 매출액 : ('13) \$598.4억 → ('20) \$1,340억 ◆ (국내) 신재생에너지 확대 계획 등에 따라 '14년 기준, '20년까지 태양광 시장은 10배 이상 확대 전망 - 신규 설치량 : ('14) 909MW → ('20) 1,500MW - 시장 매출액 : ('14) \$54억 → ('20) \$665억 - 산업계에서는 셀 효율 향상 및 대면적화 등 기술개발 성공, 시스템 개선을 통한 사업성 확보, 생산 설비 투자 확대, 해외 프로젝트 수주 등 국내·외 태양광사업 확대
수요	◆ (기술 개발) 기존 시장 제품과 차별화는 물론 미래 시장을 주도할 차세대 원천기술 및 공정기술, 이의 산업화 연계기술 개발과 다양한 적용 및 사업화를 위한 비즈니스 모델 발굴 필요 ◆ (산업화 지원) 개발기술의 산업화 과정의 Death Valley 극복을 위한 지속적인 기술개발 및 초기시장 견인, 규모의 경제 달성을 위한 Value Chain 구축 등을 위한 투자 지원 ◆ (제도 개선) 기술별 특성을 고려한 체계적이고 안정적인 R&D 투자, 기술개발 및 산업화 촉진의 기반이 되는 표준인증제도 등의 마련 및 개선 필요

2. 연료전지

정책	◆ (세계) 온실가스 감축 및 신재생에너지 확대를 위한 액션플랜의 일환으로 연료전지 기술개발 및 설치 확대 지원 - (미) 연료전지 설치비용의 65~75% 인센티브 지원 - (독) '23년까지 약 400개소 수소스테이션 건립 - (일) '30년까지 가정용 연료전지 530만대, 연료전지차(FCV), 80만대 보급 계획 수립 ◆ (국내) 미래 수소경제 산업생태계 형성을 위해 전력수급 발전 비중 및 연료전지 자동차 보급 확대 추진 - 신재생 발전량 중 연료전지 비중 : ('15) 5.2% → ('29) 9.7% - '20년까지 연료전지차 10만대, 수소충전 스테이션 210기 보급
기술	◆ (세계) 가정용·발전용 연료전지 개발 및 수소 인프라 구축 관련 기술 개발·실증 추진 - (미) PEMFC 저가화 및 내구성향상, 100마일 이상 주행 가능한 트럭 실증 등 추진 * (APRA-E) 고체 이온 전도체 성질 개선, 저가 분산 발전용 연료전지 기술개발 - (독) 수소인프라 및 소형 가스터빈·열전발전 융합기술 개발 수행 * (Horizon2020) PEMFC 스택 대량 생산, 수소차 충전 시스템, Hydrogen Mobility Europe, 대형 SOFC, 수소 개질, PEMFC 운전 모니터링 및 진단 기술 - (일) 가정용 연료전지 시스템, 수소 제조저장공급 등 수소 인프라 구축 및 상용화 기술 개발 * (NEDO) SOFC 실용화 기술, 수소 제조·이용 기술, PEMFC 보급 확대 기반 기술 ◆ (국내) 저가·고효율·고내구성 연료전지, 연료전지 발전소 및 수소 인프라 기반 기술 개발 - (상용 연료전지) 고효율 연료전지 개발 및 수소 공급망 기반 기술 개발 - (차세대 연료전지) 차세대 저가 고효율 연료전지, 융복합 및 수소 연료전지 기반 전기/열/연료 공급 플랫폼 구축 기술 개발
시장	◆ (세계) '30년 세계 연료전지 시장규모는 '14년 대비 약 48배 성장 전망 - 시장규모 : ('14) 1,369억 엔 → ('30) 6조 4,923억 엔 - 수송용 4조 7,520억 엔으로 전체의 약 73% 차지 - 가정용 7,910억 엔, 발전용 6,813억 엔 ◆ (국내) '20년 국내 연료전지 시장은 세계 시장규모의 20%를 차지할 것으로 전망 - '14년 연료전지발전량은 '13년 대비 63% 증가 - '13년 현대자동차는 연간 1,000대 FCEV 양산라인 세계최초 구축 - 수송용 연료전지시장은 '20년 약 8천억원 규모에 이를 것으로 전망 - '13년 현대자동차는 연간 1,000대 FCEV 양산라인 세계최초 구축. 관련 기업들이 부품 기술 개발 및 양산 시설에 투자
수요	◆ (기술 개발) 기존 상용화 기술 중심에서 차세대 기술로의 R&D 관심 확대가 필요하며, 우리나라가 취약한 부품·소재기술 확보와 더불어 개발기술의 산업 활용 확대를 위한 비즈니스 모델 기반의 융합 기술개발 추진 필요 ◆ (산업화 지원) 국내 민간기업이 개발한 기술의 실제적인 산업화를 위한 정부 주도의 대규모 실증 사업과 전체적인 기술개발 투자규모 확대 필요 ◆ (제도 개선) 기술개발 및 산업화 관련 지원제도의 강화 및 민간기업과 차별화되는 장기 기반 기술에 대한 기술개발과 보급까지를 포함하는 정부의 통합계획 수립 및 이행 필요

3. 바이오연료

정 책	◆ (세계) 의무 할당, 보조금 제도 등 정책적 지원을 통한 바이오에너지 수요 증가 견인 - (미) 수송분야 온실가스 감축을 위해 혼합의무량 조정('13) - (EU) '20년까지 수송용 연료의 10%를 바이오연료로 충당 - (일) '30년까지 전력생산량 중 바이오매스 비중 3.7~4.6% 목표 설정 ◆ (국내) 제4차 신재생에너지 보급 계획, 신재생에너지 연료 혼합의무화 시행 등을 통해 바이오에너지 보급 확대 추진 - 신재생에너지 중 바이오에너지 비중 : ('14) 13.3% → ('25) 19.0% - 바이오디젤 혼합의무비율 : ('15) 2.5% → ('20) 3.0%
기술	◆ (세계) 수송분야의 온실가스 감축 효과 극대화 및 에너지 안보 문제 해결 가능한 바이오연료 기술 개발 확대 - (미) Electrofuels, 바이오연료 생산 기술개발 및 파일럿 연구 등 바이오연료 실용화 및 차세대 기술개발을 지원 * (APRA-E) 바이오매스 수율 향상을 위한 바이오연료 작물 재배 자동화, 시스템화 - (EU) 차세대 바이오연료, 바이오연료 고급화 등 경유 대체가능한 바이오연료 기술 개발 집중 * (Horizon2020) 차세대 바이오 연료 기술 개발, 고급항공 바이오연료 상업생산 실증 - (일) 차세대 바이오매스 기술 개발, 시스템 시범 사업 등 전방위에 걸쳐 바이오에너지 기술개발 지원 * (NEDO) 바이오매스 가스화·액화, 미세조류 유래 바이오연료 생산 기술 개발, 셀룰로오스계 에탄올 연료 상용 생산 시스템 최적화 기술개발 및 실증 ◆ (국내) 바이오에너지 보급 확대 및 바이오매스 안정적 확보를 위한 R&D 지원 중 - (바이오연료 생산) 바이오연료 가격 저감 및 생산량 증대 가능한 기술 개발 중점 추진 - (신규 바이오매스) 국내 미활용 바이오매스나 새로운 국산 바이오매스 확보 및 대량 배양기술 개발 중점 추진
시 장	◆ (세계) '20년까지 세계 바이오연료 시장은 '12년 대비 약 3배 확대 전망 - 비식량계 기반(미세조류 등)의 차세대 바이오연료 중심으로 연평균 13.9% 증가율로 성장 예상 - 시장 규모 : ('12) \$1,578억 → ('20) \$4,471억 - (북미) 바이오연료 의무혼합비율 상향 조정, (아시아) 차량 증가에 따른 바이오연료 소비 증가 등으로 시장 규모는 장기적이고 지속적으로 성장 전망 ◆ (국내) 수송용 연료 중심으로 투자규모가 확대되고 있으며 '20년까지 4배 이상 성장 전망('11년 대비) - 시장 규모 : ('11) 1조 74억원 → ('20) 4조 5,203억원 - 바이오산업(492억) 중, 바이오디젤 산업에 41%(203억) 투자('14) - 바이오매스 발전사업 및 바이오연료 생산 사업 추진과 함께 해외시장 기반의 바이오매스 확보를 위한 바이오원료 사업 활성화
수 요	◆ (기술개발) 국내 바이오매스 연료화 기술 자체는 사업화 수준의 성숙도에 도달하고 있으며, 차세대 바이오매스 기술을 통한 원료의 대량 생산 및 국내 기술의 해외 적용 등을 통한 규모의 경제와 경제성 확보 필요 ◆ (산업화 지원) 바이오매스의 경제성에 대한 불확실성으로 인해 위축되어 있는 민간의 투자를 활성화하기 위한 실증사업에 대한 정부의 투자를 보다 확대하고, 세제 혜택 등 인센티브를 통한 기술개발 투자 촉진 필요 ◆ (제도 개선) 기술개발 및 산업 활성화를 촉진시키기 위해 연료사용 의무를 화학제품 원료까지 확대 및 이를 온실가스 감축실적 인정에 포함하는 등의 제도 강화 검토

4. 이차전지

정 책	◆ (세계) 세계 주요국들은 ESS 설치 의무화 및 보조금 지급 등 보급확대 정책 추진 - (미) 캘리포니아주는 '20년까지 공급 전력의 5% 의무설치 - (EU) '20년까지 유럽 내 태양광발전 시설 중 12%에 ESS 설치 - (영) '20년까지 신재생에너지 설비 비중 15% 및 ESS 2,000MW 보급 추진 - (독) 전기자동차의 보급 확대를 위해 전기 및 하이브리드자동차 구매보조금 지급(6억 유로), 충전인프라 확충(3억 유로), 관용차 구매(1억유로) 등에 총 10억 유로 규모의 자금지원 계획 발표 - (프) 자국 내 전기자동차 보급 활성화를 위한 충전 인프라 확충 및 보조금 지원 확대 - (일) '30년까지 신규차량 중 전기차 등 차세대 자동차 비율 50~70% 확대 - (중) 2020년까지 전기자동차 충전소 10,000개, 충전시설 120,000개를 설치하고, 베이징, 상하이, 항저우 등 지역으로부터 반경 1km 내에 공공 급속 충전시설 구축 계획 ◆ (국내) 제2차 에너지기본계획에서 전력다소비 수용가, 공공기관의 대규모 ESS 투자 유도 및 지능형 ESS의 비상전원 활용을 주요 정책방향으로 제시 - 신재생 발전 및 전기차 등과 연계하여 ESS 보급 확대 - '30년까지 10.1GWh 규모(5조원 투자 규모) 확대
기술	◆ (세계) 중대형 이차전지 육성을 위한 상용화 및 차세대 R&D 수행 - (미) 현재 대비 EV 용 배터리 가격 50% 절감 가능한 기술개발 * (APRA-E) 배터리 상용화를 위한 안전성, 수명향상, 제어기술/ 전기자동차 배터리 시스템 주행거리 증가 및 비용 저가화 - (EU) 수송분야를 중심으로 배터리, 인프라 및 혁신적 소재기술 개발 * (Horizon2020) 저장 및 시스템 통합 기술 실증, - (일) LiB 에너지밀도 7배 향상 및 가격 1/10 수준으로 저감 달성을 위한 기술개발 수행 * (NEDO) LIB 고성능, 내구성향상, 저비용화/ 자동차용 전지 고밀도화/안정성 향상 ◆ (국내) 에너지 저장 장치(ESS) 등 대용량 이차전지를 중심으로 핵심기술개발 및 실증/보급 확대 - (중소형 이차전지) 중소형 이차전지 글로벌 경쟁력 유지 및 리튬이온 이차전지 성능 고도화 및 에너지밀도 향상을 위한 차세대 리튬합 전지 등 기술개발 추진 - (대용량 이차전지) 전력피크 및 정전사고 대응 체계 구축을 위한 ESS기술 고도화 추진 * 50~100MW 규모 중대형 에너지저장 시스템 실증
시 장	◆ (세계) 세계 이차전지 시장은 대용량 ESS 등 중대형 이차전지 시장 주도로 '20년까지 2배 이상 성장('15년 대비) - 이차전지 시장 : ('15) \$661억 → ('20) \$1,031억 - LiB 시장 : ('15) \$248억 → ('20) \$541억) - ESS 시장 : ('15) \$31억 → ('20) \$171억 ◆ (국내) 국내 ESS 시장 급성장으로 2020년 10배 이상 성장 전망('13년 대비) - ESS 시장 : ('13) 827억 원 → ('20) 8,629억 원 - '15년 ESS 누적설치용량(239MWh)이 '13년(28MWh) 대비 8.5배 증가(연평균 증가율 192%) - 전기자동차 관련 시장이 확대되면서 수명이 길고 가벼우며 급속충전이 가능한 EV용 이차전지 산업 성장
수 요	◆ (기술개발) 국가 R&D는 세계 최고 기술력을 갖고 있는 민간과 차별화 할 수 있는 차세대 혁신기술개발에 보다 중점을 둘 필요가 있으며, 전체적으로 해외 의존율이 높은 핵심소재 기술 확보 중요 ◆ (산업화지원) 대기업은 세계적인 기술력과 사업화 능력을 보유하고 있으나, 국내 중소기업의 환경은 매우 어려움. 중소기업에 대한 기술개발 지원은 물론 개발 제품 신뢰성 확보를 위한 실증 환경 조성 등에 정부의 역할 확대 필요 ◆ (제도 개선) 높은 초기 투자비용 문제 완화를 위한 금융지원 모델, 보급환경 개선을 위한 전력요금 체계 조정 등 제도개선 검토

5. 전력IT

정 책	◆ (세계) ICT와 연계된 건물 에너지 효율 향상 및 저탄소 도시 구축 관련 정책 수립 - (미) '20년까지 고효율 에너지주택 600만 채 건설 계획 - (영) 건물 대상 재생E 열공급에 대한 인센티브 제도(Renewable Heat Incentive : RHI) 도입 - (일) 보급촉진 및 기반정비 사업을 통해 EMS 시장규모 확대 - (중) 에너지발전전략 행동계획('14)의 일환으로 저탄소 스마트 도시 건설 목표 설정 ◆ (국내) 제3차 에너지기술개발계획, 2030 에너지신산업 확산전략 등을 통해 EMS/신재생에너지 하이브리드 보급확대 추진 - 신축대형건물(BEMS), 스마트공장(FEMS) 등 EMS 도입 - 친환경에너지타운 '30년까지 100개소로 확산 추진 - 태양광 연계 ESS 대상 REC 가중치 5.0 부여
기술	◆ 비용절감 및 에너지사용 최적화를 가능하게 하는 건물(BEMS), 공장(FEMS) 대상 에너지관리시스템 개발 진행 - (BEMS) 빌딩 단위 설비에 대한 성능 및 효율개선 중심으로 단위건물 위주의 R&D 진행 * (ARPA-E) 건물 거주자에 초점을 맞춘 온도 조절 기술개발 * (Horizon2020) 상호 운용성을 보장하는 에너지 관리 시스템에 대한 수요 반응 통합 - (FEMS) 기업의 에너지 관리를 위한 FEMS 도입 확대 전망에 따라 초기단계의 기술규격 표준화 및 제품 상용화 개발 진행 ◆ 신재생에너지를 전력그리드, 건물, 산업, 수송 분야에 연계하는 통합기술 개발 및 국가 R&D를 중심으로 커뮤니티 단위의 실증사업 추진 중 - 미국을 중심으로 V2G 시스템 개발, 테스트베드 구축을 통한 실증 추진 중 * (ARPA-E) \$100/kWh 미만 투자비용으로 그리드 어디서나 사용가능한 신재생에너지 저장 기술 개발 * (horizon2020) 신재생에너지의 점유율이 높은 스마트 송전 그리드 및 저장 기술과의 시스템 통합 실증 - 국내에서는 신재생 융복합 및 계간축열 등을 활용하는 친환경에너지타운 구축
시 장	◆ (EMS) 에너지 수요관리 강화 및 투자 확대로 세계 EMS 시장 규모는 '20년까지 2배 이상 지속적 확대('15년 대비) - 세계 BEMS 시장 : ('15) \$24억 → ('20) \$55.6억 - 세계 FEMS 시장 : ('15) \$135억 → ('20) \$224억 - 국내 BEMS 시장 : ('15) 1,216억 원 → ('20) 3,790억 원 - 국내 EMS 시장 : ('13) 2,590억 원 → ('20) 1조 4,942억 원 ◆ (신재생하이브리드) 신재생에너지 융합을 위한 에너지저장시스템, 분산형 에너지 자원 통합, V2G 관련 세계시장 고성장 전망 - 신재생에너지 융합 에너지저장시스템 세계 신규 설치 규모 : 196.2MW('15) → 12.7GW('25) - PV 연계 ESS 세계시장 : ('15) 12억\$ → ('24) 231억\$ - V2G 세계 시장 규모 : ('15) \$32억 → ('20) \$266억
수 요	◆ (기술개발) 기존 BEMS관련 R&D 과제들이 대부분 사업화중심의 실증을 중심으로 너무 성급하게 수행되어 국가적으로 부가가치를 창출할 수 있는 전력IT와의 융복합 중심의 원천기술을 확보하는 것이 중요 ◆ (산업화지원) 최종 소비자들이 갖고 있는 에너지절약, 생산성 하락 등의 의문을 해소하고, 국내 기술의 글로벌 경쟁력 확보를 지원할 수 있는 기술개발 및 실증 플랫폼 구축에 정부 역할 확대 필요 ◆ (제도 개선) EMS 및 신재생하이브리드 기술개발 및 보급 촉진을 위한 정책적 지원제도 도입 및 표준화 ·인증제도 마련

6. CCS

정책	◆ (세계) 탄소배출권 시장 확대 및 조기 상용화를 위한 CCS 통합 시스템 실증 적극 지원 - (미) 탄소 포집 및 격리 기술 개발에 수십억 \$ 투자('14) - (EU) '20년까지 12개 실증 플랜트 건설 추진 - (독) '20년까지 CO₂ 포집·저장 기술 실증시설 2개 운영 - (일) '30년까지 간 100만톤 CO₂ 저장 실용화 목표 ◆ (국내) CCS 상용화 및 기술경쟁력 확보를 위한 기술개발 및 실증사업 지원 - '20년까지 포집-수송-저장 통합 플랜트 실증화 - '21년부터 100만톤급 실증 착수, '50년까지 연 300만톤 규모 확대(2030 에너지신산업 확산 전략)
기술	◆ (세계) 대규모 통합 CO₂ 포집·저장 프로젝트를 통한 CCS 실증 및 상용화 기술 개발 - (미) DOE 주관으로 포집비용 \$10/톤CO₂ 목표('30) 기술개발 * (APRA-E) 화력발전소 CO₂ 제거 비용 최소화를 위한 소재 및 공정 개발 - (EU) 산업시설 CO₂ 최소 80%이상 포집 능력 확보 및 포집 CO₂의 원료 활용, CO₂ 지하 저장 위험 측정 및 모니터링 * (Horizon2020) 차세대 고효율 포집, 포집 CO₂의 원료 활용, CCS 잠재적 위험 측정·모니터링 및 제어, 지중 저장 파일럿 - (독) 포집기술 및 저장·실증 프로젝트를 통한 안전성 모니터링 기술 개발 - (일) CO₂ 분리비용 톤당 4,200엔 달성(화학흡수법 이용) 및 1,000엔 목표로 포집 기술 개발, 대규모 저장 실증 시험 * (NEDO) CCS-IGCC 최적 조합 확립을 위한 CO₂ 분리·회수 시험 중심의 IGCC 실증, CO₂ 원료화 기반 화학품 제조 공정 기술 개발 ◆ (국내) CCS 상용화를 위한 저비용·고효율 CO₂ 포집·저장 기술 확보 및 실증 추진 - '20년까지 포집 및 저장 비용 \$30~50/ton CO₂달성 - 현재 약 \$20~60/ton 수준의 CO₂ 수송 및 저장 비용을 \$10~20/ton으로 절감
시장	◆ (세계) '16년에서 '23년 사이에 시장규모가 25%의 증가율로 성장 전망 - CCS : 22억\$('15) → 150억\$ 이상('23) - 미국 시장이 가장 크지만 중국, 인도 등 제조업 성장으로 인해 아태지역 점유율이 증가 예상되며 초기 투자비용 및 인식 부족으로 중동 및 아프리카 지역 성장은 부진할 것으로 전망 ◆ (국내) 국내 CCS 시장은 초기형성 단계로서 해외플랜트 수주를 목표로 대기업 위주의 공정·실증·전환 기술개발 추진 중 - 포집공정개발 : 포스코, 두산중공업 - 실증연구 : 대림산업, 한국전력기술, KC코트렐 - 전환기술 : LG화학, SK이노베이션, 삼성정밀화학, 지역난방공사
수요	◆ (기술개발) CCS 기술의 적용 가능성을 높이고 앞당기기 위해서는 전체 시스템 비용 측면의 실제적인 기술개발 목표 설정과 포집·수송·저장이 균형을 이루는 투자전략 마련 필요하며, 정책 수립시 정부 자체의 역량 강화를 통한 객관성 강화도 중요 ◆ (산업화지원) CCS 기술의 상용화를 위해서는 각 부처별로 추진하고 있는 역량을 모은 대규모 실증사업의 추진이 필요하며, 이의 실현 가능성을 높이기 위해 정부와 기업의 공동투자 방안 검토 가능 ◆ (제도 개선) CCS기술의 상용화를 위해 실질적으로 상용화를 담당할 기업참여 방식의 R&D를 확대할 필요가 있으며, CCS의 통합실증 및 시멘트 산업 등과 연계한 상용화 추진을 위해 필요한 법과 제도적인 제약에 대한 선제적인 검토 및 개선 필요

1. 신재생에너지 분야

정 책	◆ (세계) 세계 재생에너지 보급 및 투자는 중국이 주도하고 있으며, 파리협정 이행 및 미래 성장동력 강화를 위해 재생에너지 발전 및 보급 확대를 위한 정책 추진 - (미국) 트럼프 인수위원회에서 선정한 긴급 투자가 요구되는 주요 인프라 프로젝트 50개 중, 글로벌 최대 풍력발전 단지 건설 프로젝트, 1,000MW급 수력발전 시스템 설비 등 신에너지 관련 프로젝트 대거 포함⁰³⁾ - (중국) 1차 에너지 소비에서 비화석에너지 비중 13.2%, 발전설비 기준에서 35.7%(풍력8.6%, 태양에너지 3.9%)로 에너지 믹스 개선 발표 (제13차 5개년 계획, '16) - (일본) FIT제도 재검토, 규제개혁, 혁신적인 연구개발 추진, 재생에너지·에너지절약 융합형 에너지 시스템 구축 등 재생에너지 확대 노력(에너지혁신전략, '16) - (프랑스) 전체 재생에너지 발전설비용량을 '14년(41GW) 대비 '18년과 '23년에 각각 52GW, 71~78GW까지 증대하겠다는 강도높은 개발 목표치 제시(중장기에너지계획 '16) - (핀란드) '30년까지 석탄화력에 의한 전력생산 전면 중단, 바이오연료 및 재생에너지로 대체하여 '50년까지 재생에너지원 기반의 탄소중립적 에너지시스템 구축 목표 제시(Energy and Climate Strategy for 2030 and Beyond, '16) ◆ (국내) 에너지 다소비 경제구조에서 저탄소 경제체제로 전환하기 위해 신에너지원 대체 및 보급 확대 등 비용 효율적인 감축 정책 및 수단 확대 추진 - '35년 신재생에너지 보급률 11% 달성을 위해 신재생공급의무비율(RPS) 상향, 보급지원 사업 추진, 신재생연료혼합의무화제도(RFS) 시행 등을 추진(기후변화대응기본계획, '16) - 신재생에너지 발전량을 '29년 기준으로 11.7%로 확대하고 발전설비 비중은 20.1% 확대 추진 (제7차 전력수급기본계획, '15) - 분산전원 15%확대 및 신재생에너지 보급 11% 달성을 위한 신재생하이브리드, 초임계 CO₂ 발전, 분산전원 네트워크 구현 추진(제3차 에너지기술개발계획, '14) - '35년까지 1차 에너지의 11.0%, 전체 전력량 중 13.4%를 신재생에너지 공급한다는 목표 수립(제4차 신재생에너지 기본계획, '14)
R&D	◆ (세계) 온실가스 감축과 더불어 지속가능한 경제성장 달성을 위한 혁신적 신재생에너지 기술개발 및 시장형성을 위한 표준화·활용 지원 증가 - (미국, APRA-E) 태양에너지, 바이오연료(바이오매스), 연료전지, 신재생에너지 이용 액체연료 전환 등 관련 기술개발 투자 - (일본, NEDO) 新에너지 분야에서 태양광, 풍력, 수소·연료전지, 지열, 바이오매스, 해양(파도 및 조력에너지) 등 신에너지 비용을 줄이고 효율을 향상시키는 기술개발 및 표준화를 위한 R&D 투자 - (EU, Horizon2020) 재생에너지 기반 발전 및 냉난방, 차세대 바이오연료 기술 등 차세대 신재생에너지 기술개발 및 실증, 시장에서의 활용 지원 등 경쟁력 있는 저탄소 에너지 R&D 투자 ◆ (국내) 원천기술 기반의 실증 및 사업화를 통해 국내외 시장을 선점하고 온실가스 감축 목표를 달성할 수 있는 R&D 집중 지원 - 화석연료 대체를 위한 신재생에너지의 고효율·저가화 및 대규모 실증연구를 통해 국내외 시장진출 지원(미션이노베이션 기술 로드맵, '16) - 태양전지, 연료전지, 바이오연료를 핵심기술로 선정하고, 관련 기후산업육성모델 발굴을 통해 원천 기술개발 및 실증을 위한 R&D 추진(기후변화대응 확보 로드맵, '16)

시 장	◆ (세계) '15년부터 '30년까지 신재생에너지 분야에 약 4조 규모의 투자가 발생할 것으로 전망하고 있으며, 특히 풍력, 태양광, 수력발전 부문에 집중될 것으로 예상¹⁰⁴⁾ - 태양광 세계시장 : '13년 598.4억 달러 → '20년 1,340억 달러 - 연료전지 세계시장 : '14년 1,369억 엔 → '30년 6조 4,923억 엔 - 바이오연료 세계시장 : '12년 1,578억 달러 → '20년 4,471억 달러 - 풍력 세계시장 : '15년 432.9GW → '20년 791.9GW ◆ (국내) '30년까지 발전부문에서 온실가스 감축목표 18%를 달성하기 위해 장기 고정가격 계약제도 도입 등을 통해 투자 여건 개선 및 민간투자 유발효과 상승 기대 - 한수원 등 발전 6사는 '18년까지 태양광, 풍력, 연료전지, 기타 신재생에너지에 총 3.7조원 투자 추진¹⁰⁵⁾ (충북태양광(40MW), 철도 유희부지 태양광(50MW), 고흥풍력(40MW), 대정해상풍력(100MW), 송도연료전지(40MW) 등 대형사업 포함)
-----	--

2. 효율향상 분야

정 책	◆ (세계) 에너지효율 개선을 위해 주요국에서는 국가 에너지효율 지침을 제시하고 투자유인 정책을 개발 및 제공 - (미국) 2025년까지 2010년 대비 건물부문 에너지원단위 20%감축 2030년까지 건물면적 ft²당 평균 에너지 사용 30% 감축 목표 설정(Appliance Standards Program)¹⁰⁶⁾ - (중국) 2020년까지 에너지소비 총량을 억제하기 위해 에너지 다소비 업종의 에너지소비 총량 통제, 고효율 기기 보급, 에너지소비 감시체계 구축, 공공건축물에 대한 에너지소비효율 개선 등의 추진계획 발표(에너지발전전략 행동계획, '14)¹⁰⁷⁾ - (일본) 최고 효율상품을 효율기준으로 설정하는 Top Runner programme 제도 확대 및 중소기업·주택·수송 분야에서 에너지 절약 강화(에너지혁신전략, '16)¹⁰⁸⁾ - (EU) 에너지효율을 2030년까지 최소 27% 개선한다는 목표를 실현하기 위한 노력의 일환으로 에너지효율 등급표시제도 강화(energy efficiency labelling, '16)¹⁰⁹⁾ ◆ (국내) 온실가스 감축을 위한 건물/산업/수송분야 에너지 효율향상 및 수요관리와 ICT 기술의 융합을 통한 에너지 사용량 감축 촉진 - '25년부터 신축하는 건축물은 제로에너지로 지어지도록 의무화하고, 현재 승용차에만 적용되는 평균연비제도를 중·대형차까지 확대(기후변화대응기본계획, '16) - 에너지 수요관리 R&D는 에너지네트워크의 연결화, ICT기반의 스마트화에 중점을 두고 추진 (제5차 에너지이용 합리화 기본계획, '15) - 효율향상 기술간 연결성을 극대화하고 개별 주체부터 지역·시장까지 최적화한 친환경 에너지 네트워크를 구축하는데 중점(제3차 에너지기술개발계획, '14)
-----	---

103) 트럼프의 긴급 50개 투자계획, 유진투자증권, 2017

104) Energy and Climate Change, WEO Special Briefing for COP21, IEA, 2015

105) 신재생에너지 비즈니스 투자 포럼, 산업통상자원부, 2016

106) 세계 에너지효율 개선 성과와 효율시장 진화 방향, 에너지경제연구원, 2016

R&D	◆ (세계) 기존 발전시스템 대체 및 다양한 에너지원과 연계가 가능한 미래형 발전시스템 기술 및 ICT 스마트 수요관리기술에 대한 수요 증가 - (미국, APRA-E) 에너지저장, 건물 에너지효율 향상, 스마트 그리드, 수송분야 에너지사용 저감 등 관련 기술개발 투자 - (일본, NEDO) 에너지전환/공급, 산업, 주거/상업, 운송 등의 분야에서 에너지절약/시스템 기술개발 및 이차전지 산업경쟁력 강화를 위한 R&D 수행 - (EU, Horizon2020) 난방/냉방 기술, 건물 효율향상/제로에너지 건물, 산업·서비스 및 제품의 에너지 효율 향상을 위한 R&D 투자 ◆ (국내) 융합기술 기반의 효율향상 기술개발로 산업·수송·건물분야 에너지 소비절감경제성 향상 및 관련 산업 육성을 위한 과제 수행을 통한 기술보급 촉진 - 산업/수송/건물 효율향상과 ESS·e-프로슈머 기반의 수요관리 기술·인프라 개발 및 실증 추진 (미션이노베이션 기술 로드맵, '16) - 이차전지, 전력IT를 핵심기술로 선정하고, 관련 기후산업육성모델 발굴을 통해 원천기술개발 및 실증을 위한 R&D 추진(기후변화대응 확보 로드맵, '16)
시 장	◆ (세계) 수송, 산업, 건물 부문의 에너지 효율 향상을 위해 약 8.3조 달러의 투자가 필요할 것으로 전망(IEA,2015)¹¹⁰⁾하고 있으며, 상용화를 위한 기술개발 추진으로 시장확대 가속화 - 제로에너지빌딩 세계시장 : 1000억\$('16) → 1.4조 \$('35) - BEMS 세계시장 : \$24억('15) → \$55.6억('20) - 스마트그리드 세계시장 : 197.7억\$('16) → 654.2억 \$('21) - ESS 세계시장 : 554억\$('13) → 1,031억\$('20) - 전기차 세계시장 : 55만 대('15) → 651만 대 (순수 전기차 407만대, PHEV 208만대 등) ('20) - V2G(Vehicle-to-Grid) 세계시장 : 32억\$('15) → 266억\$('20) ◆ (국내) 에너지신산업 지원을 위해 공기업 투자를 기반으로 ESS, 전력설비 효율향상, 신재생에너지 등에 집중투자 및 공공부문 마중물 투자로 민간투자 대폭 확대 노력 - 에너지 신산업을 통해 2030년까지 100조원 규모의 시장과 50만개의 일자리 창출 목표 - 스마트시티 국내시장 : 1.7조원('16) → 2.9조원('20) - BEMS 국내시장 : 1,216억원('15) → 3,790억원('20) - 스마트그리드 국내시장 : 2,900억원('12) → 2.5조원('20) - ESS 국내시장 : 827억원('13) → 8,629억원('20)

107) 2016년 중국종합연구 총서, 대외경제정책연구원, 2016

108) 일본의 에너지혁신전략, 산업연구원, 2016

109) 세계 에너지현안 인사이트 제16-3호, 에너지경제연구원, 2016

110) Energy and Climate Change, WEO Special Briefing for COP21, IEA, 2015

3. 청정화력 및 CCS 분야

정 책	◆ (세계) 에너지의 안정적 공급과 기후변화 대응의 두 가지 측면에서 화석연료 기반 전통에너지의 청정화 및 화력발전 CCS 기술 적용 관련 정책 추진 - (미국) 석탄, 석유, 천연가스 등 화석연료 중심으로 에너지 자원을 적극적으로 탐사·개발·활용 및 키스톤 XL 파이프라인 건설 재추진(An America First Energy Plan), 가스복합화력 비중 확대 추진, 바이오매스 혼소에 탄소 크레딧 부여 등(Clean Power Plan, '15), 청정석탄화력발전 이니셔티브 시행(DOE Strategic Plan, '14) - (중국) 석탄화력발전소 초저배출, 석탄층 메탄가스 산업화 기지 건설 및 천연·세일가스 탐사 개발, 저등위 석탄 중저온 열분해 그레이딩 전환 등 석탄의 청정·고효율 이용 및 비정규 석유가스 개발 계획 발표(제13차 5개년 계획, '16) - (일본) CO₂ 분리 및 회수 기술 고도화, 가스터빈 연료전지 복합발전(GTFC) 및 석탄가스화연료전지복합발전(IGFC) 등 차세대 화력발전 기술 확립, 연료 공급 다각화를 위한 LNG·천연가스 합리적 수급 체계 확보 추진(에너지혁신전략, '16) - (EU) LNG 개발 및 2025년까지 139개의 육·해상 LNG 스테이션 구축, (Clean fuel strategy, '13), 2025년까지 CCS 기술 경쟁력 확보 및 최대 12개 실증 플랜트 구축(SET Plan, '07) ◆ (국내) 고효율 청정화력 발전, 차세대 청정연료 및 CCUS 기술 개발 등을 통한 발전 부문 온실가스 감축 목표 실현 및 기후변화 대응 능력 제고 방향 제시 - 기존 석탄화력발전소 LNG, 바이오매스 등 청정연료 발전으로 전환, CO₂ 포집·저장을 위한 대규모 저장소 확보 및 관련 핵심기술 개발, CO₂ 광물화 및 산업원료로의 활용 추진(기후변화대응기본계획, '16) - 기후변화대응형 청정화력 발전 시스템 구현, 비화석원료와 저등급 석탄 및 비재래형 유분·가스 활용 액체연료 생산, CO₂의 저비용·고효율 포집·저장·활용 추진(제3차 에너지기술개발계획, '14) - 2020년까지 포집-수송-저장 통합 플랜트 실증화, 원천기술 개발로 국제 기술경쟁력 확보 추진(국가 CCS 종합추진계획, '10)
R&D	◆ (세계) CCS 기술, 고효율 석탄발전 기술, 천연가스 액체연료 전환 등 화력발전 분야에서 온실가스 배출 저감 및 저탄소 화석연료 이용 기술 개발에 투자 중 - (ARPA-E, 미국) 화력발전소 CO₂ 제거 비용 최소화, 석유 및 천연가스 생산에서 발생하는 메탄 감지 및 측정 성능 향상, 천연가스의 액체연료 전환 등 R&D 수행 - (NEDO, 일본) 석탄 가스화 연료전지 복합발전, 고효율 가스터빈, CO₂ 회수형 폐쇄 IGCC 기술, 저품위 석탄 이용 기술 등 청정석탄기술개발 R&D 투자 - (Horizon, EU) 고효율 CO₂포집 공정, 포집 CO₂ 원료 전환, CO₂ 지중 저장, 고효율 화석연료 플랜트 기술 등 화석연료 사용의 탈탄소화 분야 R&D 투자 ◆ (국내) 신기술 체제에 대응하기 위해 기존 화력발전 시스템에서 온실가스의 대규모 직접 감축이 가능한 기술의 개발 및 실증 위주의 R&D 추진 - 석탄발전 고효율화, 발전 부문 가스 비중 증가에 대응하여 가스터빈 및 IGCC 등 관련 기술 및 설비의 국산화, 석탄화력 발전소의 연료 대체, CO₂ 포집·저장·전환 기술 확보 및 실증 추진(청정에너지기술로드맵, '16) - 세계 최고 수준의 CO₂ 포집 비용 달성 및 수송-저장 통합 실증, 발전소 및 산업 부생가스의 고부가 활용을 위한 청정연료·화학제품 생산, 탄소시장 선점을 위한 탄소광물화 적정기술 개발 등 R&D 추진(기후변화대응 기술 확보 로드맵, '16)

시 장	◆ (세계) 개도국의 석탄화력 수요 지속, 셰일가스 개발 및 천연가스 가격하락에 따른 가스복합화력 비중 확대 등에 따라 청정화력 시장 확대 / 각국 온실가스 감축 정책과 아태 지역 제조업 성장에 따라 CCS 관련 기술에 대한 광범위한 투자 예상 – 청정화력 : ‘15~’40년 기간 동안 화석연료 기반 발전에 2.8조 달러 투자 전망¹¹¹⁾(IEA 新정책 시나리오 기준) – CCS : 22억\$('15) → 150억\$('23)¹¹²⁾ ◆ (국내) 전력 소비의 지속 증가에 따라 화력발전소 증설 및 노후 발전소 성능 개선 등 건설 및 기자재 시장 확대 예상 – 청정화력 : ‘29년까지 3기 화력발전소(석탄 20기, LNG 14기) 증설 계획, 발전설비에 약 25.7조원 투자 전망 (제7차 전력수급계획) – CCS : 국내 CCS 시장은 아직 형성되지 않았으나, 대기업들은 CCS 해외플랜트 수주를 목표로 공정개발·실증연구와 생물학적·화학적 전환기술개발 추진 중
-----	--

111) Wolrd Energy Outlook 2015, IEA

112) Carbon Capture and Sequestration (CCS) Market Size, Global Market Insights, 2016

국가 기후변화대응 R&D 투자 우선순위 도출을 위한 전문가 AHP 설문평가		ID			
안녕하십니까? 한국에너지기술연구원 기후기술전략센터에서는 연구사업의 일환으로 기후기술 및 에너지 관련 정책·전략기획 전문가 분들을 대상으로 「국가 기후변화대응 R&D 투자 우선순위 도출을 위한 전문가 평가」를 실시하고 있습니다. 본 조사는 향후 국가 기후변화대응 R&D 투자를 추진함에 있어 주요 분야별(신재생에너지, 에너지효율향상, 온실가스 처리/활용, 수요관리) 투자 우선순위에 대한 전문가들의 의견 반영을 위해 추진하고 있으며, 이를 통해 국가 R&D 투자의 효율성 증진을 목적으로 하고 있습니다. 본 설문에 응답하신 내용은 연구목적 이외에는 절대 사용되지 않으며, 통계법 제33조(비밀의 보호) 및 제34조(통계종사자 등의 의무)에 의거 비밀이 보장됩니다. 부디 바쁘시더라도 우리나라 기후변화대응 기술에 대한 효과적인 연구개발투자가 이루어질 수 있도록 설문에 적극 참여해 주실 것을 간곡히 요청드립니다. 감사합니다. 2017년 5월 한국에너지기술연구원 기후기술전략센터					
[설문의 구성] Part 1. 기후산업의 정부 R&D 투자 중요도 평가 기준 간 상대적 중요도 평가 Part 2. 기후산업 유망기술 상위기술 분야 전략적 R&D 투자 중요도 평가 Part 2-1. 국가 정책전략 연계성 Part 2-2. 기술개발 시급성 Part 2-3. 경제·사회적 파급효과 Part 2. 기후산업 세부기술 평가 시 기준 간 상대적 중요도 평가					
문의	한국에너지기술연구원 기후기술전략센터 배치혜 선임연구원 (042-860-3595) e-mail : chihye@kier.re.kr / fax : 042-879-3809				

※ 통계적인 분석을 위해 배경질문을 여쭙겠습니다. 아래 개인에 대한 사항은 통계목적으로만 처리되며, 결코 다른 목적으로 사용되지 않습니다.

[설문자 인적사항]

전문분야		연구경력	_____년
소속기관명			

기후산업 유망기술 평가 분야

※ 본 연구에서 초점을 맞추고 있는 기후산업 유망기술 분야와 해당 기술들의 평가기준이 되는 항목들에 대한 설명을 아래와 같이 기술하였습니다. 먼저 이를 확인하시고 충분히 숙지하신 후 본 설문에 응해주시기 바랍니다.

1. 기후산업 유망기술군 후보의 기술군 및 활용기술 정의

상위 기술군	세부기술	기술군 정의	중점기술
신재생 에너지	태양에너지	태양으로부터 오는 빛에너지나 열에너지를 전기 및 열로 변환/저장시켜 직간접적으로 활용하는 기술	- 태양광(Solar Photovoltaic, 발전) - 태양열(Solar thermal, 냉·난방·발전) - 태양연료 (Solar fuel, 연료)
	바이오 에너지	바이오매스(Biomass, 유기성 생물체를 총칭)를 직접 또는 생·화학적, 물리적 변환과정을 통해 액체, 가스, 고체연료나 전기·열에너지 형태로 이용하는 화학, 생물, 연소공학 등의 기술	- 바이오액체연료 생산기술 - 바이오매스 가스화기술 - 바이오매스 생산/가공기술
	수소·연료전지	(수소에너지) 물, 유기물, 화석연료 등의 화합물 형태로 존재하는 수소를 분리, 생산해서 이용 (연료전지) 수소와 산소의 화학반응으로 생기는 화학에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 기술	- 수소 제조·저장·이용 - MCFC, SOFC, PEMFC, DMFC 등
	풍력	바람에너지를 변환시켜 전기를 생산하는 발전 기술	- 대용량 육해상 풍력발전 - 육해상 풍력발전단지 개발 및 운영기술 - 육해상 풍력 하부구조물 설치 기술
	지열	지열에너지는 물, 지하수 및 지하의 열 등의 온도차를 이용하여 냉·난방에 활용하는 기술	- 지열원 냉난방 시스템 - 지열원 및 하이브리드 열원 최적 통합 - 지역 열공급 시스템
	해양	해양의 조수·파도·해류·온도차 등을 변환시켜 전기 또는 열을 생산하는 기술	- 조력/파력/조류 발전 - 온도차 발전 - 해양염분차 발전
에너지 효율 향상	건물	스마트그리드, 신재생에너지 등 전력공급의 다양화, 도시/건물 전력 이용 다변화 및 증가하는 전력수요에 대응할 수 있는 도시/건물 부하저감, 효율향상 및 운영관리 관련 기술	- 스마트시티 - 제로에너지하우스 - ICT 연계 최적 에너지 수요관리 기술
	수송	고연비, 저탄소차량, 클린디젤, 전기·하이브리드·지능형 그린 자동차 등 온실가스 저감을 위한 고효율 저공해 자동차 관련 기술	- 전기자동차 - 연료전지 자동차 - 하이브리드 자동차

	산업효율	- 온실가스 배출을 줄이고, 자원 효율성을 극대화할 수 있는 공정 - 에너지다소비기기의 효율향상 기술	- 친환경공정 - 전동기, 보일러, 요, 로, 건조기 효율향상 기술
온실 가스 처리/ 활용	CCS	고농도의 CO₂를 포집·압축·수송하여 안전하게 대량저장 하는 기술	- CO₂ 포집기술 - CO₂ 수송기술 - CO₂ 저장기술
	Non-CO ₂ 처리기술	Non-CO₂(이산화탄소 제외) 온실가스의 발생 현황을 모니터링 및 데이터베이스화하고, 이를 저장하고자 포집, 정제, 활용 및 분해처리 기술과 배출을 원천적으로 개선할 수 있는 대체물질 및 대체프로세스를 개발하는 기술	- Non-CO₂ 대기오염 물질의 발생억제, 포집, 정제, 활용, 대체제 기술 - Non-CO₂ 모니터링 및 평가 기술
수요 관리	에너지 저장	외부의 전기 에너지를 화학 에너지의 형태로 바꾸어 저장해 두었다가 필요할 때에 전기를 만들어 내는 기술	- 전지식 저장장치(리튬이차전지, 초고용량 커패시터, 레독스 흐름전지, 나트륨전지 등) - 에너지 저장시스템(ESS)
	신재생 하이브리드	신재생에너지를 포함한 둘 이상의 에너지생산시스템과 에너지저장시스템을 결합한 전력 및 열, 가스 공급·관리 시스템	- 친환경에너지타운 - 제로에너지빌딩 - 에너지 자립섬 - V2G
	스마트 그리드	전기의 생산, 운반, 소비 과정에 정보통신기술을 접목하여 공급자와 소비자가 서로 상호작용함으로써 효율성을 높인 지능형 전력망시스템	- 신재생분산발전 - 전기차 충전시스템 - 에너지 프로슈머
	EMS	공장, 빌딩 등의 에너지 소비 관리 시스템	- BEMS (Building EMS) - FEMS (Factory EMS) - CEMS (Community EMS)

2. 정부 R&D 투자 중요도 평가기준

기준	설명
국가 정책·전략 연계성	국가 주요 기후변화 및 에너지 관련 정책과 국가 R&D 투자전략 등 국가 상위계획과의 부합성 등을 고려한 R&D의 정책적 연계 정도
기술개발 시급성	국내외 환경 및 시장 전망, 국내 기술역량과 인프라 등을 고려하였을 때 해당 분야의 R&D 추진의 시급성 정도
온실가스 감축 및 경제·사회적 파급효과	온실가스 감축, 신시장 및 일자리 창출효과 등을 고려하여 관련 R&D가 기후변화 대응과 산업에 미치는 파급 효과 정도

응답요령

※ AHP설문의 일관성 있는 답변을 위하여 다음의 응답 Guide를 숙지하시고 답변해 주시기 바랍니다.

- 본 질문지는 기후변화대응 유망기술의 전략적 R&D 투자 중요도를 알아보기 위한 것입니다. 각 세부 기술에 대하여 일대일 대응의 형태로 한 문항씩 제시됩니다.
- 응답 방법은 [A 영역]과 [B 영역]의 상대적 중요도를 비교하여 표시하면 됩니다. 예를 들어, 판정 요인 중 [A 영역]이 [B 영역] 보다 절대적으로 중요하다고 생각하시면 [A 영역] 쪽의 9에 ✓표를 해 주시면 됩니다. 각 응답 척도의 번호에 해당되는 중요도 정도는 아래에 제시하였습니다.

판정 기준	← A가 더 중요								B가 더 중요→								판정 기준	
	절대 중요		매우 중요		중요		약간 중요		동등		약간 중요		중요		매우 중요			절대 중요
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8		9
A	✓																	B

척 도	중요도 정도
1	✓ 두 개의 기준이 <u>동등하게 중요함(equal)</u>
3	✓ 한 기준이 다른 기준보다 <u>약간 중요함(weak)</u>
5	✓ 한 기준이 다른 기준보다 <u>중요함(strong)</u>
7	✓ 한 기준이 다른 기준보다 <u>매우 중요함(very strong)</u>
9	✓ 한 기준이 다른 기준보다 <u>절대적으로 중요함(absolute)</u>

Part 1. 기후산업의 정부 R&D 투자 중요도 평가 기준들 간 상대적 중요도 평가

- ◆ 정부 R&D 투자 중요도의 평가기준으로 분류된 국가 정책·전략 연계성, 기술개발 시급성, 경제·사회적 파급효과의 상대적 중요도를 평가하고자 합니다. 이들 평가 기준들 간의 상대적 중요도를 평가(해당 칸에 ☒표시)하여 주시기 바랍니다.

(※ 먼저 요인들 간 우선순위를 정하시고 설문을 하시면 일관성지수가 높게 나타납니다.)

기준	설명
국가 정책·전략 연계성	국가 주요 기후변화 및 에너지 관련 정책과 국가 R&D 투자전략 등 국가 상위계획과의 부합성 등을 고려한 R&D의 정책적 연계 정도
기술개발 시급성	국내외 환경 및 시장 전망, 국내 기술역량과 인프라 등을 고려하였을 때 해당 분야의 R&D 추진의 시급성 정도
온실가스 감축 및 경제·사회적 파급효과	온실가스 감축, 신시장 및 일자리 창출효과 등을 고려하여 관련 R&D가 기후변화 대응과 산업에 미치는 파급 효과 정도

판정기준 (A)		← A가 더 높음									B가 더 높음 →								판정기준 (B)	
		중요 ←								동등	→ 중요									
		9	8	7	6	5	4	3	2		1	2	3	4	5	6	7	8		
1	국가 정책·전략 연계성																		기술개발 시급성	
2	국가 정책·전략 연계성																		경제·사회적 파급효과	
3	기술개발 시급성																		경제·사회적 파급효과	

Part 2. 기후산업 유망기술 상위기술 분야 전략적 R&D 투자 중요도 평가

1. 국가 정책·전략 연계성

- ◆ 국가 정책·전략 연계성 측면에서, 기후기술 유망기술의 상위 기술로 분류된 신재생, 효율향상, 수요관리, 온실가스 포집·저장(CCS)의 상대적인 국가의 전략적 R&D 투자 중요도를 평가하고자 합니다. 기술들 간의 상대적 중요도를 평가(해당 칸에 ✓표시)하여 주시기 바랍니다.

(※ 먼저 상위 기술들간 우선순위를 정하시고 설문을 하시면 일관성지수가 높게 나타납니다.)

국가 정책·전략 연계성	국가 주요 기후변화 및 에너지 관련 정책과 국가 R&D 투자전략 등 국가 상위계획과의 부합성 등을 고려한 R&D의 정책적 연계 정도
-----------------	---

판정기준 (A)		← A가 더 높음									B가 더 높음 →								판정기준 (B)	
		중요 ←								동등	→ 중요									
		9	8	7	6	5	4	3	2		1	2	3	4	5	6	7	8		
1	신재생																			효율향상
2	신재생																			수요관리
3	신재생																			온실가스 처리/활용
4	효율향상																			수요관리
5	효율향상																			온실가스 처리/활용
6	수요관리																			온실가스 처리/활용

2. 기술개발 시급성

- ◆ 기술개발 시급성 측면에서, 기후기술 유망기술의 상위 기술로 분류된 신재생, 효율향상, 수요관리, 온실가스 포집·저장(CCS)의 상대적인 국가의 전략적 R&D 투자 중요도를 평가하고자 합니다.

기술들 간의 상대적 중요도를 평가(해당 칸에 ✓표시)하여 주시기 바랍니다.

(※ 먼저 상위 기술들간 우선순위를 정하시고 설문을 하시면 일관성지수가 높게 나타납니다.)

기술개발 시급성	국내외 환경 및 시장 전망, 국내 기술역량과 인프라 등을 고려하였을 때 해당 분야의 R&D 추진의 시급성 정도
----------	---

판정기준 (A)		← A가 더 높음								동등	B가 더 높음 →								판정기준 (B)	
		중요 ←									→ 중요									
		9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9		
1	신재생																		효율향상	
2	신재생																		수요관리	
3	신재생																		온실가스 처리/활용	
4	효율향상																		수요관리	
5	효율향상																		온실가스 처리/활용	
6	수요관리																		온실가스 처리/활용	

3. 온실가스 감축 및 경제·사회적 파급효과

- ◆ 온실가스 감축 및 경제·사회적 파급효과 측면에서, 기후기술 유망기술의 상위 기술로 분류된 신재생, 효율향상, 수요관리, 온실가스 포집·저장(CCS)의 상대적인 국가의 전략적 R&D 투자 중요도를 평가하고자 합니다. 기술들 간의 상대적 중요도를 평가(해당 칸에 ✓표시)하여 주시기 바랍니다.

(※ 먼저 상위 기술들간 우선순위를 정하시고 설문을 하시면 일관성지수가 높게 나타납니다.)

온실가스 감축 및 경제·사회적 파급효과	온실가스 감축, 신시장 및 일자리 창출효과 등을 고려하여 관련 R&D가 기후변화 대응과 산업에 미치는 파급 효과 정도
-----------------------------	---

판정기준 (A)		← A가 더 높음									B가 더 높음 →								판정기준 (B)	
		중요 ←								동등	→ 중요									
		9	8	7	6	5	4	3	2		1	2	3	4	5	6	7	8		
1	신재생																		효율향상	
2	신재생																		수요관리	
3	신재생																		온실가스 처리/활용	
4	효율향상																		수요관리	
5	효율향상																		온실가스 처리/활용	
6	수요관리																		온실가스 처리/활용	

Part 2. 기후산업 세부기술 중요도 평가 시 기준들 간 상대적 중요도 평가

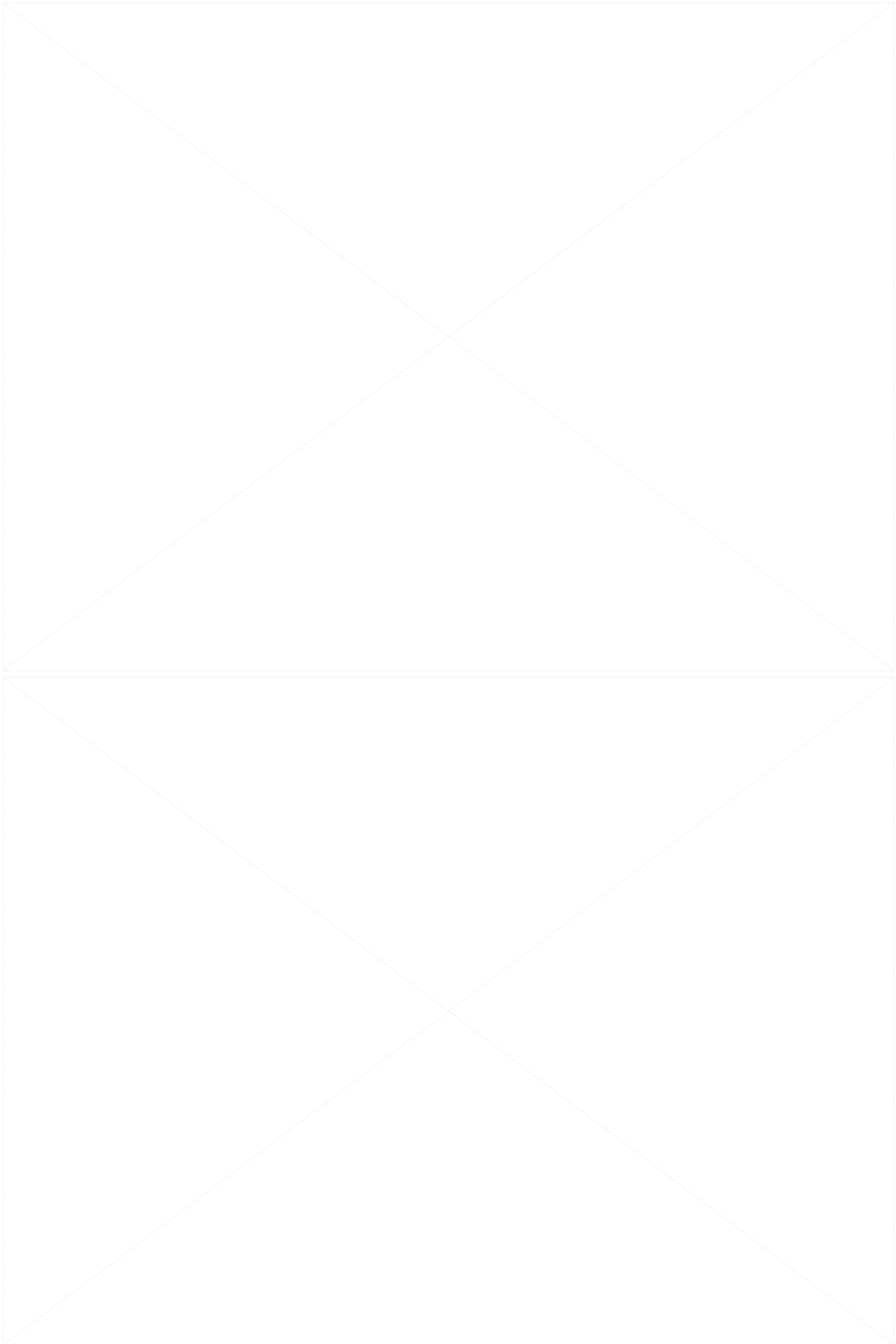
- ◆ 기후산업 유망기술 후보군의 세부기술 R&D 중요도를 평가하는 데 있어, 기술적 관점에서의 평가 기준인 시장매력도, 국내 연구환경 수준, 정책·제도 지원환경 수준, 온실가스 감축 기여도, 현재 기술 수준의 상대적 중요도를 평가하고자 합니다. 평가 기준들 간의 상대적 중요도를 평가(해당 칸에 ✓표시)하여 주시기 바랍니다.

[정의]

시장매력도	기술별 세계 시장의 성장 및 확장 가능성, 시장의 경쟁 상황 등을 종합적으로 고려한 중장기(2030년) 시장매력도
국내 연구환경 수준	국내 관련 연구자 수, R&D 인프라(실험장비, 실증 등) 구축 수준 등을 종합적으로 고려한 연구환경 수준
정책·제도 지원 환경 수준	지원제도, 정책의 일관성, 표준화 등의 제반 인프라를 고려하였을 때 각 분야 별 개발기술의 실제 적용 및 사업화를 위한 환경 수준
온실가스 감축 기여도	각 기술개발이 중장기(~2030년)적 측면에서 온실가스 감축목표 달성 기여 정도
기술수준	현재시점에서 최고기술 대비 국내 기술의 상대적인 수준

판정기준 (A)	← A가 더 높음								동 등	B가 더 높음 →								판정기준 (B)
	중요 ←									→ 중요								
	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	
시장매력도																		국내 연구환경 수준
시장매력도																		정책·제도 지원 환경 수준
시장매력도																		온실가스 감축 기여도
시장매력도																		기술수준
국내 연구환경 수준																		정책·제도 지원 환경 수준
국내 연구환경 수준																		온실가스 감축 기여도
국내 연구환경 수준																		기술수준
정책·제도 지원 환경 수준																		온실가스 감축 기여도
정책·제도 지원 환경 수준																		기술수준
온실가스 감축 기여도																		기술수준

◆ 끝까지 성의 있게 응답해 주셔서 대단히 감사합니다 ◆



주 의

1. 이 보고서는 한국연구재단에서 위탁받아 수행한 연구보고서입니다.
2. 본 연구보고서에 기재된 내용들은 연구책임자의 개인적 견해이며 한국연구재단의 공식견해가 아님을 알려드립니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.