

기후기술 R&D 관리·활용체계와 기술정책 지원기반 구축 연구

(Research on the system development for climate technology
R&D management and technology policy support)

한국에너지기술연구원

한국연구재단

제 출 문

한국연구재단 이사장 귀하

본 보고서를 “ 기후기술 R&D 관리·활용체계와 기술정책 지원기반 구축 연구 ”의
최종보고서로 제출합니다.

2017. 2. 24

요 약 문

I. 제 목

- 기후기술 R&D 관리 활용체계와 기술정책 지원기반 구축 연구

II. 연구의 목적 및 필요성

- 국가 기후기술 R&D 통합관리를 위한 기후기술 관리 체계와 이에 대한 지속적 활용·관리 기반 구축
- 기후관련 정책·기술·시장 동향정보에 대한 종합적인 관리와 범부처 협업체계 지원 등을 통한 정부 기후기술정책 수립 지원

III. 연구의 내용 및 범위

- 국가 기후변화 대응기술 R&D 통합관리를 위하여 기후변화대응기술의 관리 체계 및 기반을 구축하고, 이에 대한 지속적 활용 확대 방안 마련
- 기후변화대응 6대 기술분야* 국내외 정책·기술·시장 동향 분석 (태양전지, 연료전지, 바이오연료, 전력IT(EMS, 신재생에너지 하이브리드), CCS)
 - 국내외 주요국들의 기후변화대응관련 정책방향, 법 및 제도 도입 등을 조사·분석
 - 국내 및 세계 주요국들의 탄소저감분야 6대 기후기술관련 기술개발 동향 조사·분석
 - 6대 기후기술분야별 세계 및 국내 시장·산업 현황과 전망 조사·분석
 - 국내 민간의 기술수요를 분석하여 6대 핵심기술별 산·학·연 기술수요 분석, 정책 제언(법, 제도 등 개선사항) Pool 구축
- 기후변화대응 기술개발 현황 및 성과 통합관리를 위한 기후기술 로드맵(Climate Technology Roadmap, CTR) 수립 및 관리기반 구축방안 도출
- 기후변화대응 기술 Hub 역할 수행과 범부처 기후기술 협업체계 지원

IV. 연구결과

- 6대 핵심 기후기술분야 국내외 동향분석
 - (정책동향) 주요국별 전력(발전)분야 신재생에너지 목표비중*을 설정하고, 정책적/제도적 지원을 통한 보급 확대 추진

* 미국 28%('30), 일본 24%('30), 중국 35.7%('20), 독일 30%('20), 한국 11.7%('29)

- (기술개발동향) 온실가스 감축을 위한 기후기술 실증·인프라 구축을 통한 기술 상용화 추진 및 차세대 기술 확보를 위한 R&D 투자 확대
- (시장동향) 2020년까지 태양전지, 바이오연료, 이차전지, EMS 시장 2배 이상 성장 전망 및 시장형성단계인 CCS기술은 정부 주도의 실증사업 및 투자확대를 통해 향후 급격한 시장 확대 예상
- (민간 기술수요분석) 시장창출 및 확대를 위한 실증사업, 기술인증, 표준화 등 인프라 구축 지원 확대, 개발기술의 산업화 과정의 Death Valley 극복 및 차세대 기술개발 리스크 감소를 위한 R&D투자방안 마련

○ 기후기술 로드맵(Climate Technology Roadmap, CTR) 수립

- 기후변화대응기술의 체계적인 확보 및 활용 확대는 물론 국가 R&D의 효율적인 지원을 위해 기후변화대응기술 확보 로드맵(CTR, Climate Technology Roadmap) 수립
- 기후기술 관련 국가 R&D 정보 수집 및 성과의 공동 활용 촉진 등을 위한 범정부 및 연구관리 전담기관이 참여하는 협업체계를 구축하여 CTR(안) 작성 추진
- 기후변화대응 핵심기술개발 전략('14.7), 탄소자원화 발전 전략('16.4) 등을 통해 설정된 10대 기후기술* 관련 R&D 과제 총 715개 과제(4,833억원)를 대상으로 설정(2016. 5월 기준)
 - * 탄소저감(태양전지, 연료전지, 바이오연료, 이차전지, 전력IT, CCS), 탄소자원화(부생가스 전환, CO₂ 전환, CO₂광물화), 기후변화적응(공동플랫폼)
- 본 연구과제에서 분석한 탄소저감 분야의 6대기술, 30개 세부기술군의 경우 미래부, 산업부 등 8개 부처에서 총 217개 과제(2,374억원) 수행 중
 - (태양전지) '16년 현재 430.7억원(54과제)이며, 산업부와 미래부 2개 부처에서 수행 중
 - (연료전지) '16년 현재 390.2억원(42과제)이며, 산업부와 미래부 2개 부처에서 수행 중
 - (바이오연료) '16년 현재 414.7억원(46과제)이며, 산업부, 미래부, 환경부 포함 7개 부처에서 수행 중
 - (이차전지) '16년 현재 50.5억원(53과제)이며, 산업부와 미래부 2개 부처에서 수행 중
 - (전력IT)'16년 현재 171.2억원(10과제)이며, 산업부, 국토부, 미래부에서 수행 중
 - (CCS)'16년 현재 416.3억원(12과제)이며, 산업부, 미래부, 환경부, 해수부에서 수행 중

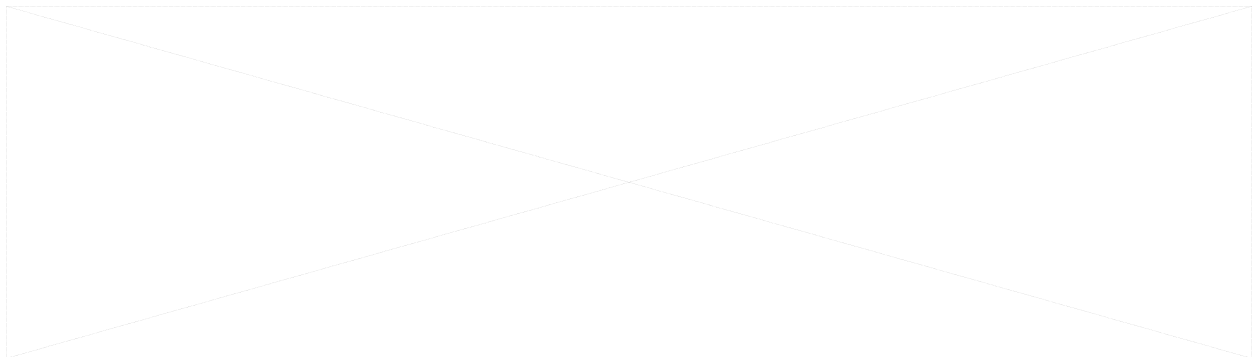
○ 기후산업육성모델과의 연계

- R&D는 물론 실증 및 사업화까지 연계할 수 있는 비즈니스 모델(기후산업육성모델*, 총12개 모델, '기후변화대응기술개발사업 전략적 추진을 위한 기획 연구'를 통해 발굴)과 수행 중인 R&D들과의 연계하는 전략을 제시

- * 태양전지(도심형 태양광 발전, 태양광 전기자동차), 연료전지(건물 냉방용 연료전지 발전, 수소·전기 복합 충전소), 바이오연료(바이오매스-원유 복합 정유공정, 신재생에너지 활용 바이오 공장), 이차전지(전기자동차용 대용량 충전시스템, 고성능 전기자동차용 이차전지, 친환경 커뮤니티용 에너지저장·공급시스템), 전력IT(에너지 클라우드를 구현하는 에너지관리시스템, 신재생에너지 기반 지역 냉난방 시스템), CCS(시멘트산업 연계 한국형 CCS 산업)

○ CTR 관리기반 구축 방안 제안

- CTR 작성관련 실무자를 대상으로 작성 및 활용체계에 대한 설문 수행 및 분석 결과를 통해 현재 CTR 작성의 문제점을 파악하고 향후 효과적인 기후기술 R&D 활용체계 구축을 위한 방안 도출
- CTR 성격을 반영하여 명칭 변경 제안 : 기후변화대응 기술맵 (CTM, Climate Technology Map)
- CTR 작성 및 관리체계도(안) 도출



V. 연구결과의 활용계획

- 향후 CTR의 주기적이고 지속적인 업데이트, 기후산업육성모델의 추가 발굴 및 상세계획을 통해 기존 수행과제는 물론 신규 과제와의 연계성 및 성과활용 확대 추진
- 기후기술 R&D 성과 관리 및 활용체계의 구축을 통해 현재 수행중인 R&D 현황을 파악하고, 부처 간, 연구기관간 협업체계 구축이 가능해짐으로써 융합기술개발 및 성과창출 측면에서 활용성이 높아질 것으로 기대

SUMMARY

I. Title

- Research on the system development for climate technology R&D management and technology policy support

II. Research objective and necessity

- To establish the integrated management system and continuous utilization·management base of climate technology R&D
- To support establishment of government climate technology policy through support for cooperation system among ministries and comprehensive analysis on climate policy, technology and market trend

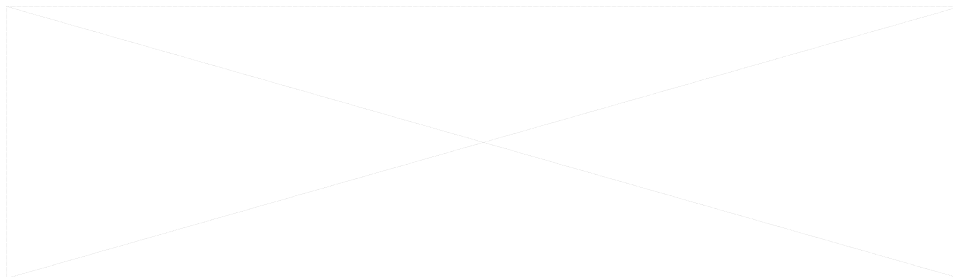
III. Research contents and scope

- Development of the climate technology R&D management system and establishment of plan for continuous utilization of the system
- Analysis of global and domestic policy, technology and market trend for the six core technologies for climate change response (Solar cell, Fuel cell, Bio-fuel, Secondary cell, Power IT(EMS, New and renewable energy hybrid), CCS)
 - Investigation and analysis on policy, laws and institutions related to climate change response of global major countries
 - Investigation and analysis on the six core climate technologies development trends related to carbon reduction of global major countries.
 - Investigation and analysis on the global and domestic market·industry trends and forecasts by the six core climate technology sectors
 - Construction of policy proposal pool through investigation of domestic private technology demand and technical difficulties over experts meetings composed of who engaged in industry, academia and research by the six core climate technology sectors
- Analysis on status of climate change response technology development and establishment of Climate Technology Roadmap(CTR) in order to manage performance of R&D integrally
- Support for cooperation system among ministries and play the role of a climate change response technology hub

IV. Results

- Analysis of global and domestic trends in the six core climate technology sectors
 - (Policy) Setting the proportion of renewable energy targets in the power generation sector and promoting expansion of supply through policy and institutional support
 - * US 28%('30), Japan 24%('30), China 35.7%('20), Germany 30%('20), Korea 11.7%('29)
 - (Technology development) Expanding R&D investment to promote technology commercialization and securing next generation technology by demonstrating climate technologies and building infrastructure for greenhouse gas reduction
 - (Market) Prospecting growth of markets for Solar cell, biofuel, secondary battery, EMS more than twice by 2020 and expecting to rapidly expand the market for CCS technology which is the market formation stage through government-led demonstration projects and investment
 - (domestic private technology demand) Expanding support for building infrastructure such as demonstration projects, technology certification and standardization / Establishing R&D investment plan for reduction of next generation technology development risk and overcoming death valley of industrialization process
- Establishment of Climate Technology Roadmap (CTR)
 - Providing data for status of R&D projects related to climate change response technologies / Establishing a network(working group) cooperation system involving ministries and R&D management organizations to review the results of the roadmap and to make effective use of it at the R&D planning stage / Establishing CTR(draft) and deriving climate industry business models
 - Total 715 projects, 483.3 billion won as of May 2016 for R&D projects related to Ten climate technologies selected in existing government strategies
 - * Carbon reduction(Solar cell, Fuel cell, Bio-fuel, Secondary battery, Power IT, CCS), Carbon recycling(by-product gas conversion, CO₂ conversion, CO₂ mineralization), Climate Change Adaptation(Common Platform)
 - Total 217 projects (237.4 billion won) related to the six technologies in the carbon reduction field carrying out by 8 ministries including MSIP(basic and source), MOTIE(commercialization) and others
 - (Solar cell) 43.07 billion won(54 projects) carrying out by 2 ministries of MOTIE and MSIP as of 2016
 - (Fuel cell) 39.02 billion won(42 projects) carrying out by 2 ministries of MOTIE and MSIP as of 2016
 - (Biofuel) 41.47 billion won (46 projects) carrying out by 7 ministries of MOTIE, MSIP, ME and others as of 2016

- (Secondary battery) 5.05 billion won (53 projects) carrying out by 2 ministries of MOTIE and MSIP as of 2016
- (Power IT) 17.12 billion won(10 projects) carrying out by 3 ministries of MOTIE, MSIP and MOLIT as of 2016
- (CCS) 41.63 billion won(12 projects) carrying out by 4 ministries of MOTIE, MSIP, ME and MOF as of 2016
- Climate industry models
 - Searching for Business models(Climate industry models*, total 12 models) which can conduct the R&D and be associated with demonstration and commercialization, and making utilization plan of R&D outcomes
 - * **Solar cell**(photovoltaic system in urban area, EV using photovoltaic system), **Fuel cell**(Fuel cell for building cooling, hydrogen–electric combined charging station), **Biofuel**(biomass–oil combine refining progress, bio plant using renewable energy), **Secondary battery**(high–capacity charging system for EV, high performance secondary batteries for EV, energy storage and supply system for eco–friendly community), **Power IT**(an energy management system which implements and energy cloud, renewable energy–based district heating and cooling system), **CCS**(Korea CCS industry linked to cement industry)
- Suggestion of management infrastructure development plan for CTR
 - Performing survey on making and application system for CTR–related practitioners and with analysis results, identifying the problems of CTR and making plans for effective R&D utilization system in the future
 - Suggesting name change by reflecting characteristic of CTR : Climate Technology Map (CTM)
 - Making the CTR, and developing management system plan



V. Expectation and application plan

- Through periodic and ongoing updates of CTR, making additional climate industry models and detailed project plans, promoting linkage between new and existing R&D, and utilization of outcomes
- Through the establishment of climate technology R&D management and utilization system, current R&D status is understood. Also, by establishing a collaboration system between research institutes, promoting utilization in terms of development of convergence technology and making outcomes are expected.

CONTENTS

1. Overview	1
1.1 Research objective and necessity	1
1.2 Research contents and promotion strategy	2
1.2.1 Research contents	2
1.2.2 Promotion strategy	8
2. Analysis of global/domestic trends in 6 core climate technology sectors	9
2.1 Summary and implications of analysis results	9
2.1.1 Solar cell	10
2.1.2 Fuel cell	11
2.1.3 Bio-fuel	12
2.1.4 Secondary battery	13
2.1.5 Power IT	14
2.1.6 CCS	15
2.2 Analysis of global/domestic policy trends	16
2.2.1 Solar cell	17
2.2.2 Fuel cell	19
2.2.3 Bio-fuel	21
2.2.4 Secondary battery	23
2.2.5 Power IT	25
2.2.6 CCS	28
2.3 Analysis of global/domestic technology trends	30
2.3.1 Solar cell	30
2.3.2 Fuel cell	34
2.3.3 Bio-fuel	38
2.3.4 Secondary battery	41
2.3.5 Power IT	46
2.3.6 CCS	50

2.4 Analysis of global/domestic market trends	53
2.4.1 Solar cell	53
2.4.2 Fuel cell	57
2.4.3 Bio-fuel	61
2.4.4 Secondary battery	64
2.4.5 Power IT	68
2.4.6 CCS	73
2.5 Analysis of domestic private technology demand	75
2.5.1 Solar cell	76
2.5.2 Fuel cell	79
2.5.3 Bio-fuel	82
2.5.4 Secondary battery	84
2.5.5 Power IT	87
2.5.6 CCS	91
3. Establishment of Climate change response Technology Roadmap(CTR) ·	95
3.1 CTR background and purpose	95
3.2 CTR promotion system	95
3.3 Creation of Climate change response Technology Roadmap(CTR) ·	97
3.3.1 Overview	97
3.3.2 CTR creation details	99
3.4 Analysis of R&D status for national climate technology	103
3.4.1 R&D status of 6 core technology sectors	103
3.4.2 Performance Analysis	107
3.4.3 Conformity to national strategies	110
3.4.4 Comprehensive review of R&D status through CTR	114
3.5 Development of R&D promotion direction	116
3.5.1 Climate industry models	116
3.5.2 Analysis of connectivity climate industry models with other industry models	122

4. Establishment of Climate Change Technology Roadmap(CTR)	
management system	124
4.1 Outline of CTR Management system establishment	124
4.1.1 Outline of Survey	124
4.2 Analysis Results of Survey	125
4.2.1 Data collection for CTR	125
4.2.2 Data Contents of R&D	128
4.2.3 Analyzing feedback on roadmap representation and scope of disclosure	131
4.2.4 CTR Making Cycle and Period	134
4.3 Conclusion	138
4.3.1 Main Results of Analysis	138
4.3.2 Suggestion for CTR Management System	140
5. Climate-Related Technology Policy Support	143
5.1 Supporting Governmental collaboration of MSIP	143
5.1.1 Holding 2016 Climate Change R&D Conference Expert group meeting	143
5.1.2 Supporting of making Mission Innovation Roadmap	145
5.2 Supporting other Climate Technology Policy activities for MSIP	146
6. Conclusion and Suggestions	184
6.1 Summary of Research	184
6.2 Suggestion of establishment on Climate Technology R&D Management and Utilization system	185
Reference	187
[Appendix 1] Climate Technology Roadmap (CTR)	189
[Appendix 2] Status of Climate Industry Model(12 models)	220
[Appendix 3] References of Connectivity to Other Industry Models of the Climate Industry Models	232
[Appendix 4] Survey Questionnaire on CTR Management and utilization system	262
[Appendix 5] Monthly Industry Trend Survey ('16.6~12)	270

목 차

1. 연구의 개요	1
1.1 연구의 배경 및 목표	1
1.2 연구내용 및 추진전략	2
1.2.1 연구내용	2
1.2.2 추진전략	8
2. 6대 핵심 기후기술분야 국내외 동향분석	9
2.1 분석결과 요약 및 시사점	9
2.1.1 태양전지	10
2.1.2 연료전지	11
2.1.3 바이오연료	12
2.1.4 이차전지	13
2.1.5 전력IT	14
2.1.6 CCS	15
2.2 국내외 정책동향 분석	16
2.2.1 태양전지	17
2.2.2 연료전지	19
2.2.3 바이오연료	21
2.2.4 이차전지	23
2.2.5 전력IT	25
2.2.6 CCS	28
2.3 기술동향 분석	30
2.3.1 태양전지	30
2.3.2 연료전지	34
2.3.3 바이오연료	38
2.3.4 이차전지	41
2.3.5 전력IT	46
2.3.6 CCS	50

2.4 국내외 시장동향 분석	53
2.4.1 태양전지	53
2.4.2 연료전지	57
2.4.3 바이오연료	61
2.4.4 이차전지	64
2.4.5 전력IT	68
2.4.6 CCS	73
2.5 국내 민간의 기술수요	75
2.5.1 태양전지	76
2.5.2 연료전지	79
2.5.3 바이오연료	82
2.5.4 이차전지	84
2.5.5 전력IT	87
2.5.6 CCS	91
3. 기후변화대응기술 확보 로드맵(CTR) 수립	95
3.1 CTR 추진배경 및 목적	95
3.2 CTR 추진체계	95
3.3 기후변화대응기술 확보 로드맵(CTR) 작성	97
3.3.1 개요	97
3.3.2 CTR 작성 세부내용	99
3.4 국가 기후기술 R&D 현황 분석	103
3.4.1 6대 핵심기술분야 국가 R&D 현황	103
3.4.2 성과분석	107
3.4.3 국가 전략과의 부합성	110
3.4.4 CTR을 통한 R&D 현황 종합검토	114
3.5 R&D 추진방향 도출	116
3.5.1 기후산업육성모델과 R&D과제와 연계	116
3.5.2 기후산업육성모델과 타 산업모델과의 연계성 분석	122
4. 기후변화대응기술 확보 로드맵(CTR) 관리기반 구축	124
4.1 CTR 관리기반 구축 방안 도출 개요	124

4.1.1 설문조사 개요	124
4.2 CTR 관리기반 구축 방안 설문 분석 결과	125
4.2.1 CTR 작성을 위한 R&D 기초데이터 수집	125
4.2.2 R&D 기초데이터 수집 항목	128
4.2.3 로드맵 표현방법 및 공개범위에 관한 의견 분석	131
4.2.4 CTR 작성주기 및 시기	134
4.3 결론 및 제언	138
4.3.1 분석의 주요 결과	138
4.3.2 CTR 관리기반 구축 제언	140
5. 기타 기후관련 기술정책 활동 지원	143
5.1 미래부의 범부처 협업체계 지원	143
5.1.1 2016 기후변화대응 R&D 성과발표회 ‘수요기업협의체’ 회의 개최	143
5.1.2 미션이노베이션 로드맵 작성 지원	145
5.2 기타 미래부 기후기술 정책활동 지원	146
6. 결론 및 제언	184
6.1 주요 수행내용 요약	184
6.2 기후기술 R&D 관리 및 활용체계 구축 제언	185
참고문헌	187
[부록 1] 기후변화대응 기술 확보 로드맵(CTR)	189
[부록 2] 기후산업육성모델(12개) 현황	214
[부록 3] 기후산업육성모델의 타 산업모델과의 연계성 검토 참고자료	226
[부록 4] CTR 관리 및 활용 체계 관련 설문 자료	246
[부록 5] 월간 산업동향 조사(‘16.6월~12월)	253

1. 연구의 개요

1.1. 연구의 배경 및 목표

□ 연구 배경

- 2016년 발효된 파리 협정에 따라 협약에 참여한 모든 선진·개도국이 2020년 이후 신기후 체제 출범을 위해 2030년까지 자발적인 감축목표를 발표하고, 온실가스 감축 의무를 부담하는 체계로 전환
 - 우리나라는 2030년까지 온실가스 37% 감축 목표(BAU(851백만 톤)대비)를 설정하였고, 국내 감축 25.7%, 국제탄소시장 매커니즘을 활용한 해외감축 11.3%를 통해 달성 계획
 - 우리나라는 '16년 11월 3일 국회에서‘파리협정’비준하였으며, 이를 통해 기후변화 대응을 위한 전 지구적 노력에 적극적인 동참을 선언
 - 파리협정은 '16년 11월 4일 전 세계 온실가스 배출량의 55% 이상, 55개국 이상이 비준해야 한다는 요건을 충족시켜 공식 발효 (12월 기준 115개국 비준)
- 기후변화의 주원인인 온실가스를 감축하기 위한 대안으로서 재생에너지 기술, 효율향상 기술, CCUS 등 기술적 대응의 중요성 부각
 - '15년 COP21에서 기후변화 대응을 위해 우리나라를 포함한 20개국이 청정에너지분야 공공부분 R&D 투자를 2021년까지 2배 확대하는 미션 이노베이션(Mission Innovation) 출범
 - 우리나라는 청정에너지기술발전전략('16.6)을 수립하여 중점 투자 청정에너지분야를 선정하였으며, 2017년부터 국가 및 공공부문 R&D에 반영하여 추진할 예정
- * (중점투자분야) ①신재생(태양광, 풍력, 바이오, 수소·연료전지), ②효율향상(산업, 수송, 건물), ③수요관리(,ESS, e-프로슈머), ④CCUS, ⑤원자력(해체), ⑥화력·송배전(스마트그리드, 청정화력)
- * (투자규모) '16년 기준금액(약 5,600억원) 산정 → '21년 목표금액(약 1.12조원)으로 확대

<표 1.1.1> 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

- 정부는 기후기술의 중요성을 고려하여 탄소저감, 탄소자원화, 기후변화적응 분야의 기후기술 R&D를 지속적으로 추진하고, 기후산업 육성을 위한 전략모델 발굴을 통해 기후변화대응 중장기 발전전략 제시
- 미래부, 산업부, 환경부 등 15개 부처에서 '16년 기준으로 총 1.3조원 규모의 정부 R&D를 통해 온실가스 저감·활용·적응분야 기술개발을 지원
- 정부는 온실가스 감축 및 기후변화 대응을 위해 기후기술 R&D 관련 정책 및 프로그램을 지속적으로 추진해왔으나, 현재 추진되고 있는 국가 기후기술 R&D는 다양한 주체(부처, 전담기관 등)가 개별적으로 계획을 수립·추진하고 있어 국가 성과 활용 극대화 측면에서 구체적인 관리 및 체계 수립 필요성 존재
- 저탄소 녹색성장 기본법 제26조(녹색기술의 연구개발 및 사업화), 파리협정 이행을 위한 기후변화 대응체계 개편방안('16.2, 녹색성장위원회) 등에 따라, 기후변화대응을 위한 기후기술의 체계적인 확보, 관리 및 활용체계 강화 필요성 대두
- 기후변화대응에 보다 실효성 있게 기여하기 위해서는 부처(전담기관)별 기후기술 R&D 정보를 통합·공유하여 상호 연계를 통한 성과 및 비용 효율성 극대화 가능
- 또한 기후변화 대응 기술정책 수립 능력 향상을 위해서는 국내외 정책, 기술, 시장 동향에 대한 상세하고 정확한 정보 분석, 종합적인 자료 관리와 공유체계, 범부처 협업 등 체계적인 기반 구축 필요

□ 연구 목표

- 국가 기후기술 R&D 통합관리를 위한 기후기술 관리 체계와 이에 대한 지속적 활용·관리기반 구축
- 기후관련 정책·기술·시장 동향정보에 대한 종합적인 관리와 범부처 협업체계 지원 등을 통한 정부 기후기술정책 수립 지원

1.2. 연구내용 및 추진전략

1.2.1. 연구내용

□ 개요

- 본 과제는 국가 기후변화 대응기술 R&D 통합관리를 위하여 기후변화대응기술의 관리 체계 및 기반을 구축하고, 이에 대한 지속적 활용 확대 방안 마련을 위한 연구로 수행되었음

- R&D 수행의 기반이 되는 환경변화 및 동향파악을 위해 탄소저감분야 6대 기후기술(태양 전지, 연료전지, 바이오연료, 이차전지, 전력IT, CCS)를 대상으로 국내외 정책·기술·시장 동향 자료 조사 및 분석 수행
- 기후변화대응 기술개발 현황 및 성과 통합관리를 위해 범부처 기후기술을 대상으로 기후 기술로드맵(CTR, Climate Technology Roadmap) 작성을 추진하고, 기후변화대응 및 기술연계를 통한 산업육성에 기여 가능한 기술분야별 기후산업육성모델 제안
- CTR의 지속적인 활용 및 관리를 위해 CTR 작성본 분석 및 관련 실무자 설문조사를 통해 효과적인 향후 관리기반 구축 방안 제안
- 범부처 기후기술 협업체계 지원 및 기후변화대응 6대기술 별 수요기업협의체 개최 등을 통한 민간의 기술개발 및 제도개선에 관한 수요 발굴

□ 기후변화대응 6대 기술분야* 국내외 정책·기술·시장 동향 분석

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

○ 국내외 정책동향 분석

- 국내외 주요국*들의 기후변화대응관련 정책방향, 법과 제도 도입 등을 조사·분석

* 주요국 : 미국, EU, 프랑스, 독일, 일본, 중국, 한국 등

- IEA Policy Database(<http://www.worldenergyoutlook.org/weomodel/policydatabases/>), Mission Innovation을 비롯한 주요국들의 기후정책 발표자료 조사를 통해 기초자료를 확보하고 분석

* 미국: (법) 에너지정책법(Energy Policy Act, EPA)(2005), 에너지 독립 및 안보법(Energy Independence and Security Act, EISA)(2007), 경기회복 및 재투자법(American Recovery and Reinvestment Act, ARRA)(2009), 온실가스 규제 관련 : 청정대기법(Clean Air Act, CAA)(1970) (정책) 기후변화 대응 계획(Climate Action Plan, 2013.6), 전방위 에너지 전략(The All of the above Energy Strategy, 2014.5), 청정발전계획(Clean Power Plan, 2015.8) 등

* 중국: (법)재생가능에너지법(2006.1월 시행, 2009년 개정), 신환경보호법(환경보호법 1989.12월 시행, 2014년 개정, '신환경보호법') 등
(정책)중국 제12차 5개년 계획(2011~2015)(2011.3), 에너지사업 지도의견(2014)(2014.1), 에너지발전전략 행동계획(2014~2020)(2014.11), 중국 제13차 5개년 계획(2016~2020)(2016.3) 등

* 미국-중국 기후변화 협력: 2014 미·중 공동선언(2014.11), 2015 미·중 정상 간 공동선언(2015.9)

* 일본: (법) 석유대체에너지의 개발 및 도입 촉진에 관한 법률(대체에너지법)(1980), 신에너지 이용 등의 촉진에 관한 특별 조치법(신에너지법)(1997), 전기사업자의 신에너지 등의 이용에 관한 특별조치법(RPS법)(2002), 에너지정책기본법(2002), 지구온난화대책의 추진에 관한 법률(1998 제정, 2013 개정) 등
(정책) 지구온난화 대책 계획(2016.3), 일본 에너지 혁신 전략(2016.4), 에너지환경 혁신전략(2016.4)

* EU: (정책) A Policy Framework for Climate and Energy in the period from 2020 to 2030)(2014.01), Energy Roadmap 2050)(2011.12) 등

* 독일: (정책) 독일 에너지 전환 정책(Energiewende; Energy transition)(2011.07) 등

* 한국: (정책) 기후변화대응과 신산업 창출을 위한‘청정에너지기술발전전략’(2016.6), 신기후체제 대응을 위한‘2030 에너지신산업 확산전략’(2015.11), 기후변화대응 기술혁신과 산업화 지원계획(2015.3), 제3차 에너지기술개발계획(2014.12), 제4차 신재생에너지기본계획(2014.9), 제3차 에너지기술개발계획(2014.12) 등

- 주요국 정책방향과 법·제도 등의 분석결과를 종합하여 기술분야별 세계적 동향을 파악하고 시사점을 도출하여, 기후기술로드맵(CTR) 수립의 동향자료 및 기타 미래부의 정책수립 지원자료로 활용

○ 국내외 기술동향 분석

- 우리나라 및 세계 주요국들의 탄소저감분야 6대 기후기술과 관련된 국내외 주요국의 R&D 프로그램을 대상으로 기술개발 동향을 조사·분석
- 주요국의 기후관련 R&D 프로그램*과 IEA 등 국제기구의 기후기술 전망** 등을 활용하여, 6대 기후기술분야별 기술동향 분석

* (미국) ARPA-E(Advanced Research Project Agency-Energy), (일본) NEDO(New Energy and Industrial Technology Development Organization) 프로그램, (EU) Horizon2020 Program, (독일) 6th Energy Research Programme of the Federal Government, (한국) 에너지 이노베이션 로드맵(2014), 기후변화대응 6대 핵심기술 개발전략(2014) 및 이행계획(2015), 청정에너지 미션 이노베이션 로드맵(2016) 등

** IEA, Energy Technology Perspectives 등

- 6대 기술분야별 주요국별 동향 분석 및 이를 통한 세계적인 기술개발 동향을 파악하여 시사점을 도출하고, 기후기술로드맵(CTR) 수립의 동향자료로 활용

○ 국내외 시장동향 분석

- 6대 기후기술분야별 세계 및 국내 시장·산업 현황과 전망 조사·분석
- 세계적인 시장조사 전문기관의 리포트 및 국내 관련기관의 통계와 전망자료를 활용하여 분석
- 신문 등 보도매체에 발표되는 최신 산업 활동에 대한 발표자료도 같이 활용
- 6대 기술분야별 시장(산업) 현황 및 전망 조사·분석을 통해 분야별 국내외 시장동향을 파악하여 시사점을 도출하고, 기후기술로드맵(CTR) 수립의 동향자료로 활용

○ 국내 민간 수요 분석

- 6대 핵심기술분야의 기술개발 및 산업화를 위한 민간의 기술 및 제도개선 수요를 파악하여, 기술개발 과제 및 산업육성을 위한 모델 발굴, 제도 개선 등을 위한 참고자료 제공
- 의견수렴결과는 6대 핵심기술분야별 기술개발 수요, 산업화를 위한 지원 요청, 제도개선

수요로 구분하여 분석

- 또한 분야별 기술개발 등에 대한 주요 이슈를 도출하여, 향후 기술개발 기획 및 산업화 모델 발굴에 민간 수요가 적절하게 반영될 수 있도록 정리

○ 국내외 동향정보 종합 분석

- 국내외 정책, 기술, 시장 동향 조사·분석 결과를 종합하여 R&D 환경과 관련된 종합적인 트렌드 및 시사점을 분석
- 기후기술로드맵(CTR) 수립과정을 통해 파악될 국내 R&D 동향과의 비교 및 시사점 도출

□ 기후변화대응 기술개발 현황 및 성과 통합관리를 위한 기후기술 로드맵(Climate Technology Roadmap, CTR) 수립 및 관리기반 구축

○ 기후기술로드맵 수립 대상

- 탄소저감분야(6대 핵심기술, 30개 세부 기술군)

분야	기후기술	구분	세부기술군
탄소 저감	1. 태양전지	실리콘 태양전지	1-1. 실리콘 사용량 축소
			1-2. 모듈 제조비용 절감
			1-3. 초박형 전지 효율 제고
		차세대 태양전지	1-4. CIGS 박막 태양전지
			1-5. 페로브스카이트 태양전지
			1-6. 유기 태양전지
			1-7. 염료감응 태양전지
			1-8. 비정질 실리콘 박막 태양전지
	2. 연료전지	상용 연료전지	2-9. 고분자연료전지 스택 고성능화 및 저가화
			2-10. 발전용 용융탄산염/인산형 연료전지 출력·내구성 향상
			2-11. 수소 제조 및 저장 비용 절감
		차세대 연료전지	2-12. 차세대 연료전지
			2-13. 고체산화물 연료전지
			2-14. 연료전지 복합발전
	3. 바이오연료	바이오연료 생산	3-15. 미세조류 바이오리파이너리
			3-16. 바이오연료 생산 플랜트
		신규 바이오매스	3-17. 미활용 바이오매스 에너지화
			3-18. 신규 바이오매스 자원 대량 확보
	4. 이차전지	중소형 이차전지	4-19. 리튬이온전지 성능 고도화
			4-20. 초고용량 커패시터 에너지밀도 향상
			4-21. 차세대 이차전지 에너지밀도 향상
		대용량 이차전지(ESS)	4-22. ESS 저가화·장수명화·고효율화
			4-23. 차세대 대용량 이차전지
	5. 전력IT	EMS	5-24. 건물/가정용 EMS 에너지 절감률 향상
			5-25. 공장용 EMS 에너지 절감률 향상
			5-26. EMS 도약기술 개발
		신재생 에너지 하이브리드	5-27. 신재생에너지간 열원 통합 및 블록히팅 제어
			5-28. ESS 활용 전기에너지 융복합 및 V2G 기술
	6. CCS	CCS 기술개발 및 상용화	6-29. 세계적 수준의 CO ₂ 포집비용 달성
			6-30. CO ₂ 수송 및 저장기술

- 각 부처*에서 추진하는 기후기술관련 국가 R&D

* 미래부, 산업부, 환경부, 국토부, 해수부, 농진청, 산림청 등

○ 국가 R&D 과제 자료 수집 및 분석

- 2016년 현재 수행과제 및 계획 확정 과제 중심
- NTIS 등록 과제를 대상으로 최대한 폭넓고 다양한 키워드를 활용한 검색을 통해 1차적으로 대상 과제 pool 구성
- 관련 R&D 전담기관에 1차 후보과제 pool을 제공하고, 상세자료(과제 목표 및 주요내용 자료) 요청 후, 이를 바탕으로 CTR(6대 핵심기술, 30개 기술군)에 대한 포함여부 판단
- 대상 과제의 CTR 포함여부 및 각 기술군별 분류에는 각 기술별 전문가(연구재단 RP 등)를 활용하여 최대한 정확성 및 신뢰성 확보
- 탄소활용분야와 기후변화 적응분야와 같은 타 CTR 작성분야와의 기술군, R&D 과제 범위 및 중복성 조정 등

○ R&D 과제의 목표, 연구성과 등을 체계적으로 포함하는 CTR 작성

- 선정된 포함과제 자료 분석을 통해 30개 기술군별 R&D 현황 분석
- 기술군별 R&D 과제를 세부 유형별로 구분하고(소재, 시스템, 실증 및 사업화 등), R&D 과제의 상호 연계성 검토
- R&D 과제별 성과의 상호연계성과 더불어 성과의 사업화 촉진을 위한 산업화모델(기후산업육성모델 등)과의 연계성 검토
- 정책/기술//산업 동향정보, R&D 과제정보 분석을 통한 연구 목표 및 연구성과, 이의 활용계획 등을 통합 정리한 로드맵 작성

○ 기후기술로드맵(CTR, Climate Technology Roadmap) 관리기반 구축방안 도출

- CTR 작성에 참여한 연구관리 전담기관*의 실무자를 대상으로 한 설문조사*를 통해 향후 CTR의 효율적 관리를 위한 기반구축 제안

* 연구관리 전담기관 : 한국연구재단, 한국에너지기술평가원 등 총 15개 기관

* 설문문의 구성: CTR 작성을 위한 R&D 기초데이터 수집, R&D 기초 데이터 수집 항목, 로드맵 표현방법 및 공개범위, CTR 작성주기 및 시기 등

- 본 작업을 통해 CTR 작성주기, 데이터 수집 시기, 작성방법, 배포시기, 공개범위 개편 및 CTR의 목적에 보다 부합되고 활용 편의성을 고려한 로드맵 표현 양식 개발을 통해 활용 체계의 효율성과 실효성 향상

○ 기후기술로드맵(CTR) 수립 총괄지원 역할 수행

- 탄소저감분야 작성수행 외에, 탄소활용 및 적응분야를 포함한 기후변화대응기술 확보

로드맵(CTR) 수립을 위한 총괄지원 역할 수행

○ 기후기술로드맵 관리기반 구축

- 구축된 기후기술로드맵 (CTR)의 범부처 및 전담기관 공유 등 활용체계에 대한 제안
- 향후 CTR의 지속적인 업데이트 및 관리를 위한 체계 구축방안 제안

□ 기후변화대응 기술 Hub 역할 수행과 범부처 기후기술 협업체계 지원

○ 미래부를 중심으로 한 기후관련 범 부처 협업 활동에서 필요한 업무 지원

- 범부처 공동 미션 이노베이션 로드맵 수립, 미래부 주관의 수요기업협의체, 전문기관 커뮤니티 등 활동 과정에서 필요한 사항 지원

○ 본 연구를 통해 기후기술개발 동향정보(정책·기술·시장 정보 등)의 지속적인 확보 및 관련기관 공유 서비스

○ 기타 미래부의 기후기술관련 정책수립 과정 등에서 필요로 하는 사항 지원

1.2.2. 추진전략

☐ 국내외 동향정보 수집 및 분석

- 주무부서인 ‘기후기술전략센터’에서 국내외 정책, 기술, 시장 동향에 관한 기초자료 수집 및 분석 후, 6대 기술분야별 전문가인 연구재단 RP(Research Planner)*의 검토를 통해 시사점 도출 등 결과 종합 검토 및 정리

* RP : 연구재단에서 R&D 기획을 위해 선정·운영하는 분야별 전문가 그룹

☐ 기후기술로드맵(CTR) 수립

- 전체적인 CTR 수립과정에 대한 실무는 기후기술전략센터에서 담당하고, 전문적인 기술적 판단이 필요한 사항들은 RP, R&D 과제 책임자 등 전문가를 활용
- R&D 과제현황 자료 제공, 로드맵 수립 결과 검증 및 공동 활용을 위해 범정부 및 관리기관이 참여하는 네트워크(작업반) 등 협업체계를 구축하여 추진
- 연구재단 6대기술 RP를 중심으로 기후변화대응 및 산업육성에 기여 가능한 기후산업육성모델을 도출하고, 각 기술별 산업계 전문가 그룹을 활용한 수요기업협의체를 활용하여 모델 검토 및 추가 의견반영
- CTR 수립의 전체적인 모든 진행과정은 미래부의 관리 하에 진행

☐ 기후변화대응 기술 Hub 역할 수행과 범부처 기후기술 협업체계 지원

- 기후기술전략센터와 공동 연구 참여자인 RP 중심으로 필요 업무 대응 지원

☐ 추진체계



2. 6대 핵심 기후기술분야 국내외 동향분석

2.1. 분석 결과 요약 및 시사점

- ◆ **파리협정 발효('16)로 모든 협약 당사국이 참여하는 '新기후 체제'로 전환됨에 따라 저탄소 사회 실현을 위한 노력 가속화**
 - 2020년 온실가스 감축의무화가 가시화됨에 따라 국가별로 기후변화 대응을 위한 정책적 지원이 강화되는 추세
 - * 주요국별 전력(발전)분야 신재생에너지 목표 비중 : 미국 28%('30), 일본 24%('30), 중국 35.7%('20), 독일 30%('20), 한국 11.7%('29)
- ◆ **온실가스 감축 이행을 위한 수단으로써 차세대 기술 확보 및 실증·인프라 구축에 중점 투자**
 - 혁신 미션(Mission Innovation) 선언('15)을 통해 우리나라를 포함한 주요 선진국들은 청정에너지 공공부문 R&D 투자를 5년간 2배 확대 노력 약속
- ◆ **신시장 선점 및 에너지·기후 신산업 창출을 위한 경쟁 돌입**
 - '20년까지 태양전지, 바이오연료, 이차전지, EMS 시장 2배 이상 성장
 - 현재 시장형성 단계인 CCS는 기후변화대응 투자 확대를 통해 시장이 급격히 성장할 것으로 기대



- ☞ 2030년까지 온실가스 37% 감축(BAU대비) 목표 달성을 위해 **새로운 에너지 패러다임 전환을 주도할 수 있는 혁신적인 기술 개발 필요**
 - * 신재생, 효율향상, CCS 등 기후기술 포트폴리오 구축을 통해 목표 달성 추진
- ☞ R&D 기획 단계부터 시장 및 산업 동향을 분석·반영함으로써 신기술의 사업화 확대 유도
 - * 수요자 중심으로 시장변화에 유연하게 대처 가능한 비즈니스 모델 수립
- ☞ 시장진입 또는 시장형성 단계의 기술에 대한 **공공 투자 확대를 통해 death valley 극복 필요**
 - * 시장 창출 및 확대를 위해 실증·인증·표준화 등 인프라 구축에 선제적인 투자

2.1.1. 태양전지

정 책	기 술
◆ (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%	◆ (세계) 대규모 태양광 발전, 빌딩 등 실증 위주 및 차세대 태양전지 개발 기술개발 * (미) 분산형 PV 시스템 기반의 태양광발전, 대규모 태양광 단지 등 실증 및 상용화 중심 * (독) 효율향상, 신공정 개발, 비용절감 가능한 생산 기술 등 상업화를 위한 기술개발 수행 * (일) '30년까지 모듈변환효율 40% 및 발전비용 7엔/kWh 개발 목표 제시 ◆ (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
시 장	수 요
◆ (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	◆ (기술 개발) 기존 시장 제품과 차별화는 물론 미래 시장을 주도할 차세대 원천기술 및 공정기술, 이의 산업화 연계 기술 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 표준 인증제도 등의 마련 및 개선 필요

☞ 실리콘 태양전지 ⇒ 차세대 태양전지로의 기술 전환기에 대응하고 기술장벽이 존재하는 차세대 태양전지 시장 선점을 위한 R&D 투자 확대* 필요

* 차세대 태양전지의 발전효율·안정성 제고 및 대량생산공정 기술 개발 등

2.1.2. 연료전지

정 책	기 술
◆ (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	◆ (세계) 가정용·발전용 연료전지 개발 및 수소 인프라 구축 관련 기술 개발·실증 추진 * (미) PEMFC 저가화 및 내구성향상 기술 개발, 100마일 이상 주행 가능한 트럭 실증 등 추진 * (독) 수소인프라 및 소형 가스터빈·열전발전 융합기술 개발 수행 * (일) '가정용 연료전지 시스템 기술 개발, 수소 제조·저장·공급 등 수소 인프라 구축 및 상용화 기술 개발 ◆ (국내) 저가·고효율·고내구성 연료전지 개발, 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
시 장	수 요
◆ (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	◆ (기술 개발) 기존 상용화 기술 중심에서 차세대 기술로의 R&D 관심 확대가 필요하며, 우리나라가 취약한 부품·소재 기술 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 기반기술에 대한 기술개발과 보급까지를 포함하는 정부의 통합계획 수립 및 이행 필요

☞ 연료전지 가격경쟁력 향상을 위한 저가 소재·부품 개발과 고내구성 확보 및 혁신 소재 기반의 고효율 차세대 연료전지 R&D 투자 필요

* 연료전지 효율 향상 및 저가화·고내구성을 위한 기술개발·상용화 등

2.1.3. 바이오연료

정 책	기 술
◆ (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%	◆ (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 * (EU) 차세대 바이오연료, 바이오연료 고급화 등 경유 대체가능한 바이오연료 기술 개발 집중 * (일) 차세대 바이오매스 기술 개발, 시스템 시범 사업 등 전방위에 걸쳐 바이오에너지 기술개발 지원 ◆ (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	수 요
◆ (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 바이오 원료 사업 활성화	◆ (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

☞ 화석연료 직접 대체로 온실가스 감축 효과를 극대화 할 수 있는 바이오연료의 가격 경쟁력 확보 및 안정적 공급을 위한 R&D 투자* 필요

* 바이오연료 고효율화, 대량 생산, 토종 바이오매스 개발 등

2.1.4. 이차전지

정 책	기 술
◆ (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 * (일) '30년까지 신규차량 중 전기차 등 차세대 자동차 비율 50~70% 확대 ◆ (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	◆ (세계) 중대형 이차전지 육성을 위한 상용화 및 차세대 R&D 수행 * (미) 현재 대비 EV 용 배터리 가격 50% 절감 가능한 기술개발 * (EU) 수송분야를 중심으로 배터리, 인프라 및 혁신적 소재기술 개발 * (일) LiB 에너지밀도 7배 향상 및 가격 1/10 수준으로 저감 달성을 위한 기술개발 수행 ◆ (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 리튬황 전지 등 기술개발 추진 * (대용량 이차전지) 전력피크 및 정전사고 대응 체계 구축을 위한 ESS기술 고도화 추진
시 장	수 요
◆ (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	◆ (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

☞ 대형 이차전지 시장 확대에 따른 핵심 부품소재 및 시스템기술 확보와 함께 초기 시장 활성화를 위한 보급확대 지원* 필요

* 대용량 ESS 기술실증을 통한 Track Record 확보 지원 등

2.1.5. 전력IT

정 책	기 술
◆ (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 재생에너지 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	◆ 비용절감 및 에너지사용 최적화를 가능하게 하는 건물(BEMS), 공장(FEMS) 대상 에너지관리시스템 개발 진행 * (BEMS) 빌딩 단위 설비에 대한 성능 및 효율개선 위주로 단위건물 위주의 연구개발 진행 * (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 * 국내에서는 신재생 융복합 및 계간축열 등을 활용하는 친환경에너지타운 구축
시 장	수 요
◆ (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) * V2G 세계 시장 규모 : ('15) \$32억 → ('20) \$266억	◆ (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 필요

☞ 전력IT 시장의 급격한 확대에 대응하기 위해 요소기술과 신재생에너지와의 융합기술 개발, 산업화를 위한 인프라 마련 등으로 시장경쟁력 강화 필요

2.1.6. CCS

정 책	기 술
◆ (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) '20년까 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 에너지산업 확산전략)	◆ (세계) 대규모 통합 CO₂ 포집·저장 프로젝트를 통한 CCS 실증 및 상용화 기술 개발 * (미) DOE 주관으로 포집비용 \$10/톤CO₂ 목표('30) 기술개발 * (EU) 산업시설 CO₂ 최소 80%이상 포집 능력 확보 및 포집 CO₂의 원료 활용, CO₂ 지하 저장 위험 측정 및 모니터링 * (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 ◆ (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
시 장	수 요
◆ (세계) 세계 발전 및 산업분야 적용 CCS 플랜트 수요는 '20년 100개에서 '50년 3,400개로 확대 전망 * 투자비용 : ('10~'20) \$630억 → ('40~'50) \$11,640억 * CO₂ 포집량 : ('10~'20) 3억톤 → ('40~'50) 100억톤 * 전세계 연평균 84조원 규모의 시장 형성 전망 ◆ (국내) 국내 CCS 시장은 미형성 단계이나 해외플랜트 수주를 목표로 대기업 위주의 공정·실증·전환 기술개발 추진 중 * 포집공정개발 : 포스코, 두산중공업 * 실증연구 : 대림산업, 한국전력기술, KC코트렐 * 전환기술 : LG화학, SK이노베이션, 삼성정밀화학, 지역난방공사	◆ (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

☞ 세계 CCS시장 선점이 가능한 가격 경쟁력 확보 및 실증 사업을 위한 지속적인 투자 확대* 필요

* 세계 최고 수준의 CO₂ 포집 비용 달성 기술, 수송-저장 통합 실증 플랜트, 해양 지중 저장 관련 수송·탐사 기술 등

2.2. 국내외 정책동향 분석

□ 국내외 정책동향 분석의 개요

- 본 분석은 기후변화대응 6대 기술(태양전지, 연료전지, 바이오연료, 이차전지, 전력IT, CCS)과 관련된 국내외 주요국들의 기후변화대응관련 정책방향, 법과 제도 도입 등을 조사·분석하기 위해 수행
 - 정책방향과 법·제도 등의 분석결과를 종합하여 주요 국가별 및 세계적으로 동향에 관한 시사점을 도출하고, 기후기술로드맵(CTR) 수립의 동향자료로 활용하기 위한 목적으로 수행
 - * (미국) 에너지정책법(2005), 에너지 독립·안보법(2007), 기후변화 대응 계획(Climate Action Plan, 2013), 전방위 에너지 전략(The All of the above Energy Strategy, 2014), 청정발전계획(Clean Power Plan, 2015) 등 분석
 - * (독일) 독일 에너지계획(2010), 에너지 전환(Energiewende) 정책(2011), 에너지 패키지(Energy Package(2011), 첨단기술전략 2020 등 분석
 - * (일본) 제4차 에너지기본계획(4th Strategic Energy Plan of Japan, 2014), 수소·연료전지 전략로드맵(2014) 이차전지 기술개발 로드맵 2013(Battery RM 2013) 등 분석
 - * (중국) 재생에너지법(2005), 에너지발전전략 행동계획(2014), 제13차 5개년계획(2016~2020) (2016) 등 분석
 - * (한국) 제4차 신재생에너지 기본계획(2014), 2030 에너지신산업 확산전략(2015), 제7차 전력수급 기본계획(2015), 국가 CCS 종합계획, 2010) 등 분석
- 주요국에서 수립된 기후변화 및 에너지관련 주요 계획을 대상으로 6대 기후기술과의 연계성이 있는 내용을 폭 넓게 비교분석
 - 특히, 기술 분야별로 주요국의 보급정책과 시장 확대를 위한 지원제도, 투자유인 정책 등에 관한 내용을 중심으로 정리
- 분석결과, 전 세계적으로 신재생 비중의 지속적 증가 목표를 설정하고 정책적/제도적 지원을 통한 보급 확대 추진
 - 신재생 연계 ESS, ICT연계 건물 에너지 효율향상 및 친환경에너지타운 실증사업 활성화와 관련 제도정비 및 인프라 구축을 통한 시장의 투자 유도
 - CCS 상용화 및 기술경쟁력 확보를 위한 통합시스템 실증사업 지원 및 국제협력 확대
- 본 분석자료는 기후변화대응 6대 핵심기술에 대한 주요국의 보급·지원 정책 방향을 비교 분석한 것으로, 향후 기후기술 보급 확대를 위한 국내 정책 수립 및 CTR 전략과제 도출의 참고자료로 활용 기대

2.2.1. 태양전지

- ◆ (국외) 미국, 유럽 등 선진 주요국들은 신재생 공급목표 설정, 신재생에너지 공급 의무화, 세액공제 등을 통하여 태양전지 보급확대 정책을 지속적으로 강화
 - 전력 공급 측면에서 총 발전량 대비 태양광 발전 비율 확대 정책 강화
 - * (미국) ITC제도를 통해 주거용/상업용 시설 태양광 설비에 대한 30% 세액공제
 - * (EU) 2020년까지 EU 전력 사용량의 15%를 태양에너지로 충당
 - * (일본) 2030년까지 전체 전력생산량 중 태양광 비중 7% 보급목표 설정
- ◆ (국내) 1차에너지 대비 신재생에너지 비중 확대 및 태양광 비중 지속적 확대 추진
 - 전체 신재생에너지 중 태양광의 비중을 '14년 4.9%에서 '35년 14.1%로 확대목표

□ 국외 동향

- 세계 주요국들은 기후변화 대응 및 에너지안보 강화, 경제성장 활성화 등을 위해 신재생 에너지 보급확대 정책을 지속 강화
 - (미국) 2015년 '청정발전계획(Clean Power Plan)' 발표를 통해 2030년까지 태양광, 풍력 등 발전 투자 확대를 통해 재생에너지 발전량을 22%에서 28%로 확대하는 목표 설정
 - 주별로 전력시장 특징 및 자원 잠재량에 따라 상이한 재생에너지 공급비율 적용
 - ITC(Investment Tax Credit, 2006) 제도로 주거용 또는 상업용 시설의 태양광 설비에 대해 30%의 세액공제 제공
 - (EU) '07년 유럽 전략적 에너지 기술계획(EU Strategic Energy Technology Plan, SET Plan)*을 통해 2020년까지 EU 전력 사용량의 15%를 태양에너지로 충당하는 목표 설정
 - * 태양광 발전 기술개발 및 대규모 단지 조성, 태양광 대량 보급, 전력망과의 연계성 강화 등의 세부 내용 포함
 - '14년 '2030 프레임워크'를 통해 2030년까지 재생에너지 소비목표를 범 EU 차원에서 최소 27%로 확대하겠다는 목표를 제시하였으며, 이에 따라 회원국들은 각국의 정책과 상황에 맞게 탄력적으로 재생에너지 소비목표를 설정하여 비용효과 향상 유도
 - (프랑스) '15년 에너지전환법(Loi transition énergétique)에서 2030년까지 최종에너지소비 중 신재생에너지 비중을 32%로 확대할 것을 공표
 - 대규모 태양광 발전(250kW급 이상) 사업 250개 선정
 - (독일) '11년 에너지 전환(Energiewende) 정책을 추진하여 2050년까지 1차 에너지의 60%를 신재생에너지(풍력, 태양에너지)로 공급 목표 설정
 - 신재생에너지에 대한 투자는 풍력과 태양에너지 발전에 중점 지원
 - (일본) '14년 제4차 에너지기본계획(4th Strategic Energy Plan of Japan)에 따라 장기에너지 수급¹⁾을 전망하고 에너지 믹스를 검토한 장기에너지 수급 전망을 통해 2030년까지 전체 전력생산량 중 태양광 비중 7% 목표 설정

- 설정된 목표를 달성하고 관련제도의 정비를 위해 종합적 정책인 '16년 에너지혁신전략²⁾을 수립하고 재생에너지 확대*를 강조

* FIT제도 재검토, 재생에너지 확대를 위한 규제개혁 및 연구개발 지원, 관계부처 연계 프로젝트 추진, 재생에너지 기반 분산형 에너지 시스템 이용 촉진 등

- (중국) '14년 에너지발전전략 행동계획(能源發展戰略行動計劃)을 통해 에너지 소비구조 최적화를 목표로 2020년까지 태양광 발전의 총 설비용량을 약 1억kW로 증가시킬 예정

· '16년 발표한 제13차 5개년계획(2016~2020)을 통해 1차 에너지 소비 중 비화석에너지 비중 13.2% 달성 및 전원믹스(발전설비 기준)에서 비화석에너지 비중 35.7%(태양에너지 발전 비중 3.9%) 목표 설정

□ 국내 동향

- 기후변화 및 에너지문제 대응을 위해 신재생에너지 보급·확대를 적극 추진하고 있으며, 태양광을 핵심 에너지원으로 육성
- '14년 제4차 신재생에너지 기본계획 발표를 통해 전체 신재생에너지 중 태양광의 비중을 '14년 4.9%에서 '35년 14.1%로 확대목표 설정

<표 2.2.1> 신재생에너지 보급 목표(단위: %)

년 도	2012	2014	2020	2025	2030	2035
신·재생에너지	3.2	3.6	5.0	7.7	9.7	11
태양광	2.7	4.9	11.7	12.9	13.7	14.1

※ 출처 : 제4차 신재생에너지 기본계획 (산업통상자원부, 2014)

- 전체 신재생에너지 발전량 중 태양광 비중(%) :

7.5('14) → 15.2('20) → 19.1('25) → 21.5('30) → 23.4('35)

- 국내 총 발전량 대비 태양광 발전비중의 경우 2020년까지 2012년 대비 7배 확대 계획

- 태양전지/총에너지(발전량) : ('12) 0.2% → ('20) 1.4%

<표 2.2.2> 국내 총 발전량 및 태양전지 발전량 비교

연도	국내 총 발전량(GWh)	태양전지 발전량(GWh)	비중(%)
2012	530,628*	1,103 *	0.2
2020	644,512**	8,817***	1.4

※ 출처 : * 2013년 에너지 통계연보, ** 제6차 전력수급계획, *** 제4차 신재생에너지 기본계획

- '15년 2030 에너지신산업 확산전략 수립을 통해 신재생에너지 초기 투자 부담 완화를 위해, 태양광 설비 등의 대여 사업 확대하여 '30년까지 총 40만 가구 보급목표 설정

1) Long-term Energy Supply and Demand Outlook, 2015, Ministry of Economy, Trade and Industry, Japan

2) エネルギー革新戦略, 2016, Ministry of Economy, Trade and Industry, Japan

2.2.2. 연료전지

- ◆ (국외) 신재생에너지 연구개발 투자, 발전차액지원제도, 신재생에너지 의무할당제 등의 신재생에너지 보급 정책 및 에너지 인프라 구축 지원을 통해 연료전지 보급 확대 및 기술개발 추진 중
 - * (미국) SGIP를 통해 연료전지 설치비용의 약 65~75% 인센티브 제공
 - * (독일) H2 Mobility 프로젝트를 통해 2023년까지 수소충전소 400개소 건설 지원
 - * (일본) 2030년까지 가정용연료전지 530만대, 연료전지차(FCV) 80만대 보급 계획
- ◆ (국내) 전력 수급 발전 비중 및 연료전지 자동차 보급 확대 추진
 - 2029년 전력 수요 중 신재생에너지 공급량의 9.7%를 연료전지 발전으로 공급

□ 국외 동향

- 세계 주요국들은 신재생에너지에 대한 R&D 지원, 신재생에너지발전차액지원제도, 신재생에너지 의무할당제, 수소에너지 인프라 구축 지원 등을 통해 연료전지 보급 확대 및 기술개발 정책 추진 중
 - (미국) 에너지정책법(2005) 및 에너지 독립·안보법(2007) 등에서 수소연료 등 재생에너지에 대한 세제 혜택 및 연구개발 지원 등을 규정하고 있으며, 청정발전계획(Clean Power Plan, 2015)을 통해 재생에너지 발전 비중을 '30년까지 28% 로 확대 발표
 - SGIP(Self Generation Incentive Program)를 통해 신재생에너지 관련 기술에 대한 인센티브를 제공하며 발전량 및 대기오염물질 배출기준에 따라 연료전지 설치비용의 약 65~75%를 인센티브로 지급
 - (독일) 2010년 독일 에너지계획을 통해 이동수단의 1차 연료 및 에너지 사용 비중 감축 목표를 2020년까지 -10%, 2050년까지 -40%로 설정
 - H2 Mobility 프로젝트를 통해 수소충전소 설치 사업을 진행 중으로, 2018년까지 독일 내 100개소, 2023년까지 400개소를 건설하여 수소인프라 구축 및 연료전지 자동차 상용화 지원
 - (일본) 2014년 수소·연료전지 전략로드맵을 발표, '20년부터 수소연료전지발전·대량공급체계 구축 및 '40년부터 CO₂ Free 수소 공급망 구축 계획
 - 수소사회 실현을 목표로 가정용 연료전지 에너팜(Ene-farm)의 보급목표를 '20년까지 140만대(PEMFC 80만엔, SOFC 100만엔 지원), '30년까지 530만대로 설정
 - '20년 FCV 4만대 보급 및 수소충전소 160개소 구축, '25년 FCV 20만대 보급 및 수소충전소 320개소 구축, '30년 FCV 80만대 보급 예정
 - (중국) 신재생에너지 자동차 산업을 국가발전전략으로 제시하고 신에너지차 보급 추진
 - 수소연료 자동차 산업을 위해 수소연료 주유소 개설 업체 장려 정책 추진

□ 국내 동향

- 연료전지는 신재생에너지 핵심 분야로서 전력 수급 발전 비중 및 연료전지 자동차 보급 확대 위주로 보급 추진
- '29년 전체 전력 수요의 11.7%를 신재생에너지로 공급하며, 이 중 9.7%(8,081GWh)를 연료전지 발전으로 공급 (제7차 전력수급 기본계획)

<표 2.2.3> 신재생에너지 공급 비중 목표(단위%)

년 도	신재생에너지 발전량(GWh, %)		연료전지 발전량(GWh, %)	
2015	23,857	4.57	1,234	5.2
2029	83090	11.7	8,081	9.7

※출처 : 제7차 전력수급 기본계획 (산업통상자원부, 2016)

- 친환경차 보급 확대와 관련한 수소연료전지차 보급기반 확충, 신재생에너지 대여사업 등에 연료전지 추가 검토 등 보급 관련 정책 추진

<표 2.2.4> 수소연료전지차 및 수소충전소 보급 계획

보급 계획(누적)	2016	2020	2025
연료전지차(천대)	0.2	9	100
수소충전소(기)	13	80	210

※출처 : 제3차 환경친화적 자동차 개발 및 보급 기본계획, 2015

- 미래 수소경제 산업분야 선점을 위해 연료전지 경제성 및 산업생태계 강화를 위한 기술 개발 및 인프라 구축 정책 추진
- 상용 연료전지의 성능 및 경제성 향상 및 상용연료전지의 효율, 비용, 내구성 등 한계 극복을 위한 차세대 연료전지에 대한 기술개발 추진 중
 - 연료전지 스택 고효율화 및 대형화, 핵심 소재 및 부품의 국산화 및 가격경쟁력 확보
 - 수소경제 실현을 위한 수소공급 인프라 기반기술 개발
 - 연료전지 복합발전 효율 향상을 통한 발전원가 절감 기술 개발
- 수소차 가격 40% 절감을 통해 경쟁력 있는 친환경차 개발 및 수소 충전소 구축(제3차 환경친화적자동차 개발 및 보급 기본 계획, '15.12)
 - 스택 국산화, 고압수송용기 및 수소/공개 공급장치 개선 (5년간 1,500억원 투입)
 - 수소충전소 핵심부품 국산화 및 모듈화, 재생에너지 연계형 복합충전소 핵심 기술 개발

2.2.3. 바이오연료

- ◆ (국외) 수송용 바이오연료 혼합의무제, 보조금 등 정책 지원을 통한 바이오에너지 수요 증가 견인
 - * (미국) 온실가스 감축 효과 극대화를 위해 바이오연료 사용 확대를 위한 정책 추진
 - * (EU) 신재생에너지 의무 충당 목표 설정 및 정부 지원 실시
 - * (일본) 바이오매스를 활용한 전력 생산 확대
- ◆ (국내) 신재생에너지 혼합의무화 제도를 통한 보급 확대 지원

□ 국외 동향

- (국외) 주요국들은 의무 할당, 보조금 제도 등 정책적인 유인을 통해 바이오에너지 수요 증가 견인
 - (미국) 2007년 에너지 자립 및 에너지 안보법(Energy Independence and Security Act)에 따라 RFS2 프로그램이 발효되어 2022년까지 연간 바이오연료 사용을 360억 갤런으로 확대
 - 2013년 발표한 ‘기후변화 대응 계획(Climate Action Plan)’에서는 수송분야 온실가스 감축을 위해 RFS의 연간 설정량 및 혼합의무량을 조정하여 차량의 연료기준 확립
 - (브라질) 1975년 프로알콜 프로그램(Pro-Alcool Program) 수립·운영 결과 세계 2위 바이오 에탄올 생산국 성장
 - ‘16년 브라질 국가에너지정책위원회는 디젤에 바이오디젤 8% 혼합 의무화 확정. 향후 2018년 9%, 2019년 10%까지 바이오디젤 혼합 비율 증가 예정
 - (EU) ‘07년 유럽 전략적 에너지 기술계획(EU Strategic Energy Technology Plan, SET Plan)*을 통해 2020년까지 바이오연료로 수송용 연료의 10%를 충당하는 목표 설정
 - * ‘20년까지 EU 에너지 믹스의 최소 14% 담당, 바이오 연료 개발로 온실가스 배출량 60% 감축 등
 - EU 회원국들은 자국의 여건을 고려하여 신재생에너지 의무 충당비율을 설정하고, 바이오 연료의 보급 및 확대를 위해 정부의 세제 혜택 등 지원 실시
 - (영국) ‘04년 에너지법 2004(Energy Act 2004)를 통해 수송용 신재생연료 혼합의무제도(Renewable Transport Fuel Obligation)를 도입
 - ‘13년 영국 재생에너지 로드맵(UK Renewable Energy Roadmap)에서 2020년 목표 에너지량으로 전력용 바이오매스 1TWh, 발열 바이오매스 32~50TWh 제시
 - (독일) ‘10년 바이오연료 할당법(Biofuel Quota Law)을 도입하여 수송용 화석연료인 휘발유와 경유 등에 바이오연료의 최소 쿼터(Quota)를 부여하여 혼합의무
 - ‘11년 에너지 전환(Energiewende)을 가속화하기 위해 에너지 패키지(Energy Package)* 발표
 - * 신재생에너지법 개정에 따라 재생가능 에너지 비율을 총 전력 소비량의 30%(20년)에서 80%(50년)까지 확대, 바이오매스 등의 신재생에너지원에 대한 FIT 지원금 인상 등 추진

- (일본) '14년 제4차 에너지기본계획(4th Strategic Energy Plan of Japan)에 따라 장기에너지 수급을 전망하고 에너지 믹스를 검토한 장기에너지 수급 전망을 통해 2030년까지 전체 전력생산량 중 바이오매스 비중 3.7~4.6% 목표 설정
- '14년 발표한 에너지관련 기술개발 로드맵(2014~2050)*에서 에너지 관련 36개 분야에 대한 2050년까지 추진과제 및 개발 목표 제시
- * 2세대 바이오매스(목질계 바이오매스)를 활용한 수송연료(에탄올) 개발, 경유 및 제트연료 대체, 미세조류를 이용한 3세대 바이오매스 개발, 직접연소 및 바이오 가스 등을 이용한 발전·열 시스템 구축 등의 내용 포함
- (중국) '05년 재생에너지법(中华人民共和国可再生能源法)을 통해 바이오매스 전력 FIT(Fed-In Tariff) 보조금 지급 규정
- '15년 중국 국가발전개혁위원회는 '바이오매스 발전 규범화 및 관리 강화에 관한 통지'를 제정하여 바이오에너지 발전산업을 육성하기 위한 규범 체계 구축
- '16년 발표한 제13차 5개년계획(2016~2020)을 통해 2020년까지 바이오매스를 통한 전력생산은 15GW, 바이오연료생산은 연간 600만톤(에탄올 400만, 디젤 200만) 목표

□ 국내 동향

- (국내) 신·재생에너지 공급의무화(Renewable Portfolio Standard, RPS), 신·재생에너지 연료 혼합의무화(RFS) 등을 통해 바이오에너지 보급 확대 추진
- '14년 제4차 신재생에너지 기본계획을 통해 국내 총 신재생에너지 공급량 중 바이오에너지 비중을 '14년 13.3%에서 '35년 18.0%로 확대 추진

<표 2.2.5> 바이오에너지 보급 목표

년 도	2012	2014	2020	2025	2030	2035	연평균 증가율
바이오 에너지 (% (천TOE))	15.2 (1,335)	13.3 (1,379)	18.8 (2,895)	19.0 (4,744)	18.5 (5,905)	18.0 (6,529)	7.7

※ 출처 : 제4차 신재생에너지 기본계획 (산업통상자원부, 2014)

- 2035년까지 전체 전력량의 13.4%를 신재생으로 공급하고, 이중 1.2%를 바이오에너지로 공급 계획
- 바이오에너지 비중(%) : 3.7('14)→2.3('20)→1.6('25)→1.3('30)→1.2('35)
- 2035년까지 열부문 신재생에너지를 19.1백만 TOE로 공급을 확대하고, 바이오에너지 비중 확대
- 열부문 신재생에너지 중 바이오에너지 비중(%) : 20.3('14)→28.4('20)→26.8('25)→26.9('30)→25.4('35)
- 2035년까지 수송부문 신재생에너지 1.4백만TOE 공급 목표('14년 기준 3.6십만TOE)

<표 2.2.6> 수송부문 바이오에너지 보급 목표

년 도	2015		2020		2025		2035	
	생산량 (천TOE)	비중 (%)	생산량 (천TOE)	비중 (%)	생산량 (천TOE)	비중 (%)	생산량 (천TOE)	비중 (%)
바이오에탄올	0	0.0	295	33.8	515	37.6	528	37.4
바이오디젤	391	100.0	576	66.2	854	62.4	884	62.6
합계	391	100	871	100	1,369	100	1,412	100

※ 출처 : 제4차 신재생에너지 기본계획 (산업통상자원부, 2014)

- '15년 신·재생에너지 연료 혼합의무화 제도(RFS)를 통해 바이오디젤의 연료혼합 의무화 시행
- 혼합의무자(석유정제업자, 석유수출입업자)가 수송용 연료(경유)에 바이오연료(바이오디젤)을 일정 비율 혼합하여 공급

<표 2.2.7> 바이오디젤 혼합의무비율

시행연도	2015	2016	2017	2018	2019	2020
바이오디젤 혼합의무비율(%)	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0

※ 출처 : 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법령집 (산업통상자원부, 2015)

- '15년 발표한 제7차 전력수급 기본계획에 따라 2029년에 전력수요의 11.7%(83,090GWh)를 신재생에너지로 공급하고, 이중 1.0%(847GWh)를 바이오에너지를 통해 공급
- 바이오디젤 발전 공급량 : ('15) 680GWh → ('29) 847GW

2.2.4. 이차전지

- ◆ (국외) 신재생 연계 ESS 실증사업 규모 확대 및 ESS 보급을 위한 인프라 구축 지원
 - * (미국) ESS 보급 확산을 위한 법, 제도 지원 확대
 - * (일본) 전기차, 분산형 계통연계 등 다양한 프로젝트 지원 및 인프라 보급 확대
 - * (EU) 실증 프로젝트 지원을 통한 ESS 보급확대 추진
- ◆ (국내) 제도 정비를 통한 전력다소비 수용가 및 공공기관의 대규모 ESS 투자 유도

□ 국외 동향

- 세계 주요국들은 ESS 실증 사업의 규모를 확대하는 추세이며, 실증과정을 거쳐서 실제 효과가 입증된 ESS를 중심으로 보급 확대

- (미국) ESS 확산을 위한 법 개정, 인센티브 지원, 설치 의무화 등 추진
 - 연방정부는 500W-1MWh의 가정용 또는 중대형 ESS 설치 시 20~30% 투자세액 감면 (DOE, '12)
 - 캘리포니아주는 세계 최초로 '14년부터 공급 전력의 2.25%, '20년까지 5% 의무설치를 골자로 규제 제정 및 풍력과 연료전지와 함께 설치되는 3MW 이하 ESS에 대해서 설치 W당 0.5~2\$의 보조금 지급
- (EU) '18년부터 독일 환경부, 프랑스 경제성이 공동 지원하는 5-15kW급 75개 가정용 태양광연계 ESS 실증 'Sol-ion' 프로젝트* 추진
 - 2020년까지 유럽 내 태양광 발전 시설의 12%의 ESS 설치 목표
 - * Sol-ion 프로젝트 : 태양광 주택의 에너지 자급을 위한 LiB 도입 타당성을 평가
- (영국) 전력부문의 탄소감축을 목표로 다방면에서 ESS 보급 및 배전계통 연계 ESS 실증·사업모델 개발 추진
 - 2020년까지 신재생에너지 설비 비중 15% 및 ESS 2,000MW 보급 추진
- (독일) 2013년부터 태양광 발전과 ESS를 결합한 소비용 시스템에 kW 당 최대 660유로와 저장장치 가격의 최대 30%의 보조금 지원
- (일본) '이차전지 기술개발 로드맵 2013(Battery RM 2013)' 수립으로 전기차, 분산형, 계통연계 등 다양한 프로젝트 지원중이며, 정부기관 등에 우선 ESS 보급
 - '20년까지 배터리 가격 200\$/kWh 수준, 수명 20년을 목표로 R&D 추진(NEDO, '13)
 - '지구온난화 대책계획('16)'을 통해 2030년까지 신차 비율의 50~70%를 전기차 등 차세대 자동차로 확대하고, 전기자동차 등 주행거리 연장을 위한 전지개발 계획 마련
 - '일본 에너지혁신전략('16)'에서 전기자동차(하이브리드 포함) 충전 인프라 보급 확대계획 제시
- (중국) 전력계통 및 신재생에너지 출력 안정화를 위한 ESS 보급 확대
 - '중국제조 2025('14)'전략을 통해 전기차 시장 육성을 위한 보조금 및 인프라 확충 지원정책 수립
 - '중국 제13차 5개년 계획'을 통해 에너지저장시스템(ESS) 발전소, 에너지 효율 발전소 시범사업 건설 추진 및 전력 시스템의 피크 부하 조절 능력 및 운행 효율 제고

□ 국내 동향

- 전기요금제도 개편, 제도정비 등을 통해 전력다소비 수용가, 공공기관의 대규모 ESS 투자 유도 및 지능형 ESS가 비상전원으로 활용될 수 있도록 관련 규정 반영 (제2차 에너지기본계획, '14)

※ 신재생 발전설비에 ESS를 설치·운영 시 추가발전량 인정

- 전기저장장치(ESS)를 쓸수록 더 큰 할인혜택을 부여하는 『전기저장장치 활용촉진 전기요금제』 도입, 최정점(피크)절감용 전기저장장치 대폭 확대 전망 (산업통상자원부, '16)
- 한국전력공사는 'ESS 종합 추진 계획('13)'을 수립하고 2014년부터 2017년까지 약 6,500억 원을 투입해 CT기술과 융합한 ESS설비설치 예정
- 신재생에너지 및 전기차 보급확대와 연계하여 ESS 보급 확대 추진
 - 다양한 용도로 활용 가능한 ESS 특성을 고려하여, 신재생에너지 등 국내 전력산업 전반으로 ESS 적용 확대
 - ※ 2030년 목표 : 국내 10.1GWh 규모(약 5조원 투자 규모, 누적) 확대
 - '제7차 전력수급기본계획('15)'수립으로 요금체계 개선, 충전요금 할인 등을 통한 ESS 보급확대 및 ESS 통합서비스, V2G등의 에너지 신산업 확산
 - '2030 에너지신산업확산전략('15)'에서 분산전원을 활용한 수요자원 사업모델개발, 국내 전력산업 전반으로 ESS 적용확대를 통한 대규모 신시장 창출 및 ESS 고부가 기술확보·실증 경험을 토대로 해외시장 선점 계획 수립
- 플랫폼 내에서 ESS, 전기차 등을 활용해 다양한 수요반응 서비스 개발·실시
- 다양한 용도로 사용이 가능한 ESS 특성(빠른응답, 전기저장)을 고려하여, 신재생에너지 등 국내 전력 산업 전반으로 활용 범위 확대
- 2030년 목표 : 국내 10.1 GWh 규모(약 5조원 투자 규모, 누적) 확대

2.2.5. 전력IT

- ◆ (국외) ICT와 연계된 건물 에너지 효율 향상 및 저탄소 도시 구축 관련 정책 수립
 - * (미국) 2020년까지 에너지효율이 뛰어난 600만채 주택건설 계획 발표
 - * (EU) 스마트시티를 주요 우선투자영역으로 설정
 - * (일본) 보급촉진사업 및 기반정비 사업을 통한 EMS 시장규모 확대
- ◆ (국내) 기존 에너지다소비 건물, 신축 대형건물에 대한 BEMS 도입 권장 및 설치보조금 시범사업 실시
 - * 친환경 에너지타운' 확산 추진: 2030년까지 100개소

□ 국외 동향

- 물 및 도시단위의 에너지 효율향상을 위한 제로에너지건물 및 타운 구축, EMS 및 신재생에너지 도입, 마이크로그리드 및 스마트도시 관련 정책 수립 및 투자 확대

- (미국) 연방 건물의 에너지 효율향상을 위해 향후 3년간 20억\$ 투자 예정 및 스마트 기기를 통해 3.8억톤의 탄소배출 감축 효과 기대
- 전방위 에너지 전략³⁾(The All of the above Energy Strategy, '14.5) 발표를 통해 2020년까지 에너지효율이 뛰어난 600만 채 주택건설 계획
- (EU) 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 스마트도시 공공네트워크 설립
- SDHp2m(Solar District Heating from policy to market), Sunstore 4 프로그램 등을 통해 신재생에너지 융복합 이용을 통한 단위지역 열에너지 공급 추진 중
- (독일) 연방경제기술부는 독일 기업들의 에너지 효율 향상을 위하여 에너지 관리시스템의 보급지원을 규정하는 지원지침을 제정('13.07)하고 2013.8.15일부터 도입
- (영국) 2050년까지 모든 빌딩에 대한 제로 에너지화를 목표로 건물 대상 재생에너지 열공급에 대한 인센티브 제도(Renewable Heat Incentive : RHI) 도입('11)
- (일본) 경제산업성의 '에너지 관리시스템 도입 촉진 보조사업('13)' 및 대규모 HEMS 정보 기반 정비 사업('14)의 실시로 EMS 시장규모 확대
- 2030년까지 HEMS, MEMS(아파트 EMS), BEMS, FEMS, CEMS 도입·보급을 통한 에너지관리 실현 및 에너지 최적이용 추진
- 에너지 혁신전략⁴⁾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
- 재생에너지·에너지절약 융합형 에너지 시스템 구축을 통한 수급관리 기술의 고도화 추진
- (중국) 정보화·저탄소화·도시화를 결합한 저탄소 스마트 도시 건설*(에너지발전전략 행동계획, '14)
 - ※ 종합적인 도시 에너지계획 수립, 분산형 에너지 개발, 열병합발전과 냉난방발전 장려, 풍력·태양열·바이오매스·지열 난방 추진
- 에너지발전전략 행동계획⁵⁾을 통해 2020년까지 도시 내 녹색건축물이 신축 건물의 50%를 차지하게 하고 난방계량개혁을 가속화해 난방·온수 사용량에 따라 비용청구 계획 발표

3) The All-of-the-Above Energy Strategy, 2014, White House

4) エネルギー革新戦略, 2016, Ministry of Economy, Trade and Industry, Japan

5) 중국의 에너지발전전략 행동계획, 2014, 에너지경제연구원

□ 국내 동향

- ICT활용을 통한 건물과 산업부문 에너지관리 최적화 및 기후변화 대응을 위해 EMS 기술개발 및 보급 확대 추진
 - ‘제2차 에너지기본계획⁶⁾’을 통해 대형 신축 건축물, 기존 에너지다소비 건물·공장에 EMS 도입 권장, EMS 기술을 확보한 ESCO 기업을 에너지 수요관리 사업자(Aggregator)로 육성하려는 계획 발표
 - ‘제5차 에너지이용 합리화 기본계획⁷⁾’을 통해 산업단지 클라우드 FEMS 보급, 서비스 업종 EMS 패키지 구축 및 에너지 다소비 건축물과 상업, 업무용 건축물 중심의 BEMS 설치 보조금 지원 시범사업 추진
 - ‘기후변화 대응 에너지 新산업 창출방안⁸⁾’ 마련을 통해 에너지관리 통합서비스 사업 및 독립형 마이크로그리드 사업 추진
 - ‘2030 에너지 신산업 확산전략⁹⁾’을 통해 맞춤형 스마트공장 개발, 에너지효율화 기능(FEMS 등)이 추가된 보급모델 정형화 및 보급확산을 통한 에너지 효율화 추구
- 신재생에너지 중심의 다양한 기술 융복합을 통해 기후변화 대응 및 신시장 창출 가능성을 높이기 위한 신재생에너지 하이브리드시스템 기술개발 및 보급확대 추진
 - ‘2030 에너지신산업 확산전략’을 통해 친환경에너지타운을 2020년까지 100개소로 확산 계획 발표로 기피시설인 환경 기초시설에 주민수익 모델을 가미하여, 친환경 에너지 생산을 통한 온실가스 감축과 지역경제 활성화에 기여하고자 함
 - 다양한 유형의 마이크로그리드 확산을 위해 울릉도 프로젝트 등 성공 사례를 도출하고, 전국 도서로 확대 추진
 - 진천 친환경에너지타운 시범사업을 통하여 신재생 열에너지 융복합 이용을 통한 단위지역 열에너지 공급 시스템 시범단지 구축 완료('16)
 - ‘제2차 에너지기본계획’에서 분산형 신재생에너지 보급을 위해 가정·마을·학교 등 생활주변에서 사용하는 에너지를 신재생으로 대체하기 위한 소규모 보급정책 추진

6) 제2차 에너지기본계획, 산업통상자원부, 2014.1

7) 제5차 에너지이용 합리화 기본계획, 관계부처 합동, 2014.11

8) 기후변화대응 에너지 新산업 창출방안, 관계부처 합동, 2014.7

9) 신기후체제 대응을 위한 ‘2030 에너지신산업 확산 전략’, 관계부처 합동, 2015.11

2.2.6. CCS

- ◆ (국외) CCS 상용화를 위한 포집·수송·저장 통합 시스템 실증에 적극 지원
 - * (미국) 탄소 포집 및 격리 기술 개발에 수십억\$ 투자 계획 발표
 - * (EU) '25년까지 CCS 기술 원가 경쟁력 확보, '20년까지 12개 실증 플랜트 건설 추진
 - * (독일) '20년까지 CO₂ 포집·저장 기술 실증시설 2개 운영 목표
 - * (일본) '30년까지 연간 100만톤 CO₂ 저장 실용화 목표 설정
 - * (중국) 아시아개발은행, 미국 등과 함께 CCS 도입 및 실증에 대한 협력 구축
- ◆ (국내) CCS 상용화 및 기술경쟁력 확보를 위한 연구개발 및 실증 사업 지원

□ 국외 동향

- 세계 주요국들은 기후변화대응 및 온실가스 감축을 위해 CCS를 적극적으로 도입중이며, CCS 상용화를 위한 포집·수송·저장 등 통합 시스템 실증을 위주로 정책 추진
 - (미국) 경기부양책의 일환으로 청정에너지에 대한 전략적 지원 정책 추진 중이며, CCS를 주요 에너지 관련 기술로 설정하여 투자
 - 2014년 전방위 에너지 전략(The All of the above Energy Strategy)에서 청정에너지 기술력 개발 중 탄소 포집 및 격리 기술 개발에 수십억\$ 투자 계획 발표
 - 미국 경기회복 및 재투자법 하에서 FER&D가 CCS 데모 프로그램을 운영하며, CCS 기술 성능 및 효율성 개선을 통한 탄소 배출량 저감 연구 지원
 - (EU) 2020년까지 EU 온실가스 저감 목표 달성을 위한 EU 전략에너지 기술계획(SET Plan)에서 CCS분야 기술 로드맵 제시 및 10년간 지원규모 €105~65억 발표
 - '25년까지 탄소가격제도 안에서 CCS 기술의 원가 경쟁력 확보 및 '50년까지 온실가스 20% 감축목표로 CCS 유망기술개발 및 실증
 - 가격 경쟁력 및 효율향상, 국민 수용성 강화, 최대 12개 실증 플랜트 건설
 - (독일) 첨단기술전략 2020에서 '90년 이산화탄소 배출량 대비 '20년 40% 감축 설정
 - 첨단기술전략 중기실천계획을 통해 미래 중점 프로젝트를 선정하였으며 2020년 이산화탄소 포집 및 저장 기술 실증시설 2개 운영 목표 제시
 - (일본) CCS 기술 실용화를 위한 체제 정비 중으로, CCS 기술 개발·활용 촉진을 위해 미국 DOE와 협약을 체결하고 CCS를 활용한 이산화탄소 배출 감축에 주력
 - 2030년까지 연간 100만톤의 이산화탄소 저장 실용화를 목표로 설정

- (중국) 아시아개발은행과 공동으로 CCS기술의 실증 및 도입을 위한 비전 로드맵 착수하였으며, '14년 미·중 공동선언을 통해 탄소포집 및 활용, 저장 시범 사업 추진에 대한 협력 프로그램 운영 및 기술개발 확대 계획 발표
- 중국 CCS 프로젝트에 공동투자, 다른 국가 및 민간 분야의 추가 투자 지원 모색

□ 국내 동향

- 온실가스 감축 목표의 효과적 달성을 위해 이산화탄소 포집 및 저장 플랜트 상용화 및 기술경쟁력 확보를 위한 정책 추진 중
 - '20년까지 포집-수송-저장 통합 플랜트 실증화, 원천기술 개발로 국제 기술경쟁력 확보 추진(국가 CCS 종합계획, '10.7)
 - 미래부 Korea CCS 2020, 산업부 온실가스처리기술개발(CCS 대형실증·상용화 중심), 해수부 CO₂ 해양처리기술개발사업, 환경부 CO₂저장 환경관리기술 개발사업 추진
 - ※ 현재 국가 CCS 종합계획의 수정·보완이 추진 중으로 실증 및 보급 계획이 재정립 될것으로 예상
 - '기후변화 대응력 강화'를 위해 CO₂ 포집·저장·이용기술 등 집중 개발(제3차 과학기술기본 계획, '13.7)
 - 기후변화대응을 위해 기술상용화 시점에 맞춰 화력발전소에 CCS 기술 적용(제2차 에너지기본계획, '14.1)
 - 발전소·제철소 등의 CO₂를 저비용·고효율로 포집 및 안전하게 저장 또는 활용하여 온실가스 감축시장 활성화(제3차 에너지기술개발계획, '14.12)
 - 상용급 CO₂ 포집·저장 실증 완료, 해외플랜트 시장 진출
 - 대용량 CCS 플래그쉽 프로젝트 실증을 추진 중으로, '21년부터 100만톤급 실증 착수 계획 (2030 에너지신산업 확산전략)
 - 1단계('21~'35년) : 동해가스전을 CO₂ 저장소로 활용하여 연 100만톤 규모의 주입 실증
 - 2단계('26~'50년) : 연 300만톤으로 규모 확대

2.3. 기술동향 분석

□ 기술동향 분석 개요

- 본 분석은 우리나라 및 세계 주요국들의 탄소저감분야 6대 기후기술과 관련된 국내외 주요국의 R&D 프로그램을 대상으로 관련 기술개발 동향을 조사·분석하기 위해 수행
 - 6대 기술분야별 주요국별 R&D 수행 동향 분석 및 이를 통한 세계적인 기술개발 동향을 파악하여 시사점을 도출하고, 기후기술로드맵(CTR) 수립의 동향자료로 활용하기 위한 목적으로 수행
 - (국외) IEA 에너지기술전망(2016), 미국 DOE의 ARPA-E 프로그램, 유럽 Horizon2020, 독일 6차 에너지 R&D 프로그램, 일본 NEDO의 R&D 프로그램 등을 대상으로 기후기술 6대분야 관련 R&D 수행현황 분석
 - (국내) 청정에너지 기술 발전전략(2016), 기후변화대응 기술혁신과 산업화 지원계획(2015) 등을 대상으로 국내 기후변화대응 6대기술 R&D 기술개발 현황 분석
- 주요국에서 수행중인 R&D 및 기술개발 방향을 대상으로 6대 기후기술별로 분류하여 정리
 - 분석결과, 신재생에너지 상용화를 위한 가격저감/효율향상 기술, 실증/스케일업 기술 및 차세대 원천기술 개발을 중심으로 기술개발 추진 중
 - 신재생 융합기술 및 분산형 전원 기술 중요성 증가에 따라 에너지저장장치(ESS) 상용화, 신재생에너지 그리드 연계 통합기술 및 에너지의 효율적 관리기술에 대한 실증사업 확대
 - CCS 대규모 통합 프로젝트를 통한 CCS 기술 실증 및 상용화 기술 확보를 위한 투자 확대

2.3.1. 태양전지

- ◆ (국외) 차세대 태양전지 개발 및 대규모 태양광 단지 구축, 지붕형 태양광 발전, 분산형 태양광 발전 등 실증 위주의 기술개발을 중심으로 기술개발 추진 중
 - * (미국) 분산형 PV 시스템 도입한 태양광 발전, 대규모 태양광 단지 등 실증 및 상용화 중심
 - * (EU) 차세대 태양전지, 실증 및 스케일업, 상용화 기술 개발 중심
 - * (일본) 발전 비용 저감 및 고효율 목표 달성 위한 기술개발과 더불어 실증 및 시범사업 추진
- ◆ (국내) 실리콘 태양전지 가격경쟁력 강화 및 차세대 태양전지 고효율화를 중심으로 기술개발 추진

□ 국외 기술개발 동향

- (IEA) 도시 지역에 전개될 수 있는 재생에너지원 중에서, 지붕형 태양광발전을 유망기술로 꼽고 있으며, 도시의 전기, 난방, 냉방 등으로도 중요하게 활용 기대¹⁰⁾

- 세계적으로 도시지역 지붕형 태양광이 가지는 기술적 잠재량은 9,100 TWh로 추정
- 2DS¹¹⁾에서 지붕형 태양광은 2050년 전력 수요의 30%, 도시의 가정 및 상업지역 전력 수요의 70%(지역별로는 중국 전력 수요의 11%, 아프리카 전력 수요의 97%) 충족 가능
- (미국) 유틸리티 규모의 대규모 태양광 단지 구축 및 지붕설치 가능한 PV 시스템과 같은 분산형 PV 시스템 도입을 통한 태양광 발전 확대¹²⁾
 - ARPA-E는 파괴적이고 혁신적인 에너지기술 개발을 목표로 다양한 특정 프로그램(Focus Program)과 개방형 프로그램(Open Solicitations)을 지원
 - 포커스 FOCUS(Full-Spectrum Optimized Conversion and Utilization of Sunlight) 프로그램을 통해 태양이 없을 때에도 저비용, 고효율의 전력공급이 가능한 하이브리드 태양에너지 기술개발 지원
 - MOSAIC(Micro-scale Optimized Solar-cell Arrays with Integrated Concentration) 프로그램을 통해 태양광 전력 시스템의 절감 및 성능 향상 기술개발 지원
- (EU) Horizon2020 프로그램¹³⁾을 통해 차세대 태양전지 요소기술, 신재생 발전 및 냉난방 기술개발 지원 중
 - 차세대 *high-performance crystalline silicon c-Si* 및 페로브스카이트 PV 셀/모듈 효율 향상기술개발
 - 고성능 PV 기술의 제조혁신 및 스케일업 실증 : 파일럿 라인 레벨, GW 스케일 목표, 고성능 생산효율, 셀 및 효율의 비용효과적인 산업화
 - 집광형 태양열발전 플랜트를 위한 혁신적 요소기술 및 태양열 냉난방 하이브리드 시스템 개발
 - 신재생에너지 기술의 상용화를 위한 전력그리드에서의 태양광 시스템의 높은 침투효과 및 병목현상 제거 관련 기술
 - PV 시스템 에너지 생산 및 lifetime 최적화, 모듈 및 요소기술 및 시스템 구성 비용 감소
- (독일) 6차 에너지 R&D 프로그램¹⁴⁾을 통해 태양전지의 효율수준 향상 및 신공정 개발, 고효율 생산기술도입을 통한 비용절감을 위한 기술개발 수행 중
 - 실리콘 웨이퍼 박막기술, 수집효율 향상 기술 등 태양광 발전기술과 저온 태양열 발전, 태양열 냉난방, 태양열 저장기술 개발

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

11) 2DS(2°C 시나리오): 세계 평균 온도 상승을 2°C 이하로 억제하기 위한 목표에 부합하는 지속가능 에너지 시스템의 개발 및 탄소배출 경로

12) The Future Arrives for Five Clean Energy Technologies-2016 Update, DOE,2015

13) Horizon2020 Work Programme2016-2017:10.'Secure, Clean and Efficient Energy', European Commission, 2016

14) Research for an environmentally sound, reliable and affordable energy supply - 6th Energy Research Programme of the Federal Government, Federal Ministry of Economics and Technology, 2011

- (일본) 에너지관련 기술개발 로드맵(2014~2050)은 ‘30년까지 모듈변환효율 40% 및 발전비용 7엔/kWh 개발 목표를 제시
 - 구조와 기능이 기존 기술과는 전혀 다른 소재를 이용한 차세대 태양전지(양자점, 페로브스카이트 등)개발¹⁵⁾
 - NEDO는 태양광발전 다용도 시범사업, 시스템 효율 향상·유지 관리기술, 태양광발전 재활용 기술, 고성능·고신뢰성 태양광 발전 비용 저감 기술, 국제 실증 사업 등을 지원
- (중국) 제13차 5개년 계획(2016~2020)¹⁶⁾에서 태양광발전 프로젝트를 최적화 건설, 분산식 태양광발전, 재생에너지 시범구 건설 추진 계획 발표
 - ‘14년 발표한 에너지발전전략 행동계획에서 에너지 과학기술 혁신을 위한 20개 주요 혁신 분야 중 하나로 태양광을 선정

□ 국내 기술개발 동향¹⁷⁾

- 글로벌 기술경쟁력 확보를 위한 미래선도 기술 및 융·복합형 기술개발을 추진하기 위해 에너지원별 기술개발 목표를 제시
 - 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(화석연료 수준의 발전단가와 동일한 수준) 달성, BIPV, 염료감응, 유기 등 차세대 태양전지 상용화, 인증기반 확대 및 박막 태양광 장비 개발 인프라 구축 등
- ‘16년 청정에너지 기술 발전전략을 통해 실리콘 태양전지 및 차세대 태양전지에 대한 전략적 기술개발 목표 설정
 - (실리콘 태양전지)
 - 화력발전 단가 이하의 혁신적 중대형 태양광 발전 : 초고효율 실리콘 태양전지 모듈효율 23%이상 및 박형 실리콘 태양전지 두께 50um, 모듈 효율 22% 이상 목표 설정
 - (차세대 태양전지)
 - 화력발전 단가 이하의 혁신적 중대형 태양광 발전
 - : 모듈효율 20% 이상의 CIGS 박막 태양전지 대면적화
 - 친환경도시 맞춤형 차세대 건물 태양광발전 BIPV 효율향상
 - : 고출력 BIPV(모듈효율>20%), 창호형 반투명 BIPV(모듈효율>10%, 투과율>20%),

15) Japan's policy to promote innovation in low-carbon technologies, Hiroki Mitsumata(Deputy Director-General for Environmental Affairs, Ministry of Economy, Trade and Industry, 2016

16) 13차 5개년 계획 요강 전문, 외교부, 2016

17) 본 분석내용은 KIER 주요사업(기후변화대응 전략수립연구,2016)를 통해 수행된 결과를 정리한‘KIER 기술정책 Focus-국내 기후관련 기술정책 및 주요국 정책방향 비교분석(2016)’중 기후변화대응 6대기술에 관한 중점내용을 공동으로 활용하였음을 밝힙니다.

초경량 부착형 플렉서블 BIPV(모듈효율>17%)

·마이크로슈머형 태양전지

: 고내구성 무기물 반도체 기반 태양전지 상용화(모듈효율>15%), 유기물 기반(광활성, 전해질 소재)(모듈효율>10%, 수명 5년 이상), 유/무기 하이브리드 기반(모듈효율>17%, 수명 10년)

·한계돌파형 차세대 태양전지

: 무기화합물 기반 태양전지 대면적 양산화(셀효율>28%), 유무기기반 태양전지(인쇄공정, 고신뢰성)(셀효율>28%), 실리콘기반 태양전지 양산화(셀효율>28%), 범용원소 기반 초저가 태양전지(셀효율>25%), 다중접합 초고효율 태양전지(양산화 셀효율>50%)

○ ‘15년 기후변화대응 기술혁신과 산업화 지원계획에서 태양전지를 기후변화 대응을 위해 정부가 집중 육성해야 할 6대 핵심기술개발 분야로 확정

- (실리콘 태양전지) 중국 등 후발주자의 저가·대량생산으로 인한 넛크래커(Nutcracker)상황을 타개하기 위한 민간의 발전효율·가격경쟁력 강화 노력 지원

·핵심목표: 단위 생산전력 당 모듈 제조비용을 35% 절감(전체 발전단가 13%↓)

·성과지표: 모듈 제조 비용 : (현재) 0.70\$/Watt ⇨ (‘20) 0.45\$/Watt

- (차세대 태양전지) 기술발전 속도가 빠르고 응용의 다양성(웨어러블기기, 건축 등)이 큰 분야이므로 기존 한계를 돌파할 핵심기술의 조기상용화 집중 지원

·핵심목표: 차세대 태양전지 개발로 발전효율의 한계 돌파

·성과지표: 셀단위 발전 효율 : (현재) 20% ⇨ (‘20) 30%

□ 주요 기술별 동향

◆ 태양전지 시장 확대에 의해 고효율·저가화 등 상용화를 위한 기술개발 중심으로 진행

- 실리콘 태양전지 발전효율의 한계치 근접으로(이론 29%, 현재 25%) 새로운 저가·고효율의 비실리콘계 차세대 태양전지로 R&D의 중심이 전환되는 추세

○ 실리콘 태양전지 : 상용화에 가장 성공한 태양전지로서 대부분의 태양전지 시장은 결정질(단결정, 다결정) 실리콘 태양전지가 점유

- 현재 가장 큰 시장 점유율을 가진 결정질 실리콘 태양전지는 양산기술 개발에 주력하고 있으며, 비결정질 실리콘 박막 태양전지는 대면적화 공정 진입 장벽은 낮으나 고효율화 및 공정단가 저가화 기술 개발이 경쟁력 확보를 위해 중요

○ CIGS 박막 태양전지 : 박막 태양전지 중 변환효율이 가장 높고 플렉서블화가 가능하여 다양한 분야에서 활용될 수 있으며 상용화를 위한 고효율화, 대면적화, 저가화 등의 연구 수행

- 저가화를 위한 비진공/물투를 공정 기술 개발, 환경오염문제가 있는 Cd 소재 대체 기술, 대면적 고속 증착 장비 개발 등 진행
- 페로브스카이트 태양전지 : 저비용·고효율의 페로브스카이트 태양전지의 상용화를 위해 장기 안정성 확보 및 무독성 소재 개발 관련연구 수행
 - 광조사 및 수분에 취약한 문제해결을 통한 장기안정성 확보 및 무독성 (Pb-free) 소재를 이용한 고효율화 기술개발이 진행
- 유기 태양전지 : 저가 생산이 가능하고 가볍고 유연한 특성을 가지고 있어 태양광 이동형 전원 등에 활용가능하며 낮은 변환효율 개선 및 광조사에 대한 고내구성 확보를 위한 연구개발 진행
 - 유기반도체 물질 개발, 모폴로지 및 계면 제어, 탭던셀 및 플라즈몬 기술 응용 등 고효율화 연구와 함께 저비용 대면적 공정 개발 연구 진행
- 염료감응 태양전지 : 간단한 공정, 낮은 순도의 소재, 저가의 장비 등으로 제조가능하나 상대적으로 낮은 효율과 전해질 사용에 따른 장기안정성 문제 해결을 위한 연구개발 수행 중
 - 고효율화, 고내구성화, 저가화, 디자인 개선 등을 목표로 전극, 염료, 전해질, 봉지재 등 소재별 개발 진행

2.3.2. 연료전지

- ◆ (국외) 가정용·발전용 연료전지 개발 및 수소 인프라 구축 관련 기술 개발·실증 추진
 - * (미국) 연료전지 저가화 및 내구성 향상, MEA 제조 공정 개발, 장거리 주행 하이브리드 트럭 실증 및 저가 분산 발전용 연료전지 기술 개발 추진
 - * (독일) 수소 인프라 및 소형 가스터빈 및 열전발전 융합 기술 개발
 - * (일본) 가정용 연료전지 시스템 기술 개발, 수소 제조·저장·공급 등 수소 인프라 구축 및 상용화 기술 개발에 적극적으로 투자
- ◆ (국내) 저가 고효율·고내구성 연료전지 개발, 연료전지 발전소 및 수소 인프라 기반 기술 개발

□ 국외 기술개발 동향

- 온실가스 감축 목표설정과 함께 신재생에너지 확대 실행 방안의 하나로써 연료전지 기술 개발 추진 중으로 연료전지 복합발전, 수소인프라 구축 및 수송 분야 관련 기술 개발 및 실증에 중점적으로 투자 확대 추진
 - (미국) EERE 및 ARPA-E 프로그램을 통해 연료전지 저가화 및 내구성 향상, 막전극접합체 제조, 100마일 이상 주행 가능한 중형 하이브리드 트럭 실증 등 기술개발 지원

- 저가화 및 내구성 향상 기술 개발
 - ：백금 촉매를 이용한 PEMFC 추력 목표 '15년 6.5kW/g → '20년 8.0kW/g
- '15년 roll-to-roll 공정을 이용한 MEA 제조 및 100ft/min 속도로 MEA 제조를 위한 획기적인 인라인 측정 프로세스 개발
- 100마일 이상 주행 가능한 중형 하이브리드 트럭 실증
- 저가의 분산 발전용 연료전지 기술개발
- (독일) 제6차 에너지기술 연구 프로그램을 통해 수소인프라, 수소 생산·저장·공급, 연료전지 개발, 소형 가스터빈 및 열전발전 융합 기술 개발 지원
- 수소인프라(확산, 저장, 재충전)를 포함하는 수송분야 기술 개발
- 수소 생산(바이오매스 및 폐자원 이용), 대규모 저장, 공급
- 가정용 에너지 공급을 위한 연료전지 개발
- MCFC, SOFC, PEMFC 기술 개발
- 소형 가스터빈 및 열전발전 융합기술 개발
- (일본) NEDO 프로그램을 통해 가정용 연료전지, FCEV, 수소인프라 등의 상용화 기술 개발 지원, 연료전지 고내구성 및 저가화 기술 개발 지원
- 고체산화물연료전지(SOFC) 등 실용화 추진 기술 개발 : SOFC 내구성 신속 평가 방법을 위한 기초 연구, SOFC를 이용한 업무용/산업용 발전 시스템 요소기술 및 실증, 고체산화물 수전해전지셀(SOEC) 저비용화 기술 등
- 수소 이용 기술 연구 개발 : 연료전지자동차(FCV) 수소 공급 인프라 국제 표준화 연구, FCV 및 수소 스테이션의 저가형 재료·시스템 기술, 수소 스테이션 안정적 서비스 제공을 위한 운용 기술
- 수소 이용 등 선도 연구 개발 : 저비용·고효율 수소 제조 기술, 대규모 수소 이용 기술, 에너지 캐리어 시스템 연구 등
- 수소 사회 구축 기술 개발 : 신재생에너지 기반 전력을 이용한 수소 제조·수송·저장·이용 기술을 접목한 에너지 시스템 개발, 미이용 자원을 활용한 수소 제조·저장 및 수송·이용 기술, 가스 터빈 등을 이용한 발전 시스템 등 새로운 에너지 시스템 기술 개발
- 고체 고분자 연료전지(PEFC) 이용 고도화 기술 개발 : 고효율·고내구성·저비용화 동시 실현을 위한 전극 촉매, 전해질 막, MEA 재료 등 PEFC 보급 확대 기반 기술, PEFC 대량 보급을 위한 양산 공정 및 품질 관리

□ 국내 기술개발 동향

- 2016년 청정에너지 기술 발전전략에서 연료전지 기술개발 추진 목표 설정
 - (상용 연료전지) 고효율 연료전지 개발 및 수소 공급망 기반 기술 개발
 - Grid Parity 달성을 위한 차세대 고효율 연료전지 : 연료전지 복합화 제품 개발 및 실증, 저온형 고효율 MCFC 개발(수백 kW급)
 - 수소경제 조기실현을 위한 수소 공급망 기반 기술 : 화석연료 개질, 수전해, 부생수소 활용을 통한 수소 공급 기반 기술 개발
 - (차세대 연료전지) 차세대 고효율 연료전지 개발, 융복합 기술 및 연료전지 기반 가상발전소 플랫폼 구축 기술 개발
 - Grid Parity 달성을 위한 차세대 고효율 연료전지 : 중대형 건물용 SOFC 개발(200kW급, 효율 62%)
 - 연료전지 기반 융복합 기술 : 도심형 신재생 발전소 응용기술, 석탄가스화 연료전지 복합 발전, Power to Gas
 - 도심 공존형 연료전지 기반 가상발전소 플랫폼 구축(발전규모 10MW) : Iot기반 지능형 에너지 인프라, 모듈기반 연료처리장치 및 부품 공용화 기술, 스택단가 저감/양산화, 가상발전소 플랫폼, 출력제어
 - 한계돌파형 원천기술 : 내구성 10만시간, 수송용 수명 8배, 건물용 1,700만원/대, 발전용 연료전지(MCFC) 저온화, 건물용/수송용 고내구성 소재 개발, 수소 생산/저장 저가화 및 고효율화, 휴대용 연료전지 고에너지밀도화
- 기후변화대응 기술혁신과 산업화 지원계획 발표를 통해 연료전지 상용기술 고도화 및 가격경쟁력 확보, 상용기술의 한계극복을 위한 차세대 연료전지 기술개발 추진
 - (상용 연료전지) 고효율 저가 연료전지 개발 및 안정적 수소 제조·저장기술 확보를 위해 PEMFC, MCFC 등 연료전지 고성능화 및 수소 제조·저장 비용 절감 기술 개발
 - 출력밀도 : (현재) 1.8kW/L → ('20년) 4kW/L / 제조비용 절감 : '15년 대비 '20년 50% 절감
 - (차세대 연료전지) 연료전지 발전효율 향상 및 발전수명 제고를 위해 PAFC, SOFC 등 연료전지 개발 및 MCFC 기반 복합발전 원가 절감 기술 개발
 - 발전효율 : (현재) 47% → ('20년) 70% / 수명 : (현재) 35,000시간 → ('20년) 70,000시간
- 경쟁력 있는 수소연료전지차 개발 및 저비용·고효율 인프라 구축 추진
 - 스택 핵심부품 국산화 기술 개발을 통해 수소차 가격 40% 절감 : 국산화 불소계 전해질막, GDL을 이용한 수송용 연료전지 MEA·스택 내구성 확보

- 수소 공급 및 저장 장치 : 압력·온도·수소제어 센서, 감압장치, 이젝터 등 수소 공급 장치 주요부품 부피저감 및 모듈화, 저장 장치 모듈 핵심부품 기능 통합 및 고압용기 소재 국산화 등
- 수소버스 개발, 저비용·고효율 인프라 구축, 중점 보급도시 중심 수소 충전소 구축

□ 주요 기술별 동향

◆ 전 세계적으로 연료전지 분야의 기술 개발 이슈는 연료전지 시스템의 가격 절감 및 수명 향상

- 단기적으로는 PEMFC 및 MCFC 등의 고내구성, 저가 소재/부품 개발 등 핵심원천기술 확보를 통한 기술경쟁력 강화
- 중장기적으로는 대형화 및 복합화, 연료 다양화 등 대형 연료전지 발전설비의 세계 시장 선도 기술 개발 및 혁신적 소재 기반의 차세대 연료전지 기술 개발

- 발전용 연료전지 : '06년 상용화에 성공한 이후 생산설비 확장, 성능 개선, 수명 연장, 시스템 최적화 등을 통한 가격 절감 및 발전용량의 대용량화에 주력
 - (MCFC) Grid Parity 달성을 위해 성능 향상, 표준화, 가격절감, 시스템 안정성 확보를 위한 연구가 진행되고 있으며 새로운 응용 분야로써 CCS 연계시스템이 기술개발 논의 단계에 있음
 - (SOFC) 전세계적으로 대용량 시스템(수백 kW급) 기술 개발이 시도되고 있으나, 보급을 위한 기술의 완성도는 부족한 실정
 - 미국은 DOE주관으로 SOFC가격을 \$400/kW까지 낮추기 위해 SECA(900억원/년) 프로그램 지원
 - 일본은 NEDO에서 2조원을 투입하여 SOFC 개발을 진행 중
- 건물용 연료전지 : 일본에서 PEMFC 중심으로 시장을 확대하고 있으며 SOFC에 대해서도 내구성 개선 등을 통한 시장 진입 모색 중
 - (PEMFC) 내구성, 가격저감, 성능 향상 관련 연구가 진행 중
 - 미국 DOE 산하 EERE에서 '20년까지 천연가스 혹은 LPG를 연료로 하여 전기효율 45%, 수명 60,000시간, 시스템 가격 \$1,500/kW를 목표로 연구개발 중
 - 일본은 '15년 13만대 보급 달성. '18년까지 시스템 가격 60만엔을 목표로 하고, '16년 보조금 지급 중단 예정
 - (SOFC) PEMFC 대비 높은 효율을 보이나 생산단가가 30%이상 비싸며, 내구성이 검증되지 않아 이를 해결하기 위한 연구 중

- 차량용 연료전지 : 차량에 적용된 연료전지는 모두 PEMFC이며, 전 세계 주요 자동차 업체가 실증 운행 중에 있으나 가격 절감, 내구성 및 출력밀도 향상 등의 기술적 해결과제가 존재
- 한국, 미국, 일본, 독일 등에서는 백금 절감 촉매 기술, Nafion대체 탄화수소계 전해질 막 개발 등 저가 고성능 소재 개발에 집중
- 미국은 PEMFC 통합시스템 기술 성능 인증을 위한 실증연구를 진행 중이며, '15년부터 연료전지자동차의 시장진입을 유도하기 위한 로드맵(FCEV양산을 위한 실증프로그램 등) 준비
- 도요타는 '14년 FCEV인 Mirai 출시 시점에 혁신적인 원가절감 달성('08년 수소차 원가 대비 1/20 수준). 이후 시장 조기 확산을 위해 보유 중인 수소차 관련 특허 5,680개를 '20년까지 무료로 사용할 수 있도록 공개
- 벤츠(다임러)는 '17년 Benz GLC 수소차(SUV) 출시를 준비 중이며, 포드 및 닛산과 함께 수소연료전지 관련 기술을 공동 개발 중
- 현대차는 '13년 세계 최초 FCEV(투싼ix) 양산 및 '14년 미국 시장 내 판매 개시 등 완성차 수준에서 세계 정상급이며 FCEV 대부분 부품이 국내기업으로 supply chain 완성. 그러나 스택용 막-전극 접합체, 가스 확산층 등 소재의 국산화를 위한 R&D 수행

2.3.3. 바이오연료

- ◆ (국외) 수송용 바이오연료 중심으로 저가화·대량생산을 위한 기술개발 진행
 - * (미국) 바이오연료 실용화 및 차세대 기술개발 지원
 - * (EU) 차세대 바이오연료, 바이오연료 고급화, 첨단 바이오연료 시스템 등 경유 대체가능한 바이오연료 기술 개발 집중
- ◆ (국내) 석유계 연료 대비 경쟁력 확보 가능한 바이오매스 확보 및 바이오연료 기술 개발 중심

□ 국외 기술개발 동향

- (IEA) 전세계 바이오연료 생산성장률은 낮은 수준(연간 2%)이고, 고급 바이오연료 개발은 초기 단계
- 수송부문에서 바이오연료는 트럭과 항공분야를 중심으로 기존 액체 화석연료를 점진적으로 대체할 것으로 예상되며, 개량 바이오연료 기술 혁신 및 고급 바이오연료 생산 필요
- 산업부문에서 CO₂ 배출 저감을 위해 바이오매스 기반의 화학물질 생산 등 다양한 혁신기술 도입
- (미국) ARPA-E는 Electrofuels, 바이오연료 생산 기술개발 및 파일럿 연구 등 바이오연료 실용화 및 차세대 기술개발을 지원

- Electrofuels(Microorganisms for Liquid Transportation Fuel) 프로그램을 통해 이산화탄소를 합성해 디젤연료를 생산하는 등 식물, 조류 등 광합성 유기체보다 효율적인 바이오연료 제조 기술개발 지원
- PETRO((Plants Engineered to Replace Oil) 프로그램을 통해 담배나 소나무와 같은 비식용, 내수 자원으로부터 바이오연료 생산가능한 기술개발 지원
- TERRA(Transportation Energy Resources from Renewable Agriculture) 프로그램을 통해 바이오매스 수율 향상을 위한 바이오연료 작물 재배 자동화 및 시스템화 기술개발 지원
- (EU) 유기성 폐기물 에너지화 기술, 해양 바이오디젤 경제성 확보, 디젤 차량을 위한 경유 대체 바이오연료 기술 개발 등 지원
- Horizon2020 프로그램¹⁸⁾을 통해 차세대 바이오연료 기술 개발, 첨단 바이오연료 Pathway 실증, 고급 목질계 바이오연료 개발 관련 국제협력 등 지원
- (독일) 6차 에너지 R&D 프로그램을 통해 바이오에너지와 기타 신재생에너지와의 융합 사용 가능성 발굴
- (일본) NEDO는 차세대 바이오매스 기술 개발, 시스템 시범 사업, 종합 개발 실증 사업 등 전방위에 걸쳐 바이오에너지 기술개발 지원
- 2030년 실용화 가능한 바이오매스 차세대 기술, 미세조류 기반의 바이오연료 생산기술, 지역 특성을 살린 바이오매스 에너지 지역자립 시스템 시범사업, 국제 실증 사업 등
- (중국) 제13차 5개년 계획(2016~2020)¹⁹⁾에서 정제유 품질 업그레이드, 정유산업의 전환 등을 추진하여 바이오연료 등 새로운 청정 석유제품의 공급원 확장

□ 국내 기술개발 동향

- 비식용 바이오매스(미세조류 등) 기반의 바이오연료를 석유계 연료 대비 경쟁력을 확보할 수 있는 수준으로 생산하기 위한 기술개발 중점 추진
- (바이오연료 생산)
 - 바이오연료 생산비용을 석유계 연료 수준으로 낮추고, 비식용 원료에 기반한 바이오연료 생산기술을 확보를 위한 기술개발 중점 추진
 - 바이오매스 전처리 및 당화효소 개발, 바이오가스 생산 및 이용시스템, 바이오매스 Syn-Gas 생산 및 대용량 플랜트 기술 등의 개발 추진
- (신규 바이오매스)
 - 국내 미활용 바이오매스를 이용하고, 신규 바이오매스를 개발하여 바이오연료 보급 확대에 기여하기 위한 기술개발 중점 추진

18) Horizon2020 Work Programme 2016-2017:10. 'Secure, Clean and Efficient Energy', European Commission, 2016

19) 13차 5개년 계획 요강 전문, 외교부, 2016

- 미활용 폐유지 등 폐자원 이용 바이오디젤 생산, 탄소활용 에너지원료 옴니매스 생산기술 ('30년, 바이오매스 생산 단가 500원/kg), 도시 에너지망 연결 바이오 에너지기술 개발 등 추진
- '16년 청정에너지 기술 발전전략²⁰⁾을 통해 바이오연료 생산 및 신규 바이오매스에 대한 전략적 기술개발 목표 설정
 - (바이오연료 생산)
 - 탄소 순환형 고품 바이오매스 연료화 청정기술 : 플랜트 규모 100톤/일
 - 탄소중립 바이오연료 시장 경쟁력 강화기술 : 바이오연료 가격 600원/L(원료비 포함), 생산성 3.0g/L·hr
 - (신규 바이오매스)
 - 탄소활용 에너지원료 옴니매스 생산기술 : 바이오매스 생산 단가 500원/kg
 - 도시 에너지망 연결 바이오 에너지기술 : 소요부지 에너지 소비량>50%(기존 에너지설비 대비)
- '15년 기후변화대응 기술혁신과 산업화 지원계획을 통해 바이오에너지 생산기술 향상 및 미활용 신규 바이오매스 확보를 위한 기술개발 중점 추진
 - (바이오연료 생산) 세계 바이오에너지 시장의 선도가 가능한 통합 바이오에너지 생산 기술 확보
 - 미세조류 바이오디젤 생산 가격을 석유 디젤 가격 이하로 절감 : 3,300원/L → 1,000원/L
 - 미세조류 바이오 리파이너리 기술(미세조류 바이오디젤 단가, 원/L) : ('16)2,500 → ('20)1,000
 - 바이오 연료 생산플랜트 고효율화(부탄올 제조단가, 원/L) : ('16)850 → ('19) 600
 - (신규 바이오매스) 국내 미활용 바이오매스나 신규 바이오매스 자원 확보 및 이용기술 개발
 - 신규 바이오매스 확보를 통한 바이오디젤 보급량 : (현재) 0 → ('20) 54,000kL
 - 미활용 바이오 매스 에너지화 기술(공정비용, 원/L. 바이오디젤) : ('16)300 → ('20)200
 - 신규 바이오매스 자원 대량확보 기술(신규 바이오매스 확보, 톤) : ('16)7,500 → ('20)40,000

□ 주요 기술별 동향

- ◆ 수송용 연료로 사용가능한 바이오연료는 CO₂ 감축 및 석유 자원 고갈 문제 해결 가능
 - 경제성이 확보된 수송용 연료(바이오 에탄올, 바이오디젤 등) 보급을 위해 효율적인 연료화 공정 기술개발 연구 진행
 - 기 상용화된 1세대 바이오연료의 문제점*을 개선하기 위해 비식용 바이오매스를 이용한 차세대 바이오연료 상용화 기술 개발 진행
- * 곡물가격 인상, 식량부족, 그리고 원료 수급의 불안정성 등

20) 기후변화 대응과 신산업 창출을 위한 '청정에너지기술 발전전략', 관계부처 합동, 2016

- 고품 바이오연료 : 바이오 고품연료(왕겨탄, 칩, RDF(폐기물 연료) 등) 생산 및 이용 기술 개발
- 바이오 액체연료 : 당질계·전분질계·목질계 바이오매스 기반의 연료용 바이오 에탄올·부탄올·바이오디젤 생산 및 전환, 열적전환에 의한 바이오매스 액화 등에 대한 기술 개발
- 바이오연료의 고품량 혼합 필요성 증가로 기존의 바이오 에탄올, 바이오디젤 대비 산소 함량이 낮은 바이오연료 기술 개발 및 상용화 추진
- 바이오 가스 : 혐기성 소화에 의한 메탄가스화, 열적전환에 의한 바이오매스 열분해·가스화·가스화발전 등에 대한 기술 개발
- 차세대 바이오매스 : 생물학적 바이오 수소 생산, 미세조류 배양·양산, 차세대 바이오매스 원료 개발 등에 대한 기술 개발
- 비식용 바이오매스(목질계, 미세조류 등) 원료를 이용한 바이오매스 생산 및 CO₂ 감축 효율이 높은 바이오연료 생산 공정 개발
- 바이오 리파이너리 : 미생물 배양·생산, 미생물에 의한 발효 공정, 탈수·수소화·산화 반응용 촉매 전환 공정 등에 대한 기술 개발

2.3.4. 이차전지

- ◆ (국외) 중대형 이차전지 산업을 육성하기 위해 주요국들은 차세대기술 R&D뿐 아니라 상용화 및 실증 분야 기술개발 중점 수행
 - * (미국) EV용 배터리 저가화, 고효율화 및 에너지저장기술 상용화를 위한 기술개발 수행
 - * (EU) 수송분야를 중심으로 배터리, 인프라 및 혁신적 소재기술 개발
 - * (일본) 리튬이차배터리의 한계 극복을 위한 에너지 밀도 향상 및 전기차용 전지 기술개발
- ◆ (국내) 에너지 저장 장치(ESS) 등 대용량 이차전지를 중심으로 핵심기술개발 및 실증/보급 확대

□ 국외 기술개발 동향

- (IEA-에너지저장) 저장 부문은 에너지 시스템에 탄력성을 제공하고 다양한 재생 에너지와 분산 발전을 수용할 수 있는 가능성을 키워주며 전기 네트워크 관리를 개선할 수 있기 때문에 2DS 비전에서 중요한 역할 담당
- 미국, 유럽, 아시아 주요 시장에서는 에너지저장시설 의무설치 및 보급을 위한 정책수단을 도입하고 있고, 이러한 확산은 배터리기술의 비용(특히 리튬이온 배터리)의 지속적이고 급격한 감소를 유도
- (IEA-전기자동차) 전기자동차의 시장 점유율이 1% 이상인 국가의 수는 2014년 3개국에서 2015년 6개국으로 증가하며, 그 수는 점차 증대될 전망
- 공공충전 인프라도 계속해서 증대되어, 저속 교류 충전기(Alternating current, AC)는 2014년 94,000개에서 2015년 148,000개로 증가

- (미국) 현재대비 EV용 배터리가격 50% 절감을 목표로 산업부문과의 협력을 강화
 - ARPA-E Program을 통해 EV용 배터리 및 에너지 저장기술 상용화를 위한 혁신적 기술개발 수행 중
 - 합리적 가격, 고성능의 EV/PHEV 공급을 위한 배터리 및 에너지저장 시스템 개발
 - 에너지저장기술 상용화를 위해 배터리 시스템의 성능, 안전성, 수명 향상 및 배터리 제어 (센서, 전력관리 등) 기술개발
 - 배터리, 연료전지 및 기타 전기화학 장치에 적용을 위한 고체 이온 전도체의 성질 개선
- (EU) Horizon2020 프로그램을 통해 수송분야를 중심으로 배터리, 인프라 및 혁신적 소재기술 개발 추진
 - 전기 자동차용 차세대 리튬 이온 배터리
 - 수송분야 적용을 위한 유럽의 차세대 배터리 셀 생산
 - 고속충전 인프라를 결합한 도시 상업용 전기수송 기술
 - 고성능, 비용 효율적인 스토리지 기술을 가능하게 하는 혁신적인 소재 솔루션 개발
- (독일) 6차 에너지 R&D 프로그램²¹⁾을 통해 소형 분산형 저장시스템 연계기술, 신재생에너지 통합을 위한 전기자동차용 저장기술 개발 추진 중
 - 신재생에너지 공급 안정화를 위한 단-중기 저장 기술
 - 차세대 배터리 기술개발
 - 대형 저장소 구축을 위한 복합 소형 분산형 저장 시스템 연계기술
 - 에너지 피드백 및 신재생에너지 통합을 위한 전기자동차용 저장기술 개발
- (일본) ‘에너지 환경 혁신전략('16)’²²⁾을 통해 리튬이차배터리의 한계 극복을 위해 기존 전지대비 에너지 밀도 향상 및 전기차용 전지 기술개발 추진 중
 - 리튬이차배터리의 한계 극복이 가능한 안전하고 장수명인 전지 개발을 위해 기존 전지보다 에너지 밀도 7배 향상 및 가격 10배 저감 실현
 - 한번 충전으로 700km까지 주행 가능한 승용차용 전지 구현
- NEDO 프로그램을 통해 원천기술부터 응용기술 및 실용화에 이르기까지 전주기적 연구개발을 수행
 - 리튬 이온 전지 응용 · 실용화 첨단 기술 개발 사업

21) Research for an environmentally sound, reliable and affordable energy supply - 6th Energy Research Programme of the Federal Government, Federal Ministry of Economics and Technology, 2011

22) Japan's policy to promote innovation in low-carbon technologies, 2016, Hiroki Mitsumata(Deputy Director-General for Environmental Affairs, Ministry of Economy, Trade and Industry

- 선진 · 혁신 축전지재료 평가기술 개발
- 혁신형 축전지 실용화축전 기반기술 개발
- 분산형에너지 차세대전력망구축 실증 사업
- 전력계통 출력변화대응기술 연구개발사업
- 차세대 해상 직류송전시스템 개발사업
- 국제 에너지소비 효율화 등 기술시스템 실증사업

○ (중국) 전기차 부품·소재 국산화 및 ESS 시범사업 등을 통한 보급확대 추진 중

- 전기차 부품·소재 국산화를 통한 자국기업 육성
- 에너지저장시스템(ESS) 발전소, 에너지 효율 발전소 시범사업 건설 추진
- 전력계통 및 신재생에너지 출력 안정화를 위한 ESS 보급 확대

□ 국내 기술개발 동향²³⁾

○ ‘기후변화대응 기술혁신과 산업화 지원계획(‘15)’을 통해 중소형 이차전지 경쟁력 확보와 대용량 이차전지 상용화 추진

－ (중소형 이차전지) 중소형 이차전지 글로벌 경쟁력 유지 및 리튬이온 이차전지 성능 고도화 및 에너지밀도 향상을 위한 차세대 리튬황 전지 등 기술개발 추진²⁴⁾

·에너지 밀도 : (현재) 170 → (‘20) 400Wh/kg

·리튬 이온전지 성능 고도화 (에너지 밀도, Wh/kg) : (‘16)220 → (‘18)245 → (‘20)255

·초고용량 캐패시터 에너지밀도 향상(에너지 밀도, Wh/L) : (‘16)16 → (‘18)21 →

·차세대 이차전지 에너지밀도 향상(에너지 밀도, Wh/kg) : (리튬 황 : (‘16)220 → (‘18)340 → (‘20)400), 리튬공기 : (‘16)400 → (‘18)500 → (‘20)700)

－ (대용량 이차전지) 전력피크 및 정전사고 대응 체계 구축을 위한 ESS기술 고도화 추진

·설치비용 : (현재) 120만원/kWh → (‘20)40만원/kWh

·전지수명 : (현재)10년 → (‘20)20년

·대용량 이차전지 저가화, 장수명화, 고효율화

※ 대용량 리튬이온전지 : (‘16) 120만원/kWh, 10년, 88%) → (‘20) 60만원/kWh, 20년, 93%)

※ 레독스플로우 전지 : (‘16) 100만원/kWh, 10년, 80%) → (‘20) 40만원/kWh, 20년, 85%)

23) 본 분석내용은 KIER 주요사업(기후변화대응 전략수립연구,2016)를 통해 수행된 결과를 정리한‘KIER 기술정책 Focus-국내 기후관련 기술정책 및 주요국 정책방향 비교분석(2016)’중 기후변화대응 6대기술에 관한 중점내용을 공동으로 활용하였음을 밝혀둡니다

24) 기후변화대응 기술혁신과 산업화 지원계획(2015~2020), 관계부처 합동, 2015

※ Na-BASE 전지 : ('16) 60만원/kWh, 10년, 88%) → ('20) 30만원/kWh, 20년, 93%)

·차세대 대용량 이차전지 에너지밀도 향상

※ 탈리튬이온 전지(소듐, 마그네슘) : ('16) 350Wh/kg → ('20) 500Wh/kg

※ 전고체 이차전지 : ('16) 60Wh/kg → ('20) 80Wh/kg

○ '제2차 에너지기본계획('14)을 통해 에너지저장(ESS) 시스템 보급 확대에 및 미래대응 에너지 혁신기술(마그네슘전지, 금속-공기전지) 개발 확대

- (기술개발) 상용화 및 원천 R&D 투자를 확대하여 '20년까지 ESS 가격을 현재의 50% 수준으로 저가화(RFB(레독스플로우 흐름전지), NaS(나트륨황 전지) 등 리튬이외 저장방식을 조기 상용화 할 수 있도록 기술개발('20년 이전)

- (실증연구) 50~100MW 규모의 중대형 에너지저장 시스템 실증 추진(100MW급 압축공기 저장시스템 실증, 풍력 연계형 50MW급 리튬이온전지 운영 등)

·대·중소 동반성장 10대 프로젝트 : 100MW급 압축공기저장시스템 실증

○ '제5차 에너지이용 합리화 기본계획('13)'에서 국가 전력시스템 전체 효율 향상을 위한 기간망 전력저장시스템 및 수송용 ESS 시스템 개발 전략 수립

○ '제3차 에너지기술개발계획('14)'에서 수요대응형 ESS, 주파수조정용/피크부하용 Grid 연계형 ESS, 차세대 리튬전지기술 개발 등 제시

- 차세대 리튬전지 기술: 소프트 고체전해질 기반 바이폴라형 이차전지, 고에너지밀도 리튬-공기 전지, 수계 전해질 기반 리튬 이차전지, 리튬 황 전지

- 혁신 전력 저장 기술: 상온 구동형 나트륨 이온전지, 마그네슘전지, 생체 대사 소재 기반 에너지저장 장치, 플로우 전지

○ '청정에너지기술 발전전략('16)에서 ESS, 분산발전, Grid형 에너지저장기술, 수요관리기술, 실증기술, 전기차용 차세대 이차전지시스템 등을 중점 기술로 제시

- 신재생에너지 Farm 품질향상 및 전력자원 효율화를 위한 ESS 기술 : 시스템 가격 US\$ 150/kWh 이하 제조기술

·LIB cell 대형화(>350Ah), 컨테이너 직접화 (3.5MWh/40ft)

·LIB 수명 및 안전성 향상(>10,000 cycle)

·PCS 모듈화 및 배터리 모듈 표준화

·비리튬계 MWh급 대형화기술(LIB 대비 가격<80%)

·비리튬계 및 탈리튬이온계 중대형화 기술(>500kWh)

- 보조 서비스, 분산발전/Micro Grid형 에너지저장 기술 : PCS 출력 안전화 및 효율 97.5%, 저장매체 응답속도<20ms, ESS 제어로직 오차율 2%

- 고출력 에너지저장기술 (<20ms, <\$50/kWh)
- ESS 운용 알고리즘 고도화(오차율<2%)
- PCS 효율향상 및 출력대응 안전화(>98%, \$220/kW)
- ESS 가치극대화 및 신뢰성 제고를 위한 공통 기반기술
- 해외 특수지역용 ESS 실증기술
- 혁신소재 기반 전기차용 차세대 이차전지시스템 기술 : 리튬 이온전지 밀도 500Wh/kg 이상
- 에너지저장 혁신소재 및 이차전지 개발
- 급속 충전 소재 및 전지개발(10분 80% 이상 충전)
- Bipolar형 전극 및 단전지 고전압화 기술(단전지 전압 20V 이상)
- 리튬-공기전지 개발(에너지 밀도(500Wh/kg)

□ 주요 기술별 동향

◆ 이차전지는 휴대폰, 노트북 등 소형 IT기기 중심에서 전기차, 에너지 저장 장치(ESS) 등 대형으로 확대되는 추세

- 중대형 이차전지를 육성하기 위해 미국, 일본 등 주요국들은 R&D 뿐 아니라 제조, 상용화 및 실증 분야에 대규모 예산 지원

- (리튬이온전지(LiB)) 모바일용으로 사용되는 소형 LiB의 경우 이미 산업화가 되었으며, xEV 및 다양한 ESS 분야에 사용되는 중대형 LiB에 대한 실증 추진 중
 - LiB 셀 시장에서는 비용이 민감한 요인으로 LiB 부자재와 관련해서는 원가절감 기술개발 요구
- (리튬공기전지) 리튬공기전지의 안정성과 충방전 효율성을 높이기 위하여 리튬공기전지를 구성하고 있는 다공질 탄소의 양극, 금속 리튬의 음극, 전해질 물질을 중심으로 연구개발 진행
- (초고용량 커패시터) 중대용량 커패시터는 미국과 한국 시장이 본격적으로 확대되고 있으므로, 장기 수요창출 및 시장 선점을 위해 기술개발, 원가절감, 고신뢰성 확보를 위한 기술개발 진행
 - 한국, 미국, 중국 기업은 다양한 분야에서 관련 소재 사업에 참여하고 있으나, 분리막, 고온용 가스켓, 이온성 액체 전해액, 고전압용 전해액 등 고부가가치 핵심 소재는 전량 일본에서 수입
- (나트륨 전지) Na-based 고온전지는 일본이 세계시장을 독점하고 있으며, NaS 전지 안전성 문제 제기로 보다 안전한 전지인 NaNiCl₂ 전지를 GE 및 FIAMM에서 사업화시작
 - 국내에서는 포스코에너지가 NaNiNL₂ 전지 개발 진행 중('14) (비용목표 : 모듈 기준 \$400/kWh이하)
- (레독스 흐름전지) 대용량 RFB의 개발로 미국, 캐나다, 일본, 호주 등 기술 선진국에서는 풍력, 태양 발전과 연계하여 전력 저장 및 power regulation에 활용

2.3.5. 전력IT

- ◆ (국외) 태양광 등의 신재생에너지를 연계한 전력망 및 분산에너지 시스템 구축을 통한 에너지 효율 향상 및 수요관리 향상 추진
 - * (미국) 건물 에너지효율 향상 및 전기그리드, 분산에너지 시스템 등을 위한 기술개발 추진
 - * (EU) IT기술을 접목한 에너지효율 향상기술 개발 및 신재생에너지 기반 시스템 통합기술 실증 추진
 - * (일본) 재생에너지 기반의 분산형 에너지시스템 이용 촉진을 위한 기술개발 및 해외진출
- ◆ (국내) EMS 상용화 보급 확대를 위한 기술개발 및 분산형 전원 확대·신재생에너지원 융합을 통한 신재생에너지 하이브리드시스템 기술개발 추진
 - (EMS) ICT를 활용한 건물 및 공장 등의 에너지 효율 향상
 - (신재생에너지하이브리드) 신재생에너지 융복합과 건물에너지 저장기술을 활용한 친환경에너지 단지 조성

□ 국외 기술개발 동향

- (IEA) 국가차원의 지원과 함께 지방정부는 신축건물의 에너지모드 채택, 모니터링 및 기존 건물에 대한 개보수와 같은 중요한 역할을 담당²⁵⁾
 - 공공건물의 에너지 개보수, 민간부분의 에너지 효율 건물을 위한 인센티브 지급, 저탄소 에너지사회의 개발, 통합에너지기술을 적용한 저탄소커뮤니티 개발 지원 등을 포함
 - 분산형 전원 및 수요관리의 비중을 늘리기 위해서는 에너지 네트워크 모니터링, 관제, 기획의 근본적인 개선과 더불어 타 에너지부문과의 통합이 필요
- (미국) 전력 그리드 활용을 위한 태양광 기술과 건물, 전기자동차 등의 연계기술 개발²⁶⁾
 - ARPA-E Program 프로그램을 통해 건물 에너지효율 향상 및 전기그리드, 분산에너지 시스템 등을 위한 기술개발 추진 중
 - 도시네트워크 에너지 최적화를 위한 제어 아키텍처 기술개발
 - 효율적 전기그리드 컨트롤 소프트웨어 및 하드웨어 대체
 - 건물 에너지효율 향상과 CO₂ 감축을 위한 건물 냉방기술개발
 - \$100/kWh 미만 투자비용으로 그리드 어디서나 사용가능한 신재생에너지 저장 기술개발
- (EU) 유럽 에너지회복 프로그램을 통해 다양한 신재생에너지로부터 발생하는 전력 통합 및 국가간 전력시장 연결을 위한 인프라 구축²⁷⁾
 - Horizon2020 프로그램²⁸⁾을 통해 IT기술을 접목한 에너지효율 향상기술 개발 및 신재생에너지 기반 시스템 통합기술 실증 추진 중

25) 본 분석내용은 KIER 주요사업(에너지기술R&D전략연구,2016)를 통해 수행된 결과를 정리한'KIER 기술정책 Focus-IEA의 에너지 기술 전망[ETP] 2016의 주요 내용 및 시사점(2016)'중 기후변화대응 6대기술에 관한 중점내용을 공동으로 활용하였음을 밝혀둡니다

26) Energy Efficiency and Renewable Energy Budget in Brief FY2016, Office of EERE, 2015

27) Report from the commission to the European parliament and the council- On the implementation of the European Energy Programme for Recovery, 2014, European Commission

28) Horizon2020 Work Programme2016-2017:10.'Secure, Clean and Efficient Energy', European Commission, 2016

- 신재생에너지의 점유율이 높은 스마트 그리드, 저장 및 에너지 시스템 통합을 가능하게 하는 차세대 혁신 기술 : 분산 네트워크
- 신재생에너지의 점유율이 높은 스마트 그리드, 저장 및 시스템 통합 기술 실증 : 분산 시스템
- 스마트 그리드 및 저장을 위한 R&I(Research&Innovation) 전략 지원
- 신재생에너지의 점유율이 높은 스마트 송전 그리드 및 저장 기술과의 시스템 통합 실증
- ICT를 통한 에너지 효율에 대한 행동 변화
- 냉난방/급탕 준비를 위한 신재생과 에너지 효율 솔루션을 통합한 표준 설치 패키지
- 공공 민간 파트너십을 통한 상호 운용성을 보장하는 에너지 관리 시스템에 대한 수요 반응의 통합
- 새로운 제로 에너지 건물의 비용 절감
- (독일) 6차 에너지 R&D 프로그램²⁹⁾을 통해 에너지 효율화 건물·도시 및 분산 에너지 시스템 기술개발 수행 중
 - 내부 수요, 신재생에너지 생산 및 파워 그리드간의 상호 연계를 위한 스마트 컨트롤 기기 및 미터기 개발
 - 높은 신재생 보급 상황에서의 그리드 운영 관리를 위한 분산형 스마트 서브시스템 개발
 - 빌딩 서비스 시스템 개발(heat recovery, low-exergy system)
 - 신재생에너지 통합 건물 개발
 - 부하관리, 그리드로의 에너지 피드백 및 신재생에너지 통합을 위한 전기자동차용 저장기술 개발
 - 신재생에너지가 도입된 에너지 시스템에서의 그리드 안정성 확보 기술개발
- (일본) 재생에너지 기반의 분산형 에너지시스템 이용 촉진을 위한 기술개발 추진
 - 국가별 전력산업 특성에 적합한 기술들을 중심으로 “스마트 커뮤니티” 해외 실증사업 확대
 - NEDO에서는 에너지전환/공급, 산업, 주거/상업, 운송, cross sector 등 5개의 분야에서 에너지 절약 및 시스템 기술개발 수행하고 있으며, 신재생에너지 기반 전력 활용 분야의 기술개발도 추진 중
 - 자동차, 주택 등에서 미활용 되고 있는 열에너지를 이용할 수 있는 열 관리 기술: 단열, 축열, 열전 등
 - 국제 에너지 소비 효율화 등 기술 시스템 실증 사업
 - 수소 에너지 시스템 기술: 신재생에너지 기반의 전력을 이용한 수소 제조, 수송·저장 및 이용 기술을 접목한 에너지 시스템 개발

29) Research for an environmentally sound, reliable and affordable energy supply - 6th Energy Research Programme of the Federal Government, Federal Ministry of Economics and Technology, 2011

- (중국) 에너지발전전략 행동계획³⁰⁾을 통해 정보화·저탄소화·도시화를 결합한 저탄소 스마트 도시 건설 추진 계획 발표
- 공업·건축·수송 부문을 중심으로 에너지절약형 생산모델과 소비모델 구축
 - 2020년까지 도시 내 녹색건축물이 신축 건물의 50%를 차지하게 하고 난방계량개혁을 가속화해 난방·온수 사용량에 따라 비용청구
- 집중형 에너지와 분산형 에너지를 지역 상황에 맞게 공급

□ 국내 기술개발 동향

- EMS 상용화 보급 확대를 위한 기술개발 및 분산형 전원 확대·신재생에너지원 융합을 통한 신재생에너지 하이브리드시스템 기술개발 추진
- (EMS) ICT를 활용한 건물 및 공장 등의 에너지 효율 향상으로 건물주·공장주에게 확실한 비용절감 수단으로의 매력 확보
 - 건물용 에너지관리시스템(BEMS/HEMS) 기술개발을 통해 2020년까지 에너지절약 20% 목표(아파트단지 기준)
 - 2020년 15%까지 산업단지 에너지절감율을 높일 수 있는 공장용 에너지관리시스템(FEMS) 기술개발 추진
 - 제로에너지 커뮤니티 네트워크 구축 및 관리기술 개발 : ICBM³¹⁾ 기반 에너지분석 자동화율>80%, 실시간 진단평가 정확도>98%, EMS센터 관리규모-10만세대 도시급
 - ※ 사이버/ 실세계연계 CEMS 모빌리티 시각화 서비스 기술, 커뮤니티 에너지관제 EMS 클라우드 센터 구축 기술, 커뮤니티 에너지 Connected-Building 구축 실증 및 보급
 - E-prosumer 활성화를 위한 Energy Cloud 실증 기술개발 : 지능형 BEMS/HEMS/AEMS³²⁾ 기술개발(Energy Cloud내 에너지수요 30% 이상 감축)
- (신재생에너지 하이브리드) 신재생에너지간 융복합을 통한 에너지 생산 효율화
 - 특정지역을 지정한 후 태양광 + 풍력 + ESS 등의 신재생에너지와 에너지저장시스템을 패키지화하여 지원하여, 분산형 전원기반 신재생 단지 조성 확대
 - 신재생에너지 하이브리드시스템 : 도심형 신재생에너지 발전소, 독립형 에너지자립 시스템, Advanced Power to Gas 하이브리드 솔루션 기술개발
 - 신재생에너지의 단점인 에너지생산의 불규칙성을 극복하기 위해 다수의 신재생에너지와 ESS를 융복합 하는 기술을 개발·실증(계통연계 효율('16) 75% → ('18) 80%)
 - 신재생에너지 간 열원 통합 및 블록히팅 제어기술, ESS 활용 전기 에너지 융복합 및

30) 중국의 에너지발전전략 행동계획, 에너지경제연구원, 2014

31) ICBM : (IoT, Cloud, Big Data, Mobile)

32) AEMS : Automatic Meter Reading Energy Management System

□ 주요 기술별 동향

◆ 신재생에너지를 전력그리드, 건물, 산업, 수송 분야에 연계하는 통합기술 및 에너지 관리기술의 중요성 확대

- 신재생에너지와 ESS 등의 융합기술 개발 및 민간의 투자 리스크 경감을 위해 국가 R&D를 중심으로 커뮤니티 단위의 실증사업 추진

○ EMS : 수요중심 시장의 중요성이 부각됨에 따라 비용절감 및 에너지 사용 최적화를 가능케 하는 에너지관리시스템의 확대 적용

- HEMS : 전세계 스마트홈 관련 실증사업과 함께 주택 에너지 관리기술 도입이 촉진되고 있어 관련 기술의 상용화 및 시장 확대를 위한 제품가격 저감 관련 개발 진행

- BEMS : 미국과 EU의 경우 고성능 BEMS 도입기반 마련 및 실제 적용 가능한 기술수준에 도달, 국내의 경우 빌딩 단위 설비에 대한 성능 및 효율개선 위주로 초기단계의 연구개발 진행

- FEMS : 에너지 다소비 기업 중심으로 구축이 확대되고 있고, 향후 기업의 에너지 관리를 위한 FEMS 도입 확대 전망에 따라 기술규격 표준화 및 관련 기업의 제품 상용화 개발 진행

- CEMS : HEMS/BEMS/FEMS를 포함한 지역의 통합 에너지를 관리하는 기술로 일본이 정부차원에서 주도적으로 추진하고 있으며 신주꾸 지역에 다양한 실증사업 진행

○ 신재생에너지 하이브리드 : 주요 선진국의 경우 1990년대 초반부터 신재생에너지 융복합 이용과 건물에너지 저감기술을 활용한 제로에너지(친환경에너지) 단지 조성으로 에너지/환경문제 해결 및 신재생에너지 활용률 제고

- 에너지저장 시스템을 제한된 에너지의 효율적 이용 및 수요와 공급사이의 시간적/양적 격차를 해소하는데 활용

- 국내의 경우 단지규모의 태양열, 지열, 연료전지 등 열부하신재생 열에너지 설비 융복합 및 계간축열 시스템에 대한 기술수준은 선진국 대비 50%~70% 정도이며, 이에 대한 대규모 실증연구 초기단계

※ 친환경에너지타운('15년~, 미래부,산업부,환경부). 친환경 에너지 자립섬('15년~, 산업부), 등

- 미국을 중심으로 V2G 시스템에 대한 연구, 테스트베드 구축 및 실증 추진 중

2.3.6. CCS

- ◆ (국외) 대규모 통합 CO₂ 포집·저장 프로젝트를 통한 CCS 실증 및 상용화 기술 개발
 - (IEA) EOR 기술 기반 CO₂ 주입 실증 프로젝트 추진
 - (미국) CCS 실증 및 기존 화력발전 시스템과 CCS 간 연계 기술 개발
 - (EU) CO₂ 포집 기술 및 포집 CO₂의 원료 활용, CO₂ 지하 저장 위험 측정 및 모니터링
 - (독일) 포집기술 및 저장·실증 프로젝트를 통한 안전성 모니터링 기술 개발
 - (일본) 포집 비용 절감, 저장 기술 확보를 위한 대규모 실증
 - (중국) CO₂ 포집 및 CO₂-EOR, CCUS-청정에너지 실증, CCUS-적용 IGCC 등
- ◆ (국내) CCS 상용화를 위한 저비용·고효율 CO₂ 포집·저장 기술 확보 및 실증 추진

□ 국외 기술개발 동향

- 세계 주요국들은 대규모 이산화탄소 포집·저장 연계 통합 프로젝트를 통해 CCS 실증 및 상용화를 위한 기술 개발 추진
 - (IEA) CCS 분야의 세계 기술역량 성장을 위해서는 일정한 수준으로 신규 및 운전 프로젝트들의 수 유지가 필요하며, 현재 대다수 CCS 프로젝트들이 석유회수증진(EOR) 기반 기술로 활용
 - '15년 기준 계획 및 운전단계에 있는 총 32개 프로젝트 중 21개가 EOR을 위해 CO₂를 주입하는 것이며, 11개는 염류 대수층 및 고갈된 석유나 가스동공에 저장
 - (미국) 탄소 포집 및 격리 기술 개발에 수십억 \$를 투자 중이며 CCS 실증, CO₂ 포집·저장 및 발전 시스템 관련 기술 개발 추진³³⁾
 - FER&D(Fossil Energy R&D) 프로그램을 통해 CCS 실증, 탄소 포집·저장 및 기존 화력발전 시스템과 CCS 연계 기술 개발 지원
 - 화력발전소 CO₂ 제거 비용 최소화를 위한 소재, 재료 및 공정 개발
 - (EU) EERE 및 Horizon 2020 등을 통해 CO₂ 포집·저장, 원료 활용, 모니터링 등 기술 개발 및 실증 사업 추진
 - 산업 시설에서 발생하는 CO₂의 최소 80%이상 포집 능력 확보
 - 포집된 CO₂를 공정 산업을 위한 공급 원료로의 활용
 - CCS 및 비재래형 탄화수소와 관련한 지하 작업의 잠재적 위험 측정, 모니터링 및 제어
 - (독일) COORETEC, GEOTECHNOLOGIEN 프로그램을 통해 포집기술 및 저장·실증 프로젝트를 통한 안전성 모니터링 기술 개발 추진
 - 포집 : 발전소 효율 제고, 이산화탄소분리, 하이브리드 발전소 등 3개 기술 분야를 중점 연구영역으로 설정 (연소후-단기, 순산소-중기, 연소전-장기 활용기술 개발)
 - 심부 대염수 층, 천연가스 저류암 등 특정 저장부지에서의 실증연구, 이산화탄소 장기저장에 따른 지질화학 및 물리학적 기초연구로 구분하여 기술개발 추진

33) The U.S. Department of Energy's Office of Fossil Energy, Budget In Brief FY2015)

- (일본) CO₂ 분리비용 톤당 4,200엔 달성(화학흡수법 이용) 및 1,000엔 목표로 포집 기술 개발, 저장 기술 확보를 위한 대규모 실증 시험 및 대수층 고갈유 가스전 실증 등
- (중국) 미국과 대규모 통합 실증 프로젝트 협력을 통해 CCS 및 CCUS 기술 도입 가속화
·연소후 CO₂ 포집 및 CO₂-EOR, CO₂-EWR³⁴⁾, CCUS-청정에너지 실증, CCUS-적용 IGCC, CO₂ 분리를 위한 석탄화력 순산소 연소 기술 등

□ 국내 기술개발 동향

- 2016 청정에너지 기술 발전전략에서 통합 CCS 실증을 통한 시장 선도 목표를 설정하고 저비용·고효율 CO₂ 포집·저장 기술 확보를 위한 기술 개발 추진
 - CO₂ 포집기술 확보 및 중규모 실증
 - 혁신기술 확보 및 소규모(0.5MW) 실증 완료, 10MW급 CO₂ 포집플랜트 장기 운전(1~3 천 시간), 포집비용 저감(\$20/tCO₂)
 - 차세대 원천기술 개발 및 소규모 실증 및 중규모 저장 연계 포집 실증
 - CO₂ 저장 핵심기술 확보 및 실증
 - 포집과 연계한 중·소규모 저장기술 개발 및 실증
 - CO₂ 수송-저장기술 개발 : 안전하고 효율적인 CO₂ 수송·저장기술 개발을 통한 CCS 엔지니어링 및 혁신기술
 - 차세대 CO₂ 전환기술 선정
 - 탄소자원화 기술개발 및 조기 실증·상용화로 온실가스 감축 및 신산업 창출
- 기후변화대응 기술혁신과 산업화 지원계획에서 세계 최고 수준의 CCS 개발 및 상용화 추진 계획을 발표하고 CCS 비용 개선을 위한 기술 개발 추진
 - CCS 상용화 문제를 해결하기 위한 CCS 비용 개선 기술개발
 - '20년까지 포집 및 저장 비용 \$30~50/ton CO₂달성
 - 세계 수준의 CO₂ 포집비용 달성 : 현재 약 \$120~150/ton 수준의 CO₂ 포집 비용을 '20년까지 \$20~30/ton으로 낮추기 위한 연소후, 연소전 포집기술 확보
 - CO₂ 수송 및 저장기술 개발 : 1만톤급, 10만톤급, 100만톤급 CO₂ 저장 실증 프로젝트를 통해 관련 수송 및 저장기술*을 개발하여 현재 약 \$20~60/ton 수준의 CO₂ 수송 및 저장 비용을 \$10~20/ton으로 절감
 - CO₂ 활용 및 전환기술 개발 : 포집된 CO₂를 수송 및 저장 이하의 비용('20년 \$10~20/ton)으로 고부가가치 유용물질로 전환하거나 활용할 수 있는 기술을 개발

34) 심해 염류대수층에 투입한 CO₂에서 깨끗한 물을 생산하는 물 회수 증진(Enhanced Water Recovery) 실증 파일럿 사업.

□ 주요 기술별 동향

◆ 신사업 영역인 CCS 초기 시장 선점을 위해 요소기술에 대한 원천기술 확보 및 실증 프로젝트 수행

- CCS 상용화를 위한 CO₂ 포집-저장 통합 프로젝트 추진
- CO₂를 압축하여 파이프라인 또는 선박 등을 이용한 수송 기술 개발
- CO₂의 화학적 및 생물학적 전환 기술 개발

- 포집/저장 기술 : 혁신적인 CO₂ 포집 원천기술 개발을 목표로 국가 차원의 막대한 예산을 지원하고 있으며, 상용화 추진을 위한 포집-저장 통합 프로젝트 등을 추진 중
 - (미국) 에너지부(Department of Energy) 산하 NET) 주관으로 1세대와 2세대 기술 및 융합기술의 multi-tract으로 '30년 포집비용 \$10/tCO₂를 목표로 기술개발 추진
 - (노르웨이) 대규모 저장 실증 연구 추진, 10만톤급 포집 테스트 설비 구축 및 포집기술개발 강화
 - (이탈리아) 프랑스와 공동으로 CO₂ 포집기술개발 및 2.5MW급 포집공정 파일럿 플랜트 설치 완료. 현재 250MW 격상연구 추진 중
 - (네덜란드) CO₂ 흡수제 개발 및 공정연구 유럽공동연구 리딩
 - (덴마크) 유럽공동연구 일환으로 25tCO₂/day 테스트베드 설치 및 시험가동 중
 - (일본) 상용화 수준 포집기술(KS-1, MHI) 보유, 1만톤급 나가오카 저장 프로젝트 완료, 토마코마이 포집-저장 통합 프로젝트(총 백만톤규모, '12~'20) 추진 중
 - (호주) 연간 약 3백만톤규모의 Gorgon 포집-저장통합 프로젝트 등 대규모 실증을 추진 중이며, CCS 원천기술 개발 중
 - (한국) 10MW급 파일럿 규모의 실증 및 포집 비용 절감을 위한 혁신적인 흡수제 및 분리막 연구 진행 중
- 수송 기술 : CO₂를 액체 및 초임계상태로 다공성매체 등을 이용하여 압축하는 기술과 파이프라인 또는 선박 등을 통한 수송기술 개발 중
- 전환 기술 : 포집/저장 기술과 마찬가지로 국가 차원의 R&D 자금을 지원받아 CO₂ 화학적 전환 및 생물학적 전환 분야의 기술개발을 중점 추진 중
 - (독일) 전기 효소적 합성 방법 및 CO₂를 이용한 생분해성 고분자 제조 기술 보유
 - (노르웨이) 미세조류를 이용한 바이오디젤 생산 연구 추진
 - (이탈리아) 광화학적 방법에 의한 고분자 물질 개발 연구
 - (네덜란드) CO₂ 자원화 유럽공동연구 리딩으로 핵심원천기술개발 추진 중
 - (일본) RITE주도로 폐콘크리트나 콘크리트 슬러지 형태의 재활용 가능한 탄산화 기술 개발 추진
 - (호주) CSIRO 및 CO₂CRC 중심으로 CO₂ 화학적 전환 기술개발 추진
 - (한국) 생물학적 전환 : 미세조류 균주개발 및 연관기술개발
화학적 전환 : LAB SCALE의 고분자 합성 기술을 보유

2.4. 국내외 시장동향 분석

□ 시장동향 분석 개요

- 본 분석은 6대 기후기술분야별 시장(산업) 현황 및 전망 조사·분석을 통해 분야별 국내외 시장동향을 파악하여 시사점을 도출하고, 기후기술로드맵(CTR) 수립의 동향자료로 활용을 위한 목적으로 수행
 - 국내외 시장조사 보고서(SNe Research, Navigant Research 등) 및 국내 신재생에너지 산업통계 등을 통해 최신 산업동향, 향후 시장 전망 등을 조사·분석
 - 특히, 내부적으로 매월 6대 기후기술에 대한 국내 산업동향을 조사하여 주요기관의 기술 개발, 기술 상용화/양산 계획, 향후 투자 동향 등을 주기적으로 업데이트
- 분석 결과, 주요 신재생에너지 시장은 대부분 2020년까지 크게 성장할 전망이며, 이차전지분야도 신재생에너지 연계 대용량 ESS 등의 시장 확대에 힘입어 성장이 확대될 전망
 - 건물 및 공장의 에너지 절감을 위한 수요관리 분야 투자 확대로 전력IT 및 분산형 에너지 자원 통합을 위한 기술 세계시장 규모 고성장 전망
 - CCS의 경우 현재 시장형성 단계로 정부 주도의 실증사업 및 투자확대를 통해 향후 급격한 시장 확대가 예상됨

2.4.1. 태양전지

- ◆ (세계) 세계 신규 태양광 시장은 '20년까지 2배 이상 성장('14년 대비)
 - 세계 태양광 신규설치량: 40.3GW('14) → 83.9GW('20)
- ◆ (국내) 국내 태양전지 산업의 매출은 '14년 5,396백만\$에서 '20년 66,544백만\$로 성장 전망
 - 국내 태양광 신규설치량: 909MW('14) → 1,500MW('20)

□ 세계 시장동향³⁵⁾

- 세계 태양광 신규설치량은 '14년 약 40.3GW에서 '20년 약 83.9GW로 성장할 것으로 전망
 - 아시아, 북아메리카, 유럽지역을 중심으로 태양광 시장 성장이 이루어 질 것이며, 라틴아메리카, 중동, 아프리카 지역에서의 수요도 점차 확대 될 것으로 예상
 - 중국, 일본, 인도를 포함한 아시아 지역이 '15년 전체 설치량의 59.0%, '20년 54.8%를 차지하고, 중동지역의 태양광 설치량이 '15년 60MW에서 '20년 4.6GW로 큰 폭으로 증가할 것으로 예상됨

35) 전세계 태양광 시장 전망 및 수급 분석(2014~2020), SNe Research, 2015

<그림 2.4.1> 세계 태양광 연간 신규설치량 및 전망 (2014~2020F, MW)



- 자료 : SNe Research, 2015

- 전세계 태양광 신규시장은 '14년 \$115.9Mil에서 '20년 \$134.3Mil로 성장할 것으로 전망
 - 아시아, 북아메리카, 유럽지역과 신규시장인 라틴아메리카, 중동, 아프리카 지역에서의 태양광 수요 증가로 태양광 시장이 확대될 것으로 예상됨
 - 하지만, 그리드 패리티 도달 등 태양광시스템 가격 하락의 영향으로 금액을 기준으로는 '16년 대비 '20년 시장이 더 작아지는 양상을 보이게 될 것으로 예상

<그림 2.4.2> 세계 태양광 연간 누적설치량 및 전망 (2014~2020F, MW)



- 자료 : SNe Research, 2015

- 태양광 누적 설치량은 '14년 177.9GW에서 '20년 589.3GW로 성장할 것으로 전망
 - 누적설치량은 아시아 지역이 가장 큰 비중을 가질 것이며, 이어서 유럽, 북아메리카 순으로 큰 비중을 보일 것으로 전망

- 아시아 지역의 누적 설치량은 '16년에 유럽 지역 설치량을 넘어설 것이며 '20년 약 300GW, 아메리카 지역은 누적 100GW, 북아메리카 80GW, 남아메리카 23GW을 달성할 것으로 전망
- 전세계 태양광 누적설치시장은 '14년 \$512.2Mil에서 '20년 \$942.8Mil로 성장할 것으로 전망

<그림 2.4.3> 세계 태양광 연간 신규시장 (2014~2020F,\$.Mil)



- 자료 : SNe Research, 2015

- '20년 세계 태양광 시장 매출은 1,340억\$를 넘어설 것으로 예상
- 모듈 가격 및 설치 비용 하락으로 그리드 패리티 도달, 새로운 분산형 태양광 발전 시장 확대, 아시아, 중동, 남미 등 신흥시장 확장 등으로 매출 성장 전망

□ 국내 동향

- 2015년 아시아지역 태양광 신규 설치량은 약 32.3GW, 국내 태양광 신규 설치량은 약 1200MW로 아시아 전체 설치량의 약 3.7% 차지
- 2020년 아시아지역 태양광 신규 설치량은 총 46GW가 예상되며, 국내의 경우 약 1500MW로 아시아 전체 설치량의 3.3%를 차지할 것으로 전망
- 국내 태양광 신규설치량은 '14년 약 909MW에서 '20년 약 1500MW로 확대 전망
- 국내 태양전지 산업의 매출은 '14년 5,396백만\$에서 '20년 66,544백만\$로 성장 전망³⁶⁾
- 한국은 연도별 RPS 의무이행률 증가와 REC 태양광/비태양광 통합운영으로 인한 태양광 수익개선의 영향으로 태양광 발전소 설치가 증가할 것으로 예상

36) 2014년 신·재생에너지 산업통계, 한국에너지공단 신·재생에너지센터, 2015

2단계 중점녹색기술 상용화 전략 : 녹색기술센터 전문가 자문 및 분석 결과, '20년 세계 태양전지 시장 22% 점유 전망을 반영하여 산출, GTC, 2013

□ 국내외 산업동향

- (국외) 태양전지 변환효율 향상, 차세대 태양전지 고효율화, 태양전지 양산화를 위한 기반구축 및 공정기술 개발 추진
- (국내) 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
 - － 국내업체의 국내·외 공급계약 체결 및 동남아시아, 북미 등 글로벌 태양광 발전사업 추진, R&D 투자 확대 등을 통해 해외 시장 확보 주력
 - － 전력 계통 연계, IoT 결합 등 융합을 통한 다양한 형태의 태양광 제품(시스템) 제안

<표 2.4.1> 주요기관 기술개발 동향

세부 기술군	주요기관	기술개발 동향
실리콘 태양전지	(독) Wacker	•'16년 미국 테네시주 폴리실리콘 공장 완공(최대 연간 2만톤 이상 생산 가능)
	(일) Panasonic Corporation	•실리콘 이종접합 및 후면접합을 활용하여 실리콘 태양전지 변환 효율 세계 최고기록(25.6%) 달성('14)
	(중) Trina Solar	•p타입 다결정 실리콘 태양전지 전력변환효율 세계 최고기록(21.25%) 달성('15)
	(한) 신성솔라 에너지	•세계 최고효율(20.29%) 태양전지 양산 기술 개발 성공('16)
	(한) 솔라파크 코리아	•국내 최대 규모(650MW)의 결정질 실리콘 태양광 모듈 생산
	(한) 한화큐셀	•다결정 태양광모듈 세계최고 19.5% 발전효율 기록('16)
	(한) 현대중공업	•상반기 국부후면전계(PERL, 펄) 태양전지 생산을 확대하기 위해 단결정 태양전지 생산 설비에 192억원 투자('16)
CIGS 박막 태양전지	(일) Solar Frontier	•22.3% 효율의 박막 태양전지 개발('15)
	(중) Hanergy	•Solibro, Miasole, Global Solar Energy 등 CIGS 박막태양전지 업체 인수 •생산량 3GW로 확대
	(한) 에스엔유	•CIGS 박막 급속 열처리 장치 특허 개발('15)
페로브스카이트 태양전지	(영) Oxford Photovoltaics	•'17년까지 페로브스카이트 제품 출시 계획 발표
	(한) UNIST/KRICT	•페로브스카이트 세계최고 효율 (22.1%) 달성
유기 태양전지	(독) Heliatek	•유기태양전지 multi-junction cell에 대한 변환효율 13.2%('16)
	(일) Mitsubish Chemical	•Organic thin-film single cels 효율 11.7%('15) •활성 면적을 대폭 향상시킨 고집적 유기태양전지 모듈 개발 (레이저기술 적용)
	(일) Sumitomo Chemical	•미국 UCLA와 공동연구를 통한 습식 고분자 2층 탠덤 소자에 효율 10.6%('12)
	(한) 코오롱인더스트리	•유기태양전지 광변환효율 11.3%('13)
	(한) 한국화학연구원	•효율 7.35%의 신규 광활성 소재 개발('12)
염료감응 태양전지	(호) Dyesol	•터키에 염료태양전지 태양광발전기술 상용화 추진 •염료감응 태양전지용 소재 전반 공급
	(한) (주)오리온	•세계 최대 사이즈(920x580mm)의 염료감응 태양전지 개발 성공('16) (현존 최대 염료감응형 태양전지 300x300mm)

2.4.2. 연료전지

- ◆ (세계) '30년 세계 연료전지 시장규모는 '14년 대비 약 47.6배 성장 전망
 - 세계 연료전지 시장 규모: 1,369억 엔('14) → 6조 4,923억 엔('30)
- ◆ (국내) '20년 국내 시장이 세계 연료전지 시장 규모의 약 20%를 차지할 것으로 전망

□ 세계 시장동향

- 세계 연료전지 시장 규모는 '14년 1,369억 엔에서 '30년 6조 4,923억 엔으로 확대되어 약 47.6배 성장할 것으로 전망 (후지경제, 2015)
- '14년 기준 발전용 연료전지 시장규모가 815억 엔이며 전체 시장의 약 60% 수준으로서 가장 큰 비중을 차지하였으나 '30년에는 수송용 연료전지가 4조 7,520억 엔으로 전체의 약 73%를 차지하며 급격한 시장 성장을 이룰 것으로 예상됨

<표 2.4.2> 세계 연료전지 시장 규모 및 전망

구분	2014년(억엔)	2030년(억엔)	2013년 대비 성장규모
발전용	815	6,813	9.8배
가정용	419	7,910	24.8배
수송용	11	47,520	47,520배
구동용	61	830	55.3배
Portable/Backup	56	1,595	25.3배
휴대기기용	1	255	—
합계	1,363	64,923	59.3배

- 연료전지 출하량(Unit, 시스템 기준)은 '09년부터 '14년까지 꾸준히 증가 추세를 보이다가 '15년에 전년 대비 약 27.4% 감소한 것으로 나타났으나, 발전용량(MW) 기준으로는 꾸준한 성장을 보이며 전년대비 약 51.3% 증가
- 특히 '14년까지는 발전 및 가정용 등 고정형 연료전지가 시장에서 가장 큰 비중을 차지하였으나 '15년부터 수송용 연료전지가 시장의 절반 가량을 차지하며 급격한 성장을 보임

<그림 2.4.4> 세계 연료전지 출하량 및 용량 추이



※ 출처 : 4th Energy Wave(2016) 자료를 산업연구원(2016)에서 재작성

- 세계 고정형 연료전지 누적 설치 용량은 ‘25년 약 3,000MW에 이를 것으로 예상
- 아시아태평양 지역이 30.9%의 연평균 성장률을 보이며 ‘25년에 누적 설치용량이 약 1565.8MW가 될 것으로 예상되며 전 세계 누적 설치 용량의 절반 이상을 차지
- 이어 북미가 737.5MW, 유럽이 544.5MW의 고정형 연료전지가 설치될 것으로 예상

<그림 2.4.5> 세계 지역별 고정형 연료전지 연간 설치 용량 및 매출 전망
(Navigant Research, 2016)



- 세계 각국의 환경규제 강화 및 수소차 인프라 구축 정책 지원 확대에 따라 연료전지 자동차 및 버스 판매량이 ‘24년 약 230,000대에 달할 것으로 추정
- 현재 상당한 수준의 인프라가 구축되어 있는 유럽과 북미가 시장을 주도할 것으로 보이며, 아시아에서는 일본과 중국이 조기에 시장을 형성할 것으로 전망됨

<그림 2.4.6> 세계 지역별 연간 연료전지 자동차 및 버스 판매량 전망
(Navigant Research, 2015)



□ 국내 동향

- '13년 세계 시장규모의 8%정도 차지(약1,360억 원)하였으며 '20년에는 세계 시장의 20%(약 8조원)를 차지할 것으로 전망(포스코에너지)
- (발전용) '14년 연료전지발전 총 전력생산량은 199.4천toe 규모로 '13년 122.4천toe 대비 약 63% 증가

<표 2.4.3> 국내 연료전지 발전용량 추이

구분	'10	'11	'12	'13	'14	누적
발전용량 (MW)	14	25	3	68	43	177

- (수송용) '13년 현대자동차는 연간 생산규모 1,000대의 FCEV 양산라인을 세계 최초로 구축하였고 국내 시장은 '15년 이후 본격적으로 형성되어 '20년 약 8천억 원 규모에 이를 것으로 전망

<표 2.4.4> 국내 수송용 연료전지 국내 시장 규모 전망

구분	'14	'16	'18	'20	'25
국내시장규모 (억원)	830	3,659	3,659	8,117	32,470

□ 국내외 산업동향

- (국외) 대용량 연료전지 기술 및 FCEV 개발을 위한 기업 간 인수합병, 기술 교류 및 연구 개발 협약 체결 등이 활발히 추진됨
- 발전용 연료전지 산업은 북미 주도하에 SOFC, MCFC, PAFC 등 대형 발전을 위한 연료전지 개발 및 생산 위주였으며, 점차 우리나라 발전용 연료전지 시장 확대 및 국내 기업의 해외 기업 인수 등에 의해 글로벌 경쟁 구도가 형성됨
- FCEV는 자동차 산업이 발달한 미국, 일본, 독일 및 한국 등을 중심으로 발전 중이며 고출력 밀도의 자체 개발 스택을 탑재한 FCEV 양산 및 판매 추진
- (국내) 정부의 산업 지원 확대 정책에 따라 발전소 건설 수주 경쟁, 수소 인프라 구축 및 보급 사업, FCEV 양산을 위한 부품 기술 개발 및 시설 투자 확대
- 지자체-공기업-대기업 컨소시엄 형태의 발전소 건설 프로젝트 수주 참여 및 연료전지 기술 확보를 위한 국·내외 협력 추진 활발
- 현대·기아차의 친환경차 개발 및 시장 선점 계획에 따라 계열사 등 관련 기업들이 부품 기술 개발 및 양산 시설에 투자 중이며, 수소연료전지차 대여·시범 운행 및 수소충전소 구축 등 수소연료전지차 보급 확대를 위한 인프라 관련 사업 추진 중

<표 2.4.5> 주요기관 기술개발 동향

세부 기술군	주요기관	기술개발 동향
발전용/가정용	(미) Bloom Energy	•SOFC 기반 건물용 보조전원 공급
	(미) Fuel Cell Energy	•MCFC 기반 100MW급 이상 대형 발전용 분야에 집중
	(한) 포스코에너지	•MCFC 주력, BOP·스택·셀 100% 국산화 완료('14), FCE 협력사
	(한) 두산퓨얼셀	•PEMFC, 스택·연료개질기·통합BOP시스템 분야, 건물 및 차량 공 급 연료전지 생산에 집중
	(한) 대성산업	•이탈리아 솔리드파워사와 SOFC 방식 연료전지 시스템 공동개발
	(한) 에스퓨얼셀	•후지전기코리아와 연료전지 발전사업 및 시스템 공급 협력 체결
	(미) Ballard	•PEMFC 기반, Plug Power 등 시스템 업체에 스택 공급
	(미) LG퓨얼셀시스템즈	•'17년부터 발전용 연료전지(SOFC) 생산 예정
	(미) Plug Power	•PEMFC, 지게차용 연료전지 판매 주력
	(미) GE	•SOFC 개발
	(일) 도시바	•유럽 BAXI Innotech사와 가정용 FC-CHP시스템의 개발 및 판매 제휴, PEMF유닛 공급
	(일) 아이신	•Bosch와 SOFC기반 가정용 FC-CHP 공급
차량용	(한) 현대자동차	•'13년 세계최초 FCEV 양산라인 구축, '14년 미국 내 출시
	(미) GM	•자체 스택 개발, 혼다와 FCEV 공동개발 중이나 별도 브랜드 '20년 출시 예정
	(미) 포드	•다임러벤츠, Ballard Power System과 AFCC 합작사 설립 및 공동 개 발
	(일) Toyota	•'15년 FCEV 미라이 출시
	(일) Honda	•FCEV Clarity 개발, 확대노력
	(일) 닛산	•자체개발 연료전지 사용 '17년 양산형 FCEV 판매 예정
	(독) BMW	•'20년까지 FCEV 출시('15.9 발표)
	(독) Benz(Daimler)	•GLC class FCEV(SUV) '17년 판매 예정
	(독) 폭스바겐	•Ballard Power Syetems와 공동 개발 프로젝트 추진

2.4.3. 바이오연료

- ◆ (세계) 세계 바이오연료 시장은 '12년 대비 '20년까지 약 3배 확대 전망
 - 세계 시장 규모 : ('12) \$1,578억 → ('20) \$4,471억
- ◆ (국내) 국내 바이오에너지 시장은 수송용 연료 중심으로 투자규모가 확대되고 있으며, '11년 대비 '20년까지 4배 이상 성장 전망
 - 국내 시장 규모 : ('11) 1조 74억원 → ('20) 4조 5,203억원

□ 세계 시장동향

- (국외) 세계 시장규모는 '12년 1,578억\$에서 '20년 4,471억\$로 확대 전망
 - 비식량계 기반(미세조류 등)의 차세대 바이오연료를 중심으로 연평균 13.9% 증가율로 성장할 것으로 예상

년 도	2012	2014	2016	2020	연평균 증가율
세계 시장규모 (\$ billion)	1,578	2,660	3,446	4,471	13.9%

※ 출처 : Global Biofuel Market Outlook to 2016 (Ken Research, 2012)

- 세계 바이오연료 산업은 원유고갈, 수송차량 증가, 탄소배출 저감 노력 등으로 장기적으로 지속 성장할 전망*
- 연료 구입비 절감을 위한 항공업계 바이오연료 도입, 캐나다, 미국 등의 바이오연료 의무 혼합비율 상향 조정, 중국, 인도 등 아시아 신흥국에서 차량 증가로 인한 바이오연료 소비 증가 등

□ 국내 동향

- (국내) 국내 시장규모는 '11년 약 1조 74억 원에서 '20년 약 4조 5,203억 원 규모로 성장할 것으로 추정

년 도	2011	2012	2014	2016	2020
시장규모(억 원)	10,074	13,197	22,647	32,050	45,203

※ 출처 : 바이오에너지 관련 동향보고서 (농업기술실용화재단, 2012)

- '14년 기준 국내 바이오산업 투자액(492억 원) 중, 41%(203억 원)를 수송용 연료인 바이오디젤 산업에 투자

구분	바이오 디젤	바이오 가스	바이오 증유	Bio-SRF	우드칩	목재 펠릿	목재 펠릿 보일러	하수 슬러지 고형연료	계
매출액 (억 원)	203	8	156	3	7	86	24	5	492

※ 출처 : 2014년 신·재생에너지 산업통계 (한국에너지공단 신·재생에너지센터, 2015)

□ 국내외 산업동향

- (국외) 원유 대체제로서 바이오연료 수요의 증가에 따라 바이오연료 산업은 장기적으로 지속 성장할 것으로 전망. 목질계, 미세조류 등 차세대 바이오연료 생산의 경제성 확보를 위한 투자가 확대될 것으로 기대
- (국내) 바이오매스 발전사업 및 바이오연료* 생산 사업 추진과 함께 해외시장 기반의 바이오매스 확보를 위한 바이오원료 사업 활성화

* 바이오부탄올, 바이오에탄올, 바이오디젤, 미세조류 활용 바이오연료

<표 2.4.6> 주요기관 기술개발 동향

세부 기술군	주요기관	기술개발 동향
고형 바이오연료	(러) Trans-sibirskaya lesnaya	• 러시아 최고의 우드펠릿 생산기업(연간 생산량 16만톤)
	(한) 썬텍에너지	• 우드펠릿 등을 이용한 바이오매스 열병합 발전소 운영
	(한) 한국동서발전	• 폐목재를 활용한 우드칩 바이오매스 발전소인 동해 바이오매스 발전소(30MW급) 운영('16)
	(한) 한국중부발전	• 우드칩과 우드펠릿을 사용하는 200MW(100MW*2기)급 바이오발전소 설립('16)
	(한) 포항신재생에너지	• 110MW급 순수 목재펠릿 발전소 건설 추진('16)
바이오 액체연료	(미) Dupont	• 2015년 세계에서 가장 큰 셀룰로오스 바이오 연료 생산 설비 완공(연간 3,000만 갤런 생산)
	(미) POET-DSM	• POET와 Royal DSM의 Joint Venture 회사 • '14년 세계 최초의 셀룰로직 에탄올 플랜트 완공(연간 2,000만 갤런 생산)
	(미) ADM	• 세계 최대의 바이오디젤 생산설비 보유
	(미) Solazyme	• 조류로부터 재생가능 디젤 및 제트연료유 생산
	(뉴) LanzaTech	• 폐기가스를 재활용하여 바이오에탄올을 생산하는 미생물 발효 기술
	(한) SK 케미칼	• 국내 최대 바이오디젤 생산 기업(생산 능력 12만톤/년)
	(한) SK 이노베이션	• 바이오부탄올을 중심으로 한 2세대 바이오연료 생산기술 개발에 주력
	(한) GS 칼텍스	• 차세대 바이오부탄올 양산기술 개발('16) • 세계 첫 실증사업인 바이오부탄올 생산 데모플랜트 착공('16) • 말레이시아에서 상업용 바이오부탄올 생산 추진('16)
	(한) 애경유화	• 바이오디젤 상업화에 이어 바이오디젤 부산물로 발생하는 crude 글리세린을 활용하여 공업용/식품용 정제 글리세린을 연간 1만톤 제조하는 시설을 완공

	(한) 창해에탄올	• 2006년 국내 최대 규모의 바이오에탄올 증류·탈수 설비를 독자 개발하고 바이오에탄올 관련 기술을 꾸준히 개발 • 바이오 연료물질 및 바이오 화학물질 제조방법으로 미국, 중국, 브라질, 인도네시아, 태국 등 해외 5개국에 특허 출원
	(한) 단석산업	• 연산 8만톤 생산하며 최하급 폐식용유를 바이오디젤 원료인 정제유로 변환하는 정제설비(연 6만톤) 건설
	(한) 제이씨케미칼	• 폐식용유 활용 등으로 제조한 바이오디젤 연간 250억 규모 해외 수출('16)
	(한) 지엔씨에너지	• 인도네시아에서 연간 4만 4천 톤의 팜오일 생산가능한 팜오일 공장 가동('16)
바이오 가스	(독) Agragerm Technologies	• 전 세계 수백여 기의 바이오가스 생산설비(연간 800억원 이상의 매출)
	(네) Attero	• 바이오가스 생산 회사로써 네트워크 회사와 합작하여 그린가스 부스터 설비 예정 • 그린가스 부스터를 통해 3만 5천 가구에 그린가스를 공급할 예정
	(독) ECO Erneuerbare Energien GmbH	• 바이오가스 플랜트 설계, 시공, 유지보수 관리 사업
	(한) 에코에너지 홀딩스	• 매립가스 발전과 바이오가스 자원화, 고품폐기물 연료화 사업 주력
	(한) SK E&S	• 가축 분뇨에서 발생하는 바이오가스를 도시가스로 정제 및 공급
차세대 바이오매스	(덴) Novozymes	• 덴마크 바이오업체로 세계효소시장 점유율 1위(2013년 기준 48%) 업체 • 미생물 관련 연구 수행
	(캐) Dynamotive	• 목질계 바이오매스 열분해를 통한 바이오항공유 전환 기술 개발
	(한) 호남석유화학	• 미세조류 수확기술, 유용물질 추출 기술 및 정유관련 기술 개발
	(한) 바이올시스템즈	• 홍조류에서 바이오에탄올을 만드는 실증 공장 세계 최초 준공
	(한) 메가클로	• 국내산 미세조류 이용한 천연추출 클로로필(엽록소) 국내 최초 상용화('16)
바이오 리파이너리	(벨) Alco Bio Fuel	• 2015년 이산화탄소 친환경 처리를 위한 공장 설립
	(일) Eco Research Institute Ltd.	• 펄프나 파지를 갈아 만든 종이파우더를 활용한 바이오플라스틱 생산 기업
	(한) 롯데케미칼	• 바이오 PLA 중합 및 가공응용제품 생산 기술 개발
	(한) CJ 제일제당	• 바이오기반 나일론, PLA 융합공정기술 개발, PLA 중합을 위한 촉매 생산 상업화 기술 개발

2.4.4. 이차전지

- ◆ (세계) 세계 이차전지 시장은 2020년까지 약 2배 규모로 확대 전망('13년 대비)
 - 세계 이차전지 시장 : 554억\$('13) → 1,031억\$('20)
- ◆ (국내) 국내 ESS 시장 급성장으로 2020년 10배 이상 성장 전망('13년 대비)
 - 국내 ESS시장 : 827억원('13) → 8,629\$('20)

□ 세계 시장동향³⁷⁾

- 휴대폰 및 노트북 등 저용량 리튬이온 전지에서 하이브리드카 및 대용량 ESS 등의 중대형 이차전지 시장이 성장을 주도할 전망
- 세계 이차전지 시장은 2013년 554억\$에서 2015년 661억 \$ 규모로 성장, 2020년까지 1031억\$ 규모까지 성장할 것으로 전망

<표 2.4.7> 이차전지 국외시장규모

구분	2013년	2014년	2015년	2020년
이차전지 국외 시장규모 (억\$)	554	605	661	1031
리튬 이차전지 국외 시장규모 (억\$)	172	199	248	541
ESS 국외 시장규모 (억\$)			31 (1.2GWh)	171 (9.2GWh)

- 리튬이차전지(LIB)의 경우 기존 모바일 IT기기에서 자동차 및 에너지 저장시스템(ESS) 등으로 용도가 확대됨에 따라 세계시장 규모는 2013년 172억\$에서 2020년 541억\$로 성장할 전망
- 2020년 리튬이차전지 시장은 xEV용 이차전지 시장이 대폭 증가함에 따라 '14년 49.8Gwh에서 '20년 274.9GWh 규모로 5.5배 이상 성장이 예상됨(xEV용 이차전지 시장 5.5GWh('14) → 158.6GWh('20))
- 2015년 소형 리튬이차전지와 중대형 리튬이차전지의 비율은 8:2 에서 2018년을 기점으로 5:5 의 비중으로 바뀔 것이며, 2020년에는 3.5 : 6.5 의 용량비가 예상됨
- ※ xEV LIB의 용량비중은 2014년 11.0% 에서 57.7% 까지 성장, ESS LIB의 비중은 2014년 2.5% 에서 2020년 7.2% 까지 조금씩 늘어날 것으로 전망
- 차세대 이차전지 분야의 전체 시장은 2019년 9.2백만\$에서 2025년 14억\$, 연평균 132.3%로 크게 성장할 것으로 전망되며, 초기에는 계통연계형 고정형 저장부문(Grid-tied stationary energy storage) 위주의 시장이 형성되지만, 2025년까지 수송용과 고정형 저장 부문 사이의 균등한 분배가 이루어질 것으로 예상됨(Navigant Research ('16))

37) Market Intelligence, 한국수출입은행, 2015 / 산업통상자원부 2016-04-21 보도자료(SNE Research, 2015)

- (Li-S 배터리) Lithium Sulfur 배터리는 2021년 수송분야에 먼저 사용되기 시작해 '21년 138.6MWh에서 2025년 703.9MWh로 시장이 성장할 것으로 전망되며, 계통연계형 고정형 저장 분야의 경우 2022년 사용되기 시작해(43MWh) 2025년 232MWh까지 성장할 것으로 전망됨
※ 전체 Li-S 시장 전망: 138.6MWh(41.3백만 \$)(‘21) → 935.9MWh(214.9백만 \$)(‘25)
- (Li-SS 배터리) Lithium Solid-State는 2021년 207.9MWh(61.9백만\$)에서 2025년 3.4GWh(805.9백만\$)로 연평균 101.3%의 성장률을 보이며, 수송부분에서 활발히 사용될 것으로 전망됨
- (Flow Batteries) 흐름전지는 2019년 30.2MWh(9.2백만\$)에서 2025년 1.5GWh(280.8백만\$)로 연평균 90.9%의 성장률을 보이며, 계통연계형 고정형 저장분야를 중심으로 시장형성
- 에너지저장장치(ESS) 세계시장은 송배전용 및 수송가 중심으로 2015년 1.2GWh(31억\$)에서 2020년 9.2GWh(171억\$)로 연평균 50.3%씩 성장할 전망 (SNE Research('15))

□ 국내 시장동향³⁸⁾

- 국내의 2013년 827억 원 수준의 ESS시장은 급격히 증가하여 2020년 8,629억 원에 이를 것으로 예상
- 2015년 ESS 누적설치용량(239MWh)이 '13년(28MWh) 대비 8.5배 증가(연평균 증가율 192%)

<표 2.4.8> ESS 국내 시장규모

연도	국내 ESS 시장규모 (억원)	ESS 설치용량 (MWh)
2013	827	28
2015	2,359	150 (누적 239MWh)
2020	8,629	

- 국내 리튬이차전지용 ESS 시장은 2015년 271MWh의 실적을 기록하였으며, 2020년 예상되는 수요 규모는 797MWh(전력용-426MWh, UPS-90MWh, 상업용-178MWh, 가정용-62MWh, 통신용-41MWh)
- 시장의 50% 이상을 점유하는 전력용은 현재 풍력 연계에서 향후 태양광으로 확대될 전망

□ 국내외 산업동향

- (국외) 기존 이차전지의 에너지밀도, 충·방전효율 향상 및 신소재 적용을 위한 기술개발
 - 전기자동차 관련 시장이 확대되면서 수명이 길고 가벼우며 급속충전이 가능한 EV용 이차전지 기술개발 활발
- (국내) 리튬이차전지 성능 향상 및 대용량 차세대 이차전지 에너지밀도 향상 관련 기술

38) 2013-2014 에너지기술 국내시장 전망, 한국에너지기술평가원, 2013, 산업통상자원부 2016-04-21 보도자료

개발을 중심으로 수행되고 있으며, 실증사업을 통하여 ESS 상용화 추진 중

<표 2.4.9> 주요기관 기술개발 동향

세부 기술군	주요기관	기술개발 동향
리튬이온전지	(일) 미쯔비시	•14 kWh급 리튬이온 가정용시스템 및 산업용 저장시스템, 자동차용 Li-ion 전지 등 개발
	(일) Sharp	•태양전지용 LiB 사업을 위해 DNP, 다이와 House와 합작법인(Elly Power) 설립
	(한) 삼성전자	•상용 리튬이온전지 대비 에너지 밀도를 2배 가까이 높일 수 있는 고정 그래핀 코팅 실리콘 음극소재 기술 개발
	(스) PSI / ETH Zurich	•기존의 리튬이온 충전 배터리의 성능을 현저히 향상시킬 수 있는 매우 간단하고 비용 효과적인 방법을 개발(성능 30~50% 증가)('16)
	(중) Shanghai Tan Yuan Graphene Co., Ltd.	•세계 최초의 그래핀 리튬이온전지 제품 출시('16) •영하 30. C~80. C의 환경에서도 견딜 수 있도록 제작되었으며, 최대 3,500회까지 충전이 가능하고 충전 효율은 일반 전지의 24배 달성
	(중) 다롄화학물리연구소	•세계에서 에너지 밀도가 가장 높은 리튬/유황 전지 개발 및 기술검증 통과('16) •35Ah 전지의 무게당 에너지밀도가(wh/kg) 566Wh/kg (25℃에서 측정), 39Ah 전지 무게당 에너지 밀도는 616Wh/kg(50℃에서 측정), 1kWh 리튬/유황 전지의 에너지 밀도는 332Wh/kg
	(한) 한국지질자원연구원	•버려지는 실리콘 폐기물을 재활용해 첨단 고부가가치 원료소재인 그래핀-실리콘 복합체를 단일 공정으로 제조하는 기술 세계 최초개발('16)
	(한) KAIST	•빠른 속도의 충·방전이 가능하며 동시에 1만 번 이상의 작동에도 용량 손실이 없는 리튬이온 이차전지 음극 소재를 개발('16) •1분 이내에 130mAh/g의 용량을 완전히 충·방전하는데 성공하였으며, 이 과정에서 용량 손실 없이 1만 번 이상 작동
	(한) SK이노베이션	•황명그룹(중국) 및 포모사(대만)와 ESS 실증사업 진행 중 •전기차 시장 성장으로 이차전지 핵심 소재인 LiBS 수요 급증에 대응하여 '16년 상반기 이차전지 분리막(LiBS) 생산라인 증설 발표 •리튬이온 배터리 분리막(LiBS) 추가증설 추진 중('16)
리튬공기전지	(영) 캠브리지大	•그래핀 탄소전극을 이용하여 2000회 이상 재충전 가능한 리튬이온 배터리 개발('15)
	(한) 한국과학기술원	•유무기 복합 보호층 도입으로 충전 및 방전 사이클 수명 3배 연장('16)
	(중) 난카이대학	•망간-멀라이트를 촉매제로 사용하여 마그네슘 금속전지 제작, 기존 금속 촉매제보다 단가를 대폭 줄였고 중성 전해액에서 안정적으로 작동할 뿐만 아니라 전지의 효율 대폭 향상 •최초로 망간-멀라이트를 마그네슘 금속전지의 촉매제로 사용하여 중성 염화마그네슘 용액에서 산화환원전위 0.78V에 도달
	(한) 한양대 (미) 아르곤 국립연구소	•그래핀 및 이리듐 촉매 결합을 통해 리튬공기전지 에너지효율 90% 달성('16)
초고용량	(일) 신슈大	•수소전해질과 고체전해질을 병용하여 안전한 리튬이온전지의 대용량

커패시터		특성을 가진 새로운 구조의 슈퍼커패시터 어드밴스트 하이브리드 슈퍼커패시터(AdHiCap)개발('12)
	(일) 도요타 자동차	•프리우스 하이브리드에 슈퍼커패시터 적용
	(미) UC리버사이드大	•전기차 및 휴대용 전자제품의 배터리 수명을 늘리며 더 가볍고 더 빠른 충전을 가능케 하는 슈퍼커패시터 배터리 개발 ('14) •전극없이 성공적으로 고성능에 페이딩 8,000회 이상 순환 가능
	(중) 중국과학기술대학	•양성 이온 (zwitterionic) 젤형 전해질을 고체 슈퍼커패시터에 응용하여 graphene-based 고체 슈퍼커패시터 가운데 성능이 가장 뛰어난 커패시터 개발 성공('16) •0.8Acm-3 전류 조건에서 300.8Fcm-3의 커패시턴스(capacitance)에 도달하였고 전류가 25배로 증가된 후에도 14.9%의 커패시턴스 손실을 보여 현재 graphene-based 고체 슈퍼커패시터 가운데 성능이 가장 뛰어남
	(한) 한국에너지기술연구원	•면적 120cm ² , 두께 0.3mm의 유연박막형 슈퍼커패시터 제작('16)
	(한) 삼화콘덴서	•기존 슈퍼 커패시터의 높은 출력 밀도와 리튬이온전지의 높은 에너지 밀도를 가지는 '하이브리드 커패시터' 개발('13)
	(한) SK케미컬	•슈퍼커패시터의 충전 및 방전 반응에 필요한 이온을 이동시키는 용액 전해액 생산 •핵심 기술인 전해염(Salt)의 자체 합성/설계기술 보유
나트륨 전지	(일) NGK	•NGK의 NaS 전지 세계시장 점유율은 거의 절반에 이르고 있으며, 프랑스 EDF와 150MW, UAE와 300MW 공급계약 체결
	(일) YUASA	•NEDO 프로젝트에 참여하여 NaS 전지 개발, 100 kW급 이상의 NaS 전지를 제작 및 실증 운영
	(일) Sumitomo Chemical	•36kWh급 스택을 구성하여 시험 운전('10)
	(중) 중국과학원	•신형의 높은 비 에너지 실온 나트륨 황 전지 개발('14)
	(중) 중국과학원	•disodium 2,5-dihydroxy-1,4-benzoquinone(Na2C6H2O4)을 전지의 음극재료로 사용하여 새로운 나트륨 이온 전지를 개발에 성공('16)
	(한) POSCO	•전력저장용 NaS전지를 국내 최초로 개발('10)
레독스 흐름전지	(독) Fraunhofer	•전기자동차 적용을 목적으로 개발, Prototype 완성 •유기계 활물질 개발 진행
	(일) Ryukyu (V/V)	•바나듐 레독스 전지용 전해질 개발 •'VANASAVR'란 상품명으로 발매중
	(일) Sumitomo Chemical	•5 kW 바나듐 레독스 전지 스택 개발 및 MW급 설치 후 중단하였으나 다시 개발 시작
	(한) 한국에너지기술연구원	•1,000kW급 대용량 레독스 플로우전지 스택 개발('15)
	(한) 에이치투	•VRFB 독립모듈을 이용한 20kW-40kWh ESS 개발('13) •2014년 세종시 호수공원에 20kWh급 ESS를 구축하여 국내 첫 상용화 성공
	(한) 한국전력-에이치투	•레독스플로우배터리(VRFB)(용량 1MWh)를 탑재한 ESS를 성능/안정성 평가 통과 후 신재생에너지원과 연동해 국가 전력망 실증사업에 투입('16년)
	(한) LG화학	•에너지 저장 흐름 전지(RFB)용 선택적 이온전달 소재 개발('12)

2.4.5. 전력IT

- ◆ (세계)에너지 수요관리 강화 및 투자 확대로 전력IT 관련 기술시장은 2015년 대비 2020년 약 2배 확대 전망
 - 세계 BEMS 시장 : 24억\$('15) → 55.6\$('20)
 - 세계 FEMS 시장 : 135억\$('15) → 224\$('20)
 - 세계 V2G(Vehicle-to-Grid) 시장: 32억\$('15) → 266\$('20)
- ◆ (국내) 국내 EMS 시장은 2013년 2,590억 원에서 2020년 14,942억 원으로 연평균 28.4%의 고성장 전망
 - 국내 BEMS 시장 : 1,216억원('15) → 3,790억원('20)

□ 세계 시장동향

- 건물 및 공장의 에너지 사용 및 비용 절감에 대한 관심 증대와 에너지 절감을 위한 시스템 투자 증가로 국내외 EMS 시장 규모 지속적 확대
 - Commercial Building Automation System의 세계 시장은 2013년 593억\$에서 2023년 867억\$로 성장해 연간 3.9%의 성장률(CAGR)을 보일 것으로 전망됨
 - 세계 EMIS(Energy Management Information System) 시장은 2015년 599.3억\$에서 2020년 720.9억\$로 연간 3.8%의 성장률을 보일 전망이며, 아시아시장에서의 성장률이 크게 나타날 것으로 예측³⁹⁾
 - 미국 EMIS시장 : 279.3억\$('15)→ 291.2억\$('20) (CAGR 0.8%)
 - 아시아 EMIS시장: 164.8억\$('15)→ 235.0억\$('20) (CAGR 7.4%)
 - EU EMIS 시장: 103.1억\$('15)→ 129.8억\$('20) (CAGR 7.4%)
 - EMIS 시장을 End-User를 기준으로 세분화 해 보면, 2020년까지 주거/상업 부문의 성장률이 가장 높게 나타나, 주거/상업분야에서 활용 가능한 EMIS 기술개발이 활성화 될 것으로 예측 가능함
 - 주거분야 EMIS 시장 : 29.8억\$('15)→ 677.6억\$('20) (CAGR 17.8%)
 - 상업/산업/공공분야 EMIS 시장 : 260.1억\$('15)→ 374.8억\$('20) (CAGR 7.6%)
 - 수송분야 EMIS 시장 : 3.3억\$('15)→ 4.5억\$('20) (CAGR 6.6%)
 - Utility 분야 EMIS 시장 : 306.1억\$('15)→ 273.7억\$('20) (CAGR -2.2%)
- 신재생에너지 융합을 위한 에너지저장시스템 세계 신규 설치 규모는 2015년 196.2MW에서 2025년 12.7GW로 성장할 전망(Navigant, 2015)

39) Energy Management Information Systems: Global Markets, BCC Research, 2016.6

- 신재생에너지 융합을 위한 에너지저장시스템, 분산형 에너지 자원 통합, V2G 관련 세계 시장 규모 고성장 전망
- 분산형 에너지 자원 통합을 위한 전세계 스마트그리드 및 에너지 기술 시장 규모는 2015년 73억\$에서 2024년 209억\$까지 확대될 전망(Navigant, 2015)
- 전기차 배터리에 저장되어 있는 전력을 그리드에 연결하여 활용하는 V2G (Vehicle-to-Grid) 세계 시장 규모는 2015년 현재 32억\$에서 2020년에는 266억\$ 까지 확대될 전망 (산업통상자원부 보도자료, 2015.10)
- 유럽에서는 SDHp2m 프로젝트를 통해 500 MWth 규모의 신재생 열에너지 융복합 이용 지역난방 시장 창출계획 (SDH, '16)

□ 국내 동향

- 국내 EMS 시장은 2013년 2,590억 원에서 2020년 14,942억 원으로 연평균 28.4%의 고성장 전망
- 현재 국내 BEMS 시장의 규모는 작으나, 제로에너지건물 등 정부정책 등에 의하여 향후 급속성장 할 것으로 전망
- 국내 FEMS 시장 역시 스마트공장 확산을 통한 에너지 효율화 및 보급확산 지원 정책에 힘입어 지속적인 성장세를 이어나갈 것으로 전망

<표 2.4.10> EMS 시장동향

	HEMS	BEMS		FEMS	
	세계(억\$)	세계(억\$)	국내(억원)	세계(억\$)	국내(억원)
2013	5.1	20	494	113	2,096
2015		24	1,216	135	4,192
2020	28	55.6	3,790	224	11,152

출처 : 월간 SW 산업 동향 (정보통신산업진흥원, 2014.01.)

산업통상자원부(2014.01.)

Home Energy Management Systems 2013~2017 (GTM, 2013),

Navigant Research (2013, 2014, 2015),

BEMS Market 2014 Q1: Developments in Europe and the USA (CABA,2014)

- 국내 V2G 관련 시장은 초기단계로서 기술개발을 시작하고 있고, 제주 실증단지를 통해 기술 검증 중⁴⁰⁾
- V2G용 차량 보급대수는 2020년 3만대, 매출액은 7.2억\$, 관련 인프라 매출액은 1.75억\$, 기술관련 매출은 2.83억\$이며, V2G 서비스로 인한 매출은 0.53억\$로 예측

40) 새로운 에너지저장 매체로서의 연료전지자동차 계통 연계기술, Journal of the Electric World/Monthly Magazine, 2014.6

- 친환경에너지타운 사업을 통해 기피·혐오시설 부지를 활용하여 재생에너지를 생산/판매하고, 주민 생활환경 개선과 소득 향상에 기여
- 정부에서는 친환경에너지타운을 통해 2030년까지 100조원 규모의 시장과 50만개의 일자리 창출 목표 발표

□ 국내외 산업동향

- (국외) 건물 및 산업 전반의 전주기적 에너지관리기술 개발 및 실제 건물에 적용을 통해 에너지 절감을 달성
 - 신재생하이브리드 분야에서는 전기자동차/태양광 등의 신재생에너지와 스마트홈 시스템의 연계 기술개발 및 상용화 추진
- (국내) 정책적인 보급/지원사업과 함께 인프라 및 서비스 확대로 EMS 및 신재생 융복합 관련 기술개발 및 실증사업 활발
 - (EMS) 국내 공공기관 EMS 설치의무화 시행 및 스마트/마이크로그리드 구축사업에 따라 관련시장이 점차 확대되고, 제품 상용화 기술개발 및 실증·보급사업 활성화
 - ICT 기술과 설비관리, 에너지효율관리 시스템 분야 융합 가속화
 - EMS 기반 원격검침 인프라 및 서비스 확대로 전력사용의 효율적 관리
 - FEMS 설치를 통한 공장의 효율적 관리로 에너지 절감 성과 창출
 - (신재생에너지 하이브리드) 친환경에너지타운 조성사업을 기반으로 신재생하이브리드 기술 보급 촉진 및 개발기술의 해외 수출 및 실증 확대
 - ESS/그리드 연계 신재생 융복합 기술개발·실증사업 및 해외 시장 진출 확대
 - 친환경에너지타운 조성사업을 기반으로 신재생하이브리드 기술 보급 촉진 및 모델의 해외 수출 검토

<표 2.4.11> 주요기관 기술개발 동향

세부 기술군	주요기관	기술개발 동향
EMS	(프) 슈나이더 일렉트릭	•건물 및 산업전반에 걸쳐 전주기적인 엔터프라이즈 에너지관리기술을 개발하고 적용 하는 EMS 분야 최고 선두 기업
	(미) 존슨 콘트롤스	•BEMS 기술을 엠퍼이어스테이트 빌딩에 적용 37% 에너지절감을 달성한 미국의 대표적 자동화 업체로 METASYS라는 지능형 건물 자동화시스템을 공급
	(독) 프라운호퍼	•단일 첨단 전기 계량기를 사용하여 기기별로 총 에너지 소비 기기를 분류하는 방법 개발('16)
	(한) LG CNS	•공장 최적화를 위한 스마트 팩토리 솔루션 사업 추진 •ESS와 EMS를 활용해 전기 에너지 이용의 경제성을 극대화하는 ‘스마

		트 그리드 솔루션' 자체 개발 •EMS와 태양광 등 친환경 에너지 발전을 결합한 스마트 마이크로그리드 솔루션 중심으로 울릉도 에너지자립섬 사업추진
	(한) LS 산전	•기존 자동화 기반 스마트 공정 라인에 1MW급 ESS, 2MW급 태양광 발전시스템, 고효율 인버터, LED 조명, 스마트 미터 등을 설치해 공장 전체의 에너지 사용량을 실시간으로 파악('16)
	(한) 이젠파트너스	•한국에너지공단의 '2016년도 ICT기반 에스코(ESCO)사업' 수주에 따라 홈스테드커피 프랜차이즈 5개 매장에 대해 에너지관리시스템(EMS) 구축 시작('16)
	(한) 나라컨트롤	•BAS 제어장치와 통합기술 개발 •실제 건물에 개발 시스템 적용으로 냉난방 에너지 사용량 약 20% 절감 •자체 개발한 '능동형 건물에너지관리시스템(N-BEMS)'을 구축해 최근 김포공항과 인천국제공항의 터미널, 서울특별시 시립 서북병원 등에 제공('16)
	(한) KT	•KT-MEG 기반 통합관제 기술 및 운영 서비스를 통해 에너지 생산·소비·거래 융복합사업 추진 •KT-MEG(Micro Energy Grid) : 실시간 원격 관제 지원, 시스템에 의한 지능적 분석 및 EMS 클라우드화 제공
	(한) 한화S&C	•한화케미칼 여수사업장에 에너지관리 솔루션인 '스팀정보관리시스템'('14) 구축 •제주도 서귀포 열병합발전소의 바이오매스 전소 발전설비 구축('15)
	(한) 한국전력	•스마트그리드확산사업, 8개 지자체와7개기업이 컨소시엄을구성, 국비·지방비 등 301억원을 투자하는 정부주관 사업으로 2018년까지 아파트와 상가 11만호에 AMI(원격검침인프라) 구축('16)
	(한) LG화학	•대산공장 내 모든 에너지의 생산, 이송, 사용 현황을 한눈에 파악할 수 있도록 실시간모니터링 시스템을 구축('16)
	(한) LG전자	•일반가전제품을 스마트가전처럼 바꿔주는 '스마트센큐센서' 출시 - 지름 4cm짜리 원형 센서를 LG의 일반 세탁기·냉장고·에어컨·로봇청소기에 부착해 스마트폰으로 원격 제어하는 방식
	(한) SKT	•Cloud EMS 개발('11) 및 상용화 추진 중
신재생 하이브리드	(일) 혼다	•전기차를 스마트홈 시스템과 연계시키기 위한 태양광, 리튬이온전지(전기차 배터리), HEMS 등을 적용한 스마트홈 구축 (캘리포니아, '14) * 쓰고 남은 전기는 필요할 경우 지역 전력망으로 송전
	(일) 닛산	•전기자동차에서 V2H(Vehicle-to-Home) 시스템을 이용하여 가정으로 전력을 공급하는 방식의 'EV 파워스테이션' 출시 ('14)
	(일) 세키스이화학공업	•용량 5.53kWh의 전지와 4.8kW의 태양광발전, 그리고 가정용에너지관리시스템(HEMS)을 결합한 '스마트하임' 발매('12)
	(일) JST	•신재생에너지를 포함하여 발전 및 축전기로 구성되는 전력 시스템에서 스마트미터 간의 통신을 사용하여 분산 전력 사용량을 조정하는 새로운 기술을 개발
	(미) GE	•풍력 터빈-2차 전지 결합-하이브리드 윈드 터빈 출시('13)
	(독) SMA	•태양광 발전과 2차전지를 쉽게 결합할 수 있게 하는 시스템 상품화('13)
	(호) ARENA	•19.2MW 규모의 태양광, 21.6MW의 풍력, 2MW/4MWh 배터리저장시스템 통합 : 풍력으로 기본 발전을 하고, 태양광 발전은 일조시간인 전력피크 시간에 전력을 공급하고, 배터리에 전력을 저장하여 수요에 따라 공급하여 에너지 신뢰성으로 향상시켜, 재생에너지를 통해 24시간 에너지를 공급하는 시스템('16) •10.8MW규모의 태양광 플랜트와 1.4MW / 5.3MWh의 리튬이온배터리가 결합된 프로젝트 추진('16)

(호) Queensland	에너지공급업체인 Ergon Energy社와 함께 태양광 발전, 가정용 배터리 에너지 저장시스템(resi-BESS), 가정에너지관리시스템(HEMS)을 결합한 스마트그리드 시스템 실증을 개시('16)
(캐) Carnegie Wave Energy社	호주 WA州 Perth의 Garden 섬에 세계 최초의 재생에너지 100%의 독립전력망 구축
(한) 친환경에너지타운	(산업부) 광주 태양광 발전단지 (환경부) 홍천 바이오가스 생산 및 활용 (미래부) 진천 신재생 융복합 및 계간축열 등 활용
(한) 산업부-한국에너지공단-아시아개발은행	필리핀 코브라도섬의 기존 디젤발전기를 태양광(30kW)·ESS(175kWh)·디젤발전기(15kW, 보조)로 구성된 신재생에너지 하이브리드시스템으로 전환하는 사업 준공('16)
(한) 한국전력	- 에너지신사업 모델美 첫 수출, 스마트캠퍼스구축 : 한전의 건물 에너지 관리 운영시스템인 K-BEMS와 태양광발전, 에너지저장장치(ESS), 스마트계량기(AMI), 냉방시스템을 연계하는 방식으로 스마트캠퍼스 추진('16) - 태양광과 지열, ESS(전력저장장치)를 이용해 온실 냉난방과 조명에 필요한 전력 대부분을 해결하는 약3,300㎡규모(1,000여평)의 미래형 농가온실 실증추진
(한) 남부발전	태백·창죽·평창풍력에 연말까지 36MWh 규모의 풍력 연계용 ESS 설치
(한) LS산전	안산 대부도를 탄소제로 지역으로 만들고 태양광·풍력·지열 등 신재생 에너지 산업을 육성하며 전기에너지 저장장치(ESS), 전기자동차충전소 설치·운영('16)
(한) LG CNS	제주 최대 규모 풍력연계형 에너지저장시스템 구축('16)
(한) SKT 컨소시엄	대구국가산업단지에 ESS와 융복합분산전원, 종합정보센터를 설치하는 블록형 마이크로그리드 구축 사업자로 선정
(한) 데스틴파워	에너지저장장치(ESS), 인버터, 수배전반 등을 결합한 신개념 태양광 발전 시스템 개발로 100억원대 AC 배터리 시스템 공급 계약('16)
(한) 에스에너지	사이판100kW 마이크로그리드 시장진입, 해외시장 본격진출('16)
(한) 누리일렉콤	캄보디아의 전력이 공급되지 않고 있는 지역의 저소득층을 대상으로 풍력과 태양광 하이브리드 발전 설비인홈솔라, 풍력융합전원공급시스템을공급('16)
(한) 메가솔라	(주)효성과 태양광발전소 에너지저장장치(ESS) 설치와 관련한 업무협약 체결로 태양광발전소와 ESS연계 사업 본격화('16)
(한) LG화학	독일 SMA와 가정용 태양광 ESS 솔루션 제휴, 유럽과 호주에서 가정용 태양광 에너지저장장치(ESS) 솔루션을 제공('16)
(한) 전력연구원	급격한 출력 변동을 갖는 신재생에너지의 연계 운전을 위한 에너지저장시스템(ESS) 다기능 운영 모의시스템 개발, 오는 2018년까지 서남해 해상풍력 연계 예정('16)
(한) 포스코 ICT	- 일본 기업인 에디슨파워와 협력해 마이크로그리드 망 구축, ESS 공급하는 사업 추진('13) - 미국 가정용 태양열 업체 선련과 제휴를 맺고주택 지붕의 태양열 시스템과 배터리 저장 시설을 결합, 24시간 가정에 전력을 공급하기 위한 시스템판매

2.4.6. CCS

- ◆ (세계) 현재 시장형성 단계로 기후변화대응 기술 투자 확대와 더불어 CCS 기술 시장도 급격히 확대될 전망
- ◆ (국내) 정부 주도의 CCS 기술 개발 및 실증을 통한 세계시장에서의 경쟁력 확보 추진

□ 세계 시장동향

- (국외) 세계 발전 및 산업분야 적용 CCS 플랜트 프로젝트 수요는 100개('20)→850개('30)→2100개('40)→3,400개('50)개로 전망되며, 2010~2050년 연평균 CCS 플랜트 사업 투자 규모는 약 84조원(753.5 billion \$)으로 전망(IEA, CCS Technology Roadmap 2009)
 - '50년 기준 CCS 플랜트는 발전부문(48%)을 중심으로 철강, 시멘트, 석유화학, 펄프 및 종이 등 산업부문(32%), 가스처리 등 업스트림 부문(19%)까지 확대 적용 전망
 - CCS 기술은 아직 시장이 형성되지 않은 신사업 영역으로 주요 선진국에서는 초기시장 선점을 위해서 기술개발 가속화 추진 중

<표 2.4.12> 세계 CCS 시장 규모 및 전망

구분	2010-20	2020-30	2030-40	2040-50
CCS 상용 플랜트 수	100	850	2,100	3,400
포집 CO ₂ (Mtonnes)	299	2,536	6,143	10,080
투자비 (US\$ 10억)	63	605	1,182	1,164

출처 : CCS Technology Roadmap 2009, IEA

□ 국내 동향

- 국내 CCS 시장은 아직 형성되지 않았으나, 대기업들은 CCS 해외플랜트 수주를 목표로 공정개발·실증연구와 생물학적·화학적 전환기술개발 추진 중
 - ※ 포집공정개발(포스코, 두산중공업), 실증연구(대림산업, 한국전력기술, KC코트렐), 전환기술(엘지화학, 지역난방공사, SK이노베이션, 삼성정밀화학)
 - CO₂ 분리막 소재생산, 지중저장 탐사 및 시추 관련 연구는 국가 연구 개발 사업에 참여한 중소·중견기업 중심으로 추진

<표 2.4.13> 국내 CCS 산업계 기술개발 현황

부처	기업명	기술개발내용	연구개발비(억)	비고
미래부	에어레인	분리막 모듈	0.6	소재연구
	넥스지오	CO ₂ 주입정 및 관측정 시추 기술	9	지중저장
	지오텍	주입성 측정시스템 개발	12	지중저장
산업부	대림산업	습식포집공정 기본설계	8	포집공정
해수부	네오엔비즈	해양 지중저장 후보지 환경영향 평가	8	환경평가

□ 국내외 산업동향

- (국외) CCS 기술 선도국들은 대규모 통합 CO₂ 포집·수송·저장 프로젝트의 국제공동협력을 통해 CCS 상용화를 추진 중
- (국내) 정부의 석탄발전 처리 및 오염물질 감축계획 발표에 따라 배출가스 처리 및 CCS 기술 확보 등 친환경 발전시장 진출을 위한 전략 마련 중
 - 발전 공기업을 중심으로 이산화탄소 포집·저장 설비 구축 확대 및 포집된 이산화탄소 활용을 위한 기술 개발 추진 활발

<표 2.4.14> 주요기관 기술개발 동향

세부 기술군	주요기관	기술개발 동향
포집/저장	(한) 에어레인	•분리막 모듈 (소재연구)
	(한) 대림산업	•습식포집공정 기본설계
	(캐나다) SaskPower	•세계 최초 110MW급 석탄발전소에 CO ₂ 포집 플랜트 설치
	(UAE) Masdar, ADNOC	•공동벤처로 아민계 습식 포집기술을 적용한 CCS프로젝트 진행 - 연간 80만톤 CO ₂ 포집, 45KM 파이프라이 수송 후 아부다비산에 EOR용도로 판매 예정
	(영) Scottish Enterprise, 2Co Energy and Nexen Petroleum, Shell	•CO ₂ 활용 EOR 기술개발을 통한 CO ₂ 저장기술 확보
	(한) 넥스지오	•CO ₂ 주입정 및 관측정 시추 기술
	(한) 지오텍	•주입성 측정시스템 개발
	(한) 네어앤비즈	•해양 지중저장 후보지 환경영향 평가
	(한) 두산중공업	•연소 후 배기가스 중 이산화탄소 분리 및 포집하는 PCC(Post-Combustion Capture) 원천 기술을 보유한 캐나다 기업 HTC로부터 기술 라이선스 확보
	(한) 한국전력	•차세대 CO ₂ 분리막 상용기술 개발 추진 •CO ₂ 분리 연소 핵심소재(Ni계 산소전달입자) 개발
전환	(한) SK이노베이션	•CO ₂ 를 이용한 친환경 플라스틱 원료 기술 개발, '20년까지 연간 매출 5조원, 탄소배출권 100만t 확보 목표
	(한) 엔엘피(주)	•한국지역난방공사와 공동으로 CO ₂ 활용 미세조류 배양을 통해 바이오오일, 향산화물질, 기능성 화장품, 바이오디젤 생산기술 개발
	(한) 동광화학, 씨오투텍	•농작물 대상 CO ₂ 강화 실증 추진('13.10~현재)
	(한) 이알앤씨(주)	•울산시와 공동으로 매립가스에 포함된 CO ₂ 를 분리해서 탄산칼슘 생산 시범사업 실시
	(한) 대우건설	•이산화탄소 포집 및 건설소재 활용 기술 개발, '19년까지 상용화 목표
	(한) 한국남부발전	•발전 부산물인 건식 포집 CO ₂ 의 상용화를 위해 CO ₂ 활용처인 동덕산업가스(주)에 CO ₂ 공급 협약 체결
	(한) 한국중부발전	•포집 이산화탄소의 정제·압축액화·저장 설비 설치 투자, 고순도 이산화탄소 생산 및 활용 계획

2.5. 국내 민간 기술수요 분석

□ 분석내용 및 방법

- 6대 핵심기술분야의 기술개발 및 산업화를 위한 민간의 기술 및 제도개선 수요에 대한 의견을 수렴하여, 향후 기술개발 후보과제 및 산업육성을 위한 모델 발굴에 참고자료로 활용하기 위한 목적으로 수행
 - 민간의 기술수요는 본 연구의 주요내용인 ‘기후변화대응기술 확보 로드맵(CTR)’의 수립 과정, 그리고 ‘기후변화대응 기술개발사업 전략적 추진을 위한 기획연구’등의 추진과정등에서 필요에 따라 수행되었으며, 본 연구에서는 그 동안 미래부(연구재단)의 기획과제 수행 및 기타 업무 지원과정을 통해 파악한 모든 기술 및 제도 개선 수요를 종합적으로 정리 분석하여 향후 기술기획 및 산업육성모델 발굴의 핵심자료로 활용하고자 함
- 미래부(연구재단)에서 구성하여 운영하고 있으며 본 연구에서 실무적으로 운영을 지원하고 있는 수요기업협의체는 물론 6대 분야별 산·학·연 전문가를 대상으로 한 의견수렴을 통해 기술 및 제도개선 수요를 조사 분석
 - ‘기후변화대응기술 확보 로드맵(CTR)’수립 과정을 통해 파악한 6대 핵심기술분야별 국가 R&D 현황, 그리고 기술개발에서부터 실증 및 사업화까지를 포함하여 실제적인 기후변화 대응 기술개발 및 적용을 목적으로 하는 ‘기후산업육성모델’ 후보, 그리고 ‘기후변화대응 기술개발사업 전략적 추진을 위한 기획연구’를 통해 수립한 6대 핵심기술분야별 2030년 기술개발 로드맵 등을 기초자료로 제시하고, 이에 대한 산·학·연 전문가의 폭 넓은 의견을 수렴
 - 주요 의견수렴 경로 : 수요기업협의체 회의(‘16.10). ‘기후변화대응기술 확보 로드맵(CTR)’을 통해 발굴한 기후산업육성모델에 대한 산·학·연 전문가 간담회(‘16, 7월~9월(3회)), 기타 분야별 전문가에 대한 서면 의견수렴 자문(~’16.10), ‘기후변화대응기술 확보 로드맵(CTR)’에 대한 향후 활용체계 개선에 대한 자문(‘16.11~12), 기후기술기반 신기후체제 대응을 위한 산·학·연 간담회(‘16.11.22, 미래부 제1차관님 주재)
 - 의견수렴결과는 6대 핵심기술분야별 기술개발 수요, 산업화를 위한 지원 요청, 제도개선 수요로 구분하여 분석
 - 또한 분야별 기술개발 등에 대한 주요 이슈를 정리하여, 향후 기술개발 기획 및 산업화 모델 발굴에 민간 수요가 적절하게 반영될 수 있도록 하였음

2.5.1. 태양전지

- ◆ (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

□ 기술개발

○ (주요 이슈)

- 우리나라는 태양전지분야에 대한 지속적인 R&D 투자를 통해 세계적으로 상당한 기술수준을 확보하고 있음
- 기존 시장의 중심이 되고 있는 실리콘 태양전지의 산업 생태계 조성 및 supply chain 구축에 국가 R&D가 크게 기여
- 차세대 태양전지 분야의 핵심 원천기술과 응용기술 확보 등에도 역시 많은 기여
- 향후 미래 시장을 주도할 기술경쟁력 확보를 위해 차세대 태양전지의 기초·원천기술 및 공정기술 개발에 보다 더 주력할 필요
- 또한 개발된 기술을 산업화로 연결시키기 위한 연계기술과 응용제품 기술개발 및 적용분야 확대를 통한 다양한 차세대 비즈니스 모델 발굴 필요

○ (실리콘 태양전지)

- 현재 중국의 다결정 저가 모델이 주요 시장을 형성하고 있으며, 이와 차별화할 수 있는 제품 개발을 위한 R&D 지원 필요
- 실리콘 박형화의 경우 두께 축소뿐만 아니라 웨이퍼 핸들링, 모듈 soldering, 프린팅 장비 등 다양한 기술이 해결되어야 하며, 얇은 웨이퍼를 사용하여 높은 수율로 생산할 수 있는 기술개발의 병행 필요
- 또한 박형화 태양전지내에서의 광포획과 표면 패시베이션을 높일 수 있는 기술 확보 필요

○ (차세대 태양전지)

- 국내 대기업의 투자 축소 및 사업화 중단* 등으로 상업화에 어려움을 겪고 있는 차세대 태양전지 분야에 대한 지속적이고 안정적인 R&D 지원 필요(국내 시장규모의 한계 등에 따라 사업화 여건

* CIGS 박막 태양전지에서 세계 최고 효율을 보유한 삼성이 사업을 정리

- 대부분의 핵심소재를 수입에 의존하는 차세대 태양전지 소재 개발과 함께 소재의 안정성, 신뢰성 확보가 중요
- 셀효율 향상 및 저가화는 물론 상용화를 위한 핵심기술로서 내구성(장수명화) 확보, 대면적화 및 대량생산 공정 개발 필요
- 발전용, 수송용, 디바이스용, 웨어러블 등으로 다양하게 응용분야를 확대할 수 있는 태양전지 기술개발 및 이의 사업화를 위한 비즈니스 모델 적극 발굴 필요
- 특히, 건물, 자동차, 의류분야 등으로 적용을 확대 할 수 있는 차세대 태양전지(플렉서블 박막 태양전지 등)에 관심 부각 필요
- 분산발전의 확대에 따라 대도시내 또는 주변에서의 태양광발전 중요성이 증대되고 있으며, 우리나라는 국토면적이 좁고 도시가 발달되었으므로 건물을 활용한 BIPV 적용을 적극 검토
- 건물 외벽, 창호, 지붕 등을 활용하여 태양광발전을 함으로써 친환경건물 또는 제로에너지 건물의 확대가 가능할 것으로 기대
- BIPV 적용 확대를 위해 기존 제품 대비 우수한 효율과 플렉서블 및 투광형과 같은 다양한 특성을 갖춘 차세대 태양전지 기술이 요구
- 또한 건물은 물론 모바일 등을 위한 독립전원용 등까지 미래 시장의 범위를 넓힐 수 있는 유기 태양전지 등 차세대전지의 내충격성이나 컬러 구현과 같은 차별화된 기술 확보 필요

□ 산업화 지원

- 전 세계 태양전지 생산은 70GW 정도이며, 이중 중국이 주도하고 있는 실리콘 태양전지가 95% 정도를 차지하고, 나머지 5% 정도를 차세대 태양전지가 점유
- 시장 경쟁력을 갖기 위해서는 어느 정도의 규모의 경제와 장비 등의 value chain 구축이 필요하나, 대기업을 제외한 중소기업은 이러한 구조를 갖추기 어려움
 - 중소/중견기업이 협업할 수 있고, 국내에 적용 가능한 R&D 과제 도출 및 지원 필요
 - 기술개발 과제 기획 시, 보다 구체화된 범위 설정 필요(한 과제가 실제 핵심분야 이외에도 너무 넓은 범위를 설정하면, 중소기업이 후속과제를 제안할 때 중복성 문제 제기 가능성이 있음)
- 태양광 보급·확대를 지속적으로 뒷받침하고 차세대 태양전지의 상용화를 위해 death valley 극복 지원 필요
 - 기술개발에 있어 원천기술과 산업화 사이의 Death Valley가 존재함. 차세대 기술의 경우 초기시장을 정부가 견인해 줄 필요가 있음
 - 상용화 이전까지 시행착오 극복을 위해 정부의 지속적인 기술개발 지원과 출연연, 대학의 적극적인 참여 필요

- 국내 태양광 분야 시장 한계 등을 고려하여 글로벌 협력을 통한 사업화 등 검토 필요
 - 우크베키스탄 등 사업화 니즈가 있는 곳과 연계하여 추진한다면 기술수출 및 사업화 촉진 가능

□ 제도 개선

- 기술개발을 통한 태양광 발전 확대를 위해 장기적인 안정적 R&D 투자 지원
 - 상용 태양전지와 차세대 태양전지 등의 기술별 특성을 고려한 체계적인 R&D 투자 지원 필요
 - 기술개발 리스크가 큰 차세대기술 R&D에서 기업의 개발 리스크를 줄여줄 수 있는 다양한 R&D투자 지원 방안 마련 필요(정부 투자, 매칭 펀드 등)
- 태양광 발전의 확대를 위한 표준인증제도 등 기반 제도 마련 및 개선
 - 태양전지의 건물 설치를 위해 필요한 태양광 모듈과 건축자재가 통합된 건물용 태양광발전(BIPV) 표준이 제정되어 있지 않음에 따라 각각에 대한 일부 성능 규격을 개별적으로 준용하고 있는 실정
 - 이외에도 전기자동차 적용 등 태양전지의 다양한 미래 적용 가능성을 고려한 기술개발 및 실증 등을 위한 기본적인 표준과 인증제도 등이 부재
 - 기술개발의 촉진은 물론 실증 및 보급 확대를 위해 제품의 성능(효율 등) 및 수명 검증, 설치기준 등에 대한 표준인증제도 마련이 필요하며, 이를 통한 제품의 신뢰성 확보 필요
 - 또한 건물일체형 태양광발전 설비의 경우 발전설비와 더불어 건물 부속재료의 기능을 함께 갖고 있어 전문 건물 시공경험을 갖춘 건설업계의 참여도 필요하나, 현재는 '전기공사업법'에 따라 전기공사업체에서만 담당하고 있음
 - 보다 전문적인 설비 시공과 관련 산업 활성화 측면에서 다양한 관련 기업들이 참여할 수 있는 개방적인 환경 구축도 검토 필요

2.5.2. 연료전지

- ◆ (기술 개발) 기존 상용화 기술 중심에 차세대 기술에 대한 R&D 관심 확대가 필요하며, 우리나라가 취약한 부품·소재기술 확보와 더불어 개발기술의 산업 활용 확대를 위한 전체 시스템적인 차원의 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 기반기술에 대한 기술개발과 보급까지를 포함하는 정부의 통합계획 수립 및 이행 필요

□ 기술개발

○ (주요 이슈)

- 그 동안 연료전지 R&D는 FEMFC 등 상용화가 이루어지고 있는 분야에 집중되어 왔으며, 미래 시장 확보를 위한 차세대 기술 개발에 보다 큰 관심 필요
- 개발기술의 실제 산업적 활용 확대와 전체 연료전지 비용 경쟁력 확보를 위해서는 전체 시스템 관점에서 기술개발 추진 필요. 특정 요소기술만 개발할 경우, 전체 시스템의 완성도 부족으로 실제 산업 활용이 어려우므로 국가 차원의 supply chain(부품 소재-시스템 등) 구축 필요
- 현재 모든 연료전지 상용화의 가장 큰 문제점 중 하나는 핵심소재. 특히 핵심소재는 일본과 미국이 주도하고 있기 때문에 국가 기술경쟁력 확보 차원에서도 매우 중요
- 핵심소재 기술개발에 있어서 단기적으로는 소재의 내구성 및 성능이 중요하며, 특히 내구성 확보 중요. 또한 산업화를 위해서는 내구성 확보와 더불어 가격 저감이 동시에 이루어질 필요가 있음. 중장기적으로는 원천소재기술 확보가 중요하며, 백금 및 비백금계 촉매 원천기술 개발, 불소계 고분자 수지 개발 등이 필요. 또한 대부분이 사용하고 있는 외국의 값비싼 불소계 멤브레인의 국산화 및 불소계를 대체할 수 있는 기술 확보도 중요
- 차세대 기술 개발에 있어서도 기존 상용화 기술과 비슷한 R&D 과정을 거쳐야 함에도 불구하고 기존 기술개발 과정과 비슷한 영역은 유사성 문제 등으로 인해 생략되는 경우가 많음. 서로 다른 연료전지 기술에 대한 개발 과정이 때로는 같은 공정에 대한 중복연구처럼 보일 수 있지만, 실제로는 서로 다른 중요한 의미의 기술개발 단계가 될 수 있으므로 긴 호흡을 가지고 제대로 단계를 밟아 꾸준히 추진 필요

○ (상용 연료전지 - PEMFC/MCFC)

- 고분자 연료전지(PEMFC)의 경우 스택 고성능화 및 저가화 기술 개발이 필요하며, 이를 위해서 대부분 수입에 의존하고 있는 고가 소재의 대체재 개발 필요. 특히, 촉매의 경우 백금을 대체할 수 있는 기술개발 중요. 핵심소재 출력밀도 향상을 위해서는 가격저감도 중요하나 고성능화, MEA 최적화 기술 개발 및 bipolar plate 등 소재의 경박화가 필수적으로 병행되어야 달성 가능
- 또한 연료전지의 고도화 및 내구성 확보를 위해서는 스택과 전해질의 내구성(기계적, 화학적)이 중요하며, 수송분야 적용 등을 고려한 경량 스택 개발 역시 필요
- 사업화에 진입하고 있는 발전용 MCFC/PAFC은 아직도 내구성 등에서 한계를 가지고 있으며, 이의 개선을 위해 소재기술은 물론 스택 운전기술 등도 병행하여 개발 필요
- (차세대 연료전지 - 차세대 PEMFC, SOFC, MCFC-SOFC 하이브리드, MCFC 융복합 등)
 - 고체산화물 연료전지(SOFC) 효율, 내구성* 향상이 필요하며, 시스템 가격 저감을 위한 높은 신뢰성을 갖는 저가 셀 제조기술 개발 필요
 - * 내구성 향상을 위해 고온에서 견딜 수 있는 소재 개발 및 스택 운전기술의 확보 중요
 - 현재 선진국의 고체산화물 연료전지 연구 추세*를 고려할 때, “저온형 고체산화물 연료전지”의 연구도 필요
 - * 2014년 미국 ARPA-E 프로젝트에 저온형 고체산화물 연료전지가 연료전지 과제 중 가장 큰 규모로 선정(300억중 50억) 되었으며, 최근 NISSAN 자동차가 저온형 고체산화물 연료전지를 이용한 바이오가스(메탄올기반) 직접 주입형 자동차를 2020년까지 출시할 것을 선언 등
 - 차세대 연료전지 기술 경쟁력을 확보하고, 가스터빈-발전용 연료전지, 또는 MCFC-SOFC 간 융복합 기술을 바탕으로 연료전지 상용화 기술 확보를 추진
- (수소제조 및 저장)
 - 미래 수소사회를 건인하기 위해 단기적으로는 기존 화석연료 개질의 효율향상도 필요하지만, 중장기적으로는 재생에너지 등 청정에너지를 이용한 수소생산과 같은 수소 공급의 패러다임 변화 필요
 - 전기분해를 이용한 수소생산에는 한계가 있으며, 수소 제조 및 저장 비용 절감을 위해 기존 재생에너지와 융복합 기술을 바탕으로 수소 제조 효율을 제고 필요
 - 수소저장분야의 핵심 원천기술 확보에도 기술개발 노력 필요

□ 산업화 지원

- 국내 산업계는 연료전지분야에서 상당수준 상용화 가능한 기술수준을 확보하고 있으며 (예; SOFC 효율 50% 이상(온수 포함시 80% 이상)), 이러한 기술의 실제적인 산업화 추진을 위해서 국가차원의 대규모 실증사업에 관심 필요

- 연료전지는 대규모 투자를 필요로 하는 장치 산업적 측면이 크기 때문에, 정부가 민간 투자를 촉진할 수 있는 실증사업 등 추진 필요
- 특히 중소기업의 경우, 기술개발을 오랜 동안 지속적으로 해왔음에도 system integration 등 전체 시스템 차원의 실증 등에 참여 기회를 갖기 어려움
- 국가 R&D를 통한 선제 적인 핵심기술(원천기술) 확보가 중요하나, 산업화 측면에서 실증 등을 추가로 고려한 보다 장기적인 기술개발 추진 방식(예; 기술개발 8년 + 실증 3년)도 필요하며, 투자규모도 선진국의 사례를 참고하여 확대 필요(미국은 조단위, 일본은 3천억원 정도)

□ 제도 개선

- 연료전지 기술개발 및 산업 활성화를 위한 지원제도의 강화와 더불어 정부가 중장기적인 안정적인 방향제시를 통해 기업의 투자를 견인할 필요
 - 연료전지분야는 아직 시장 형성이 제대로 되지 않아 불확실성이 크기 때문에 기업의 투자활성화가 이루어지기 어려운 상황이며, 국내 지원제도는 일본, 미국, 유럽 등 차세대 기술을 선도하는 국가들에 비해 완성도가 낮은 것이 현실
 - 온실가스 감축, 분산형 발전시스템의 확대 등에 따라 연료전지의 필요성이 더욱 중요해질 것이며, 중장기적인 기술개발 및 보급 등 정책이 신뢰할 있게 제시되면 기업의 산업투자 참여 및 고용 창출 효과가 확대 예상
 - 보다 구체적으로는 공공건물 의무화 시장에서 활용되고 있는 신재생에너지 원별보정계수 산정 시 시스템 단가뿐만 아니라 연료비용도 반영할 필요가 있으며, 태양광 사업에 진행되고 있는 대여사업을 연료전지에 확대 적용 시 연료전지 시장 활성화에 큰 도움이 될 수 있을 것임
 - 수소사회 촉진을 위해서는 다양한 충전 물질 (전기, 수소, 휘발유, 도시가스 등)용 충전소 및 충전기기 사이의 이격거리 제한, 위치제한 등에 대한 제도 개선이 필요하며, 수소 기반 플랫폼에서 생산한 전력에 대한 제도적 지원 검토 필요
 - 전반적으로 보조금 지원을 통한 시장 활성화 및 소재·부품 평가기술 표준화 등 기반 인프라 구축 확대
- 기존 상용 연료전지의 제품화 및 시장 진입은 민간기업에서 시장 상황 및 제품화 전략에 의해 주도할 것이며, 국가에서는 장기적인 국가경쟁력 확보를 위해서 민간에서 주도하기 어려운 장기 기반기술 확보 등에 중점을 둘 필요
 - 연료전지분야에 공통적으로 필요한 핵심 부품이나 소재*를 국가적인 차원에서 개발하여 공동 활용(기술개발 목표수준 설정시 기업의 의견을 반영하여 설정)

* 펌프, 블로워, PCS 부품, 밸브, 가스켓, 분리판, 탄소 paper, 센서, 열교환기, 바인더 등

- 기술개발은 물론 실증, 보급까지 통합된 계획을 수립하고 이행하여, 민간 기업이 이에 따라 기술개발과 제품화를 추진하는 국가 계획의 통합 및 추진의 신뢰성 확보 필요
- 국가 계획은 향후 기술 및 시장변화 등에 폭 넓게 대응할 수 있도록 가능한 다양한 가능성을 열어놓고 이를 통합할 수 있는 개념의 개발지표 및 목표설정을 고려

※ 예를 들어, 연료전지 가격절감을 위한 기술로 알칼리 연료전지 등 차세대 기술을 개발하되, 비백금 혹은 저백금계 촉매 등을 통한 가격절감 가능성도 고려하고, 고체산화물연료전지의 운전 온도를 낮추어 가격절감을 할 수 있다는 등의 다양한 가능성을 열어놓고 통합할 수 있는 기술 개발 추진

2.5.3. 바이오연료

- ◆ (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

□ 기술개발

○ (주요 이슈)

- 바이오매스 연료화 기술은 이미 사업화 수준으로 확보되어 해외기술 수출·사업화 지원 등이 가능하며, 법·제도 등과 연계한 비즈니스 모델 발굴을 통해 빠른 산업화 성과 창출 유도 필요
- 확보된 기술을 더욱 발전시켜 세계 최고 경쟁력을 확보하기 위한 차세대 원천기술개발은 지속적으로 추진되어야 하며, R&D와 사업화 중간단계인 실증연구 지원 확대 필요
- 바이오분야는 1차 산업에 가깝기 때문에 규모의 경제가 경제성 확보에 가장 중요하며, 이를 위해 값싼 바이오매스를 풍부하게 확보하기 위한 전략 필요
- 바이오매스 연료화를 위한 원료 수급에 어려움이 많으며(생산량의 한계 및 유가와 연동되는 가격구조 등), 현재 국내 실증단지 규모와 생산되는 양이 적어서 실제 바이오에너지로 활용은 어려움

- 바이오자원이 부족한 일본 등은 해외자원 투자에 적극적이며, 우리나라도 우리 기술로 해외에서 현지 산업화 하는 방안 검토 가능

○ (바이오연료 생산)

- 기후변화 및 RFS 제도 대응을 위해 미활용 바이오매스(폐유지, 잉여 농산물 등) 전환 및 활용 기술 개발 필요
- 바이오연료 생산 플랜트 기술 경제성 확보를 위해 바이오매스 전처리, 전환, 정제 등 연료 생산 통합 공정에서 발생하는 부산물(by-products)의 단순연료화가 아닌 고부가가치 화합물로의 전환도 고려 필요
- 기존 바이오디젤의 경제성 한계를 극복할 수 있는 기술로서 미세조류 바이오리파이너지 기술을 유용한 대안으로 고려할 수 있으나, 실제적인 경제성 확보가 가능한 목표 제품군의 선정을 신중하게 판단할 필요가 있음

○ (신규 바이오매스)

- 차세대 신규 바이오매스 기술 확보를 위해 창의적이고 도전적인 R&D 추진 필요
- 신규 바이오매스 자원 대량 확보를 위한 비광합성계 생물학적 CO₂ 전환기술, 바이오공정과 석유화학 공정을 기존 인프라를 기반으로 융합하는 바이오매스-원유 복합 리파이너지, 기후변화 대응에 많은 기여를 할 것으로 기대되는 CO₂를 활용하는 바이오매스 제품 생산기술 등이 차세대 기술개발 및 유망 비즈니스 창출 영역으로 고려할 수 있음
- 다만, 비광합성계 생물학적 CO₂ 전환기술은 단순히 정량적 목표 달성을 위한 연구과제보다는 장기적으로 혁신기술 확보에 중점을 두는 것이 적절하며, 기존 CO₂ 저감관련 과제와 연계하여 중복성을 피하고 synergy 효과를 극대화하는 전략 필요
- 바이오매스-원유 복합리파이너지 기술, CO₂를 활용하는 바이오매스 제품 생산기술은 성공시 기존 산업의 패러다임을 바꿀 수 있는 큰 파급효과가 예상되는 기술로서, 단기간 상용화에 얽매이지 않는 장기적인 비전을 설정한 지속적인 기술개발 필요
- 차세대 바이오매스(미세조류, C1 가스 등) 원료 양산 기술 개발 및 차세대 drop-in 바이오연료* 기술 개발 필요

* 현재 디젤, 가솔린 등의 수준과 동등하며 기존 인프라를 직접 대체할 수 있는 차세대 바이오연료

□ 산업화 지원

- 현재 7개 부처에서 바이오분야 R&D 수행 중이나, 산업화를 위해 필수적인 실증연구에 대한 지원은 매우 부족한 상황이며, R&D와 산업화의 중간단계인 실증연구까지 고려한 장기적인 투자계획과 함께 법 및 제도적 지원 필요
- 바이오매스분야는 아직까지 경제성 확보에 대한 불확실성이 존재하기 때문에 기업의 대

규모 투자활성화가 어려우며, 이를 극복하기 위한 실증 및 사업화에 대한 정부의 투자 확대 필요

※ 현재 국내 기업이 실증플랜트 건설에 투자하는 사례를 살펴보면, 기업 400억 투자에 정부가 20억 정도 매칭하는 수준. 보다 크고 빠른 기업 투자 촉진을 위해 정부의 실증 등에 대한 투자 규모 확대 필요

○ 친환경연료에 대해 석유계 연료와 차별화된 세제 혜택과 더불어 산업 육성을 위한 사업화 시설 구축 등에 대한 지원 필요

－ 수송용 바이오연료의 세금 일부를 연구비 재원으로 일부 재투자 고려

○ 국내 바이오분야 시장 한계를 극복하기 위한 방안으로 국내 개발기술의 해외시장 적용을 검토해 볼 필요가 있음

－ 동남아시아 등 바이오자원이 풍부한 국가와 협력을 통해 바이오자원 확보 및 기술수출

□ 제도 개선

○ 국내 자원이 부족한 바이오분야의 기술개발 및 산업 활성화를 위한 의무사용 등 제도 강화 필요

－ 현재 바이오연료에만 적용되는 의무사용 제도를 바이오케미칼 분야까지 확대 검토

－ 의미적인 규제 강화와 더불어 인센티브 제도*를 도입도 검토

* 바이오자원을 원료로 이용하거나, CO₂ 전환으로 생산되는 케미컬 제품 제품에 대해 바이오자원이나 CO₂ 사용량에 비례하여 온실가스 감축분을 인정하는 등 인센티브 검토 가능

○ 경제성이 부족한 기술개발과 실증 단계에서 소비되는 전력 가격 등을 할인 하는 등 개발 기술이 상용화까지 가기 위한 과정에 대한 제도적 지원 검토 필요

2.5.4. 이차전지

◆ (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

□ 기술개발

○ (주요 이슈)

- 현재 리튬전지 중심의 글로벌 이차전지 시장에서 국내 기업들이 세계 최고 수준을 확보하고 있으며, 따라서 국가 R&D는 민간의 중점 영역과 차별화되는 차세대 기술에 집중 필요
- 기존 리튬 이차전지분야의 국가 R&D는 민간과 차별화되는 높은 목표 설정 필요
- 미래 시장을 선점하기 위한 새롭고 혁신적인 기술개발 아이템 선정(미국의 ARPA-E 등 참고 가능)과 이에 대한 투자 확대 필요
- 즉, 이차전지 분야 국가 R&D는 추격형이 아닌 선도형 기술개발 전략이 필요하며, 목표 설정과정에서 민간의 기술수준과 목표에 대한 검토 및 반영 필요
- 한편으로는 우리나라가 이차전지 value chain에서 세계 1등을 하고 있는 것은 셀분야이며, S/W, 시스템 등 응용기술분야에서는 아직도 R&D가 필요한 영역이 존재

○ (중소형 이차전지)

- xEV용 이차전지 시장 확대가 전망되며, 중국의 저가 LiB 및 일본 고신뢰성 LiB와의 시장 경쟁 대응 전략이 필요
- LiB의 경우, 소재의 국산화율이 40% 수준. 중국 이차전지산업이 급성장하고 있는 배경에는 중국의 탄탄한 소재 산업이 뒷받침하고 있음. 차별화된 소재기술 R&D에 대한 적극적인 지원 필요
- 에너지밀도는 전기차의 주행거리와 직접적으로 관련이 크며, 시장에서는 주행거리가 긴 자동차를 선호. 전기자동차 시장에서 국내기술 경쟁력 확보를 위해서는 국가 R&D에서 에너지밀도 향상과 관련된 공격적인 목표 설정 필요
- 이차전지의 시장경쟁력에서 가장 중요한 것은 비용문제이므로 R&D 목표 설정에 비용지표를 반영하는 것이 필요
- 한편, 에너지밀도와 급속 충전은 상호 Trade-off 관계에 있으며, 모든 성능을 동시에 향상시킬 수는 없음. 따라서 ‘비용 절감 + 급속충전’, ‘비용 절감 + safety 향상’과 같은 목표지표 설정이 바람직

○ (대용량 이차전지(ESS), 리튬 이차전지, 레독스 플로우전지, Na-BASE 전지)

- ESS 측면에서 에너지밀도 향상은 고용량화로 인해 발생하는 부피 저감, 원가 절감등과 관련된 핵심기술로서 중요도가 높음
- 레독스 흐름전지*의 조기 사업화를 위해서는 부품소재 기술, 혁신적인 효율향상 및 에너지밀도 향상 기술개발이 중요

* ESS용 전지로써 우리나라는 기술개발 단계에 있으며, 일부 국내 기업은 PP라인을 구축하여 사업화 준비 및 국내외 실증 추진

- Na-based 고온전지는 현재 일본이 세계 시장을 독점 중. 국내에서는 NaNiCl₂ 전지에 대한 기술개발 및 시장개척을 추진 중에 있으며, 이의 사업화 및 생태계 조성을 위한 기술개발 추진 필요
- ESS와 PV연계 시장이 향후 활성화 될 것임. AC→DC변환 및 DC 충방전 손실 최소화를 위해 융복합중심의 기술개발 및 DC-Linked 기술 개발 필요. 1GW 시장에서 50MW(500억 정도) 손실이 발생하고 있으며, 향후 시장이 더 커지면 GW급의 손실 발생 가능
- (폐 배터리 처리기술) 머지않은 장래에 수명을 다한 폐 이차전지 처리가 사회문제로 부각 가능. 향후 전지자동차 시장의 확대 등에 따라 발생할 수 있는 많은 양의 폐 배터리를 환경적, 경제적으로 처리할 수 있는 기술개발도 고려할 필요가 있음

□ 산업화 지원

- 자동차용 리튬 이차전지 개발은 R&D 이후, 검증 및 양산까지 3년 정도의 추가 개발기간이 필요하며, 실제적인 사업화를 위해 이런 점을 기술개발기간에 고려 필요
- 국내 이차전지분야에서의 중소기업 육성을 위한 기술개발 및 사업화 지원 필요
 - 이차전지분야에서 몇 개의 대기업을 제외하면, 국내에 중소기업은 거의 없음
 - 중소기업의 경우, 기술개발은 물론 개발된 제품의 신뢰성을 확보하기 위한 테스트 자체를 하기 어려운 환경
 - 정부 주도의 대규모 차세대 에너지 저장 시스템 실증을 위한 지원사업 확대 필요(농어촌에 신재생 에너지와 에너지저장시스템 실증 단지를 조성하고, 이를 통해 효과성 및 경제성을 입증할 수 있는 기회를 가질 수 있는 방안 등 검토)

□ 제도 개선

- 현재 에너지저장장치는 높은 초기 투자 비용으로 인해 보급 확대에 어려움이 있으며, 이를 극복하기 위한 인센티브 지원 필요
 - 전기자동차 충전시 시간대별 충전 요금 차등화로 국민편익에 기여
 - 충전 시스템 인프라를 위한 금융 모델 구축 등이 필요하며, 현재 태양광 보급을 위해 마련된 크라우드 펀딩 등의 금융모델 도입을 검토 가능
- 차세대 이차전지를 연구 중인 중소 벤처 기업/정부출연 연구소에 대해 실증 사업 유도 및 인센티브 강화 필요

2.5.5. 전력IT

- ◆ (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 필요

□ 기술개발

○ (주요 이슈)

- 기존 BEMS관련 R&D 과제들이 대부분 사업화중심의 실증을 중심으로 너무 성급하게 수행되어 국가적으로 부가가치를 창출할 수 있는 원천기술을 확보하는 것이 중요
- 국가 R&D는 원천기술 확보에 중점을 둘 필요가 있음. 필요한 경우, 중복 등을 따지지 말고 기존 R&D를 전부 Reset해서 다시 체계적으로 원천기술 개발 추진도 고려
- 기존 R&D들이 개별건물 중심의 효율화 중심이었다면, 향후에는 에너지그리드 성격의 R&D가 주체가 되어야 할 것임. 성숙된 전력IT기술을 기반으로 융복합 중심의 연구수행할 수 있는 아이디어 반영 필요

○ (BEMS/HEMS)

- 지난 10여년 동안 R&D에서 큰 진전을 보이지 못한 것은 큰 차원의 방향성 문제 보다는 최적제어의 문제를 너무 IT적으로 접근한 것에 있으며, 이러한 접근 방법에 대한 변화가 필요
- 냉난방의 에너지시스템 차원의 개선, 운전방법의 개선, 최적 운전점의 도출 알고리즘 개발, BAS와의 연동 혹은 BEMS가 BAS 기능을 포괄하여 실제 구동까지 할 수 있도록 하는 문제 등 실제 기기의 구동과 관련된 운영을 중요하게 생각하지 않은 것이 실제적인 성과 창출에 제약이 되었다고 판단
- 건물의 에너지시스템을 진단 분석하고 개선점을 도출하는 방법론을 먼저 정립하여 기술개발을 추진하는 것이 필요
- 전력에 비해 상대적으로 미흡한 열에너지 관리 기술에 대한 연구개발과 함께 전력과 열에너지가 결합된 EMS 기술 개발 필요

·신재생에너지 등 새로운 에너지원과 기존의 에너지원을 융합하여 관리하는 융합형 관리 시스템 개발이 필요. 특히 수요관리 측면이나 효율성 측면에서 하나로 통합하여 관리하는 것이 필요

- 건물/가정용 EMS는 소비자의 도입비용을 낮출 수 있는 기술개발이 필요. Disaggregation 기술이나 무선통신 기술의 신뢰성을 높이면서 저렴하게 구현할 수 있는 기술 등과 같은 기술개발 필요

- 한편, 건물/가정용 EMS 절감률 향상은 기술적용의 대상이 아파트와 같이 일반 소비자들 이기 때문에 에너지절감을 통한 경제적 효과만이 아니라 이로 인하여 초래할 수 있는 프라이버시 침해나 소비자들의 필요 이상의 불편함을 해소 시키는 등의 삶의 질 측면에 대한 연구도 필요

○ (FEMS)

- 현재 FEMS분야에서의 국내 기술수준은 많이 부족한 것이 현실이며, 특히 S/W분야에 대한 기술개발이 많이 필요

·우리나라의 FEMS 기술개발과 현장 적용은 초보적인 수준으로 미국, 일본, 독일 등 제조 선진국 수준과 격차가 큼

·현재는 계측기, 센서 등을 통해 DB를 구축하고 이를 분석하는 수준의 기술력을 보유하고 있으며, 향후 고급 제어 및 분석기술, 통합분석 등에 대한 개발 필요

- 에너지 소비가 큰 산업 분야 생산 공정의 특성과 설비의 다양성에 대응 가능하도록 업종 별 특화된 기술개발과 현장 적용이 필요

·업종과 기업 규모별로 주요 에너지원, 공정 및 공정설비 종류, 자동 계측 및 제어 인프라의 수준이 매우 상이하기 때문에, 업종과 기업규모의 특성에 적합한 FEMS 기술 개발 및 적용 필요

·산업공정(연속공정)부터 조립공정(자동차, 조선 등 단속공정)까지 다양한 공정이 있는데, 연속공정의 경우 대부분 외국기술로서 어느 정도 이루어지고 있으나, 단속공정의 경우에는 관리도 잘 안되고 기술개발도 거의 수행되고 있지 않음(대부분 경험에 의한 비정량적인 에너지관리를 하고 있으며, 이에 따라 비효율적인 에너지소비가 아직도 많이 존재)

·에너지와 공정현황에 대한 실시간 데이터를 확보하기 위한 기업의 계측 인프라 투자를 이끌어낼 수 있는 정책지원이 필요하며, 이를 기반으로 에너지 다소비 공정과 설비에 대한 효율분석, 운전 최적화 알고리즘, 공정별 합리적인 에너지 소비기준(Baseline) 수립 등의 고급기술들이 기업현장에 적용되어 운영되도록 할 필요

·한편, 공장에너지 효율화의 첫 번째 주안점은 공정의 효율화가 아니라 냉각공정과 승온공정의 열교환, 에너지의 캐스케이드 이용과 같은 공정간 에너지균형에 달려있음(기존 공정분석은 주로 생산품 중심으로 분석되어 에너지의 흐름을 충분히 분석하지 못하고 있

음). 공정 효율화를 위해서는 다소비 공정에서 에너지 소비량을 파악하는데 그치지 말고 해당 공정의 매커니즘을 분석하는데 초점을 두어야 함

· 나아가 R&D 고도화를 통해 AI, 빅데이터 등을 활용한 smart factory 등 새로운 컨셉의 EMS 개발 필요

○ (EMS 도약기술)

- EMS 기술의 발전을 위해 IoT, 빅데이터 분석기술을 적용하는 것은 당연하나, 실제적인 에너지절약을 위해서는 공정을 구성하고 있는 기기들의 효율적인 운영이 중요하기 때문에, 너무 분석기술에 치우치지 말고 실제 에너지기술들과의 균형을 이루는 것도 중요하게 고려해야 함
- EMS를 건물이나 산업공정에서 Community 단위나 City 단위로 확장하는 것은 기술의 문제가 아니라 그 속에 속한 주체간의 협의의 문제임. community 내에서 통합 운영은 전기 열을 상호 전송해 줄 수 있는 배선 배관과 전기 열을 상호 전환하거나 적어도 열병합발전하는 복합그리드가 핵심임을 고려해야 하며, 우리나라처럼 전력과 가스가격이 낮은 경우는 폐수처리 바이오플랜트 슬러지 고형연료화 같은 에너지 순환까지 연계되어야 community city 단위의 EMS로서 의미를 더욱 크게 가져갈 수 있을 것임

○ (신재생하이브리드)

- 개별건물에 열에너지 기술개발을 적용하면 경제성이 떨어지므로 통합적으로 수요관리, 에너지 효율적 이용, 생산, 분배에 대한 종합적인 기술개발이 필요. 이를 위한 다양한 기술개발과 정책/예산지원 필요(현재는 실증기술에만 집중)
- 하이브리드 방식은 복합적인 기술개발과 연계가 필요한 분야이며, 한 개의 기술개발이 끝났다고 해서 기술이 완성된 것이 아니라 다단계적, 복합적 연구개발 및 실증사업이 필요

□ 산업화 지원

- EMS의 경우, 최종소비자들은 이를 도입할 경우 최종적인 에너지절감효과, 특히 FEMS의 경우에는 이의 영향으로 발생 할수도 있는 생산성 저하에 대해 의문을 가지고 있으며, 이를 해소시킬 수 있는 실증 및 실적 데이터의 제시가 필요
- 기술개발은 여러 프로그램에서 진행되어 왔으나, 실제 에너지절감량에 대한 실증사업이 부족하여 EMS의 성과검증이 이루어지지 않음. 실증 사업 확대 추진 필요
- 국내 기술의 글로벌 시장 진출을 촉진할 수 있는 공급자와 수요자 사이를 연결하는 기술개발 및 실증 플랫폼 구축 필요
- 국가에서는 기업들이 혼자서는 할 수 없는 기술개발과 개발된 기술의 Track Record 확보에 필요한 실증 인프라 구축에 중점을 둘 필요가 있음

- EMS 도약 기술개발을 위해서는 표준화되고 개방된 플랫폼을 정부에서 제공해주고 민간에서는 이를 기반으로 추가적으로 업체별 차별화/특성화 전략을 접목하여 각 방면에 다양한 솔루션을 제공할 수 있도록 사전 실증화 체계 구축 필요
- 공급자(사업자)가 유연하게 이용할 수 있는 클라우드 망을 활용할 수 있는 토대의 구축, 기업(특히 중소기업)의 사업 확산을 위해 적용될 기술(IoT, Cloud, Big Analytics 등)의 공개 혹은 Free 활용 가능한 Open Source 제공 검토
- 실증을 통해 확보된 정보는 민간에 공개하여 사업화 할 수 있도록 제공

□ 제도 개선

- EMS 및 신재생하이브리드 기술개발 및 보급 촉진을 위한 정책적 지원제도 도입 및 표준화·인증제도 마련 필요
 - 단위건물보다는 단위지역에의 적용을 위한 (의무화 등) 제도 마련이 필요
 - RHO(Renewable Heating Obligation) 제도 도입 필요
 - 현재 정부가 추진 중인 프로슈머와 네가와트 시장의 육성을 위해서는 건물 및 공장 등의 에너지자원의 집합화가 실행되어야 하므로 에너지자원의 집합화를 위한 표준 연계 방안 등이 빠르게 표준화 되어야 함
 - 효과적인 인증제도 및 장비·기기 표준화 필요
- 산업현장의 EMS 도입 촉진을 위한 인프라 구축 지원제도 도입
 - EMS와 기존 기술과의 가장 큰 차이는 ‘실시간 데이터’를 기반으로 하여 최신 ICBM 기술을 적용한다는 것인데, 산업현장에는 이‘실시간 데이터’를 발생하는 인프라가 갖춰져 있지 못하고, 그나마 있는 정보도 보안 이슈 등으로 기술개발을 위해 활용하기 매우 어려운 것이 현실. 가정의 AMI 뿐만 아니라, 산업 현장의 에너지 다소비 설비 단위까지 AMI가 보급되고 활용될 수 있는 정책이 필요
- 에너지 클라우드 구현에 필요한 제도적 정비 필요
 - 에너지 클라우드는 커뮤니티 이상의 확장된 지역 단위로 에너지 네트워크가 통합되는 관제로 각 지역의 인프라 계획과 에너지 정책의 연계가 필요할 수 있어 미래부, 산업부 및 국토부 등의 유기적 연계, 법/제도의 정비 검토와 함께 통합 거버넌스 체계 구축도 고려
 - 이종간 에너지의 거래와 도매/소매 에너지업자의 역할 등이 혼재되어 혼선을 초래할 수 있어 전력/열/가스 에너지비용 체계와 생산/발전/분배의 역할간의 검토 등 고려 필요

2.5.6. CCS

- ◆ (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 촉진을 위해 필요한 법과 제도적인 제약에 대한 선제적인 검토 및 개선 필요

□ 기술개발

○ (주요 이슈)

- CCS 기술의 적용 가능성을 높이고 앞당기기 위해서는 전체 시스템 비용 측면의 실제적인 기술개발 목표 설정이 필요하며, 정책도 전체 시스템적인 관점에서 이를 뒷받침 할 필요가 있음
 - 포집, 저장 등 분야별 목표를 설정하여 추진할 경우, 전체 기술이 통합되어 실제 적용될 때와 차이가 발생할 수 있음
 - 분야별 목표 설정보다는 CCS 기술 전체 시스템 측면에서 비용에 관한 기술개발 목표를 설정하는 것이 필요
 - 특히, 선언적인 목표보다는 실제 기술개발로 달성할 수 있는 목표를 설정하고, 이의 실현을 뒷받침할 수 있는 정책 지원도 구체적으로 마련 필요
 - 국내에서 운영하고 있는 10MW급 실증 설비를 통해 실제적인 시스템 비용이 산출 가능할 것이며, 이를 활용하면 구체적인 목표 설정이 가능할 것임(국가적으로 표준화된 포집 비용의 산출방법 마련 등도 병행 필요)
- CCS 기술은 단기적으로 경제성 확보에 한계가 있기 때문에 중장기적인 접근이 필요하며, 전체 시스템 차원에서 포집은 물론 수송과 저장분야에 대한 국가주도 기술개발 및 실증사업 확대 필요
 - 그 동안 국가 R&D는 포집분야에 중점을 두어 왔으며, 전체 시스템 차원에서 수송과 저장 분야에 대한 관심 확대 필요. 특히 수송과 저장분야는 대규모 실증 테스트를 필요로 하기 때문에 기존 R&D 체제와 다른 접근도 검토 필요(대규모 실증사업에 여러 기업이 참여하는 특수목적법인(SPC)을 설립하여 SPC 주도로 프로젝트를 추진하는 방법 등도 검토)

- 국가 차원에서 CCS에 대한 공통적이고 실제적인 정책방향의 제시 필요
- 기존 정책은 부처나 분야별 중심의 방향제시 위주로 이루어져 있다고 보이며, 2030년 BAU 대비 37% 감축의 국가 온실가스 감축에 큰 역할을 할 수 있는 보다 큰 틀의 방향 제시 필요
- 정책수립시 외부 전문가에 많이 의존하고 있는데, 대부분 전문가들이 자기 분야 중심적인 생각이 많으므로 정부에서 자체적인 전문가를 양성·확보하여 기술의 경중, 가치, 난이도, 취약점, 기술수준 등을 객관적으로 판단하고 정책 결정을 하는 것이 중장기적으로 바람직
- (포집)
 - 현재 정부 계획에서는 2030년 BAU대비 900만톤/년을 CCS가 담당할 것으로 기술목표를 세우고 있으며, 이의 달성을 위해 포집(압축)비용의 경제성 평가와 탄소 크레딧 시장의 변화를 고려하여 적정한 포집용량 설계가 필요
 - 포집기술의 개발과 저비용 고효율 포집장치의 개발뿐만 아니라, CCS 기술의 환경적 안전성을 확보하기 위해 부가적으로 필요한 기술의 동시개발이 필요
 - 단순한 포집기술이 아닌, 환경적으로 건전한 CCS 기술 확보를 위해서는 혹시 발생할 수도 있는 CO₂의 누출의 경우에도 환경적인 영향을 최소화하기 위해 배기가스 중 기타 유해물질의 제거기술 개발도 필요
 - 황산화물 제거 기술, 수은을 비롯한 중금속의 함유 기준 설정 및 제거기술 등이 주요 기술이며, 이는 CCS의 포집비용과 연계된 것으로 산업별 특성을 살려 배기가스의 조성 관리 기술이 수립되어야 할 것임
 - 미국 DOE의 2030년 포집비용 기술개발 목표 \$1/톤CO₂ 등을 고려하여, 국내 기술이 국제적인 경쟁력을 확보할 수 있는 수준의 실제적인 목표 수준 및 달성 전략을 마련할 필요가 있음
 - 국내 현황에 적합한 저비용 고효율 장치의 개발과 내구성을 고려하여 순환 가능한 소재 및 기술개발이 필요. 이후, CCS 포집의 흡수제 등 재활용 개발 내용 및 불순물의 안전한 처리방안 등 기술개발 필요. 이를 통해 미국 등과의 비용 목표 및 기술의 격차를 줄일 수 있을 것임
 - 장기적 관점에서 기술비용을 혁신적으로 저감할 수 있는 흡수제 및 공정개발 추진 필요. 기술개발을 가속화하기 위해, 연구자간 실증연구의 기술성 및 경제성 평가자료 공유 필요
 - 다양한 포집방법에 대한 연구개발 및 실증은 학문과 기술적으로 필요하나, 빠른 상용화를 위해서는 선택과 집중이 필요
 - 가장 최저가로 포집할 수 있는 기술에 주력하여 전체적인 비용을 낮출 필요가 있으며, 포집율의 목표 설정과 압축율의 적정성의 연구가 수반되어야 함

○ (수송)

- 포집된 CO₂의 비용효과적인 운반 방법에 대한 다양한 연구 필요
- 많은 석탄화력발전소가 위치한 보령에서 포집된 CO₂를 울산 앞바다에 위치한 저장 후보지로 운송하는 데는 많은 비용 소요 예상
- 선박의 경우 CO₂ 전용운반선이 필요하나 운반선 개발에 대한 비용과 효율성에 대한 면밀한 검증이 필요하며, 컨테이너 방식의 CO₂ 저장탱크를 대량 제작해 벌크선으로 운반하는 방법 역시 충분한 검토가 필요
- 이외의 다양한 방법에 대한 비용과 실현성 등의 측면에서의 충분한 검토 필요
- 세계적 선두 기술의 확보와 기술 수출 차원에서, 연간 100만톤급 수송시설의 연구개발은 필요하나, 국내의 2030년 목표인 900만톤/년 저장을 위해 100만톤급 설비의 상용화는 과도한 수준이 될 수도 있음
- 시설이 충분히 활용되지 못할 경우, 설치된 시설이 방치될 우려가 있으며, 임시저장 시설(육상저장 및 해양플랫폼 등)에서의 모니터링 방안연구 및 파이프라인 승압(가압)등에 관한 충분한 연구도 필요

○ (저장)

- 저장된 CO₂의 누출 모니터링(수송, 주입, 저장) 기술 개발 필요
- 저장된 CO₂는 장기적인 모니터링이 요구되며, 모니터링 단계에서 저비용으로 누출을 감독 관리 할 수 있는 시스템 개발이 필요
- 모니터링의 저해요소 및 안정적인 감지 센서 등
- 한편으로 국내 지중저장 성공 여부는 아직 불확실성이 높고, 해외*에서는 CO₂ 전환/자원화 연구를 통해 기술경제성을 확보하고 있으므로, CCU(이산화탄소 포집 및 전환이용) 방향의 연구 확대를 중점 검토 필요

* 2014년 CCS 상용화 규모로 가동을 시작한 캐나다 Boundary Dam Power Station 프로젝트와 미국 Kemper County IGCC-CCS 프로젝트는 모두 포집된 CO₂를 EOR(석유회수증진) 용도로 석유회사에 판매하여 경제성 확보

□ 산업화 지원

- 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
- 대규모 실증사업의 경우 엄청난 비용이 들기 때문에 이를 R&D 차원에서 접근하는 것에 한계가 있음

- 외국 사례에서와 같이 특수목적법인(SPC)를 설립하여 많은 기업을 회원사로 가입시켜 회사처럼 운영하고, 현재 각 부처별로 진행하고 있는 R&D 역량도 결집시킬 수 있는 방안 검토 필요

□ 제도 개선

- 미국 DOE/NETL* CCS 포집기술 사례와 같이 실질적 사업을 수행할 주체인 기업 참여 방식의 연구개발 강화
 - * DOE/NETL은 현재 벤치규모 이상의 연구과제를 중심으로 정부 부담 80% 및 기업 과제참여자 20% 수준의 예산 분담 방식으로 혁신포집기술개발 진행 중
- 다만, 단기적으로 경제성 확보가 어려워서 기업 참여가 어렵거나, 기업의 보유기술을 활용한 R&D 추진시에는 국가 주도의 투자 방식으로 진행하는 등 R&D 체계의 탄력적인 운영 검토
- 대규모 통합실증 추진이 임박함에 따라, 포집-수송-저장 전주기 육상 및 해양 환경관리 및 영향평가 법제 제·개정 추진 시급
 - CO₂ 수송관련 ISO-탱크* 활용 방안 및 관련 법제도 개정 필요
 - ※ ISO-탱크: 액체화물을 운송,저장 및 취급할 때 기존 탱크로리는 차량에 부착되어 있는 반면, ISO 탱크는 컨테이너 방식으로 탈착이 가능한 형태
 - CCS를 통한 CO₂ 감축 시 배출권거래제 연계 방안 검토 필요
 - CCS 사업이 본격화될 경우, CCS 감축 분은 CDM 사업으로 인정된 사례가 없기 때문에 당분간 국내 감축 분으로만 인정. 관련 투자비를 고려해 보면 CO₂ 배출권 (약 1.7만원/톤) 비용으로 CCS 운영비(예상 10만원/톤)를 유지하는 것은 불가능. 해당 설비가 지속 운영되어 CO₂ 감축에 기여할 수 있도록 제도적인 지원이 필요
 - CO₂ 운송 사업체 연합(SPC 설립)을 구성하여 CO₂를 감축하는 방안 검토
- 시멘트 산업과 연계한 CCS기술 적용을 위한 제도개선
 - 국내 시멘트 산업은 대부분 특정지역에 모여 있으며, 원료와 제품 수송을 위한 철도 인프라가 잘 구축되어 있음
 - 따라서 시멘트 산업에서 포집한 CO₂를 철도로 수송하는 것이 가장 비용 효과적인 방법이나, 현재는 고압 가스 운반법에 의해 제한을 받고 있으므로 이를 개선할 필요성이 있음
 - 포집된 CO₂를 활용하는 시설 재배 농가에 대해서도 농업용 전기, 면세유 지원정책과 같이 정부의 지원 정책 검토 필요
 - CCS와 연계한 고급 침강탄산칼슘 생산에 대해 탄소 감축 효과를 일부 인정할 필요성이 있음(CCS 기술 도입 시 시멘트 생산 1 톤당 0.14톤의 CO₂ 감축 효과 인정)

3. 기후변화대응기술 확보 로드맵(CTR) 수립

3.1. CTR 추진배경 및 목적

□ 추진배경

- 보다 강화된 국가 온실가스 감축목표 설정(2030년, BAU 대비 37%), 모든 기후변화협약 당사자가 감축의무를 부담하는 파리협정의 타결 등에 따라 기후변화 대응의 중요성이 더욱 부각됨
- 기후변화 대응의 가장 핵심적인 수단으로서 기후기술의 역할 크게 강조(청정에너지 미션 이노베이션)
- 우리나라는 그 동안 기후기술R&D 투자를 지속 확대해 왔으며('16년, 1.3조 규모), 온실가스 감축은 물론 지속적 경제성장과 국민생활 보호를 위해 핵심 기후기술을 정해진 시간내에 효과적으로 확보 필요
- 이를 위해서는 다양한 부처에서 수행하고 있는 기후기술 R&D 활동을 종합적·체계적으로 결집·공유조율할 필요가 있으며, 이의 기초가 되는 국가 기후기술R&D 현황에 대한 종합적인 분석 필요

□ 목적

- 다양한 연구 주체들의 활동을 '과제 레벨(목표, 투자규모, 예상 일정, 성과활용 등)'까지 파악·제공하여 기후기술의 체계적인 확보·활용 지원

3.2. CTR 추진체계

□ CTR 추진 체계

- 저탄소 녹색성장 기본법 제26조(녹색기술의 연구개발 및 사업화), 파리협정 이행을 위한 기후변화 대응체계 개편방안('16.2, 녹색성장위원회) 등에 따라 기후변화대응기술 확보 로드맵(CTR, Climate Technology Roadmap)를 도출하여 기후변화대응기술의 체계적인 확보 및 활용을 통해 효율적인 국가 R&D 지원 추구
- 기후변화 대응기술 관련 R&D 과제현황 자료 제공, 로드맵 수립 결과 검토 및 과제 기획단계에서의 효율적인 공동 활용을 위해 범정부 및 관리기관이 참여하는 네트워크(작업반) 협업체계 구축
 - 13개 부처(미래창조과학부(주관), 산업통상자원부, 환경부, 국토부, 농림부, 보건부 등)와 15개 연

구관리전문기관*(한국연구재단, 한국에너지기술평가원 등) 및 실무작업을 위한 출연연 간의 협업 추진

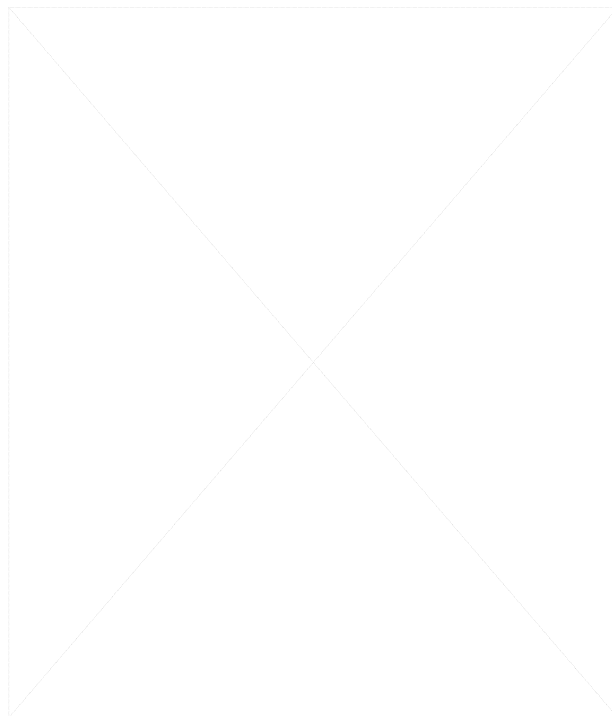
* 한국연구재단, 에너지기술평가원, 산업기술평가관리원, 산업기술진흥원, 해양과학기술진흥원, 농림수산식품기술기획평가원, 환경산업기술원, 국토교통과학기술진흥원, 보건산업진흥원, 국립보건연구원, 기상산업진흥원, 국립재난안전연구원, 국립산림과학원, 국립식량과학원, 지식재산전략원

- 최종 도출된 CTR(안)에 대하여 ‘기후기술확보를 위한 부처간 협의체’를 통해 세부기술군별 목표 등 조정, 성과연계·협력 방안 등 검토 수행
- CTR 수립의 전체적인 모든 진행과정은 미래부(연구재단)과 협의·관리 하에 진행

○ CTR 작성 실무작업

- 에너지기술연구원 기후기술전략센터에서 전체 작성방법 설정 및 내용 검토 등을 총괄
- 탄소저감 분야는 에너지기술연구원, 탄소자원화는 화학연구원, 기후변화 적응은 환경정책평가연구원에서 별도의 정책과제를 통해 실무작업 수행
- 정책, 기술, 시장 등의 환경분석 결과와 핵심기술 분야별 특성을 고려하여 전문적인 기술적 판단이 필요한 사항들은 연구재단 6대기술 RP 및 R&D 과제 책임자, 연구관리전문기관의 담당자 등의 전문가를 활용 수행

○ 산업계 기술수요 파악 및 도출된 기후산업육성모델 검토를 위해 기술 분야별 산업계 전문가들로 구성된 수요기업협의체 구축 및 기술별 간담회 진행



3.3. 기후변화대응기술 확보 로드맵(CTR) 작성

3.3.1. 개요

□ CTR 작성 대상

- 기후변화대응 핵심기술개발 전략('14.7), 탄소자원화 발전 전략('16.4) 등을 통해 설정된 '10대 기후기술' 및 기후변화 적응기술을 대상으로 국가 R&D 과제 정보 수집 및 CTR 작성

← 마스터플랜('08) 상의 분류체계 →		← CTR 작성 대상 →	
분야(3)	대분류	10대 기후기술	50개 세부기술군
탄소저감	화석연료 대체	①태양전지, ②연료전지, ③바이오연료, ④이차전지, ⑤전력IT, ⑥CCS	30개
	에너지 효율화		
탄소자원화	활용	⑦부생가스 전환, ⑧CO ₂ 전환, ⑨CO ₂ 광물화	10개
	처리		
기후변화적응	관측 및 예측	⑩공통 플랫폼	10개
	영향평가 및 적응		

- 기후기술은 크게 탄소저감기술, 탄소자원화기술, 기후변화적응기술로 구분되며, 2016년 정부 투자 규모는 총 1.3조원으로 집계됨
 - 이 중, 온실가스 감축 및 산업 창출 효과 등을 고려하여 정책적 관리가 필요하다고 판단되어 CTR 작성에 포함된 10대 기술 관련 R&D 과제는 2016년 5월 기준 총 715개 과제, 4,833 억원 으로 집계되었음
 - * (탄소저감) 온실가스 배출 자체를 줄이는 분야로, 미래부(기초·원천), 산업부(상용화) 등 8개 부처에서 총 217개 과제(2,374억원) 수행 중
 - * (탄소자원화) 배출된 온실가스를 연료·화학원료로 재활용하는 분야로, 미래부, 산업부 등 8개 부처에서, 총 96개 과제(793억원) 수행 중
 - * (기후변화적응) 기후변화로 인한 국민생활 및 산업·경제 보호 분야로, 환경부, 미래부, 복지부 등 13개 부처에서 총 405개 과제(1,666억원) 수행 중
- 본 연구에서는 탄소저감 분야의 6대 기후기술, 30개 세부기술군에 대한 기후변화대응기술 개발 로드맵(CTR) 작성을 실무적으로 수행하고, 탄소자원화, 기후변화적응분야 작성도 총괄차원에서 지원

분야	10대 기후기술	구분	50개 세부기술군
탄소 저감	1. 태양전지	실리콘 태양전지	1-1. 실리콘 사용량 축소
			1-2. 모듈 제조비용 절감
			1-3. 초박형 전지 효율 제고
		차세대 태양전지	1-4. CIGS 박막 태양전지
			1-5. 페로브스카이트 태양전지
			1-6. 유기 태양전지
			1-7. 염료감응 태양전지
			1-8. 비정질 실리콘 박막 태양전지
	2. 연료전지	상용 연료전지	2-9. 고분자연료전지 스택 고성능화 및 저가화
			2-10. 발전용 용융탄산염/인산형 연료전지 출력·내구성 향상
			2-11. 수소 제조 및 저장 비용 절감
		차세대 연료전지	2-12. 차세대 연료전지
			2-13. 고체산화물 연료전지
			2-14. 연료전지 복합발전
	3. 바이오연료	바이오연료 생산	3-15. 미세조류 바이오리파이너리
			3-16. 바이오연료 생산 플랜트
		신규 바이오매스	3-17. 미활용 바이오매스 에너지화
			3-18. 신규 바이오매스 자원 대량 확보
	4. 이차전지	중·소형 이차전지	4-19. 리튬이온전지 성능 고도화
			4-20. 초고용량 커패시터 에너지밀도 향상
			4-21. 차세대 이차전지 에너지밀도 향상
		대용량 이차전지(ESS)	4-22. ESS 저가화·장수명화·고효율화
			4-23. 차세대 대용량 이차전지
			5. 전력IT
	5-25. 공장용 EMS 에너지 절감률 향상		
	5-26. EMS 도약기술 개발		
	신재생 에너지 하이브리드	5-27. 신재생에너지간 열원 통합 및 블로킹 제어	
		5-28. ESS 활용 전기에너지 융복합 및 V2G 기술	
	6. CCS	CCS 기술개발 및 상용화	6-29. 세계적 수준의 CO ₂ 포집비용 달성
			6-30. CO ₂ 수송 및 저장기술
탄소 활용	7. 부생가스 전환	청정연료	7-31. 부생가스 자원화 청정 연료 생산
		플라스틱 원료	7-32. 부생가스 자원화 플라스틱 원료 생산
		유기성 폐기물 활용	7-33. 유기성폐기물 자원화 수송연료 및 화학제품 생산
	8. CO ₂ 전환	청정연료	8-34. 수소이용 액체연료(경유, 메탄올) 생산
		화학원료·소재	8-35. 생물 기반 플라스틱 원료 생산
			8-36. CO ₂ 플라스틱 및 신소재 생산
			8-37. 전기화학 기반 화학원료 생산
			8-38. 태양광 기반 고부가가치 화학원료 생산 (인공광합성)
	9. CO ₂ 광물화	CO ₂ 및 산업·발전 부산물 활용	9-39. 친환경 시멘트·콘크리트·폐지펄프 생산
		CO ₂ 및 석회수 활용	9-40. 나노탄산칼슘·자동차용 복합소재 생산
기후변화 적응	10. 공통 플랫폼 기술	기후변화 감시·전망	10-41. 기상 및 기후 고해상도 관측·예측
		기후영향 관측·예측	10-42. 기후위험에 대한 건강영향 감시·예측
			10-43. 기후위험에 대한 식량영향 감시·예측
			기후변화 취약성·리스크 평가
		10-45. 기후 리스크 통합관리 기반	
		피해 저감 및 회복력 강화	10-46. 기후재해 선제적 예방
			10-47. 기후재해 피해 분석·산정
			10-48. 피해 저감·복구
		중장기 대응기반 구축	10-49. 기후 위기자원 관리
			10-50. 적응정책 통합 관리

3.3.2. CTR 작성 세부내용

□ R&D 현황 분석 범위

- 기후변화대응 기술 R&D 과제 중 2015년 종료 및 2016년 현재 계속과제 및 이후 추진 계획이 있는 과제(2016년 신규, 이후 계획이 확정된 과제)를 대상으로 분석 수행
- 과제 범위는 연구재단, 예기평가 같은 전담기관이 관리하는 국가 R&D 과제를 대상으로 수행하였으나, 기초연구사업, 출연(연) 자체사업 등 사전 지정(관리)이 불가능한 Bottom-up 과제는 제외하였음

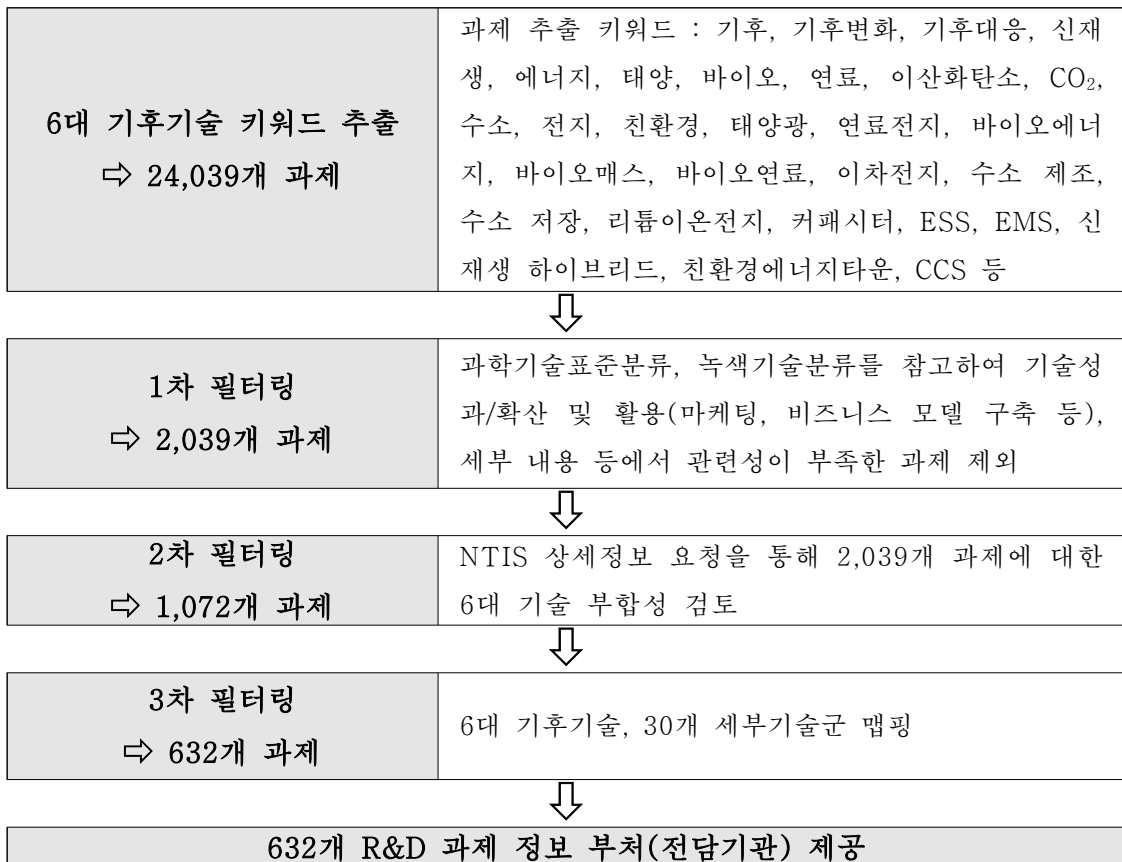
□ R&D 자료 수집 및 분석절차

- 기후기술 R&D 과제정보 수집 방법
 - 주요 기후기술 R&D 과제 누락 방지를 위해, 부처(전담기관)별로 총괄/단위 과제 레벨로 과제 기본정보 및 핵심일정, 주요 성과 도출 시기, 기술적·산업적·학술적 기대성과 및 활용 계획을 포함한 기초데이터 작성 협조 요청
 - 기존 과제 정보는 사업명, 과제명, 연구내용, 예산 항목만을 포함하고 있었으나, 수집항목을 확대하여 과제구분(총괄, 단위), 과제별 연구목적/기대효과/키워드/수행기간, 연도별 핵심성과목표/연도별 예산(공공/민간), 중간/최종성과(실적 또는 계획), 타과제와의 연계성(선행, 후속, 병행연구 등), 성과창출 확산 전략(학술적/산업적 측면) 관련 정보도 함께 수집
- 과제 분류 적정성 검토(탄소저감 6대 기후기술 및 30개 세부기술군)
 - 기존 기후변화대응 핵심기술개발 전략('14.7)과 탄소자원화 발전전략('16.4)에서 탄소저감(바이오연료 및 CCS)과 탄소활용분야의 범위가 중첩되어 중복되는 과제가 발생하는 관계로 관련 기술범위 및 과제 분류 재정리
 - 바이오연료 분야 재정리
 - (탄소저감 분야) 바이오관련 과제 중 연료생산을 목적으로 하는 과제는 바이오연료 분야에 포함
 - (탄소활용 분야) 화학제품(chemical Products) 생산을 목적으로 하는 과제 포함
 - CCS 분야 재정리
 - (탄소저감 분야) CCS관련 과제 중 탄소활용 및 전환은 탄소활용 분야에 포함(탄소자원화 계획을 수립)되므로 탄소저감 분야에서 제외

분야	10대 기술	구분	세부기술군		분야	10대 기술	구분	세부기술군
탄소저감	3. 바이오 연료	바이오 연료 생산	3-14. 미세조류 바이오리파이너리	⇒	탄소 활용	8. CO ₂ 전환	청정 연료 생산	8-33. 수소이용 액체연료(경유, 메탄올) 생산
			3-15. 바이오연료 생산 플랫폼					8-34. 생물기반 액체연료, 플라스틱 원료 생산
		신규 바이오 매스	3-16. 미활용 바이오매스 에너지화				화학 원료·소재 생산	8-35. CO ₂ 플라스틱 및 신소재 생산
			3-17. 신규 바이오매스 자원 대량 확보					8-36. 전기화학 기반 화학원료 생산
	6. CCS	CCS 기술 개발 및 상용화	6-28. 세계적 수준의 CO ₂ 포집비용 달성					8-37. 태양광 기반 고부가가치 화학원료 생산(인공광합성)
			6-29. CO ₂ 수송 및 저장기술					
			6-30. CO ₂ 활용 및 전환기술					

○ NTIS를 통한 자체 R&D 정보 분석 병행

- NTIS를 통해 수집 및 분석한 과제 정보를 부처(전담기관)에 제공하여, CTR 범위 내 국가 R&D 과제들이 누락되지 않도록 가능한 모든 노력 병행
- NTIS 자료수집 및 처리 방법



□ 로드맵 작성

- 전부처 R&D 현황을 기후기술별로 분류하고 총괄/단위과제 기준으로 로드맵 작성
 - 기후기술 하위의 각 세부기술군에 속하는 모든 과제들의 수행부처/기관, 과제명, 과제 수행 기간, 2016년도 예산, 핵심목표, 성과활용 방안 등을 종합적으로 분석·정리하여 그림형태의 로드맵으로 표현
 - R&D는 물론 실증 및 사업화까지 연계할 수 있는 비즈니스 모델(기후산업육성모델)을 발굴하여, R&D 성과의 실제 활용 계획
 - 분야별 전문가를 통해 과제별 연구목표 및 내용, 수행시기 등을 검토하여 과제 현황 외에 과제별 상호 성과의 연계 활용 가능성 및 개발기술의 기후산업육성모델 활용 계획 제시
 - 기술군 별로 진행 중 과제 수 및 예산, 보다 상세한 기술개발 방향 및 목표에 대한 설명 및 주요내용 요약 제시

□ 로드맵 검토

- 로드맵 작성 프로세스, 로드맵 공개 범위 등과 관련하여 부처(전담기관) 검토 수행
 - 한국에너지기술평가원, 환경산업기술원 등 연구관리전문기관 담당자들에게 직접 방문하여 로드맵(안) 설명 및 자문을 요청하고, 피드백을 로드맵 작성에 반영
 - CTR(안) 작성 이후, 연구관리 전문기관 커뮤니티(8월) 등을 개최하여 CTR 수립 목적 및 내용을 공유하고, CTR 관리체계 및 활용 방안 논의
 - 산업체 전문가를 대상으로 한 수요기업 협의체 개최를 통하여 기후변화대응 6대기술 R&D 관련 수요 조사, 기술 애로사항 도출, 향후 기술개발 방향/지원 제도 등의 제안을 받고, CTR 작성본 및 기후산업육성모델에 대한 의견 수렴 수행(10월)
 - CTR 및 기후산업육성모델에 대한 6대 기후기술 분야별 산·학·연 간담회 개최(8~9월) 및 기술별 서면 자문을 통한 전문가 검토 의견 수렴(12월)

<그림 3.3.1> 로드맵 예시



3.4. 국가 기후기술 R&D 현황 분석

3.4.1. 6대 핵심기술분야 국가 R&D 현황

□ 기후기술은 크게 ①탄소저감기술(Mitigation), ②탄소자원화기술(Utilization), ③기후변화적응기술(Adaptation)로 구분, '16년 정부 투자 규모는 총 1.3조원*

* 각 부처의 R&D 및 출연(연)운영지원비 등에 포함된 예산을 과제단위로 합산('15년 말 기준 조사 결과로, 미배정 신규 예산은 누락 가능)

< 10대 기후기술 및 R&D 투자 규모('16년) >

분야	10대 기후기술	R&D 투자
탄소저감	①태양전지, ②연료전지, ③바이오연료, ④이차전지, ⑤전력IT, ⑥CCS	2,374억원
탄소자원화	⑦부생가스 전환, ⑧CO ₂ 전환, ⑨CO ₂ 광물화	793억원
기후변화적응	⑩공통 플랫폼	1,666억원

○ 이 중, 온실가스 감축 및 산업 창출 효과 등을 고려, 정책적 관리가 필요한 10대 기후기술은 총 718개 과제, 4,833억원*

* 과제 단위로 산정(기초연구사업, 출연(연) 자체사업 등 사전 지정이 불가능한 Bottom-Up 과제 제외)

<6대 기술분야별/부처별 과제정보 pool 현황('16년)>

(단위 : 억원/개)

구 분	태양전지		연료전지		바이오연료		이차전지		전력IT				CCS		계	
	예산	과제수	예산	과제수	예산	과제수	예산	과제수	EMS		신재생		예산	과제수	예산	과제수
									예산	과제수	예산	과제수				
산업부	323.0	41	275.5	31	165.2	21	495.2	45	28.1	4	43.8	3	120.0	5	1391.8	147
미래부	107.7	13	114.7	11	100.2	7	55.3	8	-	-	38.0	1	171.6	5	646.5	48
환경부	-	-	-	-	31.7	2	-	-	-	-	-	-	29.0	1	60.7	3
해수부	-	-	-	-	48.0	1	-	-	-	-	-	-	95.7	1	143.7	2
국토부	-	-	-	-	-	-	-	-	61.3	2	-	-	-	-	61.3	2
농식품부	-	-	-	-	47.8	3	-	-	-	-	-	-	-	-	47.8	3
농진청	-	-	-	-	5.2	4	-	-	-	-	-	-	-	-	5.2	4
산림청	-	-	-	-	16.6	8	-	-	-	-	-	-	-	-	16.6	8
계	430.7	54	390.2	42	414.7	46	550.5	53	89.4	6	81.8	4	416.3	12	2373.6	217

- (탄소저감) 온실가스 배출 자체를 줄이는 분야로, 미래부(기초·원천), 산업부(상용화) 등 8개 부처에서 총 217개 과제(2,374억원) 수행 중
- (탄소자원화) 배출된 온실가스를 연료·화학원료로 재활용하는 분야로, 미래부, 산업부 등 8개 부처에서, 총 96개 과제(793억원) 수행 중
- (기후변화적응) 기후변화로 인한 국민생활 및 산업·경제 보호 분야로, 환경부, 미래부, 복지부 등 13개 부처에서 총 405개 과제(1,666억원) 수행 중

□ 태양전지 국가 R&D 현황

○ 태양전지 분야(8개 세부기술군) CTR 작성대상 R&D 규모는 '16년 현재 430.7억원(54과제)이며, 산업부와 미래부 2개 부처에서 수행 중

－ 실리콘 태양전지 166.3억원(38.6%, 20과제), 차세대 태양전지 264.4억원(61.4%, 34과제)

(단위 : 억원)

구 분	실리콘 태양전지			차세대 태양전지					계
세부 기술군	①실리콘 사용량 축소	②모듈 제조비용 절감	③초박형 전지 효율제고	④CIGS	⑤페로브 스카이트	⑥유기	⑦염료 감응	⑧비정질 실리콘 박막	
산업부	15.0	65.0	84.3	47.1	6.7	79.6	5.8	17.5	323.0
미래부	—	—	—	—	73.9	27.1	6.7	—	107.7
계	15.0	65.0	86.3	47.1	80.6	106.7	12.5	17.5	430.7
	166.3			264.4					

□ 연료전지 국가 R&D 현황

○ 연료전지 분야(6개 세부기술군) CTR 작성대상 R&D 규모는 '16년 현재 390.2억원(42과제)이며, 산업부와 미래부 2개 부처에서 수행 중

－ 상용 연료전지 297.0억원(76.1%, 28과제), 차세대 연료전지 93.2억원(23.9%, 14과제)

(단위 : 억원)

구 분	상용 연료전지			차세대 연료전지			계
	⑨고분자연 료전지 스택 고성능화 및 저가화	⑩발전용 용융탄산염/ 인산형 연료전지 출력·내구성 향상	⑪수소 제조 및 저장 비용 절감	⑫차세대 연료전지	⑬고체 산화물 연료전지	⑭연료전지 복합발전	
산업부	162.4	21	12.5	14.5	65.1	－	275.5
미래부	32.3	－	68.8	5	8.6	－	114.7
계	194.7	21	81.3	19.5	73.7	－	390.2
	297			93.2			

□ 바이오연료 국가 R&D 현황

○ 바이오연료 분야(4개 세부기술군) CTR 작성대상 R&D 규모는 '16년 현재 414.7억원(46과제)이며, 산업부, 미래부, 환경부 포함 7개 부처에서 수행 중

－ 바이오연료 생산 192.0억원(46.3%, 22과제), 신규 바이오매스 222.7억원(53.7%, 24과제)

(단위 : 억원)

구 분	바이오연료 생산		신규 바이오매스		계
	⑮미세조류 바이오리파이너리	⑯바이오연료 생산 플랜트	⑰미활용 바이오매스 에너지화	⑱신규 바이오매스 자원 대량 확보	
산업부	－	101.2	64	－	165.2
미래부	48.9	5	－	46.3	100.2
환경부	－	31.7	－	－	31.7
해수부	－	－	－	48	48
농림부	3	－	44.8	－	47.8
농진청	－	1.3	－	3.9	5.2
산림청	－	0.9	10	5.7	16.6
계	51.9	140.1	118.8	103.9	414.7
	192		222.7		

□ 이차전지 국가 R&D 현황

○ 이차전지 분야(5개 세부기술군) CTR 작성대상 R&D 규모는 '16년 현재 50.5억원(53과제)이며, 산업부와 미래부 2개 부처에서 수행 중

－ 중소형 이차전지 319.9억원(58.1%, 32과제), 대용량 이차전지(ESS) 230.6억원(41.9%, 21과제)

(단위 : 억원)

구 분	중소형 이차전지			대용량 이차전지(ESS)		계
	① 리튬 이온전지	② 초고용량 커패시터	③ 차세대 이차전지	④ ESS 자립수명확고기술화	⑤ 차세대 대용량 이차전지	
산업부	236.3	43.1	4.5	196.3	15.0	495.2
미래부	30.9	－	5.1	4.3	15.0	55.3
계	267.2	43.1	9.6	200.6	30.0	550.5
	319.9			230.6		

□ 전력IT 국가 R&D 현황

- 전력IT 분야(5개 세부기술군) CTR 작성대상 R&D 규모는 '16년 현재 171.2억원(10과제)이며, 산업부, 국토부, 미래부에서 수행 중
- EMS 89.4억원(52.2%, 6과제), 신재생하이브리드 81.8억원(47.8%, 4과제)

(단위 : 억원)

구 분	EMS			신재생에너지 하이브리드		계
	① 건물/ 가정용 EMS	② 공장용 EMS	③ EMS 도약기술 개발	④ 신재생에너지간 열원 통합 및 블록히팅 제어	⑤ ESS 활용 전기에너지 융복합 및 V2G 기술	
산업부	5	18.6	4.5	—	43.8	71.9
미래부	—	—	—	38	—	38
국토부	61.3	—	—	—	—	61.3
계	66.3	18.6	4.5	38	43.8	171.2
	89.4			81.8		

□ CCS 국가 R&D 현황

- CCS 분야(2개 세부기술군) CTR 작성대상 R&D 규모는 '16년 현재 416.3억원(12과제)이며, 산업부, 미래부, 환경부, 해수부에서 수행 중
- CO₂ 포집분야 194.8억원(46.8%, 8과제), CO₂ 수송 및 저장 분야 221.5억원(53.2%, 4과제)

(단위 : 억원)

구 분	CCS 기술개발 및 상용화		계
	① 세계적 수준의 CO ₂ 포집비용 달성	② CO ₂ 수송 및 저장기술	
산업부	75	45	120
미래부	119.8	51.8	171.6
환경부	—	29.0	29.0
해수부	—	95.7	95.7
계	194.8	221.5	416.3

3.4.2. 성과 분석

□ 태양전지

- **(실리콘 태양전지)** 산업부를 중심으로 실리콘 태양전지의 시장 경쟁력 확보를 위한 저가화, 양산 기술개발을 중점 수행 중
 - ※ 상용부품 및 대량생산 등 모듈·공정기술개발은 주로 기업 주관으로 수행 중
 - 그간 현장 생산기술 R&D 및 실증연구를 통해 부품·장비 국산화를 통한 매출액 및 고용창출 등 산업화 성과 달성
 - ※ 태양전지 부품 부가가치 창출('15년, 매출액 76억원), 쿠웨이트 사막용 태양광 모듈 및 시스템 실증단지 구축('16년, 120kW급), 인천 한옥마을 시범적용('16년 예정) 등
 - 다만, 단기 R&D(3~5년)를 통한 개별 산업영역에 적용을 목적으로 하고 있어, 과제간 연계나 성과 통합 활용을 위한 추가 노력 필요
- **(차세대 태양전지)** 미래부를 중심으로 미래시장 개척을 위한 차세대 태양전지 소재, 소자구조, 에너지변환 기술 등 원천기술 개발 추진
 - 페로브스카이트 태양전지 세계최고 효율(22.1%) 달성 등 원천기술 확보 성과는 우수한 편
 - 미래부(기초·원천)→산업부(상용화) 또는 대학·출연(연)→기업으로의 R&D 연계 및 성과활용을 활성화할 필요
 - ※ 일부 과제는 창호 맞춤형 모듈개발, 승용차용 솔라 선루프 등 실질적인 성과활용을 고려

□ 연료전지

- **(상용 연료전지)** 산업부를 중심으로 연료전지 저가화 및 성능향상 기술 개발을 수행 중이며, 미래부는 안정적 수소 제조 및 저장 기술 확보를 위한 원천 기술 개발을 중점 추진 중
 - 핵심소재의 저가화·국산화 기술 개발 및 기술이전을 통해 연료전지 부품 제조 전문 기업 Value chain 구축 및 내수시장 확대에 기여
 - ※ 고분자 전해질막 성능 세계최고수준 달성('14), 기술이전('15년 하이리움산업(주), '16년 우신산업 등), MoU 및 협업체제 구축('16년 델타텍코리아 등)
 - 기업이 주관하는 스택 및 시스템 개발의 경우, 대부분 적용처를 명확히 제시하고 있어 실제적인 성과 창출 기대 가능
 - ※ 차기 FCEV 양산 적용('18), 연료전지 버스 촉매 적용('20), 연료전지 백업전원 활용 통신기지국 및 시장 진출('18), 이동형연료전지 시제품 제작(300W급) 등
- **(차세대 연료전지)** 상용 연료전지 대비 생산비용은 절감하고, 성능 및 수명이 향상된 신개념 연료전지 개발 및 상용화를 위한 R&D 수행 중

- 고체산화물연료전지(SOFC) 비중이 높은 편이며, 산업계 중심의 시스템 실증 연구가 다수를 차지, 소재·공정기술 분야에서 우수한 학술적 성과 창출
- ※ 연구 우수성 검증('15년 Nature 등), 기술 이전('16), 시작품 제작 및 필드테스트 추진('16)

□ 바이오연료

- **(바이오연료 생산)** 미래부와 산업부를 중심으로 미세조류 바이오디젤 생산 등 바이오연료 생산·보급량 확대를 위한 플랜트 기술개발 중점 수행
 - 바이오디젤 생산 원천기술 확보 및 준상용급 생산설비 구축 등 상용화에 근접하는 성과 창출
 - ※ 기술 우수성 검증(Nature, Science 등), 기술이전('15년, 한국지역난방공사), 세계 최고 수준의 바이오부탄올 생산기반 확보('16년, GS칼텍스), 매출액 754억 달성('16년, 현대건설) 등
 - 지자체 융합사업화(정읍, 평창), 기술이전(SK케미컬, 유진바이오텍), 준상용화급(10t/d) 플랜트 준공(GS칼텍스) 등 실증 및 지속적인 산업적 성과로의 연계를 위한 계획 보유
- **(신규 바이오매스)** 산업부·농림부의 국내 미활용 바이오매스 연료화 및 미래부·해수부의 토종 바이오매스 확보·대량 생산 기술 개발 추진 중
 - 산업계 중심의 미활용 바이오매스를 활용한 바이오디젤·바이오 오일 생산기술 개발 결과의 시범보급 및 사업화 성과 달성
 - ※ 캄보디아 시범보급사업('15년, 대원GSI), 5만톤 규모 플랜트 중국 수출('16년, 웰크론한텍), 바이오오일 연소시스템 기술료 10만 \$ 달성('15년, (주)수국) 등

□ 이차전지

- **(중·소형 이차전지)** 산업부와 미래부를 중심으로 중·소형 이차전지 상용화를 위한 에너지밀도 향상, 저가화, 양산성 확보 관련 기술개발 중점 수행 중
 - 에너지 밀도 향상을 위한 원천소재 개발, 시스템 최적화 핵심 기술의 기술이전 및 사업화 성과 창출 중
 - ※ 기능성 전극 제조기술 매출액('15년, 1억), 음극 제조법 기술이전('15년, 4천만원) 차량용 리튬이차전지시스템 사업화 매출액('15년, 16백만원) 등
 - 다만, 과제별로 소재나 모듈 등의 단일기술 개발 및 기술이전을 목표로 제시하고 있어, 기술간 연계성 및 개발기술의 후속연구 미흡
- **(대용량 이차전지)** 산업부를 중심으로 ESS 시장 선점 가능한 대용량 전지 부품·소재 개발, 시스템 개발 및 신재생 연계 ESS 실증 추진
 - 양산성 확보, 상용화 양산제품 출시, 기술상용화, 실증 및 판매 등 사업화 위주의 성과 달성

- ※ 일본 히타치사에 50kWh 모듈 판매('15), 미국 Ensync사에 스택 판매('15), 50kWh Zn-Br 플로우배터리 시스템 스코틀랜드 현지 평가기관(PNDD) 설치 및 실증('16), 리튬이온전지 소재 상용화 양산 제품 출시('18 목표), RFB용 바나듐 전해액 1,000L/일 생산('18 목표)

□ 전력IT

- (EMS) 국토부와 산업부 중심으로 건물 에너지사용 절감을 위한 ICT 기반 BEMS 운영·진단기술 및 공정별 특성을 반영한 FEMS 기술 실증 추진 중
 - 출연연을 중심으로 EMS 요소기술 개발을 통한 통합지원시스템 개발 수행, 중소·중견 기업의 경우 개발기술의 현장 연계 실증 추진 중
- ※ [예시] '16년에 FEMS 기술을 국내 자동차 공장 현장에 실증
- (신재생하이브리드) 미래부에서 신재생 열에너지 융복합 기술개발 및 실증을 추진 중이며, 산업부를 중심으로 신재생에너지 연계 ESS 구축 및 V2G 연계 관련 실증연구 추진 중
 - 열원간 계통연계를 포함하는 '친환경에너지 시스템 구축 사업'을 통해 신재생 융복합 시스템 운영 핵심기술 개발 및 실증운전 수행
 - 신재생에너지 연계 ESS 개발에 있어 전력변환장치(PCS)의 미국 UL 안전인증 및 CE (유럽 전기안전규격)인증 획득으로 해외 수출 시 활용 가능

□ CCS

- (CO₂ 포집) 미래부와 산업부를 중심으로 CCS 상용화 문제 해결을 위한 CO₂ 포집비용 개선 기술개발 중점 수행 중
 - ※ 연소후, 연소전 CO₂ 포집기술 개발은 주로 산·학·연 협력연구를 중심으로 수행 중
 - 국제공동연구를 통한 혁신기술 개발 및 실증, Track Record 확보 추진 중
 - ※ 연소후 건식 10MW 플랜트 장기운전 및 상용패키지 TR 확보('15)
 - 미래부를 중심으로 핵심 요소기술 개발, 산업부를 중심으로 플랜트·상용패키지·공정 기술개발이 수행되고 있으나, 부처간 긴밀한 연계(미래부(기초·원천)→산업부(상용화))와 성과활용은 다소 미흡
- (수송 및 저장) 4개 부처에서 CCS 상용화를 위한 고효율, 저비용, 고안전의 저장 및 모니터링 기술 개발 및 실증 수행 중
 - 대부분 설비 제작, 공정설계, 위해성평가 체계 구축, 모니터링과 같은 CO₂ 저장 실증을 위한 연구 진행 중
 - ※ CO₂ 저장 설비(해상플랫폼, 주입정 등) 수송·주입 설계('15), 저장공간 분석 완료('16) 등
 - 효과적인 실증사업 추진 연계를 위해서는 기업의 공동 참여 방안 마련 필요

3.4.3. 국가 전략과의 부합성

□ 태양전지

< 태양전지 성과목표 현황 >

전략명	성과 목표 ('20)
기후변화대응 핵심기술개발전략 ('15.3)	▶(실리콘 태양전지) 단위 생산전력당 모듈제조 비용 35% 절감 - 모듈 제조비용 : ('15) 0.7 USD/Watt → ('20) 0.45 USD/Watt ▶(차세대 태양전지) 실리콘 태양전지를 대체할 차세대 태양전지 개발 - 셀단위 발전효율 : ('15) 20% → ('20) 30%

- (실리콘 태양전지) 소재, 부품, 장비, 공정기술 등의 분야에서 대부분(80% 이상)의 과제가 가격경쟁력 제고와 관련된 목표를 설정하고 있어, 전략에서 제시하는 성과목표와 큰 틀에서 일관성을 유지
 - 다만, '모듈제조 비용' 등 구체적이고 정량적인 목표 없이 '웨이퍼 박판화', '공정속도 개선' 등 기본 방향만 설정한 과제도 존재
 - (차세대 태양전지) 대부분 실리콘 태양전지 대비 경쟁 우위 선점이 가능한 원천기술 개발을 목표로 하고 있어 전략과 부합되고 있음
 - 일부 기술 분야에서 과제간 기술개발 목표 설정이 모순되어 보이나, 활용목적 및 기술 스펙에 차별성을 가지고 있어 단순히 정량적인 성과목표간 단순 비교는 어려움
- ※ 예시) 유기 태양전지 분야의 경우, 2개 이상의 과제가 동일한 최종목표(셀효율 12%, 안정성 초기효율대비 80%)를 제시하고 있으나 양산공정용·인쇄기반 등 과제 차별성 존재

□ 연료전지

< 연료전지 성과목표 현황 >

전략명	성과 목표 ('20)
기후변화대응 핵심기술개발전략 ('15.3)	▶(상용) 고효율 저가 연료전지 개발 및 안정적 수소제조 및 저장기술 확보 - 스택 출력밀도: ('15) 1.8kW/L → ('20) 4kW/L / 제조비용 절감: ('20) 현재대비 50% ▶(차세대) 연료전지 발전효율 향상 및 발전수명 제고 - 발전효율: ('15) 47% → ('20) 70% / 수명: ('15) 35,000시간 → ('20) 70,000시간

- (상용 연료전지) 고가 핵심소재 대체 및 성능 향상에 따른 제조비용 절감, 출력밀도 향상 등 연료전지 상용기술 고도화와 관련된 기술개발 목표를 설정하고 있어 전략에서 제시하는 정성적 목표와는 일치

- 다만, 설계 조건(응용분야, 소재 등)에 따라 요구되는 성능 다양화, 시스템 출력을 목표로 제시하는 등 전략상의 정량적 목표치에 부합하지 않는 과제가 다수
 - ※ 시스템 출력 밀도 670W/L(현대모비스), 시스템 정격 출력 25kW(건설기계부품연), 300W(LIG넥스원) 등
- 스택 성능 고도화를 위한 막, 촉매 등의 핵심 소재 성능 향상 기술 개발의 경우, 소재 성능 기준 목표 설정으로 전략과의 일관성 판단이 어려움
 - ※ 막-전극접합체 성능 2.5A/cm²@0.6V('20년, 예기연), 촉매성능 0.6A/mgPt('20년, KIST) 등
- (차세대 연료전지) 대부분 상용 연료전지 대비 경쟁 우위 선점이 가능한 신개념 연료전지 개발 및 기술상용화를 목표로 하고 있어 전략과 부합도가 높음
 - 다만, 각 과제별로 발전효율은 물론 요소기술 특성(출력밀도, 발전용량, 소재 등)에 따라 다양한 지표를 활용한 목표 제시로 정확한 비교 분석에는 한계
 - 전략에는 연료전지 복합발전시스템 개발(MCFC-SOFC 등)을 포함하고 있으나, 현재 수행 중인 관련 R&D는 미비

□ 바이오연료

< 바이오연료 성과목표 현황 >

전략명	성과 목표 ('20)
기후변화대응 핵심기술개발전략 (15.3)	▶(바이오연료 생산) 미세조류 바이오디젤 생산비 절감 - 바이오디젤 생산 단가 : ('15) 3,300원/L → ('20) 1,000원/L ▶(신규 바이오매스) '17년까지 3천톤급 플랜트 구축 및 실증 - 바이오디젤 보급량 : ('15) 0 → ('20) 54,000kL

- (바이오연료 생산) 단가 절감 및 생산성 확보와 관련된 기술개발 목표를 설정하고 있어 전략에서 제시하는 성과목표와 전체적으로 일관성 유지
 - 다만, 산업부 및 환경부 2개 과제*를 제외하고는 생산비용 절감에 대한 정량적인 목표가 없는 과제들이 대부분
 - * 바이오에탄올 < 450원/L('18년, CJ제일제당), 바이오부탄올 600원/L('19년, GS칼텍스)
- (신규 바이오매스) 미활용 또는 신규 바이오매스 대량 확보 기술개발을 목표로 설정한 과제가 대부분으로 전략과 부합성이 높으나,
 - 신규 바이오매스 개발에 의해 최종적으로 생산되는 바이오디젤 보급량에 대한 정량적 목표 제시 미흡
 - ※ 산업부 1개의 과제에서 유일하게 바이오디젤 3천톤 보급('17) 목표 제시

□ 이차전지

< 이차전지 성과목표 현황 >

전략명	성과 목표 ('20)
기후변화대응 핵심기술개발전략 ('15.3)	▶(중·소형 이차전지) 이차전지 성능 고도화 - 에너지밀도 : ('15) 170Wh/kg(리튬이온전지) → ('20) 400Wh/kg(차세대전지) ▶(대용량 이차전지) ESS 활성화를 위한 설치비용 절감 및 수명 연장 - 설치비용 : ('15) 120만원/kWh → ('20) 40만원/kWh - 전지수명 : ('15) 10년 → ('20) 20년

- (중·소형 이차전지) 전극, 부품, 셀 제조기술 분야에서는 에너지밀도 향상과 관련된 정량화된 기술개발 목표를 설정하고 있어 전략에서 제시하는 성과목표와 일관성 유지
 - 소재 기술개발의 경우에도 소재별 특성에 적합한 목표(인장강도, 용량, 충방전 횟수 등)를 설정하여 이차전지 성능 고도화라는 성과목표 달성을 지원
- (대용량 이차전지) 일부 과제(35%)는 저가격화, 장수명과 같은 목표를 제시하고 있으나, 대부분 스택·시스템 효율 향상을 목표로 제시
 - 대용량 전지는 활용목적 및 특성에 따라 요구되는 스펙이 다르므로 일괄적인 성과목표를 제시하기 어려운 점을 감안할 필요

□ 전력IT

< 전력IT 성과목표 현황 >

전략명	성과 목표 ('20)
기후변화대응 핵심기술개발전략 ('15.3)	▶(EMS) EMS를 통한 에너지 절감 효과 제고 - 가정·건물용 EMS : '20년까지 대형 고층건물 위주에서 아파트 단지까지 확대 - 공장용 EMS : '20년까지 팩토리 EMS 플랫폼 구축 및 보급 확대 ▶(신재생에너지하이브리드) 다수의 신재생에너지와 ESS를 융복합하는 기술 실증 - 신재생에너지간 열원 통합 및 블록히팅 제어 : '20년까지 표준 모델 확산

- (EMS) 건물에너지 운영관리기술, 공정별 특성을 반영한 에너지 통합관리 기술 등 에너지 절감을 향상과 관련된 기술개발 목표를 설정하고 있어 전략상의 성과목표와 일관성 유지

- 다만, 기술개발 초기단계이므로, EMS 시스템 보급확대를 위한 목표를 제시하고 있는 연구는 활발하지 않음

※ BEMS 분야의 1개 과제가 건물에너지 통합지원시스템 개발 및 대국민 공개 서비스 실시를 목표로 제시

- (신재생에너지하이브리드) 대부분 연구가 개발기술 및 플랫폼의 실증을 목표로 하고 있어 전략과 부합되고 있음
- 수행과제 수가 적어 과제간 연계성이 나타나기 어려우며, 성과지표로 설정하고 있는 표준모델 확산을 위한 R&D 지원도 필요

□ CCS

< CCS 성과목표 현황 >

전략명	성과 목표 ('20)
기후변화대응 핵심기술개발전략 ('15.3)	▶(이산화탄소 포집·처리기술) CCS 상용화를 위한 적정 가격경쟁력 확보 - 이산화탄소 포집·저장 비용 : ('15) 약 \$150/tCO ₂ → ('20) \$30~50/tCO ₂

- (CO₂ 포집) 직접적으로 비용목표를 제시한 과제는 2개이며, 나머지 과제들의 경우 총 소비에너지 저감, CO₂ 회수율 관련 목표 제시
- 일부 기술분야는 과제간 기술개발 목표 설정에 있어 상호모순*되는 문제점이 존재하나, 기술스펙의 차별성으로 인해 단순 비교 어려움
- * 연소후 분리막 포집('20년 비용목표 20\$/tCO₂), 시멘트산업 연계 연소후 습식 포집('18년 비용목표 ≤18\$/tCO₂)
- (수송 및 저장) 대부분 CO₂ 해양지중저장 기술 실증 및 모니터링 기술개발을 목표로 하고 있어 비용에 대한 정량적 목표가 제시되지 않음
- 대부분의 과제들이 '실증 부지 선정', '현장실증', '저장 기반 구축', '평가 및 모니터링 체계 구축' 등 정성적인 목표를 제시하고 있음

3.4.4. CTR을 통한 R&D 현황 종합검토

□ 총괄 검토 결과

- 전체적으로 과제들간의 상호 목표 연계 및 성과물의 공동 활용 확대 가능성 확인
 - CTR을 통해 R&D 현황을 종합적으로 파악할 수 있게 됨으로써, 향후 과제들간의 성과 연계 촉진 기대
 - 연구단계별로 후속연구와 성과연계 계획 수립을 통해, 연구성과의 실제 활용 확대 필요 (특히 기초·원천연구의 성과를 다음 단계 연구단계의 후속연구와의 연계성 강화 필요)
 - 한편으로는 일부 과제들간에 목표 달성 수준과 시점에서 일관성 다소 부족한 점들이 있으며, CTR을 활용하여 연차·단계 평가시 불일치 해소 및 향후 기획에서 관련 사항 반영 가능
- 현재 수행되고 있는 과제들은 대부분 상위전략인 기후변화대응 핵심기술개발전략 이행계획('15) 목표 등과의 부합성은 양호한 것으로 분석
- 현재 분야별·과제별로 다양한 성과지표들을 설정하고 있는데, 과제간 연계 및 상호 성과 활용 촉진을 위해 최종목표의 지향점이 같은 방향인 과제는 가능한 공통적인 지표 추가 포함 권장 검토
 - CTR을 통해 세부 기술군별 목표 및 성과 지표들을 종합적으로 검토하여, 지표설정에 반영 추진
 - ※ 예) 비용절감을 목표로 하는 과제의 경우, 비용과 관련된 시스템 가격 목표 등의 지표 포함 검토
- 향후 CTR의 주기적이고 지속적인 업데이트, 기후산업육성모델의 추가 발굴 및 상세기획을 통해 기존 수행과제는 물론 신규 과제와의 연계성 및 성과활용 확대 추진

□ 태양전지 종합검토 결과

- 전체적으로 과제간 성과의 상호목표 연계 및 성과물의 공동 활용은 부족한 것으로 평가됨
 - 기획단계에서부터 동 분야 종료 및 진행과제의 성과목표를 분석하여, 성과의 연계 및 공동 활용 촉진 필요
- 기술개발 목표가 상호간 모순되는 과제는 연차·단계평가시 이를 객관적으로 검증하고 점진적으로 불일치 해소 필요
- 드론, 전기차 등 신산업 활용이 기대되는 초고효율(Ⅲ-V족) 태양전지, 양자점 태양전지 등의 기술개발도 향후 전략적으로 추진 필요

□ 연료전지 종합검토 결과

- 연료전지의 적용분야별(발전용, 건물용, 수송용 등) 상호 연계 가능한 과제들을 파악하여 성과 연계 활용 촉진 필요
- 진행 중 과제의 성과목표와 전략상의 성과목표 간 비교 검증 필요
 - 이미 전략 목표 초과 달성 과제 존재, 주기적인 전략 목표 업데이트 필요
- 다양한 세부 지표를 이용한 목표 제시 보다는, 시스템 전체의 효율과 비용에 대한 영향을 확인할 수 있는 목표 제시 권장 필요
 - 비용절감 목표의 경우, 모듈 또는 시스템 가격 기준의 정량적 수치 제시 * 예) 시스템 가격 1,800만원/kW

□ 바이오연료 종합검토 결과

- 전체적으로 과제 종료 후, 산업화 적용을 위한 성과 활용 계획을 구체적으로 제시하고 있는 점은 우수한 것으로 평가됨
 - 다만, 기초·원천단계 연구 위주의 신규 바이오매스 관련 과제들은 조기 상용화를 위해 연계·후속과제 수행계획 수립 필요
- 바이오연료의 지속적인 보급 확대를 위해서는 화석연료 대비 가격 경쟁력 확보가 매우 중요
 - 기획단계에서 가능한 비용 목표치 제시를 권고하고,
 - 생산 비용 및 보급량과 관련된 목표치를 보다 명확하게 제시한 후, 평가시 달성도 및 시·기적절성 검증 필요

□ 이차전지 종합검토 결과

- 대용량 전지의 경우 실증 및 상용화에 대한 목표나 연계성이 잘 나타나고 있는 반면, 중·소형 전지는 과제간 성과 연계 및 후속과제 활용이 부족한 것으로 평가됨
 - 소재-부품-시스템 기술 통합 개발, Supply-Chain 구축을 위한 연구 성과 공유 등 상용화 지원을 위한 플랫폼 기반의 기술개발 연계 촉진 필요

□ 전력IT 종합검토 결과

- 전력IT 도약기술의 경우 핵심기술 초기단계로, 특정 출연연 및 중소기업 위주의 R&D가 수행되고 있어 보급확대 측면에서 성과지표와의 부합성은 아직 미흡한 것으로 평가됨
 - 수행과제가 적으므로 과제 간, 혹은 개발기술간의 연계가 쉽지 않아 핵심기술 확보 및 세부기술의 통합적인 운영 관련 R&D 확대 필요

□ CCS 종합검토 결과

- 경제성 확보에 기간이 소요되는 CCS 기술개발은 부처간 협업을 통해 기술개발이 이루어져야 하지만, 개발기술에 대한 부처간 연계 미흡
 - CCS 저장 실증사업에 있어서는 선행연구의 기술개발 결과를 후속과제 및 전략과제에 연계하기 위한 범부처 차원의 과제 기획 필요
- 가격경쟁력 확보를 전략목표로 제시하고 있으나, 비용저감에 대한 목표를 제시하고 있는 과제 비율 낮음
 - 기획단계 및 수행 중 과제들에 대한 명확한 비용 목표 설정 권고
 - 기술개발 목표의 도전성이 약한 과제는 연차·단계평가 시 이를 객관적으로 검증하고 목표수정 및 관리 필요

3.5. R&D 추진방향 도출

3.5.1. 기후산업육성모델과 R&D과제와 연계(부록 2 참고)

□ 기후산업육성모델의 개요

- 온실가스 감축에 실질적으로 기여하고 새로운 기후산업을 창출할 수 있는 사업화 모델인 기후산업육성모델(6대 기후기술분야, 총 12개 모델)과 수행 중인 R&D들과의 연계하는 전략을 제시
 - 미래부 정책과제인 ‘기후변화대응기술개발사업 전략적 추진을 위한 기획 연구(2016)’를 통해 발굴된 기후산업육성모델과 CTR을 통해 파악된 개발 중인 기후변화대응 기술의 실증·사업화와 연계하는 방안을 제시
 - 신산업 창출효과가 큰 기후산업육성모델과 수행 중 R&D의 연계를 통해 온실가스 감축과 더불어 산업육성이 가능한 통합 패키지 모델 발굴을 유도

□ 태양전지

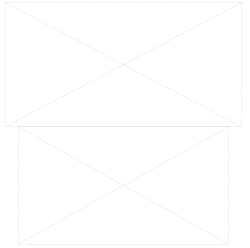
- 기술개발·산업화 연계 강화
 - 태양전지 분야 R&D 성과를 ‘E-프로슈머 사업(소규모 태양광 보급사업)’, 진천 친환경 에너지타운(태양광 1만㎡) 등 관련 실증·보급사업 시 활용

- 가정/상업/산업 건물용, 분산전원용, 수송용 차세대 태양전지 사업화 모델과 연계 가능한 핵심원천 및 응용기술 R&D 추진

○ 기후기술 기반의 온실가스 감축 강화

- (직접) 기후산업육성 모델(5년 R&D + 5년 실증·사업화 지원)을 통해 '30년 기준 연간 0.6백만톤 온실가스 감축
- (간접) 정부의 태양광발전 확대 정책(제7차 전력수급 기본계획) 등을 고려할 때 '30년 기준 연간 2.8백만톤의 온실가스 감축 간접 지원

※ ('20) 25천톤CO₂ → ('25) 509천톤CO₂ → ('30) 2,809천톤CO₂ (추정치)

구분	모델명	주요내용	'30년 감축효과 (천톤/연간)
태양 전지 (2)	 [도심형 태양광발전]	· 고성능(고출력, 심미성, 곡면 대응성 등)의 도심 맞춤형 차세대 태양광 발전 기반 친환경에너지건물 보급을 위한 기술 개발 및 사업화 모델 개발 · 유기 기반 태양전지를 이용한 반투과형 창호를 설치하여 직접 발전하고 독립형 IoT 구동전원을 공급하는 기술 개발 및 사업화 · 다양한 색상을 갖는 반투과형 태양전지를 창호에 응용하여, 에너지 절약·생산 및 IoT 기기 구동 ※ ('16) 신규 추진	595
	 [태양광 전기자동차]	· 태양광발전 기술을 전기 자동차에 접목하여 배터리 저장 용량의 한계를 보완(운행거리 확대)할 수 있는 기술개발 및 사업화 · 기술 난이도가 높은 전기자동차용 태양전지기술 조기 확보를 통해 차세대 신규 기술 시장 창출 및 선도 ※ ('17) 신규 추진(예정)	23

□ 연료전지

○ 기술개발·산업화 연계 강화

- 연료전지 분야 R&D 성과를 연료전지 자동차(핵심 부품 및 스택 국산화) 및 수소 스테이션 보급(수소 제조·공급 및 저장용기 개발) 확대에 활용
- 차세대 연료전지 및 수소 인프라 기술 개발을 통해 융합발전 시스템(소형 가스터빈 및 열전발전 등)보급 확대 및 가정용 연료전지 리스사업 추진
- 상용화된 기술의 부품·소재 대량생산 공정 개발, 기술 수준 분석 및 표준화 체계 설정, 시스템-부품소재 기업 간 Supply-Chain 구축 지원

○ 기후기술 기반의 온실가스 감축 강화

- (직접) 기후산업육성 모델(5년 R&D + 5년 실증·사업화 지원)을 통해 '30년 기준 연간 2.2백만톤 온실가스 감축
- (간접) 정부의 연료전지 정책(제7차 전력수급 기본계획, 제3차 친환경적 자동차 개발 및 보급 기본계획) 등을 고려할 때 '30년 기준 연간 2.9백만톤의 온실가스 감축 간접 지원

※ ('20) 417천톤CO₂ → ('25) 1,408천톤CO₂ → ('30) 2,874천톤CO₂ (추정치)

구분	모델명	주요내용	'30년 감축효과 (천톤/연간)
연료 전지 (2)	 [건물 냉방용 연료전지 발전]	· 전기와 동시에 냉열을 공급할 수 있는 삼중열병합 시스템을 적용하여, 하절기 건물용 냉방수요 대응 연료전지 개발 및 사업화 · 전기와 온열 중심의 기존 연료전지시스템과 차별화된 시장 창출 ※ ('16) 신규 추진	1,404
	 [수소·전기 복합 충전소]	· 수소 및 전기자동차와 같은 친환경 자동차의 보급 증가로 인해 대도시 내 전기 및 수소 충전소 구축 확대 필요 · 기존의 주유소 기반 시설을 적극 활용하여 수소, 전기 및 열을 동시 생산 및 공급할 수 있는 수소 기반의 복합 충전소를 구축 ※ ('17) 신규 추진(예정)	762

□ 바이오연료

○ 기술개발·산업화 연계 강화

- 바이오연료 분야 R&D 성과를 친환경 에너지타운(바이오가스 발전), 창조경제 혁신센터 연계 지역에너지 신산업 육성(바이오연료 생산 플랜트 실증) 등 관련 실증·보급사업시 활용
- 기존 인프라를 활용한 바이오매스-원유 복합 리파이너리, 신재생에너지를 활용한 독립형 바이오유전 등 바이오연료 사업화 모델과 연계 가능한 응용기술 개발 및 실증연구 추진
- 신규 바이오매스(미세조류 등) 확보·전처리·전환 등 아직 시장이 형성되지 않은 기술의 원천연구 추진

○ 기후기술 기반의 온실가스 감축 강화

- (직접) 기후산업육성 모델(5년 R&D + 5년 실증·사업화 지원)을 통해 '30년 기준 연간 0.5백만톤 온실가스 감축
- (간접) 정부의 바이오연료 확대 정책(제4차 신재생에너지 기본계획) 등을 고려할 때 '30년 기준 연간 4.1백만톤의 온실가스 감축 간접 지원

※ ('20) 176천톤CO₂ → ('25) 1,443천톤CO₂ → ('30) 4,075천톤CO₂ (추정치)

구분	모델명	주요내용	'30년 감축효과 (천톤/연간)
바이오 연료 (2)	 [바이오매스-원유 복합 정유공정]	· 바이오매스 유래 원료 또는 중간제품을 국내의 발달된 석유화학 리파이너지 공정에 투입하여 에너지·화학제품 생산 복합 플랜트 · 석유화학 산업과 융합을 통해 기존 공정 및 인프라를 적극 활용함으로써 투자 비용 최소화 및 규모의 경제 한계 극복 ※ ('17) 신규 추진(예정)	330
	 [신재생에너지 활용 바이오 공장]	· 태양광, 풍력 등 신재생에너지와 CO ₂ 를 원료로 다양한 연료·화학제품을 생산하는 바이오공장 사업화 모델 개발 · 신재생에너지 유래 환원력(전력, 수소, 금속염 등) 및 생물 촉매의 선택성, 특이성을 활용하여 고부가가치 제품 생산	148

□ 이차전지

○ 기술개발·산업화 연계 강화

- 이차전지 분야 R&D 성과를 '에너지신산업(ESS 통합서비스, V2G 사업)' 및 ESS+신재생에너지 융합모델(진천 친환경 에너지타운, 친환경 에너지 자립섬) 등 관련 실증·보급사업 시 활용
- 원천기술 중심으로 기술개발 중인 차세대 이차전지의 조기 상용화를 위해 기술실증 및 양산공정 개발 연계 지원 검토

○ 기후기술 기반의 온실가스 감축 강화

- (직접) 기후산업육성 모델(5년 R&D + 5년 실증·사업화 지원)을 통해 '30년 기준 연간 2.7백만톤 온실가스 감축
- (간접) 정부의 이차전지 보급 확대계획(2030 에너지신산업 확산전략) 등을 고려할 때 '30년 기준 연간 6.0백만톤의 온실가스 감축 간접 지원

※ ('20) 1,284톤CO₂ → ('25) 3,480천톤CO₂ → ('30) 6,035천톤CO₂ (추정치)

구분	모델명	주요내용	'30년 감축효과 (천톤/연간)
이차 전지 (3)	 [전기자동차용 대용량 충전시스템]	· 기존 전력망에 신재생에너지와 연계된 ESS를 추가하여 동시에 수십 대 이상의 EV를 충전할 수 있는 충전 시스템 개발 및 사업화 · 전력망 신규 설비비용 저감, 거대 부품 간소화, EV 충전 사업 유료 전환 수익 모델 개발 ※ ('17) 신규 추진(예정)	942

구분	모델명	주요내용	'30년 감축효과 (천톤/연간)
	 [고성능 전기자동차용 이차전지]	· '차세대 이차전지' 산업의 first mover 도약을 위한 現 리튬 이온전지 및 전기 자동차용 이차전지 한계돌파 기술 개발 · 고속 충전 및 고에너지밀도, 고성능, 장수명의 이차전지 및 시스템 개발을 통해 전기차 보급 확대 사업화 모델 창출	530
	 [친환경 커뮤니티용 에너지저장공급시스템]	· 신재생에너지와 에너지저장장치를 이용한 안정적인 친환경 에너지 생산·기여 모델 구축 · 대용량 레독스 플로우 전지 성능 향상 및 사이즈 저감 기술 적용 주민 참여형 모델	1,177

□ 전력IT

○ 기술개발·산업화 연계 강화

- 전력IT 분야 R&D 성과를 'ESCO 사업' '에너지신산업 (ESS 통합서비스, V2G 사업)' 및 진천 친환경 에너지타운, 친환경 에너지 자립섬등 실증·보급사업 시 활용
- 신재생에너지 연계 ESS 실증R&D의 경우 기술개발과 함께 현지 실증사이트 구축, 해외 수출을 위한 인증 획득을 병행함으로써 향후 기술 상용화 및 확산을 위한 기반 마련

○ 기후기술 기반의 온실가스 감축 강화

- (직접) 기후산업육성 모델(5년 R&D + 5년 실증·사업화 지원)을 통해 '30년 기준 연간 1.5백만톤 온실가스 감축
- (간접) 정부의 전력IT관련 보급 계획(제4차 신재생에너지 기본계획, 에너지관리시스템(EMS) 보급계획) 등을 고려할 때 '30년 기준 연간 2.6백만톤의 온실가스 감축 간접 지원

※ ('20) 70천톤CO₂ → ('25) 802천톤CO₂ → ('30) 2,603천톤CO₂ (추정치)

구분	모델명	주요내용	'30년 감축효과 (천톤/연간)
전력 IT (2)	 [에너지 클라우드를 구현하는 에너지관리시스템]	· 발전원·저장시스템·부하관리가 연계된 통합에너지 관리 토탈 솔루션으로 커뮤니티 차원의 에너지 공급·수요의 균형 지원 · 수요관리 에너지(전기, 열)의 양방향 흐름의 제어 및 이종 에너지간의 통합 거래도 가능	1,509

구분	모델명	주요내용	'30년 감축효과 (천톤/연간)
	 [신재생에너지 기반 지역 냉난방시스템]	· 다양한 신재생 열에너지 설비를 융복합하여 지역단위 또는 건물군에 열에너지를 공급하는 중소규모 지역냉난방 시스템 개발·보급 * (기존) 개별건물에 단일 신재생에너지 설비 설치 → (개선) 다양한 설비를 중대규모로 설치	27

□ CCS

○ 기술개발·산업화 연계 강화

- CCS 분야 R&D 성과를 석탄화력발전소 및 철강, 시멘트 등 에너지 다소비 산업 분야 적용 및 미션이노베이션 전략과제 연계 가능
- CCS 시장 선점을 위한 포집 및 저장기술에 대한 대규모 범부처 통합 실증사업 추진 및 Track Record 확보

○ 기후기술 기반의 온실가스 감축 강화

- (직접) 기후산업육성 모델(5년 R&D + 5년 실증·사업화 지원)을 통해 '30년 기준 연간 15.3백만톤 온실가스 감축
- (간접) 현재 추진 중인 R&D 및 실증사업 등을 고려하여 '30년까지 석탄화력 5기(500MW급) 적용 등을 전제로 '30년 기준 연간 28.9백만톤의 온실가스 감축 간접 지원

※ ('20) 4천톤CO₂ → ('25) 7.052천톤CO₂ → ('30) 28,920천톤CO₂ (추정치)

구분	모델명	주요내용	'30년 감축효과 (천톤/연간)
CCS (1)	 [시멘트산업 연계 한국형 CCS사업]	· 시멘트산업 발생 CO₂를 포집하여, 스마트 팜 시설 농가에 공급 및 고부가가치 화학제품 생산 등과 연계하여 경제성 있는 사업화 모델 · 한국 시멘트 공장의 입지조건 및 인프라 환경을 고려하여 최적의 CO₂포집, 수송, 활용이 가능하도록 연계기술을 패키지화	2,520

3.5.2. 기후산업육성모델과 타 산업모델과의 연계성 분석 (부록 3 참고)

□ 내용 및 목적

- 기후산업육성모델 활성화 방안 마련과 관련하여 현재 국내에서 추진 중인 기후기술 관련 산업모델들을 종합적으로 조사·정리
- 기술 및 적용 분야 중심으로 향후 기후산업육성모델과 타 부처 산업모델 간 시너지를 극대화 할 수 있는 연계 전략 도출 지원

□ 주요 산업모델 추진 현황

- 국조실, 산업부, 국토부, 미래부 등 4개 부처에서 15개 산업모델 및 1개 글로벌 기술협력 사업 등 총 16개 산업모델을 추진 중
 - (국조실) 친환경에너지타운 조성사업
 - ※ (환경부) 홍천, 아산 등 11건, (산업부) 광주, 안산 등 6건, (미래부) 진천 1건, (농림부) 김제 1건
 - (산업부) 에너지신산업 6개 모델 및 신재생에너지 융·복합 지원사업
 - ※ 수요자원거래시장 2건, ESS통합서비스, 에너지자립섬 9건, 태양광 대여, 전기자동차, 발전소온배수열활용 8건, 신재생에너지 융·복합사업 15건
 - (국토부) 제로에너지빌딩 및 한국형스마트시티모델 6개 모델
 - ※ 제로에너지빌딩활성화사업 10건(실증단지구축 1건포함), 스마트신도시모델 1건, 에너지신산업모델 2건, 친환경물산업모델 2건, 스마트교통모델 1건, ICT솔루션모델 1건, 기존도시스마트화 5건
 - (미래부) 글로벌 기후변화대응 기술협력 파일럿 프로젝트
 - 글로벌 기술협력 창구(NDE) 운영에 의해 온실가스감축, 에너지·물 부족 등 이슈 해결을 위한 유망기술 15건 선별 및 각각의 기술에 대응하는 15개의 사업모델 추진

□ 검토 결과

- 타 부처 15개 산업모델 중 9개의 모델이 기후산업육성모델과 연계 가능한 것으로 확인
 - ※ (산업부) ESS통합서비스·에너지자립섬·전기자동차, (국조실) 친환경에너지타운, (국토부) 제로에너지빌딩활성화사업·스마트신도시모델·에너지신산업모델·ICT솔루션 모델·기존도시스마트화 등

<그림 3.5.1> 기후산업육성모델 활성화 관련 전체 산업모델 개념도



4. 기후변화대응기술 확보 로드맵(CTR) 관리기반 구축

4.1. CTR 관리기반 구축 방안 도출 개요

4.1.1. 설문조사 개요

□ 조사목적

- 본 조사는 기후변화대응기술 확보 로드맵(CTR) 기초자료 수집단계부터 작성, 활용에 이르는 전반적인 내용에 대하여 연구관리 전담기관을 포함한 CTR 작성 실무자들의 의견을 파악하여, 향후 CTR의 효율적 관리를 위한 기반구축 및 활용성 향상을 위한 기초자료로 활용하는데 그 목적이 있음

□ 조사방법

- 기후기술 확보 로드맵 관리기반 구축을 위하여 CTR 작성관련 실무자를 대상으로 작성 및 활용체계에 대한 설문조사 실시
- 표본 수는 연구관리전담기관 담당자 및 CTR 작성 담당기관의 실무자 및 6대기후기술 RP 등 20명이며, 이메일을 통한 설문지⁴¹⁾ 배포 및 수집이 이루어짐

<표 4.1.1> 설문조사 개요

구 분		내 용
조사 대상 및 표본 수	표본 수	• CTR 작성 실무자 및 RP 총 20명
	설문 기관	• 한국에너지기술평가원, 한국해양과학기술진흥원, 한국환경산업기술원, 농림수산물식품기술기획평가원, 한국산업기술평가관리원, 한국환경산업기술원, 국토진흥원, 한국환경정책평가연구원, 한국화학연구원, 한국에너지기술연구원(RP)
조사내용		• CTR 작성을 위한 R&D 기초 데이터 수집에 관한 사항 • R&D 기초데이터 수집 항목에 관한 사항 • 로드맵표현방법 및 공개범위에 관한 사항 • CTR 작성주기 및 시기 등에 관한 사항
조사방법		• 조사기간 : 2016.11.28.~2016.12.16. • 조사방법: 이메일을 이용한 설문지 배포 및 수집

41) 「기후변화대응기술 확보 로드맵(CTR) 작성 및 활용체계에 관한 설문」 첨부[2] 참조

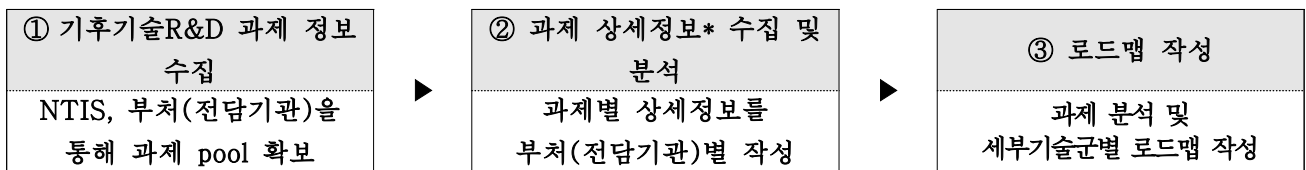
4.2. CTR 관리기반 구축 방안 설문 분석 결과

4.2.1. CTR 작성을 위한 R&D 기초데이터 수집

□ 2016 CTR 작성 데이터 수집체계 현황

- 2016년에 작성한 CTR R&D 기초데이터 수집은 다음의 방법으로 이루어짐

<표 4.2.1> 2016년 CTR 작성데이터 수집체계

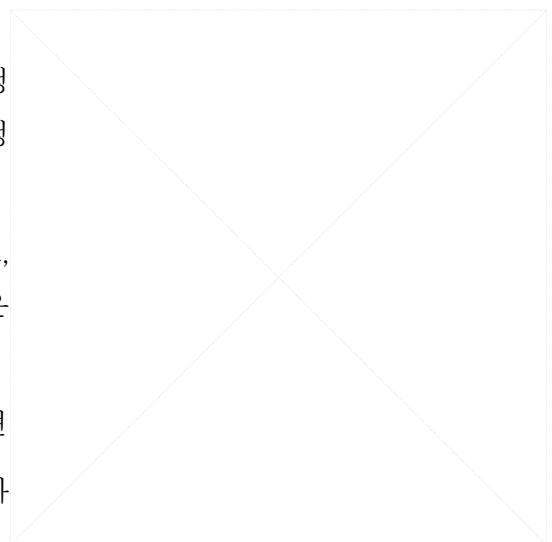


* 과제별 연구목표, 키워드, 핵심성과목표, 핵심일정, 주요성과 도출시기, 기대성과, 활용계획, 타과제 연계성, 성과창출 확산 전략 등

- NTIS 및 부처 Data를 이용하여 실무작업반에서 먼저 기후기술 R&D 과제 맵핑을 일차적으로 수행 (전담기관 작성 작업의 편의와 과제 자료의 누락 방지를 위해 수행)
- 맵핑된 자료를 각 전담기관에 배포하여 각 과제에 대한 상세정보 및 추가 과제 기입 요청→ 전담기관에서 소관 과제 중 CTR 작성범위에 속하는 과제 자료 작성 제출 (주어진 엑셀양식에 과제 정보를 채우는 방식)
- 받은 자료를 기반으로 로드맵 작성

□ NTIS 기반 사전 과제정리자료의 유용성

- 전담기관의 CTR 관련 과제 파악 및 내용작성 과정의 편의를 위해 제공된 NTIS 기반의 사전과제 정리 자료의 유용성에 대한 설문 수행
- 전체 응답의 63.2%가 도움이 된다고 응답하였고, 36.8%가 보통, 별로 도움이 되지 않았다는 응답은 0%로, 전체적으로 유용성이 있는 것으로 파악됨
- NTIS 기반 사전과제 정리자료 관련 기타 추가의견
 - NTIS 기반의 기초자료에 각 전담기관에서 가감하는 것은 필수



<그림 4.2.1> 사전과제 정리자료의 유용성

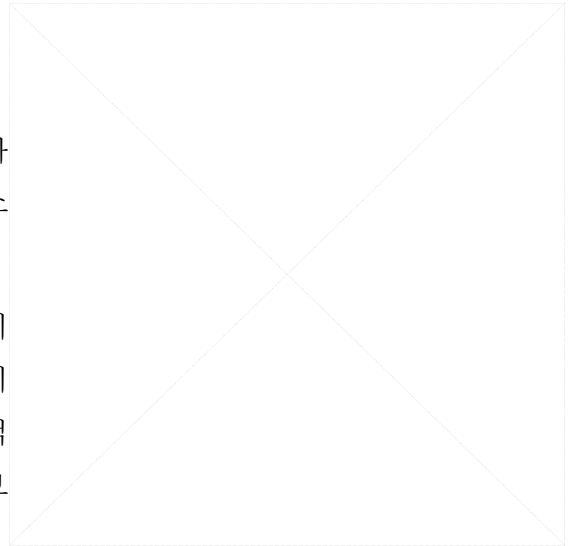
※ NTIS에 등록된 자료의 기준(기술유형 등)은 수행기관에서 최초로 작성한 자료기준으로 등록되고 있어 NTIS 자체는 참고자료는 될 수 있어도 절대적인 기준이 될 수 없음

- 일관성 있는 자료작성을 위해 각 전담기관에서 과제 선택에 대한 명확한 가이드라인 설정 필요

※ NTIS 기반 기초자료에 과제를 가감할 경우 그 판단근거를 자료 작성 시 같이 취합할 필요가 있음 (각 기관별 판단근거를 기반으로 가이드 작성 가능)

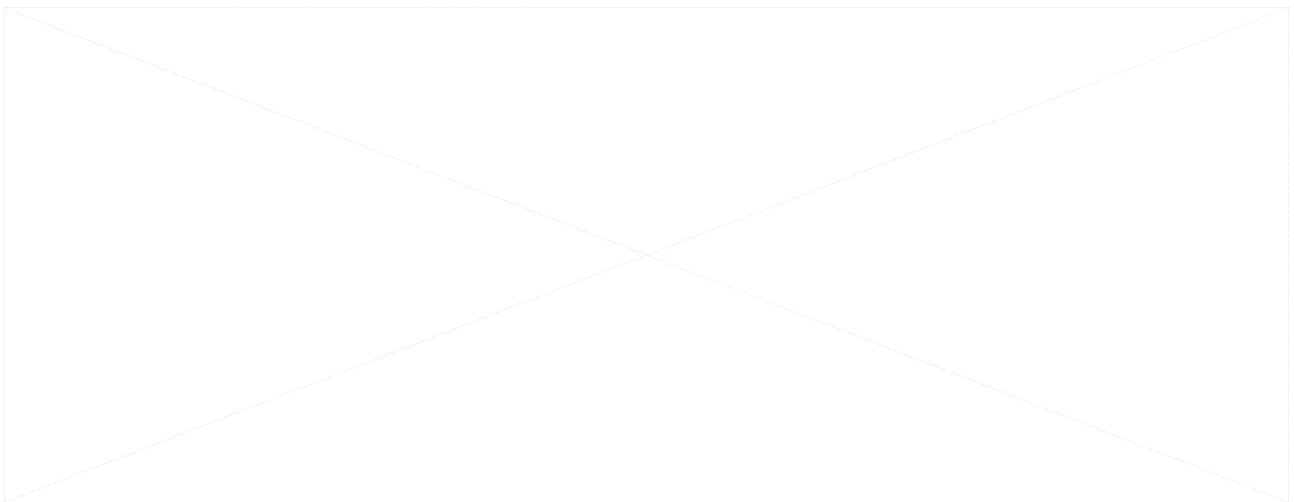
□ 과제정보 작성기간

- CTR 작성 총괄기관에서 요청받은 양식(엑셀자료)에 소관분야의 과제정보 자료를 작성하는데 소요된 기간에 대한 설문 수행
- 전체 응답의 57.9%가 작성 소요기간이 5일 이내라고 응답하였으며, 10일 이내 21.1%, 15일 이내와 15일 이상이 각각 10.5%로 나타나, 전체적으로 약 80%의 실무자가 10일 이내에 과제정보 작성을 완료한 것으로 파악됨



<그림 4.2.2> 과제정보자료 작성 소요기간

□ 기초자료 작성작업 진행 주체



<그림 4.2.3> 기초자료 작성작업 진행 주체

- 기초자료 작성작업 진행주체에 대한 설문 수행
- 42.1%의 응답자가 전담기관의 담당자가 직접 작성했다고 응답하였으며, 52.6%의 응답자가 전담기관 담당자와 각 과제수행책임자가 함께 작성했다고 응답함

○ (기타 응답)

- 키워드를 바탕으로 한 초반 NTIS 기반 사전과제 정리자료를 제시하고, 과제 책임자가 직접 엑셀의 기초자료를 작성한 경우가 있는 것으로 응답
- 전담기관 담당자가 과제정보, 성과 등에 대해서 상세한 내용을 최신기준으로 작성하는데 한계가 있어서, 정확하고 상세한 기초데이터 수집을 위해 과제책임자가 상세 내용을 보완 작성하는 과정이 필수적일 것임
- 전담기관의 담당자가 작성한 초안을 과제수행 연구자가 추가적으로 검토할 수 있는 절차 필요

□ CTR 작성 시 적절한 과제정보 작성단위

○ CTR 작성 시 적절한 과제정보 작성단위(총괄/단위/세부)에 관한 설문 수행

- 총괄/단위/세부가 구분 없이 나열될 경우 과제현황 파악 등에 있어 중복의 오류가 발생하므로 이를 개선하고자 함



<그림 4.2.4> 적절한 과제정보 작성단위

- 전체 응답자 중 78.9%가 총괄과제와 단위과제를 기준으로 작성하는 것이 적절하다고 응답했으며, 10.5%는 단위과제와 세부과제를 기준으로 작성하는 것이 적절하다고 응답
- (기타 의견) 총괄과제를 기준으로 작성하되, 세부과제 포함방안 마련 필요
 - 총괄과제 단위로 파악하는 것이 전체 과제현황을 파악하는데 더 효율적이기는 하지만, 하나의 총괄과제 안에 있는 세부과제들이 각각 의미가 있는 기술개발에 관한 과제라면 대표적 세부과제를 제시할 수 있는 방안 마련
 - 총괄과제가 대형인 과제의 경우는 하위 세부과제 포함이 바람직
 - 연구단형태의 대규모 과제 중 일부 세부과제 하나만 본 로드맵 기술에 해당하는 경우 로드맵에 포함시키기 어려우므로 이에 대한 방안 고려 필요

□ 기타 CTR용 R&D 기초데이터 수집과정 개선사항에 대한 의견

○ 세부기술군의 명확한 정의

- 세부 기술군이 완전히 일치하는 기술군이 없고 또한 여러기술군에 복합적으로 해당하는 경우 자료를 여러 번 제출하는 번거로움이 있음
- 해당로드맵 작성 시 인위적으로 기술을 분류해야할 경우 발생
- 로드맵 기술별 분류군의 경우 여러군에 해당하는 경우는 어느 한 분류군에 포함시키기 어려운 상황이 발생하므로, 향후 이런 복합기술에 해당하는 기술의 포함 범위에 대한 가이드라인 제시 필요
- 타 부처사업 중 구분이 명확하지 않아 빠트린 과제정보가 있을 수 있으므로, 미래부 외 타 부처 사업의 경우 보다 적극적인 협조요청이 필요

○ 과제범위 확대 및 누락된 정보기재가 가능한 항목 추가

- 연구기획사업 등 현재 추진 중인 CTR 관련 과제 기획 내용 포함 필요
- 주요 연구기관에서 CTR에 해당되는 과제를 추가적으로 기입할 수 있게 하여, Data 누락방지 필요
- 기초데이터 수집에 필요한 항목 (TRL 등) 추가 필요

○ 자료수집 방식 개선 및 충분한 작성기간 보장

- Roadmap 목적에 부합한 과제추진계획 등을 연구책임자가 작성할 수 있도록 충분한 기초정보 작성기간이 주어져야 할 것임
- 매년 기초data 작성 시기를 고정하여 자료 수집, 주무부처에서 관련 부처에 일괄적으로 요청하여 자료 수집 필요
- 미래부 이외의 타 부처 R&D 내용은 확보에 한계가 있으므로, 상위기관에서 관련 데이터를 확보/전달하여 신속히 자료 수집이 가능하도록 지원 필요
- NTIS에서 연차과제의 경우 연구내용 등이 분리되어 있지 않아 과제를 정확히 판단하는데 어려움이 있어 가능하다면 개선 필요
- 타부처 관리기관에 본 작업의 취지와 본 작업을 통해 얻을 수 있는 혜택(당위성)을 충분히 설명하는 것이 필요함

4.2.2. R&D 기초데이터 수집 항목

□ 2016 CTR 작성을 위한 R&D 기초데이터 수집 항목 현황

- 2016년에 작성한 CTR의 R&D 기초데이터 수집 항목은 아래와 같음

- (개요, 총괄과제/세부과제) 어느 기관/연구자가 어떤 목적과 내용의 연구를 어느 규모로 언제까지 수행하고 있는지를 파악하기 위해 수집
- (성과) 향후 어떤 학술적/산업적 성과를 언제쯤 창출할 것인지를 미리 파악 및 공유함으로써, 다양한 기관 및 연구자들이 해당 성과를 연계 활용할 수 있도록 하기 위한 목적으로 수집

<표 4.2.2> CTR 작성을 위한 기초 데이터 수집 항목

개요	· 분야 · 기후기술 · 세부기술군 · 부처명 · 부처담당자 정보 · 연구관리전문기관명 · 전문기관 담당자 · 관련사업명(세부사업명, 내역사업명) · 과제구분(총괄/단위) · 과제번호(연구관리전문기관 관리번호) · 연구과제명
총괄과제	· 연구과제명 · 과제(총괄/단위)책임자 · 연구목적 · 연구내용 · 기대효과 · 키워드 · 수행기간
세부과제	· 세부과제번호(연구관리전문기관 관리번호) · 세부연구과제명 · 세부과제책임자 · 연구목적 · 연구내용 · 기대효과 · 키워드 · 수행기간
성과	· 연도별 핵심성과목표 · 연도별예산 · 중간기술성과(실적 또는 계획) · 최종성과(실적 또는 계획) · 타과제와의 연계성(선행, 후속, 병행연구 등) · 성과창출 및 확산전략(학술적 측면) · 성과창출 및 확산전략(산업적 측면)

□ 2016년도 기초데이터 수집 항목의 구성과 종류

- 기존 기초데이터 수집항목의 구성과 종류가 적절한지에 대한 설문
 - 전체 응답자의 70%는 현재 수집되고 있는 기초데이터 항목의 구성과 종류가 적절한 것으로 응답
 - 기초데이터 항목의 종류가 필요이상으로 너무 많다고 응답한 비율은 30%
- 기초데이터 수집 불필요 항목에 대한 설문결과, 세부과제 분야의 기대효과 부분이 가장 불필요한 것으로 집계(5건)



<그림 4.2.5> 수집항목 구성과 종류의 적절성

※ 제외항목 선택 이유:

- ▶ 총괄과제 데이터로 충분함
- ▶ 총괄과제와 세부과제에서 기대효과나 키워드 부분이 중복되거나 의미가 모호함

·성과 분야의 중간기술성과(4건), 타과제와의 연계성(3건), 성과창출 및 확산전략(학술적 성과(3건), 산업적 성과(3건)) 역시 불필요 항목으로 응답한 건수가 타 항목에 비해 높은 것으로 나타남

<그림 4.2.6> 기초데이터 수집 불필요 항목



※ 제외항목 선택 이유:

- ▶ CTR로드맵은 CO₂ 감축목표달성을 위해 과제를 추진하므로 학술적 측면 및 산업측면의 성과창출전략 등은 필요이상의 정보로 판단됨. 또한 그러한 전략이 실질적 측면에서 도움이 되지 않으므로 자료 작성 시 부담 가중
- ▶ 연도별로 과제 진행상황을 파악하는 측면에서 연도별/중간성과를 확인하는 것이 필요할 수도 있으나, 중간과정보다는 최종 성과를 기준으로 기술개발 진행상황을 파악하는 것이 오히려 시기별 기술개발 현황을 파악하는데 유의미할 수 있음.
- ▶ 진행 중인 연도별/중간기술성과 부분은 제외하고, 최종목표 및 최종성과 위주로 자료를 파악하는 것이 보다 유의미 할 수 있음
- ▶ 성과창출 및 확산전략은 논문 및 특허 만 제시

○ 보다 상세한 항목의 추가가 필요하다고 선택한 경우 제안하는 추가항목

- (성과) 최종성과목표, 최종생산물(시제품), 최종기술스펙, 기술완성도
- (개요) 수행기관(단위과제의 경우는 주관기관 외에 수행기관을 알 수 없어 추진체계를 파악하기 어려움), Top-down과제와 bottom-up과제 구분

- (기타) 기관운영과 관련된 고유사업(센터 운영 등), 기획과제 등 특이사항이 있는 과제는 추가할 수 있는 항목 도입, 필요시 NTIS에서 추가정보를 찾을 수 있도록 NTIS 과제번호표기

4.2.3. 로드맵 표현방법 및 공개범위에 관한 의견 분석

□ 2016 CTR 표현방법 및 공개범위 현황

- (핵심내용 요약) 세부기술군 별로 해당분야에 속하는 과제정보를 종합 분석하여, 기술군 별 중점 연구목적, 핵심목표, 성과 활용계획 등을 요약·정리
- (로드맵) 각 기술군에 속하는 모든 과제들의 수행부처/기관, 예산, 기간, 목표, 성과활용 등에 대한 정보를 그림형태의 로드맵으로 표현
 - 분야별 전문가를 통해 과제별 연구목표 및 내용, 수행시기 등을 검토하여, 상호 성과의 연계 활용 가능성이 있는 과제들 간의 관계 표현
 - R&D는 물론 실증 및 사업화까지 연계할 수 있는 비즈니스 모델(기후산업육성모델)을 발굴하여, R&D 성과의 실제 활용 계획(예시) 제안
- (과제현황 및 주요내용 요약) 기술군 별 진행 중 과제 수 및 예산, 상세한 기술개발 방향 및 목표에 대한 설명 포함
- 2016년 CTR 작성본은 현재 비공개로 관리

□ CTR 공개범위

- CTR 공개범위에 대해 3가지 수준(전담기관 대상 공개, 공개항목 수정/보완 후 전체 공개, 전체 공개) 및 기타로 의견 취합
- 공개 시 해외정보 유출 등의 부정적인 측면을 고려하여 전담기관 대상으로만 공개하는 안을 선택한 응답자는 15%로 집계됨
 - 전담기관의 관리효율성을 위해 해당기관 관리 과제번호 명기가 추가로 필요
- 일부 표현방법(공개항목) 수정 보완 후 전체 공개하는 안을 선택한 응답은 40%로 집계됨



<그림 4.2.7> CTR 공개범위에 대한 설문결과

- 정보 수요측면에서 필요한 기술에 대해서는 보고서의 내용을 보완하거나 여러 버전으로 정보 제공을 확대

- 응답자가 제안한 ‘로드맵 공개 시 제외해야 할 항목’의 경우 성과활용 항목의 선택이 8건으로 가장 많았으며, 주요행사 및 성과도출시기 항목도 각각 5건으로 높게 나타남. 이와 같은 항목은 과제에서 개발된 기술을 활용하여 대국민 홍보와 같은 정책고객 서비스 등을 위해서는 필요하지만, 실제 과제 수행 및 관리 시 활용도가 낮은 항목으로 생각할 수 있음

※ 기타의견

- ▶ 성과활용(사업화) 여부만 표시하고, 기술이전 대상 기관 등은 비공개로 관리
- ▶ 최종년도의 주요목표 1~2개만 표기하는 것이 적절. 그외에 사업화 등 활용 가능한 중간목표가 있는 경우는 추가 기입
- ▶ 공개·부분공개·비공개를 고민하는 부분과 관련해서 해당 CTR 관련해서 정부·전담기관·산·학·연에서 어떤 기대를 하고 있는지에 대한 정보 수요자별 관심사를 먼저 파악하는 작업이 선행되어야 할 것임
- ▶ 세부정보 포함내용은 전담기관 대상으로 하되 그 외는 과제명/수행기관/기간/연구내용 정도의 개요가 포함된 공개형 자료로 공개
- ▶ 수행기관을 표시하게 되어 있는데, 자칫하면 영구적인 과제 지원으로 비쳐질 수 있음



<그림 4.2.8> 로드맵 공개 시 제외할 항목

- 모든 대상에 공개 항목을 선택한 응답은 40%로 집계되었으며, 본 항목을 선택한 의견은 아래와 같음
- 세부기술요소에 대한 내용이 담겨 있지 않기 때문에 전체 공개하더라도 큰 문제의 소지는 없어 보이며, 사업 및 과제 기획 시에 참고자료로 활용이 가능할 것으로 보임
- 관련 분야 기획 시 활용도가 높을 것으로 기대되며, 연구자들이 활용할 수 있도록 적극적으로 제공하는 방안을 고려할 필요가 있음

□ 로드맵에 포함된 ‘핵심내용 요약’ 및 ‘과제현황 및 주요내용 요약’에 대한 의견

- CTR 세부기술군의 전체 내용에 대한 총괄적인 정리 필요
 - 현재 핵심내용 요약 및 주요내용 요약은 일부 과제 및 일부내용이 작성되어 있고, 전체내용을 아우를 수 있는 내용은 포함되지 않음
 - 현재의 내용은 기술개발목표 및 기술개발지원 현황을 나열하는 수준으로 정보의 수요자 입장에서 Insight가 될 부분이 약하다고 판단
 - 해당 로드맵의 전체적인 목표설정이 어려울시 과제별 세부내용으로 재정리필요(ex. 유기태양전지이면 소재·공정·디바이스 등으로 나누는 형태로, 분류하여 작성)
- 로드맵 상에서 표시되는 정부목표 / 주요 기술개발 목표 / 주요 기술개발 성과에 대해서 연계 및 요약해서 제시 필요
 - 개발성과와 비즈니스 모델과의 연계성을 가지고 작성 필요
- 기술별 그림 추가

□ 기타 로드맵 표현방법 및 포함내용 등에 대한 개선의견

- 기술분야 별 과제 진행상황 및 추진계획을 도식화하고 있으나, 이는 기술적인 Mile Stone 내지 방향성을 제시하는 로드맵의 본 취지에서 벗어남
 - (핵심기술 중심) 기술개발과제 중심의 로드맵 보다는 분야별 핵심기술 중심으로 지향하는 핵심목표를 시기별로 제시 필요
 - (유형별 분류) 각 기술에 대한 현황과 개발목표의 효율적 비교를 위해 기초연구-실용연구를 분류하여 각 기술완성도에 따른 분류로 나누어 작성
 - (정책목표 표시) 기술개발과제 뿐만 아니라 각 분야별로 정부정책 및 기본계획에 따라 목표하는 기술수준을 로드맵에 반영한다면, 정부가 추구하는 정책방향에 맞추어 기술이 개발되고 있는지에 대한 판단자료로도 활용 가능
 - (다각적인 정보 표시) 국내뿐만 아니라 세계최고 기술을 보유한 국가들의 수준도 같이 표시하면 세계최고(선진국 목표)/국내정책목표(정부목표)/현재 기술개발 목표(진행과제)/현 기술개발 수준(완료과제) 등 4가지를 모두 보여주는 방식도 의미 있는 자료가 될 것임
- CTR 형식을 현재 상태로 지속할 경우 작성 목표를 ‘분야별 주요 목표 달성을 위한 time schedule 관리’로 변경 필요
- 각 요소기술개발들의 조합에 의한 성과활용(제품)의 경우 초안 작성에 대하여 전문가/전담기관의 검토를 거쳐 확정하는 절차 추가 필요
 - 태양전지 성과활용(기후산업육성모델)은 도심형 발전, 차량용 자가발전으로 도출

되었는데, 이러한 성과활용 모델의 타당성 확인 절차 필요

- 국가 R&D의 체계적 관리를 위해 각 과제별로 통일된 형태의 핵심성과지표(대표
정량지표 등) 작성을 유도하여 성과관리·확인 등의 용이성 확보 필요
- 정량적 목표를 포함하여 정성적 목표 역시 정량화하여 표현하고, 이러한 목표치가
어떤 의미를 가지는지에 대한 기술 역시 필요

4.2.4. CTR 작성주기 및 시기

□ 2016 CTR 작성기간 현황

- 2016년 CTR 작성에 소요된 기간은 총 3개월로, 4월 기후기술 R&D 과제정보 수집을
시작으로 6월경 로드맵작성 완료

<표 4.2.3> 2016년 CTR 작성 기간

구 분	기후기술R&D 과제 정보 수집		기후기술R&D 과제 상세정보 수집 및 분석		로드맵 작성	
	소요기간: 1개월		소요기간: 1개월		소요기간: 1개월	
	기초자료 수집 (NIDS 및부처)	기후기술 R&D 과제 필터링 및 맵핑	분야/기술 /세부기술군 정의 및 범위 재정리	부처별 기후기술 R&D과제 상세정보 작성	기후기술 R&D 과제분석	세부기술군별 로드맵 작성

□ CTR 작성(업데이트) 주기

- 기후기술 R&D 기획과정에서 관련 정보의 활용을 위한 적절한 CTR 작성 및 업데이트
주기에 대한 설문 진행
- 60%의 응답자가 1년이 가장 적절하다고 응답하였으며, 2년(25%) 및 3년(15%)이
적절하다는 응답도 존재
- R&D 기획 효율성 및 활용성의 측면에서 CTR 업데이트 주기는 1년이 가장 적절할
것으로 판단됨



<그림 4.2.9> CTR 작성/업데이트 주기

□ CTR 배포 및 공유 시기

- 과제 기획과정에서 CTR의 활용도 향상을 위한 CTR 결과물 공유 시기에 대한 설문을 실시하고, 가장 적절하다고 생각되는 시기에 대한 의견을 월 단위로 자유롭게 기입해 달라고 요청.
- 응답자들은 1개의 특정 월만 기입하거나, 1월~2월 등으로 기간을 기입한 경우도 존재하여, 유효 응답을 기준으로 단위를 2달씩 그룹핑 하여 결과를 분석
- 응답결과, 1월~2월 31.6%, 3월~4월 26.3%로 높은 응답률을 나타내었고, 9월~10월(15.8%)과 11월~12월(10.6%)응답도 다수 존재
- 설문결과로 미루어보아 CTR 배포 및 공유 시기는 과제기획이 본격적으로 이루어지는 연초나 기존 과제 평가 완료 및 마무리 되는 시점인 연말이 효율적일 것으로 판단됨



<그림 4.2.10> CTR 배포 및 공유 시기

□ 기초데이터 수집 시기

- CTR은 매년 연말기준의 연간 데이터를 포함하여 작성하는 것을 기준으로 효율적인 작성 기초데이터 수집시기에 관한 설문을 실시하고, 가장 적절하다고 생각되는 시기에 대한 의견을 월 단위로 자유롭게 기입해 달라고 요청
- 응답자들은 적절한 기초데이터 취합시기 응답란에 1개의 특정 월만 기입하거나, 1월~2월 등으로 기간을 기입한 경우도 존재하여, 유효 응답을 기준으로 단위를 2달씩 그룹핑 하여 결과를 분석



<그림 4.2.11> CTR 작성을 위한 기초데이터 수집 시기

- 높은 응답률을 보인 시기는 1월~2월 30%, 11월~12월 25%였으며, 3월~4월, 5월~6월, 9월~10월도 각각 15%의 응답을 나타냄
- 설문결과로 미루어보아 CTR 작성 기초데이터 수집 시기도 배포/공유시기와 비슷하게 전담기관별로 연말기준 R&D 과제정보 정리가 마무리되는 연말이나 차년도 초반이 효율적인 것으로 나타남
- CTR 배포/공유 시기와 기초데이터 수집시기의 설문결과를 종합해 보면, 매년 R&D 과제 정보 정리가 마무리되는 연말에 기후기술 관련 R&D 과제 기초데이터를 수집하여 CTR을 작성하고, 차년도 초반에 작성자료를 배포하여 과제 기획과정에 활용하도록 하는 방안이 적절할 것으로 판단됨

□ 기타 의견

○ 데이터 수집 및 배포시기에 관한 추가의견

- 기재부에서 R&D 과제 회계연도 일치(1.1~12.31) 작업을 추진 중이므로 이를 참고하여 자료 수집 및 배포시기 결정 필요
- 1월 경 NTIS에 입력된 정보를 기반으로 2월에 기초자료를 보완하여 데이터 제출
- 기초 데이터를 10월경 수집하면 다음해 예산계획과 같은 사항이 어느 정도 윤곽이 드러나므로, 먼저 수립된 차년도 계획을 함께 받아 정리하여 2월경 배포

○ 작업 단계 및 내용 추가에 대한 의견

- 실무자가 전담기관의 데이터를 받아 CTR 작성 후, 전담기관 피드백을 통한 개선작업 단계 추가 필요
- 현재 CTR은 로드맵의 역할보다는 과제 현황을 제시하는 역할에 가까우므로, 기 후기술 R&D 로드맵으로서의 기능 강화를 위한 콘텐츠 수정 필요
- 매년 조분평 자료를 취합하고 있는데, 실제 작성 시 전혀 활용이 이루어지지 않음. 부처 간 의견 조절을 통하여 조분평 자료 반영 필요
- 기대효과 등 추가정보는 NTIS에서 자동적으로 얻도록 하여야 함.

○ 부처 간 협업 및 작성 체계 효율화

- CTR은 여러 부처, 여러 사업의 정보를 정리하여야 하므로 정보수집 및 관리가 용이하도록 계획하여야 함.
- CTR 업데이트가 여러 해 원활하게 이루어진다면 엑셀이 아니라 전산프로그램을 이용하여 각 부처에서 자율적으로 관리하는 방안 마련
- 기후변화대응기술 카테고리 안의 과제들은 미리 협약 과정에서 CTR 작업협조에 대한 강제성 부여 필요

○ 기술분야별 온실가스 감축 기대효과 제시의 신중함 필요

- 2016년 현재 작성된 CTR에서는 기술 분야별로 온실가스 감축 기대효과에 대해 제시하고 있으며, 이 부분은 온실가스감축에 대한 요구가 커지는 상황에서 매우 민감한 부분임
- 온실가스감축 기대효과를 각 CTR 기술별로 제시한 기대치는 정부 예산확보 측면에서 득과 실이 될 수 있는 양면의 칼날이 되기 때문에 보다 신중하게 시뮬레이션을 수행하여 보고서에 담아야 할 부분임
- 온실가스 저감과 관련한 이론적인 백업(모델)을 전제로 한 감축 기대효과를 제시할 경우에는 CTR 보고서에 대한 반감을 줄이고 신뢰성 및 유용성을 높일 수 있음

- 각 기술분야별 온실가스 감축 기대치에 대해 산출근거(모델)에 대해 관련 분야 외부 전문가의 검수 필요

※ 2개 이상의 용역을 통해 감축 기대치를 도출해서 평균값으로 발표하는 것도 검토 필요

○ 비즈니스 모델 제시

- Biz Model을 실현하기 위해서는 각 과제의 성과를 통합 및 실증하기 위한 과제가 추가적으로 필요하며, 이에 따르는 예산 등 확보 필요
- 환경 및 여건 변화, 새로운 산업 도출 등으로 비즈니스 모델은 자주 업데이트 필요
- 전산프로그램 구축으로 자유롭게 비즈니스 모델을 추가/수정하여 기술별로 더 많은 비즈니스 모델 확보 필요

4.3. 결론 및 제언

4.3.1. 분석의 주요 결과

□ CTR 작성을 위한 R&D 기초데이터 수집

- (NTIS 기반 사전 과제 정리자료의 유용성) 전체 응답의 63.2%가 도움이 된다고 응답하여 사전과제 정리자료의 유용성 입증
 - NTIS 기반의 기초자료를 기반으로 각 전담기관에서 과제를 가감할 필요가 있으며, 일관성 있는 자료작성을 위해 과제 선택에 대한 명확한 가이드라인 설정
- (과제정보 작성기간) 전체적으로 약 80%의 실무자가 10일 이내에 과제정보 작성을 완료한 것으로 파악
- (기초자료 작성작업 진행 주체) 응답자가 전담기관의 담당자 직접 작성 42.1%, 전담기관 담당자와 각 과제수행 책임자 함께 작성 52.6%로 나타남
 - 정확하고 상세한 기초데이터 수집을 위해 과제 책임자가 상세내용을 보완 작성하는 과정 추가 필요
- (CTR 작성 시 적절한 과제정보 작성단위) 전체 응답자 중 78.9%가 총괄과제와 단위과제를 기준으로 작성하는 것이 적절하다고 응답
 - 대표성 있는 세부과제 포함 방안에 대한 논의 필요

- (기타) 세부기술군의 명확한 정의, 과제범위 확대 및 누락된 정보기재가 가능한 항목 추가, 자료수집 방식 개선 및 충분한 작성기간 보장

□ R&D 기초데이터 수집 항목

- (2016년도 기초데이터 수집 항목의 구성과 종류) 전체 응답자의 70%는 현재 수집되고 있는 기초데이터 항목의 구성과 종류가 적절한 것으로 응답
- (기초데이터 수집 불필요 항목) 세부과제 분야의 기대효과 부분이 가장 불필요한 것으로 집계
- (추가 필요 항목) 성과(최종성과목표, 최종생산물(시제품), 최종기술스펙, 기술완성도), 유형(기초미래선도형, 인프라형, 실용화형) 및 특이사항 포함과제 추가할 수 있는 항목 도입 등

□ 로드맵 표현방법 및 공개범위

- (CTR 공개범위)
 - ① 전담기관 대상으로 공개(15%) : 관리효율성을 위해 해당기관 관리과제번호 추가
 - ② 공개항목 수정/보완 후 전체공개(40%) : 보고서의 내용을 보완하거나 여러 버전으로 만들어 정보제공 확대
 - ※ 로드맵 공개 시 제외할 항목: 성과활용, 주요행사 및 성과도출시기 등
 - ③ 전체공개(40%) : 관련 분야 기획 시 활용도가 높을 것으로 기대되어 적극적 제공 필요
- ('핵심내용 요약' 및 '과제현황 및 주요내용 요약'에 관한 의견)
 - CTR 세부기술군의 전체 내용에 대한 총괄적인 정리 필요
 - 정부목표, 주요 기술개발 목표, 주요 기술개발 성과에 대한 연계 및 요약제시 필요

□ CTR 작성주기 및 시기

- (CTR 작성(업데이트) 주기) 응답자의 60%가 1년이 가장 적절하다고 응답
- (CTR 배포 및 공유 시기) 과제기획이 본격적으로 이루어지는 연초(1~2월 31.6%, 3~4월 26.3%)나 기존 과제 평가가 완료 및 마무리되는 시점인 연말(9~10월 15.8%, 11~12월 10.5%)의 응답률이 높음
- (기초데이터 수집 시기) 전담기관별로 연말기준 R&D 과제정보 정리가 마무리되는 연말(9~10월 15%, 11월~12월(25%))이나, 연초(1~2월 30%, 3~4월 15%)의 응답률이 높음

4.3.2. CTR 관리기반 구축 제안

- CTR 성격을 반영하여 명칭 변경 제안 : 기후변화대응 기술맵 (CTM, Climate Technology Map)
- (작성주기) 매년 기후기술 과제 기획에 참고하기 위해 작성주기는 1년으로 설정
- (기초데이터 수집 시기) 설문결과 및 전담기관의 평가/기획일정을 종합하여 판단한 결과 상세 기초데이터 작성을 12월 마지막 주에서 1월까지 약 4주간의 시간에 걸쳐 작성

<표 4.3.1> 기초데이터 수집 일정

기후기술R&D 과제 NTIS 정보 수집		기후기술R&D 과제 상세정보 수집	
11월~12월(4주)		12월~1월(4주)	
NTIS 기초자료 수집 (11월)	기후기술 R&D 과제 필터링 및 맵핑 (11월~12월)	기후기술 R&D과제 상세정보 작성 (연구관리전담기관)	

- (기초데이터 수집 항목) 총괄/단위과제 및 세부과제를 기준으로 관련 항목 정보 수집

<표 4.3.2> 기초데이터 수집 항목(엑셀자료)

개요	· 분야 · 기후기술 · 세부기술군 · 부처명 · 부처담당자 정보 · 연구관리전문기관명 · 전문기관 담당자 · 관련사업명(세부사업명, 내역사업명) · 과제구분(총괄/단위) · 과제번호(연구관리전문기관 관리번호)
총괄과제	· 연구과제명 · 과제(총괄/단위)책임자 · 수행기관 · 연구목적 · 연구내용 · 키워드 · 수행기간 · 기대효과(경제성, 온실가스 감축효과) · 기술개발 유형(기초미래선도형, 인프라형, 실용화형)
세부과제	· 세부과제번호(연구관리전문기관 관리번호) · 세부연구과제명 · 세부과제책임자 · 연구목적 · 연구내용 · 키워드 · 수행기간
성과	· 연도별 핵심성과목표 · 연도별예산 · 중간기술성과(실적 또는 계획) · 최종성과(실적 또는 계획) · 타과제와의 연계성(선행, 후속, 병행연구 등) · 논문 및 특허 · 최종생산물(시제품) / 최종기술스펙 · TRL단계(0→0)
기타	· 기관운영 관련 고유사업(센터운영 등), 기획과제 등 특이사항 있는 과제 추가 가능한 분류항목 제시

○ (CTR 작성 과제정보 작성단위) 총괄과제와 단위과제를 기준으로 작성

- 총괄과제 안에서 성격이 다른 세부과제들이 혼재되어 있는 경우, 총괄과제 예산 및 기술 개발 내용을 세부과제 성격에 따라 나누어 해당 분야에 포함

○ (CTR 작성방법)

- CTR 작성 기간: 1월까지 기초데이터 취합 후 2월~3월까지 약 7주간 CTR 작성 작업 수행
- 과제현황 및 주요내용 요약: 6대 기후기술별 요약문에 로드맵상의 정부목표/ 주요 기술 개발 목표/ 주요성과를 연계하여 설명 및 요약
- 로드맵 본문: ① 현재 작성본에서 과제별 기초미래선도형, 인프라형, 실용화형 구분 표시
② 성과활용 부분의 '주요행사'항목 제외
③ 과제 시작/종료 시점 TRL 단계 추가
- 전문가/전담기관 검토등을 통한 로드맵 및 기후산업육성모델 타당성 확인절차 추가

○ (배포 시기) 로드맵 작성 완료(3월) 후 작성본에 대한 전담기관의 검토 및 피드백 과정을 거쳐 4월말 배포

○ (공개범위)

- 전담기관 공개본 : 기초데이터 취합본(엑셀) 및 CTR 작성본 전체
 - 전체 공개본 : CTR 작성본
- ※ 예산/수행기관 관련정보 제외, 최종기술스펙(목표) 대신 TRL(기술완성도) 제시

<표 4.3.3> CTR 작성 및 관리체계도

수행주체	11월		12월				1월				2월				3월				4월			
	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
KIER																						
	NTIS 자료 수집 및 정리				자료취합 및 추가자료 요청				기후기술 R&D 과제분석 및 세부기술군 별 로드맵 작성								수정 및 보완					
연구관리 전담기관																						
					상세자료(엑셀) 작성								CTR 전담기관 검토 및 피드백									
미래부																						
					관련기관 협조공문배포																국과심 상정 및 배포	

5. 기타 기후관련 기술정책 활동 지원

5.1. 미래부의 범부처 협업체계 지원

5.1.1. 2016 기후변화대응 R&D 성과발표회 ‘수요기업협의체’회의 개최

□ 회의 개요

- 일시/장소 : 2016.10.13.(목), 10:00~12:30 / 부산 BEXCO
- 참석자 : 한국연구재단, 한국에너지기술연구원, 기후변화대응 6대 기술 RP 및 수요기업협의체 참여기업 등 60명 내외
- 목적 : 6대 기술별 국가 R&D 기획방향·기후산업육성모델 발표 및 관련 기업 중심의 민간 기술수요에 대한 의견 수렴
 - 개발 기술의 산업화 촉진을 위한 규제 및 제도개선 수요
 - 기타 성공적인 기후기술 개발 및 산업화를 위한 제안사항

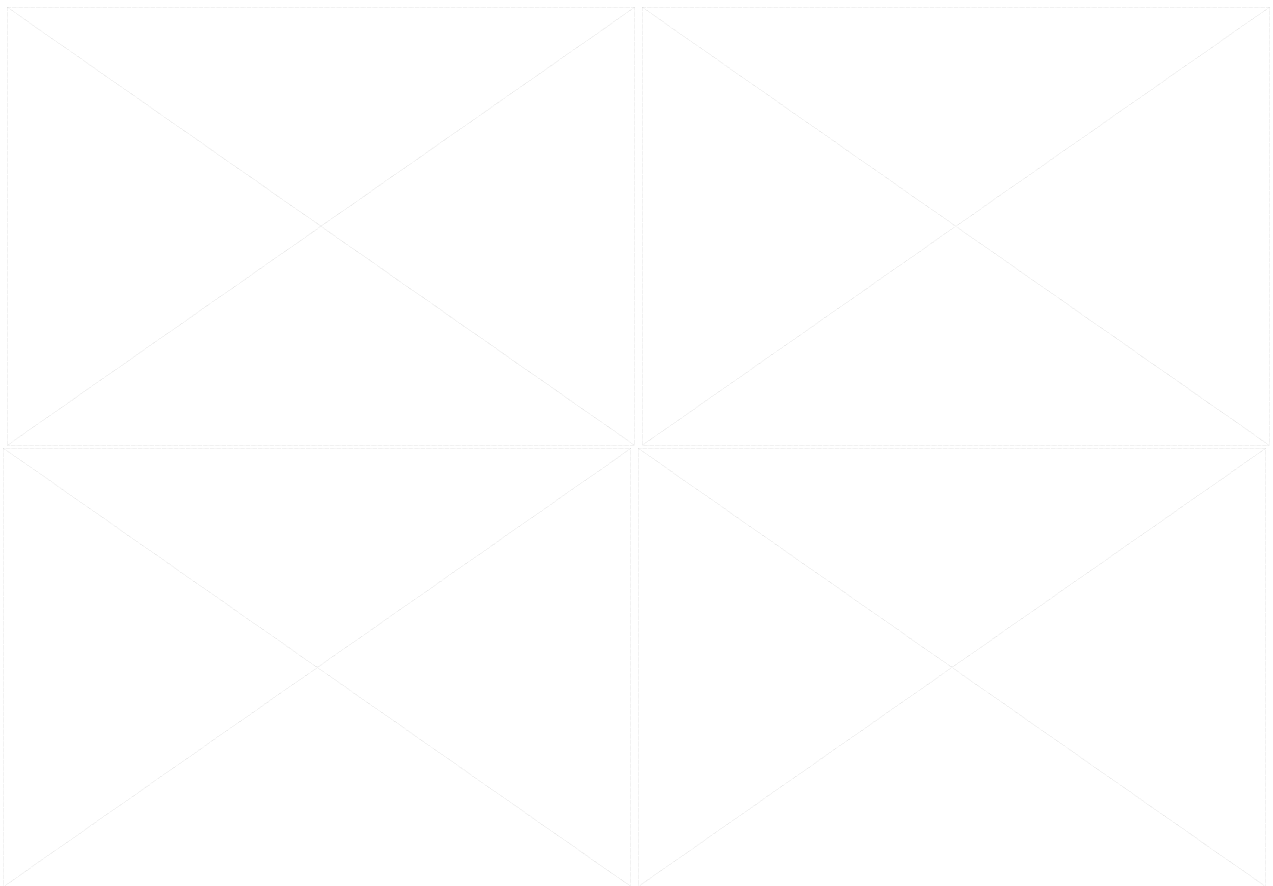
□ 주요 논의 내용⁴²⁾

- (태양전지) 태양전지 내구성 향상 및 상용화를 위한 투자 확대 및 중소/중견기업이 협업 가능한 장기적인 기술개발 로드맵 수립 및 비전 제시를 통해 태양전지 시장 활성화 필요
- (연료전지) 차세대 연료전지 기술개발을 위한 투자·인프라 구축과 시스템 통합 기술 개발 및 실증사업에 중소기업 참여 활성화를 위한 방안마련 필요
- (바이오연료) 장기적인 정부의 R&D 투자지원이 필요하며 바이오매스의 안정적 대규모 생산이 중요함
- (이차전지) 향후 신재생에너지 연계 ESS 시장이 확대될 것이며, 차세대전지에 대한 원천 기술 확보를 위한 투자 필요 및 기술력 있는 중소기업 육성을 위한 지원정책 필요
- (전력IT-EMS) EMS 관련 정부의 R&D 투자와 원천기술과 국내 공정에 적합한 기술 개발 및 핵심기술 국산화를 위한 R&D 수행 확대 필요

42) 수요기업협의체 개최 시 논의된 기후변화대응 6대 기술별 전문가 상의의견은 본 보고서의 ‘2.5 국내 민간 기술 수요 분석’ 부분에 세부적으로 정리되어 있음

- (전력IT-신재생에너지 하이브리드) 신재생하이브리드 방식은 수요관리, 에너지 효율적 이용, 생산, 분배에 대한 종합적인 기술개발이 필요하므로 다단계적, 복합적 연구개발 및 실증사업 필요
- (CCS) 이산화탄소 포집 위주의 R&D에서 벗어나 수송과 저장분야의 R&D에 대한 정부투자 확대, 전체 시스템 비용 목표치 제시 및 정부주도의 사업모델 발굴을 통한 산업계 참여 활성화 방안 필요

<그림 5.1.1> 수요기업협의체 회의



5.1.2. 미션이노베이션 로드맵 작성 지원

□ 개요 및 목적

- 미션이노베이션 로드맵 대상 기술에 대한 정부의 R&D 투자전략 수립의 참고자료 활용을 위한 정량분석 수행 지원⁴³⁾
- (분석대상 기술) 미션이노베이션 투자 우선순위 선정 대상인 14개 하위분류기술 대상

<표 5.1.1> 미션이노베이션 투자우선순위 선정을 위한 분석대상 기술

상위 분류	하위 분류
신재생	태양광, 풍력, 수소·연료전지, 바이오·폐기물, 기타 신재생
전력	청정화력, 차세대전력망·전력기기
원자력	—
CCUS	—
에너지효율	산업, 수송, 건물
에너지신산업	ESS, e-프로슈머

□ 주요 내용

- 기술수준, 기술격차 지표를 이용하여 기술 간 상대적 기술 경쟁력 비교·분석 및 2020년 온실가스 감축목표 기여도 및 기대정도 등을 기준으로 상대적 기술 파급력 분석
 - 기술수준 및 기술격차 분석 판단기준은 ‘2015 녹색기술 수준조사(GTC,2016)’ 및 ‘2014년 기술수준평가(KISTEP,2015)’을 참고
 - 온실가스 감축기여도 판단기준은 ‘국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 국가 로드맵(관계부처합동, 2014)’ 및 ‘Post-2020 온실가스 감축목표 설정 추진계획(관계부처합동, 2016)’을 참고
- ‘기후변화 대응과 신산업 창출을 위한 청정에너지기술 발전전략(안)(2016)’에서 도출된 정량적 분석결과와 AHP분석결과를 종합하여 투자 중요도를 산정하고 세부기술 우선순위 선정
 - 정량·정성분석결과 A(上·中), B(中·下), C(下·下) 3개 그룹으로 구분

<표 5.1.2> 세부기술 우선순위 선정

구분	기술명
A그룹	• 주요 신재생(태양광, 수소·연료전지, 풍력, 바이오) • 효율향상(산업, 수송, 건물) • 수요관리(ESS, e-프로슈머)
B그룹	• 스마트그리드, 청정화력, 원자력, CCUS, 폐기물
C그룹	• 기타신재생

- 투자우선순위가 높은 A, B그룹(폐기물, 기타신재생 제외)를 중점투자분야로 설정

43) 미션이노베이션 로드맵 대상기술에 대한 투자우선순위 선정을 위한 정량분석 과제의 경우 과학기술정책연구원이 미래부의 지원을 받아 수행하였으며, KIER 기후기술전략센터에서는 과학기술정책연구원에서 분석을 수행함에 있어 기술 분야의 전문성이 필요한 사항에 한해 지원을 수행하였음

5.2. 기타 미래부 기후기술 정책활동 지원

5.2.1. 월간산업동향 조사 (부록 4 참고)

□ 조사 목적

- 기후변화대응 6대 기술 분야별 국내 산업 동향을 조사하여 향후 국가 정책이 각 산업에 미치는 영향을 분석하고, 적절한 정책적 지원 방안을 도출하기 위한 근거자료로 활용

□ 주요 내용

- 6대 핵심기술 분야 관련 국내 주요 기업들의 사업 계획 및 활동 등을 조사·분석 (신사업 추진 현황, 기술 개발 및 시설 투자 계획, 해외 진출 계획 및 양해각서 체결 등)
 - 분야·기업별 핵심 키워드를 이용하여 60여개 언론사의 보도 자료 검색 및 주요 증권사 산업분석 리포트를 참고
- 연구기간('16.6~12월)동안 월 1회씩, 총 6회의 산업 활동 리뷰 보고서를 작성하였으며 R&D 기획 및 정책 수립 지원을 위해 정부 및 R&D 전담기관 등에 공유

<표 5.2.1> 산업동향 조사 예시

분 야	주요 내용
태양 전지	- 모듈·시스템 공급 및 발전사업 추진, 셀효율 향상 및 대면적화 기술 개발 및 설비 투자 * (한화큐셀) 인도 마힌드라 서스텐社 모듈 공급, (포스코건설) 문경 등 총 11개 지역 태양광 발전사업 수주, (신성솔라) 세계 최고효율(20.29%) 태양전지 양산 기술 개발, (현대중공업) 고효율 필형 태양전지 생산공장 증설
연료 전지	- 신규 연료전지 발전사업 수주 및 기업 간 MOU 체결 활발, 수소차 핵심 부품 기술 확보 및 수소연료전지차 보급을 위한 시범사업 진행 * (남동발전) 분당 4~5단계 연료전지발전설비 증설, (에스퓨얼셀) 후지전기와 발전사업 및 시스템 공급 MOU 체결, (코오롱인더스트리) 美고어社 PEMFC MEA 제조 기술 인수, (현대차) 독일 및 울산에서 수소차 카세어링 시범사업 착수, (이엠솔루션) 창원 수소충전소 구축사업자 선정
바이오 연료	- 바이오가스, 바이오매스 등을 이용한 발전사업 및 바이오연료 생산 사업 추진 * (웰크론한텍) 일본에서 바이오매스 발전사업 추진, (지엔씨에너지) 김해시 바이오가스 발전사업 추진 및 인도네시아 팜오일 공장 가동, (단석산업) 평택 바이오디젤 공장 증설, (GS칼텍스) 말레이시아에서 상업용 바이오부탄올 생산 추진
이차 전지	- EV 배터리 공급 및 충전인프라 구축, 신재생 연계 ESS 시스템 실증, 해외 진출 기반 투자 * (LG화학) 폴란드에 전기차 배터리공장 기공식 개최, BMW와 배터리 공급 계약 체결, (SK이노베이션) 전기차 배터리 수주량 증가로 생산설비 증설, (LG전자) 전남 영광 풍력발전소 ESS 연계 EPC 사업 수주, (삼성SDI) 울산시에 대형 ESS 설치 추진
전력 IT	- EMS 기반 건물 및 산업분야 전력 관리, 그리드 연계 신재생 융복합 기술개발 및 실증 확대 * (에공단) BEMS 기반 원격 점검서비스 추진, (LG화학) 대산공장 FEMS 구축, (현대중공업) 전력 ICT솔루션사업 역량 강화, (SKT) 대구산단에 블록형 마이크로그리드 구축 추진, (LS산전) 싱가포르 에너지자립섬 구축 추진, (LG화학) 독일 SWA와 가정용 태양광 ESS 솔루션 제휴, (메가솔라) 태양광발전소 ESS 연계 사업 추진, (LG CNS) 제주 최대규모 풍력연계형 ESS 구축
CCS	- 정부 지원을 통한 CCS 대용량 실증 및 상용화 기반 구축, 포집 CO2 활용 추진 활발 * (공주대 등 산·학 컨소시엄) 국내 최초 CO ₂ 저장실증 플랫폼 완공, (한전(연)-중부발전) 국내 최대 규모 10MW 습식 이산화탄소 포집플랜트 2,000시간 장기연속운전 성공, (남부발전) 건식 포집 CO ₂ 를 동덕산업가스(주)에 공급 협약 체결

5.2.2. 미세먼지 대책 수립 지원

□ 개요

- 미래부에서 추진한 미세먼지 대책 수립을 위해 부문별 미세먼지 발생 현황과 관련 기술 개발 현황에 대한 분석자료 작성 지원

□ 자동차 부문 미세먼지 발생 및 전기차·수소연료전지차 기술개발 현황

- 교통부문에서 미세먼지 발생 프로세스 및 배출원, 오염원 등에 대한 자료 분석
- 미세먼지 저감 기술개발 활성화 기초자료 수집을 위해 전기자동차 및 수소연료전지 자동차 관련 국가 R&D 수행과제를 분석
 - '16년 기준 국가 R&D 투자는 총 335억원 규모이며, 이중 57%(190억원)가 전기자동차에, 43%(145억원)가 수소연료전지 자동차에 투자
 - (미래창조과학부) EV용 기술지원 및 충전시스템, 수소연료 하이브리드 자동차 연구 등 개발연구 및 응용연구 중심으로 과제 수행
 - (산업통상자원부) 요소기술부터 인프라 구축까지 넓은 범위의 다양한 과제 수행
 - 전기자동차 : 하이브리드 부품 및 시스템, 차세대 BMS, 충전 인프라 시스템, 상용화를 위한 표준모델 개발 등 연구 중심
 - 수소연료전지 자동차 : 연료전지 부품 국산화, 시스템, 수소 충전 스테이션, 플랫폼 개발 등 다양한 과제 수행
 - (중소기업청) 충전기, 연료전지 등 개발연구를 중심으로 요소기술 개발 관련 과제 수행
- 국내외 정책 분석결과 전세계적으로 전기자동차 및 수소연료전지 자동차에 대한 인센티브 확대 및 인프라 구축 활성화

□ 산업분야 미세먼지 발생 및 기술개발 현황 분석

- 산업부문에서 배출원별, 생산공정 분야별, 제조업 연소분야별 미세먼지 배출량 및 주요 발생원별(시멘트 제조시설, 제철소, 폐기물 소각장, 화력발전소 등) 미세먼지 제어현황에 대한 자료 분석
- 산업부문 미세먼지 저감을 위한 집진기술 관련 국가 R&D 수행과제 분석
 - '16년 기준 산업부분 집진기술 관련 R&D는 약 25억원 규모로, 중소기업 및 출연(연) 중심의 부품/시스템 개발연구 수행 중

※ 참고1. 자동차 부문 미세먼지 발생 및 전기차·수소연료전지차 기술개발 현황

□ 자동차(교통) 부문이 미세먼지 발생에 미치는 영향

- 미세먼지(Particulate Matter, PM)는 지름이 10 μ m보다 작은 미세먼지(PM10)와 지름이 2.5 μ m보다 작은 미세먼지(PM2.5)로 구분
 - 굴뚝 등의 발생원에서부터 고체 상태의 미세먼지로 나오는 1차적 발생과 발생원에서 가스 상태로 나온 물질이 공기 중의 다른 물질과 화학반응을 일으켜 2차적으로 미세먼지가 발생
- 자동차로부터 미세먼지 생성 과정
 - 자동차 배기가스에서 나오는 질소산화물((NO_x)이 대기 중의 수증기, 오존, 암모니아 등과 결합하는 화학반응을 통해 질산암모늄을 생성하는 2차적 발생
 - 디젤 자동차의 경우 배기가스의 유해물질에 입자상 고형물질(Particulate Matters, PM)이 섞여서 배출⁴⁴⁾

자동차 배기가스 평균조성 (무게기준 %)	N ₂	CO ₂	H ₂ O	O ₂	Air	CO	NO _x	HC	PM
가솔린차	70.3	18.1	8.2	1.1	1.2	0.9	0.11	0.09	-
디젤차	73.3	10.6	6.2	8.1	-	1.73	0.04	0.02	0.01

- 2012년 전국 미세먼지 배출량은 PM10 약 12만 톤, PM2.5 약 7만 6천 톤으로 산정⁴⁵⁾

※ PM2.5는 2011년부터 배출량 산정

- 미세먼지 배출량이 가장 많은 배출원은 제조업의 연소공정이며 그 다음이 자동차를 비롯한 도로/비도로 이동오염원에서 많이 배출

구분 (톤/년)	에너지 산업 연소	비산업 연소	제조업 연소	생산 공정	도로이 동오염 원	비도로이 동 오염원	폐기물 처리	기타 면 오염원	합계
PM ₁₀	4,582 (3.8%)	2,062 (1.7%)	77,833 (64.9%)	7,600 (6.3%)	12,969 (10.8%)	14,332 (11.9%)	330 (0.3%)	272 (0.2%)	119,980 (100%)
PM _{2.5}	3,660 (4.8%)	1,269 (1.7%)	39,700 (52.0%)	6,032 (7.9%)	11,932 (15.6%)	13,186 (17.3%)	265 (0.3%)	244 (0.3%)	76,287 (100%)

* 비산업연소, 생물성 연소 및 식생 제외

- 도로이동 오염원에서 나오는 미세먼지(PM)는 대부분이 PM2.5(92%)이며, 화물차와 RV차량 등에서 미세먼지 대부분이 배출

도로이동오염원	승용차	승합차	버스	화물차	특수차	RV	합계
PM ₁₀	43	619	346	8,933	106	2,924	12,969
PM _{2.5}	40	569	318	8,218	97	2,690	11,932

* 비산먼지, 생물성 연소 및 식생 제외

－ 수도권(서울, 인천, 경기) 배출원별 미세먼지 배출량은 도로이동 오염원이 가장 많고 비도로이동 오염원, 제조업 연소, 에너지 산업 연소의 순서

구분 (톤/년)	에너지 산업 연소	비산업 연소	제조업 연소	생산 공정	도로이동 오염원	비도로이동 오염원	폐기물 처리	기타 먼 오염원	합계
PM ₁₀	675	508	898	293	4,041	3,125	164	107	9,812
PM _{2.5}	624	360	348	217	3,718	2,875	122	97	8,361

* 비산먼지, 생물성 연소 및 식생 제외

※ 국가대기오염배출량 배출원 분류체계

대분류명	개요
에너지산업 연소	발전, 지역난방, 석유 정제 등
비산업 연소	주거, 상업, 농축산 부분의 난방
제조업 연소	제조업 배출시설의 연료연소
생산 공정	제조업 생산공정(연료연소 제외)
도로이동오염원	자동차 및 이륜차에 의한 배출
비도로이동오염원	철도, 선박, 항공기, 농기계, 건설장비
폐기물 처리	폐기물 소각 및 매립
기타 먼오염원	자연오염원, 산불 및 화재, 습지, 수체, 동물, 기타

□ 국가 R&D 현황

○ 분석 방법

－ 국가 기후변화대응 R&D 과제 현황(미래부 조정국 조사자료)을 기초자료로 활용(총 15개 부처의 4,000여개의 과제 포함)하여, 과제명을 중심으로 분석

○ R&D 현황

－ ‘16년 기준 전기·수소연료전지 자동차 국가 R&D 투자는 총 335억원 규모이며, 이중 57%(190억원)가 전기자동차에, 43%(145억원)가 수소연료전지 자동차에 투자

44) 친환경 자동차(하이브리드차·플러그인하이브리드차·전기차·수소차), 환경부, 2015

45) 2012 대기오염물질 배출량 연보, 환경부 국립환경과학원, 2014

<표 5.2.2> 2015~2016년도 R&D 투자 현황

부 문		2015			2016		
부 처 명	구분	사업명	R&D 투자 (백만원)	과 제 수	사업명	R&D 투자 (백만원)	과 제 수
미 래 부	전기 자동차	스마트그리드 기반의 차세대 전력망 기술 개발 사업	2,833	7	전기추진 및 전지기술 개발	750	7
		HVDC 기술 개발 사업					
		전기추진 및 전지기술 개발					
		전기기기 시험.인증 기술 개발 및 기술지원 사업					
	수소 연료전지 자동차	기초연구실지원사업	246	1	기초연구실지원사업	246	1
합계			3,079	8		996	8
산 업 부	전기 자동차	그린전기자동차차량부품개발 및 연구기반구축	22,798	28	에너지신산업	18,227	27
		수요자연계형기술개발사업			에너지자원		
		에너지신산업			에너지효율향상		
		에너지자원			자동차산업핵심기술개발사업		
		에너지효율향상			지역주력산업육성		
		자동차산업핵심기술개발사업					
		지역주력산업육성					
	수소 연료전지 자동차	수소	15,140	13	수소	14,240	17
		신재생에너지			신재생에너지		
		연료전지			연료전지		
		자동차산업핵심기술개발사업			자동차산업핵심기술개발사업		
		전략적핵심소재기술개발사업			전략적핵심소재기술개발사업		
		핵심소재원천기술개발사업			핵심소재원천기술개발사업		
합계			37,938	41		32,467	44
중 소 기 업 청	전기 자동차	도약 R&D	83	1	도약 R&D	0	1
	수소 연료전지 자동차	구매조건부신제품개발사업	445	4	구매조건부신제품개발사업	0	2
		글로벌전략기술개발			중소기업융복합기술개발사업		
		중소기업융복합기술개발사업			혁신기업기술개발		
합계			528	5		0	3

- (미래창조과학부) EV용 기술지원 및 충전시스템, 수소연료 하이브리드 자동차 연구 등 개발연구 및 응용연구 중심으로 과제 수행
- (산업통상자원부) 요소기술부터 인프라 구축까지 넓은 범위의 다양한 과제 수행
 - 전기자동차 : 하이브리드 부품 및 시스템, 차세대 BMS, 충전 인프라 시스템, 상용화를 위한 표준모델 개발 등 연구 중심
 - 수소연료전지 자동차 : 연료전지 부품 국산화, 시스템, 수소 충전 스테이션, 플랫폼 개발 등 다양한 과제 수행
- (중소기업청) 충전기, 연료전지 등 개발연구를 중심으로 요소기술 개발 관련 과제 수행

□ 정책 및 기술 개발 현황

○ 전기자동차

－ 국외 정책⁴⁶⁾

·(미국) 전기차 확산을 위해 인프라 구축과 세제혜택 등 지원정책

* 인프라의 경우 정부 4억\$, 기업 매칭펀드 4억\$로 총 8억\$의 재원을 마련해 충전인프라 지원

* 미국은 공공기관에서 구매하는 관용차량의 50%를 PHEV·EV로 구매토록 강제

·(유럽) 유럽 주요국의 충전기 규격도 통합해 네덜란드, 덴마크, 스웨덴, 독일을 잇는 주요 고속도로에 155기의 급속충전기가 설치 예정

* (독일) 현재 100여기가 마련된 급속충전기 숫자를 2020년까지 7,000기까지 확대·설치

·(일본) 고속도로 통행료에 대한 한시적인 전기차 인센티브 정책 발표

* PHEV와 EV를 대상으로 2015년 5월부터 8월까지 1,000엔 이상의 통행료 전액을 지원. 또 9월부터 12월까지 2,000엔 이상 통행료의 절반을 지원

·(중국)⁴⁷⁾ 전기차 충전 인프라 건설 가속화에 관한 가이드라인 발표 (‘15)

* `20년까지 500만대 전기차의 수요를 충족하는 규모의 충전 인프라 구축

* 주차장을 용도별(주거, 사무, 공공 등)로 분류하여 충전소 보급 목표 기준 수립

* 전기차 충전 관련 국내외 에너지, 자동차, 통신기업들과 파트너십 확대

－ 국내외 기술개발 현황⁴⁸⁾

<표 5.2.3> 전기자동차 해외 기술 개발현황

업체명	사업영역 및 주요내용
Nissan (일본)	▶ 전세계에서 가장 많이 팔린 전기차이지만, 리프판매가 예상치를 하회하면서 HEV/PHEV를 병행하는 방향으로 전개 ▶ 소형전기차로 안전성과 실용성이 확보됨
GM (미국)	▶ PHEV의 볼트 가격 인하와 연비개선을 지속하는 가운데 전기차에 대한 투자도 지속
Tesla (미국)	▶ 모델 S 출시로 기술력과 마케팅을 통해 고가 고급형 전기차 판매 진행, 세계 전기차시장 주도 ▶ 알루미늄 이용으로 차체 중량 감소하여 주행거리 향상(최대 주행거리 400km 이상) ▶ 에너지밀도가 높은 원형형 전지 사용 및 배터리 안전성 확보 기술 ▶ 배터리 충전소 설치 ▶ 새로운 IT 플랫폼 적용
BMW (독일)	▶ 기존에 출시되어 있는 HEV와 PHEV 차 대신 전기차에 무게를 실을 것으로 보이며, 최근 전기차 13,16 모델을 발표 및 양산화 본격화

	▶ 프리미엄 전기차 생산에 주력, 13전기차는 가속페달을 밟으면 가속이 되고 발을 떼면 브레이크가 작동하는 싱글페달제어시스템 적용, 회생충전시스템 적용, 스마트폰과 연동을 통한 차량정보 확인 시스템 적용 ▶ 13은 차체 경량화를 위하여 탄소섬유강화플라스틱으로 제작하여 무게를 1,150kg으로 줄임 ▶ 향후 15라는 차세대 전기차 개발 중
Volkswagen (독일)	▶ e-골프가 2014년 5월에 유럽시장에 출시하였으며, 북미시장 및 한국에는 올해 말, 내년에 출시 예정 ▶ 최고주행거리 190km, 최고속도 140km/h, 12,000rpm 전기모터 적용, 216kg의 배터리가 차체 밑바닥에 깔려 코너에서 안전감이 높음 ▶ 기존 ‘골프’ 라인에서 생산할 수 있기 때문에 생산비용 절감 및 시장수요에 따른 생산량 조절 가능한 장점
Renault (프랑스)	▶ 플루언스 ZE: 22kWh 배터리팩, 95마력(70kW)전기모터, 23.0kg·m토크, 방전 시 까지 주행거리 165km(NEDC 기준) ▶ 조이 : 22kWh 배터리팩, 88마력(65kW), 전기모터, 22.4kg·m토크, 방전 시 까지 주행거리 210km(NEDC 기준)

<표 5.2.4> 전기자동차 국내 기술 개발현황]

업체명	사업영역 및 주요내용
현대기아차	▶ 준중형급 쏘울EV와 소형 레이EV 양산 판매 ▶ 쏘울 EV는 국내 최대 주행거리 확보. 148km, 배터리 용량 27kW/h
한국 GM	▶ 스파크 EV는 가볍고 단단한 경차로 알려져 있음. 차게무게 1,260kg ▶ 최대토크 107kW, 최대토크 574N·m, 정지상태에서 100km/h까지 도달에 8.5초 소요 ▶ 주행속도에 따라 자동 개폐되는 액티브 에어로 셔터를 달아 차량의 공기저항 계수 낮춤
르노삼성	▶ SM3 Z.E.sms 준중형급 차체에 안락한 승차감 보장 ▶ 차체무게 1,565kg, 배터리 용량 22kW/h, 연비효율 향상을 위해 사전 냉난방 시스템 적용, 토크를 일정 범위내로 한정시켜 급가감속 시 전기소모제어 적용
LG 화학	▶ 전기차 배터리 세계 1위 생산업체로 GE, 포드 등에 공급, 향후 성장 동력 확보 기대
SK 이노베이션	▶ 전기차 배터리를 생산하고 있으며 ,중국 베이징 자동차 그룹, 베이징전공과 동등으로 합작법인을 설립하는 등 중국 시장 진출

○ 수소연료전지자동차

－ 국외 정책⁴⁹⁾

·(미국) 1990년부터 수소에너지개발법을 제정해 막대한 자금력을 바탕으로 수소에너지 연구 개발을 주도 및 미국 에너지부 산하 연구소는 최근 백금을 대체할 수 있는 새로운 촉매 개발발표

·(독일) 수소 관련 산업 지원을 전담하는 국가 기구인 NOW(National Organization of Hydrogen and FuelCell Technology)가 향후 4년간 수소충전소 100개를 설립, 독일은 시범 프로젝트 차원에서 120대의 수소차를 운행하고 있고, 2017~2018년 Daimler 등의 수소차 출시에 맞춰 수소 충전소를 70~100개로 늘릴 계획

* 2023년까지 독일 전역에 수소 충전소 400개 설치 계획

·(영국) 현대차와 벤츠 등 4개 완성차 업체, 8개 수소 관련 기업과 공동으로 15년부터 상용보급을 시작한다는 내용의 수소차 프로젝트(UK H2 Mobility)를 마련

·(중국) 2013년 신에너지 차량에 대한 보조금 계획에 사상 처음으로 수소차 포함, 상업용 수소차는 대당 50만위안, 개인용 수소차는 대당 20만 위안의 보조금 지급

·(일본) 일본 정부는 ‘수소 사회’ 로드맵을 발표, 수소 충전소를 2015년 100기, 2025년 1,000기, 2030년 3,000기 설치예정

* 충전소 1곳당 최대 2억 8,000만엔(약 26억원)까지 보조금 지급

* 2015년에는 수소차 보조금으로 2014년보다 3배 늘어난 400억엔(3700억원) 책정

－ 국내외 기술개발 현황⁵⁰⁾

<표 5.2.5> 수소연료전지자동차 해외 기술 개발현황

업체명	사업영역 및 주요내용
Toyota (일본)	▶ 차세대 연료전지 스택기술을 선도하고 있으며, 고전압 Booster를 적용하여 스택 적층수를 저감하여 가격을 감소시킴 ▶ 운전장치의 부피와 가격을 저감시키기 위해 가습기를 제거하고 Water balance를 위해 수소재순환 플로우를 탑재시킴 ▶ BMW와 ‘연료전지 시스템 공동 개발’에 관한 계약 체결(‘13)
Honda (일본)	▶ 전세계에서 가장 먼저 전용차체를 개발하여 연료전지시스템을 탑재하였으며, 2015년 toyota와 같이 자국 공공기관에 보급 예정 ▶ 타 경쟁사와는 달리 수소저장탱크를 one module로 적용시킬 수 있는 기술 확보
GM (미국)	▶ 차량 상용화 기술수준은 낮은편이나, 스택 핵심부품 기술 선도 ▶ 고내식성 스택 설계 기술 및 독자적인 운전장치의 모듈화 기술 보유
Daimler (유럽)	▶ 연료전지차의 선구자 역할을 하고 있으나, 연료전지시스템 가격 저감에 어려움을 겪고 있음 ▶ 가압형 연료전지 운전장치 시스템의 모듈화가 가장 우수
Ford (미국)	▶ 다임러벤츠와 함께 Ballard 사의 연료전지 스택을 활용하여 수소연료전지차 개발 중

<표 5.2.6> 수소연료전지 자동차 국내 기술 개발현황

업체명	사업영역 및 주요내용
현대기아차	▶ 전세계 최초로 양산형 연료전지차를 출시하였으며 소비자 운전환경에 따른 연료전지 시스템 제어기술이 가장 우수 ▶ 스택에서 전기를 생산하기 위한 운전장치 국산화 95% 이상인 국내기술 보유
현대모비스	▶ 수소연료전지차의 연료전지시스템을 조립하는 라인을 구축하였으며 수소공급기 열 및 물관리계 모듈화 기술 보유
한라비스테온	▶ 공기공급기, Coolant, 히터, 고전압 쿨링모듈 등 BOP 관련 기술 보유 ▶ 전동 압축기 및 PTC 히터를 적용한 연료전지차량용 냉난방 기술 보유
동희오토	▶ 수소저장장치 integration 기술 확보, 고압압축기 기술 보유 ▶ Type 4 수소저장용기 및 부품 국산화율 향상을 위한 기술개발 중
LG	▶ 연료전지차 시스템 개발을 위한 연구 착수 ▶ 전해질 막, MEA, 분리판 기술에 대한 연구 진행 중
코오롱 인더스트리	▶ 연료전지차용 MEA 개발 중 ▶ 대량생산, 성능 및 내구성 확보기술 연구 중

46) 글로벌 전기차시장-국가별 주요 보급 정책, 투데이에너지, 2015

47) 중국 전기차 시장 및 충전인프라 정책 동향, Kepco, 2015

48) 친환경자동차 보급 확대 및 시장 활성화를 위한 정책방향 연구, 국무조정실 녹색성장지원단, 2015

49) 자동차(전기차vs수소차), 키움증권, 2016

50) 친환경자동차 보급 확대 및 시장 활성화를 위한 정책방향 연구, 국무조정실 녹색성장지원단, 2015

※참고2. 산업분야 미세먼지 발생 및 기술개발 현황 분석

□ 산업분야 미세먼지 발생 기여도

- (배출원별) 제조업 연소 부문은 미세먼지(PM10) 발생의 64.9%, 초미세먼지(PM2.5) 발생의 52.0%를 생산공정* 부문은 미세먼지(PM10) 발생의 6.3%, 초미세먼지(PM2.5) 발생의 7.9%를 차지

* 연소 이외의 원료 가공 및 수송 등의 생산공정에서 발생하는 미세먼지는 제품 생산량이나 원료 투입량에 기반하여 산출

<표 5.2.7> 전국의 부문별 미세먼지 배출량('12년) (단위 : 톤/연)

구분	에너지 산업 연소	비산업 연소	제조업 연소	생산 공정	도로이동 오염원	비도로이동 오염원	폐기물 처리	기타 면 오염원	합계
PM ₁₀	4,582 (3.8%)	2,062 (1.7%)	77,833 (64.9%)	7,600 (6.3%)	12,969 (10.8%)	14,332 (11.9%)	330 (0.3%)	272 (0.2%)	119,980 (100%)
PM _{2.5}	3,660 (4.8%)	1,269 (1.7%)	39,700 (52.0%)	6,032 (7.9%)	11,932 (15.6%)	13,186 (17.3%)	265 (0.3%)	244 (0.3%)	76,287 (100%)

※ 에너지산업 연소(공공발전, 지역난방, 석유정제, 민간발전), 비산업 연소(상업 및 공공기관, 주거용, 농업축산수산업) 미세먼지 발생은 연료 연소에 의해 발생하는 배출량

- (생산공정 부문) 제철제강업은 미세먼지(PM10) 발생의 71.8%, 초미세먼지(PM2.5) 발생의 71.6%를 차지(1위)

<표 5.2.8> 생산공정 분야별 미세먼지 배출량('12년) (단위 : 톤/연)

구분	석유제품산업	제철제강업	무기화학 제품 제조업	유기화학 제품 제조업	목재, 펄프 제조업	기타 제조업	합계
PM ₁₀	105 (1.4%)	5,454 (71.8%)	488 (6.4%)	1,183 (15.5%)	28 (0.4%)	342 (4.5%)	7,600 (100%)
PM _{2.5}	23 (0.4%)	4,319 (71.6%)	298 (4.9%)	1,065 (17.7%)	19 (0.3%)	307 (5.1%)	6,032 (100%)

- (제조업 연소 부문) 제조업 연소의 미세먼지 대부분이 기타 분야에서 발생하나, 미세먼지의 일부분이 제철제강 공정로*에서 발생

* 고로, 소결로, 강철 재가열로, 회주철 주물로 등

<표 5.2.9> 제조업 연소 분야별 미세먼지 배출량('12년) (단위 : 톤/연)

구분	연소시설	공정로	기타	합계
PM ₁₀	208 (0.3%)	2,111 (2.7%)	75,515 (97.0%)	77,833 (100%)
PM _{2.5}	117 (0.3%)	1,103 (2.8%)	38,480 (96.9%)	39,700 (100%)

□ 주요 발생원별 미세먼지 제어현황

- (시멘트 제조시설) 4단계의 채광, 분쇄 및 혼합, 소성, 제품화 공정 중, 분쇄 공정에서 미세먼지 발생량이 크게 증가
 - 분쇄 공정에서는 집진장치 설치, 원료 이동과정에서는 살수작업, 방진막 설치 등을 통해 미세먼지 발생 억제
- (제철소) 제선, 제강, 압연 등의 생산 공정에서 주로 미세먼지가 발생하며, 전반적인 생산 공정(제련, 증발, 야적, 운반, 파쇄, 누출, 마모 등)에서도 발생
 - 고공 살수 장치, 밀폐형 보관장치 등을 설치하고 제철소 먼지의 금속특성을 이용한 전기집진기를 주로 사용
- (폐기물 소각장) 폐기물이 소각로에서 연소될 때 불완전 연소 등을 통해 미세먼지 및 유해물질(중금속류, 다이옥신 등) 발생
 - 1~75 μ m 크기의 연소가스 입자물질을 집진하기 위해 전기집진기, 여과 집진기 등 고효율 집진기를 설치
- (화력발전소) 석탄과 중유 등을 연소하여 전기 에너지로 변환하는 발전소는 황산화물, 질소산화물, 일산화탄소, 미세먼지의 주요 발생원
 - 미세먼지 제어를 위해 전기 집진기, 원심력 집진기 등을 사용하고, 비산먼지 제어를 위해 여과 집진기, 방진벽, 살수설비, 방진림 등을 설치

□ 기술개발 현황

- (정부) '15년 기준, 산업부분 집진기술관련 R&D는 약 25억원 규모로, 중소기업 및 출연(연) 중심의 부품/시스템 개발연구 수행
 - ※ NTIS 과제 검색결과 활용, 민간 매칭 연구비 제외
 - 예기연, '이중 원주형 압축공기 분사 장치 기술' 기술이전 완료('16)
- (민간) 경제성을 갖춘 고효율 집진기술을 기반으로 한 국내 환경기업을 중심으로 해외 실증협력사업 추진 및 해외 시장 진출 활발
 - KC코트렐(주), 포스코ICT, (주)제이텍은 전기집진 및 원심여과집진기술로 150억원 규모의 한-중 미세먼지 저감 실증사업 계약 체결('15)
 - (주)에어릭스는 칠레 석탄화력발전소에 백필터 집진설비 공급계약 체결('15)

<표 5.2.10> 2015년 산업부문 집진기술 관련 정부 R&D 현황

부처명	내역사업명	과제명	기간	예산*('15) (백만원)	연구개발 단계	수행기관
미래창조 과학부	연구개발특구육성	모듈화된 하이브리드 집진장치 사업화	2015.05~2017.04	388	개발연구	태광이엔지
산업통상 자원부	나노융합2020	금속산화물 나노 복합재를 이용한 다중이용시설의 공기질 개선용 전기 집진 모듈 및 시스템 개발	2013.07~2016.06	430	개발연구	엔아이티 코리아
	제조기반산업핵심기 술개발사업 (생산기반)	용해효율 고도화 및 스마트 집진을 통한 저에너지 주조공정 구축	2015.12~2018.11	804	개발연구	한국생산 기술연구원
	공공기관연계 지역 산업육성사업	탄화규소섬유 융복합 초고온 백 필터 개발	2014.10~2017.07	380	개발연구	송월테크 놀로지(주)
중소기업청	중소기업상용화기 술개발	2제강 전로 전가집진기용 대형 고효율 Fan 개발	2015.08~2017.01	180	개발연구	신풍송풍기
	중소기업기술혁신 개발사업 혁신기업 기술개발 (혁신형기업)	IoT 기반의 산업용 환경오염방지시설 통합 관제 플랫 폼 개발 및 관리운영 서비스 구축	2015.10~2017.10	210	개발연구	(주) 프라이머리넷
	연구장비 공동활용지원	무정전 항균필터와 활성탄필터를 이용한 포집효율 증대 및 유해가스 제거	2015.01~2015.12	0.53	개발연구	한국생산 기술연구원
		산업용 후단방지시설의 분진특성 파악을 통한 PTFE Foam Coating 중.고온용 고효율 Bag Filter 제조기술의 표준화 및 상용 사업화 지원	2015.01~2015.12	3.32	개발연구	한국섬유소 재연구원
		섬유 조직의 랜덤비율에 따른 고효율,고탈진 filter의 성능개선및 개발	2015.01~2015.12	2.7	개발연구	(재)FITI시 험연구원
	산학연협력 기술개 발사업	협기성 소화가스 내 초미세분진 및 수분 동시제거 고효율 정제기술 개발	2015.12~2016.11	95.35	개발연구	한국생산 기술연구원
총합				2,493.9		

* 민간 매칭 연구비 제외

5.2.3. 프랑스 기후변화·에너지 정책 및 투자 현황 분석

□ 기후변화·에너지 관련 법률

<그르넬 환경법>

◆ 그르넬 환경법 1 (2009.08)

이전에 논의되었던 환경정책들이 종합되어 완성된 프랑스의 대표 환경법제로서, 환경, 지속가능개발, 생태다양성 회복, 지역 생태계회복과 온실가스 배출 감소, 에너지 효율 향상 등의 내용을 포함하는 규약을 실행하기 위한 프로그램 법안

◆ 그르넬 환경법 2 (2010.07)

그르넬환경법1로부터 야기된 환경에 대한 국가적 규약을 보다 구체화시키고, 법률상의 의무, 금지 및 허가와 관련되는 사항들을 설명하는 법안

- (배경) 사르코지 프랑스 대통령 제안('07.5.21)에 따라 생태적·지속가능발전의 주요 정책 문제를 정의하고자 환경 Grenelle* 원탁 회의 개최('07.10.24~25)

※ 환경 그르넬(Grenelle de l'environnement) : 환경문제와 지속가능한 발전정책에 관한 장기정책을 입안할 목적으로 프랑스의 환경정책을 담당하는 모든 공적 기관과 민간단체들이 모여 구성된 협의체 및 그의 활동

* Grenelle은 '68년 프랑스 정부가 당시의 사회적 혼란을 다스리기 위해 노동조합 대표를 만났던 장소를 지칭하며 “이해당사자간의 다자간 협의”를 상징, 지속가능발전에 대한 사회적 합의를 도출하기 위하여 사르코지 대통령의 제안으로 「환경 그르넬(Grenelle de l'environnement)」 추진('07.5~)

- 동 회의에서 채택된 종합 정책보고서를 바탕으로 환경그르넬의 실천에 관한 프로그램 법률안 제정('09.8 공포, 약칭 ‘그르넬 법률안 1’)

- (구성) 그르넬 환경법은 3개법으로 구성되며 그르넬법1은 주요정책 목표, 그르넬법2는 세부 규정, 그르넬법3은 투자계획을 담고 있음

- 그르넬 법률안 1 “환경 그르넬 실천을 위한 법안”

·(법안목적) 그르넬 환경협약의 충실한 이행 담보, 제안(종합정책보고서)의 구체화·명료화 및 필요한 법적 근거 제공

·(법안구성) 6부문* 57조항

* ① 기후변화대응 ② 생물다양성 및 자연생태 ③ 환경 및 건강 위해 예방, 폐기물 저감 ④ 모범 선도 국가 ⑤ 거버넌스 ⑥ 해외 영토 및 지자체의 특별 조치

·(주요내용) 기후변화대응을 최우선적인 목표로 설정하고 있으며, 특히 건축물의 에너지소비 감축과 교통 및 에너지 부문의 온실가스 배출 감소 조치를 우선으로 함

－ 그르넬 법률안 2 “환경을 위한 국가의 약속”

·(법안목적) 그르넬 법률안 1의 보완 및 구체화, 법률상의 의무·금지·허가와 관련된 사항 설명

·(법안구성) 6부문* 257조항

* ① 건축물과 도시계획 ② 교통 ③ 에너지와 기후 ④ 생태다양성 ⑤ 위험, 건강, 폐기물 ⑥ 거버넌스

·(주요내용) 건축물 에너지성능에 대한 내용이 강조되었고 교통 분야 추가 및 그밖의 그르넬1에서 주요하게 언급되었던 에너지 소비의 감소, 폐기물 처리 및 건강, 거버넌스의 구축 등이 포함됨

※ 후속법안으로서의 그르넬2의 주된 사항

·그르넬1에서 채택되어 거론된 규약들과의 일치를 위한 기존 법규들의 수정(도시법규, 환경법규, 건설 및 주거 법규, 지방자치단체 법규 등)

·법률에 의해 예상되는 국토 규모의 방향 설정과 토지, 재정 및 평가 등을 위한 도구들과의 결합

－ 그르넬 법률안 3

·(주요내용) 지속가능한 발전에 기초한 새로운 성장모델에 프랑스 경제를 적응시키기 위한 3년간('09~'11)의 투자계획을 담고 있는 정부 예산 법률안

<에너지 전환법>

◆ 녹색성장을 위한 에너지 전환법 (2015.07)

기후변화 대응과 에너지 독립성 유지를 위해 환경 및 에너지 목표를 설정하고 이의 달성을 위해 건물 개·보수, 청정수송 개발, 순환경제 촉진, 신재생에너지 확대, 행정절차 간소화 등에 대한 세부 이행계획을 포함

○ 2015년 에너지효율 및 신재생에너지 확대를 통한 기후변화 대응과 에너지 독립성 유지를 주요내용으로 하는 “녹색성장을 위한 에너지 전환법(Loi de transition energetique pour la croissance verte)” 공포

－ 에너지 전환법의 환경 및 에너지 부문 중장기 목표

항목	주요내용	비고
온실가스 배출	2030년까지 40%, 2050년까지 75% 감축	1990년 대비
최종에너지 소비	2030년까지 20%, 2050년까지 50% 감축	2012년 대비
화석에너지 소비	2030년까지 30% 감축	2012년 대비
원자력 발전 비중	2025년까지 50%로 축소 (원자력 설비용량을 현재 수준인 63.2GW로 제한)	현재 약 75%
재생에너지 비중	2030년까지 최종에너지 소비의 32%, 전력생산량의 40%로 확대	
탄소세	2016년 22유로, 2022년 56유로, 2030년 100유로로 인상	CO ₂ ·1ton
에너지효율 향상 재원 1백억 유로 지원	건물 리노베이션을 위한 무이자 대출, 디젤차량을 전기차로 전환시 보조금 지급 등	

－ 7대 이행 부문 세부 실행방안

- 건물 개·보수 : 에너지 절약, 비용감소 및 고용창출 도모
- 청정수송 개발 : 대기 질 개선 및 국민 건강 보호
- 물자낭비 방지 및 순환경제 촉진 : 재활용 제품 개발
- 신재생에너지 개발 : 에너지 다각화 및 자원 활용도 개선
- 원자력 안전 강화 및 대국민 정보제공 강화
- 효과성 및 경쟁력 강화를 위한 절차 간소화 및 명확화
- 국민, 기업, 지자체, 정부의 적극적인 참여를 위한 권한 부여

<표 5.2.11> 7대 이행부문 실행방안 상세내용

이행 부문	주요내용
건물 개·보수	2017년까지 50만호 주택 에너지효율 개선 공사 추진 － 대상주택 중 50% 이상은 저소득층 대상 － 공사비용의 30%까지 세금환급 가능 - 무이자환경융자금(L'écho-prêt à taux zéro) 10만 유로까지 지원 - 에너지절약형 공공건물 시범사업 ‘에너지효율 개선 플랫폼’ 설치 - 전기 및 가스 스마트 계량기 보급 등
청정수송 개발	- 오염배출 과다 차량 교체 시 보조금 지급 - 정부 및 공공기관의 청정차량 비중 50% 확대 - 자동차 렌탈 및 택시 회사 차량 10% 청정차량 대체 - 전기 충전소 설치 확대 - 공원 및 녹색지구에서 살충제 사용 금지 등
물자낭비 방지 및 순환경제 촉진	- 사용기간 확대된 제품 개발 장려 - 폐기물 관리 관련 보조금 지급 2016년 1월부터 일회용 비닐봉지 배포 금지 2020년 1월부터 플라스틱 소재 일회용 주방도구 배포 금지 2025년까지 음식물 쓰레기 분리수거 일반화 추진 등
신재생에너지 개발	3년 이내 메탄가스 공장설립 사업 1,500개 진행 - 생산자 정부 보조금 혜택 및 전력시장 직접거래 허용 - 국민과 지방단체에 대한 재생에너지 사업 재정지원 확대 - 설비 규제 강화 등
원자력 안전 강화	- 지역정보위원(Commissions locales d'information) 이행 강화 - 원자력 발전에 대한 정보제공 강화 - 프랑스 원자력 안전청(ASN) 권한 및 관리 강화 - 원자력 부문 종사자 건강 추적조치 강화 - 가동연수 40년 이상 설비 추적 규정 수립 등
절차 간소화	- 소송기한 제한, 중복법 항목 삭제, 운영자 책임 명확화 등 행정절차 간소화 및 기간 단축 추진 - 연안지역과의 연결 용이성 강화 조치 - 전기 및 가스 시장과 가격관리 - 에너지가격 안정화 조치 등
국민, 기업, 지자체, 정부 권한 부여	- 저탄소전략(La stratégie nationale bas carbone) 및 중장기 에너지계획(Programmation pluriannuelle de l'Energie) 수립 시 전문가 위원회 등 자문 진행 예정 - 에너지 수표를 통해 저소득 가정의 에너지 비용 지원 계획

□ 분야별 주요 전략 및 정책 현황

<에너지 효율>

◆ Directive 2012/27/EU on Energy Efficiency (2012.10)

2020년까지 최종에너지 소비량 131.4Mtoe, 1차 에너지 소비량 236.3Mtoe로 감축

◆ 에너지효율 이행계획 (2014.04)

에너지소비 관련 국가목표 달성을 위한 에너지 분야의 구체적 이행계획 수립

- Directive 2012/27/EU on Energy Efficiency(EED, '12년) 제3조에 따라 2020년까지 최종 에너지 소비량을 131.4Mtoe, 1차 에너지를 소비량을 236.3Mtoe로 감축하겠다는 목표 설정

<표 5.2.12> 7대 2020년 분야별 에너지소비 목표(Mtoe)

Sector		Consumption (Mtoe)
Final energy	Residential sector	31.9
	Tertiary sector	16.8
	Transport sector	42.5
	Industry sector	35.9
	Agricultural sector	4.3
	계	<u>131.4</u>
Energy consumption	Refining	2.83
	Thermal power generation	0.72
	National usage	5.20
	Losses and adjustments	79.72
	계	<u>88.5</u>
Final non-energy consumption		<u>16.4</u>
Total primary energy consumption		<u>236.3</u>

출처: Energy efficiency action plan for France-2014, Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy, 2014

- EED에서 제시한 목표 달성을 위해 에너지효율 행동계획(Plans nationaux d'action en matiere d'efficacité énergétique, '14년) 수립
 - (주거·서비스분야) 건물에서의 에너지 효율화 달성 정책
 - 저에너지 건물(Low-energy building)을 2013년부터 신축되는 건물에 적용
 - 2017년까지 매년 500,000개 이상의 노후건물 리노베이션 추진

·목표달성을 위해 규정 정비, 재정지원, 교육/홍도 등 다양한 수단 제시*

* ①신축건물에 대한 에너지 효율 개선을 위한 규정, ②기존 건물에 대한 에너지 효율 개선을 위한 규정, ③주거분야에서의 사회취약계층에 대한 에너지 지원대책, ④건물의 에너지 효율 개선을 위한 정보 제공

- (수송분야) 2020년까지 수송분야 온실가스 배출량을 1990년대 수준으로 감축하는 것을 목표로 행동계획 채택

·온실가스를 적게 발생시키는 교통수단에 대한 지원

·사용하는 교통수단의 에너지 효율 개선

※ 친환경 교통수단의 장려: 친환경적·효율적 상업용/여객 운송수단의 추구

교통수단의 에너지 효율성 향상: 도로/항공교통 분야에서의 에너지 효율성 개선

(2020년까지 승용차의 이산화탄소 배출량 120g/km 이하 규정, 항공분야 이산화탄소 배출량 65~12% 이내로 감축)

에너지 효율향상을 위한 정보제공 수단: 이산화탄소배출량표시제 의무화

- (산업분야) 에너지효율 및 온실가스배출 저감 정책 지원

·European Directive 2003/87/EC의 적용에 따른 유럽연합 배출권거래를 위한 시스템 구축

·재정적 지원 수단(결정보조제도, 에너지 효율화 투자 기업에 대한 보조금 지급 시스템 등)

·에너지 효율에 관한 European Directive 2012/27/EC 프레임워크의 국내법상 적용을 위한 규제조치 시행

·규격화와 인증을 위한 프로세스 지원(에너지 진단/감사/관리 시스템 규격화, 기업 및 자영업자에 대한 지원 등)

·에너지 효율적인 기술개발에 대한 지원

- (농업분야) 농업분야에서의 에너지 소비 절약 및 신재생에너지 개발은 대부분 지원프로그램에서 진행

·화석연료소비의 절약, 에너지 효율성을 높이는 시설물의 설치 및 신재생에너지 사용 장려를 위한 투자지원

·농업분야에서 에너지 효율 달성 및 환경보호를 위한 투자지원금 지급 (ex. green environment plan) 등)

- (국가 및 지방자치단체의 역할) 에너지 효율향상이나 온실가스배출량 저감에 있어 공공부분의 의무 강조

·공공건물/공공조달영역에서의 에너지 효율 향상, 지방자치단체의 기후 및 에너지 정책 계획 수립 등을 통한 공공부분 역할 수행

- (에너지 수요관리)

·The Energy Saving Certification system(ESC)을 에너지 효율분야에서 프랑스 정책의 중심 수단으로 활용

* ESC : 에너지공급자가 3년간의 에너지 절약 의무를 준수한 경우 인증서 발급

·규제와 재정지원 수단을 통한 고효율 제품에 대한 지원

·에너지 서비스 개발 지원

·홍보 캠페인, 고지서를 통한 에너지 효율에 대한 중요성 제고, 스마트 네트워크 구축

·냉난방, 병합발전 지원의 에너지 효율 촉진

·폐기물 방지

·연구개발 및 혁신에 대한 투자

·세제 지원 조치

<신재생에너지>

◆ 신재생에너지를 위한 국가행동계획 (2010.08)

2020년까지 국가 전체 에너지소비 23%, 냉·난방 33%, 전력 27%, 수송 10.5%를 신재생에너지로 공급

◆ 신재생에너지 개발 중장기 목표 및 이행 계획 (2015.07)

2030년까지 최종에너지소비 중 신재생에너지 비중 32%로 확대

- 2010년 그르넬 환경법(Grenelle de l'Environnement II)을 바탕으로 “신재생에너지를 위한 국가행동계획 2009~2020(Plan d'action national en faveur des energies renouvelables)” 수립
 - 2020년까지 국가 전체 에너지소비 중 신재생에너지 비중을 23%로 확대한다는 목표 수립
 - ※ 2020년 총 에너지 소비는 115,268 kTOE로 예상되며 신재생에너지는 35,711 kTOE 생산 필요
 - 부문별로는 냉·난방 소비량 중 33%, 전력 분야 에너지 수요의 27%, 수송 분야 에너지 수요의 10.5%를 신재생에너지로 공급
 - 바이오에너지, 풍력, 지열, 수력 태양광 해양에너지 등 신재생에너지 개발에 관련된 50개 정책 시행 명시
 - 중장기 투자계획(Programmation pluriannuelles des investissements)을 통해 구체적인 목표수치를 설정
 - ※ 2020년까지 수력발전은 71.7TWh, 풍력발전은 57.9TWh, 바이오매스는 17TWh, 태양에너지는 6.8TWh로 증가

- 신재생에너지 분야 연구개발을 증진시키고 신기술의 전파를 가속화시키기 위해 ‘신재생 열 에너지 기금(Fonds chaleur, 5년간 12억 유로 투자)’과 ‘연구기금(Fonds Demonstrateurs de recherche, 5년간 4억 유로 투자)’ 운영
- 재생에너지 분야 기업 및 재생에너지 기술의 용이한 인식을 위한 인증 및 라벨링 제도 마련
- 풍력발전기 개발지역을 설정하여 통제된 풍력에너지 개발환경 조성
- 설비 구입에 대한 세금공제, 소규모 태양열발전소 투자에 사용된 설비에 인하된 부가세율 (5.5%) 적용 등 세제 지원
- 발전차액지원제(Feed-in tariffs)를 통해 프랑스 전력공사(EDF)와 지역전력회사를 대상으로 12MW 이하의 용량을 가진 신재생에너지 발전소를 지원
- ※ 프랑스 전기 소비자의 전기요금에 부가되는 공공전력 서비스 분담금(Contribution au service public de l'electricite)을 통해 재원 충당
- 2012년 5월 사회당 올랑드 대통령 취임과 함께 원전 의존도 축소 및 신재생에너지 비중 확대 추진
 - 신재생에너지 비중확대를 위한 기술개발 투자 확대 및 풍력, 태양광 중점 지원
 - 태양광·풍력 발전단지 건설 및 시설 개발, 바이오매스 활용 촉진 정책 시행, 원자력·태양광 병합발전 개발, 수소 및 하이브리드 자동차 개발 지원 등
- 2015년 에너지 전환법*(Loi transition energetique)에 따른 “신재생에너지 개발 중장기 목표 및 이행 계획” 제시
 - * 환경 및 에너지 부문에 대한 중장기 목표 아래, 7대 부문 65개 이행계획으로 구성
 - 중장기 목표
 - 2030년 기준 최종에너지소비 중 신재생에너지 비중 32%로 확대
 - 이행계획 세부 방안
 - 저탄소 관련 사업 개발 활성화를 위해 대규모 태양광 발전설비(250kW급 이상)에 대한 250개 사업 선정
 - 신재생에너지 전환 가속 및 유기폐기물 처리 개선을 목적으로 3년 이내 메탄가스 공장 설립사업 1,500개 진행 예정
 - 부유식 해상풍력단지 시범사업 입찰 실시
 - 수력발전소의 설비 현대화
 - 일부 신재생에너지원 발전사업자는 발전설비 설치비용 충당 및 사업 수익성 보전을 위해 정부 보조금 지원과 함께 전력시장 직접거래 가능
 - 에너지 회수를 통한 생산 장려 및 설비 규제 강화 등

<CCUS(이산화탄소 포집·사용·저장)>

◆ 에너지정책 방향 설정을 위한 계획법 (2005.07)

CO2 포집 및 지하저장 등 R&D 지원 강화

◆ 그르넬 환경법 1 (2009.07)

석탄화력 발전분야에서 CCS 실증 및 활용 촉진

- 2005년 에너지정책 방향 설정을 위한 계획법(Loi de programme fixant les orientations de la politique énergétique)에서는 에너지효율, 신재생에너지 및 CO2 포집 및 지하저장 등의 분야에서 R&D 지원 강화 명시
 - 이를 위해 프랑스 국립연구청(ANR)을 설립하고 2012년에는 지하 지층의 이산화탄소 저장기술 개발 조사를 위한 ‘CO2-Dissolved’ 프로그램 지원
- 2009년 그르넬 환경법(Grenelle de l'Environnement I)에는 신규로 건설되는 석탄화력 발전소에는 CCS 실증프로그램이 포함되어야 한다고 명시
 - 프랑스에서는 철강산업, 화석연료 화력발전, 석유화학 등 50여 시설에서 배출되는 이산화탄소가 인간활동에 의한 배출량의 약 20%를 차지
 - 이산화탄소의 안전한 지층 저장을 위한 지침 포함
 - 500명 이상 기업에 CO2 배출 신고제 도입
 - CCS와 관련된 민관 협력사업이 활발하게 진행되고 있으며 Total, EDF, Alstom 등 국영 기업 및 대기업들에 의한 CCS 실증사업 시행 중
 - Total社は 프랑스 남서부 라크 지역에 30MW급 순산소 연소 포집 가능한 파일럿급 CCS 플랜트 프로젝트 수행
 - Alstom社は 르 아르브에 소재한 EDF 화력 발전소에 CO2 포집 실증 유닛 설치
 - ※ 프랑스 환경에너지관리청(ADEME)의 연구 실증자금을 포함 총 2,200만 유로 투자
 - 2013년 올랑드 대통령은 개발도상국 내 CCS 기술을 미적용한 석탄화력 발전소 건설 사업에 대한 개발청(AFD)의 직접적인 자금지원을 금지
 - 2015년 CCS 설비가 장착되지 않은 석탄화력 발전 관련 신규 프로젝트에 대한 수출 차관(export credit) 지원 전면 중단을 발표

<기후변화 적응>

◆ 기후변화적응계획 (2011.07)

적응(Adaptation) 측면에서 기후변화 영향 파악, 공공정책 조정 등 대책 마련

- 프랑스 정부는 온실가스 배출량 감소 등 기후변화 완화 대책에도 불구하고 불가피한 기후변화에 적응하기 위해 2011~2015년 국가 기후변화대응을 위한 230여개의 권고사항*을 포함한 기후변화적응계획(Le plan national d'adaptation au changement climatique)을 발표

* 물 소비, 산림, 보건, 기반시설, 연안지대와 같은 부문의 기후변화 적응 대책과 기후변화 영향에 대한 과학적 지식 향상 및 모니터링 강화 대책 등 포함

* 2011-15년간 1억7천백만 유로의 재원이 투입

- 매년 이행지표를 중심으로 자료구축 및 모니터링이 이루어지며, 적응계획의 이행 중기 및 완료 시점인 2015년에 종합 검토

·모니터링과 평가결과 자료는 다음단계 적응계획의 기반으로 활용

·기후변화의 불확실성에 대한 문제 해소를 위하여 5년마다 적응계획 구축

- 2006년 국가적응전략(Stratégie nationale d'adaptation au changement climatique)의 주요내용을 바탕으로 기후변화적응계획의 20개 분야 선정 및 84개 세부행동(action) 도출

기후변화적응계획 세부 분야			
1. 크로스커팅	6. 농업	11. 도시계획 및 건축환경	16. 기금 및 보험
2. 건강	7. 산림	12. 관광	17. 연안
3. 수자원	8. 수자원 및 양식업	13. 정보	18. 산지
4. 생물다양성	9. 에너지 및 산업	14. 교육 및 훈련	19. 유럽과 국제행동
5. 자연재해	10. 교통 인프라	15. 연구	20. 거버넌스

□ R&D 투자현황

◆ 신재생에너지 투자비중 확대 추세

원자력 R&D 투자비중 감소 (55.7%('07) → 47.4%('13))

신재생에너지 R&D 투자비중 확대(8.1%('07) → 15.9%('13))

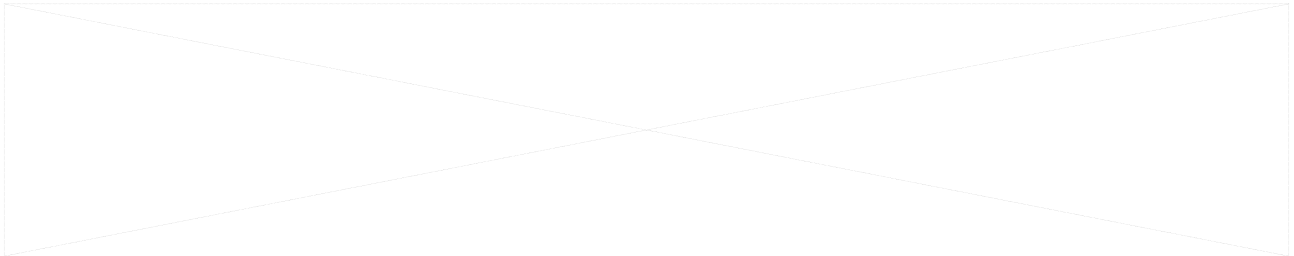
- 원자력을 중심으로 R&D 투자가 이루어지고 있으나, 최근 기후변화대응기술의 포트폴리오 다양화에 따라 신재생에너지 및 에너지효율향상에 대한 투자 증가추세

- 2013년 기준 R&D 예산은 약 11억 유로 규모로, 원자력(47.4%), 신재생에너지(15.9%), 에너지 효율향상(15.4%)에 주로 투자되고 있음

<표 5.2.13> 에너지 RD&D 예산 (EUR million)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
에너지 효율향상	108.5	132.0	159.5	182.6	241.6	205.5	168.65
화석연료	146.9	141.9	175.9	149.8	114.1	107.7	103.2
신재생에너지	75.4	95.8	158.7	118.8	159.4	150.0	173.4
원자력	519.4	501.6	478.4	435.0	487.9	551.0	517.5
수소·연료전지	62.1	61.0	55.4	47.9	52.0	36.0	36.9
기타 발전 및 저장기술	12.8	26.2	34.1	22.5	22.5	22.7	32.0
기타 공통기술	7.7	9.9	14.2	65.7	64.6	47.4	60.5
Total	932.8	968.4	1076.2	1022.3	1142.1	1120.3	1092.2

출처: ENERGY TECHNOLOGY RD&D BUDGETS(2015 edition), IEA



[2013년 R&D 예산 (총 1092.2 EUR million)]

○ 분석내용 및 방법

- 2004~2015년 기간 중 글로벌 신재생에너지 신규 투자는 연평균 성장률 18%로 기간 내 6배 이상 증가

5.2.4. 중국 기후변화·에너지 정책 및 투자 현황 분석

□ 기후변화 관련 법률

<재생가능에너지법>

◆ 재생가능에너지법 (2006.1월 시행, 2009년 개정)

재생에너지의 개발 이용을 촉진, 에너지공급을 증가, 에너지 구조를 개선, 에너지 안전 보장, 환경보전을 유지, 경제사회의 지속적인 발전을 실현하기 위해 제정

○ 2006년 1월, 관리, 발전가격·비용비담, 중장기 목표량 등을 정한 ‘재생가능에너지법’을 시행

- (내용) 국가는 재생에너지 개발 및 이용에 관한 중장기 총량목표의 제정과 장려 등을 통해 재생에너지의 시장의 발전을 촉진하고 개발 이용자의 합법적인 권익을 보장한다는 내용 등을 담고 있음

<표 5.2.14> 재생가능에너지법의 주요 내용

주요 제도	주요 내용
총량목표제도	• 신재생에너지 개발 총량을 국가 중장기 목표로서 제시
전력매입제도	• 전력망 사업자가 신재생에너지 생산자로부터 공급되는 신재생에너지 전력 전량을 의무적으로 구매해야 함
전력망 의무 접속제도	• 신재생에너지 전력을 전력망 운영자의 의지에 구애받지 않고 판매할 수 있도록 규정(신재생에너지 사업자의 계통접속권 보장)
비용분담제도	• 전력 가격에 신재생에너지 요금을 추가함으로써 소비자들이 신재생에너지 개발에 따르는 초과비용을 부담하는 제도
전문 프로젝트 자금 제도	• 비용분담 제도로 충당할 수 없는 신재생에너지 개발 이용 보조금 및 기타 지원자금 등으로 지원
발전 분류 요금 제도	• 신재생에너지원 전력요금을 사회적 평균원가에 근거하여 계산하되 신재생에너지원별 기술형태에 상응하는 발전요금을 적용

- (개정) 신재생에너지 산업의 양적 성장은 이루었으나 생산된 전력이 미활용 및 방치되는 문제(기풍·기광 현상)가 발생함에 따라 이를 시정하기 위해 개정

※ 기풍·기광 현상이란 송전망 접속능력 부족, 전력공급의 불안정 등으로 인해 완공된 풍력 및 태양광 발전소를 가동하지 못하는 현상

· ‘신재생에너지 쿼터시스템’을 도입하여 전력망 사업자들이 의무적으로 일정 할당량 이상의 신재생에너지를 공급하도록 명시

· 기풍·기광 현상의 다른 원인으로 지적된 중앙 및 지방 정부 간 정책 불일치성 개선을 위해 중앙 정부의 관리·감독 기능을 강화

<신환경보호법>

◆ 환경보호법 (1989.12월 시행, 2014년 개정, '신환경보호법')

중국 환경 분야의 '기본법'으로서, 개정안은 역사상 가장 강력하고 엄격한 환경보호법으로 평가되며 중국이 환경 파괴를 동반한 경제중심의 발전모드에서 환경보호의 역할이 확대된 지속가능 발전모드로 전환하는 계기가 됨

- 1998년부터 시행하고 있는 환경보호법을 전면적으로 수정 및 보완하여 2015년 1월부터 '신환경보호법'을 시행
 - (배경) 중국 국무원이 제12차 5개년 계획에서 신에너지, 신에너지 자동차, 에너지절약형 환경보호, 바이오, 정보기술, 첨단 제조, 신소재 등 7대 산업을 신흥전략산업으로 선정 및 육성할 계획을 밝힘
 - 이러한 환경 보호적 경제발전전략에 따라 기존 법의 개선 필요성 대두
 - 구 환경보호법은 위법 시 처벌 강도가 약하고 법을 준수하는데 드는 비용이 높아 위법을 택하는 경우가 많았으며 이는 지속적 발전을 저해하는 요소로서 반드시 개선해야할 사항으로 인식됨
 - (내용) 6개의 장(총칙, 감독관리, 환경의 보호와 개선, 오염방지과 기타 공해, 정보공개와 공중 참여, 법률책임)과 부칙 1개 장을 포함
 - 기존 47개 조항에서 70개 조항으로 증가(환경부의 법적 권한, 환경보호 관리감독, 신고자 보호 강화 조치 등 규정 신설) 및 기존 15개 조항 내용 강화
 - (특징) 신환경보호법은 환경보호 관련한 전반을 다루며 강력한 규제조항을 추가하면서 환경보호 관련한 기본법 성격의 법률을 갖추게 됨
 - 환경보호가 국가의 기본 정책이라는 점을 강조
 - 신환경보호법의 효과적인 집행을 위해 환경보호 주관부서의 책임 강조 및 중점오염물에 대한 국가 배출총량제 실시
 - 시급 이상의 인민정부에 등록한 사회조직과 5년 이상 환경보호 공익활동을 수행한 사회조직을 통해 환경관련 소송 제기 가능
 - 환경보호에 대한 기업의 책임 강조

<기타 기후변화 관련 법률>

법명	시행일	주요 내용
전력법	1996.4.1	- 전력사업의 발전을 보장 및 촉진, 전력투자자·경영자·사용자의 합법적인 권익 보호, 안전한 전력운영 보장을 위하여 제정 - 전력건설의 생산·공급·사용에 있어 환경을 보호 및 신기술 채택, 유해물질 배출 감소, 오염 및 기타 공해를 방지 - 신재생에너지와 청정에너지의 이용발전 장려 (지방 전력화 수단으로 신재생에너지 활용) - 합리적인 에너지 및 전원 이용, 전력망의 합리적 배치, 경제 효과 및 이익의 제고와 환경보호 원칙 구현
농업법	2003.3.1. (2012.12.28개정)	- 수력, 메탄가스, 태양에너지, 풍력 등 신재생에너지 및 청정에너지를 합리적으로 개발 이용하여 생태농업 발전 및 생태환경 보호·개선 - 농작물줄기 및 기타 잉여 물질을 종합 이용하고 적절히 처리 하여 환경오염과 생태파괴 예방
에너지절약법	2008.4.1	- 전 사회의 에너지절약 추진, 에너지 이용효율 제고, 환경 보호 및 개선, 경제 사회의 전면적인 조화와 지속가능한 발전 촉진을 위하여 제정 - 에너지의 합리적인 사용, 에너지 절약 기술 개발 장려 - 신재생에너지의 개발 및 이용을 장려 지원
순환경제촉진법	2009.1.1	- 자원 소모 감소 및 폐기물 감량화·재활용·자원화를 목표로 자원의 효율적 사용에 관한 정부의 행동지침, 표준체계, 강제요건, 인센티브 및 위반 시 법적 책임 제시 - 에너지·물·토지·재료 절약 및 태양열·지열·풍력 등 신재생에너지 이용, 바이오매스 개발 및 이용 장려
대기오염방지법	2000.9.1. (2015.8.29.개정)	- 대기오염 방지, 경제사회의 지속가능한 발전 촉진 - 과학기술 연구 및 청정에너지(태양에너지, 풍력, 수력 등) 개발 장려 - 대기오염물질 총량제어 및 배출허가제도, 오염물질 배출기준 관리 제도, 배출물질 오염자 부담제도 등 포함

□ 기후변화 대응 정책

- 시진핑 체제하의 중국지도부는 신기후체제의 능동적 참여와 기후변화 대응을 위한 탄소 배출 감축 및 석탄 소비 억제를 적극 추진하겠다는 의지 표명
- 제12차 5개년 계획(2011~2015)을 통해 청정에너지 개발을 통한 에너지 믹스 최적화, 에너지부문 국제협력 강화, 에너지 체제 개혁 지속적 추진
 - 수력, 원자력, 풍력, 태양에너지 발전설비 규모를 확대하여 전원믹스에서 비화석에너지 소비 비중이 '06~'10년 대비 2.6% 증가
- 제13차 5개년 계획(2016~2020)에서는 비화석에너지와 천연가스 소비 비중 증대를 통한 청정·저탄소 사회 실현, 에너지 시스템 운영효율 개선, 생산능력 과잉 문제 해결 등을 정책목표로 제시

<표 5.2.15> 중국 분야별 주요 에너지정책

분야	부문	내용
에너지효율	일반	· 석탄 사용 감소 목표를 위한 효율적인 석탄 사용의 가속화 · 작고 비효율적인 석탄 연소 보일러의 단계적인 폐지
	산업	· 철강, 시멘트, 유리 산업의 시대에 뒤처진생산 능력의 단계적 폐지 시행 · 석탄 연소 보일러 개선 및 폐쇄 등
	건물	· '15년부터 새로운 건축물의 50% 이상이 친환경 건축물 기준 적용(중국 북부지방의 약 4억 m² 건물에 추가로 적용될 예정)
	수송	· '15년 이후로 '05년 이전에 생산된 저효율 '엘로우 라벨' 운송수단 폐지
신·재생에너지	비화석 에너지	· 1차 에너지에서 천연가스 6.2%, 비화석에너지 13.2%, 석탄 62.6%이내 · 전원믹스(발전설비 기준)에서 비화석에너지 비중 35.7%
	수력	· 설비용량 350GW · 대·중·소형 발전소 건설, 집중형과 분산형 병행
	풍력	· 설비용량 2,000만kW · 남부 및 중동부 지역 분산형 확대
	태양	· 태양광 설비용량 1,500만kW, 태양열 설비용량 100만kW · 분산형 발전 시범단지 추진, 지붕형 분산형 확대
	원자력	· 설비용량 5,800만kW, 3,000만kW 건설 중
	전력망	· 전원 및 전력망 종합계획 수립

<중국 제12차 5개년 계획(2011~2015)>

- '11년 3월 전국인민대표회의에서 국민경제와 사회발전 12차 5개년계획(2011~2015) 발표
 - 안정적인 경제성장과 신에너지 개발 및 자원 절약을 통한 지속가능한 발전에 초점을 맞추어 제시
 - 에너지부문의 주요 목표로 에너지 소비 총량 및 에너지 효율 제고, 에너지 생산과 공급 능력 확보, 에너지 소비구조 최적화, 국가종합에너지 기지 건설, 생태환경보호 등을 제시

<표 5.2.16> 제12차 5개년 계획 중 에너지부문 주요 내용

구분	주요내용
에너지 수급구조 최적화	- 수력발전, 원전, 풍력발전, 태양발전 등 친환경에너지 이용률 증가 - 에너지 소비 절약 관념 확대 - 도시가스 수송망 개선 - 재생가능한 에너지의 합리적 이용 촉구 - 에너지 소비에서 비화석에너지 비중 확대
에너지 산업구조 전환	- 전통적인 에너지산업과 신에너지 산업 간의 상호 개발 및 연계 이용 추진 - 대형 에너지 시설 건설 적극 추진 - 유관 산업간 협력 활성화 - 에너지 관련 산업의 효율적 발전 추진
에너지 기술혁신 촉진	- 풍력, 태양, 바이오매스, 원자력, 스마트그리드, 신에너지자동차 등 새로운 에너지 기술 발전 촉진 - 선진기술, 설비 및 제품의 점진적 수출 - 고유의 신에너지 산업 발전 촉진
에너지의 거시적 조정시스템 구축	- 합리적 에너지 개발·이용을 위한 시스템 구축 - 기후변화 대응력 제고 - 비상대비체계 완비 - 에너지 분야 국가 종합 통제력 강화 - 에너지 기반시설 건설 및 공공서비스 체제 구축
에너지관련 시스템 개혁	- 에너지 가격, 세제, 자원, 유통시스템 등 관련 부분 점진적인 개혁 추진 - 민간부문 에너지 시장 진입 허용 - 민주적이고 현대적인 에너지 시장체제 구축
에너지 정책 및 표준체계 정비	- 에너지 정책 및 표준체계 정비로 고통하 ㄴ에너지 산업 발전 지원 - 지속가능한 에너지산업 시스템 ㄱ구축
국제 협력 확대	- 해외자원 적극 개발 - 에너지 산업의 대외개발 및 에너지 무역 확대 - 양자간, 다자간 협력 메커니즘 구축 및 국제교류 확대 - 에너지 안보 확보

<에너지사업 지도의견(2014)>

- 중국 국가에너지국은 '14년 1월 에너지부문의 주요 정책목표를 담은 에너지사업 지도의견을 발표
- 에너지효율 개선, 에너지믹스 개선, 에너지 생산능력 향상, 에너지 소비 억제 등을 주요 목표로 삼고 부문별 목표치 설정
- 분야별 주요 목표 및 내용
 - (에너지 효율 개선) 단위 GDP당(1만 위안) 에너지 소비량을 '10년 대비 12% 감소한 0.71tce 달성
 - (에너지믹스 개선) 1차 에너지 소비구조에서 비화석 에너지가 차지하는 비중 10.7%로 증대*, 전체 발전설비에서 비화석 에너지 발전설비용량 비중 '13년 30.6%에서 32.7%로 제고
 - * 천연가스 소비비중은 '13년 5.9%에서 6.5%로 증대, 석탄 소비비중은 '13년 65.7%에서 65% 이하로 감소
 - (에너지 생산능력 증대) 에너지 총 생산량은 전년 대비 4.3% 증가한 35.4억 tce 달성
 - ※ 석탄 38억 톤, 원유 2.08억 톤, 천연가스(석탄가스 제외) 131Bcm, 비화석에너지 발전량 1.3조 kWh
 - (에너지 총 소비량 억제) 에너지 총 소비량을 전년 대비 3.2% 증가한 38.8억 tce로 억제
 - ※ 석탄 38억 톤, 석유 5.1억 톤, 천연가스 193Bcm, 전력 5.72조 kWh

<표 5.2.17> 중국 에너지사업 주요 목표

구분	내용	2014년 목표치
에너지 효율	• GDP당 에너지소비량	0.71tce
에너지 믹스	• 비화석에너지 비중	10.7%
	• 천연가스 비중	6.5%
	• 석탄 비중	65% 이하
	• 비화석에너지 발전설비 용량	32.7%
에너지 생산능력	• 에너지 총 생산량	35.4억tce
	• 석탄	38억톤
	• 원유	2.08억톤
	• 천연가스	131Bcm
	• 비화석에너지발전량	1.3조kWh
에너지 소비 억제	• 에너지 총 소비량	38.8억tce
	• 석탄	38억톤
	• 원유	5.1억톤
	• 가스	193Bcm
	• 전력	5.72조kWh

<에너지발전전략 행동계획(2014~2020)>

○ '14년 11월 발표한 에너지발전전략 행동계획에는 중국의 에너지 발전 및 개선을 위한 4대 전략, 5대 임무, 그리고 2020년까지 달성할 부문별 목표 제시

- 4대 전략 및 목표

- (에너지절약 전략) '20년까지 1차 에너지 소비 총량 약 48억 toe로 제한 및 석탄 소비 총량 약 42억 톤 감축
- (자국 내 에너지공급 전략) '20년까지 중국 내 1차 에너지 생산 총량 42억tce 달성, 에너지 자급률 약 85%선 유지, 매장량 대비 채굴량 비율 14~15%까지 향상 등 에너지 공급 비상대비 체계 확립
- (저탄소·녹색 전략) '20년까지 1차 에너지 소비에서 비화석 에너지 및 천연가스 비중 각각 15%, 10%이상 향상, 석탄 소비 비중은 62% 이내로 억제
- (과학기술 혁신 전략) 2020년까지 질서있는 에너지 개방·경쟁시장 형성

<표 5.2.18> 5대 임무 및 목표

임무	목 표
자주적 에너지 확보능력 강화	• 석탄의 친환경·고효율 이용기술 개발 - 신규 석탄화력발전소의 발전용 석탄 소비수준을 300g/kWh 미만으로 제한 - 14개의 억톤급 대형 석탄생산단지 건설하여 '20년까지 중국 전체 석탄 생산량의 95% 담당 • 9개의 천만톤급 대형 유전을 개발하여 중국 내 석유 생산 확대 • 해상가스전과 내륙가스전 개발을 병행하고 전통자원과 비전통자원 모두 중시 - 기술적 한계를 극복하여 연간 생산량 10Bcm이상의 대형 천연가스 매장지 8개 구축, '20년까지 전통 천연가스 확인매장량 5.5Tcm, 연간 생산량 185Bcm 달성 - 국가급 시범지역 셰일가스 매장량 및 생산량을 증대시키고, '20년까지 셰일가스를 30Bcm이상 생산 - 동부지역 등을 중심으로 CBM탐사·개발을 가속화해서 '20년까지 CBM생산량을 30Bcm까지 달성 - 가스하이드레이트(gas hydrate)자원 탐사, 평가하고 관련기술을 개발하여 지적재산권을 보유하고 시범 채굴사업을 추진 • 석유 대체 에너지를 적극 개발하여 2020년까지 대체능력 4,000만톤 이상 확보 • 중국의 에너지 안보 능력 제고
에너지 소비 혁명 추진	• 에너지의 소비를 엄격히 제한하고 에너지개발·이용방식의 전환을 추진 • 공업·건축·수송 부문을 중심으로 에너지절약형 생산모델과 소비모델 구축 - 60만kW(풍냉식 제외)이상 발전기에서의 석탄소비 수준을 5년 내 약300g/kWh미만으로 억제 - '20년까지 도시내 녹색건축물이 신축 건물의 50%를 차지하게 하고 난방계량개혁

임무	목 표
	을 가속화해 난방·온수 사용량에 따라 비용청구 집중형 에너지와 분산형 에너지를 지역 상황에 맞게 공급
에너지 소비구조 최적화	- 석탄소비총량을 제한하여 '20년까지 중국 내 석탄소비 비중을 62%이하로 억제 - 천연가스 수입루트를 다양화해서 도시 내 천연가스 이용률을 높여 '20년까지 1차에너지 소비 중 천연가스 비중을 10%이상으로 확대 - 가스저장시설을 구축하고 수입을 확대하여 전국적인 가스파이프라인 간선망을 구축하여 '20년까지 천연가스 수송 간선망 길이를 12만km이상으로 증대 - 신규원전 프로젝트를 추진하고 ISO를 도입해 원전을 안정적으로 발전 '20년까지 원자력발전 총 설비용량 5,800만kW, 건설중인 설비용량 3,000만kW이상 달성 - 집중형과 분산형 발전을 병행해서 재생에너지 발전을 가속화하여 '20년까지 1차에너지 소비중 비화석 에너지 비중을 15%로 달성 - 대형 수력발전단지 건설 추진하여 '20년까지 전통적인 수력발전 총 설비용량 약 3.5억kW 달성 9개의 대형 풍력발전단지 및 전력송출 프로젝트를 추진, '20년까지 풍력발전 총 설비용량 2억kW 달성 - 태양광 발전을 추진하여 '20년까지 총 설비용량 약 1억kW 달성 - 해양에너지, 바이오매스에너지, 지열에너지 등에 대한 개발·이용 계획을 수립하여 '20년까지 지열에너지의 총 이용량 5,000만toe달성
에너지 국제협력 확대	- 실크로드 경제벨트, 21세기 해상 실크로드 등 에너지 기술·장비·투자프로젝트의 해외진출 적극 지원 5대 주요 에너지 협력권역 형성을 가속화하고 글로벌 에너지 거버넌스에 적극 참여
에너지 과학기술 혁신	9개 주요 혁신분야(비전통 자원 및 심해 자원 탐사·개발, 석탄의 효율적 이용, 분산형 에너지, 스마트그리드, 차세대 원자력, 현대적 재생에너지, 에너지 및 수자원 절약, 에너지 비축, 신에너지 등) 확립 20개 주요 혁신분야(세일가스, 석탄층 메탄가스, 심해 석유·가스, 석탄화학공업, 초임계석탄화력 발전, 석탄가스화복합 발전, 가스터빈, 전력망, 태양광·태양열 발전, 수력발전, 바이오연료, 지열에너지, 해양에너지, 가스하이드레이트, 대용량 에너지 저장, 수소에너지, 연료전지, 신에너지 등)를 명확히 선정 - 대형 유전·가스전 및 CBM 개발 국가와의 대형 프로젝트를 진행하고 대형 선진가압수형 원자로(PWR) 및 고온가스냉각형 원자로(HTGR)발전소 구축을 위한 대형 프로젝트를 확대 - 에너지 프로젝트를 통해 과학기술성과 전환⁵¹⁾을 가속화하고 선진 에너지 기술 장비의 해외진출 지원 - 기업 중심적이고 시장지향적인 산·관·학 협력 체계를 구축하고 고급인재를 유치

51) 과학기술성과전환: R&D가 신제품, 신산업 등으로 확대될 때까지 후속 개발, 응용, 홍보 등을 지속하는 활동

<중국 제13차 5개년 계획(2016~2020)>

- '16년 3월 전국인민대표회의에서 국민경제와 사회발전 13차 5개년 계획(2016~2020) 발표
 - 에너지부문의 주요 목표로 에너지 생산·이용 방식 변혁, 에너지 공급 구조 최적화, 에너지이용 효율 향상, 현대화 에너지 시스템 구축 등을 제시
 - 에너지부문 발전을 위한 4대 혁명, 하나의 협력 제시
 - (에너지 공급) 에너지 공급능력을 제고시켜 에너지 수급 안정 보장
 - (에너지 기술) 기술·설비의 연구·개발을 통해 혁신 시스템 구축
 - (에너지 소비) 비화석에너지와 천연가스의 소비 비중을 대폭 확대하여 청정·저탄소 에너지 발전전략 실천
 - (에너지 체제) 에너지 사용 여건을 대폭 개선하여 에너지 서비스 질 향상, 석유 및 천연가스 등 주요 에너지부문의 체제개혁을 추진
 - (하나의 협력) 대내·외 상황을 고려하여 에너지 국제협력 강화
- 청정·저탄소 사회를 실현하고 안전하고 고효율 현대적 에너지 시스템 구축을 위한 목표 제시
 - (에너지 효율 개선) 기풍(棄風)률과 기광(棄光)률 감소
 - (에너지믹스 개선) 1차 에너지 소비에서 비화석에너지 비중 13.2%, 전원믹스(발전설비 기준)에서 비화석에너지* 비중 35.7%
 - * 풍력발전 비중 8.6%, 태양에너지 발전 비중 3.9%
 - (에너지 생산능력 증대) 1차 에너지 총 생산량은 36억 tce 달성
 - ※ 석탄 37억 톤, 원유 2.2억 톤, 천연가스(세일가스, 탄층가스 포함) 140Bcm, 비화석에너지 발전량 1.7조 kWh
 - (에너지 총 소비량 억제) 1차 에너지 소비량 43.6억 tce 억제
 - ※ 석탄 39.6억 톤, 석유 5.5억 톤, 천연가스 205Bcm
- 에너지 분야 8대 중점사업 제기

<표 5.2.19> 에너지분야 8대 중점사업

중점사업	내용
고효율 스마트 전력 시스템	• 펌핑 스토리지 발전소, 선진 수력발전소, 천연가스 피크 부하 조절 발전소 등 우수한 피크 부하 조절 전원 건설 가속화 • 에너지저장시스템(ESS) 발전소, 에너지 효율 발전소 시범사업 건설 추진 • 전력 시스템의 피크 부하 조절 능력 및 운영 효율 제고

석탄의 청정·고효율 이용	• 석탄·전기 에너지 절약 및 온실가스 감축 업그레이드와 개조 행동 계획 실시 • 석탄화력발전소에 대해 초저배출과 에너지 절약 개조 전면 시행 • 배압식 열발전기를 사용해 난방 해결, 열·전기·냉방의 병합공급 발전 • 발전소비에 사용하는 석탄의 비중 증가 장려
재생 에너지	• 정규 수력발전 6,000만 킬로와트(kW) 건설 가동 • 동북·화북·서북(3북)과 연해 풍력발전, 태양광발전 프로젝트를 체계적으로 최적화하여 건설 • 중동부 및 남부 지방의 분산식 풍력발전, 분포식 태양광발전의 발전 장려 • 태양열발전 시범사업 실시 • 칭하이 (青海), 장자커우 (張家口) 등 재생에너지시범구 건설 적극 추진
원자력발전	• AP1000 프로젝트 건설 • ‘화룡 (華龍) 1호’ 시범사업 건설 • 톈완 (田灣) 원자력 발전소 3기 사업 건설 가속화 • 원자력 발전 운행 발전용량 5800만kW, 3000만kW 이상 건설
비정규 석유가스	• 석탄층 메탄가스 산업화 기지 건설 • 셰일가스 탐사 개발 • 타이트 오일(tight oil), 유사(oil sand), 심해 석유탐사 개발과 셰일 암석의 종합적인 개발 이용 추진 • 천연가스 수화물 자원 탐사와 상업화 시추 추진
에너지 수송 통로	• 수력발전 기지와 대형 석탄전력 기지 외부 전기수송 통로 건설 • 전력 외부 수송통로를 중점적으로 신축 • 천연가스 핵심 파이프라인 완비
에너지 저장 시설	• 국가석유저장 2기 사업 건설 • 정제유 저장창고 건설 강화 • 천연가스 저장창고를 건설하여 가스 저장 규모와 피크 부하 조절 비상능력 향상 • 석탄 부족 지역과 석탄집산지에 환송 저장운송 시설을 건설 • 석탄비상저장시스템을 완비하며 천연가스 우라늄 저장 규모를 확대
에너지 핵심기술 장비	• 석탄 무인 채굴, 심정 (深井) 재해 방지, 비정규 석유가스 개발, 심해층 정규 석유가스 개발, 저등급 석탄(Low-rank Coal) 중저온 열분해 그레이딩 전환, 70 0℃ 초초임계 석탄화력발전, 4세대 원자력 발전, 해상 풍력발전, 태양열 발전, 대규모 에너지 저장, 지열에너지 이용, 스마트 그리드 등 기술의 연구개발 응용 • 3세대 원자력 발전, 100만 kW급 수력발전설비, 고효율 보일러와 고효율 전기기계 등 장비 제조능력 향상 • 대효율 전력전자 기소재, 고온 초전도체 재료 등 핵심 소자·부품과 재료의 제조 및 응용기술 확보

□ 기후변화 대응 정책

- 중국의 최근 3년('12~'14)간 기후변화와 관련된 에너지 절약과 환경보호에 대한 총 투자규모는 다소 감소된 추세를 보임⁵²⁾
- 중앙정부의 투자규모는 '12년(10.4억\$) 대비 '14년 약 4배 증가(47.7억\$)했으나, 지방 정부는 '12년 475.4억\$에서 '14년 298.1억\$로 감소

<표 5.2.20> 에너지 절약 및 환경보호 관련 국가 공공투자

	2012(억\$)	2013(억\$)	2014(억\$)
중앙정부(Central)	10.4	39	47.7
지방정부(Local)	475.4	256.7	298.1
전체	485.8	295.7	345.8

* 2012,2013년도는 실 집행금액 데이터 기준, 2014년도는 예산기준

* 출처: Finance Year Book of China of 2012 and 2013, Report on the Central and Local Budget Performance in 2013 and the Central and Local Drafted Budgets in 2014 issued by the Ministry of Finance, and the budget sheet on central public finance expenditure in 2014.

- '12년에는 에너지절약 및 활용(2.8억\$)과 자연산림보호(2.4억\$) 분야를 중심으로 중앙 정부의 투자가 이루어졌고 '14년에는 에너지절약 및 활용(12.9억\$) 및 에너지관리(21.5억\$) 분야에 중점 투자

<그림 5.2.1> 에너지절약 및 환경보호 관련 중앙정부 투자 포트폴리오



<2012년 중앙정부 부문별 투자 비율>



<2014년 중앙정부 부문별 투자 비율>

52) UNDP, Country brief: Climate public expenditure and institutional review in China, 2014

5.2.5. 기후변화대응 정책에 따른 국내 시장 및 산업 변화 분석

□ 분석내용 및 방법

- 2004~2015년 기간 중 글로벌 신재생에너지 신규 투자는 연평균 성장률 18%로 기간 내 6배 이상 증가

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
신규 투자액 (억 \$)	46.6	72.8	112	154	182.2	178.7	239.2	278.5	257.3	234	273	285.9

- 2004~2014년 기간 중 국내 신재생에너지 기업 수는 10배로, 고용인원은 20배로, 매출은 70배로, 수출은 50배 이상 각각 증가하는 등 국내 신재생에너지 산업은 양적으로 급성장 추세를 나타냄

* 2007~2014년 기간 중 국내 신재생에너지 투자는 14배 이상 증가

	노무현(2003~2008)					이명박(2008~2013)				박근혜(2013~)	
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
기업(개)	49	59	80	100	134	187	209	225	200	245	485
고용인원(명)	716	1,317	2,215	3,532	6,496	10,000	13,149	14,563	11,836	11,962	15,707
투자(십억 원)	—	—	—	623	1,901	2,955	3,537	4,584	1,385	2,108	8,738
매출(십억 원)	143	281	725	1,233	3,268	4,463	7,663	9,357	6,467	7,515	10,128
수출(억 \$)	0.6	1.5	3.9	7.4	17.1	21.3	39.3	47.7	25.2	26.0	32.2

□ 시장·산업계 성공 사례

- 신재생 에너지원 활성화 대책 등 보급·확대 사업을 통한 산업 및 기업 성장 : 태양광 산업 분야 급 성장(신성솔라에너지, OCI, 한화큐셀 등)
- 규제 완화를 통한 기업매출 증가 : 유니슨(풍력발전기 제조 중견기업)은 산업부·환경부 지원에 의해 의령·화순 풍력단지 사업이 가능해지면서 430억 규모의 풍력발전기 공급·건설 공사 계약 체결
- 해외협력지원 등을 통한 중소·중견기업 해외시장 진출 : 아이솔라, 대전전지, 제이에스피브이, 에스에너지 등 동남아 해외 계약 체결 및 수주
- 신재생 에너지 클러스터 구축을 통한 체계적인 신재생에너지 산업 육성 : 대구 경북권(구미, 포항), 충북(혁신도시), 전북(부안, 새만금) 등

5.2.6. 도널드 트럼프 미국 대통령의 기후변화 분야 공약 내용 검토

□ 트럼프 공약 사항 및 관련 발언

- 트럼프는 기후변화의 실재성과 인간의 활동이 기후변화를 유발하였다는 인과성을 부인
 - 트럼프는 파리협정의 내용을 부인하면서, 미국이 유엔기후변화협약에 제공하는 녹색기후기금 등도 당장 금지해야 한다고 주장
- 트럼프와 힐러리는 모두 대외 에너지의존도 축소, 성장 및 고용창출을 위한 에너지산업 육성이라는 대의는 같이나, 방법론에서는 큰 차이를 보임
 - 힐러리는 청정에너지 확대와 석유소비 축소, 에너지효율 개선을, 트럼프는 국내 석유·가스 생산극대화를 각각의 방법론으로 주장

□ 검토의견 및 대응방향

- 트럼프 정부에서는 오바마 대통령이 비준한 파리협정도 탈퇴나 감축공약 불이행 등을 할 수 있을 것으로 예상되며, 따라서 세계적인 신기후체제 출범에도 부정적인 변화 예상
 - 그 동안 미션이노베이션 등을 통해 세계적으로 노력을 하고 있는 청정에너지 및 에너지 효율 관련 산업의 성장도 둔화 될 수 있을 전망
- 다만, 트럼프 정부하에서 기후변화 대응에 대한 정책적 관심도는 낮아질 것이나, 에너지 및 환경문제는 여전히 중요한 이슈로서 자리할 것으로 예상
 - 또한 단기적으로 산업적인 측면의 보급 활동 등은 위축될 수 있지만, 중장기적인 기술개발에는 급격한 영향은 적을 것으로 예상
- 미국의 정책변화에 따라 세계적으로 기후변화 대응기술개발에 대한 관심도가 낮아질 수는 있겠지만, 중장기적인 기술경쟁력 확보는 여전히 중요
 - 기술개발 총괄부처로서 기후변화 대응기술 개발을 수행하고 있는 미래부의 입장에서는 미국의 정책변화를 예시 주시할 필요는 있지만,
 - 기술개발의 중장기적인 특성과 새로운 미래 산업의 창출을 위한 기술개발을 지속적으로 추진해나가야 할 필요

5.2.7. 주요국 신재생에너지 그리드패리티 달성 현황 및 전망

□ 분석 개요

○ 신재생에너지 발전의 그리드패리티 현황에 대한 신뢰할만한 종합적인 분석자료는 국내외적으로 아직 부족

- IEA 등 국제기구에서도 그리드 패리티에 대한 종합적인 분석자료는 발표되지 않고 있음
- 최근 신재생에너지의 그리드패리티와 관련하여, 균등화 전력비용(Levelized Cost of Electricity, LCOE)*을 이용한 비교방법을 적용하고 있으나, 국가 전체 수준에서의 종합적인 분석자료는 아직 부족**

* $LCOE = \text{Capital cost} + \text{O\&M cost} + \text{Fuel, waste and carbon costs}$

** 한전경제경영연구원에서는 주택용 태양광발전 중심의 LCOE에 기반한 그리드패리티 달성 현황 분석(발전기술별 LCOE와 전기요금의 비교방법)(KEMRI 전력경제 REVIEW, 2016.10)

○ 따라서 본 분석에서는 IEA에서 최근 발표한 발전기술관련 보고서들을 활용하여, 나름대로 그리드패리티의 정의에 부합하는 비교분석을 수행

- (step 1) (각 기술별 LCOE 값) 화석연료 발전(석탄, 가스, 석유)과 신재생발전(태양광, 풍력)의 LCOE 값 정리

* IEA, Projected Cost of Generating Electricity, 2015 Edition을 활용하여, 독일, 일본, 미국, 중국, 한국의 LCOE 값 정리(자료에서는 할인율별(3, 7, 10%) LCOE를 제시, 우리나라 감축목표 수립시 적용한 할인율 2.83%를 고려하여 3% 자료 활용)

동 자료는 22개국 총 181개 플랜트의 자료를 가지고 추정한(Projected) LCOE 값으로서, 국가 전체의 LCOE를 정확하게 반영하지는 못하고 있지만, IEA 발표자료로서 대푯값으로서의 신뢰성은 가질 수 있다고 판단(한국은 에너지경제연구원에서 자료 제공)

- (step 2) (국가별 화석연료 발전의 평균 LCOE 산출) 주요 국가별 발전기술별 전력생산량 통계*를 이용하여, 화석연료 발전기술별 전전 비중을 구한 후, 화석연료 발전의 평균 LCOE를 산출
·산출된 화석연료 발전기술의 평균 LCOE를 기준으로 각각의 신재생에너지기술이 그리드 패리티에 도달하였는지에 대한 판단 기준으로 적용

* IEA, Electricity Information, 2016(단, 중국은 IEA, World Energy Balances, 2016)

□ 그리드패리티 달성 현황 - LCOE 기준

○ 화석연료 발전(석탄, 가스)*의 평균 LCOE와의 신재생 발전의 LCOE 비교를 통한 그리드 패리티 달성 추정

* 화석연료 발전 중 석유는 전체적으로 비중이 낮고, LCOE 분석 자료가 없어서 제외

(USD/MWh)

발전기술		미국	독일	중국	일본	한국
화석연료 발전의 평균(가스/석탄)		73.83	75.77	74.06	115.81	89.01
태양광	주택용	105.92	161.56		218.11	155.56
	상업용	78.39	116.62	58.99		122.56
	대형 발전용	53.50	92.02	54.84	180.51	101.86
태양열 (CSP)	6시간 storage	78.54				
	12시간 storage	65.97				
풍력	육상	32.71	77.15	45.96	134.56	111.64
	해상		146.31			214.47
	해상-Shallow depth	102.95				
	해상-medium depth	102.34				
	해상-deep depth	115.58				

- (미국) 대형 발전용 태양광, 육상풍력, 태양열 발전(CSP)의 경우, LCOE가 화석연료 발전의 평균보다 낮아 그리드 패리티 도달
- (독일) 육상풍력의 경우, LCOE가 화석연료 발전의 평균보다 낮아 그리드 패리티 도달
- (중국) 태양광(상업용, 발전용) 및 육상풍력 모두 LCOE가 화석연료 발전의 평균보다 낮아 그리드 패리티 도달
- (일본, 한국) LCOE 기준으로는 그리드 패리티에 도달하지 못함

□ 그리드패리티 달성 현황 - 신재생발전의 LCOE와 전기요금 기준

- 신재생 발전의 LCOE와 각국의 용도별 전기요금*의 비교를 통한 그리드패리티 달성 추정
 - * 상대적으로 요금이 높은 주택용 전력을 기준으로 비교(산업용 전기요금 참고)
- 독일, 일본은 신재생에너지 보급정책에 따른 비용을 전기요금에 반영하는 구조로서 전기요금이 상대적으로 높으며, 따라서 전기요금을 기준으로 할 경우, 대부분의 신재생발전이 그리드 패리티에 도달
 - 미국 역시 전기요금에 신재생에너지 보급에 따라 정책비용 포함
- 중국은 정확한 요금자료가 없으나, 이미 LCOE 기준으로 그리드 패리티를 달성
- 우리나라는 일부 기술(대형 발전용 태양광, 육상 풍력)에서 전기요금 기준 그리드패리티 달성 판단

(USD/MWh)

발전기술		미국	독일	중국	일본	한국
전기 요금	주택용	125.18	395.05		253.26	120.00
	산업용	71.01	175.27		188.12	
태양광	주택용	105.92	161.56		218.11	155.56
	상업용	78.39	116.62	58.99		122.56
	대형 발전용	53.50	92.02	54.84	180.51	101.86
태양열 (CSP)	6시간 storage	78.54				
	12시간 storage	65.97				
풍력	육상	32.71	77.15	45.96	134.56	111.64
	해상		146.31			214.47
	해상-Shallow depth	102.95				
	해상-medium depth	102.34				
	해상-deep depth	115.58				

－ 전기 요금 자료(독일, 일본, 미국) : IEA, Electricity Information, 2016 (한국 전기요금 자료 : 한전경제경영연구원, KEMRI 전력경제 REVIEW, 2016년 제24호(2016.10.4.))

□ 주요국 신재생에너지 그리드 패리티 전망

- (태양광) PV모듈 향상 기술, 제조공정 향상, BoS(balance of system) 비용 저감 등에 의해 유틸리티 스케일 PV 시스템 설치 단가는 지금의 하락세가 계속되어, 세계 평균 LCOE는 2015년에서 2025년 사이 약 59% 하락 전망
- (풍력) 2025년까지 육상풍력 LCOE 세계 평균은 26% 하락 전망

※ 참고문헌: THE POWER TO CHANGE: SOLAR AND WIND COST REDUCTION POTENTIAL TO 2025 IRENA, 2016

6. 결론 및 제언

6.1. 주요 수행내용 요약

- 본 연구는 기후변화대응을 위해 국가적으로 기후기술의 선제적인 확보 필요성이 높아지고 있음을 고려하여 기후기술 R&D 현황을 상세하게 파악하고, 이에 대한 지속적 활용·관리기반을 구축하는 것을 목적으로 수행되었음
 - R&D 수행의 기반이 되는 외부 환경변화 파악을 위해 탄소저감 6대 기후기술분야(태양전지, 연료전지, 바이오연료, 이차전지, 전력IT, CCS)를 대상으로 국내외 정책·기술·시장 동향 자료 조사 및 분석 수행
 - (정책동향) 주요국들은 전력(발전)분야 등에서 신재생에너지 보급목표 비중*을 설정하고, 이의 달성을 위한 정책적/제도적 지원을 추진 중
- * 미국 28%('30), 일본 24%('30), 중국 35.7%('20), 독일 30%('20), 한국 11.7%('29)
- (기술개발동향) 온실가스 감축을 위한 기후기술 실증·인프라 구축을 통한 기술 상용화 추진 및 차세대 기술 확보를 위한 R&D 투자 확대 추세
 - (시장동향) 2020년까지 태양전지, 바이오연료, 이차전지, EMS 시장 2배 이상 성장 전망 및 시장형성단계인 CCS기술은 정부 주도의 실증사업 및 투자확대를 통해 향후 급격한 시장 확대 예상
 - (민간 기술수요) 시장창출 및 확대를 위한 실증사업, 기술인증, 표준화 등 인프라 구축 지원 확대, 개발기술의 산업화 과정의 Death Valley 극복 및 차세대 기술개발 리스크 감소를 위한 R&D투자 확대 등을 요구
- 기후변화대응기술의 체계적인 확보 및 활용 확대는 물론 국가 R&D의 효율적인 지원을 위해 기후변화대응기술 확보 로드맵(CTR, Climate Technology Roadmap) 수립
 - 기후기술 관련 국가 R&D 정보 수집 및 성과의 공동 활용 촉진 등을 위한 범정부 및 연구관리 전담기관이 참여하는 협업체계를 구축하여 CTR(안) 작성 추진
 - 기후변화대응 핵심기술개발 전략('14.7), 탄소자원화 발전 전략('16.4) 등을 통해 설정된 10대 기후기술* 관련 R&D 과제 총 715개 과제(4,833억원)를 대상으로 설정(2016. 5월 기준)
- * 탄소저감(태양전지, 연료전지, 바이오연료, 이차전지, 전력IT, CCS), 탄소자원화(부생가스 전환, CO₂ 전환, CO₂ 광물화), 기후변화적응(공통플랫폼)
- (작성 개요) 탄소저감 분야의 6대 기후기술, 30개 세부기술군에 대한 기후변화대응기술개발 로드맵(CTR) 작성

※ 2015년 종료와 2016년 현재 계속과제 및 이후 추진계획이 있는 과제(2016년 신규, 이후 계획이 확정된 과제)를 대상으로 분석 및 작성 수행

- (로드맵 작성) 전 부처 R&D 현황을 기후기술별로 분류하고 총괄/단위과제 기준으로 로드맵 작성
- (기후산업육성모델 도출) R&D는 물론 실증 및 사업화까지 연계할 수 있는 비즈니스 모델(기후산업육성모델, 총12개 모델)을 발굴하여, R&D 성과의 실제 활용 계획 제시
- CTR을 통해 R&D 현황을 종합적으로 파악할 수 있게 됨으로써, 향후 과제들 간의 성과 연계 촉진 기대

6.2. 기후기술 R&D 관리 및 활용체계 구축 제안

- CTR의 향후 효율적 관리기반 구축방안 도출을 위해 기후변화대응기술 확보 로드맵(CTR) 기초자료 수집단계부터 작성, 활용에 이르는 전반적인 내용에 대하여 연구관리 전담기관을 포함한 CTR 작성 실무자들을 대상으로 설문을 수행하고 결과를 분석
- 분석 결과를 통해 현재 CTR 작성의 문제점을 파악하고, 향후 효과적인 기후기술 R&D 활용체계 구축을 위한 방안 도출

□ 기후기술 R&D 관리 및 활용체계 구축 제안

○ 구축 개관

- (명칭변경) 현재 CTR은 기술로드맵의 역할보다는 과제 현황을 제시하는 역할을 하고 있으므로 성격을 반영하여 명칭을 기후변화대응 기술맵(CTM, Climate Technology Map)으로 변경 제안
- (작성주기) 매년 기후기술과제 기획에 참고하기 위해 작성주기는 1년으로 설정

○ 기초데이터 수집

- (기초데이터 수집 시기) 상세 기초데이터 작성을 12월 마지막 주에서 1월까지 약 4주간의 시간에 걸쳐 작성
- (기초데이터 수집 항목) 총괄/단위과제 및 세부과제를 기준으로 관련 항목 정보 수집
- * 개요, 총괄과제, 세부과제, 성과, 기타 부분별 수집 항목 제시

○ 기술맵 작성

- (CTR 작성 과제정보 작성단위) 총괄과제와 단위과제를 기준으로 작성하되, 총괄과제

안에서 성격이 다른 세부과제들이 혼재되어 있는 경우, 총괄과제 예산 및 기술개발 내용을 세부과제 성격에 따라 나누어 해당 분야에 포함

- (작성기간) 1월까지 기초데이터 취합 후 2월~3월까지 약 7주간 CTR 작성 작업 수행
- (과제현황 및 주요내용 요약) 6대 기후기술별 요약문에 로드맵상의 정부목표/ 주요 기술개발 목표/ 주요성과를 연계하여 설명 및 요약
- (로드맵 본문) ① 현재 작성본에서 과제별 기초미래선도형, 인프라형, 실용화형 구분 표시 ② 성과활용 부분의 '주요행사'항목 제외 ③ 과제 시작/종료 시점 TRL 단계 추가
- 전문가/전담기관 검토등을 통한 로드맵 및 기후산업육성모델 타당성 확인절차 추가

○ 기술맵 배포 및 공개

- (배포 시기) 로드맵 작성 완료(3월) 후 작성본에 대한 전담기관의 검토 및 피드백 과정을 거쳐 4월말 배포
- (공개범위) 전담기관 공개본은 기초데이터 취합본(엑셀) 및 CTR 작성본 전체를 대상으로 하고, 전체 공개본은 CTR 작성본을 대상으로 공개하되 예산/수행기관 관련정보를 제외하고, 최종기술스펙(목표) 대신 TRL(기술완성도)을 제시하여 공개

□ 기대효과

○ 효과적인 R&D 관리 및 활용체계 구축을 통해 기후기술 R&D 성과 활용 극대화 기반 마련

- 기후변화대응기술 확보 로드맵(CTR)을 통해 국내 기후변화대응 R&D의 현황을 종합적으로 파악 가능하며, 이를 국가 R&D 기획에 활용함으로써 성과의 연계활용을 극대화 할 수 있는 새로운 R&D 기획 기반 마련 가능
- 또한, CTR을 통해 부처(전담기관) 간, 연구기관간 협업체계 구축이 가능해짐으로써 융합기술 발굴 및 성과창출 측면에서 긍정적인 효과가 높아질 것으로 기대
- ※ 다만, 탄소저감분야의 경우, 6대 핵심기술분야만을 대상으로 CTR 작성 및 동향 분석 등이 추진된 한계가 있으며, 향후 기술분야의 범위 확대 및 관리기반의 지속적인 유지가 필요

- 한편, CTR 수립 및 수시 정책업무지원 과정에서 작성된 동향분석 자료 등 성과물들은 향후 미래부의 기후변화대응 관련 정책수립 과정에 지속적으로 활용되어 정책의 전문성 향상에 기여할 것으로 기대

참고문헌

1. Long-term Energy Supply and Demand Outlook, 2015, Ministry of Economy, Trade and Industry, Japan
2. エネルギー革新戦略, 2016, Ministry of Economy, Trade and Industry, Japan
3. The All-of-the-Above Energy Strategy, 2014, White House
4. エネルギー革新戦略, 2016, Ministry of Economy, Trade and Industry, Japan
5. 중국의 에너지발전전략 행동계획, 2014, 에너지경제연구원
6. 제2차 에너지기본계획, 2014.1, 산업통상자원부
7. 제5차 에너지이용 합리화 기본계획, 2014.11, 관계부처 합동
8. 기후변화대응 에너지 新산업 창출방안, 2014.7, 관계부처 합동
9. 신기후체제 대응을 위한 ‘2030 에너지신산업 확산 전략’, 2015.11, 관계부처 합동
10. KIER 기술정책 Focus - IEA의 에너지 기술 전망[ETP] 2016의 주요 내용 및 시사점, 2016, 한국에너지기술연구원
11. The Future Arrives for Five Clean Energy Technologies-2016 Update, 2015, DOE
12. Horizon2020 Work Programme2016-2017:10.‘Secure, Clean and Efficient Energy’, 2016, European Commission
13. Research for an environmentally sound, reliable and affordable energy supply - 6th Energy Research Programme of the Federal Government, 2011, Federal Ministry of Economics and Technology
14. Japan's policy to promote innovation in low-carbon technologies, 2016, Hiroki Mitsumata (Deputy Director-General for Environmental Affairs, Ministry of Economy, Trade and Industry)
15. 13차 5개년 계획 요강 전문, 2016, 외교부
16. KIER 기술정책 Focus - 국내 기후관련 기술정책 및 주요국 정책방향 비교분석, 2016, 한국에너지기술연구원
17. 기후변화 대응과 신산업 창출을 위한 ‘청정에너지기술 발전전략’, 2016, 관계부처 합동
18. 기후변화대응 기술혁신과 산업화 지원계획(2015~2020), 2015, 관계부처 합동
19. Energy Efficiency and Renewable Energy Budget in Brief FY2016, 2015, Office of EERE

20. Report from the commission to the European parliament and the council– On the implementation of the European Energy Programme for Recovery, 2014, European Commission
21. The U.S. Department of Energy's Office of Fossil Energy, Budget In Brief FY2015
22. 전세계 태양광 시장 전망 및 수급 분석(2014~2020), 2015, SNe Research
23. 신에너지 시대를 여는 수소산업의 성장가능성과 발전과제, 2016.8, 산업연구원
24. Stationary Fuel Cells, 2016, Navigant Research
25. Fuel Cell Vehicles, 2015, Navigant Research
26. Market Intelligence, 2015, 한국수출입은행
27. 2013-2014 에너지기술 국내시장 전망, 2013, 한국에너지기술평가원
28. Energy Management Information Systems: Global Markets, 2016.6, BCC Research
29. 새로운 에너지저장 매체로서의 연료전지자동차 계통 연계기술, 2014.6, Journal of the Electric World/Monthly Magazine
30. 2012 대기오염물질 배출량 연보, 2014, 환경부 국립환경과학원
31. 글로벌 전기차시장-국가별 주요 보급 정책, 2015, 투데이에너지
32. 중국 전기차 시장 및 충전인프라 정책 동향, 2015, Kepco
33. 친환경자동차 보급 확대 및 시장 활성화를 위한 정책방향 연구, 2015, 국무조정실 녹색성장지원단
34. 자동차(전기차vs수소차), 2016, 키움증권
35. Country brief: Climate public expenditure and institutional review in China, 2014, UNDP







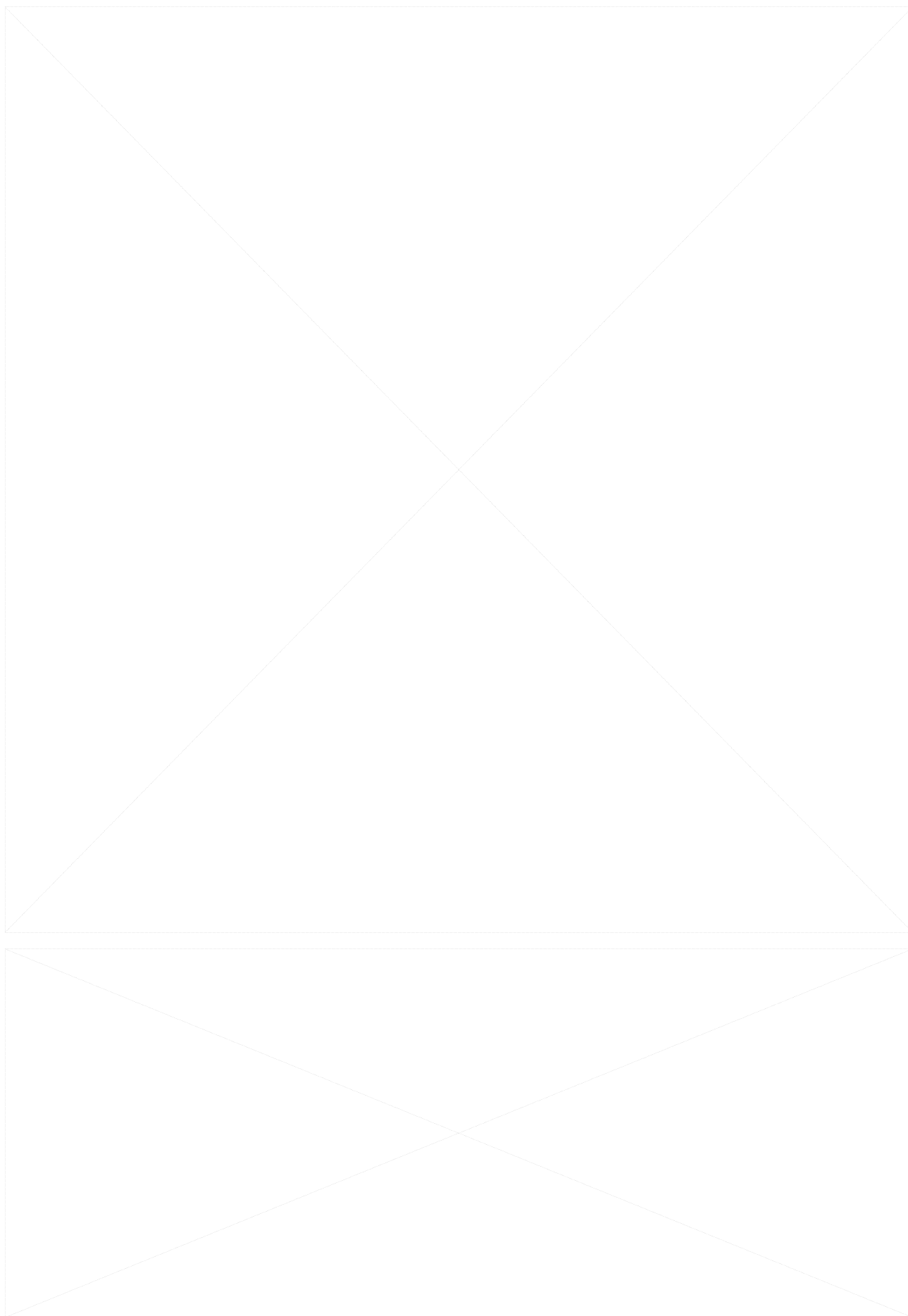












































모델 1. 도심형 태양광 발전

□ 기후산업육성모델의 개요

- 도심 내 주요 에너지 소비 및 온실가스 배출원인인 건물분야 대한 감축 방안으로 제로에너지빌딩에 적합한 건물용 태양광발전(Building Integrated PV;BIPV) 개발과 이를 활용한 신재생 분산에너지시스템 구축이 필요
- 온실가스 감축과 에너지효율향상 측면에서 건물 창호에 대한 중요성이 부각되고 있으며, IoT 기술의 발전과 더불어 이의 구동 전원 공급원으로서 태양광발전 적용을 통한 새로운 시장 형성 가능

구분	도심 친환경에너지건물 맞춤형 차세대 태양광 발전	반투과형 창호 및 IoT 독립전원용 태양광 발전
모델	대도시 건물 지붕, 외벽 등을 이용한 태양광 발전을 통해 건물단위 에너지 자립 구현 및 잉여전력 판매	건물 창호에 적용하여 직접 전력을 생산하고, IoT 기기에 적용 할 수 있는 태양전지 개발 및 사업화
개념도		

□ 핵심 기술개발 요소

- 도심 일조환경에 최적화된 발전성능 및 다양한 기능성(고출력, 심미성, 곡면대응성 등)을 갖춘 차세대 태양전지
- 발전특성과 투과성을 동시에 갖는 고내구성의 반투과 창호형 태양전지 및 실내등 같은 저조도 광에서 IoT 기기용 미소전력 생산이 가능한 태양전지

□ 온실가스 감축 기대효과

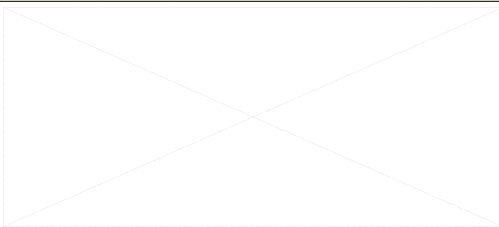
- '30년 까지 건물 지붕 및 외벽에 표준모델 약 5,000동(971MW), 창호에 102MW 보급시 연간 약 595천톤 온실가스 감축효과 기대

구 분	2025년	2030년
온실가스 감축 (천ton.CO ₂)	3	595

모델 2. 자동차 자가전원용 태양광 발전

□ 기후산업육성모델의 개요

- 수송분야 온실가스 감축 및 미래 자동차 신산업으로 전기·하이브리드 자동차에 대한 관심이 증가하고 있으며, 외부전원 공급에 의한 전력 저장 이외의 효율적인 전기에너지 공급·소비와 운행거리 확대를 위한 자동차 자가 전원공급 장치의 필요성이 증대되고 있음
- － 자동차 지붕, 선루프를 비롯하여 향후 자동차 표면공간을 활용한 고효율 태양광발전 설치시 자가전원공급에 의한 외부전력 사용 저감과 운행거리 확대가 가능

모델	전기·하이브리드 자동차의 운행거리 확대를 위한 자가 전원공급용 태양전지(모듈) 제품의 사업화
개념도	

□ 핵심 기술개발 요소

- 기존 단순 태양광발전 용도와 달리 자동차와의 외관 일체성 및 디자인적 요소가 강조되고 좁은 면적에서도 우수한 출력을 낼 수 있는 고효율·경량 및 투과성 태양전지·모듈 적용이 요구됨
- － 차세대 태양전지 적용을 통한 태양광 응용시장 확대와 다품종 제품을 중심으로 한 고부가가치 창출이 가능하여 새로운 중소·중견기업 맞춤형 신산업 육성이 가능

□ 온실가스 감축 기대효과

- '30년까지 전기자동차 421천대 적용시 연간 23천톤 온실가스 감축 효과 기대

구 분	2025년	2030년
온실가스 감축 (천ton.CO ₂)	0.6	23

모델 3. Carbon Free Energy City : 건물용 차세대 연료전지 발전

□ 기후산업육성모델의 개요

- 연료전지 복합발전으로 전기/열을 직접 에너지다소비 수요처*에 공급하여 기존 열공급용으로 사용하던 전기의 비효율적 수요 패턴을 극복하고 전기 다소비 건물의 에너지 효율을 극대화

* 백화점, 데이터센터 등 온열, 냉방을 모두 전기로 충당하여 전기수요가 높은 건물

- 기존 전기와 난방열 공급에 그쳤던 발전용 연료전지를 고온에서 구동하여 냉방까지 공급할 수 있는 삼중열병합 복합발전 시스템 적용

구분	건물용 차세대 연료전지 삼중열병합 발전	연료전지 기반 건물 중앙 냉방용 냉열 공급시스템 개발
모델	건물용 전기와 열, 수송용 전기와 연료를 동시에 공급할 수 있는 차세대 연료전지 개발 및 사업화	전기는 물론 냉열 공급을 통해 급증하는 하절기 건물용 냉방수요에 대응할 수 있는 연료전지 개발 및 사업화
개념도		

□ 핵심 기술개발 요소

- 기존 200kW 이상 발전용 및 5kW 이하의 가정용 연료전지로 담당하기 어려웠던 중소형 규모의 건물용 연료전지를 개발하여 블루오션 개척으로 신시장 창출
- 저가·고내구성의 컴팩트한 건물용 복합발전기술, 연료전지 고효율화 및 내구성 향상, 냉열 공급을 위한 히트펌프 등과 연계기술 등

□ 온실가스 감축 기대효과

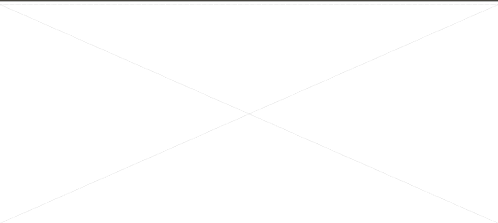
- 제7차 전력수급기본계획('15.7)의 연료전지 보급확대 계획 중 건물용이 50%, 이 중 80%에 본 모델을 적용하고, 이의 40%에 고분자연료전지, 60%는 고체산화물연료전지 적용을 전제로 전력 3,232GWh 생산시 연간 1,404천톤의 온실가스 감축효과 기대

구 분	2025년	2030년
온실가스 감축 (천ton.CO ₂)	401	1,404

모델 4. 친환경 커뮤니티를 위한 수소기반 플랫폼

□ 기후산업육성모델의 개요

- 친환경 자동차 및 친환경 건물에서 필요로 하는 전기, 연료(수소 등) 및 열 에너지의 능동적인 변환, 저장 및 공급기술을 개발하여 친환경 커뮤니티에 필요한 수소기반 통합 플랫폼 개발
 - － 친환경 커뮤니티에서 소비되는 전기, 연료(수소 등) 및 냉온열 수요 모두를 고려하고 대응할 수 있는 수소기반 플랫폼 구축

모델	친환경 커뮤니티의 연료(수소), 전기 및 열 수요에 대응할 수 있는 에너지 변환·저장·공급 통합플랫폼 개발		
개념도			

□ 핵심 기술개발 요소

- 수요 대응형 전기, 연료(수소 등) 및 열 변환 및 공급 장치
 - － 전기자동차 충전, 수소자동차 충전, 건물의 전기 및 냉온열 공급
 - － 수소자동차에 의한 건물의 전기 공급
- 친환경 커뮤니티의 에너지 수요에 대한 탄력적 대응 시스템
 - － 전기, 연료(수소 등), 냉온열의 수요에 따른 생산, 저장 및 상호변환에 의한 제어 시스템 설계 및 개발
 - － 수요 패턴에 대응한 수소기반 플랫폼의 구성 최적화 및 운전

□ 온실가스 감축 기대효과

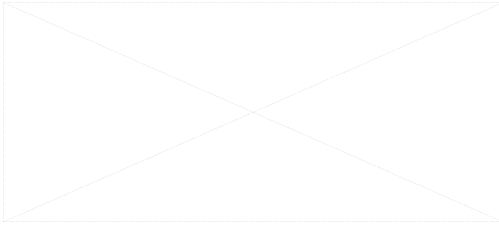
- ‘30년까지 연료전지에 의한 발전량 687GWh, 전기차 20만대, 수소차 13만대 적용시 연간 762천톤 온실가스 감축 가능

구 분	2025년	2030년
온실가스 감축 (천ton.CO ₂)	207	762

모델 5. 바이오매스-원유 리파이너리

□ 기후산업육성모델의 개요

- 바이오매스 사용에 따른 기후변화대응 및 기존 인프라의 적극 활용을 통한 투자 비용 저감이 가능한 융복합 기술 개발 및 사업화
- 바이오매스-원유 복합 리파이너리 개발을 통한 바이오에너지 산업 적용 가속화

모델	국내 고유의 바이오매스에서 생산한 원유를 정제하여 수송용 연료 및 화학원료를 생산하는 사업화 모델
개념도	

□ 핵심 기술개발 요소

- 국내 고유 바이오매스의 고속 생산 및 경제적 바이오원유 생산 관련 원천 기술 확보
- 바이오에너지 기술의 산업화 및 보급 활성화를 목표로, 기존 석유 리파이너리에서 직접 활용 가능한 바이오원유의 경제적·효율적 생산 관련 요소 기술 개발
- 국내 바이오매스 대량 생산기술, 바이오 원유 - 석유 동시 전환 기술 등

□ 온실가스 감축 기대효과

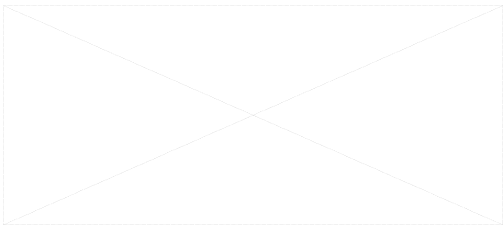
- ‘30년까지 기존에 사용되고 있는 일반 납사(Naphtha)를 본 모델에서 생산되는 바이오 납사로 430천TOE 대체시 연간 330천톤 온실가스 감축 가능

구 분	2025년	2030년
온실가스 감축 (천ton.CO ₂)	19	330

모델 6. 광-CO₂ 바이오유전 개발

□ 기후산업육성모델의 개요

- 태양광, 풍력 등 자연력 기반 신재생에너지와 생물전환시스템을 활용하여 CO₂로부터 에너지/화학제품을 생산하는 바이오유전 기술 개발 및 사업화
- 기술경제성 확보가 가능한 생물공학-신재생에너지 기술 융합 기반 CO₂ 전환 바이오연료 생산 핵심원천기술을 확보하여 산업 적용

모델	신재생에너지와 생물공학기술의 융합을 통해 CO ₂ 로부터 에너지 및 화학제품을 생산하는 바이오유전 사업화
개념도	

□ 핵심 기술개발 요소

- 전통적인 바이오매스 생산 및 전환 기술의 한계 극복을 목표로, 신재생에너지 기술과 생물공학 기술의 융복합에 의한 원천 와해 (breakthrough) 기술 개발에 집중
- 면적당 생산성이 낮은 바이오매스 생산 기술과 전력생산에 편중된 신재생에너지 기술의 한계 돌파가 가능한 융복합 기술 개발
 - 고효율 생물축매, 신재생에너지연계 생물전환시스템, 고부가가치 CO₂ 제품화

□ 온실가스 감축 기대효과

- ‘30년까지 본 모델을 적용한 10개 상용플랜트(300톤급) 보급시 연간 148천톤 온실가스 감축 가능

구 분	2025년	2030년
온실가스 감축 (천ton.CO ₂)	0.3	148

모델 7. 대용량 충전시스템 개발

□ 기후산업육성모델의 개요

- 기존 전력망과 전기차(EV) 충전기 사이에 에너지저장장치(ESS)를 두어 버퍼 역할을 하게 함으로써 전력망 설비 추가 없이 여러 대의 전기차를 동시에 충전할 수 있도록 하는 사업화 모델
- 전력망 부담은 최소화 시키고 신재생에너지 및 ESS를 중심으로 EV 충전 시스템을 구성하며, 필요시 ESS는 전력망 부하평준화, 비상발전기 등으로 활용 할 수 있는 융복합 모델

모델	기존 전력망과 전기차 충전기 사이에 에너지저장장치(ESS)를 두어 동시에 다수의 전기차 충전 및 비상발전기용 등으로 활용하는 사업화 모델
개념도	

□ 핵심 기술개발 요소

- 신재생에너지 연계 대용량 ESS와 여러 대의 EV를 동시에 충전할 수 있는 대용량 EV 충전 시스템
- ESS로 활용하면서 EV 충전기에 DC로 전력을 공급하여 효율을 높이는 하이브리드 시스템 개발
- 고출력/ 급속충전 에너지저장장치 기술(비리튬계 장주기 이차전지)

□ 온실가스 감축 기대효과

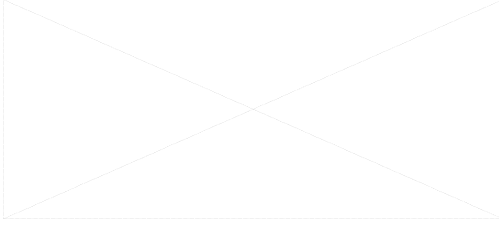
- ‘30년까지 본 모델을 적용한 충전시스템 2,000개(3MWh급) 보급시 연간 942천톤 온실가스 감축 가능

구 분	2025년	2030년
온실가스 감축 (천ton.CO ₂)	235	942

모델 8. 쾌속충전 EV용 이차전지 개발

□ 기후산업육성모델의 개요

- 현재 전기차에 채택되고 있는 리튬이온전지는 짧은 주행거리와 장시간 충전의 제약으로 인해 CO2를 획기적으로 절감할 수 있는 전기차 보급의 걸림돌로 작용
- 이를 해결할 수 있는 쾌속 충전 및 에너지밀도가 높은 이차전지시스템 개발을 통해 전기차 보급 확대를 위한 사업화 모델 창출

모델	빠른 시간내 쾌속 충전이 가능한 전기차용 이차전지 개발을 통해 장시간 충전의 단점 해결하는 사업화 모델
개념도	

□ 핵심 기술개발 요소

- 고출력 LiB 및 고에너지밀도 차세대 이차전지 개발
 - EV용 이차전지의 현재까지의 기술개발은 순차적인 기술 개발을 추진하여 기초·원천기술의 상용화가 늦어지는 단점이 있었음
 - 기술 개발 초기부터 EV 상용화에 초점을 맞춰 반영하여 개발한다면 조기 상용화가 가능하여 글로벌 시장에서의 경쟁력 확보가 가능

□ 온실가스 감축 기대효과

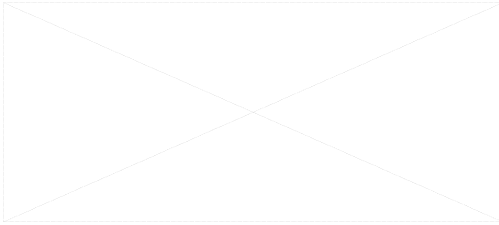
- '30년까지 본 모델을 전기차 30만대에 적용시 연간 529천톤 온실가스 감축 가능

구 분	2025년	2030년
온실가스 감축 (천ton.CO ₂)	106	529

모델 9. 친환경 커뮤니티용 에너지저장시스템

□ 기후산업육성모델의 개요

- 안정적인 전력 공급 및 CO₂ 배출을 획기적으로 줄일 수 있는 장·단시간 사용이 가능한 분산형 에너지공급 시스템 및 사업화 모델 개발
- 재생에너지 및 에너지저장 장치를 이용하여 농어촌지역 및 도서지역의 기존 디젤 발전기사용을 최소화할 수 있는 에너지저장시스템

모델	ESS와 신재생에너지를 이용한 도서 독립계통지역 전력공급을 통해 에너지자립이 가능하게 하는 사업화 모델
개념도	

□ 핵심 기술개발 요소

- 신재생에너지와 연계한 에너지저장장치 도입으로 장단주기 전력 대체
- 에너지 용량 설계가 용이한 장주기형 레독스플로우 전지와 단주기용 리튬이온전지 에너지저장장치 구축을 통한 대규모 전력 및 소규모 전기 동력 대체
- 신재생에너지와 에너지저장장치 전력변환 계통 최적 운영기법 및 통합 EMS (Energy Management System) 개발

□ 온실가스 감축 기대효과

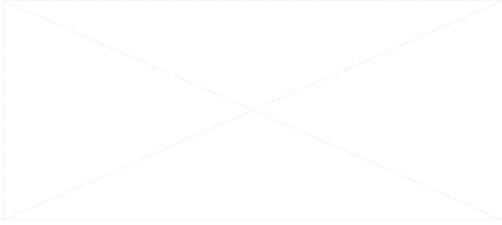
- ‘30년까지 화력발전 대신 본 모델의 신재생에너지-ESS시스템으로 집 단에너지 공급시(3MWh급, 1만개소 설치) 연간 1,177천톤 온실가스 감축 가능

구 분	2025년	2030년
온실가스 감축 (천ton.CO ₂)	59	1,177

모델 10. 에너지 클라우드 EMS

□ 기후산업육성모델의 개요

- 신재생에너지를 비롯한 마이크로 그리드가 보편화되어 발전과 배전이 쌍방향으로 흐르는 에너지 사회로 변화되고 있으며 전기 네트워크 외에도 열·연료 네트워크가 연결되고 통합되고 있음
- 차세대 에너지 사회에서 통합된 에너지 클라우드가 최적 생산·분배·이동·거래가 가능하도록 만드는 토탈 에너지관리 기술을 개발하여 산업화

모델	에너지(전기·열·연료)의 생산과 소비가 쌍방향으로 자유롭게 이루어지는 에너지클라우드 시대를 위한 최적 생산·분배·거래가 가능한 토탈 에너지관리 시스템
개념도	

□ 핵심 기술개발 요소

- 이종간의 복합 거대 에너지 네트워크의 상관관계 해석·모델링 및 최적화 운영 알고리즘 개발
- EMS 시스템 요소기술로 ICBM* 관련 에너지 관리 플랫폼 구축
* IoT, Cloud, Big Data, Mobile
- EMS 운용 결과 예측 및 보정 서비스 제공을 위한 고도 시뮬레이션에 의한 가상화 실증 운용 기술

□ 온실가스 감축 기대효과

- ‘30년까지 산업 및 건물용 EMS 보급률 12%, 산업부문 에너지절약을 13%, 건물부문 절약을 20% 전제시 연간 1,509천톤 온실가스 감축 가능

구 분	2025년	2030년
온실가스 감축 (천ton.CO ₂)	495	1,509

모델 11. 신재생 열원 복합이용 시스템 표준모델 개발

□ 기후산업육성모델의 개요

- 신재생 열에너지 설비를 중대규모로 융복합 설치하여, 생산된 열에너지를 단위 지역에 공급할 수 있는 신재생 융복합 표준모델 개발
 - － 국내 실정에 적합한 대표적인 복수의 표준모델을 개발하고, 이를 변형시킨 현장맞춤형 신재생 융복합 시스템 개발 및 보급확대 추진
- 개발 표준모델의 현장적용 및 실증연구와 분석을 통한 사업화 기반 조성

모델	개별 신재생에너지기술의 한계를 극복하고 경제적인 시너지 효과를 창출할 수 있는 국내 환경에 적합한 다양한 신재생에너지의 최적 융합 표준모델 개발	
개념도		

□ 핵심 기술개발 요소

- 단위 지역 또는 건물군의 열에너지 수요에 대응하는 중대규모 신재생 열에너지 융복합 이용 시스템 표준모델 개발 및 실증
 - － 각 설비의 융복합 이용을 통해 시너지 효과를 극대화시킬 수 있는 복수의 최적 융복합 및 제어 기술
 - － 실용화가 가능한 (경제적, 기술적)수준의 증장기 축열기술
 - － 신재생 열 및 전기 에너지의 융복합 이용과, 부하대응을 위한 개별 EMS 기술

□ 온실가스 감축 기대효과

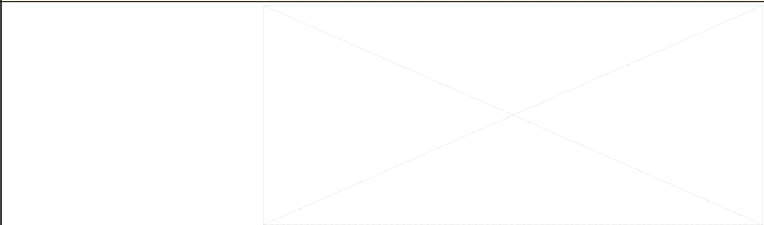
- '30년까지 LNG 보일러를 사용하는 41,300Nm³(약 2,500평) 규모, 약 450MWh의 난방 및 급탕 부하를 갖는 건물 400개소에 적용시 연간 27천 톤 온실가스 감축 가능

구 분	2025년	2030년
온실가스 감축 (천ton.CO ₂)	3	27

모델 12. 시멘트산업 연계 CCUS 종합 시범사업

□ 기후산업육성모델의 개요

- 시멘트산업에 특화된 경제성을 확보할 수 있는 CO₂의 포집·수송·이용 및 전환 기술 패키지를 개발하고 적용하여 부가가치 창출 및 온실가스 감축효과 달성
 - CO₂ 포집 및 이용을 통해 포집기술의 경제성 문제 극복 및 이익 창출
 - 국내 CO₂ 저장소 한계 및 포집된 CO₂ 주입기술의 한계 극복

모델	시멘트산업에서 배출되는 CO ₂ 를 포집 후, 기 구축된 철도 등을 이용 스마트팜 시설농가에 공급 및 고부가가치 화학제품 생산 등을 통해 경제성을 확보하는 사업화 모델	
개념도		

□ 핵심 기술개발 요소

- 시멘트산업의 기술적 및 지정학적 특징을 반영한 패키지 기술개발
 - CO₂ 포집 : 대량으로 배출되는 CO₂를 포집하며, 공정 운전에는 필요한 에너지는 시멘트 생산시설로부터 회수하여 고효율화함으로써 공정패키지화
 - CO₂ 전환 : 포집한 CO₂를 시멘트 생산 시설에서 얻을 수 있는 CaO를 활용하여 고순도 침강탄산칼슘을 생산 판매함으로써 1차 경제성 확보
 - CO₂ 이용 : 포집한 CO₂중 일부를 정제하여 스마트팜 시설 농가에 제공함으로써 농산물 생산량 연 30% 증산하여 2차 경제성 확보
 - CO₂ 수송 : 포집한 CO₂를 액화 또는 드라이아이스화 하여 시멘트 생산시설이 보유하고 있는 인프라(철도 또는 탱크로리)를 활용해 전국에 수송

□ 온실가스 감축 기대효과

- '30년까지 본 모델을 적용한 표준모델(100톤CO₂/일 규모)을 충북지역 시멘트 공장을 대상으로 총 70기 설치시 연간 2,520천톤 온실가스 감축 가능

구 분	2025년	2030년
온실가스 감축 (천ton.CO ₂)	1,460	2,520

기후변화대응 산업모델 현황

(국무조정실) 친환경 에너지 타운 사업 (환경부, 산업부, 미래부, 농식품부)	
사업 개요	○ 기피·혐오시설에 에너지 자립, 문화관광 등 주민 수익모델을 가미, 주민 수익 향상을 통해 환경시설의 자발적 설치 유인 － (에너지 자립)폐기물처리시설의 폐자원 회수 활용, 태양광 등 재생에너지 설치로 에너지 자립률 제고 － (문화관광)혐오시설 유치시 인프라 개선 지원사업을 주변 관광지, 문화유산 자원 등과 연계하여 주민수익 제고
핵심 기술개발 요소	○ 환경과 에너지 문제를 동시에 해결하기 위해 지역에 맞는 신재생 에너지를 활용해 전기를 생산·판매할 수 있는 ‘친환경 에너지 타운’ 조성 － (태양광) 대상시설 옥상·유휴부지 등을 활용하여 태양광 시설을 설치하고, 생산 전력을 한전에 판매 － (바이오 가스) 가축분뇨·음식물쓰레기·농산부산물 등에서 발생한 바이오가스를 활용하여 발전, 온수·열을 공급하거나 가스 판매 － (기타) 부생원료를 활용한 퇴·액비 판매, 소수력·풍력발전  [친환경에너지타운 개념도]
기대효과	○ 협동조합, 사회적 기업 등을 통해 지역주민들이 적극적으로 참여하고 발생한 수익을 지역에 환원 － 이를 통해, 주민소득 증대와 함께 기피시설관련 갈등완화, 에너지원 다양성 증진 효과 기대

(국토교통부) 한국형 스마트 시티 (K-Smart City) 모델

사업 개요

- 도시개발 체계, ICT 등 경쟁력 있는 기술, 관련 제도나 문화까지 패키지화하여 “한국형 스마트 시티 모델”을 구축
 - 대상 국가의 지역적 특성, 경제발전 단계, 도시개발 유형에 따라 차별화된 진출방식과 특화된 요소기술을 조합하여 다양한 모델을 구성, 맞춤형으로 진출

통합 도시개발	경쟁력 있는 요소기술	법 제도·문화
● 기획-설계-조성-운영·관리 등 전 과정 참여 ● 한국형 도시수출 선단 구성 (정부-공공기관-민간기업-금융) ● 지역 맞춤형 도시 인프라 건설	(에너지) 스마트그리드, 제로에너지빌딩, ESS(에너지저장장치) (교통) BIS(버스정보시스템), 교통카드 (물산업) 해수담수화, 스마트 물관리, 물 재이용(LID 등) (ICT) 통합관제, 스마트 가로등	● 택지개발 및 주택공급 제도 ● LH 등 도시개발 전문기업 모델 ● 새마을운동 등 사회 개발운동 ● K-Culture, K-Style 등

- 국내 스마트 시티 고도화 및 산업생태계 조성
 - 수출 가능성이나 홍보 효과 등을 감안하여 안전·에너지관리 등 효과성이 크고, 대표적인 관심 서비스*가 특화된 실증단지 구성
 - 도시개발 컨셉과 조화되는 체감도 높은 Smart City 서비스를 선정, 특화된 기능별로 실증단지를 조성

핵심 기술개발 요소

- K-Smart City 모델별 진출 방안
 - (스마트 신도시 모델) 정부간(G2G) 협력기반하에 민간과 공공이 동반 진출, 도시기획부터 건설, 관리·운영 등 도시개발 전 과정에 참여
 - (에너지 신산업 모델) 신재생, ESS, 전기차 충전소 등을 패키지화하여 GCF 등과 연계·지원
 - (친환경 물산업 모델) 해수담수화, 스마트 물관리 등 비교우위 기술 중심으로 통합 패키지 제공
 - (스마트 교통 모델) 교통카드, 버스정보시스템(BIS) 등 기술우위 상품을 집중 수출
 - (ICT 솔루션 모델) 스마트 시티 기반시설과 스마트 솔루션을 패키지화
- 신도시내 특화형 실증단지 조성 및 기존 도시의 스마트화 확대
 - 세종시, 동탄2, 판교, 평택고덕 등에 민관협업으로 대표 스마트 기술을 보여줄 수 있는 특화형 실증단지 조성을 금년 7월부터 착수

	• (세종시) 도시 토탈 솔루션을 제공하는 Smart City Full package • (동탄2) 마이크로그리드, 태양광발전 등 에너지 절감형 Smart Energy • (판교) 증강현실(AR), 공공 Wifi 등 문화/쇼핑형 Smart Entertainment • (평택고덕) 스마트가로등, 속도감지 등 안전을 강화하는 Smart Safety  - (기존 도시 스마트화) 스마트그리드, 에너지 자립섬, 태양광 발전 등이 적용되는 에너지 중심 스마트 시티를 전국 13개 지역으로 확대해 나갈 계획 ※ 스마트그리드 확산사업: 전국 13개 지역을 중심으로 지역별 에너지 사용현황, 지역 주민의 수요를 기반으로 지역특성에 맞는 스마트그리드 구축 - 안전·교통·에너지 등 다양한 ICT 솔루션은 대구·부산의 테스트베드를 통해 실제 도시의 시설물 등을 대상으로 검증하여, 기술보완 및 고도화
기대효과	○ 도시 개별 인프라간 연계·통합 등으로 상호 시너지 발생으로 각종 도시 관리 효율성 15% 이상 향상 - 분야별로는 전기료·수도료 및 에너지 사용 최대 20% 절감, 교통정체 최대 15% 해소, CO2 최대 15% 감축 예상 ○ R&D를 통한 스마트시티 기술력 제고 및 해외진출 확대로, - 전체 해외건설 수주에서 차지하는 도시개발 분야의 비중이 현재 약 10%에서 '25년 30% 수준까지 높아져, 스마트시티가 우리나라의 새로운 성장동력으로 대두될 것으로 전망

(국토교통부) 제로에너지빌딩 활성화 사업모델

사업 개요	○ 제로에너지빌딩에 대한 시장 수요 부재로 우리의 강점인 ICT 기반 신기술 및 전자재 부문 신사업 창출에 애로 - 발상의 전환을 통하여 추가 공사비에 대한 부담 없이 제로에너지빌딩을 건축할 수 있는 시장선도형 사업모델 필요 - (사업모델) 기술수준 및 경제성 등을 종합적으로 감안하여 제로화가 가능한 수준에서 실현가능한 사업모델을 마련하고 시범사업을 통해 검증 패시브(Passive) 냉·난방 에너지사용량 최소화 (단열성능 강화 등) + 액티브(Active) 신재생에너지 생산 (태양광, 지열 등) ⇒ 제로 에너지 빌딩
핵심 기술개발 요소	○ (저층형) 건축물에 필요한 냉난방 등 에너지를 해당 부지 내에서 자급자족 - 냉방, 난방, 조명, 환기에 필요한 에너지 자급자족 ○ (고층형) 인근 학교 및 공원 등과 신재생 에너지 연계 - 대지 내 신재생 설비를 최대한 설치하여 냉·난방을 자급자족 하고, 부족한 신재생 에너지는 인근 학교 및 공원 등과 연계 ○ (타운형) 개별건축물에서 지구단위로 제로에너지의 대상 확대 - ICT 융합 기술 등 신기술을 적극 활용하고 정부 R&D 와 연계하여 최첨단 스마트 제로에너지 도시를 구현 ※ 사업모델별로 단계적으로 시범사업을 추진하고 성공모델을 창출하여 상용화 유도 ※ 정부에서 민간 사업자에 태양열, 지열 등 신재생에너지 설치 보조금(설치비의 30~50%)지원, 취득세 및 재산세 5년간 15% 감면 혜택 지원
기대효과	○ 기술개발을 통한 비용 절감 등을 토대로 연간 건축 허가 면적의 10%*를 제로에너지빌딩으로 건축할 경우 - 5만명의 고용 유발(추가 사업비 약 4.5조원) - 일반 건축물 대비 온실가스 감축량은 약 67만TCO2eq/년(에너지 절감량은 18만TOE/년) 기대

(미래창조과학부) 글로벌 기후변화대응 기술협력 파일럿 프로젝트	
사업 개요	○ 한국의 글로벌 기술협력 창구(NDE)를 본격 운영하고, 전세계 공동 이슈(온실가스 감축, 에너지, 물부족 등) 해결을 위한 기후기술협력 파일럿 프로젝트 발굴·추진 - (글로벌 협력 유망기술) 프로젝트 추진 성숙도, 기술 유망도, 개도국과 연계성 등을 고려하여 제안된 협력가능 아이টে에 대해 기술 주기·적정성 등에 기반한 글로벌 협력 유망기술 15건 선별 - (글로벌 협력 유망 사업모델) 기술사업화 역량, 기업연계·확장성, 협력 대상국가의 수요 등을 고려해 글로벌 협력 유망사업모델 15건 선별 - 협력대상국가와 사업 관련 협의 등 본격 착수
핵심 지원 방안	○ (사업진출 촉진) 기업 및 개도국 대상 홍보·마케팅 활성화 지원 - 기업·개도국 맞춤형 기술 마케팅 자료 제작 지원 - 해외 사업 파트너(기업) 탐색·매칭 기관 및 기회 알선·중개 - 他 NDE·공무원·외교관(駐韓) 대상 연구현장 견학 및 교류회 마련 ○ (기후재원 활용) 글로벌 기후재원 소개 및 조달 방안 설계 지원 - CTCN TA 및 GCF(녹색기후기금) 사업 기획수주 전략 교육자문 - 기재부와 신탁기금(&15년 WB(892만불)·ADB(120만불))* 활용 방안 협의 * 세계은행 및 아시아개발은행 : GCF 사업 이행기구 ○ (해외감축 기여) 사업추진을 통한 감축기여 메커니즘 습득 지원 - 해외 사례 소개, 감축분 계량·상쇄·거래 방안 컨설팅 - 산업부·환경부와 국내 상쇄(offset) 제도 보완·확대 방안 마련
기대효과	○ 국내 기후기술·산업의 기후재원을 활용한 글로벌 진출을 통해 신성장동력 창출 ○ 국가 온실가스 감축목표 중, 해외 감축목표(11.3%) 달성 기반조성

(산업통상자원부) 에너지신산업

개요

- 기후변화 대응, 에너지 안보, 수요관리 등 에너지 분야의 주요 현안을 효과적으로 해결하기 위한 ‘문제 해결형 산업’
- * 신기술·정보통신기술(ICT) 등을 활용하여 사업화 하는 新 비즈니스군
- 기존의 대규모 네트워크 산업에서 탈피하여 투자규모가 적고 타 산업융합 등 창의적 아이디어를 통해 중소기업 참여 가능

에너지 신산업
주요 모델

- ‘기후변화 대응 에너지신산업 창출방안’ 발표(14.7)를 통해 친환경에너지타운(국조실), 제로에너지 빌딩(국토부)에 이어 6개 에너지新사업* 모델을 추가 발굴
- * ‘15년 핵심모델로 지정(에너지공단)

[에너지 신사업 주요 모델]

사 업 명		주요 내용
① 수요자원 거래시장		건물, 공장 등의 절전설비를 활용, 절약한 전기를 모아 감축지시 또는 입찰하여 전력시장 수익 창출
② ESS통합서비스		금융, 보험, 에너지관리기술을 묶어 ESS·EMS 등을 구축하고 유지·보수서비스도 제공
③ 에너지 자립섬		발전단가가 높은 도서지역의 디젤발전기를 [신재생+ESS] 융합 마이크로 그리드로 대체
④ 태양광 대여		태양광 설비를 가정에 빌려주고, 줄어든 전기요금 등을 통해 수익 창출
⑤ 전기차 서비스		전기차 서비스업체에서 충전기를 설치하고, 유료 충전서비스 제공
⑥ 온배수 활용		화력발전소에서 버려지는 온배수열을 인근의 농업, 수산업 등에 활용

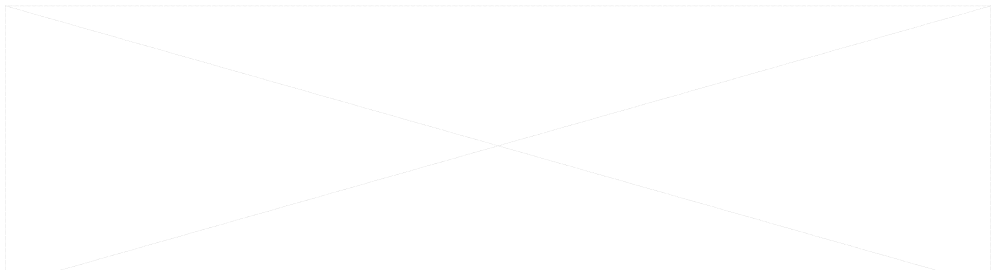
기대효과

- 시장창출 2조 8백억원, 고용 총1만 2백개 이상
- (국민) 편리한 에너지 절약방법 제공 및 경제적 편익 발생
- (기업) 새로운 비즈니스 기회 창출
- (국가) 효과적인 에너지 수요관리 및 온실가스 감축

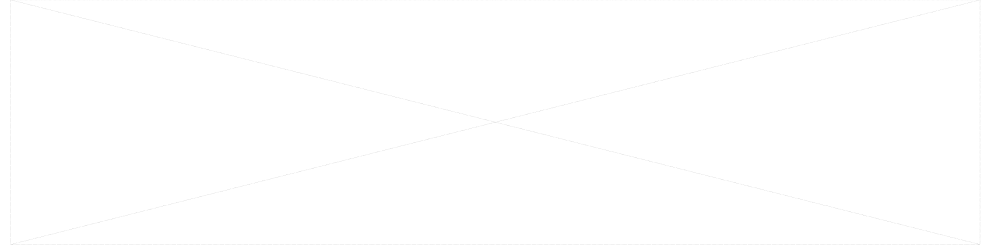
에너지신산업 1. 수요자원 거래시장

사업 개요	○ 수요관리사업자가 인센티브에 따라 자발적으로 단기적 전력 부하 감축을 시행하고자 하는 전기소비자를 모집하고 수요 반응자원을 구성하여 전력시장에 참여함으로써 수익 창출
사업 구조	○ (수요관리사업자) 정보통신 기기를 활용하여 아파트, 공장 등 전기를 아낄 수 있는 소비자를 모집하여 전력시장에 입찰 ○ (전력거래소) 발전사 전기 공급 가격과 아낀 전기 입찰 가격 비교 - (한전) 가격이 낮은 쪽을 구매하여 전기의 공급과 수요를 맞춤 ○ (수요관리사업자) 전력시장 판매수익을 전기를 절약한 전기소비자에 분배하고 수수료를 통해 수익 창출 

에너지신산업 2. ESS 통합서비스

사업 개요	○ ESS 설치부터 사후관리까지 전주기 서비스를 제공할 수 있는 사업자가 공장·빌딩 등에 ESS를 설치하고 전력피크 저감, 전력수요관리 등으로 전기료 절감 및 수익을 창출
사업 구조	○ 사업자가 에너지절약 시설을 투자하고 전주기 서비스를 제공하여 고객의 에너지 절감비용으로 투자금을 회수 - 손쉽게 ESS·EMS를 설치하고 사용할 수 있도록 설치·투자 컨설팅부터 배터리교체 등의 사후관리까지 전주기 통합서비스를 제공 

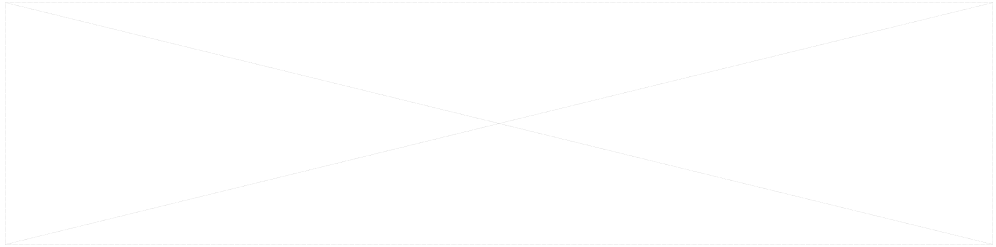
에너지신산업 3. 에너지 자립섬

사업 개요	○ 전력계통에서 고립된 도서지역에 기존 디젤발전을 최소화하고 풍력, 태양광, ESS 등을 결합한 친환경에너지 공급과 지역특화산업*을 연계하는 사업 * 도서지역의 청정이미지와 연계한 부대사업 개발
사업 구조	○ 계통이 분리된 섬 지역에 에너지저장장치(ESS)가 결합된 신재생 전원과 지역별로 특화된 산업(관광, 레저 등)을 융합 - 발전단가가 높은 도서지역의 디젤발전기를 민간사업자에게 개방하여 신재생에너지와 ESS 융합 마이크로 그리드로 대체 - 사업유형은 탄소제로 모델과 융합형 모델로 구분 

에너지신산업 4. 태양광대여

사업 개요	○ 초기 설치비와 A/S에 대한 소비자 부담이 없도록 태양광 설비를 대여해 주는 방식으로, 사업자는 대여료와 신재생 에너지 생산인증서 판매수입으로 수익 창출
사업 구조	○ (대여사업자) 주택에 태양광 설비를 설치·대여하고 가정이 납부하는 대여료와 신재생에너지생산인증서(REP) 판매 수입으로 수익 창출 ○ (가정) 태양광 설치비 부담이 없으며, 태양광 설치로 인한 전기요금 절감액이 월 대여료를 초과하여 경제적으로 유리 

에너지신산업 5. 전기자동차

사업 개요	○ 주유소와 같이 전기차 소유 고객은 누구든 전기차 충전이 가능하도록 유료 충전서비스를 제공하는 사업
사업 구조	○ 한전이 민간기업과 SPC를 구성하여 사업, 정부·지자체 지원 - (SPC) 충전인프라 및 운영시스템 구축 - (지자체) 주차부지 제공 ○ 전기차 서비스 업체에 SPC의 충전인프라를 개방하고 전기차 제조사 및 지자체 등과 협력하여 카셰어링 등 B2B 사업모델 확산 

에너지신산업 6. 발전소 온배수열 활용

사업 개요	○ 화력발전의 온배수열을 인근 복합영농단지(시설원예 등)의 난방열원으로 공급하여 식물성장 촉진 및 하훼, 열대 과일 등 고부가 작물 생산을 지원하는 사업
사업 구조	○ (영농법인) 영농단지에 온배수를 열원으로 활용하는 난방 시설을 설치하고, 시설작물 재배를 통해 신규 소득 창출 ○ (발전사) 온배수 공급을 위한 배관, 히트펌프 등 인프라를 조성하고 신재생에너지 공급의무제도(RPS)를 통해 투입 비용 회수 

(산업통상자원부) 신재생에너지 융·복합지원사업

개요

- 기존 개별지원(주택·건물·지역 등)에서 에너지원간 융합 및 구역복합으로 설치비의 일부를 보조하는 사업
- (융·복합 사업의 개념) 신재생에너지 원과 원, 지역, 정책, ICT 등 다양한 결합을 통한 시너지 효과발생을 기대할 수 있는 사업
- * 신재생에너지 발전 설비 설치시 정부가 총사업비의 50% 이내를 지원

주요
사업 내용

< 융·복합 지원 프로그램의 개념 >



[지원대상 융·복합 모델]

계통 미연계지역 에너지원 (2종 이상) 융합	○ (내용) 발전원가가 높은 도서 등에 태양광, 풍력을 설치하여 기존 디젤발전기 대체 ○ (특징) 독립형 Small Grid 형태의 수출상품개발, 운영비 절감이 가능하나 사후관리 어려움 ○ (최대지원규모) 태양광 50kW + 소형풍력 10kW + ESS로 구성된 패키지시스템 5개소
계통 연계 지역 에너지원 (2종 이상) 융합	○ (내용) 주택단지 등에 전기에너지(태양광, 소형풍력, 연료전지) 설비와 열(태양열, 지열)에너지 설비 함께 설치 ○ (특징) 에너지절약시설 병행 시 에너지 자급·자족 달성 가능, 다양한 에너지원 융합으로 최적화 설계 어려움 ○ (최대지원규모) 태양광 300kW, 소형풍력 100kW, 연료전지 100kW 등 100가구 규모 이내로 2개 이상 에너지원 조합
특정지역 구역복합 (주택·상업·공공건물)	○ (내용) 주택, 상업·공공건물 혼재된 특정지역에 태양광, 풍력, 연료전지 등 설치 ○ (특징) 지역여건에 적합한 최적의 신·재생에너지원 집중적으로 공급가능 ○ (최대지원규모) 태양광 500kW, 연료전지 200kW 등을 단일원 또는 2종 이상 에너지원 조합

기대효과

- 안정적인 전원공급 및 에너지 비용 절감
- * (완도군) 8개 도서에 신재생 자립 도서 구축·운영 중으로 연간 8천만원의 유류비 절감 효과 발생

[국무조정실] 친환경에너지타운 사업 현황

주관부처	사업개요			사업 목표	진행현황	기대효과
	사업명	사업기간	예산			
환경부	홍천 친환경에너지 타운 시범사업	2014.10~ 2015.12	125억원	·가축분뇨를 활용 바이오가스 생산 및 퇴비·액비화 시설* 설치 (가스(3,000m³/일), 퇴비(20톤/일), 액비(30톤/일) 생산 능력) ·태양광 발전(340kW), 소수력 발전(25kW) 설비 구축 ·에너지자립형 마을회관, 상·하수관거 설치	‘15년 12월 준공	·가구당 연료비 연간 91만원(마을 전체 연 4200만원) 절감 ·바이오가스 생산으로 연간 1억원 정도의 수익 및 태양광(345kW) 과 소수력발전시설(25kW)으로 연간 9000만원의 수익
환경부	아산 친환경 에너지타운	2016.07~ 2017	58.6억원	·소각 여열 활용 세탁공장(사회적 기업) 설치 ·바이오가스 발전 폐열(온수) 활용 곤충 사육용 유리온실 및 파프리카 재배용 유리온실설치 ·장영실과학관·생태곤충원·아산환경과학공원 연계 복합 테마공원 조성(소각시설 전망타워와 생태곤충원과 연계하여 관광객 유치)	‘16년 7월 착공	·기업세탁공장 운영 수익 (운영비 절감) : 3.6억원/년 ·곤충바이오 유리온실 운영 수익(난방비 절감) : 3.4억원/년 ·파프리카 재배용 유리온실 운영 수익(난방비 절감) : 2.8억원/년 ·테마생태공원 조성 입장료 수익 : 1.6억원/년
환경부	경주 친환경 에너지타운	2016.06~ 2017년 말	60.8억원	·소각 발전 폐열 공급배관 설치 ·소각 발전 폐열 활용 다목적 캠핑장 및 친환경사랑방 설치 ·소각 발전 폐열 활용 농작물 온실 설치 ·친환경사랑방 옥상에 태양광 발전(14kW) 시설 설치	‘16년 6월 착공	·다목적캠핑장 친환경사랑방온실 난방비 절감 : 2.5억원/년 ·다목적캠핑장 조성·운영 수익 : 4.5억원/년 ·농작물 재배용 유리온실 운영 농작물 판매수익 : 0.9억원/년 ·환경개선·환경생태공원, 다목적 캠핑장 입장료 : 3.5억원/년 (지자체 수익) ·소각장 발전 매전(기존시설) : 12.5억원/년(지자체 수익)

주관부처	사업개요			사업 목표	진행현황	기대효과
	사업명	사업기간	예산			
환경부	청주 친환경 에너지타운	2016. 하반기 ~ 2017.12	52억원	·도심형 모델로서 음폐수 및 하수슬러지 바이오가스화시설에서 발생하는 바이오가스(24,100m ³ /일)중 미활용가스(8,300m ³ /일)를 인근 지역주민에게 도시가스 공급(도시가스사에 판매) ·하수처리장 내 유휴부지에 태양광 발전시설(2억) 설치	‘16년 신규 지정 (하반기 착공 예정)	·난방연료비 절감액 : 72백만원 (52만원/가구/년) ·태양광 발전 수익금 : 11백만원/년
환경부	영천 친환경 에너지타운	2016.07~ 2017	33.8억원	·유기성 바이오가스화 시설 및 발전시설 설치 ·하수처리장 유휴부지 내 태양광 발전시설 설치(300kW) ·경로당에 태양열 보일러 설치 및 태양광 전기자전거 대여점 설치 ·악취저감시설 및 하수처리수 재활용 통한 금호강 수변벨트 생태습지 조성	‘16년 7월 착공	·태양광 발전 매전 : 1.8억원/년 (지자체 수익) ·생태습지 주변 문화/관광 수익 : 1.9억원/년 ·전기자전거 대여점, 경로당 등 전 기절약 수익 : 0.4억원/년
환경부	양산 친환경 에너지타운	2016.07~ 2017	36.5억원	·바이오가스 발전 폐열 활용 공급배관 및 그린하우스 설치 ·그린하우스 설치옥상에 태양광 발전시설 설치	‘16년 7월 착공	·바이오가스 발전 매전 수익 : 4.4 억원/년(민간 수익) ·농산물 생산 판매 : 5.4억원/년 ·목욕시설 운영 수익 : 0.4억원/년
환경부	인제 친환경 에너지타운	신규	52억원	·소각시설(폐기물 소각로 증설) 여열공급으로 주변시설에 공급 ·지역 생산 농산물 공동 건조시설 및 육묘장 설치로 생 ·산물을 판매하여 지역주민 소득 증대 ·관광객유치를 위하여 찜질방 및 생태탐방로 조성	‘16년 신규 선정	·주민수익 : 1.8억원/년 - 황토펜션(0.5억원/년 - 육묘·건조장 등(1.3억원/년)
환경부	음성 친환경 에너지타운	신규	60억원	·가축분뇨 공공처리시설(130m ³ /일)에서 생산된 전기와 폐열 (바이오가스 발전기(4,153.7N/m ³ /일) 가동)은 주민 수익사 업인 유리온실과 찜질방 등 편의시설에 공급 활용 ·태양광 발전시설 설치(240kWh) ·가축분뇨 및 음식물쓰레기 수집운반 영업과 유리온실 운영을 통해 안정적 수익 창출	‘16년 신규 선정	·주민수익 : 2.5억원/년 - 수집·운반(1.2억원/년) - 농산물 판매(1.3억원/년)
환경부	보령 친환경 에너지타운	신규	54억원	·가축분뇨 고형연료화 시설 이용(50톤/일) 고형연료 판매를 통한 수익창출 ·화력발전 온배수(폐열 재이용시설200RT)를 이용하여 화력 발전소 인근주민 민원해소를 위한 온배수 공급 ·체험학습장 및 체육공원 조성하여 으로 관광 활성화 유도	‘16년 신규 선정	·주민수익 : 11억원/년 - 가축분뇨 수집, 운반(2억원/년) - 고형연료 판매(9억원/년)

주관부처	사업개요			사업 목표	진행현황	기대효과
	사업명	사업기간	예산			
환경부	완주 친환경 에너지타운	신규	53.2억원	·가축분뇨, 음식물쓰레기 바이오가스화를 통해 생산된 바이오가스 정제하여 지역내 도시가스 공급기관에 판매 및 발생 부산물 퇴비화로 재활용 ·단지내 유희부지에 태양광 설치로 수익창출	‘16년 신규 선정	·주민수익 : 3.5억원/년 - 퇴비·액비 판매(2.5억원/년) - 화훼 판매(0.6억원/년) - 난방비 절감(0.4억원/년)
환경부	제주 친환경 에너지타운	신규	53.2억원	·인접한 하수슬러지처리시설 건조기의 열원으로 바이오가스 공급하여 폐자원에너지활용 극대화 ·태양광발전(100kWh)으로 공공시설 전력비 절감	‘16년 신규 선정	·주민수익 : 3.6억원/년 - 공동주택, 게스트하우스 임대(0.7억원/년) - 바이오가스 판매(1.1억원/년) 등
산업부	광주 친환경 에너지타운 시범사업	2015~2018	282억원	·매립지 상부에 대규모 태양광 발전단지(20MW) 조성 ·“신재생에너지 체험빌리지” 조성 ·태양광을 비롯한 신재생에너지 주택을 마을 단위로 구성 하는 “그린빌리지” 조성 ·“태양열 목욕탕” 설치 및 “인권생태 탐방로“ 조성	사업자 공모과정에서 소송으로 착공 연기	·연간 10억원의 전기 판매수익 (1단계 기준)은 참여비율에 따라 주민에 분배
산업부	안산 친환경 에너지타운	2017.6.11 ~ 2017.12	310억원	·신재생을 활용한 냉난방 시설 및 발전설비를 설치하여 에너지절감 및 주민 수익창출(태양광, 지열, 소형풍력 등 냉난방 시설 및 발전시설 설치) ·산단 인근에 폐활성탄 재활용센터를 건립하여 산단내 대기환경 개선을 유도하고 폐활성탄 사용에 따른 비용절감 ·에너지체험관, 동식물원 등을 건립하여 시민, 관광객 방문 유도	‘16년 11월 착공 예정 (실시설계 중)	·연간 약 17억원의 순수익 예상 (태양광·풍력 발전, 에너지비용 절감 등)
산업부	순천 친환경 에너지타운	2016.07~ 2017.12		·하수처리장, 주차장 등 유희부지를 활용해 태양광발전설비 구축(9.3MW 발전시설을 단계적으로 설치) ·폐교부지를 활용한 캠핑장, 신재생 체험관 등 관광시설 확충	‘16년 7월 착공	·연간 약 9.3억원의 순수익 예상 (태양광 발전, 관광시설 운영)
산업부	남해 친환경 에너지타운	2016.6~ 2017.12		·마을회관, 경로당 등에 신재생활용 냉난방시설 설치(태양광·지열 등 신재생에너지를 활용한 냉난방시설을 통해 에너지 비용 절감(에너지 제로 하우스로 운영)) ·폐기물에너지화 시설을 구축하여 대형폐기물 등 활용을 제고 (3MW 규모의 폐자원 가스화설비를 통해 발전수익 창출) ·에너지 자립형 식물공장, 바비큐 캠핑장 등 체험관광시설 조성	실시설계 중 (‘16년 10월 착공예정)	·연간 약 최대 11.1억원의 순수익 예상 (폐기물가스화 발전)

주관부처	사업개요			사업 목표	진행현황	기대효과
	사업명	사업기간	예산			
산업부	하동 친환경 에너지타운	2016.07~		·폐축사 부지를 활용해 태양광발전설비(2.7MW규모) 구축 ·양로시설(신설예정) 내 태양열+지열 등을 활용한 난방시설 설치하여 에너지 비용 절감 ·인근 자연휴양림과 연계한 체험관광지, 신재생 체험시설 등 설치	‘16년 7월 착공	·연간 약 1.5억원의 순수익 예상 (태양광 발전, 창고 임대 등)
산업부	서산 친환경 에너지타운	신규	9.1억원	·폐교 리모델링으로 에너지자립 펜션 운영 ·주민 공동작업장(조개류 분쇄)에 신재생(풍력 20kW) 전력공급 ·둘레길을 조성하고 태양광 LED 가로등(30개) 설치 ·공공시설, 주택 등에 태양광(107kW), 태양열 등 신재생에너지 공급	‘16년 신규 선정 (세부사업 계획 수립)	
미래부	진천 친환경 에너지타운 시범사업	실증단지 조성: 2015~2016 시범운영 : 2017~2018	105억원	·다양한 신재생에너지 융복합을 통한 안정적 에너지수급 체계 구축 － (전기)태양광(950kW), 연료전지발전(10kW) 등 신재생 발전설비 설치 － (열) 봄~가을 동안 태양열, 지열, 하수폐열 등에서 생산된 열을 계간축열조*(5천㎡)에 저장하여 겨울철 인근 수요처에 난방 공급 ·하수처리장 인근 신규 공공건물에 에너지 절감기술을 적용 － 건물외벽 태양광 패널 설치, 창호·단열재 등 패시브(에너지부하절감) 요소 및 스마트그리드 기술 등	‘15년 6월 착공, ‘16년 말 완공 예정	·생산전력(1,224Mwh/년)판매를 통해 수익 창출 (연간 440백만원)
농림부	김제 친환경 에너지타운			·가축분뇨자원화 바이오가스시설(20톤/일), 바이오가스발전시설(50kw/h) 설치 ·발전폐열을 이용한 유리온실(600평) 설치로 부대사업을 위한 시설기반 구축 ·영농조합법인 중심으로 마을 주민 조직화		·바이오가스 발전을 통한 전기매전 연간 400만원 ·탄소감축 실적 판매 연간 169만원

[국토부] 제로에너지빌딩 활성화 사업 현황

사업개요			사업 목표	진행현황	기대효과
사업명	사업기간	예산			
KCC 서초사옥 별관 (서울 서초구 /KCC)	미정		·(업무시설) 비주거 업무용건물에 대한 저층형 사업모델 구축	·서초구와의 부지 확보 문제로 잠정적 사업 진행 중지, 올해 착공 예정	
진천군 제로에너지 시범단지 (충북 진천 /진천군))	2016.01(착공) ~ 2017.05(준공)		·(단독주택) 농촌형 제로에너지 주택단지의 새로운 사업 모델 제시 및 홍보	·2015년 12월 단지조성 계획 완료 및 2016년 2월 제로에너지마을 부지(B12, 1만8천216㎡, 약 60세대) 공급	
행복도시 1-1 생활권 (세종 고운동 /LH)	2016(착공) ~ 2017(준공)		·(블록형 단독주택) 도심지 내 보급형 에너지자급(Zero Energy) 주택 공급을 목표 - 건축물 에너지 효율 1++등급 단독주택단지 - 자족 생태순환체계를 갖춘 우수기반 생태마을 - 차량통행이 최소화된 보행중심	·2016년 2월 토지공급과 함께 본격 조성 단계에 진입, 2016년 말 착공 예정	·향후 유사한 신도시에 단독주택 신축 시 사업모델로 보급·확산 기대 가능
천호동 가로주택 정비사업 (서울 강동구 /조합·대림)	2016(착공) ~ 2018(준공)		·(저층형) 열교최소화 공법·에너지절약형 외피·일사차단 장치 적용 등 중저층 건축물의 에너지절감 기술 구현	·서울시 등과 협력을 통해 2016년 내에 관리처분인가 및 이주·철거 착수를 목표	·소규모 정비사업으로 아파트와 차별화된 주거 모델 보급·확산
아산 중앙도서관 (충남 아산)	2016(착공) ~ 2017(준공)		·(저층형) 용도 특성을 반영한 에너지절약 설계·요소기술 적용	·상반기 중 시공사 선정·착공할 예정	·지자체 주도의 녹색건축물 보급·확산

사업개요			사업 목표	진행현황	기대효과
사업명	사업기간	예산			
송도 6·8공구 A11블럭	2015(착공) ~ 2018(준공)		·고단열·고기밀 건물 외피 적용, 단지용 BEMS 구축, 신재생에너지(태양광, 연료전지) 도입 등을 통해 건 축물 에너지 효율등급 1++달성 ·고층형 건물(지상 34층 규모)및 대규모 단지(886세대) 에 대한 제로에너지빌딩 신기술 적용, 경제성 등 검증	·2015년 7월, 국토부, 인천 시, 현대건설 등 관계기관 간 업무협력 협약(MOU)	·최대 77%의 난방에너지 사용량 감축, 에너지비용 부담 인천시 평균 대비 전 기비용은 50%이상, 난방비 용 40%이상 절감
장위4구역 주택재개발 정비사업 (서울 성북구/ 조합·GS건설)	2017(착공) ~ 2020(준공)		·(고층형)지열을 이용한 냉난방시스템 도입 등 대규모 공동주택단지의 에너지절감 기술 구현	·서울시 등과 협력을 통해 2016년 내에 관리처분인가 및 이주·철거 착수 목표	·민간 주도의 주택재개발 사업인근 지역 개발 및 녹색건축 확산 촉진
서울시 장안동 e-Plus Housing	2015.10(착공) ~ 2016.12(준공)		·(공동주택)		
e-플러스 조성공사 복합문화관	2015.03~08		·(문화시설)		

※ 제로에너지주택 실증단지 구축 현황

사업개요			사업 목표	진행현황	기대효과
사업명	사업기간	예산			
※ 제로에너지 주택 실증단지 (서울 노원구 /명지대산학협 력단)	2013.10 ~ 2017.10	180억 원	·유럽 건축물 에너지 절약 가이드라인(EPBD, `10발 표)에 따라 난방, 냉방, 급탕, 조명 및 환기 등 5대 에너지 기준으로, 연간 1차 에너지 소비량과 생산량 의 대차대조가 제로(Net Zero)가 되는 주택을 목표	·공정률 7% (`16.2)	·패시브 기술로 에너지 소 요량을 46%p 절감하고, 액티브 기술로 에너지 소요량의 60%p 를 공급

[국토부] 한국형 스마트시티(K-Smart City) 모델

주요모델	사업개요			사업 목표	진행현황
	사업명	사업기간	예산		
스마트 신도시 모델	쿠웨이트 신도시 공동개발		대지 조성 4.4조원	·쿠웨이트 수도 인근 2.5만호 규 모의 신도시 공동개발	·마스터플랜 수립에 참여 예정 (LH, '16.9)
에너지 신산업 모델	페루 동부 마이크로그리드 적용				·페루 동부 아마존 습지지역에 마이크로그리드 적용(GCF, '15.11)
	중국 아룽치 市				·중국 아룽치市 '농촌환경 종합정비 생태건설사업'에 홍천 모델 접목
친환경 물산업 모델	칠레				·현지업체와 우수율제고 시범사업 추진 중
	UAE				·해수담수화 공동연구를 진행하면서 현지 실증단지도 조성 예정
스마트 교통모델	콜롬비아 메데진市	'16.3~	8억원		·ITS 마스터플랜 수립 용역 중
ICT 솔루션 모델	중국 하북성 당산시	'16. 하반기~	100억원		·IoT 기반 도시관제시스템 공급
기존도시 스마트화	세종시, 동탄2, 판교, 평택, 고덕 등	'16. 7~			·민관협업(LH, 지역난방공사, SKT 등)으로 한국의 대표 스마트 기술을 보여 줄 수 있는 특화형 실증단지 조성

[산업부] 에너지신산업 주요 사업모델 시범사업 현황

주요모델	사업개요			사업 목표	진행현황	기대효과
	사업명	사업기간	예산			
수요자원 거래시장 (프로슈머 이웃간 전력거래 실증사업)	수원 솔대마을			·누구나 전기를 사고 팔수 있고, 신재생에너지 확산되며 다양한 관련 비즈니스가 출현할 수 있는 환경 조성	사업 후보지역 선정 및 '16.3 출범식 개최	·전기소비자 선택권 확대, 송배전 사업 자의 전력망 건설 및 유지비용 절감 등
	홍천 친환경에너지타운					
에너지 자립섬	울릉도 친환경에너지 자립섬 조성사업	총4년 '15~'17(1단계) '18~'20(2단계)	3,900 억원 (SPC 투자 , PF조 달)	·친환경에너지 자립섬 모델 Track Record 확보 및 신산업 선도 - (1단계) 울릉도 전체전력 30%를 신재생에너지로 전환하며 태양광, 풍력, 소수력발전 선비 및 ESS, EMS를 도입 - (2단계) 태양광, 풍력, 소수력, 지열 등 친환경에너지와 ICT 가 융합된 세계최대규모의 친환경 자립섬 구성	1단계 사업 중	·계통운영편익 및 신 재생 발전구축효과 등 경제적 효과 총 3.1조원
	가사도, 가파도, 죽도				완료	
	덕적도, 조도, 거문도, 추자도, 삼시도				신규 지역 선정	
발전소 온배수열 활용	당진화력 온배수열 활용 시설단지 조성사업	-	'16년 국비 55억원	·발전소 인근 5ha에 유리온실 영농단지 조성을 통해 파프리카, 토마토 등 고부가가치 작물 재배	'15.12. 실증단 지 조성을 위한 용역 과제 최종 보고 완료(사업 수익률 및 경제 성 분석 등)	

	보령화력 온배수열의 양식장 활용			·넙치, 대하, 전복 등 연간 70만미의 종묘를 생산해 발전소 인 근해역 수산자원 증식 및 지역경제 활성화에 이바지	‘15.6 수산종묘 배양장 준공, ‘15.11 점농어 종란 240만미 입식	치어구입 비용 20억원 절감
	남제주화력 온배수열의 양식장 활용			·온배수열의 양식장(유수식) 활용 * 현재 국내 유일 온배수열을 상업목적으로 시설원예에 성공 적으로 활용 중	‘15.10 양식장 준공	·돌돔 출하시기 40% 단축
	영동화력 온배수열의 양식장 활용			·해삼 및 넙치 양식어업에 활용		
	영흥화력 온배수열의 양식장 활용					
	하동화력 온배수열의 양식장 활용			·넙치, 감성돔, 돌돔 등 양식 어업에 활용		
	삼천포화력 온배수열의 양식장 활용			·돌돔, 다금바리, 점농어, 넙치, 우럭 등 양식		
	부산천연가스 발전소					

첨부 7

[산업부] 신재생에너지 융복합지원사업 현황

주관부처	사업개요			사업 내용	진행현황	기대효과
	지역명	사업기간	예산			
산업부	해남 삼마도			○ 태양광 120kW, 풍력 30kW, ESS 1200kWh	‘14년 설치 완료	
산업부	인천 백아도			○ 태양광 250kW, 풍력 40kW, ESS 1125kWh	‘14년 설치 완료	
산업부	제주 비양도		24.5 (9.6)	○ (신재생설비) 태양광 2개소(100kW), 소형풍력 2개소(20kW) ○ (보조설비) ESS 2개소(250kW)	‘15년 사업 선정	
산업부	인천 지도		13.7 (6.0)	○ (신재생설비) 태양광 1개소(70kW), 소형풍력 2개소(20kW) ○ (보조설비) ESS 1개소(180kW)	‘15년 사업 선정	
산업부	충남 죽도		22.0 (8.3)	○ (신재생설비) 태양광 3개소(201kW), 소형풍력 1개소(10kW) ○ (보조설비) ESS 3개소(200kW)	‘15년 사업 선정	
산업부	하동 목통마을		12.5 (6.3)	○ (신재생설비) 소수력 1개소(99kW), 태양광 1개소(30kW), 소형풍력 2개소(6kW) - 목통마을 계곡, 마을 내 건물 및 주차장 등	‘15년 사업 선정	
산업부	충북 진천		25.3 (11.2)	○ (신재생설비) 태양광 7개소(388kW), 지열 4개소(770kW)	‘15년 사업 선정	
산업부	전남 화순		8.8 (4.1)	○ (신재생설비) 태양광 58개소(153kW), 태양열 58개소(348m ²)	‘15년 사업 선정	
산업부	경남 거창		13.2 (6.6)	○ (신재생설비) 태양광 92개소(245kW), 지열 86개소(546m ²)	‘15년 사업 선정	
산업부	충남 보령		8.9 (4.1)	○ (신재생설비) 태양광 60개소(171kW), 태양열 26개소(130m ²), 지열 6개소(105kW)	‘15년 사업 선정	
산업부	강원 양구		23.9 (11.1)	○ (신재생설비) 태양광 102개소(376kW), 태양열 8개소(196m ²), 지열 33개소(588kW)	‘15년 사업 선정	
산업부	경북 포항		9.7 (4.7)	○ (신재생설비) 태양광 43개소(132kW, 태양열 33개소(301m ²), 지열 8개소(140kW)	‘15년 사업 선정	
산업부	강원 정선		21.2 (10.6)	○ (신재생설비) 태양광 15개소(448kW), 태양열 1개소(140m ²), 지열 10개소(420kW)	‘15년 사업 선정	
산업부	경남 남해		15.5 (7.8)	○ (신재생설비) 태양광 74개소(476kW), 태양열 13개소(78m ²)	‘15년 사업 선정	
산업부	경남 산청		7.7 (3.4)	○ (신재생설비) 태양광 2개소(200kW), 태양열 1개소(918m ²), 풍력 1개소(3kW)	‘15년 사업 선정	

‘기후변화대응기술 확보 로드맵(CTR)’ 작성 및 활용체계에 관한 설문

미래창조과학부(원천기술과)에서는 범부처 합동으로 ‘기후변화대응기술 확보 로드맵(CTR)’ 작성 및 공동 활용을 추진하고 있습니다. CTR은 기후변화협약 파리협정에 따른 모든 국가의 온실가스 감축의무 부담이 현실화됨에 따라, 기후기술을 통한 실제적인 국가 기후변화 대응 역량을 보다 효과적으로 확보하기 위한 목적으로 작성되었습니다..

※ 다양한 연구 주체들의 활동을 ‘과제 레벨(목표, 투자규모, 예상 일정, 성과활용 등)’까지 파악·제공하여 기후기술의 체계적인 기획·확보·활용을 지원

한국에너지기술연구원 기후기술전략센터는 CTR 작성에 관한 실무 총괄작업반 역할을 수행하고 있으며, 2016년에 작성한 CTR을 바탕으로 향후 CTR을 보다 유용하고 효율적으로 작성하기 위해 ‘기후변화대응기술 확보 로드맵(CTR) 개선작업’을 추진하고 있습니다.

이번 개선작업은 CTR 작성을 위한 자료수집 체계, 표현방법, 결과물 공유 범위, 작성주기 등에 이르기 까지 전체적인 작성방법 개선 및 활용체계의 효율성, 신뢰성, 그리고 실효성을 향상시키기 위한 것입니다.

아무쪼록 바쁘시더라도 기후변화대응 기술개발 및 활용의 초석이 될 ‘기후변화대응기술 확보 로드맵(CTR)’ 개선작업에 대해 많은 의견을 주시면 감사하겠습니다.

■ 조사기간 : 2016. 11.28 ~ 2016.12.05

■ 조사대상 : CTR 작업 실무자 및 연구관리전담기관 담당자

■ 설문문의 구성

I. CTR 작성을 위한 R&D 기초 데이터 수집

II. R&D 기초 데이터 수집 항목

III. 로드맵 표현방법 및 공개범위

IV. CTR 작성주기 및 시기 등

■ 문의 및 제출처

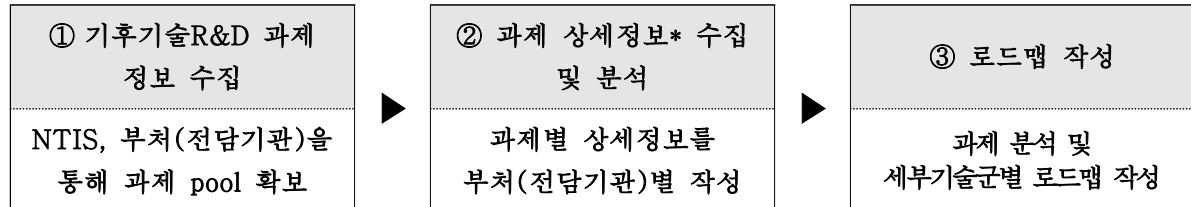
박민희 선임연구원 (042-860-3016, mhpark@kier.re.kr)

배치혜 선임연구원 (042-860-3595, chihye@kier.re.kr)

※ 첨부1. 기초데이터 수집을 위한 엑셀양식 1부.

I. CTR 작성을 위한 R&D 기초 데이터 수집

■ 2016년에 작성한 CTR의 R&D 기초데이터 수집은 다음의 방법으로 이루어 졌습니다.



* 과제별 연구목표, 키워드, 핵심성과목표, 핵심일정, 주요성과 도출시기, 기대성과, 활용계획, 타과제 연계성, 성과창출 확산 전략 등

－ 현재 데이터수집 체계:

- ① NTIS 및 부처 Data를 이용하여 실무작업반에서 먼저 기후기술 R&D 과제 맵핑을 일차적으로 수행 (전담기관 작성 작업의 편의와 과제 자료의 누락 방지를 위해 수행)
- ② 맵핑된 자료를 각 전담기관에 배포하여 각 과제에 대한 상세정보 및 추가 과제 기입 요청→ 전담기관에서 소관 과제 중 CTR 작성범위에 속하는 과제 자료 작성 제출 (주어진 엑셀양식(첨부.1)에 과제 정보를 채우는 방식)
- ③ 받은 자료를 기반으로 로드맵 작성

■ 아울러 기초데이터 수집과정에서 R&D 과제의 단위는 총괄/단위/세부로 구분하여 과제정보를 작성한 바 있습니다.

1. 전담기관의 CTR관련 과제 파악 및 내용 작성 과정의 편의를 위해 제공된 NTIS 기반의 사전 과제 정리자료는 실제 제출자료 작성에 얼마나 도움이 되었습니까?
 ① 도움이 됨 ② 보통 ③ 별로 도움이 되지 않음
 ④ 기타 의견()
2. 요청 받은 양식(엑셀)에 소관분야의 과제정보 자료를 작성하시는데 어느 정도 기간이 소요되었습니까?
 ① 5일 이내 ② 10일 이내 ③ 15일 이내 ④ 15일 이상(일)
3. 실제 기초자료 작성 작업은 어떻게 진행하셨습니까?
 ① 전담기관 담당자 자체 작성 ② 전담기관 담당자 + 과제 책임자
 ③ 기타()

4. 현재 로드맵은 과제단위는 총괄과제와 단위과제를 기반으로 작성되었습니다.

귀하께서 생각하시는 가장 적절한 과제정보 작성단위(총괄/단위/세부)는 어떤 형태입니까 ?

- 총괄과제: 복수의 하위 세부과제를 구성하고 있는 과제
- 단위과제: 세부과제 없이 독립된 단일 과제로 구성된 과제

- ① 총괄과제+단위과제 (현재작성본) ② 단위과제+세부과제
③ 기타 (_____)

5. 기타 CTR용 R&D 기초데이터 수집과정의 개선에 관한 의견을 부탁드립니다.

II. R&D 기초 데이터 수집 항목

■ 현재 CTR 작성을 위해 수집하고 있는 R&D과제에 대한 기초데이터 항목은 다음 [표1]과 같습니다. (전담기관에 제공된 엑셀양식(첨부1. 참고) 포함항목)

- R&D 과제 간 상호 성과 활용을 촉진하고, 신규과제 기획 시 기존과제와의 연계 강화를 통한 국가 R&D 투자 효율성 증진을 위해 CTR에서는 비교적 많은 항목의 데이터를 수집하여 부처 및 전담기관 간의 공유를 추진하고 있습니다.
- ‘개요, 총괄과제/세부과제’와 관련된 데이터들은 어느 기관/연구자가 어떤 목적과 내용의 연구를 어느 규모로 언제까지 수행하고 있는지를 파악하기 위해,
- ‘성과’와 관련된 데이터들은 향후 어떤 학술적/산업적 성과를 언제쯤 창출할 것인지를 미리 파악 및 공유함으로써, 다양한 기관 및 연구자들이 해당 성과를 연계 활용할 수 있도록 하기 위한 목적으로 포함하고 있습니다.

[표 1] CTR 작성을 위한 기초 데이터 수집 항목

☐ 개요	☐ 분야 ☐ 기후기술 ☐ 세부기술군 ☐ 부처명 ☐ 부처담당자 정보 ☐ 연구관리전문기관명 ☐ 전문기관 담당자 ☐ 관련사업명(세부사업명, 내역사업명) ☐ 과제구분(총괄/단위) ☐ 과제번호(연구관리전문기관 관리번호) ☐ 연구과제명
☐ 총괄과제	☐ 연구과제명 ☐ 과제(총괄/단위)책임자 ☐ 연구목적 ☐ 연구내용 ☐ 기대효과 ☐ 키워드 ☐ 수행기간
☐ 세부과제	☐ 세부과제번호(연구관리전문기관 관리번호) ☐ 세부연구과제명 ☐ 세부과제책임자 ☐ 연구목적 ☐ 연구내용 ☐ 기대효과 ☐ 키워드 ☐ 수행기간
☐ 성과	☐ 연도별 핵심성과목표 ☐ 연도별예산 ☐ 중간기술성과(실적 또는 계획) ☐ 최종성과(실적 또는 계획) ☐ 타과제와의 연계성(선행, 후속, 병행연구 등) ☐ 성과창출 및 확산전략(학술적 측면) ☐ 성과창출 및 확산전략(산업적 측면)

1. 위에서 설명드린 기초 데이터 수집 항목의 구성과 종류에 대한 의견은?

- ① 적절 ② 필요 이상으로 너무 많음 ③ 보다 상세한 항목 추가 필요
 ④ 기타(_____)

2. 만일 필요이상으로 너무 많다고 생각되는 경우, 해당항목을 체크해 주시고 그에 대한 간단한 이유를 제시해주시면 감사하겠습니다.

- 불필요 항목 : [표 1]의 ☐부분에 √표시해 주시기 바랍니다.

- 제외 이유 : (_____)

3. 보다 상세한 항목의 추가가 필요할 경우, 추가 항목을 아래에 기재하여 주십시오.

- 추가필요 항목 : (_____)

Ⅲ. 로드맵 표현방법 및 공개범위

■ CTR에서는 수집한 기초데이터를 활용하여, 아래 [그림 1]과 같은 형태로 표현한 로드맵을 세부 기술군별로 작성하였습니다.(상세한 작성 예시는 [붙임 1] 참고)

- 1) (핵심내용 요약(그림1.의 노란Box 참고)) 세부기술군 별로 해당분야에 속하는 과제정보를 종합 분석하여, 기술군 별 중점 연구목적, 핵심목표, 성과 활용계획 등을 요약 정리하였습니다.
- 2) (로드맵) 각 기술군에 속하는 모든 과제들의 수행부처/기관, 예산, 기간, 목표, 성과활용 등에 대한 정보를 그림형태의 로드맵으로 표현하였으며,
 - 분야별 전문가를 통해 과제별 연구목표 및 내용, 수행시기 등을 검토하여, 상호 성과의 연계 활용 가능성이 있는 과제들 간의 관계를 표현하였습니다.
 - 아울러, R&D는 물론 실증 및 사업화까지 연계할 수 있는 비즈니스 모델(기후산업 육성모델)을 발굴하여, R&D 성과의 실제 활용 계획(예시)을 보여주고 있습니다.
- 3) (과제현황 및 주요내용 요약) 기술군 별 진행 중 과제 수 및 예산, 보다 상세한 기술개발 방향 및 목표에 대한 설명을 포함하고 있습니다.

[그림 1] CTR 작성예시



■ CTR 작성본은 현재 비공개로 관리되고 있습니다. 이와 관련하여 작성된 로드맵의 공개범위 및 수준에 대한 의견을 요청 드립니다.

1. 공개 범위를 어느 정도로 하는 것이 적정할 것인지에 대한 의견을 부탁드립니다.

- ① 공개 시 해외정보 유출 등의 부정적인 측면을 고려하여 전담기관 대상으로만 공개 (1-1번 설문으로)
- ② 일부 표현방법(공개 항목) 수정 보완 후 모두에게 공개 (1-2 설문으로)
- ③ 모든 대상에 공개(로드맵에 표현된 정도의 정보는 NTIS 등 다른 경로를 통해서도 입수 가능하며, 일반적인 기술개발 목표이기 때문에 별로 우려할 필요 없음) (1-2 설문으로)
- ④ 기타(_____)

1-1. ‘전담기관 대상으로만 공개’에 대한 의견을 가지고 계시는 경우, 로드맵에 추가로 포함이 필요한 항목이 있으시면 작성해 주시기 바랍니다.

1-2. ‘일부 또는 전체 공개’에 대한 의견을 가지고 계시는 경우, 아래 ‘현재 CTR 포함 데이터 항목’에서 제외 또는 수정해야 할 항목을 선택, 혹은 작성하여 주시기 바랍니다.

현재 CTR 포함 데이터 항목 중 제외할 항목 선택	☐ 연구과제명	☐ 소관부처	☐ 수행기관	☐ 예산
	☐ 수행기간(☐ 실제 종료시점 ☐ 계획상 종료시점)			
	☐ 성과도출시기(☐ 계획상의 성과도출시기 ☐ 실제 성과도출시기)			
	☐ 성과활용(☐ 직접 ☐ 간접) ☐ 주요행사			
기타 수정·개선 의견 작성				

2. 로드맵에 같이 포함된 상단과 하단의 ‘핵심내용 요약’, ‘과제현황 및 주요내용 요약’에 대해 보다 좋은 의견이 있으시면 제시 부탁드립니다.

3. 기타 로드맵의 표현 방법과 포함 내용 등에 관해 개선의견이 있으실 경우, 아래에 의견을 작성하여 주시기 바랍니다.

IV. CTR 작성주기 및 시기 등

■ CTR은 다양한 연구 주체들의 활동을 ‘과제 레벨(목표, 투자규모, 예상 일정, 성과활용 등)’까지 파악·제공하여 기후기술의 체계적인 확보·활용을 지원하기 위한 목적으로 추진되고 있습니다.

- 특히, 다양한 부처(전담기관)에서 수행하고 있는 국가 기후기술 R&D 활동을 종합적·체계적으로 정리한 로드맵을 공유하여, 각 부처(전담기관) R&D 기획에 참고할 수 있도록 할 예정입니다

구 분	기후기술R&D 과제 정보 수집		기후기술R&D 과제 상세정보 수집 및 분석		로드맵 작성	
	소요기간: 1개월		소요기간: 1개월		소요기간: 1개월	
	기초자료 수집 (NIS 및 부처)	기후기술 R&D 과제 필터링 및 맵핑	분야/기술 /세부기술군 정의 및 범위 재정리	부처별 기후기술 R&D과제 상세정보 작성	기후기술 R&D 과제분석	세부기술군 별 로드맵 작성

1. (작성 주기) CTR은 기후기술 R&D 기획과정에서 관련 정보의 많은 활용을 기대하고 있습니다. 이러한 점 등을 감안하여 CTR 작성(업데이트) 주기는 어느 정도가 적절할지에 대한 의견을 부탁드립니다.

- ① 6개월 ② 1년 ③ 2년 ④ 3년 ⑤기타()

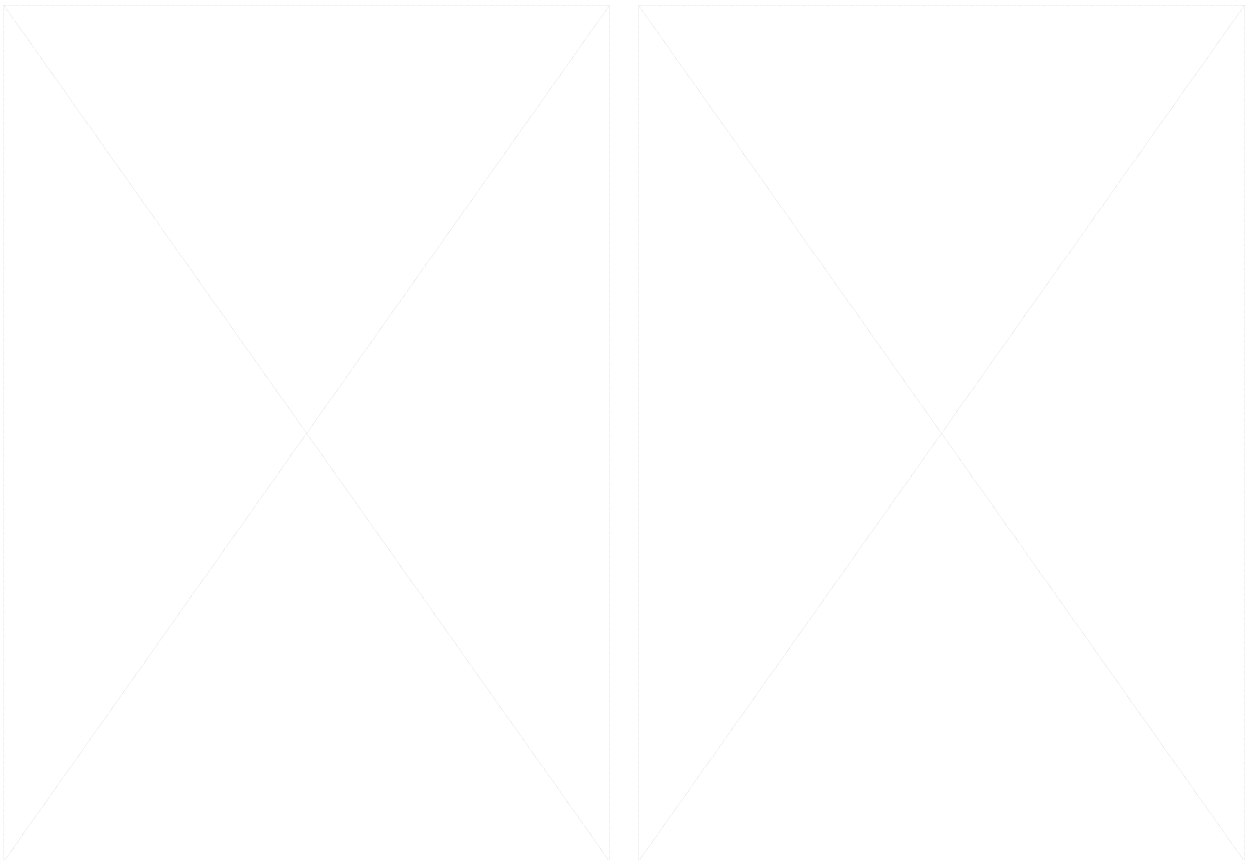
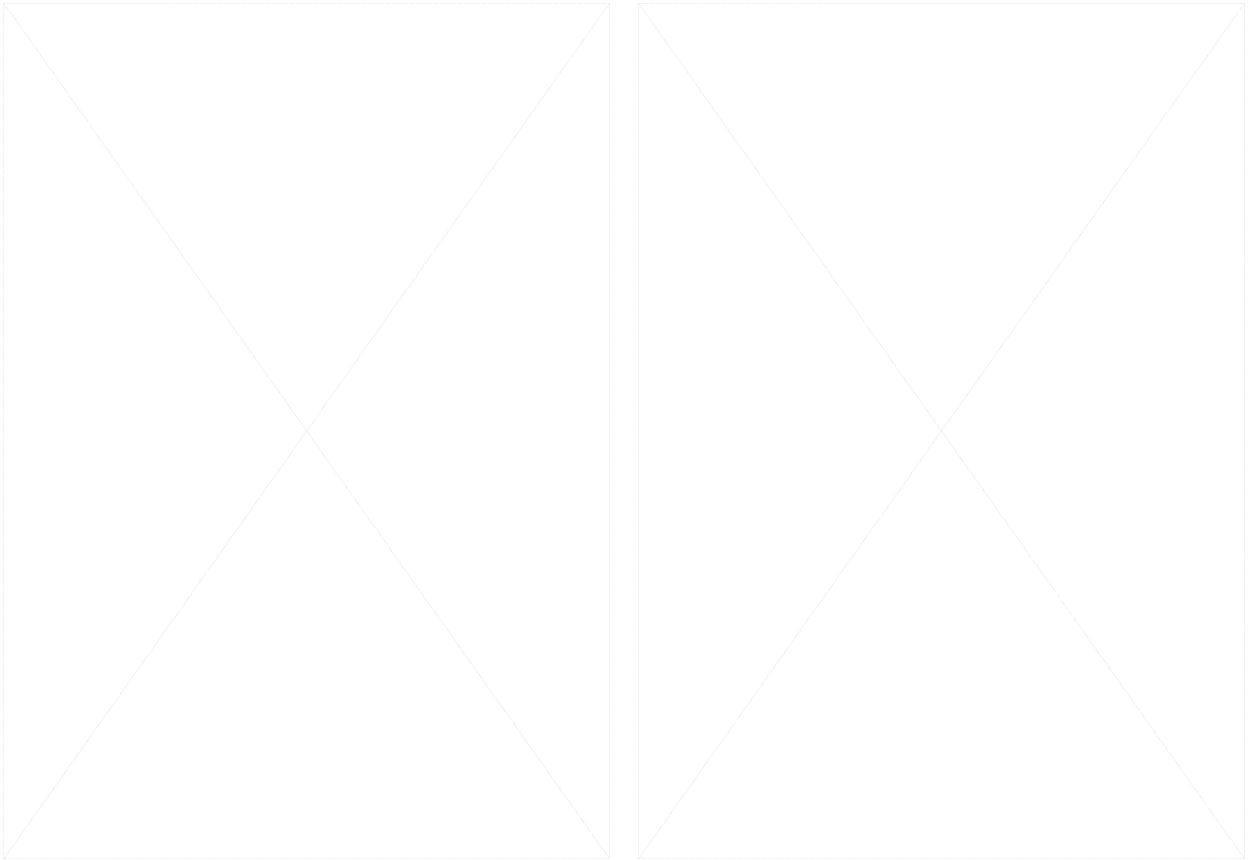
2. (배포(공유) 시기) 부처(전담기관)별로 매년 과제 기획시기가 약간씩 차이가 있는 것으로 파악하고 있습니다. 과제 기획과정에서 CTR의 활용도를 높이기 위해서는 언제쯤 결과물이 공유되는 것이 좋을지에 대한 의견을 부탁드립니다.

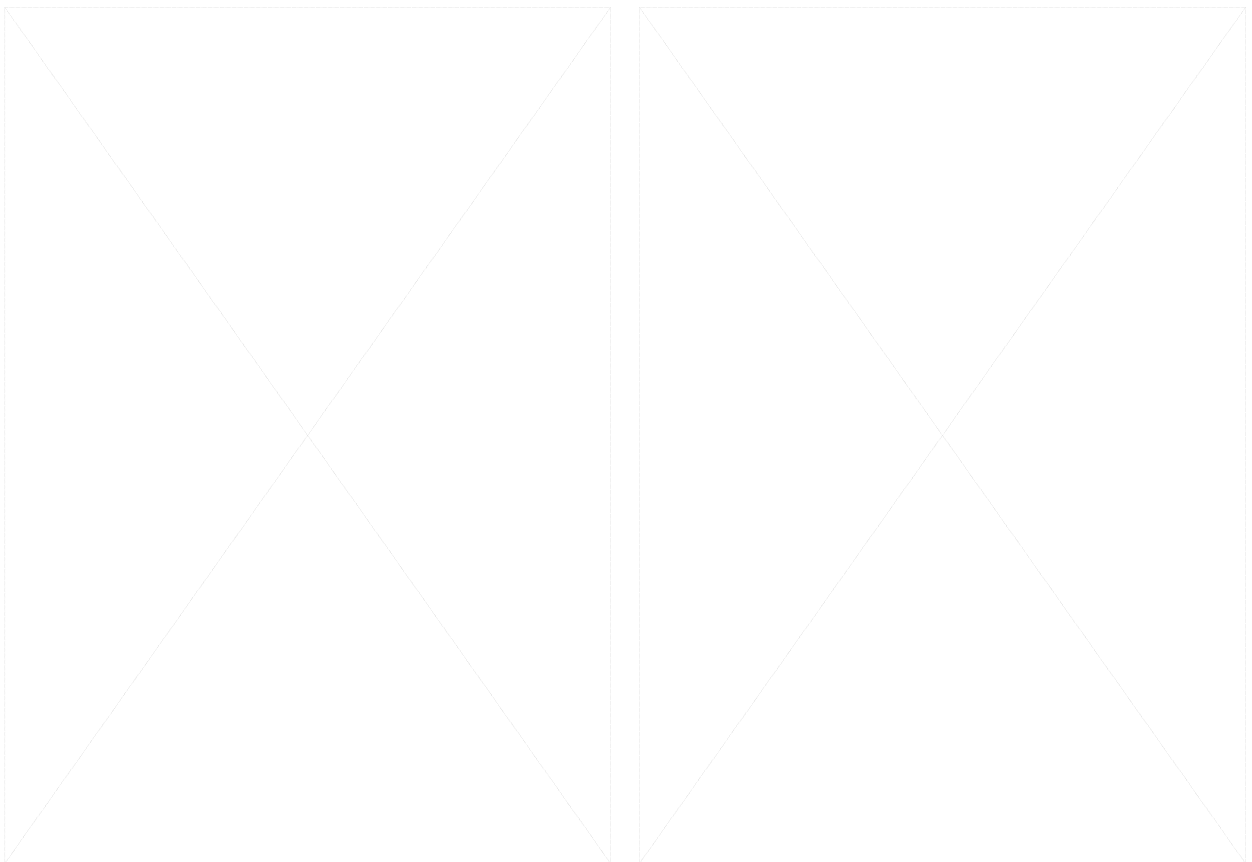
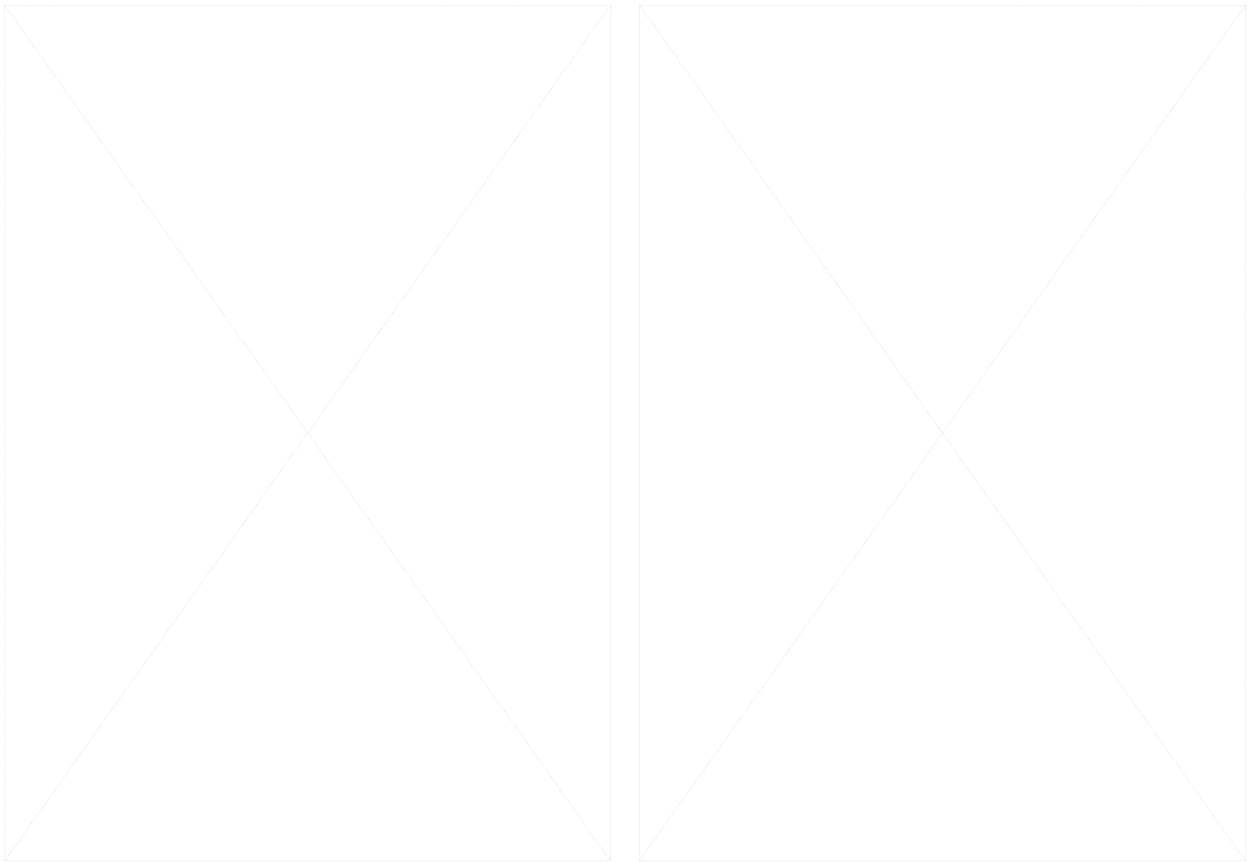
- 선호하는 CTR 결과물 배포(공유) 시기 : () 월

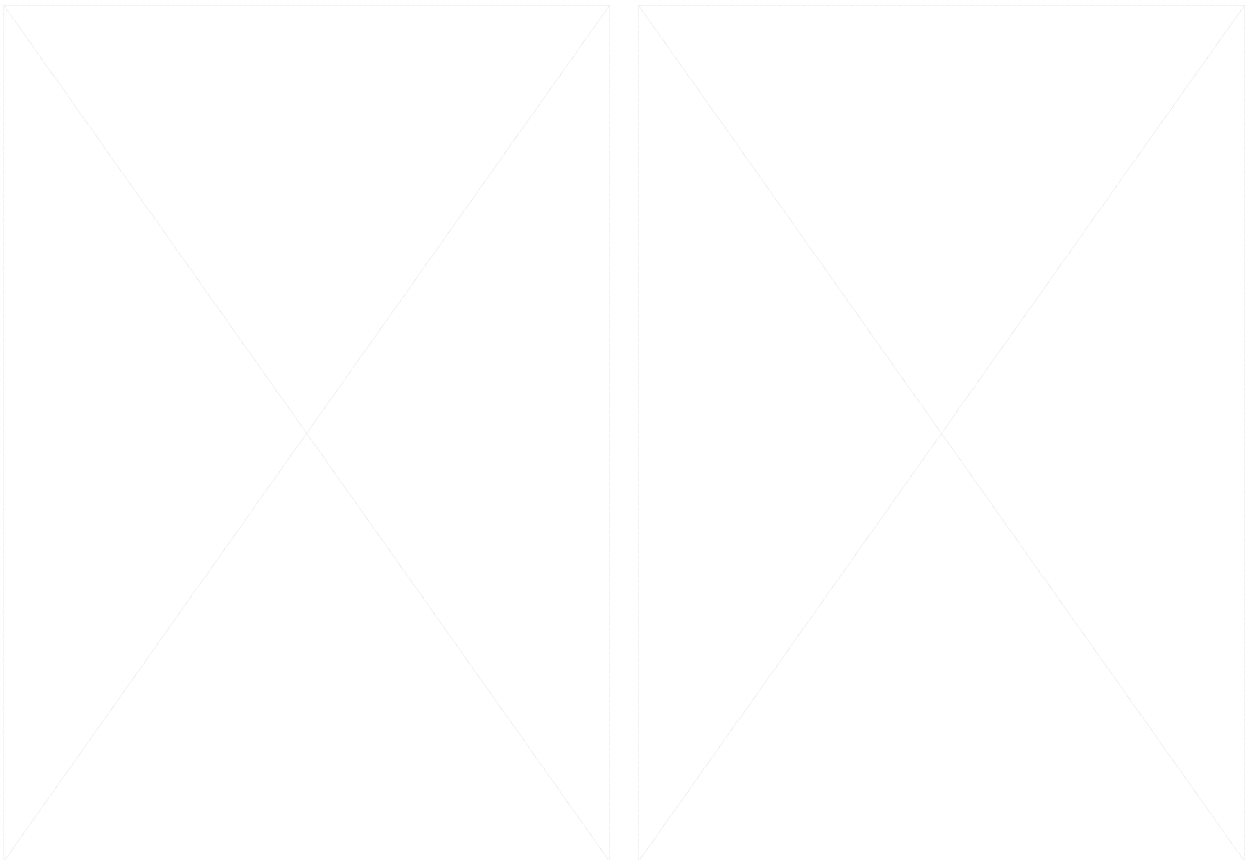
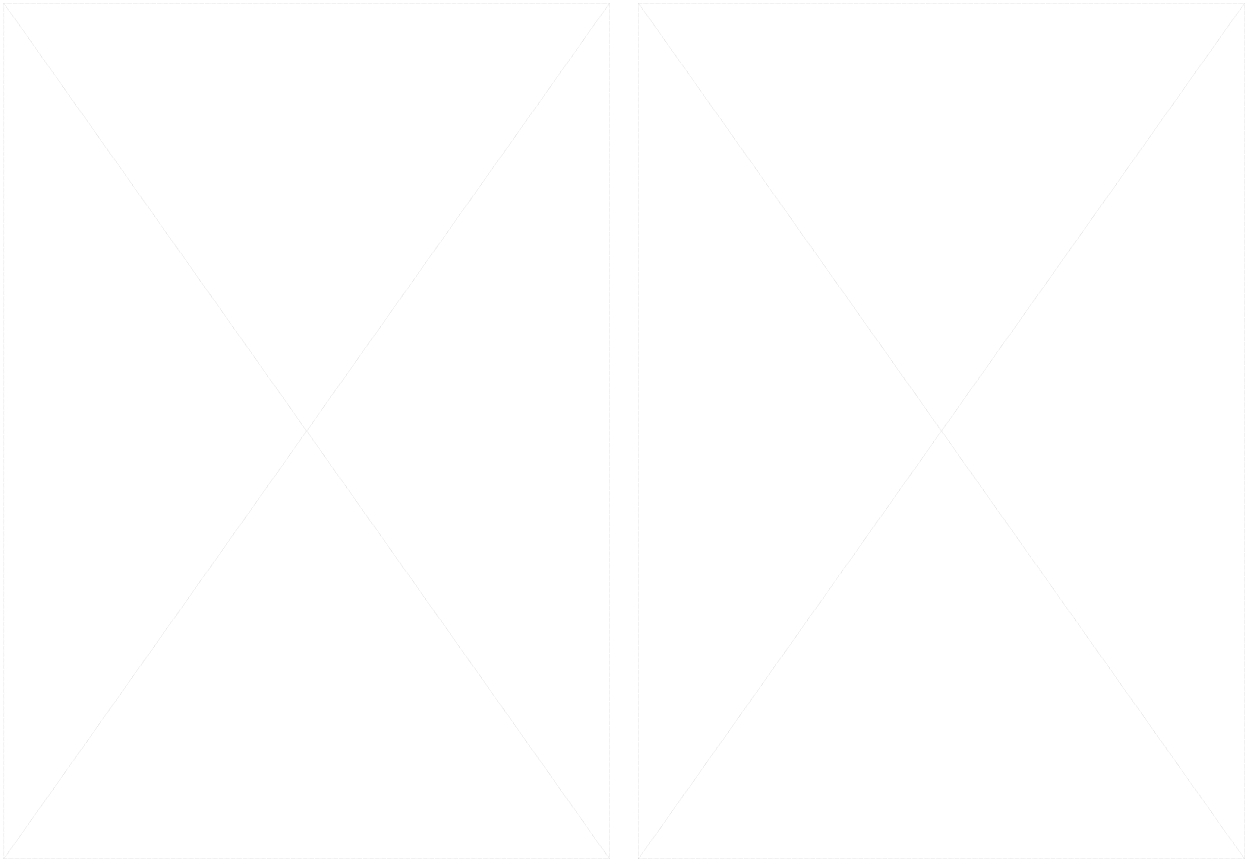
3. (기초 데이터 수집 시기) 향후 CTR은 매년 연말기준의 연간 데이터를 포함하고자 합니다. 전담기관별로 연말기준의 R&D 과제 정보 정리가 마무리되는 시기를 고려하여, 언제쯤 데이터 제출 요청을 드리는 것이 좋을지에 대한 의견을 부탁드립니다.

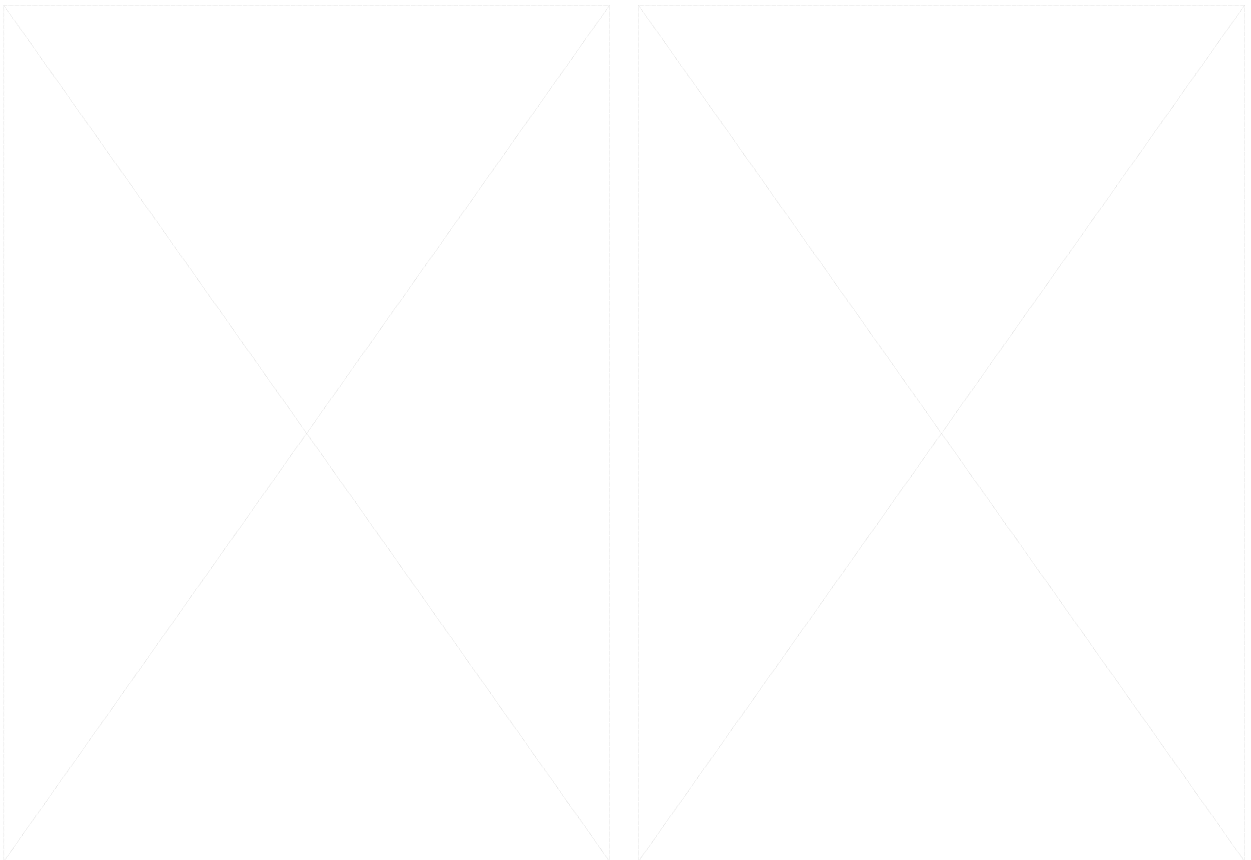
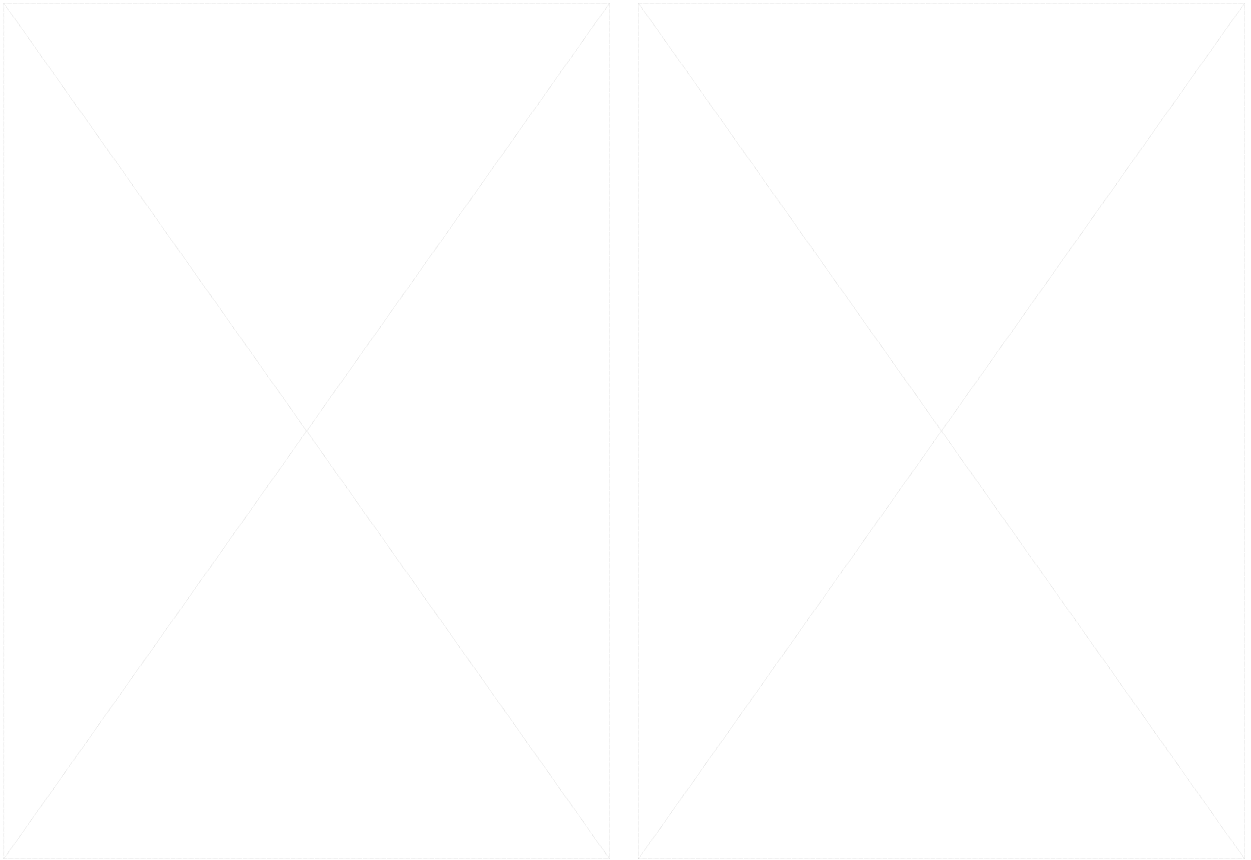
- 적절한 기초 데이터 취합 시기 : () 월

4. 바쁘신 가운데도 끝까지 응답해 주셔서 감사합니다. 마지막으로 보다 유용한 CTR 작성을 위해 필요한 의견을 자유롭게 제시해 주시길 부탁드립니다. 제시해 주신 의견은 향후 CTR의 발전을 위해 소중하게 활용하겠습니다. - 대단히 감사합니다.

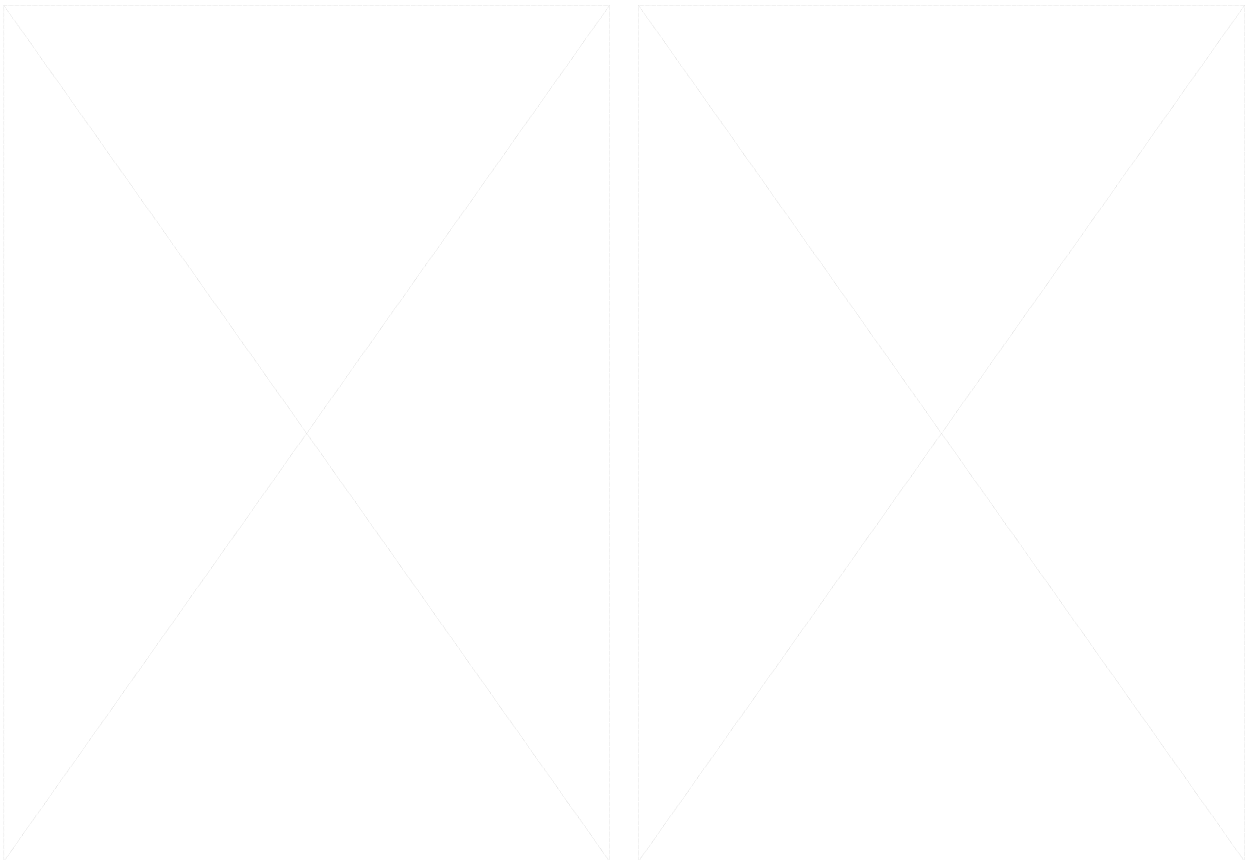
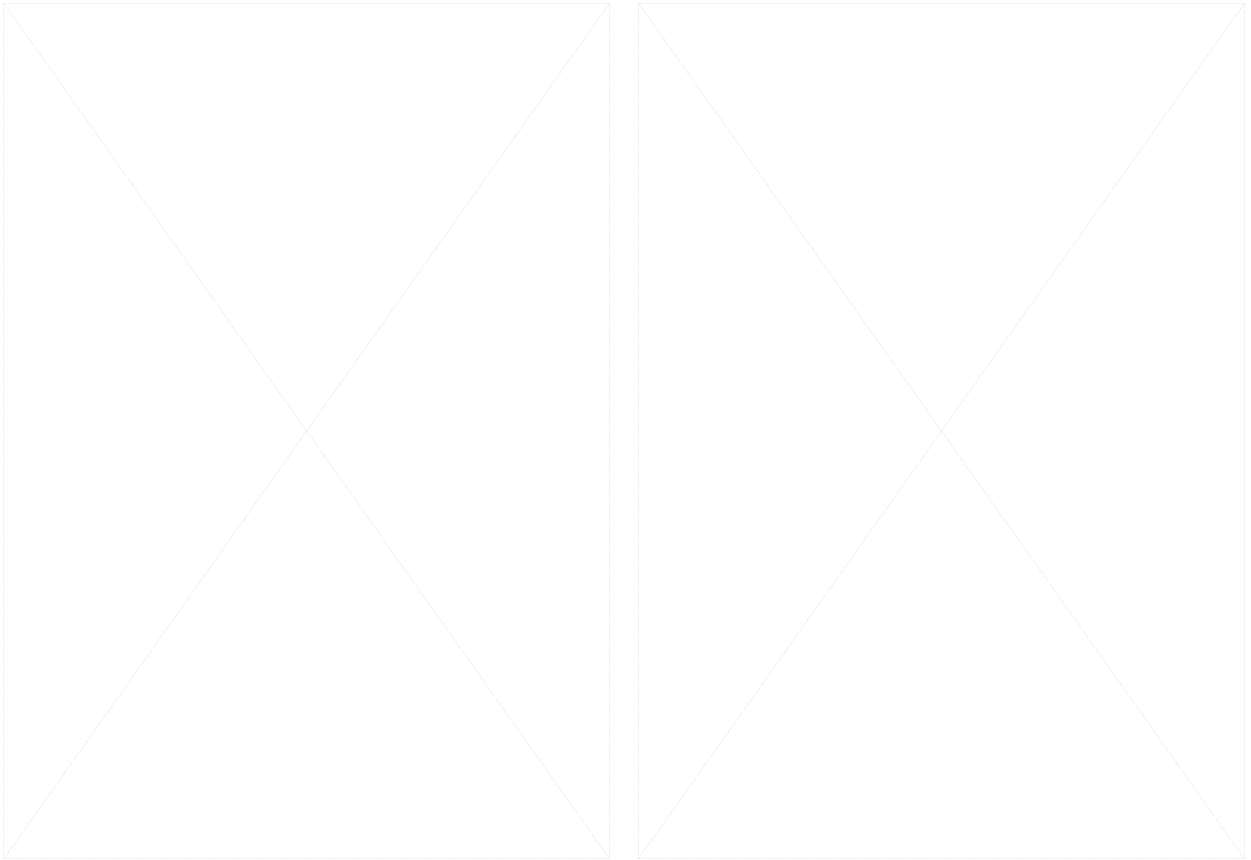




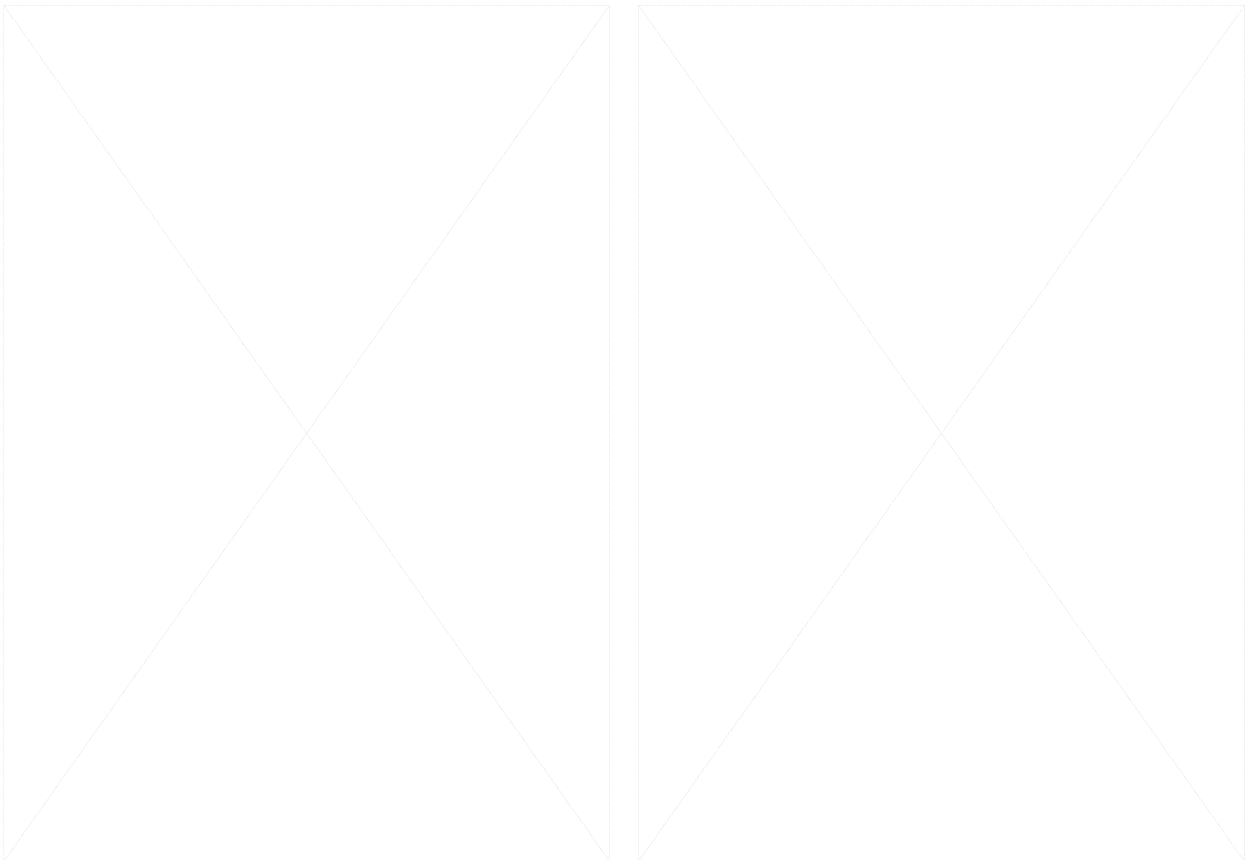
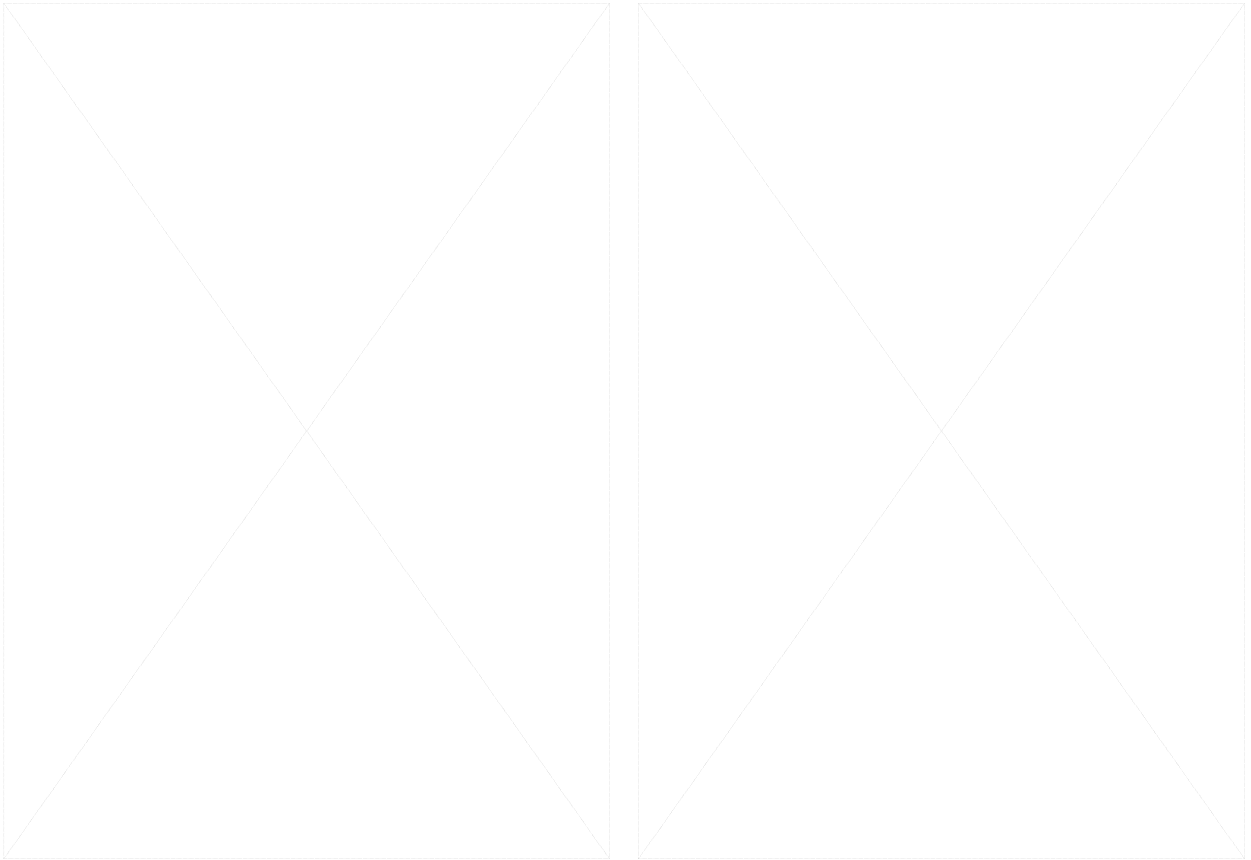














주 의

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.