

연구보고서 2017-05

新기후변화협약에 따른 건설산업의 대응방안 조사연구

2018. 5.

대한건설정책연구원

연구진

정 대 운 연 구 원 대한건설정책연구원

유 일 한 연 구 위 원 대한건설정책연구원

이 보고서의 내용은 연구진의 견해로서
대한건설정책연구원의 공식적인 견해와 다를 수 있습니다.

발 간 사

2016년 11월 4일 新기후체제 합의문인 ‘파리 협정’이 발효되면서, 우리 정부는 자발적 감축목표(INDC)로 제시한 2030년까지의 온실가스 배출전망치 37%의 감축을 이행하여야 합니다. 다만, 2017년 미국의 ‘파리 협정’ 탈퇴로 인해 국제적 협약이행의 준수가 다소 우려되고 있으나 유럽과 중국을 중심으로 온실가스 감축을 위한 노력은 적극적으로 이행되고 있습니다.

국내 역시 2017년 ‘문재인 정부 국정운영 5개년 계획 및 100대 국정과제’에서 ‘新기후체제에 대한 견실한 이행체계 구축’을 포함하여 배출권거래제 정상화 등 온실가스 배출증가를 억제하고 국제사회의 역할을 강화하는 데 노력하고 있습니다.

기후변화 관련 세부정책은 2016년 ‘제1차 기후변화대응 기본계획’에서 전환(발전), 산업, 건물 등 8개 부문에 대한 감축목표를 제시한 바 있습니다. 비록 건설산업은 산업부문에 미약하게 포함되었으나 전환이나 건물 부문의 감축목표를 달성하기 위한 과정에 밀접히 연관되어 있어 매우 중요한 역할을 담당하고 있습니다.

본 연구는 기후변화 대응 건설산업을 에너지, 도시, 건물, 교통, 안전 및 자재장비분야로 구분하고, 국내외 정책과 관련 사업 동향, 최근 이슈 등을 고려하여 주요 건설사업을 도출 및 新기후변화협약에 대응한 건설산업의 발전방안을 제시하였습니다. 본 보고서를 바탕으로 新기후변화협약에 대응한 주요 건설사업의 세부전략과 지원방안이 마련되기를 기대해 봅니다.

끝으로 본 연구를 성실히 수행한 연구진과 심의과정에서 도움을 주신 학계, 연구계, 산업계분들께 감사의 말씀을 드립니다.

2018년 5월
대한건설정책연구원
원장 서 명 교

I. 서 론

- 본 연구는 건설산업과 관련된 기후변화 대응방안을 포괄적으로 조사분석하고 각 부문별 주요 건설사업과 新기후변화협약 대응 건설산업의 발전방안을 제안함.

II. 기후변화와 기후변화협약

- 기후변화의 정의와 발생원인, 기후변화에 따른 주요 환경변화에 대하여 알아보고, 기후변화협약의 시작부터 파리협정까지의 개괄적 내용과 파리협정의 주요 내용 및 국내외 기후변화 관련 주요 정책과 시사점을 정리함.
 - 파리협정을 통해 온실가스의 자발적 감축목표(NDCs)에 대한 법적 구속력과 투명성이 강화되었음.
 - 국내 기후변화 대응정책은 주요 선진국에 발맞춰 목표와 전략이 마련되고 있고, 특히 에너지 분야에 집중되어 실행되고 있음.

III. 기후변화와 건설산업

- 기후변화와 건설산업이 각각에 미치는 영향관계를 살펴보고, 기후변화관련 건설사업의 총 리스트를 유형별로 정리 및 각각의 사업동향에 대해 조사분석함.
 - 건설산업은 기후변화와 관련된 다양한 산업의 기초단계에 해당되며, 건물부문에서는 운용단계의 에너지 관리가 매우 중요함.
 - 에너지, 도시, 건물, 교통, 안전, 장비·자재로 구분하여 기후변화와 관련된 건설사업 Full List를 작성하고 사업동향을 살펴봄.

IV. 新기후변화협약 대응 주요 건설사업 도출

- 新기후변화협약에 대응한 국내 온실가스 감축목표와 주요 건설 정책, 최근 사회적·산업적 이슈 및 연구적 이슈와 주요 결과 등을 검토하고, 선정기준을 마련하여 新기후변화협약에 대응하는 주요 건설사업을 도출함.
 - 산업부문별로 각각의 정책들에 따라 수반되는 건설사업의 세부 정책이 연계되어야 함.
 - 주요 건설사업 도출을 위한 기준은 친환경성, 경제적 효율성, 기술적 효율성, 융합성, 시장 확대성으로 선정함.
 - 新기후변화협약 관련 주요 건설사업은 크게 에너지, 도시, 건물, 교통, 안전, 장비·자재로 분류하여 총 6개 부문, 20개 분야, 34개 사업으로 도출함.

V. 발전방안 및 결론

- 각 장별 연구내용의 시사점을 토대로 新기후변화협약에 대응한 건설산업의 발전방안을 제시함.
 - 첫째, 신·재생에너지 발전시설의 저영향개발(LID) 건설
 - 둘째, 소규모 신·재생에너지 발전시설의 확대
 - 셋째, 지역별 맞춤형 신·재생에너지 개발
 - 넷째, 기존 시설을 활용한 에너지 저장 및 생산 전략의 확대
 - 다섯째, 기후변화 관련 건설산업 통계 데이터를 구축 및 에너지 정보관리시스템의 보급 확산
 - 여섯째, 건설사업의 전문업종별 기후변화 대응 전략 마련
 - 일곱째, 업계 실무자의 교육·홍보 강화

- 목 차 -

제1장 서론	1
1. 연구의 필요성 및 목적	1
2. 연구의 내용 및 구성	2
제2장 기후변화와 기후변화협약	3
1. 기후변화	3
2. 기후변화협약	7
1) 개요	7
2) 파리협정의 주요 내용	10
3. 국내외 기후변화 대응 주요 정책	13
1) 한국	13
2) 미국	17
3) 프랑스	19
4) 영국	21
5) 일본	23
6) 중국	25
7) 시사점	27
제3장 기후변화와 건설산업	31
1. 기후변화와 건설산업의 관계	31
2. 기후변화관련 건설사업 분류	38
3. 기후변화관련 건설사업 동향	44
1) 에너지 부문	44

2) 도시 부문	61
3) 건물 부문	62
4) 교통 부문	65
5) 소결	67
제4장 新기후변화협약 대응 주요 건설사업 도출	71
1. 新기후변화협약 대응 건설정책	71
1) 국내 온실가스 감축목표	71
2) 기후변화대응 주요 건설정책	73
2. 新기후변화협약 대응 건설산업 주요 이슈	78
1) 사회적·산업적 이슈	78
2) 연구적 이슈 및 주요 결과	84
3. 新기후변화협약 대응 주요 건설사업 선정	91
1) 선정기준 검토	91
2) 주요 건설사업 선정	96
제5장 발전방안 및 결론	103
1. 新기후변화협약 대응 건설산업 발전방안	103
1) 주요 시사점 및 고려사항	103
2) 발전방안	105
2. 결론 및 향후 과제	110
참고문헌	113

- 표 목 차 -

〈표 2-1〉 기후변화의 발생 원인	3
〈표 2-2〉 기후변화협약 연혁	7
〈표 2-3〉 교토의정서와 신기후변화체제 비교	9
〈표 2-4〉 파리협정의 주요 내용	10
〈표 2-5〉 우리나라의 기후변화 대응 관련 R&D 투자 규모	16
〈표 2-6〉 세부 분야별 정부 R&D 투자 규모	16
〈표 2-7〉 미국의 기후변화 대응 관련 R&D 투자 규모	18
〈표 2-8〉 세부 분야별 정부 R&D 투자 규모	18
〈표 2-9〉 ‘녹색성장을 위한 에너지 전환법’에서 명문화된 전략적 목표 ..	20
〈표 2-10〉 프랑스의 기후변화 대응 관련 R&D 투자 규모	20
〈표 2-11〉 세부 분야별 정부 R&D 투자 규모	21
〈표 2-12〉 영국의 기후변화 대응 관련 R&D 투자 규모	22
〈표 2-13〉 세부 분야별 정부 R&D 투자 규모	22
〈표 2-14〉 일본의 기후변화 대응 관련 R&D 투자 규모	24
〈표 2-15〉 세부 분야별 정부 R&D 투자 규모	24
〈표 2-16〉 기후변화 대응에 대한 중국정부의 입장 변화 배경	25
〈표 2-17〉 중국 과학기술연구계획의 에너지·환경분야 투입자금 추이 ..	26
〈표 2-18〉 주요국의 NDC 비교표	27
〈표 3-1〉 기후변화가 건설산업에 미치는 영향	31
〈표 3-2〉 기후변화의 건설현장에 대한 영향	33
〈표 3-3〉 건축행위와 환경부하 내용	34
〈표 3-4〉 건물의 라이프 사이클별 이산화탄소 배출 비중	36
〈표 3-5〉 주요 공종의 에너지소비 원단위	37

〈표 3-6〉 주요 공종의 이산화탄소 배출원단위	37
〈표 3-7〉 기후변화관련 건설사업(에너지)	39
〈표 3-8〉 기후변화관련 건설사업(도시)	40
〈표 3-9〉 기후변화관련 건설사업(건물)	41
〈표 3-10〉 기후변화관련 건설사업(교통)	42
〈표 3-11〉 기후변화관련 건설사업(안전)	43
〈표 3-12〉 기후변화관련 건설사업(건설장비·자재)	43
〈표 3-13〉 기후변화관련 건설사업(태양에너지)	44
〈표 3-14〉 세계 태양광 시장 보급 및 전망('16~'20)	45
〈표 3-15〉 국내 태양광 발전 연도별 설치현황	45
〈표 3-16〉 국내 태양광 발전 연도별 발전량	45
〈표 3-17〉 기후변화관련 건설사업(풍력에너지)	47
〈표 3-18〉 국내 풍력의 연도별 생산량과 발전량	48
〈표 3-19〉 기후변화관련 건설사업(지열에너지)	48
〈표 3-20〉 국내 열에너지 연도별 설치용량	49
〈표 3-21〉 국내 2015년도 열에너지 사업별 설치 내역	50
〈표 3-22〉 기후변화관련 건설사업(수열에너지)	50
〈표 3-23〉 국내 온배수 배출량	51
〈표 3-24〉 수력발전 보급 국가 순위(2015)	52
〈표 3-25〉 국내 수력 발전량(대수력 포함)	52
〈표 3-26〉 기후변화관련 건설사업(바이오에너지)	53
〈표 3-27〉 바이오에너지 기술의 분류	53
〈표 3-28〉 국내 연도별 바이오에너지 생산량	54
〈표 3-29〉 기후변화관련 건설사업(해양에너지)	55
〈표 3-30〉 국내 조력발전소 현황	55
〈표 3-31〉 기후변화관련 건설사업(폐기물에너지)	57

〈표 3-32〉 국내 연도별 폐기물에너지 생산량	58
〈표 3-33〉 기후변화관련 건설사업(수소·연료전지)	59
〈표 3-34〉 기후변화관련 건설사업(석탄 가스화·액화)	60
〈표 3-35〉 기후변화관련 도시사업(미래 첨단도시 건설기술)	61
〈표 3-36〉 기후변화관련 도시사업(복합 지하 대공간 활용기술)	62
〈표 3-37〉 기후변화관련 건물사업(지능형 건물제어기술)	63
〈표 3-38〉 기후변화관련 건물사업(고효율 에너지 빌딩기술)	64
〈표 3-39〉 기후변화관련 건물사업(슈퍼 건설재료 및 자재기술)	64
〈표 3-40〉 기후변화관련 교통사업(ICT기반 친환경 도로기술)	65
〈표 3-41〉 기후변화관련 교통사업(지능형 교통시스템기술)	66
〈표 4-1〉 '30년 부문별 온실가스 배출 전망치(BAU)와 예상 감축량 ..	72
〈표 4-2〉 건물부문과 건설업종의 연도별 BAU와 감축목표	73
〈표 4-3〉 시멘트, 유연탄 부문 연도별 감축률 및 감축량	74
〈표 4-4〉 바이오디젤, 아스팔트 부문 연도별 감축률 및 감축량	74
〈표 4-5〉 냉매 생산·수입·소비 현황(한국정밀화학산업진흥회)	77
〈표 4-6〉 기후변화 관련 건설산업 주요 이슈(산업자원통상부)	79
〈표 4-7〉 기후변화 관련 건설산업 주요 이슈(국무조정실 등)	81
〈표 4-8〉 기후변화 관련 건설산업 주요 이슈(기타 기사)	82
〈표 4-9〉 기후변화협약 관련 신상품 및 신시장	85
〈표 4-10〉 건설 녹색성 선정 기준	91
〈표 4-11〉 탄소저감 계획 선정 기준 및 항목	92
〈표 4-12〉 저탄소 도시계획 요소 산정 방법 및 항목	92
〈표 4-13〉 녹색도로등급 평가 기준 및 항목	93
〈표 4-14〉 기술 녹색도의 선정 기준	93
〈표 4-15〉 OECD DAC 평가기준	94
〈표 4-16〉 기후변화 대응 주요 건설사업 선정기준	95

〈표 4-17〉 新기후변화 대응 주요 건설사업(에너지)	97
〈표 4-18〉 新기후변화 대응 주요 건설사업(도시)	97
〈표 4-19〉 新기후변화 대응 주요 건설사업(건물)	98
〈표 4-20〉 新기후변화관련 건설사업(교통)	99
〈표 4-21〉 新기후변화관련 주요 건설사업(안전)	99
〈표 4-22〉 新기후변화관련 주요 건설사업(건설장비·자재)	100
〈표 4-23〉 기후변화 대응 주요 건설사업	101
〈표 5-1〉 저영향개발 신·재생에너지 건설사업	105
〈표 5-2〉 소규모 신·재생에너지 건설사업	105
〈표 5-3〉 지역별 맞춤형 신·재생에너지 건설사업	106
〈표 5-4〉 기존 시설을 활용한 에너지 생산 및 저감 건설사업	107
〈표 5-5〉 기후변화 대응 시스템 구축을 위한 건설사업	107
〈표 5-6〉 세부공종(전문업종)별 기후변화 대응 주요 건설사업	109
〈표 5-7〉 기후변화 대응 건설사업 발전을 위한 향후 과제	111

- 그림 목 차 -

[그림 2-1] 한반도의 기후변화	5
[그림 2-2] 한반도 기온 및 강수량 변화 전망	5
[그림 2-3] 기후변화로 인한 피해	6
[그림 2-4] 기후변화 대응 R&D 관련 주요 정책수립 현황	14
[그림 2-5] 기후변화 협약 대응 정부 정책	15
[그림 2-6] 기후변화분야 정부연구개발비 투자 규모 및 비중 비교	28
[그림 2-7] 국가별·세부분야별 R&D 투자 규모(2014)	28
[그림 2-8] 주요국별 미션 이노베이션 이행 계획	29
[그림 2-9] 각국의 기술수준 및 기술격차년수	29
[그림 3-1] 국외 각 분야별 감축 기여율 통계	34
[그림 3-2] 건물 부문 에너지 원단위 및 총 소비량 변화 추세	35
[그림 3-3] 건물 부문 에너지 소비량 구성(최종에너지 기준)	36
[그림 4-1] '30년 국가 온실가스 감축목표	71
[그림 4-2] 2030년 부문별 목표 감축량	72
[그림 4-3] 기후변화 대비 건설 유망 Biz & 기술분야	84
[그림 4-4] ICT 기술융합을 통한 탄소절감 스마트 도시 건설	85
[그림 4-5] 기후변화대응 건설사업(신재생 에너지)	87
[그림 4-6] 기후변화대응 건설사업(물관리)	88
[그림 4-7] 기후변화대응 건설사업(열섬방지)	89
[그림 4-8] 기후변화대응 건설사업(열섬방지, 계속)	90

1. 연구의 필요성 및 목적

2015년 12월 12일 프랑스 파리에서 개최된 제21차 기후변화협약 당사국 총회(COP21)에서 신기후체제 합의문인 ‘파리 협정(Paris Agreement)’이 채택되었고, ‘55개국 이상’, ‘글로벌 배출량의 총합 비중이 55% 이상에 해당하는 국가가 비준’이란 두 가지 기준이 충족되면서 2016년 11월 4일부터 발효되었다. 파리협정은 2020년 만료 예정인 기존 교토의정서 체제를 대체하는 것으로, 전 세계 175개국이 비준하고 있으며, 이행 보고 및 검증에 대한 투명성과 구속력이 교토의정서에 비해 강화되었다. 우리 정부는 자발적 감축 목표(Intend Nationally Determined Contributions, INDC)로 2030년까지 온실가스 배출전망치의 37% 감축목표를 제시하였다. 감축목표 기간의 10년 연장과 함께 감축목표에 국제 탄소시장을 통한 감축분(11.3%)이 포함되어 국제적으로 공격적인 목표라고 평가되고 있다. 이에 따라 온실가스 감축목표를 달성하기 위해 정부는 다양한 분야에서 감축 정책 및 전략을 구축하고 실행하게 될 것이다.

국무조정실(2016)에 따르면 2030년 온실가스 감축량인 315백만톤 중 국내에서는 전환(발전), 산업, 건물 등 8개 부문에서 219만톤(BAU 대비 25.7%)의 감축을 목표로 하며, 건물부문은 '30년 35.8백만 톤을 감축목표로 제시하고 있다. 산업부문에서 건설업이 포함되어 있으나 세부 감축목표가 제시되어 있지는 않다. 그러나 건설산업은 전환, 산업, 건물, 기타 제조분야의 연관성이 높은 산업임을 감안할 때 온실가스 감축목표 달성을 위해 가장 중요한 역할을 담당해야 할 것이다.

이러한 배경 하에서 본 연구의 목적은 新기후변화협약에 따른 건설산업의 대응방안을 조사분석하고 시사점을 도출하여 앞으로의 발전방안을 제시하는 것이다. 이를 위해 에너지, 도시, 건물, 도로, 안전, 장비 및 자재 등 건설산

업과 관련된 전반적인 기후변화 대응방안을 포괄적으로 검토하고 각 부문별 주요 발전방안별로 기후변화 대응 주요 건설사업을 제안하였다.

2. 연구의 내용 및 구성

상기와 같이 조사연구를 통한 정책적 시사점 도출을 목적으로 하는 본 연구는 제1장 서론을 포함해 모두 다섯 개의 장으로 구분되어 있으며, 본 연구에서 제시하고 있는 주요 내용은 다음과 같다.

제2장은 기후변화와 기후변화협약에 대한 개념을 담고 있다. 먼저 기후변화의 정의와 발생원인, 기후변화에 따른 주요 환경변화에 대하여 알아보았다. 다음으로 기후변화협약의 시작부터 파리협정까지의 개괄적 내용과 파리협정의 주요 내용을 살펴보고, 마지막으로 국내외 기후변화 관련 주요 정책과 시사점을 정리하였다.

제3장에서는 기후변화와 건설산업의 관계 및 기후변화 관련 건설사업을 전반적으로 조사정리하였다. 기후변화와 건설산업의 각각에 미치는 영향관계와 기후변화 관련 건설사업의 총 리스트를 유형별로 정리하고 각각의 유형별 사업동향에 대하여 알아보았다.

제4장은 新기후변화협약 대응 주요 건설사업을 도출하는 단계로, 먼저 新기후변화협약에 대응한 국내 온실가스 감축목표와 주요 건설정책을 살펴보았다. 또한 최근 보도자료 및 연구보고서를 검토하여 기후변화와 관련된 건설산업의 주요 이슈를 파악하였다. 다음으로 주요 건설사업을 추출하기 위한 선정기준을 마련하고 이에 따라 新기후변화에 대응하는 주요 건설사업을 도출하였다.

마지막으로 제5장에서는 제2장의 기후변화와 기후변화협약, 제3장의 기후변화와 건설산업, 제4장의 新기후변화협약 대응 주요 건설사업 등의 연구내용을 토대로 시사점을 도출하고 해당 건설사업의 기술발전 및 사업확산을 위한 발전방안을 제시하였다.

본 장에서는 먼저 기후변화의 정의와 발생원인, 기후변화에 따른 주요 환경변화에 대하여 알아보았다. 다음으로 기후변화협약의 시작부터 파리협정까지의 개괄적 내용과 파리협정의 주요 내용을 살펴보고, 마지막으로 국내외 기후변화 관련 주요 정책과 시사점을 정리하였다.

1. 기후변화

기후변화(Climate Change)란 일정한 지역에서 장기간에 걸쳐서 진행되고 있는 기후의 변화를 말하며, 그 원인은 자연적 요인과 인위적 요인에 의한 것으로 구별할 수 있다. 기후변화에 영향을 미치는 자연적 요인은 거의 무한할 정도로 다양하지만, 내적으로는 대기, 해양, 육지, 설빙 같은 자연적 요소와 대기의 상호작용이, 외부적으로는 화산활동이나 태양활동의 변화로 인한 지구의 천문학적 작용이 대표적이다. 인위적인 기후변화 요인으로는 인간의 생활활동으로 인한 대기중의 온실가스 증가, 토지의 이용, 도시화와 산업화

〈표 2-1〉 기후변화의 발생 원인

요인		원인
자연적 요인	내적요인	• 대기·해양·육지·설빙·생물권 등
	외적요인	• 화산분화에 의한 성층권의 에어로졸(부유 미립자) 증가 • 태양 활동의 변화, 태양과 지구의 천문학적 상대위치 관계 등
인위적 요인		• 화석연료 과다 사용에 따른 이산화탄소 등 대기 조성의 변화 (온실효과에 의한 지구 온난화) • 인위적인 에어로졸에 의한 태양 복사의 반사와 구름의 광학적 성질의 변화(산란 효과에 의한 지구 냉각화) • 과잉 토지 이용이나 장작과 숲 채취 등에 의한 토지 피복의 변화 등
국지적 요인		• 인공 열 등에 의한 도시 기후의 변화 등

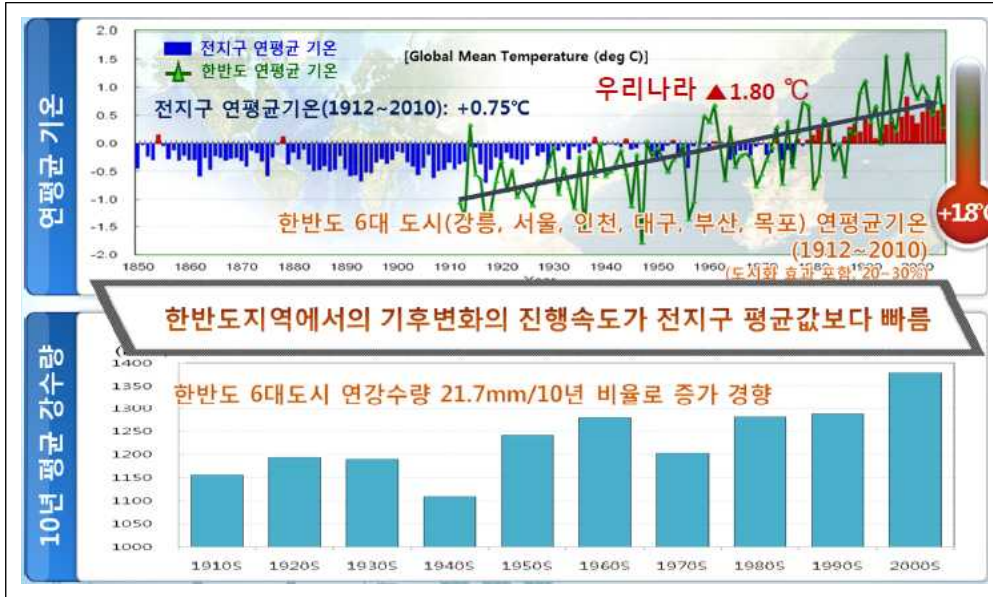
자료: 강운산(2016), 기후변화협약과 건설산업의 대응방안.

로 인한 토지의 변화, 도시의 건설, 산림벌목으로 인한 산림 파괴가 대표적인 원인으로 꼽힌다.

지구의 평균기온은 1906년부터 2005년까지 100년동안 0.74℃ 상승했다. 현재와 같은 추세로 지구 온난화가 지속되면 21세기 말에는 약 1.5~4.5℃의 기온이 상승할 것으로 예상되며, 2100년의 해수면은 현재보다 15~95cm 상승할 전망이다. 이러한 기후의 변화로 인한 해수면 상승·자연재해·생태계 변화는 환경·에너지·자원 위기에 직면하게 하여 인간의 삶에 막대한 영향을 미칠 것이다.

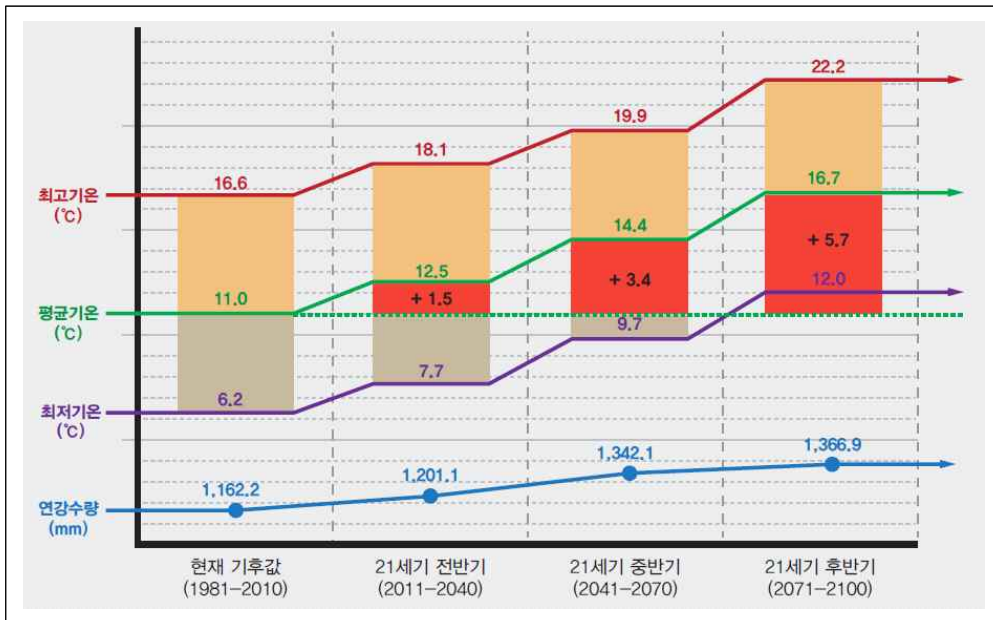
한반도의 2010년 연평균 기온은 1912년 대비 1.8℃ 상승했다. 동 기간 전 지구의 연평균기온이 0.75℃상승한 것과 비교해볼 때, 한반도 지역에서의 기후변화 진행속도가 매우 빠름을 알 수 있다. 이 추세로 봤을 때 21세기 후반 한국의 연평균 기온은 17.8℃로 현재보다 5.3℃ 증가할 것으로 예상된다. 이는 제주도의 연평균 기온보다 높은 수치이며, 한반도의 평균기온보다는 1.1℃ 높을 것으로 예상된다. 또한 한반도 6대도시의 연강수량은 21.7mm/10년 비율로 증가하는 경향을 보이고 있는데, 21세기 후반의 강수량은 현재 1,308mm에서 241mm 증가한 1,549mm로 예상되며 강원도 영동지역의 경우에는 2,000mm에 육박할 것으로 보인다.

또한 한국 기후변화 평가보고서(환경부, 2014)에 따르면 우리나라의 연평균 기온은 1954년부터 1999년에는 0.23℃/10년, 1981년부터 2010년에는 0.41℃/10년, 2001년부터 2010년에는 0.5℃/10년으로 지속적인 증가를 보였으며, 우리나라 주변 해양에서의 수온과 해수면 상승률은 전 지구 평균인 0.85℃, 1.4mm/년 보다 약 2~3배 높은 것으로 관측됐다. 이러한 기후변화로 인해 한반도에는 생태계 분포와 종 변화, 식량생산 저하, 질병발생 및 사망자 증가, 지역별·산업별 갈등 증가 등 다양한 분야에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 기후변화의 주요 원인은 인위적인 온실가스 증가와 화석연료의 연소, 토지이용의 변화로 인한 대기 중 이산화탄소 농도증가로 분석됐다.



자료: 박수진(2016), 신기후체제와 기후변화대응 건설산업

[그림 2-1] 한반도의 기후변화



자료: 기상청(2012), 한반도 기후전망 보고서

[그림 2-2] 한반도 기온 및 강수량 변화 전망(온실가스 고배출 시나리오)

국립기상연구소(2008)는 2100년대에 한반도 전 지역에 대하여 현재 대비 폭염일수가 30.2일(5.7배), 열대야 일수가 37.2일(27.5배), 집중호우일수 2.8일(2.5배)로 증가될 것으로 전망하였다. 이러한 기후변화의 영향으로 물과 식량의 부족, 건강과 생태계에 악영향을 줄 것으로 예상되며 현재와 같은 추세가 지속되면, 향후 100년간 기후변화로 인한 우리나라의 피해액은 천문학적인 금액이 될 것이다.



자료: 박수진(2016), 신기후체제와 기후변화대응 건설산업

[그림 2-3] 기후변화로 인한 피해

2. 기후변화협약

1) 개요

‘기후변화협약(UNFCCC)’은 지구온난화 문제를 전 지구적 차원에서 공동대응하기 위하여 1992년 브라질 리우회의에서 채택한 환경협약으로 ‘인간이 기후 체계에 위험한 영향을 미치지 않을 수준으로 대기 중의 온실가스 농도를 안정화 시키는 것’을 목표로 하여 1994년 정식으로 발효되었다. 초기 기후변화협약은 감축의무를 어떠한 방식으로 이행해야 하는지 구체적으로 규정하고 있지 않았기에 교토의정서를 채택하여 온실가스 감축에 대한 구체적인 방안을 제시하였다. 교토의정서를 통해 이산화탄소를 15억 톤 이상 감축하고 비용도 절감하는 등 여러 성과를 거두기도 했지만 많은 국가들이 불참하거나 중간에 탈퇴하는 등 지속가능 여부가 불확실하다는 한계가 있었다. 파리협정은 이러한 교토의정서의 한계를 극복하기 위해 이루어졌다.

〈표 2-2〉 기후변화협약 연혁

연도	구분	내용
1992	유엔기후변화협약 채택 (1994년 발효)	환경개발회의(UNCED)에서 서명을 시작
1997	(COP3) 교토의정서 채택 (2005년 발효)	2008~2012년까지 선진국의 온실가스 배출량을 1990년도 수준에 대비하여 5.2% 감축하도록 규정
2007	(COP13) 발리행동계획 채택	교토의정서 제1차 공약기간 이후에 적용될 합의문을 채택하기 위한 Post-2012협상 시작
2009	(COP15) 코펜하겐 총회	국가 간 의견 차이와 협상 과정상의 문제로 협상 결렬
2011	(COP17) 더반 총회	교토의정서 제2차 공약기간을 2013년부터 2020년까지로 정하였으며, 신기후체제 수립을 위한 Post-2020 협상 개시
2015	(COP21) 파리협정 채택	신 기후체제의 기반이 되는 파리협정 채택

자료: 환경부(2016), 파리협정 길라잡이 참조

2020년 이후 기후체계를 이끌 규범이 지난해 2015년 12월 COP21 당사국 회의에서 의결되었다. 이를 신기후 체계라 부르는 것은 1997년 결의되고 2005년 발효된 교토의정서의 공약기간이 2020년으로 완료되고 난 그 이후의 기후체계를 다루고 있기 때문이다. 교토의정서에 따른 1차 공약기간('08~'12), 그리고 2차 공약기간('13~'20)에 대한 평가는 그렇게 긍정적이지 못하다. 우선 미국이 감축 이행에 참여하지 않았고 많은 국가가 이행 약속을 지키지 못하였으며 불이행에 대한 구속력도 높지 않았기 때문이다. 이에 반해 파리협정은 전 세계 175개국이 비준하고 이행 보고 및 검증에 대한 구속력이 교토의정서에 비해 강화되었으며, 무엇보다도 온실가스 문제를 지구 윤리적 차원에서 다루는 것을 전 세계가 동의하였다는 점에 의미가 있다. 이는 지구온난화를 방지하기 위한 노력이 각국의 경제성장에 부정적 영향을 미칠 수 있지만 반드시 동참해야한다는 윤리적 의지가 반영된 것이다.

파리협정의 전문을 보면 신기후 변화체계는 형평성과 공동(common)을 기반으로 하되, 각국의 차별화된 책임과 역량에 대한 원칙을 설정하고 있다. 일률적인 감축 할당이 아닌 각국의 경제수준과 현실적 감축 역량을 인정함으로써 지난 교토의정서에서 문제되었던 선진국과 개도국의 부담 책임론을 해결하고자 하였다. 기후변화에 취약한 국가와 최빈국에 대한 재정지원과 기술 이전의 필요성을 언급하였으며, 모든 국가는 각국의 역량을 반영한 자발적 기여를 천명하고 있다. 특히 중요한 점은 다수의 가치를 협상문에서 최초로 명시하였으며, 식량안보, 기아 종식의 근본적 우선순위와 기후변화 영향에 대한 식량생산 시스템의 취약성 등을 강조함으로써 온실가스 감축 문제가 인류 공생의 문제임을 확인함과 동시에 이를 위한 공동의 노력을 하겠다는 의지를 표명하고 있다. 더욱이 기후변화 대응에 있어 인권, 건강권, 원주민 권리, 지역공동체, 이주민, 아동, 장애인, 취약계층, 개발권, 성 평등, 여성 역량강화, 세대간 평등에 대한 당사국 의무를 적시하였으며 노동력의 정의로운 전환(just transition of the workforce), 어머니 지구(mother earth), 지속가능한 생활양식(sustainable lifestyle)등을 포함하는 등 인류가 직면하고 있는 보편적 주제를 기후변화와의 관계에서 명시하였다는 점이 주목받고 있

다(이승연, 2016).

파리협정에서는 산업화 이전 대비 지구 평균기온 상승을 2℃보다 상당히 낮은 수준으로 유지하고, 온도 상승을 1.5℃이하로 제한하는 것을 국제사회 공동의 장기목표로 수립하였다. 또한 목표 달성에 있어 각국의 다양한 여건을 감안하고, 공통의 그러나 차별화된 책임과 각국의 상이한 역량을 고려하도록 하고 있다.

〈표 2-3〉 교토의정서와 신기후변화체제 비교

국가	교토의정서(1997년)	신기후변화체제(2015년)
목표	온실가스 배출량 감축 (1차: 5.2%, 2차: 18%)	2℃목표, 1.5℃ 목표 달성 노력
범위	주로 온실가스 감축에 초점	온실가스 감축뿐만 아니라 적응 재정지원, 기술이전, 역량배양, 투명성 등을 포괄
감축대상국가	37개국 선진국+유럽연합 참여 (중국, 미국, 러시아, 일본, 캐나다, 뉴질랜드 불참)	선진, 개도국 포함 모든 당사국
목표 설정방식	하향식(Top-down)	상향식(Bottom-up)
불이행시 징벌여부	징벌적(미달성량의 1.3배를 공약기간에 추가)	비징벌적
목표 선정기준	특별한 언급 없음	진전원칙
지속가능성	공약기간에 종료 시점이 있어 지속가능한지 의문	종료 시점을 규정하지 않아 지속가능한 대응 가능
행위자	국가 중심	다양한 행위자의 참여 독려
적용시기	1차 공약기간: 2008~2012년	2021년 이후 적용
	2차 공약기간: 2003~2020년	

자료: 환경부(2016), 파리협정 길라잡이; 왕광익(2016), 신기후체제에 대비한 국토·도시분야의 전략 및 과제.

2) 파리협정의 주요 내용¹⁾

파리협정은 신 기후체제에서 적용될 내용을 총 29개 조항에 담고 있으며, 목표와 의무 등 주요 내용을 담고 있는 조항은 아래와 같다.

〈표 2-4〉 파리협정의 주요 조항

조항	주요 내용
2조(목표)	산업화 이전 대비 온도 상승을 2℃이하로 유지하고 더 나아가 1.5℃까지 억제하기 위하여 노력
3조(총칙)	진전원칙으로 각 분야에 대한 NDC 제출
4조(감축)	세계적으로 조속하게 배출정점 달성 5년마다 NDC 제출 의무 / 이행은 국내에 맡김
5조(REDD+)	산림을 포함하여 온실가스 흡수원과 저장고 보전
6조(국제 탄소시장)	당사국들이 자발적으로 연계하여 온실가스 배출 감축량을 국제적으로 거래하는 것을 허용
7조(적응)	기후복원력을 높이고 기후변화에 대한 취약성을 감소시키기 위하여 적응 능력을 배양
8조(손실과 피해)	기후변화로 발생한 손실과 피해 문제의 중요성
9조(재원)	선진국은 선도적으로 개발도상국을 위한 재원을 조성·제공하고 다른 국가는 자발적으로 참여
10조(기술)	감축과 적응을 위하여 기술을 개발하고 개발한 기술을 이전하는 행위의 중요성 강조
11조(역량배양)	개발도상국의 역량을 배양하기 위하여 노력
13조(투명성)	감축·적응 행동 및 지원에 대하여 투명성 강화
14조(글로벌 이행점검)	5년 단위로, 세계적으로 이행을 점검
15조(이행·준수 메커니즘)	당사국이 파리협정을 이행하고 준수하도록 하기 위한 위원회를 설립하고 운영

자료: 환경부, 보도자료(2016.11.07.), 2016

◦ 파리협정의 비준과 법적 구속력

파리협정은 국제법 상의 협약으로 법적 구속력을 갖게 되었다. 파리협정은

1) 자료: 이승언(2016), 건물 온실가스 감축 체제의 해외 동향 및 정책방향.

비준, 동의 승인의 대상(Article 20.1)이며, 세계 온실가스 배출량의 최소 55%를 배출하는 최소 55개국 승인을 전제로 발효한다고 되어 있다.

- 장기 감축목표와 국가별 역량차이 인정

국가별로 상이한 조건 및 역량에 따른 차이는 인정하지만 국가별 책임을 강조(Article 4)하고 있다. 선진국은 절대목표 제시를 의무화하고, 개도국은 절대목표 제시를 권장사항으로 두는 것은 이전의 교토의정서에서 Annex 1 국가(선진국) 및 Non-Annex 국가(개도국)로 이분법적으로 구분하였던 방식과 차이가 있다. 또한 모든 당사자 국가는 의욕적인 노력(ambitious efforts)을 하여야 함을 명시(Article 3)하여 온실가스 감축에 대한 책임을 다시 한 번 강조하고 있다.

- 국가기여(NDCs)와 이행 점검(Global Stocktake)

감축목표의 설정은 각 국가별 자발적으로 설정하지만, 설정 후 이 수치보다 후퇴할 수 없다는 래칫메커니즘(ratchet mechanism) 개념을 도입하고 있다. 설정된 목표는 후퇴할 수 없으며 항상 목표는 상향성을 유지하여야 한다는 원칙이다. 이를 위하여 개별국가가 주기적으로 제출하는 국가기여(NDCs; Nationally Determined Contributions)는 가장 높은 수준의 의지(high possible ambition)를 반영하여야 하며, 이전 수준의 기여보다 진전된 내용이어야 함(Article 4.3)을 명시하고 있다. 아울러 당사국들은 매 5년 주기로 UN기후변화협약사무국에 NDCs를 제출하여야 한다(Article 4.9). 각 국가가 제출한 NDCs에 대한 이행 점검(Global Stocktake)과 실행 수준(Implementation and Compliance)에 대한 조항이 파리협정의 가장 강력한 부분이라고 볼 수 있다.

- 탄소거래(Carbon Trading)

온실가스 감축은 자국 시장만의 노력으로 달성되기가 어렵기 때문에 탄소 시장 확대를 위한 국가간 탄소거래 방식을 파리협정은 제시하고 있다. 기본

적인 개념은 자발적 협력 방식(voluntary base in cooperative approaches)이며 당사국들은 국가기여(NDCs) 달성을 위해 배출권 거래를 통한 협력방식을 선택할 수 있도록 하고 있다(Article. 6.2, 6.3). 또 다른 하나는 지속가능발전 메커니즘(sustainable development mechanism)이며 특정국가의 온실가스 감축성과는 다른 국가의 국가기여(NDCs) 달성에 활용될 수 있다. 그러나 한 국가의 국가기여(NDCs)에 적용된 감축활동은 호스트 국가의 국가기여(NDCs)에 사용될 수 없도록 하고 있다(Article 6.5).

◦ 적응(Adaptation), 손실과 피해(Loss and Damage)

기후변화 대응에 따른 부정적 영향으로 발생하는 손실과 피해의 회피 및 최소화, 해결에 대한 중요성을 인정하고 기후변화협약 협정에서 최초로 공식 명시하였다(Article 8). 그러나 손실과 피해 메커니즘에서 법적 책임과 보상은 배제하고 있다(COP결정문 52조).

◦ 재정(Financing)

파리협정은 선진국의 책임을 강조하고 있으며, 이를 위하여 선진국들은 개도국 등에 대한 재정지원을 선도(의무)하도록 하고 있으며, 기후 재정은 과거의 노력보다 진전된 수준이 되어야한다고 규정하고 있다(Article 9.3). 그러나 국가별 재정지원 금액, 방식 등 구체적 내용은 이번 협정내용에는 반영하지 않고 있다. 개도국에 대해서는 자발적으로 기후 재정을 제공할 수 있다고 명시하고 있다.

◦ 투명성(Transparency)

모든 당사국은 온실가스 배출과 흡수에 관한 인벤토리 보고서 및 국가기여(NDCs)의 진전을 추적할 수 있는 정보를 정기적으로 제공하여야 한다(Article 13.7). 투명성 관련 정보는 최소한 2년 마다 제공하여야 한다(COP결정문 91조).

이와 같이 기후변화협약은 온실가스를 감축하기 위한 국제적인 노력으로, 파리협정을 통한 신 기후변화체제를 통해 더욱 강화된 상황이다. 특히, 선진국을 중심으로 개발도상국까지 자발적인 국가기여(NDCs)를 설정하고 이에 대한 이행과 실행 수준을 점검하는 것은 파리협정의 가장 강력한 부분인 것이다. 따라서 우리나라에서 설정한 국가기여(NDCs)를 이행하기 위한 구체적 목표와 전략이 신속히 마련되어 국제적 협약이행을 선도하는 국가적 위상을 높이는 것이 필요하다.

3. 국내외 기후변화 대응 주요 정책²⁾

앞서 알아본 기후변화협약과 관련된 국내외 주요 대응정책을 살펴보고 비교분석하여 국내 기후변화 정책의 현 수준을 진단하여 보았다. 국외 주요 국가는 미국, 프랑스, 영국, 일본, 중국을 대상으로 하였고, 1)기후정책 동향과 2)정부 R&D 투자 동향을 살펴보았다.

1) 한국

3.1.1. 기후정책 동향

- 기후변화 대응 종합 기본계획, 2008

교토의정서(1997) 이후 기후변화 협약 대응 종합대책을 수립·추진하였으나, 2007년 12월 발리 로드맵 채택을 계기로 보다 본격적인 기후변화 대응에 박차를 가하여, 총리실 주도 하에 저탄소 사회로의 전환을 목적으로 ‘기후변화 대응 종합 기본계획(2008)’을 수립하였다.

- 녹색기술 연구개발 종합대책, 2009

2) 자료: 전은진(2016), 주요국별 기후변화 대응 정책 및 정부 R&D 투자 분석.

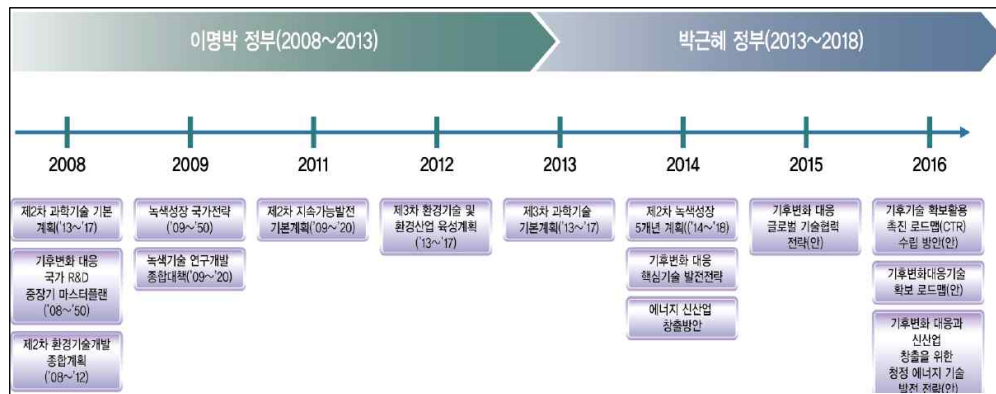
이명박 대통령은 저탄소 녹색성장을 정책 기조로 제시하여, 온실가스 감축과 新성장동력 창출을 동시에 추구하는 녹색성장 정책을 강력 추진하고 녹색 기술을 녹색성장을 견인하는 구심점으로 간주하여 범부처 차원의 체계적인 육성을 위한 ‘녹색기술 연구개발 종합대책(2009)’ 및 상용화 전략 로드맵을 수립하였다.

◦ 저탄소-녹색성장 기본법, 2010

저탄소-녹색성장 기본법(2010)의 제정을 통해 온실가스 감축 등 기후변화 대응관련 정책의 추진근거를 마련하였다. 이외 지속가능성장 기본계획, 환경 기술개발 종합계획 등을 통해서 기후변화 대응관련 기술 분야에 대한 정책 방향을 제시하였다.

◦ COP21, 2015

2009년 정부는 ‘2020년 배출전망치 대비 30% 감축’의 목표를 제시한 바 있으나, INDC로서는 2030년 배출전망치 대비 37% 감축목표를 제시하였다. 감축목표 기간의 10년 연장과 함께 감축목표에 국제 탄소시장을 통한 감축 분(11.3%)이 포함되어 당초 목표 대비 후퇴했다는 국내 비판이 존재하나, 국제적으로는 공격적인 목표로 평가되고 있다.



자료: 녹색기술센터(2016), 주요국별 기후변화 대응 정책 및 정부 R&D 투자 분석

[그림 2-4] 기후변화 대응 R&D 관련 주요 정책수립 현황

◦ 제1차 기후변화대응 기본계획(2017~2032년)

2016년 제1차 기후변화대응 기본계획을 통해 정부는 저탄소녹색성장기본법 제40조에 의거하여 국제사회의 기후변화 대응 노력에 적극 동참하고 저탄소 사회구현 의지표명과 국제사회 협력강화, 신 기후체제에서 선제적 기후변화 대응을 위한 정책을 발표하였다. 기존의 관련계획은 감축정책 실현에만 중점을 둔 반면, 1차 기본계획은 감축과 기후변화 적응, 국제협력 등을 총망라한 첫 번째 종합계획임에 의의가 있다. 특히, 신 기후체제 하에서 우리나라의 2030 감축목표 달성을 위해 처음으로 업계·협회 등 정책수요자가 참여³⁾하여 감축 이행계획을 반영한 것에 큰 의의가 있다. 또한 급변하는 국내의 경제 여건과 국제 기후변화정책을 적기에 반영할 수 있도록 계획의 수정⁴⁾과 보완을 추진할 예정이다.

◦ 정부 정책 대응

현대건설(2016)의 기후변화 협약에 따른 정부 3개 부의 대응 정책을 정리한 자료를 살펴보면, 산업통상자원부는 신·재생 에너지 및 에너지 저감 기술을, 환경부는 친환경 개발과 기술, 미래창조과학부는 기후변화 대응 핵심기술에 대한 R&D를 중심으로 정책을 추진하고 있다.

산업통상자원부	환경부	미래창조과학부
<ul style="list-style-type: none"> ■ 2030 에너지 신산업확산 전략 ■ E-프로슈머(생산·소비자) 활성화(주거) ■ 저탄소 발전사업 확대(전력) ■ 전기자동차 확산(수송) ■ 친환경 공정 신사업 창출(산업) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 신기후 체제를 성장기회로 활용 <ul style="list-style-type: none"> · 친환경에너지 타운 → 신농촌 개발 모델 · 탄소제로섬 모델 개발 · 친환경 자동차 보급 · 물산업클러스터 적기 조성 ■ 사업장 환경관리 혁신 ■ 미세먼지 저감 강화 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 기후변화대응 핵심기술 R&D 성과 선정 <ul style="list-style-type: none"> · 세계 시장 주도 가능 성과 : 태양전지, 연료전지 소자, 사업화 지원 · 단기 시일 내 적용 가능 성과 : 건물 창호용 반투명 태양 전지, 가사도 에너지 자립섬 · 기타 : 바이오부탄올 생산기술 개발 · CSS, 차세대 원전기술 개발 분야

자료: 현대건설(2016), 기후변화 협약 파리협정에 따른 건설사 대응 전략.

[그림 2-5] 기후변화협약 대응 정부 정책

3) (중전) 정부 주도 Top-down → (1차) 민간 참여 Bottom-up 방식

4) 기후변화대응의 기본원칙에 따라 20년 계획기간으로 하는 「기후변화대응 기본계획」을 5년마다 수립·시행 예정.

3.1.2. 정부 R&D 투자 동향

OECD 정부연구개발비 통계상 최근 5년간 우리나라의 기후변화 대응 R&D 투자 규모는 2010년 약 1,938백만 달러 수준이었으나, 연평균 7.9% 씩 증가하여 2014년에는 2,629백만 달러 규모로 확대되었다.

〈표 2-5〉 우리나라의 기후변화 대응 관련 R&D 투자 규모(2010~2014)

(단위 : 백만 ppp달러)

구분	2010	2011	2012	2013	2014
기후변화 대응 관련 R&D 투자(A)*	1,938	2,420	2,336	2,482	2,629
전체 R&D 투자(B)	16,300	17,424	18,744	19,677	20,160
기후변화 대응 관련 R&D 투자 비중(A/B)	11.9%	13.9%	12.5%	12.6%	13.0%

*NABS(2007) 분류 기준 에너지, 환경, 지구탐사 및 활용 등 3개 분야 합산액으로 산출

자료: OECD Science, Technology and R&D Statistics DB

2014년도 세부분야별 투자 현황을 살펴보면, 기후변화 대응 R&D 투자액인 2,629백만 달러 중 에너지 분야에 가장 많은 금액인 1,825백만 달러가 투자되고 있다.

〈표 2-6〉 세부 분야별 정부 R&D 투자 규모(2011~2015)

(단위 : 백만 ppp달러)

구분	2010	2011	2012	2013	2014	연평균 증가율
에너지	1,380	1,644	1,624	1,733	1,825	7.2%
환경	337	452	437	447	474	8.9%
지구탐사 및 활용	222	324	275	302	331	10.5%
총 합계	1,938	2,420	2,336	2,482	2,629	7.9%

자료: OECD Science, Technology and R&D Statistics DB

2) 미국

2.2.1. 기후정책 동향

- Climate Action Plan, 2013

오바마 대통령의 재선성공 이후의 2기 행정부에서 기후변화-에너지 정책의 방향을 제한 것으로, 미국의 온실가스 감축목표를 2020년까지 미국에서 배출되는 온실가스 배출량을 2005년 대비 17% 감축할 것을 공표하였다.

- Clean Power Plan(청정전력계획), 2015

Climate Action Plan(2013)의 후속조치로서 환경보호청 주도 하에 역사상 가장 강력한 기후변화 방지대책을 발표하였다. 미국 내 기존 석탄화력발전소는 2030년까지 2015년 대비 32% 온실가스 감축목표를 제시하고 있다. 2014년 이후에 건설된 석탄-가스 화력발전소에 1,400~2,000lb/MWh의 배출상한선이 적용된다.

- COP21, 2015

2024년까지 2005년 수준 대비 28% 이산화탄소를 감축하는 목표로, 제21차 UN 기후변화협약 당사국 총회(COP21)에서 청정에너지 분야 연구개발을 확대하는 등 청정에너지 혁신을 추진하기 위한 협의체로서 Mission Innovation 출범을 주도하고 투자확대 계획을 제시하였다.

- 파리 기후협정 탈퇴, 2017.06

트럼프 대통령 취임 이후 미정부는, 파리 기후협정은 중국과 인도에게는 엄격하지 않고, 미국에게만 과도한 부담을 지우게 해 부당한 협정이라는 이유로 탈퇴하였다.

2.2.2 정부 R&D 투자 동향

OECD 정부연구개발비 통계상 최근 5년간 미국의 기후변화 대응 관련 R&D 투자 규모는 2012년 약 4,125백만 달러 수준이었으나, 연평균 6.6% 씩 증가하여 2016년 5,322백만 달러 규모로 확대되었다.

〈표 2-7〉 미국의 기후변화 대응 관련 R&D 투자 규모(2012~2016)

(단위 : 백만 ppp달러)

구분	2012	2013	2014	2015	2016
기후변화 대응 관련 R&D 투자(A)*	4,125	4,111	4,355	4,447	5,322
전체 R&D 투자(B)	143,737	132,477	136,160	137,173	146,478
기후변화 대응 관련 R&D 투자 비중(A/B)	2.9%	3.1%	3.2%	3.2%	3.6%

*NABS(2007) 분류 기준 에너지, 환경, 지구탐사 및 활용 등 3개 분야 합산액으로 산출

자료: OECD Science, Technology and R&D Statistics DB

2016년도 세부분야별 투자 현황을 살펴보면, 기후변화 대응 관련 R&D 투자액인 5,322백만 달러 중 에너지 분야에 가장 많은 금액(2,992백만 달러)이 투자되고 있다.

〈표 2-8〉 세부 분야별 정부 R&D 투자 규모(2012~2016)

(단위 : 백만 ppp달러)

구분	2012	2013	2014	2015	2016	연평균 증가율
에너지	2,231	2,289	2,407	2,427	2,992	7.6%
환경	569	540	545	528	535	-1.5%
지구탐사 및 활용	1,325	1,282	1,403	1,492	1,795	7.9%
총 합계	4,125	4,111	4,355	4,447	5,322	6.6%

자료: OECD Science, Technology and R&D Statistics DB

3) 프랑스

2.3.1. 기후정책 동향

- 원자력 의존율 하향조정 공약(올랑드), 2012

프랑스는 전통적으로 에너지 믹스 내 원자력 비중이 가장 높았으나, 올랑드 대통령의 취임(2012) 이후 신재생 에너지 중심으로 한 에너지 정책으로 전환을 추진 중이다.

- * 원자력 비중 변화 : 75%(2012) → 50%(2025)

- SNR France Europe 2020, 2015

올랑드 대통령 취임 이후에 기존 국가연구전략의 차기계획인 'SNR France Europe 2020(2013)'을 수립하였으나, 전략 우선순위 등에 대한 재검토를 시행(2015)하였다. EU의 Horizon 2020과의 호환성을 높이기 위한 목적으로 수립되었으며, 기후변화·에너지·환경이외에도 과학기술 전 분야를 포괄하고 있다.

- 녹색성장을 위한 에너지 전환법, 2015

상기 시책군을 집대성한 '녹색성장을 위한 에너지 전환법'을 제정하여 온실가스 감축 및 화석연료소비 저감, 원전 비중 축소 등 정량적 목표를 명문화하였다. 온실가스 감축목표는 EU의 목표치와 동일하게 1990년 대비 40%로 설정하고 있다.

〈표 2-9〉 '녹색성장을 위한 에너지 전환법'에서 명문화된 전략적 목표

연번	목표	연번	목표
1	2030년 온실가스 배출량을 1990년 대비 40% 삭감	4	2050년 최종 에너지 소비량을 50%로 삭감(2012년 대비)
2	2030년 화석연료 소비량을 2012년 대비 30% 삭감	5	매립 폐기물을 2050년까지 50% 감소
3	최종 에너지 소비에서 차지하는 신재생에너지 비중을 32%로 증가 (전략 생산 비중은 40%)	6	전력생산의 다각화를 통해 원전 비중을 2050년까지 50%로 감소

자료: Ministre de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer(2016)

2.3.2. 정부 R&D 투자 동향

OECD 정부연구개발비 통계상 최근 5년간 프랑스의 기후변화 대응 R&D 투자 규모는 2011년 약 1,689백만 달러 수준이었으나, 연평균 4.3%씩 증가하여 2015년에는 2,003백만 달러 규모로 확대되었다.

〈표 2-10〉 프랑스의 기후변화 대응 관련 R&D 투자 규모(2011~2015)

(단위 : 백만 ppp달러)

구분	2011	2012	2013	2014	2015
기후변화 대응 관련 R&D 투자(A)*	1,689	1,582	1,788	1,523	2,003
전체 R&D 투자(B)	17,788	16,369	17,080	16,899	16,954
기후변화 대응 관련 R&D 투자 비중(A/B)	9.5%	9.7%	10.5%	9.0%	11.8%

*NABS(2007) 분류 기준 에너지, 환경, 지구탐사 및 활용 등 3개 분야 합산액으로 산출

자료: OECD Science, Technology and R&D Statistics DB

2015년도 세부분야별 투자 현황을 살펴보면, 기후변화 대응 R&D 투자액인 2,003백만 달러 중 에너지 분야에 가장 많은 금액(1,231백만 달러)이 투자되고 있다.

〈표 2-11〉 세부 분야별 정부 R&D 투자 규모(2011~2015)

(단위 : 백만 ppp달러)

구분	2011	2012	2013	2014	2015	연평균 증가율
에너지	1,231	1,109	1,229	1,057	1,231	0.0%
환경	300	317	353	312	574	17.6%
지구탐사 및 활용	159	156	205	153	197	5.6%
총 합계	1,689	1,582	1,788	1,523	2,003	4.3%

자료: OECD Science, Technology and R&D Statistics DB

4) 영국

2.4.1. 기후정책 동향

◦ Climate Change Act, 2008

영국의 온실가스 감축목표 설정 및 기후변화 적응력 강화를 위한 제도적 기반으로 기후변화법이 수립되었다. 국제사회에서 영국의 강력한 리더십 확보 및 산업계가 확신을 가지고 투자와 계획을 세울 수 있도록 경제·사회적 인센티브를 제공하고 있다.

* 감축목표: 1990년 대비 2020년까지 26%, 2050년까지 80%의 이산화탄소를 감축

* 세계 최초로 온실가스 감축목표에 법적 구속력 부여

◦ 영국의 EU 탈퇴(BREXIT)

BREXIT는 향후 영국의 기후변화 대응 정책방향 등에 대한 검토의 계기가 될 것으로 전망된다. 당초 영국의 온실가스 감축목표는 EU와 동일하였으나, EU탈퇴로 인해 독자적인 온실가스 감축 목표를 수립할 가능성이 존재한다.

* 감축목표: 2030년 배출량을 1990년 대비 40%로 감축

2.4.2. 정부 R&D 투자 동향

OECD 정부연구개발비 통계상 최근 5년간 영국의 기후변화 대응 R&D 투자 규모는 2010년 약 932백만 달러 수준이었으나, 연평균 6.8%씩 증가하여 2014년에는 1,213백만 달러 규모로 확대되었다. 전체 정부 연구개발비에서 기후변화대응 R&D 투자가 차지하는 비중은 6.9~8.3%의 수준이다.

〈표 2-12〉 영국의 기후변화 대응 관련 R&D 투자 규모(2010~2014)

(단위 : 백만 ppp달러)

구분	2010	2011	2012	2013	2014
기후변화 대응 관련 R&D 투자(A)*	932	962	933	1,187	1,213
전체 R&D 투자(B)	13,539	13,020	13,083	14,436	14,553
기후변화 대응 관련 R&D 투자 비중(A/B)	6.9%	7.4%	7.1%	8.2%	8.3%

*NABS(2007) 분류 기준 에너지, 환경, 지구탐사 및 활용 등 3개 분야 합산액으로 산출
자료: OECD Science, Technology and R&D Statistics DB

2014년도 세부분야별 투자 현황을 살펴보면, 기후변화 대응 R&D 투자(1,213백만 달러) 중 지구탐사 및 활용 분야에 가장 많은 금액(512백만 달러)이 투자되고 있다.

〈표 2-13〉 세부 분야별 정부 R&D 투자 규모(2010~2014)

(단위 : 백만 ppp달러)

구분	2010	2011	2012	2013	2014	연평균 증가율
에너지	109	132	154	347	360	34.9%
환경	405	392	366	409	341	-4.2%
지구탐사 및 활용	418	438	412	431	512	5.2%
총 합계	932	962	933	1,187	1,213	6.8%

자료: OECD Science, Technology and R&D Statistics DB

5) 일본

2.5.1. 기후정책 동향

- 환경·에너지 기술혁신계획, 2013

2050년경 현재 대비 온실가스 배출량 50% 삭감목표를 달성하기 위해 구체적인 혁신 기술개발 로드맵을 제시하고 있다.

- * 2030년까지의 중장기 기간을 대상으로 기술로드맵 및 시책 제시

- COP21, 2015

자발적 기여방안(INDC)으로서 2030년도 온실가스 배출량을 2013년도 대비 26% 감축하는 목표를 국제사회에 제시하였다. 에너지 믹스와의 정합성, 기술적 제약, 비용 면에서의 과제 등을 고려한 정책·시책 및 기술을 통해 실현가능한 감축목표로 평가되고 있다.

- * 약 10억 4,00만ton의 이산화탄소에 해당

- NESTI 2050, 2016

COP21 이후 아베 총리는 에너지·환경 분야의 혁신적 기술개발을 위해 새로이 '에너지·환경 이노베이션 전략'을 수립하였다. 2050년까지의 장기적 관점에서 수립되었으며, 정부 주도로 추진되어야 하는 High-Risk, High Impact 기술을 위주로 선정되었다. 공백 영역을 최소화하기 위해 에너지 밸류체인 관점에서 에너지·환경 분야를 조망하여 필요한 기술들을 검토한 후 기대효과를 기준으로 평가한다.

2.5.2. 정부 R&D 투자 동향

OECD 정부연구개발비 통계상 최근 5년간 일본의 기후변화 대응 R&D 투자 규모는 2011년 약 5,363백만 달러 수준이었으나, 2015년에는 4,652백

만 달러 규모로 감소하였다. 미션 이노베이션의 일환으로 최근 2016년도 투자액인 450억 엔을 기준선으로 하여 2021년까지 900억 엔으로 투자를 확대할 계획이다.

〈표 2-14〉 일본의 기후변화 대응 관련 R&D 투자 규모(2011~2015)

(단위 : 백만 ppp달러)

구분	2011	2012	2013	2014	2015
기후변화 대응 관련 R&D 투자(A)*	5,363	5,278	5,507	5,303	4,652
전체 R&D 투자(B)	34,105	35,413	35,134	34,869	32,795
기후변화 대응 관련 R&D 투자 비중(A/B)	15.7%	14.9%	15.7%	15.2%	14.2%

*NABS(2007) 분류 기준 에너지, 환경, 지구탐사 및 활용 등 3개 분야 합산액으로 산출

자료: OECD Science, Technology and R&D Statistics DB

2015년도 세부분야별 투자 현황을 살펴보면, 기후변화 대응 R&D 투자액인 4,652백만 달러 중 에너지 분야에 가장 많은 금액인 3,557백만 달러가 투자되고 있다.

〈표 2-15〉 세부 분야별 정부 R&D 투자 규모(2011~2015)

(단위 : 백만 ppp달러)

구분	2011	2012	2013	2014	2015	연평균 증가율
에너지	4,522	4,022	4,159	4,214	3,557	-5.8%
환경	365	718	861	612	638	14.9%
지구탐사 및 활용	476	537	487	477	458	-1.0%
총 합계	5,363	5,278	5,507	5,303	4,652	-3.5%

자료: OECD Science, Technology and R&D Statistics DB

6) 중국

2.6.1. 기후정책 동향

◦ 에너지 발전전략 행동계획(2014~2020), 2014

중국의 국무원은 ‘에너지 발전전략 행동계획(2014~2020)’을 통해 제13차 5개년 계획의 중점과제로서 신재생 에너지 비중 확대를 설정할 예정임을 명시하였다. 중국의 에너지 믹스에서 가장 비중이 높은 석탄 비중을 2020년까지 62% 이내로 억제할 것을 목표로 설정하고 있다.

〈표 2-16〉 기후변화 대응에 대한 중국정부의 입장 변화 배경

기후변화로 인한 경제적 손실 고려	◦ 기후변화로 인한 잦은 재해 등이 향후 국가발전에 중대한 영향을 미칠 것이라는 인식
외교정책 기조의 전환	◦ 제21차 기후변화협약 당사국총회(COP21)를 통해 선진국과 개도국이 모두 참여하는 新기후체계(Post-2020)에 능동적으로 참여하여 자국의 이해관계 적극 반영 ◦ 국제사회 구성원이자 책임있는 대국으로서 역할 수행 ◦ ‘중국의 꿈’을 실현하기 위한 평화롭고 안정된 국제적·지역적 환경 구축
지속가능한 발전전략 추구	◦ 중국의 경제성장 정책은 성장과 균형을 동시에 추구하는 방향으로 전환되어야 한다는 지도부의 인식 변화

자료: 외교안보연구소(2014) 내용 재정리

◦ 리커창 총리의 프랑스 방문, 2015

리커창 총리는 프랑스 방문기간 중 2030년 GDP 단위당 온실가스 배출량을 2005년 대비 60~65%로 감축할 예정임을 발표하였다(2015. 6). 발표내용은 2015년 11월 유엔기후변화협약에 제출한 INDC에 그대로 반영되었다.

◦ 에너지기술 혁명·혁신 행동계획(2016~2030), 2016

중국의 국가발전개혁위원회와 국가에너지국은 2030년 글로벌 에너지 기술 강국 대열로의 진입을 목표로 하는 ‘에너지기술 혁명·혁신 행동계획(2016~

2030)’을 발표하였다(2016. 4). 본 계획에서는 중점 추진분야에 해당하는 15가지 ‘중점 업무’를 선정하여 기술혁신을 추진하고 있다.

* 무공해 석탄채굴 기술 혁신 등 화석연료 관련 기술군 포함

2.6.2. 정부 R&D 투자 동향

중국의 R&D 분야 투자는 지난 1993년 세계 총액의 2.2%에 불과했으나 2009년에는 12.8%까지 증가해, 미국에 이어 R&D 투자 세계 2위를 차지하였다(차이나데일리). 중국 정부의 3대 주요 국가계획으로 파악한 최근 5년간(2008~2012) 예산 투자규모는 다소 변동이 심한 편으로 나타났다. 중국도 역시 미션 이노베이션 참가국으로서, 2015년 투자액인 250억 위안을 기준선으로 하여 2020년까지 500억 위안 규모로의 투자확대계획이 제출된 상태이다.

〈표 2-17〉 중국 과학기술연구계획의 에너지·환경분야 투입자금 추이

(단위 : 만 위안)

구분		2008	2009	2010	2011	2012
3개 국가계획 투입자금 전 분야 총합		3,370,016	3,087,530	3,354,878	1,496,238	2,521,728
에너지 생산·분배 및 합리적 이용	합계	618,042	580,225	574,609	261,404	571,035
	973계획	29,909	32,972	34,892	25,892	43,860
	863계획	272,602	269,336	264,870	132,841	371,532
	국가과학기술지원계획	315,531	58,023	274,847	102,671	149,447
환경보호· 오염방지	합계	180,263	201,468	224,486	127,674	178,353
	973계획	16,873	20,385	27,272	18,920	18,466
	863계획	61,799	57,242	67,946	43,008	66,034
	국가과학기술지원계획	101,591	20,147	129,268	65,747	81,577

자료: 중국은 OECD 비회원국이므로 GBAORD 통계자료가 존재하지 않아, JST(2015)의 통계자료 재인용

7) 시사점

◦ 기후변화 관련 정책 동향 비교

우리나라의 기후변화에 대한 체계적인 정책수립 착수시점과 주요국의 본격적인 기후변화 대응시점 사이에는 큰 격차가 없는 상태로 나타났다. 우리나라의 정책범위를 살펴보면, 국가 전체 시스템보다는 특정 기술군을 대상으로 정책을 수립·추진하는 경향을 보였다. 감축목표에서 우리나라는 국제 탄소시장을 통한 감축을 포함하는 등 INDC 제출국 중 가장 도전적인 수준의 온실가스 감축목표를 제출한 상태이다. 앞으로 당사국들은 스스로 정한 감축목표(NDC)를 5년마다 제출하여야 하며, 이때 새로운 NDC는 이전보다 더 높은 수준의 목표를 담고 있어야 한다. NDC를 달성하기 위하여 어떤 방법을 선택하는 지는 각 당사국에게 맡겨져 있다.

〈표 2-18〉 주요국의 NDC 비교표

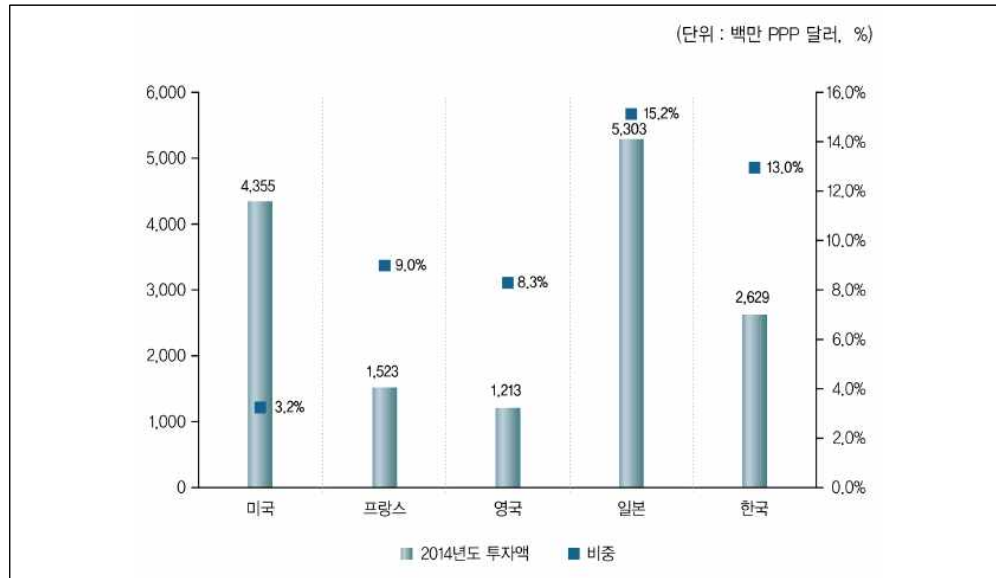
국가명	감축목표(%)	목표 연도	기준 연도	목표 유형*	국제탄소시장활용
대한민국	37	2030	-	BAU	○
미국	26~28	2025	2005	절대량	X
중국	60~65	2030	2005	집약도	언급 없음
EU	40	2030	1990	절대량	X
러시아	25~30	2030	1990	절대량	X
일본	26	2030	2013	절대량	○
인도	33~35	2030	2005	집약도	○
캐나다	30	2030	2005	절대량	○
호주	26~28	2030	2005	절대량	언급 없음
멕시코	(無조건)25 (조건부)40	2030	-	BAU	○
스위스	50	2030	1990	절대량	○

*목표유형: 절대량(기준연도 배출량에 대비하여 목표 설정), BAU(목표연도의 배출전망치에 대비하여 목표 설정), 집약도(국내총생산 1단위 당 온실가스 배출량을 기준으로 목표 설정)
 자료: 환경부(2016), 파리협정 길라잡이; 왕광익(2016), 신기후체제에 대비한 국토·도시분야의 전략 및 과제.

◦ R&D 투자 비교·분석

기후변화 대응 R&D 투자에서 우리나라는 비교군 내에서도 공격적인 기후

변화 대응 R&D 투자를 추진 중에 있다. 세부분야별 투자를 살펴보면, 우리나라를 포함한 대부분의 국가에서 에너지 분야에 투자를 집중하는 경향을 보였다.



자료: OECD Science, Technology and R&D Statistics DB 활용.

[그림 2-6] 기후변화분야 정부연구개발비 투자 규모 및 비중 비교(2014)



자료: OECD Science, Technology and R&D Statistics DB 활용.

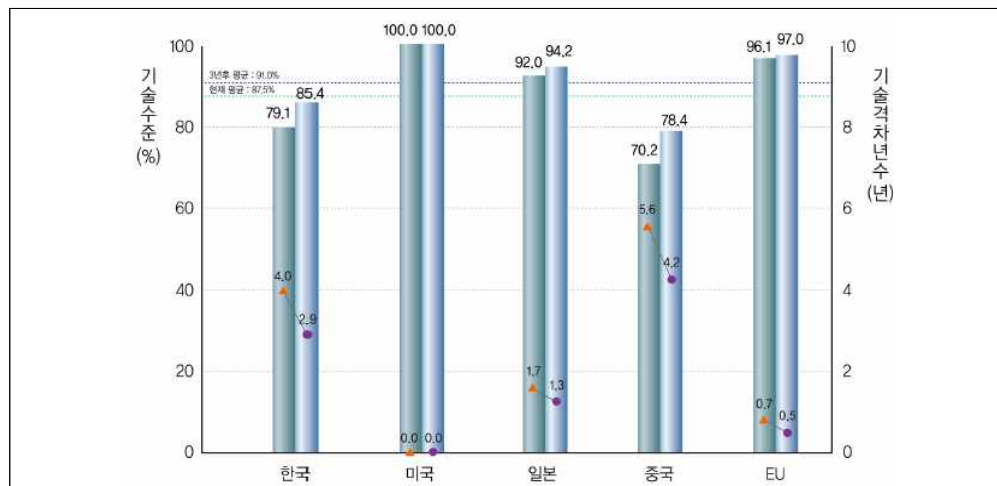
[그림 2-7] 국가별·세부분야별 R&D 투자 규모(2014)

미션 이노베이션 투자 계획에서는 미국·중국을 제외하면, 단순 투자규모상으로 우리나라의 청정에너지 R&D 투자는 타 주요국과 큰 격차가 없는 상태였다. 기술 수준은 중국 이외의 주요국이 우리나라에 비해 상대적으로 높은 기술역량을 보유하고 있는 것으로 평가되었다.



자료: 녹색기술센터(2016), 주요국별 기후변화 대응 정책 및 정부 R&D 투자 분석; Mission Innovation Secretariat(2016).

[그림 2-8] 주요국별 미션 이노베이션 이행 계획



자료: 2015년도 녹색기술 수준조사

[그림 2-9] 각국의 기술수준 및 기술격차년수

본 장에서는 기후변화와 기후변화협약에 대한 기본 개념 및 추진 과정과 주요 국가들의 기후변화 관련 정책을 검토하였다. 기후변화는 한반도 지역에서 보다 빠르게 진행되고 있으며, 기후변화로 인한 우리나라의 누적피해는 향후 100년간 약 2,800조원에 이를 것으로 분석되는 등 그 피해는 매우 클 것으로 예측된다.

기후변화로 발생하는 문제는 개별 국가차원이 아닌 전 지구적 차원의 공동 대응이 필요함에 따라 1992년부터 국제적 협약이 이루어졌으며, 최근 파리협정을 통해 법적 구속력이 크게 강화된 실정이다. 우리나라 또한 파리협정의 당사국으로 2030년까지 온실가스의 자발적 감축목표(NDCs)를 설정하고 이를 달성하기 위한 국내·외 감축전략을 제시·실행하여야 한다. 특히, 이러한 감축 목표와 전략 및 실행은 투명한 정보제공을 기반으로 국제적인 거래와 협력·지원이 포함되어야 한다.

우리나라는 2008년 ‘기후변화 대응 종합 기본계획’을 시작으로 2016년 ‘제1차 기후변화대응 기본계획(2017년~2032년)’에 이르기까지 기후변화에 대응하는 국제적 노력에 발맞추기 위해 다양한 정책 및 전략, 제도 마련 등을 수행하였다. 국외 주요국의 본격적인 기후변화 대응시점과 비교하여도 큰 격차가 없이 시작되었으며, 감축목표(NDCs)에 있어서도 매우 도전적인 수준인 것으로 나타났다. 또한 R&D 투자 비교·분석결과, ‘기후변화 대응 관련 분야 정부연구개발비 투자 규모 및 비중(그림 2-5)’에서 보듯이 주요국 대비 중간 수준을 차지하고 있고, 주요국과 유사하게 에너지 분야의 투자를 집중하고 있다. 기후변화 기술에 있어서는 최고국가 대비 약 85% 수준으로 선도 그룹에 속하는 수준을 보이고 있다.

본 장에서 살펴본 바와 같이 기후변화에 대응하기 위한 노력은 국제적으로 큰 이슈가 되었으며, 특히 우리나라는 개도국 중 선도적 역할을 담당해야 하는 위치에 놓여있다. 이에 따라 국내 기후변화 정책과 R&D 투자도 적극적으로 계획·실행되고 있는 상황이다.

본장에서는 기후변화와 건설산업의 각각에 미치는 영향관계와 기후변화 관련 건설사업의 총 리스트를 유형별로 정리하고 각각의 유형별 사업동향에 대하여 알아보았다.

1. 기후변화와 건설산업의 관계

기후변화에 따라 현재 대비 폭염일수, 열대야 일수, 집중호우일수 등의 증가가 예상되어 건설활동에 막대한 영향을 끼칠 것으로 예상된다. 기온의 상승으로 인한 콘크리트 경화축진과 타설에 소요되는 작업시간의 단축은 건설현장의 폐기물 발생을 증가시키고, 건설 품질을 저하시키게 된다. 또한 폭염과 혹한 기간이 길어지게 되면 공사 지연의 문제가 발생하며, 현장 장비의 기계적 문제를 발생시킬 수 있고, 극심한 바람과 폭풍으로 인해 대형 건설공

〈표 3-1〉 기후변화가 건설산업에 미치는 영향

구분	내용
부정적 영향	〈건설시장의 위축〉 <ul style="list-style-type: none"> • 경제 전반적인 위축으로 인한 건설 시장의 위축 • 철강, 시멘트 등 자재가 급등으로 건설비 증가
	〈건설산업에 대한 규제의 강화〉 <ul style="list-style-type: none"> • 설계·시공에 대한 규제 강화 • 건설현장에 대한 규제 강화 • 장기적으로 폐기물의 감량을 낙찰자 선정에 반영하는 제도, 오염권 보유 업체의 PQ 가점 등 실시 가능성
긍정적 영향	〈환경관련 시장의 확대〉 <ul style="list-style-type: none"> • 시공 + 다각화 전략으로 대응할 경우 매우 큰 시장임 • 대체에너지 사용 발전시설 및 생태건축, 에너지 타운 등

자료: 강운산(2016), 기후변화협약과 건설산업의 대응 방안.

사 현장의 크레인 사용이 중지될 수 있다. 하지만 이러한 기상이변에 의한 경제적 피해가 증가함에 따라 복구를 위한 건설투자 증가와 재해 예방 및 복구 등의 관련공사 발주물량 증가 등으로 건설활동이 촉진되고, 에너지의 효율성을 위한 건설자재 대체 및 대체 에너지 개발 등과 같은 건설시장의 확대가 일어날 것으로 전망되고 있다.

강운산(2016)은 기후변화가 건설현장에 대한 영향에 대하여 '건설현장에 미치는 영향'과 '시공과정에 미치는 영향', '건축물 내부 및 에너지 소비'로 구분하여 총 22요인 및 내용을 정리하고 있다. 먼저 건설현장에 미치는 영향과 관련하여 건강과 안전, 자재 사용 및 보관, 토양 조건 및 침수, 작업일 감소와 설비사용 불가를 주요 요인으로 포함하였다. 시공과정에 미치는 영향에서는 폭풍 및 홍수 피해, 토양 수축, 금속의 부식, 목재 변형, 콘크리트 내구성, 벽돌 균열과 서리 피해, 고무류의 변형, 자재의 코팅 훼손, 빗물 침투를 주요 요인으로 선정하였다. 건축물 내부 및 에너지 소비와 관련해서는 내부 온도 과열, 에너지 소비 증가, 건물표면의 액화 곰팡이, 내부 공기 오염, 레지오넬라의 위험이 건설현장에 미치는 요인으로 제시하고 있다.

반면에 건설산업은 기후변화에 미치는 영향이 매우 큰 산업으로, 2010년 국토해양부의 대통령 보고자료에 따르면 건물부분의 온실가스배출량이 전체 25.6%를 차지하는 것으로 나타났다. 그러나 현재 건설시공과정을 포함하는 건설 전과정의 에너지소비량 및 이산화탄소 배출량에 대한 통계는 수립되어 있지 않다. 따라서 향후 건설분야의 온실가스 저감을 위한 정책수립을 위해서는 이와 관련된 통계자료의 구축이 매우 시급한 상황이다.

미국에서는 2차적인 효과까지 감안한 건설분야의 에너지소비량을 전 세계에서 소비되는 에너지의 50%까지 차지하는 것으로 조사·발표하였다. 또한 미국 내에서 생산되는 전체 하드웨어 생산품의 70%(무게 기준)가 건설분야에서 소비되는 것으로 조사되었다(강운산, 2010).

〈표 3-2〉 기후변화의 건설현장에 대한 영향

구분	요인	내용
건설현장에 미치는 영향	건강과 안전	풍속 증가로 인한 사고 증가, 고온으로 인한 비산먼지 발생 증가
	자재 사용 문제	고온으로 인한 시멘트 품질저하
	자재의 보관장소	습기로 인한 자재 내구성 약화, 바람으로 인한 경량자재 피해, 중파장자외선으로 인한 자재의 훼손
	공사현장의 토양 조건	토양환경의 변화로 건설자재에 영향을 미치는 미생물 번식 증가
	공사현장의 침수	공기 지연 및 생산성 감소
	날씨로 인한 작업일 감소	공기 지연으로 인한 손실
	현장 설비 문제	설비 사용 불가로 인한 공기의 지연
시공 과정에 미치는 영향	폭풍 피해	옥상(지붕), 건축물의 구조에 영향을 미침
	지리적 문제	토양 수축으로 인한 건축물 구조
	금속의 부식	건축물 내구성 문제 발생
	목재의 변형	내구성 및 구조적 문제 발생
	콘크리트 내구성	건축물 구조 및 내구성 문제
	벽돌의 균열과 서리 피해	건축물 유지보수의 문제 발생
	고무류와 플라스틱의 변형	건축물 내구성 저하
	자재 코팅표면의 훼손	내구성, 도색 및 유지보수 문제
건축물 내부 및 에너지 소비	홍수 피해	침수 및 파괴 발생
	빗물 침투와 물 피해	건축물의 구조적 문제 발생
	내부 온도 / 안락함	평균기온의 상승으로 동절기의 안락함은 증가하나 하절기에는 과열의 문제 발생
	에너지 소비	동절기 에너지 소비 감소, 하절기 에어컨 사용 증가
	건물표면의 액화 곰팡이	거주자의 건강에 부정적 영향
내부의 오염	고온은 내부의 공기질을 저하시켜 거주자의 건강에 부정적 영향	
레지오넬라 위험	에어컨 사용증가로 건물내부 습기와 온도가 높아 발생	

자료: 강운산(2016), 기후변화협약과 건설산업의 대응방안.

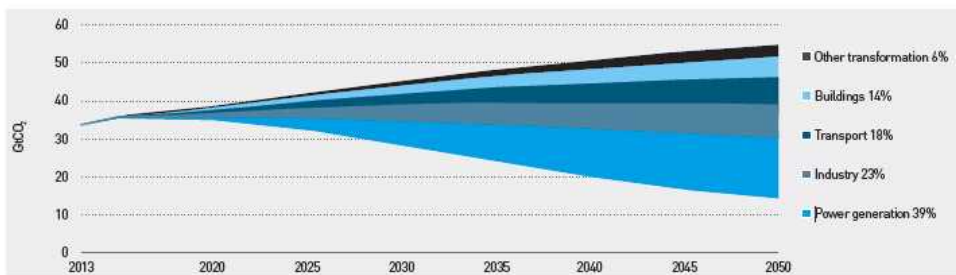
건설교통부(2005)는 건축행위에 따른 환경부하를 건설단계와 운용, 개·보수, 해체로 구분하여 각각의 내용을 정리한 바 있으며, 강운산(2010)은 기존 연구들을 토대로 건설활동의 에너지 소요량 및 이산화탄소 배출량을 추정하였다.

〈표 3-3〉 건축행위와 환경부하 내용

건축행위		환경부하 내용
건설단계	기획	- 개발로 인한 녹지, 산림 등의 훼손
	설계	- 의장, 구조, 설비, 방화, 재료, 경관
	시공	- 시공법, 구조, 마감, 설비, 자재운반, 건설기계, 현장사용에너지, 폐기물처리
건설운영		- 설비, 에너지, 물, 실내공기, 폐기물처리, 외부환경
개·보수(리모델링)		- 계획, 구조, 마감, 설비, 자재, 시공법
해 체		- 비산먼지, 소음, 폐기물

자료: 건설교통부(2005), 건설분야 온실가스 저감을 위한 정책 방향.

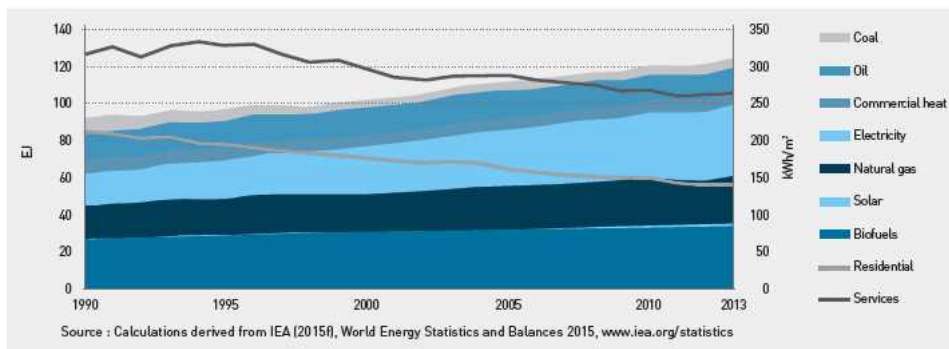
ETP(Energy Technology Perspective) 2016에 따르면, 건물 부문은 2050년 온실가스 감축 목표량의 14%를 차지한다고 되어 있다. 그러나 이 수치에는 “전환”이라고 하는 건물에서 사용하는 전력에 대한 탈탄소발전 부문이 별도로 구분되어 있기 때문에 실제로 건물에서 사용하는 에너지 총량 개념의 역할은 30% 이상이라고 볼 수 있다. 건물 부문의 감축 목표 달성을 위한 주요 수단은 신축 건물의 제로 에너지 실현 및 보급 그리고 기존 건물에 대한 에너지 효율화로 제시되고 있으며, 이를 위한 기술적 수단 외에 실제 이행촉진을 위한 정책 및 비용문제가 주요 이슈로 부각되어 선진국들이 이에 집중하고 있다(이승언, 2016).



자료: 이승언(2016), 건물 온실가스 감축 체제의 해외 동향 및 정책방향.

[그림 3-1] 국외 각 분야별 감축 기여율 통계

전 세계적으로 건물부문은 약 123EJ(2013년)의 에너지를 소비하고 있으며, 전체 글로벌 에너지 소비의 약 30%를 차지하고 있다. 주택부문은 건물 전체에너지의 약 75%를 차지하고 있으며 비주택(상업) 부문에 비해 약 3배 높은 비율을 차지하고 있다. 건물부문은 전 세계 전기에너지의 50%를 사용하고 있으며, 1990년 대비 2배 이상 증가하였다. 전기에너지는 건물 부문 총에너지 사용량 중 약 30%를 차지하고 있다. 온실가스 측면에서는 전체 배출량의 1/3를 약간 상회하는 수치를 보이고 있다.

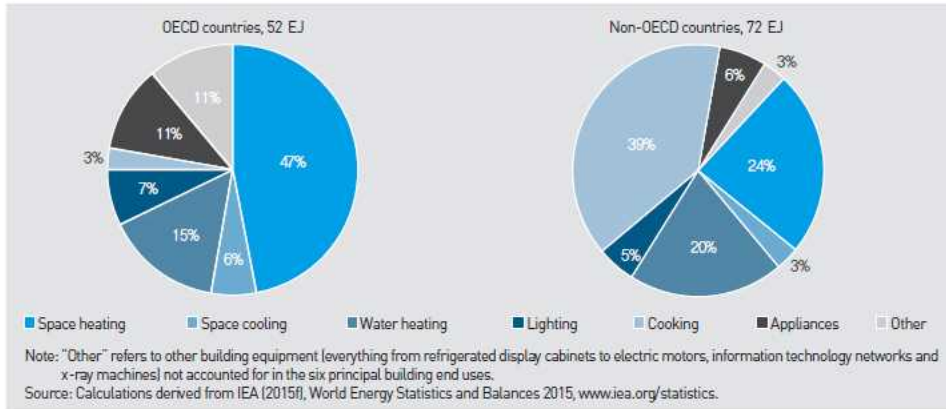


자료: 이승언(2016), 건물 온실가스 감축 체제의 해외 동향 및 정책방향.

[그림 3-2] 건물 부문 에너지 원단위 및 총 소비량 변화 추세

2050년 글로벌 전체 건축면적은 현재 대비 2배 증가할 것으로 예상되며, 이중 85%는 non-OECD국가에 의해서 발생할 것으로 전망된다. OECD 국가에서는 난방에너지가 거의 50% 수준으로 가장 높은 부문을 차지하나, non-OECD국가에서는 재래식 연료에 의한 난방 및 취사 에너지가 약 60%를 차지한다. 선진국은 주로 북반구에 위치하여 있기 때문에 난방 에너지 비율이 높으며, 많은 개도국이 더운 지역에 있기 때문에 냉방 수요가 높아지고 있지만 냉방 에너지 비율은 아직 3% 정도로 낮다. 특이한 점은 선진국에서도 냉방에너지 비율이 6% 정도로 높지 않다는 점을 주목할 필요가 있다. 우리나라의 경우, 주택 에너지(1차에너지 기준)의 70%를 난방과 급탕 부문에서 사용하고 있으며 냉방 사용량은 5%에 미치지 않고 있다. 상업용 건물의

경우 난방 약 30%, 냉방이 약 23%를 차지하고 있다. 건물에서 세부 용도별로 에너지 소비 구성이 어떻게 되는가를 파악하는 것은 온실가스 감축 세부 수단의 설정에서 대단히 중요한 역할을 하게 된다.



자료: 이승연(2016), 건물 온실가스 감축 체제의 해외 동향 및 정책방향.

[그림 3-3] 건물 부문 에너지 소비량 구성(최종에너지 기준)

건물의 라이프 사이클별 이산화탄소 배출량을 추정한 연구결과를 기초로 추정해 볼 때, 건축물 시공과정에서는 건설부문 전체의 약 15~27% 정도의 이산화탄소를 배출하고 있고 가장 많은 이산화탄소를 배출하는 단계인 건축물운영단계는 62~81%를 차지하고 있다.

<표 3-4> 건물의 라이프 사이클별 이산화탄소 배출 비중

단계별	시공단계	운영단계	개보수단계	해체단계
연구A	27.0%	62.0%	8.0%	3.0%
연구B	15.0%	81.0%	2.0%	2.0%

자료: 강운산(2010), 기후변화와 건설 산업.

시공과정의 에너지소비량을 추정하기 위해 산업연관분석 방법을 이용하여 조사한 공종별 에너지 소비량을 보면, 건축공사가 약 81%, 토목공사가 6%,

기계·설비공사가 13% 정도를 차지하고 있다. 세부공종에서는 미장공사, 철근콘크리트공사, 단열공사, 오배수공사, 창호 및 유리공사, 목공사 등의 순으로 에너지소비량이 높게 분석되었다.

〈표 3-5〉 주요 공종의 에너지소비 원단위(Mcal/m²)

구분	공종	에너지소비 원단위	공종	에너지소비 원단위
건축공사	철근콘크리트공사	24.8911	창호 및 유리공사	5.5966
	목공사	5.4995	미장공사	30.1928
	단열공사	10.0586	지정공사	9.2279
토목공사	토공사	1.0593	포장공사	1.1651
	부대시설공사	0.8701	공동구공사	1.0835
기계·설비공사	오배수공사	9.5998	난방공사	2.2491
	급수공사	1.8165		

자료: 이강희(2003), 공동주택 건설공사에서의 공종에 대한 LCA적용연구.

건축공사에서 이산화탄소 배출량이 많은 공종은 미장공사, 철근콘크리트공사, 단열공사, 창호·유리공사 등이다. 토목공사에서는 토공사, 포장공사, 부대시설 공사, 공동구공사 등이, 기계·설비공사에서는 오배수공사, 난방공사 등이 다른 공종에 비해 이산화탄소 배출량이 많은 공종으로 나타났다.

〈표 3-6〉 주요 공종의 이산화탄소 배출원단위(kg-C/m²)

구분	공종	배출원단위	공종	배출원단위
건축공사	철근콘크리트공사	12.5127	창호 및 유리공사	4.0023
	목공사	6.7022	미장공사	6.5156
	단열공사	3.3976	지정공사	15.4438
토목공사	토공사	0.7938	포장공사	0.6601
	부대시설공사	0.6421	공동구공사	0.5492
기계·설비공사	오배수공사	6.4753	난방공사	1.3301
	급수공사	0.9977		

자료: 이강희(2003), 공동주택 건설공사에서의 공종에 대한 LCA적용연구.

기후변화는 건설자재, 건설장비, 건설기간 등 건설산업에 막대한 영향을 끼치며, 건설산업 또한 모든 산업의 온실가스 배출의 1/4 이상을 차지하고 있어 기후변화에 매우 큰 영향을 미치고 있다. 특히 건물분야에 대한 에너지 소비가 전체 글로벌 에너지 소비의 30%를 차지하고 있어, 건물분야에 대한 온실가스 감축이 시급하다. 더욱이 2050년 글로벌 전체 건축면적은 현재 대비 2배 증가할 것으로 예상되고 있어 건물분야의 에너지 절감전략 및 확대가 절실한 상황이다. 이에 따라 국가별 온실가스 감축목표에서도 건물분야가 크게 차지하고 있으며, 에너지 “전환”분야를 포함하였을 때 온실가스 감축의 가장 많은 부분을 차지한다고 할 수 있다.

세부적으로 살펴보면, 건축물의 라이프 사이클별 이산화탄소의 배출은 운용단계가 62%로 가장 높으며, 시공단계가 27%를 차지하고 있어 에너지관리에 효율적인 건축물의 중요성을 나타내고 있다. 한편, 공동주택을 대상으로 세부 공종별 에너지소비를 조사한 결과에서는 미장공사와 철근콘크리트공사의 에너지소비가 매우 높게 나타나고 있어, 해당 공종의 에너지절감을 위한 대책이 필요하다.

2. 기후변화관련 건설사업 분류

선행연구를 바탕으로 크게 에너지, 도시, 건물, 교통, 안전, 건설장비·자재로 구분하여 기후변화와 관련된 건설사업을 총 망라하여 정리하였다. 또한 각각의 1단계(Level 1)분류 안에서 4단계로 구체화하여 세부 건설사업을 도출하였다.⁵⁾

5) 기후변화관련 건설사업의 도출과정은 다음과 같다. 먼저, 기후변화 관련 연구문헌에서 제시되고 있는 건설사업의 Full List를 작성한다. 다음으로 각각의 사업레벨에 맞춰 단계를 분류한다. 마지막으로 중복된 분류 및 사업을 정리하고 각각의 사업에 대한 명칭을 단순화한다. 이상의 단계를 통해 에너지, 도시, 건물, 교통, 안전, 건설장비·자재로 구분하여 건설사업을 도출하였으며, 최하위 단계에서는 각 분야의 특성에 맞게 개별 사업이나 기술, 자재, 장비, 시스템 등으로 정의되었다.

먼저 에너지 부문의 2단계(Level 2) 분류로는 태양에너지, 풍력, 지열, 열에너지, 수력, 바이오에너지, 해양에너지, 폐기물에너지, 수소/연료전지, 석탄 가스화/액화로 나누었고 3단계(Level 3)에서 각각의 기술이나 시설의 형태, 4단계(Level 4)에서 세부 사업을 정리하였다.

〈표 3-7〉 기후변화관련 건설사업(에너지)

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4
에너지	태양 에너지 이용	태양광 발전소	추적식태양광, 육상태양광, 수상태양광
		태양열 발전소	타워형태양열발전, 벽면일체형태양열집열기, 지붕일체형태양열집열기
	풍력 이용	풍력 발전소	육상풍력, 부유식해상풍력, 고정식해상풍력, 인공섬해상풍력
	지열 이용	지열 발전소	지열히트펌프, 온천, 건물난방, 시설원예난방, 지역난방
	열에너지 이용	발전소 온배수열 중심	육상양식장, 시설원예, 농업부문난방
	수력 이용	수력 발전소	수로식소수력발전, 댐식소수력발전, 터널식소수력발전
	바이오 에너지 이용	바이오매스 시설	바이오액체연료생산, 바이오매스가스화
	해양 에너지 이용	조력발전소	단류식(낙조식,창조식), 복류식
		온도차발전소	해양온도차발전, 육상형개순환식온도차발전
		조류 발전소	수평축터빈방식, 수직축터빈방식
		파력발전소	부유식파력발전, 착저식파력발전
	폐기물 에너지 이용	폐기물 연료화 시설	성형고체연료, 폐유정제유, 플라스틱열분해연료유, 폐기물소각열
	수소, 연료전지 이용	수소에너지	수소 스테이션
		연료전지	발전용연료전지 주택, 건물용연료전지 수송용연료전지
석탄 가스화, 액화	석탄(중질전사유)가스화, 석탄액화	가스화 복합발전	

도시 부문의 2단계(Level 2) 분류는 도시 열섬현상완화와 탄소제로 도시로 구분하였고, 탄소제로도시는 제로에너지와 에너지 효율성, 절수 및 재활용성 증진으로 3단계(Level 3)로 나누어 각각의 세부 사업을 정리하였다.

〈표 3-8〉 기후변화관련 건설사업(도시)

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	
도시	도시 열섬현상 완화	도시 열섬현상 완화	도시숲 및 학교숲 조성사업	
			빗물가든	
			녹지 및 바람길 고려 건물배치/단지설계	
			쿨루프 사업 (지붕에 특수도로 바름. 태양열 반사와 방사효과)	
			쿨페이브먼트 사업(도로에 열반사 도료를 칠함)	
			쿨링포그 설치	
			생태하천 복원사업	
			옥상녹화 사업	
	탄소제로 도시	제로에너지	제로에너지	모든 주택의 지붕 위 태양광패널 설치
				단지 내 열병합 자가발전소(산업폐기물(목재) 소각 에너지 생산)
		에너지 효율성	에너지 효율성	난방수요가 일반 주택의 10분의 1 수준이 되도록 설계
				특수 제작된 굴뚝으로 실내 환기와 건물내부온도 조절
				외벽 300mm의 슈퍼단열재 사용
				3중 유리 설치
		절수 및 재활용성 증진	절수 및 재활용성 증진	빗물과 오수의 정화수를 화장실과 옥상정원 관리에 활용
				물절약 변기, 수도꼭지 설치
				건축물 자재는 재활용이 가능한 자원 활용, 로컬자재 공급(연료소비 최소화)
				전기차의 에너지충전소 제공

건물 분야의 2단계(Level 2) 분류는 제로에너지 하우스와 노후건물의 에너지 절감형 리모델링, IT기반의 시스템 적용으로 구분하였다. 제로에너지 하우스는 패시브 하우스와 액티브 하우스로 나누어 각각의 세부 건설사업을 추출하였고, 노후건물의 에너지절감형 리모델링은 건물단열 향상과 에너지 관리 장치, 신재생에너지 공사, 에너지 성능개선 관련 공사로 나누어 세부 사

업을 정리하였다. IT기반의 시스템 적용은 스마트빌딩에 포함되는 세부 사업으로 BAS, EMS, FMS, BEMS를 포함하였다.

〈표 3-9〉 기후변화관련 건설사업(건물)

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4
건물	제로에너지 하우스	패시브 하우스	에너지사용량 정보 확인 시스템
			실별온도 조절장치
			조명 조절장치
			초고효율 단열 시공(진공 단열재, 강하섬유외단열 시스템)
			3중유리/초에너지절약형 창호
			단열문
			외부차양
			자연환기/자연채광
			배기열회수환기장치
			옥상녹화
			초박형 운동 난방시스템
			LED조명
		액티브 하우스	태양광
			태양열
	지열		
	연료전지		
	펠릿보일러		
	소형풍력		
	노후건물의 에너지절감형 리모델링	건물단열 향상	단열보완
			기밀성강화
			외부창호 성능개선
			외피단열 성능 향상
		에너지 관리 장치	조닝 제어장치
			대기전력 차단 장치
			스마트 계량기
		신재생에너지 공사	태양광
			태양열
			지열
에너지 성능개선 관련 공사		고효율 냉방장치	
		LED조명	
IT기반의 시스템 적용	스마트빌딩	BAS: 기전설비 운전의 중앙통제	
		EMS: 설비의 에너지 사용 절감	
		FMS: 건물의 경영 관리	
		BEMS: 에너지사용 절감을 위한 체계적인 시설 운영	

교통 분야의 2단계(Level 2)는 공항, 항만과 도로로 나누고 3단계(Level 3)에서는 공항, 항만 겸용 하이브리드 공항과 도로에 대한 녹색도로설계와 시공기술, 에너지자립형 녹색도로기술, 녹색도로를 위한 운영관리기술과 녹색 교통 도로시스템 기술로 분류하여 각각의 세부사업을 정리하였다.

〈표 3-10〉 기후변화관련 건설사업(교통)

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4
교통	공항/항만	공항, 항만 겸용 하이브리드 공항	공항,항만 겸용 하이브리드 공항
	도로	녹색도로설계와 시공기술	탄소 저감 콘크리트 포장
			자원 순환형 도로 포장 재료
			친환경 황토 포장
			녹색 도로 경관
			녹색 고기능성 포장
			저소음 도로 포장
		에너지자립형 녹색도로기술	태양열 발전을 이용한 자립형 도로
			지열을 이용한 에너지 자립형 도로
			압전발전을 이용한 에너지 자립형 도로
			풍력발전을 이용한 에너지 자립형 도로
			태양열발전을 이용한 에너지 자립형 도로
		녹색도로를 위한 운영관리기술	지능형 도로 정보시스템
			지능형 터널 정보 시스템
			지능형 교량 정보 시스템
			도로 조명 자동 조절 시스템
	녹색 교통 도로시스템 기술	지하도로 시스템	
지능형 교통정보 시스템			
자전거 전용도로			

안전 분야의 2단계(Level 2)로는 하천과 연안, 산지로 구분하고 3단계에서 각각의 예방 대상에 대하여 설명하였다. 우리나라는 하계의 집중호우로 인한 홍수피해가 더욱 증가할 것으로 예상되고 있다. 이에 따라 각각의 지리적 특성에 따른 안전부문의 세부 건설사업을 나열하였다.

마지막으로 건설장비·자재 부문의 2단계(Level 2)로는 탄소저감형 스마트 건설장비와 탄소저감형 건설재료로 구분하였고, 3단계(Level 3)에서 탄소저

감형 스마트 건설장비를 장비 네비게이터 및 스마트 시공과 건설장비 관제시스템으로 나누어 세부사업(Level 4)을 설명하였고 탄소저감형 건설재료와 관련해서는 총 8가지의 세부 건설재료를 포함하였다.

〈표 3-11〉 기후변화관련 건설사업(안전)

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4
안전	하천	홍수/가뭄/침식 예방	제방/사방/호안 등 하천 정비사업
			소하천 개수
			홍수터 공원 사업
			지하저류 시설/저류 공간 조성
			유수지 및 배수펌프장
			우수유출 저감시설 정비
			홍수예방시설 확충
			하수관거 정비
	연안	해수 범람/침식 예방	연안침수 방지시설
			방파제/방사제/파제제 정비 및 확충
산지	산사태 예방	하굿둑 정비	
		산지사방 공사	

〈표 3-12〉 기후변화관련 건설사업(건설장비·자재)

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4
건설장비·자재	탄소저감형 스마트 건설장비	장비 네비게이터 및 스마트 시공	기계장비가 작업 여건, 상황변화에 실시간/능동적으로 대처(유류사용 절감)
		건설장비 관제시스템	모든 건설장비의 작업상황을 실시간으로 파악하여 건설장비의 불필요한 움직임을 최소화하여 연료사용을 효율적으로 관리 공사현장에 투입되는 다수/다종의 건설장비의 조합이동시에 효과적으로 작업을 할 수 있도록 하는 최적의 플릿 작업계획 생성시스템
	탄소저감형 건설재료	탄소저감형 건설재료	고단열 프리캐스트 외벽시스템
			고효율 에너지절감형 단열도료
			저에너지양생 내외장재
			에너지절감형 모르타르
			신소재 활용 고성능화 콘크리트
			저시멘트(시멘트 자체의 사용량을 감소)
			무시멘트콘크리트(시멘트 대신 새로운 비소성 결합재 등을 이용)
			콘크리트용 순환골재 사용

3. 기후변화관련 건설사업 동향⁶⁾

본 절에서는 앞에서 도출된 기후변화관련 건설사업에 대한 동향을 알아보기 위하여 한국에너지공단(2016)과 국토교통과학기술진흥원(2016)을 기반으로 해당 내용을 검토하였다. 에너지, 도시, 건물, 교통으로 총 4개 부문에 대한 세부 건설사업 동향을 정리하였으며, 안전 및 장비·재료 부문은 정리된 4개 부문의 세부사업으로 같음하였다.

1) 에너지 부문

(1) 태양에너지

태양에너지 기술에 대한 2016년 주요국 기술수준 및 기술격차를 살펴보면, 최고기술국은 미국이며 한국은 선도그룹에 속하는 것으로 나타났다. 최고기술국 대비 한국의 기술수준은 82.2%이고 기술격차는 2.6년이다.

〈표 3-13〉 기후변화관련 건설사업(태양에너지)

최고기술국		한국의 기술수준 그룹		기술수준(%)			기술격차(년)		
2014	2016	2014	2016	2014	2016	증감	2014	2016	증감
미국	미국	선도	선도	82.8	82.2	-0.6	3.0	2.6	-0.4

자료: 국토교통과학기술진흥원(2016), 2016년 기술수준평가

◦ 태양광 발전소

태양광 발전은 태양의 빛에너지를 변환시켜 전기를 생산하는 발전기술로 햇빛을 받으면 광전효과에 의해 전기를 발생하는 태양전지를 이용한 발전방식이다. 태양광 발전시스템은 태양전지(solar cell)로 구성된 모듈(module)과 축전지 및 전력변환장치로 구성된다.

6) 한국에너지공단(2016), 2016 신재생에너지의 이해, 국토교통과학기술진흥원(2016), 2016 기술수준평가

세계 태양광 시장은 저유가와 경기 둔화에도 불구하고 연평균 15~20%의 고성장을 지속하고 있으며, 2020년에는 연간 신규 태양광 보급이 100GW 시대에 접어들 것으로 전망되고 있다.

〈표 3-14〉 세계 태양광 시장 보급 및 전망('16~'20), IHS

연도	'16	'17	'18	'19	'20
시장규모(GW)	68	68	75	82	90

자료: 2015년 신재생에너지 보급통계(한국에너지공단 신재생에너지센터, 2016.11)

2015년까지 세계 누적 보급량은 227.1GW이며, 중국이 43.5GW, 독일 39.7GW, 일본 34.4GW, 미국 25.6GW를 기록하였다(IEA).

국내 태양광산업은 '05년 이후 본격화되어, 상대적 후발주자로 출발하였으나, 단기간에 전체 밸류체인에 걸쳐 생산기반을 확보하였다. 또한 유럽 경제 위기, 공급과잉 등으로 인한 업계 전반의 구조조정을 거치면서 인수합병, 발전소 프로젝트 개발, 고효율제품 시장공략 등으로 수익성 강화를 위한 전략을 구사, 체질을 강화하였다. 또한, 한 기업이 태양광발전에 필요한 기초 원재료인 실리콘부터 잉곳 및 웨이퍼, 태양전지, 모듈, 발전시스템 구축사업에 이르기까지 모든 태양광에너지 요소사업에 진출하는 수직 계열화 추세에 발맞추어, 폴리실리콘부터 시스템까지 GW 규모의 생산기반을 확보하고 있다.

〈표 3-15〉 국내 태양광 발전 연도별 설치현황

구분	~'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	계
설치용량 (KW)	35,844	45,347	275,665	166,838	126,645	78,818	295,158	530,720	926,263	1,133,900	3,615,198

자료: 2015년 신재생에너지 보급통계(한국에너지공단 신재생에너지센터, 2016.11)

〈표 3-16〉 국내 태양광 발전 연도별 발전량

구분	~'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15
발전량 (MWh)	55,293	71,279	284,315	566,191	772,801	917,198	1,103,227	1,605,182	2,556,300	3,979,159

자료: 2015년 신재생에너지 보급통계(한국에너지공단 신재생에너지센터, 2016.11)

◦ 태양열 발전소

지표면에 도달되는 태양 복사에너지는 저밀도의 에너지(최대 1,100W/m² 이하)로 주간에만 존재하며, 시간에 따라 변화가 크다. 태양 복사에너지는 파장대별 분포를 가지며, 주로 열에너지로 이용하는 파장대는 가시광선(visible)대이다. 태양열은 태양으로부터 오는 복사광선을 흡수해서 열에너지로 변환(필요시 저장)하여 이용하는 방법과 복사광선을 고밀도로 집광해서 열 발전 장치를 통해 전기를 발생하는 방법이 있으며 건물의 난방 및 급탕, 산업공정열, 열발전 등에 활용된다.

태양열 적용분야 중 집열효율이 높고 생산단가가 낮은 온수급탕 및 난방분야를 중심으로 시장형성 및 상용화가 집중되고 있다. 전 세계 태양열 시장은 크게 중국, 미국, 유럽, 브라질 등이 이끌고 있으며, 2014년 기준 세계적으로 586백만m²(열 생산용량 기준 410GWth)의 태양열 집열기가 설치되었다. 특히, 세계시장의 약 70%를 중국시장이 차지하고 있으며, 유럽은 11.6%, 북미는 4.4%를 차지하고 있다. 세계 태양열 시장은 꾸준한 성장세를 유지하여 왔으나, '08년을 기점으로 최근 몇 년간 성장률이 낮아지고 있는 추세이다. 최근에는 태양열 지역난방 시스템, 태양열 발전 및 산업 공정열에 태양열을 적용한 시스템 등에 대한 성장세가 뚜렷하게 나타나고 있는 추세이다. 독일에서는 Solar Thermie 2000 프로젝트를 통해 10여개의 신축단지에 태양열로 난방 및 급탕 부하의 대부분을 공급하는 대규모 태양열 블록열공급 시범단지 조성되었다.

국내 태양열 시장은 대기업의 시장진출 없이 중소/중견기업이 참여하고 있으며, 평판형 집열기, 자연순환식·강제순환식 온수기, 단일진공관형 태양열 집열기 등이 상용화되어 보급이 추진 중이다. 태양열 보급시장은 정부의 보급사업 및 설치의무화사업 등을 중심으로 형성되었으며, 2007년부터 주택지원사업을 통해 온수 위주의 주택용 태양열 시스템 보급되었다. 태양열은 적용분야에 따라 에너지 절감효과의 차이가 크므로 연중 열부하가 지속적으로 있는 분야 위주로 진행되고 있다.

(2) 풍력에너지

풍력에너지 기술에 대한 2016년 주요국 기술수준 및 기술격차를 살펴보면, 최고기술국은 EU이며 한국은 추격그룹에 속하는 것으로 나타났다. 최고 기술국 대비 한국의 기술수준은 72.7%이고 기술격차는 5.3년이다.

〈표 3-17〉 기후변화관련 건설사업(풍력에너지)

최고기술국		한국의 기술수준 그룹		기술수준(%)			기술격차(년)		
2014	2016	2014	2016	2014	2016	증감	2014	2016	증감
EU(독일)	EU	추격	추격	72.5	72.7	0.2	4.5	5.3	0.8

자료: 국토교통과학기술진흥원(2016), 2016년 기술수준평가

◦ 풍력 발전소

풍력은 바람에너지를 변환시켜 전기를 생산하는 발전 기술로 풍력이 가진 에너지를 흡수, 변환하는 운동량변환장치, 동력전달장치, 동력 변환장치, 제어장치 등으로 구성되어 있으며, 회전축방향에 따라 수직축 발전기와 수평축 발전기로 나눌 수 있다. 수직축은 바람의 방향과 관계가 없어 사막이나 평원에 많이 설치하여 이용이 가능하지만 소재가 비싸고 수평축 풍차에 비해 효율이 떨어지는 단점이 있다. 반면에 수평축은 간단한 구조로 이루어져 있어 설치하기 편리하나 바람의 방향에 영향을 받는다.

세계 풍력시장은 매년 100조원 규모의 신규수요가 발생하는 유망산업으로 성장하고 있으며, 2015년에는 전 세계적으로 전년대비 23.4% 증가한 63GW가 신규 설치되었으며 누적설치용량은 432.4GW에 도달 하였다.

세계 풍력 수요는 육상풍력(성숙기)이 압도적 비중(98%)을 차지하고 있으나, 해상풍력(도입기) 산업이 급속히 확산되고 있는 상황이고, 해상풍력의 경우 영국, 독일 등 유럽을 중심으로 '15년 기준 약 3.4GW가 신규 설치되었고 극소수의 국가(15개)에서만 설치 중이다.

'15년 기준으로 중국과 미국, 독일, 인도 등 4개 국가가 전 세계 설치용량의 67%를 차지하고 있다. 그 중에서 중국은 전 세계 풍력발전의 최대시장으

로 부상하고 있다. 2015년 한 해 동안 전체 신규 설치량인 63,467MW의 48.5%인 30,753MW가 설치되었고, 누적 설치량 에서도 총 145,362MW가 설치되어 전 세계 설치량의 33.6%를 차지하고 있다.

국내 총발전량 중 풍력 발전 비중은 0.24%이며 신·재생에너지 발전량 내에서 3.62% 차지(2015년 기준)하고 있다. 국내 풍력에너지 공급가능 잠재량은 육상 3.6GW, 해상 8.8GW 수준으로 2019년 세계 3대 해상풍력 강국으로 도약하기 위해 민·관 합동으로 총 10.2조원을 투자하여 서남해안에 2.5GW 대규모 해상풍력단지를 단계적으로 개발하는 해상풍력 개발 로드맵 추진하고 있다.

〈표 3-18〉 국내 풍력의 연도별 생산량과 발전량

구분	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15
생산량 (Toe)	59,728	80,763	93,747	147,351	175,644	185,520	192,674	242,354	241,847	283,455
발전량 (MWh)	238,911	375,641	436,034	685,353	816,950	862,884	912,760	1,148,179	1,145,557	1,342,439

자료: 2015년 신·재생에너지 보급통계(한국에너지공단 신·재생에너지센터, 2016.11)

(3) 지열에너지

지열에너지 기술에 대한 2016년 주요국 기술수준 및 기술격차를 살펴보면, 최고기술국은 미국이며 한국은 추격그룹에 속하는 것으로 나타났다. 최고기술국 대비 한국의 기술수준은 68.0%이고 기술격차는 5.3년이다.

〈표 3-19〉 기후변화관련 건설사업(지열에너지)

최고기술국		한국의 기술수준 그룹		기술수준(%)			기술격차(년)		
2014	2016	2014	2016	2014	2016	증감	2014	2016	증감
미국	미국	추격	추격	68.6	68.0	-0.6	6.4	5.3	-1.1

자료: 국토교통과학기술진흥원(2016), 2016년 기술수준평가

지열에너지 이용 기술은 토양, 지하수, 지표수 등이 태양복사열 또는 지구 내부의 마그마 열에 의해 보유하고 있는 에너지를 이용하는 기술로서, 일반적으로 직접이용 기술과 간접이용 기술로 분류한다.

지열에너지 직접이용 기술은 가장 오래된 기술로서, 지열 히트펌프, 온천, 건물난방, 시설원예 난방, 지역난방 등이 포함된다. 전 세계적으로 2015년 기준 설치용량(지열직접 이용)은 2010년 대비 46.2% 증가한 70,885MWth이며, 이 중 지열히트펌프가 49,898MWth로 전체의 약 70%를 차지한다.

2016년 세계 지열 시장은 약 20조원 규모일 것으로 추정되며, 미국이 약 7조원, EU 및 중국이 약 12조원을 점유할 것으로 예측된다.

국내에서는 2015년 기준, 국내 지열 열펌프 시스템의 설치용량은 약 174MWth이고, 공공기관 지방이전에 따른 설치의무화 사업 설치용량 증가로 인해 전년 대비 약 40% 증가하였으며, 실제 공동주택과 단지 내 주민 복지센터, 그린홈 모델건물 등에 지열 시스템을 적용하는 사례가 늘고 있다.

반면, 지열에너지 간접이용 기술은 땅에서 추출한 고온수나 증기(120~350℃)의 열에너지로 터빈을 구동하여 전기를 생산하는 지열 발전으로, 건증기, 습증기, 바이너리, EGS 발전 등이 포함된다. 전 세계 지열발전 플랜트는 2016년까지 약 13.3GW가 보급되었으며, 5년 후에는 14.8~18.3GW까지 보급이 확대될 전망이다. 국내에서는 지열발전 플랜트 개발에 필요한 초기 비용과 위험도 그리고 기술력 부족 등으로 인해 지열발전 시장은 아직 형성되지 않았으며, 최근 EGS 방식의 MW급 지열 발전소 건설에 대하여 실증연구 개발 수준이다.

〈표 3-20〉 국내 열에너지 연도별 설치용량

구분	'10	'11	'12	'13	'14	'15	계
설치용량 (kW)	233,828	73,515	123,838	121,465	124,915	174,347	851,907

자료: 2015년 신재생에너지 보급통계(한국에너지공단 신재생에너지센터, 2016.11)

〈표 3-21〉 국내 2015년도 열에너지 사업별 설치 내역

구분	주택 지원	건물 지원	지역 지원	융복합사업	설치 의무화	계
설치용량 (kW)	32,106	7,781	869	4,310	112,537	157,603

자료: 2015년 신재생에너지 보급통계(한국에너지공단 신재생에너지센터, 2016.11)

(4) 수열에너지

수열에너지 기술에 대한 2016년 주요국 기술수준 및 기술격차를 살펴보면, 최고기술국은 EU이며 한국은 선도그룹에 속하는 것으로 나타났다. 최고 기술국 대비 한국의 기술수준은 84.6%이고 기술격차는 2.5년이다.

〈표 3-22〉 기후변화관련 건설사업(수열에너지)

최고기술국		한국의 기술수준 그룹		기술수준(%)			기술격차(년)		
2014	2016	2014	2016	2014	2016	증감	2014	2016	증감
EU(독일)	EU	선도	선도	82.4	84.6	2.2	2.9	2.5	-0.4

자료: 국토교통과학기술진흥원(2016), 2016년 기술수준평가

◦ 수열(발전소 온배수열 중심)

수열에너지는 해수 표층의 열을 히트펌프를 사용하여 변환시켜 얻어지는 에너지를 의미하며 ‘발전소 온배수열’의 활용은 해당지역 경제분야(농업·수산·원예 등)의 경쟁력 강화, 에너지 효율향상 제고 및 COP(파리협약) 대응에 기여가 가능하다. 특히, 온배수열 활용을 통한 지역주민의 에너지비용 감소 효과는 발전소 등 혐오·기피시설에 대한 ‘수용성제고’ 및 ‘지역사회의 상생모델’로 활용성이 크다. 정부는 온배수를 활용한 에너지 신산업 적극 육성 방침에 따라, 발전소 온배수 활용 시 경제성을 확보할 수 있도록 수열에너지(발전소 온배수 포함)를 신·재생에너지에 포함토록 법령을 개정, 제도화 하였다.(‘15.3월)

유럽의 경우 프랑스, 영국, 독일을 중심으로 농업, 수산업에 온배수를 활발하게 활용하고 있는 추세이며, 미국은 굴, 바다가재, 새우 양식에, 일본은 어패류 종묘 육성, 치어사육과 더불어 수영장·식물원·낙시공원 등 공공시설 운영에도 적극적으로 활용하고 있다. 프랑스, 영국, 벨기에 등에서는 발전소가 내륙에 위치하는 경우가 많아 하천수나 냉각탑을 이용해 냉각이 이루어지며, 수산양식과 화훼 및 채소작물재배에 활용되고 있다.

국내에서는 수산부문(육상양식장)에 주로 이용되어 왔으며, 최근 시설원예, 난방 등 농업부문에 시범단지 조성 및 추진계획이 확대 중에 있다. 한수원의 국내 온배수 배출량은 최근 10년간('03~'12) 발전사(원전·화력)의 총 온배수 배출량인 5,068억톤 중 약51%인 2,603억톤을 차지하고 있다.

〈표 3-23〉 국내 온배수 배출량

연도	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	합계
한수원	265	250	266	262	258	269	265	253	265	250	2,603
남동발전	29	45	52	48	48	48	69	78	68	71	556
중부발전	38	47	47	41	47	51	57	61	63	58	511
서부발전	38	33	40	37	50	43	49	54	51	52	446
남부발전	38	46	44	44	48	54	54	50	49	58	484
동서발전	36	38	42	44	50	48	48	50	52	60	468
소계	444	459	491	476	501	513	542	546	548	549	5,068

자료: 한국전기연구원, '발전소 온배수 등 폐열 활용 촉진을 위한 제도개선 방안 연구', 2015.4

(5) 수력에너지

◦ 수력 발전소

수력발전은 물의 유동 및 위치에너지를 이용하여 발전하는 기술로 '05년 이전에는 시설용량 10 MW 이하를 소수력으로 규정하였으나, 개정법(신에너지 및 재생에너지개발·이용·보급촉진법)에서는 수력설비용량 기준을 삭제하여 소수력을 포함한 수력 전체를 신·재생에너지로 정의하였다. 신·재생에너지 연구개발 및 보급 대상은 주로 발전설비용량 10 MW 이하를 대상으로 하고

있으며, 발전차액지원제도는 5MW 이하를 지원하고 있다.

수력발전이 많이 보급된 국가는 중국, 브라질, 미국, 캐나다, 러시아, 인도, 노르웨이 순이며, 지리적으로 수자원이 풍부한 중국, 캐나다, 미국, 브라질 등에서 수력에너지를 활발하게 이용하고 있다.

〈표 3-24〉 수력발전 보급 국가 순위(2015)

순위	1위	2위	3위	4위	5위
국가명(%)	중국(27.9%)	브라질(8.6%)	미국(7.5%)	캐나다(7.4%)	러시아(4.5%)

자료: 2016 재생에너지 현황보고서(REN21,2016.6)

중국은 급격한 경제개발로 인해 세계에서 가장 많은 수력에너지를 이용하는 국가이며, 2015년 기준, 수력 총 용량이 296GW에 달해 전세계 총량의 27.9%로 1위를 차지하고 있다.

국내에서는 신·재생에너지 의무할당제(RPS)로 수력개발 필요성이 증폭되면서 농업용 저수지, 하수처리장, 수도관로, 하수종말처리장, 화력발전소의 냉각수 등을 이용한 소수력개발이 활발하게 추진되고 있으며, 수차 기술개발은 소수력 분야의 경우 정부의 기술개발 지원 및 제작사의 노력으로 활용도가 높은 카플란수차, 튜블러 수차, 프란시스 수차는 국산화가 완료되어 현재 상용화 단계에 있다.

〈표 3-25〉 국내 수력 발전량(대수력 포함)

구분	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15
발전량 (GWh/년)	4,329	3,674	3,468	3,632	3,070	2,822	3,685	4,490	3,862	4,228	2,754	2,150

자료: 2015년 산·재생에너지 보급통계(한국에너지공단 산·재생에너지센터, 2016.11)

(6) 바이오 에너지

바이오에너지 기술에 대한 2016년 주요국 기술수준 및 기술격차를 살펴보면, 최고기술국은 미국이며 한국은 추격그룹에 속하는 것으로 나타났다. 최고기술국 대비 한국의 기술수준은 74.4%이고 기술격차는 4.9년이다.

〈표 3-26〉 기후변화관련 건설사업(바이오에너지)

최고기술국		한국의 기술수준 그룹		기술수준(%)			기술격차(년)		
2014	2016	2014	2016	2014	2016	증감	2014	2016	증감
미국	미국	추격	추격	73.3	74.4	1.1	4.7	4.9	0.2

자료: 국토교통과학기술진흥원(2016), 2016년 기술수준평가

◦ 바이오매스 시설

바이오에너지 이용기술이란 바이오매스(Biomass, 유기성 생물체를 총칭)를 직접 또는 생·화학적, 물리적 변환과정을 통해 액체, 가스, 고체연료나 전기·열에너지 형태로 이용하는 화학, 생물, 연소공학 등의 기술을 일컫는다.

〈표 3-27〉 바이오에너지 기술의 분류

대분류	중분류	내용
바이오액체연료 생산기술	연료용 바이오에탄올 생산기술	당질계, 전분질계, 목질계
	바이오디젤 생산기술	바이오디젤 전환 및 엔진적용기술
	바이오매스 액화기술(열적전환)	바이오매스 액화, 연소, 엔진이용기술
바이오매스 가스화 기술	혐기 소화에 의한 메탄가스화 기술	유기성 폐수의 메탄가스화 기술 및 매립지 가스 이용 기술(LFG)
	바이오매스 가스화기술(열적전환)	바이오매스 열분해, 가스화, 가스화발전 기술
	바이오 수소 생산기술	생물학적 바이오 수소 생산기술
바이오매스 생산, 가공기술	에너지 작물 기술	에너지 작물 재배, 육종, 수집, 운반, 가공 기술
	생물학적 CO2 고정화 기술	바이오매스 재배, 산림녹화, 미세조류 배양기술
	바이오 고형연료 생산, 이용기술	바이오 고형연료 생산 및 이용기술 (왕겨탄, 우드칩, RDF(고형연료 등))

자료: 한국에너지공단(2016), 2016 신재생에너지의 이해

미국의 현황을 보면 최근 수송용 바이오연료 보급량을 확대하고 있으며, 2017년까지 바이오연료 350억갤런(전체 수송용 에너지의 15%) 보급을 목표로

설정하여 재생에너지 연료 보조금 정책 및 기술개발에 투자 확대하고 있다. EU는 바이오연료 지속가능성 기준 도입 및 보조금 프로그램을 시행하여 2020년까지 연간 200만 톤의 항공 바이오연료를 사용하기 위한 이니셔티브를 발족하였으며, 그 밖에도 브라질에서는 바이오연료 혼합비율 증가 및 과세 경감, 일본은 바이오에탄올 실증사업 및 상용화 방안 전개, 중국은 바이오에탄올을 세금혜택을 제공하고 있다.

국내에서는 '07년 제1차 바이오디젤 중장기 보급계획을 수립하여 혼합비율을 최초 설정하고 면세 인센티브를 통해 자발적 혼합사용을 유도하고 있으며, '15년 7월에는 신·재생에너지 연료혼합의무(RFS) 제도를 시행하여 '15년 7월 31일부터 '17년까지는 2.5%, '18년부터 '20년까지는 3.0%의 혼합비율을 의무화하였다.

〈표 3-28〉 국내 연도별 바이오에너지 생산량

(단위: toe)

구분	'10	'11	'12	'13	'14	'15
바이오 전체	754,623	963,363	1,334,724	1,558,492	2,821,996	2,765,657
바이오가스	80,343	91,184	107,430	139,370	142,937	108,734
매립지가스	114,990	124,220	116,073	97,497	79,918	75,804
바이오디젤	356,822	336,054	359,916	369,081	387,699	441,345
우드칩	132,230	163,022	164,542	168,466	190,687	373,308
성형탄	23,053	24,591	23,857	23,517	24,927	15,828
임산연료	23,419	23,665	56,481	49,622	5,163	44,790
목재펠릿	23,766	50,995	120,055	268,129	795,215	823,763
폐목재	-	149,632	140,874	175,983	191,142	103,998
흑액	-	-	228,337	229,254	322,304	231,008
하수슬러지 고형연료	-	-	17,159	37,574	41,477	78,484
Bio-SRF	-	-	-	-	527,270	208,392
바이오중유	-	-	-	-	113,257	260,203

자료: 2015년 신·재생에너지 보급통계(한국에너지공단 신·재생에너지센터, 2016.11)

자료: 2015년 신·재생에너지 보급통계(한국에너지공단 신·재생에너지센터, 2016.11)

(7) 해양 에너지

해양에너지 기술에 대한 2016년 주요국 기술수준 및 기술격차를 살펴보면, 최고기술국은 EU이며 한국은 추격그룹에 속하는 것으로 나타났다. 최고 기술국 대비 한국의 기술수준은 79.7%이고 기술격차는 4.6년이다.

〈표 3-29〉 기후변화관련 건설사업(해양에너지)

최고기술국		한국의 기술수준 그룹		기술수준(%)			기술격차(년)		
2014	2016	2014	2016	2014	2016	증감	2014	2016	증감
EU(영국)	EU	추격	추격	75.0	79.7	4.7	5.6	4.6	-1.0

자료: 국토교통과학기술진흥원(2016), 2016년 기술수준평가

◦ 조력 발전소

조력 발전기술은 조석간만의 차를 동력원으로 해수면의 상승하강운동을 이용하여 전기를 생산하는 기술이다. 조석의 이용 횟수에 따라 단류식과 복류식으로 분류되며, 단류식은 해수를 내보내면서 발전하는 낙조식과 해수를 채우면서 발전하는 창조식 발전으로 다시 구분된다.

조력발전소는 프랑스(La Rance), 캐나다(Annapolis), 중국(Jiangxia) 등에서 운영 중이며 중국, 영국, 미국, 호주, 스페인, 인도, 러시아에서도 조력발전 건설계획을 추진하고 있어 시장 규모는 더욱 확대될 전망이다.

〈표 3-30〉 국내 조력발전소 현황

구분	시화호	가로림만	강화	인천만	아산만
총사업비	3,551억원	약 1조 22억원	약 1조 2,473억원	약 3조 9,000억원	약 7,834억원
설비용량	254MW (25.4MW×10기)	520MW (26MW×20기)	420MW (30MW×14기)	1,320MW (30MW×44기)	254MW (25.4MW×10기)
연간발전량	552.7GWh	950GWh	710GWh	2,414GWh	545GWh
발전방식	단류식 창조발전	단류식 낙조발전	단류식 낙조발전	단류식 낙조발전	단류식 낙조발전
사업주체	한국수자원공사 (대우, 삼성, 신동아, 대보)	가로림 조력발전(주) (서부발전, 민간건설사)	인천시, 강화군, 중부발전, 대우건설컨소시엄	한수원, GS건설	대우건설, 동서발전
진행현황	'11. 8월 완공	인허가 및 타당성 검토, 주민보상 등 진행 중			

자료: 한국에너지공단(2016), 2016 신재생에너지의 이해

국내 서해안 지역은 세계적인 조력발전 적지로서 우수한 개발 여건을 가지고 있으며, 가로림만 500MW, 인천만 1,500MW, 강화만 800MW, 해주만 2,300MW 등 총 6,500MW의 부존량을 보유하고 있다. 또한, 시화호, 가로림만, 강화, 인천만, 아산만 등 서해안 5개 지역에서 조력발전사업이 추진 중에 있다.

◦ 온도차 발전소

온도차 발전기술은 해양 표면층의 온수(예: 25~30℃)와 심해 500~1000m 정도의 냉수(예: 4~7℃)와의 온도차를 이용하여 열에너지를 기계적 에너지로 변환시켜 전기를 생산하는 기술을 말한다.

해양 온도차발전은 미국과 일본을 중심으로 본격적인 기술개발이 착수 되어 미국은 1993년부터 하와이에 210kW 출력의 육상형 개순환식 온도차발전장치를 운용하고 있다.

국내에서는 2008년 삼척에 해수온도차를 이용한 냉난방 기술 실증플랜트가 설치되어 운영되고 있으며, 최근 해양심층수의 개발이 활성화 되면서 심층수의 저온성을 활용한 해수온도차 이용기술에 관한 연구가 진행 중이다.

◦ 조류 발전소

조류발전기술은 해수의 유동에 의한 운동에너지를 이용하여 전기를 생산하는 기술로서, 터빈의 회전방향에 따라 수평축터빈과 수직축터빈으로 구분된다.

해외에서는 영국, 미국, 이탈리아, 캐나다 등을 중심으로 시스템 개발을 완료하고 해상에서 실증사업을 통해 상용화 진입을 모색하고 있다. 'SEAGENS 프로젝트'로 불리는 이 실증사업을 통해 수십 kW급~1.2MW급 시험 조류발전 설비가 설치되었으며, 향후 100MW급 이상의 조류발전 단지가 조성될 계획이다.

국내의 조류발전 대상 적지로는 울돌목(50MW), 장죽수도(150MW), 맹골수도(250MW) 등이 대표적이며, 총 1,000MW의 부존량을 보유하고 있다. 2006년부터 부유식 조류발전 기술에 관한 연구가 진행 중이며, 2009년에는 1MW급의 울돌목 시험조류발전시스템이 완공되어 시험운영이 진행되었고,

2009년 100kW급 실증 플랜트를 실험해역에 설치하였다.

◦ 파력 발전소

파력 발전기술은 연안 또는 심해 파랑의 운동 및 위치에너지를 이용하여 전기를 생산하는 기술로서, 에너지 변환원리에 따라 가동물체형, 진동수주형, 월파형 방식이 적용되고 있으며, 설치 형태에 따라서는 착저식(또는 고정식)과 부유식으로 구분된다.

파력발전소는 영국, 덴마크, 포르투갈, 미국, 일본 등을 중심으로 연구개발이 이루어졌으며, 다양한 실험해역에서 실증이 진행 중이다. 영국(Limpet), 포르투갈(Pico), 일본(Mighty Whale)에서 진동수주형 파력 발전장치가 운영되고 있고, 덴마크에서는 최대 4MW급 월파형 파력 발전장치(Wave Dragon)를 개발하여 실증 진행 중이다. 현재는 가동물체형 파력발전시스템의 기술개발이 활발(덴마크 100kW 실증성공)하게 진행되고 있다.

국내 연안해역의 파력에너지 부존량은 6,500MW로 평가되며, 대상을 외해역까지 확장하면 50GW의 막대한 파력에너지 자원이 부존한다. 2016년 6월에는 제주 해역에 선박해양플랜트연구소에서 개발한 500kW급 진동수주형 파력발전장치의 시험파력발전소가 준공·시운전 개시되었다.

(8) 폐기물 에너지

폐기물에너지 기술에 대한 2016년 주요국 기술수준 및 기술격차를 살펴보면, 최고기술국은 EU이며 한국은 추격그룹에 속하는 것으로 나타났다. 최고기술국 대비 한국의 기술수준은 78.9%이고 기술격차는 3.7년이다.

〈표 3-31〉 기후변화관련 건설사업(폐기물에너지)

최고기술국		한국의 기술수준 그룹		기술수준(%)			기술격차(년)		
2014	2016	2014	2016	2014	2016	증감	2014	2016	증감
EU(독일)	EU	추격	추격	76.5	78.9	2.4	4.8	3.7	-1.1

자료: 국토교통과학기술진흥원(2016), 2016년 기술수준평가

◦ 폐기물 연료화 시설

폐기물에너지 기술은 폐기물을 변환시켜 연료 및 에너지를 생산하는 기술로써, 사업장 또는 가정에서 발생하는 가연성 폐기물 중 에너지 함량이 높은 폐기물을 열분해에 의한 오일화, 성형고체 연료의 제조기술, 가스화에 의한 가연성 가스 제조기술 및 소각에 의한 열회수 기술 등의 가공·처리 방법을 통해 고체 연료, 액체 연료, 가스 연료, 폐열 등을 생산하고, 이를 산업 생산 활동에 필요한 에너지로 이용될 수 있도록 재생에너지를 생산하는 기술이다.

폐기물 신·재생에너지의 종류에는 성형고체연료, 폐유 정제유, 플라스틱 열분해 연료유, 폐기물 소각열이 있다.

〈표 3-32〉 국내 연도별 폐기물에너지 생산량

(단위: TOE)

구분	'10	'11	'12	'13	'14	'15
폐기물 전체	4,862,296	5,121,534	5,998,509	6,502,414	6,904,733	5,078,806
폐가스	2,114,825	2,175,167	2,999,138	3,343,253	4,148,491	4,820,305
산업폐기물	851,834	873,206	860,472	886,943	780,801	16,818
생활폐기물	94,406	184,506	147,247	169,121	157,178	132,473
대형도시쓰레기	717,671	753,252	748,372	698,870	725,420	-
시멘트킬른보조 연료	618,082	681,415	752,890	899,151	837,114	14,000
RDF/RPH/TDF	93,275	220,171	261,022	286,419	-	-
SRF	-	-	-	-	58,935	53,100
정제연료유	227,497	233,816	229,368	218,657	196,794	42,110
폐목재	144,706	-	-	-	-	-

자료: 2015년 산·재생에너지 보급통계(한국에너지공단 산·재생에너지센터, 2016.11)

(9) 수소·연료전지

수소·연료전지 기술에 대한 2016년 주요국 기술수준 및 기술격차를 살펴 보면, 최고기술국은 미국이며 한국은 추격그룹에 속하는 것으로 나타났다. 최고기술국 대비 한국의 기술수준은 77.1%이고 기술격차는 3.9년이다.

〈표 3-33〉 기후변화관련 건설사업(수소·연료전지)

최고기술국		한국의 기술수준 그룹		기술수준(%)			기술격차(년)		
2014	2016	2014	2016	2014	2016	증감	2014	2016	증감
미국	미국	추격	추격	73.6	77.7	4.1	5.6	3.9	-1.7

자료: 국토교통과학기술진흥원(2016), 2016년 기술수준평가

◦ 수소 스테이션

수소에너지 기술은 물, 유기물, 화석연료 등의 화합물 형태로 존재하는 수소를 분리·생산해서 이용하는 기술이다. 수소는 물의 전기분해로 가장 쉽게 제조할 수 있으나 입력에너지(전기에너지)에 비해 수소에너지의 경제성이 너무 낮으므로 대체전원 또는 촉매를 이용한 제조기술을 연구 중에 있으며, 현재 수소는 기체상태로 저장하고 있으나 단위 부피당 수소저장밀도가 너무 낮아 경제성과 안정성이 부족하여 액체 및 고체저장법을 연구 중에 있다.

수소 스테이션은 연구개발 및 실증사업(산업부), 보급사업(환경부), 민간투자 등으로 총 19개소 구축하였으며 현재 10개소가 운영되고 있다.(휴지 4개소, 폐기 5개소)

◦ 주택·건물용 연료전지

연료전지 기술은 수소와 산소의 화학반응으로 생기는 화학에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 기술로서, 생성물이 전기와 순수(純水)인 발전효율 30~40%, 열효율 40% 이상으로 총 70~80%의 효율을 갖는 신기술이다.

전 세계 연료전지 시장은 최근 5년간 연평균 약 30%의 빠른 성장세를 보이며, 용도별로는 정치형(stationary)이, 지역별로는 아시아 지역이 가장 빠른 수준의 시장 확대 주도하고 있다. 해외 시장은 2013년 1조원에서 2030년 64.9조원으로 약 65배 증가할 것으로 기대되며, 2020년경에는 주택·건물용에서, 2030년 이후에는 수송용이 시장을 주도할 것으로 예측된다.

(10) 석탄 가스화·액화

석탄 가스화·액화에 대한 2016년 주요국 기술수준 및 기술격차를 살펴보면, 최고기술국은 미국이며 한국은 추격그룹에 속하는 것으로 나타났다. 최고 기술국 대비 한국의 기술수준은 71.7%이고 기술격차는 5.7년이다.

〈표 3-34〉 기후변화관련 건설사업(석탄 가스화·액화)

최고기술국		한국의 기술수준 그룹		기술수준(%)			기술격차(년)		
2014	2016	2014	2016	2014	2016	증감	2014	2016	증감
미국	미국	추격	추격	73.2	71.7	-1.5	6.1	5.7	-0.4

자료: 국토교통과학기술진흥원(2016), 2016년 기술수준평가

◦ 석탄 가스화·액화

석탄 가스화·액화기술은 저급연료(석탄, 중질잔사유 등)를 산소 및 스팀에 의해 가스화한 후 생산된 합성가스(일산화탄소와 수소가 주성분)를 정제하여 전기, 화학원료, 액체연료 및 수소 등의 고급에너지로 전환시키는 복합기술로서 가스화기술, 합성가스 정제기술, 합성가스 전환기술로 구분된다.

석탄 가스화·액화기술은 기후변화협약 등 환경규제 강화, 아시아지역의 경제성장, 노후 석탄발전설비 대체 수요를 고려할 때 석탄을 이용한 전력의 안정적 공급과 환경오염물질 감소라는 조건을 만족시키고 개발에 따른 파급효과가 큰 기술로써 관심이 높아지고 있어, 2030년에는 약 250GW(약 8,300 억불)의 거대시장 형성 전망이다.

IGCC 기술은 차세대 환경친화적 발전기술로서 미국, 독일, 네덜란드, 일본, 중국에서 정부지원에 힘입어 실증플랜트의 설계/건설/운전을 통해 상용화를 위한 검증을 수행하였으며, 현재 상용화 초기단계에 진입하였으나, 세일가스 개발 확대, 유가 및 LNG 가격 하락 등 세계 에너지시장 재편으로 IGCC 확대와 관련해서는 현재 관망세가 유지중이다. 그러나 CO₂ 규제 현실화 및 CCS 기술 상업화 시점을 고려할 때 2020년 전후로 IGCC 시장이 급격히 성장할 것으로 예상된다.

국내는 선진국 대비 71% 수준의 기초기술을 확보하고 있으며, 상용화 기술의 조기 획득을 위해 해외의 상용급 석탄가스화기술 도입(300MW급 실증사업)과 합작회사 설립 등의 방식이 국내에서 추진되고 있다.

2) 도시 부문

(1) 미래 첨단도시 건설기술

미래 첨단도시 건설기술에 대한 2016년 주요국 기술수준 및 기술격차를 살펴보면, 최고기술국은 미국이며 한국은 추격그룹에 속하는 것으로 나타났다. 최고기술국 대비 한국의 기술수준은 77.5%이고 기술격차는 4.0년이다.

〈표 3-35〉 기후변화관련 도시사업(미래 첨단도시 건설기술)

최고기술국		한국의 기술수준 그룹		기술수준(%)			기술격차(년)		
2014	2016	2014	2016	2014	2016	증감	2014	2016	증감
미국	미국	추격	추격	77.4	77.5	0.1	4.7	4.0	-0.7

자료: 국토교통과학기술진흥원(2016), 2016년 기술수준평가

미래 첨단도시 건설기술은 쇠퇴한 노후지역(중소도시)의 도시경쟁력 제고 및 지역경제 활성화를 위해 지역 자원을 활용하여 새로운 부가가치 재생산 및 일자리 창출 등을 유도하는 기술이다. 또한, 제한적인 공간의 도시 문제를 해결하기 위한 효율적 공간사용 구조 기술과 첨단 정보통신기술 등을 활용하여 기존 도시공간의 미관 및 기능적 한계를 극복하고 보다 시민 친화적이고 효율적인 도시공간을 구축·활용 기술이다.

2020년 세계 스마트 시티 시장규모는 약 1.5조 달러(1,755조 원)로 추정되며, 유럽은 스마트 시티 핵심기술인 '지역 에너지 관리시스템'의 모든 단계를 실증하는 앰배서더 프로젝트를 진행 중이다.

국내에서는 국토부가 스마트도시 산업을 국내 신성장동력으로 육성할 계획이며, 지자체별로 서울시는 'Smart Seoul 2015', 부산시는 '20년까지 '산업공간 중심 스마트시티', '19년까지 'IOT기반 스마트시티'를 추진하고 있다.

(2) 복합 지하 대공간 활용기술

복합 지하 대공간 활용기술에 대한 2016년 주요국 기술수준 및 기술격차를 살펴보면, 최고기술국은 일본이며 한국은 선도그룹에 속하는 것으로 나타났다. 최고기술국 대비 한국의 기술수준은 82.8%이고 기술격차는 3.0년이다.

〈표 3-36〉 기후변화관련 도시사업(복합 지하 대공간 활용기술)

최고기술국		한국의 기술수준 그룹		기술수준(%)			기술격차(년)		
2014	2016	2014	2016	2014	2016	증감	2014	2016	증감
일본	일본	추격	선도	76.8	82.8	6.0	4.7	3.0	1.7

자료: 국토교통과학기술진흥원(2016), 2016년 기술수준평가

복합 지하 대공간 활용기술은 환경의 악조건을 극복하여 인간 삶의 영위가 가능한 생활공간을 지하에 창출하기 위한 것으로, 지속가능한 지하 신공간 창출, 에너지 저감/생산을 위한 지하공간 활용, 지하구조물 건설기술의 자립화 및 지하공간 건설을 위한 친환경 시공 등 지하 대공간 해석·설계·시공·방재·유지관리에 관한 일련의 기술을 포함한다.

국내 지하 대공간 구조물 건설기술은 '경주 방사능 폐기물 처리장', '울산·여수 석유비축기지건설'을 통해 세계적 수준으로 발전하였으며, 2015년 '지하 대공간 친환경 환기 및 채광 기술'과 '지하 대공간 창출을 위한 굴착 및 시공기술'을 해외 우수연구기관과 공동연구를 통해 고부가가치 핵심원천기술을 확보하는 노력을 하고 있다.

3) 건물 부문

(1) 지능형 건물제어기술

지능형 건물제어기술에 대한 2016년 주요국 기술수준 및 기술격차를 살펴

보면, 최고기술국은 미국이며 한국은 추격그룹에 속하는 것으로 나타났다. 최고기술국 대비 한국의 기술수준은 78.9%이고 기술격차는 3.7년이다.

〈표 3-37〉 기후변화관련 건물사업(지능형 건물제어기술)

최고기술국		한국의 기술수준 그룹		기술수준(%)			기술격차(년)		
2014	2016	2014	2016	2014	2016	증감	2014	2016	증감
미국	미국	추격	추격	79.8	78.9	-0.9	3.1	3.7	0.6

자료: 국토교통과학기술진흥원(2016), 2016년 기술수준평가

지능형 건물제어기술은 건물의 안전성과 사용성, 그리고 건물 사용자의 쾌적성 등을 객관적 센싱시스템을 통해 실시간으로 모니터링·시각화하여 관련 평가지표의 수준을 객관적으로 명시할 수 있는 기술로, 나아가 건물을 합리적으로 유지관리·조절 할 수 있다.

유럽에서는 '14년 대규모 네트워크 제어시스템 구축 프로젝트를 통해 지능형 건물 무선 네트워크 설계구조(건물 내에 무선기술을 활용하는 제어시스템 및 무선인프라 설계구조)가 제안 되었다.

국내에서는 초고층 복합건물의 다양한 용도를 통합 관리할 수 있는 분산통합형 지능형 유지관리 기술을 개발하였는데, 이는 초고층 건물의 냉난방·조명·전기·보안·정보 통신망 등의 자동화 설비와 IBS, BEMS, FMS를 연동한 BIM 기반의 UI형 통합 유지관리 기술이다. 또한, 국토교통부는 지능형건축물 인증을 통해 지능형 건축물에 대한 체계적인 기술발전 및 건물의지능화를 유도하고 있다.

(2) 고효율 에너지 빌딩기술

고효율 에너지 빌딩기술에 대한 2016년 주요국 기술수준 및 기술격차를 살펴보면, 최고기술국은 EU이며 한국은 선도그룹에 속하는 것으로 나타났다. 최고기술국 대비 한국의 기술수준은 81.1%이고 기술격차는 4.0년이다.

〈표 3-38〉 기후변화관련 건물사업(고효율 에너지 빌딩기술)

최고기술국		한국의 기술수준 그룹		기술수준(%)			기술격차(년)		
2014	2016	2014	2016	2014	2016	증감	2014	2016	증감
EU	EU	선도	선도	82.0	81.1	-0.9	3.8	4.0	0.2

자료: 국토교통과학기술진흥원(2016), 2016년 기술수준평가

고효율 에너지 빌딩기술은 불필요한 열손실을 최소화하는 기술로서, 고효율 외피시스템, 에너지효율을 극대화하는 냉난방·공조·환기시스템, 비용경제적인 신재생에너지의 건물융합기술, LCCO2 평가에 의한 친환경 건축자재, 건물에너지 최적화 설계 및 통합관리시스템을 통해 건물의 에너지소비와 온실가스 배출을 제로수준으로 최소화하는 그린홈·그린빌딩 기술 등이 포함된다. 세계 그린빌딩 건축재료 시장은 2011년 890억 달러(104조 원)에서 2018년 2,220억 달러(260조 원) 규모로 성장이 예상된다.

(3) 슈퍼 건설재료 및 자재기술

슈퍼 건설재료 및 자재기술에 대한 2016년 주요국 기술수준 및 기술격차를 살펴보면, 최고기술국은 일본이며 한국은 선도그룹에 속하는 것으로 나타났다. 최고기술국 대비 한국의 기술수준은 82.8%이고 기술격차는 4.6년이다.

〈표 3-39〉 기후변화관련 건물사업(슈퍼 건설재료 및 자재기술)

최고기술국		한국의 기술수준 그룹		기술수준(%)			기술격차(년)		
2014	2016	2014	2016	2014	2016	증감	2014	2016	증감
일본	일본	선도	선도	82.9	82.8	-0.1	4.6	4.6	0.0

자료: 국토교통과학기술진흥원(2016), 2016년 기술수준평가

슈퍼 건설재료 및 자재기술은 IT, BT, ET 기술과 건설재료 기술을 융합한 기술로서, 일반 환경은 물론 극한환경(극지, 사막, 지진, 충돌, 폭압 등)의 고층빌딩 및 교량·도로·해양구조물 등을 효율적·경제적으로 구축할 수 있을

뿐만 아니라 제조단계부터 사용수명까지 유해물질 저감과 극한 성능의 발현 등이 가능한 친환경 건설재료 및 자재(부재)를 개발하고 이를 활용하는 기술을 말한다.

슈퍼 건설재료 및 자재기술에 대한 연구는 초강도·고인성·고유동성·고내구성을 목표로 하는 초고성능 콘크리트를 중심으로 덴마크, 프랑스, 미국, 일본 등에서 연구가 이루어지고 있으며, 미국과 한국에서는 첨단 복합소재를 적용한 방호울타리에 대한 연구를 수행하고 있다.

4) 교통 부문

(1) ICT기반 친환경 도로기술

ICT기반 친환경 도로기술에 대한 2016년 주요국 기술수준 및 기술격차를 살펴보면, 최고기술국은 미국이며 한국은 추격그룹에 속하는 것으로 나타났다. 최고기술국 대비 한국의 기술수준은 79.6%이고 기술격차는 4.7년이다.

〈표 3-40〉 기후변화관련 교통사업(ICT기반 친환경 도로기술)

최고기술국		한국의 기술수준 그룹		기술수준(%)			기술격차(년)		
2014	2016	2014	2016	2014	2016	증감	2014	2016	증감
미국	미국	추격	추격	75.5	79.6	4.1	4.7	3.9	-0.8

자료: 국토교통과학기술진흥원(2016), 2016년 기술수준평가

ICT기반 친환경 도로기술은 토목기반의 도로에 전자, 통신 등의 첨단 기술을 접목하여 효율적인 도로관리, 안전한 도로환경 제공과 더불어 친환경 도로시설 기술 개발을 통해 유지관리 및 운영비용, 건설비용을 절감하기 위한 기술이다. 또한, 도로의 설계 및 시공, 유지관리에 3차원 설계기술인 BIM을 융합하여, 3차원(형상) 정보에 4차원(공정), 5차원(공사비) 정보 등을 통합 관리하여 국가 관리 SOC 시설을 입체적으로 관리하고 시뮬레이션 할

수 있다.

국내에서는 2010년부터 정부 R&D 투자가 본격적으로 이루어지고 있으며, 응용 및 개발 기술수준은 선진국에 어느 정도 근접하고 있으나, 친환경기술 및 정보통신 기술에 관한 핵심 원천 기술 등 기초기술 확보는 미흡한 것으로 평가 되고 있다. 그러나 한국은 IT 강국으로 ICT인프라 기반 여건이 풍부하여 ICT와 교통 분야 기술간 융복합이 활성화 될 수 있는 여건이 갖추어져 있어, 자율주행과 C-ITS 등 ICT 기술을 활용한 교통 분야 산업 전반의 새로운 서비스를 개발 할 여건이 마련되어 있는 것이 장점이다.

(2) 지능형 교통시스템기술

지능형 교통시스템기술에 대한 2016년 주요국 기술수준 및 기술격차를 살펴보면, 최고기술국은 미국이며 한국은 추격그룹에 속하는 것으로 나타났다. 최고기술국 대비 한국의 기술수준은 78.3%이고 기술격차는 4.0년이다.

〈표 3-41〉 기후변화관련 교통사업(지능형 교통시스템기술)

최고기술국		한국의 기술수준 그룹		기술수준(%)			기술격차(년)		
2014	2016	2014	2016	2014	2016	증감	2014	2016	증감
미국	미국	추격	추격	78.4	78.3	-0.1	4.3	4.0	-0.3

자료: 국토교통과학기술진흥원(2016), 2016년 기술수준평가

지능형 교통시스템기술은 기존의 교통체계를 전자·정보·통신·제어·신호·SI 등의 지능형 첨단기술과 접목시켜 교통의 이동성 및 안전성, 효율성, 교통 환경을 혁신적으로 개선할 수 있는 신 교통체계이다.

세계 ITS(지능형 교통체계) 시장은 2012년 135억 달러, 2014년에는 158억 달러로 증가 추세에 있으며, 2020년에는 263억 달러에 이를 전망이다. 또한, ITS 서비스 분야 중 교통관리시스템(TMS)은 2020년에 전체 ITS의 약 35%를 차지하는 가장 큰 시장을 형성할 것으로 전망 된다.

지능형 교통시스템기술은 유통비용 절감, 유통시간 단축 등을 위한 지능형

물류체계기술로 발전 심화되고 있으며, 환경 적응·자동화·탄력성이 결합된 도로 설계를 통해 신뢰성·유지보수성·안전·보안·건강·거주적합성이 향상된 도로 개발을 향상 시키는 것을 목표로 한다.

5) 소결

본 절에서 살펴본 기후변화관련 건설사업 동향은 다음과 같다. 먼저, 에너지 부문에서는 태양에너지의 현재 국내 기술수준이 최상위 국가대비 82.2%로 선도그룹에 속하며, 각 기술의 보급확대가 필요한 시점이다. 특히, 태양열 시스템의 주택분야 확대가 시급한 상황이다. 풍력에너지의 국내 기술수준은 최상위 국가대비 72.7%로 추격그룹에 속하며, 해당 기술은 세계적 성장률이 매우 높은 상황으로 해상풍력의 증가추세에 있다. 이에 따라 우리나라의 정부 투자도 높아지고 있으며, 서남해안에 대규모 풍력단지가 설치되고 있는 상황이다. 지열에너지의 국내 기술수준은 최상위 국가대비 68.0%로 추격그룹에 속하며, 발전사업과 연계하여 기술개발이 필요한 시점이다. 현재 공동주택의 지열에너지 사용이 증가되고 있는 추세이다. 수열에너지의 기술수준은 최상위 국가대비 84.6%로 선도그룹에 속하며, 정부의 적극적인 추진으로 어업과 연안인근 농업 등 연계산업에 활용되고 있다. 수력에너지의 경우에는 저수지, 하수처리장, 소도관로, 화력발전소 등 소수력 개발이 활발하게 진행되고 있다. 바이오에너지의 국내 기술수준은 최상위 국가대비 74.4%로 추격그룹에 속하며, 바이오디젤 기술 등 연료개발이 활발한 상황이다. 해양에너지의 국내 기술수준은 최상위 국가대비 79.7%로 추격그룹에 속하며, 서해안에 조력발전소가 위치하고 있고 온도차발전소도 시범사업 중에 있다. 또한 조류발전소가 개발 중이며, 파력발전소도 개발 초기단계에 있어 대부분 실용화 초기의 기술개발이 이루어지고 있다. 폐기물에너지의 국내 기술수준은 최상위 국가대비 78.9%로 추격그룹에 속하며, 폐가스분야를 중심으로 점차 성장하고 있는 추세이다. 수소·연료전지의 국내 기술수준은 최상위 국가대비

77.1%로 추격그룹에 속하며, 산업부를 중심으로 수소 스테이션과 주택·건물용 연료전지의 개발이 활발히 이루어지고 있어 관련 분야의 성장성이 높은 상황이다. 석탄 가스화액화의 기술수준의 최상위 국가대비 71.1%로 추격그룹에 속하며, 기술개발 초기단계에 머물러 있는 상황이다.

다음으로 도시부문에서는 국내 미래 첨단도시의 기술수준이 최상위 국가대비 77.5%로 추격그룹에 속하며, 국토부를 중심으로 스마트시티를 적극적으로 추진하고 있다. 스마트시티의 주요 전략으로 도시에서 발생하는 온실가스를 감소시키는 설계 및 운영 시스템을 포함하고 있다. 복합 지하 대공간 활용기술의 국내 기술수준은 최상위 국가대비 82.8%로 선도그룹에 속하며, 지하공간에 대한 환기, 채광 등 친환경 설계를 중심으로 기술개발이 활발한 상황이다.

건물부문에서는 지능형 건물제어 기술의 국내 기술수준이 최상위 국가대비 78.9%로 추격그룹에 속하고 있으며, 에너지 효율성을 높이기 위한 IBM, BEMS, FMS 등의 기술개발이 이루어지고 있다. 고효율 에너지 빌딩기술의 국내 기술수준은 최상위 국가대비 81.1%로 선도그룹에 속하며, 외피시스템과 신재생에너지 건물융합기술, 그린홈, 그린빌딩 등의 기술개발이 활발히 이루어지고 있어 성장성이 높은 상황이다. 슈퍼 건설재료 및 자재기술의 국내 기술수준은 최상위 국가대비 82.8%로 선도그룹에 속하며, IT·BT·ET와 건설재료 기술을 융합하여 극한환경 및 초고층 건축물 등에 적용하는 기술개발이 활발히 진행되고 있는 상황이다.

마지막으로 교통부문에서는 ICT기반 친환경 도로기술의 국내 기술수준이 최상위 국가대비 79.6%로 추격그룹에 속하며, 도로의 효율적 관리를 통한 에너지 절감과 안전성을 높이기 위해 국가적 기술투자가 적극적으로 이루어지고 있다. 또한 자율주행이나 C-ITS 등 ICT 기술을 활용한 교통 분야 산업 전반의 새로운 서비스를 개발 여건이 마련되어 있다. 지능형 교통시스템 기술의 국내 수준은 최상위 국가대비 78.3%로 유류비 절감, 안전성 등을 목표로 성장성이 높은 상황이다. 또한 지능형 물류체계기술로 발전 심화되고 있다.

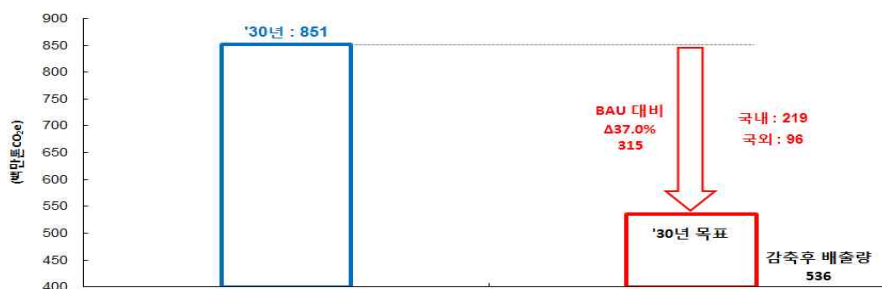
본 검토결과는 기후변화관련 건설사업들에 대한 이해 및 동향을 파악하여 新기후변화협약에 대응하는 주요 건설사업을 도출하기 위한 기초자료로 사용하였다. 단, 앞서 분류된 기후변화관련 건설사업과 관련하여 모든 사업의 동향을 파악하지는 못하였으나 검토되지 못한 사업의 경우에는 유사 기술을 바탕으로 주요 사업도출을 고려하였다.

본장에서는 먼저 新기후변화협약에 대응한 국내 온실가스 감축목표와 주요 건설정책을 살펴보고, 최근 보도자료 및 연구보고서를 검토하여 기후변화와 관련된 건설산업의 주요 이슈를 파악하였다. 다음으로 新기후변화협약에 대응하는 주요 건설사업을 추출하기 위한 선정기준을 마련하고 이에 따라 최종 사업을 도출하였다.

1. 기후변화협약 대응 건설정책

1) 국내 온실가스 감축목표

제1차 기후변화대응 기본계획(2016년)에 따르면 2030년 온실가스 배출전망치(BAU)는 약 851백만 톤으로 이 중 2030년 국내 온실가스 목표 감축량은 BAU 대비 25.7%인 약 219백만 톤이다. 이에 '2030년 국가온실가스감축 기본로드맵'에서는 '30년 국가온실가스 감축목표 37%(BAU 대비)를 효율적으로 달성하기 위해 체계적인 이행방안을 담고 있다.



자료: 국무조정실(2016), 기후변화대응 기본계획 및 2030 국가온실가스 감축 기본 로드맵.

[그림 4-1] '30년 국가 온실가스 감축목표

로드맵에 따르면 2030년 온실가스 감축량인 315백만톤 중 국내에서는 전환(발전), 산업, 건물 등 8개 부문에서 219백만톤(BAU 대비 25.7%)의 감축을 목표로 하며, 건물부문은 '30년 35.8백만톤을 감축목표(감축률 18.1%)로 한다.

〈표 4-1〉 '30년 부문별 온실가스 배출 전망치(BAU)와 예상 감축량

부문	BAU (백만톤)	감축량 (백만톤)	감축률(%)		업종	감축량 (백만톤)	부문 BAU 대비 감축률(%)
			부문 BAU 대비	국가 BAU 대비			
전환	(333)*	64.5	(19.4)	7.6	철강	17	11.1
산업	481	56.4	11.7	6.6	석유화학	7	10.8
건물	197.2	35.8	18.1	4.2	디스플레이	5.7	18.4
에너지산업	-	28.2	-	3.3	전기전자	4.8	18.5
수송	105.2	25.9	24.6	3.0	반도체	4.1	18.4
공공·기타	21	3.6	17.3	0.4	자동차	3.4	17.4
폐기물	15.5	3.6	23.0	0.4	시멘트	2.4	7
농축산	20.7	1	4.8	0.1	기계	2.3	10.2
국내 감축	851*	219	25.7%		정유	2.2	9.5
국외 감축		96	11.3%		농림어업	1.5	15.5
					섬유	1.1	9.8
					기타	4.9	-
					소계	56.4	-

* 배출량 총계(851백만톤)는 부문별 BAU에 공정배출, 가스제조 등으로 인한 배출량(약 2백만톤) 및 탈루배출량(약 8.4백만톤)이 추가된 수치이며, 전환부문의 BAU는 각 부문별 배출량에 간접적으로 포함되어 있어 전체 배출량 산정에서는 제외

* 기타: 건설업, 비철금속, 유리, 광업, 조선, 제지, 요업, 목재, 음식료품, 산업단지 열병합사업, 기타제조업 등 포함
자료: 관계부처합동(2016), 제1차 기후변화대응 기본계획 참조 재구성.



자료: 국무조정실(2016), 기후변화대응 기본계획 및 2030 국가온실가스 감축 기본 로드맵.

[그림 4-2] 2030년 부문별 목표 감축량

2014년 “국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 로드맵”에서는 건물부문과 건설업종에 대한 온실가스 감축목표를 가정과 상업으로 나누어 제시하고 있다. 2016년 “제1차 기후변화대응 기본계획”에서는 건물부문에 대한 감축목표는 제시되고 있으나 가정/상업, 건설업종에 대한 세부 감축목표는 아직 마련되어 있지 않다.

〈표 4-2〉 건물부문과 건설업종의 연도별 BAU와 감축목표

구분		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2030	
건물 부문	온실가스 배출전망치 (BAU) (단위: 백만톤CO2E)	가정	78.2	78.6	79.1	79.7	80.2	80.7	197.2
		상업	76.3	77	78.9	80.8	82.7	84.6	
		소계	154.5	155.6	158	160.5	162.9	165.3	
	연도별 감축량 (단위: 백만톤CO2E)	가정	5.8	7	8.8	11.8	14.9	18.1	35.8
		상업	6	6.7	12.1	14.2	15.7	18.7	
		소계	11.8	13.8	20.9	25.9	30.6	36.9	
	연도별 감축률 (단위: %)	가정	7.5	8.9	11.1	14.8	18.6	22.5	18.1
		상업	7.9	8.8	15.4	17.5	19	22.2	
		소계	7.7	8.9	13.3	16.2	18.8	22.3	
건설 업종	온실가스 배출전망치(BAU) (단위: 백만톤CO2E)	2.6	2.6	2.7	2.8	2.9	2.9	-	
	연도별 감축량 (단위: 백만톤CO2E)	0.02	0.08	0.19	0.15	0.17	0.19	-	
	연도별 감축률 (단위: %)	0.8	3.2	4.7	5.3	5.9	6.5	-	

자료: 관계부처합동, 2014, 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 로드맵, 관계부처합동, 2016, 제1차 기후변화대응 기본계획 참조 재구성.

2) 기후변화대응 주요 건설정책)

◦ 시멘트 혼합재 비중 확대 및 유연탄 연료대체

시멘트 혼합재 비중 확대 및 유연탄 연료대체 등으로 '20년 BAU 40.75백만톤 대비 3.47백만톤(8.5%) 감축(37.29백만톤 배출)을 목표로 한다. 세부적으로 살펴보면, 시멘트의 혼합재 비중 확대('20, 10%)로 1.38백만톤(3.4%)을, 시멘트 총 생산량 중 슬래그 시멘트 비율 확대('20, 28%)로 1.20백만톤(2.9%)를 감축한다. 혼합재는 CO₂ 배출량이 적은 포졸란(화산재, 칼슘 제거

7) 관계부처합동(2014), 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 로드맵.

점토), 플라이 에쉬 등이 사용되며, 슬래그 시멘트는 철강산업의 고로에서 부산되는 슬래그 등이 혼합되어 상대적으로 CO₂ 배출량이 적게 발생된다.

유연탄 연료대체는 폐합성 수지('20, 30%)로 하여 0.44백만톤(1.1%)을 감축하고, 공통기기(건조기, 전동기, 보일러)의 효율개선을 통하여 0.27백만톤(0.7%)를 감축한다. 또한 폐열회수 발전용량의 확대로 0.18백만톤(0.4%)를 감축('20, 65MW 추가)한다.

〈표 4-3〉 시멘트, 유연탄 부문 연도별 감축률 및 감축량(단위 : 천톤CO₂e)

구분	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20
감축률	1.3%	3.0%	4.5%	5.4%	6.4%	7.4%	8.5%
감축량	535	1,207	1,816	2,204	2,602	3,020	3,465

자료: 관계부처합동(2014), 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 로드맵

◦ 바이오디젤 보급 및 아스팔트 포장 기술 보급

바이오디젤 보급 및 아스팔트 포장 기술 보급 등으로 '20년 BAU 3.01백만톤대비 0.21백만톤(7.1%)을 감축(2.79백만톤 배출)한다. 세부적으로는 바이오 디젤 보급을 '15년 2.8%에서 '20년 6.6%까지 증가시켜 0.16백만톤(5.3%)을 감축하고, '12년 도입된 중온 아스팔트 포장 기술 보급을 '20년까지 50% 이상 증가시켜 0.05백만톤(1.8%)을 감축한다. 중온아스팔트 포장기술을 통해 도로 포장 및 보수 시 사용되는 아스콘(아스팔트 콘크리트)의 생산에 소요되는 벙커-C유(아스콘 1톤당 9리터 필요)의 절감이 가능하다.

〈표 4-4〉 바이오디젤, 아스팔트 부문 연도별 감축률 및 감축량(단위 : 천톤CO₂e)

구분	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20
감축률	0.8%	3.2%	4.7%	5.3%	5.9%	6.5%	7.1%
감축량	20	84	128	148	169	190	213

자료: 관계부처합동(2014), 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 로드맵

◦ 건축물 냉·난방 에너지 저감

신축 건축물의 에너지 허가기준 강화로 냉·난방에너지를 저감시키고 기존 건축물의 냉·난방에너지 관련 성능을 개선시킨다. 먼저 신축 건축물의 에너지 설계기준을 단계적으로 강화시키기 위하여 단열기준을 '15년, '17년, '19년 씩 3차례 단계적으로 강화시킨다. 또한 건축물 에너지소비 총량제 대상을 단계적으로 확대하여 '15년 업무용 5백㎡ 이상에서 '16년 그 외 3천㎡ 이상, '17년 모든 용도 5백㎡ 이상으로 강화한다. 그리고 일사차단 기준을 마련하여 여름철 냉방부하를 저감('14년~)시킨다. 이와 관련하여 '14년에 기준을 마련하고 '15년에 제도를 시행한다. 추가로 제로에너지 건축물의 공급을 확대하여 제로에너지 건축물을 의무화한다. 2017년부터는 패시브 수준 설계기준을 도입하고, 2020년은 공공의 신축 건축물, 2025년은 일반건축물에 대한 제로에너지 건축물을 의무화시킨다.

다음으로 공공주택 그린홈화 사업('10년~), 민간금융을 활용한 그린리모델링 사업('14년~)에 대한 이차보전을 통해 기존 건축물의 성능 개선을 유도한다. '14년 이차보전 정부예산(안)은 20억원 신규 반영하였다. 그린리모델링 사업 확대를 위한 지원체계의 구축 및 재정지원을 실시하기 위해 2017년부터 지원체계를 구축하고 2018년부터 그린리모델링 홍보 및 재정지원을 확대한다. 여기에는 그린홈 개보수 등 노후 건축물 관리를 위한 노후 건축물 성능진단 및 노후 설비교체 유도 등이 포함된다. 또한 대형 건축물에 대한 효율등급 인증 취득을 단계적으로 의무화('16년~)한다. '16년부터 500세대 이상 공동주택 및 연면적 3천㎡ 이상 업무시설을 대상으로 시행하고 단계적으로 확대 추진한다.

◦ 건축물 내 각종 설비의 에너지 효율 개선

건축물의 냉·난방기기 및 열원 효율 개선과 가전·사무기기 효율 개선 및 LED 등 고효율 조명 보급을 확대한다. 먼저 건축물 냉·난방 설비 등의 효율 개선을 위해 20세대 이상 공동주택의 고효율 가스보일러 설치를 의무화('10년~)를 지속적으로 적용한다. 또한 고효율 에너지 기자재의 인증제도 확대

및 기준을 강화하고 최저 소비율 기준 및 고효율 의무화 정책을 도입한다. 특히, 업무용 건물의 냉·난방기, 열원 시스템의 효율 개선 및 기준 강화 등을 포함한다.

다음으로 가전·사무기기 효율 개선 및 LED 조명의 보급을 확대한다. 제4차 에너지 이용 합리화 계획을 수립·시행(백열전구 퇴출), 공통주택 지하주차장 등 공용공간 LED 교체를 단계적으로 추진('14년~)한다. '20년까지 공공기관에 100% 보급하고 민간건축물의 장시간 사용조명에 대한 설치를 의무화한다. 또한 가전기기, 조명기기, LED에 대한 에너지 소비 효율등급 표시제도의 대상품목을 확대 및 기준을 상향시킨다. 그리고 대기전력의 경고표시제를 도입 및 확대하는 것이다.

마지막으로 신재생에너지 보급 등을 강화한다. 신재생에너지를 이용하는 건축물 인증제도를 활성화하고, 기존 및 신축건물에 대한 신재생보급 지원사업을 확대한다. 이를 위해 주택 신재생에너지 설치비를 지원하여 그린홈을 확대시킨다.

- 운영단계 에너지효율 개선 및 정보 공개

건축물 냉난방 설비 등 유지관리 단계의 에너지 효율을 개선하고 에너지 관련 정보 공개를 통해 에너지절약 행태의 개선을 유도한다. 먼저 BEMS (Building Energy Management System) 표준화 등 보급을 확산('14년~)한다. 신축 건축물의 허가 시 BEMS 설치에 가점을 확대('14년~)하고, 인증제도를 도입하여 에너지 다소비 건물부터 단계적으로 인증을 의무화('15년~)하는 것이다. 이를 위해 BEMS 확산기술을 개발하고 제도적 기반을 마련하고, BEMS의 설계·시공·관리를 위한 통합 플랫폼을 구축하여 원격 통합관리센터를 운영한다. 현재 “BEMS KS 기반의 설계·시공·운영·관리 기술개발 및 실증('15~'20)” 연구가 수행되고 있다. BEMS는 건물에너지 절감을 위해 에너지원별 센서·계측장비, 분석 S/W 등을 유무선 통신망으로 연계하여 실시간 에너지 상황을 모니터링하고 제어하는 통합 관리 시스템을 말하며, BEMS 건축물의 에너지 자동관리를 통해 에너지를 절감시키는 것이다. 세부적으로

BEMS KS규격의 개발, 인증제 도입, 전문인력 양성, 군관리시스템 도입, 관련 기술 개발, 인센티브 확대, 단계적 의무화 등이 추진될 예정이다. 특히, 주거용 건축물은 에너지사용 특성을 고려한 운영관리와 ICT 기술이 결합된 HEMS(Home Energy Management System) 등을 통하여 건축물 유지관리 단계에서 에너지 절약이 가능하다.

다음으로 건축물의 에너지소비 증명제 및 정보를 공개('13년~)한다. 세부적으로는 건축물의 에너지소비 증명제 시행 지역과 대상을 단계적으로 확대하여, 에너지소비 증명제 및 정보공개로 에너지 절약과 성능개선을 유도하는 것이다. '13년에 서울지역 매매 건축물부터 '14년 수도권 매매·임대 건축물, '16년 전국 매매·임대 건축물에 적용하는 계획이다. 또한 건축물의 에너지사용량의 정보공개 등으로 에너지절약을 유도('15년~)한다.

◦ 건축물 냉매 사용 저감 및 관리 강화

건축물 냉매의 사용량 저감 및 적정 처리기반 구축과 합리적인 규제를 통해 新 시장 및 일자리 창출을 추진한다. 먼저 건축물 냉매의 사용량 저감 및 적정 처리기반 구축을 위해 냉매의 소주기 관리(생산·사용·폐기)를 위한 통계 시스템을 구축('14년~)한다. 세부적으로 생산(오존보호법), 사용(대기법), 폐기(폐기물법) 관련 시스템을 연계하여 추진하는 방안을 검토한다. 또한 합리적인 냉매 관리를 위하여 관리대상을 현재 공기조화기에서 냉매 사용기기 전체(공기조화기+냉장·냉동기기 등)로 확대('14년~)한다. 그리고 냉매의 회수처리 등에 대한 전문성 제고를 위해 전문인력의 양성을 추진한다. 이를 위해 교육 이수제 및 전문자격제의 도입 등을 검토('14년~)한다.

〈표 4-5〉 냉매 생산·수입·소비 현황(한국정밀화학산업진흥회)

(단위: TON)

구분	생산량	수입량	소비 현황	
			소비량	사용처
HCFCs	7,262	21,745	28,453	냉매(45%), 발포(44%), 세정(8%), 기타(3%)
HFCs	-	11,428	11,428	냉매(96%), 소화(3%), 발포(1%)

자료: 관계부처합동(2014), 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 로드맵

다음으로 합리적인 규제를 통해 新 시장 및 일자리 창출과 관련하여 정밀한 냉매의 회수정제와 재주입 등을 위한 회수업자 등록기준 및 회수기기 성능실험에 대한 기준 마련을 검토('14년~)한다. 회수업, 회수기기 관련 제조업의 신설 등으로 약 95백명의 일자리 창출을 추진하는 것이다. 또한 친환경 냉매(Low/non GWP) 개발과 적용 가능한 냉매 사용기기의 개발·보급 등 지원방안을 검토('15년~)한다.

2. 기후변화협약 대응 건설산업 주요 이슈

1) 사회적·산업적 이슈

최근 기후변화 관련 정책의 주요 이슈를 파악하기 위하여 정부 보도자료 및 기사를 검토하였다. 정부정책 관련 주요 이슈는 산업통상자원부를 중심으로 국무조정실과 미래창조과학부(현 과학기술정보통신부), 환경부 등의 총 33개의 보도자료를 통해 추출하였다. 그밖에 기후변화 및 에너지와 관련된 기사를 살펴보았다. 자료검색을 위한 키워드는 기후변화, 온실가스, 에너지를 사용하였다.

먼저 산업통상자원부의 2016년 12월 14일 보도자료부터 2017년 10월 24일 보도자료까지 총 25건을 검토하였다. 산업통상자원부에서는 주로 에너지 분야를 중심으로 한 세부정책을 제시하고 있는데, 특히 신·재생에너지의 확대와 에너지저장장치 효율향상, 에너지관리시스템 설치확대 등을 주요 내용으로 포함하고 있다. 세부적으로 신·재생에너지는 원전의 단계적 감축으로 태양력·풍력 등으로 전환하고 건물 등 소규모 태양광 발전을 확대한다는 방침이다. 에너지저장장치(ESS)의 효율성 향상을 위한 기술개발 투자를 확대하고 건물단위의 소규모 에너지저장장치의 보급을 확대한다는 것이다. 마지막으로 에너지관리시스템(EMS)의 경우에는 스마트그리드나 스마트홈, 스마트공장 등의 보급을 확대하여 에너지 사용의 효율성을 극대화한다. 그밖에 건축

물의 단열이나 난방개선 등을 통한 에너지 효율성 개선에 대한 정책도 포함하고 있다.

〈표 4-6〉 기후변화 관련 건설산업 주요 이슈(산업자원통상부 보도자료)

일자	제목	주요 내용
2017.10.24	정부, 신고리 5·6호기 건설재개 방침과 에너지전환(탈원전) 로드맵 확정	원전의 단계적 감축, 재생에너지 확대(현재 7%→'30년 20%): 폐기물, 바이오 중심의 재생에너지를 태양광, 풍력 등으로 전환, 협동조합시민 중심의 소규모 태양광 사업에 대한 지원, 계획입지 제도 도입을 통해 난개발 방지, 관계부처공공기관 협업을 통해 사업발굴 확대
2017.10.11	(보도해명)원전 계속 지어야 온실가스 감축(환경)	에너지 전환에 따른 원전발전의 감소는 상당부분 신재생발전으로 대체될 것으로 예상되고, 전력수요 증가가 둔화되는 등 LNG발전에 따른 가스수요는 크게 늘지 않을 것으로 전망
2017.09.27	산업부, ASEAN+3 에너지장관회의 참석	한국형 에너지안전관리 시스템 구축 및 태양광, 에너지저장장치 협력사업 추진
2017.09.14	안전하고 깨끗한 미래 에너지로의 전환 본격 추진	원전 중심 발전정책 전환하되 60년 이상에 걸친 단계적 감축, 석탄화력 조기 폐지 및 신규 금지, '30년까지 전체 발전량의 20% 재생에너지로 공급, 신재생 발전설비 중 태양광, 풍력 비중을 대폭 확대('16년 38%→'30년 80%), 주민참여 확대
2017.08.28	산업부, 내년도 예산안 안전하고 깨끗한 에너지전환과 미래신산업 육성에 중점 투자	신재생 등 청정에너지 중심으로 전환하기 위한 투자 확대, 농촌 태양광 등 주민참여형 신재생에너지사업 강화, 주택·아파트·학교 등 자가용 태양광 보급지원을 대폭 확대, 에너지저장장치·스마트그리드·발전단가 저감 및 효율향상 핵심기술개발 투자확대, 정보통신기술과 주력산업 융합, 인공지능 등 4차 산업혁명의 핵심 기반기술 및 사업지원 확대, 스마트카드론·로봇 등 유망 신산업분야에 대한 신기술 융합 및 실증 등 투자 강화
2017.08.25	(보도해명)정부, 신재생에너지 규제완화 추진... 참여 지자체에 인센티브 제공,중앙	'신재생 3020 이행계획 TF'를 차관급으로 격상하여 '재생에너지 정책협의회' 개최, 서울시의 재생에너지 보급 우수사례 확산, 중앙정부와 지자체간 협의채널 구축, 지역 재생에너지 전담기구 설립 등 논의
2017.08.24	에너지절약, 수입대체 효과가 기대되는 24개 우수 신기술 인증	우수 월류 방지 유도배수 장치와 이물질 자동배출 기능을 가진 교량용 핑거형 신축이음장치 기술(거승건설), 일체형 접이식 안전난간 및 옥외 피난계단으로 활용되는 대피장치의 제조기술(파인디앤씨), 대형건축물 구조건전성 모니터링 통합 플랫폼기술(글로벌비즈)
2017.08.24	제1회 재생에너지 정책 협의회 개최	서울시 재생에너지 보급 정책과 성과: 부지 제공, 보조금 지원 등을 통해 가정의 배란다 등에 설치하는 미니 태양광과 도시형 분산형 연료전지 발전소 확대, 시민 펀드 조성, 에너지공사를 설립하여 다양한 사업 발굴, 태양광 5배, 연료전지 17배 증가 성과 거둠
2017.08.09	에너지전환 국민소통 TF 출범	탈원전, 탈석탄, 재생에너지 등 신에너지 전환정책 추진을 위한 체계적 전략 수립
2017.07.13	(보도설명)청정에너지 원전 파리기후협약 후 더 높고있다(조선)	원전의 발전비중은 2000년대 이후 감소 추세, 미래 균등화발전단가(LCOE)는 원전이 신재생, LNG보다 높아질 전망, 원전비중을 확대하거나 건설을 확대하는 나라들은 개발도상국
2017.07.05	청정·스마트 에너지신산업 에너지저장장치(ESS) 보급 크게 늘어	에너지저장장치(ESS)산업이 에너지신산업으로 성장하기 위한 최소한의 초기시장 창출 노력

2017.06.06	제8차 청정에너지장관회의 및 제2차 미션이노베이션 장관회의 참석	우리나라의 친환경에너지타운을 모델로 고안된 에너지자립마을 프로그램이 청정에너지장관회의의 새로운 구상(이니셔티브)에 포함
2017.05.03	에너지신산업 보급과 수출 모두 파란불	국내 태양광, 풍력 등 신재생에너지 실적 증가 및 전자 국내외 판매실적 증가, 스마트공장 121신축 등
2017.04.12	4차 산업혁명 대비 『미래 핵심 에너지기술』 확보에 역량 집중	올해 청정에너지기술개발에 지난해 대비 36% 증가한 약 7,600억 원 투자, 향후 5년간 투자를 지속적으로 늘려 21년에는 약 1,12조 원으로 확대
2017.04.05	지역산업과, 에너지공기업 간담회	조선기자재업계와 에너지공기업간 상시적 협력채널 마련(조선기자재업계, 에너지공기업, 현장지원반 등), 풍력발전 등 신재생에너지 분야에 조선기자재업체 진출가능성 논의
2017.04.04	단열강화, 신재생에너지 설치 등으로 지자체 절전 효과 나타나	건축물 단열강화, 신재생에너지 설비 설치, 고효율 기기 도입 등 에너지 절약 시설 투자가 필요
2017.03.23	국내 대학캠퍼스에 에너지신산업 융합모델 구축 첫 사례	홍대 캠퍼스에 태양광 발전, 에너지저장장치, 연료전지, 전력피크제어장치, 고효율 냉난방 등 활용
2017.02.28	에너지신산업 규제개선 협의결과 및 기대효과	지자체, 입지, 투자, 환경 등 핵심 부문별 총 7건의 규제개선 '17년 5,600억 원 투자유발, 110억 원 비용절감 기대
2017.02.14	에너지 신기술 실증연구에 올해, 1,000억 원 투자	올해 에너지기술 실증연구에 지난해보다 240억 원이 늘어난 1,000억 원의 예산 투입, 스마트그리드, 신재생에너지, ESS등
2017.02.03	4차 산업혁명 시대의 바람직한 에너지 정책방향	산업정책과 에너지정책의 융합을 통한 시너지 효과 창출 노력
2017.01.25	사용자 참여형 공동연구로 에너지기술 현안문제 해결	전통시장, 다점포 소형사업장, 시설원에 농가 등의 에너지효율 개선지원, 건물로 중소형 ESS활용촉진, 에너지빈곤층 기초에너지사용량 모니터링 개선지원, 중소규모 태양광발전 설치 및 유지관리 가이드라인, 건물일체형 태양광발전(BIPV) 표준모델 개발 등, 대상분야: 전통시장, 창호/건물, 태양열, IoT기반, 건물용ESS, 소규모태양광, BIPV등
2017.01.03	민간 투자 증가로 금년 에너지산업 총 14조원 투자 전망	클린에너지, 스마트공장(건물) 2천개소를 구축(태양광, ESS, EMS) 클린에너지, 스마트홈 2천세대 시범구축, LH+LG전자공동주택에 ESS+IoT 설치계획 발표
2016.12.28	남해 친환경에너지타운 착공식 개최	폐기물 신에너지화, 주민수익 창출, 관광 상품화 등 1석3조 효과, 폐자원 가스화로 약 100억 원 비용 절감, 연 1.6억 원 수익 창출 기대, 에너지자립형 태양광 식물공장, 태양광, 지열 등 설치
2016.12.19	산업부, 「클린에너지·스마트공장」 확산사업 본격 시동	스마트 공장(ICT 기술 적용) + 클린에너지시스템(ESS, FEMS 등 에너지신기술 적용)
2016.12.14	(보도설명)신재생에너지 발전량 2020년에 원전 추월	태양광과 원전의 설비이용률(원전 약 85%, 태양광 약 15%)을 감안 시 같은 양의 전력을 생산하기 위해서는 태양광 설비가 6배 필요

다음으로 국무조정실과 과학기술정보통신부(구 미래창조과학부), 환경부(한국환경산업기술원)에 대한 보도자료 7개를 검토하였다. 국토교통부의 경우에 기후변화, 에너지, 온실가스와 관련된 보도자료는 없는 것으로 조사되었다. 국무조정실의 경우에는 관계부처 합동으로 발표되는 국가차원의 중장기 전략

과 관계 법령의 개정사항에 대한 내용을 담고 있다. 과학기술정보통신부(구 미래창조과학부 포함)는 기후변화 및 에너지 관련 기술에 대한 개도국 소개나 백서 제작에 대한 보도였고, 환경부(한국환경산업기술원 포함)는 건축물 기술 개선을 통한 온실가스 감축성과와 기후변화 관련 정책 추진사항에 대한 보도이다.

〈표 4-7〉 기후변화 관련 건설산업 주요 이슈(국무조정실 등)

일자	정부부처	제목	주요 내용
2017.11.01	과학기술정보통신부	개도국 정부관계자 초청 한국의 기후기술 소개	신재생에너지 융·복합기술, 하수처리기술 등
2017.08.22	환경부	공공부문 기관 744곳, 2015년도 온실가스 83만 톤 감축	건축물 기설 개선: 발광다이오드(LED) 조명 보급, 고효율 기기 교체, 이중창·창호 단열 강화, 신재생에너지 설비 설치 등
2017.06.23	환경부	공공기관·산업계도 기후변화 적응대책에 나선다	환경부, 13개 공공기관 및 5개 기업과 기후변화 적응대책 수립을 위한 업무협약 체결
2017.05.23	한국환경산업기술원	환경성적지표로 건축 분야 온실가스 감축 국제세미나 개최	2001년부터 시행, 2016년부터는 탄소발자국 인증을 통합하여 운영 중
2017.02.22	미래창조과학부	녹색·기후기술 백서 2017 발간	녹색·기후기술 정책 및 국제협력 현황과 10대 녹색·기후기술별 기술, 산업, 정책 현황 망라
2016.12.06	국무조정실	신기후체제 출범에 따라 효율적 기후변화대응을 위한 국가차원의 중장기 전략과 정책방향 제시	신재생에너지 보급 확대, 청정연료 발전비중 확대, 수송 에너지의 친환경 연료 전환 등, '25년부터 신축하는 건축물은 제로에너지로 지어지도록 의무화, 청정에너지 R&D 투자확대, 취약지역에 대한 사전관리 및 정비활동 확대(하수도, 하천, 연안 등)
		기후변화대응 기본계획	신축/기존 건축물단열 성능향상, 신재생 에너지 적용(태양광 설비 설치) 등 냉난방 에너지 저감
2016.10.21	미래창조과학부	도심형 빌딩 태양광 발전 등 온실가스 감축 및 기후산업 창출에 박차	온실가스 감축에 실질적으로 기여하고 새로운 기후산업을 창출할 수 있는 사업화 모델(12개) 도출, 이번에 첫 2개 모델 착수, 안토니가우디의 우아한 곡면구현이 가능한 고성능 태양광 빌딩, 기존 난방만 가능한 빌딩발전에서 냉·난방이 가능한 삼중 열병합 연료전지 빌딩
2016.05.16	국무조정실	기후변화 대응체계강화를 위한 시행령 개정 확정 및 배출권거래제의 원활한 정착을 위한 정책 지원 강화	저탄소 녹색성장기본법 시행령 개정: 국가 온실가스 감축목표 변경(BAU 대비 37%), 온실가스 관련정책 총괄 조정, 온실가스 종합정보관리센터 소속 변경(국무조정실 소속), 환경부의 지방녹색성장 관리 강화(녹색위→환경부), 목표관리제 관장기관 및 업무 추가 온실가스배출권거래법 시행령 개정: 배출권거래제 총괄 기관 변경(기재부), 배출권거래제 집행업무 관장부처책임제 도입, 인증·평가시 환경부 의견반영 의무조항 마련, 기타 제도 개선사항: 집단에너지 할당기준 마련, 조기 감축실적, 배출권제출 차입한도 확대

그밖에 언론사의 최근 기사를 검토한 결과에서는 주로 원전 감축 및 탈석탄화, 신재생에너지 확대 등이 주요 이슈로 파악되었다. 원전의 경우에 온실가스를 감축하기 위해 가장 중요한 전환사업이나 안전, 폐기물처리에 대한 문제로 인해 국내 및 유럽에서는 감축한다는 정책이지만, 한편에서는 원전에 대한 기술개발에 더욱 필요하다는 입장도 있다. 또한 이산화탄소 배출의 주범인 석탄화력발전의 경우에 국내를 포함한 주요 선진국에서는 탈 석탄화를 추구하고 있고, 원전 및 석탄화력발전을 대체하기 위하여 신재생에너지를 확대하는 방안을 제시하고 있다. 그러나 신재생에너지의 경우에 발전설비의 규모가 크고 초기 비용이 커 단계적인 추진이 필요하며, 에너지 효율성 측면에서도 기술개발이 시급한 실정이다.

〈표 4-8〉 기후변화 관련 건설산업 주요 이슈(기타 기사)

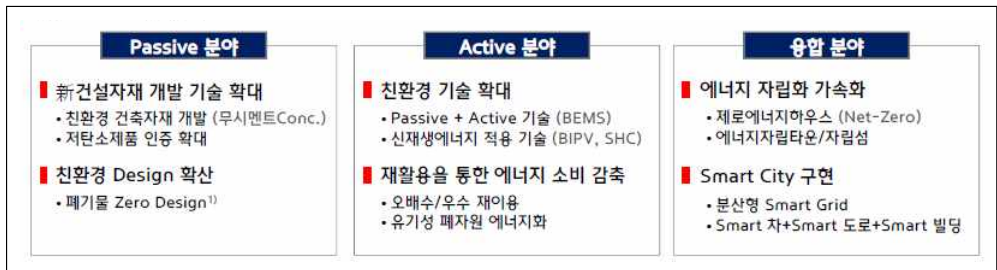
일자	보도기관	제목	주요 내용
2017.11.07	국민일보	신재생으로 전력 절반 총당하니 연 2억 3300만원 절감	문재인 대통령이 국가적 사업으로 추진하라고 지시한 '스마트시티'에 대한 실증적인 연구 결과, 260여명이 거주하는가 사도에 에너지자립사업을 실증한 결과 '스마트시티'로 얻어지는 경제적 효율은 17~20%일 것으로 전망
2017.11.06	연합뉴스	독일 모든 도로에 자동차 통행료 생각까... 당국 '군불때기'	독일 연방환경청장은 이산화탄소 배출량을 줄이기 위해 내연기관 자동차를 대상으로 모든 도로에서 주행거리에 따라 통행료를 부과할 필요성이 있다고 주장
2017.11.06	이데일리	"中 이달 독일서 탄소배출권 거래제 도입 밝힐 듯"	중국이 현재 7개 도시에서 시범 운영 중인 탄소배출권 거래제를 전역으로 확대 개시할 예정
2017.11.06	연합뉴스	'脫 석탄화' 놓고 獨연정협상 평행선... 재선거 배수진도 등장	독일의 자민당과 녹색당은 '탈석탄화'에 관한 주제로 참여한 대립을 세우고 있음. 자민당은 재생에너지만으로 에너지수요를 충족시킬 수 없다는 입장이며, 녹색당은 석탄화력발전의 단계적 폐쇄로 전력공급 부족현상이 발생할 경우 EU내 전력시장에서 해결할 수 있다는 입장
2017.11.06	에너지 경제신문	빌게이츠"미래 에너지는 원자력"...美中 차세대 원전 협력 강조	리커창 중국총리가 MS창립자인 빌게이츠와 만나 미국과 중국 간 차세대 원전기술의 협력을 강조함. 현재 중국 원전 업체인 CNNC와 게이츠회장의 테라파워는 '진행파워자로' 기술을 개발진행 중임
2017.11.04	라디오 코리아	美정부, 기후변화 인정.. 기후보고서 나와	트럼프 미국 대통령이 기후변화 이론은 가짜라고 부정하며 취임 이후 파리기후협약 탈퇴, 그러나 미국정부의 공식 기후보고서에는 기후변화는 실재하며 온실가스가 주범이라는 분석결과가 나타남
2017.10.27	SBS뉴스	美 환경운동가 "원자력은 기후변화 피해 막을 유일한 해결책"	청정에너지 연구단체의 쉐렌버거 대표는 "원전은 어떤 에너지보다 탄소 배출량이 적은 데다 발전소가 차지하는 부지도 가장 작다"며 원자력 에너지는 기후변화에 따른 엄청난 피해를 막을 수 있는 유일한 대안이라고 말함

2017.10.27	중앙일보	냉난방비 0원 "슈퍼그레이트" 노원구 '에너지제로주택' 가보니	입주를 앞둔 노원구의 이지하우스는 건설 단계부터 에너지 자급자족을 목표로 한 전국 최초의 공동주택단지임. SH나 LH의 공공주택 건설비용보다 30%정도 비싸지만 앞으로 기술 개발과 자재 국산화 등을 통해 초과비용을 계속 낮춰 갈 수 있을 것으로 예상
2017.10.26	투데이 에너지	[분석]원전재개, 온실가스 감축 한시름 놓나	원전의 위험성에 대해서만 부각이 되고 그로인한 장점이 자꾸만 축소되는 경향이 있음. 원전으로 인한 온실가스 감축 효과가 상당히 크며, 현재로서는 원전 없이는 온실가스 감축은 어려움
2017.10.25	연합뉴스	신재생에너지 보급...경기도 에너지기금 500억 조성	경기도는 도의 출연금과 신재생에너지 공급인증서 판매 수입금을 재원으로 2022년까지 5년간 500억 원을 마련할 방침임. 에너지기금은 '경기도 에너지비전 2030' 실현을 위해 효과적인 신재생에너지 보급 확산에 쓰일 것임
2017.10.25	연합뉴스	"발전 6사, 신재생 목표 달성에 80조원 필요"	한국수력원자력과 발전 공기업 5곳이 2030년까지 33GW 신재생 설비 건설위해 80조922억 원이 필요하다고 추산
2017.10.11	한국경제	'원전 계속 지어야 온실가스 감축'	원전을 LNG 대체시 연료 수입에만 매년 100억 달러가 추가로 필요
2017.08.25	중앙일보	정부, 신재생에너지 규제완화 추진... 참여 지자체에 인센티브 제공	24일 정부는 '신재생 3020 이행계획 TF'를 개최. 신재생 관련 규제를 완화·폐지하는 지자체에 경제적 인센티브 제공
2017.05.25	동아일보	2030년까지 140조... 신재생에너지 투자 25% 확대	신재생에너지의 전력생산 비중을 2030년 20% 확대, 신재생 투자 25% 증가. 이에 따라 올해부터 2030년까지 14년간 모두 140조 원 투자예상, 매년 10조 원씩 투자

정부부처의 보도자료 및 관련 기사를 검토한 결과, 산업통산자원부의 에너지 관련 정책은 세부적으로 추진되고 있으나 환경부, 국토교통부 등에서의 기후변화 관련 세부정책에 대한 보도자료는 미흡한 것으로 나타났다. 발전분야에서 신재생에너지로의 전환이 중요한 사항인 만큼 건물분야에서 에너지를 절감하는 것도 매우 중요하기 때문에, 국토교통부 등 관련 정부부처의 세부정책의 조속한 마련이 필요하다. 또한 원전 감축에 있어서도 원전해체기술에 대한 집중뿐만이 아니라 안전이나 폐기물처리에 대한 기술개발도 지속적으로 추진하여 원전기술을 수출하는 선도국가로서의 위상을 강화시키는 점도 고려되어야 한다.

2) 연구적 이슈 및 주요 결과

보도자료 및 기사와 더불어 최근 연구된 보고서 및 발표자료를 검토하여 기후변화협약과 관련된 건설사업의 주요 이슈를 파악하였다. 먼저, 현대건설(2016)에서는 기후변화에 따른 건설시장 변화의 대응 및 신시장 발굴과 관련하여 Passive 분야, Active 분야, 융합 분야로 구분하여 유망 Biz와 기술 분야를 제시하고 있다. 먼저 Passive 분야에서는 新건설자재 개발 기술의 확대와 친환경 디자인의 확산으로, 친환경 건축자재의 개발(무시멘트 Conc.), 저탄소제품의 인증 확대 그리고 폐기물 Zero Design을 포함하고 있다. 다음으로 Active 분야는 친환경 기술의 확대와 재활용을 통한 에너지 소비 감축으로, Passive와 Active 기술을 포함한 BEMS, 신재생에너지 적용 기술(BIPV, SHC)의 확대와 오배수/우수의 재이용, 유기성 폐자원의 에너지화를 담고 있다. 마지막으로 융합 분야에서는 에너지 자립화 및 가속화와 Smart City의 구현으로, 제로에너지하우스(Net-Zero)와 에너지 자립타운/자립성, 분산형 Smart Grid와 Smart 차, Smart 도로, Smart 빌딩을 세부 분야로 제시하고 있다.



자료: 현대건설(2016), 기후변화 협약 파리협정에 따른 건설사 대응 전략.

[그림 4-3] 기후변화 대비 건설 유망 Biz & 기술분야

또한 ICT 기술융합을 통한 탄소절감 스마트 도시의 건설과 관련하여 건축, 교통, 에너지 인프라, 산업으로 구분하고 각각의 세부 전략과 스마트 도시의 사업규모성장을 예측하고 사업기회확대에 대한 국외사례를 제시하고 있



자료: 현대건설(2016), 기후변화 협약 파리협정에 따른 건설사 대응 전략.

[그림 4-4] ICT 기술융합을 통한 탄소절감 스마트 도시 건설

다. 건축분야에서는 친환경 제로에너지 빌딩과 에너지 관리 스마트화, 가정용 ESS 확산 그리고 마이크로 에너지 그리드 등이 포함된다. 사업규모는 2020년까지 1조 5,000억 달러의 시장으로 전망하고 있으며, 중국과 인도, 한국 등 스마트도시 건설계획을 설명하고 있다.

강운산(2016)은 기후변화협약과 관련된 건설 신상품과 신시장을 도시·해안 시설, 건축기반시설, 에너지 시설로 구분하여 신사업분야 및 세부사업을 제시하였다. 도시·해안 시설의 신사업분야로는 도시 열섬현상 완화, 방재도시, 연안시설의 14개 세부사업, 건축기반시설은 건축 자재·기술, 설계·시공, 기반 시설 보강 및 관리의 12개 세부사업 그리고 에너지 시설에서는 발전·저장과 에너지 절약 분야의 8개 사업을 제안하고 있다.

<표 4-9> 기후변화협약 관련 신상품 및 신시장

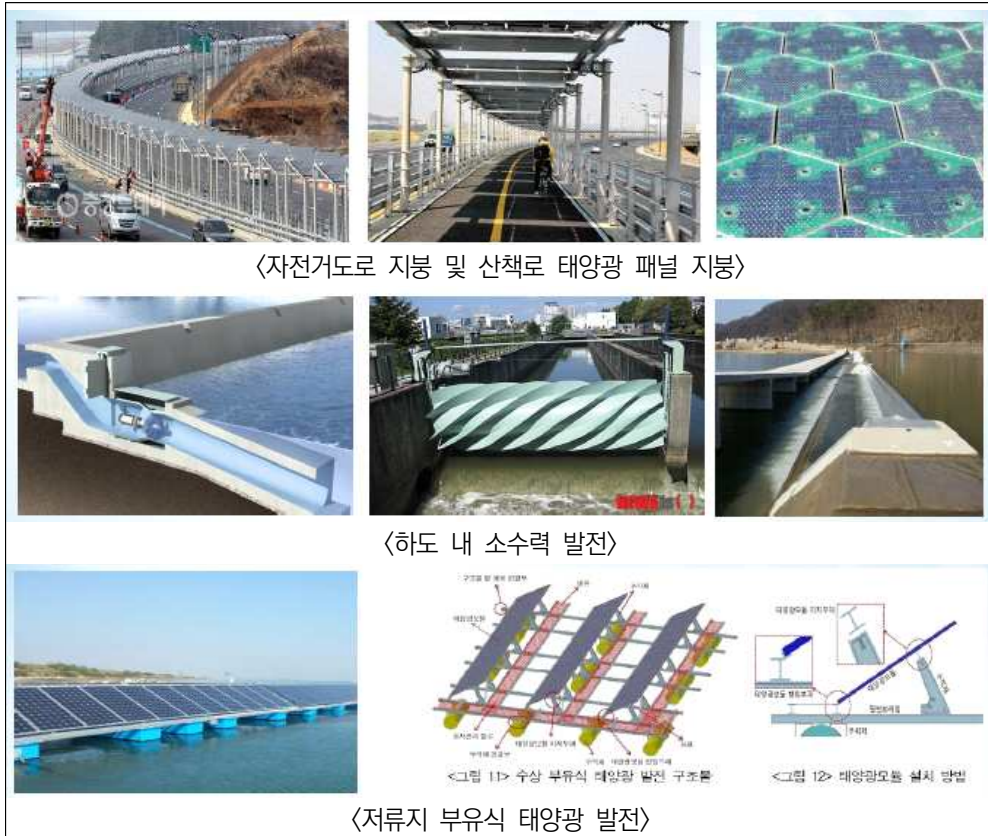
구분	신사업분야	세부사업
도시·해안 시설	도시 열섬현상 완화	<ul style="list-style-type: none"> • 도시숲 및 학교숲 조성 사업 • 빗물가든 • 녹지 및 바람길 고려 건물배치/단지설계
	방재도시	<ul style="list-style-type: none"> • 기후변화 적응 도시설계·계획

		<ul style="list-style-type: none"> • 홍수터 공원 시공 • 지하저류 시설·저류 공간 조성 • 연안·도시 적응 및 방재계획 수립 컨설팅 • 개인 방재 장비 • 도로포장 내구성 강화 및 투수성 포장제품 • 도로 제설제 피해 최소화 기반기술 폭설대응 • 지하차도 빗물 저류화 • 마을 개보수 서비스
	연안시설	<ul style="list-style-type: none"> • 연안침수 방지시설 • 자연형 연안 방재 조성
건축기반시설	건축 자재기술	<ul style="list-style-type: none"> • 극한 기상상황에도 안전한 건축자재 • 기후변화 적응형 건축 • 패시브 하우스
	설계·시공	<ul style="list-style-type: none"> • 기후변화 적응형 건축·리모델링 • 기후변화 적응형 건축설계·시공 • 적응형 건축물 설계·리모델링 컨설팅 • 옥상녹화 시공
	기반시설 보강	<ul style="list-style-type: none"> • 교통 기반시설의 안전성 보강 • 연안·해안 구조물의 안전성 보강 • 기반시설 재건설
	기반시설 관리	<ul style="list-style-type: none"> • 기반시설 리스크 관리 서비스 • 에너지 관련 기반시설의 안전성 점검·관리
에너지 시설	발전·저장	<ul style="list-style-type: none"> • 극한기후 대비 가정용 발전기 • 병원 등 주요 시설물의 극한기후 대비 발전기 • 발전시설 대여 사업 • 분산형 열병합 발전 • 재해발생 대응 에너지 저장 • 지열·태양열 이용한 냉난방 시스템
	에너지 절약	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지 절약 시설 • 자체 에너지 생산 시설

자료: 강운산(2016), 기후변화협약과 건설산업의 대응방안.

박수진(2016)에서는 기후변화대응 건설사업을 신재생 에너지, 물관리, 열섬방지로 나누어 12가지의 세부사업을 제시하였다. 먼저 신재생 에너지 분야의 첫 번째로 자전거 도로의 지붕을 태양광 패널로 조성하고 산책로에 태양광 패널을 설치하는 사업으로, 이를 통해 태양광 발전 및 폭염 피해의 저감 효과가 발생된다. 두 번째는 하도 내 보의 유효낙차를 이용한 소수력 발전으로

로 갈수기 기간의 이수확보도 가능하다. 세 번째는 저류지의 수면을 활용한 부유식 태양광 발전으로 저류지의 담수 증발량을 억제하여 용수량을 확보할 수 있다.



자료: 박수진(2016), 신기후체제와 기후변화대응 건설산업.

[그림 4-5] 기후변화대응 건설사업(신재생 에너지)

다음은 물관리 분야의 첫 번째로 하도 내 지하에 차수시트를 설치하여 침투된 유출수를 저류하여 용수를 확보하는 사업이다. 두 번째는 지붕의 빗물을 우수관을 통하여 컨테이너 저장시설에 저장 후 화장실 용수로 활용하는 방법이다. 세 번째는 수변공간의 제내지를 활용한 저류지의 설치를 통해 침수 및 이수기능을 극대화시키고 습지조성으로 생태공간의 조성 및 도심지역

의 열섬현상을 방지하는 것이다.



자료: 박수진(2016), 신기후체제와 기후변화대응 건설산업.

[그림 4-6] 기후변화대응 건설사업(물관리)

열섬방지 분야에서는 첫 번째로 지붕 또는 건물의 색을 밝게 칠하거나, 재료를 활용하여 태양열의 반사율을 높여 흡수되는 열을 저감시키는 방법이 있다. 이는 냉방에너지의 수요를 감소시킴으로써 화석에너지의 사용을 감소, 온실가스 배출을 저감시키는 사업이다. 두 번째는 건물옥상 또는 벽면에 와이어 등을 설치하여 덩굴성 식물을 식재하는 것으로 도시경관의 이미지를 제고시키고 도심지역의 열섬현상 방지 및 탄소흡수량을 증대시킨다. 세 번째로 건물내부 또는 로비에 실내 녹화로 내부의 온도를 낮추거나 신선한 공기를 자연적으로 순환시켜 실내의 냉난방 효과와 건물내부의 인테리어 효과를 제고시키는 것이다.



〈지붕 또는 건물 도색 및 재료 활용〉



〈건물옥상 또는 벽면의 덩굴성 식물 식재〉



〈건물내부 또는 로비의 실내 녹화〉

자료: 박수진(2016), 신기후체제와 기후변화대응 건설산업.

[그림 4-7] 기후변화대응 건설사업(열섬방지)

열섬방지 분야의 네 번째로는 건물의 지붕과 벽, 바닥 등을 첨단 단열재로 사용하고 유리창은 3중 유리점으로 내외부의 열을 차단하여 냉난방 에너지의 수요절감으로 에너지 절약 및 온실가스를 감축하는 사업이다. 다섯 번째는 건물옥상의 녹화사업으로 지붕의 녹지공간을 조성하여 열섬현상 방지하는 사업과 도심지역의 수목터널 조성으로 도시공간의 녹지 확보와 녹음을 제공하는 것이다. 여섯 번째는 우수기간의 도로유출수를 임시 저장하여 도심 공원수 또는 도로 노면 청소에 활용하여 도시의 경관이미지 조성과 함께 열섬현상을 방지하는 사업이다. 일곱 번째는 녹지 또는 나대지의 식생 피복면 하부에 빗물이 저류될 수 있는 저류공간을 조성하여 비점오염물질의 저감과 도

시흥수 등의 피해발생을 저감하는 사업이다. 마지막으로 여덟 번째는 쿨링포크시스템을 관광지 또는 사람의 이동이 많은 도심지역에 설치하여 폭염을 예방하는 방안이다.



자료: 박수진(2016), 신기후체제와 기후변화대응 건설산업.

[그림 4-8] 기후변화대응 건설사업(열섬방지, 계속)

3. 新기후변화협약 대응 주요 건설사업 선정

1) 선정기준 검토

新기후변화협약에 대응하기 위한 주요 건설사업의 선정기준을 마련하기 위하여 기존 연구문헌에서 제시하고 있는 기후변화관련 건설사업의 선정기준과 유사 사업의 선정기준에 대하여 살펴보았다.

먼저, 한국건설산업연구원(2009)는 녹색건설을 건설기술이 녹색 효과를 높이기 위해 기여할 수 있는 모든 활동으로 정의하고 녹색 건설상품을 특성별로 구분하였다. 건설의 특성을 반영한 ‘건설 녹색성(Construction Greeing)’은 ‘에너지가스 저감’, ‘대체 에너지’, ‘시설 효율 개선’, ‘환경 복원 및 공간 개선’의 4가지 항목을 선정하였다.

〈표 4-10〉 건설 녹색성 선정 기준

구 분	선정 기준	내 용
건설 녹색성	에너지가스 저감	화석연료 청정화와 에너지 사용량을 획기적으로 줄일 수 있는 상품을 포함함
	대체 에너지	석유나 석탄 등 화석연료를 사용하지 않고 에너지 생산이 가능한 신·재생에너지 상품으로 풍력, 조력이나 조류 발전소 등이 대표적인 상품임
	시설 효율 개선	기존 시설의 리모델링을 통하거나 효율적 자원 활용을 통해 에너지 효율을 개선하는 상품이 이에 해당됨
	환경 복원 및 공간 개선	폐자원의 재활용과 같이 기존 환경오염을 최소화시키거나 지구 생태계의 건강성을 확보해 주는 친환경 보존을 뜻하며 강·하천변 정비 사업이나 수로 확보를 위한 준설, 그리고 수변의 생활공간 개발이 이에 해당될 수 있음

자료: 한국건설산업연구원(2009), 녹색 건설상품 진단 및 전망.

도시부문에서 탄소를 저감시키는 계획요소를 선정하는 연구로 하남수(2014)와 이상문(2013)이 있다. 하남수(2014)는 뉴욕과 런던, 서울의 도시기본계획에 나타난 탄소저감 전략을 비교분석하였다. 도시기본계획에서 탄소저감 관련 전략과 주요내용을 분석하기 위하여 이산화탄소 억제, 이산화탄소

흡수, 에너지 효율, 자원 순환을 기준으로 선정하였다.

〈표 4-11〉 탄소저감 계획 선정 기준 및 항목

구 분	선정 기준	항 목
탄소 저감	이산화탄소 억제	온실가스 배출량, 친환경 토지이용, 건물(주거), 지속가능한 교통, 저탄소 경제, 대기질
	이산화탄소 흡수	공원 및 녹지, 자연환경보존, 자연재해대응, 건물(이산화탄소 흡수)
	에너지 효율	대체에너지, 건물(에너지 효율)
	자원 순환	물, 폐기물, 오염지역 정화

자료: 하남수·김지엽·김도년(2014), 도시기본계획에 나타난 탄소저감 전략 비교분석.

이상문(2013)은 저탄소 도시계획의 요소별 탄소감축량의 산정방법에 대한 연구에서 탄소발생량을 감축할 수 있는 방법을 회피, 흡수, 상쇄 3가지로 구분하여 경제적·기술적 가능성과 탄소발생을 정량적으로 산출할 수 있는 지표 등을 고려하여 13개의 계획요소(사업)를 선정하였다.

〈표 4-12〉 저탄소 도시계획 요소 산정 방법 및 항목

구 분	산정 방법	항 목
탄소 감축	이산화탄소 저감/최소화	공동주택외피시스템(창호·단열·환기시스템, 녹화) 적용, LED조명 설치, 미기후 조절, 중·우수 활용
	이산화탄소 흡수	존치공원 내 수목량, 계획공원 내 수목량, 녹도조성, 시설녹지 설치, 단지 내 조경(식재공간), 가로수 식재
	이산화탄소 회피	신재생에너지의 사용, 단지 내 도로배치, 녹색교통(보행 및 자전거)으로의 전환

자료: 이상문(2013), 저탄소 도시계획 요소별 탄소감축량 산정방법 연구.

도로부문에서는 한국교통연구원(2011)이 기존 도로 및 신규 도로의 녹색도로등급을 평가하기 위하여 도로부문의 친환경성 및 지속가능성에 영향을 미치는 항목을 선정하였다. 크게 6개의 평가분야로 구분하였으며, 각 평가분야와 관련된 16개의 세부 평가항목을 설정하였다.

〈표 4-13〉 녹색도로등급 평가 기준 및 항목

구 분	평가 기준	항 목
온실 가스 저감	친환경 도로계획 및 설계	지속가능 도로계획 및 선형설계
		Context Sensitive Solutions 기반 유연한 도로설계
	저탄소 도로 건설 및 시공	친환경 도로포장
		도로 건설 재료 재활용
		위험물질 배출 최소화
	환경 및 수자원 보호	야생동물 서식지 보존 및 개선
		식물 군집지 보호 및 개선
		방음시설 확충
		도로 주변 수자원 수질보호
		지하수 수질보호 표층관리
	지속가능 도로 교통 운영관리	저탄소 도로 교통 운영관리
		자전거 보행자 시설 개선
	에너지 절약 및 생산	에너지 소모량 절감
		에너지 생산 및 공급
신기술/기타	신기술	
	기타	

자료: 한국교통연구원(2011), 도로부문 온실가스 저감을 위한 녹색도로 등급체계 도입방안 연구.

이밖에 과학기술정책연구원(2009)에 따르면, 기술의 녹색도(Degree of Greening)는 기술이 얼마나 저탄소사회 패러다임에 장기적으로 정합적이며 사회적 지속가능성이 있는지 그 정도를 비교하는 척도로서, 국가 R&D 사업의 녹색기술요소와 경제요소를 동시에 평가하는 것을 의미한다고 하였다. 이

〈표 4-14〉 기술 녹색도의 선정 기준

선정 기준	기술적	경제적	사회적/생태적
정량적	<ul style="list-style-type: none"> 탄소 배출강도 오염물질 배출강도 에너지 소비강도 물질 소비강도 	<ul style="list-style-type: none"> 녹색 경제도 <ul style="list-style-type: none"> - 소요비용 - 탄소 외부비용 - 다른 오염물질 외부비용 	-
준정량적	<ul style="list-style-type: none"> 엔트로피 	-	<ul style="list-style-type: none"> 생태계 간섭도
정성적	-	-	<ul style="list-style-type: none"> 사회적 지속 가능성

자료: 과학기술정책연구원(2009), 저탄소 녹색성장을 위한 과학기술정책 과제.

에 따라 녹색기술요소는 환경영향의 저감정도, 경제요소는 비용 대비 편익을 측정하는 것이라 정의하였다. 이는 녹색성장에서 추구하는 기후변화문제와 환경훼손을 줄이면서 녹색기술과 청정에너지로 신 성장동력과 일자리를 창출해나가는 경제와 환경의 조화로운 성장방식과도 일치하는 것이다.

주요 사업을 평가하는 기준과 관련하여 OECD DAC(Development Assistance Committee)는 사업의 적절성, 효율성, 효과성, 영향력, 지속가능성의 5가지 평가기준을 적용하고 있다. 또한 사업선정 평가기준을 통해 그 사업에 대한 객관성이 향후 효과적이고 지속적인 성과로 이어질 수 있는지 검토될 필요성을 강조하고 있다.

〈표 4-15〉 OECD DAC 평가기준

목표	평가 기준	개 념
ODA 사업평가	적절성	협력대상국의 개발정책 우선순위, 우리정부의 정책 우선순위 및 국제적 개발과제와 우리 국제개발협력사업의 부합정도 평가
	효율성	국제개발협력사업의 지원규모(투입자원) 대비 자원성과 평가
	효과성	국제개발협력사업의 목적이나 목표의 달성 정도 평가
	영향력	완료되거나 수행 중인 국제개발협력사업이 협력대상국의 사회, 경제, 환경 등에 직·간접적으로 미친 긍정적 또는 부정적 효과평가
	지속가능성	국제개발협력사업 완료 이후 효과 및 혜택의 지속가능 여부 평가

자료: KOICA(2014), 관광부문 ODA 사업선정을 위한 평가지표 개발 및 KOICA 사업모델 발굴.

기후변화협약에 따른 국내 온실가스 감축 목표와 정책을 살펴보면, 에너지 전환을 통한 감축량이 가장 크고 이를 달성하기 위한 정책은 태양력과 풍력 등 신·재생에너지의 비중을 높이는 것이다. 따라서 신·재생에너지 건설에 대한 정부의 투자가 높아짐에 따라 이와 관련된 건설사업 또한 꾸준히 증가하고 있다. 건물부문에 대한 감축목표는 부문별 세 번째로 높은 수준을 차지하고 있고 패시브 및 액티브 기술, 에너지저장기술, 에너지관리기술 등을 통한 그린리모델링, 그린홈, 스마트홈, 제로하우스 등 다양한 정책을 제시하고 있다. 건물부문의 에너지 효율성에 대한 기준은 점차 강화될 것이며, 에너지 자립을 위한 지원도 강화될 것이다.

에너지 관련 보도자료에서는 최근 이슈가 되었던 원자력 에너지시설의 단계적 감축과 대체 에너지로 태양력 및 풍력 에너지시설의 확대에 대한 내용이 가장 많았다. 또한 소규모로 에너지를 생산하는 기술과 이를 저장하고 효율적으로 관리하는 기술의 개발 및 보급 확대가 중요한 이슈로 제기되고 있다. 이러한 기술의 적용은 일반 건물뿐만이 아니라 사회기반시설까지 전반적으로 적용되어 각각에 위치와 특성에 맞는 기술이 적용되는 맞춤형 에너지 기술개발이 이루어지고 있는 것이다. 최근 연구자료에서도 패시브와 액티브 기술이 융합, 친환경 자재, 폐기물 제로 디자인 등을 통한 건물분야의 에너지 감축과 BEMS, HEMS 등 에너지 관리의 중요성을 강조하고 있다.

본 연구에서는 기존 연구에서 제시하고 있는 기후변화관련 계획/설계/사업 등의 선정기준과 국내 기후변화 정책 및 최근 이슈 등을 토대로 기후변화 대응 주요 건설사업 선정기준을 도출하였다. 총 5개 기준으로 친환경성, 경제적 효율성, 기술적 효율성, 융합성, 시장 확대성이다. 친환경성은 최소한의 개발, 친환경 자재 및 장비, 재사용 기술 등의 개념을 포함한다. 경제적 효율성은 소요비용을 최소화하여 직접적·간접적 편익을 극대화하는 사업이고 기술적 효율성은 에너지, 자재, 장비, 교통 등에 대한 기술성능 향상을 말한다. 융합성은 기존의 기술, 시설, 산업 간의 연계, 시장 확대성은 민간시장을 통해 자생할 수 있는 사업을 말한다.

〈표 4-16〉 新기후변화협약 대응 주요 건설사업 선정기준

목표	선정 기준	개 념
기후변화 대응 주요 건설사업	친환경성	최소한의 개발, 친환경 자재 및 장비, 재사용 기술
	경제적 효율성	소요비용 최소화, 직접적·간접적 편익
	기술적 효율성	에너지, 자재, 장비, 교통 등에 대한 기술성능 향상
	융합성	기존의 기술, 시설, 산업 간의 연계
	시장 확대성	민간시장을 통한 자생

2) 주요 건설사업 선정

제2장에서 정리된 기후변화 관련 건설사업을 바탕으로 국내 정책 및 선행 연구, 주요 이슈 등을 검토하여 新기후변화 대응 주요 건설사업을 도출하였다. 사업도출을 위해 친환경성, 경제적 효율성, 기술적 효율성, 융합성, 시장 확대성을 고려하였다. 이에 따라 앞서 분류되었던 에너지, 도시, 건물, 교통, 건설장비·자재 부문별로 세부 분야별 주요 건설사업을 선정하였다.

먼저 에너지 부문은 총 6개 분야에 7개 건설사업을 선정하였는데, 태양에너지 분야에서는 저수지 등 수상태양광 발전시설과 지붕일체형/벽면일체형 태양열 집열기 설치와 관련된 건설사업이다. 최근 저수지 등을 이용한 부유식 수상태양광 발전시설이 건설되고 있어 발전부지 면적에 대한 최소한의 개발이 가능하다. 지붕일체형 및 벽면일체형 태양열 집열기는 에너지 자립 주택을 만드는 가장 중요한 요소로 할 수 있다. 한국에너지기술연구원에 따르면 제로에너지 솔라하우스를 통해 건물에너지의 85%를 자급자족할 수 있는 것으로 나타났다. 풍력 분야는 부유식/고정식/인공섬 등 해상풍력 발전시설을 건설하는 사업으로 프랑스 등 대규모 건설사업이 이루어지고 있으며, 국내에서도 육상풍력 발전시설의 문제점을 해결하기 위해 대안으로 서남해안에 대규모 풍력단지 건설사업이 이루어지고 있는 상황이다.

수력 분야는 소수력 발전시설로 현재 농업용 저수지, 하수처리장, 수도관로, 화력발전소의 냉각수 등을 이용한 소수력 개발이 활발히 이루어지고 있다. 이러한 소수력 발전시설은 친환경성과 융합성 측면에서 매우 우수한 것으로 판단된다. 바이오에너지 분야는 바이오 액체연료 생산시설의 건설 및 이용 확대로, 건설장비에 사용되는 경유를 대체하는 연료개발도 매우 중요한 사항이다. 폐기물에너지 분야는 폐기물 연료화 시설 및 소각열 발전시설로 폐기물의 재활용 관련 사업은 지속적으로 발전·확대되어야 할 것이다. 연료전지 분야는 주택/건물용 연료전지로서 에너지 자립을 위해서는 각각의 건물에 설치되어야 함으로 시장 확대성이 매우 높다고 판단된다.

〈표 4-17〉 新기후변화 대응 주요 건설사업(에너지)

구분	분야	주요 건설사업
에너지	태양에너지	저수지 등 수상태양광 발전시설 건설
		지붕일체형/벽면일체형 태양열 집열기 설치
	풍력	부유식/고정식/인공섬 등 해상풍력 발전시설 건설
	수력	수로식/댐식/터널식 소수력 발전시설 건설
	바이오에너지	바이오 액체연료 생산시설 건설 및 이용 확대
	폐기물에너지	폐기물 연료화 시설 및 소각열 발전시설 건설
	연료전지	주택/건물용 연료전지 설치

도시 부문은 도시의 열섬현상 완화와 탄소제로 도시로 크게 두가지 분야로 구분하였다. 도시의 열섬현상 완화와 관련된 건설사업으로는 쿨루프/쿨페이브먼트 사업과 옥상녹화 사업을 선정하였다. 쿨루프/쿨페이브먼트 사업은 건물의 지붕이나 도로에 특수도료 또는 열반사 도료를 칠하여 태양열 반사와 방사효과를 높이는 것이다. 이를 통해 건물이나 도로에 흡수되는 열을 저감시켜 냉방에너지의 수요가 감소되고, 에너지 사용감소로 온실가스의 배출이 저감된다. 옥상/벽면 녹화는 도시경관의 이미지를 제고시키고 도심지역의 열섬현상을 방지, 탄소흡수량을 증대시킬 수 있다. 탄소제로 도시분야는 신·재생에너지를 이용한 에너지자립도시 건설과 빗물과 오수의 정화수를 재활용하는 것, 도시에너지관리시스템을 설치하는 사업을 선정하였다. 신·재생에너지를 이용한 에너지자립도시의 건설은 유럽의 선진국에서 강력하게 추진되는

〈표 4-18〉 新기후변화 대응 주요 건설사업(도시)

구분	분야	주요 건설사업
도시	도시 열섬현상 완화	쿨루프 사업 (지붕에 특수도료 바름, 태양열 반사와 방사효과)
		쿨페이브먼트 사업 (도로에 열반사 도료를 칠함)
		옥상/벽면 녹화 사업
	탄소제로 도시	신·재생에너지이용 에너지자립도시 건설
		빗물과 오수의 정화수 재활용시설 건설
		도시에너지관리시스템 설치

정책이며, 국내에서도 각 지자체별로 세부 사업이 진행·확대되고 있다. 도시 에너지관리시스템은 스마트시티의 한 부분으로 점차 확대될 예정이다.

건물 부문에서는 제로에너지 하우스와 노후건물의 에너지절감형 리모델링, IT기반의 시스템 적용분야로 구분하였다. 제로에너지 하우스는 패시브 및 액티브 하우스를 주요 건설사업으로 선정하고 각각의 세부 사업을 포함하였다. 패시브 하우스는 에너지사용을 최소화하기 위한 시스템, 단열자재 사용 및 시공 등이고, 액티브 하우스는 에너지 자립을 위한 신·재생에너지 사용시설을 설치·시공하는 것이다. 노후건물의 에너지절감형 리모델링은 건물단열 향상과 에너지 관리장치 설치, 신·재생에너지 공사, 에너지 성능개선 관련 공사를 주요 사업으로 선정하였다. IT기반의 시스템 적용은 BAS, EMS, FMS, BEMS 등의 시스템을 통해 에너지관리의 효율성을 높이는 스마트빌딩 사업으로 선정하였다.

〈표 4-19〉 新기후변화 대응 주요 건설사업(건물)

구분	분야	주요 건설사업
건물	제로에너지 하우스	패시브 하우스 (에너지사용정보 확인시스템, 실별 온도/조명 조절장치, 초고효율 단열 시공, 3중유리 창호, 단열문, 옥상녹화, LED조명 등)
		액티브 하우스 (태양광/열, 지열, 연료전지, 소형풍력 등)
	노후건물의 에너지절감형 리모델링	건물단열 향상 공사 (단열보완, 기밀성강화, 외부창호 성능개선, 외피단열 성능 향상)
		에너지 관리 장치 설치사업 (조닝 제어장치, 대기전력 차단 장치, 스마트 계량기)
		신·재생에너지 공사 (태양광, 태양열, 지열)
IT기반의 시스템 적용	에너지 성능개선 관련 공사 (고효율 냉방장치, LED조명)	
		스마트빌딩 확대 (BAS, EMS, FMS, BEMS)

교통 분야는 녹색도로 시공, 에너지자립형 녹색도로, 녹색도로를 위한 운영관리, 녹색 교통 도로시스템으로 구분하였다. 녹색도로의 시공분야는 탄소저감 콘크리트 포장공사, 중온 아스팔트 포장공사, 자원순환형 도로포장재료 이용 공사를 선정하였다. 중온 아스팔트 포장공사는 온실가스 감축을 위한

정부 정책 중 하나로 포함되어 관련 기술의 사용확대가 전망된다. 에너지자립형 녹색도로는 태양열 발전을 이용한 자립형 도로를 건설하는 것이다. 녹색도로를 위한 운영관리에서는 지능형 정보시스템을 이용한 관리 및 도로 조명의 자동조절 시스템을 설치하는 사업을 선정하였다. 녹색교통 도로시스템도 지능형 교통정보 시스템의 설치로 교통체증을 감소시켜 에너지 사용 및 온실가스를 감축시키는 사업이다.

〈표 4-20〉 新기후변화관련 건설사업(교통)

구분	분야	주요 건설사업
교통	녹색도로 시공	탄소저감 콘크리트 포장공사
		중온 아스팔트 포장공사
		자원순환형 도로포장재료 이용 공사
	에너지자립형 녹색도로	태양열 발전을 이용한 자립형 도로 건설
	녹색도로를 위한 운영관리	지능형 도로/터널/교량 정보시스템 설치
		도로 조명 자동 조절 시스템 설치
녹색 교통 도로시스템	지능형 교통정보 시스템 설치	

안전 분야는 기후변화와 관련되어 하천, 연안, 산지의 주요 건설사업으로 구분할 수 있다. 이중 하계의 집중호우로 인한 홍수방지 사업들이 대부분을 차지하고 있는데, 하천에서는 저류공간 조성과 우수유출 저감시설, 하수관거 정비를 주요 사업으로 선정하였다. 연안분야는 방파제/방사제, 파제제 등 해안 보호를 위한 시설물 정비 및 확충 사업, 산지분야는 산지사방 공사를 선정하였다.

〈표 4-21〉 新기후변화관련 주요 건설사업(안전)

구분	분야	주요 건설사업
안전	하천	지하저류 시설·저류 공간 조성
		우수유출 저감시설 정비
		하수관거 정비
	연안	방파제/방사제/파제제 정비 및 확충
	산지	산지사방 공사

마지막으로 건설장비·자재 부문은 탄소저감형 스마트 건설장비 적용과 탄소저감형 건설재료 사용을 주요 건설사업으로 선정하고 각각의 세부 사업을 나열하였다. 탄소저감형 스마트 건설장비의 적용은 장비의 네비게이터 및 스마트 시공, 건설장비 관제시스템을 통해 장비의 효율성을 높여 유류사용을 감소시키는 것이다. 탄소저감형 건설재료는 고단열·고효율 내외장재, 에너지절감형 모르타르나 저시멘트, 무시멘트콘크리트 등을 사용하는 것으로 점차 관련 시장의 확대가 필요할 것이다.

〈표 4-22〉 新기후변화관련 주요 건설사업(건설장비·자재)

구분	주요 건설사업	세부 사업
건설장비·자재	탄소저감형 스마트 건설장비 적용	장비 네비게이터 및 스마트 시공
		건설장비 관제시스템 설치
	탄소저감형 건설재료 사용	고단열 프리캐스트 외벽시스템
		고효율 에너지절감형 단열도료
		저에너지양생 내외장재
		에너지절감형 모르타르
		신소재 활용 고성능화 콘크리트
		저시멘트, 무시멘트콘크리트 사용
		콘크리트용 순환골재 사용

이상의 新기후변화관련 주요 건설사업은 에너지부문 6개 분야의 7개 사업, 도시부문 2개 분야의 6개 사업, 건물부문 3개 분야의 7개 사업, 교통부문 4개 분야의 7개 사업, 안전부문 3개 분야의 5개 사업, 장비·자재부문 2개 분야의 2개 사업으로 총 6개 부문, 20개 분야, 34개 사업으로 정리되었다.

〈표 4-23〉 新기후변화협약 대응 주요 건설사업

구분	분야	주요 건설사업
I. 에너지	1. 태양에너지	01) 저수지 등 수상태양광 발전시설 건설
		02) 지붕일체형/벽면일체형 태양열 집열기 설치
	2. 풍력	03) 부유식/고정식/인공섬 해상풍력 발전시설 건설
	3. 수력	04) 수로식/댐식/터널식 소수력 발전시설 건설
	4. 바이오에너지	05) 바이오 액체연료 생산시설 건설 및 이용 확대
	5. 폐기물에너지	06) 폐기물 연료화 시설 및 소각열 발전시설 건설
II. 도시	7. 도시 열섬현상 완화	07) 주택/건물용 연료전지 설치
		08) 쿨루프 사업
		09) 쿨페이브먼트 사업
	8. 탄소제로 도시	10) 옥상/벽면 녹화 사업
		11) 산재생에너지이용 에너지자립도시 건설
		12) 빗물과 오수의 정화수 재활용시설 건설
III. 건물	9. 제로에너지 하우스	13) 도시에너지관리시스템 설치
		14) 패시브 하우스
	10. 노후건물의 에너지절감형 리모델링	15) 액티브 하우스
		16) 건물단열 향상 공사
		17) 에너지 관리 장치 설치사업
		18) 신재생에너지 공사
11. IT기반의 시스템 적용	19) 에너지 성능개선 관련 공사	
IV. 교통	12. 녹색도로 시공	20) 스마트빌딩 확대
		21) 탄소저감 콘크리트 포장공사
		22) 중온 아스팔트 포장공사
	13. 에너지자립형 녹색도로	23) 자원순환형 도로포장재료 이용 공사
		24) 태양열 발전을 이용한 자립형 도로 건설
	14. 녹색도로를 위한 운영관리	25) 지능형 도로/터널/교량 정보시스템 설치
26) 도로 조명 자동 조절 시스템 설치		
15. 녹색 교통 도로시스템	27) 지능형 교통정보 시스템 설치	
V. 안전	16. 하천	28) 지하저류 시설·저류 공간 조성
		29) 우수유출 저감시설 정비
		30) 하수관거 정비
	17. 연안	31) 방파제/방사제/파제제 정비 및 확충
18. 산지	32) 산지사방 공사	
VI. 장비·자재	19. 건설 장비	33) 탄소저감형 스마트 건설장비 적용
	20. 건설 자재	34) 탄소저감형 건설재료 사용

본 장에서는 제2장의 기후변화와 기후변화협약, 제3장의 기후변화와 건설산업, 제4장의 新기후변화협약 대응 주요 건설사업 등을 토대로 향후 해당 건설사업의 발전을 위한 정부와 기업, 관련 협력기관의 대응방안과 함께 본 조사연구의 결론 및 후속 연구과제를 제시하고자 한다.

1. 新기후변화협약 대응 건설산업 발전방안

1) 주요 시사점 및 고려사항

新기후변화협약에 대응한 건설산업의 발전방안을 제시하기에 앞서 제2장에서 제4장까지의 조사연구 결과의 주요 시사점을 요약하여 정리하였다.

제2장 ‘기후변화와 기후변화협약’에서 도출할 수 있는 주요 시사점은 다음과 같다. 첫째, 한반도 지역에서의 기후변화 진행속도는 전 지구의 기후변화보다 빠르게 진행되고 있다. 이는 지리적 위치뿐만 아니라 급속한 경제발전으로 인해 화석연료의 사용증가와 토지이용 변화 등이 원인으로 분석된다. 둘째, 우리나라는 선진국에 포함되지 않음에도 불구하고 기후변화에 대한 체계적 정책수립 착수시점과 주요국의 본격적인 대응시점 사이에 큰 격차가 없는 상태이다. 셋째, 주요국의 기후변화 대응정책과 유사하게 에너지 분야에 집중되어 정책 및 투자가 이루어지고 있다. 영국이나 미국과 같이 다양한 분야 혹은 강점분야의 전환도 필요할 것으로 판단된다.

제3장 ‘기후변화와 건설산업’에서의 주요 시사점은 다음과 같다. 첫째, 기후변화로 인한 건설산업의 변화는 부정적, 긍정적 영향의 양면을 가지게 된다. 부정적인 영향은 자재비 증가와 현장환경 악화, 작업시간 단축, 공기지연, 각종 규제 강화이고, 긍정적인 영향은 재난 및 환경관련 건설시장의 확대를 들 수 있다. 둘째, 건물의 시공단계부터 운용·개보수·해체단계에 이르는

전 과정의 에너지소비량에 대한 통계자료가 구축되어야 한다. 건물분야의 에너지 감축량이 부문별 2위이고 건물의 에너지 전환까지 고려하였을 때 보다 정확한 실태파악을 통한 감축전략이 수립되어야 한다. 셋째, 건설산업의 세부공종에 대한 구체적인 감축전략이 마련되어야 한다. 건설산업은 토공사, 철근콘크리트공사, 실내건축공사 등 각 공종이 각 공사의 주체가 됨으로 해당 업종마다 기후변화에 대응할 수 있는 방안 마련이 필요하다. 넷째, 기후변화 관련 건설사업은 다양한 영역에서 많은 사업들을 포괄하고 있다. 따라서 앞으로의 기후변화에 대응할 수 있는 주요 건설사업을 도출하고 이에 대한 대응전략을 구축하여야 한다.

제4장 ‘新기후변화협약 대응 주요 건설사업’에서 도출할 수 있는 주요 시사점은 다음과 같다. 첫째, 건설업종에 대한 온실가스 감축목표는 미미하나 건물부문 및 건물에너지의 전환 등 연계부문의 감축목표를 감안했을 때, 건설산업은 온실가스 감축을 위한 가장 많은 부분을 담당하고 있다. 둘째, 현재 정부의 기후변화대응 주요 건설정책은 대표적인 자재나 기술 개발 및 보급 확대, 건물에너지 성능강화나 전환지원에 한정되어 있다. 앞서 언급된 바와 같이 건설산업은 각각의 세부 주체들로 구성되어 있어, 각각의 주체들이 행동할 수 있는 정책 수립이 필요하다. 셋째, 앞으로의 건설사업은 시공단계보다 유지관리단계가 중요해지고 있고 기후변화를 감안하면 더욱 우선시 되어야 한다. 따라서 시공단계에 있어 건물의 에너지 관리가 고려될 수 있는 BEMS 등의 적용이 확산되어야 한다. 넷째, 국내 기후변화 대응정책은 에너지 부문을 중심으로 수립되어 있어 각각의 정책과 연계된 건설분야의 세부전략 마련이 시급한 상황이다. 온실가스 감축목표를 달성하기 위해 각 부문별로 제시하고 있는 각각의 정책들에 따라 수반되는 건설사업의 세부정책이 연계되어야 하는 것이다. 다섯째, 新기후변화 대응 주요 건설사업과 관련된 기술 개발 및 보급 확대를 위한 전략이 수립되어야 한다. 각각의 사업들의 기술수준은 현재 적용이 가능하거나 현재보다 경제성 또는 효율성을 향상시켜야 하는 단계에 있고, 기존의 기술을 대체하기 위한 교육, 홍보, 지원 등의 보급 확대전략이 필요한 상황이다.

2) 발전방안

본 연구는 新기후변화 대응 건설산업의 발전방안을 아래와 같이 제안하고자 한다.

첫째, 앞으로의 신-재생에너지 발전시설은 저영향개발(LID: Low Impact Development)로 건설되어야 한다. 이에 따라 기존의 육상 태양광 발전소나 풍력 발전소 등 대규모의 토지를 사용하는 건설사업보다 저수지나 바다를 이용한 수상-해상 발전소의 건설 확대가 필요하다. 이에 따른 기후변화 대응 주요 건설사업으로는 다음과 같은 사업들이 포함될 수 있다.

〈표 5-1〉 저영향개발 신-재생에너지 건설사업

구분	분야	주요 건설사업
에너지	태양에너지	저수지 등 수상태양광 발전시설 건설
	풍력	부유식/고정식/인공섬 등 해상풍력 발전시설 건설
	수력	수로식/댐식/터널식 소수력 발전시설 건설

둘째, 소규모 신-재생에너지 발전시설이 건설되어야 한다. 앞서 언급한 저영향개발을 달성하기 위한 다른 방안으로써, 기존의 대규모 발전시설보다는 소규모 발전시설을 다양한 곳에 설치하는 것이 필요하다. 이러한 소규모 발전시설은 전력 생산의 효율성 향상과 개별적으로 저장하고 송전할 수 있는 기술개발도 수반되어야 할 것이다. 소규모 발전시설과 관련된 주요 건설사업은 다음과 같다.

〈표 5-2〉 소규모 신-재생에너지 건설사업

구분	분야	주요 건설사업
에너지	태양에너지	지붕일체형/벽면일체형 태양열 집열기 설치
	수력	농업용 저수지, 하수처리장, 수도관로, 하수종말처리장, 화력발전소 냉각수 소수력 발전시설 건설
	연료전지	주택/건물용 연료전지 설치

셋째, 지역별 맞춤형 신·재생에너지 개발이 필요하다. 기존의 발전시설과 같이 대규모 발전소에서 멀리 송전하는 시스템이 아닌 지리적 장점을 최대한 고려하여 지역에 맞는 신·재생에너지를 선정하는 것이다. 또한 생산되는 에너지는 해당 지역에서 사용하여 지역의 에너지 자립도를 높이는 방법이기도 하다. 지역 맞춤형 신·재생에너지 개발을 확대하기 위해서 지자체별 에너지 자립목표를 선정하고 맞춤형 신·재생에너지 가이드를 수립하여 지원하는 방안도 필요하다. 지역별 맞춤형 신·재생에너지의 경우, 다음과 같은 건설사업들을 들 수 있다.

〈표 5-3〉 지역별 맞춤형 신·재생에너지 건설사업

구분	분야	주요 건설사업
도시	태양에너지	지붕일체형/벽면일체형 태양열 집열기 설치
	지열	지열히트펌프, 건물난방, 지역난방
	연료전지	주택/건물용 연료전지 설치
	폐기물에너지	폐기물 연료화 시설 및 소각열 발전시설 건설
	수소에너지	수소 스테이션
농촌/ 산지	태양에너지	저수지 등 수상태양광 발전시설 건설
	수력	수로식/댐식/터널식 소수력 발전시설 건설
	지열	지열히트펌프, 온천, 건물난방, 시설원예난방, 지역난방
	바이오에너지	바이오 액체연료 생산시설 건설 및 이용 확대
	열에너지	육상양식장, 시설원예, 농업부문난방
해안	풍력	부유식/고정식/인공섬 등 해상풍력 발전시설 건설
	해양에너지	단류식(낙조식,창조식), 복류식
		해양온도차발전, 육상형개순환식온도차발전
		수평축터빈방식, 수직축터빈방식
		부유식파력발전, 착저식파력발전

넷째, 기존 시설을 적극적으로 활용하여 에너지를 저감시키거나 생산하는 전략이 필요하다. 패시브 및 액티브 하우스 적용을 확대하고, 도로, 댐 등 대규모 기반시설을 활용한 액티브 기술도입이 이루어져야 한다.

〈표 5-4〉 기존 시설을 활용한 에너지 생산 및 저감 건설사업

구분	분야	주요 건설사업
에너지	태양에너지	지붕일체형/벽면일체형 태양열 집열기 설치
	수력	농업용 저수지, 하수처리장, 수도관로, 하수종말처리장, 화력발전소 냉각수 소수력 발전시설 건설
	폐기물에너지	폐기물 연료화 시설 및 소각열 발전시설 건설
도시	도시 열섬현상 완화	쿨루프 사업
		쿨페이브먼트 사업
		옥상/벽면 녹화 사업
탄소제로 도시	빗물과 오수의 정화수 재활용시설 건설	
건물	노후건물의 에너지절감형 리모델링	건물단열 향상 공사
		에너지 관리 장치 설치사업
		신재생에너지 공사
		에너지 성능개선 관련 공사

다섯째, 건설산업에서 발생하는 온실가스 배출량의 통계 데이터를 구축하고 시설물별 에너지정보관리시스템의 보급 확산이 필요하다. 이를 통해 구축된 데이터를 분석하여 해당 분야에 적합한 온실가스 감축방안이 마련될 수 있으며, 시설물별 에너지정보관리를 통해 지속적인 온실가스 감축이 이루어질 수 있다. 또한 AI기술과 BEMS, FMS 등을 연계하여 자동으로 에너지사용의 효율성을 극대화시키는 기술개발도 필요할 것이다.

〈표 5-5〉 기후변화 대응 시스템 구축을 위한 건설사업

구분	분야	주요 건설사업
도시	탄소제로 도시	도시에너지관리시스템 설치
건물	IT기반의 시스템 적용	스마트빌딩 확대
교통	녹색도로를 위한 운영관리	지능형 도로/터널/교량 정보시스템 설치
		도로 조명 자동 조절 시스템 설치
	녹색 교통 도로시스템	지능형 교통정보 시스템 설치
장비·자재	건설 장비	탄소저감형 스마트 건설장비 적용

여섯째, 기후변화 대응 건설사업에 대한 업계 실무자의 교육·홍보가 강화되어야 한다. 정부주도하에 온실가스 감축을 위한 목표 및 산업별 감축전략이 마련되고 있으나 실제 하부산업에까지 해당 목표나 전략이 이어지지 못하는 실정이다. 따라서 기후변화에 대응한 건설산업의 세부전략이 수립되면 이를 수행하게 되는 건설업체들을 대상으로 홍보 및 교육 프로그램도 마련되어야겠다. 우선적으로 건설관련 협회·학회를 통해 정부의 기후변화 대응 건설산업 정책의 홍보 및 교육이 필요하고, 다음으로 현재 건설교육기관으로 운영되고 있는 종합교육기관과 전문교육기관의 교육프로그램으로 기후변화에 대응하는 건설기술 등의 교육내용을 포함하는 방안이 있을 것이다.

일곱째, 건설사업의 세부공종(전문업종)별 기후변화 대응 전략이 마련되어야 한다. 건설산업의 온실가스 감축목표를 달성하기 위한 실효성 있는 이행방안이 마련되기 위해서는 실제 건설시공의 주체가 되는 세부공종의 전략마련이 이루어져야 한다. 특히, 건축물의 효율적 에너지관리와 연계되는 실내건축, 금속구조물·창호, 지붕판금·건축물조립 등의 공종에 대한 기후변화 대응 건설사업의 전략이 구축되어야 한다. 또한 시공과정에서 에너지소비량이 많은 토공, 도장, 철근·콘크리트, 포장 등의 공종에서 기후변화 대응 자재 및 장비 개발이 이루어져야 한다. 건설산업의 세부공종(전문업종)별 기후변화 대응 주요 건설사업을 연계하면 <표 5-6>과 같다.

마지막으로 해당 공사를 수행하는 건설주체들이 기후변화에 대한 중요성을 인식하고 정부가 제시하는 정책목표에 맞춰 협력해 나갈 때 비로소 기후변화 대응 건설산업이 지속적으로 발전해 나갈 것이다.

〈표 5-6〉 세부공종(전문업종)별 기후변화 대응 주요 건설사업

공종	분야	주요 건설사업	
실내 건축	제로에너지 하우스	패시브 하우스	
	노후건물의 에너지절감형 리모델링	건물단열 향상 공사	
	건설 자재	탄소저감형 건설재료 사용 (저에너지양생 내장재)	
토공	바이오에너지	바이오 액체연료 건설장비 이용	
	건설 장비	탄소저감형 스마트 건설장비 적용(장비 네비게이터 및 스마트 시공, 건설장비 관제시스템 설치)	
습식 방수	건설 자재	탄소저감형 건설재료 사용(저에너지양생 외장재, 에너지절감형 모르타르)	
도장	도시 열섬현상 완화	쿨루프/쿨페이브먼트 사업 탄소저감형 건설재료 사용(고효율 에너지절감형 단열도료)	
금속 구조물·창호	태양에너지	벽면일체형 태양열 집열기 설치	
	제로에너지 하우스	패시브 및 액티브 하우스	
	노후건물의 에너지절감형 리모델링	건물단열 향상 공사 신재생에너지 공사	
지붕 판금·건축물 조립	태양에너지	지붕일체형 태양열 집열기 설치	
	제로에너지 하우스	패시브 및 액티브 하우스	
	노후건물의 에너지절감형 리모델링	건물단열 향상 공사 신재생에너지 공사	
	건설 자재	탄소저감형 건설재료 사용(고단열 프리캐스트 외벽시스템)	
철근 콘크리트	건설 자재	탄소저감형 건설재료 사용(신소재 활용 고성능화 콘크리트, 저시멘트/무시멘트 콘크리트, 콘크리트용 순환골재 사용)	
	상·하수도	상·하수도 소수력 발전시설 건설	
상·하수도	수력	상·하수도 소수력 발전시설 건설	
	홍수	하수관거 및 우수유출 저감시설 정비	
포장	녹색도로 시공	탄소저감 콘크리트 포장공사 중온 아스팔트 포장공사 자원순환형 도로포장재료 이용 공사	
	수중	태양에너지	저수지 등 수상태양광 발전시설 건설
		풍력	고정식/인공섬 등 해상풍력 발전시설 건설
조경 식재	도시 열섬현상 완화	옥상/벽면 녹화 사업	
		실내 녹화 사업	
조경 시설	태양에너지	조경시설을 이용한 태양광 패널 설치	

2. 결론 및 향후 과제

건설은 에너지, 산업, 건물, 교통, 안전 등 모든 산업의 밑바탕이 되는 산업이기 때문에 각 부문별로 기후변화에 대응하는 정책을 추진하기 위해서는 건설과 연계되어야 한다. 정부는 각 부처별로 기후변화와 관련된 정책을 마련하고 추진하고 있으나 건설정책과 연계가 미흡한 실정이다. 이에 본 조사연구는 기후변화와 관련된 건설사업들을 정리하고 관련 정책과 연계하여 새롭게 시작된 新기후변화협약에 대응하기 위한 주요 건설사업과 발전방안을 제시하고자 하였다.

본 조사연구는 기후변화와 기후변화협약, 기후변화와 건설산업의 관계, 新기후변화협약에 대한 국내외 정책 및 관련 사업 동향 그리고 최근 이슈를 검토하였다. 이를 통해 친환경성, 경제적 효율성, 기술적 효율성, 융합성, 시장 확대성의 5가지 주안점을 가지고 新기후변화 대응 주요 건설사업을 도출하였다. 마지막으로 각각의 시사점을 반영하여 新기후변화 대응 건설산업의 발전방안을 제안하였다. 그러나 기후변화와 관련된 모든 건설사업을 검토하고 주요 건설사업을 도출하는데 있어 각각의 건설사업에 대한 세부적인 분석과 함께 구체적인 대안을 제시하진 못하였다. 또한 국내외 기후변화 대응 세부 제도(탄소배출권 거래제 등) 및 효과에 대한 분석연구도 차후 필요할 것으로 사료된다.

그럼에도 불구하고 본 조사연구는 다음과 같은 몇 가지의 의미 있는 연구 결과를 제시하고 있다. 첫째, 기존의 연구에서 제시되고 있는 기후변화 대응 건설사업을 총 정리하고 앞으로 추진되어야 할 주요 건설사업을 추출하였다. 둘째, 저영향개발, 맞춤형, 시설융합, 소규모 및 다양화, 정보체계 및 관리시스템 구축 등 기후변화에 대응하는 최근 이슈를 반영하여 각각의 건설사업을 도출하였다. 셋째, 건설사업의 실행주체인 전문건설의 업종별 기후변화 대응 건설사업을 제시하였다. 넷째, 기후변화 대응 건설정책의 실효성과 지속가능성을 도모하기 위해서는 건설업 종사자를 대상으로 하는 교육 및 홍보의 필요성을 제기하였다.

정부는 기후변화 대응 정책을 추진함에 있어 관계 부처의 연계된 목표와 실행전략을 제시하는 것이 필요하다. 즉, 국무조정실, 산업자원통상부, 환경부 등 기후변화 대응 정책을 마련함에 있어 그 실행전략에 대한 국토교통부의 세부정책으로 마련되어야 하는 것이다. 또한 건설업계 및 단체에서는 본 조사연구에 대한 후속 연구의 일환으로 新기후변화협약을 대응하기 위한 주요 건설사업별 세부 발전전략에 대한 연구가 필요할 것이다. 특히, 건설공사의 세부 공종별 기후변화 대응 목표 및 전략이 마련되어 실효성을 갖춘 기후변화 대응 건설사업이 지속되어야 할 것이다.

이를 위해 본 연구결과를 바탕으로 다음과 같은 향후 과제를 제안할 수 있다. 먼저, 新기후변화협약 대응 건설산업의 시장분야에 대한 연구로서 “新기후변화협약 대응 주요 건설사업의 시나리오별 규모 추정 및 세부 건설사업에 대한 (전문)건설업계 파급 영향 평가”이다. 新기후변화협약 대응 주요 건설사업의 시나리오를 작성하고 이에 따른 사업규모를 추정한다. 추정된 사업규모를 세부 건설사업별로 구분하고 이를 통해 (전문)건설업계에 미치는 파급효과를 분석하는 것이다. 다음으로 新기후변화협약 대응 건설산업의 정책·제도분야의 연구로서 “新기후변화협약 대응 주요 건설사업에 대한 촉진방안 마련”이다. 新기후변화협약 대응 주요 건설사업과 관련하여 정부에서 추진하고 있는 지원 정책 및 제도 현황을 분석하고 문제점을 진단하여 개선방안을 마련하는 것이다. 특히, 촉진방안은 조세정책을 통해 민간분야가 탄소절감에 앞장설 수 있도록 하는 것이 필요하며, 이를 통해 新기후변화협약 대응 주요 건설사업에 대한 (전문)건설업계의 참여 활성화를 도모할 수 있을 것이다.

〈표 5-7〉 기후변화 대응 건설사업 발전을 위한 향후 과제

구분	향후 과제
시장분야	新기후변화협약 대응 주요 건설사업의 시나리오별 규모 추정 및 세부 건설사업에 대한 (전문)건설업계 파급 영향 평가
정책·제도분야	新기후변화협약 대응 주요 건설사업에 대한 촉진방안 마련

참 고 문 헌

- 강운산, 「기후변화협약과 건설산업의 대응방안」, 한국감정원, 부동산 포커스, 2월 제93권, 2016, pp.16-27.
- 강운산, 「기후변화와 건설 산업」, 기상청, 기상기술정책, 제3권 제1호(통권 제9호), 2010, pp.46-56.
- 건설교통부, 「건설분야 온실가스 저감을 위한 정책 방향」, 2005
- 관계부처합동, 「국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 로드맵」, 2014
- 관계부처합동, 「제 1차 기후변화대응 기본계획」, 2016
- 국무조정실, 「기후변화대응 기본계획 및 2030 국가온실가스 감축 기본로드맵」, 2016
- 국토교통과학기술진흥원, 「국토교통 R&D 동향조사」, 2016
- 기상청, 「한반도 기후변화 전망보고서」, 2012
- 김남조, 「관광부문 ODA 사업선정을 위한 평가지표 개발 및 KOICA 사업모델 발굴」, 한국국제협력단, 2014
- 김선희, 「新기후체제, 파리협정(Paris Agreement)이 국토·도시·주택분야에 미치는 영향과 미래국토 과제」, 한국감정원, 부동산 포커스, 제93권, 2016, pp.4-15.
- REN21, 「2016 재생에너지 현황보고서」, 한국에너지공단 신재생에너지센터, 2016
- 박수진, 「신기후체제와 기후변화대응 건설산업」, 한국건설관리학회, 2016 정기학술발표대회, 2016
- 설재훈, 「도로부문 온실가스 저감을 위한 녹색도로 등급체계 도입방안 연구」, 한국교통연구원, 2011
- 왕광익·노경식, 「신기후체제에 대비한 국토·도시분야의 전략 및 과제」, 국토

- 연구원, 국토정책 Brief, 제551호, 2016
- 이강희, 「공동주택 건설공사에서의 공중에 대한 LCA적용연구」, 대한건축학회, 대한건축학회논문집(계획계), 제19권 제2호, 2003, pp.27-36.
- 이상문, 「저탄소 도시계획 요소별 탄소감축량 산정방법 연구」, 서울대학교 환경대학원, 환경논총 제51권, 2013, pp.145-161.
- 이승언, 「건물 온실가스 감축 체제의 해외 동향 및 정책방향」, 한국감정원, 부동산 포커스, 제93권, 2016, pp.38-48.
- 장진규 외, 「저탄소 녹색성장을 위한 과학기술정책 과제」, 과학기술정책연구원, 2009
- 장현승·이복남·김우영·장철기, 「녹색 건설상품 진단 및 전망」, 한국건설산업연구원, 2009
- 전은진·윤유리·신재영, 「주요국별 기후변화 대응 정책 및 정부 R&D 투자 분석」, 녹색기술센터, 2016
- 조기선, 「발전소 온배수 등 폐열 활용·촉진을 위한 제도개선 방안 연구」, 한국전기연구원, 2015
- 하남수·김지엽·김도년, 「도시기본계획에 나타난 탄소저감 전략 비교분석」, 한국도시설계학회, 제15권 제1호, 2014, pp.183-200.
- 한국과학기술기획평가원, 「2016년 기술수준평가」, 2017
- 한국에너지공단 신·재생에너지센터, 「2015년 신재생에너지 보급통계」, 2016
- 한국에너지공단 신·재생에너지센터, 「2016년 신재생에너지의 이해」, 2016
- 현대건설, 「기후변화 협약 파리협정에 따른 건설사 대응 전략」, 2016
- 환경부, 「교토의정서 이후 신 기후체제 파리협정 길라잡이」, 2016

新기후협약에 따른 건설산업의 대응방안 조사연구

2018년 5월 인쇄
2018년 5월 발행

발행인 서명교

발행처 대한건설정책연구원

서울특별시 동작구 보라매로5길 15, 13층(신대방동, 전문건설회관)

TEL (02)3284-2600

FAX (02)3284-2620

홈페이지 www.ricon.re.kr

등록 2007년 4월 26일(제319-2007-17호)

인쇄처 경성문화사(02-786-2999)

©대한건설정책연구원 2017