

국제 신재생에너지 정책변화 및 시장분석(계속)

| 조일현 · 이재석 |



KOREA ENERGY ECONOMICS INSTITUTE



에너지경제연구원

저 자 조일현, 이재석

연 구 진

연구책임자	조일현	(에너지경제연구원 부연구위원)
	이재석	(에너지경제연구원 부연구위원)
연구참여자	공지영	(에너지경제연구원 부연구위원)
	김수경	(에너지경제연구원 전문원)

외부연구진

연구참여자	손창식	(신라대학교 교수)
연구참여자	이철용	(부산대학교 조교수)
연구참여자	최경석	(한국건설기술연구원 센터장)

〈요 약〉

1. 연구의 필요성 및 목적

□ 연구의 필요성

- 빠르게 변화하는 재생에너지 시장에 대한 동향을 매년 주기적으로 분석하는 것이 필요함.
 - 전 세계 에너지 시장은 태양광과 풍력을 중심으로 신재생에너지로의 전환이 이루어지고 있음.
 - 우리나라 정부도 신재생에너지로의 전환에 적극 동참하고 있으며, 국내 에너지 산업 부문도 국제 경쟁력을 갖추기 위해 많은 노력을 기울이고 있음.
 - 해외 시장과 정책의 변화에 대응하기 위한 국내 보급, 산업 육성, 그리고 국내 기업의 해외 진출 방향에 대한 시사점을 제공하는 것이 필요함.
- 가정 건물 부문에서 신재생에너지 보급 확대를 위한 노력이 필요함.
 - 파리기후협약이 채택되고, 신기후체제가 도래하면서 각 국가들은 스스로가 설정한 온실가스 저감목표 달성을 위해 노력하고 있음.
 - 가정·건물 부문은 전 세계 최종에너지 소비량과 온실가스 배출량이 높은 부문으로 나타남.
 - 급속한 도시화와 도시 인구 증가로 인해 도시 내 건물에서의 에너지소비와 온실가스 배출은 향후 계속 증가할 것으로 전망됨.
 - 특히, 건물 내 불필요한 에너지 소비를 줄이고, 건물에서 필요한

에너지를 신재생에너지를 활용하여 직접 공급이 가능한 제로에너지건물에 대한 관심과 보급이 높아지고 있음.

2. 연구내용

□ 국제 신재생에너지 동향

- 가격 경쟁력 확보로 태양광과 풍력 중심으로 보급이 이루어지고 있으며, 향후 보급도 지속적으로 증가할 것으로 전망됨.
- 전력 부문에서 신규 재생에너지 설비 비중이 지속적으로 증가하였고 2019년에 이르러서는 신규 발전설비의 3/4이 재생에너지 설비임.
- 태양광은 매년 100GW, 풍력은 50~60GW의 신규 보급이 이루어지고 있으나 누적 설비면에서 가장 규모가 큰 수력은 최근 신규보급이 줄어들고 있음.
- 재생에너지 보급은 최근 10년 사이 유럽을 시작으로 미주, 그리고 전 세계 지역으로 확대되는 추세를 보였음.
- 이러한 태양광과 풍력 보급 확대의 주요 원인은 기술발전, 대규모 보급, 경쟁, 금융비용 하락 등으로 가격이 화석연료 발전 수준으로 하락함.
- 신재생에너지 보급이 빠르게 확대되었음에도 불구하고, 가격이 크게 하락하였기 때문에 전 세계 신재생에너지 총투자 금액은 크게 증가하지 않았음.
- 신재생에너지 보급 확대에 따른 산업 규모가 커짐에 따라, 재생에너지 산업 관련 고용 또한 증가하여 고용 인원은 1,150만 명에 이르게 되었음.

○ 재생에너지 확대에도 여전히 온실가스 배출 목표에는 미흡하지만, 기업의 재생에너지 확대 노력과 재생에너지 경매는 확대되고 있음.

- 국가마다 재생에너지 보급 확대를 목표로 내세우고 추진하고 있으나 이러한 목표는 2015년 파리협정의 2℃ 이하로 지구 온도 상승을 억제하겠다는 온실가스 배출 목표 달성에는 부족
- RE100에 참여하는 기업은 계속 증가하고 있고, 특히, 중국, 인도, 대만 기업 등 아시아 기업의 참여도 최근 활발해짐.
- 보급 정책으로 재생에너지 경쟁 입찰이 확대되고 있으며 최근 인도와 중국은 대규모 재생에너지 경매를 실시하였음.

○ 코로나19는 2020년 상반기 재생에너지 보급에 부정적인 영향을 미쳤으나 장기적으로는 그 영향이 크지 않을 것으로 전망.

- 코로나19로 인해 경제활동이 침체되면서 에너지수요가 급격히 줄었지만, 재생에너지는 장기 고정계약 및 계통에 우선 접속하는 경우가 많아 다른 에너지원에 비해 상대적으로 적은 영향을 받은 것으로 나타남.
- 단기적으로 중국과 유럽의 봉쇄로 태양광, 풍력 제품 생산에 차질이 생기거나 경매나 프로젝트 일정의 지연이 생기는 일들이 발생하였음.
- 장기적으로는 코로나19가 재생에너지 산업과 보급에 미치는 영향은 크지 않을 것으로 보임.
- 각국에서 경기 부양책으로 친환경적인 재생에너지 산업, 보급 확대를 추진 중임.

□ 제로에너지건물 보급 및 건물 부문 신재생에너지원 다양화

- 각 국가별 추진방안과 속도는 상이하지만 많은 국가는 제로에너지건물 의무화를 확대하고 있음.
 - 우리나라는 2030년부터 500㎡ 이상 모든 건물을 대상으로 제로에너지건물화한다는 목표로 단계적으로 제로에너지건물 의무화 제도를 추진하고 있음.
 - 대부분의 선진국들은 2020년부터 Nearly Zero Energy Building 의무화를 추진하고 있음.
- 건물부문 적용 신재생에너지원 시장이 다양화되고 있으나, 태양광 외 신규 시장은 미미한 수준임.
 - 세계 건물일체형태양광(BIPV) 시장은 빠르게 확대되고 있고, 심미성을 갖춘 다양한 BIPV 제품에 대한 개발이 이루어지고 있음.
 - 건물 최종에너지 소비에서 냉난방 목적의 소비가 가장 높은데, 태양열, 히트펌프 등 재생열에너지가 건물 난방 부문에서 차지하는 비중은 여전히 낮은 수준임.
 - 전력 부문에서 재생에너지 보급 목표를 수립하고 이를 위한 규제나 인센티브를 부여하는 국가는 증가 추세이나 열 부문의 보급 정책은 미흡함.

3. 시사점

□ 태양광과 풍력 국제 경쟁력 강화

○ 재생에너지 입찰 시장 참여 필요

- 세계적으로 재생에너지 경매 규모가 성장하고 있지만 우리나라는 아직 수의계약을 통한 해외 진출에 주력하고 있음.
- 우리나라 경매 참여 역량 향상과 전문 인력 양성 등 향후 더욱 커질 경매시장을 대비할 필요가 있음.

○ 태양광, 풍력 제3시장 확대

- 태양광과 풍력은 전 세계적으로 보급이 본격적으로 시작됨에 따라 기존 유럽, 미주, 동아시아 시장은 물론 그 외의 시장 보급이 증가하고 있고 성장 전망도 좋음.
- 이에 따라 개발도상국 신규 시장에 대한 관심과 해외 진출을 위한 노력이 더욱 필요한 시점으로 보임.

○ 태양광, 풍력의 제조부문에 가치사슬 구축

- 태양광에서 가치사슬을 따라 구조조정이 빠르게 진행되어 우리나라 기업은 태양전지 이전의 가치사슬이 약해짐.
- 이러한 상황은 제조업에서 경쟁력을 갖추는데 어려운 상황을 초래할 수 있고 특정 국가에 편중된 부품 소재 조달의 문제에 노출되게 됨.
- 이에 따라 태양광 제조 앞단의 부품, 소재에 대한 국산화에 관심을 두어야 하는 상황으로 보이며 정책적인 지원이 필요할 수 있음.
- 해상풍력은 아직 공급 가치사슬에 제대로 구축되지 않았으며 선도적으로 자국 내 공급 가치사슬 구축을 위한 대만의 사례를 참고할만함.

□ 가정·건물 부문 온실가스 저감 목표 달성

○ 제로에너지건물 확대와 가정·건물 부문에 적용하는 재생에너지원을 다양화할 필요가 있음.

- 국내 국가감축목표 달성에서 건물부문에서의 목표달성이 가장 미흡한 것으로 확인되었음.
- 신재생에너지를 통해 건물 에너지 수요에 스스로 대응할 수 있는 제로에너지건물의 확대가 필요함.
- 건물 부문 신재생에너지설비를 전력과 열 등 각각의 에너지 수요에 맞게 다양화함으로써 제로에너지건물 성능을 높일 수 있음.

○ 정부의 정책적 지원은 제로에너지건물 확대를 보다 가속화 시킬 수 있을 것임.

- 신축 건물에 대해서는 건축 설계 단계부터 에너지 고효율 건물로 설계는 것이 중요하고, 기존 건물에 대해서는 건물을 효율적으로 관리하는 제도 도입을 고려해 볼 필요가 있음.
- 건물 실제 소유주의 넷제로 투자에 대한 인센티브를 제공하는 제도에 대한 고민이 필요함.
- 대기업과 중소기업 간의 새로운 비즈니스 모델을 개발하여 국내 BIPV 시장 경쟁력 확보 노력이 중요함.
- 높은 잠재력을 가진 재생에너지 시장 조성을 위한 정책적 지원이 필요함.

제 목 차 례

제1장 서론	1
제2장 국제 신재생에너지 동향	7
1. 국제 재생에너지 보급	7
1.1. 재생에너지보급 - 1차에너지	7
1.2. 재생에너지 보급 - 전력 부문	12
2. 국제 재생에너지 가격	19
2.1. 원별 균등화발전비용(Levelized Cost of Electricity, LCOE) ...	19
2.2. 지역별 LCOE	23
3. 국제 재생에너지 투자 및 고용	27
3.1. 투자 동향	27
3.2. 고용 동향	32
4. 국제 재생에너지 정책 동향	35
4.1. 재생에너지 보급 목표 및 계획	35
4.2. 기업의 재생에너지 확대 목표	37
4.3. 재생에너지 보급 제도 - 경매	39
5. 코로나19의 재생에너지 시장 영향	44

제3장 국제 태양광과 풍력 동향 53

- 1. 태양광과 풍력의 확대 53
- 2. 태양광 산업 동향 58
 - 2.1. 보급 58
 - 2.2. 산업 60
- 3. 풍력 산업 동향 69
 - 3.1. 보급 69
 - 3.2. 산업 74

제4장 건물용 재생에너지 79

- 1. 제로에너지건물 (Zero Energy Building, ZEB) 79
 - 1.1. 국내 제로에너지건물 정책 82
 - 1.2. 제로에너지건물 정의 및 분류 84
 - 1.3. 제로에너지건물 시장 전망 86
 - 1.4. 해외 제로에너지건물 동향 87
- 2. 건물일체형태양광(Building Integrated Photovoltaics, BIPV) ... 92
 - 2.1. 국내 건물일체형태양광 동향 92
 - 2.2. 해외 건물일체형태양광 동향 94
- 3. 재생열에너지 98
 - 3.1. 해외 재생열에너지 동향 98
 - 3.2. 산업용 건물의 재생열에너지 99
 - 3.3. 재생열에너지 정책 104

3.4. 히트펌프	110
3.5. 태양열	113
제5장 종합	117
1. 연구내용	117
1.1. 국제 신재생에너지 동향	117
1.2. 국제 태양광과 풍력 동향	119
1.3. 건물용 재생에너지	120
2. 주요 시사점	122
2.1. 태양광과 풍력 국제 경쟁력 강화	122
2.2. 가정·건물 부문 온실가스 저감 목표 달성	128
참고문헌	135

표 차례

<표 2-1> 2018년 최종에너지 소비 원별 비중	11
<표 2-2> 2019년 원별 발전 비중	14
<표 2-3> 유틸리티급 재생에너지 LCOE 변화 (2009년~2019년)	19
<표 2-4> RE100 가입 기업의 국가현황	37
<표 2-5> 일본 태양광 경매 현황	42
<표 2-6> 중국 2019년과 2020년 태양광 경매 비교	43
<표 2-7> 국가별 단기적 보급 정책 변화	48
 <표 3-1> 국가/지역별 해상풍력 확대 계획	72
 <표 4-1> 에너지수지(Energy Balance) 계산 기준에 따른 제로에너지 정의 ·	85
<표 4-2> 신재생에너지 공급방식에 따른 구분	85
<표 4-3> 주요국 제로에너지 빌딩 정의	88
<표 4-4> 건물 냉난방 재생에너지 정책 - 직접 정책, 간접 정책 ..	104
<표 4-5> HRE 시나리오별 비교	108

그림 차례

[그림 2-1] 2018년 에너지원별 1차에너지 공급비중	9
[그림 2-2] 1990년~2018년 재생에너지 1차에너지 공급 연평균 성장률 · 9	
[그림 2-3] 2018년 원별 발전비중	13
[그림 2-4] 2013년~2019년 재생에너지원별 신규 설비용량	15
[그림 2-5] 연도별 신규설비 원별 비중	16
[그림 2-6] 2019년 발전원별 순 설비증설 용량(GW)	17
[그림 2-7] 선택연도 지역별 최대 신규 발전원	18
[그림 2-8] 유틸리티급 재생에너지 LCOE 변화 (2009년~2019년) · 21	
[그림 2-9] 태양광과 육상풍력 설치비용, 이용률, LCOE	22
[그림 2-10] 2019년 LCOE 기준 가장 낮은 대규모 발전 전원	23
[그림 2-11] 2020 상반기 국가별 LCOE (\$/MWh)	25
[그림 2-12] 아시아 태평양 지역 재생에너지 비용 프리미엄	26
[그림 2-13] 2010년~2019년 재생에너지 설비투자(\$BN)	28
[그림 2-14] 2005년~2019년 재생에너지 투자와 신규 설비용량	29
[그림 2-15] 2019년 재생에너지 설비투자(\$BN)	30
[그림 2-16] 2004년~2019년 개발도상국과 선진국 재생에너지 설비투자(\$BN)	31
[그림 2-17] 2012년~2019년 재생에너지 원별 일자리	34
[그림 2-18] 2019년 국가별 재생에너지 일자리	34
[그림 2-19] 부문별 규제나 인센티브 부여 국가	35
[그림 2-20] 현재목표와 vs 2℃ 목표(2030년 기준)	36

[그림 2-21] 2009년~2019 재생에너지 보급 제도 변화	39
[그림 2-22] 재생에너지 연도별 경매 현황	41
[그림 2-23] 2020년 에너지수요 변화	45
[그림 2-24] 2020년 상반기 발전설비 보급 영향	47
[그림 2-25] 2020년~2023년 재생에너지 보급 전망	49
[그림 2-26] 녹색 경기부양(Green Stimulus) 계획 상위 5개국	50
[그림 3-1] 2019년 변동성 재생에너지 발전비중 상위 10개국	54
[그림 3-2] 발전비중 전망 - Stated Policies Scenario	54
[그림 3-3] 태양광 풍력 신규설비용량 전망 - Stated Policies Scenario ...	56
[그림 3-4] 2050년까지 전력 구성 전망	57
[그림 3-5] 2050년까지 신규 설비에 대한 원별 투자	57
[그림 3-6] 2009년~2019년 태양광 신규·누적 설비용량	59
[그림 3-7] 국가별 태양광 신규·누적 설비용량	59
[그림 3-8] 세계 태양광 신규 설비용량(2007~2019년 & 이후)	60
[그림 3-9] 2018년~2020년 폴리실리콘 가격	61
[그림 3-10] 2018년과 2020년 폴리실리콘 공급곡선	63
[그림 3-11] 2018년~2020년 모듈 및 태양전지 가격	64
[그림 3-12] 기업별, 국가별 모듈 생산	66
[그림 3-13] 유틸리티급 고정식 태양광 시스템 기준 가격 전망	67
[그림 3-14] 가치사슬별 제조사 비중	68
[그림 3-15] 2009년~2019년 풍력 신규·누적 설비용량	69
[그림 3-16] 국가별 풍력 신규·누적 설비용량	70
[그림 3-17] 육상 풍력 신규 설비용량 전망	70

[그림 3-18] 해상풍력 보급과 해상풍력 비중 추세	71
[그림 3-19] 2030년까지 부유식 해상 풍력 전망	73
[그림 3-20] 터빈제조사 시장 점유율	75
[그림 3-21] 풍력 제조 가치사슬	76
[그림 3-22] 1997년~2019년 터빈 가격 추세	77
[그림 4-1] 2010년~2018년 전 세계 바닥면적, 인구, 에너지소비량, 에너지부문 배출량	81
[그림 4-2] 세계 주거·상업 건물부문 최종에너지수요(2015-2050) ...	81
[그림 4-3] 제로에너지건물에서의 에너지 흐름	82
[그림 4-4] 제로에너지건축 의무화 세부 로드맵	83
[그림 4-5] 지역별 BIPV 시장 규모	95
[그림 4-6] 주거용 BIPV, 상업용 BIPV 설치용량	96
[그림 4-7] 타입별 국제 BIPV 시장 규모	97
[그림 4-8] 2018년 건물부문 난방방 재생에너지 소비 비중	99
[그림 4-9] 2018년 상업용건물의 용도별 최종에너지소비	100
[그림 4-10] 지역별 최종에너지 소비에서 상업용 건물에너지 소비비중 ..	101
[그림 4-11] 유럽과 미국의 상업용 건물 난방 에너지원별 비중	103
[그림 4-12] 1차 에너지공급 관련 2050 HRE 시나리오에서 구현된 에너지시스템 전환	108
[그림 4-13] 히트펌프 vs 가스 보일러의 20년간 총 소유비용 예시 ...	110
[그림 4-14] 중형 상업용 건물 난방 시스템의 수명 탄소배출량	111
[그림 4-15] 연간 누적 히트 펌프 개수	113
[그림 4-16] 태양열 온수 집열기 누적 발전량, 2009~2019	114

[그림 4-17] 2019년 기준 상위 20개국 태양열 온수 집열기 신규설치량·· 115

[그림 5-1] 우리나라 기업 해외 재생에너지 입찰 현황 122

[그림 5-2] 2050년까지 태양광 풍력 지역별 전망 125

제1장 서론

2015년 파리기후협약 채택 이후, 각 국가는 기후위기 대응을 위해 지구 평균온도 상승 폭을 산업화 이전 수준보다 1.5℃ 이하로 유지하기 위해 국가별 온실가스 배출 저감 목표를 수립하고, 구체적인 정책 전략 및 실행방안을 마련하는 등 많은 노력을 기울이고 있다. “기후변화에 관한 정부간 협의체”(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)는 2018년 특별보고서(special report)에서 지구 온난화를 1.5℃로 제한하기 위해서는 빠르고 광범위한(rapid and far-reaching) 경제의 전환이 필요하다고 주장하였다. 특히, 인간의 경제활동으로 인한 인위적인 이산화탄소 배출량을 2010년 배출량 기준 45%를 저감시켜야 하고, 2050년에는 넷제로(net zero)¹⁾에 도달해야 한다고 제안하고 있고 근래에 많은 국가들이 2050년까지 넷제로를 선언하고 있다.²⁾ 이런 상황에서 재생에너지는 온실가스 감축을 위한 중요한 수단으로써 전 세계적으로 기존 화석연료에서 재생에너지로의 에너지전환이 활발히 이루어지고 있다.

전 세계적으로 재생에너지 시장은 크게 성장하고 있고 그 중심에는 태양광과 풍력이 있다. 태양광과 풍력은 어느 특정 지역이나 국가 중심의 보급이 아닌 전 세계 다양한 지역, 대규모 유틸리티급에서 가정 건물용 소규모 설비까지 다양한 용량의 설비가 보급되고 있다. 이러한 태양광과 풍력 중심의 신재생에너지 보급 확대 추세는 향후 지속될 것

1) 온실가스 순배출량을 제로로 함.

2) Masson-Delmontte et al(2018), p.12, p.15.

으로 보인다. 또한, 다양한 재생에너지원들이 경제성을 갖추면서 재생 에너지 시장, 산업, 정책이 빠르게 변화하고 있다. 급격히 변화하는 재생에너지 시장에서 우리가 나아가야 할 방향을 찾고 국제경쟁력을 갖추기 위해서는 세계 신재생에너지 시장과 정책 동향을 파악하고 시사점을 찾는 것이 중요하다.

국가별로 정도의 차이는 존재하지만, 각국 정부는 신재생에너지 확대를 위해 정책적으로 많은 노력을 기울이고 있다. 특히, 1차에너지 소비와 온실가스 배출 수준이 높은 건물부문 에너지소비의 신재생에너지 전환을 활발히 추진하고 있다. 이를 위해 도시 내 제로에너지건물을 확대하려는 노력을 하고 있다. 제로에너지건물은 효율적으로 불필요한 에너지 소비를 줄이고, 신재생에너지를 통해 건물내 필요한 에너지를 직접 공급함으로써 건물이 필요한 에너지수요를 스스로 충족시킨다. 기존에는 건물부문 신재생에너지에 대한 관심은 저렴한 설치 및 운영 비용과 같은 신재생에너지 설비의 경제성에만 집중되어 있었으나, 신재생에너지가 가격 경쟁력을 확보해 나감에 따라 경제성과 함께 건물에 설치·적용되는 신재생에너지 설비가 도시를 얼마나 아름답고 가치 있게 만들 수 있는지에 대한 관심도 높아지고 있다.

그에 따라, 제로에너지건물에 적용할 수 있는 신재생에너지 설비에 대한 기술적·미적 개발이 확대되고, 다양한 신재생에너지원을 건물부문에 활용할 수 있는 방안에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 먼저, 일체형태양광시스템(Building Integrated Photovoltaics, BIPV)은 건물 외벽시스템에 태양광 모듈을 일체화시켜, 건물 외벽 자체에서 에너지를 발생시킬 수 있고, 다양한 디자인과 색상의 BIPV 제품을 활용하여 건물과 도시 전체의 심미성을 높일 수 있고, 건물의 가치를 높이는

효과도 있다. 향후 급격한 도시화와 도시인구 증가로 인한 도시 에너지부족 및 환경문제를 해결하기 위한 대안으로 BIPV에 대한 수요가 점차 더 높아질 것이고, 그에 따라, BIPV 시장은 점차 더 빠르게 확대될 것으로 전망된다. 그리고 현재 건물에 적용되는 신재생에너지원은 주로 태양광에 집중되어 있고, 재생열 에너지 활용에 대한 관심과 정책적 지원 또한 부족한 상황이다. 하지만, 건물부문에서 최종에너지 소비의 77%가 냉난방, 온수 공급 및 조리 등과 같은 냉난방 목적으로 사용되고 있기 때문에, 건물부문 제로에너지를 달성하기 위해서는 냉난방, 온수 등 열에너지 수요에 맞는 다양한 재생열에너지원의 활용에 대한 고민도 필요하다.

본 연구는 매년 세계 신재생에너지 보급, 시장, 정책 동향을 분석하고 주요한 이슈를 발굴하여 그에 따른 시사점을 도출하는 것을 목적으로 하고 있다. 지난 2018년에는 신재생에너지 산업 무역, 경매제도, RE100에 대한 내용을 다루었고, 2019년에는 재생에너지 출력제한과 그린수소에 대한 내용을 보고서에 담았었다. 금년 연구에서는 지금까지 다른 신재생에너지원과 비교하여 상대적으로 많은 관심을 받지 못하였지만, 실제 신재생에너지 보급 및 온실가스 저감 목표 달성 측면에서 중요한 건물부문의 재생에너지를 다루었다. 건물은 도시를 구성하는 주요 요소로써, 사람들은 건물에서 삶을 영위하고, 그 과정에서 에너지를 소비한다. 건물 부문에서의 에너지 소비는 상당히 높은 수준이고, 도시로의 인구집중이 계속 높아지고 있기 때문에, 건물 부문에서의 에너지 소비량은 앞으로도 계속 증가될 것으로 전망되고 있으며, 건물 부문 재생에너지 확대는 더욱 중요해지고 있다. 건물부문 신재생에너지 보급 확대를 위해 각 국가의 정책 추진 상황을 살펴보고, 건물

신재생에너지 적용 기술의 다양한 국제 사례와 정책에 대한 분석은 우리나라 건물 부문에서의 신재생에너지 보급 확대를 위한 방향을 제시해 줄 것으로 보인다.

세계 재생에너지 시장의 급격한 변화에 대응하기 위해 우리 정부는 2017년 12월 ‘재생에너지 3020 이행계획(안)’을 통해 적극적으로 재생에너지 보급 추진 계획을 발표하였고, 이후 후속 계획 보급 목표 등이 설정되고 관련 정책들이 추진하고 있다. 특히 2020년에는 코로나19로 인한 경기침체와 기후변화에 대응하기 위해 2025년까지 약 76조 원(2022년까지 31조 3000억 원, 2025년까지 추가 45조 원 투자)의 대규모 투자가 예정된 한국형 그린뉴딜 사업을 발표하였고, 이는 국내 신재생에너지 보급 확대와 그 속도를 더욱 가속화시킬 것으로 보인다. 정부가 추진하고 있는 한국형 그린뉴딜 사업은 디지털뉴딜 사업과 함께 한국의 지속가능한 녹색성장을 이끄는 주요 한국판 뉴딜사업으로써, 3대 주요 분야로 이루어져 있다. 그린 뉴딜 3대 분야는 1) 도시, 공간, 생활 인프라 녹색전환, 2) 저탄소, 분산형 에너지 확산, 3) 녹색산업 혁신 생태계 구축으로 모두 도심에서의 에너지 전환에 대한 내용을 포함하고 있다.³⁾ 무엇보다 올해 우리나라를 포함한 파리협정 당사국들은 올해 말까지 2050년까지의 장기 저탄소 발전전략(Long-term low greenhouse gas Emission Development Strategies, LEDS)을 수립하여 제출해야 한다. 그렇기 때문에, 신재생에너지로의 전환 수요와 잠재성이 높지만, 국가감축 목표 달성 수준에 가장 미흡한 건물부문에서의 국제 신재생에너지 시장과 정책 동향, 정책적 시사점에 대한 연구는 그 어느 때보다 중요하다.

3) 관계부처합동(2020), 한국판 뉴딜 종합 계획, p.8.

마지막으로, 2020년의 시작과 끝은 코로나19라고 보아도 될 만큼 우리 삶에 코로나19가 가져온 파장은 컸고 전 지구적으로 다양한 산업에 영향을 미쳤다. 2020년 세계 에너지시장은 코로나19 대유행 이전과는 전혀 다른 모습과 속도로 변하고 있다. 에너지 수요, 공급, 투자 등 다방면에서 코로나19의 영향을 받았고 이러한 변화는 진행형이다. 재생에너지 산업도 마찬가지로 코로나19가 어떻게 재생에너지 산업에 영향을 미쳤고 이에 대응하고 있는지를 살펴보고자 한다.

본 연구의 내용과 구성은 다음과 같다. 제2장에서 국제 신재생에너지의 매년 변화하는 보급, 가격, 투자, 고용, 정책 동향을 정리 분석하였다. 특히, 제2장에서 2020년 현재 코로나19의 재생에너지 시장에 미친 영향에 대해서도 같이 정리하였다. 제3장은 재생에너지 중 가장 활발히 보급되고 있는 태양광과 풍력에 초점을 맞추어 보급, 산업 동향을 분석하였다. 제4장에서는 금년 연구의 선정 이슈인 건물용 재생에너지 동향을 분석한다. 제5장에서는 본 연구의 결론으로 종합적 시사점을 도출하였다.

제2장 국제 신재생에너지 동향

본 장에서는 국제 신재생에너지 보급, 가격, 투자 및 고용, 정책 현황을 정리하였다. 올해 코로나19의 세계적 유행은 우리 모두의 삶과 전 세계 경제, 산업, 정치 모두를 바꿔놓았다. 신재생에너지 동향과 더불어 코로나19가 국제 재생에너지 산업에 어떤 영향을 미쳤고 이에 대응하는 국가별 정책 동향에 대해서도 다루어 보았다.

1. 국제 재생에너지 보급

1.1. 재생에너지보급 - 1차에너지

1.1.1. 1차에너지 공급

우선 국내 재생에너지 보급 상황을 보면 2019년 신재생에너지 생산량은 10,316천toe(tonne of oil equivalent)로 1차에너지 대비 공급비중은 3.4% (재생에너지는 3.16%)이다.⁴⁾ 국제에너지기구(International Energy Agency, 이하 IEA) 기준 우리나라 1차에너지 공급 비중은 2019년 현재 2.36%이다.⁵⁾ 이는 전 세계 1차에너지 공급 비중에 비해 상당히 낮은 수준이다.

IEA에 따르면 2018년 세계 1차에너지 공급(Total Energy Supply, TES)은 14,282Mtoe이다. 그중 13.5%인 1,931Mtoe가 재생에너지 공급량이고

4) 한국에너지공단(2020a), p.2. 신·재생에너지법 개정 시행(2019.10.)으로 비재생폐기물이 제외됨에 따라 비재생폐기물 4/4분기를 제외한 실적과 전체 제외 실적을 공표하였으며 비재생폐기물 전체 제외 실적 기준임.

5) OECD Library(최종접속일: 2020.12.20.).

2017년 대비 56Mtoe 증가하였다.⁶⁾ 재생에너지를 원별로 보면, 개발도상국이 난방과 취사용으로 주로 바이오매스를 활용하기 때문에 바이오와 폐기물이 66.4%로 비중이 가장 높았다.⁷⁾ 그 다음으로 수력 18.8%, 풍력 5.7%, 지열 4.8%, 태양에너지 및 조력 4.4%순이다([그림 2-1]).

재생에너지 공급량은 1990년부터 2018년까지 연평균 2% 성장하여 세계 1차에너지 공급 성장률 1.8%보다 조금 빠르게 성장하였다.⁸⁾ 태양광과 풍력의 성장률이 특별히 높았는데 동기간 연평균 성장률은 각각 36.5%, 23.0%였다. 다음으로는 바이오가스, 태양열, 액체 바이오연료 순으로 높은 성장률을 보였다([그림 2-2]). 가장 비중이 큰 수력은 동기간 2.4% 성장하였는데 중국이 연평균 8.4%씩 성장하며 전체 증가의 51.7%를 차지하였다.⁹⁾

기간을 좁혀서 2010년 이후를 살펴보면, 2010년부터 2018년까지 재생에너지 1차에너지 공급량은 연평균 2.5% 성장하여 2010년 이전보다 높은 성장률을 보였는데 연평균 성장률이 42.8%에 달하는 태양광이 높은 성장에 가장 큰 기여를 했다.¹⁰⁾ 태양광 다음으로 풍력의 동기간 성장률은 17.9%로 높았다.¹¹⁾

6) IEA(2020a), p.3.

7) 전계서, pp.3~4.

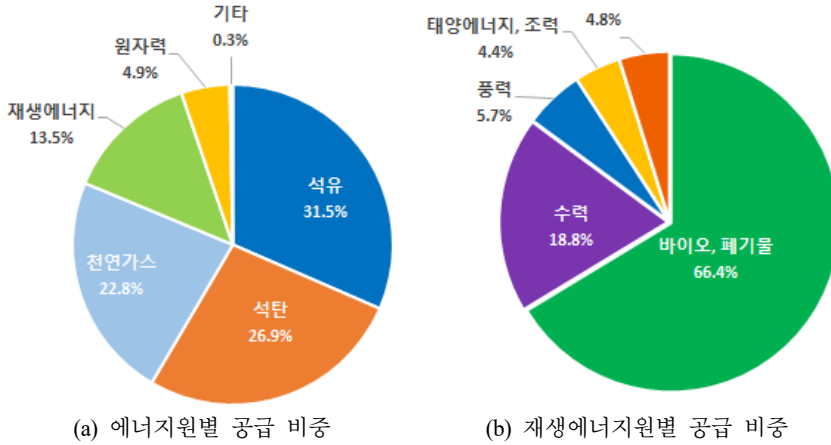
8) 전계서, p.4.

9) 전계서, p.5.

10) 전계서, p.5.

11) 전계서, p.5.

[그림 2-1] 2018년 에너지원별 1차에너지 공급비중



자료: IEA(2020a), pp.3~4.

[그림 2-2] 1990년~2018년 재생에너지 1차에너지 공급 연평균 성장률



자료: IEA(2020a), p.5.

1.1.2. 최종에너지 소비

REN21¹²⁾은 최종에너지 소비(Total Final Energy Consumption, TFEC)면에서 2018년의 에너지소비 현황에 대해 종합적으로 정리하였다.¹³⁾¹⁴⁾ 보고서에 따르면, 2018년 최종에너지 소비는 378 Exajoule로 2013년과 비교하여 7.2% 성장하였다.¹⁵⁾ 2013년부터 5년간 현대적 재생에너지¹⁶⁾ 최종소비는 21.5% 성장하며 비재생에너지보다 3배 정도 빠르게 성장하였고¹⁷⁾ 최종에너지 소비 증가의 29%를 차지하였다.¹⁸⁾ 현대적 재생에너지 소비는 2013년부터 2018년까지 연간 4%로 성장하였는데 소비증가의 약 절반정도(48%)는 전력 부문의 태양광과 풍력의 재생에너지 전력 소비 증가에 따른 것이다.¹⁹⁾

2018년 최종에너지 소비에서 재생에너지가 차지하는 비중은 17.9%로 나타났고, 그 중에서 전통적인 바이오매스가 6.9%, 현대적 의미의 재생에너지가 11.0%의 비중을 차지하고 있다(<표 2-1>). 현대적 재생에너지 11%는 다시, 재생열 4.3%, 재생전력 5.7%(수력 3.6%, 수력 이외 2.1%), 운송용 바이오연료 1%로 나눌 수 있다(<표 2-1>).

12) REN21은 정부, 국제기구, 학계 등 다양한 세계 재생에너지 관련 정책 이해관계자 네트워크로 매년 재생에너지 연례 보고서를 발간함.

13) REN21의 2020년 연례보고서.

14) REN21(2020), pp.32~33. REN21(2020)은 IEA의 World Energy Statistics and Balance s, 2019 edition을 추정 출처로 밝힘.

15) 전계서, p.33.

16) 전통적 바이오매스를 제외한 재생에너지

17) 전계서, p.33.

18) 전계서, p.32.

19) 전계서, p.32.

〈표 2-1〉 2018년 최종에너지 소비 원별 비중

(단위: %)

	화석연료	원자력	재생에너지				
			전통적	현대적			
비중	79.9	2.2	6.9	재생열	수력	수력 외 전력	바이오연료
				4.3	3.6	2.1	1.0
합계	82.1		6.9	11.0			
				17.9			

자료: REN21(2020), p.32.

주: Figure 1을 바탕으로 표로 재구성 및 합계 계산함.

최종에너지 소비에서 재생에너지가 차지하는 비중은 부문별로 서로 다르게 나타났다. 2017년 기준 최종에너지 소비를 열, 수송, 전력 세 부문으로 나누었을 때 전력 부문의 소비는 17%를 차지하였다. 전력 부문에서는 재생에너지 비중이 26.4%로 가장 높았고,²⁰⁾ 재생에너지가 차지하는 비중의 증가 속도도 열부문과 수송부문보다 빠른 것으로 나타났다.²¹⁾ 전체 최종에너지 소비의 51%를 차지하는 열 부문에서 재생에너지가 차지하는 비중은 10.1%, 전체 최종에너지 소비의 32%를 차지하는 수송부문에서의 재생에너지가 차지하는 비중은 전체 세 부문 중 가장 낮은 3.3%로 나타났다.²²⁾ 즉, 최종에너지 소비에서 높은 비중을 차지하는 열과 수송 부문에서의 재생에너지 보급이 낮은 수준으로 나타나, 열과 수송 부문에서의 재생에너지 보급 확대가 시급한 것으로 보인다.

20) 전계서, p.32.

21) 전계서, p.33.

22) 전계서, p.33.

1.2. 재생에너지 보급 - 전력 부문

1.2.1. 재생에너지 발전

국내의 2019년 신재생발전량은 33,029GWh(재생에너지는 29,712Wh)로 총 발전량 대비 비중은 5.62%(재생에너지는 5.05%)이다.²³⁾ 이는 전 세계 수준에 비해 낮은 것으로 IEA에 따르면 2018년 세계 재생에너지 발전비중은 25.2%로 석탄 다음으로 비중이 높았다([그림 2-3]). 석탄과 재생에너지를 제외하면, 천연가스와 원자력, 석유 순서로 발전비중이 높은 것으로 나타났다([그림 2-3]).

전력 부문에서 재생에너지의 성장이 두드러졌다. 1990년부터 2018년까지 재생에너지 전력생산은 연평균 3.9%로 빠르게 증가하여 1990년 19.4%에서 2018년 25.2%로 증가하였다.²⁴⁾ 반면, 동기간 전체 전력 생산 연평균 성장률은 2.9%로 나타나 재생에너지 전력생산 연평균 성장률보다 1%p 낮았다.²⁵⁾

재생에너지원별로 살펴보면 수력이 가장 큰 재생에너지 발전원이지만, 1990년 18.1%에서 2018년 15.8%로 비중이 줄어든 것으로 나타났다.²⁶⁾ 수력 이외 재생에너지원 비중은 1.3%에서 9.3%로 대폭 증가하였다.²⁷⁾ 수력 이외 재생에너지원을 나누어보면, 태양광, 풍력, 지열, 조력 발전은 2018년 전력생산의 7.2%를 차지하고 나머지 2.1%는 바이오와 폐기물이 차지하였다.²⁸⁾

23) 한국에너지공단(2020a), p.3. 신·재생에너지법 개정 시행(2019.10.)으로 비재생폐기물이 제외됨에 따라 비재생폐기물 4/4분기를 제외한 실적과 전체 제외 실적을 공표하였으며 비재생폐기물 전체 제외 실적 기준임.

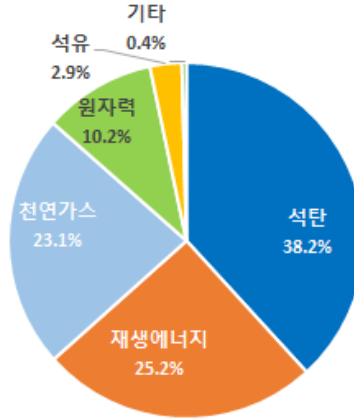
24) IEA(2020a), p.9.

25) 전계서, p.9.

26) 전계서, p.9.

27) 전계서, p.9.

[그림 2-3] 2018년 원별 발전비중



자료: IEA(2020a), p.9.

기간을 2010년부터 2018년까지로 좁혀보면 재생에너지 연평균 성장률은 6%에 이르는데 이는 앞선 1차에너지 보급에서 살펴보았듯 태양광(42.8%)과 풍력(17.9%)의 빠른 성장에 따른 것이다.²⁹⁾

REN21은 2019년 재생에너지 발전비중을 재생에너지원별, 지역별로 정리하였다. 2019년 재생에너지는 전체 발전의 27.3%를 공급하였다(<표 2-2>). 그중에서 수력 발전비중이 전체 재생에너지 발전량의 58%를 차지하고 풍력이 22%, 태양광이 10%, 바이오가 8%를 차지했다(<표 2-2>).³⁰⁾ 지역별로는 지난 10년간 EU의 재생에너지 발전비중의 증가가 두드러졌다. EU 지역의 전체 발전량에서 재생에너지 발전비중은 2009년 19%에서 2019년 35%로 증가하였다.³¹⁾ 특히 덴마크

28) 전계서, p.9.

29) 전계서, pp.9~10.

30) REN21(2020), p.47.

31) 전계서, p.47.

(39%에서 77%), 독일(16%에서 42%), 영국(8%에서 38%)에서 재생에너지 발전 비중이 급격히 증가하였다.³²⁾ EU 지역 이외에 미국과 중국도 재생에너지 발전비중이 빠르게 증가하였다. 같은 기간 미국은 재생에너지 발전비중이 10.2%에서 17.4%로 증가하였다.³³⁾ 중국은 전력 생산량이 두 배 이상 증가했음에도 불구하고, 재생에너지 발전비중은 이보다 더 크게 증가(16.6%에서 26.4%)하여 재생에너지 발전비중이 증가하게 되었다.³⁴⁾

〈표 2-2〉 2019년 원별 발전 비중

(단위: %)

	비재생에너지	재생에너지				
		수력	풍력	태양광	바이오	나머지
비중	72.7	15.9	5.9	2.8	2.2	0.4
합계	72.7	27.3				

자료: REN21(2020), p.48.

주: Figure 10을 바탕으로 표로 재구성.

1.2.2. 재생에너지 설비용량

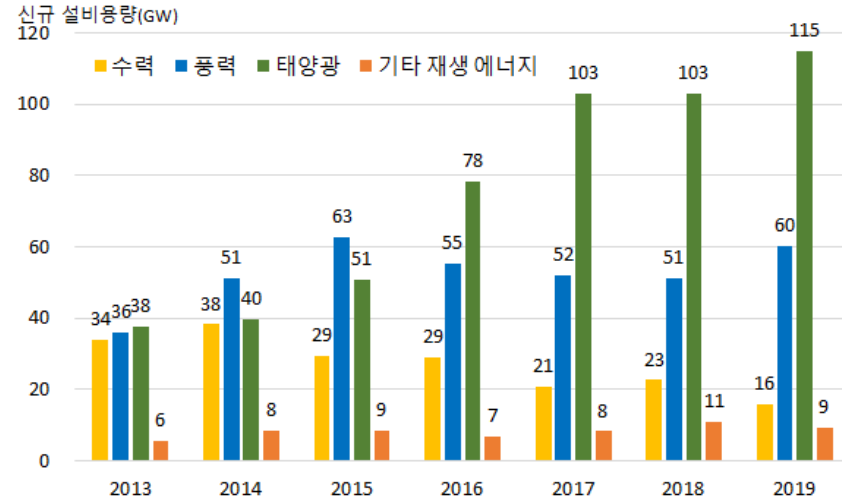
[그림 2-4]에서 볼 수 있듯 재생에너지 설비 보급 증가는 태양광과 풍력 중심으로 확대되고 있다. 반면, 기존 누적 설비용량이 가장 큰 수력의 신규 설비 용량은 줄어들고 있다. 풍력은 연간 50~60GW 정도, 태양광은 지속적으로 성장하여 풍력의 두 배 수준인 연간 100GW 이상의 신규 설비가 보급되고 있는 것으로 나타났다([그림 2-4]).

32) 전게서, p.47.

33) 전게서, p.47.

34) 전게서, p.47.

[그림 2-4] 2013년~2019년 재생에너지원별 신규 설비용량



자료: REN21(2020), p.46.

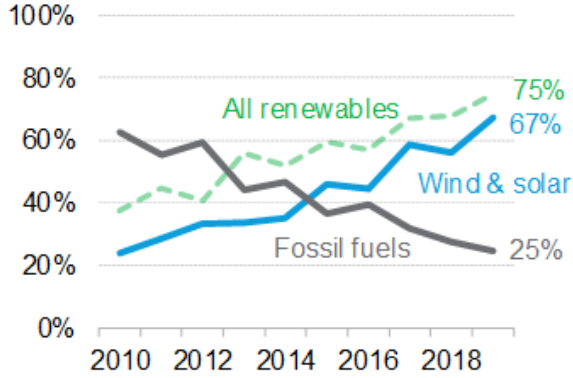
재생에너지 설비가 전체 신규 에너지 설비에서 차지하는 비중은 계속 증가하는 반면, 화석연료의 신규 설비 비중은 점차 감소하는 추세이다([그림 2-5]).³⁵⁾ 2019년 기준 전체 신규 발전설비의 3/4가 재생에너지다([그림 2-5]). 신규로 보급되는 재생에너지 추이를 선진국과 개발도상국으로 나누어 살펴보면, 선진국에서 추가되는 설비의 대부분이 태양광과 풍력이고,³⁶⁾ 개발도상국은 선진국보다 태양광과 풍력의 신규 설치 비중이 크게 낮았다([그림 2-5]).³⁷⁾ 하지만, 개발도상국에서의 태양광과 풍력 발전설비의 신규 설비 비중이 빠르게 증가하는 모습을 볼 수 있다([그림 2-5]).

35) 5년 연속 순 설비증설에서 재생에너지가 화석연료와 원자력 설비 증설량의 합보다 많은 것임(REN21(2020), p.46.).

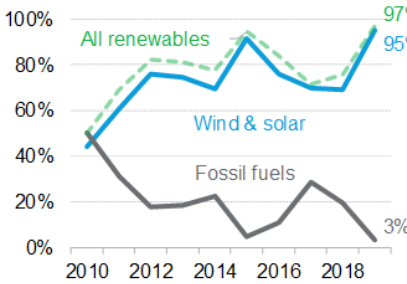
36) 2019년 기준 95%.

37) 2019년 기준 50%.

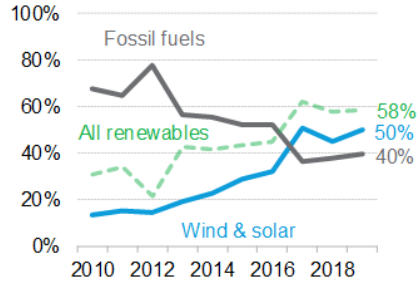
[그림 2-5] 연도별 신규설비 원별 비중



(a) 전 세계



(b) 선진국



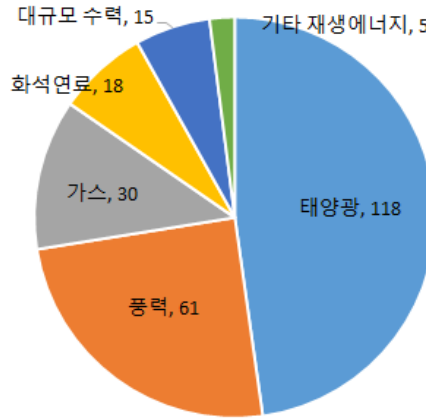
(c) 개발도상국

- 주: 1. All renewables는 태양광, 풍력 외 지열, 바이오, 수력을 포함함.
 2. 선진국은 OECD 국가에서 칠레, 콜롬비아, 멕시코와, 터키를 제외한 국가이며 개발도상국은 선진국 이외의 국가임.
 자료: BNEF(2020a), pp.7~8.

2019년 재생에너지 포함 총 247GW의 발전설비가 순증가하였다([그림 2-6]). 이를 원별로 살펴보면 태양광의 순 설비증설이 118GW로 48%를 차지하고, 풍력이 61GW로 25%를 차지하여 태양광과 풍력의 보급이 72%에 달했다([그림 2-6]). 태양광과 풍력을 포함한 재생에너지

지 설비는 81%에 달하였다([그림 2-6]). 반면, 원자력과 석유 발전설비의 경우 각각 약 5GW가 순 감소하였다.³⁸⁾³⁹⁾

[그림 2-6] 2019년 발전원별 순 설비증설 용량(GW)



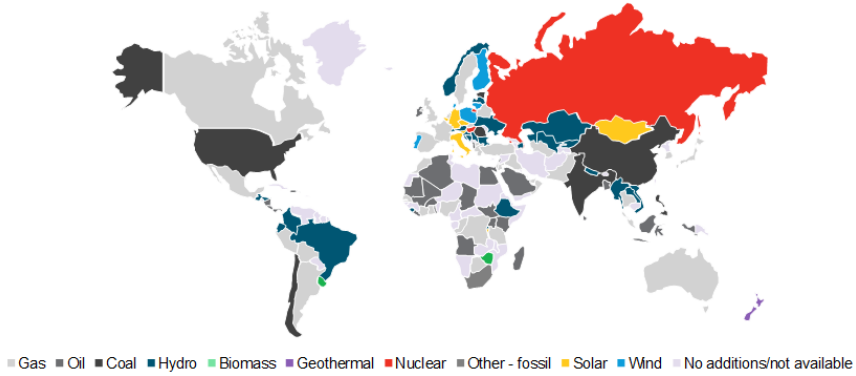
자료: Frankfurt School(2020), p.29.

재생에너지 보급 확대는 특정한 지역에서만 활발히 이루어지는 것이 아니라, 전 세계 에너지 시장에서 공통으로 나타나고 있는 에너지 시장의 변화이다. [그림 2-7]은 지역별 최대 신규 발전원을 나타낸 것이다. 2010년까지 유럽을 제외하고는 태양광과 풍력이 최대 신규 발전원이 아니었다. 그러던 것이 2014년도에 이르러서는 미주와 유럽, 그리고 2019년에는 중동, 아프리카 및 아시아 많은 지역에서도 최대 발전원으로 위치가 바뀌었다.

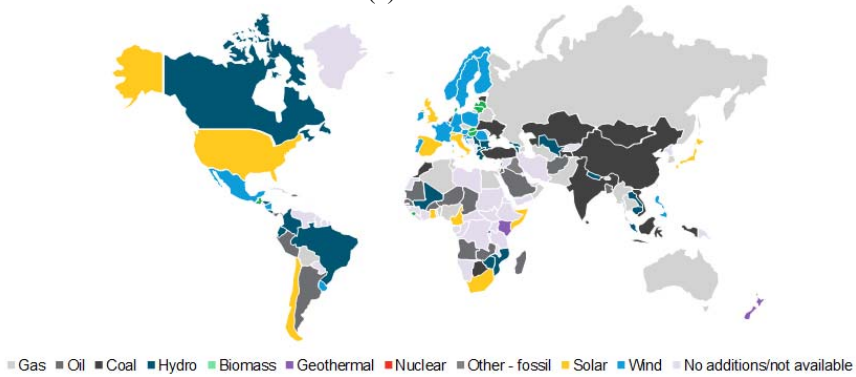
38) Frankfurt School(2020), p.30.

39) 발행기관마다 추정치는 다름. REN21 추정은 태양광 보급용량은 2019년 115GW, 풍력 60GW, 수력 16GW. 자료: REN21(2020a), p.46.

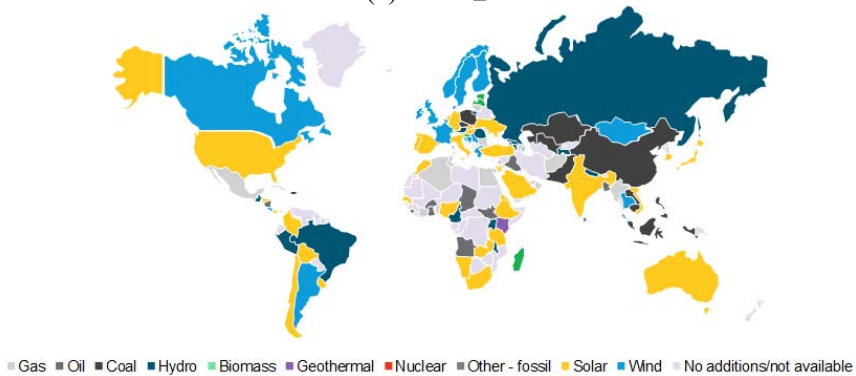
[그림 2-7] 선택연도 지역별 최대 신규 발전원



(a) 2010년



(b) 2014년



(c) 2019년

자료: BNEF(2020a), pp.13~15.

2. 국제 재생에너지 가격

2.1. 원별 균등화발전비용(Levelized Cost of Electricity, LCOE)⁴⁰⁾

앞선 절에서는 전 세계적으로 태양광과 풍력의 보급이 지역적으로 정도의 차이는 존재하나, 공통적으로 빠르게 확대되는 것을 살펴보았다. 이런 태양광과 풍력발전 위주의 재생에너지 보급 확대 배경은 태양광과 풍력의 가격 경쟁력 향상이 큰 역할을 하고 있다. <표 2-3>은 유틸리티급 재생에너지 원별 LCOE를 보여준다.

2010년에서 2019년 수력과 지열의 LCOE는 상승하였으나, 그 외 재생에너지 LCOE는 하락하였다. 특히, 동기간 태양광 LCOE는 \$0.378/kWh에서 \$0.068/kWh로 82% 하락하였고 육상풍력의 경우 \$0.086/kWh에서 \$0.053/kWh로 38%, 해상풍력은 \$0.161/kWh에서 \$0.115/kWh로 29% 하락한 것으로 나타났다(<표 2-3>).

<표 2-3> 유틸리티급 재생에너지 LCOE 변화 (2009년~2019년)

(단위: USD 2019/MWh, %)

	설치비용(\$/kWh)		이용률(%)		LCOE(\$/MWh)		
	2010	2019	2010	2019	2010	2019	변화율
바이오	2,588	2,141	71.7	70.0	76	66	-13%
지열	2,588	3,916	87.0	79.4	49	73	49%
수력	1,234	1,709	43.9	48.4	37	47	27%
태양광	4,702	995	13.8	18.0	378	68	-82%
CSP	8,987	5,774	30.0	45.2	346	182	-47%
해상풍력	4,650	3,800	36.8	43.5	161	115	-29%
육상풍력	1,949	1,473	27.1	35.6	86	53	-38%

주: 본 표는 상기 그래프를 표로 재정리한 것임.

자료: IRENA(2020a), p.47, p.61, p.75, p.89, p.103, p.111. 그래프를 바탕으로 표로작성 및 변화를 계산함.

40) LCOE는 발전량 한 단위당 평균 발전비용으로 발전시설 총비용의 현재값을 총발전량의 현재값으로 나누어 계산함.

재생에너지 중에서 신규보급이 가장 활발히 진행되고 있는 태양광과 육상풍력, 해상풍력의 LCOE 비용을 세부적으로 살펴보면, 공통으로 설치비용이 하락하고 이용률이 지속적으로 증가하고 있음을 볼 수 있다(<표 2-3>). 설치비용과 이용률은 LCOE 비용을 결정하는 중요한 요소들으로써, 설치비용이 하락하면 LCOE는 하락하고, 발전량과 직접적인 관련이 있는 이용률의 증가는 LCOE를 하락시킨다. 태양광의 설치비용은 2010년 \$4,702/kW에서 2019년 \$995/kW로 하락하였고, 이용률은 2010년 13.8%에서 2019년 18%로 증가하였다(<표 2-3>). 육상풍력의 설치비용은 동기간 \$1,949/kW에서 \$1,473/kW로 하락하였고, 이용률은 27.1%에서 35.6%로 증가하였다(<표 2-3>). 해상풍력의 경우 설비비용은 2000년 초중반 다소 증가하기도 하였지만([그림 2-9]), 이후 2009년부터 꾸준히 하락하여 2010년 \$4,650/kW에서 2019년 \$3,800/kW로 하락하였고, 같은 기간 이용률은 36.8%에서 43.5%로 증가하였다(<표 2-3>).

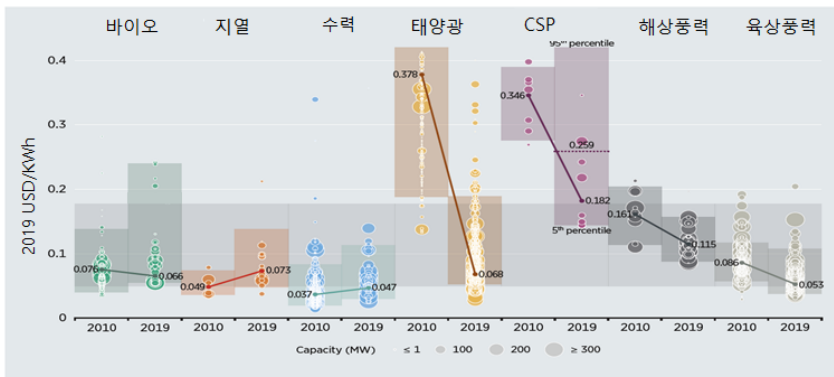
[그림 2-8]은 유틸리티급 재생에너지 LCOE를 보여주고, 그림에서 회색밴드는 화석연료 발전비용 범위를 나타낸다. 각 신재생에너지원별 LCOE 범위가 회색밴드에 포함될 경우, 해당 신재생에너지원의 발전비용이 화석연료 발전비용 범위내에 속하게 되는 것을 의미하고, 화석연료와 비교하여 경쟁력을 갖춘 것으로 해석할 수 있다. 모든 재생에너지원의 LCOE가 화석연료 발전 비용범위 내에 들어와서, 재생에너지원은 이미 화석연료 대비 가격 경쟁력을 갖춘 것으로 볼 수 있다.

이런 비용하락은 기술발전으로 비용하락과 재생에너지가 대규모로 보급되면서 규모의 경제를 갖추었기 때문이다. 그리고 많은 지역 및 국가에서 도입하고 있는 재생에너지 경매로 인한 가격경쟁도 재생에너지원의 비용을 하락시킨 주요 원인이 되고 있다.⁴¹⁾ 경매제도와 관련하여

여, 국제재생에너지기구(International Renewable Energy Agency, 이하 IRENA)는 LCOE와 경매 낙찰가 하락 추이를 제시하고 있는데, 경매 낙찰가는 LCOE와 같이 계속 하락하고 있는 것으로 나타났다. 이런 결과를 바탕으로, IRENA는 비용 하락 요인은 기술발전, 규모의 경제, O&M 비용 하락과 더불어 경매도 기여한 것으로 평가하고 있다.⁴²⁾

또한, IEA는 금융비용의 하락도 재생에너지원의 비용하락에서 중요한 요인이었다고 강조하는데, 조사 결과 2015년에서 2019년까지 태양광 프로젝트의 금융비용이 15~30% 감소하였다. 금융비용 감소는 대부분의 태양광 프로젝트의 수입이 장기계약이나 정책적 지원을 통해 일정하다는 점에서 기인하고 있다.⁴³⁾

[그림 2-8] 유틸리티급 재생에너지 LCOE 변화 (2009년~2019년)



주: 상업운전을 개시한 연도의 자료를 기준으로 함. CSP 점선위 LCOE는 이스라엘 프로젝트를 포함한 것임. 회색밴드는 화석연료 발전비용 범위를 나타냄.

자료: IRENA(2020a), p.22.

41) 재생에너지 경매 동향은 “4.3. 재생에너지 보급 제도 - 경매” 참조.

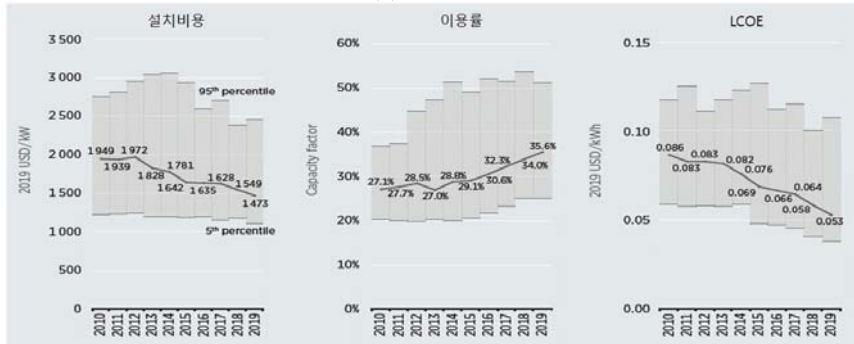
42) IRENA(2020a), pp.57~58.

43) IEA(2020b), pp.234~236.

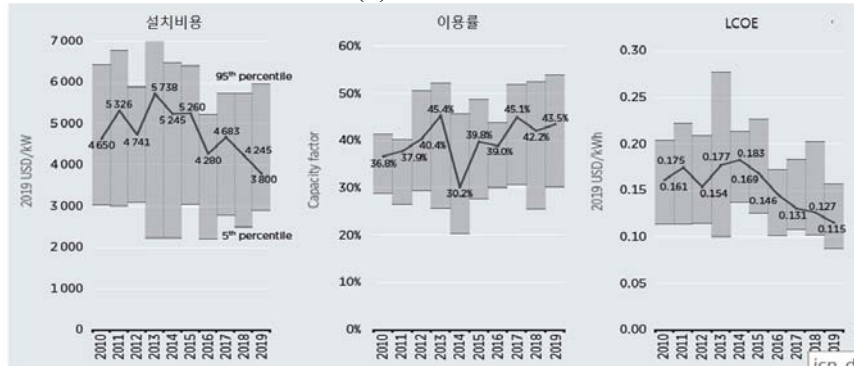
[그림 2-9] 태양광과 육상풍력 설치비용, 이용률, LCOE



(a) 태양광



(b) 육상풍력



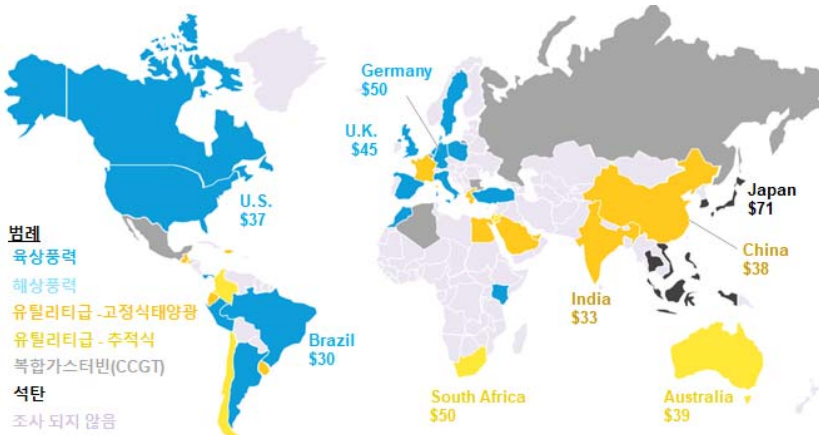
(c) 해상풍력

자료: IRENA(2020a), p.27, p.29.

2.2. 지역별 LCOE

전 세계적으로 태양광과 풍력 가격이 하락하면서 신규 보급되는 발전원 중 LCOE 기준 가장 비용이 낮은 에너지원이 태양광과 풍력인 지역이 증가하였다. 미주와 유럽 대부분 지역에서 재생에너지원 발전비용이 화석연료 발전비용보다 낮고, 아시아에서 중국과 호주도 태양광이 가장 싼 신규 발전원이다([그림 2-10]). 하지만, 우리나라와 일본을 비롯한 동남아시아 국가에서는 여전히 석탄이 가장 싼 발전원이다([그림 2-10]).

[그림 2-10] 2019년 LCOE 기준 가장 낮은 대규모 발전 전원



주: 국가별 원별 신규설비의 LCOE 측면의 가장 낮은 발전원을 표시 함.

자료: BNEF(2020b), p.11.

[그림 2-11]은 지역별 대규모 고정식 태양광과 육상풍력의 국가별 LCOE를 나타낸 것이다. 세계적으로는 태양광과 풍력 비용이 하락하여 경쟁력을 확보했지만, 지역별로는 편차가 큰 편이다.

다른 나라와 비교할 때 우리나라는 아직 태양광과 풍력 LCOE 비용이 높은 편이다. BNEF의 2020년 상반기 추정치를 보면, 고정식 태양광 LCOE 범위가 낮은 U.A.E는 \$23~51/MWh, 인도는 \$27~45/MWh이다. 육상풍력의 경우 브라질은 \$24~44MWh, 미국은 \$26~59/MWh로 비용이 낮은 것을 확인할 수 있다([그림 2-11]). 이에 반해 우리나라의 경우 고정식 태양광 LCOE는 \$73~146/MWh, 육상풍력 LCOE는 \$78~142/MWh로, 가장 낮은 국가의 LCOE와 비교하여 상당히 차이가 있다([그림 2-11]).

재생에너지 비용이 높은 아시아로 좁혀서 보면 Wood Mackenzie 추정대로 재생에너지 프리미엄이⁴⁴⁾ 평균적으로 16%였다.⁴⁵⁾ [그림 2-12]에서 볼 수 있듯 2020년 현재 일본과 말레이시아의 재생에너지 프리미엄이 가장 높은 국가이고, 신남방 정책으로 주목받고 있는 동남아시아는 전반적으로 프리미엄이 높다([그림 2-12]). 중국과 우리나라의 경우 프리미엄이 존재하나 높지 않은 것으로 평가되었는데 중국의 경우 5%,⁴⁶⁾ 우리나라의 경우 4%로 추정하였다.⁴⁷⁾ 반면, 호주와 인도의 경우 앞선 BNEF의 추정과 같이 재생에너지가 가장 싼 지역으로 재생에너지 프리미엄이 존재하지 않는다([그림 2-12]).

하지만, 2030년경이면 Wood Mackenzie 추정대로 아시아 태평양 지역도 평균적으로 재생에너지가 화석 연료와 비교하여 23% 비용이 낮아질 것으로 추정하고 있으며 동남아시아는 경우 재생에너지 가격이 화석연료와 비슷해질 것으로 전망하고 있다.⁴⁸⁾

44) 태양광과 풍력 중 가장 낮은 LCOE가 석탄이나 가스 등 화석연료의 가장 낮은 LCOE와 비교하여 재생에너지 비용 프리미엄을 추정.

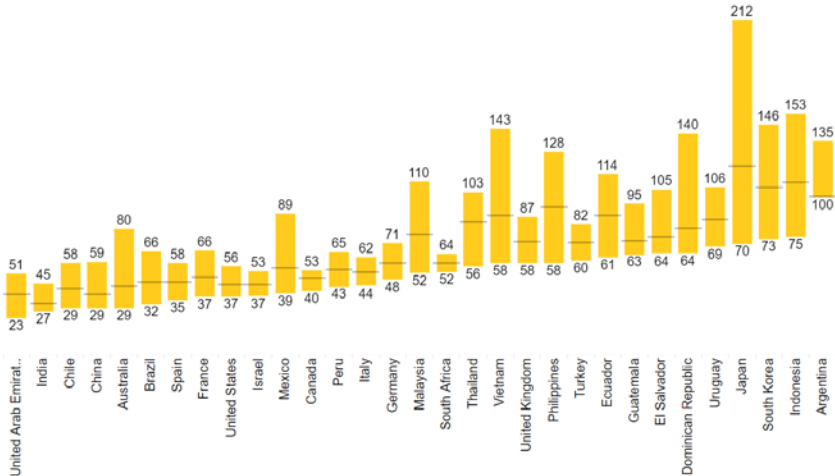
45) Wood Mackenzie(2020), p.8.

46) 앞선 BNEF는 중국의 재생에너지 프리미엄이 없는 것으로 추정됨. LCOE는 발표 추정 기관마다 차이가 존재함.

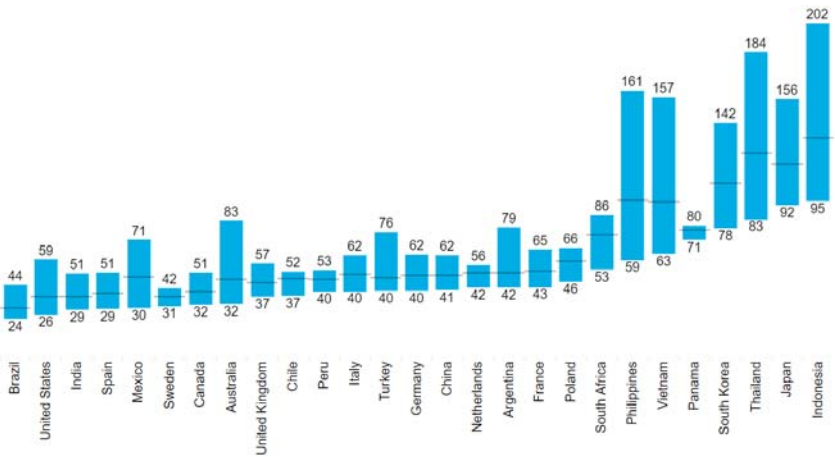
47) 전게서, p.30, p.32.

48) 전게서, p.9.

[그림 2-11] 2020 상반기 국가별 LCOE (\$/MWh)



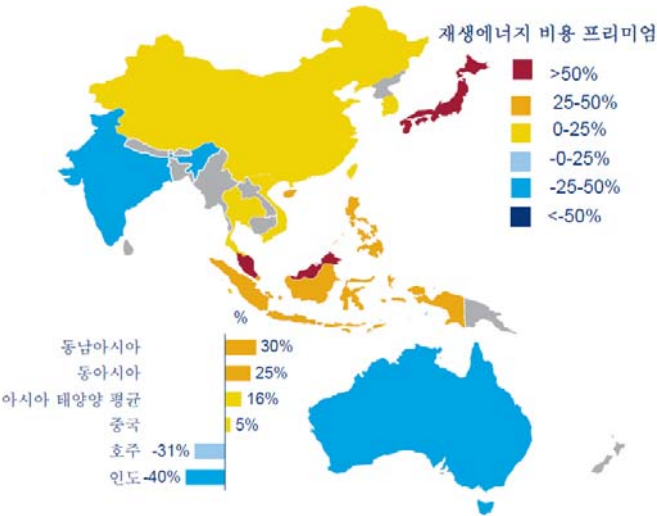
(a) 대규모 고정식 태양광



(b) 육상풍력

자료: BNEF 홈페이지(최종접속일: 2020.11.27.).

[그림 2-12] 아시아 태평양 지역 재생에너지 비용 프리미엄



자료: Wood Mackenzie(2020), p.8.

3. 국제 재생에너지 투자 및 고용⁴⁹⁾

3.1. 투자 동향

Frankfurt School에 따르면, 2010~2019년 대수력 제외 재생에너지 설비에 대한 투자는 2010년 이전 10년간 투자된 금액의 3~4배에 이르는 총 2.7조 달러인 것으로 나타났다.⁵⁰⁾ 에너지원별로 살펴보면, 2010년~2019년 동안 재생에너지 설비에 대한 투자 중, 태양광에 대한 투자가 1.37조 달러로 가장 많은 금액이 투자되었고 풍력은 1.07조 달러, 그리고 바이오와 폐기물에 1.23천억 달러 투자되었다([그림 2-13]). 국가별로는 중국의 투자가 가장 많은 8.2천억 달러였고 다음으로 미국 3.9천억 달러, 일본 2.1천억 달러로 나타났다. 유럽의 경우, 전체 7.2천억 달러 투자하였고, 그중에서 독일이 가장 많은 1.8천억 달러, 영국이 1.3천억 달러 투자하였다([그림 2-13]).

2019년 대수력 제외 재생에너지 설비투자는 총 2,822억 달러로 전년 대비 1% 증가한 수준이며 2017년 최대 투자액보다는 10% 정도 낮은 수준이다.⁵¹⁾ 하지만, 2019년 재생에너지 보급 실적은 2018년 대비 약 20GW 더 보급하여 역대 최대를 기록하였다.⁵²⁾ 높은 보급 실적과는 상반되게 총 설비투자액이 감소한 것은 재생에너지 설비 단위 설치 규모 당 투자비용이 감소한 것으로 해석할 수 있다. 실제, 전반적인 재생에너지 가격 하락으로 2011년 이후 재생에너지 신규 설비는 매년 증가하지만 투자비용은 크게 증가하지 않고 있다([그림 2-14]).

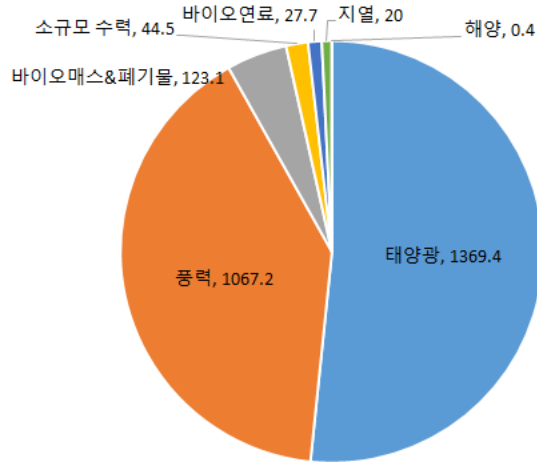
49) 본 절은 Frankfurt School의 Global Trends in Renewable Energy Investment 2020년 연례 보고서를 바탕으로 작성됨.

50) Frankfurt School(2020), p.31.

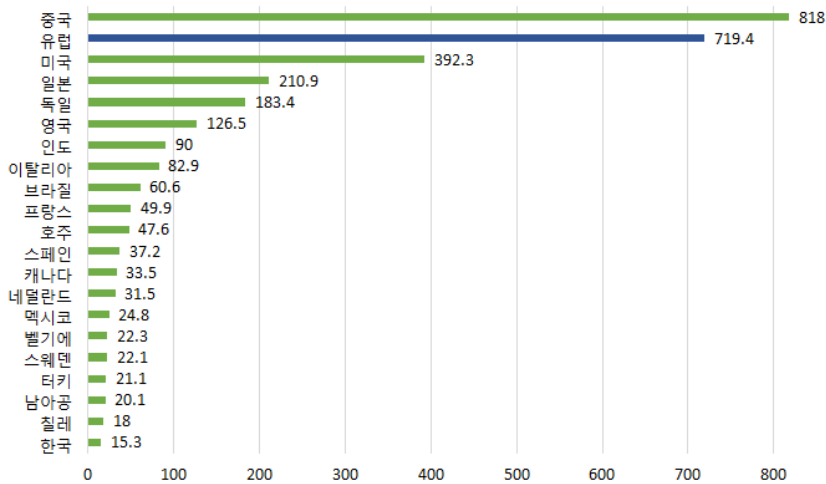
51) 전계서, p.22.

52) 전계서, p.27. 2018년 164GW에서 2019년 184GW로 증가.

[그림 2-13] 2010년~2019년 재생에너지 설비투자(\$BN)



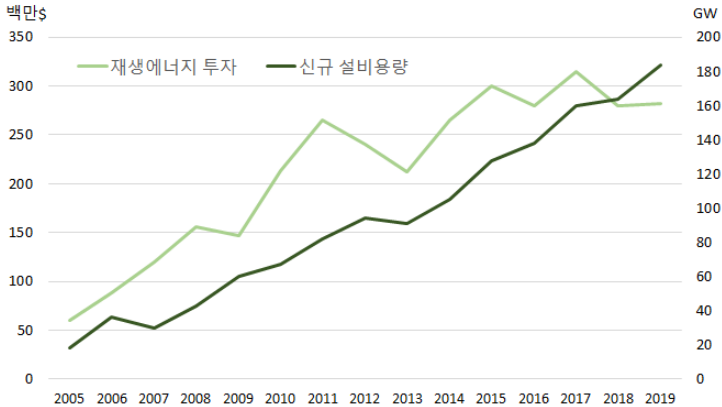
(a) 원별



(b) 국가별

자료: Frankfurt School(2020), p.31.

[그림 2-14] 2005년~2019년 재생에너지 투자와 신규 설비용량



자료: Frankfurt School(2020), p.27.

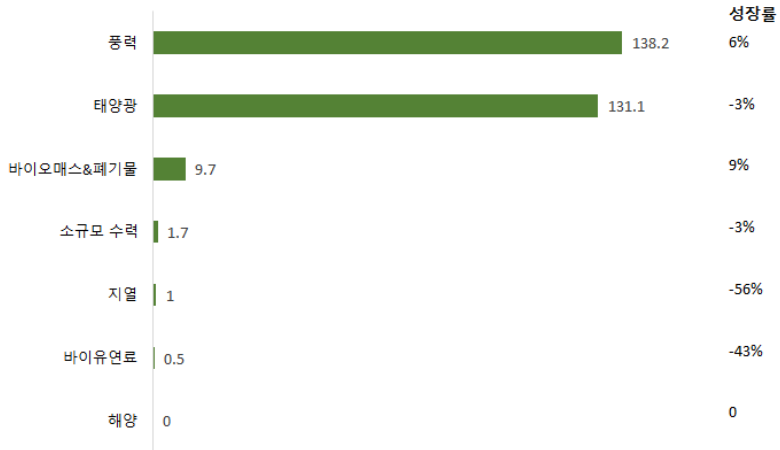
2019년 투자를 원별로 보면 풍력에 대한 투자가 태양광보다 더 활발하였다. 풍력에 투자는 해상풍력 프로젝트에 투자 증가에 기인하여 기록적으로 전년 대비 6% 성장한 1,382억 달러 투자가 이루어졌다. 태양광에 대한 투자는 보급 증가에도 3% 하락하여 1,311억 달러가 투자되었다([그림 2-15]).⁵³⁾

지역별로는 중국의 투자가 2018년 태양광 보급 지원 축소정책의 영향으로 2년 연속 투자가 감소하는 모습을 보이는데, 2019년에 들어서는 전년 대비 8%나 감소하여 2013년 이후 최저치를 기록하였다.⁵⁴⁾ 그룹에도 중국의 태양광 투자금액은 834억 달러로 전 세계에서 재생에너지 설비에 가장 많이 투자하였다([그림 2-15]). 미국은 반대로 전년 대비 28% 증가한 555억 달러를 투자하였는데, 이는 세액공제 만료를 앞두고 프로젝트 개발에 서두른 결과이다.⁵⁵⁾

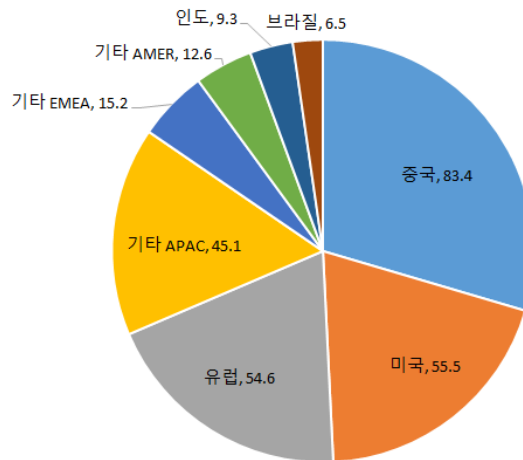
53) 전계서, p.23.

54) 전계서, p.22.

[그림 2-15] 2019년 재생에너지 설비투자(\$BN)



(a) 원별

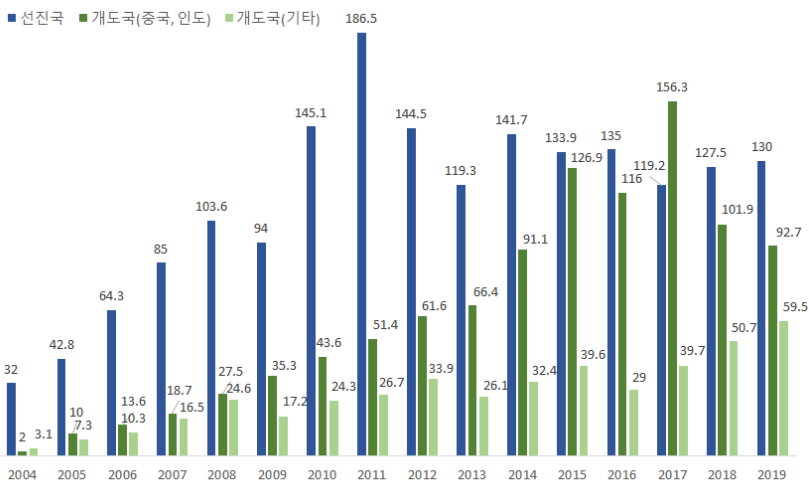


(b) 국가별

자료: Frankfurt School(2020), pp.23~24.

재생에너지에 대한 투자는 2015년 이후로 중국의 투자가 급격히 증가하여 개발도상국이 선진국을 추월한 상태이다([그림 2-16]). 2019년 개발도상국의 투자는 2018년 이래 2년 연속 중국의 태양광 분야에 대한 투자 감소에도 불구하고 다른 개발도상국들의 투자 증가로 투자 수준은 비슷하게 이루어졌다. 추세를 보면 2011년을 정점으로 선진국은 투자액이 줄고 있고 개발도상국에서는 2015년까지 증가하다가 최근 증가세가 주춤하다([그림 2-16]).

[그림 2-16] 2004년~2019년 개발도상국과 선진국 재생에너지 설비투자(\$BN)



자료: Frankfurt School(2020), p.26.

3.2. 고용 동향⁵⁶⁾

IRENA는 전 세계적으로 재생에너지산업(대수력 포함)에서의 직간접적 일자리는⁵⁷⁾ 꾸준히 증가하여 2019년 약 1,150만 명에 이른 것으로 추정하였다([그림 2-17]). 전년도와 비교했을 때, 2019년 재생에너지 산업 관련 일자리는 약 50만 개 증가하였다([그림 2-17]). 에너지원별로 살펴보면, 태양광, 바이오, 풍력 등 재생에너지 산업에서의 일자리는 전반적으로 증가하였고, 수력에서의 일자리는 소폭 감소하였다([그림 2-17]).

재생에너지 산업에서의 일자리는 소수 국가에 집중되어 있는데, 국가별로는 중국(436만 명), 브라질(116만 명), 인도(83만 명), 미국(76만 명), EU(132만 명)를 중심으로 집중되어 있는 모습을 볼 수 있다([그림 2-18]). 특히 중국이 전체 일자리의 38%를 차지하였고 중국을 포함하여 아시아 지역이 재생에너지 관련 일자리 비중 전체의 63%를 차지하였다.⁵⁸⁾

재생에너지 일자리의 33%는 태양광 산업 일자리로 375만 명이 고용되어 있다.⁵⁹⁾ 태양광 일자리는 중국이 전체의 59%로 비중이 가장 높았고, 중국을 포함한 아시아에서의 태양광 일자리 비중이 83%로 나타났다. 그 뒤로 북미 6.5%, 유럽 4.4%순으로 태양광 산업 일자리가 많이 존재하였다.⁶⁰⁾ 특히 중국, 일본, 미국, 인도, 방글라데시, 베트남, 말레이시아, 브라질, 독일, 필리핀 이상 상위 10개국에 87%의 일자리가 집중된 것으로 나타나 특정 지역별, 국가별 태양광 산업 일자리가 편중도가 높은 것을 볼 수 있다.⁶¹⁾

56) 본 절은 IRENA의 Renewable Energy and Jobs 2020년 연례 보고서를 바탕으로 작성됨.

57) 수력은 직접고용, 나머지는 직간접으로 고용된 인원을 추정. IRENA(2020b), p.6.

58) IRENA(2020b), Renewable Energy and Jobs 2020, pp.4-5.

59) 전계서, p.5.

60) 전계서, p.10.

61) 전계서, p.10.

태양광 다음으로는 바이오에서 고용된 인원이 358만 명으로 재생에너지 산업에서 두 번째로 일자리 수가 많았다([그림 2-17]). 바이오 일자리는 노동집약적인 주원료 공급지인 남미(43%)와 아시아(34%), 특히 동남아시아 국가에 집중된 특징을 보인다.⁶²⁾ 바이오 일자리도 상위 10개국의 비중이 90%로 높은데 브라질이 전체 일자리의 34%를 차지하여 가장 높고 그 뒤를 인도네시아, 미국, 콜롬비아, 태국, 말레이시아, 중국, 폴란드, 루마니아, 필리핀이 따르고 있다.⁶³⁾ 북미와 유럽에서도 바이오 일자리는 비중이 각각 13%, 10%이며 남미와 아시아 국가들과는 달리 농업 부문이 기계화되어있어, 바이오 일자리가 상대적으로 덜 노동집약적인 형태로 이루어진다.⁶⁴⁾

풍력 고용 인원은 약 117만 명으로 나타나는데, 그 중에서 중국의 풍력 산업 일자리 비중이 44%를 차지하는 것으로 나타나, 다른 재생에너지원과 같이 풍력 산업 일자리도 소수의 국가로의 일자리 집중도가 높은 것을 볼 수 있다.⁶⁵⁾ 하지만, 아시아 일자리가 56%로 태양광과 비교하여서는 지역적으로 일자리가 지역적으로 분산되어 있는데 유럽이 27%, 북미가 11%를 차지한다.⁶⁶⁾ 일자리는 상위 10개국에 85%가 집중되고 중국에 이어 독일, 미국, 인도, 영국, 덴마크, 멕시코, 스페인, 필리핀, 브라질 순이다.⁶⁷⁾

수력은 누적 설비면에서 가장 큰 재생에너지원으로 태양광, 바이오 다음으로 많은 193만 명이 수력 산업에 종사하고 있다.⁶⁸⁾ 2018년 대비 고용은 여러 국가에서 관련 프로젝트들이 연기되면서 약 6% 감소하였

62) IRENA(2020b), p.11.

63) 전계서, p.11.

64) 전계서, p.11.

65) 전계서, p.13.

66) 전계서, p.12.

67) 전계서, p.13.

68) 전계서, p.16.

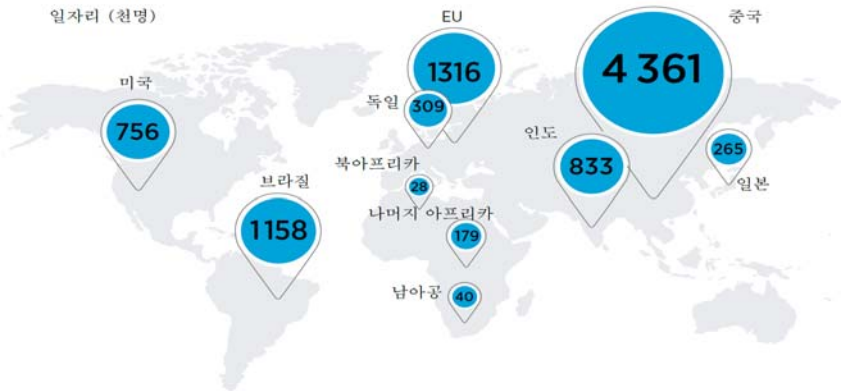
는데 2020년은 코로나19의 영향으로 고용은 더 줄 것으로 전망된다.⁶⁹⁾

[그림 2-17] 2012년~2019년 재생에너지 원별 일자리



자료: IRENA(2020b), p.7.

[그림 2-18] 2019년 국가별 재생에너지 일자리



자료: IRENA(2020b), p.20.

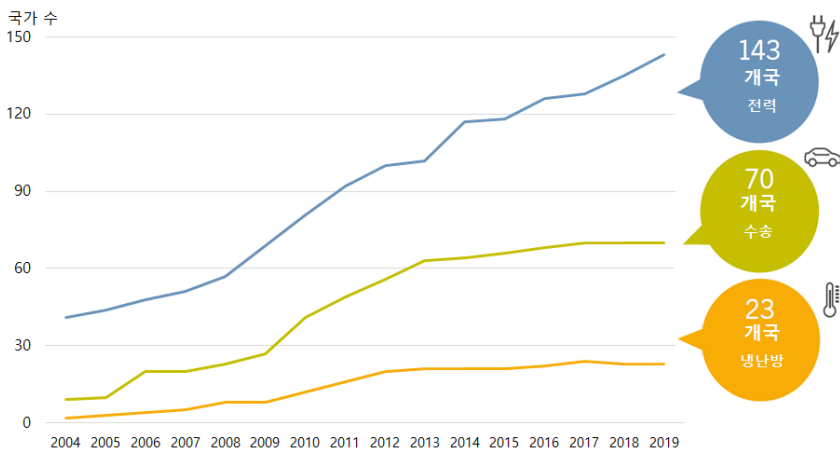
69) 전게서, p.16.

4. 국제 재생에너지 정책 동향

4.1. 재생에너지 보급 목표 및 계획

전력 부문에서 재생에너지 보급 목표 수립, 이를 위한 규제나 인센티브를 부여하는 국가는 증가하고 있다. 2019년 기준 166개 국가가 전력 부문에서 재생에너지 보급 목표를 수립하였고 재생에너지 보급 지원 정책을 도입한 국가는 143개국에 달하였다([그림 2-19]).⁷⁰⁾

[그림 2-19] 부문별 규제나 인센티브 부여 국가



자료: REN21(2020), p.54.

반면, 전력 부문과 비교하여 열 부문의 보급 정책은 미흡한 것으로 나타났다. 전 세계 최종에너지 소비에서 열 부문은 51%(전력 부문은 17%)를 차지하여 열 부문의 재생에너지 확대가 탈탄소화의 중요 요소이나,

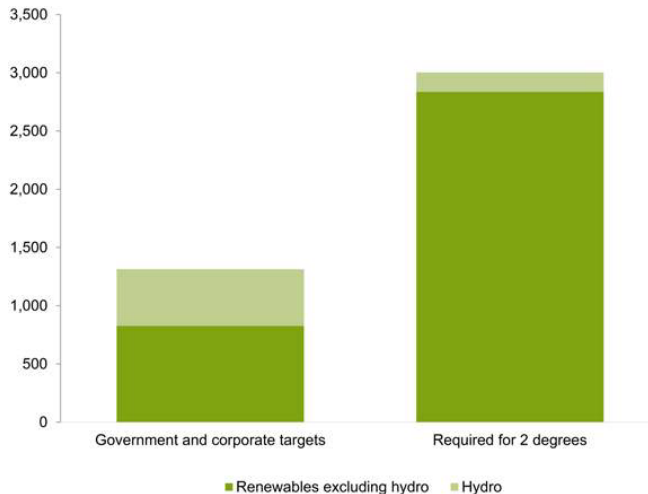
70) REN21(2020), p.54, p.56.

2019년 기준 열 부문의 정책목표를 채택한 국가는 49개국으로 전력 부문(166개국)보다 현저히 적고, 보급 지원 정책의 경우 열 부문 정책 목표 도입 국가 수보다 더 적은 23개국만 도입한 것으로 조사되었다.⁷¹⁾

많은 국가는 1차에너지와 전력 부문에서 재생에너지 보급 확대를 위한 목표를 제시하고 있다. 하지만, 이러한 국가 목표는 여전히 2015년 파리협정의 2℃ 이하로 지구 온도 상승을 억제하겠다는 온실가스 배출 목표를 달성하기에는 부족한 상황이다. 현재의 목표대로라면 2030년까지 수력을 제외하고 약 826GW의 재생에너지 발전 설비가 보급될 것으로 전망되는데, 이는 지구 온도 2℃ 상승 이하 목표를 달성하는데 추정되는 약 2,836GW와 비교하여 많이 부족한 상황이다.⁷²⁾

[그림 2-20] 현재목표와 vs 2℃ 목표(2030년 기준)

(단위: GW)



자료: Frankfurt School(2020), p.17.

71) REN21(2020), pp.56~57.

72) Frankfurt School(2020), p.17. 추정은 BNEF의 New Energy Outlook 2019의 기준시나리오라고 밝힘.

4.2. 기업의 재생에너지 확대 목표

국가나, 지역의 목표 외에 기후변화에 대응하겠다는 기업의 자발적인 참여 운동으로 2050년까지 전력 사용의 100%를 재생에너지 전력으로 달성하겠다는 기업의 RE100(Renewable Energy 100%)⁷³⁾도 계속 확장되고 있다. RE100에 가입하기 위해서는 기업은 국제적으로 영향력 있는 기업이어야 하고 재생에너지 전력 100% 달성을 위한 명확한 전략과 스케줄이 있어야 한다.⁷⁴⁾ 다양한 국적 기업 및 산업에서 참여하고 있는데 2020년 11월 현재 RE100에 가입한 기업은 268개로 참여기업은 빠르게 증가하고 있다.⁷⁵⁾⁷⁶⁾

〈표 2-4〉 RE100 가입 기업의 국가현황

기업 본사	2019년 12월		2018년 11월	
	기업수	비중	기업수	비중
미국	65	31%	51	33%
영국	37	18%	29	19%
일본	28	13%	13	8%
스위스	11	5%	8	5%
프랑스	9	4%	8	5%
독일	8	4%	4	3%
덴마크	7	3%	5	3%
네덜란드	7	3%	7	5%
호주	7	3%	1	1%
인도	5	2%	5	3%
중국	4	2%	2	1%
스페인	4	2%	4	3%

73) RE100은 2014년에 영국 비영리단체인 탄소정보공개 프로젝트(Carbon Disclosure Project, CDP) 위원회와 기후그룹 (Climate Group)이 최초로 주도하며 시작된 자발적인 신재생에너지 전환 캠페인 프로젝트.

74) RE100(2020a), p.1.

75) 2018년 11월, 2년 전 동 보고서 작성 시 RE100 참여기업은 155개였음.

76) RE100 홈페이지(최종접속일: 2020.11.15.).

대만	3	1%	2	1%
벨기에	3	1%	3	2%
스웨덴	3	1%	3	2%
캐나다	2	1%	1	<1%
노르웨이	2	1%	2	1%
터키	1	<1%	1	<1%
싱가폴	1	<1%	1	<1%
이탈리아	1	<1%	2	1%
아일랜드	1	<1%	1	<1%
핀란드	1	<1%	1	<1%
멕시코	1	<1%	1	<1%
합계	211	100%	155	100%

자료: RE100(2020b), p.4.

<표 2-4>는 RE100의 연간 보고서로 기업의 지역별 가입 현황을 정리하였다. 현재까지 미국, 영국, 일본 등 선진국 기업들의 참여가 활발한 상황이고, 최근에는 중국, 인도, 대만 등 아시아 기업의 참여도 활발해 지고 있다. 현재 RE100에 가입한 국내 기업은 없는 상황이다. 그동안 국내 기업의 마땅한 RE100 수단이 없어 참여가 어려웠지만, 최근 RE100 이행 수단에 대한 논의가 이루어지며⁷⁷⁾ 우리나라 기업으로는 처음으로 SK 그룹 8개사가 RE100 가입 신청서를 제출하였다.⁷⁸⁾ 향후 이행수단이 구체화되고 국제적인 요구에 따라 RE100에 가입하는 국내 기업이 증가할 것으로 예상된다.

77) 산업통상자원부, 보도/해명 자료, 2020.11.02.

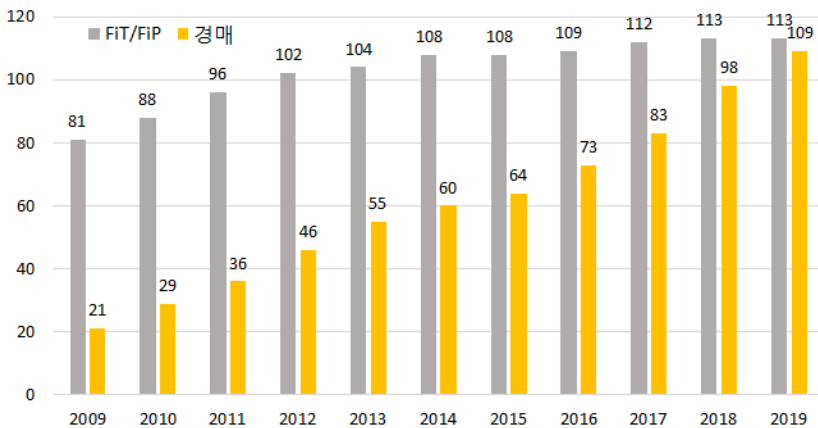
78) 연합뉴스 2020.11.01. 기사(최종접속일: 2020.11.15.).

4.3. 재생에너지 보급 제도 - 경매

4.3.1. 재생에너지 경매 동향

세계적으로 전력 부문 재생에너지 보급 정책은 경매 중심으로 변화하는 추세이다. 현재 재생에너지 보급 정책의 가장 보편적인 정책 수단은 발전차액제도(Feed-in Tariff, 이하 FIT)로서 2019년 기준 113개 국가에서 채택하고 있다. 하지만, 재생에너지 보급 가격이 하락함에 따라 많은 나라가 FIT 요율을 삭감하고 있고 재생에너지 가격 결정을 위한 새로운 제도로써 경매제도를 도입하여 운영하는 추세이다.

[그림 2-21] 2009년~2019 재생에너지 보급 제도 변화



자료: REN21(2020), p.71.

2019년 기준 경매를 도입한 국가는 109개 국으로 크게 증가하였고 ([그림 2-21]), 2018~ 2019년 기간에 11개 국가가 신규로 경매를 도입하였다.⁷⁹⁾ 2019년 최소 41개국에서 68회 이상의 경매가 진행되었으며, 대

부분 경제성을 확보한 태양광과 풍력을 대상으로 경매를 시행하였다.⁸⁰⁾

경매를 통해 보급되는 설비용량이 빠르게 증가하고 있다. 2020년 7월 기준 전 세계 재생에너지 누적 경매용량은 312GW이고⁸¹⁾ 신규 경매 용량은 빠르게 증가하는 추세로 2015년 13.8GW에서 2019년 79.3GW로 약 5.7배가 증가하였다([그림 2-22]). 경매는 경제성을 확보한 태양광과 풍력 중심으로 이루어지고 있다. 2020년 상반기 경매 42GW 중 83%는 태양광 경매이고 15%는 풍력 경매로, 태양광과 풍력 비중이 총 98% 수준이다.⁸²⁾

재생에너지 경매는 과거 미주, 유럽을 중심으로 이루어졌으나, 최근 아시아 경매시장이 확대되었다. 2018년 이전에는 미주와 유럽의 경매 규모가 가장 컸지만, 2018년 이후 아시아의 경매 규모가 절반 이상을 차지한다([그림 2-22]). 아시아 경매시장이 2018년 이후 갑자기 성장한 이유는 중국과 인도의 대규모 경매 도입에 따른 것이다.

중국의 누적 경매용량은 가장 많은 92GW, 다음으로 인도 66GW, 브라질 31GW 순으로, 중국과 인도는 브라질의 각각 3배, 2배에 이른다.⁸³⁾ 중국과 인도는 최근 경매 규모가 급격히 증가하였는데 중국과 인도의 2018년 경매용량은 25.4GW, 2019년은 53.2GW로 아시아 경매용량의 대부분을 차지한다.⁸⁴⁾ 인도는 2013년 1.4GW 보급을 시작으로, 2017년 10.7GW, 2018년 18.5GW, 2019년 16.6GW 규모의 경매가 이루어졌다.⁸⁵⁾ 중국의 경우 2019년부터 대규모 경매를 도입하여 2019

79) REN21(2020), p.72.

80) REN21(2020), p.72.

81) BNEF(2020c), p.1.

82) [그림 2-22]를 통해서 추정.

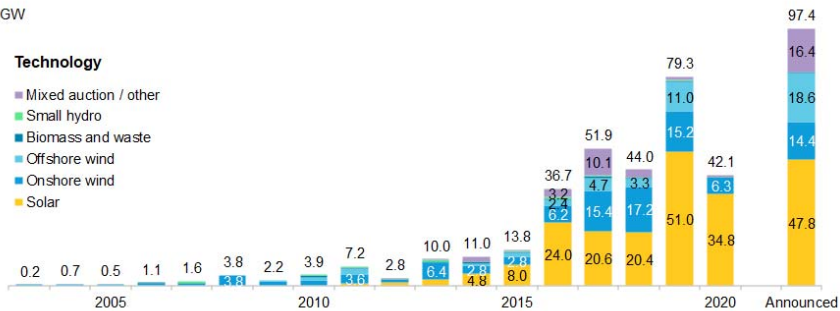
83) BNEF(2020c), p.3.

84) BNEF 데이터베이스(최종접속일: 2020.11.27.).

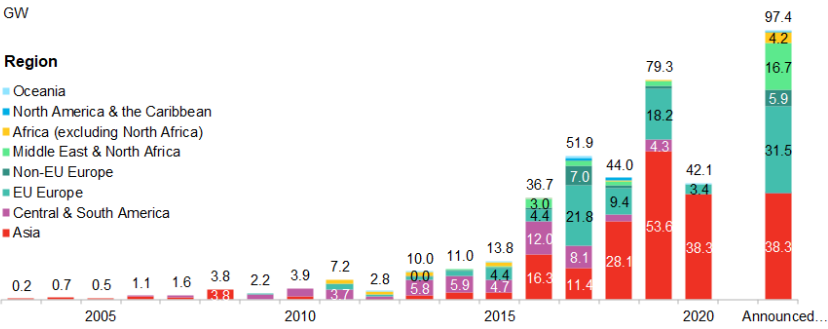
85) BNEF 데이터베이스(최종접속일: 2020.11.27.).

년 아시아 경매 용량은 2018년에 비해 두 배로 성장하였다([그림 2-2]).⁸⁶⁾

[그림 2-22] 재생에너지 연도별 경매 현황



(a) 에너지원별 경매 현황



(b) 지역별 경매 현황

자료: BNEF(2020c), pp.5~6.

86) BNEF 데이터베이스(최종접속일: 2020.11.27).

4.3.2. 일본과 중국의 재생에너지 경매

일본은 2017년부터 현재까지 5회 경매를 실시하였다. 일본은 2017년 2MW 이상 대규모 태양광 경매를 처음 실시하였고 2020년 8월 현재까지 총 5회 경매를 진행하였다. 경매는 500kW 이상 태양광 설비로 확대되었고 500kW 이하 설비는 FIT 지원을 받고 있다(<표 2-5>).

〈표 2-5〉 일본 태양광 경매 현황

(단위: MW, JPY/kWh)

회차 (년 월)	낙찰용량(목표) MW	평균 낙찰가(최소, 최대)	대상
1차 (2017. 11.)	141 (500)	19.64(17.20,21.00)	2MW 이상
2차 (2018. 09.)	0 (250)	-	2MW 이상
3차 (2018. 12.)	197 (250)	17.06(14.25, 15.45)	2MW 이상
4차 (2019. 09.)	196 (500)	12.98(10.50, 13.99)	500kW 이상
5차 (2020. 01.)	40 (416)	12.57(10.99, 13.00)	500kW 이상

주: 표는 이하 자료들을 종합하여 작성되었음.

자료 1. BNEF(2020d), 엑셀 자료.

2. BNEF 홈페이지(최종접속일: 2020.11.15.), Japan Solar Auctions.

3. IEA 홈페이지(최종접속일: 2020.11.15.), Japan Solar PV Auctions

4. PV Magazine 기사(최종접속일: 2020.11.15).

1차 경매는 500MW를 목표로 하였으나 141MW 낙찰로 목표에 미달. 낙찰 평균가는 19.64엔/kWh(상한가는 21엔/kWh)로 마지막 FIT 요율보다 18% 낮아져 가격인하 효과를 보았다. 2차 경매에서는 모든 입찰가가 상한 가격인 15.5엔/kWh를 초과하여 유찰되었고⁸⁷⁾ 이후 경매가 진행되면서 경매 낙찰가는 지속 하락하였다(<표 2-5>).

중국은 2019년 대규모 경매를 도입하였다. 경매는 할당된 보조금이 주

87) BNEF 홈페이지(최종접속일: 2020.11.15.), Japan Solar Auctions.

어지고 경쟁하는 형태로 2019년 경매를 통해 경매 역사상 최대 규모인 22.8GW가 낙찰되었다.⁸⁸⁾ 그러나 기획된 규모보다 참여는 저조하여 2019년 배정한 22.5억 위안 중 75%만 배정되었다.⁸⁹⁾ 이는 한 달의 짧은 준비기간과 계통문제에 대한 제약, 경매 참여자들에게 주어진 정보 제약으로 경쟁이 제대로 이루어지지 않았다는 평가를 받고 있다.⁹⁰⁾ 2020년 경매는 2019년보다 더 많은 26GW가 경매로 선정되었고 2019년과 비교하여 성공적인 평가를 받고 있다.⁹¹⁾ 경매는 2019년과 비교하여 예산은 35% 적게 쓰면서 경매 물량은 14% 늘어났다.⁹²⁾ 이는 모듈 가격 하락의 영향도 있지만 2019년과 비교하여 경매 설계에서 ① 준비기간 증가, ② 계통연계에 대한 정보 제공으로 불확실성 감소, ③ 배정된 예산 감소로 인한 경쟁 심화 예상과 중국 성별 사전 준비로 분석된다.⁹³⁾

〈표 2-6〉 중국 2019년과 2020년 태양광 경매 비교

	2019년 경매	2020년 경매
할당된 보조금	17억 위안	11억 위안
할당된 보조금/사용가능 예산	75%	129%
낙찰된 설비용량	22.8GW	26.0GW
낙찰된 프로젝트 수	3,905	434
평균 낙찰가	\$63.0/MWh	\$55.7/MWh
최저 낙찰가	\$39.5/MWh	\$34.3/MWh

자료: BNEF(2020f), p.8.

88) BNEF(2020e), p.1.

89) 전계서, p.2.

90) 전계서, pp.7~9.

91) BNEF(2020f), p.1.

92) 전계서, p.1.

93) 전계서, pp.4~6.

5. 코로나19의 재생에너지 시장 영향

2020년 우리 삶에 코로나19가 가져온 파장은 컸고 전 지구적으로 산업 전반에 많은 영향을 미치고 있다. 재생에너지 산업도 타 산업들과 마찬가지로, 코로나19의 영향을 피해갈 수 없었다. 본 절에서는 코로나19가 어떻게 재생에너지 산업에 영향을 미쳤고 각 국가는 코로나19에 어떻게 대응하고 있는지를 살펴본다.

본 보고서가 작성되는 2020년 11월은 유럽과 미국을 중심으로 다소 주춤했던 코로나19가 다시 확산하고 있다. 그리고, 동시에 코로나19 백신 개발에 대한 기대가 높은 상황이다. 본 보고서는 최신 자료를 기반으로 2020년 상반기까지 재생에너지 시장의 코로나19로 인한 영향에 대해 다루어 보았다.

코로나19의 전 세계적인 영향으로 2020년 에너지수요가 감소하였는데, 2020년 1분기 기준 세계 에너지 수요는 지난 2019년 1분기 대비 3.8% 감소하였다.⁹⁴⁾ 또한, 2020년 4월 중순까지의 자료를 보면 코로나19로 완전히 봉쇄된(full lockdown) 국가는 평균 25%의 에너지 수요 감소를 경험하고 있으며, 부분 봉쇄된(partial lockdown) 국가는 평균 18%의 감소하였다.⁹⁵⁾ 이런 에너지수요 감소는 자연스럽게 온실가스 배출량 감소와도 직결되는데, IRENA는 2020년 세계 산업 온실가스 배출량이 2차 세계대전 이후 연간 최대 감소할 것으로 예상했다.⁹⁶⁾

코로나19로 인해 전 세계적으로 에너지 수요는 감소하였지만, 재생에너지에 대한 수요는 영향이 상대적으로 적었다. IEA는 2020년 전망에서

94) IEA(2020c), p.11.

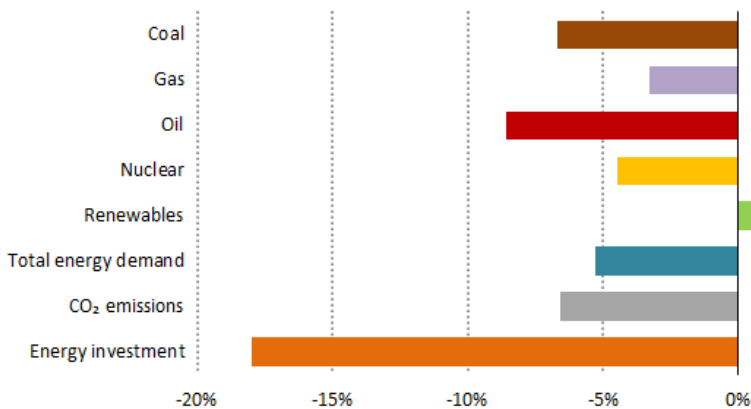
95) IEA(2020c), p.3.

96) IRENA(2020c), p.20.

전반적인 에너지 수요가 2019년 대비 5% 감소하고 화석연료인 석탄, 가스, 석유의 수요 감소가 컸다([그림 2-23]). 반면, 재생에너지의 경우는 코로나19 이전의 수요 증가 폭보다는 적지만 1% 증가하였다.⁹⁷⁾ 재생에너지 수요는 부문별로 그 영향이 다르게 나타났는데 전력 부문은 5% 증가하였고, 바이오 연료 같은 경우는 수요가 감소하였다.⁹⁸⁾

전력 부문의 영향이 적은 이유는 대부분 유틸리티급 프로젝트가 수입이 FIT나 장기 PPA 등 수입이 일정부분 고정되었다는 점과 계통접속에서 낮은 운영비용이나 우선 접속을 보장하는 경우가 많기 때문이다.⁹⁹⁾ 하지만, 상대적으로 작은 규모의 지붕형 태양광 같은 경우는 가구나, 소규모 사업체가 설치 주체이기에 코로나19로 인해 2020년 상반기 보급에는 부정적인 영향을 받았다.¹⁰⁰⁾

[그림 2-23] 2020년 에너지수요 변화



자료: IEA(2020d), p.59.

97) IEA(2020b), p.59.

98) 전계서, p.71.

99) 전계서, p.71.

100) 전계서, p.71.

큰 영향을 받지 않았던 재생에너지 발전 부문과는 상반되게, 2020년 상반기 보급 부문에서 부정적인 영향을 받은 것으로 나타났다. 태양광 제조는 중국, 풍력 제조는 유럽에 많은 의존을 하고 있어, 코로나19로 중국과 유럽에서의 공급망에 일정부분 차질이 생겼다.¹⁰¹⁾ 코로나19로 인한 공급망 붕괴와 더불어 건설 활동 지연, 봉쇄조치 및 사회적 거리 지침 등으로 건설 중인 프로젝트의 지연을 야기하였고 재생에너지 경매가 연기되었다.¹⁰²⁾ 이에 따라, 2020년 상반기에는 2019년과 비교하여 재생에너지 발전설비 보급이 감소하였다. IEA는 2019년 상반기와 2020년 상반기 재생에너지 발전설비 보급을 비교하였는데 보급은 2019년 상반기와 비교하여 11% 감소하였다.¹⁰³⁾ 그중 태양광 감소가 가장 컸다. 태양광은 2020년 상반기에 약 40GW를 보급하였는데 이는 2019년 상반기와 비교하여 약 17% 적은 것이다.¹⁰⁴⁾ 풍력 보급은 8% 가량 감소하였다.¹⁰⁵⁾ 이에 반해 수력은 중국의 대규모 수력 프로젝트들이 2020년 상업운전을 시작한 이유로 재생에너지원 중 유일하게 보급이 증가하였다([그림 2-24]).¹⁰⁶⁾

지역별로는 코로나19의 영향을 먼저 받은 중국을 비롯하여 전 세계적으로 상반기에 보급에 부정적인 영향을 받았다. 미국의 경우는 정책적인 이유로, 세액공제 만료 전에 풍력 상업운전을 개시하려고 보급을 확대한 결과, 2020년 상반기 보급이 2019년 상반기보다 증가하였다([그림 2-24]).¹⁰⁷⁾

101) Baker McKenzie 홈페이지(최종접속일: 2020.12.10.).

102) BNEF(2020q), p.6.

103) IEA(2020e), p.17.

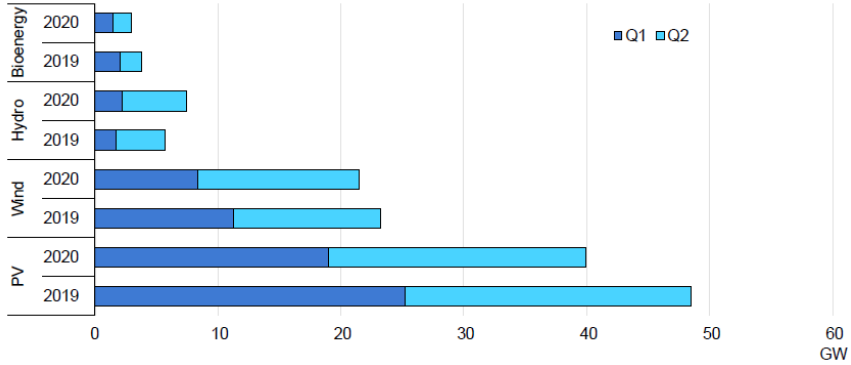
104) 전계서, p.17.

105) 전계서, p.17.

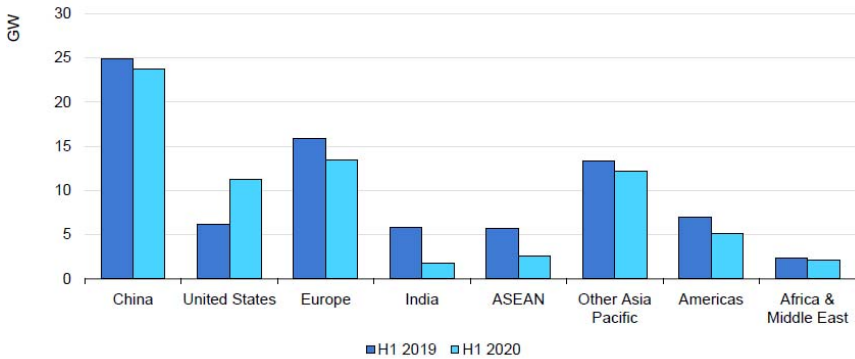
106) 전계서, p.17.

107) 전계서, p.18.

[그림 2-24] 2020년 상반기 발전설비 보급 영향



(a) 재생에너지원별



(b) 지역별

자료: IEA(2020e), p.17, p.18.

재생에너지 보급은 상당수 경매나 FIT 등 정부의 보조를 받는데 프로젝트의 상업운전 시기에 대한 제한이 있는데 코로나19로 일정이 지연되면서 2020년에 종료되는 인센티브의 혜택을 누리지 못할 위험에 처하게 되었다. 이러한 우려를 해소하기 위해, <표 2-7>에서 볼 수 있듯 각국은 단기적으로 보조받는 프로젝트의 완료 시점이나 지원정책을 연장하였다.

〈표 2-7〉 국가별 단기적 보급 정책 변화

국가	정책변화	영향연도
오스트리아	풍력발전단지 건설 기간 6개월 연장	2020 - 2021
덴마크	가정용 풍력에 대한 완료기한 3-5개월 연장 바이오가스 보조금 신청 2개월 연장	2020
프랑스	프로젝트 상업운전 마감 기한 2-6개월 연장	2020 - 2021
독일	프로젝트 상업운전 마감 기한 연장	2020 - 2021
그리스	2020년 중반 완료 예정 프로젝트 6개월 연장	2020
인도	폐쇄(lockdown) 이후 재생 프로젝트 상업운전 기한 30일 연장	2020 - 2021
영국	커뮤니티 솔라 프로젝트 FIT 지원 설치완료 기한 6개월 연장	2020
미국	PTC / ITC 세이프하버(safe harbor) 연장	2020 - 2021

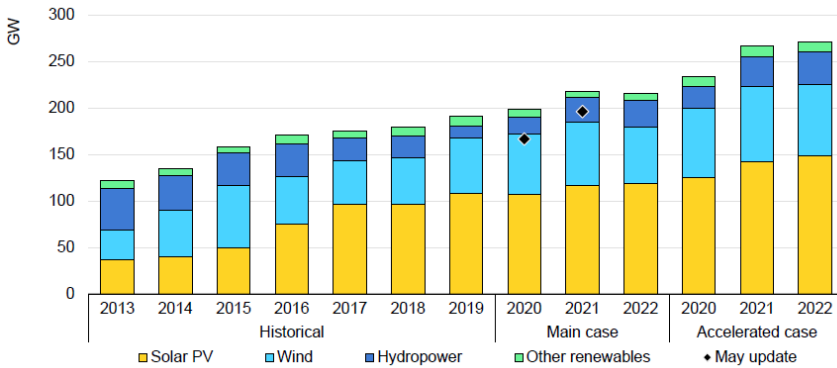
자료: IEA(2020f), p.16.

코로나19가 완전히 끝나지 않은 상황 속에서, 2020년 연간 전망은 이른 면이 있지만, IEA는 재생에너지는 코로나19의 회복력이 빨라서 재생에너지 순 설비증가는 2019년 대비 4% 증가한 역대 최대인 298GW를 보급할 것으로 전망하고 있다.¹⁰⁸⁾ 풍력이 8% 증가하고 수력이 43% 보급이 증가할 것으로 전망하며, 이에 반해 태양광은 코로나19의 영향으로 보급이 2019년 수준을 유지할 것으로 보고 있다([그림 2-25]). 2021년은 지연된 프로젝트가 2021년 상업운전을 개시하며, 보급이 10% 증가하며 폭발적으로 확대될 것으로 전망하고 있다.¹⁰⁹⁾

108) IEA(2020e), p.29.

109) IEA(2020e), p.30.

[그림 2-25] 2020년~2023년 재생에너지 보급 전망



자료: IEA(2020e), p.29.

장기적으로는 코로나19의 영향은 크지 않을 것으로 보인다. The Climate Group의 기업들의 에너지전환에 대한 설문조사 결과 장기적으로 기후변화에 대한 전략은 코로나19의 영향은 없는 것으로 조사되었다.¹¹⁰⁾ 오히려 많은 나라에서 에너지전환은 포스트 코로나를 대비하기 위한 정책으로 떠오르고 있다. 에너지 전환에 초점을 맞춘 투자는 경기 침체를 극복하고 일자리를 창출하는 데 도움이 될 것으로 기대하고 있다.¹¹¹⁾

세계 각국은 코로나19로 침체된 경기부양책을 발표하고 있고, 그 핵심은 재생에너지를 비롯한 청정에너지로의 전환에 대한 투자이다. 코로나19로 인한 경기침체를 극복하고 에너지 시스템의 구조적인 대전환과 기후변화 대응이라는 과제를 해결하고자 한다. 우리나라는 단일 국가로 지금까지 발표된 녹색 경기부양(Green Stimulus) 계획 중 2025년까지 가장 규모가 큰 73.4조 원을 투자를 발표하여, 전 세계에서 가

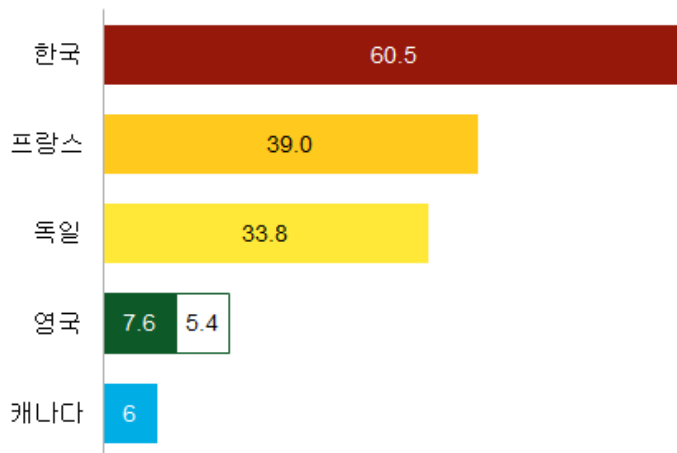
110) The Climate Group 홈페이지(최종접속일: 2020.12.10.).

111) IRENA(2020c), p.10.

장 적극적이다([그림 2-26]).¹¹²⁾¹¹³⁾

[그림 2-26] 녹색 경기부양(Green Stimulus) 계획 상위 5개국

(단위: 10억 달러)



주1: 영국의 540억 달러는 2020년 11월 18일 발표된 내용이며 나머지는 각 국가가 승인한 계획임.

주2: 한국의 605억 달러는 한국판 그린뉴딜 투자금액인 73.4조원.

주3: 2020년 12월 기준으로 녹색 경기부양의 각국 계획은 발표되며 매달 그 규모가 커지고 있음.

자료: BNEF(2020g), p.4.

우리나라 다음으로는 프랑스가 녹색 경기부양에 적극적인 투자 계획을 가지고 있다. 프랑스 정부는 2020년 9월 코로나19 위기 극복을 위해 1,000억 유로 규모의 경제 회복패키지를 발표하면서 친환경 에너지

112) 관계부처합동(2020), 한국판 뉴딜 종합 계획, p.1, p.7.

113) 그린 뉴딜 총사업비 73.4조 원 중 국비는 42.7조 원으로 국비는 녹색 인프라에 12.1조원, 신재생에너지에 24.3조 원, 녹색산업 육성에 6.3조 원 투자. 자료: 관계 부처합동(2020), p.7.

전환 사업 지원에 300억 유로를 배정한다고 밝혔다.¹¹⁴⁾ 독일의 경우 1,300억 유로의 코로나 경기 부양책 중 300억 유로는 에너지와 기후 분야에 사용할 계획이다. EEG 부담금(재생에너지 추가 요금) 인하 지원, 수소, 전기차 산업 등 다양하게 사용될 예정이며, 해상풍력, 태양광에 대한 목표치가 상향 조정되었다.¹¹⁵⁾

개별국가가 아닌 EU 전체로는 대규모 경기 부양책을 계획하고 있다. EU 집행위원회는 2019년 12월 코로나19 이전에 유럽 그린딜을 발표하였다. 유럽 그린딜은 녹색전환과 디지털 전환을 목표로 이는 2050년 기후중립 목표 달성을 위한 사회 전 분야를 전환하기 위한 정책 패키지로 향후 10년간 1조 유로의 재정 지원을 포함하고 있었다.¹¹⁶⁾ 이에 더해서 2020년 코로나19로 침체된 유럽 경제를 회복하기 위해 단기적으로 NextGenerationEU 이니셔티브를 통해 7,500억 유로가 추가 투자하여 총 1조8천억 유로 규모의 경기 부양책을 내놓았다.¹¹⁷⁾

또한, 미국 바이든 대통령 당선인은 후보 시절 청정에너지를 중심으로 2조 달러를 투자하고 2050년까지 탄소중립(net zero)을 달성한다는 내용의 대선 공약을 발표하였다.¹¹⁸⁾ 새로운 미국 정부도 코로나19 이전의 복구와 일자리 창출에 재생에너지 확대를 주요한 수단으로 보고 있다.

114) 한국무역협회 홈페이지(최종접속일: 2020.12.10.).

115) 에너지포스트 홈페이지(최종접속일: 2020.12.10.).

116) 에너지경제연구원(2020a), p.1, p.36.

117) European Commission 홈페이지(최종접속일: 2020.12.10.).

118) 에너지경제연구원(2020b), p.22.

제3장 국제 태양광과 풍력 동향

앞선 제2장에서 살펴보았듯, 국내외 재생에너지 보급은 태양광과 풍력을 중심으로 이루어지고 있다. 이러한 추세는 앞으로도 계속될 것으로 보이며 태양광과 풍력 산업에 관심이 높은 상황으로 두 에너지원에 대해서 본 장에서는 별도로 기술하겠다.

1. 태양광과 풍력의 확대

변동성 재생에너지인 태양광과 풍력이 가격 경쟁력을 확보하면서 이들을 중심으로 보급되고 있다. 발전비중에서 차지하는 비중도 증가하여 2019년 태양광과 풍력 발전비중은 8.7%로, 2018년 7.9%보다 증가하였다.¹¹⁹⁾ 2019년 태양광과 풍력 발전비중이 30% 이상인 국가는 덴마크, 독일, 아일랜드, 우루과이이며, 포르투갈, 스페인, 그리스, 영국은 20%를 넘었다([그림 3-1]).

태양광과 풍력은 높은 가격 경쟁력을 기반으로 향후 더욱 빠르게 보급될 것으로 전망된다. IEA의 2020년 World Energy Outlook에서 Stated Policies Scenario¹²⁰⁾의 경우, 재생에너지 발전비중이 2025년이면 34%로 석탄의 발전비중 32%를 넘어서고 2030년이면 38%로 확대될 것을 보고 있다.¹²¹⁾ 향후 10년간 태양광과 풍력의 비중이 가장 빠르게 늘어 2020년 9%에서 2030년 18%로 두 배가량 늘어날 것을 전망하고 있다([그림 3-2]).¹²²⁾

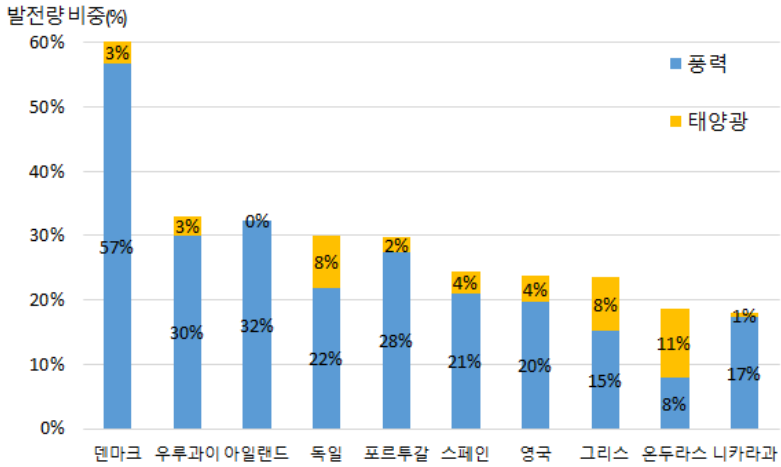
119) REN21(2020), p.176.

120) IEA의 World Energy Outlook 2020 전망에서 현재의 에너지 정책과 정책적 목표를 반영한 전망.

121) IEA(2020b), 보고서 제공 [그림 3-2] 데이터파일.

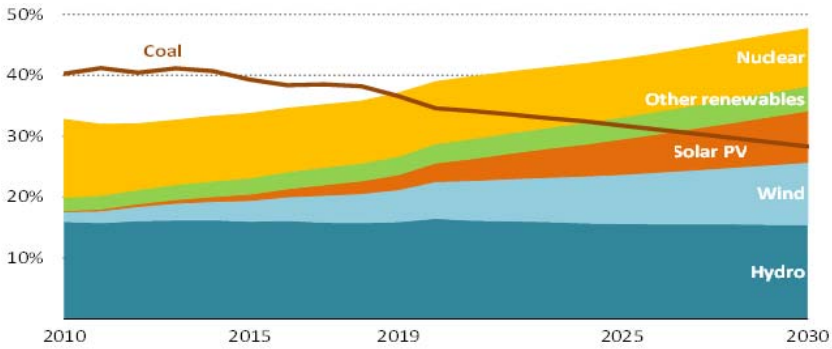
122) IEA(2020b), 보고서 제공 데이터파일 활용 분석.

[그림 3-1] 2019년 변동성 재생에너지 발전비중 상위 10개국



자료: REN21(2020), p.176.

[그림 3-2] 발전비중 전망 - Stated Policies Scenario



자료: IEA(2020b), p.223.

원별 전망을 보면 석탄발전 신규설비는 지속적으로 줄고 가스과 다른 원은 비슷한 수준을 유지하거나 다소 증가하지만, 태양광과 풍력은 앞으로도 보급 시장이 확대될 것으로 전망된다.¹²³⁾

태양광은 현재 100GW 정도의 신규보급 시장을 형성하고 있는데 2030년이면 151GW, 2040년이면 245GW정도로 향후 20년 내 현재보다 2배 이상 큰 규모의 시장이 형성될 것으로 예상된다.¹²⁴⁾ 지역별로는 유럽의 태양광 시장은 다소 축소되고 일본은 시장 규모가 커질 것으로 보이나 그 규모는 크지 않은 수준으로 예상된다. 인도의 태양광 시장은 향후 전망이 매우 좋고 국가 단위 가장 큰 규모의 태양광 시장을 보유하고 있는 중국도 향후 그 규모가 두 배 가량 성장할 것으로 보인다. 눈에 띄는 것은 전 세계적으로 태양광이 가격 경쟁력을 가지며 전통적인 시장 외에 동남아시아, 중동, 아프리카 등 기존 보급이 잘 이루어지지 않던 곳에서 성장이 높게 이루어질 것으로 보인다([그림 3-3]).

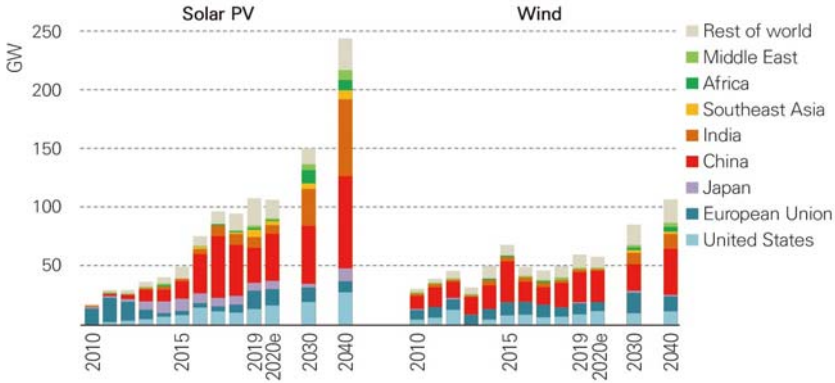
풍력의 경우 현재 시장규모는 50GW 수준으로 2030년에는 85GW, 2040년이면 107GW로 태양광과 마찬가지로 시장이 두 배가량 성장할 것으로 전망된다.¹²⁵⁾ 미국 시장은 현재와 비슷한 수준, 유럽은 시장이 두 배 가량 확대될 것으로 전망되며 태양광과 마찬가지로 중국 시장이 가장 크고 인도 시장이 빠르게 확대될 것으로 예상된다. 동남아시아는 상대적으로 풍력은 활발하지 않지만 중동이나 아프리카의 시장은 향후 보급이 본격적으로 시작될 것으로 보인다([그림 3-3]).

123) IEA(2020b), p.224.

124) IEA(2020b), 보고서 제공 [그림 3-3] 데이터파일.

125) IEA(2020b), 보고서 제공 [그림 3-3] 데이터파일.

[그림 3-3] 태양광 풍력 신규설비용량 전망 – Stated Policies Scenario



자료: IEA(2020b), p.228.

BNEF는 IEA보다 재생에너지 보급을 더 긍정적으로 전망하고 있는데 2050년이면 태양광과 풍력이 전 세계 전력구성의 56%를 비롯하여 재생에너지 발전비중이 69%에 이를 것으로 전망하였다([그림 3-4]).¹²⁶⁾ 풍력이 현재 6%에서 2050년 33%로, 태양광은 3%에서 23%로 증가할 것으로 예상하고 있다.¹²⁷⁾ 반면, 석탄 발전비중이 현재 35%에서 2050년 12%로 가장 많이 하락할 것으로 전망하고 있다.¹²⁸⁾ 투자 측면에서 2050년까지 15.1조 달러가 신규 발전설비에 투자될 것으로 보이며 풍력은 39%인 5.9조 달러, 태양광은 28%인 4.2조 달러로 전체 재생에너지에는 73%가 투자될 것으로 보고 있다.¹²⁹⁾

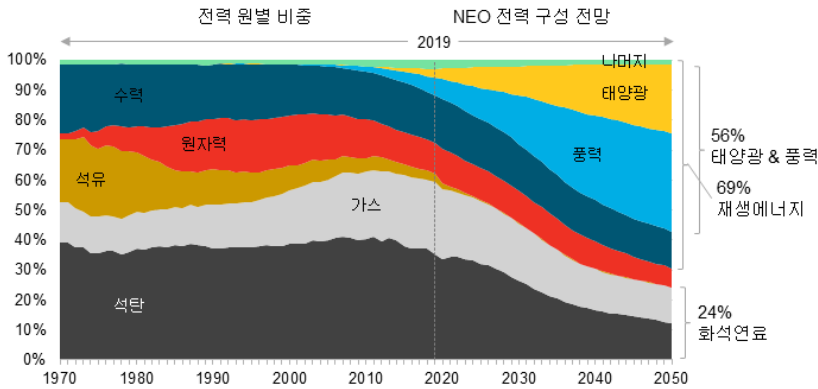
126) 이는 2019년 전망인 2050년 태양광과 풍력 발전비중이 48%, 재생에너지 발전비중 64% 보다 상향된 전망치임.

127) BNEF(2020h), p.118.

128) 전계서, p.118.

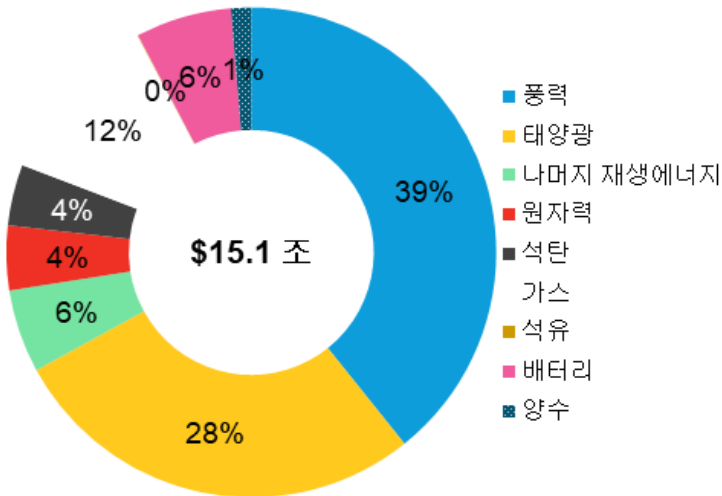
129) 전계서, pp.178~179.

[그림 3-4] 2050년까지 전력 구성 전망



자료: BNEF(2020h), p.118.

[그림 3-5] 2050년까지 신규 설비에 대한 원별 투자



자료: BNEF(2020h), p.179.

2. 태양광 산업 동향

2.1. 보급

2019년 태양광 신규 보급은 115GW로 전년 대비 12% 증가하였다([그림 3-6]). 가장 큰 시장인 중국시장이 축소되었음에도 유럽과 미국, 그리고 개발도상국의 보급 증가로 중국 외 시장에서 태양광이 44% 성장하여 중국에서의 감소를 상쇄하였다.¹³⁰⁾

2019년까지 태양광 누적 설비는 627GW로 2009년 23GW에서 급속하게 성장하였다([그림 3-6]). 태양광 보급은 지속적으로 성장하여 2017년 처음으로 100GW가 넘는 뒤 2018년 정체되었지만 3년 연속 100GW 이상을 보급한 것이다([그림 3-6]).

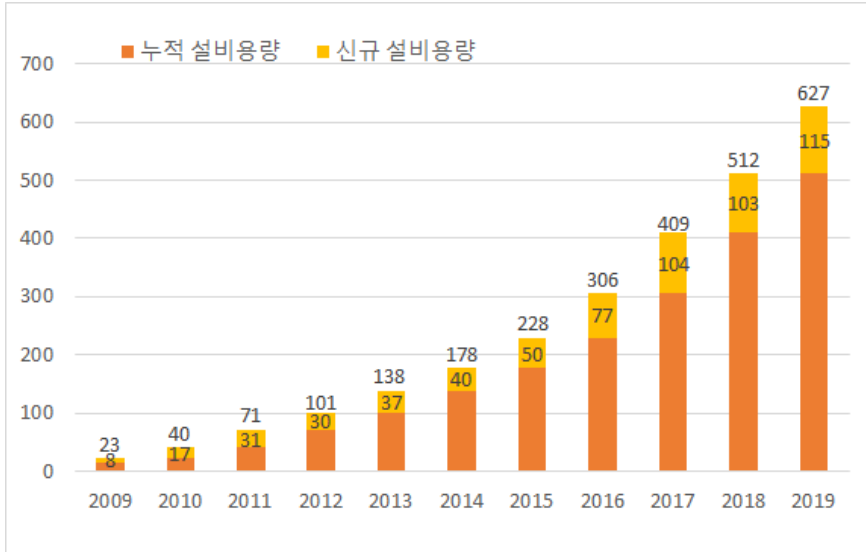
국가별 보급을 살펴보면 2019년 중국 시장이 축소되었음에도 불구하고 중국이 여전히 가장 많은 30.1GW를 보급하였고, 다음으로 미국(13.3GW), 인도(9.9GW), 일본(7.0GW), 베트남(4.8GW), 스페인(4.8GW), 독일(3.8GW), 호주(3.7GW), 우크라이나(3.5GW), 한국(3.1GW) 순으로 우리나라는 10위이다([그림 3-7]).¹³¹⁾ 누적 설비용량은 중국, 미국, 일본, 독일, 인도, 이탈리아, 호주, 영국, 한국 순으로 우리나라는 9위이다.¹³²⁾

130) REN21(2020), p.107.

131) 전계서, p.237.

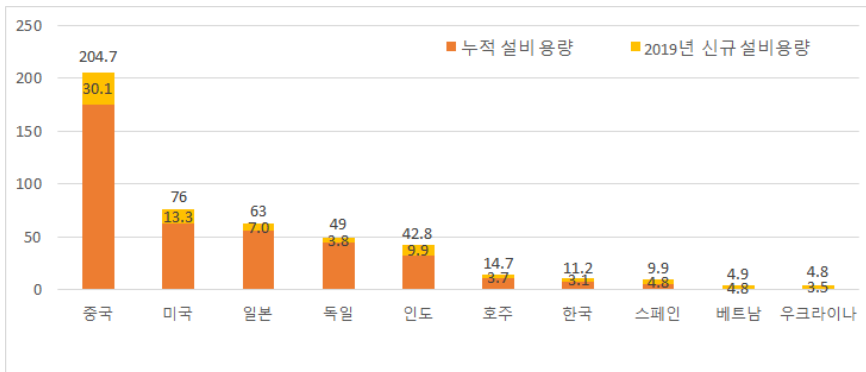
132) 전계서, p.237.

[그림 3-6] 2009년~2019년 태양광 신규·누적 설비용량



자료: REN21(2020), p.107.

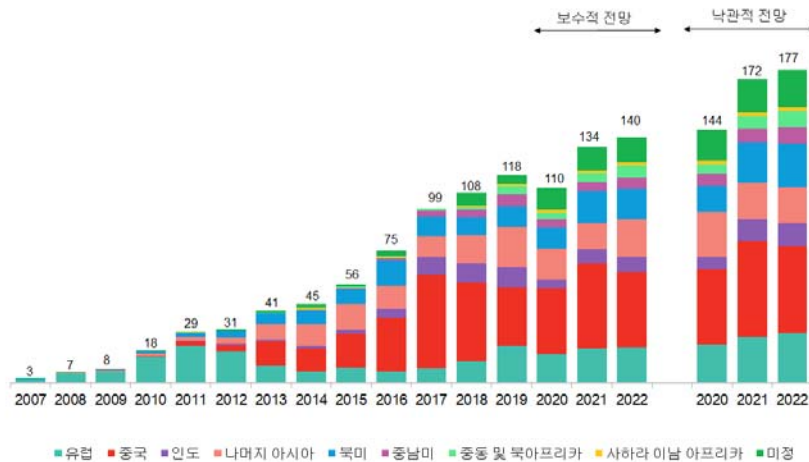
[그림 3-7] 국가별 태양광 신규·누적 설비용량



자료: REN21(2020), p.109 그림과 p.237 표를 활용하여 재구성.

BNEF는 2020년~2022년 보수적으로 볼 때는 100GW 초중반대로 낙관적으로 볼 때는 100GW 중후반대로 시장을 전망하고 있다([그림 3-8]). 특징은 코로나19의 여파로 2020년은 처음으로 역성장 가능성이 있다는 점이다([그림 3-8]).

[그림 3-8] 세계 태양광 신규 설비용량(2007~2019년 & 이후)



자료: BNEF(2020i), p.1.

2.2. 산업

2018년 중국의 태양광 보급 정책변화로 태양광 제조 가치사슬을 따라 가격이 하락하고 2019년에도 가격 하락이 지속되었지만 상위 업체를 중심으로 지속적인 증설이 이루어지고 있다. 이에 따라 경쟁력 없는 기업들을 한계로 내몰리고 있고 상위 업체를 중심으로 시장이 재편되고 있으며 중국 기업들의 시장 점유율이 증가하였다. 대표적으로 우리나라 기업의 활동이 활발하였던 폴리실리콘과 모듈산업을 중심으로

동향을 살펴본다.

2.2.1. 폴리실리콘

폴리실리콘 가격은 2017년 중반 \$13/kg에서 상승하여 2018년 초 \$17/kg 선까지 상승한 후 점차 하락하여 중국의 신규 설비 제한 규제가 있기 전 \$16/kg 선에서 가격이 형성되어 있었다([그림 3-9]). 하지만 중국이 2018년 5월 31일 규제안을 발표한 후 2018년 10월 폴리실리콘 가격은 \$10/kg로 폭락하였고¹³³⁾ 가격은 계속 하락하여 2020년 6월에는 \$6/kg대까지 떨어졌다([그림 3-9]). 이후 중국공장의 대형 화재, 홍수 등으로 단기적으로 공급에 차질이 생기면서 가격이 급등한 상황이다([그림 3-9]).

[그림 3-9] 2018년~2020년 폴리실리콘 가격



자료: BNEF 홈페이지(최종접속일: 2020.10.15.), Data & Tools 자료를 활용하여 저자 작성.

133) 에너지경제연구원(2018), p.68.

[그림 3-10]은 폴리실리콘 제조업체의 설비용량을 가변비용이 낮은 순으로 나열한 폴리실리콘 산업의 공급곡선이다. [그림 3-10] (a)는 가격이 급등하기 전인 2020년 6월 기준으로 폴리실리콘 가격이 \$6/kg대인 것은 감안할 이는 소수의 대규모 중국 기업 이외는 기업의 가변 비용보다 낮은 수준이다.

폴리실리콘 시장은 몇 년간 빠르게 변화하였다. [그림 3-10]에서 볼 수 있듯이 2018년과 비교하여 불과 2년 만에 많은 기업들이 시장에서 퇴출되었고 중국 대규모 기업을 중심으로 증설이 진행되어 상위 업체의 생산설비는 증가하였다. 이러한 변화는 국내기업에 부정적인 영향을 미치게 되었는데, 불과 2018년에만 해도 우리나라 기업인 OCI, 한국실리콘, 한화케미칼은 세계 수요에서 공급할 수 있는 경쟁력을 가진 것으로 분석되었으나¹³⁴⁾ 2020년 현재 국내에서 태양광용 폴리실리콘을 생산하는 주요 기업이 없는 상황이 되었다. OCI는 2020년 국내 생산을 중단하고 말레이시아 공장만 남겼고¹³⁵⁾ 한국실리콘은 2018년에 법정관리에 들어가고,¹³⁶⁾ 한화케미칼도 2020년 생산 중단을 발표하였다.¹³⁷⁾

2019년 세계 폴리실리콘 공급은 518만 톤으로 추정된다.¹³⁸⁾ 이중 66%는 중국 기업의 공급으로 2016년 47%에서 계속 시장 점유율이 높아진 것이다.¹³⁹⁾ 나머지는 우리나라 14%, 독일 14%, 미국 5%이다.¹⁴⁰⁾ 2020년에 우리나라기업의 생산중단으로 2020년에는 중국 기업의 점유율은 더욱 상승할 것으로 예상된다.

134) 에너지경제연구원(2018), p.47.

135) 동아일보 기사(최종접속일: 2020.10.15).

136) 서울경제(최종접속일: 2020.10.15).

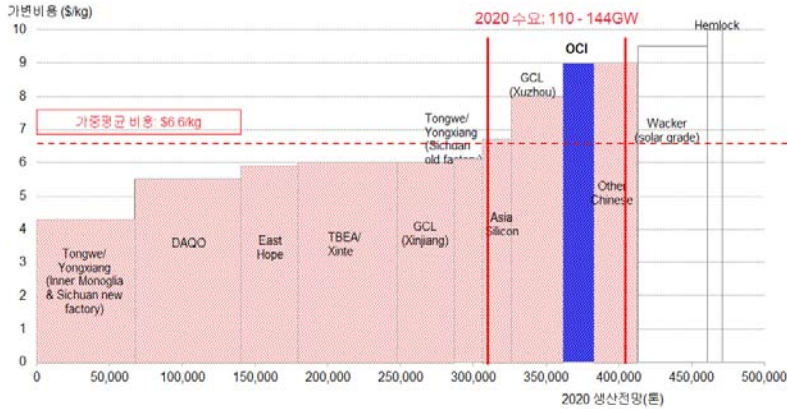
137) 매일경제 기사(최종접속일: 2020.10.15).

138) BNEF(2020j), p.4.

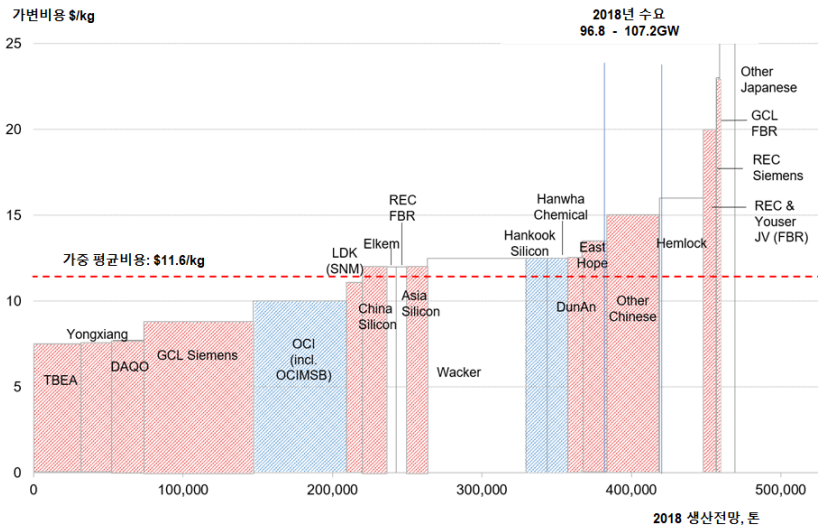
139) 전계서, p.5.

140) 전계서, p.5.

[그림 3-10] 2018년과 2020년 폴리실리콘 공급곡선



(a) 2020년 폴리실리콘 공급곡선



(b) 2018년 폴리실리콘 공급곡선

주: 붉은색 블록은 중국 기업, 푸른색 블록은 우리나라 기업. 가변비용은 가공비용, 판매 및 일반관리비 포함, 감가상각비는 제외.

OCIMSB는 OCI가 도쿠야마 말레이시아를 2017년 5월 100% 지분 인수한 계열사, 말레이시아에 생산 설비 갖춘.

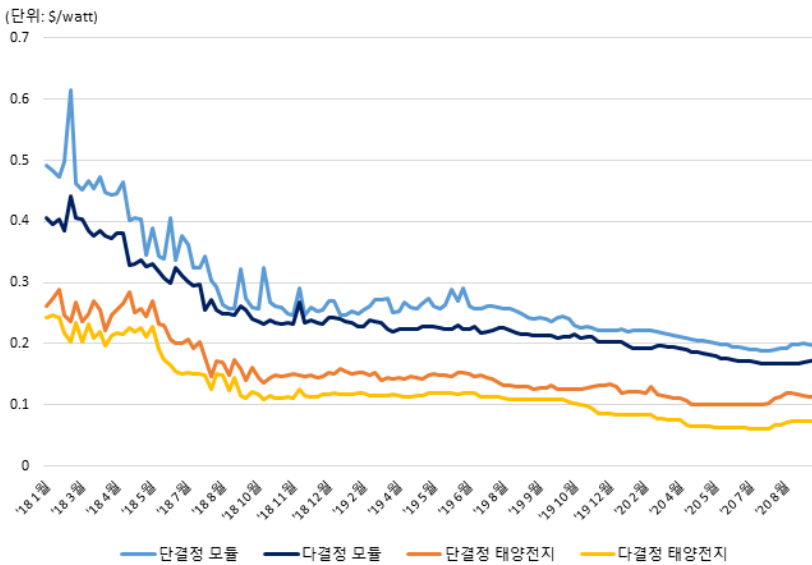
자료: 1. BNEF(2020i), p.5.

2. 에너지경제연구원(2018), p.47. 본 출처는 BNEF(2018), p.6.

2.2.2. 태양전지, 모듈

태양전지와 모듈의 가격은 2018년 크게 하락하였고, 그 이후에도 계속 하락하는 추세이다([그림 3-11]). 2018년 초에만 해도 단결정 모듈은 \$0.5/W, 다결정 모듈은 \$0.4/W 수준에서 2019년 모두 \$0.3/W 이하, 2020년 중순에는 \$0.2/W이하로 가격이 형성되었다([그림 3-11]).

[그림 3-11] 2018년~2020년 모듈 및 태양전지 가격



자료: BNEF 홈페이지(최종접속일: 2020.10.15.), Data & Tools 자료를 활용하여 저자 작성.

2019년 전 세계 태양광 모듈 생산량은 137GW로 추정되어 보급량(118GW)보다 높은 과잉 공급 상황이다.¹⁴¹⁾ 전 세계 태양광 모듈 생산은 중국 기업들이 시장을 주도하고 있는데 중국 기업의 2019년 시장

141) BNEF(2020j), p.10.

점유율은 72%로 높은 상황이다([그림 3-12]). 모듈 산업은 미국의 세이프가드 조치로 미국 내 기업뿐 아니라 인도, 베트남 기업들도 수혜를 입었다. 인도 기업의 시장 점유율이 2018년 대비 2%로 성장하였는데 이는 미국시장 점유율 확대와 인도의 중국과 말레이시아에 부과한 세이프가드 관세로 자국 시장이 보호된 결과이다.¹⁴²⁾ 또한, 베트남 기업도 인도 기업과 같이 미국시장 진출로 점유율을 높였다.¹⁴³⁾ 세이프가드 조치로 인해 미국 기업 시장 점유율도 2018년 4%에서 2019년 6%로 증가하였다.¹⁴⁴⁾ 하지만, 우리나라 기업의 점유율은 2019년 9%에서 2019년 8%로 축소되었다.¹⁴⁵⁾

2019년 기업별로 태양광 모듈 생산 상위 10개사는 Jinko Solar, Trina Solar JA Solar, Longi Green Energy, Canadian Solar, 한화큐셀, Risen Energy, First Solar, Wuxi Suntech, Zhongli Talesun이다. 이들 상위 10개 모듈 생산 업체 시장 점유율은 60%로 Jinko Solar가 2018년보다 26% 생산이 증가하여 가장 많은 14.3GW를 생산하였다.¹⁴⁶⁾ 기업 생산 순위 변화는 있었지만 모든 기업 생산은 증가하였고 한화큐셀은 생산량 증가에도 순위는 2018년 생산량 4위에서¹⁴⁷⁾ 2019년 6위로 떨어졌다.¹⁴⁸⁾

BNEF는 태양광 시스템 가격은 2020년 기준 \$0.75/W로 추정하며, 2025년경에는 \$0.60/W로 하락할 것으로 전망하고 있다([그림 3-13]). [그림 3-13]에서와 같이 모듈 가격은 계속 하락해 태양광 시스템에서

142) BNEF(2020j), p.11.

143) 전계서, p.11.

144) 전계서, p.11.

145) 전계서, p.11.

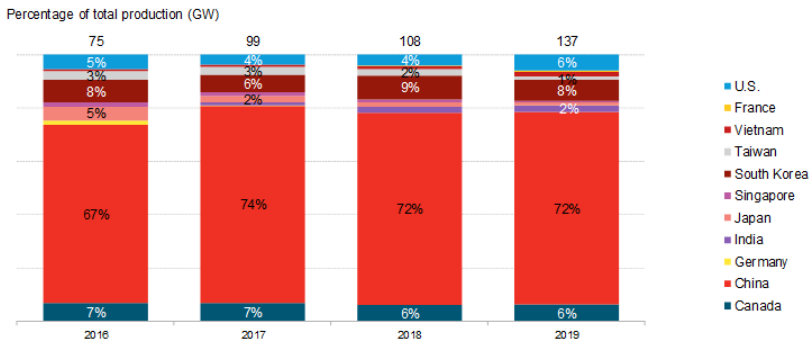
146) 전계서, p.10.

147) BNEF(2019a), p.7.

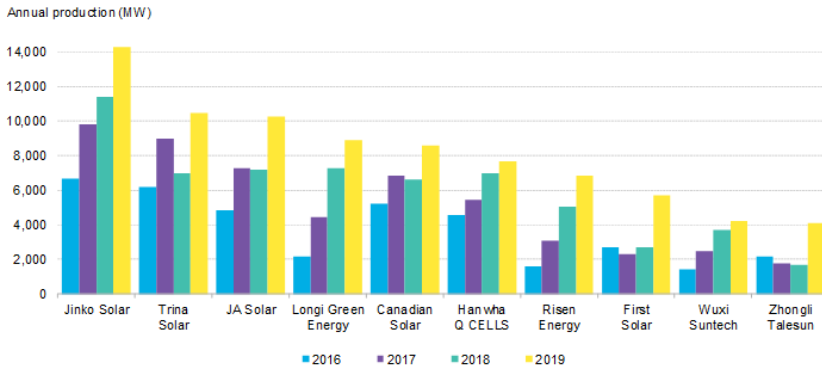
148) BNEF(2020j), p.10.

모듈 가격이 차지하는 비중이 점점 감소함을 볼 수 있다.

[그림 3-12] 기업별, 국가별 모듈 생산



(a) 2016~2019 국가별 생산량

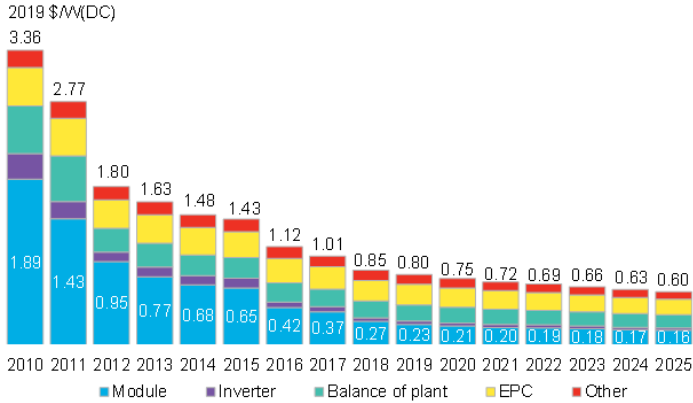


(b) 2019년 기업별 생산량

주: 국가 구분은 본사위치를 기준으로 분류한 것으로 국적 기업을 의미하며 생산국을 의미하지 않음.

자료: BNEF(2020j), p.11.

[그림 3-13] 유틸리티급 고정식 태양광 시스템 기준 가격 전망



주: 전망은 학습률, 모듈 효율성, 공정 개선에 기반하여 함.

자료: BNEF(2020i), p.12.

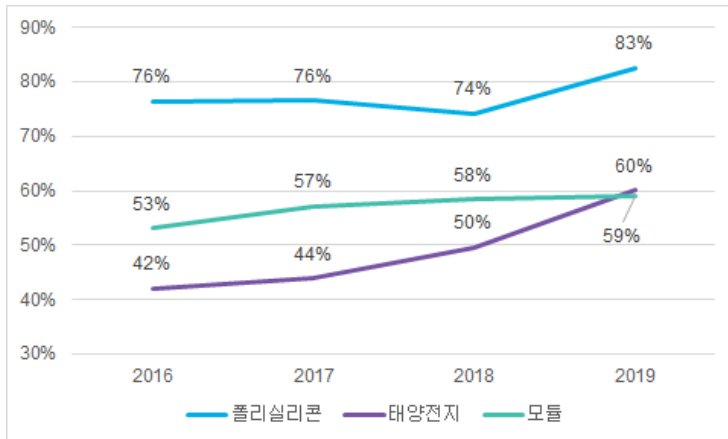
2.2.3. 제조업 시장 변화

태양광 제조 전 가치사슬을 따라 상위 10개, 대형업체를 중심으로 시장 점유율이 확대되고 중국이 차지하지는 비중이 커지고 있다([그림 3-14]). 폴리실리콘의 경우 현재 상위 10개 업체의 시장 점유율이 83%에 이르고 중국 업체들의 시장 점유율이 가장 빠르게 증가하고 있는데 2016년 47%에서 2019년 66%까지 점유율이 상승하였다([그림 3-14]). 2020년은 우리나라 업체들의 생산 중단으로 중국 비중과 대규모 제조업체의 점유율이 더욱 확대할 것으로 전망된다.

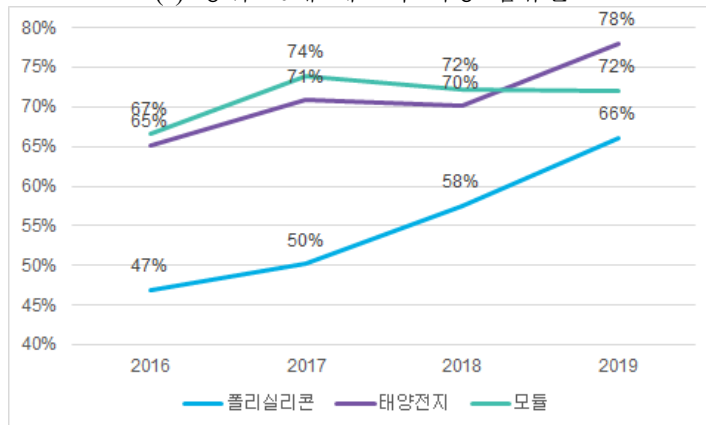
태양전지와 모듈은 상위 10개 업체의 시장 점유율은 60%선으로 상대적으로 폴리실리콘보다는 다양한 제조사들이 존재한다([그림 3-14]). 하지만, 중국 기업이 70%이상을 차지하고 있는 상황이다([그림 3-14]). 다른 가치사슬인 웨이퍼의 경우 이미 상위 10개사가 시장의 대다수인 95%를 점유하고 중국 기업이 시장을 차지하고 있다([그림 3-14]). 인

버터의 경우 중국 제조사가 61%로 높으나 상대적으로 제조사 국적은 다양하여 유럽과 미국 기업들도 두각을 나타내고 있다.¹⁴⁹⁾

[그림 3-14] 가치사슬별 제조사 비중



(a) 상위 10개 제조사 시장 점유율



(b) 중국 기업 시장 점유율

주: 국가 구분은 본사위치를 기준으로 분류한 것으로 국적 기업을 의미하며 생산국을 의미하지 않음.

자료: BNEF(2020j), p.2, p.5, p.9, p.11을 활용하여 저자 작성.

149) BNEF(2020j), p.14.

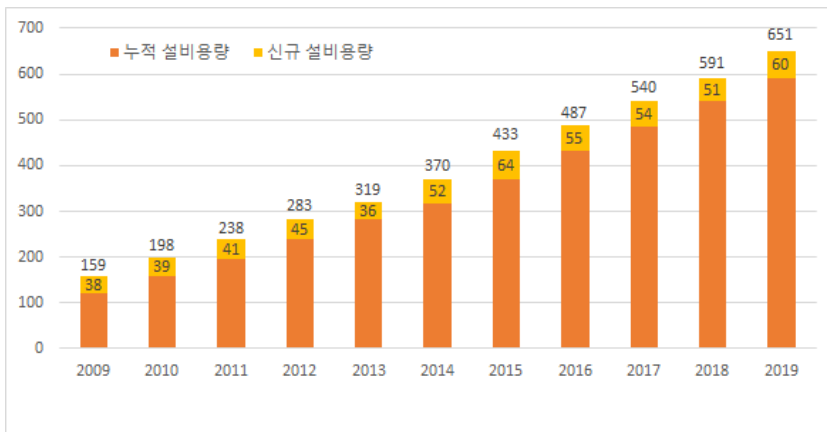
3. 풍력 산업 동향

3.1. 보급

2019년 풍력은 전년 대비 19% 증가한 60GW를 보급하였다.¹⁵⁰⁾ 2015년 이후 3년 연속 신규 설비용량이 감소하다가, 2015년 64GW에 이은 두 번째로 많은 신규 용량을 보급한 것으로 누적 설비용량은 651GW가 되었다([그림 3-15]).

국가별로는 2019년 중국이 26.8GW로 가장 많은 풍력 신규설비를 보급하였고 다음으로 미국(9.1GW), 영국(2.4GW), 인도(2.4GW), 스페인(2.3GW), 독일(2.1GW), 스웨덴(1.6GW), 프랑스(1.3GW), 멕시코(1.3GW), 아르헨티나(0.9GW) 순으로 많은 풍력을 설치하였다([그림 3-16]).¹⁵¹⁾

[그림 3-15] 2009년~2019년 풍력 신규 · 누적 설비용량

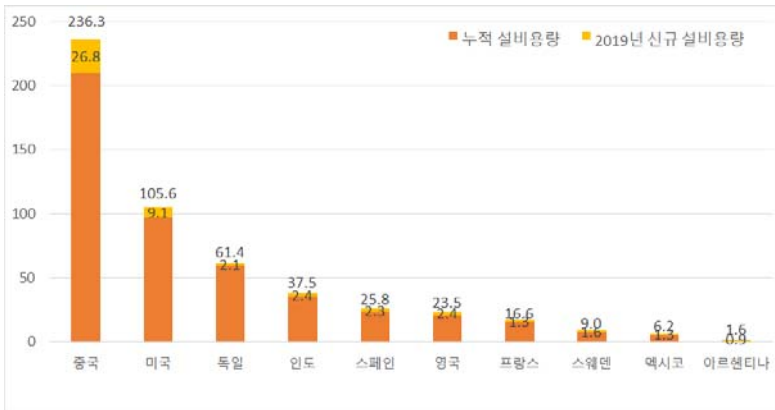


자료: REN21(2020), p.131.

150) REN21(2020), p.131.

151) 전게서, p.132.

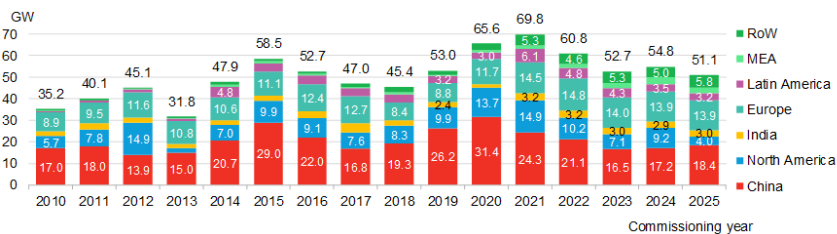
[그림 3-16] 국가별 풍력 신규·누적 설비용량



자료: REN21(2020), p.132 그림과 p.240 표를 활용하여 재작성.

BNEF는 2019년과 비교하여 2020년과 2021년 풍력의 신규 보급량이 크게 늘 것으로 전망하고 있다. 2020년 전망치는 65.6GW, 2021년 전망은 69.8GW로 중국과 북미, 유럽 중심으로 시장이 확대될 것으로 보고 있다([그림 3-17]). 2020년 이후 2025년까지 전망에서 중국과 북미의 시장이 다소 축소되고, 유럽은 현재의 수준을 유지할 것으로 전망된다([그림 3-17]).

[그림 3-17] 육상 풍력 신규 설비용량 전망

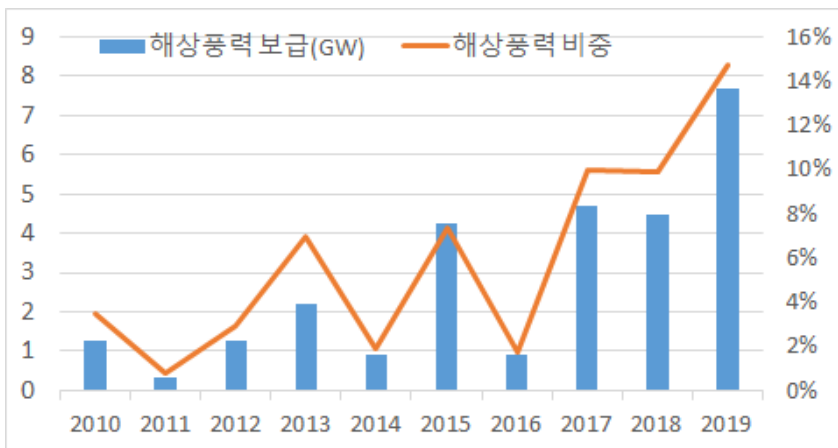


자료: BNEF(2020r), p.4.

풍력에서 해상풍력이 빠른 성장세를 보이고 있다. REN21의 추정으
로 2019년 신규 보급된 60GW 중 육상 풍력 설비는 54GW, 해상 풍력 설비
는 6GW로 신규설비 중 해상풍력 비중이 10%에 이른다.¹⁵²⁾¹⁵³⁾ [그림 3-18]
은 BNEF 추정 해상풍력 보급과 풍력 중 해상풍력 보급 비중을 나타내는데
연도마다 편차가 존재하지만 풍력 중 해상풍력이 차지하는 비중이 증가하는
추세를 확인 할 수 있다.

향후, 해상풍력 전망도 좋은데 2019년 동 보고서에서 기술하였듯,
IEA의 Stated Policies Scenario에 따르면 해상풍력 비용은 2040년까지
60% 가까이 떨어지면서 보급이 2018년의 15배가량 증가할 것으로 전
망하고 있다.¹⁵⁴⁾

[그림 3-18] 해상풍력 보급과 해상풍력 비중 추세



자료: BNEF 홈페이지(최종접속일: 2020.12.06.) 자료를 활용하여 저자 작성.

152) REN21(2020), p.131.

153) [그림 3-17]의 BNEF 추정으로는 2019년 해상풍력이 7.7GW 보급하여 비중이 15%에 이릅니다.

154) 에너지경제연구원(2019), 본 출처는 IEA(2019a), p.613.

국가, 지역별로도 향후 해상풍력 보급 확대 계획을 제시하고 있는데 <표 3-1>은 2030년까지 10GW 이상의 해상풍력 보급 계획을 제시한 국가, 지역을 정리한 것이다.

〈표 3-1〉 국가/지역별 해상풍력 확대 계획

국가/지역	계획
EU	2030년까지 65~85GW
중국	2020년까지 5GW(10GW 생산 설비)
미국	2030년까지 22GW
인도	2022년까지 5GW, 2030년까지 30GW
대만	2025년까지 5.5GW, 2030년까지 10GW
한국	2030년까지 12GW

자료: IEA(2019a), pp.629~631.

우리나라도 향후 해상풍력 보급에 적극적으로 나설 예정이며 중국, 미국, 인도 같은 시장 규모가 큰 국가 이외에도 영국, 대만, 일본이 적극적으로 해상풍력을 확대할 계획이다. 영국은 현재 10GW 수준인 해상풍력을 2030년까지 40GW로 확대할 계획이고 이를 위해 올해부터 해상풍력 경매를 단독으로 실시한다.¹⁵⁵⁾ 대만은 2025년까지 5.7GW, 2035년까지 15.7GW의 해상풍력 보급을 목표로 하고 있다.¹⁵⁶⁾ 일본은 본격적인 해상풍력 보급을 위해 해상풍력 경매를 도입 준비 중이다.¹⁵⁷⁾

우리나라도 추진하고 있는 부유식 해상풍력은 아직 초기 단계로 향후 10년간 해상풍력 중 약 2% 정도를 차지할 것으로 전망된다.¹⁵⁸⁾ [그

155) 에너지경제연구원(2020c), p.28.

156) EIU(2020) p.8. 2020년 현재 육상풍력 717MW, 해상풍력 128MW 보급함.

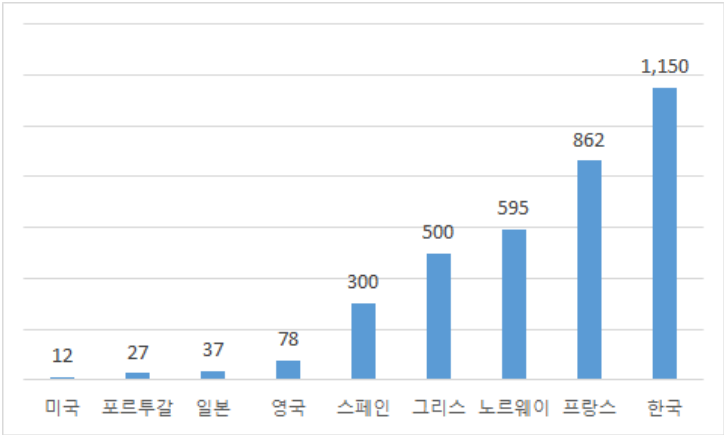
157) BNEF(2020), 홈페이지 기사(최종접속일: 2020.12.06.).

158) BNEF(2020k), p.21.

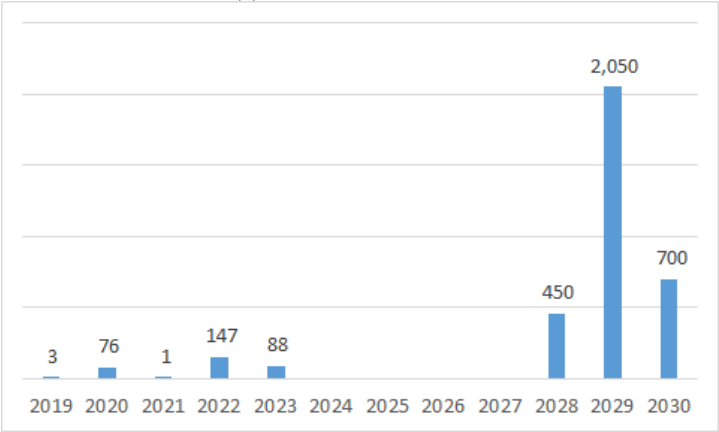
림 3-19]는 BNEF의 2030년까지 부유식 풍력 보급 전망으로 우리나라와 프랑스가 가장 보급에 적극적이며 보급은 2020년대 후반에 되어야 본격적으로 이루어질 것으로 전망하고 있다.

[그림 3-19] 2030년까지 부유식 해상 풍력 전망

(단위: MW)



(a) 국가별 보급 전망



(b) 연도별 신규 설비용량 전망

자료: BNEF(2020k), p.21.

3.2. 산업

풍력 제조 산업에서 핵심 부품은 터빈으로, 터빈 제조사를 보면 Vestas가 2019년 전년 대비 시장 점유율이 줄었지만 16%로 세계 선도적인 자리를 지켰다([그림 3-20]). 그다음으로 Siemens Gamesa와 Goldwind가 14%로 뒤를 따랐다([그림 3-20]). Siemens Gamesa는 해상풍력 시장 점유율이 44%로 다른 제조사보다 월등했다([그림 3-20]). Goldwind의 경우 Vestas, Siemens Gamesa가 미주, 유럽, 아시아 등 전 세계 시장에 진출한 것과 달리 아시아 시장이 중심이다.¹⁵⁹⁾ Goldwind가 아시아 시장에서 육상풍력 시장 점유율이 24%에 이르고 Goldwind, Envision, Ming Yang 3개 중국 기업이 시장의 절반을 차지하고 있다.¹⁶⁰⁾ 아시아 시장에서 중국 기업이 아닌 기업으로는 Siemens Gamesa가 6%로 가장 높은 점유율을 차지하고 있다.¹⁶¹⁾

터빈 시장도 태양광 제조 기업과 마찬가지로 상위 업체를 중심으로 시장 점유율이 증가하고 있다. [그림 3-20]의 추세를 보면 2014년 상위 4개사의 시장 점유율이 2014년 44%에서 2019년 56%로 증가하였음을 확인할 수 있다. 2019년 상위 6개사의 시장 점유율은 72%에 달한다([그림 3-20]).

전반적인 풍력 제조업의 공급사슬을 살펴보면 2000년 40개 공장 16GW 생산설비에서 2020년 초 782개 공장의 644GW의 풍력 생산설비를 갖추며 성장하였다.¹⁶²⁾ 태양광 제조 산업이 중국에 집중되어 있다면 풍력은 상대적으로 자국산 부품사용 요건(Local content requirements,

159) BNEF(2020I), p.6.

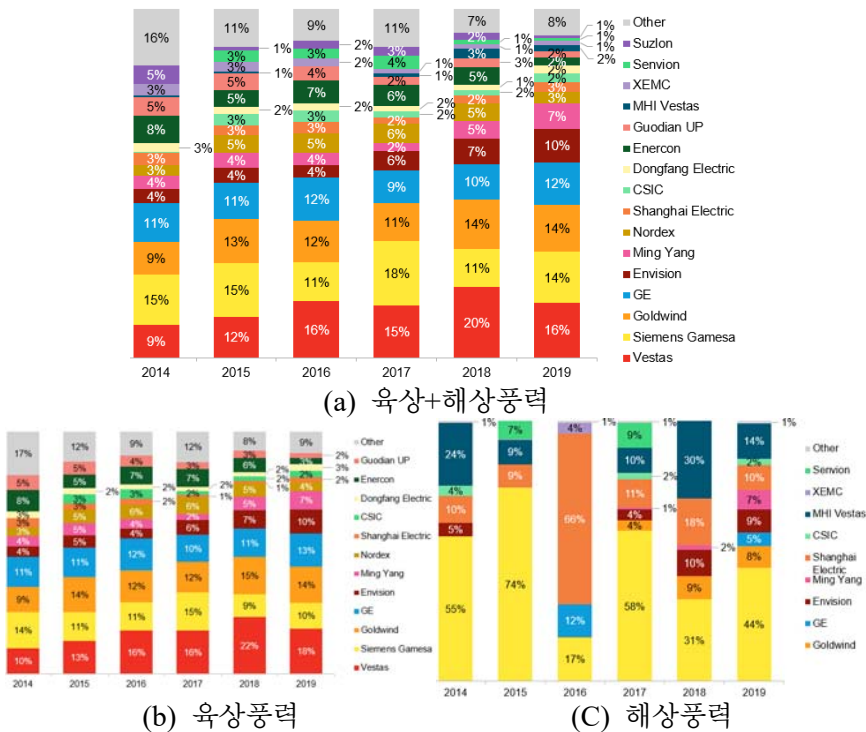
160) 전계서, p.12.

161) 전계서, p.12.

162) BNEF(2020n), p.1.

LCR)을 요구하여 자국 내 풍력 공급 사슬을 갖추고자 하는 노력과 운송에 대한 어려움으로 풍력 부품 제조 설비는 전 세계 39개국에 다양하게 분포하고 있다.¹⁶³⁾ [그림 3-21]은 육상풍력과 해상풍력 부품과 제조 공장을 국가별로 나타낸 것으로 중국에 생산 공장이 가장 많이 위치하고 있다. 이는 중국 시장이 가장 크게 때문이며 태양광과 비교하여 상대적으로 공급 시장 근처에 생산설비가 위치한다.¹⁶⁴⁾

[그림 3-20] 터빈제조사 시장 점유율

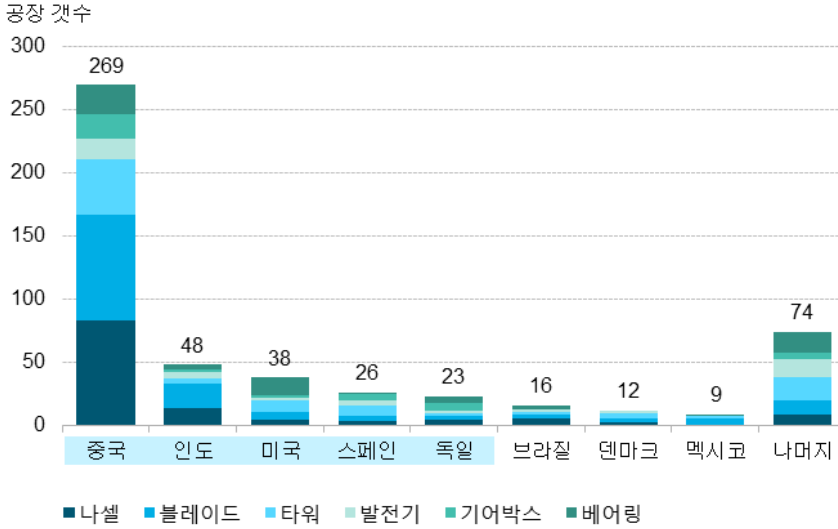


자료: BNEF(2020m), 엑셀 파일 자료.

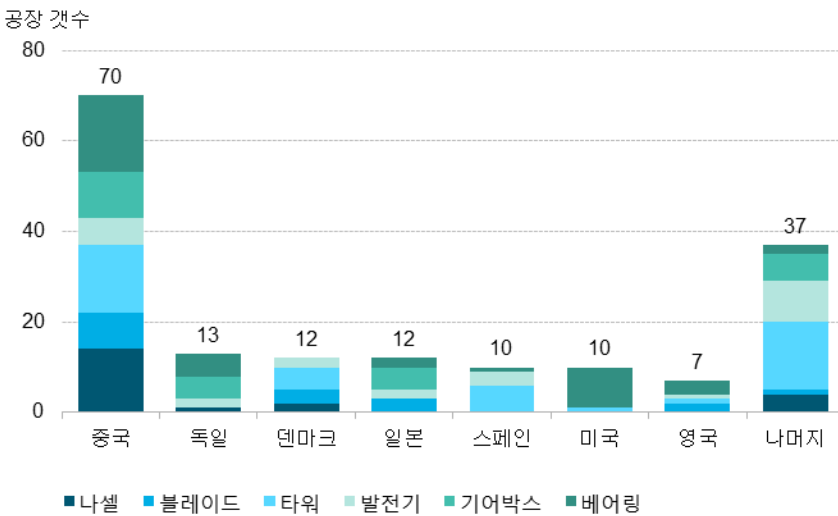
163) BNEF(2020n), p.1.

164) 전계서, p.2.

[그림 3-21] 풍력 제조 가치사슬



(a) 육상풍력 제조 가치사슬



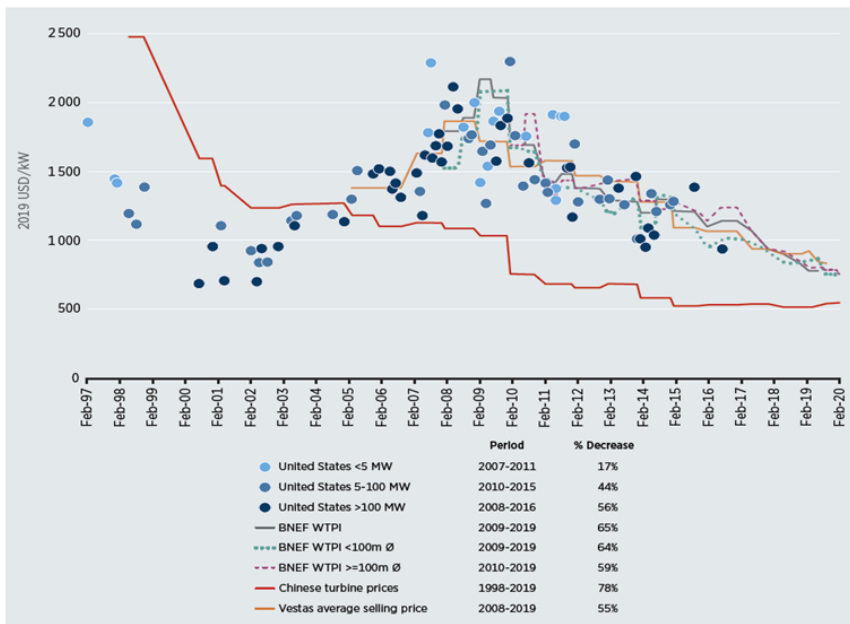
(b) 해상풍력 제조 가치사슬

자료: BNEF(2020n), p.3, p.5.

터빈 가격은 가격이 높았던 시기인 2007년~2010년과 비교하여 시장에 따라서 44~78% 가격이 하락하였다.¹⁶⁵⁾ 중국 터빈 가격은 계단식으로 떨어지다가 2015년 이후 가격을 유지하고 있다([그림 3-22]). 2019년 터빈 가격은 중국 외 지역에서는 \$560~830/kW이고, 중국의 터빈 가격은 급격히 떨어져서 \$530/kW 수준이다([그림 3-22]).¹⁶⁶⁾

[그림 3-22] 1997년~2019년 터빈 가격 추세

Figure 2.3 Wind turbine price indices and price trends, 1997-2019



Source: Based on Wiser & Bollinger, 2019; BNEF, 2019a; Vestas Wind Systems, 2005-2020; and the IRENA Renewable Cost Database.

자료: IRENA(2020a), p.50.

165) IRENA(2019a), p.50.

166) 전계서, p.32.

제4장 건물용 재생에너지

이번 장에서는 세계적으로 1차에너지 소비 비중과 온실가스 배출량이 가장 높은 가정·건물 부문에서의 재생에너지에 대한 내용을 담고 있다. 특히, 최근 많은 관심을 받고 있는 제로에너지건물과 건물 부문에 적용 가능한 다양한 재생에너지원에 대해 기술해 보았다.

1. 제로에너지건물 (Zero Energy Building, ZEB)

2015년 파리기후협약 채택 이후, 각 국가는 지구 평균온도 상승 폭을 산업화 이전 수준보다 2°C 이하로 유지하기 위한 국가별 온실가스 배출 저감목표를 수립하고, 이를 달성하기 위한 구체적인 정책전략과 실행방안 마련에 많은 노력을 기울이고 있다. 각국 정부는 보다 효과적으로 온실가스 배출량을 줄이기 위해 각 부문별로 구체적인 실행전략을 수립하고 있다. 온실가스는 가정/상업 부문, 산업 부문, 수송 부문 등 다양한 부문에서 배출되는데, 모든 부문 중에서 건물 부문의 최종에너지 소비와 온실가스 배출은 전체 최종에너지 소비와 온실가스 배출에서 높은 비중을 차지하고 있다.

2018년 기준 건물·건설 부문(building and construction sector) 최종에너지 소비는 전 세계 최종에너지 소비의 약 36%를 차지하였고, 이산화탄소(energy and process related CO₂ emissions)의 39%가 건물 부문에서 배출되었다.¹⁶⁷⁾ 이것은 건물 부문에서의 온실가스 감축잠재

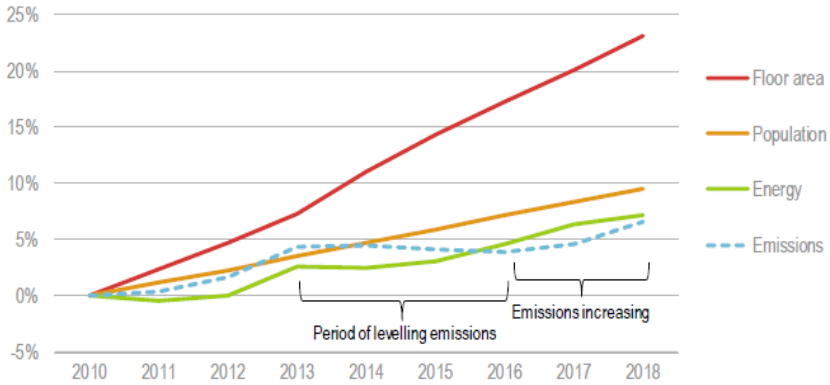
167) IEA(2019c), p.12.

량이 높다는 것으로 해석할 수 있다. 그렇기 때문에, 각 국가들의 온실가스 저감목표를 달성을 위해서는 에너지 소비가 높고, 온실가스 감축 잠재량이 높은 건물 부문에서의 적극적인 에너지 소비 절감과 이산화탄소 배출 감축 노력이 필요하다.

하지만, 세계적으로 건물 부문에서의 2018년 기준 최종 에너지 소비는 2017년과 비교해서 1%가 증가했고, 온실가스 배출량은 2% 증가하였다([그림 4-1]). 또한, 2018년 건물 부문 최종에너지 소비는 2010년과 비교해서도 7%가 증가한 것으로 나타나, 건물 부문에서의 에너지 소비와 온실가스 배출은 국가적 노력에도 불구하고 계속 증가하고 있는 것으로 나타났다([그림 4-2]).

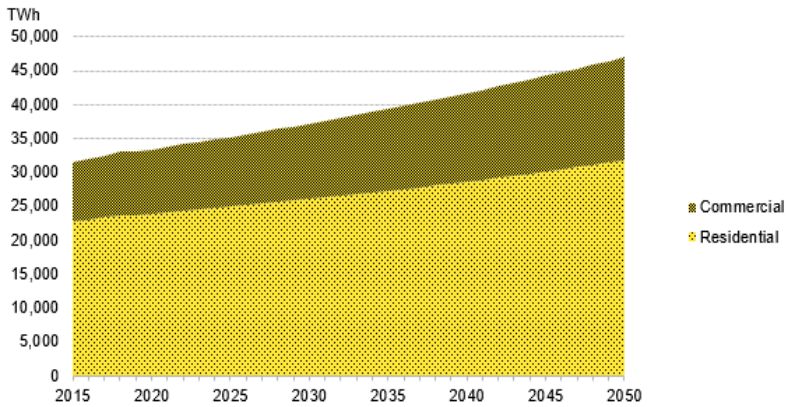
건물 부문에서 배출되는 온실가스를 줄이기 위해서는 건물에서 소비되는 에너지를 줄이고, 온실가스를 배출하지 않는 깨끗한 에너지를 소비하는 것이 중요하다. 제로에너지건물은 에너지효율을 높여 건물 내 에너지 소비를 최소화하는 패시브 기능과 태양광, 지열 등의 신재생에너지를 이용하여 에너지를 직접 생산하는 액티브 기능이 접목된 건물로써, 전 세계적으로 건물 부문에서 배출되는 온실가스 저감을 위해 제로에너지건물 보급을 확대해 나가고 있다([그림 4-3]).

[그림 4-1] 2010년-2018년 전 세계 바닥면적, 인구, 에너지소비량, 에너지부문 배출량



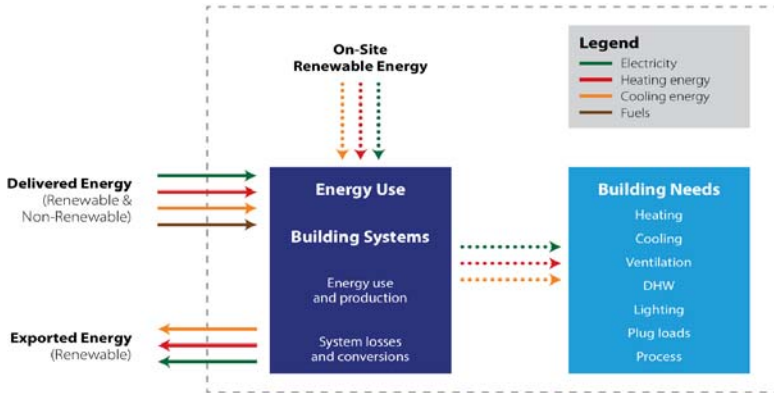
자료: IEA(2019b), p.9.

[그림 4-2] 세계 주거·상업 건물부문 최종에너지수요(2015-2050)



자료: BNEF(2020h), p.270.

[그림 4-3]제로에너지건물에서의 에너지 흐름



자료: IEA EBC(2020), p.8.

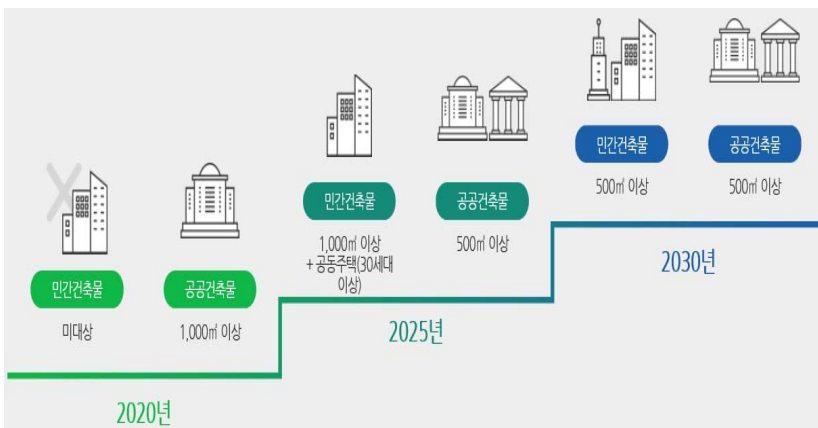
1.1. 국내 제로에너지건물 정책

우리나라 국토교통부는 제로에너지건물 확대를 위해 2019년 6월에 2030년까지 단계적으로 제로에너지건물 인증의무화 추진을 목표로 하는 제로에너지건축물 의무화를 위한 세부 로드맵 개편(안)을 발표하였다.¹⁶⁸⁾ 국토교통부는 제로에너지건축물 의무화를 단계적으로 확대·추진하여, 국가 온실가스 저감목표 달성에 기여하고자 한다. 또한, 국가적·사회적 관심을 높이고, 고효율·고성능 건축자재 및 신재생에너지 설비에 대한 투자 수요 증대도 유도하고 있다. 2020년은 제로에너지건축물 제도가 시작되는 원년으로, 연면적 1,000m² 이상의 공공건축물을 대상으로 제로에너지 건축설계 의무화를 시작한다. 이후, 2025년에는 연면적 500m² 이상 공공건축물과 연면적 1,000m² 이상 민간 건축물을 대상으로 하고, 2030년에는 연면적 500m² 이상 모든 건축물로 제로에

168) 제로에너지빌딩 인증시스템 홈페이지(최종접속일: 2020.10.14.).

너지건축 의무화 범위가 확대시킬 계획이다([그림 4-4]).¹⁶⁹⁾ 이는 기존에 국토교통부가 발표한 기후변화 대응을 위한 제로에너지빌딩 활성화 추진방안(2016.11)에서 밝힌 공공건축물의 단계적 제로에너지 의무화 세부추진 계획보다¹⁷⁰⁾ 더 강화된 기준을 가진다.

[그림 4-4] 제로에너지건축 의무화 세부 로드맵



자료: 제로에너지빌딩 인증시스템 홈페이지(최종접속일: 2020.10.14.).

169) 제로에너지빌딩 인증시스템 홈페이지(최종접속일: 2020.10.14.).

170) 이현숙(2018), p.07. 제로에너지빌딩 활성화 추진방안에서의 제로에너지건축 의무화 로드맵은 2020년까지 연면적 500㎡~ 3,000㎡ 미만 국민 생활밀착형 중·소 규모 공공건축물, 2025년까지 연면적 500㎡~ 5,000㎡ 미만 신재생에너지설치 의무화 대상 민간·공공건축물, 2030년까지 연면적 500㎡ 이상 모든 용도 민간·공공건축물을 대상으로 함.

1.2. 제로에너지건물 정의 및 분류

제로에너지건물이 무엇으로 정의되는지에 따라 제로에너지건물에 대한 지원의 수준과 범위가 달라질 수 있기 때문에, 제로에너지건물에 대한 정의를 명확히 하는 것은 제로에너지건물 정책 수립 과정에서 중요하다. 제로에너지건물은 에너지수지 계산기준, 신재생에너지 생산방식에 따라 다양하게 정의되고 있으나, 일반적으로 단열이나 기밀 성능을 강화하여 건물의 에너지소비량을 저감시키는 동시에 태양광, 태양열 등과 같은 신재생에너지 설비를 이용하여 전기와 열을 생산하여 건물에서의 순에너지 소비량을 최소화하는 건물을 지칭한다(<표 4-1>). 녹색건축물 조성 지원법에서는 건축물에 필요한 에너지 부하를 최소화하고 신에너지 및 재생에너지를 활용하여 에너지소요량을 최소화하는 녹색건축물로 제로에너지건물을 정의하고 있다.¹⁷¹⁾

또한, 제로에너지건물은 신재생에너지 공급 방식에 따라서 단지 내 공급(on-site) 제로에너지건물과 단지 외 공급(off-site) 제로에너지건물로 구분할 수 있는데, 단지 내 공급은 건물에 설치된 신재생에너지 설비에서 에너지 생산이 이루어지거나, 단지 내의 외부공간에서 에너지를 생산하는 경우를 의미한다(<표 4-2>). 반면, 인근 대지에서 에너지를 공급받거나, 혹은 원거리에서 생산한 신재생에너지 공급인증서(Renewable Energy Certificate, REC)를 구매하는 경우에는 단지 외 공급 제로에너지건물로 분류한다.¹⁷²⁾

171) 녹색건축물 조성 지원법 제2조 제4호

172) Surmeli et al (2013), p.7.

〈표 4-1〉 에너지수지(Energy Balance) 계산 기준에 따른 제로에너지 정의

개념	설명
최종에너지 소비 제로	- 건물 내에서 소비되는 에너지로, 계량기에 측정되는 에너지를 강조하는 개념 - 에너지 생산, 전송 및 분배에 따른 손실은 고려하지 않음
1차에너지 소비 제로	- 에너지 생산, 전송 및 분배에 필요한 에너지를 대상으로 하는 개념
에너지 비용 제로	- 대지내 생산된 에너지를 판매하여 에너지 구매비용을 상쇄하는 개념
온실가스 배출 제로	- 에너지 소비량 대신 탄소배출량 측정값이 zero가 되게 하는 개념

자료: OECD/IPEEC(2018), p.25.

〈표 4-2〉 신재생에너지 공급방식에 따른 구분

신재생에너지 공급 방법		예시
패시브 설계로 건축물 에너지소요량 최소화		- 자연채광, 고효율 공조설비, 자연환기, 증발냉각 등
on-site	건축물에서 생산가능한 신재생에너지원 사용	- 태양광, 태양열, 건물에서의 풍력 발전
	대지 내에서 생산가능한 신재생에너지원 사용	- 태양광, 태양열, 수력발전(low-impact hydro), 풍력 발전
off-site	대지 외부의 신재생에너지원으로 대지 내에서 생산	- 바이오매스, 우드펠릿, 에탄올, 바이오디젤 등 대지 외부에서 공급되는 에너지원
	대지 외부에서 신재생에너지 생산	- 대지 외부의 신재생에너지 생산설비에 투자
	대지 외부에서 신재생에너지 공급	- 신재생에너지 생산 전력 구매

자료: Delia D'Agostino et al(2016), pp.9~12.

1.3. 제로에너지건물 시장 전망

제로에너지건물은 건물 외벽을 통해 버려지는 에너지양을 최소화하기 위해 고단열, 고기밀 외장재를 사용해야 하고, 건물 내부에서 필요한 에너지를 태양광, 태양열 등의 신재생에너지를 활용하기 때문에, 신재생에너지 설비 설치가 필요하다. 그렇기 때문에, 일반적으로 제로에너지건물은 일반건물보다 설계·시공 단계에서의 초기비용이 높다. 하지만, 제로에너지건물은 초기 투자 이후 일반건물보다 상대적으로 에너지 소비량이 적기 때문에, 운영비용이 낮고, 온실가스 배출량도 적어서, 장기적인 관점에서는 경제적 측면과 환경적 측면 모두에서 주목받고 있다.

그리고, 제로에너지건물 분야는 제4차 산업혁명 기술과 융합한 스마트 외장재·설비 기술의 적용 및 확산 가속화를 통해 에너지 효율 혁신과 기후변화 대응 등 관련 시장성장을 촉진하여 지속가능한 성장동력을 확보할 수 있을 것으로 기대되고 있기 때문에 많은 국가들이 제로에너지건물 보급을 확대시키기 위해 적극적으로 나서고 있다. 그 결과, 세계 제로에너지건물 시장규모는 2035년 약 1조 4,000억 달러 규모에 이를 것으로 예상된다.¹⁷³⁾ 또한, IEA FTS¹⁷⁴⁾에 따르면 건물 외장재·설비 융복합기술 등 에너지효율 개선 투자로 탈석탄화, 석유 수요축소 등을 통해서 2050년까지 75% 이상 이산화탄소 직접 배출량을 감소시킬 수 있을 것으로 전망하고 있다.¹⁷⁵⁾

173) ConstructionDive 홈페이지(최종접속일: 2020.07.05.).

174) 2060년까지의 CO₂ ‘net zero’ 배출경로를 구성한 시나리오로, 저탄소 에너지로의 빠른 전환을 위한 정책·기술을 중심으로 구성

175) IEA, The Critical Role of Buildings(최종접속일:2020.07.06.).

현시점에서 패시브 기능 설계 및 신재생에너지 설치 등 기술적인 부문에서의 net-zero 건물 설계와 준공은 충분히 가능하다. 하지만, 제로에너지건물이 도시 현장에 실제 지어지고, 보급이 확대되기 위해서는 제로에너지건물 관련 기술개발과 함께 신규 제로에너지건물 구축과 기존 건물의 제로에너지건물로의 전환 모두에 대해 경제성을 확보할 수 있는 새로운 비즈니스 모델의 발굴이 필요하다. 그리고, 제로에너지건물 관련 정책 수립 및 개선으로 제로에너지건물이 확대될 수 있는 시장과 환경을 조성하는 것이 중요하다.

제로에너지빌딩을 확대하기 위한 정책적 노력과 정책 방향은 국가마다 상이하지만, 각국 정부는 공통으로 제로에너지빌딩 보급 확대를 위해 다양한 기준과 제도를 강화하고 있는 모습을 보이고 있다. 주요 국가의 제로에너지빌딩 보급 확대를 위한 정책에 대해 살펴보고자 한다.

1.4. 해외 제로에너지건물 동향

전 세계적으로 제로에너지빌딩에 대한 정의와 세부 규정은 각 국가별 경제, 기술, 환경적 상황에 따라 다양하게 적용하고 있다. 대부분의 선진국은 2020년부터 완전한 제로에너지건물로 가기 전 단계인 Nearly Zero Energy Building(NZEB) 의무화를 추진하고 있다. NZEB는 최근 선진국들이 많이 사용하고 있는 개념으로써, 제로에너지건물 구축의 경제성을 고려하여 건물에서 사용되는 에너지용도를 구분하고, 한정된 용도의 에너지 사용량을 제로화하는 것을 의미한다.

여기서 Nearly Zero Energy는 대지 내 또는 인근지역으로부터 생산된 신재생에너지를 포함하고 제로에너지건물에 신재생에너지가 충분히 확보되어야 한다는 것을 의미한다. 일부 국가에서는 Net Zero

Energy Building 개념을 사용하기도 하지만, 대부분 NZEB와 따로 구분하지는 않고 있다. 프랑스 정부는 Plus Zero Energy Building을 공식적으로 사용하고 있는데, 건물 전체에서 요구되는 에너지는 패시브 수준을 준수하되 신재생에너지 시스템을 통하여 건물 전체에서 필요로 하는 에너지보다 더 많은 양의 에너지를 생산하여 건물 내부에서 사용되는 에너지원뿐만 아니라 추후에 남는 에너지원을 이용하여 승용차와 같은 다른 부문에 제공할 수 있는 건물로 정의하고 있다. 일본과 영국은 신재생에너지 부문을 고려하지 않는 Zero Energy Building Ready 개념을 사용하고 있다. Zero Energy Building Ready는 시장의 여건이나 기술력에 대한 안정성을 확보하기 위해 NZEB 이전 단계로써 신재생에너지 생산을 고려하지 않는 제로에너지 기준이다(<표 4-3>).

〈표 4-3〉 주요국 제로에너지 빌딩 정의

개념	설명
Plus ZEB	- 신재생에너지 시스템으로 건물 전체 에너지 수요보다 많은 양의 에너지를 생산하여 기타 부문에 에너지를 제공할 수 있는 건물
Nearly ZEB	- 건물에서의 에너지용도를 한정하고, 한정된 에너지에 대해서 에너지소비량을 0 으로 하는 건물
net ZEB	- 연간 혹은 생애주기 동안의 에너지 사용량 저감시키고 신재생에너지를 통한 에너지 생산으로 에너지 사용량 0로 유지가능한 건물
ZEB ready	- 패시브하우스에서 nearly Zero Energy Building으로 가기전 단계로 신재생에너지를 제외한 에너지효율 장비를 갖춘 저에너지 빌딩 수준의 건물

자료: 이승언 외(2017), p.30.

제로에너지빌딩을 확대하기 위한 정책적 노력과 정책 방향은 국가마다 상이하지만, 각국 정부는 제로에너지빌딩 보급 확대를 위해 다양한 기준과 제도를 수립·개선하고 있는 모습을 보이고 있다. 영국은 EU의 건물에너지성능지침(Energy Performance of Building Directives; EPBD)의 요구사항을 준수하기 위해 2018년 최소에너지효율표준(Minimum Energy Efficient Standards, MEES)를 도입하였다.¹⁷⁶⁾ MEES 하에서 국내 모든 임대부동산(all domestic private rented properties)는 F 또는 G¹⁷⁷⁾의 에너지성능인증(Energy Performance Certificate, EPC)¹⁷⁸⁾ 등급 얻은 경우에는 MEES의 요구사항을 준수하기 위해 에너지효율을 높이기 위한 조치를 취하도록 한다.

독일에서는 2002년에 발효된 에너지절약 법령(Energieeinsparverordnung, EnEV)에서 독일 내 주거 건물과 비주거 건물 모두의 최소 에너지 요구사항을 규제하고 있다.¹⁷⁹⁾ EnEV에서는 에너지성능기준을 고정된 수치로 표시하지 않고, 해당 건물과 표준 건물(reference building)¹⁸⁰⁾과의 비교를 통해 제로에너지건물을 정의한다. 표준빌딩(reference building) 대비 신축 건물은 40% 이상 에너지 소비를 절감한 건물을 제로에너지빌딩으로 정의한다.¹⁸¹⁾

또한, 신재생에너지열법(EEWärmeG, Renewable energy Heat Act)에서는 모든 신축 건축물에 대해서 냉난방, 급탕 등의 에너지 요구에

176) BNEF(2020a). p.12.

177) 등급구분은 국가마다 차이가 있고, 영국은 A (가장 효율적) 부터 G (가장 비효율적) 까지 7개 등급으로 구분됨.

178) EU는 건물 거래시 EPC를 의무적으로 제시해야 함.

179) GBPN 홈페이지(최종접속일: 2020.10.15.).

180) 표준건물은 크기, 방향, 구조 등 해당건물과 같은 조건이나, EnEV 부속서에서 제시된 구성요소 및 기술 시스템을 적용한 건물이 해당됨.

181) Buildings Performance Institute Europe 홈페이지(최종접속일: 2020.10.15.).

따라 특정 신재생에너지가 사용되어야 하도록 하고 있다.¹⁸²⁾ 예를 들면, 태양열과 지열에 대한 최소비율은 각각 15%, 50%이고, 지역난방의 경우에는 100%가 최소비율이다. 공공 건축물에 대해서는 보일러 또는 열교환기를 교체하고, 건물 외피의 20%이상 리모델링하는 경우에 대해서 요구사항을 설정하고 있다.¹⁸³⁾

프랑스 정부는 2010년 7월 12일 EPBD의 요구사항을 준수하기 위하여 그리넬 법령 II 제2010-788호(The Grenelle II Law No. 2010-788)를 제정하였고, 환경문제 해결에서의 적극적인 의지를 보였다.¹⁸⁴⁾ 그리넬 법령 II 제2010-788호는 환경 관련 모든 분야, 특히 에너지 관리 분야를 대상으로 하고 있으며, 에너지 효율성 증대 및 지역 사회 단위 기후변화 관련 개발에 관한 내용을 담고 있다. 이 법률의 핵심 목표는 2012년까지 제로에너지 빌딩, 2020년까지 플러스에너지 건물의 일반화, 2020년까지 2011년 대비 기존 건물의 에너지소비 38% 이상 감축이다.¹⁸⁵⁾

그리고, 프랑스의 경우, 2013년부터 모든 건물을 대상으로 저에너지 건물 규제를 의무화(Bâtiments Basse Consommation, BBC)를 적용하여, EPBD의 요구사항보다 강화된 목표를 제시하고 있다.¹⁸⁶⁾ 또한, 1974년부터 EPBD 요구사항에 맞춰 5년마다 건물의 에너지 성능 강화를 의무적으로 규정하는 법률인 건물에너지 규제법(Réglementation thermique française, RT)이 있다.¹⁸⁷⁾ 그리고, 프랑스 정부는 모든 건물에 플러스 에너지 건물(Building with POSitive Energy, BEPOS) 원칙

182) Concerted Action EPBD(2013). p.190.

183) 전계서, p.190.

184) EU – BUILD UP 홈페이지(최종접속일: 2020.11.15.).

185) EU – BUILD UP 홈페이지(최종접속일: 2020.11.15.).

186) Journal de l'environnement 홈페이지(최종접속일: 2020.11.15.). 주거 건물의 지역 및 고도에 따라 40-65kWh/m²의 수준으로 설정하였다.

187) EU – BUILD UP 홈페이지(최종접속일: 2020.11.15.).

의 구현을 목적으로 하는 RT2020을 발표할 계획을 가지고 있다.¹⁸⁸⁾

미국의 경우, 에너지 독립 안보법(Energy Independence and Security Act, EISA 2007)에서 제로에너지건물에 대한 목표를 설정하고 있는데, 2030년까지는 모든 신축 상업용 건물을 대상으로 하고, 2040년까지는 기존 상업용 건물의 50%, 2050년까지는 모든 상업용 건물을 제로에너지빌딩으로 전환하는 것을 목표로 설정하고 있다.¹⁸⁹⁾ 그중에서, 캘리포니아주는 EISA에서의 목표보다 더 빠른 2020년부터 모든 신축 건물에 대해 Net Zero Energy Building 목표를 설정하고 있다¹⁹⁰⁾

일본 정부는 제로에너지건물을 온실가스 저감목표를 달성하기 위한 수단이자 신성장 전략으로써, 2010년 에너지기본계획에서 2020년까지 신축 공공 건축물을 제로에너지건물로 건설하고, 2030년까지 신축 건물의 평균이 제로에너지건물에 도달하는 것을 목표로 설정하였다.¹⁹¹⁾ 이를 위해서 대체로 3년마다 ‘건축물의 에너지절약법(省エネ法, 에너지사용의 합리화에 관한 법률-에너지사용 합리화에 관한 건축주 등 및 특정건축물 소유자의 판단기준)’을 정기적으로 강화하고 있다. 이 건축물의 에너지절약법이 의무규정이 아니었으나, 2014년부터 일정 규모 이상의 건축물에 대해서는 법규 준수를 의무화하고 건축물에 대한 에너지성능기준을 도입하는 등 점차 기준을 강화하고 있다.¹⁹²⁾

188) Plan Batiment Durable 홈페이지(최종접속일: 2020.11.15).

189) Crawley(2009), p.1.

190) 한국건설기술연구원(2017), p.48.

191) 한국에너지공단 홈페이지 - 수요관리 국내이슈(최종접속일: 2020.11.10.).

192) 한국건설기술연구원(2017), p.65.

2. 건물일체형태양광(Building Integrated Photovoltaics, BIPV)

전 세계적으로 제로에너지건물 의무화가 확대되는 흐름 속에서 외벽, 창호, 지붕 등 건물 외벽에 태양광 모듈을 일체화시키는 건물일체형태양광(BIPV) 시장이 크게 확대되고 있다. 세계 BIPV 시장은 설치용량 기준 2015년 2,300MW를 달성했고, 이후 2016년부터 2019년까지 연평균 32.1% 성장하여 2019년에는 BIPV 시장규모가 9,260MW를 달성하였다.¹⁹³⁾

2.1. 국내 건물일체형태양광 동향

세계적으로 확대되고 있는 BIPV 시장 추이와 마찬가지로, 국내 BIPV 시장도 건물 부문 온실가스 감축목표 달성을 위한 신재생에너지 보급 확대 정책을 통해 크게 확대될 것으로 예상하고 있다. 신재생에너지원 중 태양광과 풍력은 국가 신재생에너지 보급 정책에서 주축을 이루고 있는 에너지원이다. 특히, 인구밀집도가 높은 도시에 적용 가능한 태양광은 가정·건물 부문 온실가스 저감을 위한 주요 수단으로써 향후 더 주요한 역할을 할 것으로 기대되고 있다.

국내 태양광 관련 정책은 크게 신재생에너지 설치의무화제도¹⁹⁴⁾, 신재생에너지 보급지원 사업¹⁹⁵⁾, 신재생에너지 의무할당제(Renewable

193) Index Market Research(2020), p.15.

194) 한국에너지공단 홈페이지 - 설치의무화(최종접속일: 2020.10.01.). 국가, 지자체 등의 공공기관이 신축, 증축 또는 개축하는 건축면적 1,000m² 이상의 건축물에 대하여 일정비율 이상을 신재생에너지를 통해 공급되는 에너지로 사용토록 신재생설비 설치의무화하는 제도

195) 산업통상자원부 보도자료, 2020.03.19. 2020년 신재생에너지 보급지원사업 공고. 자가소비를 목적으로 신재생에너지설비를 설치하는 경우 설치비를 보조받는 제도로써, 예산은 주택지원 650억원, 건물지원 350억원, 융복합지원 1,122억원, 지역지원 160억원.

Portfolio Standards, RPS)¹⁹⁶⁾가 있는데, 신재생에너지 설치의무화제도와 신재생에너지 보급지원 사업에서는 태양광을 고정식, 추적식, BIPV로 분류하고 있다.¹⁹⁷⁾ 산업통상자원부는 2020년 신재생에너지 보급 지원사업 공고를 통해서 건물형 태양광 설치방식에 따라 설치비 지원을 확대 공고하였다. 이것은 건물형 태양광이 일반 태양광과 비교해서 아직 경제성을 갖추지 못한 점을 고려한 것인데, 산업통상자원부는 외벽 수직형에 70%, 지붕 일체형에 50% 설치비를 지원하고 있다.¹⁹⁸⁾ 이런 건물 부문 태양광 관련 의무화 및 지원제도를 통해 BIPV 보급은 계속 늘어날 것으로 전망하고 있는데, 특히, 2020년부터 제로에너지건물 의무화가 시행되면서, 건물 부문에서의 에너지효율 강화와 신재생에너지를 통한 건물 자체 에너지 생산 확대에 대한 관심이 높아지고 있다. 또한, 4차 산업혁명에서 산업 간의 융복합에 대한 수요가 높아지고 있는데, BIPV는 태양광과 건축 산업과의 융합한 사업으로써, 신성장 동력으로써의 역할이 기대되고 있다.

2015년부터 2019년까지 국내 BIPV 누적 설치 용량은 55.34MW에서 223.80MW로 성장하였고, 연도별 설치되는 BIPV 용량도 지속적으로 증가하고 있다.¹⁹⁹⁾ 주된 이유로는 2009년 11월 녹색성장위원회에서 발표한 제로에너지건축물 도입 로드맵으로 인해 관공서 건물에서의 설치용량이 증가한 이후 민간부문에서의 BIPV 보급이 꾸준히 확대된 것으로 보여진다. 또, 2017년 2월 한국산업표준(KS)²⁰⁰⁾ 인증심사기준²⁰¹⁾

196) 공급의무자에게 신재생에너지 의무발전 할당량을 부과하는 제도

197) 한국에너지공단 신재생에너지센터 공고 제2020-05호 - 신·재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침(2020), p.186.

198) 한국에너지공단 홈페이지 - 지역지원사업(최종접속일: 2020.10.02.).

199) Index Market Research(2020), p.71.

200) 한국에너지공단 홈페이지 - 신재생에너지설비 KS 인증(최종접속일: 2020.10.04.). 신재생에너지설비 인증대상 품목별 한국산업표준(KS)는 국가 신재생에너지공급

이 수립되면서, 우수한 BIPV 제품에 대한 소비자들의 신뢰와 수요가 높아지면서 민간 부문 BIPV 수요증가에 유효한 영향을 준 것으로 판단된다.

2.2. 해외 건물일체형태양광 동향

2019년 기준 세계 BIPV 산업에서 유럽이 차지하는 비중은 41.5%로 나타나, 세계 BIPV 산업을 유럽이 주도하고 있는 것으로 나타났다([그림 4-5]).²⁰²⁾ 유럽 다음으로 아시아 태평양 지역은 29.7%, 북미 지역 21.7%, 기타 국가 약 7% 순으로 세계 BIPV 산업 시장에서 차지하는 비중이 높았다. 이런 추세는 계속되어서, 향후 2026년까지도 세계 BIPV 발전량 및 시장 점유율에서 유럽이 차지하는 비중이 여전히 가장 클 것으로 전망되고 있다.²⁰³⁾ 하지만, 유럽의 세계 BIPV 산업 시장에서 차지하는 비중은 점차 감소하고, 자국내 BIPV 시장이 빠르게 확대되고 있는 중국과 인도를 포함하는 아시아의 비중이 높아질 것으로 전망되고 있다.²⁰⁴⁾

확대 및 산업육성 정책의 목적에 부합한 지정 신재생에너지설비를 대상으로 KS 인증을 실시하기 위해 정부가 고시한 산업표준을 뜻함. BIPV에 해당하는 한국 산업표준(KS)명번호는 KS C 8577이고, 한국산업표준(KS)명은 건물일체형 태양광 모듈(BIPV)-성능평가요구사항임.

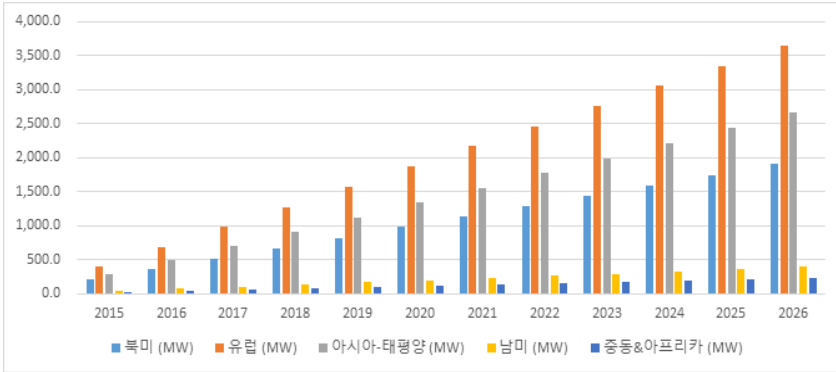
201) 한국에너지공단 홈페이지 - 신재생에너지설비 KS 인증(최종접속일: 2020.10.04.). 신재생에너지별 KS인증심사기준은 제조설비·검사설비·검사방법·품질관리방법 등 KS 수준 이상의 제품을 지속적이고 안정적으로 생산할 수 있는 능력을 평가하기 위해 실시되며, 3년 주기의 정기심사 시 적용하는 심사기준을 뜻함.

202) Index Market Research(2020), p.44.

203) 전계서, p.44.

204) 전계서, p.44.

[그림 4-5] 지역별 BIPV 시장 규모

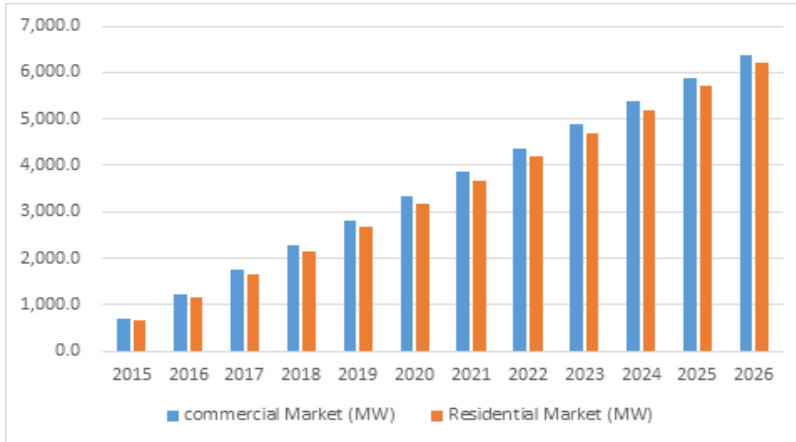


자료: Index Market Research(2020) 자료 재구성.

BIPV는 건물 외부 설치 부위에 따라 외벽(Walling) 형태, 창호(Glass) 형태, 지붕(Roofing) 형태 이상 3종류로 구분할 수 있으며, 창호형태는 다시 커튼월(Curtain Wall)²⁰⁵⁾, 천장유리, 차양 등으로 다시 분류할 수 있다. 외벽 형태는 외장재, 마감재의 형태로 다시 분류가 가능하고, 지붕 형태는 캐노피, 기와 등의 형태가 있다. 또한, BIPV는 용도에 따라, 일반주택과 아파트에 설치되는 주거용 BIPV와 회사, 빌딩, 공장 등에 설치되는 상업용 BIPV로 구분할 수 있다. 신재생에너지 보급이 확대와 함께 주거용과 상업용 BIPV 모두 설치용량이 증가하는 추세를 보이고 있다([그림 4-6]).

205) 일반적으로 건물에 가해지는 수직하중과 지진이나 바람과 같은 수평하중을 지지하는 외벽의 역할을 하지 않고 단순히 칸막이 구실을 하는 외벽

[그림 4-6] 주거용 BIPV, 상업용 BIPV 설치용량



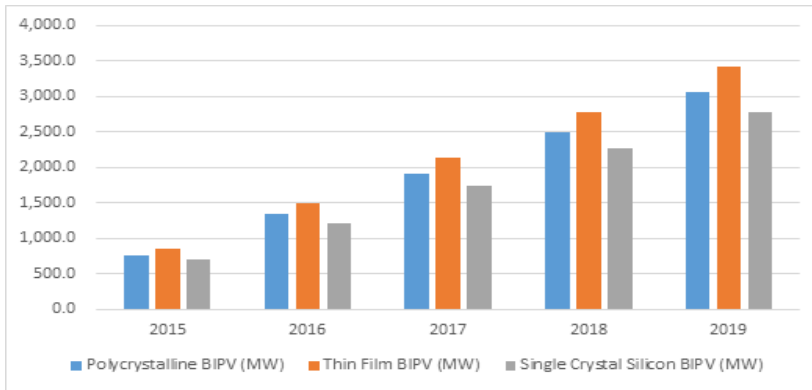
자료: Index Market Research(2020) 자료 재구성.

BIPV 시장을 타입별로 살펴보면, 국제 다결정 실리콘(polycrystalline) BIPV 시장은 2015년 759.5MW에서 2019년 3,064.6MW로 연평균 43% 증가율로 빠르게 증가하였다([그림 4-7]). 지역별로는 유럽의 비중이 전 세계 전체 다결정 실리콘(polycrystalline) BIPV 시장의 41.7% 차지하고 있고, 그 뒤로 아시아-태평양 지역 30.1%, 북미지역 21.5%의 순으로 비중이 높았다.²⁰⁶⁾ 또한, 국제 BIPV 시장에서 가장 많이 적용되고 있는 박막형(Thin Film) BIPV는 2015년 기준 850.2MW에서 2019년 3,412.9MW로 시장규모가 5년간 약 400% 증가하였다. 단결정 실리콘(Single Crystal Silicon) BIPV는 3가지 타입 중에서 시장규모는 가장 낮은 것으로 나타났으나, 시장성장률은 약 43%로 다결정 실리콘(polycrystalline) BIPV와 박막형(Thin Film) BIPV과 비슷한 수준이었다. BIPV 대표 기업은 영국 Solarcentury, 독일 Belectric, 미국 First

206) Index Market Research(2020), p.53.

Solar, Sunpower가 있고, 그 외에도 캐나다 CanadianSolar, 일본 Solar Frontier, Panasonic, 중국 Yingli Solar, Hanergy 등이 BIPV 시장에서 중요한 역할을 하고 있다.²⁰⁷⁾

[그림 4-7] 타입별 국제 BIPV 시장 규모



자료: Index Market Research(2020) 자료 재구성.

BIPV는 일반 태양광과는 달리 지붕이나 옥상에 구조물을 설치할 필요가 없고 건물에 일체되기 때문에 도심지역에 적용하기 용이하고, 도시미관 개선 효과가 있어, 도시 및 건물의 가치를 높여준다. 특히, 태양광 모듈 가격이 크게 하락하면서 BIPV가 경제성을 확보해감에 따라, BIPV의 경제적 효용보다 심미적 효용에 대한 관심과 수요가 더 높아지고 있다.

207) Index Market Research(2020), pp.22~40.

3. 재생열에너지

3.1. 해외 재생열에너지 동향

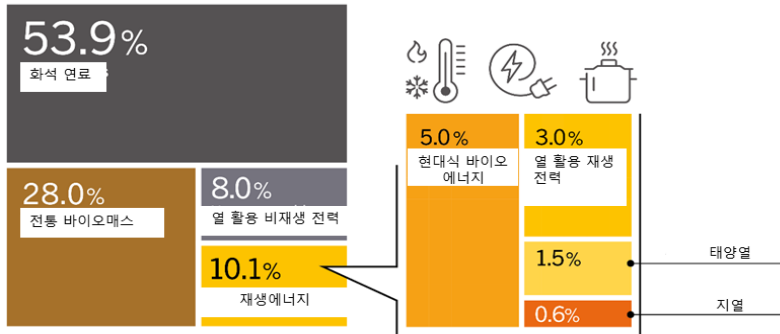
건물 부문 최종에너지의 77%는 냉난방, 온수 공급 등 냉난방 목적으로 사용되었고, 나머지 23%는 조명 및 기기 사용을 위한 전력으로 소비되었다. 냉난방 수요는 연평균 0.6%씩 증가하고 있고, 그중에서 냉방 수요는 연 4%로 빠르게 증가하는 추세를 보이고 있다.²⁰⁸⁾ 2018년 기준 건물 부문 냉난방 에너지 소비에서 재생에너지가 차지하는 비중은 10.1%로 나타나, 가장 높은 비중을 차지한 화석연료 53.9%, 전통 바이오매스 28.0%에 이어 3번째로 높았다. 재생에너지 10.1% 중 바이오에너지의 비중이 그 절반인 5.0%를 차지하였고, 주로 건물 난방 공급에 활용된다. 태양열과 지열은 각각 1.5%와 0.6%의 비중을 차지하는 것으로 나타났으며, 난방 공급을 위한 열 활용 재생전력 비중은 나머지 3.0%를 차지하였다([그림 4-8]).

바이오매스, 태양열 및 지열 기술 개발 등을 통해 직접적으로 건물에 열에너지를 공급할 수 있고, 재생에너지 전력의 냉난방에 활용할 수 있기 때문에 건물 냉난방 분야 재생에너지는 건물 냉난방 부문에서 큰 잠재력을 가지고 있다. 그렇기 때문에, 재생에너지를 활용한 건물 난방의 전력화는 에너지 사용 절감과 재생에너지의 비중 높이기 위한 효율적이고 경제적인 방법이라고 할 수 있다. 유럽의 경우에는, 건물 난방의 재생에너지 비중 확대를 위한 가장 중요한 요소로 전력화를 꼽고 있다.²⁰⁹⁾

208) REN21(2020), p.38.

209) 전계서, p.38.

[그림 4-8] 2018년 건물부문 냉난방 재생에너지 소비 비중



주: 냉난방, 온수, 조리를 포함.

자료: REN21(2020), p.38.

3.2. 산업용 건물의 재생열에너지

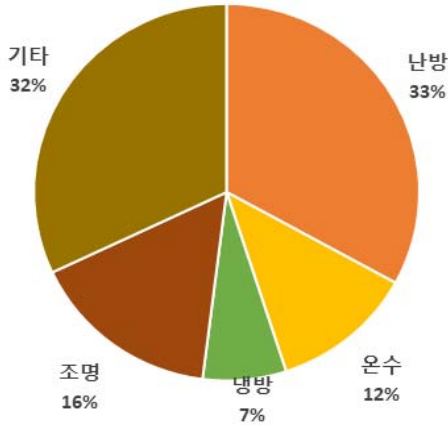
건물 중 상업용 건물은 전 세계 건물의 25%를 차지하고 있는데, 상업용 건물의 에너지소비는 다른 건물보다 높은 수준이다.²¹⁰⁾ 특히, 사람이 거주하면서 생활하는 것을 목적으로 하는 주거용 건물의 에너지 소비량보다 평균 10배 높은 에너지를 소비하는 것으로 나타난다.²¹¹⁾ 상업용 건물에서의 에너지소비는 난방(33%), 조명(16%), 온수(12%), 냉방(7%) 순으로 높았고, 주요 에너지원은 전력으로 전체 에너지소비의 51% 비중을 차지하였다([그림 4-9]). 그 뒤를 이어 천연가스(24%), 석유제품(11%), 석탄(4%)의 비중을 차지하는 것으로 나타나 전통적 화석연료의 비중이 상업용 건물 전체 에너지 소비의 약 40%의 비중을 차지하였다.²¹²⁾

210) BNEF(2020o), p.2.

211) 전계서, p.2.

212) 전계서, p.2.

[그림 4-9] 2018년 상업용건물의 용도별 최종에너지소비



자료: BNEF(2020a), p.2.

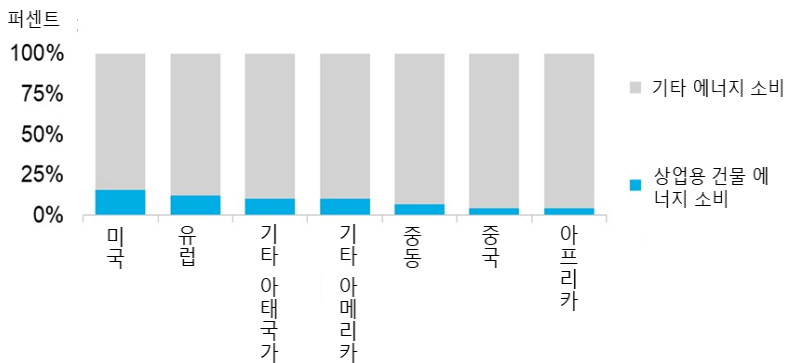
상업용 건물은 사무실, 병원 호텔, 학교 등 용도에 따라 구분할 수 있는데, 상업용 건물에서 필요한 에너지량은 건물의 용도에 따라 상이하다. 예를 들면, 병원의 경우에는 24시간 내내 냉난방이 지속해서 필요하기 때문에, 단위 면적 당 에너지 집약도가 가장 높다. 하지만, 상업용 건물에서 병원이 차지하는 비중이 높지 않기 때문에, 전체 상업용 건물 최종에너지 소비에서의 비중은 상대적으로 낮게 나타난다. 반면, 사무실, 도소매 상점의 경우에는 오전과 오후에 에너지 소비량이 많고, 저녁과 밤 시간에는 에너지 수요가 없다. 그러므로, 단위면적당 에너지 집약도는 높지 않으나, 건물 수와 규모가 상대적으로 크기 때문에 전체 상업용 건물의 에너지소비 중에서 사무실, 도소매 상점 건물에서의 에너지소비 비중이 높게 나타난다.²¹³⁾ 상업용 건물은 에너지

213) REN21(2020), p.38.

소비와 온실가스 배출 수준이 다른 용도의 건물보다 높기 때문에 탈탄소에 대한 수요가 높지만, 건물의 사용 용도에 따라 에너지 요건이 상이하기 때문에, 지금까지 탈탄소화 논의에서 큰 관심을 받지 못하였다.

상업용 건물의 에너지소비가 최종에너지 소비에서 차지하는 비중은 지역별·국가별로 차이가 있는 것으로 나타나는데, 2017년 기준 미국 내 상업용 건물 에너지 소비가 최종에너지 소비에서 차지하는 비중은 14%로 높게 나타난다.²¹⁴⁾ 반면, 중국의 경우에는 상업용 건물의 에너지 소비비중이 약 4%로 미국과 비교하여 약 10%p 낮게 나타났다([그림 4-10]). 평균적으로는 상업용 건물의 에너지소비와 탄소 배출량은 최종에너지 소비의 8%, 탄소 배출의 11%를 차지하고 있는 것으로 나타난다.²¹⁵⁾

[그림 4-10] 지역별 최종에너지 소비에서 상업용 건물에너지 소비비중



자료: BNEF(2020o), p.2.

214) BNEF(2020o), p.2.

215) 전게서, p.2.

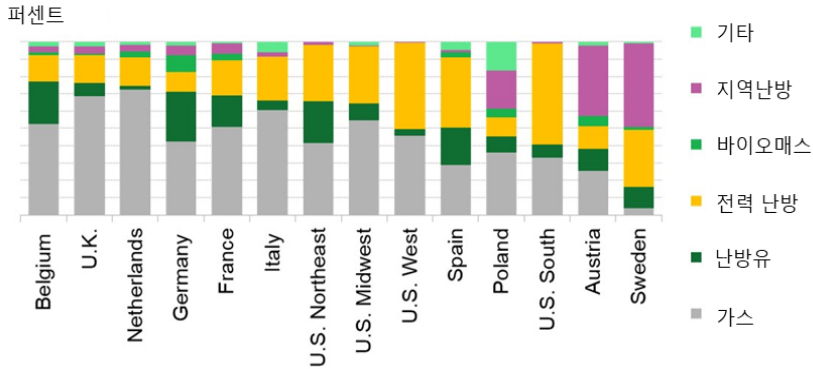
유럽의 상업용 건물 에너지 소비가 최종에너지 소비에서 차지하는 비중도 미국과 마찬가지로 10%가 넘는데, 특히, 사무실, 도매 및 소매 상점 상업용 건물의 에너지 소비 비중이 유럽 전체 상업용 건물 최종 에너지 소비의 51% 비중으로 가장 높게 나타났다.²¹⁶⁾ 상업용 건물 에너지 소비량이 가장 높은 유럽 10개국 상업용 건물의 난방 에너지소비의 에너지원 중에서 천연가스가 가장 높은 비중을 차지한다. 특히, 영국과 네덜란드의 경우, 상업용 건물 난방에서 천연가스 비중은 70% 이상으로 가장 높은 것으로 나타났다.²¹⁷⁾

유럽 국가들은 지역난방 시스템을 기후변화 대응을 위한 정책 목표 달성을 위한 주요 수단으로 인식하고 있기 때문에, 지역난방의 비중 또한 높게 나타났다. 유럽에서의 지역난방은 주로 천연가스, 석탄, 바이오매스 등을 활용하여 열병합발전(Combined Heat and Power Plant, CHP)으로부터 열을 생산하여 활용하고 있으며, 신재생에너지의 비중을 지속적으로 높이고 있는 추세이다. 반면, 미국의 경우에는 상업용 건물의 난방에서 전력 난방 비중이 가장 높게 나타나, 유럽 상업용 건물에서의 에너지소비 패턴과 다른 양상을 보였다([그림 4-11]).

216) BNEF(2020o), p.3.

217) 전계서, p.3.

[그림 4-11] 유럽과 미국의 상업용 건물 난방 에너지원별 비중



자료: BNEF(2020o), p.3.

국가별 건물 부문에서 주로 소비되는 에너지원별 비중에서도 차이를 보이지만, 주로 사용되는 난방 장치도 상이한 것으로 나타난다. 미국은 패키지 형태의 HVAC(Heating, Ventilation, and Air Conditioning) 시스템이 가장 많이 사용되고 있는데, 모든 부품이 외부 장치에 설치되고 난방은 건물 내외부의 덕트 시스템을 통해 전송되는 방식이다. 반면, 유럽에서는 가스보일러가 가장 많이 사용되고 있다. 유럽의 경우, 일반적으로 건물에서 사용하는 난방 장치의 수명이 긴 것으로 나타나, 입주 때부터 사용하던 난방 장치를 계속 유지할 가능성이 크다. 또한, 건물 소유주들은 난방 장치의 수명이 다하더라도 새로운 옵션으로 전환하기보다는 기존의 난방 시스템을 계속 사용하려는 경향이 있는 것으로 나타난다.²¹⁸⁾

218) BNEF(2020o), p.5.

3.3. 재생에너지 정책

세계적으로 열 부문에 대한 정책적 관심은 낮은 수준이었으나, 전 세계 에너지소비와 이산화탄소 배출에서 높은 비중을 차지하고 있는 건물 부문 탈탄소화를 위한 정부 및 도시 차원에서의 정책과 전략이 도입되고 있다. 국가별로 다양한 건물 냉난방 재생에너지 활용을 증대시키기 위한 국가별 수립·운영하는 정책들은 직접 정책(direct policy)과 간접 정책(indirect policy)으로 구분할 수 있다(<표 4-4>).

<표 4-4> 건물 냉난방 재생에너지 정책 - 직접 정책, 간접 정책

구분	종류
간접정책	화석연료 사용 금지 에너지환경세 (fuel tax) 냉난방 장비 성능 기준 도입 넷제로 배출기준 (net-zero emissions standards)
직접정책	재생에너지 냉난방 목표치 설정 건물 에너지 코드 관련 법령 도입 재생에너지 지역난방 이니셔티브 금전적 인센티브

자료: REN21(2020), p.61.

먼저, 간접정책은 건물 냉난방에서 재생에너지가 아닌 기존 화석연료 등에 대한 세금을 부과하거나 재생에너지 활용에 대한 표준을 도입하는 등의 방법으로 건물 냉난방 재생에너지 활용을 촉진시키는 정책이다. 대표적인 간접정책으로는 화석연료 사용금지, 에너지 환경세 (fuel tax), 냉난방 장비 성능 기준 도입 등이 있는데, 오스트리아는 2020년부터 신규 건물의 화석 연료 보일러 설치를 금지시켰고, 노르웨

이는 건물 난방을 위한 광유(mineral oil)의 사용을 금지했다. 영국은 2025년부터 신규 주택의 천연가스 보일러 설치를 금지시킬 계획이다.²¹⁹⁾ 그리고, 건물 부문의 재생에너지 비중을 확대시키기 위해 건물 부문 넷제로 배출기준(net-zero emissions standards)의 적용도 간접정책의 대표적인 예이다.²²⁰⁾

2020년까지 모든 건물을 제로에너지화 하는 목표를 세우고 있는 유럽은 2019년 건물 부문에서의 에너지 소비 절감과 온실가스 배출 감소를 위해 건물에너지성능지침(EPBD)을 도입하였고, 2021년부터 모든 건물에 적용할 계획이다. EPBD하에서 유럽 연합 회원국들의 모든 건물에 대해 건물 에너지 성능 증명서를 제출하도록 하고, 에너지성능 조건을 충족시킨 건물에 대해 인증서를 제공한다. 또한, 노르웨이의 오슬로와 독일의 하이델베르크가 C40 세계도시기후정상회의(C40 Large Cities Climate Summit)의 넷제로 선언에 동참하여 2030년까지 모든 신규건물을 넷제로 탄소 건물로 전환하고, 2050년까지 기존 건물을 포함한 모든 건물을 넷제로로 시행할 예정이다.²²¹⁾ 2020년 초 기준 6개 지역 28개 도시, 48개 기업 및 단체가 넷제로 탄소 건물 참여(Net Zero Carbon Buildings Commitment)에 동참하고 있는 것으로 나타났다.²²²⁾

다음으로, 건물 냉난방 재생에너지 활용을 위한 직접 정책 중 보조금, 리베이트, 세금 인센티브 및 대출 프로그램 등을 금전적 인센티브를 제공하는 대표적인 재정정책이 재생에너지 확대에 효과가 있는 것

219) REN21(2020), p.62.

220) 전계서, p.61.

221) C40 Media 홈페이지(최종접속일: 2020.11.15.).

222) C40 Media 홈페이지(최종접속일: 2020.11.15.).

으로 나타났고 2019년 기준 54개 이상의 국가가 재정 정책을 시행하고 있다.²²³⁾ 프랑스는 2019년 주거용 에너지의 효율성과 재생에너지 활용을 위해 재정 지원을 확대하겠다고 발표하였다. 리투아니아는 2020년 1월부터 바이오매스 보일러를 고효율 제품이나 히트펌프로 교체 시 보상금을 제공한다.²²⁴⁾ 독일은 2020년 노후된 석유보일러를 태양광 난방 장치를 활용한 콘덴싱 보일러 교체비용의 40%에 해당하는 보조한다.²²⁵⁾ 캐나다 앨버타주는 PACE(Poverty Assessed Clean Energy) 법령을 통과시켜 재생에너지 시스템 설치 및 에너지 효율을 증대시키기 위한 자금을 저비용으로 조달가능 지원하고, 일본의 이타바시는 태양열 시스템 설치 시 초기 설치비용의 5%만큼의 보조금을 지급한다.²²⁶⁾

건물 냉난방 재생에너지 확대 정책 중 직접 정책의 다른 대표적인 종류는 재생에너지 냉난방 목표치를 설정하는 것이다. 재생에너지 냉난방 목표치 설정을 통한 건물 부문 냉난방 재생에너지 확대 노력은 유럽이 주도하고 있다. 유럽은 2019년 2월 유럽연합집행위원회(European Commission, EC)가 4년에 걸쳐 지원한 프로젝트인 유럽 열에너지 로드맵(Heat Roadmap Europe, HRE)이 마무리되었다. 유럽 열에너지 로드맵은 유럽을 저탄소 냉난방으로 전환하기 위해 관련 산업에 보다 객관적인 데이터를 제공하고, EU와 국가 차원의 새로운 정책 수립을 도모하는 것을 목표로 하고 있다.

탈탄소화 로드맵을 구상하기 위해 HRE 프로젝트는 유럽 내 냉난방

223) REN21(2020), p.61.

224) 전계서, p.61.

225) 전계서, p.61.

226) 전계서, p.61.

수요의 대부분을 차지하는 14개 국가²²⁷⁾를 선정하여 주거용, 산업용 및 공공분야 수요 데이터를 수집하였다. 이 데이터를 바탕으로, 이상의 14개 국가와 이 국가들의 에너지 시스템을 개별적으로 모델링해서 유럽 열 시장의 90%를 포함하여, 전체 유럽 관점에서 분석했다.

HRE 2050 시나리오는 실행 가능한 수치보다 더 높은 목표치를 제시하였고, 이를 달성하기 위해서는 건물 보수 및 저탄소 에너지 기술의 활용이 필요하다. 최종보고서는 2015년 냉난방 분야의 수치, 현 정책을 지속했을 때의 예상치인 기본 2050 시나리오, 그리고 완전한 탈탄소화를 가정한 열에너지로드맵 2050 시나리오를 포함하고 있다([그림 4-12]). HRE 2050 수요 전망의 핵심은 수요 감소를 통한 탄소 배출 절감이다. HRE 2050 시나리오는 냉난방 수요가 2015년 대비 14% 하락한 662TWh 정도 감소할 것으로 전제하고 있다²²⁸⁾. 이는 2015년 기준으로 프랑스의 냉난방 수요치를 대부분 제외한 수치이다²²⁹⁾. 유럽 냉난방 전력 (EU Strategy on Heating and Cooling)은 HRE를 바탕으로 수립되었고, 유럽 냉난방 분야에서 일관된 계획을 제시한다(<표 4-5>).²³⁰⁾

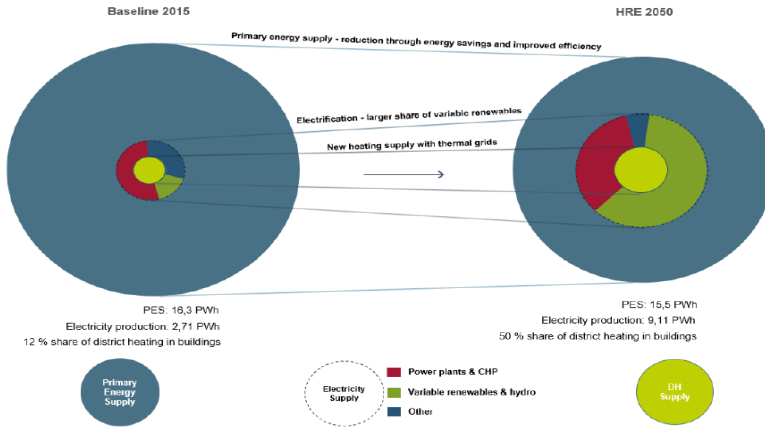
227) 오스트리아, 벨기에, 체코, 독일, 스페인, 핀란드, 프랑스, 헝가리, 이태리, 네덜란드, 폴란드, 루마니아, 스웨덴, 영국.

228) BNEF(2019b), p.4.

229) 전계서, p.4.

230) 전계서, p.2.

[그림 4-12] 1차 에너지공급 관련 2050 HRE 시나리오에서 구현된 에너지시스템 전환



자료: Paardekooper et al(2018), p.12.

〈표 4-5〉 HRE 시나리오별 비교

	2015년 수치	기본 2050 시나리오	HRE 2050 시나리오
기본 전제	2015년 기준 상태	현 정책 유지 및 달성 가정	이산화탄소 80% 감축 목표로 완전한 탈탄소화 가정
화석 연료 사용	냉난방 수요의 62% 공급	천연 가스는 같음 석탄은 1/2 감소 석유는 1/3 감소	2050년 화석 연료 사용 '0' 달성
총 냉난방 수요	4,779 TWh	4,559 TWh 현재 EU 목표치로 효율성 개선 가정	4,117 TWh 현 정책을 넘어 효율성 추가 개선 가정
총 공급 기술	공급 기술 제한 없음	공급 기술 제한 없음	2개의 공급 기술로 제한
이산화탄소 절감 vs. 1990	-31%	-49%	-86%

주: 총 냉난방 수요의 85~90% 비중 차지하는 EU 14개국 수요를 포함한 시나리오
 자료: BNEF(2019b), p.2.

HRE 2050은 건물 난방 수요 감소가 에너지 절감에 가장 크게 기여할 것으로 보았으나, 온수, 냉방 및 산업용 프로세스 냉방은 모두 증가할 것으로 나타났다. 에너지 효율성은 건물 보수를 통해 달성할 수 있는데 HRE 2050 시나리오는 개보수율이 연간 1.5~2% 증가할 것으로 보고 이에 따라 건물 난방 효율성도 개선될 것으로 보았다.²³¹⁾

반면, HRE 2050 시나리오는 2050년에는 모든 화석 연료가 사라지고 전기 난방, 바이오매스 등의 난방 공급 기술이 히트 펌프나 지역난방으로 교체될 것으로 가정하고 있다. 이에 따라 지역난방과 히트 펌프의 비중을 2015년 11%에서 2050년 100%로 보았다.²³²⁾ 2,136TWh 규모의 난방을 히트 펌프로 1,454TWh 규모의 난방을 지역난방으로 공급하게 되는 것이다. 이는 약 8,300만 가구가 지역난방을 주 냉난방 에너지원으로 활용하고(현재는 약 1,700만), 히트 펌프는 약 1억 2,300만 가구(현재는 400만 가구)가 사용하게 된다는 것을 의미한다.²³³⁾ HRE 2050 시나리오는 히트펌프가 높은 초기투자 비용이 필요하지만, 다른 대안과 비교해서 상대적으로 연료비용이 낮은 장점으로, 냉난방 수요 절감 기술로서의 역할에 긍정적으로 평가하고 있다.²³⁴⁾

특히, 이번 보고서에서는 재생열에너지 중에서 히트펌프와 태양열을 중점적으로 다루고자 한다. 히트펌프와 태양열의 경우, 지역난방이 어려운 지역에 보급되어 분산자원으로써의 기능이 가능한 에너지원으로써, 향후 재생열에너지 보급 확대에서 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

231) BNEF(2019b), p.5.

232) 전계서, p.8.

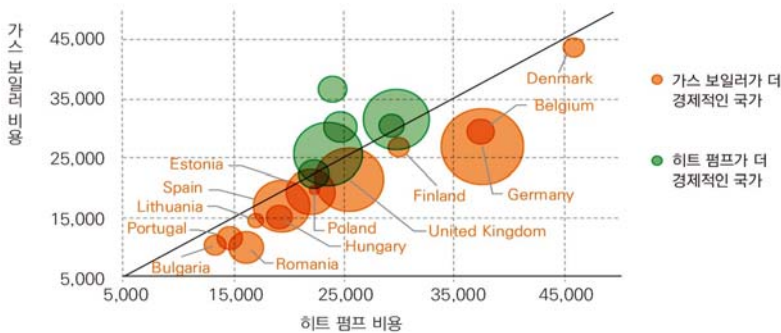
233) 전계서, p.8.

234) 전계서, p.9.

3.4. 히트펌프²³⁵⁾

저탄소 난방의 경우, 바이오매스, 연료전지, 히트펌프 등 다양한 에너지원이 존재하지만, 그 활용은 제한적인 상황이다. 특히, 공기 열원 히트펌프는 초기 비용과 수명 비용이 높기 때문에 천연가스보다 경쟁력이 낮지만, 난방유의 가격이 높은 시장에서는 공기 열원 히트펌프의 수명 비용이 낮기 때문에 경쟁력을 가질 수 있다. 또한, 미국과 같이 난방유 가격이 저렴한 국가일지라도, 전력 소매가격이 높은 국가에서는 히트 펌프의 수명 비용 경쟁력을 낮출 수 있다([그림 4-13]).

[그림 4-13] 히트펌프 vs 가스 보일러의 20년간 총 소유비용 예시



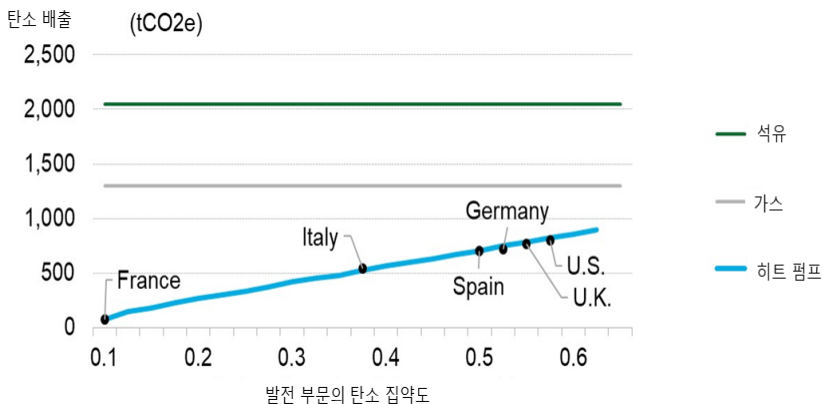
자료: BNEF(2020p), p.17.

대부분의 국가에서 보일러 초기비용과 천연가스 소매가격이 저렴하기 때문에, 히트펌프는 가스보일러보다 경쟁력이 낮은 것으로 나타난다. 그렇기 때문에, 히트펌프를 통한 저탄소 난방으로의 전환은 높은

235) 산업통상자원부, 보도자료. 2020.12.29. EU, 일본 등 일부 국가에서는 히트펌프를 활용한 열원을 재생에너지로 정의하고 있으나, IRENA, IEA 등은 재생에너지로 인정하지 않고 있음

비용이 필요하다. 하지만, 환경적 측면을 고려할 경우 가스 연소식 보일러(gas-fired condensing boiler)보다 탄소발자국(carbon footprint)이 적고 전 세계 공간과 물 난방의 90% 이상을 공급할 수 있기 때문에 효과적인 탄소 배출감소장치로서의 역할이 가능하다.²³⁶⁾ 또한 전력 그리드가 탈탄소화되기 때문에 히트펌프 이용 확대를 통해서 탄소 배출량을 지속적으로 저감시킬 수 있다([그림 4-14]).²³⁷⁾ 중형의 상업용 건물은 가스보일러 대신 히트펌프를 사용함으로써 재생에너지원 전력 수급계약(Power Purchase Agreement, PPA) 없이도 평생 탄소 배출량을 절반 정도로 줄일 수 있다.

[그림 4-14] 중형 상업용 건물 난방 시스템의 수명 탄소배출량



주: 석탄으로 발전할수록 탄소 집약도는 높으며, 재생에너지 및 원자력으로 발전할수록 탄소집약도는 낮음.

자료: BNEF(2020o), p.11.

236) IEA - Heat Pumps(최종접속일: 2020.10.15.).

237) BNEF(2020o), p.10.

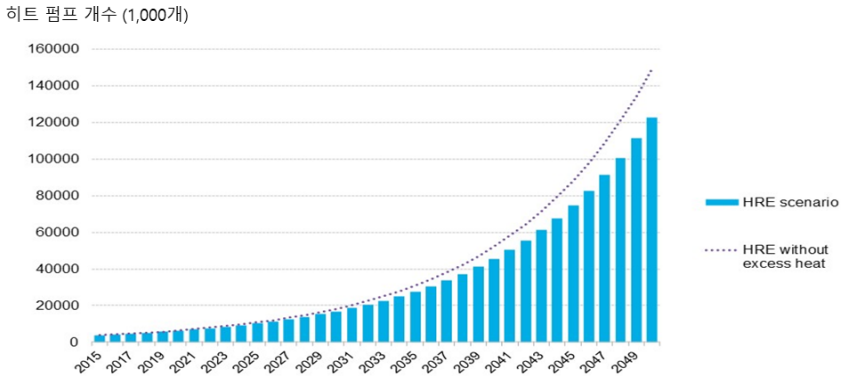
열원 히트 펌프와 가스보일러의 비용 및 탄소 배출량 차이를 살펴보면, 일반적으로, 히트 펌프의 수명 비용에 따라 크게 달라질 수 있으나, 히트 펌프의 투자가 탄소배출 감소량의 톤당 201달러를 절약할 수 있는 것으로 나타났다. 프랑스와 같이 저탄소 에너지원의 전력(power grid)을 보유하고 상업용 전기 사용자에게 낮은 전기세를 부과하는 국가에서는 탄소배출 감소 비용은 메트릭 톤(metric ton)당 7달러 정도이다. 반면 히트 펌프는 전력망 탄소 집약도가 높고, 가스 가격은 낮으면서 탄소 가격이 상대적으로 높은 영국에서는 좋은 대안이 될 수 없다.²³⁸⁾

2015년 히트 펌프는 주거 및 상업용 건물 냉난방 수요의 2%를 담당하였다. HRE 2050 보고서는 이 비중이 2050년에는 54%까지 증가하고 지역난방이 불가능한 곳을 대신하는 형태가 될 것이라고 보았다. HRE 2050의 전망치를 달성하기 위해서는 개별 히트 펌프 매출이 연간 최소 10% 이상 성장하여 2050년에는 1.23억 개의 히트 펌프를 가동해야 한다.²³⁹⁾ HRE 2050 시나리오상의 히트 펌프 설치량은 지역난방의 설치량 증가와 직접적으로 연관되어 있는데, 만약 지역난방이 성장하지 않고 히트 펌프만으로 냉난방 수요를 충족시켜야 한다면, 히트 펌프 시장이 연간 11% 성장하여 1.49억 개를 가동해야 하는 것으로 나타났다([그림 4-15]).

238) BNEF(2020o), p.11.

239) 전계서, p.12.

[그림 4-15] 연간 누적 히트 펌프 개수



주: HRE without excess heat는 열사용 규제가 없는 경우의 HRE 시나리오를 의미함.
자료: BNEF(2020), p.12.

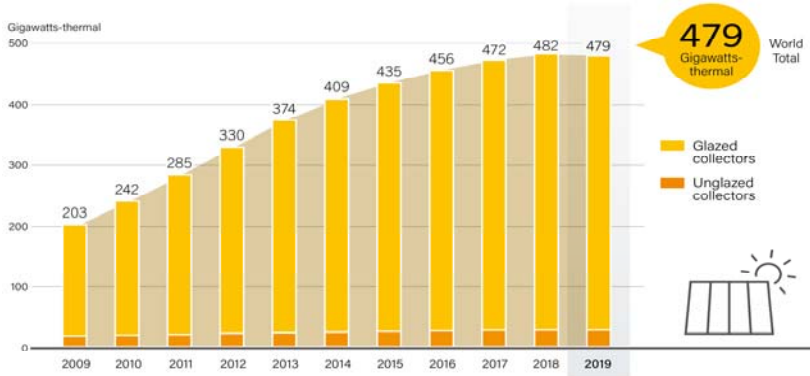
3.5. 태양열

태양열 냉난방 시스템은 134개국 이상에서 온수, 냉난방, 건조 및 담수화 작업 등 여러 용도로 사용되고 있다. 2019년 한 해 동안 신규 설치된 태양열 집열기는 중국 시장 감소로 전년 대비 7% 하락한 약 31.3 GWth이다.²⁴⁰⁾ 전 세계 태양열 발전기 누적 발전량은 전년 대비 1% 하락한 479GWth이다([그림 4-16]).²⁴¹⁾

240) REN21(2020), p.124.

241) IEA Solar Heating & Cooling Programme, Solar Heat Worldwide(최종접속일: 2020. 10.15.).

[그림 4-16] 태양열 온수 집열기 누적 발전량, 2009-2019



주: glazed collectors는 유리를 이용한 집열기이며, unglazed collectors는 유리를 사용하지 않는 집열기를 의미.

자료: REN21(2020), p.124.

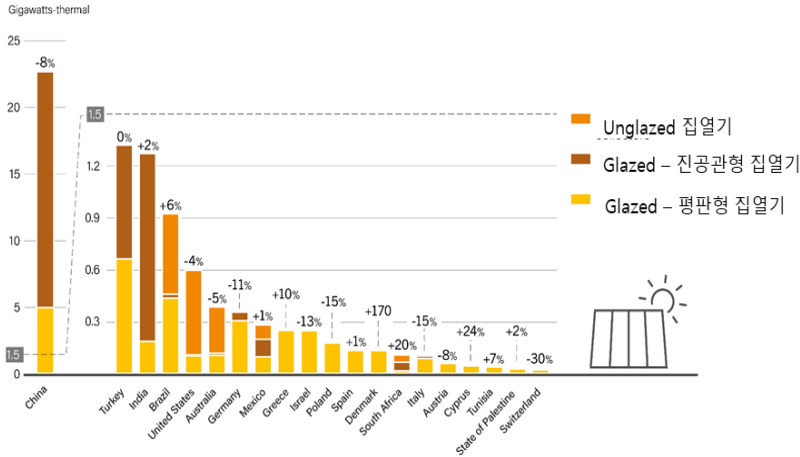
중국 태양열 보급은 2013년 이후 매년 8% 수준으로 하락하고 있다.

242) 하지만, 중국 태양열 누적 발전량은 전 세계 태양열 누적 발전량의 69%를 차지하고 있어, 세계 태양열 시장을 여전히 주도하고 있는 것으로 나타났다. 중국은 2019년 태양열 신규 설치량의 73%인 22.8GWth를 대규모 프로젝트 중심으로 추진하였다([그림 4-17]).²⁴³⁾

242) REN21(2020), p.124.

243) IEA Solar Heating & Cooling Programme, Solar Heat Worldwide(최종집속일: 2020.10.15.).

[그림 4-17] 2019년 기준 상위 20개국 태양열 온수 집열기 신규설치량



자료: REN21(2020), p.125.

중국과 더불어 태양열 시장을 주도하고 있는 국가로 미국이 있다. 미국은 태양열 온수 집열기 신규설치량은 중국, 터키, 인도, 브라질에 이어 다섯 번째로 신규 설치량이 많고, unglazed형 태양열 집열기 누적 발전량은 487MWth로 세계에서 가장 큰 규모를 가지고 있다. 미국의 glazed형 태양열 집열기 시장은 하와이주의 태양광 의무화 정책, 캘리포니아주 태양광 이니셔티브의 태양열 리베이트 프로그램으로 인해 2018년보다 안정세를 보이고 있는 것으로 나타났다.²⁴⁴⁾

유럽 연합 (EU-28)의 2019년 신규 설치량은 1.5GWth로 전년 대비 1.8% 하락한 수준으로 조사되었다.²⁴⁵⁾ 유럽 태양열 시장을 주도하는 국가는 독일과 그리스이며, 독일 태양열 시장은 점차 감소하고 있는 반면, 그리스의 태양열 시장은 가격 경쟁력 높은 제품과 정책적 지원

244) REN21(2020), p.126

245) REN21(2020), p.126.

으로 최근 5년 동안 10%만큼 성장하였다.²⁴⁶⁾ 특히, 덴마크의 경우 태양열 지역난방 시장을 주도하고 있다. 덴마크는 신규 태양열 지역난방 발전소 10개를 설립하고 및 기존 태양열 발전소 5개를 확장하여 총 134MWth 태양열 발전소 설비를 갖추었다.²⁴⁷⁾ 2019년 8월 기준 덴마크 전체 태양열 지역난방 발전소 누적 발전량은 1GWth에 달하였다.²⁴⁸⁾ 덴마크는 태양열 시장 경쟁력 확보를 위해 기존 화석연료에 높은 세금을 부과하고, 가격 경쟁력이 높은 지상 집열기 설치를 위한 토지 및 비영리 및 사용자 소유의 유틸리티를 위한 저비용 파이낸싱 지원제도를 제공하고 있다.

246) 전계서, p.126.

247) 전계서, p.126.

248) 전계서, p.126.

제5장 종합

1. 연구내용

1.1. 국제 신재생에너지 동향

1차에너지 공급과 수요에서 재생에너지가 증가하고 있으며 전력 부문에서 재생에너지의 성장이 두드러져 이미 3/4의 신규 발전설비는 재생에너지이다. 전력 부문의 재생에너지 성장은 태양광과 풍력 성장에 따른 것으로 태양광은 매년 100GW, 풍력은 50~60GW의 신규로 보급되고 있다. 누적 설비면에서 가장 규모가 큰 수력은 최근 신규보급은 줄고 있다. 재생에너지 보급은 최근 10년 사이 유럽을 시작으로 미주, 그리고 전 세계 지역에서 가장 많이 보급되는 에너지원이 되었다.

이러한 태양광, 풍력 중심의 보급 확대 배경은 가격이 빠르게 화석연료 발전 범위로 하락하여 경쟁력을 확보하였기 때문이다. 이런 비용 하락은 기술개발, 대규모 보급으로 인한 규모의 경제, 경매도입으로 인한 경쟁과 금융비용이 하락하였다는 점이다. 전 세계적으로 아시아 지역을 제외하고(중국, 인도 제외) 재생에너지원이 가장 싼 발전원이 되었다. 하지만 지역별로는 편차가 큰 편으로 우리나라는 발전비용이 높은 쪽에 속한다.

재생에너지에 대한 투자는 보급 증가와 가격 하락 두 가지 효과가 동시에 작용하여 2011년 이후 투자액이 크게 변하고 있지 않다. 2019년 재생에너지 투자는 1% 증가하였는데 보급은 10%가량 더 보급하여

재생에너지 가격 하락을 볼 수 있다. 과거 선진국 위주에서 개발도상국의 투자가 증가하였으며 중국의 비중이 높으나 점차 중국, 인도 이외의 다른 개발도상국의 투자도 증가하고 있다. 산업이 성장하면서 재생에너지 산업에 고용된 사람은 1,150만에 이르렀다.

전력 부문에서 재생에너지 보급 목표를 수립하고 이를 위한 규제나 인센티브를 부여하는 국가는 증가 추세이다. 하지만 전력 부문과 비교하여 열 부문의 보급 정책은 미흡하다. 또한, 각 국가마다 재생에너지 보급 확대를 목표로 내세우고 추진하고 있으나 이러한 목표는 2015년 파리협정의 2℃ 이하로 지구 온도 상승을 억제하겠다는 온실가스 배출 목표 달성에는 부족한 상황이다. 보급 확대에는 기업의 참여도 활발한데 RE100에 참여하는 기업은 최근 중국, 인도, 대만 기업 등 아시아 기업의 참여도 활발해지고 있다.

보급 정책은 FIT나 RPS에서 경매를 활용하는 방식으로 계속 경쟁 입찰은 확대되고 있다. 특히 인도와 중국은 대규모 재생에너지 경매를 실시하고 있으며 이웃 나라인 일본과 중국이 최근 경매를 도입하고 확대하고 있다.

코로나19는 우리 삶 전반에 영향을 미쳤고 에너지산업에도 영향을 미쳤다. 경제활동이 침체되면서 에너지수요가 급격히 줄었지만, 재생에너지는 장기 고정계약 및 계통에 우선 접속하는 경우가 많아 가장 영향이 적었다. 하지만 보급면에서 중국과 유럽의 봉쇄로 태양광, 풍력 제품 생산에 차질이 생기거나 경매나 프로젝트 일정의 지연이 생기는 일들이 발생하였다. 이에 대해 단기적으로 지원을 받는 프로젝트들에 대한 각국 정부의 기간연장이나 지원제도를 연장하여 충격을 완화하고자 하였다. 장기적으로는 코로나19가 재생에너지 영향은 크지 않을 것

으로 전망되며 각국에서 경기 부양책으로 친환경적인 재생에너지 산업, 보급 확대를 내걸고 있다.

1.2. 국제 태양광과 풍력 동향

2019년 태양광은 가장 큰 중국 시장이 2018년에 이어 2년 연속 시장이 축소하였음에도 다른 지역보급, 특히 전통적인 주요 시장 외의 보급이 증가하여 전 세계적으로 보급이 확산되는 시기임을 확인하였다. 2020년은 코로나19로 처음으로 시장이 축소될 수도 있는 상황으로 장기적으로는 현재의 두 배로 신규시장 규모가 클 것으로 전망된다.

태양광 제조부문 산업은 최근 설비증설과 과잉공급으로 가격이 하락하며 경쟁력이 부족한 기업들이 시장에서 한계로 몰리고 있다. 특히 폴리실리콘에서의 최근 몇 년 사이 구조조정이 빠르게 진행되어 상위 업체는 중국 기업 중심으로 재편되었고 우리나라 기업들은 국내 생산을 중단하였다. 폴리실리콘 이외에도 제조 가치사슬을 따라 상위 10개사의 시장 점유율이 증가하고 있으며 이들 상위 기업은 중국 기업으로 중국 기업의 시장 점유율도 같이 상승하고 있다.

풍력은 2019년 60GW를 보급하여 2015년 이래 두 번째로 가장 많이 보급하였고 해상풍력이 이 중 10%를 차지하였다. 향후 해상풍력의 성장세를 눈여겨 볼만하다. 해상풍력은 2010년 이후 기술과 산업이 성숙되면서 태양광 다음으로 성장 속도가 빨랐고 전 세계적으로도 해상풍력은 빠르게 성장할 것으로 전망된다. 우리나라도 추진하고 있는 부유식 해상풍력은 2020년 후반이 되어야 본격적으로 보급이 이루어질 것으로 전망된다. 풍력 터빈 시장은 태양광 제조 기업과 마찬가지로 상위 업체를 중심으로 시장 점유율이 증가하고 있다. 하지만, 전반적인

풍력 제조업의 공급사슬을 살펴보면 태양광 제조 산업이 중국에 집중되어 있다면 풍력은 상대적으로 자국산 부품사용 요건을 요구하고 운송에 대한 어려움으로 풍력 부품 제조 설비는 전 세계에 다양하게 분포하고 있다.

1.3. 건물용 재생에너지

전 세계 여러 국가는 가정·건물 부문에서의 온실가스 저감을 위해 제로에너지건물을 확대하고 있다. 제로에너지건물은 단열 성능 등을 강화하여 냉난방 에너지 소비를 최소화하고, 건물 내부 에너지 부하를 건물에서 신재생에너지를 통해서 직접 생산한 에너지로 충족시킬 수 있다. 제로에너지건물을 확대시키기 위해 각국 정부는 일정 면적 이상의 공공건물과 민간건물에 신재생에너지 설비를 의무화시키거나, 설치하는 신재생에너지원에 대해서도 최소비용을 설정하는 등 의무화 정책을 추진하고 있다.

제로에너지건물이 확대되면서, 제로에너지건물에 적용되는 신재생에너지에 대한 관심과 수요가 높아지고 있다. 특히, 건물 부문에 설치되는 신재생에너지 설비는 태양광이 가장 높은 비중을 차지한다. 국가별·지역별 특성에 따라 조금 차이가 있으나, 우리나라의 경우에는 특히, 베란다 또는 옥상에 설치하는 독립형 태양광 시스템이 많이 보급되어 있다. 하지만, 이런 독립형 태양광의 설비들은 기존 건물에 부가적으로 설치되기 때문에 미관상 좋지 않고, 설치 방법에 따라 안전 문제 또는 건축물의 가치를 저하시키는 문제도 발생할 수 있다. 그렇기 때문에, 건물 외장재에 태양광 시스템을 일체시킴으로써 마감재로써 건물에 통합되는 BIPV의 수요가 커지고 있다. BIPV는 설치 부위 및 용도 등에

따라 다양하게 분류할 수 있는데, 특히, 심미적 효과를 더할 수 있는 형태의 BIPV에 대한 수요가 높아지고 있고, 이에 대한 기술개발도 진행되고 있다. 제로에너지건물 의무화가 확대되고 있는 국내 시장에서도 BIPV에 대한 수요는 향후 더 높아질 것으로 전망되고 있다.

가정·건물 부문에서의 신재생에너지로의 전환은 세계적으로 급속히 진행되고 있는데, 반해 재생열에너지에 대한 관심은 상대적으로 미미한 수준이다. 건물 부문은 최종에너지소비의 33%를 소비하는 에너지 다소비 부문으로써,²⁴⁹⁾ 온실가스 배출 저감 목표 달성을 위해서는 건물 부문의 탈탄소화가 필요하고, 특히, 건물 부문의 최종에너지소비 중 3/4 이상을 차지하고 있는 건물 냉난방에서의 탈탄소화 방안에 대한 고민이 필요하다.

상업용 건물의 에너지소비 수준은 일반 건물보다 높지만, 탈탄소화에 대한 논의에서 제외되어 있었다. 재생열에너지 확대를 추진하기 위해 국가별 경제적 환경적 정치적 상황에 따라 재생열에너지 사용에 금전적 인센티브를 주거나 재생에너지 냉난방 목표치를 설정하는 직접정책 혹은 건물 냉난방 화석연료 사용을 금지시키거나 넷제로 배출기준을 설정하는 간접정책을 시행하고 있는 것으로 나타났다.

249) REN21(2020), p.37.

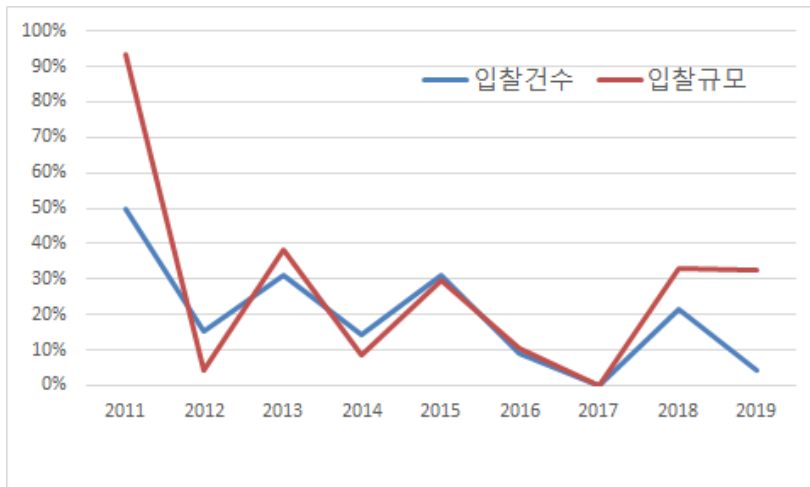
2. 주요 시사점

2.1. 태양광과 풍력 국제 경쟁력 강화

2.1.1. 재생에너지 경매 시장 성장

전 세계적인 재생에너지 보급 방식이 경매로 변화하면서 경매 시장은 매년 성장하고 있다. 대규모 프로젝트 같은 경우 이제 선진국이나 개발도상국이나 입찰을 통해 해외 진출을 피해야 하는 상황이다. 하지만, 신재생에너지협회의 2011년부터 우리나라의 해외 진출 실적을 보면 입찰로 해외 시장에 진출하기보다는 수의계약을 통해 해외 진출을 시도하는 모습을 보이고 있다. 수의계약이 70% 이상을 차지하고 입찰은 건수나 규모면에서 증가하는 추세를 보이지 않고 있다([그림 5-1]).

[그림 5-1] 우리나라 기업 해외 재생에너지 입찰 현황



자료: 한국신·재생에너지협회(2020), 내부자료 활용 저자 작성.

이는 입찰을 통한 진출은 입찰에 대한 정보와 사업 진행에 더 많은 시간과 전문 인력이 필요하지만, 아직 우리 기업들이 역량을 충분히 갖추었다고 보기 어려운 것이다. 앞으로 더욱 경매시장은 성장할 것으로 전망되며 해외 시장진출을 위해서는 국제 경매와 관련 정보 획득, 전문 인력 강화 등 단순한 수의계약 위주의 해외 진출을 시도하려는 노력에서 벗어나야 할 것으로 보인다.

2.1.2. 태양광, 풍력 제3시장 확대

2018년 중반 중국이 태양광 시장에서 보조금 받는 프로젝트에 대한 신규 지원 중단과 FIT 요율을 갑작스럽게 낮춘 정책 변화는 중국이 전 세계 태양광 비중을 고려할 때 시장 전망기관들은 일제히 2018년 태양광 시장을 역성장 할 것으로 예상하였다. 하지만 결과적으로 2018년도 태양광 시장은 성장하였고 2019년과 심지어 2020년 코로나19로 부정적인 영향을 받은 태양광 시장이 지속적으로 성장할 것으로 전망된다. 이러한 성장의 배경은 소위 나머지 시장의 성장이 컸기 때문이다. 이제 어느 특정 국가나 지역에 국한되어 태양광이 주력 신규 발전원이 아니고 전 세계적으로 주력 신규 발전원으로 부상하였다.

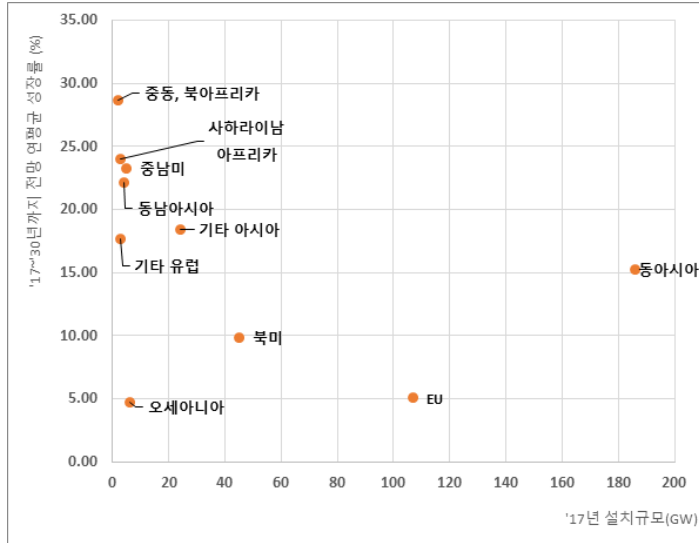
IRENA의 향후 시장 전망을 통해 분석해본 결과,²⁵⁰⁾ 2030년까지 앞으로도 주력 시장인 북미, EU, 동아시아의 태양광과 풍력은 성장하고 큰 시장임에 분명하다. 하지만, 주목할 점은 중동, 북아프리카, 중남미, 기타 아시아, 동남아시아 시장은 이제 보급이 본격적으로 시작되는 단계로 태양광, 풍력의 성장률은 기존 시장보다 월등히 높다는 것이다

250) IRENA(2020), Global Renewables Outlook 전망을 바탕으로 지역별 연평균 성장률을 구하고 성장률을 현재 설치 규모에 따라 나타냄.

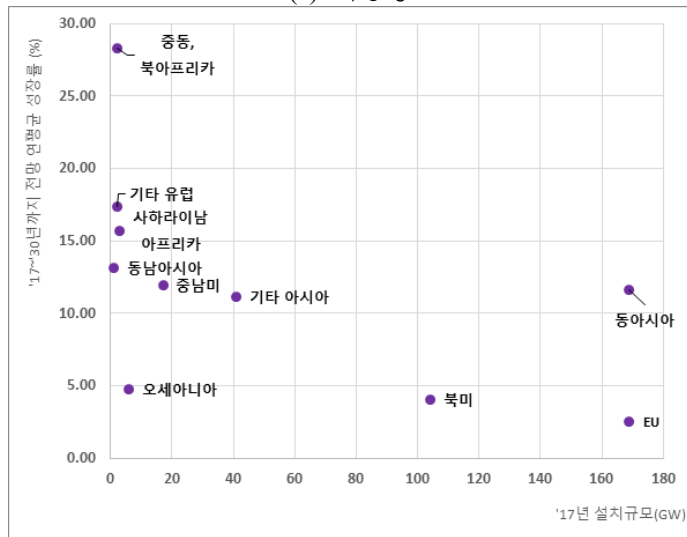
([그림 5-2]). 2030년까지 태양광 기준 잠재 성장률이 20%를 상회하는 지역은 중동, 북아프리카, 사하라이남 아프리카, 중남미, 동남아시아 등이고, 풍력은 성장률이 10% 이상으로 기대되시는 시장은 중동, 북아프리카, 동남아시아 등이다.

이러한 시장의 특징은 개발도상국으로 자국 내 경쟁력 있는 재생에너지 기업은 부족한 상황으로 재생에너지 개발 및 사업 확장에는 해외 기업들의 적극적인 시장참여가 필요한 상황이다. 이제 열리는 시장으로 기존 성숙한 시장보다 사업 기회 면이나 전망이 더욱 좋을 것을 보인다. 따라서 기존 재생에너지 관점에서 성숙한 시장보다는 이제 보급이 시작되는 시장에 대한 관심이 더욱 필요한 시점으로 보인다.

[그림 5-2] 2050년까지 태양광 풍력 지역별 전망



(a) 태양광



(b) 풍력

자료: IRENA(2020d), 데이터 활용하여 저장 작성.

2.1.3. 태양광 가치사슬 유지 및 풍력 가치사슬 구축

우리나라는 태양광 제조업 분야에 경쟁력을 갖춘 가치사슬이 존재했다. 하지만, 잉곳은 2017년부터 국내 기업이 생산을 중단하고 2018년부터는 웨이퍼 생산이 중단되었다.²⁵¹⁾ 2020년에는 OCI를 비롯한 국내 기업들이 폴리실리콘 생산을 중단하면서 태양전지 앞단의 폴리실리콘, 잉곳, 웨이퍼로 이어지는 가치사슬이 약해졌다.

앞으로 태양광과 풍력 시장은 더욱 확대될 것으로 전망되며 현재 우리나라는 태양광 제조 부문에서 경쟁을 유지하고 있는바 약해진 가치사슬은 위험 요소가 될 수도 있다. 우선, 가치사슬 앞단을 중국 기업들이 차지하고 수직계열화함에 따라 가격 협상에서 영향을 받을 수 있다. 그리고 지리적인 공급망 불확실성과 위험이 커질 수 있다. 일본의 수출규제로 반도체 소재, 부품에서 공급선의 특정 국가 의존의 위험성을 익히 경험하였고 이러한 우려가 태양광 부품 소재 부문에서 존재한다. 가치사슬 앞단의 기업이 중국 기업들로 편중되면서 이러한 우려는 더 커졌다. 실제 코로나19로 인해 상반기 중국이 영향이 심하면서 공급사슬에 대한 우려가 제기되었고, 2020년 하반기에는 중국 폴리실리콘 공장의 화재로 폴리실리콘 가격이 급등하는 등 영향을 받았다. 또한, 빠르게 태양광 기술이 발전하고 있는데 기술개발에서 실리콘 계열 태양전지, 모듈에서 앞단의 가치사슬 기업과 협력이 제한되기에 기술개발에서 중국 기업에 뒤처질 수 있다는 우려가 있다. 따라서 태양광 부품 소재, 즉, 태양광 앞단의 가치사슬 복구 및 기술개발에 대한 노력이 필요해 보인다.

251) 한국에너지공단(2019), p.21.

풍력은 우리나라는 소수의 풍력터빈 기업과 중소 부품기업군으로 산업구조가 형성되어 있는 상황으로 국내 공급 가치사슬이 제대로 형성되어 있다고 보기 힘든 상황이다. 향후 우리나라는 해상풍력 중심으로 대규모 보급을 추진하는데 국내 공급의 가치사슬 구축이 필요한 상황으로 비슷하게 해상풍력에 적극적이고 우리나라보다 보급면에서 앞서나가는 대만의 사례는 참고할만하다. 대만과 우리나라는 조선, 철강 등 산업구조가 비슷하며, 해상풍력을 주요 재생에너지 발전원으로 보고 있다는 점에서 유사하다. 또한, 대만은 2020년부터 본격적으로 해상풍력이 상업운전을 개시해 우리보다 개발 진행 속도가 빠르기에, 계획 추진과정에서의 시사점이 크다.

대만의 해상풍력 추진계획에서 자국산 부품 사용 요건과 해외 기업과의 다양한 협력을 참고할 만하다. 대만은 2025년까지 자국 해상풍력 공급망을 구축하고자 자국산 부품 사용을 요구하고 있는데 자국산 부품 사용은 초기에는 간단한 부품에서 시작해 2024년까지 점차 기술집약적인 품목으로 확대하고, 그 이후에도 국내 산업기반 강화를 위한 계획을 추진 중이다. 또한, 대만 정부는 해외 기업들과의 기술협력을 적극적으로 추진하고 있다.²⁵²⁾ 국내와 다르게 터빈회사가 없는 대만의 사례를 국내 실정에 맞게 참고하는 것이 필요해 보인다.

252) 에너지경제연구원(2020c). p.44~46.

2.2. 가정·건물 부문 온실가스 저감 목표 달성

도시로의 인구집중과 급격한 도시화로 인해 도심 인프라 확충과 노후시설에 대한 개선에 대한 수요가 높아지고 있는데, 이에 대응하기 위해 세계 건설 시장은 4차 산업기술을 기반으로 한 스마트 건물로의 전환을 진행하고 있다. 특히, 외벽면, 창호, 냉난방 시스템 등 최신 건축기술과 함께 다양한 신재생에너지 기술 등 첨단 기술이 융합되어 있는 제로에너지빌딩은 미래 도시를 선도하는 새로운 패러다임으로 거론되고 있다. 특히, 제로에너지빌딩은 온실가스 배출이 없는 신재생에너지를 생산하여 스스로 소비하기 때문에, 도시 부문 에너지소비를 줄이고, 온실가스 배출을 저감시킬 수 있어, 기후변화 대응을 위한 전략으로써 제로에너지건물이 주목받고 있다.

각국 정부는 건물 부문 탈탄소화를 위해 제로에너지건물 확대를 추진하고 있으며, 유럽과 미국이 제로에너지건물 시장을 주도하고 있다. 유럽과 미국과 비교하여 국내 제로에너지건물 시장이 크게 성숙하지는 않은 상태이지만, 우리나라도 제로에너지건물에 대한 관심과 보급이 점차 증가하고 있다. 국내 제로에너지건물 확대에 대한 정책적 움직임은 2009년 11월 제로에너지빌딩 의무화 로드맵을 제시하면서 시작되었고, 2020년 제로에너지건물 의무화가 시작되면서 제로에너지 대상 건물과 범위를 단계적으로 강화해 나가고 있다. 그리고, 지난 2018년 6월 정부는 “2030 국가 온실가스 감축 로드맵 수정안”을 발표하였고, 2030년까지 BAU 대비 건물 부문 국가 온실가스 배출량 감축량을 37.2%²⁵³⁾로 계획했다.²⁵⁴⁾ 이 수치는 기존의 18.1%보다 2배 높은 수치

253) 전체 7개 부문 중 가장 높은 BAU 대비 감축률 목표 계획

254) 2030년 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 기본 로드맵 수정안. (2018) p.6.

로, 건물 부문 온실가스 배출 저감에 대한 정부의 의지가 높아진 것을 보여준다.²⁵⁵⁾

전 세계적 탈탄소화, 온실가스 감축을 위해서는 열 부문(50%)의 재생에너지 보급이 필요하지만, 전력 부문과 비교하여 제대로 이루어지지 않고 있어, 건물 부문 재생에너지 활용에 대한 고민이 필요하다. 본 보고서에서는 가정·건물 부문 온실가스 배출 저감 측면에서의 제로에너지건물의 보급 확대와 제로에너지 건물에서의 재생에너지를 통한 전력 및 냉난방 공급을 위한 방안으로 BIPV와 재생에너지에 대한 국제적인 시장과 정책 동향에 대해 알아보았다. 이 보고서의 연구내용을 바탕으로 아래의 4가지 정책적 시사점을 제시하고자 한다.

2.2.1. 친환경 건축 설계 및 에너지효율관리제 도입

국내 건물 부문 탈탄소화를 위한 주요 정책 수단으로써 건물 에너지 효율화를 추진하고 있고, 이를 위해서 에너지 진단사업, 그린 리모델링 등이 활용되고 있다. 하지만, 에너지 진단사업이나 그린 리모델링 같은 기존 건물에 대한 에너지 효율을 높이는 사업은 건물 내부에 보일러나 조명과 같은 일부 기기를 교체하는 등에 국한되어 있어 건물 부문의 온실가스 저감효과가 제한될 수 있다. 또한, 건물을 제로 에너지화하는 과정 전체에서 발생하는 비용에 대한 지원에 대한 논의도 있는데, 이를 위해서는 많은 예산지출이 필요해진다. 그렇기 때문에, 건물의 제로 에너지화도 중요하지만, 그 이전에, 신축건물에 대해서는 건물을 처음 설계하는 단계부터 고효율 에너지건물을 만드는 것이 중요하다. 즉, 건물에서 에너지를 효율적으로 사용하는 이전단계인, 건축을 설계하는

255) 2030년 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 기본 로드맵 수정안. (2018) p.6.

단계에서부터 친환경 설계를 하게 되면, 건물의 에너지 소비를 줄일 수 있고, 동시에 건물을 제로에너지화하는데 드는 비용도 절감할 수 있을 것이다. 예를 들면, 건물에 자연채광이 잘되게 설계하게 되면, 그만큼 조명에 필요한 에너지 소비량이 줄게 되고, LED 조명 설치 및 교체 비용도 저감할 수 있을 것이다.

기존 건물에 대해서는 신재생에너지 보급을 늘리고, 생산된 에너지를 최대한 효율적으로 활용하는 것이 중요한데, 이를 위해서는, 에너지 효율 관리제를 도입·활용하여, 건물을 효율적으로 관리하는 제도를 고민해 볼 필요가 있을 것이다. 에너지 효율 관리제는 건물의 효율이 높은 경우에는 인센티브를 제공하고, 반대로 효율이 낮을 경우에는 과징금을 부과하는 방법으로 건물 에너지가 효율적으로 이루어지도록 유도할 수 있는 제도이다. 에너지 효율 관리제를 보다 효과적으로 운영하기 위해서는 건물 에너지관리사의 육성을 고려해 볼 수 있다. 건물 에너지관리사 제도를 통해서, 건물 부문에서의 지속적인 에너지소비 관리와 함께 신규 일자리 창출도 가능할 수 있을 것이라 추측해 볼 수 있다. 또한, 더욱 효과적인 에너지 효율 관리를 위해, 건물의 규모별로 건물 에너지 효율을 등급화하는 방안에 대해서도 추가로 고려해 볼 수 있을 것으로 생각된다.

2.2.2. 실제 투자자에 대한 인센티브 제공

우리나라에서는 건물 에너지소비와 탄소배출 저감을 위해 재생에너지 설치 의무화, 제로에너지건축물 인증 사업 등 정책적으로 노력하고 있다. 건물 부문에서의 제로에너지 달성을 위해서는 에너지의 효율적 이용이 중요하고, 신재생에너지를 통해 건물에서 필요한 에너지를 공

급하는 것도 필요하다. 신재생에너지 설비를 설치하기 위해서는 비용이 필요한데, 이 비용은 일반적으로 건물의 소유주가 부담하게 된다. 하지만, 건물의 실제 소유주가 건물에 넷제로 투자를 위한 경제적 인센티브가 없는 상황이다. 건물에서의 에너지효율증대 및 신재생에너지 설비 설치비용은 건물주가 부담하지만, 그에 대한 혜택은 건물 소유주가 받지 못하는 구조에서, 건물 소유주는 투자유인이 없다. 오히려, 건물 소유주는 신재생에너지 설비를 설치하지 않을 유인이 존재하는데, 예를 들면, 옥상 태양광 구조물이 강한 바람으로 뜯기면서, 옥상 방수 및 구조물을 훼손시킬 수 있다. 또한, 현재 건물용 냉난방 재생에너지 기술 비용이 여전히 높기 때문에 건물 소유주 입장에서는 건물에 신재생에너지 설비를 설치하고 운영하는데 회의적이다. 그렇기 때문에, 정부의 보조금 정책을 이용하여 초기 신재생에너지 설비 설치에 대한 부담을 줄이고 차차 보조금을 줄이는 방법으로 시장을 먼저 창출하는 것이 중요하다. 이를 위해서는, 건물 소유주에게 실질적인 경제적 인센티브를 제공에 대한 고려가 필요하다.

2.2.3. 대기업-중소기업 상생모델 개발 및 BIPV 경쟁력 확보

국내 태양광 산업은 세계 태양광 모듈 가격 하락과 코로나19로 인한 신재생에너지 수요 감소 등의 악재로 인해 어려움을 겪고 있다. 특히, 태양광 소재·부품을 생산하는 중소기업이나 중견기업의 경우에는 대기업보다 재무 상태나 자금조달 능력이 낮기 때문에, 외부 충격에 취약하고, 기술개발을 위한 인프라도 상대적으로 부족하다.

BIPV 시장 활성화를 위해서는 대기업이 BIPV 제품을 표준화 및 생산을 담당하고, 중소기업은 설계, 시공, 관리 등 부가서비스 분야를 담

당하는 대기업-중소기업 상생 비즈니스 모델에 대한 고민을 할 수 있다. 현재 BIPV 산업은 대량생산 체제보다는 건축 설계에 맞춘 다품종 소량생산 시스템이 중심으로 이루어지고 있다. 하지만, BIPV의 가격 경쟁력 확보를 위해서는 대량생산 시스템이 자리 잡아야 할 것으로 생각한다. BIPV의 대규모 생산을 위해서는 BIPV를 표준화시키는 것이 중요한데, 이를 위해서는 태양광 모듈을 블록화하여 간단한 조립으로 규모가 커질 수 있도록 하는 방안 등에 대한 고민이 필요하다.

또한, 최근 BIPV 시장은 경제성뿐 만 아니라 도시 미관 및 건물의 가치를 높여줄 수 있는 기능도 중요해지고 있다. 그렇기 때문에, BIPV 발전 효율을 높이기 위한 기술개발이 이루어짐과 동시에 좋은 디자인에 대한 개발이 함께 이루어져야 할 것이다.

2.2.4. 건물 냉난방 재생에너지 보조금 제공

전 세계적으로 열 부문에서의 재생에너지 추진실적은 좋지 않은데, 그 주된 이유가 열 부문 재생에너지 설치비용 대비 얻을 수 있는 수익이 크지 않기 때문이다. 다시 말해서, 전력 부문 대비 보조금이 적어 냉난방 재생에너지 설비비용이 높고, 재생에너지 설비 설치에 따른 소비자들의 열에 대한 효용이 그리 높지 않다. 그렇기 때문에, 냉난방 재생에너지 활성화를 위해서는 정부가 건물 냉난방 재생에너지에 대한 보조금을 제공하여 재생에너지 부문 시장을 조성하는 것이 가장 먼저 시행되어야 할 것이다. 정부의 보조금을 통해서, 냉난방 재생에너지에 대한 기술 향상을 달성하고, 기술향상을 통한 성능개선과 비용하락으로 상대적인 설비비용을 감소시키는 것이 현시점에서 중요한 것으로 판단된다. 또한, 설비보조금의 경우, 소비자들은 설치만 하고 운영을

하지 않는 문제가 발생할 수 있기 때문에, 설비보조금과 함께 실제 재생에너지 설비 운영에 대한 운영보조금을 함께 지급하는 방안에도 대해서도 고려해 봐야할 것으로 보인다.

참고문헌

<국내 문헌>

- 관계부처 합동. 2018. 2030년 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 기본 로드맵 수정안.
- 한국신·재생에너지협회. 2020. 신재생에너지 해외진출현황 정보.
- 에너지경제연구원. 2018. 국제 신재생에너지 정책변화 및 시장분석.
_____. 2019. 국제 신재생에너지 정책변화 및 시장분석.
_____. 2020a. 유럽 그린딜의 동향과 시사점.
_____. 2020b. 미 바이든 민주당 대선 후보, 청정에너지 중심의 2조 달러 투자 공약 발표. 세계 에너지시장 인사이트 제20-15호.
_____. 2020c. 영국, 녹색산업혁명 추진을 위한 10대 중점계획 발표. 세계 에너지시장 인사이트 제20-24호.
_____. 2020d. 미 트럼프-바이든, 에너지·환경 정책에서 상반된 입장 유지. 세계 에너지시장 인사이트 제20-21호. pp.23~27.
_____. 2020e. 세계 재생에너지 자국산 부품사용요건 정책에 대한 대응방안 연구.
- 이승언 외. 2017. 제로에너지빌딩 활성화를 위한 제도개선 및 지원방안 연구.
- 이현숙. 2018. 건축기술과 에너지기술의 융합, 제로에너지건축물 활성화 정책동향, 융합연구정책센터.
- 최석인 외. 2020. 2030 건설산업의 미래와 수요 - 대국민/전문가 설문조사 결과. 한국건설산업연구원.

한국건설기술연구원 연구보고서. 2017. 제로에너지건축물 활성화를 위한
제도개선 및 지원 방안 연구.

한국에너지공단. 2019. 2018년 신재생에너지 산업통계(2019년 공표)
_____. 2020a. 2019년 신·재생에너지 보급통계(2020년 공표)
결과 요약.

_____. 2020. 신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침 (신재
생에너지센터 공고 제 2020-5호).

<보도 자료>

산업통상자원부, 보도/해명 자료 2020.11.02.
_____, 보도자료 “2020년 신재생에너지 보급지원사업 공고”.
2020.03.19.

_____, “제5차 신재생에너지 기본계획(2020-2034) 발표”.
2020.12.29.

<외국 문헌>

BNEF. 2018. “3Q 2018 Global PV Market Outlook”
_____. 2019a. “Who supplied the World’s Solar Market in 2018?”
_____. 2019b. “Heat Rodadmap Europe: An Ambition for Low-Carbon
Technology”
_____. 2020a, “Power Transition Trends 2020”
_____. 2020b. “1H 2020 LCOE Update”.
_____. 2020c. “Global Renewable Energy Auctions and Tenders”
_____. 2020d. “3Q 2020 Global Auction and Tender Results and

- Calendar”
- _____. 2020e. “Biggest Ever Solar Auction Leaves Cash Unspent in China.”
- _____. 2020f. “2020 China Solar Auction”
- _____. 2020g. “Covid-19 Green Policy Tracker”
- _____. 2020h. “New Energy Outlook 2020”
- _____. 2020i. “3Q 2020 Global PV Market Outlook”
- _____. 2020j. “Solar Manufacturers’ 2019 Production”
- _____. 2020k. “1H 2020 Offshore Wind Market Outlook”
- _____. 2020l. “Global Wind Turbine Market Shares 2014~2019”
- _____. 2020m. “2019 Global Wind Turbin Market Shares”
- _____. 2020n. “Global Wind Supply Chain Footprint”
- _____. 2020o. “Commercial Building Heat: Big Carbon Savings But Big Cost”
- _____. 2020p. “2020 Germany Energy Transition Outlook”
- _____. 2020q. “Covid-19 Indicators: Clean Power”
- _____. 2020r. “3Q 2020 Global Wind Market Outlook”
- Concerted Action EPBD. 2013. “Implementing the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) - Featuring Country Report 2012”
- Crawley, D. 2009. “Getting to Net Zero”
- Delia D’Agostino et al. 2016. “Development of the NZEBs concept in member states”
- EIU. 2020. “Industry Report Energy, Taiwan, 2nd Quarter 2020”
- Frankfurt School. 2020. “Global Trends in Renewable Energy Investment 2020”

- Index Market Research Report. 2020. “Global BIPV Market Size and Region – Market Industry Analysis, Size, Share, Growth Trends and Forecasts (2019-2026)”
- IEA. 2019a. “World Energy Outlook 2019”
- IEA. 2019b. “2019 Global Status Report for Buildings and Construction”
- IEA. 2019c. “GlobalABC Roadmap for Buildings and Construction 2020-2050.”
- IEA. EBC. 2020. “Zero Energy Buildings”
- IEA. 2020a. “Statistics Report Renewables Information Overview”
- IEA. 2020b. “World Energy Outlook 2020”
- IEA. 2020c. “Global Energy Review 2020”
- IEA. 2020e. “Renewables 2020 Analysis and forecast to 2025”
- IEA. 2020f. “Renewable Energy Market Update”
- IRENA. 2020a. “Renewable Power Generation Costs in 2019”
- IRENA. 2020b. “Renewable Energy and Jobs Annual Review 2020”
- IRENA. 2020c. “The Post-Covid Recovery 2020”
- IRENA. 2020d. “Global Renewables Outlook”
- Masson-Delmontte, V et al. 2018. “Global Warming of 1.5°C” IPCC
- OECD/IPEEC. 2018. “Zero Energy Building Definitions and Policy Activity”
- Paardekooper et al. 2018. “Heat Roadmap Europe 4: Quantifying the Impact of Low-Carbon Heating and Cooling Roadmaps. Aalborg Universitetsforlag”
- REN21. 2020. “Renewables 2020 Global Status Report”
- RE100, 2020. “RE100 Joining Criteria”

_____. 2020. “Annual Report 2019 Annex 2”

Surmeli, A.N., Molenbroek. E.C., Hermelink, A.H., Nabe, C. 2013.
“Nearly Zero Energy Buildings and Off-Site Renewables”

Wood Mackenzie. 2020. “Battle for the future 2020: Asia Pacific power and
renewables competitiveness report”

<웹사이트>

Baker McKenzie 홈페이지,

<https://www.bakermckenzie.com/en/insight/publications/2020/06/outlook-for-us-renewable-energy-projects> (최종접속일: 2020.12.10.)

BNEF 홈페이지,

<https://www.bnef.com/flagships/lcoe> (최종접속일: 2020.11.27.)

BNEF 데이터베이스,

<https://www.bnef.com/interactive-datasets/2d5d59acd9000023?data-hub=5>
(최종접속일: 2020.11.27.)

BNEF 홈페이지, Japan Solar Auction

<https://www.bnef.com/policy/5699> (최종접속일: 2020.11.15.)

BNEF 홈페이지,

<https://www.bnef.com/data-and-tools> (최종접속일: 2020.10.15.,
2020.12.06)

BNEF 홈페이지 기사 “Japan’s Offshore Wind Tender to Lead to Low
Bid Prices.”

<https://www.bnef.com/shorts/8401?query=eyJxdWVyeSI6IkphcGFu4oCZcyBPZmZzaG9yZSBXaW5kIFRlbnRlciB0byBMZWfkIHRvIExvdyBCaWQgUHJpY2VzLiIsInBhZ2UiOjEsIm9yZGVyIjoicmVsZXZh>

bmNlIn0%3D&query=eyJxdWVyeSI6IkphcGFu4oCZcyBPZmZzaG
9yZSBXaW5kIFRlbnRlciB0byBMZWFKIHRvIExvdyBCaWQgUH
JpY2VzLiIsInBhZ2UiOjEsIm9yZGVyIjoicmVsZXZhbmNlIn0%3D
(최종접속일: 2020.10.15., 2020.12.06.)

Buildings Performance Institute Europe (BPIE) 홈페이지

http://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/09/BPIE_factsheet_nZEB_definitions_across_Europe.pdf (최종접속일: 2020.10.15.)

C40, Media – Oslo and Heidelberg Commit to Make New Buildings
“Net Zero Carbon” by 2030

https://www.c40.org/press_releases/oslo-heidelberg-net-zero-buildings (최
종접속일: 2020.11.15.)

ConstructionDive 홈페이지

[https://www.constructiondive.com/news/report-global-net-zero-energy-bui
lding-market-to-reach-14t-by-2035/433521/](https://www.constructiondive.com/news/report-global-net-zero-energy-building-market-to-reach-14t-by-2035/433521/) (최종접속일:
2020.07.05.)

EU – Build Up 홈페이지. EPBD Implementation in France

[http://www.buildup.eu/sites/default/files/content/CA3-National-2012-Fran
ce-ei.pdf](http://www.buildup.eu/sites/default/files/content/CA3-National-2012-France-ei.pdf) (최종접속일: 2020.11.15.)

European Commission 홈페이지

https://ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe_en (최종접속일:
2020.12.10.)

IEA 홈페이지,

<https://www.iea.org/policies/6563-japan-solar-pv-auctions> (최종검색일,
2020.11.15.)

IEA, The Critical Role of Buildings

<https://www.iea.org/reports/the-critical-role-of-buildings> (최종접속일: 2020.07.06.)

IEA - Heat Pumps.

<https://www.iea.org/reports/heat-pumps> (최종접속일: 2020.10.15.)

IEA Solar Heating & Cooling Programme, Solar Heat Worldwide 2020.

<https://www.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/2020-07-Solar-Update-Newsletter.pdf> (최종접속일: 2020.10.15.)

Journal de l'environnement 홈페이지 - Bâtiments basse consommation: la France se fixe un cap ambitieux

<https://www.journaldelenvironnement.net/article/batiments-basse-consommation-la-france-se-fixe-un-cap-ambitieux,18015> (최종접속일: 2020.11.15.)

KfW 홈페이지

<https://www.kfw.de/kfw.de.html> (최종접속일: 2020.11.01.)

OECD Library

https://www.oecd-ilibrary.org/energy/renewable-energy/indicator/english_aac7c3f1-en OECD Library(최종접속일: 2020.12.20.).

Plan Bâtiment Durable 홈페이지.

http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/140612_dossier_de_presse_bepos_2020_colloque_vfd.pdf (최종접속일: 2020.11.15.)

PV Magazine 기사,

<https://www.pv-magazine.com/2020/01/27/japans-fifth-solar-auction-delivers-final-lowest-price-of-0-10-kwh/> (최종검색일, 2020.11.15.)

RE100 홈페이지,

<https://www.there100.org/re100-members> (최종접속일: 2020.11.15.)

The Climate Group 홈페이지,

<https://www.theclimategroup.org/our-work/press/long-term-climate-strategy-not-impacted-covid-19-says-global-business-governments> (최종접속일: 2020.12.10.).

동아일보 기사

<http://www.donga.com/news/article/all/20200211/99646666/1> (최종접속일: 2020.10.15.)

매일경제 기사

<https://www.mk.co.kr/news/economy/view/2020/02/196754/> (최종접속일: 2020.10.15.).

서울경제 기사

<https://www.sedaily.com/NewsView/1YYUU21JF0> (최종접속일: 2020.10.15.)

연합뉴스 기사,

“SK하이닉스·텔레콤 등 SK 8개사, RE100 가입한다…국내 처음”
<https://www.yna.co.kr/view/AKR20201101023300003?input=1179m> (최종검색일, 2020.11.15.)

에너지포스트 홈페이지,

<https://energypost.eu/germanys-corona-stimulus-package-whats-in-it-for-energy-climate/> (최종접속일: 2020.12.10.)

제로에너지빌딩 인증시스템 홈페이지, ‘제로에너지건축 의무화 세부로드맵 개편(안)

https://zeb.energy.or.kr/BC/BC02/BC02_02_001.do (최종접속일: 2020.10.14.)

한국무역협회 홈페이지,

<https://www.kita.net/cmmrcInfo/cmmrcNews/overseasMrktNews/overseasMrktNewsDetail.do?type=0&nIndex=1801993> (최종접속일: 2020.12.10.)

한국에너지공단. 수요관리 국내이슈 - 제로에너지건축물 (ZEB) 인증제도 시행.

http://www.energy.or.kr/web/kem_home_new/energy_issue/mail_vol55/pdf/issue_158_01_02.pdf (최종접속일: 2020.11.10.)

한국에너지공단 홈페이지, 설치의무화

https://www.knrec.or.kr/business/install_intro.aspx (최종접속일: 2020.10.01.)

한국에너지공단 홈페이지, 지역지원사업

https://www.knrec.or.kr/business/area_intro.aspx (최종접속일: 2020.10.02.)

한국에너지공단, ‘신재생에너지설비 KS인증’

https://www.knrec.or.kr/business/ks_serach.aspx (최종검색일: 2020.10.04.)

조 일 현

現 에너지경제연구원 부연구위원

<주요저서 및 논문>

이승문·조일현, 『국제 신재생에너지 정책변화 및 시장분석』, 기본연구보고서 19-21, 에너지경제연구원, 2019

이 재 석

現 에너지경제연구원 부연구위원

기본연구보고서 2020-27

국제 신재생에너지 정책변화 및 시장분석

2020년 12월 30일 인쇄

2020년 12월 31일 발행

저 자 조 일 현 · 이 재 석

발행인 조 용 성

발행처 에너지경제연구원

44543 울산광역시 중가로 405-11

전화: (052)714-2114(代) 팩시밀리: (052)714-2028

등 록 제 369-2016-000001호(2016년 1월 22일)

인 쇄 (사)한국척수장애인협회 디지털인쇄사업소

©에너지경제연구원 2020

ISBN 978-89-5504-805-6 93320

* 파본은 교환해 드립니다.

값 7,000원

본 연구에 포함된 정책 대안 등 주요 내용은 에너지경제연구원의 공식적인 의견이 아닌 연구진의 개인 견해를 밝히 둡니다.



에너지경제연구원

(44543) 울산광역시 중구 종가로 405-11(성안동, 에너지경제연구원)
전화 : 052)714-2114 팩스 : 052)714-2028 www.keei.re.kr

값 7,000원



ISBN 978-89-5504-805-6