



WWF

KOREA



탈탄소 사회 구축을 위한 재생에너지 활성화 방안 I:

해외 동향

**WWF (World Wide Fund for Nature
세계자연기금)**

WWF는 1961년 설립된 세계 최대 비영리 국제 자연보전기관으로 전 세계 100여 개 국가에서 500만 명의 후원자와 3,000만 명의 서포터즈와 함께 활발히 활동하고 있습니다. WWF는 지구의 자연환경이 파괴되는 것을 막고, 사람과 자연이 조화를 이루며 살아가는 미래를 만들어가고자 합니다. 이를 위해 생물다양성을 보전하고, 재생 가능한 자연자원을 지속가능하게 사용할 수 있도록 이끌고 있습니다. 또한, 불필요한 소비와 환경오염을 줄이는 인식 개선 활동에도 힘쓰고 있습니다. WWF-Korea(세계자연기금 한국본부)는 2014년 공식 설립되었습니다. 자세한 내용은 wwfkorea.or.kr 에서 확인할 수 있습니다

보고서 정보

이 보고서는 WWF의 기후·에너지 프로그램의 일환으로, 2050 Net-zero 달성을 위한 국내 산업의 탈탄소 전략 수립 및 재생에너지 사용 확산을 위해 해외 정책 및 동향 등에 대한 연구를 담고 있습니다.

제목: 탈탄소 사회 구축을 위한 재생에너지 활성화 방안 I : 해외 동향
발행인: 홍윤희
발행처: WWF-Korea(세계자연기금 한국본부)
발행일: 2023년 3월

연구기관: PwC컨설팅
WWF 참여진: 박승효, 조윤진

디자인: 베스트셀러바나나
표지 사진: © WWF-US / Keith Arnold

본 보고서 전체를 복제하거나 일부 복제 및 배포하는 경우 아래 인용 표시를 참고하여 출처를 표기하고 위에 열거된 기구에 저작권이 있음을 고지해야 합니다.

인용 표시: 탈탄소 사회 구축을 위한 재생에너지 활성화 방안 I : 해외 동향
© Text and graphics 2022 WWF-Korea
All rights reserved



목차

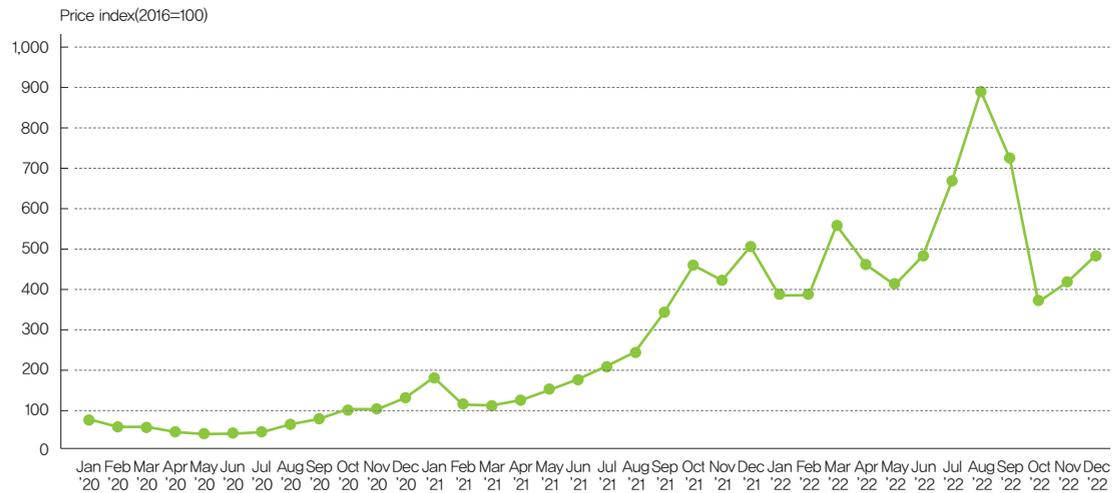
들어가며	3
1. 연구배경	
1.1. 글로벌 정책 동향	5
1.2. 국내 정책 동향	11
1.3. 글로벌 기업 동향	14
1.4. 국내 기업 동향	
2. 재생에너지의 경제성 분석	22
3. 주요국 유형별 재생에너지 관련 정책 동향	29
3.1. 주요 지원 제도에 대한 설명	
3.2. 선정기준	58
3.3. EU 주요국: 독일, 덴마크, 프랑스	64
3.4. 제조업 중심국: 일본, 대만	70
3.5. 주요 교역국: 미국, 중국, 베트남	72
4. 주요국 유형별 재생에너지 관련 정책 동향	73
5. Appendix	
6. 참고문헌	

들어가며

2022년 겨울, 대한민국은 전례 없는 난방비 요금 인상을 직면했다. 이른바 '난방비 폭탄'이라는 표현이 어울릴 정도로 급격히 인상된 난방비로 인해 각 가정과 일터에선 적잖은 부담을 지게 되었다. 2022년 네 차례의 인상을 거친 도시가스 요금은 전년 동 기간에 비해 38.5% 이상 올랐고, 여기에 기록적인 한파가 닥치면서 가정별 난방 수요가 증가하는 바람에 난방 요금의 인상으로 인한 부담은 더욱 가중되었다. 이와 같은 현상의 주 원인은 도시가스의 주 원료인 LNG 수입 가격의 지속적인 인상에서 찾을 수 있다. 러시아-우크라이나 전쟁의 여파로 LNG 수입 물량이 제한되면서, 2022년 국내 LNG 수입액은 전년 대비 2배나 증가한 62조원을 기록했다.

사실 이와 같은 에너지난은 러시아-우크라이나 전쟁의 시작과 함께 일찌감치 예견된 일이었다. 러시아산 LNG 수입에 의존하던 유럽 국가들은 2022년 러시아산 천연가스 공급 중단 이후 우리보다 이른 시점에 에너지 대란을 직면한 상태였다. 독일은 공공건물의 난방을 제한하고 프랑스, 영국을 비롯한 주요국들은 전기와 가스 요금을 잇따라 인상했다. 심지어 아일랜드와 독일에선 쌀감용 장작까지 찾는 등 에너지 공급 대란은 실제 생존과 직결된 이슈로 부상했다.

그림 1: 국제 천연가스 물가 지수 (Source: Statista, Global Energy Prices)



이와 같이 전세계적으로 에너지 안보 이슈가 부각됨에 따라 재생에너지와 같은 대체에너지원의 확보에 대한 관심이 증대되고 있다. 그에 반해 한국의 재생에너지 발전량은 매우 미미한 상태이며 해당 이슈에 대한 사회적 관심도 역시 현저히 낮은 편이다. 재생에너지 선도국가인 독일과 덴마크에 한참 뒤진 것은 물론이고, 상대적으로 후발주자로 분류되는 중국과 일본에도 뒤처지고 있는 형국이다.

따라서 본 보고서를 통해 이와 같은 차이를 야기한 정책적 차별성이 무엇인지를 연구하고자 한다. 우선 재생에너지로의 전환과 관련된 글로벌 정책 동향과 더불어 주요 기업들의 동향을 살피고자 한다. 그리고 현 시점에서 대한민국의 재생에너지 보급 관련 실태를 짚고 넘어갈 것이다. 그 다음엔 대한민국의 재생에너지 정책 제언에 참고할 국가들을 선정하여, 각국의 전력 수급 실태 및 정책들을 분석할 것이다. 마지막으로 주요국 정책 분석을 바탕으로 대한민국의 효과적인 재생에너지 보급을 위한 정책적 개선방안을 제언하고자 한다.



© WWF-Vietnam / Denise Stilley



제1장 배경

© naturepl.com / Paul Williams / WWF

1. 연구배경

1.1. 글로벌 정책 동향

2015년 12월, 파리에서 개최된 제21차 유엔기후변화협약 당사국 총회(COP21)의 결과, 신(新)기후체제의 출범을 알리는 역사적인 기후변화협약이 체결되었다. 협약의 주요 목표는 “산업화 이전 대비 지구의 평균 온도 상승 폭을 2°C보다 현저히 낮은 수준으로 유지하고, 1.5°C를 넘지 않도록 노력하는 것”으로 요약할 수 있으며, 195개의 당사국이 이에 동참하기로 합의했다. 또한 이른바 “1.5°C 목표”를 달성하기 위해 각 국은 온실가스 감축목표(Nationally Determined Contributions, NDC)를 설정하고 제시할 의무를 지게 되었으며, 우리나라도 2021년 9월에 탄소중립기본법 제정을 통해 2050 탄소중립 목표를 법제화하였다.

주요국들은 특히 2050년을 목표년도로 설정한 탄소중립 선언을 잇따라 발표했는데, 이는 2018년 UN 산하 기후변화에

관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)에서 발간한 ‘1.5°C 보고서’에서 파리협약의 목표를 달성하기 위해 ‘2030년까지 이산화탄소 배출량을 2010년 대비 최소 45% 감축하고, 2050년까지 탄소중립에 도달해야 한다’는 권고에 따른 것이다.

2050년 탄소중립을 달성하기 위해서는 전력, 난방, 산업공정, 수송 등 여러 부문에서의 온실가스 배출 감축이 필요한데, 특히 전력 부문에서의 감축을 강조하는 목소리가 높아지고 있다. 국제에너지기구(International Energy Agency, IEA)가 제시한 탄소중립 시나리오에 따르면, 2050년 탄소중립에 도달하기 위해선 재생에너지에 의한 공급을 비약적으로 확대시키는 동시에 석유, 석탄, 천연가스 등 화석연료에 대한 공급 의존도를 축소시켜야 한다(그림 3, 4).

그림 2: 탄소중립 선언 국가 (Source: National Public Utilities Council, DECARBONIZATION Race to Net Zero: Carbon Neutral Goals by Country)

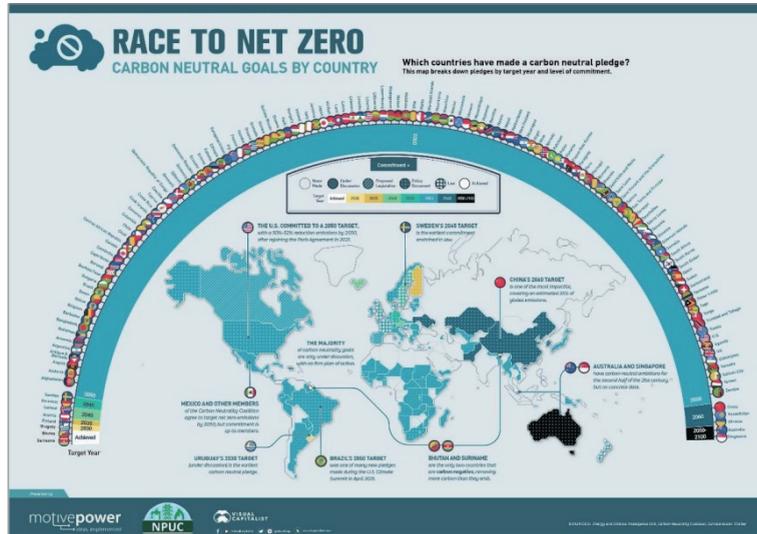


그림 3: 탄소중립 시나리오 에너지 공급량 (Source: PwC, Data: IEA)

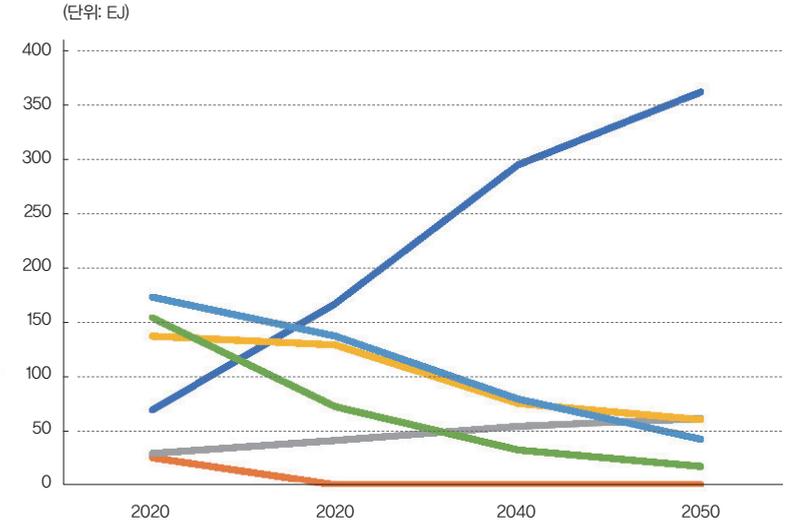
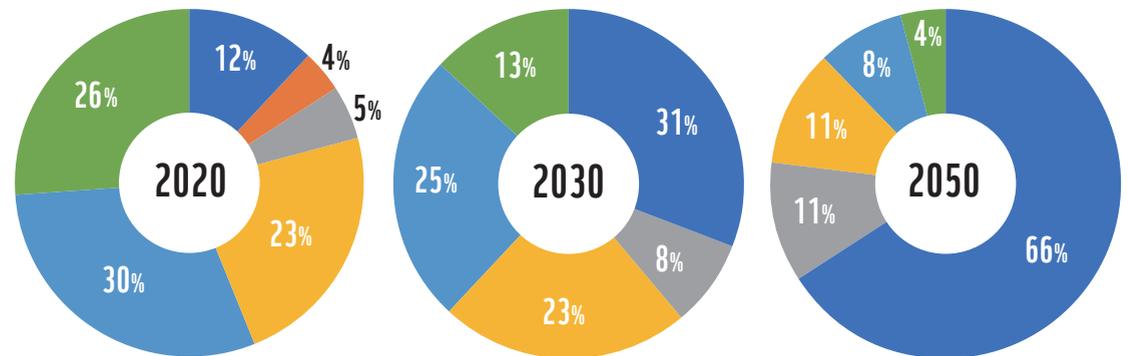


그림 4: 탄소중립 시나리오 에너지 공급 비율 (Source: PwC, Data: IEA)

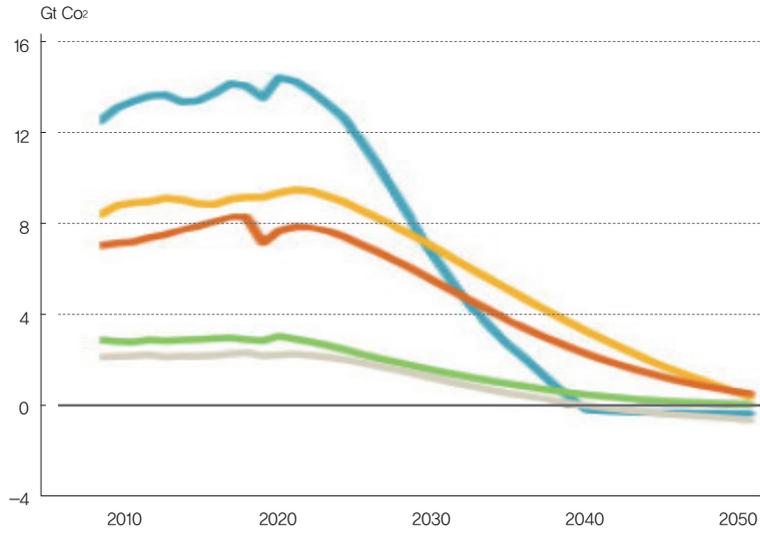


아울러 글로벌 탄소배출의 가장 큰 비중을 차지하는 전력 부문에서의 배출 감축이 필수적인데, 2030년까지 전력 부문의 탄소배출을 50% 이상 감축해야 2050 탄소중립 달성이 가능해진다(그림5).

그러나 전력에 대한 수요는 갈수록 증대할 것으로 전망됨에 따라, 이를 충족하기 위한 발전 설비용량 확대가 불가피한 상황이다(그림 6, 7).

그림 5: 탄소중립 시나리오 에너지 부문별 감축 시나리오 (Source: IEA, World Energy Outlook 2022)

- 범례
- 전력
 - 산업
 - 운송
 - 건물
 - 기타



글로벌 탄소배출의 가장 큰 비중을 차지하는 전력 부문에서의 배출 감축이 필수적인데, 국내외 Net-Zero 관련 정책 및 규제가 강화되고 있어 국내 기업의 선제적 대응이 필요한 상황이다.

그림 6: 글로벌 발전설비 용량 전망 (Source: IEA, World Energy Outlook 2022)

- 범례
- 태양광
 - 바이오에너지 및 폐기물
 - 소수 및 암모니아
 - 천연가스
 - 풍력
 - 기타 재생에너지
 - 화석연료(CCUS 포함)
 - 석유
 - 수력
 - 석탄(CCUS 포함)
 - 전지

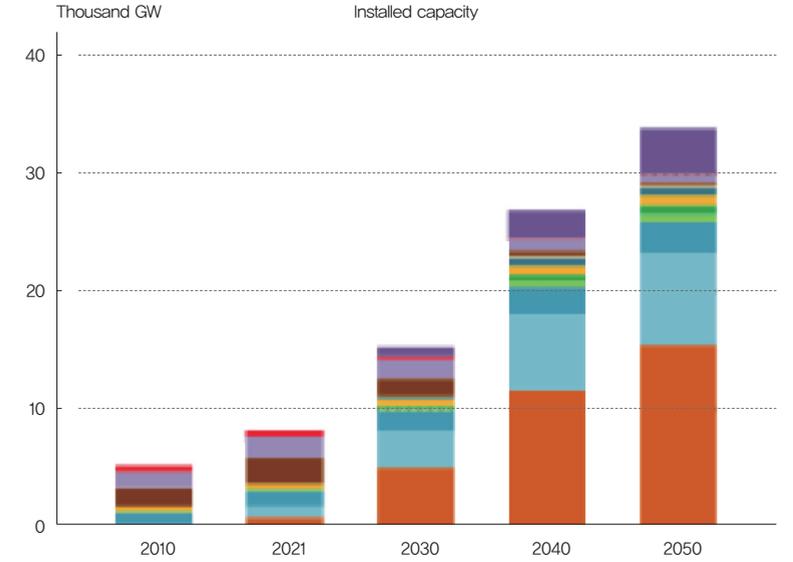
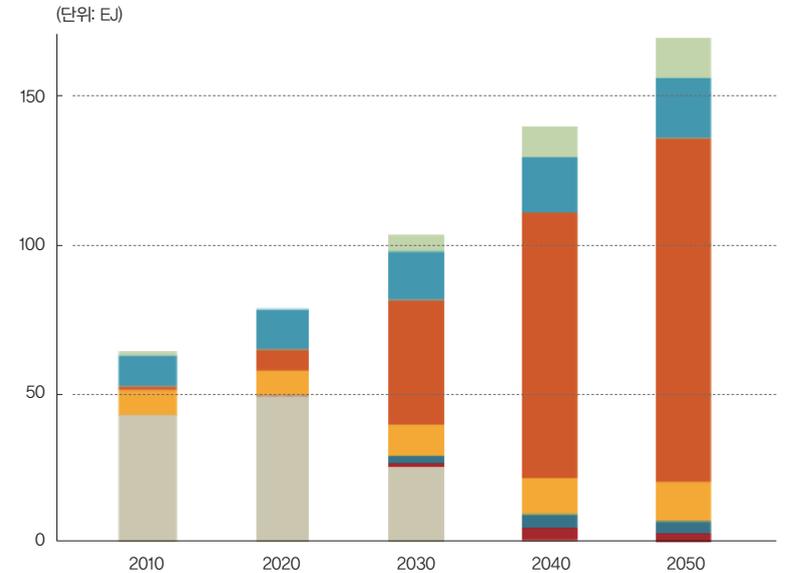


그림 7: 글로벌 전력 수요 (Source: IEA, World Energy Outlook 2022)

- 범례
- 화석 연료
 - 화석 연료(CCUS 포함)
 - 수소
 - 원자력
 - PV 및 풍력
 - 풍력
 - 기타 재생에너지



따라서 늘어나는 전력 수요를 감당하는 동시에 탄소배출 감축을 달성하기 위해서는 재생에너지 발전 확대가 반드시 필요한 시점이다. IEA의 2050년 넷제로 시나리오에 따르면 태양광 및 풍력 중심의 발전량 확대를 통한 전력 수급이 이루어져야 하며, 전력 생산 부문 외에 건물, 산업 및 수송 부문에서도 재생에너지 도입 확대를 통해 탄소배출 감축을 도모할 수 있다(그림 8, 9).

그림 8: 탄소중립 시나리오 발전원별 전력 발전량 (Source: IEA, World Energy Outlook 2022)

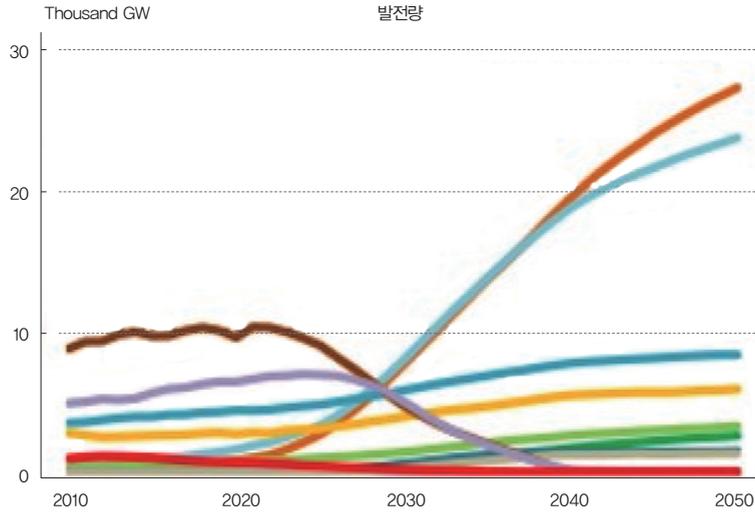


그림 9: 탄소중립 시나리오 부문별 재생에너지 도입을 통한 기대 감축 효과 (Source: IEA, World Energy Outlook 2022)

범례
 화석연료(CCS제외)
 기타 저탄소
 재생에너지(간접 감축 효과)
 재생에너지(직접 감축 효과)



이와 같이 재생에너지 전환의 필요성을 실감한 유럽 및 북미 등 주요국들은 재생에너지 발전을 위한 정책들을 다음과 같이 제시해왔다(표1).

주요국들은 재생에너지 전환과 관련하여 상이한 정책 기조를 보이고 있다. EU는 러시아-우크라이나 전쟁을 기점으로 에너지 공급의 안정화가 최대 이슈로 떠오름에 따라, 재생에너지로의 전환을 가속화하는 정책들을 연달아 제시하고 있다. 아울러 중국, 인도 등 제조 신흥국들을 견제하기 위해 탄소배출 규제를 강화하며 탈탄소 전력원 확보를 더욱 강조하는 추세이다. 미국은 바이든 행정부 수립과 함께 파리기후협약으로의 복귀를 선언한 이후, 인플레이션 감축법(Inflation Reduction Act, IRA)을 통과시키며 뒤늦게나마 친환경 사업에 대한 적극적인 인센티브 제공에 나섰다. 한편 중국은 탄소배출량 1위국이라는 오명을 벗기 위해 태양광 에너지의 적극적인 보급에 나섰다며, 나아가 재생에너지 발전 산업의 밸류체인 장악을 위해 정부 차원에서 지원을 아끼지 않고 있다. 이에 반해 대한민국의 재생에너지 관련 정책 기조는 상대적으로 방향성이 모호하게 설정되었다는 평가를 받고 있는데, 해당 내용에 대한 자세한 서술은 하단에서 이어서 하기로 한다.

표 1: 주요국 전력 공급 관련 정책 동향 (Source: PwC)

EU	Fit for 55	<ul style="list-style-type: none"> 2030년까지 탄소배출량을 1990년 대비 55% 감축하기 위한 입법안 패키지: 배출권거래제 개편, 탄소국경조정제도(CBAM) 도입, 재생에너지 사용 확대 등에 관한 내용 포함 2030년까지 재생에너지원 사용 비중 목표를 기존 32%에서 40%로 상향 설정
	Repower EU	<ul style="list-style-type: none"> LNG를 비롯한 러시아산 수입 화석연료에 대한 의존도를 축소하기 위한 에너지 계획: 에너지 절약, 에너지 수입국 다변화, 재생에너지 보급 확대 등에 관한 내용 포함 2030년까지 전체 에너지 소비 중 재생에너지 비중 45% 달성 목표 제시
미국	Inflation Reduction Act	<ul style="list-style-type: none"> 미국의 에너지 안보와 기후위기 대응을 위한 집중적인 재정 투입 법안: 에너지 안보 및 기후변화 대응에 세액공제 형태로 \$3,690억 투입 계획 친환경 에너지 기술 개발을 촉진하기 위한 세금 공제 및 인센티브 확대, 에너지 및 기후 관련 프로그램에 필요한 자금 조성
영국	Energy Security Strategy	<ul style="list-style-type: none"> 에너지 독립성을 제고하기 위해 에너지 고비용과 수입 의존 문제 해결을 강조한 전략: 에너지 요금 지원, 에너지 효율화, 재생에너지 전략, 원자력 전략, 수소 전략, 석유 및 가스 전략 포함 해상풍력을 중심으로 2023년까지 재생에너지 발전용량을 15%이상 증대한다는 계획 제시
한국	재생에너지 14.5 계획	<ul style="list-style-type: none"> 재생에너지로의 전환을 가속화하기 위해 2025년까지 재생에너지 연간 발전량 3,300TWh 달성, 태양광 및 풍력 발전 설비 규모 1200GW 이상 달성 등의 목표 제시
일본	그린 성장전략	<ul style="list-style-type: none"> 중장기 경제성장의 동력을 발굴하고 탄소중립을 달성하기 위한 14개 중점사업 제시: 해상풍력, 소형모듈원전, 수소, 암모니아, 합성메탄
G7	2023년 탈탄소 전력의 주력 전환화 선언	<ul style="list-style-type: none"> 2035년까지 재생에너지를 비롯한 탈탄소 전력의 주력 전환화 목표를 선언

1.2. 국내 정책 동향

현재 대한민국의 전력수급은 석탄, LNG 등 화석연료와 원자력 발전에 크게 의존하고 있다. 2021년 기준 총 발전량 576,809 GWh 중 재생에너지 발전량은 35,421 GWh로, 총 발전량의 6.1%를 차지하고 있다. 이 비중은 OECD 평균인 30%에 비하면 현저히 낮은 수준이다. 재생에너지원별 비중을 살펴보면 <그림11>에 나온 바와 같이 재생에너지 발전량의 대부분을 태양광 발전(62%)이 차지하고 있는데, 기술집약도가 낮은 태양광 발전을 중심으로 재생에너지 보급이 이루어지는 모습을 확인할 수 있다.

그림 10: 대한민국 2021년 전력발전원별 비중 (Source: PwC, Data: 전력통계정보시스템, 전력수급)

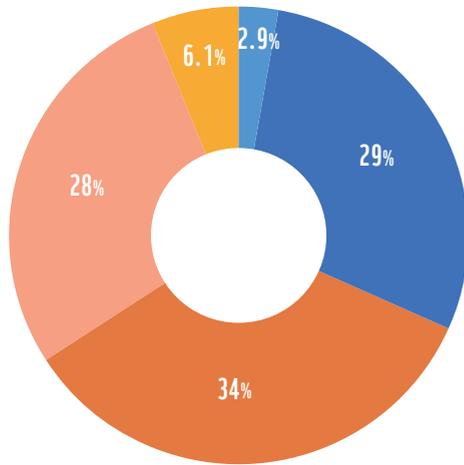


그림 11: 대한민국 2021년 재생에너지원별 비중 (Source: PwC, Data: 전력통계정보시스템, 전력수급)

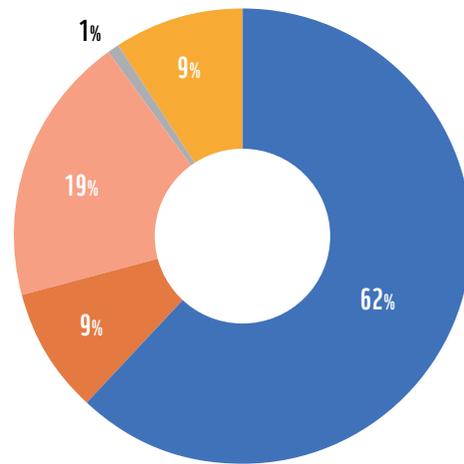


그림 12: 2030년 전력발전원별 비중 (Source: PwC, Data: 산업통상자원부, 제10차 전력수급기본계획 (2022~2030))

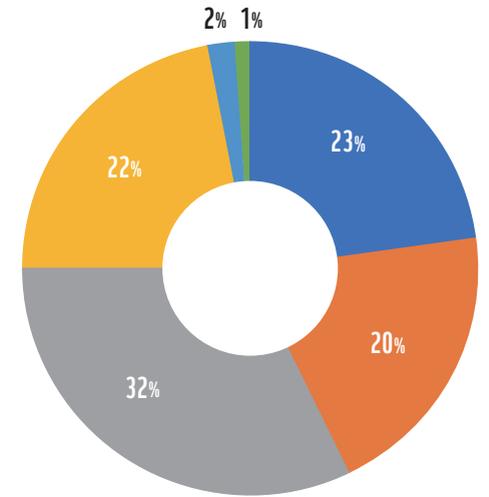
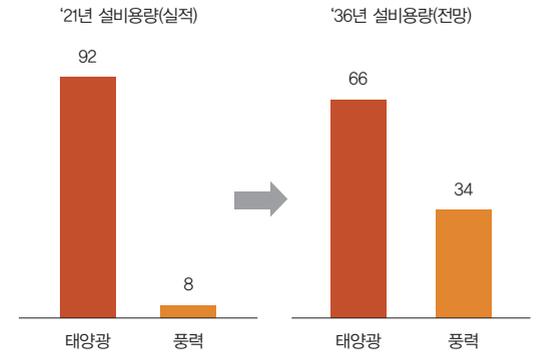


그림 13: 재생에너지 믹스 개선 계획 (Source: PwC, Data: IEA, Levelised cost of electricity calculator)



현 정부는 2023년 1월 확정된 10차전력수급계획을 통해 2030년 전력 믹스 계획 발표했다. 해당 계획에선 신재생에너지¹⁾ 발전 비중의 목표치를 21.6%로 제시했다. 이는 9차 전력수급기본계획(20.8%)에 비해 증가했으나, NDC 상향안(30.2%)에 비해 상당히 축소된 목표이다. 특히 기존 발전비중의 약 28%를 차지하는 원자력의 비중을 32%로 확대하는 계획이 포함되어 있어, 원전 비중을 축소하는 글로벌 정책동향과 상반되는 모습을 보이기도 한다.

아울러 동 계획에서 기존의 태양광과 풍력 발전의 설비용량 비율을<그림 13>에 나온 바와 같이 92:8('21년 실적)에서 60:40('36년 전망)으로 개선하겠다는 계획을 발표했다. 이는 재생에너지 발전원별 불균형을 개선하겠다는 의지를 표명한 것으로 볼 수 있다. 앞서 지적한 바와 같이 기술집약도가 낮아 개발이 용이한 태양광 중심의 재생에너지 보급에서 벗어나 태양광과 풍력의 균형 있는 보급을 추진하겠다는 내용이 포함되어 있다.

1. 신재생에너지: 재생에너지와 더불어 신에너지(연료전지, 수소 등)까지 포괄한 개념

한국의 10차 전력수급기본계획이 발표된 이후, RE100 (Renewable Energy 109%) 대표 마이크 피어스는 동 계획에 포함된 재생에너지 목표 축소에 대한 우려를 담은 서한을 대통령에게 보냈다. 마이크 피어스는 2030년 재생에너지 발전비중 목표치를 30%에서 21.6%로 축소된 행보에 대해 '상당한 역주행'이라 평가하면서 2050년 탄소중립 달성을 위해 재생에너지 도입 목표를 상향할 것을 권고했다. 아울러 RPS 비율의 하향 설정에 대한선 증가하는 재생에너지 수요를 충족하는 데에 도움이 되지 않는다고 평가했다. 따라서 국내 재생에너지 공급을 확대하기 위해 전력량에 대한 평등한 접근과 재생에너지 발전에 대한 공정한 보상을 보장할 것을 촉구했다.

이와 같이 10차 전력수급기본계획에 대한 우려의 시선이 제기된 것은 국내 재생에너지 관련 정책의 방향성이 모호하게 설정된 탓도 있다. 앞서 서술한 바와 같이 주요국들은 재생에너지 관련 정책들을 명확한 기조 하에 추진하는 반면, 우리 정부는 재생에너지를 막연히 확대하겠다는 원론적인 입장만 내세울 뿐 차별화된 전략 방향을 제시하지 못하고 있다. 더군다나 10차 전력수급 계획에 2030년까지 원전 비중을 확대한다는 내용이 포함되어 있어, 에너지 전환 정책의 일관성에 대한 의문이 끝없이 제기되는 상황이다. 재생에너지 도입은 더 이상 먼 미래의 얘기가 아닌 지금 당장의 생존과 직결되는 문제이다. 따라서 정부의 에너지 관련 정책은 보다 책임감 있는 태도를 기반으로 구체적인 기조를 제시하며 추진되어야 할 것이다.



© McDonald Mirabile / WWF-US

1.3. 글로벌 기업 동향

재생에너지 도입 확대 움직임은 비단 정부 차원에만 국한된 것 아니라, 글로벌 기업들에게서도 볼 수 있는 모습이다. 각국의 탄소중립 선언에 따라 기업의 온실가스 배출에 대한 규제 역시 강화되는 추세를 보이고 있다. 기업들은 이에 대응하기 위해 자체적으로 탄소중립 목표를 설정하고 구체적인 감축방안의 수립에 나섰다. 특히 Scope 2² 부문 온실가스 감축의 핵심 수단으로 재생에너지 도입이 주목받고 있다. 글로벌 기업들은 일찌감치 전력 소비 단계에서의 온실가스 배출 감축을 위해 RE100 캠페인³에 적극적으로 참여해왔다. 실제 RE100 참여 기업들은 온실가스 관리를 재생에너지 전력 도입의 주요 동기로 꼽은 만큼⁴, 온실가스 규제 대응과 재생에너지 도입은 더 이상 기업들에게 있어 마냥 외면하기 힘든 이슈가 되었다.

더불어 지속가능한 경영 전략의 수립이 기업의 브랜드 차별화 요소로 부상함에 따라, 글로벌 기업들은 친환경 브랜드로서의 포지셔닝을 굳히기 위해 RE100 캠페인에 적극적으로 참여해왔다. 특히 구글이나 애플 등의 기업은 국가 차원에서 설정한 목표보다 과감한 RE100 목표를 제시하는 등 재생에너지 도입 확대에 선제적으로 움직이는 모습을 보이고 있다. 이는 주요 기업들이 글로벌 시장에서 소비자들의 의사결정에 영향을 끼칠 수 있는 주요 요소 중 하나로 친환경적 브랜드의 구축에 주목했기 때문이다. 글로벌 시장의 선도기업들이 능동적으로 RE100 캠페인에 참여하면서 새로운 경쟁 질서가 형성된 만큼, 이에 민첩하게 대응하지 못하는 기업들은 글로벌 무대에서 자연스럽게 도태될 수밖에 없을 것이다.

2. Scope 2 온실가스: 전력, 스팀 등 기업이 사용한 에너지원 생산에서 배출된 온실가스
 3. RE100: 2014년 영국 런던의 다국적 비영리 기구 '더 클라이밋 그룹'에서 시작된 자발적 캠페인. 기업이 필요한 전력량의 100%를 태양광이나 풍력 등 친환경 재생에너지를 통해 발전된 전력으로 사용하겠다는 기업들의 자발적인 글로벌 재생 에너지 이니셔티브
 4. RE100 Annual Report 2019

표 2
글로벌 기업 RE100 참여 동향
(Source: PwC) Sour

기업명	KERING	Google	Apple	Unilever	NISSIN
RE100 현황	2022년 RE100 달성 목표	2017년 RE100 달성 목표	2018년 RE100 달성 목표	2019년 5개 대륙 RE100 달성 목표	2030년 RE100 달성 목표
RE100 달성 경로	<ul style="list-style-type: none"> 국내 생산 친환경 전기사용 Energy Attribute Certificates 구매 	<ul style="list-style-type: none"> 24x7 탄소 배출 제로 직접 및 가상 PPA 계약 상쇄 방식의 재생에너지 PPA 재생에너지 요금제 (Green Tariff) 	<ul style="list-style-type: none"> 자가설비(태양광, 바이오가스) 전력구매계약 인증서 구매 	<ul style="list-style-type: none"> 전력구매계약 인증서 구매 로컬 재생에너지 공급자로부터 구매 자가발전 증가 	<ul style="list-style-type: none"> 태양광 패널 설치 계획 Green Food Challenge: 전반적인 비즈니스 활동에서 CO2 배출량 감축 에너지 절약 활동

1-4 국내 기업 동향

국내 주요 기업들 또한 글로벌 트렌드에 발맞추어 RE100 캠페인에 동참하고 있다. 기업의 지속가능한 경영이 강조되는 사회적 분위기에 따라 투자자들이 기업의 재생에너지 도입을 요구하는 것은 물론, 공급망 협력 업체들에게도 재생에너지 도입을 요구하는 경우가 증가하고 있다. 일례로 애플은 공급망 업체들에게 100% 재생에너지 사용 달성을 요구한 바 있으며, 대한상공회의소의 2022년도 조사에 따르면 국내 제조 대기업의 30%는 글로벌 기업으로부터 재생에너지 사용을 요구 받았다고 밝히기도 했다.

그러나 국내 기업의 RE100 참여도는 글로벌 수준과 비교했을 때 한발 뒤쳐진 상태이다. 글로벌 기업들은 재생에너지 도입을 브랜드 경쟁력에 필수 요소로 여기며 능동적으로 에너지 전환에 참여한 반면, 국내 기업은 정책 및 이해관계자들의 요구에 따라 수동적으로 움직이고 있다. <그림 14>를 보면, 미국 및 일본은 RE100에 참여하는 기업 수가 가파르게 증가하고 있는 반면 한국은 지난 10년간 미미한 증가세를 보이고 있다. 특히 미국은 트럼프 정부 시기에 국가 차원에서 재생에너지 도입에 회의적인 태도를 보였음에도 불구하고, 기업들은 RE100 캠페인에 적극적으로 참여한 점을 주목할 만하다.

국내 기업들은 RE100 참여 선언 기업의 개수에만 뒤처지는 것이다 아니다. 국내 RE100 선언 기업의 평균 목표 연도는 타 비교대상 국가들보다 늦게 설정된 편이다. 즉, RE100 참여도도 떨어질 뿐 아니라, RE100 이행 속도에서도 뒤지고 있는 상황이다(그림15).

중국은 국가 차원에서 탄소중립 목표 연도를 2060년으로 설정했음에도 불구하고, 중국의 RE100 선언 기업들은 미국 기업들과 비슷하게 평균적으로 2030년 전에 필요 전력을 재생에너지로 조달하고자 한다. 2050 탄소중립 목표를 세운 미국, 프랑스 및 덴마크 기업들은 자발적으로 2025년에 RE100을 달성하려는 목표를 제시했다. 이에 반해 국내 기업들은 RE100 달성 목표를 국가 정책에 따라 다소 소극적으로 설정한 상태이다. 현재 국내 재생에너지 조달 상황을 감안하면 어려운 부분이 보이지만, 글로벌 시장에서의 경쟁력 강화를 위해서는 국내 기업들 또한 국가의 정책 추진보다 빠른 속도로 RE100 달성을 위한 능동적인 목표 설정에 나설 필요가 있다.

표 3: 국내 기업 RE100 참여 동향 (Source: PwC)

기업명	HYUNDAI MOTOR GROUP	SAMSUNG ELECTRONICS	SK telecom	LG Innotek
RE100 현황	2050년 RE100 달성 목표	2050년 RE100 달성 목표	2050년 RE100 달성 목표	2030년 5개 대륙 RE100 달성 목표
RE100 달성 경로	<ul style="list-style-type: none"> 주요 사업장 태양광패널 설치 직접 PPA 체결 '녹색 프리미엄' 전력 구매 추진 	<ul style="list-style-type: none"> REC 구매, PPA 체결, 직접지분투자 등을 통한 재생에너지 구매 2027년까지 모든 업무용 차량을 100% 무공해차로 교체 계획 	<ul style="list-style-type: none"> 2023년까지 전국 300여 곳 태양광 발전설비 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 2030년까지 모든 업무용 차량을 100% 무공해차로 교체 계획 태양광 발전 설비 도입 확대 PPA 체결, 녹색 프리미엄 이용 예정 베트남 등 해외 생산시설에서 재생에너지 활발히 사용

그림 14: 연도별 누적 RE100 선언 기업 수 (Source: PwC, Data: RE100, RE100 2022 Annual Disclosure Report)

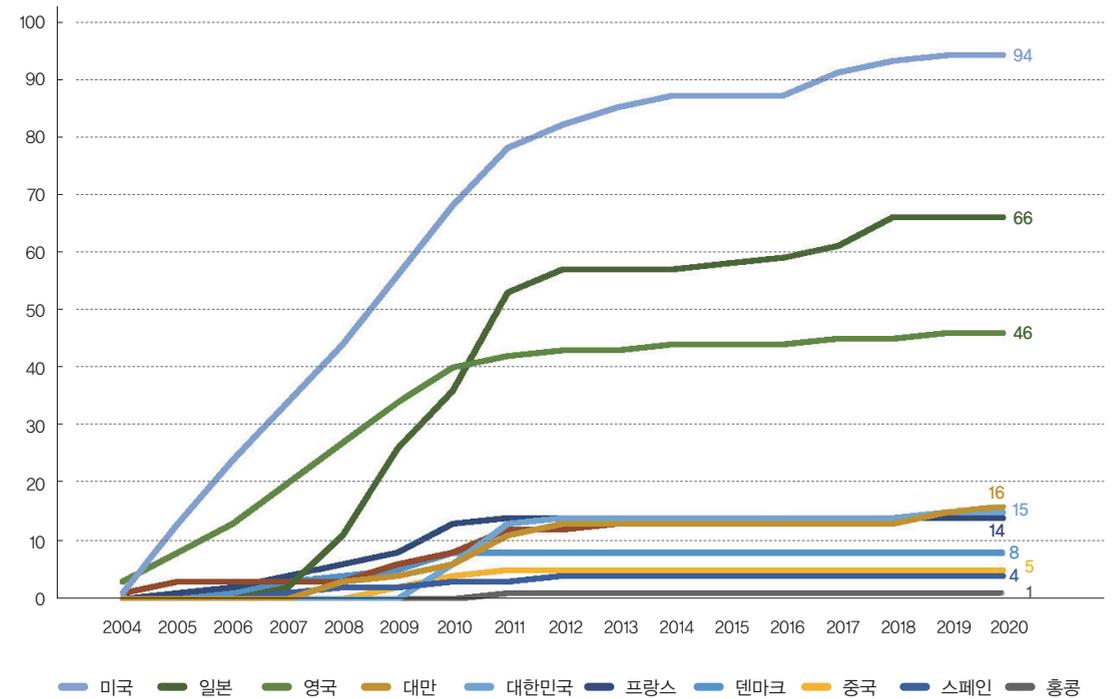
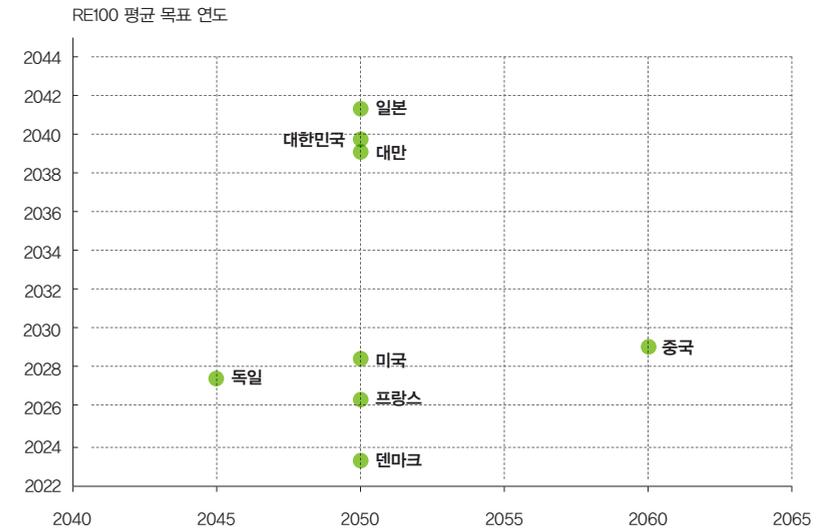


그림 15: 국가별 RE100 평균 목표 연도 vs. 탄소중립 달성 목표 연도 비교 (Source: PwC, Data: RE100, RE100 2022 Annual Disclosure Report)





제2장 재생에너지의 경제성 분석

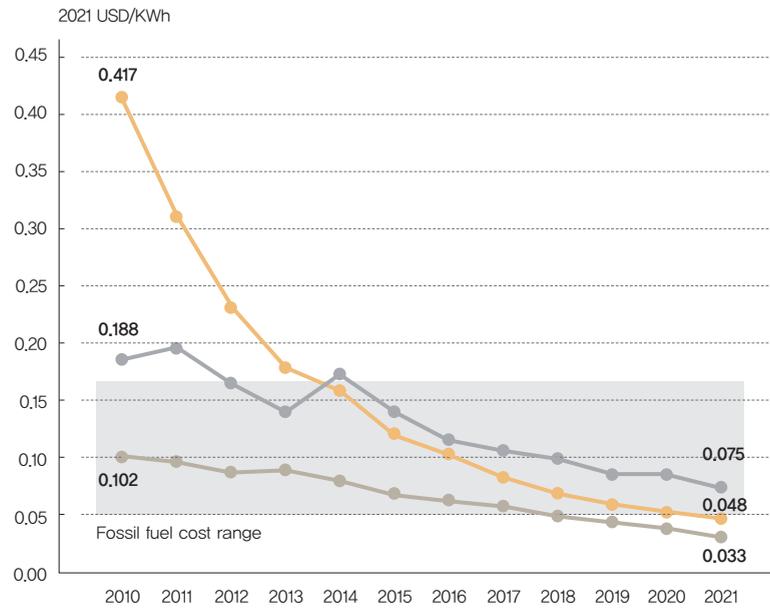
© Shutterstock / petrmalinak / WWF

2. 재생에너지의 경제성 분석

위와 같이 재생에너지 개발과 관련하여 국내 정책 및 기업의 동향이 글로벌 수준에 현저히 뒤쳐져 있음에도 불구하고, 재생에너지 전환에 회의적인 시선을 보내는 이가 적지 않다. 이들이 내세우는 주요한 근거 중 하나는 바로 재생에너지가 기존 화석연료와 원자력 발전에 비해 경제성이 떨어지기 때문에 현실적으로 선택하기 어려운 대안이라는 것이다. 그러나 해당 논거에 대해선 객관적 사실관계를 기반으로 재평가할 필요가 있다.

우선 재생에너지의 경제성을 평가하기 위해서는 LCOE (Levelised Cost of Electricity, 균등화발전원가)라는 개념에 대한 이해가 필요하다. LCOE란 발전설비의 수명기간동안 발생하는 모든 비용을 수치화하여 나타낸 값으로, 발전원별로 전력 생산단위당 필요한 비용을 비교하여 경제성을 판단할 수 있다. 지난 10여년간의 글로벌 평균 LCOE 추세를 살펴보면 태양광, 풍력 등 재생에너지 LCOE는 꾸준한 하락세를 보이며 화석연료의 발전비용과 대등하거나 오히려 보다 저렴한 수준까지 하락했다.

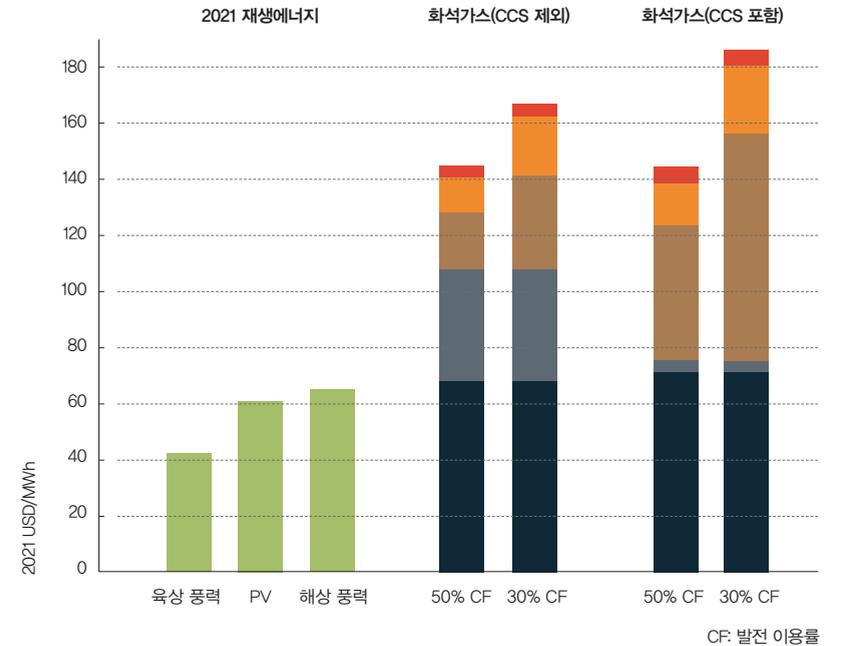
그림 16: 글로벌 태양광 및 풍력 LCOE 가중평균 추세 (Source: IRENA, Renewable Power Generation Cost in 2021)



특히 재생에너지 개발이 활발히 이루어지는 유럽의 경우, 2021년 태양광 및 풍력발전의 LCOE는 화석유래 가스의 발전 비용에 비해 매우 저렴한 수준으로 형성되었다. 게다가 2025년 이후 CCS(Carbon Capture and Storage, 탄소 포집 및 저장)⁵ 공정으로 인한 비용이 추가될 것을 고려하면 태양광 및 풍력의 가격 경쟁력은 한층 제고될 것으로 전망할 수 있다.

5. CCS: 발전소, 공장 등 화석연료 공정의 결과로 배출되는 이산화탄소를 포집 및 저장하여 대기오염을 막는 기술

그림 17: 유럽 태양광, 육상풍력, 해상풍력 발전 LCOE와 화석유래 가스 발전 비용 비교 (Source: IRENA analysis based on IRENA Renewable Cost Database and Lyons, Durrant and Kochbar)



한국의 경우 IEA에서 산정한 국가별 LCOE 추정치에 따르면, 원자력과 석탄을 비롯한 화석연료 발전 비용이 태양광 및 풍력발전의 LCOE보다 압도적으로 저렴하다. 그러나 이는 현재 한국의 탄소배출권 평균 가격이 (약 12,811원⁶) EU 탄소배출권 가격에 비해 (약 104유로⁷)에 매우 낮게 형성된 것에 따른 결과이다.

한국의 탄소배출권 가격이 유럽과 비슷한 수준으로 형성(약 100달러)되어 화석연료 발전에 따른 탄소비용을 온전히 지불하게 된다면, 재생에너지 발전의 LCOE는 석탄, 가스를 비롯한 화석연료의 발전 비용보다 상대적으로 저렴해진다. 특히 태양광 발전의 경제성이 제고되어, 원자력 바로 다음으로 경제적인 발전원이 될 수 있다.

정리하자면, 재생에너지의 경제성은 이미 유럽을 비롯한 글로벌 평균 수준에선 화석연료의 경제성을 뛰어넘었다. 그리고 한국의 경우 아직은 재생에너지 LCOE가 상대적으로 높지만, 화석연료 발전으로 인한 탄소가격이 적정 수준으로 형성된다면 재생에너지의 경제성이 보다 제고될 것이라 충분히 기대할만하다.

6. 2023년 2월 28일 기준 KAU22 톤당 가중평균 가격
7. 2023년 2월 기준

그림 18: 대한민국 발전원별 LCOE 추정치 비교 (탄소비용 톤당 10달러 가정 시)
(Source: IEA, Levelised Cost of Electricity Calculator)

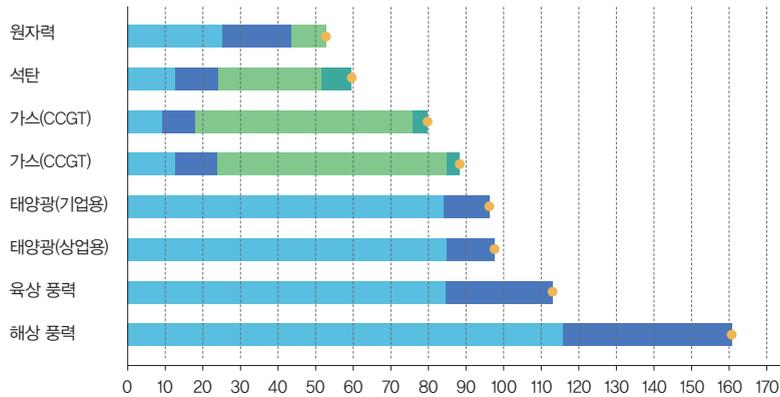
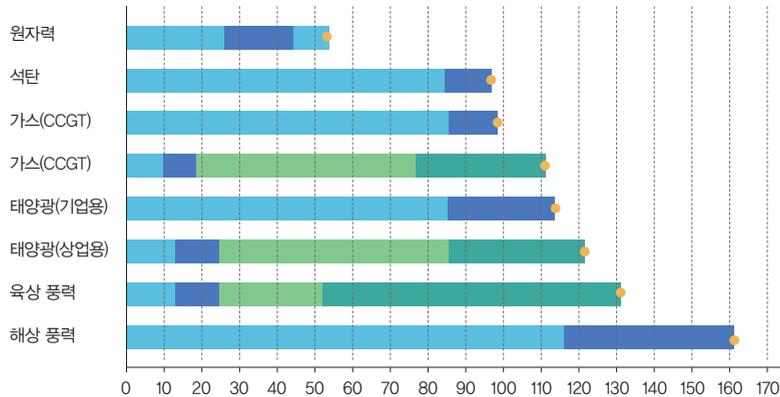


그림 19: 대한민국 발전원별 LCOE 추정치 비교 (탄소비용 톤당 100달러 가정 시)
(Source: IEA, Levelised Cost of Electricity Calculator)





제3장 주요국 유형별 재생에너지 관련 정책 동향

© Lawrence Murrey / WWF-Aus

3. 주요국 유형별 재생에너지 관련 정책 동향

3.1. 주요 지원 제도에 대한 설명

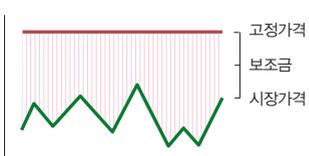
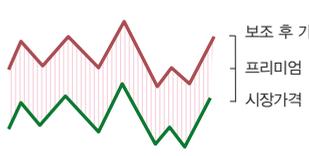
재생에너지 지원제도의 유형은 다음과 같은 유형으로 분류 할 수 있다.

그림 20: 재생에너지 지원제도 유형(Source: PwC & 전기저널, 주요국 신재생에너지)지원제도 현황 및 변화과정)

유형	특징	예시
재생에너지 보급 확대 지원 제도	<ul style="list-style-type: none"> RPS, FIT, FIP 등 재생에너지 생산확대를 위한 인센티브 또는 의무 설정 	<ul style="list-style-type: none"> 독일 FIT 제도 한국 RPS 제도
세금 혜택 제공 제도	<ul style="list-style-type: none"> 세금감면 또는 세액공제 등의 혜택 제공: 투자세액 또는 생산세액 등에 혜택 	<ul style="list-style-type: none"> 미국 PTC(생산세액공제)제도 프랑스 에너지 전환 세액 공제 제도
자금 조달 지원 제도	<ul style="list-style-type: none"> 저금리 융자 지원, 대출심사 완화 등 금융 지원 제공 	<ul style="list-style-type: none"> 일본 탄소 금융 이니셔티브 프랑스 무이자 에코 대출
기타 지원제도	<ul style="list-style-type: none"> 기타 보조금 지급 또는 재생에너지 사업 관련 절차적 사항 정비 	<ul style="list-style-type: none"> 독일 주택용 태양광 패널 설치 지원금 일본 해상풍력 촉진구역 지정제도

재생에너지보급 확대 지원제도는 다음과 같은 수단이 있다.

표 4: 재생에너지 지원제도 비교: RPS, FIT, FIP(Source PwC)

	RPS (Renewable Portfolio Strategy)	FIT (Feed-in-Tariff)	FIP (Feed-in-Premium)
내용	<ul style="list-style-type: none"> 재생에너지 의무 공급제도 발전사업자에게 전체 발전량의 일정 비율 이상을 재생에너지에서 발전할 의무를 부과 장점: 보조금으로 인한 재정 부담 경감 단점: 발전사업자의 사업 동기 저하  <p>재생에너지 발전사업자 전체 발전량</p>	<ul style="list-style-type: none"> 발전차액지원제도 (Feed-in-Tariff) 발전 사업자가 생산한 전력을 장기간 고정 가격에 매입을 보장 장점: 재생에너지 사업 확대 유인 제공 단점: 재정부담, 경쟁 동기 저하  <p>고정가격 보조금 시장가격</p>	<ul style="list-style-type: none"> 프리미엄지원제도 (Feed-in-Premium) 시장가격에 연동하여 가산한 프리미엄만큼 보조금을 지급 장점: 재생에너지 사업 확대 유인 제공 단점: 재생에너지 사업 확대 유인 제공  <p>보조 후 가격 프리미엄 시장가격</p>
시행 국가	(캘리포니아)		

3.2. 선정기준

분석 대상 국가는 아래와 같은 기준으로 선정되었다.

표 5: 분석 국가 선정 기준(Source: PwC)

	EU 주요국	제조업 기반 국가	주요 교역국
해당 국가			
국가 선정 이유	<p>EU 측에서 공동 기후위기대응목표를 설정하여 유럽 국가들로 하여금 2050년까지 탄소중립을 달성하도록 방향성 제시</p> <ul style="list-style-type: none"> 독일: 태양광/풍력 설비 역량 선두권; EU의 핵심국가 덴마크: 오스테드 및 베스타스 등 재생에너지 선도 기업들이 탄생 프랑스: 원자력에 높은 의존도 및 수용성을 (2021년 기준 수급의 71% 비중) <p>* EU 공동목표를 달성하기 위해 실행하고 있는 정책을 살펴보고 벤치마킹하고자 함</p>	<p>대한민국을 포함한 제조업 중심 산업 구조를 가지고 있는 국가는 전력 수요가 월등히 많기 때문에 다른 산업구조에 비해 재생에너지 전환에 많은 노력 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> 일본: 대한민국보다 앞서 나가는 재생에너지 발전 실태임에도 불구하고 앞으로 원전 확대를 계획 대만: 대한민국과 비슷한 지리적 특성 및 에너지 자급률 보유 함에도 탈원전 계획 (대만 2022년 기준 97.7% 수입) <p>*대한민국과 비슷한 산업 구조를 가지고 있는 국가의 재생에너지 정책 방향성을 참고하고자 함</p>	<p>대한민국이 높은 경제적 의존도를 가지고 있는 국가로서 재생에너지 관련 정책을 주의 깊게 볼 필요가 있음</p> <ul style="list-style-type: none"> 미국: IRA 정책 등 주의 있게 봐야하는 무역 관련 정책 참고 중국: 대한민국의 주요 수출국으로서 정책에 귀 기울일 필요가 있다고 판단; 태양광 에너지 설치 1위국 베트남: 대한민국 기업 진출이 많은 국가로서 기업 측면의 재생에너지 정책 파악 필수 <p>*비교·분석 후 앞선 사례 중 부작용이 있었던 사례 주의하여 대한민국에게 영향을 끼칠 수 있는 정책을 파악하고자 함</p>

3.3. EU 주요국: 독일, 덴마크, 프랑스

3.3.1. 독일

독일은 1970년대까지만 해도 안정적인 전력 공급을 위해 원전 개발에 적극적으로 나서던 국가였다. 그러나 1986년 체르노빌 원전 사고 발생 이후, 탈원전에 찬성하는 여론이 힘을 얻기 시작했으며 이는 2000년 독일 의회의 탈원전 합의로 이어질 수 있었다. 이후에도 20여년간 독일은 탈원전과 재생에너지 전환을 달성하기 위한 정책적 노력을 꾸준히 이어왔다. 타 국가들이 화석연료 발전에 집중하던 20세기 초에 이미 재생에너지법(Renewable Energy Source Act, EEG) 제정을 통해 발전차액지원제도(FIT)를 도입하는 등 선제적으로 재생에너지 법제를 구축했다는 평가를 받고 있다

그 결과 2022년 풍력 발전을 중심으로 재생에너지 발전 비중을 49.6%까지 끌어올리는 데에 성공하며, 동시에 원자력과 화석연료 발전량을 유의미하게 감소시켰다.

나아가 독일 정부는 2030년까지 총 소비 전력의 80%를 재생에너지로 조달하고 태양광 및 풍력 발전설비를 대대적으로 증설한다는 목표를 발표하는 등 재생에너지로의 전환을 실현하기 위한 확고한 정책적 의지를 지속적으로 표명하고 있다.

표 6: 독일 전력 수급 정책 연혁(Source: PwC)

연도	정책	설명
1970년대	원전의 적극적 개발	• 전력 수급의 안정화 도모
1983년	첫 대규모 풍력발전 단지 시운전	• 재생에너지 개발의 시발점
1986년	체르노빌 원전 사고 발생	• 원자력 발전 폐기 압박
1998년	독일의 국내 전력 시장 자유화 결정	
2000년	원자력 합의	• 독일 사민당·녹색당 연립정부와 전력사들간의 단계적 탈원전 합의 도출
2000년	온실가스 감축 목표 제시	• 2020년까지 온실가스 배출을 1990년 대비 40% 감축 목표
2002년	원자력법 개정	• 원자로 신설 금지, 당시 가동 중인 19기 원자로를 2021년까지 단계적 폐쇄
2007년	통합에너지기후프로그램 2007	• 메르켈 연정 출범 • 2020년까지 온실가스 '90년 대비 40% 감축' 목표 재확인 • 2020년까지 신재생에너지 발전비중 30% 확대 목표 설정
2010년	에너지 구상 2010	• 원전 사용기한 연장 결정 • 장기적 온실가스 배출 목표 설정: 2050년까지 온실가스 배출을 1990년 대비 80% 감축 • 신재생에너지 강조: 2050년까지 총 전력 소비 중 신재생에너지 소비 비중 80% 달성 목표

그림 21: 독일 2012년 대비 2022년 전력원별 발전 공급량 (Source: PwC, Data: Energy-Charts)

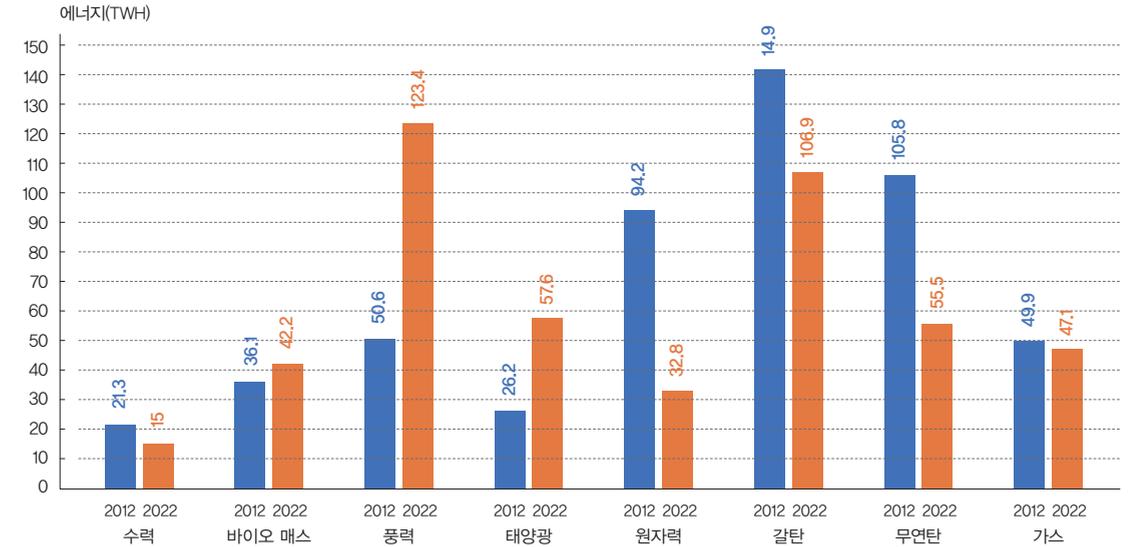


그림 22: 2030 독일 정부 전력 수급 계획 (Source: PwC)

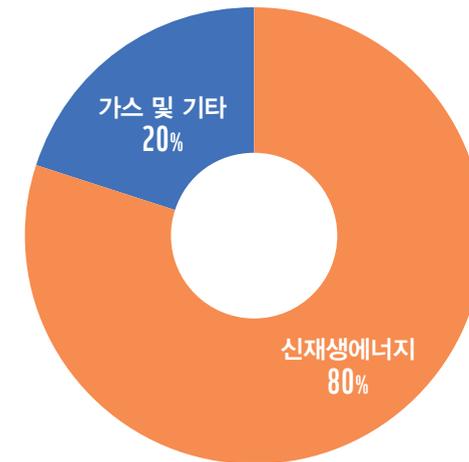


그림 23:
태양광 및 풍력 발전설비
증설 계획
(Source: PwC. Data: Federal
Ministry for Economic Affairs
and Climate Action, Overview
of the Easter Package)



이와 같은 과감한 목표 달성을 위해 독일 정부는 FIT/FIP 제도 운영, 재생에너지 부담금 인하, 해상풍력 에너지법 제정, 탄소중립 목표 강화 등 다양한 조치들을 내놓고 있으며, 이를 기반으로 독일의 에너지 전환은 순조롭게 진행될 것이라 기대할 만하다.

그림 24:
독일 유형별 재생에너지 지원제도
(Source: PwC)

유형	운영 제도
 재생에너지 보급 확대 지원 제도	<ul style="list-style-type: none"> 지역 단위 FIT 도입(1991년) 전국 단위 → FIT 도입(2000년) → FIT 지원금 축소(2014년) → FIP 도입
 세금 혜택 제공 제도	<ul style="list-style-type: none"> 소규모 태양광 발전소 운영자에게 세금 혜택 제공: 태양열 발전소에서 발생하는 소득에 대해 소득세 및 무역세 면제
 자금 조달 지원 제도	<ul style="list-style-type: none"> 저재생에너지 금융지원 프로그램(KfW Renewable Energy Program) 정부소유 은행 KfW 운영: 재생에너지 설비 투자비용 고정 저금리로 장기 신용대출 지원
 기타 지원제도	<ul style="list-style-type: none"> 주택용 지붕 태양광 패널 설치 보조금 지원



독일은 20여년간 제도 운영, 재생에너지 부담금 인하, 해상풍력 에너지법 제정, 탄소중립 목표 강화 등 다양한 조치들을 내놓고 있으며, 이를 기반으로 독일의 에너지 전환은 순조롭게 진행될 것이라 기대할 만하다.

3.3. EU 주요국: 독일, 덴마크, 프랑스

3.3.2. 덴마크

덴마크는 1970년대에 두 차례의 석유파동을 겪은 후 화석연료에 대한 의존도 축소와 친환경 에너지 확보에 대한 국민적 공감대가 형성되었다. 이를 바탕으로 덴마크 정부는 적극적으로 재생에너지 도입 목표와 탄소배출 감축 목표를 수립하면서 타국에 비해 빠른 속도로 에너지 전환을 추진할 수 있었다.

표 7: 덴마크 전력 수급 정책 연혁 (Source: PwC)

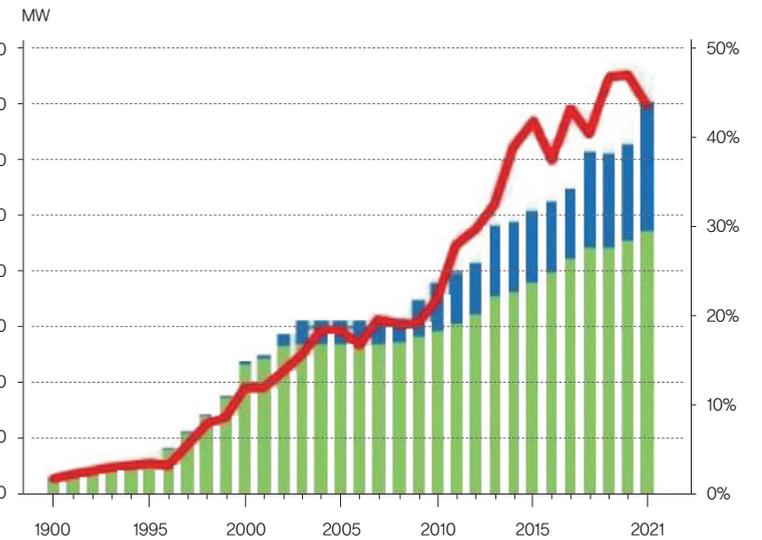
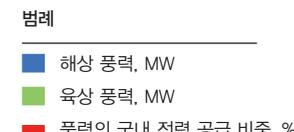
1970년대	제 1, 2차 석유 파동	• 화석연료 의존도 감소에 대한 국민적 공감대 형성 계기, 다섯 단계에 걸친 에너지 계획 추진 시작
1976년	에너지 계획 76 (Danish Energy Plan 76)	• 석유 파동 이후, 에너지 공급 안정화를 위해 재생에너지 R&D 투자 확대
1981년	에너지 계획 81 (Energy Plan 81)	• 풍력 터빈 개발 추진, 화석연료 의존도 감소 및 공공 지역난방 프로젝트 개시
1985년	탈원전 결의안 통과	• 덴마크 위원회에서 탈원전 결의안 통과: 원전 건설 계획 폐기
1990년	에너지 2000 (Energy 2000)	• 2030년까지 CO2 배출량을 1998년 대비 최소 20% 감축 목표 제시 • 재생에너지 FIT 도입
1996년	에너지 21 (Energy 21)	• 2030년까지 CO2 배출량을 1998년 대비 50% 감축 목표 제시 • 탄소세를 비롯한 에너지 소비 절감 제도 도입
1999년	RPS 도입	• 기존 FIT 제도를 폐지하고 RPS 제도로 대체
2003년	'재생에너지 기술을 위한 국가 RD&D 전략' 수립	• 바이오매스, 풍력 에너지 분야 협력정책 추진
2008년	덴마크 에너지 합의문 2008-2011	• 화석연료에 대한 의존도 축소 목표 선언
2012년	덴마크 에너지 합의문 2012-2020	• 2020년까지 에너지 소비의 35% 이상을 재생에너지로 수급 • 2020년까지 전력소비량의 50%를 풍력에너지로 수급 • 2020년까지 1990년 대비 34% 온실가스 배출 감소
2018년	에너지 합의문(Energy Agreement)통과	• 2020~30년 덴마크의 에너지 정책 추진방향 수립 (대규모 해상풍력단지 조성, 전기세 완화, 에너지 및 기후 연구 강화 등 포함)
2020년	덴마크 기후법 제정	• 2030년까지 탄소배출량 70% 감축, 2050년까지 탄소중립 달성 목표 설정 • PtX(Power-to-X)을 탄소배출 감축 목표 달성을 위한 주요 사업으로 선정
2022년	탄소중립 목표 연도 수정	• 탄소중립 목표 연도를 2050년에서 2045년으로 조정
2022년	PTX(수소에너지 전환)전략 발표	• PtX 개발 및 확장을 위한 4가지 목표 제시 • 덴마크 기후법을 실현하는 주요 전략으로서 PtX 강조 • PtX 제품 및 기술의 수출 • 에너지 시스템과 PtX 간의 통합 • PtX 시장 관련 규제 및 인프라 구축

선제적인 정책 추진의 결과, 2022년 덴마크는 풍력 발전만으로 전체 전력 발전의 63%를 수급하는 성과를 올리며 명실공히 재생에너지 선도국으로 자리잡고 있다.

그림 25: 2022년 덴마크 전력원별 발전 비중 (Source: PwC, Data: Our World in Data)



그림 26: 1990~2021년까지의 풍력발전 (Source: Danish Energy Agency, Energy Statistics 2021)



나아가 덴마크 정부는 2022년에 새로운 탄소중립 목표를 수립했는데, 기존 목표년도였던 2050년보다 5년이나 앞선 2045년까지 탄소중립을 달성하겠다고 선언했다. 아울러 2030년까지 전력 공급의 100%를 재생에너지로 조달하겠다는 과감한 목표를 제시했다.

덴마크가 이처럼 재생에너지 개발에서 독보적인 성과를 낼 수 있던 것은 다양한 제도를 장기간에 걸쳐 꾸준히 실시해온 덕이다. 덴마크는 1970년대부터 약 20여년동안 풍력 발전기 및 태양광 패널의 설치 비용을 지원해왔다. 또한 1990년대에 FIT과 RPS를 도입했다가 2009년에 FIP으로 개편하는 등 타 국가에 비해 빠른 속도로 정책적 경험들을 축적해왔다.

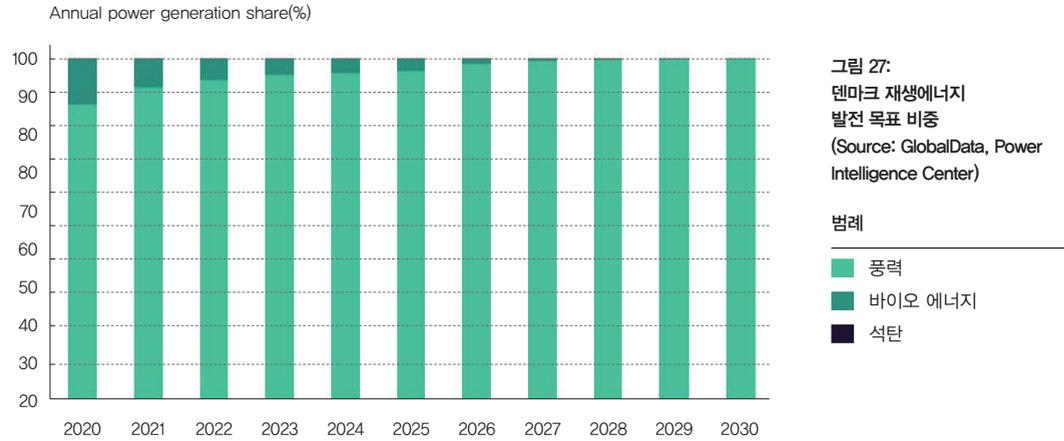


그림 28: 덴마크 유형별 재생에너지 지원제도 (Source: PwC)

유형	운영 제도
재생에너지 보급 확대 지원 제도	<ul style="list-style-type: none"> • FIT 도입(1992년) → FIT 폐지, RPS로 대체(1999년) → FIT 도입(2009년)
세금 혜택 제공 제도	<ul style="list-style-type: none"> • 지방나방사업 세금감면 및 보조금: 열병합발전소에서 난방열 생산 시 바이오매스 연료 사용하면 세금 면제
자금 조달 지원 제도	<ul style="list-style-type: none"> • 설비 보조금 정책: 풍력발전기, 태양광패널 등의 설치 비용의 일부를 보조금으로 지원(1970년대 중반 ~ 1989년) • 녹색보조금제도(Green Sheme)도입: 지방정부에 재생에너지 수용성 증진, 지역 경관 보존 등을 위한 보조금 지원
기타 지원제도	<ul style="list-style-type: none"> • '구매선택제도'(Option-to-purchase) 규정: 25m 이상의 풍력터빈 설치자는 설치 이전에 일정자격을 갖춘 시민에게 20%이상의 지분에 대한 구매권을 부여해야함

3.3.3. 프랑스

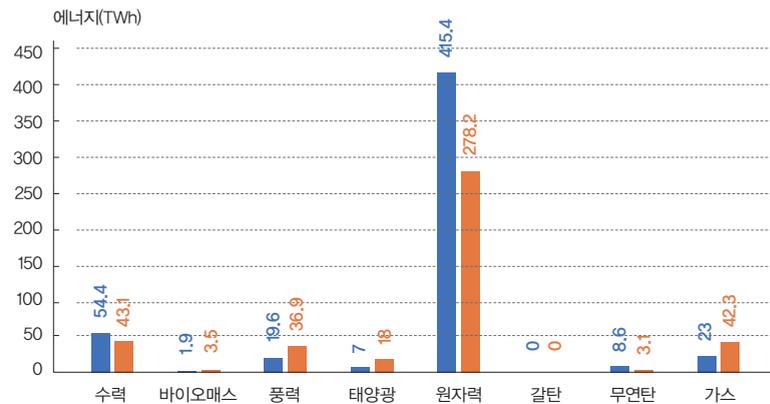
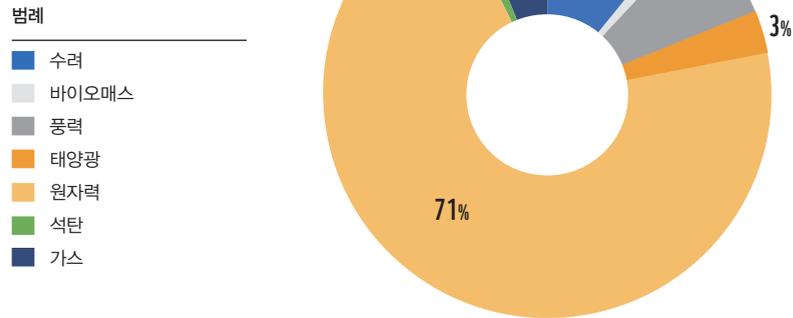
프랑스는 1970년대 석유파동을 겪은 후 '에너지 공급 안정화'라는 목표를 최우선으로 내걸고 원자력 발전을 적극적으로 확대해왔다. 수차례의 정권 교체를 거치면서 원자력에 대한 과도한 의존도를 축소하려는 노력도 있었으나, 최근 마크롱 행정부가 원자력 발전을 강조하는 정책들을 내세우면서 원자력 발전은 더욱 확대될 것으로 보인다.

표 8: 프랑스 전력 공급 정책 연혁 (Source: PwC)

1973년대	Messmer Plan	<ul style="list-style-type: none"> • 석유파동 이후 에너지 자급률을 개선하기 위한 원자력 확대 계획 • 전 전력을 원자력 발전으로 전환 계획
1996년	전력시장 개편	<ul style="list-style-type: none"> • 프랑스 전력 공사(EDF)와 원전 수출업체(AREVA)의 개편
2000년	기후변화대응 국가계획(PNLCC)수립	<ul style="list-style-type: none"> • UN 기후변화 목표(온실가스 배출량 1990년 수준으로 유지)달성을 위한 국가 계획 수립
2001년	FIT 제도 도입	<ul style="list-style-type: none"> • FIT 보조금 지급을 통해 재생에너지 발전 확대 지원
2004년	기후계획(Plan Climate)	<ul style="list-style-type: none"> • 2010년까지 2003년 대비 CO2 배출 10%의 감축 목표
2005년	에너지정책법(POPE) 수립	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지 정책의 주요 목표로서 '에너지 자립 및 공급 안정화'를 강조 • 에너지 다양성 증대, 기후변화 대응을 위한 기술개발 등을 규정 • 2050년까지 온실가스 배출량을 1990년 대비 75% 감축
2007년 ~ 2010년	그르넬 환경법 폐지 및 개정	<ul style="list-style-type: none"> • 기후변화 관련 목표 설정: 입법 과정에 정부관료, 노조, 고용주, NGOs, 지방단체, 일반국민 등 9만명 이상이 참여
	그르넬법 I(Loi Grenell I)	<ul style="list-style-type: none"> • 온실가스 감축에 대한 명확한 목표 제시 - 수송 분야의 온실가스 배출량을 1990년대 수준으로 회귀 - 건설 분야의 에너지 사용량을 2020년까지 38% 감축 - 공공 부문의 에너지 효율성을 2015년까지 20% 증대
	그르넬법 II(Loi Grenell II)	<ul style="list-style-type: none"> • 지자체별 기후변화 계획의 통일성 확보 및 에너지 효율성 개선 위한 조치 강화
2012년	제 1차 국가 환경 컨퍼런스 개최	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지 전환법 제정, CO2 다량 배출 차량에 증과세, 1세대 바이오 연료에 대한 세제혜택 감축 등을 논의
2013년	제 2차 국가 환경 컨퍼런스 개최	<ul style="list-style-type: none"> • 제 1차 환경 컨퍼런스에서 다룬 에너지 전환에 대한 논의 지속
2015년	에너지전환법(LTECV)제정	<ul style="list-style-type: none"> • 제 1, 2차 국가 환경 컨퍼런스의 논의를 바탕으로 법 제정 • 2050년까지 온실가스 배출량 1990년 대비 75% 감축 목표 제시 • 2030년까지 재생에너지의 소비 비중 32%로 확대 • 2025년까지 원자력 발전 비중 50%로 축소
2019년	중장기 에너지 계획(PPE) 수립	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지 공급 안정성과 친환경성 확보를 위한 정책 추진 • 화석연료 소비량의 감축 및 재생에너지 설비 증설 목표 설정 • 원전을 대체할 차세대 에너지 공급 체계 구축
2021년	France 2030	<ul style="list-style-type: none"> • 미래 산업 육성을 위한 투자전략 발표: 소형 원자로, 그린 수소에너지 등 탈탄소 에너지 분야에 80억 유로 규모 투자 계획
2022년	원전 르네상스 선언	<ul style="list-style-type: none"> • 탄소중립 달성을 위해 원자력 발전 강조, 최대 14기의 원자로 도입 계획

프랑스는 재생에너지 발전을 확대하기 위한 시도가 여러 차례 있었으나, 2021년 기준 원자력은 전력 발전의 70% 이상을 차지하면서 여전히 가장 의존도가 높은 전력원으로 자리잡고 있다.

그림 29: 프랑스 2021년 수급 실태 (Source: PwC, Data: Energy-Charts)



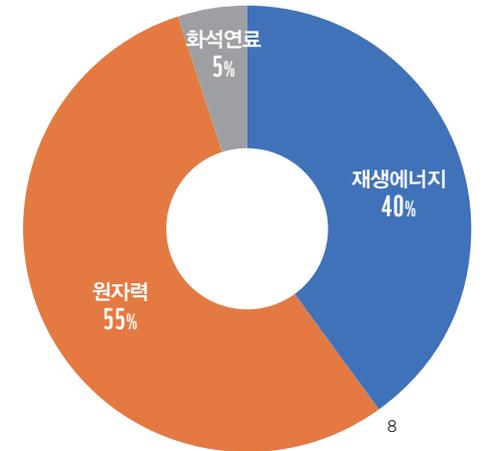
프랑스 정부는 2019년 중장기 에너지 발전 프로그램(Multi-Year Energy Program, PPE)을 발표하며 2050년까지 탄소중립을 달성하고 2030년까지 재생에너지 전력의 비중을 40%로 확대한다는 목표를 제시했다.

일전에 프랑스는 2015년 '녹색성장을 위한 에너지 전환법' 제정을 통해 2025년까지 원자력 발전 비중을 75%에서 50%로 감축하는 목표를 세운 바가 있다. 하지만 마크롱 행정부는 에너지 전환 정책 추진 과정에서 탈원전에 대해 소극적인 입장을 보이고 있으며 2022년 '원자력 르네상스 선언'과 함께 원전 확대 계획을 제시했다. 이에 따라 향후 프랑스의 재생에너지 관련 정책에도 변화가 생길 것으로 전망된다.

그림 30: 2015년 대비 2022년 전력원별 발전 공급량 (Source: PwC, Data: IEA, France 2021 Energy Policy Review)

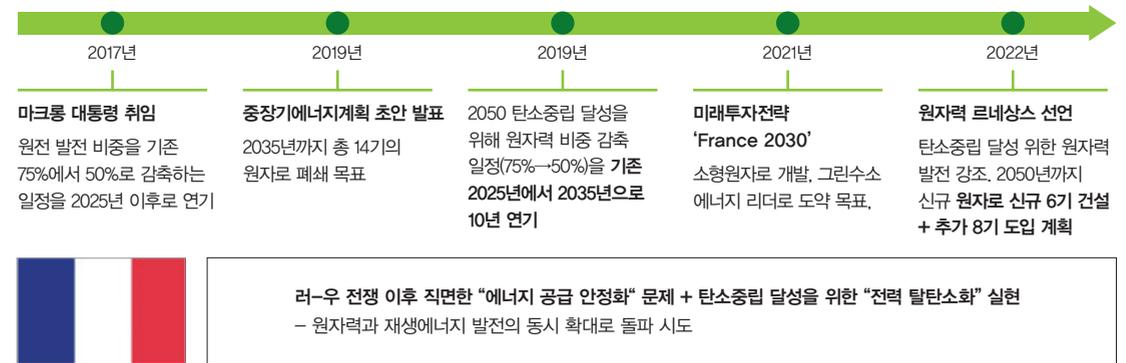


그림 31: 프랑스 2030년 전력발전원별 비중 (Source: PwC, Data: IEA, France 2021 Energy Policy Review)



8. IEA 데이터 바탕으로 추정된 값

그림 32: 마크롱 행정부의 에너지 정책 동향 (Source: PwC)



러-우 전쟁 이후 직면한 "에너지 공급 안정화" 문제 + 탄소중립 달성을 위한 "전력 탈탄소화" 실현 - 원자력과 재생에너지 발전의 동시 확대를 돌파 시도

프랑스의 재생에너지 관련 지원 정책은 아래와 같다.

그림 33: 프랑스 전력 수급 정책 연혁 (Source: PwC, IEA Energy Policy Review)

유형	운영 제도
재생에너지 보급 확대 지원 제도	<ul style="list-style-type: none"> • 풍력발전 FIT 도입(2010년) → 풍력발전 FIT 보조금 축소(2013년) → FIT 추가 도입(2015년)
세금 혜택 제공 제도	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지 전환 세액 제도(The Energy Transition Tax Credit): 거주지에 재생에너지 발전설비 설치 시 투자금액에 대한 일정비율의 소득세 감면 • Investment Tax Cut: 재생에너지 기술 개발에 기여하는 사업에 대한 투자세 면제 혜택(2014년 시행)
자금 조달 지원 제도	<ul style="list-style-type: none"> • Green Innovation Funding Program: 재생에너지, 스마트 그리드, 친환경 자동차 등 4억 5,000만 유로의 보조금 지급, 9억 유로의 저금리 대출 지원 • 무이자 예금 대출: 재생에너지 설비 투자에 최대 3만 유로 무이자 대출로 지원
기타 지원제도	<ul style="list-style-type: none"> • 국방부와 국영철도 회사(SNCF)에서 재생에너지 프로젝트에 필요한 토지 제공 지원 • 주택 지붕형 태양광 패널 설치비용 지원

3.4. 제조업 중심국: 일본, 대만

3.4.1. 일본

일본은 에너지 자급률이 약 12%에 불과한(2019년 기준) 에너지 빈국이다. '에너지 자급률 개선'과 '친환경 에너지 확보'라는 과제를 동시에 해결하기 위해 원자력 발전을 적극적으로 추진해오다가, 2011년 후쿠시마 원전 사고를 기점으로 재생에너지 확대에 주목하기 시작했다.

표 9: 일본 전력 수급 정책 연혁 (Source: PwC)

1970년	제 1, 2차 석유파동	<ul style="list-style-type: none"> 석유 의존도 축소 필요성에 대한 공감대 형성 에너지 자급률 개선을 위한 원자력 발전 확대 정책 추진
1997년	교토 기후변화협약 체결	<ul style="list-style-type: none"> 온실가스 감축목표 설정에 따라 온실가스 배출이 없는 원자력, 재생에너지에 대한 관심 증대
2003년	1차 에너지 기본계획 수립: "3E" 에너지 정책 기조	<ul style="list-style-type: none"> Energy Security: 에너지 자급률 개선을 통한 에너지 공급 안정화 Energy Efficiency: 에너지 효율 개선을 통한 경제성 제고 Environment: 온실가스 배출이 적은 친환경 에너지 개발
2010년	2차 에너지 기본계획 수립: 원전 중심의 에너지 계획	<ul style="list-style-type: none"> 원자력 발전 비중을 50%까지 확대: 원전을 3E를 만족시키는 준국산 에너지로 평가
2011년	후쿠시마 원전 사고	<ul style="list-style-type: none"> 2차 에너지 기본계획 백지화, 탈원전&재생에너지 기조 확대
2012년	아베 정권 수립	<ul style="list-style-type: none"> 기존 민주당의 에너지 정책 폐기 전력시장 자유화: 에너지 효율이 높은 화석연료 중심 발전 원전 회귀: '안전성'을 전제로한 원전 재가동
2012년	기존 RPS 제도를 FIT제도(고정가격 매입제도)전면 도입으로 대체	<ul style="list-style-type: none"> 재생에너지 발전 참가 유인 제공: 원전 가동 제약에 따른 재생에너지 확대 정책 추진 FIT 도입 이후 재생에너지 발전량 및 발전 설비가 유의미하게 증가
2014년	4차 에너지 기본계획 수립	<ul style="list-style-type: none"> 기존 3E에 Safety 원칙을 추가한 "S+3E" 정책 원칙 제시 후쿠시마 원전 사고 후 처음 수립된 에너지 계획: 안전성을 최우선 원칙으로 제시 '안전성'에 기반한 원전 재가동 추진: 에너지 공급 불안정 등 현실적 문제 고려
2020년	NDC(국가온실가스감축목표) 발표	<ul style="list-style-type: none"> 2030년까지 '13년 대비 온실가스 배출 26% 감축 목표 설정
2021년	NDC 상향안 발표	<ul style="list-style-type: none"> 2030년까지 '13년 대비 온실가스 배출 46% 감축 목표 설정
2021년	2050 탄소중립 선언 법제화	<ul style="list-style-type: none"> '지중온난화대책의 추진에 관한 법률' 제정
2021년	제 6차 에너지 기본계획 수립	<ul style="list-style-type: none"> 2030년 온실가스 배출 46% 감축 및 2050 탄소중립 달성 목표 화석연료 발전 비중을 축소하는 대신, 재생에너지(36~38%)와 원자력(20~22%)발전 비중 확대 기존의 정책 방향인 S+3E를 유지하되, 재생에너지 주력 전원화를 새롭게 강조

현재 일본의 전력 수급은 화석연료에 크게 의존하고 있으면서도 재생에너지 발전 비중이 21.5%로(2021년) 유의미한 비중을 차지하고 있다.

그림 34: 일본 2021년 전력발전원별 비중 (Source: PwC, Data: IEA)

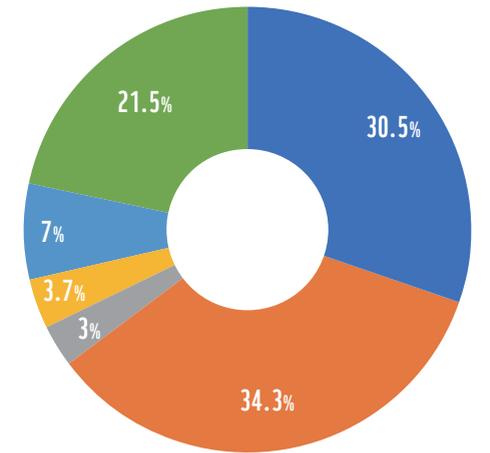
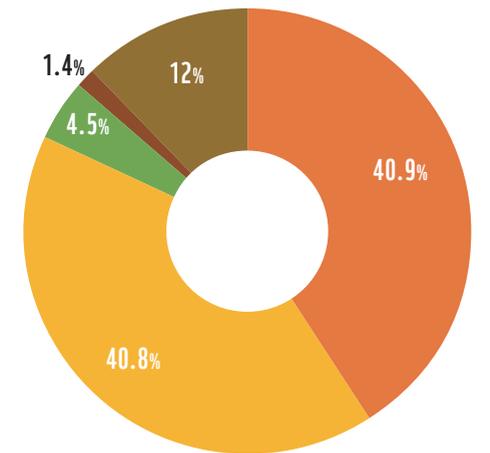
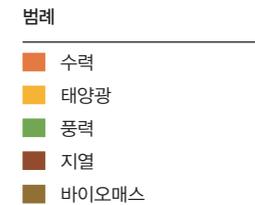


그림 35: 일본 2021년 재생에너지원별 비중 (Source: PwC, Data: IEA)



향후 2030년에는 재생에너지 발전 비중을 37%로 확대하겠다는 목표를 제시했으나, 동시에 원자력 발전 비중을 기존 7%에서 21%로 확대하겠다는 목표를 함께 제시했다.

그림 36:
일본 2030년 전력발전원별 비중
(Source: PwC, Data: KITA)

- 범례
- 원자력
 - 석탄
 - LNG
 - 석유
 - 재생에너지
 - 수소, 암모니아

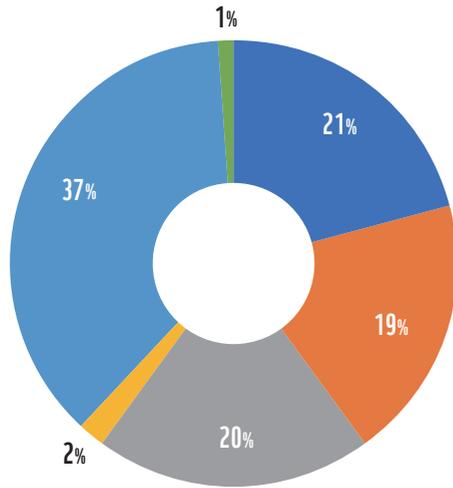
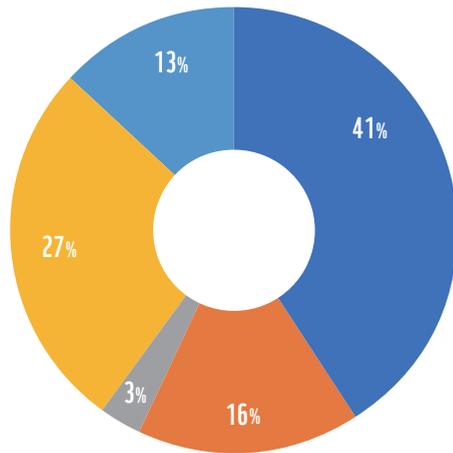


그림 37:
일본 2030년 재생에너지원별 비중
(Source: PwC, Data: KITA)

- 범례
- 태양광
 - 풍력
 - 지역
 - 수력
 - 바이오매스



일본의 제도 운용에서 두드러지는 점은 RPS, FIT, FIP 운영을 거치며 꾸준한 정책 개선을 시도해왔다는 점, 그리고 해상풍력 발전 촉진구역 지정 제도를 통해 공공주도의 발전 해역 확보가 강조되었다는 점 등을 들 수 있다.

빈약한 에너지 자원과 한정된 국토 면적을 보유하는 등 우리나라와 유사한 환경에 놓인 일본이 재생에너지 개발을 위해 이어온 정책적 노력들은 국내 정책 입안자들에게도 시사하는 바가 많을 것이라 사료된다

그림 38:
일본 유형별 재생에너지 지원제도
(Source: PwC, Data: KOTRA,
일본 전력시장과 재생에너지 지원 정책)

유형	운영 제도
 재생에너지 보급 확대 지원 제도	• RPS 도입(2022년) → FIT 전환(2012년) → FIT+입찰제도 도입(2017년) → FIT 개편(2022년)
 세금 혜택 제공 제도	• 해상풍력산업의 발전설비 구축 시, 탈탄소효과가 있는 설비시설을 활용하면 최대 10%의 세액공제 또는 50%의 특별감가상각 적용 • 탄소중립 실현을 위한 R&D 세액의 공제 상한을 폭넓게 설정
 자금 조달 지원 제도	• 탄소 금융 이니셔티브(Carbon Society Establishment Finance Initiative): 재생에너지 투자 녹색펀드 지원, 저금리 대출 지원 프로그램 운영 • 그린투자 촉진 펀드 조성: 해상풍력을 비롯한 재생에너지발전사업에 대한 지원 제공
 기타 지원제도	• 해상풍력 발전 촉진구역 지정 제도: 풍력발전 사업 부지 발굴 과정에 정부의 제도적 지원 제공



빈약한 에너지 자원과 한정된 국토 면적을 보유하는 등 우리나라와 유사한 환경에 놓인 일본이 재생에너지 개발을 위해 이어온 정책적 노력들은 국내 정책 입안자들에게도 시사하는 바가 많을 것이라 사료된다

3.4.2. 대만

대만은 한국, 일본과 같이 에너지 수입에 의존해야 하는 에너지 반국이며, 동시에 제조업 중심의 산업구조로 인해 전력 소비량을 쉽게 줄이지 못하는 상황에 처해있다. 때문에 상대적으로 재생에너지 공급 확장에 소극적인 태도를 보여왔다.

표 10:
대만 전력 수급 정책 연력
(Source: PwC)

1988년	제1차 국가 에너지 대회	<ul style="list-style-type: none"> •교토 기후협약 영향으로 재생에너지 확보에 대한 관심 증대 •2020년까지 재생에너지 발전 설비 용량 비중 1~3% 달성 목표
2005년	2차 국가 에너지 대회	<ul style="list-style-type: none"> •경제 발전, 에너지 공급 및 환경 보호 간의 균형 확보 논의 •바이오 에탄올, 바이오 디젤 및 폐기물 발전 시스템 개발 계획
2009년	3차 국가 에너지 대회	<ul style="list-style-type: none"> •2025년 탄소 배출량을 2008년 탄소배출량과 동일한 수준으로 회귀시키는 목표 제시 •재생에너지 기반의 생활터전 형성을 통해 전 국민의 저탄소 생활화 구현 •글로벌 에너지 시장에서 대만 녹색 산업의 점유율을 향상시키기 위해 관련 기술 R&D, 투자 촉진 및 시장 개방 등의 조치 시행
2009년	'행정원 에너지 전략 탄소배출 감축 추진 위원회'발족	<ul style="list-style-type: none"> •'국가 에너지 절약 탄소배출감축 계획'기획 _ 에너지, 산업, 생활 등의 영역에서 탄소 감축 활동 전개 •에너지 과세법 초안 작성·석탄, LPG 사용 연료 등에 대한 증세
2010년	코펜하겐 기후 협정	<ul style="list-style-type: none"> •코펜하겐 기후협정에 호응하기 위해 2020년까지 온실가스 배출량을 BAU 대비 30% 감축 목표 제시
2012년	국가 기후변화조절 정책강령 채택	<ul style="list-style-type: none"> •에너지 공급, 재해, 수자원 등의 8개의 영역에 대해 기후변화의 영향을 연구 및 분석
2015년	마잉주 총통 대만 에너지대회 참석	<ul style="list-style-type: none"> •원전 건설 중단과 관련하여 유관 부처에서 시민단체, 기업 등과 논의 진행
2016년	차이잉원 정부의 탈원전 정책	<ul style="list-style-type: none"> •'2025년 에너지 전환 정책 제시: 2025년까지 모건 원전을 폐쇄하고 신재생에너지로 대체하는 목표 제시
2018년	8. 15 대만 블랙 아웃	<ul style="list-style-type: none"> •대만 최대 규모의 LNG 발전소의 공급 장치 고장으로 인해 대규모 정전 발생. 약 300만 달러 경제 손실 발생
2018년	탈원전 폐기	<ul style="list-style-type: none"> •탈원전 정책 폐기에 대한 국민투표 실시 결과, 투표자 59%가 '탈원전정책 폐기'찬성
2022년	2050 탄소중립 로드맵 발표	<ul style="list-style-type: none"> •2050년까지 전력 부문의 탄소중립 달성 •전체 에너지원 중 재생에너지 비중을 2025년까지 20%, 2050년까지 70%로 확대하는 계획 제시

2022년 대만의 전력수급은 석탄, 천연가스 등 화석연료에 대부분을 의존하고 있으며, 재생에너지 발전 비중은 약 7%에 불과한 수준으로 OECD 평균(30%)에 크게 뒤처진 상태이다.

그림 39:
대만 2022년 전력발전원별 비중
(Source: PwC, Data: Bureau of Energy, Ministry of Economic Affairs, Foreign Statistics Handbook)

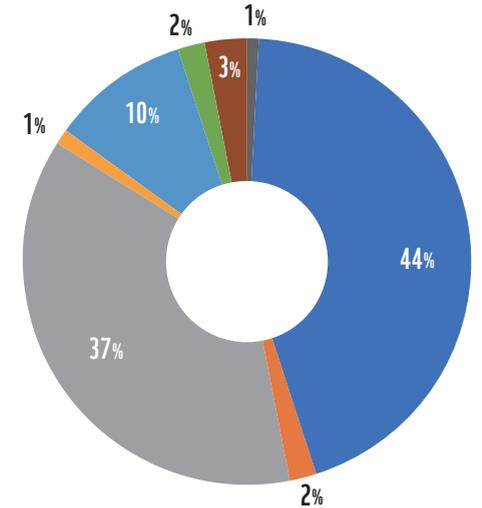
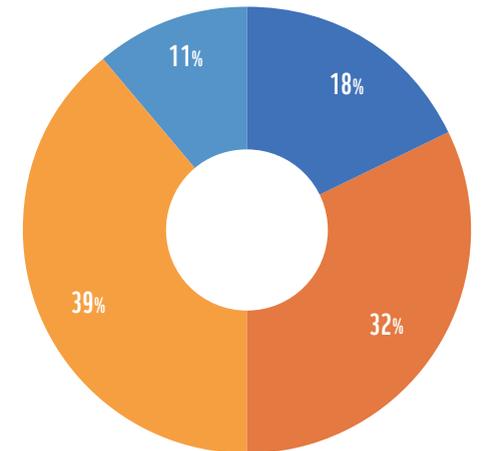
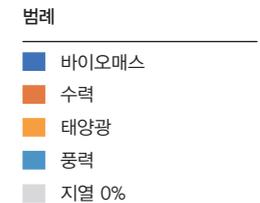


그림 40:
대만 2022년 재생에너지원별 비중
(Source: PwC, Data: Bureau of Energy, Ministry of Economic Affairs, Foreign Statistics Handbook)

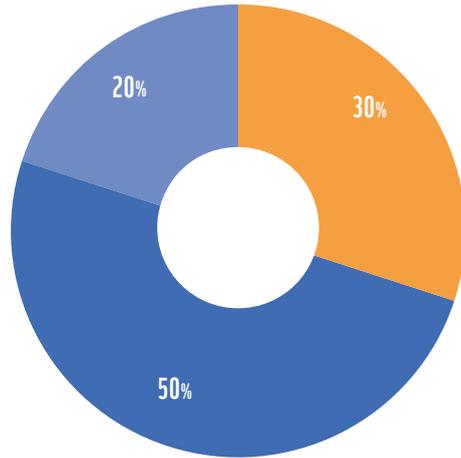


그럼에도 불구하고 대만은 2025년까지 탈원전을 실현하고 2030년까지 풍력발전을 중심으로 재생에너지 발전 비중을 30%까지 끌어올리겠다는 야심찬 목표를 수립했다.

그림 41:
2030년 대만 정부 전력수급
믹스 계획
(Source: PwC, Data: National
Development Center Taiwan)

범례

- 재생에너지
- 천연가스
- 석탄



Electricity generation(TWh)

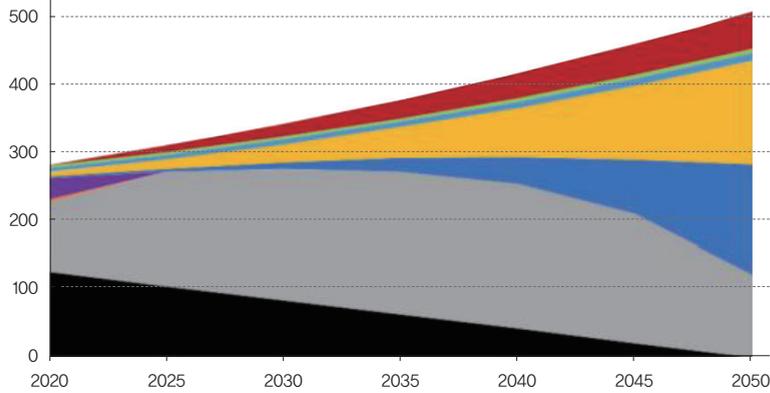


그림 42:
재생에너지 발전 믹스 계획
(Source: Lau, Tsai "A
Decarbonization Roadmap for
Taiwan and its Energy Policy
Implications")

범례

- 석탄
- 가스
- 석유
- 원자력
- 풍력
- 태양광
- 수력
- Bio
- 수소

이러한 목표달성을 위해 대만 정부는 2019년 전기법 개정을 통해 전력 시장을 자유화하고 재생에너지 발전사업자들에게 시장 경쟁을 통한 판매 기회를 제공했다. 또한 재생에너지 발전법을 개정하여 기존에 운영하던 FIT제도를 활성화하는 동시에 RPS 제도를 함께 도입하여 재생에너지 전력 활용을 촉진했다. 아울러 2023년에는 기후변화대응법을 개정하여 2050 탄소중립 목표 및 CBAM(Carbon Border Adjustment Mechanism, 탄소국경조정제도) 도입을 제시하여 탄소배출 감축에 적극적으로 나서는 행보를 보이고 있다.

그림 43:
대만 유형별 재생에너지 지원제도
(Source: PwC)

유형	운영 제도
재생에너지 보급 확대 지원 제도	<ul style="list-style-type: none"> • FIT 도입(2009년 매년 경제부에서 개편) <ul style="list-style-type: none"> - 매년 경제부에서 개편, 관세, 비용 변동, 목표 달성 상태 등을 참조하여 조정 - 관세는 국내 발전소의 화력 발전 평균 비용보다 낮지 않도록 조정 • RPS 도입(2019년)
세금 혜택 제공 제도	<ul style="list-style-type: none"> • 탄소세(또는 탄소요금)제도 도입 논의 • 국내 제조업체가 생산할 수 없는 수입 기계는 수입 면세 대상에 포함(2009년)
자금 조달 지원 제도	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지 연구발전 특별기금: 에너지 개발, 대체 에너지, 에너지 절약기술 등에 R&D 강화(2009년) • 태양광발전 사업 투자비의 최대 50% 지원
기타 지원제도	<ul style="list-style-type: none"> • 재생에너지 시설 투자와 관련된 행정적 규제 및 설치 규제 완화(2019년)

3.5. 주요 교역국: 미국, 중국, 베트남

3.5.1. 미국 (캘리포니아, 텍사스)

미국은 전세계적으로 중국에 이어 많은 에너지를 소비하는 국가로 꼽힌다. 전력 수요를 충족하기 위해 에너지 공급규모 확대에 적극적으로 나섰다. 그에 비해 재생에너지 개발 확대에는 유럽 국가들에 비해 소극적인 태도를 보여왔다는 평가를 받고 있다.

표 11: 미국 전력 수급 정책 연혁 (Source: PwC)

1935년	후버 댐(Hoover Dam)	• 대규모 수력 발전소 완공
1960년	더 게이저스 지열 발전소(The Geysers)	• 대규모 지열 발전소 완공
1973년	미국 에너지부 설립	• 에너지 효율화 및 재생에너지 개발 전담 사무국 설립
1999년	Wind Powering America Initiative	• 2020년까지 발전량 중 풍력발전 비중 5% 달성
2003년	Hydrogen Fuel Initiative	• 석유 수입 의존도를 축소하기 위해 수소 전력 개발에 12억 달러 투자 계획
2005년	에너지 정책법(Energy Policy Act of 2005)	• 대체에너지 개발을 촉진하기 위한 정책 제시
2006년	Solar America Initiative	• 2015년까지 태양에너지 원가경쟁력 목표 제시
2009년	New Energy for America	• 미래 청정에너지 개발에 1500억 달러 투자 및 500만 개의 일자리 창출 계획 제시
2011년	Sunshot Initiative 2020	• 2020년까지 태양광발전의 그리드 패러티(grid-parity)도달 목표 제시 • 2020년까지 2011년 대비 전력 시스템 비용 75% 축소 목표 제시
2011년	National Offshore Wind Strategy	• 2030년까지 해상 풍력발전 설비 54GW 규모 달성 목표 제시
2013년	Climate Action Plan	• 온실가스 배출량 감축, 기후변화 대응 관련 방침 수립 • 청정전력계획의 수립을 통해 화력발전소의 온실가스 배출규제 강화 계획 • 가정, 산업, 건물 부문의 에너지 효율 개선 대책 수립 및 에너지 인프라 개선 대책 수립
2014년	아이밴파 발전소(Ivanpah)건설	• 세계 최대 규모 태양광 발전소 설립 • 평균 94,400 가구에 전력 공급이 가능한 규모의 발전설비 구축
2015년	Clean Energy Investment Initiative	• 기후변화 대응을 위한 민간 부문에 20억 달러 투자
2016년	파리 기후변화협약	• 오바마 대통령 시기 파리 기후변화협약 가입
2017년	America First Energy Plan	• 트럼프 행정부의 화석연료 개발 확대 정책 제시
2020년	파리 기후변화협약 탈퇴	• 트럼프 대통령의 파리 기후변화협약 탈퇴
2021년	파리 기후변화협약 재가입	• 바이든 대통령의 파리 기후변화협약 재가입
2021년	Long Term Strategy of the United States	• 2050년 탄소중립 달성을 위한 로드맵 제시 • 2035년까지 탈탄소 전력 발전 100% 달성 목표 제시

미국은 석탄, 가스 등 화석연료 매장량이 풍부한 국가로 현재의 전력수급도 화석연료에 크게 의존하는 형태를 보인다. 2021년 전체 발전 공급량 중 재생에너지의 비중은 약 19%로 OECD 평균(30%)에 크게 못 미치는 수준이다. 2017년 이후의 전력 믹스 구성을 살펴보면 풍력, 수력 등 재생에너지 발전은 유의미한 증가세를 보이지 못하고 있다.

그림 46: 2021년 전력원별 발전 공급량 (TWh) (Source: PwC, Data: EIA (2022) Annual Energy Outlook 2022)

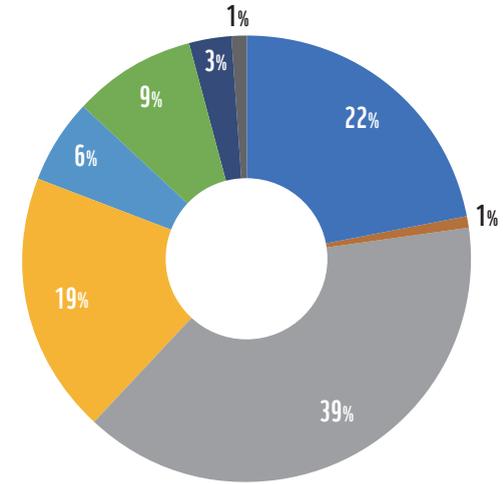
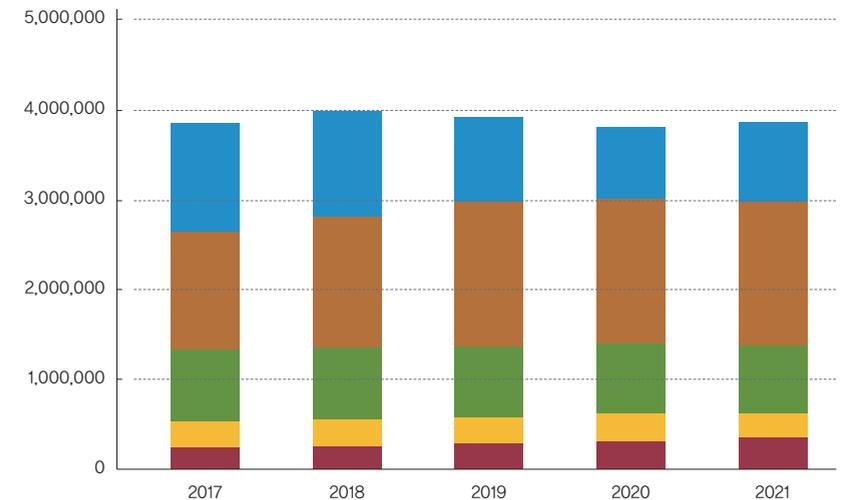


그림 47: 전력원별 발전 공급 믹스 트렌드 (TWh) (Source: EIA, Annual Energy Outlook 2022)



그러나 최근 바이든 행정부는 2030년까지 전력 수급의 80%를 무탄소 에너지원으로 조달하고 2035년까지 이를 전력 부문의 탄소중립을 달성하겠다는 목표를 제시하는 등 친환경 에너지 전환에 적극적인 태도를 보이고 있다.

미국의 연방정부는 재생에너지 발전 비중을 높이는 동시에 높은 에너지 수요를 충족해야 하는 이중의 목표를 달성하기 위해 아래와 같이 다양한 지원 제도를 실시해왔다.

9. 무탄소 에너지원: 재생에너지, 원자력, 수소, 암모니아 등 탄소배출이 없는 에너지원

그림 48: 바이든 행정부 기후변화 대응 목표 (Source: PwC)

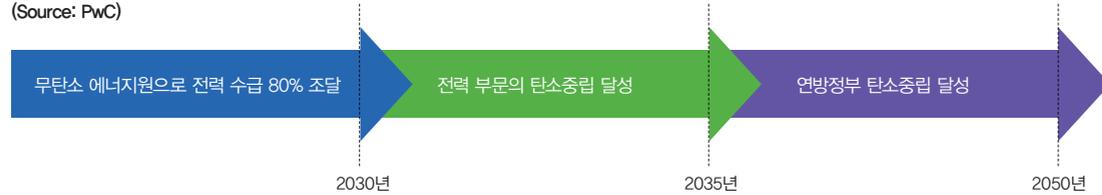


그림 49: 미국 유형별 재생에너지 지원제도 (Source: PwC, KEPCO (2021.06.14) (21-6) 주요국 신재생 에너지 지원제도 및 변화과정 외)

유형	운영 제도
재생에너지 보급 확대 지원 제도	<ul style="list-style-type: none"> 정유업체 또는 정유 수입업체 대상으로 RFS(Renewable Fuel Standard)제도 본격 실시(2009년) 연방 정부 차원에서 RPS 제도 도입을 시도했으나 실패: 현재 약 30개의 주가 RPS 또는 유사 주법을 독립적으로 운영하고 있음 주(州)별로 FIT를 추가적으로 실시 중
세금 혜택 제공 제도	<ul style="list-style-type: none"> 투자세액공제(ITC, Investment Tax Credit) 제도: 주택용 태양광과 연료전지 세액공제(Residential Solar and Fuel Cell Tax Credit), 사업용 에너지 세액공제(Business Energy Tax Credit) 등 제공(2006년 도입, 2022년 IRA 통해 개정)
자금 조달 지원 제도	<ul style="list-style-type: none"> CCS, 재생에너지 등 탄소배출 감축 관련 기술 개발 사업자에게 대출 보증 제공
기타 지원제도 ·바이오연료 혼합의무제도	<ul style="list-style-type: none"> 풍력 에너지 사업자에 보조금 제공(2005년)

미국은 지역별로 다양한 기후, 인구수, 경제력, 자연환경 등을 갖고 있기 때문에 주(州)마다 에너지 정책의 추진 방향이 다르다. 특히 텍사스 및 캘리포니아는 상이한 지리적 특성 및 정치성향을 가진 탓에 재생에너지 관련 정책의 추진에서도 서로 상반된 태도를 보이고 있는 만큼, 해당 차이를 비교해보고 넘어갈 필요가 있다.

그림 50: 캘리포니아 및 텍사스 특성 및 정치적 성향 (Source: PwC, 자유일보 (2022.07.24), 캘리포니아와 텍사스 자유일보, U.S. EIA (2022) Annual Energy Outlook 2022)

	캘리포니아	텍사스
지리적 특징	<ul style="list-style-type: none"> 전체 육지 면적은 알래스카, 텍사스 다음으로 가장 넓음 남동부 사막에 대규모 태양광 자원 보유 	<ul style="list-style-type: none"> 전체 육지 면적은 알래스카 다음으로 가장 넓음 대평원 (High Plains)지역은 넓은 사업 부지와 풍력발전 자원 보유
경제력	<ul style="list-style-type: none"> 2021년 기준 주민 약 3,961만명, 경제 규모 3,36조 달러 (각각 미국 1위) 전체 전력 소비량 미국 2위 	<ul style="list-style-type: none"> 2021년 기준 주민 약 2,973만명, 경제력은 1,99조 달러(각각 미국 2위) 전체 전력 소비량 미국 1위
주요 재생에너지	<ul style="list-style-type: none"> 태양광 (미국 태양광 발전량 1위) 전국 재생에너지 발전량 2위 	<ul style="list-style-type: none"> 풍력 (미국 풍력 발전량 1위) 전국 재생에너지 발전량 1위
재생에너지 관련 정치적 성향	<ul style="list-style-type: none"> 재생에너지 전환 정책 추진에 적극적 	<ul style="list-style-type: none"> 화석연료 개발에 적극적, 재생에너지 전환에 회의적

캘리포니아 및 텍사스는 재생에너지 발전량에 있어 미국 내 주(州)들 사이에선 상위권을 차지하고 있으나, 전체 발전량 대비 재생에너지의 발전 비중은 크지 않은 수준이다. 2021년 기준 캘리포니아의 재생에너지 발전 비중은 38%, 텍사스는 27%를 기록했다.

그림 51: 캘리포니아 전력원별 발전량 변화 (Source: PwC, Data: NEI, State Electricity Generation Fuel Shares)

- 범례
- 석유
 - 가스
 - 원자력
 - 수력
 - 태양광
 - 바이오매스
 - 지열
 - 석탄 0%
 - 기타 0%

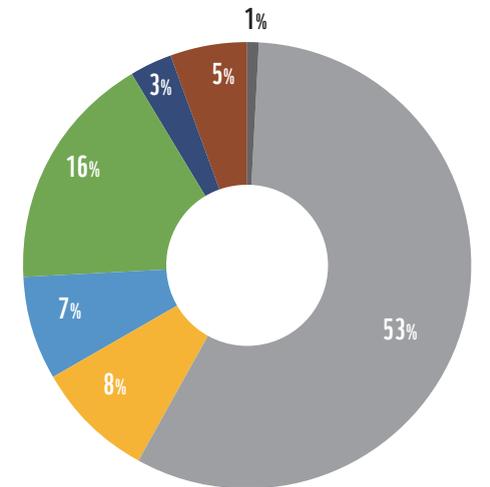
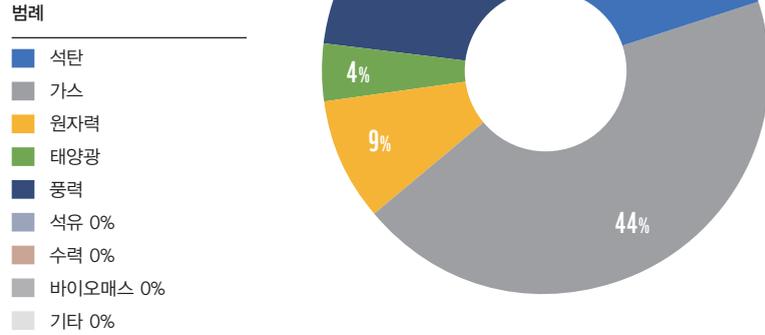
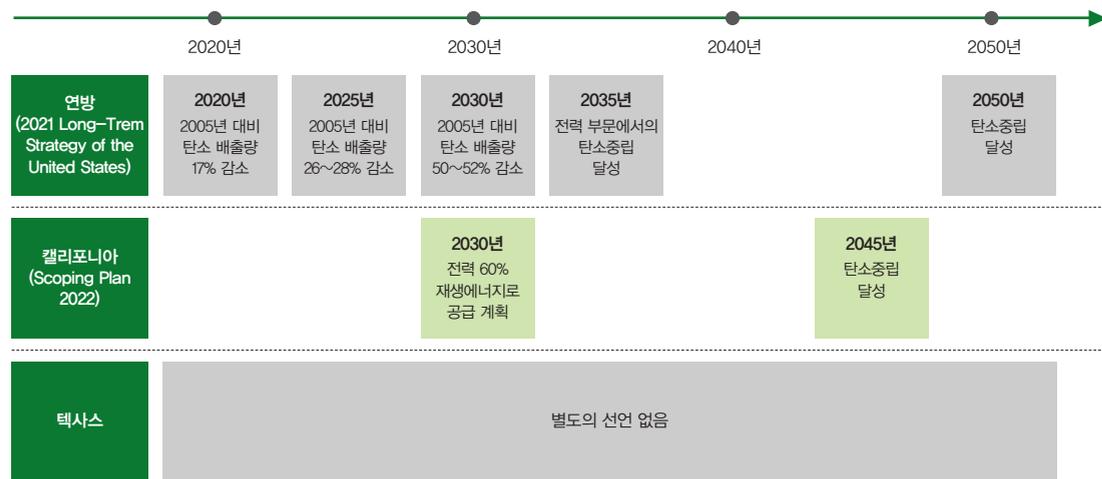


그림 52:
텍사스 전력원별 발전량 변화
(Source: PwC, Data: NEI, State Electricity Generation Fuel Shares)



캘리포니아는 선도적인 재생에너지 전환 정책을 추진함과 함께 연방정부에서 설정한 2050 년보다 5년 앞선 2045년 탄소중립 목표를 제시했다. 그에 반해 텍사스 주 정부는 탄소중립과 관련된 별도의 선언을 하지 않았으며 기후문제 대응에 소극적인 모습을 보이고 있다.

그림 53:
캘리포니아/텍사스 탄소중립 로드맵
(Source: PwC)



캘리포니아와 텍사스 주 정부는 재생에너지 개발을 위해 각각 다음과 같은 제도들을 시행해왔다.

그림 54:
캘리포니아/텍사스 유형별 재생에너지 지원제도
(Source: DSIRE (2023) Database of State Incentives for Renewables & Efficiency)

유형	캘리포니아	텍사스
재생에너지 보급 확대 지원 제도	<ul style="list-style-type: none"> RPS 도입: 재생에너지 의무 발전 비중 33%로 설정 (2030년까지 60%, 2045년까지 100%로 확대 계획) 태양광 발전 FIT 도입(2013년) 	<ul style="list-style-type: none"> RPS 도입: 2025년까지 재생에너지 발전 설비 용량 10,000MW 달성 계획
세금 혜택 제공 제도	<ul style="list-style-type: none"> 하이브리드, 전기차량 구매 또는 임대에 대한 \$7,500 세액 공제 제공 	<ul style="list-style-type: none"> 태양광 또는 풍력 발전 설비에 대한 재산세액 100% 면세 태양광 또는 풍력 에너지 발전 설비를 제조, 판매 또는 설치하는 사업자에게 세금 면제
기타 지원제도	<ul style="list-style-type: none"> ERS: 매년 판매 전력량의 1.15%만큼 전력 사용 절감 의무 부여 1996년 Net Metering² 제도 도입 	<ul style="list-style-type: none"> EERS: 전년 대비 판매 전력 증가량의 20% 만큼 전력 사용 절감 의무 부여(2012년 25%, 2013년 이후 30%로 비중 상승)

• 효율향상 사업을 통해 판매전력량의 일정 비율만큼 의무적으로 절감해야 하는 제도, 목표 달성 시 인센티브 부과
• 신재생 발전 전력을 직접 생산 및 소비하고 남은 전기를 전력회사에 판매할 수 있게 하는 제도



캘리포니아주는 하이브리드, 전기차량 구매 또는 임대
에 대한 \$7,500 세액 공제 제공하는 등 탄소중립과 기후문제에 적극적인
모습이나 텍사스 주 정부는 소극적인 모습을 보이고 있다

3.5.2. 중국

중국은 1990년대 후반 시장개방 이후 경제성장에 따른 에너지 수요 급증과 탈탄소 에너지 전환에 대한 압박에 대응하기 위한 정책들을 제시해왔다.

현재 중국은 석탄을 비롯한 화석연료 발전에 크게 의존하고 있으며 특히 석탄 생산 및 소비량 1위 국가이자 탄소배출국 1위 국가에 이름을 올리고 있다. 재생에너지 발전원 중 수력의 비중이 크지만, 꾸준히 태양광 및 풍력 중심의 발전 믹스로 개편을 시도해왔다. 특히 태양광 FIT 보조금 지급, 금태양 프로그램 등 전폭적인 태양광 발전 지원 사업을 통해 태양광 설비 규모가 비약적으로 성장할 수 있었다.

표 11: 중국 전력 수급 정책 연혁 (Source: PwC)

연도	주요 정책	내용
1980년	석탄공업 중심 산업구조, 에너지 소비 절약 강조	
1990년대	석탄에 기반한 화석연료 발전 개발 강화, 신에너지 발전 의지 표명	
1997년	1997 중국 에너지 정책 발표	• 경제 개방에 따른 에너지 수요 급증에 대응하기 위해 석탄, 원자력 및 신재생에너지 발전 방향 제시 • 특히 원자력 에너지의 청정성, 안전성을 강조
2001년	10차 5개년 계획 발표	• 원자력 발전 확대 추진, 석탄 중심의 발전에 기반한 천연가스 개발 확대 계획
2006년	11차 5개년 계획 발표	• 재생에너지 개발 확대 목표의 구체적 제시 • 재생에너지 확대를 위한 세제 감면 혜택 및 투자 독려 정책 추진
2006년	신재생에너지법 제정	• 전력회사에 신재생에너지 발전량 매입 의무 부과: 소매 전력요금에 신재생에너지 매입 비용으로 인한 부담을 포함시킴
2007년	원자력발전증장기계획 수립	• 적극적인 원전 확대 및 원자력 발전 기술 육서 지원
2011년	12차 5개년 계획 발표	• 기후변화 대응 강조, 비화석에너지(재생에너지, 원자력 에너지)사용 비중 확대
2018년	'2018년 태양광발전 관련 통지' 발표	• 신규 태양광 설비 증설 제한: 국가 보조금 대상인 태양광발전 설비 구축 시 지방정부의 중앙정부 승인 필요(제한 이유: 설치량은 계속 증가하는 반면 이미 설치된 발전소의 관리 통제 불가) • 분산형 발전설비 증설 지침 마련: 분산형 발전설비 규모 10GW 확대 • 태양광발전 보조금 축소, 태양광 발전설비 허가에 경쟁입찰 도입
2020년	쌍타 계획 발표	• 2030년 탄소배출 정점 도달, 2060년 탄소중립 도달 목표 제시
2021년	2030년 탄소배출 정점 도달을 위한 액션플랜 수립	• 2025년까지 친환경에너지 소비 비중 20%로 확대 • 2025년까지 GDP 단위당 탄소배출 2020년 대비 18% 감축 • 2025년까지 GDP 단위당 에너지 소비 2020년 대비 13.5% 감축
2022년	재생에너지부문 14.5 계획 발표	• 2030년까지 1차 에너지 소비에서 비화석에너지 비중 25% 달성 • 2030년까지 풍력태양광 발전 누적 설비 규모 1200GW 이상으로 증대 • 2025년까지 원자력 발전 설비 70GW로 확대

중국 정부는 '재생에너지 14.5 계획' 발표를 통해 2030년까지 재생에너지 의무 소비비율을 33%로 확대하고 재생에너지 발전량을 기존 2,210TWh에서 3,300TWh로 증가시키겠다는 목표를 수립했다.

아울러 NDC 발표를 통해선 태양광 및 풍력 발전의 설비규모를 1200GW 이상으로 확대하겠다는 계획을 제시했다.

그림 51: 캘리포니아 전력원별 발전량 변화 (Source: PwC, Data: NEI, State Electricity Generation Fuel Shares)

범례

- 석유
- 가스
- 원자력
- 수력
- 태양광
- 바이오매스
- 지열
- 석탄 0%
- 기타 0%

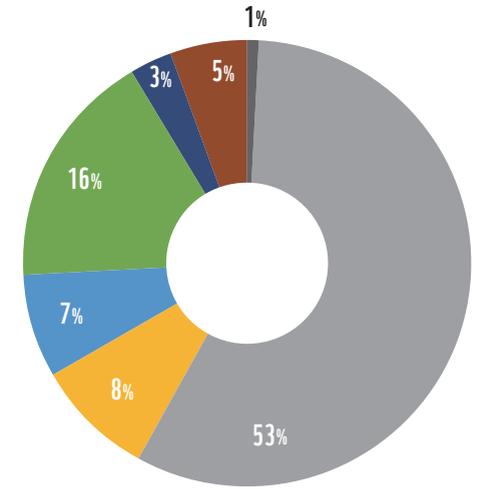
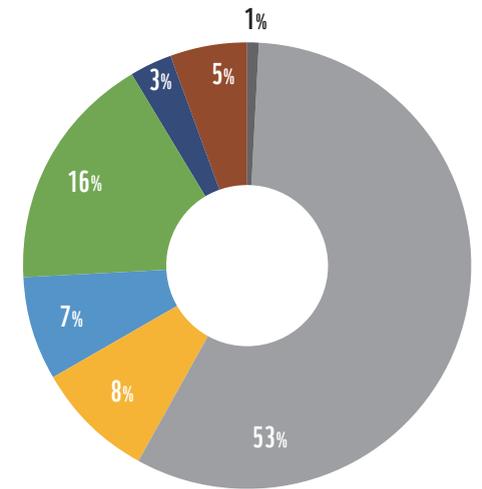


그림 51: 캘리포니아 전력원별 발전량 변화 (Source: PwC, Data: NEI, State Electricity Generation Fuel Shares)

범례

- 석유
- 가스
- 원자력
- 수력
- 태양광
- 바이오매스
- 지열
- 석탄 0%
- 기타 0%



중국의 재생에너지 지원제도 운영에서 주목할 만한 점은 적극적인 정부 주도의 지원 제공을 통해 태양광 및 풍력의 발전설비용량을 급격히 성장시켰다는 점이다. 특히 '금태양 프로그램'과 FIT 보조금 지급 등을 통해 중국의 태양광 발전 사업은 급격한 성장세를 보였으며 글로벌 태양광 발전 설비 공급 시장에서 중국 기업이 확고한 우위를 점하는 결과를 낳았다.

그림 57:
중국 NDC 발표안
(Source: PwC, Data: KITA, 中,
14차 5개년 계획 기간 재생에너지
발전계획 발표)

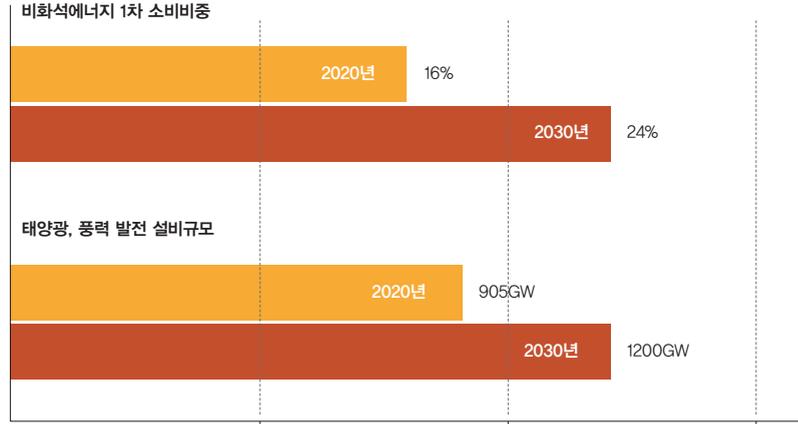


그림 58:
중국 재생에너지 14차 5개년 계획
(Source: PwC, Data: KITA, 中,
14차 5개년 계획 기간 재생에너지
발전계획 발표)

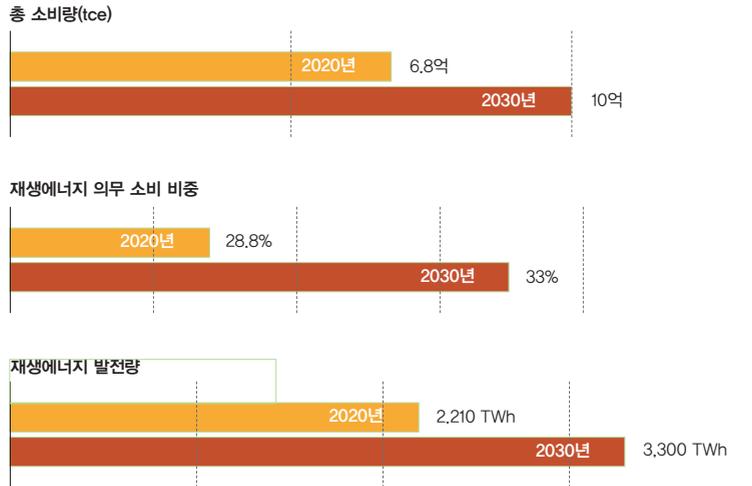
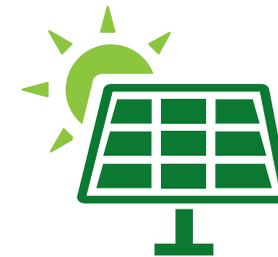


그림 59:
중국 유형별 재생에너지 지원제도
(Source: PwC)

유형	운영 제도
재생에너지 보급 확대 지원 제도	<ul style="list-style-type: none"> 태양광, 해상풍력, 육상풍력 FIT 도입) → 2020년 전후로 중단 수순 재생에너지 의무사용 할당제, 녹색전력증서 제도
세금 혜택 제공 제도	<ul style="list-style-type: none"> 태양광 발전기술기업으로 인정 시 기업소득세에 특혜세율 적용 (2019년 기준) 풍력발전 기업에 소득공제 혜택 제공, 증치세 환급 혜택 제공(2019년 기준)
자금 조달 지원 제도	<ul style="list-style-type: none"> 녹색·저탄소 사업에 저금리 대출 지원(2021년): 풍력·태양광 발전 등 재생에너지 분야, 에너지 절약 등의 분야에 대한 저금리 대출을 장려하기 위해 중국 인민은행이 시중 은행에 자금을 지원
기타 지원제도	<ul style="list-style-type: none"> 분산 태양광 발전 보조금 프로그램(지방 태양광)



중국의 재생에너지 지원제도 운영에서 주목할 만한 점은 적극적인 정부 주도의 지원 제공을 통해 태양광 및 풍력의 발전설비용량을 급격히 성장시켰다는 점이다. 중국의 글로벌 태양광 발전 설비 공급 시장에서 중국 기업이 확고한 우위를 점하는 결과를 낳았다.

3.5.3. 베트남

베트남은 '2008년 기후변화 대응 국가 목표 프로그램' 발표를 통해 경제성장을 우선시 하던 기존의 정책 기조를 환경 친화적 기조로 변경한다는 입장을 표명했다. 이를 기점으로 경제 성장과 함께 증가하는 전력수요를 충족하는 동시에 친환경 에너지 도입을 확대하기 위한 정책들을 제시해 왔다.

표 12: 베트남 전력 수급 정책 연혁
(Source: PwC)

2008년	기후변화 대응 국가 목표 프로그램 발표: 경제성장 우선 정책 기조에서 친환경적 기조로 변경	
2011년	전력 발전 및 판매 시장의 점진적 민영화 추진	
2011년	풍력 발전 FIT 도입	• 낮은 구매 단가로 인해 효과 미미 • 풍력 발전 프로젝트에 대한 세제 감면 혜택, 자금 대출 지원 혜택 제공
2015년	파리협정 체결에 따른 NDC 발표	• 2030년까지 BAU 대비 온실가스 배출 36% 달성 목표 • '2030 재생에너지 발전 전략' 발표: 2030년까지 수력 이외 재생에너지 발전량 비중을 10% 달성 목표 수립, 2050년까지 온실가스 배출 45% 감축 목표 제시, 석탄·석유의 수입 의존도 감소 선언
2016년	제7차 전력개발계획 발표	2030년까지 재생에너지 발전 비율 21% 확대 목표 제시, 재생에너지 설비 구축 확대
2016년	RPS 부분적 도입	발전규모 1000MW 이상 규모의 발전사에 재생에너지 공급 의무 비율 적용
2017년	풍력 발전 FIT 구매가격 인상	낮은 구매가격으로 인한 저조한 정책 효과 개선 시도
2017년	태양광 발전 FIT 도입	태양광 발전 설비용량의 폭발적 증가 계기
2018년	'2018-2030 수요 관리를 위한 국가 프로그램' 발표	수요 관리 프로그램을 통해 전력 피크 부하 감축 시도
2019년	제3차 에너지효율 타겟 프로그램 발표	에너지 절약을 위한 전력 손실을 절감, EMS 도입 계획 제시
2020년	태양광 발전 FIT 폐지	발전설비의 과도한 증가로 인한 공급 불균형 개선
	2050년 탄소중립 목표 선언	
	신규 석탄화력발전소 건설 중단 선언	
2021년	풍력 발전 FIT 폐지	
2022년	국가 기후변화 전략 발표	2030년까지 온실가스 배출 BAU 대비 43.5% 감축 목표 제시
	임시 발전단가 적용	FIT 폐지 이후 새로운 발전가격의 형성 전까지 과도기적으로 적용될 임시 발전단가 설정
	공정 에너지 전환 파트너십(JEPT) 체결	2030년 재생에너지 발전 비중 목표를 기존 계획 36%에서 47%로 상향 (*JEPT: 선진국이 개발도상국의 에너지 전환을 재정적, 기술적으로 지원하기 위해 결성한 네트워크)

현재 베트남의 전력 수급은 석탄과 수력발전에 크게 의존하는 형태를 보인다. 2020년 총 발전량 240,121GWh 중 수력을 포함한 재생에너지 발전량은 85,109GWh로 35%를 차지하고 있다. 베트남 재생에너지 발전의 대부분은 수력에 의존하고 있다. 베트남 중부 및 북부 산악지대의 강에서 풍부한 유량 및 낙수차가 확보된 덕분에 수력 발전 자원에 풍부한 덕이다. 그러나 건기 때 발전량이 저조해지고, 메콩강 상류에 중국 댐 건설로 인해 메콩강 하류에 가뭄이 발생하는 등의 문제로 인해 수력발전 의존도의 축소가 불가피한 상황이다.

그림 60: 베트남 2020년 전력발전원별 비중
(Source: PwC, Data: IEA, Vietnam)

범례

- 석탄
- LNG, 석유
- 수력
- 바이오연료
- 태양광
- 풍력 0%

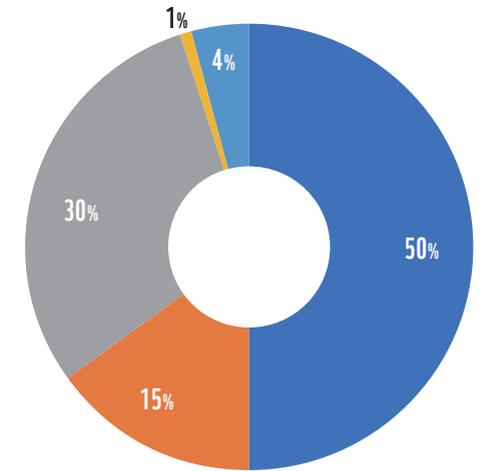
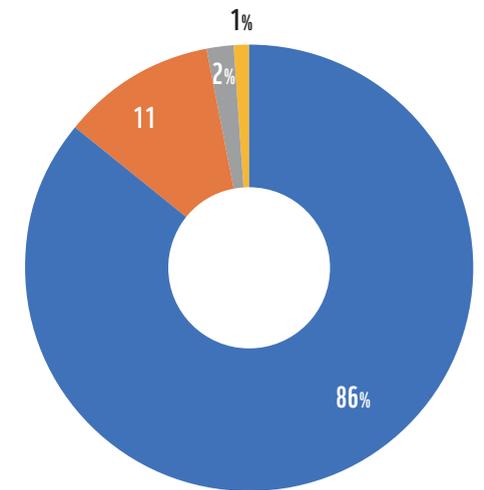


그림 61: 베트남 2020년 재생에너지원별 비중
(Source: PwC, Data: IEA, Vietnam)

범례

- 수력
- 태양광
- 바이오연료
- 풍력



베트남 정부는 제8차 전력개발계획(Power Development Plan 8, PDP8) 수정안을 통해 2030년 풍력 발전을 중심으로 재생에너지 설비 도입을 확대할 계획을 밝혔다. 현재 베트남의 풍력 발전량은 태양광 발전량에 비해 미미하나, 베트남 정부는 자연지리적 조건의 우위를 심분 활용하여 풍력 발전 확대를 적극 지원할 계획이다. 베트남은 국토의 긴 해안선을 따라 해상풍력 발전의 적정 풍속(7~9m/s)을 충족하는 해역이 고르게 분포되어 있기 때문에, 해상풍력 발전의 잠재력이 풍부한 국가로 분류되고 있다.

그림 62: 베트남 2030년 전력발전원별 설비 비중 (Source: PwC, Data: KOTRA, 성장하는 베트남 전력 및 전력기자재 시장)

범례

- 석탄
- 가스, 석유
- LNG
- 수력
- 풍력
- 태양광
- 바이오, 기타 신재생
- 수입

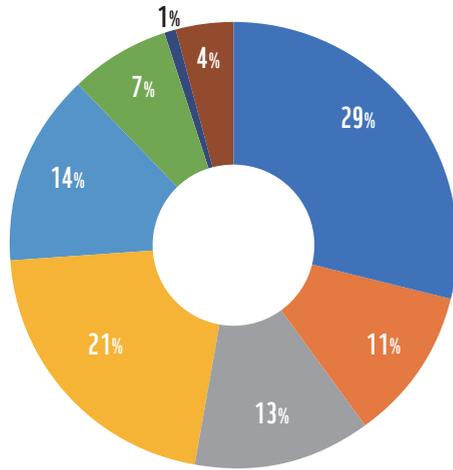
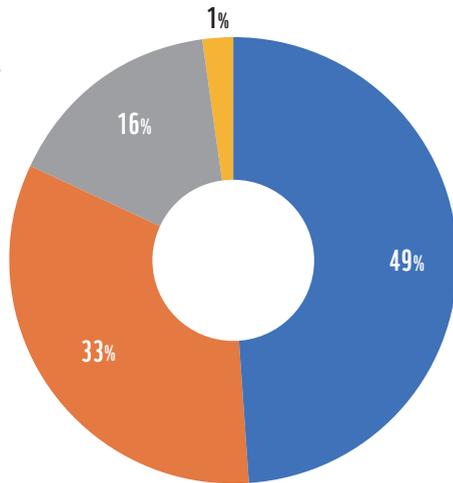


그림 63: 베트남 2030년 재생에너지원별 설비 비중 (Source: PwC, Data: KOTRA, 성장하는 베트남 전력 및 전력기자재 시장)

범례

- 수력
- 풍력
- 태양광
- 바이오, 기타



베트남의 재생에너지 지원제도에서 두드러지는 점은 태양광과 풍력 발전 부문에 적극적으로 FIT 보조금을 지급하여 단기간에 설비 확대를 이루었다는 점, 그리고 이로 인한 발전사업자 난립 등의 문제를 해결하기 위해 FIT 고정단가를 대체할 임시 발전단가 설정을 추진 중이라는 점을 들 수 있다.

그림 64: 베트남 유형별 재생에너지 지원제도 (Source: PwC)

유형	운영 제도
재생에너지 보급 확대 지원 제도	<ul style="list-style-type: none"> • 풍력 발전 FIT 도입(2011년) → 풍력 발전 FIT 구매가격 인상(2017년) → 풍력 발전 FIT 폐지(2021년) • 태양광 발전 FIT 도입(2017년) → 태양광 발전 FIT 폐지 (2020년)
세금 혜택 제공 제도	<ul style="list-style-type: none"> • 풍력 발전 프로젝트에 법인세, 소득세 등 세제 감면 혜택 제공 • 태양광 발전 사업자에 소득세, 수입관세, 법인세 등 세제 감면 혜택 제공
자금 조달 지원 제도	<ul style="list-style-type: none"> • 풍력 발전 프로젝트 추진 시 자금 대출 지원 혜택 제공
기타 지원제도	<ul style="list-style-type: none"> • 임시 발전단가 설정: FIT 폐지 이후 새로운 발전가격의 형성 전까지 과도기적으로 적용될 임시 발전단가 설정

베트남의 재생에너지 지원제도에서 두드러지는 점은 태양광과 풍력 발전 부문에 적극적으로 FIT 보조금을 지급하여 단기간에 설비 확대를 이루었다는 점, 그리고 임시 발전단가 설정을 추진 중이라는 점을 들 수 있다.

4. 주요국 유형별 재생에너지 관련 정책 동향

4.1. 독일

선제적 재생에너지 정책 준비

독일의 재생에너지 전환은 단기간에 미봉책으로 제시한 정책이 아닌, 20여년에 걸쳐 준비된 선제적 정책에 기반하여 이루어졌다. 전세계가 화석연료와 원자력 발전에 집중하던 2000년대 초반에 이미 정치권에서 탈원전 합의를 도출해내고 재생에너지법(Renewable Energy Sources Act, EEG)을 제정하는 등 동 시대 타 국가에 비해 상당히 선진적인 에너지 전환 정책들을 제시해왔다.

장기간 동안 정책이 추진된 덕에, 재생에너지 전환에 대한 국민들의 인식을 꾸준히 제고시킬 수 있었고 사회적 공감대 형성으로 이어질 수 있었다. 뿐만 아니라 20여년에 걸친 재생에너지 보급 정책 추진의 결과로 공공 부문의 실무진들은 정책적 경험과 노하우를 축적해올 수 있었다. 이를 바탕으로 에너지 수급 불안 문제, 고용문제, 좌초자산 문제 등 재생에너지 전환에 따른 부작용까지 효과적으로 관리하는 정책이 제시될 수 있었다. 우리나라 역시 재생에너지 전환이 장기적 관점에서 추진되어야 하는 사업임을 인지하고, 미래사회를 준비하는 자세로 선제적인 정책 준비에 돌입할 필요가 있다.

균형 잡힌 재생에너지 믹스 수립

독일의 재생에너지 정책에서 눈에 띄는 점은 바로 태양광과 풍력 발전 간에 균형 잡힌 믹스 구성을 추구한다는 것이다. 2022년 기준 독일의 발전 설비용량에서 풍력 설비는 31.4%, 태양광 설비는 30.9%의 비중을 차지하고 있다. 독일은 전통적인 풍력발전 강국으로서 에너지 전환 정책 초기부터 풍력 발전량이 태양광 발전량을 크게 앞섰다. 그러나 독일 정부는 태양광 발전에 대해FIT 보조금 지급, 영농형 태양광 도입 지원, 건축물 태양광 패널 설치 의무화 등 태양광 에너지 보급을 위한 지원에 적극적으로 나섰다. 그 결과 독일은 중국, 미국, 일본, 인도와 함께 태양광설치 상위권 국가에 이름을 올렸다.

뿐만 아니라 해상풍력에너지법(Wind Energy at Sea Act, WindSeeG) 제정을 통해, 태양광과 육상풍력에 비해 상대적으로 보급이 적은 해상풍력 도입 확대에도 적극적으로 나섰다. 현재 독일의 발전 설비용량에서 해상풍력 설비가 차지하는 비중은 3.8%에 불과하지만, 해상풍력에너지법을 비롯한 적극적인 지원 정책에 힘입어 머지않아 상당한 비중을 가진 전력원으로 부상할 것으로 예상된다.

이와 같이 태양광, 육상풍력, 해상풍력 간의 조화를 추구하는 정책적 방향은 한국에 시사하는 바가 크다. 2021년 한국의 태양광과 풍력 발전 설비용량의 비율이 92:8로 상당히 태양광에 편중된 발전 구조를 가지고 있다. 기상 조건의 변동에 따라 발전수급이 불안정해질 수 있는 재생에너지의 특성을 고려했을 때, 독일과 같이 다양한 발전 믹스의 조화를 통해 수급 불안정 리스크에 대응하는 정책적 고민이 필요한 시점이다.

4.2. 덴마크

범정부적 재생에너지 확대 목표 수립

덴마크는 재생에너지 전환에 대한 범정부적 합의를 도출한 덕에 일관성 있는 에너지 정책의 추진이 가능했다. 2012년 덴마크 의회의 8개 정당 중 7개 정당은 2020년까지 전력소비량의 50%를 재생에너지로 공급한다는 '2012 에너지 합의(Energy Agreement)'를 도출했다. 이로써 정권이 교체되더라도 덴마크의 재생에너지 확대 정책은 지속가능성을 담보 받을 수 있었다.

이러한 덴마크의 행보를 통해 재생에너지 전환 정책은 당리당락에 따른 근시안적 관점이 아닌, 수십년 후의 미래세대를 위한 장기적 관점에서 추진되어야 한다는 점을 배울 수 있다. 그러나 한국의 경우 재생에너지 도입 이래로 수차례의 정권 교체를 거치면서 에너지 정책이 일관된 방향성 하에 추진되지 못했다. 2022년에 발표된 '재생에너지 정책 개선 방안'이나 2023년에 확정된 '제10차 전력수급기본계획'을 살펴봐도 이전에 추진된 에너지 정책들과의 연속성을 확보하기 위한 노력들은 찾아보기 힘들다. 우리나라는 재생에너지 후발주자로서 선도국과의 격차를 좁히기 위해선 에너지 전환 정책에 가속도가 필요하다. 에너지 정책에 대한 범정부적 합의가 전제되지 못한다면, 우리나라의 재생에너지 전환 속도는 탄력을 받기 어려울 것이다.

수소 경제로의 전환 준비(수소 기술 도입 등)

덴마크는 풍부한 풍력발전 자원을 중심으로 재생에너지 생산 부문 뿐만 아니라, 이를 활용한 수소에너지 부문도 적극적으로 개발에 나섰다. 기상조건에 따라 생산량에 변동이 생기는 재생에너지의 특성상, 이를 해결할 기술이 필요한데 수소에너지 PtX(Power-to-X)¹⁰ 사업이 그 답이 될 수 있다. 2021년 덴마크는 기후법 제정을 통해 탄소중립 목표를 제시했는데, 동시에 이를 달성할 주요 전략으로 재생에너지를 수소로 변환하는 PtX를 명시했다. 2022년 기준 덴마크에는 21개의 PtX 프로젝트가 진행 중이며 글로벌 풍력발전 기업 오스테드는 코펜하겐 공항 등과 협력하여 대규모 수소공장을 설립할 계획을 수립했다. 수소산업은 덴마크 뿐만 아니라 독일, 프랑스 등 유럽 국가들이 선도국의 지위를 선점하기 위해 치열하게 경쟁하는 분야이다.

우리나라는 국토가 협소하고 재생에너지 개발을 위한 자연조건이 유리한 편이 아니라는 점을 고려할 때, 수소 및 PtX는 이를 보완할 좋은 대안이 될 수 있다. 우리나라도 재생에너지 전환 정책을 추진할 때, 이를 염두에 두고 수소경제로의 전환을 위한 준비에 돌입해야 한다.

10. PtX: 재생에너지를 통해 얻은 전력(Power)을 전기분해 등을 거쳐 수소에너지와 같은 녹색 연료(X)로 변환하는 것

4.3. 프랑스

균형 잡힌 발전 믹스 수립의 중요성

프랑스는 역사적으로 원자력이라는 단일 에너지원에 의존도가 높았던 탓에 원전 노후화로 인한 가동률 저하 당시 에너지 공급 문제에 탄력적으로 대처하는 데에 어려움을 겪었다. 1980년대에 대거 구축된 원전의 상당수가 현재는 노후화 및 폭염, 가뭄으로 인해 가동이 중단된 상태이다.

2022년 프랑스는 30년만에 가장 낮은 수치의 원자력 발전량을 기록했는데, 여기에 러시아-우크라이나 전쟁으로 인한 LNG 수급 대란이 겹치면서 국가 차원의 에너지 공급이 불안정해지는 문제에 직면했다. 이는 특정 에너지원에 과도하게 의존하면 예기치 못한 변수가 발생했을 시, 전력 수급을 위한 탄력적 대처가 어려워질 수 있음을 여실히 보여주는 예시이다. 대한민국의 재생에너지 공급 역시 태양광 발전에 지나치게 편중된 점을 감안했을 때, 향후 기상이변 등 예상치 못한 변수로 인한 공급 리스크를 효과적으로 관리하기 위해서는 균형 잡힌 발전 믹스의 수립을 위해 힘써야 할 것이다.

수소 경제 전환

앞서 덴마크의 사례에서 언급했듯이, 수소 에너지 시장은 향후 고성장이 기대되는 영역이자 청정 에너지 전환을 위한 핵심 요소로 EU, 미국 등 주요 선진국들의 관심 대상이다. 프랑스 역시 수소 산업에 대한 대대적 투자와 지원을 통해 그린 수소에너지의 리더 국가로 거듭나겠다는 목표를 제시했다. 마크롱 행정부는 2020년 '청정 수소 국가전략' 발표를 통해 2030년까지 총 70억 유로를 지원하여 수소에너지 기술의 개발과 인프라 구축에 나설 것이라고 밝혔다. 독일이 태양광 및 풍력 등 재생에너지 전력 생산에 두각을 나타낸 것과 달리, 프랑스는 생산된 재생에너지 전력을 활용한 수소에너지 부문에서 리더 국가의 지위를 점하겠다는 것이다. 우리나라도 2020년에 수소법을 제정하는 등 수소경제 전환에 동참하고 있으나, R&D 확대나 인프라 구축 측면에선 아직 국민적 관심이 떨어진 것이 사실이다. 수소에너지가 미래 경제의 패러다임을 바꿀 중요한 전환점임을 환기시키고, 수소에너지 원전 기술의 확보를 위해 보다 적극적인 지원에 나설 필요가 있다.

4.4. 일본

지속적인 제도 정비

일본은 재생에너지 도입 초기인 2002년에 발전사업자에게 일정 비율 이상의 재생에너지 전력 공급 의무를 부과하는 RPS 제도를 시행했다. 제도 특성 상, 인센티브 제공보다 규제 강화에 초점을 둔 탓에 재생에너지 발전 확대에 실질적으로 기여하지 못했다. 이후 2011년 후쿠시마 원전 사고를 기점으로 재생에너지 발전 확대에 대대적으로 나선 일본 정부는 RPS를 대체하는 FIT제도를 도입했다. 재생에너지 전력의 가격보장을 통해 발전사업자의 이익을 보장함으로써 재생에너지 발전 참여 유인을 충분히 제공하는 등 일본 내 재생에너지 개발은 유의미한 성장세를 보였다. 그러나 FIT 제도로 인해 미가동 발전사업자가 난립하고 태양광 에너지 편중 현상이 생기는 등 부작용이 발생하자, 이에 대응하기 위해 2022년 시장 매커니즘을 반영한 FIP 제도를 개편하였다. 이처럼 일본은 정책 도입 이후 지속적인 모니터링을 통해 정책에 따른 부작용을 파악하고 꾸준히 개선안을 제시해왔다. 재생에너지 도입을 장기적 관점으로 접근해야 하는 이슈로 인식한 덕에 단발성에 그친 정책 집행이 아닌, 정책 부작용을 개선하기 위한 사후 관리가 실시될 수 있었다.

한편 우리나라는 2002년 FIT을 도입한 이후 2012년에 이를 RPS제도로 대체했다가 2018년부터 소규모 태양광 발전에 대해 FIT제도를 제한적으로 도입했다. 현재는 경직적인 RPS 중심의 공급 구조로 인해 재생에너지 사업 참여도가 저조하다는 문제 상황과 더불어 소규모 태양광 FIT 도입 이후 발전사업자의 난립 문제를 직면하고 있다. 우리보다 앞서 RPS와 FIT을 도입한 경험이 있는 일본의 사례를 통해, 각 제도에 수반되는 부작용을 예상하고 우리나라의 실정에 맞는 대응책을 준비해야 할 시점이다. 특히 지속적인 모니터링을 통해 입찰제도를 도입하고 FIP제도로의 개편을 시도하는 등 정책 부작용을 최소화하기 위해 노력해온 일본의 행보에 주목할 필요가 있다.

공공주도 하의 사업 부지 확보

일본은 2018년 「해양 재생에너지 해역 이용법」 제정을 통해 해상풍력 에너지 발전 촉진구역 지정 제도를 도입했다. 이는 정부 주도하에 민·관 협의를 전제로 해상풍력 촉진구역을 지정함으로써 사업 부지를 확보할 수 있도록 돕는 제도이다. 민간이 아닌 공공주도 하에 계획적인 입지 선정이 이루어지기 때문에 발전 부지의 난개발을 막고 안정적인 사업 운영 환경을 조성할 수 있다는 장점이 있다. 또한 입지 선정 과정에 정부 개입을 통해 발전사업자와 주민 간 갈등을 최소화한다는 점에서, 제도적 지원을 통해 협소한 국토 환경을 극복하려는 시도라고 할 수 있다.

반면 우리나라는 정부가 아닌 사업자 주도로 입지를 발굴 및 선정한다. 때문에 사업자들 간에 입지 선점을 둘러싼 과도한 경쟁이 발생하고 주민 수용성이 보장되지 않아 사업의 지속 가능성을 담보하기 힘들다는 점이 문제로 꼽힌다. 우리나라도 일본과 유사하게 국토가 협소하여 발전 사업 부지를 확보하기 어려운 환경에 놓여있다는 점을 고려했을 때, 정부 주도 하에 사업 부지를 발굴하는 제도는 우리에게 많은 시사점을 던져준다. 국회에선 정부 주도의 풍력발전 입지 발굴 등의 내용을 담은 '풍력발전 보급 촉진 특별법' 제정안이 발의됐으나, 통과가 요원한 상황이다. 정책 입안자들의 보다 적극적인 입법 행보를 통해 재생에너지 사업 추진에 필요한 선진적인 환경이 마련되길 기대해본다.

4.5. 대만

에너지 수입 의존도의 축소 필요성

대만은 한국과 마찬가지로 한정된 에너지 자원을 보유한 국가이기 때문에 수입 에너지에 대한 의존도가 매우 높다. 2022년 대만은 전체 에너지 공급의 97.7%를 수입에 의존했는데, 여기에 더해 전력 계통적으로 고립된 환경에 처해있기 때문에 이웃 국가와의 전력 거래도 어려운 상황이다. 때문에 대만은 만성적인 에너지 공급 불안에 시달려왔는데, 단적인 예시로 2017년 LNG 발전소의 고장으로 약 668만 가구에 정전이 발생한 '8.15 블랙아웃(Blackout)'을 들 수 있다.

한국 역시 대만과 유사하게 지리적으로 고립되어 있으며 에너지 수입에 대한 의존도가 높은 나라이다. 한국의 에너지 수입 비율은 1990년대 이후 꾸준히 90%를 상회하고 있다(그림45). 동시에 전력 소비는 계속 늘어가고 있기 때문에, 안정적인 전력 수급에 대한 고민이 깊어질 수밖에 없다. 따라서 에너지 안보 문제를 해결하기 위해선 수입 화석연료에 대한 의존도를 축소하기 위한 노력들이 지속적으로 이어져야 한다. 특히 재생에너지를 비롯한 대체 전력원들을 적극적으로 개발하여 에너지원의 다변화를 도모하는 것을 필수 과제로 삼아야 할 것이다.

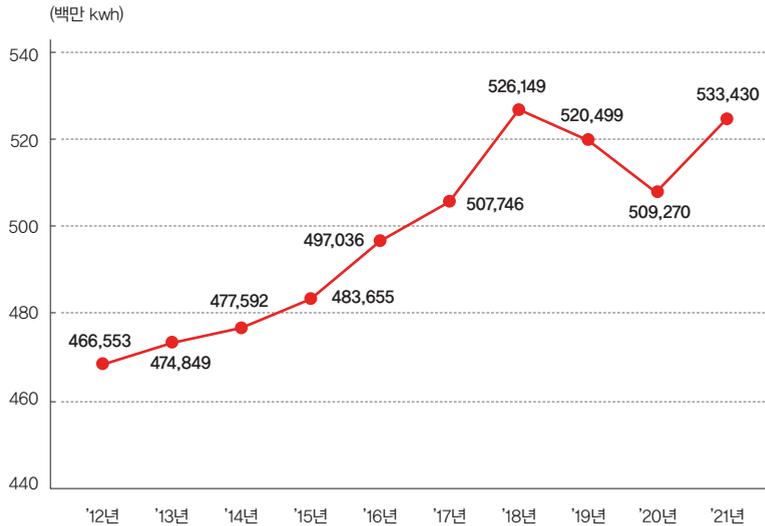


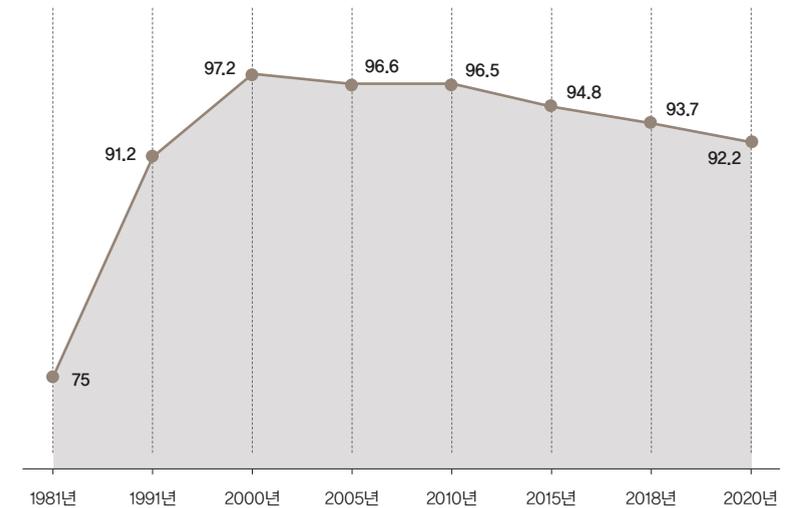
그림 44:
전력사용량 추이
(Source: KEPCO (2022)
대한민국 전력 소비량)

해상풍력발전을 둘러싼 어민들과의 갈등 조율

세계 20대 해상풍력발전 적합 해역 중16곳이 대만 해협에 위치하지만, 대만은 해상풍력 발전의 잠재력이 큰 나라 중 하나로 평가받고 있다. 대만 정부는 2025년까지 해상풍력 발전 설비 용량을 대폭 늘리겠다는 계획을 발표했고, 오스테드, 베스타스 등 글로벌 해상풍력 기업들도 대만 시장에 적극적으로 진출하고 있다. 대만의 해상풍력 발전 규모가 성장함에 따라, 이를 둘러싼 발전사업자와 어민들 간의 갈등도 커지고 있다. 주목할 만한 점은, 대만 정부가 이러한 갈등을 해결하기 위한 방안을 적극적으로 내놓고 있다는 점이다. 해상풍력 발전 때문에 감소한 어획량에 대해 정부가 어민들에게 보상을 제공하고 있으며, 해상풍력 사업자에게는 사업 이익의 일부를 지자체에 환원하도록 했다. 또한 어업에 중요한 구역은 아예 '민감 해역'으로 지정하여 해상풍력 개발 입지에서 제외시켰다.

우리나라 역시 해상풍력 발전사업이 성장하면서 발전사업자와 어민들 간의 마찰이 심화되는 상황이다. 인천, 울산, 제주도 등 해상풍력발전 사업이 추진되는 여러 지역에선 어민들의 생계 보호 문제를 둘러싼 갈등이 불가피하게 발생하고 있다. 우리나라도 대만의 사례를 적극 참고하여 이와 같은 갈등을 조율하기 위한 제도적 장치 마련에 나서야 한다. 풍력발전으로 인한 어민들의 피해에 대해 공정한 보상을 제공하고, 사업 인·허가 단계에서부터 절차적 투명성을 보장하는 등 주민 수용성을 높이기 위한 노력들이 필요한 시점이다.

그림 45:
분석 국가 선정 기준
(Source: 서울경제 (2020.10.19)
"공급 잠재력 무한대"... 오일공룡도
수소경제에 수조원 투입)



4.6. 미국

친환경 에너지 밸류체인의 국산화

2022년 8월 발효된 인플레이션 감축법(Inflation Reduction Act, IRA)은 세액 감면을 통해 미국의 재생에너지 관련 기술과 산업을 육성하는 것을 목표로 제정되었다. 과거 미국은 재생에너지 개발을 소극적으로 진행해온 결과 친환경 에너지 산업 부문에서 타 국가들에 비해 뒤쳐질 수밖에 없었다. 미국의 태양광 제조 시장 점유율은 지난 10년 동안 약 80%가 감소한 반면, 중국은 글로벌 태양광 공급망을 75%이상 장악할 정도로 급격한 성장세를 보였다. 바이든 행정부가 IRA를 제정한 것도 미국의 재생에너지 관련 기업들의 성장을 지원함으로써 청정에너지 산업 강국으로 거듭나고자 하는 의도가 저변에 깔려 있다. IRA 시행을 통해 연방 정부는 총 3,690억 달러의 예산을 투입하여 전기차, 태양광 패널 등의 제조업자와 소비자에게 막대한 세제 혜택과 지원금을 제공할 예정이다. 특히 전기차 부문에 대한 파격적인 지원 정책은 글로벌 전기차업체들로 하여금 미국 생산공장에 투자를 확대할 유인을 제공하고 있다.

우리나라 역시 재생에너지 전환의 후발주자로서 국내 기업들이 새로운 미래 먹거리를 찾아 글로벌 시장에서 활약할 수 있도록 지원을 아끼지 말아야 한다. 특히 태양광 패널, 풍력 터빈, 배터리 등 주요 설비 생산에 대한 적극적인 지원을 통해 재생에너지 밸류체인의 국산화를 실현할 수 있도록 노력해야 한다.

정당 관계없이 동일한 재생에너지 수급 목표

미국은 수차례의 정권 교체를 거치면서 에너지 정책의 방향성이 수시로 변경되었다. 부시 행정부 시기에는 '에너지 독립 및 보호법'을 통해 미국의 에너지 안보를 제고하기 위한 방편으로 재생에너지 생산을 독려하고 석유, 가스 등 화석연료에 대한 세금 혜택을 축소했다. 다음으로 집권한 오바마 행정부 시기에는 재생에너지 확대를 추진하는 동시에, 이른바 '셰일 혁명'이 진행되면서 가스 생산이 급격한 속도로 증가했다. 이후 트럼프 정부는 오바마 행정부 시기에 가입한 파리 기후협약 탈퇴를 시작으로 태양광 발전 설비에 대한 관세를 부과하는 등 재생에너지 발전에 소극적인 태도를 보였다. 현재 집권 중인 바이든 정부는 파리 기후협약에 복귀한 후 IRA 제정을 통해 재생에너지 산업 육성에 대한 적극적인 의지를 내보이고 있다.

이처럼 미국은 정당 간에 재생에너지 전환에 대한 합의가 이루어지지 않은 탓에, 재생에너지 정책이 일정한 방향성 하에서 장기적으로 추진되지 못했다. 때문에 독일, 덴마크 등 유럽 주요국들에 비해 재생에너지 개발이 현저히 뒤쳐질 수밖에 없었다. 우리나라 또한 역대 집권 정당이 바뀔 때마다 에너지 정책의 방향성에도 잦은 수정이 가해졌다. 풍부한 에너지 자원을 갖고도 재생에너지 확대에 성과를 내지 못한 미국의 전철을 밟지 않기 위해서는, 우리나라 또한 장기적 관점의 일관된 정책 추진의 중요성을 더욱 강조할 필요가 있다.



4.7. 중국

재생에너지 밸류체인 장악

중국 기업들은 원가경쟁력을 앞세워 글로벌 태양광 설비 시장에서 압도적인 점유율을 자랑하고 있다. IEA에 따르면 태양전지를 구성하는 주요 자재인 폴리실리콘, 잉곳, 웨이퍼, 셀, 모듈을 비롯한 부문에서 중국기업의 글로벌 시장 점유율은 75%를 훌쩍 상회하고 있다. 더욱이 주목해야 할 점은, 중국 태양광 설비 기업들이 밸류체인의 전·후방 통합을 통해 독점적 공급자의 지위를 강화하고 있다는 것이다. 예시로 중국을 대표하는 태양광 기업 LONGi는 태양광 패널의 웨이퍼 생산을 시작으로 잉곳, 셀, 모듈 등으로 사업 영역을 확장했다. 그 결과 LONGi는 글로벌 태양광 웨이퍼뿐만 아니라 모듈 시장에서도 점유율 1위를 차지하는 기업으로 성장했다.

이에 따라 유럽 국가들의 중국산 태양광 설비 의존도가 과도하게 높아지는 문제가 나타나고 있다. 러시아-우크라이나 전쟁 이후 러시아산 가스를 대체하기 위해 유럽의 재생에너지 전환 정책에는 가속도가 붙었고, 태양광 발전 설비의 수요 역시 급격히 증가하고 있다. 그러나 유럽의 태양광 설비 생산 역량은 중국에 비해 매우 미미하며, 중국의 대유럽 태양광 모듈 수출 규모는 계속 상승하는 추세이다. 즉, 유럽의 재생에너지 전환 과정에서 중국산 설비의 수입 의존도가 심화된다는 것이다.

우리나라 역시 재생에너지 설비를 증설하는 과정에서 수입산에 과도하게 의존한다면 에너지 전환 정책의 지속가능성을 담보하기 힘들 것이다. 밸류체인 전반에서 국내 기업들에 의한 내부 공급이 안정적으로 이루어질 수 있도록 정부 차원의 산업 육성 정책이 필요한 시점이다.

친환경 무역장벽 강화에 대응

유럽 및 북미의 주요국들은 글로벌 무역 시장에서 중국의 제조 기업들을 견제하기 위한 신중 무역장벽으로서 탄소배출 규제를 강화하는 추세이다. 탄소배출량 1위 국가인 중국이 적극적인 재생에너지 확대를 통해 탄소배출 감축에 나선 것도 이러한 배경에서 기인한 것이다. 중국의 제조업 부가가치는 2010년 이후 연속 11년동안 세계 1위 수준을 유지하고 있으며, 명실공히 '세계의 공장'이라는 수식어가 붙을 정도로 제조업이 중국 국가 산업의 근간을 차지하고 있다. 따라서 유럽의 CBAM(Carbon Border Adjustment Mechanism, 탄소국경조정제도), 미국의 IRA 법안 등이 중국의 탄소고배출 제조기업들을 견제하는 수단으로 작용한다는 점을 고려할 때, 재생에너지 전환을 통한 탄소배출 감축은 중국 경제의 생존을 위한 필수적 선택이다.

우리나라 역시 중국과 유사하게 제조업 기반 산업구조를 가진 나라로서 특히 현재 철강, 자동차 등의 산업은 위와 같은 국제사회의 견제에서 자유로울 수 없다. 국제 무역시장에서 위와 같은 환경 변수에 적절히 대응하는 경쟁력을 갖추기 위해서는 재생에너지 도입 확대를 하루빨리 서둘러야 할 것이다.

4.8. 베트남

전력망 인프라 구축의 미비

베트남은 비약적인 재생에너지 설비 도입 확대에도 불구하고, 전력망 인프라 미비로 인해 효율적인 전력 공급에 어려움을 겪고 있다. 2020년 베트남의 전체 발전 설비 용량 중 태양광 및 풍력의 비중은 15%에 달하나, 실제 발전량 비중은 4.3%에 불과하다. 이는 베트남의 송·배전망 인프라 미비로 인해 설비 확대가 전력 공급 확대로 이어지지 못한 탓이다. 특히 태양광 설비 확대 속도가 전력망 구축 속도보다 빠른 탓에 전력망 과부하 문제가 발생하고 있다. 따라서 효율적인 전력 공급을 위해 송·배전 인프라 구축이 필요한데, 베트남 정부는 이를 위해 \$141억을 투자할 계획임을 밝혔다. 우리나라 역시 재생에너지 도입 확대를 시작하지 오래되지 않은 만큼, 새로 증설된 재생에너지 발전원과 기존 전력망 간의 연계를 원활하게 하기 위한 노력이 필요하다. 재생에너지 전력이 발전소에서 전력 수요자에게까지 전력 손실을 최소화하며 전달될 수 있도록 전력망 구축을 선제적으로 시행해야 할 것이다.

인센티브 제공으로 인한 사업자 난립

베트남은 2017년 태양광 FIT 도입을 계기로 태양광 발전 설비 용량이 급속히 증가했다. 2019년 4.9GW에 불과하던 베트남 태양광 설비 용량은 2021년 17.6GW로 증대되었다. 그러나 과도한 사업 참여 열기가 태양광 사업자 난립으로 이어지고, 과잉 공급된 전력 이 송·배전망의 과부하를 야기하는 등 급속한 양적 성장으로 인한 부작용들이 발생했다. 한국 역시 소규모 태양광 발전사업자 난립 문제에 직면한만큼, 재생에너지 사업 참여를 독려하는 인센티브 정책을 마련하는 과정에서 해당 부작용에 대한 충분한 고려가 선행되어야 할 것이다.



5. Appendix

5.1. 연구배경

- 전기화(Electrification)

전기화 (Electrification)이란?

석탄, 오일, 천연가스 등을 포함한 화석연료를 사용하는 기술을 전기를 사용하는 기술로 대체하는 과정

전기화 도입의 예시 산업: 철강산업의 EAF (산업 부문), 자동차산업의 EV (수송 부문)

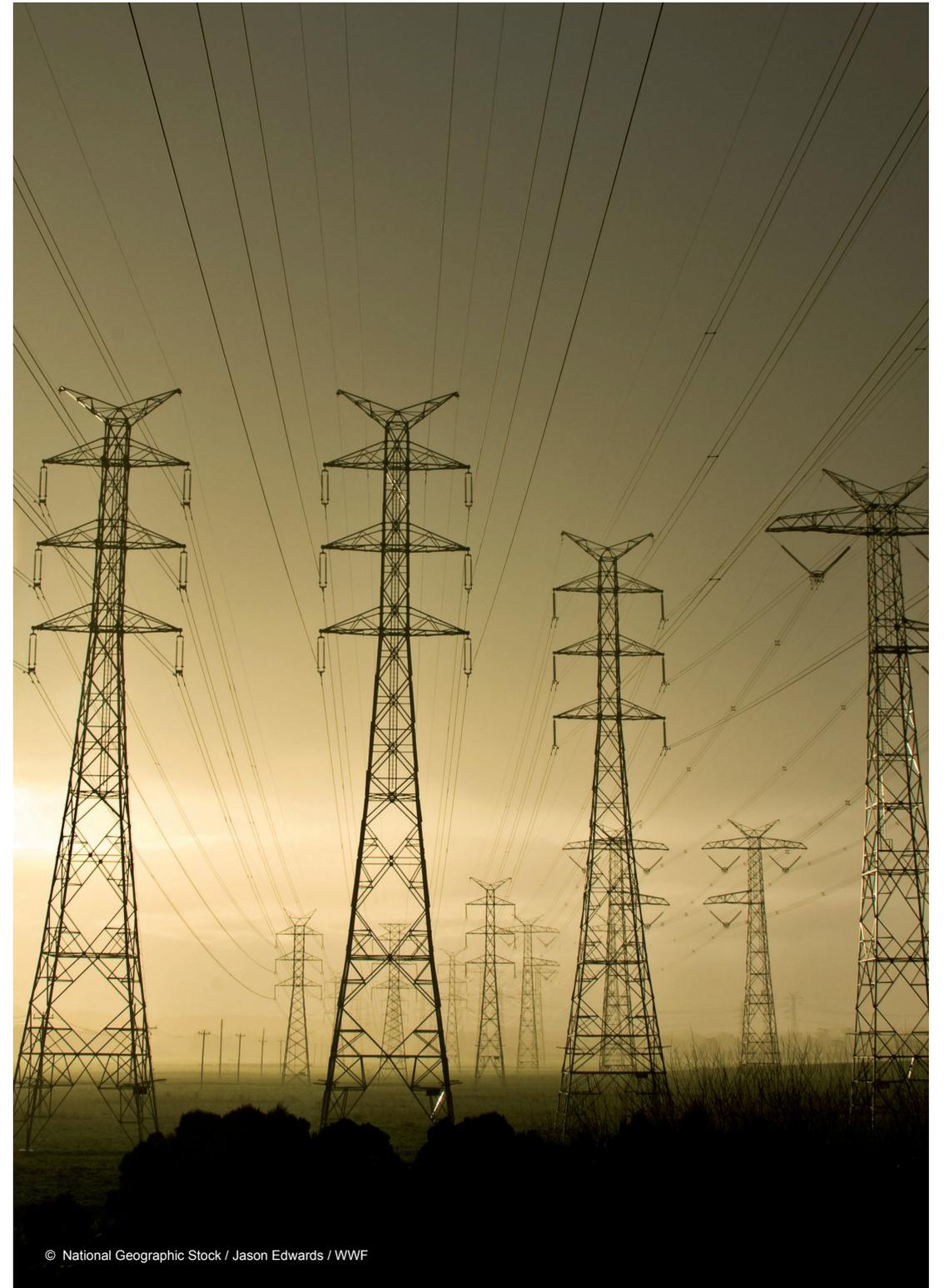
1. 전기 아크로/ Electric Arc Furnace (EAF)

2. 전기차/ Electric Vehicle (EV)



- 전기화 트렌드는 국가에 국한된 것이 아니라 산업 측면에서 진행되고 있어 전 세계 곳곳에서 전기화 현상을 찾아볼 수 있음
- 화석연료를 이용하던 기술/부품들조차 전기를 이용하게 되니 전기 사용량이 꾸준히 증가할 수밖에 없음

화석연료를 이용하던 기술/
부품들조차 전기를 이용하게
되면 전기 사용량이 꾸준히
증가할 수밖에 없다



© National Geographic Stock / Jason Edwards / WWF

5.2. 대한민국

• 대한민국 인당 전력 소비량 분석

대한민국 인당 전력 소비량(kWh) 분석
(Source: 노컷뉴스, 1인당 전기사용량 '역대 최고, 세계 3위' 맞나)

범례

- 가정용 Residential
- 생산부문 Industrial
- 공공서비스 부문 Pub & Ser
- 인구 1인당 Per capita



(부문별 총합의 기여도)

연도	가정용	공공서비스	생산부문
2017	3%	14%	83%
2018	3%	14%	83%
2019	3%	14%	83%
2020	4%	14%	82%
2021	4%	14%	82%

• 인당 전력 소비량은 산업용 전력 소비량 및 공공서비스 전력 소비량을 포함한 총 소비량 나누기 대한민국 인구수

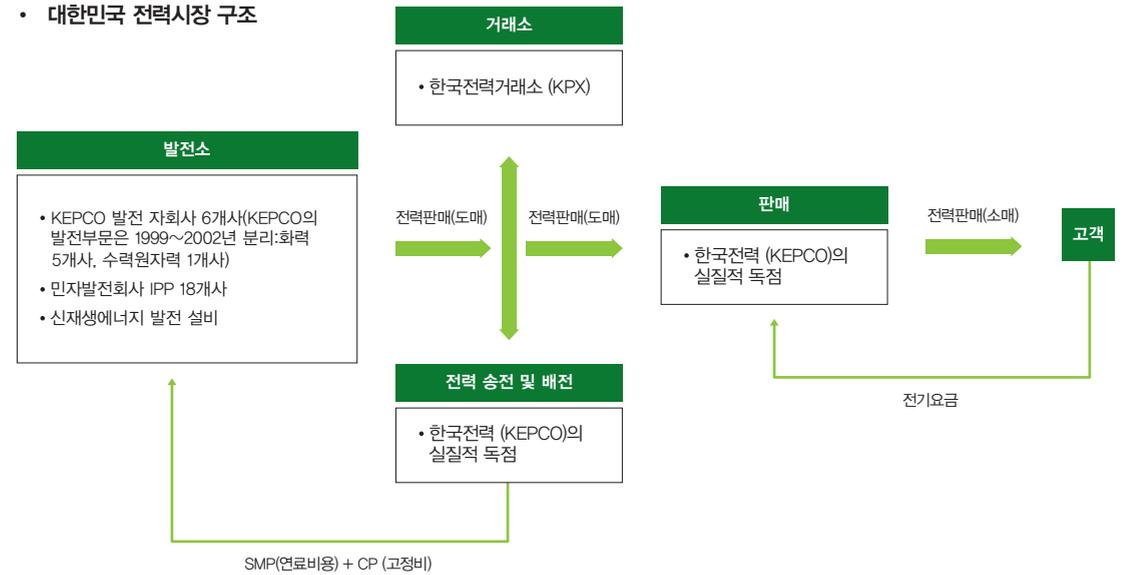
지난 5년간 대한민국 전체 전력 소비량 중 생산부문은 지속적으로 약 83%를 차지하여 인당 전력 소비량 계산 시 대부분을 차지함

• 대한민국 유형별 제도

대한민국 유형별 재생에너지 지원제도
(Source: PwC)

유형	운영 제도
재생에너지 보급 확대 지원 제도	• 2002년 FIT 도입 → 2012년 RPS 도입으로 대체 • 2018년 소규모 태양광 발전사업자 고정가격매입제도 (한국형 FIT 도입)
세금 혜택 제공 제도	• 재생에너지 발전 사업자에게 소득세 및 법인세 공제를 통한 세금 감면 혜택 제공
자금 조달 지원 제도	• 녹색보증사업: 신재생에너지 발전사업자 및 제조업체에 융자보증 제공정부가 보증기관에 정책자금을 출연하면, 보증기관이 사업자에게 보증을 제공
기타 지원제도	• 공공주도 대규모 해상풍력 단지개발 지원사업: 해상풍력 발전단지 조성을 위해 정부 및 지자체가 협력하여 입지 선정을 지원 및 검증

• 대한민국 전력시장 구조



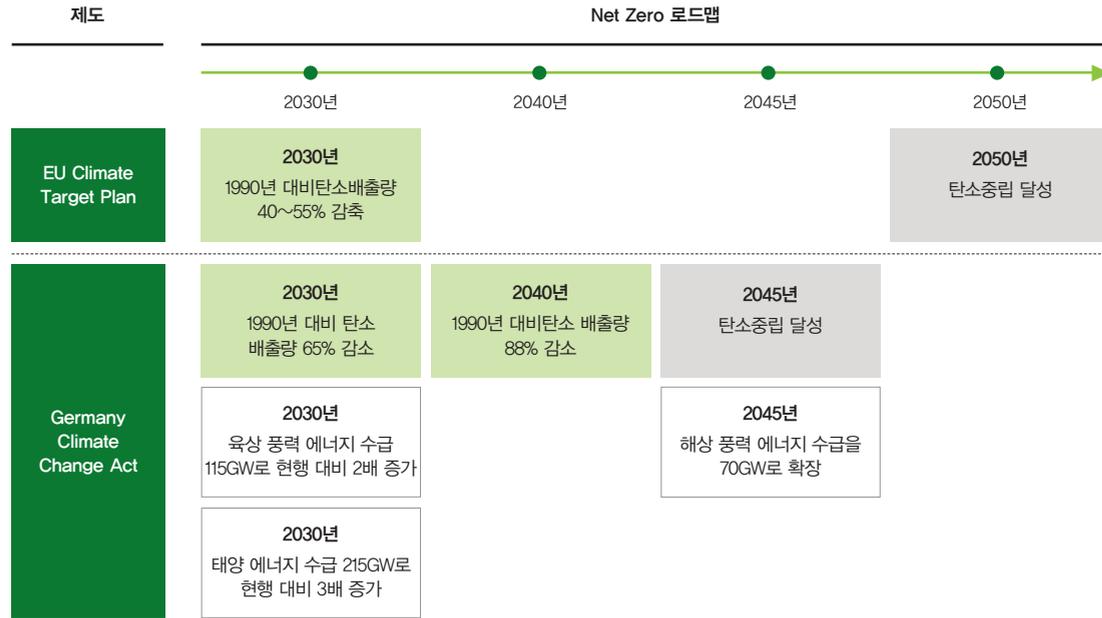
• 대한민국 기업 동향



기업소개	1982년에 설립된 대한민국의 대표적인 전력회사
전략	- 선도적 기후위기 대응을 위한 Green Energy 전환 - 미래 성장사업 포트폴리오 다변화: 신재생에너지사업 선도
추진사업	에너지 부문 탈탄소화 - 그룹사 공동 온실가스 감축 및 재생에너지 확산 선도 - 탄소중립을 위한 에너지사용 효율화 추진 디지털 기반 사업혁신 - 친환경·디지털 기술 기반 국내외 사업 전환 환경 지속가능성 확보 - 탄소중립 핵심기술 확보 및 환경경영 실현 2050년까지 수소와 암모니아만을 활용하여 전력생산하는 무탄소 전원으로의 전환 추진을 위해 대대적인 R&D 투자 계획 - 2023. 수소를 50% 혼합한 80MW급 수소혼소발전 원천기술 개발 추진 - 2028. 150MW급 수소 혼소발전소 실증 예정 - 2035. 수소를 30% 이상 혼소하는 기술 상용화 - 2050. 확대하여 남아 있는 전체 가스복합 발전소를 수소 100% 사용 무탄소 전원 전환 계획

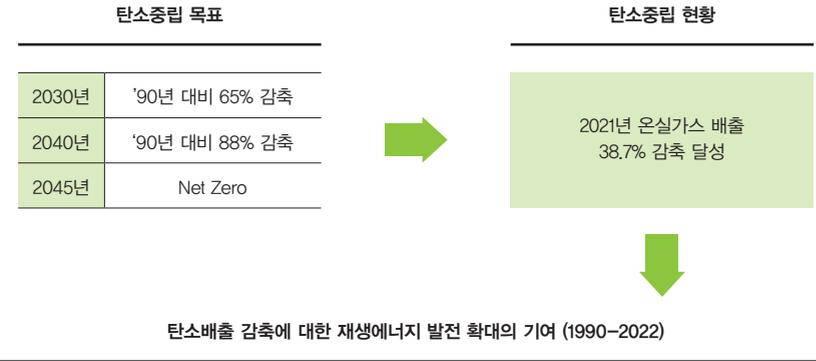
5.3. 독일

연혁/탄소중립 로드맵

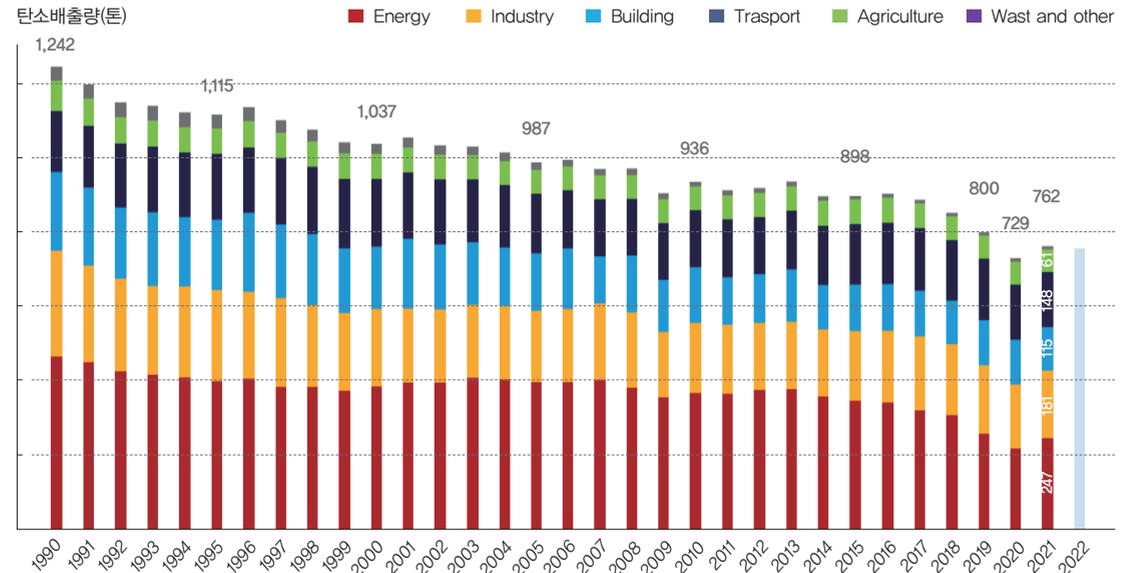


독일은 재생에너지 도입 초기 사업 참여 유인 요소를 제공했다. FIT 도입을 전후로 독일의 재생에너지 발전 설비용량이 큰 폭으로 증가해 추후 여러 국가들이 재생에너지 확대 정책 도입 과정에서 이를 벤치마킹했다.

탄소 중립 로드맵과 재생에너지 관계



온실가스 배출분 중 상당 비중을 차지한 에너지 산업 부문 배출이 감소
→ 재생에너지 발전 확대에 의한 효과



(Source: Clean Energy Wire)

• 독일 에너지원별 설비용량 변화

독일 에너지원별 설비용량 변화
(Source: Clean Energy Wire)

	2002년 (GW)	2022년 (GW)	변화량 (GW)	변화율
태양광	0	64.9	+64.9	N/A
해상풍력 발전	0	8.0	+8.0	N/A
육상풍력 발전	12.0	57.9	+45.9	382%
석유	5.3	4.7	-0.6	-11%
천연가스	20.3	32.1	+11.8	58%
경탄 (석탄)	28.3	19.0	-9.3	-9.3%
갈탄 (석탄)	20.3	18.9	-1.4	-32.8%
원자력	22.4	4.1	-18.3	-81.7%

• 독일의 FIT 제도

독일 에너지원별 설비용량 변화
(Source: Clean Energy Wire)

도입	<ul style="list-style-type: none"> 재생에너지 발전 사업자가 생산한 전력을 20년 동안 고정가격에 매입 보장 시장가격 - 고정가격 간의 차액은 재생에너지 부과금 (Surcharge) 형태로 소비자가 부담 	
개선	<ul style="list-style-type: none"> 재생에너지 부과금으로 인한 국민들의 전기 요금 부담 증대 FIT 보조금으로 인한 재정 부담 지적 2014년 FIT 수준의 상한 설정: 전력 가격 상승 억제 2017년 FIT 제도에 입찰제도를 도입: 시장원리에 따른 가격 수준 결정을 통해 전력 가격 인하 유도 	
시사점	<ul style="list-style-type: none"> 재생에너지 도입 초기 사업 참여 유인 제공: FIT 도입을 전후로 독일의 재생에너지 발전 설비용량이 큰 폭으로 증가 추후 여러 국가들이 재생에너지 확대 정책 도입 과정에서 벤치마킹 그러나 일정 수준 이상 재생에너지 보급률이 달성된 이후에는 차액지원으로 인한 재정 부담 증대 → 이후에는 시장원리 도입을 통한 가격경쟁을 유도할 필요가 있음 	

• 독일의 환경 변수

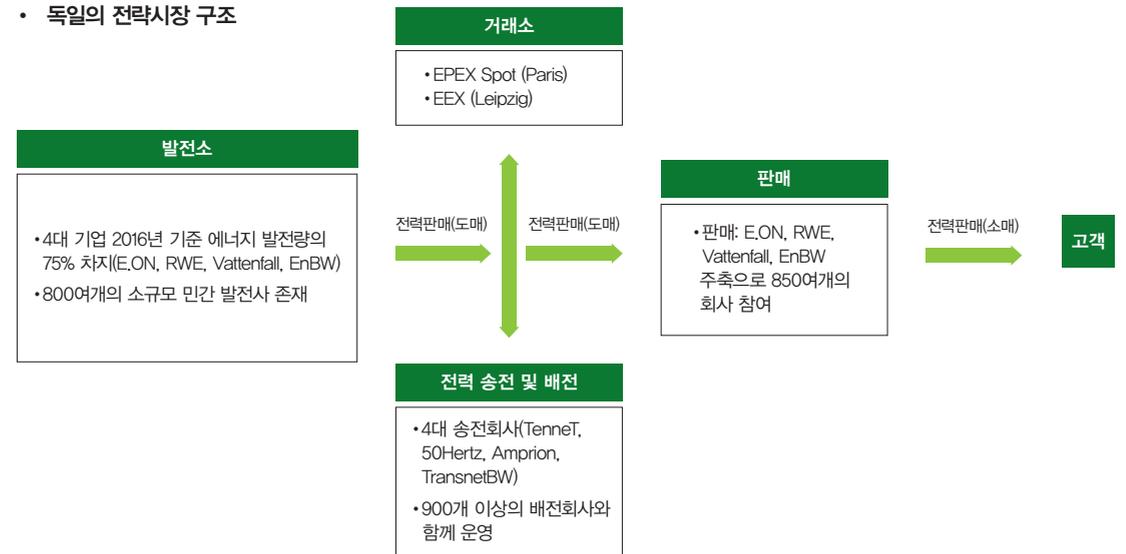
(Source: PwC)

독일

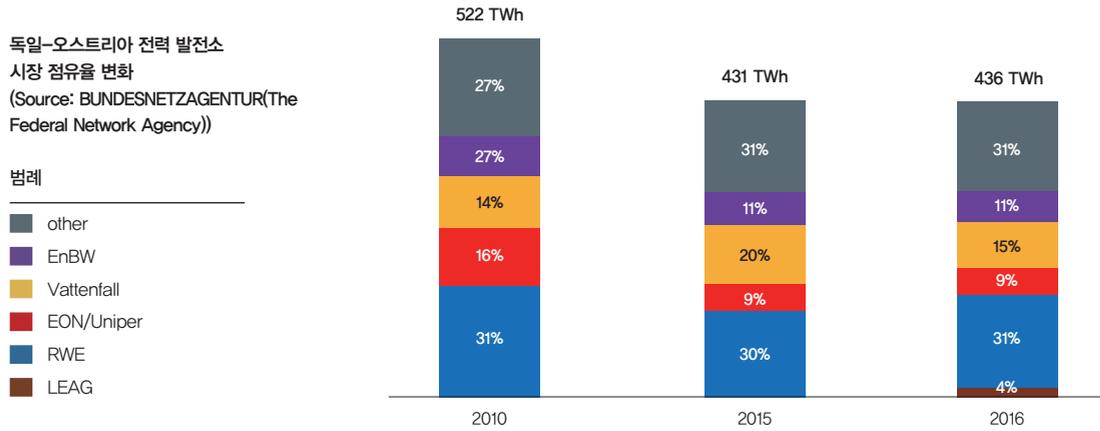
대한민국

태양광	<ul style="list-style-type: none"> • '21년 일조시간 1,631시간 기록 : 한국의 66%에 불과 • 흐리고 비가 잦은 겨울이 길게 지속 → 겨울철 태양광 발전량 감소
풍력	<ul style="list-style-type: none"> • 북해의 빠른 풍속+일정한 풍향 • 빠른 연평균 풍속 10~11m/s: 해상풍력 적정 풍속 7m/s • 풍향 일정: 편서풍 지대 위치 • 풍력발전 효율 50% 기록
태양광	<ul style="list-style-type: none"> • '21년 일조시간 2,478시간 기록 • 6~7월 긴 장마기간, 8~9월 태풍 영향권 → 여름철 태양광 발전량 감소
풍력	<ul style="list-style-type: none"> • 서남해 해상풍력 실증단지 평균 풍속 6.03m/s : 해상풍력발전 적정 속도보다 느림 • 계절마다 바뀌는 풍향: 시베리아+태평양 고기압 • 풍력발전 효율 24% 기록

• 독일의 전력시장 구조



• 독일-오스트리아 전력 발전소 시장 점유율 변화



• 독일 주요 발전사 사업 연혁

탈원전 정책과 4대 발전사	<ul style="list-style-type: none"> •과거 독일의 전력산업은 4대 발전사가 주도 <ul style="list-style-type: none"> → 2011년 후쿠시마 원전 사고 이후 탈원전 추진&재생에너지 확대 동향 → 2022년 4대 발전사 이익 하락 •2010년부터 2013년까지 4대 발전사 중 대표사인 E.ON의 발전량 38% 하락 •2010년 대비 2015년 4대 발전사의 재래식 전력 시장 점유율 6% 하락 <ul style="list-style-type: none"> : 원전 사업 축소 및 폐기로 인한 사업이익 감소, 원전 폐기 관리에 필요한 공급, 높은 가스 가격으로 인한 발전설비 비용 증가
4대 발전사에 대한 정부의 보상	<ul style="list-style-type: none"> •4대 발전사 중 하나인 Vattenfall이 재산권 침해에 대한 헌법소송 제기 <ul style="list-style-type: none"> → 독일 연방헌법재판소는 발전사에 대한 독일 정부의 보상 입법 의무를 인정 → 독일 정부는 4대 발전사에 보상금 지급 Vattenfall: 14억 2500만 유로 RWE: 8억 8000만 유로 EnBW: 8000만 유로 E.ON: 4250만 유로

• 독일 기업 동향



기업소개	<ul style="list-style-type: none"> •독일 최대 전력 회사: 독일 뿐만 아니라 오스트리아, 이탈리아, 폴란드, 영국 등 30개국 이상에 전력을 공급하는 글로벌 기업 •2019년 경쟁사 RWE와 자산 교환(Asset Swap) 실시: RWE의 자회사 Innogy에 대한 지분 취득, <ul style="list-style-type: none"> - E.ON은 Innogy의 송·배전망 사업을 인수 ↔ RWE는 E.ON의 재생에너지 생산 분야의 사업 운영권 취득 - E.ON은 송·배전과 에너지 솔루션 사업에 역량 집중 •유럽 최대의 송배전망을 관리하는 기업이자, 5,000만명 이상의 소비자에게 전력을 공급하는 선도기업으로 자리매김
전략	<ul style="list-style-type: none"> •“Connecting Everyone to Good Energy” 전략 제시: EU의 탈탄소화 아젠다 및 Green Deal 프로그램에 맞춰 청정에너지 전환에 적극적으로 참여 •청정에너지 전환을 위해 2022년부터 2026년까지 에너지 연결망 분야에 €220억, 솔루션 분야에 €50억 투자 계획
주요 사업	<ul style="list-style-type: none"> •에너지 그리드 분야: 스마트 미터링(E.ON Optimum) 설치, 그린수소 연결망 구축 •에너지 인프라 솔루션 분야: e-Mobility, 냉난방 효율화 시스템 (E.ON ectogrid™), 디지털 에너지 관리 시스템(E.ON IQ Energy), 히트 펌프 사업 등



회사 구조	•재생에너지 회사로 전환
재생 에너지 전환 투자액	•2022년-2023년 550억 크로네 (한화 약 ₩6조 6000억) 투자
주요 투자 경로	<ul style="list-style-type: none"> •해상/육상풍력발전 프로젝트 <ul style="list-style-type: none"> - 네덜란드 Hollandse Kust Zuid 1-4 해상풍력발전 2,600MEUR 투자 - 덴마크 Vesterhav-projects에 769MEUR 투자
핵심 발전 기술	<ul style="list-style-type: none"> •풍력발전 <ul style="list-style-type: none"> - 주요 프로젝트: 네덜란드 Hollandse Kust Zuid 1-4 - 200만 이상의 네덜란드 가구의 연간 소비량에 해당하는 전기 생산을 목표 - 바다에서 바람이 제일 강력히 불어서 터빈이 많이 작동되기 때문에 매우 중요한 해상풍력발전을 핵심 발전 대상으로 설정

EnBW

회사 구조	• 재생에너지 회사로 전환
재생 에너지 전환 투자액	• 2021년~2025년까지 약 €120억 (한화 약 ₩16조) 투자 예정
주요 투자 경로	• 파트너십 - 울산시와 미국 캘리포니아 앞바다 4.6GW 부유식 해상풍력 설치 프로젝트 - 한국의 나노와 약 32억 8000만원 규모의 SCR 촉매 공급계약 체결 (2022. 10. 27 - 2023. 09. 01)
핵심 발전 기술	• 해상풍력 발전: - 특수화학기업 Evonik과 북해 해상풍력 발전소 수급 참여 ('22. 11.) - Evonik과 향후 15년간 전력 수급 계약 (PPA 체결)

RWE

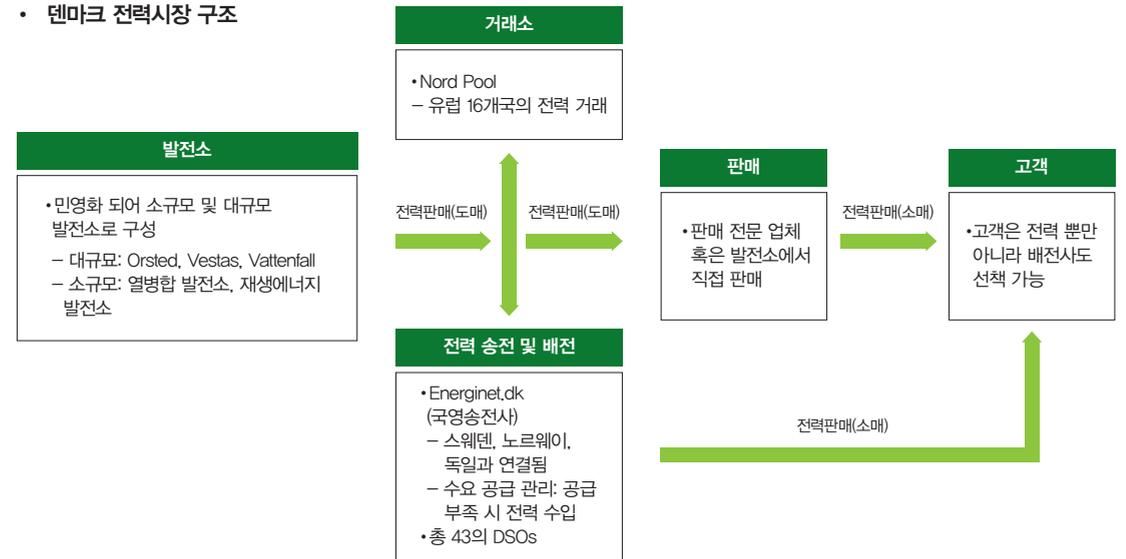
기업소개	<ul style="list-style-type: none"> • 독일 2위 에너지기업: 독일, 네덜란드, 영국, 미국 등의 발전 시장에 진출한 글로벌 전기·가스 유틸리티 기업 • 2019년 독일 1위 전력회사 E.ON과 자산 교환(Asset Swap) 실시: E.ON의 지분 약 17% 취득 <ul style="list-style-type: none"> - RWE는 E.ON의 재생에너지 생산 분야의 사업 운영권 취득 → E.ON은 Innogy의 송·배전망 사업을 인수 - RWE는 재생에너지 전력 생산 사업에 역량 집중
전략	<ul style="list-style-type: none"> • "Growing Green Strategy" 전략 제시 • 독일 정부의 석탄 및 원자력 발전 퇴출 정책에 적극적으로 동참 <ul style="list-style-type: none"> - 2030년까지 청정에너지 설비 용량 50GW로 증대 계획, 재생에너지 개발 사업에 €500억 이상 투자 계획
주요 사업	<ul style="list-style-type: none"> • 태양광 <ul style="list-style-type: none"> - 호주 Limondale 349MW 규모의 태양광 발전 플랜트 운영. - 조지아 Hickory Park에서 배터리 에너지 시스템과 연계된 195.5MW 규모의 태양광 발전 플랜트 운영 • 해상/육상풍력 <ul style="list-style-type: none"> - 9GW 이상의 해상/육상풍력 설비 구축. 대규모 풍력발전 단지 운영 (ex. Kaskasi(342MW), Sofia(1,400MW)) • 배터리 저장 시스템 <ul style="list-style-type: none"> - GridPlus UPS, Backup Power+ 등 출시. 2030년까지 GW 규모의 배터리 저장 시스템 구축 계획 • 수소에너지 <ul style="list-style-type: none"> - 30여개의 수소 프로젝트 참여. 2030년까지 2GW 규모의 전기분해설비 증대 계획

5.4. 덴마크

- 덴마크의 환경 변수



- 덴마크 전력시장 구조



• 덴마크 기업 동향



기업소개	<ul style="list-style-type: none"> •핵심발전기술: 해상풍력발전 •설비용량: 2030년 50GW 규모의 에너지 발전설비용량 달성(해상풍력발전 약 30GW, 육상풍력+태양광발전 약 17.5GW, 다른 재생에너지발전 약 2.5GW) 		
전략	<ul style="list-style-type: none"> •화석연료 회사에서 재생에너지 회사로 전환 		
추진사업	<ul style="list-style-type: none"> •발전기술: 해상풍력발전 •발전소 설치국가 및 규모: 영국(5,603MW), 독일(2,512MW), 덴마크(950MW), 대만(945MW), 네덜란드(752MW), 미국(160MW) 	<ul style="list-style-type: none"> •발전기술: 육상풍력발전 •발전소 설치국가 및 규모: 미국(3,215MW), 아일랜드(329MW), 영국(62MW), 프랑스(34MW), 독일(22MW) 	<ul style="list-style-type: none"> •발전기술: 태양광발전 •발전소 설치국가 및 규모: 미국(2,448MW), 프랑스(10MW), 독일(4MW)
투자액 및 경로	<ul style="list-style-type: none"> •영국에 GBP 14M 이상 투자 (영국 전체 전기의 7% 이상을 오스테드 풍력발전소에서 수급) 		



덴마크의 재생에너지 지원제도 운영에서 주목할 만한 점은 적극적인 정부 주도의 지원 제공을 통해 태양광 및 풍력의 발전설비용량을 급격히 성장시켰다. 시장에서 확고한 우위를 점하는 결과를 낳았다.



© Production Perig / Shutterstock.com

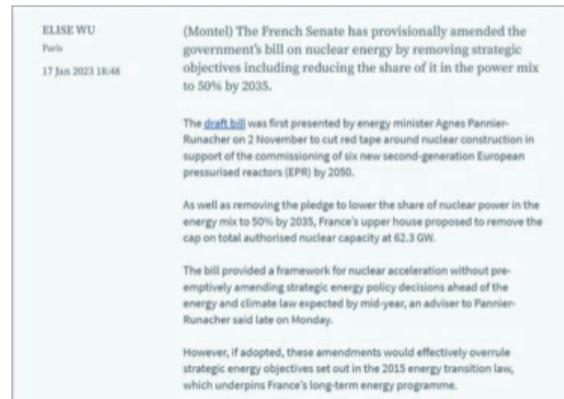
5.5. 프랑스

• 프랑스 정책 기조 비교

	Nicolas Sarkozy 정부(2007년~2012년)	Francois Hollande 정부(2012년~2017년)
정책 기조	<ul style="list-style-type: none"> 국가 경쟁력 강화를 위해 원자력 산업 육성: 원자력 발전비 중 유지, 원전건설 적극 추진, 원전 해외 수출 장려 "Fessenheim" 원전 즉각 폐쇄 반대:대안 없는 원전 폐쇄는 국가 경쟁력 약화 시킨다는 입장 	<ul style="list-style-type: none"> "Flamanville 3호기"를 제외한 자국 내 원전 추가 건설 반대
주요 에너지 정책	<ul style="list-style-type: none"> 전력시장 경쟁체제로 개편 환경 그린벨 법개최 등 기후변화 대응계획·법 제정을 통한 원자력 정책 수립 	<ul style="list-style-type: none"> '25년까지 원자력 발전비중 하향 조정 (75% → 50%) 재생에너지 발전 용량 확대
관련 요인	<ul style="list-style-type: none"> EU 전력시장 개방 에너지 안보 기후변화 대응 	<ul style="list-style-type: none"> 후쿠시마 원전사고 가동원전 수명 연장 여부 결정 기후변화 대응

• 프랑스 에너지 정책 방향 수정

2022년 11월 에너지부는 전 정권의 원자력 관련 정책을 무효화 시키고 원자력 르네상스를 추진하는 법안을 제시했습니다.



(Source: 몬텔 뉴스)

• 2022년 에너지부 장관 Agnes Pannier-Runacher는 에너지 전환법의 주요 목표를 무효화 시킬 법안을 제시

- 2035년까지 원자력 비중을 50%로 감축시키겠다는 내용 무효화
- 원자소 발전 가속화
- 원자력 발전 용량 CAP 제거

• 프랑스 에너지 정책 방향에 커다란 U-turn

- 2023년 1월 상원 통과
- 2023년 3월 예저인 하원 의결 대기 중

• 마크롱 정부 정책

(Source: PwC)

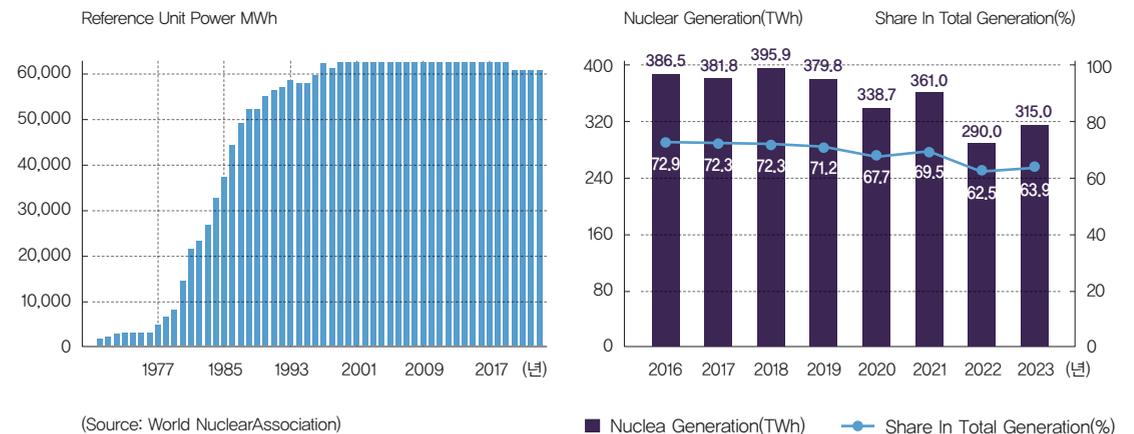


러-우 전쟁 이후 직면한 "에너지 공급 안정화" 문제 + 탄소중립 달성을 위한 "전력 탈탄소화" 실현
- 원자력과 재생에너지 발전의 동시 확대를 돌파 시도

• 유럽의 원자력 의존도

프랑스 원자력 발전 용량 추세

- 프랑스는 1970년대 부터 메스에르 계획으로 인해 원자력 발전 용량을 빠르게 확대함
- 2022년 프랑스의 56개의 원전 중 26개는 수리 또는 코로나로 인하여 작동을 멈춰 원자력 발전량이 280~300 TWh로 감축됨
- 전략 수출국인 프랑스는 30년 만에 처음으로 전력 수입
- 프랑스의 전력의 의존도가 높은 유럽은 러시아 전쟁과 프랑스의 전력 수급 축소로 곤란한 상황
- MW의 도매가가 1년에 만에 10배인 가격 €1,000 도달



(Source: World Nuclear Association)

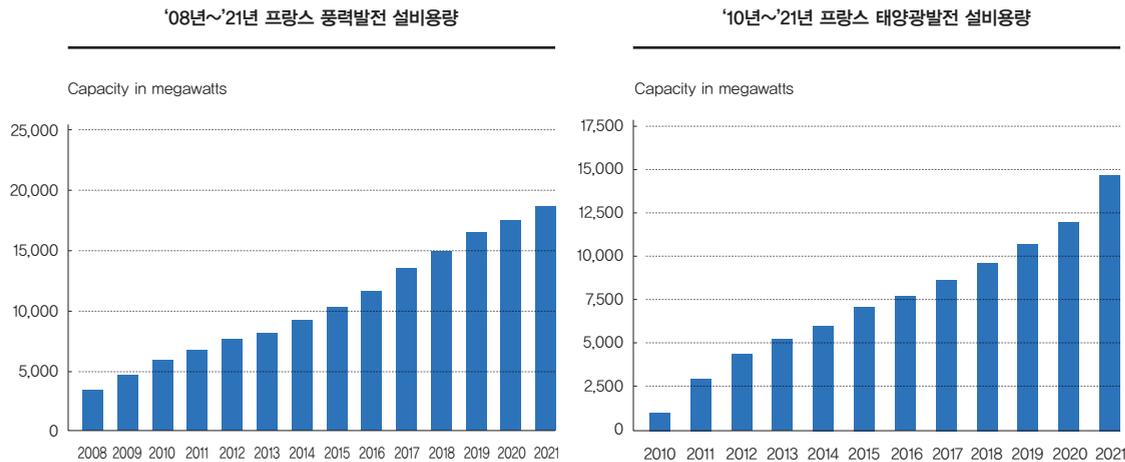
• 프랑스 부문별 발전 공급 비중

프랑스는 지난 20여년간 태양광과 풍력 등 재생에너지 비중이 증가함에 따라 원자력 비중 감소

프랑스 부문별 발전 공급 비중 (Source: International Energy Agency and The World Bank, Data for year 2021.)	2000년 (%)	2021년 (%)	변화율 (%)
원자력	75.3	68	-7.3
수력	11.87	11	-0.87
풍력 발전	2.8	7	+4.2
천연가스	-	6	+6
Extra (화석연료 등)	10.98	5	-5.98
태양광	0.11	3	+2.89

• 프랑스 에너지원 설비용량 변화

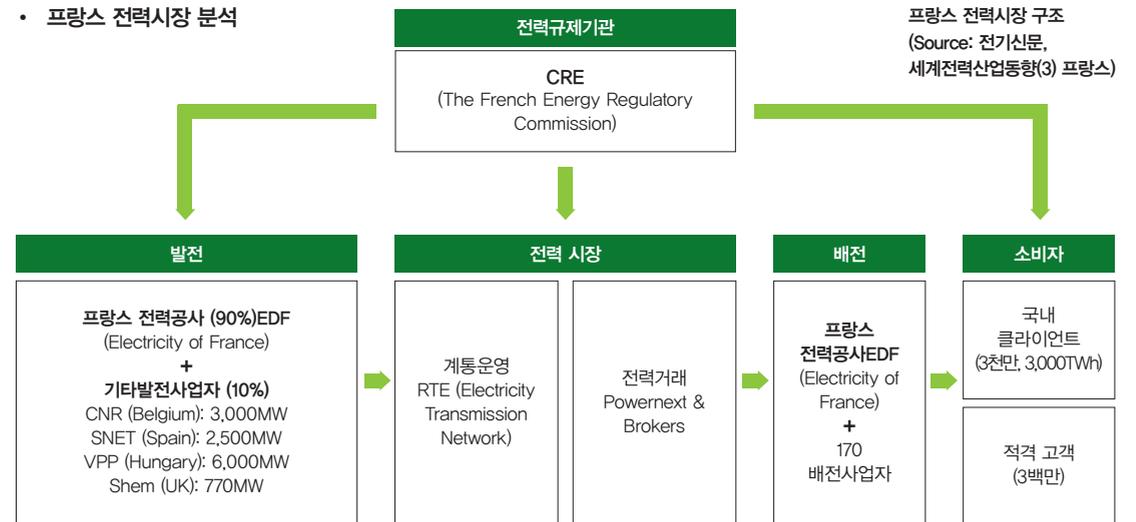
(Source: Statista)



• 프랑스의 환경 변수

프랑스	대한민국
태양광 <ul style="list-style-type: none"> • '21년 일조시간 평균 2,016시간 기록 : 한국의 81%에 불과 • 블로킹 고기압으로 인한 태양광 일조시간 불안정 	태양광 <ul style="list-style-type: none"> • '21년 일조시간 2,478시간 기록 • 6~7월 긴 장마기간, 8~9월 태풍 영향권 → 여름철 태양광 발전량 감소
풍력 <ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력 발전 속도 상대적으로 느린 편 • 연평균 풍속 6.25m/s; 해상풍력 적정 풍속 7m/s • 풍향 일정: 편서풍 지대 위치 • 풍력발전 효율 25% 기록 → 풍력 터빈 개발을 통해 60% 도달 가능 	풍력 <ul style="list-style-type: none"> • 서남해 해상풍력 실증단지 평균 풍속 6.03m/s : 해상풍력발전 적정 속도보다 느림 • 계절마다 바뀌는 풍향: 시베리아+태평양 고기압 • 풍력발전 효율 24% 기록

• 프랑스 전력시장 분석

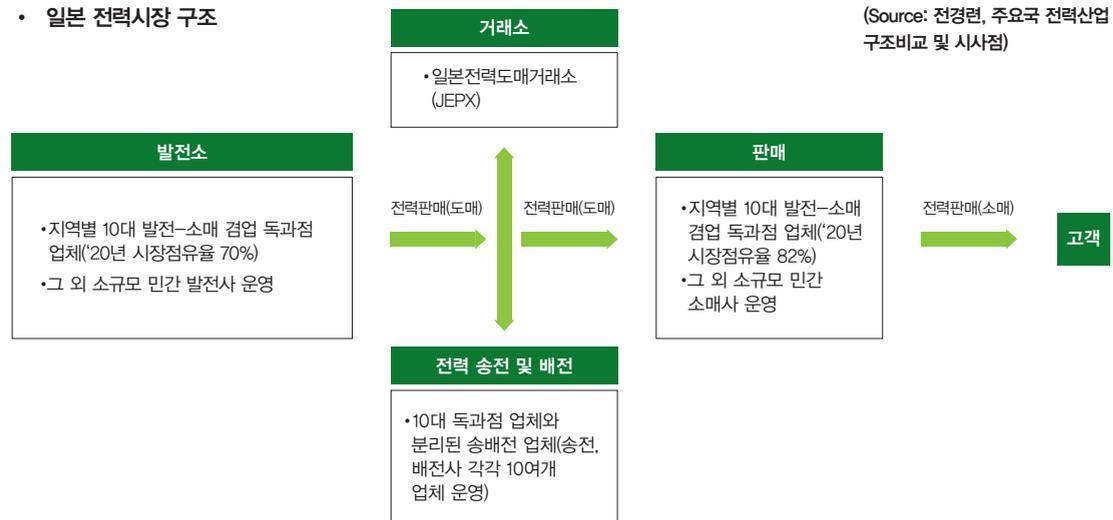


5.6. 일본

• 일본의 환경 변수

일본	대한민국
	
태양광 <ul style="list-style-type: none"> • 21년 일조시간 2,263시간 기록: 한국의 91% 수준 • 6~7월 장마기간: 8~9월 태풍 영향권 → 여름철 태양광 발전량 감소 	태양광 <ul style="list-style-type: none"> • 21년 일조시간 2,478시간 기록 • 6~7월 긴 장마기간: 8~9월 태풍 영향권 → 여름철 태양광 발전량 감소
풍력 <ul style="list-style-type: none"> • 육상풍력 발전 : 협소한 국토 면적 상 부지 확보 곤란 • 해상풍력 발전 : 해상풍력에 적합한 얕은 수심의 해역 적음 해저 지진으로 인한 안전성 문제 제기 	풍력 <ul style="list-style-type: none"> • 서남해 해상풍력 실증단지 평균 풍속 6.03m/s : 해상풍력발전 적정 속도보다 느림 • 계절마다 바뀌는 풍향: 시베리아+태평양 고기압 • 풍력발전 효율 24% 기록

• 일본 전력시장 구조



• 일본 기업 동향



기업소개	<ul style="list-style-type: none"> • 일본 3대 중공업 회사 • 플랜트, 선박, 산업설비, 항공기 제조 등 분야의 선도 기업 • 발전 자회사 Mitsubishi Power는 글로벌 가스터빈 시장의 주요 플레이어로 성장 • 차별화된 기술력을 바탕으로 해상풍력터빈 제조 사업 적극적 확장
추진사업	<ul style="list-style-type: none"> • 덴마크 해상풍력 터빈 기업 Vestas와 합작회사 MHI Vestas 설립 <ul style="list-style-type: none"> - 2014년 Vestas와 미쓰비시 중공업의 50:50 출자, 이후 2020년 Vestas측이 지분 100% 인수 - 2018년 영국 860MW 규모 해상풍력 발전 설비 구축 프로젝트 수주 : 9,500kw의 터빈을 갖춘 90기의 해상풍력 발전 설비 공급 계약 체결 • 2021년 Vestas와 합작회사 MHI Vestas Japan 설립 <ul style="list-style-type: none"> - Vestas와 미쓰비시 중공업의 30:70 출자, 일본의 육상 및 해상풍력 터빈 사업 담당 - 두 회사의 파트너십 강화: Mitsubishi의 플랜트 사업 영역 강점과 Vestas의 풍력 터빈 조달 영역 강점을 활용

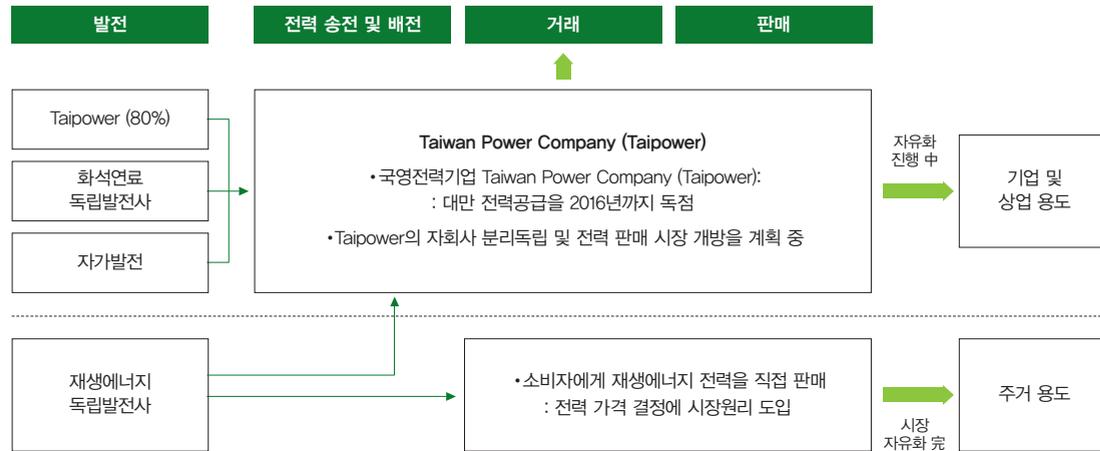
5.7. 대만

• 대만 재생에너지 발전 설비용량 확대 계획

대만 재생에너지 발전 설비용량 확대 계획
(Source: Taiwan Power Company historical Data)

분류	2021년(GW)	2025(GW)	증가율
태양열	6,124	20	227%
해상 풍력	0,128	5.7	4,353%
육상 풍력	0,735	1.2	63%
수력	2,093	2.15	3%
바이오 에너지	0,741	0,813	10%
지열	0,0003	0.2	-

• 대만 전력시장 구조



• 대만 기업 동향



기업소개	<ul style="list-style-type: none"> 96.92% 국영, 3.08% 공개 전력기업으로 대만의 대부분의 전력 공급 핵심기술: 화력, 원자력 설비용량: 34.57GW / IPP 포함 51.15GW (대만 전체 59.38GW, 2021년 말 기준) 2023년 기준 LNG 34.8%, 석탄 21.9%, 원자력 5.4%
목표	<ul style="list-style-type: none"> 2050 Net Zero 로드맵에 발 맞춰 2030년 발전 비율을 40% 석탄, 50%가스, 20% 재생에너지로 변환 (탈원)
추진사업	<ul style="list-style-type: none"> 2021년 기준 41.1%의 화력 에너지 발전 효율성을 47% 이상으로 상승 계획 2025년까지 원자력 발전소 전체 폐쇄 2022년 민간기업과의 MoU 체결 및 입찰을 통해 수소 혼소, 암모니아 혼소 및 탄소 포집 및 저장 기술 발전 <ul style="list-style-type: none"> MHI 와의 MoU를 통한 암모니아 혼소 개발 (현재 R&D 진행 중) Siemens AG, 대만 EPC 기업 CTCI와의 25년 MoU를 통한 수소 혼소 제작 CCUS 기술 입찰 프로젝트 입찰 진행



대만은 2025년까지 탈원전을 실현하고 2030년까지 풍력발전을 중심으로 재생에너지 발전 비중을 30%까지 끌어올리겠다는 야심찬 목표를 수립하는 등 탄소배출 감축에 적극적으로 나서는 행보를 보이고 있다

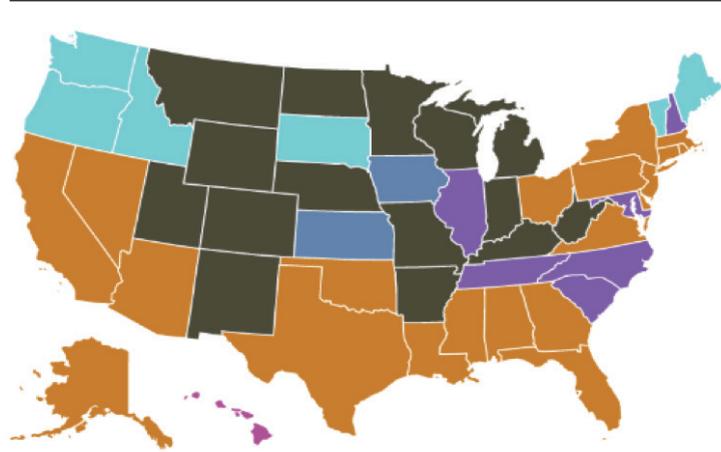
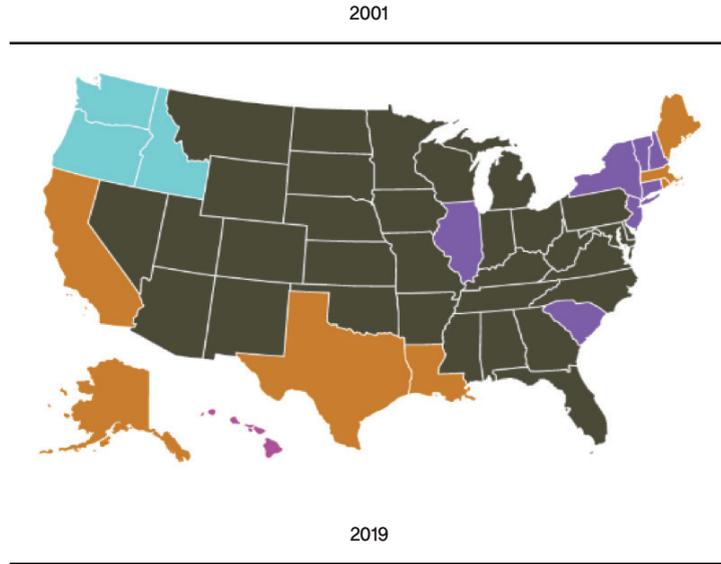
5.8. 미국

• 미국의 주(州)별 전력 에너지원

미국의 주(州)별 전력 에너지원
(Source: United States Energy Information Administration)

범례

- Coal
- Natural gas
- Nuclear
- Hydroelectric
- Petroleum
- Wind

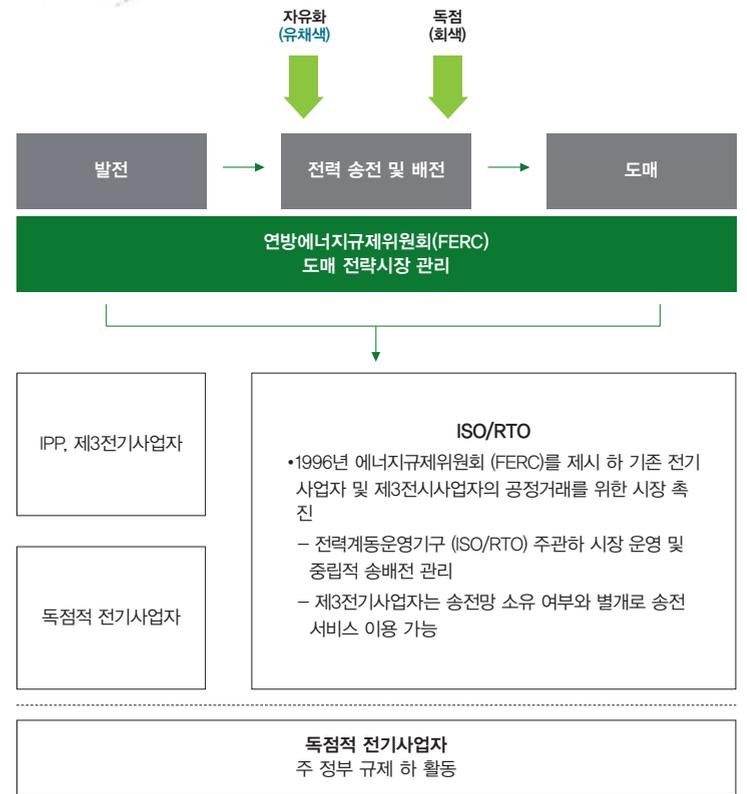


• 미국 전력시장 구조

(Source: Federal Energy Regulatory Commission, 전기저널, 미국 전력 도매시장 운영 현황 및 거래유형 분석세계 에너지시장 인사이트 제15~25호)

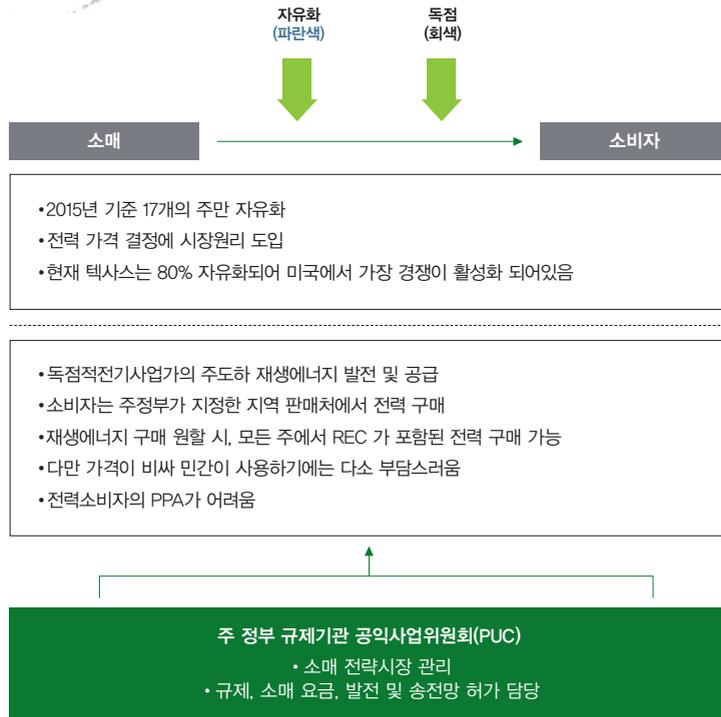
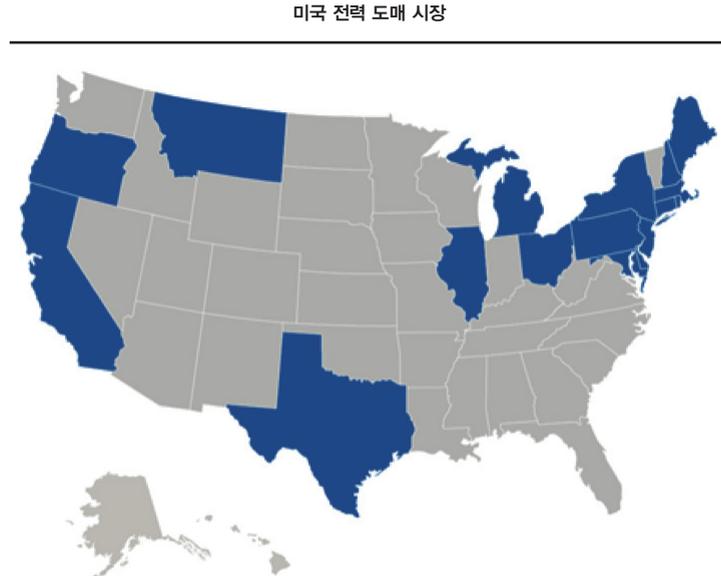
범례

- CASIO
- MISO
- ISO-NE
- NYISO
- PJM
- SPP
- ERCOT



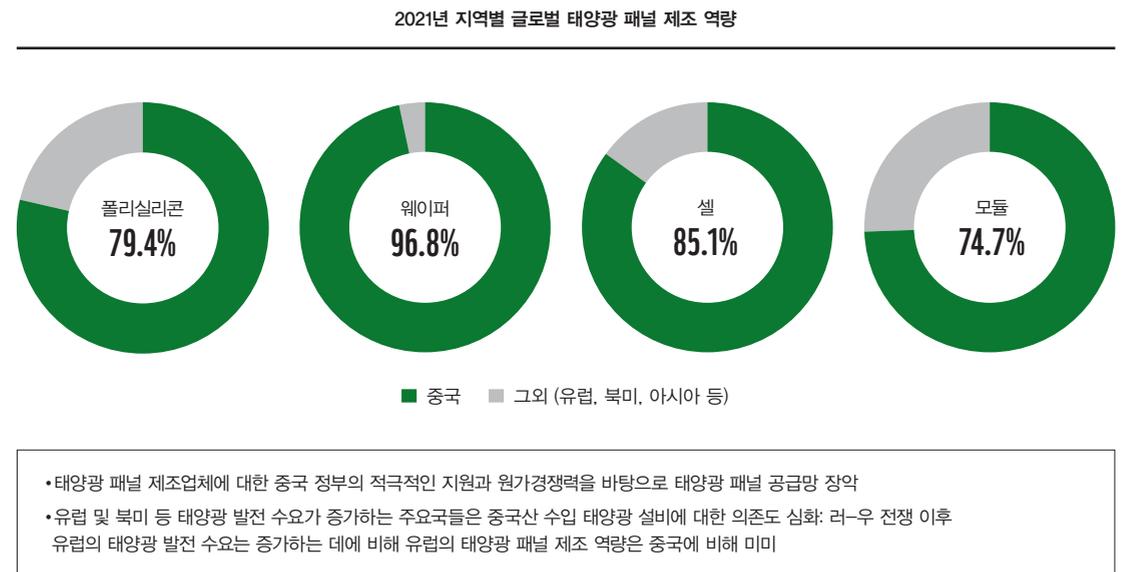
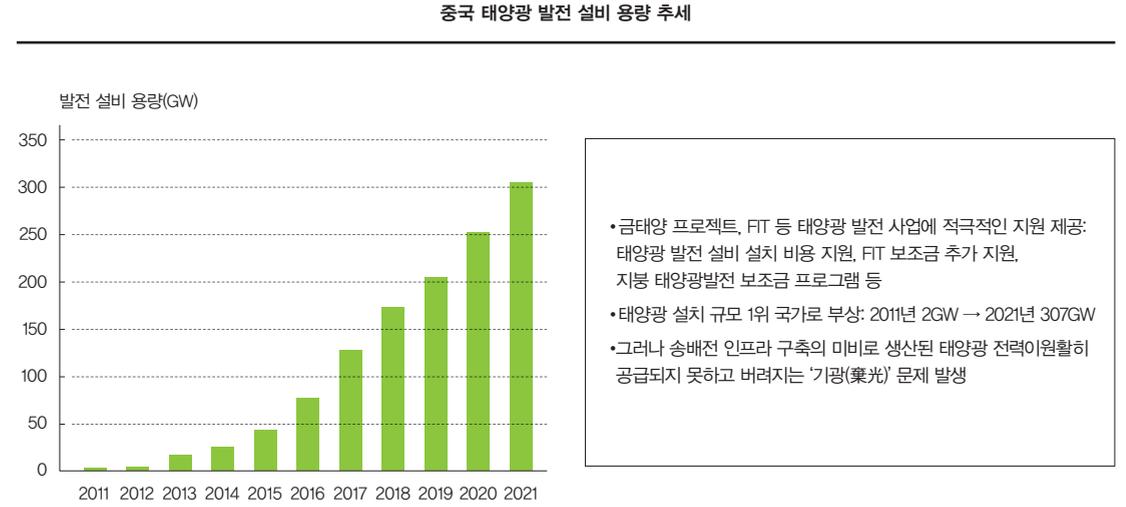
미국 전력시장 구조
(Source: Federal Energy Regulatory Commission, 전기저널, 미국 전력 도매시장 운영 현황 및 거래유형 분석세계 에너지시장 인사이트 제15~25호)

범례
■ Traditionally Regulated
■ Competitive



5.9. 중국

• 중국 태양광 산업의 급성장



• 중국의 환경 변수

중국	대한민국
	
<p>태양광</p> <ul style="list-style-type: none"> • 사람이 적고 땅이 넓어 태양광 패널 설치 다 → 한국보다 유리한 지리적 요인 	<p>태양광</p> <ul style="list-style-type: none"> • '21년 일조시간 2,478시간 기록 • 6~7월 긴 장마기간, 8~9월 태풍 영향권 → 여름철 태양광 발전량 감소
<p>풍력</p> <ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력 단지 위치한 상하이 시 평균 풍속 5.08m/s : 해상풍력 적정 풍속 7m/s 해상풍력 적정 발전 속도보다 느린 편 • 계절마다 바뀌는 풍향: 시베리아 + 태평양 고기압 • 폭이 긴 해안선 + 조석간만의 차와 근해에서의 풍력에너지자원이 풍부한 편 	<p>풍력</p> <ul style="list-style-type: none"> • 서남해 해상풍력 실증단지 평균 풍속 6.03m/s : 해상풍력발전 적정 속도보다 느림 • 계절마다 바뀌는 풍향: 시베리아 + 태평양 고기압 • 풍력발전 효율 24% 기록

• 중국 전력시장 구조



• 중국 기업 동향

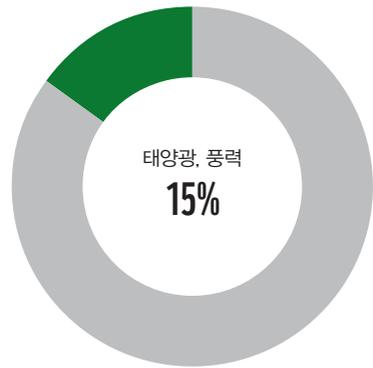


<p>기업소개</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2000년 반도체 웨이퍼 생산 기업으로 시작, 태양광 웨이퍼 및 모듈 시장 점유율 글로벌 1위 기업으로 성장 • 중국 정부의 적극적인 지원 정책 및 규모의 경제 달성을 통해 원가경쟁력 확보 • PERC, TOPCon, HJT 등 태양전지 고효율화를 위한 다양한 기술 개발을 통해 차별화된 기술적 역량 보유 • 태양광 패널 생산 밸류체인 수직 통합을 통해 밸류체인 전반 장악: 태양광 패널의 잉곳 생산에서 시작하여 웨이퍼, 모듈, 셀, 태양광 발전까지 사업 영역 확장
<p>추진사업</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 베트남 35MWp 규모의 Ho Tam Bo 태양광 프로젝트와 35MWp 규모의 Ho Gia Hoet 1 프로젝트의 모듈 공급을 수주하며 베트남 최대규모의 태양광 프로젝트 사업에 참여 • 에너지 화학기업 OCI의 말레이시아 자회사 OCIMSB과 대규모 폴리실리콘 장기공급계약 체결: 2021~2024년까지 3년간 8억 4500만 달러 규모의 폴리실리콘 공급 계획 • 카타르 Al-Kharsaah 태양광 플랜트(800MW 규모 프로젝트)에 태양광 모듈 공급 계약 체결

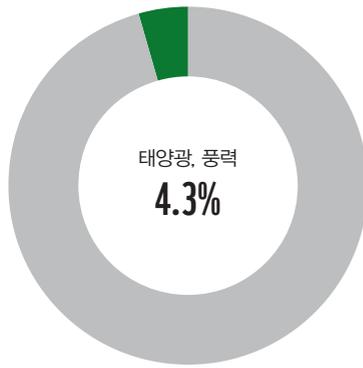
5.10. 베트남

• 베트남 전력수요 충족 문제

2020년 태양광, 풍력 발전 설비 비중



2020년 태양광, 풍력 발전량 비중



송배전 인프라 미비 문제

- 2020년 베트남의 전체 발전 설비 용량 중 태양광, 풍력의 비중은 15%에 달하나, 실제 발전량 비중은 4.3%에 불과
- 이는 베트남의 송배전망 인프라 미비로 인해 설비 확대가 전력 공급 확대에 이르지 못한 탓
- 특히 태양광 설비 확대 속도가 송배전망 구축 속도보다 빠른 탓에 전력망 과부하 문제 발생

효율적인 전력 공급을 위한 송배전 인프라 구축 필요

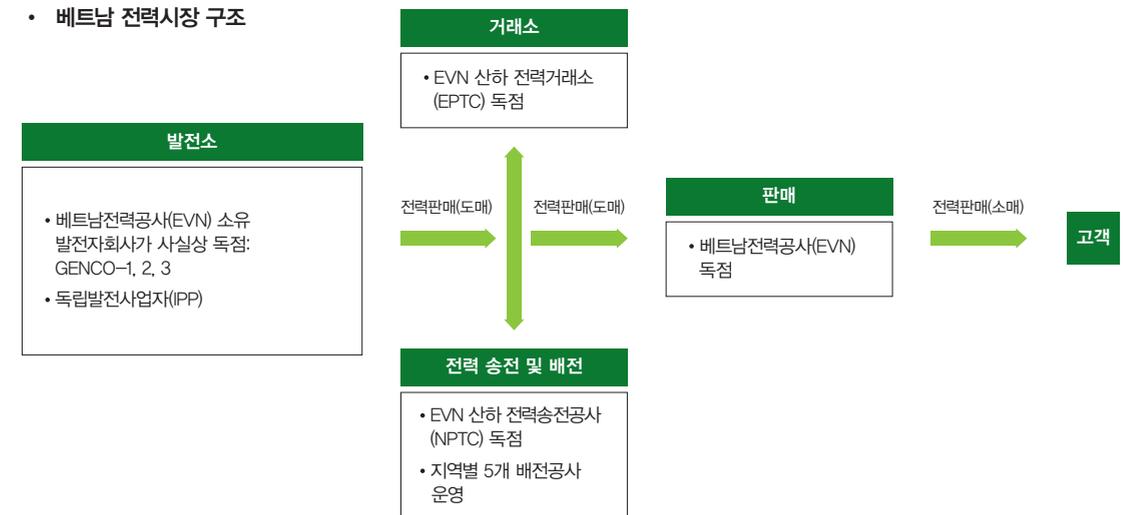
- 발전 설비의 지역 편중 문제 해결
- 송전망 과부하로 인한 전력 손실 문제 해결
- 베트남 정부는 송배전 인프라 정비를 위해 \$141억 투자 계획

• 베트남의 환경 변수

베트남	대한민국
태양광 <ul style="list-style-type: none"> • 중남부 연평균 일조시간 2,000~2,600시간으로 세계 평균 대비 2배 이상 • 1년 내내 덥고 일사량이 많은 기후 → 태양광 발전에 유리 	태양광 <ul style="list-style-type: none"> • 21년 일조시간 2,478시간 기록 • 6~7월 긴 장마기간, 8~9월 태풍 영향권 → 여름철 태양광 발전량 감소
풍력 <ul style="list-style-type: none"> • 3260km에 달하는 긴 해안선 보유 • 평균 풍속 8~9m/s를 유지하는 남부 해안을 비롯, 국토의 8.6% 해상풍력발전에 적합한 지역 • 풍력발전 잠재량은 동남아 1위 수준¹⁾ 	풍력 <ul style="list-style-type: none"> • 서남해 해상풍력 실증단지 평균 풍속 6.03m/s : 해상풍력발전 적정 속도보다 느림 • 계절마다 바뀌는 풍향: 시베리아 + 태평양 고기압 • 풍력발전 효율 24% 기록

¹⁾Source: 세계은행

• 베트남 전력시장 구조



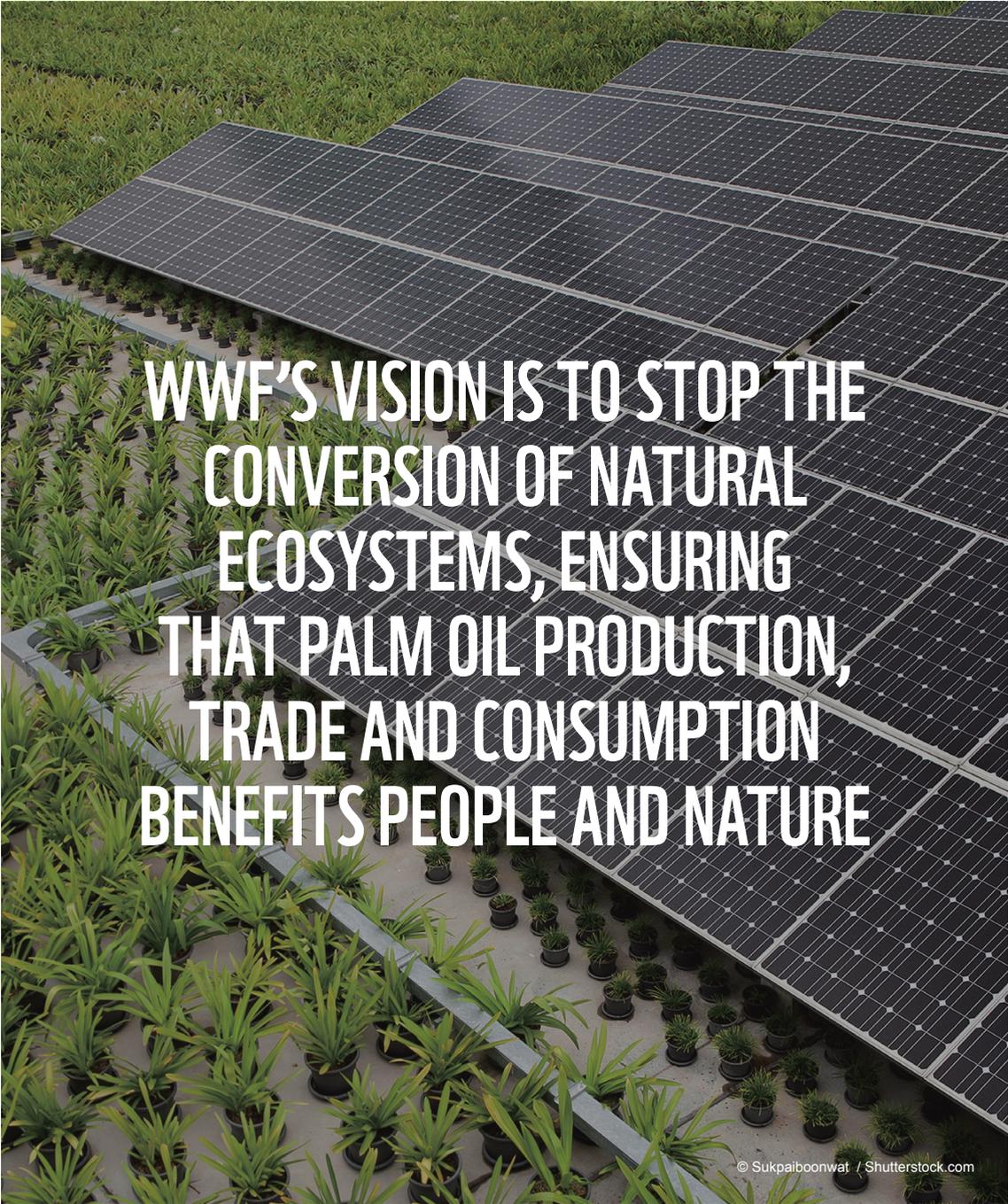
참고문헌

- BBC (2023,01,31) 가스요금 인상: 예고된 난방비 대란, 정부 대책 왜 늦었나
- Brookings (2013) Taiwan's Severe Energy Security Challenges
- Bundesnetzagentur (The Federal Network Agency) (2017) Annual Report 2017
- Bureau of Energy, Ministry of Economic Affairs (2022,07,22) Energy Statistics Handbook
- California Energy Commission, Clean Energy and Pollution Reduction Act – SB 350
- Clean Energy States Alliance, State Legislation, Plans, Reports, and Other Documents
- Clean Energy Wire (2022,12,20) Germany's Energy Consumption and Power mix in charts
- Clyde & Co (2021,04,15) Taiwan Offshore Wind Series: Introduction to the Taiwanese Offshore Wind Market
- CMS (2015) ELECTRICITY LAW AND REGULATION IN FRANCE
- Commonwealth Magazine Group (2021,12,18) Taiwan needs more stable sources of green energy
- Danish Energy Agency (2020,09) Liberalisation of the Danish power sector
- Danish Energy Agency (2022) Energy Statistics 2021
- Dealbook (2022,06,15) 해상풍력발전 현황과 금융조달성(bankability) – 한국, 대만, 일본 중심으로(1)
- DSIRE (2023) Database of State Incentives for Renewables & Efficiency
- EIA (2022) Annual Energy Outlook 2022
- EIA (2022,03) Summary of Legislation and Regulations Included in the Annual Energy Outlook 2022
- EIA (2023) Electricity Data Browser
- Energy–Charts (2023) Public net electricity generation in France
- Energy–Charts (2023) Public net electricity generation in Germany
- EREA & DEA (2022) Vietnam Energy Outlook Report 2021
- Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action (2022,04,06) Overview of the Easter Package
- French Ministry for the Ecological and Inclusive Transition (2017,10,10) Regulatory Framework and Support Schemes for Wind Energy in France
- Global Auto News (2022,02,06) 덴마크, 신재생 에너지를 수소로 전환하는 사업 추진
- GlobalData, Denmark to accelerate renewable power development to overcome dependence on Russian gas, says GlobalData
- GlobalData (2022,07,07) Denmark Power Market Size and Trends by Installed Capacity, Generation, Transmission, Distribution, and Technology, Regulations, Key Players and Forecast, 2022–2035
- GlobalData (2023) France's Nuclear Power Generation Crisis Deepens
- GlobalData (2023) Power Intelligence Center
- Hive Power (2021,06,07) Renewable Energy In France: What You Should Know
- HONEST (2019,03,18) Denmark Short Country Report
- Hwa Meei Liou (2010) Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14
- IEA (2022) World Energy Outlook 2022
- IEA (2020) Levelised cost of electricity calculator
- IEA (2021) France 2021 Energy Policy Review
- IEA (2021) Japan 2021 Energy Policy Review
- IEA (2021) Net Zero by 2050
- IEA (2021) World Energy Outlook 2021
- IEA (2021,11) France2021
- IEA (2022) China
- IEA (2022) Vietnam
- IEA (2022,04,05) France 2030 investment Plan– Investment in renewable energy innovation
- International Trade Administration (2023) France – Country Commercial Guide
- IPCC (2020) Global Warming of 1.5 °C
- IRENA (2013,01,01) IRENA–GWEC: 30 Years of Policies for Wind Energy: Lessons from Denmark
- IRENA (2022) Energy Profile: France
- IRENA (2022) Renewable Power Generation Costs in 2021
- KBS (2023,01,04) [주목키] 타이완 해상풍력, 어떤·지자체 설득은?
- KDB미래전략연구소 (2019) 국내 태양광·수력 발전산업의 문제점과 개선방안
- KDI 경제정보센터 (2022) 탄소중립 정책 · · 선택인가, 필수인가?
- KEI (2021,12,31) 중국환경프리프 2021–04호
- KEI (2022,09,30) 중국환경프리프 2022–03호

- KEMRI (2022,06,24) 유럽의 러시아 화석연료 대체를 위한 REPower EU 전략
- KEMRI (2015) KEMRI 전력경제 Review.
- KEMRI (2017,04,09,29) 미국 전력 도매시장 운영 현황 및 거래 유형 분석, 세계 에너지 시장 인사이트 제 15~25호
- KEMRI (2021) 글로벌 동향자료 [21–32호] 일본의 에너지 기본계획 및 미중 에너지, 금융 분쟁 사례
- KEPCO (2021,06,14) [21–6] 주요국 신재생에너지 지원제도 및 변화과정 외
- KEPCO (2021,08,26) [21–32호] 일본의 에너지 기본계획 및 미중 에너지, 금융 분쟁 사례
- KEPCO (2022) 대한민국 전력 소비량
- KEPCO (2022) 연도별 1인당 전기 사용량
- KITA (2022,01) [글로벌 산업정책동향] 독일 탄소중립 정책 주요내용
- KITA (2022,06,09) 中, 14차 5개년 계획 기간 재생에너지 발전계획 발표
- KIEP (2021) [CSF 전문가 오피니언] 중국의 석탄 수급과 전력 공급
- KIEP (2021,03,20) 일본의 2050 탄소중립과 그린성장전략
- KIEP (2022,06,10) [이슈트렌드] 베트남, 친환경 에너지 전환 노력으로 주목 받아
- KIEP, KEI (2021,12,30) 중국의 2060 탄소중립 추진전략 연구
- KIEP, 에너지경제연구원 (2015,12,30) 신기후체제에 따른 중국의 신재생에너지정책 및 산업동향과 한· 중 협력 방안
- KISTEP (2021,11) 미국, 2050년 탄소중립 달성을 위한 장기 전략 발표
- KITA (2021,07,05) 베트남 전력 산업의 현재와 미래: 360조 베트남 전력 시장을 잡아라!
- KITA (2021,11,05) 원자력과 그린에너지의 절충 모색하는 프랑스의 에너지 정책
- KITA (2021,12,24) 중국의 탄소중립 정책 방향과 시사점
- KITA (2022,06,09) 中, 14차 5개년 계획 기간 재생에너지 발전계획 발표
- KOTRA (2019,04,26) 중국 신재생 에너지 시장 성장세 지속
- KOTRA (2020,09,01) 전문가에게 물어본 일본의 풍력발전시장 전망
- KOTRA (2021,04,12) 일본 전력시장과 재생에너지 지원 정책
- KOTRA (2021,10,20) 프랑스, 300억 유로 규모 미래투자전략 'France 2030' 발표
- KOTRA (2021,11,04) 원자력과 그린에너지의 절충 모색하는 프랑스의 에너지 정책
- KOTRA (2022) 일본의 재생에너지 확대 전략 분석과 시사점
- KOTRA (2022,02,10) 중국의 신에너지 발전: 주목받는 해상풍력발전
- KOTRA (2022,03,25) 덴마크의 수소산업의 현재와 미래
- KOTRA (2022,04,19) 영국 에너지안보 전략 발표
- KOTRA (2022,04,20) 독일, 재생에너지로의 '완전한 전환' 위해 주요 에너지정책 개정 예정
- KOTRA (2022,04,30) 일본의 재생에너지 확대 전략 분석과 시사점
- KOTRA (2022,05,03) 일본의 재생에너지 확대 전략 분석과 시사점
- KOTRA (2022,07,26) 성장하는 베트남 전력 및 전력기자재 시장
- KOTRA (2022,09,15) 프랑스 원자력 산업 동향
- KOTRA (2022,11,28) 2022년 베트남 에너지료를 동향
- Lau HC, Tsai SC (2022) A Decarbonization Roadmap for Taiwan and Its Energy Policy Implications, Sustainability
- LONGi (2022,10,19) 800MW solar power plant in Qatar deploying LONGi modules connected to the grid
- MOEA (2017,09) Key Innovative Industry – Green Energy
- Montel (2023,01,17) French Senate proposes removal of 50% share target
- National Development Center Taiwan (2022) Phased Goals and Actions Toward Net–Zero Transition
- National Public Utilities Council (2022) DECARBONIZATION Race to Net Zero: Carbon Neutral Goals by Country
- NEI (2022) State Electricity Generation Fuel Shares
- Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, EERE Timeline
- Our World in Data based on BP Statistical Review of World Energy & Ember (2022) Share of electricity production by source, Denmark
- Progressive Recruitment (2020) [Infographic] A Timeline of Renewable Energy in the U.S
- RE100 (2020) RE100 Annual Report 2019
- RE100 (2023) RE100 2022 Annual Disclosure Report
- Reuters (2022,09,29) Japan's Mitsubishi Heavy to develop next–gen nuclear reactor with 4 utilities
- Rystad Energy (2022,11,16) Finland, Denmark and Sweden leading on the green revolution
- Shih–Yuan Liu and Rong–Sheng Lee (2019) Analysis of the dilemmas of solar energy application for Taiwan building with Fuzzy AHP approach
- Statista (2022,08,01) Installed wind power capacity in France from 2008 to 2021

- Statista (2022,11,09) Solar energy production capacity in France from 2010 to 2021
- Statista (2023) Global Energy Prices
- Taipower (2023) Homepage
- The New York Times (2022,11,15) As Europe Quits Russian Gas, Half of France's Nuclear Plants Are Off–Line
- The New York Times (2022,11,15) As Europe Quits Russian Gas, Half of France's Nuclear Plants Are Off–Line
- Tsai, Y.–M.; Lin, C.–Y (2021) Investigation on Improving Strategies for Navigation Safety in the Offshore Wind Farm in Taiwan Strait
- United States Departmnet of States and the United States Executive Office of the President (2021,11) The long–Term Strategy of the United States: Pathways to Net–Zero Greenhouse Gas Emissions by 2050
- Wang K.M., Cheng Y.J. (2012) The Evolution of feed–in tariff policy in Taiwan
- Wei–Tong, Wang, Chia–Wei, Chao (2019,03,04) Citizens as Energies: A Review and Prospect of Local Energy Governance
- World Bank (2022) GDP (Current US\$)
- World Nuclear Association (2023,02) Nuclear Power in France
- 국립외교원 외교안보연구소_심상민 (2018,12) 주요 국가들의 재생에너지 확충정책과 한국에의 함의
- 국회사무처 독립주재관 (2021,02,25) 독일 연방의회, 재생에너지법(EEG) 2021 통과
- 국회사무처 독일주재관 (2021,05,14) 독일 연방헌법재판소 연방기후보호법 일부위헌 결정 및 향후 전망
- 김중우 (2017) 중국 해양 재생에너지법률제도 고찰 – 영국 해양재생에너지법률제도의 시사점을 중심으로
- 김지용, 윤현영 (2021) 국내 기업의 베트남 에너지 시장 진출 기회 탐색 : 다층적 관점에 기반한 전력시장 정책 분석을 중심으로
- 녹색기술센터 (2015,11) 저탄소 에너지기술 혁신을 위한 정책 메카트렌드: 주요국의 신재생에너지 대상
- 녹색기술센터 (2018,01,11) 프랑스 기후변화 정책 및 기후기술협력 동향
- 녹색기술센터, 덴마크 기후변화 정책 및 기후기술협력 동향 – 덴마크 NDE를 중심으로
- 녹색기술센터, 프랑스 기후변화 정책 및 기후기술협력 동향 – 프랑스 NDE를 중심으로
- 뉴데일리경제 (2021,02,09) OCI–中 LONGi Solar, 8억달러 규모 풀리실리온 장기공급계약
- 대한상공회의소 (2022) 국내 제조기업의 RE100 참여 현황과 정책과제 조사
- 머니투데이 (2022,11,22) 韓 공장 물린 베트남도 RE100 '발등의 불'…재생에너지 경쟁 심화
- 문화일보 (2023,01,25) 20개월 무리한 동결 + 12월 한파 + LNG값 급등 = '난방비 폭탄'[팩트체크]
- 산업통상자원부 (2023) 제10차 전력수급기본계획 (2022~2030)
- 삼성증권리서치센터 (2022,08,23) 쏟아지는 햇빛, 뜨거워지는 태양광
- 서울경제 (2020,10,19) '공급 잠재력 무한대'...오일공룡도 수소경제에 수조원 투입
- 세계 에너지시장 인사이트 (2014,02) 세계 에너지현안 인사이트
- 세계 에너지시장 인사이트 (2017,11,06) EU 및 EU국가의 신재생에너지 보급 목표와 지원제도 현황, 세계 에너지현안 인사이트 제17–2호
- 세계법제정보센터 (2022) 세계 각국의 온실가스 감축 목표 및 관련 법령
- 세계법제정보센터 (2022,04,18) 대만, (2050 탄소중립 로드맵) 발표 및 관련 법령 개정 추진
- 신한금융투자 (2022,09,22) [글로벌이슈] EU의 중국 태양광 제재 영향 점검
- 아시아투데이 (2018,03,26) 일본 미쓰비시, 영국· 네덜란드 해상 풍력 프로젝트 참여로 '노하우' 쌓는다
- 아주경제 (2022,06,08) '석탄·수력 지고 신재생이 뜬다' 베트남, 태양광에너지 세계 10위권 도약
- 안지원 (2022,07,14) 프랑스의 원자력 재도약의 위한 정책방향 및 시사점
- 양철 (2018,06,27) 중국 에너지 정책의 패러다임 변화 실증 분석
- 에너지경제연구원 (2013,06,14) [세계에너지시장 인사이트] 독일 에너지자전환 정책의 추진 배경 및 전망
- 에너지경제연구원 (2014,04,04) [세계에너지시장 인사이트] 독일의 에너지전환 정책 평가 및 시사점
- 에너지경제연구원 (2015,06,12) [세계에너지시장 인사이트] 미국의 에너지 정책 방향과 오바마 정부의 기후변화 정책
- 에너지경제연구원 (2016,06,17) [세계에너지시장 인사이트] 베트남 전원개발 계획 및 해결과제
- 에너지경제연구원 (2017) 일본 FIT제도 운영 문제점과 제도 개선
- 에너지경제연구원 (2018) [세계에너지시장 인사이트] 일본 에너지정책 방향 전환 모색과 시사점
- 에너지경제연구원 (2018,05,07) [세계에너지시장 인사이트] 제18–17호, 일본, "제5차 에너지기본계획 수립 기본방향안" 발표
- 에너지경제연구원 (2019,05,27) [세계에너지시장 인사이트] 중국 NDRC NEA, '20년부터 재생에너지 전력 의무사용 할당제(쿼터제) 시행

- 에너지경제연구원 (2021,02,08) [세계에너지시장 인사이트] 베트남의 전력수급 및 재생에너지발전 현황
- 에너지경제연구원 (2022,07,18) [세계에너지시장 인사이트] 중국의 재생에너지 증가(2025년) 추진 계획 및 전략
- 에너지경제연구원 (2022,08,01) 세계 에너지시장 인사이트, 제22–15호
- 에너지경제연구원 (2022,09,25) [세계에너지시장 인사이트] EU 탄소국경조정메카니즘(CBAM)이 중국 탄소 다배출 수출산업에 미치는 영향
- 에너지경제연구원 (2022,11,28) [세계에너지시장 인사이트] 중국 재생에너지부문의 2021년 실적
- 에너지경제연구원 (2023,01,26) [세계에너지시장 인사이트] 중국의 2023년 에너지 정책 추진 방향과 수급 전망
- 연합뉴스 (2022,07,21) 전경련 "전력산업 독립구조 해소하고 소매부문에 경쟁 도입해야"
- 연합뉴스 (2022,08,19) 유럽 가름 탓 에너지난 악화…원전·화력발전마저 차질
- 연합뉴스 (2022,09,14) 역풍 맞는 친환경 해상풍력…전국서 어업권 침해 논란
- 연합뉴스 (2021,11,09) 中 저탄소 사업 저리대출…'180조원대 대출확대 효과'
- 오쿠보 노리코 (2014) 신재생 에너지법 개혁과 시민참가–일본에서의 전개
- 원자력정책연구원 (2018) 일본의 원전 재가동과 안전성 강화
- 월간수소경제 (2022,06,29) 해상풍력 풍부한 북해, 유럽 최대 수소생산기지 된다
- 이우봉 (2015,09,30) 기후변화시대의 해상풍력발전 추진을 위한 외국에서의 새로운 입법동향과 시사점
- 이투데이 (2022,2) 눈 앞에 닥친 '에너지 대란'…에펠탑 조영 고고 빨갛 찾는 유럽
- 임은정 (2018,03,07) 아베 시대의 일본 에너지 정책 변화: 에너지 시장 자유화와 원자력 회귀를 중심으로
- 자유일보 (2022,07,24) 캘리포니아와 텍사스
- 재단법인 경북테크노파크_최용규 (2020,11,02) [2020년 경북 산업정책 동향보고서] 국내외 해상풍력 정책동향 및 시장조사
- 전경련 (2022,07,21) 주요국 전력산업 구조비교 및 시사점
- 전기신문 (2006,12,21) 세계전력산업동향(3)프랑스
- 전기신문 (2022,10,22) 해상에너지의 나라 덴마크(4,4) 재생에너지지 7.5%가 80%를 바라보며
- 전기저널 (2019,09,06) 해외 EERS 정책 동향 및 시사점
- 전기저널 (2020,01,06) 중국 에너지 정책 동향
- 전기저널 (2020,02) [해외전력산업동향] 중국 에너지 정책 동향
- 전기저널 (2021,07,12) 주요국 신재생에너지 지원제도 현황 및 변화과정
- 전력통계정보시스템 (2021) 전력수급
- 전자신문 (2023,01,29) 여당, 해상풍력 초점 '보급 촉진 특별법' 발의 추진
- 정승연 (2012) 일본의 에너지정책 변화에 관한 연구: 후쿠시마 원전사고 이후를 중심으로
- 주 덴마크 대사관 (2018,07,06) 덴마크 의회, 2020–2030년간의 에너지 정책 채택
- 주 덴마크 대사관 (2021,06,18) 덴마크의 신재생에너지를 이용한 수소 변환 (Power-to-x) 정책 추진 동향
- 주독일 대사관 (2017,10,27) 독일의 재생 에너지 현황 및 정책 동향
- 중앙일보 이노베이션팀 ()
- 조선수소경제 (2019,09,12) 日 미쓰비시중공업, 영국서 세계 최대 발전설비 수주
- 투데이에너지 (2021,01,08) LONGi, 베트남 최대 수성태양광에 모듈 공급
- 투데이에너지 (2022,09,26) [청간투지] 지속 성장 일본 해상풍력, 우리는?
- 포스코경영연구원 (2018,09,13) 우리나라 전력산업 경쟁체제 도입 현황 및 향후 전망
- 한겨레 (2023,01,29) '난방비 폭탄' 58만원 찍힌 관리비, 정부는 뭘 하는 걸까요
- 한국경제신문 생글생글 (2018,12,03) 대만 '탈원전' 탓에 대정전 겪은 후 국민투표로 폐기
- 한국법제연구원 (2019,02) 독일 연방정부의 2050 기후보호계획
- 한국법제연구원 황헌순 (2022) 일본의 재생가능에너지 전기의 이용 촉진에 관한 특별조치법에 대한 검토
- 한국수출입은행 (2023,01,05) 탄소중립 선언에 따른 베트남의 에너지 전환 정책
- 한국수출입은행 해외경제연구소 (2023,01,05) 탄소중립 선언에 따른 베트남의 에너지 전환 정책
- 한국에너지공단 (2019) [KEA 에너지이슈브리핑] 일본, 해상풍력 확대 추세
- 한국에너지공단 (2019) 대만의 신재생에너지 보급 확대 정책 및 사례
- 한국에너지공단. [신재생 해외이슈] 대만의 풍력발전 산업 동향
- 한국일보 (2022) [단독] RE100 대표, 윤 대통령에 '재생에너지 목표 역추행·경제 잠재력 재해' 항의 서한
- 한국일보 (2022,09,15) 글로벌 격전지' 된 베트남 에너지 시장...정부 무관심에 한국 기업만 담담
- 한민지, 박철로 (2022) 지속 가능한 사회를 위한 독일의 에너지 전환 법·정책 동향과 국내에의 시사점
- 해양환경통합정보시스템 (2020) 프랑스 기후 대기 산업 심층 분석 리포트
- 황지혜 (2022) 일본의 신재생에너지 전력 유통 및 공급 법제에 관한 비교법적 연구



WWF'S VISION IS TO STOP THE
CONVERSION OF NATURAL
ECOSYSTEMS, ENSURING
THAT PALM OIL PRODUCTION,
TRADE AND CONSUMPTION
BENEFITS PEOPLE AND NATURE

© Sukpaiboonwat / Shutterstock.com



WWF(세계자연기금)는 지구의 자연환경 파괴를 막고
자연과 인간이 조화롭게 공존하는 미래를 위해 일하는
세계 최대 자연보전기관입니다.

together possible. wwfkorea.or.kr

© 2023

© 1986 판다 도형 WWF—World Wide Fund for Nature 세계자연기금 (전 World Wildlife Fund)

© WWF는 WWF의 등록상표입니다.