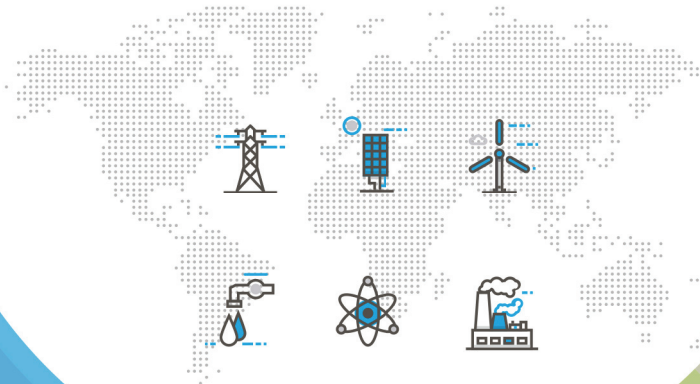


KOREA ENERGY ECONOMICS INSTITUTE

국제 신재생에너지 정책 변화 및 시장 분석



| 이석호 · 조일현 |

참여연구진

연구책임자 : 부 연구 위 원 이석호

부 연구 위 원 조일현

연구참여자 : 전 문 연구 원 임덕오

위 축 연구 원 최승재

외부참여자 : 동 아 대 학 교 원동욱

대구테크노파크 이현숙

〈요 약〉

1. 연구의 필요성 및 목적

2017년 신재생에너지 신규 투자는 2,798억 달러로 2016년 2,740억 달러 대비 2% 성장하였고, 신재생에너지 가격 하락에 힘입어 신규 발전 설비 용량은 2016년보다 9% 증가한 178GW로 역대 최대치를 기록하였다. 그동안 신재생에너지는 기후변화에 대응하는 주요 수단으로 인정받아 상대적으로 낮은 경제성에도 꾸준히 보급되었다. 초기에 신재생에너지가 보급될 때는 화석발전과의 발전단가 격차가 커 에너지 요금 인상과 관련한 문제가 많이 지적되었다. 그러나 꾸준한 보급으로 기술력을 갖춰 점차 그리드패러티 수준으로 가격경쟁력을 확보해 가는 추세이다.

2017년 ‘재생에너지 3020 이행계획’의 발표로 본격적인 재생에너지 보급이 시작되고 시장이 성장하는 단계에 진입한 것으로 보인다. 하지만 우리나라는 신재생에너지 보급이 많이 이뤄진 국가와는 조금 다른 상황이다. 우리나라는 일본과 더불어 세계에서 재생에너지 보급단가가 가장 높은 수준이지만, 전기요금은 오히려 낮은 편이라 가격경쟁력 확보가 쉽지 않다. 또한, 신재생에너지가 탈원전 이슈와 결합하여 정치적인 쟁점이 된 상황이다. 이런 상황에서 신재생에너지 정책이 실현가능한 방식으로 경제성을 확보하고, 환경친화적으로 구현된다면 국민들의 지지를 받을 수 있다. 그러나 완성도 낮은 정책으로 부정적인 인식을 준다면, 신재생에너지 보급에 대한 비판과 저항에 직면할 수 있다.

신재생에너지 보급이 많이 이뤄진 시장과 다양한 정책에서 우리나라

의 정책 실패 가능성을 낮추고 효과적으로 목표를 달성할 수 있는 좋은 시사점을 발견할 수 있다. 이에 본 연구는 국내외 신재생에너지 시장 및 정책 관련 자료를 취합하여 분석하고, 국내외 전문가와 협력하여 해외 주요 신재생에너지 시장 동향과 정책 변화를 파악하고자 한다. 또한, 파악한 정보를 바탕으로 국내 신재생에너지 보급 및 시장 확대와 국내 신재생에너지 산업 육성을 위한 정책적 시사점을 도출하고자 한다.

1. 내용 요약

가. 재생에너지 보급 및 산업 동향

2016년 세계 1차에너지 공급량(TPES)은 13,761Mtoe로 그중 화석연료가 81.1%를 차지하고 재생에너지는 13.7%를 차지한다. 재생에너지를 원별로 보면 바이오와 폐기물이 69.5%로 가장 높고, 다음으로 수력, 풍력, 태양에너지 및 조력, 지열순이다. 2017년 재생에너지 발전 신규 설비용량은 178GW로 재생에너지가 순 설비증설의 70%를 차지하고 태양광은 화석연료와 원전을 합한 순 설비용량 증가보다도 더 높았다. 태양광이 신규 설비용량의 55%를 차지하고 풍력이 29%, 수력이 11%를 차지하였다. 태양광과 풍력은 균등화발전비용(LCOE) 하락 속도가 빨라 경쟁력을 확보하여 성장세가 두드러지고 이미 많은 국가 지역에서 보조금 없이 사업을 진행하기도 한다.

2017년 재생에너지 투자는 전체 투자의 68.2%로 화석연료와 원자력을 합한 것보다 두 배 많았고, 2015년 이후로 개발도상국의 투자금액이 선진국을 추월하여 중국이 차지하는 비중은 45%에 이르렀다. 투자는 태양광과 풍력에 집중되어 2017년 재생에너지원 중 96%가 태양광과 풍력에

투자되었다. 2017년 재생에너지 산업 고용은 처음으로 1천만 명을 넘어섰고 중국이 전체 일자리 중 44%를 차지하고 있다.

2017년 태양광 신규 설비용량은 98GW로 발전원 중 가장 많고 기록적으로 설비가 확장되었다. 그중 중국이 전 세계 신규 설비용량의 절반 이상을 차지했다. 한편, 2018년 태양광은 최대 시장인 중국의 신규설비 제한으로 처음으로 역성장 가능성도 있다. 중국 시장 축소는 태양광 제조 산업 가치사슬 전반에 큰 영향을 미쳤다. 2017년 풍력 신규 설비용량은 52GW로 2015년 신규 설비용량 64GW로 최고치를 기록한 후 중국의 시장 축소로 2년 연속 규모가 줄었다. 시장 축소에도 불구하고 중국이 가장 많이 증설하였고 유럽과 인도는 경매로 이행하기 전 기존의 지원 혜택을 받기 위해 증설을 서둘러서 신규 설비용량이 증가하였다.

나. 주요국 정책 동향

해외 주요국의 신재생에너지 정책의 주요 변화에 대해 중국, 일본, 미국, EU를 정리하였다. 중국은 재생에너지 보급이 확대됨에 따라 보조금의 규모가 증가하자 FiT 기준가격을 인하하여 보조금 규모를 줄여왔다. 특히, 2018년 5월 31일 태양광의 FiT 기준가격을 추가 인하하고 즉시 적용하며, 보조금이 필요한 태양광발전소를 승인 없이 건설하는 것을 금지하였고, 이는 태양광 시장 전반에 큰 충격으로 이어졌다. 일본은 제5차 에너지기본계획을 확정하였다. 2030년 발전량 기준 전원믹스를 신재생에너지 22~24%, 석유 3%, 가스 27%, 원자력 20~22%로 제시하였다. 일본은 점차 FiT 기준가격을 인하하며, 태양광은 FiT 지원을 받지 않는 가격으로 인하한다는 목표를 명시하였다. 미국은 트럼프 정부 출범에도 생산세액공제(PTC)와 투자세액공제(ITC)가 연장되었고, 캘리포니아주는 2045

년까지 전력의 100%를 무탄소 전원으로 공급하는 SB100을 시행하였다. 한편, 미국은 태양전지와 모듈에 자국 산업 보호를 이유로 세이프가드 관세를 부과하였다. EU는 2030년까지 최종에너지 소비 중 재생에너지 비중을 27%에서 32%로 확대하는 재생에너지지침(Renewable Energy Directive) 목표 상향을 확정하였다.

다. 주요 현안

전 세계적으로 재생에너지가 빠르게 보급되며 산업이 확대되면서 재생에너지와 관련 자국 산업 보호를 위한 노력도 나타난다. 미국과 인도는 2018년 자국의 태양광 산업 보호를 위해 세이프가드 관세를 부과하였고 EU는 그동안 중국산 태양전지와 모듈에 최소수입가격 조치를 하다가 최근에야 중단하였다. 기업들도 재생에너지 확산에 앞장서고 있는데 RE100에 참여하는 기업이 급속히 늘어나는 추세를 보인다. RE100 확대는 재생에너지 산업에는 성장 동력으로 작용하지만, 일반 산업에는 극복해야 할 위기로 작용할 가능성이 있다.

재생에너지가 가격 경쟁력을 확보해가고 있지만, 아직 보급에 따른 소비자의 부담이 함께 늘어나는 것을 확인할 수 있다. 대표적으로 일본, 독일, 호주에서 부과금 및 전기요금이 인상되었지만, 최근 일본과 독일의 경우 완만한 증가세를 보이고 있다. 재생에너지 보급 확대에 따라 계통 연계와 합리적 이용에 관하여서도 노력하고 있다. 중국은 물리적인 전력망 연결뿐만 아니라 지능형 전력망 구축 노력도 병행하고 있고 일본은 기존 계통을 유연하게 활용하는 일본판 Connect and Manage를 검토하고 있다. 제도적으로 재생에너지 경매가 경제성을 확보하는 수단으로 자리 잡아 경매를 채택한 국가가 빠르게 증가하고 있다. 2017년부터 독일과

일본도 경매를 도입하여 운영하고 있다. 하지만 최근 일본의 경매는 성공적이지 못하였고 독일의 최근 낙찰가는 하락 추세와는 다소 다른 양상을 보였다.

3. 종합 및 정책 방향

국제 동향과 정책 파악을 통해 도출한 정책적 제언은 다음과 같다. 첫째, 태양광 시장 공급에 따른 구조조정을 대비해야 한다. 중국의 태양광 시장 축소에도 주요 제조 기업들은 높은 설비이용률을 유지하고 확장 계획을 바꾸지 않아 구조 조정이 일어날 것으로 보인다. 이러한 상황에서 국내의 태양광 보급 정책은 국내 산업에 유효 수요를 창출하여 통상 문제를 일으키는 직접 지원보다 오히려 효과적인 방식일 수도 있다. 정부는 수요를 창출하는 정책을 검토하고, 산업계는 가격경쟁력 확보, 고효율 제품 출시 등의 방식으로 차별화하는 대응이 필요하다.

둘째, 무역 장벽에 대한 대비가 필요하다. 우리나라 태양광과 풍력은 수출 비중이 커서 국제 시장의 무역장벽이 산업에 미치는 영향이 크다. 산업계는 특정 국가 중심의 수출을 지양하고 판매처를 다변화하는 노력이 필요하다. 제조업체는 현지화 전략을 통해 무역장벽을 극복하는 전략을 검토해야 하고 국내에서는 건설, 시공, 유지·보수 등의 서비스업 경쟁력 향상이 필요하다. 국내 보급목표가 명확해짐에 따라 대규모 해상풍력은 우리나라 풍력 기업이 기술투자과 트랙 레코드를 축적할 호기로 활용해야 한다. 정부는 어떤 분야를 지원할 것인지 명확한 목표를 설정하고, 기술별로 유기적이고 효과적인 지원 체계를 마련해야 할 것이다.

셋째, RE100 확대에 대비한 제도적 기반 마련이 필요하다. 국내 신재생에너지 산업의 활성화뿐만 아니라 일반 산업의 재생에너지 무역 장벽

을 회피하기 위해서는 RE100을 이행할 수 있는 제도적 기반 마련이 필요하다. 현재 국내 여건상 한전이 녹색전력요금제와 같은 재생에너지 전력상품과 인증서 구매로 재생에너지전력 사용을 인정받는 방식이 가능하다. 현행 REC는 공급의무자의 의무이행비용이 정산되기 때문에 RE100 이행수단으로 REC를 허용할 경우 수요증가에 따른 가격상승이 예상된다. 이는 국민 부담이 증가하는 효과를 초래할 수 있어 별도의 인증서를 도입할 필요가 있다.

넷째, 경매 도입 시 적절한 기준 설정과 운영이 필요하다. 최근 세계적으로 경매가 빠르게 확산하고 있으며, 우리나라도 경매 도입을 검토하고 있다. 효과적으로 자원을 배분하는 경매를 시행하기 위해서는 경매 방식, 규칙 등의 설계뿐만 아니라 계통접속, 잠재량 산정, 적절한 상한 가격 파악을 위한 에너지원별, 지역별 LCOE가 어떠한지에 대한 조사 등 충분한 준비가 필요하다. 일본과 독일의 사례는 효과적인 정책 수단을 쓰더라도 적절하지 않은 대응이 있을 때는 본래의 목표를 달성할 수 없다는 사실을 보여준다.

다섯째, 변동성 재생에너지 확대에 대비가 필요하다. 전력계통이 독립형인 우리나라는 신재생에너지 확대에 따른 유연성 확보가 절실하다. 먼저 계통의 불안정성을 줄이기 위해서는 정확한 기상분석을 통한 엄밀한 발전량 예측이 필요하다. 다음으로 통합관제를 위해 실시간 전력 현황에 대응하는 통합관제시스템 구현을 위해 설비 구축 및 운영 프로그램을 개발할 필요가 있다. 통합관제시스템이 구축되어야 국민DR, 에너지프로슈머 등의 사업도 물리적 인프라가 뒷받침되어 효과적으로 작동할 수 있다. 통합관제는 중국 신에너지 빅데이터 플랫폼이나 Siemens Gamesa와 같이 ICT를 활용하여 발전 설비의 성능 개선, 발전소 원격 감시 및 운영 관리 등의 유지·보수 서비스 사업으로 확대될 수 있다.

여섯째, 계통접속 문제에 대한 체계적인 대비가 필요하다. 계통접속 문제의 근본적 원인은 재생에너지발전소 건설과 전력계통 보강에 필요한 시간의 차이이다. 이러한 문제의 해결을 위해서는 중앙정부, 지방자치단체, 한국전력, 연구기관 등의 유기적인 협조체계가 구축되어야 한다. 경제성이 있는 신재생에너지 자원을 우선 개발하기 위한 신재생에너지 잠재량과 LCOE에 대한 분석 및 데이터베이스를 구축해야 한다. 신재생에너지사업자도 이 정보를 활용하여 우수한 자원부터 개발할 수 있고, 중앙정부나 지자체도 허가 시 이를 활용할 수 있다. 또한, 계통보강과 발전설비 준공 간의 시차를 줄이기 위해서는 지역에너지계획에 지자체와 한전과의 협의가 체계적으로 이뤄져야 한다.

마지막으로 에너지전환에 대한 사회적 수용성을 확보하기 위한 정확한 정보 제공이 필요하다. 독일과 일본은 재생에너지로 인한 전기요금 부담을 정확히 제공하지만, 우리나라는 구체적 부담이 표시되어 있지 않다. 정부가 신재생에너지를 보조하면서 확대하는 것은 단순히 경제적 이유가 아닌 산업육성, 환경 그리고 안전 등의 다양한 목적이 있다. 비용 정보의 공개는 경제성을 확보하고 사회적 동의를 얻기 위해 필요하다. 정책입안자에게 신재생에너지 부담에 대한 정보 공개는 정책을 통해 경제성을 확보하도록 노력하는 압박이 되고, 신재생에너지 사업자에게는 사회적 감시가 되어 경쟁의 촉매제가 될 수 있다. 따라서 장기적으로 안정적인 에너지전환과 이를 뒷받침하기 위한 신재생에너지 보급 확대를 위해서는 비용에 관한 정보의 공개가 필요하다.

ABSTRACT

1. Research necessity and purpose

Global investment in renewable energy in 2017 amounted to USD 279.8 billion, up 2% over USD 274.0 billion in 2016. Due to the decline of renewable energy prices, capacity at new facilities increased 9% over 2016 to 178 GW. Renewable energy penetration has steadily increased as it is recognized as an important response to climate change despite it being less competitive than fossil fuels. In the early phase of its distribution, the cost of generating renewable energy was significantly more than generating fossil fuel-powered electricity, and thus many issues arose due to energy price hikes. However, with its continuing distribution and development of related technology, prices have reached the level of grid parity.

In 2017, with announcement of Korea's 'Renewable Energy 3020 Plan', renewable energy penetration gained traction in the nation and the market began to grow. However, Korea is a little different from other countries that have seen significant progress towards renewable energy distribution. Although Korea has the highest cost of renewable energy distribution in the world, like Japan, the price of its electricity is lower, meaning that price competitiveness is not easy to achieve with renewables. In addition, increase of renewable energy combined with the phase-out of nuclear power has become a political issue. Hence, if renewable energy policy becomes

economically feasible and implemented in an eco-friendly way, it will garner popular support. However, if the policy is incomplete and triggers negative perceptions, efforts will face serious criticism and resistance.

Looking at the markets and policies of various countries that have significant renewable energy penetration can be valuable towards reducing policy failure and effective achievement of goals. This paper reviews materials related to domestic and international renewable energy markets and policies and identifies market trends and policy changes in major renewable markets overseas, in collaboration with domestic and international specialists. Based on our findings, policy implications are derived to promote domestic renewable energy penetration and expansion of the related markets and industries.

2. Abstract

A. Trends in the new and renewable energy market

In 2016, the world's total primary energy supply (TPES) amounted to 13,761 Mtoe, with fossil fuels accounting for 81.1% and renewable energy for 13.7%. By source, biomass and bio-waste accounted for 69.5% of renewable energy, followed by hydropower, wind power, solar energy, tidal energy, and geothermal power. In 2017, new power generation capacity for renewable energy was 178 GW and renewable energy accounted for about 70% of net capacity increase, with solar energy's net capacity increase surpassing that of fossil fuels and nuclear energy combined. Solar energy

accounted for 55% of newly installed capacity, wind power for 29% and hydropower for 11%. Solar energy and wind power have grown remarkably, driven by rapidly falling LCOE (levelized cost of electricity) and surging competitiveness. In many countries, solar energy and wind power projects are being implemented without government subsidies.

Investment in renewable energy in 2017 accounted for 68.2% of total investment in energy - more than double the investment in fossil fuel and nuclear energy combined. And since 2015, investment in renewables by developing countries surpassed that of advanced countries, with China accounting for 45% of the total. Investment focused on solar energy and wind power, which together accounted for 96% of total renewable energy investment in 2017. The total number of people employed in the renewable energy sector exceeded 10 million for the first time in 2017, with 44% of jobs in China.

In 2017, new installed PV (photovoltaic) electricity generation capacity dramatically increased to 98 GW, topping all sources of power generation, with China accounting for over half. Meanwhile, in 2018, PV energy growth may decelerate for the first time due to restriction on capacity installation in China, the largest PV electricity market. The shrinking Chinese market has made a significant impact on the overall value chain across the solar manufacturing sector. Due to the decreasing market there, new installed wind power capacity in 2017 reached 52 GW, continuing a two-year decline after peaking at 64 GW in 2015. Despite this market contraction, China was still responsible for building the most capacity, while Europe and India also

witnessed additional capacity as they hurried construction of facilities to receive existing government support before that support shifts to auction.

B. Global policy trends in new and renewable energy

Here we summarize major policy changes in the renewable energy policies of major countries/regions such as China, Japan, the United States and the EU. In China, the government has curtailed soaring subsidies by reducing standard feed-in tariffs (FiTs). The country further cut the standard FiT rate for solar energy on May 31, 2018 and banned construction of subsidized solar power plants without government approval, which significantly affected the overall solar energy market. Japan has finalized its Fifth Energy Basic Plan that set the energy mix for 2030 (22~24% renewable energy; 3% petroleum; 27% gas; 20~22% nuclear energy), gradually cut back its standard FiT and set a goal for reducing solar energy prices so that solar energy is not eligible for FiT support. In the United States, Congress extended the production tax credit (PTC) for wind and solar power and the investment tax credit (ITC) for residential solar installations even after President Trump was inaugurated. California has adopted SB100, a 100% clean electricity bill which aims for 100 percent carbon-free electricity by 2045. Meanwhile, the United States has also imposed safeguard tariffs on imported solar cells and modules to protect its solar manufacturers. For its part, the EU has revised its Renewable Energy Directive to lift the share of renewables in final energy consumption from 27% to 32% by 2030.

C. Key global issues in new and renewable energy

As renewable energy has spread rapidly worldwide and the related industries have expanded, countries have sought to protect their own renewables-related industry. In 2018, the United States and India imposed safeguard tariffs to protect their solar industries while the EU applied a minimum import price (MIP) for solar PV cells and modules from China, which it ended only recently. Businesses are leading efforts to distribute renewables. And the number of firms participating in RE100, a collaborative, global initiative uniting more than 100 influential businesses towards 100% renewable electricity, are rising sharply. RE100 can facilitate growth in the renewables industry, but it could also pose a challenge to other sectors.

Renewable energy pricing is becoming more competitive, but the burden on consumers continues to rise. For example, levies and electricity prices have been hiked in Japan, Germany and Australia, and continue to rise steadily in Germany and Japan. With the spread of renewables, efforts to improve grid access and use are being made. China is also seeking to build a smart grid while Japan is considering its own version of the UK's Connect and Manage regime for more flexible use of its existing electricity grid. Countries are adopting renewables auction systems for greater economic feasibility, as Germany and Japan did in 2017. However, auctions have not been successful in Japan, while auction prices of recently-awarded projects in Germany are rising rather than falling.

3. Conclusion and policy directions

Based on a review of international trends and analysis of policies overseas, this paper presents the following policy suggestions. First, efforts are necessary to brace for the anticipated restructuring of the solar PV market. China's solar PV market is likely to undergo restructuring as large manufacturers continue to maintain a higher capacity utilization rate and stick to renewables expansion plans despite contraction of the market. In this context, Korea's solar energy distribution policy to create effective demand in domestic industries may be more effective than direct support that usually leads to trade friction. The government needs to develop policies to create demand while industries should focus on differentiation by boosting price competitiveness and launching high efficiency products.

Second, we need to be prepared for trade barriers. A significant share of Korea's solar energy and wind power is exported, meaning international trade barriers have a tremendous impact on its industry. Industries should diversify their markets instead of concentrating exports on a few nations. When trade barriers come, manufacturers need to devise strategies to overcome them through localization and competitive involvement in the domestic renewables service sector in terms of construction, maintenance and repairs. As targets for domestic renewable energy penetration are becoming clearer, there is a good opportunity for Korean wind power firms to invest in technology and accumulate track records in building large-scale offshore wind power facilities. The government should establish clear goals as to which sector(s)

it intends to support and develop a systematic and effective system for support by type of technology.

Third, there is a need to expand the systematic base for expansion of the RE100 initiative. To invigorate the domestic renewable industry and bypass trade barriers related to renewable energy facing general industries, we need to prepare a strategic base to fulfill requirements of the RE100 initiative. KEPCO may offer renewable energy electricity products and certificates such as a Green Electricity Purchase (GEP) certificate. The renewable energy certificate (REC) currently in use allows renewable energy suppliers to be reimbursed for the costs of fulfilling their renewable energy supply obligations. Hence if the REC is used as a means to meet RE100 requirements, demand will increase and prices will go up, which will increase the burden on consumers. Therefore, a different type of certificate should be created.

Fourth, an appropriate standard for an auction system should be established and implemented. As auctions become more common worldwide, Korea is also considering its introduction. To ensure implementation of an auction system that ensures effective resource allocation, sufficient preparation is needed in terms of auction methods and rules and investigation of LCOE by energy source and region to estimate potential grid access volume and maximum price. The cases in Japan and Germany show that even with effective policy instruments, the absence of an effective response may lead to a failure to achieve goals.

Fifth, preparation for volatility in renewables is needed. As Korea's grid

is a stand-alone system, grid flexibility is compelling to facilitate expansion of renewable energy. First, to reduce grid instability, a precise projection of power generation through accurate climate analysis is essential. Next, facilities and operational programs to implement an integrated control system for a real-time response to electricity usage need to be developed. With such an integrated control system in place, projects such as consumer demand response (DR) and energy prosumer can run smoothly with sufficient physical infrastructure. The integrated control system can be further extended to maintenance and service projects such as improvement of the functions of power generation facilities, remote monitoring of power plants and ICT-based operational control. China's New Energy Big Data Innovation Platform and Spain's Siemens Gamesa are good examples of such efforts.

Sixth, a systematic response to grid access issues is necessary. The root cause of grid connection problems is the timing difference between construction of renewable energy power plants and grid reinforcement. To address this, close coordination between the central government and local governments, KEPCO and research institutions need to be established. To prioritize development of economical renewable energy resources, an analytical database should be set up of renewable energy potential and LCOE. Renewable energy firms can tap into resources through this database, while the central and local governments can use it for issuing licenses and permits. To minimize the timing gap between electricity grid reinforcement and completion of power generation facilities, there must be systematic consultation between local governments and KEPCO regarding local energy plans.

Lastly, accurate information needs to be provided to boost social receptivity to the energy transition. While Germany and Japan provide detailed information on the electricity price burden related to the use of renewables, Korea does not. The government subsidizes and expands the penetration of renewables to achieve a variety of purposes including promotion of industries, the environment, and safety, and not just to make it a matter of simple economic feasibility. Disclosure of the cost of renewables for all parties concerned will improve economic feasibility and increase social consensus. Disclosure of information on the burden of renewable energy can urge policy makers to push for economic feasibility through policies, and can make operators of renewable energy businesses subject to social oversight, triggering competition. Hence, disclosure of cost information is a must to ensure stability in the transition to renewable energy.

제 목 차 례

제1장 서론	1
제2장 국내 신재생에너지 보급 및 산업 동향	5
1. 국내 신재생에너지 보급 현황	5
2. 국내 신재생에너지 산업 현황	8
제3장 국제 신재생에너지 보급 및 산업 동향	11
1. 국제 신재생에너지 보급 동향	11
가. 보급 추세 및 현황	11
나. 보조금 없는 프로젝트 등장	16
다. 변동성 재생에너지의 확대 및 전망	17
2. 가격 및 기술 동향	20
가. 균등화발전비용(Levelized cost of electricity, LCOE)	20
나. 모듈, 터빈 가격과 기술 동향	24
3. 투자 및 고용 동향	30
가. 투자 동향	30
나. 고용 동향	35
4. 태양광 보급 및 산업 동향	39
가. 보급 동향	39
나. 산업 동향	44

5. 풍력 보급 및 산업 동향	52
가. 보급 동향	52
나. 산업 동향	56

제4장 주요국의 신재생에너지 정책 동향 61

1. 중국 정책 동향	61
가. 중국의 신재생에너지 정책 목표	61
나. 주요 정책 변화	64
2. 일본 정책 동향	77
가. 제5차 에너지기본계획 수립	77
나. FiT 기준가격 개정 및 경매 시행	79
다. 해상풍력 보급 촉진 정책 도입	84
라. 전력 시장 자유화 및 유연성 확보	85
3. 미국 정책 동향	88
가. 생산세액공제와 투자세액공제	88
나. 재생에너지 정책 퇴보 및 태양광 세이프가드 발효	91
다. 캘리포니아의 재생에너지 전력 100%법 시행	92
4. 유럽 정책 동향	94
가. 유럽의 주요 정책 변화	94
나. 영국의 정책 변화	95
다. 프랑스의 정책 변화	97

제5장 세계 신재생에너지 주요 현안 101

1. 태양광 산업의 무역 장벽	101
가. 미국의 세이프가드 발효	101

나. 인도의 세이프가드 발효	103
다. EU의 최소수입가격 종료	105
2. 신재생에너지 부과금 및 전기요금 인상	106
가. 일본의 부과금 인상 추이	107
나. 독일의 전력요금 변화 추이	108
다. 호주의 전력요금 변화 추이	110
3. 경매의 확산 및 독일과 일본의 경매 결과	114
가. 경매의 확산	114
나. 독일과 일본의 경매 결과	116
4. 기업의 재생에너지 이용 확대(RE100 확산)	120
가. RE100 현황	120
나. RE100 전망	122
다. RE100 대응 - 일본의 경우	124
5. 신재생에너지 계통 연계 촉진 및 계통 운영 합리화	126
가. 중국 - 물리적, 지능형 전력망 구축	126
나. 일본 - Connect and Manage	128

제6장 종합 및 정책 방향 133

1. 신재생에너지 동향 및 정책 현황	133
가. 국제 신재생에너지 보급 및 산업 동향	133
나. 주요국의 신재생에너지 정책 동향	134
다. 세계 신재생에너지 주요 현안	136
2. 시사점 및 정책 방향	139
가. 태양광 시장 공급 과잉에 따른 구조조정 대비	139

나. 무역 분쟁 대응 필요	140
다. RE100 확대 대비 제도적 기반 마련 필요	141
라. 경매의 적절한 기준 설정과 운영	143
마. 변동성 재생에너지 확대에 대비	145
바. 계통접속 문제에 대한 대응	147
사. 정보 제공을 통한 수용성 확보	149

참고문헌 151

1. 국내문헌	151
2. 해외문헌	152
3. 웹사이트	155

표 차례

<표 2-1> 2017년 신재생에너지 생산량 및 발전량	6
<표 2-2> 2017년 신재생에너지 설비용량	7
<표 2-3> 국내 신재생에너지 산업 현황 변화(2016년 vs. 2017년)	8
<표 2-4> 국내 신재생에너지 산업 현황(2017년)	10
<표 3-1> 유럽의 무보조금 태양광 프로젝트	17
<표 3-2> 2017년 재생에너지 전력 신규·누적 설비용량	19
<표 3-3> 2007년~2017년 재생에너지 원별 신규투자	33
<표 3-4> 2007년~2017년 재생에너지 지역별 신규투자	34
<표 3-5> 2017년 재생에너지 관련 직·간접 일자리	38
<표 3-6> 국가별 2018년 태양광 신규 설비용량 전망	41
<표 3-7> BNEF 기준 1군 모듈 제조사	50
<표 4-1> 중국 재생에너지 13·5 계획 주요 지표 및 목표	62
<표 4-2> 재생에너지 13·5 계획상 개발 및 이용 관련 주요 목표 (2020년)	63
<표 4-3> 중국 태양광 탑-러너 프로그램 보급 규모 및 효율 기준	65
<표 4-4> 태양광 및 풍력 FiT 지급 기준	68
<표 4-5> 지방 정부별 2020년 재생에너지 의무 비중(수력 제외)	71
<표 4-6> 지방 정부별 2020년 재생에너지 의무 비중	72
<표 4-7> 녹색전력증서, 재생에너지전력증서, 대체증서 비교 ...	75
<표 4-8> 일본 5차 에기본 주요 목표지표	78
<표 4-9> 일본 비주택용 태양광발전 FiT 기준가격 (엔/kWh)	80

<표 4-10> 일본 주택용 태양광 발전 FiT 기준가격(엔/kWh)	80
<표 4-11> 일본 풍력 발전 FiT 기준가격(엔/kWh)	81
<표 4-12> 일본 지열, 수력, 바이오매스 FiT 기준가격(엔/kWh)	83
<표 4-13> PTC 대상 신재생에너지원 및 세액공제액	88
<표 4-14> ITC 대상 신재생에너지원 및 세액공제액	90
<표 4-15> 미국 캘리포니아 연도별 목표	93
<표 4-16> 영국 2018/2019 FiT 기준가격(p/kWh)	95
<표 4-17> 프랑스의 태양광 보급 확대 대책	98
<표 5-1> 태양전지 및 모듈 연차별 세이프가드 관세율	101
<표 5-2> 인도 DGTR의 세이프가드 관세율	105
<표 5-3> 독일 태양광 경매 결과	117
<표 5-4> 독일 육상풍력 경매 결과	117
<표 5-5> 일본 대규모 태양광발전 경매 결과	118
<표 5-6> RE100 재생에너지전력 조달 방식	122
<표 5-7> RE100 시기별 최소 달성 기준	122
<표 5-8> 일본 비화석증서 경매 결과	125
<표 5-9> 일본판 Connect & Manage	132
<표 6-1> RE100 인정 수단별 국내 현황 및 가능 방안	142
<표 6-2> VRE 발전량 비중에 따른 단계 구분	146

그림 차례

[그림 2-1] 2017년 신재생에너지 발전량 비중	5
[그림 3-1] 2016년 원별 1차에너지 공급비중	12
[그림 3-2] 1990년~2016년 재생에너지 공급 연평균 성장률	13
[그림 3-3] 1990년~2017년 OECD 국가의 전력 공급 연평균 성장 ..	14
[그림 3-4] 2007년~2017년 재생에너지 누적 설비용량	15
[그림 3-5] BNEF & IEA의 2050년까지 전력 구성 전망	18
[그림 3-6] 태양광, 풍력 LCOE (2009년~2017년)	20
[그림 3-7] 유틸리티급 재생에너지원별 LCOE(2010년 VS 2017년) ...	22
[그림 3-8] 2018년 1분기 태양광 국가별 LCOE	23
[그림 3-9] 2018년 1분기 육상 풍력 국가별 LCOE	24
[그림 3-10] 모듈 학습률	25
[그림 3-11] 기술별 모듈 생산 점유율	26
[그림 3-12] 태양광 기술별 연구용 태양전지 효율	27
[그림 3-13] 육상풍력 터빈 학습률	28
[그림 3-14] 육상 풍력 이용률	29
[그림 3-15] 터빈 날개와 높이 추세	29
[그림 3-16] 2007년~2017년 재생에너지 투자	31
[그림 3-17] 2007년~2017년 태양광 신규·누적 설비용량	39
[그림 3-18] 2017년 국가별 태양광 신규 설비용량	40
[그림 3-19] 세계 태양광 신규 설비용량(2009~2017년&이후 전망) ...	43
[그림 3-20] 가치사슬별 2018년 6월 한달 가격 하락	44

[그림 3-21] 2018년 폴리실리콘 가격	45
[그림 3-22] 2018년 국가별 폴리실리콘 생산용량 비중	46
[그림 3-23] 2018년 폴리실리콘 공급곡선	47
[그림 3-24] 2018년 국가별 모듈 생산용량 비중	49
[그림 3-25] 2018년 모듈 가격	51
[그림 3-26] 2018년 유틸리티급 고정축 태양광 시스템 기준 가격 전망	52
[그림 3-27] 2007년~2017년 풍력 신규·누적 설비용량	53
[그림 3-28] 2017년 국가별 풍력 신규 설비용량	54
[그림 3-29] 2007년~2017년 해상풍력 누적 설비용량	55
[그림 3-30] 풍력 신규 설비용량 전망	56
[그림 3-31] 2017년 육상풍력 터빈 제조사	57
[그림 3-32] 2017년 1GW 이상 공급 육상풍력 터빈 제조사	58
[그림 3-33] 터빈 가격 추세	59
[그림 4-1] 2017년 중국 주요 원별 발전량 증가분 및 증가율 (2016년 대비)	64
[그림 4-2] 2017년 중국의 태양광과 풍력의 설비용량 및 발전량 ..	64
[그림 4-3] 2018년 중국 탑-러너 경매 결과	66
[그림 4-4] 중국의 태양광 계통 미접속 발전량 비중	69
[그림 4-5] 중국의 풍력 계통 미접속 발전량 비중	70
[그림 4-6] 일본 해상풍력 점용 인가 절차	85
[그림 4-7] 전원 접속 모집 규칙	87
[그림 4-8] 세이프가드에 따른 LCOE 인상 효과	92
[그림 4-9] 영국의 연도별 청정에너지 투자	97

[그림 5-1] 미국 월별 모듈 수입액, 2017.1~2018.09.	102
[그림 5-2] 인도 태양전지, 모듈 수입 비중(%), 2017년	104
[그림 5-3] EU 태양전지, 모듈 수입 비중(%), 2018년 1월~8월	106
[그림 5-4] 일본 신재생에너지 부과금 추이 (엔/kWh)	107
[그림 5-5] 독일의 가정용 전력요금 변화 추이	108
[그림 5-6] 독일의 산업용 전력요금 변화 추이	109
[그림 5-7] 호주 가정용 전력요금 변화 추이(1991년~2016년) ...	110
[그림 5-8] 호주 재생에너지 목표 인증서 가격	111
[그림 5-9] 호주 가정용 평균 전력가격 변화 요인	112
[그림 5-10] 호주 주별 가정용 소비자 청구서의 환경비용	112
[그림 5-11] 호주 평균 가정용 소비자 청구요금 변화 요인	113
[그림 5-12] 세계 주요 재생에너지 정책 도입 현황	114
[그림 5-13] 세계 재생에너지 경매 낙찰 및 발표 물량	115
[그림 5-14] 세계 태양광 및 육상풍력 경매 평균 가격	116
[그림 5-15] 일본 태양광 경매 보증금	119
[그림 5-16] RE100 참여 기업의 PPA 실적	121
[그림 5-17] 일본 비화석증서 발급 및 구매 흐름도	124
[그림 5-18] 기존 접속방식과 C&M 방식의 차이	128
[그림 5-19] 일본판 C&M의 계통 용량 활용	129
[그림 5-20] N-1 전력 제어 시 계통 용량 활용	130
[그림 5-21] 비고정형 접속 시 계통 용량 활용	131
[그림 6-1] 한국, 독일, 일본의 전기요금 청구서 항목 비교	149

제1장 서론

2017년 신재생에너지 신규 투자는 2,798억 달러로 2016년 2,740억 달러 대비 2% 성장하여 역대 최대를 기록한 2015년(3,234억 달러) 수준에 미치지 못하였으나 성장세로 전환하였다.¹⁾ 신재생에너지의 가격 하락 추세에 투자규모까지 증가하여 2017년 신재생에너지 신규 발전 설비 용량은 2016년 9% 증가한 178GW로 역대 최대치를 기록하였다.²⁾

그동안 신재생에너지는 기후변화에 대응하는 주요 수단으로 인정받아 상대적으로 낮은 경제성에도 꾸준히 보급되었다. 초기에 신재생에너지가 보급될 때는 화석발전과의 발전단가 격차가 커 에너지 요금 인상과 관련한 문제가 많이 지적되었다. 그러나 꾸준한 보급을 통해 점차 경쟁력을 확보하고 최근 경매를 도입하여 그리드패러티(grid parity)³⁾에 도달하는 수준으로 가격경쟁력을 확보해 가는 추세이다. 하지만 태양광과 풍력 중심으로 신재생에너지가 보급되어 태양광과 풍력의 누적 설비용량이 증가하며, 태양광과 풍력의 고유 속성인 변동성에 따른 전력계통의 불안정성 문제가 제기되는 상황이다. 그래서 태양광과 풍력 같은 변동성 재생에너지 비중이 높은 나라는 전력계통을 고도화하여 유연성을 확보하는 쪽으로 정책을 추진하고 있다. 거기에 더해 기존의 목표를 상향 조정하여 신재생에너지 비중을 더욱 늘리고 화석연료의 사용을 줄이는 정책이 발표되고 있다.

1) REN21, 2018, Renewables 2018 Global Status Report, p.227.

2) 전계서, p.40.

3) 그리드패러티(Grid Parity): 태양광 등 신재생에너지의 발전원가가 화석연료의 발전원가와 대등하게 되는 시점, 혹은 태양광 등 신재생에너지 LCOE가 전기 요금과 대등하게 되는 시점을 의미함. 자료: 조상민(2016), p.14.

2017년 ‘재생에너지 3020 이행계획’⁴⁾의 발표로 본격적인 재생에너지 보급이 시작되고 시장이 성장하는 단계에 진입한 것으로 보인다. 하지만 우리나라는 신재생에너지 보급이 많이 이뤄진 국가와는 조금 다른 상황이다. 우리나라는 일본과 더불어 세계에서 재생에너지 보급단가가 가장 높은 수준이지만, 전기요금은 오히려 낮은 편이라 가격경쟁력 확보가 쉽지 않다. 또한, 신재생에너지가 탈원전 이슈와 결합하여 정치적인 쟁점이 된 상황이다. 신재생에너지 정책이 실현가능한 방식으로 경제성을 확보하고, 환경친화적 정책 수단이 구현된다면 국민들에게 신재생에너지 보급에 대한 동의를 얻을 수 있다. 그러나 정책의 완성도가 낮아 긍정적인 효과보다 부정적인 효과를 크게 인식하게 된다면, 신재생에너지 보급에 대한 비판과 저항에 직면할 수 있다.

신재생에너지 보급이 많이 이뤄진 국외 시장과 주요국의 다양한 정책에서 우리나라의 정책 실패 가능성을 낮추고 효과적으로 목표를 달성할 수 있는 좋은 시사점을 발견할 수 있다. 특히 낮은 경제성 때문에 높은 정책 의존성을 보이는 국내 신재생에너지 시장과 산업을 성장시키기 위해서는 자원 효율적이고 효과적인 정책 발굴과 사례가 필요하다. 이를 위해 국내외 시장 여건을 철저히 분석하고 신재생에너지 선도국의 정책 변화를 자세히 분석하여 시의성 있는 정책을 수립해야 할 필요가 있다.

이에 본 연구는 국내외 신재생에너지 시장 및 정책 관련 자료를 취합하여 분석하고, 국내외 전문가와 협력하여 해외 주요 신재생에너지 시장 동향과 정책 변화를 파악하고자 한다. 또한, 파악한 정보를 바탕으로 국내 신재생에너지 보급 및 시장 확대와 국내 신재생에너지 산업 육성을 위한 정책적 시사점을 도출하고자 한다.

4) 산업통상자원부, 2017, 재생에너지 3020 이행계획(안).

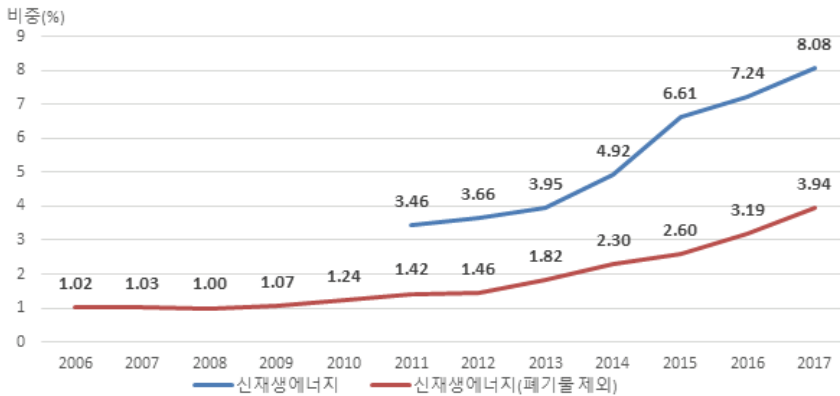
본 보고서는 모두 6개의 장으로 구성되어 있다. 제2장에서는 국제 신재생에너지 동향을 살펴보기 전에 우선 국내 신재생에너지 보급 및 산업 동향에 대해 살펴본다. 제3장에서는 국제 신재생에너지 보급 및 산업 동향에 대해 분석한다. 특히, 급격히 확대되고 있는 태양광과 풍력에 초점을 맞추어 분석한다. 제4장에서는 주요국인 중국, 일본, 미국 그리고 유럽의 최근 신재생에너지 정책 변화에 대해 살펴본다. 제5장에서는 현재 신재생에너지와 관련된 국제 주요 이슈들을 발굴하여 정리하고, 마지막 제6장에서는 앞선 제2장, 제3장, 제4장을 종합한 뒤, 우리나라에 주는 시사점과 신재생에너지 정책 방향을 제시하고자 한다.

제2장 국내 신재생에너지 보급 및 산업 동향

1. 국내 신재생에너지 보급 현황⁵⁾

2017년 국내 신재생에너지 생산량은 전년 대비 16% 증가한 16,448천 toe(tonne of oil equivalent)로 1차에너지 공급 비중은 5.45%(재생에너지는 5.25%)를 차지하였다. 총발전량에서 신재생에너지의 비중은 8.08%(재생 에너지 7.6%)로 전년 대비 0.84%p 증가하였다. 폐기물을 제외한 신재생 에너지의 발전량 비중은 3.94%로 전년 대비 0.75%p 증가하여 신재생에너지 발전량 증가분의 약 89%를 차지하였다.([그림 2-1]).

[그림 2-1] 2017년 신재생에너지 발전량 비중



자료: 한국에너지공단, 2018, 2017년 신재생에너지 보급통계를 바탕으로 계산함.

주: 2011년부터 폐기물 발전량 조사 시행.

5) 본 절은 한국에너지공단의 “2017년 신재생에너지 보급통계(2018년 공표)”를 바탕으로 작성됨(2018-11-30 발표). 자세한 내용은 한국에너지공단 신·재생에너지센터의 통계자료를 참조.

〈표 2-1〉 2017년 신재생에너지 생산량 및 발전량

(단위: toe, MWh, %)

구분		생산량			발전량		
		toe	비중	증감	MWh	비중	증감
재생	태양열	28,121	0.2	△1.3			
	태양광	1,516,349	9.2	38.8	7,056,219	15.1	37.8
	풍력	462,162	2.8	30.1	2,169,014	4.7	28.9
	수력	600,690	3.7	△0.4	2,819,882	6.0	△1.4
	해양	104,256	0.6	△0.3	489,466	1.0	△1.2
	지열	183,922	1.1	13.5			
	수열	7,941	0.0	32.6			
	바이오	3,598,782	21.9	30.1	7,466,664	16.0	19.7
	폐기물	9,358,998	56.9	7.0	23,867,053	51.2	4.9
신	연료전지	313,303	1.9	29.7	1,469,289	3.2	28.5
	IGCC	273,861	1.7	259.9	1,285,733	2.8	256.5
재생에너지		15,861,222	5.25	14.43	43,863,299	7.60	12.05
신에너지		587,164	0.19	84.81	2,755,022	0.48	83.17
신재생에너지		16,448,386	5.45	16.01	46,623,321	8.08	14.68
1차에너지(천toe)		294,654		2.52			
총발전량					577,331,030		2.76

자료: 한국에너지공단, 2018, 2017년 신재생에너지 보급통계를 재구성함.

주 1: 국내 총발전량은 사업자 + 상용자가 + 신재생자가용 합계.

주 2: 증감은 2016년 대비 증감률(%).

주 3: 원별 비중은 신재생에너지 중, 나머지는 1차에너지, 총발전량 중 비중.

신재생에너지원별로 살펴보면 폐기물의 생산량과 발전량 비중이 각각 56.9%, 51.2%를 차지하여 폐기물의 의존도가 여전히 높은 것으로 나타났다. 바이오의 생산량과 발전량 비중은 각각 21.9%, 16.0%로 두 번째로 높은 비중을 차지하였다. 태양광의 생산량과 발전량이 각각 38.8%와 37.8% 증가하여 IGCC 다음으로 증가 폭이 컸으며, 세 번째로 높은 비중을 기록하였다. 2018년 바이오와 태양광의 발전량 증가분이 2017년과 같거나 증

가율이 같을 경우 태양광은 바이오의 발전량을 추월할 것으로 예상된다. 풍력은 생산량과 발전량에서 차지하는 비중이 5%가 되지 않지만, 약 30% 수준의 증가율을 기록하였다. 한편, 수력과 해양은 생산량과 발전량이 소폭 감소한 것으로 나타났다(<표 2-1>).

〈표 2-2〉 2017년 신재생에너지 설비용량

(단위: MW, %)

구분		신규			누적		
		설비용량	비중	증감	설비용량	비중	증감
재생	태양광	1,362	65.1	49.9	5,835	37.2	29.6
	풍력	114	5.4	△39.2	1,143	7.3	10.5
	수력	6	0.3	△66.4	1,794	11.4	0.2
	해양	-	-	-	255	1.6	-
	바이오	487	23.3	69.9	2,284	14.5	19.9
	폐기물	90	4.3	106.7	3,794	24.2	0.0
신	연료전지	33	1.6	△30.1	241	1.6	14.9
	IGCC	-	-	-	346	2.2	-
재생에너지		2,059	98.44	42.48	15,106	0.49	13.74
신에너지		33	1.56	△30.08	597	12.41	5.74
신재생에너지		2,092	100	40.20	15,703	12.90	13.41
전체(신재생포함)					121,753	100	10.12

자료: 한국에너지공단, 2018, 2017년 신재생에너지 보급통계를 재구성함.

주 1: 증감은 2016년 대비 증감률(%).

주 2: 원별 비중은 신재생에너지 중.

2017년 신규 설비용량은 전년보다 40.2% 증가한 2,092MW(재생에너지 2,059MW)를 기록하였다. 태양광은 1,362MW가 추가되어 신규 설비용량의 65.1%를 차지하였고 바이오는 두 번째로 많은 487MW가 추가되었다. 누적 설비용량은 15,703MW(재생에너지 15,106MW)로 태양광이 29.6% 증가한 5,835MW를 기록하였고 신재생에너지 설비용량의 37.2%를 차지하였다. 폐

기물은 90MW가 추가되어 누적 설비용량 3,794MW를 기록하였고 풍력은 114MW가 늘어나 누적 설비용량 1,143MW를 기록하였다(<표 2-2>).

2. 국내 신재생에너지 산업 현황⁶⁾⁷⁾

2017년 국내 신재생에너지 제조업 산업 관련 기업체 수는 438개로 전년 대비 8.1% 증가하였고, 투자액은 전년 대비 17.6%가 증가한 8,097억 원을 기록하였다. 반면 고용 인원은 13,927명으로 전년 대비 3.4% 감소하였고, 내수와 수출, 해외 생산을 포함한 총매출액은 약 9조 5,464억 원으로 수출 증가에도 불구하고 내수와 해외 공장 매출이 줄어 5.4% 감소하였다. 이는 내수의 소폭 감소와 해외공장의 매출 부진으로 총매출액이 감소하여 고용 인원은 감소하였으나, 시장에 대해 긍정적으로 전망하여 투자가 늘어났고 관련 기업체 수도 증가했다고 해석할 수 있다(<표 2-3>).

〈표 2-3〉 국내 신재생에너지 산업 현황 변화(2016년 vs. 2017년)

(단위: 개, 명, 억 원)

연도	기업체수	고용인원	매출액	내수	수출액	해외공장	투자액
2016	405	14,412	100,892	41,150	35,454	24,288	6,880
2017	438	13,927	95,463	40,608	43,161	11,694	8,097
증감률	8.1%	△3.4%	△5.4%	△1.3%	21.7%	△51.9%	17.7%

자료: 한국에너지공단, 2018년, 2017년 신재생에너지 산업통계(확정치) 조사결과.

주 1: 매출액=내수+수출액+해외공장, 해외공장은 국내 업체의 해외공장이 있는 경우, 해외공장에서 발생한 매출액을 기재.

주 2: 매출액은 신재생에너지 품목의 출하액 합계로, 부가가치를 의미하지는 않음.

- 6) 본 절은 한국에너지공단의 “2017년 신재생에너지 산업통계(확정치)”를 바탕으로 작성됨 (2018-09-28 발표). 자세한 내용은 한국에너지공단 신·재생에너지센터의 통계자료를 참조.
- 7) 현행 신재생에너지 산업통계는 제조업만을 통계 작성 대상으로 하여 제조업을 제외한 업종 통계는 파악하기 어려운 한계가 존재하여, 본 절의 국내 신재생에너지 산업은 제조업에 국한됨.

태양광산업은 국내 신재생에너지산업의 고용인원, 매출액, 내수, 수출액, 투자액 등 대부분 부문에서 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 국내 신재생에너지산업에서 태양광업체 수는 118개로 26%를 차지하고 있지만, 고용과 매출에서 차지하는 비중이 각각 54%, 67%로 절반 이상을 차지하고 있다. 태양광산업의 수출은 내수의 거의 2배에 이르며 전체 신재생에너지 수출의 85%를 차지하고 있다. 태양광의 해외공장 매출은 3조 6,740억 원으로 신재생에너지 해외공장 매출액의 71%를 차지하고 투자액의 95%가 태양광 산업에서 이루어지고 있다(<표 2-4>).

풍력업체 수는 27개로 전체 신재생에너지 기업체 수의 6%이지만 매출은 태양광과 바이오 다음인 11%를 차지하고 있다. 또한, 풍력은 태양광과 더불어 수출이 내수보다 큰 산업이다. 전체 신재생에너지 산업 수출의 12%를 차지하며, 수출액과 해외공장의 매출이 풍력산업 매출액의 77%를 차지하고 있다(<표 2-4>).

바이오와 폐기물 업체 수는 태양광과 비슷하나 고용 인원은 각각 태양광의 1/4 수준이고, 매출액 기준으로 바이오는 태양광의 1/5, 폐기물은 태양광 매출의 5%에 불과하여 상대적으로 영세함을 알 수 있다. 연료전지는 15개 업체가 신재생에너지 산업 고용의 4%, 매출의 3%를 차지하고 있으며, 다른 재생에너지 산업의 규모는 상대적으로 작은 것을 확인할 수 있다(<표 2-4>).

우리나라 신재생에너지산업의 특징을 살펴보면, 수출과 해외공장은 대부분 태양광과 풍력 중심이란 것을 확인할 수 있다. 태양광과 풍력이 수출액에서 차지하는 비중은 97%로 대부분을 차지하고, 해외공장은 태양광과 풍력으로만 이뤄져 있다(<표 2-4>). 또한, 이들 대부분은 태양광이 차지하여 수출 여건이 악화될 경우 가장 타격을 많이 받는 산업도 태

양광산업이다. 특히, 태양광산업은 신재생에너지산업의 고용에서 차지하는 비중도 크기 때문에 대외 여건 악화가 국내 고용에 영향을 미칠 가능성이 크다.

〈표 2-4〉 국내 신재생에너지 산업 현황(2017년)

(단위: 개, 명, 억 원, %)

품목	업체수		고용인원		매출액		내수		수출액		해외공장		투자액	
	비중		비중		비중		비중		비중		비중		비중	
태양광	118	26	7,522	54	64,358	67	19,331	48	36,740	85	8,287	71	7,731	95
태양열	17	4	195	1	167	0	164	0	3	0	-	-	0	0
풍력	27	6	1,853	13	10,957	11	2,485	6	5,064	12	3,408	29	120	1
연료 전지	15	3	588	4	3,262	3	2,238	6	1,024	2	-	-	49	1
지열	24	5	335	2	1,006	1	1,002	2	4	0	-	-	18	0
수열	3	1	25	0	47	0	47	0	-	-	-	-	-	-
수력	5	1	100	1	107	0	92	0	15	0	-	-	-	-
바이오	121	27	1,647	12	12,597	13	12,286	30	311	1	-	-	155	2
폐기물	124	27	1,662	12	2,964	3	2,964	7	-	-	-	-	25	0
합계	438	100	13,927	100	95,463	100	40,608	100	43,161	100	11,694	100	8,097	100

자료: 한국에너지공단, 2018년, 2017년 신재생에너지 산업통계(확정치) 조사결과.

주: 업체수 합계 438은 2개 이상 신재생에너지원의 산업을 영위하는 기업체의 중복을 제외한 수치로 기업체의 단순합(454)과 일치하지 않음.

제3장 국제 신재생에너지 보급 및 산업 동향

1. 국제 신재생에너지 보급 동향

가. 보급 추세 및 현황⁸⁾

국제에너지기구(International Energy Agency, 이하 IEA)에 따르면 2016년 세계 1차에너지 공급량(Total Primary Energy Supply, TPES)은 13,761Mtoe이다.⁹⁾ 그중 화석연료가 81.1%를 차지하고, 재생에너지 공급량은 1,882Mtoe로 1차에너지 공급량에서 차지하는 비중은 13.7%로 2015년보다 3.5% 증가하였다([그림 3-1]).¹⁰⁾

재생에너지를 원별로 보면 바이오와 폐기물이 69.5%로 가장 높다. 특히, 바이오매스가 가장 큰 재생에너지 공급원으로 62.4%를 차지하는데¹¹⁾ 이는 개발도상국에서 난방과 취사로 전통적인 바이오매스를 사용하기 때문이다.¹²⁾¹³⁾ 다음으로 수력 18.6%, 풍력 4.4%, 지열 4.3%, 태양에너지 및 조력 3.3%순이다([그림 3-1]).

8) 본 절은 IEA의 2018년 연례 보고서 Renewables Information, 2018과 REN21의 연례 보고서인 Renewables 2018 Global Status Report를 바탕으로 작성됨.

9) IEA, 2018, Renewables information, p.3.

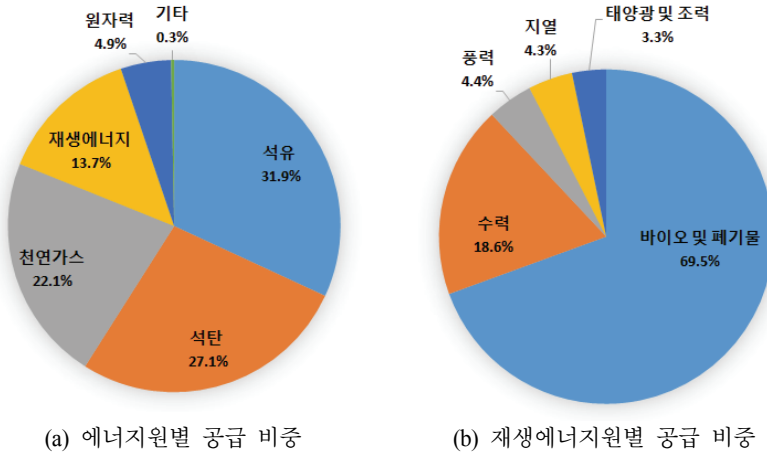
10) 전계서, p.3.

11) 전계서, p.3.

12) REN21, Renewables 2018 Global Status Report, p.18.

13) REN21은 2016년 최종에너지 소비(Total Final Energy Consumption, TFEC)에서 재생에너지가 차지하는 비중을 18.2%, 이중 전통적인 바이오매스는 7.8%, 현대적 의미의 재생에너지는 10.4%로 추정함. 자료: REN21, Renewables 2018 Global Status Report, p.31.

[그림 3-1] 2016년 원별 1차에너지 공급비중



자료: IEA, 2018, Renewables Information 2018, p.3.

재생에너지 1차에너지 공급량은 1990년부터 2016년까지 연평균 2% 성장하여 세계 1차에너지 공급 성장률 1.7%보다 조금 빠르게 성장하였다.¹⁴⁾¹⁵⁾ 비록 1차에너지 공급에서 차지하는 비중은 작지만, 태양광과 풍력이 두드러진 성장세를 보여 같은 기간 태양광은 연평균 37.3%, 풍력은 연평균 23.6%씩 증가하였다([그림 3-2]). 반면, 비중이 높은 바이오매스와 수력의 성장은 낮아서 향후 재생에너지는 태양광과 풍력 중심으로 재편될 것으로 예상된다([그림 3-2]).

에너지 소비의 전력화로 1990년부터 2016년까지 전력생산은 연평균

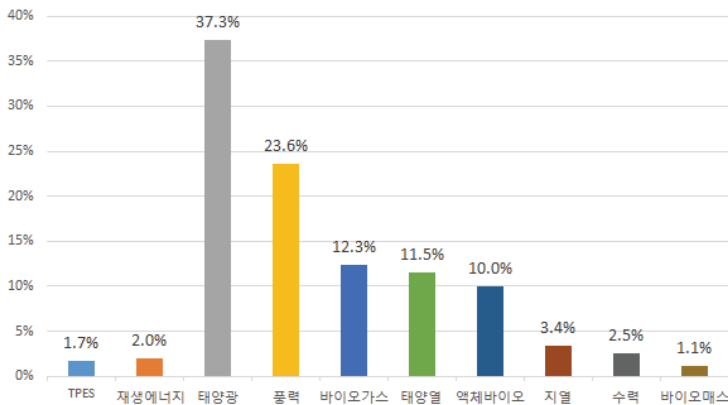
14) 전게서, p.3.

15) REN21은 2005년부터 2015년까지 TFEC 성장률은 1.7%, 재생에너지의 성장률은 2.3%로 추정함. 이 기간 태양광과 풍력이 빠르게 성장하였지만, 재생에너지 성장률이 낮게 잡힌 이유는 전통적인 바이오매스의 성장이 늦어지거나 줄게 되어 나타난 효과로, 동기간 전통적 바이오매스의 성장률은 0.2%인데 반해 현대적 의미의 재생에너지 성장률은 5.4%에 달함. 동 기간 화석 연료와 원자력의 성장률은 1.6%. 자료: Ren21, Renewables 2018 Global Status Report, p.31.

2.9% 성장하여 1차에너지 공급 성장보다 빨랐다.¹⁶⁾ 그중 재생에너지의 생산이 같은 기간 3.7%로 더 빠르게 성장하여 1990년 재생에너지가 전력생산에서 차지하는 비중이 19.4%에서 2016년 23.8%로 늘었다.¹⁷⁾ 재생에너지원 중에서는 가장 큰 비중을 차지하는 수력이 전체 전력에서 차지하는 비중이 1990년 18.1%에서 2016년 16.3%로 하락하였다.¹⁸⁾ 즉, 수력을 제외한 나머지 재생에너지가 전체 전력생산에서 차지하는 비중이 1990년 1.4%에서 2016년 7.5%로 빠르게 증가한 것이다.¹⁹⁾

전력생산에서 재생에너지의 빠른 증가는 태양광과 풍력의 성장에 기인한 것으로 1990년부터 2017년까지 OECD 국가의 태양광 발전의 연평균 성장률은 34.8%로 재생에너지원 중 가장 높았고 풍력이 21.3%로 그 다음을 차지하였다([그림 3-3]).

[그림 3-2] 1990년~2016년 재생에너지 공급 연평균 성장률



자료: IEA, 2018, Renewables Information 2018, p.4.

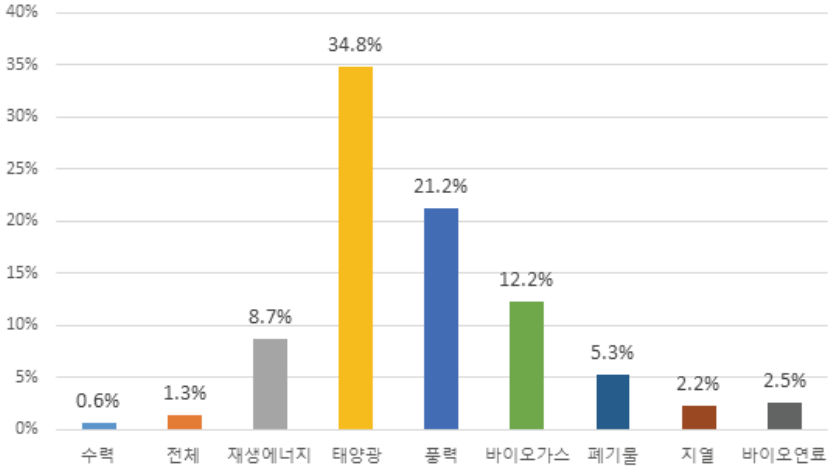
16) IEA, 2018, Renewables information, p.5.

17) 전계서, p.5.

18) 전계서, p.5.

19) 전계서, p.5.

[그림 3-3] 1990년~2017년 OECD 국가의 전력 공급 연평균 성장



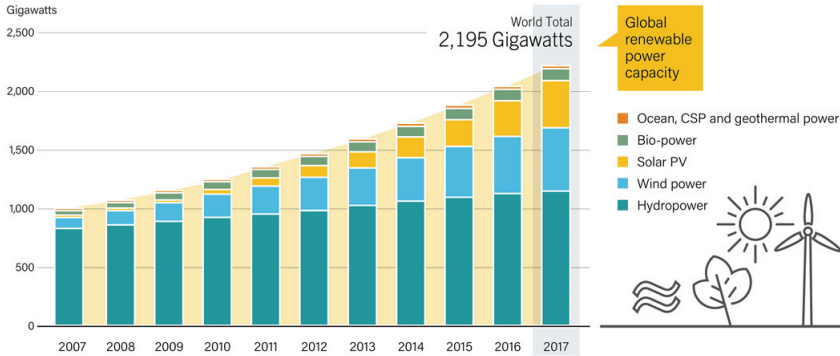
자료: IEA, 2018, Renewables Information 2018, p.8.

전력생산에서 재생에너지의 성장, 특히 태양광과 풍력의 성장은 재생 에너지 발전 설비용량의 증가에서 확인할 수 있다. 2017년 재생에너지 누적 설비용량은 2,195GW로²⁰⁾ 이 중 절반 정도인 1,114GW는 수력이다.²¹⁾ [그림 3-4]에서 볼 수 있듯 2007년에서 2017년 사이 재생에너지 누적 설비용량은 두 배 이상 증가하였는데 태양광과 풍력이 동 기간 성장을 이끌었음을 확인할 수 있다.

20) REN21은 2017년 전력생산에서 재생에너지가 차지하는 비중은 26.5%로 추정함. 재생에너지 원별로는 수력 16.4%, 풍력이 5.6%, 바이오 2.2%, 태양광 1.9%, 기타 재생에너지 0.4%로 추정함. 자료: REN21, 2018, Renewables 2018 Global Status Report, p.41.

21) REN21, 2018, Renewables 2018 Global Status Report, p.179.

[그림 3-4] 2007년~2017년 재생에너지 누적 설비용량



자료: REN21, 2018, Renewables 2018 Global Status Report, p.41.

2017년 재생에너지 발전 신규 설비용량은 178GW로 2016년 대비 9% 성장하여 역대 최대를 기록하였다.²²⁾ 그중 태양광의 신규 설비용량이 98GW로 2017년 재생에너지 신규 설비용량의 55%를 차지하고 다음으로 풍력이 52GW로 29%, 수력이 19GW로 11%를 차지하였다(<표 3-2>).²³⁾ 재생에너지가 2017년 전체 순 설비증설의 70%를 차지하였다.²⁴⁾ 특히, 태양광 설비용량 증가는 화석연료와 원전을 합한 순 설비용량 증가보다도 더 높은 것이었다.²⁵⁾ 국가별로 재생에너지 누적 설비 분포를 보면 중국이 전 세계 설비용량의 30%인 647GW로 가장 앞서고 그 뒤는 미국, 브라질, 독일, 인도순이었다(<표 3-2>).

22) 전계서, p.40.

23) 비중은 <표 3-2>를 활용하여 계산함.

24) REN21, 2018, Renewables 2018 Global Status Report, p.40.

25) 전계서, p.40.

나. 보조금 없는 프로젝트 등장

태양광과 풍력은 이미 경쟁력을 확보하여 많은 국가 지역에서 그리드 패러티에 도달하였고 보조금 없이 사업을 진행하기도 한다. Aurora에 따르면 2017년 네덜란드와 독일의 해상 풍력 경매에서 보조금 없는 프로젝트가 진행된 이래 스웨덴에서 650MW의 육상 풍력, 영국에서도 태양광과 풍력이 보조금 없는 프로젝트로 진행되었다.²⁶⁾ 2030년까지 영국의 18GW를 포함하여 북서유럽²⁷⁾에서 60GW가 보조금 없이 보급되며, 이들 프로젝트는 640억 유로 규모에 이를 것으로 전망된다.²⁸⁾²⁹⁾

남유럽의 경우 태양광의 LCOE가 2013년 2분기 \$207/MWh에서 2018년 1분기 \$62/MWh 수준으로 빠르게 하락하여 스페인, 포르투갈, 이탈리아 중심으로 태양광 프로젝트가 활발히 진행되고 있다. <표 3-1>은 유럽에서 보조금 없이 운영 중이거나 건설 중인 태양광 프로젝트이다. 포르투갈이 303MW, 스페인 176MW, 이탈리아 174MW, 영국 22MW로 총 676MW 규모이다. 무보조금 태양광 프로젝트 중 스페인의 Sevilla를³⁰⁾ 제외하면 나머지는 2017년에 운영이 시작되거나 건설 중인 것으로 2017년부터 본격적으로 보조금 없이 사업이 시작되었다.³¹⁾ 태양광 설비의 가격 하락을 고려할 때 무보조금으로 추진되는 태양광 프로젝트는 더욱 늘어날 것으로 전망된다.

26) Aurora Energy Research, 2018.03.20., Subsidy-free renewables set to revolutionise energy market, with €180 billion renewables investment opportunity across NW Europe, 언론 제공용, p.1~2.

27) 영국, 독일, 프랑스, 아일랜드, 네덜란드, 벨기에.

28) 전계서, p1.

29) 2030년까지 북서유럽의 재생에너지 프로젝트는 총 1,800억 유로 투자될 전망.

30) BNEF, 2013.12.07., Enerpro Builds Large Solar Park in Spain Without Subsidies (BNEF 뉴스 기사).

31) BNEF, 2018, European Developers Place Bets on Subsidy-Free PV, p.2.

〈표 3-1〉 유럽의 무보조금 태양광 프로젝트

개발사	프로젝트 명이나 지역	국가	규모 (MW)	상태
Octopus Investments	Montalto di Castro	이탈리아	64	운영중
Octopus Investments	12 site portfolio	이탈리아	110	건설중
Foresight	Vale Matancas	포르투갈	7.2	운영중
Foresight	Torre de Cotillas1	스페인	3.9	운영중
WElink Energy	Grandacos	포르투갈	46	건설중
WElink Energy	Solara4	포르투갈	221	건설중
BayWa r.e.	Don Rodrigo	스페인	170	건설중
Dynovolt RE Europe	Evora	포르투갈	29	건설중
Grupo Enerpro	Sevilla	스페인	2.5	운영중
Anesco	Slayhill Farm	영국	6	운영중
Wirsol	Outwood Solar Park	영국	7	건설중
Wirsol	Trowse-Newton	영국	9	건설중
합계	676			

자료: BNEF, 2018, European Developers Place Bets on Subsidy-Free PV, p.2.

다. 변동성 재생에너지의 확대 및 전망

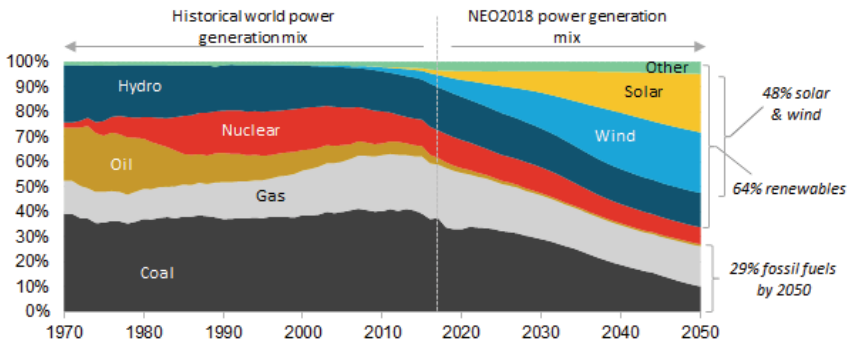
변동성 재생에너지인 태양광과 풍력이 전체 전력구성에서 차지하는 비중은 꾸준히 증가하였다. 덴마크의 경우 변동성 재생에너지가 전체 전력생산의 50%가 넘었고 우루과이, 독일, 아일랜드, 포르투갈, 스페인은 그 비중이 20%를 넘었다.³²⁾

향후 태양광과 풍력은 가격경쟁력 확보를 기반으로 더욱 급격히 보급 될 것으로 전망된다. Bloomberg New Energy Finance(이하 BNEF)와 IEA는 2050년까지 중국, 인도, 유럽을 중심으로 태양에너지가 전체 증설의 절

32) 덴마크 52.9%, 우루과이 28.1%, 독일 26%, 아일랜드 25.2%. 자료: REN21, 2018, Advancing the Global Renewable Energy Transition, p.10.

반인 6,449GW 늘어날 것으로 전망하였다. 또한, 풍력은 약 1/4인 3,610GW 늘어날 것으로 보았다.³³⁾ 이에 따라 전력구성에서 변동성 재생 에너지가 차지하는 비중이 더욱 높아질 것으로 전망된다. 2050년 전원 구성에서 재생에너지의 비중은 64%이고, 태양광과 풍력이 거의 절반 정도인 48%를 차지할 것으로 전망하고 있다([그림 3-5]).

[그림 3-5] BNEF & IEA의 2050년까지 전력 구성 전망



자료: BNEF, 2018, New Energy Outlook 2018, p.78.

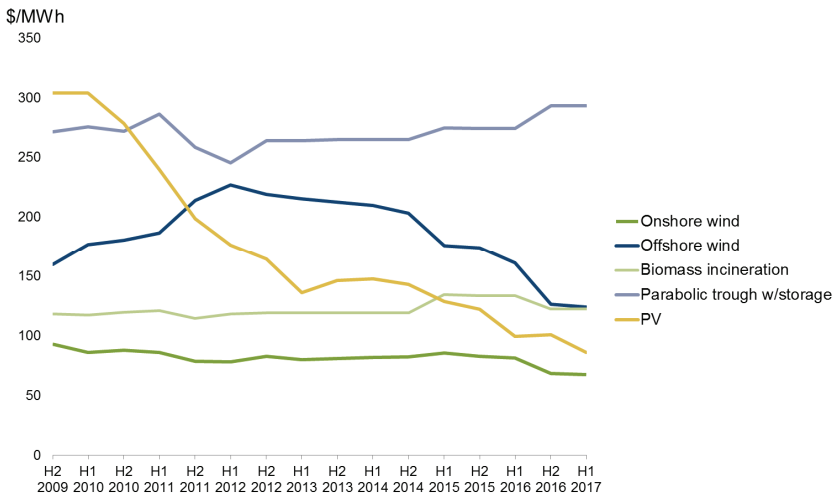
33) BNEF, 2018, New Energy Outlook 2018, p.87.

2. 가격 및 기술 동향

가. 균등화발전비용(Levelized cost of electricity, LCOE)³⁴⁾

재생에너지가 이렇게 확대된 배경은 재생에너지에 대한 요구 증가로 각국의 재생에너지에 대한 목표를 설정하고 지원하기 위한 노력과³⁵⁾ 태양광과 풍력의 계속된 가격하락에 따른 가격 경쟁력 확보이다.

[그림 3-6] 태양광, 풍력 LCOE (2009년~2017년)



자료: FS-UNEP Centre, UN Environment, BNEF, 2018, Global Trends in Renewable Energy Investment, 2018, p.17.

재생에너지원 중 태양광과 풍력의 가격 하락 속도는 다른 재생에너지원에 비해 빠르다. FS-UNEP에 따르면 2009년부터 2017년 고정축 태양광

34) LCOE는 발전량 한 단위당 평균 발전비용으로 발전시설 총비용의 현재값을 총발전량의 현재값으로 나누어 계산함. 자료: 에너지경제연구원, 2015, 신재생에너지 공급인정서(REC) 가격 예측 방법론 개발 및 운용, p.33.

35) 본 보고서의 제4장 주요국의 신재생에너지 정책 동향 참조.

의 국제 균등화발전비용(Levelized cost of electricity, LCOE)은 \$304/MWh에서 \$86/MWh로 72% 떨어졌고³⁶⁾ 육상풍력의 경우 같은 기간 \$93/MWh에서 \$67/MWh로 27% 하락하였다.³⁷⁾ 해상풍력의 경우 해안선에서 더 멀어져 깊은 수역으로 나감에 따라 비용이 2012년까지 증가하였으나, 이후 비용이 44% 하락하여 2017년 \$124/MWh를 기록하고 있다([그림 3-6]).³⁸⁾³⁹⁾⁴⁰⁾ 태양광이나 풍력과 달리 다른 재생에너지원인 집광형 태양열 발전(Concentrated solar power, CSP)과 바이오의 LCOE는 하락 추세를 보이지 않고 있다([그림 3-6]).

[그림 3-7]은 2010년과 2017년의 유틸리티급 재생에너지 원별 LCOE를 보여주고 있다. 태양에너지와 풍력의 LCOE는 하락하였지만, 바이오매스, 지열, 수력은 LCOE가 같거나 오히려 상승한 것으로 나타난다. 태양광이 가장 눈에 띄는데 2010년 가중평균 LCOE는 \$0.36/kWh에서 \$0.1/kWh로 급속히 하락하여 화석 연료 발전비용 범위 안까지 비용이 하락하였다.⁴¹⁾ 2010년만 하여도 CSP의 LCOE가 태양광보다 낮았지만, CSP의 가격 하락 속도는 더디어 2017년에는 태양광이 CSP보다 더 경쟁력을 갖추게 되었다([그림 3-7]). 해상풍력과 육상풍력 모두 2010년에 비해 가격이 하락하였다([그림 3-7]). 풍력과 비교하면 태양광의 LCOE는 해상풍력과 육상

36) 2018년 1분기 태양광 LCOE는 2017년 1분기 \$86/MWh에서 19% 하락한 \$70/MWh로 모듈 가격이 상대적으로 안정적인 가운데 EPC 가격 압박으로 하락. 자료: BNEF, 2018, 1H 2018 Solar LCOE Update.

37) FS-UNEP Centre, UN Environment, BNEF, 2018, Global Trends in Renewable Energy Investment, 2018, p.17.

38) 전개서, p.17.

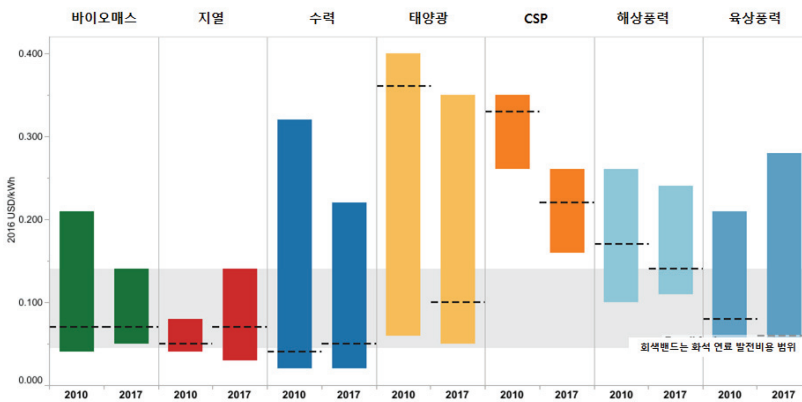
39) 2018년 1분기 육상 풍력 LCOE는 \$55/MWh로 하락, 해상 풍력 LCOE는 \$118/MWh로 하락. 해상 풍력은 2012년부터 2018년까지 48% 비용 하락. 자료: BNEF, 2018, 1H 2018 Wind LCOE Update.

40) FS-UNEP 보고서의 모든 LCOE 출처는 BNEF로 밝히고 있음.

41) <http://resourceirena.irena.org/gateway/dashboard/?topic=3&subTopic=1065>, 최종방문일 2018.11.20.

풍력의 중간 수준이다([그림 3-7]). 해상풍력의 가중평균한 LCOE는 2010년 \$0.17/kWh에서 2017년 \$0.14/kWh로, 육상풍력은 2010년 \$0.08/kWh에서 \$0.06/kWh로 하락하였다.⁴²⁾

[그림 3-7] 유틸리티급 재생에너지원별 LCOE(2010년 VS 2017년)



자료: <http://resourceirena.irena.org/gateway/dashboard/?topic=3&subTopic=1065>, 최종방문일 2018.11.20.

주: 모든 비용은 2016년 USD. 점선은 가중평균한 LCOE임.
회색밴드는 화석연료 발전비용 범위를 나타냄.

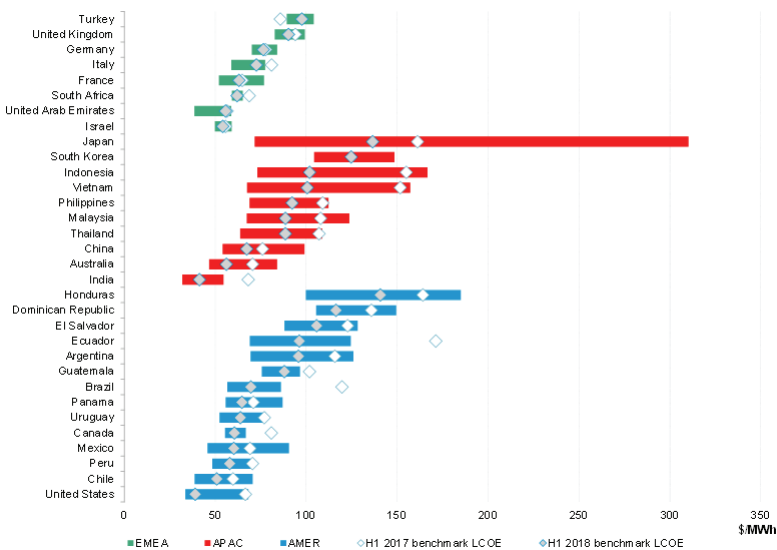
세계적으로 태양광과 풍력의 발전 비용이 하락하고 있지만, 지역별로 편차가 크다. BNEF가 2018년 1분기에 조사한 국가별 태양광과 풍력의 LCOE는 국가별로 차이가 크게 나는데 그중 우리나라는 LCOE가 높은 측에 있다([그림 3-8], [그림 3-9]). 우리나라 태양광 LCOE는 \$125/MWh로 조사된 국가 중 온두라스(\$141/MWh), 일본(\$137/MWh) 다음으로 높고,⁴³⁾

42) <http://resourceirena.irena.org/gateway/dashboard/?topic=3&subTopic=1065>, 최종방문일 2018.11.20.

43) 자료: BNEF, 2018, 1H 2018 Solar LCOE Update, p.8, p.13.

육상 풍력은 말레이시아(\$125/MWh), 일본(\$123/MWh), 인도네시아(\$123/MWh) 다음으로 높은 \$121/MWh이다.⁴⁴⁾ 이는 태양광 LCOE가 가장 낮은 미국의 \$39/MWh, 육상풍력 LCOE가 가장 낮은 인도의 \$39/MWh와 비교하여 현격한 차이가 있음을 확인할 수 있다.⁴⁵⁾ BNEF가 추정한 2018년 하반기 우리나라 육상풍력 LCOE 범위는 \$94~150/MWh, 고정식 태양광은 \$101~173/MWh로 석탄의 \$55~69/MWh의 약 두 배 수준이다.⁴⁶⁾

[그림 3-8] 2018년 1분기 태양광 국가별 LCOE



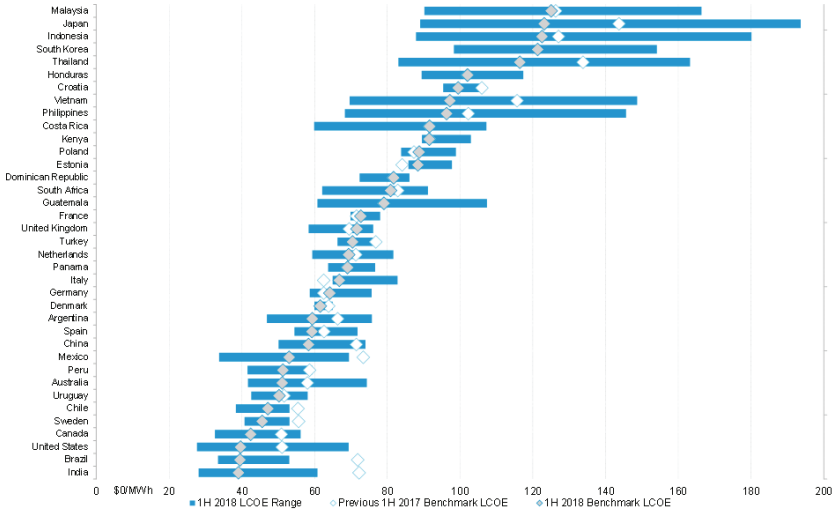
자료: BNEF, 2018, 1H 2018 Solar LCOE Update, p.2.

44) 자료: BNEF, 2018, 1H 2018 Wind LCOE Update, p.11.

45) 자료: BNEF, 2018, 1H 2018 Solar LCOE Update, p8와 BNEF, 2018, 1H 2018 Wind LCOE Update, p.11.

46) BNEF 데이터베이스, 최종방문일 2018.11.19.

[그림 3-9] 2018년 1분기 육상 풍력 국가별 LCOE



자료: BNEF, 2018, 1H 2018 Solar Wind Update, p.2.

나. 모듈, 터빈 가격과 기술 동향

태양광과 풍력의 빠른 가격 하락은 두 에너지원의 기술 향상과 관련되어 있다. 태양광과 풍력의 가장 중요한 부분인 모듈과 터빈의 기술진보로 인한 가격하락이 뚜렷하고 모듈의 효율과 터빈의 이용률은 계속 증가하고 있다.

ITRPV⁴⁷⁾에 따르면 1979년부터 2017년 사이 태양광 모듈의 학습률은 22.8%로 가격이 빠르게 하락하고 있다.⁴⁸⁾⁴⁹⁾ 특히, 2006년 이후 학습률은 39.1%로 매우 높는데, 2004년에서 2006년 사이 실리콘 모듈 부족을 겪은

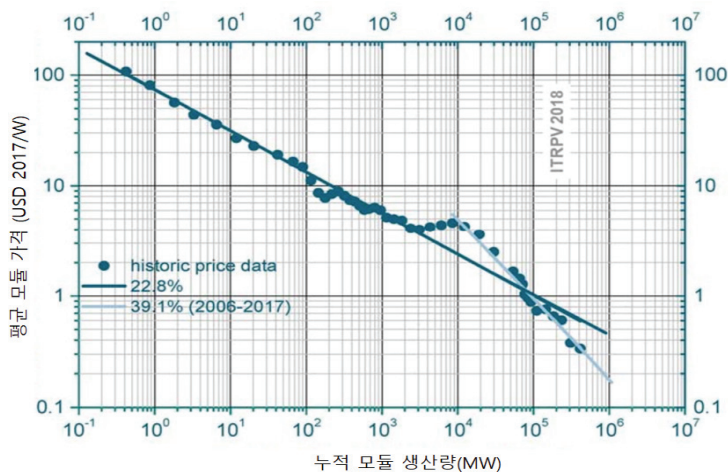
47) International Technology Roadmap for PhotoVoltaic.

48) ITRPV, 2018, Results 2017 including maturity report 2018, p.56.

49) 학습률 22.8%는 누적 생산량이 두 배 증가할 경우 단가가 가격이 22.8% 하락함을 의미함.

후 2006년부터 중국에서 실리콘 모듈을 대량 생산하기 시작하면서 가격이 빠르게 하락하였기 때문이다.⁵⁰⁾

[그림 3-10] 모듈 학습률



자료: ITRPV, 2018, Results 2017 including maturity report 2018, p56.

[그림 3-12]는 다양한 모듈의 효율성 향상 추세를 보여주고 있다. 이는 연구용으로 가장 좋은 태양 전지 기준으로 대부분 기술에서 효율이 2010년 이후로 빠르게 향상되고 있다. 2017년 평균적인 단결정 실리콘 태양 전지의 효율은 20.8%로 2010년 17.5%에서 빠르게 향상되었고 다결정 실리콘 태양전지의 경우 효율이 18.7%로 2010년 16.2%에서 개선되었다.⁵¹⁾

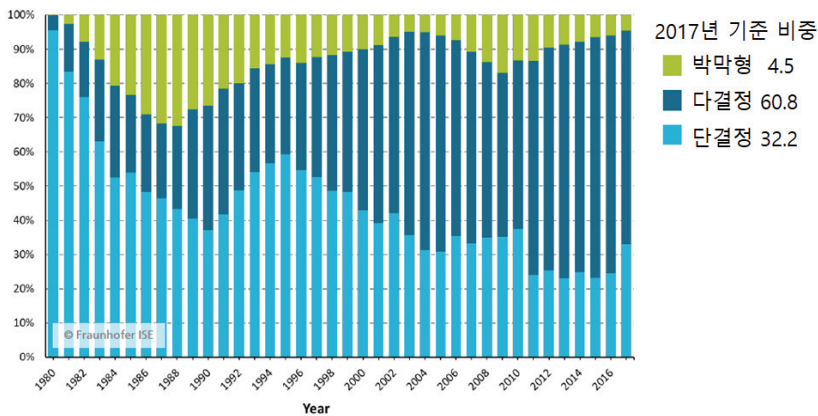
2017년 태양광은 실리콘 태양전지가 시장을 주도하고 있다([그림 3-11]). 다결정 실리콘 태양전지가 가장 많은 60.8%를 차지하고 있고 단결정 실리콘 태양전지가 32.2%를 차지하여 실리콘 태양전지의 시장 점유율은

50) 전개서, p.56.

51) BNEF, 2017, Solar Modules to Get Even Cheaper and More Efficient, p.16.

93%에 달한다. 그리고 나머지는 박막형 태양전지가 공급하고 있다. 다결정 실리콘 제품의 비중이 높지만 투자는 단결정 실리콘 중심으로 이루어지고 있어서 앞으로 단결정 태양전지의 시장점유율이 계속 높아질 것으로 보인다. BNEF는 2020년이면 단결정 제품의 시장 점유율이 다결정 제품을 넘어설 것으로 전망하고 있다.⁵²⁾

[그림 3-11] 기술별 모듈 생산 점유율



자료: Fraunhofer ISE, 2018, Photovoltaics Report, p.21.

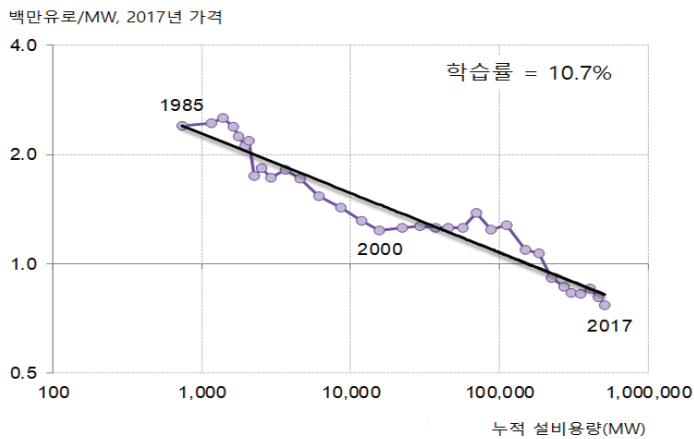
52) 자료: BNEF 2018, 2Q 2018 Global PV Market Outlook, p.9.

[illegible]

자료: <https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency.html> 최종방문일 2018.07.17.

풍력 터빈은 CAPEX의 60~80%를 차지하는 풍력 개발에 가장 큰 지출을 차지하는 중요한 부분으로⁵³⁾ [그림 3-13]은 터빈 가격의 추세를 보여주고 있다. 터빈의 학습률은 10.7%이다. 이는 모듈 가격 하락 속도에 비하면 낮지만, 가격이 지속적으로 하락함을 볼 수 있다.

[그림 3-13] 육상풍력 터빈 학습률



자료: BNEF, 2018, Onshore wind: the experience curve revisited, p8.

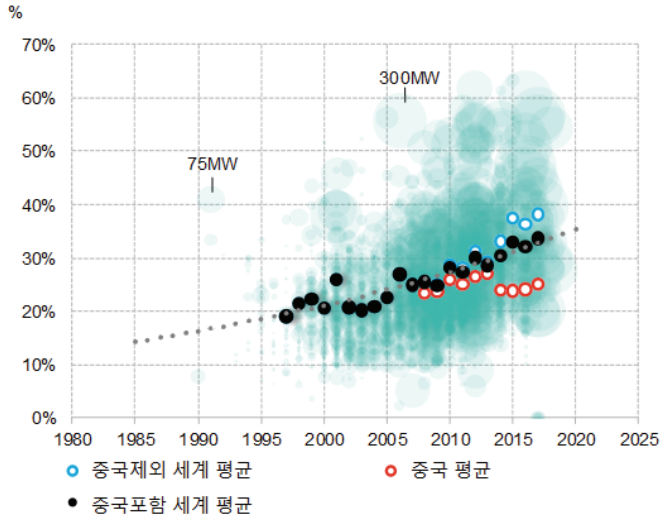
육상 풍력의 이용률은 [그림 3-14]에서 확인할 수 있듯이 계속 향상되고 있다. 1997년 평균 이용률 20%에서 2017년 이용률은 33%로 상승하였고 중국을 제외하면 이용률은 38%까지 올라간다.⁵⁴⁾ 이렇게 풍력의 이용률이 향상된 이유는 회전 날개(rotor)가 커지고, 터빈의 정격 출력(rated power)이 향상되고, 타워의 높이가 높아지며, 풍력 단지별로 최적화된 설비가 지어지는 등의 복합적인 요인 때문이다[그림 3-15].⁵⁵⁾

53) BNEF, 2018, Onshore wind: the experience curve revisited, p.3.

54) 전계서, p.6.

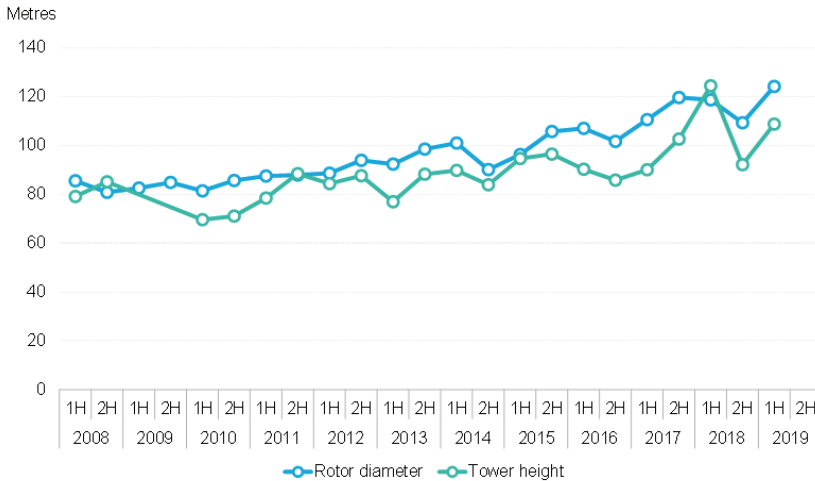
55) 전계서, p.6.

[그림 3-14] 육상 풍력 이용률



자료: BNEF, 2018.09.21., Onshore wind: the experience curve revisited, p.7.

[그림 3-15] 터빈 날개와 높이 추세



자료: BNEF, 2018.06.25., 1H 2018 Wind Turbine Price Index, p.15.

3. 투자 및 고용 동향

가. 투자 동향⁵⁶⁾

FS-UNEP Centre에 따르면 2017년 재생에너지 비용이 계속 떨어지는 가운데 재생에너지에 대한 신규 투자 총액은 2,798억 달러⁵⁷⁾로 2016년 대비 2% 성장하였다(<표 3-3>). 재생에너지에 투자한 금액은(수력 포함) 2017년 전체 신규 발전 설비에 투자한 금액의 68.2%로 화석연료에 투자한 금액의 3배, 화석연료와 원자력에 투자한 금액을 합한 액수보다 2배 많다.⁵⁸⁾ 하지만 이는 최대치였던 2015년 투자 금액보다는 13% 낮은 금액이다(<표 3-3>). 2017년은 전년 대비 투자가 늘었지만, 전반적으로 2011년까지 투자액이 빠르게 증가하다가 그 이후 투자 규모가 크게 성장하지 못하고 있다. 이는 재생에너지 보급이 빠르게 증가하는 상황을 고려할 때 재생에너지 비용 하락에 따른 효과로 볼 수 있다.

재생에너지에 대한 투자는 개발도상국을 중심으로 이루어지고 있으며, 2015년 이후로 개발도상국의 투자금액이 선진국을 추월한 상태이다(<표 3-4>). 2017년 개발도상국에서의 투자는 2016년 대비 20% 증가하여 개발도상국이 전체 투자에서 차지하는 비중도 2016년 54%에서 63%로 증가하였다([그림 3-16]). 특히 중국의 투자가 다른 국가에 비해 압도적

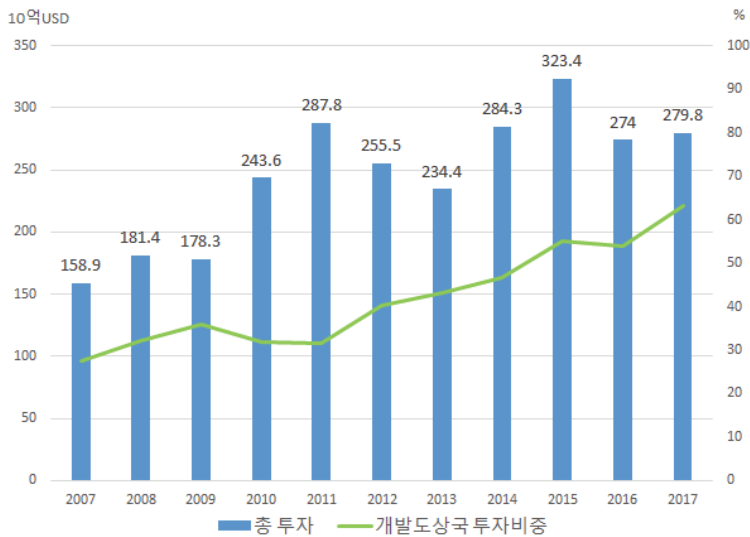
56) 본 절은 FS-UNEP Centre(Frankfurt School-UNEP Collaborating Centre)의 Global Trends in Renewable Energy Investment 2018년 연례 보고서와 REN21의 연례 보고서인 Renewables 2018 Global Status Report를 바탕으로 작성됨. FS-UNEP는 UN Environment, Bloomberg New Energy Finance와 공동 작업을 함.

57) 50MW 이상의 대수력을 제외한 금액, 대수력을 포함하면 3,100억 달러에 이름.

58) 2017년 신규 발전 설비에 대한 투자는 화석연료 1,030억 달러, 원자력 420억 달러, 재생에너지(수력은 50MW 미만) 2,650억 달러, 대수력(50MW 이상) 450억 달러. 자료: REN21, 2018, Renewables 2018 Global Status Report, REN21, p.146.

으로 높아 세계 재생에너지 투자에서 중국이 차지하는 비중은 45%에 이른다(<표 3-4>).

[그림 3-16] 2007년~2017년 재생에너지 투자



자료: REN21, 2018, Renewables 2018 Global Status Report, p.140, p.277을 재구성 및 활용하여 계산함.

반면, 2017년 선진국에서의 투자는 2016년 대비 19% 하락하였다.⁵⁹⁾ 유럽과 선진국의 투자는 주춤한데 2017년 유럽의 투자 비중은 15%로 2011년 45%였던 것을 감안하면 그 비중이 빠르게 축소되었다.⁶⁰⁾ 영국의 투자는 2016년 대비 65% 감소하여 2017년 투자액은 76억 달러였고 독일은 35% 감소하여 104억 달러를 기록하였다.⁶¹⁾ 일본과 미국의 투자도 2016

59) FS-UNEP Centre, 2018, Global Trends in Renewable Energy Investment, p.21.

60) 전계서, p.21.

61) 전계서, p.21.

년과 비교하여 하락하였는데 일본의 투자액은 134억 달러, 미국의 투자액은 405억 달러로 각각 28%, 6% 하락하였다.⁶²⁾

재생에너지 원별로 투자현황을 보면 태양광과 풍력에 집중되어 2017년 96%가 태양광과 풍력에 투자되었다(<표 3-3>). 태양광에 대한 투자는 2016년 대비 18% 증가한 1,608억 달러로 전체 투자의 57%를 차지하였다(<표 3-3>). 투자는 개발도상국, 특히 중국에서 집중적으로 이루어져 중국의 투자가 865억 달러, 개도국의 투자가 1,154억 달러에 달하였다.⁶³⁾ 풍력에 대한 투자는 2016년 대비 12% 감소한 1,072억 달러로 전체 투자의 38%를 차지하였다.⁶⁴⁾ 중국이 가장 큰 361억 달러를 투자하였고 개발도상국의 투자가 선진국의 투자를 조금 앞섰다.⁶⁵⁾

재생에너지에 대한 투자는 지속되어 BNEF는 2050년까지 예상되는 전력의 투자 11.5조 달러 중 81%인 9.3조 달러가 재생에너지에 투자될 것으로 예상하고 있다. 이 중 태양광과 풍력의 가격경쟁력 확보로 투자가 늘어남에 따라 재생에너지에 투자 중 태양광이 차지하는 비중은 41%, 풍력은 50%에 이를 것으로 전망하고 있다.⁶⁶⁾

62) FS-UNEP Centre, 2018, Global Trends in Renewable Energy Investment, p.21.

63) REN21, 2018, Renewables 2018 Global Status Report, p.144.

64) 전계서, p.144.

65) 전계서, p.144.

66) BNEF, 2018, New Energy Outlook 2018 데이터를 활용하여 계산함.

〈표 3-3〉 2007년~2017년 재생에너지 원별 신규투자

(단위: 10억 USD, %)

	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	비중		비중		비중		비중		비중		비중		비중		비중		비중		비중		비중	
태양에너지	38.7	24.4	61.5	33.9	64	35.9	103.3	42.4	158.1	54.9	140.5	55.0	119.9	51.2	145.3	51.1	179.3	55.4	136.5	49.8	160.8	57.5
풍력	60.9	38.3	74.8	41.2	79.5	44.6	101.5	41.7	87.2	30.3	83.6	32.7	86.4	36.9	110.7	38.9	124.7	38.6	121.6	44.4	107.2	38.3
바이오, 폐기물	22.9	14.4	17.5	9.6	15.1	8.5	16.9	6.9	20.2	7.0	15.8	6.2	14	6.0	12.7	4.5	9.4	2.9	7.5	2.7	4.7	1.7
소수력 (50MW 이하)	6.5	4.1	7.6	4.2	6.2	3.5	8.2	3.4	7.6	2.6	6.5	2.5	5.8	2.5	7	2.5	3.6	1.1	3.9	1.4	3.4	1.2
바이오연료	27.4	17.2	18.2	10.0	10.2	5.7	10.6	4.4	10.6	3.7	7.2	2.8	5.2	2.2	5.2	1.8	3.5	1.1	2.1	0.8	2	0.7
지열	1.7	1.1	1.7	0.9	2.8	1.6	2.9	1.2	3.9	1.4	1.6	0.6	2.8	1.2	2.9	1.0	2.5	0.8	2.5	0.9	1.6	0.6
해양에너지	0.8	0.5	0.2	0.1	0.3	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1
총합	158.9		181.4		178.3		243.6		287.8		255.5		234.4		284.3		323.4		274.0		279.8	

자료: REN21, 2018, Renewables 2018 Global Status Report, p.227, 비중은 자료를 활용하여 계산함.

〈표 3-4〉 2007년~2017년 재생에너지 지역별 신규투자

(단위: 10억 USD, %)

	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	비중		비중		비중		비중		비중		비중		비중		비중		비중		비중		비중	
중국	16.6	10.4	25.3	14.0	38.1	21.4	41.5	17.0	48.2	16.7	58.3	22.9	63.4	27.1	85.3	30.0	121.2	37.5	96.9	35.4	126.6	45.2
개발도상국 (중국 제외)	27.4	17.2	32.7	18.1	25.9	14.6	36.5	15.0	42.8	14.9	44.7	17.5	37.6	16.1	47.7	16.8	56.8	17.6	51.1	18.6	50.4	18.0
개발도상국	44	27.7	58	32.0	64	35.9	78	32.0	91	31.6	103	40.4	101	43.2	133	46.8	178	55.1	148	54.0	177	63.2
선진국	115	72.3	123	68.0	115	64.6	165	67.6	197	68.4	152	59.6	133	56.8	151	53.2	146	45.2	126	46.0	103	36.8
합계	159		181		178		244		288		255		234		284		323		274		280	

자료: REN21, 2018, Renewables 2018 Global Status Report, p.140, 개발도상국 투자와 비중은 자료를 활용하여 계산함.

나. 고용 동향⁶⁷⁾

IRENA는 세계 재생에너지산업(대수력 포함)에 직간접적으로 종사⁶⁸⁾하는 인원은 꾸준히 증가하여 2017년 처음으로 1천만 명을 넘어선 것으로 분석하였다.⁶⁹⁾ 2017년 재생에너지 일자리는 2016년 대비 5.3% 증가한 1,034만 명으로⁷⁰⁾ 종사자의 국가별 분포를 보면 중국, 브라질, 미국, 인도, 독일, 일본 등 일부 국가에 집중되어 있다(<표 3-5>). 특히 중국이 전체 재생에너지 일자리에서 차지하는 비중이 44%로 태양열산업에서는 83%, 태양광산업은 66%, 풍력산업은 44%로 매우 높다(<표 3-5>).

2017년 태양광산업 종사자는 2016년 대비 8.7% 증가한 337만 명으로⁷¹⁾ 전체 재생에너지 일자리 중 가장 많은 33%를 차지하고 있다. 중국이 전체 태양광 일자리의 66%를 차지하고 있고 일본, 미국, 인도, 방글라데시가 그 뒤를 잇고 있다(<표 3-5>). 이들 5개국이 일자리의 90%를 차지하여 일부 국가에 일자리가 편중되는 현상이 심하게 나타난다.⁷²⁾ 지역별로 차지하는 비중은 아시아 88%, 북미 7%, 유럽은 3%순이다.⁷³⁾

중국과 인도의 태양광 보급 증가로 관련 일자리는 늘고 있지만, 유럽의 태양광 관련 일자리는 줄고 있는데 이는 제한된 내수 시장과 유럽 모

67) 본 절은 IRENA의 Renewable Energy and Jobs 2018년 연례 보고서를 바탕으로 작성됨.

68) Input-output 모델과 설문조사, 고용계수를 통해 추정함. 수력은 직접고용된 인원을 나머지는 직간접적으로 고용된 인원을 추정. 자료: IRENA, 2018, Renewable Energy and Jobs 2018, p.6.

69) IRENA는 2012년 재생에너지 일자리를 집계하기 시작, 연도별로 추정한 일자리는 2012년 7백14만 명, 2013년 8백23만 명, 2014년 9백33만 명, 2015년 9백71만 명, 2016년 9백79만 명, 2017년 1천34만 명. 자료: IRENA, 2018, Renewable Energy and Jobs 2018, p.5.

70) 자료: IRENA, 2018, Renewable Energy and Jobs 2018, p.4.

71) 전계서, p.7.

72) 전계서, p.7.

73) 전계서, p.7.

둘 제조사의 경쟁력 상실에 기인한 것이다.⁷⁴⁾ 미국의 일자리와 일본의 일자리도 감소하였다.⁷⁵⁾ 전반적으로 태양광 보급이 증가함에 따라 많은 국가에서 설치와 O&M 관련 일자리가 증가하고 있다.⁷⁶⁾

태양광산업 다음으로 바이오산업에 종사하는 인원은 306만 명이며, 바이오산업 중 액체 바이오연료산업 2017년 종사자는 193만 명으로 가장 많이 종사하고 있다(<표 3-5>).⁷⁷⁾ 액체 바이오연료산업 종사자는 에탄올과 바이오디젤의 생산 증가로 2016년 대비 12% 증가하였다.⁷⁸⁾ 늘어난 일자리 대부분은 농업과 관련된 일자리다. 아시아에 일자리가 집중된 태양광과 달리 고용은 남미에 집중되어 전체 고용의 절반 정도를 차지하고, 특히 브라질이 전체의 41%를 차지하고 있다. 다른 지역이 차지하는 비중은 아시아 21%, 북미는 16%, EU는 10%순이다.⁷⁹⁾

풍력산업 2017년 일자리는 전체 재생에너지 일자리의 11%인 115만 명으로 2016년 대비 0.6% 하락하였다.⁸⁰⁾ 태양광보다 중국이 차지하는 비중이 작지만, 중국이 전체 일자리의 44%를 차지하고 상위 5개국이 전체 일자리의 76%를 차지하고 있다.⁸¹⁾ 지역별로는 아시아가 절반, 유럽이 30%, 북미가 10%를 차지하고 있다.⁸²⁾

수력에 종사하는 인원은 2017년 기준 소수력은 29만 명, 대수력에 직접고용된 150만 명으로 전체 재생에너지 일자리에서 차지하는 비중은

74) 자료: IRENA, 2018, Renewable Energy and Jobs 2018, p.8.

75) 전계서, p.8.

76) 전계서, p.8.

77) 바이오산업은 액체 바이오연료, 바이오매스, 바이오가스를 합하여 계산함.

78) 전계서, p.3.

79) 전계서, p.8-p.9.

80) 전계서, p.10.

81) 전계서, p.10.

82) 전계서, p.10.

11%이다.⁸³⁾ 대수력에 고용된 인원의 63%는 유지보수 산업에 종사하고 있다.⁸⁴⁾ 중국, 인도, 브라질이 가장 큰 고용시장으로 세 나라가 차지하는 비중이 52%로 높고 그 뒤를 러시아, 파키스탄, 인도네시아, 이란, 베트남이 따른다.⁸⁵⁾

IRENA는 일자리에 대해 2030년에는 2,360만 명, 2050년에는 2,880만 명으로 늘어날 것으로 전망하고 있다.⁸⁶⁾

83) 자료: IRENA, 2018, Renewable Energy and Jobs 2018, p.12.

84) 전계서, p.12.

85) 전계서, p.12.

86) 전계서, p.24.

〈표 3-5〉 2017년 재생에너지 관련 직·간접 일자리

(단위: 천명, %)

품목	세계		중국		브라질		미국		인도		독일		일본		EU	
		비중		비중		비중		비중		비중		비중		비중		비중
태양광	3,365	38.1	2216	65.9	10	0.3	233	6.9	164	4.9	36	1.1	272	8.1	100	3.0
액체 바이오연료	1931	21.9	51	2.6	795	41.2	299	15.5	35	1.8	24	1.2	3	0.2	200	10.4
풍력	1148	13.0	510	44.4	34	3.0	106	9.2	61	5.3	160	13.9	5	0.4	344	30.0
태양열	807	9.1	670	83.0	42	5.2	13	1.6	17	2.1	8.9	1.1	0.7	0.1	34	4.2
바이오매스	780	8.8	180	23.1			80	10.3	58	7.4	41	5.3			389	49.9
바이오가스	344	3.9	145	42.2			7	2.0	85	24.7	41	11.9			71	20.6
소수력	290	3.3	95	32.8	12	4.1	9.3	3.2	12	4.1	7.3	2.5			74	25.5
지열	93	1.1	1.5	1.6			35	37.6			6.5	7.0	2	2.2	25	26.9
CSP	34	0.4	11	32.4			5.2	15.3			0.6	1.8			6	17.6
합계(대수력 제외)	8,829		3880	43.9	893	10.1	786	8.9	432	4.9	332	3.8	283	3.2	1268	14.4
대수력	1,514		312		184		26		289		7.3		20		74	
합계	10,343		4,192		1,076		812		721		332		303		1,268	

자료: IRENA, 2018, Renewable Energy and Jobs Annual Review 2018, p.25, 비중은 자료를 활용하여 계산함.

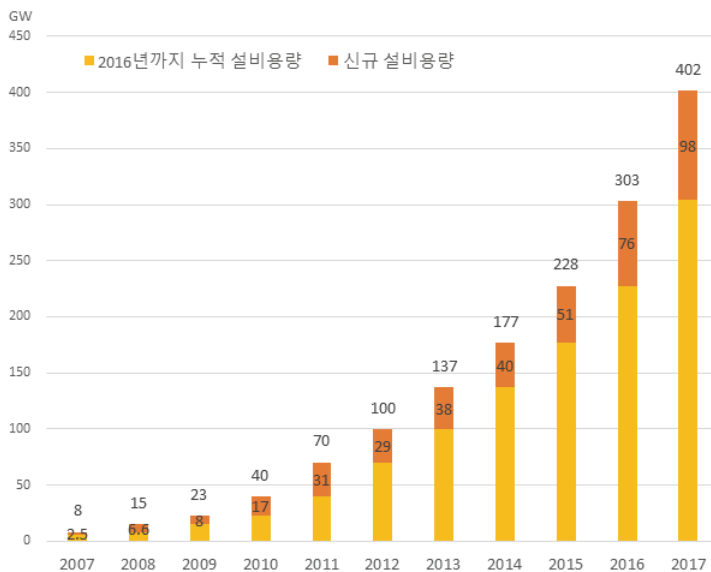
주: 세계는 합계(대수력 제외)에 대한 재생에너지원별 비중, 국가별로는 각 재생에너지에 대한 각 국가가 차지하는 일자리 비중.

4. 태양광 보급 및 산업 동향

가. 보급 동향

2017년 태양광 신규 설비용량은 98GW로 발전원 중 설비용량이 가장 많이 증가하였는데 이는 화석연료와 원자력을 합한 순 증설 용량보다 크다⁸⁷⁾. 2017년 누적 설비용량은 신규 설비용량 98GW⁸⁸⁾를 더해 402GW인데 이 신규용량이 기존 누적 용량의 1/3에 달해 2017년 기록적으로 설비가 확장되었음을 알 수 있다([그림 3-17]).

[그림 3-17] 2007년~2017년 태양광 신규 · 누적 설비용량



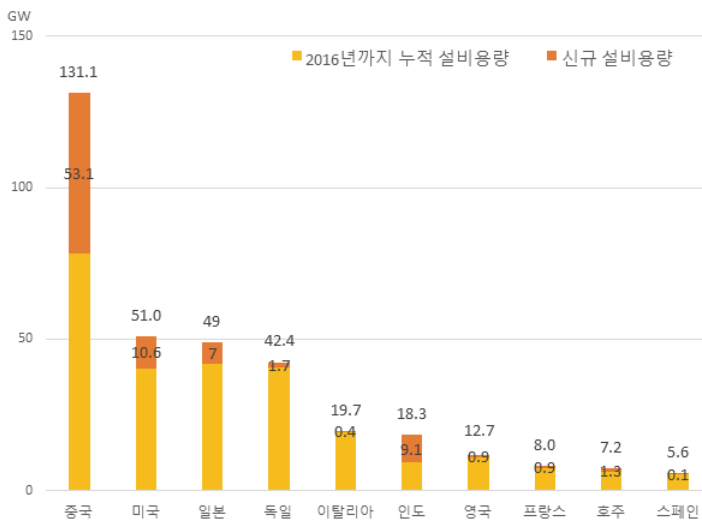
자료: REN21, 2018, Renewables 2018 Global Status Report, p.90.

87) REN21, 2018, Renewables 2018 Global Status Report, p.90.

88) BNEF는 2017년 신규 설비용량을 98GW에서 99GW로 업데이트함. 자료: BNEF, 2018, 3Q 2018 Global PV Market Outlook, p.2.

중국의 2017년 신규 설비용량은 53.1GW로 전 세계 신규 설비용량의 절반 이상(54%) 증설하여 태양광 성장을 이끌었다([그림 3-18]). 중국 다음으로는 미국(10.6GW), 인도(9.1GW), 일본(7GW), 터키(2.6GW)순으로 이들 5개 국가가 전체 신규 설비용량의 84%를 차지한다([그림 3-18]). 중국의 누적 설비용량은 131GW로 전 세계 누적 설비용량의 1/3을 차지하고 있다([그림 3-18]).

[그림 3-18] 2017년 국가별 태양광 신규 설비용량



자료: REN21, 2018, Renewables 2018 Global Status Report, p.91, p.209.

인도의 경우, 2016년 신규 설비용량이 4.1GW로 당해 누적 설비용량이 약 두 배 증가하였다.⁸⁹⁾ 2017년에도 전년도 신규 설비용량의 2배 이상인 9.1GW가 증가하여 전체 누적 설비용량이 18.3GW를 기록하여 두 배가 되었다([그림 3-18]). 인도의 보급이 빠르게 증가하고 있지만, 아직 누적

89) REN21, 2017, Renewables 2017 Global Status Report, p.170.

설비용량 면에서는 중국(131.1GW), 미국(51GW), 일본(49GW), 독일(42.4GW), 이탈리아(19.7GW)에 미치지 못한다([그림 3-18]).

〈표 3-6〉 국가별 2018년 태양광 신규 설비용량 전망

(단위: MW, %)

국가	2017년 신규 설비용량	2018년 신규 설비용량 전망	전년 대비
영국	881	175	-80%
이스라엘	100	393	293%
일본	7,501	7,256	-3%
한국	1,220	1,704	40%
중국	53,000	36,000	-32%
대만	522	690	32%
미국	11,235	10,218	-9%
캐나다	351	369	5%
독일	1,700	1,841	8%
벨기에	271	303	12%
네덜란드	700	983	40%
폴란드	81	95	17%
헝가리	102	479	368%
포르투갈	59	104	76%
스페인	135	325	141%
이탈리아	409	468	14%
프랑스	876	1,350	54%
호주	1,628	3,250	100%
인도	10,261	10,770	5%
파키스탄	750	863	15%
오스트리아	170	245	44%
터키	2,147	2,300	7%
태국	189	341	81%
우크라이나	211	600	184%
러시아	100	285	185%

국가	2017년 신규 설비용량	2018년 신규 설비용량 전망	전년 대비
UAE	240	700	192%
요르단	343	528	54%
이집트	10	635	6,250%
알제리	50	225	350%
오만	-	10	-
모르코	10	185	1,750%
기타 사하라이남 아프리카	-	144	-
동유럽	48	123	154%
덴마크	59	66	13%
스위스	240	268	11%
브라질	1,320	1,565	19%
멕시코	522	2,930	461%
칠레	600	700	17%
말레이시아	53	491	827%
필리핀	13	295	2,257%
인도네시아	18	21	18%
기타 동남아시아	38	121	214%
기타 라틴아메리카	365	1,114	205%
남아프리카	321	132	-59%
기타 국가	150	10,350	6,794%
총계	99,000	102,007	3%

자료: BNEF, 2018, 3Q 2018 Global PV Market Outlook, p.3~4.

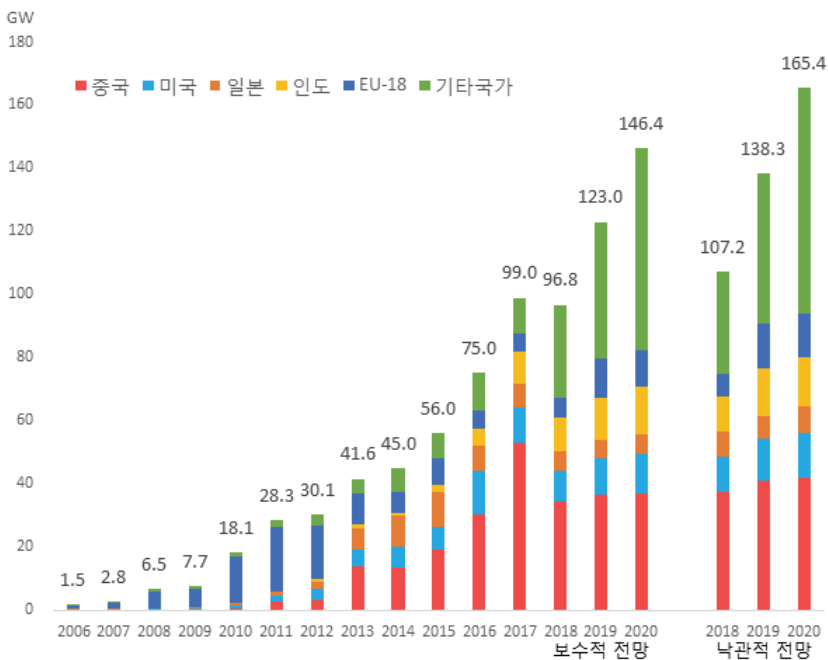
지난 10년간 급속한 성장추세에 기반하여 1분기에만 해도 2018년 전 세계 신규 설비용량은 처음으로 100GW를 넘어선 102GW~116GW로 전망되었다.⁹⁰⁾ 그중 중국은 2017년 53GW에서 56GW로 성장하여 2018년 신규 보급의 절반을 차지할 것으로 예상하였다.⁹¹⁾ 하지만 5월 31일 중국

90) BNEF, 2018, 1Q 2018 Global PV Market Outlook, p.2.

91) 전계서, p.2.

의 신규설비 제한 발표⁹²⁾ 후 BNEF가 전망한 2018년 중국의 신규설비 용량은 36GW로 전년 대비 30% 이상 중국 시장이 축소할 것으로 전망하였다(<표 3-6>). 중국 시장의 급속한 축소로 2018년 전 세계 태양광 신규 용량은 처음으로 역성장할 가능성도 제기되어 BNEF는 97GW~107GW로 전망하고 있다([그림 3-19]). 한편, 2019년~2020년 전 세계 신규설비는 모듈 가격 하락과 각국 정부의 입찰 규모 확대 및 신규 경매를 통해 높은 실적이 예상된다.⁹³⁾

[그림 3-19] 세계 태양광 신규 설비용량(2009~2017년 & 이후 전망)



자료: BNEF, 2018, 3Q 2018 Global PV Market Outlook, p.2.

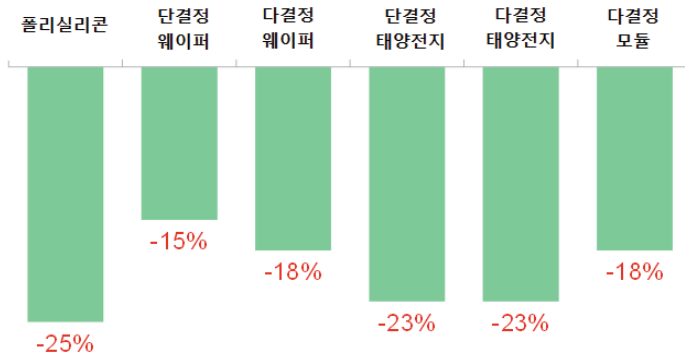
92) 중국의 정책 동향 참조.

93) 전계서, p.1와 p.14~p.23의 전반적인 내용을 요약한 것임.

나. 산업 동향⁹⁴⁾

2018년 태양광 산업의 최대 이슈는 5월 31일 중국의 신규설비 제한 발표이다. 태양광 수요에서 가장 큰 시장이 축소함으로 이는 폴리실리콘, 잉곳, 웨이퍼, 태양전지, 모듈로 이어지는 태양광 제조 산업 가치사슬⁹⁵⁾ 전반에 즉각적이고 급격한 영향을 미쳤다([그림 3-20]).

[그림 3-20] 가치사슬별 2018년 6월 한달 가격 하락



자료: BNEF, 2018, June 2018 PV Index Supply, Shipments and Prices, p.1.

주: 다결정 모듈은 중국 시장의 가격임.

시장 축소에도 불구하고 선도 제조 기업들은 비교적 높은 설비이용률을 유지하고 있지만, 시장 축소는 중소기업들을 한계로 내몰고 있다. 그런 상황임에도 대규모 제조 기업들은 기존의 확장 계획을 유지하고 있어 가치사슬을 따라 산업의 동향을 살펴볼 필요가 있다.

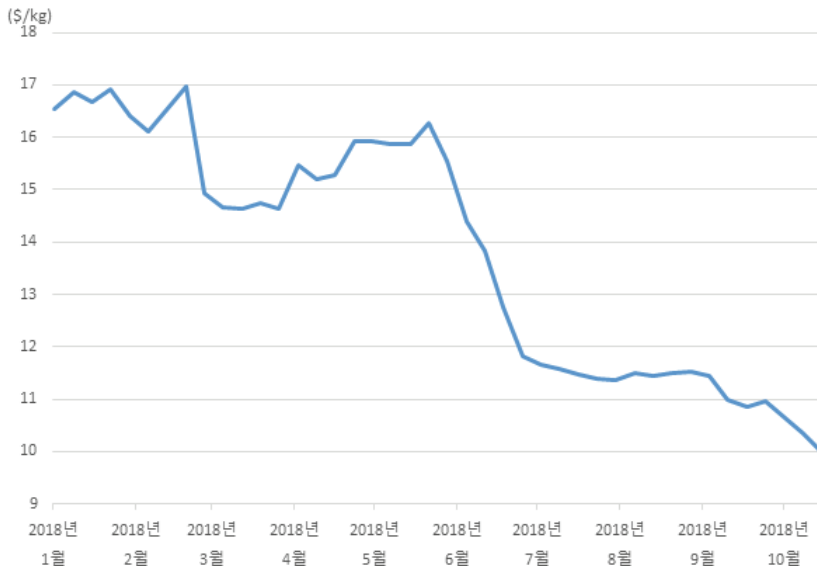
94) 본 절은 BNEF의 보고서와 데이터베이스 자료를 활용하여 작성됨.

95) 실리콘 태양전지, 모듈의 제조 산업 가치사슬로 실리콘 태양전지의 생산 비중이 95%에 이함. 자료: ISE, 2018, Photovoltaics Report, p.4.

1) 폴리실리콘

폴리실리콘 가격은 2017년 중반 \$13/kg에서 상승하여 2018년 초 \$17/kg 선까지 상승한 후⁹⁶⁾ 점차 하락하여 중국의 신규 설비 제한 규제가 있기 전 \$16/kg 선에서 가격이 형성되어 있었다([그림 3-21]). 하지만 중국이 규제안을 발표한 후 2018년 10월 폴리실리콘 가격은 \$10/kg로 폭락하였다([그림 3-21]).

[그림 3-21] 2018년 폴리실리콘 가격



자료: BNEF 데이터베이스, 최종방문일 2018.10.26.

2018년 폴리실리콘의 총생산량은 469,100톤⁹⁷⁾으로 전망되는데 이는 116GW의 결정질 실리콘 태양전지를 생산할 수 있는 양이다. 전 세계의

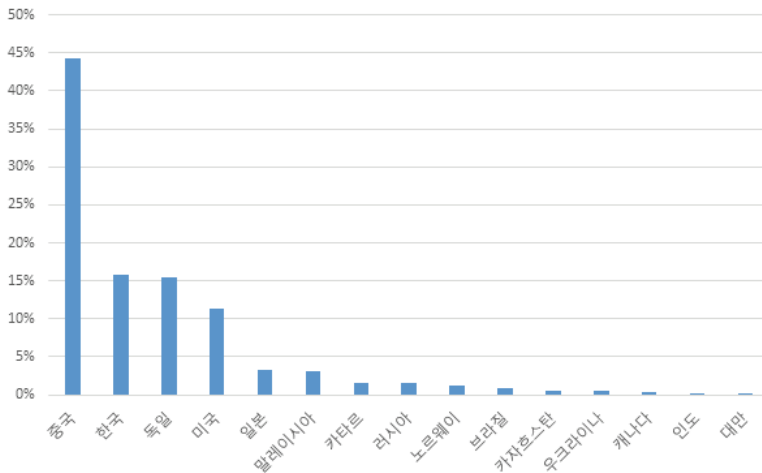
96) 한국수출입은행 해외경제연구소, 2018, 2017년 4분기 태양광산업 동향, p.7.

97) 전체 폴리실리콘 생산량에서 반도체 산업에 쓰이는 30,000톤 제외.

수요가 낙관적일 경우에도 수요를 107.2GW로⁹⁸⁾ 전망하기 때문에 2018년에는 최소 12%의 공급과잉이 발생할 것으로 예상된다.⁹⁹⁾

중국의 폴리실리콘 생산용량은 세계 전체 생산용량의 44.2%를 차지하여 비중이 가장 높고 다음으로 우리나라의 비중이 8만 톤으로 15.9%를 차지하며, 그 뒤를 독일과 미국이 따르고 있다([그림 3-22]).

[그림 3-22] 2018년 국가별 폴리실리콘 생산용량 비중



자료: BNEF 데이터베이스, 최종방문일 2018.10.26.

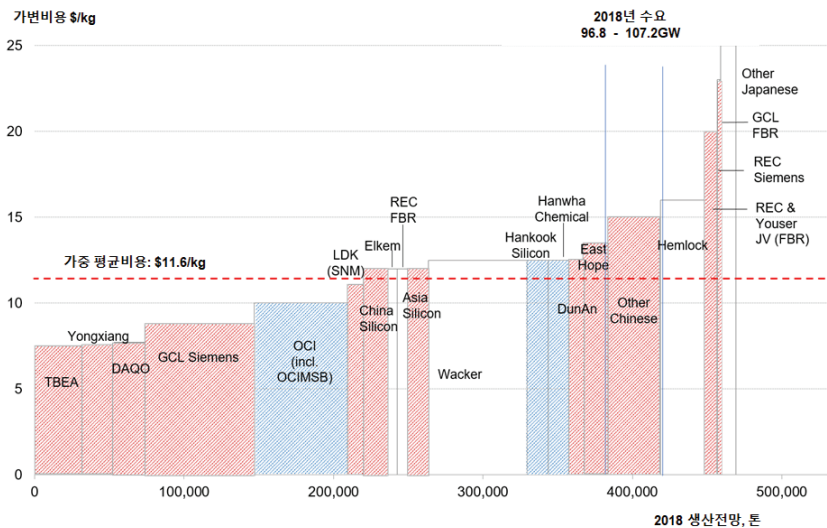
[그림 3-23]은 폴리실리콘 제조업체의 용량을 가변비용이 낮은 순으로 나열한 것으로 폴리실리콘 산업의 공급곡선이다.¹⁰⁰⁾ 2018년 10월 기준으로

98) 총 수요의 4%는 박막형 모듈, 34%는 단결정 실리콘 모듈(3.6g/W의 폴리실리콘 소비), 62%는 다결정 실리콘 모듈(3.9g/W의 폴리실리콘 소비, 90%는 폴리실리콘 소비량이 적은 다이아몬드 와이어 공법으로 절단됨)이며, 결정질 실리콘 모듈 제조의 폴리실리콘 평균 소비량은 3.8g/W임. 전자제품 시장의 수요는 3만 톤으로 추산됨. 자료: BNEF, 2018, 3Q 2018 Global PV Market Outlook, p.6.

99) 2017년 관세를 피하고자 상당량(GW 단위)의 모듈이 미국으로 미리 선적된 것을 고려할 때 실제 과잉공급은 더 클 것으로 보임. 자료: BNEF, 2018, 3Q 2018 Global PV Market Outlook, p.5.

로 폴리실리콘 가격이 \$10/kg로 떨어진 것을 감안했을 때 이는 상당수 기업의 가변 비용보다 낮다.¹⁰¹⁾ 2018년 초반보다 폴리실리콘 비용이 하락하고 수요도 줄어서 폴리실리콘 산업 내 경쟁이 더욱 치열하게 되었다. 다만, 우리나라 기업인 OCI, 한국실리콘, 한화케미칼은 세계 수요 내에서 공급할 수 있는 경쟁력을 가진 것으로 분석된다.¹⁰²⁾

[그림 3-23] 2018년 폴리실리콘 공급곡선



자료: BNEF, 2018, 3Q 2018 Global PV Market Outlook, p.6.

주 1: 붉은색 블록은 중국기업, 가변비용은 가공비용, 판매 및 일반관리비 포함, 감가상각비는 제외.

주 2: OCIMSB는 OCI가 도쿠야마 말레이시아를 2017년 5월 100% 지분 인수한 계열사, 말레이시아에 생산 설비 갖추.

100) 가장 가변비용이 낮은 Xinte Energy, Yongxiang, DAQO의 가변비용은 \$7.5/kg. 우리나라 기업 OCI는 OCIMSB와 합쳐 생산 용량은 62만5천 톤, 가변비용은 \$10/kg. 한국실리콘과 한화케미칼은 생산용량 14만 톤, 가변비용은 \$14/kg. 자료: BNEF, 2018, 3Q 2018 Global PV Market Outlook, p.6~8.

101) BNEF 데이터베이스, 최종방문일 2018.10.26.

102) 저자 분석.

폴리실리콘 가격하락으로 중소제조업체들은 힘겨운 상황으로 단기간 생산용량이 늘기 힘들어 보이며 빠르게 확장 중인 선도 제조 기업에 의해 퇴출될 수 있는 상황이다. 수요와 가격의 하락에도 불구하고 중국의 대규모 폴리실리콘 제조 기업들의 확장계획은 변함이 없는데 중국의 증설 중이거나 증설 계획 중인 생산설비 용량이 15만 톤으로 이는 현재 설비용량인 50만 톤의 30%에 이른다.¹⁰³⁾

2) 웨이퍼, 태양전지

폴리실리콘 산업과 마찬가지로 중국의 조치로 웨이퍼의 가격과 제조 기업의 평균 설비이용률이 하락하였다. 특히 규모가 작은 제조 기업들의 설비이용률이 많이 떨어지고, 대규모 기업들은 비용경쟁력을 바탕으로 생산량 및 확장계획을 유지하고 있다.¹⁰⁴⁾ 한편, 투자는 단결정 제품 중심으로 이루어지고 있어 향후 단결정 제품이 시장을 주도할 것으로 보인다.¹⁰⁵⁾ 태양전지도 불안한 시장 상황에도 불구하고 대규모 제조 기업들은 확장 계획을 추진 중이다.¹⁰⁶⁾

3) 모듈

모듈의 경우 2018년 세계 설비용량의 규모는 190GW이며, 그중 중국이 가장 많은 136GW의 설비용량으로 전체 71.5%를 차지한다. 그 뒤를 인도, 한국, 베트남이 8GW 규모, 말레이시아가 7GW 규모로 따르고 있다.¹⁰⁷⁾

103) BNEF, 2018, 3Q 2018 Global PV Market Outlook, p.5~8의 전반적인 내용과 증설 계획 중인 생산설비 용량 자료는 BNEF 데이터베이스, 최종방문일 2018.10.26.

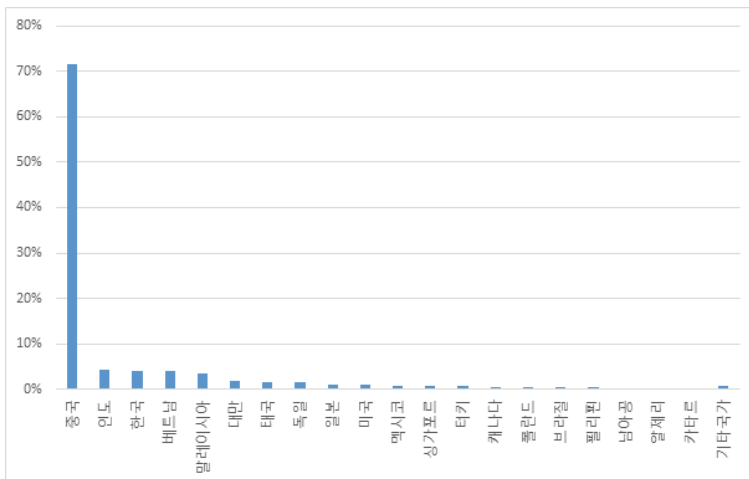
104) BNEF, 2018, 2Q 2018 Global PV Market Outlook, p.9~11.

105) 단결정 제품의 시장점유율은 2020년 다결정 제품을 추월할 것으로 전망함. 자료: BNEF, 2018, 2Q 2018 Global PV Market Outlook, p.9.

106) BNEF, 2018, 3Q 2018 Global PV Market Outlook, p.10.

신규 증설도 중국이 큰 비중을 차지하여 2018년 8월 기준 증설 중이거나 계획을 발표한 설비용량이 25GW에 달하고 있다. 중국 다음으로 미국도 눈여겨 볼만한 규모인 4.5GW 규모의 설비를 증설 중이거나 계획을 발표한 상태다.¹⁰⁸⁾ Jinko Solar, 한화큐셀, LG 전자를 비롯한 기업들이 셰이프가드 규제를 피하고자 미국 내 설비를 늘리고 있기 때문이다.¹⁰⁹⁾

[그림 3-24] 2018년 국가별 모듈 생산용량 비중



자료: BNEF 데이터베이스, 최종방문일 2018.10.26.

<표 3-7>은 BNEF가 분류한 1군 모듈 제조사¹¹⁰⁾와 제조사의 생산용량이다. 생산 용량 규모가 가장 큰 기업은 Jinko Solar로 생산용량이 9GW에

107) 2018년 전 세계 모듈 설비용량은 190,458MW, 중국 136,225MW, 인도 8,121MW, 우리나라 7,922MW, 베트남 7,761MW, 말레이시아 6,780MW 순. 자료: BNEF 데이터베이스, 최종방문일 2018.10.26.

108) 중국의 증설 중이거나 계획 규모 25,425MW, 미국 4,570MW, 터키 1,000MW, 대만 550MW 순. 자료: BNEF 데이터베이스, 최종방문일 2018.10.26.

109) 본 보고서의 제5장 1. 태양광 산업의 무역 장벽 가. 미국의 셰이프가드 발효 참조.

110) Tier 1 module makers. BNEF는 설정한 기준에 맞는 1군 모듈 사를 선정함.

이르고, 우리나라 기업으로는 한화큐셀이 8GW 규모로 국제 시장에서 경쟁하고 있다. 대부분의 대규모 기업은 중국기업들로 2GW 이상 생산 설비를 가진 제조사 중 중국 외 기업은 Canadian Solar(캐나다), 한화큐셀(우리나라), First Solar(미국)밖에 없다.¹¹¹⁾ 우리나라의 모듈 제조사로는 한화큐셀, LG전자, 에스에너지, 한솔테크닉스, 신성에너지가 경쟁력 있는 모듈 제조사로 분류되었다.

〈표 3-7〉 BNEF 기준 1군 모듈 제조사

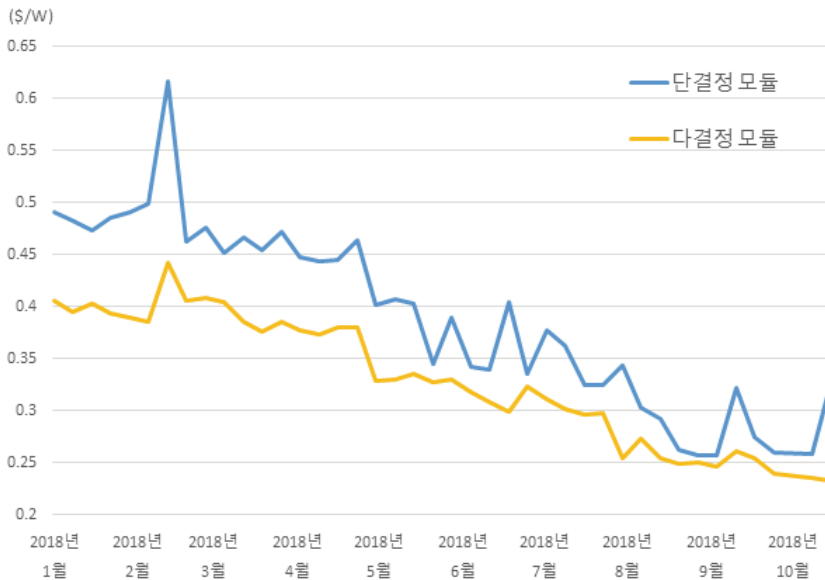
기업	연간 생산용량 (MW/년)	기업	연간 생산용량 (MW/년)
Jinko Solar	9,000	WAAREE	1,500
JA Solar	8,500	China Sunergy	1,450
Canadian Solar	8,310	REC Group	1,400
Hanwha Q CELLS	8,000	Kyocera Corp	1,350
Trina Solar Ltd	8,000	Adani/Mundra	1,200
Risen	6,600	Akcome	1,000
GCL System	5,400	ET Solar	1,000
Talesun	4,500	Vikram	1,000
Suntech/Shunfeng	3,300	Neo Solar Power	670
Znshine Solar	3,200	Lightway Solar	660
Seraphim	3,000	S-Energy	530
Chint/ Astronergy	2,500	Hansol Technics	480
First Solar	2,200	AU Optronics	455
Eging	2,000	Heliene	250
BYD	1,700	Sharp	210
LG Electronics	1,650	Shinsung E&G	200
HT-SAAE	1,500		
		Total	92,715

자료: BNEF, 2018, 3Q 2018 Global PV Market Outlook, p.14~15.

111) 각 기업 홈페이지를 들어가서 확인함.

모듈의 가격은 기존의 가격하락 추세에 더해, 중국 시장 축소에 따른 폴리실리콘에서부터 제조 부문 전 사슬을 따라 가격이 하락한 영향으로 2018년 하반기 가격이 하락 폭이 더 큰 것으로 보인다([그림 3-25]).

[그림 3-25] 2018년 모듈 가격

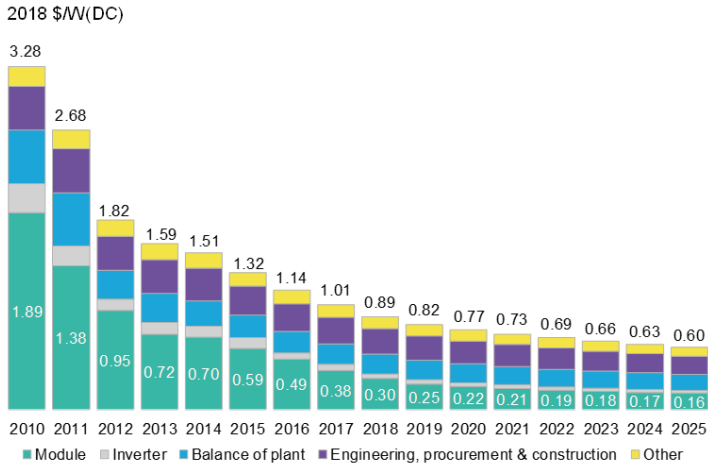


자료: BNEF 데이터베이스, 최종방문일 2018.10.26.

4) 태양광 시스템

마지막으로, BNEF는 태양광 시스템 가격은 2018년 기준 \$0.89/W로 추정하며, 2025년경에는 \$0.60/W로 하락할 것으로 전망하고 있다([그림 3-26]). 모듈 가격은 지속적으로 하락해 태양광 시스템에서 모듈 가격이 차지하는 비중이 점점 감소함을 볼 수 있다([그림 3-26]).

[그림 3-26] 2018년 유틸리티급 고정축 태양광 시스템 기준 가격 전망



자료: BNEF, 2018, 3Q 2018 Global PV Market Outlook, p.18.

주: 전망은 학습률, 모듈 효율성, 공정 개선에 기반하여 함.

5. 전력 보급 및 산업 동향

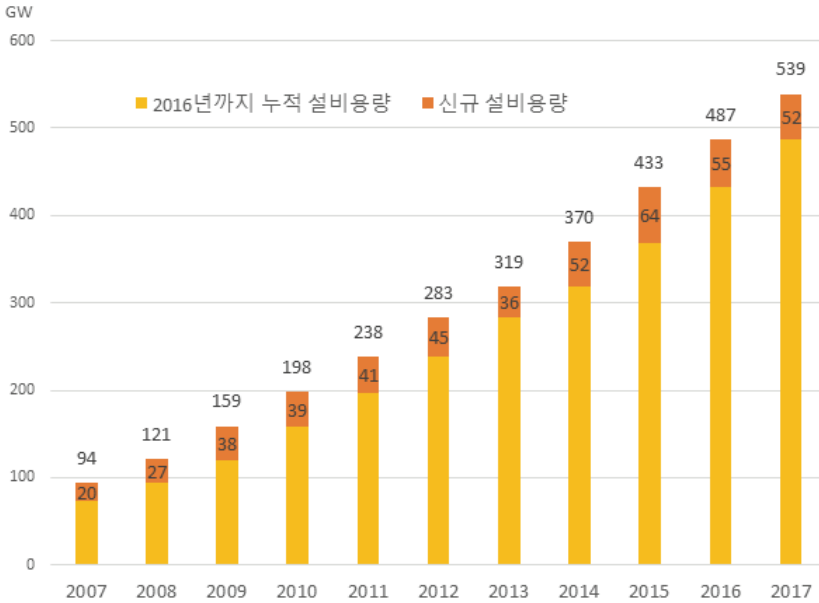
가. 보급 동향¹¹²⁾

2017년 신규 설비용량은 52GW로 누적 설비용량은 539GW이다. 2015년 신규 설비용량 64GW로 최고치를 기록한 후 2년 연속 규모가 축소된 것으로 이는 중국의 시장 축소가 원인이다.¹¹³⁾ 중국은 시장이 축소되었음에도 2017년 전 세계에서 가장 많은 19.7GW 설치하여, 누적 설비용량은 188.4GW에 이른다([그림 3-27]). 중국 다음으로 미국이 2017년 7GW의 신규 설비를 증설했는데 이는 2016년 대비 15%가 감소한 것이다([그림 3-28]).

112) 본절은 REN21, 2018, Renewables 2018 Global Status Report를 바탕으로 작성되었음.

113) 자료: REN21, 2018, Renewables 2018 Global Status Report, p.109.

[그림 3-27] 2007년~2017년 풍력 신규·누적 설비용량

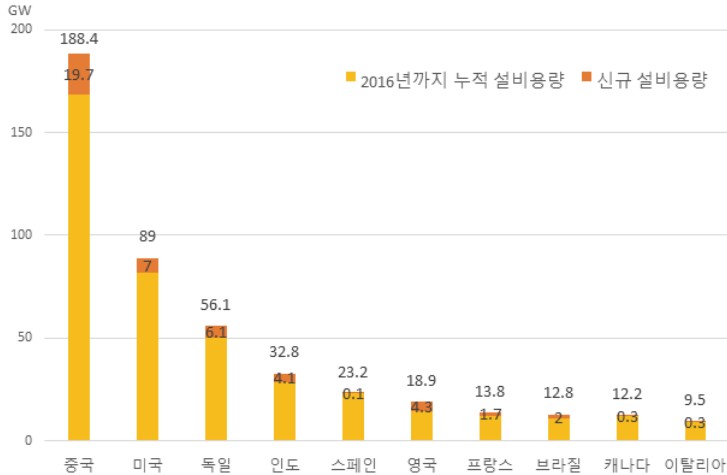


자료: REN21, 2018, Renewables 2018 Global Status Report, p.109.

중국이 2년 연속 시장이 축소된 이유는 출력제약이 심한 지역의 신규 설비를 제한하기 때문이다. 중국의 출력제약률은 2016년 17%에서 2017년 12%로 떨어졌는데, 2017년 증설이 가장 많이 된 지역은 산둥성(2.2GW), 허난성(1.3GW), 산시성(1.1GW)으로 중국은 풍속이 좋지만, 출력제약이 심한 북부, 서부 지방의 증설은 줄고 풍속이 낮고 인구밀도가 높은 중앙, 남부 지방의 설비가 늘었다. 중국의 출력제약이 줄었지만, 여전히 상당한 수준임에도 불구하고 중국의 전력구성에서 풍력이 차지하는 비중은 꾸준히 올라 2017년 4.8%를 차지하였다.¹¹⁴⁾

114) REN21, 2018, Renewables 2018 Global Status Report, p.110.

[그림 3-28] 2017년 국가별 풍력 신규 설비용량



자료: REN21, 2018, Renewables 2018 Global Status Report, p.110, p.212.

중국과는 반대로 유럽과 인도의 신규 설비용량은 증가하였는데 이는 경매로 이행하기 전 기존의 지원 혜택을 받기 위해 증설을 서둘렀기 때문이다.¹¹⁵⁾ EU의 신규 설비용량은 2016년 대비 25% 증가한 15.6GW로 최고치를 기록하였고 누적 설비는 168.7GW이다.¹¹⁶⁾ 이런 증설의 배경은 EU의 정책으로 인한 것인데 EU 국가에 경쟁적인 경매를 도입하길 요구해서 이를 피하고자 증설을 서두른 것이다.¹¹⁷⁾ 독일의 신규 설비용량은 6.1GW로 최대를 기록했는데 이는 European Commission의 요구에 맞게 경매를 바탕으로 한 FiP(Feed-in-Premium)로 전환하기 전에 FiT 혜택을 받기 위한 것이다.¹¹⁸⁾ 영국의 경우 RO 지원 마감을 앞두고 2016년의 5배에 달하는 4.3GW를 증설하였다.¹¹⁹⁾ EU 국가는 아니지만, 인도도 2017년

115) REN21, 2018, Renewables 2018 Global Status Report, p.110~p.111.

116) 전계서, p.111.

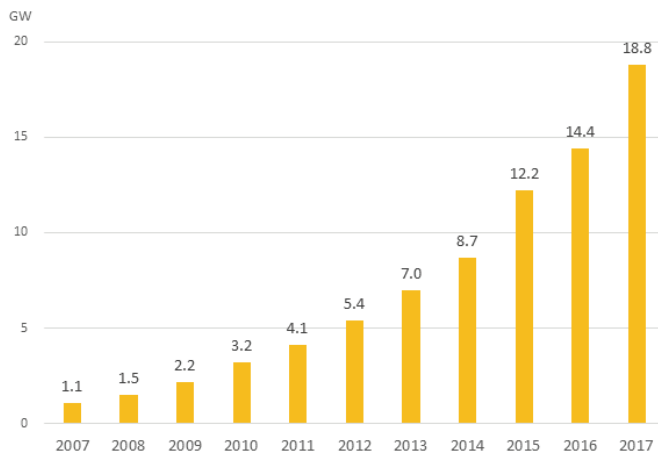
117) 전계서, p.111.

118) 전계서, p.111.

초 FiT에서 경매로 전환되기 전 기존 혜택을 받기 위해 4.1GW로 높은 증설을 보였다.¹²⁰⁾

해상풍력은 2017년 역대 최대인 4.3GW가 신규로 증설되었는데,¹²¹⁾ 2007년 1.1GW에서 가파르게 증가하여 2017년 누적 설비용량이 18.8GW로 늘었다([그림 3-29]). 해상풍력의 신규 설비는 영국(1.7GW), 독일(1.2GW), 중국(1.2GW), 벨기에(0.2GW) 순으로 증가하였다.¹²²⁾ 육상풍력이 가격경쟁력을 확보했듯 2017년 해상풍력 경매 가격이 급속히 하락했는데 경매에서 독일과 네덜란드에서 보조금 없이 입찰하여 화제가 되었다.¹²³⁾¹²⁴⁾

[그림 3-29] 2007년~2017년 해상풍력 누적 설비용량



자료: REN21, 2018, Renewables 2018 Global Status Report, p.113.

119) REN21, 2018, Renewables 2018 Global Status Report, p.111.

120) 전계서, p.110.

121) 전계서, p.112.

122) 전계서, p.112.

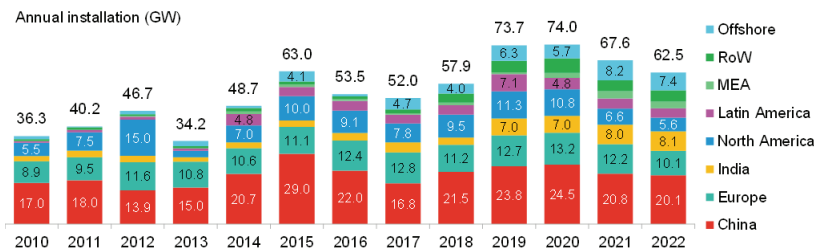
123) 전계서, p.114.

124) 독일은 2017년 4월, 네덜란드는 2017년 12월 발표로 각각 2024년, 2022년 가동개시 예정임. 가격 보조를 받지는 않지만, 독일, 네덜란드 정부는 계통연계비를 지원함. 자료: 전계서, p.114~115.

풍력이 가격 경쟁력을 확보함에 따라 전력생산에서 차지하는 비중이 늘고 있는데 2017년 EU의 연간 전력 소비의 11.6%를 담당하였고 덴마크의 경우 그 비중이 43.4%에 이르렀다.¹²⁵⁾ 미국 전체적으로 풍력은 전력의 6.3%를 차지하고 텍사스를 비롯한 9개 주에서는 풍력이 전력의 15% 이상을, 4개 주에서는 30% 이상을 담당하고 있다.¹²⁶⁾¹²⁷⁾

BNEF는 2018년 풍력의 신규 설비용량은 57.9GW로 전망하고 이후 2020년까지 크게 시장이 확장될 것으로 전망하고 있다([그림 3-30]).

[그림 3-30] 풍력 신규 설비용량 전망



자료: BNEF, 2018, 3Q 2018 Global Wind Market Outlook, p.1.

나. 산업 동향

풍력 제조 산업에서 핵심 부품은 터빈으로, 터빈은 CAPEX의 60%를 차지하고 있다.¹²⁸⁾ 그리고 풍력 O&M 관련 시장도 중요하다. 하지만 풍력 산업은 가치 사슬별로 기업 간 경쟁이 아닌 주요 터빈 제조사가 제조에서

125) REN21, 2018, Renewables 2018 Global Status Report, p.114.

126) Iowa 주는 풍력이 전력에서 차지하는 비중이 36.9%에 이릅니다. 자료: REN21, 2018, Renewables 2018 Global Status Report, p.112.

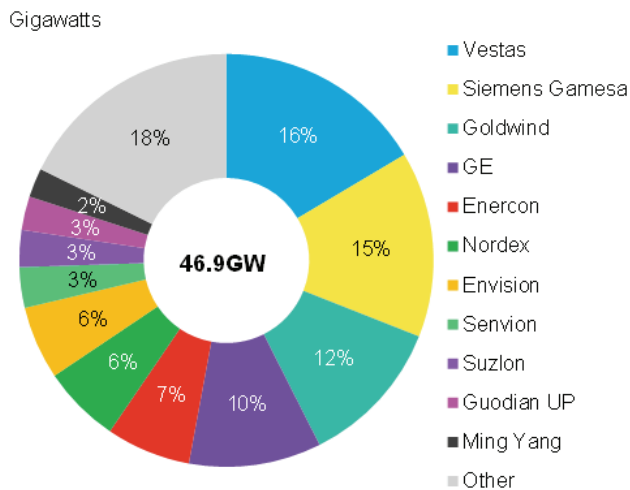
127) REN21, 2018, Renewables 2018 Global Status Report, p.112.

128) Capex의 60%는 터빈, BOP는 38%, 나머지 2%는 개발. 자료: BNEF, 2018, Onshore Wind the Experience Curve Revisited 데이터.

부터 개발, 건설, 금융, O&M까지 맡는 시장 구조로 되어 있다.¹²⁹⁾ O&M 시장 같은 경우 터빈 제조사가 초기 O&M 계약의 91%를 가져갔다.¹³⁰⁾ 따라서 산업 동향은 주요 터빈 제조사를 중심으로 살펴볼 필요가 있다.

2017년 육상 풍력 터빈 제조에서 Vestas가 세계 선도적인 자리를 지켰다. 2017년 전 세계적으로 설치된 터빈의 16%는 Vestas의 제품이었고 Siemens Gamesa는 2016년 합병 이후 세계 2위로 등극하였다.¹³¹⁾ 상위 4개사가 전 세계 시장의 53%를 차지하고 있다([그림 3-31]).

[그림 3-31] 2017년 육상풍력 터빈 제조사



자료: BNEF, 2018, Technical and Financial Service in the Wind Sector, p.3.

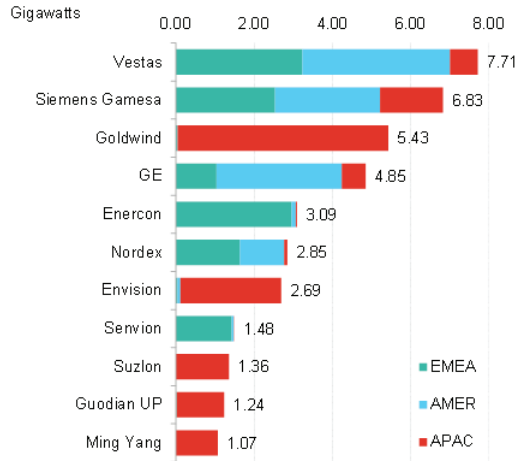
1GW 이상의 터빈을 공급한 기업의 국적과 시장 지역을 살펴보면 [그림 3-32]와 같다.

129) BNEF, 2018, Technical and Financial Services in the Wind Sector, p.4-6.

130) BNEF, 2017, 2H 2017 Wind Operations and Maintenance Index, p.15.

131) Siemens사와 Gamesa사의 합병.

[그림 3-32] 2017년 1GW 이상 공급 육상풍력 터빈 제조사



자료: BNEF, 2018, 1Q 2018 Global Wind Market Outlook, p.26.

주: 2017년 1GW 이상 공급한 제조사임.

1GW 이상의 터빈을 공급한 기업 중 4개 기업 Goldwind, Envision, Guodian UP, Ming Yang은 중국 터빈제조사로, 이들 기업은 중국 시장을 중심으로 공급하고 있다.¹³²⁾ Goldwind의 경우, 2017년 전년 대비 16% 감소하였으나 중국의 신규 풍력 설비 증가세 둔화로 중국 내 시장 점유율은 증가하였다.¹³³⁾ 유럽기업 중 Vestas, Siemens Gamesa, Nordex는 유럽, 중동 및 아프리카 지역에서 미주지역으로 시장 다각화하였고, Enercon, Senvion는 유럽, 중동 및 아프리카 지역의 풍력 프로젝트에 집중하였다.¹³⁴⁾

터빈 가격은 제조사 간 가격 경쟁으로 세계 평균 터빈 가격이 2017년 하반기 \$99만/MW로 처음으로 \$100만/MW 이하로 하락하였다([그림 3-33]). 북미지역의 터빈 가격은 현재 \$83만/MW 수준으로 치열한 경쟁 양

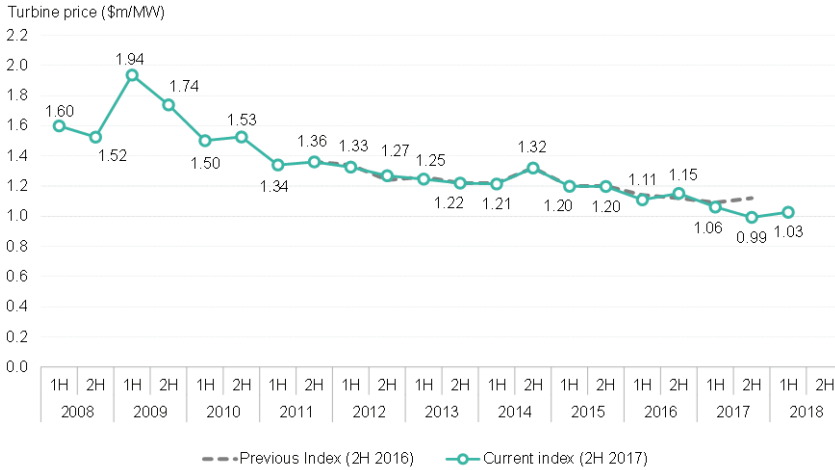
132) BNEF, 2018, 1Q 2018 Global Wind Market Outlook, p.26.

133) 전계서, p.26.

134) BNEF, 2018, 1Q 2018 Global Wind Market Outlook, p.26.

상을 보이고 서유럽의 터빈 가격은 \$84만/MW 선에서 안정적으로 유지되고 있다.¹³⁵⁾

[그림 3-33] 터빈 가격 추세



자료: BNEF, 2018, 1Q 2018 Global Wind Market Outlook, p30.

최근 터빈 가격의 하락은 경매로 인해 경쟁이 치열해진 것을 원인으로 들 수 있다. 반면 2015년~2018년 O&M 가격은 상대적으로 안정적인 수준을 기록하고 있다. 이에 Siemens Gamesa를 비롯한 터빈 제조사는 수익을 확대하기 위해 단순한 터빈 제조 및 판매가 아닌 판매 후 O&M으로 사업영역을 확대하는 전략을 취하고 있다.¹³⁶⁾

135) 전계서, p.29.

136) BNEF, 2018, 3Q 2018 Global Wind Market Outlook, p.23~28.

제4장 주요국의 신재생에너지 정책 동향

1. 중국 정책 동향

가. 중국의 신재생에너지 정책 목표

중국은 재생에너지를 주요 성장동력으로 인식하고 중화인민공화국 재생에너지법(中华人民共和国可再生能源法, 이하 재생에너지법)을 2005년 2월 제14차 전국인민대표자회의에서 승인한 후 2006년 1월 1일부터 시행하고 있다.¹³⁷⁾ 이후 2009년 제11차 전국인민대표회의 상무위원회에서 개정하여 지금까지 운영되고 있다.¹³⁸⁾ 재생에너지법에서는 재생에너지를 풍력, 태양에너지, 수력, 바이오에너지, 지열에너지, 해양에너지 등으로 정의하고, 완전한 구매 보증을 구현한다고 명시하고 있다.

중국의 신재생에너지 목표는 2016년 12월 국가발전개혁위원회(国家发展和改革委员会, 이하 NDRC)가 발표한 재생에너지발전 13·5 계획(可再生能源发展“十三五”规划, 이하 재생에너지 13·5 계획)에 자세히 나타난다. 재생에너지 13·5 계획에는 2020년과 2030년 1차에너지 소비에서 재생에너지 비율을 각각 15%와 20%를 달성한다는 목표와 함께¹³⁹⁾ 재생에너지와 관련한 주요 지표와 목표가 제시되었다(<표 4-1>).

137) <http://www.lawinfochina.com/display.aspx?lib=law&id=3942>, 최종방문일 2018.10.22.

138) http://www.npc.gov.cn/huiyi/cwh/1112/2009-12/26/content_1533216.htm, 최종방문일 2018.10.22.

139) NDRC(2016), 재생에너지 13·5 계획(可再生能源发展“十三五”规划), p.8.

〈표 4-1〉 중국 재생에너지 13·5 계획 주요 지표 및 목표

순번	지표	2020년 목표
1	재생에너지 총량 지표	• 연간 재생에너지 사용량 7.3억tce • 이중 상품화 재생에너지 사용량 5.8억tce
2	재생에너지 발전 지표	• 재생에너지 발전의 총 설비용량 6.8억kW • 발전량 1.9조kWh(총 발전량의 27%)
3	재생에너지 난방 및 연료 사용량 지표	• 모든 재생에너지의 난방 공급 및 가정용 연료 사용량 총합이 화석연료 1.5억tce 대체
4	재생에너지 경제적 지표	• 풍력 - 석탄발전과 같은 플랫폼에서 가격 경쟁 • 태양광 - 해당 전력망 판매가격과 동등한 수준 도달 • 풍력발전의 원가 하락에 따라 풍력발전 가격의 적당한 조정을 통해 공평한 경쟁과 선순환적 발전 추진
5	재생에너지 그리드 운영 및 소비 지표	• 전력 시장화 개혁과 결합하여 수력 낭비 문제를 해소 • 전력공급 제한지역의 풍력 및 태양열 발전의 연간 이용 시수가 전액 보장성구입의 요구에 도달
6	재생에너지 평가 및 모니터링 지표	• 각 성(자치구, 직할시)마다 1차에너지 소비 총량에서 재생에너지 소비 비중 및 전기 사용량 중에서 재생에너지 전력 사용 비중 등의 지표관리시스템 구축 • 각 발전 기업들은 비수력 재생에너지 발전량의 비중을 현저히 향상

자료: NDRC(2016), 재생에너지 13·5 계획(可再生能源發展“十三五”規劃), p.8~9 인용 및 정리.

재생에너지 목표는 크게 발전, 바이오가스, 난방, 바이오연료 등으로 구분하여 제시하였다(<표 4-2>). 발전부문의 경우 2020년까지 설비용량 675GW, 연간 발전량 19TWh를 목표로 하고 있다. 바이오가스는 80억m², 난방은 태양열과 지열로 구분하여 각각 9,600만tce(tonne of coal equivalent), 4,000만tce를 목표로 제시하였다. 하지만 NDRC의 계획 수정안 초안에서는 2030년까지 전력소비의 35%까지 확대하는 것으로 목표가 상향된 것으로 확인되어 중국의 재생에너지 목표는 조정될 것으로 예상된다.¹⁴⁰⁾

140) <https://www.scmp.com/news/china/politics/article/2165831/china-steps-green-energy-push-revised-renewable-target-35-2030>, 최종방문일 2018.10.23.

〈표 4-2〉 재생에너지 13·5 계획상 개발 및 이용 관련 주요 목표(2020년)

구분	규모		연간 생산량		만TCE
	수량	단위	수량	단위	
I. 발전	67,500	만kW	19,045	TWh	56,188
1. 수력 (양수제외)	34,000		12,500		36,875
2. 그리드	21,000		4,200		12,390
3. 태양광	10,500		1,245		3,673
4. 태양열	500		200		590
5. 바이오매스	1,500		900		2,660
II. 바이오가스			80	억m2	960
III. 난방					15,100
1. 태양열	80,000	만m2			9,600
2. 지열	160,000	만m2			4,000
3. 바이오매스		만ton			1,500
IV. 바이오연료					680
1. 에탄올	400	만ton			380
2. 바이오디젤	200	만ton			300
신재생					72,928
상품화 신재생					57,828

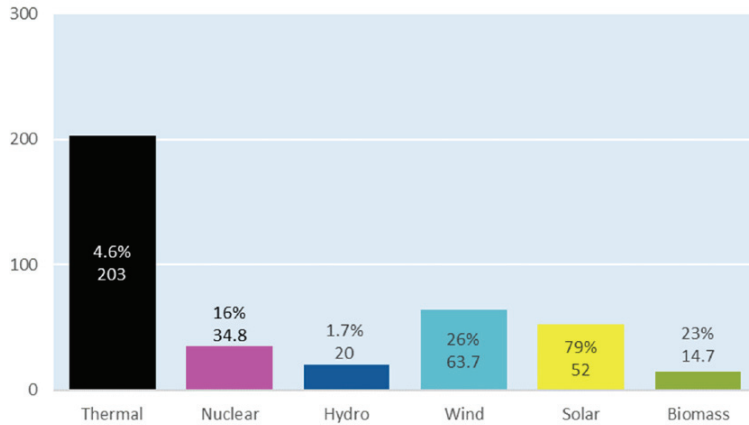
자료: NDRC(2016), 재생에너지 13·5 계획(可再生能源發展“十三五”規劃), p.9~10, 조상민·정성삼(2017) 재인용, p.56.

주: 상품화 신재생에너지는 발전, 바이오가스, 바이오연료 3가지만 포함.

중국에서 재생에너지는 크게 확대되어 2017년에는 2016년 대비 풍력 발전량 26%, 태양광 79%가 증가하는 실적을 거두고 있으며([그림 4-1]), 태양광과 풍력 발전설비용량과 발전량은 매년 큰 폭으로 증가하고 있다 [그림 4-2].

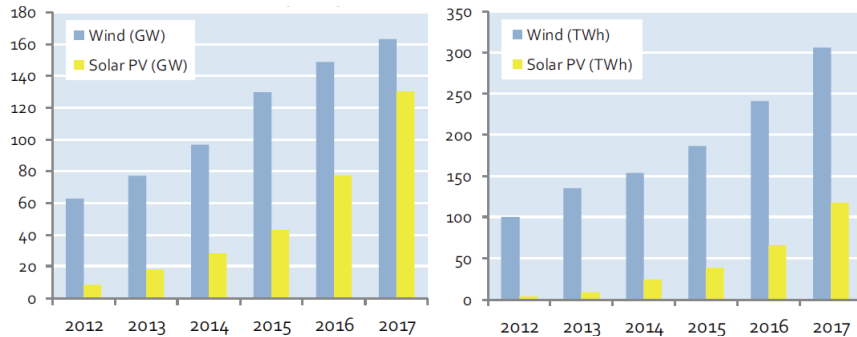
[그림 4-1] 2017년 중국 주요 원별 발전량 증가분 및 증가율(2016년 대비)

(단위: TWh, %)



자료: GIZ-CNREC(2018), China Energy Policy Newsletter, p.2.

[그림 4-2] 2017년 중국의 태양광과 풍력의 설비용량 및 발전량



자료: GIZ-CNREC(2018), China Energy Policy Newsletter, p.2.

나. 주요 정책 변화

1) 경매제도

중국은 2006년 재생에너지법(可再生能源法) 제19조에서 입찰을 고정 가격으로 지원하는 경매의 법적 기반을 마련하고 지원제도 중 가장 먼저 도입하였다. 하지만 그동안 경매는 주된 보급정책으로 활용되지 않았고 부정기적으로 시행되었는데, 이는 구체적인 실행 방안의 결여 및 경매를 진행하는 주체가 양분화되었기 때문이었다.¹⁴¹⁾ 이에 중국은 2016년 태양광에 경매를 적용하는 정책을 발표하였고, 규모와 절차, 할당, 요구사항, 관리와 감독에 관한 사항을 명확하게 밝혔다.¹⁴²⁾ 또한, 경매제도 정비를 통해 주된 보급수단인 고정전력요금제(FiT)의 기준가격 설정에 활용하고 있다.¹⁴³⁾

중국은 2015년부터 태양광 탑-러너(Top-runner) 프로그램¹⁴⁴⁾을 시행하여 연도별 보급목표와 효율기준을 제시하였다(<표 4-3>).

〈표 4-3〉 중국 태양광 탑-러너 프로그램 보급 규모 및 효율 기준

			2015년	2016년	2017년
보급 규모			1GW	5.5GW	8~10GW
효율	다결정	1등급	17.5%	17.5%	17%
		2등급	16.5%	16.5%	
	단결정	1등급	18%	18%	18%
		2등급	17%	17%	

자료: <https://www.solarquotes.com.au/blog/chinas-top-runner-program/>,
최종방문일 2018.10.23.

141) 조상민·정성삼, 2017, 국제 신재생에너지 정책변화 및 시장분석, p.58.

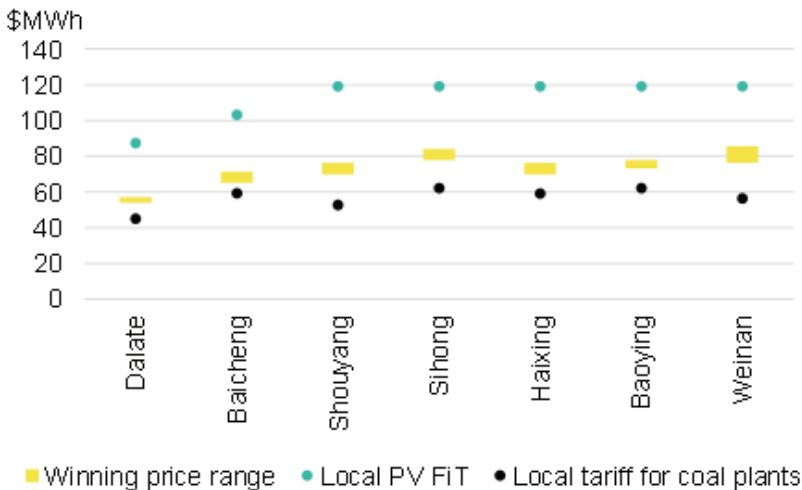
142) http://zfxgk.nea.gov.cn/auto87/201601/t20160114_2096.htm, 최종방문일 2018.10.23.

143) 조상민·정성삼, 2017, 국제 신재생에너지 정책변화 및 시장분석, p.58.

144) 탑-러너 프로그램은 제품과 제조사의 에너지효율 향상을 위해 도입된 프로그램.

태양광 탑-러너 프로그램에서 2018년 3월 시행한 3.5GW에 대한 경매 결과는 여러 가지 의미 있는 주목할 지점이 있다. 먼저 단결정 제품이 3GW 낙찰된 것이다.¹⁴⁵⁾ 효율 향상을 도모하는 프로그램 특성상 다결정 패널보다는 효율이 높은 단결정 물량이 많은 것이 자연스러워 보일 수 있다. 하지만 단결정과 다결정의 효율 기준은 각각 18%와 17%로 이를 만족하는 제품 중 낮은 가격에 공급할 수 있는 사업자가 물량을 확보하는 구조이다. 따라서 단결정 제품이 많이 낙찰받은 것은 단결정 제품이 가격경쟁력을 확보하였다는 점에서 의미가 있다.¹⁴⁶⁾ 다음으로 탑-러너 경매 결과의 낙찰가를 주목하여 볼 필요가 있다([그림 4-3]).

[그림 4-3] 2018년 중국 탑-러너 경매 결과



자료: BNEF(2018), Chian Solar Costs Get Closer to Coal in Auction, p.1.

145) BNEF, 2018, China Solar Costs Get Closer to Coal in Auction, p.1.

146) 단결정 제품의 시장 점유율은 2020년 이후 다결정 제품을 넘어설 것으로 전망. 참고: 제3장 3. 가격 및 기술 동향 나. 모듈, 터빈 가격과 기술 동향.

탐-러너 경매에서 낙찰가는 모든 지역에서 태양광 FiT 수준보다는 낮고 석탄발전소 도매가격보다는 조금 높은 수준으로 나타났다. 해당 경매에서 가장 낮은 입찰가는 국가전력투자집단유한공사(国家电力投资集团有限公司)가 제시한 340위안(약 \$54)/MWh이었다. 중국은 FiT 기준가격과 석탄발전소 도매가격의 차이를 보조하는데, 탐-러너 경매 결과는 이러한 보조금의 수준을 현격하게 줄일 수 있다는 것을 보여준다.¹⁴⁷⁾

2) 고정전력요금제(FiT)

FiT 제도는 중국의 대표적인 재생에너지 지원 정책으로 중국의 태양광 및 풍력의 급격한 보급에 가장 기여한 정책으로 평가된다. FiT 제도의 핵심인 재생에너지발전투자금(可再生能源发展专项资金, 이하 투자금)은 재생에너지법 24조를 근거로 조성되어 5가지 분야를 지원하고 있다.¹⁴⁸⁾ FiT 제도에서 재생에너지 발전사업자는 지역에 따라 정해진 자원구별로 FiT 지원수준이 정해지면, 각 지역의 석탄발전 도매요금의 차액을 투자금을 통해 보조를 받게 된다.

중국은 재생에너지 보급이 확대됨에 따라 보조금의 규모가 증가하자 2016년 보조금을 인상하여 보조를 유지했으나 이후 정책 기조가 변화하여 FiT 기준가격을 인하하여 보조금 규모를 줄이기 시작하였다.¹⁴⁹⁾ 이러한 FiT 보조금 삭감 기조는 지속되어 2018년 1월 1일부로 태양광의 FiT 기준가격을 0.1위안/kWh 인하하고,¹⁵⁰⁾ 육상 풍력의 FiT 기준가격도 0.03~0.07위안/kWh 인하하였다.¹⁵¹⁾

147) 이는 중국의 5월 31일 태양광 FiT 기준가격 삭감에 영향을 주었을 것으로 추정 (저자 추정).

148) http://zfxgk.nea.gov.cn/auto87/201601/t20160114_2096.htm, 최종방문일 2018.10.23.

149) 조상민·정성삼, 2017, 국제 신재생에너지 정책변화 및 시장분석, p.59

150) <http://www.ekn.kr/news/article.html?no=320583>, 최종방문일 2018.10.9.

중국은 2018년 5월 31일 태양광의 FiT 기준가격을 0.05위안/kWh 추가로 인하하여 즉시 적용하고, 국가보조금이 필요한 태양광발전소 건설을 승인 없이 추진하는 것을 금지하였다.¹⁵²⁾ 반면 국가보조금 없이 지방정부가 태양광 건설을 추진하는 것은 독려하였고, 시장의 가격 메커니즘을 활용하여 결정된 가격이 FiT 기준가격보다 높게 결정되는 것을 금지하였다.

〈표 4-4〉 태양광 및 풍력 FiT 지급 기준

(단위: 위안/kWh)

자원구 별	~2017.12.31		2018.1.1		2018.5.31
	태양광 ¹⁾	육상풍력 ³⁾	태양광 ¹⁾	육상풍력 ²⁾	태양광 ⁴⁾
I 자원구	0.65	0.47	0.55	0.40	0.50
II 자원구	0.75	0.50	0.65	0.45	0.60
III 자원구	0.85	0.54	0.75	0.49	0.70
IV 자원구	-	0.60	-	0.57	-

자료: 1) 2018年全國光伏發電上網電價表.

2) 全國陸上風力發電標杆上網電價表.

3) 에너지경제(2017.10.29), “중국, 2022년까지 풍력시장 보조금 폐지한다”
(<http://www.ekn.kr/news/article.html?no=320583>, 최종방문일 2018.10.9.)

4) http://www.ndrc.gov.cn/zcfb/zcfbtz/201806/t20180601_888637.html,
최종방문일 2018.10.23.

주: 중국은 태양광, 육상풍력 FiT와 관련해 지역을 자원구로 구분하고 있음.

3) 신재생에너지 발전전력 전액매수

중국은 재생에너지법 제14조에 재생에너지 발전전력에 대한 전액매수 (이하 전액매수) 조항이 있으나 실현되지 않아 기풍(棄風), 기광(棄光), 기수(棄水)로 불리고 있다. 이러한 원인으로 계통망 건설 지연, 화력발전

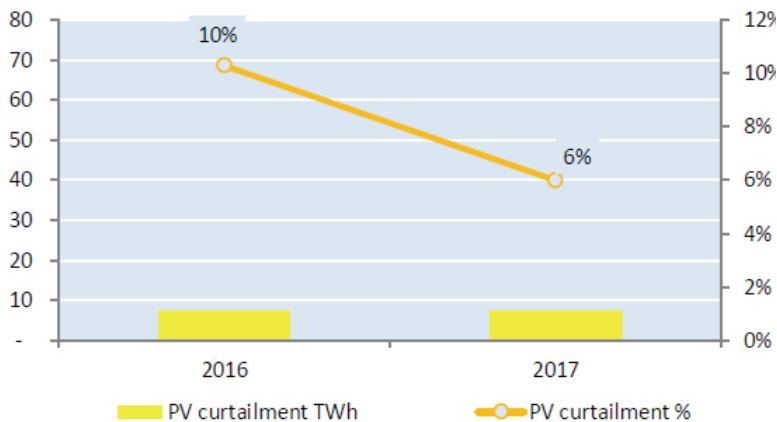
151) http://www.ndrc.gov.cn/zcfb/zcfbtz/201612/t20161228_833049.html,
최종방문일 2018.10.23.

152) http://www.ndrc.gov.cn/zcfb/zcfbtz/201806/t20180601_888637.html, 최종방문일 2018.10.23.

중심의 기저 부하 구조, 재생에너지 보급 확대에 따른 계통의 불안정성 증대 등이 지적되었다.¹⁵³⁾ 이를 해결하기 위해 중국 정부는 2016년 3월 재생에너지 발전전력 전액매수 관리방법(可再生能源发电全额保障性收购管理办法)을 발표하여 전력계통기업이 국가가 정한 가격으로 재생에너지 전력을 전액 구매하도록 하였다.¹⁵⁴⁾

하지만 2016년에도 태양광과 풍력 발전량 중 각각 10%와 17%가 계통에 미접속되었다. 2017년에도 태양광과 풍력 발전량 중 6%와 12%가 미접속되어 문제가 해결되지 않았지만, 전년보다는 크게 줄어 일부 효과가 있는 것으로 보인다([그림 4-4], [그림 4-5]).

[그림 4-4] 중국의 태양광 계통 미접속 발전량 비중

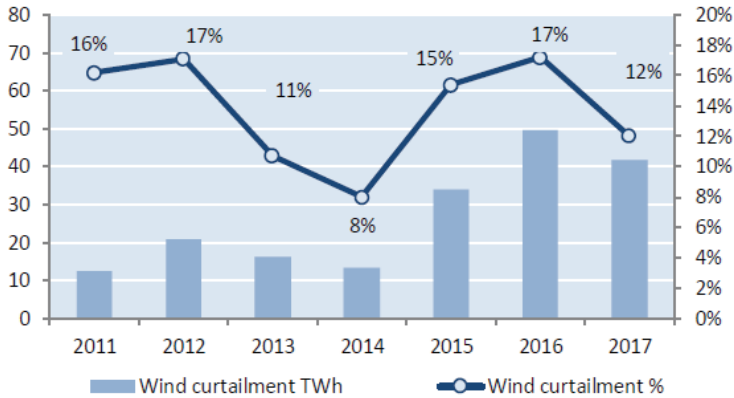


자료: GIZ-CNREC(2018), China Energy Policy Newsletter, p.2.

153) 에너지경제연구원, 2016, 세계 에너지시장 인사이트 제16-32호, 조상민·정성삼(2017), p.60 재인용.

154) “신재생에너지 발전전력 전액매수 관리방법(可再生能源发电全额保障性收购管理办法)”, 조상민·정성삼(2017), p.60 재인용.

[그림 4-5] 중국의 풍력 계통 미접속 발전량 비중



자료: GIZ-CNREC(2018), China Energy Policy Newsletter, p.2.

4) 재생에너지 의무할당제(RPS)

중국은 2005년 FiT 제도 도입 2년 뒤인 2007년 재생에너지 의무할당제(RPS)를 도입하였지만,¹⁵⁵⁾ 실질적인 시행은 이뤄지지 않았다. RPS가 시행되지 않은 것은 RPS 설계 자체가 완결성을 갖지 못했기 때문이다. 먼저 재생에너지 자원 부존 지역과 소비 지역의 지역적 괴리로 인한 발전사업자의 참여 유인 부족을 들 수 있다. 중국의 재생에너지 자원은 주로 북서부 지역을 중심으로 분포되어 있다. 반면, 전력을 많이 필요로 하는 지역은 동부 해안지역을 중심으로 분포되어 있다. 따라서 전력 다소비 지역의 발전사업자가 참여할 유인이 많이 없다. 정책적 측면에서 투자자의 확신을 주지 못하는 것도 지적되지만, 무엇보다 재생에너지 인증서를 거래하는 시스템이 갖추어지지 못한 설계상의 문제점이 있었다.¹⁵⁶⁾

중국 정부는 FiT 제도를 중심으로 재생에너지 보급이 이뤄지며 몇 가

155) Q Y Yan et al 2016 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 40 012076, p.4

156) 전계서, p.8.

지 문제를 직면하게 되었다. 먼저 예상보다 높은 수준으로 보급이 이뤄짐에 따라 보조금을 지급하는 투자금의 예산상 제약이 발생하게 되었다.¹⁵⁷⁾ 또한, 계통접속의 제약이 발생하여 전력을 판매하지 못한 재생에너지 발전사업자가 어려움에 직면하게 되었다.¹⁵⁸⁾

2016년 2월 29일 국가에너지국(NEA)은 재생에너지 개발이용 목표 인도 제도에 관한 지도의견(关于建立可再生能源开发利用目标引导制度的指导意见)을 통해 지방 정부의 2020년 전력사용량 중 수력을 불포함한 재생에너지 비중을 차등적으로 의무화하였다. 이어서 2016년 4월 22일 2020년까지 석탄화력 발전기업의 수력을 제외한 재생에너지 발전량 비중을 15%로 확대하는 조치도 발표하였다(<표 4-5>).¹⁵⁹⁾

〈표 4-5〉 지방 정부별 2020년 재생에너지 의무 비중(수력 제외)

의무비중	해당 지방 정부(자치구, 직할시)
13%	네이멍구, 랴오닝, 지린 하이룽장, 시짱, 간쑤, 닝샤, 신장
10%	베이징, 톈진, 허베이, 산시(山西), 산둥, 하이난, 윈난, 산시(陕西) 청하이
7%	장쑤, 저장, 안후이, 푸젠, 허난, 후베이, 후난, 광둥
5%	상하이, 장시, 광시, 충칭, 쓰촨, 구이저우

자료: http://zfxgk.nea.gov.cn/auto87/201603/t20160303_2205.htm,

최종방문일: 2018.10.24., 조상민·정성삼(2017), p.61 재인용.

중국 정부는 기존 RPS 제도 인증서 거래시스템 부재의 문제점을 보완하기 위해 2017년 1월 녹색전력증서 거래제도 도입을 발표하였다.¹⁶⁰⁾

157) 시장의 가격발견 기능이 부재한 상태에서 높은 FiT 기준가격을 책정하면 과도한 건설 수요가 발생하고, 보조금을 기금 또는 예산으로 지원하여 재원이 부족해지는 현상이 발생함. 우리나라도 이와 유사한 문제를 겪어 RPS 제도로 변경한 바 있음.

158) 에너지경제연구원, 2016, 세계 에너지 시장 인사이트 제16-32호, 조상민·정성삼(2017), p.61 재인용.

159) 조상민·정성삼, 2017, 국제 신재생에너지 정책변화 및 시장분석, p.61.

2017년 7월 1일부터 육상풍력 및 태양광 발전(분산형 제외)을 대상으로 발전량을 기준으로 녹색전력증서를 발급한다.¹⁶¹⁾ 녹색전력증서를 구매자가 재판매하는 것을 금지하였고, 녹색전력증서를 판매한 재생에너지 발전사업자는 국가의 보조금 혜택을 받지 못하도록 규정하였다.¹⁶²⁾ 이를 토대로 2018년부터 신재생에너지 의무할당제 및 녹색전력증서의 가입과 거래를 의무화할 계획이었다.¹⁶³⁾

2018년 3월에는 NEA는 재생에너지전력 할당 및 평가법(可再生能源电力配额及考核办法) 초안을 발표하였고, 이에 대한 의견을 수렴 중이다. 각 성(자치구·직할시)별 재생에너지 자원, 국가에너지계획, 송전로 건설 운영 조건 등을 근거로 각 성급 행정구역별 재생에너지 할당을 정하도록 규정하였고, RPS 목표를 조정하여 제시하였다(<표 4-6>).

〈표 4-6〉 지방 정부별 2020년 재생에너지 의무 비중

성(시, 구)	재생에너지 의무 할당(%)		수력 제외 재생에너지 의무 할당(%)	
	2018년	2020년	2018년	2020년
베이징	11%	13.5%	10.5%	13%
톈진	11%	13.5%	10.5%	13%
허베이	11%	13.5%	10.5%	13%
산시(山西)	14%	16%	13%	15%
네이멍구	14%	16%	13%	13%
랴오닝	10.5%	10.5%	9%	9%
지린	20%	25.5%	16.5%	20%
헤이룽장	18.5%	24.5%	15.5%	22%

160) http://www.nea.gov.cn/2017-02/06/c_136035626.htm, 최종방문일 2018.10.24.

161) 녹색전력증서 발급 및 자발적 가입 규칙 제7조에 따르면 육상풍력 및 태양광 1MWh 당 1개의 녹색전력증서를 발급함.

162) 녹색전력증서 발급 및 자발적 가입 규칙 제13조 인용.

163) 조상민·정성삼, 2017, 국제 신재생에너지 정책변화 및 시장분석, p.62.

성(시, 구)	재생에너지 의무 할당(%)		수력 제외 재생에너지 의무 할당(%)	
	2018년	2020년	2018년	2020년
상하이	30.5%	31.5%	2.5%	3.5%
장쑤	13.5%	13.5%	5.5%	6.5%
저장	17%	17.5%	5%	6%
안후이	15.5%	17.5%	11.5%	14.5%
푸젠	22.5%	23%	5%	7%
장시	23%	29.5%	6.5%	14.5%
산둥	8.5%	11%	8%	10.5%
허난	14%	18.5%	8%	13.5%
후베이	36%	36.5%	7.5%	11%
후난	50.5%	56.5%	9%	19%
광둥	29.4%	27.8%	3%	3.8%
광시	50.4%	44.1%	3%	5%
하이난	10%	11.5%	4%	5%
충칭	47%	45%	3%	3.5%
쓰촨	91%	88.5%	4.5%	4.5%
구이저우	29.2%	21.6%	4%	4.8%
윈난	80%	70%	10%	10%
시짱	59%	68.5%	13.5%	17.5%
산시(陕西)	15.5%	18.5%	8.5%	11.5%
간쑤	41%	38%	15%	15%
칭하이	58.5%	69%	21%	25.5%
닝샤	23%	23%	21%	21.5%
신장	26.5%	29.5%	14.5%	14.5%

자료: http://zfxgk.nea.gov.cn/auto87/201803/t20180323_3131.htm,
최종방문일 2018.10.23.

재생에너지전력 할당 및 평가법 초안의 내용을 자세히 살펴보면,¹⁶⁴⁾
재생에너지 발전 기술을 국가 에너지 통계 체계에 포함되는 일반 수력,

164) <http://zfxgk.nea.gov.cn/auto87/201803/P020180323411671430329.docx>, 최종방문일
2018.10.23.

풍력, 태양광, 바이오매스, 지열, 해양에너지 등으로 명시하였다. 의무할당의 주체를 성(省)급 전력망 운영사, 배전회사(사회자본투자의 대규모 배전회사 포함) 및 자가발전 발전소를 보유한 기업 등으로 규정하였다. 동일 성급 지역 내에서는 동등하게 할당지표를 적용하고, 재생에너지 전력시장 거래에 공평하게 참여하도록 규정하였다. 석탄발전소를 보유한 기업이 부담하는 할당은 해당 성의 지표보다 높게 하도록 명시하였다.

각 성급 전력망 운영사는 경영구역에서 할당을 완성하는 방안을 마련하고, 시장 주체가 재생에너지전력 거래를 우선할 수 있게 지도하도록 규정하였다. 시장 메커니즘이 재생에너지 전력 이용을 보장할 수 없을 때 각 성 정부가 승인하는 할당량을 집행하도록 하였다. 또한, 성급 지방 정부는 행정 구역 내에 자체 발전소를 소유하고 있는 공업기업에 대해 재생에너지전력량의 최소 기준을 제시하고 감독 관리에 나서야 한다. 재생에너지 계통 연계 문제를 해결하기 위해 재생에너지 전력의 우선 계통 접속을 보장하도록 명시하였다.

이번 RPS 개정 초안의 대표적인 특징은 재생에너지전력증서(이하 증서)가 규정되어 거래 메커니즘을 통한 할당을 이행이 가능해진 것이다. 증서 거래를 통해 할당을 이행할 수 있으며, 전력망 운영사는 경영구역 내 각 시장주체가 보유한 증서를 정산하도록 하였다. 할당 미이행 대상자는 해당 지역 전력망 사업자에게 대체증서를 구매하여 이행해야 하고, 전력망 운영사는 대체증서 판매를 위해 조성한 자금을 재생에너지 소비비용을 보전하는 데 사용해야 한다. 이는 기존의 녹색전력증서가 재생에너지전력증서로 대체되는 것이 아니라 별도로 존재하는 형태라는 것을 의미한다.

〈표 4-7〉 녹색전력증서, 재생에너지전력증서, 대체증서 비교

	녹색전력증서	재생에너지전력증서	대체증서
상태	존재	신규	신규
목적	자발적 시장 거래	RPS 이행 추적	RPS 목표 미이행을 충족하기 위한 수단
정부 보조금과의 관계	판매될 경우 정부 보조금 대체	관계없음	관계없음
가격	- 정부 보조금 기준가격이 상한으로 작동 - 가격이 정부 보조금 기준가격과 가깝게 형성	대체증서 가격이 상한으로 작동	성급 전력망 운영사가 매년 사전에 설정하고 NEA가 승인
기업 구매자의 매력도	비용이 많이 들고 재생에너지 자산과 연결되어 있지 않아 낮음	시장기반 가격 메커니즘으로 높을 것으로 전망	강제 메커니즘 역할을 하여 낮음

자료: <https://www.rmi.org/chinas-move-away-from-voluntary-green-certificates-implications-for-corporate-renewable-procurement/>, 최종방문일 2018.10.23.

의무 할당 미이행에 대한 불이익은 주체에 따라 상이하다. 먼저 성급 행정구역에 대해서는 해당 지역 화석발전 건설의 중지 또는 규모 축소, 해당 지역의 실증사업 지원 자격이 취소된다. 더불어 국가가 실시하는 에너지 시범구역에서 제외 및 신규 에너지사업의 승인배제 등의 불이익이 주어진다. 의무 미이행 시장 주체는 차년도 전력시장 거래량 감축 또는 참여자격 취소의 불이익이 주어진다. 또한, 의무 불이행 또는 규정 위반 기업은 신용불량 기록에 포함하여 종합적인 제재를 가한다.

5) 재생에너지 수송부문 및 난방부문 확대

중국은 재생에너지 13·5 계획에서 목표를 제시한 바이오연료, 난방 부문의 목표를 달성하기 위해 관련 정책을 마련하여 발표하였다. 2017년 9월에는 2020년까지 전국적으로 차량용으로 바이오에탄올을 혼합한 바이오연료를 보급하겠다는 계획을 발표하였다.¹⁶⁵⁾ 대기오염이 심각한 지역을 중심으로 우선 보급하며, 이를 전국적으로 점차 확대하는 내용을 담고 있다.¹⁶⁶⁾

재생에너지의 난방부문은 크게 바이오매스와 천부지열 이용 확대와 관련한 정책이 발표되었다. 2017년 12월 ‘북부지역 동절기 난방용 청정 에너지 공급계획(2017~2021)’을 발표하여, 북부의 석탄 중심의 난방을 청정에너지로 대체한다고 밝혔다.¹⁶⁷⁾ NEA는 2018년 1월 중소도시 및 농촌을 대상으로 바이오매스 열병합발전을 활용한 난방공급 시범 프로젝트를 추진한다는 계획을 발표하였다.¹⁶⁸⁾ 바이오매스뿐만 아니라 난방 열원으로 천층 지열(천부 지열)을 확대하여, 향후 3년간 약 1천억 위안이 투자될 전망이다.¹⁶⁹⁾

이러한 전력부문 외에 수송부문과 난방부문에서의 재생에너지 이용 확대는 환경정책 측면에서도 의미가 있다. 석탄 중심의 난방과 수송부문은 중국의 미세먼지 배출의 주요 요인으로 손꼽혀 왔다. 이러한 난방과 수송 부문에 재생에너지 이용을 확대하여 미세먼지를 줄임으로써 대기환경을 개선하려는 조치로 볼 수 있다.

165) 에너지경제연구원, 2018, 세계 에너지시장 인사이트 제18-1호.

166) 전게서.

167) 전게서.

168) 에너지경제연구원, 2018, 세계 에너지시장 인사이트 제18-8호.

169) 에너지경제연구원, 2018, 세계 에너지시장 인사이트 제18-9호.

2. 일본 정책 동향

가. 제5차 에너지기본계획 수립¹⁷⁰⁾

2018년 7월 일본 정부는 에너지정책의 핵심인 제5차 에너지기본계획(이하 에기본)을 확정하였다. 일본 에기본의 목표는 안정적, 지속적, 자립적인 에너지 공급을 통해 일본 경제사회의 발전과 국민 생활의 향상, 세계의 지속가능한 발전에 기여하는 것이다. 또한, 안정적이며 경제적 부담이 적고 환경과 함께하는 에너지 수급 구조를 실현하기 위해 3E+S를 발전시킨 복합 3E+S 원칙을 제시하였다.¹⁷¹⁾

5차 에기본에서는 2030년의 목표와 수단, 2050년 목표와 기본 방향을 제시하였다. 먼저 2030년 온실가스 감축 목표를 2013년 대비 26% 감축으로 제시하였다. 이를 위해 발전량 기준 전원 믹스를 신재생에너지 22~24%, 석유 3%, 가스 27%, 원자력 20~22%로 제시하였다. 2030년 주요 수단으로 재생에너지, 원자력, 화석연료, 에너지절약, 수소/축전/분산형 에너지를 제시하고 목표를 제시하였다. 재생에너지는 주력 전원화하겠다고 명시적으로 밝혔으며, 이를 위해 저비용화 및 계통제약 극복을 하겠다는 것을 목표로 밝혔다. 원자력은 가능한 수준으로 의존도를 줄이고, 지속적으로 안전을 개선하여 재가동한다고 하였다. 화석연료는 자주 개발을 촉진하고 고효율 화력발전을 활용하겠다는 입장이다. 에너지절약은 지속해서 추진하며, 에너지절약과 지원수단의 통합적 실행을 추진하며, 수소·축전·분산형 에너지를 추진한다고 밝혔다.

170) http://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/180703.pdf, 최종방문일 2018.10.24.

171) 3E+S는 안전(Safety), 에너지 안보(Energy Security), 환경(Environment), 경제적 효율성(Economic Efficiency)으로 일본 제4차 에기본에서 제시됨.

2050년의 경우 온실가스를 2013년 대비 80% 감축하겠다는 목표를 제시하였다. 이를 위한 기본 방향은 재생에너지, 원자력, 화석연료, 열·수송·분산형 에너지에 대해 밝혔다. 먼저 신재생에너지를 주력 전원공급 수단으로 확대하고, 원자력은 탈탄소화의 선택 사항으로 활용하겠다고 하였다. 화석연료 부분은 석탄발전을 가스발전으로 대체하고, 수소개발을 착수한다는 입장이다. 열·수송·분산형 에너지 측면에서 수소 저장을 통해 탈탄소화를 추진하고 분산형 에너지 시스템과 지역 개발을 함께 추진한다고 밝혔다.

〈표 4-8〉 일본 5차 에기본 주요 목표지표

목표지표	2013년	2030년	2050년
CO ₂ 배출량	12.4억 톤	9.3억 톤 (26% 삭감)	2.4억 톤 (80% 삭감)
전력비용 (연료비+FTT비용)	9.8조 엔 (연료비 9.2조 엔, FIT비용 0.6조 엔)	9.2~9.5조 엔 (연료비 5.3조 엔, FIT비용 3.7~4조 엔)	미정
에너지자급율 (1차에너지 비중)	6%	24%	미정
신재생전원 비중	11%	22~24%	미정
원자력전원 비중	1%	20~22%	미정
에너지절약량 (원유환산 최종에너지 소비)	3.6억 kl	3.3억 kl	미정

자료: 이수철, 2018, 후쿠시마원전 사고후 일본의 에너지전환의 성과와 시사점, 에너지경제연구원 세미나자료.

일본 5차 에기본에서 주목할 것은 신재생에너지를 2050년까지 주력 전원공급 수단으로 활용한다는 것을 제시했다는 것이다. 비록 기존 원전과 신재생의 전원구성 변화는 없지만, 원자력은 탈탄소의 수단으로 활용

한다는 수준으로 제시하여 여전히 주요 전원으로 활용하겠다는 의지를 보여주기 때문이다.

나. FiT 기준가격 개정 및 경매 시행

일본은 FiT 기준가격 인하 및 경매를 통하여 태양광 시장의 가격 경쟁력 강화를 위해 노력하고 있다. 2017년 처음 태양광 발전설비에 경매를 도입한 이후 2018년까지 9월까지 경매가 2회 진행되었다. 2018년 안에 3차 경매가 진행될 계획이다.¹⁷²⁾

일본은 매년 FiT 기준가격을 개정하여 고시하며, 점차 FiT 기준가격을 인하하는 추세이다. 일본 경제산업성 내의 조달가격산정위원회가 발표한 2018년 이후 조달가격 등에 대한 의견에서 주요 목표가 제시되어 있다. 태양광발전은 FiT 지원을 받지 않는 가격으로 인하한다는 목표를 명시하였다. 비주택용 태양광발전은 2020년까지 14엔/kWh, 2030년까지 7엔/kWh로, 주택용 태양광발전은 2019년 가정용 전기요금 수준, 2020년 이후 전력시장 가격 수준으로 인하한다는 목표이다.¹⁷³⁾ 20kW 이상 육상 풍력도 2030년까지 8~9엔/kWh로 낮추는 것을 목표로 하고, 20kW 미만 육상풍력과 해상풍력은 정량적 목표를 정하지 않고 FiT로 보조받지 않는 수준을 목표로 제시하였다.¹⁷⁴⁾

먼저 비주택용(10kW 이상) 태양광발전의 FiT 기준가격은 2017년에 3엔/kWh 삭감된 21엔/kWh로 결정되었는데, 2018년에도 3엔/kWh 삭감된 18엔/kWh로 적용되었다(<표 4-9>). 2016년 24엔/kWh에서 2년 사이 6엔

172) 본 보고서의 제5장 3.경매의 확산 및 독일과 일본의 경매 결과 나. 독일과 일본의 경매 결과 2) 일본 참조.

173) http://www.meti.go.jp/report/whitepaper/data/pdf/20180207001_1.pdf, p.4 최종방문일 2018.10.25.

174) 전계서, p.16.

/kWh가 삭감된 것으로, 추후 조달가격산정위원회의 목표대로 FiT가 개정되면 2020년에는 14엔/kWh로 하락하여 4년 사이 약 42%가 하락하게 될 예정이다.

〈표 4-9〉 일본 비주택용 태양광발전 FiT 기준가격 (엔/kWh)

전원	규모	2017년	2018년
태양광	10~2,000kW	21	18

자료: <http://www.meti.go.jp/press/2017/03/20180323006/20180323006.html>, 최종방문일 2018.10.24.

주택용 태양광 발전(10kW 미만)에 대한 잉여 전력¹⁷⁵⁾ 구매 기준가격은 25~28엔/kWh로 발표되었다(<표 4-10>). 2017년 FiT 기준가격을 발표하며, 2019년 가격을 소매 전력요금 수준으로 발표하였으나, 이번에는 2020년 기준가격은 제시하지 않았다.

〈표 4-10〉 일본 주택용 태양광 발전 FiT 기준가격 (엔/kWh)

전원	규모	2017년	2018년	2019년	2020년
태양광 (PCC* 의무 없음)	10kW 미만	28	26	26	-
태양광 (PCC* 의무 있음)		30	28	28	-
태양광+더블발전 (PCC* 의무 없음)		25	25	25	-
태양광+더블발전 (PCC* 의무 있음)		27	27	27	-

자료: <http://www.meti.go.jp/press/2017/03/20180323006/20180323006.html>, 최종방문일 2018.10.24.

주: PCC(출력제어 대응기기) : 과도한 양의 전력판매를 일시 중단하기 위해서 태양광 발전 설비에 부착하는 시스템.

175) 주택용 태양광에 대해서는 잉여 전력에 대해서만 기준가격으로 구매함.

세계에서 가장 높은 수준의 태양광 LCOE를 기록하는 일본에서 2019년 태양광발전단가와 소매가격도 같아지는 소켓패리티(Socket Parity), 2020년 전력시장 가격 수준을 목표로 제시하고 있다. 우리나라보다 전력요금이 높은 일본이지만 이러한 목표를 설정한 것은 태양광이 기술발전과 비용하락에 힘입어 빠르게 가격이 하락하고 있고, 제도의 비효율성을 개선하면 경쟁력을 확보할 수 있음을 보여준다.

2018년 FiT 기준가격 고시에서 비주택용과 주택용 태양광을 제외한 대부분 신재생에너지원의 2020년까지의 FiT 기준가격이 제시되었다. 이는 작년과 같이 FiT 기준가격을 시장에 미리 알려 발전사업자의 비용하락을 유도하고, 시장의 예측 가능성을 높여 투자를 촉진하기 위한 것으로 보인다.¹⁷⁶⁾

일본은 2017년까지 육상풍력은 20kW를 기준으로 용량에 따라 기준가격을 달리하였으나, 2018년부터는 육상풍력의 규모에 따른 구분을 폐지하였다. 반면 해상풍력은 애초부터 용량 구분은 하지 않고 고정식과 부유식으로 구분하여 기준가격을 고시하고 있다.(<표 4-11>).

〈표 4-11〉 일본 풍력 발전 FiT 기준가격 (엔/kWh)

전원	규모	2017년	2018년	2019년	2020년
육상풍력	20kW 미만	55	20	19	18
	20kW 이상	22(4~9월), 21(10월~)			
육상풍력 (계약갱신)*	20kW 이상	18	17	16	16
해상풍력 (고정식)	전체	36	36	36	-
해상풍력 (부유식)	전체	36	36	36	36

* 기존에 FiT의 적용을 받고 있는 설비가 2016년 개정 FiT의 적용을 받는 경우
 자료: <http://www.meti.go.jp/press/2017/03/20180323006/20180323006.html>, 최종방문일 2018.10.24.

176) 조상민·정성삼, 2017, 국제 신재생에너지 정책변화 및 시장분석, p.42.

20kW 이상의 육상풍력은 2020년까지 꾸준히 FiT 기준가격을 인하하고 있다. 20kW 미만의 육상풍력도 동일한 기준으로 적용되기 때문에 FiT 기준가격의 감소폭이 더 크며, 여기서 육상풍력을 20kW 이상 규모 위주로 보급하겠다는 정책적 의지를 살펴볼 수 있다. 육상풍력 중 기존 FiT 계약을 갱신할 경우 신규 설비보다 낮은 기준가격이 적용되고 2019년까지는 꾸준히 매년 1엔/kWh가 떨어질 예정이다.

해상풍력은 2016년 고시에서 20kW 이상을 대상으로 36엔/kWh의 기준가격을 적용하였고,¹⁷⁷⁾ 2017년에는 해상풍력의 기준가격을 2019년까지 동일하게 적용한다고 발표하였다.¹⁷⁸⁾ 2018년 고시에서 해상풍력을 고정식과 부유식으로 구분하며 현재 기준가격을 고정식은 2019년까지 적용하고 부유식은 2020년까지 적용한다고 발표하였다.¹⁷⁹⁾

지열, 수력, 바이오매스의 FiT 기준가격을 살펴보면, 2017년 기준가격은 2016년과 비교하여 5MW 이상 수력은 24엔/kWh에서 20엔/kWh로 하락했지만, 5MW 미만 수력은 24엔/kWh에서 27엔/kWh로 상향되었다.¹⁸⁰⁾ 그러나 2018년 발표한 고시에서는 2020년까지 2017년 기준가격이 유지되는 것으로 나타났다(<표 4-12>). 이는 2012년 FiT 재개 이후 태양광 중심으로 보급되는 현상을 기준가격 조정을 통해 완화하고, 다른 에너지원의 활용을 확대하여 신재생에너지 믹스의 다양성을 확보하기 위한 것으로 분석된다.¹⁸¹⁾

177) <http://www.meti.go.jp/press/2015/03/20160318003/20160318003.html>, 최종방문일 2018.10.25.

178) <http://www.meti.go.jp/press/2016/03/20170314005/20170314005.html>, 최종방문일 2018.10.25.

179) <http://www.meti.go.jp/press/2017/03/20180323006/20180323006.html>, 최종방문일 2018.10.24.

180) 조상민·정성삼, 2017, 국제 신재생에너지 정책변화 및 시장분석, p.44.

181) 전게서, p.45.

〈표 4-12〉 일본 지열, 수력, 바이오매스 FIT 기준가격 (엔/kWh)

전원	규모	2017년	2018년	2019년	2020년
지열	15,000kW 이상	26	26	26	26
지열	15,000kW 미만	40	40	40	40
지열 (계약 갱신)	15,000kW 이상	20	20	20	20
지열 (계약 갱신)	15,000kW 미만	30	30	30	30
지열 (계약 갱신, 지하 설비)	15,000kW 이상	12	12	12	12
지열 (계약 갱신, 지하 설비)	15,000kW 미만	19	19	19	19
수력	5,000~30,000kW	20	20	20	20
수력	1,000~5,000kW	27	27	27	27
수력	200~1,000kW	29	29	29	29
수력	200kW 미만	34	34	34	34
수력 (기존도수로 활용)	5,000~30,000kW	12	12	12	12
수력 (기존도수로 활용)	1,000~5,000kW	15	15	15	15
수력 (기존도수로 활용)	200~1,000kW	21	21	21	21
수력 (기존도수로 활용)	200kW 미만	25	25	25	25
바이오매스(일반목질)	10,000kW 미만	24	24	-	-
바이오매스(미이용재)	2,000kW 이상	32	32	32	32
바이오매스(미이용재)	2,000kW 미만	40	40	40	40
바이오매스 (건설자재 폐기물)	전체	13	13	13	13
바이오매스 (일반 폐기물, 기타)	전체	17	17	17	17
바이오매스 (메탄 발효 바이오가스)	전체	39	39	39	39

자료: <http://www.meti.go.jp/press/2017/03/20180323006/20180323006.html>, 최종방문일 2018.10.24.

다. 해상풍력 보급 촉진 정책 도입

일본 정부는 2018년 3월 ‘해양재생에너지발전설비 정비 관련 해역 이용 촉진 법률안’을 각의 결정하였다.¹⁸²⁾ 이 법률안은 2030년 약 10,000MW 규모로 설정된 풍력발전 보급 목표 달성을 위한 조치로 일반해역 내에 해상풍력 도입을 원활하게 하는 내용을 담고 있다. 이는 유럽의 중앙개발방식이 해상풍력 보급에 효과적인 사실에 착안하여 마련되었고,¹⁸³⁾ 입지 지역 및 관련 당사자의 이해를 반영하여 추진할 예정이다. 해상풍력 촉진구역은 총 5개가 2030년까지 지정될 예정이며, [그림 4-6]과 같은 절차로 해상풍력 점용 인가가 시행된다.¹⁸⁴⁾

먼저 정부가 기본방침을 수립하면, 경제산업성 장관과 국토교통성 장관이 농림수산업성 장관, 환경성 장관 등과 협의한다. 이후 관계자를 구성원으로 하는 협의회 등의 의견을 청취한 후 촉진구역을 지정하고 공모 점용지침을 수립한다. 이후 사업자는 경제산업성 장관과 국토교통성 장관에게 공모 점용계획을 제출한다. 경제산업성 장관과 국토교통성 장관은 발전사업의 내용, 공급 가격 등에 의해 가장 적합한 공모 점용 계획제출자를 선정하고, 해당 공모 점용 계획을 인가한다. 사업자는 공모점용 계획의 내용에 따라 FiT 인가를 신청하고 경제산업성은 FiT법에 따라 인가한다. 경제산업성의 FiT 인가를 받은 사업자는 인가를 받은 공모 점용 계획에 의거하여 국토교통성 장관에게 허가를 신청하고, 국토교통성 장관은 30년을 넘지 않는 범위 내에서 점용을 허가한다.¹⁸⁵⁾

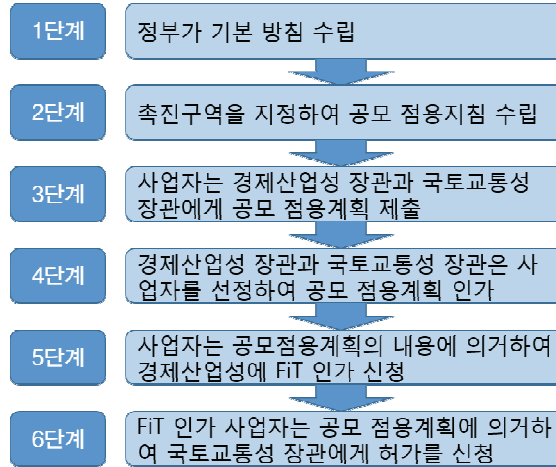
182) <http://www.meti.go.jp/press/2017/03/20180309002/20180309002.html>, 최종방문일 2018.10.28.

183) 에너지경제연구원, 2018, 세계 에너지시장 인사이트 제18-5호.

184) <http://www.meti.go.jp/press/2017/03/20180309002/20180309002-1.pdf>, 최종방문일 2018.10.28.

185) <http://www.meti.go.jp/press/2017/03/20180309002/20180309002.html>, 최종방문일 2018.10.28.

[그림 4-6] 일본 해상풍력 점용 인가 절차



자료: <http://www.meti.go.jp/press/2017/03/20180309002/20180309002.html>, 최종방문일 2018.10.28.

기존에는 일반해역에 대해서는 장기점용을 실현하기 위한 통일적 방법과 해운이나 어업 등으로 해역을 이용하는 지역 선행이용자와의 조정
에 관련된 틀이 존재하지 않았다. 기존 점용 허가는 통상 3~5년의 단기로 중장기적인 사업의 예측 가능성이 낮고 자금조달이 어려웠다.¹⁸⁶⁾ 이번 법률로 사업자는 최대 30년까지 점용할 수 있게 되어 사업의 안정성 확보와 그에 따른 자금조달 문제가 개선될 전망이다.

라. 전력 시장 자유화 및 유연성 확보

일본은 각 지역의 대표 전력 회사(이하 일반전기사업자)가 발전·송전·배전 부문을 독점하는 지역 독점 형태를 유지하고 있었고, 소비자의 선택

186) <http://www.meti.go.jp/press/2017/03/20180309002/20180309002-2.pdf>, 최종방문일 2018.10.28.

택권이 제한적인 형태로 운영되었다.¹⁸⁷⁾ 이러한 전력시장은 수차례 개혁을 통해 점차 자유화되었고 2016년 4월 5차 개혁을 통해 소매부문의 전면 자유화가 이루어졌다.¹⁸⁸⁾

이러한 전력 시장 자유화는 2020년까지 송·배전부문 법적 분리를 통해 완성될 전망이다.¹⁸⁹⁾ 송·배전부문을 별도 회사화(법적 분리)하여 전력 소매시장에 신규로 진입하는 사업자들도 공평하게 이용할 수 있도록 독립성을 높이는 것이다.¹⁹⁰⁾ 이러한 방안 중 하나로 제시된 것이 전력 탁송(송전)요금 부과 대상 확대 방안이다. 현재 탁송요금은 전기소매사업자만 부담하고 있으나 이를 발전사업자도 부담하도록 부과 대상을 확대하는 대신 계통접속 시 초기비용을 경감시켜준다.¹⁹¹⁾ 이러한 탁송요금 부과 대상 확대가 시행되면, 재생에너지 발전사업자를 비롯한 발전사업자의 부담은 일시적으로 늘어나지만, 탁송요금 부담분을 전기요금에 부과할 수 있게 된다. 따라서 이러한 조치는 궁극적으로는 발전사업자의 부담을 경감해 주는 효과가 있다고 할 수 있다.¹⁹²⁾ 광역기관은 발전사업자 신청을 통해 계통 연계 희망자를 모집한다. 입찰액이 높은 순으로 계통 연계 순위를 매겨 연계증가 후 연계 가능용량을 만족할 때까지 낙찰할 수 있도록 하고, 낙찰 우선 계통연계 희망자는 낙찰한 입찰액에 따라 대응 공사비를 부담한다.

187) 조상민·정성삼, 2017, 국제 신재생에너지 정책변화 및 시장분석, p.47.

188) 전계서, p.48.

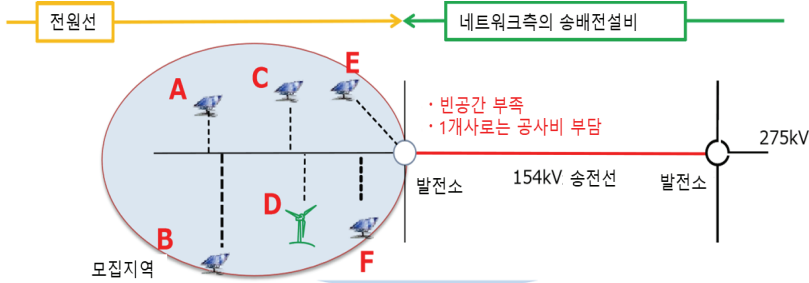
189) 에너지경제연구원, 2018, 세계 에너지시장 인사이트 제18-15호.

190) 전계서.

191) 전계서.

192) 전계서.

[그림 4-7] 전원 접속 모집 규칙



자료: 자원에너지청(資源エネルギー廳), 계통제약을 피하는 대응에 대해(系統制約の克服に向けた対応について)(2018.2.22.) p 34

한편, 일본은 전력계통의 유연성 확보를 위해 전국 단위의 수급조정시장을 2020년까지 마련한다는 계획을 발표하였다.¹⁹³⁾ 기존 일반전기사업자가 주파수 및 수급 조정을 위해 개별적으로 시행하던 조정 전력 조달을 2020년까지 수급조정시장(실시간 시장)을 개설하여 전국적인 단위로 확대한다는 것이다. 전국 규모의 효율적인 수급 조정은 발전량 변동 폭이 큰 태양광 및 풍력발전 등 재생에너지사업 확대에도 기여할 것으로 기대하고 있다.¹⁹⁴⁾ 전력계통접속방식은 기존 선착순에서 계통을 최대한 활용하는 일본판 ‘Connect and Manage’로 변경하는 것이 검토되고 있다.¹⁹⁵⁾¹⁹⁶⁾

193) 에너지경제연구원, 2018, 세계 에너지시장 인사이트 제18-2호.

194) 전게서.

195) 에너지경제연구원, 2018, 세계 에너지시장 인사이트 제18-4호.

196) 일본판 ‘Connect and Manage’는 제4장에서 자세히 살펴볼 것임.

3. 미국 정책 동향

가. 생산세액공제와 투자세액공제

미국은 연방정부의 재생에너지 정책과 주·시정부의 재생에너지 정책이 별도로 시행된다. 미국 연방정부 차원의 재생에너지 정책 중 대표적인 것이 생산세액공제(Production Tax Credit, PTC)와 투자세액공제(Investment Tax Credit, ITC)이다.

PTC는 신재생에너지로부터 생산된 전력을 판매할 때 발생하는 세금 일부를 공제하는 제도로 대상 기술은 지열, 태양열, 태양광, 바이오매스, 수력, 도시고형폐기물, 매립지가스(LFG), 조력, 파력, 해수온도차 등이다. 기술별로 차등 적용되어 2018년 1월 1일 이전 건설이 시작된 경우, 풍력, 지열, 폐쇄루프 바이오패스, ITC를 요구하지 않는 태양시스템은 \$0.023/kWh, 다른 기술은 \$0.023/kWh의 생산세액공제가 적용된다(<표 4-13>).

〈표 4-13〉 PTC 대상 신재생에너지원 및 세액공제액

신재생에너지원	착공 시한별 세액공제액(USD/kWh)			
	~'16.12.31	~'17.12.31	~'18.12.31	~'19.12.31
풍력	0.023	0.019 (20% 인하)	40% 인하	60% 인하
바이오매스(폐쇄루프), 지열	0.023	0.023	-	-
바이오매스(개방루프), 고형도시폐기물, 수력, 해양	0.012	0.012	-	-

자료: <https://www.energy.gov/savings/renewable-electricity-production-tax-credit-ptc>,
최종방문일 2018.10.28.

PTC는 첫 10년간 적용되며, 착공 시점에 따라 PTC 적용의 차이가 발생한다.¹⁹⁷⁾ 풍력은 2019년 12월 31일 이전에 착공했을 때, 다른 기술은

2018년 1월 1일 이전에 착공한 경우에만 생산세액공제의 대상이 된다. 풍력의 PTC는 2019년까지 매년 축소될 예정이며, 2017년 회계연도의 경우 \$0.019/kWh가 적용된다.

PTC는 풍력 시장의 성장에 크게 기여한 것으로 평가된다. 미국풍력에너지협회는 PTC의 성과로 풍력발전의 비용이 지난 7년간 67% 하락하였고, 풍력발전 단지에 대한 민간투자가 지난 10년간 4,330억 달러에 이르며, 제조, 건설 및 기술 등의 관련 분야에 10만 명 이상이 종사한다고 밝혔다.¹⁹⁸⁾

한편, ITC는 신재생에너지 설비나 기술 등에 투자한 금액에 부과되는 세금 일부를 공제하는 제도로 적용 기술은 태양광 발전, 태양열 발전, 풍력, 지열 히트펌프, 수력, 연료전지, 마이크로터빈, CHP 등 광범위하다.¹⁹⁹⁾ ITC는 기술별로 10~30%의 생산세액공제율이 적용되며, 태양광은 2019년까지 30%를 유지한 후 점차 감소하여 2022년 이후에는 10%의 세액공제율의 적용을 받는다(<표 4-14>). 지열발전의 경우 2022년 이후까지 현행 10%를 유지하지만, 나머지 대부분 기술은 생산세액공제 적용 대상에서 점차 제외될 예정이다.

ITC는 여러 기술 중 태양광 보급 확대에 크게 기여한 연방 정책 메커니즘 중 하나로 태양광 가격을 낮추고 일자리 창출에 기여하고 있다고 평가하고 있다.²⁰⁰⁾ 미국태양에너지산업협회(SEIA)의 발표에 따르면 주거용 및 상업용 태양광은 2006년 ITC 시행 후 연평균 76%의 성장률을 기록하여 1,600% 이상 증가하는 데 도움을 주었다.²⁰¹⁾ 2017년 말까지 누

197) <https://www.energy.gov/savings/renewable-electricity-production-tax-credit-ptc>, 최종방문일 2018.10.28.

198) <https://www.awea.org/policy-and-issues/tax-policy>, 최종방문일 2018.10.28.

199) <https://www.energy.gov/savings/business-energy-investment-tax-credit-itc>, 최종방문일 2018.10.28.

200) <https://www.seia.org/initiatives/solar-investment-tax-credit-itc>, 최종방문일 2018.10.28.

적 약 53GW의 태양에너지 설비가 보급되었고 관련 종사자는 약 25만 명에 이르며, 2022년 말까지 100GW에 확대되고 종사자도 42만 명에 이를 것으로 전망하고 있다.²⁰²⁾

〈표 4-14〉 ITC 대상 신재생에너지원 및 세액공제액

	준공시한 및 세액공제율							
	~'16	~'17	~'18	~'19	~'20	~'21	~'22	이후
태양에너지	30%				26%	22%	10%	10%
태양조명, 수력, 연료전지, 소형풍력 (~100 kW)	30%				26%	22%		-
지열냉난방, 마이크로터빈, 열병합	10%						-	
지열발전	10%							
대형풍력	30%	24%	18%	12%	-			

자료: <https://www.energy.gov/savings/business-energy-investment-tax-credit-itc>, 최종방문일 2018.10.28.

미국은 신재생에너지 기술이 가격 경쟁력을 확보함에 따라 PTC와 ITC의 삭감과 종료를 여러 차례 시도해 왔다.²⁰³⁾ 특히, 트럼프 행정부가 출범하며 오바마 행정부에서 추진한 청정전력계획(Clean Power Plan, CPP)를 폐기한 것처럼 PTC와 ITC도 종료될 것이라는 우려가 있었다. 미국의 신재생에너지 시장의 성장 여부는 PTC와 ITC의 연장 여부에 달려 있다고 해도 과언이 아닌 상황에서²⁰⁴⁾ 2018년 2월 PTC와 ITC가 2015년 연장된 계획대로 통과되어 혼란은 없을 것으로 전망된다.²⁰⁵⁾

201) 전계서.

202) 전계서.

203) 조상민·정성삼, 2017, 국제 신재생에너지 정책변화 및 시장분석, p.67.

204) 전계서, p.65.

나. 재생에너지 정책 퇴보 및 태양광 세이프가드 발효

트럼프 행정부는 교토의정서 이후 도출된 기후변화 대응체제인 파리협정을 탈퇴하겠다는 의향서를 2017년 8월 UNFCCC에 제출한 바 있다.²⁰⁶⁾ 국내에서는 2018년 8월 오바마 행정부의 기후변화 관련 발전부문 핵심 정책인 CPP를 폐기하고 이를 대체하는 ‘적정청정에너지규정(Affordable Clean Energy Rule, ACE)’을 발표하였다.²⁰⁷⁾

CPP와 ACE의 가장 큰 차이점은 연방정부의 정책에 대한 주정부의 자율성 여부와 추진 일정의 구체성이다. CPP는 연방정부가 의무를 강제하지만, ACE는 주정부가 주 내의 석탄발전소 규제 계획을 수립하여 환경보호청에 제출하도록 의무를 부여하여 주정부가 발전부문의 탄소배출량 감축 목표치를 결정할 수 있도록 하고 있다.²⁰⁸⁾ 또한, 석탄화력 발전설비 개선 및 노후 발전소의 탄소배출량 감축 규모 완화를 위한 의무검토절차 폐지 등이 포함되어 있다.²⁰⁹⁾

ACE도 CPP와 같이 미국 내 발전부문의 탄소배출량을 2005년 대비 33~34%까지 감축할 것을 제시하였으나, 추진 일정을 구체적으로 제시하지 않음으로써 사실상 온실가스 대응 정책이 후퇴한 것으로 평가된다.²¹⁰⁾

미국은 2018년 1월 통상법 201조를 근거로 태양전지와 모듈에 4년간 세이프가드 관세를 부과하기로 하였다.²¹¹⁾ 수입물량 중 2.5GW까지는 세

205) <https://www.seia.org/initiatives/solar-investment-tax-credit-itc>, 최종방문일 2018.10.28.

206) <https://www.reuters.com/article/us-un-climate-usa-paris/u-s-submits-formal-notice-of-withdrawal-from-paris-climate-pact-idUSKBN1AK2FM>, 최종방문일 2018.10.17.

207) <https://www.epa.gov/newsreleases/epa-proposes-affordable-clean-energy-ace-rule>, 최종방문일 2018.10.9.

208) 에너지경제연구원, 2018, 세계 에너지시장 인사이트 제18-31호.

209) 전게서.

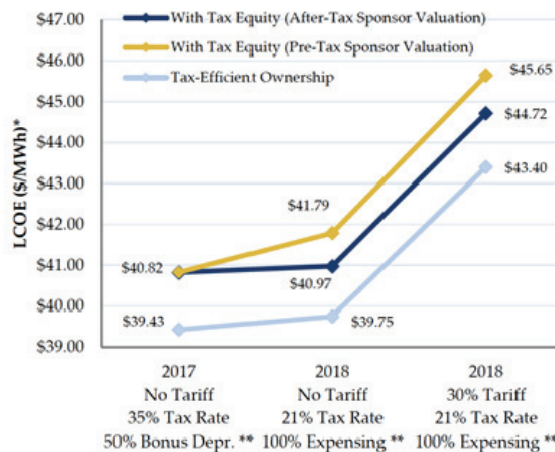
210) 전게서.

211) <https://ustr.gov/about-us/policy-offices/press-office/press-releases/2018/january/president-trump-approves-relief-us>, 최종방문일 2018.10.28.

이프가드를 적용하지 않지만, 이를 초과하는 물량에 대해서는 연차별로 30~10% 세이프가드 관세를 부과한다.²¹²⁾

이에 대해 SEIA는 2018년 현재 태양광산업에 종사하는 23,000명의 일자리가 위협받을 것이라 주장하였다.²¹³⁾ 또한, 미국의 Marathon Capital은 이번 태양광 세이프가드 관세 부과로 2018년 유틸리티급 태양광 프로젝트의 LCOE가 10~12% 상승할 것으로 추정하였다([그림 4-8]).

[그림 4-8] 세이프가드에 따른 LCOE 인상 효과



자료: <http://www.marathon-cap.com/news/impact-of-section-201-import-tariffs-on-utility-scale-solar-lcoe>, 최종방문일 2018.4.18.

다. 캘리포니아의 재생에너지 전력 100%법 시행

미국 캘리포니아주는 2018년 9월 2045년까지 전력의 100%를 무탄소 전원(재생에너지, 원자력 등)으로 공급하는 SB100(Senate Bill 100, The

212) 본 보고서의 제4장 1. 태양광 산업의 무역 장벽 가. 미국의 세이프가드 발효 참조.

213) <https://cleantechnica.com/2018/01/23/trump-solar-tariff-jobs/>, 최종방문일 2018.4.18.

100 Percent Clean Act of 2018)을 시행하였다.²¹⁴⁾ 이에 따라 캘리포니아는 재생에너지 전력 목표 50% 달성 시기가 2030년에서 2026년으로 앞당겨졌고, 2030년은 목표는 10%p 인상되었으며, 2045년에는 100% 목표가 명시되었다(<표 4-15>).

〈표 4-15〉 미국 캘리포니아 연도별 목표

	2016	2020	2024	2026	2027	2030	2045
SB350	25%	33%	40%	-	45%	50%	-
SB100				50%	52%	60%	100%

자료: https://leginfo.legislature.ca.gov/faces/billNavClient.xhtml?bill_id=201720180SB100, 최종방문일 2018.10.9.

SB100이 시행됨에 따라 주정부는 낙농업, 매립지 및 폐수처리장 등에서 배출되는 메탄가스를 포집·사용하여 기존의 화석에너지 천연가스를 대체할 수 있도록 새로운 정책을 마련해야 한다.²¹⁵⁾ 또한, 유틸리티 기업은 수소와 같은 청정 수송연료 사업에 투자하도록 하고, 대형트럭의 연료를 기존의 경유에서 낙농업에서 나오는 메탄가스 등 청정 연료로 대체해야 한다.²¹⁶⁾

캘리포니아는 SB100 시행 이전인 2018년 5월 ‘2019년 건물에너지 효율기준’을 채택하며 2020년부터 신축 주택과 3층 이하 저층 아파트에 태양광 패널 설치를 의무화하였다.²¹⁷⁾ 건물에너지 효율기준과 SB100에 힘입어 캘리포니아의 재생에너지 보급은 더욱 빠르게 확대될 전망이다.

214) <https://pv-magazine-usa.com/2018/09/10/breaking-sb-100-signed-in-california/>, 최종방문일 2018.10.9.

215) 에너지경제연구원, 2018, 세계 에너지시장 인사이트, 제18-33호.

216) 전게서.

217) <https://www.greentechmedia.com/articles/read/solar-mandate-all-new-california-homes>, 최종방문일 2018.10.28.

4. 유럽 정책 동향

가. 유럽의 주요 정책 변화

EU는 2030년까지 최종에너지 소비 중 재생에너지 비중을 27%에서 32%로 확대하는 재생에너지지침(Renewable Energy Directive) 목표 상향을 2018년 6월 확정하였다.²¹⁸⁾ 이번에 합의한 새로운 목표는 구속력을 지니며, 2023년에 목표 상향을 위해 검토한다는 조항이 포함되어 있다. 또한, 재생에너지 보급 확대를 위해 허가 절차를 간소화하여 정기 프로젝트는 최대 2년, 리파워링은 1년, 10.8kW 이하 소규모 프로젝트는 간단한 통지 절차로 가능하도록 하였다.²¹⁹⁾

부문별로 살펴보면 냉난방 부문에서 재생에너지의 사용은 연간 1.3%p 증가하는 것을 목표로 잡았고, 폐기물을 제외할 때는 1.1%p 증가로 설정하였다. 수송부문에서는 연료공급자에게 의무를 부과하여 2030년에는 재생에너지 비중을 최소 14%까지 달성하는 목표를 제시하였다.

전통 바이오연료에 대해서는 간접적인 토지이용의 변화를 고려하여 EU 전역에 걸쳐 최대 7%로 제한하고 2023~2030년 사이 점진적으로 퇴출하는 것에 합의하였다. 바이오매스 기반의 발전은 설비 규모에 따라 효율 기준을 적용하기로 하였다. 또한, 가정부문 자가소비에 대한 명확하고 안정적인 프레임워크를 마련하여, 최대 30kW까지는 부과금을 면제 하되 자가소비가 지나치게 커질 경우 회원국이 부과금이나 요금을 부과할 수 있도록 허용하였다.

218) <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2018/06/27/renewable-energy-council-confirms-deal-reached-with-the-european-parliament/>, 최종방문일 2018.10.29.

219) 국가별로 상황에 따라 최대 50kW도 통지 절차를 적용할 수 있도록 함.

나. 영국의 정책 변화

2017년 이전까지 영국의 전력부문 재생에너지 보급은 소규모 설비를 대상으로 하는 FiT와 대규모 설비를 대상으로 하는 RO(Renewable Obligation; 재생에너지 의무화제도)를 통해 이루어졌다. 그러나 2017년 3월 31일부로 RO가 종료되고, 2014년부터 운영하던 경매의 일환인 CfD (Contract for Difference; 차액정산제도)로 대체되었다.²²⁰⁾ 그러나 소규모 설비에 대한 FiT는 유지하고 있다. FiT의 지원 대상은 5,000kW 이하 수력, 태양광, 협기소화 설비 및 2kW 이하의 열병합 설비이다. 영국의 FiT 기준가격은 분기별로 조정되어 고지되며, 조정 2018-2019년 FiT 기준가격은 <표 4-16>과 같다. 또한, 모든 대상 설비는 송출전력 보조금(export tariff)을 함께 지원받는다.²²¹⁾

<표 4-16> 영국 2018/2019 FiT 기준가격(p/kWh)

		2018년 4월~6월	2018년 7월~9월	2018년 10월~12월	2019년 1월~3월
수력 (≤ 100kW)		8.46	8.39	8.31	8.24
수력 (100~500kW)		5.01	4.94	4.91	4.87
수력 (500~2,000kW)		2.15	1.92	1.91	1.91
수력 (2,000~5,000kW)		0.66	0.59	0.58	0.58
태양광 (≤ 10kW)	고	4.01	3.93	3.86	3.79
	중	3.61	3.54	3.47	3.41
	저	0.31	0.25	0.20	0.15
태양광 (10~50kW)	고	4.25	4.17	4.11	4.03
	중	3.83	3.75	3.70	3.63
	저	0.31	0.25	0.20	0.15

220) 조상민·정성삼, 2017, 국제 신재생에너지 정책변화 및 시장분석, p.78.

221) <https://www.ofgem.gov.uk/environmental-programmes/fit/applicants>,
최종방문일 2017.11.11.

		2018년 4월~6월	2018년 7월~9월	2018년 10월~12월	2019년 1월~3월
태양광 (50~250kW)	고	1.85	1.79	1.75	1.69
	중	1.67	1.61	1.58	1.52
	저	0.31	0.25	0.20	0.15
태양광 (250~1,000kW)		1.50	1.43	1.38	1.33
태양광 (1,000~5,000kW)		0.31	0.25	0.20	0.15
독립형 태양광		0.15	0.12	0.09	0.06
풍력 (≤ 50kW)		8.46	8.39	8.31	8.24
풍력 (50~100kW)		5.01	4.94	4.91	4.87
풍력 (50~1,500kW)		2.15	1.92	1.91	1.91
풍력 (1,500~5,000kW)		0.66	0.59	0.58	0.58
협기소화 (≤ 250kW)		4.60	4.56	4.53	4.50
협기소화 (250~500kW)		4.36	4.34	4.30	4.27
협기소화 (500~5,000kW)		1.61	1.57	1.55	1.54
마이크로 열병합(≤2kW)		14.52	14.52	14.52	14.52
송출보조금		5.24	5.24	5.24	5.24

자료: <https://www.ofgem.gov.uk/environmental-programmes/fit/fit-tariff-rates>,
https://www.ofgem.gov.uk/system/files/docs/2018/07/fit_generation_and_export_payment_rate_table_01_july_-_31_march_2019.pdf, 최종방문일 2018.10.29.

하지만 영국 정부는 2019년 3월 31일까지만 태양광의 FiT를 유지하며, 이후 설비 용량과 관계없이 모든 신규 태양광 프로젝트에 대한 보조금을 폐지하겠다고 발표하였다.²²²⁾ 태양광 발전에 대한 보조금뿐만 아니라 송출전력 보조금까지 함께 폐지될 것이라고 발표되었다.²²³⁾

이러한 영국의 재생에너지 보조 정책의 후퇴는 재생에너지 부문 투자에 영향을 미치고 있다. 2017년 RO 폐지에 따라 재생에너지 부문 투자는 전년 대비 약 56% 감소한 것으로 나타났다([그림 4-9]). 또한, 2018년에도 투자규모가 2016년 이전 수준을 기록하기는 어려울 것으로 전망된다.

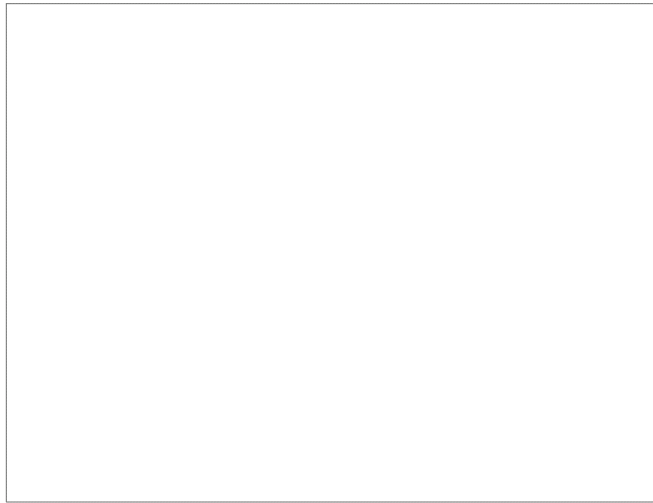
222) <https://www.energylivenews.com/2018/07/20/uk-to-scrap-feed-in-tariff-scheme-in-april-2019/>, 최종방문일 2018.10.29.

223) 전제서.

즉, 정권 교체로 재생에너지에 대한 지원 정책의 기초가 변경되었고, 그 결과 투자가 감소한 것으로 분석된다.

[그림 4-9] 영국의 연도별 청정에너지 투자

(단위: 십억 달러)



자료: <https://www.bnef.com/core/data-hubs/3/15?tab=Global%20Investment>, 최종방문일 2018.10.29.

다. 프랑스의 정책 변화

프랑스 정부는 태양광 부문을 우선하여 개발한다는 것을 명확하게 하고 있다. 2016년 시작한 태양광 경매의 물량을 1GW 추가하여 2018년에 총 2.45GW 규모의 태양광 경매를 시행하기로 하였다.²²⁴⁾ 그리고 중장기 에너지계획(programmation pluriannuelle de l'énergie, PPE)에서도 목표량을 반영하였다.²²⁵⁾ 프랑스 정부는 2018년 6월 태양광 보급을 촉진하기 위한

224) <https://www.pv-magazine.com/2017/12/12/france-raises-annual-capacity-of-solar-tenders-by-1-gw-confirms-joint-wind-solar-auctions/>, 최종방문일 2018.10.29.

자가소비와 태양광 시설 토지 취득과 관련한 몇 가지 대책을 발표하였다 (<표 4-17>).

〈표 4-17〉 프랑스의 태양광 보급 확대 대책

구분	주요 대책
자가소비	• 소매전력요금에 부과되는 재생에너지부담금 면제 • 반경 1km 이내에서 설비 자산 공유 및 재편성 가능 • 제3자의 자가소비 프로젝트에 직접 투자 허용 • 대규모 프로젝트를 목표로 하는 더 많은 자기소비 입찰 개시
토지 및 부지 확보	• 국방부는 2025년까지 2,000헥타르의 토지 또는 1-2GW 규모의 프로젝트가 가능한 면적 제공 • SNCF도 2022년까지 2,000헥타르 규모의 토지 제공 • 태양 프로젝트가 있는 공공건물과 토지는 재산세 면제 계속 • 주차장 지붕과 온실에 대한 계획 규정을 업데이트 • 100~500kW급 지붕형 태양광 경매를 현재 1.5GW에서 50%까지 확대, 농업단지 태양광은 현재 210MW에서 30%까지 확대

자료: BNEF, 2018, 3Q 2018 European Policy Outlook, p.7

먼저 자가소비자에게 소매전력요금에 부과되는 현재 청구금액의 약 15%에 달하는 재생에너지부담금을 면제해 준다. 또한, 배전망에 연결된 소비자 그룹으로 제한되었던 발전설비 공유를 반경 1km 이내에서 공유하고 재편성할 수 있게 되었다. 또한, 제3자도 자가소비 프로젝트에 직접 투자할 수 있도록 허용하였으며, 대규모 프로젝트를 목표로 하는 더 많은 자가소비 입찰을 개시한다고 밝혔다.²²⁶⁾

국방부는 2025년까지 2,000헥타르의 토지를 확보하여 태양광사업의 토지 및 부지 취득을 원활하게 한다고 발표하였다.²²⁷⁾ 국영철도회사인

225) BNEF, 2018, 3Q 2018 European Policy Outlook, p.7.

226) 전계서, p.7.

227) <https://www.pv-magazine.com/2018/06/29/france-makes-room-for-solar-total-announces-10-gw-plan/>, 최종방문일 2018.10.30.

SNCF도 2022년까지 비슷한 규모의 토지를 태양광 사업자가 이용할 수 있도록 제공할 예정이다. 태양에너지 프로젝트가 있는 공공건물과 토지는 계속해서 재산세를 면제하고, 프로젝트를 용이하게 하기 위해 주차장 지붕과 온실에 대한 계획 규정을 업데이트하기로 하였다. 3년 기간 동안 100~500kW급 프로젝트의 지붕형 태양광 경매를 현재 1.5GW에서 50%까지 증가, 농업단지 태양광은 현재 210MW에서 30%까지 확대할 계획이다.

프랑스는 2018년 6월 2012년과 2014년에 체결한 3GW 규모 6기 해상 풍력 단지의 FiT 기준가격을 인하한 후 추진한다고 발표하였다.²²⁸⁾ 9개월간 FiT 기준가격에 대한 법적 분쟁으로 프로젝트가 진행되지 않았으나 개발사업자와 정부가 기존 €200/MWh으로 설정된 FiT 기준가격을 €150/MWh로 낮추기로 합의하였기 때문이다. 이를 위해 프랑스 정부는 사업자가 최신형 풍력발전 터빈을 이용하고, 접속비용(grid cost)을 전력망회사인 RTE가 부담하기로 하며 타결되었다.²²⁹⁾

228) <https://www.windpoweroffshore.com/article/1487080/new-agreement-keeps-frances-offshore-wind-hopes-alive>, 최종방문일 2018.10.29.

229) 전계서.

제5장 세계 신재생에너지 주요 현안

1. 태양광 산업의 무역 장벽

미국과 인도, 그리고 EU는 중국 다음으로 태양광 신규설비 용량 측면에서 가장 큰 시장이다. 이들은 태양광에 투입되는 지원과 정책의 혜택을 자국 또는 역내 기업이 많이 받게 하기 위해 태양광 산업의 무역 장벽을 통해 자국 산업을 보호하는 노력을 하고 있다. 이에 따라 2018년 미국과 인도는 세이프가드를 발효하였고, EU는 그동안 중국산 제품에 대한 최소수입가격 조치를 유지하다가 최근에 종료하였다.

가. 미국의 세이프가드 발효

2018년 초 국내 태양광 산업의 가장 큰 현안은 미국의 세이프가드 발효이다. 태양전지와 모듈에 대한 세이프가드는 2017년 4월 파산한 Suniva가 통상법 201조와 202조를 근거로 요청하였고,²³⁰⁾ 미국 정부는 Suniva의 요청을 받아들여 미국 산업에 치명적인 피해가 예상된다는 이유로 세이프가드를 발효하였다.

〈표 5-1〉 태양전지 및 모듈 연차별 세이프가드 관세율

	1년차	2년차	3년차	4년차
태양전지 및 모듈 관세	30%	25%	20%	15%
태양전지 관세 유예 물량	2.5GW	2.5GW	2.5GW	2.5GW

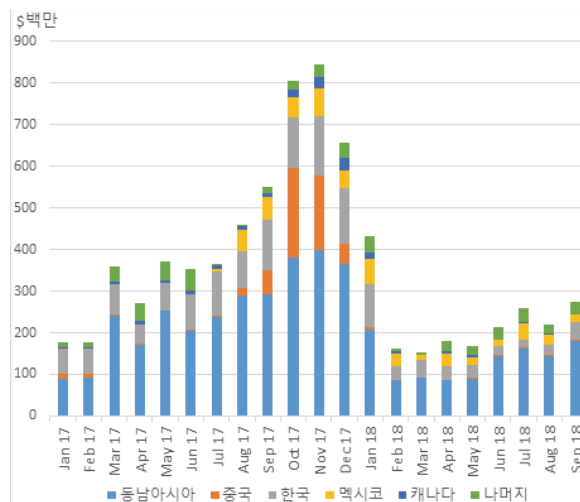
자료: <https://ustr.gov/about-us/policy-offices/press-office/press-releases/2018/january/president-trump-approves-relief-us>, 최종방문일 2018.10.28.

230) <https://www.pv-magazine.com/2017/04/26/breaking-suniva-petition-could-start-new-global-solar-trade-war/>, 최종방문일 2018.10.28.

트럼프 행정부는 2018년 1월, 통상법 201조와 202조에 따라 세이프가드가 발효되어 태양전지와 모듈에 4년간 세이프가드 관세를 부과하기로 하였다.²³¹⁾ 수입물량 중 2.5GW까지는 세이프가드를 적용하지 않지만, 이를 초과하는 물량에 대해서는 연차별로 15~30% 세이프가드 관세를 부과한다(<표 5-1>).

미국의 모듈 수입은 2017년 하반기 세이프가드 발효를 앞두고 선제적으로 늘고 2018년 들어 급감함을 볼 수 있다([그림 5-1]). 우리나라의 대미 수출도 타격을 입어 2018년 1~9월까지 미국으로의 모듈 수출은 2017년 동기간의 \$703백만의 절반 수준인 \$353백만으로 떨어졌다.²³²⁾

[그림 5-1] 미국의 월별 모듈 수입액, 2017.1.~2018.09.



자료: BNEF, 2018, October 2018 PV Index Supply, Shipments and Prices, p21.

BNEF는 Sinoimex와 USATrade에서 자료를 얻음.

231) <https://ustr.gov/about-us/policy-offices/press-office/press-releases/2018/january/president-trump-approves-relief-us>, 최종방문일 2018.10.28.

232) BNEF, 2018, October 2018 PV Index Supply, Shipments and Prices 데이터를 활용하여 직접 계산.

기업은 미국 세이프가드 규제를 피하기 위해 미국 현지에 태양전지, 모듈 공장을 설립하는 쪽으로 대책을 마련하여 4.5GW 규모의 설비를 증설하거나 증설 계획을 발표하였다.²³³⁾ 대표적으로 중국기업인 Jinko Solar가 600MW, 우리나라 기업인 한화큐셀과 LG전자가 각각 1,600MW와 500MW 규모의 태양전지와 모듈 공장을 미국에 건설하는 계획을 발표하였다.²³⁴⁾

국가 차원에서 미국의 세이프가드 조치에 대해 우리나라는 5월 14일 WTO에 미국을 제소하였다. 이후, 중국이 5월 24일 제소에 동참하고, 5월 25일에는 EU, 말레이시아, 태국, 러시아가 제소에 동참하였다.²³⁵⁾

나. 인도의 세이프가드 발효

인도도 대표적으로 자국 산업 보호를 위해 무역 장벽을 활용하는 국가이다. 자와할랄 네루 국가 태양광 목표(Jawaharlal Nehru National Solar Mission, JNNSM)를 발표하며 태양광발전을 2020년까지 20GW로 대폭 늘리는 계획을 수립하였다.²³⁶⁾ 인도 정부는 JNNSM 참여 시 오직 자국산 모듈과 설비를 사용하도록 하는 정책을 취하여 2013년 미국에 의해 WTO에 제소당하였고, 미국의 태양광 패널을 차별하는 조치라는 결정이 내려진 바 있다.²³⁷⁾

인도의 태양광 산업의 무역 장벽에 대해 미국이 WTO에 제소하였지

233) 자료: BNEF 데이터베이스, 최종방문일 2018.10.26.

234) <https://www.pv-tech.org/news/lg-electronics-establishing-a-500mw-solar-module-manufacturing-plant-in-us>, 최종방문일 2018.11.25.

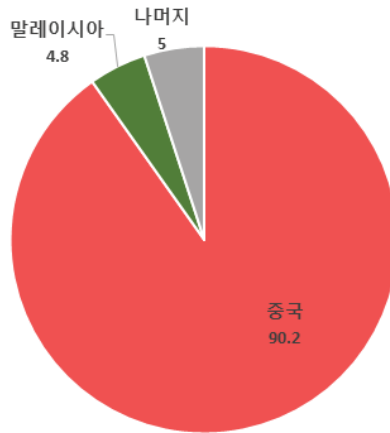
235) https://www.wto.org/english/tratop_e/dispu_e/cases_e/ds545_e.htm, 최종방문일 2018.11.25.

236) 조상민·정성삼, 2017, 국제 신재생에너지 정책변화 및 시장분석, p.81.

237) 전계서, p.81~82.

만, 인도로 수입되는 제품 대부분은 중국과 말레이시아산이다. 2017년 기준으로, 인도에서 설치되는 태양전지와 모듈의 약 90%는 중국과 말레이시아산 제품이 차지하고 있고,²³⁸⁾ 중국과 말레이시아로부터 수입되는 태양광과 모듈이 차지하는 비중이 전체 수입의 95%에 이르고 있다([그림 5-2]).²³⁹⁾

[그림 5-2] 인도 태양전지, 모듈 수입 비중(%), 2017년



자료: BNEF, 2018, October 2018 PV Index Supply, Shipments and Prices를 활용하여 직접 계산함.

BNEF는 Sinoimex와 India Department of Commerce에서 자료를 얻음.

2018년 1월, 인도 무역구제총국(DGTR)은 예비조사에서 중국과 말레이시아산 태양전지와 모듈에 200일간 70% 세이프가드 관세 부과를 권고했으나 정부는 부과하지 않기로 하였다.²⁴⁰⁾ 하지만 2018년 7월 DGTR은 중

238) 한화투자증권, 신재생에너지 Weekly 2018년 3월 2주.

239) 2018년 1~9월 기준으로는 수입의 86.43%는 중국, 5%는 대만이 차지.

출처: BNEF, 2018, October 2018 PV Index Supply, Shipments and Prices
BNEF는 Sinoimex와 India Department of Commerce에서 자료를 얻음.

국과 말레이시아산 제품의 높은 비중이 자국 산업을 위협한다고 생각하여 이들 국가의 태양전지와 모듈에 대해 세이프가드 관세를 부과하였다.²⁴¹⁾

〈표 5-2〉 인도 DGTR의 세이프가드 관세율

	1년차	2년차 6개월	2년차 6개월
태양광전지 및 모듈 관세	25%	20%	15%

자료: <https://www.pv-magazine.com/2018/07/31/india-imposes-25-safeguard-duty-on-solar-imports/>, 최종방문일 2018.11.25.

다. EU의 최소수입가격 종료

한편, 재생에너지 주요 시장인 EU는 그동안 중국산 태양전지와 모듈에 부과하던 최소수입가격(minimum import price, MIP) 조치를 2018년 9월 3일 자정을 기점으로 중단하였다.²⁴²⁾ 2013년 12월 3년의 기한으로 발표된 MIP는 2015년 갱신되어 최대 64.9%의 관세가 부과되었다.²⁴³⁾ 이에 따라 EU 내에서의 모듈 가격은 30% 감소하고, 태양광 수요는 40% 오를 것이라는 전망이 나오고 있다.²⁴⁴⁾

EU 시장에서 우리나라의 비중이 13.2%를 차지하고 있으며, 중국산 제품에 대한 최소수입가격 규제로 다양한 아시아 지역 국가들이 시장을 나

240) <https://economictimes.indiatimes.com/news/economy/foreign-trade/commerce-ministry-recommends-imposition-of-safeguard-duty-on-solar-cells/articleshow/65013517.cms>, 최종방문일 2018.8.22.

241) <https://www.pv-magazine.com/2018/07/31/india-imposes-25-safeguard-duty-on-solar-imports/>, 최종방문일 2018.11.25.

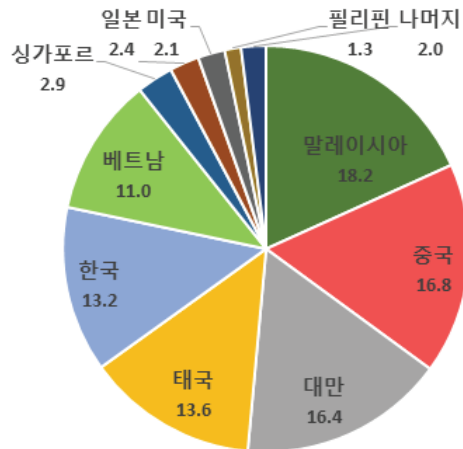
242) <https://www.pv-magazine.com/2018/08/31/eu-ends-mip-against-chinese/>, 최종방문일 2018.10.30.

243) <https://www.reuters.com/article/us-eu-china-trade/eu-ends-trade-controls-on-chinese-solar-panels-idUSKCN1LG1QM>, 최종방문일 2018.10.30.

244) <https://www.pv-magazine.com/2018/09/03/mip-impact-eu-module-prices-to-decline-up-to-30-2019-pv-demand-up-40/>, 최종방문일 2018.10.30.

누어 가지고 있다([그림 5-3]). 하지만 낮은 가격에 중국산 제품이 들어올 것으로 예상되어 EU 시장에서 우리나라 제품과 중국 제품 간의 경쟁이 더욱 치열해질 것으로 전망된다.²⁴⁵⁾

[그림 5-3] EU 태양전지, 모듈 수입 비중(%), 2018년 1월~8월



자료: BNEF, 2018, October 2018 PV Index Supply, Shipments and Prices, p24.
BNEF는 Sinoimex와 EU customs에서 자료를 얻음.

2. 신재생에너지 부과금 및 전기요금 인상

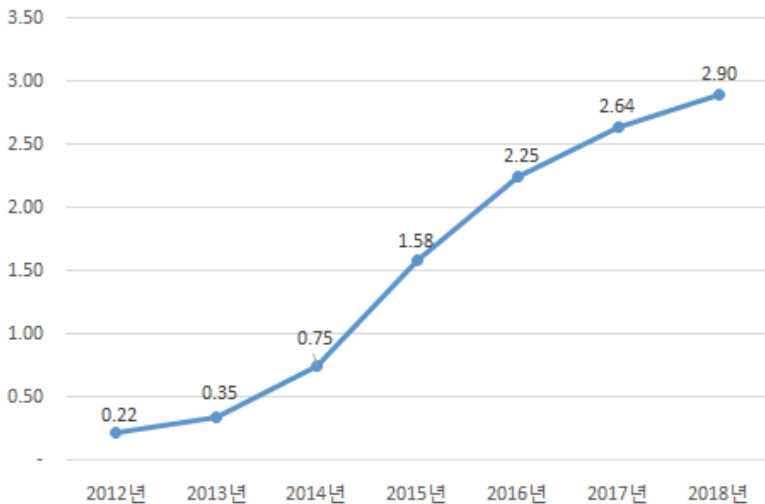
세계적으로 신재생에너지 보급이 많은 국가의 경우 신재생에너지 보급에 따른 소비자의 부담이 함께 늘어나는 것을 확인할 수 있다. 대표적인 국가로 일본, 독일, 호주의 부과금 및 전기요금이 인상되었다.

245) <http://www.energy-news.co.kr/news/articleView.html?idxno=55221>,
최종방문일 2018.11.25.

가. 일본의 부과금 인상 추이

일본은 FiT 재원 마련을 위해 신재생에너지 부과금(이하 부과금)을 전력 소비자에 부과하였다. 2018년도 부과금은 2.90엔/kWh로 결정되었다.²⁴⁶⁾ 부과금은 FiT 시행 이후 지속해서 증가하고 있으나, 2016년부터 증가 속도가 감소하였다([그림 5-4]). 2018년에는 처음으로 한 자릿수 증가율인 9.8%를 기록하였고 금액으로도 2014년 이후 처음으로 0.3엔/kWh 이하로 증가한 것을 확인할 수 있다.

[그림 5-4] 일본 신재생에너지 부과금 추이 (엔/kWh)



자료: 조상민·정성삼(2017), p.46 및 2018년 재생가능에너지 구매 가격 고시 (<http://www.meti.go.jp/press/2017/03/20180323006/20180323006.html>, 최종방문일 2018.10.24.)를 활용해 작성.

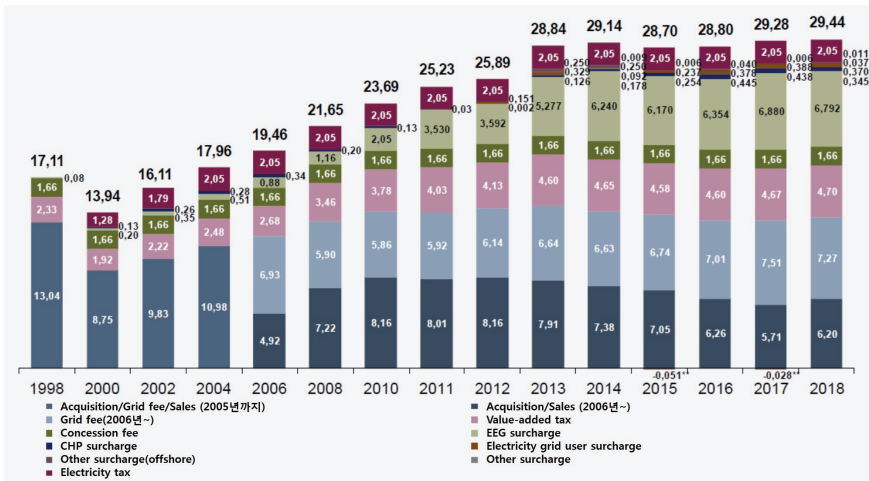
246) <http://www.meti.go.jp/press/2017/03/20180323006/20180323006.html>, 최종방문일 2018.10.24.

나. 독일의 전력요금 변화 추이

독일도 2000년 재생에너지법(Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG)을 도입한 후 정부지원으로 재생에너지 보급이 확대되었고, 보조금 지급이 전기요금 상승으로 이어져 소비자와 기업의 비용이 증가하였다.²⁴⁷⁾

[그림 5-5] 독일의 가정용 전력요금 변화 추이

(단위: ct/kWh)



자료: BDEW, 2018, Strompreisanalyse Mai 2018, p.7.

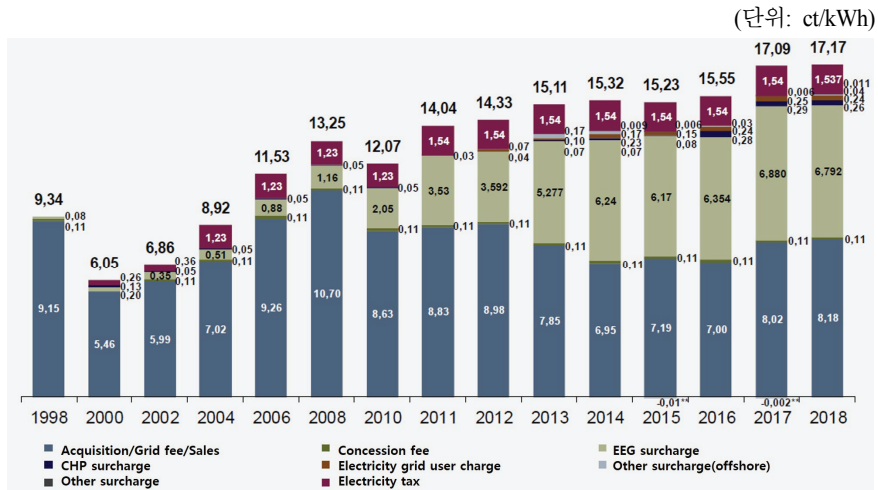
주: 연간 3,500kWh의 전력을 소비하는 가정의 평균 가격.

독일의 재생에너지 확대에 따라 가정용 및 산업용 전력가격은 2000년 이후 2014년까지 꾸준히 증가하였다. 2015년 재생에너지 부담금이 일부 축소되어 일시적으로 전력가격이 하락하였으나, 재생에너지 부담금이 증가하며 다시 증가세를 보이고 있다. 최근 재생에너지 경매가 도입되어 도매가격이 하락하고 있으나 소매가격은 여전히 증가하고 있다. 그러나

247) 에너지경제연구원, 2017, 세계 에너지시장 인사이트 제17-28호.

저렴한 신규 발전설비에 힘입어 최근 증가 추세는 완만한 형태로 나타나고 있다([그림 5-5], [그림 5-6]).

[그림 5-6] 독일의 산업용 전력요금 변화 추이



자료: BDEW, 2018, Strompreisanalyse Mai 2018, p.24.

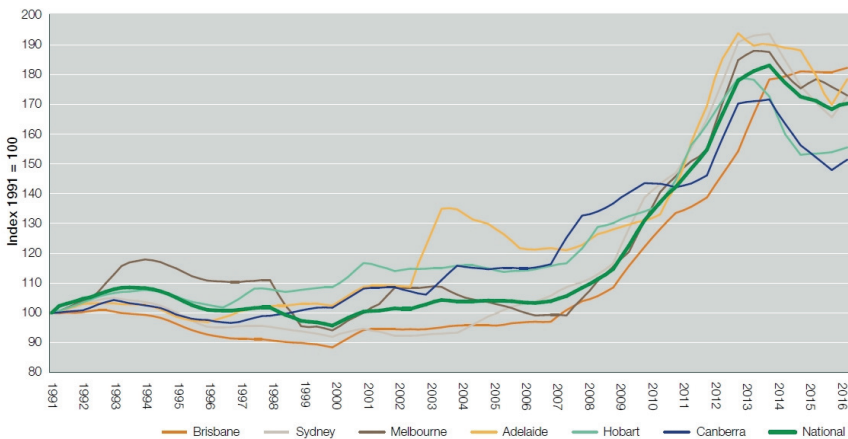
주: 연간 16만~2,000만kWh의 전력을 소비하는 산업의 평균 전력가격.

가정용과 산업용에 대해 구분하여 살펴보면, 2018년 1분기 가정용 전기요금은 전년 대비 0.5% 상승한 29.44ct/kWh로 최대치를 기록하였다. 구매와 판매 관련 비용이 전년 대비 8.6% 상승하여 전기요금 인상을 주도하였고, 재생에너지 관련한 재생에너지 부과금(EEG-Umlage)은 6.79ct/kWh로 하락하였다. 2018년 1분기 산업용 전기요금은 최종 17.17ct/kWh로 최대치를 기록하였다. 재생에너지 보조금은 18년 기준 6.792ct/kWh로 전체 전기요금의 약 40%를 차지하고 있다. 하지만 독일도 재생에너지 부과금의 증가 폭이 감소하는 것을 확인할 수 있다.

다. 호주의 전력요금 변화 추이

호주의 전기요금은 인플레이션 조정 후 2008년부터 2013년까지 매년 10%씩 증가하였다. 전기요금은 계속해서 상승하여 2014년 3월 최고치에 도달하였고, 전력망 요금 하락과 탄소가격정책 폐지의 결과로 요금은 다시 하락하였다. 2014년 3월부터 2016년 6월 사이 전기요금은 전국적으로 6% 감소하였고, 전국적으로 감소추세였던 전기요금은 2016년 다시 상승추세를 보이고 있다([그림 5-7]).

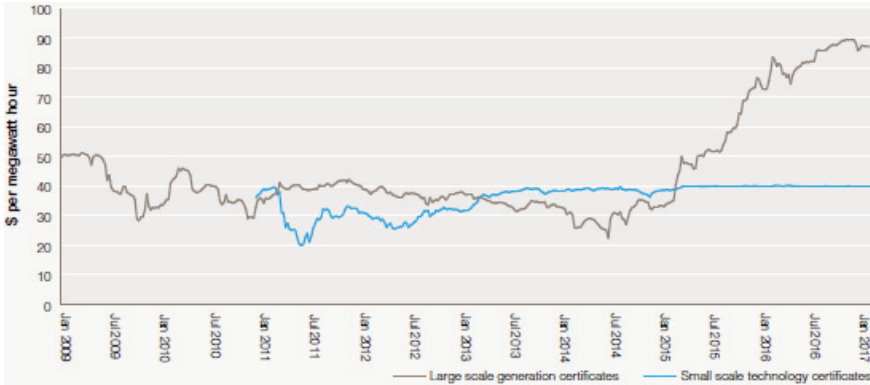
[그림 5-7] 호주 가정용 전력요금 변화 추이(1991년~2016년)



자료: AER, 2018, State of the energy market 2017, p.135.

최근의 호주 전기요금의 상승요인으로 재생에너지 목표 인증서 가격 상승이 하나의 이유가 될 수 있다([그림 5-8]). 소규모의 인증서 가격은 2013년 이래 4c/kWh 수준으로 일정하게 유지되고 있으나, 대규모는 2015년 3c/kWh 수준에서 2017년 약 9c/kWh 수준으로 빠르게 상승하였다.

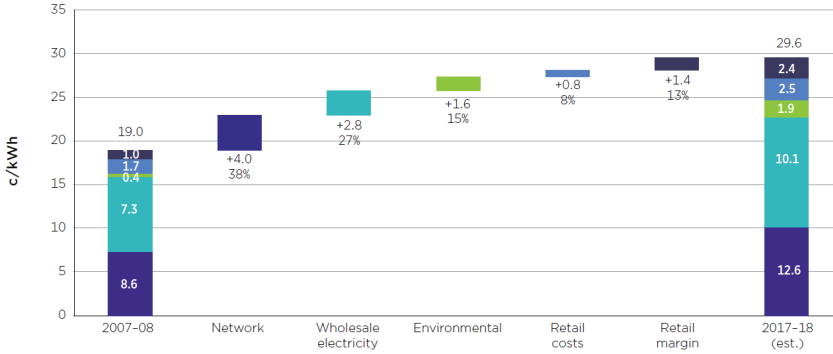
[그림 5-8] 호주 재생에너지 목표 인증서 가격



자료: AER, 2018, State of the energy market 2017, p.34.

호주의 전기요금은 지난 10년 사이 19.0c/kWh에서 29.6c/kWh로 55.3% (10.6c/kWh)가 상승하였다. 가장 큰 상승 요인은 송배전 비용으로 상승분의 38%를 차지하였고 도매가격 상승이 27%로 두 번째로 큰 상승 요인이었다. 신재생에너지 보급에 따른 환경비용은 15%로 세 번째를 차지하고, 전체 전기요금에서 차지하는 비중은 2.1%에서 6.4%로 증가였다. 이는 LRET(large-scale Renewable Energy Target), SRES(small-scale Renewable Energy Scheme), FiT 등 신재생 보급정책에 기인한 것으로 분석된다([그림 5-9]).

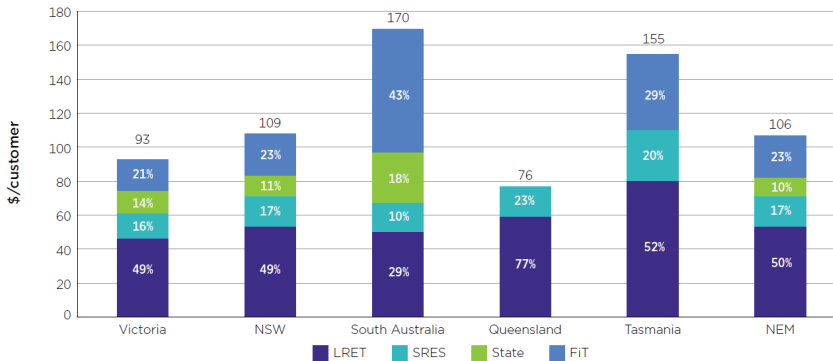
[그림 5-9] 호주 가정용 평균 전력가격 변화 요인



자료: ACCC, 2018, Restoring electricity affordability and Australia's competitive advantage, p.7.

주: National Electricity Market 가격 기준, 소비세(GST)를 제외한 2016-2017년 실질가격으로 2007-2008년과 2017-2018년 비교.

[그림 5-10] 호주 주별 가정용 소비자 청구서의 환경비용



자료: ACCC, 2018, Restoring electricity affordability and Australia's competitive advantage, p.215.

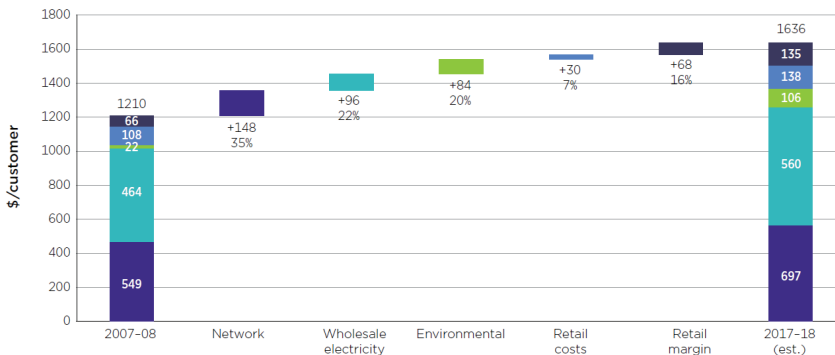
주: '16-'17년 실질가격의 2017-2018년 환경비용.

2017-2018 회계연도 가정용 소비자당 청구요금의 환경비용은 주마다 차이가 있으나 전국 평균으로는 소비자당 106호주달러를 부담하고 있다

([그림 5-10]). 가장 적극적으로 재생에너지 보급에 앞장서는 남호주주가 170호주달러로 가장 높은 부담을 하고 있으며, 태즈메이니아주가 155호주달러로 두 번째로 높게 부담하고 있다. 이에 호주경쟁소비자위원회 (Australian Competition and Consumer Commission, ACCC)는 2021년까지 SRES 폐지, 태양광 FiT와 관련한 프리미엄 비용 폐지에 관해 권고하였다.²⁴⁸⁾

평균 가정용 소비자 청구요금은 1,210호주달러에서 1,636호주달러로 35.3% 증가하였다. 가장 큰 상승 요인은 송배전 비용으로 상승분의 35%를, 도매가격 상승 22%를 차지하였다. 환경비용은 20%를 차지하고, 전체 전기요금에서 차지하는 비중은 1.8%에서 6.5%로 증가하여 가장 높은 상승률을 보였다([그림 5-11]).

[그림 5-11] 호주 평균 가정용 소비자 청구요금 변화 요인



자료: ACCC, 2018, Restoring electricity affordability and Australia's competitive advantage, p.6.

주: National Electricity Market 가격 기준, 소비세(GST)를 제외한 2016-2017년 실질가격으로 2007-2008년과 2017-2018년 비교.

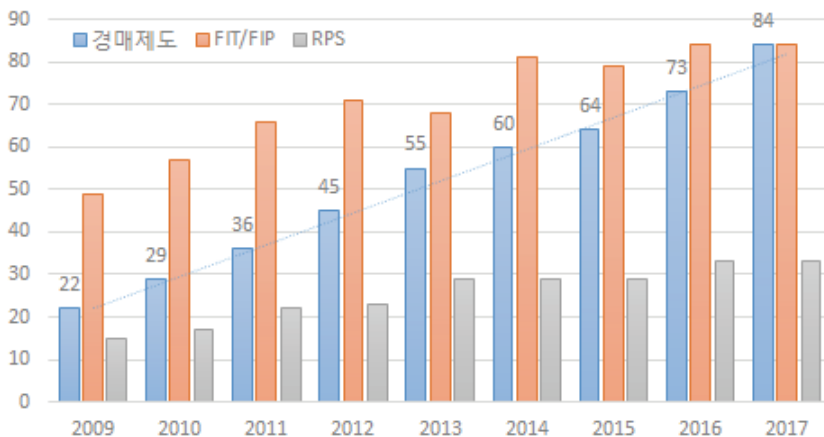
248) ACCC, 2018, Restoring electricity affordability and Australia's competitive advantage, p.218.

3. 경매의 확산 및 독일과 일본의 경매 결과

가. 경매의 확산

전 세계적으로 신재생에너지 보급정책을 위해 경매를 채택한 국가가 빠르게 증가하고 있다. [그림 5-12]에서 확인할 수 있듯이 2009년 22개국이 채택한 경매는 2017년 84개국에서 채택되었고, 그동안 가장 보편적인 정책수단으로 여겨지는 FiT/FiP를 채택한 국가와 같은 수준을 기록하였다.

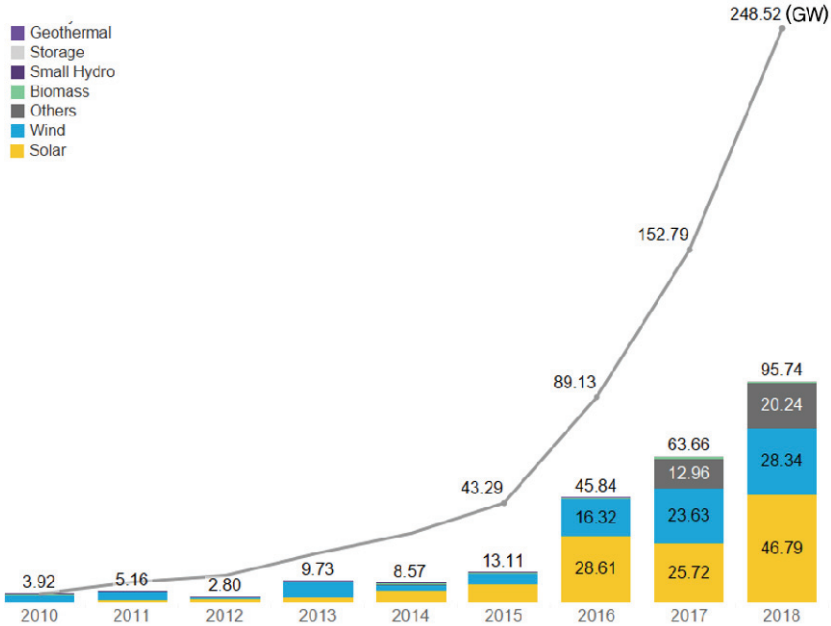
[그림 5-12] 세계 주요 재생에너지 정책 도입 현황



자료: REN21, 2010~2018, Renewables Global Status Report 재구성.

보급정책으로 경매를 채택한 국가가 증가하는 것과 비례하여 경매를 통해 낙찰되거나 입찰물량으로 나오는 설비용량은 꾸준히 증가하고 있다. [그림 5-13]에서 확인할 수 있듯이 2017년 신재생에너지 경매물량은 63.66GW로 2016년 대비 약 38.9% 증가하였고, 2018년 경매 물량도 2017년 대비 50.4% 증가한 95.74GW에 이를 전망이다.

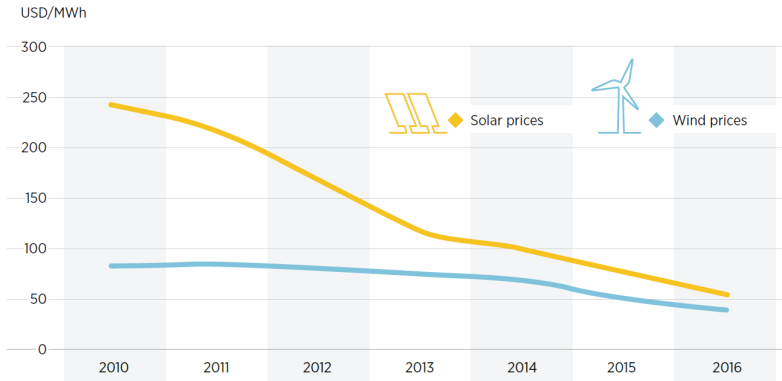
[그림 5-13] 세계 재생에너지 경매 낙찰 및 발표 물량



자료: <https://www.bnef.com/core/data-hubs/5/89?tab=Country>, 최종방문일 2018.10.31.

경매는 대부분 태양광과 풍력을 중심으로 이뤄지는데 경매가 빠르게 확대되는 이유를 [그림 5-14]에서 확인할 수 있다. 2010년 이래 경매를 통해 보급된 태양광 및 육상풍력의 세계 평균가격은 빠르게 감소하였다. 태양광은 2010년 대비 6년 만에 약 1/4 수준 이하로 하락하였고 육상풍력도 같은 시기 약 절반 가까운 수준으로 하락하였다.

[그림 5-14] 세계 태양광 및 육상풍력 경매 평균 가격



자료: IRENA, 2018, Renewable Energy Policies in a Time of Transition, p.64.

나. 독일과 일본의 경매 결과

1) 독일

FiT를 중심으로 재생에너지를 보급하던 독일은 2015년부터 시범 경매를 운영한 후 2017년부터 경매를 도입하여 운영하고 있다. 시범 경매부터 경매를 도입한 2017년까지 태양광 및 풍력 낙찰가가 계속 하락하여 경제성을 확보하는 수단으로 자리를 잡았다.²⁴⁹⁾ 하지만 2018년부터 이러한 발전단가 하락 추세는 다소 다른 양상을 보이고 있다. <표 5-3>과 <표 5-4>는 태양광과 육상풍력의 경매결과를 보여준다. 태양광의 최근 경매 결과는 2015년 경매 결과보다 40% 이상 가격이 하락한 수준에서 가격이 형성되었다. 하지만 2018년 2월까지 하락하던 평균낙찰가가 4월 경매에서 다소 상승하였고, 6월 경매에서는 조금 하락하였지만 2월보다는 조금 높은 수준을 보이고 있다.

249) 조상민·정성삼, 2017, 국제 신재생에너지 정책변화 및 시장분석, p.77.

〈표 5-3〉 독일 태양광 경매 결과

입찰일	2015.12	2016.4	2016.8	2017.6	2017.10	2018.2	2018.4	2018.6
평균낙찰가 (€/MWh)	80	74.1	72.5	56.6	49.1	43.3	46.7	45.9

자료: <https://www.bnef.com/policy/4345>, 최종방문일 2018.10.29.

육상풍력의 경매 결과는 태양광 경매와는 다소 다른 양상을 보이고 있다. 육상풍력은 2017년 5월 €57.1/MWh를 기록한 이후 2017년 11월 €38.2/MWh까지 빠르게 하락하였다. 하지만 2018년에 들어서 가격이 점차 상승하는 추이를 보이고 있으며, 2018년 5월부터는 입찰물량보다 낙찰받은 물량도 적은 입찰 감소의 형태를 보이고 있다. 즉, 입찰 경쟁의 감소로 평균낙찰가의 상승으로 이어지는 것을 확인할 수 있다.

〈표 5-4〉 독일 육상풍력 경매 결과

입찰일	2017.5	2017.8	2017.11	2018.2	2018.5	2018.8	2018.10
입찰물량(MW)	800	1,000	1,000	700	670	670	670
낙찰물량(MW)	807	1,013	1,000.4	709	604	666	363
평균낙찰가(€/MWh)	57.1	42.8	38.2	47.3	57.3	61.6	62.6

자료: <https://www.bnef.com/policy/5439>, 최종방문일 2018.10.29.

이러한 독일 육상풍력 경매 결과는 경매 규칙이 변경됨에 따라 나타난 것으로 분석된다. 독일에서 육상풍력 경매에 입찰하기 위해서는 면허를 먼저 획득해야 하나 시민협동조합의 경우 이를 면제해 주었다.²⁵⁰⁾ 하지만 2018년 5월 시행한 경매부터 이러한 시민협동조합에 대한 면제를 폐지하였고 그 결과 시민협동조합이 604MW 중 113MW만을 낙찰받게 되

250) <https://www.cleanenergywire.org/news/coal-commission-focussed-economy-bavarian-nuclear-request/onshore-wind-auction-undersubscribed-first-time>, 최종방문일 2018.10.29.

었다.²⁵¹⁾ 이번 결과는 실제 기술 수준과 가격을 반영하는 것으로 그간의 가격하락은 사전에 면허를 획득하지 않은 참가자들의 불평등한 조건에 기인한 것이라 주장이 제기되었다.²⁵²⁾ 즉, 입찰자격변경이 경매 참여율과 가격에 큰 영향을 준 것을 짐작할 수 있다.

2) 일본

2017년부터 경매가 도입된 2,000kW 이상의 대규모 태양광 발전설비는 2018년까지 9월까지 경매가 2회 진행되었다(<표 5-5>).

〈표 5-5〉 일본 대규모 태양광발전 경매 결과

차수	상한가격	상한가격 공개여부	입찰 물량	낙찰 물량
1차(2017.10)	21엔/kWh	공개	500MW	141MW
2차(2018.9)	15.5엔/kWh	비공개	250MW	0

자료: http://www.meti.go.jp/committee/shotatsu_kakaku/pdf/032_03_00.pdf,
<https://nyusatsu.teitanso.or.jp/> 최종방문일 2018.10.9.

2017년 11월 시행된 1차 경매는 총 500MW에 대해 입찰을 진행하였다. 제출된 29건의 사업계획서 중 23건이 자격을 인정받았고, 실제 경매에는 9건이 입찰하여 모두 낙찰을 받았으며, 낙찰된 물량은 141MW이다. 1차 경매는 상한 가격이 21엔/kWh로 설정되어 입찰 전에 공개되었고, 최저 입찰가는 17.2엔/kWh, 최고 입찰가는 상한 가격인 21엔/kWh였다.²⁵³⁾ 낙찰 받은 물량의 가중평균가격은 19.64엔/kWh로 가격이 인하되는 효과

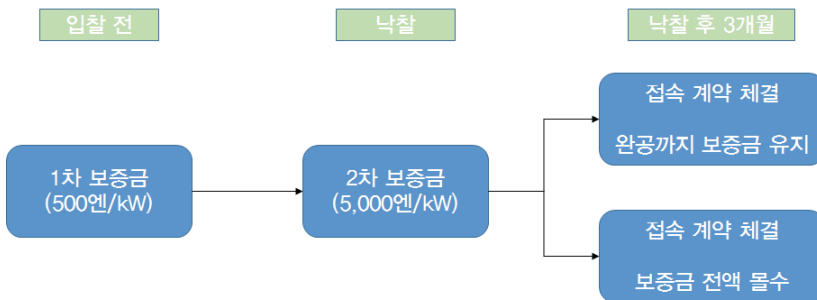
251) 전계서.

252) <https://www.cleanenergywire.org/news/car-club-calls-diesel-retrofits-germans-split-over-diesel-bans/higher-prices-auctions-reflect-real-market-value-says-bwe>, 최종방문일 2018.10.29.

253) <https://nyusatsu.teitanso.or.jp/>, 최종방문일 2018.10.9.

를 거두었으나, 입찰물량보다 낮은 수준의 응찰이 이뤄져 경매가 성공적이라는 평가를 할 수 없다. 입찰이 저조한 이유로 용지 부족, 계통접속 문제, 엄격한 입찰 조건 등이 제기되었다.²⁵⁴⁾ 특히 경매 결과의 실현성을 높이기 위해 마련하는 보증금에 대한 문제 제기가 있었다. 경매 입찰 시 500엔/kW의 1차 보증금, 낙찰 후 5,000엔/kW의 2차 보증금이 요구되며, 낙찰 이후 3개월 안에 접속 계약을 체결하지 않으면 보증금이 몰수된다 (<그림 5-15>).²⁵⁵⁾

[그림 5-15] 일본 태양광 경매 보증금



자료: 에너지경제연구원, 2018, 세계 에너지시장 인사이트 제18-7호를 기초로 작성.

일본 정부는 경매의 최소 규모가 2,000kW인 것을 고려했을 때, 보증금의 규모나 페널티 조건 때문에 입찰을 포기하는 사업자가 발생하였다고 보고, 이를 완화하여 2차 경매를 시행하는 계획을 세웠다.²⁵⁶⁾

대규모 태양광 2차 경매는 250MW 규모로 이뤄졌으며, 1차 경매와 달리 15.5엔/kWh로 설정한 상한가격을 공개하지 않고 진행하였다. 심사에 제출된 사업계획서는 19건이었으며, 9건이 실제 입찰에 참가하였다. 입

254) 에너지경제연구원, 2018, 세계 에너지시장 인사이트 제18-7호.

255) 전계서.

256) 전계서.

찰한 설비용량은 약 197MW로 2차 경매도 1차와 마찬가지로 입찰물량보다 응찰한 설비용량이 작았던 것으로 확인되었다. 하지만 최저입찰가가 16.47엔/kWh로 모든 입찰가가 상한가격보다 높게 제출되어, 1차에서 응찰한 모든 사업이 낙찰된 것과 달리 2차 경매에서는 단 1건도 낙찰되지 않았다.²⁵⁷⁾ 2018년 안에 3차 경매가 진행될 계획으로 11월 9일에 사업계획서 심사가 마감되고, 12월 7일에 입찰 마감 후 12월 18일에 결과가 발표될 예정이다.²⁵⁸⁾

4. 기업의 재생에너지 이용 확대(RE100 확산)

가. RE100 현황

최근 선진국에서는 정부가 아닌 기업을 중심으로 재생에너지 이용을 촉진하기 위한 움직임이 본격적으로 나타나고 있다. 이러한 움직임 중 대표적으로 2050년까지 전력 사용의 100%를 재생에너지전력으로 달성하겠다는 기업의 자발적 모임인 RE100(Renewable Energy 100%)이 확산되고 있다.

2018년 2월 128개 기업이 RE100에 참여하였으나, 2018년 11월 현재 155개 기업으로 증가하여 급격하게 참여기업이 늘어나는 추세를 보이고 있다.²⁵⁹⁾ RE100에는 구글, 페이스북, 애플, 씨티그룹, AXA, 이케아, 월마트, 코카콜라, 스타벅스, 나이키, GM 등 IT, 금융, 식품, 유통을 비롯한 제조업까지 다양한 업종의 기업들이 참여하고 있다.

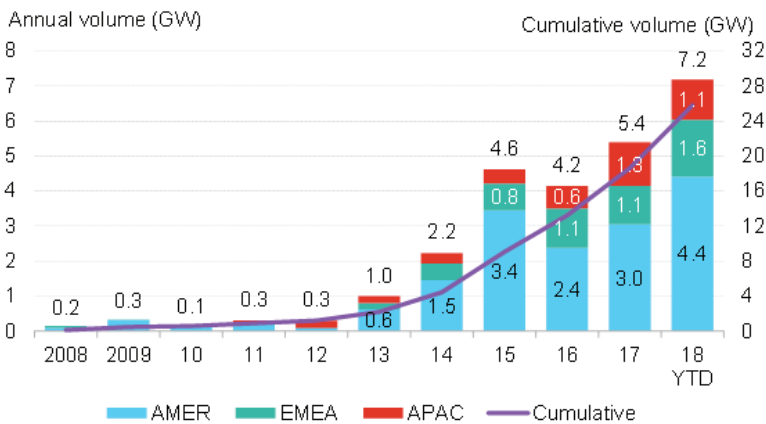
257) <https://nyusatsu.teitanso.or.jp/>, 최종방문일 2018.10.9.

258) <https://tech.nikkeibp.co.jp/dm/atcl/news/16/102511624/?ST=msb>, 최종방문일 2018.10.25.

259) <http://there100.org/companies>, 최종방문일 2018.11.25.

2018년 7월 RE100 참여기업의 전력수요는 184TWh에 이르며, PPA를 통해 7.2GW를 조달하고 있다([그림 5-16]). 이는 2016년 RE100 참여기업의 전력수요 159TWh와 2017년 PPA 계약규모인 5.4GW와 비교하면 기업의 참여 증가로 빠르게 증가하는 것을 확인할 수 있다.²⁶⁰⁾

[그림 5-16] RE100 참여 기업의 PPA 실적



자료: BNEF, 2018, 2H 2018 Corporate Energy Market Outlook, p.2.

참여 의향을 가진 모든 기업이 RE100에 참여할 수 있는 것은 아닌 것으로 분석된다. RE100에 참여할 수 있는 기업의 조건으로 세계 또는 지역에서 인지도가 높은 기업, 포춘 1000대 주요 다국적 기업, 전력을 100GWh 이상 소비하는 전력 다소비기업 등이 제시되었다. 서명 조건으로는 100% 재생에너지 전력 사용 계획 공개 선언 및 정보공개 등의 제3자 검증이 수반되는 것이 특징이다.

RE100에서 인증하는 전력은 태양광, 풍력, 수력, 바이오매스(바이오가스) 등에서 생산한 전력이며, 재생에너지를 활용한 열 이용도 인정하고

260) BNEF, 2018, 1H 2018 Corporate Energy Market Outlook, p1.

있다. RE100은 재생에너지 전력을 조달할 때의 방식을 한정하고 있다(<표 5-6>). RE100은 현지 재생에너지 전력만을 인정하며, 재생에너지 전력이 저렴한 국가에서 조달하는 것을 불인정한다.

〈표 5-6〉 RE100 재생에너지전력 조달 방식

조달 방식	
① 자가발전	기업이 스스로 발전기를 설치하여 전력 조달
② 부지 내 설비	기업부지에 공급자가 설치한 설비로부터 구매
③ 직통선 구매	(계통비연계) 기업부지 밖 발전사업자로부터 직통선을 통해 구매
④ 전력구매계약	(계통연계) 기업부지 밖 발전사업자로부터 전력구매계약(PPA)
⑤ 전용 상품	전력회사로부터 전용 상품 계약(녹색요금제 등)
⑥ 인증서	개별 에너지 인증서 구매로 전력을 조달

자료: <http://there100.org/going-100>, 최종방문일 2018.10.30.

또한, RE100은 특정 시기별로 최소 달성 기준을 제시하고 있다(<표 5-7>).

〈표 5-7〉 RE100 시기별 최소 달성 기준

시기	2020년	2030년	2040	2050년
최소 기준	30%	60%	90%	100%

자료: <http://there100.org/going-100>, 최종방문일 2018.10.30.

나. RE100 전망

RE100은 초기 미주나 유럽을 기반으로 하는 기업을 중심으로 시작되어 최근 인도, 중국, 일본 기업까지 가입이 확대되고 있다. 일본의 경우 2018년 10여 개의 기업이 참여하고 있으며, 일본 환경성은 2018년 3월 일본의 RE100 참여 기업을 총 50개 사로 늘리겠다는 목표를 발표하였고,

2018년 6월 공공기관 최초로 RE100에 가입하였다.²⁶¹⁾ 또한, 비화석증서가 RE100의 이행수단으로 인정을 받게 되어 일본 기업의 RE100 참여가 더욱 늘어날 전망이다.²⁶²⁾

RE100 참여기업의 증가는 재생에너지산업에는 성장 동력으로 작용할 전망이다. 경제적 또는 비경제적 이유로 참여기업이 늘어나고 각 기업이 달성해야 하는 목표도 증가하면 이를 달성하기 위해서는 재생에너지 부문에 더 많은 투자가 수반되어야 하기 때문이다.

반면 재생에너지가 아닌 일반산업은 RE100이 극복해야 할 위기로 작용할 가능성이 매우 높으며, 이는 국내 기업의 사례에서도 찾아볼 수 있다. BMW는 2016년 7월 삼성SDI에게 전기차 배터리 납품 시 전력 일부를 재생에너지 전력으로 공급받아 생산한 배터리를 공급하라고 권고한 바 있다.²⁶³⁾ 또한, 세계 최대 국부펀드인 노르웨이 국부펀드는 전력생산 또는 매출액의 30% 이상을 석탄에 의존하는 전력회사에 대한 투자금지 조항을 2016년 2월 신설하였다. 그에 따라 2017년 3월 10개 기업을 투자 철회 대상으로 지정하였고, 여기에 한국전력공사가 포함되었다. 그 결과 노르웨이 국부펀드는 기존에 투자했던 약 1,540억 원(2015년 기준)의 투자금을 회수하였다.²⁶⁴⁾

결국은 RE100에 참여하는 기업의 숫자도 많아지지만, 개별 기업의 영향력도 크기 때문에 참여기업 증가에 따른 재생에너지와 일반산업의 효과는 더욱 크게 나타날 전망이다. 이는 IRENA와 BNEF가 2018년부터 RE100과 관련한 기업 관련 보고서를 발표하기 시작한 것에도 확인할 수 있다.²⁶⁵⁾

261) 일본 환경성, 미즈호 정보 종합연구소(環境省・みずほ情報総研) RE100 제도에 대해(RE100(再エネ100%目標)について)(2018.09.11.) p5.

262) 본 보고서의 다. RE100 대응 -일본의 경우 참조.

263) <http://www.e2news.com/news/articleView.html?idxno=94506>, 최종방문일 2018.10.30.

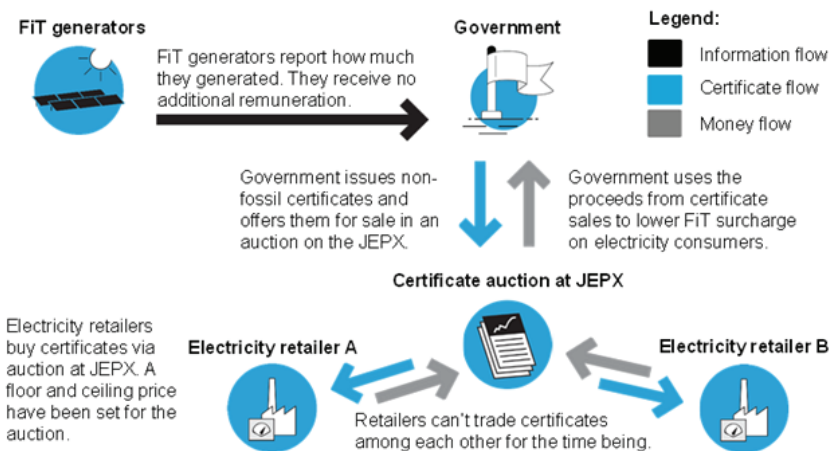
264) <https://news.v.daum.net/v/20170309060044850>, 최종방문일 2018.10.30.

다. RE100 대응 - 일본의 경우

일본은 2018년 5월 FiT 지원을 받는 재생에너지로부터 생산된 전력을 인증서 형태로 거래하는 비화석증서시장을 운영하기 시작하였다. 일본의 비화석증서는 RE100 캠페인을 주도한 CDP²⁶⁶⁾로부터 RE100 이행 수단으로 인정되었다.

비화석증서는 원자력을 포함한 비화석증서와 원자력을 제외한 비화석증서 2가지로 구성되어 있다. 소매전력회사와 전력 소비자들은 비화석증서 시장에서 재생에너지를 조달할 수 있고 비화석증서 판매수익은 재생에너지 발전사가 아닌 정부에게 돌아가는 구조로 설계되었다(그림 [5-17]).

[그림 5-17] 일본 비화석증서 발급 및 구매 흐름도



자료: BNEF, 2018, Japan's Non-Fossil Certificate Market Omits the Buyers, p8.

265) IRENA는 2018년 5월 Corporate Sourcing of Renewable Energy: Market and Industry Trends를 발간하였고 BNEF도 2018년 상·하반기에 2018 Corporate Energy Market Outlook을 발간함.

266) Carbon Disclosure Project, 영국에 기반을 둔 국제시민단체.

2018년 10월 현재 비화석증서시장은 2차례 경매를 시행하였다. 2018년 5월 시행한 경매에서는 26개사가 입찰에 참가하여 참가한 모든 회사가 비화석증서를 낙찰받았다. 역시 2018년 8월에 시행한 2차 경매에는 7개사가 참가하여 모두 낙찰을 받았다. 가격은 1차와 2차 모두 최고가격은 4엔/kWh였으며, 평균가격은 1.3엔/kWh를 기록하여 실제 낙찰된 가격은 최저가격 1.3엔/kWh라고 할 수 있다(<표 5-8>). 이는 비화석증서 공급 물량보다 낮은 수준의 입찰이 이루어져 가격 경쟁에 따른 비화석증서 가격 상승효과가 없었음을 의미한다. 반면 비화석증서를 필요로 하는 기업 입장에서는 비화석증서에 대한 다른 기업의 수요가 많지 않기 때문에 가격경쟁 유인이 적어 상대적으로 저렴한 가격에 비화석증서를 구매할 수 있음을 의미한다. 현재의 수요는 적지만, 향후 RE100 참여기업이 증가할 경우 비화석증서의 수요가 증가할 수 있다.

〈표 5-8〉 일본 비화석증서 경매 결과

	1차 경매	2차 경매
시행일	'18.5.18	'18.8.10
판매 규모	5,115,738kWh	2,241,311kWh
입찰기업수	26개사	7개사
낙찰기업수	26개사	7개사
최고가격	4.00엔/kWh	4.00엔/kWh
최저가격	1.30엔/kWh	1.30엔/kWh
가중평균가격	1.30엔/kWh	1.30엔/kWh

자료: <https://www.kankyo-business.jp/news/020414.php>, 최종방문일 2018.8.22.
http://www.jepx.org/market/pdf/NF201801_201803.pdf?timestamp=1534850220365,
 최종방문일 2018.10.9.

5. 신재생에너지 계통 연계 촉진 및 계통 운영 합리화

신재생에너지 보급이 확대됨에 따라 전력계통의 접속과 운영이 중요한 문제로 부상하고 있다. 먼저 신재생에너지 발전의 전력계통접속이 중요한 것은 전력망에 전력을 판매하여 이익을 거둬야 하기 때문이다. 계통접속이 지연되면 그만큼 사업성이 나빠지고 발전한 전력을 버리는 자원의 비효율성이 발생한다.

가. 중국 - 물리적, 지능형 전력망 구축

신재생에너지의 계통접속 지연이 발생하는 대표적인 국가로 중국을 들 수 있으며, 기풍(棄風), 기광(棄光), 기수(棄水)로 불리는, 신재생에너지 접속 지연에 따른 발전 전력을 버리는 사태가 발생하고 있다. 따라서 중국은 접속 지연 문제를 해결하기 위해 다각적인 노력을 하고 있다. 2018년 2월 발표한 NDRC와 NEA가 발표한 ‘전력 시스템의 규제 역량 강화에 관한 지도의견’에서는 새로운 전원 개발 중점지역의 전력망 건설을 강화하여 송출제한 문제를 해결하는 것을 강조하고 있다.²⁶⁷⁾ 이를 위해 성간 또는 구역간 채널을 19개 신설하고 송전 용량을 130GW 추가하여 신재생에너지 70GW를 흡수한다는 구상이다. 또한, 구역 내 송전망의 주요 그리드를 더욱 개선하여 다양한 전압 수준의 그리드 통합 개발을 촉진한다는 것이다. 중국의 전력망 확대는 신장, 간쑤성, 네이멍구, 지린성 등 기풍·기광과 윈난성, 쓰촨성, 구이저우성의 기수 문제 해결에 초점을 두고 있다.

267) NDRC·NEA, 2018, 国家发展改革委和国家能源局发布了《国家发展改革委 国家能源局关于提升电力系统调节能力的指导意见》(发改能源〔2018〕364号).

중국은 물리적인 전력망 연결뿐만 아니라 지능형 전력망 구축 노력도 병행하고 있다. 2018년 1월 칭하이 신에너지 빅데이터 혁신 플랫폼(青海新能源大数据创新平台)이란 지능형 전력망 운영을 개시하였다. 신에너지 빅데이터 혁신 플랫폼은 발전소의 빅데이터 수집을 통해 36개의 높은 수준의 혁신적인 비즈니스 서비스를 제공할 계획이다.²⁶⁸⁾ 시범사업을 통해 발전량 예측, 다중 에너지 상보성, 유연성 제어, 성(省) 간 스케줄링과 같은 첨단 에너지 기술과 IoT, 빅 데이터, 클라우드 컴퓨팅과 같은 기술의 통합을 획득하였다.

2018년 1월 칭하이성 내 234개 발전소 중 15개 설비용량 218.19MW가 시범사업을 통해 플랫폼에 등록되었고, 6월 19일 플랫폼에 35개 발전소의 설비용량 1174.69MW가 등록되었다. 1일 60GB의 데이터를 수집하고 통합 모니터링, 발전량 예측, 설비 상태 및 자산 관리 및 비즈니스 분석을 제공하고 있다.

이러한 지능형 전력망 운영을 통해 신에너지 발전소의 인건비 20% 이상 절감, 경고모델 정확도 75%로 증가, 발전량 1~5% 증가, 에너지 소비 10% 감축을 한 것으로 분석되었다.²⁶⁹⁾ 또한, 2018년 6월 20일부터 28일까지 9일간 재생에너지(수력, 풍력, 태양광)만으로 전력 공급을 달성하였다. 이는 단기 및 초단기 발전량 예측을 통해 재생에너지를 우선 공급하여 소비를 최대화하고, 예측발전량과 실제발전량을 실시간으로 비교하여 적시 대응하여 달성할 수 있었다.²⁷⁰⁾

268) westdollar.com/sbdm/finance/news/1350,20180108819763092.html, 최종방문일 2018.9.10.

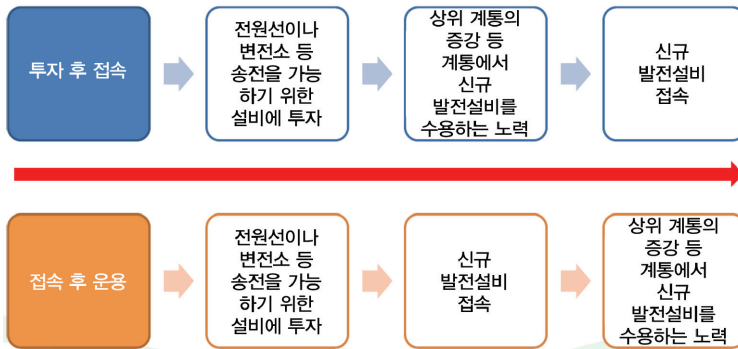
269) <http://www.goldwindglobal.com/news/focus-article?id=2066>, 최종방문일 2018.9.10.

270) <https://www.windpowermonthly.com/article/1489670/chinese-province-runs-renewables-216-hours>, 최종방문일 2018.9.10.

나. 일본 – Connect and Manage

일본은 전력계통 운영에 유연성을 확보하여 재생에너지 전력의 접속을 늘리는 일본판 접속 후 운영(Connect and Manage, 이하 C&M)을 검토하고 있다. C&M 방식은 전력계통에 접속 가능할 수 있는 여유 용량이 있을 때, 발전사업자의 요청에 따라 일정 조건에서 접속을 허용하는 제도이다.²⁷¹⁾ 기존의 송전선과 계통 설비를 확보하는 데는 시간과 비용이 많이 필요하고, 계통접속 지연에 따라 재생에너지 발전사업자는 수익 회수에 어려움을 겪게 된다.²⁷²⁾ 따라서 현재의 설비를 효율적으로 운영하여 재생에너지 발전사업자의 계통접속 문제를 해결하는 것은 재생에너지 보급에 유용한 정책인 것으로 분석된다.

[그림 5-18] 기존 접속방식과 C&M 방식의 차이



자료: 일본에너지재단(2017), 自然エネルギーの導入拡大に向けた系統運用.

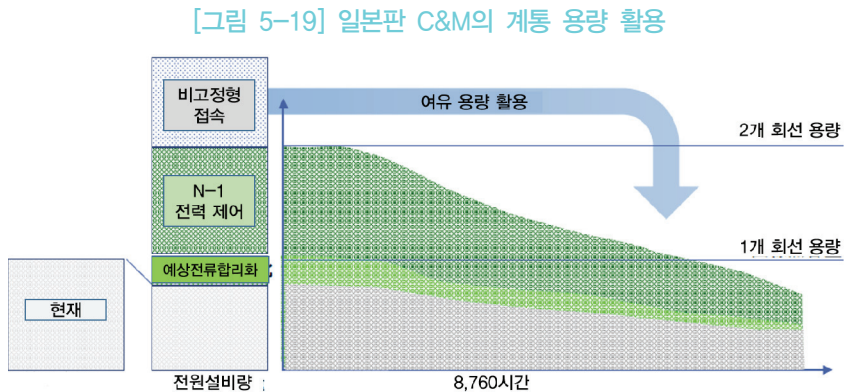
[그림 5-18]은 기존의 투자 후 접속 방식과 C&M 방식은 개념적인 차이점이 있다. 즉, 기존에는 신규 발전설비가 계통에 접속되기 위해서는

271) 에너지경제연구원, 2018, 세계 에너지시장 인사이트 제18-4호.

272) 대규모 태양광 경매에서도 계통접속 문제가 경매 참여를 저해하는 요인으로 지적됨.

관련 설비나 계통의 보강이 먼저 이뤄져야 했다. 일본의 경우 계통접속에 적용되는 원칙이 선착순이고, 통상 계통접속계약 신청은 설비계획단계에서 이뤄진다. 따라서 계통접속계약이 완료되었지만, 정작 설비는 가동이 이뤄지지 않는 경우가 발생하여 송전선을 충분히 활용할 수 없는 문제가 발생하였다.²⁷³⁾

[그림 5-19]은 일본판 C&M에서 계통의 용량을 활용하는 것을 보여준다. 기존의 방식에서는 2회선 계통용량 중 1회선을 운용용량(상한)으로 설정하여 전원의 최대 출력, 최소 수요에서도 송전 가능한 설비 형성을 운영한 것과 달리 일본판 C&M에서는 예상전류합리화를 통해 기존 전력 계통의 여유 용량을 확보한다. 여유 용량을 확보하는 방법은 지역 전체의 수급 밸런스, 장기 휴지 전원이나 자연 변동 전원 등을 예상하여, 전원 가동의 개연성 평가를 통해 수요와 출력의 차이가 최대가 되는 용량을 도출하여 활용한다.

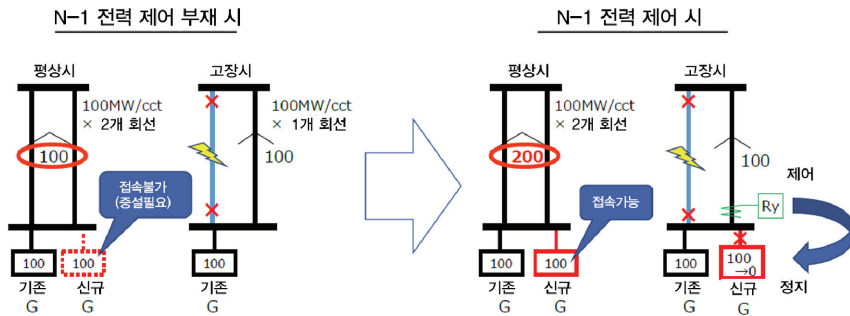


자료: 전력광역적운영추진기관(電力廣域的運營推進機關), 2018, 광역기관의 [일본판 연결&관리] 검토에 대해(廣域機關における「日本版コネクト&マネージ」の検討について), p.8.

273) 전게서.

N-1 전력 제어는 기존 계통의 신뢰성 관점에서 1개 회선이 고장나 N-1 개 회선만 송전에 활용할 수 있을 때를 대비한 것이다. [그림 5-20]은 기존의 계통 활용과 N-1 전력 제어 시의 계통 활용의 차이를 보여준다. 기존 방식에서 계통이 200MW를 수용할 수 있다면 50%만 운영을 위해 활용했기 때문에 100MW 신규 발전기는 계통에 접속할 수 없다. 신규 발전기가 계통에 접속되기 위해서는 추가 회선의 증설이 필요하다. 이때, 기존 발전기 회선이 고장이 나면, 기존 발전기는 예비로 남겨둔 회선을 통해 전력을 공급한다. N-1 전력 제어의 경우 같은 계통의 용량에서 200MW에서 발전기가 물려 전력을 공급한다. 이때 기존 발전기의 전력을 공급하던 회선이 고장이 날 경우 제어를 통해 신규 발전기를 정지시키고 신규 발전기가 활용하던 회선을 통해 기존 발전기가 전력을 공급하게 된다.

[그림 5-20] N-1 전력 제어 시 계통 용량 활용

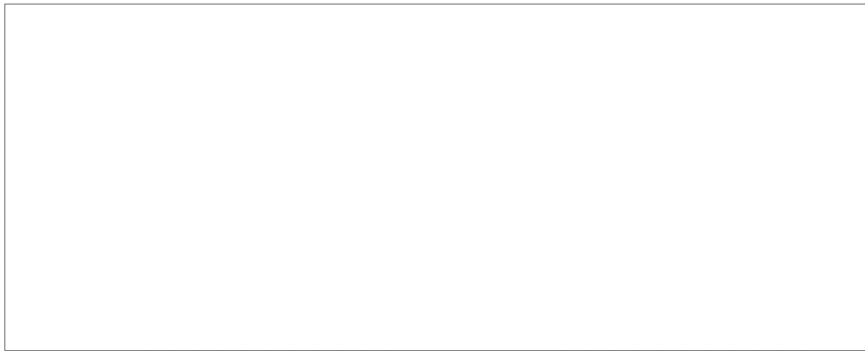


자료: 전력광역적운영추진기관(電力廣域的運營推進機關), 2018, 광역기관의 [일본판 연결&관리] 검토에 대해(廣域機關における「日本版コネクト&マネージ」の検討について), p.15.

비고정형(non-firm) 접속은 별도의 송전용량 없이, 전력계통에 빈자리가 있을 때 송전하는 새로운 방식이다. [그림 5-21]는 비고정형 접속 시

계통의 용량을 활용하는 방식을 보여준다. 비고정형 접속은 계획 및 운영 단계에서 발전기를 고정형과 비고정형으로 구분한다. 고정형은 비고정형과 달리 계통 연결에 우선권을 가진 전원이며, 비고정형은 고정형이 운영될 때 여유 용량이 발생하면 발전하여 송전하는 전원이다. 즉, 계획 수립 후 스팟 거래 등 고정형 전원의 계획 변경 등으로 인해 개별 계통의 여유 용량이 변하게 될 경우 비고정형 전원은 발전이 억제된다. 하지만 계통 권역 전체에서 수요 등의 이유로 비고정형 전원이 고정형 화력 발전을 밀어낼 경우, 계통은 비워지고 이 경우 비고정형 전원이 실제로는 고정형의 역할을 하게 된다. 이 경우 화력재생에너지발전 도입에 필요한 조정능력으로서 화력을 확보할 수 없게 되는 위험이 있다.

[그림 5-21] 비고정형 접속 시 계통 용량 활용



자료: 전력광역적운영추진기관(電力廣域的運營推進機關), 2018, 광역기관의 [일본판 연결&관리] 검토에 대해(廣域機關における「日本版コネクト&マネージ」の検討について), p.24.

일반판 C&M의 운용 제약, 설비구성, 내용 및 혼잡 발생에 대해 살펴보면, 비고정형 접속의 경우 평상시에도 혼잡이 발생할 수 있다는 것을 확인할 수 있다(<표 5-9>).

〈표 5-9〉 일본판 Connect & Manage

	예상전류합리화	Connect & Manage	
		N-1 전력 제어 (N-1 사고시 순간전원제한)	비고정형 접속 (평상시 출력억제조건형 전원접속)
운용 제약	원칙, 관리 없음	N-1사고 발생시 전원제한	평상시 운용용량을 초과하여 전원 억제
설비 구성	• 접속시 여유 용량 여부에 따라 접속 가능 검토 • 운용용량을 초과하여 증가		• 여유 용량과 관계없이 신규 접속전원의 출력억제를 전제로 접속 • 주로 비용편익평가를 바탕으로 증가를 판단
내용	예상전류합리화의 정밀도 향상 • 전원가동 개연성 평가 • 자연변동 전원 출력 평가	N-1 사고 발생 시 릴레이 시스템에서 즉시 전원 제한하여 운용용량 확대	계통 제약시 출력 억제에 합의한 신규 발전사업자는 설비를 증가하지 않고 연결
혼잡 발생	(평상시) 없음	(평상시) 없음	(평상시) 있음
	(사고시) 있음	(사고시) 있음	(사고시) 있음

자료: 자원에너지청(資源エネルギー廳), 계통연계 완화 대책 (系統制約の緩和に向けた対応) (2018.1.24.), p.9.

전력계통 이용과 가용 용량을 늘리기 위해 예상전류합리화와 N-1 전력 제어를 채택하고, 비고정형 접속의 조기 도입을 위해 노력하면, 이용률이 낮은 송전선로의 이용을 촉진할 것으로 보고 있다.

제6장 종합 및 정책 방향

1. 신재생에너지 동향 및 정책 현황

가. 국제 신재생에너지 보급 및 산업 동향

2016년 전 세계 1차에너지 공급량(TPES)은 13,761Mtoe로 그중 화석연료가 81.1%를 차지하고 재생에너지는 13.7%를 차지한다. 재생에너지를 원별로 보면 바이오와 폐기물이 69.5%로 가장 높고, 다음으로 수력, 풍력, 태양에너지 및 조력, 지열순이다.

2017년 재생에너지 발전 신규 설비용량은 178GW로 재생에너지가 순 설비증설의 70%를 차지하고 태양광은 화석연료와 원전을 합한 순 설비용량 증가보다도 더 높았다. 태양광이 신규 설비용량의 55%를 차지하고 풍력이 29%, 수력이 11%를 차지하였다.

성장을 측면에서 가격 경쟁력 확보에 기반하여 태양광과 풍력의 성장세가 두드러져 향후 재생에너지는 태양광과 풍력 중심으로 재편될 것으로 보인다. 태양광과 풍력은 이미 경쟁력을 확보하여 많은 국가 지역에서 그리드패러티에 도달하였고 보조금 없이 사업을 진행하기도 한다. 두 에너지원의 균등화발전비용(LCOE) 하락 속도는 다른 재생에너지원에 비해 빠르고 지역별로 편차가 큰 편이다.

2017년 재생에너지에 투자한 금액은 전체 신규 발전 설비에 투자한 금액의 68.2%로, 화석연료와 원자력을 합한 것보다 두 배 많다. 2015년 이후로 개발도상국의 투자금액이 선진국을 추월한 상태로 중국이 차지하는 비중은 45%로 가장 높고 투자는 태양광과 풍력에 집중되어 2017년

재생에너지원 중 96%가 태양광과 풍력에 투자되었다. 2017년 재생에너지 산업 고용은 처음으로 천만 명을 넘어섰고 중국이 전체 일자리 중 44%를 차지하고 있다.

2017년 태양광 신규 설비용량은 98GW로 발전원 중 가장 높고 기록적으로 설비가 확장되었다. 이는 중국의 확장 때문으로 중국이 전 세계 신규 설비용량의 절반 이상을 차지했다. 중국 다음으로 미국, 인도, 일본, 터키순으로 이들 5개 국가가 전체 신규 설비용량의 84%를 차지한다. 한편, 2018년 중국의 신규설비 제한으로 처음으로 태양광 시장이 역성장할 가능성도 있다. 중국 시장 축소는 태양광 제조 산업 가치사슬 전반에 큰 영향을 미쳤다. 시장 축소에도 불구하고 선도 제조 기업들은 기존의 확장 계획을 유지하고 있는 상태다.

2017년 풍력 신규 설비용량은 52GW로, 2015년 신규 설비용량 64GW로 최고치를 기록한 후 중국의 시장 축소로 2년 연속 규모가 줄었다. 시장 축소에도 불구하고 중국이 가장 많이 증설하였고 그다음이 미국이다. 중국과는 반대로 유럽과 인도는 경매로 이행하기 전 기존의 지원 혜택을 받기 위해 증설을 서둘러서 신규 설비용량이 증가하였다. 해상풍력의 성장이 가파르는데, 해상풍력은 2017년 역대 최대인 4.3GW가 신규로 증설되었다. 산업 면에서 2017년 터빈 제조에서 Vestas가 세계 선도적인 자리를 지키고 있고 Siemens Gamesa는 합병 이후 세계 2위로 등극하였다. 터빈 상위 4개사가 전 세계 시장의 53%를 차지하고 있다.

나. 주요국의 신재생에너지 정책 동향

중국의 FiT 제도는 대표적인 재생에너지 지원 정책이다. 하지만 재생에너지 보급이 확대됨에 따라 보조금의 규모가 증가하자 FiT 기준가격

을 인하하여 보조금 규모를 줄이기 시작하였다. 이러한 FiT 보조금 삭감 기조는 지속되어 2018년 1월 1일부 FiT 기준가격을 인하한 뒤 2018년 5월 31일 태양광의 FiT 기준가격을 추가로 인하하여 즉시 적용하고, 국가 보조금이 필요한 태양광발전소 건설을 승인 없이 추진하는 것을 금지하였다.

2018년 3월에는 각 성급 행정구역별 재생에너지 할당을 정하도록 규정하였고, RPS 목표를 조정하여 제시하였다. 특징은 재생에너지전력증서(이하 증서)가 규정되어 거래 메커니즘을 통한 할당 이행이 가능해진 것이다.

일본 정부 2018년 7월 제5차 에너지기본계획을 확정하였다. 2030년 주요 목표를 살펴보면 온실가스 감축 목표를 2013년 대비 2030년 26% 감축으로 제시하였다. 이를 위해 발전량 기준 전원믹스를 신재생에너지 22~24%, 석유 3%, 가스 27%, 원자력 20~22%로 제시하였다. 한편, 일본은 매년 FiT 기준가격을 개정하여 고시하며, 점차 FiT 기준가격을 인하고 있고 태양광은 FiT 지원을 받지 않는 가격으로 인하한다는 목표를 명시하였다.

미국은 생산세액공제(PTC)와 투자세액공제(ITC)는 트럼프 정부가 출범하여 종료될 것이라는 우려가 있었다. 그러나 2018년 2월 PTC와 ITC가 2015년 연장된 계획대로 통과되어 혼란은 없을 것으로 전망된다. 반면, 트럼프 행정부는 2018년 1월 태양전지와 모듈에 4년간 셰이프가드 관세를 부과하였다. 한편, 캘리포니아주는 2045년까지 전력의 100%를 재생에너지 및 원자력 등의 무탄소 전원으로 공급하는 SB100을 2018년 9월 시행하였다.

EU는 2030년까지 최종에너지 소비 중 재생에너지 비중을 27%에서

32%로 확대하는 재생에너지지침(Renewable Energy Directive) 목표 상향을 확정하였다. 이번에 합의한 새로운 목표는 구속력을 지니며, 2023년에 목표 상향을 위해 검토한다는 조항이 포함되어 있다.

다. 세계 신재생에너지 주요 현안

1) 태양광 산업의 무역 장벽

미국과 인도, 그리고 EU는 중국 다음으로 태양광 신규설비 용량 측면에서 가장 큰 시장으로, 태양광에 투입되는 지원과 정책의 혜택을 자국 또는 역내 기업이 많이 받게 하기 위해 태양광 산업의 무역 장벽을 통해 자국 산업을 보호하려고 노력하고 있다.

2018년 1월 미국은 태양전지와 모듈에 세이프가드 관세를 부과하여 대미 모듈 수출이 급감하였고, 이에 따라 기업은 미국 내 공장 건설을 추진하고 우리나라는 WTO에 미국을 제소하였다. 인도는 2018년 7월 중국과 말레이시아산 제품의 높은 비중이 자국 산업을 위협한다고 판단하여 이들 국가의 태양전지와 모듈에 세이프가드 관세를 부과하였다. 한편, EU는 그동안 지역 내 산업 보호를 위해 중국산 태양전지와 모듈에 부과하던 최소수입가격 조치를 2018년 9월 중단하였다.

2) 신재생에너지 부과금 및 전기요금 인상

세계적으로 신재생에너지 보급이 많은 국가의 경우 신재생에너지 보급에 따른 소비자의 부담이 함께 늘어나는 것을 확인할 수 있다. 대표적인 국가로 일본, 독일, 호주가 부과금 및 전기요금 인상을 겪고 있다.

일본은 FiT 시행 이후 부과금이 지속해서 증가하고 있으나, 2016년부

터 증가 속도가 감소하였다. 독일도 재생에너지 보급 확대에 의한 보조금 지급이 전기요금 상승으로 이어져 소비자와 기업의 비용이 증가하였다. 가정용 및 산업용 전력가격은 2000년 이후 지속적인 증가 추세를 보이나 최근 완만한 추세로 전환되고 있다. 호주의 전기요금 상승은 여러 요인이 있지만, 신재생에너지 보급도 원인 중 하나가 되고 있다.

3) 경매의 확산 및 독일과 일본의 경매 결과

전 세계적으로 경매를 채택한 국가가 빠르게 증가하여 2017년 84개국이 채택하였다. 2017년부터 독일과 일본도 경매를 도입하여 운영하고 있다.

독일은 시범 경매부터 경매를 도입한 2017년까지 태양광 및 풍력 낙찰가가 계속 하락하여 경제성을 확보하는 수단으로 자리를 잡았다.²⁷⁴⁾ 하지만 2018년부터 이러한 발전단가 하락 추세는 다소 다른 양상을 보이고 있다. 이러한 독일 경매 결과는 경매 규칙이 변경됨에 따라 나타난 것으로 분석된다.

일본은 2017년부터 경매가 도입된 2MW 이상의 대규모 태양광 발전설비를 대상으로 2018년 9월까지 경매를 2회 진행하였다. 2017년 11월 시행된 1차 경매는 총 500MW에 대해 입찰을 진행하여 141MW가 낙찰되었고 2차 경매에서는 단 한 건도 낙찰되지 않았다.

4) 기업의 재생에너지 이용 확대(RE100 확산)

전력 사용의 100%를 재생에너지로 달성하겠다는 기업의 자발적 모임인 RE100에 참여하는 기업이 급속히 늘어나는 추세를 보인다. RE100의

274) 조상민·정성삼, 2017, 국제 신재생에너지 정책변화 및 시장분석, p.77.

가입조건, 목표 도달, 재생에너지 조달 방식에 대한 검증은 까다롭다. RE100 확대는 재생에너지 산업에는 성장 동력으로 작용하지만, 일반 산업에는 극복해야 할 위기로 작용할 가능성이 있다. RE100에 대한 대응으로 2018년 5월 일본은 비화석증서 시장을 개설, RE100의 이행수단으로 인정받았다.

5) 신재생에너지 계통 연계 촉진 및 계통 운영 합리화

신재생에너지 보급이 확대됨에 따라 전력계통의 접속과 운영이 중요한 문제로 부상하고 있다. 중국은 신재생에너지 계통접속 지연이 발생하는 대표적인 국가로 접속 지연에 따른 발전 전력을 버리는 사태가 발생하고 있다. 따라서 중국은 접속 지연 문제를 해결하기 위해 새로운 전원 개발 중점지역의 전력망 건설을 강화하여 송출제한 문제를 해결하는 것을 강조하고 있다. 중국은 물리적인 전력망 연결뿐만 아니라 지능형 전력망 구축 노력도 병행하고 있다.

일본은 전력계통 운영에 유연성을 확보하여 재생에너지 전력의 접속을 늘리는 일본판 C&M을 검토하고 있다. 이 방식은 전력계통에 접속 가능할 수 있는 여유 용량이 있을 때, 발전사업자의 요청에 따라 일정 조건에서 접속을 허용하는 제도이다. 장기적으로는 계통설비 확대가 필요하지만, 단기적으로 전력계통의 탄력적인 운영을 통해서도 재생에너지 전력의 계통 접속을 확대하는 조치이다.

2. 시사점 및 정책 방향

정부는 2017년 ‘에너지전환 로드맵’, ‘재생에너지 3020 이행계획’, ‘제8차 전력수급기본계획’을 수립하며, 에너지전환을 에너지정책의 핵심 정책으로 설정하였다. 문재인 정부 출범 이후 재생에너지 보급 목표를 적극적으로 설정함에 따라 재생에너지와 관련하여 잠재량, 전기요금, 환경, 계통 등 많은 우려가 제기되고 있다. 여기서는 국제 동향과 정책 파악을 통해 얻은 시사점과 정책적 방향을 제시하고자 한다.

가. 태양광 시장 공급 과잉에 따른 구조조정 대비

전 세계적으로 태양광 보급은 급속히 증가하였고 특히, 2015년 이후 중국은 세계 신재생에너지 신규투자의 1/3 이상을 차지하며, 신재생에너지 시장의 성장을 주도해 왔다(<표 3-4>). 2017년 전 세계 태양광 보급의 절반 이상을 차지할 정도로 가장 큰 시장이 되었고, 공급 측면에서도 태양광 가치사슬별로 중국 기업들의 점유율이 압도적인 상태이다. 따라서 중국의 시장 변화는 전 세계 태양광 산업에 큰 영향을 미친다.

2018년 중국은 태양광 보급 자체보다는 경제성을 확보하는 신재생에너지 보급으로 정책을 발표(5월 31일 조치)하며 보급 속도를 조절하였다. 세계 시장에서 큰 비중을 차지하는 중국의 수요 축소는 전체적인 시장의 수요 전망에도 영향을 미쳐서 2018년 처음으로 전 세계 태양광 신규 설비용량이 전년 대비 감소할 수 있다. 중국 기업은 자국 수요 감소로 과도하게 발생하는 공급 물량을 해소하기 위해 더 낮은 가격으로 해외에 수출할 것으로 예상된다.

중국 시장의 수요 감소에 따른 가격하락은 저렴한 가격으로 신재생에

너지를 보급할 수 있다는 점에서 보급 측면에서는 긍정적인 효과가 있지만, 산업 측면에서는 다소 우려가 되는 상황이다. 시장 축소에도 불구하고 선도 제조 기업들은 낮은 한계 비용을 바탕으로 비교적 높은 설비이용률을 유지하고 있어 시장 축소는 중소기업들을 한계로 내몰고 있다. 그뿐 아니라 대규모 중국 제조 기업들은 기존의 확장 계획을 유지하고 있다. 이에 따라 태양광 제조업에서 경쟁력이 없는 기업은 시장에서 퇴출당하고 살아남은 기업의 규모가 커지는 구조 조정이 일어날 것으로 보인다.

국내 태양광산업은 중국 시장의 수요감소로 공급 과잉에 처한 중국 기업과 치열한 가격경쟁을 치러야 하는 상황이다. 이러한 상황에서 국내 태양광 보급 정책은 국내 태양광산업계에 예측가능한 유효 수요를 창출한다는 측면에서 의미가 있다. 특히 산업계에 대한 직접 통상 문제를 일으킬 수 있기 때문에 직접 지원보다 오히려 효과적인 방식일 수도 있다. 정부는 국내 수요 확대 등의 활용할 수 있는 정책수단을 검토해야 한다. 한편, 산업계는 정부의 정책 지원과는 별개로 공급과잉에 대응하는 가격경쟁력 확보, 고효율 제품 출시 등의 방식으로 차별화하는 대응이 필요하다.

나. 무역 분쟁 대응 필요

재생에너지 시장과 산업이 성장하면서 주요 시장에서 자국 또는 역내 기업이 보호를 위해 세이프가드 조치를 하는 것을 살펴보았다. 국내 태양광 제조 산업은 신재생에너지 제조 산업 중 가장 큰 비중을 차지하고 있고, 수출은 내수의 2배, 전체 신재생에너지 수출의 85%를 차지하고 있다. 또한, 풍력 제조 산업도 태양광 다음으로 수출하고 있다. 따라서 이러한 국제 시장의 무역장벽은 국내 산업에 미치는 영향이 크다.

무역분쟁이 지속되는 현재의 대외 정책환경을 고려하여, 산업계는 특

정 국가 중심의 수출을 지양하고 판매처를 다변화하는 노력이 이뤄져야 한다. 제조업체는 현지화 전략을 통해 관세, 비관세 장벽을 포함한 무역 장벽을 극복하는 전략을 검토해야 하고 국내에서는 건설, 시공, 유지·보수 등의 서비스업 경쟁력을 높이려는 노력이 필요하다. 국내 재생에너지 보급목표가 명확해짐에 따라 대규모 해상풍력 등 상대적으로 경쟁력이 낮은 우리나라 풍력 기업이 기술투자과 트랙 레코드를 축적할 호기로 활용해야 한다. 이 과정에 정부는 어떤 분야를 지원할 것인지 명확한 목표를 설정할 필요가 있다. 또한, 신재생에너지 산업계의 수출선 확보를 위해 기술별로 유기적이고 효과적인 지원 체계를 마련해야 할 것이다.

다. RE100 확대 대비 제도적 기반 마련 필요

RE100의 확산과 이에 대응한 일본의 제도적 기반 마련 노력을 살펴본다. RE100 확산은 기업 수준의 무역 장벽으로 활용할 수 있는데 특히 재생에너지전력의 경제성이 확보된 지역이나 그리드패러티에 근접한 지역의 경우, 자국 기업에 유리한 환경을 조성하는 수단으로 활용될 수 있다.

따라서 국내 신재생에너지 산업의 활성화뿐만 아니라 일반 산업도 재생에너지로 인한 무역 장벽을 회피할 수 있는 경쟁력을 확보하기 위해 RE100을 이행할 수 있는 제도적 기반 마련이 필요하다. 한편 국내에서 RE100 제도적 기반 마련을 대기업 대상의 지원 정책 수단으로 볼 수도 있다. 하지만 이는 RE100의 조건에 맞추어 기업 활동을 하려는 모든 기업에 기회를 제공하는 것이다. RE100은 자발적인 기업 운동으로 참여 의사가 없는 기업이 참여할 의무가 없지만, RE100 기업은 주로 원청 기업 또는 영향력 있는 투자자이기 때문에 실질적인 강제 효과가 나타나기 때문이다.

<표 6-1>은 RE100 달성으로 인정되는 수단별로 현재 국내법상 가능 여부와 국내 현실 및 가능 방안을 정리한 것이다.

〈표 6-1〉 RE100 인정 수단별 국내 현황 및 가능 방안

RE100 인정 수단	가능 여부	국내 현실	가능 방안
① 자가발전	가능	높은 비용으로 경제성이 낮아 기업의 부담이 큼	신재생 보급단가 인하
② 부지 내 설비	가능	공급자의 인센티브 부재로 어려움	신재생 보급단가 인하 및 별도 유인책 마련 (기업 대상 태양광 대여 사업 등)
③ 직통선 구매	불가능	한전의 소매독점으로 P2P거래 불가능	법 개정
④ 전력구매계약	불가능	한전의 소매독점으로 PPA계약 불가능	법 개정
⑤ 전용 상품	가능	별도 상품 부재	전력상품 개발
⑥ 인증서	가능	RPS하에서 일반기업에 REC 구매를 허용하면 RPS 시장의 혼란 초래	별도 인증서 발급

자료: 직접 작성.

먼저, 자가발전, 부지 내 설비, 전용상품, 인증서는 현행 법률체계에서 가능하지만, 직통선을 통한 구매나 전력구매계약은 불가능하다. 국내 소매시장은 한국전력공사가 독점하도록 되어 있기 때문에 다수의 해외 기업이 전력구매계약을 통해 조달 방식이나 재생에너지 발전사업자가 특정 소비자에게 직통선으로 전력을 판매하는 것이 불가능하다.²⁷⁵⁾

반면 자가발전은 언제나 가능한 방식이고 기업 부지 내에 발전사업자가 공급하는 것은 가능한 방식이다. 하지만 재생에너지 발전단가가 저렴

275) 전기사업법 부칙에서 한국전력공사를 배전사업자로 명시함.

한 곳에서는 가능하지만, 국내 여건에서는 기업의 부담증가분이 너무 커 현실적으로 어려운 방식이다.

국내 여건상 가능한 방식으로 한전이 전력상품을 다양화하여 녹색전력요금제와 같은 재생에너지 기반의 전력상품을 제공하여 기업 또는 개인이 구매하는 방식이 있을 수 있다. 또 다른 방식은 RE100 기업이 인증서를 구매하여 인증서 구매로 재생에너지전력 사용을 인정받는 방식이 있다. 현재 국내에는 크게 신재생에너지 전력으로 인정받는 것은 REC가 있다.²⁷⁶⁾ 하지만 REC를 RE100 참여를 원하는 일반기업 특히, 전력 다소비기업에 판매하는 것은 REC를 통해 의무를 이행해야 하는 공급의무자와 경쟁하는 구조를 만들어 가격 상승으로 이어질 수 있다. 또한, REC 가격 상승은 의무대상자의 의무이행비용이 정산되기 때문에 국민 부담이 증가하는 효과를 초래한다. 따라서 일본의 비화석증서나 EU의 전력원보증(Guarantee of Origin)과 같은 별도의 인증서를 도입할 필요가 있다.

라. 경매의 적절한 기준 설정과 운영

현재 우리나라는 RPS제도가 전력판매시장과 REC 시장 모두에서 변동성에 노출되면서 발전사업자가 자금을 조달하는 금융시장에서는 높은 금리를 적용하게 되고 발전단가는 크게 떨어지지 않는 구조가 되었다. 또한, REC 시장도 4개 시장으로 분리되어 있어 높은 이익을 거두기 위해 다른 시장으로 이탈하는 유인이 발생하고, 기준가격 산정에도 현물시장의 영향력이 크게 작용하는 가능성에 노출되어 있다.

최근 경매가 빠르게 확산되고 있고 제대로 설계된 경매가 재생에너지 단가 하락에 크게 이바지하였음을 많은 해외 사례에서 확인할 수 있다.

276) 태양광발전 대역사업자가 받은 신재생에너지생산인증서(REP)도 있으나 REC를 대체하여 짧은 기간 높은 단가로 보조한다는 점에서 크게 REC의 일종으로 봄.

우리나라도 제3차 에너지기본계획 워킹그룹 권고안에 경제적으로 재생 에너지 보급확대를 위해 경매를 도입한다는 내용이 수록되었다.

경매의 도입이 필요하지만, 경매를 도입하면서 앞서 살펴본 일본의 2MW 이상 규모의 태양광 경매와 독일의 육상풍력 결과는 경매에 대한 조건 없는 긍정론에 경종을 울리는 것이라 할 수 있다.

먼저 일본의 대규모 태양광 경매가 모든 회차에서 입찰 부족을 겪고 2차 경매에서는 낙찰자가 없는 것은 여러 가지 원인이 있다. 첫째, 좋은 경매 결과를 기대하기 어려운 일본의 태양광발전사업 환경이다. 경매 절차상 필요한 보증금에 대해 과도하다는 지적이 있으나 보증금 몰수가 발생할 수 있는 상황을 만드는 환경이 더 근본적인 원인이라고 할 수 있다. 그러한 원인으로 지적될 수 있는 것으로 용지 부족, 계통접속 문제가 있다. 용지 부족 문제는 입찰에 참가할 수 있는 자격을 갖춘 입찰자가 줄어들어 경쟁을 악화하는 결과를 초래할 수 있다. 반면 계통접속 문제는 발전사업자의 수익과 직결되는 문제로 비용을 인상하는 요인으로 작용하게 된다. 따라서 일본의 대규모 태양광 경매는 우호적인 환경이 조성되지 않았다는 것이다.

둘째는 일본 정부의 과도한 가격 인하 의지를 원인으로 꼽을 수 있으며, 2차 경매가 이러한 문제를 잘 보여주는 사례라 할 수 있다. 일본은 1차 경매의 상한가격 공개가 가격하락을 충분히 유도하지 못하였다고 생각하고, 더 낮은 상한가격을 제시하면서도 가격은 공개하지 않았다. 2차 경매의 상한가격인 15.5엔/kWh였는데, 이는 정부 당국자가 언론 인터뷰에서 밝힌 2010년대 말 평균가격 15엔/kWh에 육박하는 수준이었다.²⁷⁷⁾ 특히 1차 경매의 상한가격 21엔/kWh보다 무려 5.5엔/kWh를 낮춘

277) <https://www.pv-magazine.com/2018/09/14/japan-auctions-197-mw-in-second-pv-tender/>, 최종방문일 2018.10.31.

것으로 시장에 참여하는 참가자가 합리적인 의사결정을 하기 어려운 수준의 급격한 가격 인하라 할 수 있다.

독일의 태양광과 육상풍력은 2017년까지 가격하락을 유도한 효과적인 수단이었다고 평가되었다. 하지만 2018년 들어 육상풍력의 평균 낙찰가는 점차 상승하였다. 앞서 언급한 것처럼 독일 육상풍력 경매 결과는 입찰자격과 관련한 규칙이 변경된 것이 크게 영향을 준 것으로 분석된다. 독일 정부가 육상풍력이 면허를 취득하지 못한 시민협동조합의 참여로 지나치게 낮은 수준으로 가격이 형성되었다고 판단하여 규칙을 변경하였다면 성공적인 결과를 도출한 것이다. 하지만 이러한 결과를 의도하지 않았다면, 시장분석을 잘못하여 나타난 결과이다.

따라서 효과적으로 자원을 배분하는 경매를 시행하기 위해서는 경매 방식, 규칙 등의 설계뿐만 아니라 계통접속, 잠재량 산정, 적절한 상한 가격 파악을 위한 에너지원별, 지역별 LCOE가 어떠한지에 대한 조사 등 충분한 준비가 필요하다. 앞선 일본과 독일의 사례는 효과적인 정책 수단을 쓰더라도 적절하지 않은 대응이 있을 때는 본래의 목표를 달성할 수 없다는 사실을 보여준다.

마. 변동성 재생에너지 확대에 대비

경제성 확보를 기반으로 변동성 재생에너지가 빠르게 확대되고 있음을 확인하였고 앞으로도 전력 구성에서 그 비중이 계속 증가할 것으로 전망하고 있다. 우리나라도 2030년 재생에너지 발전량 비중 20%를 변동성 재생에너지(Variable Renewable Energy, VRE)인 태양광과 풍력 중심으로 신규 설비용량의 95% 이상을 공급하기로 하였다.²⁷⁸⁾

278) 산업통상자원부, 2017, 재생에너지 3020 이행계획(안), p.2.

<표 6-2>는 IEA가 변동성 재생에너지 비중에 따라 시스템에 주는 영향과 주요 과제를 밝힌 것이다.

<표 6-2> VRE 발전량 비중에 따른 단계 구분

	1단계	2단계	3단계	4단계
VRE 발전량 비중	~3%	3~15%	15~25%	25%~
시스템 측면 특성	시스템에 대한 영향 없음	계통운영자는 VRE 규모 인지	유연성이 당면 문제로 부각	안정성이 당면 문제로 부각
주요 과제	지역 계통 상황	VRE 발전과 수요 일치	가용 유연성 제공 자원	교란 대처 능력 강화

자료: IEA, 2017, Getting Wind and Sun onto the Grid, p.12~13.

우리나라의 2017년 재생에너지 발전량 비중은 7.6%이며 그중 변동성 재생에너지 발전량은 1.6%로 계통에 전혀 영향을 주지 않고 있다.²⁷⁹⁾ 2030년 변동성 재생에너지 발전량 비중을 제8차 전력수급기본계획을 토대로 계산하면 수치상 2단계인 13.5% 수준으로 계통의 유연성 문제가 심각하지 않아 보인다.

하지만 우리나라의 전력계통이 독립형이며, 확보 수단에 대한 산업정책 측면에서 신재생에너지 확대에 따른 유연성 확보가 반드시 필요하다.²⁸⁰⁾ 주력 전원으로 부상하는 재생에너지의 발전량을 정확하게 예측하여 계통의 불안정성을 줄이기 위해서는 정확한 기상분석이 전제되어야 한다. 기상청의 지역별 관측설비를 확충하고, 분석모형을 업그레이드하여 관련 자료를 빅데이터로 제공하며 이를 활용할 수 있는 플랫폼을 구

279) 한국에너지공단, 2018, 2017 신재생에너지 보급통계 잠정치 활용.

280) 전력부문에서 재생에너지 관련 계통의 유연성 확보 수단으로 ESS와 양수발전 같은 백업설비, 재생에너지 발전량 예측 강화, 유연성 자원이 전력시장에 진입할 수 있는 제도 개선, 안정적 운영을 보장하는 통합시스템 구축 등이 있음.

축한다면 기상분석 기반 사업 마케팅이나 관련 사업의 활성화에 이바지할 수 있을 것이다.

다음으로 통합관제를 위해 실시간 전력 현황에 대응하는 통합관제시스템 구현을 위해 설비 구축 및 운영 프로그램 개발할 필요가 있다. 이를 활용하는 하드웨어와 소프트웨어 플랫폼을 운영하면, 전력계통 운영 고도화사업의 플랫폼으로 수출도 생각할 수 있다. 또한, 통합관제시스템이 구축되어야 국민DR, 에너지프로슈머 등의 사업도 물리적 인프라가 뒷받침되어 효과적으로 작동할 수 있다. 통합관제는 중국 신에너지 빅데이터 플랫폼이나 Simens Gamesa와 같이 ICT를 활용하여 발전 설비의 성능 개선, 발전소 원격 감시 및 운영 관리 등의 유지·보수 서비스 사업으로 확대될 수 있다.

바. 계통접속 문제에 대한 대응

일본과 중국의 계통접속 문제에 대해 살펴보았다. 이러한 문제가 발생하는 근본적인 원인으로 재생에너지발전소 건설에 드는 시간과 전력계통을 보강하는 데 필요한 시간의 차이가 있다는 것을 들 수 있다. 태양광발전소는 조성하는 데 1년 미만이 소요되고 풍력발전소는 약 3년이 소요되는 반면 154kV 변전소 및 송전선로 건설은 표준공기 6년이 필요하다.²⁸¹⁾ 여기에 변전소 건설과 관련한 민원이 발생하면 시간은 더욱 길어진다.

이러한 발전소와 전력계통의 건설 기간 차이를 극복하기 위해서는 체계적인 계통보강계획이 필요하지만, 현재 이러한 여건이 마련되어 있지 않다. 정부가 구체적인 설비 계획을 밝히는 전력수급기본계획에도 신재

281) 김홍균, 2018, 재생에너지 확대를 위한 수용성 제고방안, 제47차 환경리더스포럼 발표자료.

생에너지발전은 연도별 목표량이 제시되어 있지 않아 구체적인 정보가 부재하다. 한국전력은 통상 일반발전사업자와 협의 과정을 거칠 때 발전소 건설과 계통 연계에 대한 사전 정보를 획득해 왔으나, 신재생에너지 발전사업자는 협의할 대상을 특정하기 어려울 정도로 숫자가 많아 이러한 과정이 어렵다. 또한, 태양광의 경우 기업 규모도 적어 계통 보강이 완료되는 6년 뒤 태양광발전소가 건설될 것이라는 확신을 할 수 없는 현실이다.²⁸²⁾

이러한 계통접속 문제를 해결하기 위해서는 중앙정부, 지방자치단체, 한국전력, 연구기관 등의 유기적인 협조체계가 구축되어야 한다. 만약 경제성이 있는 신재생에너지 자원을 우선 개발하는 것을 원칙으로 삼는다면 어떠한 지역이 경제성이 있는 지역인지 신재생에너지 잠재량과 LCOE에 대한 분석이 선행되어야 한다. 따라서 중앙정부는 연구기관을 통해 주요 신재생에너지원에 대한 지역별 잠재량을 도출하고 LCOE 분석을 시행한 후 데이터베이스를 구축해야 한다. 그럴 경우 신재생에너지 발전사업자도 이러한 정보를 활용하여 우수한 자원부터 개발을 시도할 수 있으며, 중앙정부나 지자체도 허가할 때 이러한 정보를 활용할 수 있다.

데이터베이스 구축과 별개로 지역에너지계획 수립 과정에 한전의 참여 또는 지자체와 한전과의 계통보강 관련 협의가 체계적으로 이뤄져야 한다. 현재 대규모 발전설비를 허가하는 중앙정부와는 달리 소규모 발전설비를 허가하는 지자체와 한전 간의 업무 협의가 체계적으로 이뤄지지 않고 있다.²⁸³⁾ 체계적인 업무 협의는 계통보강과 발전설비 준공 간의 시차를 줄이는 데 조금이나마 기여할 수 있으므로 이러한 체계 확립에 대한 제도적 뒷받침이 필요해 보인다.

282) 전계서.

283) 제47차 환경리더스포럼(2018.9.27. 개최) 토론회에서 나온 지적임.

사. 정보 제공을 통한 수용성 확보

에너지전환에 대한 사회적 수용성을 확보하기 위한 정확한 정보 제공이 필요하다. 독일과 일본의 전기요금 인상과 관련하여 재생에너지로 인한 부과금이 얼마인지 정확히 알 수 있었다.

[그림 6-1]은 우리나라와 독일, 일본의 전기요금 청구서에 표시되는 항목을 비교한 것이다. 독일과 일본의 경우 재생에너지 보급확대에 따라 발생하는 부과금을 별도로 구분하여 표시하고 있다. 반면 우리나라는 신재생에너지 보급과 관련한 비용항목이 별도로 표시되어 있지 않다. 하지만 이미 FiT제도를 시행했을 때 발전비용을 지원하였고, RPS제도상에서도 공급의무자가 신재생에너지 공급의무를 이행할 때 발생한 비용을 정산하고 있다. 즉, 현재는 전체적인 수준이 높지 않아 문제가 되지 않지만, 신재생에너지의 보급이 더욱 증가하고 지원이 증가한다면 많은 항목이 포함된 부과금은 정확한 정보를 제공하지 못하게 된다. 불투명한 정보제공은 소비자의 신재생에너지 보급에 대한 수용성을 저해할 수 있다.

[그림 6-1] 한국, 독일, 일본의 전기요금 청구서 항목 비교

청구내역	Energiekosten	電気ご使用量のお知らせ
기본요금 1,600 전력량요금 37,825 역률요금 0 대가료요금 0 다자녀할인 0 복지할인 -8,000 자동차부활인 0 인태넷할인 0 모바일할인 0 전기요금계 31,425 부가치세 3,143 계기발상금 0 연체료 903 전력기금 1,160 가산금 20 임대비보상 -1 당월요금계 36,650 미납요금 0 TV수신료 2,500 청구금액 39,150원	Steuern, Abgaben und Umlagen (VSL&Z Q) Mehrwertsteuer Stromsteuer: Steuer auf den Verbrauch von Strom Kassenumschlag: Abgabe an die Kommunen für die Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln für Strom- und Erdgasleitungen Umlagen (EEG § 19 StromNEV, Offshore, KWKG, abschaltbare Lasten): Den größten Teil nimmt die EEG-Umlage zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien ein. Die weiteren Umlagen sind im Glossar erklärt. Netz (NetZ AN Q) Netzentgelte: Kosten der Netzbetreiber für Transport und Verteilung der Energie sowie Pflege und Instandhaltung des Energienetzes Messstellenbetriebe: Kosten für Bereitstellung, Betrieb und Wartung des Zählers (Messstellenrichtung) Messung: Kosten für Erfassung und Bereitstellung der Zählerdaten Energiekauf, Vertrieb und Service (VSL&S Q) Summe Energiekosten brutto	① 2016년 1월 1일 ~ 2016년 1월 31일 ② 2016년 1월 1일 ~ 2016년 1월 31일 ③ 2016년 1월 1일 ~ 2016년 1월 31일 ④ 2016년 1월 1일 ~ 2016년 1월 31일 請求予定金額 (うち消費税等相当額) 基本料金 xxx円xx銭 上電11段料金 x,xxx円xx銭 記力12段料金 x,xxx円xx銭 料量13段料金 x,xxx円xx銭 燃料費調整 xxx円xx銭 再生エネルギー発電促進賦課金 xxx円 内 口座振替引 -xx円xx銭

자료: <http://itsecurity.tistory.com/110>, http://www.kamei93.co.jp/hanakame/simulation_TokyoB.html, <https://erfribender.blogspot.com/2016/05/haaaaallo-bin-ich-in-dieser-cyberwelt.html>, 최종방문일 2018.11.5.

한편으로는 신재생에너지 비용을 명확하게 밝히는 것이 신재생에너지 보급 확대를 저해하지 않을까 하는 우려가 있을 수 있다. 앞서 살펴본 독일, 일본, 호주 사례와 같이 초기 신재생에너지가 활발하게 보급될 때는 어떠한 형태로든 전기요금이 상승하고 소비자의 부담이 증가하였기 때문이다. 하지만 경제성을 확보하면 할수록 신재생에너지 보급에 따른 부담의 증가 폭이 감소하는 것을 볼 수 있다.

신재생에너지 보급에 따른 사회적 비용부담이 없기 위해서는 신재생에너지 발전단가가 화석전원의 발전단가보다 낮은 수준인 그리드패리티 이하일 때 보급해야만 가능하다. 정부가 신재생에너지를 보조하면서 확대하는 것은 단순히 경제적인 요인에 의해서만 이뤄지지 않는다. 산업적 측면에서 신재생에너지 산업을 육성하고 성장 동력으로 활용하기 위한 목적이 있고, 환경성을 고려하여 탄소배출을 줄이고, 에너지를 분산하여 고밀도 에너지의 위험성을 회피하려는 목적이 있을 수 있다. 따라서 신재생에너지 보급에 대한 비용 정보를 명확하게 밝히는 것은 여러 목적 중 하나에 대한 정보를 공개하는 것이다. 그리고 비용 정보의 공개는 그것이 경제성을 확보해서가 아니라 점차 경제성을 확보하기 위한 방향으로 진행하기 위해 사회적 동의를 얻는 과정에서 필요하다.

신재생에너지 부담에 대한 정보를 공개하는 것은 정책입안자에게는 정책을 통해 경제성을 확보하도록 노력하는 압박 요인으로 작용할 수 있다. 또한, 신재생에너지 발전사업자에게는 사회적 감시가 되어 경제성을 확보하며 보급하기 위한 경쟁의 촉매제가 될 수 있다. 따라서 장기적으로 안정적인 에너지전환과 이를 뒷받침하기 위한 신재생에너지 보급 확대를 위해서는 비용에 관한 정보의 공개가 필요하다.

참고문헌

<국내 문헌>

김홍균, 2018, 재생에너지 확대를 위한 수용성 제고방안, 제47차 환경리더스 포럼 발표자료.

제47차 환경리더스포럼(2018.9.27. 개최) 토론회.

산업통상자원부, 2017, 재생에너지 3020 이행계획(안).

에너지경제연구원, 2015, 신재생에너지 공급인정서(REC) 가격 예측 방법론 개발 및 운용.

_____, 2016, 세계 에너지시장 인사이트 제16-32호.

_____, 2017, 세계 에너지시장 인사이트 제17-28호.

_____, 2018, 세계 에너지시장 인사이트 제18-1호.

_____, 2018, 세계 에너지시장 인사이트 제18-2호.

_____, 2018, 세계 에너지시장 인사이트 제18-4호.

_____, 2018, 세계 에너지시장 인사이트 제18-5호.

_____, 2018, 세계 에너지시장 인사이트 제18-7호.

_____, 2018, 세계 에너지시장 인사이트 제18-8호.

_____, 2018, 세계 에너지시장 인사이트 제18-9호.

_____, 2018, 세계 에너지시장 인사이트 제18-15호.

_____, 2018, 세계 에너지시장 인사이트 제18-31호.

_____, 2018, 세계 에너지시장 인사이트, 제18-33호.

이수철, 2018, 후쿠시마원전 사고 후 일본의 에너지전환의 성과와 시사점, 에너지경제연구원 세미나자료.

조상민, 2016, 국제 신재생에너지 정책 변화 및 시장분석: 경매제도를 중심으로 한 제도개선 방향.

조상민·정성삼, 2017, 국제 신재생에너지 정책변화 및 시장분석.

한국수출입은행 해외경제연구소, 2018, 2017년 4분기 태양광산업 동향.

한국에너지공단, 2018, 2017년 신재생에너지 보급통계 (잠정치).

_____, 2018, 2017년 신재생에너지 보급통계.

_____, 2018, 2017년 신재생에너지 산업통계.

한화투자증권, 2018, 신재생에너지 Weekly 2018년 3월 2주.

<해외 문헌>

일본 환경성, 미즈호 정보 종합연구소(環境省・みずほ情報総研), 2018, RE100 제도에 대해(RE100(再エネ100%目標)について).

일본 에너지재단, 2017, 自然エネルギーの導入拡大に向けた系統運用.

일본 자원에너지청(資源エネルギー庁), 2018, 계통연계 완화 대책 (系統制約の緩和に向けた対応).

_____, 2018, 계통제약을 피하는 대응에 대해(系統制約の克服に向けた対応について).

일본 전력광역적운영추진기관(電力広域的運営推進機関), 2018, 광역기관의 [일본판 연결&관리] 검토에 대해(広域機関における「日本版コネクト & マネージ」の検討について).

ACCC, 2018, Restoring electricity affordability and Australia's competitive advantage.

AER, 2018, State of the energy market 2017.

Aurora Energy Research, 2018, Subsidy-free renewables set to revolutionise energy market, with €180 billion renewables investment opportunity across NW Europe, 언론 제공용.

BDEW, 2018, Strompreisanalyse Mai 2018.

BNEF, 2017, 2H 2017 Wind Operations and Maintenance Index.

_____, 2017, Solar Modules to Get Even Cheaper and More Efficient.

_____, 2018, 1H 2018 Corporate Energy Market Outlook.

_____, 2018, 1H 2018 Solar LCOE Update.

_____, 2018, 1H 2018 Wind LCOE Update.

_____, 2018, 1Q 2018 Global PV Market Outlook.

_____, 2018, 1Q 2018 Global Wind Market Outlook.

_____, 2018, 2H 2018 Corporate Energy Market Outlook.

_____, 2018, 2Q 2018 Global PV Market Outlook.

_____, 2018, 3Q 2018 European Policy Outlook.

_____, 2018, 3Q 2018 Global PV Market Outlook.

_____, 2018, 3Q 2018 Global Wind Market Outlook.

_____, 2018, China Solar Costs Get Closer to Coal in Auction.

_____, 2018, European Developers Place Bets on Subsidy-Free PV.

_____, 2018, Japan's Non-Fossil Certificate Market Omits the Buyers.

_____, 2018, June 2018 PV Index Supply, Shipments and Prices.

_____, 2018, New Energy Outlook 2018.

_____, 2018, October 2018 PV Index Supply, Shipments and Prices.

_____, 2018, Onshore Wind: the Experience Curve Revisited.

_____, 2018, Technical and Financial Service in the Wind Sector.

Fraunhofer ISE, 2018, Photovoltaics Report.

FS-UNEP Centre, 2018, Global Trends in Renewable Energy Investment.

FS-UNEP Centre, UN Environment, BNEF, 2018, Global Trends in Renewable Energy Investment, 2018.

- GIZ-CNREC, 2018, China Energy Policy Newsletter.
- IEA, 2017, Getting Wind and Sun onto the Grid.
- _____, 2018, Renewables information.
- _____, 2018, Renewables Information 2018.
- IRENA, 2018, Renewable Energy and Jobs 2018.
- _____, 2018, Renewable Energy and Jobs Annual Review 2018.
- _____, 2018, Renewable Energy Policies in a Time of Transition.
- ISE, 2018, Photovoltaics Report.
- ITRPV, 2018, Results 2017 including maturity report 2018.
- NDRC, 2016, 재생에너지 13·5 계획(可再生能源发展“十三五”规划).
- NDRC·NEA, 2018, 国家发展改革委和国家能源局发布了《国家发展改革委
国家能源局关于提升电力系统调节能力的指导意见》(发改能源〔2018〕
364号).
- Q Y Yan et al., 2016, IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 40 012076.
- REN21, 2010, Renewables 2010 Global Status Report.
- _____, 2011, Renewables 2011 Global Status Report.
- _____, 2012, Renewables 2012 Global Status Report.
- _____, 2013, Renewables 2013 Global Status Report.
- _____, 2014, Renewables 2014 Global Status Report.
- _____, 2015, Renewables 2015 Global Status Report.
- _____, 2016, Renewables 2016 Global Status Report.
- _____, 2017, Renewables 2017 Global Status Report.
- _____, 2018, Advancing the Global Renewable Energy Transition.
- _____, 2018, Renewables 2018 Global Status Report.

<웹사이트>

국가법령정보센터 <http://www.law.go.kr/>,

전기사업법 검색 최종방문일 2018.10.31

BNEF 데이터베이스, 최종방문 2018.10.26.

_____, 최종방문 2018.11.19.

<https://www.awea.org/policy-and-issues/tax-policy>, 최종방문일 2018.10.28.

<https://www.bnef.com/policy/4345>, 최종방문일 2018.10.29.

<https://www.bnef.com/policy/5439>, 최종방문일 2018.10.29.

<https://www.bnef.com/core/data-hubs/5/89?tab=Country>, 최종방문일 2018.10.31.

<https://www.bnef.com/core/data-hubs/3/15?tab=Global%20Investment>, 최종방문일 2018.10.29.

<https://www.cleanenergywire.org/news/coal-commission-focussed-economy-bavarian-nuclear-request/onshore-wind-auction-undersubscribed-first-time>, 최종방문일 2018.10.29.

<https://www.cleanenergywire.org/news/car-club-calls-diesel-retrofits-germans-split-over-diesel-bans/higher-prices-auctions-reflect-real-market-value-says-bwe>, 최종방문일 2018.10.29.

<https://cleantechnica.com/2018/01/23/trump-solar-tariff-jobs/>, 최종방문일 2018.4.18.

<https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2018/06/27/renewable-energy-council-confirms-deal-reached-with-the-european-parliament/>, 최종방문일 2018.10.29.

<http://www.e2news.com/news/articleView.html?idxno=94506>, 최종방문일 2018.10.30.

<https://economictimes.indiatimes.com/news/economy/foreign-trade/commerce-ministry-recommends-imposition-of-safeguard-duty-on-solar-cells/articleshow/65013517.cms>, 최종방문일 2018.8.22.
<http://www.ekn.kr/news/article.html?no=320583>, 최종방문일 2018.10.9.
http://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/#head, 최종방문일 2018.10.24.
<https://www.energy.gov/savings/business-energy-investment-tax-credit-itc>, 최종방문일 2018.10.28.
<https://www.energy.gov/savings/renewable-electricity-production-tax-credit-ptc>, 최종방문일 2018.10.28.
<https://www.energylivenews.com/2018/07/20/uk-to-scrap-feed-in-tariff-scheme-in-april-2019/>, 최종방문일 2018.10.29.
<https://erfribender.blogspot.com/2016/05/haaaaallo-bin-ich-in-dieser-cyber-welt.html>, 최종방문일 2018.11.5.
<http://www.goldwindglobal.com/news/focus-article?id=2066>, 최종방문일 2018.9.10
<https://www.gov.uk/government/publications/clean-growth-strategy/clean-growth-strategy-executive-summary>, 최종방문일 2018.10.29.
<https://www.greentechmedia.com/articles/read/solar-mandate-all-new-california-homes>, 최종방문일 2018.10.28.
<http://itsecurity.tistory.com/110>, 최종방문일 2018.11.5.
http://www.jepx.org/market/pdf/NF201801_201803.pdf?timestamp=1534850220365, 최종방문일 2018.10.9.
http://www.kamei93.co.jp/hanakame/simulation_TokyoB.html, 최종방문일 2018.11.5.

<https://www.kankyo-business.jp/news/020414.php>, 최종방문일 2018.8.22.

<http://www.lawinfochina.com/display.aspx?lib=law&id=3942>, 최종방문일 2018.10.22.

https://leginfo.legislature.ca.gov/faces/billNavClient.xhtml?bill_id=201720180SB100, 최종방문일 2018.10.9.

<http://www.marathon-cap.com/news/impact-of-section-201-import-tariffs-on-utility-scale-solar-lcoe>, 최종방문일 2018.4.18.

http://www.meti.go.jp/committee/chotatsu_kakaku/pdf/032_03_00.pdf, 최종방문일 2018.10.9.

http://www.meti.go.jp/report/whitepaper/data/pdf/20180207001_1.pdf, 최종방문일 2018.10.25.

<http://www.meti.go.jp/press/2017/03/20180323006/20180323006.html>, 최종방문일 2018.10.24.

<http://www.meti.go.jp/press/2015/03/20160318003/20160318003.html>, 최종방문일 2018.10.25.

<http://www.meti.go.jp/press/2016/03/20170314005/20170314005.html>, 최종방문일 2018.10.25.

<http://www.meti.go.jp/press/2017/03/20180309002/20180309002-1.pdf>, 최종방문일 2018.10.28.

<http://www.meti.go.jp/press/2017/03/20180309002/20180309002-2.pdf>, 최종방문일 2018.10.28.

<http://www.meti.go.jp/press/2017/03/20180309002/20180309002.html>, 최종방문일 2018.10.28.

http://www.ndrc.gov.cn/zcfb/zcfbtz/201612/t20161228_833049.html, 최종방문일 2018.10.23.

http://www.ndrc.gov.cn/zcfb/zcfbtz/201806/t20180601_888637.html, 최종 방문일 2018.10.23.

http://www.nea.gov.cn/2017-02/06/c_136035626.htm, 최종방문일 2018.10.24.

<https://news.v.daum.net/v/20170309060044850>, 최종방문일 2018.10.30

http://www.npc.gov.cn/huiyi/cwh/1112/2009-12/26/content_1533216.htm, 최종방문일 2018.10.22.

<https://nyusatsu.teitanso.or.jp/>, 최종방문일 2018.10.9.

<https://www.ofgem.gov.uk/environmental-programmes/fit/applicants>, 최종 방문일 2017.11.11.

<https://www.ofgem.gov.uk/environmental-programmes/fit/fit-tariff-rates>, 최종방문일 2018.10.29.

https://www.ofgem.gov.uk/system/files/docs/2018/07/fit_generation_and_export_payment_rate_table_01_july_-_31_march_2019.pdf, 최종방문일 2018.10.29.

<https://pv-magazine-usa.com/2018/09/10/breaking-sb-100-signed-in-california/>, 최종방문일 2018.10.9.

<https://www.pv-magazine.com/2017/04/26/breaking-suniva-petition-could-start-new-global-solar-trade-war/>, 최종방문일 2018.10.28.

<https://www.pv-magazine.com/2017/12/12/france-raises-annual-capacity-of-solar-tenders-by-1-gw-confirms-joint-wind-solar-auctions/>, 최종방문일 2018.10.29.

<https://www.pv-magazine.com/2018/06/29/france-makes-room-for-solar-total-announces-10-gw-plan/>, 최종방문일 2018.10.30.

<https://www.pv-magazine.com/2018/08/31/eu-ends-mip-against-chinese/>, 최종방문일 2018.10.30

<https://www.pv-magazine.com/2018/09/03/mip-impact-eu-module-prices-to-decline-up-to-30-2019-pv-demand-up-40/>, 최종방문일 2018.10.30.
<https://www.pv-magazine.com/2018/09/14/japan-auctions-197-mw-in-second-pv-tender/>, 최종방문일 2018.10.31.
<https://renewablesnow.com/news/india-recommends-25-safeguard-duty-on-pv-imports-from-china-malaysia-620266/>, 최종방문일 2018.10.9.
<https://www.reuters.com/article/us-un-climate-usa-paris/u-s-submits-formal-notice-of-withdrawalhttps://www.epa.gov/newsreleases/epa-proposes-affordable-clean-energy-ace-rule>, 최종방문일 2018.10.9.
<https://www.reuters.com/article/us-eu-china-trade/eu-ends-trade-controls-on-chinese-solar-panels-idUSKCN1LG1QM>, 최종방문일 2018.10.30.
<https://www.rmi.org/chinas-move-away-from-voluntary-green-certificates-implications-for-corporate-renewable-procurement/>, 최종방문일 2018.10.23.
<https://www.scmp.com/news/china/politics/article/2165831/china-steps-green-energy-push-revised-renewable-target-35-2030>, 최종방문일 2018.10.23.
<https://www.seia.org/initiatives/solar-investment-tax-credit-itc>, 최종방문일 2018.10.28.
<https://www.solarquotes.com.au/blog/chinas-top-runner-program/>, 최종방문일 2018.10.23.
<https://tech.nikkeibp.co.jp/dm/atcl/news/16/102511624/?ST=msb>, 최종방문일 2018.10.25.
<http://there100.org/companies>, 최종방문일 2018.10.30.
<http://there100.org/going-100>, 최종방문일 2018.10.30.
<https://ustr.gov/about-us/policy-offices/press-office/press-releases/2018/january/president-trump-approves-relief-us>, 최종방문일 2018.10.28.

westdollar.com/sbdm/finance/news/1350,20180108819763092.html, 최종 방문일 2018.9.10.

<https://www.windpowermonthly.com/article/1489670/chinese-province-runs-renewables-216-hours>, 최종방문일 2018.9.10.

<https://www.windpoweroffshore.com/article/1487080/new-agreement-keeps-frances-offshore-wind-hopes-alive>, 최종방문일 2018.10.29.

<http://www.yinglisolar.com>, 최종방문일 2018.10.31.

http://zfxgk.nea.gov.cn/auto87/201603/t20160303_2205.htm, 최종방문일 2018.10.24.

http://zfxgk.nea.gov.cn/auto87/201601/t20160114_2096.htm, 최종방문일 2018.10.23.

<http://zfxgk.nea.gov.cn/auto87/201803/P020180323411671430329.docx>, 최종방문일 2018.10.23.

이석호

現 에너지경제연구원 부연구위원

<주요저서 및 논문>

『신재생에너지 RPS제도 개선을 위한 경매제도 도입 방안 연구』, 에너지경제연구원 기본연구, 2017

『전력계통을 고려한 도서지역 에너지신산업 활성화 방안 연구』, 산업통상자원부 수탁연구, 2016

조일현

現 에너지경제연구원 부연구위원

<주요저서 및 논문>

기본연구보고서 2018-27

국제 신재생에너지 정책 변화 및 시장 분석

2018년 12월 30일 인쇄

2018년 12월 31일 발행

저 자 이 석 호·조 일 현

발행인 조 용 성

발행처 에너지경제연구원

44543 울산광역시 중가로 405-11

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

등 록 1992년 12월 7일 제7호

인 쇄 크리커뮤니케이션

©에너지경제연구원 2018

ISBN 978-89-5504-710-3 93320

* 파본은 교환해 드립니다.

값 7,000원

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

