

# ENERGY FOCUS

에너지포커스 | 2022년 겨울호

## 특별기획

2022년 에너지경제연구원 연례 정책 세미나  
“에너지안보와 탄소중립: 세계적 불확실성과  
우리의 현주소”

## 이슈와 시선

전력산업 구조개편: 회고와 전망  
전력산업의 우회적민영화 비판과 대안  
미증유의 에너지위기와 전력, 가스 시장개편의 필요성

## 동향과 분석

재생에너지 지역편중 해소를 위한 제도개선 방안  
미국 전력시스템의 발전 방향  
해외 주요국 냉난방 부문 지열이용 동향과 국내 시사점



## CONTENTS

# Clean+

## ENERGY FOCUS 2022년 겨울호 Vol.86

「에너지포커스」는  
에너지 정책 수립 관련  
정보를 담은 매거진입니다.



### 권두칼럼

04  
신에너지 안보 패러다임 시대의  
주요 이슈와 대응 과제  
정웅태  
에너지국제협력센터 센터장



### 특별기획

06  
2022년 에너지경제연구원  
연례 정책 세미나  
“에너지안보와 탄소중립:  
세계적 불확실성과 우리의 현주소”

발행일 2022년 12월 30일  
발행인 임춘택  
편집인 김재엽  
기획위원 이호무, 김지효, 김성균, 김강, 김지현, 안정호(동서발전)  
발행처 에너지경제연구원  
44543 울산광역시 중구 종가로 405-11(성안동)  
Tel.052-714-2234  
디자인 효민디앤피 Tel.051-807-5100



## 이슈와 시선

32

전력산업 구조개편: 회고와 전망  
조성봉 숭실대학교 경제학과 교수

40

전력산업의 우회적 민영화 비판과 대안  
남태섭  
전국공공산업노동조합연맹 정책기획실장

48

미증유의 에너지위기와 전력,  
가스 시장개편의 필요성  
석광훈 에너지전환포럼 전문위원



## 동향과 분석

56

재생에너지 지역편중 해소를 위한 제도개선 방안:  
지역별한계가격(LMP)과 피드인프리미엄(FIP)을  
중심으로

안재균 에너지경제연구원 연구위원  
김승완 충남대학교 교수

70

미국 전력시스템의 발전 방향  
김현제 에너지경제연구원 선임연구위원

86

해외 주요국 냉난방 부문 지열이용  
동향과 국내 시사점  
김재엽 에너지경제연구원 부연구위원



## 연구원 소식

101

[인포그래픽](#)

104

[연구원 뉴스](#)

108

[교육서비스](#)

# 신에너지 안보 패러다임 시대의 주요 이슈와 대응 과제



정 응 태  
에너지경제연구원  
에너지국제협력센터 센터장



2022년 다사다난했던 한 해가 저물어 가고 있다. 올 한 해를 돌아해보면 1970년대의 석유과동 이후 가장 큰 에너지 위기라고 지칭할 만큼 국제 에너지 시장의 변동성과 불안정성이 가장 큰 한 해가 아닌가 생각된다. 올 2월에 발발한 러시아-우크라이나 전쟁(러-우 전쟁) 이후 미국과 유럽을 중심으로 러시아산 석탄, 석유, 천연가스 등 에너지원에 대한 금수조치와 대러 제재가 가해졌다. 러시아도 이러한 조치에 반발해 유럽지역에 가스 공급을 줄이거나 중단한 조치를 단행하기도 하였다. 러시아산 가스 의존도가 40% 이상이었던 유럽은 이러한 충격으로 인해 천연가스 및 전력 가스의 급등이나 가스 공급 위기에 직면하였으며 저소득층 및 에너지 수입 기업들의 경제적 부담이 가중되는 어려움을 올해 내내 겪게 되었다. 이러한 유럽발 에너지 위기는 글로벌 에너지 가격 급등과 에너지 공급망 불안정성을 초래하면서 세계 에너지 시장의 불확실성이 더욱 높아지게 되었다. 유럽을 비롯한 세계 각국은 이러한 위기를 극복하기 위해 전력 가스 가

격 상한제를 도입해 운영하거나, 가격 급등에 피해를 본 취약계층 및 기업에 대한 재정지원을 추진하였다. 또한 공급 안보 역량을 강화하기 위해 원전이나 석탄발전 가동률도 확대하였다. 하지만 이러한 정책적 노력은 단기 충격 극복을 위한 한시적 정책이다. 러-우 전쟁으로 촉발된 에너지 위기를 경험한 세계 주요 선진국들은 궁극적으로 에너지 안보 위기를 해소하기 위해서는 현재 장기 에너지 목표로 추진 중인 탄소중립을 보다 가속화 하려고 노력 중이다. 러-우 전쟁 이후 새롭게 수립하거나 개정된 유럽의 REpowerEU, 영국의 에너지안보전략(British Energy Security Strategy), 독일의 Easter Package 등을 보면 재생에너지 보급 목표 상향을 통해 에너지 부문의 탈탄소화 실현을 앞당기는 정책을 추진하겠다는 의지를 적극 표명하고 있다. 이는 비단 유럽 몇 개 국가의 이야기 아니다. 우리나라를 비롯해 일본 등 에너지 수입 의존도가 높은 국가들은 모두 이러한 정책적 움직임에 앞으로 동참할 것으로 보인다. 탈탄소화 실현을 위

해 다양한 정책 대안이 있는데 그 중 핵심 요소는 ①전력 부문의 탈탄소화, ②에너지 소비효율 향상, ③탄소중립 기술의 상용화 및 보급 확대 그리고 ④청정에너지 부문의 투자 확대 등을 들 수 있다. 하지만 이를 통한 탈탄소 목표 달성 과정에서 요소별로 다양하고 복잡한 에너지 안보 위협 요소가 존재한다. 그래서 다음과 같은 요소별 안보 위협 요소를 살펴보고 이를 해소하는 대안을 제시해 보고자 한다.

첫째, 현 전력 시스템은 점차 복잡해지고 수요와 공급 측면에서 변동성이 커지고 있다. 현대적 에너지 소비와 수소와 같은 신에너지 개발을 위해 전력 수요가 대폭 증가하고 있으며, 풍력과 태양광 발전과 같은 변동성 발전 비중이 커지고 있기 때문이다. 따라서 전력 부문의 탈탄소 달성을 위해서는 전력 계통 안정성을 기반으로 하는 전력 공급 안보가 담보되어야 한다. 이를 위해 적절한 규제체계 마련과 디지털 인프라 부문의 투자 확대를 통해 유연성 발전 자원을 확보하고 운영하는 것이 필요하다.

둘째, 에너지 효율 증진은 에너지 수요를 낮추고 가계 및 기업의 에너지 비용이 절감됨에 따라 에너지 안보상의 이점도 가져오고, 기후변화 대응 목표를 가속화 하는 데 기여할 수 있다. 하지만 현실은 다르다. IEA에 따르면 2011~2016년까지는 전 세계적으로 연평균 2.1%의 에너지 집약도가 개선되었으나 그 이후인 2017~2020년에는 연평균 1%, 2021년도에는 연평균 0.5%로 시간이 지날수록 오히려 에너지 효율 개선이 둔화하고 있는 것으로 나타났다. 이러한 에너지 효율 둔화를 향후 개선하기 위해 국가적 차원의 홍보나 캠페인 강화를 통해 소비자의 에너지 소비 패턴을 국가적 차원의 홍보나 절약 캠페인 확대 등을 통해 개선한다거나, 에너지 설비시설의 효율성을 증진할 수 있는 제도나 기준을 강화하려는 있는 정책적 노력이 필요하다.

셋째, 청정에너지 기술에 필요한 주요 공급망이 중국 등 특정 국가에 대한 의존도가 높아 올해 관찰되었던 광물 가격 급등 등과 같은 에너지 안보 위협 요소가 앞으로도 빈번하게 발생할 수 있다. 이러한 위협 요소를 완화하기 위해서



는 리튬, 코발트, 니켈 등 향후 수요가 빠르게 증가할 것으로 예상되는 핵심광물의 공급망 다변화를 강화하거나, 재활용이나 효율성 강화와 같은 수요 혁신 촉진 정책 마련을 통해 안정적인 핵심광물 공급 역량이나 관련 소재나 부품의 제조 역량이 강화될 필요가 있다.

마지막으로, 러-우 전쟁과 같이 외부 에너지 위기 상황이 탈탄소화 이행 과정에서 발생할 때 글로벌 에너지 시스템이 더욱 취약할 수밖에 없는 근본적인 이유 중의 하나는 화석 연료를 대체할 만큼 청정에너지 기술에 대한 투자가 이루어지지 못했기 때문이다. 청정에너지 기술에 투자 확대는 향후 지속해서 다양한 대안이 마련될 수 있겠지만, 최근 에너지 가격 급등으로 발생한 석유·가스 부문에서의 초과이윤을 활용하는 것도 고려해 볼 수 있을 것이다.

우리나라는 2022년 한해 발생한 글로벌 에너지 위기 상황을 맞아 원전 재가동, 유류세 인하 등을 추진했을 뿐 아니라 비축유 반출, 원유 상한제 수용 등과 같은 글로벌 차원의 공조 노력에 적극적으로 참여해 왔다. 이러한 위기 극복 사례를 발판 삼아 우리나라가 탈탄소 이행과정에서 직면할 수 있는 다양한 에너지 안보 위기 상황을 진단해 보고, 이를 위한 대응 방안이 앞에서 제시한 과제를 참고해 조만간 마련되기를 기대한다.

## 2022년 에너지경제연구원 연례 정책 세미나

# 에너지안보와 탄소중립: 세계적 불확실성과 우리의 현주소

...

※ 이하의 내용은 '2022년 에너지경제연구원 연례 정책 세미나' 내용 및 녹취록 일부를 발췌·요약한 것으로 실제 내용 및 표현과 다소 차이가 있을 수 있으며, 전체적인 발표 및 토론 내용은 유튜브 영상 참고





## 개회사

임춘택 에너지경제연구원 원장

작년까지는 탄소중립 논의가 중점적으로 진행되었습니다. 하지만 지난 1~2년 사이에 COVID-19, 러-우크라이나 전쟁 등의 변수가 발생했고, 이제 여러 국가들이 에너지 공급망 위기를 어떻게 대응해야 할지 고민 중에 있습니다. 에너지안보와 탄소중립이 동시에 거론되고 대응책을 마련해야 하는 상황인데, 이러한 변화 속에 우리의 에너지정책 방향은 어떠해야 할까요? 탄소중립 이행 과정에서 그린플레이션(Greenflation)이 발생하고 화석연료에 대한 투자는 위축되었습니다. 지금까지는 탄소중립이 에너지안보를 약화시키는 요인이었던 것이죠. 그런데 이제는 에너지안보가 탄소중립을 약화시키는 요인이 되고 있습니다. 러-우크라이나 전쟁을 거치면서 에너지안보가 우선이 되었고 탄소중립은 상대적으로 뒤로 밀리는 상황을 경험하고 있습니다. 두 가치는 함께 추구되어야 하는데, 아직까지는 양립이 쉽지 않아 보입니다. 탄소중립은 장기과제고 에너지안보는 단기 과제일까요? 아닙니다, 에너지안보도 장기적으로 추구되어야 하고 탄소중립을 반드시 장기적인 과제로 볼 수만은 없습니다. 미국 IRA 법안, 유럽 CBAM 등에 대한 대응이 가시적인 문제로 다가와 있기 때문입니다. 에너지안보와 탄소중립 둘 중 하나만 강조될 상황이 아닌 것이죠. 두 가치를 조화시키면서 전 세계적 어젠다를 주도하는 방안을 고민해야 할 때입니다. 오늘 여러 이슈에 대해 기탄없는 논의를 거쳐 유의미한 시사점을 도출했으면 합니다.





세션 1

### 최근 에너지 시장 동향과 전망, 주요국 대응 방향과 국내 시사점

발표자 : 이성규 에너지경제연구원 해외에너지정책분석팀 팀장

주요 내용

- 2020년 코로나19 팬데믹, 금년의 러시아-우크라이나 전쟁 등으로 인해 국제 에너지시장의 불확실성과 변동성이 크게 증가하였으며 국제 에너지 교역 양상에도 변화가 발생
- 전쟁 이후 글로벌 에너지 공급망에 변화가 발생하여, EU와 미국 등 서방의 에너지 협력은 지속 확대되는 반면, 러시아는 중국 및 인도에 대한 수출을 늘리면서 새로운 시장 개발 모색
- 현재의 글로벌 에너지공급망 위기가 탄소중립을 위한 청정에너지 시스템으로의 이행을 가속화하는 기회가 될 수 있다는 점에서 우리나라가 취해야 할 에너지 정책 방향을 제시



에너지경제연구원 연례 정책세미나



토론



**정웅대**

에너지국제협력센터 센터장

이성규 박사님 발표를 통해서 최근 에너지 안보 상황에 대해 점검해보았습니다. 단기 및 장기 에너지 수급 전망을 통해 글로벌 공급망의 취약성이 앞으로도 계속 심화될 것 같다는 위기의식을 피력해주셨습니다. 에너지안보의 관점이 많이 변했다는 측면을 얘기해주셨고, 안보 대응 방향도 폭넓게 말씀 해주셨는데요, 이제 세 분의 토론자들과 함께 심도있는 논의를 진행해보겠습니다. 토론 방향을 크게 두 갈래로 설정하려 합니다. 먼저 지정학적 관점, 에너지원 관점에서 지금 에너지안보가 위기라면 가장 큰 불확실성 요소가 무엇일지를 논의해보고, 그 대응방향을 검토해보는 시간을 가질 것입니다. 그 다음 여러 불확실성 요소를 감안할 때 우리나라가 어떻게 대응해야 할지에 대한 논의로 확장해보겠습니다. 그럼 이재승 교수님 의견을 먼저 들어보겠습니다. 지정학적 관점에서 우리가 직면할 가장 큰 불확실성 요소는 무엇일까요?



**이재승**

고려대학교 교수

지정학적 요인을 논하기에 앞서 2022년은 매우 특수한 해입니다. 1945년 이후 지금까지 요즘같은 시기를 찾아볼 수 없었습니다. 미증유(未曾有)의 위기라고 볼 수 있겠습니다. 우선 지정학적 관점에서 눈여겨 봐야할 점은 우리를 도와줄 나라가 어디에도 없다는 것입니다. 러시아는 기본적으로 금전을 지불하는 이상 가스를 공급하겠다는 원칙을 갖고 있습니다. 즉 적이든 친구든 상관없이 경제적 대가만 지불하면 가스는 확실히 공급하겠다는 시그널을 지속적으로 보내고 있었던 것이죠. 그러나 이번 전쟁을 통해 러시아는 이 원칙을 포기했습니다. 이제 유럽은 얼마나 추운 겨울을 감내해야 할지를 본격적으로 걱정해야 하는 상황입니다. 한국은 다행히 러시아산 에너지 수입 의존도가 높지는 않죠. 그런데 우



리가 압도적인 양을 수입하고 있는 중동 등이 앞으로도 우리의 이익을 지켜줄지, 그것은 아무도 알 수 없습니다. 1945년 이후 우리나라는 미국의 에너지 우산 아래에 있었습니다. 핵우산 뿐 아니라 에너지 우산 안에도 있었던 것이죠. 미국이 석유 등 에너지를 필요로 했기에 중동지역에서의 지정학적 안보와 에너지 안보는 분리될 수 없는 관계였고, 동맹국인 한국은 상당한 혜택을 누렸습니다. 하지만 2010년대 중반 이후 미국이 셰일 혁명을 통한 에너지자급이 가능해지면서 미국의 대중동 전략은 사활적 개입에서 선택적 개입으로 전환되었습니다. 이는 에너지 문제에 있어 불확실성이 커졌다는 것을 의미하지요. 우리나라는 세계 10위권의 경제대국으로 도약했습니다만, 경제규모 대비 에너지를 다소비하는 국가라는 측면에서 향후 에너지 수급과 관련된 여러 지정학적 문제를 스스로 해결해나가야 하는 점은 굉장히 도전적인 현실입니다.

한편 최근 유럽이 러시아산 에너지 직수입을 중단하고 있는데요, 이에 다른 공급효과로 전 세계 에너지 수급이 아주 타이트한 상황에 몰리고 있습니다. 이제 유럽은 카타르로 눈을 돌렸죠. 한국이 카타르랑 천연가스 계약을 갱신해야 하는데 몇 년 전과 달리 굉장히 안 좋은 상황입니다. 그 동안 Buyer's 마켓으로 봤던 시장이 다시 Seller's 마켓으로 돌아가고 있는, 적어도 단기적으로 이런 상황에서 미국, 사우디, 러시아라는 에너지 키 플레이어들 간의 공존은 당분간 기대하기 어렵겠습니다. 풍량은 거세지고 있고 미국과 같은 따라갈만한 큰 배가 없어지고 있으니 우리 스스로 에너지수급 위기에 대응하려면 무엇이 필요할까요? 훨씬 더 많은 정보와 고도의 분석력, 훨씬 더 신속한 외교적 대응이 필요할 것인데 지난 10년 간 저유가, 저가스 기조 하에서 우리나라가 그러한 역량을 배양하지는 못했습니다. 이것이 지금 우리가 당면한 문제라 얘기하고 싶습니다.



**정웅대**  
에너지국제협력센터 센터장

네, 이재승 교수님 좋은 의견 감사드립니다. 우리나라 에너지안보 수준을 감안했을 때 앞으로의 상황이 더 걱정스럽고, 스스로 안보 역량을 키워나가는 것이 중요하다는 말씀을 해주신 것 같습니다. 두 번째로 현대경제연구원 장우석 실장님께서 가스 시장 관점에서 논의를 진행해주시겠습니까. 가스 시장 관점에서 우리가 직면할 불확실성 요소는 무엇이 있을까요?



**장우석**

현대경제연구원 실장

천연가스 쪽으로 국한해서 살펴본다면, 왜 지금 천연가스가 주목받을 수밖에 없는지를 먼저 살펴봐야 합니다. 발전연료들은 서로 연계가 되어 있어 하나의 연료에 충격이 발생하면 다른 연료에 풍선효과가 발생합니다. 전체적으로 공급되어야 하는 에너지 총량이 있을 때 하나가 줄면 다른 데가 늘 수밖에 없는 그런 구조인데, 우리나라는 석탄도 빨리 줄이려고 하고 원자력도 장기적으로 줄이는 방향인 상황에서 재생에너지를 빠르게 늘리는 전략을 채택했죠. 지난 5년, 길게 보면 지난 10년 이상을 재생에너지 확대에 국가적으로 굉장히 많은 자산과 노력을 투입했습니다. 그런데 재생에너지가 생각만큼 빠르게 늘 수 없는 구조죠. 지금 우리나라가 전력수급 등에 있어 빈 공간을 메울 수 있는 유일한 대안이 천연가스라는 현실이 재생에너지 확대와 관련된 문제를 간접적으로 보여주고 있습니다. 이런 상황에서 미중 갈등이라든지 방금 말씀해주신 지정학적 문제들이 발생하고 있는데, 그 와중에 재생에너지 발전비중이 늘어날수록 간헐성을 보완하려면 천연가스 이용의 필요성은 더욱 높아질 겁니다. 최근 전 세계적으로 천연가스 가격이 이상하리만치 급격히 인상되었습니다. 천연가스 도매가격이 상승하면서 소매가격도 같이 상승하고 있죠, 이러한 가격인상 충격이 이제 국민들에게 전가되도록 시장이 작동되어야 합니다. 문제는 국내의 경우 도매가는 변동하는데 소매가 조정을 인위적으로 막아놓은 정책이 오랫동안 지속되다보니 한 전 적자 문제도 발생하는 겁니다. 발전 부문의 경우 전력도매가격 인상폭을 인위적으로 제어하는 SMP 상한제까지 논의되고 있는데, 그러한 식의 일시적인 대응으로는 천연가스에 의존도가 높은 현재 시장 구조에 글로벌 천연가스 가격이 급변하는 복합적 상황에 효과적으로 대응하기 어려울 것으로 예상됩니다.





**정웅대**  
에너지국제협력센터 센터장

네, 장우석 실장님 좋은 의견 감사드립니다. 실장님께서서는 국내 천연가스 가격이 시장 상황을 좀 더 잘 반영할 필요가 있다고 말씀해주셨습니다. 주로 국내 천연가스 시장의 안보적 측면에서 논의를 진행해주셨습니다. 이번에는 석유 시장에 대해 이종헌 S&P 수석님의 의견들 들어보겠습니다.



**이종헌**  
S&P Global 수석

불확실성은 현재 석유 시장의 가장 큰 이슈인 것 같습니다. 경제학적 관점에서 가격이 오르면 공급이 늘어야하지만 이상하게도 석유 시장에서는 그 반대로 움직이는 경우가 굉장히 많습니다. 지금처럼 유가가 오르면 당연히 공급 물량이 늘어나야하는데 오히려 물량이 줄어드는 현상이 발생하고 있거든요. 지금도 OPEC에서 200만 배럴을 추가 감축하려 하고, 그러한 방침을 내년까지 지속하겠다고 밝힌 바 있습니다. 이와 반대로 과거에는 유가가 급락했지만 오히려 증산을 해 가격이 더 폭락하는 경우도 있었습니다. 그러면 왜 수요는 회복이 되는데 공급은 탄력적으로 반응하지 않을까요? 잘 아시다시피 글로벌 석유 시장은 소수의 공급자가 시장을 독과점하고 있지요. OPEC이라는 카르텔이 글로벌 석유 공급에 영향력을 행사해왔고 지금은 OPEC+로 규모를 키워서까지 시장에 영향을 주고 있습니다. OPEC+ 국가들은 대부분 국가가 자원을 통제하는, 그래서 시장 상황에 따라 공급량이 조절되기보다 국가가 처한 환경이나 지도자의 판단 등에 좀 더 큰 영향을 받고 있습니다. 과거에는 유가 예측이 경제학의 영역이었다면 불확실성이 고조된 현재는 국가가 처한 환경과 정치 지도자들의 정책, 국제관계가 엮여 있어 정치학의 영역이 좀 더 커진 것 같습니다. 따라서 보다 정확한 시장 판단과 대응을 위해서는 시장 참여 주체들의 인사이트가 더 깊어져야 하는 것과 별개로, 정치학자들과의 협업이 좀 더 중요해질 것으로 전망됩니다.



다. 지금 석유 시장에서 나타나고 있는 가장 큰 특징들 중 하나가 지정학 리스크 확대와 여유 생산능력의 감소가 동시에 발생하고 있다는 점이기 때문입니다. 대(對) 이란 제재가 해제되고 핵협상이 타결되면 100만 배럴 정도가 추가 생산될 것으로 예상되는데, 이렇게 되면 글로벌 석유 공급에 어느 정도 숨통이 트일 수 있을 겁니다. 하지만 현재 이란 핵협상은 진전이 없고, 앞으로 러시아가 석유 물량을 어디로 공급할지는 여전히 불확실합니다. 불확실성이 커지니 가격상한제 얘기도 나오고 지금보다 빠른 속도로 공급 차질이 심화되지 않을까 우려도 고조되고 있는 겁니다. 과거에는 지정학적 문제로 공급 차질이나 가격 급등이 발생할 경우 생산량을 늘려 가격 인하를 유도했지만 지금은 그렇게 대응하지 못합니다. 이는 여유 생산능력의 감소 때문인데요, 현재 OPEC에서 타겟으로 삼은 공급 물량과 실제 생산 물량은 생산은 거의 250만 배럴 정도 차이가 납니다. 이는 2015년 유가 대폭락, COVID-19, 탄소중립 이슈 등으로 공급 인프라 투자가 부족했고 그에 따라 여유생산 능력이 줄어든 것에 영향을 받은 것으로 보입니다. 이에 더해 지금 러시아는 자국 생산 원유(우랄, ESPO)를 시장에 배럴당 25달러 이하의 가격으로 할인해서 방출하고 있습니다. 그 물량을 중국, 인도, 터키에서 재빠르게 가져가고 있고 인도 같은 나라에서는 이를 정제해 다시 유럽으로 팔고 있는데요. 러-우크라이나 사태가 글로벌 석유시장에 미치는 영향이 아직 크지 않았던 이유는 이런 메커니즘 때문이었습니다. 실제로 제재가 본격화되면 불확실성이 더 커질 수밖에 없겠죠. 일각에서는 미국에서 생산을 늘리면 된다고 주장합니다만, 지금 미국 내에서는 소규모 업체들의 리그 수만 증가하고 있습

니다. 과거에 파산을 경험했기 때문에 리그 수를 빠르게 늘리는 것으로 예상됩니다. 미국 내 메이저 기업들의 석유 생산량은 여전히 COVID-19 이전 수준을 회복하지 못하고 있습니다. 한편 지금 미국 내 미완결 유전이 4천 개 정도 되고, 2000년대에는 미완결 유전이 9천 개 정도 되었는데요. 미완결 유전이라는 것은 새로운 신규투자가 아닙니다. 이미 만들어진 미완결 유전에서 증산을 통해 이윤을 극대화하는 겁니다. 그러면 당연히 신규투자는 없고 미완결 유전의 수는 줄어들겠죠. 이렇게 되면 단기적으로 미국의 석유 증산은 기대하기 어려울 것이고 글로벌 석유 시장의 불확실성과 가격 변동성도 더 커질 수밖에 없을 겁니다.



**정웅대**  
에너지국제협력센터 센터장

글로벌 석유시장 관련해 이 수석님께서 글로벌 석유 공급여력이 부족하다는 말씀을 해주셨습니다. 대체로 시장 상황이 좋지 않다는 견해로 이해됩니다. 이런 시장 환경에서 우리의 대응방향은 어떠해야 할지 논의를 이어가보겠습니다. 먼저 이재승 교수님, 지정학적 측면에서 우리의 대응 방향과 과제에 대해 좋은 의견 부탁드립니다.





**이재승**  
고려대학교 교수

저는 크게 세 가지 꼭지를 말씀드리고 싶습니다. 첫 번째로, 우리가 에너지안보의 중요성을 수십년 동안 외쳐왔습니다. 저도 그 논의에 적어도 20년은 관여해 왔지만, 솔직히 에너지안보를 안보 문제라 생각한 적이 없었습니다. 수급 문제라고 생각했죠. 그렇다면 대체 안보는 뭘까요? 소위 말해 사후적으로 해결하는 건 안보가 아닙니다. 그런데 우리나라는 유가가 단위당 100달러를 넘어가거나 혹은 그 정도 수준 이상의 위기상황을 겪고 나서야 에너지 안보관이 작동합니다. 에너지안보의 요체는 대비에 방점이 있습니다. 국방과 똑같습니다. 근데 국방과는 다르게 생각하는 경향이 강하죠. 에너지안보에 왜 대비를 해야하는지 의문을 가집니다. 결국 에너지안보 위기는 주기적으로 찾아왔습니다. 에너지 시장의 위기는 주기적으로 발생했고 우리는 주기적으로 에너지안보에 취약성을 드러냈던 것입니다. 에너지안보 문제가 찾아오고 나서야 그것을 해결하려 자원을 투입시키고, 위기가 끝나면 다시 잊히는 이 순환 고리를 이제 바꿀 때가 되었습니다. 그래야 결과적으로 적은 비용으로 에너지 부문의 충격뿐 아니라 경제 부문의 충격을 최소화 할 수 있겠습니다. 두 번째, 우리가 코로나 이전 시기를 BC라고 합니다. Before Corona, BC1, BC2 이러는데, 에너지안보를 강조하는 것이 유가 중심의 옛날로 돌아가자는 논의가 아닙니다. 에너지안보 위기에 대비하는 전략도구로 전통에너지를 이용해야한다는 것입니다. 그동안 우리나라는 에너지안보 컨트롤타워가 부재했습니다. 훌륭한 장관님들, 여러 전문가들이 계셨지만 의견을 종합하고 장기적 관점에서 큰 판을 보는 조직이 있었는지 등을 생각해 보면 사후적 수급 관점에서의 해결책만 고민해왔던 것이 아쉽습니다. 마지막 세 번째는 에너지를 정치와 종교로부터 분리해야 합니다. 세계 10위권의 경제를 유지하기 위해서는 에너지 분야가 훨씬 더 전문화 되어야만 합니다. 우리나라가 지금의 에너지안보 위기를 지혜롭게 극복하려면 에너지안보와 탄소중립을 이

분화 하는 정치와 종교 논리에서 벗어나 전문화된 집단지성에 기반한 에너지안보 정책을 수립하는 노력이 필요할 것입니다.



**정웅대**  
에너지국제협력센터 센터장

좋은 말씀 감사합니다. 에너지안보는 대비가 중요하다. 즉 선제적 대비가 필요하지 사후적 대응은 이미 늦은 감이 있다는 말씀을 해주셨습니다. 그동안 국내 에너지안보 컨트롤타워가 부재했지만 이제는 전문성을 갖고 큰 판을 볼 줄 아는 에너지안보 컨트롤타워가 필요해보입니다. 이제 가스 시장 관점에서 우리의 대응방향을 장우석 실장님께서 말씀해주시겠습니다.



**장우석**  
현대경제연구원 실장

이성규 팀장님께서 에너지안보에 있어 정부의 역할을, 이재승 교수님께서도 방금 에너지안보를 강조하셨지만, 사실 저는 생각이 조금 다릅니다. 우리가 어려웠던 시절, LPG 쓰던 60년~70년대, LNG 도입하던 80년~90년대, 우리 석유공사와 가스공사가 나서서 국민들의 에너지난과 석유파동 등으로부터 지켜줬지 않습니까? 국민들의 생계와 관련된 문제를 정부와 공공기관이 나서서 대응해주고, 그 힘으로 우리가 빠른 경제성장을 할 수 있었습니다. 적자를 감수하면서까지 전기와 가스를 공공기관들이 저렴한 가격에, 안정적으로 공급해왔다는 측면에서 에너지안보를 위한 지금까지의 노력이 부족했다고 보기는 어려울 것 같습니다. 이제 에너지안보는 공공과 민간이 함께 책임져야 한다고 봅니다. 정부, 석유공사, 가스공사를 정규군으로 본다면 민간 기업들은 예비군으로 활동을 하면서, 어떨 때는 정규군이 앞장서서 위기를 돌파하고 전선을 지키는 역할을 하겠지만 일상에서는 우리 기업들을 충분히 예비군으로 활용하는 에너지안보관이 정립되어야 한다고 봅니다. 이 말씀을 드리는 이유는 우리나라 천연가스





시장이 외풍에 상당히 취약하기 때문입니다. 시장구조가 굉장히 경직적이죠. 해외에서 가스를 도입할 수 있는 독점적 권한을 가스공사가 가지고 있습니다. 근데 이러한 권한에 약간의 변화가 생겼습니다. 민간 발전사업자가 자가소비용으로 가스를 살 때는 해외에서 가스를 직접 사올 수 있게 된 겁니다. 이후 자가소비용 물량은 2013년 3.5%에서 지금 우리나라 전체 도입 가스의 20% 이상 22%까지 늘어났습니다. 하지만 이것은 시장에 팔지 못합니다. 시장 안정화에 전혀 도움이 안 되는 물량이 들어오고 있는 것이죠. 해외에서 자가소비용으로 가스를 사왔는데, 국내 시장구조가 급변했을 때 이를 이용하지 못하는 구조가 국내 천연가스 시장 구조인 겁니다. 이 부분을 바꿔야 한다는 논의는 굉장히 오래됐습니다. 5~10년 전부터 계속 논의되고 있지만 가스공사 입장이 있고, 정부 입장이 있고, 5년마다 대통령이 바뀌고, 또 대통령 임기 1년 쯤 잊히는 패턴은 쉽게 바뀌지 않을 것 같습니다. 저도 굉장히 오랜 기간 동안 국내 가스 시장 개편 동향을 지켜보고 있지만 언제 어떻게 바뀔지 잘 모르겠습니다. 다행스럽게도 최근 자원안보 특별법에서 자가소비용 민간도입가스 사업자에게 가스공사처럼 비축 의무를 부여하자는 의견이 대두됐습니다. 궁극적인 해결책은 민간과 공공이 경쟁과 협력을 동시에 도모할 수 있는 시장구조 확립이라 생각합니다. 가스공사와 민간 가스발전 도입자들이 때론 경쟁하고 때론 협력하고, 비축할 필요가 있으면 같이 비축하기도 할 수 있어야 한다는 것이죠. 이는 망 중립성에 기반해 가스 도매시장에 개방이 되면 가능할 것으로 보입니다. 지금과 같이 서로 불신하고 견제하고 구조 변화를 일체 허용하지 않는 상황에서는 가스 시장에 외풍이 조금

만 볼어도 국내에서 이를 막아줄 대안이 없습니다. 이런 부분을 빨리 개선해야 한다고 말씀드리고 싶습니다.



**정웅대**

에너지국제협력센터 센터장

좋은 의견 감사합니다. 실장님께서서는 경직적인 국내 천연가스 시장에서 민간과 공공 부문의 상호 경쟁 및 협력체제로의 개편이 필요하다고 말씀해주셨습니다. 이제 마지막으로 석유 부문의 대응책을 들어보겠습니다. 이종헌 수석님, 말씀 해주십시오.



**이종헌**

S&P Global 수석

우리나라는 석유 전량을 수입해야 하고 수송도 쉽지 않습니다. 대응책을 말씀 드리는 것이 쉽지 않은데요. 오늘날 에너지안보와 탄소중립의 두 가치는 충돌할 수밖에 없는 상황인데, 역설적이게도 탄소중립 논의가 시작될 때부터 제가 여러 기회를 통해 이런 말을 했습니다. 우리가 2050 탄소중립을 달성하기 위해서는 탄소를 잘 확보해야 한다고 말입니다. 석유와 가스 가격이 국민들이 받아들일 수 있는 수준이어야 탄소중립에 대한 국민들의 지지도 지속적으로 유지될 것입니다. 우리가 미래 세대를 위해 탄소중립을 실현해야 한다는 마음이 절박하다면 탄소중립에 대한 국민적 지지를 계속 유지하기 위해서라도 탄소의 안정적 확보는 무엇보다 중요해질 것입니다. 문제는 우리나라의 에너지 우산이 되어 주던 미국도 에너지 독립이 되면서 중동 발(發) 에너지안보 위기에 관심이 낮아진 상황입니다. 그런데 우리나라의 중동 의존도는 오히려 심화되고 있지요. S&P에서 발표하는 EFS라는 지표가 있는데, 두바이유에 연동된 가격과 브렌트유에 연동된 가격의 상대가격을 비교하는 지표입니다. 이 지표가 배럴당 3달러 정도가 되면 차익거래가 형성되고 유럽과 아시아 물량 거래가 발생합니다. 5년 전만



해도 EFS가 마이너스(-)를 기록했는데요, EFS가 마이너스라는 것은 두바이유에 연동된 상대가격이 더 높아졌다는 뜻입니다. 현재 EFS는 8달러를 넘어섰습니다. 그만큼 브렌트유에 연동된 가격이 상대적으로 더 높다는 의미가 되겠습니다. 그러면 우리 정유사들은 당연히 조금이라도 싼 두바이유 가격에 연동된 원유를 수입할 수밖에 없고, 그러다보면 점점 중동 원유에 대한 의존도는 높아지게 됩니다. 미국이 중동에서 석유를 도입할 때는 미국의 이익을 위해서라도 중동에 대한 에너지안보를 책임져주다시피 했는데요, 이제는 이러한 상황을 기대하기가 쉽지 않은 것 같습니다. 지금 석유 시장은 일종의 공포가 지배하고 있는데, 산유국인 OPEC도 OPEC 나름대로의 공포가 있습니다. COVID-19를 통해 수요 파괴를 경험했기 때문입니다. 지금도 경기침체로 또 다시 수요 파괴가 일어날 수 있다는 공포 때문에 증산을 빠르게 결정하지 못하는 겁니다. 반면 우리나라 같은 수요국들은 가격 급등에 대한 공포가 있지요. 그럼 우리가 과감하게 석유 소비를 줄일 수 있겠습니까? 사실상 어려운 일입니다. S&P가 매년 진행하는 APPEC(Asia Pacific Petroleum Conference)이라는 회의가 있는데 아시아, 태평양 지역의 석유 관련 업체들이나 전문가와 미팅도 하고 회의도 하는 회사에서 제일 큰 행사들 중 하나입니다. 금년 9월에 개최된 APPEC에서는 에너지안보가 가장 큰 이슈가 되었습니다. 자국 이익 우선주의 아래 각 국가들이 점점 자기중심적 에너지 정책을 펴고 있고, 수출 통제 얘기도 흘러나오고 있습니다. 중국도 수출 통제를 하고 미국도 여러 대응 카드를 고민하고 있죠. 이러한 상황에서 어떻게 해야 한국이 조금이라도 저렴한 석유를 도입할 수 있을까요? 석유 시장의 동태를 전문가적 안목으로 모니터링하면서 어디로부터 어떤 방식으로 원유를 도입해야 국민들에게 조금이라도 적절한 가격의 석유를 공급할 수 있는 것인지 고민을 해야 할 것입니다.



**정웅태**

에너지국제협력센터 센터장

수석님께서서는 석유 시장의 수급 안정성을 많이 강조하신 것 같습니다. 이번 세션을 통해 결국 에너지 시장의 불확실성이 사실상 예견된 상황이라는 생각이 듭니다. 국내 에너지안보에 역량이 다소 부족했다는 점에 공감대가 형성된 것 같고, 앞으로 전문성과 정확한 분석을 토대로 한 대응이 더욱 중요하다는 점을 강조해주셨습니다. 이번 세션은 여기서 마무리하고, 다음 세션에서는 탄소중립 시대의 에너지안보를 어떤 식으로 확보해 나갈 것인지에 대해 보다 긍정적인 논의를 기대해봅니다. 발표해 주신 이성규 박사님, 그리고 세 분 토론자분들 수고 많으셨습니다. 유튜브 시청자분께도 감사드립니다.



세션 2

## 에너지 안보 측면에서의 탄소중립 정책 방향

발표자 : 박찬국 에너지경제연구원 원전정책연구팀 팀장

주요 내용

- 공급 측면에서 원자력의 효과적 활용, 전력계통 안정화, 핵심 광물자원의 안정적 확보 등의 중요성을 역설
- 에너지 효율을 제고하기 위해 현재 원활하게 작동하지 않고 있는 시장 가격 기능의 회복이 필수불가결함을 설명
- 합리적이고 유연한 전기요금 제도 실현으로 단기적으로는 어려운 수급 상황에 대응하고 장기적으로는 에너지 효율 개선, 신산업 비즈니스 창출 유도
- 소비자의 에너지 비용에 환경 가치와 안보 가치가 반영됨으로써 이들이 시장에서 인정받을 수 있는 가격 체계 구성 및 실현



토론



**이유수**

에너지탄소중립연구본부 본부장

첫 번째 세션에서 유럽 발(發) 공급망 위기와 관련해 천연가스, 석유와 같은 전통 자원들의 시장 불확실성을 다루었고, 이것을 이어받아 두 번째 세션에서는 우리가 그러한 자원들과 관련된 여러 에너지안보, 그리고 향후에 추진해야 할 탄소중립 목표 달성을 위해 구체적으로 어떤 정책방향을 설정해야 할 것인지 의견을 나뉘보고자 합니다. 현재 상황을 보면 우리나라도 어려움에 처해 있습니다. 일단 여러분들도 잘 아시다시피 한전의 적자가 올해 3분기까지 거의 22조에 육박할 것으로 보고 있습니다. 이게 한전만의 문제가 아니라 우리나라 전체 경제상황에도 영향을 미치고 있어 굉장히 심각한 문제로 보이는데요. 과연 이런 시스템이 지속가능할지는 별도로 토론해봐야 될 부분입니다만, 오늘 두 번째 세션에서는 탄소중립 목표를 달성하는 과정에서 어떻게 에너지안보를 효과적으로 달성할 수 있을지에 대해 심도 있는 논의를 진행해보려 합니다.

박찬국 박사님께서서는 우리나라가 에너지안보를 추구하면서 탄소중립 목표를 어떻게 달성할 것인지에 대해 신재생과 원전의 조화로운 에너지 믹스를 강조해 주셨습니다. 또한 시장의 가격 기능을 통한 에너지효율개선 등의 제도가 마련되어야 한다는 점을 강조해 주신 것 같습니다. 디지털 시대 새로운 안보 위협과 대응 필요성에 대해서도 같이 말씀해주셨는데요, 그럼 발표 내용과 관련해 유승훈 교수님께서 토론을 진행해 주시면 감사하겠습니다.



**유승훈**

서울과학기술대학교 교수

박찬국 박사님 발표내용에 전반적으로 동의합니다. 특히 에너지안보와 탄소중립이라는 두 마리 토끼를 잡아야 하는 시기에 적절한 여러 가지 내용들을 다뤄 주신 것 같습니다. 저는 세 가지 정도를 첨언하고자 합니다. 첫 번째, 향후 재생에너지는 무슨 일이 있더라도 획기적으로 늘어나게 될 것입니다. 그럴 경우 전력 공급 안정성을 추구해야 하고, 그런 개념이 에너지안보에도 당연히 포함되어야 하겠지만, 지금보다 더 강조될 필요가 있다고 판단됩니다. 현재 일각에서는 이번 제10차 전력수급기본계획 초안에서 재생에너지 정책이 굉장히 축소됐다는 지적을 하고 있습니다만, 실제 내용을 보면 당장 내년부터 2030년까지 5.3GW의 재생에너지 설비를 매년 늘려야 합니다. 결코 만만치 않은 양입니다. 그리고 2030년부터 2060년까지 매년 6GW의 재생에너지 설비를 늘려야 하는데요. 그렇게 되면 2030년 재생에너지 발전량 비중은 21.5%, 2060년이 되면 획기적으로 늘어 33.3%까지 도달할 예정입니다. IEA의 Phase3에는 2030년에 진입하고

Phase4에는 2036년에 진입하게 될 겁니다. 또한 유연성 및 안정성 이슈도 다양하게 발생할 것으로 보이구요. 이에 대응해 BESS와 양수발전 확대 등이 추진되고 있습니다. 그런데 얼마 전 한전에서 예비타당성 조사를 올렸던 ‘주파수 조정 ESS 사업’이 예비타당성 조사에서 떨어진 적이 있습니다. 변동성 대응 사업들이 높은 경제성 내지는 사업성을 확보하기가 굉장히 어려운 상황이 반영된 결과로 보입니다. 너무나 많은 비용이 소요되고 금융경색과 주민수용성 악화 등의 이슈들까지 산적해 있기 때문에 우리가 탄소중립을 이행하는 데에 있어 재생에너지만을 능사로 여기는 것은 적절치 않다는 지적에 동의합니다.

원자력뿐만 아니라 LNG+CCS, 수소활용과 같이 날씨에 영향을 받지 않으면서 변동성이 적은 ‘강건한 저탄소(Firm Low-carbon) 전원’에도 충분히 관심을 기울일 필요가 있습니다. 강건한 저탄소 전원이 충분히 확보되어야 재생에너지 변동성에 대응할 수 있다는 점을 강조하고 싶습니다. 두 번째, 계통안정성을 확보하기 위한 특단의 대책이 필요할 것입니다. 현재 우리나라 동해안은 제약발전을 일차적으로 경험하고 있습니다. 강릉에코파워 1.2호기(2.0GW)가 곧 들어올 예정이고, 삼척블루파워 1.2호기(2.1GW) 등 4.1GW의 발전소가 건설되어 몇 년 이내 상업운전을 개시할 예정입니다. 거기다가 올해부터 내년까지 2.8GW 규모의 신한울 원전이 진입해 강원 권역에 약 7GW의 신규 발전소가 가동될 계획입니다. 그런데 현재도 제약발전을 하고 있는 상황이지요. 1단계 HVDC(4GW 용량)는 2025년 완공 예정인데 그나마도 완공 여부 자체가 상당히 불투명한 실정이고, 2단계 HVDC 사업은 착공도 애매한 상황입니다.

이런 상황에서 제10차 전력수급기본계획은 2036년까지 신한울 3·4호기(2.8GW) 착공을 포함하고 있고, 원전의 수명연장을 통한 계속운전도 포함하고 있습니다. 결국 총 12GW에 육박하는 신규 발전설비가 동해안에 건설되어야 하는데, 계통보강은 여전히 어려운 상황입니다.

제주에서 제3연계선이 완공되면 제주의 잉여 재생에너지 전력이 전남지역으로 공급될 예정이지만, 전남지역의 현재 전력 자급률은 이미 180%를 초과한 상태입니다. 중국에는 지역 간 갈등을 초래하면서 상당한 문제를 일으킬 것으로 예상됩니다. 전남지역의 잉여 전력을 수도권으로 보내야 하는데 새로운 송전설비 건설은 엄두를 낼 수 없는 실정인 만큼 특단의 대책이 필요합니다.

예를 들어 송전시설 투자 부문을 민간에 개방해 민간투자를 유도하고 그 부분을 한전에 기부채납하거나 송전망 사용료를 할인해주는 방식 등을 통해 송전시설 확충이 어떻게든 되지 않으면, 발전소를 아무리 새로 짓고 원전의 수명연장





과 신규 원전을 도입한다 한들 수도권에서 전기를 제대로 쓸 수 없는 상황이 발생할 수 있습니다. 이런 문제를 해결해야 에너지안보도 확보될 수 있다는 점을 말씀드리고 싶습니다. 마지막으로 현재 일부 원전의 계속운전이라든지 또 소형 SMR 건설 얘기가 계속 흘러나오고 있습니다.

대도시에 인접한 일부 노후 원전의 수명연장 논의도 제10차 전력수급기본계획에 담겨있습니다. 그런데 과연 주민 수용성을 충분히 확보할 수 있을까요? 주민 수용성이 확보되지 않아 원전 건설에 차질을 빚는다면 결국 전력수급 위기로 이어질 수 있을 겁니다. 특히나 일부 중수로 원전의 경우 과연 경제성을 확보할 수 있을지에 대해 엄밀한 검토가 필요합니다. 만약 일부 중수로 원전의 경제성 확보가 어렵다면 노후 원전 부지에 대형 신규 원전을 건설하는 것도 검토해 볼 필요가 있습니다. 그리고 SMR은 이번 제10차 전력수급기본계획에 포함되지는 않았지만, 해외 수출이나 R&D는 계획되어 있습니다. 현재 미국과 캐나다에서 제기되고 있는 중요한 이슈는 SMR이 동일한 발전량 대비 더 넓은 부지를 필요로 한다는 점, 그리고 동일한 발전량 대비 대형 원전보다 방사선 폐기물을 더 많이 발생시킨다는 점입니다. 따라서 SMR 관련 해외 수출이나 국내 R&D는 좋습니다만 SMR을 국내에서 실제 설치까지 이행하는 부분에 대해서는 좀 더 신중한 접근과 충분한 주민 수용성 확보가 필요해 보입니다.



이유수

에너지탄소중립연구본부 본부장

네, 유승훈 교수님 감사합니다. 유승훈 교수님께서서는 에너지안보 측면에서 재생 에너지를 늘리면 변동성이 확대되기 때문에 좀 다양한 전원믹스를 구축해야 한다는 말씀을 해주셨습니다. 특히 재생에너지가 늘어날 때 계통안정성을 어떻게 확보할 것인가에 대해, 물론 정부에서 대책을 세우고는 있지만, 기술적 측면 뿐 아니라 시장제도적 측면에서도 우리가 보완해야할 상황이 많아 보입니다. 그리고 원전의 계속운전, SMR에 대한 주민 수용성에 대해서 짚어주셨습니다. 이제 김진수 교수님의 의견을 들어보겠습니다.



김진수

한양대학교 교수

사실 박찬국 박사님께서 에너지 안보 강화를 위해서 우리에게 필요한 내용을 굉장히 잘 정리해주셨고, 짚어야 할 내용들은 충분히 짚어주셨기 때문에 저는 주의를 환기시키는 차원에서 이슈 제기를 해보고 싶습니다. 먼저 에너지안보 관점에서 무엇이 변화하고 있는지에 대해 첫 번째 세션에서 이재승 교수님께서 좋은 말씀을 해주셨고, 이성규 박사님 발표에서도 충분히 다루고 있습니다.

다시 한번 짚어보면, 에너지안보라는 개념은 1973년, 1979년 석유파동 이후 거의 40년이 넘는 세월 동안 다뤄져 온 개념입니다. 굉장히 잘 다듬어져 온 개념이지요. 그럼에도 불구하고 지금 달라지고 있는 것은 무엇일까요? 원래 우리가 전통적으로 언급해 온 에너지안보 개념에서부터 설명을 드리자면, 먼저 '중단 없는 공급'이라는 특징을 말씀드릴 수 있겠습니다. 지금까지는 석유, 천연가스 등 화석연료 위주의 중단 없는 공급을 의미했지만 이제는 중단 없이 공급되어야 할 주력 에너지원이 달라지고 있습니다.

전력화에 따라 공급 안정성의 개념 자체가 달라지고 있는 셈입니다. 지금까지 전력 부문에서 충분한 공급 여력을 갖고 위기에 대응해왔다면, 전력안보에서 언급되는 많은 개념들, 즉 Security, Adequacy, Reliability, Stability 등 여러 가지 개념들이 앞으로 향후 에너지안보 이슈에서 함께 논의가 되어야만 하겠습니다. 에너지 교역 구조가 변화하고 있고, 장기적으로 에너지 공급 시스템도 변화할 것입니다. 따라서 중단 없이 공급되어야 할 대상 자체가 바뀌고 있다고 할 수 있겠습니다. 두 번째는 수용 가능한 가격 범위에서 에너지원별 가격이 디커플링되거나 전통 에너지원에 대한 투자 부진이 발생하고 있다는 점이 특징적입니다. 마지막으로 지속가능성을 말씀드릴 수 있겠는데요. 원래 지속가능성이라는 것은 기후변화에 초점이 맞추어져 있었습니다. 에너지 시스템 측면에서 지속가능성은 재무적인 지속가능성도 포함될 수 있을 것입니다. 에너지를 공급하는 회사들이 도산해 더 이상 에너지를 공급하지 못한다면 그것 자체로 위기이기 때





문에 재무적인 지속가능성이 중요해질 것입니다. 한편 새로운 에너지 시스템에서 필요한 자원들이 있습니다. 예를 들어 우리가 2050년에 2,790만 톤의 수소를 소비하고 국내에서 상당량의 그린 수소를 생산하게 된다고 가정한다면 수전해 방식을 택하게 될텐데, 우리나라가 1년 내내 풍부한 수자원을 보유한 나라가 아니므로 생각해볼지 못한 에너지안보 문제가 등장할 수도 있을 것입니다. 그러면 과연 탄소중립이 에너지안보를 약화시키는지 고민해봤을 때, 약화시키는 요인도 있고 강화시키는 요인도 있다고 보는 것이 맞을 것 같습니다.

탄소중립이 에너지안보를 강화시키는 요인은 화석연료 소비를 감소시키는 것입니다. 우리나라는 전통에너지 자원의 해외 의존도가 높습니다. 현재 원유, 천연가스, 발전용 유연탄은 전량 해외에서 수입하고 있는데요, 전통에너지 소비가 줄어든다는 것은 분명 에너지안보에 긍정적 요인이 되겠습니다. 반면 탄소중립이 에너지안보를 약화시키는 요인이 무엇인지 생각해보면, 에너지원의 다양성 감소를 생각해 볼 수 있겠습니다. 2050년에 전기가 45~60%를 차지하는 에너지원이 된다면, 물론 전기는 다양한 발전원을 통해서 만들어낼 수 있지만 전체 에너지 시스템에 전력망 위기가 발생하면 전체 에너지 공급 체계의 위기로 이어질 것입니다. 지금과는 다른 차원의 위기에 직면하게 되겠지요. 에너지원의 다각화가 안보의 핵심적 요소인데, 탄소중립으로 에너지원의 다양성이 감소하면 그것이 곧 위기가 될 수 있겠습니다. 아울러 탄소중립을 이행하는 과정에서 에너지 시스템은 점점 복잡해질 것이고 복잡해지고 있는 에너지 시스템 환경에 적



절한 대응방안을 마련하지 못한다면 에너지안보 약화를 초래하게 될 것입니다. 한편 우리가 에너지전환과 탄소중립을 이행하는 과정에서 다양한 폐기물들이 발생할 겁니다. 여기서 태양광 패널이라든가 배터리라든가 여러 가지 폐기물이 등장하기 시작할 것이고 그것을 처리하는 방안에 대한 검토도 필요합니다. 그리고 비용 문제는 많은 논란을 야기할 것입니다. 과연 탄소중립과 에너지전환을 달성하면 총 비용이 상승할 것인가? 이런 에너지 시스템 전체 비용을 고려해야 할 것입니다. 궁극적으로 화석연료 소비보다 재생에너지 또는 원자력을 사용하는 것이 더 비쌀 것인지에 대한 검토가 필요할텐데, 만약 재생에너지 또는 원자력 이용에 대한 비용이 증가한다면 에너지안보는 약화될 것입니다. 결국 이러한 약화 요인들에 충분한 대응이 가능할 것인가가 중요할 것입니다. 에너지 공급 시스템이 바뀌었을 때 에너지안보를 약화시키는 요소들이 많지만 국내에서 자체적인 대응이 가능하다면 결과적으로 에너지안보를 강화할 수 있을 것입니다. 이렇게 되면 탄소중립과 에너지안보가 양립할 수 있겠습니다.



**이유수**  
에너지탄소중립연구본부 본부장

네, 김진수 교수님 감사합니다. 김진수 교수님께서서는 일단 에너지안보 개념의 변화상에 대해 말씀해주셨습니다. 탄소중립은 에너지안보에 여러 영향을 미칠텐데 이 부분에 대해 대응 가능성을 먼저 검토해보고, 만약 대응 가능하다면 사전적 대응이 필요하다는 말씀을 해주셨습니다. 그럼 마지막으로 박민혁 센터장님 의견을 들어보도록 하겠습니다.



**박민혁**  
한국전력공사 전력연구원 센터장

전환 부문에 몸담고 있는 구성원으로서, 오늘 세미나는 굉장히 의미 있는 자리인 것 같습니다. 그 동안 전환 부문은 '안정적 전력 공급을 통한 국민경제 발전에 기여한다'라는 목표를 추구하고 있었습니다. 그리고 이제는 탄소중립이라는 막중한 과제를 이행하기 위해 노력하고 있습니다. 에너지안보 이슈는 어제 오늘의 문제가 아닙니다. 해결해야할 숙제처럼 인식되어 왔고, 이제 어떻게 해야 장기적으로 탄소중립과 에너지안보가 공존할 수 있을지가 중요해진 상황입니다. 탄소중립과 에너지안보의 조화에 대해 전적으로 공감하면서 저는 세 가지를 말씀드리고 싶습니다. 먼저 다양성과 다각성입니다. 해외에서 어떻게 에너지안보와 탄소중립에 대한 대응을 하고 있는지 다양성과 다각성 차원에서 살펴봐야 할 것입니다. 공급, 수요, 가격 측면에서 해외 사례에 접근해야 할 것입니다. 발제자께서 시장을 언급하셨는데, 가격 기능이 잘 작동되어야 시장이 원활하게

돌아갈 것이므로 가격합리화는 반드시 추구되어야 할 것으로 보입니다. 공급 측면에서는 기존의 화석연료인 석탄과 가스, 그리고 탈원전 기조가 폐지되면서 원자력이 재가동되고 있습니다. 이 과정에서 발전소 수명연장 등의 조치가 취해지고 있는데, 저는 이것이 장기적인 방향이라 생각하진 않습니다. 다만 지금 세계 여러 나라에서 공히 석탄, 원자력 발전의 재가동과 수명연장 등을 추진하고 있는 점을 고려할 때 중단기적 관점에서 필요한 전략이라는 생각이 듭니다. 한편 합리적인 가격 기반의 수요 절감이 필요할텐데, 그 이전에 우리 소비자들로부터 소비 절감을 이끌어낼 수 있는 인센티브가 있는지 의문입니다. 에너지효율에 대해 많이 언급되고 있지만, 과연 소비 측에서 수용할 수 있는 인센티브 구조가 설계되어 있는지 돌아볼 필요가 있습니다. 지금 여러 나라에서 소비자의 에너지소비 절감을 유도하고 있는데, 이러한 에너지소비 절감은 결국 가격에 기반 해야 합니다. 그런데 우리나라는 과연 가격에 기반한 에너지소비 절감을 유도하고 있는지 생각해 보아야 하겠습니다. 유럽의 경우 천연가스 수요는 전년 대비 1~9월 평균 16.4% 감소했습니다. 전력 소비는 10.4% 감소하고 있구요. 이는 COVID-19로 인한 경제침체와 가격신호 작용의 산물이라 생각합니다. 현재 가격 안정화 측면에서 영국과 스페인이 가격 규제를 도입하고 있는데요, 가격규제가 있는 이들 국가에서는 현저하게 적은 소비 감소가 발생하였습니다. 우리나라는 특이하게 같은 기간 오히려 3.7%의 에너지소비 증가를 보였습니다. IMF는





이러한 현상에 대해 광범위한 에너지비용 지원 조치가 에너지 위기 대응을 지원시킬 뿐 아니라 전 세계 에너지 수요와 물가를 높게 유지하는 원인으로 작용한다고 평가하고 있습니다. 또한 도매가격의 소매 요금 전가로 시장 기능을 회복하고, 에너지비용이 차지하는 비중이 높은 저소득 가계에는 목표 구제로의 전환이 필요하다고 IMF는 권고하고 있습니다. 가격의 정상화가 필요하다는 것이지요. 에너지비용을 최종 소비자에게 전가하면 에너지절약을 유도하고 친환경 전력으로의 전환이 가능하다는 정책적 확신과 공감의 형성이 필요할 필요가 있습니다. 마지막으로 축적 시간의 단축이 필요합니다. 원자력, 재생에너지는 모두 나름의 장점을 갖고 있습니다. 하지만 계통운영 측면에서 보면 각각의 한계가 존재하는 것도 사실입니다. 그런 부분에 대해 어떻게 대응해야 할까요? 지금 대안으로는 R&D의 역할을 기대할 수밖에 없을 것 같습니다. 우리가 간과하고 있는 부분이 정책목표와 시행방안 마련인데, 어떻게 R&D를 이끌어 나갈 것인가에 대해 구체적인 합의가 부재합니다. 기존 인프라를 이용한 계통안정성 확보를 위해 석탄이나 가스발전 CCUS를 추가하거나 수소, 암모니아 혼소를 적용하는 방안을 연구하는 것은 중단기적으로 시도해볼만한 가치가 있습니다. 예비력과 주파수 회복력 등 기술적인 부분은 R&D를 통해 해결해나가야 할 과제며, R&D의 성과가 시장에 빨리 도입될 수 있는 정책적 관심과 배려가 필요하다고 판단됩니다. 탄소중립이라는 장기적 목표 달성을 위해 전환 부문에서 선도적인 역할을 담당해야 할 것입니다. 전력화에 도움이 될 수 있는 플랫폼 구축, 에너지효율화 촉진 등의 과제는 전환 부문이 선도적으로 앞장서야 할 영역이라 생각합니다.



**이유수**  
에너지탄소중립연구본부 본부장

네, 박민혁 센터장님 감사합니다. 센터장님께서 여러 가지 말씀을 해주셨는데요. 일단 공급 측면에서 다양성이나 다각화 추구는 앞서 말씀해주신 분들과 동일한 관점인 듯 합니다. 가격기능에 의한 수요절감 및 인센티브 제도를 확보해야 한다는 말씀도 해주셨습니다. 그리고 탄소중립 이행이 전력계통에 미치는 영향을 고려해 여러 가지 기술 발전의 필요성도 강조해주신 것 같습니다. 그럼 이상으로 토론을 마치구요. 사전에 온라인을 통해 받은 질문을 간략하게 토론자분들께 드리볼까 합니다. 국내 최고 전문가들만 모셨기 때문에 좋은 답변을 해주실 것으로 기대됩니다. 일단 첫 번째 질문은 유승훈 교수님께 드리겠습니다. 우리나라 신재생에너지 개발 속도를 고려하면 과연 2050 탄소중립이 가능한지에 대해 질문을 주셨습니다. 이와 유사하게 수급 불안정으로 에너지전환을 미루게 되면 탄소중립 달성을 못하는 것 아닌가라는 질문이 있는데요, 두 질문에 대해 간단한 답변 부탁드립니다.



**유승훈**

서울과학기술대학교 교수

아마 제가 제10차 전력수급기본계획 작성에 관여를 했기 때문에 이러한 질문을 주신 것 같습니다. 이번 제10차 전력수급기본계획의 계획기간은 2036년까지입니다. 그리고 2036년 재생에너지 보급목표나 원전 발전비중을 정할 때 2050 탄소중립 이행을 감안하면서 발전량 비중을 정했습니다. 따라서 적어도 정부의 계획 상 2050 탄소중립은 분명히 지향되고 있고, 그것을 달성하겠다는 의지가 제10차 전력수급기본계획에 분명히 반영되어 있다고 말씀드릴 수 있습니다. 그리고 한 가지 눈에 띄는 것은 작년 NDC 이행계획 상에 수소가 전혀 없었습니다. 대신에 2030년 암모니아 3.6%가 포함되어 있었는데요. 이번 제10차 전력수급기본계획에는 2030년까지 전체 발전량 비중의 약 1%를 수소로 달성하겠다는 내용이 포함되었습니다. 또한 2030년 기준으로 암모니아 발전비중 3.6%는 너무 과도하다는 판단을 했고 현실적으로 암모니아의 조달, 기술발전 속도를 감안해 약 1.1%로 조정했습니다. 탄소중립을 이행하면서도 전환을 하고, 공급 가능 여건을 충분히 검토하면서 재생에너지 보급을 늘리되 속도조절은 하고, 그 과정에서 무탄소 전원의 활용도를 높이는 방향으로 계획이 수립된 셈입니다. 정부는 2050 탄소중립을 이행할 의지가 있다는 점을 분명히 말씀드립니다.



**이유수**

에너지탄소중립연구본부 본부장

다음은 김진수 교수님께 질문을 드리겠습니다. 우리나라의 에너지안보와 그에 따른 화석연료 대책과 전망에 대한 질문에 간단히 답을 해주시면 좋겠습니다.



**김진수**

한양대학교 교수

화석연료에 대해서는 사실 정부에서 2019년 말부터 대응책을 마련하고 있었습니다. 아직 공표까지는 못했지만 자원안보 진단체계를 만들고 자원안보 특별법이 국회에 올라와 있습니다. 화석연료에 대해 우리가 정책적 대응을 못한 점을 통감하고 대책 마련 차원에서 작업을 하고 있었습니다. 자원안보 진단 및 대응력을 키우고, 비상 시 어떻게 대응할 것인지에 대한 대책들은 이번 위기가 발생하기 전부터 준비하고 있었다는 답변을 드립니다. 다만 이러한 대책을 어떻게 확장해 나갈 것인지 대해 지금까지 석유, 천연가스, 일부 광물자원에 대해서만 논의가 이루어졌습니다. 전체 에너지안보 개념으로 논의를 확장해 향후 대응책을 마련하는 것이 남은 작업이라 생각합니다.



**이유수**

에너지탄소중립연구본부 본부장

이제 박민혁 센터장님께 질문을 드리겠습니다. 세계 에너지 급변 또는 위기 시 에너지 공기업의 역할은 무엇인지에 대한 질문에 답변 부탁드립니다.



**박민혁**

한국전력공사 전력연구원 센터장

앞서 말씀 해주셨듯이 에너지안보에는 전력안보가 포함되어 있다고 생각합니다. 그 동안 전력안보 유지에 소홀함이 없도록 하는 것이 공기업의 역할이었습니다. 이제는 공기업도 경쟁이 요구되고 있는 만큼, 공공성과 기업가치 제고가 조화를 이루어야 할 것입니다. 에너지안보와 탄소중립이 기업 주주가치 측면에서 왜 중요할까요? ESG가 활성화되면서 탄소중립 기여하는 친환경적 기업이 경쟁에서 살아남고 있습니다. 주주가치를 제고할 수 있는 탄소중립을 이행하면서 에너지안보를 위한 전력공급 안정성을 달성하는 것이 앞으로 공기업이 지향해야 할 역할이라 생각합니다.



**이유수**

에너지탄소중립연구본부 본부장

마지막으로 질문 드립니다. 러-우크라이나 전쟁이 종료되면 천연가스 가격이 안정화 될까요? 그리고 올해 천연가스 수출 부문에서 호주가 카타르를 앞섰는데 이유가 무엇인지에 대해 질문해주셨습니다. 김진수 교수님께서 간단히 답변해 주시면 감사하겠습니다.



**김진수**

한양대학교 교수

가격 전망은 조심스러운 부분입니다만, 러-우크라이나 전쟁이 끝나면 에너지 시장은 어느 정도는 안정화 될 것으로 예상됩니다. 분명한 것은 유럽은 이제 탈 러시아 전략을 장기 에너지 비전으로 설정했다는 것입니다. '리파워 EU'를 보시면 대부분의 전략이 어떻게 러시아로부터 벗어날 것인지, 그리고 어떻게 청정에너지 시스템을 구축할 것인지를 두 축으로 구성되어 있다는 점을 알 수 있습니다. 따라서 천연가스 가격을 포함한 화석연료의 가격은 안정화될 것으로 예상되는데, 투자가 부족합니다. 이렇게 되면 사실 지금 시장에 남아있는 플레이어 위주로 시장이 재편될 것이고, 그러면 기업의 숫자가 줄어드니 기존 플레이어들의 시장지배력이 올라가겠지요. 그 기업들은 어느 정도 수익을 유지하겠지만 우리는 그들의 전략에 끌려다닐 수밖에 없는 상황이 됩니다. 이는 화석연료를 상당 기간 써야 하는 우리나라와 같은 입장에서 달갑지 않은 상황입니다. 아울러 가격이 안정되더라도 투자부진 때문에 에너지 위기와 관련된 이슈가 또 다시 발

# 에너지 안보와 탄소중립 : 세계적 불확실성과 우리의 현주소

2022. 11. 18.(금) 14:00- 17:00, 서울 강남구 GS타워(아모리스홀)



생활 수 있습니다. 러-우크라이나 전쟁이 끝나도 즉각 안정된다고 볼 수는 없으니, 지금은 수면 아래에 내려가 있더라도 미국과 중국은 언제든지 다시 대립할 가능성이 있습니다. 그렇기 때문에 오늘 이런 세미나를 통해 대응 전략을 마련하는 고민이 중요하겠습니다.



**이유수**

에너지탄소중립연구본부 본부장

어려운 질문임에도 상당히 답을 잘해주셨습니다. 그런데 저는 생각이 조금 다릅니다. 투자가 미흡할 수 있기 때문에 수급 상황에서의 변동성은 지금보다 더 커질 수 있다는 생각이 듭니다. 그렇기 때문에 여전히 가스 가격 상승에 대한 대비책을 마련해야 할 것 같은데요. 일단 질의응답은 여기서 마무리하겠습니다. 이러한 문제들에 대해 앞으로도 끊임없이 토론 해야 할 것입니다. 유럽 발 공급망 위기가 우리가 기존에 가지고 있던 경직적 에너지 시스템을 바꿀 수 있는 좋은 계기가 되었으면 좋겠습니다. 이번 기회를 통해 여러 제도와 시스템의 변화를 이끌어냈으면 하는 바람입니다. 이것으로 두 번째 세션의 발표와 토론을 마칠 것입니다. 오늘 발표와 토론에 참여해주신 여러분들께 깊이 감사드립니다.

# 전력산업 구조개편: 회고와 전망

조 성 봉 숭실대학교 경제학과 교수



## 1. 서론

우리나라 전력산업 구조개편에 대한 논의는 김영삼 정부에서 시작되었다. 그러나 이를 추진한 것은 취임과 동시에 IMF 경제위기를 맞은 김대중 정부이다. 경제위기 상황 속에서 산업자원부는 전력산업 구조개편에 대한 구체적 실천방안을 마련하여 1999년 ‘전력산업 구조개편 기본계획’을 발표하였으며 2000년에는 국회가 「전기사업법 전면 개정안」과 「전력산업 구조개편 촉진에 관한 법률」을 입법화하였고 그 다음 해인 2001년 4월 발전경쟁이 시작되었다.

그러나 10년의 장기 로드맵을 제시하고 출범한 전력산업 구조개편은 2004년 노무현 정부에서 배전부문 경쟁을 철회함으로써 그 이상 진전되지 못했다. 현재의 전력산업 구조는 발전경쟁 단계에서 멈춰버린 미완의 모습이다. 전력산업 구조개편이 진전되지도 않고 되돌아간 것도 아닌 상태에서 20여 년이 지나갔다. 이 글은 당시 에너지경제연구원의 담당 연구자로서 전력산업 구조개편에 대한 연구와 논의를 수행하면서 알게 되었고 경험했던 내용을 소개한다. 또한 정부가 추진했던 전력산업 개혁이 왜 제대로 완성되지 못하였는지 소회를 밝히고 앞으로 전력산업 개혁이 이루어지기 위한 방향과 시사점을 논의한다.

서론 이후 이어지는 2절에서는 전력산업 구조개편 이전에 어떤 연구와 논의가 있었는지를 살펴보고 다음의 3절에서는 전력산업 구조개편의 내용과 그 배경 등에 대하여 논의한다. 4절에서는 전력산업 구조개편이 진전되지 못하고 멈춰서게 된 배경을 서술한 후 마지막으로 5절에서는 본고의 시사점으로서 전력산업 개혁의 방향을 제시해 본다.

## 2. 전력산업 구조개편의 배경과 논의

### 1) 전력산업 구조개편의 해외 동향

해외의 전력산업 경쟁도입과 산업구조 개편은 이미 1970년대 말부터 서서히 시작되었다. 미국은 1978년 제정된 PURPA<sup>1)</sup>법에서 수직적으로 통합된 전력회사 이외의 발전설비<sup>2)</sup>를 통해서도 전력 생산이 가능하도록 허용하였다. 이와 함께 1980년대와 1990년대에 천연가스 산업의 자유화<sup>3)</sup>로 말미암아 대거 진입한 천연가스 발전소가 발전부문에서의 경쟁을 주도하게 되었다. 미국 정부는 1992년 Energy Policy Act를 제정하여 다양한 발전설비를 통해 송전망을 이용한 타전력사업자의 전력공급(Wheeling)이 가능하도록 FERC가 송전망 개방을 명령할 수 있는 길을 열어 놓았다. 이후 1996년 FERC는 송전망에 대한 비차별적인 개방, 모든 발전사업자의 전력시장에의 참여 보장을 의무화하고 경쟁적 시장에서 별도의 전력거래소 설치를 권고함으로써 전력산업 구조개편의 틀을 닦아 놓았다.

1) Public Utility Regulatory Policy Act

2) 전력공급의 자격이 있는 설비란 의미의 QFs(Qualifying Facilities)와 송배전망을 보유하지 못한 발전설비인 NUGs(Non-Utility Generators)

3) 미국의 연방에너지규제기관인 FERC(Federal Energy Regulatory Commission)이 발동한 1985년의 FERC Order 436 및 1992년의 FERC Order 636에 의한 천연가스 산업의 자유화

한편, 민간이 전력산업을 주도했던 미국과 달리 국유화된 독점 전력산업체를 갖고 있었던 영국은 대처수상이 발전 및 배전부문을 분할하고 민영화하고 1990년 전력시장을 개설함으로써 빅뱅방식의 전력산업 구조개편을 완수하였다.

수력발전이 발달된 노르웨이와 스웨덴은 1990년대에 전력산업에 대한 규제를 완화하고 연결된 송전망을 통해 전력을 사고파는 Nord Pool을 1996년에 결성하였다. 이후 핀란드와 덴마크가 추가로 가입하여 2000년에 Nord Pool이 완성되었다.

돌이켜 보면 이와 같은 전력산업의 변화는 천연가스의 활용에 따른 복합화력의 열효율 향상과 IT기술을 활용한 전력거래 방식의 개발 등에 힘입은 것이었다. 또한 미국과 유럽처럼 계통이 연결된 대륙에서 지역에 상관없이 전력공급을 가능하게 하였던 송전망 개방이 결정적인 변화의 원동력이 되었다. 송전망 개방으로 더 많은 발전사업자와 판매사업자가 연결 가능해지면서 전력산업의 시장규모가 커지게 된 것이 변화의 단초였다. 아담 스미스의 “분업의 정도는 시장의 규모에 좌우된다<sup>4)</sup>”는 국부론의 유명한 명제에 따라 전력산업에는 전통적인 수직적 독점과 장기계약에서 벗어나 다양한 역할과 기능을 하는 사업자가 등장하는 이른바 unbundling이 발생하게 되었다. 과거에는 소수의 발전설비와 전력사업체간의 거래로만 이루어져 ‘기회주의적 행동(opportunism)<sup>5)</sup>’을 방지하기 위해 기업의 내부거래나 장기계약에 의존할 수밖에 없었다. 그러나 시장규모의 확장과 거래당사자수의 확대에 따른 거래의 표준화로 거래비용이 크게 줄어들게 된 결과 Coase(1937)의 논의처럼 장기계약이나 기업내부 거래보다는 시장에서의 현물거래 가능성이 확대된 것으로 이해된다.

## 2) 한국의 전력산업 구조개편 논의

한국의 전력산업 구조개편 논의의 시작은 1992년 출범한 김영삼 정부의 신경제정책이다. 당시는 경제기획원을 중심으로 우리 공기업에 대한 경쟁과 민영화에 대한 본질적인 질문이 제기되던 시점이었다. 이러한 논의의 일환으로 정부는 한전에 대한 경영진단<sup>6)</sup>을 실시하였고 이 중 산업구조에 대한 내용을 집필한 당시 이승훈 서울대 경제학과 교수는 한전의 단계적 민영화를 추진하되, 민영화 추진의 기본전제로서 전력산업 구조개편의 필요성을 제기했다. 당시 에너지경제연구원 전력팀 소속으로 민간 발전소의 역할과 선정에 대한 역할을 담당하는 등 적극적인 전력산업 경쟁도입 논의에 참여했던 필자는 그 후 지속적으로 전력산업 구조개편 논의에 참여하게 되었다.

한편, 김영삼 정부에서 1997년 규제개혁위원장을 겸하고 있었던 전윤철 공정거래위원장은 공정거래위원회 공무원으로 하여금 전력, 가스, 통신 등의 공익산업에 대한 경쟁도입을 검토하도록 하였다. 산업자원부는 타 정부부처의 움직임에 대응하여 ‘전력산업 구조개편 위원회’를 조직하고 전력산업에 대한 경쟁도입 및 민영화 논의를 주도하기 시작하였다. 당시의 전력산업 구조개편 논의는 구체적인 실행을 전제로 하였다기보다는 여러 가능성에 대한 이론적 검토를 수행하는 데에 그쳤다.

4) The division of labor is limited by the extent of the market.

5) Klein, Crawford, and Alchian(1978)

6) 한국산업경제연구원(1996), 『한국전력공사 경영진단』

전력산업 구조개편에 대한 논의는 IMF 경제위기가 불어닥치고 김대중 정부가 출범한 1998년에 본격적으로 진행되었다. IMF로부터 한국경제에 대한 근본적인 개혁을 요구받았던 김대중 정부는 1998년부터 뼈를 깎는 경제개혁에 나선다. 보다 구체적으로 재벌개혁, 금융개혁, 노동개혁 및 공공개혁이라는 4대 개혁을 강력하게 추진하였는데 이 중 공공개혁의 대표적인 성과를 위해 정부는 최대 공기업인 한전의 구조조정을 구체적으로 검토하기에 이른 것이다.

### 3. 전력산업 구조개편 기본계획과 그 배경

#### 1) 전력산업 구조개편 기본계획의 내용

1999년에 발표된 전력산업 구조개편 기본계획은 당시의 한전에 의한 수직독점체제(제1단계)로부터 발전경쟁단계(제2단계: 1999~2002)를 거쳐 도매경쟁단계(제3단계: 2003~2009)와 마지막으로 소매경쟁단계(제4단계: 2009 이후)에 이르는 로드맵을 제시하였다. 먼저 발전경쟁단계를 위해 발전부문을 한전으로부터 분리시키고 이를 6개의 발전자회사로 분할하였다. 발전형태의 특성 및 안전 문제를 감안하여 원전을 별도의 회사로 구성하고 나머지 발전부문을 유사한 발전설비 믹스를 갖추어 비교적 공정한 출발선상에서 경쟁할 수 있도록 5개 발전자회사로 분할<sup>7)</sup>하였다. 6개의 발전자회사는 한전으로부터 물적분할을 통하여 설립하며 한전이 100% 지분을 갖도록 함으로써 한전은 송·배전 및 판매 그리고 해외사업에만 집중하도록 하였다.

발전부문에 경쟁이 도입되고 민간의 발전사업자도 존재하므로 이해상충(conflict of interest)을 방지하기 위하여 전력의 계통운영(system operation)과 시장운영(market operation)을 독립적으로 맡을 제 3의 주체로서 한국전력거래소를 설립하였다. 계통운영은 기존에 한전이 수행하던 기능을 한국전력거래소로 이관하는 것이었지만 시장운영은 새롭게 시작하는 것으로서 발전경쟁단계에서는 각 발전설비의 변동비를 반영하는 비용평가풀(CBP)<sup>8)</sup>로 운영하고 배전부문이 분할되는 도매경쟁단계에서부터는 생산된 전력을 공급하는 발전측뿐 아니라 이를 수요로하는 구매측이 참여하는 양방향입찰제도(TWBP)<sup>9)</sup>로 운영하도록 하였다.

한편, 전력수급 안정과 한전의 대외부채 현황을 고려하여 분할된 발전자회사 중 1개 자회사를 1999년부터 민영화하고 한전의 대외부채 상황을 감안하여 나머지 자회사도 단계적으로 민영화하도록 하였다. 배전부문의 경우도 지역별 수요자 분포 및 채산성을 감안하여 지역별로 적절히 분리한 후 단계적으로 이에 대한 민영화를 추진하도록 하였다. 배전부문 분할의 경우 각 지역별로 지나친 전기요금 격차가 발생하지 않도록 회사분할 방법과 배전회사의 운영에 대한 지원 및 규제방안에 최대한 합리적 방안을 강구하기로 하였다.

또한 산업자원부내에 전기위원회를 설치하여 전력산업에 대한 독립적 규제를 시행하며 동시에 추후 진행될 전력산업 구조개편의 후속 단계를 설계하고 진행하도록 하였다. 특히 발전경쟁 이후 이어질 다음 단계인 배전 분할과 민영화를 준비하도록 하였다.

7) 이와 같은 방식에 따라 원자력발전설비는 한국수력원자력으로, 나머지 발전설비는 핵심발전소라고 할 수 있는 유연탄 발전단지 1개 이상씩 포함하도록 하여 한국남동발전, 한국남부발전, 한국동서발전, 한국서부발전 및 한국중부발전의 6개 발전자회사로 분할하였다.

8) Cost-Based Pool

9) Two Way Bidding Pool

## 2) 전력산업 구조개편 기본계획 수립의 배경

한국 최대의 공기업인 한전의 분할과 민영화 그리고 계속되는 전력산업 구조개편에 대한 로드맵을 수립할 수 있었던 배경은 당사가 IMF 경제위기였기 때문이다. 비록 한전 노조와 임직원 등 많은 이해당사자들의 반발이 있었으나 전력산업 구조개편이라는 역사상 최대 규모의 공기업 구조조정은 IMF의 우리나라 경제개혁에 대한 강력한 요구와 새로이 들어선 김대중 대통령을 비롯한 정치권과 행정부의 위기의식 그리고 당시 금융기관의 통폐합, 주요 기업집단의 구조조정 등을 바라보았던 국민들이 받아들일 수밖에 없었던 공공개혁의 상징이었다.

무엇보다도 김대중 대통령은 전력산업 구조개편 기본계획을 보고했던 당시 박태영 산업자원부 장관에게 이에 대한 강력한 공감을 표시<sup>10)</sup>하며 범정부적 지원을 하겠다고 약속하였다. 이후로 전력산업 구조개편은 일사천리로 진행되었고 국회에서도 2000년 관련 법안인 「전기사업법」 전면개정안과 「전력산업 구조개편에 관한 법률」이 산업자원상임위원회에서 만장일치로 가결된 후 본회의를 통과함으로써 입법화되었다.

전력산업 구조개편에서 발전부문의 분리·분할을 먼저 추진했던 이유는 자연독점성이 큰 송·배전설비의 분할은 부적절했고 물적 자산인 발전설비의 분할을 통해 한전의 실질적인 구조조정이 가능했었을 것이라는 판단이 작용했기 때문이라고 생각한다.

## 4. 전력산업 구조개편의 중단

전력산업 구조개편은 노무현 정부가 들어서면서 그 추진동력이 현저히 떨어지게 되었으며 결과적으로 그 후속 단계를 이행하지 못하여 중단될 수밖에 없었다. 김대중 정부에서 한전 발전부문의 분리와 분할은 이뤄냈지만 발전자회사의 민영화는 추진하지 못했다. 그 가장 중요한 배경으로 2001년에 터진 미국 엔론(Enron)사의 분식회계와 파산사건을 들 수 있다. 엔론사 파산의 여파가 커서 전 세계 에너지회사의 인수합병(M&A) 움직임은 크게 위축되었다. 한전 발전자회사에 대해 적절한 매각가치를 받아야 하는 정부로서는 민영화 시점을 연기할 수밖에 없었다.

이와 같은 상황은 노무현 정부가 들어선 2003년 이후에도 크게 나아지지 않았다. 가장 먼저 민영화 대상으로 검토되었던 곳은 발전자회사 중 가장 수익성이 좋았던 한국남동발전<sup>11)</sup>이었다. 그러나 엔론사태 이후 글로벌 에너지산업의 인수합병 바람이 크게 줄어들어 외국계 에너지기업에 의한 매입은 기대하기 어려웠다. 또한 IMF 이후의 충격에서 벗어나지 못한 국내 대기업들도 엄청난 자금이 동원될 수밖에 없는 발전회사 민영화 프로젝트를 감당할만한 여유는 없었다.

10) 김대중 대통령이 전력산업 구조개편 기본계획에 대해 공감한 이유에 대해서는 여러 논의가 있을 수 있다. 그러나 가장 설득력 있는 설명은 김대중 후보가 1992년 대통령 선거에서 김영삼 후보에게 패한 후 정계은퇴를 선언하고 영국에서 지낼 때 당시 대처 영국수상이 진행하였던 영국의 전력산업 개혁을 직접 목격했기 때문인 것으로 알려져 있다.

11) 한국남동발전은 유연탄 발전단지를 삼천포화력과 영흥화력 등 두 개를 보유한 유일한 발전자회사였으며 특히 영흥화력은 당시로서는 가장 큰 1기당 800MW의 석탄발전 용량을 보유하고 수도권에 전력을 공급하는 최첨단 발전소로서 높은 수익성을 보였다.



한편, 에너지경제연구원에서는 전력산업 구조개편 제3단계인 배전분할 방안에 대한 연구를 마치고 정부의 결정을 기다리고 있었다. 그러나 당시 노무현 정부로서는 IMF 경제위기를 극복한 이후 공기업 구조조정이라는 또 다른 도전적인 목표를 제시하는 것이 쉽지 않았을 것으로 판단된다. 노무현 정부는 노동계와의 갈등을 두려워하여 노사정위원회로 하여금 연구팀을 구성하여 배전분할과 그 이전의 발전분할에 대하여 검토하도록 의뢰하였다. 이는 노동계의 반대를 수용하여 정부가 우회적으로 전력산업 구조개편을 중단할 명분을 찾기 위한 방법이었던 것으로 이해된다.

결국 발전자회사의 민영화와 배전분할이 중단되면서 전력산업 구조개편은 그 추진동력을 잃어버리게 되어 노무현 정부에서는 다시 논의되기 어려운 상황을 맞게 되었다. 이후 이명박 정부는 공기업 구조개혁의 차원에서 이를 다시 검토하였으나 집권초에는 광우병 파동으로, 중반인 2009년 이후에는 당시 전 세계를 강타했던 금융위기로 인해 큰 사회적 갈등을 수반할 수밖에 없는 전력산업 개혁과제를 추진하기에는 역부족이었다.

## 5. 시사점

전력산업 구조개편이 시작된 지 벌써 21년이 지났으나 돌이켜 한국의 전력산업을 살펴보면 나아진 점은 거의 없다. 당시 전력산업 개혁의 이유로 제시되었던 중앙집중적 하향식 공급계획, 진입규제와 경쟁의 부재, 가격규제에 따른 적정 시장 메커니즘의 부재, 공기업에 대한 경영규제의 문제점 등은 오늘날에도 그대로 남아있다. 지역별 단일요금제도를 교정할 수 있는 가능성도 전력산업 경쟁도입을 통해 제기할 수 있었지만 고질적인 분산화의 어려움은 더욱 악화된 상태다. 전력산업 구조개편 기본계획 설계에 참여했던 필자는 지금도 큰 책임감을 느끼고 있다. 전기요금에 대한 정부의 규제, 전력시장에 대한 심각한 왜곡을 목격하면서 전력산업 구조개편 설계에서 개선할 점은 무엇이었는지 오랜 기간 고민하였다. 물론 여러 단계를 거칠 것 없이 한 번에 발전과 배전과 판매를 분할하고 민영화를 단행하였더라면 좋았겠지만 한전처럼 엄청난 규모의 자산을 가진 공기업을 일시에 구조조정하는 것은 불가능한 일이다.

그런데 우리는 전력산업과 IT산업을 비교하여 살펴보았을 때 중요한 시사점을 얻게 된다. 전 세계 각국의 IT산업이 대부분 성공적으로 경쟁과 민영화를 달성한 이유는 무엇인가? IT산업의 경우 소비자와 가까운 하류(downstream) 부문에서 기술발전이 진행되었다는 점이 특징이다. 뽀뽀, 이동전화, 인터넷, 스마트폰 등 대부분의 기술발전이 소비자가 직접적으로 체감하고 느낄 수 있는 부분에서 소비자는 선택의 자유에 대한 강력한 욕구를 드러냈을 것이고 이는 정치적 압력으로 정치권과 정부에 전달되었을 것이다. 그 결과 IT산업은 소비자 선택의 자유를 중시하는 경쟁도입과 필요시 민영화의 과정을 거칠 수밖에 없었을 것으로 판단된다.

반면 전력산업에서의 기술발전은 천연가스 발전설비인 복합화력의 열효율 개선과 IT 기술의 발전에 따른 계통운영 및 네트워크 관리부문에서 나타났다. 그러나 이러한 발전은 소비자로부터는 다소 먼 상류(upstream) 부문에 해당되는 것이다. 만약 판매부문에서 경쟁이 도입되었다면 이와 같은 상류 부문에서의 생산성 향상이 소비자 선택의 확대를 통해 소비자 잉여의 개선으로 연결될 수 있게 된다. 앞에서 논의한 미국과 유럽의 전력산업 구조개편도 천연가스의 자유로운 활용에 따라 경쟁력을 갖게된 가스 복합화력 발전설비의 등장이 소비자에게까지 연결되도록 송전망이 개방되고 판매부문에서의 경쟁이 도입되었기 때문이다. 이러한 점을 고려할 때 필자는 우리 전력산업에서 발전부문보다 판매부문에서 경쟁이 먼저 도입되었다면 소비자의 자각(consumer's awakening)이 나타나고 이는 정치권과 정부에 대한 정치적 압력으로 작용하여 전력산업의 개혁을 앞당겼을 것이라는 추론을 하게 되었다.

불합리한 전기요금 규제, 한전의 천문학적 적자, 지나치게 복잡한 도매 전력시장의 운용과 소비자 선택의 부재 등 여러모로 답답한 우리 전력산업의 한계를 생각할 때 전력산업의 개선을 선도하는 힘은 다름 아닌 소비자에게서 온다는 평범한 사실을 다시 한번 깨닫게 된다. 향후 전력산업의 발전은 얼마나 소비자의 선택을 확대할 수 있도록 판매부문에 경쟁을 도입하느냐에 달려 있다.

## 참고문헌

### 국내 문헌

- 산업자원부, 「전력산업 구조개편 기본계획」, 1999. 1
- 조성봉, 「우리나라 전력산업의 구조개편과 민영화」, 『규제연구』, 9(2), 2000, 4-41
- 조성봉·김진우, 『전력산업의 개혁방향과 주요 정책과제』, 에너지경제연구원, 2000
- 조성봉·조인구, 「전력산업 구조개편에 따른 전력시장 역할의 검토」, 한국경제연구원, 2002
- 한국산업경제연구원, 『한국전력공사 경영진단』, 1996

### 외국 문헌

- Coase, Ronald, "The Nature of the Firm," *Economica*, 4(16), 1937, 386-405
- Klein, Benjamin; Crawford, Robert; Alchian, Armen, "Vertical Integration, Appropriable Rents, and the Competitive Contracting Process," *The Journal of Law & Economics*, 21(2), 1978, 297-326
- Smith, Adam, *An Inquiry into the Nature and Causes of The Wealth of Nations*, 1776



# 전력산업의 우회적 민영화 비판과 대안

남 태 섭  
전국공공산업노동조합연맹 정책기획실장



## 1. 서론

기후위기가 지구적 의제로 떠오르면서 우리나라도 이에 적극적으로 대응하는 체계로 바뀌고 있다. 2021년 8월에는 「탄소중립녹색성장기본법」이 입법되었고, 그해 11월에는 ‘2030 국가 온실가스감축목표(NDC, Nationally Determined Contributions)’를 40%로 상향했으며, 중장기 플랜인 ‘2050 탄소중립 시나리오’가 완성되었다. 탄소중립에서 일차적인 목표는 전환부문의 탄소배출을 줄이는데 있다.

이에 따라 탄소배출 감소 수단으로 석탄화력발전의 단계적 폐쇄가 거론된다. 그러나 우리의 현실은 녹록지 않다. 우리나라 전체 발전량에서 석탄화력의 비중은 36~40% 수준으로 석탄 의존도가 여전히 높은 상황이다. 현재 국내에는 석탄화력발전소 57기가 가동 중이며 4기는 건설 중에 있다. 제9차 전력수급기본계획을 기준으로 보면 석탄화력발전 설비 용량은 2024년에야 40.6GW로 정점에 이를 전망이다.

이렇게 석탄의존도가 높은 조건에서 석탄화력발전의 폐쇄는 전력산업 전반에 걸쳐 구조조정을 촉발시킬 가능성이 크다. 특히 이 과정에서 주목해야 할 점은 발전부문 시장구조의 왜곡, 즉 공공부문과 민간발전사의 시장 점유율 변화로 인한 전력산업 공공성 축소 문제다. 당장 폐지해야 할 석탄화력발전의 90%는 발전공기업 5사가 소유하고 있고, 늘려야 할 재생에너지의 90%는 민간발전 부문이 차지하고 있다.

만일 이러한 구조를 그대로 둔 채 석탄화력에서 재생에너지로의 에너지전환이 추진되면 발전 분야의 공공 부문은 사라지고 그 빈자리를 민간발전사가 채우게 될 것이다. 사실상 ‘전력산업의 우회적 민영화’라는 비판이 제기되는 이유이다. 특히 윤석열 정부는 “경쟁과 시장원칙에 기반한 에너지 시장구조 확립 추진”이라는 목표 아래 전력판매 시장 개방, 발전공기업의 신재생에너지 투자 축소 등 전기에너지 시장화 원칙을 제기하고 있어 전력산업의 우회적 민영화에 대한 우려는 더욱 커지고 있다.

따라서 본 글에서는 역대 정부의 전력산업 구조개편 관련 정책을 통해 우회적 민영화의 과정을 정리해 본다. 그리고 발전부문을 중심으로 민영화 현황과 문제점을 살펴보고, 공공성 기반의 에너지전환을 위한 발전공기업의 역할 강화와 전력산업의 재구조화를 대안으로 제시한다.

## 2. 전력산업 우회적 민영화의 역사

한국의 전력산업 구조개편은 3단계(발전경쟁 → 도매경쟁 → 소매경쟁)계획으로 추진된다. 2000년 12월 「전력산업구조개편촉진에관한법률」을 제정하고 1단계로 한국전력을 한국수력원자력과 5개의 화력발전 자회사로 분할한다. 동시에 발전사 민영화 계획이 발표되지만 38일간의 발전파업이 발생하고 끝내 한국남동발전의 민영화 시도는 무산된다. 이후 2004년 노무현정부는 노사정이 합의한 연구결과를 바탕으로 “한전의 배전분할 및 도매경쟁 체제는 실익이 없다”는 결론을 내리고 전력산업 구조개편은 ‘1단계: 발전경쟁 단계’에서 중단된다.

<표 1>에서 보는 바와 같이 외환위기 이후 김대중 정부에서 시작된 발전소를 매각하는 방식의 급진적인 민영화는 노무현 정부에서 중단된다. 구조개편도 1단계에 머무르며 현재와 같은 발전분할 체제가 유지된다. 구조개편이 중단되자, 이명박 정부는 구조개편을 대신하여 발전부문에 외주화와 시장개방 확대라는 우회적 민영화로 전략을 변화한다. 이어진 박근혜 정부에서 우회적 민영화는 더욱 확대된다. 박근혜정부는 에너지공공기관 기능조정을 통하여 전력판매시장 민간개방, 에너지 공공기관 상장 및 발전정비 민간개방 확대를 추진한다.

표 1 역대정부의 전력산업 구조개편 관련 정책과 특징

구분	전력산업 구조개편 관련 정책내용	특징
김대중 정부 (1998~2002)	<ul style="list-style-type: none"> <li>「전력산업구조개편촉진에관한법률」에 따라 화력5사, 원자력1사로 분할, 전기위원회 발족, 전력거래소 설립</li> <li>발전사 민영화 계획 발표, 발전파업, 남동발전 매각 무산('02)</li> </ul>	구조개편과 급진적 민영화
노무현 정부 (2003~2007)	<ul style="list-style-type: none"> <li>전력산업 구조개편 중단(발전시장은 경쟁체제, 송배전·판매는 한전 수직독점체제로 운영지속)</li> </ul>	구조개편 중단 및 현상유지
이명박 정부 (2008~2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>발전부문 민간참여 확대추진(발전정비, 신규발전소)</li> <li>'전력산업구조 발전방안' 발표('10)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 발전회사 시장형 공기업지정(경쟁강화)</li> <li>- 화력발전5사 통합관리본부 설치(연료운송, 재고, 자재관리 등)</li> <li>- 한전 내 원전수출본부 설치(관련기업 업무협약, 마케팅 강화)</li> <li>- 전기요금 현실화 후 판매 경쟁추진</li> <li>- 연료비 연동제, 전압별 요금제 추진</li> </ul> </li> </ul>	외주화 및 시장개방의 우회적 민영화
박근혜 정부 (2013~2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>에너지공공기관 기능조정('16)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전력시장 판매 민간개방</li> </ul> </li> <li>에너지 공공기관 상장                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한전KPS 화력발전 정비 민간개방 확대</li> <li>- 한전KDN 전산주관리 민간이관</li> <li>- 원전 상세설계기능 민간개방 확대</li> <li>- 원전 해외수출기능 강화</li> </ul> </li> </ul>	전력판매시장 개방 등 우회적 민영화 확대
문재인 정부 (2017~2022)	<ul style="list-style-type: none"> <li>단계적 탈원전 및 탈석탄·재생에너지 비중확대</li> <li>발전정비 민간개방 중단</li> <li>탄소중립(탄소중립·녹색성장기본법, 2020탄소중립 시나리오, NDC 40% 상향)</li> </ul>	우회적 민영화 일부 중단 및 현상유지.
윤석열 정부 (2022~)	<ul style="list-style-type: none"> <li>원전비중 상향</li> <li>재생에너지 목표 합리적 조정</li> <li>시장경쟁원칙 전력시장</li> <li>전력판매시장 개방(PPA확대)</li> <li>발전공기업 재생에너지 투자축소</li> </ul>	전기에너지 시장화 원칙 등 민영화 확대

정권교체 이후 문재인 정부에서는 태안화력의 김용균 사망사고로 발전정비 분야 민간 개방이 일시적으로 중단되기도 했지만 외주화와 민간개방이 원점으로 돌아가지는 않았다. 그리고 현재 윤석열정부는 전기에너지의 시장화 원칙을 내걸며 다시 우회적 민영화 전략의 확대를 표명하고 있다.

이처럼 한국의 전력산업 구조개편의 역사는 발전사 분할과 매각이 중심인 '급진적 민영화' 단계, 구조개편 중단 및 발전시장 경쟁체제 도입을 통한 '발전분할 유지' 단계, 전력판매시장과 발전부문 민간 개방 확대로 귀결되는 '우회적 민영화' 단계를 거치며 오늘에 이르고 있다.

일부에서는 정부가 한국전력이나 발전공기업의 지분을 매각하지 않았는데, 이것을 민영화라고 볼 수 있는

나는 질문을 제기하기도 한다. 실제로 지난 6월 지방선거를 전후로 정치권에서는 ‘한전 민영화’ 표현을 두고 논란이 벌어지기도 했다. 정부여당은 민영화의 의미를 ‘공기업의 완전한 매각’으로 좁게 해석해서 “민영화 계획은 없다”고 주장했다. 하지만 민영화 개념은 ‘공공서비스와 공공재화를 공급하는 정부 활동(government function)의 민간으로의 이양(transfer)’으로 확장해서 폭 넓게 해석하는 추세이다(한국노동연구원, 2009). 본 글에서는 지분을 매각하는 고전적 방식의 민영화를 ‘급진적 민영화’로, 시장을 개방하여 공공재화의 공급 역할을 민간으로 이양하는 방식을 ‘우회적 민영화’로 표현한다

### 3. 전력산업 우회적 민영화 현황과 문제점

전력산업의 우회적 민영화는 발전부문에서 두드러진다. 민간 대기업집단의 발전사업 진입은 여전히 진행 중이며, 주로 LNG 민자발전의 형태로 확산되고 있다. 민자발전의 설비용량은 2010년 14.2%에서 2020년 35.2%로 10년만에 2.5배 증가했다. 반면 <표 2>와 같이 2016년 이후 지난 5년간 한국수력원자력과 5개 화력발전사 등과 같은 공공부문의 설비용량·발전량·거래금액 비중은 지속적으로 감소해 오고 있다. 같은 기간 민자발전의 비중은 계속 증가하여 설비용량 및 발전량 비중이 10%p 이상 증가한 것과 대조를 이룬다.

(단위: %)

표 2 각 부문별 발전 시장 점유율

구분		2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	증감%p
한국수력원자력	설비용량	26.9	23.8	22.9	22.8	22.1	-4.8
	발전량	31.2	27.7	24.3	26.7	29.8	-1.4
	거래금액	27.0	20.7	17.5	18.1	23.0	-4.0
5개 화력발전	설비용량	47.9	46.3	45.3	43.8	42.7	-5.2
	발전량	50.3	49.3	49	45.9	41.6	-8.7
	거래금액	51.7	52.8	51.4	49.8	47.2	-4.5
기타(민간)	설비용량	25.2	29.9	31.8	33.4	35.2	10.0
	발전량	18.5	23	26.7	27.4	28.6	10.1
	거래금액	21.3	26.5	31.1	32.1	29.8	8.5

자료 : 금융감독원 전자공시시스템 기준. 박용석, “공공기관 시장화전략 폐해 진단(3)”.

탄소중립 정책으로 현재의 석탄화력발전이 폐지되고 재생에너지로 전환될 것을 고려하면 공기업과 민자발전의 시장점유율 역전현상은 더 심각해질 전망이다. 현재 기준으로 사라질 석탄화력발전은 공기업이 92.7%를 차지하고 있는 반면, 늘어나야 할 재생에너지 발전은 민간이 88.9%이고 공기업은 11% 점유에 그치고 있다.<sup>1)</sup> 이러한 구조 아래 정부가 목표하는 에너지전환이 추진될 경우 발전부문은 완전히 민영화된다고 볼 수 있다.

1) 전력거래소(2021), ‘2020년도 발전설비 현황’ 기준

당장 현실에서는 발전공기업의 신재생에너지 투자 축소가 두드러지고 있다. 더불어민주당 김용민의원실이 공개한 자료에 의하면, 발전공기업은 최소 2조 1천여 억 원 규모의 '신재생에너지 사업 비중 축소 계획'을 정부에 제출한 것으로 확인 된다.<sup>2)</sup>

발전 시장의 민간 점유율은 현재도 지속적으로 확대되고 있으며, 앞으로 재생에너지로의 에너지전환과정에서 발전공기업의 투자가 축소될 수록 그 빈자리는 민간 자본의 발전설비로 채우게 될 것이다. 결국 발전공기업의 재생에너지 신규 투자 축소를 통해 지난 20년간 지속되어 온 전력산업의 우회적 민영화는 완전한 민영화로 귀결될 수 있다.

전력산업의 우회적 민영화는 전력산업의 공공성 훼손 및 민자발전의 특혜로 이어진다. LNG 위주로 구성된 민자발전이 확대될수록 전력요금을 비롯한 전력산업 전반의 공익적 규제가 어려워져 전력산업의 공공성 훼손이 우려된다. 다른 한편 석탄화력 중심의 발전공기업의 경우 보정계수를 적용하여 초과이익을 환수하지만, 민자발전은 초과이익의 환수구조가 없다는 점에서 민자발전에 일정한 특혜를 주고 있다고 할 수 있다(안현호, 2018).

전력산업의 우회적 민영화는 발전부문의 민자발전 확대 외에도 전력판매시장 개방 확대를 통해서도 추진되고 있다. 윤석열 정부는 “경쟁과 시장원칙에 기반한 에너지 시장구조 확립 추진”을 위해 “PPA(전력구매계약) 허용범위 확대 등을 통해 한전 독점판매 구조를 점진적으로 개방하고, 다양한 수요관리 서비스 기업을 육성”하는 한편, “전기요금의 원가주의 요금원칙 확립”과 함께 “전력시장 다원화를 추진하고, 경쟁 기반의 전력시장을 강화”한다는 전력산업 정책방향을 제시하고 있다.<sup>3)</sup>

전력산업은 자연독점성으로 인해 시장실패가 발생할 수 있는 대표적인 산업이다. 전기는 규모의 경제로 인해 여러 사업자가 생산하는 것보다 한 생산자가 생산하는 것이 효율적이다. 하지만 민간 사업자가 이윤추구를 위해 독점적으로 사업을 할 경우 필수공공재인 전기에너지를 원활하게 공급하는 것이 제한될 수 있다. 때문에 정부는 이러한 시장실패를 보완하기 위해 보편적(안정적) 전력공급의 역할을 한전에게 부여한 것이다. 이러한 한전의 특수한 역할을 두고서 ‘독점’이라고 낙인을 찍는 것은 윤석열 정부가 ‘민영화를 염두에 둔 사전 작업’을 하려는 것이 아닌가 의심할 수밖에 없다.

#### 4. 탄소중립 시대, 공공성 기반 에너지전환과 전력산업 재구조화

한국의 전력산업이 새로운 환경을 맞이하고 있는 것은 분명하다. 탄소중립 시대 에너지전환의 과제는 미래가 아닌 현실이다. 탄소 중심에서 벗어나기 위한 에너지전환은 단순히 에너지원의 교체뿐 아니라 전력산업 전반의 구조 변화라는 요구에도 직면하고 있다. 당장 석탄화력발전소를 폐쇄할 경우 기존 석탄화력발전소가 쓸데 없는 설비가 되어 버리는 ‘좌초자산’ 문제와 일자리 전환이라는 이슈도 생긴다. 과도기적 과정으로 LNG

2) 김용민의원실 보도자료(2022.10.5.), ‘尹 정부 전기민영화 신평탄? 발전공기업 2.6조 신재생에너지 투자 감축 추진’

3) 윤석열정부 인수위가 2022년 4월 28일 발표한 <에너지정책 정상화를 위한 5대 정책방향>

로 전환된다고 하지만, LNG도 사라져야 할 화석연료 발전이다. 분산형 전원인 재생에너지는 간헐성과 변동성 등 공급안정성 문제도 극복해야 한다. 더군다나 민간 발전 위주의 재생에너지 확대는 전기요금 인상 등 공공성 훼손의 우려도 있다.

따라서 한국의 전력산업이 탄소중립시대에 효과적으로 대응하고 에너지 공공성을 지켜가기 위해서는 발전 공기업 주도의 대규모 재생에너지 확대전략이 필요하다. 그 이유를 수요 대응과 에너지안보 측면에서 살펴보면 다음과 같다.

첫째 RE100 참여 확대에 따른 국내 기업의 재생에너지 수요 증가에 효과적으로 대응하기 위해, 전력산업의 이해도가 높은 발전공기업 중심의 대규모 재생에너지 확대 방안 마련이 필요하다. 발전공기업은 오랜 기간 신재생에너지 개발 및 운영의 기술 노하우를 축적하고 있을 뿐만 아니라 국내 전력산업 및 전력시장에 대한 이해도가 높다. 단기간 높아지는 새로운 에너지의 수요에 긴밀하게 대응하기 위해서는 전력산업의 중심에서 에너지를 공급해온 발전공기업의 노하우를 활용하여야 안정적이고 효과적인 에너지전환이 가능하다.

둘째 재생에너지 전환 과정에서 전기요금 인상 등을 최소화하고 에너지 안보를 확립하기 위해서도 발전 공기업 중심의 전환이 필수적이다. 현재 민간기업들은 소규모 발전설비 구조 중심인 반면 발전공기업들은 대규모 발전설비 체제를 갖추고 있다. 소규모 중심인 민자 발전 중심으로 에너지 전환이 이뤄질 경우 전력공급의 불안정성을 초래할 수 있고 이로 인해 가격통제의 어려움도 발생할 수 있다. 재생에너지는 석탄화력발전에 비해 공급의 불안정성이 높은 분야이기도 하다. 따라서 에너지안보 의무를 지닌 발전공기업이 주도하는 질서 있는 에너지전환이 이뤄져야 불안정한 재생에너지 공급의 문제점을 극복할 수 있다.

지난 20년 간 전력산업 구조개편은 계속 진행도 아니고 이전 상태로의 복귀도 아닌 진퇴양난의 상태에서 불안정한 상태를 겪어 왔다. 이 과정에서 이명박-박근혜 정부에서 우회적 민영화가 추진되면서 전력산업의 불안정성은 더욱 심화되었다(김상곤, 2020). 발전자회사 분할로 경쟁구조가 확립된 것도 계속 문제점을 드러내 왔다. 발전공기업들은 경영평가의 압박 속에서 해외진출 경합, 신재생에너지 등 유사 사업 중복투자를 하면서 단기적 성과 추구를 해왔다(서울대학교 산학협력단, 2018). 더군다나 탈석탄으로 석탄화력발전이 축소되면 발전 5사의 경쟁체제는 유효성은 더 떨어질 수 있다. 오히려 규모의 경제 회복을 위해 기존의 발전 5사의 통합을 고민해 보아야 한다. 현재와 같이 한전과 발전자회사를 수직분할하고 발전자회사 간 경쟁구조를 만든 전력산업 구조는 전력산업의 공공성과 재생에너지 확대 측면 모두에서 바람직하지 않다.

전력산업의 다양한 문제가 불거지고 있는 지금이 전력산업의 재구조화를 적극적으로 검토해야 할 때다. 이미 2019년 총리실 산하 김용균 조사위<sup>4)</sup>는 “2004년에 중단된 후 지속적으로 진행된 민영화와 민간개방은 결국 전력산업의 효율성을 저해하고, 전력산업의 안전도 보장하지 못하는 체제”라 진단하고 전력산업의 수직재통합이 국민경제 전반을 위해 바람직하다고 권고한 바 있다.

4) 태안화력발전소의 비정규직 노동자 김용균씨 사망사고로 2019년 4월 ‘고 김용균 사망사고 진상규명과 재발방지를 위한 석탄 화력발전소 특별노동안전조사위원회(이하 김용균 조사위)’가 총리실 산하에 구성되었다. 김용균 조사위는 6개월 여에 걸친 활동을 마치고 전력산업 구조개편 권고안을 포함한 보고서를 제출했다.

또한 성공적인 에너지전환을 위해서도 전력산업의 재구조화는 필요하다. WEC(World Energy Council)<sup>5)</sup>는 에너지전환을 위한 지표로 ‘에너지 안보(Energy Security)’, ‘에너지 형평성(Energy Equity)’, ‘환경적 지속가능성(Environmental Sustainability)’이라는 세 가지 가치를 제시하고 있다. 이러한 가치 아래 에너지전환을 성공적으로 추진할 주체는 전력 공기업뿐이다. 통합적으로 재편된 전력공기업이 그동안 축적된 기술 노하우 및 국내 시장에 대한 이해도를 바탕으로 질서있는 에너지전환을 이뤄내야 한다.

일각에서는 효과적인 에너지전환을 위해 전력시장을 민간에 개방하고 경쟁을 촉발해야 한다고 주장하기도 한다. 필자는 동의 할 수 없다. 탄소중립은 시장자유화와 양립할 수 없다. 포기해야 할 것은 전력산업에서 공기업의 공공 역할이 아니라, 시장 경쟁에 대한 도그마적 집착이다.

5) WEC(World Energy Council)는 2010년부터 매년 세계 에너지 트릴레마 지수(World Energy Trilemma Index)를 산출한다. 전 세계 및 국가 데이터를 기반으로 세가지 차원(Energy Security, Energy Equity, Environmental Sustainability)에서 127개국의 에너지성능(performance)을 평가한다.

## 참고문헌

### 국내 문헌

- 김상근, “에너지/전력 산업의 전망과 사회적 합의의 과제”, 「에너지전환과 전력산업구조개편」, 2020, pp. 477- 505.
- 서울대학교 산학협력단, “한전-자회사 간 바람직한 지배구조 방안 연구”, 2018
- 안현호, “에너지 전환에 대비하는 한국형 전력산업구조의 탐색”, 2018
- 한국노동연구원, “공기업 및 민영화에 관한 논의\_공공부문 민영화의 쟁점과 노사관계”, 2009

### 웹사이트

- WEC 홈페이지, <https://www.worldenergy.org/>

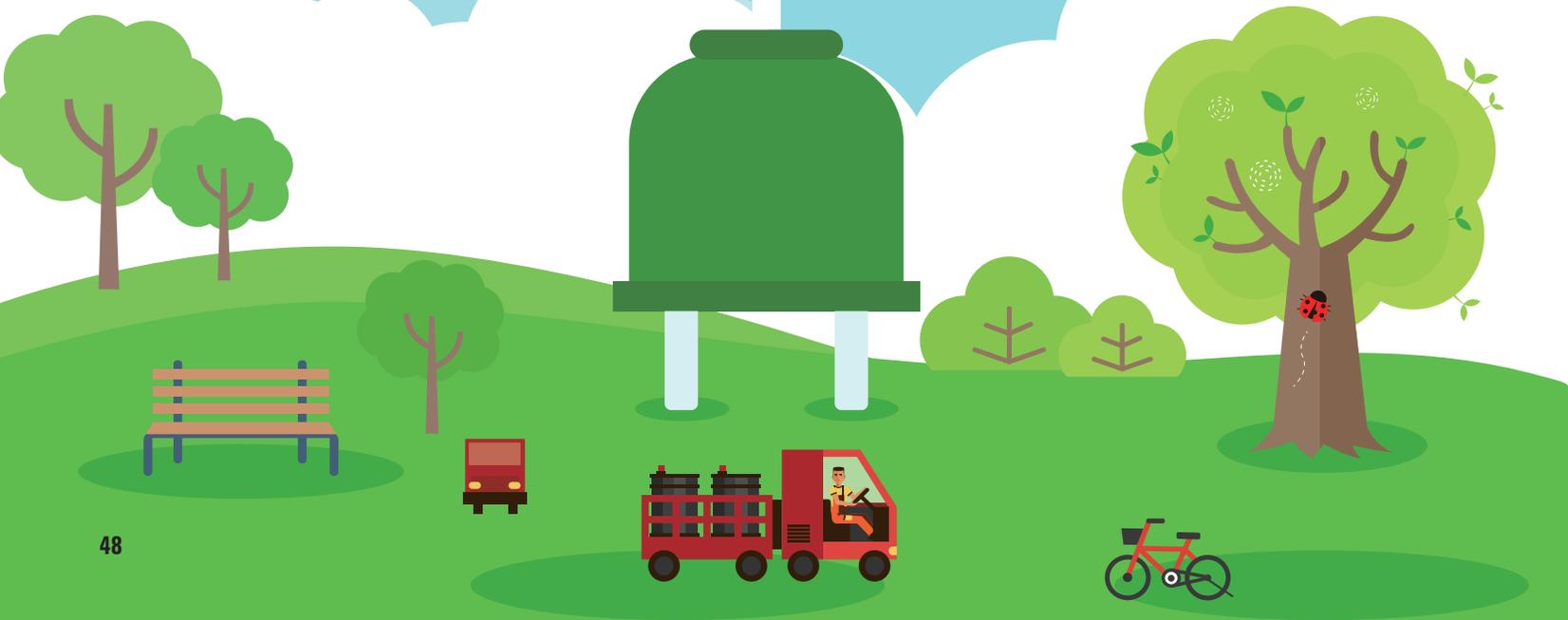
تكنولوجيا





# 미증유의 에너지위기와 전력, 가스 시장개편의 필요성

석 광 훈 에너지전환포럼 전문위원



## 1. 서론

유럽발 미증유의 에너지위기로 한국전력공사(이하 한전)와 한국가스공사(이하 가스공사)의 적자 및 미수금이 과거 상상할 수 없는 수준으로 폭증하고 있다. 전력과 도시가스의 소매요금이 원가 상승분 반영이 지연되고, 한전과 가스공사의 회사채가 확대되며 채권시장의 부담으로 전가되어 기업들의 심각한 자금난까지 일으키고 있다. 한전과 가스공사는 과거 개발도상국 시기 정책목표인 신속한 도시가스보급률 개선, 재정당국의 물가관리 수단으로 사용되고 있기에, 현재와 같은 미증유의 위기에 구조적으로 취약할 수밖에 없다. 더욱이 'RE100'과 같은 글로벌기업들의 재생에너지 사용지침 본격화와 유럽연합의 탄소국경제도(CBAM) 구체화까지 진행되어, 재생에너지와 탄소중립이 새로운 무역장벽으로 다가온 상황에 과거의 정책을 위해 설계된 국내 전력, 가스 시장의 근본적 재편이 필요해진 상황이다.

이에 보고는 과거의 정책목표에 따라 설계된 전력, 가스 시장구조가 현재의 위기에 어떤 기여를 하고 있는지 가스공사의 도시가스 교차보조 사례를 살펴보고, 다른 한편 세계적 재생에너지 혁명에 적응하기 위해 국내 전력시장에 필요한 사례로 재생에너지 증가추세에 있는 미국 전력시장에서 지역별요금제(LMP)가 어떤 역할을 하고 있는지 간략히 살펴보고자 한다. 이를 통해 과거 정책에 따른 시장구조가 현재의 위기를 더욱 악화시키는지, 또한 미래의 시장제도가 재생에너지는 물론 현재 우리가 안고 있는 지리적, 기술적 문제에 어떠한 기여를 할 수 있는지 제약적이나마 확인하고자 한다. 이 과정을 통해 과거의 문제와 미래의 과제 모두 전력, 가스 시장의 개편없이는 해결하기 어렵다는 점을 주장하고자 한다.

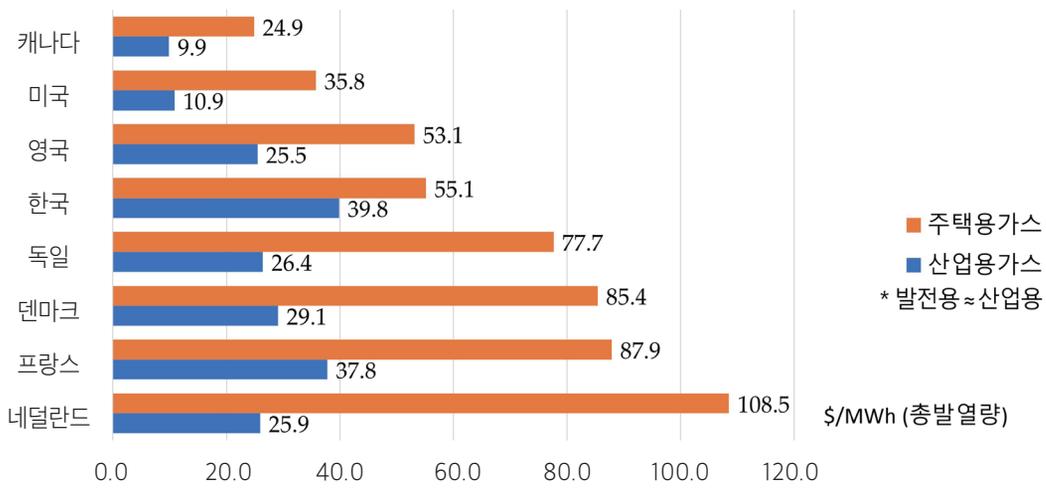
## 2. 미증유의 에너지위기와 국내 독점 가스·전력 시장의 문제

### 가. 과거 정책목표를 위한 에너지 시장구조와 현재의 위기

과거 연탄난방에서 도시가스 난방으로의 신속한 연료전환을 위해 설계된 발전부문과 도시가스 부문간의 교차보조 관행은 이미 5년전 보급률 세계 2위인 85%에 도달했음에도 일몰없이 지속되고 있다. 오래전 경쟁을 도입한 경제협력개발기구(OECD) 국가들의 주택난방용 대비 발전용 천연가스의 가격은 모두 1/2이하의 가격으로 형성되는 반면 국내의 경우 거의 유사한 수준으로 가격이 배분된다. [그림 1]은 발전용의 지표로 산업용 가격에 주택용 가격을 비교한 것으로, 해외 8개국의 평균은 1:2.9의 차이가 나지만, 국내의 경우 1:1.4로 그 차이가 매우 작다. 물론 네덜란드, 덴마크, 독일 등은 주택용 가스에 높은 과세가 부과되어 있으나, 세전가격 역시 높게 형성되어 있다.

물론 국내 도시가스 및 전력시장에 원료비연동제가 도입되어 가격의 원가반영이 기대되기도 하였으나, 현재의 원료비연동제는 재정당국의 또다른 물가관리수단으로 전략한 상황이다. 과거 선명한 석유시장 자유화 목표를 위해 과도기적 정책으로 도입되었던 석유 원료비연동제(1994~1996)가 1997년 석유가격 자유화로 연결된 사례와 근본적으로 다르다. 특히 지난 2021년 말 가스공급규정상 원료비연동제 시행지침의 개정은 가스공사가 도입하는 고가의 현물LNG 비용을 100% 한전 자회사 및 민간 발전사들에게 전가시키면서 국내 도매전기요금의 폭등하게 된 직접적인 원인이기도 했다(전기신문 2022년 4월 6일자).

그림 1 OECD 주요국 산업용(발전용) 및 주택용 천연가스 비교



자료 : 국제에너지기구(IEA), Key World Energy Statistics (September 2021)

국내 도매가스시장의 독점공급 사업자인 가스공사는 도매전력시장의 한계발전기가 가스발전기라는 측면에서 도매전기요금에 결정적인 영향을 미친다. 하지만 가스공사가 가스도입비용을 도시가스(민수용)용과 발전용으로 배분하는 의사결정과정은 불투명하며, 다분히 물가관리나 정치적 고려가 반영되었을 것으로 보인다.

<표 1>은 공개된 가스공사의 영업실적자료를 토대로 지난 1년간 도시가스용과 발전용 LNG의 가격이 어떻게 배분되었는지 두 용도별 LNG단가의 단순한 비율을 보여주고 있다. 물론 도시가스용은 다시 가격이 다른 ‘민수용’과 ‘상업용’으로 나뉘어져 있으나, 세부적인 매출자료가 공개되지 않아 도시가스용만 제시했다. 이미 지난해부터 도시가스용과 발전용간 LNG가격이 역전되었으며, 원료비연동제 시행지침이 개정된 지난해 12월 이후는 그 격차가 더 벌어져 도매전력요금(SMP) 폭등의 원흉이었다는 것을 확인할 수 있다.

표 1 한국가스공사의 발전용대비 도시가스용 LNG 판매실적(2022)

구분		2021연간	1분기	2분기	3분기
도시가스용	판매량(천톤)	19,331	7,642	3,553	14,034
	매출액(억)	131,085	64,687	31,409	129,204
	단가(원/톤)	678,108	846,467	884,014	920,650
발전용	판매량(천톤)	17,582	5,074	4,173	13,541
	매출액(억)	127,158	72,019	49,951	187,794
	단가(원/톤)	723,228	1,419,373	1,197,005	1,386,855
발전/도시가스 단가비		1.1	1.7	1.4	1.5

자료 : 한국가스공사의 2022년 분기별 영업실적자료를 참고해 필자 작성

### 나. 이집트의 에너지공기업을 통한 요금보조 사례와 교훈

국제기구들은 이미 이 같은 에너지가격의 (교차)보조가 가격의 수요조절기능을 왜곡하고, 소득역진성으로 인해 빈부격차를 오히려 심화시킨다는 점을 지적해왔다. OECD 국가들도 이미 지난 1990년대 전력, 가스시

장의 경쟁체제를 도입했다. 특히 한전체제의 해외참고사례로 자주 인용되던 프랑스조차 공정경쟁을 보장하기 위해 프랑스전력공사(EDF)의 송전부문을 프랑스송전공사(RTE)로 분리(2000)했고, 전력판매시장은 경쟁체제를 도입(2007)했다. 도시가스 시장에서도 동일한 개혁조치가 있었다. OECD 회원국 중 가장 최근 사례인 일본도 전력, 가스시장의 경쟁체제 전면 도입(2016)과 송전부문의 분리(2020)를 추진했다. OECD 회원국 중 더 이상 국내 국가독점 전력, 가스 시장의 참고 대상으로 삼을 해외 사례가 존재하지 않는 것이다(CRE 2022, METI 2019).

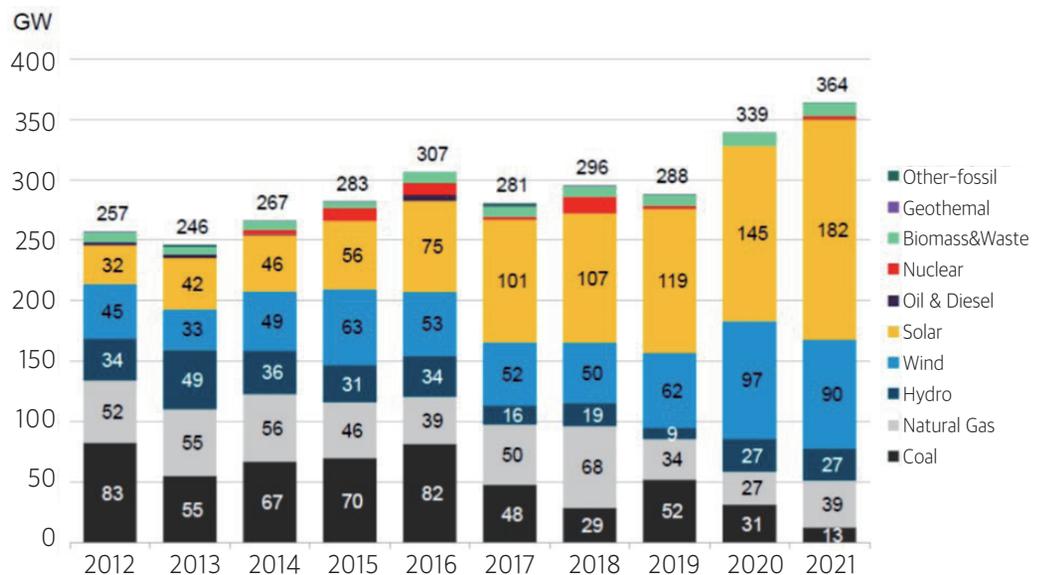
이제는 참고 사례를 개발도상국가들에서 찾아야 한다. 실제로 지난 2013년 국제 고유가 시기 이집트는 물가 관리 차원에서 에너지공기업들을 통해 전기, 가스, 석유를 원가 이하로 판매하다가 현재가치로 총 35조 원의 적자를 누적시켰다. 이는 당시 이집트 정부재정의 22%에 해당하는 액수로 결국 정부가 감당할 수 없게 되자 국제통화기구(IMF)와 세계은행의 구제금융 프로그램을 받아야 했다. 더욱이 당시 세계은행의 조사에 따르면 이집트의 에너지요금 할인 혜택은 대도시 기준 소득 상위 20%의 소비자들에게 하위 20%의 8배나 지원된 것으로 밝혀졌다(Griffin, Laursen & Roberts, 2016).

### 3. 재생에너지 혁명과 급변하는 세계 전력시장

#### 가. 세계 재생에너지 혁명의 상황

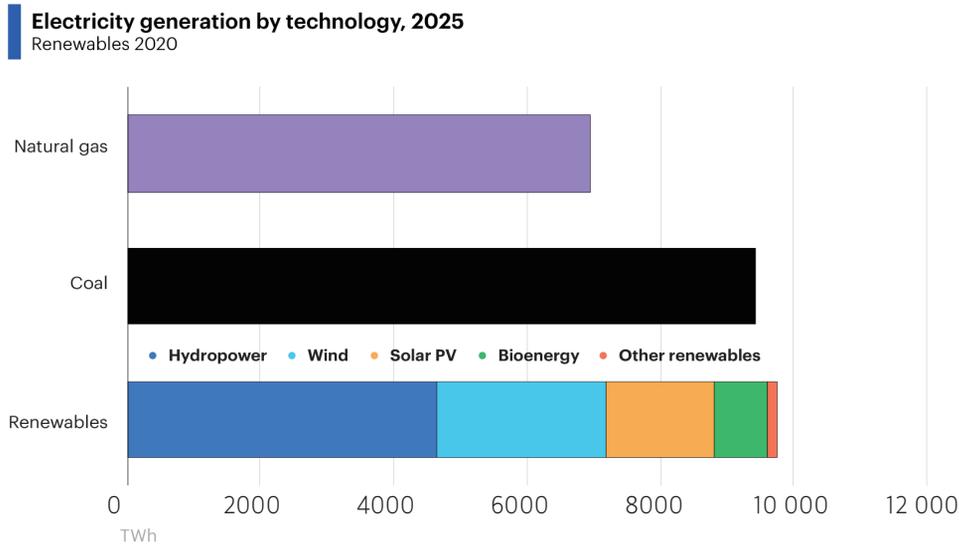
글로벌기업들의 'RE100' 참여 선언, 중국, 유럽, 미국이 주도하는 재생에너지 투자 등에 힘입어 지난 10년간 세계발전설비 시장은 그 주도권이 석탄화력에서 태양광, 풍력으로 완전히 넘어갔다. 특히 지난해 준공된 발전설비중 86%가 재생에너지였으며, 그 중에서도 태양광, 풍력만 75%를 차지했다. 태양광, 풍력은 발전량에서도 지난해 사상 처음으로 원전의 발전량을 추월했으며, 수력을 포함시킨 재생에너지의 발전량은 오는 2025년 가스발전과 석탄발전도 추월할 것으로 전망된다(IEA 2020)([그림2], [그림3] 참고).

**그림 2** 세계 에너지원별 발전설비 준공 추세



출처 : BloombergNEF(BNEF), Energy Transition Factbook 2022, 22 Sep. 2022, Pittsburgh

그림 3 세계 재생에너지 발전량, 2025년 석탄 발전량 추월 전망



자료 : International Energy Agency, Renewables 2020

International Energy Agency

이와 같은 세계적 재생에너지의 급성장은 다시 글로벌기업들과 유럽이 재생에너지 관련 아젠다들을 무역장벽화 하는데 힘을 실어주게 되고, ‘탈원전 타’와 전기요금 억제에만 지난 5년 허송세월을 보낸 우리에게는 그야말로 거대한 장벽이 될 전망이다. 국내기업들의 도태와 공장 해외이전을 피하기 위해서는 세계 재생에너지 혁명에 편승하려면 많은 준비가 필요가 한데, 이 역시 전력시장의 개편과 밀접하게 연관되어 있다. 특히 변동성 재생에너지(VRE)의 급성장에 대비해 전력 공급, 수요 양측의 유연성을 높여야 하는데, 이를 위해서는 전력시장 경쟁도입과 자유롭고 유연한 요금제들의 도입이 불가피하다.

**나. 변동성 재생에너지 증가에 대처하는 전력시장의 유연성 개선사례**

**1) 전력판매 사업자들의 확대된 수요반응사업**

지난 수년간 세계적으로 풍력, 태양광 등 변동성 재생에너지(Variable Renewable Energy)가 폭발적으로 성장하면서 이들 VRE를 효율적이고 안정적으로 활용할 수 있도록 전력시장의 공급, 수요 양측에서 유연성이 강조되고 있다. 공급측에서는 동기조상기, 배터리, 양수발전 등 다양한 보조서비스 및 장주기 에너지저장장치가 적절한 보상을 받으며 시장에 진입할 수 있어야 하고, 수요측에서도 VRE의 공급 과잉/과소상황에서 수요공급 균형을 맞추기 위해 다양한 수요관리 사업자들의 시장진입과 유연한 전기요금체계가 필요하다.

수요측 유연성을 강화하기 위해서는 과거처럼 수요측 변동성 대응은 물론 VRE증가로 인한 공급측 변동성까지 감안한 보다 진전된 수요반응(Demand Response) 시장이 필요하다. 지금까지 국내외의 DR사업들은 산업용 등 대형 소비자들만을 대상으로 삼아왔으나, 최근 재생에너지 증가에 따라 전력계통운영기관이 수요유연성서비스(Demand Flexibility Service,

DFS) 프로그램을 통해 판매사들에게 주택용 참여자들을 모집해 절전량에 비례한 요금할인 혜택을 제공한다(National Grid ESO).

이 사업에는 영국의 옥토퍼스(Octopus)와 같은 혁신적 신생 전력사 뿐만 아니라, 대형 전력사인 British Gas도 최근 참여의사를 밝혔다. 예를 들어, 옥토퍼스는 12월부터 2023년 3월까지 총 12회에 걸쳐 스마트미터를 보유한 소비자 중 참여 의사를 밝힌 20만 호의 주택용 소비자들에게 지정일의 저녁 피크(오후 4~8시) 시간 중 1시간을 직전 10일 동시간대 평균소비량 대비 절전할 경우 감축 kWh당 2.5~3파운드(약 4천 원~4천 8백 원)의 전기요금 할인혜택을 제공한다. 주택용으로까지 확대된 수요반응사업은 유럽발 에너지공급난을 계기로 미국, 일본 등도 본격화시키는 추세다(Bloomberg 2022년 12월 9일자).

## 2) 지역별 요금제도(LMP)

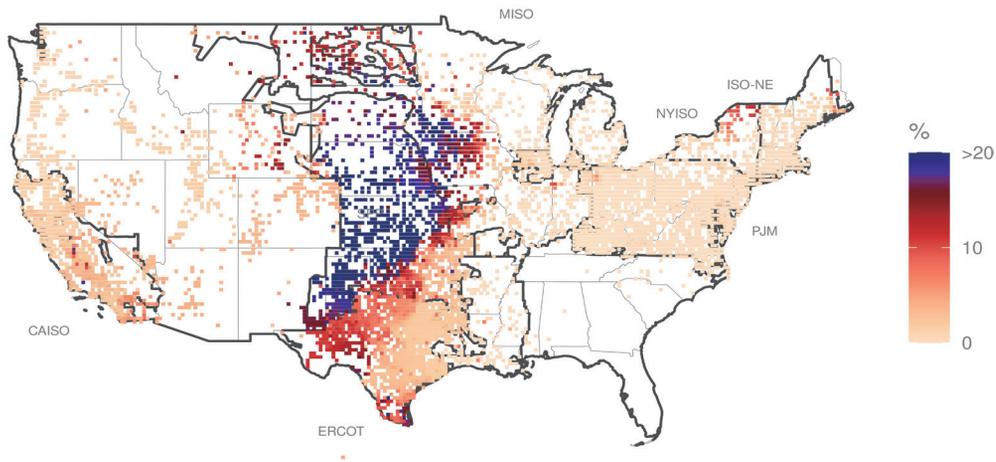
또한 재생에너지 증가 이전에도 국내 수도권의 높은 인구밀도와 전력부하 집중상황으로 인해 송배전 확충은 기술적으로나 사회적으로나 한계에 도달한 상태고, 그로 인한 비용이 문제로 지적되어왔다. 여기에 더해 최근 호남의 태양광 급증사례처럼 특정 지역위주로 재생에너지 공급이 편중되어 송배전망의 건설부담 및 비용도 증가할 것이므로 이를 임의로 규제하기 보다는 지역별 요금제(Local Marginal Pricing) 같은 정교하고 투명한 시장제도가 필요하다.

미국은 재생에너지가 급증하며 지난해 네거티브 가격 발생빈도가 전년(4%)대비 5.75%로 증가했으며, 가장 높았던 지역은 풍력발전 비중(약 34%)이 높은 중서부의 Southwest Power Pool(SPP) 계통과 Electric Reliability Council of Texas(ERCOT) 계통이었다. 풍력비중이 압도적으로 높은 SPP 계통은 대부분의 노드에서 20%를 초과했으며, 태양광, 풍력이 증가하고 있지만 서부 텍사스의 고립된 지리적 여건으로 송전선로 병목현상을 겪고 있는 ERCOT계통은 10%에 육박했다(Berkley Lab Electricity Market & Policy 2022; Seel et al. 2021).

연방정부의 생산세액공제(PTC)를 받는 미국 풍력발전사업자들은 네거티브 가격이 형성되어도 큰 부담없이 발전을 지속하면서, 화석연료를 포함한 다른 발전기들의 손실이 커지고 이들의 출력감발과 조기퇴출을 유도하는 추세다. 무엇보다 VRE증가추세에서 전력공급과잉 신호가 시장 참여자들에게 실시간 가격으로 정교하게 전달됨으로써, 공급자는 발전하려면 그만큼 비용을 부담해야 하고 수요측 참여자들은 그만큼 보상을 받으며 공급과잉 전력을 시장에서 해소할 수 있는 충분한 유인을 갖는다는 점이다(Seel et al. 2021).

이는 OECD회원국 중 최고 인구밀도의 국내 여건에서 더욱 주목할 요소이다. 미국처럼 광활한 국토에서 신규 송전선로 건설이 유리한 국가들과 달리, 국내에서는 사회수용성 문제는 물론 기술적으로도 수도권의 높은 전력설비 밀도(발전밀도, 송전조밀도 등)로 인해 고장전류 발생 및 완화 수단인 차단기 설치의 역효과 때문에 계통의 안정성 문제까지 위협하는 한계상황에 도달해 있기 때문이다(전영환 2022). 즉 국내에서는 이 같은 지역별 가격신호가 단순히 신규 송배전선로 투자 신호를 넘어 재생에너지를 포함한 신규 발전소 및 전력수요처의 입지를 효율적으로 재배분하도록 적절한 신호를 줄 수 있다는 의미다.

그림 4 미국의 지역별(>50,000 nodes) 네거티브 가격 빈도(2021)



자료 : Berkley Lab Electricity Market & Policy, The Renewables and Wholesale Electricity Prices (ReWEP) Tool

#### 4. 시사점

미중유의 세계 에너지 공급 위기와 재생에너지와 연계된 각종 무역장벽의 현실화 앞에 국내 전력시장의 구조적 문제의 한 단면을 살펴보았다. 이미 시효가 종료된 과거의 정책목표를 위해 설계된 국내 전기, 가스 시장구조의 한 사례로 가스공사를 통한 발전-도시가스 부문간 교차보조문제를 짚어보았고, 교차보조관계가 에너지위기 앞에서 오히려 더 강화되어 위기를 더 심화시키는 역할을 하고 있다는 점도 확인하였다. 이는 결코 우연이 아니며, 과거의 시장구조가 주는 과거의 유인에 따라 주요 이해당사자들이 반응한 결과로 볼 수 있다. 결국 시장구조의 근본적 개편 없이는 이해당사자들의 의사결정 패턴을 바꾸기 어려울 것이다.

다른 한편, 세계적 재생에너지 혁명이 진행되며 이에 적응해가는 미국 전력시장의 지역별요금제(LMP)가 가져오는 효과에 대해서도 간단히 살펴보았다. 국내의 지리적 여건과 전력설비여건을 감안할 때 공급처와 수요처 모두의 입지결정에 정교한 신호를 준다는 측면에서 중요한 시사점이다. 결국 과거의 유산인 도시가스에 대한 교차보조와 한전 적자의 폭증, 재생에너지 혁명에 적응하기 위해 국내전력시장에 필요한 지역별요금제 모두 현재의 전력, 가스 시장구조에서는 해결하거나 실현하기 어려운 주제들이다. 현재의 시장구조는 모든 사회구성원으로 하여금 전기, 가스를 이른바 '공공재'로 인식하도록 유인하고 있고, 경쟁체제의 도입이 이루어져야 전기, 가스가 희소한 시장재라는 인식 개선도 가능할 것으로 보인다. 위기는 기회라는 말처럼 이번의 위기가 획기적인 시장개혁으로 이어지길 바란다.

## 참고문헌

### 국내 문헌

- 전영환, “에너지전환을 위한 송전망 현황과 과제”, 국회세미나 발표자료, 2022.11.24

### 외국 문헌

- BloombergNEF(BNEF), Energy Transition Factbook 2022, 22 Sep. 2022, Pittsburgh International Energy Agency, Renewables 2020, Paris
- Griffin, P., Laursen, T., & Roberts, J., 2016. "Egypt : guiding reform of energy subsidies long-term," Policy Research Working Paper Series 7571, The World Bank.
- Seel, J., Millstein, D., Mills, A., Bolinger, M., & Wiser, R. "Plentiful electricity turns wholesale prices negative, Advances in Applied Energy, 4, 2021, 100073, ISSN 2666-7924, <https://doi.org/10.1016/j.adapen.2021.100073>.

### 웹사이트

- Berkley Lab Electricity Market & Policy, The Renewables and Wholesale Electricity Prices (ReWEP) Tool, <https://emp.lbl.gov/renewables-and-wholesale-electricity-prices-rewep>
- Bloomberg, "The UK's Push to Cut Energy Use Is Focused On Four Hours a Day", Dec 9 2022 <https://www.bnnbloomberg.ca/the-uk-s-push-to-cut-energy-use-is-focused-on-four-hours-a-day-1.1857201>
- Energy Regulatory Commission (CRE) , Retail electricity market, 2022. <https://www.cre.fr/en/Electricity/retail-electricity-market>
- Ministry of Economy, Trade and Industry, Results Compiled of the Review on the Circumstances Surrounding the Electricity Business toward the Legal Unbundling of the Transmission/Distribution Sector, 2019. [https://www.meti.go.jp/english/press/2019/0626\\_002.html](https://www.meti.go.jp/english/press/2019/0626_002.html)
- National Grid ESO 홈페이지, <https://www.nationalgrideso.com/industry-information/balancing-services/demand-flexibility>

# 재생에너지 지역편중 해소를 위한 제도개선 방안: 지역별한계가격(LMP)과 피드인프리미엄(FIP)을 중심으로<sup>1)</sup>

안재균 에너지경제연구원 연구위원(jkahn@keei.re.kr)  
김승완 충남대학교 교수(swkim@cnu.ac.kr)



## 1. 서론

우리나라의 전력수요와 공급 형태는 중앙집중형 시스템으로 전력 다소비 지역과 대규모 발전설비가 위치한 지역이 떨어져 있어 장거리 송전설비에 생산한 전력을 전달하는 구조이다. 전력다소비 지역인 수도권<sup>2)</sup>의 2021년 전력소비량은 205.6TWh로 전체에서 비중은 38.6%이며, 전력 자립도<sup>2)</sup>는 72.0%를 기록하였다(<표-1> 참고).

즉, 수도권 전력수요의 28%는 타지역에 위치한 발전소에서 전력을 생산하여 원거리 송전방식으로 충당하고 있음을 의미한다. 증기로 터빈을 구동하여 전력을 생산하는 원자력 및 화력발전소는 해안가에 위치하므로 수도권과 이격되어 있고 이에 따라 장거리 송전망이 필요하게 된다. 이러한 중앙집중형 전력수급 구조는 과거에는 규모의 경제효과로 비용효과적인 전력수급에 기여했으나, 최근에는 발전 및 송전 설비에 대한 지역주민의 수용성이 악화되고 있다.

1) 본고는 안재균, 효과적인 분산형 전원 보급 및 활용을 위한 송배전요금제 도입방안 연구, 에너지경제연구원(2021)의 주요내용을 요약한 것이다.

2) 해당 지역의 전력생산량을 전력소비량으로 나누어 백분율로 나타낸 수치이다.

표 1 2021년 지역별 전력수급, 전력자립도

구분	지역	발전량(GWh)	소비량(GWh)	전력자립도(발전/소비, %)
수도권	서울	5,344	47,296	11.3
	경기	82,233	133,446	61.6
	인천	60,506	24,901	243.0
수도권	소계	148,083 (34.5%)	205,643 (38.6%)	72.0
중부권	충북	2,205	28,402	7.8
	충남	111,229	48,802	227.9
	대전	182	9,749	1.9
	세종	3,777	4,295	87.9
	소계	117,393 (27.4%)	91,248 (17.1%)	128.7
호남권	광주	644	8,973	7.2
	전북	14,322	21,487	66.7
	전남	61,841	33,487	184.7
	소계	76,807 (17.9%)	63,947 (12.0%)	120.1
영남권	경북	81,382	44,258	183.9
	경남	43,885	35,734	122.8
	대구	2,812	15,444	18.2
	울산	31,504	33,593	93.8
	부산	40,354	21,068	191.5
	소계	199,937 (46.6%)	150,097 (28.1%)	133.2
강원권	강원	30,623 (7.1%)	16,808 (3.2%)	182.2
제주	제주	3,968 (0.9%)	5,688 (1.1%)	69.8

자료 : 한국전력공사(2022)

또한, 국내 재생에너지 시장잠재량은 전력다소비 지역인 수도권의 비중은 높지 않으며, 비수도권인 중부, 영호남에 편중되어 있다(<표-2> 참고). 재생에너지 시장잠재량은 기술적 잠재량에서 경제·정책적 요인을 감안한 잠재량이다.<sup>3)4)</sup>

3) 산업통상자원부·한국에너지공단(2020), pp.116-117.

4) 신재생에너지 백서에서는 태양광 모듈효율을 20%로 가정하고, 일반부지 소요면적은 14.9㎡/kW, 옥상 태양광 소요면적은 19.8㎡/kW로 가정하였다. 경제성 및 정책적 요인으로는 2019년 기준 SMP(90.7원/kWh)와 REC(66.7원/kWh)를 사용하였으며, 격자별 균등화 발전원가(LCOE)를 산정하여 SMP+REC보다 작거나 같은 경우 시장 잠재량에 포함하였다. 평균 설비이용률 15.38%로 가정하였다.(산업통상자원부·한국에너지공단(2020), pp.121-122.)

표 2 권역별 재생에너지 시장잠재량

(GWh/년)

구분	지역	태양광	육상풍력	해상풍력
수도권	서울	44	0	0
	경기	36,205	1,167	15,586
	인천	4,099	504	15,586
	소계	40,348	1,671	15,586
중부권	충북	48,048	2,178	0
	충남	80,904	7,422	19,314
	대전	871	8	0
	세종	2,575	79	0
	소계	132,398	9,687	19,314
호남권	광주	4,798	63	0
	전북	50,584	2,183	8,672
	전남	40,474	8,197	37,924
	소계	95,856	10,443	46,596
영남권	경북	109,111	17,364	3,844
	경남	49,166	3,831	21,230
	대구	3,086	19	0
	울산	2,995	293	1,896
	부산	1,211	52	4,386
	소계	165,569	21,559	31,356
강원권	강원	36,101	3,227	1,720
제주	제주	24,235	5,687	4,567
	총계	494,507	52,274	119,139

자료 : 산업통상자원부·한국에너지공단(2020, p.127)를 참고하여 저자 작성

강원권과 제주를 제외한 지역 중, 태양광과 풍력 발전을 합한 총 시장잠재량이 가장 낮은 지역은 전력다 소비 지역인 수도권이며, 반대로 시장잠재량이 가장 많은 지역은 전력자립도가 높은 영남권, 중부권, 호남 권 순이다. 이러한 재생에너지 시장잠재량이 일부지역에 집중된 이유는 일사량과 같이 재생에너지 이용률 을 결정하는 기상환경과 토지 비용의 차이를 들 수 있다.

이러한 중앙집중형 시스템과 재생에너지의 시장잠재량이 편중된 형태는 원거리 송전방식의 의존도를 높 여 안정적인 전력수급 유지와 지역주민 수용성에 부정적 영향을 미칠 수 있다. 이를 해소하기 위해서는 발 전부문에 지역별 가격차등 신호를 제공하여 전력 수요지 인근에 신규 발전소가 들어서도록 유인이 가능 한 제도를 마련해야 한다. 국내 현행 송전이용요금은 지역 간 차등 요금제의 적용을 유예하고 있어 지역별 가격차등 신호는 발전사업자에게 전달되고 있지 않다. 이와 별개로 중앙급전발전기를 대상으로 하는 용량 요금을 지역차등계수 또는 송전손실계수로 지역차등을 두어 부여하지만, 발전사업자의 입지 결정에 영향 을 미치는 수준은 아니다. 재생에너지는 용량요금과 같은 전력시장의 정산금 대신에 신·재생에너지 공급의 무화제도(RPS)에서 지역 모두 동일한 신·재생에너지 공급인증서(REC)를 부여받으므로 지역별 가격차등

신호를 제공하는 제도는 부재한 상황이다.

지역별 가격차등 신호 제공의 필요성은 이전에도 꾸준히 제기되었지만, 제도개선으로 연결되지는 못하였다. 하지만 탄소중립 정책을 채택한 현 시점에 재생에너지의 보급 확대는 주요 수단이 되며, 이를 비용 효과적으로 탄소중립을 달성하기 위해서는 지역별 가격차등 신호 제공의 필요성은 어느 때보다 높을 수 있다. 재생에너지의 잠재량이 풍부한 영·호남 지역에 투자가 편중된다면 신규 송배전망 및 변전소 투자뿐만 아니라 계통에 대한 영향 면에서 소요되는 비용이 클 것으로 추정되기 때문이다. 따라서 재생에너지의 균형 보급을 촉진하기 위해서는 지역별 가격차등 신호 제공이 타당한지 여부를 우선 판단한 후, 실효적인 대안들의 장단점을 살펴보는 것이 요구된다. 이에, 본고는 재생에너지 지역편중 해소를 위한 제도 검토에 목적이 있다. 본고의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 현행 송전망이용요금제를 살펴보고, 3절에서는 지역별 한계가격을 분석하고 대안제도의 장단점을 비교하여, 4절에서는 재생에너지 지역편중 해소 방안에 대한 시사점을 제시하고자 한다.

## 2. 현행 송전이용요금제 평가

### 가. 현행 송전이용요금제 현황

송전이용요금은 송전사업에 소요된 비용을 회수하기 위해 송전이용자에게 합리적으로 배분하기 위해 형성된다. 국내 송전이용요금은 2부 요금제 방식으로 기본요금과 사용요금으로 구분된다. 소비자의 기본요금은 비동시 최대부하(kW)를 기준으로, 발전사업자는 계약전력(kW)을 기준으로 산정한다. 소비자 및 발전사업자의 사용요금은 각각 사용전력량(kWh)과 발전량(kWh)을 기준으로 요금을 산정한다. 기본요금은 전국 동일 단가를 채택하고 있는 반면에, 사용요금은 지역별 차등 단가로 설계되었다. 송전이용요금의 기본요금과 사용요금의 비중은 동일하게 50%로 두고 있으며, 발전측과 수요측 총 비용 부담비율은 각각 50%로 최초 설계하였으나 발전측의 비용부과는 유예중이다.

그림 1 송전사업자 총괄원가 회수구조



자료: 저자 작성

송전이용요금 중 수요측의 수도권, 비수도권, 제주권 3개 지역으로, 발전측의 사용요금은 수도권북부, 수도권남부, 비수도권, 제주권 4개 지역으로 구분하여 지역별로 차등한 단가를 제시하고 있다. 현재의 지역별 차등 수준을 살펴보면, 수요측 수도권의 사용요금은 비수도권 보다는 높으며, 제주권에 비해 낮다. 발전측의 수도권 남부 및 북부의 사용요금은 비수도권과 제주권에 비해 낮다.

기본요금은 전국 동일 요금을 적용하고 있다. 기본요금은 아래의 산정식과 같이 kW 단위로 균등하게 배분하는 형태이다.

표 3 발전측 기본요금 단가 계산식

$$\text{발전측 기본요금 단가 [원/kW/월]} = \frac{\text{발전측 기본요금 분담금액(원)}}{\text{계약 발전설비용량 합계(kW) \times 12개월}}$$

표 4 수요측 기본요금 단가 계산식

$$\text{수요측 기본요금 단가 [원/kW/월]} = \frac{\text{수요측 기본요금 분담금액(원)}}{\text{변전소 별 비동시 최대부하 합계(kW) \times 12개월}}$$

사용요금은 조류추적 알고리즘을 통해 각 발전기와 변전소가 사용한 송전설비를 추정하고, 사용한 설비의 대체가액을 대입하여 사용요금 분담금을 발기와 변전소에 할당한다. 지역별 필요수입액은 각 발전기 및 변전소에 할당된 사용요금 분담금을 발전 및 수요 지역별로 합산한 것이다. 지역별 전력량은 발전기별 연간 송전전력량과 변전소별 연간 수요전력량을 발전 및 수요 지역별로 합산하여 계산한다. 지역별 사용요금단가는 아래의 산정식과 같이 지역별 총 분담금을 해당 지역의 전력량으로 나누어 산정한다.

표 5 발전측 사용요금 단가 계산식

$$\text{발전측 사용요금 단가 [원/kW/월]} = \frac{\text{지역별 사용요금 분담금액(원)}}{\text{지역별 연간 송전전력량 합계(kWh)}}$$

표 6 수요측 사용요금 단가 계산

$$\text{수요측 사용요금 단가 [원/kW/월]} = \frac{\text{지역별 사용요금 분담금액(원)}}{\text{지역별 연간 수요전력량 합계(kWh)}}$$

비수도권에 위치한 발전기의 사용요금이 높은 이유는 해당 설비의 송전이용량이 많기 때문이며, 수도권에 위치한 수송가는 비수도권에 비해 상대적으로 많은 전력수요를 타 지역에서 충당하기 때문에 사용요금이 높다. 제주지역의 수요측 사용요금이 가장 높은 요인은 육지를 연계하는 초고압 직류송전(HVDC) 설비를 이용하는 데 있다.

표 7 송전이용요금 단가표 ('06년 개정)

구분	기본요금 (원/kW/월)	사용요금(원/kWh)			
		수도권북부	수도권남부	비수도권	제주
발전	902.1	0.80	1.64	1.97	0.75
수요	921.9	2.84		1.70	8.42

자료 : 한국전력공사(2020a, pp.11~12)를 활용하여 저자 재구성

표 8 송전이용요금 단가표 ('20년 개정)

구분	기본요금 (원/kW/월)	사용요금(원/kWh)			
		수도권북부	수도권 남부	비수도권	제주
발전	667.36	1.25	1.20	1.92	1.90
수요	667.61	2.44		1.42	6.95

자료 : 한국전력공사, 송전이용요금표(<https://cyber.kepco.co.kr/kepco/front/jsp/CY/H/C/CYHCHP00701.jsp>, 검색일: 2021.09.30.)

이러한 지역별 차등 송전이용요금은 발전 측에 부과를 유예하고 전력구입비에 포함하여 소비자가 부담토록 하고 있다. 이는 국내 현행 변동비반영시장(Cost-based pool, CBP)은 발전기에 대한 원가를 보상하는 구조를 채택하고 있기 때문이다. 또한, 발전기의 변동비 입찰에 사용요금이 포함되면 자원을 최적화하는 현물시장의 단기 효율성을 왜곡할 가능성이 있기 때문이다.

#### 나. 현행 송전이용요금제 평가

국내 대규모 발전소가 밀집되어 있는 곳은 영동, 영·호남 남부, 충청 서해안 지역 등을 들 수 있다. 해당 지역에서 생산한 전기를 상대적으로 전력수요가 높은 수도권으로 송전하는 복상조류가 발생하며 선로 용량이 부족하게 되면 송전제약이 발생하게 된다. 또한, 에너지전환 및 탄소중립 정책의 수단으로 재생에너지의 보급확대가 필요한 상황에서 상대적으로 토지비용이 낮고 일사량이 풍부하여 재생에너지의 균등화발전원가가 낮은 남부지역에서의 투자가 집중되고 있다.

그림 2 국내 전력계통의 특성



이러한 복상 조류와 재생에너지의 지역편중 현상에 따라 송변전 투자 설비 소요를 줄이기 위해서는 지역별 가격차등 신호를 발전사업자에게 제공하는 제도를 도입할 필요가 있다. 지역별 가격차등 신호 발생이 가능한 제도는 선로 제약과 손실을 감소시키는 시장참여자에게 송전이용요금이 낮아지거나 전력도매시장 가격이 높아지고 반대로 선로 제약과 손실을 높이는 시장참여자에게는 송전이용요금이 높아지거나 전력도매시장가격이 높아지는 체계라 할 수 있다. 이러한 차등신호가 전달되면 선로 제약과 손실을 감소시키는 지역에 발전소의 투자를 유도할 수 있게 된다.

앞서 살펴보았듯이, 현행 송전이용요금은 사용요금제의 지역 차등 적용을 유예하고 있으므로 지역 가격 신호는 부재한 상황이다. 이러한 망요금제를 통한 지역별 차등 방안은 앞서 설명하였듯이 전력시장의 단기 효율성인 최적의 자원배분 기능을 왜곡할 우려가 있고, 향후 지역별 재생에너지 보급의 전망이 불가능하기 때문에 지역 구분과 요금차등 및 발전 및 수요측 부담의 적정 수준을 도출하기 어렵다.

따라서 다음 절에서는 송전이용요금 방식에 대안이라 할 수 있는 지역별한계가격(LMP) 분석을 채택하여 재생에너지 보급이 지역별 가격차등 신호를 제공할 수 있는지 여부와 가격차등 수준을 분석한다. 지역별한계가격(LMP)의 분석은 지역별 송전비용의 변동비인 혼잡과 손실 비용을 도출하여 차등수준을 파악할 수 있다.

### 3. 지역별 가격차등 신호 제공 필요성 분석

#### 가. LMP 분석방법 개요

지역별한계가격(LMP)는 세 가지 요소인 에너지 비용, 송전망손실 비용, 송전망혼잡 비용으로 구성된다. LMP 요소들은 최적조류계산모형(Optimal power flow, OPF)를 이용하여 도출한다. OPF의 목적함수는 아래의 표와 같이 비용 최소화이며, 제약조건은 모선별 수급, 발전기 출력, 전압, 선로 등의 제약식이다.

표 9 OPF 목적함수와 제약조건

구분	내용
목적함수	주어진 제약을 만족시키며 전력시스템 운영비용을 최소화하는 발전계획 도출
제약조건	1. 전력 수요 패턴 2. 발전기제약 3. 전력시스템 안정성 제약 4. 네트워크 제약 (송전망 제약)

자료 : 저자 작성

본 연구는, 개별 모선 단위로 구성된 실제 계통을 대상으로 하는 LMP 분석은 계산의 복잡성으로 최적해의 도출이 어려운 점을 고려하여, 축약계통을 통한 직류 조류로 근사화하는 LMP 분석을 수행하였다.<sup>5)</sup>

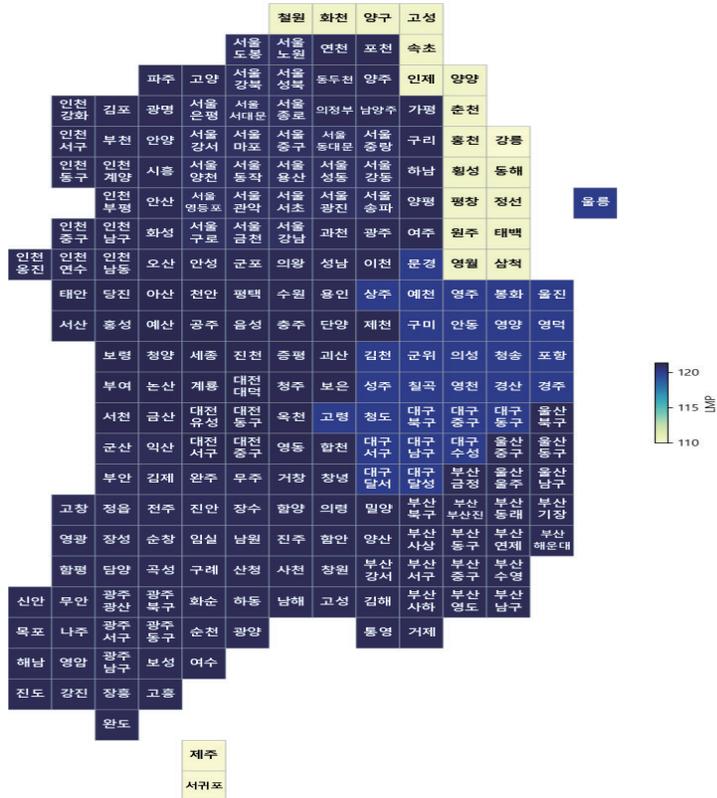
5) 실제 전력조류는 교류이지만 국가 단위 대규모 전력계통의 효율적인 모의를 수행하기 위해서는 통상적으로 직류 조류로 근사화하는 OPF 모형을 채택한다.

전국 계통 등가화 과정은 1단계인 송전망 연계 발전기 등가화, 2단계인 인접 모선 집중화(Aggregation), 3단계인 등가 부하 도입 순으로 분석을 진행하였다.

한편, LMP를 도출하기 위해서 아래와 같이 가정하였다.<sup>6)</sup> 재생에너지의 목표 발전량은 총 연간수요의 20%와 30%로 설정하였다. 송전망 용량은 현재의 용량 규모가 유지된다고 가정하였다. 또한 전력수요와 재생에너지 발전량은 연간 대표적인 평균값을 갖는 가상의 특정 시간대를 설정하였다. 전력수요는 2030년 하계 최대부하를 기준으로 연간 평균 부하율 69%가 되도록 지역별 전력수요를 조정하였다. 재생에너지는 해당 시간대에 연 평균 발전량을 발전한다고 가정하였다. 즉, 총 전력수요의 20%, 30%를 재생에너지 총 발전량으로 충당한 뒤, 태양광, 육상풍력, 해상풍력의 비중 전제로 해당 전원의 발전량을 도출하였다. 이후 지역별 재생에너지 잠재량 비중을 이용하여 해당 전원들의 발전량을 지역별로 배분하였다. 모선의 전력수요에서 해당 모선의 재생에너지 발전량을 차감하여 모선의 순수요가 결정되며, 순수요가 음(-)일 경우 재생에너지의 출력제어가 발생하게 되므로 해당 모선의 순수요는 0으로 처리하였다.

## 나. LMP 분석결과

그림 3 재생에너지가 수요의 20%일 때의 LMP



자료: 저자 작성

6) 향후 신규 송전망 및 변전소건설이 진행될 것으로 예상되지만, 지역주민의 반대와 신규 송전망 건설 소요를 줄이기 위해 재생에너지 대상으로 하는 선접속 후 제어 방식의 도입 등이 예상되므로 본 연구의 해당 가정을 유지하였다.

위와 같은 가정에 따라 지역별 전력수요와 재생에너지 발전량 자료를 구성하고 OPF를 실행하여 지역별 LMP를 도출하였다. 이번 분석의 중점은 LMP가 지역별로 유의미한 차등 수준의 발생여부 확인에 있으므로 모선별이 아닌, 권역별 LMP 값의 평균 결과를 나타내었다.

[그림-3]과 <표-10>은 재생에너지 발전량이 전력수요의 20%를 차지할 때 LMP 결과를 나타낸다. 지역 구분은 9개로, 서울, 경기, 강원, 충북, 충남, 전북, 전남, 경북, 경남으로 구분하여 평균 LMP를 도출하였다. LMP가 가장 낮은 지역은 강원으로 연평균 LMP가 110.32원/kWh을 기록하였다. 그 외 8개의 지역의 LMP는 약 121원/kWh으로 유사한 수준을 나타내어 강원을 제외하면 지역별 LMP 차등수준은 크지 않음을 유추할 수 있다.

**표 10** 재생에너지가 수요의 20%일 때의 전국 LMP

지역	LMP
서울	121.93
경기	121.18
강원	110.32
충북	121.30
충남	121.35
전북	121.16
전남	121.19
경북	120.01
경남	121.20

자료 : 저자 작성

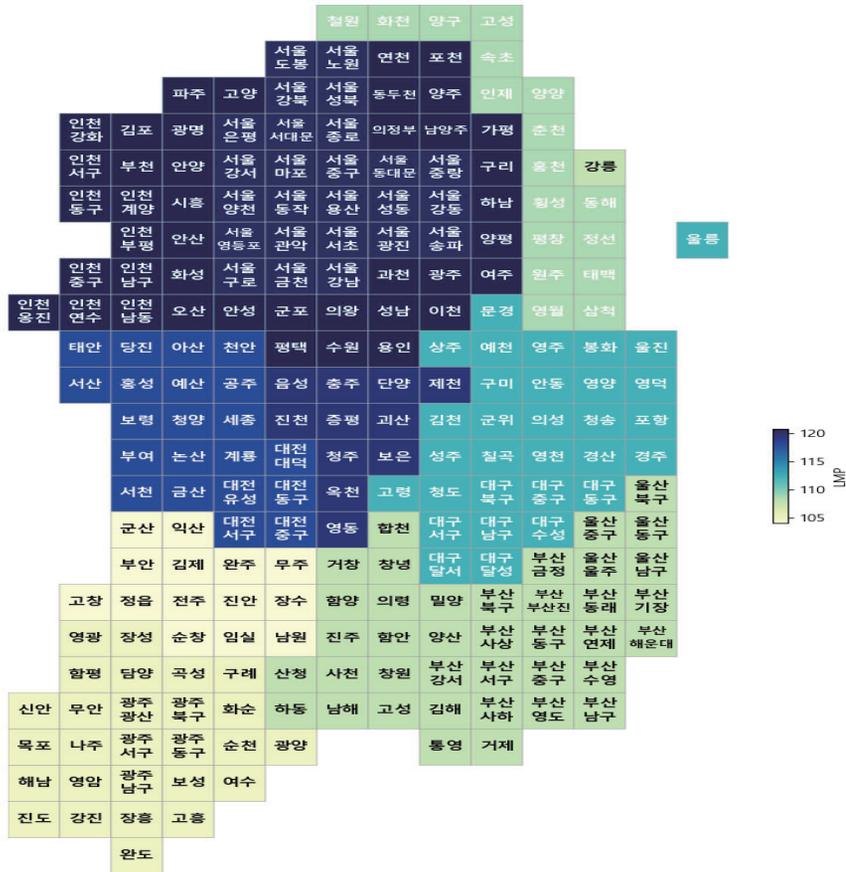
향후 탄소중립 정책추진을 고려하여 총 전력수요가 재생에너지의 발전량으로 30%가 충족되는 시나리오를 추가하여 LMP를 도출하였다. [그림-4]과 <표-11>은 동 시나리오의 결과를 나타낸다.

**표 11** 재생에너지가 수요의 30%일 때의 전국 LMP

지역	LMP
서울	120.07
경기	120.33
강원	108.68
충북	119.76
충남	119.24
전북	106.21
전남	104.16
경북	113.34
경남	103.25

자료 : 저자 작성

그림 4 재생에너지가 수요의 30%일 때의 LMP



자료: 저자 작성

재생에너지 비중이 총 전력수요의 30%를 차지하는 시나리오에서 LMP가 가장 높은 지역은 경기(120.33 원/kWh)이며, 낮은 지역은 전남(104.16원/kWh)이다. 이 두 곳의 LMP 차이는 약 16원/kWh 수준까지 확대되어 재생에너지 투자에 소요되는 토지비용의 차이 수준에 근접하는 것으로 파악된다.

재생에너지 비중 30%와 20%의 결과를 비교하면, 비교적 높은 LMP 수준을 나타내는 수도권 지역의 LMP는 상승하는 것이 아니라 재생에너지의 비중이 높은 지역의 LMP가 하락함을 알 수 있다. 재생에너지는 변동비가 존재하지 않으므로 가장 우선적으로 급전하게 되고 해당 전원의 발전량이 증가할수록 에너지 가격이 하락하게 된다. 즉, 지역별 재생에너지 잠재량에 비례하여 재생에너지의 발전량이 증가함에 따라 변동비가 높은 화력 발전기로부터 지역 전력수요를 충당하는 비중이 감소함에 따라 위와 같은 결과가 나타남을 의미한다.

또한, 위 결과를 바탕으로 재생에너지 비중이 증가함에 따라, 지역을 연계하는 송전망의 부족으로 혼잡 현상이 발생함을 알 수 있다. 이에 따라 신규 송전망의 대대적인 설치 또는 균형적인 재생에너지 보급의 선택이 주어지게 된다. 전자의 경우는 최근 신규 송전망 및 변전소 건설에 민원이 발생하고 있으며, 재생에너지의 간헐적인 발전특성을 고려할 때, 망 이용률은 낮으므로 신규 송전선로 및 변전소 건설은 비효율적일

수 있다. 후자인 지역별 재생에너지 균형 보급은 해당 지역의 전력자립도를 제고하여 신규 송변전 설비의 투자소요를 감소시킨다.

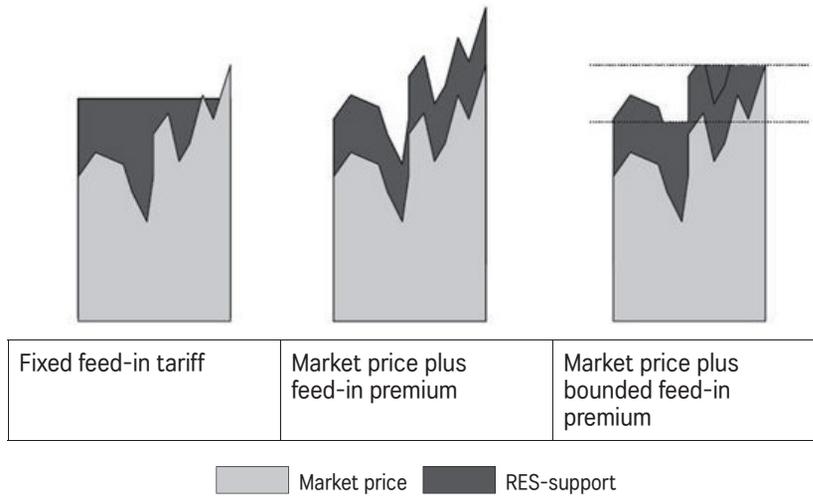
### 다. LMP와 FIP 결합 제도의 장점

앞 절에서 분석한 결과는 재생에너지 보급이 증가하는 반면 신규 송전망 투자가 이뤄지지 않는다면 송전망 혼잡의 증가로 인해 지역별 LMP의 차등 수준이 발생할 수 있음을 나타내었다. 현재 국내 전력시장에서는 발전부문에 유효한 지역별 가격차등 신호를 제공하는 제도는 부재한 상황이나 향후 재생에너지 보급 증대에 따른 계통여건에서 현행 제도는 시장참여자들간의 비용부담이 교차보조로 인해 왜곡되게 된다. 따라서 적절한 시기에 발전사업자를 대상으로 입지신호를 제공할 수 있는 제도 도입을 모색할 필요가 있다.

우리나라의 전문가들 사이에서는 지역별 차등 신호 제공 수단으로 논의되고 있는 두 가지의 제도가 있다. 첫째는 도매시장에서 에너지가격에 송전망의 변동비인 혼잡비용과 손실비용을 합한 LMP를 채택하고, 접속비는 전압별로 차등으로 두고, 송전사용요금은 지역 간 차등을 두지 않는 방법이다. 둘째는 현행 도매시장의 전국 단일 시장가격을 유지하고, 송전사용요금의 지역 간 차등을 확대하는 방안이다. 두 제도는 아래와 같은 장단점을 지닌다.

그림 5 FIT와 FIP의 지원방식 비교

Figure 3: Role of the Market Price in different Schemes



Source: Klessmann et al. 2008, p. 3656.

자료: Klessmann et al.(2008, p.3656), The German and European Electric Power Market 홈페이지(<http://electricpowermarket.weebly.com/renewables.html>)에서 재인용

전자인 LMP의 경우 다소 복잡한 현행 전력시장의 정산규칙에 의해 산정하는 계통제약비용이 정교한 이론으로 해당 비용이 도매시장가격으로 내재화되고 동태·지역적 최적 자원의 배분이 이루어지고 장점을 지닌다. 또한, 향후 재생에너지 보급 지원 정책의 변화 가능성을 검토할 필요가 있다. 구체적으로 현행 발전

사업자에게 총발전량의 일정비율을 신재생에너지로 공급하도록 의무화하는 신·재생에너지 의무비율할당제(Renewable Portfolio Standard, RPS) 제도에서, 신재생에너지 발전사업자가 도매시장에서 전력을 판매하고 시장가격에 연동된 별도 프리미엄을 지급받는 피드 인 프리미엄(Feed-in Premium, FIP) 제도로의 전환 가능성이 있다.<sup>7)</sup> FIP 제도 취지는 재생에너지가 전원에서 차지하는 비중이 증가함에 따라 효과적인 전력계통 운영을 위해 재생에너지 발전사업자에게 도매시장가격 신호를 전달하는 것이다. 아래의 [그림-5]은 고정가격계약 방식인 Feed-in-Tariff(FIT)와 두 유형의 FIP 방식을 비교하고 있다. FIP 제도에서 재생에너지 발전사업자는 의무적으로 전력도매시장 거래에 참여해야 하며, 프리미엄은 전력시장가격에 할증된 형태로 지급된다. 이러한 FIP 제도가 LMP와 결합되면, 지역별 도매시장 정산가격에 할증되어 프리미엄이 부가되므로 재생에너지 발전사업자에게 보다 확고한 입지 신호가 제공되게 된다. 반면에, 시장참여자가 미래의 LMP 전망이 어려울 수 있고, 추가적인 가격변동의 위험이 생길 수 있다.

후자인 송전사용요금은 유효한 수준의 지역별 요금 차이가 발생할 경우 정해진 기간 내에 고정적인 지역별 차등 신호가 안정적으로 제공되어 시장참여자들의 예측 가능성이 높아지는 장점이 있다. 그러나 발전부문에 동태적으로 변화하는 계통상황을 정교하게 반영하는 형태가 아니기 때문에 최적의 자원배분을 왜곡할 수 있다는 단점을 갖는다. 아래의 <표-12>는 지역별 차등 신호 제공 수단으로서 LMP 및 송전요금 제도의 평가를 정리한 것이다.

**표 12** 지역별 가격 차등 신호 제공 대안 비교

방안	평가	도입국가
지역별한계가격 (LMP)	망 관련 비용인 혼잡, 손실 비용을 에너지가격에 포함하는 방식으로 지역별 차등 신호를 제공하여 단기 최적 자원배분을 달성하며, FIP 방식과 결합 시 보다 효과적인 입지 신호 제공	미국(ISO New England, ISO New York, PJM, Mid-Continent, Southwest Power pool, California ISO, ERCOT, EIM), 캐나다(Ontario), 뉴질랜드, 싱가포르, 아르헨티나, 칠레, 멕시코, 필리핀, 브라질, 러시아
지역별 차등 송전망 요금제	요금형태로 지역별 차등 신호를 제공하여 이해관계자들의 예측가능성을 제고하나 발전부문의 단기 최적자원배분을 왜곡하는 문제 발생	영국, 아일랜드, 북아일랜드, 노르웨이, 스웨덴

자료 : 방안 및 평가는 저자 작성, LMP 도입국가는 Hogan and, Pandera(2019, p.12) 참조, 지역별 차등 송전망요금제는 유럽국가 대상으로 ENTSO-E(2019, p.9)를 참조

7) RPS 제도를 도입한 후에 이를 폐지하고 FIP 제도를 도입한 국가는 대표적으로 영국, 이탈리아가 있고, 일본은 2022년에 FIP 제도를 도입하였다.

## 4. 시사점

재생에너지 투자의 지역편중 현상을 완화하기 위한 제도는 동태·지리적 자원을 최적 배분하는 LMP 방식이 적합한 것으로 판단된다. 이는 정교한 이론 기반으로 지역별 에너지비용과 혼잡 및 손실비용을 반영하기 때문이다. 본 연구의 LMP 분석 결과, 총 전력수요에서 차지하는 재생에너지의 발전량 비중이 30% 수준일 때, 지역별 LMP 차등 수준은 최대 16원/kWh이 발생하는 것으로 나타났다. 이는 향후 재생에너지 보급이 증가하여 송전망 변동비인 혼잡비용 또는 손실비용의 지역별 차이가 심화됨에 따른 것이다. LMP는 이러한 송전관련 변동비를 반영하여 도매시장에서 자원 배분에 있어서 왜곡을 야기하지 않는다. 또한 추후 재생에너지 발전사업자를 전력도매시장에 참여시키고 가격신호를 제공하는 FIP 제도와 병행하여 운영하게 되면 재생에너지 발전사업자에게는 기존의 전국 동일한 REC와 장기고정가격계약과는 달리 전력시장의 가격이 제공되므로 효과적인 입지신호로 작용하여 현재의 재생에너지 투자 지역의 편중현상 해소에 기여가 가능할 것으로 판단된다. 반면에 발전사업자가 LMP를 예측하는데 어려움이 있을 수 있고 가격변동성 발생 등의 단점이 존재한다. 이러한 장단점을 고려하는 한편, 향후 전력시장에서의 가격입찰, 재생에너지 입찰제도 등의 변화 가능성 등을 복합적으로 고려하여 LMP 제도의 영향과 사회후생에 미치는 영향을 면밀히 검토할 필요가 있다. 이러한 심도 있는 분석 결과를 바탕으로 최종적으로 사회적 합의를 이루어 제도 마련을 준비해야 할 것으로 판단된다.

### 참고문헌

#### 국내 문헌

- 산업통상자원부·한국에너지공단. (2020). 2020 산·재생에너지 백서.
- 한국전력공사. (2022). 2021년 한국전력통계. 제91호.”

#### 외국 문헌

- ENTSO-E. (2019). ENTSO-E Overview of transmission tariff in Europe: synthesis 2019.
- Hogan, H., Pandera, J.M. (2019). Locational market in Poland. Security of supply, costs and the impact on the energy transition.
- Klessmann, C., Nabe, C., Burges, K. (2008). Pros and cons of exposing renewables to electricity market risks—A comparison of the market integration approaches in Germany, Spain, and the UK. Energy Policy, 36(10).

#### 웹사이트

- 한국전력공사 홈페이지, 송전이용요금표, <https://cyber.kepco.co.kr/ckeppo/front/jsp/CY/H/C/CYH-CHP00701.jsp>(검색일: 2021.09.30.)
- 한국전력공사 홈페이지, 송·배전용 전기설비 이용규정, <https://cyber.kepco.co.kr/ckeppo/front/jsp/CY/H/C/CYHCHP00702.jsp>(검색일: 2021.09.13.)
- The German and European Electric Power Market 홈페이지, <http://electricpowermarket.weebly.com/renewables.html>(검색일: 2021.09.13.)



# 미국 전력시스템의 발전 방향<sup>1)</sup>

김 현 제 에너지경제연구원 선임연구위원(hjkim@keei.re.kr)



## 1. 서론

파리협정 이후 세계 각국은 기후위기 대응을 위한 이산화탄소 감축 목표를 앞다퉈 발표하고 있다. 2050 탄소중립을 선언한 국가 대부분은 도전적인 감축 목표를 NDC(Nationally Determined Contribution)에 담아내고 있다. 우리나라도 일차적으로 발표한 NDC가 비난에 직면하자 NDC 상향안을 발표하면서 감축 의지를 새롭게 천명하였다. 이러한 한층 더 강화된 국가 감축 목표를 달성하기 위해서 국내 전환 부문의 탈탄소화가 중요한 당면 과제이다.

빌 게이츠(2021)에 따르면 지구의 연간탄소배출량은 510억톤이며, 이 가운데 27%가 발전부문에 배 출되고 있다고 한다. 이는 제조공정에서 발생하는 배출량 31% 다음으로 큰 배출 부문이다. 2050년에 탄 소중립을 달성하기 위해서 세계 각국은 전환부문의 탈탄소화를 가장 중요한 정책 목표로 내세우고 있다. 청정에너지를 기반으로 전기화를 통해 탄소중립을 실현하기 위해서는 발전 부문에서 혁신적인 변화가 이

1) 본고는 Committee on the Future of Electric Power in the U.S.(2021), The Future of Electric Power in the United States의 주요 내용을 바탕으로 작성한 것임.

루어져야 한다. 이러한 변화에는 기존 화석연료 위주의 전원을 친환경적인 전원으로 전환해야 한다. 재생 에너지의 이용 확대와 더불어 수소와 암모니아 등 무탄소 전원의 활용도 적극적으로 고려해야 한다. 그리고 아직도 상용화 단계의 기술은 아니지만, 이산화탄소 포집·저장·활용도 매우 중요한 기술임이 틀림없다.

한편 탄소중립 달성을 위해서는 전력 부문의 공급측 변화와 더불어 수요측 변화도 필요하다. 이제까지 우리나라는 전력수요의 증가에 대비해서 설비의 확장으로 공급 안정성 확보에만 주력해왔다. 이런 정책 기조는 안정적인 전력공급을 위해 2년마다 수립하는 전력수급기본계획이 전력정책의 최우선 과제가 되도록 만들었다. 반면 소비 절약이 중요한 정책 대안임에도 불구하고 소비자의 적극적인 수요 반응을 끌어내지 못하고 있다. 현행의 저렴한 요금 수준에서 소비자가 불편을 감수하면서 소비 절약을 실천할 유인이 없다고 보는 것이 맞다.

미국 전력산업의 미래에 대한 전망과 정책 권고를 담고 있는 보고서(The Future of Electric Power in the United States)의 핵심적인 내용을 살펴보고, 이를 통해 국내 전력산업에 대한 시사점을 짚어 보고자 한다. 본고는 2. 미국 전력산업의 개관에서 미국 전력산업의 동향을 요약하고, 그리고 3. 미국 전력시스템의 변화 요인을 살펴본다. 이러한 환경 변화에 대응한 4. 미국 전력시스템의 발전 방향을 서술하고, 미국 전력업계의 대응책 마련을 통해 국내 전력부문에 시사하는 바를 5. 정책적 시사점에서 제시한다.

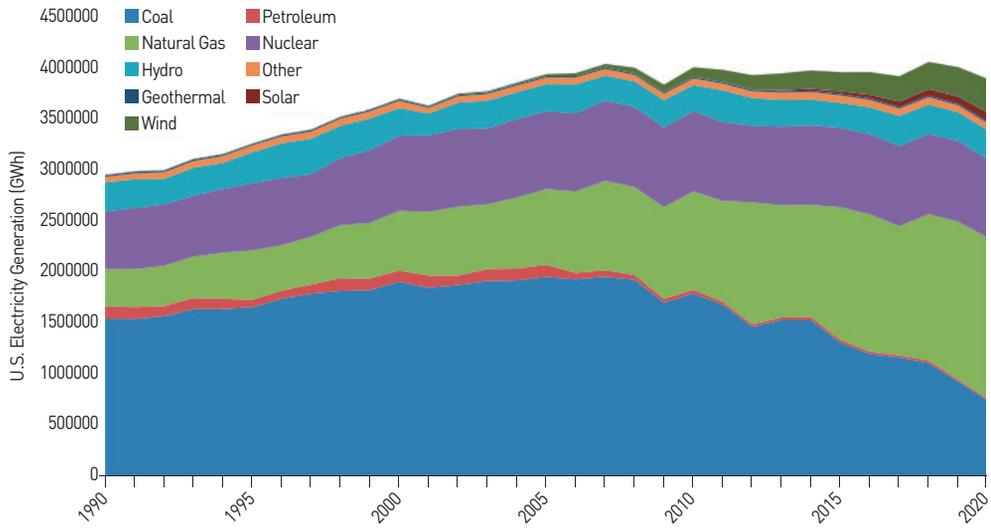
## 2. 미국 전력산업의 개관

### 가. 전원구성 변화 추이

2020년 기준 미국의 발전량은 4,286.6 TWh이며, 발전설비용량은 1,057 GW이다.<sup>2)</sup> 이는 우리나라와 비교해서 약 10배 정도로 큰 규모에 해당한다. 지난 30년간 미국 전원구성의 변화를 요약하면 다른 국가와 유사하게 석탄의 발전비중이 감소하고 천연가스와 재생에너지 발전량이 큰 폭으로 증가하고 있다는 점이다. 총발전량 중 화석연료의 발전량은 2001년 72%에서 2019년 63%로 감소하였다. 총발전량은 2001년부터 2019년 사이 10% 증가했지만, 화석연료의 발전량은 2% 증가에 그쳤다. 미국의 전원구성은 셰일가스 혁명과 풍력, 태양광 등 재생에너지 발전설비의 도입 확대로 2000년대 중반 이후 큰 변화를 겪고 있다. 특히 기후변화 대응과 저탄소 발전원으로서의 전환을 위한 정책 변화로 인해 2019년에 천연가스(38%)가 석탄(23%)의 발전량을 초과하였다. 풍력발전과 태양광 발전은 2001년 대비 44배와 200배가량 대폭 성장하였다. 재생에너지 발전량은 풍력(7%), 태양광(3%), 수력(7%)의 비중으로 총발전량의 약 17%를 차지하고 있다. 한편 원자력은 총발전량의 20%를 차지하고 있는데, 2019년 98 GW에서 2050년 79 GW로 감소할 전망이다.

2) Committee on The Future of Electric Power in the U.S.(2021), p.24.

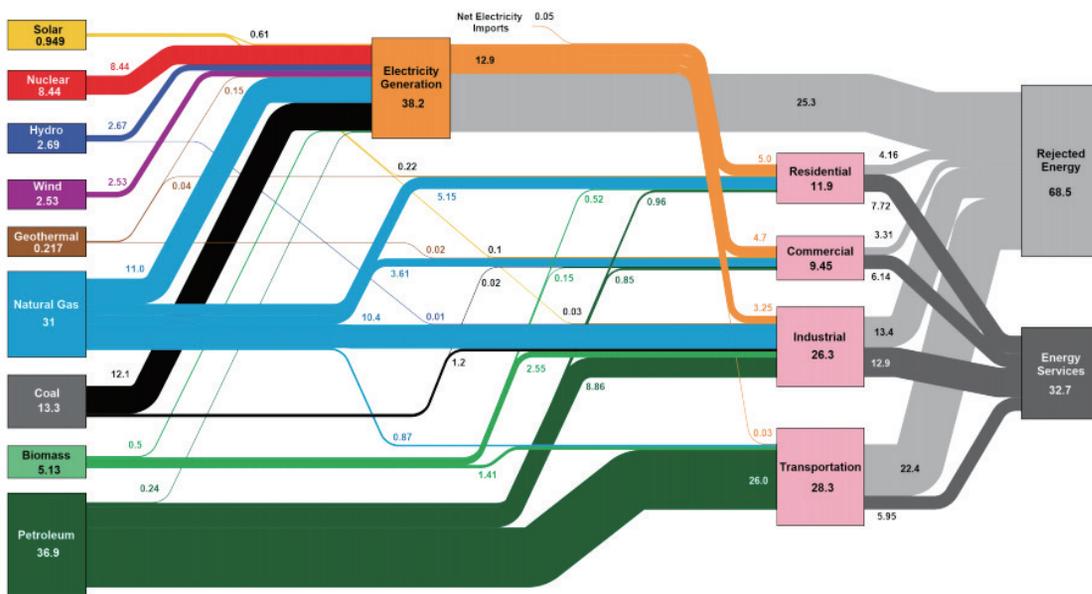
그림 1 미국의 발전량 변화 추이(1990년~2020년)



자료: The Future of Electric Power in the United States(2021), p.24.

2019년을 기준으로 미국 에너지소비의 흐름을 살펴보면 [그림 2]와 같다. 미국의 수송부문에서 전기가 차지하는 비중은 0.1% 미만이며, 석유가 91%를 차지하고 있다. 이는 미국 수송부문의 에너지전환이 얼마나 어려운 도전 과제인지를 짐작하게 하는 수치이다. 그리고 상업부문에서 에너지소비 중 전기가 차지하는 비중은 49%이며, 주거부문은 41%를 차지하고 있다. 이에 비해 산업부문의 전기 소비 비중은 12%로 전기화가 거의 이루어지지 않고 있음을 알 수 있다.

그림 2 미국의 에너지소비의 흐름(2019년)



자료: The Future of Electric Power in the United States(2021), p.37.

## 나. 전력산업의 주요 참여자

미국 전력산업의 주요 이해당사자를 살펴보면 투자자 소유의 유틸리티(Investor-owned utility, IOU), 공공 소유의 유틸리티(State-owned utility), 독립적 시스템 운영자(Independent system operator, ISO) 및 지역송전기구(Regional transmission organization, RTO), 그리고 전력 중개업체, 소매 전기공급업체, 장비 제조 및 판매업체 등으로 구성된다. IOU는 2018년 기준으로 200개 미만인데, 전체 소매전력의 3/4을 이들 유틸리티의 지역 배전시스템을 거쳐 공급하고 있다. 공공 소유의 유틸리티는 협동조합 형태의 유틸리티(Cooperative utility)와 특수 목적의 행정구역을 포함한 지방 정부 및 기타 공공기관 소유의 유틸리티(약 2,000개)가 있다. 834개의 배전 협동조합과 63개의 발전/송전 협동조합으로 약 900개의 협동조합 형태의 유틸리티가 존재한다. 결국 공공 소유의 유틸리티는 모두 2,900개에 달한다.

독립적 시스템 운영자는 특정 지역 내의 송전시스템을 운영하고 도매시장의 기능을 관리하는 연방 규제 비영리 단체이다. 전기 소비자 2/3에게 전기를 공급하는 총 7개 기관으로 텍사스 주를 담당하는 ERCOT을 제외한 전체는 연방규제위원회(Federal Energy Regulatory Commission, FERC)가 규제한다.<sup>3)</sup> 한편 전력산업 및 전력시장에 대한 규제는 연방규제위원회와 주규제위원회(Public Utilities Commission, PUC)가 규제관할권을 구분하여 전력산업을 포함한 에너지산업 전체에 대해서 수행하고 있다. 기본적으로 원자력 발전소를 제외한 발전소 부지 선정, 소매전기 서비스 요금, 저소득층 유틸리티 프로그램 운영 등 주 내부의 에너지 사업에 대한 규제는 주규제위원회가 담당하고 주 간 거래, 전력 도매가격, 원자력 발전소의 건설/운영 인허가(수력발전 포함), 송전서비스에 대한 접근, 도매시장 운영 등의 업무는 연방 규제위원회가 담당한다.

## 다. 소매경쟁의 동향

1990년대 선진국의 전력부문에서 가장 뜨거운 주제는 구조개편과 규제완화였다고 해도 과언이 아닐 것이다. 이제까지 자연독점적인 성격을 지닌 사업이라고 생각해오던 전력산업에 경쟁을 도입하여 효율성을 제고하고, 소비자에게는 양질의 서비스와 합리적인 가격이라는 혜택을 제공한다는 것이다. 전력산업 구조개편은 도매경쟁에서 시작해서 소매경쟁의 도입으로 마무리 지어졌다. 대표적인 사례로 영국, 호주, 이탈리아, 스페인 등을 들 수 있다.

미국도 전술한 대로 도매시장을 구축하여 발전부문의 경쟁을 유인하고 소비자에게 공급자 선택권을 부여하는 소매경쟁을 도입하였다. 하지만 거의 30년이 지난 2017년 기준으로 미국의 소매경쟁 동향을 살펴보면 완전한 소매경쟁을 시행하는 주는 텍사스, 일리노이, 오하이오, 펜실베이니아, 뉴욕, 메인, 로드아일랜드, 코네티컷, 뉴햄프셔, 뉴저지, 매사추세츠, 델라웨어, 메릴랜드, 워싱턴 DC 등 14개 주이다. 부분적으로

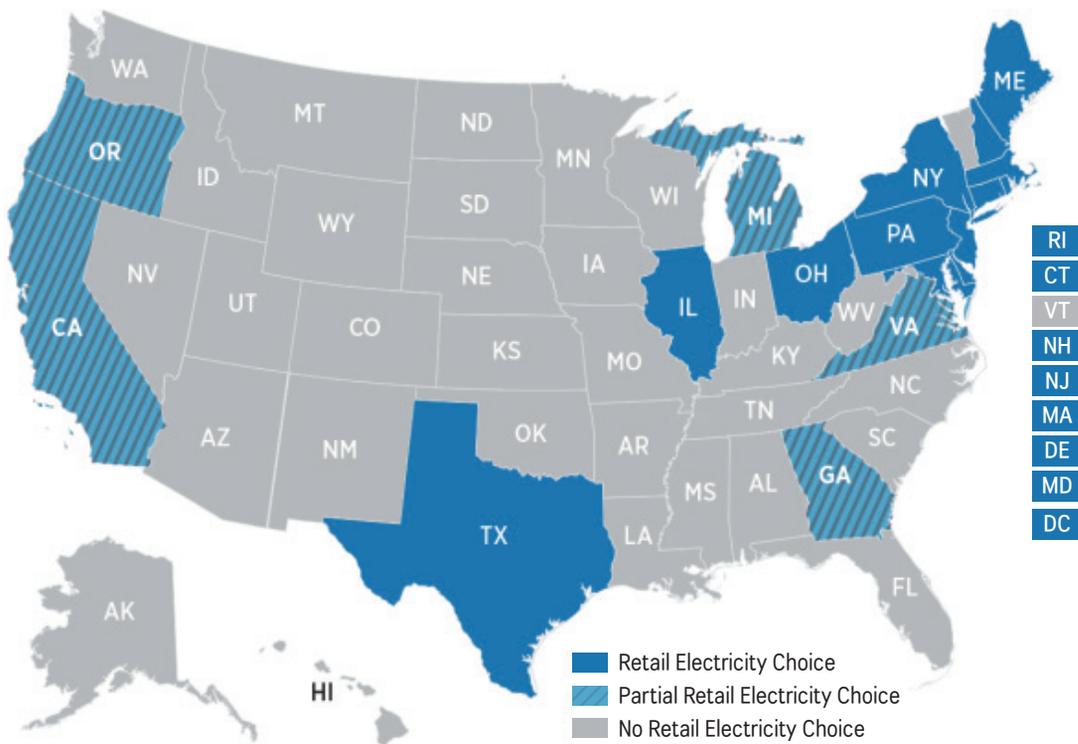
3) 7개의 지역송전기구는 미국 전역에 걸쳐 있는데, California ISO, Southwest Power Pool, Electric Reliability Council of Texas, Midcontinent Independent System Operator, PJM Interconnection, New York ISO, ISO New England임.

소매경쟁을 시행하고 있는 주는 캘리포니아, 오레곤, 미시건, 버지니아, 조지아이며, 나머지 주는 소매경쟁을 전혀 시행하지 않고 있다.

소매경쟁으로 경쟁적 전력시장을 마련하는 전력산업의 구조개편은 일부 주를 제외하고는 별로 성과를 내지 못하고 있다. [그림 3]에서 볼 수 있듯이 미국의 소매경쟁은 과반이 되지 않는 주에서 시행하고 있음을 알 수 있다.

경쟁적 전력시장을 구축한다는 관점에서는 소매경쟁의 도입이 중요한 선결과제이지만 에너지전환을 위해서 소매경쟁이 반드시 필요한 것은 아니다. Sioshansi 외(2018)는 미국의 주별 소매경쟁 도입 실태를 통해 소매경쟁이 청정에너지 미래로의 유망한 경로라고 단정할 수 없다는 주장을 펼치고 있다. 즉 모든 주의 규제당국은 전력공급 신뢰도를 확보하고 청정에너지를 확대하기 위해 전력시장에 직접 개입하고 있으며, 에너지 절약, 혁신적인 요금제 도입은 시장이 아니라 규제적 결정에서 시작되었다는 것이다.<sup>4)</sup> 어쨌든 판매부분의 경쟁으로 소비자의 선택권을 확대하는 소매경쟁이 반드시 시행되어야 한다거나 혹은 시행될 필요가 없다고 단정하기 곤란하다. 따라서 전력산업의 미래 청사진에 부합하는 국내 전력산업 구조를 모색하는 후속 연구가 필요하다.

**그림 3** 미국의 주별 소매경쟁의 추진 동향(2017년 기준)



자료: The Future of Electric Power in the United States(2021), p.101.

4) Sioshansi 외(2018), p. 263.

### 3. 미국 전력시스템의 변화 요인

#### 가. 전력수요의 변화

미국의 미래 전력수요에 영향을 미치게 될 주요 변수들은 다음과 같다. 우선 수송부문의 전기화를 선도하고 있는 전기자동차의 확산이다. 미국은 온실가스 감축을 목표로 전기자동차 가운데 경차에 대한 지원을 확대하고 있다. 캘리포니아주는 2035년까지 주 내에서 판매되는 모든 신규 차량을 무배출 차량으로 한다는 정책 목표를 설정하였다. 또한 향후 중대형 차량의 전기화 노력이 지속되면 충전용 전력수요가 많이 증가할 수 있다. 더욱이 디지털 경제의 성장으로 데이터 센터의 전력수요도 증가하고 있다. 디지털 기술의 사용이 증가하면서 컴퓨팅 및 데이터 센터의 전력수요가 증가하고 있으며, 블록체인 기술도 전력수요의 증가를 견인하고 있다. 한편 미국 최종에너지 소비량의 28%를 차지하는 건물부문의 기기, 조명, 냉난방 설비의 효율성 개선으로 이 부문의 전력수요 증가에 대응할 필요가 있다. 미국의 26개 주에서는 에너지효율화 향상 의무화제도(Energy Efficiency Resource Standards, EERS)를 도입하여, 유틸리티가 장기 에너지 절감 목표를 수립하고 이를 에너지 효율 개선을 통해 달성하도록 유도하고 있다.

한편 장기적으로 전력수요를 증가시키는 기타 요인으로 수소경제의 확대, 대기중 온실가스 직접 포집, 실내 농업 활동 증가 등이 있다. 수전해(water electrolysis)를 통해 그린수소를 생산하기 위해서는 상당한 양의 전기가 필요하다. 그리고 이산화탄소 포집을 위해 주목받고 있는 이산화탄소 포집·이용·저장(Carbon Capture, Utilization, Storage, CCUS) 기술도 전력수요를 증가시키는 요인이다. 또한 미국은 국내와 달리 합법적인 대마초 재배를 허용하고 있는데 이러한 실내 농업 활동 또한 전력수요를 증가시키는 요인으로 작용한다. 미래 전력수요는 잠재적인 전력 집약적인 기술이나 수요조절 기술 등이 다양하게 보급되는 것에 따라 좌우될 것이다. 하지만 이러한 기술의 보급 범위와 시기는 불확실하며, 따라서 미래 전력수요의 변화 방향을 단정적으로 말하기는 곤란하다.

#### 나. 강력한 온실가스 감축 정책 시행

2018년 기준으로 미국의 이산화탄소 배출량은 66억 7천7백만톤이다.<sup>5)</sup> 이를 부문별로 나눠보면 수송 부문 28%, 발전부문 27%, 산업부문 22%, 상업 및 가정부문 12%, 그리고 농업부문 10%를 각각 차지한다. 미국의 이산화탄소 배출 감축을 위해서는 수송부문의 탈탄소화가 가장 중요하며, 다음으로 발전부문과 산업부문에 대한 탈탄소화가 요구된다. 온실가스 배출을 완전하게 제거하려는 심층 탈탄소화(deep decarbonization)에는 두 가지 전환이 필요하다. 우선 기존 화석연료 기술을 통한 발전방식을 무탄소 혹은 저탄소 발전방식으로 전환해야 한다. 그리고 건물, 운송 및 산업부문에서 사용하는 기존의 화석연료 기술을 무배출 전력 또는 순배출이 0인 연료로 대체하는 것이다.

미국은 석탄의 천연가스 대체를 통해 발전부문에서 탈탄소화를 상당 부분 이루었다. 2005년 기준으로

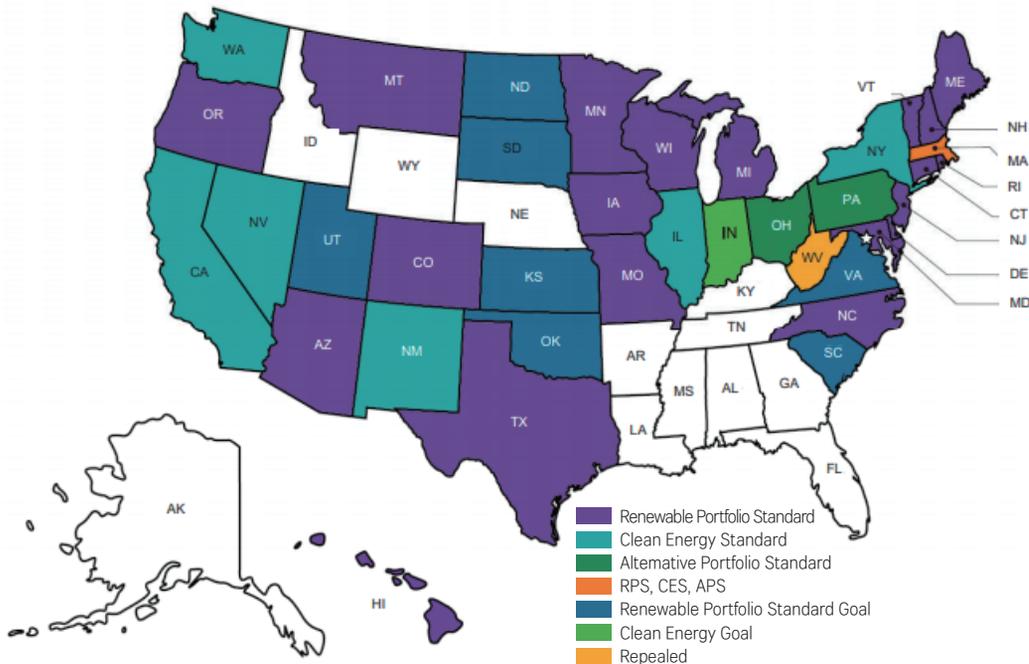
5) Committee on The Future of Electric Power in the U.S.(2021), p.43.

수평 시추 및 파쇄를 이용한 셰일 유정의 가스 생산량이 미국 가스 생산의 1%에 불과했지만, 현재 이 방식을 통해서 천연가스 생산이 급격하게 증가하였다. 이를 셰일혁명(Shale Revolution)이라고 할 정도로 미국은 물론 세계 에너지 지평에 큰 변화를 가져왔다. 셰일가스의 공급으로 인해 가스 가격이 하락하면서 천연가스가 미국의 많은 지역에서 석탄보다 더 경쟁력이 있는 발전원이 되었다. 그리고 일부 원자력 발전소조차 전력시장 내에서 경쟁 열위의 상태에 처하게 되어 무탄소 전력의 공급이 오히려 축소되는 현상이 나타나고 있다.

2020년 기준 미국의 22개 주와 워싱턴 DC에서 구체적인 온실가스 배출량 감축 목표를 수립하고 시행하는 중이다.<sup>6)</sup> 또한 발전부문에 대한 청정에너지 혹은 재생에너지 목표도 설정하고 있다. 29개 주와 워싱턴 DC는 의무기준을 적용하고 있으며, 다른 8개 주는 자발적인 전력부문의 기준을 가지고 있다. 이러한 강력한 온실가스 감축 정책에 따라 유틸리티도 적극적으로 대응하고 있다. 온실가스 감축 정책과 더불어 재생에너지의 비용 하락으로 투자 확대, 재생에너지 및 기타 무탄소 발전원에 대한 소비자 선호, 온실가스 감축 필요성에 대한 합의 등에 대응하여 유틸리티도 2050 넷제로를 선언하고 있다. 총 57개 유틸리티가 탄소 배출량 절감을 공약하였으며, 30개의 유틸리티가 2050년까지 넷제로 목표를 설정하였다.<sup>7)</sup>

아래 [그림 4]에서 2019년 기준으로 미국의 발전부문에 재생에너지 지원 정책이나 온실가스 감축 정책을 시행하는 주의 동향을 파악할 수 있다.

**그림 4** 미국의 주별 발전부문의 재생에너지 및 온실가스 감축 정책 시행(2019년)



자료: The Future of Electric Power in the United States(2021), p.105.

6) Committee on The Future of Electric Power in the U.S.(2021), p.103.

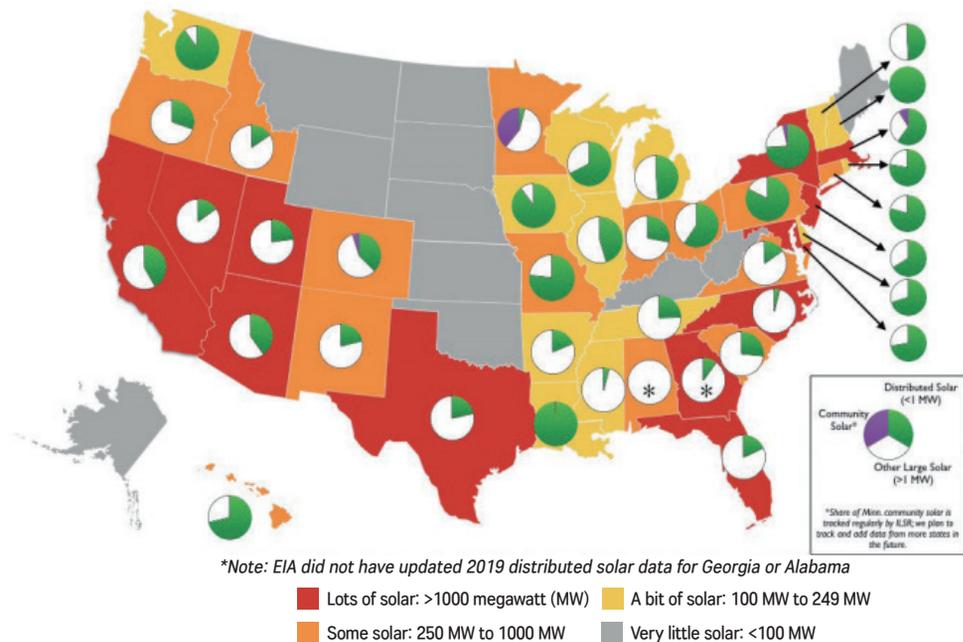
7) Committee on The Future of Electric Power in the U.S.(2021), p.104.

이러한 탈탄소화의 확대에 이어질 수 있는 새로운 유형의 전기수요(전기자동차 충전, 난방 및 온수 등 건물에너지 서비스의 전기화 등)는 탈 중앙식 에너지 저장, 공급 유연성, 전기 생산 시점의 에너지소비로부터 분리 등의 기회를 제공하기도 한다. 특히 이런 최종에너지 사용기술은 재생에너지가 풍부한 특정시간(일조량이 가장 높은 시간대)에 수요를 창출하도록 유도할 수 있으며, 이는 가격 신호에 따라 더욱 강화될 수 있다. 즉 소비자의 부하 이전을 유도할 수 있는 가격제를 유틸리티가 제시하도록 만들 수 있다.

#### 다. 분산 에너지자원의 확산

분산 에너지자원(Distributed Energy Resource, DER)은 수요지 인근의 소규모 친환경적인 자원을 의미하는데, 대표적으로 옥상형 태양광 등 재생에너지, 수요반응자원(Demand Response, DR), 에너지저장장치(ESS)를 들 수 있다. 소비자의 계량기 이후(Behind-the Meter, BTM)에 설치하는 소규모 설비이거나 지역사회(Community Solar) 혹은 유틸리티 차원의 태양광 프로젝트 등을 포함하는 DER은 주로 배전시스템에 연결하여 이용하게 된다. 미국에서 DER은 소비자의 자립도 향상, 소비자 비용 절감, 탈탄소화 목표 달성을 위한 수단으로 주목받고 있다. 특히 대용량 전력시스템에서 단절되는 위기 상황에는 DER을 비상 발전용으로도 이용한다.

그림 5 미국의 주별 태양광 발전의 분포



자료: The Future of Electric Power in the United States(2021), p.50.

[그림 5]에서 미국의 대표적인 DER인 태양광 발전의 이용 정도를 파악할 수 있다. 미국의 서부지역, 그리고 남부와 동부지역을 중심으로 태양광 발전이 활발하게 보급되고 있다. 1,000MW 이상의 보급 실적을 보유한 캘리포니아, 텍사스, 아리조나, 네바다, 유타, 조지아, 플로리다주 등은 태양광 이용이 활발한 지

역으로 주로 유틸리티 차원의 대규모 태양광 프로젝트를 기반으로 보급이 확대되고 있다. 반면에 동부지역은 유틸리티 차원의 대규모 태양광 프로젝트보다는 1MW 미만의 소규모 태양광을 중심으로 분산에너지원으로 이용하고 있다. 한편 미네소타주의 경우 지역사회 기반의 태양광 프로젝트인 community solar의 보급이 가장 활발하다는 특징을 보인다.

이러한 DER의 확산으로 유틸리티는 수요측에서 생산되는 전기를 시각화, 추적, 관리해야 하는 부담을 떠안게 되었다. 수백만의 DER의 조정작업을 원활하게 하려고 유틸리티는 분산형 에너지자원관리시스템(DER Management System, DERMS)을 도입하여 전력계통의 안정성을 추구하고 있다.

## 라. 풍력과 태양광의 증가

미국 전력시스템의 변화 요인으로 풍력과 태양광의 급증을 들 수 있다. 전술한 대로 대표적인 재생에너지원인 미국의 풍력 발전과 태양광 발전은 2019년에 2001년에 비해 각각 44배와 약 200배 성장하였다.<sup>8)</sup> 2019년에는 풍력이 7%를 차지하였고, 유틸리티 규모 및 옥상형 태양광은 전체 전력 공급의 3%를 담당했다. 전체 발전에서 차지하는 비중은 10% 정도로 다른 발전원에 비해서 낮은 편이다.

하지만 비급전 발전원인 풍력과 태양광은 공급 과잉의 경우 출력제한이 필요하며, 공급이 부족한 경우 정전을 막기 위해 다른 에너지원으로 부하 추종을 해야 한다. 캘리포니아 전력시장에서 낮 시간대에 태양광의 가동으로 순수요금이 거의 0인 상태에서 태양광이 가동을 멈추는 일몰시간에 부하가 급증하는 덕커브(duck curve) 현상이 자주 발생하고 있다. 이를 해결하기 위해 부하추종이 용이한 백업 전원이 필요하게 되는 것이다. 풍력의 경우에도 바람의 영향으로 비급전 전원으로 분류된다. 결국 풍력과 태양광의 간헐성으로 인해 전력시스템의 운영이 점차 복잡해지며, 급전가능한 무배출 발전, 단기 및 장기 저장, 전기차 충전, 수요반응 기술 및 기타 유연한 하이브리드 자원의 통합 등 추가적인 해법이 필요하게 되는 것이다.

## 마. 사회적 불평등 완화에 대한 요구

사회적 불평등 완화에 대한 요구가 미국 전력시스템의 미래 모습을 변화하게 하는 요인 가운데 하나이다. 빈곤 및 소득의 격차는 미국 사회의 전반적인 문제이며, 전력부문에서도 저소득층 소비자가 다양한 문제에 직면하고 있다. 예를 들면 전기요금 체납으로 서비스 중단, 보다 효율적인 가전제품에 투자할 능력의 부족, 요금 및 규제 변화로 인한 부담 가중 등 저소득층이 겪게 되는 문제가 많다. 미국 연방정부 차원에서 에너지 빈곤 문제에 대응하기 위해 저소득 가정 에너지 보조프로그램(Low Income Home Energy Assistance Program, LIHEAP)과 주택 단열 지원 프로그램(Weatherization Assistance Program, WAP)을 통해 저소득층 소비자의 에너지 요금 부담을 낮추려는 노력을 기울이고 있다.

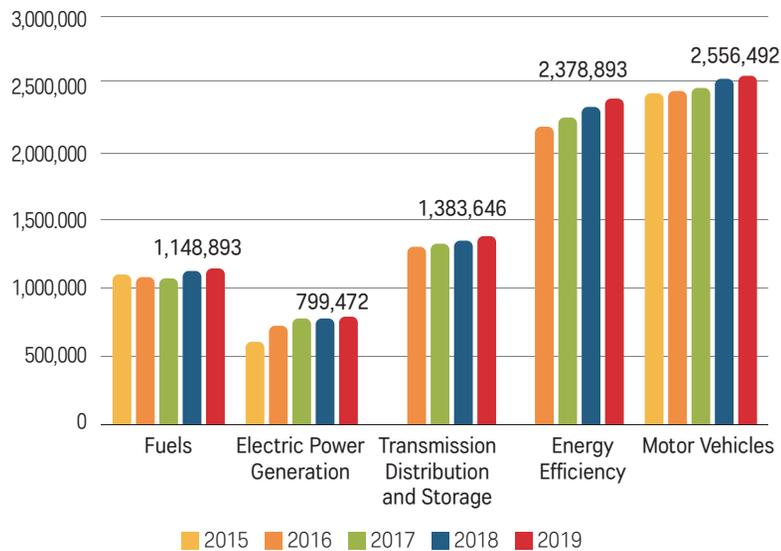
연방정부 차원의 지원사업과 함께 주정부 차원에서도 저소득층에 대한 지원사업을 펼치고 있다. 대표적으로 로스앤젤레스의 수도전력국은 주택 에너지 효율개선 프로그램을 통해 주로 내륙의 지역사회를 대상

8) Committee on The Future of Electric Power in the U.S.(2021), p.24.

으로 저소득층 소비자 및 임차인에게 주택의 효율성을 개선함으로써 에너지 및 수도 요금 부담을 낮춰주려고 한다. 하지만 친환경에너지 보급 확대 정책에는 무시할 수 없는 불평등 요소가 포함되어 있다. 즉 에너지 효율적인 건물, 옥상 태양광 발전, 전기자동차 보급을 촉진하는 정책은 빈곤층 고객을 희생시키면서 부유층 고객을 지원한다는 비판에 직면하고 있는 것도 사실이다.

한편 일자리 문제도 사회적 불평등 완화 차원에서 중요한 이슈이다. 전력부문에서 탈탄소화가 진행됨에 따라 고용에 대한 우려가 점점 커지고 있다. 석탄발전소의 폐지로 발전소 종사자의 고용이 불안해진다는 것이다. 그러나 주요 기술 그룹별 지난 5개년(2015년~2019년)의 고용 증가율은 12.4%인데, 이는 일반적인 고용 증가율의 두 배에 달하는 수준이다.<sup>9)</sup> [그림 6]에서 미국 전력부문의 주요 기술별 고용 증가율을 살펴보면 다음과 같은 특징을 발견할 수 있다. 전력시스템이 발전함에 따라 발전 및 송배전/저장의 기존 일자리는 유지될 것으로 전망되며, 재생에너지와 효율화, 센서 성능의 향상, 보안 강화 등과 관련된 새로운 기회는 고용에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 보인다. 특히 향후 전기자동차와 관련한 고용 증가가 두드러질 전망이다. 하지만 최소 중산층 정도의 생활이 가능한 “좋은 일자리”의 창출이 중요하다고 말할 수 있다.

**그림 6** 미국의 주요 기술별 고용 변화 추이(2015년~2019년)



자료: The Future of Electric Power in the United States(2021), p.58.

## 4. 미국 전력시스템의 발전 방향

### 가. 미래 도매시장의 설계

9) Committee on The Future of Electric Power in the U.S.(2021), p.58.

전술한 미국 전력부문의 변화 요인에 대응하기 위해서 미국의 전력시스템은 전력도매시장부터 새롭게 만드는 작업을 추진하고 있다. 미국의 미래 도매시장을 설계할 때에 염두에 두어야 할 과제를 열거하면 다음과 같다. 우선 저비용 혹은 무비용의 발전자원이 확대되는 미래의 전력망에서 효율적이며 안정적인 전기 공급이 유지되도록 시장을 설계해야 한다. 유연성 자원을 확보하기 위해 발전 및 부하 측에서 다양한 수단을 강구해야 하며, 유연성 자원 메커니즘을 도매시장과 적절하게 연계해야 한다. 또한 지역 전력망에 연결되는 분산형 자원에 대한 의존도가 높아질 것에도 대비해야 한다. 그리고 탄소가격 결정 메커니즘을 도입하여 적절한 수준의 탄소가격 하에서 자원이 더 효율적으로 시장에 진입하거나 퇴장할 수 있도록 해야 한다. 아울러 시장참여자들의 다양한 이해와 우선순위를 수용해야 하며, 도매시장 발전방향에 대한 논의를 통해 규제 및 제도적인 제약을 조정해야 할 것이다. 한편 다른 국가들이 경험한 성공과 실패 사례를 통해 정책적 시사점을 얻고 이를 활용하는 것도 중요하다.

현재의 도매시장 설계에서 가장 두드러진 한 가지 제약사항은 시장 수요측의 가격반응이 부족하다는 점이다. <표 1>에서 미국의 전력도매시장에서 수요반응 자원의 역할을 살펴볼 수 있다. 최대부하에서 차지하는 수요반응 자원의 비율이 2017년 5.6%, 2018년 6.0%에 그친다. MISO가 2018년 10.6%로 겨우 두 자릿수를 나타내는 정도로 최대부하에 대한 역할이 낮은 실정이다. 캘리포니아주의 전력도매시장인 CAISO가 전년 대비 85.6%의 증가세를 보인 점이 특징적이다. 미래의 시장 설계와 관련 정책이 소비자에게 미치는 영향을 파악하고 수요측 반응을 높이기 위해서 앞으로 더 많은 경제 및 기타 사회과학 연구가 필요하다. 예를 들면 행동경제학적 접근을 통한 소비자의 소비패턴 연구를 들 수 있다.

표 1 RTO/ISO의 최대부하에 대한 수요반응 자원의 기여

RTO/ISO	2017년		2018년		전년대비 변화율	
	수요반응 자원 (MW)	최대부하의 비율	수요반응 자원 (MW)	최대부하의 비율	MW	%
CAISO	1,293	2.6%	2,400	5.2%	1,107	85.6%
ERCOT	3,009	4.3%	3,262	4.4%	253	8.4%
ISO-NE	684	2.9%	356	1.4%	-328	-48.0%
MISO	11,682	9.7%	12,931	10.6%	1,249	10.7%
NYISO	1,353	4.6%	1,431	4.5%	78	5.8%
PJM	9,520	6.7%	9,294	6.3%	-226	-2.4%
SPP	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
합계	27,541	5.6%	29,674	6.0%	2,133	7.7%

자료 : World Bank, Where Sun Meets Water, 2019., p.17.

### 나. 혁신적 기술의 도입과 배전시스템의 변화

배전시스템의 잠재적 변화를 가져오는 요인들 가운데 핵심적인 것은 지역 전력망과 상호 연결된 옥상 태양광, 마이크로 그리드, 소규모 저장 시스템, 전기자동차 등의 관련 기술 보급 확대에 따른 전력수요의 증가를 들 수 있다. 이와 더불어 에너지 생산과 소비를 자체적으로 통제하기 위해서 더 많은 옵션을 요구하는 소비자의 등장이다. 또한 대규모 정전 사태에 따라 전력망 복원력의 강화에 대한 필요성이 늘어나고 있

다. 그리고 환경적 영향을 고려하면서 동시에 경제성장을 달성하려는 정책입안자들의 목표도 중요한 요인이라고 할 수 있다. 요컨대 지역 단위 전력서비스를 위한 정책 목표는 저렴한 가격과 공정성의 보장, 신뢰성과 복원력 확보, 지속가능성과 청정에너지 발전의 확대 등이라고 할 수 있다.

미국의 배전부문에서 혁신적 기술 도입의 사례를 살펴보자. 일리노이주의 유틸리티인 ComEd(Commonwealth Edison)는 브론즈빌 지역 공동체에 마이크로 그리드와 분산형 에너지 복합시스템을 적용하는 시범사업을 진행하고 있다. 뉴욕주의 유틸리티인 ConEd(Consolidated Edison)는 브루클린/퀸즈 지역에서 제삼자의 분산에너지 자원 포트폴리오(수요 반응, 에너지 효율화, 지역 저장장치, 옥상 태양광)를 활용하여 지역 배전시스템 기능을 제공하는 사업을 펼치고 있다. 이러한 사업을 통해 기존 유틸리티의 투자를 지연시켜서 비용 절감을 도모한다. 캘리포니아주의 유틸리티인 PG&E(Pacific Gas & Electric)는 산불 위험에 대비하여 유틸리티 서비스의 복원력을 높이기 위한 마이크로 그리드 보급사업을 추진하고 있다. 미네소타주의 태양광 발전 가치 전력 요금제, 뉴욕주의 DER 혜택/비용 방법론, 매사추세츠주의 청정에너지 최대부하 기준 등 DER 공급업체 및 저장장치에 대한 보상 제공 기준을 설정하거나 첨단 계량기의 도입과 사이버 보안의 개선을 도모하는 등 새로운 기술을 배전시스템에 도입하여 변화에 대응하고 있다.

#### 다. 마이크로 그리드의 보급

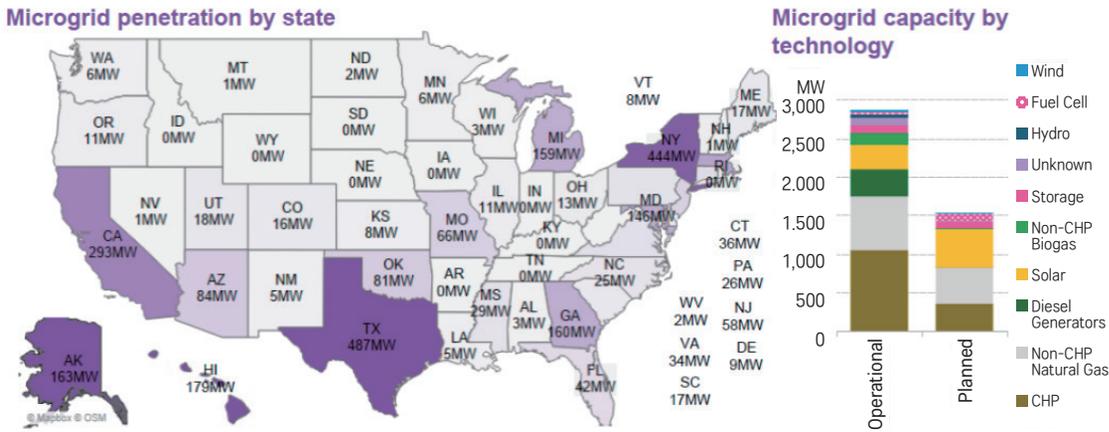
미국에서는 현재 2.7GW 규모의 마이크로 그리드가 운영 중이며 추가로 1.4GW 규모의 설비가 계획 단계에 있다.<sup>10)</sup> 아래 [그림 7]에서 미국의 마이크로 그리드 보급 동향을 살펴보면, 텍사스, 뉴욕, 매사추세츠, 캘리포니아, 메릴랜드주가 마이크로 그리드 보급에 적극적임을 알 수 있다. 이들 주는 전력시장이 자유화되어 있으며, 소비자가 제삼자로부터 전력을 구매하는 것이 허용되어 있다. 2019년 기준으로 운영 중인 242개 마이크로 그리드 중 1/3은 군사시설이나 상업용 건물에 설치되어 있다. 도시와 지자체가 29개의 마이크로 그리드 설비를 운영하고 있는데, 이들이 계획하고 있는 마이크로 그리드 프로젝트의 규모가 비교적 큰 편이다. 하지만 마이크로 그리드 보급이 기대보다 빠르게 진행되지 않고 있는데, 이는 혁신에 대한 규제 장벽의 극복이 생각보다 쉽지 않다는 방증이라고 할 수 있다.

미국 전력시스템의 발전 및 송전 부문에서 이루어진 대대적인 변화와 구조개편과 달리 배전 부문은 비교적 큰 변화가 없는 것이 사실이다. 배전 부문은 주정부 차원에서 규제하고 있으며 주정부 또한 권한 유지를 위해 노력하기 때문에 혁신의 정도는 상대적으로 미약하다. 배전사업자에게 독점사업권을 허용하게 되면 새로운 서비스를 통해 혁신을 이루려는 제삼자의 능력이 배제될 수 있으나 이를 용인하고 있다.<sup>11)</sup> 제삼자의 전기차 충전소 설립과 운영을 금지하는 배경에는 이 같은 사업이 전기 소매업과 다름이 없고 이는 배전사업자의 배타적 사업영역에 속하기 때문이다. 이러한 연유로 인해 배전 부문에서의 혁신이 비교적 더디게 나타나고 있음을 알 수 있다.

10) Committee on The Future of Electric Power in the U.S.(2021), p.124.

11) 배전사업자에게 지역 독점권을 보장해 주는 배경은 배전사업자가 특정 지역 내의 모든 소비자에게 비차별적으로 서비스를 제공하고 전력 요금이 공정하고 합리적으로 유지될 수 있도록 한다는 전제하에 해당 지역 내에는 단 하나의 배전사업자만 존재하는 규제계약을 인정하는 것임. 이 같은 독점 구조로 규제를 받는 사업자는 에너지 인프라를 위한 투자에 필요한 자본을 조달할 수 있으며, 투자비를 요금으로 회수할 수 있도록 허용됨.

그림 7 미국의 주별 마이크로 그리드 보급 동향



자료: The Future of Electric Power in the United States(2021), p.127.

### 라. 소매부문의 변화

분산 에너지자원(DER)의 보급이 확대됨에 따라 DER 기반의 서비스를 제공하기 위한 시장의 변화가 필요하게 되었다. 우선 배전시스템 운영자(Distribution System Operator, DSO)의 역할이 확대되고 있다. 중앙집중화된 도매시장과 함께 DSO는 효율적이고 신뢰할 수 있는 분산자원 시장을 구축하고 지원하기 위한 계획 및 운영 역할과 책임을 담당해야 한다. 또한 첨단 계량 및 실시간 요금제를 도입하여 고객이 자신의 전기 사용량을 관리하고, 유틸리티 사업자와 기타 서비스 제공자들이 중앙집중 및 분산형의 유연한 자원을 활용하여 시스템 부하의 균형을 유지하고 최대한 효율적으로 전력을 공급하도록 한다. 고객이 선택하는 요금제에 따라 고객의 기기를 자동으로 제어할 수 있는데, 예를 들면 온수기와 에어컨이 고객의 선호도와 허용 수준에 따라 전력시스템의 유연한 자원이자 저장장치로 활용될 수 있다. 마지막으로 소매 전력가격은 자본집약적이고 변동비가 적은 자원에 대한 의존도가 점점 커지고 있는 전력망의 비용 구조의 변화를 반영해야 한다. 이러한 자원으로 송배전 자원, 저장, 분산 및 중앙 집중형 자원을 들 수 있다. 이 경우 사용량 기반의 요금에 크게 의존하던 방식에서 벗어나 소비자에게 더 많은 옵션을 제공하고 서비스 제공자가 투자비를 회수할 수 있는 요금제를 설계하도록 한다.

결국 DER의 대대적인 도입과 지역 전력망에서의 전력 흐름의 변화와 더불어 소매시장 설계와 관련된 더 많은 혁신이 필요하다. 즉 새로운 소매시장으로의 개편이 필요하며, 가격신호는 동적이면서 시간에 따라 지역별로 다르게 나타나는 것이 중요하다.

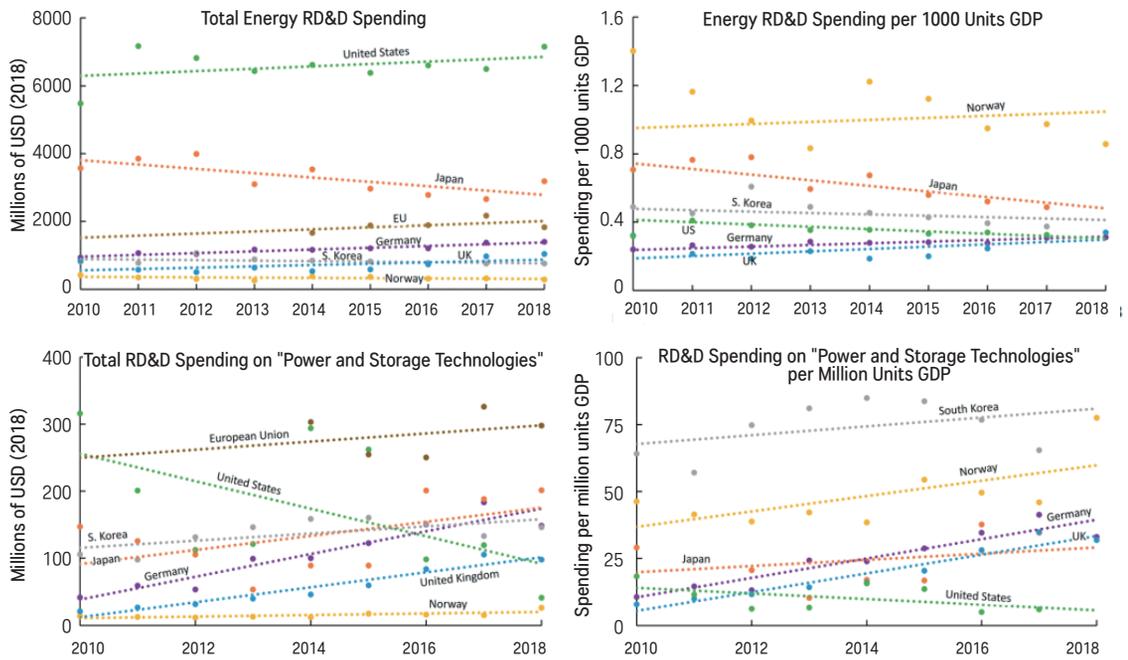
### 마. 미래 전력시스템 구축을 위한 연구개발

2019년 기준 미국의 에너지 관련 연구개발 및 실증사업(RD&D)을 위한 에너지부(Department of Energy, DOE)의 지출 총액은 64.6억 불이었다.<sup>12)</sup> DOE 에너지 혁신 예산의 1/3은 기초 연구(핵융합 및

12) The future of electric power in the United States(2021), p.147

핵분열 연구), 2/3는 응용 연구에 투입되고 있다. 미국의 미래 전력시스템 구축을 위한 연구개발 동향을 살펴보면, 전력시스템에 영향을 주는 혁신에 대한 공공 및 민간 부문 투자의 기대효과가 큰 편이다. DOE의 지원을 받은 에너지 효율 및 오염 통제 관련 연구의 경우 초기 연구비의 3배에 해당하는 편익을 발생시켰다. 이와 같은 점에 고무되어 미국 정책당국은 방위고등연구계획국(DARPA)을 모방한 에너지 고등연구원(ARPA-E)을 2008년에 출범시켰다.

그림 8 주요국의 에너지 및 전력 부문 연구개발 지출 추이



자료: The Future of Electric Power in the United States(2021), pp.143-144.

미국의 지난 10년간 에너지 분야 연구개발비 지출 규모는 다른 나라에 비해 압도적으로 많은 편이다. 그리고 지속적으로 규모가 증가하고 있다는 점도 하락세를 보이는 일본과는 대조적이다. GDP 규모 대비 에너지 연구개발비 지출규모는 노르웨이가 선두를 달리고 있으며, 미국은 일본과 한국보다 뒤처지는 수준을 보인다. 한편 전력과 저장기술에 대한 연구개발비 지출 총액은 지난 10년간 지속적으로 하락세를 나타내고 있다. 유럽연합이 투자를 지속적으로 증가시켜온 것과는 많은 차이를 보인다. 우리나라의 관련 분야 연구개발이 일본과 유사한 수준인 점은 인상적이다. 이 부문에 대한 연구개발 규모를 GDP와 대비해서 살펴보면 우리나라가 단연 앞서고 있으며 노르웨이, 독일 다음으로 미국임을 [그림 8]에서 알 수 있다.

미국의 전력부문은 심층 탈탄소화와 가변적이고 간헐적인 재생에너지원의 대규모 통합, 전력망 운영자가 파악하지 못하는 소비자단(BTM) 자원의 모니터링 및 통합에 있어서 중요한 운영상의 도전 과제에 직면하고 있다. 전력망 현대화 및 심층 탈탄소화에 필요한 기술개발을 위한 전력분야 연구개발이 지속되어야 할 것이다. 정책당국은 전력수요의 시간적 유연성을 증대하고 가격 책정 및 기타 메커니즘을 통해 전력망 신뢰도 유지에 필수적인 서비스를 향상하기 위한 연구에 대해 지원하는 것이 필요하다.

그렇다면 미국의 적정 연구개발 지출 규모는 과연 얼마일까? 본 보고서는 앞으로 10년간 에너지 혁신에 대한 연구개발 지출의 규모를 세 배가량 확대할 것을 촉구하고 있다.<sup>13)</sup> 전력과 관련이 있는 기초과학에 대한 지원이 두 배로 그리고 응용 개발 및 실증사업에 대한 지원은 세 배로 확대해야 한다는 것이다. 특히 심층 탈탄소화 및 자연재해, 인재, 사이버 위협에 대한 복원력 확보와 같은 새로운 도전과제에 직면한 전력시스템의 계획, 설계, 운영 및 통제를 지원하기 위한 연구가 앞으로 더욱 강화되어야 한다.

## 5. 정책적 시사점

기후변화 대응을 위해 탈탄소화와 전기화가 진행되면서 전력부문의 역할이 더욱 확대되고 있으며 이런 변화를 수용하는데 적합한 정책, 제도, 사업구조, 인프라 등을 갖춘 새로운 전력시스템이 요구되고 있다. 혁신적인 기술개발과 전력부문의 환경 변화를 고려하면서 본 보고서를 작성한 위원회는 미래 전력시스템으로 전환하는데 중요한 5대 과제를 제시하고 있다.<sup>14)</sup>

첫째, 미국의 전력시스템의 발전 방향에 대한 이해를 증진하는 것이 필요하다. 기술발전, 전력 소비패턴의 변화, 전력에 대한 사회적 기대 등으로 미래 예측이 점점 어려워지고 있다. 전력의 미래를 예측하는 도구는 다양한 환경의 변화를 반영할 수 있어야 하는데, 특히 전력공급의 탈탄소화와 온실가스 배출량 감축이 중요하게 다루어져야 한다. 둘째, 깨끗하고 지속가능하며, 신뢰성과 복원력을 갖춘 전력서비스의 지속적인 제공이 요구된다. 재생에너지의 보급 확대에 따라 송전네트워크의 확충이 필요하다. 그리고 전력시스템에 대한 자연재해, 사이버 공격의 대응 방안도 마련되어야 할 것이다. 셋째, 중대한 기술변화의 국면에서 소비자의 전력소비 패턴에 대한 이해를 높이고 공정한 전기 서비스 제공을 위한 사회계약을 유지하는 것도 중요하다. 기존의 중앙집중식 전기 공급시스템에 의존하지 않는 소비자의 등장으로 이에 대한 적절한 대응도 필요하다. 프로슈머(prosumer)의 등장, 마이크로 그리드의 운영 등으로 분산형 전력시스템이 점차 확대되고 있는데 이에 대한 기존 전력계통의 통합 및 관리 방안이 마련되어야 할 것이다. 아울러 취약계층 및 저소득층에 대한 유틸리티의 전기 공급의 의무를 지속할 수 있도록 대책을 마련해야 한다. 넷째, 전력계통과 관련된 기술, 정책, 비즈니스 모델의 혁신을 촉진해야 한다. 청정 발전, 광역 전력화, 에너지 저장, 전기전자 장치, 감독 및 통제를 위한 시스템 등과 같은 다양한 신기술의 등장으로 전력부문의 혁신이 계속 이어질 것이다. 이러한 혁신적인 기술의 변화를 수용할 수 있는 정책, 제도, 그리고 비즈니스 모델을 갖춰야 한다. 다섯째, 글로벌 공급망의 변화와 혁신적 기술의 도입에 부응하는 기술혁신을 촉진해야 한다. 미래 전력시스템의 성능 향상에 필요한 혁신을 위한 투자 확대와 민간의 적극적인 참여가 필요하다.

이제까지 서술한 미국 전력시스템의 변화에 대응하는 방안 마련과 이행을 통해 국내 전력부문이 얻게 되는 시사점은 다음과 같다.

첫째, 경쟁 촉진을 위한 전력도매시장의 개편이 필요하다. 이미 이 방향으로 정책당국과 관련 업무를 담

13) Committee on The Future of Electric Power in the U.S.(2021), p.160.

14) Committee on The Future of Electric Power in the U.S.(2021), pp.269-270.

당하고 있는 전력거래소를 중심으로 작업이 진행 중이다. 특히 2025년 실시간 시장 도입을 위한 준비 단계로 실계통기반 하루전시장을 2022년 9월1일부터 개설하여 운영 중이다. 2001년 전력산업 구조개편이 시작된 이래로 획기적인 시장 개편의 첫걸음을 시작하였으므로 예정된 로드맵에 따라 실시간 시장 도입까지 차질없이 진행되기를 기대한다.

둘째, 전력 부문의 규제 완화로 전력산업에 민간의 참여를 확대하는 것이 중요하다. 에너지산업의 확산을 위해 진입규제를 완화하여 민간의 시장 참여를 적극적으로 유인하는 것이 중요하다. 발전 부문과 판매 부문의 겸업은 경쟁을 크게 제한하지 않는 범위에서 허용하는 것이 필요하다. 연료비 연동제를 비롯한 원가주의의 집행 강화와 부문별 회계분리 및 정보 공개 등 요금 규제의 합리화가 뒤따라야 한다. 국내 전력 부문에서는 요금 규제에 대한 개편이 가장 미진한 점이라고 할 수 있다. 그리고 전력시스템의 분산화 및 디지털화에 대응하기 위해 스마트 전력량계 보급 확대 및 주택용 요금제 개편도 요구된다.

셋째, 전력산업을 규제하는 소관 규제기관의 전문성 및 독립성 확보이다. 전기위원회가 전력부문 규제기관으로서 제구실을 할 수 있도록 전문성과 독립성을 갖추도록 해야 한다. 요금을 규제하는 기획재정부, 사업자의 진입을 규제하는 산업통상자원부의 규제기능 조정 및 정책부서와의 역할 정립이 시급하다.

넷째, 미래 전력시스템의 안전과 사이버 안보에 대한 대응책 마련이 필요하다. 자연재해 및 외부 불순세력의 침입 등에 대해 전력시스템의 물리적 안정성 보장과 사이버 테러에 대한 대응책 마련이 요구된다. 기후변화로 인한 자연재해의 크기가 점점 커지고 있음은 주지의 사실이며, 이러한 재해를 극복하기 위해서 전력시스템의 복원력을 증대시켜야 할 것이다.

마지막으로 전력 관련 연구개발의 지속적인 확대가 필요하다. 우리나라가 해당 연구개발의 총지출 규모를 미국과 대등하게 유지하기는 힘들다. 따라서 선택과 집중 전략으로 미래 전력시스템에서 꼭 필요한 기술을 개발하고 상용화하기 위한 연구개발을 확대하는 것이 요구된다. 이제까지 배터리 부문에 대한 투자를 집중적으로 시행하여 세계적인 수준의 성과와 사업실적을 거둔 사례와 같이 이를 위한 공공 주도의 전략적인 접근이 필요하다.

## 참고문헌

### 국내 문헌

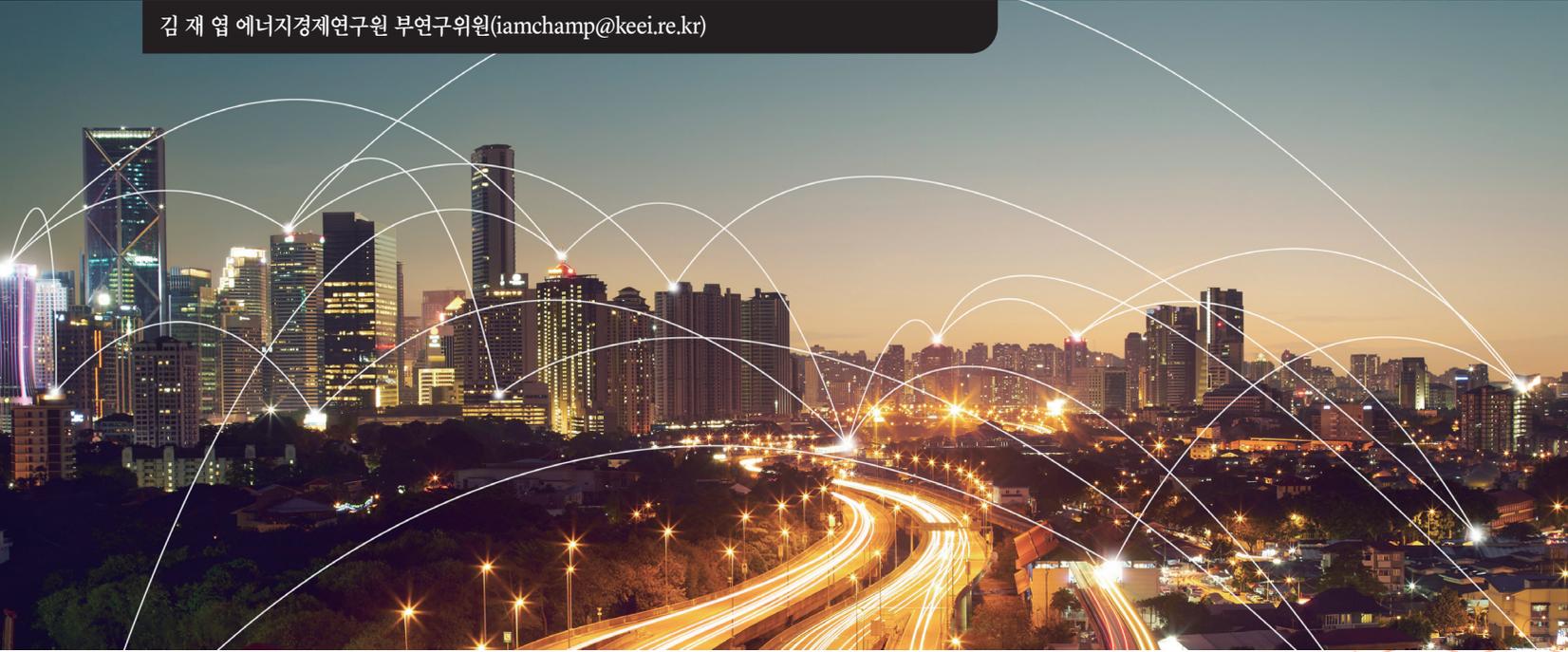
- 빌 게이츠, 「 빌 게이츠, 기후재앙을 피하는 법 」, 김영사, 2021
- 정태용 외, 「 기후위기 시대, 12가지 쟁점 」, 박영스토리, 2021
- Fereidoon Sioshansi 외, 에너지전환 전력산업의 미래, 이모션미디어, 2018

### 외국 문헌

- Committee on The Future of Electric Power in the U.S., "The Future of Electric Power in the United States," A Consensus Study Report of The National Academies of SCIENCES-ENGINEERING-MEDICINE, The National Academies Press, Washington, DC, 2021

# 해외 주요국 냉난방 부문 지열이용 동향과 국내 시사점

김 재 엽 에너지경제연구원 부연구위원(iamchamp@keei.re.kr)



## 1. 서론

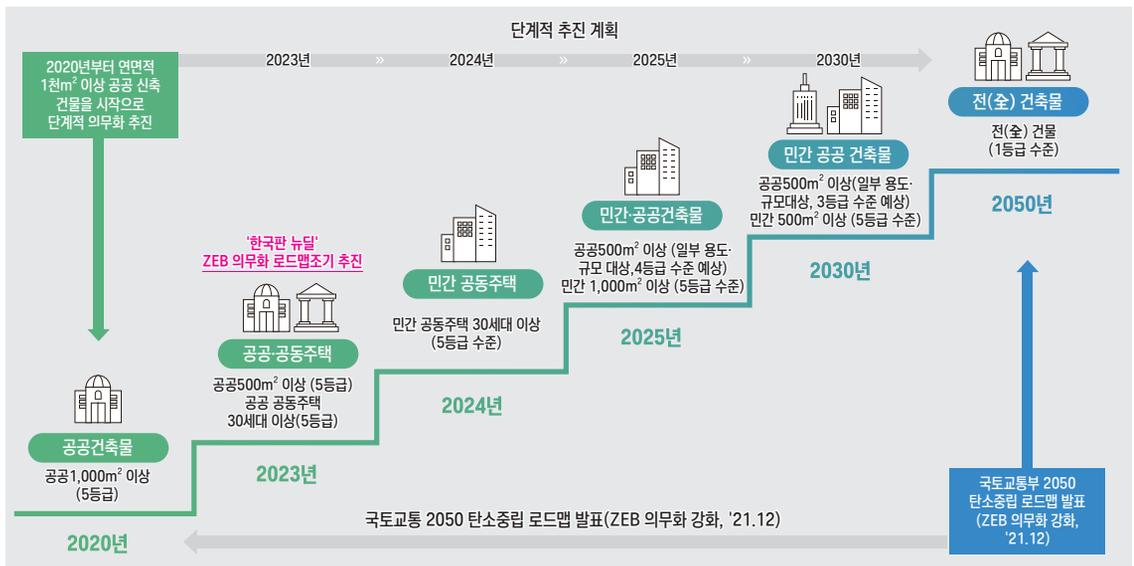
탄소중립은 전세계 에너지 어젠다를 주도하는 키워드들 중 하나다. 2050년 탄소배출 넷제로(net-zero) 및 탈탄소 사회 구현을 목표로 세계 각국은 NDC(Nationally Determined Contribution)를 설정하고 있으며, 우리나라도 작년 10월 '2030 NDC 상향안'을 통해 사회 각 부문별 온실가스 감축목표와 이행방향을 정립하였다. 국내 '2030 NDC 상향안'에서는 부문별 2030년 온실가스 배출 목표를 설정하고 있고, 이 중 건물 부문의 온실가스 배출량 목표는 2030년 전체 온실가스 배출량(436.6백만CO<sub>2</sub>ton)의 8% 수준(35백만CO<sub>2</sub>ton)으로, 상위 4번째의 비중을 차지하고 있다.

건물 에너지소비 부문별로 탄소저감을 이행하는 방안을 살펴보면 화석연료 기반 난방의 전력화를 언급하지 않을 수 없다. 화석연료 기반 난방의 전력화는 가스 등 화석연료 기반 난방을 히트펌프 기반 난방으로 전환하는 것이 대표적이다. 그러나 전기 히트펌프만으로 난방을 대체할 경우 건물의 온실가스 직접배출량은 감소하겠지만 전력소비의 급격한 증가로 발전 부문의 온실가스 간접배출량은 증가하는 문제가 발생한다. 이 경우 건물 부문의 온실가스 배출량은 감소하지만 사회 전체적인 온실가스 배출은 증가할 가능성을

배제할 수 없으며, 지열 등 재생열과 결합한 히트펌프 이용은 건물 부문의 탄소배출 감축과 사회적 탄소배출 증가 간 상쇄효과를 해소하는 하나의 대안이 될 수 있다.

한편 제로에너지건물 기준 강화는 건물 부문 탈탄소화의 대표적인 전략들 중 하나다. 유럽은 2018~2020년 기간 동안 주거용 건물 에너지효율사업에 100억유로 이상을 투입했고 건물 에너지소비량 감축과 산업 경쟁력 향상 연계를 위한 정책 및 기술 R&D도 적극적으로 지원한 바 있다. 독일은 개별법 수준으로 파편화된 건물에너지 관련 제도를 일원화하고 2020년 9월 건물에너지법 의결을 통해 동년(同年) 11월부터 제로에너지 수준으로 설계된 건물만 건축을 허가해주고 있다. 스위스는 건물 1차에너지 생산 및 소비량을 바탕으로 건물 에너지소비량을 측정하고 있으며 MINERGIE-P 등 강력한 제로에너지건물 인증제를 시행 중이다. 우리나라도 「2050 탄소중립을 위한 녹색건축 활성화 방안」, 「제로에너지건축 보급 확산 방안」 등을 통해 2030년까지 일정 수준 이상의 제로에너지건물 인증 기준을 충족한 신축 건물 확산을 위한 노력을 강화하였다.

**그림 1** 국내 제로에너지건물 인증 의무화 연차별 추진 계획



자료: 한국에너지공단 홈페이지([https://zeb.energy.or.kr/BC/BC02/BC02\\_02\\_001.do](https://zeb.energy.or.kr/BC/BC02/BC02_02_001.do), 접속일자: 2022.12.1)

지열원은 그 심도(深度)에 따라 천부지열과 심부지열로 구분된다. 천부지열은 지하 300m 내외 깊이의 10~20℃의 지하수온을 포함하며, 심부지열은 300m 이상 깊이의 뜨거운 지열수 또는 암반열을 포함한다. 이 중 냉난방 부문에 이용되는 지열은 천부지열에 해당하며, 상온 이상의 뜨거운 심부지열은 지열발전 등에 이용되고 있다.

세계 각국에서는 지열원을 이용하는 다양한 프로젝트가 진행되고 있다. 지열원 온도에 따라 고온의 지열원(심부지열)은 발전에 이용되고 있으며, 상대적으로 저온의 지열원(천부지열)은 히트펌프를 이용한 냉난방 등에 이용되고 있다. 우리나라도 2017년 포항지진이 지열발전에 기인한 것으로 밝혀지기 전까지 지열원 이용에 대한 연구와 투자가 활발히 진행되어 왔다. 특히 지열원과 히트펌프를 결합한 '지열냉난방 시스템'에 대한 연구와 투자가 활발히 진행되어 왔다. 특히 지열원과 히트펌프를 결합한 '지열냉난방 시스템'에 대한 연구와 투자가 활발히 진행되어 왔다.

템' 구축을 위한 실증사업이 다양하게 진행된 바 있다.

심부지열 이용이 지진 등 안전문제와 직결되어 있다는 인식은 비단 우리나라에만 국한되지 않는다. 발전, 냉난방 등 지열원 이용에 대해 오래전부터 관심을 가지고 투자를 해 온 미국에서도 심부지열 이용이 수반하는 안전성 문제에 경각심을 갖고 있기 때문이다. 그러나 천부지열 이용은 지하수 유실 및 오염에 대한 대처가 별도로 필요하지만 지진과 같은 안전문제로부터는 상대적으로 자유롭다. 이에 독일, 스위스, 미국 등 해외 선진국에서는 천부지열을 이용한 지열냉난방 시스템의 상용화를 적극적으로 검토 중이며 IEA는 세계 각국에서 천부지열을 이용한 냉난방 실증사업을 꾸준히 모니터링하고 있다.

우리나라의 경우 2017년 포항지진 이후 지열 자체에 대한 투자가 급속히 위축되었다. 그러나 전술한 내용에 따를 때 이용하는 지열의 심도에 따라 안전성 관련 리스크에 큰 차이가 있으며, 열원 온도의 시간대별 안정성을 고려할 때 지열은 건물 난방의 탈탄소화에 유의미한 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다. 이하에서는 해외 주요국에서 냉난방 부문에 지열원을 이용하는 동향을 정리해보고, 이를 통해 국내 지열연구 및 투자에 대한 시사점을 도출해보고자 한다.

## 2. 국제 에너지기구(IEA) 및 해외 주요국 지열냉난방 사업 동향

### 가. IEA - 지열활용 촉진을 위한 IEA Strategic Plan 2023-2028

IEA는 지열연구 및 지열이용의 활성화를 위해 'Strategic Plan 2023~2028'을 수립하고 전세계 지열 관련 실증사업을 모니터링 중이다. Strategic Plan은 크게 다섯가지 요소(협업, 소통, 주도, 촉진, 조사)로 구성되어 있으며(그림 2 참조), 'IEA Thermal Group' 국가 간에 지열 연구 및 관련 실증사업의 정성적/정량적 성과 공유를 장려한다. IEA의 이러한 노력으로 전세계 지열 관련 연구 및 사업의 트랙 레코드가 체계적으로 쌓이고 있으며, 지열 사업 데이터의 객관성 제고를 위해 연례보고서, 실무단(Working Group) 운영 및 실사 점검, 연구과제 개발 등을 연계하고 있다.

그림 2 IEA Strategic Plan 2023~2028



자료: IEA(2022). p.1. 그림 참조

## 나. 미국

NREL(2021)에 따르면 미국에서는 연도별로 일시적 부침은 있으나 발전과 난방 부문에 지열을 이용하는 프로젝트에 대한 투자가 꾸준히 이어지고 있다. 지열 발전의 경우 2015~2019년 기간 동안 신규 용량이 거의 증가하지 않았고 지열 난방 프로젝트의 경우도 주(州)별로 재정지원 규모와 지원 종료 기간이 상이해 어떤 주의 경우 지열난방 프로젝트 투자가 일시적으로 중단된 경우도 있었다. 지열을 이용하는 기술이 아직 성숙되지 않았고, 지하 열원 탐색을 위한 기술의 난이도가 높은 점을 감안할 때 연간 지열 이용 수준은 차이가 있을 수 있다. 그러나 미국 전체로 보았을 때 지열이용에 대한 주 정부와 연방 정부의 관심이 줄어들었다고 보기는 어려우며, 일각에서는 바이든 행정부 수립 후 기후변화대응 기조가 강화된 점을 감안할 때 지열시장에 대한 지원 확대를 예상하고 있다.<sup>1)</sup>

**표 1** 미국 내 주요 지열 지역난방 시스템 리스트 및 가동개시 시점

소재지역	지열 지역난방 시스템명	가동개시 시점
아이다호	Warm Springs Water District	1892
아이다호	Ketchum District Heating	1929
오리건	Oregon Institute of Technology	1964
사우스다코타	Midland	1969
아이다호	College of Southern Idaho	1980
사우스다코타	Philip	1980
캘리포니아	Susanville	1982
콜로라도	Pagosa Springs	1982
아이다호	Idaho Capitol Mall	1982
네바다	Elko District Heat	1982
아이다호	Boise City District Heating	1983
네바다	Warren Estates	1983
캘리포니아	San Bernardino	1984
오리건	City of Klamath Falls	1984
네바다	Elko County School District	1986
네바다	Manzanita Estates	1986
뉴멕시코	Gila Hot Springs Ranch	1987
아이다호	Fort Boise Veteran's Hospital	1988
아이다호	Kanaka Rapids Ranch	1989
캘리포니아	Canby / I'SOT	2003
오리건	Lakeview Prison	2005
오리건	Lakeview District Hospitals + Schools	2014
캘리포니아	Modoc Schools / Alturas	2017

자료 : NREL(2021), p.28. 표 참조

1) Bertani(2016)은 프랑스 파리에서 17만개 건물 난방에 지열을 이용함으로써 연간 17만톤의 온실가스 배출량을 저감했다는 통계를 제시하고 있고, NREL 등에서는 이러한 통계를 바탕으로 바이든 행정부의 온실가스 배출 저감계획 달성에 지열이 중요한 역할을 할 것으로 평가한다.

미국에서는 오래 전부터 지역난방에 지열을 이용하는 시도가 이루어져 왔다. 가장 오래된 지열 지역난방 시스템은 19세기 말부터 가동되었고, 미국 내 가동 중인 23개 지열 지역난방 시스템의 대부분은 1980년대에 가동 개시된 것으로 집계된다(<표 1> 참조). 오랜 역사에 비해 지열을 이용한 지역난방 보급세가 빠르지는 않은데, 이에 대해 NREL(2021)은 기술적 장벽이 아닌 지열냉난방 기술에 특화된 재정적 인센티브 등 지원 제도가 부족한 점을 가장 큰 원인으로 평가하고 있다. 이에 대해 이견이 있을 수 있지만 적어도 NREL은 미국 내 지역난방에 지열을 적용한 역사가 30년이 넘고 안정적으로 운영되고 있으므로 난방 부문에 지열을 이용하는 기술은 나름 성숙단계로 보는 듯하다. 여기에 더해 미국 ‘2020 에너지법’ 제3002절에서는 에너지부(Department of Energy, DOE)의 지열 연구개발 활동에 대해 연간 1억 7천만 달러의 예산을 승인한 바 있고, 지열기술 R&D를 더욱 확대하는 내용까지 포함하고 있어 미국에서 지열원을 이용한 건물 냉난방의 기술적 한계를 극복할 환경은 갖추어진 것으로 판단된다.

**그림 3** 미국 지열 관련 PON 사업 위치



자료: NREL(2021), p.51. 그림 참조

지열원 탐색 및 시추작업은 고난이도 기술에 해당하고 상당한 자본이 투입되는 관계로 지열냉난방 시스템을 자본집약적 사업으로 분류하는 경우가 많다. 이에 따라 NREL과 연방정부는 지열 사업자의 초기투자비용 부담을 경감해줄 수 있는 재정지원이 필요하다는 데에 어느 정도 공감대가 형성되어 있다. 실제로 미국 내 23개의 지열 지역난방 시스템의 대부분은 1980년대 초 연방정부 차원에서 프로젝트 비용을 분담하는 ‘PON(Program Opportunity Notices)’ 사업 시 개발되었고(그림 2 참조), 비슷한 시기에 대출보증프로그램 등 다양한 금융혜택을 지원받기도 하였다. 이를 종합해보면 미국 내 지열 지역난방 시스템의 초기투자비 중 보조금 지원 비율은 평균 60% 수준으로 파악된다(<표 2> 참조).

표 2 미국 내 주요 지열 지역난방 시스템 초기 자본비용 중 보조금 지원 비율

소재지역	지열 지역난방 시스템명	초기자본비 중 보조금 지원 비율
사우스다코타	Philip	77%
콜로라도	Pagosa Springs	20%
네바다	Elko District Heat	100%
캘리포니아	Susanville	77%
아이다호	Boise City District Heating	68%
오리건	City of Klamath Falls	82%
캘리포니아	San Bernardino	34%
네바다	Elko School District	17%
아이다호	Fort Boise Veteran's Hospital	100%
캘리포니아	Canby / I'SOT	36%
오리건	Lakeview Hospitals + Schools	29%
캘리포니아	Modoc Schools / Alturas	80%
평균		60%

자료 : NREL(2021), p.35. 표 참조

## 다. 유럽

글로벌 탄소중립 어젠다를 주도하고 있는 유럽에서도 냉난방 부문의 지열이용에 대한 관심이 높다. 스위스 취리히와 독일 뮌헨에서는 지열과 히트펌프를 결합해 계간축열 기능<sup>2)</sup> 및 스마트 열그리드(smart thermal grid) 구축에 초점이 맞추어진 지열 지역난방 시스템 프로젝트를 추진한 바 있다. 프랑스, 벨기에 등에서도 지열을 이용한 지역난방 사업과 캠퍼스 난방사업 등이 보고되고 있다.

EU 국가들의 재생에너지계획(National Renewable Energy Action Plan, NREAP)에서는 20여개 회원국들의 지열 직접이용 목표 및 진척도를 수치적으로 제시하고 있다.<sup>3)</sup> <표 3>에 제시된 바와 같이 EU 20여개 회원국들의 2020년 지열에너지 직접이용 에너지 생산량목표는 총 76,670GWh 수준이었고 2014년의 총에너지 생산량은 약 37,199GWh로 집계되었다. 한편 동일 국가 그룹에서 2014년 지열원 히트펌프의 에너지 생산량은 총 27,080GWh 수준이었다. 2014년 지열 직접이용으로부터의 에너지생산량 실적을 기준으로 동년(同年) 목표를 달성한 국가는 20개 회원국 중 헝가리, 스웨덴, 슬로바키아, 오스트리아, 불가리아 등 5개국이었다. 이 중 2014년 지열원 히트펌프로부터의 에너지생산량 목표를 달성한 국가는 스웨덴, 루마니아, 오스트리아 등 3개국뿐이었다. 2020년 목표치 기준으로 지열직접 이용으로부터의 에너지 생산량 목표가 가장 큰 국가는 독일이었고 프랑스, 영국 순으로 그 뒤를 이었다. 지열원 히트펌프로부터의 2020년 에너지생산량 목표는 영국, 스웨덴, 프랑스, 독일 순이었다(<표 3> 참조).

2) 겨울 외 계절의 잉여 열에너지를 지열 히트펌프로 축열해두고(계간축열), 이를 겨울철 난방열로 활용함으로써 연중 냉난방 밸런스를 확보할 수 있다.

3) 한국에너지공단(2020), pp.629-631. 내용 참조

표 3 유럽연합 국가들의 지열 직접이용 NREAP 현황

(단위: kWh/yr)

국가	지열직접 이용 (GSHP제외)			지열에너지 히트펌프 (GSHP)			지열직접 이용 합계		
	2014 생산	2014 목표	2020 목표	2014 생산	2014 목표	2020 목표	2014 생산	2014 목표	2020 목표
독일	925	2,256	7,978	4,200	4,350	6,059	5,125	6,606	14,037
프랑스	1,380	3,140	5,815	2,775	4,652	6,629	4,155	7,792	12,444
영국	30	-	-	500	3,175	11,083	530	3,175	11,083
스웨덴	-	-	-	15,200	5,687	9,478	15,200	5,687	9,478
이탈리아	1,995	2,942	3,489	472	1,303	2,814	2,467	4,245	6,303
네덜란드	396	1,303	3,012	880	1,698	2,814	1,276	3,001	5,826
헝가리	2,659	1,663	4,152	110	186	1,244	2,769	1,849	5,396
덴마크	-	-	-	695	1,849	2,314	695	1,849	2,314
폴란드	206	500	2,070	-	-	-	206	500	2,070
벨기에	30	45	66	335	647	1,710	365	692	1,776
그리스	188	256	593	135	174	582	323	430	1,175
슬로바키아	682	326	1,047	-	23	47	682	349	1,094
루마니아	490	547	930	32	23	93	522	570	1,023
오스트리아	430	291	465	1,440	140	302	1,870	431	767
슬로베니아	177	221	233	96	256	442	273	477	675
스페인	62	44	110	210	247	471	272	291	581
포르투갈	108	186	291	-	-	-	108	186	291
체코	25	174	174	-	-	-	25	174	174
불가리아	327	35	105	-	-	-	327	35	105
리투아니아	9	47	58	-	-	-	9	47	58
EU 합계	10,119	13,976	30,588	27,080	24,410	46,082	37,199	38,386	76,670

자료 : 한국에너지공단(2020). p.630. 표 참조

다소 오래된 통계이기는 하나 EU 회원국들의 지열원 이용 현황을 계량적으로 비교한 자료를 찾기 어려운 상황에서, NREAP의 2014년 지열원 에너지생산 실적 및 2020년 지열원 에너지생산 목표치는 유럽 국가들의 지열원 이용에 대한 관심이 2010년 중반부터 꾸준히 이어졌다는 사실과 2020년 이후 파악되고 있는 유럽 내 지열냉난방 투자의 기반이 되었다는 점을 간접적으로 보여준다<표 4> 참조). 아울러 유럽에서는 지열냉난방 관련 기술개발과 더불어 회원국들의 에너지정책 결정자들을 대상으로 2012년부터 2015년까지 천부지열 이용의 중요성을 교육하고 지열 이용과 관련된 객관적인 정책수립을 유도하는 프로젝트를 추진한 바 있다(ReGeoCites 프로젝트).

**표 4** 유럽 내 지열 지역난방 시스템 프로젝트 추진 현황

국가	지열 지역난방 프로젝트 설명	추진 단계
독일	기존 지열 지역난방 지역에 대한 지열정 추가	건설 중
프랑스	5km 규모 지역난방 네트워크를 갖춘 지열 지역난방	가동 중
벨기에	캠퍼스 난방을 위한 지열원 스마트 열 그리드 구축	건설 중
덴마크	5,000여명의 거주자를 위한 주거용 지열 지역난방 구축	가동 중
포르투갈	25개 건물에 대한 소규모 지열 지역난방 공급	계획단계
헝가리	2.5MWth 규모 지열 지역난방 체계 구축	가동 중
루마니아	기존 지열 지역난방 시스템 규모 확대	계획단계

자료 : NREL(2021), p.36. 표 참조

최근 IEA의 유럽 지역 지열난방 실증사업 모니터링 사례를 살펴보면, 주거시설에 대한 지열난방 사업도 일부 파악되지만 포도주 양조장, 창고 난방 등 사업용 공간 난방에 대해서도 지열원을 성공적으로 이용하고 있다는 점을 확인할 수 있다. 특히 프랑스의 경우 노인요양시설과 소규모 제로에너지 주택에 대한 지열난방 외에 40여개 와인 시설에 대해서도 지열난방 시스템을 안정적으로 운영 중이다. 또한 영국에서는 폐광의 광산수를 이용한 창고 지열난방 시스템을 구축·운영 중인 것으로 파악된다.

### 1) 프랑스 - 포도주 양조장(Château Pontet-Canet)

프랑스 Pauillac 지역에 위치한 포도주 양조장은 총 5,850㎡ 규모의 건물로, 2017년부터 건물 냉난방과 급탕에 지열을 이용해왔다. 해당 양조장 지열난방 시스템의 연간 에너지생산량은 난방에서 841.7MWh, 냉방에서 292.3MWh, 온수(급탕)에서 94MWh로 집계된다. 밀폐형 지열난방 시스템을 채택해 지하수 오염 유인을 최소화하였다. 초기 설비투자비는 약 1,144,000유로(약 15.8억원) 수준으로 kW당 약 4,000유로 수준의 비용이 투입된 것으로 평가된다. 프랑스 생태전환부(Ministry of Ecological Transition) 산하 ADEME(Agency for Environment and Energy Management)에서 관리하는 열기금(Heat Fund)으로부터 총 429,000유로(약 5.9억원)의 설비 보조금을 지원받았다. 이는 전체 초기 설비투자비(1,144,000유로)의 약 37.5%에 해당하는 규모다. IEA는 이러한 정부 보조금을 반영했을 때 본 포도주 양조장 지열난방 시스템의 투자 회수기간을 약 12년 수준으로 평가하고 있으며, 대부분의 프랑스 포도주 양조장에 적용되고 있는 가스 난방 및 급탕 시스템 대비 연간 약 60,000유로(약 8,300만원)의 에너지비용이 절감될 것으로 전망한다.

**그림 4** 프랑스 Pauillac 와인 양조장 지열냉난방 시스템



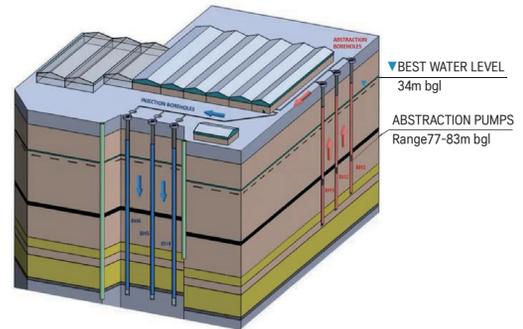
자료: IEA(2021a), p.1. 그림 참조

## 2) 영국 - Lanchester Wines의 광산수 기반 창고 냉장

영국 주류업체인 Lanchester Wines社は 저탄소 경영방침을 확립하고 재생에너지 프로젝트에 대한 투자를 꾸준히 이어오고 있다. ‘광산수 기반 지열 프로젝트’는 그러한 저탄소 경영방침의 한 갈래에 해당한다. Lanchester Wines社は 영국에서 가장 오래된 석탄 지대인 Gateshead Felling 지역에 두 개의 음료 창고(각 시설 연면적은 약 33,000㎡ 규모)를 보유하고 있는데, 해당 지역의 탄광은 1990년대 초에 모두 폐쇄되었다. 이에 Lanchester Wines社は 해당 창고시설에 광산수를 이용한 지열난방 시스템을 도입하였다. IEA에 따르면 창고 지열난방 시스템이 생산하는 연간 열에너지는 총 4,300MWh 수준이며, 연

간 이산화탄소 저감량은 600CO<sub>2</sub>ton 이상으로 추정된다. 초기 설비투자비는 약 350만파운드(약 56.5억 원)며, 재생열에 대한 영국 정부의 재정지원을 20년간 받는 것으로 알려졌다. 보조금 등 정부 재정지원을 모두 감안할 때 Lanchester Wines의 지열난방 시스템의 투자 회수기간은 10년 수준일 것으로 보고 있다.

**그림 5** 영국 Lanchester Wines 음료 창고 지열난방 시스템



자료: IEA(2021a). p.1. 그림 참조

### 3. 국내 지열냉난방 시스템 경제성 관련 주요 선행연구 결과 비교

우리나라에서도 여러 지열냉난방 시스템에 대한 경제성 분석이 진행된 바 있다. IEA에서도 동일 에너지소비량에 대해 대안 냉난방 시스템과 지열냉난방 시스템의 에너지비용 차이를 제시하는 방식으로 경제성 분석을 진행하였고, 이는 국내 선행연구에서도 거의 동일하게 적용되는 추세다. 이하에서는 IEA의 지열냉난방 사례와 일관성을 맞추어 주거 전용 건물 외 국내 온실, 사무용·주거용 복합 건축지역 등의 지열냉난방 시스템 비용구조를 살펴보고, 대안 냉난방(가스보일러+에어컨) 시스템 대비 지열냉난방 시스템의 제반 고정비 및 변동비가 비용 우위를 점하는 시점을 간단히 정리해보려 한다. 자세한 내용을 소개하기에는 내용이 방대하지만 국내 지열냉난방 시스템의 비용구조와 경쟁 냉난방 방식 대비 비용 우위를 보이는 시점 등을 전술한 해외 사례와 비교해볼 수 있다는 측면에서 국내 지열냉난방 사업에 대한 긍정적 시사점을 도출할 수 있을 것으로 예상된다.

#### 가. 국내 시설원예사업용 온실

김진성·송성호·정교철·차장환(2015)는 온실에 적용된 지열냉난방 시스템의 경제성 분석을 위해 4가지 난방 방식을 상정하여 비교·분석을 수행하였다. 분석 대상 난방 방식은 경유보일러, 도시가스 보일러, 수직 밀폐형<sup>4)</sup> 지열난방, 수주지열정(Standing Column Well, SCW)형<sup>5)</sup> 지열난방을 가정하였다. 시설원예

4) 지열공 천공구간에 U자형 지열관을 매립하고 천공구간 전체를 다시 덮은 다음 부동액 등 유체를 순환시켜 지중과의 간접적인 열교환을 유도하는 방식으로, 밀폐형 지열냉난방 시스템에 해당한다.  
5) 수주(standing column)는 우물이 지표 아래 지하수로 채워져 있는 두께를 의미하며, 수주지열정(SCW)를 이용한 지열냉난방 시스템은 SCW 지중열교환기를 이용한 냉난방 방식을 지칭한다. 상온의 지하수 순환을 통해 지하수와 의 직접적 열교환이 이루어지므로 개방형 지열냉난방 시스템으로 보기도 한다.

사업을 위한 온실을 대상으로 설비교체비용을 감안한 생애주기비용을 추정해 경제성 분석을 진행하였다. 설비수명은 30년으로 설정하고 있으며 총비용<sup>6)</sup>은 초기투자비용, 에너지비용, 유지관리비용과 시설교체비용으로 구분하여 계산하였다. 에너지소비는 면세유와 농업용 전력을 사용한 경우와 비면세유와 일반용 전력을 사용하는 경우로 나누었고, 냉난방 방식별 투자비 회수기간 등을 추정하였다. 조사된 설비별 비용 항목 현황을 아래 <표 5>에 정리하였다.

**표 5** 국내 시설원예사업용 온실 냉난방 방식별 비용 항목 구성 (단위: 천원)

분류	초기투자 비용	에너지비용		유지관리 비용	시설교체 비용
		면세유 및 농사용 전력	비면세유 및 일반 전력		
수직밀폐형	266,500	5,093	11,291	3,998	96,109
SCW형	213,934	2,539	5,608	3,209	96,109
경유보일러	45,100	44,086	76,366	2,255	33,825
가스보일러	67,650	37,898	38,057	3,383	45,100

자료: 김진성·송성호·정교철·차장환(2015). pp.603~606. 내용 정리

‘면세유 및 농사용 전력’을 소비한 경우 각 냉난방 방식별 생애주기비용을 구해보면 SCW형 지열냉난방 시스템이 406,508천원으로 가장 적게 추정되었다(<표 6> 참조). 이는 가장 높은 경유보일러와 비교하여 61%가 절감되는 수준이다.

**표 6** 냉난방 방식별 생애주기비용 - 면세유 및 농사용 전력 사용 (단위: 천원)

분류	초기투자비용	에너지비용	유지관리비용	시설교체비용	생애주기비용	절감율
수직밀폐형	266,500	103,817	81,481	64,448	516,246	50%
SCW형	213,934	51,743	76,383	64,448	406,508	61%
경유보일러	45,100	898,594	45,963	45,767	1,035,424	0%
가스보일러	67,650	772,469	68,945	61,023	970,087	6%

주: 절감율은 경유보일러 대비 비용절감율을 의미 자료: 김진성·송성호·정교철·차장환(2015). p.607. 표 참조

한편 비면세유 및 일반 전력을 사용한 경우 각 설비별로 생애주기비용 추정해보아도 SCW형 지열냉난방 시스템의 비용이 469,071천원으로 가장 적게 추정되었다(<표 7> 참조). 이는 가장 높은 경유보일러와 비교하여 72%가 절감되는 수치다.

**표 7** 설비별 생애주기비용 - 비면세유 및 일반 전력 (단위: 천원)

분류	초기투자비용	에너지비용	유지관리비용	시설교체비용	생애주기비용	절감율
수직밀폐형	266,500	230,153	81,481	64,448	642,582	62%
SCW형	213,934	114,306	76,383	64,448	469,071	72%
경유보일러	45,100	1,556,551	45,963	45,767	1,693,381	0%
가스보일러	67,650	775,711	68,945	61,023	973,329	42%

주: 절감율은 경유보일러 대비 비용절감율을 의미 자료: 김진성·송성호·정교철·차장환(2015). p.607. 표 참조

6) 해당 연구는 2011년 유가, 가스요금, 전기요금을 적용한 것으로 판단된다.

김진성·송성호·정교철·차장환(2015)의 경제성 분석 결과에 따르면 면세유와 농업용 전력을 적용했을 때 생애주기비용은 화석연료 기반 난방 시스템이 지열난방 시스템보다 1.9배~2.6배 정도 높게 나타났다. 경유 보일러와 도시가스 보일러 대비 SCW형 지열난방은 도입 5년차, 수직밀폐형 지열난방은 도입 7년차부터 총 비용에서의 우위를 점하는 것으로 분석되었다. 또한 비면세유와 일반용전력을 적용할 경우 생애주기비용은 화석연료 기반 난방 방식이 지열난방 시스템 대비 1.5배~3.6배 정도 높게 나타났다. 이 때 경유 보일러 대비 SCW형 지열난방은 도입 3년차, 수직밀폐형 지열난방은 도입 4년차에 총 비용에서의 우위를 보이는 것으로 분석되었다. 도시가스 보일러와 비교했을 때는 SCW형 지열난방은 도입 5년차, 수직밀폐형 지열난방은 도입 9년차부터 총 비용에서 우위를 보였다.

### 나. 국내 사무용/주거용 복합 건축 지역

주거용 건물과 사무용 건물이 혼합된 복합 건축지역을 가상하여 분석한 나선익·강은철·이희준(2014)은 'IEA ECBCS Annex 54 Subtask C'에서 제시한 경제 평가항목(설비비용, 유지보수비용, 에너지비용(전기 및 가스요금), 설비 보조금, 발전보상금 등)에 따라 냉난방 시스템의 연간 비용을 분석하였다. 설비수명 20년을 가정한 해당 연구는 비용 분석 시 네 가지의 Case를 설정하였다. 첫 번째 Case(Case 1)는 가스보일러와 에어컨을 설치한 200㎡급 주거용 건물 분석 모델이며, 두 번째 Case(Case 2)는 가스보일러와 에어컨을 설치한 동일 면적(200㎡)의 사무용 건물 분석 모델이다. 세 번째 Case(Case 3)는 첫 번째와 두 번째 Case의 비용을 산술적으로 더하는 방식으로 가스보일러와 에어컨을 사용하는 사무용 및 주거용 건물 혼합 지역을 구현하였다. 마지막 Case(Case 4)는 지열원 히트펌프를 적용한 사무용 및 주거용 건물 혼합지역을 분석 대상으로 하였고 세 번째 Case(Case 3)를 비교기준으로 삼아 지열냉난방 시스템 이용 Case(Case 4)와 비교하는 방식으로 연구를 진행하였다.

Case 3에서는 200㎡ 수준의 사무용 및 주거용 복합 지역의 냉난방 부하를 감안해 가스난방으로 연간 29,411kWh의 에너지소비를 전제하고 있으며, 에어컨 냉방에 대해서는 연간 10,035kWh의 에너지가 소비되는 것으로 간주한다. 지열냉난방 시스템을 적용한 경우는 난방에 대해 연간 약 9,738kWh의 에너지소비가 발생할 것으로 보고 있으며 냉방에 대해서는 연간 4,372kWh의 에너지소비가 발생할 것으로 본다. 공용 부문 등 건물 전체를 대상으로 Case 3에서는 가스보일러와 에어컨을 사용할 경우 총 에너지소비량은 연간 60,879kWh 수준일 것으로 추산하였다. 이에 반해 지열냉난방 시스템을 이용한 경우 총 에너지소비량은 연간 36,846kWh 수준으로 추정되었다(<표 8> 참조).

표 8 Case별 에너지소비량

(단위: kWh/yr)

분류		Case 3	Case 4
난방	가스 소비량	29,411	2,608
	전력 소비량	-	7,130
냉방	전력 소비량	10,035	4,372
기타	전력 소비량	21,433	22,736
총에너지소비량		60,879	36,846

자료: 나선익·강은철·이희준(2014), p.9. 표 참조

나선익·강은철·이희준(2014)의 경제성 분석 결과에 따르면 지열냉난방 시스템을 적용한 Case 4는 가스 보일러와 에어컨을 적용한 Case 3 대비 연간 24,033kWh의 에너지소비를 절감할 수 있다(Case 3 대비 39.5%의 에너지소비 감소, <표 8> 참조). 또한 지열냉난방을 가정한 Case 4에 대해 정부 보조금을 반영해 연간 총비용을 비교한 결과에서는 보조금이 없을 시 Case 3와 Case 4의 연간 총비용이 각각 5,301,467 원과 4,353,901원으로 추정되어 Case 4가 오히려 적게 나타났다. 보조금이 전혀 없는 경우에 초기 투자 비용의 회수기간은 10.71년으로 분석되었고 정부로부터 50%까지 설비투자비에 대한 보조금 지원을 받을 경우 초기 투자비용 회수기간은 4.06년으로 줄어들었다(<표 9> 참조).

**표 9** Case별 경제성 분석 결과 (단위: 원/년)

분류	Case 3	Case 4				
	비교기준	보조금 비율				
		0%	10%	30%	50%	
초기설비비용	263,323	1,354,978	1,219,481	948,485	677,489	
유지관리비	413,666	110,779	110,779	110,779	110,779	
에너지비용	가스비용	2,144,800	190,189	190,189	190,189	190,189
	전력 비용	2,479,678	2,697,954	2,697,954	2,697,954	2,697,954
총비용	5,301,467	4,353,901	4,218,403	3,947,407	3,676,411	
Case 3 대비 비용우위* 발생 시점	-	10.71	9.38	6.72	4.06	

주: 비용우위는 Case 3 대비 비용이 낮아지는 경우를 의미  
 자료: 나선익·강은철·이희준(2014), p.11. 표 참조

## 4. 시사점 및 결론

지열을 건물 또는 지구(地區) 단위의 냉난방에 이용하는 것은 국내외를 불문하고 건물 부문의 탈탄소화의 한 대안으로 주목받고 있다. 우리는 미국과 유럽의 지열연구 및 지열냉난방 실증사업 사례를 통해 유럽과 미국 공히 지열냉난방 시스템 초기 투자비용의 60% 가량을 정부 보조금으로 지원받은 경우가 대부분 이었고 현재 시점에서 초기 투자비용에 대한 정부의 재정적 지원이 없다면 민간이 자발적으로 지열냉난방 사업에 뛰어들 유인은 거의 없다는 점을 확인할 수 있었다.

한편 IEA의 프랑스 포도주 양조장과 영국 음료 저장창고에 대한 지열냉난방 시스템 경제성 평가 결과를 살펴보면, 정부로부터 재정지원을 받았을 경우 대략 운영 후 10~12년차부터 경제성이 확보되는 것으로 판단된다. 이에 반해 국내에서는 보조금 지원이 없을 경우에도 지열냉난방 시스템 운영 10년차부터 초기 투자비용 회수가 가능할 것으로 평가하는 경우도 있으며, 온실에 대한 지열냉난방 시스템에서는 운영 후 7년차 이내에서 대안 냉난방 시스템 대비 비용 우위를 점할 수 있다고 보는 경우도 있다는 것을 확인할 수 있었다.



지열냉난방 시스템의 경제성 분석 시 IEA와 국내 연구 모두 동일한 냉난방 에너지소비량에 대해 도시 가스 보일러와 에어컨 등을 적용한 기존 냉난방 시스템의 에너지비용이 얼마나 발생하고, 지열냉난방을 적용했을 때 절감할 수 있는 에너지비용이 어느 정도 수준인지를 중점적으로 살펴보고 있다. 지열냉난방 시스템은 연중 일정한 온도를 유지할 수 있는 지하수온을 이용하므로 이론적인 에너지소비효율이 화석연료 기반의 냉난방 시스템보다 높을 수 있다. 그러나 에너지비용은 경제성 분석 시점에 따라 적용가격이 상이해질 것이며, 최근처럼 글로벌 에너지공급망이 교란되어 에너지가격 변동성이 커질수록 경제성 평가 결과도 크게 변동될 수 있다. 특히 국내에서는 지열냉난방 시스템이 히트펌프와 축열조 등과 결합한다면 선택 공급약관에 의해 심야전기요금제를 적용받을 수 있고, 이 경우 지열냉난방은 화석연료 기반 냉난방 방식 대비 에너지가격 측면에서 제도적 이점을 누릴 가능성이 크다. 아울러 국내 전기요금제는 국민경제에 대한 부담을 고려해 연료비 변동을 적기에 반영하지 못한 경우가 많으므로 이러한 국내 전기요금제의 구조적 특징을 고려하지 않은 특정 시점의 경제성 평가는 자칫 지열냉난방 시스템의 경제성을 과다하게 개선시키는 우를 범할 수 있어 보인다. 따라서 향후 국내 지열냉난방 시스템 사업의 경제성 평가에서는 기술적 개선을 과도하게 반영하기보다 건물의 월별 냉난방 부하와 설비 COP 등을 객관적, 보수적으로 적용해 해외 사례에서의 경제성 평가와 일관성을 확보하면서 건물 에너지소비 현실에도 부합하는 분석결과를 도출할 수 있어야 할 것이다.

해외 주요국 지열냉난방 이용 사례로부터 우리는 미국과 유럽의 지열냉난방 추진 동력이 지열 사업의 경제적 편익이 아닌 환경 등 사회적 편익의 가치를 중요시 하는 데에서 비롯된다는 것을 알 수 있었다. 앞서 살펴본 미국과 유럽의 지열냉난방 실증사업 중에서는 보조금 지원 비율이 80%에 달하거나 그 이상인 사

례도 어렵지 않게 발견되었다. 또한 지열냉난방 시공 지역에 따라 지하수 자원이 풍부하지 않을 수 있고 지하수열 탐사와 시추에 많은 비용이 소요되는 특징도 있다. 향후 정부가 국내 지열이용에 대한 R&D 확대와 재정지원을 고려한다면 지열이 건물 냉난방의 탈탄소화에 중요한 에너지원이라는 인식 하에 탄소중립 이행에 대한 환경적 편익을 얼마나 가져올 수 있을지에 초점을 맞추어야 할 것이다. IEA에서도 대안 냉난방 방식 대비 온실가스 감축량을 측정하고 있고 미국과 유럽에서도 기후변화대응이라는 정책 목표 달성의 도구로 지열에 대한 보조금 지원이 이루어지고 있는 점을 고려하여 건물 냉난방 부문 지열 이용 확대에 대한 경제성 중심의 관점을 전환할 필요가 있어 보인다.

### 참고문헌

#### 국내 문헌

- 관계부처 합동, 「2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상향안」, 2021.10.18.
- 김진성·송성호·정교철·차장환, “지하수를 이용한 지열 냉난방 시스템의 경제성 및 이산화탄소 저감량 분석”, 「The Journal of Engineering Geology」, 제25권 제4호, 2015
- 나선익·강은철·이의준, “국제 호환형 지열히트펌프 시스템 경제성 평가 연구”, 「한국지열에너지학회 논문집」, 제10권 제1호, 2014
- 한국에너지공단, “2020 신·재생에너지 백서”, 산업통상자원부·한국에너지공단, 2020

#### 외국 문헌

- Bertani, R. “Deep geothermal energy for heating and cooling.” Book chapter: Renewable Heating and Cooling. Elsevier. 2016
- IEA. “Case Study: Chateau Pontet Canet Winery, France.” IEA Geothermal. 2021a
- IEA. “Case Study: Lanchester Wines, Gateshead, UK.” IEA Geothermal. 2021b
- IEA. “Strategic Plan 2023-2028.” IEA Geothermal. 2022
- NREL. “2021 U.S. Geothermal Power Production and District Heating Market Report.” NREL Market Report. 2021

#### 웹사이트

- 한국에너지공단 홈페이지. [https://zeb.energy.or.kr/BC/BC02/BC02\\_02\\_001.do](https://zeb.energy.or.kr/BC/BC02/BC02_02_001.do)

# 에너지통계 국제비교

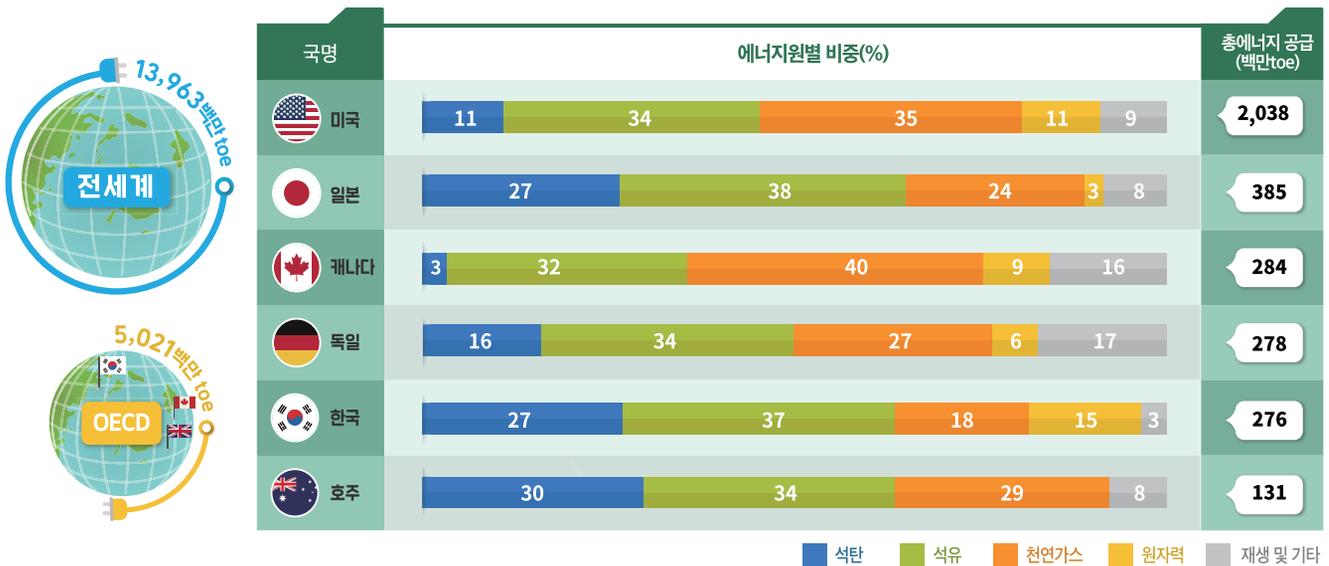


※ 본 내용은 2022 중기 에너지수요전망(2021~2026) 내용을 요약한 것임

## OECD 주요국 총에너지공급

※ 자료: IEA World Energy Statistics and Balances

### 2020년 주요국 총에너지 공급



### OECD 주요국 총에너지공급 추이



# OECD 주요국 주요지표

※ 자료: IEA World Energy Statistics and Balances

## OECD 주요국 부가가치당 에너지 공급 추이



## OECD 주요국 1인당 에너지 공급 추이



# 2020년 OECD 주요국 원별 발전량

※ 자료: IEA Electricity Information Statistics

OECD국가 총발전량  
**10,912 TWh**



국명	에너지원별 비중(%)	총발전량 (TWh)
미국	20 1 39 19 20	4,260
일본	31 3 39 4 24	1,018
캐나다	6 1 11 15 67	652
한국	36 1 28 28 7	579
독일	25 1 17 11 46	573
프랑스	1 1 7 67 25	532
멕시코	6 15 57 3 20	315
영국	2 36 16 46	311
튀르키예	34 23 42	307
이탈리아	5 4 48 43	281

■ 석탄 ■ 석유 ■ 천연가스 ■ 원자력 ■ 재생 및 기타

# 연구원 뉴스

## 에너지경제연구원, 울산 취약 계층 지원을 위한 식품 꾸러미 나눔 활동 참여

일시 : 2022년 11월 2일(수)

장소 : 울산 동천체육관 광장

에너지경제연구원(이하 에경연)은 11월 2일(수) 코로나-19 및 경제 불황으로 동절기 대비 어려움을 겪을 취약 계층(500세대)을 돕기 위하여, 2022년 식품 꾸러미 나눔 활동에 참가했다. 식품 꾸러미 나눔 활동은 울산 지역 9개 공공기관이 합심하여 개최했고 에경연은 취약 계층이 필요로 하는 생필품을 제공함으로써 사회적 가치 실현 및 지역 내 공동체 문화 형성에 앞장서고자 참여하게 되었다. 에경연 소속 자원봉사자는 “돌이켜보면 직장 생활을 시작하며, 남을 위해 봉사한 적이 없었다.”며, “회사분들과 합심하여, 취약 계층 이웃에게 봉사할 수 있어 보람을 느낀다.”고 전했다. 또한, “준비한 물품이 (수혜자 분들에게) 도움과 기쁨이 되면 좋겠다.”고 덧붙였다.



## 에너지경제연구원, 연례정책세미나 개최

일시 : 2022년 11월 18일(금)

장소 : 서울 강남구 GSE타워(아모리스홀)

에너지경제연구원(원장 임춘택, 이하 에경연)은 11월 18(금) 서울 GS타워에서 “에너지 안보와 탄소중립 : 세계적 불확실성과 우리의 현주소”라는 주제로 연례 정책세미나를 개최했다. 에경연은 에너지 안보 강화 필요성과 탄소중립 정책 추진의 강화가 동시에 요구되는 현황을 논하고자 세계 에너지 시장 상황을 진단했고 새로운 정책 이슈 생성 및 대안을 제시하였다. 첫 번째 세션에서는 “에너지 시장 불확실성과 화석연료의 안정적 공급 방안”을 주제로 에경연 이성규 해외에너지정책분석팀장이 최근 시장 동향과 전망, 주요국 대응 방향과 국내 시사점에 대해 발표했고 이어지는 두 번째 세션에서는 “에너지



안보 측면에서의 탄소중립 추진 필요성”을 주제로 에경연 박찬국 원전정책연구팀장이 시장가격에 의한 수요 조절, 무탄소 전원(원전, 재생) 확대에 대해 발표했다. 연례정책세미나의 모든 강연 및 토론 내용은 에경연 유튜브를 통해 시청 가능하다.

## 에너지경제연구원, 발달장애인 그림공모전 수상작 구매 기념식 개최 및 감사장 전달

일시 : 2022년 11월 18일(금)

장소 : 서울 강남구 GS타워(아모리스홀)

에너지경제연구원(원장 임춘택, 이하 에경연)은 11월 18(금) 서울 GS 타워에서 '발달장애인 그림 공모전 수상 작품 구매 기념식(이하 기념식)'을 개최했다. 에경연은 발달장애인 작가를 실질적으로 지원하기 위해 우수 작품을 구매했고 전시회 개최 및 감사장 전달을 통해 작품의 우수성과 작가에 대한 존경을 표했다. 기념식에는 에경연 임춘택 원장과 임직원, 발달장애인 작가 및 가족, 한국자폐인사랑협회 과장 등 관계자가 다수 참석했다. 임춘택 원장은 감사장을 전달하며, "탁월한 창의력과 예술감각으로 작품활동을 하시는 작가님에게



깊은 경의를 표한다"며, "귀한 작품을 저희에게 양도하여 갤러리에 전시할 수 있게 해주셔서 에너지경제연구원 온 가족과 함께 감사드립니다"고 전했다. 구매한 총 7점의 작품은 에경연 로비에 전시되고 있다.

## 에너지경제연구원, '고교 오픈스쿨 직업교육' 개최

일시 : 2022년 11월 21일(월), 24일(목)

장소 : 에너지경제연구원 대회의실

에너지경제연구원(원장 임춘택, 이하 에경연)은 11월 21일(월)과 24일(목), 이틀 동안 울산 거점 고교생들을 위한 '고교 오픈스쿨(하반기) 직업교육'을 진행했다. 1특강은 에경연 김강 팀장(대외협력팀)이 공공기관의 특성과 국책연구기관의 역할에 대해 소개했으며, 관련 분야 취업을 희망하는 학생들과의 질의응답 시간을 가졌다. 2특강은 에경연 이상열 박사(미래전략연구팀장)가 '에너지 및 에너지정책의 이해'를 주제로 에너지 원별 특징 및 총발전량 현황에 대해 강연했으며, 울산 지역 고교생들의 이해를 돕기 위해 광역시도별 울산의 전력소비 순위 및 주요 에너지 산업 등을 함께 소개했다. 에경연 이상열 박사는 "탄소중립 시대를 맞이할 미래 세대에게 필요한 에너지



지 교육을 중점으로 진행했다"며, "에너지경제연구원 및 에너지전환에 대해 많은 관심을 갖는 계기가 되었으면 한다"고 전했다. 에경연은 이 외에도 '초·중등 탄소중립 에너지 교육' 등을 진행하여, 울산 지역 에너지 인재 육성에 기여하고 있다.

# 연구원 뉴스

## 제14기 차세대에너지리더과정 수료식 개최

일시 : 2022년 12월 9일(금)

장소 : 서울 삼정호텔 본관 1층 로즈마리홀

에너지경제연구원(원장 임춘택)은 12월 9일(금) 서울 삼정호텔에서 '제14기 차세대에너지리더과정' 수료식을 개최했다. 수료식은 임춘택 원장의 축사를 시작으로 민경학 차세대에너지리더과정 총동문회장의 격려사, 제14기 심재민 회장의 답사 순으로 진행되었다. 이번 제14기 수료생(총 30명)은 지난 13주 동안 가스·석유·전력 관련 에너지 강의와 국제정세, 와인, 부동산 등 다양한 분야의 교육을 이수했다. 제14기 교육생들은 소감 발표 시간을 통해 "다양한 에너지 수업을 이수함으로써 전문적 지식을 함양할 수 있는 좋은 시간이었다."



며, "무엇보다 가장 큰 수확은 다양한 산업체에서 근무중인 제14기 동기분과의 쌓은 인적네트워크라고 생각한다."고 밝혔다. 제15기 차세대에너지리더과정 모집은 2023년도 하반기에 진행될 예정이다.

## 에너지경제연구원, 적극연구·행정 우수사례 경진대회 장려상 수상

일시 : 2022년 12월 20일(화)

장소 : 세종국책연구단지

에너지경제연구원(이하 에경연)은 경제·인문사회연구회가 주관한「적극연구·행정 우수사례 경진대회」에서 장려상을 수상했다. 이번 대회는 연구기관 특수성을 고려한 적극행정 혁신 성과를 발굴하고 우수행정 사례·문화를 전파함으로써 연구기관의 신뢰도 및 책무성을 제고하기 위해 시행되었다. 에경연 대표로 장려상을 수상한 김강 대외협력팀장은 "에경연은 메타버스(게더타운)를 통해 비대면 시대에도 대국민 성과 확산 네트워크를 구축하고자 다방면으로 노력중이다."며, "소통채널 다각화를 통해 (에경연) 연구성과의 적극적인 확산을 꾀함으로써 에너지 분야 대표 국책연구기관의 위상과 가치 향상에 이바지하고자 한다."는 소감을 밝혔다.

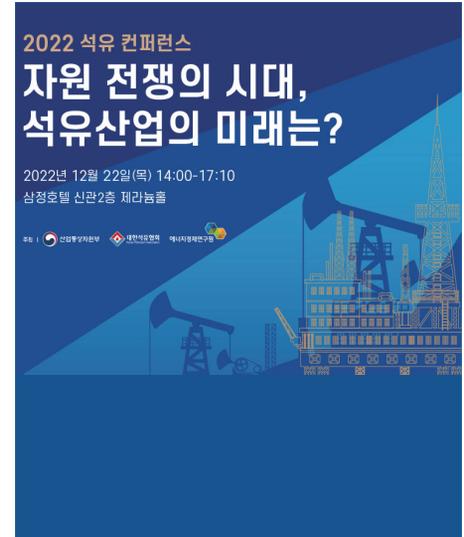


## 에너지경제연구원, 2022 석유 컨퍼런스 개최

일시: 2022년 12월 22일(목)

장소: 서울 삼성호텔 신관2층 제라늄홀

에너지경제연구원(이하 에경연)은 12월 22일(목) 글로벌 석유 산업의 주요 현안 및 국내 기업의 경쟁력 강화 방안을 논하기 위하여, '자원 전쟁의 시대, 석유산업의 미래는?'의 주제로 컨퍼런스를 개최했다. 에경연 양의석 부원장의 개회사를 시작으로 '세션I: 에너지 안보 관점에서 본 석유산업의 역할과 대응방향'에 이어 '세션II: 변화된 에너지 환경에 대응하는 석유산업 경쟁력 강화 방안'이 진행되었다. 이번 컨퍼런스는 석유 산업의 위기를 되짚으며, 수급관련 조치 현황·시사점 및 석유 사업의 경쟁력 강화를 위한 친환경 핵심기술 등에 대해 토론했다.

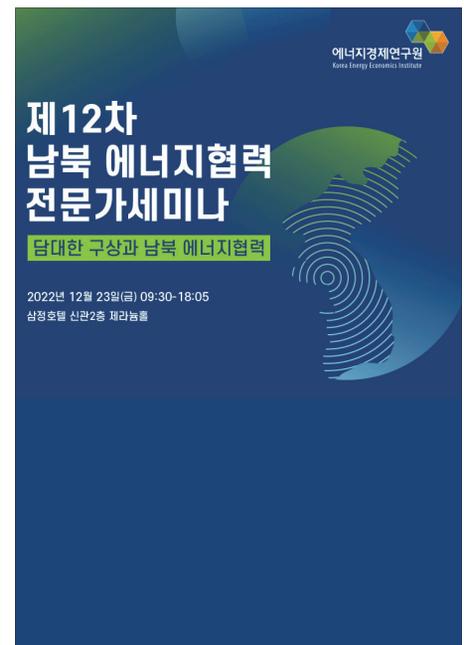


## 에너지경제연구원, 제12차 남북에너지협력 전문가 세미나 개최

일시: 2022년 12월 23일(금)

장소: 서울 삼성호텔 신관2층 제라늄홀

에너지경제연구원(이하 에경연)은 12월 23일(금) 제12차 남북에너지협력 전문가 세미나를 개최한다. 에경연은 정부의 대(對)북한 경제협력 지원에 대한 '담대한 구상'의 의미를 짚고 에너지 분야의 협력 가능 프로젝트들의 추진 방향을 모색한다. 에경연 임춘택 원장의 개회사를 시작으로 총 3개 세션이 진행된다. 「세션I: "담대한 구상", 그 전제와 과제(중앙대학교 이상만 명예교수)」 「세션II: 코로나 봉쇄시기의 북한 경제(한양대학교 장형수 교수)」 「세션III: 남북 에너지협력 프로젝트 분석(미래에너지전략연구 류지철 대표)」 에경연 임춘택 원장은 초대의 말을 통해 "이번 회의가 북한 비핵화 시 경제발전지원 비전 제시 및 비핵·평화 번영의 한반도 실현을 위한 첫걸음이 되었으면 좋겠다"며, "남북 에너지협력 각 분야에서 활동하고 계시는 전문가분들의 적극적인 참여와 고견을 부탁드립니다."고 밝혔다.



# 교육서비스

Education Service

국내·외 에너지 정책 환경 변화에 대한 대응능력 함양과 인적 네트워크 강화를 위해  
에너지 유관 기업 및 공공기관 임원급(에너지고위경영자과정) 및 중간관리자급(차세대에너지리더과정)  
직원을 대상으로 교육 서비스 제공

Next Generation Leader

**Korea Energy Economics Institute**

Education Service

---

## 에너지고위경영자 과정

### 가. 목적

- 에너지 유관 기업 및 공공기관의 임원급 직원을 대상으로 국내·외 주요 에너지 이슈에 대한 전문지식을 심도 있게 전달함으로써 글로벌 시대 에너지리더로서 필요한 자질 육성
- 에너지경제연구원은 2002년부터 '에너지고위경영자과정'을 개설하여 2021년까지 총 20기, 718명의 수료생 배출

### 나. 교육현황

- 교육기간 : 매년 상반기 금요일(13주간, 국내연수 및 해외연수 포함)
- 교육시간 : 제1특강(15:00~16:20) / 제2특강(16:30~17:50)
- 지원자격 : 에너지 관련 기업 및 공공기관 등의 임원급 고위경영자, 고위 공무원, 기타 동등한 자격을 갖춘 자
- 교육비용 : 900만원(사정에 따라 변동 가능)

### 다. 운영현황

- 강사진 : 연구원장, 에너지관련 기업 및 공공기관 대표, 학계·문화예술계 등
- 출석 관리 및 수료증 수여 조건
  - 출석부를 통한 개인별 출결 상황 매주 확인
  - 전 강좌의 2/3 이상 출석한 참가자에 한하여 수료증 수여

---

## 차세대에너지리더 과정

### 가. 목적

- 에너지 유관 기업 및 공공기관의 중간관리자급 직원을 대상으로 국내·외 주요 에너지 이슈에 대한 전문지식을 심도 있게 전달함으로써 대한민국 에너지 산업을 이끌어갈 차세대에너지리더 조기 발굴 및 육성
- 에너지경제연구원은 2009년부터 '차세대에너지리더과정'을 개설하여 2021년까지 총 13기, 511명의 수료생 배출

### 나. 교육현황

- 교육기간 : 매년 하반기 금요일(13주간, 국내연수 및 해외연수 포함)
- 교육시간 : 제1특강(15:00~16:20) / 제2특강(16:30~17:50)
- 지원자격 : 에너지 관련 기업 및 공공기관 등의 중간관리자급 직원, 중간관리자급 공무원, 기타 동등한 자격을 갖춘 자
- 교육비용 : 550만원(사정에 따라 변동 가능)

### 다. 운영현황

- 강사진 : 에너지경제연구원 부서장급 이상 연구진 및 학계·문화예술계·체육인 등
- 출석 관리 및 수료증 수여 조건
  - 출석부를 통한 개인별 출결 상황 매주 확인
  - 전 강좌의 2/3 이상 출석한 참가자에 한하여 수료증 수여



## ENERGY FOCUS

「에너지포커스」는  
에너지경제연구원이 발행하는  
에너지 정책 정보 매거진입니다.

  
에너지경제연구원  
[www.keei.re.kr](http://www.keei.re.kr)

  
9 1  
9 771739 134007  
ISSN 1739-1342