총설

탄소중립 실현을 위한 에너지시스템 통합 및 신재생에너지 정책 방향

공지영¹ · 조상민^{2*}

¹에너지경제연구원 신재생에너지연구팀 부연구위원, ²에너지경제연구원 신재생에너지연구팀 연구위원

Towards Net-Zero Emissions: Energy System Integration and Policy Direction for New and Renewable Energy

Jiyoung Kong¹ and Sangmin Cho^{2*}

¹Associate Research Fellow, Korea Energy Economics Institute, Ulsan, Korea

²Research Fellow, Korea Energy Economics Institute, Ulsan, Korea

*Corresponding Author. Sangmin Cho, smin0621@keei.re.kr, Korea Energy Economics Institute, Ulsan, Korea

Received

11 June 2021

Final version Received

25 June 2021

Accepted

25 June 2021

Abstract

This study examines the necessity of energy system integration (ESI), the challenges in its implementation, and the policy directions towards promotion of new and renewable energy in order to achieve carbon neutrality. Although the overall transformation of the economy, industry, and society is essential for achieving carbon neutrality, the most important aspect is the implementation of ESI that aims for a highly efficient transformation process. ESI comes with its own challenges such as securing sufficient new and renewable energy sources, securing technological alternatives for energy conversion, converting the power system to use renewable energy as the main power source, and securing green hydrogen. Overall, these policies could lead to ensuring a fundamental transformation of the energy system and providing an opportunity for accelerating decarbonization. We must actively respond to this change and take advantage of opportunities.

Key words : Carbon neutrality, Energy system integration, New and renewable energy policy

요약

본 연구에서는 탄소중립 달성을 위한 에너지시스템통합의 필요성과 신재생에너지 분야의 도전과제, 그리고 이를 극복하기 위한 정책방향을 살펴보았다. 탄소중립 실현을 위해서는 경제, 산업, 사회 전반, 특히 에너지시스템의 근본적인 전환이 요구되며 이를 효율적으로 구현하기 위한 에너지시스템 통합이 필요하다. 에너지시스템통합에서 핵심 에너지원은 신재생에너지로, 신재생에너지 중심의 에너지시스템 통합을 실현하기 위해서는 몇 가지 극복해야 할 도전과제들이 존재한다. 신재생에너지의 충분한 확보, 에너지변환을 위한 기술적 대안의 확보, 재생에너지 주력 전원화를 위한 전력계통 전환, 그리고 그린수소 확보가 그것이다. 우리는 적극적으로 상기의 신재생에너지 정책을 추진하여 에너지시스템 전환과 탄소중립 실현 기반을 마련하고, 그 과정에서 창출될 기회들을 우리의 것으로 만드는 노력을 기울여야 할 것이다.

주요어 : 탄소중립, 에너지시스템 통합, 신재생에너지 정책

서 론

국제사회는 파리협정에 따라 2020년 말까지 2050년까지의 장기저탄소발전전략(Long-term low greenhouse gas Emission Development Strategies, LEDS)을 국제연합(United Nations, UN)에 제출하기로 합의한 바 있다. 이에 2021년 5월 기준 우리나라, 프랑스, 일본 등 28개국¹⁾과 유럽연합(European Union, EU)은 2100년 1.5°C 상승 억제를 고려한 LEDS를 제출하였다. 한편, 우리나라를 포함한 세계 각국은 기후변화 대응 전략수립 과정에서 탄소순배출량 제로를 목표로 하는 탄소중립을 선언하고, 이를 실현하기 위한 이행체계를 구축하고 있다. 2020년 이후 본격적인 탄소중립 체제가 출범하게 된 것이다.

탄소중립 실현을 위해서는 경제, 산업, 사회 전반에 걸친 장기적이고 구조적인 전환이 필요하다. 그 중에서도 가장 핵심은 에너지시스템 전환이다. 에너지시스템이 탄소배출의 약 87%²⁾를 담당하고 있는 만큼, 에너지시스템의 근본적인 변화 없이 탄소중립을 실현하는 것은 사실상 불가능하기 때문이다. 주요국은 탄소중립을 위한 에너지시스템 분야에서의 궁극적인 해법으로 에너지시스템 통합에 주목하고 있다. 에너지시스템 통합은 “재생에너지를 기반으로 에너지 공급과 소비가 상호 연계되는 에너지 시스템”으로 신재생에너지 공급을 기반으로 한 에너지원 간 통합과 최종 에너지 소비 부문 간 연계가 핵심이다(KEEI, 2020). 이러한 에너지시스템 통합 전략의 주요 방향은 에너지시스템의 구조적 전환을 에너지원 혹은 부문의 개별 이슈가 아닌 통합적 관점에서 접근함으로써 탄소중립 실현과 동시에 에너지시스템의 신뢰성과 효율성을 담보한다는 것이다.

에너지시스템의 통합이 탄소중립 사회의 실현을 추구하는 만큼 에너지시스템 통합을 추진함에 있어서 가장 중요한 것은 신재생에너지의 비중을 확대, 나아가 신재생에너지를 주력 에너지원으로 활용하고 에너지시스템의 신재생에너지에 대한 수용성을 확보하는 것이다. 본고에서는 탄소중립을 추구하는 과정에서의 에너지시스템 통합과 관련한 논의들을 살펴보고 에너지시스템 통합 과정에서 예상되는 신재생에너지 분야의 도전과제, 그리고 이를 극복하기 위한 발전방향을 고찰한다. 특히 신재생에너지 분야의 도전과제와 발전방향은 최근 수립된 제5차 신재생에너지 기

술개발 및 이용보급 기본계획(이하 제5차 신재생에너지 기본계획)에서 제시된 내용을 중심으로 정리하고자 한다.³⁾

국내외 탄소중립 추진 현황

2020년 10월 28일 문재인 대통령이 국회 시정연설에서 처음으로 2050년 탄소중립을 선언하였다. 2050년 탄소중립은 2018년 제48차 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change) 총회 이후 채택된 「지구온난화 1.5°C 특별보고서」에 기반하고 있다. 해당 보고서에는 파리협정('16년 발효)에서 합의된 2100년 1.5°C 상승 억제 목표의 과학적 근거를 제공하는 한편, 2030년까지 2010년 대비 이산화탄소 배출량 45% 이상 감축, 2050년 탄소중립 달성 등의 경로를 제시하였다. 이후 UN의 LEDS 제출시한('20.12월)이 도래하면서 EU, 중국, 일본 등 주요국들은 탄소중립을 선언하였다.⁴⁾

2020년 12월 기준 탄소중립을 선언한 국가는 129개국과 EU이다. 이중 스웨덴, 영국 등 6개국은 법제화를 완료하였고, 우리나라, 캐나다, 칠레 등 5개국과 EU는 관련 법안을 상정하였다. 미국, 일본, 중국 등 20개국은 탄소중립을 정부계획 혹은 로드맵에 반영하고 있다. 반면, 이탈리아, 멕시코, 네덜란드 등 98개국의 경우 탄소중립 목표 연도는 설정하였지만, 세부 이행 방안은 아직 논의 중이다(Table 1). EU, 미국, 일본 등 주요국은 탄소중립 실현 방안으로 재생에너지 공급확대, 저탄소 차량 보급, 관련 자금 조성 및 투자 확대 등을 언급하고 있다(KITA, 2021).

우리나라 정부는 탄소중립 선언을 실현하기 위한 “2050 탄소중립 추진전략”(이하 추진전략)을 지난해 12월 발표하였다. 동 추진전략에서는 “적응적 감축에서 능동적 대응으로 탄소중립·경제성장·삶의 질 향상 동시 달성”을 비전으로 제시하였다. 즉 기후변화 위기 극복과 탄소중립 실현을 경제성장과 사회발전의 새로운 기회로 활용하겠다는 전략적 변화가 이루어진 것이다. 전략 추진 방안은 3+1로, 경제구조의 저탄소화, 신유망 저탄소 산업 생태계 조성, 탄소중립 사회로의 공정한 전환을 3대 정책방향으로 추진하는 한편, 탄소중립을 위한 제도적 기반강화를 추가적으로 제시하고 있다. 즉 경제, 산업, 사회 부문 전반에 걸친 구조변화를 추구한다(The Government of ROK, 2020a).

2021년에는 정부가 탄소중립의 세부 과정을 수립하기 위해 국가 차원의 탄소중립 시나리오 설정과 분야별 탄소

1) 2021년 6월 7일 기준 LEDS를 제출한 28개국은 프랑스, 스위스, 덴마크, 한국, 오스트리아, 네덜란드, 스웨덴, 스페인, 벨기에, 라트비아, 노르웨이, 핀란드, 남아프리카공화국, 싱가포르, 슬로바키아, 코스타리카, 포르투갈, 일본, 피지, 마셜군도, 우크라이나, 영국, 체코, 독일, 베네티, 미국, 멕시코, 캐나다임(UNFCCC, 2021).

2) The Government of ROK(2020b) p.30 참조.

3) 제5차 신재생에너지 기본계획(MOTIE, 2020)은 국가 에너지계획 중 최초로 탄소중립 실현을 위한 전략과 정책수단을 제시하고 있으며, 에너지시스템 통합을 중요한 정책과제로 설정하였음.

4) The Republic of Korea Policy Briefing(2021.06.03) 참조.

Table 1. Carbon Neutrality Race

Target Status (number of countries)	Country
In Law (6)	Sweden, United Kingdom, France, Denmark, New Zealand, Hungary
Proposed Legislation (5+EU)	South Korea, Canada, Chile, European Union, Spain, Fiji
In Policy Document (20)	Brazil, Vatican City, Andorra, Panama, Kazakhstan, US, China, Japan, South Africa, Slovenia, Austria, Switzerland, Ireland, Portugal, Norway, Marshall Islands, Iceland, Germany, Finland, Costa Rica
Target under Discussion (98)	The Netherlands, Mexico, Italy, Peru, Greece, Czechia, Luxembourg, Ethiopia, Belgium, Argentina, etc.

Data: ECIU (2021.05.26)

중립 추진전략 수립을 추진하고 있다. 이를 위해 정부는 2021년 6월까지 “2050 탄소중립 시나리오” 설정을 목표로 탄소중립 기술작업반을 구성하였다. 해당 기술작업반에는 각계의 전문가들이 참여하여 분야별로 탄소중립 실현을 위한 수단들을 식별하고, 이러한 수단들을 활용하여 탄소중립을 실현하기 위한 구체적인 경로와 세부 목표에 대해 논의하고 있다. 이렇게 제시될 탄소중립 시나리오를 바탕으로 연내(’21.12월) 분야별 탄소중립 추진전략이 수립될 예정이다(The Government of ROK, 2020.12a). 여기서는 탄소중립 시나리오를 실현하기 위한 구체적인 전략과 정책수단들이 제시될 것으로 기대된다.

탄소중립과 에너지시스템 통합

탄소중립을 위한 에너지 분야의 주요 수단은 탈탄소화, 전기화, 수소화로 요약할 수 있다. 탈탄소화는 재생에너지를 중심으로 하는 공급 측면의 탈탄소화, 에너지 수요관리 및 효율 향상 등의 수요 측면의 탈탄소화로 정의될 수 있으며, 이산화탄소를 포집하여 활용하는 CCUS(Carbon Capture, Utilization and Storage) 등 기타 수단의 활용 또한 포괄한다. 전기화는 열, 가스, 수송 연료 등을 기존의 화석연료에서 전기로 전환하는 것을 의미한다. 이는 최종에너지 소비 부문에서의 이산화탄소 저감 방안으로 특히 수송부문 및 산업부문과 같이 난(難)탈탄소화 부문에서의 탄소중립 목표 달성을 위한 주요 수단으로 주목받고 있다. 수소는 재생에너지의 변동성에 대응하여 에너지시스템에 유연성을 제공할 수 있는 수단인 동시에, 열, 수송 연료, 나아가 산업용 원료 등을 수소로 전환함으로써 난(難)전기화 분야에서의 이산화탄소 저감을 실현할 수 있는 보완적, 장기적 대안으로 검토되고 있다.

이러한 방향성은 IEA(2021)의 보고서에서도 확인할 수 있다. 국제에너지기구(International Energy Agency, IEA)는 2050년 탄소중립을 위한 경로를 제시한 “Net Zero by

2050” 보고서를 발간하였다. 여기서는 탄소중립 주요 수단으로 공급부문에서 대체에너지(태양광, 풍력, 바이오 등)로의 전환과 수요관리 및 에너지효율 향상, 그리고 전기화와 수소화 등을 제시하고 있다.⁵⁾ 동 보고서에서는 2030년까지의 이산화탄소 저감 주요 수단으로 에너지효율 향상과 태양광 및 풍력 보급을 제시하고 있다. 그런데 2050년에 이르러서는 전술한 감축 수단 외에 전기화, 수소화, CCUS 등이 이산화탄소 감축에 50% 가량 기여할 것으로 전망하였다(Fig. 1).⁶⁾

그런데 탄소중립을 효과적이고, 효율적으로 실현하기 위해서는 탈탄소화, 전기화, 수소화를 개별적으로 접근하는 것이 아니라 통합적 관점에서 접근할 필요가 있다. 이러한 필요성에 따라 제시된 개념이 바로 ‘에너지시스템 통합’이다. 통합에너지시스템은 에너지원 간, 부문 간의 자유로운 에너지 변환-저장-거래를 가능토록 하는 플랫폼으로 정의할 수 있을 것이다. 에너지시스템 통합의 목적은 에너지 공급체계를 에너지원 간 그리고 부문 간 연계함으로써 에너지시스템 전 부문에 걸친 탈탄소화를 구현하는 것이다. 그리고 그 중심에는 신재생에너지 중심의 에너지 공급이 있다. 국제재생에너지기구(International Renewable Energy Agency, IRENA), EU, 미국 등 주요 기관과 국가들은 탄소중립 비전을 달성하기 위한 주요 수단으로 에너지시스템 통합에 주목하고 있으며, 부문결합(Sector Coupling), 에너지시스템 통합(Integrated Energy System) 등으로 지칭하고 있다(KEEI, 2019).

에너지시스템 통합이 중요한 이유는 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 첫 번째는 에너지시스템 확장과 유연성 확보를 통해 재생에너지 변동성을 제어하고 이를 통해 에너지시스템의 재생에너지에 대한 수용성과 신뢰성을 극대화하기 위해서이다. KEEI(2020a)는 우리나라가 2030년 재생에너지 발전 비중 목표 20%를 달성할 경우 피크시간대에

5) IEA(2021) p.64 참조.

6) IEA(2021) p.47 참조.

전력 순수요(Net Load)가 급감하는 현상이 발생할 것으로 전망하였다(Fig. 2). 재생에너지 비중이 증가할수록 이러한 현상은 심화될 것이고, 에너지시스템 운영의 어려움이 가중될 우려가 있다. 에너지시스템 통합은 재생에너지 잉여전력을 타 에너지원으로 변환하여 활용토록 하고 반대로 전력이 부족할 경우 타 에너지원과 타 부문에서 전력을 공급하는 등의 상호연계를 통해 에너지시스템 운영을 효율화한다. 이러한 에너지시스템의 효율화와 최적화는 태양광 및 풍력과 같은 변동성 재생에너지가 에너지시스템 특히 전력계통에 충분히, 그리고 안정적으로 진입할 수 있도록 한다. 그리고 이것은 에너지시스템 전반의 탈탄소화에 기여한다.

두 번째 이유는 난(難)탈탄소화 부문의 탈탄소화 촉진을 위해서이다. REN21(2020)에 따르면 전력부문에서의 재

생에너지 정책을 보유한 국가는 143개국인 반면 수송부문은 70개국, 냉난방부문은 23개국에 불과하며 최근 도입 국가 수 변화도 미미하다(Fig. 3). 이는 핵심 재생에너지 기술인 태양광과 풍력이 전력생산 재생에너지이기 때문이며 이 때문에 재생에너지 보급이 전력부문에 집중되어 있기 때문이다. 그런데 이는 전력부문에 비해 수송부문과 냉난방부문에서의 재생에너지 보급과 탈탄소화가 상대적으로 어려울 것이라는 것을 의미한다. 에너지시스템 통합은 에너지원 간 그리고 최종에너지 소비 부문 간 연계와 전기화 및 수소화를 기반으로 탈탄소화가 어려운 수송부문과 냉난방부문 등에서의 탈탄소화 달성 가능성을 제고한다. 즉, 태양광과 같은 전력생산 재생에너지를 통해 전력부문을 탈탄소화하고, 탈탄소화가 어려운 부문은 기존의 화석연료를 재생에너지로부터 생산된 전기와 수소로 대체함으로써 간접적

Fig. 1. Reduction in emissions expected to be achieved by various mitigation measures adopted in the NZE, 2020–2050 (IEA, 2021). Note: Other fuel shifts indicates switching from coal and oil to natural gas, nuclear, hydropower, geothermal concentrating solar power or marine.

Fig. 2. Summer net load pattern in 2030 (KEEI, 2020a).

Fig. 3. Number of countries with renewable energy policies, 2004–2019 (REN21, 2020).

Fig. 4. (Left) Integrated smart energy system (The 3rd EMPWG, p.24) and (right) integrated green energy system (right) (KEEI, 2020).

으로 탈탄소화를 실현하게 되는 것이다.

에너지시스템 통합의 필요성은 이미 많은 국가들이 인지하고 있으며 관련 연구들도 활발하게 진행 중이다. 대표적으로 미국의 경우 에너지시스템 통합을 실현하기 위한 기술 확보를 위해 국립재생에너지연구소(National Renewable Energy Laboratory, NREL) 산하에 에너지시스템통합연구소(Energy System Integration Facility, ESIF)라는 별도의 조직을 설립하기도 하였다(KEEI, 2019). 국내의 사례는 우선 제3차 에너지기본계획 워킹그룹의 권고안에서 찾아볼 수 있다. 해당 워킹그룹은 “재생에너지 중심의 통합에너지시스템” 구축을 제안하였는데, 이는 “전기, 열, 가스, 수소 등이 시장가격을 바탕으로 최적으로 생산, 전환, 저장, 거래, 소비할 수 있는 지능형 에너지시스템”을 의미한다

(Fig. 4, left).⁷⁾ 다만, 권고안의 해당 제안은 제3차 에너지기본계획 정부안에서는 축소 반영되었다. 한편 KEEI(2020)는 에너지현안브리프에서 한국판 그린 뉴딜 추진을 위해 그린에너지 통합 시스템을 제시한 바 있다(Fig. 4, right). KEEI는 에너지시스템의 신뢰성 확보 및 난(難)감축 분야 탈탄소화를 위해 “그린에너지 통합 시스템”을 도입하고, 이러한 장기적 비전에 부합하도록 한국판 그린 뉴딜 사업을 설계하고 추진할 필요가 있음을 언급하고 있다(KEEI, 2020). MOTIE(2020)는 제5차 신재생에너지 기본계획에서 “탄소중립을 위한 그린수소⁸⁾ 중심의 공급센터 커플링

7) The 3rd EMPWG(2018), p.24 참조

8) 재생에너지 전력으로부터 생산된 수소

Table 2. LCOE outlook for solar PV and onshore wind (as of 2020, financial perspective)

(unit: won/kWh)

Item	Capacity	2020	2030	Rate of change (%)
Solar PV	100 kW	169.8	128.4	-24.4
	1 MW	144.8	108.3	-25.2
	3 MW	136.1	94.2	-30.8
Onshore wind	20 MW	166.8	150.3	-9.9

Data: KEEI (2020b), p.121

활성화”를 제안하고, 발전부문을 포함한 전 부문의 탄소중립을 위한 에너지원 간, 최종소비 부문 간 섹터커플링 활성화를 강조하고 있다. 한편 KEEI(2019)는 E-mobility 성장에 따른 에너지시스템의 변화를 통합에너지시스템의 관점에서 분석하였다. 동 연구에서는 통합에너지시스템에 대한 해외 사례 분석과 함께 통합에너지시스템의 관점에서 신재생에너지 및 E-mobility 산업이 상호연계하여 성장하기 위한 전략을 제시한 바 있다. 마지막으로 GESI(2021)는 한국의 탄소중립 달성을 위한 시나리오를 제시하고, 섹터커플링과 P2G, P2H, V2G⁹⁾ 등 에너지변환 기술의 탄소중립 실현에 대한 기여도를 정량적으로 분석하여 제시하였다.

에너지시스템 통합과 신재생에너지의 도전과제

탄소중립 실현을 위해 에너지시스템 통합은 필수적이고, 에너지시스템의 통합에서 신재생에너지는 가장 중요한 위치를 차지하고 있다. 그런데 신재생에너지 중심의 에너지시스템 통합을 추구함에 있어 반드시 극복되어야 할 신재생에너지 분야의 도전과제들이 있다. 첫째는 신재생에너지의 충분한 확보이다. 에너지시스템 전반에 걸친 탈탄소화를 실현하기 위해서는 현재의 수준을 크게 뛰어넘는 신재생에너지 자원을 확보할 필요가 있다. 한국에너지기술평가원이 개최한 ‘제1회 탄소 중립 테크 포럼’에서는 탄소중립 달성을 위해 400GW 이상의 태양광 설비가 필요할 것으로 제시되었다.¹⁰⁾ 이는 2020년 태양광 누적 보급량 15.9GW의 약 25배에 달한다(KEA, 2021.06.07).¹¹⁾ 한편 MOTIE·KEA(2021)는 신재생에너지백서를 통해 태양광의 시장 잠재량을 369GW로 제시한 바 있다. 해당 수치는 현재의 기술과 규제 및 가격 정책 하에서의 잠재량으로 기술발전과 규제개선, 그리고 가격하락을 통해 변화할 수 있다. 그러나 이러한 변수를 고려하더라도 탄소중립을 위해

요구되는 태양광의 용량은 국내 잠재량 대비 매우 높은 수준임은 분명해 보인다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 태양광의 효율 향상, 풍력 이용률 향상 등의 기술발전과 더불어 BIPV(Building Integrated Photovoltaic System)나 영농형 태양광, 주민참여형 태양광 등 우리나라의 여건에 최적화된, 수용성을 확보한 사업모델 개발이 필요하다. 한편으로는 해양에너지, 수열, 공기열 등의 다양한 재생에너지 자원을 확보하는 노력도 요구된다.

신재생에너지의 가격경쟁력 확보도 필수적이다. KEEI(2020b)은 Table 2와 같이 2020년 기준 국내 태양광의 LCOE(Levelized Cost of Electricity)를 136.1원/kWh(3MW 기준)~169.8원/kWh(100kW 기준), 풍력의 LCOE를 166.8원/kWh(20MW 기준)로 제시하였다. 이는 BNEF(2020)가 제시하고 있는 전세계 평균 고정식 태양광 LCOE 47달러/MWh와 육상풍력 LCOE 41달러/MWh를 크게 상회한다(BNEF, 2020). KEEI(2020b)은 2030년 태양광과 풍력 LCOE를 각각 94.2원/kWh~128.4원/kWh, 150.3원/kWh으로 전망하고 있는데 이 또한 2020년 글로벌 평균에도 미치지 못한다. 이러한 높은 국내 재생에너지 가격은 재생에너지의 실질적인 활용 잠재량을 감소시킬 뿐만 아니라, 장기적으로는 전기요금 상승으로 세계 시장에서 국내 최종재의 가격경쟁력 저하를 유발할 수도 있다. 이를 극복하기 위해서는 기술개발과 시장제도의 개선을 통해 적극적으로 가격하락을 추구할 필요가 있다.

둘째는 에너지변환을 위한 기술적 대안들을 확보해야 한다. 에너지시스템 통합에는 에너지원 간, 부문 간 자유로운 에너지변환, 저장, 거래가 필수적이다. 이를 위해서는 가장 먼저 에너지변환 기술을 확보해야 한다. 제5차 신재생에너지 기본계획에서는 같은 맥락에서 P2G(Power to Gas), P2H(Power to Heat), P2L(Power to Liquid) 등의 P2X 기술과 G2P(Gas to Power), V2G(Vehicle-to-Grid) 기술의 확보 전략을 제시한 바 있다. P2G는 재생에너지 전력을 그린수소로 전환하는 것을 의미하며 잉여 재생에너지 전력의 활용에 기여한다. P2H는 재생에너지 전력을 열로 전환하는 것으로, 난방부문 등 최종에너지 소비 부문에서의 재생에너지 확대에 기여할 것이다. P2L은 재생에너지, 그린

9) P2G, P2H, V2G에 대해서는 이후 상술하였음.

10) Moon(2021.03.02) 참조.

11) 2020년 태양광 누적보급량 15.9GW는 잠정 수치로 2021년 하반기 확정 예정임.

수소, 탄소중립 이산화탄소를 활용하여 메탄올, 가솔린, 경유 등을 생산하는 것으로 장거리 수송과 장기간 저장에 적합하고 에너지밀도가 높은 탄소중립 연료 확보에 기여할 수 있다. G2P는 그린수소를 전력으로 전환하는 것으로, 부하이전과 유연성 및 관성을 제공하는 역할을 수행할 수 있다. V2G는 전기차를 전력망과 연결하여 충·방전을 함께 제어할 수 있는 기술로 전기차의 배터리를 에너지저장장치처럼 사용하는 방법이다.¹²⁾ 앞서 제시한 기술들의 대부분은 아직 개발 중이거나 실증단계에 머무르고 있어 앞으로 과감한 R&D 투자와 함께 이들을 융·복합한 대규모 실증이 요구된다.

셋째는 재생에너지 주력 전원으로 활용하기 위한 전력계통 전환이다. 재생에너지 비중이 빠르게 증가하면 변동성과 불확실성이 증대되고 이는 전력계통의 강건성과 복원력 약화로 이어질 우려가 있다. 이를 극복하기 위해 단기적으로는 전력망 규정(Grid Code) 고도화로 유연성 자원을 체계적으로 확보할 수 있는 기반을 마련할 필요가 있다. 또한 자가태양광, 스마트가전, 전기차, 축열조 등 수용가측 자원을 확보하는 한편 전지형에너지저장장치(Battery Energy Storage System, BESS), 그린수소 및 액상 연료저장 등의 저장자원을 확보할 필요가 있다. 한편, 제5차 신재생에너지 기본계획에서는 분산에너지의 활성화에 대비하여 지역 단위 배전망운영자(Distribution System Operator, DSO)를 도입하고, AC 기간망(백본)과 DC 배전망을 융합한 하이브리드형 전력망으로 전환할 필요가 있음을 강조하고 있다.¹³⁾ 이는 전력시장과 전력계통과 관련한 완전히 새로운 사업모델과 사업자의 탄생을 유도하게 될 것으로 전망된다.

넷째는 그린수소 확보이다. 그린수소는 잉여 재생에너지 전력의 활용을 극대화하여 에너지시스템의 유연성을 확충하는 한편, 난(難)전기화 분야의 신재생에너지 공급을 보장하여 에너지시스템의 통합과 탄소중립 실현을 촉진한다. 제5차 신재생에너지 기본계획에서는 그린수소 확대를 위해서 그린수소 활용을 의무화하고 국내의 공급능력을 확보하는 전략을 제시하였다. 그린수소 활용 의무화를 위해 발전부문에서는 신재생에너지 공급의무화 제도(Renewable Portfolio Standard, RPS)와 수소 발전 의무화 제도(Hydrogen Energy Portfolio Standard, HPS)를 활용하여 그린수소를 활용한 전력생산을 의무화하는 방안을 제시하고 있다. 한편, 수송부문에서는 신재생에너지연료 혼합의무화 제도(Renewable Fuel Standard, RFS)를 개편하여 그린수소의 혼합을 의무화하는 정책, 산업부문에서는 공정별 그린수소 의무화 및 인센티브 도입을 제안하였다. 그린수소 공급

능력 확보를 위해서는 국내에서 재생에너지 잉여전력을 활용하여 수소를 생산하는 한편, 해외 대규모 그린수소 해외 프로젝트 개발을 통해 해외 그린수소 도입을 적극 추진할 필요가 있다.¹⁴⁾ 앞서 밝힌 바와 같이 탄소중립 달성을 위한 국내 재생에너지 잠재량이 여유롭지 않은 상황에서 적극적인 해외 수소 자원개발의 중요성은 더욱 부각될 것으로 판단된다.

결론

본고에서는 탄소중립과 관련한 국내외 현황을 살펴보고, 탄소중립 실현과정에서의 에너지시스템 통합의 필요성, 그리고 에너지시스템 통합에서의 신재생에너지의 역할과 도전과제를 살펴보았다. 본고에서 논의된 내용을 정리하면 다음과 같다.

첫째 2050 탄소중립은 국제사회의 새로운 질서로 자리 잡았으며, 우리나라도 세계사회의 일원으로서 2020년에 2050 탄소중립을 선언하고 이를 실현하기 위한 시나리오 설정, 전략 및 수단 개발에 역량을 집중하고 있다.

둘째 탄소중립을 실현하기 위해서는 경제, 산업, 사회 전반에 걸친 전환이 요구되며 그중 핵심은 에너지시스템의 전환이다. 탄소중립 실현을 위한 에너지시스템 전환은 탈탄소화, 전기화, 그리고 수소화로 정의할 수 있으며 이러한 에너지시스템의 전환을 효율적으로 구현하기 위해서는 에너지시스템의 통합이 필수적이다.

셋째 탄소중립 시대에 통합된 에너지시스템 하에서 주력 에너지원으로서 신재생에너지가 효율적으로 활용되기 위해서는 다음과 같은 몇 가지 도전과제를 극복해야 할 것이다. 우선 신재생에너지 잠재량 확충과 가격하락이 필요하다. 다음으로 에너지변환 기술의 확보가 요구된다. 마지막으로 신재생에너지에 대한 에너지시스템의 수용성을 확보하기 위한 전력계통의 대전환과 그린수소의 확보가 필요하다.

탄소중립은 경제, 산업, 사회 전반의 구조적 전환을 요구하게 될 것이다. 이러한 구조 변화에는 많은 어려움이 따르기 마련이고 다양한 형태의 저항도 예견되는 바이다. 그러나 탄소중립은 전 세계적 기조로 자리 잡았고 우리에게 그것은 이미 선택이 아닌 필수가 되었다. 따라서 우리가 추구해야 할 전략은 현재의 시스템 하에서 비용과 노력을 최소화하며 탄소중립에 수동적으로 대응하는 것이 아니라, 근본적인 구조변화를 주도적으로 추구하고 그 과정에서 생겨나게 될 기회들을 우리의 것으로 만드는 방안을 찾는 것이다.

12) MOTIE(2020), KEEI(2020a) 자료 바탕으로 저자 수정 작성

13) MOTIE(2020) p.42~45 참조.

14) MOTIE(2020) p.46~48 참조.

References

- BloombergNEF(BNEF), 2020. *2H 2020 LCOE Data Viewer*, England, London.
- Energy and Climate Intelligence Unit(ECIU), 2021.05.26. <https://eciu.net/netzerotracker>
- Green Energy Strategy Institute(GESI), 2021. *Deep Decarbonization of the Korea's Energy System, Report*, Seoul, Korea, xiip, 3p (in Korean).
- International Energy Agency(IEA), 2021. Net Zero by 2050, Flagship report-May 2021, Paris, France, 47p, 64p.
- Korea Energy Agency(KEA), 2021.06.07., <https://www.knec.or.kr/pds/statistics.aspx>
- Korea Energy Economics Institute(KEEI), 2019. *A Study on Strategies to Respond to The Growth of E-Mobility in The Petroleum, Electric Power, and New and Renewable Energy Industries (New and Renewable Energy) (2/4)*, KEEI Report 19-25-3, Ulsan, Korea, p.31-32.
- Korea Energy Economics Institute(KEEI), 2020a. *A Study on Strategies to Respond to The Growth of E-Mobility in The Petroleum, Electric Power, and New and Renewable Energy Industries (New and Renewable Energy) (2/4)*, KEEI Report 20-25-3, Ulsan, Korea, 49p, 29p.
- Korea Energy Economics Institute(KEEI), 2020b. *Establishment and Operation of Mid-to Long-term LCOE Outlook System for Promoting Renewable Energy Supply*, KEEI Report 20-21, Ulsan, Korea, 121p.
- Korea Energy Economics Institute(KEEI), 2020. *The Direction of The South Korea's Green New Deal: Diagnosis and Suggestions, Energy Issue Brief (irregular)*, Ulsan, Korea, 11p, 12p.
- Korea International Trade Association(KITA), 2021. *Carbon-neutral Policies and Implications of Major Countries: The Landscape of Manufacturing Competitiveness Is Changing!*, Institute for International Trade(IIT), Trade Focus 2021-13, Seoul, Korea, p.2-13.
- Ministry of Trade, Industry and Energy(MOTIE), 2020. *The 5th New and Renewable Energy Technological Development, Use and Distribution Basic Plan*, Sejong, Korea, 48p, p.42-45, p.46-48, 37p.
- Ministry of Trade, Industry and Energy(MOTIE)-Korea Energy Agency(KEA), 2021. *New and Renewable Energy White Paper*, Korea, 119p.
- Moon, S.K., 2021.03.02. *The Cheapest Energy Source within 10 Years Is Solar Power*, Edaily, <https://www.edaily.co.kr/news/read?newsId=04316486628979384&mediaCodeNo=257&OutLnkChk=Y>
- REN21, 2020. *Renewables Global Status Report 2020*, Annual Report 2020, Paris, France, 54p.
- The 3rd Energy Master Plan Working Group(The 3rd EMPWG), 2018. *Korea Energy Vision 2040 for Sustainable Prosperity: Recommendations for the Establishment of the 3rd Energy Master Plan*, 24p.
- The Government of the Republic of Korea(The Government of ROK), 2020a. *2050 Carbon Neutral Strategy, Korea*. (in Korean)
- The Government of the Republic of Korea(The Government of ROK), 2020b. *2050 Carbon Neutral Strategy of The Republic of Korea: Towards a Sustainable and Green Society*, Korea, 30p.
- The Republic of Korea Policy Briefing, 2021.06.03. <https://www.korea.kr/special/policyCurationView.do?newsId=148881562#L5>
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), 2021.06.07. <https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/long-term-strategies>.

공 지 영

2012년 오리건대학교 인문과학대학 수학과 이학사
2015년 부산대학교 대학원 경제학과 경제학석사

현재 부산대학교 대학원 경제학과 박사과정
에너지경제연구원 신재생에너지연구팀 부연구위원
(E-mail; jkong@keei.re.kr)

조 상 민

2004년 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부 공학사
2006년 서울대학교 공과대학 에너지시스템공학부 공학석사
2015년 서울대학교 공과대학 에너지시스템공학부 공학박사

현재 에너지경제연구원 신재생에너지연구팀 연구위원
(E-mail; smin0621@keei.re.kr)