

# 정책브리핑



정책브리핑 | 2024-38호 | 2024년 10월 21일 | 발행처 민주연구원 | 발행인 이한주 | idp.theminjoo.kr

## 왜 '에너지고속도로' 인가 (1)

배지영 연구위원(경제학 박사)

### 《요약》

#### ■ 글로벌 전력망 패러다임 : 재생에너지 통합과 스마트그리드 중심으로 급변하는 중

- 기후위기 대응을 위한 변동성 재생에너지의 전력계통 안정성 확보는 전 세계적 화두
  - 전력 수요의 급증이 예상되는 상황에서, 재생에너지 등 청정 분산전원을 유연하고 안정적으로 통합하는 스마트한 전력시스템은 전 세계적 핵심과제로 부상
- 송전망 적기 구축과 고도화 구상 없이는 첨단 산업 뿐 아니라 한국 경제 전반에 타격 우려
  - 2037년까지 화석연료 기반 전력공급으로는 글로벌 기업들의 온실가스 감축 요구를 충족하기 어려우며, 동해안 원전과 석탄 화력발전 전력의 수도권 송전에도 제약이 큼
  - 윤석열정부는 호남지역 신규 발전소 불허 등 재생에너지 계통접속에 소극적 대응 일관

#### ■ 한국 에너지시스템의 최대 과제 : 탄소중립과 에너지안보를 위한 전력망 혁신

- '에너지고속도로'는 전국의 재생에너지 기반 분산자원을 하나의 효율적 네트워크로 연결하여, 필요한 곳에 에너지를 신속하고 안정적으로 전달하기 위한 전력망 혁신 이니셔티브
  - 송전망 적기 구축 뿐 아니라, 확대된 재생에너지를 원활하게 전력망에 접속시킬 수 있는 유연하고 스마트한 전력시스템 구상이 필요한 시점임
  - '에너지고속도로'는 탄소중립 시대의 전력산업 화두인 3D(탈탄소화·탈중앙화·디지털화)를 지향하며, 재생에너지의 망 우선 접속, RE100 특구, 에너지기본서비스 등을 핵심과제로 제안함
- 주요국들도 재생에너지 통합과 탈탄소 경제로의 전환을 목표로 유연하고 스마트한 전력망 혁신을 위해 대규모 투자 추진
  - 미국 에너지부(DOE)는 2024년 국가 전력망의 디지털화·현대화 촉진을 위한 '더 나은 그리드' 구축 이니셔티브(Better Grid Initiative) 추진
  - 독일과 일본도 확대된 재생에너지의 안정적 에너지시스템 통합과 전력망 디지털화에 주력

▶ 키워드: '에너지고속도로' 개념, 전력망 혁신, 재생에너지 통합, 주요국 스마트그리드 구상

♣ 이 글의 내용은 연구자의 의견이며, 민주연구원의 공식 견해가 아님을 밝힙니다.

## 1. 배경 : 에너지전환의 핵심과제는 전력망 혁신

○ 글로벌 전력망 패러다임은 중앙집중적 화석연료기반 시스템에서 분산형 시스템으로 급변하는 가운데, 주요국들은 전력망 고도화를 기후위기 대응의 핵심 전선으로 인식하고 있음

- 재생에너지 중심의 에너지전환은 더 강력하고 스마트한 그리드를 통해 뒷받침되어야 한다는 문제의식이 확산되는 가운데, 주요국들은 에너지전환을 위한 전력망 투자 대폭 확대

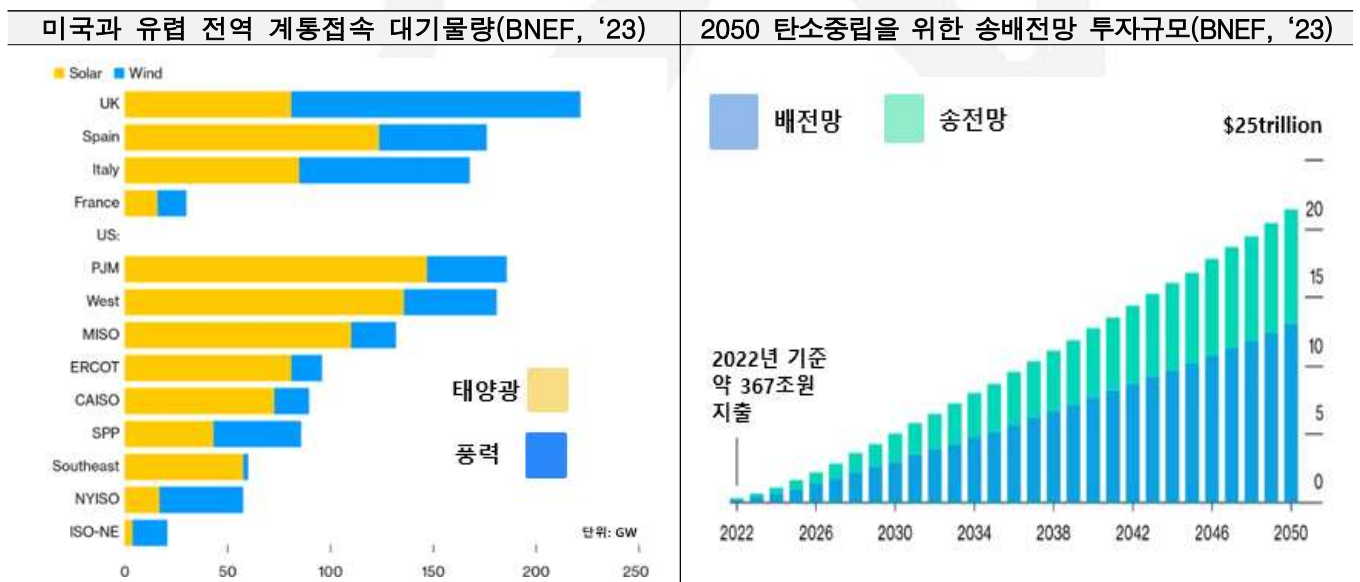
- 미국도 송전선의 약 70%가 25년 이상 되는 등 전력망이 노후화된 상태임. 이에 전력망 현대화를 위한 투자를 통해 에너지전환의 병목현상을 처리하기 위해 노력 중<sup>1)</sup>
- 유럽과 미국의 경우 1,500GW의 태양광, 풍력 발전용량이 계통접속 대기 중이며 이들 지역에 녹색 전력을 공급하고 기후 재앙을 피하려면 1억 5,200만km의 초대형 그리드 필요, 이는 현재 그리드 길이의 두 배 이상에 해당하는 규모로 전망됨(하단, 좌측)
- 블룸버그NEF의 2050 탈탄소 시나리오에 따르면 송배전망 투자에 전 세계적으로 21조 달러 이상이 지출될 것으로 예상되며, 이중 미국과 중국의 투자액이 30% 이상을 차지할 전망(하단, 우측)

○ 전 세계적으로 재생에너지 전력 확대와 전기화 정책 동시 추진으로 전력망 운영 난이도 증가, 이에 변동성 재생에너지(VRE) 확대에 따른 전력계통 안정성 확보는 글로벌 화두로 부상

- 변동성 재생에너지의 출력변화를 수용하도록 유연한 전력시스템을 구축해야 한다는 공감대 확산

- 수요 측면은 에너지 집약적인 데이터센터, 인공지능(AI), 가상화폐산업 확대 등으로 전기화 증대, 공급 측면은 변동성 재생에너지 증가에 따른 전력망 확충 및 스마트그리드 필요성 제고<sup>2)</sup>
- 자연 조건에 따라 발전량이 변동되는 재생에너지 전원 증가로 유효전력 조정이 어려워져 전력계통 운전 난이도 증가 및 안정성 문제 심화
- 유연하고 스마트한 전력망 구축으로 재생에너지 전력을 해당 지역 내에서 흡수하고, 최대 전력수요 시점의 불확실성을 해소하여 전력계통 고장 상황에서의 발전 정지 등 대응책을 적극 모색할 필요

※ 탄소중립 2050 등 국가 기후대응 시나리오 상 '22년부터 '30년까지 전력시스템 유연성 필요성이 두 배 증가(IEA, '23)



1) BloombergNEF, 'A Power Grid Long Enough to Reach the Sun Is Key to the Climate Fight', 2023.

2) IEA, 'Electricity 2024: Analysis and forecast to 2026', 2024.

○ 송전망 적기건설과 동시에 전력망의 재생에너지 통합 · 디지털화 없이는 한국 경제 타격 우려

- 재생에너지가 우선 접속할 수 있는 스마트그리드는 전력안보에 필수적<sup>3)</sup>
  - 국내 전력소비는 '22년 100GW에서 '51년 202GW로 급격하게 증가할 전망
  - 늘어난 전력 수요 대부분은 AI, 데이터센터와 같은 IT 인프라 기반 요소라는 점에서 한국경제의 근간이 되는 상황이지만, 국내 전력소비 증가 전망 대비 송전망 구축은 지연되고 있음
  - ※ 제10차 송변전계획('22) 기준, 신규설비계획으로 포함된 112건 중, 용역 설계 및 기초자료를 검토하는 준비 단계는 60건(53.6%), 입지 선정 단계는 52건(46.4%)으로 실제 착공은 0건
- 신재생에너지원 발전량이 해당 시점의 전력수요나 신뢰도 기준을 초과하면 일부 발전량을 버리는 출력제한이 심화되는 추세
  - 매년 출력제어 횟수는 급증: '21년 68회 → '22년 132회 → '23년도 183회
  - '40 재생에너지 비중 30% 가정 시, 출력제한으로 낭비되는 전력이 연간 7.9TWh까지 발생 가능<sup>4)</sup>

○ 국가 첨단산업단지의 경쟁력 확보를 위해서도 재생에너지 기반 전력망 확충은 필수 과제

- 전국적으로 조성 예정인 국가 첨단산업단지는 15개이며, 이들 산단을 연결하는 전력망 확충 지연 시 산단 생산성 저하를 넘어 국가 경쟁력에 부정적 영향을 미칠 전망
  - 반도체, 디스플레이 등 첨단 산업의 전력의존도는 타 산업 대비 최대 8배 높아 전력인프라 없이는 투자 확보가 어려움 [전력의존도 : 반도체(83%), 디스플레이(85%) 등]
  - '23년에 지정된 국가첨단전략산업 특화단지(7개)는 신규 전력수요 15GW\* 이상 예상
    - \* 이는 전국 최대전력 수요 평균인 72.5GW의 무려 20%에 해당하는 용량<sup>5)</sup>
  - 전국 12개 특화단지 중 용인 등 5개 특화단지는 전력망 보강이 이루어져야 안정적 전력공급 가능
- '37년까지 화석연료기반 전력공급으로는 글로벌 기업들의 온실가스 감축 요구를 맞추기 어려움
  - 정부의 '특화단지 전력공급계획'상 재생에너지 전원 연계는 '37년 이후에야 가능
  - 재생에너지가 풍부한 호남권에서 수도권으로 올라가는 345kV 송전선로는 2개에 불과(약 4.5GW), 변전소 건설 지연시 2036년에 호남권 재생에너지 58.5GW는 버려질 우려

**<국가첨단전략산업 특화단지 지정 현황>** (한국경제인협회, 산업부 자료 재가공)

분야	지역	유관기업	투자규모(기간)	필요전력
반도체	용인·평택	삼성전자, SK하이닉스	562조원(~'42)	약 5GW
	구미	SK실트론, LG이노텍	4.7조원(~'26)	약 2~3GW
이차전지	청주	LG엔솔, 에코프로BM	4.2조원(~'26)	약 3GW
	포항	포스코퓨처엠, 에코프로BM·EM	12.1조원(~'27)	약 3GW
	새만금	LG화학, SK온, 성일하이텍	6.4조원(~'27)	약 4.5GW
	울산	삼성SDI	7.4조원(~'30)	약 3GW
디스플레이	천안·아산	삼성디스플레이	17.2조원(~'26)	약 3~4GW
합계			614조원(~'42)	주로 화력발전 공급, 향후 재생에너지비율 증대 계획

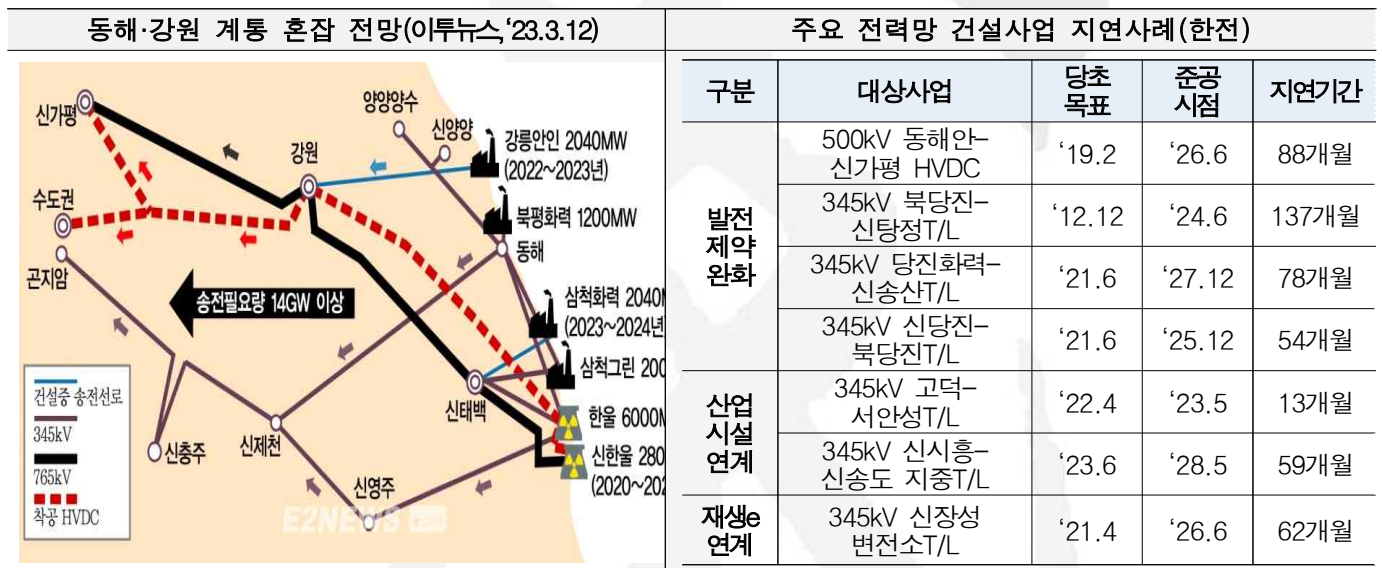
3) IEA, 'Electricity Grids and Secure Energy Transitions: Enhancing the foundations of resilient, sustainable and affordable power systems', 2023.

4) 진태영, '국내 P2H(Power-to-Heat) 활성화 방안', 동향과 분석, 에너지포커스, 에너지경제연구원, 2022.

5) 한국경제인협회, '국가첨단전략산업 특화단지 전력수급 애로 개선방안', 2024.07.

○ 동해안 원전과 석탄 화력발전이 완공되었으나 송전제약이 심화되어 지역 발전 전력이 수도권으로 전달되지 못해 막대한 경제적 손실 우려

- 수도권 전력 자립률은 11%에 불과하며 동해안 지역의 전력을 수도권으로 전달하는 데 어려움을 겪고 있어 **대부분의 석탄화력 발전소가 좌초자산이 될 위험이 큼**
- '24년부터 동해안 지역 송전제약이 본격화될 것으로 예상되며, '26년 6월 완공 예정인 동해안~신가평 HVDC(초고압 직류 송전선) 적기 준공 가능성에도 의문 제기<sup>6)</sup>
- 강릉·동해·삼척 지역의 발전 용량은 총 17GW에 달하지만 이 지역의 송전 가능 용량은 11.6GW로 제한되어, 내년부터 약 6GW의 발전량이 가동되지 못해 전력 손실이 불가피한 상황
- 신규 석탄발전소 가동률은 20~30% 수준에 머무를 것으로 예상
  - ※ 지난 4월, 원전 8기가 100% 출력을 내자 석탄발전은 중단되었고, 이로 인해 발전소별 연간 수천억원 손실 예상
- 신한울 3·4호기가 '32년, '33년에 준공되면 각각 2.8GW씩 총 5.6GW의 발전 용량이 추가되어 현 송전 용량의 2배에 달하는 송전망 확충이 필요한 상황



○ 윤석열정부는 호남지역 신규발전소 불허 등 재생에너지 계통접속에 소극적 대응으로 일관

- 정부는 '지역별 맞춤형 계통포화 해소대책('24.5.30)'에서 **호남과 제주지역 계통 접속차단으로 재생에너지 신규발전소 사실상 불허**
- 산업부는 계통포화를 이유로 올해 9월부터 2031년 12월까지 전국 205곳 변전소를 계통관리변전소로 지정(광주·전남 103개, 전북 61개, 강원·경북 25개, 제주 16개 등)
- 전력망 개발이 지연되면 송전 병목현상, 과부하 위험, 전력수급 불균형 등 정전\*으로 인한 경제적 피해도 증가 전망 \* 정전으로 글로벌 연간 약 1,000억 달러, 전 세계 GDP 0.1%에 달하는 비용 발생 위험<sup>7)</sup>
- 특히 재생에너지 비중이 높아지는 상황에서 송배전망 병목 현상은 재생에너지 발전량이 전력망에 적시에 전달되지 못하는 문제를 야기함
- 재생에너지 PPA 활성화를 위해 망 이용료 기준을 포함한 전력망 회계자료를 투명하게 공개하고, 재생에너지 발전량의 우선접속 보장으로 재생에너지가 공정하게 전력망에 진입할 수 있도록 해야 함

6) 전기신문, '동해안 송전망 대란 심화, 발전소 완공했지만 제대로 가동도 못해', 2023.1.12.자 보도

7) IEA, 'Electricity Grids and Security Energy Transitions', 2023.



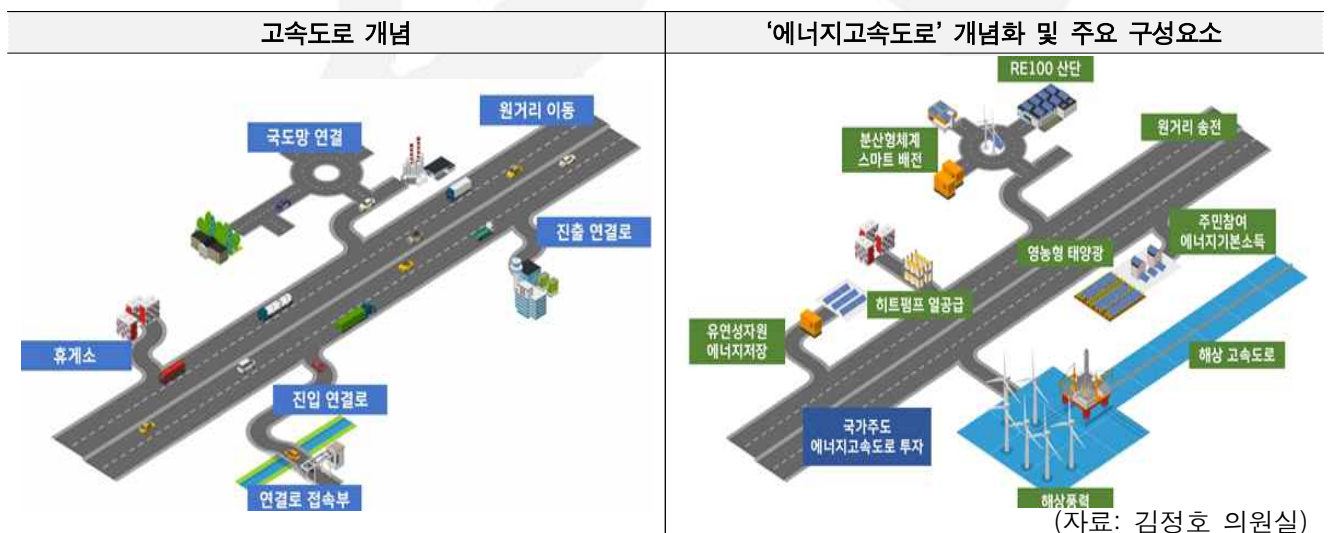
## 2. 개념 : ‘에너지고속도로’ 의미와 핵심과제

### ○ ‘에너지고속도로’ 배경 : 재생에너지 확대와 전력망 디지털화를 위한 전력시스템 혁신 필요성

- ‘에너지고속도로’는 확대되는 재생에너지를 전력망에 안정적으로 통합하여, 유연하고 효율적인 탈탄소 전력시스템을 구축하려는 정책 구상
- 고압직류송전(HVDC)의 신속한 확장과 더불어, 확대된 재생에너지 전력을 효율적으로 수용하기 위해 전력망을 디지털화하고 유연하게 만드는 것은 국제 사회의 불가피한 추세
- ※ IEA(2023)는 현대적이고 디지털화된 전력망은 에너지전환 과정에서 전기안보(electricity security)를 지키는 데 필수적이며, 국가 기후 목표를 달성하기 위해 전 세계적으로 2030년까지 배전망 투자를 두 배 늘릴 것을 권고<sup>8)</sup>

### ○ ‘에너지고속도로’ 의미 : 『고속도로』로 상징되는 한국형 스마트그리드 이니셔티브

- 전국의 에너지자원(분산자원 포함)을 신속하게 통합하여 각 지역의 재생에너지 생산과 소비를 하나의 효율적 네트워크로 연결, 적기에 에너지를 안정적으로 전달하는 스마트그리드
- 에너지의 신속하고 효율적인 전달: 고속도로처럼 전력망을 통해 에너지가 전국적으로 신속하게 전달되며, 에너지원간 흐름이 원활하게 이루어지도록 함
- 에너지 관리의 안정성 제고: 고속도로 상의 교통 흐름을 안정적이고 효율적으로 관리하듯, 에너지고속도로는 전력망과 에너지시스템을 효율적으로 관리하여 변동성 재생에너지의 안정적 운영 기반을 제공
- 에너지의 양방향 소통 강화: 고속도로가 양방향으로 교통 흐름을 만들어내듯, 에너지고속도로는 AI 기반 디지털 전력망을 통해 에너지가 실시간으로 양방향 소통되고, 생산된 재생에너지가 소비자에게 전달되며, 소비자도 에너지를 생산하여 공급할 수 있는 시스템(에너지 프로슈머)을 구축
- 재생에너지 확대를 위한 인프라 구축: 고속도로가 전국을 연결하듯 에너지고속도로는 각 지역에서 재생에너지 생산과 소비를 하나의 효율적 네트워크로 신속하게 연결하여 지역별 에너지 자립률을 높이고, 국토 곳곳의 에너지 접근성을 안정적으로 확보하여 경제 활력을 창출
- 통합된 에너지시스템 수립: 고속도로가 철도, 해운, 항공 등 타 교통망과 연계되듯, 에너지고속도로는 전력, 열, 가스 등 다양한 에너지원과 시스템을 하나로 통합하여 안정적 에너지 공급을 가능하게 하며, 섹터커플링 기술 등으로 재생에너지의 변동성을 보완하고 에너지원간 상호 연계를 강화



8) IEA, 'Electricity Grids and Security Energy Transitions', 2023.10.17.

○ ‘에너지고속도로’ 추진방향 : 탈탄소화(Decarbonation), 탈중앙화(Decentralization), 디지털화(Digitalization)

- ‘에너지고속도로’는 재생에너지 중심의 분산전원을 확대하고 효율적이고 지속가능한 방식의 에너지시스템을 수립하기 위해, 전력시스템의 3D(탈탄소화·탈중앙화·디지털화)를 지향할 필요

1) (탈중앙화) 탄소중립을 달성하기 위해 재생에너지 기반 분산전원으로서의 신속한 전환

- 전력시스템에 유연성을 제공하는 전력망 구축을 통해 재생에너지 등 분산에너지자원의 망 통합을 유도하고, 이해관계자와 국민의 적극적 참여를 촉진
  - 에너지정책의 주체를 중심으로 한 전력 수급 구조를 변화시키고, 대규모 에너지원 중심의 중앙집중체제에서 재생에너지 및 IT 기반 분산에너지 체계로 전환
  - 에너지 부문간 연계성을 강화하고, 에너지 전환을 위한 통합적 시스템을 구축하여 분산자원을 활성화하며, 이 과정에서 국민이 직접 에너지를 생산·공급·소비하는 체계로의 대전환을 준비

2) (탈탄소화) 재생에너지 중심의 분산전원 기반 RE100 특구로 지역경제 활성화

- 전력 수급 불일치 문제를 지역 균형 발전과 연계하여 해결하고, 산업 부문 탈탄소화를 위해 재생에너지 공급 확대에 따른 송배전망 운영 방식을 전환
  - 청정에너지 전원이 전력망에 안정적으로 통합되어 에너지원과 지역 간 전력망 연결이 강화되어야 하며, 이를 통해 국민과 기업이 저렴하고 지속가능한 에너지 혜택을 누릴 수 있음
  - 재생에너지를 기반 전력망 구축이 지연될 경우, 천연가스 의존도가 증가해 에너지안보가 악화될 위험이 있으며, 이를 막기 위해서는 재생에너지 통합을 위한 전력망 혁신이 필수적

3) (디지털화) AI 기반 그리드로 전력을 유기적으로 배분하는 미래형 에너지시스템 구축

- 재생에너지 보급의 증가로 전력 흐름의 변동성이 커짐에 따라 전력망 디지털화는 필수적, AI 및 IT 기술을 통해 그리드의 유연성과 안정성을 강화
  - AI 기반 실시간 데이터 분석과 예측 기술을 통해 재생에너지 생산량 및 수급 변동성을 정확히 예측하고 전력 공급 불균형을 사전에 조정, 전력망 내 최적 출력제어 기술 도입
  - 송배전망의 점검 및 제어시스템 자동화로 고장 감지 및 복구 시간을 단축
  - 앱을 통해 실시간 에너지 요금 확인과 가정·건물의 맞춤형 에너지효율관리 솔루션 제공

○ 민주당의 ‘에너지고속도로’ 공약과 2024년의 ‘에너지고속도로’를 둘러싼 배경 변화

- ‘에너지고속도로’ 초기 의미
  - “박정희 정부의 ‘산업용 고속도로’가 산업화의 토대가 되었고, 김대중 정부의 ‘인터넷 고속도로’가 대한민국을 IT 강국으로 이끈 것처럼 기후위기 시대의 대전환을 준비하고 새로운 성장 동력을 만드는 ‘에너지고속도로’를 건설하겠습니다.”<2021. 8. 26. 에너지기후 공약 중>
  - “에너지고속도로는 ‘누구나’ ‘어디서나’ 재생에너지를 생산하고 공급하고 소비할 수 있는 ‘분산형 에너지 네트워크’입니다. 또한 우리의 앞선 정보통신기술(ICT)과 인공지능(AI), 사물인터넷(IoT) 등 4차산업 기반 신기술을 재생에너지 중심 전력망에 결합한, ‘지능형 에너지 인프라’입니다.”<2021. 12. 10. 제8회 서울 기후에너지 국제컨퍼런스 영상연설 중>
- 2024년의 ‘에너지고속도로’ 배경: 재생에너지 확산·연계 및 전력망 디지털화 필요성 제고
  - 재생에너지 확대에 의해 출력제한이 증대되고 있으며, AI 기반 송배전 기술의 실시간 데이터 분석과 예측 기능 강화로 전력 수급 변동에 대해 더 정교한 대응이 가능해진 상황
  - 분산에너지 특별법 시행으로 분산에너지의 계통접속 최적화와 전력망 유연성 확보를 위한 기술적, 제도적 개선책에 대한 기대가 높아졌으며, 에너지프로슈머 역할 강화를 위한 정책적 지원 필수

## ○ '에너지고속도로' 핵심과제 제안

- 2050 탄소중립을 위해 발전-송배전-최종 사용-생산에 이르기까지 모든 전력망 영역에 걸친 근본적인 변화를 유도하여 더 스마트하고 탄력적인 전력시스템을 구축하도록 함
- (에너지공급) 국가 주도로 전력망 신속 투자 및 재생에너지의 확대를 위한 전력시스템 혁신
- (에너지소비) 탄소국경조정 등 무역 장벽에 대비하는 RE100 특구 추진으로 지역경제 활성화
- (에너지생산) 재생에너지 생산과 연계된 에너지 기본서비스 지원, 국민 누구나 태양광, 풍력 등 재생에너지를 생산·판매할 수 있도록 주민참여형 이익공유제 고도화, 풍력인허가 간소화 등

구분	정책과제	입법 · 재정 과제
공급	국가주도 전력망투자	<ul style="list-style-type: none"> <li>전력망특별법 제정</li> <li>해상풍력특별법 제정</li> <li>전력망연구 R&amp;D 지원</li> <li>분산에너지 특구 지정</li> </ul>
	재생에너지 우선 접속	
	AI 기반 디지털 송배전시스템	
	해상 에너지 고속도로	
소비	RE100 특구	<ul style="list-style-type: none"> <li>한국판 IRA법 제정</li> </ul>
	분산에너지 편익의무화	<ul style="list-style-type: none"> <li>분산에너지특별법 개정</li> </ul>
생산	에너지 기본서비스	<ul style="list-style-type: none"> <li>재생에너지 보급 지원 예산 증액</li> <li>탄소세 도입을 통한 교차보조(기후기금 활용)</li> </ul>
	해상풍력 인허가 간소화	<ul style="list-style-type: none"> <li>풍력발전특별법 제정</li> </ul>
	영농형 태양광	<ul style="list-style-type: none"> <li>농지법 개정</li> </ul>

(김정호 의원실 협업)





### 3. 사례 : 주요국 전력망 추진동향

○ 미국 에너지부(DOE)는 최근 국가 전력망의 디지털화·현대화 추진을 위한 ‘더 나은 그리드 구축 이니셔티브’(Better Grid Initiative, BGI) 추진<sup>9)</sup>

- ‘35년 100% 청정전기 생산 및 2050 탄소제로경제를 위한 전력망 혁신: **대용량 전력망 구축과 배전시스템 유연성 강화 투자**
  - 전국 각 지역의 전력망을 연결하여 기후 복원력을 높이고 재생에너지원 접근성을 개선하기 위해 양당 인프라법(Bipartisan Infrastructure Law, BIL)에 기반한 대규모 투자로 전력망 혁신 추진
- **송전 원활화 프로그램(Transmission Facilitation Program TFP) : 지역 간 망 연결 강화를 위한 장기적 보조금 지원**
  - DOE는 국가적 송전망 신규 확충 및 마이크로그리드 등 지역간 연결을 지원하고 기후변화에 대비하여 전력망을 현대화하기 위해 5년간 최대 23억 달러를 보조금으로 지원
- **송전 입지 및 경제개발 보조금 프로그램(Transmission Siting and Economic Development Grants Program, TSED) : 송전선 허가 절차 가속화 · 지역경제 개발**
  - TSED 보조금 프로그램은 인플레이션 감축법(IRA)을 통해 7억 6천만 달러 규모로 투자되며, 고압 송전 프로젝트 허가를 가속화하고 송전선이 지나가는 지역의 경제개발을 지원하는 내용임. 2024년 16개 주의 20개 프로젝트를 선정하여 각 프로젝트에 최대 3억 7천만 달러를 지원
- **그리드 탄력성 개선 및 혁신 파트너십 프로그램(Grid Resilience and Innovation Partnership Program, GRIP) : 기후위기에 적극 대응하는 망 시스템 구축**
  - DOE는 2024년 극한 기상에 대응하여 전력망의 유연성을 강화하고 전력시스템 회복력 증진을 위해 105억 달러의 프로그램을 운영, 18개 주에 걸쳐 8개 프로젝트에 22억 달러를 투자하는 등 혁신적 송배전 기술과 재생에너지 통합 및 스마트그리드 시스템을 광범위하게 지원
- **전국 송전 수요 및 송전 계획 연구(National Transmission Needs Study) : 재생에너지 통합을 지원하는 연구 강화**
  - DOE는 전국적 규모의 송전수요 연구를 통해 우선순위가 높은 송전 수요를 파악하고, 전력망의 용량 제약 정보를 제공하여 해상풍력 송전 등 지역 간 전략을 도출, 지속가능하고 공정한 망 구축 지원

<송전 원활화 프로그램> (자료:DOE)



<송전 입지 및 경제개발보조금 프로그램> (자료:DOE)



9) 미국 에너지부(DOE) 홈페이지(확인: 2024.10.10.), IEA 'Power Systems in Transition(2020)' 등 참고하여 작성



## ○ 독일과 일본은 재생에너지의 에너지시스템 통합과 전력망 디지털화에 주력

### 1) 독일의 'Netzentwicklungsplan'(전력망 개발 계획) : 재생에너지 통합과 탈탄소화 중심

- 독일은 대규모 전력망 개발 계획을 통해 전력망의 확충과 현대화 추진
  - 독일은 2030년까지 재생에너지 발전 비중을 80%로 확대할 계획이며, 재생에너지 비중의 대폭 증가에 따라 재생에너지 수용을 위한 스마트그리드 기술을 통한 유연성 확보가 중요한 과제로 부상
  - 2035년까지 약 12,000km의 신규 송전망을 확충할 계획이며 10GW 규모의 에너지저장시스템(ESS) 도입을 통해 전력 공급의 안정성을 보장하고 동-서부간 전력 흐름을 원활하게 하고자 함
  - 2035년까지 탈석탄 계획의 실현을 위해 신속한 전력망 확충과 재생에너지의 통합을 중요하게 고려하고 있으며, 이를 통해 2045년까지 탄소중립 달성을 국가적 목표로 추진 중

### 2) 일본의 'Grid Modernization Initiative'(전력망 현대화 이니셔티브) : 전력망 디지털화와 재난 대비 복원력 강화 중심

- 일본은 전력망 현대화 이니셔티브를 통해 재생에너지 확대와 전력망의 디지털화를 추진
  - 일본은 2024년까지 약 8,000개의 스마트미터 설치를 완료하고 분산에너지자원(DER)을 활용하여 실시간 전력 수요를 관리하며 계통의 유연성을 강화하고자 함
  - 2030년까지 전력망 디지털화에 약 2조엔(약 180억 달러)을 투자하고 있으며 이를 통해 전력 시스템의 효율성을 극대화하고 전력 공급의 안정성을 확보할 계획
  - 일본은 태양광 및 풍력 발전을 통합할 수 있는 전력망 구축을 위해 2GW 규모의 고압 직류 송전망(HVDC) 구축, 태풍과 같은 재해에 대비하여 전력망의 복원력을 강화하는데 중점
  - 재생에너지 비중을 2030년까지 36~38%로 확대할 계획이며, 이를 위해 전력망의 현대화와 신속한 전력망 확충을 지속적으로 추진 중

<주요국 전력망 제도 추진 현황> [자료: 전기신문(23.12.30자) 내용 가공]

구분	추진국	내용
1. 특례법 ◎ 신속한 전력망 추진을 위한 인허가 절차 간소화나 특별법 지원	독일	- EnLAG('09): 국가 필수 전력망 사업을 명시, 인허가 최소화 - NABEG('11): 전력망 계획 단계부터 투명한 정보를 공개, 이해관계자들의 참여 의무화
	미국	- 인프라법('21): DOE의 국가 필수 전력망 사업 선정, FERC 강제승인 기준 개선
2. 참여 ◎ 주민동의를 얻고 사회적 갈등을 줄이기 위한 지역 참여 유도	독일	- 송전망 계획단계부터 정보공개, 송전망 주변 주민들의 의견 적극 반영
	미국	- 송전망 계획·승인 전 과정에 지역사회 및 이해관계자 참여, 진행과정 공개
3. 보상 ◎ 송전망 지역 주민들에게 지급되는 보상으로 공정성과 효율성 확보	독일	- 8주 이내에 토지보상에 합의한 경우 간소화 보상금 지급(75%)
	네덜란드	- 6주 이내에 토지보상에 합의한 경우 간소화 보상금 지급(20%)
4. 지중화 ◎ 송전망을 지하로 매설하여 환경 보존과 주민 수용성 제고	독일	- 국가 필수 송전망 사업 대상, 주거지와 인접성 등 특정 요건 만족 시 지중화 추진
	덴마크	- 기존 송전망의 점진적 지중화 및 신규 송전망의 지중화 의무화에 대한 가이드라인 제정
5. 공동건설 ◎ 망을 도로, 철도 등 기존 인프라와 병행 건설, 비용절감 및 속도 향상	미국	- NextGen 사업: 미네소타 주 고속도로, 통신망·HVDC 공동연계 - SOO Green HVDC 사업: 아이오와~일리노이 주 철도, HVDC 연계
	프랑스	- Piedmont-Savoy HVDC 사업: 프랑스~이탈리아 고속도로, HVDC 연계

#### 4. 결론 : 과감한 전력망 혁신 구상 없이는 탄소중립도 에너지안보도 불가능

○ 국가 에너지시스템이 직면한 가장 큰 과제는 전력망 혁신으로, 재생에너지를 통합하고 기후 위기에 따른 극한 기상에 대한 회복력을 강화하기 위한 강력한 정책 구상이 필요함

- 탄소중립을 위한 ‘전기화’는 필수적이며, 이를 위해 안정적이고 유연한 스마트그리드 구축이 요구됨
  - 현재 한국은 세계 최고수준의 전력 수요 밀도를 가지고 있으나 수도권 송전망은 포화 상태로 송전선로간 간섭 현상과 대형 정전의 위험이 증가하고 있음
- 현 전력망 확충 계획은 분산전원의 통합을 충분히 반영하지 못하고 있으며, 송전망 건설에 10년 이상의 시간이 소요된다는 점을 감안할 때 재생에너지 투자 · 확대 속도가 더딜 전망

○ 대대적인 전력망 투자는 전 세계적 추세지만, 현 정부의 퇴행적 대응으로 한국의 전력시스템은 붕괴 직전에 놓인 상황

- 에너지전환은 전력시스템에 구조적 변화를 초래하며, 변동성이 큰 재생에너지가 급증함에 따라 기존 전력 시스템의 한계를 돌파할 수 있는 과감한 전력망 혁신 구상이 요구되는 시점
  - 재생에너지 확대를 수용할 수 있는 송배전망 구축을 위해 유연성 자원을 적극 활용하고, 전력계통 법제 개선과 안정성 유지, 기후 회복력을 제고하기 위한 대대적 투자 필요<sup>10)</sup>
  - 분산전원 보급 증가로 그리드 내 전력 흐름의 예측이 어려워졌으며 전력망의 신속한 디지털화 필요
- ※ AI·디지털 기반 수요대응을 통해 2030년까지 변동성 재생에너지 출력제한을 25% 이상 감축할 경우 시스템 효율성을 크게 높일 수 있을 것으로 추정(IEA, 2020)
- 그러나 윤석열정부의 전력계통 대책은 재생에너지 성장을 주도하는 호남과 제주 지역에 대한 발전 · 인허가 · 계통접속 제한으로 요약되는 상황
  - 이러한 정책 실패는 첨단 기업의 RE100 이행을 저해하고, 재생에너지 사업이 유리한 지역 사업자들의 사업 포기를 초래하여 에너지 안보와 경제 안보에도 부정적 영향을 미칠 위험이 있음
  - 동해안 석탄 발전소와 원전 등 좌초자산과 연계된 초고압 송전망 연결도 지연되고 있어 한국 경제의 걸림돌로 작용할 우려가 커지는 상황
  - 현재 전력망으로는 재생에너지가 증가하는 상황에서 화력발전을 폐쇄할 경우 실시간 자동출력제어가 불가능한 경직성 전원인 원전으로 인해 정전 사고 위험이 있음. 변동성 재생에너지를 원활하게 통합할 수 있는 전력시스템, ‘에너지고속도로’가 반드시 필요

○ 전력망 대책은 인구소멸 지역의 경제 활성화와 기후불평등 해결을 함께 고려해야 하며, 이러한 문제의식을 바탕으로 민주연구원은 향후 ‘에너지고속도로’의 구체적인 방안을 제안할 예정

- 민주연구원은 국민이 주도하는 재생에너지 기반의 지역분산형 공급체계를 구축하고, 국가가 주도하는 스마트 송배전 시스템을 구축하기 위한 ‘에너지고속도로’ 구상을 구체화할 계획임
- ‘에너지고속도로’ 구상은 생산-소비-공급의 순환 개념을 통합적으로 고려함으로써, 실효성 있는 기후-에너지 정책으로서 탄소중립 실현과 에너지정책의 일관성을 제고할 수 있을 것으로 기대됨

10) IEA, ‘Power Systems in Transition’, 2020.