

에너지 고속도로 의의 및 해외동향

KDB미래전략연구소 미래전략개발부
범 형 원 (beomhw123@kdb.co.kr)

- ◆ 정부는 첨단산업 전력수요 증가와 재생에너지 공급 제약에 대응하기 위해 초고압직류 송전(High Voltage Direct Current)에 기반한 '에너지 고속도로' 구축을 국정과제로 선정
- ◆ 주요국들도 지역간 재생에너지 송전망 구축을 적극 추진 중이며, 에너지 고속도로가 성공적으로 구축될 경우 에너지 수급 불균형 해소뿐 아니라 국가 탄소중립 달성에도 기여할 전망

□ 우리나라는 첨단산업 관련 전력수요 급증과 재생에너지 공급 한계가 맞물리면서 재생에너지를 안정적으로 송전하기 위한 전력망 확충 필요성이 증가

- 반도체 클러스터 조성과 AI 산업 확대 등으로 수도권에서는 전력수요가 급격히 늘어나는 반면, 재생에너지 생산지는 영·호남 등의 지역에 편중
- RE100 이행 등 탈탄소 요구가 커지는 가운데, 영·호남에서 생산된 재생에너지를 타지역 산업단지에 안정적으로 공급하기에는 기존 송전망의 한계가 존재
 - 기존 송전선로로 호남권에서 수도권으로 갈 수 있는 전력은 4.5GW에 불과하여 재생에너지 생산 확대*에 따라 송전선로 병목 현상이 더욱 심해질 예정
 - * 전국에 설치된 재생에너지 발전설비는 '25년 39GW에서 '38년 121.9GW로 확대 계획(제11차 전력수급기본계획)
 - 호남권과 수도권을 연결하는 전력망이 적시에 구축되지 않을 경우, 오는 '36년 호남권에서 발생하는 재생에너지의 잉여전력은 58.5GW에 달할 전망

□ 정부는 탈탄소전환 및 지속가능한 전력공급 체계 구축을 위해 HVDC 송전망과 관련 인프라 구축을 아우르는 '에너지 고속도로'를 국정과제로 선정('25.8월)

- '에너지 고속도로'란 HVDC와 스마트그리드*기술 등을 기반으로 전기를 대규모·고효율로 장거리 수송하기 위한 국가적 에너지 인프라망을 일컫는 것으로,
 - * 실시간 정보교환을 통해 전력흐름을 최적 관리하여 효율적인 전력 생산·소비를 이끄는 차세대시스템
 - 정부는 '30년대에 620km 길이의 서해안 에너지 고속도로를 구축하고, '40년대에 서·남·동해안을 잇는 한반도 U자형 에너지 고속도로를 완성할 계획
 - 이를 통해 서·남·동해안 소재 태양광 및 풍력단지로부터 전국의 산업단지나 데이터센터까지 대규모 전력을 안정적으로 공급할 예정

- 초고압직류송전(High Voltage Direct Current, 이하 HVDC)은 재생에너지의 대량·장거리 송전에 적합한 장점을 가져 에너지 고속도로의 핵심 기술로 주목
 - 태양력·풍력 에너지는 직류 전원으로 생산되어 인버터를 거치는 교류 전력망 보다는 HVDC 송전망으로 송전 시 효율이 향상
 - HVDC 송전망은 지하 매설 거리에 제한이 없으며 장거리 송전선로를 건설하는 경우 교류 송전망 대비 건설비용도 저렴

- 에너지 고속도로는 HVDC뿐만 아니라 AI 제어·ESS*·분산에너지**까지 포함한 패키지형 전력망으로 설계되어 에너지 수급 불균형 해소와 탄소중립 달성에 기여할 것으로 기대

* Energy Storage System, 전기를 배터리에 저장했다가 부족할 때 쓸 수 있도록 하는 에너지저장시스템

** 전력 수요지역 근처에 소규모 발전설비를 분산 배치하여 전기를 생산하고 공급하는 방식

- HVDC 송전망을 활용하여 지방에서 생산된 재생에너지를 수도권 등지의 산업단지에 전력손실 없이 안정적으로 공급
- 또한 ESS와 분산에너지 방식을 결합하여 지역 내 재생에너지 활용도를 높이고, 잉여 전력은 에너지 고속도로와 연계해 전국적으로 균형 있는 공급을 도모
- AI 기반 디지털 전력망으로 실시간 전력수요 예측과 제어를 통해 송전 효율을 높이고 전기차 충전인프라 및 ESS와의 연결 효과를 극대화

□ 주요국들도 '에너지 고속도로'와 같이 재생에너지 자원을 산업단지·대도시에 송전하는 전력망을 구축하여 산업경쟁력 강화 및 탈탄소 정책 이행 중

- 독일은 에너지전환의 핵심 인프라로서 북·동부 재생에너지를 남부 산업단지에 공급하는 SuedLink와 SuedOstLink 두 개의 송전망 프로젝트를 추진
 - (SuedLink) 북부 지역의 해상풍력을 남부 산업단지에 공급하고자 '28년 완공을 목표로 약 700km 구간의 HVDC 송전망을 구축
 - (SuedOstLink) 북동부 재생에너지를 남부 산업단지에 공급하고자 '30년 완공을 목표로 약 540km 구간의 HVDC 송전망을 구축
 - 특히 송전선로가 지나는 경유지에는 km당 최대 4만유로까지 보상할 수 있는 규정을 만들고 송전망을 지중화, 즉 지하에 매설하여 사회적 갈등 최소화
- 영국은 스코틀랜드의 해상풍력을 잉글랜드내 주요 수요지로 공급하기 위해 HVDC로 송전하는 EGL(Eastern Green Links) 프로젝트를 추진
 - (EGL1) '29년 완공을 목표로 약 190km 구간의 HVDC 송전망을 구축하여 2GW의 전력을 잉글랜드 요크셔 지역과 산업단지에 공급

- (EGL2) '29년 완공을 목표로 약 436km 구간의 HVDC 송전망을 구축하여 2GW의 전력을 잉글랜드 북동부 산업도시·단지에 공급
 - 해당 프로젝트는 해저 HVDC 송전망으로 구축, 육상 통과를 최소화함으로써 숲·농지·산림을 가로지르지 않아 환경 파괴를 방지
 - 아울러, 경유지의 지역경제 활성화 및 지역주민 고용을 지원하는 1천만파운드 규모의 펀드를 조성하여 사회적 갈등을 완화
- 캐나다는 퀘벡에서 미국 뉴욕시까지 1,250MW 규모의 수력 전력을 HVDC 송전망으로 송전하는 CHPE(Champlain Hudson Power Express) 프로젝트를 추진
- 약 545km 구간을 연결하여 '26년 완공 시 뉴욕시 전력의 약 20%를 탄소배출 없이 공급할 수 있어 뉴욕시의 '40년 무탄소 전력 전환 목표 달성에 기여
 - CHPE 프로젝트는 경유지인 허드슨·シャンプ레인 지역에 거주하는 저소득층과 소외 지역 주민을 지원하기 위해 녹색경제기금 4,000만달러를 조성
 - CHPE 자체 전망에 따르면, 경유지 지방정부는 25년간 총 14억달러 규모의 세입이 증가할 것으로 추정되어 지역경제 활성화에도 긍정적인 것으로 전망
- 중국은 지난 '00년대부터 서전동송 프로젝트를 통해 서부에서 생산된 전력을 동부 연안 대도시로 송전해 왔으며, 최근에는 특히 재생에너지 비중이 증대
- '25.6월 현재까지 조성된 송전망은 총 4만km이며, 초반에는 석탄 전력을 교류 송전으로 공급하였으나 HVDC 도입으로 '20년대에는 재생에너지 송전이 확대
 - 한편, 대표적인 전력 생산지인 서부 닝샤지역의 경우 '11년 이후 해당 프로젝트로 인한 누적 경제효과가 1,600억위안, 고용창출은 6만명에 달하는 등 지역경제 발전에도 긍정적 효과

□ 전력망 구축 과정에서 주요국 사례와 같이 경유지와 생산지 모두에 혜택이 갈 수 있도록 설계하여 지역경제 활성화와 지역주민 갈등 최소화를 도모할 필요

- 주요국들은 지역간 대규모 송전망 구축을 통해 유향 재생에너지를 활용하는 동시에 지역경제 활성화에도 기여
 - 송전망 구축 과정에서는 기금, 펀드 조성 등을 통해 경유지 주민에게 경제적 보상을 제공하여 갈등 최소화
- 우리나라도 에너지 고속도로 추진 과정에서 지역경제를 활성화하는 동시에 경유지 주민에 혜택이 돌아갈 수 있도록 하는 방안을 면밀히 설계해나갈 필요
 - * 「국가기간 전력망 확충 특별법안」('25.2월 제정, '25.9.26일 시행예정)으로 전력망 건설에 따른 지역주민과의 갈등을 해결하기 위한 근거가 마련