

영국 미국 인도의 해상풍력 에너지 현황 및 발전 전망

한국과학기술정보연구원
전문연구위원 나덕주
(djra15@reseat.re.kr)

1. 서언

- 해상풍력이 청정하고 강건하고 다양한 세계 에너지 포트폴리오에 크게 기여하게 되고, 이 무한자원을 사용함으로써 기후변화를 완화시키고 환경을 개선하고 에너지 안보를 증진시키고 세계 경제를 진작시킬 수 있는 가능성이 높아지게 되었다. 2013년 상반기에 1,080MW를 설치하여 연간 세계 풍력발전 추가설치 기록을 경신하였다. 육상풍력 용량은 약 300,000MW이고, 해상풍력은 매년 약 40% 성장하고 있다.
- 세계적으로 해상풍력이 정착하기 위해서는 4가지 조건이 충족되어야 한다. 첫째 정부가 성장을 장려하기 위한 정책적 및 재정적 환경을 조성하여야 한다. 둘째 신재생에너지 발전단가가 화석연료의 발전단가와 같아지는 기술적 그리드패리티(grid parity)가 이루어져야 한다. 셋째 해상풍력단지의 운전 정비가 신뢰할 수 있고 경제적으로 실현 가능하여야 한다. 넷째 비용감축으로 경제적 이득을 실현하여야 한다.
- 본문에 해상풍력단지를 위한 정책적 구조와 전력망 접속관점, 또 운전 정비와 비용감소 전략에 대해 기술하였다. 특히 영국, 미국 및 인도 3개국의 해상풍력발전에 관해 위 4가지 관점에서 역할과 기여도에 대해 설명한다. 영국은 해상풍력을 통해 에너지 문제를 해결하고 영국경제에 크게 기여한 성공사례를 보이고, 미국은 2013년에 부상식 풍력터빈의 설치 등 풍부한 해상풍력자원의 사용에 참여하고 있고, 인도는 세계 5위 잠재력을 가지고 있으며 해상풍력에 진입하고 있다.

2. 영국의 해상풍력 성공 스토리

- 영국 해상풍력 업계는 2016년까지 8GW를, 2020년까지 18GW를 설치하여 영국 전력수요의 20%를 차지할 것이라고 예측하고 있다. 기후변화국(DECC: Department of Climate Change)은 신재생 에너지 확산을 위해 2011년에 신재생에너지 로드맵을 발표하였다. 그 목적은 2020년까지 매년 기술비용의 예측과 함께 신재생에너지 확산의 진척과 변화를 분석하는 것이다. 이러한 부가적 정책과 지원 프로그램에 의해 영국의 해상풍력 산업이 한층 더 발전하게 되었다
- 신재생에너지 전기의 확대를 위해 영국은 RO(Renewable Obligation)와 FIT(Feed In Tariffs)를 실시하고 있다. RO는 전기공급자에게 의무적으로 요구되는 교역인증제로서 신재생자원에 의한 전기비중을 2003년의 5%에서 2010년에 10% 수준까지 만족하여야 한다. FIT는 저 탄소 전기를 생산하고 사용하는데 투자하는 경우 에너지 사용자에게 일정 비용을 지원하는 제도이며, 사용하지 않은 전기는 전력망에 되돌려 준다.
- 영국의 전기시장개혁(EMR: Electricity Market Reform)은 기업이 해상풍력 프로젝트에 지속적으로 투자할 수 있도록 에너지 청구서에 따른 차등계약을 통해 가격을 보조해주는 정책이다. 전력망에 연결하는 송배전 네트워크와 기반시설의 투자를 주관하는 별도의 해상 송전사업자(OFTO: Offshore Transmission Owner)는 향후 약 150억 유로의 투자가 필요할 것으로 예측하고 있다.
- 전력망 기반시설 투자비는 전체 해상풍력단지 건설비의 약 10~20%를 차지하고, 국가전력망에 연결가능 용량은 35.2GW이다. 해상풍력의 정비비용은 풍력터빈당 25만 파운드 또는 연간 MW당 79,000파운드가 소요된다. 영국은 향후 10년~20년 동안 해상풍력 프로그램에 약 500~1,000억 파운드를 투자할 계획이다. 영국은 해상풍력 CRTF(Cost Reduction Taskforce)를 설립하여 2020년까지 에너지 균등화비용(LCOE: Levelized Cost of Energy)을 100€/MWh까지 낮추는 활동을 하고 있다.
- 영국이 추진하고 있는 핵심 원가절감 분야는 다음과 같다. 첫째 운전비용이 적게 들고 신뢰성이 높은 대형 터빈의 개발, 둘째 프로젝트 초기 단계부터 전기 공급자가 풍력단지의 위치와 레이아웃의 최적화에 참여하고, 셋째 표준화와 구매방법을 고려하여 규모 경제성과 생산성 개선

을 탐색하고, 넷째 설치방법을 최적화하고, 다섯째 35m 이상 깊은 바다에 지지구조를 대량생산 체제를 갖추는 것이다.

3. 미국의 해상풍력에 대한 강력한 도전

- 미국은 해안을 따라 강력하고 지속적인 바람 덕분에 대규모 해상풍력 자원을 가지고 있다. 미국은 2030년 전기수요의 20%를 해상풍력발전이 차지하고 그 용량은 약 300GW에 이를 것으로 예측된다. 아직 상업적 규모로 가동하고 있는 프로젝트는 없고 3,824MW에 달하는 11개의 프로젝트가 개발 완성 단계에 와 있다.
- 미국은 해상풍력 에너지의 가격 경쟁력을 보장하기 위해 신재생 전기 생산 세금공제(PTC, Production Tax Credit)와 상업적 에너지 투자 세금공제(ITC: Investment Tax Credit)라는 인센티브 제도를 시행하고 있다. 투자자는 위 두 가지 인센티브 중 하나를 선택하는데, 대부분 초기 10년 동안 \$23/MWH를 지원하는 PTC 보다 초기자본 비용의 30%를 지원하는 ITC를 선호한다.
- 미국 해상풍력의 확산은 전력망 인프라에 의존한다. 해상풍력 전력망은 전력망 결함과 안정성 등을 깊게 연구하여야 하고, 적절한 전력망 접속점이 가동하여야 한다. 풍력단지의 규모가 커지게 되면 해상전기 송전 시스템의 거동과 모델링을 통해, 전력망 신뢰성, 전력망 손실 및 전력망 구조의 선택 관점에서 충분한 분석을 필요로 한다.
- 운전정비 비용은 대부분 터빈에 접근하고 정비하는데 드는 비용으로서 해상풍력에너지 비용의 4분의 1을 차지한다. 이 비용은 해안으로부터의 거리, 계측학적 해양 조건, 항구의 위치, 해상풍력단지 운영요원의 사이트 전략과 같은 변수에 따라 달라진다. 수년 내 새롭게 설계된 특수목적의 서비스용 작업 바지선이 시장에 출시되면 항만 비용과 함께 운전정비비용을 대폭 삭감할 수 있을 것으로 예상된다.
- 에너지부는 2020년까지 10GW, 2030년까지 54GW 용량의 해상풍력을 설치하겠다고 발표하였다. 해상풍력터빈의 가격 경쟁력을 확보하기 위해서는 터빈의 고비용, 해상 풍력의 설치, 정비, 상호연결 시스템의 부

재, 다중 관할구역허가와 위치선정 문제를 극복하여야 한다. 이 문제를 해결하려면 우선순위에 관한 지속적 협조, 전력 구매에 관한 사전 투자, 산업인프라 구축을 위한 공급 체제를 구축하고, FIT와 투자세금감면과 같은 정책을 활용하여야 한다.

4. 인도의 해상풍력 산업 전망

- 인도의 육상풍력에너지 분야는 세계 5위 수준이고 해상풍력 산업은 아직 초기 진입단계에 있으나 영국과 미국의 개발, 설치, 운영 경험을 학습하면 해상풍력 산업도 크게 성장할 것으로 기대된다. 향후 지원정책 간의 상호협조가 이루어져야 확신을 가지고 투자할 수 있고, 시장에서 과당경쟁을 하지 않기 위해서는 안정적인 정책이 가장 필요하다.
- 향후 해상풍력 에너지설비를 서로 연결할 수 있도록 하기 위해서는 책임한계를 명확히 하고 예측 가능한 송전과 전력망 접속 규제환경을 조성할 필요가 있다. 이는 해상풍력 에너지의 영향에 관하여 국가 및 지방 전력시스템 입법 과정을 모니터링하고, 중앙 및 지역 에너지 공급자 간의 긴밀한 협조를 통해 달성할 수 있다.
- 산업체, 운영자, 인증기관 및 연방 해상기관 간에 인증과 승인에 관한 표준을 통합적으로 검토하여 절차와 표준을 최적화할 수 있다. 인증을 균등하게 적용하여야 상황을 단순화하고 비용을 대폭 감축할 수 있다. 영국처럼 해상풍력의 선도적 국가로부터 확보한 경험을 사용하여 해상풍력 산업 개발을 추진할 것을 권고한다.
- 송전 네트워크는 초기수요는 물론 미래수요에 대해 탄력적으로 개발하여야 하기 때문에 미래의 수요를 확실하게 예측하는 것은 국가적으로 중요한 도전이다. 장거리 송전 시 손실을 줄여 효율을 높이기 위해서는 선진국에서 그 효과와 케이블당 더 많은 전력을 송전할 수 있음이 입증된 고전압 직류(HVDC: High Voltage Direct Current) 송전 기술을 사용한다.

5. 결론

- 세계 풍력에너지의회(GWEC: Global Wind Energy Council)에 의하면 지난 5년 동안 200GW가 증가하여 2013년 누적 풍력발전 용량은 318,137MW에 도달하였다. 이를 통해 해상풍력 에너지 산업의 제조, 건설 및 서비스의 센터로 성장한 지역은 급속한 경제성장을 이루고, 다른 지역으로 선도 기술을 수출할 수 있는 잠재력을 가지게 되었다.
- 본문에 3개국의 해상풍력 산업에 대해 설명하였다. 영국은 해상풍력 에너지의 전개로 세계를 선도하고, 미국은 해상풍력 산업의 개발 단계에 와 있고, 인도는 해상풍력 에너지 시장에 진입하고 있다. 즉 영국의 성공 사례 경험을 바탕으로 미국의 해상풍력 산업이 성장하고 인도는 성공적인 해상풍력 산업의 전략과 방향을 수립하고 있다.
- 영국은 다른 나라보다 2배 이상의 발전용량을 가진 해상풍력 단지를 건설하고 미래를 향해 희망찬 노력을 기울이고 있다. 영국은 해상풍력 단지의 전개와 미래목표에 의한 세계적 리더십을 통해 21세기 상반기 동안 경제적 이득을 가져오는 해상풍력 산업의 개발을 지원하고 있다. 영국의 해상풍력 발전용량은 2012년 1년 동안 약 79% 증가하였다.
- 미국은 12개의 해상 프로젝트가 진행되는 등 해상 풍력발전을 점차 확대하고 있고, 비용감소를 통해 풍력발전을 최적화하는데 집중하고 있다. 인도는 7,600km의 해안선을 따라 방대한 해상풍력 자원을 보유하고 있다. 특히 Knayakumari 및 북 Rameshwaram 지역에는 각각 1GW 풍력 잠재용량을 가지고 있다.
- 인도가 해상풍력 산업을 진흥하기 위해서는 첫째 인프라 설비투자를 확대하고, 둘째 국가와 지자체가 적극적이고 능동적인 역할을 하고, 셋째 해상 풍력 시범 프로젝트와 제조, 기술 및 건설의 집중 허브를 육성하고, 넷째 산업, 정책 및 관리 분야에 모든 참여자들은 향후 10년 동안 리스크를 줄이고 비용 감축을 위해 적극적인 노력을 기울여야 한다.

출처 : Sandhya Kota, Stephen B. Bayne, Sandeep Nimmagadda, "Offshore wind energy: A comparative analysis of UK, USA and India", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 2015, pp.685~694

◁ 전문가 제언 ▷

- 독일은 총 전기 생산량 중 재생가능 에너지의 생산 비중을 2020년까지 20%로 확대하고, 중국은 2020년까지 재생가능 에너지 전력 생산량을 2012년의 6배로 확대한다는 계획을 발표하였다. 2013년 세계 풍력발전 설치용량은 318GW 이고, 상반기에 1,080MW를 설치하여 풍력에너지가 가장 성숙된 신재생 에너지 기술로 인식되면서 급속히 발전하고 있다.
- 본문에 해상풍력단지를 위한 정책적 구조와 전력망 접속관점, 또 운전 정비와 비용 감소 전략에 대해 기술하였다. 특히 영국, 미국 및 인도 3개국의 해상 풍력발전에 관해 정부의 정책 및 재정적 환경 조성, 발전 단가와 기술적 그리드패리티(grid parity), 실현 가능한 운전정비, 비용 감축 등 4가지 관점에서 역할과 기여도에 대해 설명하였다.
- 영국은 해상풍력 에너지의 전개와 희망으로 세계를 선도하고, 미국은 해상풍력 산업의 개발단계에 진입하고 있고, 인도는 해상풍력 에너지 시장에 뚜렷한 발자국을 남기고 있다. 즉 영국의 성공사례 경험을 바탕으로 미국의 해상풍력 산업이 성장하고 인도는 성공적인 해상풍력 산업의 전략과 방향을 수립하고 있다.
- 해상풍력 투자비는 평균 3,000유로/kW 정도인데 향후 기술발전, 대형화 및 정책지원 확대로 2020년에는 1,500유로/kW 수준으로 감소할 전망이다. 해상풍력 에너지 산업의 제조, 건설 및 서비스의 센터로 성장하는 지역은 급속한 경제성장을 이루고, 다른 지역으로 선도 기술을 수출할 수 있는 잠재력을 확대할 수 있게 된다.
- 우리나라도 2020년까지 서해에 2.5GW의 해상풍력발전 단지를 건설할 계획이므로, 인프라 설비투자를 확대하고, 국가와 지자체가 적극적이고 능동적으로 선도하고, 해상풍력 시범프로젝트와 제조, 기술 및 건설의 집중 허브를 육성하고, 향후 산업, 정책 및 관리 분야의 리스크를 줄이고 비용 감축을 위해 적극적인 노력을 기울여야 한다.

이 분석물은 미래창조과학부 과학기술진흥기금, 복권기금의 지원을 받아 작성하였습니다.