

KOFST

한국과학기술단체총연합회

ISSUE REPORT

해상풍력 에너지 포럼 대한민국, WHY 해상풍력이 필요한가?

일시 2023년 10월 31일(화) 13:30~18:00

장소 한국과학기술회관 1관 12층 아나이스홀

세션1. 기후변화 대응과 에너지 안보

발제 이승문 에너지경제연구원 연구위원

토론 이 찬 한국에너지기후변화학회 회장(좌장)
이상준 서울과학기술대학교 교수
정책중 한국RE100협의체 의장
박년배 한국에너지기술연구원 책임연구원

세션2. 해상풍력과 그린수소

발제 황지현 한국에너지공과대학교 교수

토론 이장호 한국풍력에너지학회 회장(좌장)
정기석 삼성물산 상무
강병찬 제주에너지공사 센터장
김경환 선박해양플랜트연구소 책임연구원

발제
및
토론

세션3. 제조업 활성화와 일자리 창출

발제 박도현 에퀴노르 전무

토론 성진기 한국에너지기술평가원 연구위원(좌장)
조상민 에너지경제연구원 실장
정재천 한국전력 해상풍력사업단 단장
이중관 SK오션플랜트 이사

세션4. 글로벌 해상풍력 성공사례

발제 김범석 제주대학교 교수

토론 최정철 한국에너지기술평가원 풍력 PD(좌장)
최우진 코리오 대표
김성은 에퀴노르 상무
최원석 포스코 ENC 리더

· 편집 : 지광습 고려대학교 교수

Vol. 14

2023 과총이슈리포트

개요

- 주제: 해상풍력 에너지 포럼 | 대한민국, WHY 해상풍력이 필요한가?
 - 일시: 2023년 10월 31일(화) 13:30~18:00
 - 장소: 한국과학기술회관 1관 12층 아나이스홀
 - 주최: 한국과학기술단체총연합회
 - 공동주관: 한국에너지기후변화학회, 한국신재생에너지학회, 한국풍력에너지학회, 대한토목학회
- 사회자: 이수출 경북대학교 교수

시간	내용		
13:30~13:45	개회	[인사말씀]	이태식 한국과학기술단체총연합회 회장 이장호 한국풍력에너지학회 회장 이찬 한국에너지기후변화학회 회장
13:45~13:50	기념촬영		
13:50~14:50	세션1	기후변화 대응과 에너지 안보	
		좌장	이 찬 한국에너지기후변화학회 회장
		발제	이승문 에너지경제연구원 연구위원
		토론	이상준 서울과학기술대학교 교수 정책중 한국RE100협의체 의장 박년배 한국에너지기술연구원 책임연구원
14:50~15:50	세션2	해상풍력과 그린수소	
		좌장	이장호 한국풍력에너지학회 회장
		발제	황지현 한국에너지공과대학교 교수
		토론	정기석 삼성물산 상무 강병찬 제주에너지공사 센터장 김경환 선박해양플랜트연구소 책임연구원
15:50~16:00	COFFEE BREAK		
16:00~17:00	세션3	제조업 활성화와 일자리 창출	
		좌장	성진기 한국에너지기술평가원 연구위원
		발제	박도현 에퀴노르 전무
		토론	조상민 에너지경제연구원 실장 정재천 한국전력 해상풍력사업단 단장 이중관 SK오션플랜트 이사
17:00~18:00	세션4	글로벌 해상풍력 성공사례	
		좌장	최정철 한국에너지기술평가원 풍력 PD
		발제	김범석 제주대학교 교수
		토론	최우진 코리오 대표 김성은 에퀴노르 상무 최원석 포스코 ENC 리더
18:00	폐회	폐회선언 및 2차포럼 안내 · 일시 : 11월 29일(수) 13:30~18:00 · 장소 : 한국과학기술회관 12층 아나이스홀 · 주제 : 우리나라 해상풍력 무엇이 문제인가?	

Summary

≡ 세션 1: 기후변화 대응과 에너지 안보

좌장

이찬 한국에너지기후변화학회 회장

▶ 대규모 재생에너지 공급 확대를 통한 국가 탄소중립 경제 생태계 및 에너지 안보 구축 필요

- 탄소중립을 위한 대규모 재생에너지 공급 수단으로 해상풍력이 전 세계적으로 유망한 옵션으로 대두
- 해상풍력의 활성화를 통한 사회, 경제적 파급효과가 현저함
 - 국내 기업들의 RE100, CF100 수요를 충족시켜 탄소중립 경제 생태계 구축
 - 해상풍력 등 재생에너지는 기술발전 및 규모의 경제 등 LCOE 하락으로 국가 에너지 안보에 기여
- 해상풍력발전의 유연성을 확보하기 위한 ESS, 수소 생산 등의 섹터 커플링 전략이 수반되어 안정적 전력공급 방안을 마련하고 기술적, 정책적 준비가 필요함

주제발표

발제



이승문

에너지경제연구원 연구위원

주제: 기후변화 대응과 에너지 안보

★ 탄소중립을 위한 재생에너지 보급 확대(2050 Net Zero 시나리오)

- 재생에너지, 전력 탈탄소화에 가장 크게 기여('50년 발전비중 풍력 7%→31%)
- 최근 글로벌 에너지 환경은 에너지안보 강화, 국가별 정책 수단 대응이 요구되고 있으며, ①시장 불확실성 증가 ②저탄소 무역 확대 ③탄소중립 추구 등 탄소중립을 위한 시장 불확실성 대비와 더불어 경제 성장 동력으로 재생에너지 역할이 강화됨
- 대규모 재생에너지 공급의 중요성이 확대됨에 따라 해상풍력 시장 확대 가속화

★ 세계 재생에너지 설치 용량 및 LCOE는 석탄 화력발전과 비슷한 수준으로 도달하였으며, 대규모 해상풍력 단지 확대 및 기술 발전에 따라 LCOE 지속 하락

- 영국, 미국, 일본, 대만 등 자국 내 해상풍력 공급망 구축 유도 등 전 세계는 주민 수용성 확보, 풍부한 풍력 자원, 일자리 창출, 터빈 및 풍력단지 대형화 추진 중
- RWE는 해상풍력 법인을 신설하고 목표 강화(8GW, '30년), Orsted는 세계 1위 해상풍력 기업(15GW, '25년)으로 변신 중이며 Equinor는 부유식 풍력에 적극 투자
- 거대 Oil & Gas 기업은 차세대 생존 산업으로 재생에너지 개발을 적극 추진하고 있으며, 태양광에서 해상풍력 시장으로 적극 전환

★ 글로벌 해상풍력 보급 전망은 '22년 대비 '35년 약 8배 성장할 것으로 전망되며, 단기적으로 급격한 인플레이션과 전쟁에 따른 공급망 위험에 따른 비용 상승으로 해상풍력 보급의 장애요인 발생

- 중단기적으로는 급격한 해상풍력 보급 확대에 따른 공급망 병목 현상 발생이 예상되며 해상풍력 LCOE가 정체될 수 있음

★ 국제 정세에 따른 에너지 가격 변동성 확대와 더불어 재생에너지 확대에 따른 새로운 에너지 안보 문제 발생 가능

- 가변적 재생에너지 증가에 따른 안정적 전력공급의 중요성, 전력망 유연성 자원 확보와 전력망 확대 등이 재생에너지 보급 확대에 중요
- RE100 기업의 PPA 확대, 스마트 충전, 에너지솔루션(이차전지, ESS 등) 및 대규모 전력 송전 및 P2G 기술 확보 등 해상풍력 연계 정책 및 사업모델의 다각화 필요

★ 토론 Q&A

- Q) 재생에너지 시장 전망과 2050년 탄소 중립을 위한 재생에너지의 역할은?
 - A) '50년 탄소중립 목표를 위해 재생에너지 비중 약 90% 필요(태양광 41%, 풍력 31%)
- Q) 풍력발전의 시장 전망과 국가 탄소 중립, 온실가스 감축을 위해 해상풍력의 역할은?
 - A) 탄소중립을 목표로 중국, 유럽 등 해외는 현재 대규모 풍력 시장이 형성되고 있으며, '35년 해상풍력 목표 약 500GW 등 글로벌 풍력 시장의 급성장이 전망됨

패널토론

패널 1

이상준

서울과학기술대학교
교수

★ **재생에너지의 중요성은 최근 통상 분야에서 기후변화 문제가 결합되는 경향은 점차 두드러지고 있다는 점에 주목하여야 함(예: 탄소국경조정세, RE100, CFE 등)**

- 글로벌 기업들이 참여하는 이니셔티브가 모종의 압력으로 작용 중이며, 통상 환경의 변화를 빠르게 인지하고 선제적으로 대응하는 것이 우리나라 경제에 중요

★ **특히, RE100은 가장 높은 주목을 받으며 다수의 글로벌 기업이 참여하고 있음**

- 최근 CFE 같은 다른 움직임도 있으나 RE100, CF100 모두 재생에너지 역할이 중요

★ **국내 기업은 RE100 이행을 위해서 앞으로 해상풍력을 통해 안정적인 대규모 물량을 경쟁력 있는 가격에 확보하려 하고 있으며, 향후 태양광 중심에서 대규모 재생에너지 공급원인 해상풍력 확대가 필수적임**

★ **최근 우리나라와 RE100 핵심 유사 국가(아시아 태평양 제조업 국가) 비교 시 한국이 해상풍력에 가장 어려움이 많음(물량, 가격 측면에서 사업성 확보 어려움)**

- 최근 대만의 해상풍력 경매는 대부분 PPA를 통해서 기업 수요자에게 공급이 예상되며, 대만 TSMC는 920MW 해상풍력 PPA 계약 완료(물량 확보, 가격 합리화)

★ **RE100, CF100 등의 제도와 연계하여 지자체 주도의 계획입지제도 등을 통해 해상풍력을 개발하고 이를 RE100 수요자에게 공급하는 모델 발굴 필요**

★ Q&A

• Q) RE100, CFE/CF100 개념, RE100 또는 CF100 달성을 위한 전체 재생에너지 및 해상풍력 필요 보급량과 이것을 달성하기 위한 한계와 제도 개선 방안은?

- A) RE100, CF100의 목적은 탄소중립(Net-zero)으로 동일함. 차이점은 RE100은 재생에너지에 집중되며, CF100은 기술 중립적이고, 원전과 무탄소 에너지까지 허용하여 범위가 넓음. 두 정책 모두 재생에너지가 중심적인 역할을 하며, 실질적인 온실가스 감축을 위해서는 해상풍력이 가장 중요하다고 생각함. 재생에너지 물량 관련 시장 및 법령이 미흡하며, 해상풍력 보급을 위해 정부의 적극적인 정책 지원이 필요

패널2

정책중

한국RE100협의체
의장

★ 그동안 국내 제조업이 성장할 수 있었던 이유는 안정적이고 싸게 공급된 에너지 인프라 때문이나, 에너지 환경이 기후변화라는 대외 변수에 의해 급변하고 있음

- 전력산업의 신산업 전환을 위해 노력하였으나, 계통 부족 문제 등 위기 상황임

★ CBAM, RE100, SBTi, 지속가능보고서의 공시 의무화 등 기업 분야에서 기후 위기 대응에 따른 탄소중립, 재생에너지 확대가 중요함

- RE100은 낮은 수준의 탄소중립이라면 SBTi는 좀 더 강력한 탄소중립 프로그램으로 민간 차원의 NGO까지 모니터링 시스템을 강화하는 등 기업들의 부담 가중

- 실제로 Fortune 500대 기업 중 50% 이상이 SBTi(민간 자발적 활용)에 가입됨

- 글로벌 및 국내 대기업들은 RE100 달성을 위해 재생에너지 PPA가 필요하며, 물량 확보를 위해 대규모 용량을 확보할 수 있는 해상풍력의 활성화가 매우 중요함

★ 국내는 최근 3MW 이상 태양광 인허가 실적이 거의 없으며, 풍력의 경우 기획에서 개발, 설치까지 장시간(5~10년 이상) 소요

- 해상풍력을 통한 공급망 확보로 산업 생태계를 만들고 기업과 연계한 새로운 신성장동력을 만드는 중추적인 역할이 필요

★ Q&A

• Q) 국내 기업 ESG 경영 강화에 따라 해상풍력을 포함한 재생에너지 확보 방안은?

- A) 해상풍력 시장의 활성화가 우선적이고, 산업/일자리 활성화가 필요함. 해상풍력의 보급 확대 및 PPA 시장 진입을 위한 LCOE 및 제도 개선이 필요함. REC제도 중심이 아닌 인허가 간소화와 주민 수용성 확보 및 전력망 지원 등 Infra 투자 필요

패널토론

패널3

박년배

한국에너지기술연구원
책임연구원

★ 기업의 ESG 경영 강화에 따른 해상풍력의 발전량 확보 방안 필요

- 최근의 글로벌 에너지환경 변화에서 저탄소 무역 확대와 관련하여, 해외 선진 기업 및 국내 주요 기업들은 ESG 경영의 일환으로 RE100 및 탄소중립 목표 수립 추세
- 국내는 한국전력 및 발전자회사와 민간의 포스코, LG, SK, 삼성, 현대, 롯데 계열사 등은 빠르면 2030년(LG전자), 대다수는 2050년(포스코 등) 탄소중립 목표 수립
- 탄소중립 및 RE100 달성을 위해 재생에너지(해상풍력 등) 보급 확대가 필수적임

★ IEA(2023)의 Net Zero 보고서에 따르면 2050년 재생에너지 발전설비 용량은 현재 대비 2030년 약 3배 증가하고, 2050년 8배 증가 전망(약 7,616GW)

- IPCC, IRENA, Shell, BP 등 국제기구와 글로벌 기업도 해상풍력 확대를 전망

★ 국내 해상풍력 계획 진행 점검의 일환인 “해상풍력 발전 방안의 이행 현황”

- 2020년 7월에 관계부처 합동으로 수립된 “해상풍력 발전 방안”은 2030년 12GW 준공을 목표로 설정되었으나, 현시점에서 이행 현황 모니터링 및 개선 방안 수립이 요구됨
- 현 정부는 탄소중립 녹색성장 국가전략 및 제1차 국가기본계획 발표에서 재생에너지 원별 균형(태양광:풍력 비율을 2021년 87:13에서 2030년 60:40) 보급을 발표하며 해상풍력에는 기회가 될 전망
- “한국형 탄소중립 100대 핵심기술”의 해상풍력 관련 기술 경쟁력 제고도 필요

★ Q&A

- Q) 국제에너지 가격변동 등의 문제와 관련, 에너지 안보 차원에서 해상풍력의 역할과 현황?
 - A) 러-우 전쟁과 같은 국제적 위기 발생 시 석유자원은 가격변동이 크게 발생함. 재생에너지는 기술발전 및 규모의 경쟁 등으로 LCOE 등이 하락되면서, 에너지 안보에 크게 기여함
 - 분산에너지 활성화 특별법 제정에 따라 해안에 설치되는 해상풍력사업에 영향이 있을 것으로 예상되며, 해상풍력발전의 유연성을 확보하기 위한 ESS, 그린 수소 생산 등의 섹터 커플링 전략이 수반되어 안정적 전력공급 방안을 마련하고 기술적, 정책적 준비가 이루어져야 함

Summary

세션 2 : 해상풍력과 그린수소

좌장

이장호 한국풍력에너지학회 회장

▶ 기후변화 대응과 탄소중립 목표 달성을 위해 해상풍력을 활용한 그린수소 제조 사업 개발이 필요

- 계통과 해상풍력단지 간의 불균형이 해상풍력 확대에 걸림돌이나, 그린수소가 해결 방안이 될 수 있음
 - 신안 해상풍력(8.2GW)을 활용한 그린수소 에너지 섬 개발 및 여수국가산업단지에 그린수소 생산, 공급 검토
 - 덴마크 에너지청이 이안거리 80km 북해에 인공섬, 해상풍력단지를 설치, 그린수소 제조(최대 10GW) 추진
- 제주도는 수소 생산 및 혼소/전소 발전시설로 장기적인 “탄소 없는 섬” 사업개발을 추진 중임
 - 출력제한 해소를 위한 섹터 커플링 일환으로 P2H, P2M 실증 중이며, 분산형 에너지 관련 규제 해소 중
- 조선·해양 분야는 국제해사기구(IMO)의 규제로 모든 선박의 무탄소 전환이 필요함에 따라 수소/암모니아 연료 엔진 상용화 등 수소의 연료 역할이 필요하며, 대형 크레인 보유 항만도 무탄소 운영이 요구됨

▶ 재생에너지 활용 수소 자급 모델이 부재하며, 에너지 안보/경제적 측면에서 수소 공급 체계 확립이 필요

- 동해, 제주, 서남해의 원해에서 대규모 해상풍력단지 개발을 통한 그린수소 생산 및 에너지 수요처인 수도권과 평택-용인 반도체 클러스트 등 산업단지로 직접 운송을 통한 수소 자급 검토 필요

주제발표

발제



황지현

한국에너지공과대학교 교수

주제: 해상풍력과 그린수소

★ 한국 탄소 중립 시나리오

- 파리 협약을 통해 NDC(Naturally Determined Contributions) 체결
- 한국 2030 NDC 목표 강화됨
 - 기존 NDC CO2 Emission 목표 26.3% → 2030 NDC 목표 40%
 - 수소 7.6Mton 추가 배출 (블루수소 등 활용) → 그린수소의 중요도 증가
- 4차 수소 경제 위원회 방향성
 - 수소 기본 경제 수립, 수소 충전소, 수소 활용 터미널, 주민 사회수용성 확보

★ 해상풍력을 활용한 그린수소 시장

- 해상풍력사업을 통한 고용인력 상승(23.7명/MW)
 - 제조업 15.6명/MW, 건설·설치 80명/MW, 운영·유지보수 0.2명/MW
- 국내 재생에너지 3020 이행계획에 따른 풍력 활성화 전망('30년 풍력 16.5GW 목표)

★ 덴마크 해상풍력-그린수소 활용 사례

- 빈도섬(에너지 인공섬) Energy Island Development
 - 덴마크 에너지청 주도로 북해에서 80km 떨어진 곳에 위치, 수심 26-27m 지역에 대규모 해상풍력단지를 설치 및 수소 제조 추진 중(초기 3GW → 최대 10GW 목표)
- 본홀른(기존 섬)을 활용한 전력 허브 구축을 위한 에너지 섬 조성
 - 유틸란트 반도로부터 약 50km 떨어진 유인섬을 활용하여 남쪽 20km 해안에 2GW 해상풍력 설비 배치 및 전력 배분 예정이며, 해상풍력의 물리적 허브가 될 것임

★ 국내 진행 상황

- 국내 최초 MW 급 P2G 그린수소 생산 및 저장 실증사업 추진(제주)
- 국내 최초 풍력 이용 P2G 그린수소 개발 중(제주)
 - 제주 상명풍력 등 풍력 잉여전력 활용을 위한 500kW급 그린수소 수전해 기술개발
- 신안 해상풍력(8.2GW)을 활용한 그린수소 에너지섬 개발
 - 풍력단지 인근 무인도에 에너지섬을 개발하여, 수소 생산하여 여수산단에 공급 계획

★ 에너지섬에 적용할 수 있는 핵심 가치: Nearshore 컨셉을 통한 사회수용성 확보

- 해상풍력에 연계된 인프라 구축 및 수소 생산, 원가 절감용 기술개발 중

패널토론

패널 1

정기석

삼성물산 상무

★ 한국은 해상풍력 잠재 가능성이 높은 것으로 알려져 있으나, 여러 문제로 성장이 더딘 상황임. 특히, 국내 그리드와 풍력 자원 간의 불균형이 심하여 해상풍력 확대에 걸림돌이 되고 있으나, 그린수소가 해결 방안이 될 수 있음

- 유럽대비 국내 풍속이 비교적 낮으나, 3면이 바다로 이루어져 바람 자원이 풍부하나, 좋은 조건 대비 한국의 해상풍력 진척도가 매우 낮음(일본, 대만 대비)
- 현재는 석유에 의존되어 있으나, 미래에는 수소 중심의 산업이 될 것으로 예상되며, 이를 대비하기 위해서 소규모 용량의 태양광보다는 대규모 용량의 해상풍력을 활용한 수소 생산이 필요

★ 그린수소는 현재 생산원가가 높은 것이 사실이나, 글로벌 산업에서 그린수소 원가 절감이 개발 중임. 기존 발전 자원을 활용할 수 있고 출력 조절이 가능하여 그리드 부담을 경감하는 등 다양한 장점이 있어 해상풍력 및 그린수소 투자가 필요함

★ 해외에서는 액화수소, 액화암모니아 등의 사업이 진행 중

★ 에너지섬은 해외에서 이미 진행 중이며, 국내도 중화학공업이 많기 때문에 에너지섬과 같은 그린수소를 생산하는 기반이 마련되어야 함

★ Q&A

- Q) 장기적 측면(50년)에서 수소 가격 예측? 수소의 종류, 그린수소의 경쟁력은 있나?
 - A) 그린 수소의 현재 국내 판매가는 1만 원/kg이며, 글로벌 수소 원가는 \$5/kg 수준에서 장기적으로 목표하는 기대 원가는 \$1/kg 임
 - 물량과 규모의 경제에 따라 원가 하락이 예상되며, 재생에너지의 잔여 전기를 사용하여 수소 생산 시 인프라 공용 활용도(혼소 발전소 등)가 높아지며, 경제적 측면에서 더 좋아질 것으로 전망

패널2

강병찬

제주에너지공사
센터장

★ 제주도는 2012년부터 탄소 없는 섬을 구축하기 위해 CFI 계획을 발표하였고, 재생에너지와 친환경 전기차를 공급하였음. 2018년도부터 태양광발전의 급격한 증가로 출력제한이 늘어나 재생에너지 확대에 차질이 발생함

- 제주도 풍력의 출력제한 발생은 태양광의 급속한 증가로 낮 시간대 출력제한 발생

★ 이를 위해 섹터 커플링 등 출력제한 완화 및 재생에너지 지속 확대를 위한 해결 방안 연구 및 실증이 진행 중이며, 또한, “탄소 없는 섬, 제주”를 실현하기 위해서는 전력 및 전기차 외에도 친환경에너지로의 전환이 필요함

- 섹터커플링(P2H, P2M) 실증, 대규모 ESS 사업 및 분산형 에너지 관련 규제 정립 등

★ 단기적으로 그린수소 생산시설 3.3MW를 시작으로 생산시설 확대를 통해 수소 활용을 버스, 트럭, 청소차 등의 상용차로 확대

- '20년 착수한 3.3MW 그린수소 실증사업은 '23. 08월 품질검사를 완료하였으며, '23. 10월 충전소 출하 및 수소 버스 시범운영이 예정되어 있음

- 대규모 용량의 해상풍력 사업의 출력제한을 막기 위해 수소를 활용하는 방안이 진행 중이며, 특히 12.5MW 규모의 그린수소 생산시설을 인허가 중임

★ 해상풍력 위주의 재생에너지 확대와 수소생산 시설 및 수소 혼소/전소 발전시설로의 장기적인 개발로 “탄소 없는 섬, 제주”를 달성하고자 함

- 그린수소의 경제성은 많이 부족하나, 지속적인 기술 개발을 통해 경제성 확보 방안을 마련 중이며, 궁극적으로는 그린수소의 경제성이 완화될 것으로 전망됨

- 대규모 해상풍력의 활성화, 전력계통 취약성 등에 대비하는 그린수소 개발 중

패널토론

패널3

김경환

선박해양플랜트연구소
책임연구원

★ 세계적으로 온실가스 감축목표 상향, 2050 탄소중립 목표가 설정되었으며, 현실적으로 해상풍력, 그린수소의 확대가 필수적인 상황임

- 재생에너지의 급속한 성장에 대비하여 전력 활용 필요

★ 해상풍력 확대에 따라 계통 관성이 문제가 되며, 전력 생산처와 수요처의 이격으로 인한 막대한 계통연계 비용으로 유럽은 해상풍력 단지와 연계한 육·해상 그린수소 생산단지 구축과 개발을 가속화하고 있음

★ 유럽 사례: 재생에너지 증가 → 출력제한 문제 발생 → 수소 전환

- 해상풍력: 육지 → 전력 → 수소 전환

- 프랑스: 부유식 해상풍력에서 생산한 전기 → 부유식 수소 전환/생산

★ 국내 수소 정책은 운송 및 연료전지로의 활용에 집중되었으며, 대규모의 수소 공급은 해외수입에 주로 의존하고, 국내 재생에너지를 이용한 수소 자급 모델 부재함

- 에너지 안보 및 경제적 측면에서 수소 공급 방법에 대한 체계 확립 필요

- 동해, 제주, 서남해의 먼바다 등에서 대규모의 해상풍력단지 개발이 가능하며 해상풍력단지에서 수소를 생산하면 에너지 수요가 많은 수도권으로 직접 운송이 가능하고 일정 부분 국내 수소 자급이 가능함

★ 조선 해양 분야 관점

- IMO 국제기구의 규제 신설: 모든 선박을 무탄소로 전환

- 대형 선박에서 이차전지를 동력원으로 사용하는 것은 제한적이므로, 수소나 암모니아를 이용해서 엔진을 구동해야 함

- 대형 크레인 항만도 무탄소로 전환해야 하므로 수소 중요성 높아짐

★ 그린수소 산업 경제성 문제의 해결방안

- ① 사람들의 인식 전환

- ② 기술 개발: 해외 풍력 및 수소 기업의 적극적인 기술 장벽 구축 및 국내 산업 활성화에 따라 선제적인 연구개발과 꾸준한 기술 추적이 필요함

★ Q&A

- Q) 해상풍력 단가를 줄이기 위한 구체적인 기술력은 무엇이며, 어떤 노력이 필요한가?
 - A) 터빈 분야는 아직 국내 기술이 해외 대비 부족하며, 비용이 더 비싸기 때문에, 국내 기술과 제품 활용에 힘써야 함. 하부구조물 기술은 국내가 가능하다고 고려됨(조선업 등). T&(설치·운송) 비용이 가장 크기 때문에 부족한 인프라와 Track record 구축이 필요함
 - 개발사 입장에서 가장 어려운 계통연계 부분은 기술력보다는 비용 부분에서 정부가 직접 나서서 해결해야 함. 유럽의 일부 사례를 보면 계통연계 중 해상 파트는 정부가 시공 담당하고 개발사가 임대 사용 중

Summary

세션 3 : 제조업 활성화와 일자리 창출

좌장

성진기 한국에너지기술평가원 연구위원

▶ 고정식 및 부유식 해상풍력 발전은 제조업 활성화와 일자리 창출을 위한 신산업으로 육성 필요

- 터빈, 타워 등의 제조업과 더불어 설치·시공, 유지보수 분야의 높은 이윤과 고부가 일자리 창출 우수
 - 관련 산업의 내재화를 통한 신기술과 산업육성 노력이 중요하며, 국산화율 상향(60% 이상)이 시급함
 - 대만 시장의 국내 진출은 대만 정부의 중국산 제품 배제가 원인, 국내의 경우 LCR 강화가 바람직
 - 산업 기여도 강화 등 고정가격경쟁입찰제도 보완을 통해 태양광(중국제품 시장잠식)과 같은 사례 방지
 - 조선업 활황으로 해상풍력 인력확보에 어려움이 있으며, 정부 차원의 체계적인 인력양성 정책 기대

주제발표

발제



박도현

에퀴노르 전무

주제: 제조업 활성화와 일자리 창출

★ 국내 부유식 해상풍력 Supply Chain(공급망) 현황

- 부유체 제작: 국내 조선사 제작 능력 보유
- 터빈: 두산 8MW(14~15MW급 대형 터빈 부제) → 해외 터빈업체 OEM 계약
- 운송/설치: 고정식 구조물 설치 실적 보유, 부유식 설치 선박(앵커링 선박) 없음
- 변전소: 고정식 해상변전소 실적 보유 → 부유식 해양플랜트 실적 활용
- 케이블: 345kV 수요가 적어 공급능력이 부족. 단, Dynamic cable은 R&D 필요
- 타워 제작·조립에 역량이 충분히 있으나, 부유체, 운송설치 선박 투자가 필요

★ 제조업에서 신사업 투자로 일자리 창출 가능

- 국내 제조업 분야에 수익률이 10% 미만
- 운송 및 설치, 유지관리 분야에서 해외 업체 수익률은 20~30% 수준
- 조선, 건설사가 무관심한 운송·설치, 유지보수 분야 투자가 진정한 고용창출 가능
- 에퀴노르에서 분석한 현재 국산화 가능 범위
 - Capex 부분: 30~40%(Target: 60%) / Opex 부분: 50~60%

★ T&I 관련 산업

- 설치 선박을 보유한 해외 5~6개 업체가 독점하고 있으며, 유럽 및 미국 시장의 CaPEX 상승 요인으로 선박 용선 비용 상승, 신규 건조 비용이 CaPEX에 반영됨

★ 해상풍력 유지관리(지속적인 일자리 창출)

- 발전소 운영기간(20~30년) 만큼 유지관리 인력확보
 - 기존 검사 인력, 보수 인력 등 관심이 없던 분야에서 일자리 창출이 가능

★ 일자리 창출 효과 산출 방법

- (기존) 생산유발효과, 부가가치유발효과, 고용유발효과 → 잘 맞지 않음
 - 미국/뉴욕 - 엠파이어 프로젝트(2.1GW - 고정식): 고용유발효과 약 16,000명
 - 영국 - 하이윈드 스코틀랜드(30MW - 부유식): 고용유발효과 약 293명(실적)
- 기존 경제적 파급효과의 신뢰도가 낮아 에퀴노르는 울산 부유식 사업에서 경제적 파급효과를 새롭게 산출
- 동해 1: 생산유발효과 3조 원 / 고용유발효과 25,000명(신뢰도가 낮음)
- 반딧불이: 제작 야드 4,000명(3년), 운영·유지보수 기자: 200명(업체 인터뷰)

★ 향후 부유식 해상풍력이 주목받는 이유

- 이용률이 높으며, 복합화력발전소와 유사함
 - 이용률: LNG 원전 60~70%, 고정식 25%, 부유식 58% (하이윈드 사례)
- 부유식 풍력단지는 사업비는 높지만, 이윤과 부가가치를 많이 남길 수 있으며, 다양한 일자리 창출이 가능

패널토론

패널 1

조상민
에너지경제연구원
실장

★ 관련 산업역량 내재화 노력이 중요(예: 미국 IRA, 유럽 NZIA)

- 재생에너지 산업을 자국 내 유치하기 위해 규제 수단을 마련
 - 재생에너지 산업이 성장할 것이라는 확신이 필요하며, 에너지산업의 변화가 적으나, 최근 급격한 변화를 맞이하고 있음. 따라서 새로운 기술과 산업이 만들어짐
- 새로운 기술과 산업을 확보함에 따라 부가가치 및 일자리를 창출해 나갈 수 있음
 - 국산화율을 30~40%에서 60% 늘이는 것이 기대됨
 - 특정 산업에 60% 국산화율이 어렵지만 목표로 삼고 있는 것이 성과로 보여 짐
 - 제조업뿐만 아니라 제조업 외 시장의 성장 가능성, 일자리 창출 가능성이 해상풍력을 정부가 지원하고 육성할 당위성을 제공

★ 파급효과를 직접적/체계적으로 제시하는 것이 필요함

- 산업연관분석이 직접적인 부분뿐만 아니라, 간접적인 효과까지 파악하여 과대평가하는 부분이 있음. 향후, 보다 직접적으로 파급효과를 제시하는 것이 필요함
 - 특정 Value Chain 별로, 국내 산업의 기여도를 민-관이 협력하여 제시
 - 장기적으로 해상풍력 확대 당위성을 확보하여야만 정부와 국민 설득이 가능
- 2차 평가지표 개편 주요 사항: 가격지표의 변별력 높임. 산업경제 기여 평가
- 해상풍력을 확대해 나가기 위한 수용성 측면에서 노력해 나가야함

★ Q&A

- Q) 고정가격 경쟁입찰에서 직접적 파급효과 평가를 어떠한 방향으로 하여야 하는가?
 - 제조업과 지역 산업도 일자리 창출에서 중요한 부분으로 향후 어떻게 진행되는지?
- A) 정부 정책 방향이 명확할수록 좋음. 크게 두 가지 방향으로 가격을 낮추고, 국내 경제, 산업 기여도를 확보하여 해상풍력 지원 방향을 계속 유지하는 것
 - 100% 국산화가 힘들 경우, 해외 선도기업과의 기술협력이나 기술이전이 좋은 수단이 될 것이며, 제조업 측면에만 정부 정책의 초점이 맞춰짐. 다양한 밸류체인에서 부가가치가 발생할 수 있으므로 국내 관련 기업과 산업을 유치하고, 기술이전, 기술협력 등의 노력을 가시화할 수 있는 지표가 개편되어야 함

패널토론

- Q) 해외기업들의 국내 발전사업 참여를 장려 및 적극 지원, 협력해야 하는지? 아니면 견제해서 국내기업이 자력으로 사업을 수행하도록 해야 할까요?
 - A) 과거 국내기업을 위주로 산업을 육성하고자 하였으나, 현재 할 수 있는 부분과 할 수 없는 부분이 명확해짐. 할 수 없는 부분은 해외기업과 협력을 하여 해상풍력 초기시장을 개화시키고, 사업육성을 할 수 있을 것으로 생각됨
- Q) 풍력 장기 고정가격 입찰 평가 항목 중에서 산업기여도 평가에 대해 점수 배점이 명확하게 공개되지 않아서, 가격이 비싼 국산 제품으로 응찰할 경우, 점수를 예상하기 어려운데 배점 기준을 미리 공개하여 혼선을 최소화하자는 의견에 대해?
 - A) 평가 지표를 명확하고, 세부적으로 제시하고, 시장에 확실한 정책 방향을 제공하고, 사업참여자는 정부가 바라는 형태의 사업을 추진하는 것이 바람직함
 - 우리나라는 홀로 살아가는 국가가 아니고, 다른 국가와의 관계를 고민하고 있음. 이러한 이유로 평가 지표를 명확하게 공개하지 못하는 부분을 이해해야 함
 - 입찰서류의 양식을 통하여 어떤 부분에서 정부가 신경을 쓰고 있는지 알 수 있으며, 그런 부분을 참고하여 사업을 진행하면 된다고 생각함
 - 그럼에도, 평가지표는 투명하고 세부적으로 제시해야 하는 방향으로 나아가야 함

패널토론

패널2

정재천

한국전력

해상풍력사업단

단장

★ 산업부와 에너지부가 분리되어야 하며, 긍정적/부정적인 요소의 조화가 중요함

- 에너지와 산업이 대립되는 경우가 있으며, 에너지 측면에서는 에너지 안보, 경제성, 지속가능성을 중요시하고, 산업 측면에서는 REC, 세금, LCR이 중요함

★ 시장이 활성화 되어야 하는 부분에서 대만의 경우와 비교해야 함

- 국내 시장은 형성되지 않았지만, 대만은 형성됨. 대만에 국내기업이 수출할 수 있는 이유는 대만 정부에서 중국산 제품을 쓰지 못하도록 하기 때문임
- 우리나라 기업에 기회가 왔지만, 가격 경쟁력이 있는지 고민이 필요함

★ 개발사가 어떤 기업을 선택하고, 어떤 제도를 극복해 나가는지 중요하며, 개발사가 일자리를 창출할 수 있도록 놀이터를 만드는 것이 중요

★ Q&A

- Q) 놀이터를 만들 수 있는 제도는 어떤 것이 있는가?
 - A) 현재는 불확실성이 가장 크며, 오픈도어 방식을 변경해야 사업자의 개발이 가능함
 - 계통, 선박, 항만 등 Infra 분야가 부족하며, 개발자가 해결하기 힘든 부분으로 정부의 지원이 필요함. 최소한의 인프라가 정부 차원에서 주도적으로 추진되어야 함

패널토론

패널3

이종관

SK오션플랜트
이사

★ SK오션플랜트의 제작 물량의 99%를 대만에 수출

- 대만의 International 물량의 절반을 SK오션플랜트가 담당함. 이는 대만의 중국산 제품 사용 금지에 따른 효과

★ 국내에 하부구조물 공급을 위한 제작업체로 고정가격 입찰제도에 관심이 높음

- 고정가격 경쟁입찰 평가지표(가격 60점, 산업기여도 16점) 변경과 LCR 제도 폐지(4월)로 산업기여도 16점으로 의해 평가가 좌지우지되어, 가격 항목을 산업기여도 항목이 넘어설 수 있을지 우려됨. 중국산을 사용한 프로젝트가 가격 경쟁력이 있음

★ Q&A

- Q) 입찰 선정 방식에 대해 가격에 의존되는 것으로 태양광의 사례처럼 국내 풍력 산업도 중국 시장에 잠식될 것으로 예측이 되는데, 해당 부분에 대한 대안은?
 - A) 중국은 전 세계 풍력의 50%의 실적을 가지고 있으며, 자국 내에서 설비의 제작, 설치가 이루어짐
 - 최근 중국 내부시장 포화로 해외 시장으로 진출하는 과정에서 국내 대형 프로젝트에 영향을 미침(중국에서 한국에 진출하기 위하여 접촉하고 있음)
 - 이것을 막지 못할 경우, 과거 태양광과 같은 사례가 예상되며, 폐지된 LCR을 다시 적용하는 것은 어려움이 있으나, 초기시장에서 정부 지원이 필요함
- Q) 러-우 전쟁, 미-중 분쟁으로 자재비/공사비 상승으로 사업을 포기하는 사례가 실제로 발생하고 있음. 이에 대해서 정부는 무엇을 해주면 좋은지? 기업은 어느 방향으로 가야 하는지?
 - A) 국제환경이 미치는 영향은 전 산업에 동일할 것이나 제조업은 직접적인 영향을 받음
 - 국내 강제를 공급받고 있으나, 가격 경쟁력을 위하여 중국산 강제 공급을 검토 중
 - 반면, 조선업은 활황이며, 해상풍력 분야의 인력확보에 어려움이 있음. 정부 차원에서 인력양성 등의 지원책 필요

Summary

◆ 세션 4 : 글로벌 해상풍력 성공사례

좌장

최정철 한국에너지기술평가원 풍력 PD

▶ 해외 성공 사례를 통해 보는 우리의 갈 길

- 영국 해상풍력 성공비결
 - '08년 계획수립법 도입으로 창구 단일화(One-Stop-Shop), 명확한 가이드라인, 집적화 단지로 개발
 - 주민수용성 확보를 정부와 지자체가 담당함
 - 시장 확대에 따른 공급망 구축과 단가 저감
 - LCOE는 '10년 대비 1/3로 하락함
- 우리의 갈 길
 - 우리나라 해상풍력 LCOE는 295원/kWh로 세계평균 102원/kWh에 비해 3배 수준임
 - 해상풍력 시장 잠재력은 높으나 정책의 불확실성 또한 높음
 - 영국의 계획수립법에 해당하는 “해상풍력 특별법” 제정이 필요함
 - 정책의 일관성을 유지해야만 관련 기업들의 투자가 이루어지고 공급망이 구성될 수 있음

주제발표

발제



김범석

제주대학교 교수

주제: 글로벌 해상풍력 성공사례

★ 풍력터빈 기술 진보에 따라 풍력터빈 대형화

- 육상풍력: 4.2~7.2MW, 해상풍력: 10~16MW
- 터빈 기술개발이 초기 풍력 시장을 이끌어왔으며, 20년간 풍력 시장은 빠르게 확대되어 현재 성숙 단계에 도달
 - 시장창출 → 터빈 대형화 → 시장확산 → 공급망 구축 → LCOE 하락 → 성장 가속화
- 세계 평균 해상풍력 LCOE: 102원/kWh, 한국: 295원/kWh
 - 한국은 시장 확대와 공급망 구축을 통하여 차이를 좁혀 나가야 함

★ 탄소중립 목표달성 및 신산업 육성을 위하여 해상풍력의 가치가 주목을 받고 있음

- (Green) 탄소중립: 해상풍력 3.5 MtCO₂/GW, 육상풍력 2.8 MtCO₂/GW
- (New Deal) 신산업 육성: (유럽) '30년까지 400GW, 일자리 450,000개
(미국) '30년까지 30GW, 일자리 83,000개

★ 영국(유럽의 45%, 세계의 24% 해상풍력 설비 운영)

- 현재, 20.3GW 설비용량(건설 중인 PJT 포함), '30년까지 50GW 설비 확보
- 집적화 단지 형태로 해상풍력 개발 전략을 취함으로 시장 규모 확대, 지역경제 활성화, LOCE 하락 유인에 효과적임
 - 대규모 집적화 단지 직/간접 투자로 지역경제 활성화 성공(그린+뉴딜 가치 창출)
- 영국과 같이 LCOE 하락이 되기 위해 시장의 도움이 필요하며, 시장이 빠른 속도로 갈 수 있도록 제도가 마련되어야 함

★ **국내는 시장 잠재력은 높지만, 경험/인프라/시장이 없어 불확실성이 높음에 따라 사업비가 증대됨(지연요소: 인허가, 주민 수용성, 미흡한 인프라, 계통연계)**

- 발전사업 허가된 21GW 사업이 있으나, 빠른 속도로 나갈 수 있도록 국내에 도움이 될 수 있는 전략이 필요함(착공 예정 사업: 100MW 수준)

★ **토론 Q&A**

- Q) 국내 해상풍력 활성화를 위한 방안은 무엇이 있는가?
 - A) 초기 사업 투자를 통해 내수 산업(시장)이 마련되어야 함
 - 잠재력으로 투자가 이루어지기 어려우며, 해상풍력 시장육성 및 활성화를 위하여 인허가 및 주민 수용성뿐만 아니라 계통은 정부에서 반드시 해결하여야 됨

패널토론

패널 1

최우진

코리오 대표

★ 영국의 성공 사례 소개: '10년부터 LCOE 1/3로 하락

- 영국 정부는 2012년 녹색투자은행 설립 등 재생에너지(해상풍력) 보급을 위하여 대규모 공적 자금 투입
- 대형 터빈 도입뿐 아니라, 구조물 혁신 등(Jacket, Monopile, Suction bucket, GBS 등) 다양한 시공 경험, 노하우 적용으로 LCOE 하락 촉진
- 인허가 절차의 간소화 및 FLOWW 등을 통한 어민/주민수용성 확보를 위한 정부의 개입으로 인한 사회적 비용 절감도 LCOE 하락에 기여
- 외국인 투자와 해외 개발사의 적극적인 유치는 해상풍력 보급, 확산을 촉진하였으며, 이는 해외기업의 영국 내 투자를 촉진하는 선순환을 가져옴

★ 영국 정부는 최근 2023년 9월 입찰에 실패

- LCOE 가격 하락에만 집중하다 보니, supply chain의 이익이 감소하고, 이는 인프라/설비 등에 대한 추가 투자를 불가능하게 하고, 결국 공급망 병목 및 기자재 가격 상승이라는 악순환을 불러옴
- 이에 따라 영국 정부에서는 2023년 11월 인플레이션 및 현실적인 LCOE를 감안하여 정부 보조금 상한액을 기존과 비교하여 66% 인상함
- 유럽 등 해상풍력 선진국들이 공급망 이슈로 정체되어 있는 지금 상황이 우리나라 및 기업이 선진국을 추격할 수 있는 기회가 될 것임

★ 결론

- 삼면이 바다로 둘러싸여 있고, 세계 최고 수준의 조선업, 해양플랜트 산업군을 보유하고 있는 우리나라의 경우 해상풍력은 필연적
- 2050년 글로벌 탄소중립 목표 달성을 위해 전 세계 해상풍력 사업은 2,000GW 이상 건설이 되어야 하며, 이를 사업비로 환산하면 1경 5,000조 원의 시장이 전망됨
- 국내 해상풍력 사업에 투자할 수 있는 환경을 조성하기 위해서 다음 개선이 필요

① 고정가격 입찰 물량에 대한 중장기적 예고 필요

② 고정가격 입찰 상한가는, 초기에는 국내 공급망 육성 차원에서, 현실적이고

합리적인 수준으로 책정할 필요가 있음

- ③ 지역에 따라 천차만별인 공유수면점사용료의 경우, 선진국의 입법례와 같이 매출액 등을 기준으로 일정 요율을 수취하는 방식으로 개편이 시급함
- ④ 개발사가 해결해야 하는 29개 인허가 절차는 일원화 및 간소화 필요

패널토론

패널2

김성은

에퀴노르 상무

★ 영국의 성공은 '04년 60MW, '10년 100MW 이상의 해상풍력 단지를 준공하였으나, 시장 초기 국내와 비슷한 실정

- '08년 계획수립법을 도입하여 단일화된 창구(One-Stop-Shop), 명확한 가이드라인을 제시하였음
- 공급망이 제대로 형성이 되어있지 않아, 산업·경제적 파급효과 등을 고려하여 해상 풍력을 도입하기 위한 정부주도로 정책을 설계함
- 13GW 설비가 설치됨. '30년까지 50GW 설비 설치를 목표

★ 국내-영국의 해상풍력 사업추진 비교

- (인허가) 29개의 인허가, 7개 기관과 협의 필요. 기관 간의 이해충돌로 개발사업자의 입장에서 어려움이 있음
 - (영국) 계획수립법을 통해 단일화된 창구, 정부의 명확한 가이드라인 제시
- (주민 수용성) 국내 가이드라인에 대한 여러 의견이 있으며, 사업개발 초기에 이해관계자 설정이 어려움
 - (영국) '08년 계획조사관을 통해 입지선정 초기부터 이해관계자를 설정하며, 이해관계자가 이를 입증해야 함. 사업자가 직접 이해관계자를 접촉하는 것을 지양하며, 정부기관(TCE)을 통해 이해관계자와 소통 계획
- (계통) 유럽은 외부 송전망 이후부터 개발은 제3자 독립운영사 또는 계통 전담기관이 담당함. 사업 초기 사업개발 비용 절감 및 계통에 대한 확실성을 보여줌
- (기타) 국내 외국 투자기업을 바라보는 풍토가 부정적
 - (영국) 공급망이 발달되지 않아, 외국 기업의 투자를 적극적으로 유치함. R&D 등으로 영국 내 공급망에 대한 혁신을 이끌어옴

★ 결론

- 국내와 영국의 차이는 15년이라 생각함
- 국내 해상풍력 사업이 원활하게 이루어지기 위해 정부의 정책성, 정책의 일관성, 앞으로 보이는 계획이 있어야 함
 - 사업자는 명확한 가이드라인과 사업기간이 정해진다면, 경제성을 확보하기 위한 노력을 하게 됨. 불확실성은 국내 공급망 업체의 투자를 꺼리게 되는 상황을 만들

패널3

최원석

포스코 ENC 리더

★ **향후 2~3년이 중요시기로 판단되며, 개발사와 EPC 관계, 발주 형태, 계약, 정부 제도 등 많은 것이 정비가 될 것으로 생각됨**

★ **통상적으로 사업비가 60억/MW 기준이며, 터빈이나 주기기, 타워 부분(20억/MW), 기초 제작 설치, 계통 연결 등(30~35억/MW)**

- 최근 투입 원가를 산출하였을 때, 사업비를 맞추기가 어려움
 - 1) 인플레이션으로 인한 건설공사비 상승(원자재, 인건비 상승)
 - 건설공사비지수: '14년 12월 기준 100 → '20년 120, → '21년 140
 - 2) 국내 Supply Chain 부족
 - 공정의 종류별로 선택할 수 있는 회사가 많이 없음(5개 미만)에 따라 EPC 사에서 기술적으로 물량감소, 공사기간 단축 등으로는 CaPEX 절감에 한계가 있음
 - 3) 장비시장 부족
 - 장비를 보유한 해상구조물 설치업체는 국내 2개 업체, WTIV는 현대스틸 1대
 - 환경영향평가 완료된 사업의 경우, 대부분 대용량 터빈(10MW 이상) 적용 예정으로 설치할 수 있는 선박을 구하기 위해 유럽이나 중국으로 가야 함
- 해상풍력 시장이 활성화가 우선시 되어야만 Supply Chain 투자가 늘어나고, 공급업체가 확대, LCOE 하락을 예상할 수 있음

★ **대규모 신재생에너지 전력을 생산할 수 있는 것은 해상풍력이 유일함**

- 국내 서해지역의 경우, 풍향이 약하며, 기초가 빨 지반이라 그라우팅 적용이 필수
 - 현재 조건으로 사업성을 예측할 경우, IRR 10%까지 볼 수 있을지 회의감이 있음
- 해상풍력 발전량은 '22년 0.3TWh에서 '30년에는 68TWh 규모의 공급이 필요
- 포스코 그룹사에서 필요한 설비용량이 4GW 규모이며, 해상풍력을 대신하여 많은 전력을 신재생에너지로 생산할 수 있는 것은 없음

★ **해상풍력 초기 Risk Taking 단계까지 제도적 보완이 필요함**

- 국내 민자사업(도로, 철도)의 경우 초기에는 “최소운영 수입 보장 제도”에서 성장 하였으며, MRG 폐지 및 사업자와 정부가 Risk Sharing 순으로 시장이 안정화됨
 - 초기 민자사업은 건설사 위주로 투자되었으나, 최근 FI 직접 투자 사업이 개발됨
- 해상풍력도 초기 Risk Taking, 사업모델이 정리가 될 때까지 정부의 제도적인 보완이 필요하며, 투자가 늘어나고, 공급망이 확대되면서 LCOE가 하락할 것임