

20
23

2023.11.

녹색산업 인사이트 INSIGHT

해상풍력



2023 녹색산업 인사이트 INSIGHT



2023.11.

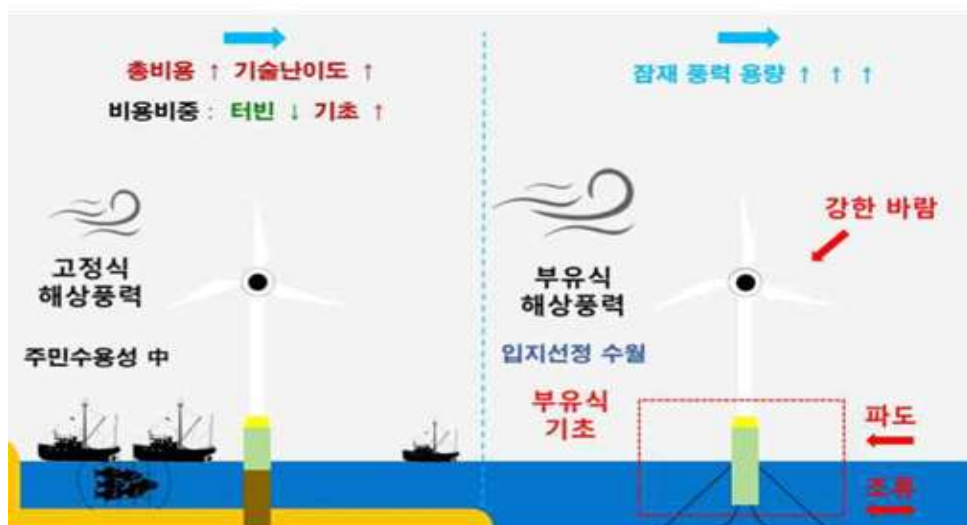
해상풍력

I	• 기술 개요	01
II	• 국내외 해상풍력 시장 동향	03
III	• 국내외 해상풍력 산업·기업 동향	05
IV	• 국내외 해상풍력 정책 동향	07
V	• 요약 및 정리	09
	참고문헌	10

I 기술 개요

(1) 해상풍력 기술 정의¹⁾²⁾

- **(정의)** 해상풍력 발전이란 풍력발전기, 하부구조물, 송전시스템을 바다에 설치하여 해상에서 부는 바람의 운동에너지를 전기에너지로 변환하는 기술을 의미함¹⁾
 - 해상에서 타워를 지지하는 하부구조물을 제외한 풍력터빈의 기타 구성요소는 육상풍력 발전과 동일하나, 경제성 확보 차원에서 대형화되고 있음
 - ※ 해상풍력 발전시설은 크게 터빈시스템, 하부구조물, 송·변전 시스템으로 구성되며, LCOE(균등화 발전원가) 저감을 위한 운영 효율화가 주요 과제임
 - 바람 자원의 조사·분석을 통한 자원평가, 단지설계, 시스템 운송·설치·시공, 단지 운영 및 유지 보수, 계통연계, 시스템 및 프로젝트 인증 기술 등을 포함하는 종합 엔지니어링 산업임
- **(종류)** 해상풍력은 풍력발전기를 해저 면에 고정하는 고정식과 깊은 해역에 띄우는 부유식으로 구분함²⁾
 - 해상풍력 풍력발전기는 육상에 설치되는 풍력발전기와 동일하게 타워 위에 발전기와 회전체가 설치되지만, 타워를 고정하는 하부구조물이 추가로 필요함



※ 출처: 이슈퀘스트(2023)

그림 I-1 | 해상풍력 발전 설치 위치에 따른 분류와 특징³⁾

(2) 해상풍력 관련 주요 기술⁴⁾

- **(터빈시스템)** 육상 풍력터빈과 기본 구성은 동일하며, 로터-블레이드, 드라이브-트레인(동력전달 장치), 발전기, 나셀, 타워 등으로 구성됨
- **(하부구조물)** 풍력터빈 타워를 지지하는 하부구조물 형태에 따라 크게 고정식, 부유식으로 구분하며, 수심이 깊을수록 부유식이 유리한 구조임
- **(송·변전설비)** 주로 해저 송전케이블, 해상 변전소로 구성되며, 변전소는 단지에서 생산한 전력을 받아 안정화 후 육지로 송전하는 역할을 수행함
- **(발전단지 운영)** 해상 풍력발전은 유사시 현장접근, 작업이 어려운 환경 특성으로 인해 해저 케이블 등의 설치, 유지·보수 비용이 크며, 최적화·효율화가 주요 이슈임

표 1-1 | 해상 풍력발전 관련 기술요소 및 과제⁴⁾

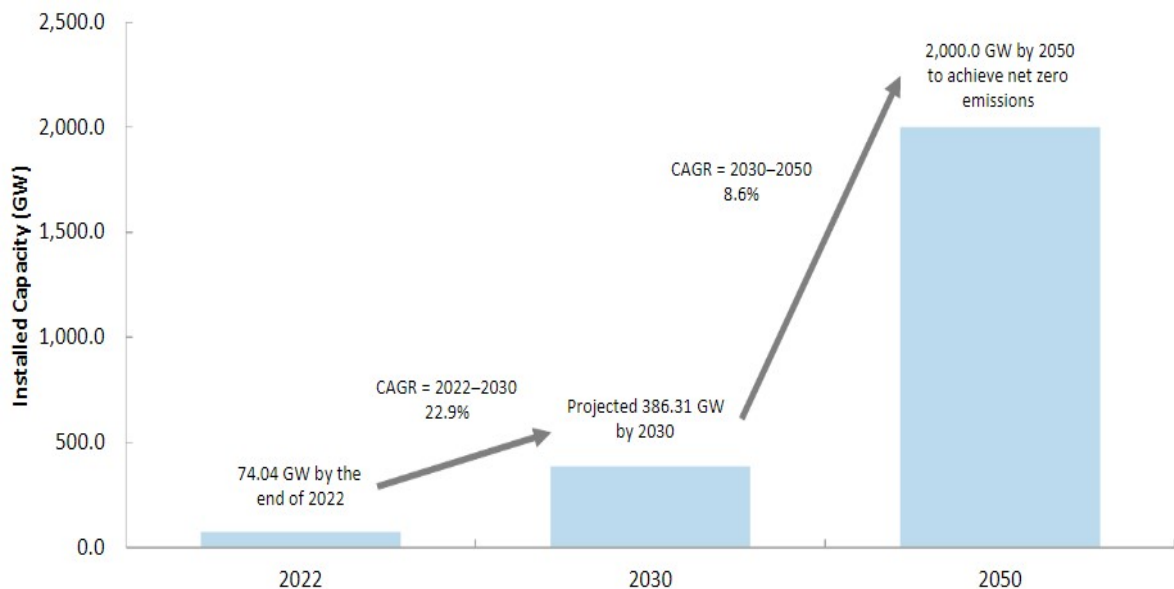
기술요소	정의	주요 과제	세부내용
터빈시스템	바람의 운동에너지를 전기에너지로 변환하기 위한 기본적인 기계요소의 집합	대형화, 대용량화	터빈시스템 구성은 육·해상 공통이나, 해상 풍력터빈 시스템은 대형화, 대용량화 추세
하부구조물	타워를 지지하는 구조물	부유식 하부구조물 기술개발	고정식은 기술성숙도가 높으나, 부유식은 실증 초기 단계이며, 향후 급격히 성장할 것으로 전망됨
송·변전설비	생산한 전기를 육지로 송·변전하는 설비	해저 케이블 신뢰성 제고	해저 케이블 고장이 단지 운영 시 주요 고장 사례로 지적되고 있어, 신뢰성 제고가 주요 이슈
발전단지 운영	원활한 전력생산을 위한 유지·보수 행위 일체	운영 효율화	유지·보수의 LCOE 기여도는 약 30% 내외 수준, 유지·보수비용 저감을 위해 소수의 대용량 터빈으로 단지를 구성하는 추세

※ 출처: 이슈퀘스트(2023)

II 국내외 해상풍력 시장 동향

(1) 세계 시장 동향²⁾

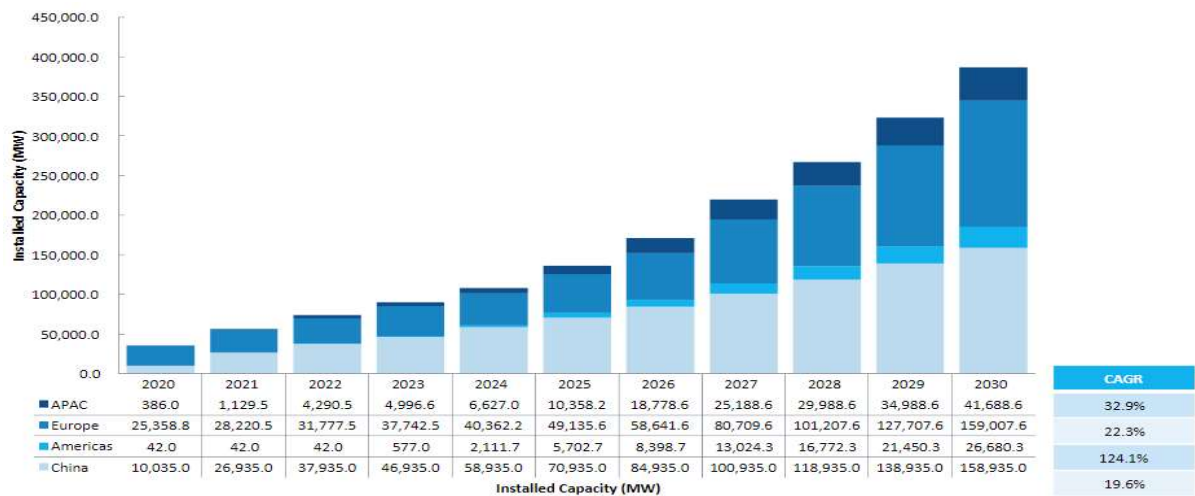
- **(세계 시장 개요)** 전 세계 해상풍력 누적 설치용량은 '22년 기준으로 74.04GW이며, '30년에는 386.31GW으로 확대되어, '50년에는 2,000GW로 크게 증가될 것으로 예상됨
 - '22년부터 '23년까지의 연평균성장률(CAGR)은 22.9%이며, '30년부터 '50년까지 8.6%의 연평균성장률을 보일 것으로 전망됨



※ 출처: Frost & Sullivan(2022)

그림 II-1 | 해상풍력 '22, '30, '50 전체 누적 설치용량 예측치²⁾

- **(세계 지역별 시장)** '30년까지 지역별 해상풍력의 예상 누적 설치 용량의 연평균성장률(CAGR)을 분석해 보면, 아메리카 지역이 124.1%으로 가장 높고, 다음은 아시아-태평양 지역(32.9%), 유럽(22.3%), 중국(19.6%) 순으로 조사되었음
 - 중국은 '22~'30년까지의 누적 설치 용량이 19.6% 성장률(CAGR)을 나타낼 것으로 보임
 - 영국은 세계에서 두 번째로 큰 해상풍력 에너지 시장이며, 그 다음으로 미국, 독일, 네덜란드, 덴마크, 타이완, 한국, 벨기에 순으로 조사되었음



※ 출처: Frost & Sullivan(2022)

그림 II-2 | 해상풍력 지역별 누적 설치용량 예측치 2022~2030²⁾

(2) 국내 시장 동향²⁾

- **(국내 시장 개요)** '22년까지 한국의 해상풍력 상업 운전 누적 보급량은 124MW로 '23년 현재 상업 운전 중인 해상 풍력발전 단지는 탐라단지(30MW), 영광단지(34.5MW), 서남해실증단지(60MW)로 총 세 곳임

표 II-1 | 국내 상업용 해상 풍력발전단지 현황²⁾

	탐라 발전단지	영광 발전단지	서남해 발전단지
상업운전 개시 시점	2018. 1.	2019. 4.	2019. 7.
단지 운영 주체	(주)탐라해상풍력발전 (한국남동발전)	(주)영광풍력발전 (한국동서발전)	(주)한국해상풍력 (한국전력공사, 발전6사)
총 용량	30MW	34.5MW	60MW
설치 터빈	두산에너지빌리티 3MW급	유니슨 2.3MW급	두산에너지빌리티 3MW급
설치 대수	10기	15기	20기

※ 출처: KISTEP(2022)

III 국내외 해상풍력 산업·기업 동향

(1) 국외 해상풍력 산업·기업 동향

- **(국외 산업 동향)** 해상풍력은 신재생에너지 중 가장 작은 면적에서 많은 전력을 안정적으로 생산할 수 있는 효과적인 에너지원이지만 높은 사업 비용으로 인해 산업 성장이 미미하였으나, 최근 개발 경험의 축적, 터빈기술 발달, 각국의 정책적 지원 등으로 사업 비용이 빠르게 감소하며 관련 산업이 활성화되고 있음⁴⁾
- **(국외 주요 기업)** 대표적인 3개社(Siemens-Gamesa, Vestas, GE)가 시장을 주도하고 있으며 최근 Mingyang 등 중국 업체들도 가세하고 있음¹⁾
 - 현재 10MW+급의 상용화가 완료된 상황으로 15MW급 터빈에 대한 개발 경쟁이 본격화됨
 - 중국 제조사들은 가격경쟁력을 바탕으로 하여, 아시아를 중심으로 한 해외 시장 진출을 모색 중임

표 III-1 | 국외 해상풍력(터빈시스템) 주요 기업 현황¹⁾

기업명	국가	주요 내용
Siemens-Gamesa	스페인	- 직접구동식(Direct-Drive) 11MW급 터빈을 다수의 해상 발전단지에 공급 중 - '24년 양산을 목표로 14MW급 풍력터빈 개발 중
Vestas	덴마크	- 9.5MW, 10MW급 터빈을 주력 판매 중 - '24년 양산을 목표로 15MW급 풍력터빈을 '21년부터 실증 중
GE	미국	- '15년 Alstom 인수 후 빠른 기술 개발과 함께 급격히 성장 중 - 현재 12~14MW급 대형 풍력터빈인 'Haliade-X' 플랫폼(12, 13, 14MW)을 생산 중
Mingyang	중국	- '24년 상업 운전을 목표로 세계 최대 용량인 터빈을 개발 중

※ 출처: KISTEP(2022) 기반으로 저자 정리

(2) 국내 해상풍력 산업·기업 동향

- **(국내 산업 동향)** 국내 해상풍력 산업은 국외 기업과의 기술격차, 실증경험 부족, 협소한 국내 시장 등의 원인으로 국제 경쟁력이 부족한 상황임⁵⁾

- **(국내 주요 기업)** 국내 풍력터빈 제조사는 현재 3~5.5MW급 상용화를 완료하고 '24년 10MW급 모델을 개발 완료할 예정으로 국외 선진사의 14~15MW급 대비 기술격차가 존재함¹⁾
- 상용화에 성공한 국내 최대 터빈은 두산에서 제작하는 8MW급이며, 현재 유니슨은 10MW급 터빈 실증을 진행 중임³⁾
- 국내 해상 풍력터빈은 상대적으로 풍속이 낮은 국내 환경에 맞추어 정격출력 대비 로터 직경을 상대적으로 크게 개발하고 있음¹⁾

표 III-2 | 국내 해상풍력(터빈시스템) 주요 기업 현황⁵⁾

기업명	주요 내용
두산에너지빌리티	<ul style="list-style-type: none"> - 3MW 및 5.56MW 풍력터빈 개발 - 8MW 터빈 개발을 마치고 '21년부터 제품 실증 중
유니슨	<ul style="list-style-type: none"> - 750kW, 2.3MW, 4.2MW 풍력터빈 개발 - 8MW급 풍력터빈 발전기 개발 중
효성중공업	<ul style="list-style-type: none"> - 750kW, 2MW, 5.5MW 풍력터빈 개발
한진산업	<ul style="list-style-type: none"> - 750kW, 2MW 풍력터빈 개발 - 저풍속형 4MW급 다중등급 풍력터빈 개발 중

※ 출처: 선박해양플랜트연구소(2020), KDB산업은행(2022)에서 재인용

IV 국내외 해상풍력 정책 동향

(1) 국외 해상풍력 정책 동향

- 미국은 바이든 행정부의 주요 국정과제로 기후변화 대응이 설정된 후 인플레이션 감축법 등 정책을 통해 해상풍력 확대 정책을 펼치고 있고, 중국은 자국 보유 자원과 기술을 활용한 내수 시장 확대 정책, 일본은 해상풍력 지구 지정, 관련 법·제도 정비 등 인프라 확대 및 민간 투자 촉진, 유럽은 연안 재생에너지 전략을 통해 해상풍력발전 지원 정책을 강화하고 있음¹⁾

표 IV-1 | 국외 주요국의 해상풍력 관련 정책¹⁾

국가	주요 정책
미국	<ul style="list-style-type: none"> - 바이든 행정부는 기후변화 대응을 주요 국정과제로 설정하고 인플레이션 감축법(IRA, '22.8.)을 통해 해상풍력 확대 정책을 강력하게 추진함 - Energy Earth Shot 이니셔티브 일환으로 부유식 해상풍력 분야의 엔지니어링, 제조 및 기타 기술 혁신 분야에서의 발전을 가속화 하기 위한 새로운 부유식 해상 풍력 이니셔티브 발표('22.9.)
중국	<ul style="list-style-type: none"> - 자국 보유 자원과 기술을 활용한 내수 시장 확대 정책 - 중국 국가발전개혁위원회(NDRC)와 국가에너지국(NEA) 등 9개 부처 공동으로 '14차 5개년 재생에너지 발전계획' 발표하여('22.6.) 지방정부 차원의 풍력발전 지원 정책 추진을 장려하고 근해 해상풍력을 대규모로 개발하고자 함
일본	<ul style="list-style-type: none"> - 해상풍력 지구 지정, 관련 법·제도 정비 등 인프라 확대 및 민간 투자 촉진 - 제1차 해상풍력산업비전을 통해 '23년까지 매년 1GW 이상 사업계획 설정, '30년까지 매년 10GW 이상 사업계획 설정, '40년까지 30~45GW 사업계획 설정 목표 제시('20.12.) - 제6차 에너지기본계획에서 해상풍력은 '30년까지 5.7GW 수준으로 확대 예정
유럽	<ul style="list-style-type: none"> - 러시아-우크라이나 전쟁으로 인한 에너지 수급 불안정과 에너지 안보 문제 해결을 위한 신재생에너지 정책 강화 - Fit for 55 패키지에서 제시한 목표를 확대하는 재생에너지지침(Renewable Energy Directive)을 통과시켜 재생에너지 목표를 확대함('22.5.) - 유럽의 연안 해상풍력발전 설치 규모를 '30년 60GW, '50년 300GW로 늘릴 것을 제안함('20.11.)

※ 출처: KISTEP(2022) 기반으로 저자 정리

(2) 국내 해상풍력 정책 동향

- **(국내 정책)** 한국은 석탄발전 축소 및 무탄소 전원으로 전환을 추진하고, 해상 풍력발전의 보급 확대를 위한 제도 정비 및 경쟁력 있는 국산 기술 확보에 주력하고 있음²⁾

표 IV-2 | 한국의 해상풍력 관련 정책²⁾

국가	주요 정책
한국	<ul style="list-style-type: none"> - 석탄발전 축소 및 무탄소 전원으로 전환을 추진하고, 해상 풍력발전의 보급 확대를 위한 제도 정비 및 경쟁력 있는 국산 기술 확보에 주력 - '30년까지 해상풍력 12GW 준공 및 지원시스템, 수용성·환경성 강화, 산업경쟁력 강화 방안 제시'(20.7., 산업부) - 해상풍력 공동접속설비 선투자 제도 도입으로 해상풍력 발전단지에서 생산한 전력을 공용 송전망에 연계하는 공동접속설비를 송전사업자(한국전력) 비용으로 건설하고 해상풍력 사업자에게 이용기간 동안 회수하도록 하여 신속한 사업추진 도모('22.1.) - 윤석열 정부에서는 초대형 풍력발전 시스템 등 차세대 기술을 조기 상용화하고, 수입에 의존하는 터빈 핵심부품 경쟁력 강화에 역량 집중('22.7.) - 한국형 탄소중립 100대 핵심기술 內 풍력은 초대형 풍력터빈 기술, 해상풍력 부유체 기술, 해상풍력 발전 운영 및 관리 기술, 수직축 방식의 부유식 풍력 발전 기술이 선정되어 탄소중립 기술혁신로드맵 및 맞춤형 프로젝트를 기획·추진('22.10., 부처합동) - 국내 산업에 기여하고, 주민과 함께하는 합리적이고 실현가능한 재생에너지 추진 방향 발표 및 질서있는 해상풍력 보급 확대 정책 시행('22.11., 산업부) - 제10차 전력수급기본계획(안)을 통해 안정적인 전력수급 관리를 위한 '실현가능하고 균형잡힌 전원믹스' 구성을 기본 방향으로 원전과 신재생에너지 설비 확대 발표('22.11., 산업부)

※ 출처: KISTEP(2022) 기반으로 저자 정리

V

요약 및 정리

- **(해상풍력 기술)** 해상풍력 발전이란 풍력발전기, 하부구조물, 송전시스템을 바다에 설치하여 해상에서 부는 바람의 운동에너지를 전기에너지로 변환하는 기술을 의미함
 - 해상에서 타워를 지지하는 하부구조물을 제외한 풍력터빈의 기타 구성요소는 육상풍력 발전과 동일하나, 경제성 확보 차원에서 대형화되고 있고 풍력발전기를 해저 면에 고정하는 고정식과 깊은 해역에 띄우는 부유식으로 구분함
- **(시장 동향)** 해상풍력 세계 누적 설치용량은 '30년 386.31GW으로 확대되어, '50년에는 2,000GW로 크게 증가할 것으로 예상됨
- **(산업·기업 동향)** 해상풍력은 신재생에너지 중 가장 작은 면적에서 많은 전력을 안정적으로 생산할 수 있는 효과적인 에너지원이지만 높은 사업 비용으로 인해 산업 성장이 미미하였으나, 최근 개발 경험의 축적, 터빈기술 발달, 각국의 정책적 지원 등으로 사업 비용이 빠르게 감소하며 전 세계적으로 관련 산업이 활성화되고 있음
 - 국외 주요 기업으로는 대표적인 기업 세 곳 정도가 시장을 주도하고 있으며 최근 중국 업체도 가세하고 있음
 - 국내 해상풍력 산업은 국외 기업과의 기술격차, 실증경험 부족, 협소한 국내 시장 등의 원인으로 국제 경쟁력이 부족한 상황임
- **(정책 동향)** 미국, 중국, 일본, 유럽에서 해상풍력 확대 정책 및 해상풍력발전 지원 정책 강화를 통해 해상풍력 산업을 전방위적으로 견인하고 있고, 우리나라도 해상 풍력발전의 보급 확대를 위한 제도 정비 및 경쟁력 있는 국산 기술 확보에 주력하고 있음

참고문헌

- 1) KISTEP 브리프(2022), 해상 풍력발전, KISTEP 거대공공사업센터
- 2) Frost &Sullivan(2022), Growth Opportunities in the Global Offshore Wind Market
- 3) 이슈퀘스트(2023), 국내외 풍력(육상, 해상) 산업 기술개발 동향과 향후 전망
- 4) 하이투자증권(2023), 해상풍력 성장의 시간이 다가오고 있다, Industry Report (2023.03.13.)
- 5) KDB산업은행(2022), 풍력 발전 현황 및 산업 동향, 산은조사월보

본 보고서는 KISTEP(2022), Frost &Sullivan(2022), 이슈퀘스트(2023) 등의 자료를 참고하여 작성되었음

2023
녹색산업 인사이트
INSIGHT
해상풍력

발 행 처 | 서울시 녹색산업지원센터

발 행 일 | 2023년 11월 24일

주 소 | 04554 서울특별시 중구 퇴계로 173(충무로 3가) 남산스퀘어 17층

전 화 | 02.6261.0881

이 메 일 | greeninfo@nigt.re.kr

홈페이지 | https://www.gtck.re.kr/gtck/g_center.do

디 자 인 | 주식회사 동진문화사 02.2269.4783