

# 국내외 풍력 시장과 산업 육성 방안



**김범석** 교수 / 제주대학교 풍력공학과

- 한국해양대학교 대학원 기계공학과 박사
- 산업통상자원부 에너지기술기반전문위원회 위원
- 산업통상자원부 전력정책심의회 위원





Korea's first offshore wind farm in JEJU, 30MW  
3MW X 10WTG(Doosan Enerbility, 2017)

## 해상풍력발전 시장 확대 및 산업육성 전략

Renewable Energy Engineering Laboratory

제주대학교 대학원 풍력공학부 | 화공·그린에너지학과(학부)

김범석 | Bumsuk Kim, Professor

bkim@jejunu.ac.kr



# 세계 풍력발전 시장·산업은 완전한 선순환 체계를 구축했고 성장 가속화 단계로 진입했습니다 :



시장창출 → 대형화 → 시장확대 → 공급망 구축 → LCOE 하락 → **성장 가속화 (>100 GW/yr)**



■ (세계 현황) 2001년 24 GW(누적기준)를 시작으로, 2024년까지 전 세계적으로 1,136 GW의 풍력발전단지가 준공되어 세계 전기 수요량의 약 7.8 % 공급(IEA, '23)

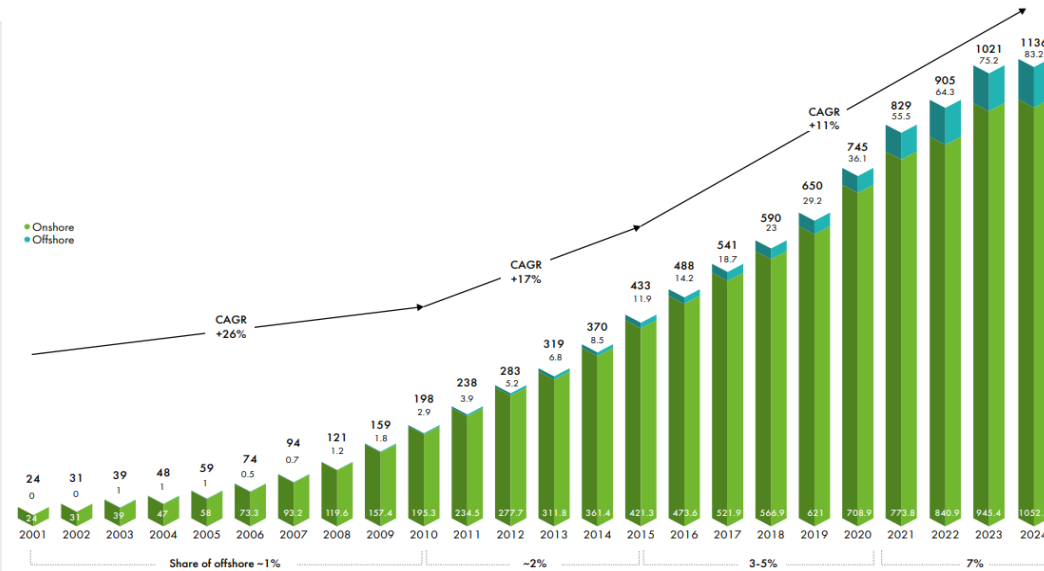
- ① '24년 중 117 GW의 신규 풍력발전단지가 준공 됨 : (누적)육상→1,052 GW, 해상→83 GW
- ② '23년 APAC(중국,인도) 세계 시장점유율 = 75 % : 세계 최대 시장 (전년도 대비 7 % 성장)
- ③ 육상풍력(109 GW) 설치율이 여전히 높지만 가파르게 상승하는 해상풍력(8 GW) 성장세 지속: '시장 동향 → 육상에서 해상으로'

■ (대륙별) ①아시아: 607 GW, ②유럽: 287 GW, ③미주: 228 GW, ④아프리카·중동: 13 GW

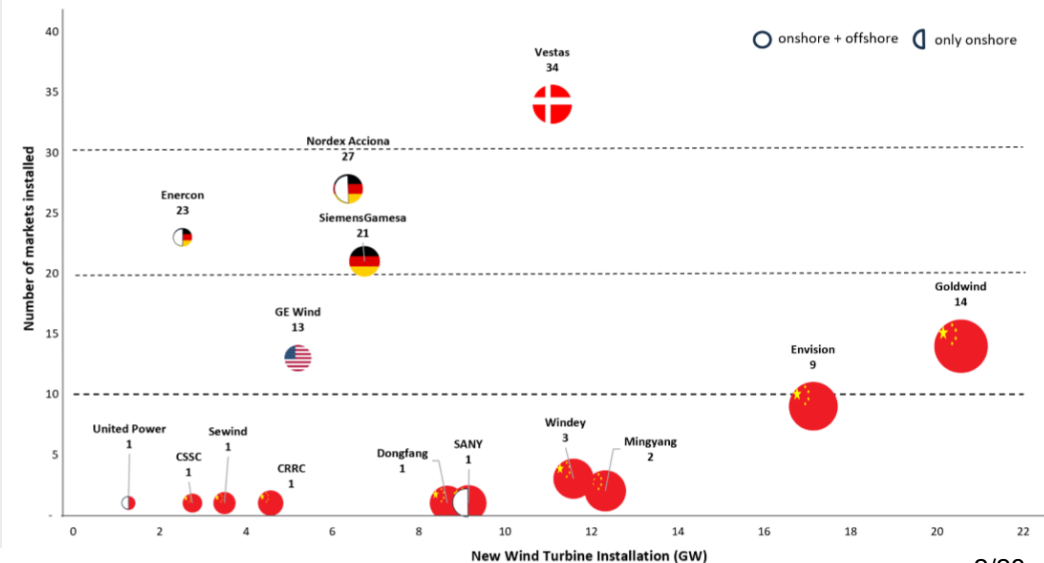
- ① 【누적】 중국: 521 GW, 미국: 154 GW, 독일: 73 GW, 인도: 48 GW, 영국: 32 GW
- ② 【신규】 중국: 80 GW, 미국: 10 GW, 독일: 4 GW, 인도: 3.4 GW, 브라질: 3.3 GW

■ (Top-5 OEM) ①Goldwind, ②Envision, ③ MingYang, ④Windey, ⑤ Vestas


- ① '24년 중국 OEM사가 90.8GW 공급 → 상위 5개 사 중 4개 기업이 중국 국적
- ② 중국 OEM사가 설치한 95 % 풍력터빈은 내수 시장에 설치 → Local player 한계
- ③ 세계 누적 시장 기준 Top-3 OEM사 → Vestas, SGRE, GE-Vernova : Global player → Vestas(덴), SGRE(독), Nordex SE(독), GE Vernova(미)



## Top 15 wind turbine OEMs' new installations in 2024



■ **【Green - 2050 탄소중립】** 석탄발전 대체 이산화탄소 감축 효과 “3.5 MtCo<sub>2</sub>/GW(해상풍력)”, “2.8 MtCo<sub>2</sub>/GW(육상풍력)”

- ①  2024년 온실가스 배출량 : 691.5 MtCo<sub>2</sub> eq. | 2006 IPCC 기준
- ② 국가 온실가스 감축목표 : 2018년 대비 2030년까지 온실가스 40% 감축 (2030 NDC)
- ③ (2024) 638.97 MtCo<sub>2</sub> | 1996 IPCC 기준 → (2030) 436.6 MtCo<sub>2</sub> = ↓ 203.4 MtCo<sub>2</sub>
- ④ 2030년 정부 해상풍력 보급목표 : 14.3 GW (2030) → 2030 NDC 목표 달성 필요 감축 량의 24.6 % (50.1 MtCo<sub>2</sub>)
- ⑤ 2025년 현재 국내 해상풍력 발전사업 허가 물량 : 32 GW → 55.1 % (102 MtCo<sub>2</sub>)

■ **【New deal - 新산업 육성】**

- ①  ①일자리 최대 450,000 개 (397 GW, '30), ②매출 770억 유로 (109조 6천억원)/년 : 육·해상 풍력 포함
  - 일자리 : 육상풍력 250,000 개 (286 GW), 해상풍력 200,000 개 (111 GW)
  - 매출 : 2019년 | €600억 (85.4조원), EU GDP 49.8조원 (65%)/년 → 2030년 | €770억 (109.6조원), EU GDP 71.2조원 (65%)/년
- ①  ①일자리 최대 83,000 개 (30 GW, '30), ②매출 254억 달러 (34조원)/년 : 해상풍력만 포함
  - 일자리 : 2025년 | 45,000개 (14 GW) → 2030년 | 83,000개 (30 GW)
  - 매출 : 2025년 | \$142억(14 GW) → 2030년 | \$254억(30 GW)

# 주요국 해상풍력산업이 성숙단계에 도달한 반면, 한국은 여전히 초기 시장 수준에 머물러 있습니다.

EBL 획득: 약 30.9 GW, 착공준비: 약 800 MW (2.5%, 공유수면 점사용허가 기준)



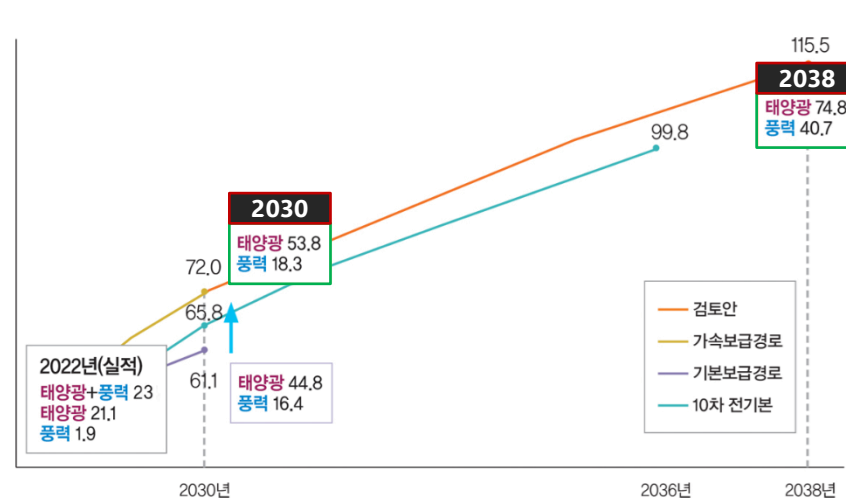
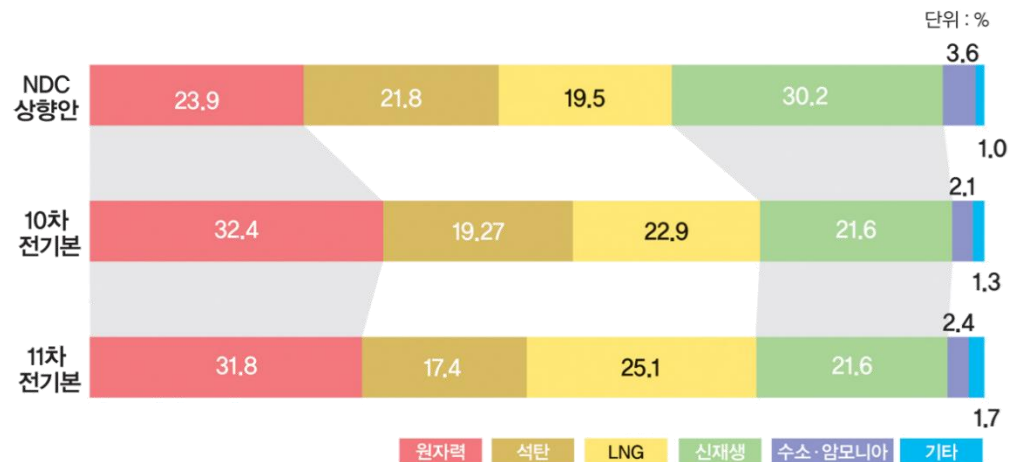
▪ **【보조금 없는 해상풍력】** 2017년, 독일의 He Dreiht 해상풍력단지를 시작으로 "15 개소 이상의 보조금 지원 없는 해상풍력단지 개발 사업" 들이 영국, 네덜란드, 덴마크 등지에서 준공 중에 있음 (COD: '22년-'27년)

- ① He Dreiht (GER) : EnBW, 0.96 GW, Vestas 15 MW X 64 WTGs, ('25년 준공예정)
- ② Holland Kust Zuid 1-2 (NL) : Vattenfall, 0.77 GW, SGRE 11 MW X 70 WTGs, ('22.8 준공)
- ③ Dogger Bank A,B,C (UK) : Equinor, 3.6 GW, GE 13-14 MW X 277 WTGs, (-A '25년, -B '26년, -C '27년 준공예정)

▪ 국내 풍력발전(육·해상포함)누적 설비용량은 "2.3 GW"에 불과하고 127개소의 풍력단지가 가동 중 ('24.12)

① 그동안 한국은 육상풍력 중심의 보급이 진행되어 왔으나, NDC 목표달성을 위한 정부정책 변화로 해상풍력 보급확산에 대한 높은 기대감 형성

- **【풍력발전 보급목표】** 17.7 GW ('30) (재생에너지3020, '17.12) → 18.3 GW('30) : 40.7 GW('38) (제11차 전력수급기본계획, '24.2)
- **【해상풍력실적】** 30 MW 제주탐라(18.1) + 60 MW 서남해실증(19.6) + 34 MW 영광해상(19.4) = "124 MW" (+ 전남해상1단계:96MW,한림해상:100MW)



Share of renewable power generation in 2023

**8.91%**

**23.85%**

**30.87%**

Source: 2038년 원전 35.6%·신재생 32.9%... 11차 전력수급계획 육광-일렉트릭파워, 24.5.

주요국 해상풍력산업이 성숙단계에 도달한 반면, 한국은 여전히 초기 시장 수준에 머물러 있습니다.

EBL 획득: 약 30.9 GW, 착공준비: 약 800 MW (2.5%, 공유수면 점사용허가 기준)



### Auctions and tenders for wind energy support schemes in 2024

Offshore	Auction	MW awarded	Type of auction	Support mechanism	Price in €/MWh
Denmark	North Sea I - Area 1	-	Bottom-fixed	Zero-subsidy bid	-
	North Sea I - Area 2	-	Bottom-fixed	Zero-subsidy bid	-
	North Sea I - Area 3	-	Bottom-fixed	Zero-subsidy bid	-
France	A05 - Brittany South 1	250	Floating	Contract for Difference	86
	A06 - Narbonnaise 1	250	Floating	Contract for Difference	93
	A06 - Golfe de Fos 1	250	Floating	Contract for Difference	86
Germany	N-11.2 (site not pre-surveyed)	1.500	Bottom-fixed	Zero-subsidy bid	n.a.
	N-12.3 (site not pre-surveyed)	1.000	Bottom-fixed	Zero-subsidy bid	n.a.
	N-9.1 (pre-surveyed site)	2.000	Bottom-fixed	Zero-subsidy bid	n.a.
	N-9.2 (pre-surveyed site)	2.000	Bottom-fixed	Zero-subsidy bid	n.a.
	N-9.3 (pre-surveyed site)	1.500	Bottom-fixed	Zero-subsidy bid	n.a.
	N-6.7 (pre-surveyed site)	270	Bottom-fixed	Zero-subsidy bid	n.a.
Lithuania	2nd offshore auction	-	Bottom-fixed	Contract for Difference	-
Netherlands	IJmuiden Ver Alpha	2.000	Bottom-fixed	Zero-subsidy bid	n.a.
	IJmuiden Ver Beta	2.000	Bottom-fixed	Zero-subsidy bid	n.a.
Norway	Soerlige Nordsjoe II	1.500	Bottom-fixed	Contract for Difference	99
UK	CfD Allocation Round 6 - Hornsea 4	2.400	Bottom-fixed	Contract for Difference	99
	CfD Allocation Round 6 - East Anglia 2	963	Bottom-fixed	Contract for Difference	99
	CfD Allocation Round 6 - Inch Cape (Permitted reduction)	266	Bottom-fixed	Contract for Difference	92
	CfD Allocation Round 6 - Moray West (Permitted reduction)	74	Bottom-fixed	Contract for Difference	92
	CfD Allocation Round 6 - East Anglia 3 (Permitted reduction)	159	Bottom-fixed	Contract for Difference	92
	CfD Allocation Round 6 - Hornsea 3 (Permitted reduction)	1.080	Bottom-fixed	Contract for Difference	92
	CfD Allocation Round 6 - Green Volt	400	Floating	Contract for Difference	236

Source: Wind EUROPE, Wind energy in Europe, 2024 Statistics and the outlook 2025-2030, Feb. 2025.

Negative bidding was used to award 12.3 GW of new capacity across Germany (8.3 GW) and the Netherlands (4 GW).

Developers will pay a combined €4.14bn to National Governments for the right to develop 10.5 GW - the sum that will be paid to develop one of the awarded German offshore sites was not disclosed.

#### [2024년 입찰결과(한국)]

- ①해상풍력 상한가격 = 176.565원/kWh(육지)
- ②기준 SMP 가격 = 86.35원/kWh
- ③REC 가격 = ②- ① = 90,215원/REC/MWh



고정식 해상풍력발전의 REC 기본 가중치(2.5)를 적용하면, 2024년 평균 낙찰가는 약 "311.89원/kWh"로 추정됨

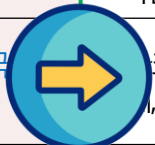
- ❖ 산업용 전기요금(갑) = 173.3원/kWh
- ❖ 산업용 전기요금(을) = 182.7원/kWh
- ❖ 2024년 SMP 평균가격 = 127.81원/kWh

- 바람자원이 우수한 지역 사업개발 우선 추진
- 발전효율/신뢰성이 높은 기자재 사용(S,T 등급)
- 집적화단지 개발을 통한 인프라 공유(계통, 항만)
- 국내공급망 육성을 통한 중장기적 가격 안정화

공급망은 경제성을 갖춘 **풍력발전 보급촉진(탄소중립)**과 **新산업육성 측면**에서 매우 중요한 역할을 합니다.  
공급망 지원 없는 시장확산은 비용증가를 초래할 수 있습니다.



항목	1단계 1991 - 2001 최초의 해상풍력단지 출현	2단계 2002-2011 해상풍력단지 대형화 	3단계 2012-2017 균등화발전원가 하락	4단계 2018~현재 세계 시장확산 
정치적 동인	<ul style="list-style-type: none"> <li>국가 풍력발전산업 육성을 위한 <b>정책적 목표</b>와 <b>에너지수입에 대한 재정적 우려</b>에 의한 <b>최초의 해상풍력단지 등장</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기후 행동과 <b>새로운 EU 목표</b>를 위한 정치적 요구</li> <li>더 많은 국가들이 <b>해상풍력개발을 촉진</b>하고 가속화하기 위한 정책 시행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>정부/산업계 <b>비용절감 초점 전환</b></li> <li>산업발전을 위한 정부 지원정책 갱신</li> <li>영국은 FID 지원 계약체계를 통해 사업개발자가 향후 프로젝트를 위한 대량발주 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>개발비용 하락</b></li> <li>더 많은 국가들이 전력공급체계를 전환하는 수단으로 해상풍력발전을 채택함에 따라 전 세계적으로 확산되고 있음</li> </ul>
주요 산업 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>특성화된 <b>공급망부재</b></li> <li>소규모 해상풍력시범단지 개발</li> <li>터빈 설비용량: 0.5~2.3MW</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>견고한 <b>공급망지원 없이 개발규모와 복잡성이 증가할 경우 비용 증가 초래</b></li> <li>O&amp;M: 전문선박, 헬리콥터 이용</li> <li>터빈 설비용량: 2.3~3.6MW</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>공급망산업화</b></li> <li>비용 절감 프로그램</li> <li>유연한 서비스 운영선박 및 드론, 카메라, 새로운 디지털 기술을 이용한 원격 O&amp;M 기술 도입</li> <li><b>해상풍력단지 클러스터링</b>을 통한 효과적인 O&amp;M 비용절감</li> <li>터빈설비용량: 3.6~8MW</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>부유식 해상풍력</b> 시범단지 개발</li> <li>터빈 설비용량: 8~15MW+</li> </ul>
시장	덴마크, 영국, 스웨덴, 네덜란드(4)	덴마크, 영국, 스웨덴, 네덜란드, <b>핀란드, 중국</b> 기에, 독일(7)	덴마크, 영국, 스웨덴, 네덜란드, 핀란드, 중국, 벨기에, 독일, <b>대만, 일본, 미국</b> (10)	덴마크, 영국, 스웨덴, 네덜란드, 핀란드, 중국, 벨기에, 독일, 대만, 일본, 미국, <b>한국, 아일랜드, 프랑스, 폴란드, 인도</b> (15)
시장규모	<b>0.25GW</b>	6.4 GW	12.3 GW	<b>100+GW</b>
평균 프로젝트 규모	<b>20MW 이하</b>	~100 MW	~400 MW	<b>800+ MW</b>
설치 속도	터빈 1대 이하/28일	~터빈 1대/2일	~터빈 1.5대/1일	<b>터빈 2대 이상/1일</b>
발전원가(LCOE)	<b>데이터 없음</b>	0.090 (130원)~0.167 (241원)€/kWh	0.167 (241원)~0.065 (94원)€/kWh	<b>0.061 (88원) € 이하/kWh</b>
요약 (1단계-4단계)	<ul style="list-style-type: none"> <li>시장창출</li> <li>일부 유럽국가에서 최초의 해상풍력 실증 프로젝트 개발 실시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>규모의 대형화</li> <li>최초의 현대식 해상풍력단지 개발: Homs Rev 1(2002)</li> <li><b>프로젝트 규모와 복잡성이 증가했으나 여전히 미흡한 공급망문제 발생</b></li> <li>단기적인 개발비용 증가 초래</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>비용절감</li> <li>산업계의 강력한 노력으로 기간 중 개발비용 60% 하락</li> <li><b>신규 석탄, 가스, 원자력발전소 건설비용보다 저렴한 해상풍력개발비용 도달</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>산업성숙화</b></li> <li>유럽을 넘어 북미 및 아태지역으로 본격적인 시장확산</li> </ul>



# 한국의 해상풍력산업은 사업개발 실적과 경험·인프라 부족으로 공급망 성숙도가 매우 낮은 편입니다.

🇰🇷 시장 확대 (개선) → ⚙️ 공급망 구축 (병목지점) → LCOE하락(목표: ₩200/kWh) → 성장가속화 (14.3GW) → 시장 확대 (선순환)

1 사업개발·관리	2 해상풍력터빈	3 보조설비	4 설치·시운전	5 운영·유지보수	6 해체복구
<b>①인허가서비스</b> -환경영향평가 <b>②환경조사</b> -저서생물 -어패류 -조류 -해양포유류 -육상환경 -인체영향 <b>③바람해양자원평가</b> -지지구조물 -센서 -유지관리 <b>④탐사·조사·측량</b> -물리탐사 -지반조사 -해양측량 <b>⑤엔지니어링·컨설팅</b> -터빈배치설계·최적화 -터빈선정 -하부구조형식선정 -전기·건축·토목설계 -인터페이스관리 -HSE관리계획 -설치·시공계획 -운영계획	<b>①나셀</b> -베드플레이드 -주베어링 -주축 -증속기 -발전기 -전력인출장치(PTO) -제어시스템 -요시스템 -요베어링 -나셀보조시스템 -나셀커버 -소형표준부품류 -구조용패스너 -상태감시시스템(CMS) <b>②로터</b> -블레이드 -허브 -베어링(블레이드) -피치시스템 -스피너 -로터보조장치 -가공강재부품 <b>③타워</b> -강재 -내장재	<b>①케이블</b> -외부망 -내부망 -보호장치 <b>②해상지지구조물</b> -모노파일 -자켓 -트랜지션피스 -부식방지장치 -세굴방지장치 <b>③해상변전소</b> -전기시스템(HVAC/HVDC) -시설물 -구조물 <b>④육상변전소</b> -건물·접근·보안시설 <b>⑤운영기지</b> -지원시설	<b>①해상지지구조물설치</b> -설치선박(HLV) <b>②해상변전소설치</b> -설치선박(HLV) <b>③육상변전소공사</b> -토목공사 -전기공사 <b>④육상송전선로설치</b> -굴착장비 <b>⑤해상송전선로설치</b> -케이블부설선박(CLV) -케이블매설선박(CBV) -케이블당김장치 -전기시험·종단 <b>⑥풍력터빈설치</b> -설치선박(WTIV) -시운전 <b>⑦설치전용항만</b> -시설 <b>⑧해양물류</b> -해양설치지원선박 -해양교통·선박활동관리 -기상예보·해양정보	<b>①운영</b> -교육훈련 -육상운송물류 -작업자이송선박(CTV) -서비스운영선박(SOV) -보건·안전장비 <b>②유지보수</b> -터빈유지보수 -보조설비유지보수	<b>①터빈해체</b> <b>②하부구조물해체</b> <b>③해저케이블해체</b> <b>④해상변전소해체</b> <b>⑤해체전용항만</b> <b>⑥재활용·폐기</b>
2%	26%	19%	14%	39%	100%
6.47조 원/GW			2.53조 원/GW		
			0.13조 원/GW		

**해상풍력 공급망 상세분류체계**  
 Source: 제주대학교-한국풍력산업협회, "해상풍력공급망 분류체계 고도화", 2024.2

# 해상풍력 공급망은 서로 연계되어 있어 균형 있는 육성전략이 필요합니다.

터빈과 그 외 공급망의 수명주기비용은 26%, 74% 임



- 해상풍력공급망은 경제성을 갖춘 시장 확산을 지원하고 국내 산업 활성화(지역투자, 고용창출)를 위한 도구로 우선 활용하고, 수출산업으로의 육성 전략은 국내 시장에서 검증된 실적이 확보된 단계에서 고려해야 함
  - ① 그간, 국내 공급망은 시장지원 없이 R&D 중심의 풍력터빈(750kW→1.5MW→2MW→3MW→4MW→5MW→8MW→10MW)개발에 집중
  - ② 보수적인 풍력발전 시장 특징으로 사업자들은 충분히 검증되지 않은 국산 시제품을 구매하지 않음 → R&D 시제품의 상용화 연계 미흡
- **【공급망 비중】** 사업개발(2%)-해상풍력터빈(26%)-보조설비(19%)-설치시공(14%)-O&M(39%)
  - ① 국내에서 1 GW 해상풍력개발에 필요한 총 수명 비용은 약 9조 원으로 추정 → CAPEX(6.47조 원), OPEX(2.53조 원/20년)
  - ② EBL을 획득하고 추진 중인 국내 해상풍력사업(약30GW)이 모두 개발된다는 가정 시 약 270 조 원(20년)의 국내 시장 투자 예상

		사업개발	해상풍력터빈	보조설비	설치시공	운영유지보수
경험		중-상	하	하	하	하
기술		중-상	중	상	상	중
경쟁력	현재	중-상	중-하	중-상	중	중-하
	미래	상	중	상	상	중-상
조달		국내	해외+국내	국내	해외→국내	해외→국내
비고		자원평가, 탐사조사측량 분야 경쟁력 우수	타워 경쟁력 우수 대형설비·부품 경쟁력 부족 신뢰성·가격경쟁력 극복 필요	해저케이블, 해상지지구조물 경쟁력 우수 경험부족(해상변전소)	건설시공역량우수 경험부족 장비 부족(설치선박) 인프라부족(항만)	경험 부족 장비부족(O&M선박) 인프라부족(항만)
		제도개선	해외+국내기업 합작회사 설립 및 국제협력형 R&D 지원(15MW+급)	시장확대를 통한 기업 투자 유인(입찰·산업기여도 강화), 수요 중심의 R&D 개발 지원, 계획입지/집적화단지 중심의 항만시설 구축 지원		

# 해상풍력 발전원가 하락에 큰 영향을 미치는 공급망은 각국의 산업육성과 더불어 최근의 에너지 안보 이슈로 인해 빠른 속도로 지역화 되는 추세입니다. (globalization → localization)



- 【공급망】자국 내 연관 산업육성과 시장보호를 위한 수단으로 활용하기 위해 핵심 공급망의 지역화 추세로 전환 : 중국산 공급망 견제의 역할
  - ① 유럽은 탄소중립산업법(Net-Zero Industry Act, '24.6), 핵심원자재법('24.5) 및 역외 보조금 규칙('23.7)을 통해 경쟁왜곡과 내부 시장 분열에 대응
    - EU 전역에 탄소중립 기술의 제조역량과 공급망을 확대하여 안정적이고 지속가능한 탄소중립 기술 공급에 대한 접근성을 보장하고 양질의 일자리를 창출
  - ② 한국도 “국가자원안보특별법(‘25.2)”에 근거한 풍력단지의 안정적 운영과 전력공급 가용성 유지를 위해 핵심자원의 중단 없는 공급과 즉시 조달 역량의 내재화 필요
    - 국내 공급이 가능한 부품·기자재 품목이 제한적이고 공급망 경쟁력 또한 매우 낮은 수준 ≫ 직·간접 설비투자 또는 국내기업을 통한 핵심부품·기자재 현지화 계획 등을 입찰 평가에 반영하고 이행여부를 확인 (안보평가8점 지표 신설, '25.5. → 비가격지표50점 중 공급망 점수: 기존16점 | 변경22점→공공입찰)

## Recent European wind supply chain investments



### Turbine factories

Hubs, nacelles, blades and towers



### Offshore turbine foundation factories

In Cuxhaven, Esbjerg, Rotterdam and Teesside



### Grid equipment factories

In Aalborg, Bad Honnef, Berlin, Cadiz, Nuremberg, Rostock, Vaasa and Wollsdorf



### Cable factories

In Cambois, Corinth, Eemshaven, Gron, Halden, Karlskrona, Nigg and Pikkala, Pozzuoli



## EU Wind Power Package is boosting the European wind supply chain, '24.8.12

EU는 유럽에서 생산된 터빈을 사용하여 유럽 풍력 발전 단지를 건설하기를 원합니다. **탄소중립산업법은 2030년까지 EU에서 36GW의 풍력 에너지 생산 능력을 확보하도록 요구**합니다. 이를 달성하기 위해서는 유럽 풍력 산업의 경쟁력을 시급히 강화하지 않으면 유럽이 필요로 하는 풍력 터빈을 생산하지 못할 위험이 있습니다.

공급망은 유럽 전역에서 새로운 투자를 발표하며 제 역할을 하고 있습니다. 예를 들어, 풍력 터빈 제조업체인 Vestas는 폴란드 슈체친에 새로운 나셀과 블레이드 공장을 설립할 예정입니다. 이 두 공장을 합치면 2026년까지 1,700개 이상의 직접 일자리를 창출할 수 있습니다. 또한 지멘스 에너지는 전력망 장비 제조 역량을 강화하기 위해 유럽에서 약 4,000명의 직원을 신규 채용할 계획입니다. 아래 지도에서 확인할 수 있듯이 이 외에도 더 많은 투자가 이루어지고 있습니다.

"마침내 유럽 풍력 제조업체를 지원하기 위한 금융 상품이 마련되고 있습니다. 하지만 풍력 공급망은 여전히 유럽 외 지역과의 불공정한 경쟁으로 인해 위협을 받고 있습니다. 이로 인해 추가적인 위험이 발생하고 투자자들에게 잘못된 시장 신호를 보내고 있으므로 이 문제를 신속하게 해결해야 합니다. 우리는 중국의 유사한 시장 진입 전략이 다른 유럽 제조 산업을 파괴하는 것을 보았습니다. 이는 일자리, 번영, 유럽의 에너지 안보에 심각한 위협을 초래합니다."

Source: Wind EUROPE, "EU Wind power package is boosting the European wind supply chain," 2024.8

# 해상풍력 발전원가 하락에 큰 영향을 미치는 공급망은 각국의 산업육성과 더불어 최근의 에너지 안보 이슈로 인해 빠른 속도로 지역화 되는 추세입니다. (globalization → localization)



## For or against larger Chinese OEM's? A cornelian choice\*!

\*양쪽모두희생을감수해야하는어려운도덕적선택



유럽과 글로벌 해상 풍력 시장은 탄소 중립이라는 공동의 목표를 향해 빠르게 나아가고 있으며, 이 과정에서 기술 선택과 공급망 구성은 전략적으로 매우 중요한 요소가 되고 있다. 최근 한 유럽 개발사가 기존 서구 제조사 대신, 아직 상업적 운영 실적이 제한적인 중국산 18.5MW 해상 풍력 터빈(16대, 독일 Waterkant)을 채택하기로 한 결정은 그러한 맥락에서 상당한 파장을 일으켰다. 이 선택은 단순한 기술적 도입을 넘어, 경제성, 금융 적격성, 공급망 다양성, 지역 고용 보호, 기술 신뢰성 등 다층적인 쟁점을 불러일으켰다. 해당 결정의 가장 큰 장점으로서는 규모의 경제 실현이 꼽힌다. 더 강력한 터빈은 설치 수를 줄이고, 이에 따라 인프라 구축 비용과 유지보수 부담을 낮추며, 단위 전력당 생산 비용을 절감할 수 있다. 특히 유럽을 포함한 여러 국가들이 야심찬 재생에너지 목표를 세우고 있는 만큼, 이러한 기술적 효율성은 전체 프로젝트의 경제성을 강화하는 요인으로 작용한다. 아울러 이러한 대형 기술을 선제적으로 채택하는 것은 유럽 개발자들이 세계 시장에서 기술적 선도 위치를 확립하고, 가격 경쟁력을 확보하는 데 도움이 될 수 있다.

그러나 이러한 이점에도 불구하고 유럽 풍력 산업 협회인 Wind Europe은 강력한 반대 입장을 표명하고 있다. 핵심적인 우려는 해당 터빈의 운영 실적 부족, 데이터 투명성 미흡, 품질 신뢰도 확보의 어려움이다. 유럽의 해상 풍력 산업은 높은 수준의 성능과 안정성을 기반으로 금융기관과 보험사들로부터 신뢰를 받아왔으며, 이는 투자 유치와 장기적 운용의 기반이 되어왔다. 반면 중국산 대형 터빈은 충분한 실증 데이터를 갖추지 못했으며, 이로 인해 예상치 못한 고장이나 유지보수 문제 발생 가능성이 높다는 점에서 기존 시스템의 안정성을 해칠 수 있다는 우려가 제기된다.

더불어, 금융 조달 측면에서도 문제는 존재한다. 대부분의 대형 프로젝트는 외부 자본 조달과 보험 계약을 바탕으로 구성되는데, 중국산 터빈의 경우 금융기관의 기술 신뢰 확보가 어렵고, \*\*보험 가능성 (bankability)\*\*이 낮다는 점이 프로젝트 리스크를 증가시킨다. 물론 일부 프로젝트는 중국 국유 은행의 보증을 통해 이러한 리스크를 일부 상쇄할 수 있지만, 글로벌 금융 시장의 기준을 충족하기 위해서는 더욱 투명하고 입증된 데이터가 필요하다.

그럼에도 불구하고 유럽 내 소수의 서구 제조사에 의존하고 있는 현재의 공급망 구조는 가격 상승과 공급 지연, 기술 혁신의 둔화라는 구조적 문제를 안고 있다. 이로 인해 일부 개발자들은 중국 OEM의 참여를 통해 시장 경쟁을 유도하고, 공급망을 다변화하려는 시도를 하고 있다. 특히 기술 경쟁이 치열해지는 가운데, 다양한 제조사의 참여는 장기적으로 해상 풍력 산업의 지속 가능성과 회복 탄력성을 높이는 데 기여할 수 있다.

이와 같은 논쟁은 이제 막 성장 중인 \*\*부유식 해상 풍력 산업(floating offshore wind)\*\*에도 그대로 적용된다. 이 신생 산업은 기존의 검증된 기술에만 의존할 것인지, 아니면 리스크를 감수하더라도 새로운 기술과 제조사를 도입해 데이터를 축적하고 경쟁력을 확보할 것인지에 대한 중요한 선택의 기로에 서 있다. 특히 스타트업이나 중소 개발사 입장에서는 자금 유치와 성능 입증이라는 두 가지 난제를 동시에 해결해야 하며, 이러한 전략적 판단이 산업 전체의 이미지와 투자 유치 가능성에 중대한 영향을 미칠 수 있다.

궁극적으로, 초대형 중국산 터빈의 도입은 효율성과 비용 절감이라는 명확한 장점과 함께, 신뢰성·금융 적격성·산업 생태계 균형이라는 주요 과제를 동시에 안고 있다. 유럽은 자국의 기술 경쟁력을 유지하면서도, 공급망 다변화와 재생에너지 확대라는 글로벌 흐름에 발맞추기 위해 신중하고 장기적인 전략을 요구받고 있다. 향후 중국 제조사들이 보다 투명한 데이터 공개, 국제 인증 확보, 안정적인 장기 성능 실적을 축적해 나간다면, 현재의 논쟁은 경쟁과 협력의 새로운 전환점이 될 수 있을 것이다.

작성: Brunio G, Geschier, 2024.7.4, 수정/요약: 김범석, 2024.12.

# 시장확대(입찰)와 인프라(계통·항만) 지원을 통해 민간 주도형 자발적 공급망 형성을 유도하는 정책적 뒷받침이 중요합니다.



- **【사업자】 국내 해상풍력 시장확대와 동시에 사업환경이 개선되면 적기준공 및 공급망 구축을 위한 대규모 민간투자 가속화 예상**
  - ① 시장확산 및 적기준공에 대한 중장기적 확신만 있으면 적극적인 공급망 투자에 나설 것 → (이슈)공급망 육성: 에너지안보, GPA 비협정국, 입찰 컷오프
  - ② 96개 30.9 GW 해상풍력사업 중 공유수면 점사용허가를 득하고 착공을 앞둔 사업은 2.5 % (약0.8GW) → 민간투자 지연 중
  - ③ 육상→해상 : 풍력터빈 중심의 공급망에서 해상풍력 쏠주기 공급망 균형 구축 전략으로 발상 전환 필요
- **【정부】 민간 투자(Bottom-up)에 의한 지자체 중심의 자발적 공급망 형성을 유인하는 법률·제도적 지원 추진 및 발표** 산업통상자원부
  - ① 계획입지 개발방식으로의 전환과 개별법을 따르는 복잡한 다부처 인허가 간소화를 통한 시장확대 및 보급촉진 지원 (해풍법, '25.3. 공포)
  - ② 개발용량과 준공시점을 고려한 해상풍력 집적화단지 중심의 '전력계통' 및 '항만시설' 등 인프라 구축 계획 수립 (서해안HVDC, '36년 준공 목표 | 전력망확충법, '25.3. 공포)
  - ③ 국내 공급망 확대·육성을 위한 제도개편 시행 (재생에너지 보급확대 및 공급망 강화 전략, '24.5. | 해상풍력 경쟁입찰 로드맵, '24.8. | 공공주도형 해상풍력 입찰 추진 방안, '25.3.)

목록	2013	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	합계
허가건수 (건)	1	3	2	4	5	7	11	22	16	16	9	96
평균용량 (MW)	60	71	66	111	137	233	225	374	448	458	434	-
허가용량 (MW)	60	213	132	446	666	1,631	2,246	8,230	7,160	6,678	3,477	30.9 GW

Source: 연도별 해상풍력 발전사업허가 건수, 전기위원회 2024.12. 31 기준

# 한국은 시장확산, 공급망 육성, 가격하락 유인을 위해 RPS제도와 경쟁입찰 제도 개편을 발표했습니다.



산업통상자원부 재생에너지 보급확대 및 공급망 강화전략 (24.5), 해상풍력 경쟁입찰 로드맵 (24.8), 공공주도형 해상풍력입찰 추진방안 (25.3)



▪ **【풍력고정가격경쟁입찰】** '22년 12월(1차), '23년 12월(2차), '24년 12월(3차), '25년 6월(4차, 예정)

- ① (2022)374MW | 8개 사업 낙찰→(2023)1,582.8MW | 9개 사업 낙찰→(2024)2,085MW | 11개 사업 낙찰 : 육·해상(부유식)포함
- ② 2025-2030 기간 중 총 4,042 MW (육상:626.6MW, 해상:3,416MW) 준공 예정 → '준공기한 의무 규정 준수 시'

▪ **【경쟁입찰 로드맵】** '30년 풍력설비 보급 목표(18.3GW) 달성을 위한 "해상풍력 경쟁입찰 로드맵" 발표 (24.8, 산업통상자원부)

- ① 매년 최대 2회 실시하고 2026년 상반기까지 약 7-8GW 해상풍력 입찰 공고 계획 수립 → '24년 12월, 1,880MW(5개) 해상풍력 사업 선정 완료
- ② 국내 해상풍력 시장 규모의 가시성이 대폭 개선되었고, 공공주도 입찰 트랙 신설 및 비가격 지표 강화 등 에너지안보와 국내 공급망 지원 방안을 담음
- ③ 25년~26년(상)까지의 계획 물량 모두 선정 시, 국내 풍력 시장 규모는 최대 10GW(2030)에 이를 것으로 전망 됨 (기선정사업포함)

구분	공고용량(MW)	참여용량(MW)	선정용량(MW)	경쟁률	상한가(원)
2022년	5500이내	712MW	해:99 (1) 육:275.4 (7)	1.3:1	육:169,500 제:172,890
2023년	1,9000이내 해:1,500 육:400	해:2,067MW 육:379.4MW	해:1,431(5) 육:151.8 (4)	1.4:1 0.9:1	육:167,778 제:173,395
2024년	1,800 내외 고정식:1,000 부유식:500 육:300	고정식:1,663.85 부유식:750 육상:199.4	고정식:1,136 (4) 부유식:750 (1) 육상:199.4 (7)	1.7:1 1.5:1 0.7:1	육:165,143 제:166,137
					육:176,565 제:177,559
합계	4,250	5,771.65	해:3,416 (11) 육:626.6 (18)	4,042.2MW	

※준공기한: 54개월(<100MW), 60개월(>100MW)

풍력 고정가격계약 경쟁입찰 선정 결과(2022-2024.12)

구분	2024 下(1회)	2025 上(1-2회)	2026 上(1회)	합계(3-4회)
고정식	1-1.5GW	2-2.5GW	1-1.5GW	4.5-5GW
부유식	0.5-1GW	0.5-1GW	1-1.5GW	2.5-3GW
공공주도	2025년 상반기 도입 예정			
합계	1.5-2GW	3-3.5GW	2-3GW	7-8GW

※준공기한: 60개월(<100MW), 78개월(>300MW)

해상풍력 입찰 공고 물량 전망, 정부안(2024-2026 上)

# 한국의 해상풍력 공급망 부족 현상은 현행 경쟁입찰 제도를 통해 빠르게 개선되고 있습니다.



시장 확대 (개선) → 공급망 구축 (개선 중) → LCOE하락(목표: ₩200/kWh) → 성장가속화 → 선순환

발전소명	준공	단지용량 (MW)	해상풍력터빈	타워	케이블	하부구조물	설치시공	설치선박	운영	O&M	
정부입찰 이 전 사업	제주 탐라	'17.09	30.0	두산에너지빌리티 (3MW)	동국S&C	J-Power(외)	현대스틸산업	두산에너지빌리티 현대스틸산업 해천(케)	현대스틸산업 해천(케)	탐라해상풍력발전(주)	두산에너지빌리티 한국에너지종합기술
	영광 해상	'18.12	34.5	유니슨 (2,3MW)			-	-	-		
	서남해 실증	'19.10	60.0	두산에너지빌리티 (3MW)	동국S&C	대한전선 스미토모(외)	현대스틸산업 삼강엠엔티	현대건설 현대스틸산업 해천(케) 한국해양기술	현대스틸산업 한국해양기술(케) 해천(케)	한국해상풍력(주)	두산에너지빌리티 윈드코리아
	한림 해상	'24.10	100.1	두산에너지빌리티 (5.56MW)	동국S&C	LS전선	현대스틸산업	현대건설 현대스틸산업(터) 해천(케) 한국해양기술	현대스틸산업 한국해양기술(케) 해천(케)	제주한림해상풍력(주)	두산에너지빌리티 한국에너지종합기술
R-1 ('22)	전남해상 1	'25.04	96.0	지멘스가메사(외) (9.6MW)	씨에스윈드(베)	LS전선	현대스틸산업	지멘스가메사(터) 현대스틸산업 LS마린셀	현대스틸산업 LS마린솔루션(주)	전남해상풍력(주)	지멘스가메사 부산정관에너지
Round 2 ('23)	영광 낙월	'26.06	364.8	벤시스 (5.7MW)	-	대한전선 형통광전(외)	GS엔텍(하) 삼일씨엔에스(TP)	호반블루에너지 해천(케) 삼해종합건설 토성토건	한산마리타임 <sup>2)</sup> 대한전선(케)	낙월블루하트(주)	
	고창	'27.09	76.2	유니슨-밍양에너지 (6MW)	미정	미정			한국해양기술 (해외용선예장)	동촌풍력발전(주)	
	신안 우이	'28.09	396.8	베스타스 <sup>1)</sup> (15MW)	씨에스윈드(베)	LS전선	현대스틸산업	한화오션 SK이터닉스 베스타스(터) 현대스틸산업 LS마린셀	한화오션 LS마린솔루션(케)	신안우이해상풍력(주)	베스타스 한국중부발전

1) 전라남도-베스타스-머스크-목포시 간 15MW터빈 150기 생산능력을 갖춘 국내(목포 신항) 나셀 제조시설 투자를 논의해 왔으나 현재 보류 중('24.10)  
 2) 최초 중국국적 선박(순이 1600호)이 설치작업에 투입되었으나, 현재 사업자가 해당 선박 매입 후 한국 국적으로 변경을 완료함

자료조사 : 제주대학교 김범석, 국내외 언론 보도자료 및 인터뷰 등, 2025.9

# 한국의 해상풍력 공급망 부족 현상은 현행 경쟁입찰 제도를 통해 빠르게 개선되고 있습니다.



시장 확대 (개선) → 공급망 구축 (개선 중) → LCOE하락(목표: ₩200/kWh) → 성장가속화 → 선순환

발전소명		준공시기	단지용량 (MW)	해상풍력터빈	타워	케이블	하부구조물	설치시공	설치선박	운영	O&M
계속	완도 금일 1	'29.08	200.0	베스타스 <sup>1)</sup> (15MW)	-	미정	미정	베스타스(터)	-	-	베스타스 한국남동발전
	완도 금일 2		400.0								
Round 3 (24)	영광 안마 1	'29.01	224.0	지멘스가메사(한) <sup>2)</sup> (14MW)	씨에스윈드(베)	LS전선/대한전선	SK오션플랜트	포스코이앤씨 SK에코플랜트 삼진일렉스 LS전선(케)	포스코이앤씨 LS마린솔루션(케)	대한전선(케)	지멘스가메사 대명에너지 지오부
	영광 안마 2		308.0								
	충남 태안	'29.09	500.0	지멘스가메사(외) (14MW)	씨에스윈드(베)	LS전선	삼일씨엔에스(TP) GS엔텍(하) HSG성동조선(추) <sup>1)</sup>	포스코이앤씨 LS마린솔루션(케)	LS마린솔루션(케)	태안풍력	태안풍력발전 한국서부발전
	영광 야월	'30.09	104.0	두산에너지빌리티 (8MW)	동국S&C	LS전선/가온전선	SK오션플랜트	포스코이앤씨 LS마린솔루션(케)	두산에너지빌리티	현대스틸산업 해천(케)	두산에너지빌리티
	울산 반딧불이(부)	'30.12	750.0	지멘스가메사(한) <sup>2)</sup> (14MW)	지멘스가메사(외)	-	삼성중공업	포스코이앤씨 삼성중공업	LS전선(케)	-	화랑오엔엠 지멘스가메사
	제주한동평대	'31.02	110	두산에너지빌리티 (10MW)							
Round 4 (25.5)	압해	'28.04	80	두산에너지빌리티 (10MW)							
	다대포	'28.12	99	두산에너지빌리티 (10MW)							
	서남해시범	'32.08	400	두산에너지빌리티/유니슨 (10MW)							

1) 전라남도-베스타스-머스크-목포시간 15MW터빈 150기 생산능력을 갖춘 국내(목포 신항) 나셀 제조시설 투자를 논의해 왔으나 현재 보류 중('24.10)  
2) 두산에너지빌리티는 지멘스가메사 14MW 터빈 조립을 위한 창원공장 증설 중, 72기/년 생산능력 (25.3)

자료조사 : 제주대학교 김범석, 국내외 언론 보도자료 및 인터뷰 등, 2025.9

# 한국의 해상풍력은 특히, 사업개발 실적과 경험·인프라 부족으로 공급망 성숙도가 매우 낮은 편입니다.



최근의 제도 변화는 우리 해상풍력 시장 확대와 주력 공급망의 보호·육성에 매우 효과적이었습니다.





해상풍력 공급망 기업 현황	해상풍력터빈	타워	케이블	하부구조물	설치시공	선박	O&M	후판
해상풍력 공급실적이 존재하거나, 고정가격 경쟁 입찰(해상풍력) 컨소시엄 참여가 확인된 국내 공급망 기업 목록	두산에너지빌리티	씨에스윈드(베)	LS전선	SK오션플랜트	현대건설	현대스틸산업	한국남동발전	포스코
	유니슨	동국S&C	대한전선	GS엔텍	현대스틸산업	한화오션	한국중부발전	현대제철
	지멘스가메사(한)	원앤피	가온전선	HSG 성동조선	한화오션	포스코이앤씨	한국서부발전	동국제강
				현대스틸산업	두산에너지빌리티	우리기술·씨지오	한전산업개발	
				삼일씨엔에스(TP)	SK이터닉스	덕성해양개발	두산에너지빌리티	
				삼성중공업(부)	SK에코플랜트	LS마린솔루션(케)	유니슨	
					포스코이앤씨	대한전선(케)	호반블루에너지	
					삼성중공업	한국해양기술(케)	부산정관에너지	
					호반블루에너지	해천(케)	화랑오엔엠	
					우리기술·씨지오	흥해(CTV)	대명에너지	
					삼해종합건설	스타오션(조사)	지오뷰	
					토성토건	오션파이브(조사)	한국에너지종합기술	
					금양그린파워		윈드코리아	
					삼해종합건설		윈디텍	
					LS전선(케)		티에스윈드	
				LS마린솔루션(케)				
				대한전선(케)				
				한국해양기술(케)				
				삼진일렉스(케)				
				해천(케)				

터빈제작사들은 타워(하부구조물), 설치·시공 및 O&M 분야까지 영향력을 행사하므로, 국내 공급망 지배력 강화 측면에서는 국산 터빈의 사용이 유리함 (10MW이상급터빈은 국내생산제품을 사용하되 국내기업이 O&M을 전담하도록 유도)

자료조사 : 제주대학교 김범석, 국내외 언론 보도자료 및 인터뷰 등, 2025.3

## 시장이 요구하는 기술·제품의 적기 공급을 위한 수요기반 R&D 지원을 더 강화하고, 해외 터빈 제작사와의 협업을 통한 핵심부품 공급망 육성 전략이 필요합니다.



- '00년 초반, Siemens 3.6 MW 터빈이 해상풍력시장을 독과점한 이래로 21 MW(SGRE)와 26MW(DEC) 시제품 개발 등 초대형화 경쟁 가속화
  - ① **【동향】** SWT3.6(D:107m, '05) → V236-15MW(236m, '21) → MySE 18.X(292m, '23) → 25MW(350m, '30)
  - ② **【대형화】** 보조금 축소에 따른 수익성 향상 전략 → 초기투자비용 증가 보다 AEP 증가 등에 의한 편익이 더 크기 때문
  - ③  26MW(DEC) vs.  21MW(Siemens-Gamesa)
- 2030년까지 국내 시장이 필요로 하는 해상풍력터빈은 12~15MW+이므로, 국내 생산 기자재 공급을 위한 단기적 대응 전략이 필요함
  - ① **【경험】** 10MW 이상 국산 경쟁기종 부재: 내수 시장 뒷받침 없는 즉시 보급 및 수출 지향적 제품 개발 전략은 상용화 단계로 이어지지 못했음
  - ② **【전략】** 해외+국내 기업 협업(JV,OEM 등)을 통해 국내 생산된 제품의 국산 기자재 비중 차등 인정 → “국내공장유치, 고용창출 유도” → 국내 시장 보급
- GW급 해상풍력 공공단지(및 실증단지) 조성을 계획하고 이와 연계한 국산 해상풍력터빈 및 핵심부품 개발 R&D 지원 추진
  - ① **【정부】** 공공이 주도하는 해상풍력 사업개발을 지원을 위한 → “공공주도 입찰 신설” (공공주도형해상풍력입찰추진방안, 산업통상자원부, '25.3)
  - ② **【효과】** 공공주도 입찰 제도를 통한 → “기술검증, 보급실적 기회 부여” → 국가R&D 성과품의 상용화 연계
  - ③ **【기업】** 시제품 상용화 연계 기회 확보 및 기술·제품 개발 투자 위험도 완화 → “국산 부품사용 비중 향상 및 제품개발·설비 재투자 확대 필요”
- 핵심부품(블레이드, 베어링, 기어박스, 발전기 등)은 수요기업의 기술요구사항을 따라야 하므로, 부품 단독형 R&D 기획은 지양하고 터빈 제작사 요구에 맞는 수요 맞춤형 육성전략 추진
  - ① 에너지 안보 측면에서 안정적인 핵심부품 공급망 확보는 중요하며, 국내에 설치 예정인 풍력터빈의 부품 국산화 비율 강화 및 현지화 유도
    - 풍력 고정가격 경쟁입찰 등 지속적인 제도 개선을 통해 부품 국산화율 관리 중 (산업기여도비중확대)
  - ② 해외 터빈 제작사의 국가R&D 사업 직접 참여도 가능하게 하여 국산 부품 수요기업 다변화 및 수출전략품목으로의 육성 지원 필요

시장이 요구하는 기술·제품의 적기 공급을 위한 수요기반 R&D 지원을 더 강화하고, 해외 터빈 제작사와의 협업을 통한 핵심부품 공급망 육성 전략이 필요합니다.

발전소명	준공시기	단지용량 (MW)	터빈기종	터빈설계등급	대주주	비고
탐라해상	2017. 09	30.0	두산에너지빌리티 3MW	IA <sup>2)</sup>	한국남동발전	 국산 제품
영광해상	2018.12	34.5	유니슨 2.3MW	S(III B+) <sup>5)</sup>	대한그린에너지	 국산 제품
서남해 실증	2019.10	60.0	두산에너지빌리티 3MW	S <sup>1)</sup>	한국전력공사	 국산 제품
한림해상	2024.10	100.1	두산에너지빌리티 5.56MW	IB <sup>2)</sup>	한국전력공사	 국산 제품
전남해상 1단지	2025.04	96.0	지멘스가메사 11MW	I, S <sup>2)</sup>	SK이노베이션	 9.6MW로 설계변경
영광 낙월	2026.06	364.8	벤시스 5.7MW	-	명운산업개발	  -
고창	2027.09	76.2	밍양 6MW	II(추정) <sup>3)</sup>	동춘풍력발전	  국내 생산(유니슨)
신안 우이	2028.09	396.8	베스타스 15MW	S, S-T <sup>4)</sup>	한국남동발전*/한화오션	   국내 생산(목포 신항)
영광 안마 1	2029.01	224.0	지멘스가메사 14MW	I, S <sup>2)</sup>	에퀴스	  국내 생산(두산에너지빌리티)
영광 안마 2	2029.01	308.0				
완도 금일 1단계	2029.08	200.0	베스타스 15MW	S, S-T <sup>4)</sup>	한국남동발전	  국내 생산(목포 신항)
완도 금일 2단계	2029.08	400.0				
충남 태안	2029.09	500.0	지멘스가메사 14MW	I, S <sup>2)</sup>	뷔나에너지	 -
영광 야월	2030.09	104.0	두산에너지빌리티 8MW	IB <sup>2)</sup>	두산지오솔루션	 국산 제품
울산 반딧불이	2030.12	750.0	지멘스가메사 14MW	I, S <sup>2)</sup>	에퀴노르	  국내 생산(두산에너지빌리티)
해상풍력 용량 합계		3644.4				

1) 두산에너지빌리티 홈페이지 3MW 제품군의 한계풍속이 59.5m/s로 표기되어 있으며, IEC II 등급에 해당함 (기준풍속=42.5m/s, 10분 평균)

2) IEC I 등급 기준풍속=50m/s

3) 밍양스마트에너지 홈페이지 5-8MW 제품군의 Survival wind speed가 52.5-59.5m/s (IEC II 등급에 해당)로 표기되어 있음

4) 베스타스 홈페이지 확인결과, 15MW S 등급 터빈의 기준풍속은 50m/s (IEC I 등급) 또는 57m/s (T 등급) 임

5) IEC III 등급 기준풍속=37.5m/s

\* 공공사업 예타 불발이 원인인 사업철수 발표('25.01), 사업권 이전 진행 중(한화오션/SK이터너스)

# 높은 경쟁력을 갖춘 국내 공급망(보조설비)도 있으나, 해외 시장 경쟁·점유율 강화를 위한 경험축적 기회와 제도적 뒷받침이 필요합니다.



- 해저케이블, 해상지지구조물, 육·해상 변전소 등으로 구성된 보조설비(BOP, Balance Of Plant) 공급망의 국내 경쟁력은 우수하며, 해당 품목의 현지조달 추세에 따라 해상풍력단지 국산화율 향상에 높은 기여
  - ① 【해저케이블】글로벌 5개 기업이 시장의 85%를 점유하고 있으며 국내 기업은 세계 4위권 평가(525kV급해저HVDC 기술 보유, 154kV 외부망 형식시험완료 등) 유럽시장진출
  - ② 【해상구조물】국내 기업의 소재, 기술, 제조 역량은 세계적 수준이나 기술 진입장벽이 낮아 가격경쟁이 심화될 것으로 전망 유럽시장진출
  - ③ 【해상변전소】기존 전력산업분야에서 축적된 경험과 해상구조물 분야 강점이 뒷받침 되어 높은 경쟁 잠재력을 갖춘 것으로 평가할 수 있으나, 설계·시공실적이 1건에 불과해 시장 경쟁력 향상을 위한 경험 축적 필요
- 해상풍력 공급망에서 국내 기업 경쟁력이 가장 높은 분야로써 내수 시장 보호와 해외 시장 점유율 강화를 위한 제도적 뒷받침
  - ① 미국, 영국, 대만 등 주요국들은 해상풍력 보급촉진과 동시에 공급망 산업 육성을 위해 LCR (Local Content Requirements) 운용 → “컷오프도입, '24.8(입찰제도)”
  - ② 경쟁력을 갖추었으나 가격·경험적 측면에서 일정기간 국내 산업 보호 → “산업·경제효과등 비가격지표배점 강화, '24.8(입찰제도)”
  - ③ 다만, 특정 분야의 국내 공급망 기업 간 분쟁 과열 또는 안보 이슈를 이용해 시장 독과점을 노리는 기업 견제 장치도 필요 → “건전한경쟁체제 유지”

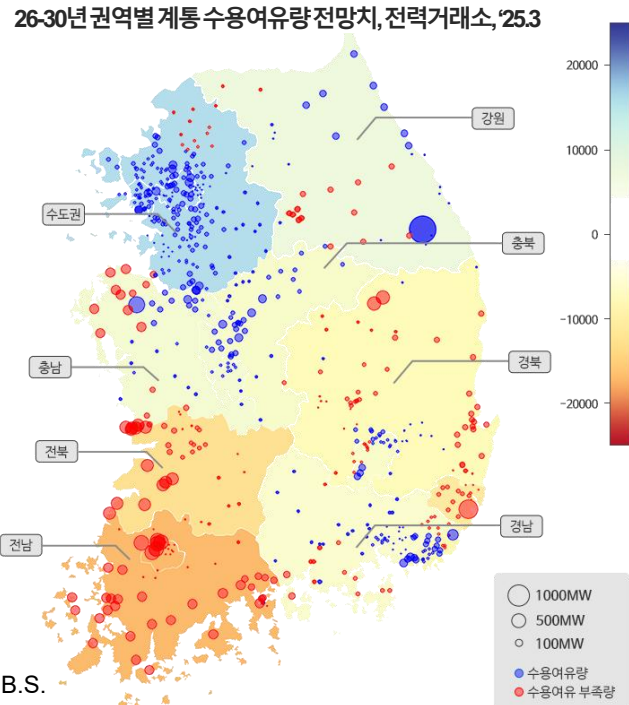
구분	'24년 입찰			'25년 입찰			구분	합동 출자 (공공복수참여)	단독 출자			
	입찰가격	주민주용성	비가격지표	공공주도형	일반	비가격지표						
가격지표	입찰가격	50	50	입찰가격	50	50	기본 요건	50% 초과	34% 이상			
비가격지표	주민주용성	4	50	주민주용성	4	4	정부 R&D 실증 <sup>1)2)</sup>	34% 이상	20% 이상			
	산업경제효과	국내투자		6	산업경제효과	국내투자	6	6	중소·중견 제품	20% 이상	10% 이상	
		공급망(+안보)		16		공급망	14 (Δ2)	14 (Δ2)	우대 항목			
		공공출자지분		4		공공출자지분	0 (Δ4)	2 (Δ2)	우대 가격			
	<신설>			안보			8 (+8)	6 (+8)	기본 부여	공급망·안보기여	일반 입찰대비 평균 추가비용을 단일가격으로 환산	
	거점·유지보수	8		거점·유지보수	8	8	추가 부여	정부 R&D 실증	사업화를 위한 실증 평균 추가비용을 단일 가격으로 환산			
	사업진행도	4		사업진행도	2 (Δ2)	2 (Δ2)	1) 25년은 상업운전 및 입찰선정 이력이 없는 정부 R&D 터빈을 대상으로 하고, 26년 이후 기자재 실증, 기술이전, 풀라 이션스 등 확대 검토					
	계통수용성	8		계통수용성	8	8	2) 정부 R&D 실증시 인센티브(지분요건 차등, 우대가격)를 부여하되, 해당 실증제품 미활용시 선정 취소					

# 경험과 전문성을 갖춘 대형 건설사들의 설치시공 역량과 잠재력은 높은 편이나, 적기준공을 위해서는 집적화단지 중심의 설치항만 및 계통접속 확충 방안이 마련되어야 합니다.

- 인허가 등 착공 전 준비단계 불확실성은 대폭 개선되었으나, 계통·항만 등 인프라 절대부족으로 준공시점 예측은 여전히 불투명

  - ① 재생e 발전설비 구축 속도와 계통보강·항만시설 구축 속도 간 큰 격차를 빠르게 좁혀야 함
  - ② 계통관리변전소 지정(24.9), 출력제어 조건부 접속제도 시행(24.10) → “서해안-수도권 HVDC 기간 망 구축 (~36, 제10차장기 송변전설비계획)”
  - ③ 전력거래 시장 변화와 유연성 자원 투입 등 제도개선으로 해결될 문제는 아니며 계통 인프라 확충이 반드시 필요함
- 생산(해상풍력 30GW, EBL기준)-수요(NDC, RE100) 간 원활한 연결로 시장이 확대되어야 지속가능한 공급망 육성이 가능한 선순환 구조 완성

  - ① 대규모 해상풍력단지 전력 망 연계를 위한 법·제도는 마련되고 있으나 방법론과 접속가능시점 및 그 규모는 여전히 불확실함
  - ② 계통접속(지연 또는 조건부) → 사업성 악화(사업자·금융권 부담 증가) → 공급망 붕괴(연관산업 타격) → 발전원가 상승(정부 부담 증가) → 신규사업 투자 축소(적기 보급 실패)



**Supply**

**EBL: 30.9GW(4GW)**  
 해상풍력발전보급촉진특별법  
 풍력고정가격계약경쟁입찰  
 제11차 전력수급기본계획

**Connection**

**서해안-수도권 HVDC**  
 국가기간전력망확충특별법  
 분산에너지활성화특별법  
 제10차 장기송변전설비계획

**Demand**

**NDC/RE100**  
 2030 국가온실가스감축목표  
 RE100 수요(반도체, 철강 등)  
 산업용전기요금인상(9.6%)

# 경험과 전문성을 갖춘 대형 건설사들의 설치시공 역량과 잠재력은 높은 편이나, 적기준공을 위해서는 집적화단지 중심의 설치항만 및 계통접속 확충 방안이 마련되어야 합니다.



- 해상풍력단지 적기 보급에 필수적인 인프라시설은 국내 해상풍력 사업지연 등으로 **수요예측 불확실성**이 커 정부와 지자체의 **확정적 투자계획 수립이 어려움**: 사업개발(인허가, 사업의지) 불확실성 → 인프라구축(계통,항만) 불확실성 → 사업투자 지연/철회 → 적기보급실패
  - ① 현재 계획 중인 항만이 모두 개발되어도 2030 해상풍력 보급목표 달성(14.3GW)을 위한 **추가 설치항만(보관·조립)구축 필요성** 제기
  - ② **목포 신항**(제4차항만기본계획반영), **해남 화원산단**(대한조선, 민간사업), **울산 신항**(논의중), **군산항**(논의중), **인천 신항**(논의중)
  - ③ 대규모 사업개발(전북, 전남, 제주, 울산, 인천) 지역 중심의 **연도별 준공일정과 설비규모를 파악하고 적기 구축·지원 계획을 수립해야 함**

항만시설	목포신항	해남 화원산단	울산신항	군산항	인천신항
준공시기(예정)	2024년 상반기	2026년 하반기	2027-2028년	-	2029년
야적장면적(ha)	23.8	110	24.5	6.1	31
접안시설 상재하중(t/m <sup>2</sup> )	32	8	-	-	-
높이 제한(m)	무제한	무제한	무제한	무제한	무제한
접안 수심(m)	12	15	14	-	18
선석 수	2	2	2	-	2
접안시설 길이(m)	500	600	610	-	600-700

- 1)선석 : 한 척의 선박을 정박할 수 있는 장소를 말하며 설치항만은 제조항만으로부터 부품을 운송해오는 선박(바지선)과 설치선박(WTIV, HLV 등)이 동시 접안해야 하므로 최소 2선석이 필요
- 2)접안시설 길이 : 12MW 이상 터빈 설치가 가능한 WTIV는 140m 이상의 전장을 가지므로 최소 200m 이상의 접안길이가 필요하다.
- 3)야적장 : 12-14MW 터빈, 건설기간 2년을 가정하면 1GW 단위 해상풍력발전단지 건설에 22ha의 야적장이 필요하다는 연구가 있다.

Source: 정윤식, 김은성, 항만은 준비되었나: 해상풍력 적기 보급을 위한 항만계획 필요성, (사)넥스트, 2023.10.04.

# 경험과 전문성을 갖춘 대형 건설사들의 설치시공 역량과 잠재력은 높은 편이나, 적기준공을 위해서는 집적화단지 중심의 설치항만 및 계통접속 확충 방안이 마련되어야 합니다.



## ■ 집적화 단지 개발을 추진 중인 지역 중심의 권역별 수요를 파악하고, 해상풍력 설치항만 및 계통 확충 계획 수립 필요 (공공및민간투자)

- ① 【예상수요】 적합입지발굴사업과 단지개발지원사업(한국에너지공단)에 의한 지자체 중심의 집적화단지 개발 수요 → “24.56 GW” (울산 제외)
- ② 【설치항만】 경기·인천·충청권역(1), 전북권역(1), 전남권역(2), 경북·울산권역(2) → 설치공사 종료 이후 유지보수 거점항만으로 전환
- ③ 【우선순위】 ①고정가격 경쟁입찰 낙찰 수요, ②집적화단지 기지정 수요, ③발전지구 지정 수요(해풍법), ④예비지구 지정 수요(해풍법), ⑤기타 개발수요
- ④ 국가항만 개발 외 민간투자를 통한 비관리청 항만개발사업(항만법)모델 발굴 필요 → 적지를 보유한 민간사업자가 직접 개발하고 운영권리 등 확보

권역 구분	사업추진 지자체	단지개발 지원사업 규모		집적화단지 지정 현황	설치항만수요	비고
경기·인천권	인천광역시	2.00 GW		신청 예정(25)	4.76 GW	
충청권	보령시	1.00 GW		신청 예정(25)		
	태안군	1.76 GW		-		
전북권	전라북도	2.40 GW		1.4GW 지정완료	4.00 GW	- 시범단지(0.4GW, '21.12) - 확산단지 1단계(1GW, 부안:0.8GW, 고창:0.2GW, '25.2)
	군산시	1.60 GW		신청 예정(25)		
전남권	신안군	고정식	8.2 GW	3.2GW 지정완료 (고정식)	11.20 GW (부유식제외)	- 1단계 3.2GW 10개 사업 신청완료 및 선정평가진행 중 - 해풍법 절차에 따른 예비지구 편입 계획 추진 중
		부유식	3.6 GW			
	여수시	3 GW		예비지구 편입 계획		
경북·울산권	포항시	1 GW		-	7.20 GW	
	울산광역시	-		-		-약6.2GW 부유식해상풍력사업개발 진행 중
합계		24.56 GW		4.60 GW		

자료: 언론발표자료 및 관계자 인터뷰, 김범석, 2025.03.

O&M은 에너지안보, 지역투자, 고용창출 효과가 높고, 현지화 전략에 의한 장기적(20-25년) 수혜가 예상되므로 국내기업의 역량강화를 위한 전문교육 지원이 필요합니다.

- CAPEX(사업개발-터빈-보조설비-설치)는 단기간 투자에 그치는 반면, OPEX(운영및 유지보수)는 장기간 투자가 지속되기 때문에 지역경제 기여도가 매우 높고, LCOE 경쟁력 향상에 효과적인 공급망 분야임
  - ① O&M 투자는 해상풍력단지를 중심으로 20~25년간 지속되며 고용창출·산업유치 등 지역균형발전 측면에서 효과가 높음
  - ② 유지보수 항만은 기존 항만시설의 용도변경을 통해 비교적 단기간 내 구축 가능 → “유지보수 항만시설 구축 지원”
  - ③ 대규모 민간투자(O&M클러스터)를 이끌어 내기 위해서는 수 GW급 집적화단지 중심의 해상풍력사업개발 지원이 중요
- 해외 터빈제작사들은 비용절감을 위해 부품·장비·인력 조달의 현지화 전략을 강화할 것이나, 보증, 업그레이드, 예비부품 공급망 등에 대한 독점적 영향력을 활용해 국내 O&M 업체(ISP) 성장을 억제할 가능성도 있음 터빈(26%)·설치시공(14%)·O&M(39%)
  - ① 국내 해상풍력 운영사는 경험부족에 의한 운영관리 위험 완화를 위해 터빈제작사와 장기 O&M계약(20년)체결을 선호 → 통상적으로 터빈제작사가 설치·O&M 참여
  - ② 국내 O&M 업체(1-2개)에서 하도급 방식의 해상풍력 O&M 수행 중이나 단지규모가 작아 CTV를 제외한 전용선박 운영경험 없음
  - ③ 국내외 터빈제작사와 연계한 수요기업 맞춤형 O&M 서비스 제공 업체 육성 프로그램 운영 필요

### 30 GW 해상풍력기준

- SOV(11척)
- CTV(58척)

Source : NREL



풍력터빈 시운전 및 운영단계, 작업자 및 부품장비 등 현장 이송, 약 60명 거주공간(작업자 40명), 국내 O&M사 미운영(2-3GW 단지당 1척)



작업자 및 경량부품 이송용도, 승선인원 약 14명, 국내 O&M사 운영 중

O&M은 에너지안보, 지역투자, 고용창출 효과가 높고, 현지화 전략에 의한 장기적(20-25년) 수혜가 예상되므로 국내기업의 역량강화를 위한 전문교육 지원이 필요합니다.

- 특히, 에너지 안보 측면에서는 해상풍력터빈 고장발생시 신속한 대응력(가동률관리)을 갖추는 것이 매우 중요함
  - ① 【해상풍력터빈과 에너지 안보】 국산·외산 여부 보다는 중고장 발생시 부품조달 및 수리·서비스 역량의 신속성과 내재화 여부가 더욱 중요 해짐
  - ② 【현황】 그간, 국내 업체들은 시장 규모의 한계로 해상풍력 유지보수 기술·경험의 축적기회가 부족했고 중고장 대응력 등 전문성은 낮은 편
  - ③ 【변화】 국가자원안보 특별법에 근거한 고정가격경쟁입찰 등 제도 개편을 통해 국내 O&M 업체 참여율 등 관리
    - 고정가격 입찰제도 내 안보 평가 지표 항목 신설 및 "8점" 배점 부여 (공공주도형해상풍력입찰추진방안, 산업통상자원부, '25.3)
- 국내 O&M 기업들의 기술역량 강화를 위해, 터빈제작사(국산·외산)와 O&M 기업간의 해상풍력터빈 기종 별 특화 교육훈련 프로그램이 필요함
  - ① 거점 교육지원 센터(해상풍력 산업지원센터, 한국에너지공단 추진중)를 설치하고 재직자 및 경력전환 수요기반 전문과정 운영 필요
  - ② 국내시장에 설치 예정인 국산 및 외산 터빈 제작사들의 주력 기종 별 O&M 교육을 실시하고 공인 자격증명서 발급
  - ③ 해상풍력터빈 제작사 참여유인 방안마련 필요 → 고정가격경쟁입찰 지표 항목 추가: '공인 교육과정 참여' 등

### 日 해운 각 사, 해상풍력 O&M 겨냥...탈탄소에 공헌, '24.2.28.

일본 해운 각 사가 해상풍력발전소용 O&M 분야에서 사업기회를 추구하고 있다. 도쿄기센(東京穴船)은 선진적으로 대처해 온 작업원 수송선(CTV)으로 투입처를 확대한다. MOL은 육상 풍력발전설비의 O&M에서 일본내 최대기업인 호쿠타쿠에 과반 출자했다. NYK는 아키타현에서 작업원 등을 육성하는 사업에 나선다. K-Line도 일본 국내외에서 쌓아온 해상지원선의 경험을 살려 사업 구체화를 목표로 한다. 각 사는 해상풍력발전의 안정 가동을 지원하고 탄소중립 사회 실현에 공헌해 나간다고 일본해사신문은 전했다. MOL은 아시아 최초의 SOV(해상풍력 유지보수 지원선) 사업과 대만의 해상풍력발전사업에 참여한다. **“해상풍력 O&M은 20년 이상의 풍력터빈 운전기간에 걸쳐 유지보수 작업에 종사하는 엔지니어와 해상작업을 지원하는 선박을 조합한 서비스가 요구된다. 그렇기 때문에 공급망 중에서도 가장 확산이 큰 시장이라 할 수 있다”** NYK는 일본 해양사업과 제휴해, 4월에 아키타현 오가시에서 선원과 해상풍력발전의 작업원을 육성하는 훈련센터 “바람과 바다의 학교 아키타”를 개소한다. 안전과 선박 조종 등에 관한 각종 훈련을 실시해, 연간 1,000명 정도의 수료생 배출을 목표로 한다.

1. 터빈 기술개발이 주도했던 초기 풍력시장은 지난 20년간의 여정을 통해 충분히 성숙된 단계에 도달했습니다.  
시장창출 → 대형화 → 시장확대 → “공급망 구축” → LCOE 하락 → 성장 가속화
2. 주요국 해상풍력산업이 성숙단계에 도달한 반면, 한국은 여전히 초기 시장 수준에 머물러 있습니다.  
EBL 획득: 약 30.9GW 착공준비: 약 800MW(2.5%, 공유수면점사용허가기준)
3. 공급망은 경제성을 갖춘 풍력발전 보급촉진(탄소중립)과 新산업육성 측면에서 매우 중요한 역할을 합니다.  
공급망 지원 없는 시장확산은 비용 증가를 초래할 수 있습니다.
4. 한국의 해상풍력산업은 사업개발 실적과 경험·인프라 부족으로 공급망 성숙도가 매우 낮은 편입니다.  
시장확대 → 공급망 구축(개선 중) → LCOE 하락(목표:200원/kWh) → 성장가속화 → 시장확대(선순환)
5. 시장확대(입찰)와 인프라(계통·항만) 지원을 통해 민간주도형 자발적 공급망 형성을 유도하는 정책적 뒷받침이 중요합니다.
6. 한국은 시장확산, 공급망 육성, 가격하락 유인을 위해 RPS제도와 경쟁입찰 제도 개편을 발표했습니다.  
재생에너지 보급확대 및 공급망 강화전략('24.5), 해상풍력 경쟁입찰 로드맵('24.8), 공공주도형 해상풍력입찰 추진방안('25.3)
7. 해상풍력 발전원가 하락에 큰 영향을 미치는 공급망은 각국의 산업육성과 더불어 최근의 에너지 안보 이슈로 인해 빠른 속도로 지역화 되는 추세입니다.  
Globalization → Localization
8. 해상풍력 공급망은 서로 연계되어 있어 균형 있는 육성전략이 필요합니다.  
해상풍력터빈과 그 외 공급망이 수명주기 비용에서 차지하는 비중은 26%와 74% 입니다.
9. 시장이 요구하는 기술·제품의 적기 공급을 위한 수요기반 R&D 지원을 더 강화하고, 해외터빈 제작사와 협업을 통한 핵심부품 공급망 육성 전략이 필요합니다.
10. 높은 경쟁력을 갖춘 국내 공급망(보조설비)도 있으나, 해외 시장 경쟁·점유율 강화를 위한 경험축적 기회와 제도적 뒷받침이 필요합니다.
11. 경험과 전문성을 갖춘 대형 건설사들의 설치시공 역량과 잠재력은 높은 편이나, 적기준공 지원을 위한 전용선박 공급과 집적화단지 중심의 설치항만 확충 방안이 필요합니다.
12. O&M은 에너지안보, 지역투자, 고용창출 효과가 높고, 현지화 전략에 의한 장기적(20-25년) 수혜가 예상되므로, 국내기업의 역량강화를 위한 전문교육 지원이 필요합니다.



RE100 이행을 요구 받는 우리 반도체 산업과 철강산업을 풍력발전이 지원합니다.

풍력발전은 중공업 산업이고, 건설 산업이며, 전력 산업입니다.

탄소중립을 넘어, 지역 일자리 창출과 균형발전을 이끄는 지속가능한 국가 전략 산업입니다.

RE100





JEJU National University  
**Renewable Energy Engineering Laboratory**

*Faculty of Wind Energy Engineering, Graduate School*

Professor  
**Bumsuk Kim** / [bkim@jejunu.ac.kr](mailto:bkim@jejunu.ac.kr)

가  
마  
산  
바  
다

