



국립군산대학교
KUNSAN NATIONAL UNIVERSITY

특허분석보고서

- 해상풍력발전 -

2024. 02.

SOLRISE

목 차

I. 해상풍력발전 개요 및 특허 분석	3
1. 개요	3
2. 특허분석	10
3. 등록 특허로 본 빅데이터 분석	59
II. 해상풍력발전 기술 동향 분석	75
1. 개요	75
2. 기술동향	79
III. 해상풍력발전 시장 동향 분석	90
1. 해상 풍력 시장 개요 및 요약	90
2. 시장 역학 분석	96
3. 풍력 발전의 설치비용 및 가치사슬 분석	102
4. 해상 풍력 기술 분석 및 사례 분석	106
5. 포터의 5가지 경쟁요인 분석	110
6. 구성요소별 해상 풍력 시장	111
7. 수심 위치별 해상 풍력 시장	127
8. 지역별 해상 풍력 시장	131
9. 국가별 해상 풍력 시장	135
10. 해상 풍력 시장의 경쟁환경	141
IV. 결론 및 제언	153
1. 결론	153
2. 제언	155

1. 개요

1-1. 분석배경 및 목적

1-1-1. 분석배경

- 본 조사는 『해상풍력발전 특허 분석』 과제에 있어 해당 기술 분야에 대한 현재 기술수준, 기술개발동향, 시장 및 산업동향 조사 등 전반적인 특허·기술 동향을 파악함으로써 '해상풍력발전' 분야의 신산업 기술 동향 및 기술 고도화 방안을 모색하여 향후 R&D 연구기획 및 신사업 개발을 위한 방향성 검토를 지원함

1-1-2. 분석목적

- 본 보고서는 『해상풍력발전 특허 분석』 과제에 대하여 해상풍력발전 산업 고도화 및 기술고도화를 위한 특허자료 조사 및 분석, 시장정보 수집을 통해 전북특별자치도 우수 기술 도출 및 특허 기술 분석을 실시하고자 함. 또한, 차년도 RIS에너지신산업 해상풍력발전 기술 개발 트렌드 및 경쟁력 확보 및 개선안을 도출하는 것이 목적임

1-1-3. 분석범위

- 본 조사는 2024년 2월 6일을 기준으로, 출원 공개 및 등록된 한국(KIPO), 일본(JPO), 미국(USPTO), 유럽(EPO) 및 중국(SIPO)의 특허를 대상으로 분석됨. 본 조사는 Wipson 검색DB를 주요하게 사용하여 특허 검색을 실시함

<표 1-1> 검색 DB 및 검색범위

자료 구분	국 가	검색 DB	검색구간	검색범위
공개·등록특허 (공개·등록일 기준)	한국 (KIPO)	Wipson	전체기간 (~2024.02.06)	공개 및 등록특허 (서지+요약+ 전체청구항)
	일본 (JPO)			
	미국 (USPTO)			
	유럽 (EPO)			
	중국 (SIPO)			

1-1-4. 해상풍력발전 기술분류

- 해상풍력발전의 터빈 시스템, 하부구조물, 송·변전 설비 및 발전단지 운영으로 분류하여 특허 분석을 진행함

<표 1-2> 해상풍력발전 기술분류

대분류	중분류	기술정의
해상풍력발전	터빈 시스템	<ul style="list-style-type: none"> 바람의 운동에너지를 전기에너지로 변환하기 위한 기본적인 기계요소의 집합 (육·해상 공통) - 로터 블레이드 (바람 에너지를 회전 운동 에너지로 전환) - 드라이브-트레인 (로터의 회전을 발전기에 전달) - 발전기 (운동에너지를 전기에너지로 전환) - 지지구조물 (나셀, 타워로 구성, 전체 요소 지지)
	하부 구조물	<ul style="list-style-type: none"> 타워를 지지하는 구조물 - 고정식 또는 부유식으로 구분
	송·변전 설비	<ul style="list-style-type: none"> 단지에서 생산한 전기를 육지로 송·변전하는 설비 - 해저케이블, 해상변전소 등으로 구성
	발전단지 운영	<ul style="list-style-type: none"> 원활한 전력생산을 위한 유지·보수 행위 일체

1-1-5. 핵심 키워드 및 검색식 도출

□ 터빈 시스템

<표 1-3> '터빈 시스템' 키워드 확장 및 가검색식

구분	키워드 확장
키워드 1 (해상)	(해상* or 해양* or sea or ocean or (shallow adj water) or (deep adj water) or marine or offshore or shore).ti,ab,cla.
키워드 2 (풍력 IPC)	(F03D* or F24D-101/20 or B60L-053/52 or F04B-017/02 or B63B-077/10).IPC.
키워드 3 (터빈)	(터빈 or turbine or 로터 or 로타 or rotor or 블레이드 blade or 구동* or 드라이브* or drive or 트레인 or train or 나셀 or nacelle or 타워* or tower).ti,ab,cla.

검색식(키워드 조합)

검색식 요약

(키워드 1 AND 키워드 2 AND 키워드 3)

(해상* or 해양* or sea or ocean or (shallow adj water) or (deep adj water) or marine or offshore or shore).ti,ab,cla.

and (F03D* or F24D-101/20 or B60L-053/52 or F04B-017/02 or B63B-077/10).IPC.

and (터빈 or turbine or 로터 or 로타 or rotor or 블레이드 blade or 구동* or 드라이브* or drive or 트레인 or train or 나셀 or nacelle or 타워* or tower).ti,ab,cla.

□ 하부 구조물

<표 1-4> '하부 구조물' 키워드 확장 및 가검색식

구분	키워드 확장
키워드 1 (해상)	(해상* or 해양* or sea or ocean or (shallow adj water) or (deep adj water) or marine or offshore or shore).ti,ab,cla.
키워드 2 (풍력 IPC)	(F03D* or F24D-101/20 or B60L-053/52 or F04B-017/02 or B63B-077/10).IPC.
키워드 3 (하부 구조물)	(구조물 or structure* or 설치* or 인스톨* or install* or 부유* or 부력* or 부체* or 플로* or float* or 무어링 or 계류* or mooring or 앵커* or anchor).ti,ab,cla.
키워드 4 (부유식 IPC)	(B63B-075/00).IPC.
검색식(키워드 조합)	

검색식 요약

키워드 1 AND (키워드 2 OR 키워드 4) AND 키워드 3

((해상* or 해양* or sea or ocean or (shallow adj water) or (deep adj water) or marine or offshore or shore).ti,ab,cla.

and (F03D* or F24D-101/20 or B60L-053/52 or F04B-017/02 or B63B-077/10).IPC.) or B63B-075/00.IPC.)

and (구조물 or structure* or 설치* or 인스톨* or install* or 부유* or 부력* or 부체* or 플로* or float* or 무어링 or 계류* or mooring or 앵커* or anchor).ti,ab,cla.

□ 송·변전 설비

<표 1-5> '송·변전 설비' 키워드 확장 및 가검색식

구분	키워드 확장
키워드 1 (해상)	(해상* or 해양* or sea or ocean or (shallow adj water) or (deep adj water) or marine or offshore or shore).ti,ab,cla.
키워드 2 (풍력 IPC)	(F03D* or F24D-101/20 or B60L-053/52 or F04B-017/02 or B63B-077/10).IPC.
키워드 3 (송·변전 설비)	(송전* or 변전* or substation or (transformer adj station) or (transfer adj station) or (power adj transmission) or ((해저* or submarine) near3 (케이블* or cable*))).ti,ab,cla.

검색식(키워드 조합)

검색식 요약

(키워드 1 AND 키워드 2 AND 키워드 3)

(해상* or 해양* or sea or ocean or (shallow adj water) or (deep adj water) or marine or offshore or shore).ti,ab,cla. and (F03D* or F24D-101/20 or B60L-053/52 or F04B-017/02 or B63B-077/10).IPC.

and (송전* or 변전* or substation or (transformer adj station) or (transfer adj station) or (power adj transmission) or ((해저* or submarine) near3 (케이블* or cable*))).ti,ab,cla.

□ 발전단지 운영

<표 1-6> '발전단지 운영' 키워드 확장 및 가검색식

구분	키워드 확장
키워드 1 (해상)	(해상* or 해양* or sea or ocean or (shallow adj water) or (deep adj water) or marine or offshore or shore).ti,ab,cla.
키워드 2 (풍력 IPC)	(F03D* or F24D-101/20 or B60L-053/52 or F04B-017/02 or B63B-077/10).IPC.
키워드 3 (풍력단지)	((풍력* or 윈드* or wind) adj3 (단지* or 파크 or 팜 or 모델 or park* or farm* or model)).ti,ab,cla.
키워드 4 (풍력단지 IPC)	(G06F-113/06).IPC.
키워드 5 (운영, 배치 및 유지보수 등)	(운영* or operation or 설계 or 디자인* or design or 배치* or arrangement or ((위치* or 포지션 or position) near3 (선택* or 선택* or select*)) or 고장* or failure or fault or break* or 예측* or forecast* or 유지 or 보수 or 메인テナンス or maintenance).ti,ab,cla.

검색식(키워드 조합)

검색식 요약

((키워드 1 AND 키워드 2 AND 키워드 3) OR 키워드 4) AND 키워드 5

(((((해상* or 해양* or sea or ocean or (shallow adj water) or (deep adj water) or marine or offshore or shore).ti,ab,cla. and ((풍력* or 윈드* or wind) adj3 (단지* or 파크 or 팜 or 모델 or park* or farm* or model)).ti,ab,cla.)

and (F03D* or F24D-101/20 or B60L-053/52 or F04B-017/02 or B63B-077/10).IPC.) or G06F-113/06.IPC.)

and (운영* or operation or 설계 or 디자인* or design or 배치* or arrangement or ((위치* or 포지션 or position) near3 (선택* or 선택* or select*)) or 고장* or failure or fault or break* or 예측* or forecast* or 유지 or 보수 or 메인テナンス or maintenance).ti,ab,cla.

1-1-6. 특허 데이터 현황

- 상기 검색식을 검색 DB에 적용하여 검색한 결과, 24,181건이 검색되었으며, 등록 우선 필터를 적용하여 중복제거 한 결과 18,950건이 검색되었음

<표 1-7> '해상풍력발전'특허 데이터 현황

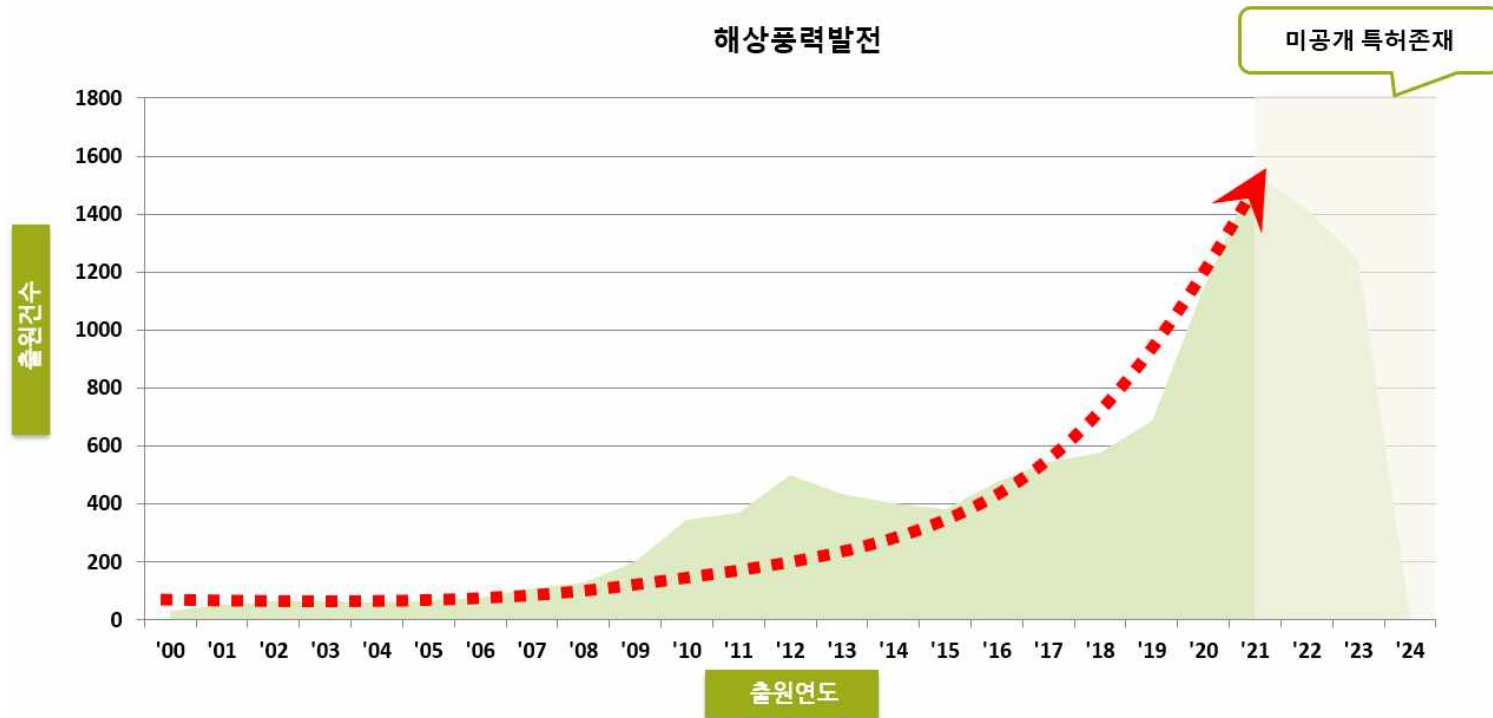
중분류	검색 건수(중복제거)					
	한국 (KIPO)	일본 (JPO)	미국 (USPTO)	유럽 (EPO)	중국 (SIPO)	총계
터빈 시스템	928 (702)	470 (323)	1,459 (1,004)	1,309 (892)	6,107 (5,043)	10,273 (7,964)
하부 구조물	1,371 (1,034)	656 (464)	1,294 (885)	1,165 (805)	6,239 (5,184)	10,725 (8,372)
송·변전 설비	86 (73)	62 (45)	90 (67)	79 (60)	489 (412)	806 (657)
발전단지 운영	61 (49)	4 (3)	131 (90)	144 (113)	2,037 (1,702)	2,377 (1,957)
총계	2,446 (1,858)	1,192 (835)	2,974 (2,046)	2,697 (1,870)	14,872 (12,341)	24,181 (18,950)

- 상기 특허 데이터를 통해 출원동향 및 심층분석 등의 특허 분석을 실시함

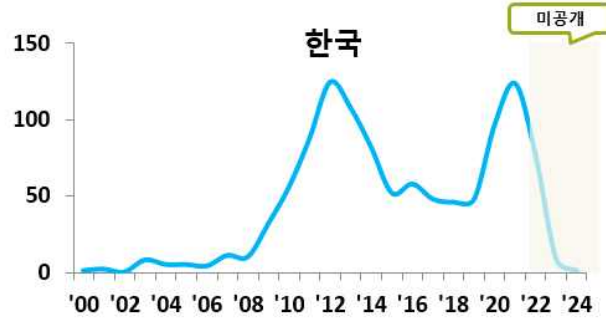
2. 특허 분석

2-1. 해상풍력발전

□ 국가 동향



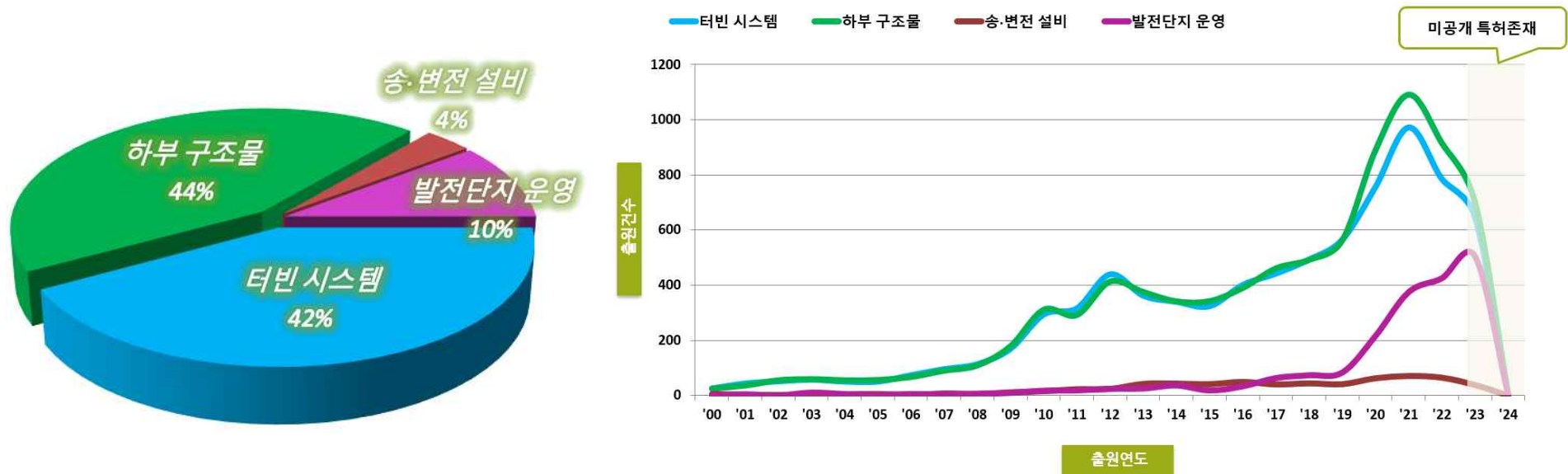
[그림 1-1] '해상풍력발전' 연도별 출원 동향



[그림 1-2] '해상풍력발전' 국가별 출원 비중 및 동향

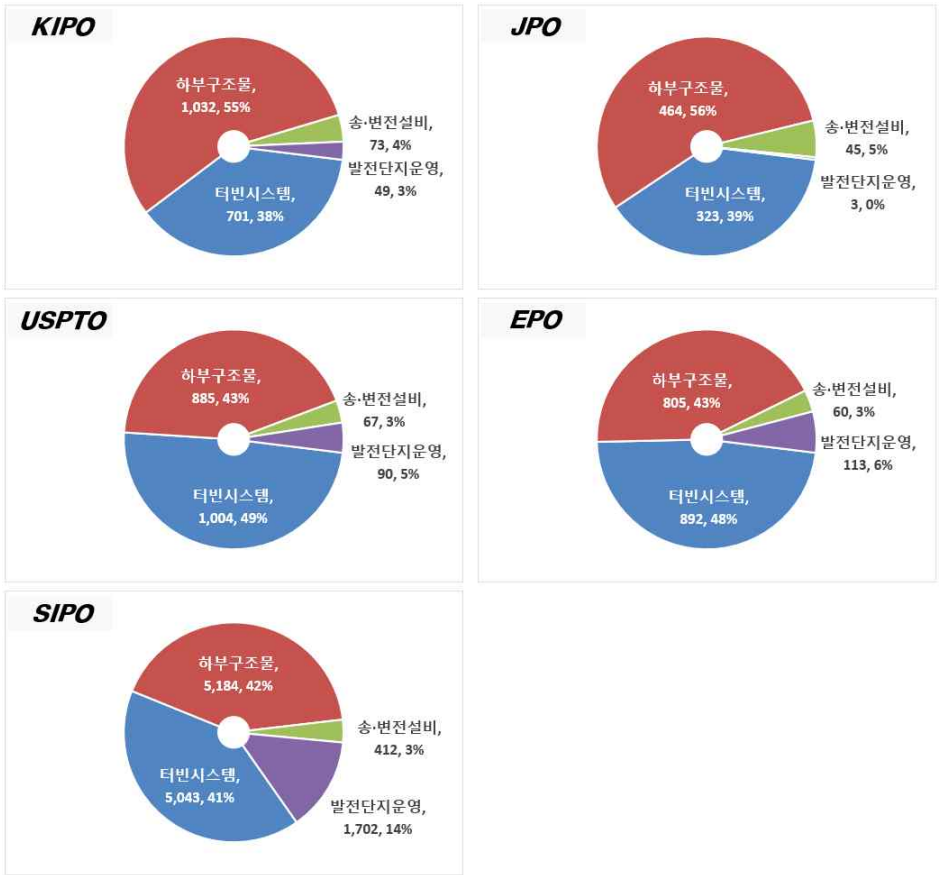
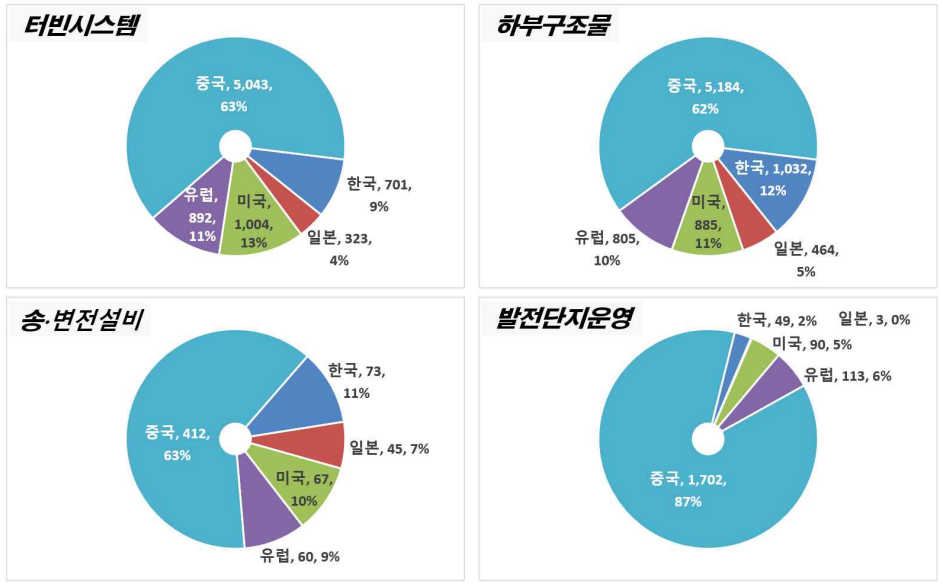
- 분석 초기인 2000년부터 현재까지 출원 상승세가 지속되고 있으며, 최근 급증하고 있는 양상을 보이고 있음
- 중국은 약 67%의 출원 비중으로 전체 출원에서 가장 높은 출원 비중을 보이고 있음. 다만 중국은 '10년을 전후하여 출원에 집중하는 양상으로 원천특허의 경우 미국 또는 유럽 시장국(SIMENS, VESTAS社 등)에 보유 가능성이 높은 것으로 판단됨

□ 기술 동향



[그림 1-3] '해상풍력발전' 기술별 출원 비중 및 동향

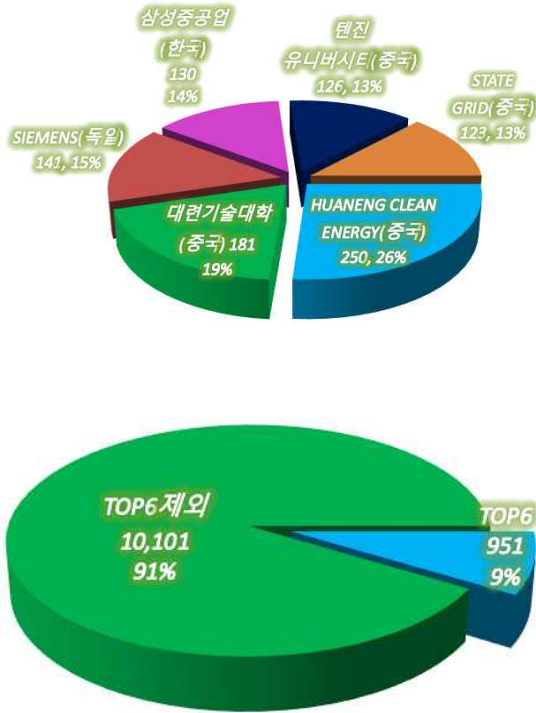
- 해상풍력발전 분야의 기술간 출원 비중은 하부구조물(44%)이 가장 높은 것으로 조사됨. 그 뒤 터빈 시스템이 42%, 그리고 발전단지 운영이 10%의 출원 비중을 보이고 있으며, 송·변전 설비 분야의 경우 상대적으로 출원 열위(4%)에 있음
- 연도별로는 송·변전 설비 분야를 제외한 나머지 분야 모두 상승 곡선을 그리고 있음. 특히 20년대 초반부터는 하부 구조물, 터빈 시스템 및 발전단지 운영 분야 모두 출원이 급증하는 양상을 보이고 있음
- 이는, 최근 기반(기초) 기술의 응용은 물론, 풍력단지 사업화를 위한 운영 및 실증 등에 기인한 출원 활동이 ↑↑↑



[그림 1-4] '해상풍력발전' 기술별 및 국가별 출원 집중도

- 기술별 국가 비중에서는 터빈 시스템 및 하부 구조물을 포함한 모든 분야에서 중국의 강세가 두드러짐. 특히 발전단지 운영 분야는 타 분야보다 더욱 타 시장국과의 출원 격차가 큰 것으로 조사됨
- 국가별 기술 비중은 각 국가 대부분 전체 비중과 유사하게 하부구조물>터빈시스템>발전단지운영>송·변전설비 순으로 조사됨

□ 출원인 동향



터빈 시스템		하부 구조물		송·변전 설비		발전단지 운영	
출원인	건수	출원인	건수	출원인	건수	출원인	건수
대련기술대학	157	HUANENG CLEAN ENERGY RESEARCH	164	DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY	39	HUANENG CLEAN ENERGY RESEARCH	104
HUANENG CLEAN ENERGY RESEARCH	147	대련기술대학	161	HUANENG CLEAN ENERGY RESEARCH	13	STATE GRID	96
SIEMENS	134	삼성중공업	126	SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY	13	NORTH CHINA ELECTRIC POWER UNIVERSITY	69
VESTAS	109	톈진 유니버시티	109	FUJIAN XINNENG OFFSHORE WIND POWER	12	CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH	50
톈진 유니버시티	94	LG ENERGY SOLUTION	106	POWERCHINA HUADONG ENGINEERING	12	XI'AN THERMAL POWER RESEARCH	40

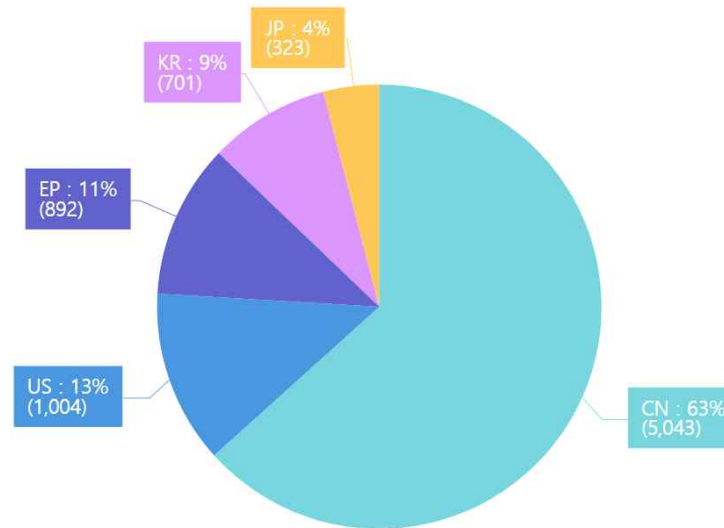
[그림 1-5] '해상풍력발전' TOP6 출원인 비중 및 기술별 상위 출원인 현황

- 해상풍력발전 분야의 출원 TOP6는 HUANENG CLEAN ENERGY社(250건), 대련기술대학(181건), SIEMENS社(141건), 삼성중공업社(130건), 톈진유니버시티(126건) 및 STATE GRID社(123건)로 조사됨 → (6개 출원인 중 4개의 출원인이 중국)
- 터빈 시스템 및 하부 구조물 분야의 상위 출원인은 전체 상위 출원인과 유사하게 나타나고 있으나, 송·변전 설비 및 발전단지 운영 분야는 전체 상위 출원인과 다른 출원인들이 분포하는 것으로 조사됨

2-2. 터빈 시스템

2-2-1. '터빈 시스템' 특허 동향 개요

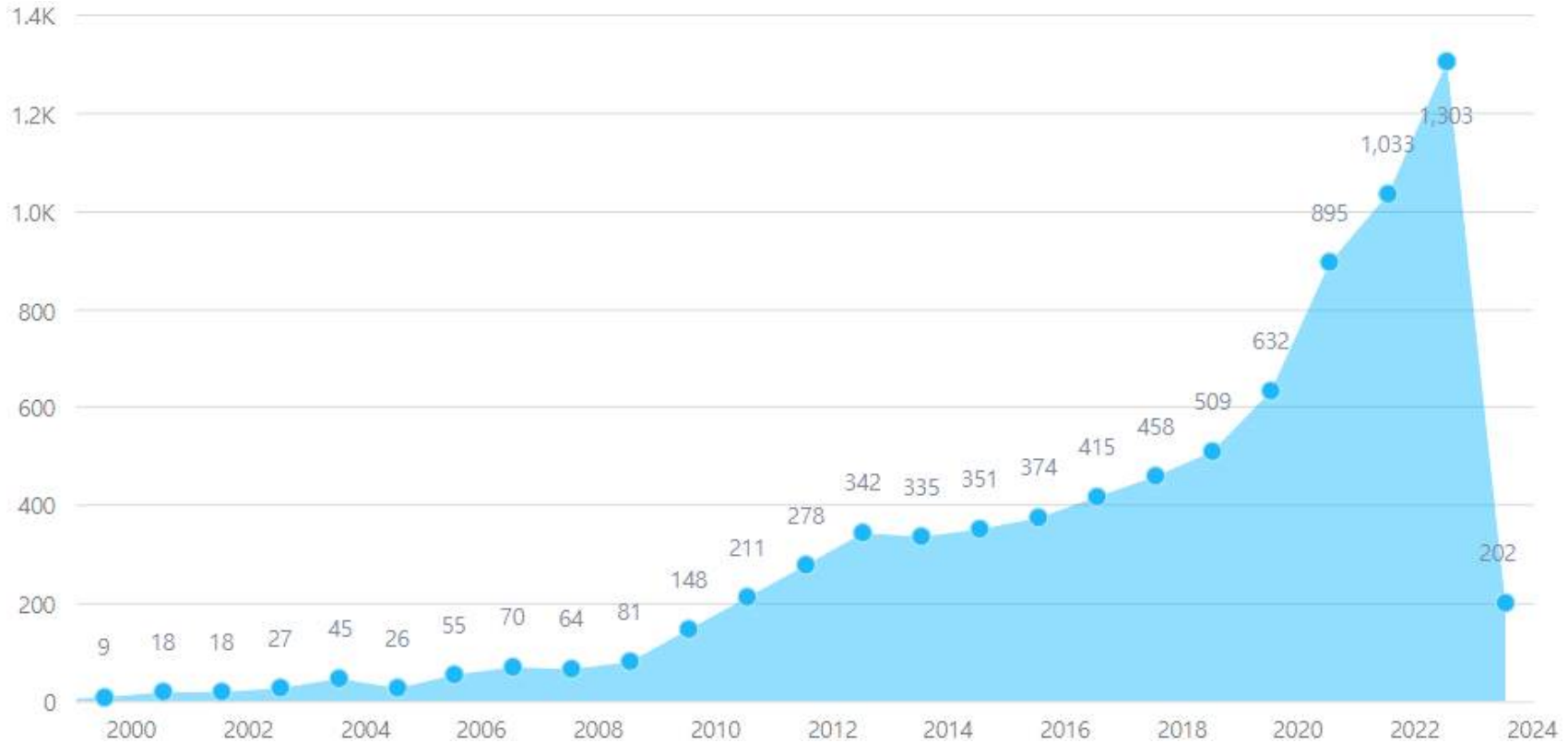
□ 국가별 출원 비중



[그림 1-6] '터빈 시스템' 국가별 출원 비중

- 터빈 시스템 분야는 중국이 절반 이상인 63%(5,043건)의 점유율로 타 시장국대비 출원 우위를 보이고 있음
- 미국이 13%의 점유율을 나타내고 있고, 유럽과 한국이 약 10%의 점유율을 보이고 있으며, 일본은 4%의 비중으로 타 시장국 대비 출원 열위를 보이는 것으로 나타남

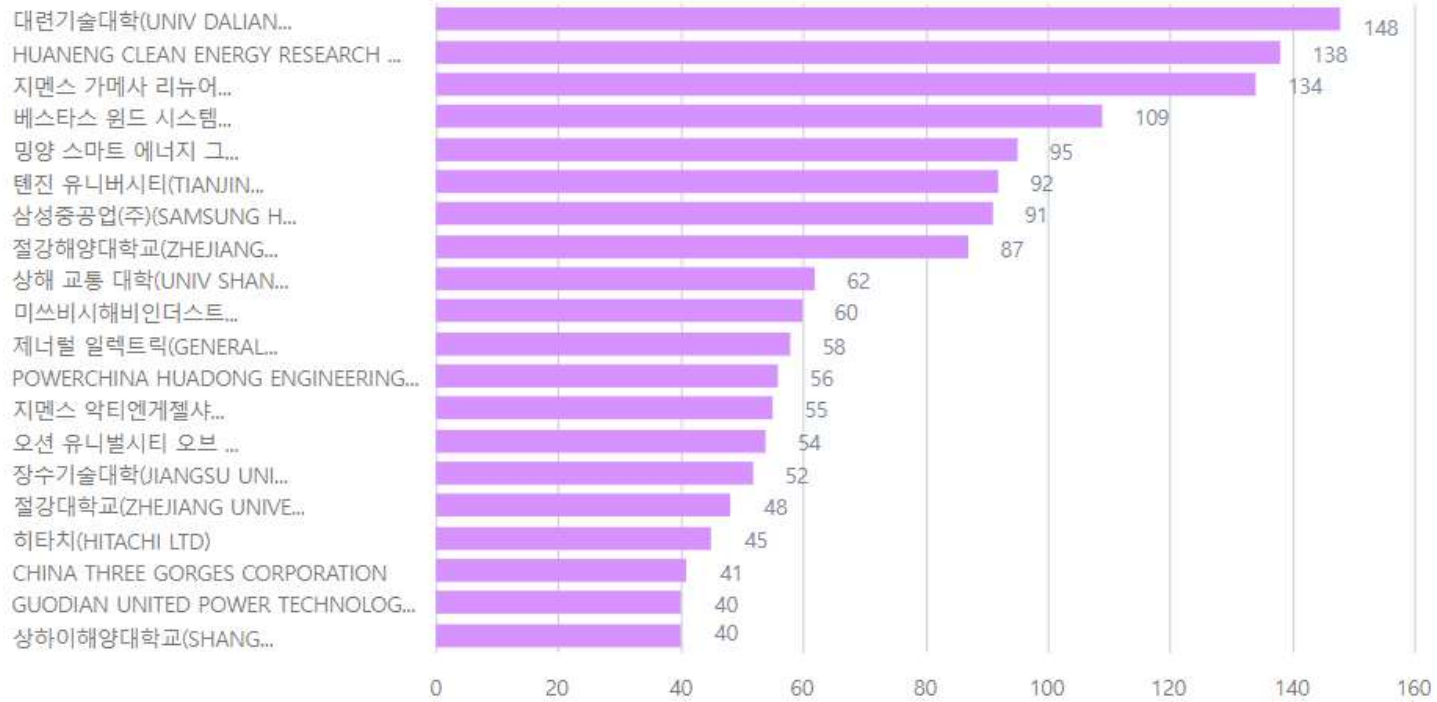
□ 출원 동향



[그림 1-7] '터빈 시스템' 출원동향

- 분석초기 출원 건수를 볼 때, 00년부터 출원이 진행된 것으로 판단, 전반적으로 우상향 및 최근 급격한 상승세를 보이고 있음
- 분석초기부터 2000년대 후반까지는 100여건 내외의 출원이 진행, 이후 매년 수십~수백여건 이상의 출원이 증가하는 것으로 확인되었고, 미공개구간('22년~'24년)을 감안할 때 최근의 급증세는 단중기적으로 지속될 것으로 예상됨

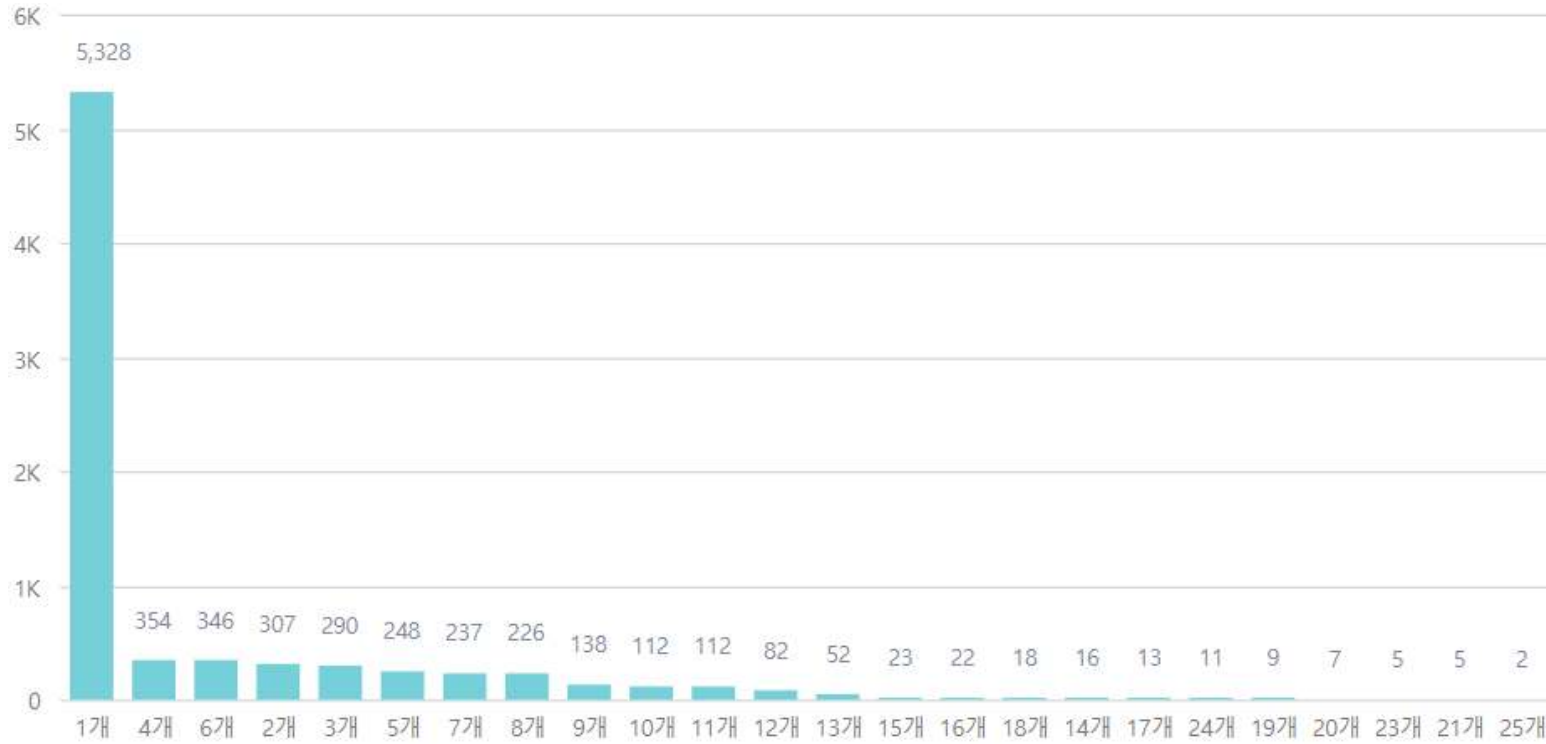
□ 출원인 동향



[그림 1-8] '터빈 시스템' 출원인 출원현황

- 터빈 시스템 분야는 대련기술대학, HUANENG CLEAN ENERGY社, SIEMENS社, VESTAS社, 밍양스마트에너지社 및 톈진유니버시티 등 중국 및 유럽 출원인이 TOP6를 구성하고 있음. 특히 중국은 절강해양대학교, 상해교통대학, CHINA THREE GORGES社 등이 TOP20에 포함되는 등 전반적으로 상위 출원인의 점유율이 높은 것으로 확인됨
- 한국의 삼성중공업社 및 일본의 미쓰비시社가 TOP10에 위치, 그리고 미국의 제너럴 일렉트릭(GE)社가 TOP20에 위치하는 등 상대적으로 상위 출원인의 점유율이 저조한 것으로 조사됨

□ 패밀리 출원 동향

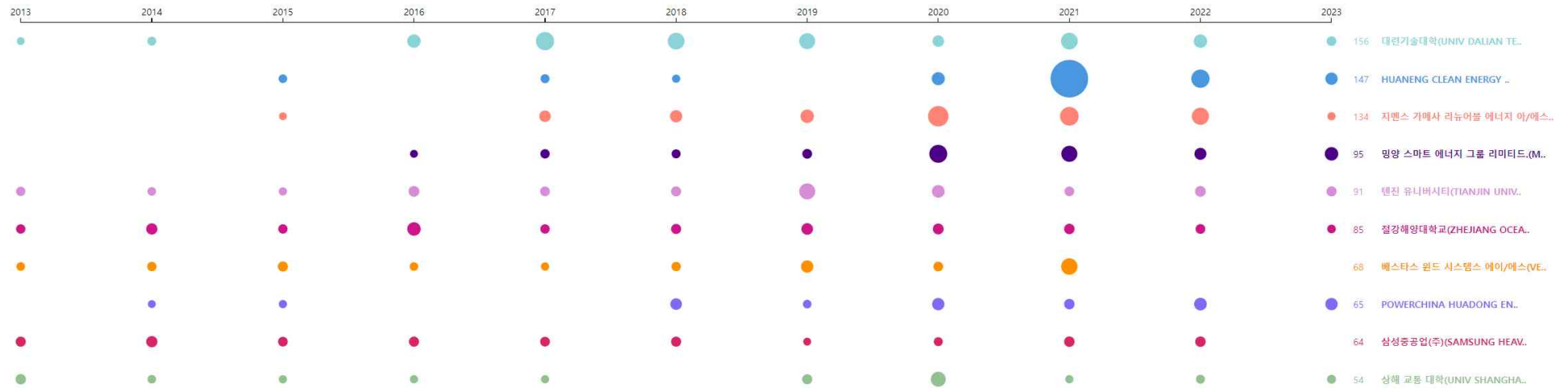


[그림 1-9] '터빈 시스템' 패밀리 국가수 및 패밀리 유무

- 패밀리의 수가 25개까지 존재하는 것으로 볼 때, 터빈 시스템의 높은 활용성을 감안하여 주요시장국 외 개별국 마켓에도 진입을 하고자 하는 기업이 많은 것으로 보이며, 이를 위한 권리화가 진행되는 것으로 판단됨

2-2-2. '터빈 시스템' 출원인 분석

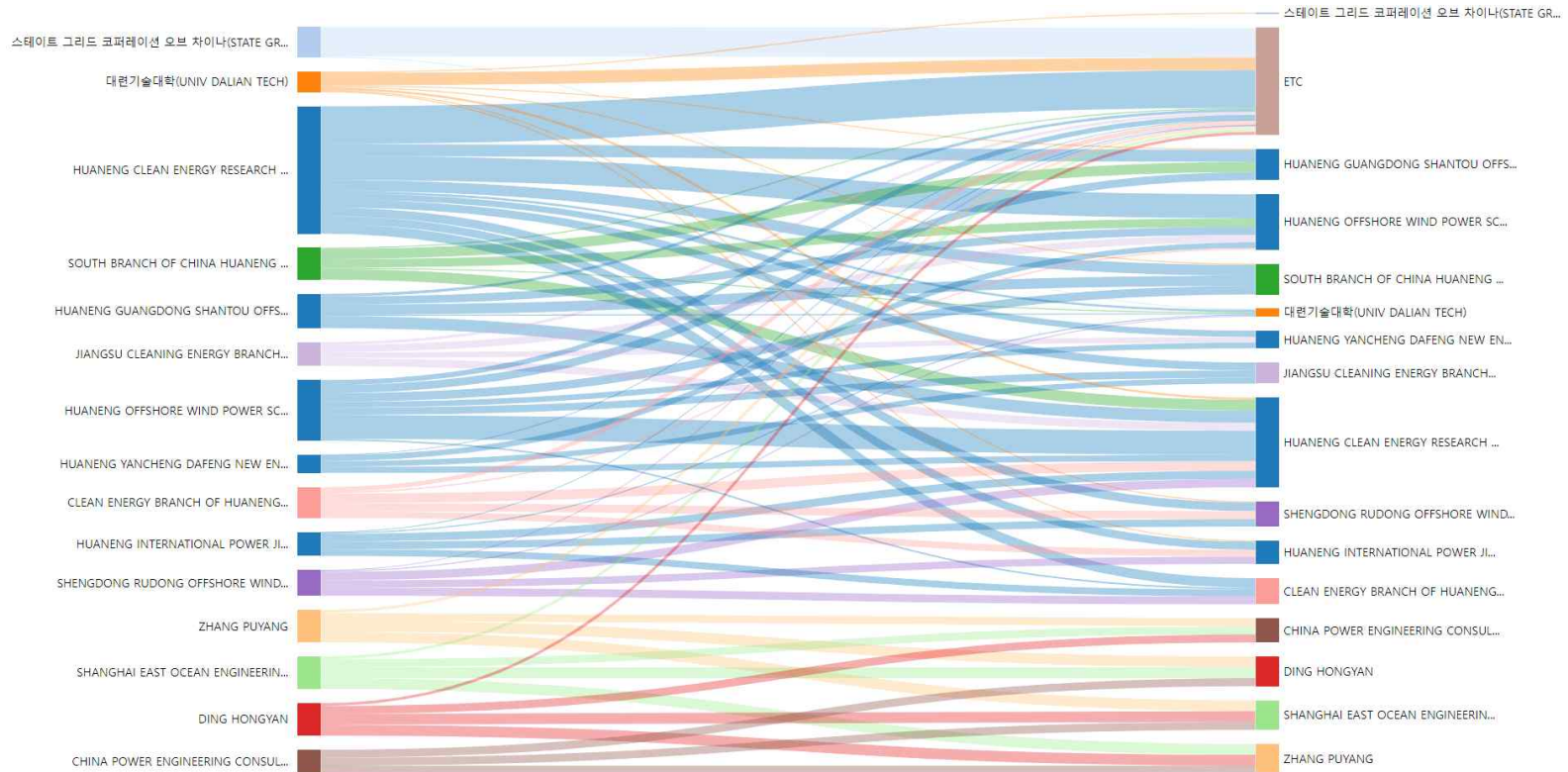
□ 상위 출원인 현황



[그림 1-10] '터빈 시스템' 출원인 랭킹(최근 10년)

- 최근 10년 기준의 TOP5는 대련기술대학, HUANENG CLEAN ENERGY社, SIEMENS社, 밍양스마트에너지社 및 텐진유니버시티로 VESTAS社의 출원 순위 변동이 확인됨
- 이는 VESTAS社가 최근 10년 타 상위 출원인에 비해 출원 비중이 상대적으로 저조함을 시사함

□ 공동출원 동향



[그림 1-11] '터빈 시스템' 공동출원인 관계도

- 공동출원 모두, 중국 출원과 관련성이 있는 것으로 확인되었으며, HUANENG CLEAN ENERGY-HUANENG INTERNATIONAL or CLEAN ENERGY BRANCH OF HUANENG 등 자국의 자회사 또는 관계사와 진행을 하는 것으로 조사됨

□ 출원인 국가별 집중도

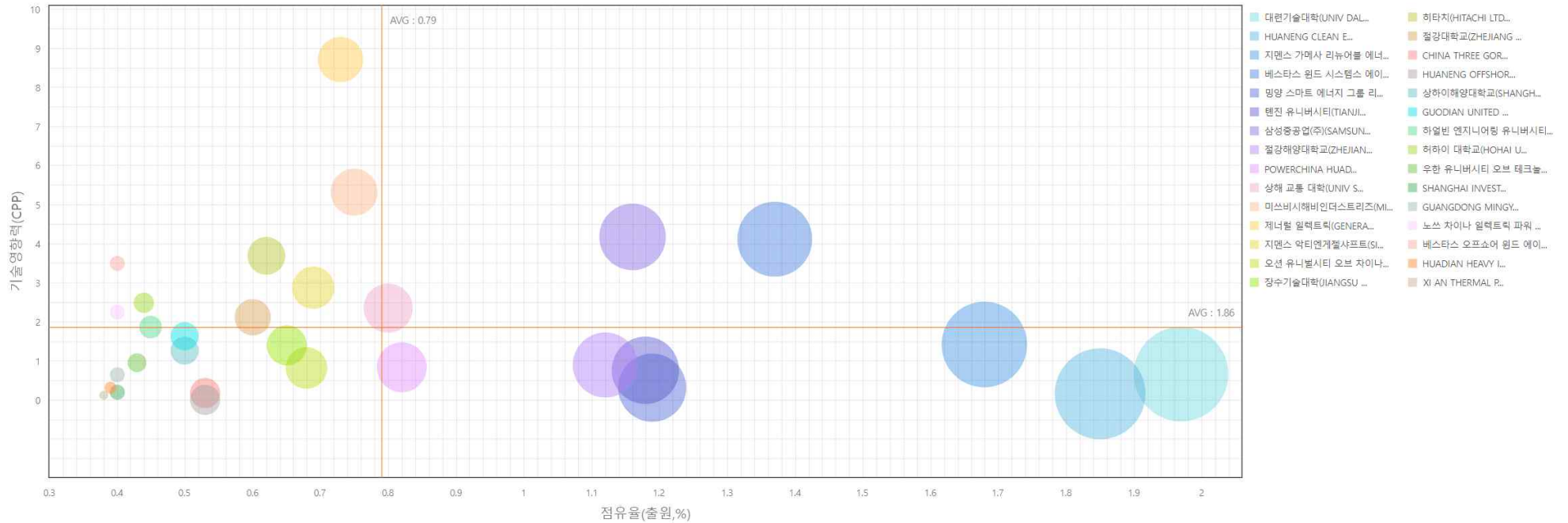


[그림 1-12] '터빈 시스템' 출원인별 국가분포

- TOP1인 대련기술대학은 자국(중국)을 포함, 주요시장국인 미국, 한국 및 일본에 출원을 진행하는 것으로 조사되어 기업의 제품 판매 시장을 북미 및 아시아 시장으로 확대하고자 하는 것으로 보임. SIEMENS社, VESTAS社 및 톈진유니버시티의 경우, 유럽 포함 전 세계시장으로 진출코자 해외 출원에 적극적인 모습을 보임
- TOP2인 HUANENG CLEAN ENERGY社의 경우, 자국에만 출원을 집중하고 있는 것으로 확인됨

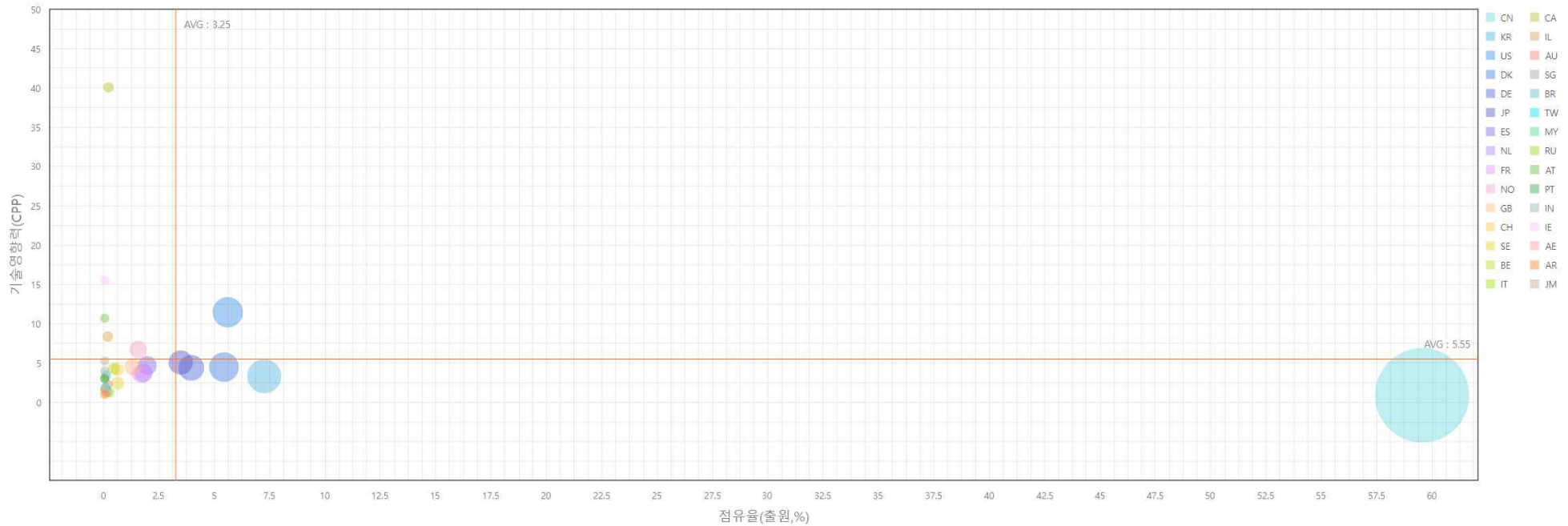
2-2-3. '터빈 시스템' IP경쟁력 분석

□ 기술성과 점유율



[그림 1-13] '터빈 시스템' 기술성 VS. 점유율(출원인 기준)

- 제너럴 일렉트릭(GE)사는 점유율 면에서 TOP10 이하에 있으나 기술영향력 측면에서 가장 높은 것으로 조사되어 원천특허를 보유했을 가능성이 있음. 미쓰비시사도 제너럴 일렉트릭(GE)사에 이어 높은 기술영향력을 보임
- 대련기술대학 및 HUANENG CLEAN ENERGY사는 높은 점유율에 비해 낮은 기술영향력을 보여주고 있어 출원 시 특허의 가치를 높일 필요가 있음



[그림 1-14] '터빈 시스템' 기술성 VS. 점유율(출원인 국적기준)

- 점유율(출원, %)과 기술영향력을 활용하여 양적/질적 기술수준을 파악함

TIP

· 기술영향력(CPP) : 피인용지수가 높을수록 해당 출원인(출원인 국적)이 기술개발의 측면에서 영향력이 높은 주요 특허 또는 원천특허를 많이 가지고 있음을 의미합니다.

CPP = 특정 주체의 등록특허의 피인용 횟수 / 해당 주체의 등록특허 수

· 점유율(출원,%) : 특허 양적 점유율이 높을 수록 연구 개발이 활발하며, 전체 특허수 대비 출원인의 특허수를 기준으로 계산됩니다.

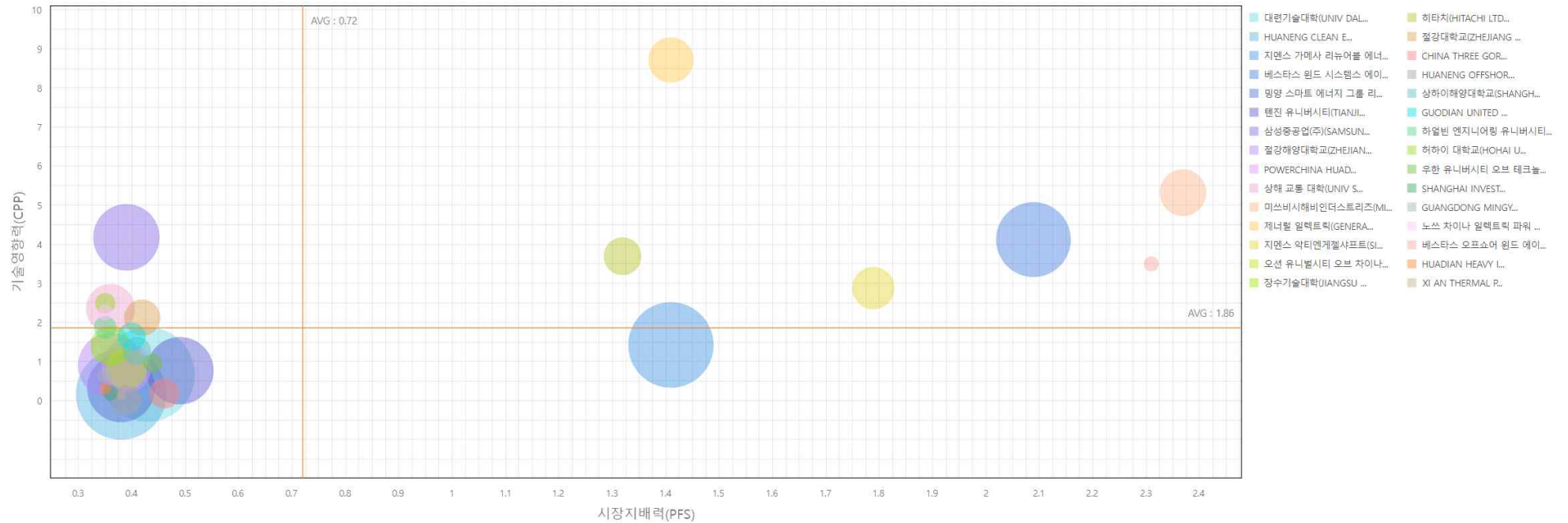
점유율(%) = 특정 주체의 특허 수 / 전체 특허 수

· 버블크기 : 출원 특허 건 수

- 중국은 점유율 면에서 한국과 미국에 비해 우위를 점하고 있고, 다른 국가에 비해 압도적 우위를 점하고 있으나 기술영향력 측면에서 평균이하를 보이고 있어 출원 건의 가치가 다소 낮은 것을 판단됨

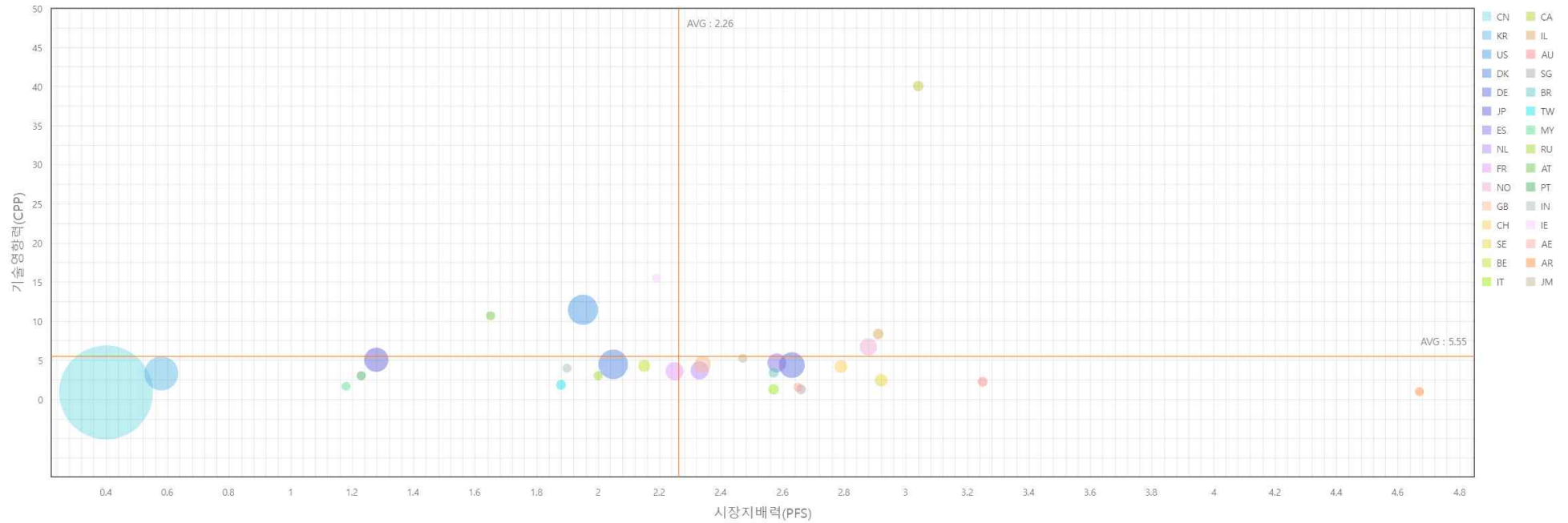
- 캐나다가 가장 높은 기술영향력 지수를 보이고 있는 가운데, 전반적으로 미국이 높은 기술영향력 지수를 보이고 있으며, 한국과 일본은 유사한 기술영향력을 보이고 있음

□ 기술성과 시장성



[그림 1-15] '터빈 시스템' 기술성 VS. 시장성(출원인 기준)

- 미쓰비시사는 적극적인 해외출원의 여파로 높은 시장지배력을 갖는 것으로 조사됨. VESTAS社 또한 높은 시장 지배력을 가지고 있으며, 기술영향력 역시 평균 이상으로서 특히 가치 또한 일정수준 이상일 것으로 판단됨
- 미국의 제너럴 일렉트릭(GE)社의 기술영향력이 가장 높으며, 한국의 삼성중공업社 및 일본의 미쓰비시社 및 히타치社 등이 평균 이상의 높은 기술영향력을 갖는 것으로 보아 원천 특허 또는 가치 특허를 보유했을 가능성이 높을 것으로 판단됨



[그림 1-16] '터빈 시스템' 기술성 VS. 시장성(출원인 국적기준)

- 질적 수준과 함께 상업적 기술 수준을 파악함

TIP

· 기술영향력(CPP) : 피인용지수가 높을수록 해당 출원인(출원인 국적)이 기술개발의 측면에서 영향력이 높은 주요 특허 또는 원천특허를 많이 가지고 있음을 의미합니다.

CPP = 특정 주체의 등록특허의 피인용 횟수 / 해당 주체의 등록특허 수

· 시장지배력(PFS) : PFS가 높을 수록 상업적 가치가 큰 기술을 의미하며, PFS가 높은 출원인은 다수의 세계 시장을 확보하고 있는 것으로 해석할 수 있습니다.

PFS = 특정 주체의 평균 패밀리 국가수 / 전체평균 패밀리 국가수

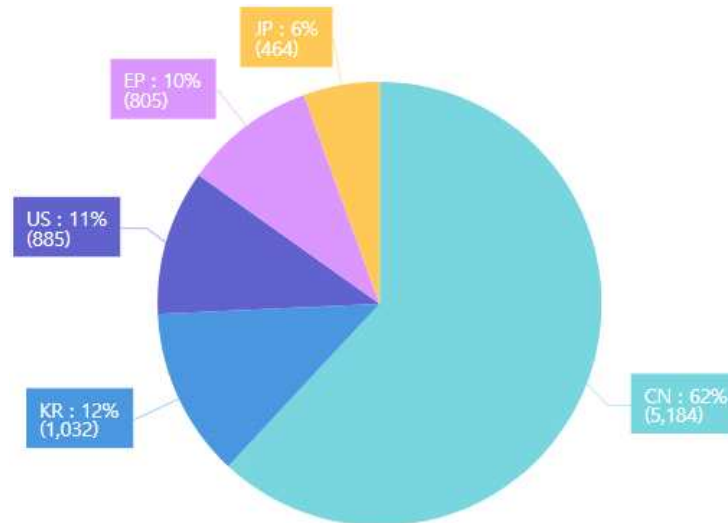
· 버블크기 : 출원 특허 건 수

- 중국은 가장 많은 출원을 진행하였으나, 기술영향력은 평균이하이고, 시장지배력은 최하위인 것으로 조사되어, 자국에만 출원을 진행하며 자국 시장에 집중하는 양상을 보임. 한국과 일본 또한 평균 이하의 유사한 기술영향력과 시장지배력을 보이고 있음. 미국은 높은 기술영향력은 보이고 있음. 참고로, 소소한 건을 진행하여 시장지배력이 높은 건들은 해석에서 제외하는 것이 바람직할 것임

2-3. 하부 구조물

2-3-1. '하부 구조물' 특허 동향 개요

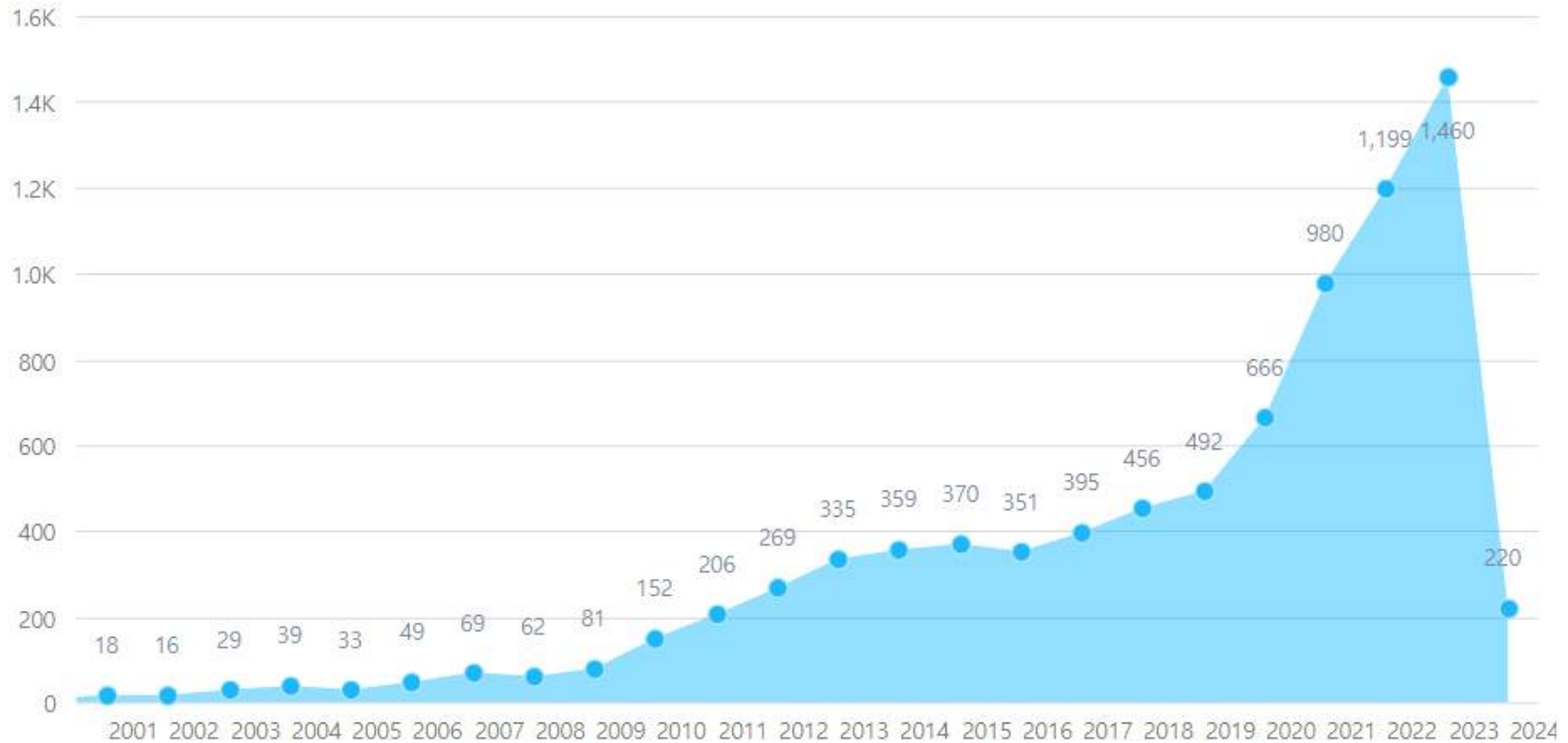
□ 국가별 출원 비중



[그림 1-17] '하부 구조물' 국가별 출원 비중

- 하부 구조물 분야는 중국이 절반 이상인 62%(5,184건)의 점유율로 타 시장국대비 출원 우위를 보이고 있음
- 한국이 12%의 점유율을 나타내고 있고, 미국과 유럽이 각각 11% 및 10%의 점유율을 보이고 있으며, 일본은 6%의 비중으로 타 시장국대비 출원 열위를 보이는 것으로 나타남

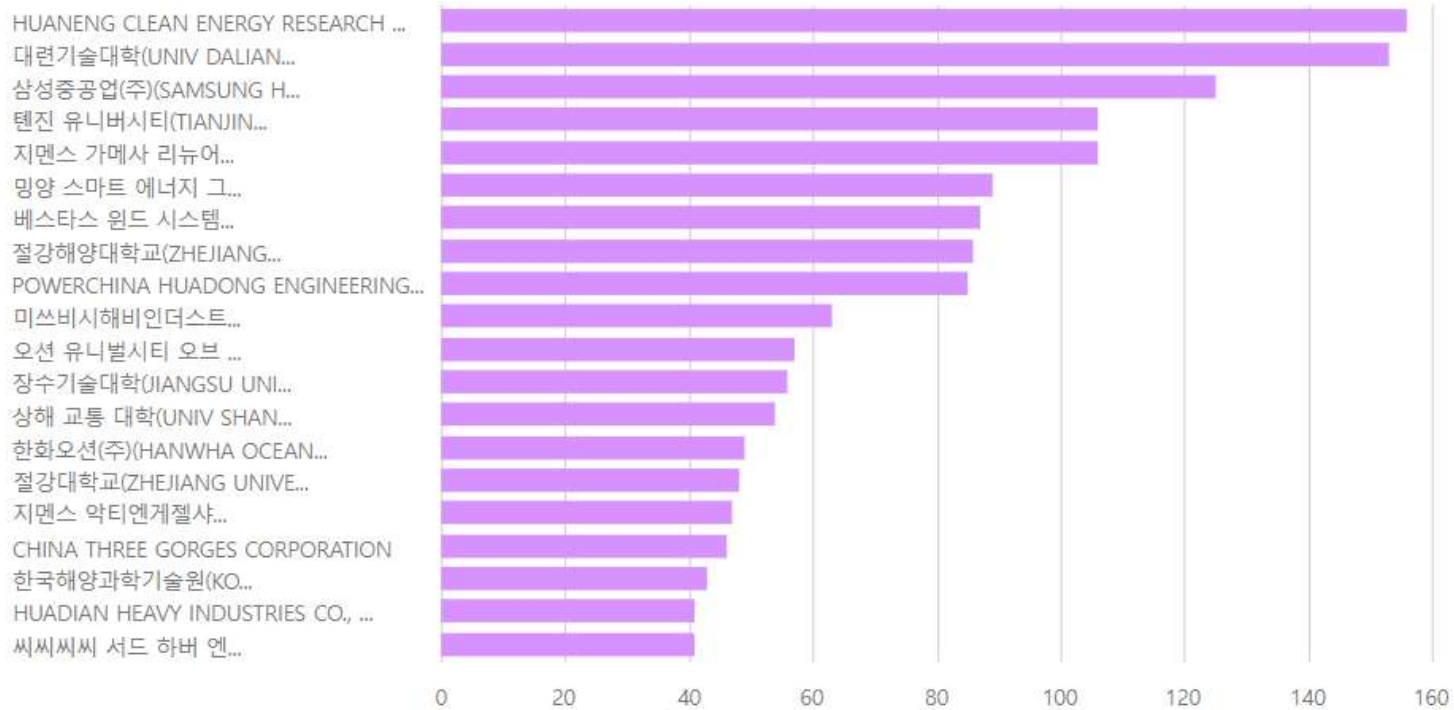
□ 출원 동향



[그림 1-18] '하부 구조물' 출원동향

- 분석초기 출원 건수를 볼 때, 00년부터 출원이 진행된 것으로 판단, 전반적으로 우상향 및 최근 급격한 상승세를 보이고 있음
- 분석초기부터 2000년대 후반까지는 100여건 내외의 출원이 진행, 이후 매년 수십~수백여건 이상의 출원이 증가하는 것으로 확인되었고, 미공개구간('22년~'24년)을 감안할 때 최근의 급증세는 단중기적으로 지속될 것으로 예상됨

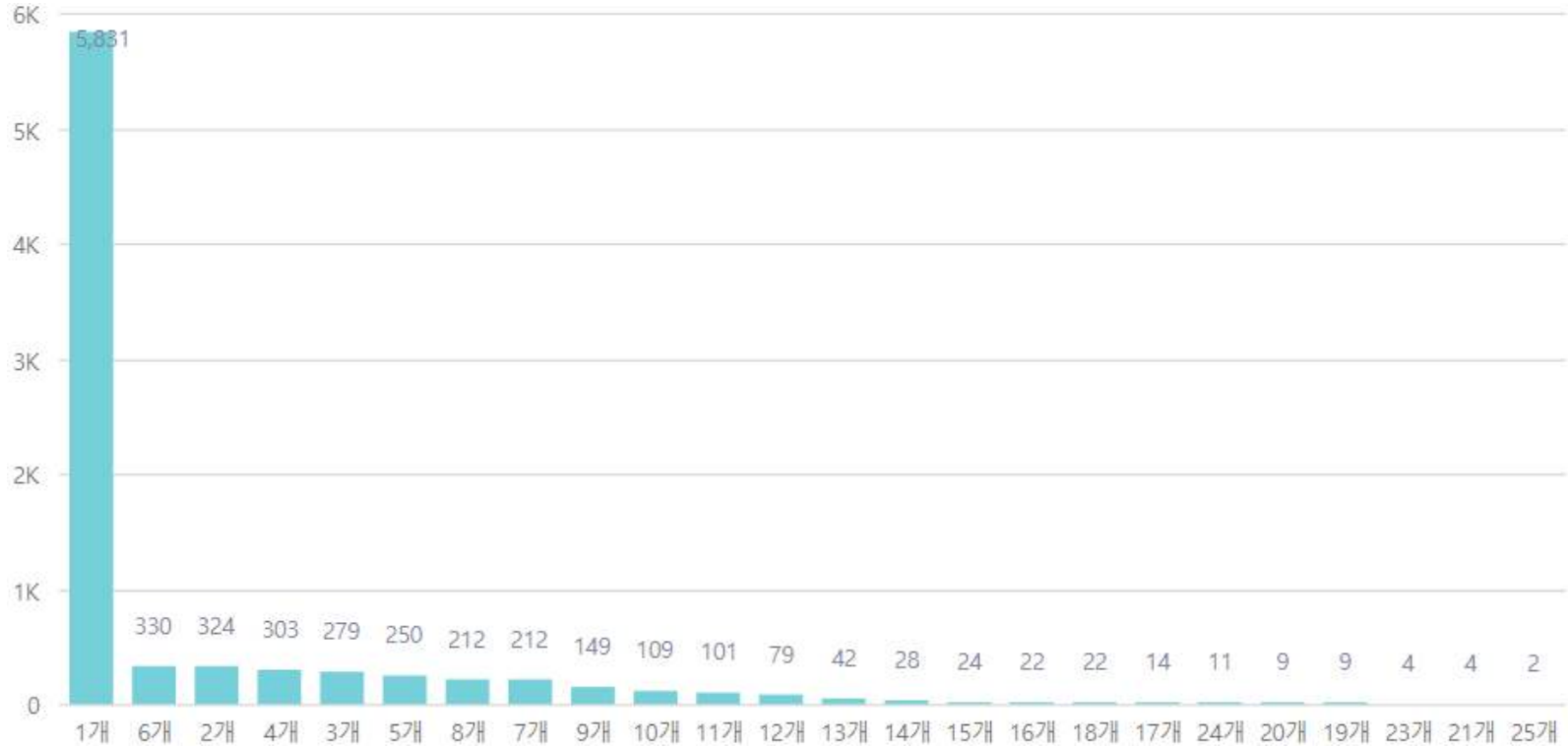
□ 출원인 동향



[그림 1-19] '하부 구조물' 출원인 출원현황

- 하부 구조물 분야는 HUANENG CLEAN ENERGY社, 대련기술대학, 삼성중공업社, 톈진유니버시티, SIEMENS社 및 밍양스마트에너지社 등 중국, 한국 및 유럽 출원인이 TOP6를 구성하고 있음. 특히 중국은 절강해양대학교, POWERCHINA HUADONG ENGINEERING社 및 장수기술대학 등이 TOP20에 포함되는 등 전반적으로 상위 출원인의 점유율이 높은 것으로 확인됨
- 한국 및 일본의 경우, 삼성중공업社 및 일본의 미쓰비시社 각 1개의 기업만이 TOP10에 위치하는 등 상대적으로 상위 출원인의 점유율이 저조한 것으로 조사됨

□ 패밀리 출원 동향

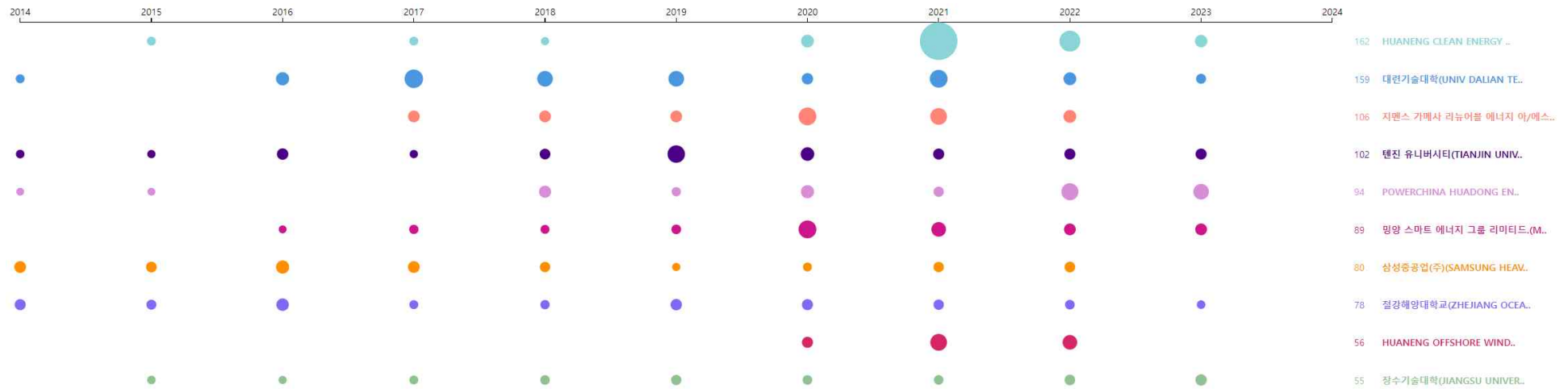


[그림 1-20] '하부 구조물' 패밀리 국가수 및 패밀리 유무

- 패밀리의 수가 25개까지 존재하는 것으로 볼 때, 하부 구조물의 높은 활용성을 감안하여 주요시장국 외 개별국 마켓에도 진입을 하고자 하는 기업이 많은 것으로 보이며, 이를 위한 권리화가 진행되는 것으로 판단됨

2-3-2. '하부 구조물' 출원인 분석

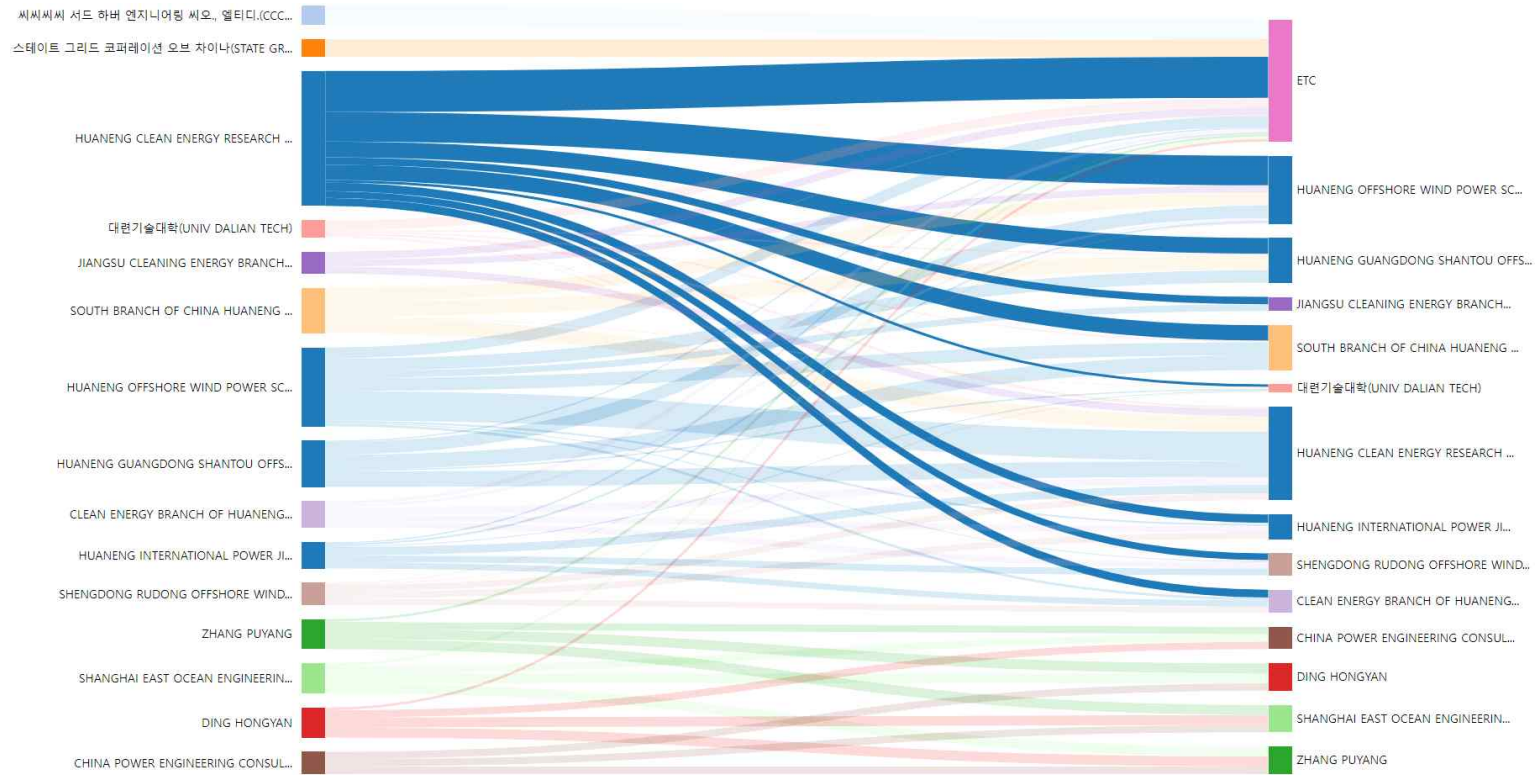
□ 상위 출원인 현황



[그림 1-21] '하부 구조물' 출원인 랭킹(최근 10년)

- 최근 10년 기준의 TOP5는 HUANENG CLEAN ENERGY社, 대련기술대학, SIEMENS社, 텐진유니버시티 및 POWERCHINA HUADONG ENGINEERING社로 POWERCHINA HUADONG ENGINEERING社의 출원 순위 변동이 확인됨
- 이는 POWERCHINA HUADONG ENGINEERING社가 최근 10년 타 상위 출원인에 비해 출원 비중이 상대적으로 높음을 시사함

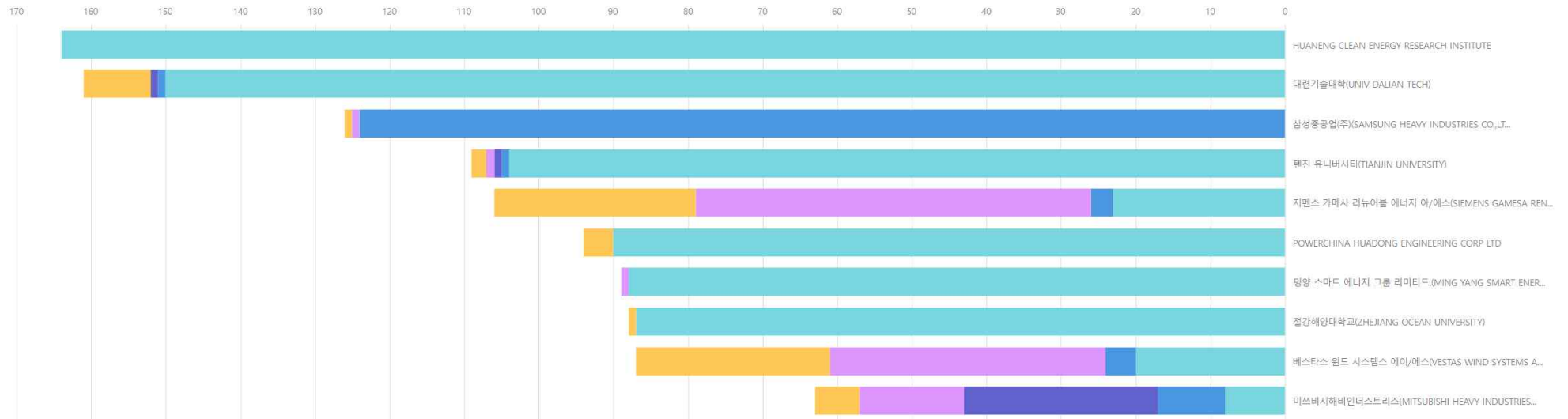
□ 공동출원 동향



[그림 1-22] '하부 구조물' 공동출원인 관계도

- 공동출원 모두, 중국 출원과 관련성이 있는 것으로 확인되었으며, HUANENG CLEAN ENERGY-HUANENG INTERNATIONAL or CLEAN ENERGY BRANCH OF HUANENG 등 자국의 자회사 또는 관계사와 진행을 하는 것으로 조사됨

□ 출원인 국가별 집중도

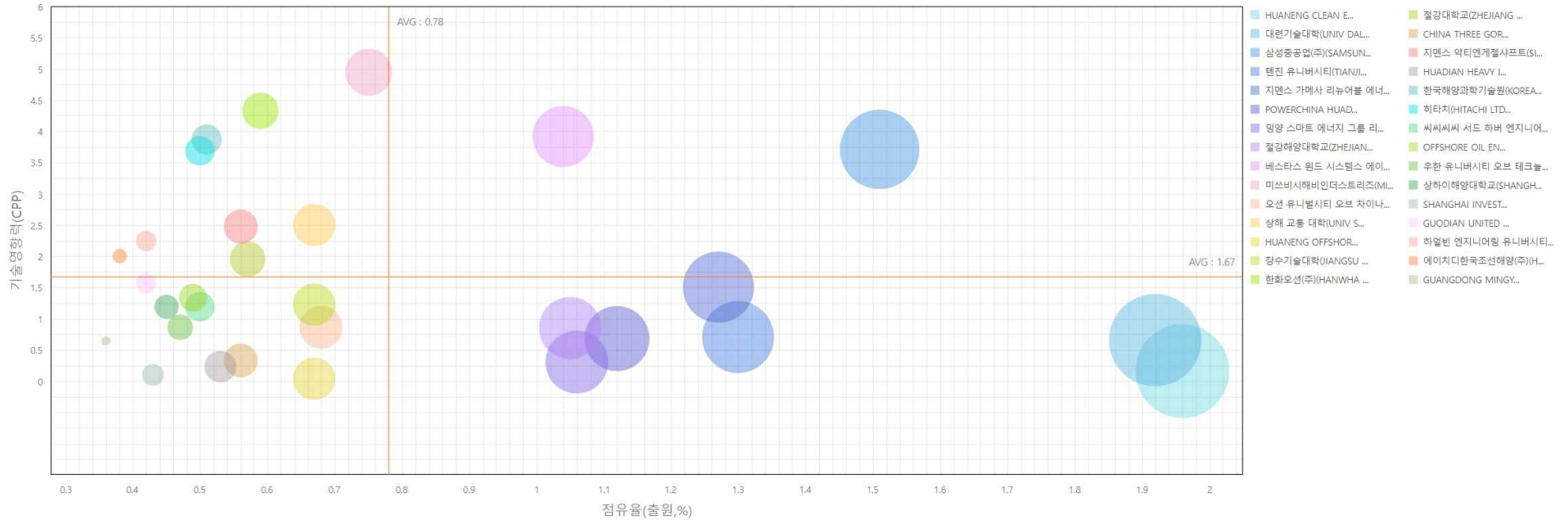


[그림 1-23] '하부 구조물' 출원인별 국가분포

- TOP2인 대련기술대학은 자국(중국)을 포함, 주요시장국인 미국, 한국 및 일본에 출원을 진행하는 것으로 조사되어 기업의 제품 판매 시장을 북미 및 아시아 시장으로 확대하고자 하는 것으로 보임. 중국의 톈진유니버시티 및 일본의 미쓰비시社경우, 유럽 포함 전 세계시장으로 진출코자 해외 출원에 적극적인 모습을 보임
- TOP1인 HUANENG CLEAN ENERGY社의 경우, 자국에만 출원을 집중하고 있는 것으로 확인됨

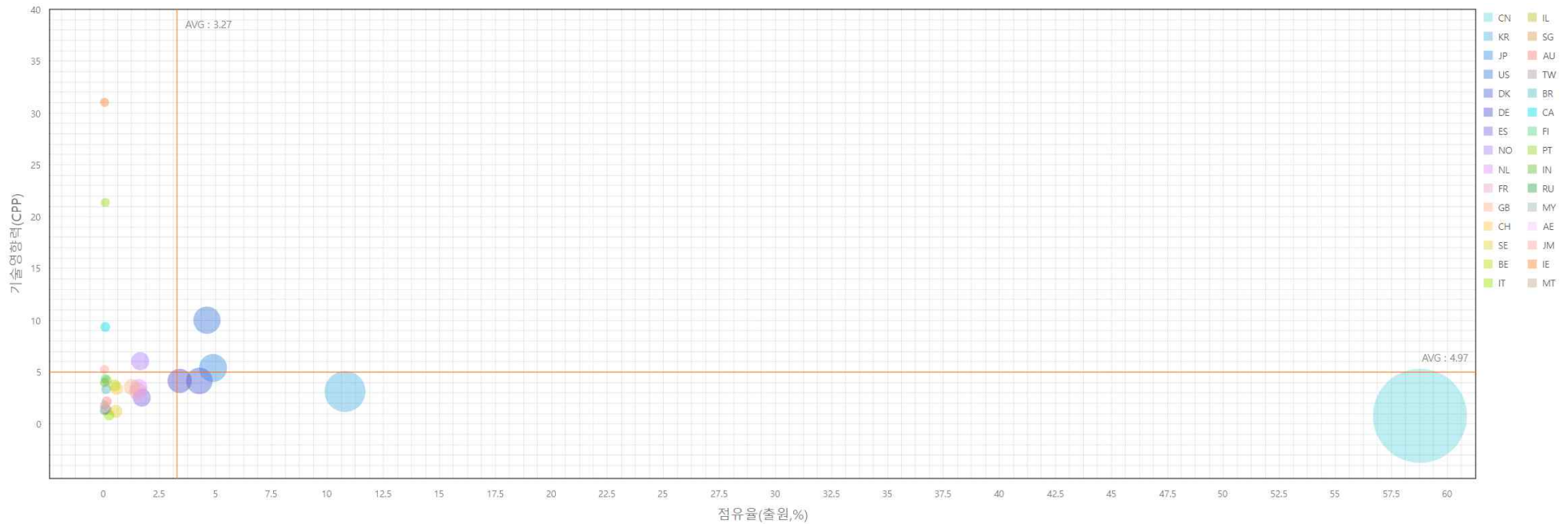
2-3-3. '하부 구조물' IP경쟁력 분석

□ 기술성과 점유율



[그림 1-24] '하부 구조물' 기술성 VS. 점유율(출원인 기준)

- 미쓰비시사는 점유율 면에서 TOP10 이하에 있으나 기술영향력 측면에서 가장 높은 것으로 조사되어 원천특허를 보유했을 가능성이 있음. 한화오션사도 미쓰비시사에 이어 높은 기술영향력을 보임
- HUANENG CLEAN ENERGY社 및 대련기술대학은 높은 점유율에 비해 낮은 기술영향력을 보여주고 있어 출원 시 특허의 가치를 높일 필요가 있음



[그림 1-25] '하부 구조물' 기술성 VS. 점유율(출원인 국적기준)

- 점유율(출원, %)과 기술영향력을 활용하여 양적/질적 기술수준을 파악함

TIP

· 기술영향력(CPP) : 피인용지수가 높을수록 해당 출원인(출원인 국적)이 기술개발의 측면에서 영향력이 높은 주요 특허 또는 원천특허를 많이 가지고 있음을 의미합니다.

CPP = 특정 주체의 등록특허의 피인용 횟수 / 해당 주체의 등록특허 수

· 점유율(출원,%) : 특허 양적 점유율이 높을 수록 연구 개발이 활발하며, 전체 특허수 대비 출원인의 특허수를 기준으로 계산됩니다.

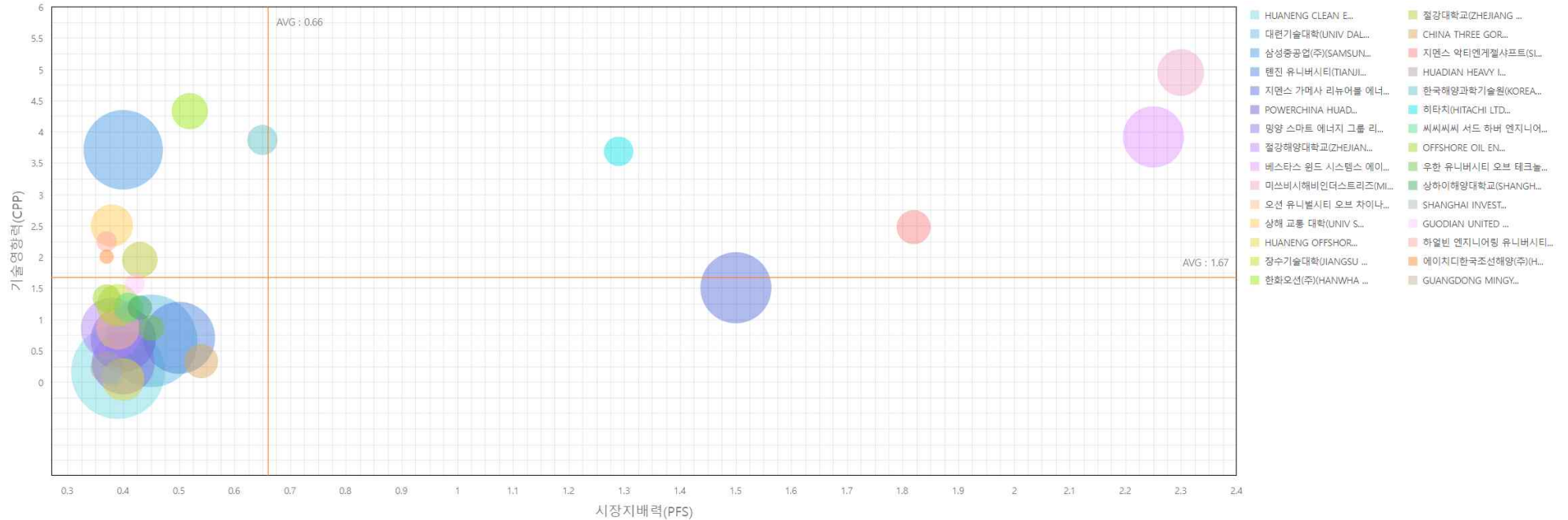
점유율(%) = 특정 주체의 특허 수 / 전체 특허 수

· 버블크기 : 출원 특허 건 수

- 중국은 점유율 면에서 한국과 일본 및 미국에 비해 우위를 점하고 있고, 다른 국가에 비해 압도적 우위를 점하고 있으나 기술 영향력 측면에서 평균이하를 보이고 있어 출원 건의 가치가 다소 낮은 것을 판단됨

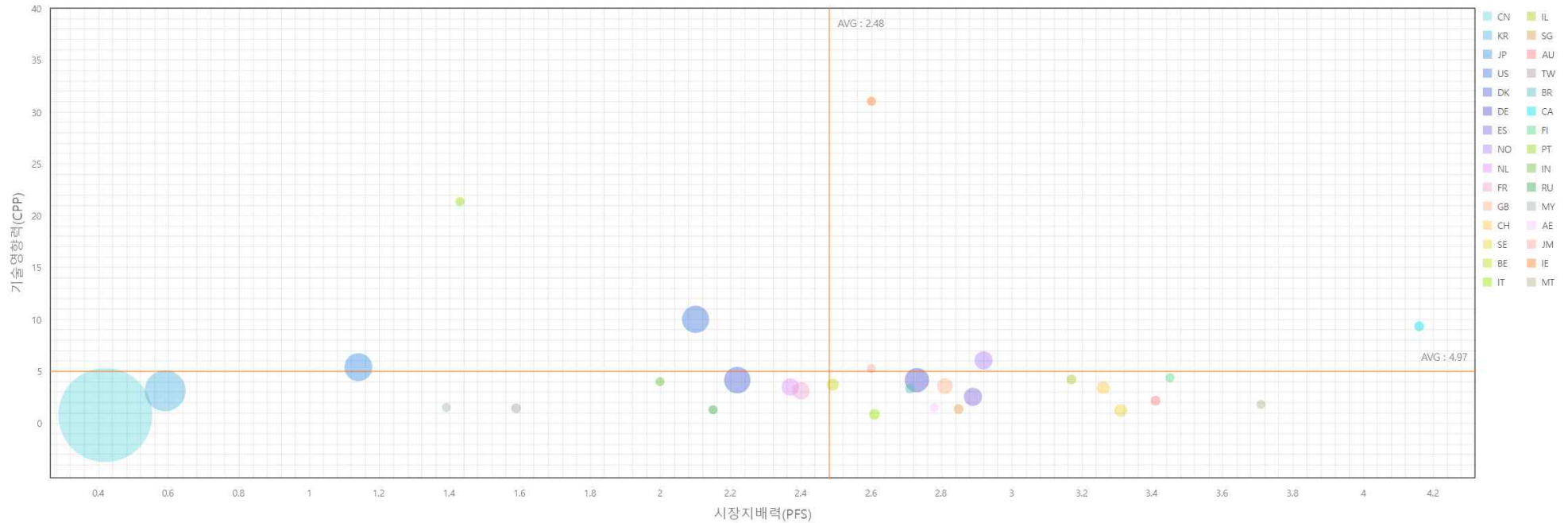
- 이스라엘이 가장 높은 기술영향력 지수를 보이고 있는 가운데, 전반적으로 미국이 높은 기술영향력 지수를 보이고 있으며, 일본은 평균 수준, 그리고 한국은 평균 이하의 기술영향력을 보이고 있음

□ 기술성과 시장성



[그림 1-26] '하부 구조물' 기술성 VS. 시장성(출원인 기준)

- 미쓰비시社는 적극적인 해외출원의 여파로 높은 시장지배력을 갖는 것으로 조사됨. VESTAS社 또한 높은 시장 지배력을 가지고 있으며, 기술영향력 역시 평균 이상으로서 특히 가치 또한 일정수준 이상일 것으로 판단됨
- 일본의 미쓰비시社는 기술영향력 또한 가장 높으며, 한국의 한화오션社와 덴마크의 VESTAS社 및 일본의 히타치社 등이 평균 이상의 높은 기술영향력을 갖는 것으로 보아 원천 특허 또는 가치 특허를 보유했을 가능성이 높을 것으로 판단됨



[그림 1-27] '하부 구조물' 기술성 VS. 시장성(출원인 국적기준)

- 질적 수준과 함께 상업적 기술 수준을 파악함

TIP

· 기술영향력(CPP) : 피인용지수가 높을수록 해당 출원인(출원인 국적)이 기술개발의 측면에서 영향력이 높은 주요 특허 또는 원천특허를 많이 가지고 있음을 의미합니다.

CPP = 특정 주체의 등록특허의 피인용 횟수 / 해당 주체의 등록특허 수

· 시장지배력(PFS) : PFS가 높을 수록 상업적 가치가 큰 기술을 의미하며, PFS가 높은 출원인은 다수의 세계 시장을 확보하고 있는 것으로 해석할 수 있습니다.

PFS = 특정 주체의 평균 패밀리 국가수 / 전체평균 패밀리 국가수

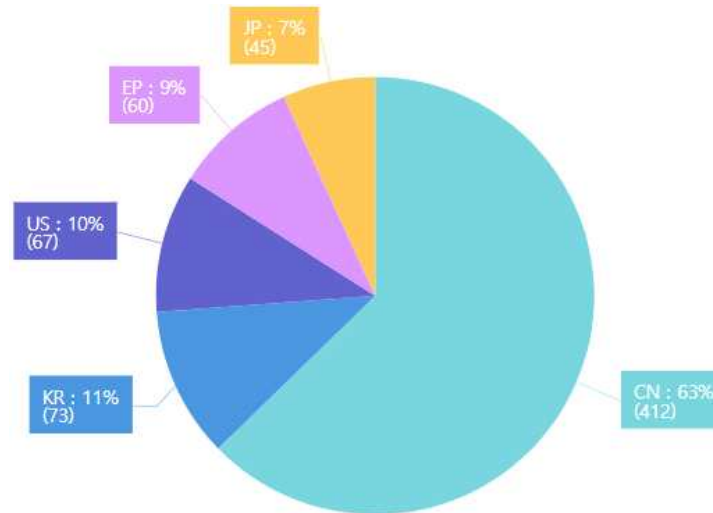
· 버블크기 : 출원 특허 건 수

- 중국은 가장 많은 출원을 진행하였으나, 기술영향력은 평균이하이고, 시장지배력은 최하위인 것으로 조사되어, 자국에만 출원을 진행하며 자국 시장에 집중하는 양상을 보임. 한국과 일본 역시 평균 이하의 시장지배력을 보이고 있음. 미국은 평균에 다소 못 미치는 시장지배력을 보이고 있으나 높은 기술영향력을 보이고 있음. 참고로, 소소한 건을 진행하여 시장지배력이 높은 건들은 해석에서 제외하는 것이 바람직할 것임

2-4. 송·변전 설비

2-4-1. '송·변전 설비' 특허 동향 개요

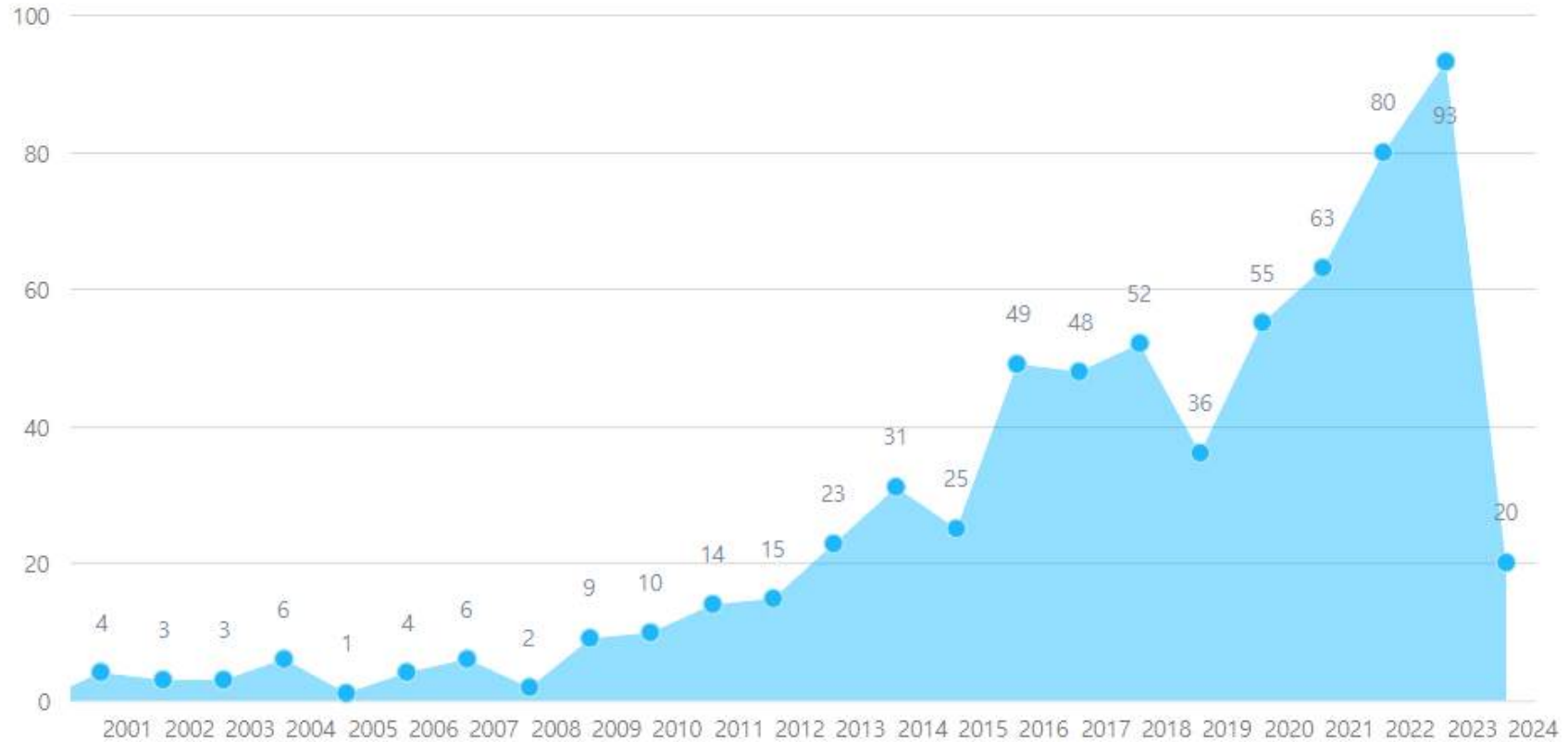
□ 국가별 출원 비중



[그림 1-28] '송·변전 설비' 국가별 출원 비중

- 송·변전 설비 분야는 중국이 절반 이상인 63%(412건)의 점유율로 타 시장국대비 출원 우위를 보이고 있음
- 한국이 11%의 점유율을 나타내고 있고, 미국과 유럽이 각각 10% 및 9%의 점유율을 보이고 있으며, 일본은 7%의 비중으로 타 시장국대비 출원 열위를 보이는 것으로 나타남

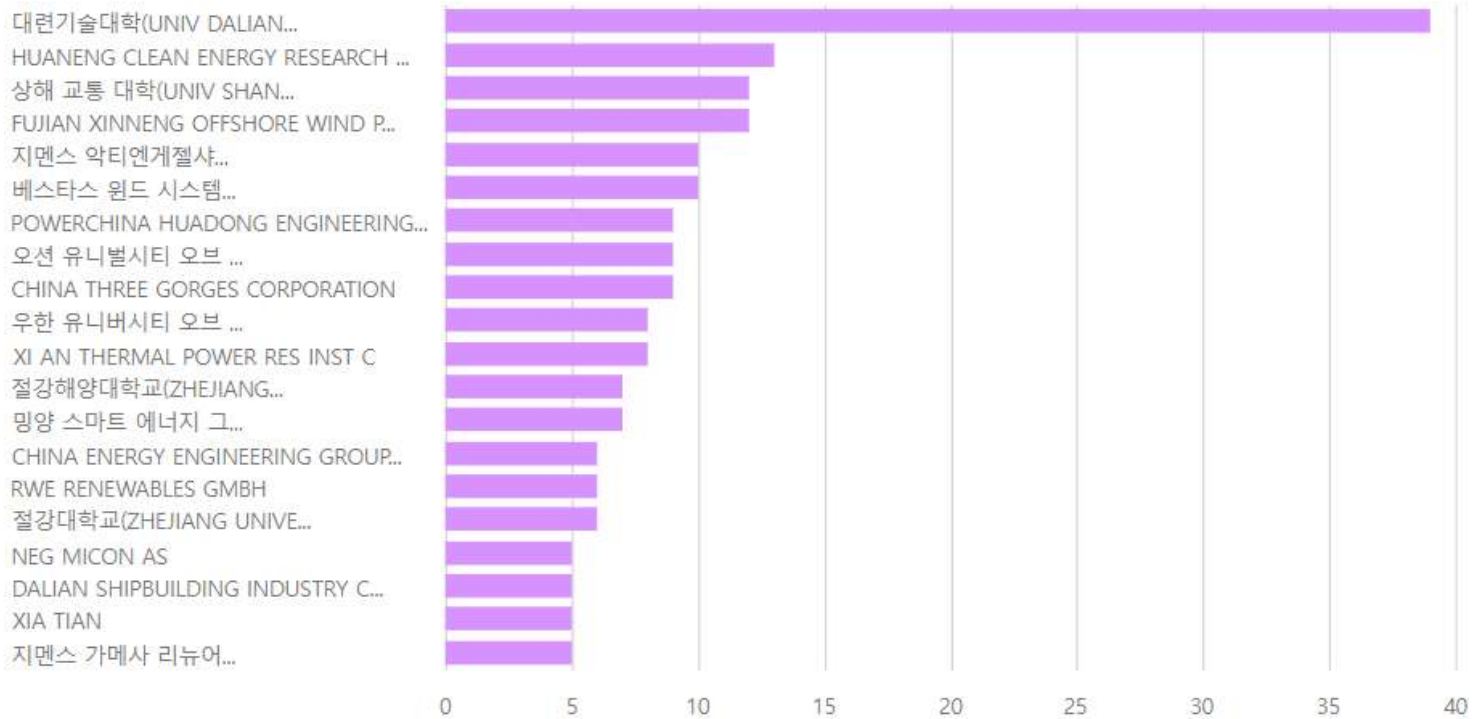
□ 출원 동향



[그림 1-29] '송·변전 설비' 출원동향

- 분석초기 출원 건수를 볼 때, 00년부터 출원이 진행된 것으로 판단, 전반적으로 우상향 및 최근 급격한 상승세를 보이고 있음
- 분석초기부터 2000년대 후반까지는 10여건 내외의 출원이 진행, 이후 매년 수건~수십여건 이상의 출원이 증가하는 것으로 확인되었고, 미공개구간('22년~'24년)을 감안할 때 최근의 급증세는 단중기적으로 지속될 것으로 예상됨

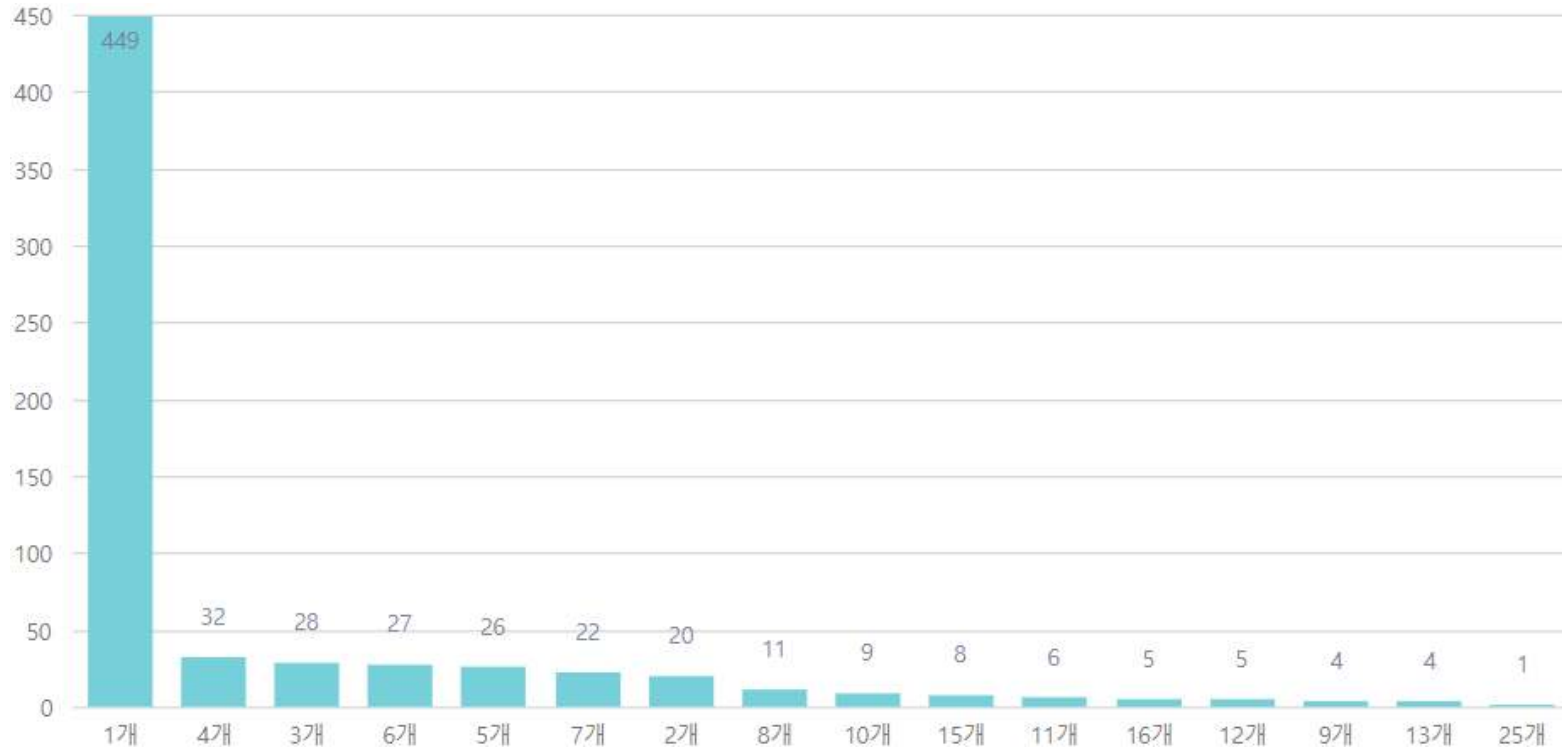
□ 출원인 동향



[그림 1-30] '송·변전 설비' 출원인 출원현황

- 송·변전 설비 분야는 대련기술대학, HUANENG CLEAN ENERGY社, 상해교통대학, FUJIAN XINNENG OFFSHOR社, SIEMENS社 및 VESTAS社 등 중국 및 유럽 출원인이 TOP6를 구성하고 있음. 특히 중국은 POWERCHINA HUADONG ENGINEERING社, CHINA THREE GORGES社, 절강해양대학교 및 밍양스마트에너지社 등이 TOP20에 포함되는 등 전반적으로 상위 출원인의 점유율이 높은 것으로 확인됨

□ 패밀리 출원 동향

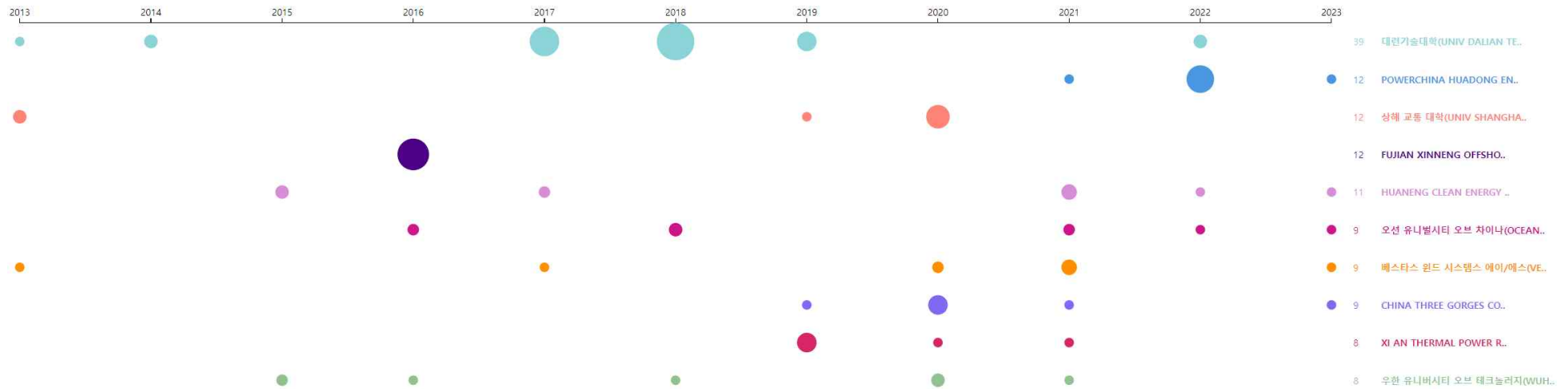


[그림 1-31] '송·변전 설비' 패밀리 국가수 및 패밀리 유무

- 패밀리의 수가 25개까지 존재하는 것으로 볼 때, 터빈 시스템의 높은 활용성을 감안하여 주요시장국 외 개별국 마켓에도 진입을 하고자 하는 기업이 많은 것으로 보이며, 이를 위한 권리화가 진행되는 것으로 판단됨

2-4-2. '송·변전 설비' 출원인 분석

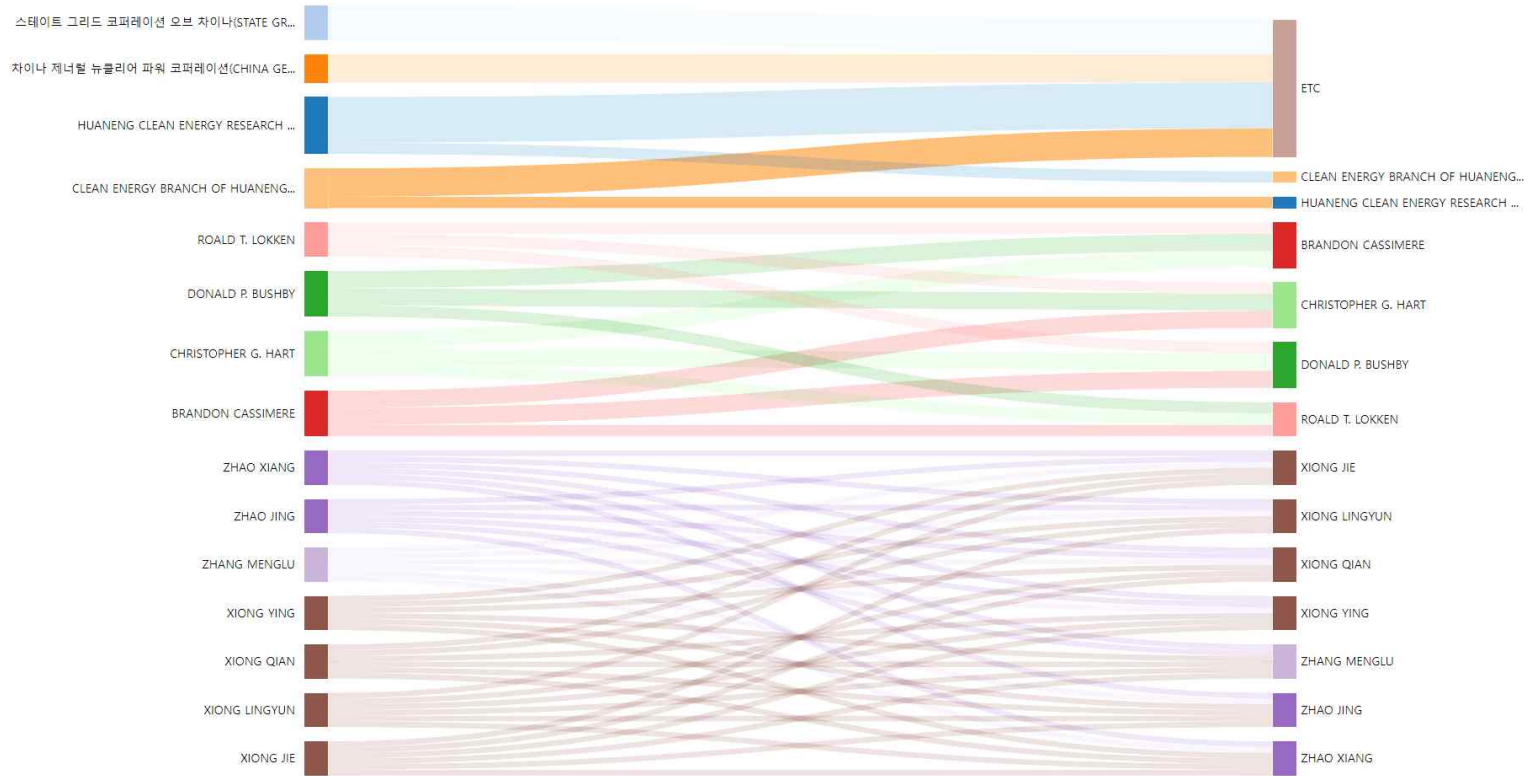
□ 상위 출원인 현황



[그림 1-32] '송·변전 설비' 출원인 랭킹(최근 10년)

- 최근 10년 기준의 TOP5는 대련기술대학, POWERCHINA HUADONG ENGINEERING社, 상해교통대학, FUJIAN XINNENG OFFSHOR社 및 HUANENG CLEAN ENERGY社로 SIEMENS社의 출원 순위 변동이 확인됨
- 이는 SIEMENS社가 최근 10년 타 상위 출원인에 비해 출원 비중이 상대적으로 저조함을 시사함(10위 밖으로 순위가 밀려남)

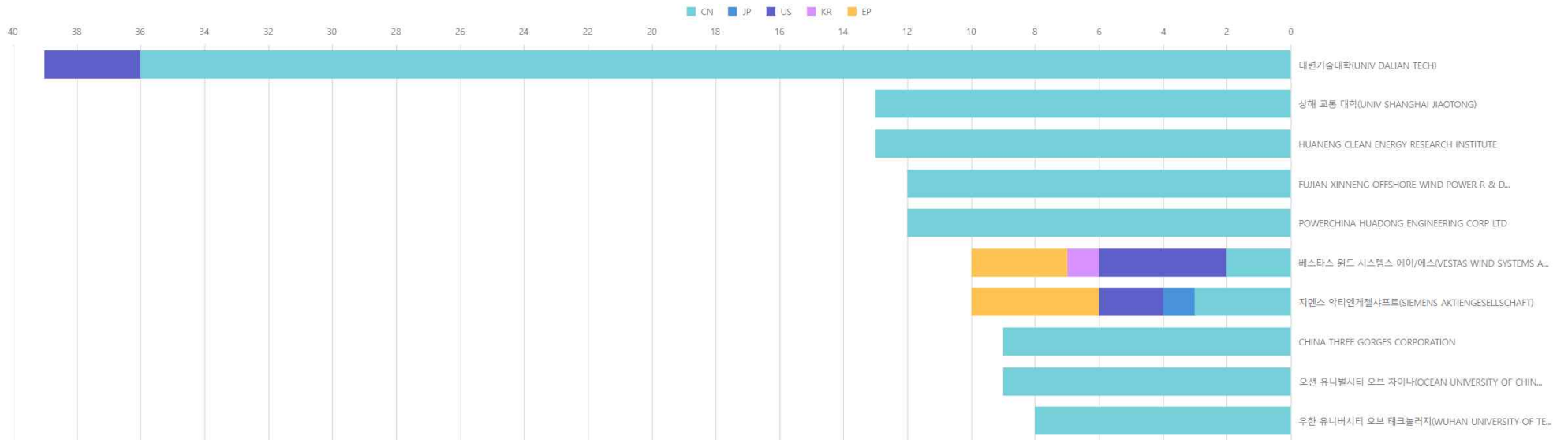
□ 공동출원 동향



[그림 1-33] '송·변전 설비' 공동출원인 관계도

- 공동출원 모두, 중국 출원과 관련성이 있는 것으로 확인되었으며, HUANENG CLEAN ENERGY-HUANENG INTERNATIONAL or CLEAN ENERGY BRANCH OF HUANENG 등 자국의 자회사 또는 관계사와 진행을 하는 것으로 조사됨

□ 출원인 국가별 집중도

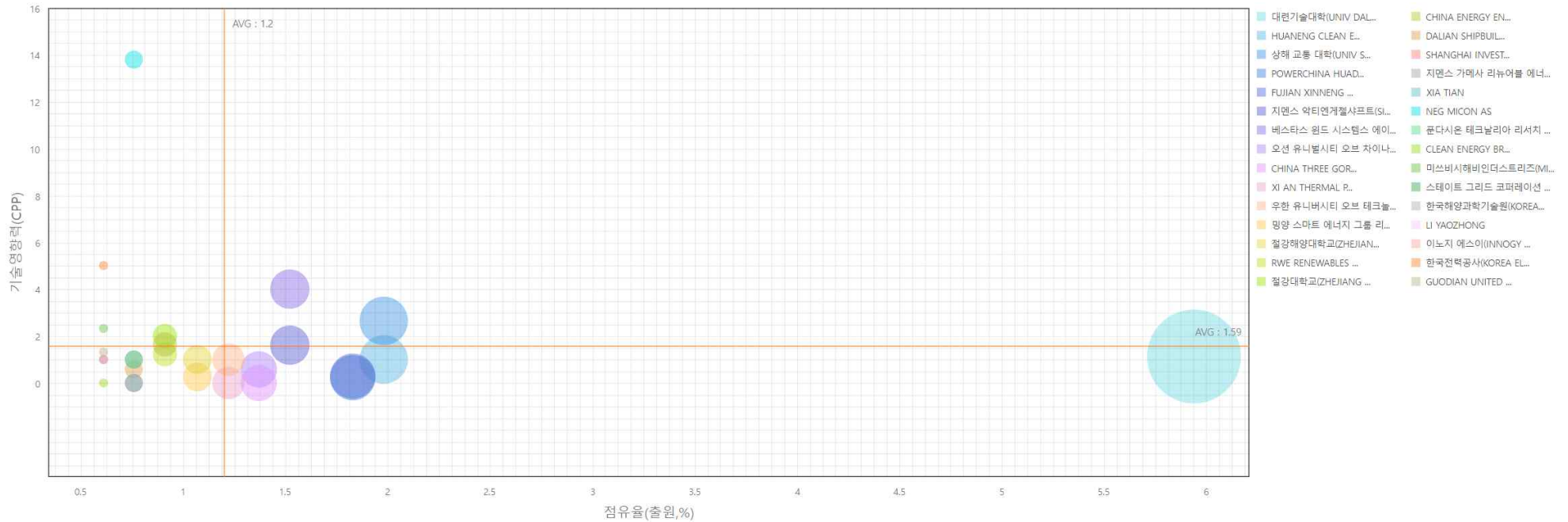


[그림 1-34] '송·변전 설비' 출원인별 국가분포

- TOP1인 대련기술대학은 자국(중국)을 포함, 주요시장국인 미국에 출원을 진행하는 것으로 조사되어 기업의 제품 판매 시장을 북미 시장으로 확대하고자 하는 것으로 보임. VESTAS社 및 SIEMENS社의 경우, 유럽 포함 전 세계시장으로 진출코자 해외 출원에 적극적인 모습을 보임(SIEMENS社의 경우, 한국은 제외)
- TOP2인 HUANENG CLEAN ENERGY社 및 상해교통대학의 경우, 자국에만 출원을 집중하고 있는 것으로 확인됨

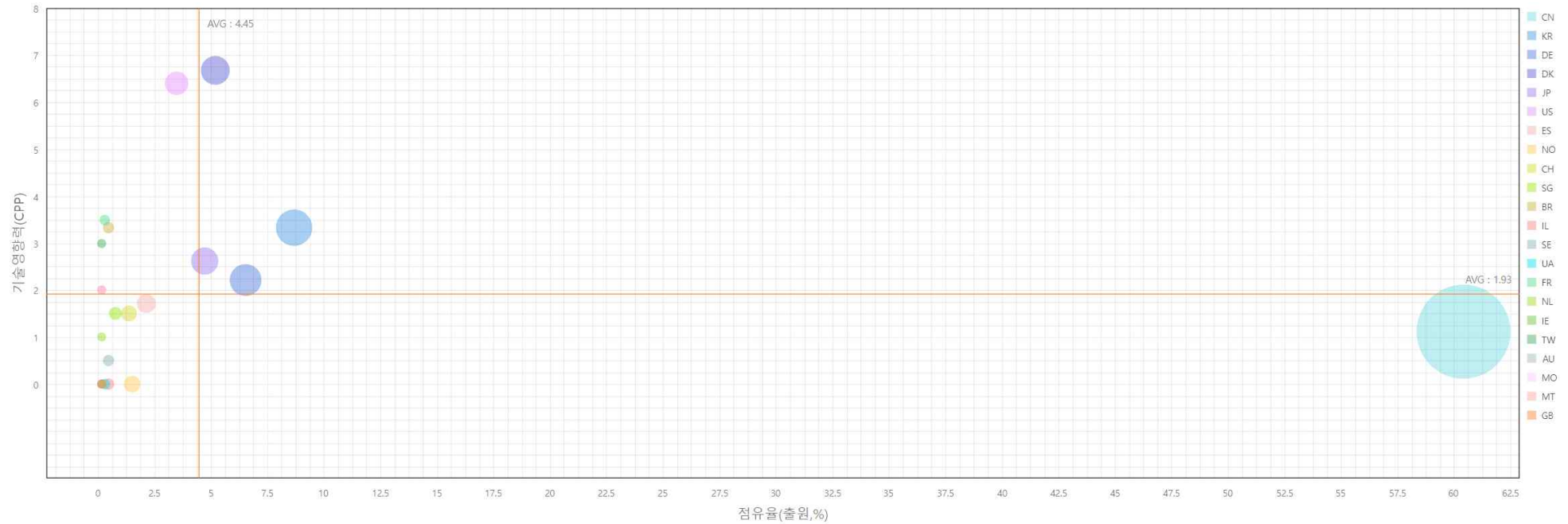
2-4-3. '송·변전 설비' IP경쟁력 분석

□ 기술성과 점유율



[그림 1-35] '송·변전 설비' 기술성 VS. 점유율(출원인 기준)

- NEG Micon社は 점유율 면에서 TOP10 이하에 있으나 기술영향력 측면에서 가장 높은 것으로 조사되어 원천특허를 보유하고 있을 가능성이 있음. 한국전력공사 및 VESTAS社 또한 NEG Micon社에 이어 높은 기술영향력을 보임
- 대련기술대학은 높은 점유율에 비해 낮은 기술영향력을 보여주고 있어 출원 시 특허의 가치를 높일 필요가 있음



[그림 1-36] '송·변전 설비' 기술성 VS. 점유율(출원인 국적기준)

- 점유율(출원, %)과 기술영향력을 활용하여 양적/질적 기술수준을 파악함

TIP

· 기술영향력(CPP) : 피인용지수가 높을수록 해당 출원인(출원인 국적)이 기술개발의 측면에서 영향력이 높은 주요 특허 또는 원천특허를 많이 가지고 있음을 의미합니다.

CPP = 특정 주체의 등록특허의 피인용 횟수 / 해당 주체의 등록특허 수

· 점유율(출원,%) : 특허 양적 점유율이 높을 수록 연구 개발이 활발하며, 전체 특허수 대비 출원인의 특허수를 기준으로 계산됩니다.

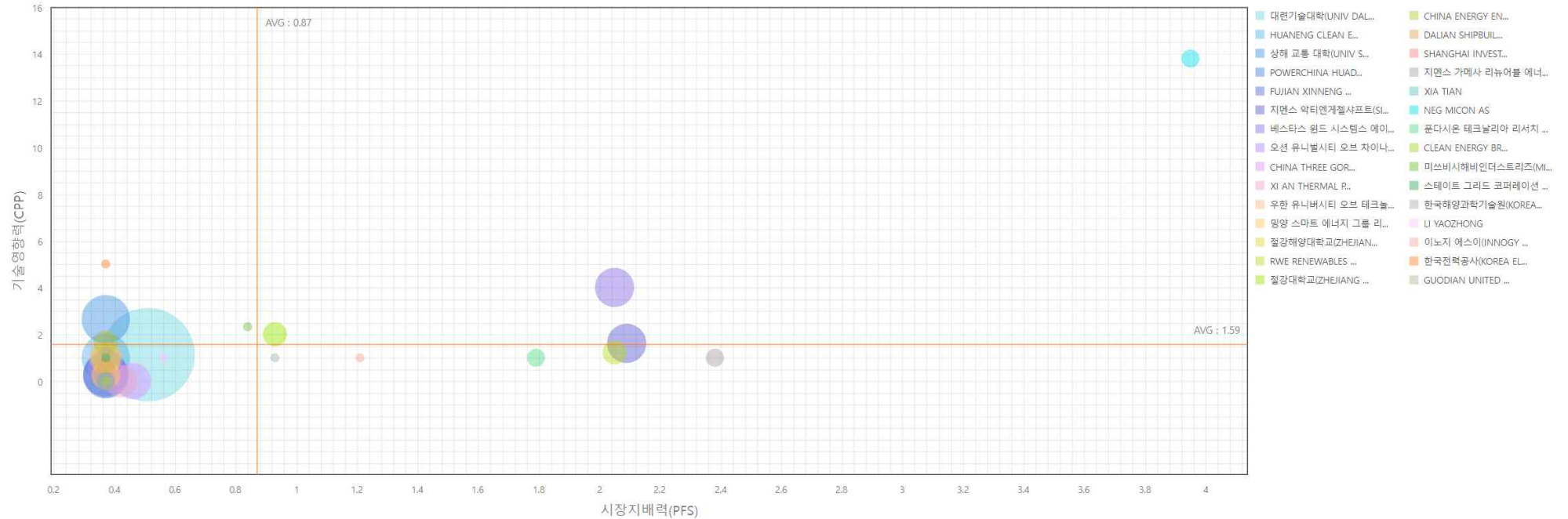
점유율(%) = 특정 주체의 특허 수 / 전체 특허 수

· 버블크기 : 출원 특허 건 수

- 중국은 점유율 면에서 한국과 일본에 비해 우위를 점하고 있고, 다른 국가에 비해 압도적 우위를 점하고 있으나 기술영향력 측면에서 평균이하를 보이고 있어 출원 건의 가치가 다소 낮은 것을 판단됨

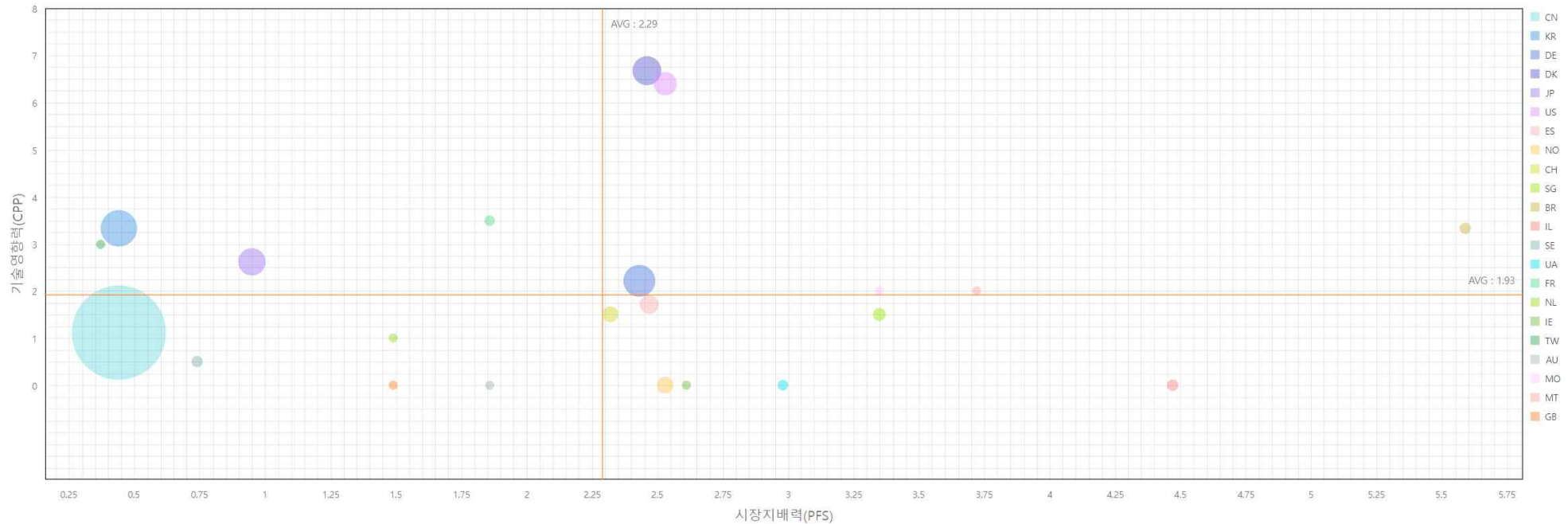
- 덴마크가 가장 높은 기술영향력 지수를 보이고 있는 가운데, 전반적으로 미국이 높은 기술영향력 지수를 보이고 있으며, 한국과 일본은 유사한 기술영향력을 보이고 있음

□ 기술성과 시장성



[그림 1-37] '송·변전 설비' 기술성 VS. 시장성(출원인 기준)

- NEG Micon社는 적극적인 해외출원의 여파로 높은 시장지배력을 갖는 것으로 조사됨. SIEMENS社 및 VESTAS社 또한 높은 시장 지배력을 가지고 있으며, VESTAS社의 경우 기술영향력 역시 평균 이상으로서 특히 가치 또한 일정수준 이상일 것으로 판단됨
- 덴마크의 NEG Micon社는 기술영향력 역시 가장 높으며, 한국의 한국전력공사 및 덴마크의 VESTAS社 등이 평균 이상의 높은 기술영향력을 갖는 것으로 보아 원천 특허 또는 가치 특허를 보유했을 가능성이 높을 것으로 판단됨



[그림 1-38] '송·변전 설비' 기술성 VS. 시장성(출원인 국적기준)

- 질적 수준과 함께 상업적 기술 수준을 파악함

TIP

· 기술영향력(CPP) : 피인용지수가 높을수록 해당 출원인(출원인 국적)이 기술개발의 측면에서 영향력이 높은 주요 특허 또는 원천특허를 많이 가지고 있음을 의미합니다.

CPP = 특정 주체의 등록특허의 피인용 횟수 / 해당 주체의 등록특허 수

· 시장지배력(PFS) : PFS가 높을 수록 상업적 가치가 큰 기술을 의미하며, PFS가 높은 출원인은 다수의 세계 시장을 확보하고 있는 것으로 해석할 수 있습니다.

PFS = 특정 주체의 평균 패밀리 국가수 / 전체평균 패밀리 국가수

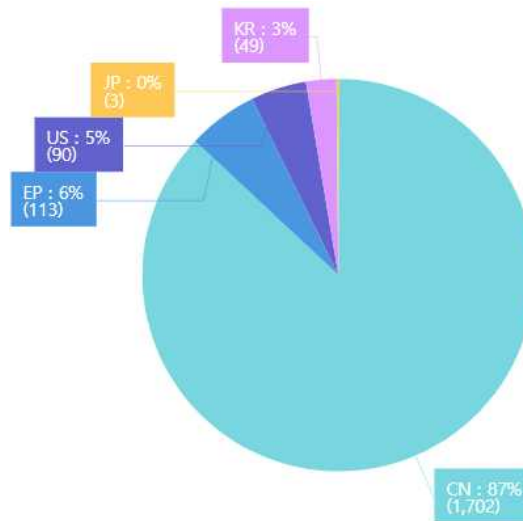
· 버블크기 : 출원 특허 건 수

- 중국은 가장 많은 출원을 진행하였으나, 기술영향력은 평균이하이고, 시장지배력은 최하위인 것으로 조사되어, 자국에만 출원을 진행하며 자국 시장에 집중하는 양상을 보임. 한국과 일본의 경우 평균 이하의 시장지배력을 보이고 있음. 미국의 경우 평균 이상의 시장지배력 및 높은 기술영향력을 보이고 있음. 참고로, 소소한 건을 진행하여 시장지배력이 높은 건들은 해석에서 제외하는 것이 바람직할 것임

2-5. 발전단지 운영

2-5-1. '발전단지 운영' 특허 동향 개요

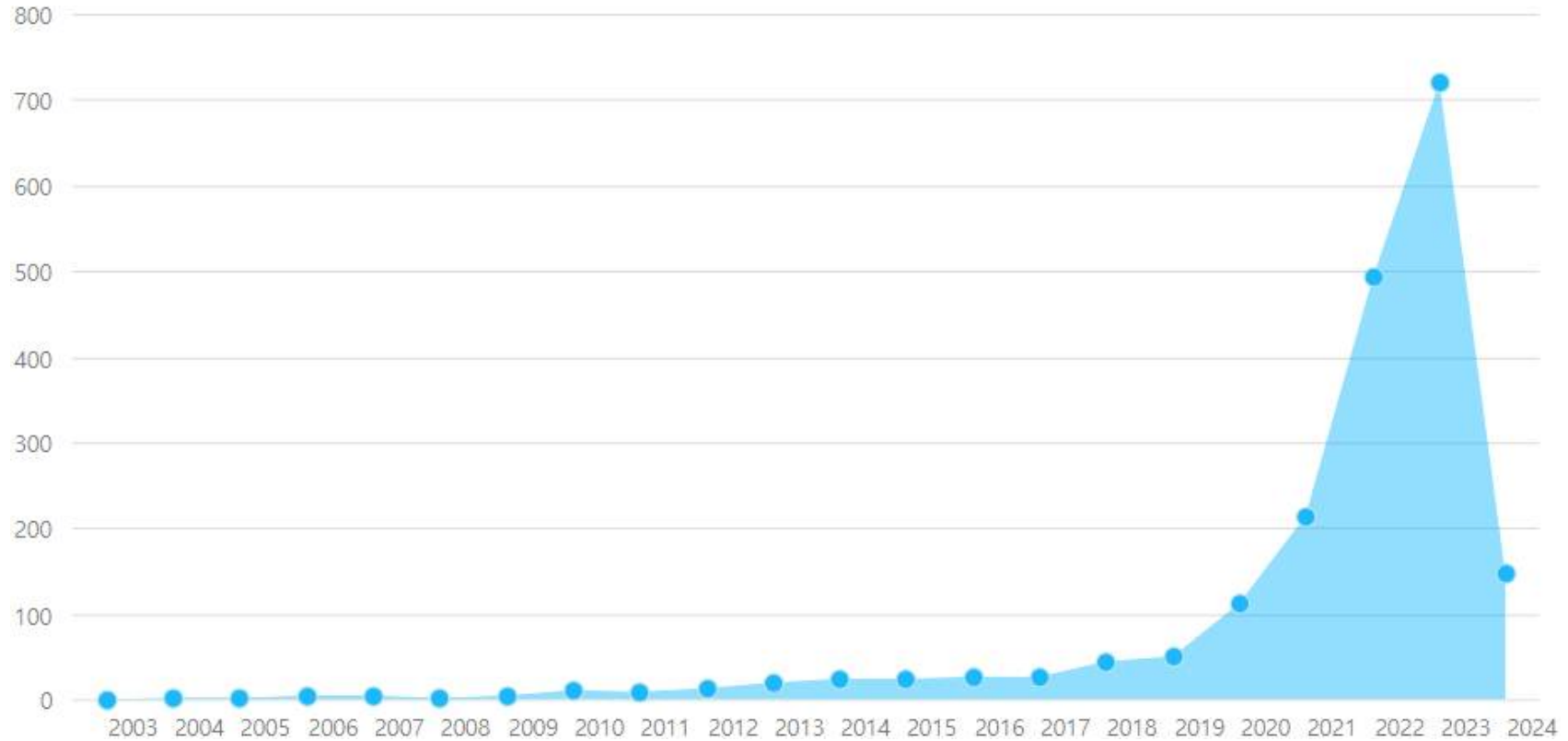
□ 국가별 출원 비중



[그림 1-39] '발전단지 운영' 국가별 출원 비중

- 발전단지 운영 분야는 중국이 4/5 이상인 87%(1,702건)의 점유율로 타 시장국대비 압도적으로 출원 우위를 보이고 있음
- 유럽이 5%의 점유율을 나타내고 있고, 미국과 한국이 각각 5% 및 3%의 점유율을 보이고 있으며, 일본은 0%(3건)의 비중으로 타 시장국대비 출원 자체가 거의 없는 것으로 확인됨

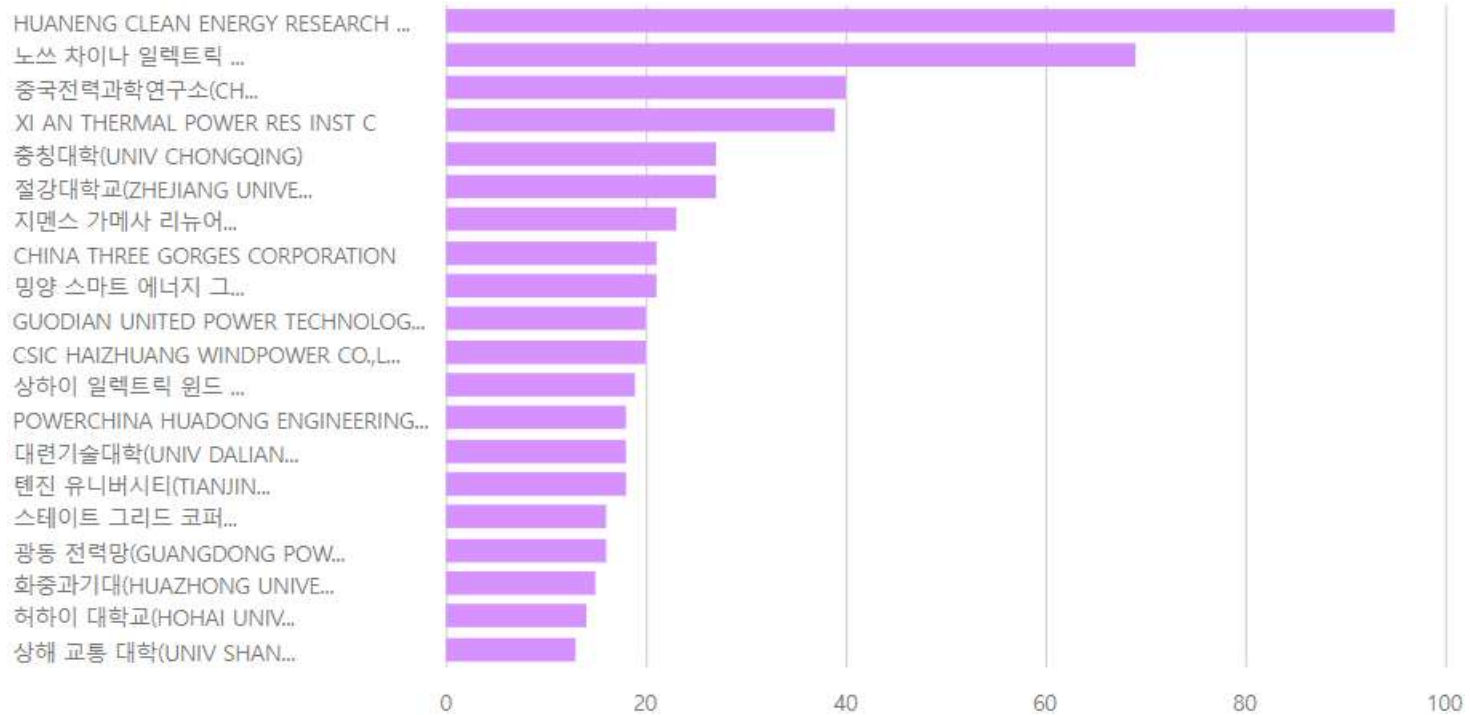
□ 출원 동향



[그림 1-40] '발전단지 운영' 출원동향

- 분석초기 출원 건수를 볼 때, 00년부터 출원이 진행된 것으로 판단, 전반적으로 우상향 및 최근 급격한 상승세를 보이고 있음
- 분석초기부터 2000년대 후반까지는 10건 내외의 출원이 진행, 이후 매년 수건~수백여건 이상의 출원이 증가하는 것으로 확인되었고, 미공개구간('22년~'24년)을 감안할 때 최근의 급증세 단중기적으로 지속될 것으로 예상됨

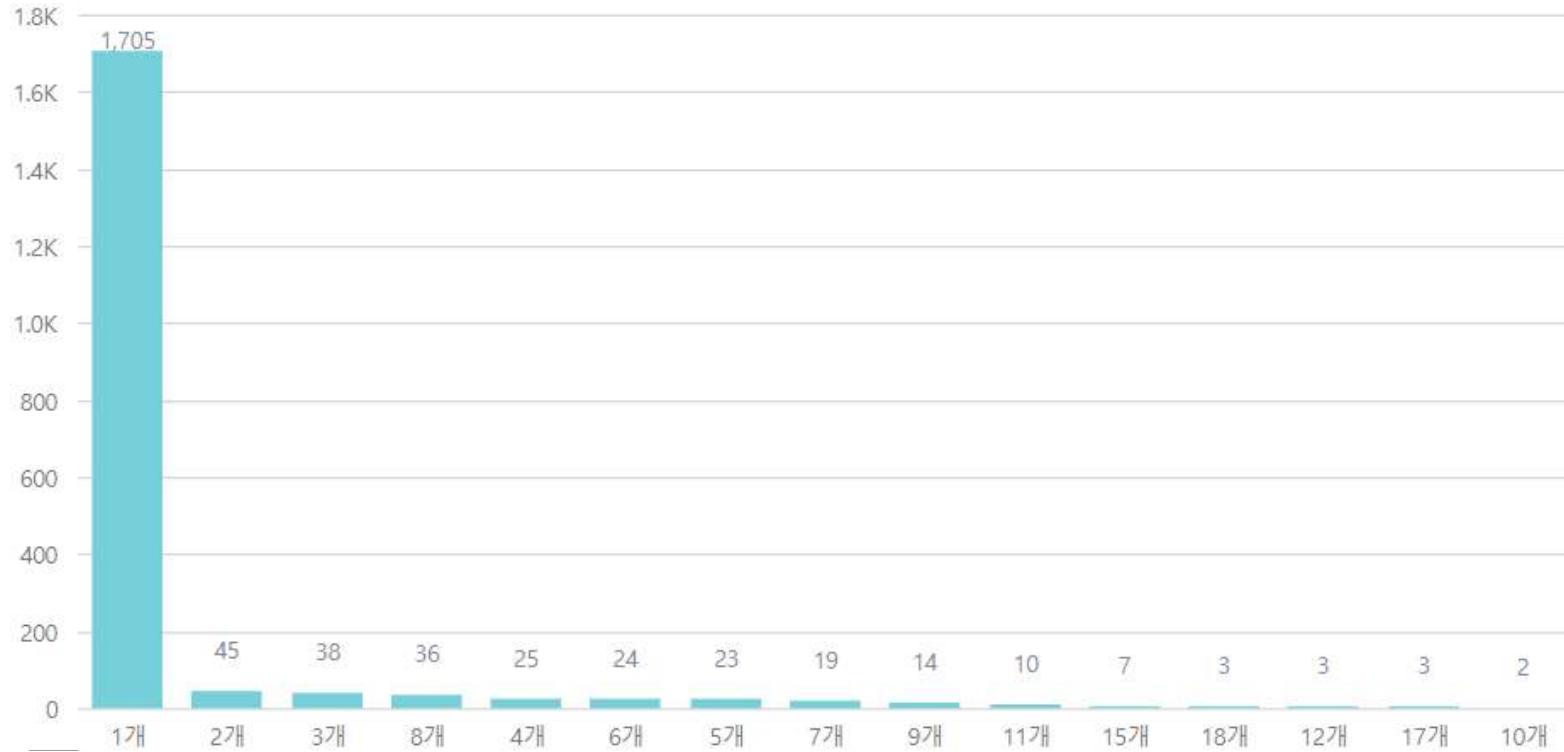
□ 출원인 동향



[그림 1-41] '발전단지 운영' 출원인 출원현황

- 발전단지 운영 분야는 HUANENG CLEAN ENERGY社, 노쓰 차이나 일렉트릭社, 중국전력과학연구소, XI AN THERMAL POWER RES社 및 충칭대학 등 중국 출원인이 TOP5를 구성하고 있음. 특히 중국은 절강대학교, CHINA THREE GORGES社, 밍양 스마트 에너지社, 대련기술대학 등이 TOP20에 포함되는 등 전반적으로 상위 출원인의 점유율이 높은 것으로 확인됨
- 유럽의 SIEMENS社 만이 TOP10에 위치하는 등 타 국가의 경우, 상위 출원인의 점유율이 저조한 것으로 조사됨

□ 패밀리 출원 동향

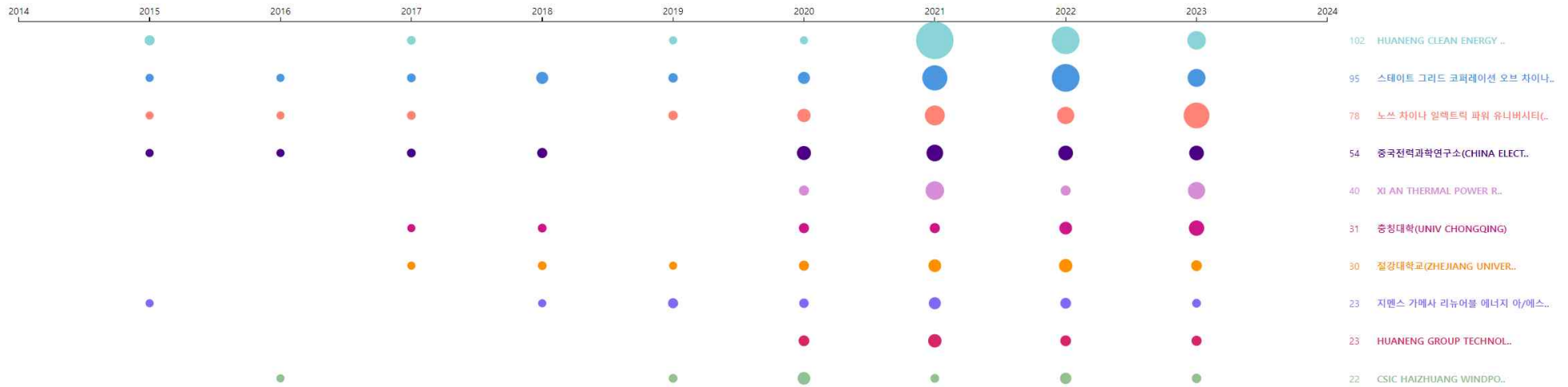


[그림 1-42] '발전단지 운영' 패밀리 국가수 및 패밀리 유무

- 패밀리의 수가 18개까지 존재하는 것으로 볼 때, 터빈 시스템의 높은 활용성을 감안하여 주요시장국 외 개별국 마켓에도 진입을 하고자 하는 기업이 많은 것으로 보이며, 이를 위한 권리화가 진행되는 것으로 판단됨

2-5-2. '발전단지 운영' 출원인 분석

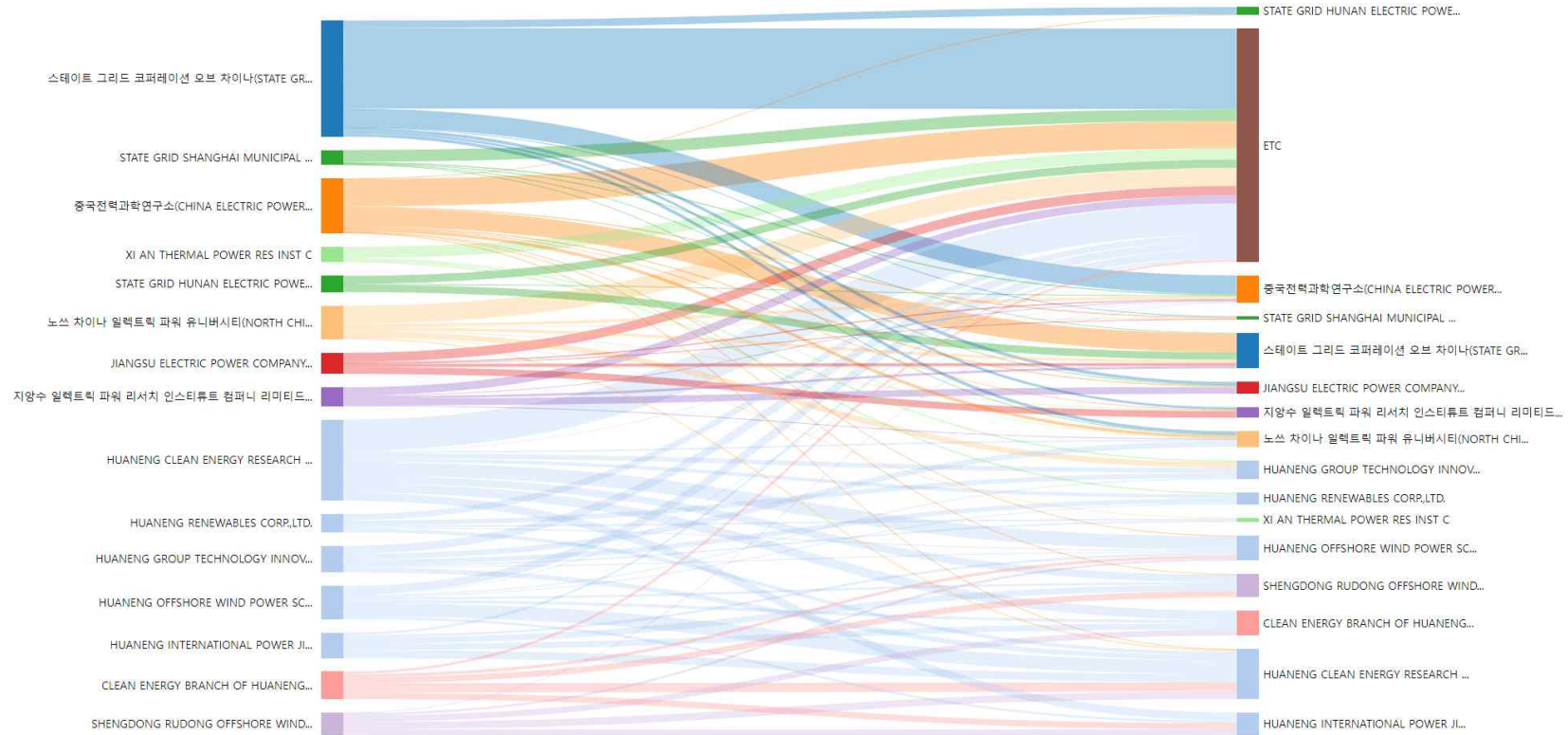
□ 상위 출원인 현황



[그림 1-43] '발전단지 운영' 출원인 랭킹(최근 10년)

- 최근 10년 기준의 TOP5는 HUANENG CLEAN ENERGY社, 스테이트 그리드社, 노스 차이나 일렉트릭社, 중국전력과학연구소 및 XI AN THERMAL POWER RES社로 스테이트 그리드社의 출원 순위 변동이 확인됨
- 이는 스테이트 그리드社가 최근 10년 타 상위 출원인에 비해 출원 비중이 상대적으로 높음을 시사함

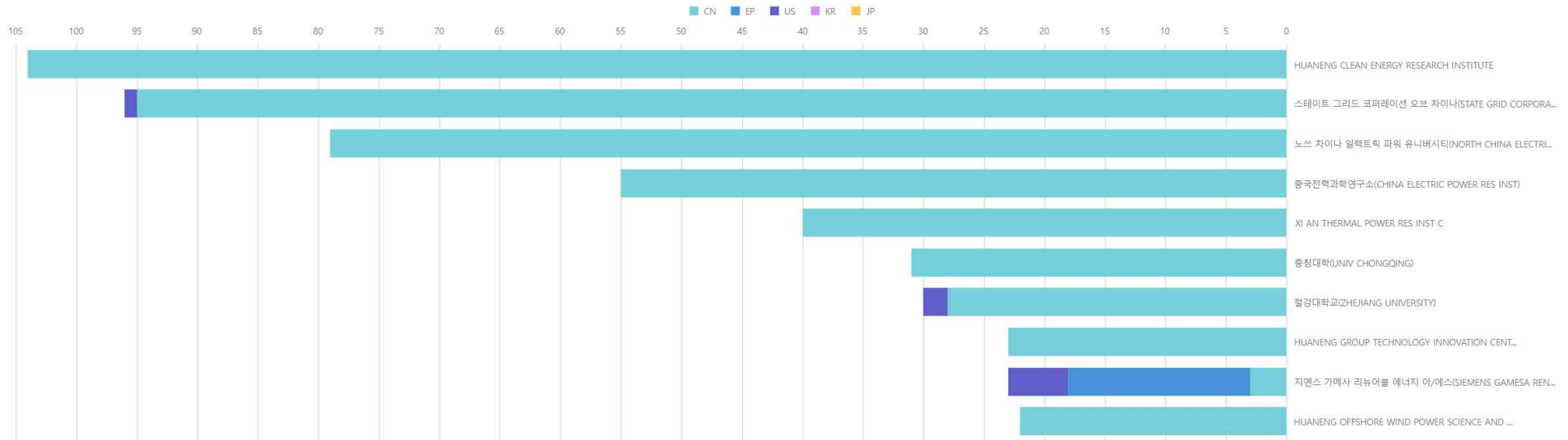
□ 공동출원 동향



[그림 1-44] '발전단지 운영' 공동출원인 관계도

- 공동출원 모두, 중국 출원과 관련성이 있는 것으로 확인되었으며, HUANENG CLEAN ENERGY-HUANENG INTERNATIONAL or CLEAN ENERGY BRANCH OF HUANENG 등 자국의 자회사 또는 관계사와 진행을 하는 것으로 조사됨

□ 출원인 국가별 집중도

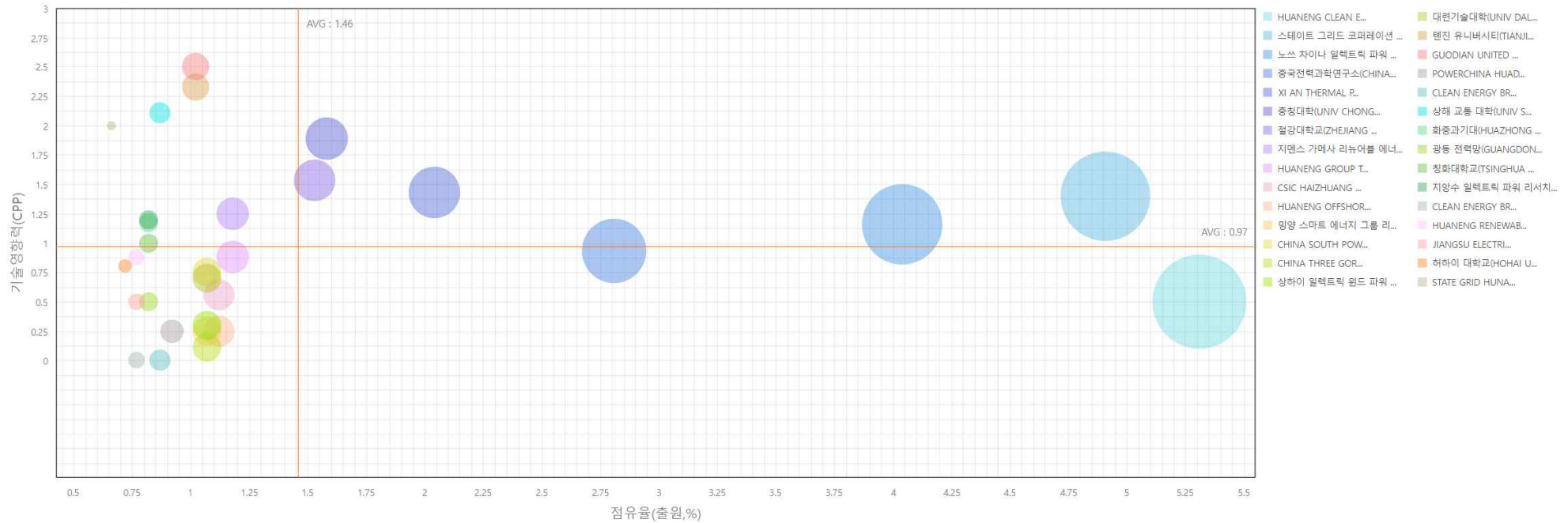


[그림 1-45] '발전단지 운영' 출원인별 국가분포

- TOP2인 스테이트 그리드社は 자국(중국)을 포함, 주요시장국인 미국에 출원을 진행하는 것으로 조사되어 기업의 제품 판매 시장을 북미 시장으로 확대하고자 하는 것으로 보임. 독일의 SIEMENS社의 경우, 한국을 제외한 전 세계시장으로 진출코자 해외 출원에 적극적인 모습을 보임
- TOP1인 HUANENG CLEAN ENERGY社의 경우, 자국에만 출원을 집중하고 있는 것으로 확인됨

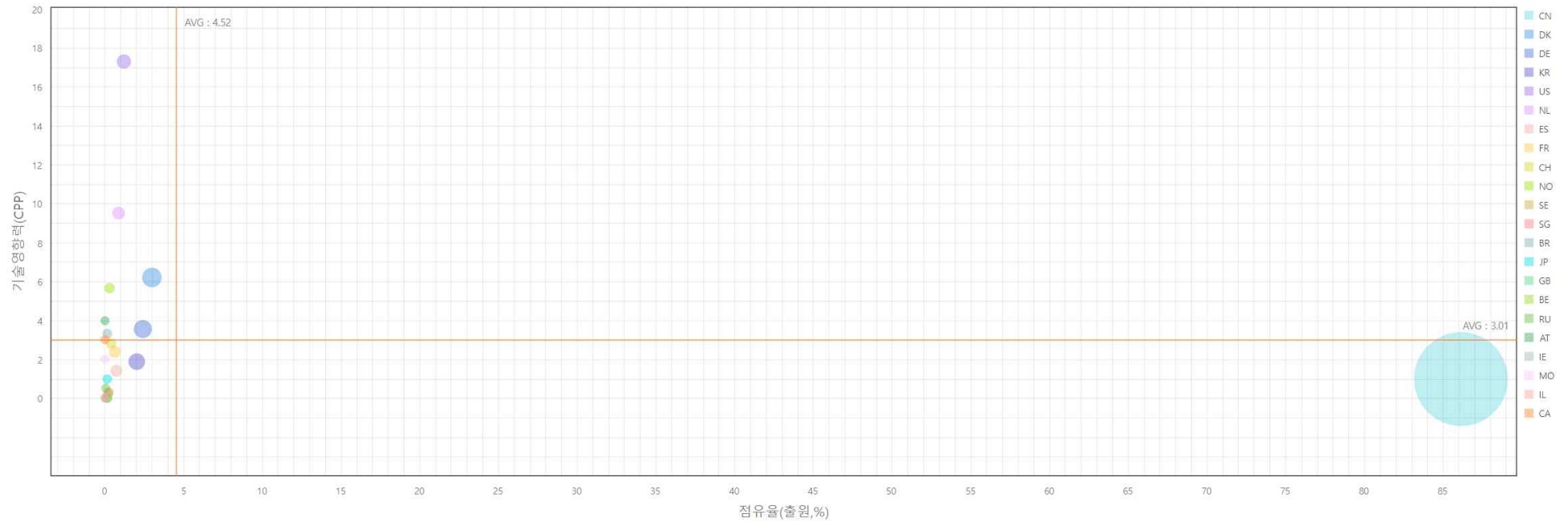
2-5-3. '발전단지 운영' IP경쟁력 분석

□ 기술성과 점유율



[그림 1-46] '발전단지 운영' 기술성 VS. 점유율(출원인 기준)

- guodian united power technology社는 점유율 면에서 TOP10 이하에 있으나 기술영향력 측면에서 가장 높은 것으로 조사되어 원천특허를 보유했을 가능성이 있음. 텐진유니버시티 또한 guodian united power technology社에 이어 높은 기술영향력을 보임
- HUANENG CLEAN ENERGY社 및 스테이트 그리드社는 높은 점유율에 비해 낮은 기술영향력을 보여주고 있어 출원 시 특허의 가치를 높일 필요가 있음



[그림 1-47] '발전단지 운영' 기술성 VS. 점유율(출원인 국적기준)

- 점유율(출원, %)과 기술영향력을 활용하여 양적/질적 기술수준을 파악함

TIP

· 기술영향력(CPP) : 피인용지수가 높을수록 해당 출원인(출원인 국적)이 기술개발의 측면에서 영향력이 높은 주요 특허 또는 원천특허를 많이 가지고 있음을 의미합니다.

CPP = 특정 주체의 등록특허의 피인용 횟수 / 해당 주체의 등록특허 수

· 점유율(출원, %) : 특허 양적 점유율이 높을 수록 연구 개발이 활발하며, 전체 특허수 대비 출원인의 특허수를 기준으로 계산됩니다.

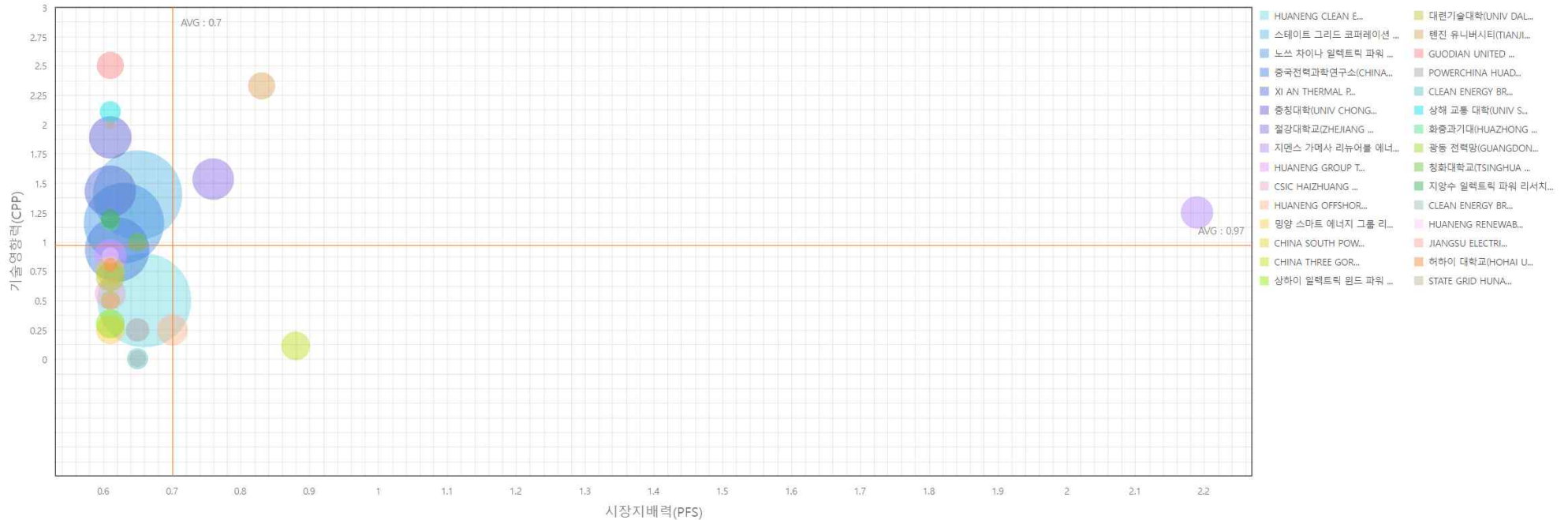
점유율(%) = 특정 주체의 특허 수 / 전체 특허 수

· 버블크기 : 출원 특허 건 수

- 중국은 점유율 면에서 모든 다른 국가에 비해 압도적 우위를 점하고 있으나 기술영향력 측면에서 평균이하를 보이고 있어 출원 건의 가치가 다소 낮은 것을 판단됨

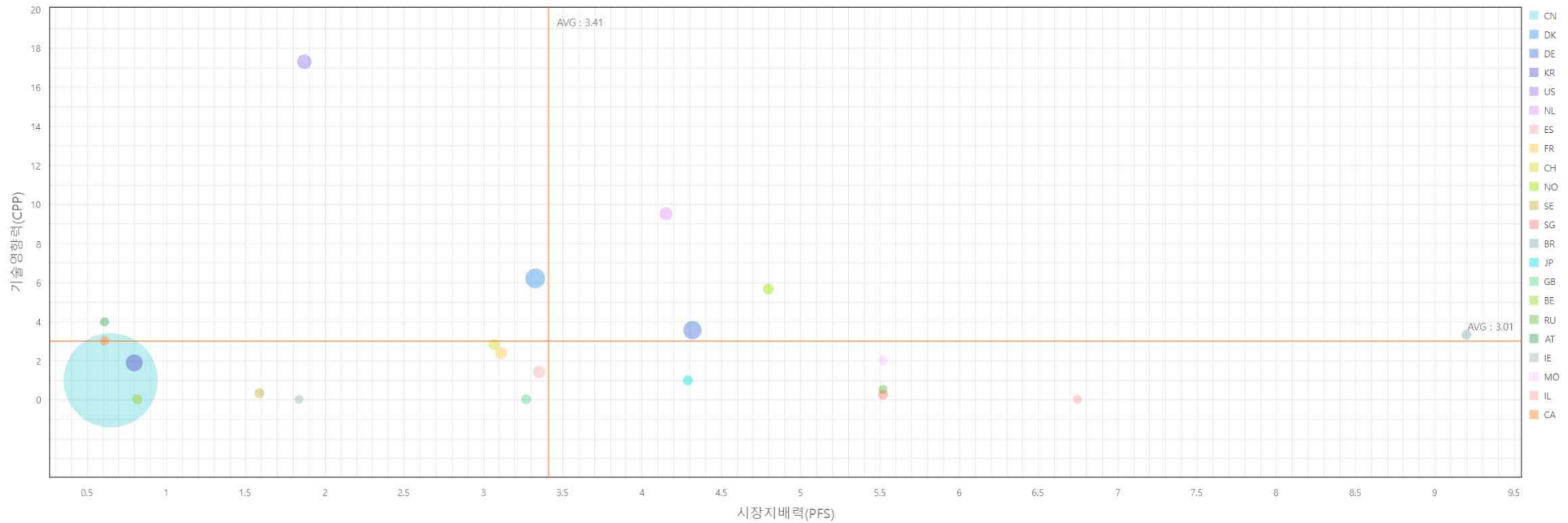
- 미국이 가장 높은 기술영향력 지수를 보이고 있는 가운데, 한국과 일본은 평균 이하의 기술영향력을 보이고 있음

□ 기술성과 시장성



[그림 1-48] '발전단지 운영' 기술성 VS. 시장성(출원인 기준)

- SIEMENS社는 적극적인 해외출원의 여파로 높은 시장지배력을 갖는 것으로 조사되었으며, 기술영향력 역시 평균 이상으로서 특히 가치 또한 일정수준 이상일 것으로 판단됨
- 중국의 guodian united power technology社의 기술영향력이 가장 높으며, 중국의 상해교통대학 및 스테이트 그리드社 등이 평균 이상의 높은 기술영향력을 갖는 것으로 보아 원천 특허 또는 가치 특허를 보유했을 가능성이 높을 것으로 판단됨



[그림 1-49] '발전단지 운영' 기술성 VS. 시장성(출원인 국적기준)

- 질적 수준과 함께 상업적 기술 수준을 파악함

TIP

· 기술영향력(CPP) : 피인용지수가 높을수록 해당 출원인(출원인 국적)이 기술개발의 측면에서 영향력이 높은 주요 특허 또는 원천특허를 많이 가지고 있음을 의미합니다.

CPP = 특정 주체의 등록특허의 피인용 횟수 / 해당 주체의 등록특허 수

· 시장지배력(PFS) : PFS가 높을 수록 상업적 가치가 큰 기술을 의미하며, PFS가 높은 출원인은 다수의 세계 시장을 확보하고 있는 것으로 해석할 수 있습니다.

PFS = 특정 주체의 평균 패밀리 국가수 / 전체평균 패밀리 국가수

· 버블크기 : 출원 특허 건 수

- 중국은 가장 많은 출원을 진행하였으나, 기술영향력은 평균이하이고, 시장지배력은 최하위인 것으로 조사되어, 자국에만 출원을 진행하며 자국 시장에 집중하는 양상을 보임. 한국 역시 평균 이하의 유사한 기술영향력과 시장지배력을 보이고 있음. 미국은 높은 기술영향력은 보이고 있음. 참고로, 소소한 건을 진행하여 시장지배력이 높은 건들은 해석에서 제외하는 것이 바람직할 것임

3. 등록 특허로 본 빅데이터 분석

3-1. 지역별 우위 산업군 분석

- 한국에 2001년부터 2023년에 등록된 특허 2,287,346건 대상으로 빅데이터 분석을 통하여 전반적인 산업의 큰 흐름을 분석함
 - 산업분류는 WIPO에서 제공하는 특허 분류 vs. 산업분류 매칭 테이블 (www.wipo.int > ipstats > docs > ipc_technology)을 적용함
 - 기술활동성 분석¹⁾을 통하여 각 17개 광역지역을 중심으로 우위 산업분야를 도출함

- 기술활동성
 - 기술활동성을 평가하기 위해서 국가 간 기술의 특화현황 분석에 활용되는 현시 기술우위지수(Revealed Technological Advantage; RTA)를 적용함. RTA지수는 국제무역의 국가별 특화현황을 분석하기 위해 현시비교우위 지수(Revealed Comparative Advantage; RCA)로부터 발전된 개념으로써 활용되고 있음²⁾³⁾
 - 현시 기술우위 지수로부터 특정 연도의 특정 기술의 활동성을 평가하는 지수, 기술활동성 지수(Activity Index; AI)는 특정 연도에 전체 특허 건수를 대상으로 특정 기술분야에서 차지하는 비율로 정의하여, 이 값이 1보다 큰 경우 특허집중도가 높아 활동성이 높은 기술로 보고, 1보다 작은 경우는 특허집중도가 낮은 것으로 활동성이 낮은 기술로 해석함⁴⁾
 - 분석대상 기술의 활동성 지수는 다음 식(1)과 같이 정의됨

$$AI(t, i) = \frac{P_{ti} / \sum_t P_{ti}}{\sum_i P_{ti} / \sum_t \sum_i P_{ti}}$$

1) 윤인식, 김석진, 정의섭, 한국특허정보를 통한 기술활동성, 혁신성 및 생산성 평가, 정보관리연구, vol.42, no.2 2011, pp.151-165

2) Balassa B. 2001. "Trade Liberalization and Reveled Comparative Advantage." Manchester School of Economic and Social Studies, 33(1965): 99-124.

3) Inka Havrila, Pemasiri Gunawardana. 2003. "Analysing Comparative Advantage and Competitiveness: An Application to Australia's Textile and Clothing Industries." Australian Economic Papers, 42(1): 103-117.

4) 정의섭, 서진이, 김완종, 권오진, 노경란. 2006. "특허분석의 전략적 파트너 - 알기 쉬운 특허지표 활용 가이드". 서울: 한국과학기술정보연구원

- 여기서 P_{ti} 는 i 분야, t 지역의 특허 건수이고, 분자는 우리나라 특허청에 출원된 특허 중에서 본 연구에서 분석대상이 되는 산업 분야 중에서 i 분야의 t 지역에 대해 한국에 출원된 특허가 차지하는 비율을 의미함
- 엔진, 펌프, 터빈 산업 분야가 본 보고서 해상풍력과 관련된 산업임

<표 1-8> 지역별 기술활동성 지수 분석

분야	지역	국외	강원	경기	경남	경북	광주	대구	대전	부산	서울	세종	울산	인천	전남	전북	제주	충남	충북
식품 화학		0.25	5.00	0.71	2.05	1.43	2.08	1.59	0.71	1.49	0.72	1.37	0.61	0.70	5.18	5.97	6.68	2.24	2.98
생명공학		1.24	1.96	0.48	0.63	0.80	1.40	0.91	1.73	1.10	1.06	1.68	0.79	0.44	0.52	3.39	1.56	0.59	1.69
기타 특수기계		0.77	1.79	0.89	1.91	1.39	2.06	2.02	0.91	1.72	0.59	1.30	1.10	1.14	2.17	2.47	2.85	1.71	1.61
제약		1.51	2.56	0.46	0.57	0.81	1.18	0.87	1.32	0.79	0.91	1.97	0.48	0.41	0.97	2.20	3.35	0.79	1.50
토목공학		0.19	2.49	1.26	1.34	1.23	1.46	1.59	0.60	1.72	1.03	1.06	1.07	1.69	2.44	1.73	1.13	1.46	2.13
기초재료 화학		1.50	1.03	0.67	0.85	1.66	0.80	0.80	0.88	1.06	0.66	1.08	1.01	0.75	1.26	1.68	0.88	1.28	1.17
생물학적 물질분석		0.92	2.37	0.63	0.51	0.82	1.47	1.43	2.14	0.72	1.22	2.40	1.82	0.72	0.47	1.42	0.78	0.76	1.29
환경기술		0.49	1.44	1.11	1.74	1.17	1.36	1.02	1.22	1.70	0.87	0.84	2.08	1.58	1.97	1.31	1.28	1.63	1.48
섬유 및 제지기계		1.26	0.42	0.92	0.76	1.47	0.50	3.69	0.59	1.04	0.78	0.54	0.48	0.71	0.29	1.20	1.05	0.84	0.71
가구, 게임		0.43	1.27	1.29	1.27	0.60	1.60	1.82	0.64	1.58	1.12	0.74	0.62	2.18	0.82	1.11	1.59	1.02	1.11
의료기술		0.93	3.72	0.83	0.82	0.46	1.84	1.88	0.99	1.40	1.12	0.91	1.42	0.99	0.39	1.08	0.72	0.86	0.90
화학공학		0.91	1.05	0.90	1.34	1.45	0.99	1.50	1.61	1.31	0.72	1.23	1.51	1.34	1.38	1.07	0.77	1.51	1.21
제어		0.56	1.17	1.17	0.94	0.78	1.18	1.19	1.23	1.59	1.20	1.64	1.40	1.03	1.13	1.05	1.40	0.84	0.82
미세구조 및 나노기술		0.68	0.87	0.74	0.96	1.46	1.77	0.62	3.47	0.79	1.17	2.97	1.39	0.71	0.35	1.01	0.25	0.66	0.79
재료, 야금		1.13	1.15	0.47	1.47	5.49	0.73	0.69	0.95	0.80	0.52	1.43	1.19	1.73	1.45	0.95	0.75	1.12	1.08
유기 정밀화학		1.96	1.30	0.44	0.26	0.38	0.51	0.40	0.94	0.49	0.86	2.80	0.49	0.57	0.54	0.94	1.84	1.20	1.49
수공구		0.87	0.67	1.06	1.63	1.55	1.01	1.51	0.68	1.30	0.70	1.04	1.31	2.02	1.19	0.93	0.62	1.47	1.19
표면기술, 코팅		1.55	0.25	0.77	0.86	2.87	0.46	0.83	0.62	0.87	0.49	0.94	1.06	1.29	0.64	0.92	0.19	1.15	0.87
기타 소비재		0.57	0.89	0.98	0.79	0.42	1.82	1.14	0.79	1.76	1.57	0.68	0.70	1.40	0.64	0.90	0.95	0.79	0.76
측정		0.80	0.91	0.97	1.13	1.41	1.26	0.95	2.13	1.47	0.81	1.65	1.27	0.95	1.61	0.85	1.09	1.38	0.72
수송		0.59	0.40	0.84	2.01	0.66	1.03	1.16	0.99	1.41	1.49	1.13	3.15	0.98	0.76	0.84	0.68	1.19	0.54
IT 관리방법		0.25	1.06	1.04	0.53	0.44	0.72	1.06	0.93	1.28	2.03	1.30	0.96	0.89	0.90	0.81	3.52	0.46	0.71
공작기계		0.88	0.57	0.76	3.64	3.16	0.92	1.97	0.59	2.13	0.39	0.73	2.56	2.24	1.11	0.81	0.27	1.26	0.80
열공정 및 장치		0.50	0.77	0.99	1.14	1.44	1.81	0.79	1.12	1.06	1.20	0.69	0.76	2.30	1.12	0.80	1.04	1.62	1.05
광학		1.53	0.17	1.03	0.21	0.56	0.79	0.54	0.61	0.21	1.08	0.58	0.14	0.42	0.08	0.79	0.05	0.62	0.41
기계요소		1.12	0.65	0.78	1.99	0.72	0.55	1.91	0.76	1.78	0.88	0.55	1.44	1.38	0.90	0.77	0.34	1.42	1.05
전기기계기구 에너지		1.00	0.67	1.21	0.95	0.72	0.95	0.79	0.69	0.83	0.97	0.89	1.15	1.10	1.34	0.72	0.63	0.86	0.96
엔진, 펌프, 터빈		1.16	0.52	0.51	2.07	0.99	0.58	0.55	1.81	1.09	1.21	1.11	1.73	0.72	1.13	0.55	0.55	0.85	0.53
거대분자화학, 고분자		2.04	0.34	0.35	0.40	0.83	1.39	0.41	0.57	0.63	0.95	0.66	0.72	0.30	1.98	0.42	0.17	1.03	0.53
컴퓨터 기술		1.19	0.43	1.28	0.26	0.40	0.47	0.54	1.35	0.45	1.06	0.86	0.52	0.46	0.28	0.34	0.82	0.31	0.62
기본커뮤니케이션		1.71	0.23	1.17	0.23	0.46	0.29	0.17	1.67	0.25	0.56	0.65	0.62	0.37	0.07	0.30	0.04	0.12	1.90
시청각 기술		1.11	0.29	1.38	0.52	0.28	0.37	0.46	0.71	0.32	1.22	0.43	0.22	0.66	0.17	0.25	0.24	0.36	0.49
반도체		1.55	0.09	1.40	0.28	0.39	0.88	0.24	0.52	0.13	0.61	0.56	0.32	0.35	0.11	0.24	0.08	1.47	1.37
통신		0.87	0.20	1.28	0.24	0.35	0.33	0.43	1.41	0.33	1.47	0.53	0.21	0.86	0.28	0.24	0.33	0.22	0.23
디지털커뮤니케이션		1.36	0.32	1.06	0.13	0.26	0.31	0.37	1.79	0.32	1.19	0.90	0.26	0.30	0.40	0.13	0.62	0.14	0.22

□ 광역지역별 상위 산업 분야 분석

- 지역별로 WIPO가 제시한 35개 산업군으로 분류하여 기술활동성 지수가 높은 상위 5위 기술을 다음 표와 같이 정리하였음

<표 1-9> 지역별 상위 기술 리스트

순위 지역	1	2	3	4	5
강원	식품화학	의료기술	제약	토목공학	생물학적 물질분석
경기	반도체	시청각 기술	가구, 게임	통신	컴퓨터 기술
경남	공작기계	엔진, 펌프, 터빈	식품화학	수송	기계요소
경북	재료, 야금	공작기계	표면기술, 코팅	기초재료화학	수공구
광주	식품화학	기타 특수기계	의료기술	기타 소비재	열 공정 및 장치
대구	섬유 및 제지기계	기타 특수기계	공작기계	기계요소	의료기술
대전	미세구조 및 나노기술	생물학적 물질분석	측정	엔진, 펌프, 터빈	디지털 커뮤니케이션
부산	공작기계	기계요소	기타 소비재	토목공학	기타 특수기계
서울	IT 관리 방법	기타 소비재	수송	통신	생물학적 물질분석
세종	미세구조 및 나노기술	유기정밀화학	생물학적 물질분석	제약	생명공학
울산	수송	공작기계	환경기술	생물학적 물질분석	엔진, 펌프, 터빈
인천	열 공정 및 장치	공작기계	가구, 게임	수공구	재료, 야금
전남	식품화학	토목공학	기타 특수기계	거대분자화학, 고분자	환경기술
전북	식품화학	생명공학	기타 특수기계	제약	토목공학
제주	식품화학	IT 관리 방법	제약	기타 특수기계	유기정밀화학
충남	식품화학	기타 특수기계	환경기술	열 공정 및 장치	화학공학
충북	식품화학	토목공학	기본 커뮤니케이션 프로세스	생명공학	기타 특수기계
국외	거대분자화학, 고분자	유기정밀화학	기본 커뮤니케이션 프로세스	반도체	표면기술, 코팅

- 각 광역지자체의 상위 5위 이내의 상위 기술로는 식품화학(8곳), 기타 특수기계(8곳), 공작기계(6곳), 생물학적 물질 분석(5곳), 토목공학(5곳), 제약(4곳) 순으로 관심의 대상이 되고 있음
- 해상풍력 산업의 바탕이 되는 엔진, 펌프, 터빈 산업 분야는 경남, 대전, 울산 지역이 상위 기술로 분석되었음

- 최근에 바이오와 관련된 산업(식품 화학, 생물학적 물질분석, 제약)이 각 광역지자체를 중심으로 진행되고 있는 산업임을 확인할 수 있음
- 또한 각 산업군의 연도별 기술활동성 지수를 분석하면 다음 표와 같이 정리할 수 있음. 전반적으로 기술활동성이 떨어지는 것으로 분석되었으며, IT 관리방법, 제어, 의료기술이 높은 것으로 분석되었음

<표 1-10> 연도별 기술활동성 지수 분석

산업	연도	2003년 이전	2004~ 2008	2009~ 2013	2014~ 2018	2019~ 2023	CAGR ('14~'23)
전기기계·기구·에너지		0.897	0.978	1.044	1.016	0.988	-0.279
시청각 기술		1.454	1.609	0.992	0.776	0.719	-0.757
통신		1.647	1.935	1.071	0.698	0.483	-3.605
디지털 커뮤니케이션		0.630	0.669	1.100	1.177	1.061	-1.032
기본커뮤니케이션프로세스		2.419	1.361	1.010	0.807	0.668	-1.881
컴퓨터 기술		1.092	1.015	0.938	0.953	1.058	1.052
IT 관리 방법		0.321	0.460	0.701	1.088	1.608	3.985
반도체		1.372	1.366	1.015	0.771	0.881	1.338
광학		1.173	1.347	1.097	0.840	0.813	-0.333
측정		0.753	0.620	1.039	1.104	1.177	0.644
생물학적 물질분석		0.448	0.601	1.100	0.980	1.309	2.935
제어		0.831	0.684	0.948	0.926	1.337	3.744
의료기술		0.469	0.533	0.829	1.076	1.454	3.056
유기정밀화학		1.044	0.924	0.847	1.020	1.130	1.027
생명공학		0.732	0.774	0.795	1.160	1.199	0.334
제약		0.912	0.875	0.823	1.178	1.067	-0.987
거대분자화학, 고분자		1.042	1.040	0.841	1.094	0.995	-0.947
식품화학		0.858	0.952	1.069	1.114	0.910	-2.000
기초재료화학		0.884	0.906	0.952	1.026	1.093	0.639
재료, 야금		1.123	0.948	1.047	1.115	0.879	-2.348
표면기술, 코팅		1.018	0.827	0.962	1.012	1.127	1.083
미세구조 및 나노기술		0.182	1.210	1.954	1.078	0.282	-12.543
화학공학		0.774	0.864	1.028	1.065	1.055	-0.099
환경기술		1.107	1.038	1.135	0.937	0.917	-0.209
손질		0.784	0.762	1.009	1.078	1.121	0.391
공작기계		0.968	0.941	1.077	1.072	0.929	-1.420
엔진, 펌프, 터빈		1.588	0.950	1.079	1.062	0.818	-2.581
섬유 및 제지기계		1.567	1.214	1.018	0.951	0.787	-1.880
기타 특수기계		0.776	0.796	0.985	1.077	1.118	0.378
열 공정 및 장치		1.222	1.186	1.053	0.920	0.870	-0.551
기계요소		1.301	0.921	0.981	1.062	0.957	-1.043
수송		1.124	0.898	0.887	1.153	0.991	-1.502
가구, 게임		0.574	0.852	1.029	1.094	1.073	-0.198
기타 소비재		0.946	0.944	0.990	0.974	1.076	0.998
토목공학		0.532	0.898	1.198	1.042	0.978	-0.636

6-2. 전북지역의 우위 산업군 분석

- 전북지역의 등록특허 40,059건을 대상으로 전북지역의 우위 산업군 분석을 수행함
 - 전북은 식품화학, 생명공학 산업군이 비교적 우위에 있는 것으로 분석되었으며, 전북의 나노 특화 사업을 중심으로 기타 특수기계 및 미세구조 및 나노 기술도 기술활동성 지수가 1을 넘어 기술활동이 활발한 것으로 분석되었음
 - 반면에, 디지털 커뮤니케이션 및 통신 산업군을 기술활동성이 낮은 것으로 분석되었음
 - 해상풍력과 관련된 엔진, 펌프, 터빈 산업군은 기술활동성 지수가 0.548로 다소 낮은 것으로 분석되어 이를 활성화할 방안이 필요함

<표 1-11> 전북지역의 우위 산업군

순위	산업 분야	기술활동성 지수	순위	산업 분야	기술활동성 지수
1	식품화학	5.969	19	기타 소비재	0.905
2	생명공학	3.390	20	측정	0.852
3	기타특수기계	2.473	21	수송	0.844
4	제약	2.204	22	IT 관리방법	0.813
5	토목공학	1.729	23	공작기계	0.811
6	기초재료화학	1.681	24	열공정 및 장치	0.802
7	생물학적물질분석	1.425	25	광학	0.790
8	환경기술	1.310	26	기계요소	0.773
9	섬유 및 제지기계	1.204	27	전기기계·기구·에너지	0.721
10	가구, 게임	1.110	28	엔진, 펌프, 터빈	0.548
11	의료기술	1.077	29	거대분자화학, 고분자	0.416
12	화학공학	1.068	30	컴퓨터 기술	0.341
13	제어	1.054	31	기본커뮤니케이션프로세스	0.302
14	미세구조및나노기술	1.006	32	시청각 기술	0.253
15	재료, 야금	0.946	33	반도체	0.245
16	유기정밀화학	0.944	34	통신	0.242
17	수공구	0.931	35	디지털커뮤니케이션	0.131
18	표면기술, 코팅	0.925			

6-3. 해상풍력 산업 분석

□ 해상풍력 분야의 특허는 F03D(풍력원동기)로 분류됨⁵⁾

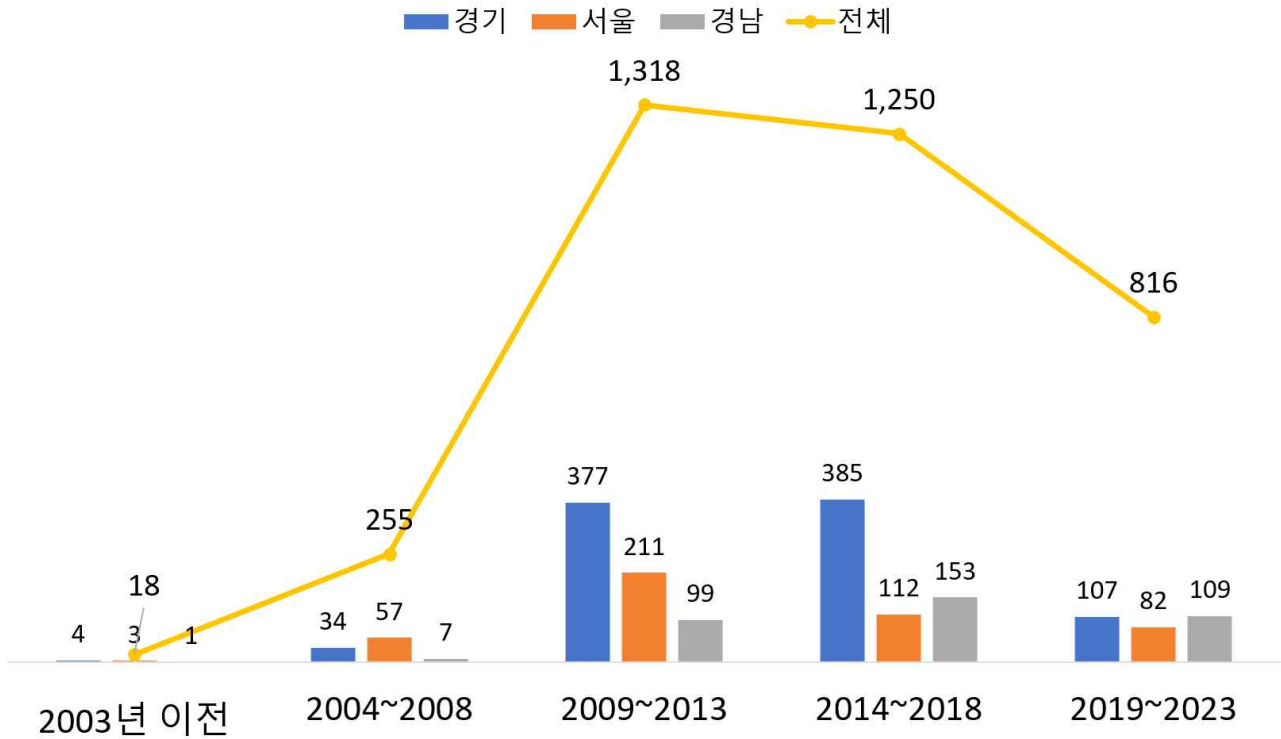
- 해상풍력 관련 한국 등록특허를 지역별로 분석하면 다음 표와 같이 정리할 수 있음

<표 1-12> 해상풍력 분야 지역별 권리 현황

지역	연도	2003년 이전	2004~2008	2009~2013	2014~2018	2019~2023	합계
경기		4	34	377	385	107	907
서울		3	57	211	112	82	465
경남		1	7	99	153	109	369
부산		1	13	82	64	62	222
독일		1	63	22	78	42	206
일본		0	8	106	33	10	157
대전		0	3	49	57	41	150
전남		2	4	45	43	53	147
전북		0	16	51	39	37	143
경북		0	5	31	55	31	122
인천		2	22	52	17	11	104
충남		1	1	25	19	23	69
강원		0	4	22	25	17	68
대구		0	7	20	18	17	62
미국		1	5	16	23	15	60
울산		1	2	16	23	16	58
광주		1	2	26	10	15	54
충북		0	1	25	10	12	48
덴마크		0	0	8	15	19	42
중국		0	0	3	13	23	39
제주		0	0	1	17	18	36
노르웨이		0	0	5	9	4	18
네덜란드		0	0	2	5	8	15
세종		0	0	9	3	2	14
영국		0	1	0	6	4	11
싱가포르		0	0	0	1	10	11
프랑스		0	0	0	4	6	10
오스트리아		0	0	1	3	2	6
이탈리아		0	0	1	1	3	5

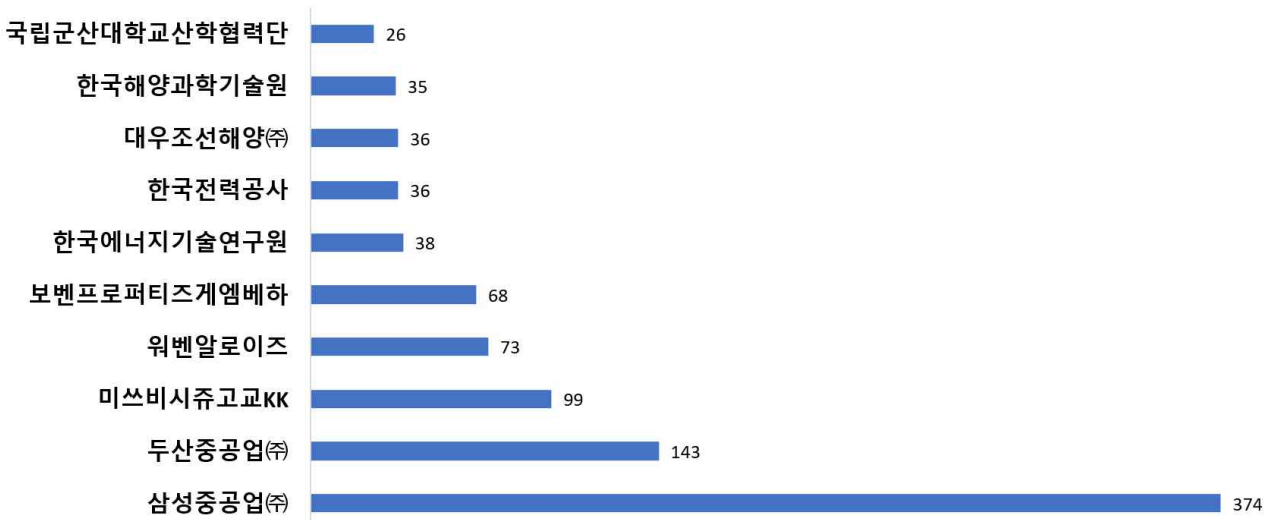
- 대부분의 해상풍력 관련 특허가 경기, 서울지역과 경남, 부산에 밀집되어 있고, 일본, 독일 및 미국의 권리권자가 상당수 포함되어 있음. 전반적으로 증가하는 추세에 있으나 최근에는 성장률이 둔화한 것으로 분석되었음

5) 나도백, 신호순, 나덕주, 해상풍력(Offshore Wind Power) 기술동향, Journal of Energy Engineering, Vol. 20, No. 2, pp. 143~153 (2011)



[그림 1-50] 해상풍력 분야 등록 추이 현황

- 해상풍력 관련 등록특허의 상위 등록권자는 다음 그림 및 표와 같이 정리할 수 있음



[그림 1-51] 해상풍력 분야 상위 10위 등록권자

<표 1-13> 해상풍력 분야 상위 20위 등록권자 리스트

등록권자	등록연도	2003 이전	2004~2008	2009~2013	2014~2018	2019~2023	합계
삼성중공업(주)		0	0	137	231	6	374
두산중공업(주)		0	0	15	77	51	143
미쓰비시중공업KK		0	2	93	4	0	99
워벤알로이즈		1	56	14	2	0	73
보벤프로퍼티즈게엠베하		0	0	0	45	23	68
한국에너지기술연구원		0	0	7	23	8	38
한국전력공사		0	0	7	11	18	36
대우조선해양(주)		0	0	2	34	0	36
한국해양과학기술원		0	0	12	16	7	35
국립군산대학교산학협력단		0	1	6	2	17	26
부산대학교산학협력단		0	1	11	8	2	22
전북대학교산학협력단		0	0	7	13	2	22
(주)효성		0	5	16	0	0	21
(주)포스코		0	0	4	9	6	19
[재]포항산업과학연구원		0	0	8	9	0	17
(주)삼원밀레니어		0	0	3	7	7	17
(주)웨스텍		0	0	3	14	0	17
한국기계연구원		0	1	4	3	8	16
이달은		0	0	16	0	0	16
원인호		0	9	6	0	0	15

- 풍력 원동기 특허분류에 초점을 두고 해상풍력과 관련된 등록특허를 분석한 결과 삼성중공업 및 두산중공업이 상위에 랭크되었음. 국내에는 외국기업이 특허를 등록한 사례가 많아 에너지 문제 해결을 위한 노력이 전 세계적으로 진행되고 있음을 확인할 수 있음.
- 대학 및 연구기관에서는 해양과학기술원, 군산대 등이 상위에 랭크되어 있음
- 개인이 상위에 랭크된 것은 벤처기업이나 해상풍력 특화된 중소기업의 대표일 가능성이 높음

□ 해상풍력 기술활동 지수 분석

- 상위 등록권자를 대상으로 연도별로 기술활동 지수를 분석하면 다음 표와 같이 정리할 수 있음
- 해상풍력은 대단위 장치산업이므로 삼성중공업 및 두산중공업이 선도기업임을 확인할 수 있음

<표 1-14> 해상풍력 분야 상위 20위 기술활동 지수

등록권자	등록연도	2003년 이전	2004~2008	2009~2013	2014~2018	2019~2023
삼성중공업(주)		0.00	0.00	1.10	1.35	0.11
두산중공업(주)		0.00	0.00	0.31	1.18	2.55
미쓰비시중공업KK		0.00	0.30	2.81	0.09	0.00
워넨알로이즈		15.21	11.35	0.57	0.06	0.00
보벤프로퍼티즈게엠베하		0.00	0.00	0.00	1.45	2.42
한국에너지기술연구원		0.00	0.00	0.55	1.32	1.51
한국전력공사		0.00	0.00	0.58	0.67	3.58
대우조선해양(주)		0.00	0.00	0.17	2.06	0.00
한국해양과학기술원		0.00	0.00	1.03	1.00	1.43
국립군산대학교산학협력단		0.00	0.57	0.69	0.17	4.68
부산대학교산학협력단		0.00	0.67	1.50	0.79	0.65
전북대학교산학협력단		0.00	0.00	0.95	1.29	0.65
(주)효성		0.00	3.52	2.28	0.00	0.00
(주)포스코		0.00	0.00	0.63	1.04	2.26
[재]포항산업과학연구원		0.00	0.00	1.41	1.16	0.00
(주)삼원밀레니어		0.00	0.00	0.53	0.90	2.95
(주)웨스텍		0.00	0.00	0.53	1.80	0.00
한국기계연구원		0.00	0.93	0.75	0.41	3.58
이달은		0.00	0.00	2.99	0.00	0.00
원인호		0.00	8.88	1.20	0.00	0.00

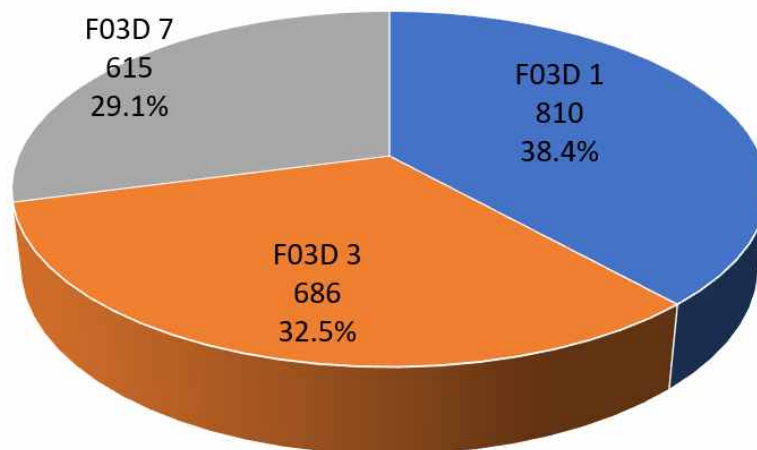
- 상위 20위 등록권자의 기술분야를 분석하면, 다음 표와 같이 정리할 수 있음. 상위 등록권자 풍력원동기 24.7%, 비용적용 펌프 33.6%, 액체용 용적형 기계; 펌프 41.6% 순으로 분석됨
- 본 보고서는 풍력원동기 분야에 초점을 두고 빅데이터 분석을 한 것으로 실제 해상풍력에 적용되는 기술은 다소 누락이 되어 있음. 해상풍력과 관련된 요소기술인 E02(토사의 이송; 기초; 수공), B63(선박 또는 그 밖의 물 위에 뜨는 구조물; 관련 의장품), H02(전력의 발전, 변환, 배전) 기술분야의 특허권 권리자가 다수 있는 것으로 예상됨

<표 1-15> 해상풍력 분야 상위 20위 기술분야 등록건수

등록권자	IPC ^(주)	F03D 1	F03D 3	F03D 7
삼성중공업(주)		240	5	82
두산중공업(주)		48	1	44
미쓰비시중공업KK		41	0	37
워벤알로이즈		29	0	21
보벤프로퍼티즈게엠베하		10	0	25
한국에너지기술연구원		9	4	8
한국전력공사		18	0	15
대우조선해양(주)		6	1	10
한국해양과학기술원		19	0	4
국립군산대학교산학협력단		0	1	12
부산대학교산학협력단		3	2	5
전북대학교산학협력단		5	6	2
(주)효성		12	0	5
(주)포스코		13	0	1
[재]포항산업과학연구원		15	0	1
(주)삼원밀레니어		1	0	9
(주)웨스텍		1	6	2
한국기계연구원		4	1	2
이달은		3	0	0
원인호		0	0	0

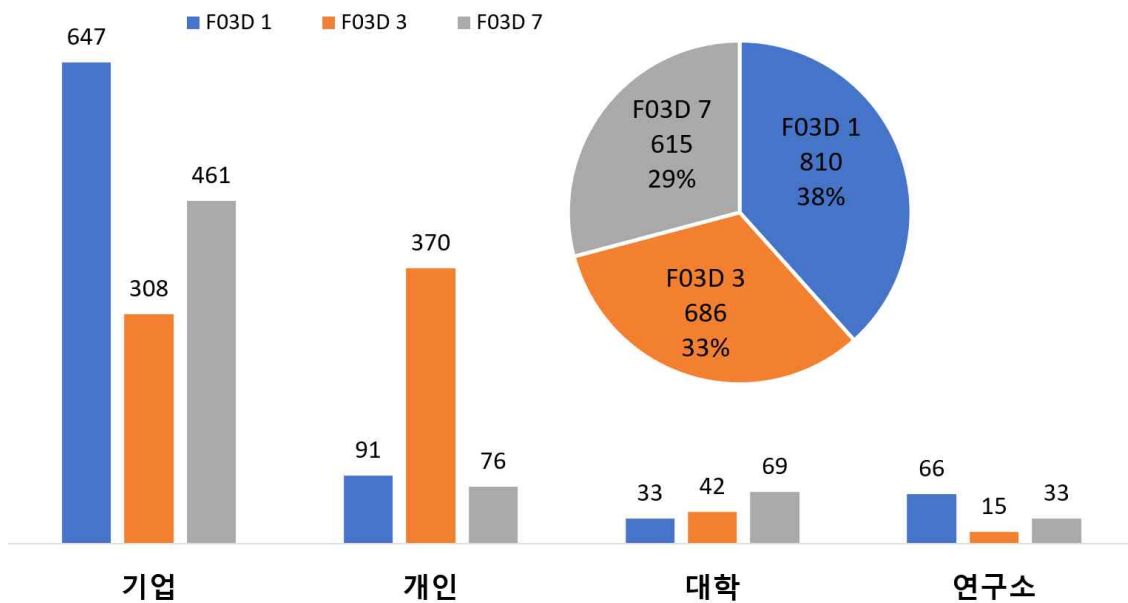
※(주) IPC 설명

IPC	설명(2024.01 버전)
F03D 1	거의 풍력방향으로 회전축을 갖는 풍력원동기
F03D 3	풍력의 방향에 거의 직각인 회전축을 가진 풍력원동기
F03D 7	풍력원동기의 제어



[그림 1-52] 해상풍력 분야 상위 등록권자의 기술분포(IPC)

- 해상풍력의 권리자 형태를 기업, 대학, 연구소, 개인으로 구분하여 이들의 기술 분포(IPC)를 분석하면 다음 그림과 같이 정리할 수 있음
- 기업은 풍력방향의 회전축과 풍력제어에 관한 기술권리를 가졌지만 개인의 경우는 풍력 직각방향의 회전축에 관한 기술권리를 가진 것으로 분석되었음
- 대학과 연구소의 경우 활발한 연구가 진행되지 않은 것으로 보이나, 풍력원동기의 제어에 대한 기술권리를 확보한 것으로, 사업화를 활성화하기 위해 대학 및 연구소의 참여가 필요한 것으로 보임

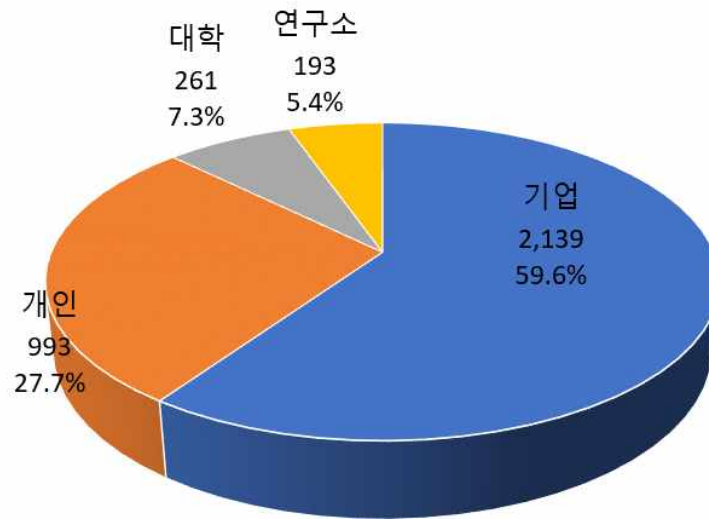


[그림 1-53] 해상풍력 분야의 권리자 형태별 기술분포

- 해상풍력 권리자의 형태별 특허등록 건수 및 비율을 분석하면 다음 표 및 그림과 같이 정리할 수 있음. 개인보다 대학 및 연구소의 특허등록 건수가 적은 것으로 분석됨

<표 1-16> 해상풍력 분야 권리자 형태별 등록건수

등록권자	등록연도	2003년 이전	2004~2008	2009~2013	2014~2018	2019~2023
기업		5	144	732	837	421
개인		12	100	437	214	230
대학		0	3	60	109	89
연구소		0	2	60	78	53



[그림 1-54] 해상풍력 분야 권리권자 형태별 등록 비율

- 기업이 절대다수인 2,139건으로 59.6%를 차지하고 있으며, 개인이 27.7%, 대학이 7.3%, 연구소가 5.4% 순으로 분석되었음.
- 친환경 에너지에 대한 필요성과 인식이 확대되면서 기업이 많은 권리를 보유하고 있는 것으로 확인되고 있음.

□ 개방형 혁신분석

- Chesbrough (2006)⁶⁾는 개방형 혁신은 “내부의 혁신을 촉진하고 외부와 연계시키고 시장을 확산하기 위해, 목적성을 가지고 지식의 내부 및 외부적으로 활용하는 것”으로, Litchenthaler (2008)⁷⁾은 “개방형 혁신은 혁신과정에서 기술의 획득과 활용과 같은 주요 기술경영 과업을 내부 및 외부적으로 수행하는 기업의 역동적인 역량을 체계적으로 활용하는 것”으로 정의하였음
- 개방형 혁신은 개방형 혁신 전략을 넘어서 개방형 혁신 문화의 정립과 확산, 개방형 혁신 엔지니어링, 나아가 비즈니스 모델의 혁신까지, 개방형 혁신 미시경제뿐만 아니라 지역 혁신 체제, 국가혁신체제의 개방형 혁신을 포함하는 개방형 혁신 거시경제까지 이론적, 실질적 개념이 확장되고 있음
- Laursen & Salter(2006)⁸⁾는 개방성 정도의 측정을 위해 검색의 넓이 (Search Breadth)와 깊이(Search Depth)라는 개념을 최초로 도입하였으며, 넓이는 파트너나 활동의 다양성을 의미하고 깊이는 그 활동의 강도를 의미함

6) Chesbrough, H. & Crowther, A. K. 2006. Beyond high tech: early adopters of open innovation in other industries. R&D Management 36(3): 229-236.

7) Litchenthaler U., 2008, Open innovation in practice: an analysis of strategic approaches to technology transactions. IEEE Transactions on engineering management 55, -118-1:148-157

8) Laursen, K. & Salter, A. 2006. Open for innovation: the role of openness in explaining innovation performance among U.K. manufacturing firms. Strategic Management Journal 27: 131- 150.

- Yun(2009)⁹⁾은 개방형 혁신의 정도를 넓이와 깊이 개념의 곱으로서 단일 개념화 하였을 뿐만 아니라 기존의 깊이 개념의 한계를 극복하는 등, 개방형 혁신분석에 관한 Laursen & Salter(2006)의 개념을 상당 부분 보완한 새로운 개방형 혁신 계량 분석 방법을 제안하였음
- 개방형 혁신분석에는 2가지 지표가 사용되며, 첫 번째는 개방형 혁신의 넓이를 측정하는 *ROI*(Ratio Of Innovation), 두 번째는 개방형 혁신의 깊이를 측정하는 *IOI*(Intensity Of Innovation)가 있음
- 본 보고서에서는 2가지 지표를 사용하여 개방형 혁신분석을 수행하였음
- 권리자(출원인)의 특허를 A_i 라하고, 권리자의 혁신 특허를 B_i 라하고, 특허의 권리자(출원인)를 C_i 라 하면 각각 *ROI*와 *IOI*를 다음식으로부터 구함

$$ROI = \frac{\sum_{i=1}^n B_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \times 100, \quad IOI = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

- 해상풍력 분야 상위 20위 권리권자의 혁신 지수를 분석하면 다음 표와 같이 정리할 수 있음

<표 1-17> 해상풍력 분야 권리자 형태별 혁신 지수

등록권자 혁신지수	(A)특허수	(B)공동특허수	(C)공동출원인수	ROI=B/A*100	IOI=C/A
기업	2,139	199	456	9.30	0.21
개인	993	265	624	26.69	0.63
대학	261	31	63	11.88	0.24
연구소	193	25	56	12.95	0.29

- 일반적으로 대학, 연구소, 개인의 개방형 혁신은 기업보다는 활발한 것으로 분석되었음. 이는 기업보다는 연구개발 상황이 자유로운 대학, 연구소, 개인이 기업과 상호 협력을 많이 하는 것으로 분석됨

9) Yun(2009), "Geographical Boundary of Open Innovation: Sources within and beyond cluster", Working paper which was presented at "Atlanta Conference on Science and Innovation Policy", October 2-3, Georgia Institute of Technology Global Learning Center, US.

<표 1-18> 해상풍력 분야 상위 20위 혁신 지수 분석

등록권자	혁신지수	(A)특허수	(B)공동특허수	(C)공동출원인수	ROI=B/A	IOI=C/A
삼성중공업(주)	374	374	4	8	1.07	0.02
두산중공업(주)	143	143	0	0	0.00	0.00
미쓰비시중공업KK	99	99	2	4	2.02	0.04
워벤알로이즈	73	73	0	0	0.00	0.00
보벤프로퍼티즈게엠베하	68	68	0	0	0.00	0.00
한국에너지기술연구원	38	38	2	4	5.26	0.11
한국전력공사	36	36	10	25	27.78	0.69
대우조선해양(주)	36	36	0	0	0.00	0.00
한국해양과학기술원	35	35	2	4	5.71	0.11
국립군산대학교산학협력단	26	26	0	0	0.00	0.00
부산대학교산학협력단	22	22	0	0	0.00	0.00
전북대학교산학협력단	22	22	6	12	27.27	0.55
(주)효성	21	21	0	0	0.00	0.00
(주)포스코	19	19	9	18	47.37	0.95
재단법인포항산업과학연구원	17	17	8	16	47.06	0.94
(주)삼원밀레니어	17	17	3	6	17.65	0.35
(주)웨스텍	17	17	0	0	0.00	0.00
한국기계연구원	16	16	3	9	18.75	0.56
이달은	16	16	0	0	0.00	0.00
원인호	15	15	0	0	0.00	0.00

- 각 광역지자체를 대상으로 해상풍력 혁신지수를 분석하면 다음 표와 같이 정리할 수 있음
- 개방형 혁신 넓이가 큰 지역은 충북, 광주, 경북의 순이고, 개방형 혁신 깊이가 큰 지역도 충북, 광주, 경북의 순으로 분석되었음
- 전북의 경우 해상풍력 분야에 대한 개방형 혁신 넓이는 큰편이나, 깊이는 작은편임. 개방형 혁신지수를 높이는 방안은 외부 기술과 협력하는 방안이 모색되어야 하는 것으로 보임

<표 1-19> 해상풍력 분야 지역별 혁신 지수 분석

등록권자	혁신지수	(A)특허수	(B)공동 특허수	(C)공동 출원인수	ROI=B/A*100	IOI=C/A
경기		907	117	284	12.90	0.31
서울		465	115	284	24.73	0.61
경남		369	33	75	8.94	0.20
부산		222	40	102	18.02	0.46
대전		150	24	66	16.00	0.44
전남		147	44	100	29.93	0.68
전북		143	21	58	14.69	0.41
경북		122	38	88	31.15	0.72
인천		104	22	52	21.15	0.50
충남		69	13	38	18.84	0.55
강원		68	12	29	17.65	0.43
대구		62	13	31	20.97	0.50
울산		58	11	25	18.97	0.43
광주		54	19	42	35.19	0.78
충북		48	20	53	41.67	1.10
제주		36	5	13	13.89	0.36
세종		14	2	4	14.29	0.29

- 해상풍력과 관련한 전북의 주소지를 가진 기업의 등록건수를 조사하면 다음과 같이 정리될 수 있음
- 전북대와 군산대가 가장 많은 등록특허를 보유하고 있는 것으로 분석됨

<표 1-20> 해상풍력 관련, 등록 특허 건수(전북 주소지 기업(학교 포함))

기업명	등록건수	기업명	등록건수
전북대학교산학협력단	28	새만금해상풍력(주)	2
군산대학교산학협력단	28	에스이티(주)	2
[유]한성산기	16	(주)금풍	2
(주)팬포머	10	(주)동우	2
대륜산업(주)	7	(주)상산중공업	2
(주)레나	5	(주)에이스중공업	2
(주)이공기전	5	(주)유로코리아	2
(주)지에이티	5	(주)유영정공	2
(주)엘티씨	4	(주)일호씨텍	2
(주)이노벤투스	4	(주)카본티씨지	2
금전기업(주)	3	(주)케이에스티	2
금풍에너지(주)	3	(주)티엠시	2
(주)에이스터보	3	(주)한국에너지	2
[유]일도엔지니어링	2	(주)항도엔지니어링	2
두영기전(주)	2	(주)휴먼컴퍼지트	2

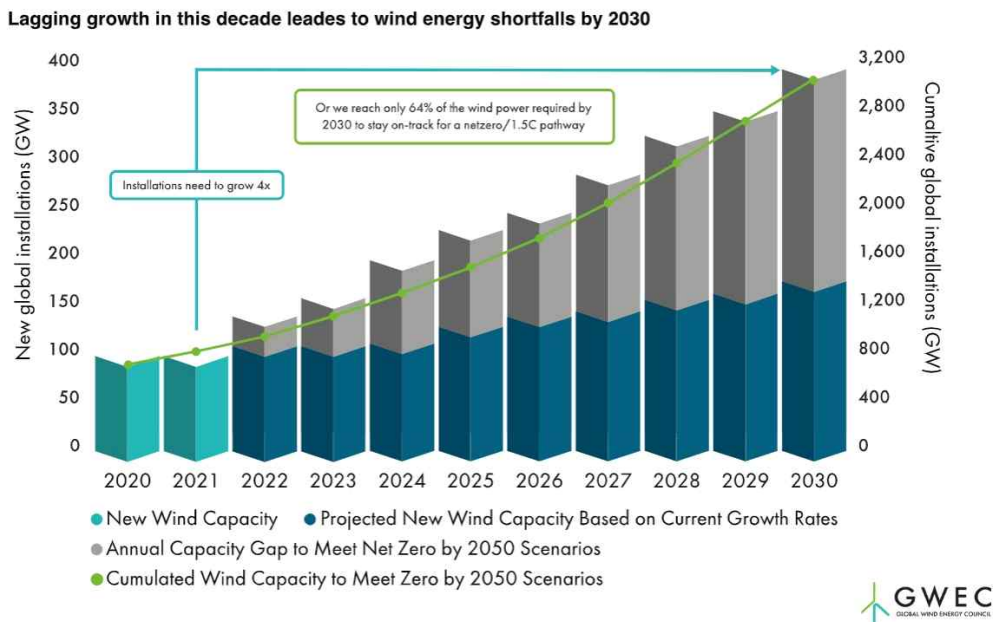
II 해상풍력발전 기술 동향 분석

1. 개요

1-1. 해상풍력발전 배경 및 필요성

- 지구온난화를 1.5°C로 제한하고, 2050년까지 Net Zero(2100년에 기온상승 폭을 산업화 이전 대비 1.5°C 미만으로 제한하기 위해서는 인간 활동에서 기인한 전 지구 CO2 순 배출량이 2050년까지 0에 도달해야 함)를 달성하기 위해서는 2030년까지 전 세계 풍력발전 누적 설치 규모 기준 약 3,000GW까지 필요(GWEC)
 - 이는 신규 육·해상 풍력터빈의 신규 설치 규모가 현재의 연간 100GW에서 연평균 12~17%규모로 성장, 2030년에는 현재 시장의 4배 규모로 성장할 것을 의미
 - 기술적 한계 및 주민 수용성 등으로 인해 육상 풍력자원만 활용하는 것은 한계가 있으며, 목표 달성을 위한 신규 투자 증가속도는 해상 풍력발전이 더욱 가파를 것
- ※ '21~'25년 글로벌 신규 발전용량 증가율 : (육상) 15.7%, (해상) 113.4%

(출처: KDB산업은행, 풍력발전 현황 및 산업동향, 2022.2.)



* 출처 : GWEC(2022), Global Wind Report 2022

[그림 2-1] 1.5°C 경로 및 Net Zero 달성을 위해 필요한 육·해상 풍력터빈 규모

- 신재생에너지의 간헐적 발전 특성으로 인해 풍력, 태양광 등 다양한 에너지원 구성의 'Energy Mix'가 중요, 전 세계적으로 풍력발전 보급은 지속 확대
 - 풍력·태양광은 바람 또는 햇빛의 정도에 따라 발전량이 결정되어 예측 가능성이 낮아, 전체 전력망 안정성 향상을 위해 다양한 형태의 신재생 에너지를 구성하는 것이 중요
 - ※ 2021년 기준 글로벌 총 전력생산에서 풍력(6.6%) 및 태양광(3.6%) 비중이 최초로 10% 초과(enerdata)
 - ▶ 우리나라 해상 풍력 에너지 잠재량(연간발전환산량)은 119 TWh/yr 수준으로 연간 소비전력(553 TWh/yr, 2021년)의 약 20% 이상을 해상 풍력발전만으로 구성 가능한 수준(한국에너지공단, 2020 신재생에너지백서)
 - 육·해상 풍력 및 태양광 발전의 LCOE(Levelized Cost Of Electricity, 발전설비 운영 기간에 발생하는 모든 비용을 수치화한 값)는 화석연료 이상의 경제성을 이미 확보하였으며, Energy Mix 관점에서 특정 에너지원에 편중되지 않고, 동반 지속 성장할 것으로 전망
 - ※ 해상풍력 발전 LCOE는 2010년 162 USD/MWh에서 2019년 115 USD/MWh로 하락하여 화석연료 발전비용(109 USD/MWh)과 대등한 수준으로 진입 (IRENA)
- 육상의 각종 기술적·비기술적 제약조건에서 탈피하고, Net Zero 목표 달성을 위해서는 해상 풍력발전 확대는 필수적이며, 고성장하는 산업 분야가 될 것
 - 해상 풍력발전은 육지와 비교하여 기술적·비기술적 이점이 많아 터빈의 대형화와 발전단지의 대규모화가 가능하며, 발전 단가의 빠른 하락 추세로 경쟁력을 확보 중
 - ▶ (기술적 이점) 해상은 바람의 흐름을 방해하거나 난류를 발생시키는 요소가 없어 안정적으로 대규모의 풍력 발전단지를 운영할 수 있어, 안정적인 전력 생산이 가능
 - ▶ (비기술적 이점) 육상 풍력발전은 소음, 쉐도우 플리커(Shadow Flicker, 풍력터빈 블레이드가 회전할 때 발생하는 주기적인 그림자 깜빡임 현상) 등으로 인해 거주지 인근 단지 구성이 어렵고, 자연경관을 해치는 등 주민 수용성이 낮아, 해상풍력이 대안으로 주목
 - 현재 세계 해상 풍력발전은 전체 육·해상 풍력터빈 보급의 약 6% 수준이나, 전 세계적으로 지속 확대될 전망으로 향후 10년간 시장규모가 5배(용량 기준) 이상 고성장할 것으로 전망

1-2. 기술의 정의 및 범위

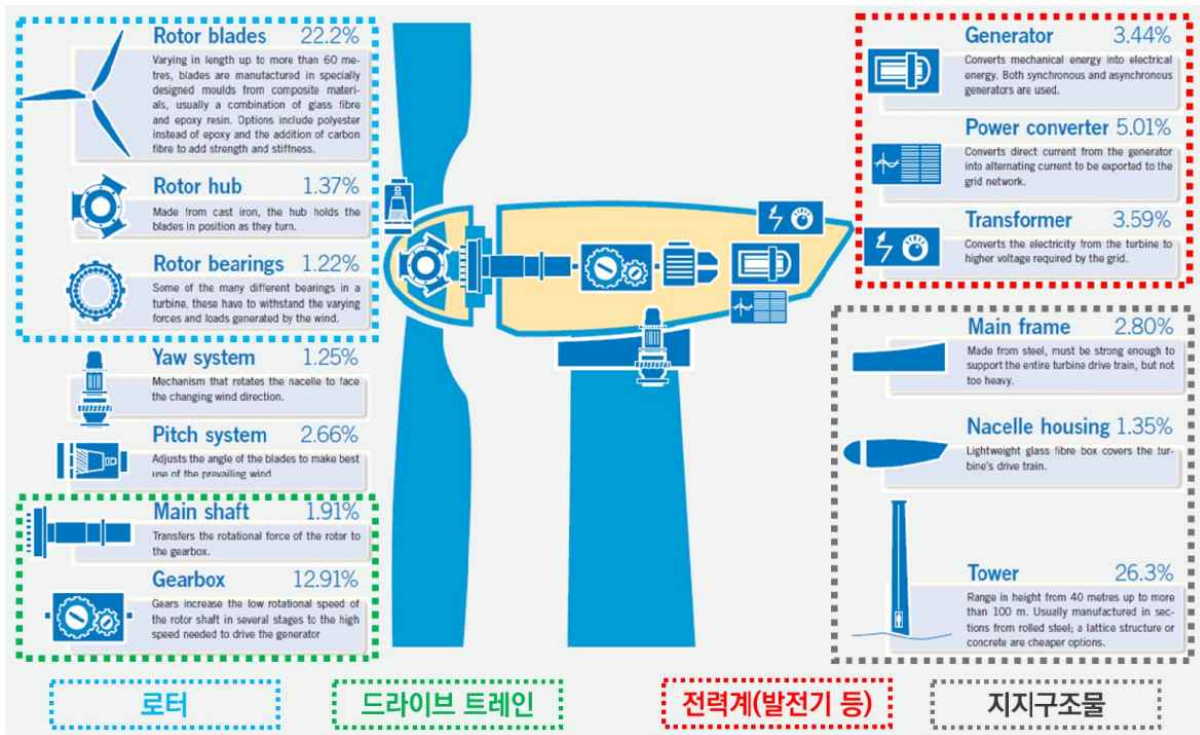
- (정의) 해상 풍력발전이란 풍력발전기, 하부구조물, 송전시스템을 바다에 설치하여 해상의 바람 운동에너지를 전기에너지로 변환하는 기술
 - 해상에서 타워를 지지하는 하부구조물을 제외한 풍력터빈의 기타 구성요소는 육상풍력 발전과 동일한 구조이나, 해상으로 가면서 경제성 확보를 위해 대형화하는 특징

- (구성) 해상 풍력발전 시설은 크게 터빈 시스템, 하부구조물, 송·변전 시스템으로 구성하며, LCOE 저감을 위한 운영 효율화가 주요 이슈로 주목

<표 2-1> 해상 풍력발전 관련 기술요소 및 주요 이슈

기술요소	정의	주요 이슈
터빈 시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 바람의 운동에너지를 전기에너지로 변환하기 위한 기본적인 기계요소의 집합 (육·해상 공통) <ul style="list-style-type: none"> - 로터 블레이드 (바람 에너지를 회전 운동에너지로 전환) - 드라이브-트레인 (로터의 회전을 발전기에 전달) - 발전기 (운동에너지를 전기에너지로 전환) - 지지구조물 (나셀, 타워로 구성, 전체 요소 지지) 	<p>[대형화, 대용량화]</p> <ul style="list-style-type: none"> • 터빈 시스템 구성은 육·해상 공통이나, 해상 풍력터빈 시스템은 대형화, 대용량화 추세
하부구조물	<ul style="list-style-type: none"> • 타워를 지지하는 구조물 <ul style="list-style-type: none"> - 고정식 또는 부유식으로 구분 	<p>[부유식 하부구조물 기술개발]</p> <ul style="list-style-type: none"> • 고정식은 기술성숙도가 높으나, 부유식은 실증 초기 단계, 향후 급격한 성장 전망
송·변전 설비	<ul style="list-style-type: none"> • 단지에서 생산한 전기를 육지로 송·변전하는 설비 <ul style="list-style-type: none"> - 해저케이블, 해상변전소 등으로 구성 	<ul style="list-style-type: none"> • 해저 케이블 고장이 단지 운영 시주요 고장사례로 지적되고 있어, 신뢰성 제고가 주요 이슈
발전단지 운영	<ul style="list-style-type: none"> • 원활한 전력생산을 위한 유지·보수 행위 일체 	<p>[운영 효율화(LCOE감소)]</p> <ul style="list-style-type: none"> • 유지·보수의 LCOE 기여도는 약 30% 내외 수준, 유지·보수비용 저감을 위해 소수의 대용량 터빈으로 단지를 구성하는 추세

- (터빈 시스템) 육상 풍력터빈과 기본 구성은 동일하며, 주로 로터-블레이드, 드라이브-트레인(동력전달장치), 발전기, 나셀, 타워로 구성됨
- ※ 하부구조물을 제외한 풍력터빈 시스템 비용 중 로터, 타워의 비중은 약 50% 수준



* 출처 : The European Wind Energy Association, 저자 재구성

[그림 2-2] 풍력터빈 구성요소

- (하부구조물) 풍력터빈 타워를 지지하는 하부구조물 형태에 따라 크게 고정식, 부유식으로 구분하며, 수심이 깊을수록 부유식이 유리한 구조
- ※ 경제성을 고려하여 고정식 하부구조물은 대략 수심 60m 이하의 얕은 바다에서만 활용

<표 2-2> 설치장소 및 형태에 따른 풍력발전 비교

구분	육상풍력 발전		해상풍력 발전	
	고정식	고정식	고정식	부유식
설치 장소	육상	육상	얕은 바다	깊은 바다
대단지 조성	어려움	가능	가능	가능
초기 설치비용	상대적 낮음	상대적 보통	상대적 보통	상대적 높음
바람 자원	상대적 보통	상대적 좋음	상대적 좋음	상대적 매우 좋음
문제 요소	<input type="checkbox"/> 경관 및 환경 훼손 <input type="checkbox"/> 소음 발생	<input type="checkbox"/> 경관, 환경 훼손(연안생태계) <input type="checkbox"/> 어업권 분쟁 등	<input type="checkbox"/> 적음	<input type="checkbox"/> 적음

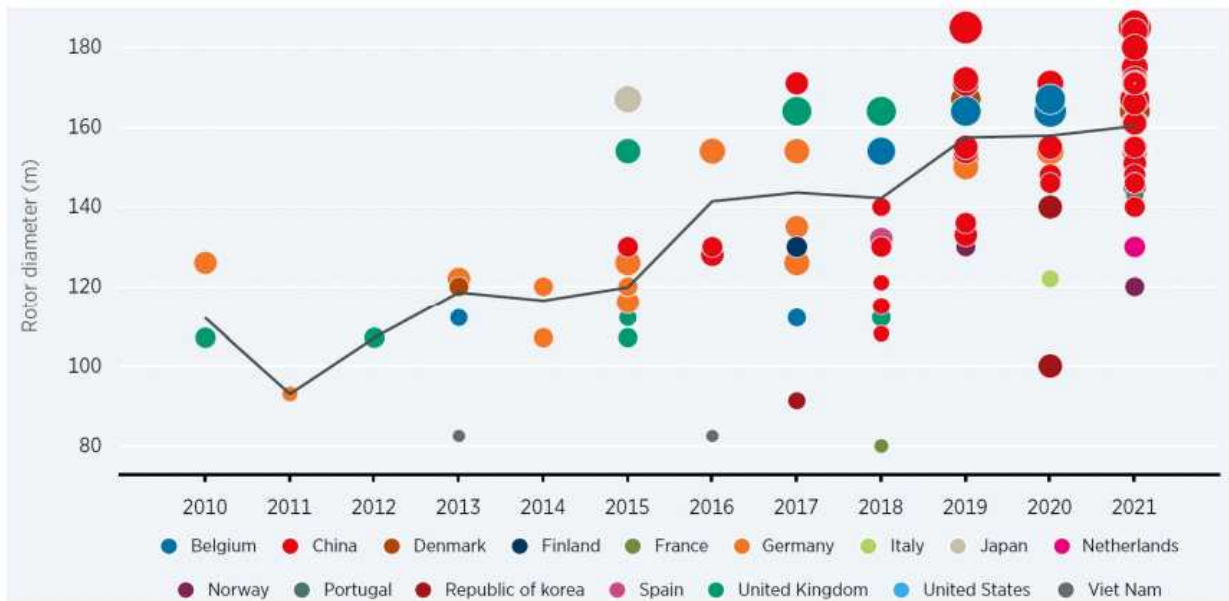
- (송·변전 설비) 주로 해저 송전케이블, 해상 변전소로 구성되며, 변전소는 단지에서 생산한 전력을 받아 안정화 후 육지로 송전하는 역할을 수행
 - ※ 해상 풍력터빈 고장 사례의 약 30%, 클레임 비용 중 약 50%가 해저 케이블 외상과 관련
- (발전단지 운영) 해상 풍력발전은 유사시 현장접근, 작업이 어려운 환경 특성으로 인해 터빈, 해저 케이블 등의 설치, 유지·보수 비용이 크며, 최적화·효율화가 주요 이슈
 - ※ 해상 풍력발전 단가(LCOE)에 유지·보수(O&M)가 미치는 영향은 30% 내외 수준

2. 기술동향

2-1. 글로벌 기술동향

2-1-1. 터빈 시스템

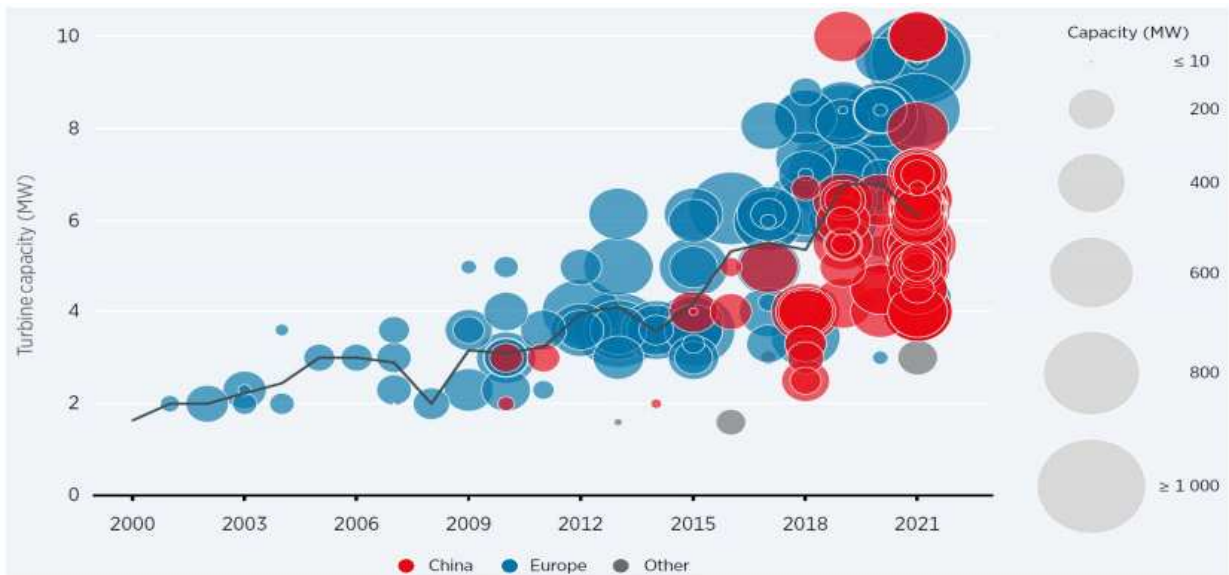
- (터빈 대형화) 해상 풍력시장에서는 발전 단가를 낮추기 위해 터빈의 대용량화 및 블레이드 등 주요 요소의 물리적 크기가 점차 대형화하는 추세
 - 2021년 기준 유럽과 중국 시장의 평균 터빈 용량은 각각 8.5MW, 6.7MW이며, 10년 전과 비교하여 평균용량이 2배 이상 증가한 수준
 - ※ 2021년 해상 풍력터빈 로터 평균 크기는 약 160m 수준
 - 해상 풍력터빈 전체 시스템 설치 및 유지보수 비용 중 하부구조물, 해저케이블이 차지하는 비중이 크므로 소수의 대용량 터빈으로 단지를 구성하는 것이 경제적으로 유리
 - ※ 전체 비용 중 상대적으로 비중이 높은 하부구조물을 적게 설치, 유지보수가 필요한 요소를 최소화 하는 것이 LCOE 저감 측면에서 유리하므로 터빈 대용량화 추세는 유지될 전망



* 출처 : IRENA, Renewable Power Generation Cost in 2021

[그림 2-3] 국가별 해상 풍력터빈 평균 로터사이즈 변화 추이

□ (용량 경쟁 가속) Siemens-Gamesa, Vestas, GE 3사가 시장을 주도 중이며, 15MW급 터빈 개발 경쟁이 시작, 최근 Mingyang 등 중국 업체들도 가세



* 출처 : IRENA, Renewable Power Generation Cost in 2021

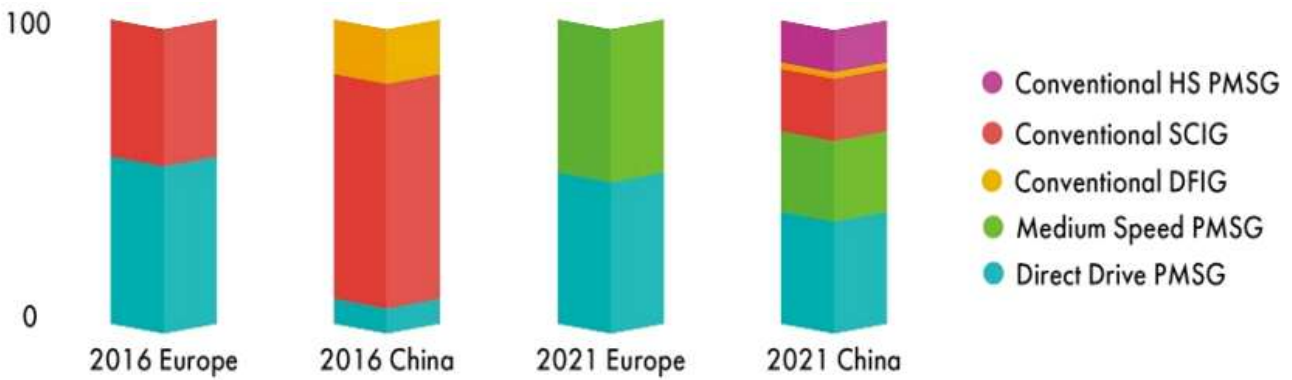
[그림 2-4] 해상 풍력터빈 용량 변화 추이

<표 2-3> 주요 개발사 별 최대 터빈

제작사	모델명	용량	로터 직경 (블레이드길이)	진행 상황
Siemens-Gamesa	SG 14-236DD	14MW	236m (115m)	Prototype 설치 중
Vestas	V235-15.0MW	15MW	236m (115.5m)	Prototype 설치 중
GE	Haliade-X	14MW	220m (107m)	Prototype 실증 중
Mingyang	MySE 16.0-242	16MW	242m (118m)	Prototype 개발 중

* 출처 : 각사 홈페이지

- Siemens-Gamesa(스페인)는 직접구동식(Direct-Drive) 11MW급 터빈 (SG11.0-200DD)을 다수의 해상 발전단지에 공급 중
 - ※ '24년 양산을 목표로 14MW급 풍력터빈(SG14-222DD, SG14-236DD)을 개발 중
 - Vestas(덴마크) 9.5MW(V164-9.5MW), 10MW(V164-10MW)급 터빈을 주력 판매 중
 - ※ '24년 양산을 목표로 15MW급 풍력터빈(V236-15.0M)을 '21년부터 실증 중
 - GE(미국)는 해상 풍력시장에서 Track-Record가 부족하여 주목받지 못하였으나, 2015년 Alstom을 인수 후 빠르게 기술개발을 하며 급격히 성장 중
 - ※ 현재 12~14MW급 대형 풍력터빈인 'Haliade X플랫폼(12,13,14MW)'을 생산 중
 - Mingyang(중국) 2024년 상업 운전을 목표로 세계 최대 용량인 MySE 16.0-242를 개발 중(2021년 발표)
- (드라이브 트레인 대용량화) 직접구동식 영구자석(Direct-Drive PMSG)타입과 중속 영구자석(Medium Speed PMSG)타입이 주요 기술로 자리 잡음
- 로터의 동력을 발전기로 전달하는 장치, 효율과 안정성이 높은 직접구동식 영구자석 발전기(DD PMSG), 소형/경량화가 가능한 중속 영구자석 발전기(MS PMSG)가 세계적인 추세
 - ▶ DD PMSG는 구성요소가 적어 에너지 효율이 높고, 고장 가능성이 낮은 반면, MS PMSG는 동일한 로터 회전에서 (DD 대비 상대적) 고속으로 발전기를 회전시켜 대용량화에 유리
 - 최근 터빈 대용량화 추세에 따라 중속 영구자석(MS PMSG)타입 발전이 주요 기술로 주목 받으며 빠르게 보급 확산 추세, 직접구동식 영구자석(DD PMSG)타입과 함께 시장을 주도
 - ※ 2021년 기준 DD-MS PMSG가 유럽 시장을 양분하며, 중국도 Mingyang에서 시장 최초로 MS PMSG 기술이 적용된 터빈을 공급



* 출처 : GWEC Market Intelligence, June 2022

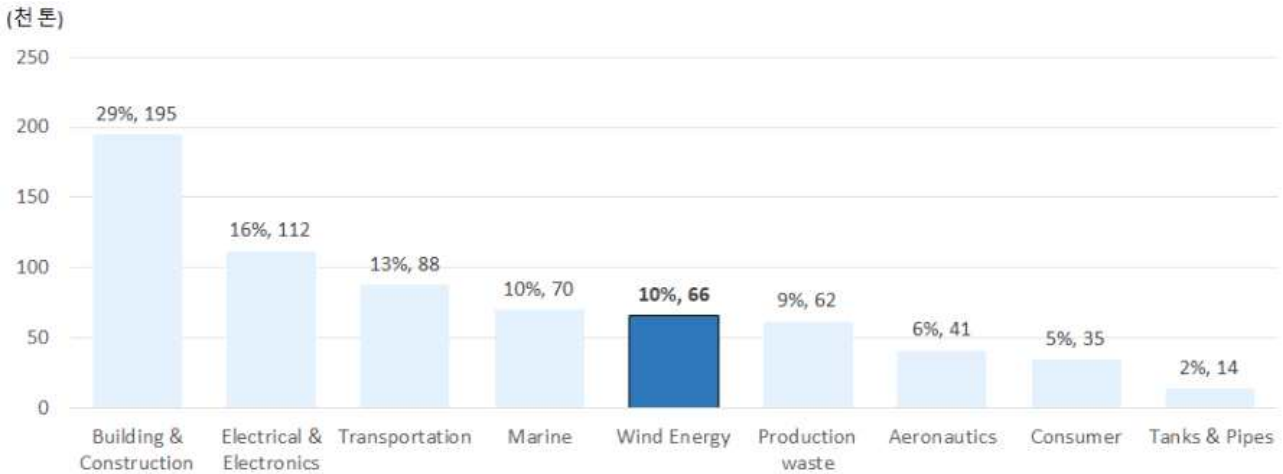
[그림 2-5] 해상풍력발전 드라이브 트레인 기술 추세

<표 2-4> 풍력터빈 드라이브 트레인 타입별 비교

구분	특징	장점	단점
고속 DFIG	<ul style="list-style-type: none"> • 높은 기어비의 기어박스 • DFIG 발전기 	<ul style="list-style-type: none"> • 저비용 제작 	<ul style="list-style-type: none"> • 낮은 효율 • 유지보수 불리(부품多)
고속 PMSG	<ul style="list-style-type: none"> • 높은 기어비의 기어박스 • 영구자석형 발전기 	<ul style="list-style-type: none"> • 높은 발전기 효율 	<ul style="list-style-type: none"> • 유지보수 불리(부품多)
중속 PMSG	<ul style="list-style-type: none"> • 중속형 기어박스 • 영구자석형 발전기 • 기어박스-발전기 일체형 	<ul style="list-style-type: none"> • 소형/경량화 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 유지보수 불리(일체형)
DD PMSG	<ul style="list-style-type: none"> • 기어박스 없음 • 대형 영구자석형 발전기 	<ul style="list-style-type: none"> • 낮은 에너지 손실 • 낮은 고장 발생 가능성 	<ul style="list-style-type: none"> • 발전기 중량 증가 • 고비용(희토류 소비)

※ (DFIG) Doubly Fed Induction Generator, (PMSG) Permanent Magnet Synchronous Generator, (DD) Direct Drive

- (블레이드 재활용 기술개발) 해상 풍력터빈 해체(Decommissioning) 시장에서는 재활용 가능한 블레이드에 대한 연구가 주요 화두
 - 풍력터빈 부품의 85~95%는 재활용이 가능하나, 열경화성(Thermoset) 복합재로 개발된 블레이드는 분해가 어려워 주로 매립하여 폐기하는 경우가 대부분
 - ※ 최근 유럽풍력발전산업협회는 블레이드 매립을 법으로 금지할 것을 요구, 독일, 네덜란드 등 EU 회원국 일부는 유사 금지 법안을 도입
 - 유럽 시장을 중심으로 수명이 다한 풍력터빈의 해체 물량이 증가하는 추세이며, 2025년에는 유럽 복합재 산업 폐기물의 10%가 풍력 분야에서 발생할 것으로 예측
 - ※ 일반적으로 풍력터빈의 설계수명은 25~30년 수준



* 출처 : DecomBlades, 재구성

[그림 2-6] 해상풍력발전 드라이브 트레인 기술 추세

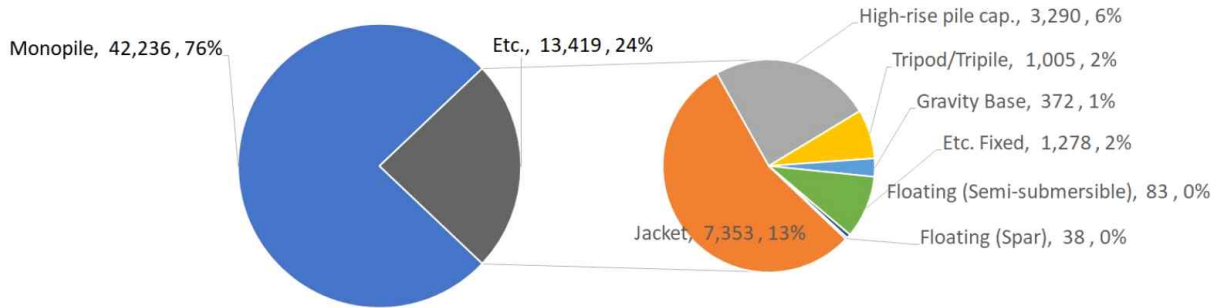
- 주요 개발사(Siemens-Gamesa, Vestas, GE)를 포함한 'DecomBlades' 컨소시엄이 2021년도에 구성되는 등 블레이드 재활용 기술개발이 주요 기술 이슈로 등장
 - ▶ Siemens-Gamesa, Vestas의 경우 '40년까지 ZERO-WASTE 터빈 개발을 목표, Orsted사 또한 DecomBlades 컨소시엄에 참여하여 블레이드 재활용 관련 노력 중
 - ▶ 2021년 9월 Siemens-Gamesa는 세계최초의 재활용 가능한 해상 풍력터빈 블레이드인 "RecyclableBlade"(열가소성 레진)를 런칭, 독일 Kaskasi 해상풍력 단지에 재활용 블레이드가 사용된 터빈 2기를 설치
 - ▶ LM Wind Power(GE)는 ZEBRA(Zero wastE Blade ReseArch) 프로젝트를 통해, 2022년 열가소성(Thermo-plastic) 레진을 사용하여 재활용 가능한 블레이드 (62m) Prototype을 생산

2-1-2. 하부구조물

- (고정식 하부구조물 효율화) 고정식 하부구조물, 특히 모노파일 타입의 경우 기술 성숙도가 높고, 설계 고도화 및 고효율화 등 비용 절감 연구 진행 중
- 해상 풍력터빈은 수심 외에도 해저지반의 특성(지층 구성 등), 파도, 조류의 영향을 복합적으로 고려하여 하부구조물 설계 필요하며, 많은 설치 경험으로 기술성숙도가 대체로 높음
 - ※ 일반적으로 수심 60m 이하인 경우에 고정식 하부구조물을 사용하며, 수심이 깊어질수록 부유식 하부구조물이 경제성 측면에서 유리

- (고정식 설치 현황) 현재 전 세계에 기 설치된 해상 풍력터빈은 고정식 하부구조물이 대부분이며, 모노파일 타입의 터빈이 76%(약 42GW) 이상 수준

※ '22년까지 전 세계에 설치된 해상풍력 터빈의 전체 누적용량은 약 55.7GW 수준, 그중 고정식 하부구조물이 99.8% 수준(용량 기준)



* 출처 : GWEC Market Intelligence, June 2022 재구성

[그림 2-7] 전 세계 해상풍력발전 하부구조물 누적 설치용량(MW) (~2022)

- 전 세계 해상풍력의 70% 이상이 모노파일 타입으로 되어있으며, 비교적 높은 수심(30~60m)에서는 자켓 타입 구조가 일반적으로 이용됨

<표 2-5> 해상 풍력터빈 주요 고정식 하부구조물 타입별 비교

구분	모노파일 (Monopile)	중력식 (Gravity Base)	자켓 (Jacket)	트라이포드 (Tripod)
적용수심	~30m	~30m	10~80m	20~80m
장점	<ul style="list-style-type: none"> 경량·단순 구조 쉬운 설치 	<ul style="list-style-type: none"> 단순 구조 낮은 설치비용 높은 안정성 	<ul style="list-style-type: none"> 경량·고강도 	<ul style="list-style-type: none"> 경량구조 높은 안정성
단점	<ul style="list-style-type: none"> 지반조건 제약 지형변화 유발 (Scouring) 	<ul style="list-style-type: none"> 지반 준비 필요 무거운 구조 긴 공사 기간 	<ul style="list-style-type: none"> 기상조건 제약 (설치 시) 	<ul style="list-style-type: none"> 지반조건 제약 고정 해상 설치 플랫폼 필요

* 출처 : NREL, Offshore Wind Energy: Technology Below the Water

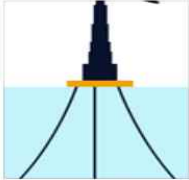


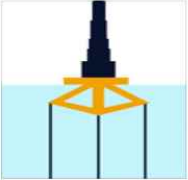
□ (부유식 하부구조물 기술개발) 먼바다에서 양질의 풍부한 바람 에너지를 이용하기 위해서 부유식 하부구조물은 필수 요소이며, 다양한 형태의 구조물 연구 진행 중

※ 해상풍력 기술 관련 특허 출원 국제 비교('97~'17) : (미국) 970건, (일본) 906건, (유럽) 539건, (한국) 1,060건 수준 (KISTEP, 부유식 해상풍력기술 실증 프로젝트 예비타당성조사보고서)

- 부유식 하부구조물은 고정식 대비 큰 흔들림이 발생하여 피로 하중을 유발, 거센 풍랑에서 터빈 시스템 전복을 방지하고, 흔들림을 저감 할 수 있는 제어 기술이 핵심 요소

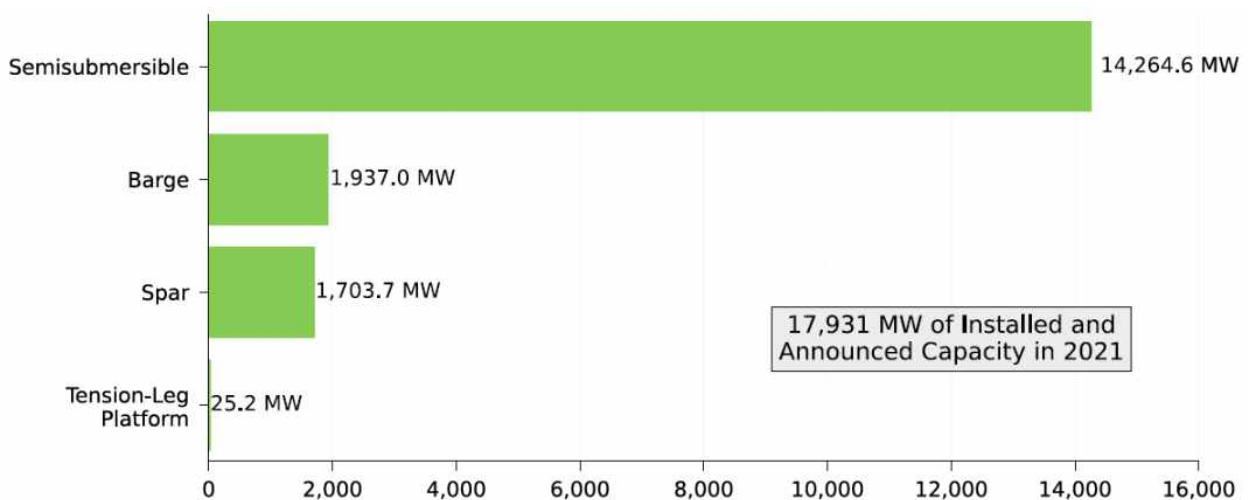
※ 피로 하중 증가 시 이를 감당하기 위한 타워 및 하부구조물 중량증가(비용증가)로 이어짐

<표 2-6> 해상 풍력터빈 부유식 하부구조물 타입별 비교

구분	 바지 (Barge)	 반잠수식 (Semi-submersible)	 스파 (Spar)	 인장각형 (Tension Leg Platform)
적용수심	30m~	40~50m	30~100m	50~60m
장점	<ul style="list-style-type: none"> • 철, 콘크리트 구조 (복합구조 가능) 	<ul style="list-style-type: none"> • 얕은 수심 가능 • 육상조립 가능 • 단순 계류체계 	<ul style="list-style-type: none"> • 파도 영향 낮음 • 단순 계류체계 • 단순 제조공정 	<ul style="list-style-type: none"> • 낮은 생산 비용 • 높은 안정성 • 유지·보수 용이
단점	<ul style="list-style-type: none"> • 파도 영향 높음 • 강한 계류 필요 	<ul style="list-style-type: none"> • 파도 영향 높음 • 고비용 • 대형·복잡 구조 	<ul style="list-style-type: none"> • 고비용, 고중량 • 고중량 계류선 • 특수설치선 필요 	<ul style="list-style-type: none"> • 복잡 계류 체계 • 계류체계 고하중 • 특수설치선 필요

* 출처 : GWEC, Floating Offshore Wind – A Global Opportunity, www.Sierraclub.org

- 현재 설치 또는 개발 중인 부유식 해상풍력 전체(17,931MW) 중 부유체는 상대적으로 얕은 흘수(Draft, 부유체가 가라앉았을 때 부유체의 맨 밑에서 수면까지의 수직 거리)와 안정적인 동적 특성을 보이는 반잠수식(14,264MW)이 주도



* 출처 : DOE, Offshore Wind Market Report: 2022 Edition

[그림 2-8] 전 세계 해상풍력발전 하부구조물 누적 설치용량(MW) (~2022)

- 부유식 해상풍력은 현재 초기 시장형성 단계이며 발전단지, 터빈 시스템 개발사·투자사 등 다양한 파트너십을 바탕으로 개발 진행

※ 부유체 제작사인 BW Ideol은 터빈 개발사 포함 22개 업체와 파트너십 체결

- 현재 반잠수식 및 스파 타입을 기초로 한 소규모 해상 풍력발전 단지가 운영 중

<표 2-7> 주요 부유식 해상 풍력발전 단지

단지 명 (국가)	'하이윈드 스코틀랜드' 단지 (Hywind Scotland) (영국)	'킨카딘 해상풍력발전' 단지 (Kincardine offshore Wind Farm) (영국)
총 용량	30MW	47.5MW
설치 터빈	SG6.0-154 (Siemens-Gamesa, 6MW급)	V164 (Vestas, 9.5MW급)
하부구조물	스파 타입	반잠수식 타입
수심	95~120m	60~80m

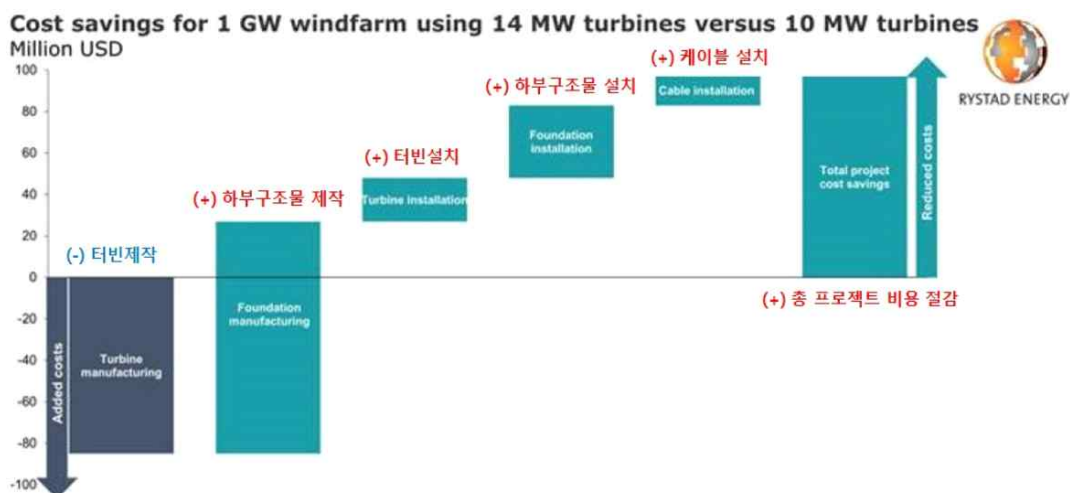
* 출처 : Equinor(좌), PrinciplePower(우)

2-1-3. 발전단지 운영

- (LCOE 저감) 해상 풍력발전은 하부구조물, 운송/설치, 계통연계, O&M 비용이 높아 소수의 대용량 터빈으로 발전단지를 구성하여 LCOE를 줄이는 추세

- (CAPEX(자본적 지출; 미래의 이윤을 창출하기 위해 장비, 토지 등 물질자산 획득에 소요되는 비용) 감소) 하부구조물, 계통연계. 설치비용이 CAPEX에 영향을 주는 주요 인자로, 적은 수의 터빈으로 단지를 구성하는 것이 유리하여 대용량 터빈 선호

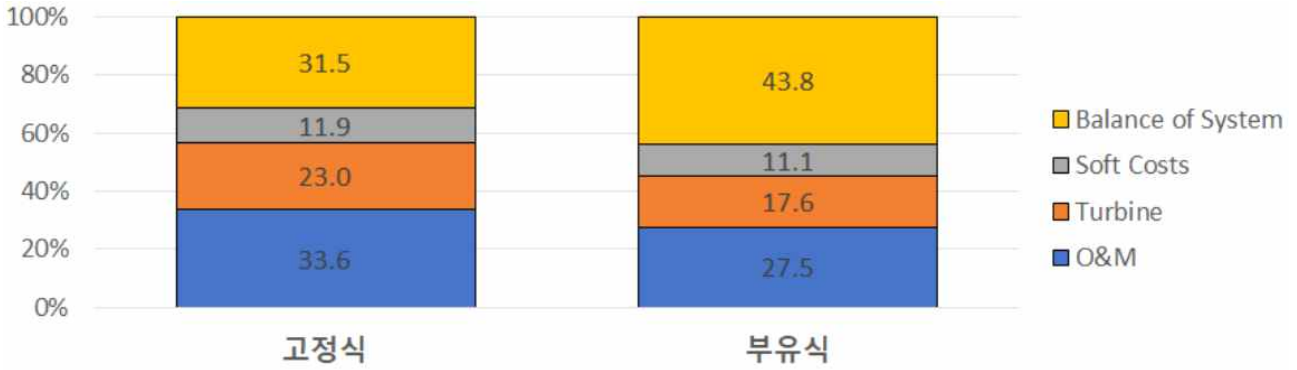
※ 터빈 용량을 10MW에서 14MW으로 상향하여 1GW 단지 구성 시 1억 달러 절감 가능 (Rystad Energy)



* 출처 : Rystad Energy research and analysis

[그림 2-9] 풍력터빈 대형화(10→14MW)에 따르는 발전단지 비용편익 분석

- (OPEX(운영 비용; 설비의 운용을 위한 노무비, 재료비, 유지보수 등에 소요되는 비용) 감소) 해상풍력의 경우 O&M 비용이 LCOE에 미치는 기여도는 전체의 약 30% 내외 수준으로 적은 터빈 대수를 운영하는 것이 유리



※ Soft Costs : 금융비용, 해체비용 등 포함, Balance of System : 지반공사, 하부구조물 제작·설치 등 포함

* 출처 : NREL, 2020 Cost of Wind Energy Review 내용 재구성

[그림 2-10]] 고정식-부유식 해상 풍력발전의 요소별 LCOE 기여도 비교

- 10년 전과 비교하여 해상 풍력터빈의 kW당 설치비용은 약 59%, kWh당 LCOE는 약 40% 수준으로 급감하여 화석연료(화석연료의 LCOE는 에너지원에 따라 상이하하며, 대략 0.05~0.16 USD/kWh 범위 수준)와 대등한 경제성을 이미 확보 (IRENA)

※ (설치비용) ('10) 4,876 → ('21) 2,858 USD/kW, (LCOE) ('10) 0.188 → ('21) 0.075 USD/kWh

2-2. 국내 기술동향

- **(국내 기술 수준 요약)** 전반적으로 해외 선진사 대비 1~5년 수준의 기술 격차가 있으며, 국내 시장 비활성화로 인해 자체 기술 개발이 어려운 상황

<표 2-8> 국내 해상 풍력발전 기술력 현황

항목		해외 선진사	국내
터빈 시스템		<ul style="list-style-type: none"> • 10MW+급 상용화 완료 • 15MW급 실증 중 	<ul style="list-style-type: none"> • 10MW급 터빈 개발 중
	블레이드	<ul style="list-style-type: none"> • 115m+급 블레이드 개발 중 • 재활용 분리형 블레이드 적용 중 	<ul style="list-style-type: none"> • 초대형 블레이드 설계 기술 미흡 • 재활용 블레이드 연구실적 미흡
	발전기 /드라이브 트레인	<ul style="list-style-type: none"> • 초대형 직접구동식 상용화 완료 • 중속 증속기 개발 완료 	<ul style="list-style-type: none"> • 초대형 발전기술 연구 중, (선진사 대비 기술 수준 낮음)
	기타부품	<ul style="list-style-type: none"> • 모듈화 성공(기어박스, 베어링, 메인샤프트, 타워 등) 	<ul style="list-style-type: none"> • 단순 지지구조물 기술력 확보 • 제조 인프라 구축 완료 • 다만, 국내 시장 비활성화 상태
하부 구조물	고정식	<ul style="list-style-type: none"> • 기술성숙단계 진입 (모노파일 위주) • 시공 Supply Chain 풍부 • 대규모 배후항만 및 설치선 확보 	<ul style="list-style-type: none"> • 국내 수요 저조(해외 시장 우선 진출) • 모노파일 적용 실적 없음 (3MW급 자켓·석션버켓 실적 있음) • 대용량 운송/설치 기반기술 미확보 (5MW 이상 운송 설치선 2척 수준)
	부유식	<ul style="list-style-type: none"> • 상업화 이전 단계 • 반잠수식, 스파 타입 등 실증 중 	<ul style="list-style-type: none"> • 기술 성숙도 낮으나, 조선·해양 기술 등 잠재력 높음

* 출처 : KETEP, 2020 제4차에너지기술개발계획, 2050 탄소중립 에너지기술 로드맵 재구성

- **(터빈 시스템)** 상용화에 성공한 국내 최대 터빈은 두산에서 제작하는 8MW급 (DS205-8MW)이며, 유니슨은 현재 10MW급(U210-10MW) 터빈 실증 진행 중
 - 해외 선진사의 경우 10MW급 터빈을 상용화 완료하고, 15MW급 터빈은 실증단계에 진입하였으나, 국내는 선진국 대비 5년 정도의 기술격차 존재 (KETEP, 2050탄소중립 에너지기술 로드맵)
 - 해상 풍력발전에서 LCOE를 저감하기 위해서는 터빈 용량 대형화가 핵심 요소인데, 해외 선진사 대비 국내 터빈 개발사의 기술격차가 상당하여 경쟁력이 낮음
- **(핵심부품 요소기술)** 두산의 8MW 터빈 개발은 상용화 단계에 있으나, 핵심부품의 요소기술 국산화는 미흡한 수준
 - (블레이드) LCOE 저감 측면에서 블레이드 대형화는 핵심 요소 중 하나이지만, 시험기술을 제외한 전반적인 블레이드 설계 및 제조기술의 해외 의존도가 높음

- ▶ (초대형 블레이드) 100m급은 실증 단계, 15MW급(110m 이상) 관련 연구는 미진행
 - ▶ (블레이드 재활용) 풍력터빈 블레이드 재활용 관련 국내 연구개발은 극 초기 단계로, 재활용 소재 기술 연구가 일부 진행 중이나, 선도 기술 수준과 격차가 존재함
 - (발전기/증속기) 직접구동식은 실증 단계이며, 초대형 발전시스템에 대한 연구개발이 미흡
 - (기타 부품) 타워와 같은 지지구조물이나 단조품과 같은 요소 부품의 기술력은 높고, 제조 인프라는 구축되어 있으나, 국내 시장 비활성화로 인해 산업생태계 조성 미흡
- **(고정식 하부구조물)** 국내 단지 내 적용 실적은 미미(“서남해 실증단지에 Jacket type, Suction Bucket type 각 1기씩 설치”)하나, 수출시장까지 감안하면 경쟁력은 다소 확보한 것으로 평가
- 국내 제조사인 삼강엠앤티는 2020년 기준 해상풍력 자켓 하부구조물 21기를 벨기에 JDN사로 수출하였으며, 덴마크, 아랍에미레이트 등과도 수출계약 체결
 - ▶ 제작 품질은 긍정적이나, 부가가치가 높은 구조물 설계는 해외 선진사에서 수행하는 상황
- **(부유식 하부구조물)** 실증 수준의 부유식 하부구조물 설계 및 제작 경험이 없으며, 국가 주도의 과제가 일부 진행되고 있는 상황

III | 해상풍력발전 시장 동향 분석

1. 해상풍력 시장 개요 및 요약

1-1. 해상 풍력 시장의 정의

- 해상 풍력은 재생에너지원 중 하나로 해상에서 전력을 생산하는 것으로, 해상 풍력 발전은 수역에 배치된 풍력 터빈 그룹에 의해 생성됨
- 이는 상대적으로 새로운 재생 가능 기술이며 바다에서 생성되는 강력하고 지속적인 바람의 에너지를 활용하는 데 점점 더 중점을 두면서 중요성이 높아지고 있음
- 글로벌 해상 풍력 시장의 범위에는 터빈, 하부 구조, 전기 인프라 및 기타(물류, 조립 및 설치) 시장이 포함되고, 터빈 섹션에는 나셀 모듈, 타워 모듈, 로터 모듈이 포함되며, 하부구조 섹션에는 모노파일, 재킷 및 중력식이 포함되고, 전기 인프라 섹션에는 해상 및 육상 변전소와 케이블 및 전선이 포함됨

1-2. 해상 풍력 시장 요약

- 해상 풍력은 유럽에서 처음 생성되었으며 나중에 아시아 태평양지역 및 미국에서 재생 에너지원으로 채택되었으며, 해상 풍력의 등장은 온실가스 영향을 줄이고 전체 발전량에서 재생에너지 비중을 높여야 할 필요성에서 시작됨
- 전 세계적으로 전기 소비가 증가함에 따라 신기술의 출현은 전기의 생산, 송전, 배전 및 사용에도 직접적인 영향을 미칠 것이고, 또한 기존의 전력 공급원은 기후 변화, 환경 오염 및 기타 문제를 야기했음
- 30년 전과 비교하면 현재 시장의 설치 용량은 최대 1,400GW에 달할 것으로, 해상 풍력 기술은 지난 수십 년 동안 극적으로 발전하였으며, 부유식 기초 및 직접 구동 영구자석 발전기와 같은 신기술의 도입으로 심해에 풍력발전 단지를 쉽게 설치할 수 있게 되었음

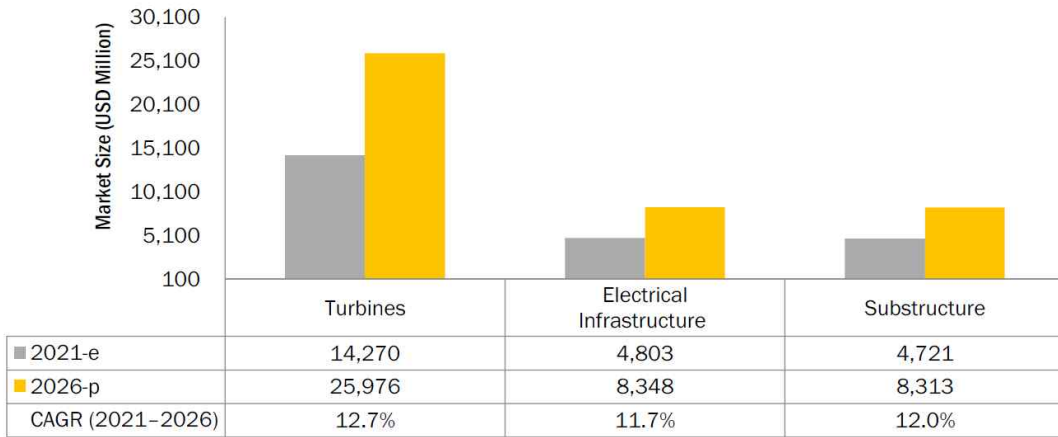
- 이제 많은 국가에서는 해상 풍력을 지구 온난화를 1.5°C 미만으로 유지하는 데 필요한 탈탄소화 전략의 핵심 기둥 중 하나로 보고 있음
- 해상 풍력은 유럽, 아시아 태평양 및 북미와 같은 지역에서 기후 중립과 관련된 목표를 달성하기 위해 육상 풍력과 함께 에너지 혼합의 중요한 기둥임. 게다가, 터빈 제조업체들은 과도기 및 심해 위치에 설치할 수 있는 더 높은 용량의 새로운 터빈을 개발하기 시작했음
- 용량이 증가함에 따라 설치 공급자는 비용 효율적인 운영과 설치 및 관련 서비스의 원활한 통합을 위해 효율적인 설치 용기를 개발하기 시작했으며, 이전에는 하부 구조의 추세는 해저에 부착된 고정 기초를 사용하는 것이었음. 요즘 모노파일은 해안 근처의 풍력 발전 단지과 소형 터빈에 사용되는 반면, 재킷 기초, 삼중파일 및 삼각대는 더 먼 지역에서 사용됨. 그러나 모노파일의 사용은 시간이 지남에 따라 증가하여 현재는 6MW 터빈에 사용됨
- 심해 해양 시장은 일본, 스페인, 미국 등의 국가에서 크게 성장하고 있음. 해상 풍력 산업은 빠르게 성장하고 있으며 유럽, 아시아 및 미국 국가의 에너지 효율성 요구 사항을 충족하는 데 크게 기여하고 있음. 계속해서 증가하는 전력 수요를 충족시키기 위해 여러 가지 개발이 진행되고 있으며 해상 풍력에 대한 투자가 이루어지고 있음
- 미국, 중국, 프랑스 등의 국가에서는 해외 배치에 대한 야심찬 목표를 설정했음. 따라서 청정 에너지에 대한 수요 증가는 세계 해상 풍력 에너지 시장의 성장을 이끌 것임
- Siemens Gamesa(독일), ABB, Ltd.(스위스), MHI Vestas Offshore Wind A/S(덴마크), General Electric(GE) 등 다양한 선도 기업이 해상 풍력 시장에서 사업을 운영하며 다음과 같은 계약을 체결하고 있음

<표 3-1> 해상 풍력 시장 개요

구분상세	2021 (e)	2026 (p)
글로벌 가치(백만 달러)	31,832	56,852
지역별 점유율	<ul style="list-style-type: none"> •아시아 태평양: 50.6% •유럽: 37.6% •북미: 11.8% 	<ul style="list-style-type: none"> •아시아 태평양: 43.9% •유럽 38.5% •북미: 17.6%
구성요소별 점유율	<ul style="list-style-type: none"> •터빈: 44.8% •하부구조: 14.8% •전기 인프라: 15.1% •기타: 25.3% 	<ul style="list-style-type: none"> •터빈: 45.7% •하부구조: 14.6% •전기 인프라: 14.7% •기타: 25.0%
위치별 점유율	<ul style="list-style-type: none"> •30미터 이내: 76.2% •30~60미터:22.0% •60미터 이상:1.8% 	<ul style="list-style-type: none"> •30미터 이내: 68.1% •30~60미터:24.1% •60미터 이상:7.8%
연평균성장률(가치기준) (2021~2026)		12.3%

<참고> e: 추정치, p: 예상치.

반올림으로 인해 일부 시장 점유율이 100%가 되지 않을 수도 있음.
구성 요소 기타 항목에는 물류, 조립 및 설치가 포함되어 있음.



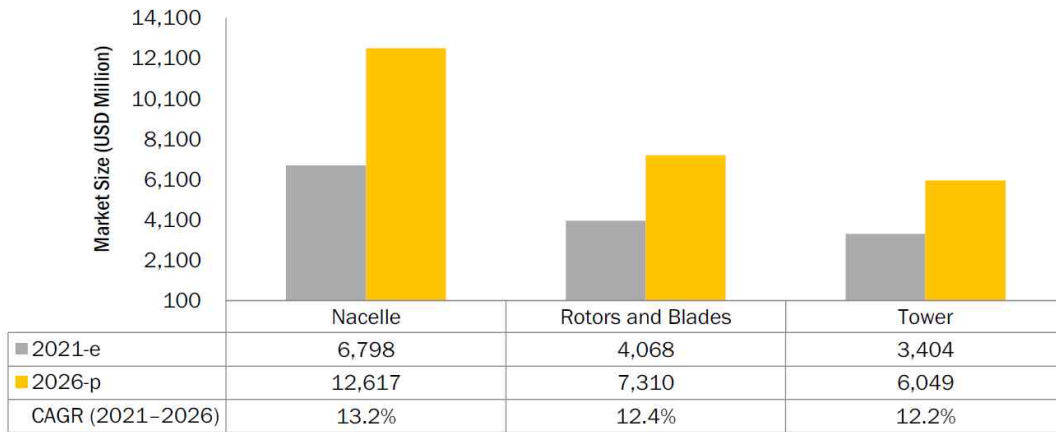
Note: Others includes logistics, assembly, and installation.

Source: Investor Presentations, Expert Interviews, and MarketsandMarkets Analysis

[그림 3-1] 구성 요소별 해상 풍력 시장 대비(2021~2026년)

- 터빈 부문은 2020년 해상 풍력 시장에서 가장 큰 점유율을 차지했으며, 향후 몇 년간 비슷한 추세가 관찰될 가능성이 높음. 이 부문은 2021년 142억 7천만 달러에서 2026년에는 259억 7600만 달러로 연평균 성장률(CAGR) 12.7%로 성장할 것으로 예상됨

- 글로벌 해상 풍력 시장은 구성 요소별로 터빈 부문이 지배하고 있음. 터빈은 해상 풍력 프로젝트의 최대 비용을 차지함. 전기 인프라 부문은 예측 기간 동안 연평균 성장률(CAGR) 11.7%를 기록할 것으로 예상됨

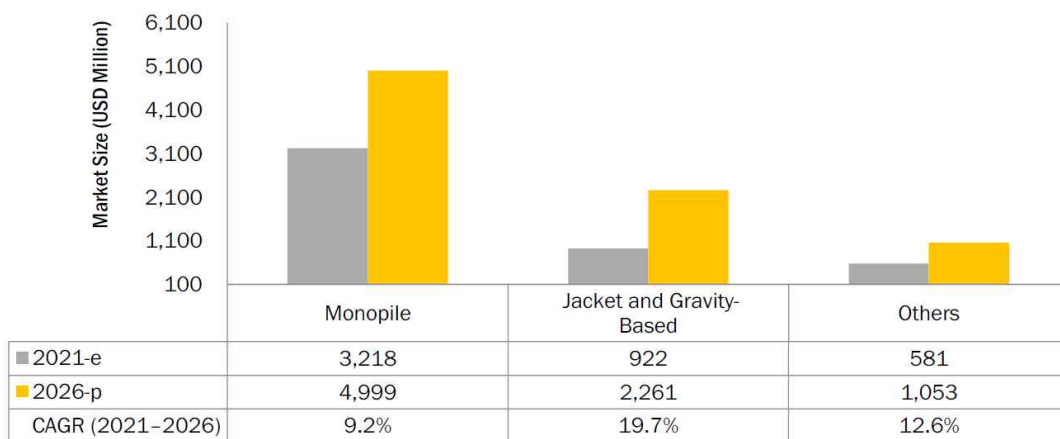


Note: e - estimated; p - projected

Source: SEC Filings, Investor Presentations, Expert Interviews, and MarketsandMarkets Analysis

[그림 3-2] 해상 풍력 모듈별 터빈 시장 대비(2021~2026년)

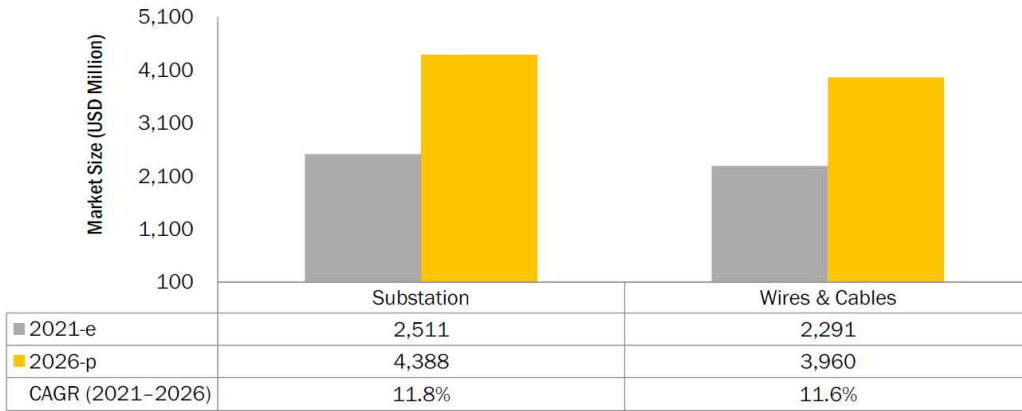
- 나셀 부문은 예측 기간 동안 터빈용 해상 풍력 시장에서 가장 큰 점유율을 차지할 가능성이 높음. 이는 2021년 67억 9,800만 달러에서 2026년 126억 1,700만 달러로 연평균 성장률(CAGR) 13.2%로 성장할 것으로 예상됨. 북미와 아시아 태평양은 예측 기간 동안 이 부문의 주요 시장이 될 것으로 예상됨



Note: e - estimated; p - projected. Others under substructure includes tripods, tripiles, high-rise pile cap, and floating.

Source: SEC Filings, Investor Presentations, Expert Interviews, and MarketsandMarkets Analysis

[그림 3-3] 해상 풍력 하부구조별 시장 대비(2021~2026년)

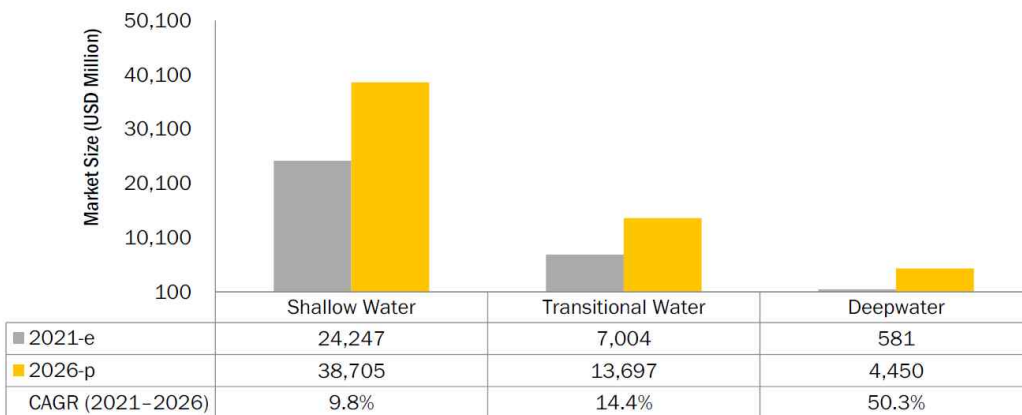


Note: e - estimated; p - projected

Source: SEC Filings, Investor Presentations, Expert Interviews, and MarketsandMarkets Analysis

[그림 3-4] 해상 풍력 전기 인프라별 시장 대비(2021~2026년)

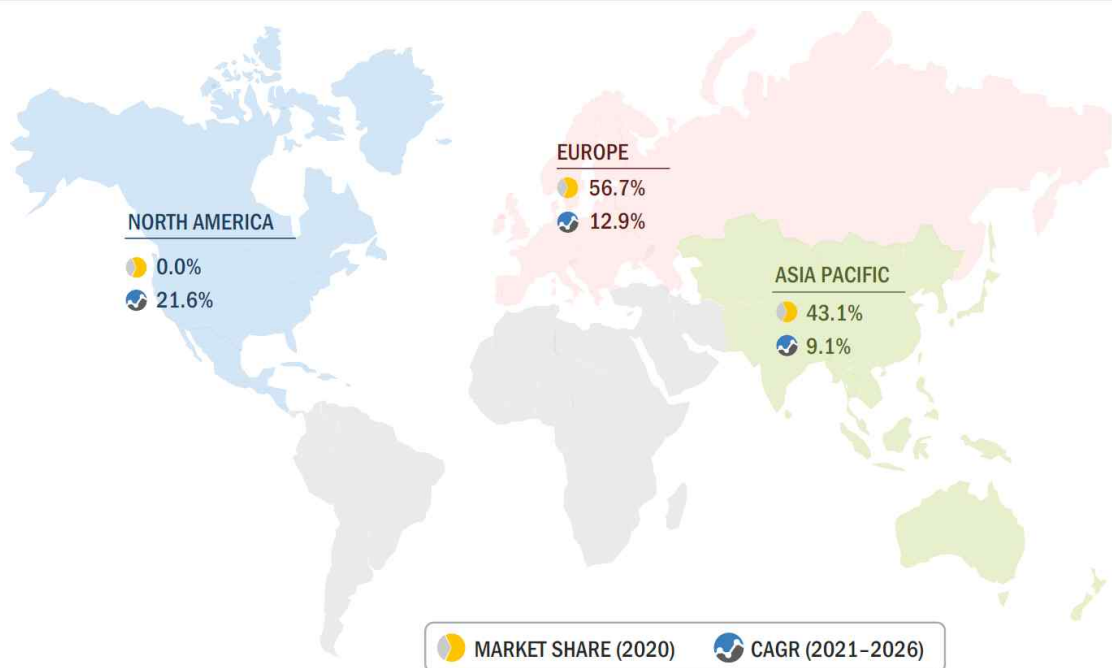
- 모노파일 부문은 2021년부터 2026년까지 해상 풍력 시장에서 가장 큰 점유율을 차지할 것으로 예상됨. 예측 기간 동안 연평균 성장률(CAGR) 9.2%로 2021년 32억 1,800만 달러에서 2026년 49억 9,900만 달러로 성장할 것으로 예상됨. 이 부문이 지배적인 이유는 단순한 디자인과 설치 및 운송의 용이성 때문임
- 변전소 부문은 예측 기간 동안 해상 풍력 시장에서 가장 큰 점유율을 차지할 가능성이 높음. 예측 기간 동안 연평균 성장률(CAGR) 11.8%로 2021년 25억 1100만 달러에서 2026년 43억 8800만 달러로 성장할 것으로 예상됨. 전기 인프라에서 두 번째로 중요한 구성 요소는 전선과 케이블임. 어레이 간 케이블은 터빈을 해상 변전소에 연결하며 일반적으로 교류 전송에 적합한 중전압 케이블임. 수출 케이블은 해상 변전소에서 육상 변전소 및 전력망으로 전력을 전송하는 데 사용됨



Source: SEC Filings, Investor Presentations, Expert Interviews, and MarketsandMarkets Analysis

[그림 3-5] 해상 풍력 위치별 시장 대비(2021~2026년)

- 해상 풍력 설치 얕은 수심 위치 부문은 예측 기간 동안 천이 수심, 깊은 수심에 비해 풍력 시장에서 가장 큰 점유율을 차지할 것으로 예상됨. 얕은 수심 위치의 개발은 일반적으로 유리한 기상 조건으로 인해 비용 효과적인 반면, 깊은 수심에 풍력 터빈을 설치하는 것은 높은 유지 관리 비용으로 인해 비용이 많이 드는 프로세스임. 그러나 해상 풍력 터빈은 지역, 터빈 용량, 풍속에 따라 세 곳 모두에 설치되고 있음
- 얕은 수심 풍력 발전 단지는 유리한 기상 조건으로 인해 유럽 국가에서 주로 설치되어 있으며, 유럽에서는 최대 규모의 해상 풍력 프로젝트가 시행되고 있어 풍력발전지의 대부분이 얕은 바다에 설치될 것으로 예상됨. 부유식 터빈의 가장 큰 장점은 세계에서 가장 강하고 지속적인 바람이 부는 최대 0.5마일 깊이의 넓은 바다에 접근할 수 있다는 것임



Source: Government Publications, Secondary Research, Expert Interviews, and MarketsandMarkets Analysis

[그림 3-6] 해상 풍력 지역별 시장점유 대비(2021~2026년)

- 지역별로 해상 풍력 시장은 북미, 유럽, 아시아 태평양(APAC)으로 분류됨. 해상 풍력 시장은 기술의 발전과 트렌드 변화에 따라 빠른 속도로 성장하고 있음. 세계는 재생에너지 자원으로 전환하고 있으며 전 세계적으로 탈탄소화에 대한 강조가 점점 더 커지고 있음. 따라서 해상 풍력발전 시스템은 청정에너지 생산 능력과 터빈 기술의 발전으로 생산 단위당 비용이 감소하여 전 세계적으로 빠른

속도로 수요가 증가할 것으로 예상됨. 유럽과 아시아 태평양은 재생 에너지 자원에 대한 높은 수요와 이 지역의 유리한 조건으로 인해 세계 해상 풍력 시장의 주요 기여자임

- 북미는 해상 풍력 시장에서 가장 빠르게 성장하는 시장이 될 것으로 예상됨. 현재 유럽은 지역별로 가장 큰 해상 풍력 시장이며, 아시아 태평양 지역이 그 뒤를 따름. 유럽 해상 풍력 시장의 성장은 주로 영국, 독일, 덴마크와 같은 국가의 수요에 의해 주도됨. 대부분의 시장 참가자들은 해상 풍력 시장에서 더 큰 점유율을 차지하기 위해 더 많은 계약을 체결하고 용량을 추가함으로써 해상 풍력 사업을 확장하려고 노력하고 있음. 지난 몇 년 동안 Siemens Gamesa(독일)와 MHI Vestas Offshore Wind A/S(덴마크)는 전 세계적으로 대부분의 해상 풍력 터빈을 설치했음

2. 시장 역학 분석

2-1. 시장 개요

- 해상 풍력발전단지의 등장은 온실가스 배출을 줄이고 전체 에너지 믹스에서 재생 에너지 비중을 높여야 할 필요성에서 시작되어, 전 세계적으로 전기 소비가 증가함에 따라 새로운 기술이 전기의 생산, 송전, 배전 및 사용에 영향을 미칠 것으로 예상됨
- 기존의 전력 공급원은 기후변화, 환경 오염 및 기타 문제를 일으킴에 따라서 해상 풍력 시장은 추진력을 얻고 있으며 이 시장에는 아직 개발되지 않은 잠재력이 많이 존재함

2-2. 시장 역학

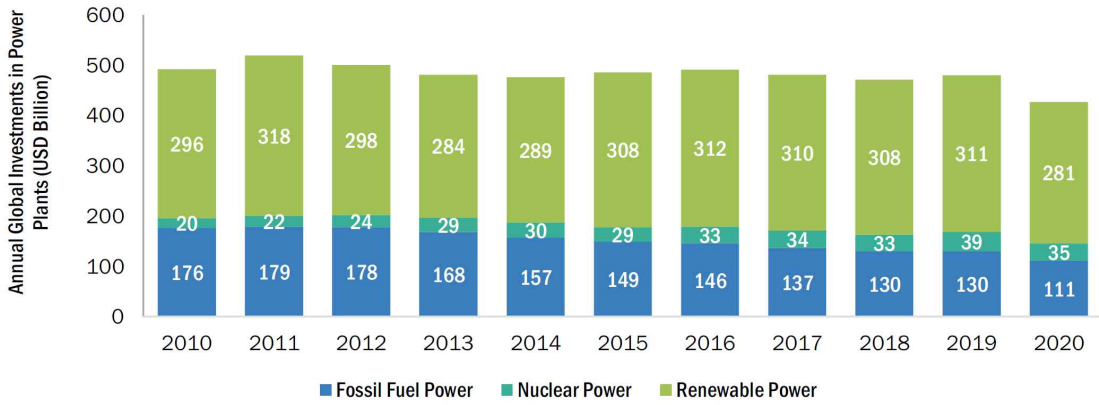
- 해상 풍력 발전의 동인, 제한조건, 기회요소 및 도전과제를 중심으로 시장역학을 분석하면 다음 그림과 같이 정리할 수 있음



[그림 3-7] 해상 풍력발전의 동인, 제한조건, 기회요소 및 도전과제

2-3. 동인

- 전 세계적으로 재생에너지에 대한 투자가 증가하면 해안 풍력 시장에서 벗어날 가능성이 높음
 - 탄소배출량 감소, 화석연료 고갈, 기후변화 등의 요인으로 인해 에너지 부문에서는 재생에너지와 녹색에너지로 눈에 띄는 변화가 일어나고 있음. 친환경 에너지를 향한 계획을 지원하기 위해 다양한 정부 정책이 시행되고 있음
 - 많은 다국적 기업이 더 푸른 지구와 지속 가능성에 기여하기 위해 탄소 배출량을 줄이기 위한 조치를 취하고 있음. 예를 들어, 노르웨이의 Equinor는 2050년까지 탄소 배출량을 절반으로 줄이는 것을 목표로 하고 있음. 계획의 일부는 재생 에너지 사업, 특히 해상 풍력을 개발하는 것인데, 이는 6년 안에 6,000메가와트, 15년 안에 16,000메가와트에 도달할 수 있음. 또 다른 예는 에너지 대기업인 Total이 SSE Renewables와 Seagreen 1 해상 풍력 발전소 프로젝트의 지분 51%를 인수하기로 계약을 체결한 것임. Total은 이 프로젝트에 7천만 유로를 투자할 것으로 예상됨
 - 분석가에 따르면 해상 풍력은 2022년까지 미국 재무부에 1,660억 달러의 신규 투자와 17억 달러의 새로운 세수를 창출하는 동시에 2035년까지 매년 80,000개의 일자리를 지원할 수 있음

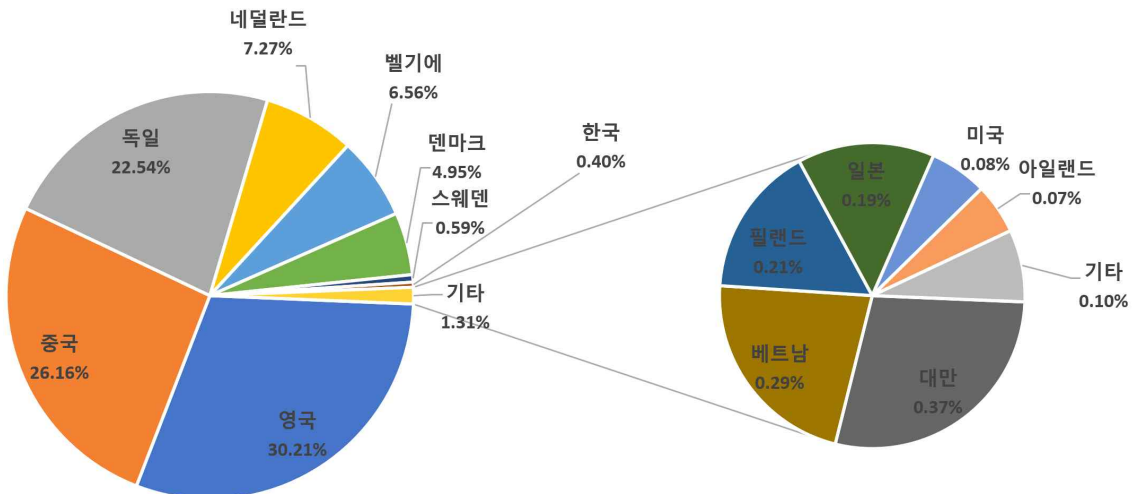


Source: International Energy Agency

[그림 3-8] 발전소에 대한 연간 글로벌 투자, 2010~2020년(10억 달러)

□ 모든 지역에 걸쳐 유리한 정책

- 2019년 전 세계 풍력 산업은 19% 성장한 60GW로 역대 두 번째로 높은 연간 증가율을 기록해 총 650GW(육상 621GW, 나머지 해상)에 달했음
- 정책 변화를 앞두고 중국과 미국의 급증은 물론, 유럽의 상당한 증가도 빠른 경기 확장에 한몫했음. 예를 들어, 기업 전력 구매 계약(PPA), 세금 공제, 재생 가능 포트폴리오 표준(RPS) 및 기타 수입원은 미국의 주요 수입원(도매 가격, 친환경 인증 등)임. 중국에서는 행정적으로 고정된 요금이 2025년까지 거의 모든 풍력 발전 확장을 지원할 것으로 예상되며, 그 이후에는 새로운 육상 풍력 요금이 지방 전력 벤치마크 가격에 따라 결정될 것임



[그림 3-9] 국가별 해상 풍력의 총 설치 용량, 2020년(MW)

2-4. 제한 사항

□ 높은 자본 비용 및 물류 문제

- 해상 풍력은 가장 유망하고 친환경적인 에너지 생산 기술 중 하나로, 태양광, 육상풍력 등 관련 기술에 비해 용량 요소가 높지만 막대한 자본 비용이 구현을 방해하고 있음
- 해상 풍력 터빈은 열악한 해양 환경에서 수십 년 동안 작동하기 때문에 침식되기 쉽고, 때로는 높은 풍속과 같은 가장 유리한 특징조차도 해상 풍력 터빈에 부정적인 요소가 됨. 예를 들어, 풍속이 25m/s를 초과하면 터빈이 정지되는 경향이 있음
- 해상 풍력단지의 규모가 시간이 지날수록 커지면서 건설, 운송, 설치, 운영과 관련된 과제도 증가했으나, 일반적으로 물류와 관련된 과제는 해상 풍력 발전 단지에서 더 큰 과제임
- 해상 풍력 발전소는 일반적으로 해안에서 매우 멀리 떨어져 있으며, 특히 악천후에는 접근하기 어렵기 때문에 가장 작은 기술 문제라도 수정하는 것은 까다롭고 비용이 많이 들 수 있음
- 해상 풍력 발전 배치의 다른 도전 요소는 자원 특성화, 그리드 상호 연결 및 운영, 송전 인프라 개발과 관련되어 있으며 이는 태양광 및 육상 풍력과 같은 다른 기술에서는 훨씬 간단함
- 따라서 운영, 유지 관리, 운송 및 물류와 관련된 높은 자본 비용과 문제로 인해 글로벌 해상 풍력 시장이 제약을 받고 있으며, 해상 풍력터빈에서 발생하는 킬로와트당 자본비용은 석탄화력 연소터빈보다 높다는 것을 다음 표에서 추론할 수 있음

<표 3-2> 다양한 기술에 대해 KW당 발생하는 평균 자본 비용

기술	투입자본(달러/kW)
석탄 연소 터빈	500~1,000
천연가스 연소 터빈	4800~800
풍력 터빈	1,200~5,000
원자력	1,200~5,000
수력	1,200~5,000

출처: Energy Information Administration - EIA

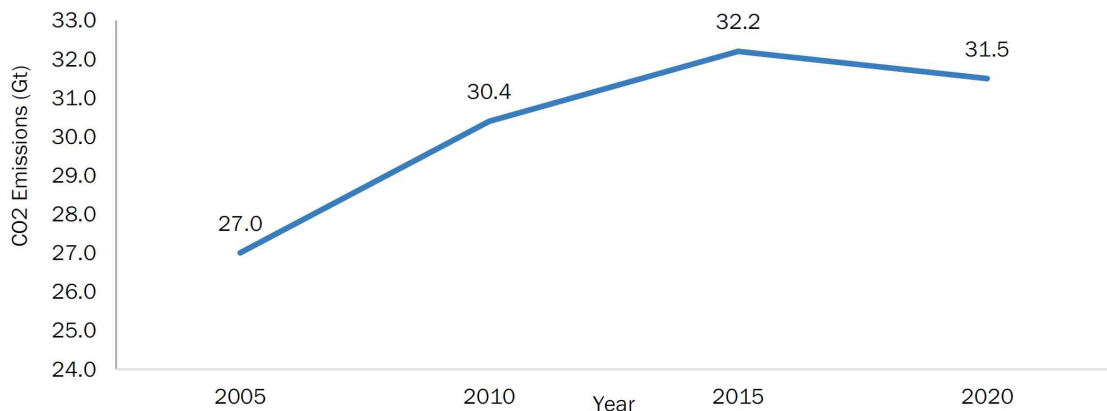
□ 저렴한 컨벤션 비용 생성

- 해상 풍력 발전 단지의 구현 비용은 다른 기존 전력 생산원에 비해 높을 뿐만 아니라 많은 개발도상국은 풍부한 석탄을 보유하고 있으며 발전을 위한 전통적인 구조를 확립했기 때문에 기존 방식으로 전력을 생산하는 것이 더 저렴함
- 장기적으로 해상 풍력발전소는 비용 효율성이 높다는 것이 입증될 수 있으나, 해상 풍력으로 전환하려면 상당한 투자가 필요함. 해상 풍력 발전 단지 개발에 대한 정치적 의지와 정책의 부족은 많은 개발도상국의 주요 과제임

2-5. 기회 요소

□ 탄소 배출량을 줄이기 위한 정부 및 회사의 이니셔티브

- 기술 비용 하락, CO₂ 배출 감소 요구 증가, 개발도상국과 후진국의 에너지 소비 증가로 인해 재생에너지 수요는 계속 증가할 것임
- 국제재생에너지기구(IRENA)에 따르면, 파리협정 목표를 달성하려면 연간 전 세계 에너지 생산량에서 재생에너지가 차지하는 비중을 현재 25%에서 2050년까지 86%로 늘려야 함. 이를 달성하기 위해 전 세계는 2030년까지 투자할 것으로 예상되는 95조 달러에서 2050년까지 이 분야에 110조 달러를 투자해야 함. 이러한 변화로 인해 화석 연료에서 재생 가능 에너지원으로의 전환이 감지될 것임
- Bloomberg BNEF는 2019년부터 2050년 사이에 새로운 전력 생산 자산에 13조 3천억 달러가 지출되고, 15,145GW의 무탄소 발전소가 건설될 것으로 예상함. BNEF에 따르면 풍력과 태양광은 2050년까지 전 세계 전력 생산량의 50%를 차지할 것으로 예상됨



Source: International Energy Agency

[그림 3-10] 전 세계 에너지 관련 CO₂ 배출량, 2005~2020년

- 풍력 발전소는 풍력 자원을 더 잘 활용하기 위한 부유 기반 시설에 대한 액세스를 허용함
 - 대부분의 풍력 터빈의 기초는 현재 60미터 미만의 깊이 내에 설치되어 있음. 기술의 발전으로 바닥에 고정된 하부구조 없이 작동할 수 있고 심해에도 배치할 수 있는 부유식 풍력발전 단지가 등장하고 있음. 이를 통해 새로운 풍력 발전 단지가 바다 속으로 더 깊고 해안에서 더 멀리 들어갈 수 있게 되었음
 - 심해에서 지속적으로 강한 바람이 불면 기업은 이 풍력 에너지를 활용하고 전기 생산 비용을 줄이는 데 도움이 될 것임. 부유식 풍력 발전 단지 기술은 해상 풍력 발전 단지 개발자들에게 완전히 새로운 시장을 열었음
 - Equinor, Orsted 등 많은 기업들이 부유식 기초에 투자하고 있음. 2017년 Equinor는 영국 최초의 해상 부유식 풍력 발전소인 Hywind Scotland를 설립했음. 환경에 미치는 영향이 낮고 제조 및 설치가 용이하다는 잠재력은 부유식 해상 풍력 발전 단지의 장점 중 하나임
 - 부유식 풍력 터빈에 사용되는 주요 유형의 부유식 플랫폼에는 바지선, 반잠수식, 스팅 및 텐션 레그 플랫폼이 포함됨. 현재 수심 60~300m 사이에 부유식 풍력 발전 단지를 설치하는 것이 기술적으로 가능하고, 최대 수심 800m까지 배치할 수 있는 풍력발전단지를 개발하기 위한 연구가 진행 중임

2-6. 도전 과제

- 해안 풍력 발전 단지를 개발하는 데 필요한 기술적 전문성 부족
 - 해양이나 해역에 풍력 발전 단지를 개발하는 것은 어려운 일이기에 해상 풍력발전 단지를 개발하기 위해서는 다양한 장비와 기술적 전문성이 필요함
 - 터빈 기술의 발전 외에도 크기는 해상 풍력 터빈의 설치 및 운송과 관련된 기술 복잡성을 증가시키는 또 다른 요소임. 풍력 터빈의 기술 발전은 해상 풍력 발전 단지의 균등화 에너지 비용(LCOE)을 줄이는 주요 요소 중 하나였음. 프로젝트가 계속해서 해안에서 멀어짐에 따라 송전 기술은 장거리에서 손실이 더 적기 때문에 고전압 교류(HVAC)에서 고전압 직류(HVDC)로 전환될 가능성이 높음
 - 모든 회사가 이러한 과제를 달성할 수 있는 역량과 기술을 보유하고 있는 것은 아님

□ 풍력발전소 운영 중 기후적 과제

- 강풍을 비롯한 다양한 기후 요인으로 인해 해상 풍력 발전 단지의 개발 및 운영이 어려워지고 있으며, 부식, 피로, 침식, 낙뢰 및 생물 부착은 해상 풍력 자산의 설계, 제조 및 운영과 관련된 주요 문제임
- 해상 풍력 에너지에 대한 의존도가 증가함에 따라 이러한 문제를 해결하고 해상 풍력 터빈의 운영 가용성을 보장하는 것이 더욱 중요해지고 있어서, 기술이 발전함에 따라 더 많은 해상 풍력 프로젝트가 해안에서 더 깊고 멀리 이동하고 있음
- 해안으로부터의 거리가 멀어짐에 따라 풍속과 기상 조건도 가혹해지고 예측할 수 없게 됨. 식염수와 습한 기후 조건도 풍력 터빈의 장기 작동에 적합하지 않음. 정기적인 모니터링과 유지 관리도 필요하며 이는 또 다른 과제임

3. 풍력 발전의 설치비용 및 가치사슬 분석

3-1. 설치비용 분석

- 2010년 및 2019년 해상 풍력 에너지의 설치 비용 추세를 분석하면 다음 표와 같이 정리할 수 있음

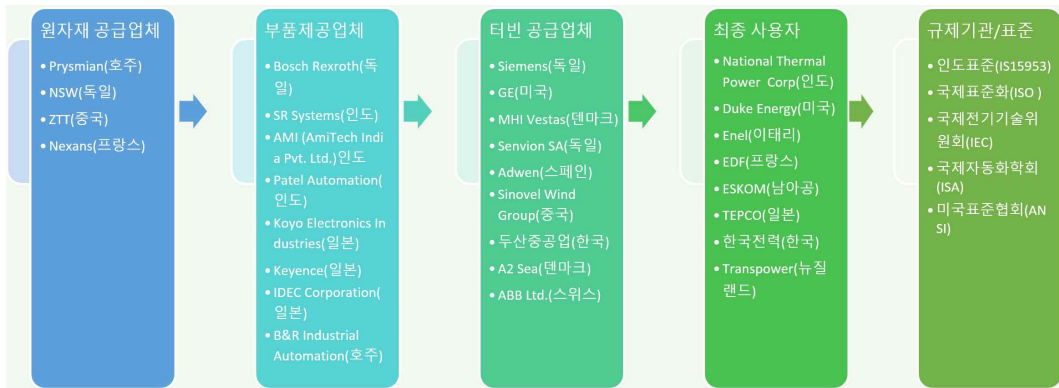
<표 3-3> 해상 풍력 에너지의 가중 평균 총 설치 비용 추세, 2010&2019년(달러/kW)

국가	2010	2019
중국	4,424	3,014
일본	4,877	4,900
벨기에	6,041	3,907
덴마크	3,265	2,928
독일	6,428	4,077
영국	4,534	4,580

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026

□ 시장 생태계

- 해상 풍력 시장에서 원자재 공급업체, 부품 제공업체, 터빈 공급업체, 최종 사용자 및 규제기관과의 관계를 정리하면 다음 그림과 같음



[그림 3-11] 해상 풍력 시장의 시장 생태계 지도

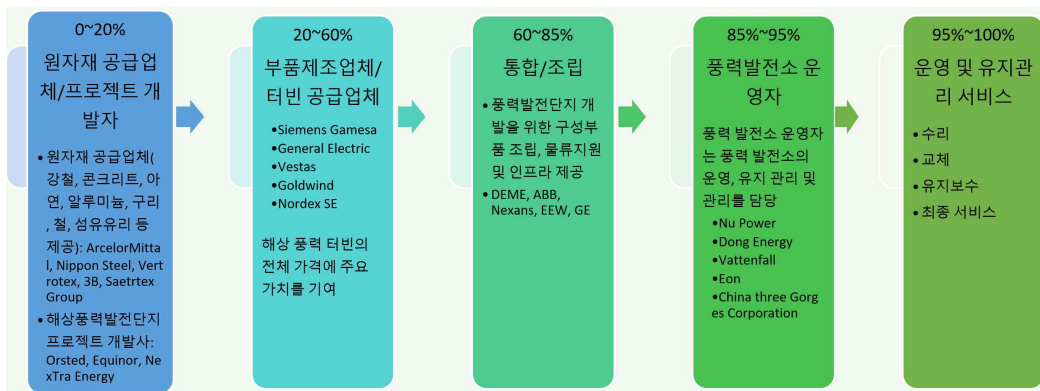
<표 3-4> 해상 풍력 시장: 생태계

회사	생태계 내 역할
ABB(스위스)	제조사/공급자/원자재 공급자
Siemens Gamesa (독일)	제조사/공급자/원자재 공급자/통합업체
Schneider Electric(프랑스)	제조사/공급자/원자재 공급자
Ingeteam	제조사/원자재 공급자
Rockwell Automation(미국)	제조사/공급자/원자재 공급자
General Electric(GE)	통합업체
Suzlon	통합업체
Vestas	통합업체

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026

3-2. 가치사슬 분석

- 해상 풍력 시장의 가치사슬에는 원자재 공급업체, 부품제조업체/터빈공급업체, 통합 및 조립업체, 발전소 운영업체 등이 관련되어 있음



[그림 3-12] 해상 풍력 시장: 가치 사슬 분석

□ 원자재 공급업체

- 해상 풍력발전단지 개발에는 다양한 제품과 서비스가 투입됨. 개발자는 내부적으로 많은 프로젝트 개발 및 관리를 처리하며, 많은 서비스는 개발팀이 위치한 국가와 동일한 조직에 계약되어 있음
- 해상 풍력 발전 단지의 레이아웃, 지지 구조물 선택 및 설계, 전기 아키텍처, 설치 방법의 각 부분은 일반적으로 2년이 소요되는 반복적인 엔지니어링 프로세스를 통해 개발됨. 제약 분석은 해운 및 어업과 같은 다른 해양 사용자의 활동, 석유 및 가스 파이프라인, 통신 케이블과 같은 해저 인프라의 존재, 모래톱과 같은 지질학적 특징을 기반으로 임대 지역 내에서 개발 가능한 영역을 정의함
- 풍력 터빈에 필요한 원자재는 일반적으로 강철(전체 터빈 질량의 71~79%), 유리 섬유, 수지 또는 플라스틱(11~16%), 철 또는 주철(5~17%), 구리(1~10%)로 구성됨. % 및 알루미늄(0~2%). 개발자와 원자재 공급업체는 해상 풍력 시장 전체 가치 사슬의 약 20%를 차지함

□ 부품 제조업체/터빈 공급업체

- 최종 풍력발전소에 20~60% 범위의 가치를 추가함. 이 단계에는 Siemens Gamesa, Vestas 등과 같은 해상 풍력 터빈 공급업체와 일반적으로 ABB, Schneider Electric 등과 같은 풍력 터빈 제조업체를 위한 블레이드, 드라이브트레인, 발전기 등을 제조하는 부품 제조업체가 포함됨. 해상 풍력 생태계의 Value Chain에서 최대의 가치를 보유하고 있음. 부품 제조업체와 터빈 공급업체는 가치 사슬에 가장 큰 기여를 함. 이들 회사는 R&D와 풍력 터빈 개발을 수행하여 가치 사슬에 대부분의 가치를 추가함. 터빈 공급에는 나셀, 로터 및 대부분의 경우 타워와 같이 풍력 터빈을 구성하는 모든 전기 및 기계 구성 요소와 시스템의 생산, 조립 및 시스템 수준 기능 테스트가 수반됨. 풍력 터빈 제조업체는 전체 시스템과 수많은 구성 요소를 조립하기 전에 설계하는 시스템 통합업체로, 내부에서 제조하거나 제3자로부터 구매할 수 있음

□ 시스템 통합/조립업체

- 통합 및 조립 단계에는 운송, 물류, 해상 풍력 터빈 설치 지원을 제공하는 회사가 참여함. 일반적으로 터빈 공급업체는 물류 및 운송 서비스를 제공함. 하지만 DEME, ABB 등 해상 풍력발전단지 설치와 해상 풍력단지 개발에 필요한 인프라를 전문적으로 설치하는 업체도 있음

- 해상 풍력발전 단지를 건설하고 설치하려면 많은 국가에서 쉽게 이용할 수 없는 기술적 전문성과 전문 장비가 필요함. 플랜트와 터빈의 균형에 대한 작업은 설치 및 시운전에 포함됨
- 제조 시설, 설치 항만 시설, 기초 설치, 터빈 설치 및 시운전, 배열 및 수출 케이블 설치, 해상 변전소 설치 및 해상 기반 지원에서 완성된 어셈블리 운송은 통합업체가 담당하는 영역임
- 가치사슬의 이 단계에서는 해상 풍력 발전소에 필요한 해저 케이블, 육상 및 해상 변전소와 같은 전기 인프라 개발과 관련된 회사도 고려함. GE, ABB, Nexans 등 다양한 기업이 해상 풍력 발전 단지에 전기 인프라를 전문적으로 제공하고 있음. 이 단계는 전체 가치사슬의 25%를 차지함

□ 풍력 발전소 운영업체

- 해상 풍력발전단지 운영은 해상 풍력단지의 전반적인 관리를 담당하며, 이 단계에서는 풍력 발전 단지의 운영 및 유지 관리를 수행함
- 풍력 발전소 소유자는 다른 금융 당사자 및 지분 파트너와 함께 일반적으로 장기 (일반적으로 20년) 계약에 따라 발전 단지에서 생성된 전기를 다른 공공시설에 판매함

□ 운영 및 유지 관리 서비스

- OMS(운영 및 유지 관리 서비스)는 소규모 운영, 유지 관리 및 소규모 서비스와 운영, 유지 관리 및 주요 서비스의 두 가지 범주로 나눌 수 있음
- 첫 번째 범주에는 일반적으로 풍력 발전 단지의 일상적인 운영 및 제어, 정기적인 유지 관리 활동, 상태 모니터링 등이 포함됨
- 두 번째 범주에는 주요 구성 요소의 수리 또는 교체와 같은 주요 서비스가 포함됨
- 운항 중에는 터빈 블레이드, 기어 등 중요한 구성품을 제거하고 교체하기 위해 대형 선박이 필요함. 이는 고장으로 인해 또는 유효 수명이 거의 끝나가는 구성 요소에 대한 교체 프로그램의 일부로 발생할 수 있음
- 풍력 발전 단지 개발은 광범위하고 장기적인 프로젝트이기 때문에 터빈 공급업체와의 계약이나 합의는 대부분 풍력 터빈 수명의 상당 부분에 대한 유지 관리 및 수리 계약을 포함함

4. 해상 풍력 기술 분석 및 사례 분석

4-1. 기술 분석

□ 해상 풍력발전단지 인프라

- 다양한 기계와 기술의 통합 측면에서 많은 통합이 필요하며, 해상 풍력단지 개발을 위해서는 바다나 바다에 풍력터빈을 설치하기 위한 전문적인 기계와 기술이 필요함
- 이 지역은 아직 개발 중인 지역이고 아직 해야 할 일이 많기 때문에 다양한 개발이 진행되고 있고, 다양한 다국적 기업과 조직의 지원을 받는 정부 이니셔티브가 기술 측면에서 해상 풍력 시장의 성장을 주도하고 있음. 예를 들어, 미국 에너지부의 풍력 에너지 기술 사무소는 해상 풍력 기술을 개발하고 전국에 배포하기 위한 연구 자금을 지원함

□ 해상 풍력 터빈 개발

- 점점 더 큰 규모의 풍력 터빈을 만드는 것이 기술적으로 가능하나, 어려운 요소는 R&D, 비용, 제조, 물류의 모든 부분이 동기화되도록 하는 것임
- 가장 가벼운 나셀도 매우 무겁기 때문에 풍력 터빈 구성 요소의 무게와 크기도 문제가 됨. 또한 풍력 터빈의 크기가 증가한다는 것은 풍력 터빈 설치와 관련된 크기와 복잡성을 처리할 수 있는 강력한 공급망이 이를 지원해야 함을 의미함
- 예를 들어, Siemens Gamesa는 로터 직경이 222m인 14MW 직접 구동 터빈을 개발했음. 또 다른 예는 로터 직경이 220m인 GE의 Haliade-X 14MW 해상 풍력 터빈임

□ 전기 인프라

- 터빈의 크기와 용량이 증가함에 따라 이 전력을 그리드로 전송하는 데 필요한 인프라도 업그레이드해야 함. 또한, 전기 전송에 사용되는 케이블은 해저에 있어야 하며 육지에 있는 터빈과 그리드에 연결되어야 함
- 풍력 발전 단지가 심해로 이동함에 따라 변전소에 케이블과 송전을 설치하는 작업이 더욱 어려워지고 있으므로, 이 분야에서는 손실을 줄이고 안전을 개선하며 효율성을 높이기 위한 개발이 진행 중임

- 예를 들어, GE는 그리드로의 보다 효율적인 송전을 위해 HVAC 기술을 개발하고 있음. Nexans 및 ABB와 같은 일부 회사는 해저 케이블용 케이블 기술을 전문으로 함
- GE와 ABB는 그리드-터빈 연결을 위한 포괄적인 기술을 제공함. Hitachi ABB는 해상 풍력 발전 단지용 변압기를 공급하고 있으며, 해상 풍력 발전 단지용 변압기 시리즈를 출시했음

□ 하부 구조

- 현재 많은 해양 프로젝트가 바다 더 깊은 곳으로 이동하고 있어 적절하고 보다 발전된 하부 구조를 요구하고 있음. 또한, 터빈의 크기가 커지면서 터빈은 점점 무거워지고 있어서 보다 강력한 플랫폼과 하위 구조가 필요함
- 하부 구조는 육상 풍력 터빈과 해상 풍력 터빈(OWT)의 근본적인 차이이며, 해상 환경 조건이 복잡할수록 기초 설계 요구 사항도 더 커지고 있음
- 환경과 직접적으로 접촉하는 기초는 해상 풍력 부문의 성장에 매우 중요하며, 현재 사용되는 기초의 종류는 모노파일, 중력, 삼각대, 재킷, 플로팅, 석션버킷 등이 있음
- 모노파일은 가장 단순하고 천이수심(30~60m)에 널리 사용되는 반면, 깊은 수심(60m 이상) 해상 풍력발전단지에 적합할 수 있어 부유식 기초가 개발되고 있음. 해양 프로젝트가 바다 속으로 더 깊이 이동함에 따라 재킷 기초가 시장 점유율을 높이고 있음

4-2. 해상 풍력의 코드 및 규정

- 해상 풍력 시장에 적용되는 코드 및 규정은 전 세계 국가의 관련 기관이나 국제 표준화기구(ISO), 국제전기기술위원회(IEC), 전기전자공학회(IEEE) 등 국제 협회에서 제정함
- 해상 풍력 코드 및 규정은 다음 표와 같이 정리할 수 있음

<표 3-5> 해상 풍력 코드 및 규정

순번	국가	지역	정책	설명
1	인도	아시아 태평양	Electricity Act 2003	지정 기관, 배전 사업자 또는 민간 기업은 해상 풍력 발전 프로젝트 개발자와 전력 구매 계약(PPA)을 체결하고 해당 위원회에서 정한 규범 및 지침에 따라 해상 풍력을 직접 구매
2	미국	북미	MMS Final Rule, 2010	경쟁력 있는 상업용 해상 풍력 발전 단지에는 두 가지 해안 구역 관리법(CZMA) 일관성 검토가 필요함 - 하나는 임대 판매 조치 및 SAP 활동에 대한 것 - 다른 하나는 건설 및 운영 계획(COP)에 대한 것임 CZMA에 따르면 임대 또는 보조금은 연방 기관 활동으로 간주되는 반면, SAP 및 COP는 연방 라이선스 또는 허가로 간주됨.
3	영국	유럽	The Energy Act 2004	이 법안은 12nm(해리)에서 200nm까지 영국 영해에 인접한 재생에너지 구역(REZ)을 설정하여 재생에너지 시설을 설치할 수 있음 이 법안을 통해 Crown Estate는 현재 영해 내 부지를 임대하는 것과 거의 동일한 기준으로 REZ의 풍력 발전소 부지에 대한 라이선스를 부여할 수 있음 이 법안은 또한 REZ의 재생 에너지 프로젝트를 규제하는 데 필요한 추가 권한을 정부에 부여함
4	독일	유럽	Offshore Wind Act (Windenergie-auf-See-Gesetz - WindSeeG).	국가가 해상 풍력 단지를 개발하는 지역은 기본적으로 사전 개발되고, 프로젝트 개발자는 사전 개발된 지역의 프로젝트에만 입찰할 수 있는 중앙 모델이 이 시스템에 따라 만들어짐 중앙 모델은 2026년부터 시운전되는 프로젝트에만 도입되었으며, 관세에 대한 첫 번째 입찰 절차는 2021년부터 시작됨
5	영국	유럽	The Crown Estate Act 1961	Crown Estate는 영국 해저와 해안 지역의 토지 소유자임 해저에 구조물이나 케이블을 배치하려면 부지 옵션 계약 및 임대 형태의 Crown Estate의 허가가 필요함. 여기에는 해상 풍력 발전소와 보조 케이블 및 기타 해양 시설이 포함됨
6	중국	아시아 태평양		해상 풍력 발전 프로젝트의 전기 가격은 2019년에 kWh당 0.8위안(kWh당 미화 0.12달러)으로 인하되고, 2020년에는 kWh당 0.75위안(미화 0.11달러)으로 추가 인하됨
7	덴마크	유럽	Energy 21	덴마크 정부의 에너지 실행 계획(1999년 발행)의 목표는 2030년까지 풍력 터빈을 통해 5,500MW의 전력 공급을 설치하는 것임

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026

4-3. 사례 연구 분석

□ 독일: 해상 풍력 발전 단지가 뮌헨의 에너지 믹스를 변화

<표 3-6> 해상 풍력 사례 연구 분석: 독일

문제점	해결책
<ul style="list-style-type: none"> - 뮌헨은 독일의 가장 중요한 경제 중심지 중 하나가 유럽의 에너지 사용에 대한 매우 중요한 벤치마크가 될 수 있는 미래로 도약했음 - 독일 바이에른 주의 수도인 뮌헨에는 80만 가구와 산업체, 전차, 지하철이 있어 매년 75억 킬로와트시의 전기를 소비함 - 도시는 야심찬 기후 및 환경 보호 목표를 설정했음 - 2025년까지 재생 가능 전력을 사용하여 전체 전력 수요를 충족하는 세계 최초의 도시가 되 고자 함 	<ul style="list-style-type: none"> - 해상 풍력발전단지는 개별 프로젝트를 통해 상당한 진전을 이룰 수 있는 지역이기 때문에 도시 목표에 대한 확실한 해결책으로 떠올랐음 - SWM의 시스템은 재생 가능한 전력을 대규모로 최대한 활용할 수 있는 곳에서 구체화되고 있음 - 왜냐하면 소비되는 곳 바로 근처에서 전기를 생산할 필요가 없기 때문임. 대신, 초지역 고전압 전력망에 전력을 공급하기만 하면 됨

□ 영국: 해안 풍력 농장에서 신재생 에너지 생산

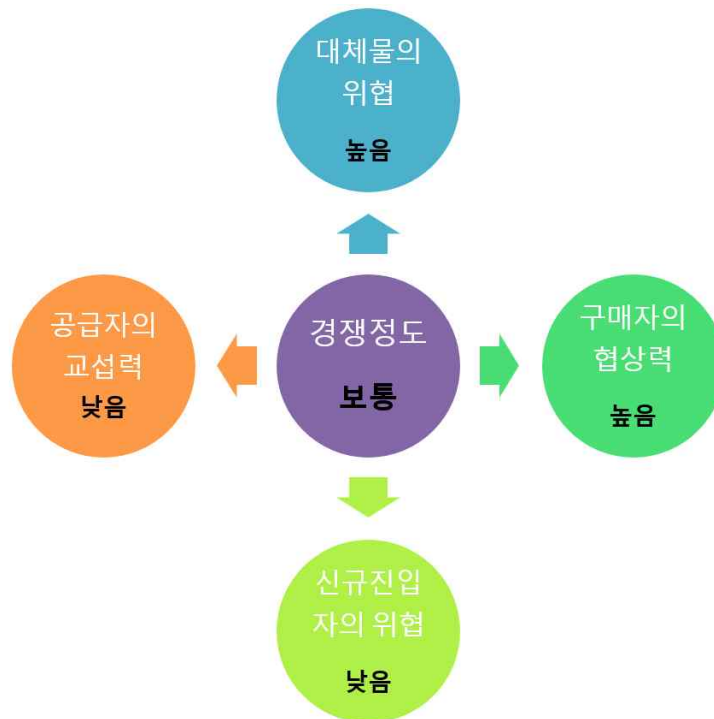
<표 3-7> 해상 풍력 사례 연구 분석: 영국

문제점	해결책
<ul style="list-style-type: none"> - 영국 연합 정부는 2020년까지 영국의 법적 구속력이 있는 재생 에너지 목표인 15%를 가장 비용 효율적인 방법으로 달성하여 소비자 요금에 미치는 영향을 최소화하기 위해 최선을 다했음 - 목표를 달성하기 위해 정부는 청정 에너지에 대한 투자를 장려했음 	<ul style="list-style-type: none"> - 정부는 청정에너지에 대한 투자를 장려했음. 2010년 1월부터 2020년 9월 사이에 에너지기후 변화부(DECC)는 재생 가능 발전에 대한 민간 부문 투자가 432억 달러에 달한다고 발표했다 - 주요 발전원 중 하나는 해상 풍력이었음. 계획/프로그램의 해상 풍력 부문은 영국 배타적 경제 수역(EEZ)의 관련 지역과 잉글랜드 및 웨일스 영해에서 해상 풍력 발전 단지 임대를 추가로 가능하게 하는 것을 목표로 함

5. 포터의 5가지 경쟁요인 분석

□ 해상 풍력 시장의 포터 경쟁요인

- 업계를 지배하는 경쟁 환경은 포터(Porter)의 5가지 경쟁요인 분석 프레임워크를 통해 분석할 수 있음
- 이 분석은 특정 부문이나 산업에 진입하고 퇴출하는 의사 결정에 도움이 되고, 이 모델은 해상 풍력 시장의 현재 환경을 이해하는 데 사용됨
- 이러한 요인 중 일부 또는 전부의 변화는 시장에 급격한 영향을 미칠 수 있고, 이러한 세력은 경쟁 정도, 신규 진입자의 위협, 공급자의 교섭력, 구매자의 교섭력, 대체재의 위협이라는 다섯 가지 관점에서 시장을 분석함



<그림 3-13> 해상 풍력 시장의 포터 경쟁요인

□ 대체물의 위협

- 대체재 위협은 시장에서 현재 제품을 대체하는 대체 제품이 나올 가능성을 의미함
- 해상 풍력발전 시장은 대체재의 위협에 직면해 있음. 석탄, 석유, 천연가스, 재생 에너지(태양광 및 수력)와 같은 다른 발전원은 여전히 발전에 널리 사용되고 있음
- 따라서 해상 풍력 시장에서는 대체재의 위협이 높음

□ 공급자의 교섭력

- 공급업체의 교섭력은 원자재나 핵심 부품 공급업체가 시장 참여자에게 행사할 수 있는 압력을 의미함
- 풍력 터빈, 전기 인프라, 물류 등 제품 및 서비스 공급업체는 구매자에게 큰 압력을 가함. 공급자가 제공하는 제품과 서비스는 대부분 표준화되어 있음. 그러나 이는 고객의 요구 사항에 따라 맞춤화될 수도 있음
- 이 시장은 기술 요구 사항과 자본 투자가 매우 높기 때문에 시장에 참여하는 업체가 많지 않음. 시장은 소수의 강력하고 큰 플레이어가 지배하고 있음
- 따라서 해상 풍력 시장에서는 공급업체의 교섭력이 높음

□ 구매자의 협상력

- 구매자의 협상력은 해상 풍력 부품 구매자가 해상 풍력 발전소 부품 및 인프라/서비스 제조업체와 공급업체에 행사할 수 있는 압력을 의미함
- 소수의 주요 업체만이 이 시장에서 활동하고 있기 때문에 구매자의 협상력은 낮음. 주요 시장 참가자들은 국제 기술 표준에 따라 제조된 제품을 제공함
- 풍력 발전 단지의 핵심 시스템 중 일부는 상호 운용성 문제로 인해 핵심 구성 요소와 동일한 제조업체에서 구매해야 함
- 따라서 해상 풍력 시장에서 구매자의 협상력은 낮음

□ 신규 참가자에 대한 위협

- 신규 진입자 위협은 새로운 경쟁자가 업계의 현재 플레이어에게 가하는 위협을 의미함
- 현재 해상 풍력 시장은 신제품 개발에 필요한 R&D 비용이 높기 때문에 신규 진입자의 위협이 낮음. 기존 제조업체는 오랜 운영 역사와 수년간의 R&D 및 고객 서비스 경험으로 인해 신규 진입자보다 경쟁 우위를 갖고 있음
- 시장에서 강력한 기반을 갖고 있는 기존 시장 참가자들은 더 많은 시장 점유율을 확보하기 위해 유기 및 무기 전략에 집중하고 있음. 기존 플레이어는 초기 시장 진입과 광범위한 제품 포트폴리오라는 이점을 가지고 있어서 신규업체의 시장진입은 어렵게 됨
- 따라서 해상 풍력 시장에서 신규 진입자의 위협은 낮음

□ 경쟁의 정도

- 몇몇 주요 제조업체가 지배적인 시장 점유율을 보유하고 있지만 일부 플레이어는 전문적이고 고유한 제품을 제공함
- 시장 참가자들은 계약, 계약, 인수 합병 등과 같은 경쟁 전략을 사용하고 있음. 최고의 시장 참가자들은 훌륭한 경쟁 전략을 가지고 있으며 과거에도 이미 여러 계약을 확보했음
- 해상 풍력 발전 단지의 최종 사용자는 과거 경험으로 인해 이러한 대기업의 구매를 선호함
- 따라서 해상 풍력 시장의 경쟁 정도는 보통 수준임

<표 3-8> 해상 풍력 시장: 포터의 5가지 경쟁요인

요인	영향
경쟁 정도	보통
공급자의 교섭력	높음
구매자의 협상력	낮음
대체물의 위협	높음
신규진입자의 위협	낮음

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026

6. 구성요소별 해상 풍력 시장

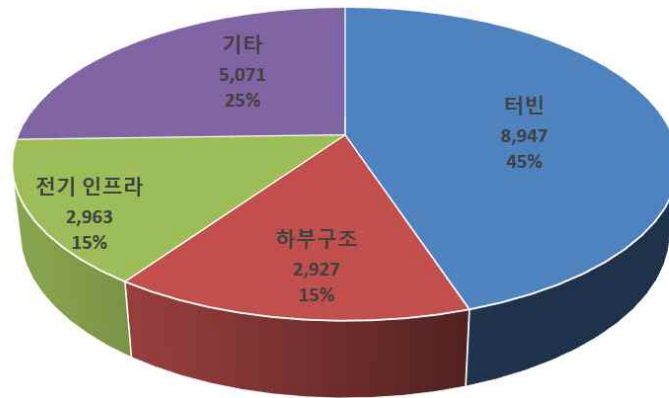
6-1. 구성 요소별 시장 개요

- 해상 풍력 에너지라고도 알려진 해상 풍력 발전은 주로 바다 등 수역에 건설된 풍력 발전 단지(풍력 터빈 그룹)에서 풍력 에너지를 수확하여 전기를 생산함으로써 생성됨. 육상에 비해 해상 풍력 발전은 풍속이 더 높기 때문에 해상 풍력 발전은 설치된 단위 용량당 더 많은 전력을 생산함
- 구성 요소를 기반으로 하는 글로벌 해상 풍력 시장은 터빈, 하부 구조, 전기 인프라 등으로 분류됨. 기타 부문의 범위에는 물류, 조립 및 설치가 포함됨
- 해상 풍력 에너지는 대부분의 국가에서 강한 바람의 에너지를 활용하여 생성됨. 현재 사용 가능한 풍력 터빈은 모든 해양 환경 조건에 적응할 수 있도록 수정 및 업그레이드된 시스템임

<표 3-9> 구성요소별 해상 풍력 시장 규모(2019~2026년)(백만 달러)

구성요소	2019	2020	2021-e	2022-p	2023-p	2024-p	2025-p	2026-p	CAGR ('21~'26)
터빈	9,536	8,947	14,270	18,606	20,171	21,908	23,845	25,976	12.7%
하부구조	3,217	2,927	4,719	6,178	6,632	7,132	7,687	8,293	11.9%
전기 인프라	3,230	2,963	4,803	6,211	6,671	7,177	7,737	8,348	11.7%
기타	5,180	5,071	8,041	10,335	11,166	12,087	13,111	14,234	12.1%
합계	21,163	19,908	31,832	41,330	44,639	48,304	52,380	56,852	12.3%

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026



<그림 3-14> 가치 측면에서 부품별 해상 풍력 시장(2020년)

- 해상 풍력 시장의 터빈 부문은 2020년 45%로 가장 큰 점유율을 차지했음. CAGR 12.7%로 2021년 추정 가치 142억 7천만 달러에서 2026년까지 259억 7600만 달러에 이를 것으로 예상됨
- 코로나19 팬데믹의 발발은 2020~2022년 해상 풍력 시장 성장을 저해할 것으로 예상됨
- 아시아 태평양, 유럽 및 미주 지역의 전력 부문에서 정부 이니셔티브 증가와 재생 가능 에너지 자원으로의 전환으로 인해 터빈 수요가 증가할 것으로 예상됨

6-2. 터빈

- 터빈은 해상 풍력발전소의 가장 중요한 구성요소로, 바다를 통과하는 강한 바람의 에너지를 활용하는 데 사용됨. 바람에 의해 생성된 운동 에너지를 3상 전력으로 변환함
- 터빈 비용은 해상 풍력 프로젝트의 전체 비용에서 최대 부분을 차지하고, 나셀, 로터 및 블레이드, 타워의 세 가지 주요 부품으로 구성됨
- 나셀은 바람의 운동 에너지를 기계 에너지로 변환하는 구성 요소를 수용하는 터빈 부분으로, 허브, 로터, 기어박스, 발전기, 인버터, 유압 장치 및 베어링은

대부분의 나셀에 있는 공통 구성 요소임. 나셀에는 선반에서는 거의 볼 수 없는 약 1,500개의 크고 작은 구성 요소와 하위 시스템이 있음

- 그런 다음 모든 풍력 터빈의 가장 중요한 구성 요소인 로터와 블레이드가 있음. 로터는 풍력 에너지를 샤프트로 전달하는 풍력 터빈의 회전 부분으로, 저속 샤프트를 통해 기어박스에 연결되는 동안 풍력 터빈 블레이드를 고정함. 블레이드의 내부 허브는 바람에 따라 천천히 움직이는 반면, 블레이드 끝부분은 상당히 빠르게 회전하고, 블레이드가 길수록 팁이 더 빠르게 회전함

<표 3-10> 터빈 모듈별 해상 풍력 시장 규모(2019~2026년)(백만 달러)

터빈 모듈	2019	2020	2021-e	2022-p	2023-p	2024-p	2025-p	2026-p	CAGR ('21~'26)
나셀	4,497	4,258	6,798	8,905	9,689	10,563	11,539	12,617	13.2%
로터 및 블레이드	2,783	2,537	4,068	5,310	5,736	6,209	6,734	7,310	12.4%
타워	2,256	2,152	3,404	4,392	4,745	5,137	5,572	6,049	12.2%
합계	9,536	8,947	14,270	18,606	20,171	21,908	23,845	25,976	12.7%

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026

- 나셀 부문은 예측 기간 동안 터빈용 해상 풍력 시장에서 가장 큰 점유율을 차지할 것으로 예상됨. 이러한 우위는 영국과 독일과 같은 국가에서 해상 풍력 발전 단지의 연간 용량 추가가 많기 때문일 수 있음
- 로터와 블레이드는 예측 기간 동안 터빈용 해상 풍력 시장에서 두 번째로 큰 부문이 될 것으로 예상됨

<표 3-11> 터빈의 지역별 해상 풍력 시장 규모(2019~2026년)(백만 달러)

지역	2019	2020	2021-e	2022-p	2023-p	2024-p	2025-p	2026-p	CAGR ('21~'26)
유럽	6,276	5,098	5,403	7,094	7,720	8,425	9,221	10,111	13.4%
아시아 태평양	3,260	3,829	7,213	8,560	9,179	9,852	10,589	11,382	9.5%
북미	0	20	1,654	2,952	3,272	3,631	4,035	4,484	22.1%
합계	9,536	8,947	14,270	18,606	20,171	21,908	23,845	25,976	12.7%

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026

- 세계 해상 풍력 시장의 터빈 부문은 예측 기간 동안 연평균 성장률(CAGR) 12.7%로 성장해 2021년 약 142억 7천만 달러에서 2026년까지 259억 7600만 달러에 이를 것으로 예상됨
- 아시아 태평양 지역은 2020년에 38억 2900만 달러 규모로 가장 큰 시장으로 추정되며, 연평균 성장률(CAGR) 12.93%로 2026년까지 113억 8200만 달러에 이를 것으로 예상됨. 유럽은 13.4%의 CAGR로 2026년까지 101억 1100만 달러에 이를 것으로 예상됨

6-2-1. 나셀

- 나셀은 터빈에서 중요한 구성 요소 중 하나이며 모든 주요 발전 장비를 구성하므로 터빈의 최대 비용을 차지함
- 나셀은 바람의 운동 에너지를 기계 에너지로 변환하는 구성 요소를 수용하는 터빈 부분임. 이는 구동계, 동력인출장치 시스템 요소, 모니터링 시스템 및 기타 장비(예: 발전기, 기어박스, 베어링, 냉각 시스템, 요 시스템, 피치 시스템, 변압기, 변환기, 개폐 장치, 브레이크 및 센서)로 구성됨
- 아시아 태평양 지역은 예측 기간 동안 연평균 성장률(CAGR) 9.9%를 기록하며 가장 큰 나셀 해상 풍력 시장이 될 것으로 예상됨
- 중국과 일본의 해상 풍력 발전 단지 설치 증가는 지역 시장의 성장을 주도할 것으로 예상됨

<표 3-12> 나셀의 지역별 해상 풍력 시장 규모(2019~2026년)(백만 달러)

지역	2019	2020	2021-e	2022-p	2023-p	2024-p	2025-p	2026-p	CAGR ('21~'26)
유럽	2,979	2,461	2,608	3,433	3,749	4,105	4,508	4,960	13.7%
아시아 태평양	1,518	1,787	3,387	4,033	4,341	4,677	5,045	5,442	9.9%
북미	0	10	803	1,438	1,599	1,781	1,986	2,215	22.5%
합계	4,497	4,258	6,798	8,905	9,689	10,563	11,539	12,617	13.2%

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026

6-2-2. 로터 및 블레이드

- 터빈의 로터는 블레이드와 허브로 구성되며, 로터 모듈은 풍력 에너지를 포착하여 샤프트를 통해 구동계로 전달함

- 복합 블레이드, 블레이드 피칭 시스템, 블레이드 베어링, 허브 캐스팅, 백업 전원 공급 장치 및 스피너가 포함된 보조 시스템으로 구성되며, 로터는 직접(직접 구동 터빈인 경우) 또는 샤프트와 일련의 기어를 통해 발전기에 연결되어 회전 속도를 높임
- 대부분의 터빈 블레이드는 유리섬유를 사용하여 제작됨. 터빈 블레이드는 다양한 크기로 제공되며, 현재 사용되는 대부분의 육상 풍력 터빈은 길이가 170피트(52미터)가 넘는 블레이드를 가지고 있음
- GE의 Haliade-X 해상 풍력 터빈은 블레이드 길이가 107미터로 가장 큼

<표 3-13> 로터 및 블레이드의 지역별 해상 풍력 시장 규모('19~'26년)(백만 달러)

지역	2019	2020	2021-e	2022-p	2023-p	2024-p	2025-p	2026-p	CAGR ('21~'26)
유럽	1,863	1,452	1,548	2,027	2,197	2,389	2,606	2,847	13.0%
아시아 태평양	920	1,079	2,012	2,378	2,540	2,714	2,905	3,109	9.1%
북미	0	6	509	905	999	1,105	1,223	1,354	21.6%
합계	2,783	2,537	4,068	5,310	5,736	6,209	6,734	7,310	12.4%

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026

- 유럽은 2020년 14억 5,200만 달러 규모의 로터 및 블레이드 부문 최대 해상 풍력 시장으로 추산됨. 그러나 아시아 태평양 지역은 유럽을 앞지르며 2021년부터 연평균 성장률(CAGR) 9.10%로 성장해 2026년까지 31억 9,000만 달러에 이를 것으로 예상됨

6-2-3. 타워

- 터빈의 구조는 관형 강철로 만들어진 타워로 지지되므로, 타워는 장비의 고정 하중뿐만 아니라 환경 요인에 의해 생성된 추가 하중을 전달하는 풍력 터빈의 중요한 부분임
- 타워는 3개 섹션으로 나누어 현장에서 조립되며, 일반적으로 타워에는 원통형 관형과 트러스형의 두 가지 유형이 있음. 타워가 높을수록 터빈은 높이에 따라 풍속이 증가함에 따라 최대 에너지를 포착하고 더 많은 전기를 생산할 수 있음
- 기술의 발전에 따라 타워의 설계를 개선하기 위한 연구가 진행되어 왔으며, 타워의 높이는 일반적으로 현장마다 달라 로터 직경과 해상 현장의 풍속 상태에 따라 달라지게 됨. 요즘 타워에는 서비스 직원이 나셀에 접근할 수 있는 엘리베이터가 장착되어 있음

<표 3-14> 타워의 지역별 해상 풍력 시장 규모(2019~2026년)(백만 달러)

지역	2019	2020	2021-e	2022-p	2023-p	2024-p	2025-p	2026-p	CAGR (‘21~’26)
유럽	1,434	1,184	1,247	1,635	1,774	1,931	2,107	2,304	13.1%
아시아 태평양	821	963	1,815	2,148	2,298	2,461	2,639	2,831	9.3%
북미	0	4	342	609	673	745	825	915	21.7%
합계	2,256	2,152	3,404	4,392	4,745	5,137	5,572	6,049	12.2%

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026

- 아시아 태평양 지역은 타워 부문에서 가장 큰 해상 풍력 시장으로 추정됨. 2021년에는 18억 1500만 달러, 2026년에는 28억 3100만 달러에 도달할 것으로 예상되며, 2021년부터 2026년까지 CAGR 9.3%로 성장할 것으로 예상됨
- 유럽 시장은 2026년까지 2위 자리를 차지하고 23억 400만 달러에 이를 것으로 예상되며, 2021년부터 2026년까지 CAGR 13.1%임

6-3. 전기 인프라

- 전기 인프라 부문의 범위에는 해상 변전소, 육상 기반 송전 인프라, 해상 풍력 터빈과 관련된 케이블 및 액세서리가 포함됨
- 해상 전기 시스템은 주로 풍력 터빈 발전기, 해상 터빈 간 케이블(수집용), 해상 변전소, 해안으로의 전송 케이블, 육상 변전소 및 그리드 연결로 구성됨. 해상 변전소는 전압을 높이고 전기를 해안으로 수출함으로써 전기 손실을 줄이는 데 도움이 됨
- 일반적으로 프로젝트가 소규모(100MW 미만)이거나 해안에 가까운 경우 변전소는 필요하지 않으나 대규모 해상 풍력발전 단지가 새로 건설되면서 풍력발전단지의 용량에 따라 변전소가 2개 이상으로 늘어나게 됨
- 해상 풍력 발전소의 전기 인프라에서 두 번째로 중요한 부분은 전선과 케이블임. 일반적으로 모든 풍력 발전 단지는 수출 케이블과 어레이 케이블이라는 두 가지 유형의 전기 케이블로 구성됨. 어레이 케이블은 터빈을 상호 연결하고 터빈에서 해상 변전소로 전기를 전송하는 데 사용됨

- 이들 케이블은 일반적으로 중전압인 반면, 외부전송용 케이블은 해상 변전소에서 육상 변전소로 전기를 전송하는 데 사용됨. 외부 전송용 케이블은 100~220kW의 더 높은 전압을 사용하며, 일반적으로 해상 변전소를 육상 변전소에 연결하기 위해 전압원 변환기를 갖춘 고전압 AC(HVAC) 또는 고전압 DC(HVDC)가 사용됨

<표 3-15> 전기 인프라 유형별 해상 풍력 시장 규모(2019~2026년)(백만 달러)

전기인프라 유형	2019	2020	2021-e	2022-p	2023-p	2024-p	2025-p	2026-p	CAGR ('21~'26)
와이어 및 케이블	1,580	1,402	2,291	2,965	3,179	3,415	3,676	3,960	11.6%
변전소	1,649	1,562	2,511	3,246	3,491	3,762	4,061	4,388	11.8%
합계	3,230	2,963	4,803	6,211	6,671	7,177	7,737	8,348	11.7%

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026

- 변전소 부문은 예측 기간 동안 전기 인프라용 해상 풍력 시장에서 더 큰 점유율을 차지할 것으로 예상됨. 이러한 우위는 영국과 중국과 같은 국가에서 해상 풍력 발전 단지의 연간 용량 증가에 기인함
- 전선 및 케이블 부문의 성장은 해상 풍력 발전에 대한 지속적인 투자와 향후 프로젝트 수의 증가 등의 요인에 의해 주도될 것으로 예상됨
- 세계 해상 풍력 시장의 전기 인프라 부문은 예측 기간 동안 연평균 성장률(CAGR) 11.7%로 성장해 2021년 약 48억 300만 달러에서 2026년까지 83억 4800만 달러에 이를 것으로 예상됨
- 아시아 태평양 지역은 전기 인프라 분야에서 가장 큰 해상 풍력 시장으로 추정됨. 2021년에는 25억 3500만 달러, 2026년에는 38억 1700만 달러에 이를 것으로 추산되며, 2021년부터 2026년까지 연평균 성장률(CAGR) 8.5%를 기록할 것으로 예상됨

<표 3-16> 전기 인프라의 지역별 해상 풍력 시장 규모(2019~2026년)(백만 달러)

지역	2019	2020	2021-e	2022-p	2023-p	2024-p	2025-p	2026-p	CAGR ('21~'26)
유럽	2,064	1,600	1,677	2,187	2,358	2,550	2,765	3,003	12.4%
아시아 태평양	1,165	1,356	2,535	2,980	3,165	3,366	3,585	3,817	8.5%
북미	0	7	591	1,044	1,147	1,261	1,388	1,528	20.9%
합계	3,230	2,963	4,803	6,211	6,671	7,177	7,737	8,348	11.7%

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026

- 북미 시장은 2026년까지 15억 2800만 달러에 도달하여 2021년부터 2026년까지 20.9%로 역대 가장 높은 CAGR을 보일 것으로 예상됨

6-3-1. 전선 및 케이블

- 전기 인프라 시장의 전선 및 케이블 부문은 예측 기간 동안 연평균 성장률(CAGR) 11.6%로 성장해 2021년 약 22억 9100만 달러에서 2026년까지 39억 6000만 달러에 이를 것으로 예상됨
- 아시아 태평양 지역은 전선 및 케이블 부문에서 가장 큰 해상 풍력 시장으로 추정됨. 2021년에는 11억 6700만 달러, 2026년에는 17억 3600만 달러에 도달할 것으로 추산되며, 2021년부터 2026년까지 연평균 성장률(CAGR) 8.3%를 기록할 것으로 예상됨
- 북미 시장은 2026년까지 7억 5800만 달러에 도달하여 2021년부터 2026년까지 20.7%로 역대 가장 높은 CAGR을 기록할 것으로 예상됨

<표 3-17> 전선 및 케이블의 지역별 해상 풍력 시장 규모(2019~2026년)(백만 달러)

지역	2019	2020	2021-e	2022-p	2023-p	2024-p	2025-p	2026-p	CAGR ('21~'26)
유럽	1,043	775	828	1,074	1,156	1,248	1,352	1,466	12.1%
아시아 태평양	537	623	1,167	1,368	1,450	1,539	1,634	1,736	8.3%
북미	0	4	296	523	573	628	690	758	20.7%
합계	1,580	1,402	2,291	2,965	3,179	3,415	3,676	3,960	11.6%

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026

6-3-2. 변전소

- 육상 기반 인프라는 풍력 발전 단지 프로젝트를 전력망에 연결하는 데 필요한 육상 송전 또는 변환 장비를 포함하는 전기 인프라의 세 번째 하위 세그먼트임
- 풍력 발전 단지에서 생성된 전력을 최종 사용자에게 전송하는 데 필요한 변전소, 도체, 수출 케이블 및 기타 장비로 구성됨
- 변전소 시장은 해상 풍력에 대한 수요 증가와 해상 풍력 프로젝트에서 생성된 전력을 에너지 분배를 위해 메인 그리드에 연결해야 하는 필요성 증가로 인해 건전한 성장을 보이고 있음

<표 3-18> 변전소의 지역별 해상 풍력 시장 규모(2019~2026년)(백만 달러)

지역	2019	2020	2021-e	2022-p	2023-p	2024-p	2025-p	2026-p	CAGR ('21~'26)
유럽	1,021	825	850	1,113	1,202	1,301	1,413	1,537	12.6%
아시아 태평양	628	733	1,367	1,611	1,715	1,828	1,950	2,081	8.8%
북미	0	4	294	522	574	633	698	770	21.2%
합계	1,649	1,562	2,511	3,246	3,491	3,762	4,061	4,388	11.8%

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026

- 전기 인프라 시장의 변전소 부문은 예측 기간 동안 연평균 성장률(CAGR) 11.8%로 2021년 추정 25억 1100만 달러에서 2026년까지 43억 8800만 달러에 이를 것으로 예상됨
- 아시아 태평양 지역은 변전소 부문에서 가장 큰 해상 풍력 시장으로 추정됨. 2021년에는 13억 6,700만 달러, 2026년에는 20억 8,100만 달러에 이를 것으로 예상되며, 2021년부터 2026년까지 CAGR 8.8%로 성장할 것으로 예상됨
- 북미 시장은 2026년까지 7억 7,000만 달러에 도달하여 2021년부터 2026년까지 21.2%로 역대 가장 높은 CAGR을 기록할 것으로 예상됨

6-4. 하부 구조

- 하부 구조 또는 기초는 타워를 해저에 연결하는 터빈 아래의 구조임. 주로 터빈에 안정성을 제공하고 터빈을 수직으로 유지하는 역할을 담당함

- 하부구조는 크게 부동형과 고정형의 두 가지 범주로 나눌 수 있음. 고정형은 해저에 부착되는 기초로 모노파일식, 중력식, 재킷식, 삼각대식, 삼중식 등 다양한 유형이 있음
- 하부구조는 터빈의 크기 외에 주로 해저 상태와 프로젝트의 깊이를 기준으로 결정되며, 하부 구조는 시스템 균형(BOS) 자본 지출(CAPEX)을 위한 가장 중요한 단일 구성 요소임. 따라서 기초 설계를 개선하고 고객의 변화하는 과제와 요구를 충족시키기 위해 다양한 연구 개발 연구가 수행되고 있음
- 모노파일은 최대 20피트의 대형 강철 튜브를 갖춘 가장 일반적으로 사용되는 하부 구조로 15피트에서 100피트 범위의 수심에서 해저로 이동됨. 직경은 일반적으로 최대 6m이고 벽 두께는 150mm임. 해상 풍력 프로젝트의 천수 위치에서 가장 선호되는 기초 유형이며 설치 및 제작 측면에서 단순성 때문에 주로 사용됨
- 부유식 하부 구조를 사용하면 바닥에 타워를 설치할 수 없는 수심에서도 터빈이 전기를 생산할 수 있음. 이러한 하부 구조는 천이 수심(30~50미터)에서 고정 기초에 비해 비용이 저렴하기 때문에 터빈 설정을 용이하게 함
- 부유형 하부구조에는 스파부이(spar-buoy), 반잠수형, 텐션 레그 하부구조 등 세 가지 유형이 있음. 반면 재킷 하부 구조는 다리가 3~4개인 구조로, 일반적으로 직경이 최대 2미터인 브레이싱으로 상호 연결된 코너 파일로 구성되고, 일반적으로 수심 20~50m의 풍력 발전소 부지로 간주됨

<표 3-19> 하부구조 유형별 해상 풍력 시장 규모(2019~2026년)(백만 달러)

하부구조 유형	2019	2020	2021-e	2022-p	2023-p	2024-p	2025-p	2026-p	CAGR ('21~'26)
모노파일식	2,197	1,949	3,218	4,173	4,364	4,566	4,780	4,999	9.2%
자켓 및 중력식	701	604	922	1,288	1,485	1,710	1,968	2,261	19.7%
기타	319	374	581	722	791	868	955	1,053	12.6%
합계	3,217	2,927	4,721	6,183	6,640	7,144	7,703	8,313	12.0%

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026

- 세계 해상 풍력 시장의 하부구조 부문은 예측 기간 동안 연평균 성장률(CAGR) 12%로 성장해 2021년 약 47억 2,100만 달러에서 2026년까지 83억 1,300만 달러에 이를 것으로 예상됨
- 모노파일 유형은 하부 구조용 해상 풍력 시장에서 가장 큰 부문으로 추정됨. 2021년에는 가치가 32억 1,800만 달러로 예상되며, 2021년부터 2026년까지 CAGR 9.2%로 성장하여 2026년에는 4,999백만 달러에 이를 것으로 예상됨
- 재킷 및 중력식 하부구조 부문은 2,261백만 달러에 이를 것으로 예상됨. 2026년까지 2021년부터 2026년까지 19.7%의 가장 높은 CAGR을 보일 것임

<표 3-20> 하부구조의 지역별 해상 풍력 시장 규모(2019~2026년)(백만 달러)

지역	2019	2020	2021-e	2022-p	2023-p	2024-p	2025-p	2026-p	CAGR ('21~'26)
유럽	2,228	1,769	1,858	2,415	2,599	2,805	3,036	3,291	12.1%
아시아 태평양	989	1,149	2,167	2,537	2,688	2,850	3,026	3,214	8.2%
북미	0	8	696	1,231	1,353	1,489	1,641	1,808	21.0%
합계	3,217	2,927	4,721	6,183	6,640	7,144	7,703	8,313	12.0%

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026

- 세계 해상 풍력 시장의 하부구조 부문은 예측 기간 동안 연평균 성장률(CAGR) 12.0%로 성장해 2021년 약 47억 2,100만 달러에서 2026년까지 83억 1,300만 달러에 이를 것으로 예상됨
- 유럽은 하부구조물 부문에서 가장 큰 해상 풍력 시장이 될 것으로 예상됨. 2021년에는 18억 5,800만 달러로 평가되며, 2021년부터 2026년까지 연평균 성장률(CAGR) 12.1%로 성장해 2026년에는 32억 9,100만 달러에 이를 것으로 예상됨
- 아시아 태평양 시장은 CAGR 8.2%로 성장해 2026년까지 32억 1,400만 달러에 이를 것으로 예상됨

6-4-1. 모노파일

- 모노파일은 해양 터빈에 가장 일반적으로 사용되는 하부 구조이며 하부 구조 시장의 70% 이상을 차지함. 모노파일 기초는 생산, 운송 및 설치 비용이 저렴하기 때문에 다른 솔루션에 비해 널리 사용됨. 그러나 기술의 발전과 해상 풍력 프로젝트가 바다 속 깊이 들어가면서 모노파일의 크기도 늘어나고 있음
- 개발된 초대형 모노파일은 천이 수심(30~60m)에서 사용할 수 있으며, 극심한 풍하중 및 더 큰 터빈(최대 15MW)의 부하와 같은 심해 조건의 경우 모노파일의 크기 설계가 더 커야 함. 현재 바닥 직경이 8~11m, 길이가 최대 120m, 벽 두께가 최대 150mm인 모노파일을 사용할 수 있음
- 유럽은 예측 기간 동안 CAGR 9.3%를 기록하며 가장 큰 모노파일 해상 풍력 시장이 될 것으로 예상됨
- 북미 시장은 해당 지역의 해양 프로젝트 수가 증가함에 따라 예측 기간 동안 13.5%의 가장 높은 CAGR을 기록할 것으로 예상됨

<표 3-21> 모노파일의 지역별 해상 풍력 시장 규모(2019~2026년)(백만 달러)

지역	2019	2020	2021-e	2022-p	2023-p	2024-p	2025-p	2026-p	CAGR ('21~'26)
유럽	1,553	1,199	1,231	1,564	1,643	1,728	1,822	1,922	9.3%
아시아 태평양	644	742	1,392	1,613	1,691	1,774	1,863	1,956	7.0%
북미	0	8	595	996	1,030	1,063	1,095	1,121	13.5%
합계	2,197	1,949	3,218	4,173	4,364	4,566	4,780	4,999	9.2%

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026

6-4-2. 재킷과 중력식

- 중력식(GBF)은 프리캐스트 콘크리트로 만들어지며 최대 깊이가 30m인 현장에 적합하며, 자갈, 모래 또는 돌이 밸러스트로 사용됨. 이는 일반적으로 하부 구조 바닥과 해저 사이의 당기거나 들어 올리는 하중을 피하기 위해 풍력 발전 단지에서 설계 및 사용됨. 따라서 모든 기상 조건에서 이러한 기초의 안정성을 유지하기 위해 충분한 사하중이 제공됨
- 콘크리트, 강철 등 비교적 저렴한 재료를 사용하고 설치가 용이하기 때문에 해양 기초에 널리 사용됨. 재킷 하부구조는 다리가 3~4개인 구조로, 일반적으로 직경이 최대 2m인 브레이싱으로 상호 연결된 코너 파일로 구성됨. 재킷 상단의 전환 부분은 터빈 샤프트에 부착되고, 다리(기술 설계에 따라 3개 또는 4개)는 파일을 사용하여 해저에 고정됨. 이 유형의 기초는 일반적으로 30m ~ 50m 범위의 수심에 사용됨

<표 3-22> 재킷 및 중력식의 지역별 해상 풍력 시장 규모(2019~2026년)(백만 달러)

지역	2019	2020	2021-e	2022-p	2023-p	2024-p	2025-p	2026-p	CAGR ('21~'26)
유럽	592	466	513	686	761	845	940	1,047	15.3%
아시아 태평양	109	136	312	377	417	461	510	563	12.5%
북미	0	1	96	225	307	404	518	651	46.5%
합계	701	604	922	1,288	1,485	1,710	1,968	2,261	19.7%

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026

- 재킷 및 중력 기반 부문의 규모는 예측 기간 동안 연평균 성장률(CAGR) 19.7%로 증가해 2021년 약 9억 2,200만 달러에서 2026년까지 2,261백만 달러에 이를 것으로 예상됨
- 재킷 및 중력 기반 해상 풍력 시장은 유럽에서 가장 큰 것으로 추정되고, 2021년에는 5억 1300만 달러, 2026년에는 10억 4700만 달러에 도달할 것으로 예상되며, 2021년부터 2026년까지 CAGR은 15.3%임
- 북미 시장은 2026년까지 6억 5100만 달러에 도달할 것으로 예상됨

6-4-3. 기타 하부구조

- 풍력 터빈의 다른 하부 구조에는 흡입 버킷, 삼중체, 삼각대, 고층 캡 및 부유형 하부 구조가 포함됨. 모노파일 솔루션이 적합하지 않은 위치의 경우 흡입 버킷은 더 자주 사용되는 모노파일 기초 솔루션에 대한 대체 기초 옵션으로 간주됨. 흡입 버킷은 기본적으로 정수압과 기초의 무게에 의해 해저에서 하강됨. 그러나 흡입버킷에 용접이 필요하기 때문에 모노파일에 비해 제작비용이 높음
- 부유식 하부 구조를 사용하면 바닥에 장착된 타워가 불가능한 수심에서도 터빈이 전기를 생성할 수 있음. 터빈의 부력 하부 구조는 부유식 해상 풍력 설비의 계류 케이블을 사용하여 바닥에 연결됨. 부유식 풍력 시스템은 고정 바닥 경쟁사보다 더 빠른 속도와 더 일관된 풍력 자원에 접근할 수 있음. 부유형 하부구조에는 스파부이(spar-buoy), 반잠수형, 텐션 레그 하부구조 등 세 가지 유형이 있음. 해양심층수 관련 해양사업이 늘어나면서 부유식 기초가 시장에서 인기를 얻고 있음

<표 3-23> 기타 하부구조의 지역별 해상 풍력 시장 규모(2019~2026년)(백만 달러)

지역	2019	2020	2021-e	2022-p	2023-p	2024-p	2025-p	2026-p	CAGR ('21~'26)
유럽	83	104	114	164	195	232	274	322	23.0%
아시아 태평양	236	271	463	548	580	615	653	694	8.4%
북미	0	0	4	11	15	21	28	36	55.5%
합계	319	374	581	722	791	868	955	1,053	12.6%

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026

- 기타 부문의 규모는 예측 기간 동안 연평균 성장률(CAGR) 12.6%로 증가해 2021년 약 5억 8,100만 달러에서 2026년까지 10억 5,300만 달러에 이를 것으로 예상됨
- 아시아 태평양 시장은 다른 국가들에게는 가장 큰 해상 풍력 시장으로 추정됨. 2021년부터 2026년까지 연평균 성장률(CAGR) 8.4%로 성장해 2021년에는 4억 6,300만 달러, 2026년에는 6억 9,400만 달러에 이를 것으로 예상됨
- 유럽 시장은 23%의 CAGR로 2026년까지 3억 2,200만 달러에 이를 것으로 예상됨

6-5. 해상 풍력 기타 구성요소

- 해상풍력 기타 구성요소 부문의 가치는 2021년 80억 3900만 달러로 추산됨. 기타 부문의 범위는 조립, 설치 및 물류로 구성됨
- 연안 바다와 기후 조건은 터빈 설치 및 운송에 많은 어려움을 안겨주고, 특히 심해 프로젝트 수가 증가하고 해안과의 거리가 증가함에 따라 개선되고 전문화된 물류 및 운송에 대한 필요성이 급증했음
- 해상 풍력발전단지는 점점 커지고 있고, 기술의 발전으로 터빈의 크기도 커지고 있음. 많은 회사들이 해상 풍력 터빈을 설치하는 데 필요한 물류 지원과 운송을 제공함. 물류와 운송은 해상 풍력 시장의 전체 공급망에서 중요한 역할을 함. 해마다 터빈 설치 수가 증가하고 해상 풍력 발전 단지의 중요성이 커지면서 물류, 설치 및 통합 시장은 건전한 속도로 성장할 것으로 예상됨

<표 3-24> 설치 및 물류 부문의 지역별 해상 풍력 시장 규모('19~'26년)(백만 달러)

지역	2019	2020	2021-e	2022-p	2023-p	2024-p	2025-p	2026-p	CAGR ('21~'26)
유럽	3,263	2,822	3,017	3,901	4,234	4,607	5,029	5,498	12.8%
아시아 태평양	1,916	2,239	4,207	4,979	5,324	5,700	6,109	6,549	9.3%
북미	-	10	815	1,449	1,600	1,768	1,958	2,167	21.6%
합계	5,180	5,071	8,039	10,329	11,158	12,075	13,095	14,214	12.1%

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026

- 아시아 태평양은 예측 기간 동안 다른 지역에 있어서 가장 큰 해상 풍력 시장이 될 것으로 예상됨. 이 지역 개발도상국의 해상 터빈 설치 증가는 지역 시장 성장에 기여할 것으로 예상됨
- 북미는 검토 기간 동안 다른 국가들에게 가장 빠르게 성장하는 해상 풍력 시장이 될 것으로 예상됨

7. 수심 위치별 해상 풍력 시장

7-1. 수심 위치별 시장 개요

- 해상 풍력 시장은 수심 위치에 따라 얕은 수심(30m 미만), 천이 수심(30m~60m), 깊은 수심(60m 이상)으로 구분됨
- 얕은 수심 부문은 유리한 기상 조건으로 인해 일반적으로 얕은 수심 풍력 발전 단지의 개발이 비용 효율적이기 때문에 최대 시장 점유율을 보유함. 그러나 기술의 발전으로 인해 깊은 수심에 대한 미래의 많은 프로젝트가 계획되고 있음
- 해상 풍력 터빈은 지역, 터빈 용량, 풍속에 따라 세 곳의 수역 모두에 설치됨

<표 3-25> 수심 위치별 해상 풍력 시장 규모(2019~2026년)(백만 달러)

지역	2019	2020	2021-e	2022-p	2023-p	2024-p	2025-p	2026-p	CAGR ('21~'26)
얕은수심(<30m)	15,962	15,185	24,247	30,976	32,726	34,604	36,623	38,705	9.8%
천이수심(30~60m)	5,200	4,599	7,004	9,071	10,032	11,113	12,333	13,697	14.4%
깊은수심(>60m)	0	124	581	1,283	1,881	2,588	3,423	4,450	50.3%
합계	21,163	19,908	31,832	41,330	44,639	48,304	52,380	56,852	12.3%

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026

- 수심 위치별로 세계 해상 풍력 시장은 예측 기간 동안 연평균 성장률(CAGR) 12.3%로 성장해 2021년 약 318억 3200만 달러에서 2026년에는 568억 5200만 달러에 이를 것으로 예상됨
- 해상 풍력 시장의 얕은 수심 부문은 예측 기간 동안 연평균 성장률(CAGR) 9.8%로 2021년에 242억 4700만 달러, 2026년에는 387억 500만 달러에 이를 것으로 추산됨
- 깊은 수심 부문은 2026년까지 44억 5천만 달러에 도달하여 2021년부터 2026년까지 CAGR 50.3%로 가장 높은 CAGR을 기록할 것으로 예상됨

7-1-1. 얕은 수심(<30M 깊이)

- 연구에 따르면 얕은 수심은 0~30m 범위로 대부분의 프로젝트는 얕은 수심에서 수행됨. 상대적으로 덜 까다로운 기후와 유지 관리의 용이성으로 인해 얕은 수심이 해상 풍력 발전 단지 개발에 선호되는 선택임
- 또한 풍력 터빈을 설치하는 동안 얕은 바다에서는 전기 인프라 구축이 비교적 쉽고, 미래의 해상 풍력 프로젝트 중 더 많은 부분이 깊은 수심에 대해 계획되고 있지만 얕은 수심 부문은 현재 세 부문 중 가장 큰 비중을 차지하고 있음
- 얕은 바다에 설치된 풍력 발전 단지에 사용되는 터빈은 Siemens Gamesa(스페인) 및 Vestas(덴마크)를 포함한 대다수의 터빈 공급업체에서 제공됨. 또한, 주요 케이블 제조업체인 넥상스(독일)는 수심 2.5~10m의 얕은 바다나 연안 수역에 적용할 수 있도록 특별히 설계된 케이블을 공급함

<표 3-26> 얽은 수심 위치의 지역별 해상 풍력 시장 규모('19~'26년)(백만 달러)

지역	2019	2020	2021-e	2022-p	2023-p	2024-p	2025-p	2026-p	CAGR ('21~'26)
유럽	9,907	8,115	8,379	10,769	11,481	12,266	13,135	14,034	10.9%
아시아 태평양	6,055	7,029	12,693	14,875	15,706	16,598	17,560	18,579	7.9%
북미	0	41	3,175	5,332	5,539	5,739	5,928	6,092	13.9%
합계	15,962	15,185	24,247	30,976	32,726	34,604	36,623	38,705	9.8%

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026

- 얽은 수심 부문은 예측 기간 동안 연평균 성장률(CAGR) 10.9%로 2021년 약 242억 4700만 달러에서 2026년까지 387억 5000만 달러에 이를 것으로 예상됨
- 아시아 태평양 지역은 2021년 규모가 126억 9300만 달러로 가장 큰 천해 해상 풍력 시장으로 추산됨. 2021년부터 2026년까지 CAGR 7.9%로 성장해 2026년에는 185억 7900만 달러에 이를 것으로 예상됨
- 북미는 2026년에는 60억 9200만 달러에 이를 것으로 예상되며, 2021년부터 2026년까지 연평균 성장률(CAGR)은 13.9%로 가장 높은 수준을 보일 것으로 예상됨

7-1-2. 천이 수심(30~60M 깊이)

- 이 부문은 위치별로 시장에서 두 번째로 큰 점유율을 차지하고 있으며, 수심이 높기 때문에 이 위치에 선호되는 기초는 일반적으로 삼각대, 재킷, 흡입 버킷 및 모노파일임
- 얽은 수심에 비해 풍속이 빠르기 때문에 천이 수심에 위치한 풍력 발전 단지에는 비교적 큰 터빈이 설치되므로 보다 탄력적인 기초가 필요함

<표 3-27> 천이 수심 위치의 지역별 해상 풍력 시장 규모('19~'26년)(백만 달러)

지역	2019	2020	2021-e	2022-p	2023-p	2024-p	2025-p	2026-p	CAGR ('21~'26)
유럽	3,924	3,083	3,372	4,421	4,819	5,268	5,775	6,342	13.5%
아시아 태평양	1,276	1,513	3,300	3,964	4,350	4,775	5,244	5,757	11.8%
북미	0	3	333	687	864	1,071	1,315	1,598	36.9%
합계	5,200	4,599	7,004	9,071	10,032	11,113	12,333	13,697	14.4%

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026

- 천이 수심 부문은 예측 기간 동안 CAGR 14.4%로 성장해 2021년 약 70억 400만 달러에서 2026년까지 136억 9700만 달러에 이를 것으로 예상됨
- 유럽은 2021년 33억 7,200만 달러 규모로 가장 큰 천이수역 해상 풍력 시장으로 추산됨. 2021년부터 2026년까지 연평균 성장률(CAGR) 13.5%로 성장해 2026년에는 63억 4,200만 달러에 이를 것으로 예상됨
- 북미는 예상됨. 2026년에는 15억 9,800만 달러에 도달할 것이며, 2021년부터 2026년까지 연평균 성장률(CAGR)은 36.9%로 가장 높은 수준을 보일 것임

7-1-3. 깊은 수심(깊이 60m 이상)

- 지금까지 깊은 수심에 설치된 프로젝트는 거의 없으나 깊은 수심에서 지속적으로 흐르는 강한 바람을 활용하기 위해 터빈 기술이 향상되고 대형 터빈의 사용이 증가함에 따라 깊은 수심에서의 해상 풍력 발전 단지 배치가 증가하고 있음
- Orsted 및 Vestas와 같은 많은 주요 업체들은 이미 깊은 수심에서 풍력발전 단지를 개발하고 있으며 기후 문제를 해결하기 위한 기술 개발에 주력하고 있음
- 깊은 수심에는 모노파일을 설치하기 어렵기 때문에 재킷, 삼각대 등 다른 하부 구조물을 이용해 풍력발전기를 건설하고 있음. 그러나 혹독한 기후 조건과 높은 설치 비용으로 인해 깊은 수심에 해상 풍력발전단지를 건설하는 것은 어려워서 현재 이 부문은 시장 점유율이 가장 낮음
- 깊은 수심 부문은 예측 기간 동안 연평균 성장률(CAGR) 50.3%로 2021년 약 12억 8,300만 달러에서 2026년까지 44억 5,000만 달러에 이를 것으로 예상됨
- 북미는 2021년 2억 4,700만 달러 규모로 가장 큰 심해 해상 풍력 시장으로 추정됨. 2021년부터 2026년까지 CAGR 56.2%로 성장하여 2026년까지 2,297백만 달러에 이를 것으로 예상됨
- 유럽 시장은 2021년부터 2026년까지 연평균 성장률(CAGR) 49.6%로 성장해 2026년에는 15억 2,800만 달러에 이를 것으로 예상됨

<표 3-28> 깊은 수심 위치의 지역별 해상 풍력 시장 규모('19~'26년)(백만 달러)

지역	2019	2020	2021-e	2022-p	2023-p	2024-p	2025-p	2026-p	CAGR ('21~'26)
유럽	0	91	204	409	611	853	1,141	1,528	49.6%
아시아 태평양	0	31	130	216	301	396	504	625	36.9%
북미	0	1	247	658	969	1,339	1,778	2,297	56.2%
합계	0	124	581	1,283	1,881	2,588	3,423	4,450	50.3%

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026

8. 지역별 해상 풍력 시장

8-1. 지역별 해상풍력 시장 개요

- 해상 풍력 시장을 북미, 유럽, 아시아 태평양(APAC)으로 분류함
- 해상 풍력 시장은 기술의 발전과 트렌드 변화에 따라 빠른 속도로 성장하고 있고, 세계는 재생에너지 자원으로 전환하고 있으며 전 세계적으로 탈탄소화에 대한 강조가 점점 더 커지고 있음. 따라서 해상 풍력발전 시스템은 청정에너지 생산 능력과 터빈 기술의 발전으로 생산 단위당 비용이 감소하여 전 세계적으로 빠른 속도로 수요가 증가할 것으로 예상됨
- 유럽과 북미는 재생 에너지 자원에 대한 높은 수요와 이 지역의 유리한 조건으로 인해 세계 해상 풍력 시장의 주요 기여자임

<표 3-29> 유럽, 아시아, 북미지역의 해상 풍력 시장 규모('19~'26년)(백만 달러)

지역	2019	2020	2021-e	2022-p	2023-p	2024-p	2025-p	2026-p	CAGR ('21~'26)
유럽	13,832	11,289	11,955	15,598	16,911	18,387	20,050	21,903	12.9%
아시아 태평양	7,331	8,573	16,123	19,055	20,356	21,769	23,308	24,961	9.1%
북미	0	46	3,754	6,677	7,372	8,149	9,021	9,987	21.6%
합계	21,163	19,908	31,832	41,330	44,639	48,304	52,380	56,852	12.3%

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026

- 2020년 유럽은 전체 해상 풍력 시장의 57%로 가장 큰 점유율을 차지했고, 이 시장은 2021년 추정 가치 119억 5500만 달러에서 2026년에는 219억 300만 달러에 이를 것으로 예상되며, 2021년부터 2026년까지 CAGR 12.9% 성장할 것으로 예상됨
- 재생 가능 에너지와 유리한 기후 조건, 광대한 바다 지역에 대한 정부 계획은 유럽을 해상 풍력에 대한 매력적인 시장으로 만들었고, 유럽 국가들은 해상 풍력 분야의 선구자로서 해상 풍력 관련 기술 개선을 위해 끊임없이 노력하고 있음
- Orested(덴마크), Equinor(노르웨이) 등 주요 해상 풍력 단지 개발업체는 유럽 출신임

8-2. 아시아 태평양

- 아시아 태평양 지역에는 중국, 일본, 베트남, 대만, 한국이 포함됨. 이 지역은 급속한 도시화와 산업화로 인해 강력한 전력 수요를 보여왔음
- 탈탄소화와 지속 가능한 발전으로의 전환으로 인해 재생 가능한 전력 자원에 대한 수요가 높아졌으며, 이 지역의 정부는 해상 풍력 발전 및 설치를 위한 문을 점점 더 많이 개방하고 있음
- 기술 발전과 청정 에너지 소비는 풍력 발전 배치를 더욱 촉진하고 아시아 태평양 신흥 시장에서 기회를 열어줄 것임
- 다양한 국가에서 에너지 믹스를 다양화하고 탄소 배출 감소 목표를 달성하기 위해 해상 풍력 설치에 속도를 내고 있음. 더욱이 유리한 계획, 풍력 발전 극대화를 위한 그리드 인프라에 대한 막대한 투자, 외국인 직접 투자를 통해 투자자를 풍력 산업으로 끌어들이는 것임

<표 3-30> 아시아태평양 지역 해상 풍력 시장

구분	시장분석	2019	2020	2021-e	2022-e	2023-e	2024-e	2025-e	2026-e	CARG ('21~'26)
구성요소	터빈	3,260	3,829	7,213	8,560	9,179	9,852	10,589	11,382	9.5%
	하부구조	989	1,149	2,167	2,537	2,688	2,850	3,026	3,214	8.2%
	전기인프라	1,165	1,356	2,535	2,980	3,165	3,366	3,585	3,817	8.5%
	기타	1,916	2,239	4,207	4,979	5,324	5,700	6,109	6,549	9.3%
	합계	7,331	8,573	16,123	19,055	20,356	21,769	23,308	24,961	9.1%
터빈상세	나셀	1,518	1,787	3,387	4,033	4,341	4,677	5,045	5,442	9.9%
	로터 및 블레드	920	1,079	2,012	2,378	2,540	2,714	2,905	3,109	9.1%
	타워	821	963	1,815	2,148	2,298	2,461	2,639	2,831	9.3%
	합계	3,260	3,829	7,213	8,560	9,179	9,852	10,589	11,382	9.5%
하부구조상세	모노파일	644	742	1,392	1,613	1,691	1,774	1,863	1,956	7.0%
	캐킷 및 중력	109	136	312	377	417	461	510	563	12.5%
	기타	236	271	463	548	580	615	653	694	8.4%
	합계	989	1,149	2,167	2,537	2,688	2,850	3,026	3,214	8.2%
전기인프라상세	와이어 및 케이블	537	623	1,167	1,368	1,450	1,539	1,634	1,736	8.3%
	변전소	628	733	1,367	1,611	1,715	1,828	1,950	2,081	8.8%
	합계	1,165	1,356	2,535	2,980	3,165	3,366	3,585	3,817	8.5%
위치상세	얕은수심(<30m)	6,055	7,029	12,693	14,875	15,706	16,598	17,560	18,579	7.9%
	천이수심(30~60m)	1,276	1,513	3,300	3,964	4,350	4,775	5,244	5,757	11.8%
	깊은수심(>60m)	0	31	130	216	301	396	504	625	36.9%
	합계	7,331	8,573	16,123	19,055	20,356	21,769	23,308	24,961	9.1%

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026, 재가공

8-3. 유럽

- 유럽은 2020년 해상 풍력 시장의 57%로 가장 큰 점유율을 차지, 유럽 시장은 영국, 독일, 덴마크, 벨기에, 네덜란드, 스웨덴, 핀란드, 아일랜드 및 기타 유럽 지역으로 더욱 세분화됨
- 이 지역에는 Siemens(독일), Nordex SE(독일), Vestas(덴마크), ABB(스위스) 등 여러 주요 해상 풍력 기업이 있으며, 해상 풍력 기술 발전단지 개발의 선구자 역할을 해왔음
- 유럽 해상 풍력 시장은 2021년 119억 5500만 달러 규모로 연평균 성장률(CAGR) 12.9% 성장할 것으로 예상됨. 시장의 성장은 유럽의 풍력 산업을 다음 단계로 끌어올리기 위해 개발된 풍력 에너지 R&D 프로그램인 EWI(European Wind Initiative)에 의해 지원됨
- EU 국가들은 주로 노후화된 전기 인프라를 업그레이드하는 데 중점을 두고 있으며, 정부는 효율적인 전력 및 에너지 거래가 가능하도록 네트워크를 구축하여 재생 가능 에너지를 통한 발전을 촉진하고 있음

<표 3-31> 유럽 지역 해상 풍력 시장

구분	시장분석	2019	2020	2021-e	2022-e	2023-e	2024-e	2025-e	2026-e	CARG (21~26)
구성요소	터빈	6,276	5,098	5,403	7,094	7,720	8,425	9,221	10,111	13.4%
	하부구조	2,228	1,769	1,858	2,415	2,599	2,805	3,036	3,291	12.1%
	전기인프라	2,064	1,600	1,677	2,187	2,358	2,550	2,765	3,003	12.4%
	기타	3,263	2,822	3,017	3,901	4,234	4,607	5,029	5,498	12.8%
	합계	13,832	11,289	11,955	15,598	16,911	18,387	20,050	21,903	12.9%
터빈상세	나셀	2,979	2,461	2,608	3,433	3,749	4,105	4,508	4,960	13.7%
	로터 및 블레드	1,863	1,452	1,548	2,027	2,197	2,389	2,606	2,847	13.0%
	타워	1,434	1,184	1,247	1,635	1,774	1,931	2,107	2,304	13.1%
	합계	6,276	5,098	5,403	7,094	7,720	8,425	9,221	10,111	13.4%
하부구조상세	모노파일	1,553	1,199	1,231	1,564	1,643	1,728	1,822	1,922	9.3%
	캐킷 및 중력	592	466	513	686	761	845	940	1,047	15.3%
	기타	83	104	114	164	195	232	274	322	23.0%
	합계	2,228	1,769	1,858	2,415	2,599	2,805	3,036	3,291	12.1%
전기인프라상세	와이어 및 케이블	1,043	775	828	1,074	1,156	1,248	1,352	1,466	12.1%
	변전소	1,021	825	850	1,113	1,202	1,301	1,413	1,537	12.6%
	합계	2,064	1,600	1,677	2,187	2,358	2,550	2,765	3,003	12.4%
위치상세	얕은수심(<30m)	9,907	8,115	8,379	10,769	11,481	12,266	13,135	14,034	10.9%
	천이수심(30~60m)	3,924	3,083	3,372	4,421	4,819	5,268	5,775	6,342	13.5%
	깊은수심(>60m)	0	91	204	409	611	853	1,141	1,528	49.6%
	합계	13,832	11,289	11,955	15,598	16,911	18,387	20,050	21,903	12.9%
		2	9							

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026, 재가공

8-4. 북미

- 미국은 해상 풍력에 대한 상업적 운영이 이 국가에만 존재하기 때문에 북미 해상 풍력 시장 범위에서 고려되는 유일한 국가 수준의 시장임
- 탄소 배출 제로 목표 달성에 초점을 맞추고 재생 에너지 생산에 민간 기업의 참여를 늘리면 미국 해상 풍력 시장의 성장이 촉진될 가능성이 높고, 정부가 주도하는 유리한 해상 풍력 정책은 많은 대규모 해상 풍력 개발업체를 지역 시장으로 끌어들이고 있음
- 부유식 풍력 발전 단지와 보다 크고 효율적인 터빈 등 해상 풍력 발전 단지에 사용되는 기술의 발전으로 인해 이 지역에 새로운 해상 풍력 발전 단지의 설치가 늘어나고 있음

<표 3-32> 북미 지역 해상 풍력 시장

구분	시장분석	2019	2020	2021-e	2022-e	2023-e	2024-e	2025-e	2026-e	CARG ('21~'26)
구성요소	터빈	0	20	1,654	2,952	3,272	3,631	4,035	4,484	22.1%
	하부구조	0	8	696	1,231	1,353	1,489	1,641	1,808	21.0%
	전기인프라	0	7	591	1,044	1,147	1,261	1,388	1,528	20.9%
	기타	0	10	815	1,449	1,600	1,768	1,958	2,167	21.6%
	합계	0	46	3,754	6,677	7,372	8,149	9,021	9,987	21.6%
터빈상세	나셀	0	10	803	1,438	1,599	1,781	1,986	2,215	22.5%
	로터 및 블레드	0	6	509	905	999	1,105	1,223	1,354	21.6%
	타워	0	4	342	609	673	745	825	915	21.7%
	합계	0	20	1,654	2,952	3,272	3,631	4,035	4,484	22.1%
하부구조상세	모노파일	0	8	595	996	1,030	1,063	1,095	1,121	13.5%
	캐킷 및 중력	0	1	96	225	307	404	518	651	46.5%
	기타	0	0	4	11	15	21	28	36	55.5%
	합계	0	9	696	1,231	1,353	1,489	1,641	1,808	21.0%
전기인프라상세	와이어 및 케이블	0	4	296	523	573	628	690	758	20.7%
	변전소	0	4	294	522	574	633	698	770	21.2%
	합계	0	8	591	1,044	1,147	1,261	1,388	1,528	20.9%
위치상세	얕은수심(<30m)	0	41	3,175	5,332	5,539	5,739	5,928	6,092	13.9%
	천이수심(30~60m)	0	3	333	687	864	1,071	1,315	1,598	36.9%
	깊은수심(>60m)	0	1	247	658	969	1,339	1,778	2,297	56.2%
	합계	0	46	3,754	6,677	7,372	8,149	9,021	9,987	21.6%

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026, 재가공

9. 국가별 해상 풍력 시장

9-1. 중국

- 2020년 중국은 APAC 해상 풍력 시장의 56.3%로 가장 큰 점유율을 차지했으며, 중국은 2010년 상하이 인근 최초의 102MW 동해 대교 풍력 발전 단지를 가동한 이후 바다에 터빈을 적극적으로 설치했고, 2019년 12월 현재 약 7GW의 용량이 이미 배치되었음
- 중국은 해상 풍력 산업의 후발주자이지만, 전체 설치량 기준으로는 독일, 영국 등 선구자들을 능가할 것으로 예상되며, 2021년 말까지 해상 풍력에 대한 공급 관세 정책을 종료할 계획임
- 프로젝트 개발자와 투자자는 현재 프리미엄 해상 풍력 발전 공급을 확보하기 위해 2021년 마감일 이전에 프로젝트를 완료하기 위해 서두르고 있음. 20년 동안 관세(0.75~0.85 RMB/kWh)를 부과하고 경쟁력 있는 입찰 가격으로 석탄 발전과의 가격 경쟁(및 가격 인하)을 피함

<표 3-33> 중국의 해상 풍력 시장

구분	시장분석	2019	2020	2021-e	2022-e	2023-e	2024-e	2025-e	2026-e	CARG ('21~'26)
구성요소	터빈	3,074	3,747	5,520	6,704	7,142	7,615	8,127	8,674	9.5%
	하부구조	933	1,123	1,634	1,959	2,061	2,171	2,287	2,410	8.1%
	전기인프라	1,098	1,326	1,936	2,330	2,459	2,597	2,746	2,904	8.4%
	기타	1,803	2,191	3,220	3,900	4,143	4,406	4,690	4,992	9.2%
	합계	6,908	8,387	12,311	14,892	15,805	16,788	17,850	18,979	9.0%
터빈상세	나셀	1,429	1,749	2,586	3,152	3,370	3,606	3,863	4,137	9.9%
	로터 및 블레드	870	1,056	1,550	1,874	1,988	2,111	2,244	2,385	9.0%
	타워	775	942	1,385	1,678	1,783	1,897	2,020	2,151	9.2%
	합계	3,074	3,747	5,520	6,704	7,142	7,615	8,127	8,674	9.5%
하부구조상세	모노파일	606	725	1,047	1,247	1,302	1,361	1,424	1,490	7.3%
	캐킷 및 중력	103	130	197	247	272	298	326	357	12.6%
	기타	224	268	389	465	488	512	537	564	7.7%
	합계	933	1,123	1,634	1,959	2,061	2,171	2,287	2,410	8.1%
전기인프라상세	와이어 및 케이블	505	609	886	1,064	1,120	1,180	1,245	1,313	8.2%
	변전소	593	718	1,050	1,266	1,339	1,417	1,502	1,591	8.7%
	합계	1,098	1,326	1,936	2,330	2,459	2,597	2,746	2,904	8.4%
위치상세	얕은수심(<30m)	5,734	6,887	10,000	11,965	12,558	13,191	13,867	14,576	7.8%
	천이수심(30~60m)	1,174	1,471	2,226	2,774	3,030	3,310	3,616	3,948	12.1%
	깊은수심(>60m)	0	29	84	153	217	288	367	456	40.1%
	합계	6,908	8,387	12,311	14,892	15,805	16,788	17,850	18,979	9.0%

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026, 제가공

- 현재 대형 블레이드, 메인 베어링, 해양 케이블과 같은 주요 부품 생산이 주요 장애물로 여겨지고 있으며, 선박 공급 병목 현상이 뒤따르고 있음. 마지막으로, 공급망 지연으로 인해 승인된 모든 프로젝트의 마감일까지 그리드에 연결할 수 있는 해상 풍력의 양이 제한될 수 있음. 그러나 녹색 회복이라는 맥락에서 해상 풍력 성장과 재생 에너지 개발을 가속화하려는 중국 정부의 강력한 의지가 중국 해상 풍력 시장을 주도할 것임

9-2. 대만

- 대만의 해상 풍력 야망은 석탄 폐기와 녹색 경제 비전으로 인해 해상 풍력에 대한 가장 흥미로운 새로운 시장 중 하나로 간주됨. 최적의 풍력 에너지 조건과 산업 진흥을 위한 정부의 헌신으로 인해 대만은 빠르게 동아시아의 주요 해상 풍력 시장으로 자리매김했음

<표 3-34> 대만의 해상 풍력 시장

구분	시장분석	2019	2020	2021-e	2022-e	2023-e	2024-e	2025-e	2026-e	CARG ('21~'26)
구성요소	터빈	186	0	343	374	408	447	489	535	9.3%
	하부구조	57	0	102	110	118	128	138	149	8.0%
	전기인프라	67	0	121	131	141	153	166	180	8.3%
	기타	113	0	208	226	246	268	293	320	9.0%
	합계	423	0	773	840	914	995	1,086	1,184	8.9%
터빈상세	나셀	89	0	165	181	198	217	239	262	9.7%
	로터 및 블레드	50	0	92	100	109	118	129	141	8.9%
	타워	47	0	86	93	102	111	121	132	9.1%
	합계	186	0	343	374	408	447	489	535	9.3%
하부구조상세	모노파일	37	0	65	68	72	76	80	85	5.6%
	캐킷 및 중력	7	0	14	16	18	21	23	27	13.8%
	기타	12	0	23	26	28	31	34	38	10.2%
	합계	57	0	102	110	118	128	138	149	8.0%
전기인프라상세	와이어 및 케이블	32	0	57	62	67	72	78	85	8.0%
	변전소	35	0	63	69	74	81	88	95	8.5%
	합계	67	0	121	131	141	153	166	180	8.3%
위치상세	얕은수심(<30m)	321	0	576	620	667	720	777	838	7.8%
	천이수심(30~60m)	101	0	191	211	233	257	285	315	10.5%
	깊은수심(>60m)	0	0	6	9	14	18	24	31	39.9%
	합계	423	0	773	840	914	995	1,086	1,184	8.9%

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026, 재가공

- 2025년까지 대만은 5.5GW의 해상 풍력 발전을 설치하여 20,000명 이상의 고용과 약 300억 달러의 유입 투자를 창출하여 이 산업을 지역 녹색 회복의 초석으로 삼을 것으로 예상하고 있음. 대만은 2025년까지 5.5GW의 새로운 해상 풍력 발전을 연결하는 계획을 세우고 있으며, 정부는 3차 경매를 통해 2035년까지 시운전을 위해 추가로 10GW를 입찰할 계획임
- 3.8GW의 용량을 지원하기 위해 MWh당 5.850NTD(미화 0.18달러)의 20년 사다리형 FIT 체계인 초기 단계에서 정부가 발표한 발전차액지원제도는 비용을 고려하여 대만의 해외 성공에 중요한 단계였으며, 향후 단계에서는 감소함

9-3. 베트남

- 현재 베트남 전력부문에서 해상 풍력이 차지하는 비중은 약 1% 수준이나, 급속한 도시화와 전력 수요 증가로 인해 정부는 풍력 발전의 잠재력을 탐구해야 함
- 베트남은 수요 중심지와 가깝고 상대적으로 얕은 바다에 위치한 풍부하고 에너지 넘치는 해상 풍력 자원을 보유하고 있음. 세계은행 보고서에 따르면 해상 풍력은 2035년까지 베트남 총 전력 수요의 12%를 공급할 수 있는 잠재력을 가지고 있음
- 해상 발전차액 지원 정책의 연장과 해상에 대한 우호적인 정부 정책으로 인해 많은 풍력 발전 단지 개발자들이 신흥 해상 풍력 발전소에 투자하고 있음

<표 3-35> 베트남의 해상 풍력 시장

구분	시장분석	2019	2020	2021-e	2022-e	2023-e	2024-e	2025-e	2026-e	CARG ('21~'26)
구성요소	터빈	0	0	537	591	652	719	795	879	10.4%
	하부구조	0	0	174	190	207	225	246	269	9.1%
	전기인프라	0	0	188	206	224	245	269	294	9.3%
	기타	0	0	314	344	379	417	459	506	10.1%
	합계	0	0	1,213	1,331	1,461	1,607	1,769	1,948	9.9%
터빈상세	나셀	0	0	259	286	317	351	389	431	10.8%
	로터 및 블레드	0	0	144	158	173	190	209	230	9.9%
	타워	0	0	134	147	162	178	197	217	10.1%
	합계	0	0	537	591	652	719	795	879	10.4%
하부구조상세	모노파일	0	0	114	122	130	138	148	158	6.8%
	캐킷 및 중력	0	0	33	37	42	48	54	61	13.5%
	기타	0	0	28	31	35	39	44	49	12.2%
	합계	0	0	174	190	207	225	246	269	9.1%
전기인프라상세	와이어 및 케이블	0	0	88	96	104	114	124	136	9.1%
	변전소	0	0	100	110	120	132	145	159	9.6%
	합계	0	0	188	206	224	245	269	294	9.3%
위치상세	얕은수심(<30m)	0	0	734	795	863	937	1,018	1,106	8.6%
	천이수심(30~60m)	0	0	471	522	579	643	715	795	11.1%
	깊은수심(>60m)	0	0	8	14	20	28	36	47	41.2%
	합계	0	0	1,213	1,331	1,461	1,607	1,769	1,948	9.9%

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026, 재가공

9-4. 일본

- 일본은 해상 풍력 프로젝트 개발에 이상적인 풍부한 깊은 수심 조건을 갖추고 있음. 최근 해상 풍력 발전에 대한 일본 정부의 노력과 노력으로 일본 해상 풍력 시장은 강력한 성장을 목격하고 있음
- 2020년 2월, 일본 해상 풍력 시장을 발전시키기 위해 GWEC(세계풍력에너지협의회)와 JWPA(일본풍력발전협회)는 주요 지역 및 글로벌 산업 이해관계자를 포함하여 일본 해상 풍력 공동 태스크포스를 구성했음
- 2019년 12월 현재 일본은 5개의 19MW 부유식 터빈을 포함해 65.6MW의 해상 풍력 발전 용량을 보유하고 있으며, 또 다른 13GW의 프로젝트가 환경 승인을 기다리고 있음

- 일본 정부의 전략 에너지 계획에 따르면 풍력 발전은 FY 2030에 일본 전력원 구성의 약 1.7%, 즉 10GW의 설치 용량을 차지할 것이며 해상 풍력 발전은 0.8GW에 달할 것임

<표 3-36> 일본의 해상 풍력 시장

구분	시장분석	2019	2020	2021-e	2022-e	2023-e	2024-e	2025-e	2026-e	CARG ('21~'26)
구성요소	터빈	0	0	118	128	140	152	166	181	9.0%
	하부구조	0	0	36	39	41	45	48	52	7.6%
	전기인프라	0	0	42	45	49	53	57	62	8.0%
	기타	0	0	68	74	81	87	95	104	8.7%
	합계	0	0	264	286	311	337	367	399	8.6%
터빈상세	나셀	0	0	55	60	66	72	79	86	9.4%
	로터 및 블레드	0	0	33	36	39	42	46	50	8.5%
	타워	0	0	30	33	35	38	42	46	8.7%
	합계	0	0	118	128	140	152	166	181	9.0%
하부구조상세	모노파일	0	0	23	25	26	27	29	30	5.4%
	캐킷 및 중력	0	0	9	10	11	13	14	15	10.9%
	기타	0	0	3	4	4	5	5	6	12.9%
	합계	0	0	36	39	41	45	48	52	7.6%
전기인프라상세	와이어 및 케이블	0	0	20	21	23	25	26	29	7.7%
	변전소	0	0	22	24	26	28	31	33	8.2%
	합계	0	0	42	45	49	53	57	62	8.0%
위치상세	얕은수심(<30m)	0	0	204	219	237	255	276	298	7.9%
	천이수심(30~60m)	0	0	57	63	70	77	85	94	10.5%
	깊은수심(>60m)	0	0	3	4	4	5	6	6	12.9%
	합계	0	0	264	286	311	337	367	399	8.6%

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026, 재가공

9-5. 영국

- 영국은 다른 어떤 국가보다 더 많은 용량을 배치하여 유럽의 해상 풍력 시장을 선도하고 있음
- 영국 정부는 2030년까지 업계의 목표를 40GW에 도달하도록 설정했으며, 이는 향후 10년간 해상 풍력 발전 용량을 거의 4배로 늘릴 것임. 영국 정부는 최근 2030년까지 최소 1GW의 부유 풍력발전 목표를 세웠음

- 2019년 업계와 정부는 해상 풍력 부문의 산업 및 경제적 이익을 극대화하기 위한 일련의 협력 약속을 설명하는 해상 풍력 부문 거래(Offshore Wind Sector Deal)를 공개했음. 해양 산업의 후원을 받고 향후 10년 동안 강력한 영국 공급망 개발에 1억 유로를 투자하는 해상 풍력 성장 파트너십(OWGP)이 이에 대한 예임
- 영국은 1990년 수준과 비교하여 2050년까지 온실가스 순배출량 제로라는 법적 구속력 있는 목표를 채택한 최초의 국가임. 유리한 해상 기후와 얇은 수심이 풍부한 긴 해안은 영국의 해상 풍력 발전소 개발에 이상적임

<표 3-37> 영국의 해상 풍력 시장

구분	시장분석	2019	2020	2021-e	2022-e	2023-e	2024-e	2025-e	2026-e	CAGR ('21~'26)
구성요소	터빈	3,286	893	1,595	1,811	2,058	2,342	2,671	3,046	13.8%
	하부구조	1,168	314	555	623	700	788	889	1,002	12.6%
	전기인프라	1,095	295	522	587	660	744	841	949	12.7%
	기타	1,753	475	846	958	1,086	1,233	1,403	1,595	13.5%
	합계	7,303	1,978	3,517	3,978	4,504	5,108	5,803	6,593	13.4%
터빈상세	나셀	1,561	426	763	869	992	1,133	1,296	1,483	14.2%
	로터 및 블레드	989	268	476	539	610	692	786	892	13.4%
	타워	736	200	355	402	456	518	589	670	13.5%
	합계	3,286	893	1,595	1,811	2,058	2,342	2,671	3,046	13.8%
하부구조상세	모노파일	818	213	364	395	429	466	506	549	8.6%
	캐킷 및 중력	315	87	159	184	212	245	284	329	15.6%
	기타	35	14	32	44	59	77	98	124	31.5%
	합계	1,168	314	555	623	700	788	889	1,002	12.6%
전기인프라상세	와이어 및 케이블	570	153	270	303	340	383	431	486	12.5%
	변전소	526	142	252	284	320	362	409	463	13.0%
	합계	1,095	295	522	587	660	744	841	949	12.7%
위치상세	얇은수심(<30m)	5,185	1,361	2,345	2,565	2,807	3,072	3,364	3,679	9.4%
	천이수심(30~60m)	2,118	581	1,048	1,201	1,378	1,583	1,822	2,096	14.9%
	깊은수심(>60m)	-	35	125	211	319	452	617	817	45.7%
	합계	7,303	1,978	3,517	3,978	4,504	5,108	5,803	6,593	13.4%

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026, 재가공

9-6. 독일

- 해상 풍력 발전은 독일의 에너지 전환에 널리 사용된 수많은 재생 가능 에너지 기술 중 최신 기술이었으며 현재 급속도로 확대되고 있음. 처음에는 투자자들을 외면하게 만들었던 불안정한 운영 조건에도 불구하고 기술적 혁신으로 인해 해상 풍력발전이 더욱 매력적으로 변했음

- 해상 터빈은 독일의 기후 목표 달성에 크게 기여하는 것으로 입증되었음. 독일의 전력 생산 믹스에 대한 해상 풍력의 기여도는 2014년 0.1%에서 2019년 4% 이상으로 증가하여 독일에서 가장 빠르게 성장하는 재생 에너지원이 되었음
- 독일에는 Siemens, Nordex SE 등 해상 풍력 시장의 성장에 중요한 역할을 할 것으로 예상되는 많은 해상 풍력 기업이 있음

<표 3-38> 독일의 해상 풍력 시장

구분	시장분석	2019	2020	2021-e	2022-e	2023-e	2024-e	2025-e	2026-e	CARG ('21~'26)
구성요소	터빈	1,930	409	0	580	604	630	657	686	NA
	하부구조	686	144	0	200	206	212	219	226	NA
	전기인프라	641	134	0	187	193	200	206	213	NA
	기타	903	191	0	269	280	291	303	316	NA
	합계	4,160	878	0	1,236	1,284	1,333	1,386	1,441	NA
터빈상세	나셀	907	193	0	276	288	302	316	331	NA
	로터 및 블레드	569	120	0	169	176	182	189	197	NA
	타워	454	96	0	135	141	146	152	158	NA
	합계	1,930	409	0	580	604	630	657	686	NA
하부구조상세	모노파일	477	98	0	131	132	134	135	136	NA
	캐킷 및 중력	182	39	0	58	61	65	69	73	NA
	기타	27	6	0	11	12	14	15	17	NA
	합계	686	144	0	200	206	212	219	226	NA
전기인프라상세	와이어 및 케이블	314	66	0	91	94	97	100	103	NA
	변전소	327	69	0	96	99	103	107	110	NA
	합계	641	134	0	187	193	200	206	213	NA
위치상세	얕은수심(<30m)	3,037	629	0	854	870	886	903	919	NA
	천이수심(30~60m)	1,123	241	0	349	367	387	408	429	NA
	깊은수심(>60m)	0	8	0	34	47	61	76	92	NA
	합계	4,160	878	0	1,236	1,284	1,333	1,386	1,441	NA

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026, 재가공

9-7. 덴마크

- 덴마크는 해상 풍력 에너지 분야의 시장 개척자였으며 이제 덴마크 가치 사슬은 해상 풍력 에너지 프로젝트의 모든 단계를 목표로 하는 다양한 기술과 서비스를 포괄함

- 덴마크 기반 기업의 영향력은 전 세계 대부분의 해상 풍력 발전 단지에서 발견되었으며, 덴마크는 해상 풍력 발전을 지원하기 위한 정책을 마련한 최초의 국가 중 하나임
- 덴마크 정부는 2030년까지 총 용량 2,400MW에 달하는 대규모 해상 풍력 발전 단지 3곳을 건설하겠다고 약속했고, 덴마크에는 Orested 및 Vestas와 같은 주목할만한 해상 풍력 시장 참여자가 많이 있음
- 2021년 3월 덴마크는 1,000만 가구에 전력을 공급하기에 충분한 10GW의 전력을 생산할 수백 개의 260m 높이 해상 풍력 터빈의 허브 역할을 할 북해에 인공섬을 건설하는 계획을 승인했음

<표 3-39> 덴마크의 해상 풍력 시장

구분	시장분석	2019	2020	2021-e	2022-e	2023-e	2024-e	2025-e	2026-e	CARG ('21~'26)
구성요소	터빈	449	0	715	939	973	1,008	1,046	1,085	8.7%
	하부구조	158	0	246	320	327	336	344	353	7.5%
	전기인프라	139	0	217	282	289	297	304	313	7.6%
	기타	261	0	413	541	559	578	597	618	8.4%
	합계	1,007	0	1,590	2,081	2,148	2,218	2,292	2,368	8.3%
터빈상세	나셀	217	0	348	458	476	496	516	537	9.1%
	로터 및 블레드	130	0	206	269	278	287	296	306	8.3%
	타워	102	0	161	211	219	226	234	242	8.4%
	합계	449	0	715	939	973	1,008	1,046	1,085	8.7%
하부구조상세	모노파일	110	0	164	209	210	210	211	212	5.3%
	캐킷 및 중력	40	0	66	88	93	98	103	109	10.6%
	기타	9	0	16	23	25	27	30	32	14.4%
	합계	158	0	246	320	327	336	344	353	7.5%
전기인프라상세	와이어 및 케이블	69	0	107	139	142	145	149	152	7.4%
	변전소	70	0	110	143	147	151	156	160	7.8%
	합계	139	0	217	282	289	297	304	313	7.6%
위치상세	얕은수심(<30m)	705	0	1,089	1,410	1,440	1,470	1,502	1,534	7.1%
	천이수심(30~60m)	302	0	490	649	679	710	742	777	9.7%
	깊은수심(>60m)	0	0	11	21	29	38	47	57	39.1%
	합계	1,007	0	1,590	2,081	2,148	2,218	2,292	2,368	8.3%

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026, 재가공

9-8. 미국

- 미국은 해상 풍력 발전에 대한 높은 수요를 목격하고, 탄소 배출을 줄이고 순 제로 목표를 달성하기 위해 오랫동안 재생 가능 에너지 자원에 집중해 왔음

- 미국에서는 재생에너지 자원 시장의 성장과 발전을 위해 다양한 정부 이니셔티브와 정책이 시행되고 있고, 미국 에너지부의 풍력 에너지 기술 사무소(WETO)는 미국 해안에서 풍력 자원을 포착하여 이를 전력으로 전환하는 해상 풍력 기술의 개발 및 구현을 가능하게 하기 위해 전국적으로 연구 자금을 지원함

- 미국 에너지부에 따르면 미국 해안과 오대호를 따라 있는 주 및 연방 바다에서 2,000기가와트(GW) 이상의 에너지가 이용될 수 있다고 함

- 미국에서는 지난 10년 동안 풍력 발전 비용이 70% 감소했으며, 에너지부 풍력 에너지 기술 사무소는 2011년부터 내무부 해양 에너지 관리국과 협력하여 미국 해상 풍력 산업의 발전을 촉진하기 위한 국가 전략을 개선해 왔음. 에너지부는 이 목표의 일환으로 경쟁적으로 선정된 해상 풍력 연구, 개발 및 시연 프로젝트를 위해 약 2억 달러를 확보했음

- 미국 최초의 해상 풍력 프로젝트인 Block Island는 2016년 덴마크 Orsted가 로도스섬에서 시운전했음. 정부는 2030년까지 30GW 규모의 해상 풍력을 설치할 계획임. 향후 해상 풍력 프로젝트의 대부분은 동해안에 계획돼 있음

<표 3-40> 미국의 해상 풍력 시장

구분	시장분석	2019	2020	2021-e	2022-e	2023-e	2024-e	2025-e	2026-e	CAGR ('21~'26)
구성요소	터빈	0	20	1,654	2,952	3,272	3,631	4,035	4,484	22.1%
	하부구조	0	8	696	1,231	1,353	1,489	1,641	1,808	21.0%
	전기인프라	0	7	591	1,044	1,147	1,261	1,388	1,528	20.9%
	기타	0	10	815	1,449	1,600	1,768	1,958	2,167	21.6%
	합계	0	46	3,754	6,677	7,372	8,149	9,021	9,987	21.6%
터빈상세	나셀	0	10	803	1,438	1,599	1,781	1,986	2,215	22.5%
	로터 및 블레드	0	6	509	905	999	1,105	1,223	1,354	21.6%
	타워	0	4	342	609	673	745	825	915	21.7%
	합계	0	20	1,654	2,952	3,272	3,631	4,035	4,484	22.1%
하부구조상세	모노파일	0	8	595	996	1,030	1,063	1,095	1,121	13.5%
	캐킷 및 중력	0	1	96	225	307	404	518	651	46.5%
	기타	0	0	4	11	15	21	28	36	55.5%
	합계	0	9	696	1,231	1,353	1,489	1,641	1,808	21.0%
전기인프라상세	와이어 및 케이블	0	4	296	523	573	628	690	758	20.7%
	변전소	0	4	294	522	574	633	698	770	21.2%
	합계	0	8	591	1,044	1,147	1,261	1,388	1,528	20.9%
위치상세	얕은수심(<30m)	0	41	3,175	5,332	5,539	5,739	5,928	6,092	13.9%
	천이수심(30~60m)	0	3	333	687	864	1,071	1,315	1,598	36.9%
	깊은수심(>60m)	0	1	247	658	969	1,339	1,778	2,297	56.2%
	합계	0	46	3,754	6,677	7,372	8,149	9,021	9,987	21.6%

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026, 재가공

9-9. 한국

- 한국은 터빈 제조업체와 고도로 발전된 해양 부문을 보유하고 있어 해상 풍력 시장의 잠재 국가 중 하나임
- 한국 정부는 2019년 발표한 제3차 에너지기본계획(EMP)에서 재생에너지 발전 기여도를 2030년까지 6.5%에서 20%로, 2040년까지 30~35%로 높이겠다는 목표를 세웠고, 2025년까지 풍력 9.2GW, 2030년까지 16GW, 해상 풍력 12GW를 설치할 계획임
- 그린 뉴딜 정책에 따라 한국 정부는 태양광 및 풍력 프로젝트의 성장을 가속화하기 위해 경기부양책을 제공하고 있음. 정부는 2030년까지 세계 최대 규모의 8.2GW 해상 풍력단지를 건설하겠다는 계획을 발표했음

- 2020년 APAC 해상 풍력 시장의 7.7%로 4위를 차지했고, 급속한 산업화와 인프라 활동의 증가는 한국 해상 풍력 시장 성장에 기여하는 주요 요인임
- 외국인 투자는 또한 국내에서 여러 가지 새로운 프로젝트의 시작을 지원하고, 첨단 인프라와 뛰어난 R&D 역량으로 인해 한국에서는 더 많은 투자를 유치하고 있음. 이러한 요인들은 주로 제조 분야를 위한 미국 해상 풍력 시장의 성장을 촉진하고 있음

<표 3-41> 한국의 해상 풍력 시장

구분	시장분석	2019	2020	2021-e	2022-e	2023-e	2024-e	2025-e	2026-e	CARG ('21~'26)
구성요소	터빈	0	83	696	763	837	920	1,012	1,113	9.8%
	하부구조	0	27	221	240	260	282	307	333	8.5%
	전기인프라	0	30	247	269	292	318	346	377	8.8%
	기타	0	47	398	435	476	521	572	628	9.6%
	합계	0	186	1,562	1,706	1,865	2,041	2,237	2,451	9.4%
터빈상세	나셀	0	38	322	355	391	431	476	525	10.3%
	로터 및 블레드	0	23	193	211	231	252	276	303	9.4%
	타워	0	21	180	197	216	236	260	285	9.6%
	합계	0	83	696	763	837	920	1,012	1,113	9.8%
하부구조상세	모노파일	0	18	143	152	161	171	182	193	6.2%
	캐킷 및 중력	0	7	59	66	74	83	92	103	11.7%
	기타	0	2	19	22	25	29	33	37	14.0%
	합계	0	27	221	240	260	282	307	333	8.5%
전기인프라상세	와이어 및 케이블	0	14	116	126	136	148	161	175	8.6%
	변전소	0	16	131	143	156	170	185	202	9.1%
	합계	0	30	247	269	292	318	346	377	8.8%
위치상세	얕은수심(<30m)	0	142	1,180	1,276	1,381	1,496	1,623	1,760	8.3%
	천이수심(30~60m)	0	41	355	394	438	488	544	605	11.3%
	깊은수심(>60m)	0	3	28	36	46	57	71	86	25.2%
	합계	0	186	1,562	1,706	1,865	2,041	2,237	2,451	9.4%

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026, 재가공

10. 해상 풍력 시장의 경쟁환경

10-1. 경쟁환경 개요

- 해상 풍력 시장의 현재 경쟁 환경 분석에는 주요 플레이어의 개발 현황, 시장 점유율 분석 및 경쟁 정도를 분석함
- 제품 출시는 Siemens Gamesa(스페인), Vestas(덴마크), GE(미국) 등 일부 선도 기업이 채택한 핵심 성장 전략임. 이 시장에서 활동하는 회사들도 시장 점유율과 입지를 높이기 위해 계약 및 합의에 집중하고 있음

<표 3-42> 해상 풍력 상위 플레이어의 개요(2017년1월~2021년 7월)

기업	제품/서비스 유형	개발	지역	제조
Vestas (덴마크)	터빈	<ul style="list-style-type: none"> - Seagreen Wind Energy Ltd는 MHI Vestas Offshore Wind와 스코틀랜드 최대 해상 풍력 발전 단지에 114개 터빈을 공급하는 계약을 체결했음 - MHI Vestas는 스코틀랜드의 네 번째 프로젝트인 1,140MW Seagreen 현장에서 터빈을 제조 및 설치할 예정임 - MHI Vestas는 또한 15년 동안 서비스 및 유지 관리 계약을 체결했음. 	유럽, 아시아 태평양 및 북미	유럽, 아시아 태평양 및 북미
General Electric (미국)	터빈	<ul style="list-style-type: none"> - GE 리뉴어블 에너지(GE Renewable Energy)는 Dogger Bank 해상 풍력 발전 소인 Dogger Bank C의 3단계 및 최종 단계에 대한 터빈 공급, 서비스 및 보증 계약을 마무리했음 	유럽, 아시아 태평양 및 북미	유럽, 아시아 태평양 및 북미
Siemens Gamesa (스페인)	터빈	<ul style="list-style-type: none"> - 회사는 1.4GW 소피아 해상 풍력 발전 프로젝트를 위해 RWE로부터 100SG 14-222DD 해상 풍력 터빈 납품을 주문했음 	유럽, 아시아 태평양 및 북미	유럽, 아시아 태평양 및 북미
ABB (스위스)	전기 인프라	<ul style="list-style-type: none"> - ABB는 GE Renewable Energy에 95대의 변환기를 공급하는 계약을 체결했음. - 이 변환기는 영국 Dogger Bank Wind Farm의 세계에서 가장 강력한 해상 풍력 터빈에 설치될 예정이며, 이는 국가가 순 제로 목표를 달성하는 데 핵심적인 역할을 할 것임 	유럽, 아시아 태평양 및 북미	유럽, 아시아 태평양 및 북미
Goldwind (중국)	터빈	<ul style="list-style-type: none"> - Goldwind는 Los Rios 지역에 위치한 Caman Wind Farm Project의 풍력 터빈 공급, 운영 및 유지 관리 서비스에 대해 Mainstream Renewable Power와 새로운 계약을 체결했음 	유럽, 아시아 태평양 및 북미	아시아 태평양 및 북미

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026, 제가공

- 다양한 기업이 해상 풍력 시장에서 입지를 강화하기 위해 다양한 전략을 전개하고 있다는 결론을 내릴 수 있음. 일반적으로 해상 풍력 주요 기업은 사업 확장을 위해 지리적 다각화 대안을 모색하고 있음
- Siemens Gamesa(스페인), Vestas(덴마크), Mingyang Smart Energy Co.(중국)는 지난 몇 년간 제품 출시, 인수, 계약을 통해 해상 풍력 시장 점유율을 높이는 데 주력해 왔음

10-2. 시장 점유율 및 경쟁환경 분석

10-2-1. 시장점유율

- 해상 풍력 시장은 대부분의 시장 점유율을 차지하는 몇몇 주요 업체의 존재로 인해 통합되었음. 2020년 상위 5개사의 누적 점유율은 시장의 50~55%였음
- 경쟁 정도는 ①단편화(Fragmented): 상위 5개 업체의 총 시장 점유율이 25% 미만인 경우, ②경쟁적: 상위 5개 업체의 총 시장 점유율이 25~50%인 경우로 정의함

<표 3-43> 해상 풍력 시장의 경쟁정도

기업	점유율(2020년)
상위 5개 기업 시장 점유율	50-55%
Siemens Gamesa (스페인)	16-19%
Vestas (덴마크)	11-13%
Shanghai Electric(중국)	07-10%
General Electric (미국)	6-9%
Goldwind (중국)	6-8%

출처: OFFSHORE WIND MARKET-GLOBAL FORECAST TO 2026

10-2-2. 경쟁환경분석

<표 3-44> 해상 풍력 시장: 거래(2017년1월~2021년 7월)

연월	거래유형	기업1	기업2	거래내역	규모
2021년 6월	계약	두산중공업 (한국)	KEPCO Eng. & Cons.	<ul style="list-style-type: none"> - 두산중공업은 한전건설(KEPCO E&C)과 100MW급 제주한림 해상풍력발전단지에 기자재 공급 계약을 체결 - 두산중공업은 5.56MW급 해상풍력터빈 18기를 공급 - 계약금액은 약 1,900억원 규모 	USD 190 billion
2021년 6월	계약	ABB (스위스)	GE Renewable Energy (US)	<ul style="list-style-type: none"> - ABB는 GE 재생에너지에 95개 유닛을 공급할 예정 - 이 변환기는 영국 Dogger Bank Wind Farm의 세계에서 가장 강력한 해상 풍력 터빈에 설치될 예정이며, 이는 국가가 순 제로 목표를 달성하는 데 핵심적인 역할을 할 것임 	
2021년 5월	계약	General Electric (미국)	Dogger Bank C	<ul style="list-style-type: none"> - GE Renewable Energy는 Dogger Bank 해상 풍력 발전소인 Dogger Bank C의 3단계 및 최종 단계에 대한 터빈 공급, 서비스 및 보증 계약 - 터빈 공급 계약에는 Haliade-X 14 MW 터빈 공급에 대한 최초의 상업적 약속이 포함됨 	
2021년 5월	계약	Siemens Gamesa (스페인)	Hai Long	<ul style="list-style-type: none"> - 전체 1,044MW Hai Long 해상 풍력 프로젝트의 우선 공급업체 - 주력 SG 14-222 DD 해상 풍력 터빈과 프로젝트 전체에 대한 서비스가 우선 공급업체 계약에 포함 	
2021년 1월	계약	Goldwind (중국)	Mainstream Renewable Power	<ul style="list-style-type: none"> - Los Rios 지역에 위치한 Caman Wind Farm Project의 풍력 터빈 공급, 운영 및 유지 관리 서비스에 대해 Mainstream Renewable Power와 계약 체결 	

2020년 10월	계약	Vestas (덴마크)		<ul style="list-style-type: none"> - MHI Vestas Offshore Wind는 EolMed 부유식 프로젝트의 우선 풍력 터빈 공급업체로 선정, 3개의 V164-10.0 MW 터빈을 공급할 예정 - V164-10.0 MW 터빈은 Ideol의 기초에 설치될 예정이며 Aude 지역의 Gruissan 해안에서 약 18km 떨어진 지중해에 위치 	
2020년 10월	계약	Shanghai Electric Wind Power Equipment (중국)		<ul style="list-style-type: none"> - Shantou Datang Lemen I는 Nan'ao 현 남부 해역의 Lemen 섬 근처에 위치한 해상 풍력 발전소용 풍력 터빈을 제조하는 계약을 회사와 체결 - 이 프로젝트는 총 투자액 50억 7700만 위안, 면적 18평방미터, 설치 용량 245MW임. 	5,077 million yuan
2019년 6월	계약	EEW Group (독일)	Ørsted	<ul style="list-style-type: none"> - EEW Special Pipe Constructions GmbH(EEW SPC)는 덴마크 에너지 회사인 Ørsted가 Hornsea 2 해상 풍력 프로젝트를 위해 30개의 Transition Piece를 주문 - 이 계약은 런던에서 열린 글로벌 해상 풍력 컨퍼런스에서 2019년 6월 26일에 체결 	NA
2018년 11월	계약	Nexans (프랑스)	Ørsted	<ul style="list-style-type: none"> - Nexans는 외르스테드가 해상 풍력 발전을 통해 가장 저렴한 전력을 공급할 수 있도록 지원하는 1억 5천만 유로 규모의 계약을 체결 - 이 프로젝트는 Hornsea 2 풍력 발전소의 해안 근처 구역을 위한 245kV 고전압 교류(HVAC) 해저 수출 케이블 시스템의 200km 이상 공급 	Euro 150 million
2018년 9월	계약	ABB (스위스)	Vestas	<ul style="list-style-type: none"> - ABB는 MHI Vestas Offshore Wind로부터 풍력 터빈 설치용으로 설계된 안정적이고 에너지 효율적이며 컴팩트한 WindSTAR 변압기를 공급하기 위해 2천만 달러 이상의 주문을 받았음 	USD 20 million

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026

<표 3-45> 해상 풍력 시장: 제품출시(2017년1월~2021년 7월)

연월	기업명	제품형태	제품명	제품설명
2020년 10월	Goldwind (중국)	터빈	GW1S	- Goldwind는 효율성 향상의 잠재력이 큰 재고 자산의 품질과 효율성을 향상시키는 포괄적인 솔루션인 GW1S를 출시
2020년 5월	Siemens Gamesa (스페인)	터빈	SG 14-222 DD	- SG 14-222 DD 해상 풍력 터빈, 명판 용량 14MW 출시 Power Boost를 사용하면 15MW에 도달할 수 있음. - 222미터 직경의 로터는 108미터 길이의 거대한 B108 블레이드를 사용함
2019년 9월	Goldwind (중국)	터빈		- 8MW 해상 풍력 터빈을 출시
2018년 3월	General Electric (미국)	해상 풍력 터빈	Haliade-X	- GE Renewable Energy는 가장 크고 가장 강력한 해상 풍력 터빈인 Haliade-X 개발 계획을 공개 - 12MW 직접 구동 발전기와 업계 최고 수준인 63%의 총 용량 계수를 갖춘 Haliade-X는 현재 사용 가능한 다른 해양 터빈보다 45% 더 많은 에너지 생산
2018년 8월	Nexans (프랑스)	케이블		- 해상 및 육상 애플리케이션, 초전도 시스템, 케이블 재활용 서비스를 위한 HVAC(고전압 교류) 및 HVDC(고전압 직류) 솔루션을 포함한 전체 범위의 송전 케이블링 시스템 및 솔루션을 출시

출처: OFFSHORE WIND MARKET - GLOBAL FORECAST TO 2026

10-3. 기업 평가 포트폴리오 분석

- 해상 풍력 시장에서 활동하는 기업을 제품 포트폴리오, 기술 혁신, 시장 입지, 기업 수익 등 다양한 요소에 대한 정성적, 정량적 분석 결과를 기반으로 포트폴리오 분석을 함

10-3-1. 스타 기업

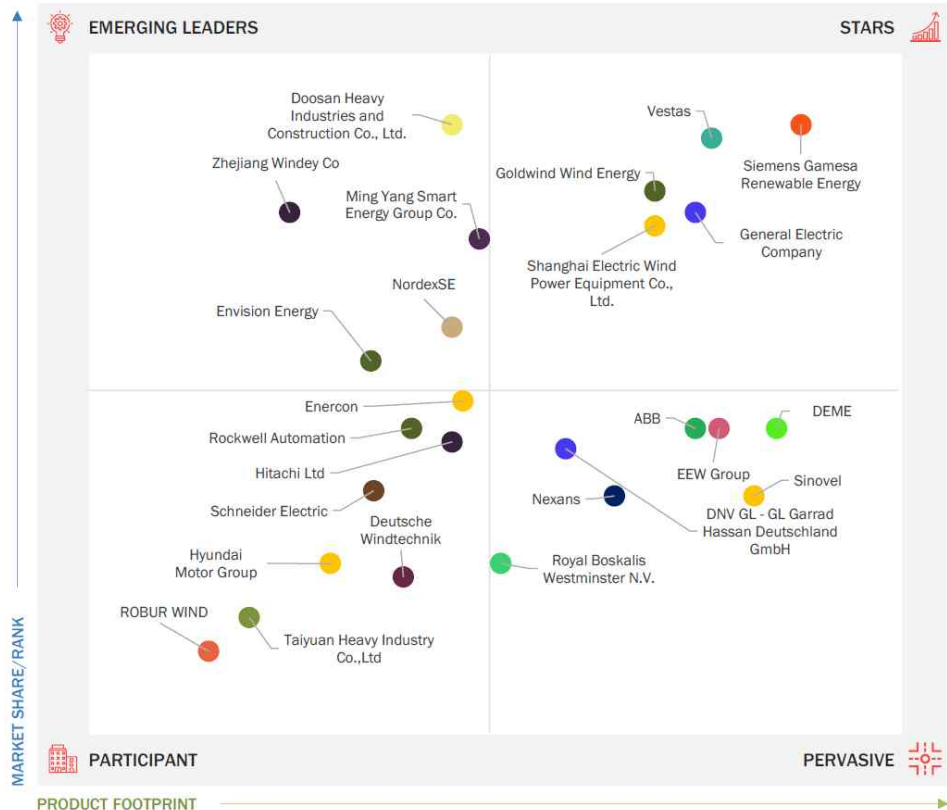
- 이 범주에 속하는 공급업체는 일반적으로 대부분의 평가 기준에서 높은 점수를 받음. 이들 업체는 서비스/제품 포트폴리오를 확립했을 뿐만 아니라 광범위한 시장 입지를 갖추고 있음. 그들은 또한 효과적인 사업 전략을 고안함
- 이 범주에 속하는 회사는 Siemens Gamesa Renewable Energy, GE, Vestas, Goldwind 및 Shanghai Electric Wind Power Equipment Co. Ltd.임

10-3-2. 신흥 리더 기업

- 신흥 리더는 기존 제품에 비해 상당한 제품 혁신을 보여준 공급업체임
- 그들은 집중된 제품 포트폴리오를 가지고 있으나 전반적인 비즈니스에 대한 성장 전략은 제한적임
- 이 범주에 속하는 회사는 두산중공업, Mingyang Smart Energy Group, Zhejiang Windey Co., Envision 및 Nordex SE임

10-3-3. 퍼베이시브 기업

- "퍼베이시브" 범주에 속하는 회사는 강력한 비즈니스 전략을 갖춘 확고한 공급 업체이나 서비스/제품/솔루션 포트폴리오가 제한되어 있음. 이러한 회사는 일반적으로 특정 제품/서비스와 관련된 특정 유형의 기술에 중점을 둠
- 이 범주에 속하는 회사로는 DEME, EEW, Sinovel, Nexans, DNV-GL, Royal Boskalis Westminster N.V. 및 ABB가 있음



Source: Company Websites, Press Releases, Annual Reports, Expert Interviews, and MarketsandMarkets Analysis

[그림 3-15] 해상 풍력 시장의 경쟁 리더십 매핑(2020년)

10-3-4. 참가자

- 참가자는 틈새 제품을 통해 시장에서 추진력을 얻기 시작한 공급업체로, 이들 회사는 해상 풍력 시장의 기존 공급업체보다 약한 비즈니스 전략을 가지고 있음. 그들은 시장에 새로 진입할 수 있으므로 시장에서 두각을 나타내기까지는 어느 정도 시간이 필요할 것으로 예상됨
- 이 범주에 속하는 회사는 Hitachi, 현대 자동차 그룹, Schneider Electric, Envision, Taiyuan Heavy Industry Co., Robur Wind, Deutsche Windtechnik 및 Rockwell Automation임

IV | 결론 및 제언

1. 결론

1-1. 특허 관점

- 특허 관점에서, 해상풍력발전은 중국이 67%의 출원 비중으로 전체 출원에서 가장 높은 비중을 보이고 있으나, 중국은 '10년을 전후하여 출원에 집중하는 양상으로, 원천특허의 경우 미국 또는 유럽 시장국(SIMENS, VESTAS社 등)에 보유 가능성이 높은 것으로 판단됨

- 해상풍력발전 분야의 기술간 출원 비중은 하부구조물(44%)이 가장 높은 것으로 조사되었으며, 그 뒤 터빈 시스템이 42%, 그리고 발전단지 운영이 10%의 출원 비중을 보이고 있으며, 송·변전 설비 분야의 경우 상대적으로 출원 열위(4%)에 있는 것으로 확인됨

- 연도별로는 송·변전 설비 분야를 제외한 나머지 분야 모두 상승 곡선을 그리고 있으며, 특히 20년대 초반부터는 3개의 분야(하부 구조물, 터빈 시스템 및 발전단지 운영 분야) 모두 출원이 급증하는 양상을 보이고 있는데, 이는, 최근 기반(기초) 기술의 응용은 물론, 풍력단지 사업화 활성화를 위한 운영 및 실증 등에 기인하여 출원 활동이 급증한 것으로 판단됨

- 빅데이터 기반(전북지역 등록특허 40,059건), 전북지역 상위 산업군 분석실시 결과,
 - 전북은 식품화학, 생명공학 산업군이 비교적 우위에 있는 것으로 분석되었으며, 전북의 나노 특화 사업을 중심으로 기타 특수기계 및 미세구조 및 나노 기술도 기술활동성 지수가 1을 넘어 기술활동이 활발한 것으로 분석됨
 - 반면에, 디지털 커뮤니케이션 및 통신 산업군을 기술활동성이 낮은 것으로 분석되었음
 - 해상풍력과 관련된 엔진, 펌프, 터빈 산업군은 기술활동성 지수가 0.548로 다소 낮은 것으로 분석되어 이를 활성화할 방안이 필요함

1-2. 기술 관점

- 해상 풍력발전은 전 세계적인 기후위기 대응을 위한 재생에너지 확대와 함께 지속적인 성장이 예상되며, 경제성 극대화를 위한 터빈 대용량화·대형화, 먼바다로 나가기 위한 부유식 해상 풍력발전이 개발 추세에 있음
- 특히 부유식 해상 풍력발전은 먼바다의 풍부한 균질의 바람 에너지를 이용할 수 있고, 주민 수용성 문제 회피에 유리하여 향후 빠른 속도로 성장이 예상되며, 현재 부유식 하부구조물 관련 연구는 실증단계에서 진행 중임
- 해상에 하부구조물, 해저케이블 등을 설치하고, 유지·보수하는 비용이 상당하여, 소수의 대용량 터빈으로 단지를 구성하는 것이 경제성 확보 측면에서 유리함

1-3. 시장 관점

- 세계 해상 풍력발전 시장은 향후 10년간 연평균 10% 수준의 고성장, 총 315GW 규모 신규 설치, 현재의 5배 이상 시장이 확대될 것으로 전망됨
- 향후 유럽 시장이 가장 활발하게 성장할 것으로 전망되나, '27년까지는 중국을 중심으로 아시아 시장이 세계시장 성장을 견인할 것으로 전망됨
- 그리고 터빈 및 발전단지 규모의 대형화와 함께 유지보수를 최적화하여 경제성을 극대화하는 방향으로 시장이 확대될 것으로 전망됨

2. 제언

- 터빈 시스템, 터빈 핵심부품의 선진국 대비 국내 기술 격차를 극복하고, 기술경쟁력을 확보하기 위한 국제 기술협력·연구 및 실증 프로그램 확대 등의 정책적 지원 필요함

- 향후 급격한 시장성장이 전망되는 부유식 하부구조물 설계 및 제작, 설치 기술은 아직 초기 단계 수준으로 원천기술 확보를 위한 투자 확대와 함께 시장 진입을 위한 민간 기업 지원 방안 마련이 필요

- 마지막으로, 국내 해상 풍력발전 단지 조성에 필요한 인프라 확충 및 원활한 추진을 위한 유관기관과의 유기적인 연계 방안 마련이 시급함