국내 해상풍력발전의 현황 및 기술개발 방향

글 경갑수 / 국립한국해양대학교 토목공학과 교수
전화 051-410-4464 **E-mail** kyungks@kmou.ac.kr

01 시작하며

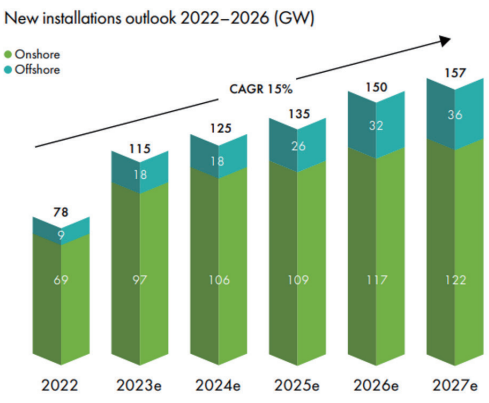
풍력발전은 신재생에너지 중 가장 작은 면적에서 전력을 많이 안정적으로 생산할 수 있는 가장 효과적인 무탄소 에너지원으로 재생가능에너지의 선두주자이다. 또한 경제성이 우수하며, 해양으로 진출하는 것에 의해 그 가능성을 넓히고 있다.

이럼에도 불구하고 설계/설치 및 운전에서의 높은 비용, 전력망 건설 및 연결에서의 고비용, 높은 수준의 기초건설 난이도 및 시스템 운용 등으로 인하여 성장이 미미하였다. 또한 해상풍력발전의 경우, 육상풍력발전대비 많은 전기 생산은 가능하나 해상구조물 및 전력망 연결비용이 상대적으로 높아 발전단가가 상대적으로 비싼 단점을 가지고 있다. 그러나 대형 터빈 등의 기술발전 및 단일 프로젝트 규모의 증가로 해상풍력발전 단가가 하락하고 있으며 향후 글로벌 수요도 빠르게 증가하면서 2025년 이후 성장세가 가속화 될 것으로 예상된다.

또한 해상풍력발전 시장은 향후 2031년까지 연평균 성장률 약 10% 수준으로 성장하여 2030 년에는 연간 신규 설치용량이 50GW를 넘어설 것으로 예상된다. 이에 따라 2022년 14GW에 불과했던 글로벌 해상풍력발전 시장은 2030 년 53GW, 2035 년 70GW, 2040 년 110GW 에 이를 것으로 전망된다.❶

GWEC는 2023년부터 2027년까지 전 세계적으로 매년 15%의 성장을 보여 680GW의 풍력 발전 용량이 추가될 것으로 예상하고 있으며, 이 중 130GW는 해상에 설치될 것으로 예상하였다. 중국의 육상풍력 설치는 계속해서 300GW로 선두를 달릴 것이며, 유럽은 거의 100GW로 그 뒤를 이을 것으로 보고하고 있다. [그림 1]에 나타낸 것과 같이 해상풍력은 2023년부터 2025년까지 60GW 이상, 2026~2027년에는 68GW 이상이 추될할 것으로 예상되면서 점점 더 큰 역할을 할 것이다. 풍력에너지는 2023년 중반까지 설치용량 1TW라는 이정표를 달성할 것으로 보고된 바 있다. 최근 BloombergNEF(BNEF)는 풍력이 1TW에 도달하는 데 33년이 걸렸으며, 2030년2월까지 또 다른 TW에 가까워질 것이라고 예측하였다.❷

[그림 1] 풍력발전 시장 예측



출처 : GWEC, 2023

❶ 이상헌, 2023, "해상풍력 성장의 시간이 다가오고 있다", DGB Industry Report, 2023.3
❷ GWE, 2023, "GLOBAL WIND REPORT 2023"

우리나라의 경우 해상풍력발전은 국내 신재생에너지 산업에서 가장 큰 잠재력을 지니고 있는 것으로 평가받는다. 자원 빈국인 우리나라가 모처럼 3면이 바다로 둘러싸인 지형적 이점을 활용하여 청정에너지를 개발할 수 있다는 기대감이다. 기업의 RE100 달성을 위한 대규모 재생에너지 공급이 가능하면서도 세계적인 조선, 해양플랜트 인프라를 바탕으로 세계 시장을 이끌 수 있을 것이라는 황금빛 전망이 나오기도 한다.

국내의 경우도 재생에너지 3020 이행계획(2017년)을 발표하고, 2030년까지 재생에너지 목표의 9%를 해상풍력으로 달성하기 위하여 대규모 프로젝트를 중심으로 2030년까지 12GW 의 해상풍력단지 조성 등을 제시하였다. 또한 제 10 차 전력수급기본계획 등을 통하여 해상풍력 성장이 가시화 되었다. 이에 따라 2030년 12GW 목표달성을 위해 신안(8.2GW), 울산(1.4GW), 동남권(4.6GW), 제주(0.6GW), 인천(0.6GW) 등의 대규모 프로젝트 중심의 해상풍력발전 보급 확대가 예상된다. 다수의 해상풍력발전 프로젝트가 발전사업허가를 획득함에 따라 단계적으로 착공에 들어가면서 국내 해상풍력발전 성장이 가속화 될 것으로 예상된다.[1] 국내의 보다 상세한 내용은 참고문헌 1)을 참조하기 바랍니다.

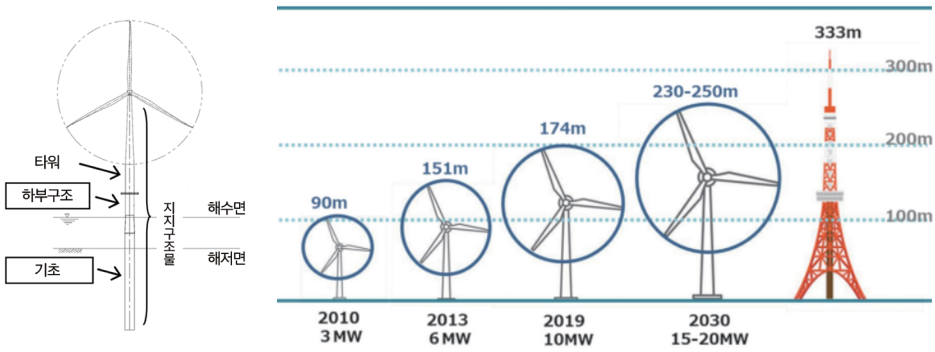
풍력발전은 에너지 밀도가 작은 바람을 이용하기 때문에 큰 구조체가 되어 다양한 문제를 유발할 수 있다. 자연 에너지를 활용하기 위해서는 사회 수용성을 배려한 다양한 문제를 해결하는 노력이 필요하다. 이러한 우수사례로 2000년에 설치된 코펜하겐 앞바다의 20대의 풍차는 원호 형상으로 배치된 디자인으로, 그 형상으로부터 지금도 세계에서 가장 아름다운 윈드 팜의 하나로 불리고 있다. 풍차 5대는 시민 소유의 풍차이며, 지역 활동과 밀접하게 연계되고 있다. 역사적으로 유명한 네덜란드 풍차군도 습지대를 관개하기 위해 보급된 것으로 현재는 세계유산으로서 지역의 자랑이 되고 있다.

이 글에서는 최근 국내·외의 건설이 급증하고 있는 해상풍력발전에 대한 기술현황의 개요 및 관련기준의 소개, 해상풍력발전 건설에서의 건설분야의 역할 등을 중심으로 내용을 기술하여 향후 해상풍력발전 사업에서의 건설분야의 역할 증대를 기대하고하고자 한다.

02 해상풍력 발전에 대한 기술현황 개요

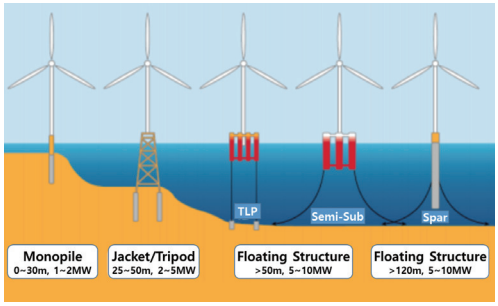
[그림 2]에 해상풍력발전 주요구조부재 및 wind turbine과 발전용량과의 관계, [그림 3]에 해상풍력발전 기초구조와 수심과의 관계를 나타내었다.

[그림 2] 해상풍력발전 주요구조부재 및 Wind Turbine과 발전용량과의 관계



[그림 2]에 나타낸 주요구조부재에서 건설분야와 관계되는 부분은 타워 + 하부구조 + 기초를 포함하는 지지구조물의 설계, 제작 및 시공과 관련이 있을 것으로 판단되며, 발전용량이 증가함에 따라 블레이드가 대형화되고 이를 지지하는 지지구조물도 대형화가 요구된다. 이를 위해서는 시공 가능한 풍력터빈전용

[그림 3] 해상풍력발전 기초 구조와 수심과의 관계

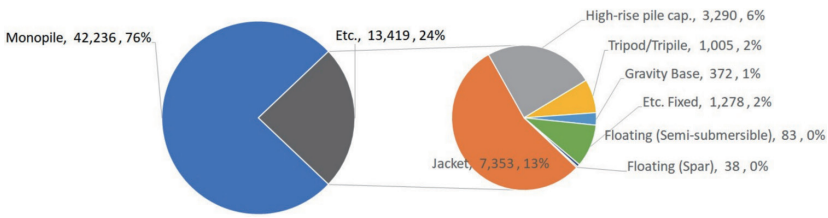


설치선(WTIV) 확보도 필요할 것으로 판단된다. 현재 국내에서 개발되는 해상풍력 발전단지에서는 8~15MW 용량의 터빈 설치가 계획되고 있다. 그러나 국내에서 상업운전 중인 WTIV는 최대 10MW급 터빈 설치가 가능한 현대스틸산업의 현대프론티어호가 유일하다. 거대화, 중량화된 터빈 이송을 위해서는 대형 풍력터빈전용설치선(WTIV)의 도입 및 2030년까지 14.3GW규모의 해상풍력설치를 위해서는 추가적인 WTIV 건조가 시급할 것으로 생각된다.

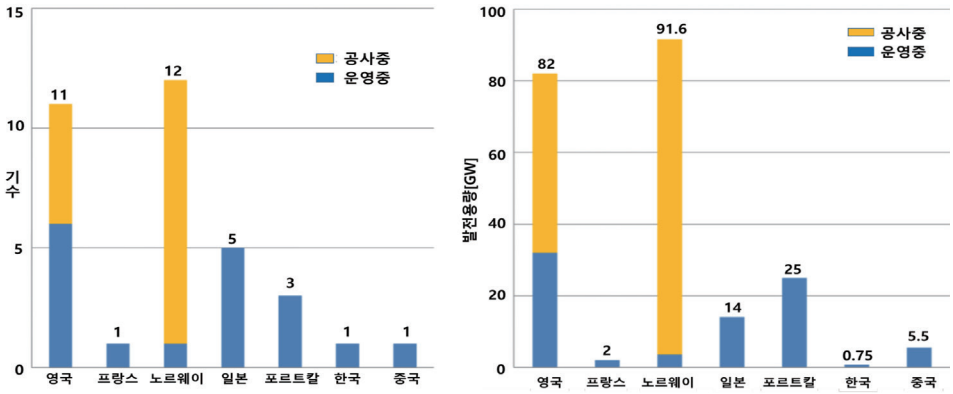
[그림 3]에 나타낸 것과 같이 해상풍력발전의 고효율화를 위해서는 기존의 모노파일 또는 자켓/ 트라이포드의 고정식해상풍력발전에서 TLP, 반잠수식 등의 부유식해상풍력발전으로의 전환이 필요하다. 이는 해상풍력발전이 근해가 아닌 원해가 될수록 어업 보상 등에서 자유로우며, 또한 환경영향 평가면에서도 유리하기 때문이다. 이러한 관점에서 세계의 원드 팜은 최근에는 원해에 설치하고 지지구조물 형식도 부유구조형식으로 전환되고 있다.

해상풍력발전은 수심 외에도 해저지반의 특성(지층 구성 등), 파도, 조류의 영향을 복합적으로 고려하여 하부구조물을 설계하는 것이 필요하며, 또한 많은 설치 경험에 의한 높은 기술성숙도가 요구된다. [그림 4]에 나타낸 것과 같이 2022년 현재 전 세계에 기 설치된 해상풍력발전 전체 누적용량은 약 55.7GW이며, 지지구조는 발전용량기준으로 고정식 하부구조물이 99.8% 수준이며, 이 가운데 모노파일 타입의 지지구조가 76%(약 42GW) 이상을 차지하고 있다.[3]

[그림 4] 전 세계 해상풍력발전 하부구조물 누적 설치용량(MW)



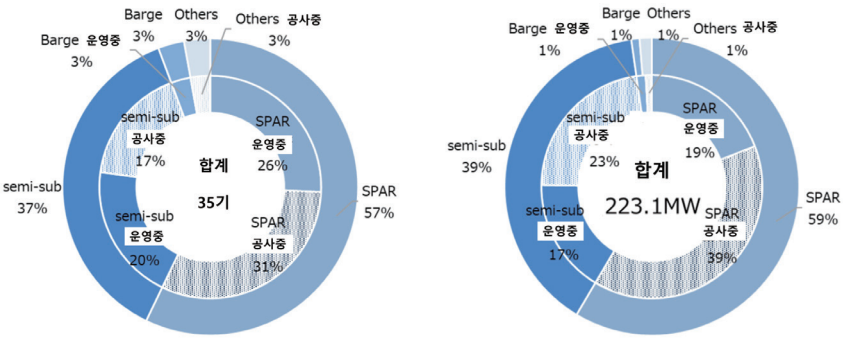
[그림 5] 각국에서의 도입 및 착공된 부유식해상풍력 실적



[그림 5]는 2022년 1월에 국가별로 도입되거나 착공되고 있는 부유식 해상풍력발전의 기수와 프로젝트 규모를 정리한 것이다. 국가별로 보면 지금까지 기수 및 프로젝트 규모가 모두 최대였던 영국 이외에 Hywind Tampen이 설치될 예정인 노르웨이의 도입량이 크게 나타나고 있다.

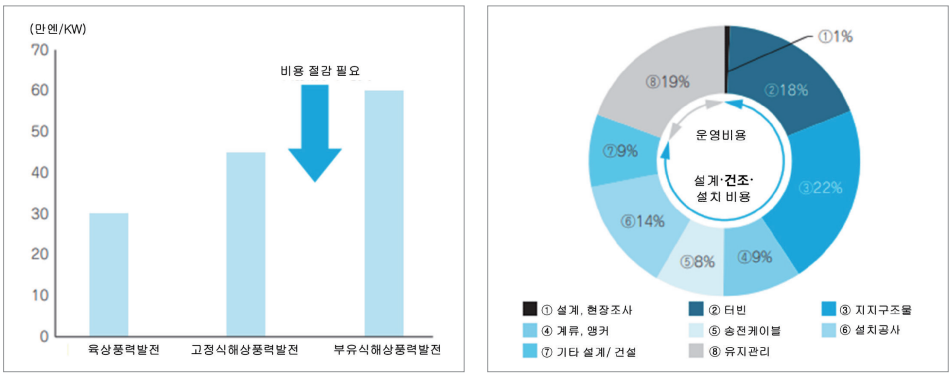
[그림 6]에 [그림 5]의 도입 및 착공된 부유식 해상풍력발전의 기수 및 프로젝트 규모를 부유체의 형상별로 나타내었다. 여기서도 Hywind pilot park 에서 Spar 형의 풍력발전 설비가 도입되고 있는 것을 비롯하여 향후 Hywind Tampen 에서도 Spar 형이 도입되므로 Spar 형이 가장 많으며, 다음이 Semi-Sub 형, Barge 형으로 나타난다.❹ 보다 상세한 내용은 참고문헌 4를 참고하기 바란다.

[그림 6] 각국에서의 도입 및 착공된 부유식해상풍력의 부유체 형상



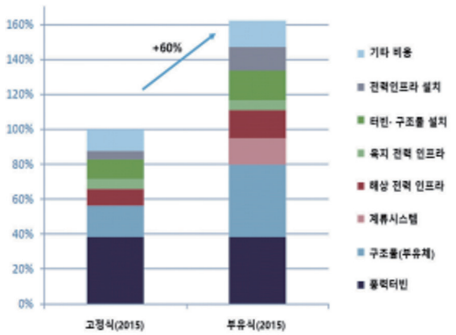
[그림 7]및 [그림 8]에 부유식 해상풍력발전시설에 관한 비용을 나타내었는데 고정식해상풍력에 비해 약 40%~60%의 비용이 더 많이 필요한 것으로 나타났다. 비용 절감을 위해서는 저비용화 등의 상용화를 향한 실증 연구 성과 등을 근거로 한 새로운 컨셉의 적용이 필요하다. 또한 부유식 해상풍력발전 비용 구성에서 나타낸 것과 같이 비용절감을 통한 도입 확대를 위해서는 고정식해상풍력발전에는 없는 계류시설을 포함한 건조·설치·유지관리 비용에 대한 저감이 더욱 필요할 것으로 판단된다.

[그림 7] 부유식 해상풍력발전시설에 관한 비용(일본 해사국 시산)❺

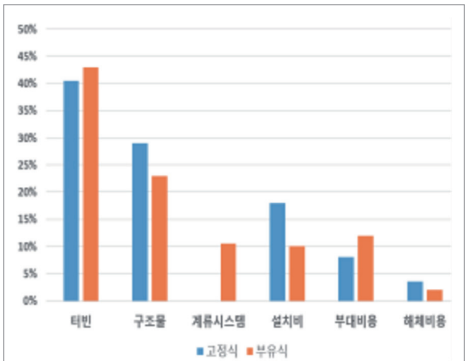


❸ 정지훈, 이종선. 2022, "해상풍력발전", kistep 브리프 53, 2022
❹ 후쿠시마해상풍력컨소시엄, 2022, "부체식양상풍력발전도입메뉴얼" 2022
❺ 일본 국토교통성 해사국 안전정책과 해양·환경정책과, 2020,
"부체식 양상풍력발전시설기준·안전가이드라인 개정에 대하여", 건설매니지먼트기술, 2020.6

[그림 8] 고정식 및 부유식 해상풍력발전의 건설비용의 비교[6]



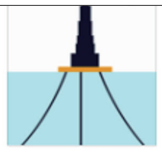
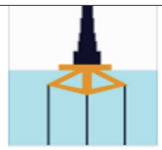
주 : 800MW용량급 비교
출처 : TKI Wind op Zee(2016) 자료 재구성



출처 : Carbon Trust(2015) 자료 재구성

[표 1]에 해상풍력발전 부유식 하부구조물 타입별 비교를 나타내었다.[3] 특히 부유식 하부구조물은 고정식 대비 큰 흔들림이 발생하여 피로하중 증가시 이를 감당하기 위한 타워 및 하부구조물 중량증가(비용증가)로 이어지므로 피로하중의 증가 유발, 거센 풍랑에서 터빈시스템 전복을 방지하고, 흔들림을 저감할 수 있는 제어기술이 핵심요소가 될 것으로 판단된다.

[표 1] 해상풍력발전 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	• 철, 콘크리트 구조 (복합구조 가능)	• 얕은 수심 가능 • 육상조립 가능 • 단순 계류체계	• 파도 영향 낮음 • 단순 계류체계 • 단순 제조공정	• 낮은 생산 비용 • 높은 안정성 • 유지·보수 용이
단점	• 파도 영향 높음 • 강한 계류 필요	• 파도 영향 높음 • 고비용 • 대형·복잡 구조	• 고비용, 고중량 • 고중량 계류선 • 특수설치선 필요	• 복잡 계류 체계 • 계류체계 고하중 • 특수설치선 필요

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

한편, 부유식 해상풍력발전의 경우 태풍과 파도 등 해상위험을 반영한 체계적인 안전관리가 필요하다. 최근 해상풍력 발전설비가 늘어나면서 발전설비를 지지하고 있는 부유식 구조물의 안전관리도 중요해지고 있으나, 국내의 선박안전법에는 부유식 구조물의 범위에 '해상풍력발전설비의 부유식 구조물'이 명확하게 적시되지 않아 선박안전법 적용 여부가 불분명 하였다.

이를 반영하여 2024년 국내의 "선박안전법 시행규칙" 개정안에 선박안전법에 따른 부유식 구조물의 범위에 '해상풍력발전설비의 부유식 구조물'을 포함하여 해당 구조물의 제작부터 설치, 운영 전 과정에서 강화된 안전관리 기준을 적용 받도록 하였다. 이로써 해상풍력발전설비의 부유식구조물의 안전 및 인근 해역을 항행하는 선박의 안전도 확보할 수 있게 되었다.

03 해상풍력발전에 관한 기준 현황 개요

[표 1]에 해상풍력발전을 선도하는 국가를 중심으로 해상풍력발전 표준화 관련 기관 및 기준 사례를 나타내었다. 각 기준에 대한 구체적인 정보는 참고문헌에 제시된 홈페이지를 참고하기 바란다.

[표 1] 해상풍력발전 표준화 관련 기관 및 기준 사례❼

유형	조직	해상 풍력 산업을 위해 개발된 특정 표준 제공
국제표준기구	국제표준화기구 (ISO) [01]	ISO는 165개 국가표준기관의 회원으로 구성된 독립적인 비정부 국제 조직이다. 기술 및 제조의 거의 모든 측면을 포괄하는 23,000개 이상의 국제표준을 제공하지만 풍력터빈에 관한 특정한 표준은 없다.
	국제전기기술위원회 (IEC) [02]	IEC는 모든 전기, 전자 및 관련 기술에 대한 국제 표준을 준비하고 발행하는 조직이다. IEC 기술위원회 TC88은 풍력관련 표준 개발을 담당하고 있다. 국가표준화기구는 지명된 개인에 의해 TC88에 참여할 기회를 갖는다. IEC 61400 시리즈에는 표준 풍력터빈 세트가 포함되어 있다.
지역표준기구	EU: 유럽표준화위원회 (CEN) [03]	CEN은 EU의 국가 표준화 기관을 하나로 통합하는 협회이다. 풍력터빈 구조물에 사용되는 유럽표준(EN)의 사례로는 EN 1993-1-시리즈가 있다.
	EU: 유럽전기기술표준화 위원회 (CENELEC) [04]	CENELEC은 전기기술 엔지니어링 분야의 표준화를 담당하고 있다. 풍력 터빈에 사용되는 유럽표준(EN) 사례로는 EN 61400 시리즈가 있다.
국가표준화 기구	영국: 영국표준협회(BSI) [05]	BSI는 영국의 국가 표준 기관으로 BS EN 61400 시리즈와 같은 기술 표준을 개발한다.
	미국: 미국석유협회(API) [06]	API는 석유산업에 대한 표준을 제공한다.(원래 미국조건에 맞게 개발됨) API 표준은 석유업계를 위해 최초로 개발된 표준 중 하나였으며 NORSOK 표준과 같이 나중에 개발된 다른 표준의 기초가 되었다. API에는 해상풍력 관련 표준이 없다.
	노르웨이: 스탠다드 노르게 [07]	Standard Norge는 전기, 우편, 통신 표준화를 제외한 모든 분야의 표준화를 담당한다. Standard Norge는 "Norsk Standard"(NS: 노르웨이 표준)를 해독하고 출판할 독점권을 가지고 있다. NS 시리즈에는 풍력관련 표준이 없다. NORSOK("노르웨이 대륙붕의 경쟁 위치") 표준은 노르웨이 석유 산업에서 개발되었다. Standard Norge는 NORSOK 표준을 관리하고 있다. 풍력에 특정한 NORSOK 표준은 없다.
	노르웨이: 노르웨이 전기기술위원회 (NEK) [08]	NEK는 IEC 및 CENELEC의 국제표준을 제공하고 완료를 담당한다. 또한 NEK는 국제 표준을 번역하고 국가표준 컬렉션을 제정한다. NEK는 국가규정을 기반으로 하는 "Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap" (DSB)의 다양한 매뉴얼 및 기술 사양과 판매규정을 담당한다. NEK는 노르웨이의 전기기술 분야 규정 및 표준 공급업체이다.
국가 공단	독일: 연방해양수로국(BSH) [09]	BSH는 연방 교통 및 디지털 인프라부(BMVI) 포트폴리오 내의 상위 연방기관이다. 또한 해양업무를 담당하는 공공기관이다. 이는 해상위험 방지, 공식 항해차트 발행, 북해 및 발트해 측량작업, 조수, 수위 및 폭풍 해일 예측과 같은 작업과 관련된다. 또한 BSH는 선박사, 국기법, 항법 및 무선 장비의 테스트 및 승인, 선원인증서 발급을 담당한다. 북해와 발트해의 건설 프로젝트와 관련하여 BSH는 공간계획과 발전시스템 (해상풍력 터빈), 케이블 및 연방책임 범위 내 기타 시스템의 테스트 및 승인을 담당한다.
	노르웨이: 석유안전청(PSA) [10]	노르웨이 대륙붕(NCS) 재생에너지 발전 안전에 대한 책임이 PSA의 감독 책임에 추가되었다.(2020년 8월 17일부터) 해상풍력 부문의 HSE를 다루는 전용 규제 체제가 개발될 것이다. 출발점은 성과기반 요구사항과 위험기반 접근방식을 갖춘 석유운영에 대한 HSE 규정이 될 것이다.
선급협회/ 인증기관	ABS(미국선급협회) 해양 및 해양산업을 위한 분류 서비스, 기술 리더십 및 기술조언을 제공함 [11]	3개의 해상풍력 관련 문서 - 고정식 해상풍력 터빈설치 건물 및 분류를 위한 ABS 가이드 - 부유식 해상풍력 터빈설치물 건설 및 분류를 위한 ABS 가이드 - 부유식 해상풍력 터빈설치에 대한 글로벌 성능분석에 대한 지침 노트 (해당산업 표준 및 규정에 추가된 기술 지침)
	BV(Bureau Veritas) 테스트, 검사 및 인증서비스를 제공함 [12]	1개의 부유식 해상풍력 관련 문서 NI 572 부유식 해상풍력 터빈의 분류 및 인증
	ClassNK (일본해사협회) 선박 분류, 인증 및 기술자문 서비스 제공함 [13]	1개의 부유식 해상풍력 관련 문서 해상 부유식 풍력터빈 구조물에 대한 지침
	DNV GL해양, 석유 및 재생 에너지 산업을 위한 분류, 인증 및 자문서비스 제공 [14]	터빈, 고착식 및 부유식 지지 구조물, 케이블 및 해상 변전소를 포함한 풍력 발전소에 대한 완전한 표준 및 권장 사례 세트이다. 유형 및 프로젝트 인증에 대한 인증 체계이다.

❸ 정지훈, 이종선. 2022, "해상풍력발전", kistep 브리프 53, 2022
❻ 윤정길, 2022, "풍력발전 현황 및 산업동향", 산은조사월보, Vol. 795, 2022.2
❼ DNV·GL, 2020, "Overview of offshore wind standards and certification requirements in selected countries"

국내의 해상풍력발전 인증은 국제표준인 'IEC 61400'을 준용하고 있다. 이 기준은 부품설계부터 소음 측정, 전력 생산, 안전성 등 풍력 발전의 전반적인 내용을 모두 평가한다. 한국선급(KR)이 IEC 61400 기준을 국내에 맞게 부합화한 'KS C IEC 61400'에 따라 인증 서비스를 진행하고 있다.

또한 국제화를 위하여 IEC TC88 위원회에 회원국으로 참여하고 있으며, TC 88 풍력발전 위원회에 약 10명의 전문위원이 Working Group이나 Team에 참여하고 있다.[8] 그러므로 IEC 개정에 따른 신속한 대응이 국내에서도 요구된다. 예를 들어 IEC 61400-3-1 의 개정에서는 시뮬레이션기술의 동향이나 산업실태를 반영하여 설치해역의 기상해상 시뮬레이션기법이나 해당시뮬레이션을 기초로 하여 풍력발전 시설에 작용하되는 부하를 해석평가하는 설계하중 케이스가 일부 개선되었기 때문에 기술 기준에 이를 반영하는 것이 필요하다. 또한 IEC TS 61400-3-2의 신규발행에 의해 부유식에 특유의 설계하중 케이스가 추가되었기때문에 이러한 반영도 필요할 것이다. 그리고 이러한 설계하중 케이스에 대해서는 국내 규격(KS)에의 도입 상황이나 IEC TS 61400-3-2의 국제 표준화(International Standard)를 향한 IEC에서의 논의 진전 등을 향후 지속적으로 반영하는 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.

한편 해상풍력발전에서 건설분야와 관계가 높은 국내/외 해상풍력발전 타워-지지구조 연결부 설계기준은 다음과 같다.

[표 2] 국내/외 해상풍력발전 타워-지지구조 연결부 설계기준

설계기준	KR	DNVGL	API	ISO 19902	ISO 19903	JSCE
설계법	한계상태설계법		허용응력설계법	한계상태설계법		허용응력설계법
사용재료	Steel 타워 + Steel 지지구조				콘크리트 지지구조	Steel 타워 + 콘크리트지지구조
연결방법	볼트, 용접, 그라우팅	볼트, 그라우팅	볼트, 용접	볼트, 용접, 그라우팅	명시되어 있지 않음	앵커볼트, 앵커링
대상	강구조			해상플랫폼 (강구조)	해상플랫폼 (콘크리트)	육상풍력

2013년 조사에 의하면 해상풍력 발전설비에 대한 국내 설계기준으로는 한국선급(KR)에서 발간한 "해상풍력발전 시스템의 기술 기준(2011)"이 있으며, 해외 기준으로는 노르웨이 선급(DNV : 현재는 DNVGL로 통합)의 "DNV-OS-J101"와 미국 API의 "API 2A-WSD"가 사용되고 있다. 그리고 해양 플랫폼에 관련된 설계기준으로 ISO에서 발간한 "ISO 19902" 및 "ISO 19903"가 있으며, 육상풍력 발전설비에 대한 설계기준으로는 일본토목학회(JSCE)의 "풍력발전설비 지지구조물 설계지침·동해설(2010)"이 적용되고 있다.[9]

그러나 국내 해상풍력발전은 현재 앞에서 기술한 것과 같이 KS C IEC 61400에 근거하여 설계, 인증 등을 포함한 모든 업무가 이루어지고 있다.

한국의 해상풍력발전 기술 수준은 최고 기술 보유국인 유럽 대비 83.3% 수준에 있고, 특히 수출의존도가 높은 우리나라의 특수성을 고려할 때 선진 유럽과 16.7%로 많은 기술수준 차이가 있어 수출 시장에서 경쟁 가능한 기술력 확보를 위해 국가 및 관계기관의 다각적인 추가지원이 절실하게 필요한 상황이다.

[7] DNV·GL, 2020, "Overview of offshore wind standards and certification requirements in selected countries"
[8] 한국에너지공단, 2020, TC동향보고서-한국에너지공단 신재생에너지센터-TC88, 2020
[9] 지광습외 3인, 2013, "해상풍력 타워-지지구조 연결부 설계기준 현황", 한국콘크리트학회 2013 봄 학술대회논문집, pp.749~750

[표 3] 풍력발전 기술수준 비교[7]

한국		미국		일본		유럽		중국	
상대수준	기술격차	상대수준	기술격차	상대수준	기술격차	상대수준	기술격차	상대수준	기술격차
83.3%	1.4년	94.7%	0.44년	94%	0.5년	100%	0년	80.3%	1.65년

우리나라의 해상풍력발전을 위해서는 설계, 터빈, 지지구조물, 송전케이블, 설치공사, 기타부속물의 설계 및 건설, 유지관리(부유식인 경우 계류 및 앵커 추가) 분야에서의 체계적인 다양한 분야에 대한 적극적인 지원이 필요할 것으로 생각된다. 특히 해상풍력발전 구조물을 고려한다면 건설분야에서는 터빈 규모에 따른 적합한 지지구조물, 계류 및 앵커 분야에 대한 지속적인 기술개발이 필요할 것으로 판단된다. 특히 해양 및 해양지반이라는 어려운 환경조건하에서의 기술개발이라 육상에서의 기술개발과는 다른 여러 조건을 고려하여야 하므로 토목공학, 조선공학, 해양학, 기상학 및 기후학 등의 다양한 분야의 체계적인 협조가 필요할 것으로 판단된다.

04 맺음말

지금까지 최근 국내외의 건설이 급증하고 있는 해상풍력발전에 대한 기술현황의 개요 및 관련기준의 소개, 해상풍력발전 건설에서의 건설분야의 역할 등을 중심으로 내용을 기술하였다. 본 기사가 건설관련 기술자에게 해상풍력발전에 대한 향후 추진방향 설정 및 어떤 것을 우리가 하여야 하는 갓에 대한 이해, 무엇을 하여야 하는가 등의 방향 설정에 도움이 되기 바라면, 또한 향후 해상풍력발전 사업에서의 건설분야의 역할 증대를 기대하고자 한다.

※ 참고문헌

[표 1]의 각 국가별 기준 인용 사례 홈페이지

01. https://www.iso.org/home.html
02. https://www.iec.ch/homepage
03. https://www.cen.eu/Pages/default.aspxl
04. https://www.cenelec.eu/
05. https://www.bsigroup.com/
06. https://www.api.org/
07. https://www.standard.no/
08. https://www.nek.no/
09. https://www.bsh.de/EN/Home/home_node.html
10. https://www.ptil.no/
11. https://ww2.eagle.org/en/Products-and-Services/offshore-energy/offshore-wind-projects.html
12. https://marine-offshore.bureauveritas.com/rule-notes-and-guidance-notes
13. https://www.classnk.or.jp/hp/ja/index.html
14. https://www.dnv.com/rules-standards/index.html