

아시아에 불어오는 해상풍력

- 유럽 이을 차세대 성장 시장으로 부상 중 -

박정석 매니저, 동향분석센터 (bassdj12@posri.re.kr)
남대엽 수석연구원, 글로벌연구센터 (dynam@posri.re.kr)

목차

1. 비약적으로 성장 중인 해상풍력
2. 비용하락 날개를 입다
3. 아시아에 부는 해풍(海風)
4. 전망 및 시사점

Executive Summary

- 2017년 세계 해상풍력 누적 설치용량은 18.8GW로 2011년 대비 4.6배로 확대(연평균 29% 증가). 2020년까지 신규용량 15GW 이상 추가 예상
 - 영국과 독일을 중심으로 세계 해상풍력 시장을 주도하고 있는 유럽에서 신규 투자 대폭 확대 → 지난 3년간('15~'17) 유럽에 설치된 신규 용량은 7.8GW에 달하고, 향후 3년간('18~'20) 약 10GW의 용량 추가 예상
- 해상풍력은 터빈과 풍력단지의 대형화, 공급사슬 성숙, 설치·물류 효율성 증가 등에 힘입어 비용이 빠르게 하락하며 경제성 개선
 - 해상풍력은 육상풍력 대비 투자비용이 높지만 소음이나 부지확보 문제에서 비교적 자유롭고, 대형터빈 설치와 단지 대형화가 용이해 경제성이 크게 개선
 - 세계 해상풍력 균등화발전단가(LCOE)는 kWh당 2010년 U\$0.17에서 2016년 U\$0.14로 떨어졌는데, 2020~2022년 30~60% 추가로 더 떨어질 전망
 - 영국에서는 신규 원전보다 저렴한 프로젝트가 등장하고 있고, 독일과 네덜란드에서는 '보조금 제로' 프로젝트도 등장
 - 고압직류전송(HVDC), 에너지저장시스템(ESS), 사물인터넷(IOT) 등의 기술 발전이 더해지면 해상풍력의 경제성을 한층 개선시킬 것으로 기대
- 유럽에서 사업성 증명된 해상풍력, 아시아가 차세대 시장으로 부상 중
 - 중국은 2020년까지 10GW 착공, 5GW 완공 계획으로 향후 5년 내 세계 1위로 등극 예상
 - '탈원전'을 추진 중인 대만에선 해상풍력 설치 목표치를 3.5GW에서 5.5GW로 늘린 가운데 유럽과 현지 업체들의 투자 행보가 잇따름
 - 에너지 전환 이슈가 부상하고 일본과 한국에서도 재생에너지 보급 확대 노력이 강화되면서 아시아 해상풍력의 미래가 주목받고 있음
 - 역내 대형터빈 제작 역량이나 해상풍력 개발·운영 경험 부족, 관련 인프라 미흡, 유럽과 다른 지리·기후적 특성 등은 아시아 해상풍력 시장 확대의 걸림돌
- 성장기회와 위험요인이 상존하는 아시아 해상풍력 시장이 본격적으로 확대될 수 있을 지 주목할 필요
 - 해상풍력 사업에 영향을 미칠 기술적·정책적 요인들의 변화를 지켜보며, 시장 확대가 본격화할 경우에 대비해 관련 기업들은 해상풍력 공급사슬에서의 가치 창출 기회 모색

1. 비약적으로 성장 중인 해상풍력

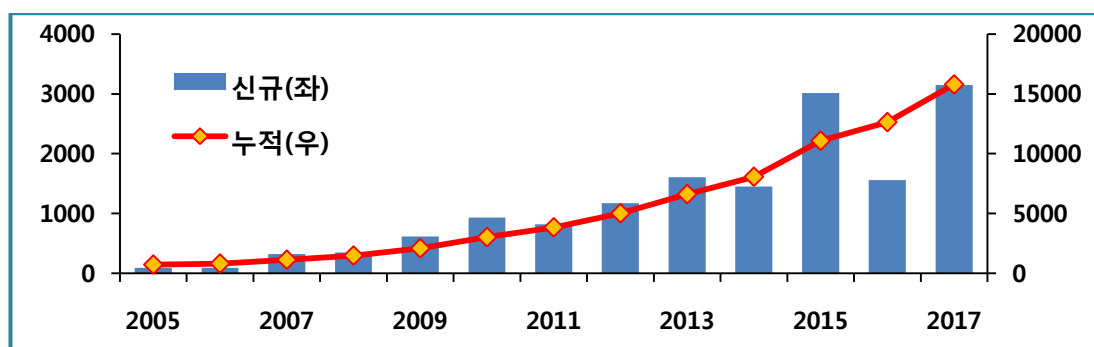
□ 세계 해상풍력 설치 현황

- 2017년 세계 해상풍력 신규 설치용량이 4.3GW에 달하면서 누적 용량은 전년비 30% 증가한 18.8GW로 확대(GWEC)
 - 해상풍력 누적 용량은 2011년(4.1GW) 대비 4.6배로 확대되며 연평균 29% 증가했는데, 같은 기간 총 풍력발전 용량의 연평균 증가율 15%보다 훨씬 빠른 속도
 - 이에 총 풍력발전 용량에서 해상풍력이 차지하는 비중은 2011년 1.7%에서 2017년 3.5%로 꾸준히 상승
 - 세계 총 풍력발전 용량: 238GW(2011) → 540GW(2017)

□ 유럽, 해상풍력 시장의 허브

- 영국과 독일 등 유럽 국가들이 북해를 중심으로 해상풍력 개발 주도¹
 - 2017년 유럽의 신규 설치용량은 3.1GW로 역대 최고치를 기록, 누적 용량은 15.8GW로 증가해 현재 총 4,149개의 터빈이 그리드에 연결되어 있음
 - 영국, 독일, 덴마크, 네덜란드, 벨기에 5개국이 누적용량 기준 유럽의 98%, 세계 전체의 82% 차지
 - 유럽 밖에서는 중국을 제외하면 아직까지 상용 프로젝트 실적이 미미한 상황으로, 상기 유럽 5개국과 중국이 세계 전체의 97% 차지²

그림1. 유럽의 해상풍력 연간 신규 및 누적 설치용량 (단위: MW)



자료: WindEurope(2016, 2018)

¹ 유럽 해역별 설치 비중(2017년 누적): 북해 71%, 아일랜드해 16%, 발트해 12%, 그 외 1%(WindEurope)

² 세계 Top 6 해상풍력 국가의 설치용량(2017년 누적 기준): 영국(6.8GW), 독일(5.4GW), 중국(2.8GW), 덴마크(1.3GW), 네덜란드(1.1GW), 벨기에(0.9GW) (GWEC)

- 2000년대 후반 유럽 내 해상풍력 투자가 본격화된 이후 2015년부터 신규 용량이 비약적으로 증가
 - 1990년대와 2000년대 초반의 태동기를 거친 유럽 해상풍력 시장은 이제 본격적인 성장기에 진입한 것으로 평가
 - 특히 지난 3년간(2015~2017) 설치된 신규 용량은 지금까지 총 누적 용량의 절반가량인 7.7GW에 달하며, 향후 3년간(2018~2020) 약 10GW의 신규용량 추가가 예상됨
 - 터빈, 하부구조물, 케이블, 전용선박 등 기자재 제작·공급을 비롯 개발, 설치, 유지·보수까지 해상풍력의 공급사슬이 구축되며 산업화에 안착

2. 비용하락 날개를 입다

□ 해상풍력, 더 이상 ‘미래형’ 아닌 ‘현재형’ 에너지로 부상

- 해상풍력은 비용이 높아 경제성이 떨어지는 기술로 여겨졌지만, 기후변화 대응 노력과 기술발전에 따른 비용하락에 힘입어 육상풍력의 단점을 보완·극복할 수 있는 현실적인 대안으로서 각광
 - 풍력은 태양광과 함께 대표적인 재생에너지로, 각국 정부는 친환경 에너지 보급을 확대하는 과정에서 육상을 중심으로 풍력 투자를 확대
 - 하지만 육상풍력은 소음이나 주변경관 훼손과 같은 문제점을 유발했고, 최근에는 부지확보의 어려움도 커지고 있음
 - 이에 반해 해상에 설치할 경우 대규모 풍력단지를 조성하기 수월하고, 육상보다 양질의 바람을 확보함으로써 설비 효율을 높일 수 있어 해상풍력에 대한 투자 매력이 높아진 것임

□ 더 크게, 더 멀리, 더 깊이: 터빈과 단지의 대형화, 그리고 부유식 단지 건설 확대

- 유럽에서는 최근 들어 6MW 이상의 대형 터빈 설치가 확대되면서 해상풍력 단지의 경제성 향상
 - 2017년 유럽에서 새롭게 가동에 들어간 해상풍력 터빈의 평균 용량은 5.9MW로 2010년 3MW 대비 약 2배로 커짐
 - 유럽 해상풍력 단지 평균 용량: 2011년 200MW → 2017년 500MW

- MHI Vestas, Siemens Gamesa 등 주요 터빈 제작사들의 대형 모델 공급경쟁이 치열해지며 최근 7~8MW 터빈들도 설치, 가동되기 시작
- 현재 상용 가동 중인 최대급 터빈은 영국 Burbo Bank Extension 프로젝트에 설치되어 2016년 말 가동을 시작한 MHI Vestas의 V164-8.0MW 터빈³
- 해상풍력 개발 1위 업체 Ørsted(구 Dong Energy)는 8MW 터빈을 사용하면 4MW 터빈 대비 운영비용이 절반으로 떨어진다고 설명하면서, 2024년경에는 13~15MW 터빈들을 설치할 수 있을 것으로 예상

○ 2020년 이후에는 10~15MW 규모의 초대형 터빈이 속속 등장하고 부유식 단지 건설도 확대될 전망

- 유럽에선 고효율 경량 터빈 개발을 목표로 산학협력으로 10MW의 해상풍력 터빈을 개발 중이며, GE Renewable Energy는 2021년까지 12MW급 초대형 터빈을 도입해 해상풍력 시장을 적극 공략하겠다는 방침
- 2017년 11월 스코틀랜드에서는 노르웨이 오일업체 Equinor(구 Statoil)이 개발한 세계 최초 상용 부유식 해상풍력 Hywind(30MW) 프로젝트가 가동을 시작, 가동 이후 3개월 평균 설비이용률(capacity factors)이 65%에 달함
- 동 프로젝트는 6MW 터빈 5기 설치, 수심은 95~120m에 달함
- 이는 석탄/LNG 복합발전소의 55%(2017년, 미국 기준)보다 높은 수치로서 향후 수백MW급 대규모 부유식 단지 개발의 가능성을 보여줌
- Equinor는 2030년 세계 해상풍력 용량 100GW 중 약 10%가량을 부유식이 차지할 것으로 전망

□ 해상풍력의 비용하락, 어디까지 왔나

○ IRENA(2018)에 따르면 세계 해상풍력의 균등화발전단가(LCOE)는 2010년 U\$0.17/kWh에서 2016년 U\$0.14/kWh로 하락⁴

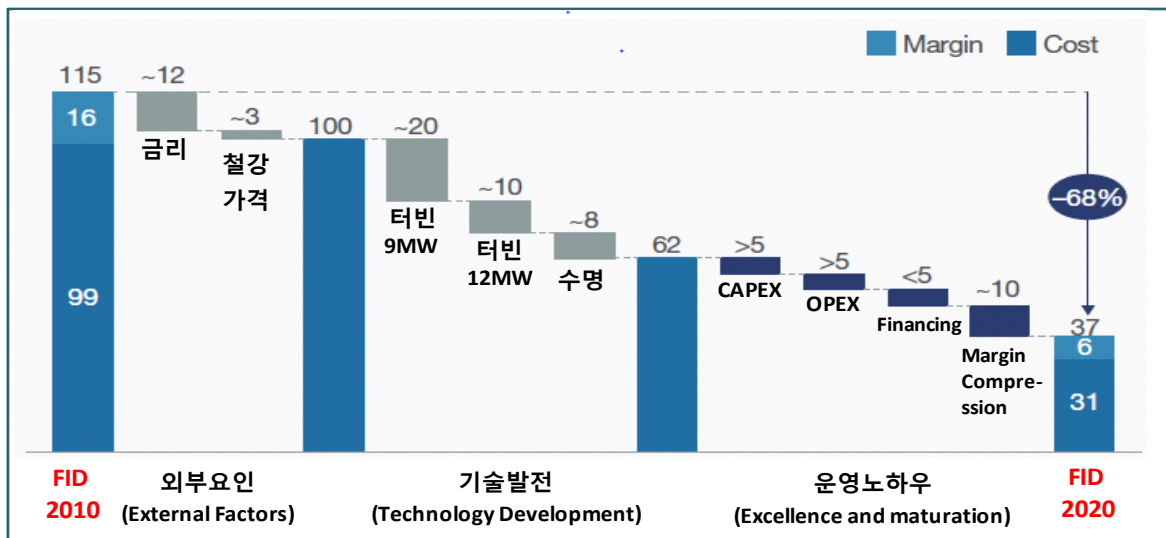
- 같은 기간 육상풍력의 LCOE는 U\$0.08/kWh에서 U\$0.06/kWh로 하락했고, 태양광은 U\$0.36/kWh서 U\$0.10/kWh로 떨어짐
- 해상풍력 LCOE 하락은 설비이용률 향상, 공급사슬 성숙에 따른 설치·물류 효율성 제고, 경쟁입찰 시행 등의 요인에 따른 결과

³ MHI Vestas는 설계변경 통해 V164-8.0MW 터빈의 용량을 9.5MW로 향상해 실증 테스트 진행 중임. V164 터빈의 로터(rotor) 회전 직경은 164m로 블레이드 하나의 길이만 80m에 달함

⁴ 2016년 실질 U\$ 기준. LCOE는 다양한 에너지원들의 발전비용을 실질적으로 따져 비교하기 위한 개념으로 건 설비, 연료비, 운영비만을 계산하는 기존 추산 방식에 더해 환경·사회·기술적 측면까지 고려한 것임

- 같은 기간 해상풍력의 총 설치비용은 8% 증가했는데, 이는 터빈의 대형화와 육지로부터의 거리 증가와 같은 요인으로 건설·수송 비용 등이 증가한 영향
 - 터빈의 대형화, 설치·운영 노하우 축적에 힘입어 2020~2022년 가동될 프로젝트들의 경우 LCOE가 30~60%가량 추가로 하락한 U\$0.06~0.10/kWh 수준까지 내려갈 전망
- 영국에서는 신규 원전보다 저렴한 프로젝트가 등장하기 시작했고, 독일과 네덜란드에서는 ‘보조금 제로’ 프로젝트도 등장
- 2017년 9월 11일 영국에서 실시한 경매에서 낙찰된 Hornsea 2(1,386MW)와 Moray Offshore Wind Farm(950MW) 프로젝트는 최저 전력판매 단가가 57.5파운드(U\$80)/MWh로 확정⁵
 - 2년 전 개최된 영국의 바로 직전 경매에서 낙찰된 해상풍력의 평균 판매가격 117.14파운드/MWh 대비 51% 낮은 금액이며, 힝클리 원전의 전력구매계약 가격 92.5파운드/MWh보다도 38% 낮은 수준
 - 2017년 4월 독일 경매에서 총 1,380MW 규모 3개 프로젝트, 2018년 3월 네덜란드에서 Hollandse Kust 1 & 2(총 700~750MW)는 ‘보조금 제로’ 프로젝트로 낙찰⁶

그림2. 해상풍력 요인별 LCOE 하락 잠재력 (유로/MWh)



주: 2010년과 2020년 최종투자결정(FID) 프로젝트의 비용 비교(EUR 37 = U\$45.6)

자료: McKinsey(2017.05)

⁵ 동 프로젝트들은 정부의 보조금이 적용되며, 2022/2023년 공급 예정

⁶ 독일 3개 프로젝트들은 2024~2025년 가동 예정, 낙찰 가격은 40유로(U\$49.3)/MWh 이하로 추정됨(Credit Suisse). Hollandse Kust는 예정대로 2022년 완공되면 세계 최초 보조금 제로 사업으로 등극

[Box1] 해상풍력 구조물과 철강

○ 해상풍력 투자에서는 기초를 비롯한 BOP(Balance of Plant)가 큰 비중 차지

- BOP는 터빈을 제외하고 해상풍력 단지 건설에 필요한 기타 구조물 혹은 부대설비를 지칭하며, 터빈을 지지하기 위한 기초(foundation)와 변전소(substation), 케이블 등이 포함됨
- 일반적으로 해상풍력의 생애주기비용(life-time cost)에서 터빈의 비중은 27%, BOP 19%, 터빈과 BOP 설치비용이 12%를 차지하며, 운영·유지보수·서비스 비용이 약 35% 차지 (Appendix1. 해상풍력 비용구조 참고)

○ 기초의 유형별 특징 및 설치 현황

- 해상풍력의 기초 설치 방식은 고정식과 부유식으로 나눌 수 있으며, 고정식 기초는 지지구조물 방식에 따라 모노파일(Monopile), 자켓(Jacket), 중력식(Gravity Base) 등으로 나뉨 (Appendix2. 해상풍력 하부구조물 유형 참고)
- 모노파일은 비교적 얇은 수심(~<30m)에서 적용 가능하고 제작·설치가 용이해 가장 많이 사용되고 있음
- 자켓은 모노파일보다 가볍지만 제작·설치가 복잡하고 비싼 단점이 있음. 하지만 더 깊은 수심(40~50m)에 적합한 장점을 보유
 - 유럽에 설치된 기초 방식은 모노파일 82%, 자켓 7% 등으로 나타나며, 중국의 경우 모노파일 비중이 50% 정도로 낮고 유럽 대비 자켓 등 그 외 방식 비중이 높음

○ 해상풍력 프로젝트의 철강 소비량은 MW당 200톤가량으로 추정되며, 수심이나 지반특성에 따른 지지구조물 방식에 따라 상이(Platts, Ørsted)

- 해상풍력 설치에 필요한 철강 소비 중 기초가 50~70%가량을 차지하는데, 모노파일을 사용하는 경우 자켓보다 더 많은 양의 철강을 사용
- 해상풍력용 강재 수요는 설치용량(완공) 기준 2017년 86만톤에서 2030년 520만톤으로 확대 (연평균 증가율 15%, 200톤/MW 가정)
 - 강재 공급은 완공 시점으로부터 2~3년 이전에 시작되는 부분 감안할 필요 (Appendix3. 해상풍력 설비 기자재 타임라인 참조)

※ 대형 기초 적용 사례 - XL모노파일, 자켓, 부유식

- Veja Mate(6MW 터빈 67기, 총 402MW) 프로젝트에 설치된 모노파일 무게는 1,300톤(길이 80m), 트랜지션피스 무게는 350톤
- Beatrice(7MW 터빈 84기, 총 588MW) 프로젝트에 설치된 자켓 무게는 1,000톤(높이 80m)
- 부유식(Spar-bouy) Hywind(6MW 터빈 5기, 총 30MW) 프로젝트의 하부구조물은 길이 91m, 강재 무게만 2,300톤에 달함. 구조물 속에 물 등을 채워 1만톤 이상일 때 무게중심을 잡게 됨. 터빈 1기당 각각 1,200톤에 달하는 무어링체인(mooring chain) 3개로 해저면과 연결해 고정함

* 자료: Norwegian Energy Partners, Ørsted, Platts, Equinor, WindEurope, Dillinger 등

3. 아시아에 부는 해풍(海風)

□ 중국을 필두로 한 동북아는 유럽을 이을 차세대 성장 시장으로 부상

▶ 중국: 2020년까지 해상풍력 용량 10GW 착공, 5GW 완공 계획

○ 전력 공급의 지역 불균형을 완화하고 동부 연안 주요 도시의 대기오염을 해소하기 위한 방안의 일환으로 해상풍력 육성 박차

- 세계 1위의 풍력 설치 국가인 중국 내 대부분의(육상)풍력은 전기 수요가 많지 않은 서북부에 위치, 전기 수요가 많은 동부 연해로 송전하는 과정에서 전력손실 및 추가비용 발생
- 중국의 해상풍력 신규 설치용량은 2016년 590MW로 전년비 65% 증가한 데 이어 2017년에는 1,161MW로 97% 증가
- 최근 5MW 터빈들로 구성된 프로젝트가 설치되며 터빈 대형화도 진행 중

○ 중앙 및 지방 정부가 일련의 해상풍력 육성 정책과 목표를 제시한 가운데, 국가에너지국의 “2020년 5GW 이상” 목표는 조기 달성 전망⁷

- “풍력발전 13·5 계획(2016)”에 따르면, 2020년까지 총 21GW의 풍력발전 설비능력을 확보하는 가운데 이 중 해상풍력 용량은 5GW 이상 확보 계획
- 이를 위해 2016~2020년 기간 장쑤, 저장, 푸젠, 광둥성을 중심으로 약 10GW 설비를 착공하고 2020년까지 이 중 절반 이상을 완공할 방침

○ 2017년 8월 기준 중국 내에는 총 4.8GW 규모의 19개 프로젝트가 건설 중으로, 향후 5년 내 세계 1위 해상풍력 설치 국가로 등극 예상⁸

- 중국의 신규 해상풍력 설치용량은 2018년 1.2GW, 2019년 1.8GW, 2020년 2.5GW에 달할 것으로 예상(BNEF)
- 장쑤(8개 프로젝트, 총용량 2.3GW), 푸젠(6개, 1.4GW) 외에 저장, 광둥, 허베이, 랴오닝, 텐진에 1개 프로젝트 건설 중

⁷ 중국기상국에 따르면, 중국은 총 1.8만km의 해안에 300만km²의 해상풍력 가용 면적을 보유하고 있으며, 수심 5~25m 이내의 근해에 해상풍력 가능 용량은 총 200GW에 달함

⁸ 19개 프로젝트 주요 터빈 공급업체: 상하이전기(上海电气, 2,232MW), Goldwind(964MW), 밍양즐휘이(明阳智慧, 567MW), 위엔징에너지(远景能源, 401MW), 중국하이장(中国海装, 110MW), 지멘스(90MW)

[Box2] 중국 철강사의 해상풍력용 강재 공급 이력

- 하북강철 산하 당산, 무양강철은 해상풍력 프로젝트에 다수의 강재공급 이력 보유
 - 무양강철은 2012년 장쑤성 루동(如东)현에 룡위엔(龙源)이 건설하고 있는 150MW급 해상풍력 프로젝트에 강재 6,540톤을 공급하며 해상풍력 시장 진출
 - 당산강철은 지역 내 해상풍력 단지에 Q345D, Q420B 등 구조용강 공급

〈표. 하북강철의 해상풍력용 강재 공급 이력〉

당산강철	14.8	Q345D, Q420B 등 강재 총 2만톤 이상 공급
	17.5	당산시 푸티섬 300MW 프로젝트 강재 9,800톤 공급
무양강철	12.9	장쑤성 루동현 150MW 프로젝트에 6,540톤 공급
	15.12	타이완 해협 130MW 프로젝트에 2.1만톤 강재 공급
	17.1	장쑤성 빈하이 400MW 프로젝트에 총 6만톤 강재 공급 계약 체결

자료: 언론자료 종합

- 한편, 주장강관(珠江钢管)은 기존의 강재 공급에서 사업 영역을 넓혀 해상풍력 중 일부 하부구조물을 직접 수주 제작하는 데 성공함
 - 자켓 방식 해상풍력 기초 제작(중량 400톤, 높이 30m, 상부 9*9m, 하부 15*15m)

〈그림. 주장강관이 제작한 자켓 방식 기초 사진〉



자료: 소후(www.sohu.com)

그림3. 2020년 중국 성시별 해상풍력 누적용량 및 착공계획 (단위: GW)



자료: 중국 풍력발전 13·5 계획(2016.11)

▶ 대만: 2025년 설치 목표 3.5GW → 5.5GW 상향

○ 탈원전 추진 속 재생에너지 보급 확대 위한 해상풍력 투자 박차

- 2016년 차이잉원 총통 당선 후 2017년 1월 전기사업법 개정안 통과, 2025년까지 원자력발전 제로화 및 재생에너지 고정가격매입제 도입 결정
- 동 법안의 골자는 전력공급의 14%를 차지하는 원자력 비중을 2025년까지 제로화하고 재생에너지 비중을 20%까지 확대하는 것임
- 2025년 해상풍력 설비용량 목표는 기존 2GW에서 2017.8월 3.5GW로 상향한 데 이어 금년 들어 5.5GW로 재차 상향

○ 중국 다음으로 아시아에서 본격적인 투자 행보를 보이는 대만 시장을 선점하기 위해 유럽과 현지 업체들의 투자 러시

- 대만 정부는 3.8GW 규모 해상풍력 프로젝트 입찰을 실시하고 2018년 4월 30일 결과를 발표 → 12개 프로젝트 중 11개 프로젝트가 낙찰되었으며 해당 프로젝트들은 향후 20년간 고정 FIT 매입가격을 보장 받음
- 대만에서는 철강사 CSC, 전력공사 Taipower 등 4개 업체가 참여했고, 덴마크 Ørsted, 독일 wpd, 호주 맥쿼리 등 해외 5개 업체 참여
 - 현재 대만에서 유일하게 가동 중인 상용 해상풍력은 8MW의 Formosa 1 프로젝트인데, 2단계(120MW) 확장 사업을 통해 총 128MW로 늘어날 예정
- Ørsted 등 개발업체들과 Siemens Gamesa 등 터빈업체들은 대만 시장 선점을 위해 현지 사무소 개설 등 발 빠르게 움직이고 있음

▶ 일본: 관련법 정비와 높은 기술력으로 시장선도 계획

- 환경영향평가 등 여러 규제로 일본의 해상풍력은 아직 실적이 저조하지만 부유식을 포함한 다수의 실증 프로젝트가 추진 중
 - 2017년 7월 기준 일본 내 설치된 해상풍력 총 용량은 61MW로 전체 풍력발전 설치용량(3,234MW)의 약 2%에 불과
 - 현재 부유식 방식으로 추진된 카바시마(2MW)와 후쿠시마 FORWARD(14MW)⁹ 2개 프로젝트를 포함해 총 9개 프로젝트가 운영 중
 - 1.3GW 규모의 프로젝트에 대한 환경영향평가가 진행 중이며, 총 2.5GW 규모의 프로젝트가 기획 단계에 있어 해상풍력 설치용량 지속 확대 예상
- 일본 정부는 해상풍력 사업을 활성화하고 투자 리스크를 줄여 신규 투자를 유도하기 위해 관련 법안을 제정('18.3월)
 - 새로운 법안에서는 5개의 '해상풍력 촉진구역'을 지정하고 사업자의 사업기한을 기존 3~5년에서 최장 30년으로 연장하는 방안 등을 포함
- 다수의 유럽 해상풍력 투자 경험을 앞세워 미쓰비시, 미쓰이, 마루베니 등 일본 상사들은 자국뿐만 아니라 아시아 해상풍력 사업에 적극 참여 예상
 - 미쓰이물산은 금년 5월 대만 Hai Long 2 해상풍력 프로젝트 지분 20%를 인수하였으며, 마루베니는 합작투자 등을 통해 일본과 대만에서의 해상풍력 단지 개발을 추진

▶ 한국: '재생에너지 3020' 수립, 사업추진 탄력 기대

- 환경과 안전을 강조하며 친환경 재생에너지 보급 확대 노력을 강화하는 가운데, 해상풍력의 역할이 주목받고 있음
 - 한국 정부는 원전과 석탄발전을 줄이면서 2030년까지 발전량의 20%를 재생에너지로 충당하겠다는 "재생에너지 3020 이행계획"('17.12.20) 발표
 - 재생에너지 설비용량을 2016년 15.1GW에서 2030년 63.8GW로 확대할 방침인데, 이에 필요한 신규설비의 85% 이상을 태양광(36.5GW)과 풍력(17.7GW)으로 충당할 계획

⁹ 후쿠시마 FORWARD는 경제산업성 주도의 부유식 해상풍력 실증 프로젝트로 NSSMC, 마루베니, 미쓰비시, 미쓰비시중공업, 히타치 등이 컨소시엄을 구성해 추진. 1단계 2MW('13), 2단계 7MW('16), 3단계 5MW('17) 부유식 터빈이 차례로 설치(JWPA, 2017.02)

- 유희부지 확보가 어렵고 소음, 주민반발 등의 문제로 풍력의 상당량을 해상풍력이 차지할 것으로 전망되고 있으며, 정부는 대규모 해상풍력 단지 건설과 연계한 클러스터를 구축할 방침
- 해상풍력의 사업성을 향상시켜 개발을 활성화하기 위한 방안의 일환으로 재생에너지공급인증서(REC) 가중치 개정
 - 산업부는 해상풍력에 대한 REC 가중치를 기존 1.5~2.0에서 연계거리에 따라 2.0~3.5(복합가중치 적용) 수준으로 높일 예정¹⁰
- 초기 개발은 수심이 얇고 설치가 용이한 서해안에 집중될 것으로 예상되며, 부유식 기술의 경제성 확보 여부에 따라 동해 지역으로 확산될 전망
 - '18.2월 기준 발전사업허가를 획득한 해상풍력 사업은 총 9개 762.2MW이며, 용량 기준 90% 이상이 전남·전북 해안에 위치
 - 포스코에너지가 신안 해상에 추진 중인 300MW가 가장 큰 사업이며, SK E&S(96MW, 신안), 새만금해상풍력(99MW, 군산) 등이 사업허가 획득
 - 울산, 경주, 부산 등 동남권 지역은 수심이 깊어 현재의 고정식 기초를 사용한 해상풍력 설치에 제한적. 향후 부유식 도입 속도가 개발 잠재력 좌우
 - 동남권은 원전이 많이 위치해 있어 송배전 인프라가 잘 구축되어 있고 풍부한 전력수요, 조선·해양산업이 발달한 점 등을 고려하면, 향후 부유식 기술의 발전에 따라 해상풍력 설치확대 및 산업 클러스터 구축에 유리한 부분 존재

[Box3] 한국의 해상풍력 설치 현황

- 한국 최초 상용 프로젝트 '탐라해상풍력 발전단지'가 제주도에 설치되어 가동 중
 - 탐라해상풍력의 총 용량은 30MW로 두산중공업의 3MW 터빈 10기가 설치됨. 2015년 착공, 2017년 상업운전 시작(설치비 1650억원 소요. 건설비 외 주민 보상비와 민원비 포함)
 - 서남해상 풍력 실증단지 건설 중(2017.4~)
 - 한국해상풍력이 발주한 서남해상풍력단지 실증사업은 부안군 앞바다에서 60MW로 추진되며, 두산중공업이 3MW 터빈 20기 공급
 - 하부구조물의 경우 현대건설(자켓형)이 18기, 포스코(자켓형)와 전력연구원(석션버켓형)이 각각 1기씩 설치(2019년 11월 준공 예정. 사업규모 약 5000억원)
- * 출처: 산업통상자원부, 국내 언론 종합

¹⁰ 산업부는 2018년 5월 18일 조정안 발표 이후 6월 중 최종안 고시 예정

4. 전망 및 시사점

□ 해상풍력은 기후변화에 대응하고 저탄소 사회로 나아가는 에너지 전환 시기에 실현 가능한 재생에너지로 부상

- 보조금 제로 프로젝트들이 등장할 만큼 비용경쟁력을 확보하게 된 해상풍력은 고압직류전송(HVDC), 에너지저장시스템(ESS), 사물인터넷(IOT) 등의 기술과 결합되면 경제성이 한층 더 향상될 전망
 - 초대형 터빈이나 부유식 방식 보급의 확산으로 500MW~1GW 수준의 대형 단지가 건설되면 규모의 경제에 따른 경제성 향상
 - 여기에 송전손실을 줄일 수 있는 고압직류전송 방식, 전력저장이 가능한 ESS, 디지털 관리 플랫폼이 결합된 혁신적인 운영 시스템이 장착되면 해상풍력의 지리적·경제적 개발 범위는 더욱 넓어질 수 있음
 - Equinor는 부유식 Hywind 프로젝트에 1MW급 ESS를 연계하는 시험사업 추진
 - Equinor, Shell 등 석유·가스 업체들도 해상유전 개발 경험을 기반으로 해상 풍력 사업에 진출하고 있는데, 업체 간 입찰 경쟁 심화에 따른 비용하락도 시장 확대에 긍정적 요인으로 작용

□ 유럽에서 사업성 증명된 해상풍력, 아시아가 뒤따르고 있지만 넘어서야 할 과제도 많아

- 세계 해상풍력은 2030년까지 5~6배로 확대될 전망이며, 유럽의 지속적인 성장세와 함께 중국을 비롯한 아시아의 설치용량 대폭 확대 예상
 - IRENA와 BNEF는 세계 해상풍력 누적 설치용량이 2030년에 각각 100GW와 120GW로 확대될 것으로 예상(연평균 14~15% 증가)
 - 세계 풍력에서 해상풍력 비중: 2017년 3.5% → 2030년(f) 9.3%(IRENA)
 - 중국을 선두로 동북아시아 국가들은 재생에너지 확대를 위해 해상풍력 설치에 적극적인 상황으로, 향후 10년간(2017~2026) 아시아는 세계 신규 설치용량의 절반가량을 차지하며 새로운 중심지로 떠오를 전망¹¹

¹¹ 풍력 컨설팅업체 MAKE는 향후 10년간 세계 신규용량 65.8GW 가운데, 유럽 34.4GW, 미국 2.3GW, 아시아 29.1GW 차지할 것으로 전망했는데, 최근 대만의 목표 상향(3.5GW → 5.5GW)과 인도의 설치 움직임을 고려하면 아시아 설치용량은 이보다 높아질 것으로 평가됨

○ 다만 아시아는 프로젝트 개발경험 부족, 대형터빈 등 기자재 제작·공급 역량 부족, 주민 수용성 부족 등 넘어야 할 과제 상존

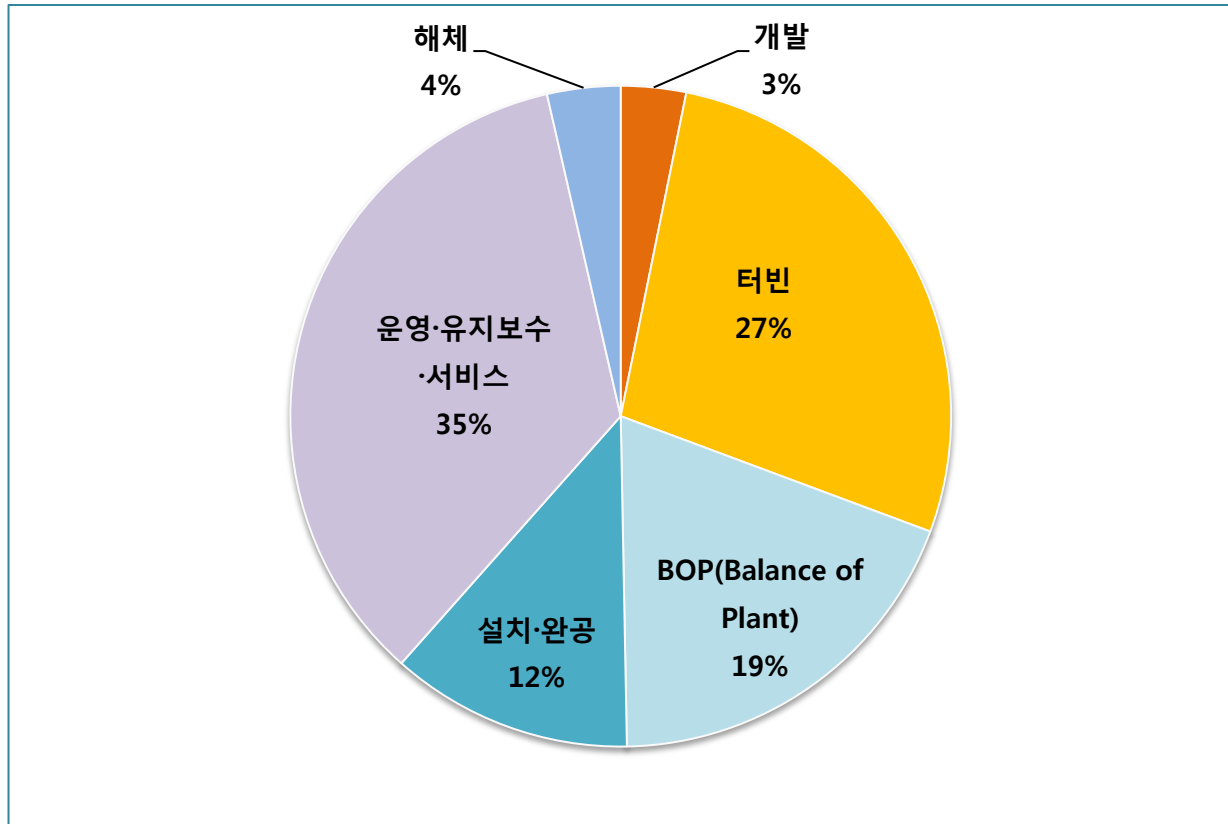
- 중국 외에는 대규모 상용 프로젝트 개발·운영 경험이 부족하고 전력 인프라, 설치선박, 부두시설 등 일련의 공급사슬이 충분히 구축되지 않은 상황
- 현재 6~8MW 터빈이 주력으로 설치되는 유럽과 달리, 아직 3~5MW 위주인 아시아의 터빈 공급 여력을 고려할 때 단기간 내 유럽에서와 같은 비용 경쟁력을 기대하기 어려운 부분 존재
- 아시아 해역의 지반구조, 수심, 풍황, 태풍, 지진 등의 지리·기후적 특성이 CAPEX·OPEX에 미치는 영향도 유럽과 다를 수 있음을 고려할 필요

□ 성장기회와 위험요인이 상존하는 아시아 해상풍력 시장이 본격적으로 확대될 수 있을 지 관심을 가지고 지켜볼 필요

○ 해상풍력 사업에 영향을 미칠 기술적·정책적 요인들을 주목하고, 시장이 본격 확대될 경우에 대비하여 관련 기업들은 해상풍력 공급사슬에서의 가치 창출 기회요인 모색할 필요

- 아시아 시장 선점을 위한 유럽 해상풍력 업체들의 진출이 확대가 예상되는 가운데 선진 업체들과 기술 및 투자 협력도 모색 가능

Appendix1. 해상풍력 공급사슬 및 비용구조

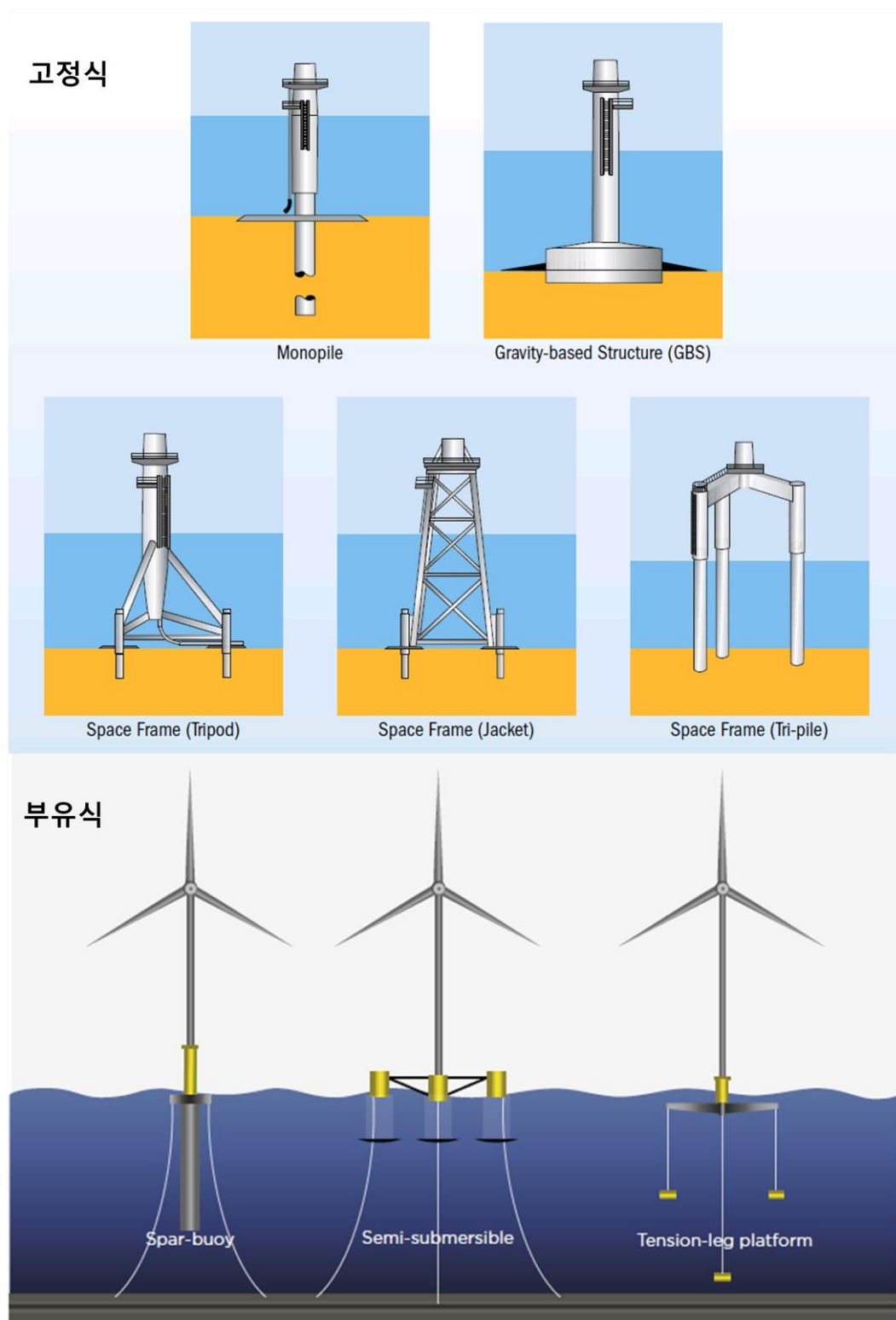


개발 (Development and project management)	환경/인가	0.6%	설치·완공 (Installation and commissioning)	설치 항만·물류	0.6%
	부지조사	0.5%		터빈·기초 설치	4.9%
	프로젝트관리	2.1%		케이블 설치	2.4%
터빈공급 (Turbine supply)	터빈조립	1.2%		변전소 설치	0.4%
	블레이드	5.1%		설치 기자재 및 서비스	3.0%
	Drive Train	5.2%		육상작업	0.6%
	Power Conversion	8.3%	운영·유지보수·서비스 (Operations, maintenance and service)	관리검사 서비스	14.8%
	타워	3.5%		선박 및 기자재	16.4%
BOP (Balance of Plant)	기타 부품	4.3%		O&M 항만	3.8%
	해저케이블	4.8%	해체 (Decommissioning)	항만·물류	0.2%
	전력시스템	3.2%		Marine Operation	3.3%
	해상변전소 구조물	2.1%		Salvage and recycling /프로젝트관리	0.1%
	기초구조물	7.6%			
	Secondary Steelwork	1.4%			

주: 상기 비용구조는 1GW 프로젝트(2020년 FID 기준) 기반 추정치

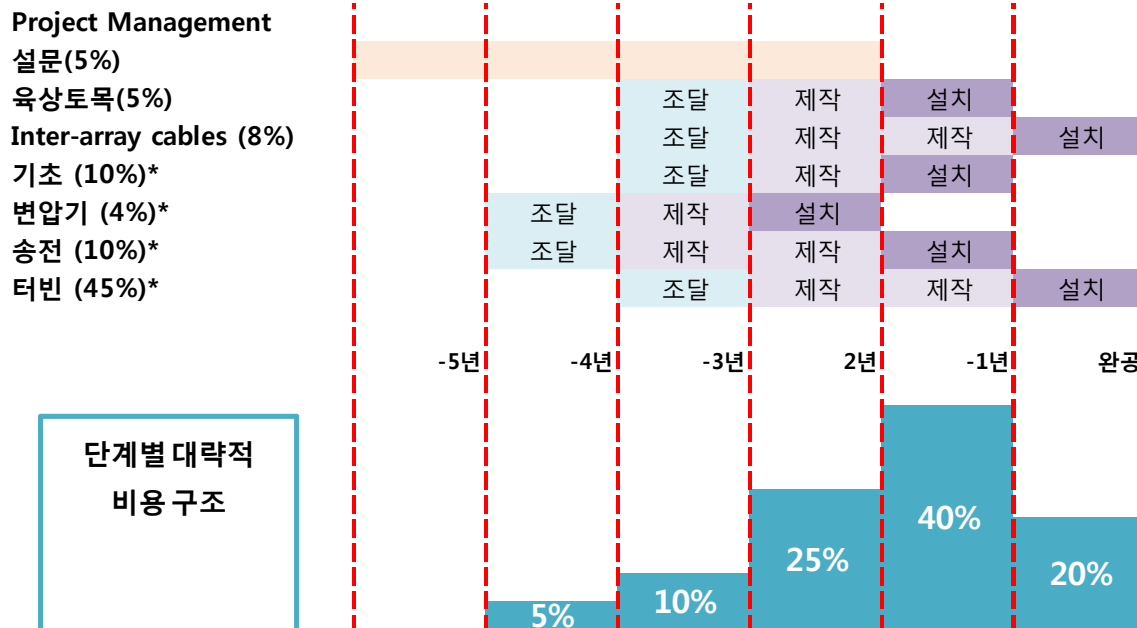
자료: Norwegian Energy Partners, (2017.06)

Appendix2. 해상풍력 하부구조물 유형



자료: EWEA, IRENA, NREL

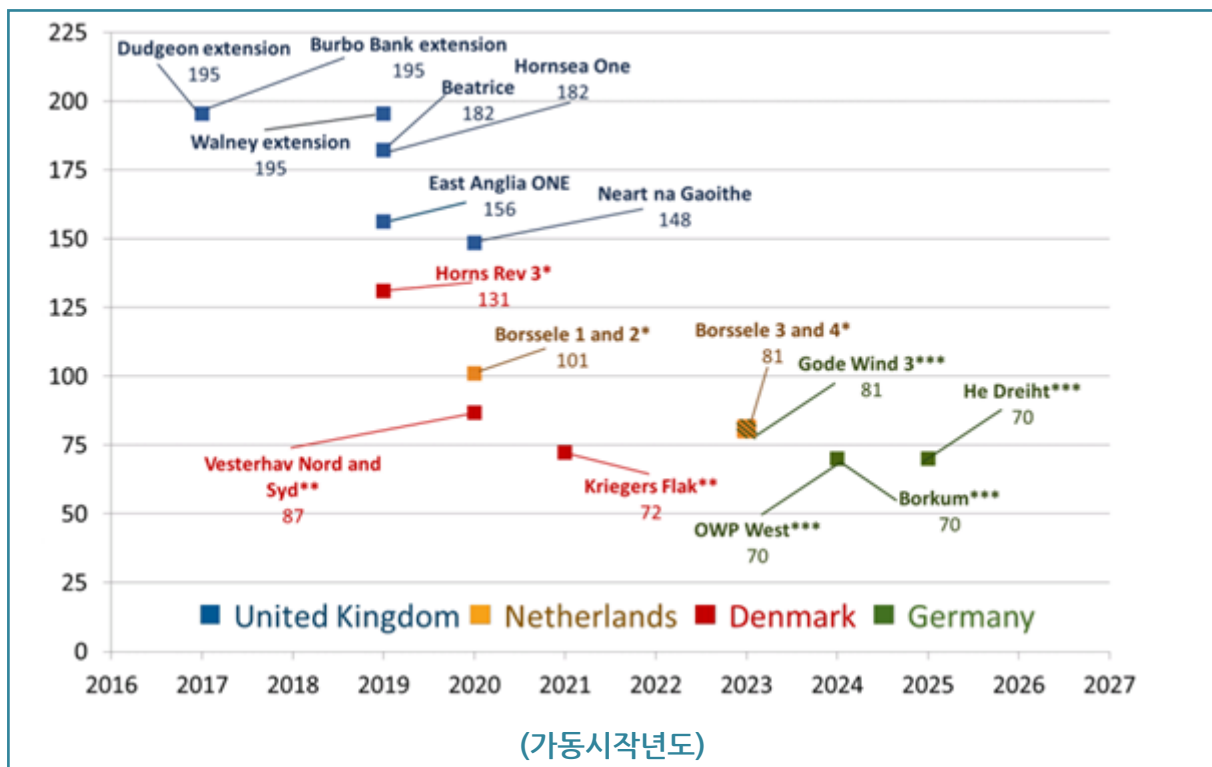
Appendix3. 해상풍력 설비기자재 조달 타임라인



* 표기된 항목은 해당 요인별 선박비용은 제외한 것임

자료: Credit Suisse(2017.05)

Appendix 4. 유럽의 해상풍력 Adjusted strike prices 추이 (USD2016/MWh)



상기 Adjusted strike prices(조정된 권리행사가격)은 그리드 및 부지개발 비용 감산, 계약기간 15년 적용.

*그리드 및 개발비용 추가. **그리드비용 추가 및 계약기간 조정. ***부지개발비용 추가.

자료: NREL(2017.08)

[참고자료]

[보고서/논문]

Credit Suisse, Global Offshore Wind, 2017.05.

GWEC, Global Wind Statistics 2017, 2018.02.

IRENA, Renewable Power Generation Costs in 2017, 2018.01.

JWPA, Offshore Wind Power Development in Japan, 2017.02.

Kepler Cheuvreux, Thematic Research, 2017.11.

McKinsey & Company, Winds of Change? Why Offshore Wind might be the Next Big Thing, 2017.05.

NH투자증권, Industry Note, 2018.3.26.

Norwegian Energy Partners, Norwegian Supply Chain Opportunities in Offshorewind, 2017.06.

OWIC, The UK Offshore Wind Supply Chain, 2014.11.

Platts, Metals Insight-Steel for Windpower: a Burgeoning Market, 2017.12.

NREL, 2016 Offshore Wind Technologies Market Report, 2017.08.

WindEurope, Offshore Wind in Europe 2017, 2018.02.

_____, Offshore Wind in Europe 2015, 2016.02.

_____, Driving Cost Reductions in Offshore Wind, 2017.11.

에너지경제연구원, 세계 에너지시장 인사이트, 2018.5.21

[홈페이지/언론]

Bloomberg, “‘Made in the U.S.A.’ Turbines Complicate U.S. Offshore Wind Plan”, 2018.2.14.

Dillinger (<https://www.dillinger.de/d/en/corporate/index.shtml>)

MHI Vestas (<http://www.mhivestasoffshore.com/>)

Equinor (구 Statoil, <https://www.equinor.com/>)

산업통상자원부 (<http://www.motie.go.kr/www/main.do>)