



국내외 해상풍력
정책동향 및 시장조사

국내외 해상풍력 정책동향 및 시장조사



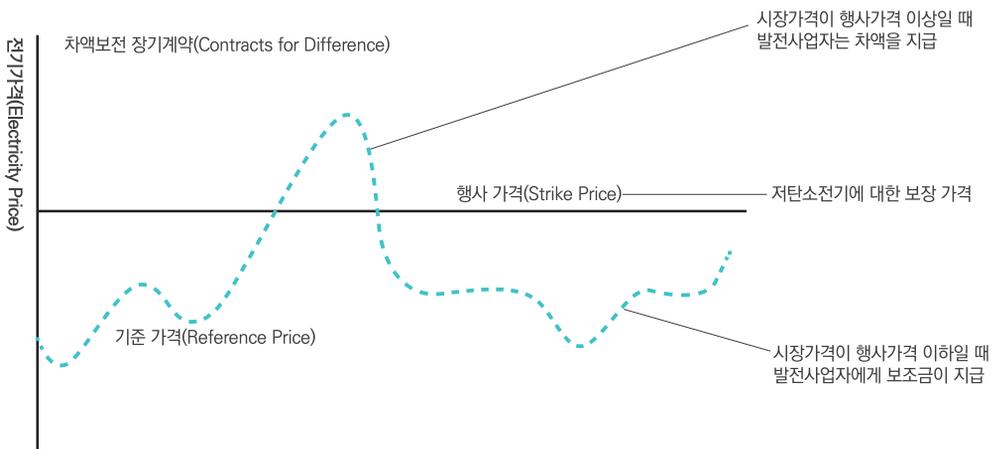
01

국내외 해상풍력정책, 해상풍력산업, 해상풍력단지

1. 주요국 해상풍력정책 동향

① 영국

- EU 신재생에너지 비중을 2020년까지 20% 목표에 의거 영국은 2020년까지 최종 에너지소비의 15%를 신재생에너지로 공급의무키로 함
- 신재생에너지공급의무(RO: Renewable Obligation) : 전력판매량의 일정 비율을 신재생에너지로 공급 의무를 부과하고 ROC를 부여하여 시장 형성
- 차액보전 장기계약(CfD) : 전력공급자와 저탄소발전사업자간 행사가격(strike price)과 기준가격(ref. price)에 관한 장기계약 체결방식



② 독일

■ 재생에너지법

- 재생에너지 비율을 '20년까지 35%로 확대하는 목표 설정 및 종류별 지원액을 규정함
- 전력회사는 재생에너지 생산전기를 의무적으로 구입하고 전력망에 우선 송전함
- 2017. 1. 1. 지원제도를 기존의 고정지원제도에서 경쟁입찰 제도로 변경
 - (해상풍력) 독일 정부는 경쟁입찰을 통해 2030년까지 15GW까지 증가 계획
 - (육상풍력) 750kW 이상의 시설에 한해 경쟁입찰 제도를 실시하고 기존의 작고 낮은 기기의 개보수를 통해 용량 증가를 모색함

③ 덴마크

- 탈탄소화 및 신재생에너지원 기반 에너지 시스템으로 전환하여 충분한 에너지 공급을 확보하고 동시에 기후변화 대응 및 녹색기술과 일자리 창출을 도모함
- 2018년 채택한 에너지합의(2020~2030 Energy Agreement)에 의하면 '30년 에너지 소비의 최소 50%, 전력 생산 100%를 신재생에너지로 공급
 - * '30년까지 총 2,400MW 규모의 대규모 해상풍력단지 3개 조성
- 각종 보조금 및 지원제도는 신재생에너지법(2018.9 개정)에 기초하여 추진하나 각 신재생에너지 부분이 점차 발전해감에(가격하락, 경쟁력 향상 등) 따라 지원 필요성이 작아지므로 이에 따른 지원제도 설계

④ 네덜란드

- 다양한 에너지전환 프로그램을 추진함
 - 청정 & 능률 에너지 프로그램 : 지속 가능 에너지에 보조금 확대(해상풍력 집중)
 - Energy Agreement for Sustainable Growth : 신재생에너지 '20년 14%, '23년 16% 달성 목표
- 지속 가능한 에너지 생산 확대 제도(SDE+) : 신재생에너지의 전력생산비용과 일반적인 전력생산비용의 차이를 정부에서 보전하여 주는 제도
- 에너지 투자 수당 제도(EIA) : 신재생에너지 전력을 사용하거나 효율적인 에너지 기술에 투자하는 기업에 투자세 감면을 제공
- 녹색투자기금: 그린 세이버들과 그린 투자자들에게 세제 혜택을 제공

⑤ 미국

- 신재생에너지 관련 조세 혜택 부여
 - (PTC, Production Tax Credit) 풍력, 열병합발전, 지열, 소수력 등을 포함한 신재생에너지 생산에 세액공제
 - (ITC, Investment Tax Credit) 태양열, 태양광, 소형 풍력 등 설비에 투자 시 공제 혜택
- 신재생에너지공급의무기준(RPS, Renewable Portfolio Standard) : 전력생산자들이 일정량의 전력을 신재생에너지로 생산토록 하는 기준으로 각 주별 구제 기준을 마련하여 시행

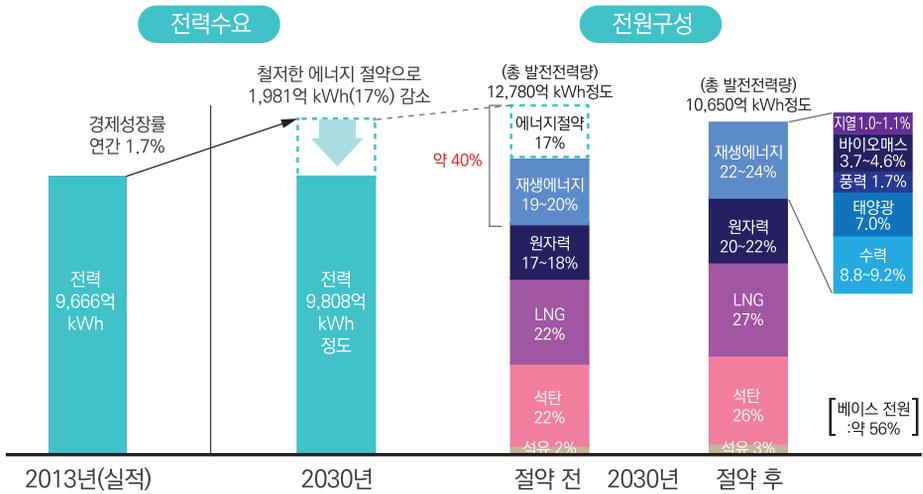
⑥ 일본

■ 제5차 에너지기본계획에서 신재생에너지를 '주력전원'으로 명기함

* '30년 전원구성에서 신재생에너지 비중을 22~24% 목표

■ 태양광, 풍력의 주력 전원화를 위한 비용 절감

- (풍력) 입지에 대한 각종 규제 대응, 기기비·공사비·계통접속비 등 대폭적인 비용 저감을 추진
- 해상풍력은 지역과의 공생을 위한 제도정비와 함께 계통제약, 기지 항만 대응, 관련 수속 신속화 등 촉진방안을 마련해 나가고 실증 및 기술개발을 지속 지원



⑦ 중국

■ “풍력발전사업 허가제”를 시행하여 50MW 초과하는 풍력발전사업은 중국 기업에게만 허가하고 “전력수급 계약 체결 의무”를 부과함

■ 총 발전량 중 수력 외 신재생에너지 비중을 2010년 1%, 2020년 3%로 높이기 위해 신재생에너지 의무할당제 시행

* 5GW 이상의 발전회사는 신재생에너지 발전 비중을 '10년 3%, '20년 8%로 맞추어야 함

■ 풍력사업자에게 낮은 세율 적용 및 부가가치세 환급 시행

■ 발전차액 지원 제도 수립

■ 해상풍력 사업자 요건 및 풍력 터빈 제조사 진입조건 수립

- 해상풍력발전사업은 중국 사업자에게만 허가됨
- 풍력터빈 사업을 신규로 시작하기 위해서는 생산능력 2.5MW 이상, 연간생산량 1GW 이상의 조건을 갖춰야 함

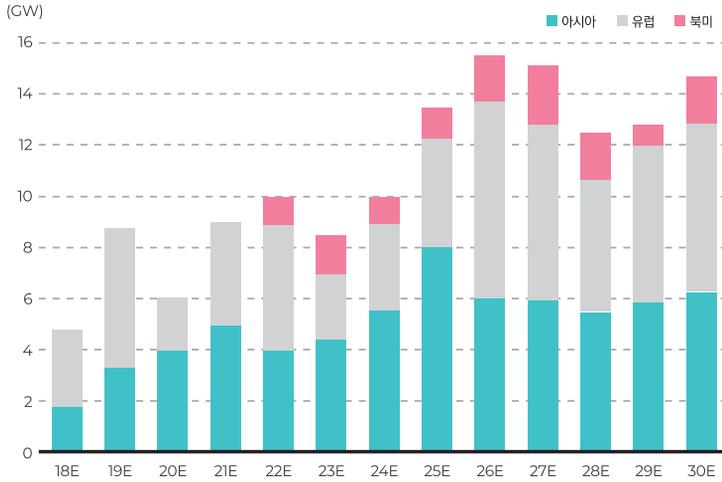
2. 국내외 해상풍력산업 현황

① 국외

- 2018년말 기준 전 세계 풍력발전용량은 563GW이며, 그 중 해상풍력의 연평균 증가율은 30.7%로 급격한 증가세를 보임
- BNEF(Bloomberg New Energy Finance)에 따르면 전 세계 해상풍력 신규 설치용량은 2025년 10GW를 돌파할 것으로 예상됨(신규 설치 용량의 30~40%)

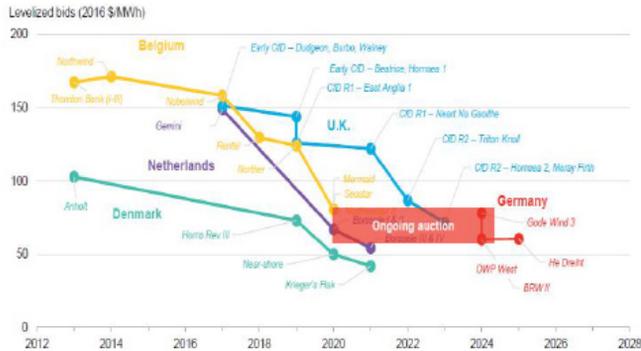
(단위: MW)

구분	2009	2012	2016	2017	2018	연평균증가율%
신재생	1,135,599	1,441,958	2,007,256	2,181,577	2,356,346	8.4
비중(%)	100	100	100	100	100	
수력	890,108	982,244	1,126,569	1,153,669	1,174,968	3.1
비중(%)	78.4	68.1	56.1	52.9	49.9	
- 양수	100,769	106,152	117,219	120,164	120,349	2.0
- 해양	245	509	523	527	529	8.9
풍력	150,122	266,866	466,957	514,747	563,659	15.8
비중(%)	13.2	18.5	23.2	23.6	23.9	
- 육상	147,988	261,532	452,615	495,856	539,954	15.5
- 해상	2,134	5,334	14,342	18,891	23,706	30.7
태양	23,581	104,144	295,828	388,268	486,085	40.0
비중(%)	2.1	7.2	14.7	17.8	20.6	
- 태양광	22,816	101,571	290,975	383,316	480,619	40.3
- CSP	765	2,573	4,853	4,952	5,466	24.4
바이오	61,774	77,717	105,128	111,665	117,828	7.4
비중(%)	5.4	5.4	5.2	5.1	5.0	
지열	9,769	10,477	12,251	12,700	13,277	3.5
비중(%)	0.9	0.7	0.6	0.6	0.6	

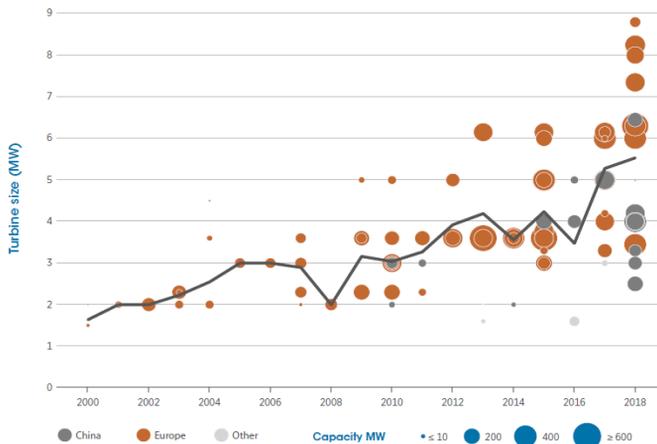


- 신재생 산업 육성을 위해 주요국 정부는 보조금 지급을 통한 정책을 사용하였으나, 신재생 발전량의 급속한 증가량과 재정부담이 확대되면서 2015년을 기점으로 많은 국가들이 경매제 등을 도입하기 시작함
- 달라진 정책 환경에 대응하여 풍력터빈 대형화로 개발 비용을 줄이고 발전효율성을 증대하는 방향으로 풍력산업이 변화하고 있음

* 해상풍력터빈 평균크기 : '00년 1.6MW → '18년 5.5MW



| 유럽 육상 / 해상 풍력 낙찰단가 추이 |

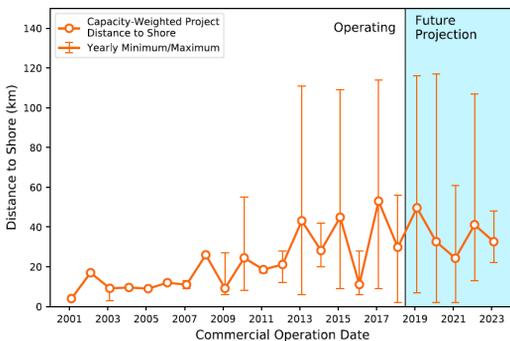


| 2000~2018년 수행된 해상풍력 프로젝트의 터빈 크기 |

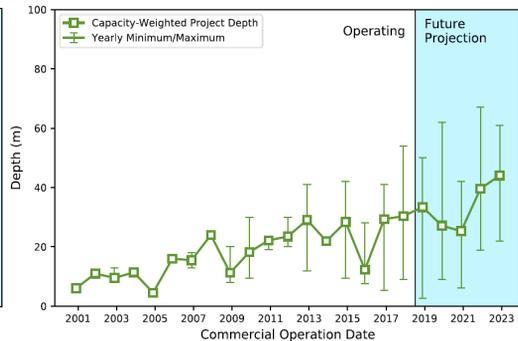
■ 풍력터빈 시장은 상위 5개사가 60% 이상의 시장 점유율을 점하고 있는데 2017년 Siemens와 Gamesa의 풍력사업 부문이 합병하여 Siemens Gamesa로 재탄생하면서 세계 1위 공급업체가 됨

	2016	2017	
1	Vestas.	SIEMENS Gamesa RENEWABLE ENERGY	+3/5 ↑
2		Vestas.	-1 ↓
3	GOLDWIND	GOLDWIND	↔
4	Gamesa		-2 ↓
5	ENERCON ENERGIE FÜR DIE WELT	ENERCON ENERGIE FÜR DIE WELT	↔
6	SIEMENS	ENVISION	+1 ↑
7	NORDEX	NORDEX	↔
8	ENVISION	MINGYANG WIND POWER 明阳风电	+1 ↑
9	MINGYANG WIND POWER 明阳风电	SENVION	+4 ↑
10	联合动力 United Power	SUZLON	+6 ↑

■ 공장 수용성의 문제해결과 산업 성숙에 따른 새로운 기술(고정식 하부 구조물의 기술 향상, 부유식 기술의 등장, HVDC 등) 및 경험 등으로 인해 해상풍력단지들이 연안으로부터 더 멀고 수심이 깊은 사이트에 건설되고 있음



| 연안으로부터의 해상풍력단지 거리 추이 |



| 해상풍력단지 수심 추이 |

② 국내

- 2019년 현재 국내 풍력발전기 제작사는 두산중공업, 효성, 유니스 및 한진산업 등의 4개가 있으며, 이중 해상 풍력발전기는 두산중공업과 효성만이 제작하지만 설치 실적은 두산중공업의 3MW가 유일한 상황임
- 최근 3년간의 설치 실적을 보면 국내 육상풍력발전 보급이 환경훼손에 대한 우려와 주민 민원으로 인해 갈수록 어려워지고 있는 상황이며, 최근에는 사업자들이 신뢰성, 경제성이 있는 외산을 선호하면서 급속히 줄어들고 있는 상황임
- 풍력발전기 부품의 경우 단조품을 제외한 대부분의 제품을 수입에 의존하고 있으나 이는 국내 기술수준의 문제가 아닌 협소한 시장이 요인임

제작사	2019년
두산중공업	WinDS 3000/91, WinDS3000/100, WinDS3000/134, WinDS5500/140
효성	750kW, 2MW, 5MW
유니스	750kW U50, 750kW U54, 750kW U57, 2MW U88, 2MW U93, 2MW U93E 2.3MW U113, 4.x MW U136, U151(개발/실증 중)
한진산업	1.5MW, 2MW

제작사	2016년	2017년	2018년	계
두산중공업	75MW	18MW	-	93MW
효성	10MW	-	-	10MW
유니스	26.1MW	25.3MW	121.3MW	172.7MW
한진산업	-	4MW	-	4MW
소계	111.1MW	47.3MW	121.3MW	279.7MW

3. 선진 해상풍력단지 현황

① 100MW 이하 단지

<p>Barrow 단지</p>		<ul style="list-style-type: none"> -프로젝트 소유권(Ownership) Ørsted(100%)로 구성되어 있음. -용량 및 풍력 터빈 단지 용량 : 90MW 터빈수 : 30 터빈 모델 및 용량 : V138-3.0MW, 3MW 로터 직경 : 138m 기초 형식 : Grounded:Monopile 10년(00-09) 평균풍속 : 9.79m/s 수심 범위 : 15.0~20.0m -배후 항만 설치 항만 : Belfast 유지보수 항만 : Barrow in Furness -프로젝트 일정 2001. 4 ~ 2006. 9(설치기간 2004~2006)
<p>Burbo Bank 단지</p>		<ul style="list-style-type: none"> -프로젝트 소유권(Ownership) Ørsted(100%)로 구성되어 있음 -용량 및 풍력 터빈 단지 용량 : 90MW 터빈수 : 25 터빈 모델 및 용량 : Siemens Gamesa SWT-3.6-107, 3.6MW 로터 직경 : 107m 기초 형식 : Grounded:Monopile 10년(00-09) 평균풍속 : 9.78m/s 수심 범위 : 0.5 ~ 8.0m -배후 항만 설치 항만 : Mostyn 유지보수항만 : Liverpool harbour, Seacombe -프로젝트 일정 2001. 4 ~ 2007. 10(설치기간 2006~2007)

② 100 ~ 500MW 단지

<p>Westmost Rough 단지</p>		<ul style="list-style-type: none"> -프로젝트 소유권(Ownership) Ørsted(50%), Macquarie European-Infrastructure Fund(12.5%), GreenInvestmentGroup(6.25%), 기타 펀드(31.25%)로 구성되어 있음 -용량 및 풍력 터빈 단지 용량 : 210MW 터빈수 : 35 터빈모델 및 용량 : Siemens SWT-6.0-154, 6MW 로터 직경 : 154m 기초 형식 : Grounded:Monopile 10년(00-09) 평균풍속 : 9.19m/s 수심 범위 : 10.0~25.0m -배후 항만 설치 항만 : SaintNazaire(Substation), Esbjerg (Turbines), Aalborg(Foundation) 유지보수 항만 : East Coast Hub in Grimsby -프로젝트 일정 2007. 5 ~ 2015. 6(설치기간 2013 ~ 2015)
--------------------------	--	---

<p>Anholt 단지</p>		<ul style="list-style-type: none"> -프로젝트 소유권(Ownership) Ørsted(50%), Pension Danamrk(30%), PKA(20%)로 구성되어 있음 -용량 및 풍력 터빈 단지 용량 : 400MW 터빈수 : 111 터빈 모델 및 용량 : Siemens Gamesa SWT-3.6-120, 3.6MW 로터 직경 : 120m 기초 형식 : Grounded: Monopile 10년(00-09) 평균풍속 : 8.82m/s 수심 범위 : 15 ~ 19m -배후 항만 설치 항만 : Grenaa Harbour, Aalborg 유지보수 항만 : Grenaa Harbour -프로젝트 일정 2008 ~ 2013(설치기간 2012 ~ 2013)
------------------	---	--

① 100MW 이하 단지

<p>London Array 단지</p>		<ul style="list-style-type: none"> -프로젝트 소유권(Ownership) E.ON(30%), Ørsted(25%), La Caisse de depot et placement du Quebec(25%), Masdar(20%)로 구성되어 있음. -용량 및 풍력 터빈 단지 용량 : 630MW 터빈수 : 175 터빈 모델 및 용량 : Siemens Gamesa SWT-3.6-120, 3.6MW 로터 직경 : 120m 기초 형식 : Grounded : Monopile 10년(00-09) 평균풍속 : 9.95m/s 수심 범위 : 0.0 ~ 25.0m -배후 항만 설치 항만 : Ramsgate/Harwich 유지보수 항만 : Ramsgate -프로젝트 일정 2003. 11 ~ 2013. 7(설치기간 2009 ~ 2013)
------------------------	--	---

<p>Hornsea One 단지</p>		<ul style="list-style-type: none"> -프로젝트 소유권(Ownership) Ørsted(50%), Global Infrastructure Partners(GIP)(50%)로 구성되어 있음. -용량 및 풍력 터빈 단지 용량 : 1.2GW 터빈수 : 174 터빈 모델 및 용량 : Siemens Gamesa SWT-7.0-154, 7MW 로터 직경 : 154m 기초 형식 : Grounded: Monopile 10년(00-09) 평균풍속 : 9.42m/s 수심 범위 : 23.0~37.0m -배후 항만 설치 항만 : Vlissingen(foundation), Able Seaton Port 유지보수 항만 : Grimsby -프로젝트 일정 2014. 12 ~ 2020(설치기간 2016 ~ 2020)
-----------------------	---	---

4. 주요 해상풍력단지 Developer

회사명	회사 개요 및 해상풍력사업 현황
Ørsted	<ul style="list-style-type: none"> · 회사 개요 <ul style="list-style-type: none"> - 연혁 : 1972년 DONG(Dask Oile og NaturalGas A/S) 설립, 2017년 Ørsted로 회사명 변경 - 본사 및 조직 : 본사는 덴마크에 위치, 직원 6,300명 - 사업분야 : 해상풍력단지, 바이오에너지 설비 시설, 재생에너지 솔루션 개발, 건조, 운영 - 매출액 : 2018년 769억DKK(103억 EUR) · 해상풍력사업 현황 <ul style="list-style-type: none"> - 현재 가장 큰 해상풍력개발사 - 최근 7년간 전 세계적으로 11GW 이상의 해상풍력발전사업을 진행 중 - 2018년 해상풍력 매출액 306억DKK(41억 EUR), 약 2,431명 - 2025년까지 11~12GW 목표
Vattenfall	<ul style="list-style-type: none"> · 회사 개요 <ul style="list-style-type: none"> - 연혁 : 1909년 스웨덴 왕립 전력 기구로 설립, 1992년 주식회사로 전환, 2000년 초 풍력사업에 투자 - 본사 및 조직 : 본사는 스웨덴 Solna에 위치, 직원 20,000명 - 사업분야 : 수력, 원자력, 석탄, 천연가스, 풍력, 태양광, 바이오매스, 폐기물 등의 전력생산 및 배전사업, 전기/열/가스 판매사업, 지역난방, 에너지 서비스 및 분산전원사업 - 매출액 : 2018년 1,568억SEK(약 147억 EUR) · 해상풍력사업 현황 <ul style="list-style-type: none"> - 2002년 덴마크의 Horns Rev 1 참여 시작, 현재 1.5GW 건설 중 - 현재 가장 큰 8.8MW 풍력발전을 설치(Aberdeen 해상풍력단지) - 2025년까지 6GW 목표
Iberdrola	<ul style="list-style-type: none"> · 회사 개요 <ul style="list-style-type: none"> - 연혁 : 1840년 The Hartford City Light Company 설립(현 Avangrid, Iberdrola 미국 지사) 1992년 Hidroelectrica와 Iberduero 합병, Iberdrola 설립 2010년 Iberdrola Renovables 합병 - 본사 및 조직 : 본사는 스페인에 위치, 직원 34,584명 - 사업분야 : 풍력(육상 및 해상), 소수력, 태양열, 태양광, 바이오매스 등의 재생에너지 분야, 송배전선, 변전소 등 송배전 네트워크 사업, 전력 도소매 판매 - 매출액 : 2019년 10월 순이익 25억 EUR · 해상풍력사업 현황 <ul style="list-style-type: none"> - 세계적으로 가장 큰 풍력개발업체였지만 해상풍력사업은 늦게 시작 (2014년 389MW West of Dubbon Sands 프로젝트 참여) - 향후 4GW를 확보할 것으로 예상
Innogy	<ul style="list-style-type: none"> · 회사 개요 <ul style="list-style-type: none"> - 연혁 : 2016년 4월 독일 에너지 회사인 RWE의 자회사로서 RWE의 재생에너지, 네트워크 및 소매 비즈니스를 별도의 법인으로 분할하여 설립 - 본사 및 조직 : 본사는 독일 에센에 위치, 직원 42,904명 - 사업분야 : 재생에너지, 전력계통 및 기반시설, 전력판매 - 매출액 : 2018년 약 370억 EUR · 해상풍력사업 현황 <ul style="list-style-type: none"> - 2004년 영국 60MW North Hoyle로 해상풍력사업 시작 - 현재 영국(7개), 덴마크(2개) 등 1,763MW를 보유 - 860MW Triton Knoll project(Innogy 59%, J-Power 25%, Kansai Electric Power 16%), 1.2GW Sofia project, 325MW Kaskai project, 600MW Dublin Array project등을 계획하고 있음
Equinor	<ul style="list-style-type: none"> · 회사 개요 <ul style="list-style-type: none"> - 연혁 : 1968년 Statoil 설립, 2018년 Equinor로 변경 - 본사 및 조직 : 본사는 노르웨이 Stavanger에 위치, 직원 20,500명 - 사업분야 : 석유 및 천연가스 발굴, 정제, 운송 및 판매, 재생에너지(해상풍력, 태양광 등) 및 CCS 분야 - 매출액 : 2018년 796억\$ · 해상풍력사업 현황 <ul style="list-style-type: none"> - 최초의 부유식 상업단지인 30MW Hywind Scotland를 포함하여 584.3MW 해상풍력단지 운영

5. 해상풍력단지과 연관산업과의 연계사례

가) 항만 및 배후단지 연계 사례

① 독일

- Cuxhaven시는 해상풍력발전사업을 지원하는 지원항만을 건설하는 방법으로 해상풍력산업 활용
- Emden시는 1.2GW 규모의 단지를 조성하면서 Bard사 및 타워제작사의 해상풍력발전기 제품 운송 기지항으로 기능 확장
- Bremerhaven시는 해상풍력 전진기지항만으로 조성



② 일본

- 기타큐슈 시의 히비키나다 항만의 경우 해상풍력 발전사업을 지원하기 위한 거점항만으로 육성 계획



③ 대만

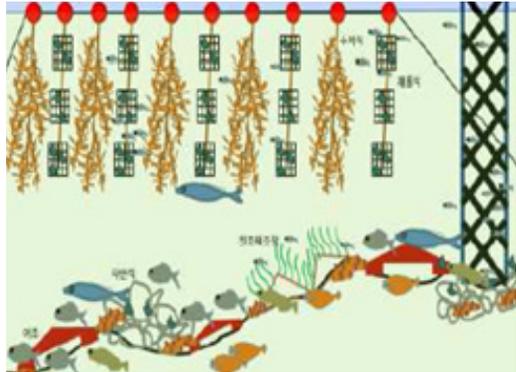
- 타이중 항만 해역에 5.5GW 규모 해상풍력발전단지 구축 계획
- 해상풍력산업 육성 위해 타이중 항만 내 부두 기능 전환, 신규부지 확보하여 클러스터 구축 예정으로 i) 터빈 사전조립구역(Turbine Pre-assembly), ii) 증장기 터빈 제조구역(Localized Turbine Manufacturing Area) iii) 세계풍력기구 훈련센터(GWO Training Center) 설치구역, iv) 시설유지관리 지원구역(O&M Base) 지정

나) 수산업 연계 사례

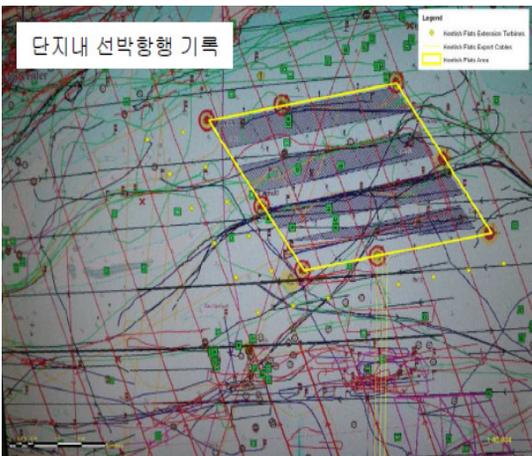
- 해상풍력단지 내 어업 허용
- 해상풍력단지 내 양식장 조성



| 해상풍력과 해양양식의 결합(AWI, 독일) |



| 복합양식단지내 생물증식 개요도 |



| Kentish Flats 풍력단지 내 Trawling Tow 궤적 |

다) 지역 협력 사례

수익모델	구현 방법	수혜 자산 (Assets)	적용한계 (Limitations)	사례
주민펀드	<ul style="list-style-type: none"> · 개발자가 해상풍력 개발을 위해 조성된 특정 펀드에 지불 · 개발자, 정부기관, 주민 등의 관리 주체에 따라 다른 형태의 펀드가 존재함 · 기여금은 자발적인 기본 금액과 매출액의 일정 부분으로 구성됨 · 펀드의 구성 방법은 일반적으로 영향을 받고 수혜를 받는 주민의 의견을 수렴하여 수행 · 일반적으로 연간 지불액은 해상풍력단지 용량에 상응함 · 해상풍력단지의 경우 영국에서는 가장 흔한 형태임 · 영향을 받는 주민과 지역의 펀드와 개발자가 운전하는 지역 주민의 펀드가 있음 · 펀드에 대한 접근은 통제될 수 있음 · 주민과 지역기관들은 일반적으로 펀드로부터 project-funding을 사용할 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> · 개발자가 참여하기 쉽고 자금 지급만 필요함 · 주민단체를 통한 펀드 관리 가능성 · 주민은 펀드를 어떻게 언제 사용할지를 결정할 수 있음 · 기준은 주민들의 의견 수렴을 통하여 정해질 수 있음 · 펀드가 어떻게 사용될지에 대한 민주적 투표가 가능함 	<ul style="list-style-type: none"> · 펀드에 대한 접근이 특정 그룹에 제한될 수 있음 · 일반적으로 개인들은 접근할 수 없음 	<ul style="list-style-type: none"> · Rhyl Flats Community Fund · North Hoyle Wind Farm Fund · Burbo Bank Extension Community Benefit Fund · Robin Rigg West Cumbria Fund · Teeside Offshore Community Benefit Fund · Sheringham Shoal Community Fund · Gwynt Y Mor Community Benefit Fund · Gwynt Y Mor Tourism Fund · London Array Community Benefit Fund · Dudgeon Community Support Fund · Triton Knoll Community Benefit Fund · Hornsea Community Fund · Eneco Lochterduinen Funds, NL
기존펀드	<ul style="list-style-type: none"> · 개발자는 특별히 해상풍력을 위하여 설립된 것이 아닌 기존 펀드에 지급할 수 있음 · 지역개발펀드, 자연보호펀드, 야생동물기금 등이 있음 	<ul style="list-style-type: none"> · 펀드는 이미 특정 목적으로 운영되고 있음 · 개발자는 단지 추가적인 지급만 있음 	<ul style="list-style-type: none"> · 목적이 제한될 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> · Leiston and Sizewell Community Benefit Fund(Greater Gabbard) · Kent Wildlife Trust(London Array)
주민 소유권	<ul style="list-style-type: none"> · 연안 주민들의 공동 소유권, 공동 운영 또는 지역에 너지업체가 아닌 경우는 거의 없음 · 수익은 풍력단지의 부분 소유권에 의한 매출로부터 발생함 · 덴마크에서는 연안 풍력단지에 대한 소유권을 법적 무사항으로 20%임 · 소유권으로부터 발생하는 매출은 펀드나 기금으로 관리될 수 있음 · 독일에서는 시 공익사업 소유권과 시민 참여가 가능함 (주민승인) · 네덜란드 Westermeerrwind Offshore Windpark 개발자는 주민승인의 가능성을 보장함 	<ul style="list-style-type: none"> · 투자자에 대한 개인적 수익 · 지역기관이나 조합에 의한 소유권이 아니면 폭넓은 주민 수익이 안됨 	<ul style="list-style-type: none"> · 지역투자자의 선행 투자 자본을 요구 · 즉각적인 수익이 없고, 단지 운영중에 발생하는 매출만 있음 · 공공투자자에 대한 비용이 많이 듦 	<ul style="list-style-type: none"> · Denmark: Middelgrundten, Samsø, (non-voluntarily) · Germany: Global Tech1, Windreich · Netherlands: Westermeerwind

수익모델	구현 방법	수혜 자산(Assets)	적용한계 (Limitations)	사례
매출균등 분배	<ul style="list-style-type: none"> · 해상풍력으로부터 발생된 매출 균등 분배 · 분배는 한 정부기관에 의해 관리됨 · 해상풍력이 불특정한 매출을 발생하는 곳에서 지자체 또는 주민에 의한 요금 형태로 지급됨 · 이들 매출은 보다 폭넓은 사회집단 또는 특정 주민들의 수익이 될 수 있음 · 독일에서는 해상풍력 위치가 시에 속하지 않을 경우 연방정부에 의해 세금으로 부과됨 	<ul style="list-style-type: none"> · 분배는 보다 많은 개발자의 참여를 필요로 하지 않음 · 전 지역이 매출과 지불금으로부터 수익을 받을 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> · 현지 또는 지역 정부 기관의 관리 필요 · 영향받는 주민들이 수익에서 누락될 위험이 있음 · 수익자와 영향받는 주민 사이에 잠재된 차별 · 수익이 어떻게 분배되는지에 시스템적인 접근이 요구됨 	<ul style="list-style-type: none"> · Highland Council, UK · Coastal Community Fund, UK · Germany
직업훈련 및 장학 사업	<ul style="list-style-type: none"> · 개발자는 현지 프로젝트에 직접 투자 또는 기부를 하거나 스폰서가 될 수 있음 · 일반적으로 이러한 일회성 투자는 현지 경제의 특정 분야를(예: 관광) 활성화하기 위한 펀드 조성으로 이루어짐 · 어떤 개발자는 특정 펀드를 만드는 대신 현지 프로젝트에 직접 투자를 결정하기도 함 · 해상풍력개발자로부터의 펀딩 자금은 전시, 주민 & 방문자 센터, 야생동물 보호, 현지 교육 프로그램 등에 사용됨 	<ul style="list-style-type: none"> · 유형적이고 즉각적인 효과 · 개발자의 존재감 및 신뢰 형성 · 개발자의 현지 참여가 가치적임 · 투자는 주민과 협상될 수 있음 · 투자는 현지 요구에 따라 이루어짐 	<ul style="list-style-type: none"> · 일회성 지불에 의한 수익효과는 일시적일 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> · Lynn and Inner Downing · Lincs · Ormonde · Thanet · Scroby Sands · Sheringham Shoal · London Array
교육 프로그램	<ul style="list-style-type: none"> · 학교와 대학에서 설명회 및 워크샵 · 기후변화, 지속가능성, 환경, 재생에너지에 대한 인지도 향상 · 재생에너지 분야에서의 직업을 위한 특정 기능과 지식 보급 및 육성 	<ul style="list-style-type: none"> · 현지 주민과의 지속적인 소통에 유용함 · 인지도 향상 · 비교적 쉬운 계획 수립과 실행 	<ul style="list-style-type: none"> · 주민에 대한 즉각적이고 유형적인 효과가 적음 	<ul style="list-style-type: none"> · Sheringham Shoal · Hornsea · Tidal Lagoon Swansea Bay · Navitus Bay Offshore Wind Farm
전기로 저감	<ul style="list-style-type: none"> · 현재까지 해상풍력발전으로부터 전력을 받은 곳에서 전기로 저감 체계를 한 곳은 없음 · 육상 풍력의 경우만 있음 · 독일에서 Walney Offshore Wind Farm, Tidal Lagoon Swansea Bay의 사회 수용성 연구 맥락에서 고려된 바 있음 	<ul style="list-style-type: none"> · 개인들에게 즉각적, 시각적, 유형적인 혜택 · 년 일시불 환불 또는 일정 비율 등이 가능 	<ul style="list-style-type: none"> · 저감에 해당하는 지역을 결정하기 어려움 · 많은 공공사업을 수행할 때 개발자 입장에서 복잡해질 수 있는 에너지공급자와의 조율이 필요 · 복잡한 저감구역화가 요구됨 	<ul style="list-style-type: none"> · Tidal Lagoon Swansea Bay (proposed)

수익모델	구현 방법	수혜 자산 (Assets)	적용한계 (Limitations)	사례
주민수익 창출계약	<ul style="list-style-type: none"> · 개발자와 현지 정부기관 또는 수혜를 받는 주민과의 구속력있는 계약 · 협의회에 의한 구속력없는 방침일 수도 있음 (Highland Council) · 개발허가요청 자료로 될 수 있음(Massachusetts) 	<ul style="list-style-type: none"> · 초기에 주민 참여가 요구됨 · 서로 이득임 · 주민과 개발자 사이에 장기간 대화할 수 있는 기회가 됨 	<ul style="list-style-type: none"> · 매우 제한적으로 보일 수 있음 · 유연성을 제한할 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> · Highland Council · Massachusetts, USA
공급시설에 의한 간접수익	<ul style="list-style-type: none"> · 주민 수익형 보상금과 간접비금전적 수익 · 반드시 주민 수익은 아니지만 일부 개발자와 정부기관은 그것을 그렇게 해석함 · 현지 사업체와 사회기반시설을 활용한 공급 시설에 의한 고용 창출 · 일부 개발자는 다른 개발자들이 오로지 간접 수익의 역할만을 강조할 때 주민 수익 계약에 부가하여 간접 수익의 의미를 부각시킴 	<ul style="list-style-type: none"> · 개발자는 현지 사업체의 참여를 조정하거나 우선시할 수 있음 · 혜택이 더 넓게 전해짐 	<ul style="list-style-type: none"> · 현지 수준에서는 시각적 인자적 효과가 덜함 · 수익은 단기적이고 일시적으로만 발생할 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> · Germany · UK
관광을 통한 간접수익	<ul style="list-style-type: none"> · 해상풍력은 새롭고 혁신적인 기술로 관광 측면의 매력을 가지고 있는 것으로 여겨짐 · 관광객들에게 관심을 끄는 시설이며 관광객 여행 상품(방파제) 	<ul style="list-style-type: none"> · 방문객들을 끌어들이 현지 경제 발전에 기여할 수 있음 · 유형의 효과 	<ul style="list-style-type: none"> · 관광객의 관심사로서의 해상풍력 설비의 이해도가 의심스러우며 해상풍력 산업의 성장으로 점점 관심도가 떨어지고 있음 	<ul style="list-style-type: none"> · Tidal Lagoon Swansea Bay · Sheringham Shoal · Scroby Sands · La Rance Tidal Project, France · Sihwa Tidal Project, S. Korea · Wyre Tidal Energy

02

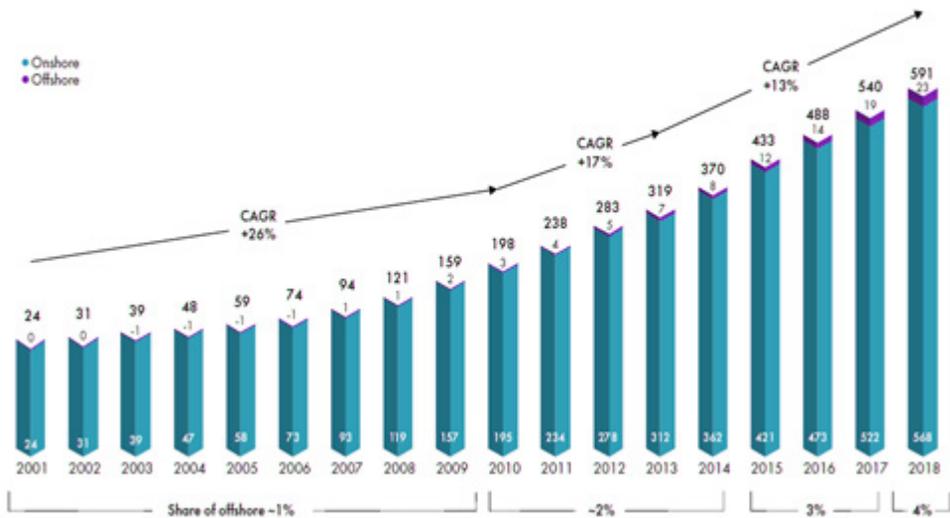
국내외 해상풍력시장조사 분석

1. 국내외 해상풍력시장(풍력/해상풍력/부품별)

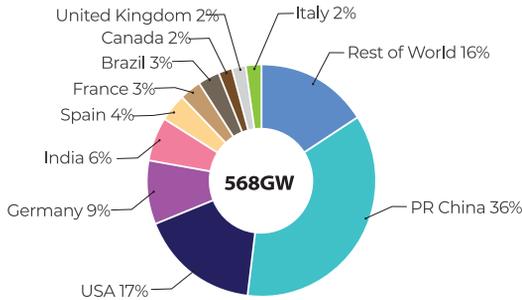
① 국외-풍력시장현황

- 2018년 세계 신규 설치 풍력용량은 51.3GW로서 2017년 53.5GW 대비 약 4% 감소하였으나 누적 설치용량 591GW로 전년 대비 약 9% 증가한 것으로 지속적인 성장세를 유지하고 있음.
- 2018년 중국에 설치된 육상 풍력용량은 21.2GW로서 2008년 이후 계속 세계 1위를 차지하고 있으며, 2018년말 누적 설치용량 206GW는 최초로 200GW를 초과하는 시장이 되었음
- 중국과 미국이 지속적으로 성장한 가운데 멕시코가 2017년 대비 500MW 성장하였고 아프리카/중동 지역 또한 이집트(380MW), 케냐(310MW) 등과 함께 선두 시장으로 성장하고 있음. 반면 육상풍력시장에서 유럽과 인도는 감소하고 있으나 유럽의 경우 독일, 영국 등의 해상풍력시장이 크게 증가하고 있는 추세임

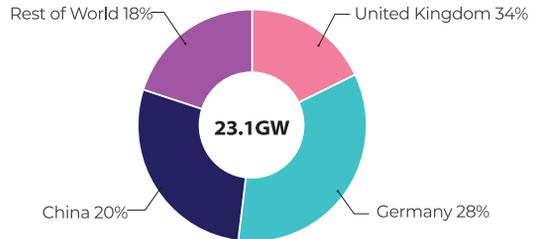
Historic development of total installations
GW



Total installations onshore

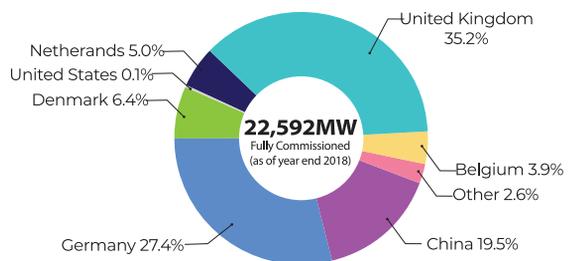
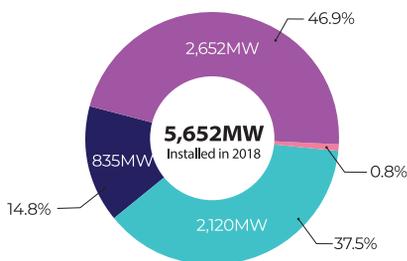
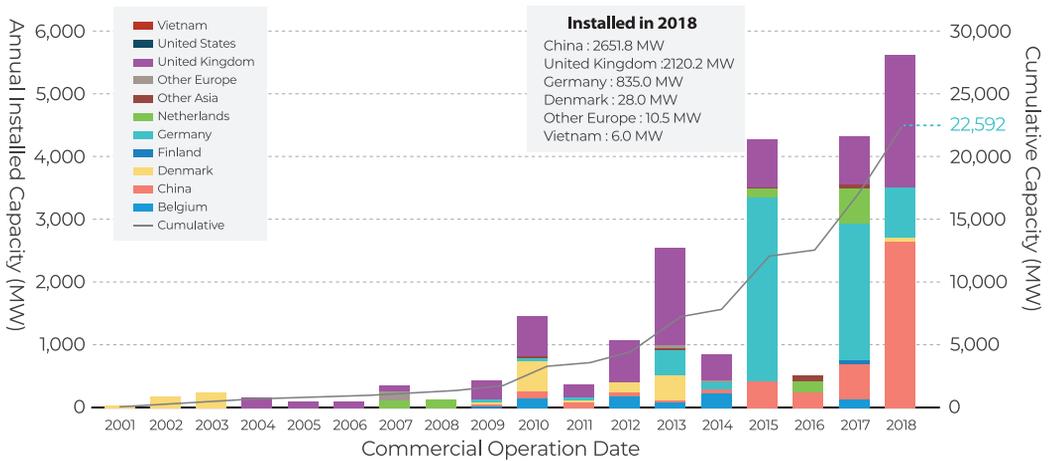


Total installations offshore



② 국외-해상풍력시장

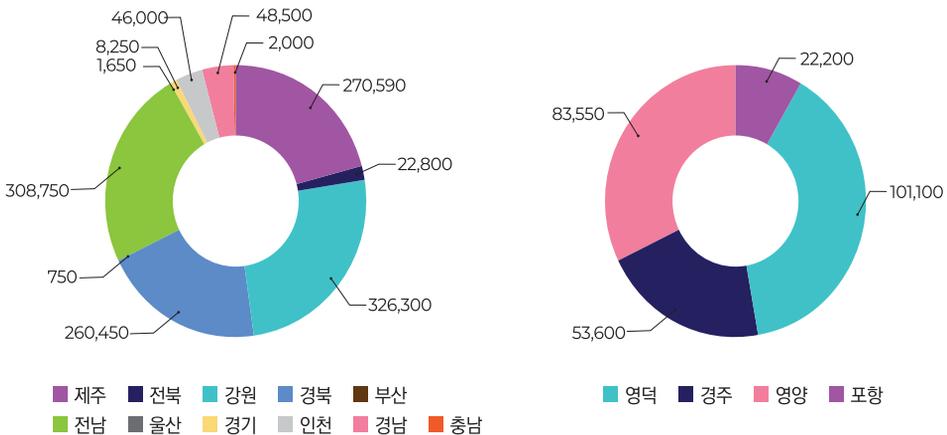
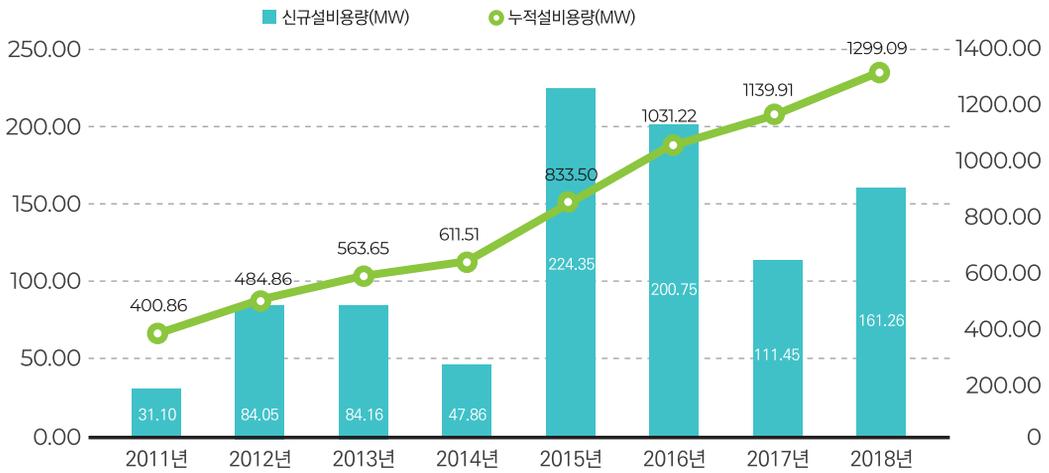
- 2017년 3.5GW에 이어 2018년에 세계적으로 5.6GW가 신규로 설치되었으며, 이러한 성장은 중국 시장의 급격한 부상에 기인한 것으로 2018년 신규로 2.6GW를 설치하였고, 영국 2.1GW 등을 설치한 결과임
- 세계 해상풍력 시장은 아직까지 유럽이 중심으로 약 18GW의 누적 설치용량을 나타내고 있으며, 아시아가 4.6GW로 두번째 시장을 형성하고 미국이 30MW로 뒤를 따르고 있으나 이러한 데이터는 미래시장의 성장은 아시아와 미국 시장으로 이동할 것을 나타냄



■ China ■ United Kingdom ■ Other ■ Germany

③ 국내-풍력시장현황

- 국내 풍력발전설비 보급용량이 누적 1GW를 돌파한 2016년 한해 동안 총 156.75MW의 풍력발전기가 신규 설치된 이래 2017년에는 전년 대비 약 29% 감소한 111.45MW가 설치되었으나, 2018년에는 161.75MW로 약 45%의 증가를 보여 누적 약 1.3GW의 총 98개소의 발전소가 운영 중임
- 지역별로는 강원(326MW), 전남(308MW), 제주(270MW), 경북(260MW) 등의 순으로 설치되었으며, 경북 지역의 경우 영덕군(101MW), 영양군(83MW), 경주시(53MW) 등의 순으로 나타남



④ 국내-해상풍력시장

■ 해상풍력의 경우 재생에너지 3020 달성을 위해서는 약 14GW를 설치하여야 하는데 최초의 해상풍력발전기가 제주 월정리 해상에 한국에너지기술연구원과 두산중공업에 의해 2MW급 및 3MW급이 설치된 이후 현재 서남해 해상풍력 실증단지 건설이 진행 중이며, 탐라해상풍력이 2017년 11월 국내 최초의 상업용 단지로써의 준공이 이루어진 상황임



| 서남해 해상풍력 해상발전소 |

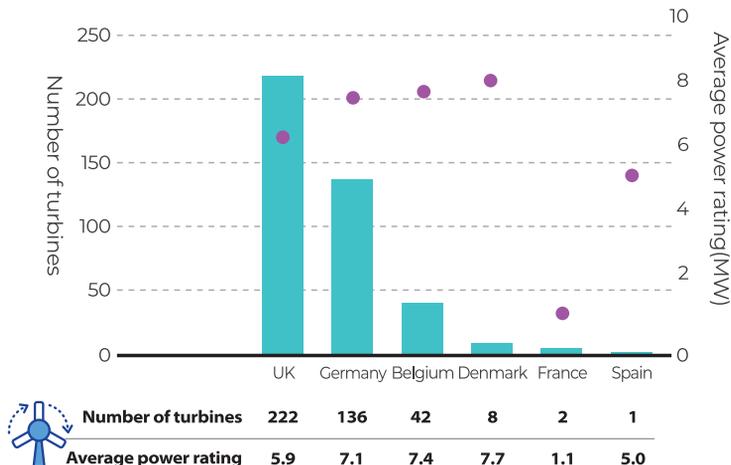


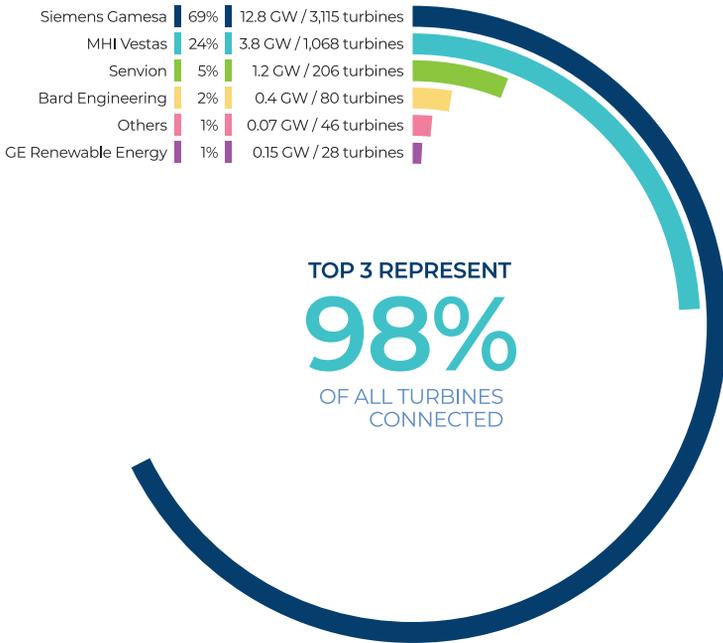
| 탐라해상풍력단지 전경 |

⑤ 해상풍력단지 주요 구성요소 시장

■ 풍력터빈

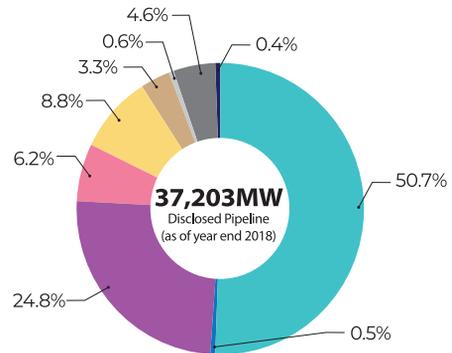
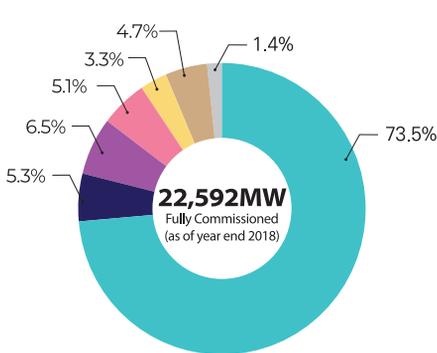
- 2018년말 설치된 가장 큰 해상풍력터빈 용량은 8.8MW이며, 신규 설치된 해상풍력터빈의 평균 용량은 6.8MW임(2017년 대비 15% ↑)
- 해상풍력터빈의 대형화 가속
 - * GE 12MW Haliade-X
 - * Siemens Gamesa 10MW SG10.0-193 DD
- 주요 제작사는 유럽의 GE, MHI Vestas, Siemens Gamesa, Senvion 등, 아시아의 두산중공업, Envision, Goldwind, Mingyang, Sinovel 등이나, 2018년말 기준으로 Siemens Gamesa, MHI Vestas, Senvion 등 상위 3개사의 점유율이 98%로 나타남





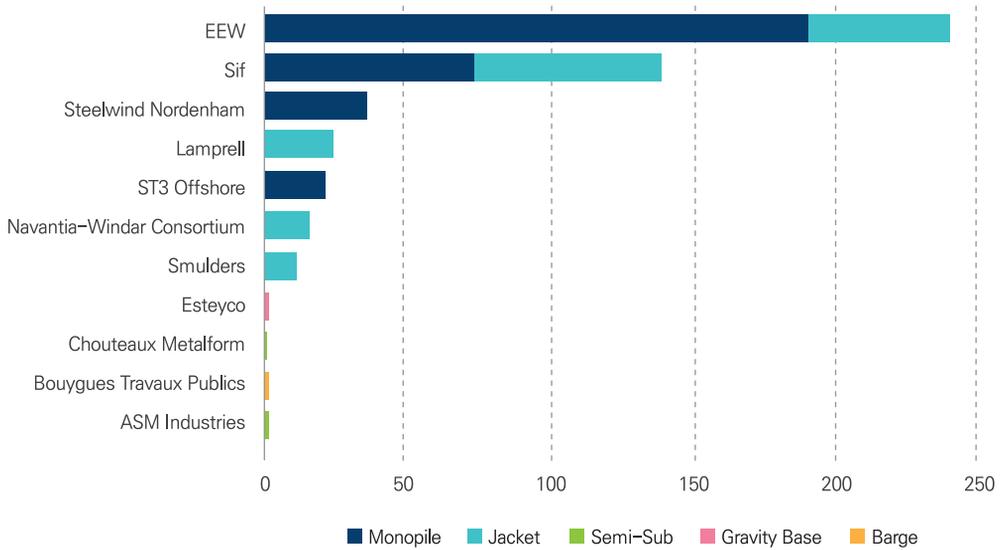
■ 하부구조물(고정식)

- 2018년까지 모노파일 방식이 주된 형식이나 (전체 시장의 73.5%) 터빈이 대형화되고 단지 개발이 원해로 이 동함에 따라 자켓 방식 등이 증가하고 있음.
- 주요 제작사는 설계분야의 Ballast Nedam, COWI, LICEngineering, OWEC Tower, Ramboll, SNC-Lavalin Atkins, 모노파일은 Ambau, Bladt Industries, EEW SPC, Haizea, Navantia Windar, Sif, Steelwind Nordenham, 자켓(그외 포함)은 BiFab, Bladt Industries, Harland & Wolff, Lamprell, Navantia Windar, Smulders, ST3 Offshore, 콘크리트 는 BAM Nuttall, Jan de Nul, Vici Ventus 등임



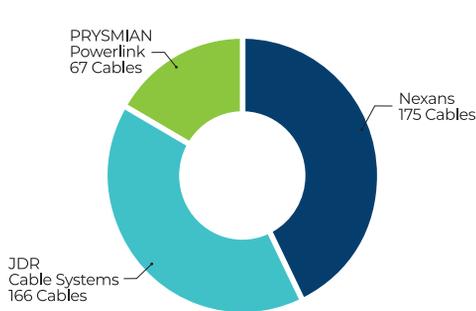
Projects that have disclosed their substructure type.



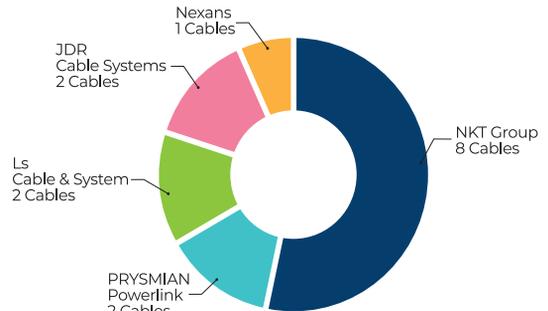


■ 해저케이블 및 해상변전소

- 해상풍력발전기를 연결하기 위한 해저케이블인 Array Cable은 3-core 절연동선을 사용하며, 터빈의 정격용량이 증가함에 따라 33kV→66kV 고압 케이블의 사용이 증가함.
- 해상풍력발전소를 육상 계통에 연결하기 위한 시스템은 해상풍력발전소의 전체 비용 중 상당한 부분을 차지하고 있으며, Export Cable과 AC 및 DC 변전소 등이 포함됨.
- 전 세계 해저 케이블 시장은 2017년 63.1억\$에서 2026년 255.6억\$로 성장할 것으로 예상되며, 해상 변전소의 경우 무게를 줄여 비용 절감을 하기 위해 모듈형(Offshore Transformer Modules, OTM) 시스템이 개발되고 있음
- 해저케이블 제작사는 Furukawa Electric, General Cable Corporation, Hengtong Group, Hydro Group, KEI industries, LS전선, Nexans, NKT Holding, Prysmian Group, Sumitomo Electric 등이며, 해상변전소의 전기 구성 기기는 ABB, CG power, GE, Schneider Siemens, 구조물은 Babcock, Bladt Industries, Navantia, Smulders 등임



| 제작사별 Array Cable 점유율 |



| 제작사별 Export Cable 점유율 |



| Siemens Offshore Transformer Module |

2. 국내외 주요업체별 주요 구성품 가격 및 설치 단가

① 조사방법

- 해상풍력단지를 구성하는 주요 시스템 별 건설비 조사는 아래와 같이 진행하며, 건설비는 4가지 방법으로 조사할 예정으로 시스템 별로 최소 2가지 이상의 방법으로 조사하여, 정확도를 유지함

시스템	문헌조사 ^{주1)}	견적서 ^{주2)}	전문가인터뷰 ^{주3)}	내부자료 ^{주4)}
풍력 터빈	√		√	√
하부구조물		√		√
하부구조물 + 풍력터빈 설치	√	√	√	
내외부망 설치	√	√		
해상변전소	√		√	

② 견적 및 전문가 인터뷰를 위한 영덕 해상풍력단지 기본자료

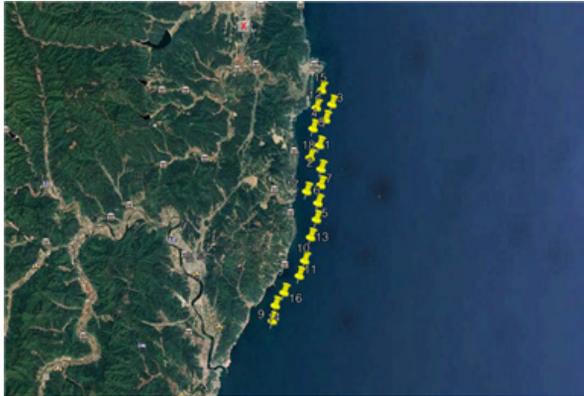
- 영덕해상풍력단지의 용량 및 풍력터빈구성

구성안	단지용량	터빈 구성	비고
5.5MW급	100MW	5.5MW X 18대	풍력터빈의 정격용량은 세부 설계단계에서 변경 가능
8MW급	100MW	8MW X 12대	풍력터빈의 정격용량은 세부 설계단계에서 변경 가능

주1) 문헌조사 : 해상풍력 시장 보고서, LCOE 분석 논문 및 자료를 활용하여 조사
 주2) 견적서 : 국내실적이 있는 전문사에 견적에 필요한 자료를 제공하고 견적 요청
 주3) 전문가 인터뷰 : 풍력터빈, 해상변전소 등 견적 요청이 불가능한 시스템은 시스템사 또는 단지개발사 전문가와 인터뷰를 통하여 조사
 주4) 내부자료 : 기 수행 프로젝트의 실적을 활용하여 조사

■ 영덕해상풍력단지 위치 및 풍력터빈 배치 초안

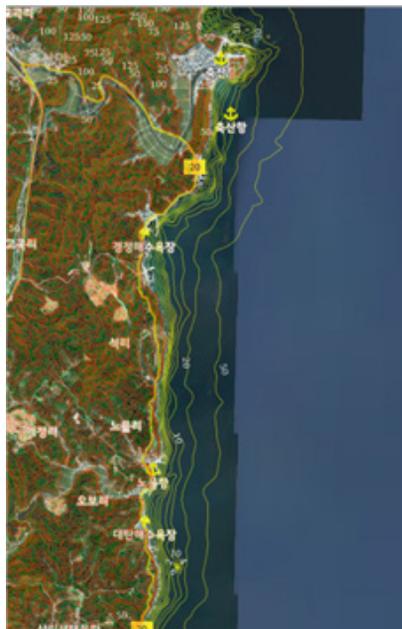
- 그림은 5.5MW 풍력터빈 설치시 배치도 초안으로 8MW 설치시 단지의 북쪽 및 남쪽의 경계는 유지하면서 풍력터빈간격을 조정할 예정임



| 5.5MW 풍력터빈 배치도(초안) |

■ 영덕해상풍력단지 수심 현황

- 영덕풍력단지내 터빈설치 수심 목표는 20~40m이다. 현재 수심측량을 진행중이다. 그림은 해양수산부 연안포털 사이트에서 취득한 수심도이며, 정밀한 수심측량 후, 풍력터빈의 위치는 변동될 수 있음
- 고정식 해상풍력단지 설치 수심한계인 50m의 해안 이격 거리가 약 1.2km 내외로 풍력터빈을 2열로 배치 하기는 어려울 것으로 보임



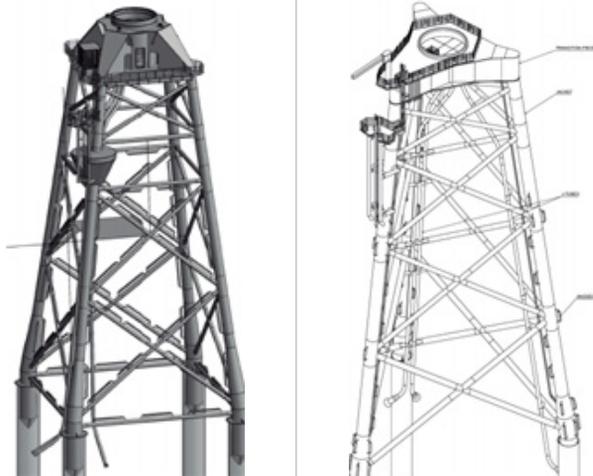
■ 풍력터빈 및 하부구조물 설치를 위한 주요 가정

구 분	5.5MW Case	8MW Case
너셀 중량	320 톤	390 톤
타워 중량	280 톤	340 톤
블레이드 중량	28 톤/블레이드	33 톤/블레이드
허브 높이(MSL)	100m	110m

| Case별 풍력터빈 주요 가정 |

구 분	5.5MW Case	8MW Case
형 식	자켓	자켓
Leg 수	4	3
파일 형식	Pre piling	Pre Piling
설치 수심	20~40m	20~40m
지지구조물 중량	625톤	1,000톤
Foot print	23m	23m

하부구조물 형식 예시



| Case별 하부구조물 주요 가정 |

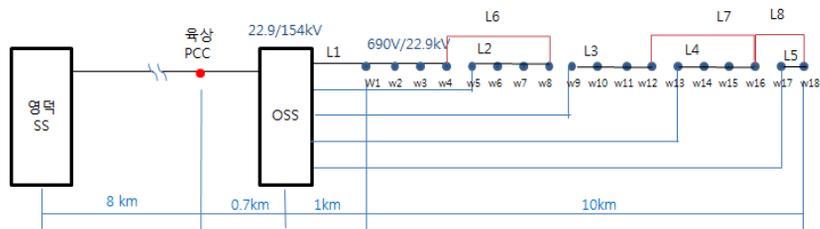
■ 내·외부망

· 내·외부망 사업비 추정을 위한 가정

- * 현재 우리나라에서 가용한 송전케이블을 사용함(단면적은 600mm²)
- * 풍력터빈 용량별 내·외부망의 수

구 분	5.5MW	8MW
연결 풍력터빈의 수/내부망	4	3
내부망의 수	5	4

- * 해상변전소의 위치는 향후 200MW 단지 확장을 고려하여, 풍력단지 남단으로 위치시킴
- * 육상PCC로부터 영덕 변전소는 직선거리는 약 5.6km이나, 설치 거리는 매설경로를 고려하여 8km로 가정함
- * 매설심도 : 1~2 m



| 5.5MW 풍력터빈 설치시 내부망 및 외부망 연결 |

구 분	단위	w1-OSS	비중첩공장	여장	중첩공장	총 공장
변전소 내부	m					100
L1	m	1,000	3,292	50		3,342
L2	m	1,000	4,056	50	2,352	7,458
L3	m	1,000	4,056	50	4,704	9,810
L4	m	1,000	4,056	50	7,056	12,162
L5	m	1,000	2,528	50	9,408	12,986
L6	m			50		2,402
L7	m			50		2,402
L8	m			50		1,226
내부망 공장 합계						51,888

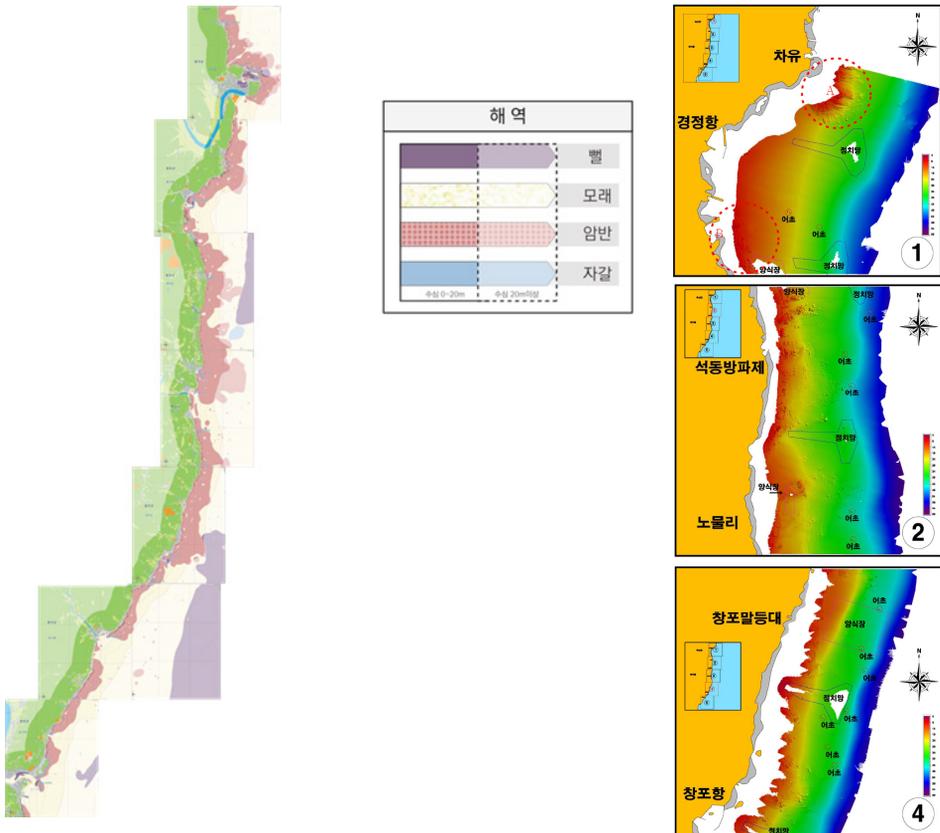
| 5.5MW 변전소-내부망간 총 공장 산출 |

구분	단위	w1-OSS	비중침금장	여장	중첩금장	총 금장
변전소 내부	m					100
L1	m	1,000	4,345	50		4,395
L2	m	1,000	4,345	50	3,636	9,031
L3	m	1,000	4,345	50	6,363	11,758
L4	m	1,000	4,345	50	9,090	14,485
L5	m			50		3,686
L6	m			50		909
내부망 금장 합계						44,364

| 8MW 변전소-내부망간 총 금장 산출 |

· 영덕 해상풍력단지 지반

* 영덕 해상풍력단지는 모래와 암반으로 구성되어 있는 것으로 보이며, 아직 시추 탐사가 진행되지 않았기 때문에 케이블 보호를 위한 자세한 매설방법을 추정하기 어려우나, 모래는 매설심도 1m를 확보하고 암반 지역에 매설이 어려울 경우, 해저 표면에 케이블 설치 후 적절한 보호 공법을 선택하여야 할 것임



■ 해상변전소

· 해상변전소의 구성

- * 해상변전소는 상부구조물과 하부구조물로 구성
- * 변전소는 상부구조물에 배치



상부 구조물

하부 구조물

항목	주요 가정
해상변전소 용량	240MVA(향후 200MW 단지 확장을 고려)
하부구조물 형식	자켓
Leg 수	4
총 중량	7,000톤(총 중량/용량을 7로 가정)
소요 강재	3,850톤(전체 중량의 55%)

| 해상변전소 건설비의 주요 가정 |

③ 건설비 조사

■ 풍력터빈

· 가격 추정 방법

- * 영덕 해상풍력단지 풍력터빈 가격 조사는 아래와 같이 문헌조사, 업계 전문가 인터뷰 및 국내외 프로젝트 추진시 획득한 정보를 토대로 제시하였음. 문헌조사는 세계적 마케팅 전문기관, 권위 있는 연구기관의 최신 자료를 사용하였음
- * 풍력터빈사로부터 견적서를 구하기 위해서는 최소 1년 이상의 풍황 측정이 완료되어야, 풍력터빈사가 내부적으로 단지 적합성 (site suitability) 검토후 견적서를 제출함. 현재 영덕 해상풍력단지 풍황 측정 초기이므로, 견적서를 통한 가격 추정은 진행할 수 없음

항목	문헌조사	견적서	전문가 인터뷰	내부자료
풍력터빈	√		√	√

구분	단위	배치안 1	배치안 2
단지용량	MW	99	96
풍력터빈 용량	MW	5.5	8
풍력터빈 수량		18	12
터빈당 구매비	억원	81.7	118.8
단지당 구매비	억원	1,470.2	1,425.6
MW당 구매비	억원	14.8	14.8
구매 물량 가중치		1.1	1.1
수정 MW당 구매비	억원	16.3	16.3

| 풍력터빈 용량별 가격 추정 |

■ 하부구조물 제작비 추정

· 가격 추정 방법

- * 영덕 해상풍력단지 자켓구조물 가격 조사는 아래와 같이 문헌조사, 견적조사, 내부자료를 활용하였음. 문헌조사는 세계적 마케팅 전문기관, 권위 있는 연구기관의 최신 자료를 사용하였음
- * 국내에서 해상풍력 자켓구조물 제작, 운송, 설치 실적이 있는 현대스틸산업에 요청하여, 견적서를 확보하였고, 문헌조사 및 내부자료와 비교 분석을 통하여 타당성을 검증하였음

항목	문헌조사	견적서	전문가 인터뷰	내부자료
자켓 구조물	√	√		√

구분	단위	배치안 1	배치안 2
단지용량	MW	99	96
풍력터빈 용량	MW	5.5	8
자켓 수량		18	12
단지당 구매비	억원	605.8	577.2
자켓당 구매비	억원	33.7	48.1
MW당 구매비	억원	6.1	6.0

| 자켓 구조물 견적가 비교 |

· 영덕 해상풍력단지 자켓 견적가 타당성 검토

- * 현대스틸산업의 견적의 타당성은 제작비중과 MW당 가격 두가지 측면에서 검토하였음
- * 자켓 제작비 비중의 검토 : 현대스틸산업의 항목별 비중은 핀파일 및 도장의 비중이 다소 낮은 점을 제외하고는 유럽의 자켓구조물 항목별 비중과 유사한 범위내에 있음

항목	TU Delft(%)	현대스틸 5.5MW 견적가(%)
재료비	28.6	32.6
핀 파일	16.3	8
Transition Piece	13.5	17.0
도장	6.6	3.6
기타	35.0	38.8

■ 해상변전소

· 가격 추정 방법

- * 영덕 해상풍력단지 해상변전소 가격 조사는 아래와 같이 문헌조사, 전문가 인터뷰, 내부자료를 활용하였음. 문헌조사는 세계적 마케팅 전문기관, 권위 있는 연구기관의 최신 자료를 사용하였음. 전문가 인터뷰는 서남해 해상풍력 제작 및 설치사, 한국해상풍력 전문가 인터뷰를 통하여 자료를 취득하고 분석하였음
- * 해상변전소는 국내에서는 서남해 해상풍력단지에 설치된 사례가 유일하며, 현재 영덕 해상풍력단지는 개발 초기 단계로 견적을 통한 건설비 추정하기에는 자료가 부족하여 진행하지 않음

항목	문헌조사	견적서	전문가 인터뷰	내부자료
해상 변전소	√		√	√

· 영덕 해상풍력단지 해상변전소 추정 건설비

* 영덕 해상풍력단지는 200MW 확장을 계획하고 있으므로, 건설비 추정은 역률 및 여유 용량을 고려하여 240MVA를 기준으로 하였다. MW당 건설비는 MAKE 자료를 사용하였다. 해상변전소의 건설비 비중은 BVG자료를 기준으로 하였음

항목	단 위	건설비	건설비 비중(%)
해상변전소 용량	MVA	240	
구조물	억원	196.8	37.5
변전설비	억원	218.3	41.6
설치비	억원	114.9	21.9
합계	억원	530.0	
MVA당 건설비	억원	2.6	

구 분		구분	견적가(억)	소 계	비 고
직접비	Top side	건축	17.4	114.3	
		기계	3.3		
		소방	2.6		
		변전설비	71		분리발주, 현대중공업
		제어 및 통신	20		분리발주, 한국전력
	하부구조물	재료비	22	60.5	
		제작비	38.5		
	설치비		21.1	21.1	
간접비	보험	9.6	23.5		
	관리비	13.9			
합계			219.4		
MVA당 건설비			3.6		

| 서남해 해상풍력단지 해상변전소 건설비 |

■ 하부 및 상부 구조물 운송 및 설치 비용

· 가격 추정 방법

- * 영덕 해상풍력단지 상하부구조물 설치 가격 조사는 아래와 같이 문헌조사, 견적조사, 내부자료를 활용하였음. 문헌조사는 세계적 마케팅 전문기관, 권위 있는 연구기관의 최신 자료를 사용하였음.
- * 국내에서 해상풍력 자켓구조물 제작, 운송, 설치 실적이 있는 현대스틸산업에 요청하여, 견적서를 확보하였고, 문헌조사 및 내부자료와 비교 분석을 통하여 타당성을 검증하였음

항목	문헌조사	견적서	전문가 인터뷰	내부자료
하부 및 상부구조물 운송 및 설치 비용	√	√		√

· 영덕 해상풍력단지 상하부 구조물 운송 및 설치 비용 견적가

- * 5.5MW 대비 8MW 하부 구조물 설치 비용은 설치 수량의 저감으로 약23% 운송 및 설치비가 저감 가능한 것으로 조사되었음

구분	단위	배치안 1	배치안 2
단지 용량	MW	99	96
상하부구조물 용량	MW	5.5	8
상하부구조물 수량	기수	18	12
운송비	억원	31.1	20.8
하부구조물 설치비	억원	649.1	479.9
상부구조물 설치비	억원	576.4	441.6
운송 및 설치비 합계	억원	1,256.6	942.3
MW당 운송 설치비	억원	12.7	9.8

| 상하부 구조물 운송 및 설치 비용 견적가 비교 |

· 상하부 구조물 운송 및 설치 비용 검토

- * 현대스틸의 견적가는 유럽 해상풍력 MW당 설치비가 매우 높은 편이다. 설치비가 높은 이유는 아래와 같음
- * 비교 검토 대상의 유럽 단지는 단지 규모가 1GW 이상으로 규모의 경제의 효과의 차이
- * 유럽의 잘 발달된 파일 설치, 하부구조물, 상부구조물 설치 전문 공급망의 우수성
- * 유럽의 설치선 운영 조건이 우수하여, 유의파고 2.5m에서도 운전이 가능하나, 국내는 유의 파고 1.5m 수준으로 운영 일수가 외산 터빈 보다 나쁨.
- * 유럽은 설치선을 24시간 가동하여, 설치 시간 단축이 가능

항목	단위	현대스틸	BVG	Hornsea 1
MW당 운송 설치비	억	9.8	2.2	6.4
단지 용량	MW	100	1000	1,200
터빈 용량	MW	8	10	7
발표연도	년	2019	2019	2014

■ 해상케이블

· 내부망 건설비 추정

- * 사고시 매우 높은 비용이 발생하는 케이블은 책임시공을 위해 제조사와 시공사 공동 계약체결을 일반적으로 적용함. 따라서, 내부자간 계약금액 배분을 알기 어려우나 공사 설계 금액에 낙찰률을 적용하는 것이 일반적임
- * 암반지형이나 깊은 수심 등은 케이블 보호공법의 시설비가 많이 듦
- * 영덕 건설비 추정의 가정은 아래와 같음
케이블 전구간 600mm² 적용함. 따라 공사비 서남해 대비 20% 증액
암반 노출구간 보강 및 퇴적층 불균일에 따른 경과지 선정 및 공사방법 보강에 서남해 대비 15% 추가 증액

구분	단위	서남해	영덕 5.5MW	영덕 8.0MW
케이블 선종	mm ²	60, 200, 600	600	600
총 공장	m	19,673	51,888	44,364
km 당 공사비	억원/km	7.6	10.5	10.5
건설비 추정	억원	150	545	466

· 외부망 건설비 추정

* 짧은 거리 단말처리 필요와 해안 암반지형 케이블 포설비용 증액요인 반영 서남해 공장비 50% 증액

구분	단위	서남해	영덕
공장	km	10.2	2.4
km 당 건설비	억원/km	10.8	16.2
건설비 추정	억원	110	39

· 서남해 해상풍력단지 및 탐라해상풍력단지 시공 사례

* 환경분석

구분	단위	서남해	영덕
수심	15m 내외	9m 내외	15~30m
조류	1.1/1.2 knot	1.4/1.4 knot	없음
지질	화산암	진흙/모래	모래/자갈/암반

* 외부망 전체공장 (km)

구분	탐라	서남해	영덕
해양		9.02	1
조간대		0.874	
육상	0.64	0.301	0.4
소계	0.64	10.195	1.4

* 공사비

구분	탐라	서남해			영덕			비고
		내부망	외부망	계	내부망	외부망	계	
케이블	J-Power	대한전선	스미토모 (일본)					
시공사	해천	오션C&I	해천					
건설비 (억원)	130	150	110	260	500	40	540	5.5 MW
					390	40	430	8 MW

| 참고문헌 |

- Guid to an Offshore Wind Farm, BVG, 2019
- Offshore Wind in Europe-key trends and statistic 2018, WindEurope, 2019
- Global Wind Turbine Technology Trend, Wood Mackenzie, 2018
- 2018 Global Offshore Wind Industry Dynamics, Wood Mackenzie, 2019
- The Batch Production of Jacket for Offshore Wind Turbines-MS thesis, TU Delft, 2017
- Offshore Wind Power R&D Strategy, MAKE, 2016
- Guidelines for the Design and Construction of AC Offshore Substations for Wind Power Plants, CIRGE, 2011
- 다시 바람이 분다, DB금융투자, 2019
- 주요국 신재생에너지 현황 및 정책, 외교부, 2019
- The UK Offshore Wind Industry: Supply Chain Review, Offshore Wind Industry Council, 2019
- Offshore Wind Handbook, SNC-LAVALIN/ATKINS, 2018
- EU 풍력발전 산업의 현황과 중장기 성장 전망, 에너지경제연구원, 2017
- 해상풍력 현황과 과제, 전력연구원, 2019
- 국내외 풍력발전 산업 및 기술개발 현황, 한국풍력에너지학회, 2018
- 전라북도 해상풍력산업 육성 기획연구, 전북발전연구원, 2013
- 2018 Offshore Wind Technologies Market Report, DOE/Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, 2019
- 2018 신재생에너지 백서, 산업통상자원부/한국에너지공단, 2019
- Community Benefits from Offshore Renewables: Good Practice Review, ClimateXchange/University of Edinburgh, 2014
- Global offshore wind market report 2018, Norwegian Energy Partners, 2018
- Global Wind Report 2018, GWEC, 2019
- Renewable Capacity Statistics 2019, IRENA, 2019
- Renewable Power Generation Costs in 2018, IRENA, 2019
- 해상풍력클러스터 조성을 위한 항만 및 배후단지 활용방안 연구, 한국해양수산개발원, 2019
- Offshore Terminal Bremerhaven, Ministry of Economic Affairs and Ports, 2011
- Bremerhaven's Way to a leading European Offshore Wind Energy Center, 2012
- Offshore Wind Industry Prospectus, CATAPULT/Offshore Wind Industry Council, 2018
- Wind energy in Europe in 2018, WindEurope, 2019
- 해양/풍력에너지: 해상풍력발전 시장 확대에 주목, 한국IR협의회, 2019
- 해상풍력산업화 전망과 과제, 국회신재생에너지포럼, 2017
- Top 5 Offshore developers, Wind Power Monthly, 2019
- Halide-X arrives in Blyth, ORE Catapult, 2019
- <https://www.4coffshore.com>



2020년 경북 산업정책 동향보고서
**국내외 해상풍력
정책동향 및 시장조사**

인 쇄 2020년 11월 16일

발 행 2020년 11월 02일

저 자 최용규 외

발행인 하인성

발행처 재단법인 경북테크노파크

주 소 경상북도 경산시 삼풍로 27

전 화 (053)819-3047

팩 스 (053)819-3019

재단법인 경북테크노파크 2020

