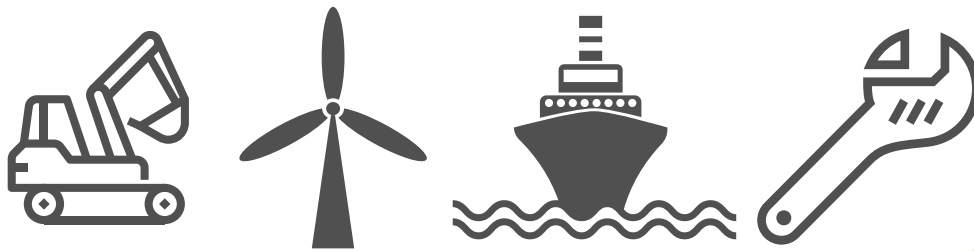


국내 해상풍력 공급망 세부 분류

DETAILED CLASSIFICATION OF DOMESTIC OFFSHORE WIND POWER SUPPLY CHAIN



약 어

약어	뜻	비고
AEP	Annual Energy Production	연간발전량
AHT	Anchor Handling Tug	.
BoP	Balance of Plant	.
CTV	Crew Transfer Vessel	12인승 내외의 유지보수 선박
CMS	Condition Monitoring System	.
DEA	Drag Embedded Anchor	.
FEED	Front End Engineering Design	.
FID	Financial Investment Decision	.
HLV	Heavy Lift Vessel	.
ISP	Independent Service Provider	.
LCOE	Levelized Cost of Energy	균등화 발전원가
LTSA	Long Term Service Agreement	.
LIDAR	Light Detection Ranging	.
MWS	Marine Warranty Survey	.
OTM	Offshore Transformer Module	.
SOV	Service Operation Vessel	40인승 내외의 유지보수 선박
SPC	Special Purpose Corporation	특수목적 법인
TOC	Terminal Operating Company	부두운영회사
WTG	Wind Turbine Generator	.

목 차

저자의 말	1
1. 해상풍력 공급망 세부 분류체계	2
1.1 접근 방법	2
1.2 경제성 지표	2
1.3 해상풍력단지 전주기	4
1.3.1 단지개발단계	7
1.3.2 구매/제조단계	8
1.3.3 설치/시공단계	8
1.3.4 운영단계	9
2. 해상풍력단지 전주기 별 공급망 분석	10
2.1 단지개발단계 공급망	10
2.1.1 단지개발사	10
2.1.2 서비스사 - 상업	11
2.1.3 서비스사 - 엔지니어링	11
2.1.4 서비스사 - 탐사	12
2.1.5 기상탑 제조/설치사	12
2.1.6 안전교육사	13
2.2 구매/제조단계 공급망	14
2.2.1 풍력터빈사	14
2.2.2 하부구조물 제작사	15
2.2.3 해상변전소 제작사	15
2.2.4 해저케이블 제작사	16

2.2.5 부유체 제작사	17
2.2.6 계류시스템 제작사	17
2.3 설치/시공단계 공급망	19
2.3.1 하부구조물 및 풍력터빈 설치사	19
2.3.2 케이블 설치사	20
2.3.3 해상변전소 설치사	20
2.3.4 부유체-풍력터빈 조립사	21
2.3.5 부유체 운송설치사	21
2.3.6 설치선사	22
2.3.7 배후항만	22
2.4 운영단계 공급망	24
2.4.1 풍력단지 운영사	24
2.4.2 유지보수 서비스사	25
2.4.3 유지보수 선박운영사	25
2.4.4 해체 전문사	26
[참고문헌]	27

저자의 말 - 오정배 블루윈드 엔지니어링 대표이사 (한국풍력산업협회 산업부문 자문위원)

전세계 해상풍력시장이 유럽과 중국을 중심으로 '21년 기준 누적 약 57.2GW 가 설치되며 성숙화 일로에 있으나, 우리나라 해상풍력 설치실적은 상업용 해상풍력단지 기준 3개단지 124.5MW(육·해상 복합단지 포함)에 불과하다. 정부의 '30년 해상 풍력 설치 목표가 12GW인데, 이미 '21년까지 해상풍력단지 발전사업허가 실적이 12GW 이상이다. 특히, 전남과 울산지역의 해상풍력 건설계획 규모가 큰 편이다.

해상풍력산업은 정부주도산업(government driven industry)이라고 유럽에서 일찍이 정의한 바 있다. 타 산업 대비, 시장의 형성, 인허가, 수용성, 배후항만 등 해상풍력을 위해 정부의 적극적인 개입과 정책이 필요하기 때문이다. 특히, 공급망의 능력 분석이 매우 중요하다. 공급망 능력 분석을 위해서는 공급망에 대한 실태의 조사가 선행되어 있어야 함에도 국내는 이러한 조사가 매우 미흡한 실정이다.

해외는 이러한 공급망 능력에 대한 조사가 오래전부터 체계적으로 진행되어 왔으며, 이러한 자료를 참고하여 본 국내 해상풍력 공급망에 대한 분류안을 작성되었다.

공급망 별로 산업적 특성, 국내 기술력 수준, 해외기업 동향, 국내기업을 개괄적으로 정리하였다. 본 보고서를 종합적으로 응용하면, 신규 시장의 진입, 인력 양성, 연구개발 방향 등을 수립하는데 기본 자료로 활용할 수 있을 것이다.

하지만 본 조사는 산업 분석의 초기 조사이고, 향후 지속적으로 보완 성격의 조사 및 분석이 진행되어야 한다. 본 보고서가 우리나라 해상풍력산업을 발전시키기 위한 산업생태계 전략 연구 방향에 일조할 수 있기를 바란다.

1 해상풍력 공급망 세부 분류체계

1.1 접근방법

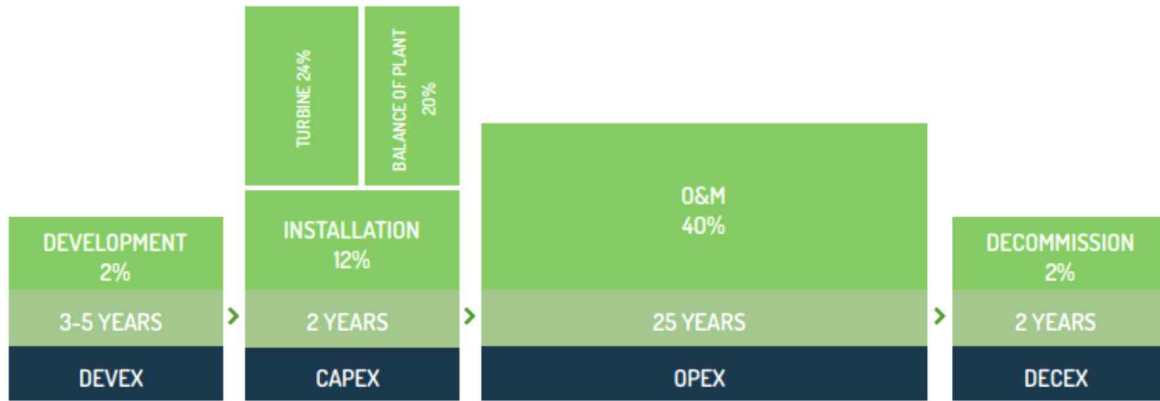
- 공급망 분류체계는 해상풍력단지 전주기와 연동시켰다. 해상풍력단지 전주기는 단지개발-구매/제조-설치/시공-운영 등 4개 단계이다. 해체는 아직 우리나라에 본격적으로 도래하지 않아 별도로 구분하지 않고, 운영에 포함시켰다.(그림 5 참조)
- 해외사례를 참고하되, 4개 해상풍력 단계 내에서 단계별 공급망을 세부적으로 분류하였다.
- 풍력터빈과 BOP(Balance of Plant)는 구분하는 경우가 있으나, 본 보고서 구매 / 제조 단계에서는 구분하지 않았다.
- 인허가와 관련된 정부, 지자체, 정부기관, 대학 및 정부출연연구소에 대한 분석은 실시하지 않았다.
- 배후항만은 국가가 운영하나, 공급망에서 매우 중요한 기능이라, 공급망에 포함시켰다.
- 부유식 해상풍력은 아직 산업 초기이고, 공급망이 형성되어 있지 않으나, 고정식 해상풍력 대비 산업적 특성이 다르고, 향후 미래 산업을 고려하여 분류 체계에 포함시켰다.
- 고정식 해상풍력의 하부구조물 형식은 모노파일(monopile)과 자켓(jacket) 구조물을 기준으로 하였다.

1.2 경제성 지표

- 단계별 경제성 지표는 LCOE 를 사용하였다.
- 인용한 LCOE 지표는 비교적 최근 유럽 자료를 기준으로 하였다.
- 발표하는 기관별로 약간 차이가 있는 점을 유의하여야 한다.
- 권위 있는 다수 기관의 최근 자료를 수록하여, 비교가 될 수 있도록 하였다.

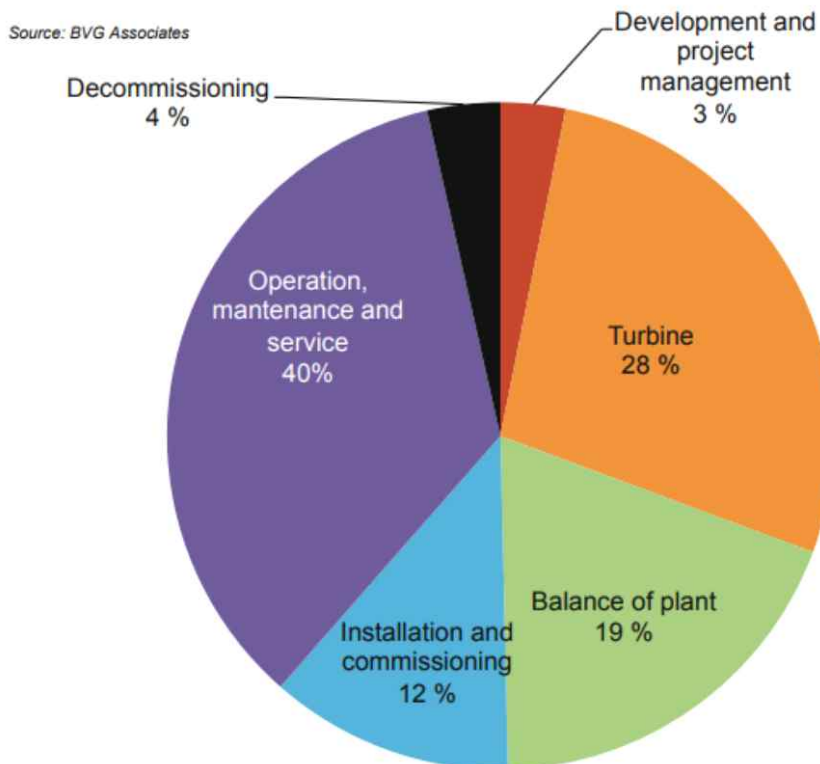
- 고정식 해상풍력단지와 부유식 해상풍력단지의 LCOE 는 다르기 때문에, 고정 부표(spar buoy) 형식의 상용 단지를 운영하는 에퀴노르(Equinor)사의 발표자료를 참고로 수록하였다.

그림1. 해상풍력단지 단계별 기간 및 LCOE 비중



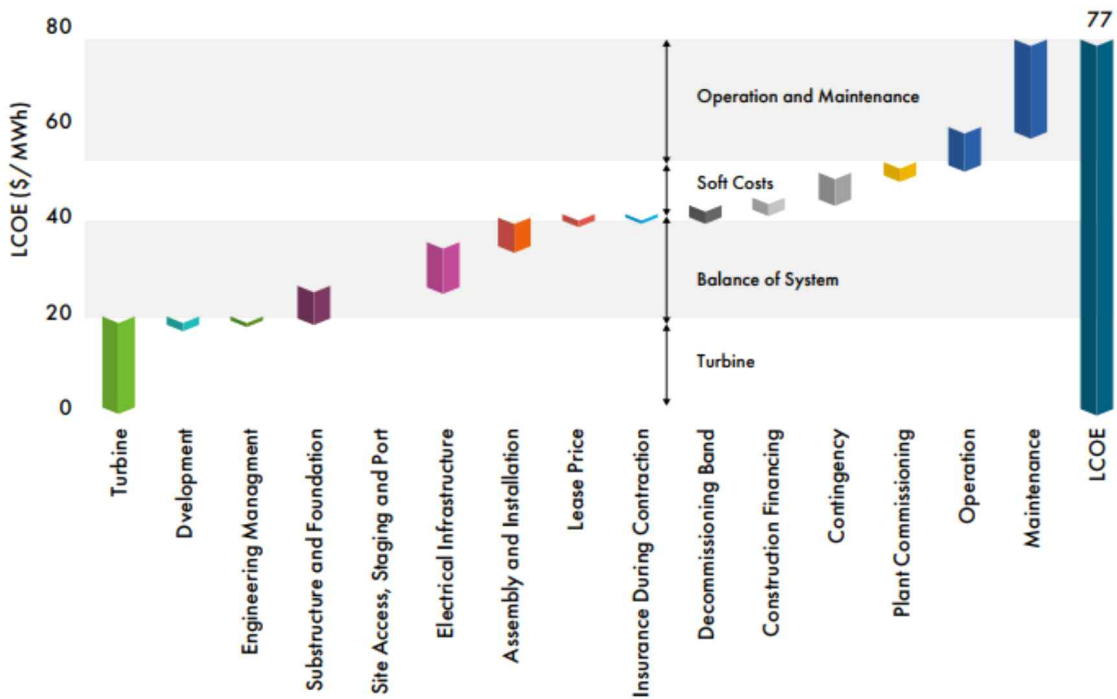
출처 : ORE Catapult 외, Offshore wind industry prospectus, 2018

그림2. 고정식 해상풍력 LCOE 비중



출처 : BVG, Norwegian supply chain opportunities in offshore wind, 2017

그림3. 고정식 해상풍력단지 LCOE 비중



출처 : GWEC, Global wind report 2022, 2022

그림4. 부유식 해상풍력의 LCOE



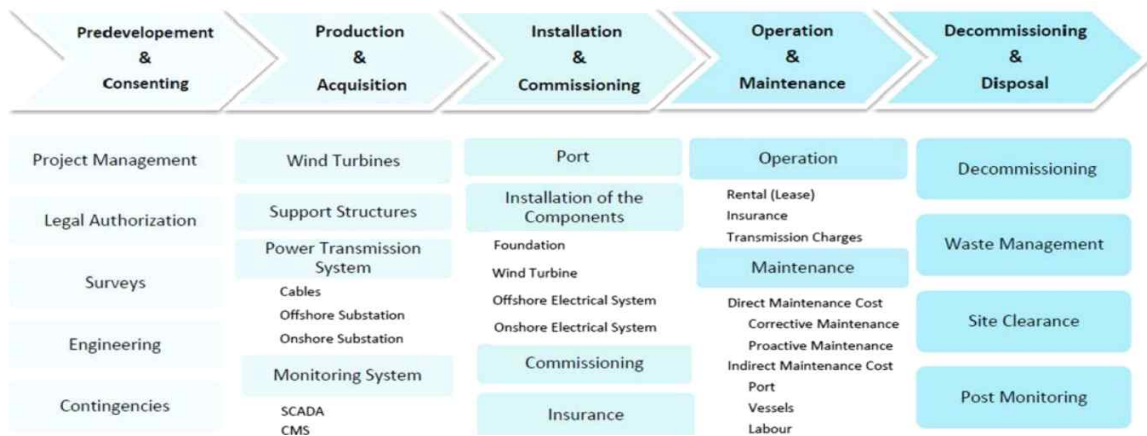
출처 : Carbon Trust 외, UK Lesson: Global perspective on OSW supply chain opportunities for Maine, 2021

1.3 해상풍력단지 전주기

- 해상풍력단지 전주기는 단지개발, 구매/제조, 설치/시공, 운영 단계 등으로 구분하였다.

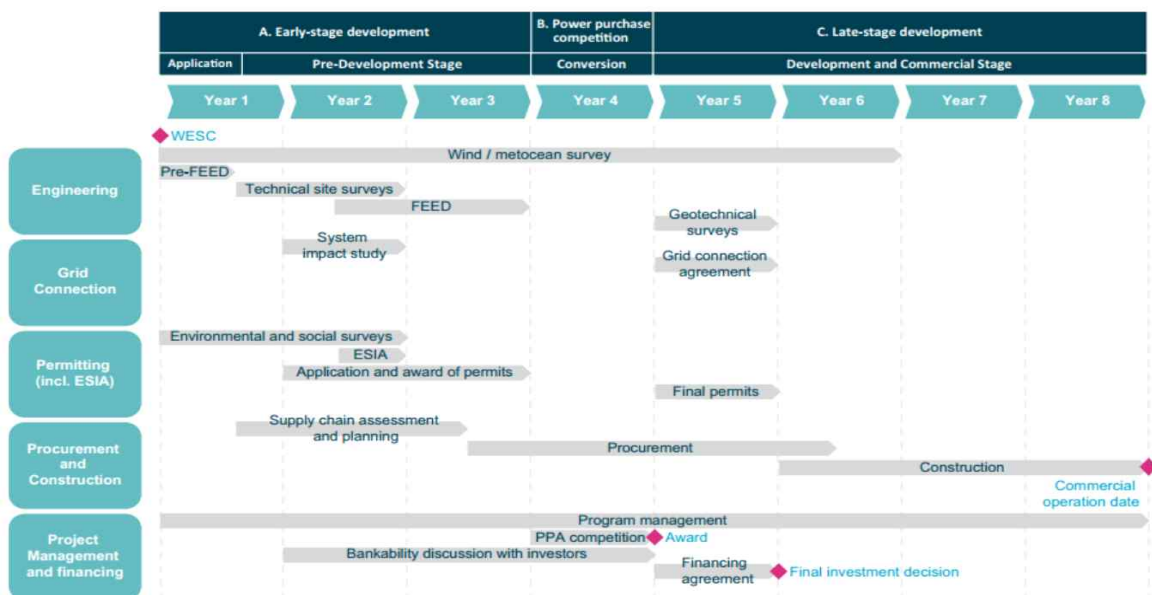
- 단지개발사 측면에서는 구매이지만, 단지건설에 필요한 기자재 제작사 측면에서는 제조이기 때문에 구매/제조로 구분하였다.
- 해상풍력은 단지 건설 완료까지 유럽의 경우 약 8년 정도 소요된다.(그림 6 참조)
- 우리나라의 경우, 단지개발 단계에서 인허가 및 수용성 확보로 유럽 대비 2년 정도 더 걸린다.
- 해상풍력발전단지의 운영기간은 20년~25년으로, 단지개발 기간을 포함하면 총 사업 기간이 약 35년 정도 소요된다.

그림5. 해상풍력단지 개발 단계 구분 사례



출처 : Mahmood Shafiee 외, Cranfield university, A parametric whole life cost model for offshore wind farms, 2016

그림6. 통상적인 해상풍력단지 전주기



출처 : World Bank Group, Offshore wind program for the Philippines, 2021

그림7. 해상풍력단지 공급망 구분 사례

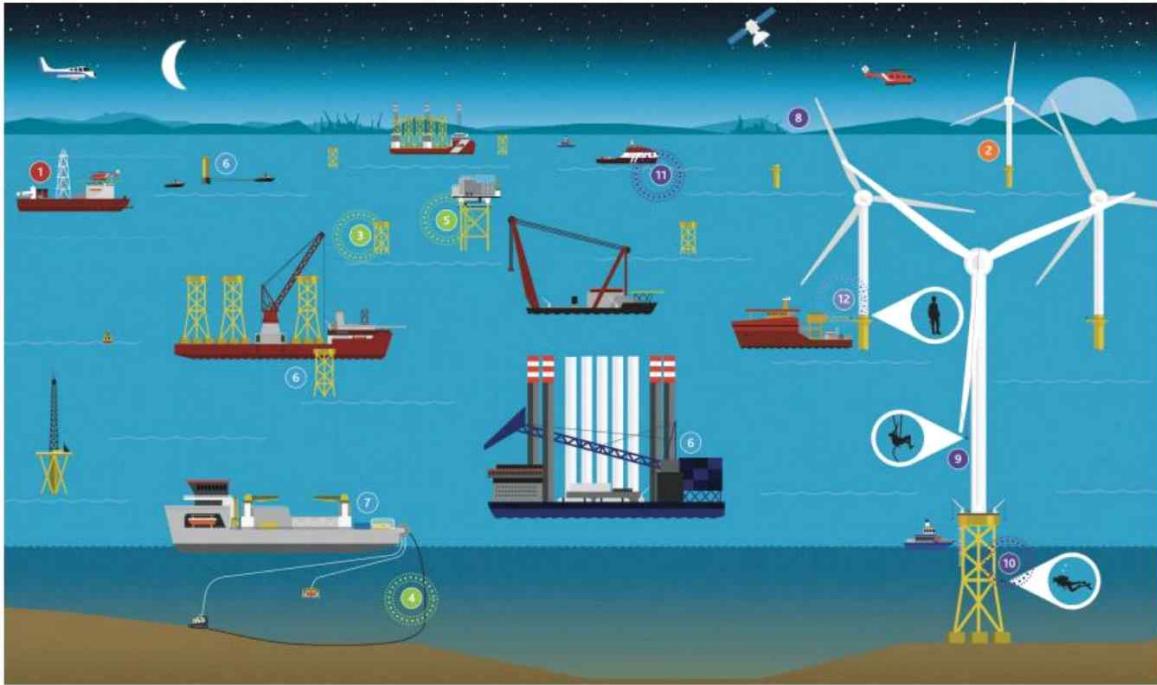


Figure 1 Illustration of the offshore wind supply chain (greatest opportunities for Norwegian supply highlighted with concentric rays).

Development and project management		Turbine supply		Balance of plant		Installation and commissioning		Operation, maintenance and service			
1	Surveys, site investigations and development services	2	Turbine components manufacture and assembly	3	Foundation supply	6	Turbine and foundation installation	8	Wind farm operations		
				4	Cable supply			7	Cable installation	9	Turbine maintenance
				5	Substation supply					10	Inspection and repair services
							11	Offshore logistics			
12 Cross cutting activities											

출처 : BVG, Norwegian supply chain opportunities in offshore wind, 2017

표1. 해상풍력단지 전주기 비교

단 계	단지개발	구매/제조	설치/시공	운 영
기간	약 3~4년	약 2년	약 2년	약 20~25년
LCOE 비중	약 3~4%	약 45%	약 10%	약 35%
일자리 창출규모	낮은 편	높은 편	높은 편	중간
일자리 창출기간	단기, 중기	단기	단기	장기
일자리 특징	신규단지 규모에 비례	신규단지 규모에 비례	신규단지 규모에 비례	풍력단지 누적용량 규모에 비례
주요 공급망	<ul style="list-style-type: none"> • 단지개발 • 서비스 • 기상탑 제조/설치 	<ul style="list-style-type: none"> • 풍력터빈 • 하부구조물 • 해저케이블 • 해상변전소 • 부유체 • 계류선 	<ul style="list-style-type: none"> • 풍력터빈/하부 구조물 설치 • 케이블 포설 • 해상변전소 설치 • 부유체-풍력 터빈 조립 • 부유체 설치 • 설치선 • 배후항만 	<ul style="list-style-type: none"> • 단지운영 • 유지보수 서비스 • 해체

1.3.1 단지개발단계

기간	<ul style="list-style-type: none"> • 약 3~4년
주요 업무	<ul style="list-style-type: none"> • 개발단지 선정 • SPC 설립 • 해상기상탑 설치 및 풍황 및 해황 측정 • 타당성 조사(단지 layout, AEP 계산, WTG 후보 선정, 하부구조물 형식 선정, 계통연계, 해양물리, 해양시추 조사, 환경영향평가, 군전파영향평가, 해상교통안전진단 등) • FEED 설계(WTG 선정, 하부구조물 통합하중해석 및 설계) • 사업 인허가(주민 수용성)
단계 특성	<ul style="list-style-type: none"> • 전문적 업무 영역이 많아 내부에서 추진하기에는 외국계 대형풍력 단지개발사 외에는 수행이 무리임 • 국내외 외부 전문사 용역이 많은 편
일자리 창출	<ul style="list-style-type: none"> • 단지개발사 별로 약 10 명 내외로 인력을 운영 • 해외 단지개발사는 전문 영역은 본사의 지원을 받아 지원

	<ul style="list-style-type: none"> 일자리 창출규모는 적은 편이나, 단지개발 및 다양한 가치사슬에서 발생하는 일자리 창출 파급효과가 큼
LCOE 비중	<ul style="list-style-type: none"> 약 2~3%
비고	<ul style="list-style-type: none"> 프로젝트 전주기중 불확실성이 높음 불확실성은 주로 주민 수용성 확보 및 인허가 업무에서 발생

1.3.2 구매/제조단계

기간	<ul style="list-style-type: none"> 약 2년
주요 업무	<ul style="list-style-type: none"> 풍력터빈, 내외부망, 해상변전소의 구매 설치 업체의 선정 단지개발단계에서 FEED 및 상세설계와 연동하여 진행
단계 특성	<ul style="list-style-type: none"> 건설비 집중적으로 투입 풍력터빈, 내외부망, 해상변전소는 제조 리드 타임이 약 2년 내외 구매/제조 리드타임이 수 년이상 걸리는 경우, FEED 설계단계에서 협업이 필요
일자리 창출	<ul style="list-style-type: none"> 제조사에서 집중적으로 일자리 발생 단지개발사에서 발생하는 일자리는 구매 관련 일자리 수로 소규모 구매/제조단계 일자리는 신규 풍력단지 용량에 비례
LCOE 비중	<ul style="list-style-type: none"> 약 44~47%(고정식) 약 50~60%(부유식)
비고	<ul style="list-style-type: none"> 구매품의 국산화 수준에 따라 일자리 규모에 큰 영향을 미침

1.3.3 설치/시공단계

기간	<ul style="list-style-type: none"> 약 2년
주요 업무	<ul style="list-style-type: none"> 하부구조물 설치 풍력터빈 설치 내부망 설치 외부망 설치 해상변전소 설치
단계 특성	<ul style="list-style-type: none"> 건설비 집중적으로 투입 대형 설치선 필요(하부구조물, 풍력터빈, 내외부망, 해상변전소 설치)

	<ul style="list-style-type: none"> 배후항만의 준비도, 설치선의 성능에 따라 설치기간이 크게 좌우
일자리 창출	<ul style="list-style-type: none"> 매우 높은 편 설치단계 일자리는 신규 풍력단지 용량에 비례
LCOE 비중	<ul style="list-style-type: none"> 약 12%(고정식) 약 5~10%(부유식)
비고	<ul style="list-style-type: none"> 프로젝트 전주기중 비교적 단기간 소요 건설비 투입은 집중적으로 발생 설치 시 일자리가 집중적으로 발생 설치선 및 배후항만의 가용성이 해상풍력 사업 일정에 큰 영향을 미침

1.3.4 운영단계

기간	<ul style="list-style-type: none"> 약 20~25년
주요 업무	<ul style="list-style-type: none"> 상시 유지보수 소형 CTV 활용 빈도가 높음 비 계획 대형 부품 고장 수리 시 한시적으로 대형 선박 필요
단계 특성	<ul style="list-style-type: none"> 소형 CTV 중심 일간 유지보수의 비중이 높음 일자리 발생은 운영사 또는 유지보수 서비스사에서 발생
일자리 창출	<ul style="list-style-type: none"> 운영 기간 동안 지속적으로 일정한 일자리 창출 유지보수 일자리는 풍력단지 누적 용량에 비례
LCOE 비중	<ul style="list-style-type: none"> 약 35~40%
비고	<ul style="list-style-type: none"> 프로젝트 전주기중 가장 장기간 소요 장기간 안정적으로 일자리가 창출되는 특성을 가지고 있음

2

해상풍력단지 전주기 별 공급망 분석

2.1 단지개발단계 공급망

공급망	주요업무
단지개발사	<ul style="list-style-type: none"> • 풍력단지 발굴 및 해상풍력단지 개발 • 풍력단지 인허가 추진 • 풍력단지 수용성 추진 • 다수의 국내 및 해외 기업 활동 중
서비스	<ul style="list-style-type: none"> • 단지 개발 관련 금융/회계/법률/보험과 같은 상업적 서비스 제공 • 단지 타당성 조사를 위한 다양한 엔지니어링 서비스 제공 • 단지 설계를 위한 다양한 탐사 서비스 • 다수의 국내 및 해외 기업 활동 중
기상탑 제조/ 설치	<ul style="list-style-type: none"> • 기상관측을 위한 기상탑 제조 • 기상탑 설치 • 기상탑 주요 기자재 취급 • 소수의 제조사 및 기자재 취급사 활동 중

2.1.1 단지개발사

산업적 특성	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력단지 전주기의 선두에 위치
사업비	<ul style="list-style-type: none"> • LCOE 비중의 약 3-4% • LCOE 비중은 낮으나 산업의 가치를 만들어 내고, 사업의 성공에 큰 영향을 미침
해외기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> • 해외의 주요 개발사들의 대부분이 국내에 진출
국내기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> • 공기업, 대기업, 중소기업 등 다양한 회사들이 단지개발업무 진행 중 • SPC 를 포함하면, 단지 개발사의 기업수가 많은 편
국내기술 수준	<ul style="list-style-type: none"> • 국내 단지 개발사와 해외 단지 개발사와의 기술력 격차는 매우 큰 편 • 해외 단지 개발사는 수백명에서 수천명의 본사 경험이 풍부한 전문 인력이 국내에 진출해 있는 단지개발사를 지원하는 형태 • 국내 대부분의 단지 개발사는 약 10여명 내외 인력으로 단지 개발을 진행

2.1.2 서비스사 - 상업

산업적 특성	<ul style="list-style-type: none"> • 풍력단지 개발 초기에 투자 관련 금융, 회계, 보험, 법률 서비스 제공 • 풍력단지 FID 이후에는 통상적인 상업적 서비스 제공
사업비	<ul style="list-style-type: none"> • LCOE 비중은 1-2% 내외(투자, 건설 및 운영 보험비용 제외)
해외기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> • 서비스 분야 별로 다른 특성을 보임 • 회계서비스는 글로벌 기업이 주도 • 재보험사는 글로벌 기업이 주도 • 소수의 글로벌 투자사가 국내 해상풍력에 투자 중
국내기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> • 국내 local 정보가 서비스에 미치는 영향에 따라 다른 특성을 지님 • 법률 서비스의 경우, 국내 기업의 경쟁력이 매우 높음
국내기술 수준	<ul style="list-style-type: none"> • 한국의 경제규모가 글로벌 10위권으로 상업적 서비스 수준이 글로벌 관행을 잘 따르고 있음 • 국내에는 아직 수백 MW 급 해상풍력단지 투자 사례가 없어 투자, 보험 분야에서 수년간 혼선이 불가피

2.1.2 서비스사 - 엔지니어링

산업적 특성	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력 단지 설계를 위해서 광범위한 엔지니어링이 필요 • 단지발굴, 개념설계, 기본설계, 상세설계 등 단계별로 다양한 엔지니어링이 필요
사업비	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력단지 LCOE 의 약 1% 내외
해외기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> • 소수의 대규모 단지개발사를 제외하고는 엔지니어링 서비스는 대부분 전문사 용역을 실시 • 내부의 전문가 있어도 객관성 확보를 위해 외부 용역을 실시할 수도 있음 • 국내 소수의 해외 엔지니어링 기업들이 국내 지사를 설립하여 서비스 제공 중이었으나, 최근 국내 진출 기업들의 수 증가 추세
국내기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력 경험이 상대적으로 부족한 편이며, 대기업, 중견기업, 중소기업 등 다양한 규모의 기업들이 엔지니어링 서비스 제공
국내기술 수준	<ul style="list-style-type: none"> • 엔지니어링 서비스의 국내 기술 수준은 경험 부족으로 글로벌 기업 대비 기술력 격차가 큰 편

2.1.3 서비스사 - 탐사

산업적 특성	<ul style="list-style-type: none"> • 해양물리 및 지반조사를 위해 특수 탐사 장비를 탐사선에 설치하여 분석하는 것으로 단지설계에 주요한 입력 자료를 제공 • 탐사 결과는 하부구조물의 기초설계, 외부망의 경로 설계, 내부망 매설 심도 설계에 활용
사업비	<ul style="list-style-type: none"> • 수십억의 탐사비용 소요
해외기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> • 소수의 글로벌 탐사서비스업체가 탐사 시장을 장악 • 탐사선 및 탐사설비 등 투자가 필요
국내기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> • 대규모 투자가 수반되는 탐사선을 보유한 국내기업은 없음 • 서비스 품질은 탐사선 및 탐사설비 투자에 비례
국내기술 수준	<ul style="list-style-type: none"> • 국내 지반조사 전문사가 비교적 많이 양성되어 있으나, 해상풍력 적용 경험이 다소 부족하고, 투자비가 수반되는 탐사선이 부족함

2.1.4 기상탑 제조/설치사

산업적 특성	<ul style="list-style-type: none"> • 전기사업허가를 위해서는 반드시 1년 이상의 풍황계측이 필요 • 개발 단지내 육상 또는 해상에 기상탑 설치 및 풍황계측이 필수 • 계측된 풍황은 연간발전량 산출 활용
사업비	<ul style="list-style-type: none"> • 고정식 해상기상탑은 약 30 억 내외의 사업비 소요 • 수심이 깊은 곳에 설치하는 Floating LiDAR 는 연간 15억 내외의 임대료 소요
해외기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> • 최근에 설치되는 고정식 기상탑에 lattice 는 거의 적용되지 않고, LiDAR 가 적용 • 수심이 깊은 곳에 설치하는 Floating LiDAR 는 class2 또는 class3 인증을 획득한 제품이 설치되고 있음
국내기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> • 최근에 설치된 고정식 기상탑의 설계 및 제조의 국산화율은 100% • 기상관측을 위한 센서, LiDAR 는 해외 전문사 제품을 적용 중
국내기술 수준	<ul style="list-style-type: none"> • 고정식 기상탑의 설계 및 설치의 풍부한 경험을 바탕으로 충분한 기술력 및 경쟁력 확보 • 기상 관측 센서 및 LiDAR 장비는 해외에서 수입하여 적용 중 • Floating LiDAR 는 국내 중소기업 2 개사가 국산화 개발 중이나, class 2 인증확보까지는 수년의 개발기간이 필요할 것으로 전망

2.1.6 안전교육사

<p>산업적 특성</p>	<ul style="list-style-type: none"> • GWO(Global Wind Organization)의 안전 교육 인증 체계가 전세계 해상풍력산업에 정착 • 특히, 국내에 진출한 외국계 글로벌 단지개발사가 참여하는 인력의 GWO 인증을 필수로 요구 • 국내에서도 안전에 대한 인식이 높아지면서, GWO 안전 교육 인증 체계가 정착할 것으로 전망됨
<p>사업비</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 인당 교육비가 약 150 만원 정도 소요되며, 회사가 부담
<p>해외기업 동향</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 유럽은 작업의 특징에 맞추어 필요 인력의 GWO 안전 교육 면허가 필수적임
<p>국내기업 동향</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 국내에 안전사고 이후 관심이 높아지고 있음 • 특히, 외국계 단지개발사 참여기업은 반드시 GWO 안전 교육 면허를 취득하고 있음 • 현재 군산지역에 에너지공단이 주관기관으로 해상풍력 안전 교육장 건설 중 • 외국계 기업이 최근 안전교육 사업을 실시 중
<p>국내기술 수준</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 국내에 안전 중요성에 대한 인식이 높아짐 • GWO 의 인증체계가 국내에 도입될 가능성이 높음

2.2 구매/제조 단계 공급망

공급망	주요업무
풍력터빈사	<ul style="list-style-type: none"> 바람에너지를 전기에너지로 변환 다수의 풍력터빈 부품사로부터 부품을 공급받아 조립 산업적 파급 효과가 높음
하부구조물 제작사	<ul style="list-style-type: none"> 풍력터빈을 지지하는 철 구조물 고중량 대형 구조물로 건설비 비중이 높음
해상변전소 제작사	<ul style="list-style-type: none"> 풍력단지에서 발전된 전기를 승압하여 외부망을 통해 육상으로 보내기 위한 설비
해저케이블 제조사	<ul style="list-style-type: none"> 풍력터빈으로 발전된 전기를 송전 소수의 제조사 및 기자재 취급사 활동 중
부유체 제작사	<ul style="list-style-type: none"> 부유식 해상풍력을 지지하는 구조물로 일반적으로 대형 철 구조물
계류시스템 제작사	<ul style="list-style-type: none"> 부유체가 정해진 위치에서 위치하도록 하는 장치로 계류선과 앵커로 구성 계류선은 강철 체인 또는 합섬섬유의 재질로 구성되어 있음

2.2.1 풍력터빈사

산업적 특성	<ul style="list-style-type: none"> 단일 제품으로 해상풍력 프로젝트 비중 중 가장 높음 LCOE 저감을 위해 대형화 추진 중 Top 2 maker 가 유럽 시장의 92% 장악
사업비	<ul style="list-style-type: none"> MW 당 15 억-16 억원 국산 풍력터빈의 경우, 외산 터빈 대비 약간 고가
해외기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> SiemensGamesa, Vestas 2개사가 유럽시장 선도 GE 가 12MW 풍력터빈 개발에 성공하면서 3 위 업체로 부상 중 '21 년 중국이 해상풍력 1위가 되면서 중국 터빈사 시장점유율 신장세 Vestas 가 15MW 형식시험 착수
국내기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> 두산에너빌리티는 8MW 풍력터빈 형식시험 착수 (서남해 해상풍력, 탐라 해상풍력 총 90MW 국내 실적) 유니슨은 최근 10MW 풍력터빈 개발 중
국내기술 수준	<ul style="list-style-type: none"> 국내 풍력시장 규모 협소, track record가 외산터빈 대비 매우 부족 현재까지의 시장은 규모의 경제를 실현하는 것은 불가능 현재 국산 풍력터빈의 기술력 및 원가경쟁력 매우 미흡 기술력 및 원가경쟁력 확보를 위해서는 시장의 규모가 커져야 함

2.2.2 하부구조물 제작사

<p>산업적 특성</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 풍력터빈 다음으로 구매 비중이 높음 • 대형 철 구조물로 수심이 깊은 곳에 설치되는 하부구조물은 풍력터빈 보다 더 무거운 경우도 있음 • 설계 및 제작에 장시간 소요 • 해상운송을 위해서는 하부구조물 공장은 반드시 해안가에 위치하여야 함 • 하부구조물의 형식이 다양하며, 유럽의 경우 현재까지는 모노파일 형식이 시장의 약 80% 비중을 차지 • 국내 해상풍력단지의 지반 여건상 자켓 형식이 선택되어 왔으나, 일부 단지에서 monopile 및 suction 형식이 적용되었음
<p>사업비</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 전체 LCOE 약 13% • 하부구조물의 형식 및 수심에 따라 가격 좌우, 재료비 비중이 높음
<p>해외기업 동향</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 다수의 해외 기업이 각국의 항구에 위치 • 운송비 절감을 위해 가능한 해상풍력단지 근처 항구에 제조공장 위치 • Jacket은 본체(primary steel), 사다리꼴과 같은 secondary steel, transition piece, pin pile 로 나누어짐 • 기업에 따라, 하부구조물 전체 제작, 전문기업으로 아웃소싱
<p>국내기업 동향</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 현대스틸산업은 탐라 해상풍력단지 및 서남해 해상풍력단지 90MW 제작 및 설치 실적 보유 • SK오션플랜트는 국내 실적은 없으나, 대만 해상풍력용 공급실적 보유 • 석션 구조물 형식은 국내기업 애드백트가 제작 및 설치 실적이 있음 (총 3MW 두산 터빈 x 2기) • 전남에 독일계 pin pile 제조사인 EEW가 사업 중
<p>국내기술 수준</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 국내 하부구조물 제작능력은 우수 • 생산 능력은 높지 않았으나, 대만 프로젝트를 수주하면서 생산능력을 글로벌 기업수준으로 확대

2.2.3 해상변전소 제작사

<p>산업적 특성</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 해상변전소는 풍력단지에서 발전된 전기를 승압하여 외부망을 통해 육상으로 보내기 위한 설비 • 하부구조물과 상부구조물(top side)로 구성 • 유럽은 일반적으로 66kV/220kV 이나, 국내는 단지 규모 및 계통 연결하고자 하는 변전소의 전압에 따라 달라질 수 있음
----------------------	--

사업비	<ul style="list-style-type: none"> • 1GW 해상풍력단지에 약 1.2 억 파운드
해외기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> • 상부구조물의 경우 Siemens 및 ABB 가 해상풍력 시장 주도 • 유럽의 OTM(Offshore Transformer Module) 개념을 도입하여 건설비를 대폭 낮춤
국내기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> • 국내에서 서남해 해상풍력단지에 해상변전소 1 기 실적 • 현대일렉트릭이 서남해 해상풍력단지 변전소 실적 보유 • 하부구조물 및 상부구조물의 철 구조물은 현대스틸산업이 실적보유
국내기술 수준	<ul style="list-style-type: none"> • 국내는 해상변전소 실적이 1기이며, 유럽과의 격차는 매우 큰 편 • 국내의 육상 변전소 설계 및 제작 능력이 우수하여, 국내 해상풍력 실적만 쌓인다면, 수년 내 유럽과의 격차를 줄일 수 있음 • 현재 한국전기진흥회가 해상변전소 기자재 개발 국책과제 진행 중

2.2.4 해저케이블 제작사

산업적 특성	<ul style="list-style-type: none"> • 해저케이블은 발전된 전력을 육지의 변전소까지 송전하는 기능으로 내부망과 외부망으로 구분됨 • 해저케이블은 표준 규격품으로 국제 경쟁이 치열 • 국내의 전압 규격이 해외와 달라 향후 수출 시장을 위해서 검토 필요 • 유럽의 내부망은 33kV 에서 66kV 시장으로 전환한지 2~3년 지났으며, 132kV 로 전환되는 시점이 수년 내 도래 전망 • 부유식 해상풍력용 다이나믹 케이블은 개발 경쟁이 매우 치열한 미래의 시장이 될 것으로 전망
사업비	<ul style="list-style-type: none"> • 내부망 및 외부망의 재료비는 LCOE 의 약 6~7% 이내 • 외부망의 길이가 100km 가 넘는 경우 HVDC 케이블 검토 필요
해외기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> • 내부망 및 외부망 케이블 별로 약 3-4 개의 주요 케이블 업체가 해상풍력 시장을 점유 중
국내기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> • LS Cable 이 국내 유일 해외수출 기업(최근 Orsted 와 MOU 체결) • LS Cable 의 세계시장 점유율은 아직은 낮은 편 • 대한전선이 해저케이블 시장에 진입하기 위해, 임해공장 착공
국내기술 수준	<ul style="list-style-type: none"> • 고정식 해상풍력용 66kV 케이블은 LS Cable 이 국산화하여 국내 및 해외시장 공급 중 • 향후 132kV 용 고정식 케이블 및 다이나믹 케이블 시장이 큰 시장으로 발전할 수 있음

2.2.5 부유체 제작사

산업적 특성	<ul style="list-style-type: none"> • Spar Buoy, TLP, Semi-submersible 3가지 형식으로 구분되나 Semi-submersible 형식이 현재 시장에서 가장 많이 검토 중 • 전세계 부유식 해상풍력 시장은 pilot project 단계로 단지 규모가 100MW 이하임 • 국내는 아직 부유체 제작 사례가 없음 • 철구조물이 주로 적용되며, 일부 콘크리트가 검토 중
사업비	<ul style="list-style-type: none"> • 부유식 해상풍력 LCOE 의 약 25~35% • 풍력터빈의 건설비 비중보다 더 높을 수 있음
해외기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> • 부유식 해상풍력단지의 규모가 100MW 이하의 파일럿 프로젝트 (pilot project) 수준으로 아직은 전문기업은 없음 • 부유체의 사이즈가 커, 여러 개의 기업에서 만들어 풍력터빈부유체 조립 항만으로 이동하여 조립
국내기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> • 국내에서 부유체 제조 경험은 없으나, 고정식 해상풍력의 하부구조물 제작사가 부유체 제작 사업 가능성이 높음
국내기술 수준	<ul style="list-style-type: none"> • 설계능력은 없으나, 제조기술은 충분할 것으로 보임 • 단, 부유체 제조를 위한 충분한 면적, 안벽의 확보가 이슈임

2.2.6 계류시스템체 제작사

산업적 특성	<ul style="list-style-type: none"> • 계류시스템은 계류선과 앵커로 구성됨 • 계류선의 형식은 semi-submersible 형식은 현수식(catenary type), TLP 는 taut 형식을 적용함 • 앵커는 지반 조건에 따라, DEA 앵커, 석션 앵커, driven pile 을 선정하게 됨 • 계류선의 재질은 steel chain, 합섬섬유가 일반적으로 적용됨 • 하이윈드(Hywind) 프로젝트에서는 steel chain 계류선을 적용하였으나, 최근 프로젝트에서는 steel chain 과 합섬섬유가 혼합된 하이브리드 계류선을 채택함 • 계류선의 건설비 비중은 낮으나, 피로파괴시 부유체의 유실 우려가 있어 매우 보수적으로 설계함 • 따라서, steel chain 계류선의 국산화는 용이하나, 합섬섬유 계류선은 지적재산권으로 인해 용이하지 않을 수 있음
---------------	--

	<ul style="list-style-type: none"> • 앵커의 설계는 국내에서 진행될 가능성이 낮으나, 제작은 운송비 절감을 위해 국산화 될 가능성이 높음
사업비	<ul style="list-style-type: none"> • 계류시스템의 LCOE 비중은 약 2~3% 이내
해외기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> • DEA 앵커는 Vryhof 사 제품이 시장점유율 100% • 합섬섬유는 Dydeema 제품의 점유율이 높음
국내기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> • Steel chain 은 타 산업에서도 적용되고 있어 국산화 되어 있음 • 부유식 해상풍력 시장이 확대시 steel chain 은 국산화가 될 것으로 예상됨
국내기술 수준	<ul style="list-style-type: none"> • 타산업에 적용되는 강철 체인은 국산화 되어 있음

2.3 설치/시공단계 공급망

공급망	주요업무
하부구조물 및 풍력터빈 설치사	<ul style="list-style-type: none"> 하부구조물의 운송 및 설치 하부구조물 설치 후 풍력터빈의 설치
케이블 설치사	<ul style="list-style-type: none"> 풍력터빈-풍력터빈 및 풍력터빈-해상변전소간 내부망의 설치 해상변전소-양륙점간 외부망의 설치
해상변전소 설치사	<ul style="list-style-type: none"> 해상변전소의 운송 및 설치
부유체-풍력터빈 조립사	<ul style="list-style-type: none"> 부유체-풍력터빈의 조립 부유체의 운송 준비
부유체 운송설치사	<ul style="list-style-type: none"> 부유체를 사이트까지 운송 부유체와 계류선 및 다이내믹 케이블 연결
설치선 운영사	<ul style="list-style-type: none"> 하부구조물, 풍력터빈을 설치하는 선박의 운영 케이블 포설선의 운영
배후항만 운영사	<ul style="list-style-type: none"> 풍력터빈, 하부구조물, 케이블, 부유체 등의 적치 공간 제공 설치선에 설치 대상의 적하 및 양하를 위한 안벽 설비 필요

2.3.1 하부구조물 및 풍력터빈 설치사

산업적 특성	<ul style="list-style-type: none"> 설치기간은 사업성에 큰 영향을 끼침 설치기간의 단축을 위해서는 잘 수립된 설치계획과 프로젝트 관리 능력, 우수한 설치선, 설치선 지원선단이 필요 해외의 경우, 설치기간 단축을 위해, 작업능력이 뛰어난 설치선을 투입하고 2교대로 작업 배후항만의 준비도가 건설 기간 단축에 영향을 미칠 수 있음
사업비	<ul style="list-style-type: none"> 설치비는 LCOE 약 10~12% 설치는 제3자 설치리스크 감증을 위해 해사검정서비스(MWS) 입회 필요
해외기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> 대형 설치선을 가지고 있는 선사가 시장을 장악
국내기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> 두산중공업 과 현대건설 컨소시움이 서남해 해상풍력 단지 건설 탐라 해상풍력의 경우, 두산중공업이 건설

국내기술 수준	<ul style="list-style-type: none"> • 국내는 대형 전문 설치선이 없어, 서남해 및 탐라 해상풍력단지의 경우, 약 2년 소요 • 현대스틸산업이 8MW 풍력터빈을 설치할 수 있는 Jackup 선박을 국책과제로 개발 중 • '30년까지 12GW 설치를 위해서는 대형 전문건설선이 다수 필요할 것으로 전망
--------------------	---

2.3.2 케이블 설치사

산업적 특성	<ul style="list-style-type: none"> • 설치기간은 전문 케이블 포설선의 능력에 좌우 • 설치기간의 단축을 위해서는 잘 수립된 설치계획과 프로젝트 관리 능력, 우수한 설치선이 필요 • 해외의 경우, 설치기간 단축을 위해, 작업능력이 뛰어난 설치선을 투입하고 2교대로 작업
사업비	<ul style="list-style-type: none"> • 설치비는 LCOE 약 7~8% • 설치에 제3자 설치리스크 감증을 위해 해사검정서비스(MWS) 입회 필요
해외기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> • 케이블 설치 시장은 전문 케이블 설치사가 시장을 리드해 왔으나, 케이블 설치 리스크를 명확히 하기를 원하는 시장의 요구에 따라, 케이블 제조사가 설치를 하는 경향이 증가하고 있음
국내기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> • 국내는 KT Submarine 이 우수한 선단을 보유중 • KT 제외 비교적 영세한 기업들이 설치사업을 하고 있음
국내기술 수준	<ul style="list-style-type: none"> • 향후 풍력단지의 규모가 200MW 이상이 되면 케이블 설치공정이 주요 장애 요소가 될 가능성이 높음 • '30년까지 12GW 설치를 위해서는 대형 전문건설선이 다수 필요할 것으로 전망

2.3.3 해상변전소 설치사

산업적 특성	<ul style="list-style-type: none"> • 하부구조물을 설치후 상부구조물을 설치 • 해상변전소는 고중량으로 설치를 위해서 인양 능력이 큰 crane vessel 이 필요 • 해상변전소 설치기간은 하부구조물이나 풍력터빈 대비 설치 수량이 적어, 단기간내에 설치가 가능
---------------	--

사업비	<ul style="list-style-type: none"> 설치비는 LCOE 약 5~7% 설치는 제3자 설치리스크 감증을 위해 해사검정서비스(MWS) 입회 필요
해외기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> 고중량 설치 능력이 가능한 floating vessel 이 적용
국내기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> 국내는 서남해 해상풍력단지 설치실적 현대스틸산업이 시공
국내기술 수준	<ul style="list-style-type: none"> 설치기술은 조선 해양산업에 힘입어 확보되어 있음

2.3.4 부유체-풍력터빈 조립사

산업적 특성	<ul style="list-style-type: none"> 부유체-풍력터빈은 반잠수식 형식의 경우, 배후항만에서 조립 배후항만에 풍력터빈을 인양할 수 있는 크레인이 필요
사업비	<ul style="list-style-type: none"> 부유체-풍력터빈 조립비용은 LCOE 1% 미만 설치는 제3자 설치리스크 감증을 위해 해사검정서비스(MWS) 입회 필요
해외기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> 부유식 해상풍력산업의 초기로 한 항만에서 대규모로 부유체 풍력 터빈 조립의 사례 없음
국내기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> 국내 부유체-풍력터빈 조립 사례 없음
국내기술 수준	<ul style="list-style-type: none"> 부유체-풍력터빈 조립은 배후항만 적재 면적 및 크레인과 같은 물리적 조건이 중요 울산 부유식 해상풍력이 활성화될 경우, 부유체 제조능력을 갖춘 기업에서 조립을 실시할 가능성이 높음

2.3.5 부유체 운송설치사

산업적 특성	<ul style="list-style-type: none"> 부유체의 설치는 운송-계류선 연결-다이나믹 케이블 연결로 구성됨 부유체의 운송은 2~3대의 예항(towing) 선박을 사용하여 약 3knot 로 사이트까지 운송함 부유체 운송전 계류선의 앵커는 AHT(Anchor Handling Tug)를 이용하여 선 설치가 되어 있어야 함 계류선 연결 후 장력을 조절하고, 최종적으로 다이나믹 케이블을 연결
--------	--

사업비	<ul style="list-style-type: none"> 부유체 운송 설치비는 LCOE 1-2% 이내 설치는 제3자 설치리스크 감증을 위해 해사검정서비스(MWS) 입회 필요
해외기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> '21년 기준 전세계 부유식 해상풍력 설치실적은 57MW 이나, GWEC에 따르면 향후 수년간 연평균성장률은 100% 이상으로 전망
국내기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> 국내 부유식 해상풍력 운송 설치실적이 없어, 공급망 능력 불확실
국내기술 수준	<ul style="list-style-type: none"> 국내 부유식 해상풍력 운송 설치실적이 없어, 공급망 능력 불확실

2.3.6 설치선사

산업적 특성	<ul style="list-style-type: none"> 해상풍력 설치단계에서 풍력터빈, 하부구조물, 케이블 등 기자재 설치 고정식 해상풍력의 경우, 고가의 전문설치선이 필요 부유식 해상풍력의 경우, 케이블 설치 제외, 고정식 해상풍력과 다른 형태의 설치선이 필요 설치선사의 선정은 설치 전 약 3년 전 계약이 필요
사업비	<ul style="list-style-type: none"> 고정식 해상풍력의 설치 비용은 LCOE 비중의 약 10% 이내 부유식 해상풍력은 전문 설치선이 불요 설치는 제3자 설치리스크 감증을 위해 해사검정서비스(MWS) 입회 필요
해외기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> 전문설치선을 보유하고 있는 대형 설치선사가 시장을 주도 고수심에서 대형 풍력터빈을 설치할 수 있는 설치선 개발 경쟁
국내기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> 하부구조물과 풍력터빈은 국내 전문 설치선사가 1개사에 불과 국내 케이블 포설선 설치 능력은 유럽 포설선 대비 매우 미흡 수준 부유식 해상풍력을 위한 앵커 설치선은 부유식 해상풍력 산업 확장 시 투자가 필요
국내기술 수준	<ul style="list-style-type: none"> 설치선 수량 및 능력이 국내 해상풍력 설치 목표를 달성하기 어려움 설치선에 대한 대규모 투자가 불가피 국내 부유식 해상풍력 운송 설치실적이 없어, 공급망 능력 불확실

2.3.6 배후항만

산업적 특성	<ul style="list-style-type: none"> 풍력터빈, 하부구조물, 케이블, 부유체 등의 적치 공간 제공 설치선에 설치 대상의 적하 및 양하를 위한 안벽 설비 필요
--------	---

사업비	<ul style="list-style-type: none"> 설치비는 설치기간 및 적치 소요 공간에 비례
해외기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> 유럽은 국가 차원에서 해상풍력 발전을 위한 배후항만 능력 분석 및 활용 계획을 수립
국내기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> 무역항 기준 부두운영회사(TOC)는 33 개사 영업 중
국내기술 수준	<ul style="list-style-type: none"> 국내에는 해상풍력산업 발전을 위한 배후항만에 대한 분석이 매우 미흡 같은 지역에 해상풍력단지 건설이 동시에 건설될 경우, 배후항만의 가용성이 풍력단지 건설일정에 큰 영향을 줄 가능성이 높음

2.4 운영단계 공급망

공급망	주요업무
풍력단지 운영사	<ul style="list-style-type: none"> • 풍력단지 운영 및 관리
유지보수 서비스사	<ul style="list-style-type: none"> • 풍력단지 유지보수 전문 인력을 활용한 유지보수 서비스
유지보수 선박운영사	<ul style="list-style-type: none"> • 유지보수 인력 및 부품 운송을 위한 선박의 운영
해체 전문사	<ul style="list-style-type: none"> • 설계 수명이후 풍력단지 해체

2.4.1 풍력단지 운영사

산업적 특성	<ul style="list-style-type: none"> • 풍력단지를 수명설계 기간 동안 운영 관리 • 단지 운영사는 일반적으로 SPC를 구성하여 운영 • 정기 유지보수와 고장 수리(corrective maintenance)로 크게 구분 • 고장 수리를 줄이는게 유지보수 전략의 핵심이며, CMS(Condition Monitoring System, 상태 모니터링) 기반의 전략이 필요함
사업비	<ul style="list-style-type: none"> • 유지보수 총비용은 LCOE 비중의 약 35~40% 차지함 • 유지보수 비용 중 풍력터빈의 비중이 높은 편
해외기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> • 단지 운영기간이 25년 이상으로 증가 추세 • SPC 유지보수 경험과 능력이 상승하면서, 보증기간 이후 풍력터빈의 유지보수를 직접 수행하는 기업이 증가 추세 • 자산관리 기술이 정착하면서 Back office에서 운영 중인 모든 단지의 운전상태를 CMS 와 연계하여 체계적으로 관리 • 유럽 해상풍력의 경우, 아직은 ISP 의 비중이 낮은 편
국내기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> • 국내 투자사의 경우, 풍력터빈 유지보수 리스크를 줄이기 위해 풍력터빈 수명동안 LTSA(Long Term Service Agreement)를 요구 • 국내 해상풍력 유지보수의 경우는 아직 운영기간이 짧아, 보증기간 내에 있으며, 풍력터빈사가 직접 유지보수 계약기간 중 • 국내 풍력터빈사의 인력 부족으로 아웃소싱을 통해 독립유지보수업체(ISP)를 활용하고 있는 구조이며, 다수 풍력터빈 ISP 가 있음
국내기술 수준	<ul style="list-style-type: none"> • 국내는 해상풍력단지가 운전 개시 2~3년으로, 운영경험이 매우 낮음 • 유지보수에 대한 학술적 연구도 국내에서는 매우 미흡함

2.4.2 유지보수 서비스사

산업적 특성	<ul style="list-style-type: none"> • 유지보수 서비스가 단지운영사에 유지보수 서비스 • 풍력터빈의 경우, 보증기간 이후에 서비스 • BoP(Balance of Plant)는 해당 분야 전문사가 단지운영사에 유지보수 서비스
사업비	<ul style="list-style-type: none"> • LCOE 비중의 약 30~35% 차지함 • 유지보수선박 운영비용의 비중이 높은 편 • 풍력터빈 유지보수 비용이 BoP(Balance of Plant) 비중이 높아, 보증기간 내에는 풍력터빈사가 유지보수 서비스를 실시
해외기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> • 유럽은 해상풍력의 경험이 축적되면서, 풍력터빈의 보증기간 이후는 단지운영사가 직접 풍력터빈 유지보수하는 추세임 • 단, BoP 는 전문 유지보수사를 통해 유지보수 • CTV 및 SOV 운영선사와 장기 공급 계약 • CMS 전문 서비스
국내기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> • 국내 투자사의 경우, 풍력터빈 유지보수 리스크를 줄이기 위해 풍력 터빈 수명동안 LTSA(Long Term Service Agreement)를 요구 • 국내 해상풍력 유지보수의 경우는 아직 운영기간이 짧아, 보증기간 내에 있으며, 풍력터빈사가 직접 유지보수 계약기간 중임 • 국내 풍력터빈사의 인력 부족으로 아웃소싱을 통해 유지보수 서비스사를 활용하고 있는 구조임 • 다수의 풍력터빈 유지보수 서비스사가 있음
국내기술 수준	<ul style="list-style-type: none"> • 국내는 해상풍력단지가 운전 개시 2~3년으로, 운영경험이 매우 낮음 • 유지보수에 대한 학술적 연구도 국내에서는 매우 미흡함

2.4.3 유지보수 선박운영사

산업적 특성	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력의 유지보수를 위해서는 상시 필요한 선박과 비정기적으로 필요한 선박을 서비스하는 운영사가 필요 • 인력 또는 장비/부품을 운송이 목적 • 상시 유지보수를 위해서는 CTV 및 SOV 선박을 서비스 • 비정기적 유지보수를 위한 선박은 케이블 교체, 대형 풍력터빈 부품 교체, 세굴 정비 등에 투입되는 선박을 서비스
--------	--

사업비	<ul style="list-style-type: none"> 유지보수 비용 중 선박운영 비용 비중이 높은 편
해외기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> 유럽에는 CTV 및 SOV 선박 지원 대형 서비스사가 영업중 CTV 와 SOV 선박 운영사는 일반적으로 장기 계약을 통해 서비스
국내기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> 국내는 해상풍력 시장규모가 작아, 대형 유지보수 선박운영사 없음
국내기술 수준	<ul style="list-style-type: none"> 해외 CTV 및 SOV 선박 운영사는 선박 내 gangway를 설치하여 인력을 안전하게 풍력터빈 또는 해상변전소 위치 국내는 CTV 수량이 소수에 불과 울산 부유식 해상풍력단지가 운영에 들어가면, 단지와 해안가 이격 거리가 멀어 SOV 선박 시장이 생길 가능성이 있음

2.4.4 해체 전문사

산업적 특성	<ul style="list-style-type: none"> 해상풍력단지 설계수명이 다하면, 원상복구를 위해 해체 필요
사업비	<ul style="list-style-type: none"> LCOE 비중의 약 2% 차지
해외기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> 해상풍력 해체 시장은 아직 활성화되지 않았음
국내기업 동향	<ul style="list-style-type: none"> 국내는 해상기상탑 등 해체 사례가 많음, 통상 해상기상탑 설치사가 해체 실시 국내 해상풍력은 초기상황으로 해체 시장이 본격화되기 위해서는 약 10년 이상 소요
국내기술 수준	<ul style="list-style-type: none"> 해상풍력 설치시장이 활성화되면 해체 설비는 확충될 것

[참고문헌]

1. ORE Catapult 외, Offshore wind industry prospectus, 2018
2. BVG, Norwegian supply chain opportunities in offshore wind, 2017
3. GWEC, Global wind report 2022, 2022
4. Carbon Trust 외, UK Lesson : Global perspective on OSW supply chain opportunities for Maine, 2021
5. Mahmood Shafiee 외, Cranfield university, A parametric whole life cost model for offshore wind farms, 2016
6. World Bank Group, Offshore wind program for the Philippines, 2021
7. BVG, Norwegian supply chain opportunities in offshore wind, 2017
8. Crown Estate, Offshore Wind: A 2013 supply chain health check, 2013
9. ORE Catapult, Benefits of floating offshore wind to Wales and the south west, 2020
10. Navigo, International business guide '19, Offshore wind, 2019
11. RenewableUK, RenewableUK 2019/20 Member's directory, 2019
12. COWI 외, Accelerating south Korean offshore wind through partnerships, 2021
13. 4Coffshore, Market share analysis Q1 2020 slide deck, 2020
14. GWEC, Floating offshore wind - a global opportunity, 2022