

해상풍력 발전을 위한 국가 산업정책 제안

김윤성

2023.11.17

■ 목차

1

논의의 배경

2

해상풍력산업

3

국내외 해상풍력 지원정책

4

정책제언

1. 논의의 배경

1. 1배경

• 에너지원으로서 해상풍력

- 해상풍력은 재생에너지 기술 중 가장 이용효율이 높고 우리나라 잠재량도 풍부함. 따라서 기후위기 대응을 위해서는 해상풍력의 빠른 보급이 절실
- 에너지 전환 흐름에 따라 전세계 신규 전력설비에서 태양광과 풍력이 차지하는 비중은 비화석연료보다 월등히 많지만 우리 기업의 점유율은 높지 못함

• 산업정책

- 우리나라는 1970년대 중공업산업부터, 자동차, 반도체, 통신, IT 등 다양한 산업을 성공적으로 육성한 바 있음
- 해상풍력은 벨류체인이 광범위하여 타 산업과 연관성이 높고, 우리나라의 연관산업들은 경쟁력이 있음. 이에 해상풍력으로 부터 만들 수 있는 일자리 창출이 높을 것이라 기대하지만 아직까지는 산업정책의 방향이 보이지 않음
- 우리정부는 첨단 바이오, 반도체·디스플레이 등 12개 기술을 국가전략기술로 선정하여 육성하고 있으나 풍력과 태양광은 포함되지 않음
- 에너지정책으로서가 아닌 산업정책으로서 해상풍력을 바라볼 필요가 있음

1.1 배경

- **우리나라 해상풍력 산업 발전이 더딘 이유**

- 국가가 입지발굴과 사업자입찰을 주도하지도, 개발과정(파이프라인)을 세심히 모니터링하고 있지도 못함
- 주민수용성 문제를 완화할 가이드라인을 적기에 제시하지 못함
 - 시장의 변화보다 정책변화가 느림
- 국내산업 육성정책을 제시하며 산업발전 방향을 구체화하지 못함
- 해상풍력 보급이라는 에너지 문제로 정책이 국한되며 산업육성의 과제로 이어짐에 미흡하여 경제계 전반의 지지를 끌어내는 데 한계

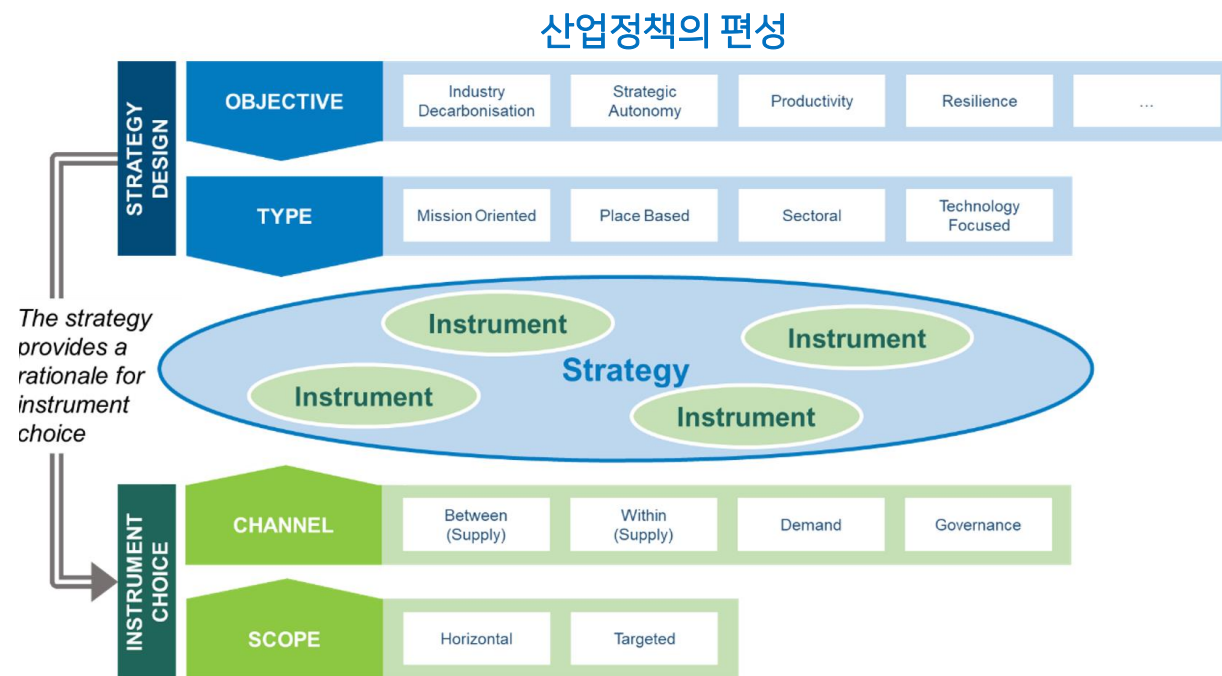
- **오늘 논의의 취지**

- 해상풍력은 우리의 탄소중립목표 달성을 위해서도, 기후산업 중심의 산업구조 전환을 위해서도 핵심적인 지위에 있음
- REC 가중치 추가 등의 방식으로 국내 해상풍력산업 육성을 추진하기 어려운 여건에서, 새로운 산업정책, 시장육성정책을 찾을 필요가 있음

1. 2 산업정책

산업정책이란

- 국내 특정 산업의 활동을 구조적으로 진작시키기 위한 일련의 개입으로, 지적재산권의 보호, 공공조달, R&D인센티브, 기술훈련지원, 세제혜택 등을 포괄
- 과거에는 시장의 실패가 있는 영역에서만 정부의 개입이 의미가 있다고 논의가 이어옴
- 그러나 기후위기 대응, 코로나19로부터의 경기회복, 러-우전쟁에 따른 특정 자원의 확보 등의 중요성이 강조됨에 따라 주요국이 앞다투어 산업정책을 강조하고 있음



자료:OECD(2022)

2. 해상풍력산업

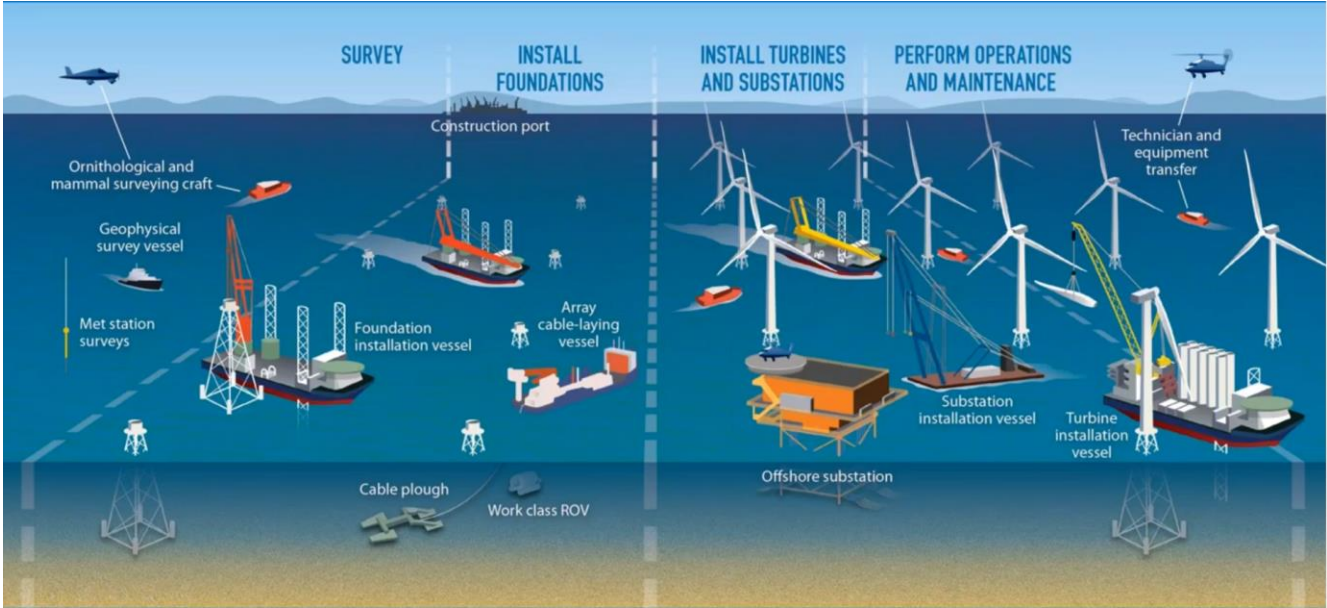
2.1 해상풍력 산업의 범위

해상풍력 산업

해상풍력 단지의 입지발굴부터 해체까지 전주기에 걸쳐 해상풍력 발전업에 간여하는 제 산업

제조업

소재	부품·모듈	완제품	시장·시공·운영	최종 사용자
• 철 • 주철 • GFRP • CFRP • 유리 섬유 • 알루미늄 • 구리 • 탄소 섬유 • 고분자 • 페라이트 • 세라믹 • 영구자석 • 콘크리트	• 블레이드 • 로터 • 너셀 • 타워 • 타워기재 • 발전기 • 제어기 • 전력변환장치 • 계통연계장치	해상풍력 발전 시스템	• 프로젝트 개발 • 토목 • 운송 • 건설 • 유지보수(O&M)	• 계통연계용 • 자가소비용 • 상업용 • 산업용



2.1 해상풍력 산업의 범위

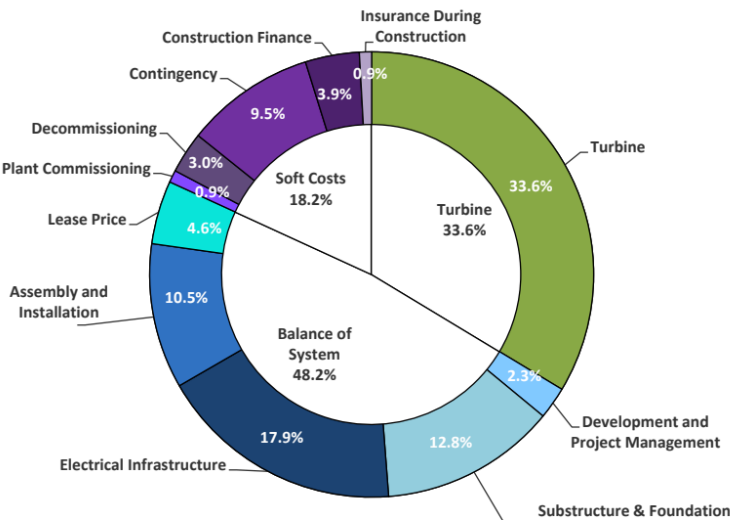
해상풍력 가치사슬과 단계별 주요활동

가치사슬	활동예시
1.프로젝트 계획 및 개발	단지 발굴, 타당성 조사, 환경영향평가, 지역사회 참여, 엔지니어링 설계, 프로젝트 개발
2.조달	설계 사양, 조달
3.부품 및 시스템 제조	나셀 · 블레이드 · 타워 제조 및 조립, 모니터 및 제어 시스템 제조
4.운송	부품 운송
5.설치(건설)	프로젝트 단지 준비, 토목공사, 부품 현장조립
6.계통연계 및 시운전	케이블 및 계통연결, 프로젝트 시운전
7. O&M	프로젝트 수명 동안 지속적인 O&M(일반적으로 25년)
8.해체 (리파워링 시 처음으로 이동)	계획 또는 해체 또는 리파워링, 프로젝트 단지 해체, 부품 폐기 및 재활용, 단지 정리

자료 : IRENA(2018)재구성

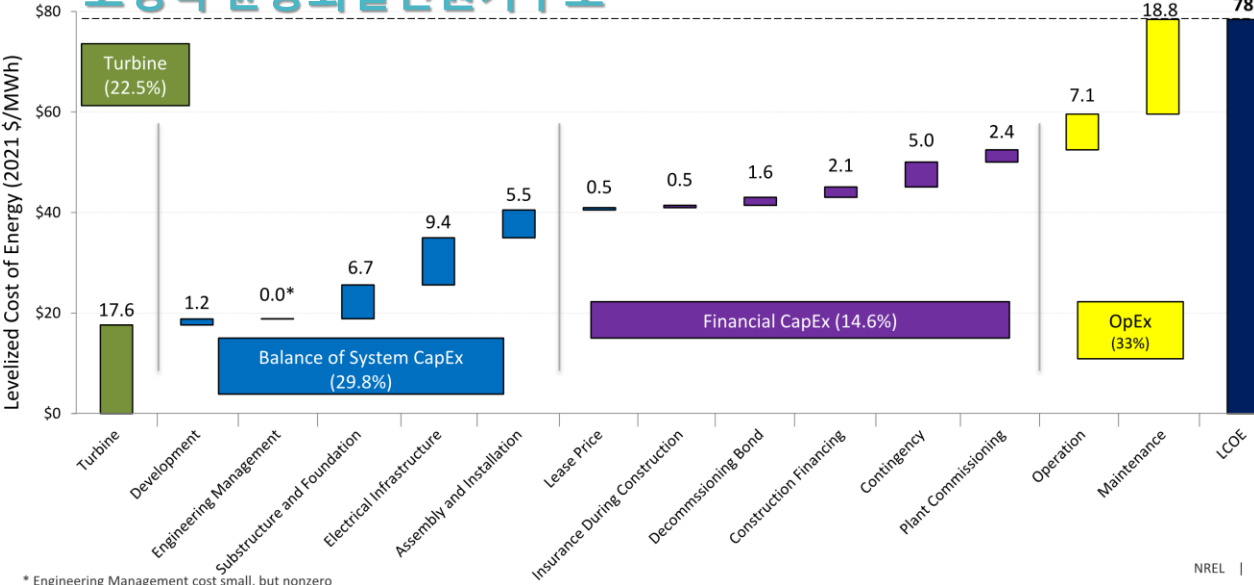
2.2 해상풍력 단지의 지출구조

고정식 투자비용구조

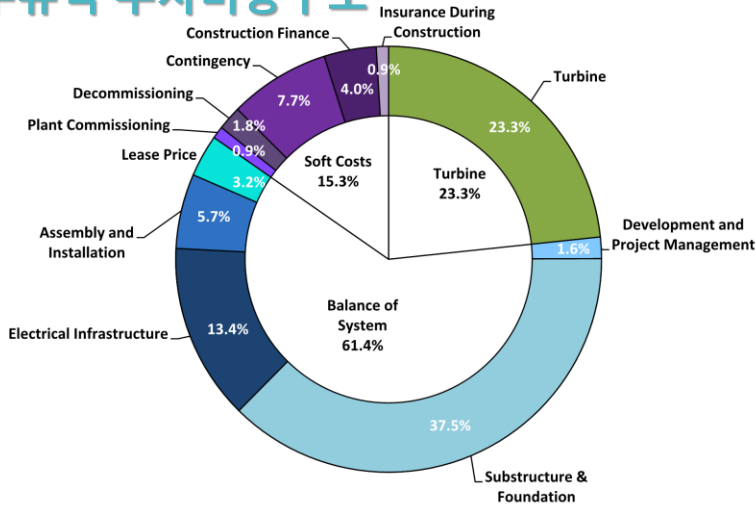


Parameter	Value (\$/kW)
Turbine	1,301
BOS	1,866
Development and project management	91
Substructure and foundation	496
Electrical infrastructure	693
Assembly and installation	408
Lease price	178
Soft Costs	704
Plant commissioning	34
Decommissioning	117
Contingency	366
Construction finance	152
Insurance during construction	34
Total CapEx	3,871

고정식 균등화발전원가구조

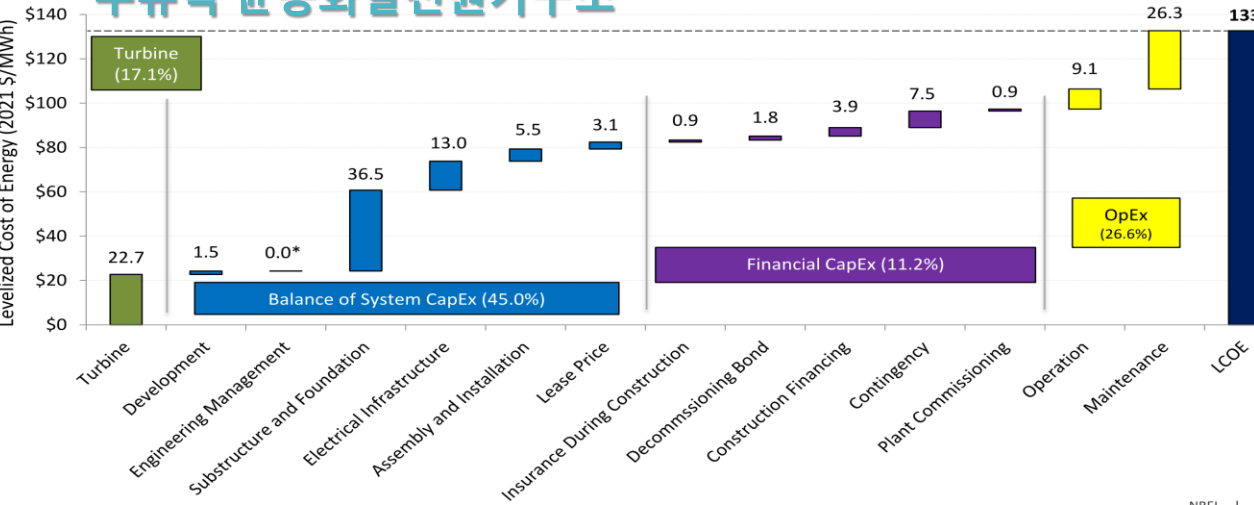


부유식 투자비용구조



Parameter	Value (\$/kW)
Turbine	1,301
BOS	3,422
Development and project management	91
Substructure and foundation	2,089
Electrical infrastructure	747
Assembly and installation	316
Lease price	178
Soft Costs	854
Plant commissioning	52
Decommissioning	101
Contingency	428
Construction finance	221
Insurance during construction	52
Total CapEx	5,577

부유식 균등화발전원가구조



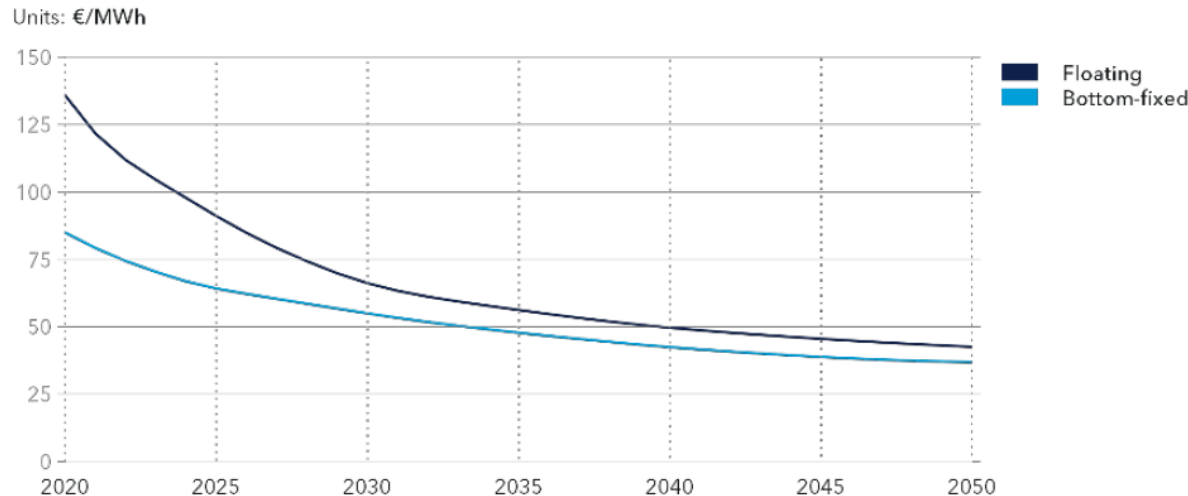
* Engineering Management cost small, but nonzero

2.3 해상풍력 산업의 경제적 효과

산업연관분석 전제

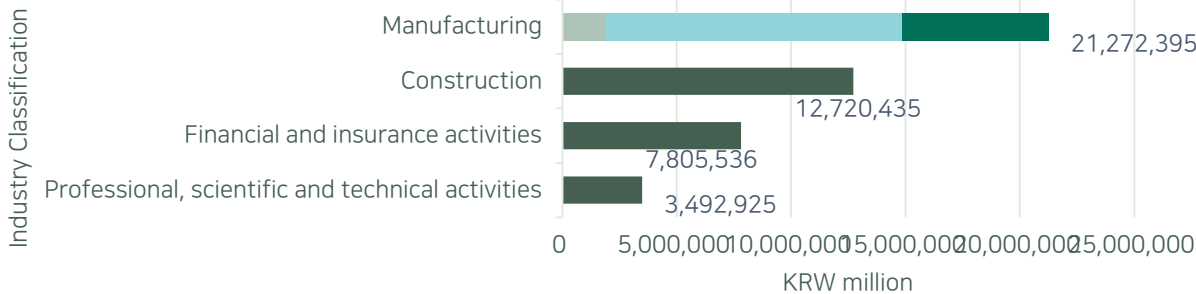
- 2030년까지 14.3GW의 해상풍력을 설치하였을 때 부가가치유발효과와 고용창출효과 분석
 - 이중 8.8GW 고정식 해상풍력, 5.5GW 부유식 해상풍력
- 투자비용은 글로벌 공급망의 병목현상으로 현재 30% 정도 상승. 그러나 학습효과에 따라 점차 낮아질 것
- 투자비용 구성-> NREL의 비용구조 분석을 따름
- 해상풍력단지가 계획부터 상업운전을 시작하기 까지 걸리는 시간을 고려하여 유지관리에 따른 효과는 2030년 한 해를 가정함

해상풍력 평균 LCOE 전망



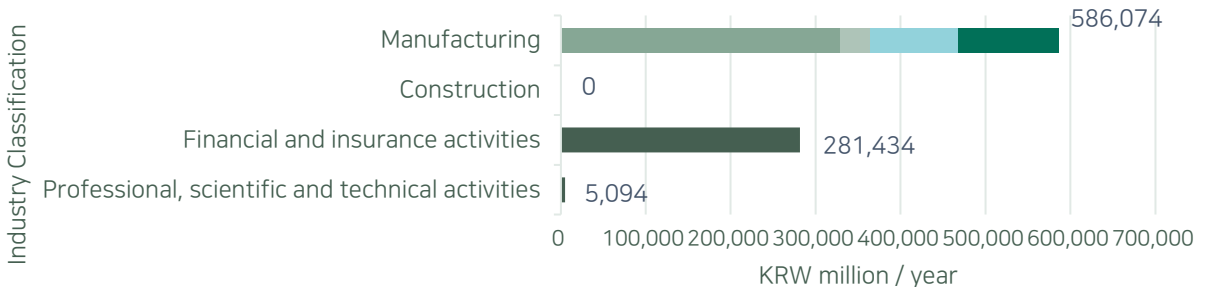
2.3 해상풍력 산업의 경제적 효과

CapEx GVA - Fixed Bottom OWP Unit: KRW million



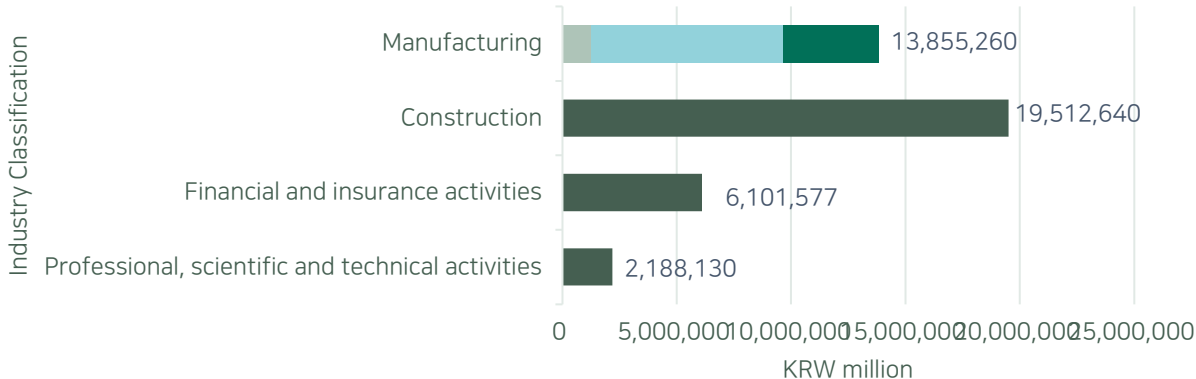
■ Machinery and equipment n.e.c. ■ Electrical equipment ■ Fabricated metal products

OpEx GVA - Fixed Bottom OWP Unit: KRW million



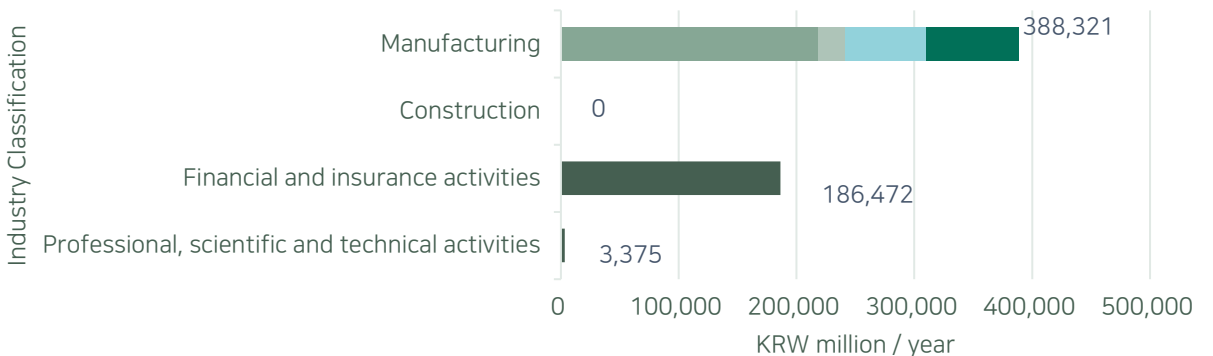
■ Transport equipment ■ Machinery and equipment n.e.c. ■ Electrical equipment ■ Fabricated metal products

CapEx GVA - Floating OWP Unit: KRW million



■ Machinery and equipment n.e.c. ■ Electrical equipment ■ Fabricated metal products

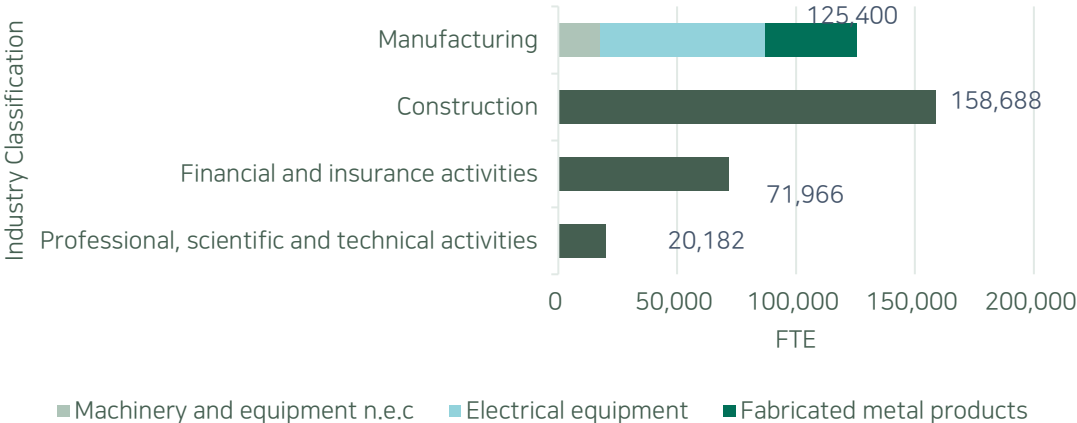
OpEx GVA - Floating OWP Unit: KRW million



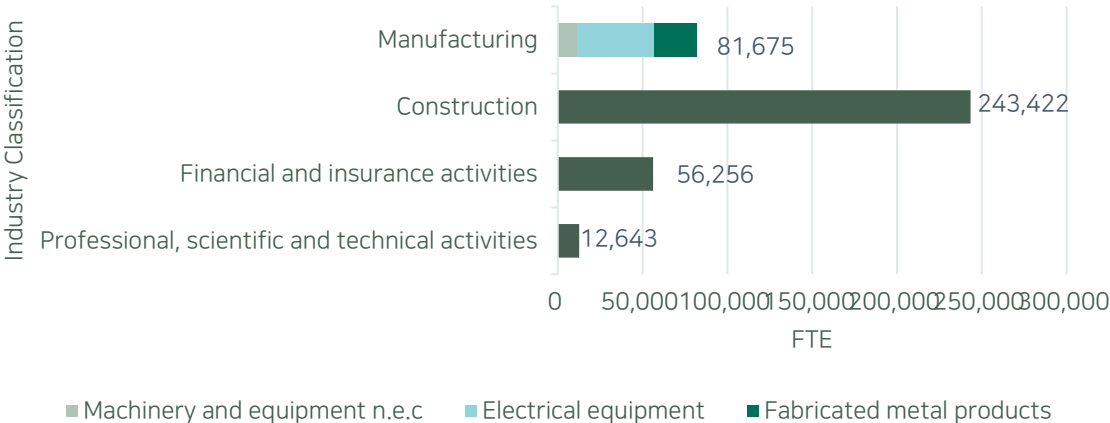
■ Transport equipment ■ Machinery and equipment n.e.c. ■ Electrical equipment ■ Fabricated metal products

2.3 해상풍력 산업의 경제적 효과

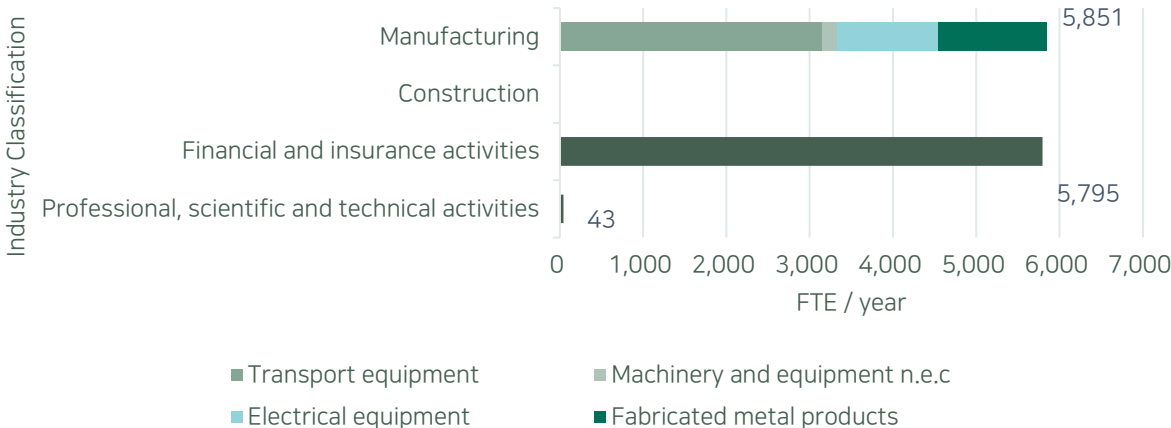
CapEx FTE - Fixed Bottom OWP Unit: FTE



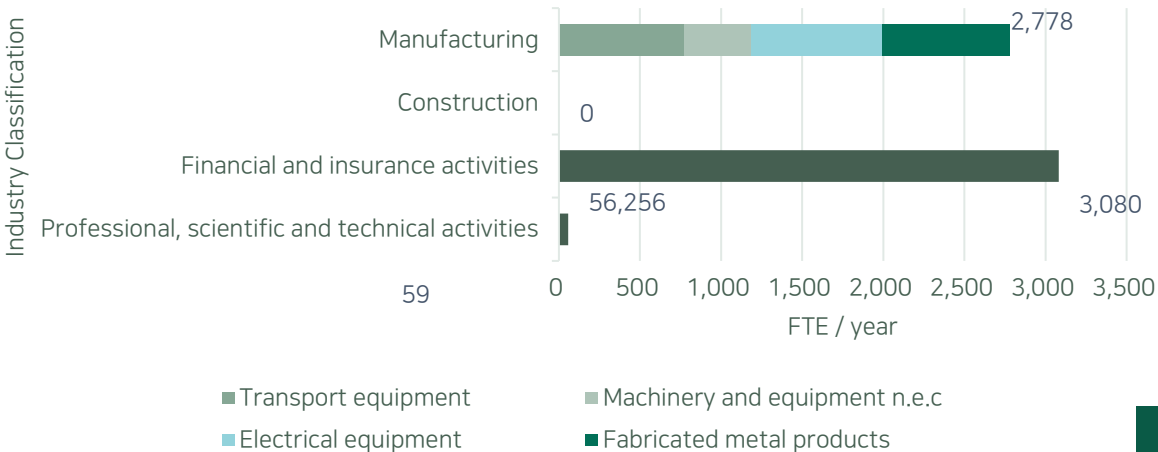
CapEx FTE - Floating OWP Unit: FTE



OpEx FTE - Fixed Bottom OWP Unit: FTE / year



OpEx FTE - Floating OWP Unit: FTE / year



2.3 해상풍력 산업의 경제적 효과

산업연관분석 결과 및 해석

- 2030년까지 총 14.3GW를 건설한다고 할 때 건설기간 투자에 따른 부가가치 유발효과는 고정식 해상풍력에서 약 45.3조원 부유식해상풍력에서 41.7조원이 나타나는 것으로 추정
 - 건설기간의 부가가치 유발효과는 고정식의 경우 제조부문에서 가장 많고 다음이 건설, 금융보험, 전문과학기술의 순. 제조부문 중에서는 전기부품이 가장 많고 다음이 금속 및 부품, 기계 및 부품의 순
 - 부유식의 경우 건설부문이 가장 많고, 다음이 제조부문, 금융보험, 전문과학기술의 순
 - 이는 현재 노동집약적인 스파형 부유체가 주로 사용되고 있기 때문으로 향후 인장각식 부유체와 같은 기술집약적 방식이 확산된다면 부가가치가 발생하는 산업부문에도 변화가 나타날 수 있음
- 유지관리기간 중에는 연평균 고정식 해상풍력에서 872.6억원, 부유식 해상풍력에서 578.2십억의 부가가치 유발효과 추정
 - 유지관리 기간의 부가가치 유발효과는 고정식과 부유식 모두 제조부문과 금융보험부문에서 주로발생할 것으로 추정됨
 - 즉, 유지관리 기간 지속적인 보수가 이루어지면서 제조부문 수요를 발생시키며, 금융보험과 관련된 업무수요도 지속 발생
- 건설기간 고용유발효과는 고정식 해상풍력에서 약 376.2천명, 부유식 해상풍력에서 394천명으로 추정되며, 유지관리기간 중에는 연평균 고정식 해상풍력에서 11,689명 부유식 해상풍력5,917명 추정

3. 국내외 해상풍력 지원정책

3.1 국내 해상풍력 지원

투자비용을 고려한 발전수익의 보정

구분	공급인증서 가중치	대상에너지 및 기준	
		설치유형	세부기준
태양광 에너지	1.2	일반부지에 설치하는 경우	100kW미만
	1.0		100kW부터
	0.8		3,000kW초과부터
	0.5	임야에 설치하는 경우	-
	1.5	건축물 등 기존 시설물을 이용하는 경우	3,000kW이하
	1.0		3,000kW초과부터
	1.6	유지 등의 수면에 부유하여 설치하는 경우	100kW미만
	1.4		100kW부터
	1.2		3,000kW초과부터
기타 신·재생 에너지	1.0	자가용 발전설비를 통해 전력을 거래하는 경우	
	0.25	폐기물에너지(비재생폐기물로부터 생산된 것은 제외), Bio-SRF, 흑액	
	0.5	매립지가스, 목재펠릿, 목재칩	
	1.0	조력(방조제 有), 기타 바이오에너지(바이오중유, 바이오가스 등)	
	1.0~2.5	지열, 조력(방조제 無)	변동형
	1.2	육상풍력	
	1.5	수력, 미이용 산림바이오매스 혼소설비	
	1.75	조력(방조제 無, 고정형)	
	1.9	연료전지	
	2.0	조류, 미이용 산림바이오매스(바이오에너지 전소설비만 적용), 지열(고정형)	
	2.0	해상풍력	연안해상풍력 기본가중치
	2.5		기본가중치

해상풍력 가중치 기본산정식
(①연계거리 복합가중치 + ②수심 복합가중치) - 기본가중치

구분	①연계거리 복합가중치
5km 이하	기본가중치
5km초과 10km이하	$\frac{(5 \times \text{기본가중치}) + (\text{총연계거리} - 5) \times (\text{기본가중치} + 0.4)}{\text{총연계거리}}$
10km초과 15km이하	$\frac{(5 \times \text{기본가중치}) + [5 \times (\text{기본가중치} + 0.4)] + (\text{총연계거리} - 10) \times (\text{기본가중치} + 0.8)}{\text{총연계거리}}$
15km초과	$\frac{(5 \times \text{기본가중치}) + [5 \times (\text{기본가중치} + 0.4)] + [5 \times (\text{기본가중치} + 0.8)] + (\text{총연계거리} - 15) \times (\text{기본가중치} + 1.2)}{\text{총연계거리}}$

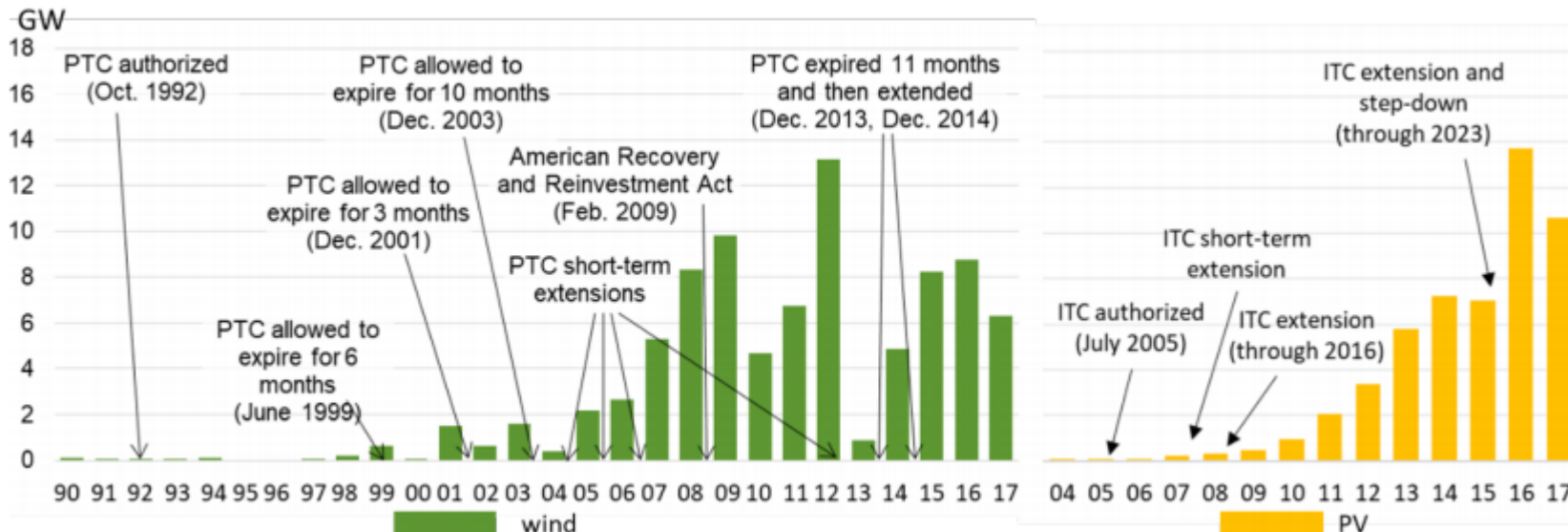
구분	②수심 복합가중치
20m 이하	기본가중치
20m초과 25m이하	$\frac{(5 \times \text{기본가중치}) + (\text{수심} - 20) \times (\text{기본가중치} + 0.4)}{(\text{수심} - 15)}$
25m초과 30m이하	$\frac{(5 \times \text{기본가중치}) + [5 \times (\text{기본가중치} + 0.4)] + (\text{수심} - 25) \times (\text{기본가중치} + 0.8)}{(\text{수심} - 15)}$
30m초과	$\frac{(5 \times \text{기본가중치}) + [5 \times (\text{기본가중치} + 0.4)] + [5 \times (\text{기본가중치} + 0.8)] + (\text{수심} - 30) \times (\text{기본가중치} + 1.2)}{(\text{수심} - 15)}$

3.2 미국의 세액공제

미국의 세액공제제도와 평가

- 미 에너지성(DOE)는 세액공제가 태양광과 풍력의 보급속도를 높이고 LCOE를 낮추는데 크게 기여했다고 평가하고 있음
 - ITC: 해당 과세 연도에 설치된 적격 시스템 비용의 일정 비율에 대해 연방 소득세 납부액을 감면해주는 세금 공제
 - PTC: 적격 시스템 운영의 첫 10년 동안 생성된 전기에 대한 킬로와트시(kWh) 당 세금 공제

미 세액공제 제도의 태양광 풍력 보급기여



자료: EIA(2018)

3.2 미국의 세액공제

미 IRA 법에 따른 PTC, ITC 총량

Category	Amount for Projects <1M W AC (Cumulative)		Amount* for Projects >1M W AC (Cumulative)	
	Investment Tax Credit	Production Tax Credit	Investment Tax Credit	Production Tax Credit
Base Tax Credit	30%	2.75¢/kWh	6%	0.5¢/kWh
Wage & Apprenticeship Requirements	N/A		+24%	+2.25¢/kWh
Domestic Content Minimums	+10%	+0.3¢/kWh	+10%	+0.3¢/kWh
Siting in Energy Community	+10%	+0.3¢/kWh	+10%	+0.3¢/kWh
Siting in Low-Income Community or on Indian Land (<5 MW AC)	+10%	N/A	+10%	N/A
Qualified Low-Income Residential Building Project or Economic Benefit Project	+20%	N/A	+20%	N/A

- ITC 및 PTC는 적격 에너지 기술을 소유하고 운영하는 과세 대상 사업체, 지방 및 부족 정부, 특정 면세 단체가 이용가능
- 추가적인 요건을 만족시키는 프로젝트에 추가적인 세제혜택 부여
 - 급여조건과 견습제도, 미 국내산 제품 사용, 에너지 커뮤니티 입지 등의 조건을 만족하면 추가적인 혜택 확보

3.2 미국의 세액공제

풍력 공급망에 대한 세액공제

블레이드	watt×2센트
나셀	watt×5센트
타워	watt× 3센트
고정식 플랫폼	watt×2센트
부유식 플랫폼	watt× 4센트
분산형 풍력 인버터	watt× 11센트
중요 광물	광물 생산 비용의 10%
해상풍력선박	선박 판매 가격의 10%

- 첨단제조세액공제(Advanced Manufacturing Production Credits, AMPC)제도는 공급망에 포함되는 주요 부품 생산자에게 세액공제 혜택 부여
- 미국내 생산기반, 일자리 창출을 위한 투자를 유도

4. 정책제언

4. 정책제언

개발 프로젝트 모니터링과 국내 공급망 기업의 협력 지원

- 현재 추진중인 발전사업의 개발단계(파이프라인)을 구분하고, 단계별 진척상황 및 지연원인 파악
- 조달입찰이 근시일 예상되는 사업 관련 정보를 국내 공급망 기업과 공유하여 정보비대칭 해소

해상풍력사업 추진현황(22년 말 기준)

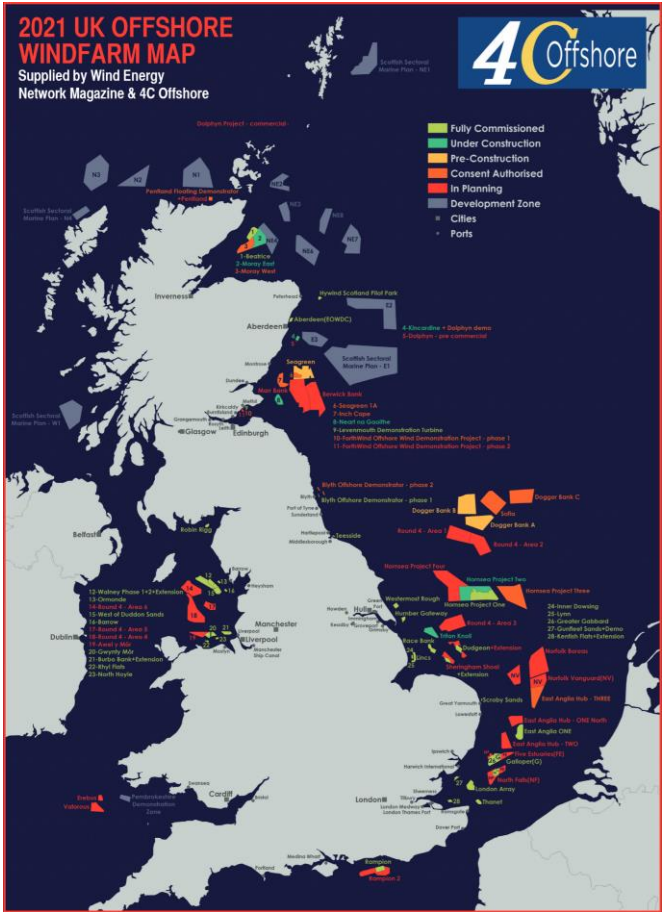
구분	사업수(개)			용량(MW)		
	전체	진행중(허가완료)	운영중	전체	진행중 (허가완료)	운영중
부산	2	2	-	136	136	-
인천	2	2	-	553.5	553.5	-
울산	14	14	-	6,795	6,795	-
경기	1	1	-	200	200	-
충남	2	2	-	714	714	-
전북	3	2	1	529.3	469.3	60
전남	41	40	1	11,171.5	11,137	34.5
경남	2	2	-	576	576	-
제주	3	2	1	235	205	30
계	70	67	3	20,910.3	20,785.8	124.5

자료: 에너지공단(2023)

4. 정책제언

개발 프로젝트 모니터링과 국내 공급망 기업의 협력 지원

Project Details	Supply Chain	Vessels	Project Dates
General Information			
Name	Donghae - White Heron - East II		
Other Names	출산 부유식 해상풍력 사업 해울이 2; CIP의 해울이 2호; Haeul		
Country	South Korea		
Development Status	Concept/Early Planning		
Category or Round	Unlock with a freemium account		
Region	Unlock with a freemium account		
Comments	Unlock with a freemium account		
Website	Unlock with a freemium account		
Developers/Owners/Operators			
Type	Organisation		
Developer	COPENHAGEN OFFSHORE PARTNERS		
Owner	SK E&S		
Owner	Copenhagen Infrastructure Partners		
Key Dates			
Park Construction Starts	Upgrade your subscription to include Wind Farms or Transmission		
Offshore Construction Starts	Upgrade your subscription to include Wind Farms or Transmission		
Submitted For Consent	Upgrade your subscription to include Wind Farms or Transmission		
Consent Authorised	Upgrade your subscription to include Wind Farms or Transmission		
Financial Close	Upgrade your subscription to include Wind Farms or Transmission		
First Power	Upgrade your subscription to include Wind Farms or Transmission		
Full Commissioning	Unlock with a freemium account		
Costs			
Stated Project Cost	Upgrade your subscription to include Wind Farms or Transmission		
Revenue Mechanism	Upgrade your subscription to include Wind Farms or Transmission		
Revenue Details	Upgrade your subscription to include Wind Farms or Transmission		
Revenue	/MWh (EUR /MWh)		



4. 정책제언

국가전략기술에 해상풍력을 포함

- 정부는 “국가전략기술 육성으로 미래성장과 기술주권 확보”를 미래상으로, 우리 경제안보와 전략적 성장에 중요한 ‘국가전략기술’을 선정하고, 민관역량을 결집하기 위한 범정부 전략으로 「국가전략기술 육성방안」을 수립
- 국가전략기술은 전략이행안 기반 정책과 투자지원 집중, 인재, 국제협력, 산학연 거점 등 전략기술 육성기반 확충, 기술주권 국가전략 총괄 추진체계 확립 등의 육성 지원을 받게 됨
- 해상풍력 공급망의 전후방 파급효과, 세계 전력설비시장에서 해상풍력의 성장전망 등을 고려할 때 해상풍력 기술은 내수시장 확대와 원천기술 확보를 위한 노력이 반드시 필요

- ◇ **혁신선도** 전후방 파급효과 큰 우리경제·산업 버팀목 기술군
- ◇ **미래도전** 급격한 성장과 국가안보 관점 핵심이익 좌우 기술군
- ◇ **필수기반** 체제 전환에 따른 전기술·산업의 공통 핵심·필수기반 기술군



4. 정책제언

공급망 기업의 세액공제 확대

- 현재 정부는 신성장원천기술과 국가전략기술에 대하여 연구개발비와 시설투자비에 세액공제혜택을 적용
- 즉, 우리나라도 기본적인 기업에 제공하는 투자세액공제와 연구개발세액공제 제도를 갖 추고 있음
- 국가전략기술에 포함되지 않은 기술은 상대적으로 투자유인책이 줄어드는 효과
- 해상풍력의 주요부품을 생산하는 공급망 기업에 대한 투자를 유인하기 위한 세제 필요

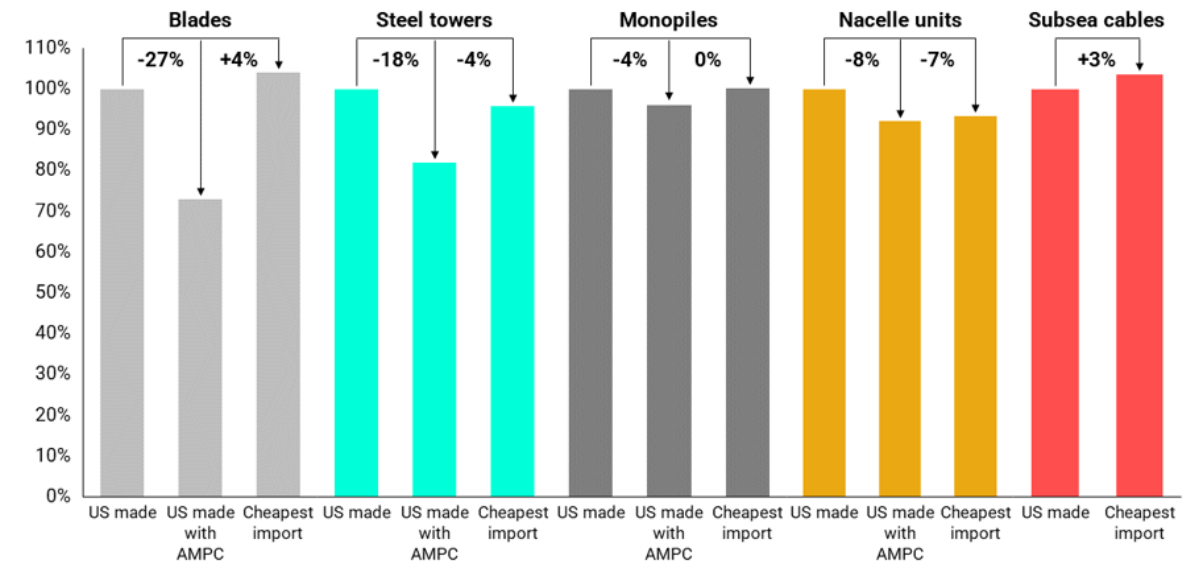
신성장·원천기술 신성장·원천기술에대한 세액공제를 신청하세요.		국가전략기술 국가전략기술을 선도하는 기업은 세액공제를 신청하세요.	
연구개발비	시설투자비	연구개발비	시설투자비
			
세액 공제율(%)	세액 공제율(%)	세액 공제율(%)	세액 공제율(%)
• 중소기업 30+α%	• 중소기업 10% or 12%+α%	• 중소기업 40~50%	• 중소기업 16%
• 코스닥·중견기업 25+α%	• 중견기업 7% or 5%+α%	• 코스닥·중견기업 30~40%	• 중견기업 8%
• 중견·대기업 20+α%	• 대기업 5% or 3%+α%	• 중견·대기업 30~40%	• 대기업 6%

4. 정책제언

공급망 기업의 투자촉진

- REC가 최종적인 투자자(해상풍력설비 수요자)에 대한 지원인 반면, 제조단계에 대한 지원제도는 아직까지 마련되지 않았음
- 공급망 기업의 투자를 촉진하는 세제지원을 하되 국내외 기업의 차별 없이 국내투자에 동일한 지원을 적용한다면 '내국인대우'를 유지할 수 있음
 - 미국의 AMPC와 같은 공급망 기업 지원을 지역단위(클러스터) 지원정책으로 개발한다면 상당한 지역개발효과까지도 기대
- 반면 국내투자를 촉진하는 유인이 없다면 국내기업 해외기업 모두 투자유인이 있는 지역으로 이동할 수도 있음

Offshore wind equipment costs as a percentage of US manufacturing



자료:Wood Mackenzie

감사합니다.