

해상풍력 발전을 통한 연안지역재생 방안

대한민국을 위한 주요국현황과 모범 사례



세계풍력에너지위원회(GWEC)는 풍력 산업을 위한 글로벌 무역 협회로, 전 세계 풍력 발전 용량의 70%를 담당하는 1,500개 이상의 회원사를 보유하고 있다. 주요 터빈 제조업체, 에너지 회사, 개발자, 기술 제공업체 등이 회원으로 가입되어 있다. GWEC는 전 세계 풍력 산업을 옹호하며 IRENA, IEA, 지역 협회 및 개발 은행과 같은 기관과 협력하여 정부와 정책 입안자들이 풍력 에너지의 잠재력을 최대한 활용할 수 있도록 지원한다.

GWEC의 임무는 풍력이 오늘날의 에너지 및 기후 문제에 대한 핵심 기술 솔루션 중 하나로서 역할을 수행하여 새로운 청정 에너지 시스템의 중추를 형성하고 수조 달러의 투자를 가능하게 하는 동시에 개최국가에 상당한 경제적, 사회적 혜택을 제공하는 것이다.

문맥조항

저작권 © 2024년 5월

이 문서에는 전망이 포함되어 있으며, 이러한 전망은 저자들의 현재 견해, 기대, 가정 및 정보를 기반으로 한다. 저자들과 그들의 직원 및 대표는 이 작업의 데이터나 결론의 정확성을 보증하지 않으며, 이 작업으로 인해 발생하는 어떠한 부정적인 영향, 손실 또는 피해에 대해서도 책임을 지지 않는다.

허가 및 사용

이 저작물은 저작권의 보호를 받으며, 텍스트와 그래픽을 포함한 콘텐츠는 전체 출처를 명시하는 조건하에 비상업적 목적으로 부분적으로 복제하여 사용할 수 있습니다.

귀속

해상풍력 발전을 통한 연안지역재생 방안: 대한민국을 위한 주요국 현황과 모범 사례. GWEC. 2024년.

감사의 글

이 보고서는 GWEC의 의뢰로 작성되었다. 카본 트러스트(The Carbon Trust)는 해상풍력 개발의 핵심 경제적 이점과 광범위한 사회 및 환경적 영향을 제시하고, 해상풍력 개발이 연안 지역 재생을 지원하기 위한 글로벌 모범 사례, 접근 방식 및 메커니즘을 연구했으며, 한국 상황에 맞는 권고안을 제시했다. 에너지와 공간은 한국의 해상풍력 발전 개발로 인한 잠재적 경제적 영향에 대한 포괄적인 분석을 수행했다. 또 더불어 전 세계적인 모범 사례, 우수한 접근 방법 및 메커니즘에 대한 중요한 정보 통찰력을 제공하며, 균형 잡힌 한국 사례 연구와 세밀한 분석을 통해 가치 있는 해상풍력 정책 제안을 하였다.

보고서의 편집은 GWEC 팀의 레베카 윌리엄스(Rebecca Williams), 마크 허친슨(Mark Hutchinson), 제니스 청(Janice Cheong), 토아 응우옌(Thoa Nguyen)이 담당하였다.

저자

이 보고서의 주 저자는 에너지와 공간의 김윤성(Yunsoung Kim), 손어진(Eojin Son), 손다원(Dawon Son)이며, 카본트러스트(Carbon Trust) 팀의 올리비아 버크(Olivia Burke), 캐롤린 코콜리(Caroline Coccoli), 메리 하비(Mary Harvey)이다. 에너지와 공간의 기여저자는 강영숙(Youngsuk Kang), 카본 트러스트의 기여 저자로는 제이드 디뮤가르-메이릭(Jade Dieumegard-Meyrick), 마리아 곤잘레스-마틴(Maria Gonzalez-Martin), 크리스티나 스타로스(Christina Starost)가 있습니다.

에너지와 공간은 에너지와 공간은 해양 및 농촌 지역에서의 공간계획과 체계적이고 과학적인 접근을 통해 에너지전환을 위한 해법 중심의 정책을 제공하는 에너지 정책 전문 연구기관입니다.

<http://energyandspace.kr/>



카본 트러스트(The Carbon Trust)는 탄소 중립적인 미래로의 전환을 가속화하는 미션을 가지고 있습니다. 20년에 가까운 기간 동안 기후 관련 선구자로 활동하고 주요 기업, 정부 및 금융 기관과 파트너십을 맺고 있습니다. 전략적 계획 및 목표 설정부터 활동 및 커뮤니케이션에 이르기까지 저희는 여러분의 기후 야망을 실현할 수 있는 전문성 있는 안내자입니다. 카본 트러스트는 영국, 네덜란드, 남아프리카, 중국, 싱가포르 및 멕시코에 사무실을 두고 있는 400명의 전문가로 구성된 전 세계 네트워크로, 입니다. 현재까지 70 개국에서 3,000여개 기관을 목표로 200개 이상의 과학 기반 목표를 설정하고 '탄소중립(Net Zero)'로 나아가는 길을 안내해 왔습니다.

<https://www.carbontrust.com/>







레베카 윌리엄스
글로벌 풍력 에너지 협의회
해상풍력 글로벌 부문 대표

들어가며

한국에서 안정적이고 대규모화가 가능하며 지속 가능한 에너지원에 대한 수요의 증가로 재생 에너지의 확대는 필수적인 요소이다. 한국은 현재 2050년 탄소중립 목표를 넘어 에너지 급속한 주요 증가로 ~ 에너지 전환의 중추적인 순간을 마주하고 있다. COP28에서 한국은 다른 118개국과 함께 2030년까지 전 세계 재생에너지 용량을 총 3배로 늘리겠다는 서약에 동참함으로써 기후변화 대응에 대한 의지를 더욱 강력히 표명했다.

해상풍력은 한국 시장에서 탄력적인 재생 에너지 솔루션 뿐만 아니라 연안 지역 경제 재활성화에 기여할 수 있는 중요 산업으로 부상하고 있다. 세계풍력에너지위원회(GWEC)는 이러한 기회를 정량적으로 포착하고 이를 극대화할 수 있는 실질적인 제안을 제공하고자 '해상풍력 발전을 통한 연안지역재생 방안: 대한민국을 위한 주요국 현황과 모범 사례' 보고서 작성을 의뢰하였다했다. 해당 보고서는 해상풍력이 한국의 연안 지역에 미칠 수 있는 잠재력을 조사하고 특히 해상풍력의 경제적 이익과 투자 유치 효과를 집중적으로 분석하였다했다.

한국 정부는 2030년까지 14.3GW의 해상풍력 설치 목표를 발표했지만, 현재 누적 설치 용량은 150MW에 머무르고 있다. 현재 한국의 해상풍력 시장은 지역사회와의 효과적인 협력을 위한 시기와 그 방법에 대한 명확한 지침을 제공하는 간소화된 인허가 절차가 부족한 상황이다. 동시에 해상풍력이 제공하는 주요 이점과 기회에 대한 지역 이해관계자들의 인식 또한 개선될 필요가 있다. 해상풍력에 대한 이해도가 높지 않을 경우 지역 이해관계자들은 해상풍력 개발을 지지하지 않거나, 연안 지역 사회가 해상풍력이 창출할 수 있는 경제적 편익을 누리지 못하게 될 수 있다.

이 보고서는 한국의 해상풍력 개발의 중요성을 강조할 뿐만 아니라 정책 입안자들에게 적극적인 행동을 촉구하는 역할을 할 것이라 기대한다. 즉 에너지 생산의 역할 외에도 지속가능한 경제 및 산업발전을 촉진하는 보다 포괄적이고 총체적인 전략으로서 해상풍력 개발을 수용할 것을 촉구하는 제안서인 격이다. 보고서의 글로벌 인사이트는 전 세계의 성공적인 이니셔티브를 통해 선행된 선진 사례를 통해 도출되었다. 보고서의 목적은 해상풍력 산업이 제공하는 전 세계적 공급망의 활성화, 항만투자 유치, 고용 창출 및 연안 지역 사회 재활성화와 같은 다양한 혜택을 어떻게 활용할 수 있는지에 대한 지침을 제공하는 것이다. 그와 동시에 지역 이해관계자들에게 연안 지역 사회에 대한 해상풍력 개발의 경제적 효과와 잠재력을 입증하는 정략적 증거를 제공한다.

목차

그림	6
표	7
역어	7
요약	9
배경 및 목표	12
연안 지역	16
계량경제	23
해상풍력	31
결론 및	49
부록	54
방법론	54



Global Wind Energy Council

Rue de Commerce 31
1000 Brussels, Belgium
T. +32 490 56 81 39
info@gwec.net

그림

그림 1. 한국의 일반적인 해상풍력해상풍력 프로젝트 개발 프로세스	13
그림 2. 해상풍력 발전의 일반적인 사회적 및 경제적 이익.	16
그림 3. 500MW 해상풍력 발전 단지 개발에 필요한 가치 사슬별 인력 분포도(IRENA 자료 바탕 재구성)	17
그림 4. 전국 항구 지도.	21
그림 5. 자본비용과 운영비용의 비용 분석 구조	23
그림 6. 투자에서 공급망 구성요소별 비중(고정식 해상풍력해상풍력)	24
그림 7. 투자에서 공급망 구성요소별 비중(부유식 해상풍력해상풍력). NREL자료를 바탕으로 재구성(2023년)	24
그림 8. 항만 건설 비용 내역(%)	25
그림 9. 자본 지출에 대한 총 부가가치	26
그림 10. 운영 비용의 총 부가가치	27
그림 11. 자본 지출에 대한 정규직 고용	28
그림 12. 운영 비용에 대한 정규직 고용	28
그림 13. CapEx GVA - 항만	29
그림 14. CapEx-FTE	29
그림 15. 에스비에르항	33
그림 16. 타이중항	35
그림 17. 목포와 신안	37
그림 18. 험버 해상풍력 산업 클러스터	39
그림 19. 인천 지역	42
그림 20. 군산 지역	43

표

표 1. 해상풍력해상풍력 개발 직무의 유형.	18
표 2. 대한민국 국제 무역항 규격(해양수산부 운영).	21
표 3. 한국의 풍력발전에 필요한 총 투자 추정치(원)	24
표 4. 대한민국 목포와 신안의 산업 항만 기회.	38
표 5. 인천 해상풍력단지 파이프라인.	42
표 6. 대한민국 인천광역시의 산업 클러스터 기회.	44
표 7. 대한민국 군산시의 산업 클러스터 기회.	45

약어

DK Denmark	덴마크	EU European Union	유럽연합
IO Input-Output	산업연관분석	RPS Renewable Portfolio Standards	재생에너지의무할당제
IRA Inflation Reduction Act	미국 인플레이션 감축법	RECs Renewable Energy Certificates	신재생에너지 공급인증서
MW Megawatts	메가와트	FTE Full-Time Equivalent	정규직 고용
GW Gigawatts	기가와트	OFW Offshore wind	해상풍력
GVA Gross Value Add	총 부가가치 운영 및 유지보수	OWF Offshore wind farms	해상풍력단지
CapEx Capital Expenditure	자본비용	MOTIE the Ministry of Trade, Industry and Energy	산업통상자원부
OpEx Operating Expense	운영비용	MOF the Ministry of Oceans and Fisheries	해양수산부
EBL Electricity Business Licence	발전사업허가	UK United Kingdom	영국
ESG Environmental and Social Governance	지속가능경영		
EIA Environmental ImpactAssessment	환경영향평가		

요약



요약

해상풍력 발전(Offshore Wind; 해상풍력)은 안정적이고 확장 가능하며 지속 가능한 전력 공급원으로, 전 세계 많은 국가에서 탄소 중립 사회로의 전환을 지원하기 위해 해상풍력 발전의 상업적 보급을 확대해나가고 있다. 한국 정부는 2030년까지 14.3GW의 해상풍력을 달성하겠다는 목표를 세웠으며, 2023년 현재 6개의 풍력발전단지에 140MW의 설치 용량을 보유하고 있다. 이러한 야심찬 목표에도 불구하고 상업적 해상풍력 개발은 부분적으로는 지역 수용성, 개발 과정에서 다양한 이해관계자 간의 조율, 경제적 이점에 대한 광범위한 정책의 부재로 인해 지연되고 있다.

해상풍력은 탈탄소화 외에도 한국에 다른 경제적, 사회적, 환경적 혜택을 제공할 수 있다. 상업적 규모의 해상풍력 발전은 주요 인프라 개발뿐만 아니라 상당한 인력을 동원해야 하며, 해상뿐만 아니라 항구, 인근 해안 지역 및 보다 광범위한 공급망 전반에 걸쳐 고용 기회를 창출할 수 있다. 이러한 혜택은 지난 몇 년 동안 연안 도시와 마을의 인구 감소, 저출산, 젊은 인구의 도시 이동을 겪어온 한국에 특히 중요하다.

향후 해상풍력 발전의 확대는 한국 연안 지역의 경제적, 사회적 재생을 추구할 수 있는 기회를 제공할 수 있다. 하지만 이를 위해서는 적절한 정책 수립과 지방자치단체 및 국가 기관의 지원이 선행되어야 한다. 더 나아가 해상풍력지역 재생 지원의 관점에서 적절한 정부의 계획, 이해관계자 참여, 정부와 업계 간의 협력이 필요하다.

이 보고서는 해상풍력 개발의 핵심적인 경제적 이점과 광범위한 사회 및 환경적 이점을 제시하고, 연안 지역을 재생하기 위해 해상풍력 개발의 이점을 활용할 수 있는 방안에 대해 논의한다. 또한 2030년까지 계획된 14.3GW의 해상풍력 건설에 따른 예상 부가가치 및 고용을 추정하기 위해 산업연관(IO) 분석을 사용하여 한국 해상풍력 개발의 잠재적인 경제적 영향을 강조한다.

2030년까지 총 14.3GW의 해상풍력 발전소가 건설된다고 가정할 때, 고정식 해상풍력의 총 부가가치 효과는 7년간 약 45.3조 원, 부유식 해상풍력은 약 41.7조 원에 달하는 것으로 분석했다.

분석에 따르면 O&M 단계에서 고정식의 경우 연간 8,726억 원, 총 부가가치 효과는 5,782억 원으로 추정된다.(그림 11).

14.3GW급 해상풍력 단지 개발 사업의 전 생애주기에 대한 총 CapEx의 결과로 고정식 해상풍력에서 376,200개와 부유식 해상풍력에서 394,000개의 일자리를 포함한 총 770,200개의 일자리가 창출될 것으로 예상된다. O&M 단계의 경우 2030년 1년 동안 고정식 해상풍력에서 연간 11,689개의 FTE가 창출될 것으로 추정되며, 부유식 해상풍력에서는 5,917개의 FTE가 창출될 것으로 추정된다. 특히 건설, 설치 및 해상풍력 단지의 상업운전 기간에 걸친 O&M 단계에서 창출되는 이러한 일자리는 지역에 머물게 된다.

마지막으로, 이 보고서는 보다 성숙한 해상풍력 시장에서 도출된 사례 연구를 바탕으로 해상풍력 개발이 연안 지역 재생을 지원하기 위한 모범 사례, 접근 방식 및 메커니즘을 강조한다. 이러한 모범 사례에는 다음이 포함된다:



기존 자산의 활성화

연안 지역사회의 재개발 산업 용지, 항만, 기존 산업 부지를 재개발하여 해상풍력을 지원할 수 있다. 이러한 자산을 재개발하려면 프로젝트 계획, 건설, 부품 제조에 이르기까지 현지 일자리가 필요하다.

산업 클러스터를 통한 혁신과 효율성

항구는 해상풍력 발전 단지의 수명 기간 동안 활용되며 산업 및 개발업체의 클러스터로 인해 경제적 이익을 창출한다. 이러한 간소화된 공급망과 클러스터는 일자리를 창출하고 지역 경제 성장을 촉진할 수 있지만, 의사 결정권자는 장기적인 개발 접근 방식을 고려하는 것이 중요하다.

교육, 훈련을 통한 기술 숙련도 강화

해상풍력 목표를 달성하기 위해서는 현지 교육 센터, 추가 교육 기관과의 파트너십, 업계 이해관계자와의 교육 프로그램에 대한 투자를 통해 연안 지역사회의 인력을 늘리고 전문화해야 한다.

연안 지역 재생을 위한 권장 사항

해상풍력 개발이 연안 지역사회의 재생에 도움이 될 수 있도록 한국 정부에 대한 주요 권고 사항을 모범 사례와 교훈에 기반하여 간략히 설명한다. 다음은 중앙정부, 지방정부, 지방정부 및 중앙정부를 위한 제언사항이다.



지방 정부

1. 시민들과 함께 지역 재생 비전을 조기에 수립하여 해상풍력 개발에 대한 사회적 수용성과 지속적인 정치적 지지 구축
2. 지역 연구 기관 및 기타 지식 파트너와 함께 인적 역량을 구축하고, 지방 자치 단체가 산업 부문 간의 가교 역할을 하고 필요한 공공 자금과 지원을 제공할 수 있음에 주목
3. 산업 클러스터의 미래를 결정하는 데 있어 공공 협의체와 협력할 수 있도록 이해관계자와 함께 클러스터에 포용적인 거버넌스 구축
4. 지역 차원에서 효과적인 기후 행동을 계획하고 실행하는 역량을 강화하는 데 활용할 수 있는 지방 정부 간 국제 네트워크 강화

중앙 정부

1. 경제자유구역을 확대하여 해상풍력 산업 클러스터를 강화하고, 일자리 창출과 지역 경제 성장으로 이어질 수 있는 외국인직접투자(FDI)를 위한 경쟁의 장 마련
2. 지방정부, 업계 및 지역 이해관계자 커뮤니티와 협력하여 표준화된 참여 가이드라인을 개발하고, 커뮤니티 참여에 대한 기존 관행을 고려하여 이를 규정으로 명문화
3. 풍력 발전 공급망에 대한 투자를 동원하기 위해 세 생산 세액 공제 제도 또는 유사한 인센티브 제도 도입을 고려
4. 해상 풍력을 위한 항만 및 계통시설에 대한 장기 계획을 준비하여 개발자가 정보에 입각한 투자 결정을 내릴 수 있도록 지원

지방 정부 및 중앙 정부

1. 전략적 투자로 인한 효과가 가장 큰 지역을 파악하기 위한 비용 편익 분석과 경제적, 사회적, 환경적 요인의 기본 현황 파악 등 포함 지역 및 국가 수준의 연안 지역 사회에 대한 평가 수행
2. 해상풍력 프로젝트의 여러 단계가 지역 사회에 미치는 영향에 대한 이해를 공유하기 위해 지방 당국, 지역사회 및 업계와 협력하여 해안 연역안 재생을 위한 국가 계획 수립

배경 및 목표



배경 및 목표

본 연구의 목적 및 범위

한국은 해상풍력 발전의 기술적 잠재력이 상당히 높다.¹ 2023년 현재 한국의 고정식 해상풍력 누적 설치용량은 125MW(²)이지만, 2030년까지 14.3GW를 설치하겠다는 야심찬 정부의 목표를 달성하기 위해서는 상당한 노력이 필요한 상황이다.

현재 해상풍력 개발사업과 관련된 문제는 여러 가지 요인에 기인한다.

첫째, 현재 해상풍력 발전 단지를 설립하는 절차는 '개방형 절차'라고 지칭되는 개발자 주도의 절차이다. 정부 주도의 개발 계획과 달리 민간 개발자가 잠재적인 사업개발 부지를 선정하고 관련 정부 기관에 전기사업 면허(Electric Business License; 전기사업 면허) 및 기타 필요한 허가를 신청한다. 그러나 지역사회 참여 모범 사례, 보상, 참여 대상 주요 이해관계자 및 정부 수준, 정부 기관과의 조정의 어려움 등 기타 우려되는 문제에 대한 표준화 및 지침(³)이 충분하지 않다.

해상풍력에 대한 현재의 지역 수용성은 개선될 수 있다. 주민들이 프로젝트 개발 과정에 참여할 수 있는 참여 전략에 대한 지침이 충분하지 않다.^{4,5,6,7,8,9} 해상풍력의 잠재적 이점은 대중에게 충분히 알려지지 않았으며, 이러한 이점에 대해 소개할 때 대중의 불신에 부딪힐 수 있다.

마지막으로, 해상풍력 개발은 주로 에너지 정책에서만 고려되고 있으며, 정부는 해당 부문을 지원하기 위한 종합적이고 비전 있는 산업 정책을 아직 수립하지 않았다. 그 결과 해상풍력 개발을 위한 산업계 전반의 해상풍력 지원이 충분하지 않은 실정이다.

이 보고서의 목표는 다음과 같다:

- 해상풍력 개발의 핵심적인 경제적 이점과 광범위한 사회적, 환경적 이점을 제시하고 연안 지역 재생을 달성하기 위한 해상풍력 개발의 이점 활용 방안 논의(섹션 1-3)
- 산업연관(I-O) 분석을 통해 2030년까지 계획된 14.3GW의 해상풍력 건설에 따른 예상 부가가치 및 고용을 추정하여 해상풍력 산업의 잠재적 경제 승수 효과 제시(섹션 4)
- 전 세계의 유사사례에 대한 연구를 바탕으로 해상풍력 개발을 통해 연안 지역 재생을 지원하기 위한 모범 사례, 접근 방식 및 메커니즘 강조(섹션 5-6)

¹Electric Power Journal, 27/12/2023 (Accessed 2024, February 2). Source: Link.

²MOTIE & KMI. A guide to offshore wind power generation with resident fishermen (Guideline). 2023. Source: Link.

³The National Assembly Research Service (NARS). Current status of offshore wind power and future tasks focusing on improving permitting delays and securing resident acceptance. 2022.

⁴Park, J. M., Lim, H. S., Park, S. A., & Cho, G. J. A Study on the Fishermen' Acceptability of Offshore Wind Farms. 2021. Source: Link.

⁵Relevant Ministries. Offshore wind power development plan that cooperates with residents and coexists with the fishing industry. 2020. Source: Link.

⁶Choi, G. R., Lee, S. G., Leem, K. H., Jung, M. S., & Kim, T. Y. Searching for Ways to Manage Public Conflicts for Sustainable Offshore Wind Power Development. 2023. Source: Link.

⁷Lee, S. H. & Park, J. P., (2020). A Study on Local Acceptance of Offshore Wind Farm: Focus on Maldo. 2020. Source: Link.

⁸Monthly Electrical Journal. (2023.4.6). Offshore wind power, an emerging energy source, how to solve the problem of resident acceptance? (Accessed 2024.02.01). Source: Link.



해상풍력 에너지의 글로벌 현황

해상풍력은 안정적이고 확장 가능하며 지속 가능한 전력 공급원을 제공하고 온실가스 배출 감소에 기여하며 재생 에너지 분야의 경제 발전과 혁신을 촉진함으로써 에너지 전환에서 중요한 역할을 담당하고 있다. 지난 20년 동안 전 세계적으로 해상풍력 발전이 크게 확대되어 현재 64GW 이상이 설치되어 있다. 주목할 만한 사례가 있는 국가로는 덴마크와 영국이 있다. 덴마크는 현재 2GW 이상의 해상풍력이 설치되어 있으며, 1991년 11개의 터빈으로 5MW를 발전하는 최초의 해상풍력 발전 단지인 빈데비(Vindeby)가 위치한 국가이다.¹⁵¹¹ 영국은 2000년에 해상풍력 발전 단지를 최초로 시운전하고, 14GW 이상의 용량을 갖춘 세계에서 두 번째로 큰 해상풍력 시장이다.¹²¹³ 이러한 상업적 확대로 인해 해상풍력은 국가 차원에서 중요한 경제 동력이 되었을 뿐만 아니라 새로운 산업의 도입과 관련 이니셔티브를 통해 연안 지역 사회를 재구성하는 데도 도움이 되었다.

상업적 규모의 해상풍력 개발은 다음을 지원할 수 있다:

- 풍력 발전 단지의 개발, 건설 및 운영을 지원하기 위한 일자리 창출
- 항만 및 기타 기초기반시설을 위한 인프라 개발
- 현지 공급망에 대한 기회 확대
- 지역 경제의 다각화 및 전환
- 교육 및 연구 기회 개발
- 관련 여행 및 숙박 부문의 활성화와 같은 지역 경제 간접 기여

해상풍력 개발은 재생 에너지에 대한 접근성을 제공할 뿐만 아니라 일자리 창출을 통해 지역에 사회경제적으로 기여할 수 있다. 그러나 정부와 해상풍력 업계는 계획 수립, 이해관계자 참여, 건설 및⁴개보수를 포함한 인프라 개발, 현지 인력에 대한 훈련 및 교육 등을 함께 고려해야 한다. 지난 20년간의 유럽에서의 업계 운영 경험은 해상풍력 개발과 연안 지역 재생에 관한 몇 가지 시사점을 제공한다. 이러한 시사점과 모범 사례는 한국과 같은 신흥 해상풍력 시장에서도 고려할 수 있으며, 고려해야 한다.

⁹ GWEC, Offshore Wind report 2023. Source: Link
¹⁰ Ørsted, Making Green energy affordable; Source: Link
¹¹ Higgins, P. and Foley, A., The evolution of offshore wind power in the United Kingdom. Renewable and sustainable energy reviews, 37, pp.599-612. 2014. Source: Link
¹² 4C-Offshore. Accessed: 24 January 2024.
¹³ United Nations, Percentage of Total Population Living in Coastal Areas, 2007; Source: Link
¹⁴ MOTIE. Renewable Energy 3020 Implementation Plan. 2017. Source: Link.
¹⁵ MOTIE. 10th Basic Plan for Electricity Supply and Demand Plan. 2023. Source: Link.
¹⁶ The Carbon Trust. Challenges and opportunities for South South Korean offshore wind supply chain. 2023. Source: Link
¹⁷ 4C-Offshore. Accessed: 24 January 2024, Carbon Trust internal research.

한국 해상풍력 에너지 시장 개요

재생 에너지 정책 및 목표

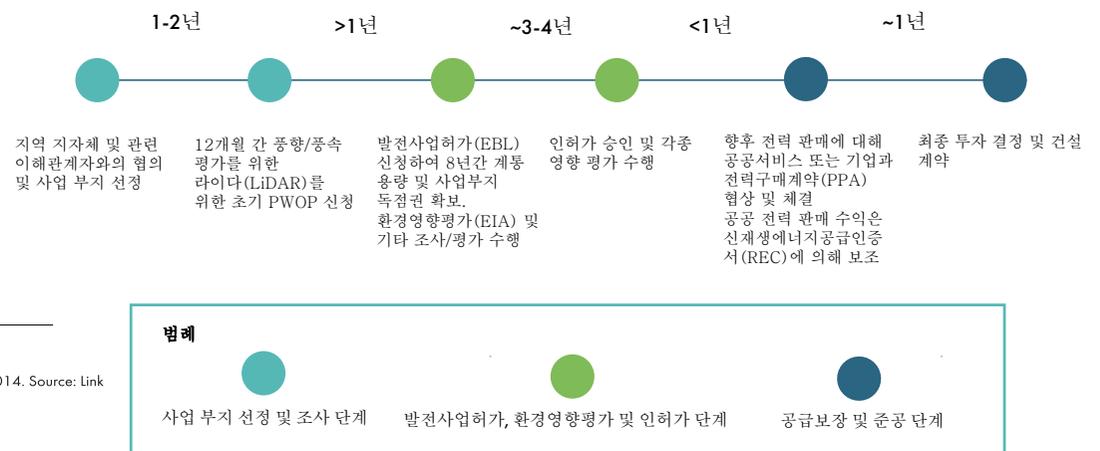
2017년, 한국 정부는 재생에너지 3020 이행 계획¹⁵ 을 발표하며 2030년까지 총 전력 생산량의 20%를 재생에너지로 생산하겠다는 구체적인 재생에너지 보급 목표를 처음으로 명시했다. 2023년에는 2036년 말까지 전력 생산량의 30.6%를 재생에너지로 충당한다는 내용의 ‘10차 전력수급기본계획 16’ 을 통해 이 목표를 확정했다. 해상풍력 설치용량 목표도 2030년까지 14.3GW로 상향되었다.

해상풍력 계획 및 현황

2023년 현재, 총 용량이 158MW인 6개의 풍력 발전 단지가 완전히 가동되고 있다. 한국은 2022년부터 2035년까지 14GW 이상의 예상 프로젝트 파이프라인을 보유하고 있으며, 한국의 해상풍력 시장은 아시아 태평양 지역에서 개발되고 있는 해상풍력에서 중국을 제외하면 상당한 비중을 차지하고 있다.

현재 인허가 절차는 7~10년이 소요되며 사업자는 29개 법률과 10개 이상의 정부 기관을 통해 전기사업 면허를 포함한 다양한 인허가를 취득해야 한다. 2023년 말까지 총 84개 프로젝트, 27.8GW가 전기사업 면허를 취득했으며, 계획 중인 프로젝트의 대부분은 전라남도 지역에 위치하고 있고 부산과 울산이 그 뒤를 잇고 있다.¹⁷

그림 1 일반적인 한국 해상풍력 프로젝트 개발프로세스¹⁸



허가 속도를 높이기 위해 해상풍력 발전 촉진에 관한 특별법¹⁹⁾이 발의되었지만, 정부 주도 개발 계획으로의 전환을 지원하기 위해 발의된 이 법안의 통과가 2년 지연된 것은 향후 프로젝트 허가에 대한 불확실성이 여전히 존재함을 시사한다. 법안이 시행되면 복잡한 허가 절차를 간소화하고, 투명성이 향상되며, 투자 위험이 감소하며, 정부의 가시성을 개선하는 변화가 일어날 것으로 기대된다. 그러나 법안 시행을 위해서는 수산업계, 시민사회, 유관 정부 부처의 이해관계자와의 추가 논의와 대화를 포함한 여러 문제를 해결해야 한다.

연안 국가인 한국은 혼잡한 해역을 보유하고 있으며, 해상풍력 개발을 해운, 여가, 국방 목적의 넓은 군관할해역과 같은 기존 해양 활동과 통합해야 한다. 가장 최근에 수립된 한국의 해양공간계획은 2020년부터 시행되고 있다. 이 계획은 해양 공간을 다양한 용도로 명확히 구분하는 데 기여하고 있으나, 에너지 개발 구역의 비율이 낮아 한국의 해상풍력 목표 달성하기 위해서는 기존 계획을 조정해야 한다. 향후 지연을 줄이기 위해 지역 사회와 더 많은 대화가 필요하며, 계획 수립 과정에 어민들이 최대한 빨리 참여해야 한다는 인식이 있다.

해상풍력 개발 지원은 RPS(신재생 포트폴리오 표준)를 통해 제공된다. 기존의 대규모 전력 생산업체는 총 발전량의 일부로서 재생에너지 목표를 보유하고 있으며, 이는 MWh당 재생에너지 인증서(REC)를 구매하여 달성할 수 있다. 다양한 기술과 위치에 따라 상이한 수준의 REC 배율이 적용되며, 추가 요금은 전기 요금을 통해 소비자 시장으로 이전된다. 해상풍력은 최소 2.0의 REC 가중치를 가지며, 총 사업비의 1% 이상을 지역 사회가 소유하는 경우 등의 요인을 통해 추가 가중치가 부여될 수 있다. 이전에는 국산 부품 비율 규정(Local Content Requirement; LCR)에 따라 REC에 추가 가중치가 부여되었지만, 2023년에 산업통상자원부(산업부)에서 이 제도를 폐지했다.

¹⁹South Korea Ministry of Government Legislation. (Accessed 2024, Feb 1) Source: Link.



연안 지역 사회에 대한 해상풍력 에너지의 혜택



연안 지역 사회에 대한 해상풍력 에너지의 혜택

해상풍력 개발은 계획, 건설, 운영 및 유지보수(O&M), 폐기에 이르기까지 모든 개발 단계에서 경제적, 사회적, 환경적 이점을 가져올 수 있다.

핵심 경제적 이익은 해상풍력 개발의 직접적, 간접적, 유발된 영향으로 구분하여 정의할 수 있다:

- **직접적인 영향:** 해상풍력 프로젝트와 직접적으로 연관된 고용
- **간접적 영향:** 공급망 고용 확대 및 하청업체 상품과 서비스에 대한 수요 증가
- **유발된 영향:** 소매업,接客업, 광범위한 재화 및 서비스와 같이 해상풍력 프로젝트의 직간접적 영향을 받는 고용 기회와 관련된 경제적 지출

프로젝트 수준 및 산업 수준에서 이러한 핵심 경제적 이익은 총부가가치(GVA) 또는 전일제 환산 일자리 수로 추정하여 보고되는 경우가 많다.

공공 및 민간 부문의 적절한 지원이 뒷받침된다면 해상풍력 개발은 환경적, 사회적 효과를 창출할 수도 있다. 환경적 관점에서 정부는 해상풍력 개발업체에 환경에 미치는 부정적인 영향을 모니터링하고 완화할 것을 요구할 뿐만 아니라 생태계 회복에 기여하도록 인센티브를 제공하고 있다. 마찬가지로, 정부와 업계 모두 새로운 일자리에 많은 사람들이 접근할 수 있도록 프로그램을 개발하고 다른 산업에서 직업 전환을 할 수 있는 사람들에게 기회를 제공할 수 있다.

다음 섹션에서는 해상풍력 발전의 핵심적인 경제적, 환경적, 사회적 이점에 대해 자세히 설명한다.

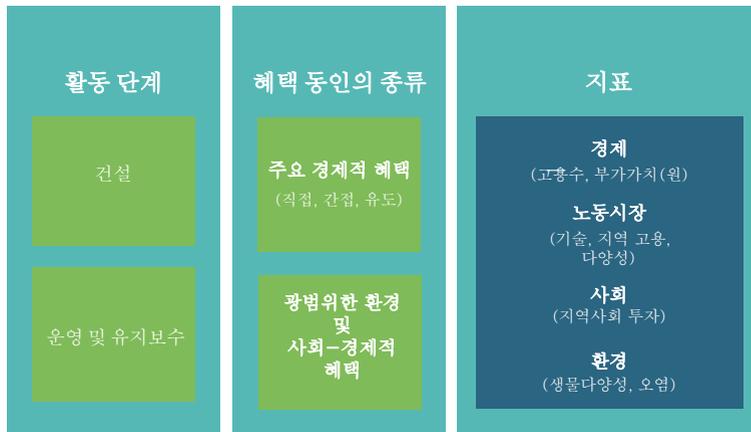
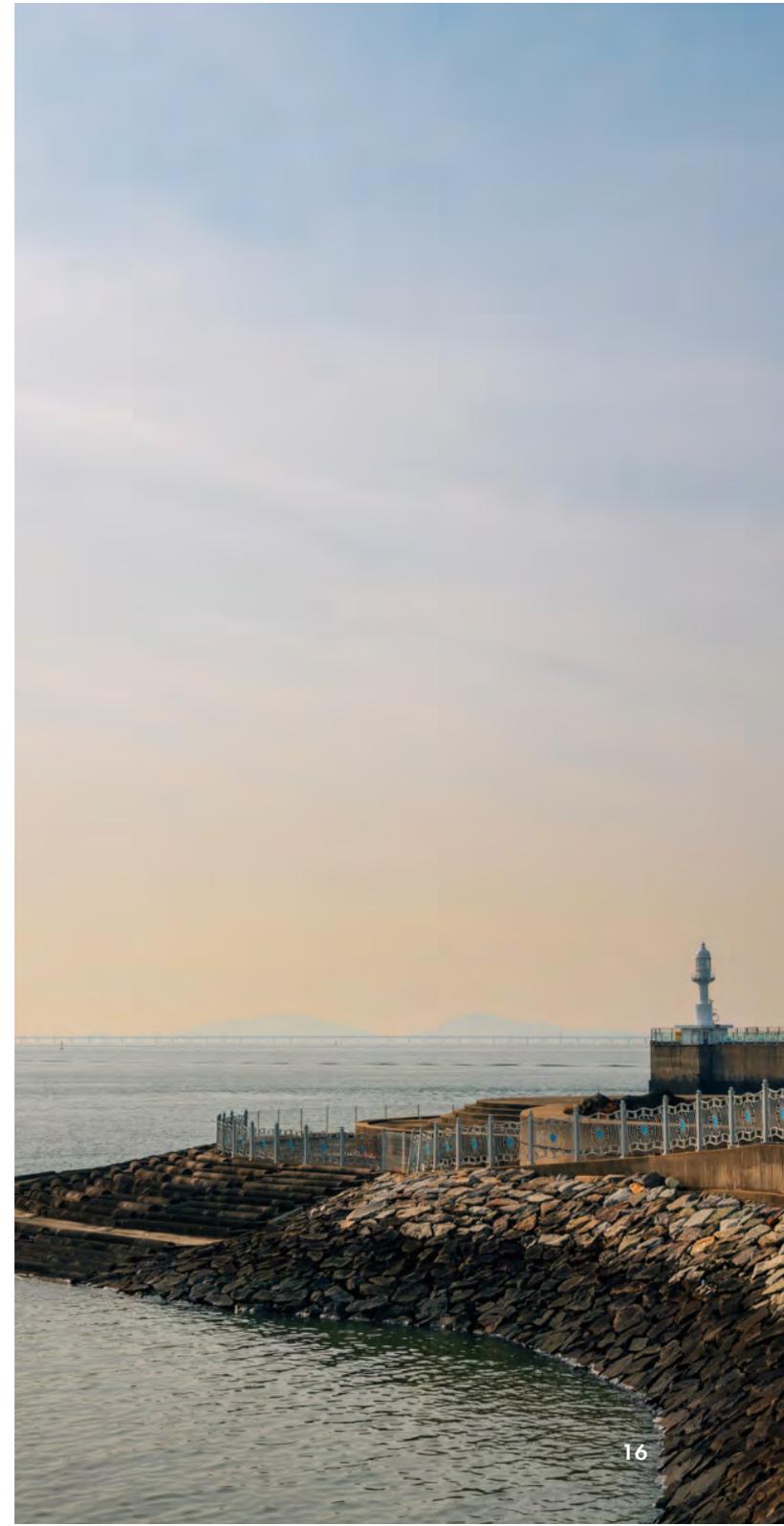
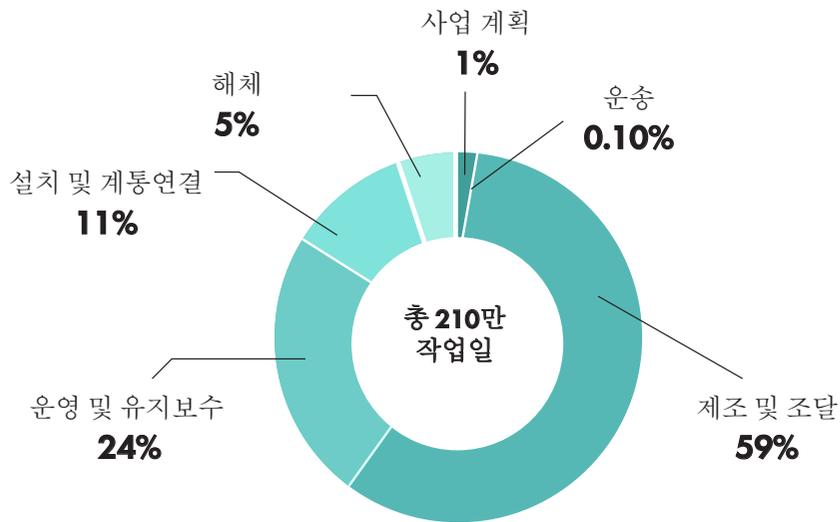


그림 2. 해상풍력 발전의 일반적인 사회적 및 경제적 이익해상풍력



해상풍력 개발의 단계별 핵심 경제적 이점

해상풍력 개발에는 상당한 자원이 필요하며, 프로젝트 개발 과정 중 각 단계가 진행됨에 따라 새로운 일자리가 창출된다. 그림 3은 해상풍력 발전 단지 개발 전반에 걸친 일반적인 일자리 분포를 보여준다. 다음 섹션에서는 해상풍력이 각 개발 단계에서 창출될 수 있는 잠재적 이익에 대한 개요와 함께 해상풍력 개발과 관련된 광범위한 경제적 이익을 강조한다.



Source: IRENA

그림 3 500MW 해상풍력 발전 단지 개발에 필요한 가치 사슬별 인력 분포도(IRENA 자료 바탕 재구성)¹⁹

계획, 제조, 건설 및 설치

프로젝트 기획은 부지 조사, 기술 및 재무 타당성 조사, 환경 영향 평가, 인허가 취득 등의 초기 작업을 의미한다. 기획 단계와 관련된 많은 일자리는 임시직이며 특정 지식이 필요하다. 따라서 대기업들은 완료된 프로젝트의 경험을 활용하기 위해 종종 해외 인력을 동원한다. 그러나 현지 선원들이 관련 추가 허가 및 자격을 취득할 수 있도록 지원하는 경우, 특히 측량 작업의 선원으로 고용하는 것과 같이 현지에서 채용할 수 있는 기회가 있다. 토목 공사나 인프라 개선을 위해 육체노동자 고용이 추가로 필요할 수도 있다.

현지에서 부품을 **제조하고 건설하는 것은** 국산 부품 비율 규정, 기존 국내 산업 및 원자재, 해당 현장에서 제조할 수 있는 예상 프로젝트 파이프라인, 대형 부품의 보관 및 운송에 따른 물류 및 비용 영향을 해결 능력에 따라 크게 달라질 수 있다. 대부분의 일자리는 블레이드, 하부 구조물, 변전소 등 주요 구성품이 필요한 이 단계에서 창출된다. 제조 및 건설 분야의 고용에는 저숙련 기술부터 전기 부품과 같은 고숙련 기술까지 다양한 기술을 보유한 인력 고용이 포함된다. 일부 기술은 현지에서 습득하기 어렵지만 공장 일자리는 상당한 고용 기회를 제공할 수 있으며, 프로젝트 파이프라인이 있는 경우 기술 부족을 해결하기 위해 견습을 포함한 교육 이니셔티브를 기업이 지원하는 것이 비용 효율적일 수 있다. 한국은 특히 조선산업의 기존 항만과 제조 및 건설 전문성을 활용할 수 있다.

설치에는 특수 선박과 자격증이 필요하다. 해상풍력의 기초를 설치하는 공정은 노동 집약적으로, 숙련된 선박 승무원과 크레인 조종사가 필요하다. 터빈은 특수 선박에 의해 지정된 위치로 이동되어 기초 위에 설치되고 전력망에 연결된다.

해상 케이블 인프라는 해상풍력 발전에서 중요한 역할을 하며, 해상풍력 발전 단지에서 소비자에게 효율적이고 안정적으로 전기를 공급하기 위해서는 효과적인 계획이 매우 중요하다. 또한 해상풍력 송전 인프라의 개발, 건설 및 유지보수는 주민들에게 일자리를 창출하므로 지역 사회와도 밀접한 관련이 있다. 여기에는 엔지니어링, 건설, 분야의 일자리가 포함되며, 경제 성장을 촉진하고 숙련된 고용 인력을 위한 일자리를 제공한다. 최근 노섬벌랜드(Northumberland)의 고전압 해저 케이블 제조 시설에 6,500만 파운드를 투자한 JDR 케이블 시스템(JDR Cable Systems)의 투자가 좋은 예로, 지역 내에서 170개의 일자리를 창출하고 유럽 전역의 현장에 서비스를 제공할 가능성이 높다.²¹

글로벌 기업들은 현지 인재를 양성하기 위해 훈련센터와 견습 과정을 통한 교육에 점점 더 많은 투자를 하고 있다.

¹⁹IRENA, Renewable Energy Benefits: Leveraging local capacity for Offshore Wind. 2018. Source: Link



운영 및 유지 관리

O&M단계는 해상풍력 발전소의 25년인 만큼 지역사회에 가장 장기간에 걸쳐 영향을 미친다. 풍력 발전소의 숙련된 근로자를 통해 지역 산업을 발전시키거나 지원할 수 있다. 또한 케이터링, 청소부, 보안 요원 등의 중저숙련 일자리도 대거 창출된다. O&M 훈련 및 교육 센터를 설립하면 더 많은 숙련 일자리를 지원할 수 있다(섹션 6.2 및 6.3 참조).

표 1 해상풍력 개발 직무의 유형. 출처: IRENA (2018); GESI (2022)²²

가치 사슬	활동	직무
프로젝트 계획	부지 선정, 타당성 조사, 환경 영향 평가, 지역 사회 참여, 엔지니어링 설계 및 프로젝트 개발	법률, 부동산 및 규제 전문가, 재무 분석가, 해양 엔지니어, 환경 및 지질학자, 선원
조달	설계 사양, 조달	조달 전문가, 엔지니어
제조	나셀, 블레이드, 타워, 모니터링 및 제어 시스템 제조 및 조립	공장 근로자, 품질 관리 전문가, 마케팅 및 영업 담당자, 엔지니어, 비즈니스 관리자, 경영 임원
운송	부품 운송 및 배송	운전자, 선원 및 기술 직원
설치	프로젝트 발전단지 준비, 토목 공학, 부품 현장 조립	건설 근로자, 기술 직원, 해양 엔지니어, 선원, 보건 및 안전 전문가, 물류 및 품질 전문가
전력 계통 연결 및 시운전	케이블 및 전력 계통 연결, 프로젝트 시운전	건설 근로자, 기술 직원, 엔지니어, 건강 및 안전 전문가
운영 및 유지 관리	프로젝트 주기 동안의 (일반적으로 25년)	운영사, 전기 및 해양 엔지니어, 건설 노동자, 크레인 운전자, 선원, 헬기 조종사, 기술 직원, 변호사, 비즈니스 관리자 및 경영 간부
폐기	프로젝트 설비 해체, 재활용, 장비 폐기 및 부지 정리하기	건설 근로자, 기술 직원, 운전자, 엔지니어, 선원, 환경 과학자, 건강 및 안전 전문가

²⁰ Business Live, "Contract to build £65m Northumberland factory for JDR Cable Systems agreed," 2018; Source: Link

²¹ Green Energy Strategy Institute (2022), Regional Economic Impacts of Offshore Wind Development in South Korea.

500MW규모의 해상풍력 발전 단지를 개발하려면 서비스업 등 풍력 발전 단지의 경제 활동과 관련된 간접적 또는 유발된 영향으로 창출된 일자리 외에도 약 210만 명의 직접 인력이 필요하다.²³

광범위한 환경 및 사회 경제적 혜택

지난 몇 년 동안 해상풍력 개발이 자연과 야생동물에 미치는 영향을 해결하고 개발이 사람과 지역에 긍정적으로 기여할 수 있도록 하기 위한 노력도 계속되어 왔다.

환경적 혜택

모든 대규모 개발은 자연 서식지에 영향을 미치지만, 정부와 업계는 자연에 대한 영향을 완화하고 서식지를 복원할 수 있는 방법을 점점 더 모색해나가고 있다. 예를 들어, 네덜란드의 2022년 홀랜드세 쿠스트 웨스트 사이트 VI (Hollandse Kust West Site VI) 경매는 부분적으로 생태 혁신에 기반을 두었으며, 업계 전반에 걸쳐 광범위하게 적용 가능한 혁신적인 자연 회복 노력에 기여한 프로젝트에 더 많은 점수를 부여했다.²⁴ 선정된 프로젝트인 에코벤데(Ecowende)는 해상풍력 개발을 위한 새로운 생태학적 벤치마크를 만들어 프로젝트가 순 긍정적인 영향을 미칠 수 있도록 하는 것을 목표로 한다. 아울러 터빈 블레이드에 특수 자외선 페인트를 칠해 새들의 눈에 잘 띄게 하고, 풍력 발전 단지 내에 통로를 만들어 새들의 자유로운 이동을 보장하는 등 혁신적인 기술과 접근 방식을 테스트하고 있다.²⁵

그 밖에도 프로젝트 개발자가 자체 지속가능경영(ESG) 목표에 부합하는 지역 환경 노력을 지원할 수 있다. 예를 들어, 1900년대 이후 지역 상업 개발과 사구 감소로 인해 영국 험버 하구에 있는 바다 습지 서식지의 50%가 사라졌다. 오스테드(Ørsted)는 2030년까지 신규 프로젝트 전반에 걸쳐 생물다양성에 긍정적인 영향을 미친다는 목표에 따라 요크셔 및 링컨셔 야생동물 신탁(Yorkshire and Lincolnshire Wildlife Trusts)과 협력하여 사라진 굴 군집의 서식지를 복원하고 재야생화(rewilding)를 돕고 있다.²⁶ 블라우윈드(Blauwwind)는 네덜란드에서 보르셀 3, 4(Borssele III and IV)를 개발한 컨소시엄이다. 이 컨소시엄은 굴 서식지의 개발과 생존 및 성장률에 대한 장기적인 모니터링을 지원하기 위해 고안된 8년 계획 등 구체적인 자연 개선 프로젝트를 추진하고 있다.²⁷ 이러한 이니셔티브도 중요하지만, 에코벤데와 같이 실제 해상풍력 개발에 환경 이니셔티브를 통합하는 것이 업계 전반의 발전으로 이어질 가능성이 더 높다.

사회적 혜택

정부와 업계는 구체적인 정책과 프로그램을 통해 해상풍력 개발이 정의로운 전환과 같은 더 넓은 사회적 목표에 기여할 수 있도록 보장할 수 있다.

광범위한 해상풍력 산업은 전문 기술과 지식을 필요로 하며, 현지 인력이 이러한 전문 지식을 쌓을 수 있도록 하기 위해서는 협업과 파트너십이 필수적이다. 영국 연구혁신청(UK Research and Innovation)은 영국 북동부에 위치한 헐, 더럼, 셰필드(Hull, Durham and Sheffield) 등 3개 대학과 오스테드 및 지멘스 가메사 재생 에너지(Siemens Gamesa Renewable energy) 간의 파트너십에 자금을 지원하여 학생과 연구자에게 해상풍력 혁신에 대해 배우고 이를 지원할 수 있는 기회를 제공했다.²⁸ 일부 업계 리더들은 공식 자격증이 없거나 유관 산업 분야의 사람들이 관련 전문성을 개발하도록 장려하기 위해 자체 견습 프로그램을 시작했다.²⁹ 교육과 훈련을 통해 기술 숙련을 지원하는 구체적인 메커니즘은 섹션 5에서 자세히 설명한다.

지역 기회를 확대하는 또 다른 방법은 풍력 발전 단지과 가장 가까운 곳에 거주하는 지역 사회를 위한 프로젝트와 이니셔티브를 지원하기 위해 개발자가 설립한 지역사회 기여 기금을 이용하는 것이다. 예를 들어, RWE는 풍력 에너지 커뮤니티 기금에서 2022년에 488개의 개별 보조금을 통해 지역 사회가 우선순위를 선정하고 지역 독립 단체가 직접 관리하는 기금에 450만 파운드를 투자했다.³⁰ 마찬가지로 영국에서 독립 자선단체가 관리하는 3개의 해상풍력 커뮤니티 기여 기금을 운영하는 오스테드는 지역사회 및 지역 환경을 개선하는 680개 프로젝트에 총 950만 파운드를 지원했다.³¹

인프라: 항만의 역할

마지막으로 해상풍력 개발로 인한 더 광범위한 산업화와 투자로 인해 추가적인 사회적, 경제적 이익이 발생할 수 있다.

해상풍력 전용항만은 계획, 제조, 설치 및 해체 역량을 위한 현지의 비용 효율적인 위치를 제공함으로써 해상풍력 프로젝트의 핵심이다.³² 예상되는 프로젝트 파이프라인을 지원하기 위한 항만 인프라를 설계하려면 안벽과 야적장이 선박과 건설 부품을 수용할 수 있을 만큼 충분히 크기 확인하는 것이 중요하다. 부유식 작업과 고정식 작업은 요구 사항이 다르므로 항만 개선 및 개보수 관련 투자는 현지 전략에 따라 달라질 수 있다. 영국에서는 2023년 부유식 해상풍력 제조 투자 계획 발표와 같은 정책을 통해 핵심 인프라를 개선하고 부유식 해상풍력 공급망을 늘리기 위해 최대 1억 6천만 파운드의 보조금을 제공할 예정이다.³³

²² IRENA, Renewable Energy Benefits: Leveraging local capacity for Offshore Wind. 2018. Source: Link

²³ Wind Europe, The Netherlands run another successful auction based on non-price criteria. 2022. Source: Link

²⁴ Ecowende, "Discover our innovations"; Source: Link

²⁵ Ørsted, "Wilder Humber: Restoring coastal ecosystems"; Source: Link

²⁶ Blauwind, "Nature enhancement project"; Source: Link

²⁷ University of Hull, "Propelling the Future of Offshore Wind"; Source: Link

²⁸ Ørsted, Economic Impact Study of Ørsted Investments in the Humber region, 2022; Source: Link

²⁹ RWE, "RWE puts UK communities first with £4.5 million funding in 2022"; Source: Link

³⁰ Ørsted, "Community grants"; Source: Link

대부분의 경우 재개발 산업 용지 또는 기존 산업 부지는 전략적으로 가치가 있고 위치가 좋은 경우가 많기 때문에 재개발의 잠재력이 매우 높다.³⁴ 이러한 부지는 종종 기획자들이 우선적으로 고려하는 부지가 될 수 있지만, 재개발은 재생 및 지역 정책을 위한 자금에 의존하는 경우가 많다. 전 세계적으로 해상풍력 발전이 보급되고 산업 규모가 커짐에 따라, 동의를 받기 전에 계획 및 평가 절차에 중점을 두고 있으며, 여기에는 제안하는 개발 사업의 생물물리학적, 사회경제적 및 기타 영향을 고려하기 위한 환경영향평가(EIA)가 포함되는 경우가 많다.³⁴

활동에 집중할 수 있는 전용항만도 있다. 이러한 항만은 일반적으로 시설 개선에 필요한 투자가 적고 풍력 발전 단지와의 근접성이 가장 중요한 선택 요소이다. 지역 사회에 창출되는 일자리 수와 투자 규모는 다양하며, 예를 들어 영국의 타인항은 3.6GW 규모의 도거뱅크 풍력발전단지의 기지를 운영하면서 400개의 장기 일자리를 창출했으며, 기지 건설에 투자된 비용의 50% 이상을 지역 기업이 부담했다.³⁵ 프랑스에서는 500MW 규모의 페캉(Fécamp) 해상풍력 발전단지의 시설 건설을 통해 100개의 장기 일자리를 창출할 예정이며, EDF 재생에너지 그룹(EDF Renouvelables)은 풍력발전단지의 수명 기간 동안 이 항구를 활용하여 노르망디(Normandy) 지역의 현지 업체를 공사의 70%에 참여시켰다.³⁶

항만은 일반적으로 해상풍력 클러스터 개발의 핵심적인 부분을 형성하며 해상풍력 관련 기업, 공급업체 및 지원 기관의 집중을 통해 현지 지역에 경제적 이익을 창출한다. 제조업체, 서비스 제공업체, 기술 개발업체를 한데 모은 클러스터는 협업과 조정을 장려하여 공급망을 더욱 통합하고, 간소화하며, 지식 공유와 협업을 가능하게 한다. 따라서 클러스터 촉진을 위한 투자와 일관된 정책 지원은 지역 성장과 일자리 창출을 촉진하는 데 효과적일 수 있다.

그럼에도 불구하고 클러스터 조성 및 항만 개선에 수반되는 관련 비용은 상당하므로 의사결정권자는 장기적인 지역 활성화가 이루어질 수 있도록 신중하게 고려해야 한다. 대상 지역 내에서 필요성, 혜택 및 영향이 가장 클 것으로 예상되는 지역을 결정하기 위해 철저한 분석을 수행해야 한다.

³¹ QBIS, Sylvest T. Socio-economic impact study of offshore wind, 2020; Source: Link.

³² UK Government, Floating Offshore Wind Manufacturing Investment Scheme. 2023. Source: Link

³³ Glasson J, Durning B, Olorundami T and Welch K., 2020. Guidance on assessing the socio-economic impacts of offshore wind farms (OWFs). RADAR Institutional repository of Oxford Brookes University. Source: Link.

³⁴ Dogger Bank, "Dogger Bank Wind Farm welcomes local supply chain to Port of Tyne", 2022; Source: Link

³⁵ Offshorewindbiz, "EDF opens Fecamp Operations and Maintenance Base in France", 2022; Source: Link



한국 항만의 현황과 기회

한국의 항만은 해양수산부(MOF)에서 계획 및 관리하며 무역항과 연안항으로 분류된다. 2023년 현재 한국의 총 62개 항만 중 31개 항만이 국제 무역항이다. 31개 국제 무역항 중 14개는 해양수산부가 건설 및 운영하고 있으며 나머지 17개 항만은 건설은 해양수산부가 했지만 운영은 지자체에서 하고 있다. 연안 및 지방 항만의 경우 해수부가 건설 및 운영하는 항만은 12개, 해수부가 건설하고 지자체에서 운영하는 항만은 19개이다. 한국의 항만은 전체 44개 산업단지 중 20개 산업단지를 포함하거나 인접한 경우가 많아 지역 사회와 복잡하게 연결되어 있다.

제4차 전국 항만 기본 계획에 따르면 한국 정부는 화물 관리를 위한 디지털 기술 수요 증가에 따른 항만의 준비와 지역 사회와의 공동 개발을 통한 지속 가능 발전을 목표로 한다. 주요 계획으로는 항만 기능 다각화, 지속 가능한 최신 기술이 적용된 스마트 항만 구축, 화물 및 서비스 특화 항만 구축 등이 있다.



그림 4. 전국 항구 지도. 출처: 운영 당국

표 2 대한민국 국제 무역항 규격(해양수산부 운영). 출처: 해양수산부 (2020)³⁹

항만	안벽 길이 (m)	용량 (선박수)	야적장 면적	야적장 적재용량 (톤)
인천	26,736	125	3,672,346	9,694,993
경인	2,300	20	88,330	17,183,000
평택-당진	14,424	64	2,313,295	6,940,645
대산	8,144	33	98,609	579,034
장항	330	2	1,535	124,605
군산	7,806	39	1,446,021	4,991,310
목포	5,999	28	49,422	2,931,730
여수	692	2	-	-
광양	25,525	108	1,998,549	3,997,097
마산	6,824	29	666,653	1,999,959
부산	32,561	163	2,987,697	19,243,865
울산	20,521	116	1,223,811	3,630,856
포항	12,032	51	1,406,915	4,615,964
동해-목호	4,477	23	190,970	597,260

³⁶Song, D.W. and Lee, S.W., 2017. Port governance in South Korea: revisited. Research in Transportation Business & Management, 22, pp.27-37. Source: Link.

³⁷MOF. (2020). The 4th National Port Plan (2021-2030); Source: Link

A photograph of an offshore wind farm. In the foreground, a large white wind turbine tower and nacelle are visible, with a red metal platform attached. The background shows a vast expanse of blue ocean with many other wind turbines stretching towards the horizon under a clear blue sky.

계량경제 분석

계량경제 분석

이 보고서에서는 경제적 승수 효과를 추정하기 위해 산업연관(I-O) 분석을 사용한다. I-O 분석의 기본 전제는 최종재 생산에 사용되는 중간재 간에 서로 연결되어 생산, 부가가치, 고용에 영향을 미친다는 것이다. 해상풍력은 건설, 전기, 기계, 제철, 조선 등 다양한 산업을 아우르는 가치 사슬을 통해 상당한 경제적 영향을 미친다.

이 장에서는 건설과 단계의 해상풍력 프로젝트 가치사슬을 분석하고 각 단계별 비용을 추정하며 한국은행에서 발표한 산업연관표를 사용하여 부가가치 및 고용 계수를 도출하여 적용한다.⁴⁰ 건설 단계(상업 운영이 시작될 때까지 발생하는 모든 비용)에는 (자본비용) 라는 용어를, 단계에는 (운영비용) 라는 용어를 사용한다.

이 연구에서 경제적 승수 효과를 추정하는 구조는 아래 그림 5에 나와 있다.

CapEx 및 OpEx 비용 분석

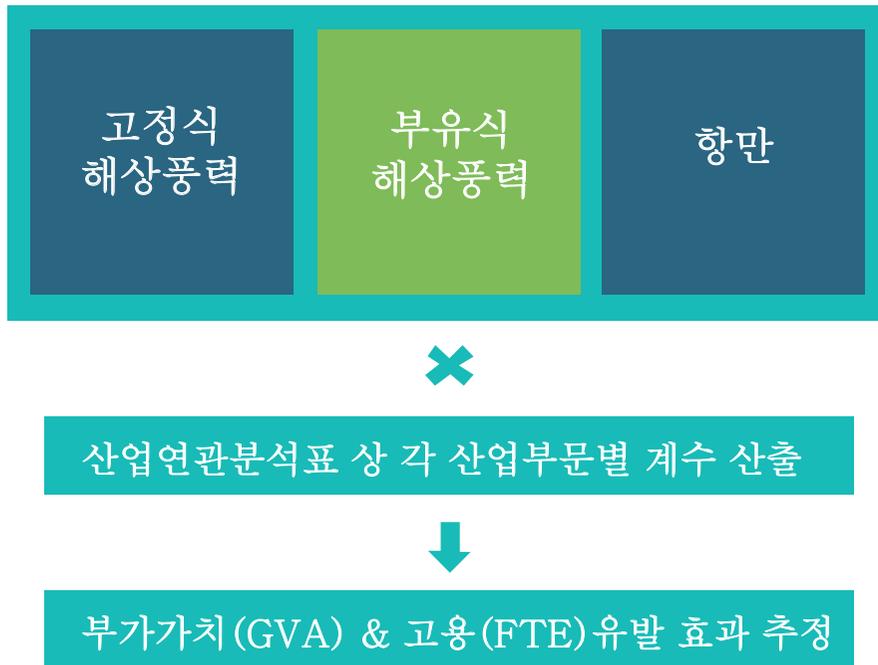


그림 5. CapEx과 OpEx의 비용 내역 구조

⁴⁰Bank of South Korea. (2019). Source: Link.



자본 비용 분석

해상풍력 발전 단지(고정식 및 부유식)

고정식 해상풍력과 비교할 때 부유식 해상풍력은 자본비용(CapEx)에서 터빈의 점유율이 낮은 반면, 하부 구조물 설치 비용이 높은 것으로 나타났다. 이는 수심이 60m를 초과하는 경우 해저에 부유체를 고정하기 때문에 부유식 해상풍력의 설치 비용이 상대적으로 높기 때문이다.

표 3. 한국의 풍력발전에 필요한 총 투자 추정치(원) 출처: NREL (2021)⁴³

카테고리	고정식	부유식	합계
용량 (MW, 추정치)	8,800	5,500	14,300
단가(/kW)	6,673,176	9,614,891	
총 투자 금액 (백만 원)	58,723,949	52,881,901	111,605,849
Total investment (USD) ⁴¹	45,080.538	40,609.371	85,735.95

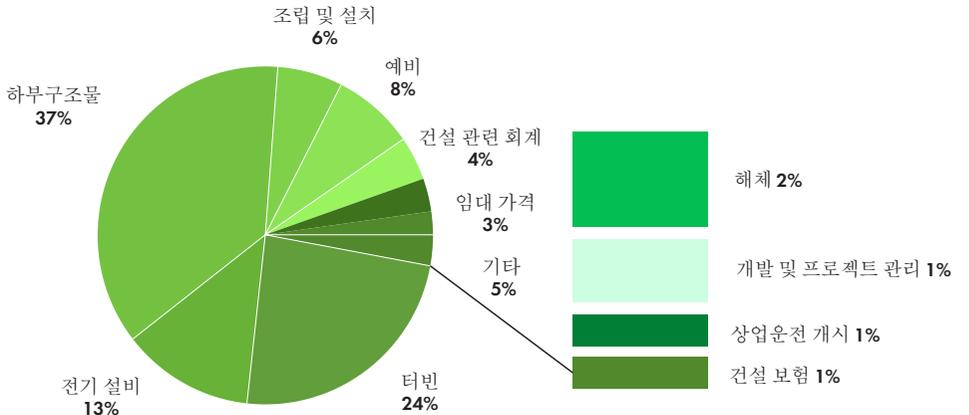


그림 7. 투자에서 공급망 구성요소별 비중(부유식 해상풍력). NREL 자료를 바탕으로 재구성 (2023년)⁴⁴

지난 일이 년 동안 거시경제의 영향에서 기인된 글로벌 공급망 병목 현상으로 인해 전 세계적으로 투자 비용이 30% 증가했다. 그러나 이러한 비용은 학습 곡선을 통해 감소할 가능성이 높다. 한국의 인플레이션 압력은 고정 및 부유식 해상풍력 발전 단위 비용 증가로 이어질 수 있다.

³⁹ Currency Rate used: 1 KRW = 0.000765534 USD / USD = 1,306.28 KRW.
⁴⁰ Stehly, T., & Duffy, P. 2021. 2020 cost of wind energy review (No. NREL/TP-5000-81209). National Renewable Energy Lab.(NREL), Golden, CO (United States). Source: Link.
⁴¹ Shields, M., Stefek, J., Oteri, F., Kreider, M., Gill, E., Maniak, S., ... & Hines, E. (2023). A Supply Chain Road Map for Offshore Wind Energy in the United States (No. NRELTP-5000-84710). Source: Link.
⁴² DNV. (2022). Floating wind: The power to commercialize. Source: Link.

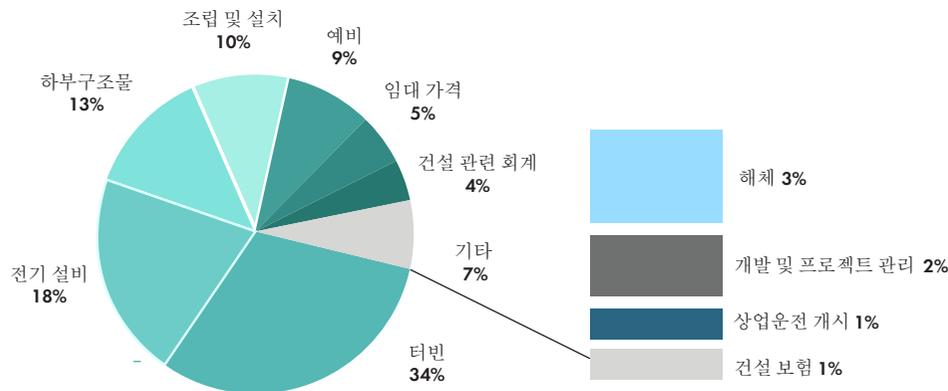


그림 6. 투자에서 공급망 구성 요소별 비중(고정식 해상풍력)

항만

해상풍력 발전을 위한 전용 항만 건설 비용은 프로젝트별 실증 데이터에서 확인하기 어려운 측면이 있다. 따라서 항만 개발 분석에서는 한국과 미국의 항만 건설과 관련된 연구 결과와 대만의 CapEx)에 대한 연구 결과에 기반하여 다양한 시나리오에 대한 가정을 도출했다.⁵¹⁴⁶

본 연구에서는 상기 데이터를 바탕으로 해상풍력 전용 항만 건설에 소요되는 비용 범위를 추정하고 그 결과를 아래 표에 요약했다. 표에 요약된 바와 같이 14.3GW 규모의 해상풍력 발전 단지 전용 항만 건설 비용은 최소 1,866.6백만 달러에서 최대 4,548.6백만 달러 사이로 소요될 것으로 예상된다. 단순화하여 설명하고자, 한국의 데이터를 기반으로 한 사례 2를 분석 대상으로 선택했다.

구분	사례 1	사례 2	사례 3	사례 4
총 투자비용 (백만달러)	1,866.62	4,372.90	3,807.28	4,548.57

- 사례 1. 전체 사업 비용 중 2.10% 차지 (한국 사례)
- 사례 2. 전체 사업 비용 중 5.20% 차지 (한국 사례)
- 사례 3. 미국의 2030년까지 해상풍력 보급목표를 위한 항만 개발 비용 추정에 근거. 항만 개발 및 전용 선박 건조 비용의 비율은 70:30(%)임
- 사례 4. 대만 타이중항의 유지보수 및 확장 비용에 근거

해상풍력 비용 분석과 마찬가지로 해상풍력 프로젝트의 항만 및 배후단지 건설에 따른 경제 승수 효과 추정도 기존 항만 CapEx 추정치를 공급망에 따라 나누어 수행했다.⁴⁷ 이 분석의 비용은 미국과 대만에서 공개된 전체 프로젝트 예산 중 점유율을 참고하여 전체 프로젝트 예산 중 예상 점유율을 기준으로 추정했다. 항만의 '은 해상풍력 개발의 전체 투자 비용의 약 2~4%로 미미한 수준이다. 따라서 경제적 승수 효과는 주로 건설 비용에 집중된다.

CapEx의 구성은 KDI(2021) 부산신항 2단계 예비타당성 보고서 항만개발에 대한 각 구성요소별 비용 구조를 참고했다.⁴¹ 단, 각 구성요소별 비용의 업종별 배분은 연구진의 독자적인 판단에 따른 것으로 예비타당성 조사 보고서와는 무관하다.

예비 타당성 조사에 따르면 CapEx는 7.013억 달러(한화 약 9조 1,342억 원)로 추정된다. 비용 구조는 크게 건설비, 시설 부대비, 어업권 보상비, 예비비로 구분된다. CapEx 전체에서 건설비는 약 72%의 비중을 차지하며 전기공사에 할당된 소액을 제외하고는 주로 토목공사 비용으로 구성되어 있다. 해상풍력 비용 분석에서 수행된 공급망 분석은 항만 건설 분석에 대해서는 수행되지 않았다. 따라서 본 연구에서는 보다 심층적인 원가 분석이 이루어지지 않아 경제적 효과 분석에 한계가 있다.

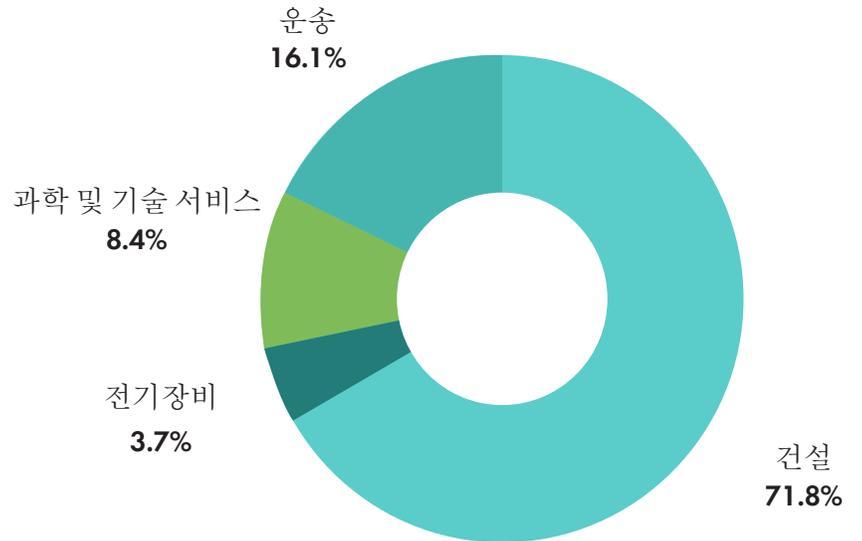


그림 8. 항만 건설 비용 내역 (%)

⁴¹Shields, M., Stefek, J., Oteri, F., Kreider, M., Gill, E., Maniak, S., ... & Hines, E. (2023). A Supply Chain Road Map for Offshore Wind Energy in the United States (No. NRELTP-5000-84710). Source: Link.

⁴³Lee et al. (2019). "Strategy to Utilize Ports and Hinterland Complexes for the Development of OFW Clusters."

⁴⁴KDI. (2021). Preliminary Feasibility Report for Busan New Port 2.

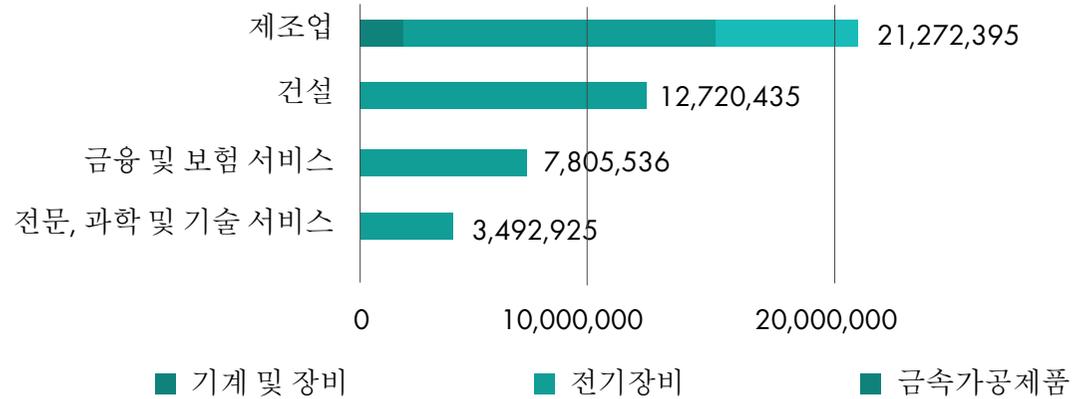
결과

해상풍력 발전단지(고정식 및 부유식)

다음 섹션은 2023년부터 2030년까지 14.3GW 용량의 CapEX 및 OpEX 구성 요소에 대한 총 부가가치 효과와 예상 일자리 창출로 구성된다. 2030년까지 총 14.3GW 파이프라인이 달성되어 상업운전을 개시할 가능성은 거의 없다. 그러나 이 분석은 한국의 해상풍력과 관련된 잠재적인 경제적 이익을 나타내기 위해 단순화되었다. 개발 및 건설 일정 전반에 불확실성이 존재하므로 7개년 개발 계획을 가정 했을 때 2030년부터 승수효과가 발생한다고 가정했다. 또한 인플레이션과 미래 할인율은 고려하지 않았으며, 총 8년의 기간을 하나의 기간으로 간주했다.



CapEx 부가가치(GVA) - 고정식



CapEx 부가가치(GVA) - 부유식

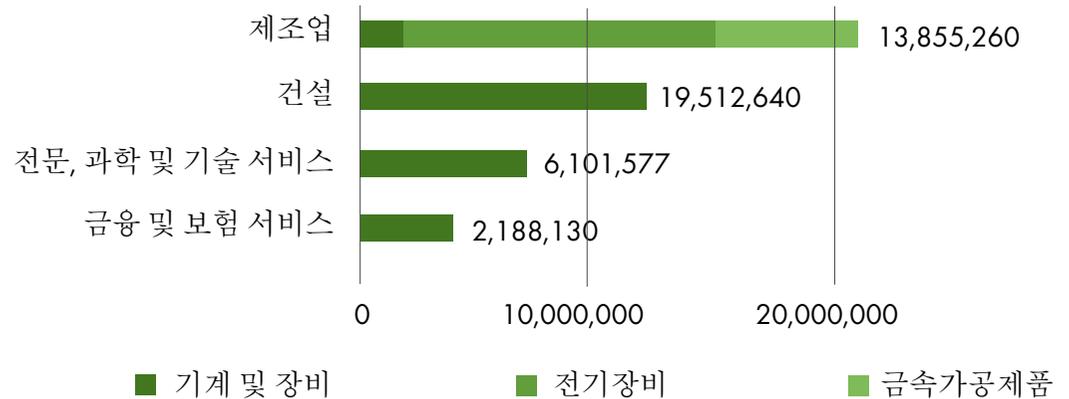


그림 9. CapEx에 대한 총 부가가치

2030년까지 총 14.3GW의 해상풍력 발전소가 건설된다고 가정할 때, 고정식 해상풍력의 총 부가가치 효과는 7년간 약 45.3조 원, 부유식 해상풍력은 약 41.7조 원으로 추산된다(그림 9). 건설 단계의 총 부가가치 창출은 고정식 해상풍력의 경우 제조업이 가장 높고, 건설업, 금융 및 보험업, 전문, 과학 및 기술 활동이 그 뒤를 잇는다.

제조업 중에서는 전기 장비가 가장 큰 영향을 미쳤으며, 가공 금속 제품, 기계 및 장비가 그 뒤를 이었다. 부유식 해상풍력의 경우 건설 부문이 가장 큰 영향을 미쳤으며 제조업, 금융 및 보험업, 전문, 과학 및 기술 활동이 그 뒤를 이었다. 이는 노동집약도가 높은 부유식 풍력발전기 하부구조 플랫폼(Spar floating platform)이 주로 사용되고 있기 때문에 계류 시스템과 같은 기술 집약적 부유식 플랫폼이 확산될 경우 총 부가가치가 창출되는 산업 부문에 일부 변화가 일어날 것으로 예상할 수 있다.

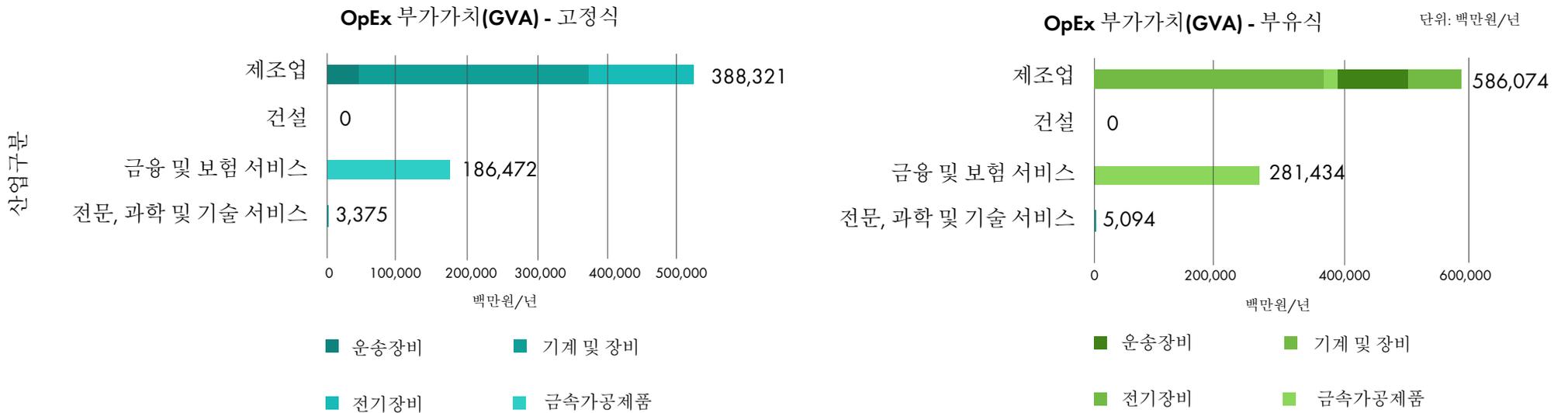


그림 10. OpEx의 총 부가가치

단계에서는 고정식의 경우 1년 동안의 부가가치 효과는 8,726억 원, 총 부가가치 효과는 5,782억 원으로 추정할 수 있다(그림 10). 본 연구에서는 2023년부터 2030년까지 부가가치 효과를 분석했다. 위 그림은 2030년에 한정하여의 부가가치 효과를 나타낸 것이다. 부유식 해상풍력의 부가가치 효과가 상대적으로 낮은 이유는 상업적으로 운영 중인 해상풍력 발전소의 용량을 각각 8.8GW, 5.5GW로 가정하여 전체 용량에서 부유식 해상풍력이 차지하는 비중이 더 낮기 때문으로 분석된다.

총 부가가치는 주로 고정식 및 부유식 모두에서 제조, 금융 및 보험 활동에서 발생하는 것으로 추정된다. 즉, 단계의 지속적인 유지보수는 제조 부문의 수요를 지속적으로 창출하며, 금융 및 보험 관련 서비스에 대한 지속적인 작업 수요를 창출한다.

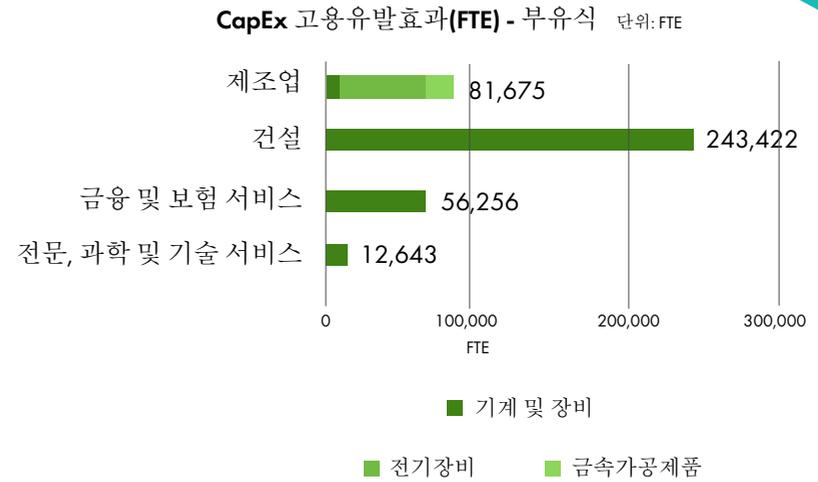
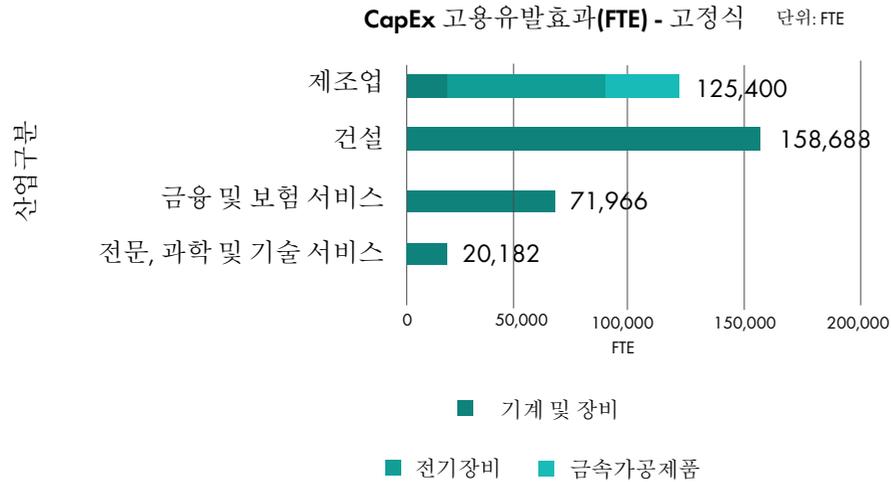


그림 11. 설비 투자에 대한 정규직 고용(FTE)

고정식 해상풍력의 전일제 환산 고용 효과는 약 **376.2만 FTE**이며, 부유식의 경우 전체 건설 단계에서 약 **394천 FTE**이다(그림 11). CapEx 분석에 따르면, 고용 창출 효과는 고정식 해상풍력에서 **376,200개**, 부유식 해상풍력에서 **394,000개**의 일자리가 창출될 것으로 예상된다. 이는 주로 건설 부문에서 고용 창출이 더 많은 부유식 해상풍력에 기인한다. 부문별로 보면, 고정식 해상풍력은 건설 부문에서 약 **159,000개**, 제조업 부문에서 **125,000개**의 일자리를 창출하는 반면, 부유식 해상풍력은 건설 부문에서 약 **243,000개**, 제조업 부문에서 약 **82,000개**의 일자리를 창출한다.

한편, 금융 및 보험 부문과 전문, 과학 및 기술 부문에서도 상당한 일자리 창출이 예상된다. 건설 부문에서 고용창출 효과가 두드러지는 주된 이유는 제조업, 금융업, 전문과학 및 기술 분야의 수요가 주로 해상풍력 발전 단지의 수용 능력에 비례하는 반면, 전체 프로젝트 비용은 부유식 해상풍력이 더 높기 때문이다. 간단히 말해, 건설 기간 동안 부유식 해상풍력이 고정식 해상풍력에 비해 더 많은 일자리를 창출할 것으로 예상된다. 다만, 해상풍력 시설 건설 인력은 일반적으로 고용되는 저숙련 근로자보다 높은 숙련도를 필요로 하므로 단기적인 일자리 창출에 그칠 것이라고 단정하기는 어렵다.

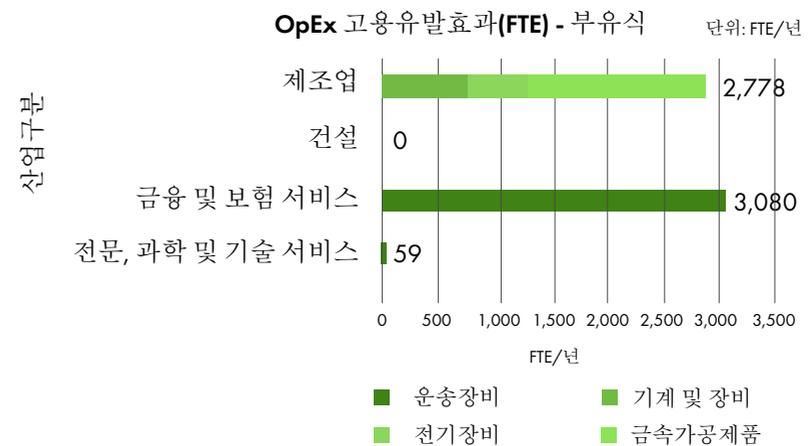
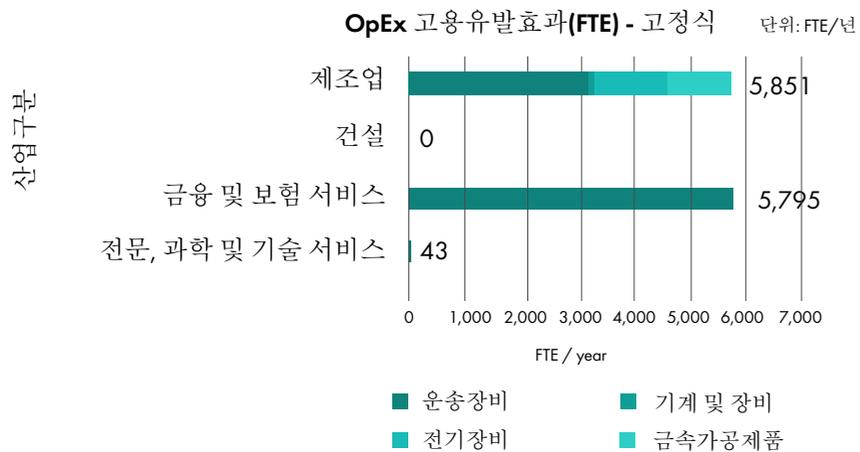


그림 12. 운영 비용에 대한 정규직 고용(FTE)

O&M 단계의 경우, 2030년 1년 동안 고정식 해상풍력에서 연간 11,689개의 정규직 고용(Full Time Employment; FTE)이 창출될 것으로 추정되며, 부유식 해상풍력에서는 5,917개의 정규직 고용(FTE)이 창출될 것으로 추정된다(그림 13). O&M 과정에서 주요 부품 및 자재에 대한 수요가 발생하여 제조업 부문에서 전체 정규직 고용(FTE)의 약 절반을 차지할 것으로 예상된다. 그 밖의 일자리 창출 효과는 금융 및 보험 부문과 전문 부문, 과학 및 기술 부문에서 발생하며, 전자에서 대부분의 일자리가 창출된다.

항만

항만 건설과 을 통해 발생하는 경제적 승수 효과는 주로 건설 중에 발생한다. 부산신항 예비타당성 보고서에 따르면, 총 운영비는 투자비의 약 3%를 차지하며, 운영기간은 25년으로 추정된다. 이러한 결과에 따르면 투자비 대비 운영으로 인한 부가가치 및 일자리 창출 효과는 상대적으로 작은 것으로 분석된다. 따라서 본 연구에서는 투자비용을 중심으로 항만 투자 및 운영의 부가가치경제적 승수 효과를 분석했다. 해상풍력 항만의 건설은 기존 항만을 개조 또는 확장하거나 완전히 새로운 항만을 건설하는 등 다양한 방법이 있을 수 있지만, 본 연구에서는 구체적인 접근 방식을 명시하지 않았다.

CapEx 부가가치(GVA) - 항만 단위: 백만원



그림 13. CapEx에 대한 총 부가가치(GVA) - 항만

그림 14에서 볼 수 있듯이 14.3GW의 총 항만 투자비는 약 5,691,89백만 원(435.7백만 달러)으로 볼 수 있다. 항만 CapEx로 인한 부가가치 효과는 3조 4,778,851억 원(2,663.1억 달러)으로 추정된다.

항만 건설과 산업 간의 연관성을 살펴보면 건설 부문에서 가장 큰 연관성이 나타났으며, 다음으로 전기 장비, 전문 과학 기술, 운송 장비 순으로 연관성이 높은 것으로 나타났다. 투자 비용 규모에 따라 건설 부문이 전체 부가가치 효과의 95%를 초과하는 것으로 나타났다.

CapEx 고용유발효과(FTE)

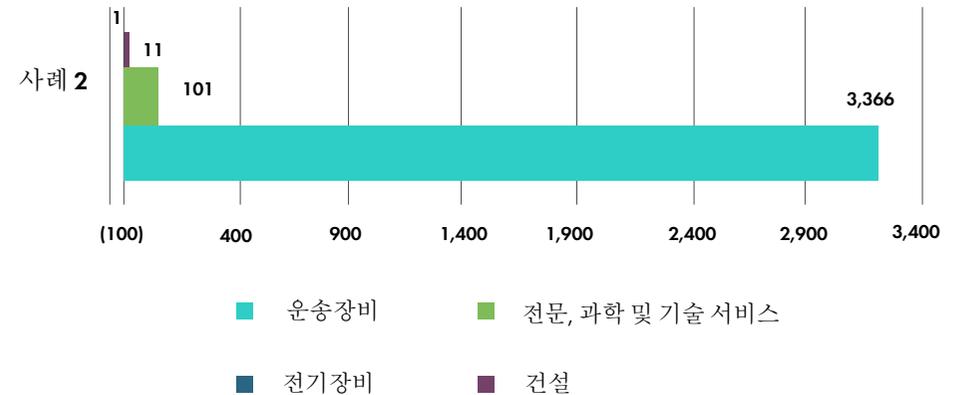


그림 14. 자본지출(CapEx) - 정규직 고용(FTE)

항만 건설로 인해 건설기간 중 예상되는 고용 창출 효과는 3,479명으로 추정된다(그림 14). 건설 부문에서 가장 많은 일자리가 창출되고, 다음으로 전기 설비 부문, 전문, 과학 및 기술 활동 부문, 운송 장비 부문 순으로 많은 일자리가 창출될 것으로 예상된다. 이를 공사 기간의 연평균으로 환산하면 약 700명으로 볼 수 있다.

해상풍력 개발이 연안 지역 사회를 지원하도록 보장 시사점과 모범 사례



해상풍력 개발이 연안 지역 사회를 지원하도록 보장: 시사점 과 모범 사례

전 세계적으로 많은 항구와 연안 지역 사회가 번성하고 있지만, 아직 이러한 발전의 혜택을 누리지 못하는 지역 사회도 있다. 소규모 연안 지역 사회는 내륙 지역이나 인근의 대규모 항만 및 해양 산업 지역보다 경제 성장이 더딘 경우가 많다. 관광업을 비롯한 다수의 연안 산업은 계절적 요인으로 인해 연중 평균 임금과 투자가 감소한다. 어업과 지역 조선업과 같은 전통 산업의 쇠퇴와 저렴한 해외 휴가의 증가는 투자 감소에 기여했다. 그 결과 다수의 연안 지역은 인프라와 교통망이 열악할 뿐만 아니라 젊은 층의 외부 이동이 증가하고 있다. 이러한 지리적 고립과 인구 구조의 변화로 인해 지역 경제의 침체는 더욱 심화되고 있다.

연안 지역 재생은 연안 지역 사회의 경제적, 사회적, 환경적 특성을 회복하기 위해 취할 수 있는 다양한 노력을 설명한다. 2010년에 영국에 본부를 둔 비영리 단체인 연안 커뮤니티 연합 (Coastal Community Alliance)은 연안 지역 재생은 단순히 새로운 일자리를 창출하는 것 이상을 의미한다고 주장했다. 대신, 이 용어는 이미 존재하는 것에 새롭고 신선한 생명을 불어넣는 것을 뜻한다고 할 수 있다. 이러한 의미에서 연안 지역 재생은 연안 지역 사회를 독특하게 만드는 모든 측면을 활성화하는 것을 포함한다. 예를 들어, 연안 지역 재생 이니셔티브는 경제적 박탈이라는 근본적인 문제를 고려해야 할 뿐만 아니라 경제적 다각화를 모색하고, 항만 및 제조 현장과 같은 물리적 자산과 사구와 같은 자연 자산을 복원하며, 사회적 결속, 역사 및 문화 유산, 삶의 질 등 특정 장소의 사회적 구조의 활성화에 기여하는 측면을 지원해야 한다.

해상풍력 발전의 풍부한 이점은 정부와 산업계의 적절한 지원과 함께 연안 지역의 재생 노력을 뒷받침할 수 있다. 유럽에서는 과거 석유 및 가스 부문에서 많은 일자리가 창출되었던 연안 지역의 경제 상황은 해상풍력의 긍정적인 경제적 효과의 수혜를 입고 있다. 예를 들어 덴마크의 에스비에르(Esbjerg)항은 이미 주요 어업 항구에서 석유 및 가스 산업에 서비스를 제공하는 항구로 전환하여 이 지역에 기반을 둔 여러 주요 기업을 보유하고 있다. 2000년 이후 해상풍력 부문이 성장하기 시작하면서 에스비에르항은 기존 인프라를 활용하고, 추가 투자를 유치하고, 전체 해상풍력 가치 사슬 전 영역의 기업을 수용하는 데 성공했다.

해상풍력 개발을 통해 지역 사회에 혜택을 제공하기 위해서는 업계와 정부 간의 협력적인 접근 방식이 필요하다. 정부 정책은 대규모 인프라 프로젝트에 대한 민간 투자를 장려하기 위해 지원 프레임워크와 프로젝트 파이프라인을 제공해야 한다. 이를 통해 지역 사회 기금 및 환경 복원 등의 산업 프로그램을 통한 추가 혜택과 함께 양질의 장기적이고 다양한 일자리를 지원할 수 있다. 연안 지역 재생 활동의 장기적인 성공 여부는 건설, 석유 및 가스, 어업과 같은 지역 산업이 해상풍력 부문의 요구에 얼마나 협력하고 적응할 수 있는지에 달려 있다.

저비용 개발과 현지 투자 간에는 종종 상충 관계가 나타난다. 기술 혁신, 규모의 경제, 현지 및 글로벌 공급망 간의 상호작용으로 인해 해상풍력 개발 비용은 지난 몇 년 동안 크게 감소했다. 요컨대, 일부 서비스는 현지 및 개발 국가에서 가장 효율적으로 제공될 것이며, 다른 서비스는 그 외 지역에서 더 경쟁력 있게 제공될 수 있다.

이처럼 현지와 글로벌 공급망 간의 필연적인 긴장관계에도 불구하고, 해상풍력 개발을 통해 지역 수준의 연안 지역 사회에 경제적, 사회적, 환경적 혜택을 창출하고 전반적인 연안 지역 재생을 지원하기 위해 정부와 업계가 활용할 수 있는 세 가지 주요 메커니즘이 있다.⁴⁵

이 보고서에서 논의된 해상풍력 개발을 통한 연안 지역 재생을 지원하는 주요 메커니즘은 다음과 같다:

- 기존 자산의 활성화
- 혁신과 효율성을 지원하는 클러스터 개발
- 전담 교육 및 훈련을 통한 기술 숙련도 향상

⁴⁵ House of Commons Library, The future of Coastal Communities, 2022; Source: Link.

⁴⁶ Walton, J.K. and Browne, P. eds., 2010. Coastal Regeneration in English Resorts-2010. Coastal Communities Alliance; Source: Link

⁴⁷ UN Habitat, "Urban Regeneration"; Source: Link

⁴⁸ World Bank, Key Factors for Successful Offshore Wind Development in Emerging Markets, 2021; Source: Link

대부분의 해상풍력 개발을 지원하려면 기존 인프라, 특히 항구를 활성화하는 것이 필수적이다. 덴마크의 에스비에르항은 항만 재생의 한 예로, 과거에는 석유 및 가스 개발 지원 목적으로만 사용되었으나 현재는 북해의 해상풍력 개발을 위한 주요 항구 중 하나로 사용되고 있다. 대만의 타이중(Taichung)항은 외국인 국제 투자로 인해 변모했으며, 에스비에르항과 마찬가지로 오늘날 아시아 태평양 지역의 해상풍력 개발에서 중요한 역할을 하고 있다. 지리적 위치를 고려할 때 한국과 더 넓은 지역의 주요 해상풍력 개발을 지원할 수 있는 잠재력을 가진 한국의 목포항에도 유사한 재생 접근법을 적용할 수 있다.

정부, 업계, 학계 간의 장소 기반 협력을 위한 클러스터를 개발하면 해양유산 보유 지역의 해상풍력 공급망 개발을 지원할 수 있다. 전 세계적으로 클러스터 모델의 다양한 성공 사례가 있지만, 영국의 험버 클러스터는 현재 영국의 해상풍력 발전 용량의 3분의 1 이상을 지원하고 있다.⁵² 이 보고서는 험버 클러스터의 발전 과정을 살펴보고 유사한 입지 조건과 연계성을 갖춘 한국의 인천시와 군산시가 지역적, 국가적으로 더 광범위한 산업의 발전을 지원하기 위한 제언을 제공한다.

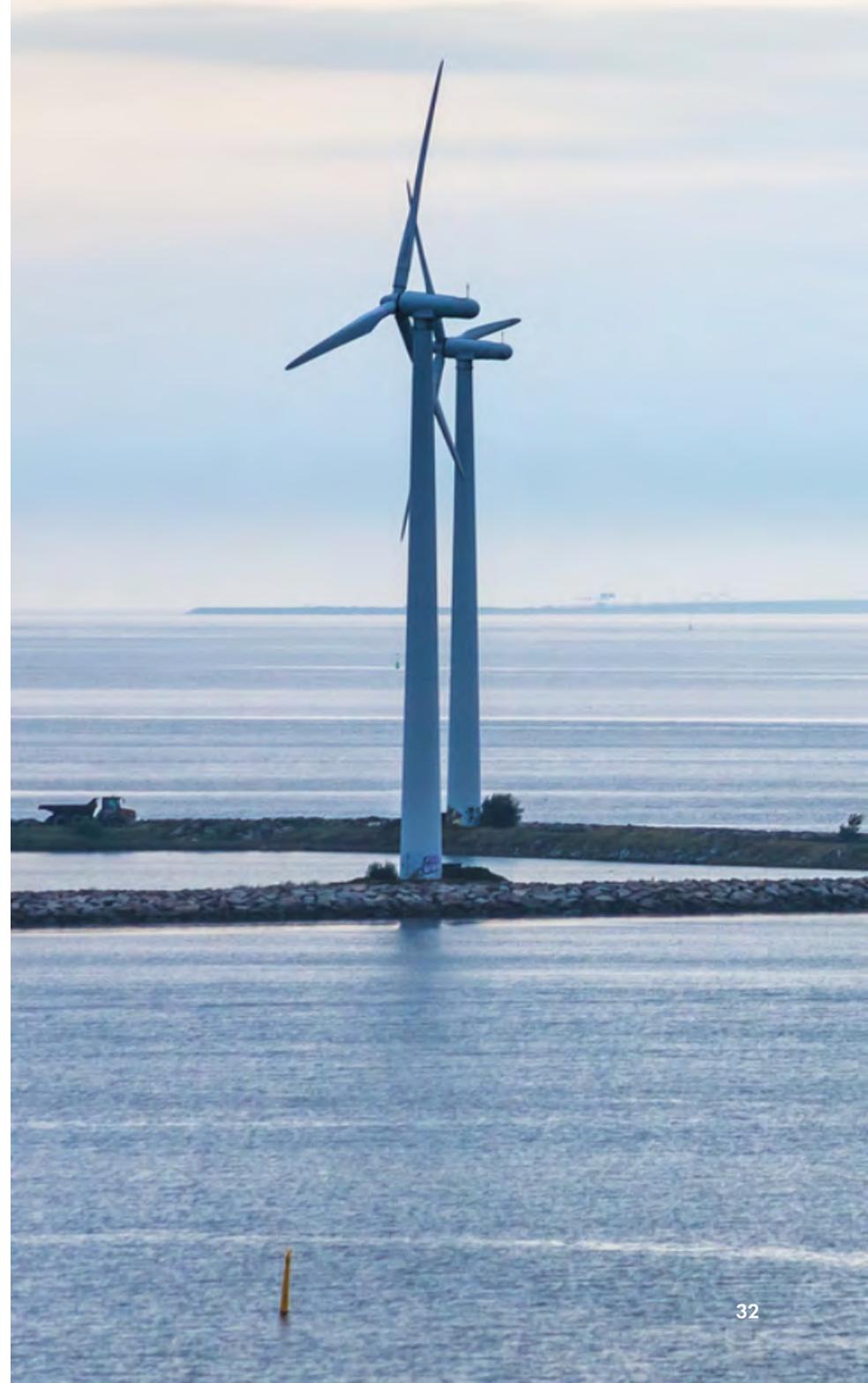
마지막으로, 기존 자산을 업그레이드하고 클러스터를 개발하려면 전문성과 기술력을 갖춘 인력이 필요하다. 정부와 산업계는 현지 인력이 적절한 지원을 받아 공정한 전환에 참여할 수 있도록 함께 노력해야 한다. 이는 결국 해상풍력 시장에 대한 위험을 줄이고 신뢰도를 높이는 결과로 이어질 수 있다.

항만 및 기타 기존 자산 활성화

해상풍력, 특히 부유식 해상풍력을 상업적 규모로 보급하기 위해서는 상당한 규모의 항만 개선이 필요하다. 항만과 주변 재개발 부지를 활성화하려면 항만 당국과 업계 및 정부 간의 협력이 필요하다. 복원 후 항구는 지역 해상풍력 공급망을 지원하여 개발과 경제 생산성 향상을 위한 허브로 거듭날 수 있다.

이 섹션에서는 에스비에르항과 타이중항의 재개발 노력을 조명하고 전반적인 성공 요인에 대해 간략히 설명한다. 한국의 경우, 목포와 신안은 새로운 해상풍력 항구의 잠재적 입지로 확인된 지역으로, 한국의 해상풍력 개발에 적합한 입지를 갖추고 있다.

⁵²Green Port Hull, “Humber Offshore Wind Cluster”; Source: Link



사례 연구

에스비에르항
주요 정보

2001년 이후 에스비에르에서 22GW의 해상풍력을 출하하여 유럽 설치용량의 80%를 차지한 시장을 선도하는 항구임

위치: 에스비에르, 덴마크

항만 크기: 4.5m sqm²

해상풍력 에너지: 4.9GW의 해상풍력 에너지 공급

매출: 291억 유로 (2022년)

지역적 강점: 덴마크 해안을 따라 북해의 해상풍력 발전소에 서비스를 제공하기에 유리한 위치에 소재

공급망: 제조, 운송, 사전 조립, 설치, 유지보수 등 전체 풍력 가치 사슬에 걸쳐 10,000명의 직원을 보유한 200개 이상의 기업

소유자: 2000년부터 에스비에르 지방 자치 단체가 소유한 자치 항구

역사적으로 에스비에르항은 어항이었으며 1970년대부터 석유 및 가스 산업에 서비스를 제공했다. 2000년대 초 유럽 해상풍력 산업의 선발 주자이자 덴마크 해안에 위치한 입지적 편의성 덕분에 에스비에르 항은 55개 이상의 해상풍력 프로젝트를 지원하는 유럽 최고의 해상풍력 항구로서 핵심 시장의 지위를 자리매김 할 수 있었다(그림 15 참조).

성장하는 해상풍력 산업의 수요에 부응하기 위해 에스비에르항은 2004년부터 2013년까지 10억 덴마크 크로네(당시 약 1억 7천만 달러)를 풍력 가치 사슬을 지원하는 새로운 영역과 시설에 투자하여 확장했다.⁵⁴ 서비스 역량을 석유 및 가스 부문에서 재생 에너지 부문으로 다각화한 결과 2015년에는 전체 수익의 10%에 불과했던 석유 및 가스 부문 관련 수익이 감소한 반면, 해상풍력 관련 수익은 25%에 달하게 되었다.⁵⁵

그림 15. 에스비에르항



에스비에르 항의 핵심적인 경쟁 우위는 북유럽의 생산 시설과 북해 및 주변 해역의 해상풍력 발전소를 연결한다는 점이다. 이러한 잠재력을 활용하여 해상풍력으로 다각화한 결과 현지 공급망에 큰 영향을 미쳤으며, 항만 운영과 관련된 200개 이상의 기업이, 제조, 운송, 사전 조립, 설치 및 해상풍력 발전 단지의 유지보수 등 가치 사슬 전반에 걸쳐 10,000명 이상의 직원을 고용하고 있다.⁵⁶

⁵⁰Port of Esbjerg, Annual Report, 2022; Source: Link

⁵¹Port Esbjerg, "History"; Source: Link

⁵²Qbis, Socio-economic impacts of offshore wind, 2020; Source: Link

⁵³State of Green, "Port of Esbjerg: World's largest base port for offshore wind activities", 2022; Source: Link

지역 산업 및 투자에 미치는 영향

에스비에르항은 미래 기술 과제 대응하고자 지속적인 개선과 향상을 위해 공공 및 민간 투자자들의 투자를 끊임없이 유치하고 있다. 에스비에르 항구에 대한 몇 가지 주목할 만한 투자 사례를 소개한다:

- 2023년 에스비에르항은 NATO 해양 허브로 선정되어 유럽위원회(EC)와 유럽연합(EU)의 유럽 연결 프로젝트(CEF)로부터 2,800만 유로 이상의 보조금을 받아 인프라를 개선하고 570,000㎡까지 확장할 계획이다. 또한 2024년까지 페어웨이를 12.8m 깊게 확장하여 더 큰 규모의 설치선이 에스비에르항을 차세대 대형 해상풍력 터빈의 사전 조립 및 서비스 항구로 이용할 수 있도록 할 계획이다.
- 펜션덴마크(PensionDanmark)는 2034년까지 134GW를 구축하고자 북해의 공급망에 대한 압력을 완화하고 병목 현상을 완화하기 위한 2023년에 건설 시설에 대해 약 9억 4천만 유로의 대규모 투자를 단행했다.

스웨덴 투자 펀드 인프라노드(Infranode)는 덴마크와 북유럽 지역의 친환경 일자리 창출을 위해 2020년에 해상풍력 부품의 보관, 재조립 및 제조를 위한 에스비에르의 항만 시설에 최대 1억 4500만 유로를 점진적으로 투자하기로 확정했다. 58 지역 공급망과 노동 시장 모두 전통적인 석유 및 가스 부문 서비스에서 재생 에너지 부문에 중점을 둔 서비스로 전환을 하여 수혜를 입었으며, 그 결과 해당 지역에 대한 상당한 투자가 촉진되었다. 수년에 걸친 광범위한 경제적 영향과 지역 총부가가치(GVA)를 완전히 정량화하기는 어렵지만, 경험법칙을 적용하면 개발된 해상풍력 1MW당 평균 0.1~0.5 백만 파운드의 지역 총부가가치(GVA)가 발생할 것으로 예상할 수 있다. 59 22GW가 북해로 운송된 에스비에르 항의 시나리오에서는 지난 20년 동안 총부가가치(GVA)가 220만 파운드에서 1,100만 파운드 사이로 추정된다.

⁵⁴ Project Cargo Journal, "EU awards major grant to Port Esbjerg, 2023" Source: Link

⁵⁵ OE, "Infranode to Invest Up to €1.45m in Port Esbjerg's Offshore Wind Facilities", 2020; Source: Link

⁵⁶ Vattenfall, Guidance on assessing the socio-economic impact of offshore wind farms (OWFs), 2020; Source: Link



사례 연구

타이중항
주요 정보

대만에서 가장 큰 항구로 자유무역지대 역할을 하며 해상풍력 발전소를 건설하려는 대규모 국제 기업을 유치하고 있음

위치 타이완 타이중 우치구 (Wuqi District)

항구 크기: 40km²

해상풍력 에너지: 4.9GW의 해상풍력 에너지 공급

지역적 강점: 자유무역지대는 생산 비용을 절감하고 GVA를 증가시키며 항구에 더 많은 기업을 유치함. 해상풍력 시설을 더욱 수용하기 위해 항구의 인프라에 상당한 투자가 이루어짐

투자: 59개 기업의 NT\$4580억 (2010년)⁶⁰

공급망: 항만 및 자유무역지역에서 사업을 영위하는 100개 기업 (2023년)⁶¹

소유자: 대만국제항만공사, 국영 해운 회사

타이중항은 1973년 석유 파동 이후 대만 10대 건설 프로젝트의 일환으로 1976년에 개항했다. 궁극적으로 대만의 미래 경제 현대화이루고자 핵심 인프라 개선을 위해 외국인 투자를 유치했으며, 대만 정부는 이 프로젝트에 3,000억대만달러(약 80억 파운드)를 추가로 투자했다.⁶²

현재 타이중항은 대만의 4개 국제 상업항 중 가장 큰 항구로 50개의 부두와 16개의 전문 구역, 3개의 자유무역지대를 보유하고 있다. 자유무역지대의 도입으로 세관 개입 감소, 광범위한 처리 능력, 보세제도, 세금 혜택, 간소화된 행정 요건, 완화된 노동 규제 등의 혜택을 누릴 수 있게 되었다. 자유 무역 지대와 그 혜택은 기업의 거래 및 생산 비용 절감에 기여하고, 더 큰 부가가치를 창출하고 더 다양한 비즈니스 모델을 모색할 수 있는 기회를 제공함으로써 투자를 유치한다. 타이중항은 지역 당국과 긴밀히 협력하여 지역 내 과학 기반 단지, 산업 단지 및 부가가치 서비스와의 협력을 구축하여 혁신을 촉진하고 경제적 이익을 극대화하기 위해 노력하고 있다.⁶³



혁신 중심의 접근 방식은 재생 에너지 확대를 위한 타이중 항만의 노력을 반영한다. 지난 몇 년 동안 대만국제항만공사(TIPC)는 대만 연안의 해상풍력 발전 단지 작업을 지원하기 위해 터빈 조립용 헤비 리프트 부두 2기를 신설하여 2025년까지 5.7GW를 생산한다는 대만 국가 목표를 달성하기 위해 35억 NT\$(약 1억 1천만 달러)를 배정하여 항구를 확장했다⁶⁴

해상풍력 개발을 지원하기 위해 타이중항에서 이용할 수 있는 시설로는 터빈 제조, OFW 예비 부지, 터빈 부품 수출입 구역 및 조립 구역 등이 있다. 이 항구에는 또한 국제 풍력 훈련 공사(International Windpower Training Corp. Ltd. (TIWTC))를 포함한 전용 훈련 센터가 있다. 를 비롯한 전용 교육 센터도 있으며, 해당 센터는 지역 경제에 부가가치를 창출하기 위해 핵심 국내 인력 개발을 지원하는 것을 목표로 한다.

⁵⁷ Taipei Times, "Taichung's port passes Jeelung in cargo, MOTC says", 2010; Source: Link

⁵⁸ Port of Taichung, Taiwan International Ports Corporation, Ltd., "About Us", 2024; Source: Link

⁵⁹ DBpedia, Ten Major Construction Projects; Source: Link

⁶⁰ Port of Taichung, Taiwan International Ports Corporation, Ltd., 2023; Source: Link

⁶¹ Port of Taichung, Taiwan International Ports Corporation, Ltd., Completion of First of Several Wharves Tailor-Made to the Needs of Offshore Wind Farm Development Efforts Reflects Port of Taichung's Full Commitment to the Offshore Wind Industry, 2020; Source: Link

지역 산업 및 투자에 미치는 영향

자유 무역 혜택과 해상풍력 개발을 위한 우수한 인프라가 결합되자 여러 국내외 해상풍력 기업의 투자를 유치할 수 있었다:

- 오스테드는 그레이터 창화(Greater Changhua) 1&2a 프로젝트를 위한 부두 임대와 20년 임대 계약 체결하고 2022년부터 임대 부두를 개선하기로 약속하여 이 지역에 대한 장기적인 헌신을 보여줌⁶⁵
- 대만전력회사 타이파워(Taipower)는 창화현의 부품 취급, 조립 및 보관을 위해 2개의 부두와 배후부지로 구성된 13헥타르에 대해 약 30억 NT\$에 달하는 20년 임대 계약을 체결함⁶⁶
- 노스랜드파워(Northland Power)는 위산에너지(Yushan Energy Co. Ltd) 와 함께 2024년부터 타이중항에서 1GW 하이롱 프로젝트를 진행할 예정임⁶⁷
- 가메사리뉴에너지(Gamesa Renewable Energy)는 2021년 타이중항에 90,000m²가 넘는 규모의 해상 나셀 발전소를 개장하여 대만 인력의 숙련도를 높여 지역 경제에 큰 가치를 더함⁶⁸
- MHI 베스타스(MHI Vestas)는 타이중항과 계약을 체결하여 코펜하겐 인프라 파트너스(CIP)의 창팡(Changfang) 및 시다오(Xidao) 프로젝트에 9.5MW 터빈 62기를 공급할 예정이며, 영관에너지기술그룹(Yeong Guan Energy Technology Group (YGG)) 등 대만 현지 공급업체와 긴밀히 협력하여 현지 부가가치를 창출을 위해 노력하고 있음⁶⁹
- 네덜란드 EPCI 업체인 얀 드 놀(Jan de Nul)은 물류 허브 구축을 위해 대만국제항만공사(TIPC)와 양해각서를 체결하고 2019년에 포모사 1, 2단계의 모노파일 기초 및 기타 수중 인프라의 보관, 조립, 하역 공간으로 사용될 타이중항 내 7.6헥타르의 공간 임대 계약을 체결함⁷⁰
- 일본의 케이블 공급업체인 히타치(Hitachi)는 증가하는 국제 변압기 수요에 대응하고 대만의 전략적 위치에서 국제 시장에 공급하기 위해 2014년 타이중항 자유무역지대에 자본금 14억 대만달러 규모의 변압기 제조 합작회사(71)를 설립하여 약 200개의 현지 일자리를 창출함

항만 인프라 확충에 대한 강력한 의지와 지속적인 투자로 국제적인 기업들이 타이중 항구에 정착하여 해양 사업을 운영할 수 있게 되었고, 타이중항은 아시아 태평양 지역의 해상풍력 개발의 주요 허브로서 성공적으로 자리 잡았다.

⁶⁵ Ørsted, "Ørsted signs 20-year lease with Port of Taichung for Greater Changhua offshore wind farms", 2020; Source: Link

⁶⁶ Taipower, Phase 1 of the Offshore Wind Project - Powering Up Green Energy with Sea Breeze, 2022; Source: Link

⁶⁷ Hai Long Offshore Wind, Anchor Project, 2021; Source: Link

⁶⁸ Siemens Gamesa Renewable Energy, Tripling in Taiwan: Siemens Gamesa to massively expand offshore nacelle manufacturing activities, 2022; Source: Link

⁶⁹ OffshoreWIND.biz, MHI Vestas and CIP Book Assembly Site at Taichung Port, 2020; Source: Link

⁷⁰ OffshoreWIND.biz, Jan de Nul Settles in Taichung Port, 2018; Source: link

⁷¹ Hitachi, Hitachi Announces Establishment of Joint Venture Company for Manufacturing Transformers in Taichung, Taiwan, 2013; Source: Link



사례 연구

목포항
주요 정보

목포는 전통적인 항구 도시로, 기존 항구를 개발하여 해상풍력 산업을 지원할 계획임. 신안은 섬으로 이루어진 지자체로 재생 에너지와 관련이 있음

위치: 전라남도, 대한민국 서남해안

관리 면적: 51,680 m²

인구:(목포) 218,858명 (신안) 260,941명 72 (2023년 6월 기준)

강점: 전략적 위치. 목포에는 여러 산업단지가 소재함. 정치적 환경 지원.

1897년 전통적인 어항으로 처음 개항한 목포국제무역항은 오늘날 중요한 해상 무역 및 교통의 중심지이다. 목포 지역은 수산업, 제조업, 조선업이 발달한 지역이다. 하지만 1960년대부터 시작된 경제개발과 함께 다른 지역이 크게 발전한 것에 비해 상대적으로 위축되어 왔다. 목포항은 항만으로서의 자연적, 입지적 조건에 한계가 있어 경제규모가 커짐에 따라 경제성장이 크게 둔화되었다. 또한 육상교통의 발달로 과거 목포와 함께 상업항로였던 완도, 진도, 장흥, 강진, 해남 등이 광주권역에 편입되면서 더욱 축소되었다. 하지만 여전히 신안군과 해남군의 다도해를 잇는 연안 항로의 중심지이며, 제주도를 비롯한 인근 165개 섬으로 여객선이 운항하고 있다.⁷³ 목포의 주요 산업단지는 산정, 삼진, 대양이나, 최근 몇 년 사이 주요 산업이 붕괴될 위기에 처했다.

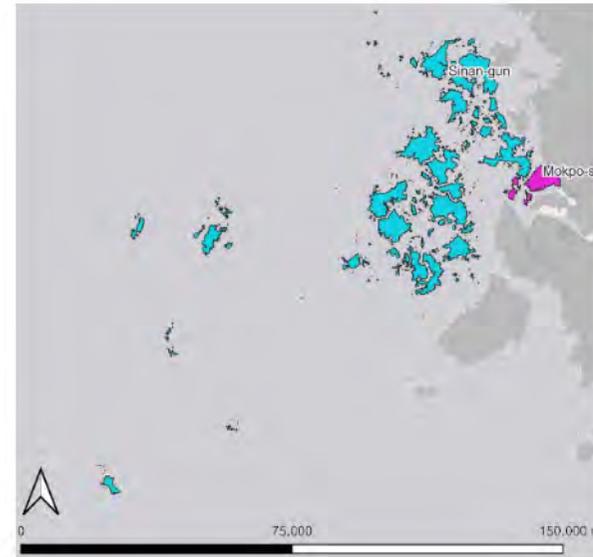


그림 17. 목포와 신안

전라남도는 서남해안 신항만 개발 계획^{74,75,76}을 수립해 서남해안 신항만 프로젝트를 지원하고 있다. 이 계획에는 2,310억 원(미화 177.425만 달러)이 투자되며 배후부지 및 238,000m² 면적의 5만 톤급 철강 부두를 조성하는 것을 목표로 하고 있다

신안군은 목포항 개발의 수혜 지역이기도 하다. 신안군은 역사적으로 어업과 농업이 주요 산업이었던 섬들로 이루어져 있다.⁷⁸ 오늘날 신안군은 재생에너지 산업을 발전시켜 200Mw 규모의 태양광 발전 프로젝트를 진행하고 있다.⁷⁹ 2022년 연구에 따르면, 신안은 RE100을 달성한 4개 지자체 중 하나인 것으로 밝혀졌다⁸⁰. 또한, 도 계획에 따르면 신안 지역에서는 해상풍력단지조성사업의 1단계를 추진할 계획이며, 1단계 사업의 규모는 한국 서남해안에서 계획된 해상풍력 프로젝트 중 4.1GW이며, 전체 사업 규모는 총 8.2GW에 달한다.⁸¹

⁶⁹South Jeolla Province. (Accessed 2024, Feb 1).
⁷⁰Encyclopaedia of South Korean Culture. (Accessed 2024, Feb 1). Source: Link.
⁷¹InvestJeonnam. (Accessed 2024, February 1): South Jeolla Province. 2024. Major Work Plan. Source: Link.
⁷²South Jeolla Province. (2023). Major Work Plan. Source: Link.
⁷³Mokpo City. (2023). Major Work Enactment Plan. Source: Link.
⁷⁴Ahn, S. M. (2023). (2023 Wind Energy Society Academic Conference) Suitable sites for offshore wind power-only ports are 'Mokpo Port, Gunsan Port, and Ulsan Port'. Source: Link.
⁷⁵Sinan-gun. (Accessed 2024, February 13). Source: Link.
⁷⁶Song, B. H. Energy Daily (Accessed 2024, February 2) Source: Link.
⁷⁷Energy Transition Forum. (2022). Source: Link.
⁷⁸South Jeolla Province. (Accessed 2024, February 13). Source: Link.

대한민국을 위한 권장 사항

에스비에르항과 타이중항은 해상풍력 발전단지를 유치하여 항만과 항구 도시가 부흥한 대표적인 사례이다. 에스비에르항은 현재 북해의 해상풍력 발전단지를 지원하는 중심항이 되었고, 타이중항은 목포항과 마찬가지로 외국인 투자를 유치하고 있으며 수많은 산업단지가 활성화되어 아시아 태평양 지역의 허브가 되었다. 이들 항구가 해상풍력 산업의 허브가 된 데에는 다음과 같은 요인들이 작용했다:

1. 주요 해상풍력 발전 단지와의 지리적 근접성

2. 기존 인프라를 개선하고 해상풍력 개발을 위해 특정 구역을 지정할 수 있음

3. 덴마크와 대만의 재생 에너지 목표는 2050년까지 탄소중립을 달성하는 것임.⁸² 2025년까지 덴마크는 전력 100%, 소비 55%를 재생에너지로 전환하는 것을 목표로 하고 있으며⁸³, 대만은 2025년까지 전력의 20%를 재생 에너지로 공급하는 것을 목표로 함⁸⁴

4. 타이중 항구의 경제적 인센티브. 자유무역 혜택의 시행은 국제적인 투자로 이어짐

표 4. 대한민국 목포와 신안의 산업 항만 기회.

목포 & 신안	
기회	<ul style="list-style-type: none"> • 항구를 해상풍력 허브로 전환할 수 있는 기회 • 목포-신안 지역 및 현지 공급망에 대한 R&D 및 내부 투자 확대 가능성 • 지역 일자리 증가 및 지역 산업 활성화 • 아태 지역 항만의 물류 조정 및 전문화를 강화할 수 있는 기회 • 외국인 직접 투자 유치 • 현지 인력의 기술 숙련도 향상을 위한 교육 센터 설립
과제	<ul style="list-style-type: none"> • 현지 인력이 처음에는 새로운 산업에 필요한 기술을 미보유하고 있을 수 있으며, 인력 수요를 충족하기 위해 기숙 숙련 교육 및 훈련 프로그램이 필요할 것임 • 현지 업체는 해상풍력 프로젝트에 제품을 공급한 경험이 없음. 주요 프로젝트 개발업체의 입찰은 대부분 부품 공급에 대한 사전 경험을 요구할 수 있기 때문에 경험의 부재는 어려움을 야기할 수 있음. 현지 기업은 해상풍력 공급망에 있는 국제 기업과 제휴하는 등의 지원없이 조달 입찰 절차의 요건을 충족하지 못할 수 있음
모범 사례 권장 사항	<ul style="list-style-type: none"> • 에스비에르 항만 당국은 '혁신 시스템 구축자' 역할을 하며 협력과 시스템 구축을 촉진했음 • 타이중항은 외국인직접투자(FDI)를 유치하고 국제 및 현지 기업 간의 협력을 촉진하고 있음

⁸²Barker, A., et al, 2022. Towards net zero emissions in Denmark. OECD Economics Department Working Papers, No. 1705, OECD Publishing, Paris

⁸³IEA, Denmark. Source: Link.

⁸⁴Gao et al., 2021. Review of recent offshore wind power strategy in Taiwan: Onshore wind power comparison. Energy Strategy Reviews, 38, p.100747. Source: Link.



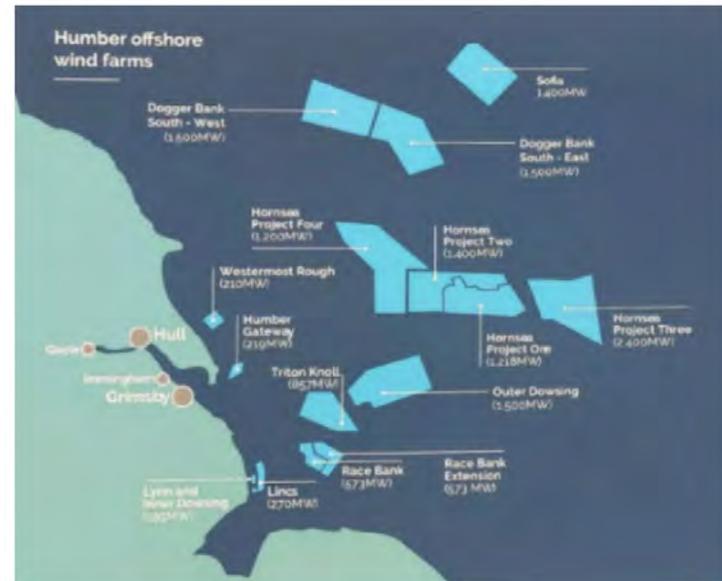
그림 18. 험버 해상풍력 산업 클러스터

클러스터 개발

클러스터는 지역 공급망 개발을 강화하고 경제 생산성을 높이며 지역(일반적으로 연안) 커뮤니티를 지원하기 위해 활동하는 산업계, 학계, 정부 간의 지역 또는 장소 기반 협력체이다. 정부 기관, 민간 부문 기업, 국제 파트너 간의 협업은 전 세계적으로 해상풍력 개발을 가속화하는 데 성공적인 것으로 입증되었다.

기존 해상풍력 클러스터의 사례는 여러 가지가 있지만, 가장 성공적인 사례 중 하나는 영국의 험버 클러스터이다. 이 섹션에서는 험버 클러스터의 주요 성공 사례와 성공 요인에 대해 간략하게 설명한다. 한국에서는 해상풍력 클러스터의 잠재적 입지로 두 지역이 선정되었으며, 각 지역의 도전과제와 기회에 대해 자세히 분석하고자 한다.

사례 연구: 영국 험버 클러스터



험버 해상풍력 클러스터는 영국의 8개 해상풍력 클러스터 중 하나이다. 이 지역에는 4.9GW의 에너지를 생산하는 8개의 해상풍력 발전 단지가 운영 중이며 2030년까지 총 13.8GW의 파이프라인을 제공할 것으로 예상된다. 역사적으로 이 지역은 해운 및 어업에 중점을 두었으며 동해안에서 성장하는 해상풍력 단지 개발에 집중하기 전에는 경제 쇠퇴를 겪기 시작했다.⁸⁸

이 지역은 혁신 및 비즈니스 인큐베이션, 테스트 및 실증, 터빈 제조, 조립, 설치, 기존 서비스 시설을 활용한 등 해상풍력 발전 단지 수명 주기의 거의 모든 단계를 아우르는 해상풍력 발전 역량으로 잘 알려져 있다. 2011년 해상풍력 클러스터로 처음 지정된 이후, 해양 및 제조업 유산을 기반으로 R&D 역량을 더욱 발전시키고, 투자를 유치하며, 교육 프로그램을 통해 지역 기술을 개발함으로써 지역을 재생하는 세계적인 모범 사례가 되었다.¹¹⁴ 현재 험버 지역은 연간 약 180억 파운드의 총부가가치(GVA)를 창출하고 있으며 험버의 산업 및 관련 공급망(해상풍력 포함) 전반에 걸쳐 36만 개의 일자리를 지원하고 있다.⁸⁹

⁸⁸ Humber Offshore Wind Cluster; Source: Link.

⁸⁹ Drax. (2019). Capture For Growth. Source: Link.

⁹⁰ Business Live, Humber's key role in seeing off offshore wind's economic headwinds highlighted; Source: Link and Reach PLC

⁹¹ Green Alliance, Growing the UK's coastal economy, 2015; Source: Link

⁹² IDRIC, Humber Industrial Cluster; Source: Link.

⁹³ Green Alliance, Growing the UK's coastal economy Learning from the success of offshore wind in Grimsby, 2015.; Source: Link

¹¹⁴ Yang, E. J. & Park, S. H.. (2017). Changes of Conservation Plans for a Historic City Center in Gusan -Based on Content Analyses of Gusan City Plans. South Korean Journal of Urban Design, Urban Design, 18(5), 5-17.

사례 연구

영국 험버 클러스터 주요 정보

위치 영국 험버, 영국

크기: 험버 하구는 약 24.5천 km².

해상풍력 에너지: 2023년 기준, 영국 해상풍력 발전 용량의 약 3분의 1에 해당하는 4.9GW의 해상풍력 에너지를 공급함⁸⁵

공급망: 험버 클러스터의 산업과 공급망을 모두 합치면 520억 파운드의 가치가 있으며, 이는 영국 총생산(GVA)의 4%를 차지함⁸⁶

초기정부지원으로민간부문의후속투자촉진

정부 지원 이니셔티브는 험버 지역의 영국 해상풍력 제조 기반을 강화하는 데 중점을 두었다. 여기에는 다음과 같은 투자가 포함되었다:

- **기존 시설 개선** - 제조 시설 개선을 위해 지멘스 가메사 및 GRI 리뉴어블 인더스트리스(GRI Renewable Industries) 와 같은 제조업체에 1억 6천만 파운드의 정부 재정 지원이 제공됨⁹⁰
- **새로운 항구 및 인프라 개발** - 험버와 티사이드에 2개의 새로운 항구를 개발하는 데 최대 9,500만 파운드가 투자되어 차세대 해상풍력 프로젝트의 건설을 촉진하는 데 필요한 인프라를 제공함. 이 항구들은 총 7개 제조업체를 수용하고 약 3,000개의 새로운 일자리를 창출할 것임¹⁰⁴

이후 지원 정책은 지역 공급망을 개발하고 험버의 지역 경제를 강화하기 위한 민간 부문의 투자를 장려했다:

- **지역 고용 및 교육** - 해상풍력 개발업체인 오스테드는 험버 지역에 총 95억 파운드를 투자했으며, 이 중 4500만 파운드가 지역 사회에 직접 투자된 것으로 추정됨. 이러한 지역 투자는 지역 대학과의 견습생 프로그램을 통해 이루어졌으며, 그림스비(Grimsby)에 있는 이스트코스트 허브(East Coast Hub) O&Mn 시설의 확장을 통해 370명 이상의 지역 근로자를 장기 고용하고 있으며, 2030년까지 800명으로 늘어날 것으로 예상됨. 92 강력한 엔지니어링 역량을 갖춘 헐 대학교는 아우라 혁신 센터(Aura Innovation Centre)와 같은 혁신 이니셔티브의 개발을 지원하여 견습생 체도를 운영하는 지멘스 가메사 등 탄소중립 분야에서 일하는 학계와 기업 간의 협업을 가능하게 했음.⁶¹
- **신규 시설 조성** - 해상풍력 제조업체 세아윈드(SeAH Wind)와 스멀더스 프로젝트 UK(Smulders Projects UK)를 위한 민간 부문 투자 약 1억 8천만 파운드는 험버에 신규 시설을 조성하여 1,000개 이상의 일자리를 창출하고 확보할 것임. 지멘스 가메사는 험버 지역에서 성장 중인 오스테드의 해상풍력 파이프라인을 지원하기 위해 새로운 해상풍력 터빈 블레이드 제조 시설 개발에 3억 1,000만 파운드를 투자하여 1,000개 이상의 현지 일자리를 창출했음.⁹³
- **연구 기관과의 현지 연계** - 실제 환경에서 장비와 신기술을 테스트하고 시연할 수 있는 5G 테스트베드를 개발하기 위해 약 280만 파운드가 투자되었음. 영국 국책 해상풍력연구소(ORE Catapult)가 주도하는 이 컨소시엄은 로봇 공학 및 자율 시스템(RAS), 원격 센서, 선박, 항만 등 다양한 기존 해상풍력 기술에 도움이 될 것으로 기대됨.⁹⁴

⁶¹ Port of Taichung, Taiwan International Ports Corporation, Ltd., Completion of First of Several Wharves Tailor- Made to the Needs of Offshore Wind Farm Development Efforts Reflects Port of Taichung's Full Commitment to the Offshore Wind Industry, 2020; Source: Link

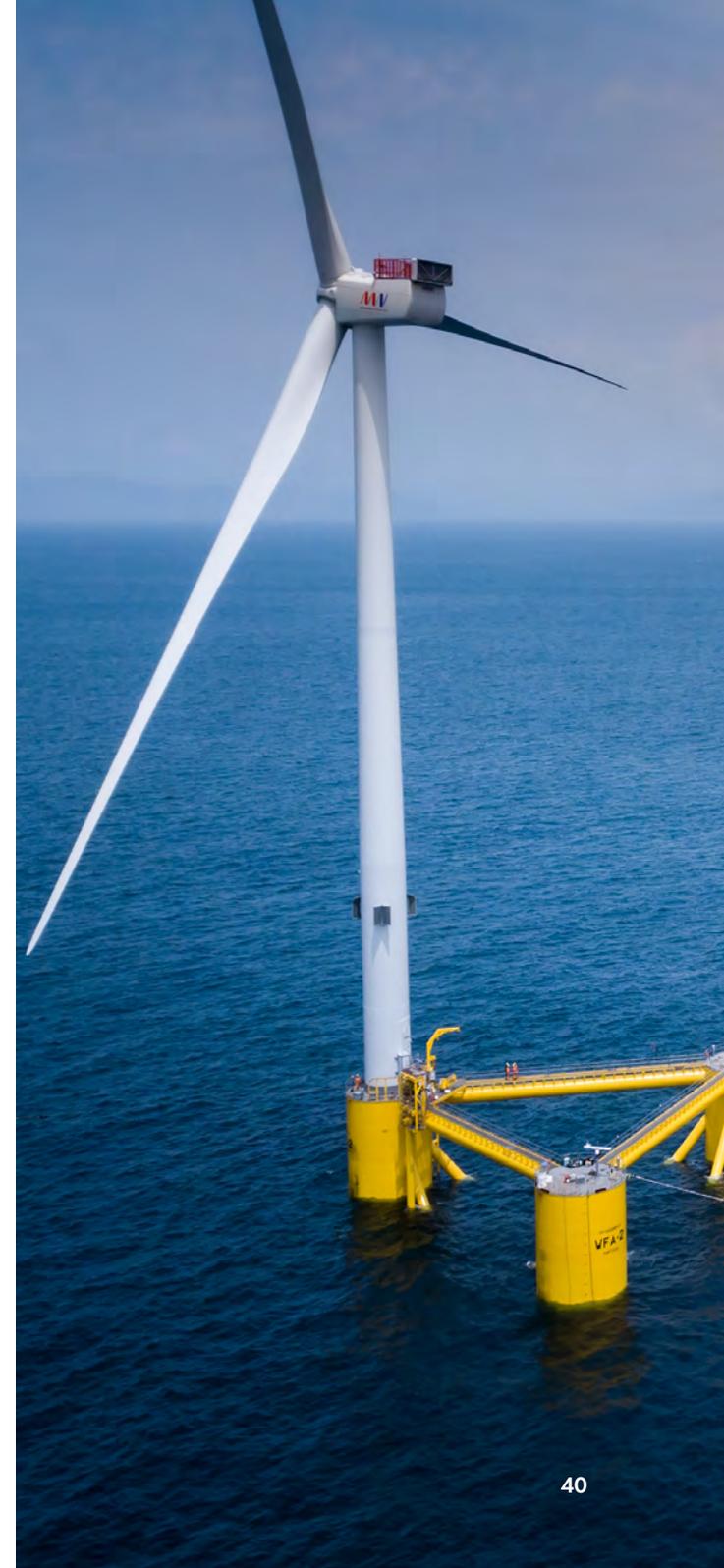
⁶⁸ Ørsted, "Apprenticeships"; Source: Link

⁶⁹ Business Live, "Orsted launches record apprenticeship recruitment campaign in Grimsby," 2023; Source: Link

⁹⁰ Green Port Hull, "Siemens Gamesa"; Source: Link

⁹¹ ORE Catapult, "The biggest offshore wind 'living lab' in the world to be developed in the Humber," Press release; Source: Link

¹⁰⁴ KOSIS. (2022). National Business Survey.



국가 차원의 일관된 산업 전략의 필요성

영국은 장기적인 제조업 이니셔티브⁽⁹⁵⁾를 지원하는 EU나 청정 에너지에 수십억 달러의 대출과 보조금을 제공하는 인플레이션 감소법(IRA)을 통과시킨 미국보다 덜 중앙집권적인 산업 전략을 가지고 있다. ⁹⁶대신 지난 몇 년 동안 영국은 산업 투자에 대해 시장 주도 접근 방식을 취해 왔으며, 정부는 신기술 개발을 지원하기 위해 수많은 독립 프로그램을 시작했다. 또한 정부는 인공지능, 청정 성장, 고령화 사회, 모빌리티의 미래, 해상풍력 등 다양한 개별 섹터 딜을 지원했다.

이러한 노력에도 불구하고 영국제조업협회(The Manufacture's Organisation)의 2023년 보고서에 따르면 조사에 참여한 제조업체의 81%가 일관된 영국 산업 전략의 부재로 인해 전 세계적 경쟁에서 불리한 입장에 처해 있다고 답했다. ⁹⁷ 이 부분의 섹터딜은 2017년에 공약된 이후 인프라, 기술 및 혁신을 국가의 주요 투자 축으로 언급한 보리스 존슨(Boris Johnson)의 2021, 성장계획(Plan for Growth), 민간 부문 성장 지원목적의 감세안을 담은 리즈 트러스(Liz Truss)의 2022 성장계획⁽⁹⁸⁾, 영국 경제의 5대 신성장 분야인 디지털 기술, 녹색 산업, 첨단 제조, 창조 산업 및 생명 과학 부문을 지원하겠다는 제레미 헌트(Jeremy Hunt)의 2023년 총리 발표⁽⁹⁹⁾에 이르기까지 연이어 발표되었다. ¹⁰⁰

응집력 있고 전략적인 산업 정책의 부재는 장기적으로 험버 클러스터 및 여타 유사 클러스터의 성공에 영향을 미칠 수 있다. 험버 클러스터에서 얻은 교훈



영국의 험버 해상풍력 클러스터는 한 지역이 사양 산업에서 해상풍력 산업으로 어떻게 전환하고, 이를 통해 지역사회를 어떻게 강화하고 활성화할 수 있는지를 보여주는 명확한 사례이다. 험버 지역은 지난 13년 동안 정부 지원을 민간 부문 투자로 전환하고, 지역 사회를 지원하며, 장기적인 일자리를 창출하는 데 성공했다. 험버 산업 클러스터의 성공에는 다음과 같은 여러 가지 요인이 작용했다:

- 시장과의 지리적 근접성.** 험버 지역은 영국 최초의 해상풍력 발전 단지를 구축하고 서비스를 제공하기 위한 전략적 요충지였음. 북해 지역은 일정한 풍속과 얕은 수심으로 해상풍력 개발에 유리한 조건을 갖추고 있음. ¹⁰¹ 영국의 초기 풍력 발전소 프로젝트 파이프라인은 모두 험버 지역에서 쉽게 서비스를 받을 수 있었음. 이 지역은 해상풍력 개발의 안정적인 성장과 함께 인프라 및 일자리의 안정적인 증가 덕분에 혜택을 누리고 있음. ¹⁰²
- 기존의 산업의 역사와 전문성.** 해양 및 어업의 역사는 험버 지역의 공정한 전환을 위한 좋은 토대가 되었음. 강력한 어선단과 해상 무역에 대한 이해를 바탕으로 기존 산업의 종사자들은 현장 관리 및 건설 지원, 이후 다른 분야로 전환할 수 있었음.
- 지방 당국의 강력한 의지.** 지방 정부는 정부 자금을 활용하여 민간 투자를 유치하고 경제 성장을 보장하는 정책을 시행했음. 지역 당국이 추진한 'Growing the Humber' 와 같은 프로그램은 험버 지역에 해상풍력 부문을 구축하기 위한 투자를 극대화함. ¹⁰³
- 강력한 지역 파트너십.** 지방 당국은 공급망, 혁신, 기업 간의 초기 협력에 있어 필수적인 역할을 수행함. 아우라 컨소시엄 (Aura Consortium), 헐(Hull) 대학교, 영국 국책 해상풍력연구소와 같은 기타 이니셔티브와의 파트너십 덕분에 험버의 해상풍력 리더로서의 위상은 더욱 강화되고 있음.
- 전환의 필요성.** 험버 지역은 어업과 해상 무역의 약화로 인해 경제 쇠퇴에 직면해 있었음. 지방 당국, 기업 및 투자자들은 중앙정부의 지원을 활용하여 험버 지역이 경기 침체를 성공적으로 피하고 다른 전문 분야로 전환할 수 있도록 했음.

⁹⁵ The White House, Building a Clean Energy Economy: A Guidebook to the Inflation Reduction Act's Investment in Clean Energy and Climate Action, 2022; Source: Link

⁹⁶ MakeUK, Industrial Strategy: A Manufacturing Ambition, 2022; Source: Link

⁹⁷ UK Parliament, Securing Britain's industrial future, Research Briefing, 2022; Source: Link

⁹⁸ UK Government, "Chancellor sets out long-term vision to grow the economy," News story, 2023; Source: Link

⁹⁹ Hjelmeland, M. and Nøland, J.K., 2023. Correlation challenges for North Sea offshore wind power: a Norwegian case study. Scientific Reports, 13(1), p.18670; Source: Link

⁹⁹ Green Alliance, Growing the UK's coastal economy Learning from the success of offshore wind in Grimsby, 2015,; Source: Link

¹⁰⁰ The Humber offshore Wind Cluster Prospectus. Source: Link.

사례 연구: 대한민국 인천광역시

사례 연구

인천광역시 주요 정보

위치: 대한민국 서해안, 서울 근교

인구: 2,987,918명 (2023년 9월 기준)¹⁰⁴

면적: 행정 구역 1,067.04km²¹⁰⁵

해상풍력 에너지: 국제 개발업체 Ørsted의 1.6GW 개발을 포함하여 3.5GW의 파이프라인을 보유함¹⁰⁶

고용: 인천광역시에는 2021년 기준 30만 개 이상의 사업체와 1,223,448명의 직원이 근무하고 있음

개발 계획 유형: 정부 및 민간



그림 19. 인천 지역

인천 지역은 3.5GW 이상의 해상풍력 프로젝트 파이프라인을 보유하고 있으며(표5 참조), 국제적인 개발업체들의 관심을 끌고 있다. 지역 정부는 중앙정부의 해상풍력 개발 지원 프로그램¹¹¹의 지원을 활용하여 이 지역의 해상풍력 개발을 촉진하고 있다. 인천 지역에는 풍부한 생산자원을 보유한 어장이 있고, 지역 어민들은 터빈 기초 설치로 인한 어장 교란을 우려하고 있어 이러한 프로젝트 개발에 대한 반대가 없는 것은 아니다.¹¹² 이에 지방 정부가 중재에 나섰다, 이후 산업부는 해상풍력 프로젝트의 갈등을 해결하기 위해 4개 지역에 실무 그룹을 구성했다.

정부 주도의 경제 개발 계획과 경제 성장 5개년 마스터 플랜의 일환으로 수많은 산업 단지를 조성하고 2000년대 초 경제자유구역으로 지정된 이후 인천 지역은 크게 성장했다¹⁰⁹. 그러나 최근에는 서비스업의 성장으로 인해 외형적인 경제 성장만 이루어지고 있는 등 상대적으로 쇠퇴하고 있다. 한국은행 인천분부는 경제 승수효과가 높은 산업에 집중하고 산업 간 연관성을 높일 것을 제안하고 있다.

인천 지역은 섬과 육지 지역으로 이루어진 군도이저였으며, 현재 32개의 섬에 사람이 거주하고 있다. 인천의 어업이 감소함에 따라 지역 정부는 지역을 재생하고 전기 접근 및 송전을 개선하기 위해 재생 에너지 보급 확산을 지원하고 있다.

인천 연안 지역은 국제 해상 무역의 중요한 허브였으며, 서울과 인근 지역의 주요 산업 활동을 지원하기 위해 정기적으로 항구를 확장해왔으며 교통 접근성이 용이하다. 인천 지역에는 중장비, 전기 장비, 금속 가공, 자동차를 포함한 다양한 산업이 있다. 인천항은 내항, 남항, 북항, 신항 등 4개의 항만으로 구성된다. 이 중 2개 항만은 해상풍력 설치와 해상풍력 O&M에 적합한 사양과 용량을 인정받고 있다.¹⁰⁸

표 5. 인천의 해상풍력 발전소 파이프라인.

개발자	용량	투자 (USD \$)	건설
한국남동발전(KOEN)	640 MW	미화 24억 5,700만 달러	2023 - 2026
오스테드 코리아	1,600 MW	미화 61억 4,200만 달러	2025 - 2027
씨앤아이 레저 산업 주식회사	233.5 MW	미화 998,088만 달러	TBC
OW 코리아 (OW Korea)	1,200 MW	미화 4.606억 달러	TBC

¹⁰⁴ KOSIS. (2023). Resident registration population status. Source: Link.

¹⁰⁵ Incheon Metropolitan City. (Accessed 2024, February 1) Link.

¹⁰⁶ Incheon Metropolitan City. (2021). Survey Report for potential hinterland port for Incheon offshore wind power)

¹⁰⁸ Incheon Chamber of Commerce and Industry. (2023). Incheon regional economic status and tasks.

¹⁰⁹ Bank of South Korea Incheon Branch. (2021). Changes in industrial structure and implications in the Incheon region. Source: Link.

¹¹⁰ Ahn S. M. (Accessed 2024, February 2) Link.

¹¹¹ Dong.A.com (2022) Offshore wind fishermen backlash spreads. Source: Link.

¹¹² Incheon Metropolitan City. (2021). Survey Report for potential hinterland port for Incheon offshore wind power)

사례 연구

군산시
주요 정보

위치: 전라북도, 대한민국 중서부 해안

크기: 행정 구역은 398.3km² 임¹¹⁵

해상풍력 에너지: 2.4GW 파이프라인¹¹⁶

고용: 2021년 기준 군산시는 33,000개 이상의 사업체와 116,443명의 직원이 근무하고 있음¹¹⁷

지역적 강점: 시장과의 지리적 근접성, 물리적 인프라 및 항구, 제조업 기반 기구축, 지지적인 정치적 환경

개발 계획 유형: 정부 주도

1980년대와 1990년대에 정부가 추진한 서해안 개발 계획은 군산시에 자동차 제조 및 중공업 조선포를 설립하는 등 제조업의 확장에 박차를 가했다¹¹⁸. 그러나 최근에는 주요 제조 시설 두 곳⁽¹¹⁹⁾이 폐쇄되고 지역 인구가 감소하면서 경제가 침체되고 있다. 한국 정부는 이 지역을 특별재난지역으로 지정하고 조선 및 자동차 제조 산업을 활성화하기 위해 다양한 지원 프로그램을 마련했다.¹²⁰ 이러한 노력에도 불구하고 지역 재생은 제한적인 성공을 거두었다.¹²¹

군산시는 한국 서남해 해상풍력단지 후보지와 인접해 있어 해상풍력 클러스터를 형성하기에 우수한 입지조건을 갖추고 있다. 군산항은 인근 지역의 해상풍력 발전 단지뿐만 아니라 일본, 중국, 대만 등 국제적인 개발사업에도 배후산업활동을 제공할 수 있는 전략적인 위치에 있다.



험버 클러스터 사례와 같이 정부, 지역 산업계, 학계 간의 협력은 해상풍력 클러스터의 발전을 촉진할 수 있다. 이를 통해 전략적이고 장기적인 계획을 수립하여 클러스터 내에서 지속적인 투자와 적극적인 참여를 보장할 수 있는 메커니즘이 마련될 수 있다. 군산시는 해상풍력 기술 교육과 훈련을 제공할 수 있는 인근 기관의 전문성을 활용하여 지역의 클러스터 위상을 더욱 강화할 수 있는 기회를 갖게 되었다. 군산대학교 해상풍력연구소는 2009년에 설립되었으며, 풍력공학이 커리큘럼에 포함되어 있다.¹²²

군산시에 해상풍력 클러스터를 성공적으로 조성하기 위해서는 전북 지역에 투자자와 기술 제공업체를 유치하는 것이 관건이다. 전라북도에는 이미 해상풍력 산업과 관련된 다수의 제조업 업체와 연구 및 교육 기관이 위치해 있다. 기존의 제조업 업체로는 블레이드 제조, 터빈 타워 제조, 기초 제조, 철강 제작, O&M 서비스 제공 관련 업체 등이 있다. 전라북도의 R&D 기관은 한국재료연구소, 한국에너지기술평가원, 한국에너지공단, 전북테크노파크(JBTP)와 같은 기관의 지역 분원등을 비롯하여 잘 구축되어 있다.¹²³

¹¹¹ Gunsan, Source: Link.

¹¹² New Gunsan, Source: Link.

¹¹³ KOSIS, Source: Link.

¹¹⁴ Yang, E. J. & Park, S. H.. (2017). Changes of Conservation Plans for a Historic City Center in Gunsan -Based on Content Analyses of Gunsan City Plans. South Korean Journal of Urban Design, 18(5), 5-17.

¹¹⁵ Gunsan City. (2020). Operational performance and evaluation of employment crisis areas in Gunsan City.; KEIS. (2022). Achievements and tasks of support for employment crisis areas in Gunsan region. Source: Link.

¹¹⁶ KEIS. (2022). Achievements and tasks of support for employment crisis areas in Gunsan region. Source: Link.

¹¹⁷ KBS, Source: Link.

¹¹⁸ Gunsan National University, Source: Link.

¹¹⁹ Bank of South Korea North Jeolla Branch. (2021). Research on development plans for Jeonbuk offshore wind power industry ecosystem. Source: Link.

대한민국을 위한 권장 사항

한국의 두 지역이 해상풍력 클러스터를 형성할 가능성이 높은 것으로 확인되었다. 각 지역의 기회는 하기의 표에 요약되어 있다. 인용된 지역들은 예시일 뿐이며, 특히 충청남도과 울산시 같은 해상풍력 개발에 대한 열정이 두드러진 지자체나 지역에 투자하는 것을 제한해서는 안 된다.

표 6. 대한민국 인천광역시의 산업 클러스터 기회

인천광역시	
기회	<ul style="list-style-type: none"> • 시장과의 지리적 근접성. 인천광역시에는 해상풍력 활동을 지원할 수 있는 사양을 갖춘 두 개의 기존 항구가 있음. 이 지역에는 해상풍력 프로젝트 파이프라인이 있으며, 항구는 이러한 프로젝트에 서비스를 제공하기에 좋은 위치에 있음 • 기존 산업 역사 및 전문성. 인천 지역은 다양한 제조 및 물류 산업에 대한 전문성을 보유하고 있음. 기존 시설과 인력을 해상풍력 개발에 활용하여 경제를 활성화할 수 있음 • 지역 당국의 강력한 의지. 지역 정부는 많은 섬에 전기 공급을 강화하고 기존 어업의 쇠퇴를 지원하기 위해 재생 에너지 발전 시설 설립을 지지하고 있음. 지역 당국은 정부 주도의 해상풍력 개발 지원 프로그램 참여를 위해 적극적으로 지원했음 • 강력한 지역 파트너십. 인천 지역의 프로젝트 파이프라인은 국제적인 해상풍력 개발업체들을 끌어들이고 있음. 지역 경제와 지역사회에 도움이 되는 교육 및 지원 제도 개발을 위해 이러한 국제적인 업체들과 적극적으로 협력할 수 있는 기회가 있음 • 전환의 필요성. 인천은 제조업과 건설업이 쇠퇴하고 있어 전환 없이는 지역이 정체될 위험에 처해 있음
도전 과제	<ul style="list-style-type: none"> • 인프라 문제. 인천 지역은 8~10m에 이르는 큰 조수간만의 차가 발생하므로 항만 내부와 선박 이동 시 고려해야 할 사항이 많음. 이를 극복하기 위해 많은 부두에서 도크에 갑문을 설치했는데, 추후 해상풍력 서비스를 위해 교통량이 많아질 경우 이를 고려해야 함. 인천대교의 높이로 인해 선박이 이용할 수 있는 풍향이 제한될 것임¹²⁴ • 위치 선정의 어려움. 인천 연안은 국제 무역선들로 붐비는 장소임.¹²⁵ 한 후보지는 국내 최대 꽃게 어장과 겹쳐 어민들과의 분쟁에 직면했음.¹²⁶ 또한 광범위한 지역이 군용지로 지정되어 있음¹²⁷

¹²⁰ Incheon Metropolitan City. (2021). Survey Report for potential hinterland port for Incheon offshore wind power)

¹²¹ Moon, J. K. (Accessed 2024, February 13). "2023 Incheon Port records highest performance ever, including 'Con' cargo volume". Source: Link.

¹²² DongA.com Business News (2022, March 21) (Accessed 2023, December 21). Source: Link.

¹²³ Ahn, S. H., So, Y. M., Ryu, H. J., Han, M. H. & Yun, S. J. (2023). Institutional Solution to Complex Conflicts in the Site Selection Process of Offshore Wind Power - from a Multi-level Governance Perspective.

인천광역시

모범 사례 권장 사항

- **지역 파트너십과 함께 경제 계획 수립.** 지역 당국은 지역 고용 기회를 전략적으로 지원하기 위해 지역 파트너와의 관계 형성에 우선순위를 두어야 함. 잠재적 고용 기회와 투자 요건 평가를 통해 장기적인 비전을 수립함으로써 이를 뒷받침할 수 있음. 지방 당국은 투자 지원을 촉진하기 위한 자금 조달 모델을 고안해야 함
- **투자자와의 소통을 위한 프레임워크 구축.** 인천 지역에 해상풍력 개발업체가 들어오면 특별 지원 제도를 통해 지역 사회에 직접적인 혜택을 제공할 수 있는 기회가 열림

표 7. 대한민국 군산시의 산업 클러스터 기회. 군산시

클러스터

기회

- **시장과의 지리적 근접성.** 군산시는 남서쪽의 해상풍력 발전단지 파이프라인과 인접해 있음. 산업단지 인근 주요 고속도로에 쉽게 접근할 수 있어 부품 운송이 용이하고, 배후산업활동을 지원하는 항만이 되기 위한 기존 사양을 갖추고 있음
- **기존 산업 역사 및 전문성.** 군산시는 해상풍력 전환에 활용할 수 있는 강력한 제조 및 증공업 기술을 보유하고 있음
- **해상풍력 기술.** 전라북도는 다수의 제조 및 R&D 시설을 중심으로 해상풍력 경제가 꾸준히 성장하고 있음
- **지역 당국의 강력한 의지.** 지역 당국은 노동 인력을 지역으로 재유입시키고자 하는 열망에 대해 목소리를 높여 왔음. 이러한 열망은 강력한 지역 정책과 투자로 뒷받침되어야 함. 군산시 지자체는 특화된 항만을 건설하기 위한 투자 계획을 발표했다¹²⁸¹²⁹¹³⁰¹³¹
- **강력한 지역 파트너십.** 전라북도에 해상풍력 중심 R&D 기관과 제조 교육 기관이 다수 있어 해상풍력 훈련 및 교육에 활용할 수 있음
- **전환의 필요성.** 군산시는 최근 몇 년간 경제 침체에 직면했으나, 해상풍력의 선두주자로 자리매김할 수 있는 전환의 기회가 있음

¹²⁴ IKB news Source: Link.

¹²⁵ Gunsan Port Master Plan Article. Source: Link.

¹²⁶ Gunsan Port Article. Source: Link.

¹²⁷ Domin, Source: Link.

<p>도전 과제</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 제조업 부문의 인력 부족. 최근 고용 및 인구 지표가 모두 개선되고 있지만, 제조업 부문의 젊은 인력과 고용 감소로 인해 지역 내 인력 확보가 어려울 수 있음 • 조선 및 자동차 제조업체 두 곳의 제조 시설 폐쇄. 2017년 주요 제조시설인 현대중공업 군산조선소와 2018년 한국지엠 군산공장이 폐쇄되면서 많은 근로자가 다른 지역으로 이주했음
<p>모범 사례 권장 사항</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 한국 전역의 교육 및 훈련 파트너십 기회 활용. 군산시는 제조업에 대한 전문성을 보유하고 있어, 해상풍력을 지원하기 위해 시설을 재구성할 경우 해상풍력 제조업 분야에서 일자리를 제공할 수 있음. 그러나 군산시가 모든 해상풍력 서비스를 수행하기에 최적의 위치는 아닐 수 있음. 교육 기관은 다른 지역과 협력하여 다른 부문(예: 설문조사 실시)의 고용 기회 또는 견습생에 대한 협약을 체결해야 함 • 기존 제조업의 활성화를 위한 정책 프레임워크 구축. 군산 지역의 기존 제조시설은 중소 규모의 해상풍력 제조를 일부 지원하고 있으나, 지역 내 해상풍력 프로젝트 파이프라인에 대응하기 위해서는 규모 확대를 위한 지원이 필요함. 지방 당국은 장기 계획을 통해 지원 정책을 실증할 수 있으며, 이는 민간 부문 투자 유치에 도움이 될 것임 • 현지 파트너십을 위한 프레임워크 구축. 지방 당국은 해상풍력 맞춤형 컨소시엄을 구축하기 위해 현지 파트너와의 관계 형성에 우선순위를 두어야 함. 해상풍력 중심의 R&D 기관이 다수 존재하는 전라북도의 경우, 공급망 및 투자자와의 관계 구축을 위한 정부의 지원이 확대되면 R&D 기관의 영향력을 강화할 수 있음

교육 및 훈련을 통한 기술 숙련도 향상

해상풍력 개발은 한 지역 내에서 여러 기회가 창출되는 클러스터 모델 또는 항만 활성화를 반영한 독립형 접근 방식을 통해 지역 고용 기회 창출로 이어질 수 있다. 유럽연합에서는 2030년까지 해상풍력 부문의 일자리가 세 배로 증가할 것으로 예상된다.¹³³ 풍력 프로젝트의 건설, 설치, '을 담당하려면 고지대 작업과 해상 생존을 위한 안전 프로토콜을 포함한 고유한 기술이 필요하다.¹³⁴ 이 분야에는 특정 자격을 요구하지 않는 고용 기회도 있지만, 일자리 문제와 기술 병목 현상을 해결하기 위해서는 교육 센터, 대학 및 추가 교육 기관과의 파트너십, 개발업체 및 계약업체와의 견습직에 대한 투자가 필요하다.

¹²⁸ Kim, K. H. (Accessed 2024, February 13). Overcoming the employment recession in Gunsan City, a graduation after 4-years of being designated an employment crisis area. Source: Link.

¹²⁹ European Commission. (2021). Communication from the Commission to the European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee and The Committee of the Regions on a new approach for a sustainable blue economy in the EU Transforming the EU's Blue Economy for a Sustainable Future. Source: Link.

¹³⁰ Global Wind Energy Council (GWEC), Global Offshore Wind Report 2023, 2023; Source: link

클러스터 모델 내 교육 센터의 한 예로, 머스크(Maersk)는 험버 지역에 교육 센터를 설립하여 세계풍력 기구(GWO) 기본 안전 교육(BST), GWO 기본 기술 교육(BTT), GWO 고급 응급처치 교육을 제공하며, GWO 블레이드 수리 및 GWO 고급 구조 교육에 대한 추가 과정이 곧 제공될 예정이다.¹³⁵ 이러한 유형의 센터는 설치 계약업체 및 개발업체와 협력하여 지역 주민들이 필요한 교육을 받을 수 있도록 함으로써 지역 주민을 고용한다. 또한 오스테드 및 RWE와 같은 해상풍력 개발업체는 험버 지역에서 안전 교육 프로그램¹³⁶ 및 견습생 제도¹³⁷를 시작하여 적절히 숙련된 인력을 양성했다.

대학은 또한 해상풍력의 지역 개발에서 중요한 역할을 담당하고 있다. 기술 대학과의 파트너십은 산업계와 학계 간의 연결을 지원하고 적절한 기술 개발 기회와 업계 진출 발판을 제공한다. 예를 들어, 네덜란드 델프트(TU Delft), 덴마크 DTU, 영국 스트라스클라이드(Strathclyde) 대학은 모두 개발업체 및 현지 공급망과 긴밀한 관계를 맺고 있다.

해상풍력 분야의 공평한 고용

에너지 목표를 달성하기 위해 해상풍력 분야에서 고용 기회가 증가함에 따라 지역 주민들이 이러한 기회에 어떻게 접근할 수 있을지를 고려하는 것이 중요하다. 영국 정부는 해상풍력 부문 협약에서 2018년까지 16%였던 여성 고용률을 2030년까지 40%로 끌어올리겠다는 야심찬 목표를 세웠으며, 고등 및 초중등 교육 수준의 STEM 교육에 상당한 금액을 투자하기로 약속했다.¹³⁸

국제재생에너지기구(IRENA)의 조사에 따르면 풍력 에너지 인력의 21%, 전체 재생에너지 인력의 32%를 여성이 차지하고 있으며¹³⁹, 비행정(기술) 직군에서 여성 대표성이 가장 낮은 것으로 나타났다. 풍력산업 여성 글로벌 리더십 프로그램과 에너지 전환을 위한 글로벌 여성 네트워크(GWNET)와 같은 업계 전반의 이니셔티브는 네트워킹, 멘토링 및 교육을 통해 이러한 불평등을 해소하고자 노력하고 있다.¹⁴⁰¹⁴¹ 기업들 또한 오스테드가 2030년까지 40% 채용 목표¹⁴²를 수립한 사례와 같이 성평등 개선을 위한 채용 목표를 설정하거나 고용 유지율을 개선하고 성별 임금 격차를 해소할 수 있다. 또한 기존 직원을 위해 유연근무제, 가족 친화적 근무, 육아휴직 후 경력 개발, 사내 네트워크 구축 등을 통해 다양한 근무 환경을 조성함으로써 지원할 수 있다.

¹³¹ Maersk Training in Humber; Source: link

¹³² Ørsted (2020), Ørsted launches immersive safety programme in a first for the Humber, Source: link

¹³³ The Hull Story, Green energy: Wind turbine apprenticeship scheme opens at RWE, 2023; Source: link

¹³⁴ Gov.uk, Offshore Wind Sector Deal, 2020; Source: link

¹³⁵ Wind energy: A gender perspective (irena.org)

¹³⁶ GWEC, Women in Wind; Source: link

¹³⁷ GWNET, Global Women's Network for the Energy Transition; Source: link





결론 및 정책 제언

결론 및 정책 제안

해상풍력은 한국의 에너지 전환에 있어 필수적인 역할을 하며, 연안 지역사회의 재생을 위해 다양한 기회를 제공할 수 있다. 해상풍력 개발은 대규모 투자를 창출하고, 다양한 공급망과 연결되며, 강력한 산업적 연계성을 바탕으로 연안 도시 재생에 크게 기여할 수 있다. 그러나 잠재적인 경제적 이익은 개발이 이루어져야만 완전히 실현될 수 있으므로 해상풍력을 지원할 수 있는 정책을 조속히 추진해야 할 필요성이 있다.

글로벌 및 지역 공급망, 산업, 기관 및 국제, 국가, 하위 국가 수준의 많은 행위자가 관여하는 해상풍력 개발의 특성으로 인해 해상풍력 발전의 급속한 확대라는 목표를 달성하기 위한 정책에는 종종 지역 수준에서 국가 수준까지 여러 기관과 정치적 이해관계자가 관여한다. 이 과정은 복잡하며 모든 수준의 정부 지침이 중요하나, 특히 국가 차원의 지침이 필수적이다.

따라서 세계풍력에너지위원회(GWEC)는 국가가 해상풍력 부문을 지원하기 위한 포괄적이고 비전 있는 산업 정책을 수립하도록 권고한다. 이로써 국가의 탄소중립 목표를 달성하고, 경제적으로 쇠퇴한 많은 연안 지역 사회를 재건할 수 있을 것이다.

다음은 지방 정부, 지방정부 및 중앙정부, 중앙정부로 구분하여 도출된 세부 권장 사항이다.



지방정부

시민과 함께 지역 재생 비전 수립

산업계는 지역 재생을 위한 장기적 비전을 개발하는 초기 단계에 지방자치단체와 모든 지역 이해관계자가 보다 많이 참여할 것을 권장한다. 현재의 재생 클러스터 단지 제도는 지자체의 적극적인 역할을 장려하고 주민 참여의 기회를 제공한다. 그러나 사업의 물리적 범위와 직접적으로 관련된 이해관계자만 부지 선정에 참여한다는 한계가 있다. 보다 폭넓은 지역사회 구성원들이 참여하여 지역 개발을 위한 장기적인 청사진을 만들면 해상풍력 개발에 대한 사회적 수용성 및 장기적 정치적 지지 구축에 도움이 될 것이다.

한국에서 민간 주도의 프로젝트가 지연되는 주요 원인 중 하나는 지역사회의 우려로 인한 강력한 반대로, 이는 지역 주민과 개발사 간의 소통 및 이해가 제한적인 경우가 많기 때문에 발생한다. 지방자치단체와 지방의회는 지역을 위한 장기 전략을 수립하는 초기 단계부터 지역 주민의 참여기회를 보장함으로써 지역 주민을 더욱 잘 대변할 수 있다. 이 과정은 지방정부의 해상풍력 부서가 주도하는 시의회 내 공공 위원회 또는 태스크포스를 구성하여 시민들에게 정보를 제공하고, 협의하고, 참여할 수 있도록 하고, 협력하고, 권한을 부여하는 지속적인 노력을 통해 크게 향상될 수 있다.

현지 연구 기관 및 기타 지식 파트너와 함께 인적 역량 구축

지방자치단체는 주요 산업 주체와 협력하여 교육 및 훈련 프로그램을 제공할 수 있다. 험버 클러스터의 포트 헐 사례처럼 지역 대학과 연구 기관이 주도하고 민간과 공공이 공동 자금을 지원하는 교육 및 훈련 프로그램을 통해 지역 내 숙련된 노동력을 확보할 수 있는 최적의 환경을 조성할 수 있다.

한국의 학생 인구가 급격히 감소함에 따라 지방 소도시의 많은 국립 및 사립 대학이 재정 사정으로 인해 문을 닫고 있다. 산학협력을 강화하는 것은 쇠퇴하는 지방대학을 회생시키기 위한 다양한 정책 수단 중 하나이다. 지방자치단체는 산업계와 대학 간의 가교 역할을 하며 필요한 공공 자금과 지원을 제공할 수 있다.

이해관계자와 함께 클러스터에 포용적인 산업 클러스터 거버넌스 구축

민간 부문은 핵심 이해관계자로서 지역 내 해상풍력 산업 클러스터의 계획과 실행에 보다 직접적인 역할을 할 수 있다. 2023년 한국의 행정안전부는 소규모 산업단지 내 입주기업 간 협의체 설립 요건을 완화하겠다고 발표했다. 그러나 산업 클러스터의 미래를 결정하는 협의체에 보다 효율적으로 참여할 수 있는 방안을 마련해야 할 필요성이 커지고 있다. 이는 특히 더 급속한 성장이 예상되는 해상풍력과 같은 산업 부문에서 더욱 그러하다.

탄소중립 목표를 달성하기 위한 산업 클러스터의 거버넌스 모델 또한 다양한 형태가 있다. 산업 클러스터는 탄소중립 목표를 달성하기 위해 다양한 이해관계자들과 협력해야 하는 수많은 과제에 직면해 있으므로 각 산업 클러스터의 특성에 적합한 거버넌스 구조가 필요하다. 지방 정부는 현재 거버넌스 모델, 협업 수준, 관련 행위자 및 의사 결정자의 범위를 평가하여 산업 클러스터의 고유한 거버넌스 구조를 결정할 수 있다.

국제 네트워크 강화

지방 정부는 의사 결정권자, 계획 당국, 도시 인프라 관리자, 민관 협력의 중추 등 다양한 역할을 담당하고 있어 변화를 주도할 수 있는 이상적인 주체라고 할 수 있다.

지방 정부 간 기구축된 글로벌 네트워크를 활용하여 효과적인 기후 행동을 지역 수준에서 계획하고 실행할 수 있는 역량을 강화할 수 있다.

예를 들어, 서울시는 격년으로 열리는 세계도시정상회의 시장포럼을 2023년에 개최하여 '살기 좋고 지속가능한 도시 : 포용적이고 회복력있는 미래를 선도하다'를 주제로 논의를 진행했다. 이 포럼은 역동적인 플랫폼 역할을 하는 지방 정부 차원의 네트워크를 보여주는 예시이다. 지방 정부 차원의 네트워크는 정보 교환을 촉진할 뿐만 아니라 산업계 전문가와 공공 기관 간의 새로운 파트너십을 구축한다. 2016년에 설립된 글로벌 기후·에너지 시장 연합(GCoM)은 도시 기후 리더십 육성에 전념하는 전 세계 최고의 연합체이다. 6개 대륙, 144개국에 걸쳐 12,500개 이상의 도시와 지방정부로 구성된 이 연합에는 되어 있다. 현재 서울, 부산, 신안 등 한국의 25개 도시가 해당 연합에 참여하고 있으며, 모두 기후 행동에 대한 약속을 적극적으로 수용했다.



중앙 정부

상기 내용과 같이 세계풍력에너지위원회(GWEC)는 정부가 해상풍력 분야를 지원하기 위해 다음 사항을 포함하여 포괄적이고 비전 있는 산업 정책을 수립할 것을 권장한다:

경제자유구역을 확대를 통한 해상풍력 산업 클러스터 강화

한국은 비교적 단기간에 대규모 해상풍력 개발을 계획하고 있는 만큼, 정부는 국제 기업과의 기술개발 협력 등 국내외 투자 기회를 창출해야 한다. 정부는 경제자유구역의 수를 확대하여 외국인직접투자에 대한 공평한 경쟁의 장을 제공하는 것이 바람직하다. 경제자유구역은 다양한 세금 감면 혜택과 지원이 제공된다. 예를 들어, 영국의 험버 산업 클러스터가 성공한 이유 중 하나는 2011년에 기업 구역으로 선정되었기 때문이다.

현재 한국에는 인천, 평택, 광양, 부산 등의 지역에 경제자유구역이 지정되어 있다. 군산은 경제자유구역으로 선정되었으나 새만금특별법이 제정되면서 특별법 내에서 각종 규제 완화 혜택을 받는 것으로 변경되었다.

해외 기업의 투자 기회를 대폭 늘림으로써 지자체는 글로벌 기업과 현지 기업 간의 협력을 촉진하여 해상풍력 산업에서 시너지 효과를 창출할 수 있도록 정책을 조정할 수 있다. 지자체의 관점에서 보면 새로운 국내 투자는 일자리 창출과 지역 경제 성장을 뒷받침 할 수 있다.

정부, 업계 및 지역 이해관계자 커뮤니티와의 협력을 통한 표준화된 참여 지침 개발 및, 현행 지역사회 참여 관행을 고려검토한 규정 명문화

현재 해상풍력 개발 중 지역사회 참여의 모범 사례에 관한 정부의 지침은 제한적이다. 그 결과 해상풍력 개발사들의 입장에서는 모호한 상황이 초래되었고, 지역사회의 참여 수준도 다양하게 나타났다. 새로운 특별 법안은 지역사회 참여에 대한 책임을 정부에 부여할 예정이지만, 프로젝트가 발전하기 전까지는 발전사업허가(EBL) 프로젝트의 주민참여 모범 사례에 대한 지침이 필요하다.

풍력 발전 공급망 생산 세액 공제 제도 또는 유사 인센티브 도입

한국에서 해상풍력 공급망 참여 기업에 대한 생산세액공제가 도입된다면 이는 기업들의 투자에 강력한 인센티브로 작용할 것으로 기대된다. 시범적으로 정부가 해상풍력 산업 클러스터를 지정하고 기업들에게 생산 세액공제를 제공한다면 지역 재생 효과가 어느 정도일지 가능할 수 있을 것이다. 세액공제제도는 기획재정부 소관으로, 산업부와 기재부 공동의 노력이 필요하다.

해상 풍력을 위한 항만 및 계통시설에 대한 장기 계획을 준비하여 개발자가 정보에 입각한 투자 결정을 내릴 수 있도록 지원

항만 인프라의 확장은 해상 사업을 위해 항구에 정착할 국제 기업의 성공적인 유치로 이어졌기 때문에 장기적인 항만 및 계통 시설계획을 제공하여 개발자가 국내 해상 풍력 진출 및 개발에 대해 확신을 가질 수 있도록 하는 것이 중요하합니다. 더 나아가 이러한 핵심 요소에 대한 장기적인 비전은 공급망 강화를 통해 향후 수년간 지속적인 파급 효과를 가져올 수 있습니다.

지방정부 및 중앙정부 공통

지역 및 국가 차원에서 연안 지역 사회에 대한 평가 수행

지방정부와 지역사회는 프로젝트의 잠재적 후보지로 고려하는 연안 지역사회의 경제적, 사회적, 환경적 요소의 기본 현황을 파악하기 위해 컨설팅을 받아야 한다. 기준선 평가에는 해당 지역의 기존 일자리 및 지역 총생산(GVA) 평가, 인구통계학적 추세 분석, 전략적 투자로 가장 큰 혜택을 받을 수 있는 분야를 결정하기 위한 비용 편익 분석이 포함될 수 있다.

지방 당국, 지역사회 및 산업계와 협력하여 연안 지역 사회 재생을 위한 국가 차원의 계획을 수립함으로써 해상풍력 프로젝트의 여러 단계가 지역 사회에 미치는 영향에 대한 이해 공유

해상풍력 산업의 성장을 지원하는 정부의 장기적인 노력은 투자자를 유치하고 성장을 보장할 수 있는 안정적인 환경을 제공할 수 있다. 에너지 정책과 산업 전략에 대한 장기적인 비전은 시장에 대한 신뢰를 구축하여 궁극적으로 인프라 투자를 유치할 수 있다. 따라서 정부는 이해관계자의 참여를 바탕으로 연안 지역 재생 및 해상풍력 개발을 위한 명확하고 일관된 계획을 수립해야 한다. 이 계획은 세 가지 주요 요소에 초점을 맞춰야 한다:

- 지역 주민들과의 소통을 통한 해상풍력 개발의 잠재적 이점 전달, 정보 공유의 틀 수립, 주민 의견 및 우려사항 경청
- 파트너십 프로그램을 통한 업계 및 학계와의 협력
- 지역 환경 이해관계자의 의견을 통합하여 보존 위험 이해

이를 통해 다음과 같은 방식으로 연안 지역 재생을 지원할 수 있다:

- 경제적 투자: 정부는 인프라 개선과 산업 클러스터 개발 지원을 위해 자금을 할당할 수 있으며, 이를 통해 고용 기회를 창출할 수 있음. 정부는 재교육 및 재훈련 프로그램을 지원함으로써 현지 인력이 이러한 고용 기회에 혜택을 누릴 수 있도록 도울 수 있음. 한국은 강력한 해양 및 수산업을 보유하고 있지만, 현재 해양 및 해양 기술을 지원하는 견습 제도가 부족함. 정부는 해상풍력 산업계 및 기존 연구 기관과 협력하여 여러 재교육방안을 모색해야 함

- 사회적 투자: 해상풍력 부문별 정책은에서 평등과 다양성 추구를 고려하여야 함. 의무화하는 정부 정책을 도입할 수 있음. 여기에는 풍력 발전 단지 개발의 모든 단계에서 고용주에 대한 구체적인 다양성 목표와 요건을 설정하도록 장려하는 것이 포함될 수 있음. 이러한 정책은 견습 및 교육 프로그램에 영향을 미쳐야 함. 지역의 다양성 관련 단체와의 파트너십을 통해 소외된 집단이 직면하는 구체적인 장벽을 각 지역별로 파악해야 함. 해상풍력 개발의 혜택이 국민에게 공정하게 분배될 수 있도록 정부는 진행 상황을 지속적으로 모니터링해야 함
- 환경적 투자: 정부는 산업계와 협력하여 한국의 자연 유산을 모니터링하고 복원하는 프로그램을 개발하는 동시에 해상풍력 개발이 환경 기준을 충족하도록 보장해야 함





부록

방법론

- 항만 및 배후단지 건설 비용도 다음의 목표를 기반으로 추정됨
- 고정식 및 부유식 해상풍력의 단위 투자 비용 및 공급망 구조는 별도로 추정됨
- 그림 14와 그림 15에 제시된 NREL(2022) 143의 분석 방법은 다음과 같은 이유로 분석에 채택됨
 - 한국에서 개발 완료된 해상풍력 프로젝트의 투자 비용에 대한 데이터는 쉽게 구할 수 없음
 - 현재 진행 중인 프로젝트에는 아직 국내에서 제조되지 않은 15MW급 터빈이 필요함
 - 따라서 이 연구에서는 국제 가격을 더 유효한 가정으로 간주함
- 분석에는 현재 인산된 건설 비용이 사용되었지만, 본격적인 건설이 시작되는 2020년대 중반에는 점차 가격이 하락할 것으로 예상됨
- 사용된 가격 인하 예상치는 DNV(2022)의 조사 결과와 일치함
 - 최근 공급망 병목 현상으로 인해 전 세계적으로 해상풍력 단지의 건설 비용이 크게 증가함
 - 그러나 재생 에너지는 규모의 경제와 시장 확대에 따른 학습 곡선을 성공적으로 입증하여 지속적으로 비용이 인하되고 있음
- 투자 및 O&M 모두 시간에 따른 할인율을 적용하지 않고 하나의 표준 가격을 설정했음
 - 이는 정적 입출력 모델을 사용하는 정적 분석 모델로서의 I-O 분석의 한계 때문임
 - 시간 경과에 따른 변화를 추적하는 동적 분석에는 더 많은 정보가 필요함
- 2023년부터 2030년까지 14.3GW 용량의 해상풍력 발전소 건설 및 운영에 따른 일자리 창출과 총 부가가치 효과를 추정하기 위해 다음과 같은 가정을 세웠음
- O&M의 경제적 효과는 해상풍력 단지가 계획되고 상업적으로 운영되는 데 소요되는 시간을 고려하여 2030년에만 발생하는 것으로 가정했음
- 14.3GW규모의 해상풍력 개발은 초기 단계에 있으며, 개발 기간은 7년으로 예상되고, 2023년에서 2029년 사이에 완료될 것으로 예측됨
- 허가 과정에 소요되는 시간과 허가 과정의 불확실성을 고려하여 건설은 2029년까지 이어질 것으로 예상되며, 상업적 운영은 2030년부터 시작될 것으로 예측됨
- 분석의 편의를 위해 인플레이션 및 미래 할인율과 같은 요소는 분석에 고려하지 않았으며, 건설 기간 7년과 운영 기간 1년을 단일 기간으로 간주함
- 항만 개발을 위한 투자 및 비용 투입 추정

카테고리	사례 1	사례 2	사례 3	사례 4
총 투자 금액 (미화백만 달러)	1,866.62	1,866.62	3,807.28	4,548.57
사례 1. 총 프로젝트 비용의 2.10%를 차지함(한국) 사례 2. 총 프로젝트 비용의 5.20%를 차지함(한국) 사례 3. 2030년까지 30GW의 해상풍력을 개발하는 데 필요한 항만 건설 예상 비용 기준(미국) 항만 건설과 특수 선박 제조 비율은 70:30(%)임 사례 4. 타이중 항의 유지보수 및 확장 비용 기준				

- 한국, 미국, 대만의 항만 건설과 관련된 연구 결과를 바탕으로 적절한 추정치를 결정함
 - 사례 1 및 사례 2(대한민국) - 항만 및 배후단지 조성 비용은 총 프로젝트 비용의 약 2.2%(최소, 사례 1)에서 최대 5.1%(최대 사례 2)로 추정됨
 - 사례 3(미국) - 2030년까지 30GW 규모의 해상풍력 단지를 적기에 구축하기 위해 항만 및 관련 선박 개발에 약 11억 달러(한화 약 14조 8,500억 원)가 필요함 146 분석에서는 해당 비용의 약 70%가 항만 건설에 할당된다고 가정했음
 - 사례 4(대만) - 가용 데이터에 따르면 대만 정부는 2030년까지 3GW 규모의 해상풍력 발전 단지를 건설하려는 대만의 계획을 이행하기 위해 타이중항 개선에 0.92억 달러(한화 약 1.24조 원)를 투자함
- 다양한 요인(예: 수심, 해수면, 해저 지형)이 항만 건설 비용에 영향을 미칠 수 있음
- 항만 건설에 대한 최종 비용은 해상풍력을 위한 특정 유형의 항만이 기존 인프라를 활용하거나 확장하는지 또는 새로 개발하는지에 따라 결정됨
- 분석을 위해 한국에서 접안 시설과 컨테이너 건설에 필요한 최대 기간을 5년으로 가정함
 - 이는 항만법 제7조에 따라 5년마다 항만 개발 계획을 변경할 수 있다는 규정에 근거한 것임
 - 부산신항의 경우 방파제 공사부터 접안시설 완공까지 공사기간은 총 18년으로 계획되어 있음. 다만, 기존 항만 시설을 확장하는 공사를 병행할 경우 공사기간이 단축될 수 있음
- 2030년까지 목표 용량을 달성하기 위해 설치 항구의 평균 출력 용량은 연간 2GW로 가정했음. 이에 따라 설치 항만과 O&M 항만의 생성 및 유지 관리 비용을 추정함



¹³⁹ Stehly, T., & Duffy, P. (2022). 2021 cost of wind energy review (No. NREL/TP-5000-81209). National Renewable Energy Lab.(NREL), Golden, CO (United States).

¹⁴⁰ DNV. (2022). Floating wind: The power to commercialise.

¹⁴¹ Lee et al. (2019). "Strategy to Utilize Ports and Hinterland Complexes for the Development of OFW Clusters."

¹⁴² Shields, M., Cooperman, A., Kreider, M., Oteri, F., Hemez, Z., Gill, L., ... & Lim, J. (2023). The Impacts of Developing a Port Network for Floating Offshore Wind Energy on the West Coast of the United States (No. NREL/TP-5000-86864). National Renewable Energy Laboratory (NREL), Golden, CO (United States).

