
2026 E&S INSIGHT

2026
유럽 해상풍력의
오늘과 내일
에너지 안보를 위한 시스템 전환

Offshore Wind in Europe 2026: Present and Future
A System Transition for Energy Security

서문

이번 여정은 두바이를 경유하기로 했던 항공편이 취소되면서부터 최근 호르무즈의 긴장이 온몸으로 느껴지는 하루하루였습니다. 이 분위기는 행사장 깊숙이까지 전달된 것 같습니다. 1990년대부터 꾸준히 노력해 온 결과, 유럽은 자본과 경험, 기술, 시장을 모두 갖춘 가장 성숙한 해상풍력 시장으로 자리 잡았습니다.

올해 WIND EUROPE의 슬로건은 안보의 에너지(The Energy of Security), 경쟁력의 에너지(The Energy of Competitiveness), 번영의 에너지(The Energy of Prosperity), 유럽의 에너지(The Energy of Europe)였습니다.

컨퍼런스 참가자들은 높은 에너지 가격을 지불하느라 힘겨운 시민들을 얘기할 때 얼굴이 어두웠습니다. 하루하루 에너지를 걱정해야 하는 시기인 것 같습니다. 부디 겨울이 오기 전에 지금의 이슈가 마무리되기를 진심으로 바랍니다.

그래서 지역 내 에너지 자립이 그 어느 때보다 중요해진 듯 합니다. 전력망 연결과 보다 안정적이고 적절한 비용으로 풍력 에너지를 공급하는 것이 당연한 주요 과제입니다.

이번 인사이트 보고서는 에너지 위기를 그 어떤 지역보다 직접적으로 겪고 있는 유럽이 풍력에서 어떤 가능성과 돌파구를 찾고 있는지 보여주고자 하였습니다.

우리나라는 제주 한림, 전남 1단계 준공과 영광 낙월, 신안 우이 공사로 서남해 실증단지 이후 한동안 멈춰있던 해상풍력 보급을 다시 이어가고 있습니다. 가격 입찰도 매년 끊임없이 운영되고 있습니다. 해풍법도 발효되었습니다. 산업경쟁력 지표와 공공입찰 덕분에 국내 공급망 기업들의 참여 기회도 늘었습니다.

하지만 여전히 보급과 전력시장 운영연계에 있어 남은 과제도 많습니다.

모쪼록 최근 트렌드를 소개하는 이번 보고서가 여러분들이 길을 찾아가는데 조금이나마 도움이 되기를 기대합니다.

주식회사 에너지와공간
대표이사 김윤성

CONTENTS

INTRODUCTION	1
1. 재생에너지 확산의 핵심인 전력망 확충	2
2. 입찰시장 설계와 규제 단축으로 경쟁력 강화	4
3. 지역 내 공급망 강화를 통한 에너지 안보 확보	6
4. 안전하고 저렴한 에너지 공급을 위한 전력화	8
5. 미래 경쟁력 확보를 위한 준비	10

2026 유럽 해상풍력의 오늘과 내일

발간월 2026년 5월

집필진 에너지와공간

연구책임자 김윤성

연구원 손다원, 최효정, 하승권

서울대학교 환경대학원

학생연구원 김보경, 조유진

INTRODUCTION

2022년 러시아-우크라이나 전쟁에 이어, 2026년 중동 정세 불안까지 겹치며 에너지 수급 불확실성이 심화되자, 유럽에서 풍력은 단순한 재생에너지 확대를 넘어 에너지 안보의 핵심 수단으로 부상하고 있다. 유럽은 2025년 한 해에만 약 450억 유로를 신규 풍력 설비에 투자하며 전체 전력의 약 20%를 풍력으로 공급할 만큼 시장을 성장시켰다. 그러나 전력은 여전히 유럽 전체 에너지 소비의 약 25% 수준에 머물고 있어, 에너지 안보 위협에서 완전히 벗어나지 못한 상황이다.

이러한 배경 속에서 2026년 4월 21일부터 23일까지 스페인 마드리드에서 개최된 WIND EUROPE에서는 풍력 산업계와 정책 관계자들이 **전력화(Electrification)**를 핵심 전략 과제로 제시하며, 이를 위한 정책 우선과제를 담은 'Madrid Call to Action'을 공유하였다.

이번 WIND EUROPE에서는 유럽이 더 이상 재생에너지 확대를 단순한 '기후 대응' 차원만으로 바라보지 않는 분위기가 뚜렷하게 나타났다. 높은 에너지 가격, 제조업 경쟁력 약화, 해외 공급망 의존, 장기화되는 계통 및 인허가 병목 등으로 인해 **유럽 내부의 위기의식은 예상보다 훨씬 강했다.** 풍력 산업 역시 단순한 발전 산업이 아니라, 유럽의 **산업 경쟁력과 에너지 주권을 유지하기 위한 핵심 전략 산업**으로 인식되고 있었다.

'Madrid Call to Action'의 핵심 메시지는 전력화(Electrification)를 단순한 탄소중립 정책이 아니라 에너지 안보와 산업 경쟁력을 좌우하는 전략적 우선순위로 다루어야 한다는 점이었다. 주요 내용은 크게 다음 세 가지 축으로 정리된다. 첫째, 인허가 신속화·입찰 제도 개선·노후단지 리파워링을 통한 공급 확대, 둘째, 전력망 접속 기준 개선과 EU 차원의 전력망 투자 확대를 통한 공급-수요 연결, 셋째, 히트펌프·전기차 보급 확대와 PPA 활성화를 통한 에너지 수요 전환이다.

Madrid Call to Action

전력화를 정책의 부수적 사항이 아닌 전략적 우선순위로

공급 확대

1. 인허가 신속화
2. 입찰 물량 확보
3. 노후단지 리파워링

공급-수요 연결

4. 전력망 접속 기준 변경
5. 전력망 장비 제조 확대
6. EU 전력망 지원 5배 확대

전력으로 에너지 수요 전환

7. 히트펌프·전기차 부가세 0%
8. 산업 공정 전기화 우선 추진
9. 전기요금 관련 세금 영구 인하
10. PPA 산업 지원 절차 간소화

※ 본 보고서는 2026 WIND EUROPE 컨퍼런스 및 세미나 내용을 바탕으로 작성되었습니다.

1. 재생에너지 확산의 핵심인 전력망 확충

★ 유럽 풍력 확대의 성패를 쥐고 있는 전력망 인프라 확충

- AI, 디지털 트윈, 동적 선로 정격(DLR) 기술 등의 도입을 통해 신규 증설 없이도 기존 전력망의 운영 효율과 수용 능력을 향상시켜 전력망 병목 해결에 기여하도록 한다.
- 수백 GW 규모의 전력망 대기 물량 해소를 위해 수요 확정 전 미리 인프라를 구축하는 '선제적 투자'로의 패러다임 전환이 필요하다.
- 하이브리드 연계를 통해 개별 국가를 넘어선 범유럽 차원의 통합 전력망을 구축하고 정치적·경제적 협력을 공고히 해야 한다.

- 관련 세션: Breaking grid bottlenecks, How can we accelerate grid deployment?, Navigating Europe's New Grid Complexity, North Sea Interconnection: Making It Work, Power links for floating wind

■ 기존 전력망의 효율 극대화

현재 유럽 전역에서는 막대한 규모의 풍력 프로젝트들이 전력망 연결을 위해 수년씩 대기하는 '그리드락(Gridlock)' 현상이 발생하고 있다.¹⁾ 많은 시간과 비용이 소요되는 신규 전력망 증설 없이도 즉시 효과를 낼 수 있는 기존 인프라의 수용 능력을 극대화하는 방안이 중요해지고 있다.

- 지능형 운영 관리: AI와 디지털 트윈 기술을 활용하여 실시간으로 전력 흐름을 최적화하고 시스템 운영의 유연성을 강화해야 한다.
- 용량 확대 기술: 기상 데이터를 기반으로 전력 선로의 허용 용량을 유연하게 조절하는 동적 선로 정격(DLR, Dynamic Line Rating)²⁾ 기술 등을 도입하면, 추가적인 선로 증설 없이도 기존 망의 수용 능력을 최대 20~30% 향상시킬 수 있을 것으로 보고 있다.

■ 선제적 투자로 패러다임 전환

기존 전력망 효율 증대만으로 급증하는 재생에너지 연계 수요를 감당하기는 역부족이다. 또한, 기존의 '수요가 생기면 망을 늘린다'는 사후 대응 방식으로는 재생에너지 목표를 달성할 수 없다. 국가의 재생에너지 목표에 맞춰 전력망을 미리 구축하는 '선제적 투자'로의 전환이 핵심으로 부상하고 있다.

1) 유럽은 지난 2025년 12월 10일 EU 그리드 패키지(European Grid Package)를 발표하며 재생에너지 전환의 가장 큰 병목이 계통에 있음을 명확히 규정하고 이를 해결하기 위한 준비 작업을 시작했다.

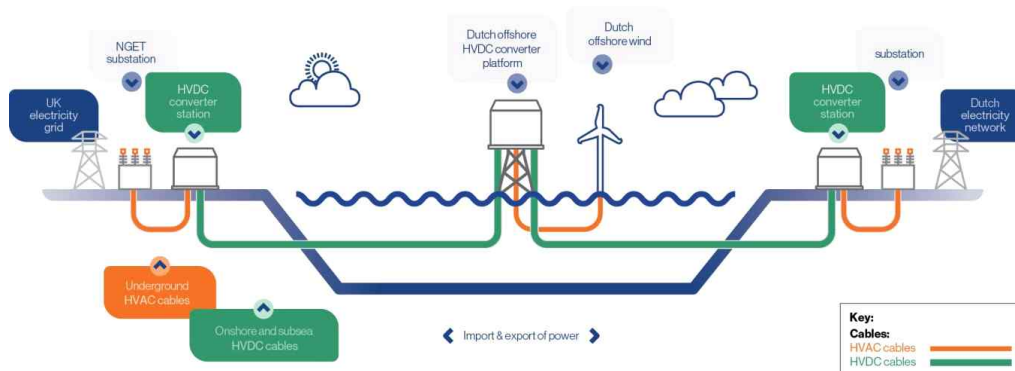
2) 정밀한 실시간 데이터를 활용하여 송전 도체의 열 등급(thermal ratings)을 보다 동적인 방식으로 결정하는 다양한 기술과 방법론을 아우르는 용어로, DLR 시스템의 핵심은 계통 운영자가 송전선의 실제 통전 용량(current-carrying capacity) 한계를 실시간으로 정확하게 파악할 수 있도록 돕는 것이며, 이를 통해 보수적인 가정에 기반한 기존 송전 제약을 완화하고 설비 이용률을 극대화할 수 있다는 것이다(Dynamic Line Rating, DOE, 2019).

- 투자 패러다임 전환: 수요가 완전히 확정되기 전이라도 국가의 재생에너지 목표량에 맞춰 전력망 인프라를 미리 구축하는 과감한 투자가 병목을 해결할 수 있다.
- 규제 및 인허가 혁신: 일부 프로젝트에서는 실제 건설 기간보다 인허가 및 법적 절차에 훨씬 긴 시간이 소요되고 있다는 문제가 제기되며, 전력망 인허가 절차를 'EU 그린 패키지' 등을 통해 획기적으로 단축해야 한다는 의견이 강력하게 주장되었다.

■ 범유럽 차원의 계통 연결(Interconnection)

개별 국가 단위의 최적화가 모두 이루어지더라도, 유럽 차원의 에너지 안보를 위해서는 국경을 초월한 통합 전력망이 필수적이다.

- 하이브리드 연계(Hybrid Interconnection): 하나의 풍력발전 단지를 한 국가에 연결하는 기존 방식에서 벗어나, 여러 국가의 계통을 잇는 연계선에 해상풍력 단지를 동시에 연결하는 라이온 링크(Lion Link)³⁾와 같은 하이브리드 모델이 미래의 핵심 그리드 모델로 제시되었다.
- 지역 시스템 기반 접근: 특정 프로젝트 중심이 아닌, 북해 등을 하나의 거대한 '녹색 발전소'로 보고 지역 단위의 통합 프레임워크를 구축하여 국가 간 비용과 편익을 공정하게 공유하는 정치적·제도적 협력이 강조되었다.



[LionLink 구조]

*출처: nationalgrid 웹사이트(<https://www.nationalgrid.com>)

★ INSIGHT

- 유럽이 겪고 있는 전력망 병목은 향후 한국에서도 이미 본격적으로 나타났. 특히 제주 지역의 출력제한, 수도권 중심의 수요 구조, 계통 연계 문제 등을 고려하면 송전망 확충과 운영 유연성 확보는 국내에서도 핵심 과제이다.

3) 영국의 내셔널 그리드(National Grid)와 네덜란드의 전력망 운영사인 테넌트(TenneT)이 협력하여 추진 중인 중진 프로젝트. 영국과 네덜란드를 연결하는 세계 최초의 '하이브리드 커넥터(hybrid connector)'로, 각 해상풍력 발전소를 개별적으로 육상에 연결할 때 발생하는 병목 현상을 해결하고, 에너지 시장 간의 효율성을 높이기 위해 앞으로 이러한 방식이 더욱 중요해질 것이라고 소개되었다.

2. 입찰시장 설계와 규제 단축으로 경쟁력 강화

★ 가치 중심 경매와 인허가 가속화를 통한 유럽 풍력 산업의 경쟁력 강화

- 비가격 요소를 반영한 가치 중심 경매 설계와 양방향 CfD 도입을 통해 공급망의 재무적 안정성과 질적 성장을 도모해야 한다.
- 재생에너지를 '최우선 공공 이익'으로 규정하고 행정 절차의 디지털화를 통해 인허가 기간을 2년 이내로 획기적으로 단축해야 한다.
- 사전 환경 매핑으로 법적 리스크를 선제 관리하고 투명한 장기 파이프라인 공개를 통해 시장의 예측 가능성을 확보해야 한다.

- 관련 세션: Challenging the Market: How Wind Wins Next in Europe, Permitting 2.0: what has changed, what still needs to change, Market Update (France, Spain, UK), Ministerial session - Offshore wind, De-risking wind investments: reducing uncertainty, unlocking deployment

■ 가치 중심 입찰 설계

유럽 풍력 시장은 단순한 최저가 낙찰 방식에서 벗어나, 질적 가치를 평가하는 입찰 구조로 전환하기 위해 움직이고 있다. 이는 공급망의 재무적 안정성을 보장하는 CfD 모델과 결합될 때 비로소 실효성을 가진다.

*비가격 요소가 '어떤 기준으로 사업자를 선정할 것인가'의 문제라면, CfD는 사업자가 '얼마를 안정적으로 받을 수 있을 것인가'의 문제로, 두 제도는 각각 사업자의 수익 안정성과 공급망 품질이라는 서로 다른 축에서 시장의 질적 성장을 보완적으로 견인하는 요소다.

- 비가격 요소(NPC, Non-price criteria)의 강화: 넷제로 산업법(NZIA)에 따라 사이버 보안, 탄소 발자국, 환경적 지속가능성, 시스템 통합 기여도를 입찰 평가 항목에 반영하여 입찰 기준이 변경되고 있다.
- 금융 안정성을 위한 CfD 모델: 시장 변동성으로부터 사업자를 보호하여 투자 확실성을 제공함과 동시에 가격 안정화를 통해 소비자를 보호하는 역할을 수행하는 양방향 차액결제계약(two-way CfD)이 표준적인 수익 모델로 강조되었다.
- 부유식 풍력을 위한 별도 입찰 트랙: 현재 부유식 풍력의 LCOE는 고정식 대비 약 2~3배 수준으로, 동일한 가격 경쟁 구도에서는 혁신 기술이 구조적으로 도태될 수밖에 없다. 이를 방지하기 위해 부유식 풍력만을 위한 전용 입찰 트랙을 운영하여 기술 다양성을 보호해야 한다는 의견이 제기되었다.

■ 인허가 가속화

가치 중심 경매 설계가 '무엇을, 어떤 기준으로 선정할 것인가'를 다룬다면, 인허가 체계는 '얼마나 빨리 실행에 옮길 수 있는가'를 결정한다. 아무리 정교한 입찰 설계도 수년에 걸친 인허가 지연 앞에서는 무력화될 수밖에 없다. 현재 유럽의 재생에너지 전환의 가장 큰 병목 중 하나인 인허가 지연을 해결하기 위해 절차의 법적 우선순위 부여와 디지털화가 추진되고 있다.

- 최우선 공공 이익(Overriding Public Interest) 규정: 풍력 발전을 안보 및 공공 이익의 최우선 순위로 규정하여, 다른 행정적·법적 장애물보다 우선하여 처리할 수 있는 법적 근거를 마련하는 것이 핵심으로 부상하고 있다.
- 인허가 기간의 획기적 단축 (Permitting 2.0): 행정 절차를 전면 디지털화하여 효율성을 극대화하고, 현재 평균 8년 이상 소요되는 법적 허가 절차를 2년 이내로 단축해야 한다는 의견이 우세하게 나타났다.
- 다층적 절차의 통합: 국가, 지역, 담당 부처로 이어지는 중복된 인허가 단계를 디지털 시스템상에서 통합 관리하여 불필요한 행정 소요를 줄이고, 전문 인력을 확충하여 계류 중인 프로젝트의 검토 속도를 높여야 한다는 점이 강조되었다.

■ 사전 리스크 제거

인허가 속도를 높이는 것과 함께, 프로젝트가 시작되기 전 단계에서 법적·환경적 리스크를 미리 제거하는 것은 사업 불확실성 해소의 또 다른 축으로, 사전 데이터 제공과 투명한 시장 계획이 이를 가능하게 한다.

- 입찰 파이프라인의 투명한 공개: 국가별 입찰 시기와 물량에 대한 명확하고 장기적인 로드맵을 공개하여, 개발사와 투자자가 예측 가능한 환경에서 의사결정을 내릴 수 있도록 해야 한다.
- 정부 주도의 부지 검토: 프랑스나 노르웨이의 사례처럼 국가가 주도적으로 사이트를 검토하고 기초 데이터를 제공함으로써 개발자의 초기 조사 리스크와 비용 부담을 줄여주는 모델이 긍정적인 대안으로 평가받고 있다.
- 민감도 매핑(Sensitivity mapping) 활용: 환경 단체와 협력하여 생태적으로 민감하지 않은 지역을 사전에 지도화함으로써, 환경 영향 평가 과정에서의 법적 분쟁을 예방하고 인허가 속도를 높이는 전략이 제시되었다.

★ INSIGHT

- 유럽은 단순히 인허가 기간 단축에 그치지 않고, 정부가 사전 환경 데이터를 투명하게 제공하고 법적 리스크를 선제적으로 조정함으로써 사업 불확실성을 낮추는 방향으로 제도를 전환하고 있다. 이러한 접근은 해풍법 시행 이후 속도와 수용성을 동시에 확보해야 하는 한국 시장에도 중요한 시사점을 제공한다.

3. 지역 내 공급망 강화를 통한 에너지 안보

★ 에너지 전환을 넘어 산업 주도권 확보를 위한 유럽 내 제조 역량 강화

- 해상풍력을 국가 안보 차원의 과제로 격상하고 넷제로 산업법(NZIA)을 활용해 유럽 내 핵심 부품의 제조 비중과 기술 주권을 확보해야 한다.
- 터빈 대형화 경쟁 대신 표준화된 설계와 연속 생산 체계를 도입하여 공급망 부하를 줄이고 산업 전반의 비용 절감을 실현해야 한다.
- 개별 프로젝트 단위를 넘어선 국가 간 장기 제조 협력과 리스크 공유 파트너십, EIB 금융 지원을 결합하여 유럽 공급망의 예측 가능성과 지속가능성을 극대화해야 한다.

- 관련 세션: Trade and competitiveness: making more wind in Europe, Keeping our supply chains cybersecure, Is Europe's offshore wind ready to industrialise?, Scaling up our offshore supply chains Ministerial session - Electrification and industrial policy

에너지 안보를 위한 제조 역량 확보

풍력을 단순히 재생에너지 보급의 수단이 아니라, 외부 충격에 대응할 수 있는 역량 강화, 즉 '에너지 안보(Energy Security)'의 핵심으로 인식해야 한다는 공감대가 형성되었다.

- 유럽 내 제조 비중 설정: 전력망, 제어 시스템, 원자재 등 안보와 직결된 핵심 분야에서는 유럽 내 제조 비중(Thresholds)을 설정하여 특정 국가에 대한 의존도를 낮추고 전략적 독립성을 유지해야 한다.
- 에어버스 모델(Airbus Model) 도입: 유럽 각국이 핵심 부품 생산을 분담하여 통합된 공급망을 구축하는 협력 모델을 통해 전체 유럽 공급망의 경쟁력과 회복탄력성을 강화해야 한다.⁴⁾
- 보안 중심의 설계(Security by Design): 해상풍력 인프라를 사이버 공격이나 물리적 위협으로부터 보호하기 위해, 설계 단계부터 보안 기능을 통합해야 한다는 의견이 제시되었다.

표준화를 통한 '산업화'로의 패러다임 전환

기존의 대형화 경쟁 중심의 방식에서 벗어나, 표준화된 설계와 반복 가능한 연속 생산(Serial Manufacturing) 체계로 공급망의 효율성과 예측 가능성을 높여야 한다는 의견이 제시되었다. 이는 개별 프로젝트 중심의 구조를 산업화하려는 시도와 맞닿아 있다.

4) 연구진 의견: 에어버스 모델은 유럽 각국이 핵심 부품 생산을 분담하고 통합 공급망을 형성함으로써 산업 경쟁력과 공급망 회복탄력성을 강화하는 협력 방식이다. 다만 이는 장기간의 정치적 합의와 상당한 초기 투자를 필요로 하므로, 타 지역에서의 확산 가능성은 제한적일 수 있다. 그러나 유럽에서는 오스테드·지멘스 등 주요 기업의 공급망 분업, 북해 에너지 협력과 같은 초국가적 협력 사례가 관찰되어, 유사한 모델의 제도적 기반이 점차 축적되고 있는 것으로 볼 수 있다.

- 대형화 경쟁 재검토: 터빈의 급격한 대형화 속도를 조절하고 현재 기술 수준을 일정 기간 안정적으로 운영함으로써, 유럽 내 공급망이 설비를 최적화하고 투자를 회수할 시간을 주어야 한다는 의견과 기술 혁신의 급격한 둔화는 장기적으로 경쟁력을 훼손할 수 있어 '혁신의 속도 조절'이 보다 현실적인 접근이라는 시각이 공존한다.
- 기존 인프라 활용: 새로운 장비를 계속 개발하기보다 기존 항만과 설치 선박을 활용할 수 있는 표준화된 제작 전략을 세워야 비용 효율성을 확보할 수 있다.
- 리스크 공유 파트너십: 리스크를 하청업체에 일방적으로 전가하던 기존 방식에서 벗어나, 설계 단계부터 제조 파트너가 참여하는 '조기 참여(Early Engagement)'와 리스크 공유 모델을 통해 공급망 생태계 전체의 재무적 건전성을 확보해야 한다.
- 프로젝트에서 프로그램으로: 개별 프로젝트 단위의 단절된 입찰 대신 '프레임워크 계약(Framework Contracts)' 시스템을 도입하여 공급망에 장기적이고 예측가능한 파이프라인을 제공해야 한다.
- 규모의 경제 실현: 일부에서는 기술 표준화를 통해 인터페이스를 단순화하여 대량 생산 체계를 구축함으로써 조건에 따라 상당한 수준의 비용 절감 가능성이 있다는 전망도 제시되었다.

■ 공급망 지속가능성 확보

산업화를 통해 생산 역량을 갖추더라도, 저가 수입 제품과의 가격 경쟁에서 유럽 공급망이 구조적으로 불리하다면 그 역량은 시장에서 작동하지 않는다. 가격 외에 질적 가치를 평가하는 비가격 요소(NPC)를 경매 설계의 핵심으로 삼아 저가 수입 제품으로부터 유럽 공급망을 보호해야 한다.

- 회복탄력성 및 지속가능성 평가: 넷제로 산업법(NZIA)⁵⁾ 프레임워크를 활용하여 탄소 발자국, 사이버 보안, 공급망 다변화 기여도 등을 입찰 평가에 실질적으로 반영해 저가 수입품과 무차별 경쟁에서 지역 공급망을 보호하는 흐름이 강화되고 있다.
- 금융 지원책 강화: 유럽투자은행(EIB)의 반대 보증(Counter-guarantees)과 같은 금융 도구를 활용하여 공급망 업체들의 초기 투자 부담을 완화하고 제조 시설 확충을 지원해야 한다.

★ INSIGHT

- 유럽은 공급망을 단순한 조달 문제가 아니라 에너지 안보와 산업 경쟁력을 좌우하는 전략 자산으로 인식하기 시작했다. 다만 유럽처럼 역내 공급망 체계를 구축하기 어려운 한국은, 국내 시장 확대와 함께 수출형 공급망 경쟁력을 어떻게 확보할지 고민이 필요하다.

5) 2장의 NZIA 활용이 '경매 설계 기준'에 초점을 맞췄다면, 3장에서는 동일한 프레임워크를 '유럽 공급망 보호와 제조 역량 강화'라는 산업 전략 관점에서 보았다.

4. 안전하고 저렴한 에너지 공급을 위한 전력화

★ 에너지 안보 확보와 가계 부담 경감을 위한 전방위적 전력화 및 수요 창출

- 전력화는 화석연료 수입 의존을 줄이고 시스템 비용을 낮추는 핵심 수단이다.
- 히트펌프, 전기차, 산업 공정 전기화에 **세금 감면과 같은 강력한 재정적 유인책**을 제공하여 가정·산업부문의 에너지 구조를 전환해야 한다.
- 데이터 센터와 장기적 잠재 수요처인 그린 수소 등 **수익성 있는 전력 수요를 창출하고, 기업 PPA 시장을 활성화**하여 풍력 산업의 투자 확실성과 시장 자생력을 확보해야 한다.

- 관련 세션: Ministerial session - Electrification and industrial policy, Data centres and electrification: enablers, competitors ...or both?, Scaling corporate PPAs: de-risking, financing and deployment, Ministerial session - Offshore wind

■ 에너지 주권 확보와 시스템 비용 절감

전력화는 단순한 탄소 중립 수단을 넘어 유럽의 경제적 안보를 강화하고 가계 부담을 근본적으로 경감하기 위한 필수 전략임이 강조되었다. 또한 전기화가 확대될수록 에너지 시스템 전반의 비용을 낮출 수 있다는 점에서 정책적 우선순위가 높아지고 있다.

- 전력화를 통해 화석연료 수입 의존에서 벗어나면 2050년까지 유럽이 보건 의료에 지출하는 예산에 맞먹는 규모의 비용을 절감할 수 있다는 추산이 제시되었다.
- 아울러 수요·공급 전반의 전력화가 이루어질 경우 전체 에너지 시스템 운영 비용을 조건에 따라 최대 30% 수준까지 낮출 수 있다는 전망도 함께 제시되었다.

■ 전력화를 위한 유인책, 세금 감면

재생에너지는 LCOE 기준으로 이미 화석연료보다 저렴한 에너지원이 되었다. 유럽의 경쟁력 강화를 위해 "전력화할 수 있는 모든 것은 전력화해야 한다"는 주장 하에, 가계와 산업 전반의 에너지 소비 구조를 재생에너지 중심으로 전환하기 위해서는 강력한 유인책이 필요하며, 이를 위해 관련 세금을 감면해야 한다는 의견이 강력히 제시되었다.

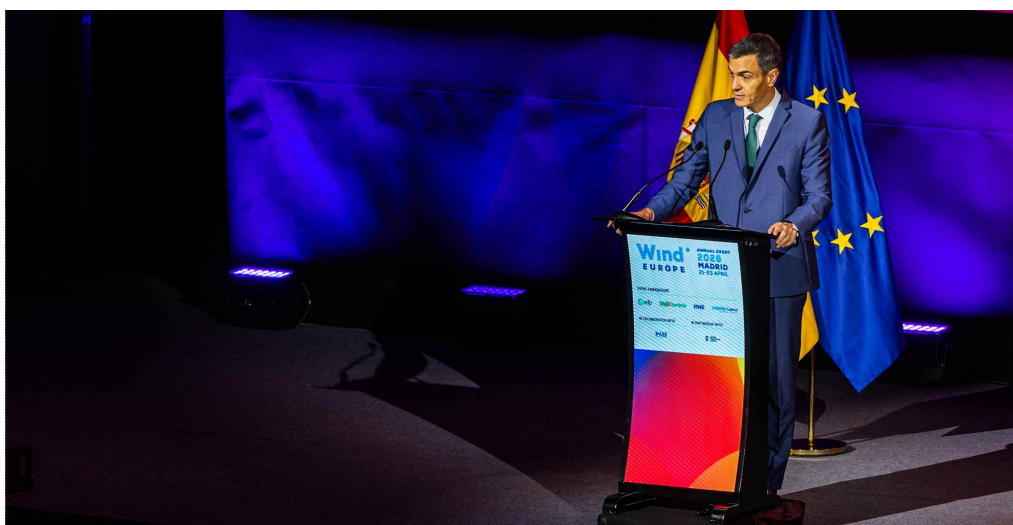
- 가스 의존도 탈피: 영국과 같이 난방 및 산업 공정에서 가스 의존도가 높았던 기존의 에너지 구조를 전력 기반으로 전환하는 노력이 시급하며, 이는 유럽 전체의 에너지 안보와 직결된다.
- 시민의 전력 가격 부담 해소: 현재 전력 가격이 지나치게 높아 유럽 시민들에게 큰 부담이 되고 있다는 점이 주요하게 언급되며, 이를 해결하기 위해 전력 가격을 실질적으로 낮출 수 있는 다양한 정책적 개입(전력에 부과되는 세금을 영구적으로 감면 등)이 필요함이 주장되었다.

- 세제 혜택 및 보조금: 히트펌프 설치와 전기차 보급을 가속화하기 위해 세금 면제(부가세 0% 적용)와 같은 강력하고 직접적인 재정적 유인책이 뒷받침되어야 한다.

■ '수익성 있는 수요(Bankable Demand)' 창출

공급망과 투자자들이 안심하고 투자할 수 있도록 확실하고 장기적인 전력 수요처를 확보하는 것이 전력화의 핵심이다.

- 신규 수요처 연계: AI 산업 성장에 따른 데이터 센터의 막대한 전력 수요와, 탈탄소화가 어려운 산업군을 위한 그린 수소 생산을 풍력 발전과 직접 연계하여 안정적인 수요처로 활용해야 한다.
- 기업 PPA(CPPA) 확대: 정부 보조금에 의존하지 않고 기업이 직접 재생에너지를 대규모로 구매하는 PPA 시장을 활성화함으로써, 풍력 발전의 사업 기반을 공고히 하고 시장의 자생력을 높여야 한다.



[개막식에서 연설 중인 Pedro Sánchez 스페인 총리]

*출처: WIND EUROPE 웹사이트(<https://windeurope.org/annual2026>)

★ INSIGHT

- 유럽은 전력화를 단순한 탄소감축 정책이 아니라 에너지 안보 확보와 유럽 시민의 가계 안정에 결정적인 역할을 하는 핵심 수단으로 보고 있다.
- 우리나라 역시 주요 에너지원을 수입에 의존하고 있는 만큼 국제 정세 변화에 따라 에너지 안보와 국민 생활이 직접적인 영향을 받을 수 있다. 특히 산업용 연료와 난방 부문의 화석연료 의존도가 높은 국내 에너지 소비 구조를 고려하면, 국내에서도 재생에너지 확대와 함께 전력화에 대한 효율적 유인 정책이 함께 마련되어야 할 것이다.

5. 미래 경쟁력 확보를 위한 준비

★ 기술 혁신과 디지털 운영의 융합으로 부유식 해상풍력의 경제성과 경쟁력 확보

- 혁신 기술을 통해 부유식 해상풍력의 하부구조·계류 비용을 절감하고, 자연 친화적 설계(NIDs)의 생태적 성과를 정량화하여 입찰 경쟁력으로 연결해야 한다.
- 실제 운영 데이터와 정밀 시뮬레이션 도입을 통해 유지보수 비용을 절감하고 운영 효율을 정량적으로 극대화할 수 있다.

- 관련 세션: Innovation in floating wind technology, Getting floating above water, LiDAR innovations: accuracy and turbulence, Smarter offshore O&M: data, models and real-world lessons, Floating offshore wind&biodiversity coexistence: A data-driven report from WindFloat Atlantic

■ 부유식 해상풍력 상용화를 위한 혁신 기술 연구

유럽은 부유식 해상풍력을 본격적인 대규모 사업으로 확장하기 위해, 하부구조와 계류 시스템의 비용을 낮추는 기술 혁신에 집중하고 있다. 이는 단순한 실증 성과를 넘어서, 실제 프로젝트에서 적용 가능한 상용 기술을 확보하는 과정으로 이해할 수 있다.

- 3D 콘크리트 프린팅(3DCP) 기반 앵커 기술: 기존 강재 앵커 대신 3DCP 기술을 활용해 석션 및 토르페도 앵커를 제작하는 방식으로, 복잡한 형상 구현이 가능하고 항만 인근에서 현장 제작할 수 있어, 운송 비용과 탄소 발자국을 획기적으로 줄이면서 철강 가격 변동성 리스크를 낮출 수 있다.
- 지능형 계류 최적화 도구(MIDAS): Python 기반 베이지안 최적화 도구인 MIDAS를 통해 계류 시스템 설계를 자동화함으로써, 수작업 대비 계류 비용을 약 15~16% 절감할 수 있음이 스코틀랜드 사례 연구를 통해 입증되었다.
- 계류 소재의 기술·경제적 비교 연구: 강선과 합성 로프의 성능을 분석한 결과, 강선이 재활용성, 탄소 발자국, 수명 종료 후 잔존 가치 측면에서 우수함이 확인되었다. 합성 로프는 해양 환경에서의 장기 내구성에 대한 불확실성이 존재하므로, 채택 전 엄밀한 총소유비용(TCO) 분석이 필수적임이 강조되었다.
- 자연 친화적 설계(NIDs) - Infinity 프로젝트: 부유식 하부 구조물을 켈프, 홍합, 굴 등의 서식지 형성 자산으로 설계하여 해양 생물 다양성을 적극적으로 증진하는 기술이다. 이러한 생태적 기여를 KPI 기반으로 정량화하여, 향후 입찰 시장의 비가격 요소(NPC)에서 기술적 우위를 점하는 근거로 활용할 수 있다.
- 해저 변전소의 경제적 효율성 분석: 수심 100m 이하에서는 고정식이 유리하지만, 수심 1,000m까지 고려되는 심해 해역으로 확장될수록 변전 설비 구조와 계통 연계 방식에 대한 다양한 기술적 대안이 논의되고 있으며, 수심·거리·운영 조건에 따라 경제성 차이가 발생할 수 있는 것으로 분석되었다.

정량 데이터 기반의 운영 최적화

고품질의 실제 데이터를 기반으로 한 정밀한 모델링은 해상 풍력 운영의 불확실성을 줄이고 실질적인 경제적 가치(가동률 향상, 비용 절감)를 창출할 수 있음이 여러 사례를 통해 증명되고 있다.

- 실제 운영 데이터 기반 O&M 시뮬레이션: SCADA, 고해상도 AIS, 일일 작업 보고서(DPR)를 결합하여 실제 해상 운영 상황을 정밀하게 재현함으로써, 선박 이송 시간이나 헬리콥터 투입과 같은 물류 전략이 가동률에 미치는 영향을 상업적으로 정량화할 수 있음을 입증했다.
- 데이터 기반 전술적 유지보수 계획: 이산 사건 시뮬레이션(DES)을 통해 경험에 의존하던 연간 유지보수 계획을 체계화하였으며, 블레이드 수리 캠페인 사례에서 최적의 시작 시기(봄)를 도출함으로써 비용 약 20% 절감과 작업 기간 단축(1/3 수준)이라는 구체적인 경제적 가치를 제시했다.
- 고해상도 기상 데이터 활용: 기존의 글로벌 모델(30km 격자) 대신 2km 격자의 고해상도 국지적 기상 모델을 활용함으로써, 단지 내 터빈별 미세한 기상 변동성을 파악해 접근성 판단의 정교함을 높이고 상업적으로 유의미한 가동률 향상을 이끌어낼 수 있음을 보여주었다.
- 라이다(LiDAR) 기술 혁신: 환경 변수에 대한 감도를 줄인 라이다 기술을 통해 풍향 예측의 불확실성을 낮추고 데이터 신뢰도를 향상하여 프로젝트 초기 단계의 재무 리스크를 완화할 수 있다.

★ INSIGHT

- 해상풍력 선진 시장인 유럽에서도 부유식 해상풍력은 아직 기술·공급망·운영 방식이 완전히 표준화되지 않은 초기 단계에 가깝다. 다만 다양한 실증 연구개발 과제가 이미 수년전부터 진행되고 있으므로 우리가 분발하지 않는다면 기술격차를 갖게 될 가능성도 높다.