



Received: 2026/07/14
Revised: 2026/07/25
Accepted: 2026/08/17
Published: 2026/09/30

***Corresponding Author:**

Tae-Yong Park

91, Haeyangdaehak-ro, Mokpo-si, Jeonnam-Gwangju,
58628, Republic of Korea

Tel: +82-61-240-7126

Fax: +82-61-240-7278

E-mail: osw123@mmu.ac.kr

해상풍력발전단지 기반 무인체계 상주형 플랫폼 구축 연구

Implementation of Offshore Wind Farm-Integrated Resident Platforms for Unmanned Systems

오성원, 박태용*

국립목포해양대학교 해군사관학부 부교수

Seongwon Oh, Tae-Yong Park*

Assistant professor, Dept. of Naval Officer Science, Mokpo National Maritime
University

Abstract

본 연구는 해상풍력 발전단지를 무인체계 상주형 플랫폼으로 활용하는 아키텍처를 제안한다. 해상풍력 발전단지 고유의 인프라와 무선 충전·통신 기술을 결합하여 발전단지를 무인항공기, 무인수상정, 무인잠수정 등 다영역 무인체계의 자율 상주를 지원하는 플랫폼으로 활용하는 방안이다. 이는 무인체계의 무중단 운영을 지원하고, 군의 감시 범위를 외곽으로 획기적으로 확장함으로써 국가 해양 안보 역량을 강화하는 데 활용될 수 있다.

This study proposes an architecture that utilizes offshore wind farms as a resident platform for unmanned systems. By combining the inherent infrastructure of offshore wind farms with wireless charging and communication technologies, this approach utilizes wind farms to support the autonomous residency of multidomain unmanned systems, including UAVs, USVs, and UUVs. This approach can be effectively leveraged to significantly enhance national maritime security capabilities by supporting the uninterrupted operation of unmanned systems and significantly expanding military surveillance coverage.

Keywords

재생 에너지(Renewable Energy),
해상풍력 발전단지(Offshore Windfarm),
무인 체계(Unmanned System),
상주형 플랫폼(Resident Platform),
무중단 운영(Uninterrupted Operation)

Acknowledgement

이 논문은 국립목포해양대학교 산학협력단 과제를 통해
김&장 법률사무소의 지원으로 수행되었음.

1. 서론

최근 인공지능 기술 발전에 따른 전력 수요의 급격한 증가와 미국-이란 전쟁 및 호르무즈 해협 봉쇄 등에 의해 전 세계가 에너지 위기에 직면함에 따라, 각국은 에너지 이송로의 다변화와 화석연료에서 재생에너지로의 전환을 통해 향후의 에너지 위기에 대비하고 있다.

대한민국은 동북아시아의 지정학적 요충지에 위치하며, 좁은 해역으로 둘러싸인 반도국가이다. 또한 남북 분단에 따른 사실상의 섬과 같은 고립성, 협소한 국토 및 에너지를 포함한 천연자원의 절대적 부족이라는 구조적 한계를 극복하기 위해 해양을 생존과 국가 발전을 위한 교통로로 활용해 왔다. 특히 대한민국은 에너지의 93% 이상을 해상 교통로(sea lines of communication, SLOC)를 통해 이송하고 있으며, 이 중 석유 소비량은 세계 7위, 전력 소비량은 6위를 기록하고 있으며 점차 증가하고 있다[1]. 그러나 높은 에너지 수요와 대외 의존도에도 불구하고, 대한민국의 국내 재생에너지 전환은 주요국에 비해 더디게 진행되고 있다. 세계경제포럼(World Economic Forum, WEF)의 에너지전환지수(ETI, energy transition index) 평가에서 대한민국의 재생에너지 발전 비중은 OECD 회원국 32개국 중 31위로 낮은 평가를 받고 있어, 탄소 감축과 에너지 안보 확보라는 이중의 과제에 직면해 있다[2].

재생에너지 중 풍력발전은 24시간 전력생산이 가능함에 따라 중국과 유럽을 중심으로 발전 용량을 증가시키고 있으며, 특히 해

상풍력발전은 풍황자원이 육상에 비해 상대적으로 많고 환경과 민원에 의한 입지 제약이 적은 장점으로 인해 관심과 투자가 증가하고 있다.

그러나 해상풍력발전단지가 대규모로 계획됨에 따라 주변 해역 감시에 대한 우려가 대두되고 있으며, 이는 해상풍력의 진행을 더디게 하는 주요 원인 중의 하나가 되고 있다. 따라서 해상풍력발전이 군의 작전에 미치는 영향을 최소화하거나, 국가의 안보 자원으로 활용할 수 있는 연구가 필요하다.

본 연구는 지속적으로 확대 설치가 예상되는 해상풍력발전단지를 에너지 안보뿐만 아니라 해양 안보를 위해 군사적 측면에서 활용 가능한 방안을 도출하는데 중점을 두었다.

2. 해상풍력발전 현황 및 특성

2.1 전세계 해상풍력발전 현황

풍력발전은 Fig. 1(a)와 같이 2024년 전 세계적으로 117 GW의 신규 풍력발전 용량이 그리드에 추가되었으며 전체 설치된 풍력 용량은 1,136 GW에 도달하였다[3]. 해상풍력발전 용량은 8 GW로 감소되었으나 역사상 네 번째로 높은 수치이며 이에 따라 전체 설치된 해상풍력 용량은 83.2 GW 수준에 달하였다.

풍력발전에서 해상풍력의 점유율은 아직까지 저조하지만, 2017~2021년 동안 369% 증가한 수준으로 매우 빠른 성장률을 보이고 있으며[4], 2025년부터 2030년까지 연평균 성장률(compound annual growth rate, CAGR)을 24%로 예상하는 등 강력한 성장세가 예상된다[5]. 다만, 러시아-우크라이나 전쟁의 장기화에 따른 자본 조달 비용 상승, 인허가 절차의 지연, 북미시장에서의 정책 불안정성 등의 부정적 영향으로 풍력발전 전체가 재조정의 과정에 있는 것으로 판단된다[5].

Fig. 2(b)는 현재 해상풍력은 중국과 유럽이 대부분을 차지하고 있음을 나타내지만, 향후에는 미국과 아시아가 주도할 것임을 추측할 수 있다.

2.2 대한민국 해상풍력발전 현황

대한민국은 재생에너지 3020 이행계획에 따라 2030년까지 재생에너지 비율을 20%까지 확대하기

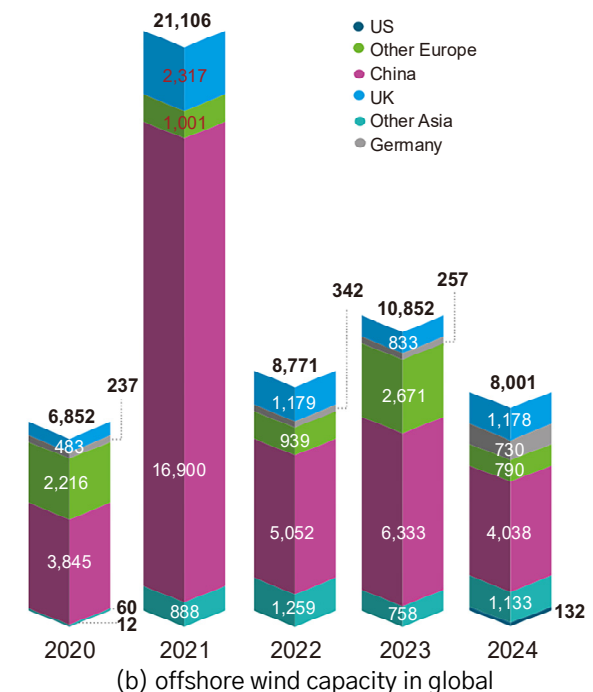
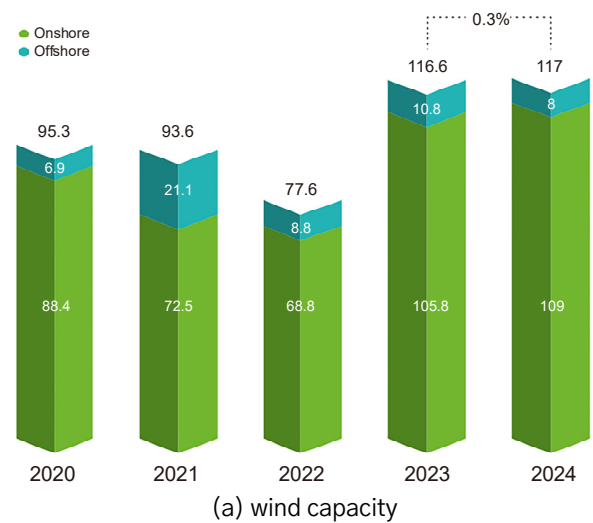


Fig. 1. New installations of (a) and (b)

위해 63.8 GW의 재생에너지 발전 설비를 추가하는 것을 목표로 하였으며[6], 2026년에는 그 목표를 100 GW로 확대하였다.

Fig. 2는 2022년을 기준으로 대한민국에서 발전사업허가를 취득한 60개 프로젝트의 총 18 GW 수준의 해상풍력발전 계획 현황을 나타내며[6], 동해 일부를 제외한 한반도의 전 해역을 대상으로 하고 있다.

따라서 대한민국의 풍력발전단지는 전 해역을 촘촘하게 커버할 수 있는 군사적 전진 기지로 활용될 수 있다. 대한민국 해상풍력의 지역적 특징은 서남해는 고정식 풍력발전, 동해는 부유식 풍력발전을 위주로 진

행되고 있다는 것이다. 이는 서남해의 수심이 10~30 m 전후로 낮아 고정식 풍력발전기의 설치가 용이하기 때문이다.

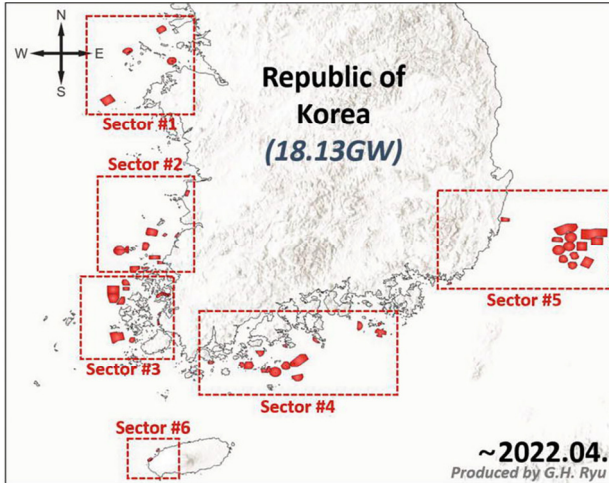


Fig. 2. Offshore wind farm project with electric business license in Korea

2.3 해상풍력 발전단지 구성 및 특성

Fig. 3는 해상풍력 발전단지의 구성을 나타내며, 크게 전력 생산을 담당하는 해상풍력 발전기와, 전력 변환과 송전을 담당하는 해상 또는 육상 변전소로 구성되어 있다. 여기서 변전소는 풍력발전단지 내외부 전체를 감시 및 통제하는 통제소의 역할을 겸할 수도 있다.

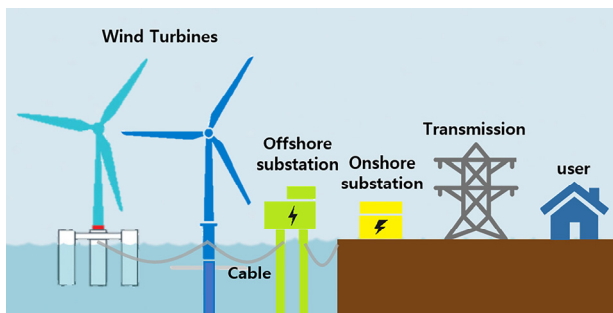


Fig. 3. Components of a typical offshore wind farm

해상풍력은 발전기를 해저면에 고정하는 고정식과 바다 위에 띄우는 부유식으로 구분한다. 고정식은 하부 구조물의 형태에 따라 모노파일 타입, 재킷 타입 및 트라이포드 타입 등으로 구분되며 전 세계 해상풍력 발전기의 70%는 모노파일 타입이다. Fig. 4는 다

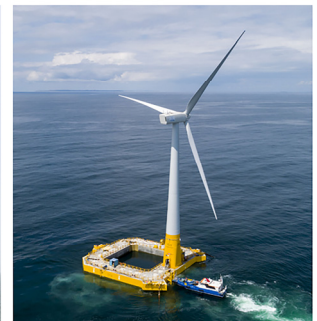
양한 해상풍력 발전기의 형태와 여유 공간을 보여주며, (a)와 같은 고정식 모노파일형은 (b) 및 (c)와 같은 부유식에 비해 공간적인 여유가 적다. 예를 들어 Fig. 4(a) 형상의 15 MW급 반잠수식 풍력발전기의 경우, 원통형 부유체의 직경이 14.4 m 수준이며, Fig. 4(c) 형상의 2 MW급 바지형 부유체는 36×36 m의 넓은 공간을 가진다. 따라서 공간적으로 해상풍력 발전기와 변전소는 군용 센서의 설치나 소형 무인체계의 전진 플랫폼으로 활용될 수 있다.



(a) Semi-submersible



(b) Monopile



(c) Barge type

Fig. 4. Various types of offshore wind turbines and structural appearance

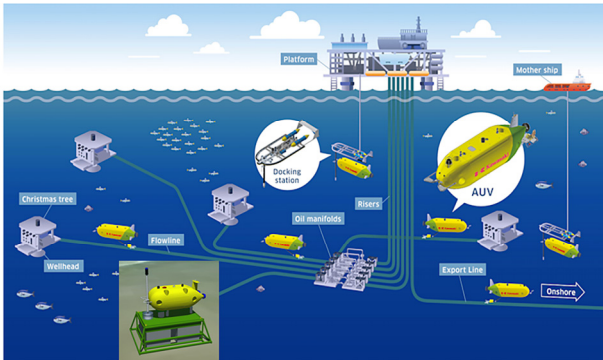
3. 해상풍력 발전단지의 군용 활용 방안

3.1 해상 플랫폼 활용 사례

해상에 설치되는 인공 구조물은 석유/가스 시추선, FPSO(floating production, storage, and off-loading) 또는 해양관측기지 등이 주를 차지하고 있으나, 특정 국가(산유국)에 국한되거나 소규모인 경우가 대부분이다. 그러나 해상풍력 발전단지는 많은 국가에서 넓은 해역에 대규모로 설치하는 경우가 증



(a) offshore wind-farm charging electric ship



(b) FPSO using AUV to inspect its pipes



(c) Subsea docking station

Fig. 5. Various offshore platform using marine systems

가하고 있다.

최근 해상 플랫폼은 군사용 목적은 아니지만 Fig. 5와 같이 유무인 체계의 지원 플랫폼으로 활용되고 있다. Fig. 5(a)는 해상 변전소가 전기선박의 충전에 활용되는 모습이며, (b)는 해저 파이프의 검사를 위한 무인 잠수정을 수중 또는 해저 도킹스테이션을 통해 활용하는 사례이다. Fig. 5(c)는 다양한 무인 잠수정이 도킹하여 무선 충전 및 신호를 전송하는 수중 스테이션을 보여준다. 이 수중 스테이션은 수중 무선 충전/통신 시스템을 통해 2.5 kW의 충전과 100 Mbps 데이터 전송을 구현함으로써 165일간 무중단으로 임무를 수행하였다[7]. 또한 중국과 미국에서는 데이터 센터를 해상풍력 발전단지 내 수중에 설치하여 전력 공급과 냉각을 동시에 해결하는 등 해상풍력 발전단지를 다양한 용도로 사용하고 있다[8,9].

이와 같이 해상풍력 발전단지는 한반도 전 해역에 걸쳐 설치될 예정이며, 해상풍력 발전기 또는 변전소

는 해상 무인체계가 도킹하여 정보 교환 또는 충전 등을 할 수 있는 충분한 공간과 기반 시설을 가지고 있다. 또한 다른 해상 플랫폼의 활용 사례를 바탕으로 무인 체계에 대한 운용 플랫폼 역할을 충분히 수행할 것으로 판단된다.

3.2 해상 무인체계 복합 상주형 플랫폼 활용

해상풍력 발전단지는 일련의 전쟁이 장기화됨에 따라 에너지 안보에서의 역할이 점차 중요해지고 있다. 그리고 해상풍력 발전단지가 가지는 지형적 및 구조적 이점과, 무선충전과 같은 최근의 기술발전을 적용하여 해상풍력 발전단지를 해상 무인체계의 복합 상주형 플랫폼으로 활용한다면 해상풍력 발전단지는 군사적 측면에서 고가치 자원이 될 것이다.

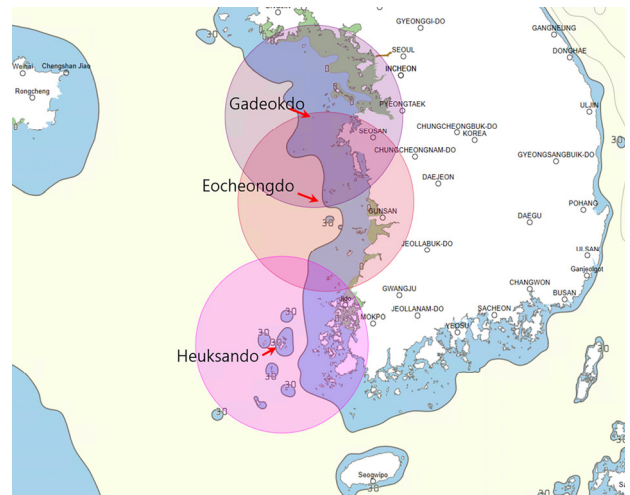
**Fig. 6.** Operational radius of 100 km centered on each of three islands, indicating potential surveillance and defense coverage areas

Fig. 6는 진행 중인 해상풍력 발전단지들과 유사한 위치에 있는 서해안의 3개 섬을 무인체계의 플랫폼으로 할 경우, 작전반경 100 km의 무인체계 커버리지와 수심을 예로써 표시한 것이다. 그림에서 파란색 구역은 수심 30 m 이내이며, 노란색 구역은 수심 30 m 초과 구역을 나타낸다. 세 개의 플랫폼으로도 서해안 전역을 중첩하여 감시·대응할 수 있음을 알 수 있다. 만약 외곽의 해상풍력 발전단지를 이용할 경우에는 감시·대응 범위가 더 확장될 것이다. 이는 병역자원이 줄어들고 있는 대한민국의 상황에서 저비용으로 넓고 복잡한 해역을 방어하고 전투 함정의 운항 소

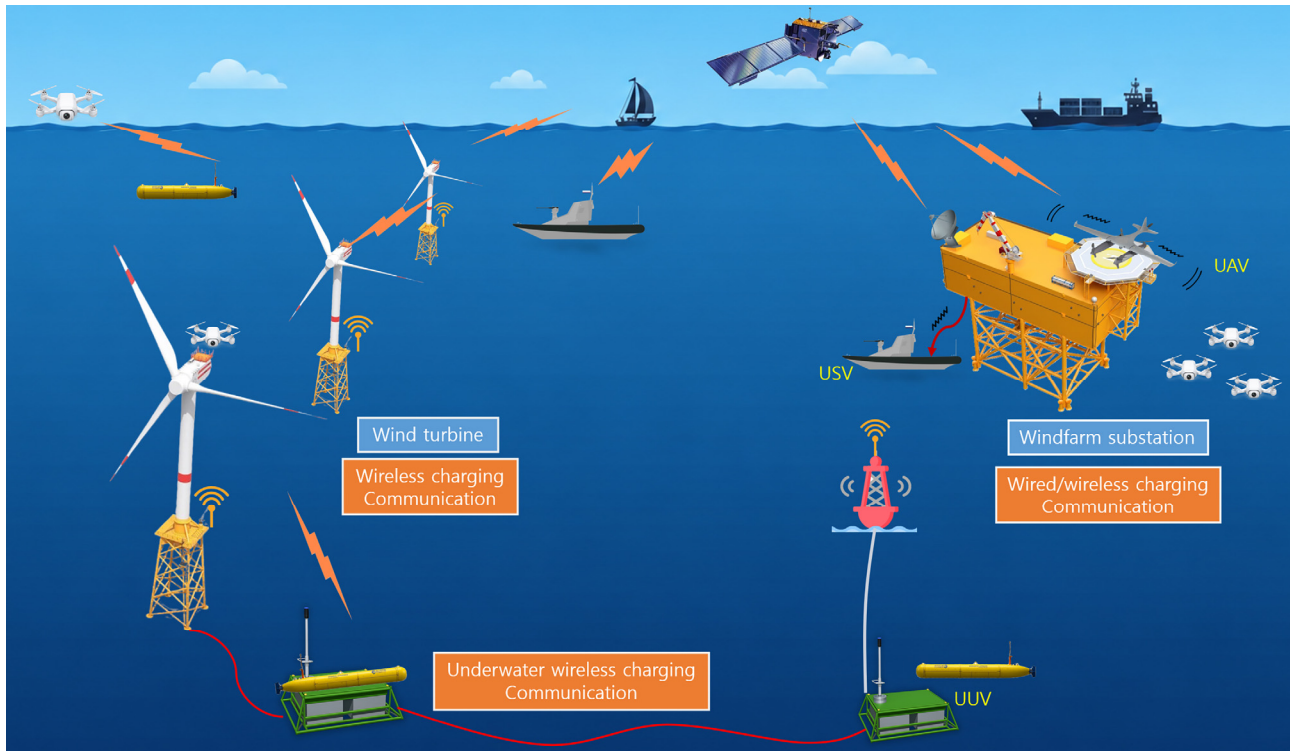


Fig. 7. Architecture of offshore wind farm-integrated resident platforms for unmanned systems

요를 감소시키는 데 중요한 역할을 할 것이다.

Fig. 7은 해상풍력 발전단지를 기반으로 한 무인체계의 복합 상주형 플랫폼의 구성 아키텍처이다. 해상풍력 발전기와 변전소는 자체 전원 및 통제 네트워크를 갖추고 있고, 앞서 살펴본 바와 같이 충분한 공간도 보유하고 있기 때문에 대부분의 무인체계(무인잠수정, 무인항공기 및 무인수상정)의 데이터 전송 및 무인체계의 통제를 위한 통제 플랫폼의 역할을 수행할 수 있다. 또한 무선 전력 전송 기술을 이용하여 무인체계를 수중 또는 수상에서 충전함으로써 현장 운용자가 필요하지 않으며, 무인체계가 운용자가 있는 기지로 복귀하지 않게 함으로써 무인체계의 활용도를 극대화할 수 있다. 결과적으로 이러한 아키텍처는 해상 무인 전력을 육상 지휘소에서 무중단 운용할 수 있게 하는 기반이 될 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구는 에너지 대외 의존도가 높고 군사적 대치 상태에 있는 대한민국에서 에너지 안보와 국가 안보를 동시에 달성하기 위해, 급격히 확대되고 있는 해상풍력 발전단지의 군사적 활용방안을 모색하였다.

대규모 해상풍력 발전단지 구성에 따라 대두된 주변 해역 감시 저하 우려를 역발상하여, 최근 중요성이 증대되고 있는 무인체계를 위한 상주형 플랫폼으로 활용하는 아키텍처를 제안하였다. 이는 재생에너지 확대를 추진하는 경제적·정책적 요구와 완벽한 해상방위태세를 유지하려는 군의 안보적 요구 간의 첨예한 대립을 해소하는 데 실질적인 도움을 줄 수 있다는 점에서 의의를 찾을 수 있다.

해상풍력 발전단지는 자체 전원과 통제 네트워크 및 무인체계를 수용할 수 있는 충분한 공간적 여유를 가지고 있기 때문에 대부분의 무인체계를 수용할 수 있는 복합 상주형 플랫폼으로서의 인프라적 기반을 충족한다. 제안한 아키텍처는 해상풍력 발전단지의 본질적 특성과 최근 개발되고 있는 대용량 무선 전력 전송 기술을 결합하여 다영역 무인체계를 현장 운용자 없이 자율적으로 충전하고 통제할 수 있도록 지원한다. 이는 무인체계가 기지로 복귀하지 않고 작전 해역에 상주하게 함으로써 활용도를 극대화하고, 육상 지휘소에서 장기간 무중단으로 해상 무인체계를 안정적으로 제어할 수 있는 기반을 제공한다.

결과적으로 한반도 전해역에 설치되는 해상풍력 발전단지는 에너지 자립뿐만 아니라 군사적 전진 기

지로 활용함으로써 감시 및 대응범위를 외해까지 획기적으로 확장할 수 있으며 해양 안보 역량을 한 단계 끌어올리는 고가치 지원이 될 것이다.

다만, 본 연구는 배터리를 사용하는 중소형 무인체계에 적합한 아키텍처이므로 향후 대형 무인체계를 지원하기 위한 방안은 추가로 모색할 필요가 있다.

참고문헌

- [1] EG-TIPS, Energy Green House gas Total Infomation Platform Service.
https://tips.energy.or.kr/statistics/statistics_view0903.do
(accessed 2026.07.13.)
- [2] H. Jung, 'Current Status and Implications of Domestic Energy Transition Policy,' National Future Strategy Insight, VOL. 14, 2021.
- [3] Global Wind Energy Council, Global Wind Report 2025, Lisbon, Portugal, 2025.
- [4] Hyelim Seo, Sojeong Park, Damin Yun, Juhee Yu, & Sokhee Jung, 'Korean Offshore Wind Electrical Power Generation: Current Status and Prospects,' Journal of Korean Society of Environmental Engineers, VOL. 46, NO. 7, 2024,

pp. 382-394.

- [5] Global Wind Energy Council, Global Offshore Wind Report 2026, Lisbon, Portugal, 2026.
- [6] Geon Hwa Ryu, Ji Ye Park, Ah Reum Lee, Young Gon Kim, & Chae Joo Moon, 'Tracking Trends for Offshore Wind Energy Industries and Infrastructures in the South Korea: Focused on the Jeonnam Shinan 8.2GW and Ulsan 6GW Offshore Wind Farm Projects,' In Renewable Energy – Recent Advances, IntechOpen, 2023.
- [7] T. J. J. Meyer, H. Mubasier, K. T. Humborstad, H. S. Eide, A. Vasilijevic, & J. C. Torvestad, 'Enabling Resident AUV and ROV Subsea Operations: The Role of Wireless Inductive Charging and Docking Stations,' in proceedings of Offshore Technology Conference, Houston, TX, May 2025.
- [8] Amy Hawkins, 'World's First Wind-Powered Underwater Datacentre Starts Operating in China,' The Guardian, June 9, 2026.
<https://www.theguardian.com/world/2026/jun/09/worlds-first-wind-powered-underwater-datacentre-starts-operating-in-china> (accessed 2026.07.14.)
- [9] Alexander C. Kaufman, 'Startup Aikido Plans to Launch a Prototype in the North Sea,' IEEE Spectrum, 2026.
<https://spectrum.ieee.org/data-center-floating-wind-turbine> (accessed 2026.07.14.)