



Received: 2024/02/24  
Revised: 2024/03/07  
Accepted: 2024/03/26  
Published: 2024/03/31

**\*Corresponding Author:**

**Seongwon Oh**

Division of Naval Officer Science, Mokpo National Maritime University  
91, Haeyangdaehak-ro, Mokpo-si, Jeollanam-do, 58628, Republic of Korea  
Tel: +82-61-240-7123  
Fax: +82-61-240-7278  
E-mail: osw123@mmu.ac.kr

# 해상풍력 발전단지의 민·군 겸용 활용 방안

## Exploring the Potential of Offshore Wind Farms for Civilian and Military Use

손종락<sup>1</sup>, 오성원<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>해군중령/해군대학 전략전략학처 무기체계교관

<sup>2</sup>국립목포해양대학교 해군사관학부 조교수

Jonglark Son<sup>1</sup>, Seongwon Oh<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>CDR, ROK Navy/Professor of Weapon System, Dept. of Strategy & Military Force, ROK Naval War College

<sup>2</sup>Assistant Professor, Dept. of Naval Officer Science, Mokpo National Maritime University

### Abstract

본 논문에서는 해상풍력 발전단지를 국가 자원으로써 민과 군에서 정책적으로 활용하는 방안 세 가지를 도출하였다. 해상풍력 발전단지를 민과 군이 공동으로 사용하는 플랫폼으로 확장하는 개념이며, 영해/영공 감시를 위한 센서 플랫폼, 기상관측 또는 해양오염 감시를 위한 센서 플랫폼, 그리고 해상 통신 확장 플랫폼으로 활용하는 방안이다. 해상풍력 발전단지를 관계기관이 공유함으로써 기후변화에 대응하는 기반으로 활용할 수 있다.

This paper derived three policy options to utilize offshore wind farms as a national resource for civilian and military purposes. The first is the concept of expanding offshore wind farms into a platform used jointly by the civilian and military and utilizing them as sensor platforms for territorial waters/airspace surveillance sensor, sensor platforms for weather or pollution monitoring, and platforms for expanding maritime communication. By sharing offshore wind farms among related organizations, they can be utilized as a basis for responding to climate change.

### Keywords

신재생 에너지(Renewable Energy),  
해상풍력 발전단지(Offshore Windfarm),  
대안 분석(Alternative Analysis),  
센서 탐지구역(Sensor Coverage),  
플랫폼(Platform)

## 1. 서론

대한민국은 삼면이 바다로 둘러싸여 있는 해양 국가이자 동북아 끝단에 위치한 반도국가이다. 그리고 남북한 분단으로 인한 지정학적 고립, 제한된 국토와 인구, 자원부족을 극복하기 위해 해양을 국가 발전의 주요 수단으로 활용해왔다. 또한 에너지의 대부분을 해상을 통해 수입하고 있으며, 에너지 소비 순위는 세계 8위, 석유 소비는 9위, 전력 소비는 8위로 높음에도 재생에너지 전환지수는 2021년 분석대상 115개국 중 49위로 상당히 낮다[1].

한편, 러시아-우크라이나 전쟁으로 유럽을 포함한 세계 여러 국가가들이 심각한 에너지 위기에 직면하자, 각국은 이와 더불어 기후위기에 대응하여 탈탄소 목표 달성을 위해 화석연료에서 재생에너지로의 전환을 가속화하고 있다. 이러한 상황에서 대규모 단지 개발 가능성, 낮은 환경 영향, 높은 이용률 등의 이점을 가진 해상풍력발전은 주요국에서 신재생에너지의 중심 에너지원으로 빠르게 자리 잡아 가고 있으나 국내 해상풍력 신규설비 보급 실적은 부진한 상황이다. 인·허가 지연, 낮은 주민 수용성 등을 이유로 국내 해상풍력은 원활히 추진되지 못하고 있지만, 국내의 좁은 육지와 풍황자원을 고려할 때 보급 확대가 필수적이며, 해상풍력에 대한 관심과 투자는 지속적으로 증가할 것으로 예상된다[2].

지금까지 해상풍력에 관한 연구는 발전단지 설치를 위해 풍량, 경제성 측면과 지역주민, 어족자원, 해양 생태계 등 환경적 측면에 집

중되었으며, 최근에는 이동하는 선박과 항공기의 안전성 측면과 레이더 전파간섭이 주로 평가되었다[3].

그러나 해상풍력 발전단지가 전 해역에 설치되고 대규모 단지로 계획되어 구조물이 대형화됨에 따라 주변 해역감시에 대한 군사적인 문제가 대두되고 있다. 따라서, 군사적으로는 이러한 문제에 대한 해결책을 강구하고, 민간 측면에서는 안전이나 오염 감시 등 분야에서 다양한 활용 방안을 추가함으로써, 해상풍력 발전단지가 민과 군 모두에게 유용한 자원으로 자리매김하도록 연구할 필요가 있다.

본 연구는 향후 지속적인 확대 설치가 예상되는 해상풍력발전단지와 관련된 기존의 논의에서 벗어나, 발전단지를 민간 및 군사 전략적인 측면에서 추가적인 활용 방안을 도출하는데 중점을 두었다.

## 2. 해상풍력 발전 현황

해상풍력은 육상풍력에 비해 입지 제약에서 자유롭고, 대규모 단지 개발을 통해 더 많은 발전량을 얻을 수 있다. 또한 육상풍력에서 발생할 수 있는 소음 등 환경문제를 방지하고, 해상의 강한 바람으로 전력을 생산하기 때문에 높은 발전 효율을 확보할 수 있는 장점이 있다.

따라서 세계 각국은 해상풍력에 집중하고 있고, 국제재생에너지기구(International Renewable Energy Agency, IRENA) 또한 2040년부터 유럽에서 해상풍력이 발전량 기준 1위 에너지원이 될 것으로 예상하고 있어 향후 빠른 성장세가 예상되고 있다.

### 2.1 전 세계 해상풍력발전 현황

유럽의 풍력발전 선진국인 독일, 스페인, 덴마크, 영국 등에서는 신재생에너지 총 발전량 중 풍력에너지의 발전 비중이 80 % 이상을 차지하고 있으며, 2050년까지 해상풍력발전 용량을 지금의 12배인 300 GW로 확대하는 것을 목표로 하고 있다[2].

Fig. 1은 전 세계 풍력발전 현황을 나타낸 것으로, 전체 발전량은 지속적으로 증가하고 있으며, 해상풍력발전의 비율은 아직 낮지만, 점차 증가하고 있다.

주요 국가들의 해상풍력 발전 계획을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다. 먼저, 해상풍력발전의 선두 국가인 영국은 2050년까지 ‘온실가스 배출 Zero’를 달성하기 위하여 현재 10.4 GW인 발전량을 2030년까지 40 GW로 증설할 예정이며, 이미 전송 설비를 41 GW까지 확대하였다. 또한 영국 기후변화위원회는 2050년까지 지상풍력 용량을 25 GW - 30 GW로 증설하

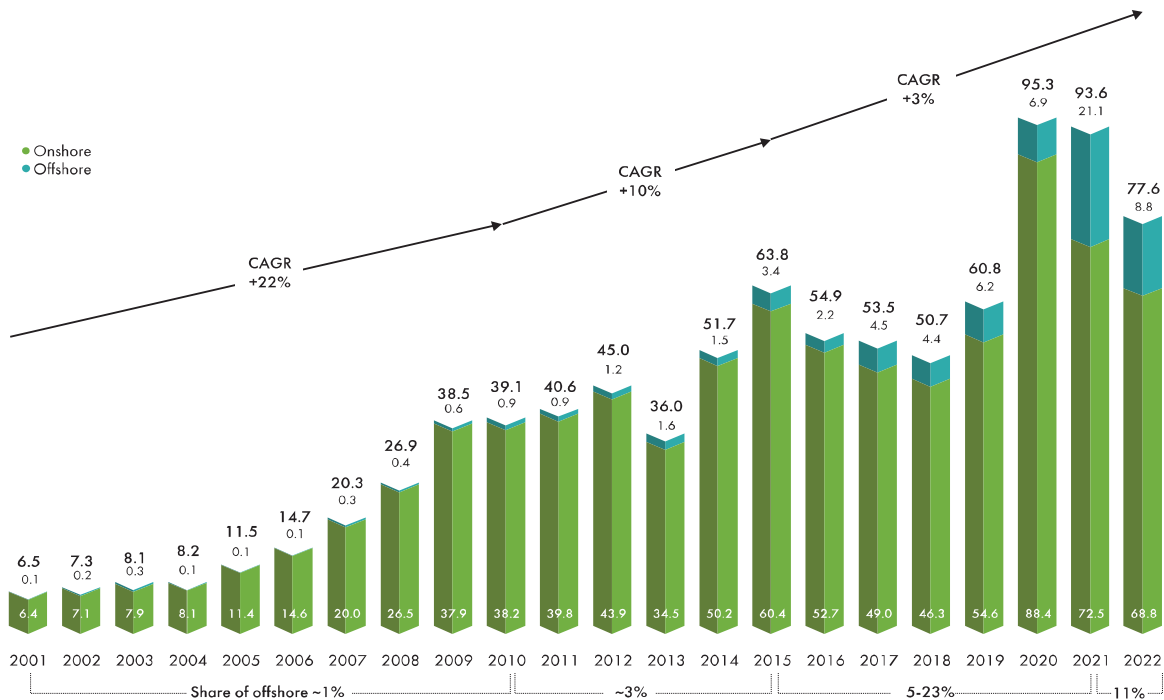


Fig. 1. Annual new installations of windfarm[4]

(Unit: GW)

고, 해상 부유식 풍력(floating wind) 발전 용량 역시 2030년은 2 GW, 2050년에는 20 GW까지 증설할 것을 권고하였다[5].

중국은 2020년 시진핑 주석의 UN 연설을 통해 탄소배출량 감소를 위해 2025년까지 전체 발전량 중 풍력 및 태양광 에너지 비율을 25 %, 1,200 GW까지 향상시키겠다고 발표하였다. 또한 탄소배출계획(Net Zero Plan)은 2060년 탄소배출 zero를 달성하기 위하여 풍력발전 시설을 2025년까지는 매년 50 GW씩, 2026년부터는 매년 60 GW 씩 증설하여 2030년에는 총 800 GW, 2060년까지 총 3,000 GW의 발전 목표를 설정하고 있다[6].

세계 GDP 3위, 탄소배출 5위인 일본도 2020년 10월 스가 총리의 발표에 따르면 재생가능한 에너지의 발전 비율을 2030년에는 22 % - 24 %, 2050년에는 50 %까지 확대할 예정이다. 더불어 해상풍력 발전 용량을 2020년 말 65 MW에서 2030년 10 GW, 2040년 30 GW로 확대하는 해상풍력산업 비전을 발표하였다[7]. 이와 같이 세계 각국은 기후변화에 적극적으로 대응하고 글로벌 재생에너지 시장을 선점하기 위해 적극적으로 풍력발전 설비 역량을 확대하고 있다.

### 2.2 한국 해상풍력발전 현황

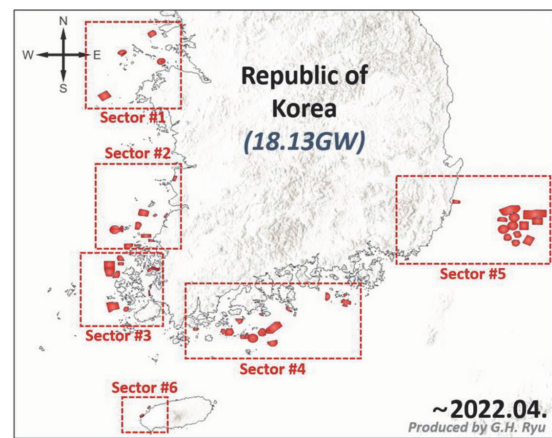
한국도 이러한 동향에 부응하여 ‘제5차 신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획’을 발표하고 2034년까지 풍력 설비용량 목표를 24.9 GW로 설정하였는데, 동 계획에 따르면 해상풍력은 발전량 기준으로 태양광에 이어 두 번째로 큰 비중(27.5 %)을 차지하게 될 것으로 전망된다[2]. 그러나 전 세계 풍력발전량이 증가하는 반면, 2021년까지 국내 풍력발전 설치 규모는 Table 1에서 보는 바와 같이 125 MW에 그치고 있으며, 2021년 이후에는 신규 설치마저 없는 상황이다. 이는 해상풍력발전에 대한 전망과 목표는 명확하나, 해양환경 변화에 대한 어민 반발, 문화재 발굴 문제와 더불어 해경·군과 같은 관계기관의 책임관계 등이 복잡해짐에 따라 관련 법규상 인·허가가 지연되고 있기 때문이다.

Fig. 2는 향후 한국 해역에 설치가 예상되는 해상풍력발전의 규모와 개략적인 위치이다. 수심이 깊은 동해보다는 서남해가 중점이며, 일부는 부유식으로 설치될 예정이다. Fig. 2에서 해당 발전단지들은 2022년까

지 해상풍력 사업에 대한 발전사업 허가를 획득하고 환경영향평가를 준비하거나 사업추진 절차를 진행 중이다. 단, 사업 추진 과정에서 법적 요구사항이나 관계 기관과의 협의가 되지 않을 경우에는 진행되지 않는 프로젝트도 있을 것이다.

**Table 1.** Annual installation of Wind power capacity in South Korea[2] (Unit: MW)

Year	Type		Total
	Inshore wind	Offshore wind	
2016	977	30	1,007
2017	109	-	109
2018	123	35	158
2019	191	-	191
2020	100	60	160
2021	64	-	64
Total	1,564	125	1,689



**Fig. 2.** Status of offshore wind farm project with electric business license in South Korea[8]

### 3. 해상풍력 발전단지 민군 겸용 활용 방안

지금까지 해상풍력 발전단지 설치에는 풍량, 경제성 측면과 지역주민, 어족자원, 해양생태계 등 환경적 측면에서의 동의가 주 관심요소였다. 그러나 해상풍력단지가 국내 전 해역에서 개발되고 대규모화됨에 따라 관계기관(군, 해경, 지자체 등) 간의 이해와 동의도 중요한 요소로 떠오르고 있다.

따라서 본 연구는 해상풍력발전을 탄소중립이나 전력망 안정성과 같은 광범위한 관점에서 논하는 것이 아니라, 관계기관에 직접적인 혜택을 제공할 수 있는 방안 도출을 중점으로 한다.

### 3.1 해상 및 항공 감시 센서 플랫폼으로 활용

이 방안은 해상풍력 발전단지를 전력생산 플랫폼뿐만 아니라, 군이나 해경의 센서 탐지능력(범위)을 확장하는 플랫폼으로 활용하는 것이다.

해상풍력 발전단지는 해상 감시 또는 대공 감시 레이다에 클러터로 작용하기 때문에 음영구역이 생기거나 최대 탐지거리를 감소시킬 수 있다. 따라서 해상풍력 발전단지를 계획하게 되면, 주변 전파기기(예: 레이다)에 대한 전파 간섭분석을 실시한다. 결과적으로는 기존 레이다와 풍력발전단지의 LOS(line-of-sight) 후방에 음영구역이 발생할 수 있으며, 이에 대한 저감 대책으로는 다른 위치에 in-fill 레이다를 추가 설치하는 방법이 효과적이다.

Fig. 3와 Fig. 4는 각각 해상풍력 발전단지 내부 또는 인근의 지형에 설치된 in-fill 레이다를 나타낸다. 여기서 Fig. 4는 서해상 임의의 해역에 해상풍력 발전단지를 가상으로 계획하고, 해상풍력 발전단지의 음영구역을 해소하기 위해 설치한 in-fill 레이다가 기존 레이다의 탐지구역을 확장하는 예를 보여준다. 여기서 보라색 원과 빗금구역은 기존 레이다의 탐지구역과 음영구역이며, 붉은색 원과 빗금구역은 in-fill 레이다의 탐지구역과 음영구역이다.

이때 기존 레이다 운용자에게 in-fill 레이다의 정보를 제공함으로써 해상풍력 발전단지의 음영구역은 해소될 것이며, 부가적으로 기존 감시 레이다의 탐지구역 외해의 넓은 구역을 감시할 수 있음을 알 수 있다.



Fig. 3. Radar installation on a wind turbine tower[9]

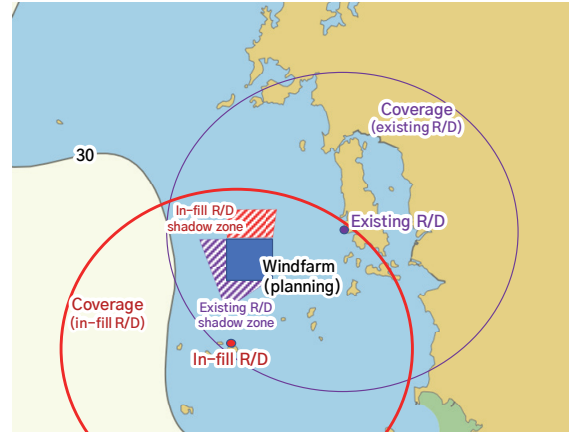


Fig. 4. Example of the expansion of detection area by in-fill radar near windfarm

레이더의 탐지구역은 레이다의 높이와 표적의 높이에 따른 전파의 통달거리(LOS) 이내 거리로 식 (1)에 따라 계산할 수 있다[10].

$$R(\text{km}) \approx \sqrt{17 \times ht(\text{m})} + \sqrt{17 \times hr(\text{m})} \quad (1)$$

여기서,  $R$ 은 지구 곡률에 의해 차폐되지 않고 레이다 전파가 도달할 수 있는 LOS 거리이고,  $ht$ 는 레이다의 높이,  $hr$ 은 물표의 높이이다. 그림에서는 레이다 높이 100 m, 표적 고도 10 m을 가정하여, 탐지구역의 반경은 54.3 km이다. 만약 표적 고도가 더 높은 항공기라면 레이다의 최대 탐지거리까지 감시 범위가 확장될 것이다. 다만 이러한 감시 범위는 지구 곡률에 따른 레이다 전파의 도달거리를 계산한 것이며, 표적의 특성(레이더 반사면적 등)을 고려한 탐지거리는 달라질 수 있다.

위의 예와 같은 탐지 구역의 확장은 무기체계가 스텔스화되고 무인체계가 발전하는 상황에서 군이나 해경에게 대응시간을 확보하는 방안이 될 것이다.

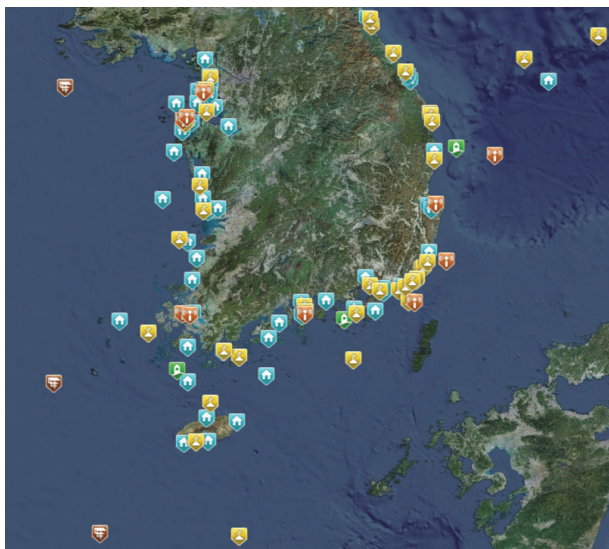
### 3.2 해양 환경감시 센서 플랫폼으로 활용

이 방안은 해상풍력 발전단지를 해양 기상이나 오염 감시를 위한 센서 플랫폼으로 확장하는 것이다.

현재 해양 환경조사를 위해서 국립해양조사원은 유인선, 등부표 및 해양 구조물을 Fig. 5와 같이 설치하여 감시하고 있다. 여기서 적색마크는 해양과학기지와 해수유동관측소, 녹색마크는 해양관측소, 황색마크



크는 해양관측부이, 청색마크는 조위관측소이며, 수온, 염분, 풍향속, 유향속 등을 포함한 많은 정보를 실시간 육상으로 전송하고 있다.



**Fig. 5.** Illustration of Marine Meteorological Sensors in South Korea[11]

또한, 해양 오염이나 불법 행위 등의 감시를 위해서 인공위성, 무인 항공기 및 선박, HF 해양레이더 등 다중 플랫폼을 이용하고 있다.

그러나 Fig. 2에서 보는 것처럼 해상풍력 발전단지가 연안으로부터 외해로 확장되고 있어 광범위한 지역에 분포함에도 이를 단지 전력생산 플랫폼으로만 활용하고 있으며, 해상풍력 발전단지 부근의 기상과 같은 정보들은 공유되지 않고 있는 실정이다.

그리고 풍력발전기와 통제센터에는 발전단지 주변과 내부 감시를 위한 센서(기상, 영상)가 설치되어 있어, 추가적인 센서 장비를 설치하기 위한 기반(구조물, 전원 등)이 마련되어 있다고 볼 수 있다. 따라서 해상풍력 발전단지를 이러한 기상관측이나 오염 감시를 위한 센서를 설치하는 플랫폼으로 공유하거나, 자체 생산한 정보를 다른 체계와 연동한다면 해양 환경 감시 능력을 확장하는데 큰 역할을 할 것으로 판단된다.

### 3.3 해상 통신 확장 플랫폼으로 활용

마지막으로 이 방안은 해상풍력 발전단지를 조난통신 또는 데이터 통신의 확장 플랫폼으로 활용하는 것이다.

선박의 육상지원이나 자율운항선박 기술의 발전에 따라 데이터 통신량이 늘어나면서 위성통신이 선박의 주요한 통신수단으로 여겨지고 있다. 그러나 하나의 통신망에만 의존할 경우 문제가 될 수 있으며, 늘어나는 데이터량을 감당하기에도 무리가 있다.

또한 세계해상조난 및 안전제도(Global Maritime Distress and Safety System, GMDSS), 어선법 등 관계 법령에 따라 대부분의 선박은 위성통신기 외에도 육상과의 통신을 위한 MF, HF, VHF 대역의 통신기를 갖추어야 한다. 이외에도 한국형 이내비게이션 사업의 일환으로 육상으로부터 약 100 km의 통신범위를 갖는 초고속해상무선통신망(LTE-M)이 구축되어 있다. 만일 해상풍력 발전단지 외곽의 발전기에 해당 통신망의 기지국을 설치한다면, 연안으로부터 멀리 떨어진 해상까지 선박의 안전이나 운항을 위한 데이터 통신을 위성에 의존하지 않고도 확장할 수 있을 것이다.

Fig. 6은 풍력발전기에 레이더나 크레인 등이 설치된 것을 고려할 때, 통신 기지국을 설치할 수 있는 공간이 있음을 알 수 있다. 부가적으로 이와 같은 공간은 무인체계의 임시 계류 플랫폼으로 활용 가능할 것으로 판단된다.



**Fig. 6.** Available space on wind tower(top: fixed, bottom: floating foundation)[12,13]

## 4. 결론

해상풍력발전에 관한 기존의 연구들은 친환경에너지로서의 해상풍력발전의 장점, 해상산업 구조 및 공급망, 해양생태계와 환경, 해상조업 및 민원 문제 등 국가정책에 관한 분야와 해상풍력 발전단지에 의한 환경 문제나 전파 간섭 등 영향성과 연관된 관점에 국한되었다. 특히 해상풍력발전의 경제적·환경적 측면에서 벗어나 이해관계에 있는 관계집단과 해상풍력발전 플랫폼을 공유하여 활용할 수 있는 연구는 미미하였다.

본 연구는 저탄소 녹색성장의 중요수단인 해상풍력 발전단지 설치의 필수 요소로 가정하고, 풍력발전단지 설치 및 사업 진행 가능성 여부 판단을 위한 사전 검토가 아닌 민·군 분야에서 발전단지를 적극적으로 활용하는 구체적인 방안 중점을 두고 연구하였다. 이에 따라 민·군에서 해상풍력발전 플랫폼을 활용할 수 있는 방안으로, 해상풍력 발전단지를 영해 및 영공 감시를 위한 센서 플랫폼으로 공유하는 방안, 해양 기상 및 환경 감시를 위한 플랫폼으로 활용하는 방안 및 해상 조난통신 및 데이터 통신을 위한 확장 플랫폼으로 활용하는 방안을 제시하였다.

본 연구에서 제시한 해상풍력 발전단지의 민·군 겸용 활용방안은 관계되는 이해 집단으로 하여금 해상풍력발전 플랫폼의 자원(공간, 설비 등)을 공유할 수 있도록 하여 상호 공존할 수 있는 기반을 마련하는데 의의를 두고 있다.

향후 연구에서는 본 연구에서 제시한 방안에 대한 법적·제도적 장애물을 분석하고 이를 해결하기 위한 구체적 모델을 제시하며, 부가적으로 민·군 겸용 활용 사업 모델을 개발할 예정이다.

## 참고문헌

[1] J. H. Park and B. S. Kim, A Comparative Study on

Government's Policy for Offshore Wind Power Development between Major European Country and Korea, *New & Renewable Energy*, Vol. 15, No. 3, pp. 11-26, 2019.

[2] 류경주, 해상풍력 현황 및 향후과제: 인허가 지연 개선 및 주민 수용성 확보를 중심으로, 국회입법조사처, 2032호, 2022.

[3] S. W. Oh and T. Y. Park, Effect of Maritime Traffic Control Radar Interference by a small number of Wind Turbines, *Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 25, No. 3, pp. 236-241, 2021.

[4] Global Wind Energy Council, *Global Wind Report 2023*, Brussels Belgium, 2023.

[5] Belgium, Denmark, France, Germany, Ireland, the Netherlands, Norway, Sweden, and the United Kingdom, *Ostend Declaration Of Energy Ministers On The North Seas As Europe'S Green Power Plant*, 2023.

[6] 김성진, 이현우, 이상현, 이재영, 한승훈, Dong Zhanfeng, 정성운, 중국의 2060 탄소중립 추진전략 연구, 대외경제정책연구원, 2021.

[7] 장연재, 공지영, 국제 신재생에너지 정책변화 및 시장분석, 에너지경제연구원, 2022.

[8] G. H. Ryu, J. Y. Park, A. R. Lee, Y. G. Kim and C. J. Moon, *Tracking Trends for Offshore Wind Energy Industries and Infrastructures in the South Korea: Focused on the Jeonnam Shinan 8.2 GW and Ulsan 6 GW Offshore Wind Farm Projects*, *Renewable Energy-Recent Advances*, IntechOpen, 2023.

[9] Micro Shelter Solution, *Micro Shelter Offshore for a Wind Farm Compensation Radar*, 2020, <https://www.microsheltersolution.com/micro-shelter-offshore-for-a-wind-farm-compensation-radar/> (검색일: 2024.02.05.)

[10] B. R. Mahafza, *Radar Systems Analysis and Design Using MATLAB*, 4th edition, p. 167, CRC Press, 2022.

[11] 바다누리 해양정보 서비스, [http://www.khoa.go.kr/oceangrid/koofs/kor/observation/obs\\_real.do](http://www.khoa.go.kr/oceangrid/koofs/kor/observation/obs_real.do) (검색일: 2024.02.01.)

[12] John Snyder, *Offshore wind could propel post-pandemic US economy*, *Riviera*, 2020, <https://www.rivieramm.com/news-content-hub/news-content-hub/offshore-wind-to-propel-post-pandemic-us-economy-59256> (검색일: 2024.02.05.)

[13] Blue Gem Wind Ltd. 홈페이지, <https://www.bluegemwind.com/our-projects/erebus> (검색일: 2024.02.01.)