

국외 사례 분석을 통한 국내 해상풍력 발전단지의 선박통항 및 어로활동기준 설정에 관한 고찰

권유민* · 이창현** · 임금수***

*, ** 목포해양대학교

A Review of Vessel Traffic and Fishing Activity Standards for Offshore Wind Farm in Domestic Areas Based on the Analysis of Foreign Cases

Yu-Min Kwon* · Chang-Hyun Lee** · Geung-Su Rim***†

* Graduate School, Mokpo National Maritime University, Mokpo, 58628, Korea

** Mokpo National Maritime University, Mokpo, 58628, Korea

요약 : 세계풍력발전협회(GWEC) 2017년도 Global Wind Report에 따르면 전세계 풍력에 의한 발전용량은 2001년도 23,900 MW에서 2016년도 486,790 MW로 비약적으로 발전하고 있다. 반면 국내 발전원별 총발전량 비중에서 풍력에 의한 발전은 0.2% 불과하다. 국내의 발전원별 정산단가가 풍력으로 전기를 생산하는 데 드는 발전원가가 석유 등 화석연료 발전원가와 같아지는 Grid Parity에 이미 도달하여 풍력 발전에 의한 전기의 생산은 더욱 확대될 것이다. 본 연구에서는 전 세계 해상풍력설비의 88%가 위치하고 있는 유럽의 주요 해상풍력발전단지의 선박통항 규정과 어로활동에 대한 기준을 분석하여 향후 국내 해상풍력발전단지 설치 시 선박통항 및 어로활동 기준 설정 시 고려되어야 할 사항을 제시하였다.

핵심용어 : 해상풍력발전단지, 안전통항, 통항관제, 선박통항, 어로활동

Abstract : According to the Global Wind Report of the Global Wind Energy Council (GWEC) in 2017, global wind power electricity generation capacity has been dramatically developing from 23,900 MW in 2001 to 486,790 MW in 2016. However, wind power generation in South Korea accounts for only 0.2% of total power generation. Nonetheless, electricity production by wind power generation is soon expected to reach the grid parity where the cost of generating electricity by wind power is equal to the cost of fossil fuels such as oil. In this study, we analyzed the criteria of vessel traffic and fishing activities of major offshore wind farms in Europe where 88% of the offshore wind power facilities are located. Finally, we suggest critical considerations based on the analysis.

Key Words : Offshore Wind Farm, Safety Traffic, Traffic Monitoring, Vessel Traffic, Fishing Activities

1. 서론

세계풍력발전협회(Global Wind Energy Council, GWEC) 2017년 Global Wind Report에 따르면 전세계 풍력에 의한 발전용량은 2001년도 23,900 MW에서 2016년도 486,790 MW로 비약적으로 발전하고 있다. 반면 2016년도 한국전력거래소 보고서에 따르면 국내 발전원별 총발전량 비중에서 풍력에 의

한 발전은 0.2% 불과하며, BNEF(2017) Annual Report에 따르면 OECD 주요국가중 재생에너지 설비용량은 4.6%로 가장 낮은 비율을 차지하고 있다. 해상으로 둘러싸인 우리나라는 해상풍력을 활용할 수 있는 잠재에너지가 풍부하며 다른 해양기반에너지(조류발전, 파력발전 등)보다 기술개발이나 실증단지 운영 측면에서 앞서 있다(Kim et al., 2015). 또한 국내외 발전원별 정산단가가 풍력으로 전기를 생산하는 데 드는 발전원가가 석유 등 화석연료 발전원가와 같아지는 Grid Parity에 이미 도달하여 풍력발전에 의한 전기의 생산은 더욱 확대될 것이다.

* First Author : ymk@mmu.ac.kr, 061-240-7816

† Corresponding Author : gsrin@mmu.ac.kr, 061-240-7450

국내에서는 해상풍력발전 설비 및 구조에 대한 연구(Sun et al., 2014; Jang et al., 2012; Kim et al., 2016; Yoon et al., 2014; Lee et al., 2014; Choi et al., 2012)와 해상풍력발전으로 인한 소음 및 환경적인 영향에 대한 연구(Ryu and Kim, 2016; Sin and Yuk, 2011)에 대한 연구가 2010년 이후 활발하게 이루어지고 있다. 최근에는 국제항로표지협회에서 권고하고 있는 해상풍력발전단지의 식별을 위한 표지등광 및 등질선정에 관한 연구(Yang, 2014)가 이루어지기는 하였으나, 해상풍력발전 단지 내에서의 선박의 통항이나 어로행위에 대한 연구는 이루어지지 않고 있다.

본 연구에서는 전 세계 해상풍력설비의 88%가 위치하고 있는 유럽의 주요 해상풍력발전단지의 선박통항 규정과 어로활동에 대한 기준을 분석하여 향후 국내 해상풍력발전단지 설치 시 고려되어야 할 사항을 제시하고자 한다. 본 연구를 통하여 향후 국내 해상풍력발전단지 예정 해역에 대한 실질적인 해상교통환경과 어로활동에 대한 자료/실적을 기반으로 구체적인 국내 해상풍력발전단지에서의 선박 통항 규정 및 어로활동에 대한 규정이 제정될 수 있을 것으로 기대된다.

2. 해상풍력발전단지 현황

GWEC(2017)에 따르면 2016년도 말 기준 전 세계 해상풍력의 88%(12,631 MW)가 Table 1과 같이 유럽의 10개 국가의 해역에 설치되어 있으며, 나머지 12%는 중국, 일본, 한국, 미국에 설치되어 있다. 영국의 경우 전 세계 해상풍력의 36%를 차지하고 있으며, 가장 큰 해상풍력발전단지 또한 영국의 London Array(630 MW)가 차지하고 있다. Fig. 1에서 보는 것과 같이 연간 누적 용량을 보면 2011년 4,117MW에서 2016년 12,384 MW로 해상풍력에 의한 발전용량이 급속하게 증가하고 있다. 2016년에는 중국이 592.2 MW의 해상풍력발전 용량을 추가하여 전 세계 해상풍력발전 국가 중 3위를 차지하고 있다. 미국의 경우 2016년 12월에 Block Island 연안에 처음으로 5개의 터빈을 설치하여 30 MW 발전을 시작했다.

국내 해상풍력발전단지의 경우 탐라 프로젝트에 의하여 2011년 제주에 설치된 2개의 시범 터빈에 의하여 35 MW의 전기를 생산하고 있으며, 한국해상풍력(KOWP)는 2019년까지 60-80 MW를 생산할 수 있는 해상풍력발전 설비를 설치할 예정이다.

Table 1. Number of Wind Farms, turbines and capacity in 2016

Country	No. of Wind Farms	No. of Turbines	Capacity installed (MW)
Belgium	6	182	712
Germany	18	947	4,108
Denmark	13	517	1,271
Spain	1	1	5
Finland	2	11	32
Ireland	1	7	25
Netherlands	6	365	1,118
Norway	1	1	2
Sweden	5	86	202
UK	28	1,472	5,156
Total	81	3,589	12,631

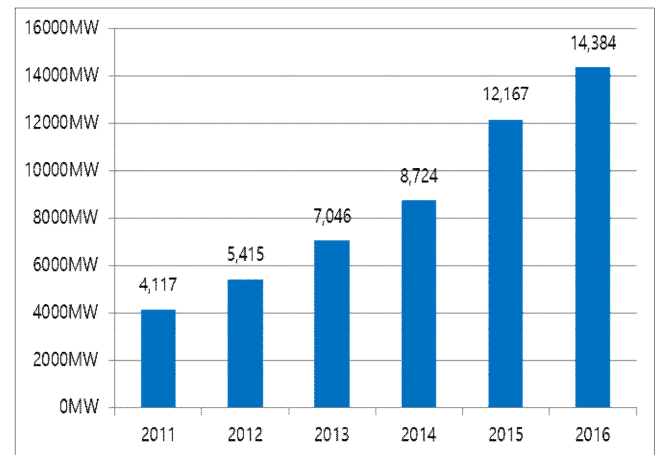


Fig. 1. Annual Cumulative Capacity (2011-2016) (Source: GWEC Global Wind Report, 2017).

2.1 Greater Gabbard Wind Farm, UK

영국의 Greater Gabbard 해상풍력발전단지의 경우 Greater Gabbard Offshore Winds Limited(2016) 규정에 의해서 해상풍력발전단지 내에서 Sailing and Fishing activities를 허용하고 있다. 단 해상풍력발전단지 진입 전 Lowestoft Control Centre(이하 LCC)에 보고를 하여야 한다. 또한, 해상풍력발전단지 내에서는 Safety Zone을 준수하여야 하며, VHF CH. 6번을 청취, AIS 및 CCTV를 설치하게 되어 있다. Safety zone은 Fig. 2에 표시된 모든 터빈 및 구조물에서 50m 이내의 구역으로 정의하고 있다.

국의 사례 분석을 통한 국내 해상풍력 발전단지의 선박통항 및 어로활동기준 설정에 관한 고찰

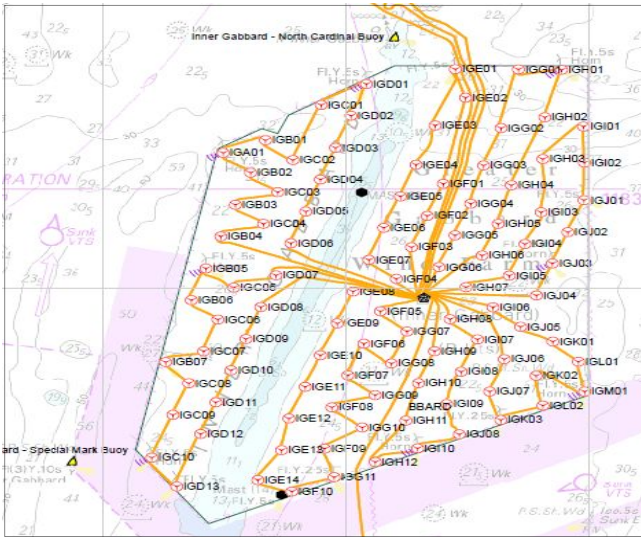


Fig. 2. Turbine and substation structure in Great Gabbard Wind Farm (Source: Greater Gabbard Offshore Wind Farm, The Kingfisher Information Service).

2.2 Borssele Wind Farm, Belgium & Netherlands

Borssele Wind Farm은 벨기에와 네덜란드 영해의 경계 구역에 설치되어 있는 해상풍력발전단지로서 Fig. 3과 같이 4개의 Site로 구분되어 운영되고 있으며, Site 사이에는 500m의 안전구역을 두고 있다. Sailing Directions(2017)에서는 해상풍력터빈의 유지 보수 또는 건설에 참여하는 선박 그리고 관련된 인프라에 참여하는 선박을 제외하고는 해상풍력발전단지 내의 통항을 금지하고 있으며, 해상풍력발전단지 Site 사이에 설정되어 있는 Borssele Pass의 경우 길이 45m이상의 선박 및 위험화물운반선의 통항을 금지하고 있다.

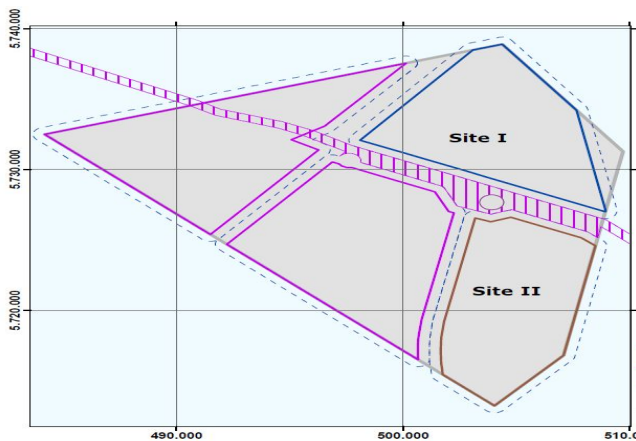


Fig. 3. The Borssele Wind Farm Zone (Source: Borssele Wind Farm Zone, Project and Site Description, 2015).

2.3 Nysted Wind Farm, Denmark

Fig. 4의 Nysted 해상풍력발전단지는 경우 발틱해의 덴마크와 독일 영해에 위치하고 있으며 Dong Energy에서 운영하고 있다. 이곳의 수심은 5~10m 수심 구역에 있으며 육상과의 거리는 약 10km 정도 떨어져 설치되어 있다. Sailing Directions에는 이 해역에서의 선박 통항규정에 관한 특별한 규정은 없으며, 대상해역에 대형선의 통항이 불가능하여 해상풍력발전단지를 관제하거나 모니터링하는 시스템은 구축하고 있지 않다. 또한, 어로작업 및 Sailing 선박의 진입을 제한하고 있지는 않고 있다.

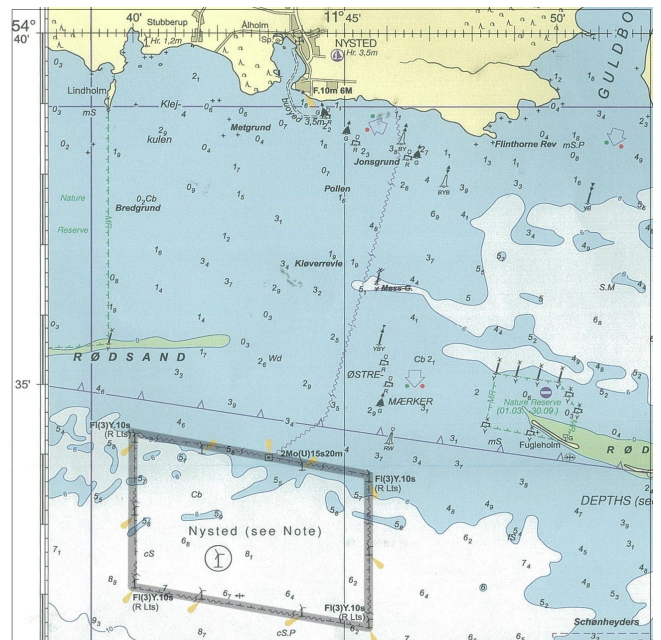


Fig. 4. The Nysted Wind Farm Zone (Source: Greater BA Chart 2944, United Kingdom Hydrographic Office, 2014).

3. 국내 해상풍력발전단지의 선박통항 및 어로활동 기준 설정 시 고려사항

Table 2와 같이 유럽의 주요 해상풍력발전단지의 통항규정이 각기 상의하였다. 영국의 경우 일부 해상풍력발전단지에서는 어선 및 레저의 통항이 허용되고 있고, 벨기에의 경우 해상풍력발전단지의 접근을 500m로 규제하고 있으며, 독일의 경우는 모든 해상풍력발전단지의 접근을 금지하고 있다. 같은 국가에 있지만 일부 해상풍력발전단지에서는 선박의 통항 및 어로활동이 허용되지만 일부 해상풍력발전단지에서는 선박의 통항 및 어로활동이 전면 금지되어 있었다. 따라서 향후 해상풍력발전단지의 선박통항 및 어로활동 기준 설정 시 다음과 같은 사항들이 고려되어야 할 것이다.

Table 2. Wind Farms Traffic Regulation in Europe country

Country	Wind Farm Name	Remark
UK	Greater Gabbard	Fishing & Sailing permit
	London Array	Restricted Vessel Traffic
	Thorntonbank	Restricted Vessel Traffic
Belgium	Nobelwind	Vessel avoid these areas 500m
	Borssele	Vessel avoid these areas 500m
Germany	Nordergründe	Entry Prohibited
	Nodsee One	Entry Prohibited
Netherland	Global Tech 1	Entry Prohibited
	Luchterduinen	Entry Prohibited

3.1 선박 통항로 설정

MCA(2008)에서는 영국의 Greater Wash 지역의 해상풍력발전단지 개발에 따라 해상풍력발전단지에서의 안전한 운송 거리에 대한 규정을 수립하였다. 이 규정에서는 풍력터빈으로부터의 거리에 따라 위험도를 구분하고 있으며, 0.45 nm 이내의 거리는 레이더 및 항행 위험에 상당한 영향을 미치기 때문에 최소 0.45 nm 이상의 거리를 두고 항행하도록 권고하고 있다. 영국 NOREL(Nautical and Offshore Renewables Energy Liaison) 실무회의에서는 항로와 해상풍력발전단지의 거리가 대략적으로 2 nm 정도 떨어져야 한다고 제시하였다(Nautical Institute and World Ocean Council, 2013). 하지만 네덜란드의 해상풍력발전단지 개발자가 제공하는 지침서에는

항로 끝단에서 500 m 이상 떨어진 거리를 안전거리로 설정하고 있다.

Andrew Rawson(2015)는 Fig. 5에서 보는 것과 같이 영국의 템즈강 하구의 해상풍력발전단지 건설 전/후의 선박통항을 분석하였다. 이 연구에서 일부 해역에서는 MCA에서 요구하는 거리보다 해상풍력발전단지와와의 거리가 가깝게 통항하고 있는 것으로 조사되었다.

해상풍력발전단지 주변해역에서 선박통항 항로를 설정하기 위해서는 3가지 중요한 요소들을 고려하여야 할 것이다. 통항 선박의 종류, 개발하고자하는 해상풍력발전단지에서 통항로까지의 거리, 해상풍력발전단지가 설치됨으로써 선박교통량의 분산에 대한 영향을 고려하여 적절한 선박 통항로 및 TSS 등을 설치하여 운영하여야 할 것이다.

3.2 어로활동 기준 설정

국내 서남해 해상풍력실증단지의 경우 Fig. 6과 같이 선박통항 및 어로활동을 전면 금지하고 있다. 이로 인하여 대상해역 주변 어민들과의 마찰로 공사에 어려움을 겪고 있다. 서남해 해상풍력실증단지의 수심과 육상과의 거리가 유사한 해상환경을 가지고 있는 덴마크의 Nysted 해상풍력발전단지의 경우 어로활동에 대한 제한 및 레저선박의 진입에 대해 제한을 하지 않고 있다. 영국의 Greater Gabbard 해상풍력발전단지의 경우 해상풍력발전단지 내에서의 트롤링을 제외한 어로활동 및 레저선박의 활동을 허가하고 있다. Yoo and Jeong(2017)의 Fig. 7과 같이 서남해 해상풍력실증단지 해역에서의 계절별 어선의 통항현황을 분석하였다. 이와 같이 대상해역에 대한 어로 활동에 대한 조사 및 해상환경조사

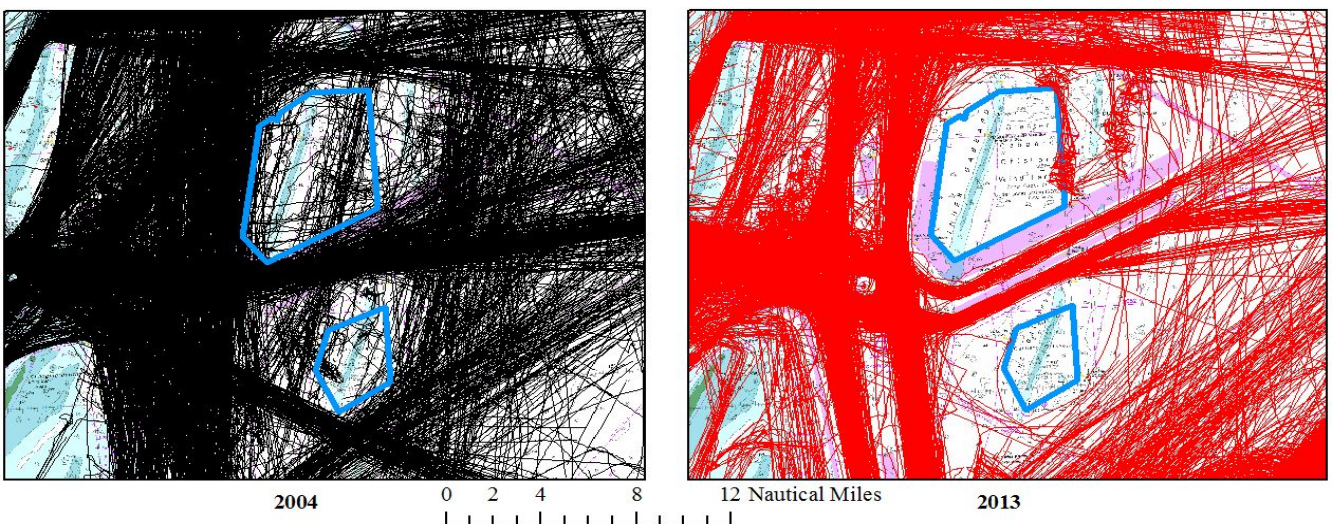


Fig. 5. The Nysted Wind Farm Zone (Source: Assessing the impacts to vessel traffic from offshore wind farms in the Thames Estuary, 2015).

국의 사례 분석을 통한 국내 해상풍력 발전단지의 선박통항 및 어로활동기준 설정에 관한 고찰

등을 통하여 해상풍력발전단지 내에서의 어선의 크기, 선종, 어로형태에 대한 적정 어로활동 및 레저선박 기준이 제시되어야 할 것이다.

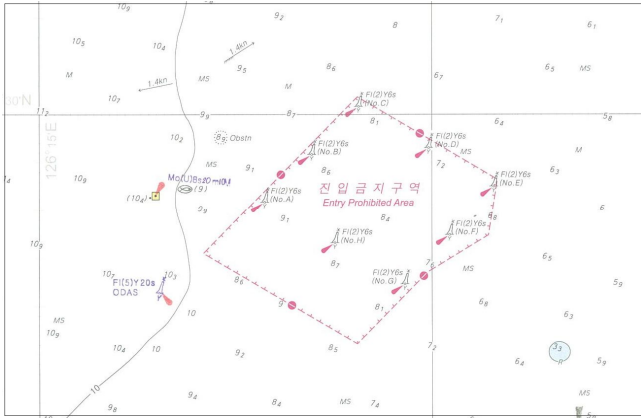


Fig. 6. The demonstration complex at Northwest Offshore Wind Farm Zone (Source: Korean chart 3411, Korea Hydrographic and Oceanographic Agency, 2016).

3.3 관제시스템 도입 검토

영국의 Greater Gabbard 해상풍력발전단지의 경우 LCC에서 해상풍력발전단지 내에 진입하여 어로활동을 하는 어선 및 레저선박의 안전을 위하여 관제 업무를 담당하고 있다. 그러나 덴마크의 Nysted 해상풍력발전단지과 같이 대상해역에서의 대형선의 통항이 많지 않아 관제 및 모니터링 시스템을 구축하고 있지 않은 곳도 있다. 따라서 향후 국내에서도 해상풍력발전단지를 설정하고 운영할 경우 대상해역에 대한 해상교통환경 및 자연환경 등을 고려하여 해상풍력발전단지 관제 시스템 도입 여부를 결정하여야 할 것이다. 관제시스템의 도입여부를 평가하기 위해서는 대상해역을 통항하는 선박의 종류와 해상풍력발전단지 내에서의 어로활동 및 레저활동을 허가할 것인지 여부가 중요한 평가요소가 될 것이다. 이러한 평가요소에 따라 관제 시스템을 도입할 경우 관련 장비에 대한 기준이 설정되게 될 것이다. 어로활동을 허용할 경우 해양사고 발생 시 신속한 대응과 어선의 입출항 신고 자동화 등을 위한 목적으로 설치된 모든 어선에 설치된 선박패스(V-PASS)를 모니터링하는 시스템의 도입도 고려되어야 할 것이다.

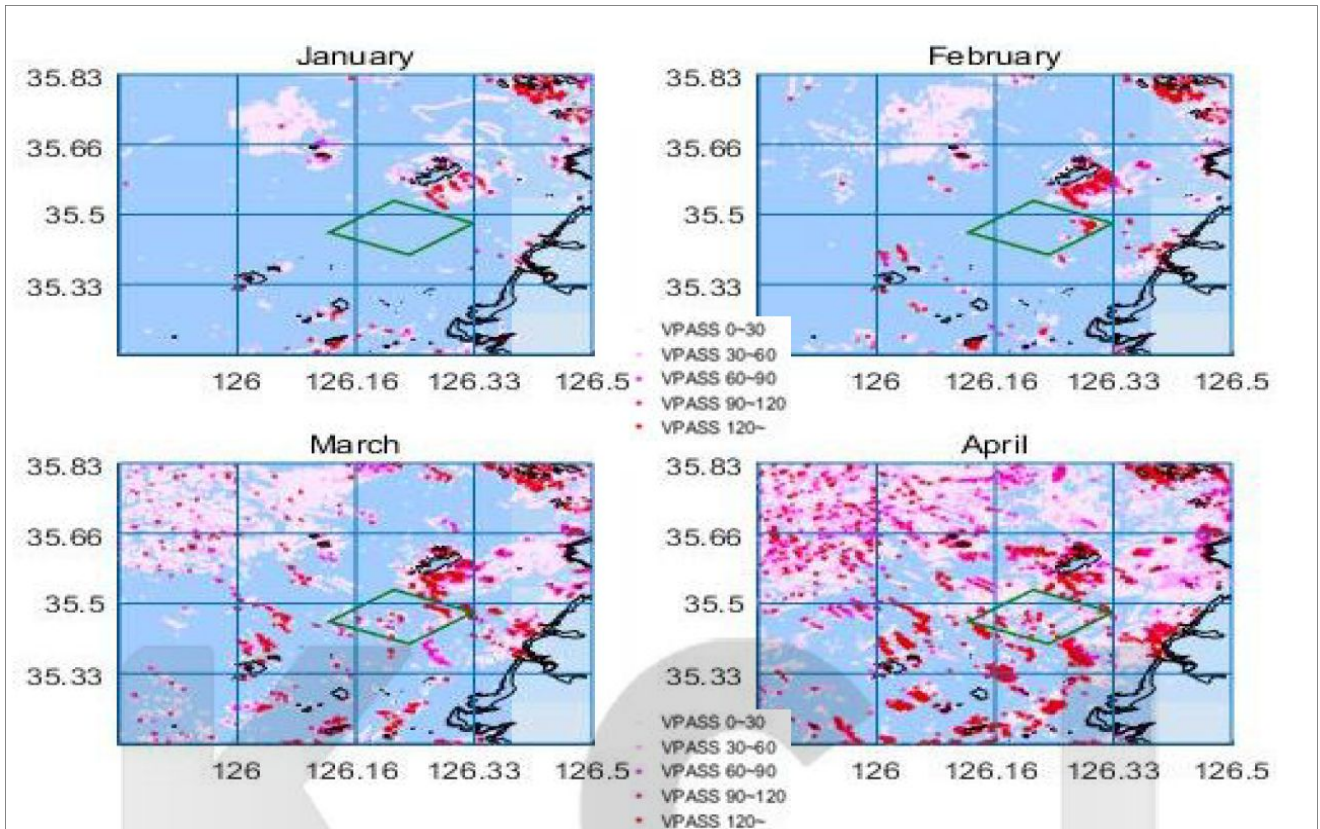


Fig. 7. Trajectories of the vessels engaged in fishing at study (Source: A Study on Traffic Safety Assessments for Fishing Vessels Near the Southwest Sea Offshore Wind Farm, 2017).

4. 결론

본 연구에서는 전 세계 해상풍력설비의 88%가 위치하고 있는 유럽의 주요 해상풍력발전단지의 선박통항 규정과 어로활동에 대한 기준 등을 분석하여 향후 국내 해상풍력발전 단지가 설치될 경우 고려되어야 할 사항들을 제시하였다.

첫째, 해상풍력발전단지가 설치될 대상해역에 대한 해상교통환경 조사를 통하여 선박 통항에 안전한 통항거리 및 TSS와 같은 안전 통항로를 설정하여야 할 것이다.

둘째, 어로 활동에 대한 조사 및 해상환경조사 등을 통하여 해상풍력발전단지 내에서의 어선의 크기, 선종, 어로형태에 대한 적정 어로활동 및 레저선박 기준이 제시되어야 할 것이다.

셋째, 해상풍력발전단지 관제 시스템 도입 여부를 평가하기 위해서는 대상해역의 통항선박 및 어로활동 및 레저활동의 허가 여부가 중요한 요소가 될 것이며, 모니터링 시스템의 도입 여부 및 관제 장비에 대한 검토가 필요하다.

향후 해외 해상풍력발전단지의 관제 시스템 및 규정/지침 제정 배경에 대한 현장조사와 국내 해상풍력발전단지 후보지에 대한 해상교통환경 분석을 통하여 실질적인 해상풍력발전단지 설정 시 선박 통항 및 어로활동 기준을 제시하고자 한다.

후 기

이 연구는 한국해상풍력(주) ‘서남해 해상풍력 발전단지 해상교통 안전진단 및 통항기준 재설정’ 용역의 일환으로 수행되었음

References

- [1] Andrew Rawson, Edward Rogers(2015), Assessing the impacts to vessel traffic from offshore wind farms in the Thames Estuary, Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin, Vol. 43(115), pp. 99-107.
- [2] BNEF(2017), New Energy Outlook 2017, Bloomberg New Energy Finance's, pp. 1-5.
- [3] Choi, Y. D, S. W. Son, H. C. Jang and N. J. Choi(2012), Design and Structure Analysis of a Tower Service Lift for Offshore Wind Power System, Journal of the Korean Society of Marine Engineering, Vol. 36, pp. 140-147.
- [4] GWEC(2017), Global Wind Report: Annual Market Update 2016, Global Wind Energy Council, pp. 1-73.
- [5] Jang H. S, H. S. Kim, H. J. Eum and M. E. Kim(2012), Behavior Analysis by Verticality Error of Monopile Foundation for 5MW Offshore Wind Turbine, Journal of the Korean Society of Civil Engineers, Vol. 32, pp. 61-68.
- [6] Kim, H. K, J. P. Hong, S. W. Park, K. S. Lee and K. Y. Hong(2016), An Experimental Study on Dynamic Performance of Large Floating Wave-Offshore Hybrid Power Generation Platform in Extreme Conditions, Journal of the Korean Society for Marine Environment and Energy, Vol 19, pp. 7-17.
- [7] Kim, T. W, C. K. Kim, J. K. Maeng and S. J. Jang(2015), A Study on Strategic Environmental Assessment Guideline for Site Selection of Offshore Wind Farm Project, Korea Environment Institute, p. 1.
- [8] Lee, J. H, S. Y. Kim, M. H. Kim, S. C. Shin and Y. S. Lee(2014), Design Optimization and Reliability Analysis of Jacket Support Structure for 5-MW Offshore Wind Turbine, Journal of Ocean Engineering and Technology, Vol. 28, pp. 218-226.
- [9] MCA(2008), Offshore Renewable Energy Installations - Guidance on UK Navigational Practice, Safety and Emergency Response Issue, Maritime and Coastguard Agency, 2008.
- [10] Nautical Institute and World Ocean Council(2013), The Shipping Industry and Marine Spatial Planning: A Professional approach. <http://www.nautinst.org/en/forums/msp> [Accessed 8 April 2015].
- [11] Ryu, K. W. and T. R. Kim(2016), Impacts of Noise and Electromagnetic Interference Generated from Offshore Wind Farm, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 26, pp. 350-355.
- [12] Sailing Directions(2017), Dover Strait Pilot, The United Kingdom Hydrographic Office, 2017.
- [13] Sin, C. O. and K. H. Yuk(2011), Environmental and Economic Impacts of Offshore Wind Power, Korea Maritime Institute, 2011.12, pp. 1-84.
- [14] Sun, M. Y, S. B. Lee, K. Y. Lee and B. Y. Moon(2014), The study on substructure design and analysis for 5MW offshore wind turbine, Journal of the Korean Society of Marine Engineering, Vol. 38, pp. 1075-1080.
- [15] Yang, H. S.(2014), Selection of Light Character for Marking With Lights on Offshore Wind Farms, Journal of Navigation and Port Research, Vol. 38. pp. 105-110.
- [16] Yoo, S. L. and J. Y. Jeong(2017), A Study on Traffic Safety Assessments for Fishing Vessels Near the Southwest

국외 사례 분석을 통한 국내 해상풍력 발전단지의 선박통항 및 어로활동기준 설정에 관한 고찰

Sea Offshore Wind Farm, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 23, pp. 231-241.

- [17] Yoon, G. L, S. B. Kim, O. S. Kwon and M. S. Yoo(2014), Partial Safety Factor of Offshore Wind Turbine Pile Foundation in West-South Mainland Sea, Journal of the Korean Society of Civil Engineers, Vol. 34, pp. 1489-1504.

Received : 2018. 01. 16.

Revised : 2018. 01. 26.

Accepted : 2018. 02. 26.