Regular paper | Journal of the KIECS. pp. 1003-1012, vol. 17, no. 5, Oct. 31. 2022, t. 115, pISSN 1975-8170 | eISSN 2288-2189
http://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.2022.17.5.1003

국내 서남해권 연안재해 리스크 저감을 위한 지리적 해상풍력단지 최적 입지 안전구역 선정 연구

김중호* · 류건화** · 김영곤** · 김상만*** · 문채주****

Selecting the Geographical Optimal Safety Site for Offshore Wind Farms to Reduce the Risk of Coastal Disasters in the Southwest Coast of South Korea

Jun-Gho Kim* · Geon-Hwa Ryu** · Young-Gon Kim** · Sang-Man Kim*** · Chae-Joo Moon****

요 약

풍력발전시스템의 터빈과 하부구조에 전달되는 수평방향의 에너지 전달은 시스템의 안전성 유지 측면에서 매우 중요한 요소이지만 지진, 태풍과 같은 대규모 연안재해에 취약할 수 밖에 없다. 연안 또는 먼 해상에 구축되는 풍력발전시스템은 연안재해에 취약한 지역에 설치 시 보다 견고한 설계가 요구되기 때문에 초기 투자비용의 증가로 사업의 경제성 측면에서 매우 불리하다. 본 연구에서는 연안재해의 리스크를 저감한다는 관점에서 풍력발전단지의 최적 부지를 선정하기 위해 GIS 기법을 사용하였다. 우리나라 서해와 남해의 지진 현황, 서해와 남해에 영향을 미치거나 통과하는 태풍의 이동경로와 강도도 복합적으로 분석하였다. 이에 연안재해 위험이 가장 낮은 최적의 해상풍력단지 부지를 선정했고, 향후 해당지역 해상풍력 프로젝트의 기초연구자료로 활용하고자 한다.

ABSTRACT

The horizontal force transfer to the turbine and substructure of a wind power generation system is a very important factor in maintaining the safety of the system, but it is inevitably vulnerable to large-scale coastal disasters such as earthquakes and typhoons. Wind power generation systems built on the coast or far offshore are very disadvantageous in terms of economic feasibility due to an increase in initial investment cost because a more robust design is required when installed in areas vulnerable to coastal disasters. In this study, the GIS method was used to select the optimal site for a wind farm from the viewpoint of reducing the risk of coastal disasters. The current status of earthquakes in the West and South Seas of Korea, and the path and intensity of typhoons affecting or passing through the West and South Seas were also analyzed. Accordingly, the optimal offshore wind farm site with the lowest risk of coastal disasters has been selected and will be used as basic research data for offshore wind power projects in the region in the future.

키워드
Coastal Disaster, Optimal Site Selection, Offshore Wind Farm, Risk Index, ArcGIS
연안 재해, 최적지 선정, 해상 풍력 단지, 위험 지수, ArcGIS

* 국립목포대학교 대학원(jhkimd@naver.com)
**(사)에너지밸리산학융합원(geonhwa@eiuca.or.kr, ygkim@eiuca.or.kr)
*** 국립목포대학교 스마트그리드연구소(ksm210801@mokpo.ac.kr)
**** 교신저자 : 국립목포대학교 스마트그리드연구소
· 접 수 일 : 2022. 08. 04
· 수정완료일 : 2022. 09. 07
· 게재확정일 : 2022. 10. 17
· Received : Aug. 04, 2022, Revised : Sep. 07, 2022, Accepted : Oct. 17, 2022
· Corresponding Author : Chae-Joo Moon
Smart Grid Institute, Mokpo National University
Email : cjmoon@mokpo.ac.kr

Ⅰ. 서 론

한국은 2020년 기준 세계 7위위 에너지 소비량 국가로 선정되었고, 꾸준히 10위권 내의 에너지 소비국 지위를 유지하면서 화석연료 사용에 따른 이산화탄소 배출량을 향후 지속적으로 감축해야 하는 의무가 있는 나라이다[1]. 한국 정부는 이러한 국제적인 이산화탄소 감축의무를 지키기 위한 노력의 일환으로 2030년까지 재생에너지 비율을 전체 발전량의 20% 이상으로 달성목표인 재생에너지 3020과 한국형 그린뉴딜, 2050 탄소중립과 같은 신재생에너지 중심의 정책을 전 국가적인 사업으로 추진 중이다[2]. 특히, 태양광 발전은 발전설비 설치의 용이함과 전폭적인 정부지원으로 말미암아 2016년 이후 급격하게 증가하고 있으며 앞으로도 그 상승세는 지속적으로 이어질 것으로 전망된다[3-4].

반면, 풍력발전은 복잡한 발전설비 설치과정, 높은 투자비용에 따른 리스크, 환경문제 및 주민 수용성 등 각종 사회적 이슈로 인해 태양광 발전에 비해 상대적으로 활성화되지 못한 측면이 있다. 육지에 설치된 풍력발전 설비는 일정 기준 이상의 바람 조건이 확보되어야하는 지리적인 문제뿐만 아니라 소음, 환경파괴 등과 같은 사회적인 문제도 동반하기 때문이다. 하지만 이러한 사회적 문제를 쉽게 해결할 수 있고 안정적으로 지속적인 친환경 발전을 가능하게 하는 대안으로써 최근 해상풍력발전이 각광을 받고 있다. 해상풍력은 육지에 비해 지면 마찰에 의한 풍속 감소가 적으며 지형 조건에 의한 바람장의 변화와 같은 물리적 요인이 적어 지속적으로 일정 수준 이상의 바람자원을 확보할 수 있다는 장점이 있다[5-7]. 이에 한반도는 삼면이 바다로 둘러싸여 있으며 특히, 수심이 얕고 습지가 넓게 분포하며 풍력자원이 우수한 남·서해 지역은 해상풍력발전 최적의 입지를 확보하고 있다고 볼 수 있다[8-9].

한국의 남·서해는 일본열도를 따라 형성되어있는 환태평양 조산대의 가장자리와 대륙붕으로 연결되어 있어 상대적으로 중소규모의 해저지진 발생확률이 타 지역에 비해 높은 편이며, 특히 여름철 주로 북태평양 고기압의 가장자리를 따라 이동하는 태풍이 빈번하게 통과하는 길목이기도 하다. 이로 인해 해상구조물을 설치하기 위해서는 상대적으로 지진이나 태풍과 같은 자연재해의 발생 확률이 낮은 유럽과는 다르게 연안자연재해를 고려한 입지선정이 우선시 되어야 할 필요가 있다. 또한 대형 해상풍력 터빈은 안전확보를 위해 통상적인 운용기간인 20~30년의 기간 내 발생할 수 있는 해상에서의 각종 손상조건을 견딜 수 있어야 하며 설계수명동안 구조물의 강한 내구성이 요구되는데[10-11], 기본적으로 연안자연재해의 발생빈도 및 규모가 적을수록 구조물의 한계수명도 늘어나므로 연안자연재해가 적은 곳에 해상풍력설비를 건설하는 것이 여러모로 경제적일 수 있다[12-13].

한편, 태풍은 국가태풍센터에서 아래와 같은 분석을 통해 태풍 유입 및 영향 가능성을 감시하고 있다.

1. 해수면 온도 현황: 해수면 온도가 높은 해역은 수증기 증발이 상대적으로 원활하여 특히 대기하층에 높은 습윤 정지 에너지가 누적되면서 대기불안정도가 커짐
2. 하층유선: 열대지역에서 하층 기류 방향 및 속도 수렴 변화로 인해 모여진 공기가 상승기류를 형성하여 대류를 촉발시킴
3. 바람시어: 상층 기류의 방향 또는 속도가 하층과 차이가 클수록 열대저기압 발달을 저해시킴
4. 구름영상: 해수면온도와 상하층 기류조건이 유지되어 지속되면 열대 대류가 조직화되어 태풍으로 발달하게 됨

2장에서는 연구대상지와 연구방법, 연구자료에 대해 소개하였는데 지리적인 장점과 더불어 다수의 해상풍력사업이 진행 중이라는 점을 감안하여 한반도 남·서해안을 해상 풍력발전단지가 들어서기 유리한 지역으로 가정하였다. 3장에서는 지진과 태풍의 영향이 가장 적은 지역은 어디에 해당되는지를 알아보기 위해 과거 우리나라 태풍과 지진의 관측기록을 근거로 해상 극한조건에 대한 안전성을 평가하였고, 자연재해적 관점에서 남·서해안의 연안지역 중 최적의 해상풍력발전단지가 들어설 최적의 입지는 어디인지를 분석하였다. 이어 4장에서 결론을 맺으면서 이를 통해 향후 지속적으로 크게 증가할 해상풍력발전 설비의 안전한 건설과 경제성 제고를 위한 기초자료로서 본 연구결과를 제공하고자 한다.

II. 연구방법과 자료

자연재해(지진과 태풍)을 고려한 최적의 해상 풍력단지 입지분석을 위해 남·서해 지역을 연구대상지역으로 하였으며 구역을 나눠 각 구역별로 지진과 태풍의 영향을 어떻게 받아왔는지를 분석함으로써 입지최적도를 도출하였다.

2.1 연구대상지역

그림 1은 연구대상지역인 남·서해 지역과 연구목적에 따라 구분한 해상풍력 후보단지를 각각 나눈 구역을 보여준다. 해상풍력 후보단지를 나누기 위해 우리나라 수심의 분포, 해안선 분포, 도서지역 분포, 행정구역, 해상풍력 발전사업 허가 취득 사업지 등을 고려해 기준을 삼았으며 총 64개 세부 구역으로 구분되었다.

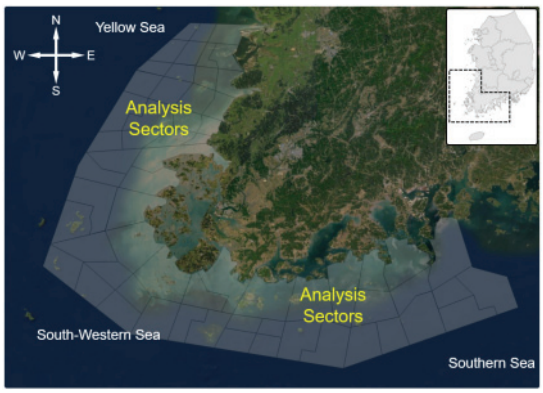

그림 1. 64개의 연안재해 위험지수 세부 분석영역
Fig. 1 64 Detailed analysis sectors for coastal disaster risk index

동해는 지형 특성상 해안선이 단조롭고 해안선에서 멀어질수록 급격하게 수심이 깊어지는 특성이 있어 해상구조물을 설치할 수 있는 구역이 좁고 사업경제성 측면에서도 상대적으로 불리하다. 반면, 남해와 서해의 경우, 넓은 대륙붕으로 이뤄져 있고 해안선으로부터 멀어진다 해도 최대 수심이 100m 내외에 불과해 해상구조물을 설치할 수 있는 구역이 비교적 넓고 경제적 측면에서도 유리하다. 또한 한국전력공사 및 발전자회사를 포함한 에너지 관련 공기업, 해상풍력 배후단지 활용항만, 조선소, 연구기관 등 해상풍력을 위한 인프라 시설이 확충되어 있기 때문에 동해보다 남해와 서해가 유리하다고 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서는 고정식 해상풍력이 가능한 수심 50m 미만의 연안 해역에 대한 연구대상지역을 한반도의 남해와 서해로 제한하였다.

2.2 연구방법 및 자료분석

자연재해를 고려한 최적 해상풍력단지 입지선정을 위해 과거 42년(1978~2020)에 대한 기상청의 지진과 태풍기록을 분석하여 위험지수를 각각 우선 산정한다. 그 후 태풍과 지진에 대한 요소별 가중치를 부여하여 각 위험구역도를 추출한 뒤 두 위험요소가 복합적으로 적용된 연안재해 위험도를 그림 2와 같이 산출하였다.

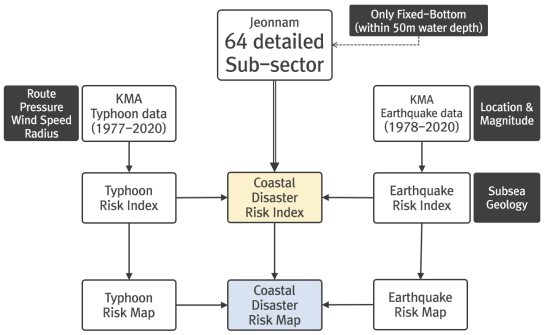

그림 2. 연안재해 위험지수 및 위험구역도 분석 절차
Fig. 2 Coastal disaster risk index and danger zone analysis procedure

지진은 우리나라에서 발생한 지진의 규모, 발생횟수 자료를 활용하였으며 이 중, 남해와 서해 그리고 인근 내륙지역에서 발생한 239건의 지진사례를 분석하였다. 한편, 지진의 위험도를 산출하고자 기본적으로 고려해야 할 변수들을 아래와 같이 선정하였다.

① 지리적 특성상 지진이 많이 발생하는 지역인지 여부(ZF, Zone Factor)
② 해저지반 계수(SC, Seabed Coefficient): 구조물을 해저지반에 고정하여 설치한 후, 해상극한조건에 도달했을 때 해저지반의 종류가 해상구조물을 지지하기에 충분히 적합한지 여부

③ 각 분석구역 내에서 발생한 지진의 횟수(EFR, Frequency of Earthquake)
④ 분석구역 내에서는 발생하지 않았지만 영향반경에 중첩되어 위험구역에 해당되는 지역(EIR, The Impact Radius of Earthquakes)
⑤ 분석구역 및 영향반경에 의한 지진의 규모(M. The Magnitude of the Earthquakes)

또한 위와 같은 변수들을 바탕으로 지진위험지수(ERI, Risk Index of Earthquakes)를 산출하기 위해 Zone Factor (ZF), Seabed Coefficient (SC), Hazard Index (HI)를 곱하는 방식을 식(1)과 같이 사용하였다. 여기서, HI는 각 구역 내에서 발생한 가중치 0.3인 지진, 구역 외에서 발생하였지만 영향반경에 의해 고려해야 하는 가중치 0.2인 지진, 가중치 0.5인 지진 규모를 적용하여 식(2)와 같이 산출하였다. 또한 지진의 영향반경은 식 (3)으로부터 산출하였다[13].

$$ERI(ZF, SC, HI) = ZF \times SC \times HI \quad (1)$$

$$HI(EIR, M, EFR) = (EIR \times 0.2) + (M \times 0.5) + (EFR \times 0.3) \quad (2)$$

$$IR(M) = 10^{0.43M} \quad (3)$$

지진구역계수는 그림 3과 같이 지질종류 분류에 근거한 한국의 내진설계 일반조건에 기초하여 설정하였으며 연구대상지역의 경우 지진구역 I에 해당되어 0.11의 지진구역계수를 갖는다. 해저지반계수는 표 1과 같이 한국 지질자원연구원에서 조사한 국내 연안 해저지반 결과에 기반하여 지반위험계수를 활용하였다.

태풍의 경우, 기상청이 적도부근에서 생성된 각 개별 태풍에 대한 사후분석을 통해 태풍 위치 및 강도, 기상학적 통계분석 결과, 종관장 분석, 피해규모 등의 종합적인 정보를 수집하여 매년 백서로 발표하고 있다.

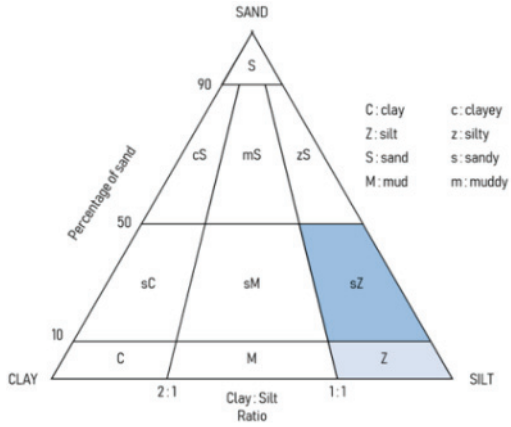

그림 3. 해저퇴적물 혼합 구성비에 따른 지질종류 분류
Fig. 3 Classification of geological types according to the composition ratio of seabed sediments

표 1. 각 퇴적물 종류별 해저지반계수
Table 1. Seabed coefficient for each sediment type

Seabed Type	Coefficient
Hard Rock	0.09
Normal Rock	0.11
Mud	0.13
Silt	0.16
Sand	0.22

태풍은 그림 4와 같이 적색으로 표시된 2개의 구역 중 최소 1개 영역을 관통하는 태풍사례만을 선정한 결과, 우리나라 서해와 남해 해상을 경유하여 한반도를 통과하거나 근접한 태풍 45개를 대상으로 분석하였다.

그림 4. 영향태풍 사례 선정을 위한 통과구역 설정
Fig. 4 Passing zone setting for selection of impacted typhoon cases

태풍위험지수를 산출하기 위해 본 연구에서는 3개의 변수(폭풍반경, 태풍통과횟수, 중심기압)를 활용하였다. 한국기상청은 2020년부터 태풍영향반경(15 m/s 이상)과 폭풍영향반경(25 m/s)을 구분해 태풍의 강도를 나타내는데 폭풍영향반경 기준인 25 m/s는 해상풍력터빈 cut-out wind speed 기준과 일치하므로 본 연구에서는 기상청의 폭풍영향반경을 기준으로 폭풍반경을 설정하였다. 단, 과거 태풍 DB에는 폭풍영향반경에 관한 정보가 없어 부득이하게 태풍의 강도와 무관하게 태풍중심으로부터 평균 100km의 범위를 폭풍영향반경으로 설정하였다. 직접통과횟수는 태풍의 이동경로 분석을 통해 연구대상지역의 해상풍력 후보구역을 통과한 태풍을 직접 계산하였다. 또한 중심기압은 태풍의 이동경로 분석을 통해 해상풍력 후보구역을 통과하는 동안 최저기압을 대표값으로 설정하여 적용하였다. 각 변수별 가중치는 폭풍반경은 0.3, 태풍통과횟수는 0.5, 중심기압은 0.2로 적용하여 식 (4)와 같이 태풍위험지수를 산출하였다.

① 각 분석구역을 직접 통과하는 태풍의 횟수(TFR, Frequency of Typhoons)
② 분석구역을 직접 통과하지 않았지만 영향반경에 중첩되어 위험구역에 해당되는 지역(TIR, The Impact Radius of Typhoons)
③ 태풍 중심 최저기압(P. The Central of Air Pressure of the Typhoon near the Analysis Sectors)

$$TRI(TIR, P, TFR) = (TIR \times 0.3) + (P \times 0.2) + (TFR \times 0.5) \quad (4)$$

이렇게 산출된 지진과 태풍위험지수를 산술적으로 계산하여 해상풍력 후보구역별 자연재해위험도를 GIS 기법을 활용해 분석하였다.

최종적으로 지진위험지수와 태풍위험지수에 동일한 가중치를 부여하여 지수를 통합해 식 (5)와 같이 자연재해위험지수(NHRI, Natural Hazard Risk Index)로 계산하였으며 이를 통해 태풍과 지진 두 가지 요소를 모두 고려한 최적의 해상풍력단지 후보지역을 분석하였다.

$$NHRI(ERI, TRI) = (ERI \times 0.5) + (TRI \times 0.5) \quad (5)$$

Ⅲ. 서남해 재해 분석

3.1 지진위험도 분석

지진의 위험도를 알아보기 위해 그림 5와 같이 우선 지난 42년의 기간 동안 발생한 지진의 진원과 진도의 공간분포를 분석해 보았다. 연구대상지역 내에서 육지에 발생한 지점도 표시한 이유는 지진은 진원으로부터 비교적 넓은 지역에까지 영향을 주기 때문인데 육지에서 지진이 발생하더라도 해상에 위치한 풍력발전단지에 영향을 줄 수 있기 때문이다. 연구 대상지역 내에서 발생한 지진은 대체로 육지보다 해상에 더 많은 진원이 분포하는 것으로 분석되었다. 또한 남해보다는 서해에서 지진의 발생빈도가 더 높다는 것을 정성적으로 알 수 있다. 지진의 진도의 경우 내륙보다 해상의 진도가 더 높게 나타나는 경향이 있으며 서해에서 발생한 지진이 남해에서 발생한 지진보다 진도가 더 높다는 것을 알 수 있다. 지진의 발생은 연구대상지역에 대체로 골고루 분포해 있지만 남해와 서해가 중첩되는 지역인 진도부근에서 지진 발생이 가장 적다는 사실을 인지할 수 있다.

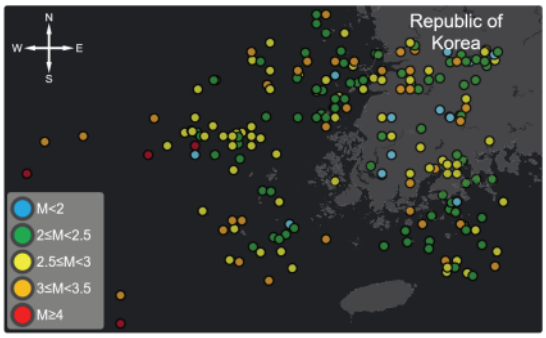

그림 5. 서남해권 분석 영역의 과거 지진발생 지점 (1978-2020)
Fig. 5 Earthquake event points in the analysis area (1978-2020)

최근 42년간 연구대상 지역에서 발생한 지진의 시간적 추세를 분석해 보았을 때, 그림 6과 같이 진도는

대체로 작아지는 경향이 있는 반면, 발생 횟수는 점차 증가하는 경향이 있다는 사실을 알 수 있다. 물론 과거에 비해 지진 관측장비의 지진 탐지율이 향상되었고 절대적인 지진관측 장비의 수가 증가했다는 사실을 감안해야 하겠으나 지진관측 장비 수가 보강된 최근 10년의 추세를 분석해 보더라도 지진의 진도는 약해지고 발생빈도는 증가하고 있다는 사실을 알 수 있다.

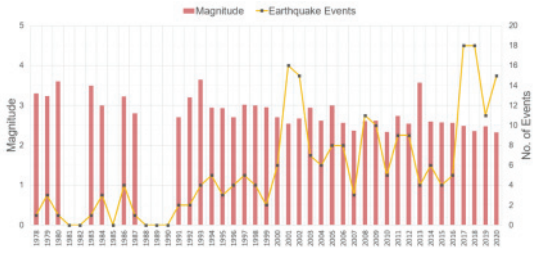

그림 6. 서남해권 분석 영역 인근의 지진 규모 및 발생 횟수 변화(1978-2020)
Fig. 6 Changes in the magnitude and frequency of earthquakes near the Southwest Sea analysis area(1978-2020)

지진 위험도에 영향을 미치는 다양한 변수 중에서 해저지반을 구성하고 있는 지질 성분이 무엇인가도 중요한 요소 중 하나라고 할 수 있다. 그림 7은 한국지질자원연구원에서 조사한 국내 연안 해저지반 분석 결과로서, 남해에는 자갈(Gravel, G)이 포함된 진흙(Mud, M), 모래(Sand, S)가 많이 분포하고 서해에는 상대적으로 자갈이 포함되지 않은 진흙, 모래, 실트(Silt, Z)가 광범위하게 분포하고 있음을 알 수 있다. 또한 서해와 남해 모두 먼 해상으로 나갈수록 자갈이 포함된 지질 면적이 증가함을 알 수 있다.

표 1의 분류기준에 따라 진흙, 모래, 실트의 계수값이 다른 지질 유형의 계수보다 대체로 큰 것을 알 수 있다. 계수값이 클수록 지반이 약함을 의미하며 상대적으로 육지에 가까운 연안지역의 해저지반이 더 단단하다는 것을 알 수 있다. 지반이 단단할수록 지진에 대한 위험도가 낮음을 의미하므로 먼 바다 보다는 육지에 가까운 연안이 지진위험도가 낮아 해상풍력발전단지 건설에 적합하다는 것을 알 수 있다.

그림 7. 서남해권 분석 영역의 해저지질 분포 현황
Fig. 7 Seabed Deposition Types in the analysis area

본 연구에서 활용한 ERI를 그림 8과 같이 해상풍력 후보단지별로 계산하여 GIS 기법을 적용해 각 구역별 ERI를 분석하였다. 위험지수가 1에 가까울수록 (적색계열) 지진으로 인한 풍력터빈의 위험도가 높다는 것을 의미한다. 지진으로부터 상대적으로 위험도가 자유로운 구역을 그림 8에서 검은 실선으로 나타내었다. 그 결과, 지진을 고려했을 때, 해상풍력단지를 조성하기에 가장 적합하다고 판단되는 지역은 신안과 진도 인근 연안지역이 해상풍력단지 건설에 가장 유리한 지역이라는 사실을 알 수 있었다. 반면, 영광과 부안 인근 연안지역의 경우 해저지반이 주로 실트와 모래질로 구성되어있고 과거부터 지진의 진원이 다수 분포한다는 점을 통해 해상풍력사업을 하기에 적합하지 않은 것으로 분석되었다.

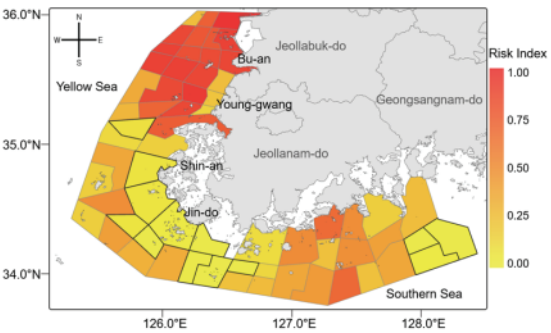

그림 8. 해상풍력단지 대상 지진 위험분포도
Fig. 8 Earthquake risk distribution map for offshore wind farms

3.2 태풍위험도 분석

그림 9에 64개의 각 분석영역을 직접적으로 통과하거나 간접적으로 영향을 주는 45개의 태풍 사례들의 이동경로를 나타내었다. 또한, 그림 10은 태풍의 이동경로 및 폭풍반경, 중심기압 등을 반영해 산출한 태풍 위험지수를 GIS 기법을 활용하여 해상풍력단지 후보구역별로 분석한 결과이다.

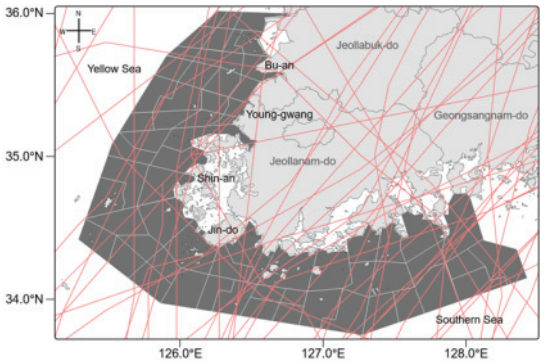

그림 9. 각 분석영역을 통과하거나 영향을 주는 태풍 사례별 이동경로 현황
Fig. 9 Status of movement paths by typhoon cases passing through or affecting each analysis sectors

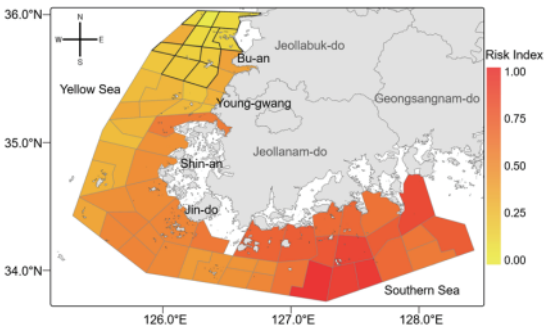

그림 10. 해상풍력단지 대상 태풍 위험분포도
Fig. 10 Typhoon risk distribution map for offshore wind farms

지진과 마찬가지로 위험지수가 1에 가까울수록 태풍으로 인한 풍력터빈의 위험도가 높다는 것을 의미한다. 한반도는 종관 기상학적으로 여름철 북태평양 고기압의 가장자리에 위치하게 되는데 태풍은 통상 북태평양 고기압의 가장자리를 따라 이동하는 경우가 많다. 이로 인해 일본 본토나 규슈, 한반도 지역으로 상륙하거나 영향을 줄 확률이 높다. 그렇다보니 상대적으로 서해보다는 남해로 태풍이 접근하는 확률이 높다. 태풍 위험지수의 공간분포 분석에서도 이러한 경향은 뚜렷하게 나타나는 것으로 나타났다. 서해보다는 남해, 특히 경상남도 연안에 가까울수록 태풍 위험지수가 대체로 높은 경향을 나타냈으며 전라남도 연안으로 갈수록 태풍 위험지수는 낮아지는 경향을 보였다. 반면, 서해 연안은 남해 연안에 비해 태풍 위험지수가 현저히 낮은 경향을 보였으며 위도가 높아질수록 위험지수가 낮아졌다. 따라서 태풍의 위험도만을 분석했을 때, 가장 위험도가 높은 지역은 전라남도 남동쪽 연안, 반면 가장 위험도가 낮은 지역은 전라북도 서쪽 연안으로 분석되었다.

3.3 연안재해 위험도 종합분석

그림 11은 지진 위험지수와 태풍 위험지수에 동일한 가중치를 부여하여 계산한 자연 재해위험지수를 GIS 기법을 활용해 최종적으로 해상풍력단지 후보구역별로 분석한 결과이다. 자연재해 위험지수 분석결과는 한반도 서남해역에서 어느 구역이 가장 자연재해로부터 최적의 장소인지를 명확하게 보여준다. 행정구역상으로는 전라남도 남서쪽 신안과 진도 연안이 가장 최적지로 분석이 되며 그 구역 중에서도 밝은 노란색으로 표시된 구역(검은 도형)이 한반도 서남해역에서 가장 자연재해로 인한 위험도가 낮은 지역으로 분석되었다.

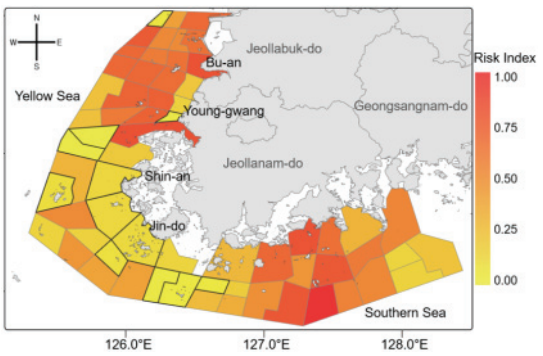

그림 11. 해상풍력단지 대상 연안재해 종합 위험분포도
Fig. 11 Coastal disaster risk distribution map for offshore wind farms

Ⅳ. 결론

본 연구는 최근 우리나라에서 관심이 집중되고 있는 해상풍력발전과 관련해 자연재해를 최우선으로 고려해 최적의 입지를 선정하기 위한 기초연구이다. 지리적인 장점을 감안하여 한반도 서·남해안을 연구대상지역으로 선정하였으며 세부 해상풍력단지 후보구역으로 구분해 자연재해 특히, 지진과 태풍의 영향이 가장 적은 지역은 어느 구역인지 분석하였다. 이를 위해 과거 우리나라 태풍과 지진의 관측기록을 근거로 해상 극한조건에 대한 안전성을 평가하였다. 다양한 요인을 감안하여 지진위험지수와 태풍위험지수를 각각 계산하여 GIS 분석을 통해 공간적으로 어떤 지역이 위험도가 높고 낮은지를 시각적으로 분석하였으며 그 결과 최종적으로 지진과 태풍으로부터 위험도가 가장 낮은 지역은 행정구역상으로 전라남도 남서쪽에 위치한 신안과 진도 연안이 가장 최적지로 분석되었다.

현재 한반도 남서해안은 해상풍력발전단지의 메카와 같은 곳으로 이미 건설된 해상풍력발전단지도 있으며 건설 중인 단지, 건설예정인 단지가 많다. 지구온난화로 인한 기후변화로 연안에서 발생하는 재해가 점차 빈번해지고 대형화되는 시점에서 본 연구결과가 해상풍력발전단지의 건설과 운영에 도움이 되는 기초자료로 활용될 수 있을 것이라 생각된다. 향후에는 보다 다양한 연안재해를 감안해 재현주기별 극한풍속의 분포를 추가적으로 분석하여 IEC 가이드라인에 따라 사업자가 풍력터빈을 선정할 수 있는 근거를 마련하고자 한다. 이러한 기초분석 연구결과를 국내 해상풍력발전단지 최적지 입지분석에 적용한다면 현업에 더 유용한 연구결과로 활용될 수 있을 것이라고 생각한다.

감사의 글

본 과제(결과물)는 2022년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역혁신 사업의 결과입니다. (2021RIS-002)

References

[1] T. Adebayo, A. Awosusi, D. Kirikkaleli, G. Akinsola, and M. Mwamba, "Can CO_2 emissions and energy consumption determine the economic performance of South Korea? A time series analysis," *Environ Sci Pollut Res*, vol. 28, no. 29, 2021.

[2] C. Kim, "A review of the deployment programs, impact, and barriers of renewable energy policies in Korea," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 144, 2021.

[3] I. Vincent, E. Lee, K. Cha, and H. Kim, "The WASP model on the symbiotic strategy of renewable and nuclear power for the future of 'Renewable Energy 3020' policy in South Korea," *Renewable Energy*, vol. 172, 2021, pp. 929-940.

[4] S. Hwangbo, S. Heo, and C. Yoo, "Development of deterministic-stochastic model to integrate variable renewable energy-driven electricity and large-scale utility networks: Towards decarbonization petrochemical industry," *Energy*, vol. 238, 2022.

[5] N. Dällenbach and R. Wüstenhagen, "How far do noise concerns travel? Exploring how familiarity and justice shape noise expectations and social acceptance of planned wind energy projects," *Energy Research & Social Science*, vol. 87, 2022.

[6] J. Choi, C. Moon, and Y. Chang, "A study on system retrofit of complex energy eystem," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 1, 2021, pp. 61-68.

[7] S. Kim, C. Moon, and G. Jung, "A study design of wind blade with rated capacity of 50kW," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 3, 2021, pp. 485-492.

[8] H. Kim, C. Moon, Y. Kim, K. Chon, J. Joo, and G. Ryu, "Analysis of atmospheric stability for the prevention of coastal disasters and the development of efficient coastal renewable energy," *J. of Coastal Research*, Special Issue no. 114, 2021, pp. 241-245.

[9] G. Ryu, H. Kim, Y. Kim, K. Chon, J. Joo, and C. Moon, "GIS-Based site analysis of an optimal offshore wind farm for minimizing coastal disasters," *J. of Coastal Research*, no. 114, 2021, pp. 246-250.

[10] S. Kim, G. Ryu, Y. Kim, and C. Moon, "Sensitivity Analysis of Wake Diffusion Patterns in Mountainous Wind Farms

according to Wake Model Characteristics on Computational Fluid Dynamics," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 17, no. 2, 2022, pp. 265-278.
[11] G. Ryu, Y. Kim, S. Kwak, M. Choi, M. Jeong, and C. Moon, "Atmospheric stability effects on offshore and coastal wind resource characteristics in south korea for developing offshore wind farms," *Energies*, vol. 15, no. 4, 2022.
[12] G. Ryu, D. Kim, D. Kim, Y. Kim, S. Kwak, M. Choi, W. Jeon, B. Kim, and C. Moon, "Analysis of vertical wind shear effects on offshore wind energy prediction accuracy applying rotor equivalent wind speed and the relationship with atmospheric stability," *Applied Sciences*, vol. 12, no. 14, 2022.
[13] I. Dobrovolsky, S. Zubkov, and V. Miachkin, "Estimation of the size of earthquake preparation zones," *Pure and Applied Geophysics*, vol. 117, 1979, pp. 1025-1044.

저자 소개

김중호(Jung-Ho Kim)

1992년, 1994년 서울과학기술대학교(공학사),연세대학교(공학석사)
2019년~현재 목포대학교 대학원 신재생에너지공학 협동과정
2003년~2019년 포스코 그룹
2020년~2021년 ANP Systems(주) 대표이사
2022년~현재 Northlandpower(주) 이사
※ 관심분야 : 풍력발전시스템, 모델링, 사업개발

류건화(Geon-Hwa Ryu)

2014년, 2016년 부산대학교 이학사, 이학석사, 2020년 목포대학교 대학원 신재생에너지공학 협동과정
2016년~2017년 국립기상과학원 연구원
2018년~2022년 에너지밸리산학융합원 풍력연구센터 주임연구원/팀장
2022년 현재 OWC Senior Consultant
Journal of Earth Science: Atmosphere Part 검토위원
※ 관심분야 : 풍력발전시스템, 수치모델링

김영곤(Young-Gon Kim)

2003년,2014년 순천대학교 컴퓨터과학졸업(이학석사),목포대학교 신재생에너지공학협동과정 졸업(공학박사)
2018년~현재 에너지밸리산학융합원 사무국장, 풍력연구센터센터장
2014년~2018년 목포대학교 연구전임교수
※ 관심분야 : 에너지ICT & HCI, 해상풍력디지털트윈, 적정기술, 마이크로그리드

김상만(Sang-Man Kim)

2011년, 2014년 및 2022년 목포대학교 공학사, 공학석사, 공학박사
2013년~2021년 ㈜해바람에너지 과장
2021년~현재 목포대학교 스마트리드 연구소 전임연구원
※ 관심분야 : 마이크로그리드, 태양광발전시스템, 소형풍력발전시스템, 계측기(라이다), 해양구조물

문채주(Chae-Joo Moon)

1981년, 1983년 및 1994년 전남대학교 공학사, 공학석사, 공학박사
1997년~현재 목포대학교 공과대학 전기및제어공학과 교수
2017년~현재 에너지밸리산학융합원장
한국전력기술(주) 책임연구원, 광주일보 테마칼럼니스트, 전력전자학회 부회장, 이투뉴스 및 한국전기신문 칼럼니스트, 기초전력연구원 에너지밸리분원장 역임
※ 관심분야: 풍력발전시스템, 전력변환시스템, 전력시스템