

Technical Article

## 해상풍력 개발사업의 환경성 평가 협의 지침 개발에 관한 시사점 및 개선안 연구

이해미 · 맹준호

한국환경연구원

### A Study on Implications and Improvement Plans for the Developing Consultation Guidelines for Environmental Assessment of Offshore Wind Power Development Projects

Haemi Lee · Junho Maeng

Environment Assessment Group, Korea Environment Institute

**요약:** 본 연구는 해상풍력 환경성 평가 협의 지침 개발 과정을 검토하고 이를 토대로 향후 지침 개정을 위한 시사점 및 개선안을 제시하였다. 국내·외 사례 연구는 국내 해상풍력 개발사업 협의 사례 및 환경입지 컨설팅 사례와 국외 해상풍력 관련 지침을 검토하였고 사업별 입지 특성과 주요 환경 이슈를 분석하였다. 해상풍력 관련 주요 환경 이슈로는 조류(새), 소음·진동, 해양 동·식물, 해양물리, 해양수질 및 해저퇴적물, 해양경관, 육상에 설치되는 기타 부대시설 항목이다. 해상풍력 환경성 평가 협의 지침 개정을 위한 시사점 및 개선안은 사업자가 해상풍력 사업 입지 가능 지역을 판단하는데 있어서 중앙정부 차원에서의 자료 제공 및 명확한 가이드라인 제시가 필요하다. 누적영향평가의 중요성이 강조되는 상황에서 해상풍력 환경 이슈에 대한 누적영향평가를 위해서는 국내 상황을 반영한 항목별 누적영향평가 방법론에 대한 가이드라인도 마련되어야 한다. 또한 협의 지침 개정 시에는 해역별 해상풍력단지의 환경조사 및 모니터링 데이터의 축적을 통해 실증 연구사례가 반영되어야 한다.

**주요어:** 해상풍력 개발사업, 환경영향평가, 환경성 평가, 협의 지침

**Abstract:** This study reviewed the development process of the consultation guideline for the environmental assessment of offshore wind power. Based on this, implications and improvement plans for a future revision of the guidelines. Domestic and foreign case studies reviewed the consulting cases on domestic offshore wind power development projects, environmental location consulting cases, and guidelines related to overseas offshore wind power and analyzed location characteristics and significant environmental issues by project. Major environmental issues related to offshore wind power include birds, noise and vibration, marine animals and plants, marine

physics, marine water quality and sediments, marine landscapes, and other auxiliary facilities installed on land. Implications and improvements for revising the consultation guidelines for evaluating offshore wind environments require data and clear guidelines at the central government level to determine areas where offshore wind projects can be located. In a situation where the importance of cumulative impact assessment is emphasized, guidelines for cumulative impact assessment methodologies for each item that reflect the domestic situation should be prepared for a cumulative impact assessment on offshore wind power environmental issues. In addition, when revising the consultation guidelines, empirical research cases should be reflected through the accumulation of environmental surveys and monitoring data of offshore wind farms by sea area.

**Keywords :** Offshore Wind Power Development Project, Environmental Impact Assessment (EIA), Environmental Assessment, Consultation Guidelines

## I. 서론

지구온난화에 의한 기후변화로 세계 곳곳에서 폭염, 한파, 홍수, 가뭄, 산불 등 이상기후 현상의 발생 빈도가 높아지고 기후변화의 위험성에 대한 위기의식이 고조되고 있다. 이에 국제사회는 기후변화에 대응하기 위한 포괄적 정책 방향으로 ‘탄소중립(carbon neutrality)’을 선언하고, 온실가스 감축정책을 적극적으로 추진하고 있다(Park YS et al. 2021). 특히 EU와 영국 등 유럽 주요국은 국제적으로 탄소중립 정책을 선도하며, 탄소중립 실현을 위한 체계적인 전략 수립 및 법제화를 추진하였다. 미국은 조 바이든 대통령이 취임하면서 파리협정에 재가입하였고 2021년 11월에 2050년까지 탄소중립 달성을 위한 도전적인 목표를 제시하였다(Kim MJ et al. 2021). 전 세계적으로 탄소중립 목표 실현을 위한 핵심 추진전략 중 하나는 화석연료 발전 중심의 전력공급 체계를 청정 에너지로 전환하는 것이다. 이에 태양광 및 풍력발전 등 신재생에너지 확대를 통한 탄소중립 목표 실현이 중요한 정책 과제로 대두되었다.

해상풍력발전은 탄소중립 달성을 위한 정책적 투자 확대와 더불어 지속적인 성장이 전망되며, 재생에너지원 중 발전단가는 상대적으로 높지만 부지에 대한 제약이 적고 터빈 용량이 대형화되면서 효율이 높아지는 추세이다. 전 세계 해상풍력발전은 2021년에 18.7GW를 신규 설치하여 누적 용량이 54.8GW를 달성하였다. 지역별로는 아시아 3개국(중국 14.5GW,

베트남 0.8GW, 대만 0.1GW)과 유럽 4개국(영국 2.3GW, 덴마크 0.6GW, 네덜란드 0.4GW, 노르웨이 3.6MW) 등에서 신규 설치 용량이 추가되었다(REN21 2022).

한국은 『재생에너지 3020 이행계획』에서 2030년까지 재생에너지 설비용량(누적)을 63.8GW(발전량 비중 20%)까지 보급하고, 신규 설비용량의 95% 이상을 태양광·풍력 등 청정에너지로 공급하는 계획을 수립하였다(Ministry of Trade, Industry and Energy 2017). 2020년 12월에는 『2050 탄소중립 추진전략』을 발표하였고, 2021년 10월에는 탄소중립 시나리오를 확정하였다. 2050년 탄소중립 달성을 위한 중간목표로 2030년 국가 온실가스 감축목표를 2018년 대비 40% 감축하는 것으로 상향 결정하였고, 전환·산업·건물·수송 등 주요 부문별 정책 방향을 제시하였다. 전환 부문은 석탄발전 비중을 2018년 대비 절반 정도로 축소하고, 신재생에너지를 대폭 확대하여 2018년 배출량 대비 2030년 배출량을 44.4% 감축하는 목표를 제시하였다(Ministry of Environment 2021a).

이러한 탄소중립 정책 기조에 맞추어 최근 해상풍력발전 개발사업에 대한 발전사업허가 및 평가 협의가 증가하고 있다. 현재 국내에서 운영 중인 해상풍력발전단지는 제주 탐라해상풍력단지(30MW), 서남해 해상풍력 실증단지(60MW) 등 2곳에서 총 발전용량 90MW를 생산하는 수준이나, 2022년 1분기 기준 30MW 이상 해상풍력발전 건설사업 발전사업허가 현황(제주 해역 제외)은 전체 28개소, 발전용량 총 7,615.9

MW이다. 지역적으로는 전남 지역이 가장 밀집해 있고(17개소, 4,584.1MW 용량), 울산(4개소, 2,070MW), 전북(2개소, 168.3MW), 부산(2개소, 136MW), 인천(1개소, 233.5MW), 경남(1개소, 224MW), 경기(1개소, 200MW) 등으로 우리나라 전 해역에서 해상풍력사업이 진행 중에 있다(KPX 2022).

하지만 해상풍력 사업의 입지 선정 시 해양환경 영향과 훼손을 예방하는 사전 진단이 매우 미흡하고 (Kim GY et al. 2012), 해상풍력단지의 건설 및 운영 시 발생하는 주요 환경영향에 대한 장기 환경모니터링 데이터 등 과학적 근거의 축적 부족, 조업구역 축소 및 생물량 감소 등에 대한 지역 주민 및 어민들의 불신 등은 개발자와 지역주민 간에 갈등과 마찰을 야기하여(Jeon IS et al. 2015) 해상풍력발전 개발사업의 추진에 있어 많은 걸림돌이 되고 있다. 또한 해상풍력 사업의 환경영향평가 지침 및 가이드라인의 부재는 환경영향의 평가 및 판단, 협의 등에 있어 많은 불확실성과 일관성 부족의 원인이 되어 왔다.

최근까지 해상풍력 사업의 환경평가 협의 시 사업 특성에 맞는 협의 기준이 부재함에 따라 환경부에서는 환경조사 및 평가 기준과 환경성 평가 협의 기준 마련을 위해 2021년에 「해상풍력발전 환경조사·평가 매뉴얼」을 작성하였고(Ministry of Environment 2021b), 「해상풍력 환경성 평가 지침 마련 연구」(Ministry of Environment 2021c)를 통해 최종 지침을 도출하여 「해상풍력 환경성 평가 협의 지침」(Ministry of Environment 2022)을 제정 및 시행하였다. 본 지침은 국내 해상풍력발전 개발사업의 환경평가 협의 시 검토 기준을 제시하여 일관성 있는 평가를 유도하고, 해상풍력발전 개발사업을 통한 온실가스 저감 효과 등 환경적 순기능을 충분히 고려하는 동시에 환경에 미치는 부정적 영향 등이 최소화될 수 있는 합리적인 환경성 평가 방향을 제시하고자 하는 목적에서 마련되었다(Ministry of Environment 2022).

본 연구는 해상풍력발전 개발사업의 환경성 평가 협의 지침 개발 과정을 점검하고 개발 과정에서의 사례 연구와 협의 지침안 의견수렴 내용을 살펴보았다. 이를 통해 향후 해상풍력 환경성 평가 협의 지침 개정 시 필요한 시사점 및 개선안을 제시하고자 하였다.

## II. 연구방법

본 연구는 국내 해상풍력 환경성 평가 지침 개발에 관한 일련의 과정들을 검토하였다. 해상풍력 환경성 평가 지침은 Figure 1과 같이 국내·외 사례 연구, 해상풍력 환경성 평가 지침 초안 작성, 전문가 자문 및 의견조회, 지침안 수정 및 전문가 포럼 등의 과정을 통해 도출되었다.

국내 사례는 해상풍력발전 개발사업 환경영향평가서 및 해역이용협의서와 해상풍력 사업 환경입지컨설팅 사례를 검토하였고, 국내 기존 해상풍력 환경평가 관련 가이드라인 및 매뉴얼 등을 검토하였다. 국외 사

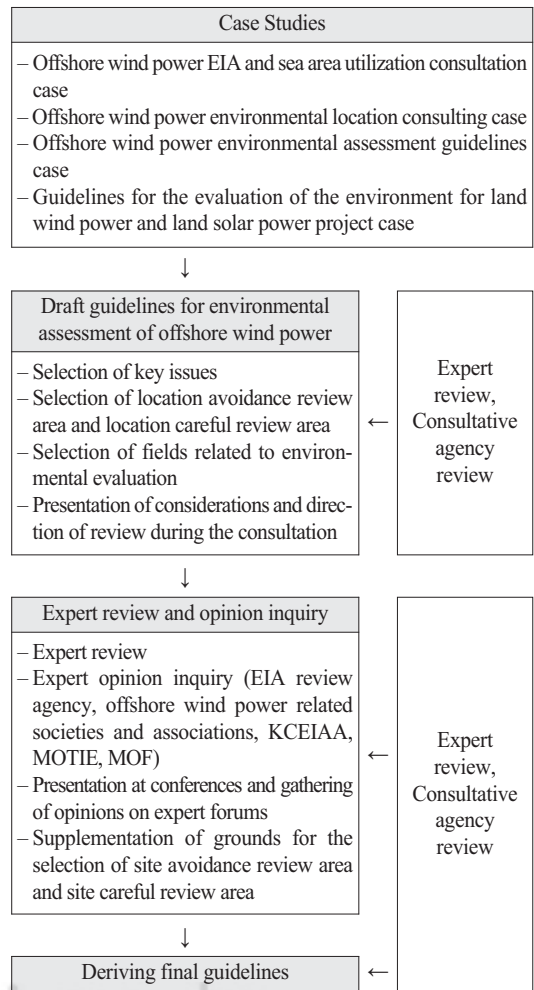


Figure 1. Offshore wind power environmental assessment consultation guideline development process.

례는 해상풍력 환경평가 지침 사례를 검토하였다.

### III. 연구결과 및 고찰

#### 1. 국내 해상풍력발전 협의 및 환경입지컨설팅 사례

##### 1) 국내 해상풍력발전 협의 사업

국내 해상풍력발전 협의가 이루어진 사업에 대한 분석은 환경영향평가가 실시된 전남 영광군 낙월 해상풍력사업과 해역이용협의 대상 사업인 서남해 해상풍력 실증단지 사업, 한림해상풍력 시범지구 사업 및 탐라해상풍력 사업 등을 대상으로 주요 평가 내용 및 주요 환경 이슈를 분석하였다.

##### (1) 영광 낙월 해상풍력 사업

영광 낙월 해상풍력 사업은 전남 영광군 낙월면 안마도 및 송이도 중간 해역에 총 발전용량 364.8MW 급의 풍력발전기와 송전선로, 변전소 등을 건설하는 에너지 개발사업이다. 풍력발전단지의 발전시설 용량이 100MW 이상으로 환경영향평가 대상이며, 환경영향평가는 2017년 11월 착수하였고, 2020년 협의 완료하였다(MyoungWoon Industrial Development Co. Ltd, 2020). 주요 환경영향평가 항목은 육상 동·식물상(조류(새)), 해양 동·식물상, 해양 수·저질, 해양물리, 소음·진동, 위락경관, 사회·경제환경 등이다.

환경영향평가 협의 시 핵심 이슈는 조류(새)에 대한 영향으로 사업 예정지와 주변 지역이 국제적으로 보존 가치가 높은 국제적 멸종위기종(빨래비갈매기)과 다양한 법정보호종을 포함한 조류(새)의 번식, 서식 및 이동지역으로 사업 시행으로 인한 영향이 우려되었다. 이에 조류(새) 및 이동성 조류(새)의 비행고도를 분석하고 충돌을 감시하고 회피시킬 수 있는 저감대책을 수립·제시하도록 협의되었다(MyoungWoon Industrial Development Co. Ltd, 2020). 수중소음 영향과 관련하여 환경목표기준 선정을 위하여 예측 대상 해양생물은 사업지구 주변에 분포하는 어류와 해양포유류(고래류)를 대상으로 하였다. 현재 국내의 해양생물에 대한 수중소음 피해 인정 기준이 없는 관계로 해외 문헌자료를 비교·검토를 통해 수중소음 환경목표기준을 선정하였다(MyoungWoon Industrial

Development Co. Ltd, 2020).

##### (2) 서남해 해상풍력 실증단지 사업

서남해 해상풍력 실증단지 건설사업은 전북 부안군 위도 및 고창군 해역에 총 발전용량 약 60MW급의 풍력발전기와 해상변전소, 해저케이블 등을 건설하는 에너지 개발사업이다.

해역이용협의서의 주요 검토항목은 해양 동·식물상 및 조류(새), 해양 수·저질, 해양물리, 위락·경관 및 지역수용성 등이다. 위락시설의 경우 공원이나 관광지, 문화공간 등의 분포 현황을 파악하였고, 경관 자원은 「개발사업 등에 대한 자연경관 심의지침」(환경부 예규 제2012-468호)(2012.8.22 개정)에서 제시하는 면적 개발사업의 경관 유형을 바탕으로 사업 지구로부터 반경 10km를 직·간접적 경관 영향권역으로 설정하고 경관 현황을 조사·분석하였다(Korea Offshore Wind Power Co., Ltd, 2015).

협의 시 주요 이슈는 개발 과정에서 사업주와 주민 및 어업인 간 극한 대립을 피할 수 있는 주민참여형 대안 제시, 해저 송전선 매설 및 풍력발전기 하부공사 시 발생 부유사 저감대책 수립, 풍력기 설치 시 향타소음 및 가동 시 터빈 소음으로 인한 해양포유류와 어업피해 대책 제시가 있었고, 어류에 미치는 영향에 다각적인 관점에서 예측하고 풍력발전기의 철새이동 영향 및 주변에 서식하는 조류(새)의 부정적인 영향에 대한 현황 파악 및 영향 저감대책 강구 등이었다(Korea Offshore Wind Power Co. Ltd., 2015).

##### (3) 한림해상풍력발전 시범지구 사업

제주 한림해상풍력발전 시범지구 조성사업은 제주도 한림읍 수원리 해상 일원에 총 발전용량 100.08MW 급의 풍력발전기와 20.485km(해상부 15.585km, 육상부 4.9km) 길이의 송전선로 등을 건설하는 에너지 개발사업이다. 본 사업은 2013년 해역이용협의 후에 해상풍력 발전기 등 해양 시설물(구조물) 변경에 따라 2020년에 재협의하였다(JeJu Hallim Offshore Wind Power Co. Ltd, 2020).

해역이용협의서의 검토항목은 사업단계별 해양 환경 영향 요소를 고려하여 자연환경 분야에서 해양물리, 해양화학 및 해양퇴적물, 해양지형·지질, 부

유생태계, 저서생태계, 어류 및 수산자원 등 6개 항목과 사회·경제환경 분야에서 경관 및 위락, 보호종 및 보호구역 등 2개 항목이 선정되었다. 평가항목 중 사업 시행에 따른 해수유동 검토, 오염물질 확산 및 부유사 확산 영향 검토, 경관 및 위락 영향 검토 필요에 따라 해양물리, 해양화학 및 해양퇴적물, 경관 및 위락 항목이 재협의되었다(JeJu Hallim Offshore Wind Power Co. Ltd, 2020). 한림해상풍력발전 시범지구 등 제주 권역 해상풍력 사업의 경우 중점 검토 항목은 연안을 회유하는 남방큰돌고래 등 고래류에 미치는 영향평가이다(Oh HT et al, 2020). 2014년 7월 한림해상풍력 발전 시범지구 주변해역 현지조사 시 해안선에서 300m 이내의 귀덕리 마을어장 내에서 10마리 이상 유영하는 남방큰돌고래가 관측된 바 있다(JeJu Hallim Offshore Wind Power Co. Ltd, 2020).

해상풍력발전기 건설 및 운영 시 발생하는 수중소음이 해양포유류에 미치는 영향은 수음되는 소음레벨에 따라 다르며, 회피반응, 임시청력손실, 영구청력손실, 물리적인 외상 손실 등이 발생할 수 있으므로, 이에 한림해상풍력발전 시범지구 사업에서는 해양포유류에 대한 영향 최소화를 위한 저감방안으로 건설 시 항타공정에서 수중소음 음향파위를 감소시키는 공사 공정에 대한 저소음 계획 등의 저감방안을 수립하였다. 즉, 번식기 등 해양생물에 민감한 영향이 예상되는 시기에 해상공사 수행하지 않는 등 주변 해양생물의 생활패턴이나 주기 등을 고려하여 공사시기를 고려하고, 공사 시행 전에 영향 범위 내의 해양포유류 서식 유무를 확인한 후 경고음을 발생시켜 해양포유류 및 어류가 회피할 수 있도록 하거나, 항타 공정을 기존 일반적인 항타 공정이 아닌 저소음·저진동 공정인 RCD 공법을 도입하여 기초공사 시 발생하게 되는 수중소음·진동을 저감하는 방안 등이다. 또한 운영 시 소음·진동 영향에 대한 주기적인 모니터링 계획 등을 수립하였다(JeJu Hallim Offshore Wind Power Co. Ltd, 2020).

한림해상풍력발전단지 건설 시 부유사 발생과 확산은 불가피한 현상이므로 영향 범위를 예측하기 위하여 부유사확산실험이 수행되었다. 실험 결과, 대부

분의 실험안에서 부유사 확산 면적은 해상풍력발전기 연결 케이블 매설 구역에 국한되어 나타났다. 부유물질 발생 및 확산에 따른 해양생태계 영향을 최소화하기 위하여 해저케이블 공사 시 기초바닥 면고르기 후 해저케이블 설치 및 설치된 해저케이블 위에 Stone Bag를 덮어 부유사가 가급적 발생하지 않도록 하는 친환경적 공법 적용과 해상공사 주변에 수하식 및 자립식 오탁방지막을 설치·운영하여 공사를 진행하는 등의 저감대책을 계획하였다(JeJu Hallim Offshore Wind Power Co. Ltd, 2020).

#### (4) 탐라해상풍력발전 사업

제주 탐라해상풍력단지는 한경면 두모리에서 금등리 공유수면 일원에 위치한 국내 최초의 상업용 해상풍력단지로, 2013년에 해역이용협의를 완료하였고, 2017년 9월 준공하여 현재 설비용량 3MW급 해상풍력발전기 10기를 운영해 연간 85,000MWh의 전력을 생산하고 있다(Oh HT et al, 2020; Tamra Offshore Wind Power Co. Ltd.<sup>1)</sup>).

해역이용협의 시 해양포유류 조사는 문헌을 통한 간접조사만 실시되었고, 탐라해상풍력은 공사 및 운영 시 발생하는 수중소음과 관련한 영향평가는 수행되지 않았다. 해양보호생물은 탐라해상풍력 인근에서 전력선 매설 공사 중 해송(*Myriopathes japonica*)과 둔한진총산호(*Euplexaura crassa*)의 출현이 확인되어 잠수조사를 통해 해송 5개체, 둔한진총산호 2개체를 확인하였고 해송은 서식지 보존 후 관찰 중이며, 둔한진총산호는 대체서식지로 이식하였다(Oh HT et al, 2020).

제주 연안은 「해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률」에 의거하여 해양보호생물로 지정된 남방큰돌고래(*Tursiops aduncus*)의 주요 서식지에 해당하며, 현재 약 100여 마리가 제주 연안에서 서식하고 있고 주로 연안 100m 이내에서 먹이활동을 하는 것이 관찰된다. 해상풍력 사업의 경우 남방큰돌고래의 서식지를 훼손하는 이유로 해상풍력 사업에 대한 반대의견이 제기된 바 있다(KMI 2019).

1) Tamra Offshore Wind Power Co. Ltd, <http://tamra-owp.co.kr/2019/> (2022.6.27. accessed)

최근 탐라해상풍력발전은 현재 해상풍력단지 북서쪽으로 약 1km 지점에 8MW급 풍력발전기 9기를 추가 설치하는 확장사업을 추진 중이나, 보호종인 남방큰돌고래에 미치는 악영향을 우려한 제주 환경단체 등의 확장 사업 반대가 제기되고 있다.<sup>2)</sup>

## 2) 해상풍력 환경입지권설팅 사례 분석

해상풍력발전 개발사업으로 인한 환경적 영향을 최소화하기 위해서는 무엇보다 신중한 입지 선정이 중요하다. 우리나라는 환경입지권설팅제도를 통해 「환경영향평가법」 제16조, 제27조 및 제44조의 규정에 의한 전략환경영향평가서, 환경영향평가서, 소규모환경영향평가서의 작성 및 협의 전에 사업자의 신청에 의하여 개발사업의 환경적 입지 적정성에 대한 협의기관(환경부, 유역환경청, 지방환경청)의 예비검토를 진행할 수 있다. 협의기관의 장은 법적·환경적 측면에서의 입지 적정성, 향후 환경영향평가 등을 실시할 때 중점적으로 검토될 수 있는 항목, 환경부장관이 고시하는 구비서류의 제출 필요 여부 등을 민간 컨설턴트의 자문을 거쳐 검토·상담한다(Ministry of Environment 2016).

환경부 풍력발전 환경입지권설팅센터에서 검토한(환경부 내부자료, 2021.7.20 제공) 전남 및 전북권 해상풍력 개발사업을 대상으로 해상풍력발전 개발사업 입지 시 환경적으로 문제가 될 수 있는 주요 쟁점 사항들을 살펴보았다. 검토 사업으로는 서남해 해상풍력발전단지, 무안 탄도 해상풍력발전소 조성사업, 완도 장보고 해상풍력발전 사업과 전남 신안권 집적화단지 해상풍력사업(12개 사업) 등으로 총 15개 사업(총 7,547MW)을 대상으로 하였다. 사업 예정지역은 대부분 전남 해역으로 14개 사업이 주로 서해안에 밀집되어 있고, 완도 장보고 해상풍력발전 사업은 남해안에 위치한다. 서남해 해상풍력발전단지는 전북 해역에 입지한다.

해상풍력발전 개발사업의 환경입지권설팅 주요 검토의견은 크게 다섯 가지로, 입지부적격 가능 판단에 따른 중점 검토항목 위주의 입지적정성 검토 필요, 조류(새) 충돌에 대한 영향 및 저감방안 마련, 해안(해양) 경관 및 생활환경에 미치는 영향 분석 및 저감방

안 마련, 기존 해상풍력 운영시설과 상관관계 분석, 사업 시행으로 인한 해양환경 변화 영향예측 및 저감방안 마련 등이다.

주요 검토의견별 상세내용은 다음과 같다. 첫째, 사업별로 환경법령상 입지제한 규정과 생태환경 등을 검토한 결과, 환경 관련 입지 규정에 저촉되는 사항은 없는 것으로 판단되나, 자연환경에 대한 악영향 발생 가능성이 높고 환경적 문제의 소지가 있을 것으로 예상되어, 평가 시 중점 검토항목을 위주로 입지 적정성에 대한 면밀한 검토가 필요하다. 환경영향평가 등 시행 시 중점 검토 가능 항목으로는 자연생태(동·식물상 등), 지형·지질, 소음·진동, 위락·경관 항목을 선정하였다.

둘째, 조류(새) 충돌에 대한 영향 및 저감방안에 대한 검토가 필요하다. 서해안의 도서지역은 동아시아-대양주 철새이동경로(EAAF: East Asian-Australasian Flyway) 상에 위치하여 이동성 조류(도요물떼새류 등)의 휴식처 및 경유지로서 중요한 역할을 하므로, 향후 환경영향평가 시 전문가 모니터링을 통해 영향 가능성에 대한 검토가 필요하다. 또한 사업구역 주변으로 다수의 도서지역이 위치하고 있어 도서지역 간 이동 조류(새) 또는 도서-연안 갯벌 간 이동 조류(새) 등에 대한 영향 발생 우려가 상존한다. 따라서 환경영향평가 시 현장조사 결과에 따른 철새류의 주 이동경로와 법정보호종(섬개개비 등)의 서식(산란지 등)이 확인되어 자연환경에 대한 악영향 발생이 우려될 경우에는 일부 풍력발전기의 제척 등 근본적인 대책 마련이 필요할 것으로 판단하였다.

셋째, 해안(해양) 경관 및 생활환경에 미치는 영향 분석 및 저감방안 마련이 필요하다. 무안 탄도 해상풍력발전소 조성사업의 경우, 사업구역이 유인도서인 탄도를 중심으로 입지가 계획되어 있고, 서남해 해상풍력발전단지는 유인도서인 위도를 중심으로 북측과 남측으로 입지가 계획되어 있어 해안(해양) 경관

2) JEJUTODAY, What to do with 120 endangered Indo-Pacific bottlenose dolphins? Cancel the expansion of the Tamra Offshore Wind Farm, <http://www.ijejutoday.com/news/articleView.html?idxno=227778> (2022.6.21, accessed)

에 대한 악영향 발생이 우려된다. 또한 인근 정온시설(탄도, 위도)에 미치는 소음·진동에 대한 면밀한 영향 분석이 필요하다. 전남 신안권 해상풍력 집적화단지과 완도 장보고 해상풍력 발전사업의 경우, 「개발사업 등에 대한 자연경관 심의 지침」에 따른 심의 대상에 해당하여, 해양경관, 생태경관 등에 대한 영향 분석을 실시하고 악영향 발생이 우려될 경우에는 주변 환경과의 조화를 이룰 수 있도록 최대한의 저감방안을 마련하도록 제시하였다.

넷째, 기존 해상풍력 운영시설과 상관관계 분석이 필요하다. 서남해 해상풍력발전단지의 경우 사업구역 인근에 기존 서남해 해상풍력 실증단지가 운영되고 있으므로, 이에 대한 영향예측(누적영향 포함)을 충분히 고려해야 한다.

다섯째, 사업 시행으로 인한 해양환경 변화 영향예측 및 저감방안 마련이 필요하다. 향후 개발사업 시행 시, 해저 지반을 대상으로 한 토공 작업에 따라 기존 해양생물, 해양저질, 해양물리 및 수질 등에 영향을 미치는 환경요인 발생(항타 소음, 부유사 및 퇴적물 이동 현상 등)이 불가피함에 따라 이에 대한 구체적인 체계적인 영향 분석이 필요하다.

## 2. 국내·외 해상풍력발전 환경성 평가 지침 및 주요 환경 이슈

### 1) 국내 해상풍력 환경평가 가이드라인 및 매뉴얼

국내에서는 산업통상자원부 「해상풍력 환경·안전 이슈 해결을 위한 장기 환경모니터링 시스템 및 해상활동 안전기준 기술개발」(2017~2019년) 연구를 통해 서남해 해상풍력 실증단지의 건설 중 환경모니터링 사례를 토대로 환경모니터링 가이드라인을 도출한 바 있다. 본 가이드라인에서는 해상풍력 관련 주요 이슈 항목으로 대형저서동물, 어류(생태특성), 조류(새), 해양포유류, 수산자원, 수중소음, 전자기장, 사회환경 항목을 선정하고, 이들 항목별 현장조사 및 데이터 분석, 영향평가(조사 평가) 방법과 시사점 및 제언 사항을 제시하였다. 또한 해역 특성에 따른 주요 이슈 항목의 차이가 발생할 수 있으므로 해당 해역의 특성에 따른 조사방법과 기준 수립이 필요함을 설명하였다(Ministry of Trade, Industry and Energy

2019). 해상풍력단지 건설 사례지역이 서해안에 한정되어 있고, 조사시기도 공사 중으로 한정되어 있어, 전주기 해상풍력 사업에 대한 환경 모니터링 가이드라인 작성을 위해서는 연구지역 확대와 공사 전 및 운영 중에 대한 환경모니터링 방안 또한 포함되어야 한다. 이에 전주기 해상풍력 환경모니터링 가이드라인 작성을 위한 연구가 진행되고 있다(Ministry of Trade, Industry and Energy 2020; 2021).

환경부에서는 현재까지 도출된 해상개발 사업과 관련된 연구보고서 및 환경영향평가 가이드라인을 기초로 해상풍력 발전사업에 따른 이슈 사항을 추가하여 「해상풍력발전 환경조사·평가 매뉴얼」(Ministry of Environment 2021b)을 작성하여 제시하였다. 본 매뉴얼은 해상풍력 발전사업 환경영향평가 중점 평가항목(세부항목)으로 지역개황(입지현황), 동물상(조류(새)), 소음·진동(소음·진동), 해양생물(동·식물플랑크톤, 저서생물, 해양포유류 및 파충류, 어류 및 수산자원), 해양환경(해양물리, 해양수질, 해양저질, 해양경관), 대기환경(온실가스) 등을 선정하였고, 중점평가항목을 중심으로 해상 영역에서의 다양한 요인들을 고려한 현황조사, 영향예측, 저감방안, 사후환경영향조사의 세부내용을 기술하고 있다(Ministry of Environment 2021b).

### 2) 국외 해상풍력 관련 지침 사례

국외 해상풍력발전 환경성 평가 지침은 주로 세계은행그룹의 풍력에너지 환경·보건·안전 지침과 현재까지 해상풍력발전 개발사업이 가장 활발히 추진되어 온 유럽 국가에서 개발한 OSPAR의 해상풍력발전단지 개발을 위한 환경적 고려사항에 대한 지침, MAR MONi 프로젝트의 발트해 해상풍력사업 환경영향 연구 지침, EU의 풍력에너지 개발 및 EU 자연 법규에 대한 지침 등을 검토하였다.

세계은행그룹의 풍력에너지 환경·보건·안전 지침은 풍력에너지 관련 환경 이슈와 각 이슈별 고려사항 및 권장사항을 제시한다. 본 지침은 최초 타당성 평가 시와 환경영향평가 시, 공사 및 운영 시 전반에 걸쳐 지속적으로 적용하여야 하며, 해상풍력 관련 환경 이슈로 경관, 해양경관 및 시각적 영향, 소음, 생물

다양성, 수질 등을 선정하였다(World Bank Group 2015).

OSPAR의 해상풍력발전단지 개발을 위한 환경적 고려사항에 대한 지침은 해상풍력발전단지의 잠재적 영향을 평가, 최소화 및 관리하기 위한 모범 사례를 제공하며, 주요 해양 환경 이슈가 환경영향평가 및 동의 과정 내에서 식별되고 적절하게 평가되도록 지원한다(OSPAR Commission 2008b). OSPAR 지역에서의 해상풍력발전단지 개발 관련 잠재적 영향에 대한 이슈로 조류(새), 박쥐, 해양포유류, 어류, 저서생물, 수생식물, 유체역학 및 지형역학, 경관, 항해, 비상 운영, 기타 사용자 등을 선정하고(OSPAR Commission 2008a) 해상풍력발전단지 관련 잠재적 환경영향과 환경적 고려사항에 대한 지침을 제시하였다(OSPAR Commission 2008b).

발트해 북부 지역(스웨덴, 핀란드, 에스토니아, 라트비아)에서는 MAR MONi 프로젝트를 수행하여 해양 생물다양성에 대한 감시와 평가, 종과 서식지의 보존 상태, 발트해에서의 인간 활동의 영향 등에 대한 지표를 개발함으로써 해양 생물다양성 상태를 모니터링 하였다.<sup>3)</sup> 또한 발트해 해상풍력발전단지의 해양생물 다양성에 대한 환경영향 연구 지침을 제시하였다. 해당 연구 지침에서는 해상풍력단지 건설 전에 일반적으로 2년 연속으로 현장조사를 실시하는 기준 조사(baseline study)의 연구 주제로 원양생물군집(동·식물성 플랑크톤), 저서생물군집(내생생물, 표생생물, 저서식물, 저서생물 서식지), 어류(저서어류, 원양어류, 유입 과정), 조류(바닷새, 철새), 해양포유류(바다표범, 쇠돌고래) 등을 선정하였다(MARMONi 2016).

EU의 풍력에너지 개발 및 EU 자연 법규에 대한 지침은 서식지 및 조류(새) 지침의 이행을 용이하게 하기 위한 목적에서, 풍력에너지 개발이 조류(새) 및 서식지 지침과 양립될 수 있도록 하기 위한 최선의 방법에 대한 지침이다. 본 지침은 환경 및 풍력에너지 개발에 관한 EU 정책을 뒷받침하는 보다 광범위한 원칙을 기반으로 한다. 본 지침은 해상풍력에너지 개발의 잠재적 영향에 대한 주요 해양 수용체 그룹으로 서식지, 어류, 조류(새), 해양포유류, 박쥐 및 기타 종을 선정하였고, 해상풍력 사업 단계별로 수용체에 미치는

주요 영향 유형과 중요성 평가 방법, 가능한 완화 조치 등을 제시하였다(European Commission 2020).

### 3) 해상풍력 개발사업 관련 환경성 평가 항목 선정

국내·외 사례조사를 통한 해상풍력발전 관련 주요 환경 이슈 항목은 조류(새) 및 박쥐, 소음·진동, 해양 동·식물, 해양포유류, 파충류, 어류 및 수산자원, 해양물리, 해양수질, 해양퇴적물, 위락, 해양경관, 지형·지질, 전자기장, 사회·경제환경, 온실가스 등이다. 사례별 주요 환경 이슈 항목은 대동소이하나 해상풍력단지 입지 지역의 지역적 특성 및 사회·경제적 환경에 따라 이슈 항목별 중요도는 달라질 수 있으므로 영향의 중대성과 해역의 특징 및 국내 실정을 감안하여 선정할 필요가 있다.

해상풍력발전 환경성 평가 협의 지침에 포함될 주요 환경 이슈는 주요 국내·외 사례조사에서의 주요 환경 이슈 항목을 참고하였다. 특히 환경부에서 2021년 6월에 발간한 「해상풍력발전 환경조사·평가 매뉴얼」(Ministry of Environment 2021b)에서의 해상풍력발전사업 환경영향평가 세부 평가항목을 고려하여 지침과 매뉴얼의 내용이 연계될 수 있도록 하였다.

따라서 「해상풍력 환경성 평가 지침 마련 연구」(Ministry of Environment 2021c) 및 「해상풍력 환경성 평가 협의 지침」(Ministry of Environment 2022)에서는 국내·외 사례 검토를 통해 해상풍력발전 환경성 평가 협의 지침의 주요 환경성 평가항목으로 조류(새), 소음·진동, 해양 동·식물, 해양물리, 해양수질 및 해양퇴적물, 해양경관, 육상에 설치되는 기타 부대시설 항목을 선정하였다.

## 3. 해상풍력발전 환경성 평가 협의 지침 및 의견수렴

### 1) 해상풍력발전 환경성 평가 협의 지침의 주요 구성

해상풍력발전 환경성 평가 협의 지침의 주요 구성은 기존 발표된 육상풍력 환경성 평가 지침(시행: 2018.1.1) (Ministry of Environment 2018)의 구성안을 참고하였고, 목적, 배경 및 의의, 적용 범위, 평

3) MARMONi, <http://marmoni.balticseaportal.net/wp/> (2021.6.28. accessed)



가항목, 사후 관리, 행정사항 등으로 구성하였다. 해상풍력발전 환경성 평가 협의 지침의 핵심 내용은 '평가항목' 부문으로 세부내용은 계획 관련 분야, 입지 관련 분야, 환경성 평가 관련 분야로 구성하였다. 평가항목의 세부 내용별 특징은 다음과 같다.

### (1) 계획 관련 분야

계획 관련 분야는 기존 관련 상위계획, 도시 및 지역계획, 환경계획 등과의 연계성 검토, 사업계획 수립 시 주변 해역의 이용 현황과 상충 정도를 고려하여 환경적·사회적 영향을 최소화할 수 있도록 계획하여야 함을 강조하였다. 또한 주변 해역에 기존 승인 및 협의가 진행 중이거나 완료된 다른 해상풍력발전 단지가 있을 경우 이들 사업을 고려하여 누적영향평가를 통해 입지 선정 및 대안 검토가 이루어져야 하고, 입지 선정 단계에서부터 사업 시행에 따른 환경적 영향에 대해 주민들과 소통할 수 있는 방안에 대한 검토가 이루어져야 함을 강조하였다 (Ministry of Environment 2022).

### (2) 입지 관련 분야

해상풍력발전 개발사업의 입지 선정은 잠재적 환경영향뿐만 아니라 경제적 고려사항에도 큰 영향을 미치기 때문에 신중한 입지 선정이 무엇보다 중요하다(OSPAR 2008). 이러한 이유로 지침안 작성 시에도 가장 많은 논의가 있었던 분야이다.

입지 관련 분야는 해상풍력발전 개발사업 입지가 원칙적으로 불가하거나 입지가 가능하더라도 상당한 주의가 필요한 지역을 입지 회피 검토지역과 입지 신중 검토지역으로 구분하여 제시하였다. 입지 회피 검토지역은 해상풍력발전 개발사업의 입지가 사실상 제한되는 지역으로 인근 해역에 입지하더라도 회피지역의 경계선으로부터 완충구역을 두고 충분한 이격거리를 확보할 것을 강조하였다. 입지 신중 검토지역은 지역의 생물다양성, 환경 민감도, 경관 영향 등을 고려하여 부정적 영향이 최소화될 수 있도록 입지 여부에 신중한 검토가 필요한 지역을 말한다.

### (3) 환경성 평가 관련 분야

환경성 평가 관련 분야에서는 조류(새), 소음·진동, 해양 동·식물, 해양물리, 해양수질 및 해저퇴적물, 해

양경관, 육상에 설치되는 기타 부대시설 항목을 선정하고, 각 항목별로 현황조사, 영향예측, 저감방안과 관련한 환경영향평가 협의 시 주요 검토 사항을 제시하였다.

환경부 「해상풍력발전 환경조사·평가 매뉴얼」(Ministry of Environment 2021b)에서는 사업자 또는 평가서 작성자가 활용할 수 있도록 주요 중점 평가항목을 중심으로 현황조사 및 영향예측 방안을 제시하는데 중점을 두었다면, 해상풍력발전 환경성 평가 협의 지침의 경우는 해상풍력발전 환경조사·평가 매뉴얼의 중점 평가항목 및 환경조사·평가 내용과 연계하여 해상풍력발전 개발사업에 대한 환경영향평가 등의 협의 시 참고할 수 있는 고려사항 및 협의 방향성을 제시하는데 중점을 두어 매뉴얼과 지침의 역할에 차이를 두었다.

본 지침에서의 평가 항목별 현황조사 및 영향예측 관련 주요 내용은 다음과 같다. 본 내용은 환경부에서 고시한 「해상풍력발전 환경성 평가 협의 지침」(제정 및 시행: '22.1.4)의 내용과 같다.

#### ① 조류(새)

조류(새)의 경우 종조성 현황조사 결과를 바탕으로 서식 및 생활사 특성을 충분히 고려한 현지조사가 필요하고, 영향예측을 위한 자료 확보를 위해 위치추적기 등을 이용하여 이동 패턴, 경로 및 행동 특성 조사 등을 실시하였는지 검토할 것을 제시하였다 (Ministry of Environment 2022).

#### ② 소음·진동

소음·진동의 경우 수중소음 영향 범위를 설정하고, 충분한 조사지점을 선정하여 수중 배경소음 현황을 방향별, 수심별, 이격거리별, 계절별로 측정하였는지 검토할 것을 제시하였다. 또한 공사 시에는 최고음압레벨(Peak SPL)과 운영 시에는 풍력발전기로 인한 연속소음 등을 고려하여 음압레벨(SPL)을 평가단위로 선정하여 영향예측을 실시하여야 함을 제시하였다 (Ministry of Environment 2022).

#### ③ 해양 동·식물

해양 동·식물 항목의 현황조사 시, 사업구역 및 영향 발생지역의 종조성 현황을 확인할 수 있도록 각 분

류군별 생활사 및 생태적 특성을 충분히 고려하여 현지조사를 실시하였는지 검토할 것을 제시하였다. 조사 범위는 해양생물의 이동 경로·서식 범위를 고려하여 선정하고, 해양생태계의 계절적 변동을 충분히 파악할 수 있는 조사를 실시할 수 있도록 하였다(Ministry of Environment 2022).

영향예측 시에는 공사 및 운영 시 환경 변화 요인 및 발생될 수 있는 영향이 해양생물의 서식공간, 회피이동 및 생리적 반응에 미치는 영향을 중점적으로 검토하여야 하고, 현장조사 결과에 근거하여 해양생물 주요 서식지, 산란지, 어장, 양식장 및 주요 종에 대한 누적영향을 예측하도록 제시하였다(Ministry of Environment 2022).

#### ④ 해양물리

해양물리 조사는 해양환경의 계절적 변화와 수심별 특성을 충분히 파악할 수 있도록 계절별, 수심별 조사를 시행하여야 한다. 이를 바탕으로 하부구조물 설치로 인한 해수유동, 부유사 확산, 퇴적물 이동 변화, 파랑변형에 대한 영향을 과학적·정량적 방법으로 예측하여야 하고, 기존의 인근 해역에서의 해상풍력발전 개발사업과 항만 개발사업 등으로 인한 누적영향을 예측하여야 함을 강조하였다(Ministry of Environment 2022).

#### ⑤ 해양수질 및 해저퇴적물

해양수질 및 해저퇴적물 조사항목은 「해양환경공정시험기준(해양수산부 고시)의 항목을 중심으로 조사하되 사업 규모 및 환경적 특성을 고려하여 가감할 수 있고, 영향예측은 공사 시 부유사 발생으로 인한 해양수질 영향 및 침식퇴적변화에 따른 해양저질 변화를 예측하고, 사업기간 중 인근 해역에서 해상공사가 동시에 진행될 경우 부유사 확산으로 인한 누적영향을 예측하여야 함을 제시하였다(Ministry of Environment 2022).

#### ⑥ 해양경관

해상풍력발전 시설의 입지로 인한 해양경관 영향의 발생은 불가피하다. 이러한 해양경관의 환경성 평가를 위해서는 현지조사 시 해양 및 주변 내륙 경관 관련 용도지역 현황과 경관자원(생태경관, 지형경관

등) 조사, 해양경관 특성과 경관적 가치를 고려한 해양지역의 보전가치(민감성) 여부를 분석·제시하여야 한다(Ministry of Environment 2022).

해양경관 영향예측을 위해서는 해상풍력발전 시설의 해안가에서의 이격거리와 규모(높이), 수량 등을 고려하여 영향범위를 설정하고 내륙 및 해안에서의 주거지와 해안명소, 관광지, 주요 도로 등에서의 가시영역 및 가시빈도를 분석하여 최종 조망점을 선정하여야 한다. 사업으로 인한 주요 경관영향은 컴퓨터 시뮬레이션 또는 포토몽타주 등을 활용하여 예측하고, 필요 시 해당 지역 주민, 관광객 등을 대상으로 계량화된 지표에 의한 설문·청문조사 등을 실시하는 등 최대한 정량적인 평가방법을 도입하여야 함을 제시하였다(Ministry of Environment 2022).

#### ⑦ 육상에 설치되는 기타 부대시설

해상풍력발전단지 조성과 관련하여 육상부에 설치하는 기타 부대시설에 대한 환경성 평가 시 고려하여야 할 사항은 「육상풍력 개발사업 환경성평가 지침」을 준용하도록 제시하였다(Ministry of Environment 2022).

### 2) 전문가 의견수렴

해상풍력발전 환경성 평가 지침은 기존 환경성 평가 지침의 구성과 국내·외 주요 환경 이슈와 중점 검토항목, 항목별 현지조사 및 평가방법, 저감방안 등을 참고하여 초안을 작성하고 분야별 전문가 자문, 관련 기관 의견조회, 학술대회 발표 등 다양한 의견수렴 과정을 거쳐 지침을 수정·보완하였다.

의견조회는 환경영향평가서 검토기관과 관련 학회 및 협회, 평가대행협회, 평가사회 등의 기관을 대상으로 실시하였고, 전문가 자문회의는 시민단체, 해양수산부 및 산업부 관련 연구원, 관련 협회 전문가를 대상으로 실시하였다.

의견조회 및 전문가 자문 시 주요 검토의견의 81.5%는 평가항목과 관련한 내용으로, 평가항목 의견 중 계획 관련 분야가 전체 검토의견의 8.1%, 입지 관련 분야는 29.8%이고, 환경성 평가 관련 분야가 43.5%로 가장 많은 의견이 제시되었다. 나머지 18.5%는 지침

의 목적, 배경 및 의의, 적용범위나 사후관리 등의 의견이었다. 평가항목 분야별 주요 전문가 검토의견과 지침안 반영 여부는 다음과 같다.

#### (1) 계획 관련 분야

계획 관련 분야 검토의견 중 누적영향평가에 대한 의견이 있었다. 지침에서는 사업계획 수립 시 사업지 주변 해역의 기존 승인 및 협의가 진행 또는 완료된 다른 해상풍력발전 단지가 존재할 경우 이들 사업을 고려하여 누적영향평가를 통해 입지 선정 및 대안 검토가 이루어져야 함(Ministry of Environment 2022)을 제시하였다. 검토의견 중 누적환경영향 예측이 현실적으로 불가능하여 삭제하자는 의견이 있었다. 하지만 누적영향평가는 국내·외적으로 해상풍력발전사업의 중점 검토사항이며, 전체 항목에 대한 누적영향을 검토하는 것은 어려우나 가능한 범위 내에서 누적영향을 평가하여야 하기 때문에 해당 의견은 미반영하였다.

지침안 초안에서는 해상풍력발전 개발사업의 수용성 확보를 위해서는 입지 선정 단계부터 환경적 영향과 더불어 지역상생계획 및 소통계획을 포함하는 사회적 영향에 대한 검토가 필요함을 제시하였다. 이에 대한 검토의견 중 수용성 확보는 사업자-지역주민-어민 간 협의 사항이므로 환경영향평가와 무관한 수용성 확보 항목에 대해 삭제할 것을 제시하였다. 하지만 수용성을 포함하는 사회적 영향에 대한 평가는 환경영향평가의 중요 항목이므로 해상풍력발전 개발사업의 입지 선정 단계에서부터 사업 시행에 따른 환경적 영향에 대해 주민들과 소통 할 수 있는 방안에 대한 검토가 이루어져야 함으로 수정하였다.

또한 계획 시 환경계획(국가환경종합계획, 자연환경보전계획, 해양환경보전계획, 환경관리해역기본계획, 시도 및 시군구 환경계획 등) 등과의 수직적 일관성 및 수평적 연계성을 검토하여야 함을 제시하였다. 검토의견 중 환경계획에 해양생태축도 연계할 것과 입지 신중 검토지역에 해양생태축의 주요 관리지역이 언급되도록 제안하였으나, 아직 해양생태축 개념이 정립되지 않은 상태이고, 정확한 생태축 선정에는 향후 많은 시간이 소요될 것으로 예상하여 미반

영하였다.

그 외 계획 관련 분야와 관련하여 지침의 성격과 표현을 명확히 하고 잘못된 용어 및 문구를 정정하는 검토의견은 모두 반영하였다.

#### (2) 입지 관련 분야

입지 관련 분야의 일반 사항에서는 조류(새) 등에 미치는 영향이 최소화되는 입지로 선정해야 함을 명시하였다. 검토의견 중 조류(새)에 대한 조사 및 저감 방안 마련, 사후관리 등 지침 상 사전·사후 충분한 영향 검토가 이루어지기 때문에, 조류(새) 영향을 최소화하도록 하는 입지적 대안 검토 평가 시 국내에서 해상풍력발전 가능 입지가 확연히 축소되어 정부 해상풍력 보급목표 달성이 불가능할 것을 염려한 의견이 있었다. 하지만 조류(새) 영향은 해상풍력발전사업의 주요 검토항목이고, 다수의 전문가들이 중요하게 평가하는 항목이므로 지침안에서 조류(새)에 미치는 영향 최소화 입지 선정에 대한 부분은 유지하였다.

지침 초안 작성 시 입지 관련 분야를 입지 중점 검토 대상지역으로 분류하고 회피지역과 신중한 검토가 필요한 지역으로 구분하였으나, 사업예측성 확보가 가능하도록 반드시 입지를 회피해야 하는 지역에 대한 세부적이고 명확한 기준 제시가 필요하고, '충분한, 신중한, 풍부한, 최소화' 등의 문구는 환경영향평가 협의 시 매우 주관적인 사항으로 검토지역에 대한 수치나 범위 제시가 필요한 등 협의의 기준을 명확히 할 필요가 있다는 의견이 있었다. 이에 입지 관련 분야를 입지 회피 검토지역과 입지 신중 검토지역으로 구분하고 해당 지역을 구체화하였다(Table 1). 입지 회피 검토지역에 포함되어야 할 지역과 입지 신중 검토지역에 해당하는 지역에 대한 검토의견은 여러 차례 전문가 검토 및 논의를 통해 수정하였다.

입지 회피 검토지역의 경우, 입지 회피지역 인근을 대상으로 입지 검토 시 회피지역의 경계선으로부터 완충구역을 두어 충분한 이격거리를 확보하여야 하고, 이격거리는 번식조류(새)의 생태적 특성, 조류(새) 충돌, 해상공사 시 부유토사의 확산거리, 하부 구조물 설치로 인한 해수유동 변화 및 퇴적물 이동, 소음 영향 그리고 주요 조망점으로부터의 경관 영향

Table 1. Classification of location avoidance review area and careful review area

Classification	Contents
Location avoidance review area	<ul style="list-style-type: none"> <li>- International protected areas (UNESCO Biosphere Reserve's maritime/tidal-flat core zone and maritime/tidal-flat buffer zone, Ramsar wetland) such as World Heritage Sites (Getbol, Korean Tidal Flats)</li> <li>- Wetland protected areas</li> <li>- Marine protected areas</li> <li>- Natural parks, Natural protected areas</li> <li>- Collective breeding grounds for domestic and foreign legal protection species, etc</li> </ul>
Location careful review area	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Specific island</li> <li>- Absolute conservation uninhabited island</li> <li>- Environmental conservation sea area</li> <li>- Special management sea area</li> <li>- Fishery resource protection area</li> <li>- Reserved area</li> <li>- Fisheries resource management area</li> <li>- Major migration routes of legally protected species, etc.</li> </ul>

Source: Ministry of Environment(2022) 바탕으로 재구성.

을 고려하여 산정하여야 함을 제시하였다. 이격거리에 대한 명확한 거리 제시(예시: 번식조류(새)의 일일 행동반경 또는 해안선으로부터 10km)가 필요하다는 검토의견이 제시되었고, 필요성에 대해서는 동의하였으나 현실적으로 이격거리 설정은 매우 어려운 문제이므로 정확한 수치를 제시하지는 않았다. 초안에서는 이격거리와 관련하여 소음 영향은 누락되어 있었으나 검토의견을 반영하여 추가하였다.

(3) 환경성 평가 관련 분야

환경성 평가 관련 분야의 검토의견 중 현황조사 및 영향평가 방법에 대한 구체적인 의견이 제시된 경우가 있었으나 구체적인 방법 등은 지침보다는 매뉴얼에 포함될 내용으로 판단하였고 원칙적인 내용에 대해서는 지침에 반영하였다.

조류(새) 항목에서는 현황조사 시 영향예측을 위한 자료 확보를 위해 위치추적기 등 첨단기기를 이용하여 이동패턴과 경로 및 행동 특성 조사를 실시하여야 함을 제시하였다. 검토의견 중 위치추적기 부착 조사는 비용 증가와 위치추적기 무게, 포획 과정에서의 스트레스와 상처 등을 염려해 다른 조사방안을 제시할 것을 제안하였으나, 해상풍력으로 인한 영향 예상 중들에 대해 대부분 위치추적기 이용이 가능하고 관련 연구가 학술적으로 검증되었으며 체계적인 조사 매뉴얼이 제시되어 있기 때문에 현황조사 시 활용이 가능

한 것으로 판단하였다.

또한 조류(새) 영향예측 시 풍력발전시설과의 충돌 가능성, 충돌에 따른 조류(새) 사망률 추정, 누적영향 평가 수행을 제시한 부분에 대해, 검토의견에서는 조사 및 연구가 전무하여 현실적으로 충돌에 따른 조류(새) 사망률 추정이 불가하고, 누적영향 예측이 현실적으로 불가능하다는 의견이 있었다. 하지만 최근 해외문헌 등의 자료가 지속적으로 제시되고 있기 때문에 관련 자료를 이용한 추정이 가능한 상황이고, 조류(새) 누적영향평가는 중요 평가항목이며 타 사업 및 국외에서도 누적영향을 평가하고 있는 상황이므로 지침에 명시하였다.

소음·진동 저감방안에서는 최근 석션버켓 공법 등 해상풍력발전시설 설치 시 소음을 줄이고 시공 기간 등을 단축하는 등 신기술이 개발되고 있으므로 소음 영향 감소를 위한 저감장치 뿐만 아니라 시공 시 소음을 최소화할 수 있는 설치공법의 대안 제시를 제안하였다. 지침안 수정 시에는 이를 반영하여 소음·진동 저감방안 부분에 기초구조물 공사 시 소음 영향을 최소화하는 시공방법 적용을 명시하였다.

해양물리 조사에서는 해상풍력 하부 구조물의 경우 일반적으로 수심이 깊은 해역에 설치되므로 유속에 따른 세굴 특성, 부유사 확산범위 등이 수심별로 상이할 수 있으므로 수심을 고려하여 수심별 특성을 반영하여야 한다는 검토의견이 있었다. 이를 반영하

여 조사 시 해양환경의 계절적 변화와 수심별 특성을 충분히 파악할 수 있도록 계절별, 수심별 조사를 시행하는 것으로 수정하였다.

#### 4. 시사점 및 개선안

해상풍력 개발사업에 있어서 환경영향을 회피하거나 최소화할 수 있는 가장 효과적인 방안은 신중한 입지 선정이다. EU는 풍력발전단지 관련 인프라의 적절한 입지 선정은 일반적으로 조류(새)와 야생생물에 대한 부정적인 영향을 방지하기 위한 가장 확실한 완화 조치로 설명한 바 있다(European Commission 2020). 영국, 덴마크, 네덜란드 등의 유럽 국가에서의 해상풍력 개발사업에 대한 입지 선정은 중앙정부에서 부지를 선정하고 선정 부지에 대한 입찰 및 임대를 실시하는 형태이다. 네덜란드와 일본의 해상풍력 입지 선정 절차 비교한 연구를 보면 네덜란드는 입지 선정뿐 아니라 사업 추진의 대부분을 중앙정부가 직접 담당하는 중앙집중형 방식을 채택하고 있고, 일본도 입지를 결정하는 촉진구역 지정 시 지자체가 중앙정부에 후보지를 추천하고 관련 정보를 제공하며 협의회를 통한 이해관계자 조율을 하는 등 지자체 및 중앙정부의 역할이 크다(Yim HS et al. 2021). 반면 국내의 경우는 해상풍력 사업자가 자체적으로 조사를 수행하고 사업 타당성을 검토하여 내부적으로 사업 입지를 결정함에 따라 이러한 사업자 주도의 입지 선정 절차에서는 지역주민과 어민 등 이해관계자와의 협의나 의견수렴 절차가 포함되지 않은 실정이다(Yim HS et al. 2021). 환경부에서는 환경입지컨설팅 제도를 통해 개발사업의 환경적 입지 적정성에 대한 협의기관의 예비검토를 시행하지만, 최근의 환경부 입지컨설팅 의뢰 사례를 보면 세계유산지역 등 입지가 불가능한 지역에 대해서도 사업을 위한 입지컨설팅이 의뢰되는 실정이다. 따라서 해상풍력발전 사업 개발자 입장에서는 입지 선정의 어려움과 더불어 입지 선정으로 인한 환경적 악영향 우려와 사회적 수용성 문제가 항상 내재해 있다.

해상풍력 환경성 평가 지침에서는 이러한 입지 선정의 어려움에 대한 일부 지침을 제시하기 위해 입지 관련 분야에서 입지가 사실상 불가능한 지역을 입지

회피 검토지역으로, 입지는 가능하나 환경적 영향이 예상되어 신중한 입지 결정이 필요한 지역을 입지 신중 검토지역으로 제시하였다. 하지만 국내의 해상풍력 사업이 사업자 주도로 추진되고 있고 입지 선정 절차 상 공공의 역할이 사실상 없는 상황(Yim HS et al. 2021)에서 해상풍력 사업지역을 선정하고 입지로 인한 환경영향을 회피 및 최소화하기 위해서는 근본적으로 중앙정부 차원에서 입지 가능 지역을 판단하는데 필요한 자료 제공 및 명확한 가이드라인이 필요할 것으로 판단된다.

해상풍력발전 환경성 평가 협의 지침 작성 시 지침에 포함될 내용과 매뉴얼에 포함될 내용에 대한 구분이 명확치 않은 경우가 있다. 지침과 매뉴얼의 역할을 구분하여 지침에서는 해상풍력과 관련한 환경 현황 조사와 환경영향 조사 및 평가, 저감대책과 관련한 선언적·일반적 원칙과 권고사항 등을 제시하는데 중점을 두고, 매뉴얼은 해당 지침의 원칙을 토대로 국내·외 환경영향조사 및 평가 기준 등에 근거하여 구체적인 조사 및 평가방법을 제시하는데 중점을 둘 필요가 있다. 특히 지침 초안에 대한 검토의견 중 조류(새) 누적영향평가나 조류(새) 충돌 평가를 수행하기가 현실적으로 불가능하다는 의견이 있었다. 이는 국외 문헌 사례는 있으나 실제 국내 해상풍력 사업에서의 평가 사례가 거의 전무하기 때문이다. 해상풍력 사업이 점차 확대되는 상황에서 누적영향평가의 중요성은 더욱 강조되고 있다. 따라서 국내 상황을 반영한 항목별 누적영향평가 방법론에 대한 가이드라인도 마련되어야 할 것으로 판단된다.

또한 해상풍력발전 환경성 평가 협의 지침 개정에서 가장 중요한 사항 중 하나는 국내 해상풍력 사업과 관련한 환경영향 조사 및 평가에 대한 실증 사례를 반영하여 지침을 작성해야 한다는 점이다. 현재까지는 국내 해상풍력 사업의 개발과 환경영향조사 및 모니터링 사례가 극히 드물었기 때문에 해역별 특징 등을 반영하기에는 실증 자료가 매우 부족한 실정이었다. 하지만 현재 많은 해상풍력 사업이 환경영향평가 및 공사를 앞두고 있고, 이를 통해 현장 기반의 환경영향 조사 자료와 모니터링 자료가 누적된다면 해역별 특징 및 지역 현황, 해상풍력 기초 구조물 형태

등 다양한 조건을 반영하여 지침을 개정할 수 있을 것으로 판단된다.

#### IV. 결론

본 연구에서는 「해상풍력발전 환경성 평가 협의 지침」 개발 과정을 검토하고 추후 지침 개정 시의 시사점 및 개선안을 도출하였다. 국내 해상풍력발전 협의 및 환경입지컨설팅 사례에서는 영광 낙월 해상풍력 사업과 서남해 해상풍력 실증단지 사업, 한림해상풍력 시범지구 사업, 탐라해상풍력 사업을 검토하였다. 서해안에 입지한 영광 낙월 해상풍력 사업의 경우, 조류(새)의 번식, 서식 및 이동지역에 해당하여 조류(새)에 대한 영향 및 저감대책 강구가 환경영향평가 시 핵심 이슈였다. 서남해 해상풍력 실증단지의 경우는 주민참여형 대안 제시와 풍력발전기 하부공사 시 부유사 발생 저감대책 수립, 항타소음 및 가동 시 터빈 소음으로 인한 해양포유류 및 어업피해 대책 제시 등이 주요 이슈였다. 제주 해역의 한림해상풍력발전 및 탐라해상풍력발전 사업의 경우, 공사 시 소음·진동에 의한 남방큰돌고래 등 해양포유류에 대한 영향이 중점 검토되었다. 또한 탐라해상풍력발전 사업의 경우는 공사 중 해양보호생물(해송, 둔산진총산호)의 출현이 확인되어 대체서식지로 이식한 바 있다. 조업구역 감소 등 수산업에 대한 영향 우려는 모든 사업에서 주민 및 어민들과의 갈등의 원인이 되었다.

국내·외 해상풍력발전 환경성 평가 지침에서의 공통적인 주요 환경 이슈는 조류(새), 수중소음, 해양포유류 및 파충류, 어류, 저서생물 및 서식지, 생물다양성, 경관 등이다. 해상풍력발전 환경성 평가 협의 지침의 주요 환경성 평가항목은 국내·외 주요 환경 이슈와 해상풍력발전 환경조사·평가 매뉴얼 항목과의 연계성을 고려하여 조류(새), 소음·진동, 해양 동·식물, 해양물리, 해양수질 및 해저퇴적물, 해양경관, 육상에 설치되는 기타 부대시설 항목을 선정하였다.

해상풍력발전 환경성 평가 협의 지침은 목적, 배경 및 의의, 적용 범위, 평가항목, 사후 관리, 행정사항, 지침의 적용, 재검토 기한으로 구성하고, 지침의 핵심 내용은 평가항목의 계획 관련 분야, 입지 관련 분야,

환경성 평가 관련 분야로 구성하였다. 입지 관련 분야는 크게 입지 회피 검토지역과 입지 신증 검토지역으로 구분하여 제시하였으며, 환경성 평가 관련 분야는 평가항목별로 현황조사, 영향예측, 저감방안과 관련한 환경영향평가 협의 시 주요 고려사항 및 검토 방향성을 제시하였다. 협의 지침안에 대한 전문가 의견수렴 과정에서 지침안의 각 분야별로 다양한 의견이 제시되었고, 이에 대해 항목별 연구진 검토 및 환경부와 회의 등을 통해 각 의견별 반영 여부를 판단하였다. 전문가 의견을 반영하여 조류(새) 항목에서는 현황조사 시 영향예측을 위한 자료 확보를 위해 위치추적기 등 첨단기기를 이용하여 이동패턴과 경로 및 행동 특성 조사를 제시하였고, 영향예측 시에는 풍력발전시설과의 충돌 가능성, 충돌에 따른 조류(새) 사망률 추정, 누적영향평가 수행 등을 제시하였다. 소음·진동 항목에서는 소음·진동 저감방안 부분에 기초구조물 공사 시 소음 영향을 최소화하는 시공방법 적용을 제시하였다. 해양물리 항목에서는 해양환경의 계절적 변화와 수심별 특성을 충분히 파악할 수 있도록 계절별, 수심별 조사를 시행하는 것을 제시하였다.

국내에서 최초 제정된 「해상풍력발전 환경성 평가 협의 지침」은 환경적·사회적 악영향을 저감하고 원활한 협의를 통해 해상풍력발전 사업의 확대와 신속한 사업 추진에 기여할 것으로 기대한다. 향후 협의 지침 개정 시에는 해상풍력발전 사업의 실증 경험을 반영하여 추후 해상풍력발전 사업과 관련한 지침 및 가이드라인 개정이 필요하다. 특히 해상풍력 사업자가 입지 지역을 선정해야 하는 상황에서 입지 가능 지역을 판단하는데 필요한 중앙정부 차원에서의 지원이나 자료 제공 및 명확한 가이드라인 제시가 필요하다. 최근 환경영향평가에 있어서 누적영향평가의 중요성이 강조되고 있는 반면 항목별 누적영향평가에 대한 국내 경험이 매우 부족하여 누적영향평가에 있어 어려움이 있다. 이에 해상풍력 환경 이슈 항목별 누적영향평가 방법론에 대한 가이드라인 마련에 대한 연구도 필요할 것으로 판단된다. 또한 해역별 해상풍력단지에서의 환경조사 및 모니터링 데이터가 축적된다면 이러한 실증 연구사례를 지침 개정에 반영할 필요가 있는 것으로 판단된다.

## 사사

본 논문은 한국환경연구원의 2021년도 환경부 수탁과제 “해상풍력 환경성평가 지침 마련 연구(2021-073)”와 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP) 「신재생에너지핵심기술개발사업」(NO.20203030020080)의 지원을 받아 한국환경연구원 연구원이 수행한 “해양풍력 단지 해양공간 환경 영향 분석 및 데이터베이스 구축(2022-007(R))” 사업의 연구 결과로 작성되었습니다.

## References

- European Commission. 2020. Guidance Document on Wind Energy Developments and EU Nature Legislation.
- JeJu Hallim Offshore Wind Power Co., Ltd. 2020. Agreement on the Sea-area Utilization of Hallim Offshore Wind Power Demonstration Zone Development Project (Re-consultation). [Korean Literature]
- Jeon IS, Kang KS, Lim EP. 2015. Understanding the Environmental Impacts of the Offshore Wind Farms. *Journal of Wind Energy*. 6(2): 5-10.
- JEJUTODAY. What to do with 120 endangered Indo-Pacific bottlenose dolphins? Cancel the expansion of the Tamra Offshore Wind Farm. <http://www.ijejutoday.com/news/articleView.html?idxno=227778> (2022.6.21. accessed)
- Kim GY, Lee DL, Jeon KA, Eom KH, Yu J. 2012. Improvement for Marine Environmental Impact Assessment on the Development of Offshore Wind Power. *Journal of Environmental Impact Assessment*. 21(1): 1-13.
- Kim MJ, Kim SR, Kim CH. 2021. Global carbon neutrality declaration trend and evaluation. Korea Energy Economics Institute. [Korean Literature]
- KMI. 2019. A Study on Improvement Usage District System for Offshore Wind Power in Jeju. [Korean Literature]
- Korea Offshore Wind Power Co., Ltd. 2015. Agreement on the General Sea-area Utilization of Southwest Sea Offshore Wind Power Demonstration Project (Re-supplement). [Korean Literature]
- Korea Power Exchange (KPX). 2022. Status of Power Plant Construction Project in the 1st Quarter of 2022.
- MARMONi. 2016. Guidelines for Environmental Impact Studies on Marine Biodiversity for Offshore Windfarm Projects in the Baltic Sea Region.
- MARMONi. <http://marmoni.balticseaportal.net/wp/> (2021.6.28. accessed)
- Ministry of Environment. 2016. Guidelines for the Operation of Environmental Location Consulting Systems. [Korean Literature]
- Ministry of Environment. 2018. Guidelines for Environmental Assessment of Onshore Wind Power Development Projects. [Korean Literature]
- Ministry of Environment. 2021a. Establishing a Carbon-neutral Milestone. [Korean Literature]
- Ministry of Environment. 2021b. Offshore Wind Power Environment Survey and Assessment Manual. [Korean Literature]
- Ministry of Environment. 2021c. A Study on Establishing Guidance for Environmental Assessment of Offshore Wind Power Generation. [Korean Literature]
- Ministry of Environment. 2022. Guidance for Consultation on the Environmental Assessment of Offshore Wind Power Generation. [Korean Literature]

- Ministry of Trade, Industry and Energy. 2017. 3020 Renewable Energy Transition Plan (Proposed). [Korean Literature]
- Ministry of Trade, Industry and Energy. 2019. Development of Long-term Environmental Monitoring System and Safety Standard Technology Development for Offshore Wind Power Environment and Safety Issues. [Korean Literature]
- Ministry of Trade, Industry and Energy. 2020. Environmental Impact Analysis on the Offshore Wind Farm and Database System Development.
- Ministry of Trade, Industry and Energy. 2021. Environmental Impact Analysis on the Offshore Wind Farm and Database System Development.
- MyoungWoon Industrial Development Co., Ltd. 2020. EIA Report on the Construction of the Yeonggwang Nagwol Offshore Wind Farm (Supplementary). [Korean Literature]
- Oh HT, Yeo MY, Jung HE, Shin JM. 2020. Status and Improvement of Environmental Impacts Assessment on the Marine Endangered Species around the Coastal Area of Offshore Wind Energy – Case Study of the Marine Mammals and Sea Birds –. Journal of Fisheries and Marine Sciences Education 36(6): 1428-1444.
- OSPAR Commission. 2008a. Assessment of the Environmental Impact of Offshore Wind-farms.
- OSPAR Commission. 2008b. OSPAR Guidance on Environmental Considerations for Offshore Wind Farm Development.
- Park YS, Kang GS, Jang YO, Kim SH, Lee HJ. 2021. Direction and Implications of the International Community's Carbon-neutral Policy. Korea Institute for International Economic Policy. [Korean Literature]
- REN21. 2022. Renewables 2022 Global Status Report.
- World Bank Group. 2015. Environmental, Health, and Safety Guidelines for Wind Energy.
- Yim HS, Cho KJ, Kang SW. 2021. Comparison of Site Selection Procedures for Offshore Wind Farms in the Netherlands and Japan. Journal of Wind Energy 12(4): 35-46.
- Tamra Offshore Wind Power Co. Ltd. <http://tamra-owp.co.kr/2019/> (2022.6.27. accessed)