

연구논문

해상풍력개발사업의 바다환경영향평가 개선방안

김귀영 · 이대인 · 전경암 · 엄기혁 · 유 준

국립수산과학원 해양이용영향평가센터
(2011년 9월 30일 접수, 2011년 12월 21일 승인)

Improvement for Marine Environmental Impact Assessment on the Development of Offshore Wind Power

Gui-Young Kim · Dae-In Lee · Kyeong-Am Jeon · Ki-Hyuk Eom · Jun Yu

Marine Environmental Impact Assessment Center, National Fisheries Research & Development Institute, Busan, 619-705, Korea

(Manuscript received 30 September 2011; accepted 21 December 2011)

Abstract

We diagnosed on status and problems of environmental assessment regarding development of offshore wind power, and also on reasonable core assessment items. Most of the coastal wind power are located on the western coastline of Korea and Jeju Island. In the selections of the site for the offshore wind farms, a previous investigations should be conducted with regard to distances from the land, stabilities from external forces (tide, wave, etc.) and topographical changes, and characteristics of the surroundings (distributions of protected area, fishing ground, artificial seagrasses, and shipping traffic). It is needed to assess dispersion of suspended solids, changes of the sea bottom, and impacts on fisheries resources and fishing activities under construction of offshore wind power. Furthermore, the responses of marine organisms to noise and vibration, impacts by electromagnetic fields, impacts on sea birds, hindrances to sea lane routes, and damaged scenery and marine protection areas are thoroughly assessed during operation processes. The consultation criteria in case of development of offshore wind farm is adjusted by focusing marine environmental impact assessment.

Keywords : Development of offshore wind power, Core assessment item, Marine organism, Marine environmental impact assessment

1. 서론

지구온난화 대책의 일환으로 신재생에너지 개발이 국가간의 의무사항으로 대두되며, 그 중 풍력발전이 주요 관심사업으로 부각되고 있다. 그 동안 풍력개발은 육상풍력 위주로 이루어져 왔으나, 육상은 개발입지가 극히 제한되어 있고 또한 민원의 증가에 따라 입지확보에 어려움이 많아 최근 해상풍력으로 관심이 이동하고 있는 상황이다. 해상풍력은 육상풍력에 비해 설치 및 유지보수 비용이 많이 소요되어 현재로서는 경제성이 다소 낮지만, 해상은 대형단지를 조성하기가 용이하고 민원이 비교적 적은 이점이 있으며, 단지설계 및 건설, 유지보수 등과 같은 관련기술의 개발로 향후 풍력발전분야의 주축이 될 것으로 전망하고 있다(김지영 등, 2009).

그러나 해상풍력발전단지를 개발함에 있어 전력수급과 경제성 논리에만 초점이 맞춰짐에 따라 또 다른 환경 문제들이 발생하고 지역 사회의 갈등이 유발되고 있는 실정이다. 이에 따라 그 부작용에 대해서도 면밀하게 고찰해서 친환경적 대책을 사전에 철저히 수립하는 것이 관련 협의 및 평가제도의 초점일 것이다. 즉, 해상풍력개발계획 수립시 사전에 입지가 갖고 있는 장·단점과 문제점 포함 여부를 고려하여 최적의 대안을 모색해야 하고, 구체적인 환경영향에 대해서는 중점평가사항에 대한 과학적 진단과 실효적 대책을 마련하는 것이 중요할 것이다(이대인 등, 2010).

지금까지 풍력발전에 대해서는 풍력터빈 블레이드의 설계와 같은 기기 개발 관련 연구와 육상풍력 자원 평가 분야의 연구 등이 주로 이루어져 왔고, 해상풍력에 관련한 연구는 상대적으로 미흡한 실정이다. Dhanju et al.(2008)이 미국 Delaware 해역의 해상풍력자원 평가를 위하여 개발가능 입지면적을 산출하고, 바람자원 분석을 통해 개발가능량과 예상발전량을 산출한 바 있고, Ryunosuke(2010)은 해상풍력의 소음과 어류에 미치는 영향에서 중요 어종들에 대한 어획량이 감소하였다고 보고하였다. 국내에서는 경남호 등(2003) 및 김현구 등(2004)은 한반도 해역의 해상풍력자원 평가를 위하

여 QuikSCAT 위성관측 자료를 분석하였으며, 김영찬 등(2006)은 전남 남해안 지역의 4곳에 대해 풍향 측정 기상탑을 설치하여 1년 동안 풍자원을 실측하고 이를 분석하여 풍력발전단지 개발여부에 대한 기초적인 평가를 수행한 바 있다. 특히, 국내 해역의 풍향과 해황 조건 등을 중심으로 해상풍력에 대한 입지와 개발량에 대한 연구가 최근에 이루어져 왔으나(김정근·정철모, 2009; 김지영 등, 2009), 해양환경에 미치는 영향에 대한 연구는 매우 부족한 상황이다.

이와 같이 국내에서는 풍력자원 분석에 대한 기초 연구는 수행되었으나, 풍력단지 조성시 해양환경영향에 대한 연구는 시작 단계에 있으며, 독일에서는 향후 대규모 단지 조성에 앞서 다년간에 걸쳐 환경 및 생태계 영향에 대한 연구를 수행하고 있다. 국내에서 최근에 이루어진 평가사례로 제주도 월정 해상풍력 실증연구단지 조성을 위하여 일부 해양생태에 관한 환경연구가 수행된 바 있고, 태안 해상풍력발전단지 조성사업을 위한 해역이용협의가 수행된 바 있으나, 전술한 바와 같이 해양환경 및 생태계에 미치는 영향에 대한 정보 부족과 구체적인 평가자료가 미흡한 상황이었다. 이러한 배경하에서 대규모 해상풍력발전 추진시 입지의 적정성과 생물 등에 미치는 합리적 영향진단과 대책이 간과될 수 있는 상황이어서 각 평가 및 협의단계에서 중요하게 고려해야 할 사항에 대해 명확하게 스코핑을 해주는 방안이 필요하다. 따라서 본 연구는 해상풍력 개발사업과 관련하여 현재의 환경평가 현황과 제도의 문제점을 진단하고, 입지선정 및 환경영향평가 단계에서의 중점검토사항 등을 고찰하여 합리적인 바다환경영향평가 개선방안을 제시하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

우리나라 연안육역과 해역에서 운영되거나 계획되고 있는 해상풍력개발과 관련한 정부 정책자료 및 국내·외 관련 문헌자료를 연구하였다. 또한, 사전환경성검토서와 환경영향평가서 및 해역이용영

향검토기관에서 검토한 해역이용협의서 검토자료 등을 분석하였다.

이러한 각종 연구 및 평가자료를 바탕으로 개발 현황을 파악하고, 환경영향평가 등의 문제점을 진단하였다. 아울러 지역별 사례분석을 통해 친환경적인 사업추진 및 환경영향평가의 신뢰성을 제고하기 위해 입지선정시 갈등해소를 위한 고려사항과 해역이용협의 및 환경영향평가단계에서의 중점평가사항을 스코핑하였다. 나아가서 현재 운용되고 있는 제도의 개선을 위한 정책제언을 제시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 해상풍력개발 및 평가 현황

1) 국·내외 개발 현황

2008년 말 기준으로 우리나라 해안지역에 건설된 풍력발전 용량은 약 62MW로 풍력발전 전체 용량의 약 22%에 달한다(표 1). 이 중 거의 대부분(약 54MW)이 제주도에 위치하고 있으며, 서해안지역에는 8MW가량 설치되어 있다. 국내 해상풍력자원 잠재량을 보면 지리적으로 제주도와 남해안이 가장 우수한 것으로 조사되었다(김현구 등, 2009). 특히, 해상풍력개발에 적당한 0~30m 수심은 우리나라 해상면적의 17.5%나 되어 개발잠재력이 높다.

정부의 해상풍력 추진 로드맵에 따르면 2019년이면 서남해안에 대규모의 해상풍력단지가 조성되는데, 우선 1단계로 부안·영광지역해상에 2013년까지 100MW(5MW급 20기) 실증단지를 건설하며, 2단계로 2016년까지 900MW(5MW급 180기) 시범

단지로 확대 건설되며, 3단계에선 2019년까지 1500MW(5MW급 300기) 해상풍력발전단지를 건설한다는 계획이다(지식경제부, 2010). 또한, 관련 개별업체들도 다양한 개발계획을 수립하고 있는 실정이다. 아울러 국가별 신재생에너지 산업 매력도 지수에서도 우리나라의 해상풍력산업이 세계 12위로 나타나고 있는(한국해양수산개발원, 2011) 등 계속해서 해상풍력개발을 위한 관심과 계획이 증가하고 있는 추세이다.

한편, 세계 각국은 해상풍력개발에 지원을 늘리면서 그 규모가 크게 확대되고 있는데, 2008년 0.38GW에 불과했던 연간 해상풍력 시장규모는 2015년 6.2GW로 16배 이상 성장할 것으로 예상된다. 유럽연합(EU)은 2030년까지 해상풍력 설치용량을 150GW까지 늘릴 계획이며, 미국은 54GW, 중국은 35GW로 확대할 예정으로 있다. 영국은 2020년까지 32GW의 해상풍력을 설치해 전체 전력의 25%를 공급할 계획이고, 독일 역시 정부 주도로 북해 연안을 개발하고 있으며, 2010년 4월 최초로 해상풍력발전단지를 가동하고 있으며 2015년까지 4.6GW를 새로 설치한다는 목표를 세워놓고 있다.

2) 해상풍력 관련 환경영향평가 및 해역이용협의의 현황

현행 해상풍력사업 추진시 관련된 법규를 표 2에 나타내었다. 사업허가를 위해서 「전기사업법」 제7조에 의해 지식경제부장관(발전시설용량 3MW이하는 시·도지사)에게 신청하여야 한다. 발전시설용량 10만kW이상 규모의 사업에 대해서는 환경영향평가를 수행해야 하며, 그 규모 이하는 사전환경성검토 대상사업으로 되어 있다. 또한 해상풍력사업은 풍력기 설치 및 송전선로 매설을 위해 해저 굴착뿐만 아니라 준설이 수반 될 수 있고, 공유수면에 공작물을 설치하여 점용 및 사용하는 형태이므로 「해양환경관리법」에 근거한 해역이용협의를 수행하거나, 준설 및 굴착 면적이 10만m² 이상 또는 그 양이 20만m³ 이상인 경우에는 해역이용영향평가를 수행하도록 되어 있다.

이러한 관련 법규에 의거하여 최근 국내 풍력발

표 1. 우리나라 해상풍력 운영 현황(2008년 말 기준)

해상풍력 지역	규모	비고	
새만금	7,900kW	우리나라 풍력설비 총 규모 278MW	
제주도	월령		100kW
	한경		22,700kW
	월정		1,500kW
	행원		9,795kW
	성산		20,000kW
	총 약 62MW		

표 2. 해상풍력사업 추진시 관련 법규

구분	세부 내용	주요 법규
사업허가시	<ul style="list-style-type: none"> - 사업허가 신청 • 3천kW이상: 지식경제부장관 • 3천kW이하: 시·도지사 - 환경영향평가 • 환경영향평가: 10만kW이상 • 사전환경성검토: 10만kW이하 - 해역이용협의 및 해역이용영향평가 - 문화재지표조사 - 보호수면에서의 공사 승인 - 해상교통 안전진단 - 실시계획승인 또는 변경 승인 - 해상공사 허가신청서 	<ul style="list-style-type: none"> - 전기사업법 제7조 - 환경영향평가법 제4조 - 해양환경관리법 제84조 및 제85조 - 문화재보호법 제91조 - 수산자원관리법 제47조 - 해상교통안전법 제60조 - 전원개발촉진법 제6조 - 해상교통안전법 제60조
사업운영중	<ul style="list-style-type: none"> - 사후환경영향조사 - 해양환경영향조사 	<ul style="list-style-type: none"> - 환경영향평가법 제24조 - 해양환경관리법 제95조

표 3. 국내 풍력발전개발 관련 환경평가 및 협의 현황

발전소	규모	위치	연도	평가구분
행원리풍력발전	9.8MW	제주 구좌읍 행원리	2003	사전환경성검토
강원풍력발전	98MW	강원 평창군 횡계리	2003	사전환경성검토
영덕풍력발전	39.6MW	경북 영덕군 창포리	2003	사전환경성검토
한경풍력발전	21MW	제주시 한경면	2004	사전환경성검토
태백풍력발전	20MW	강원 태백시 하사미동	2006	사전환경성검토
월정해상풍력실증연구단지	4MW 기상탑 1기	제주 구좌읍 월정리(해상)	2006	해역이용협의
삼달리풍력발전	33MW	제주 성산읍 삼달리	2007	사전환경성검토
성산풍력발전	20MW	제주 성산읍 수산리	2007	사전환경성검토
태안풍력발전	97.2MW	충남 태안 원북 방갈리(해상)	2007 2009	사전환경성검토 해역이용협의
영양풍력발전	61.5MW	경북 영양군 석보면	2009	환경영향평가
누에섬 풍력발전	3.6MW	경기 안산시 누에섬(해상)	2009 2009	사전환경성검토 해역이용협의
영광해상풍력실증연구단지	2MW 기상탑 1기	전남 영광 백수읍 하사리	2010	해역이용협의

전개발과 관련한 환경평가 현황(표 3)은 대부분 육상풍력시설이며, 해상풍력으로는 경기 안산 누에섬 풍력발전과 제주 월정풍력발전 정도만 운영되고 있다. 현재까지 평가·협의된 풍력발전은 대부분 그 규모가 작아 사전환경성검토만 받아 시행되었고, 환경영향평가는 영양 풍력개발에서 유일하게 수행되었다.

그러나 해상풍력사업의 경우 아직까지 소규모이고, 초기단계에 있어 환경영향평가를 수행한 사례가 거의 없으며 앞으로 계획되고 있는 사업이 구체적으로 추진된다면, 「환경영향평가법」에 근거한 환경영향평가 및 「해양환경관리법」에 따른 해역이용협의

또는 해역이용영향평가가 수반되어야 할 것이다.

2. 해상풍력개발에 따른 문제점 진단

해상풍력개발에 따른 문제점으로는 우선 최적의 입지선정시 풍향 조건 고려 외에 충분한 현황조사를 바탕으로 해양환경영향과 훼손을 예방하는 사전진단이 매우 미흡하다는 점이다. 해역의 경우 육지부에 비해 환경훼손 및 민원발생이 적고 대규모 단지개발이 가능하다는 이유로 국내·외적으로 개발계획이 확대되고 있지만, 공간적인 특성상 연안해역은 각종 해양생물의 산란·서식기능과 선박활동 등 공유수면 이용이 매우 활발하므로 이에 대한 철

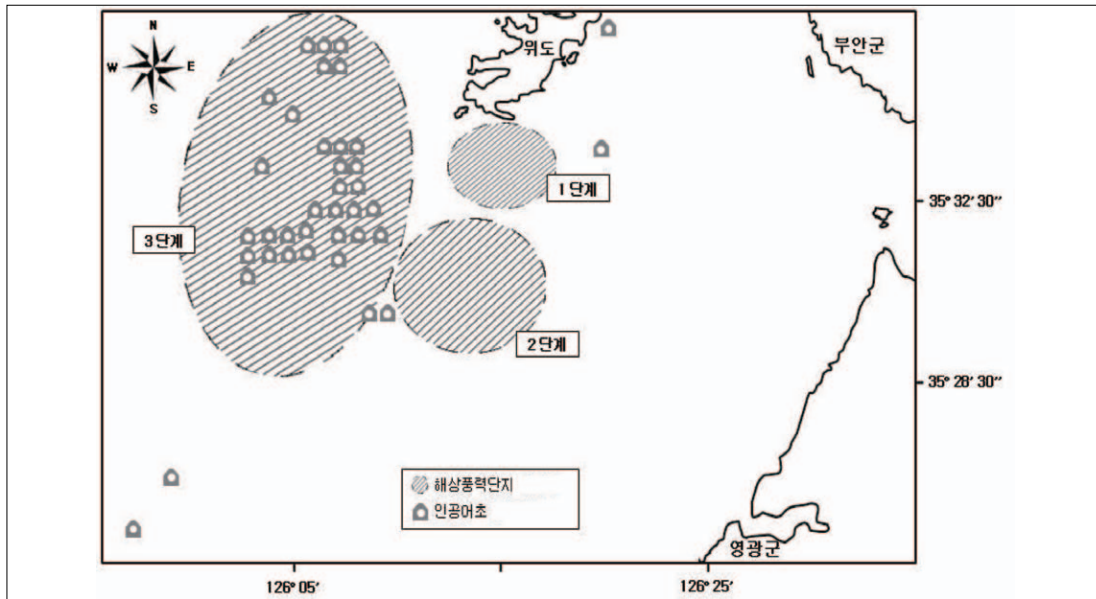


그림 1. 서남해안 해상풍력단지 조성계획 주변해역의 인공어초 분포 현황

저한 고려가 선행되어야 한다.

현재 풍력발전은 풍황에 의해 경제성이 결정되므로 풍황 조건이 가장 중요한 입지선정기준이 되며, 해상풍력의 경우 기기의 설치에 용이한 수심 및 계통연계 이격거리 등이 추가적인 핵심요소로 작용한다(김지영 등, 2009). 그러나 풍황 및 수심 등으로만 입지를 분석하여 연안에 무분별하게 해상풍력단지를 건설할 경우 주변 연안환경을 포함한 각종 보호구역, 주요 어장 및 항로 등에 큰 영향을 미칠 수 있으므로 계획수립단계에서 영향이 최소화되도록 제반 사항을 충분히 고려하는 정책이 필요하다고 사료된다.

예를 들어, 최근에 발표된 서남해안 대규모 해상풍력단지 계획지역의 주변해역은 수산자원을 증강하기 위하여 1970년대부터 국가사업으로 수산생물자원의 서식 기반을 조성하는 인공어초 어장이 주변에 광범위하게 조성되어 있는 해역(그림 1)이다. 그럼에도 불구하고, 입지선정시 이러한 해역이용현황 등에 대해서는 조사나 검토가 미흡한 상황인데, 과학적인 논리 및 근거도 없이 해상풍력시설이 오히려 수산자원을 조성하는 인공어초로서의 효과가 있다고 주장하는 것은 해양수산측면에서 보전·관

리할 가치의 훼손과 어장 등에 미치는 영향을 저평가하거나 간과하고 있다고 판단된다. 수심이 낮은 연안지역에서 풍력기 설치, 소음·진동 및 각종 전기시설 설치에 따라 어초를 포함한 주변 어장과 생물이 피해를 받고 훼손될 수 있으며, 선박이동에도 영향을 미치는 등 이해당사자 사이의 갈등을 초래할 수 있으므로 충분한 사전진단이 이루어지는 것이 중요할 것이다.

한편, 계획추진에 따른 협의대상도 사업의 특성을 충분히 고려하지 못해 평가 및 협의의 합리성을 다소 저해하고 있다고 판단된다. 「환경영향평가법」에 따른 대상사업의 범위가 태양광 및 연료전지발전과 같이 발전시설용량 10만kW 이상 규모로 되어 있다. 연안에서 이루어지고 해양환경에 광범위한 영향 및 공유수면의 이용을 저해할 수 있는 현실을 감안하여 발전규모 및 면적을 동시에 고려한 대상규모가 재설정되어야 할 것이다. 특히, 우리나라 해상풍력개발사업은 초기단계이며 소규모여서 아직까지 환경영향평가 사례가 없을 뿐만 아니라 어떤 항목을 어떻게 구체적으로 평가하고 대책을 마련해야 하는지 미정립된 상황이므로 앞으로 대규모사업 추진시 많은 갈등요인을 내포하고 있다. 따라서 환

경영향평가 과정에서 사전에 예상되는 영향에 대한 충분한 검토가 이루어질 수 있도록 환경영향평가와 해역이용협의제도에서 협의대상의 조정과 함께 중점검토사항을 제시하는 제도적인 보완이 시급히 이루어져야 할 것이다.

3. 해상풍력개발에 따른 바다환경영향평가 개선방안

1) 입지선정시 고려사항

(1) 수심 및 육지와의 이격거리

기본적인 입지조건으로서 풍향 외에 해상에서 이루어지는 사업특성상 수심은 매우 중요한 요소일 것이다. 기초 구조물 및 케이블 등 대부분의 시설물이 해상에 설치되기 때문에 수심은 기술적인 부분 뿐만 아니라 경제적인 부분에서도 중요한 평가요인이 된다(표 4). 일반적으로 해상풍력발전단지의 입지에 적절한 수심은 30m 이내이며, 현재 사용되고 있는 고정식 기초방식의 한계수심은 50m 정도로 파악되고 있다(김지영 등, 2009). 수심이 얇은 지역은 구조물 설치가 용이하여 경제적이지만, 해안과

표 4. 해양수심에 따른 해상풍력입지 평가

수심(m)	입지평가
0~5	육상풍력과 유사
5~20	현재 일반적인 적용 지역
20~30	기술적으로 가능한 지역
30~50	기술개발 필요, 고정식 한계
50 이상	부유식 적용

근접되어 어장 및 항로 등 각종 민원발생요인이 많은 단점이 있으므로 이를 고려한 최적 수심의 설정이 필요하다.

육상과 풍력단지와의 이격거리는 해양경관 보호, 전력계통망 연계 및 향후 단지 관리 측면에서 중요한 요소이다. 연안에서의 양식장 등 어업활동, 경관 훼손 등의 이유로 이격거리를 충분히 유지해야 하지만, 거리가 멀어지면 전력계통 연계를 위한 해저 전력선 비용이 상승하며, 운영시 유지관리에 어려움이 많아지는 문제가 생긴다. 태안연안에서 계획되고 있는 해상풍력발전단지 조성사업(그림 2)의 입지 사례를 살펴보면, 수심 조건은 5~20m이며, 인근에 변전소가 위치하고 있어 기초시설 및 전력계

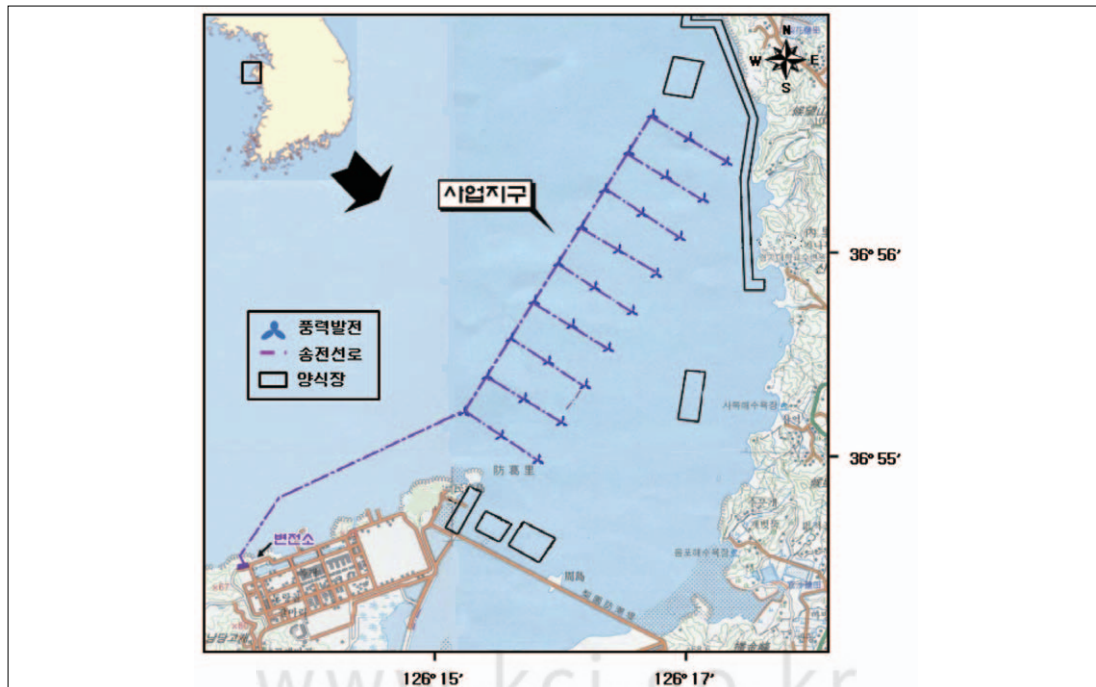


그림 2. 서해 태안연안의 해상풍력단지 건설 예정지 및 주변 현황

표 5. 풍력발전기의 부정적 영향이 미치는 거리

자연, 환경보호 대상 또는 구역	풍력발전기(풍력단지)로부터의 거리		
	지속적인 부정적 영향 예상	지속적인 부정적 영향 가능	지속적인 부정적 영향 예상되지 않음
람사협약에 따른 습지	300m 미만	300~1,000m	1,000m 이상
조류보호구역	300m 미만	300~1,000m	1,000m 이상
자연보호구역	구역 전체	0~1,000m	1,000m 이상
국립공원	구역 전체	0~1,000m	1,000m 이상
생물권보존지역	구역 전체	0~1,000m	1,000m 이상
자연유적	구역 전체	0~300m	300m 이상
비오톱	구역 전체	0~300m	300m 이상
유네스코 세계문화유산	5,000m 미만	5,000~10,000m	10,000m 이상
문화유적	구역 전체	0~5,000m	5,000m 이상
자연경관보호구역	구역 전체	0~1,500m	1,500m 이상

통망에서는 유리한 위치에 있으나, 주변에 양식장이 다수 분포하고 있고 육지와 이격거리가 최소 500m 정도 근거리에 위치하고 있어 시설 설치 및 운영시 민원발생 등 갈등요인을 상당히 내포하고 있으므로 입지선정시 이들에 대한 충분한 평가가 요구된다.

최근 독일의 사례를 보면, 풍력발전기에 의해서 발생할 가능성이 있는 자연과 경관에 대한 지속적인 영향을 피하기 위해서는 보호가 필요한 구역이나 자연보호 대상, 경관보호 대상으로부터 풍력발전기를 적절한 거리(표 5)를 두어서 건설해야한다고 입지에 대한 거리기준을 정해 놓고 권고하고 있다(DNR, 2005).

(2) 해양의 외력 및 지형변화를 고려한 안정성

우리나라 연안해역 특성상 해역별로 조류, 파랑 등의 영향을 지속적으로 받고, 계절에 따라 태풍 그리고 경우에 따라 지진의 영향권에 직접적으로 노

출될 수 있으므로 이러한 외력조건을 파악하여 입지선정에 고려해야 할 것이다. 주변해역의 조위, 유속과 흐름장, 파랑조건, 해일 등 기본적으로 장기간 모니터링된 해양 물리적 조건을 검토해야 하고, 대상 지역이 장기적으로 침식을 받고 있는지 아니면 퇴적되는 경향인지도 파악하여 구조물의 안정성 검토에 포함되어야 할 것이다.

(3) 주요 보호구역 및 해양 시설물 분포지역 등 사전 진단

전술한 바와 같이 입지 주변에 광범위한 어장과 어초가 분포하거나, 항로로 이용되어 선박이동이 활발하면 그 적정성에 문제가 있다. 또한, 해양생물 보호종의 서식지이거나 보호구역의 분포도 그 적정성을 저해할 수 있다. 따라서 사전에 사업구역 주변에 분포한 해양관련 보호구역이나 시설물 분포 및 지장물 현황을 철저히 파악하고 분석해서 이에 대한 고려를 하는 것이 잠재적 갈등요인을 해소해서

표 6. 해상풍력발전단지 입지선정시 고려할 해역이용사항

고려요인	잠재적 갈등	검토사항
해양보호구역	자연보호구역 훼손	해상국립공원 등 각종 보호구역을 피하고 충분한 완충거리를 유지
생태학적 가치	희귀종 및 멸종 위기종의 서식지 및 산란지 파괴	생물학적 주요 희귀종 및 보호종 보호를 위해 생태학적 가치가 있는 지역은 배제
역사 문화재	문화재 및 유적지 파괴	문화재 및 역사적보존가치가 우수한 지역은 배제
해상교통(항로, 항만)	자유로운 선박 통행의 방해	주요 항로 지역은 배제하고, 운항시 악천후나 선박고장으로 인한 충돌사고도 있는 만큼 충분한 완충거리를 유지
어장 및 어업권	어장 훼손 및 어업 소득 손실	주요 어장 지역은 배제하고, 인공어초 등 수산자원조성지역과 충분한 이격거리를 유지

표 6. 계속

고려요인	잠재적 갈등	검토사항
군사훈련지역	군사시설(배, 잠수함, 항공기) 방해 및 규제	풍력단지 안전성 확보를 위해 주변의 위험요소를 고려한 입지 계획이 필요하며, 군사훈련 지역을 배제
해저케이블 및 송유 관로	관로 및 케이블 손상	해저·해상 통신케이블 및 송유관로 등이 매설되어 있는 지역은 배제
광물 채취	바다광물채취 행위 장애	광물채취 허가 지역을 배제
해양관광 및 경관	관광 및 휴양지 훼손	해안으로부터 충분한 이격거리를 유지해야 하며, 민감한 경관 지역은 배제
기상 및 과학 연구	과학 연구의 제한	장기적인 과학 연구가 수행되는 지역 및 가치가 있는 지역을 배제

표 7. 해상풍력개발사업에 따른 중점평가사항 및 잠재적 환경영향

구분	검토항목	환경영향
공사시	- 소음 및 진동 - 해양환경 - 해저지형	- 주민 민원 발생 - 해양환경 저해 및 생물 피해(산란장 훼손) - 해저면 파괴(변화)
운영시	- 터빈의 소음 및 진동 - 전자기장(해저케이블 주변) - 조류(birds) - 해양경관 - 해상항로 - 어장 및 어업권 - 해상공원 및 보호구역	- 주민 피해, 어장(인공어초 등) 영향 - 인근 주민 및 어업 피해 - 조류 이동경로 및 서식장 파괴 - 연안 해양경관 훼손 - 주요 해상항로 방해 - 어장 훼손, 어업권 손실 - 해양보호구역 훼손

환경영향을 최소화하는 방법일 것이다(표 6).

2) 해양환경평가(환경영향평가 및 해역이용협의) 시 중점평가사항

상기와 같은 사항을 종합적으로 고려해서 입지를 선정한 다음에는 해상풍력개발사업에 따라서 예상되는 영향에 대해 구체적이고 합리적인 환경영향 진단과 적정 대책마련이 중요하다. 해상에서 이루어지는 사업특성상 해역이용협의과정에 따른 막연한 추정보다 과학적인 근거를 바탕으로 구체적 평가사항의 제시가 중요하고, 이는 환경영향평가단계에서 설정된 해양환경평가 분야에서도 동일하게 적용되어야 할 것이다.

해상풍력개발사업의 공사와 운영단계에서 중점적으로 고려해야 할 항목과 잠재적 환경영향은 표 7과 같다. 공사시는 구조물 설치 및 송전케이블 매설에 따른 해저면 변화, 부유물 확산 및 어업인 등 지역 주민의 의견수렴이 중요하다. 주지하는 바와 같이, 운영단계에서는 풍력터빈의 소음·진동에 따른 어장 및 생물에 미치는 영향, 해저케이블 주변의

전자기장, 조류(birds)의 영향, 해양경관 훼손, 해상항로 방해, 각종 해양보호구역 훼손 등이 진단되어야 할 것이다.

검토항목별로 살펴보면, 첫째, 소음은 중요한 환경영향요소로서 지금까지는 육상풍력에서 발생하는 소음으로 인해 민원이 제기된 사례가 많았다. 그러나 해상풍력은 아직 초기단계라 민원발생 사례는 없었지만, 향후 상당한 갈등이 야기될 수 있을 것으로 예상되는데, 해상풍력단지는 대규모여서 공사 및 운영시 소음·진동이 육상보다 훨씬 더 크게 발생될 수 있다. 해상풍력시설로부터 발생하는 소음의 수중에 전달되는 메카니즘(그림 3)을 보면, 회전 날개가 바람과 부딪쳐 소음이 발생하고, 또한 풍력기 타워, 발전기, 감속기 등으로 부터 소음·진동이 발생되어 수중으로 전달되어지게 된다. 해상풍력시설로 인한 소음에 의해 청력이 발달한 어류들 중 메기와 같은 어종은 60~70dB 정도에 민감한 반응을 보인다고 알려져 있고, 참돔은 40dB 정도에도 놀라는 행동을 나타낸다고 하였다. 또한 발전기 진동으로

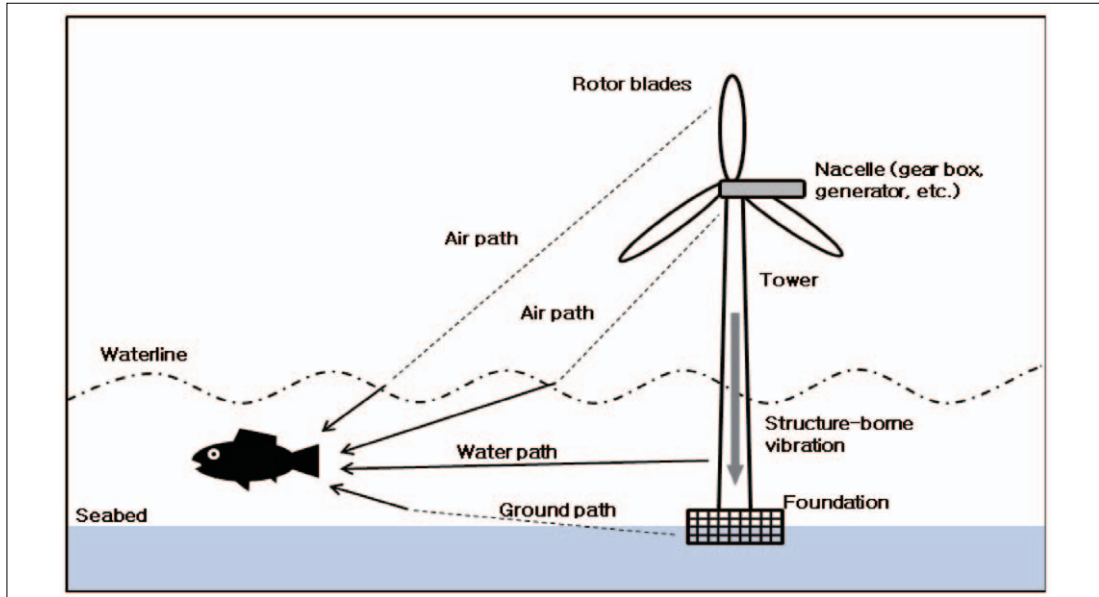


그림 3. 해상풍력발전기에 의한 수중소음 전달 메카니즘

로 인한 수산생물의 감지기관 교란은 독일의 해상 풍력발전단지 건설 과정에서 제기된 내용으로 발전기 회전으로 인해 발생하는 진동이 고래 등과 같은 해양동물들의 감지기관을 교란시켜 피해를 준다는 것이다. 비록 육지로부터의 충분한 이격거리를 확보함으로써 어느 정도 영향을 저감 할 수도 있겠지만, 인근 양식장, 어류 및 포유류(고래)를 포함한 수산동물의 산란·이동·서식에는 직접적인 영향을 미칠 수가 있어서 규모별, 이격거리별 주변 생태계에 대한 객관적 평가가 면밀히 수행되어야 한다.

둘째, 굴착 등으로 해양환경 및 해저지형에 영향을 미칠 수 있어서 부유사확산 및 해저지형의 변화에 대해서도 평가가 필요하다. 풍력기 기초구조물 설치공사는 해저면 굴착 및 지지를 위한 앵커설치 등으로 해저면을 변형시키거나 조하대 저서생태계를 매몰시켜 서식환경을 변화시킬 것으로 예상되며, 매몰이나 준설이 직접 일어나지 않는 인근 해역까지도 부유사에 의한 주변 생태계 훼손 및 해양생물에 영향이 예상된다. 송전케이블 매설은 해저면 굴착후 송전선로를 설치하고 굴착토를 되메움하는 형식과 굴착후 송전선로의 표면을 쇄석으로 피복하는 형식이 있을 수 있는데 모두 해저면 굴착이 수반

되므로 부유사 발생 및 해저지형 변화가 불가피할 것으로 예상된다. 우리나라 연안해역은 생산성이 높아 어류의 산란장 및 자치어의 성육장으로서 가치가 높으나, 사업시행으로 인해 해저면의 교란과 부유사가 대량 발생될 경우 이들 산란장의 유실 및 부화율의 저하를 초래 할 것으로 사료된다. 따라서 해상풍력단지 조성은 규모가 크고 해역범위도 광범위하므로 해양물리, 화학, 지질 및 해양생물분야를 종합적으로 연계하여 평가되어야 할 것이다.

셋째, 해상풍력발전기에서 발생한 전기를 육상 변전소와의 연결을 위해 설치한 해저 송전케이블에서 고압전류가 지속적으로 흐름에 따라 자기장 발생이 예상되며, 이 자기장의 지속적인 노출로 인해 해양생물 및 생태계에 영향을 줄 수 있다. 영국에서는 풍력시설로 인한 저주파가 레이더 전파를 교란시켜 전파방해를 일으킨다하여 북해와 아일랜드해 연안에 추진 중인 풍력발전시설 건설을 반대한 사례가 있으며, 미국 Wisconsin주의 Kewaunee지역의 풍력발전시설 주변에서 TV에 shadowing 현상이 나타나는 등 수신율이 나빠졌다는 민원 발생사례가 있다. 그러나 해저에서의 자기장 노출로 인한 영향 및 피해에 관하여 자세히 연구된 바는 아직까

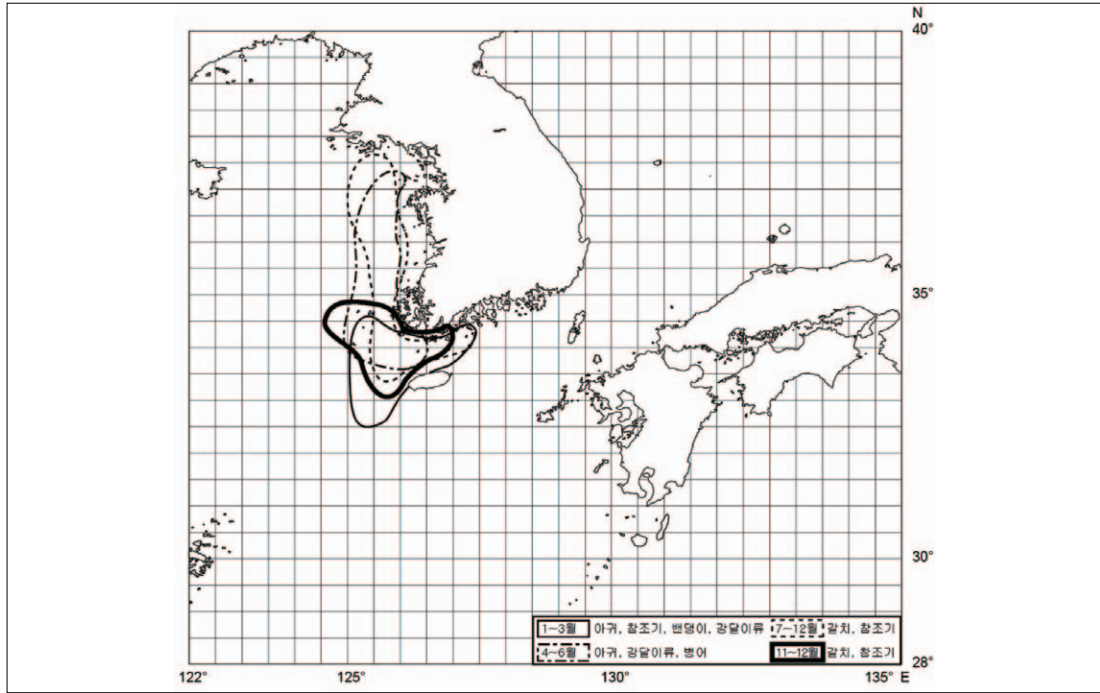


그림 4. 해상풍력개발과 관련한 우리나라 근해 안강망어업의 주요 어장도

표 8. 우리나라 서남해 풍력단지개발 계획지 주변해역 인공어초 시설 현황('71~' 09)

구 분	전체해역	해상풍력단지개발 계획해역		
		계	부안군	영광군
시설면적(ha)	206,337	5,627	5,168	459
수량(개)	1,329,313	25,461	22,611	2,850

지 없으며, 육상에서의 영향과 유사할 것으로 사료되므로 군사시설 및 해안가 주변지역에 대한 사전에 충분한 영향검토가 전제되어야 할 것이다.

넷째, 철새 및 조류의 주요 이동 경로나 서식지에 대한 환경영향을 진단해야 한다. 해상풍력발전기의 회전날개에 의한 조류의 피해 여부는 발전단지나 조류의 주요 이동 경로나 서식지 등에 인접하였을 때 발생할 가능성이 매우 높으며, 일정거리 이상 떨어져지게 되면 그 가능성은 크게 감소하게 될 것이다. 따라서 해상풍력발전단지의 입지를 검토할 때 철새 및 조류의 주요 이동 경로나 서식지에 인접하여 입지하는 것은 지양되어야 할 것이다. 독일에서는 조류보호구역과 1,000m 이상 이격할 것을 권고하고 있다.

다섯째, 우리나라 연안해역에는 수산자원을 보존

하고 증강시키기 위하여 1971년부터 국가사업으로 수산생물자원의 서식 기반을 조성하는 인공어초어장이 조성되어 있으며, 그 시설 현황은 우리나라 전체 해역에 2009년까지 206,337ha 시설면적에 1,329,313개의 어초가 시설되어 있다(수산자원사업단, 2010). 최근에 발표한 서남해안의 해상풍력단지 개발 예정지역인 전북 부안군 위도 및 전남 영광군 주변해역은 수심이 비교적 낮고 풍황이 좋아 해상풍력발전단지 개발에 비교적 유리한 입지여건을 가지고 있으나, 이 해역은 이미 많은 양식장으로 개발·이용되고 있고, 그림 4와 같이 우리나라 근해안강망어업의 갈치, 참조기, 아귀, 병어 및 광달이 등의 주요어장으로 되어있으며(국립수산물과학원, 2010), 또한 그림 1 및 표 8과 같이 인공어초어장이 조성되어 있는 해역으로써 이곳에 해상풍력단지를

표 9. 우리나라 해안·해상 국립공원 현황

공원명	위치	면적(km ²)			지정일자
		합계	육역	해역	
한려해상	거제시, 통영시, 사천시, 여주시, 하동군, 남해군 일원	545.63	150.15	395.48	1968. 12. 31
태안해안	충남 태안군 해안일대	326.57	37.03	289.54	1978. 10. 20
다도해해상	전남 여주시 앞바다부터 흑산도, 홍도 등	2,321.51	334.83	1,986.68	1981. 12. 23
변산반도	전북 부안군 일대	154.72	145.52	9.20	1988. 6. 11
계		3,348.43	667.53	2,680.90	

조성할 경우 해역이용 상충성에 많은 문제점을 내포하고 있으므로 충분한 검토가 이루어져야 한다.

여섯째, 해상국립공원 등 각종 해양보호구역으로 지정·관리되고 있는 지역의 영향에 대한 충분한 검토를 통해서 지정목적의 훼손여부에 대한 검토가 이루어져야 한다. 우리나라 서해 및 남해 연안은 각종 보호 및 지정해역으로 설정되어 해양환경 및 수산자원의 보호를 위해 관련정책이 수행되고 있다. 대표적인 것으로 자연공원법에 근거해서 우리나라 연안에 지정되어있는 해안·해상국립공원(표 9)으로서는 한려해상국립공원, 다도해해상국립공원 및 태안해안국립공원 등이 있으며, 이들 지역은 경관이 수려해 오염을 방지하고 자연을 보존하기위해 국가에서 지정·관리하고 있다. 그 외에 해양환경 및 생물의 보호를 위해 「해양환경관리법」에 의한 환경보전해역 및 특별관리해역, 「해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률」에 의한 해양보호구역, 「해양수산발전기본법」에 의한 해중경관지구, 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」에 의한 자연환경보전지역 및 수산자원보호구역, 「수산업법」에 의한 보호수면 및 육성수면, 「습지보전법」에 의한 습지보호구역, 「수산물품질관리법」에 의한 패류생산지정해역, 「야생동식물보호법」에 의한 야생동식물보호구역, 「어장관리법」에 의한 어장관리특별해역 등으로 각종 개별법으로 지정·관리되고 있다. 따라서 해상풍력단지조성으로 인해 이들 지역 뿐만 아니라 주변해역에 직·간접적으로 영향을 미칠 가능성이 있는지에 대한 충분한 평가 및 검토가 수반되어야 하고, 이를 바탕으로 한 신중한 정책결정이 이루어져야 할 것이다.

4. 해상풍력개발에 따른 협의개선 고찰

전원개발 사업 중 대표적인 발전소 건설의 예는 화력, 원자력, 조력 및 풍력발전소 등이며, 최근에 녹색성장산업의 일환으로 신재생에너지개발이 국가의 관심사항으로 대두되면서 조력, 태양광 및 풍력발전사업이 급속히 확대되고 있다. 그러나 조력 및 풍력발전개발사업의 경우 환경문제 및 민원발생 우려에 따른 갈등요인으로 사업추진에 난항을 겪고 있으며, 이러한 문제점은 환경영향평가 방법과 제도의 미비점에 편승하여 나타나기도 한다(차동원 등, 1998). 또한 환경영향평가제도에서는 지역 및 사업의 특성이 반영되지 않고 지침에 의존하여 틀에 박힌 평가가 이루어지는 경우도 많으므로 신재생에너지개발 분야의 사업별 특성이 반영된 평가제도개선이 시급히 요구된다.

현행 평가제도상에서 해양부문 개발사업의 필수 평가사항인 해양환경 항목이 환경영향평가서 작성 등에 관한 규정에서 수환경분야의 일부 항목으로 축소 구분되어 있어 개발사업에 따른 복잡한 해양생태계의 상호관계를 예측·평가하는데 미흡한 부분이 많다. 따라서 해양부문 환경영향평가의 실효성을 강화하기 위하여 해상풍력과 같이 공유수면에서 이루어지는 사업의 경우에는 그 특성을 고려하여 대기환경분야, 수환경분야, 토지환경분야, 자연생태환경분야 등과 같이 해양환경분야를 고유 평가항목으로 확대 개선할 필요가 있다. 더욱이 이를 중점평가항목으로 구분하고, 세부평가항목으로는 해양물리, 해양화학, 해양생물, 해양지형지질, 수산자원 및 해역이용상황 등의 항목이 포함되어 다양한 분야의 복잡한 해양환경의 특수성을 고려한 해양부

문 환경영향평가의 확대·강화가 요구된다.

또한, 환경영향평가대상사업의 규모범위도 「환경영향평가법」에 풍력발전사업이 태양광 및 연료전지 발전과 같이 발전시설용량 10만kW이상 규모로 되어 있는데, 그 이하의 발전규모 범위에서 광범위한 공유수면을 점용하거나 해양환경에 미치는 영향이 우려됨에도 불구하고 환경영향평가에서 제외될 수 있고, 단순한 해역이용협의로 대규모 단지조성사업을 평가하는데 한계가 있을 수 있다고 판단된다. 따라서 해상풍력개발사업은 해양수산환경에 미치는 직·간접적인 영향과 민원발생 우려가 크므로 이를 감안한 현실적인 평가대상사업의 규모가 재설정되어야 할 것으로 판단된다. 나아가서, 순수한 공유수면에 대단위로 이루어지는 해상풍력단지조성은 바다골재채취와 같이 일정규모 이상을 고려하여 해역이용영향평가대상으로 검토될 필요가 있을 것이다.

결론적으로 신재생에너지개발사업의 일환으로 추진되는 해상풍력개발사업의 긍정적 측면을 강화하고, 이로 인해 훼손되거나 피해영향을 받을 수 있는 해양수산부문의 잠재적 가치를 보호하고 실효적 저감방안을 강구해서 사업이 친환경적으로 추진되기 위해서는 입지선정과 더불어, 구체적 환경평가에서 해양환경 및 수산자원에 미치는 합리적 영향진단이 선행되는 것이 매우 필요하다고 판단된다.

IV. 결 론

본 연구는 해상풍력개발사업에 따른 현재의 개발 및 환경평가 현황과 제도의 문제점을 진단하고, 입지선정 및 환경영향평가 단계에서의 중점검토사항을 제시하였다. 2008년 말 기준으로 우리나라 해안 지역에 건설된 풍력발전 용량은 약 62MW로 풍력발전 전체 용량의 22%에 달하고, 이 중 거의 대부분(약 54MW)이 제주도에 위치하고 있으며, 서해안 지역에는 8MW가량 설치되어 있는 것으로 분석되었으며, 이에 대한 계획이 증가하고 있는 상황이었다. 현재까지 평가·협의된 풍력발전은 대부분 그 규모가 작아 사전환경성검토만 받아 시행되었고,

환경영향평가와 해역이용협의는 일부지역에 국한된 것으로 나타났다. 입지선정에서는 수심이 낮은 연안지역에서 집중되고 있으므로 육지와 이격거리, 외력 및 지형변화를 고려한 안정성, 특히 각종 보호구역, 인공어초 등 어장분포와 선박이동이 활발한 사업구역 특성상 이에 대한 철저한 사전진단이 고려되어야 하는 것으로 평가되었다.

또한, 현재 사업특성을 반영하거나 과학적인 진단이 미흡한 상태에서 협의·평가가 이루어지고 있으므로 공사시는 구조물 설치에 따른 부유사확산, 해저면 변화와 어장영향이 중요하고, 운영단계에서는 소음·진동에 따른 해양생물의 반응성, 전자기장 영향, 조류의 영향, 해양경관 훼손, 해상항로 방해 및 각종 해양보호구역 훼손과 대책 등이 마련되는 것이 중점적으로 평가되어야 할 것이다. 제도적으로는 해상풍력개발사업은 해양수산환경에 미치는 직·간접적인 영향과 민원발생 우려가 크므로 이를 감안한 현실적인 평가대상사업의 규모가 재설정되거나, 해역이용영향평가대상으로 검토되어야 할 것이다. 해상풍력개발사업이 이로 인한 이차적인 환경훼손을 최소화하고 친환경적으로 추진하기 위해서는 환경영향을 고려한 세밀한 입지선정과 더불어, 구체적 환경평가 단계에서 해양환경 및 수산자원에 미치는 합리적 영향진단이 선행되는 것이 매우 필요하다.

사 사

본 연구는 국립수산과학원(RP-2011-ME-034)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- 국립수산과학원, 2010, 연근해 주요 어업자원의 생태와 어장.
- 경남호, 윤정은, 장문석, 장동순, 2003, 한반도해역의 해상풍력 자원 평가, 한국태양에너지학회지, 23(2), 35-41.

- 김영찬, 정진화, 이응채, 전중환, 한경섭, 김용환, 2006, 전남지역 남해안 풍력자원조사 연구, 한국신·재생에너지학회 추계학술대회 논문집, 281-285.
- 김정근, 정철모, 2009, 해상풍력단지 개발을 위한 입지요인 분석(풍자원을 중심으로), 도시행정정보, 22(1), 145-165.
- 김지영, 강금석, 오기용, 이준신, 유무성, 2009a, 국내해역의 해상풍력 가능자원 평가 및 예비부지 선정, 5(2), 39-48.
- 김현구, 송규봉, 황선영, 윤진호, 황효정, 2009, 국가바람지도 및 지리정보시스템 기반의 해상풍력단지 입지전략 연구, 한국환경과학회지, 18(8), 877-883.
- 김현구, 최재우, 이화운, 정우식, 2004, 한반도 해상풍력자원 산정에 관한 연구, 한국대기환경학회 추계학술대회논문집, 79-80.
- 수산자원사업단, 2010, 인공어초시설 실적(1971~2009).
- 이대인, 엄기혁, 전경암, 김귀영, 2010, 바다골재채취에 따른 환경영향 스코핑과 제도개선, 환경영향평가, 19(3), 335-345.
- 지식경제부, 2010, 서남해안에 대규모 해상풍력단지 건설 추진, 지식경제부 보도자료.
- 차동원, 김용화, 정기욱, 김창현, 1998, 전력산업의 환경영향평가 분석을 통한 제도개선, 환경영향평가학회지, 7(2), 145-152.
- 한국해양수산개발원, 2011, 해양산업동향, 제31호.
- Dhanju A., Whitaker P. and Kemton W., 2008, Assessing Offshore Wind Resources: An Accessible Methodology, J. of Renewable Energy, 33(1), 55-64.
- DNR, 2005, Umwelt und naturvertragliche Windenergienutzung in Deutschland (onshore) Grundlagenarbeit fur eine Informationskampagne.
- Ryunosuke K., 2010, Risk formulation for the sonic effects of offshore wind farms on fish in the EU region, Marine pollution Bulletin, 60, 172-177.