

# 항만구역 내 해상풍력발전의 도입을 위한 최적입지 선정에 관한 연구

## Study for an Investigation of Optimal Site for Introducing Offshore Wind Power in Harbour Areas

홍군희<sup>1</sup>, 안익성<sup>2</sup>

Hong Goon Hee<sup>1</sup>, Ahn Ik Seong<sup>2</sup>

### 1. 서 론

지구 온실가스의 증가로 인한 각종 자연재해의 증가에 따라 이를 규제하고, 통제하기 위한 전 지구적 노력이 가속화 되고 있다. 우리나라도 지금까지는 개도국 지위가 인정되어 교토의정서에서 정한 온실가스 의무감축국에서 제외되어 있었지만 2012년 이후 포스트 교토의정서 논의에서는 감축 의무국가에 포함될 가능성이 높다.

이에 정부에서도 저탄소 녹색성장을 정책기조로 삼아 시대적인 위기를 극복하기 위한 노력을 지속해 오고 있다.

국토해양부에서는 이러한 정부 정책의 일환으로 항만에서 사용하는 전력을 해상풍력발전을 이용해 대체하기 위한 기본조사 용역을 수행하고 있다.

본 연구에서 가장 중요한 사항은 입지선정에 관한 것으로써 이는 현장조사를 통해 최종적으로 선정되어야 하지만 2009년 4월 완성된 1km×1km 고해상도 국가 바람지도를 이용해 개략적으로 예비 후보지를 선정하여 보았다.

입지는 바람조건, 수심, 확장성, 지질조건, 계통연계 거리 등을 종합적으로 고려하여 경제성과 안정성, 장애성 등을 갖춘 최적의 위치로 선정하였다.

### 2. 검토대상 항만

일반적으로 해상은 육상에 비해 바람의 양뿐만 아니라 질적인 면에서도 월등한 것으로 알려져 있다. 그러나 육상에 비해 열악한 해상조건은 풍력발전이 해상으로 확장해 가는데 가장 큰 걸림돌로 작용하고 있다.

본 연구에서는 이를 고려하여 과업대상 구역을 항만구역 내(28개 무역항, Fig 1 참조)로 제한하였다. 항만구역은 국토해양부의 고유 관리구역으로써 위에서 언급한 문제들을 해결할 수 있을 뿐만 아니라 아래와 같은 여러 가지 장점들을 가지고 있다.

- 외해에 준하는 풍력밀도 보유
- 방파제 등의 차폐로 파압 및 여러 가지 해상 영향에 유리
- 육상과 가까워 해저케이블 거리 최소화되면서 계통 연계 비용 최소화
- 인근 부두를 활용하여 설치 및 유지관리에 용이
- 어업권 소음 등의 민원 불식
- 법적인 문제 간소화 가능

무엇보다 국토해양부에서 추진하는 정책사업으로써 상징성을 부각하는 측면에서도 무역항은 유리한 입지를 갖고 있다.

다만, 30개 무역항 중에서 삼척 호산항과 인천 경인항의 경우에는 현재 계획중인 점을 고려하여 대상에서 제외하였다.

1 발표자: (주)항도엔지니어링 항만부 차장

2 (주)항도엔지니어링 부사장

### 3.최적입지 선정

#### 3.1 입지선정시 기본적인 고려사항

해상풍력발전 입지를 선정하기 위해서는 풍황, 해황, 환경보호 측면 및 입지여건 등에 대해 종합적으로 검토하여야 한다(Table 1 참조)

본 과업은 항계내로 제한된 수역에 해상풍력발전 설치를 용역으로써 조류 이동경로 및 서식지와 같은 환경적 측면과는 큰 관계가 없으며, 어장, 군사시설, 국립공원 등에도 해당되지 않으므로 검토대상에서 제외하였다.

전과장해의 경우 아직까지 명확한 기준이 있는 것이 아니어서 고려대상에서 제외하였으며, 고도제한(항공법)에 관한 문제는 항만 인근에 비행장이 있는 경우가 없어 또한 고려대상에서 제외하였다.

이 외에도 인허가 및 법적인 문제에 대해 충분히 검토한다.



Fig. 1. The present condition of whole trading port.

Table 1. Considerable items for investigation of wind farm site.

구 분	항 목	세부기준
풍 황	풍력자원	• 풍력자원 고려(3등급 이상)
	태 풍	• 최대풍속(설계풍속) 고려
해 황	파 랑	• 파향별 파고 및 주기
	수심/조위	• 수심 20m 이하로 적용
	지 질	• 연약층 심도 고려
	지 진	• 지진활동도, 지진력
환 경 보 호	환경보호 구역	• 환경보호지역 • 조류 이동경로 및 서식지 유무
입 지 여 건	수심, 항로, 이안거리, 확장성 등	• 경제성 및 사업성을 고려
기 타	해상 이용현황	• 저유탱크, 발전소 인근 • 어장, 군사시설, 해상 국립공원 • 전과장해, 고도제한

#### 3.2 입지선정 방법

입지선정시 가장 중요한 것은 바람자원을 평가하는 것이다. 본 연구에서는 바람자원을 평가하기 위하여 2009년 4월 한국 에너지기술연구원에서 공개한 고해상도 국가바람지도(1km×1km)를 활용하였다. 이 외에도 수심, 항로, 항만 운영구역, 이안거리, 확장성 등을 종합적으로 고려하였으며, 이 과정을 총칭해 풍력자원 잠재량 추정이라 한다(김현구, 2008).

풍력자원 잠재량은 이론적 풍력자원 잠재량, 지리적 잠재량, 기술적 잠재량, 공급가능 잠재량으로 구분하였다.

전국 무역항을 대상으로 이론적 풍력자원 잠재량 추정을 통해 잠재적 개발 가능지역 선정 후 지리적, 기술적으로 부적합한 지역을 배제하는 방식을 적용하였으며, 최종적으로는 사업화가 가능한 정도의 입지로 축약하였다. 각 잠재량 별 고려사항은 아래와 같으며, 이에 대한 제한조건은 Table 2와 같다.

- 이론적 잠재량 : 28개 무역항 항계 내
- 지리적 잠재량 : 수심, 항로, 항만 운영구역, 이안거리, 변전소 거리 고려
- 기술적 잠재량 : 풍력밀도 고려
- 공급가능 잠재량 : 확장성(항후 사업화 고려)

수심은 해양개발원의 수치해도를 활용하였으며, 항로 등의 운영구역은 전국 무역항 기본계획

(2006)를 활용하였고, 계통연계는 전국 한전계통망을, 이안거리는 항계내로써 고려하지 않았다.

**Table 2.** Critical condition for offshore wind farm

구분	제한조건
풍력밀도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 300 W/m<sup>2</sup> 이상(지상 50m지점)</li> <li>• 400 W/m<sup>2</sup> 이상(지상 80m지점)</li> </ul>
수심	• 20 m
계통연계	• 20 km 이내
이안거리	• 25 km 이내
확장성	• 4 km <sup>2</sup> 이상(10기 이상 설치규모)

### 3.3 국가바람지도의 분석

풍력자원 잠재량 산정시 가장 중요한 핵심자료는 풍력자원의 공간정보이다. 본 연구에서는 수치바람모의를 통하여 2009년 4월 구축된 1km×1km 고해상도 국가바람지도를 활용하였다(Fig 2 참조).

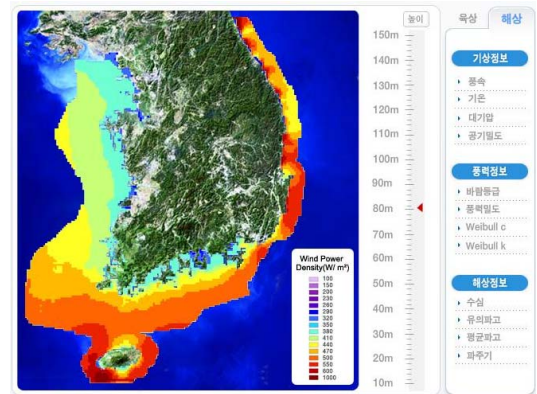
문헌에 의하면 기존의 풍력자원 잠재량 산정의 경우 바람지도 대신 지면기상 관측자료를 이용하여 풍력밀도의 공간분포를 추정할 사례가 대부분이다. 지면기상 관측자료를 허브높이로 수직 외삽보간(extrapolation) 및 수평공간 내삽보간(interpolation)할 경우 필연적으로 복잡한 가정이 도입된다. 특히 우리나라와 같은 복잡지형에서는 보간 과정에서 수용하기 힘든 수준의 예측오차가 발생한다(김현구, 2005).

이에 본 연구에서는 수치바람모의로 작성되고(김현구 등, 2006) 기상통계학적으로 검증된(이순환 등, 2007) 국가바람지도를 활용함으로써 풍력자원 잠재량 산정의 정확도 및 신뢰도를 대폭 향상하였다.

고해상도 구축 이전 중해상도 국가바람지도(3km×3km)를 활용해 추정한 우리나라 육·해상 풍력자원 잠재량을 Table 3에 제시하였다(김현구, 2008). 여기에서 최종적으로 우리나라에 공급 가능한 해상풍력 잠재량은 약 7.9GW 규모로 이는 우리나라 총 소비전력의 11%에 해당하는 정도의 규모이다.

**Table 3.** Estimated potential energy for wind resource in south korea(김현구, 2008)

분류	단위	육상	해상	
이론적 잠재량	잠재량	TWh/y	987.0	880.8
	용량	GW	369	309
	면적	km <sup>2</sup>	97,545	79,549
지리적 잠재량	잠재량	TWh/y	98.7	176.2
	용량	GW	36.9	62.8
	면적	km <sup>2</sup>	9,754	15,910
기술적 잠재량	잠재량	TWh/y	-	-
	용량	GW	18.5	31.4
	면적	km <sup>2</sup>	4,877	7,955
공급가능 잠재량	잠재량	TWh/y	-	-
	용량	GW	4.6	7.9
	면적	km <sup>2</sup>	1,219	1,989



**Fig. 2.** Wind map with high resolution(1km×1km)

### 3.4 풍력자원 잠재량 추정

28개 무역항을 대상으로 검토한 풍력자원 잠재량 추정결과를 Table 4에 제시하였다.

검토결과 우리나라 해상에서 항만이 차지하는 부분의 면적은 약 2% 정도인 것으로 나타났으며, 이에 따라 풍력자원 잠재량도 해상의 약 2% 수준인 14,921GWh/y로 나타났다. 최종적으로 공급가능 잠재량은 576GWh/y로써 이는 항만에서의 총 전력 소비량 962GWh/y(국토해양부, 2008)의 약 60% 수준인 것으로 나타났다. 이는 항만을 활용하여 해상풍력발전을 최대한 설치한다면 우리나라 항만 소비전력의 60%를 대체할 수 있다는 의미이다.

**Table 4.** Estimated potential energy for wind resource at trading port in south korea

구 분	28개 무역항			상위 단계 대비 (%)
	잠재량 (GWh/y)	용 량 (MW)	면 적 (km <sup>2</sup> )	
이론적 잠재량	14,921	5,240	1,344	-
지리적 잠재량	3,922	1,398	354	26
기술적 잠재량	1,424	507	129	36
공급가능 잠재량	576	205	52	40

### 3.5 입지 선정

입지선정은 사업화 가능한 바람(Class 3 이상) 뿐만 아니라 항계 내 수심(20m 이하), 계통연계(20km 이내), 확장성(4 km<sup>2</sup> 이상)을 모두 만족하는 항만으로 선정하였다. 검토결과 이를 모두 만족하는 항만은 전국 28개 항만 중 목포항, 포항항, 부산항 3개항만인 것으로 나타났다(Fig 3 참조).



**Fig. 3.** Investigation of optimal site

## 4. 결 론

28개 무역항에 대한 잠재량 추정을 위한 바람의 평가는 수치모의에 의해 작성된 고해상도 국가바람지도를 활용하였다.

풍력자원 잠재량의 체계적 분석을 위하여 잠재량을 크게 이론적잠재량, 지리적 잠재량, 기술적 잠재량, 공급가능 잠재량으로 분류하여 각 단계별로 제한조건(바람조건, 수심, 계통연계, 확장성 등)을 두었다. 하위단계는 상위단계에서 정의된 제약조건을 그대로 승계하며, 상세화 되는 구조로써 최종적으로는 실제 공급 가능한 잠재량을 추정하고, 이를 만족하는 항만을 최적입지로 선정하였다.

검토결과 이를 모두 만족하는 항은 목포항, 포항항, 부산항인 것으로 나타났으며, 3개 항만을 통해 공급 가능한 잠재량은 총 576GWh/y로 항만에서 필요로 하는 총 소비전력량 962GWh/y의 약 60% 수준인 것으로 검토되었다.

## 감사의 글

본 연구는 국토해양부 기본조사 용역 (해상풍력발전 도입 및 기반구축 기본조사 설계)의 일부 내용이며, 관계기관의 지원 및 협조에 감사드립니다.

## 참고문헌

국토해양부 (2008) 저탄소 항만 구축방안에 관한 연구, 123-140

김현구 (2005) 포항지역 풍속전단 형태분석과 측정-보정-예측법의 응용, 한국신재생에너지학회, 1권 2호

김현구, 장문석, 경남호, 이화운, 김동혁, 최현정 (2006) 수치바람모의에 의한 저해상도 국가 바람 지도의 구축, 한국신재생에너지학회, 26권 4호

김현구 (2008) 남한 풍력자원 잠재량의 예비적 산정, 한국태양에너지학회, Vol. 28, 6

이순환, 이화운, 김동혁, 김현구 (2007) 한반도 풍력자원 평가를 위한 초기 공간해상도와 위성자료 동화의 관계 분석, 한국대기환경학회, 23권 6호

해양수산부 (2006) 전국무역항 항만 기본계획 수정계획