

## 풍력자원 잠재량 산출을 위한 저해상도 바람지도 구축

김현구<sup>1)</sup>, 장문석<sup>2)</sup>, 경남호<sup>2)</sup>

### Low-Resolution Wind Mapping For Estimation of Wind Resource Potential

Hyun-Goo Kim, Moon-Seok Jang, Nam-Ho Kyong

**Key words** : Wind Resource Potential (풍력자원 잠재량), Wind Map (바람지도), Numerical Wind Simulation (수치바람모의)

**Abstract** : The national goal of wind energy dissemination has to be determined rationally based on technically available wind resource potential. For a reliable and scientific estimation of wind resource potential, a wind map is requisite. This paper presents the national wind map of Korea established by numerical wind simulation. Prediction accuracy of the low-resolution wind map is improved by nudging QuikSCAT data and is validated by comparing with marine buoy, beacon and met-mast measurements. Therefore, quantification of national wind resource potential is now possible and is anticipating to be utilized as a core index for policy and strategy building of wind energy dissemination and technology development.

#### 1. 서론

풍력발전을 이용하는 대부분의 국가에서는 정책적으로 풍력발전 보급목표의 설정을 위해 풍력자원지도를 작성하여 사용하고 있다. 참고로 풍력자원지도(wind resource map)란 풍력자원에 대한 제반 정보를 지리공간 상에 투영한 것으로 기상학적 요소인 바람에 한정하여서 바람지도(wind map)라고 한다. 특히 풍력발전사업이 정상패도에 도달한 국가에서는 최신 수치바람모의(numerical wind simulation) 기술을 도입하여 풍력자원지도의 정확도를 지속적으로 향상시킴으로써 정책수립의 핵심지표로 활용함과 동시에 풍력발전 유망후보지 발굴에 활용하고 있다. 반면 우리나라는 복잡지형(complex terrain) 및 복합기상 등의 난제로 인해 풍력발전보급 및 풍력발전기 개발에 비하여 바람지도 작성이 상대적으로 늦어짐에 따라 보급사업 및 기술개발 전략수립에 다소간의 논란이 있는 것이 사실이다. 즉, 우리나라 풍력자원 잠재량이 신재생에너지 보급계획을 만족시킬 정도로 충분한가? 지금의 추세로 풍력단지를 개발한다면 국산화 풍력발전기 보급을 위한 내수시장을 얼마나 확보할 수 있는가? 등의 정책에 대한 근본적인 질문이 계속 제기되고 있다.

이에 본 연구에서는 그동안 지연되었던 국가 바람지도를 수치바람모의에 의하여 작성하고 풍속별 면적을 산출함으로써 풍력발전 보급목표의 타당성을 과학적으로 뒷받침하는 핵심자료를 제공하였다. 또한 기술선도국가의 바람지도 개발사례를 벤치마킹하여 1차적으로 저해상도(수평 공간해상도 10 km) 육상 바람지도를 개발함으로써 향후 고

해상도(1 km) 육상 바람지도 작성을 위한 기술적 기반을 단기간 내에 구축하였다. 작성된 저해상도 바람지도의 연평균풍속은 상세지형으로 고도보정한 후 한국에너지기술연구원의 풍력자원 측정결과와 비교 검증함으로써 정확도와 유효성을 통계적으로 입증하였다. 참고로 해상 바람지도는 해석방법이 육상 바람지도와 상이한 관계로 별도로 구축되어야 하며 최근 미국, 영국 등이 해상 바람지도 개발을 본격적으로 시작되고 있다.

#### 2. 연구내용 및 결과

현재의 수치바람모의 기술수준을 감안한 정책 반영을 위한 풍력자원 잠재량 산출 시 요구되는 바람지도의 수평 공간해상도는 1km로, 이는 대부분의 국가 바람지도에서 채택하고 있는 해상도이다. 본 연구에서는 궁극적으로 고해상도 바람지도를 작성하기 위하여 1차적으로 광역의 저해상도 바람지도를 작성한 후 고해상도로 상세화 및 세분화하는 동지기법(nesting technique)을 사용함으로써 정확도 향상 및 계산시간 단축의 이득을 얻고자 한다.

수치바람모의에는 PSU/NCAR MM5를 우리나라의 상황에 맞추어 지속적으로 수정한 KMM5를 사용하였으며, 기작성된 종관바람지도(김현구 등, 2005)를 계산영역의 상층경계조건으로 적용하여 1단계로 동아시아 영역(3,240 x 3,240 km<sup>2</sup>)을 수치모의

1) 한국에너지기술연구원 풍력발전연구단  
Email: hyungoo@kier.re.kr  
TEL: 042-860-3376 FAX: 042-860-3543  
2) 한국에너지기술연구원 풍력발전연구단

한 후 2단계로 제주도 등 도서를 포함한 한반도 영역(810 x 729 km<sup>2</sup>)으로 상세화하여 3시간 간격으로 365일에 대하여 기상모의하여 수평 공간해상도 9km의 저해상도 국가 바람지도를 작성하였다.

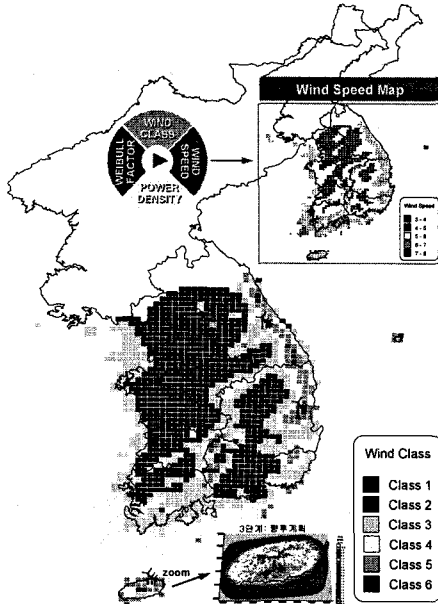


Fig. 1. Low-resolution wind map of South Korea

작성된 저해상도 육상 바람지도의 정확도와 유효성을 검증하기 위하여 한국에너지기술연구원의 풍력자원조사 실측풍속과 고해상도 격자로 내삽하여 산출한 예측풍속의 상관분석한 결과에 의하면 상관관계수 0.76, 결정계수(R<sup>2</sup>) 0.76의 우수한 적합도를 보이는 것으로 분석되었다. 저해상도 국가 바람지도로부터 남한 육상에서 연평균풍속의 풍속 구간별 면적을 산출하여 보면 표 1과 같다. 참고로 LOCALS™는 일본 CTC Co.에서 자체개발하여 일본 NEDO의 기술상을 수상한 수치바람모의 프로그램으로, 일본 바람지도 작성 시 한반도를 계산영역에 포함시켜 산출하였고 공간해상도는 본 연구와 유사한 10km이다(Tetsuro et al., 2006).

일본에서 작성한 남한 바람지도와 본 연구에서 작성한 남한 바람지도를 풍속구간별 면적으로 비교해 보면, 일본에서 작성한 바람지도가 한반도에서의 풍속을 다소 약하게 예측하고 있음을 알 수 있다. 이러한 차이는 수치바람모의의 경계조건으로 사용한 기상자료 및 해석모델에 의한 차이일 것으로 예상되지만 모의결과의 정확도는 실측자료와의 검증을 통해서만 판별할 수 있다. 참고로 저해상도 수치바람모의 결과는 일반적으로 풍속을 실제보다 작게 예측되는 경향이 있는데 이는 저해상도 지형은 평단효과로 실제보다 지형고도가 낮아지기 때문이다(이화운 등, 2005). 참고로 미국 바람지도(Elliott & Schwartz, 2005)로부터 산출된 풍속 구간별 면적비는 7m/s 이상이 11.7%, 6~7m/s가 35.8%로, 우리나라의 1.3%, 12.7%에 비하여 고풍속지역의 면적비가 크므로 상대적으로 미국의 풍력자원이 우수하다고 판단할 수 있다

Table 1. Corresponding area of wind speed ranges

Wind Speed Range	KMM5		LOCALS™	
	Area (km <sup>2</sup> )	Ratio(%)	Area (km <sup>2</sup> )	Ratio(%)
~ 5 m/s	53,603	53.9	75,048	76
5 ~ 6 m/s	32,027	32.2	19,095	19
6 ~ 7 m/s	12,630	12.7	4,325	4
7 ~ m/s	1,278	1.3	532	0.5

### 3. 결론 및 고찰

수치바람모의에 의하여 저해상도 국가 바람지도를 작성하였으며, 고해상도 지형자료를 이용하여 보정한 예측풍속과 지역표고 대표성이 있는 지면기상 측정풍속과의 상관분석을 통하여 작성된 국가 바람지도가 정성적, 정량적으로 유효함을 확인하였다. 저해상도 바람지도로 풍력자원 잠재량을 산출하기에는 오차요인이 포함되므로 향후 고해상도 바람지도가 작성되면 보급정책반영 및 국내시장예측이 가능한 정량지표로서의 풍력자원 잠재량 산출이 가능할 것으로 기대된다.

바람지도는 그 효용가치 때문에 해외에서는 지속적으로 상세화함으로써 풍력발전 분야를 포함한 다양한 분야에 활용하고 있다. 즉, 대기환경 분야의 대기오염 확산예측을 위한 기상입력자료의 제공, 건축설계 시 고층구조물의 풍하중(wind load) 산정을 위한 설계풍속의 제공, 방재대책 분야의 산불확산 예측 또는 원전사고 시 방사능물질 확산예측을 위한 기상조건 등 다분야에 걸쳐 기술과급 효과가 매우 크다. 따라서 향후 고해상도 국가 바람지도 작성 시에는 다양한 분야에서의 응용도 함께 고려하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

### 후기

본 연구는 산업자원부의 연구비 지원으로 수행되었으며(신재생에너지 자원조사 종합관리시스템 구축사업) 수치바람모의는 부산대학교 대기과학과 이화운 교수 연구팀과 공동으로 수행하였음.

### References

- [1] 김현구, 정우식, 이화운 (2005) 한반도 바람지도 구축에 관한 연구 - I. 원격탐사자료를 이용한 해상풍력자원 평가, 한국대기환경학회지, 21(2), 63~72.
- [2] 이화운, 최현정, 이강열, 성경희, 김현구 (2006) 수치모의에 의한 풍력자원 산출 시 상세지형과 지표면 경계조건에 의한 민감도 분석, 한국풍력에너지학회 추계학술대회.
- [3] Elliott, D. and Schwartz, M., Development and Validation of High-Resolution State Wind Resource Maps for the United States, Technical Report NREL/TP-500-38127, NREL, 2005.
- [4] Tetsuro, T., Hisashi, F., Ryoichi, T., Yosuke, Y. (2006) Asian Wind Power Resource Map, European Wind Energy Conference.