

풍력자원 평가를 위한 한반도 수치바람모의

*이 화운¹⁾, **김 동혁¹⁾, 김 민정¹⁾, 이 순환²⁾, 박 순영¹⁾, 김 현구³⁾

Numerical Simulation to Evaluate Wind Resource of Korea

*Hwa-Woon Lee, **Dong-Hyeuk Kim, Min Jung Kim, Soon Hwan Lee,
Soon Young Park, Hyun Goo Kim

Key words : Numerical Wind Simulation(수치바람모의), Wind Map(바람지도), Wind Power Density (풍력밀도), Wind Resource Statistic(풍력자원 통계)

Abstract : For the evaluation of wind resources, numerical simulation was carried out as a tool for establishing wind map around the korean peninsula. Initial and boundary condition are given by 3 hourly RDAPS(Regional Data Assimilation and Prediction System) data of KMA(Korea Meteorology Administration) and high resolution terrain elevation land cover(30 seconds) data from USGS(United States Geological Survey). Furthermore, Data assimilation was adopted to improve initial meteorological data with buoy and QuikSCAT seawinds data. The simulation was performed from 2003 to 2006 year. To understand wind data correctly in complex terrain as the korean peninsula, at this research, Wind map was classified 4 categories by distance from coastline and elevation.

subscrip

MM5 : PSU/NCAR mesoscale model version 5
WPD : wind power density (watt/m²)

1. 서론

풍력발전은 무한하고 청정한 바람을 이용함으로써 인류가 직면한 자원고갈과 지구온난화 문제를 동시에 극복할 수 있는 에너지 생산수단이다. 또한 태양광, 지열, 연료전지 등의 신재생 에너지 중 기술성숙도와 경제성이 가장 높아 실현가능성이 가장 큰 대체에너지 자원이다. 이미 미국을 비롯한 많은 지역에서도 풍력 에너지 평가를 위하여 실증연구를 실시하고 있다.⁽¹⁾

풍력발전사업의 성패는 정확한 풍력자원의 평가가 선행되어야 한다. 즉 지구상 모든 곳에 풍황은 일정하지 않다. 한반도의 경우 대기 대순환적인 측면에서 경압성이 우수한 북반구 중위도에 위치하고 삼면이 바다로 둘러싸여 있기 때문에 상대적으로 우수한 풍력자원을 보유할 것이라고 유추할 뿐 아직까지 정확한 평가는 이루어지지 못하였다.⁽²⁾ 이러한 이유로 정확한 풍력자원 평가를 위한 바람지도의 작성이 무엇보다 우선시 요구되고 있다. 풍력자원지도(wind resource map)란 풍력자원에 대한 제반 정보를 지리공간상에 투영한 것으로 기상학적 요소인 바람에 한정하여서 바람지도(wind map)라고 한다⁽³⁾. 특히 풍력사업 분야에서는 바람지도로부터 유망후보지

를 선정하고 현장측정에 앞서 사업타당성 평가를 할 수 있도록 해석자료를 제공함으로써 사업위험성의 경감 및 평가비용의 절감효과가 있다. 국내의 경우, 바람지도작성의 초기단계에 기상청산하 74개 관측치의 단순보간을 이용한 방법과 위성자료를 이용한 해상풍력자원평가가 이루어졌으나 74개 관측지점이 한반도 전역을 대표할 수 있는 충분한 공간해상도를 가지지 못하였고 해상풍력자원의 평가에 한정되었다. 기술선진국의 경우 기상관측치의 활용과 병행하여 대기기상모형을 통해 고해상도의 장기간 바람자료를 이용해 바람지도를 작성하고 있다. 미국의 경우 WindMap을 이용해 중규모 및 미규모 상세바람장을 예측하고 통계적 처리를 거친 양질의 바람자료를 이용해 연간 및 계절별 바람지도자료를 제공하고 있으며 일본의 경우, LAWEPS을 이용해 바람지도 구축시스템을 완비하였다. 대기모형 기상예측은 지상 및 연직, 특히 우수한 바람자원을 가진 해상의 기상관측의 어려움을 위성관측 자료동화 시스템을 극복할 수 있으며⁽⁴⁾ 장기간 수치 시뮬레이션이 가능하고 지표특성 및 지형특성을 잘 반영하여 해상 및 육상에서 아주 정밀한 바람자료를 제공할

1) 부산대학교 대기환경과학과
E-mail : heakee@pusan.ac.kr
Tel : (051)583-2651 Fax : (051)517-1217
2) 부산대학교 BK21 연안환경시스템사업단
3) 한국에너지기술연구원

수 있다. 또한 바람지도로부터 제공된 풍향정보는 활용주체의 충분한 기상학적 지식이 요구되며 한반도와 같은 복잡지형에 정확한 수치바람모의를 위해서는 고해상도의 입력자료가 요구되어진다.

본 연구에서는 수치모의를 통한 저해상도 바람지도의 작성과 그 결과를 토대로 복잡지형을 고려한 풍향정보의 객관적인 해석 방법에 대해 살펴보고자 한다.

2. 저해상도 바람지도

2.1 모델개요 및 수치모의

2.2.1 MM5

MM5는 대상 지역의 기상 조건을 시·공간적으로 상세히 분석 하기 위한 대표적인 중규모 3차원 기상모델이다. MM5 V3 중규모 기상모델은 sigma 좌표계로 쓰여진 비정수(non-hydrostatic) 방정식계를 사용하며, Arakawa B 격자망으로 구성되어 있다. 공간적으로 2차 중앙차분법을 사용하며, 5개의 예단 변수를 풀기 위해서 시간 분리법(time splitting scheme)을 사용한다. 예단 변수로는 수평 및 연직 속도(u, v, w), 기압 섭동(p') 및 온도(T)이다. 시간 분리법은 두 단계로 진행되는 데 큰 시간 간격은 천천히 이동하는 기상학적인 파동을 적분하기 위해 leap-frog scheme을 사용하며, 작은 시간 간격은 빠르게 이동하는 음파를 적분하기 위하여 반암시적인 방안(semi-implicit scheme)을 사용한다. Multiple Nesting 기법을 통해 27km 격자간격을 가진 넓은 분석영역에서의 3차원 자료값을 9km, 3km, 1km 간격과 같은 좁은 영역에서의 값을 계산하여 소규모 기상현상을 추정하는 방법으로 사용되고 있다. MM5는 대표적인 3차원 기상모델이므로 수행 영역내의 수평 기상 뿐만 아니라 수직 기상도 추정이 가능하다. 따라서, 현실적으로 실시간 관측이 어려운 상층기상의 관측자료를 보완하는데 활용될 수 있다.

2.2.2 수치모의 설계

본 연구에서는 상세 기상환경 수치모의를 위해 Fig. 1에서와 같이 모델의 등지격자 도메인을 각각 27km, 9km 분해능의 2개 영역으로 나누었으며 모델의 초기 및 경계 입력자료는 기상청에서 제공하는 RDAPS (Regional Data Assimilation and Prediction System)를 사용하였다. Table 1에 선택된 물리옵션 및 전반적인 모델 구성을 요약하였다.

Table 1. Description of numerical simulation.

	Domain 1	Domain 2
Horizontal Grid	80 × 80	91 × 82
Resolution (km)	27	9
Vertical Grid	33 Layers	
Physical Option	Grell Cumulus Scheme	
	MRF PBL Scheme	
	Mixed Phase Moisture Scheme	
	RRTM Longwave Radiation Scheme Five-Layer Soil Model Surface Scheme	
Run Period	2003.1.1 00 LST ~ 2006.12.31 00 LST	

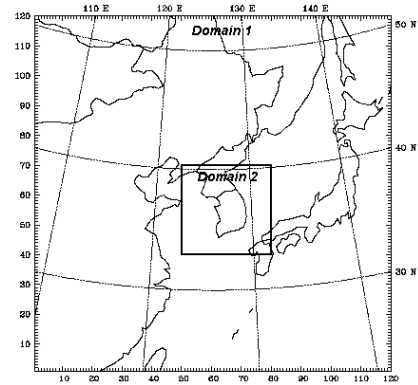


Fig. 1. Map depicting of horizontal domain

2.2 바람지도

Fig. 2는 지표면으로부터 50m 높이에서의 월 평균 풍속분포를 나타낸 바람지도이다. 연간 평균바람분포를 살펴보았을때 해안지역이 내륙지역보다 강한 풍속이 출현하였으며 남동해안 및 제주도 일대에서 7.5m/s 이상의 우수한 풍력자원이 존재하였다. 계절별로 살펴볼 경우, 겨울에 탁월한 북서계절풍의 영향으로 전반적으로 풍력자원이 우수하였고 여름에 다소 약한 7m/s 이하의 풍속이 존재하였다.

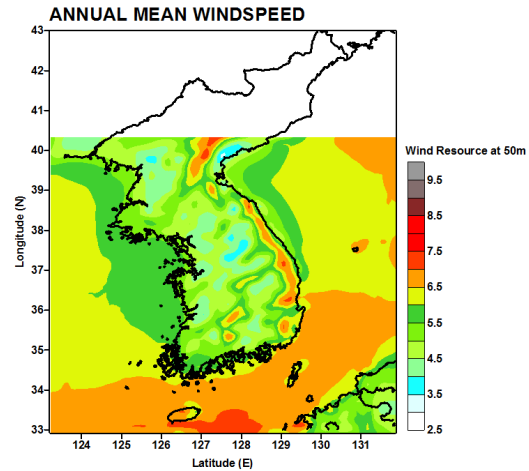


Fig. 2. Wind Map at 50m elevation.

3.1 요약

본 연구결과 한반도 저해상도 바람지도는 기상학적 특성이 잘 반영된 결과라 할 수 있으며 보다 객관적인 검증 방법과 바람지도로부터 산출된 풍향자료의 해석방법에 대해 더욱 면밀히 살펴보고자 한다.

후기

본 연구는 산업자원부 신재생에너지기술개발 사업내 “한반도 해역 해상풍 분석시스템 개발 및 해상풍력자원지도의 기상학적 검증” 사업의 일환으로 수행되었습니다.

References

- [1] Christmann, R., 2007, "wind energy in Germany-policy, status and research activity", International Workshop for wind energy, Jeju
- [2] 이순환, 이화운, 김동혁, 김현구, 2007, " 한반도 풍력자원평가를 위한 최기 공간해상도와 위성자료 동화의 관계 분석", J. KOSAE Vol.23, No.6, pp.653-665
- [3] 김현구, 이화운, 정우식, 2004, " 한반도 바람 지도 구축에 관한 연구 I. 원격탐사자료를 이용한 해상풍력자원 평가", J. KOSAE Vol.21, No.1, pp.63~72
- [4] Lee, S.-H., D.-H. Kim, and H.-W. Lee, 2007, " Satellite-based Assessment of the Impact of Sea-Surface Winds on Regional Atmospheric Circulations over the Korean Peninsula, International Journal of Remote Sensing(now print)