한 국 태 양 에 너 지 학 회
VOL. 29, NO. 1, 2009. 4. 10 대구 EXCO
춘계학술발표대회 논문집

고해상도 육상바람지도 구축을 위한 기상장 수치모의 및 지상강풍 추정

정우식*, 이화운**, 박종길***, 김현구****, 김동혁*****, 최효진******, 김민정*******

*인제대학교 대기환경정보공학과/대기환경정보연구센터 (wsjung1@inje.ac.kr)
**부산대학교 지구환경시스템학부 (hwlee@pusan.ac.kr)
***인제대학교 환경공학부/대기환경정보연구센터 (envpjk@inje.ac.kr)
****한국에너지기술연구원 풍력발전연구단 (hyungoo@kier.re.kr)
*******부산대학교 지구환경시스템학부 (heakee@pusan.ac.kr)
******인제대학교 대기환경정보공학과/대기환경정보연구센터 (space-chj@hanmail.net)
*******부산대학교 지구환경시스템학부 (kmj01love@pusan.ac.kr)

An Atmospheric Numerical Simulation for Production of High Resolution Wind Map on Land and A Estimation of Strong Wind on the ground

Woo-Sik Jung*, Hwa Woon Lee**, Jong-Kil Park***, Hyun-Goo Kim****,
Dong-Hyuk Kim*****, Hyo-Jin Choi******, and Min-Jeong Kim*******

*Department of Atmospheric Environment Information Engineering/Atmospheric Environment Information Research Center, Inje University (wsjung1@inje.ac.kr)
**Division of Earth Environmental System, Pusan National University (hwlee@pusan.ac.kr)
***Department of Atmospheric Environment Information Engineering/Atmospheric Environment Information Research Center, Inje University (envpjk@inje.ac.kr)
****Korea Institute of Energy Research (hyungoo@kier.re.kr)
*****Division of Earth Environmental System, Pusan National University (heakee@pusan.ac.kr)
******Department of Atmospheric Environment Information Engineering/Atmospheric Environment Information Research Center, Inje University (space-chj@hanmail.net)
*******Division of Earth Environmental System, Pusan National University (kmj01love@pusan.ac.kr)

Abstract

High-resolution atmospheric numerical system was set up to simulate the motion of the atmosphere and to produce the wind map on land. The results of several simulations were improved compare to the past system, because of using the fine geographical data, such as terrain height and land-use data, and the meteorological data assimilation. To estimate surface maximum wind speed when a typhoon is expected to strike the Korea peninsula, wind information at the upper level atmosphere was applied. Using 700hPa data, wind speed at the height of 300m was estimated, and surface wind speed was estimated finally considering surface roughness length. This study used formula from other countries and estimated RMW but RMW estimation formula apt to Korea should be developed for future.

Keywords : 바람지도(Wind Map), 기상수치모의(Atmospheric Numerical Simulation), 강풍(Strong Wind)

1. 서 론

현재 전 세계적으로 많은 국가에서 차세대 에너지원의 확보에 깊은 관심과 노력을 기울이고 있다. 이러한 노력들은 향후 멀지 않은 장래에 화석연료(석유, 석탄 등)의 고갈에 대한 대비적 측면과 화석연료의 지속적 사용으로 인한 지구환경의 파괴, 기후변화를 최소화하여 인류의 쾌적한 미래를 대비하자는 측면에서 중요하다 할 수 있다.

풍력자원은 여러 청정에너지 중에서도 태양광과 더불어 가장 개발가능하고 지속적이며 기술적 수준도 높은 단계에 이르고 있다. 또한 이러한 기술적 수준을 바탕으로 여러 많은 선진국에서 풍력자원의 개발에 나서고 있다.

우리나라는 내륙의 지형과 연안지역의 해안선이 복잡다양한 경사와 형태를 보이고 있다. 이러한 지형적, 지리적 조건은 우리나라 전역에 걸쳐 다양한 형태의 국지순환의 바람조건을 형성하게 되며, 이것은 좁은 영역에서 복잡한 풍계를 나타내게 된다[1~2]. 따라서 공간적으로 좁은 영역에 걸쳐 고해상도의 바람정보를 확보하여 바람특성을 정확히 파악하는 것은 풍력관련 연구에 있어 다른 무엇보다 시급하고 중요하다 할 수 있다.

여기서 고해상도라고 함은 공간 및 시간적 측면의 고해상도를 의미하는 것이며, 이미 풍력발전 선도국에서는 풍력자원개발을 위해 지속적으로 바람지도를 고해상도화 하고 있다. 우리나라의 경우 국토의 대부분이 복잡한 지형/지리적 조건을 가지고 있으므로 바람장 특성을 정확하게 분석하기 위하여 공간적 측면에서의 고해상도화와 복잡지형으로 인한 풍향, 풍속의 일변화 및 계절변화가 다양하게 나타나므로 시간적 측면에서의 고해상도화도 필수적으로 요구된다.

이에 본 연구에서는 기존에 개발된 저해상도 육상바람지도 작성 및 기상수치모의[3] 연구와 더불어 우리나라의 복잡다양한 지형, 지리적 조건을 잘 고려하여 좁은 영역에서의 정확하고 상세한 바람정보를 제공할 수 있는 고해상도 육상바람지도의 작성에 필수적으로 활용되는 고해상도 수치기상모의 시스템을 구축하여 수치기상모의를 수행하였다.

이와 더불어 본 연구에서는 고해상도 수치기상모의를 통해 도출된 3차원 공간에서의 바람정보를 활용하여 태풍 내습시 지상에서 발생 가능한 최대풍속을 추정하는 연구를 진행하였다. 이는 향후 지상에 위치한 풍력 구조물의 안전에 관련된 각 상세 지역별 특성을 파악하는데 중요한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

2. 고해상도 수치기상모델

본 연구에서는 미국 기상연구소(U.S. National Center for Atmospheric Research)와 펜실베니아 주립대학(Penn Stat. Univ.)이 공동 개발한 MM5(NCAR 5th genertion Mesoscael Model)를 사용하였다.

MM5는 비압축성 비정수계(Non-compressible non-hydrostatic) 방정식계를 사용한다. 비정수계 모델의 특징은 정수계 가정을 필요로 하지 않기 때문에 연직 속도항이 모델에서 직접 예보되고, 공기의 비압축성 가정을 하지 않기 때문에 질량 항이 모델에서 직접 예보되는 특징이 있다.

본 연구에서는 수치기상모의 결과의 정확성과 안정성을 확보하기 위하여 여러 물리과정별 평가와 초기 및 경계 입력자료의 평가를 통해 육상바람지도의 구축에 활용할 수 있는 우수한 고해상도 수치기상모의 시스템을 구축하였다.

분석시스템의 기본 자료로 사용되는 지형고도자료는 격자구조의 분석시스템의 특성상 실제 지형과 왜곡이 생기게 된다.

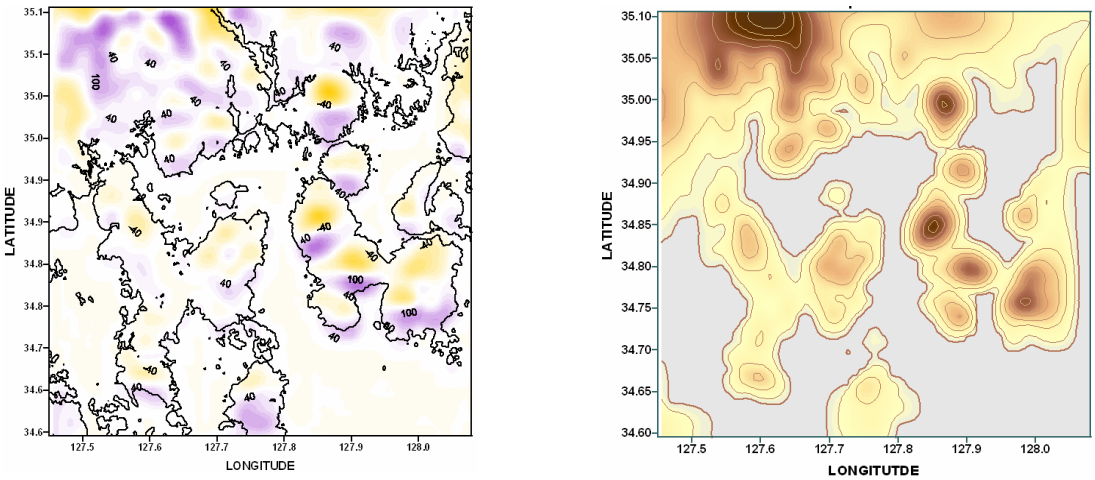

Fig. 1 Topographical map (left : Δx=3s, right : Δx =30s).

이를 극복하기 위하여 환경부 지리 정보시스템의 지형고도 자료(Ministry of Environment, Digital Elevation Model)에서 제공하는 해상도 3초(90m)의 지형 고도자료를 기존의 기상장 모델에 제공되는 지형 고도자료에 있어서 최적의 해상도 보다 약 10배로 고해상도화 하여 모델 내에서 새로운 지형 고도자료로서 안정적으로 수행될 수 있도록 구현한다.

이러한 초고해상도 지형자료는 육지내륙의 정확한 지형정보와 해안선 정보를 도출할 수 있다. 일반적으로 사용하는 미국 지질조사원 고도자료는 1.1km의 공간분해능을 가지고 있는데 수치모형상의 연안지역 고도가 과대평가되는 경향을 가진다(Fig. 1).

이와 더불어 기상자료동화과정을 통해 육상의 상층대기 및 지상에서 관측되고 있는 기상자료를 고해상도 수치기상모의에 활용

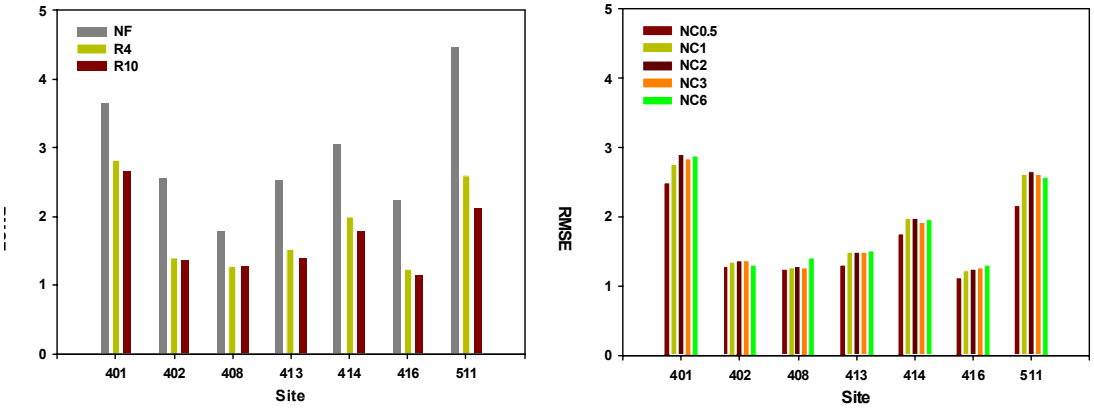

Fig. 2 Statistical analysis(RMSE) in each sites

하는 과정을 통해 수치계산결과의 정확도를 높이고자하였다(Fig. 2)

이를 위해 다양한 조건에서의 자료동화과정을 평가하여 최적의 조건을 도출하였다.

3. 지상 최대풍속 추정

태풍 내습시 태풍의 진행 경로상에 위치한 지역이나 태풍의 강풍에 영향을 받을 가능성이 있는 지역에서는 태풍에 의해 발생 가능한 최대의 풍속을 파악하는 것이 중요하다. 즉, 각 지점 및 지역에서 일상 조건의 대기상황에 대한 풍속의 정확한 정보도출이 1차적으로 중요하지만 태풍과 같은 재해적 상황에서는 과연 해당 지점이나 지역에서 과연 어느 정도의 풍속이 나타날 수 있는 지가 대단히 중요하다.

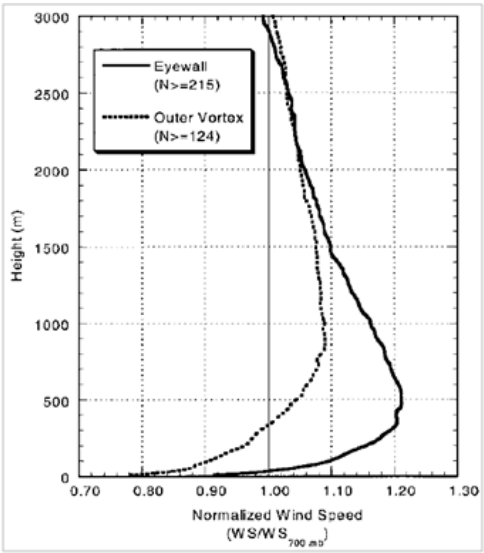

Fig. 3. Mean hurricane wind speed profiles for the eyewall and outer-vortex regions.[4)]

따라서 본 연구에서는 수치모의된 3차원 공간에서의 상세한 바람정보를 활용하여 지상에서 발생 가능한 상세 지점별 최대풍속을 추정하는 방안을 연구하였다.

수치모의된 700hPa 고도에서의 풍속을 기본정보로부터 300m 고도에서의 풍속을 추정하였다. 다음으로 태풍의 최대풍속반경을 활용하여 여러 과정을 거쳐 지상 고도 10m에서 발생가능한 최대의 풍속을 추정하였다. 이렇게 추정된 10m 고도에서의 최대풍속은 해당 지점의 지리적 특성이 고려되어, 태풍이 영향을 미치는 조건인 경우, 이 지점에서 발생 가능한 최대의 풍속을 추정한 것이라 할 수 있다.

4. 결 론

우리나라의 복잡다양한 지형적, 지리적 특성을 고려한 고해상도 기상수치모의를 수행하기 위하여 초기, 경계조건 및 지형조건에 대한 평가를 수행하였다. 이와 더불어 기존의 성긴 해상 바람정보를 대신한 상세 해상풍 정보를 적용하였고 기상관측정보를 자료동화하는 방안에 대한 여러 평가를 수행하였다. 그 결과, 우리나라의 지형조건에 적합한 조건을 도출하였으며 이를 바탕으로 고해상도 육상바람지도를 작성하기 위한 기상수치모의를 수행하여 정확성이 향상된 결과를 도출하였다.

이 고해상도 기상수치모의 결과를 이용하여 지상에서 발생 가능한 상세 지점별 최대풍속을 추정하였으며 이 정보는 향후 풍력발전단지 구축에 있어 구조물이나 시설물의 안전과 관련된 다양한 정보를 제공할 수 있음을 확인할 수 있었다.

후 기

본 연구는 지식경제부의 신재생에너지 기술개발사업에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 정우식, 이화운, 해풍시작에 영향을 미치는 지형성 강풍현상에 대한 고찰, 한국환경과학회지, 11, 4, 289-295, 2002.
2. 이화운, 정우식, 김현구, 이순환, 대기오염 확산 해석을 위한 포항지역 기상장 연구 - 바람장 수치모의 -, 한국대기환경학회지, 20, 1, 1-15, 2004.
3. 이화운, 김동혁, 이순환, 임헌호, 최현정, 김현구, 정우식, 한반도 저해상도 바람지도 구축 및 풍황정보 해석에 관한 연구, 한국환경과학회 봄 학술발표회, 2007.
4. Franklin J. L., Black M. L., Valde K., GPS Dropwindsonde Wind Profiles in Hurricanes and Their Operational Implications, Wea. Forecasting, 18, 32-44, 2003.