

OA6) 3차원 변분자료동화 기법을 이용한 연안지역 풍력 자원평가에 관한 연구

박순영*, 이화운, 이순환¹, 임헌호, 김동혁, 김민정
부산대학교 지구환경시스템,
¹부산대학교 BK21 연안환경시스템사업단

1. 서 론

화석연료의 고갈과 지구온난화의 영향으로 대체에너지에 관한 관심이 증가하고 있다. 그 중 풍력 에너지는 경제성 및 실용성 측면에서 그 가치를 인정받고 최근 급부상하고 있다. 특히 해상풍력은 풍부한 부지 활용 가능성과 풍력자원이 풍부한 장점이 있다. 내륙에 비해 약 20%정도 풍속이 높아 70% 더 많은 에너지가 발생한다. 또 다른 장점은 내륙의 인구밀집지역 등에 따른 부지선정에 있어서 문제가 적다는 것이다.

풍력사업에 앞서 풍력자원에 대한 평가가 먼저 수행되어야 한다. 가장 좋은 방법은 직접 관측을 통해 풍력자원을 조사하는 방법이지만 이것은 현실적으로 어려운 일이다. 그 가치를 인정받고 여러 분야에 활용중인 기상 수치모델은 이러한 현실적 어려움을 해결해주는 수단이 된다. 또한 정확한 바람장의 분석은 미래 후보지에 대한 에너지산정과 풍력 발전 단지의 규모 및 발전기 용량 등을 결정하는 문제에 있어서 중요하다.

김현구 등(2006)의 연구에 따르면 우리나라 남서해안에 풍력자원이 풍부한 것으로 나타났다. 그리하여 본 연구에서는 남서해안에 위치한 마산, 해남 그리고 군산의 상층풍 관측 기기인 윈드프로파일러 자료를 이용하여 연안지역의 바람장을 수치모의하였다. 수치모델에서 자료동화의 효과를 살펴보고 한반도 풍력자원 평가를 함에 있어서 3차원 변분자료동화방법을 사용한 바람장 수치모의를 소개하며 그 모의 정도를 개선해 보고자 한다.

2. 자료 및 실험 방법

본 연구에 사용한 자료는 해남, 마산 그리고 군산에 설치되어 운영 중인 윈드프로파일러(Wind profiler) 자료를 사용하였다. 윈드프로파일러는 도플러 레이더를 이용하여 관측 지점의 연직 바람구조를 측정하는 장비로 방출된 전자기 펄스파가 대기의 난류에 의해 산란, 반사되어 돌아오는 강도변화에 의해 풍향과 풍속을 측정하는 원리이다(Imai et al, 2002). 윈드프로파일러는 매 10분마다 연직 바람장이 측정 되어 시간 해상도 측면에서 매우 유용한 관측 장비이다. 또한 연직 해상도는 약 100m로 측정이 가능하다. 사용된 군산과 마산의 자료는 관측 최고 고도가 약 5km이고 해남의 자료는 9km까지의 관측 자료가 사용 되었다. 6월 4일과 5일 광양만에서 실시한 Radiosonde 특별관측 자료는 수치모의 결과와 비교를 위해 사용 되었다.

수치모의에 사용된 기상모델은 WRF V3.0을 사용하였고 계산영역은 남해와 서해안을 포함하는 남한반도 영역이다. 기간은 2007년 6월 3일부터 6일까지 실시하였다. 4일은 종관

장이 약한 날이었고 5일은 종관장이 강하고 바람이 강한 날로써 대조적인 종관영향을 보였기에 그에 따른 자료동화의 영향을 살펴보고자 하였다.

3차원 변분자료동화를 위해 WRF-VAR를 사용하였다. 3DVAR는 변수 간 역학적 관계가 고려될 뿐 아니라 분석장과 비선형관계에 있는 관측 자료의 분석도 가능한 장점을 가지고 있다(Courtier et al, 1998).

윈드프로파일러는 매 10분마다 자료가 수집되기 때문에 자료동화의 간격에 제한이 없다. 본 연구에서는 자료동화의 간격에 대한 민감도를 분석하기 위해 자료동화 간격을 6시간과 12시간으로 나누어 수행하였고 자료동화를 실시하지 않은 결과와 비교를 통해 자료동화의 효과를 살펴보았다.

3. 결과 및 고찰

자료동화 간격에 따른 수평 풍속 변화를 Fig.1.에 나타내었다. 먼저 Fig.1.(a)는 6월 4일 주간의 결과로 자료동화를 실시한 경우 해남관측소 주변으로 풍속이 강화되는 것을 볼 수 있고 연안지역 관측 자료의 효과로 내륙의 풍속 또한 강화되었고 전체적인 풍속분포에 변화가 나타났다. 6시간과 12시간의 자료동화 간격에 따른 차이는 뚜렷하지 않지만 분명히 나타났다. Fig. 1.(b)의 6월 5일 야간의 경우도 마찬가지로 해상의 풍속이 강화되었다.

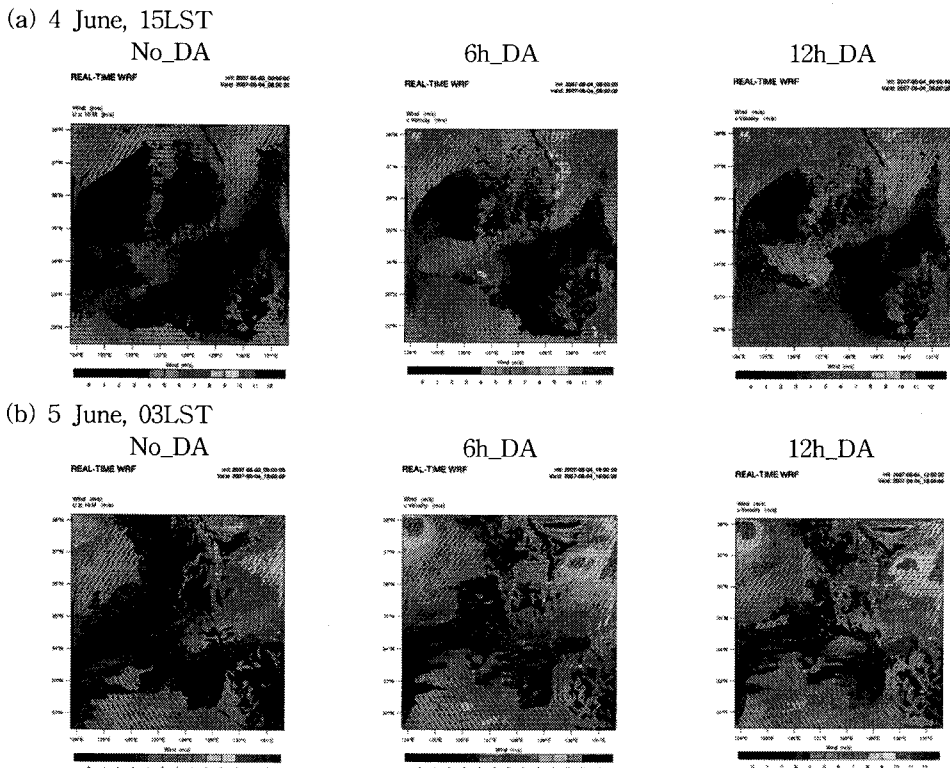


Fig. 1. Simulated results at (a)4 June, 15LST and (b)5, June, 03LST 2007. Left, middle and right raw indicate No_DA, 6h_DA and 12h_DA respectively

Fig. 2는 광양만 특별관측을 통해 관측된 라디오존데 연직 풍속결과와 그 지점에서 계산된 모델 연직 프로파일을 나타내었다. (a)는 6월 5일 00시의 결과로 하층의 야간제트가 라디오존데 결과를 통해 관측되었음을 보여준다. 자료동화를 실시하지 않은 경우 이러한 야간제트가 발견되지 않았지만 자료동화를 해 줌으로써 관측에 보다 가까운 결과를 보였으며 6시간 간격으로 자료동화한 경우 12시간보다 하층에서 보다 잘 일치하였다. (b)는 중관장이 강했던 6월 5일 오전 09시의 결과이다. 하층에서 10m/s에 가까운 강한 풍속이 관측되었다. 자료동화를 하지 않은 경우는 풍속을 과대예측을 하였고 6시간 간격의 자료동화를 실시한 경우는 과소 예측을 하였으나 주간의 경우 오히려 12시간 간격의 자료동화결과가 더 잘 묘사되었다. 그리고 두 경우 모두 고도 약 4km이하에서 자료동화의 효과가 나타났으며 이는 윈드프로파일러의 관측범위에 따른 결과임을 알 수 있다.

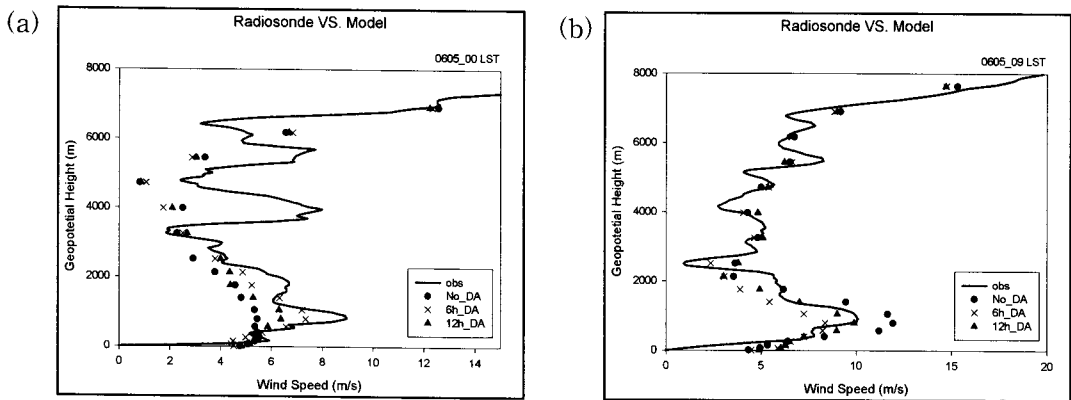


Fig. 2. Vertical wind speed profiles of radiosonde(-), No_DA(●), 6h_DA(×) and 12h_DA(▲).

지상관측소 30개 지점의 풍속과 각 지점의 모델 계산 결과를 모델링기간 중 6월 4일과 5일의 48시간에 대한 통계분석을 하였다. 먼저 자료 자체에 대한 평균은 모델결과가 다소 높게 예측하였다. 그러나 이것은 모델 결과가 10m바람결과이지만 실제 관측 값은 지상의 관측자료이기 때문으로 판단된다. 모델과 관측의 bias, error, RMSE모두 자료동화를 실시한 경우 향상된 결과를 나타냈고 특히 6시간 간격으로 자료동화를 실시한 경우에서 다소 향상된 결과가 나타났다.

IOA결과를 보면 자료동화 간격차이에 대한 그 결과가 크게 나타남을 알 수 있는데 12시간 간격의 자료동화를 한 경우는 오히려 그 값이 떨어지는 통계분석이 나왔다.

Table. 1. Performance statics for modelled surface wind speed(m/s)

	No_DA	6h_DA	12h_DA	obs
Mean	2.986	2.925	2.938	1.971
MB	1.015	0.953	0.967	.
NMB (%)	51.509	48.373	49.054	.
Me	1.410	1.354	1.363	.
NME (%)	47.218	46.293	46.390	.
RMSE	1.840	1.771	1.783	.
IOA	0.819	0.898	0.634	.
CORR	0.599	0.622	0.625	.

참 고 문 헌

- 김현구, 장문석, 경남호, 이화운, 최현정, 김동혁, 2006, 수치바람모의에 의한 저해상도 국가 바람지도의 구축, 한국태양에너지학회, 26, 4
- Imai, K., T. Kishimoto, T. Nakagawa, T. Iwai, Y. Shibano, H. Hashiguchi, and S. Fukao, 2002: Development of the L-band tropospheric wind profiler radar. *SEI Technology Review*, 54, 28-33.
- Courtier, P., E. Andersson, W. Heckley, J. Pailleux, D. Vasiljevic, M. Hamrud, A. Hollingsworth, F. Rabier and M. Fisher, 1998: The ECMWF implementation of three-dimensional variational assimilation (3D-Var). Part 1: formulation. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 124, 1783-1807.