

위성영상 해상풍 추출에 의한 수치바람모의 검증

김현구 · 황효정 · 이화운* · 김동혁* · 김덕진**

한국에너지기술연구원 풍력발전연구센터,

*부산대학교 대기과학과, **서울대학교 지구환경과학부

(2008년 12월 18일 접수; 2009년 5월 23일 수정; 2009년 7월 20일 채택)

Validation of Numerical Wind Simulation by Offshore Wind Extraction from Satellite Images

Hyun-Goo Kim, Hyo-Jeong Hwang, Hwa-Woon Lee*,
Dong-Hyuk Kim* and Deok-Jin Kim**

Wind Energy Research Center, Korea Institute of Energy Research, Daejeon 305-343, Korea

**Department of Atmospheric Science, Pusan National University, Busan 609-735, Korea*

***Department of Earth & Environmental Science, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea*

(Manuscript received 18 December, 2008; revised 23 May, 2009; accepted 20 July, 2009)

Abstract

As a part of effort to establish an offshore wind resource assessment system of the Korean Peninsula, a numeric wind simulation using mesoscale climate model MM5 and a spatial distribution of offshore wind extracted from SAR remote-sensing satellite image is compared and analyzed. According to the analyzed results, the numeric wind simulation is found to have wind speed over predication tendency at the coastal sea area. Therefore, it is determined that a high-resolution wind simulation is required for complicated coastal landforms. The two methods are verified as useful ways to identify the spatial distribution of offshore wind by mutual complementation and if the meteor-statistical comparative analysis is performed in the future using adequate number of satellite images, it is expected to derive a general methodology enabling systematic validation and correction of the numeric wind simulation.

Key Words : Numerical Wind Simulation (NWS), Offshore wind extraction, Synthetic Aperture Radar (SAR)

1. 서론

정부의 제1차 국가에너지기본계획(2008~2030) 중 신재생에너지 보급목표에 의하면 2030년까지 풍력 발전 설비용량을 현재의 199 MW에서 7,301 MW로 37배 확대하겠다는 계획이 제시되었다. 이러한 보급

목표의 달성을 위해서는 대규모 발전사업이 가능한 해상 풍력자원개발이 필수적으로 요구된다.

풍력자원개발의 첫 단계는 단지개발 후보지 발굴을 위한 풍력자원추산(wind resource estimation)이며, 이를 통하여 기초타당성이 확인되면 해상기상탐을 이용한 측정조사를 포함한 실질적이며 종합적인 풍력자원평가(wind resource assessment)를 진행하게 된다. 풍력자원추산에서는 가용한 기상정보와 지리정보로부터 입지여건을 만족하는 우수 풍황지역을 선

별하게 되는데, 해상풍력자원의 경우 해상 관측자료가 극히 제한적인 관계로 추산의 불확도(uncertainty)가 매우 높아지게 된다. 즉, 유일한 해상 실측자료인 부이(buoy)는 전해상에서 단지 6기(기상청 5, 한국에너지기술연구원 1)만 운영 중인데(Table 1 참조), 이들은 요동치는 해수면에 부유하며 관측을 하는 관계로 측정의 정확도가 낮을 수밖에 없다. 더욱이 극소수의 관측지점이 전해상을 대표할 수 없다는 점에서 풍력자원추산 시 부이자료의 활용도는 지극히 제한적일 수밖에 없다. 따라서 해상부이 이외에 연안기상관서 19, 등대 27, 등표 6, 해상기상탑 1, 기상관측선 1기 등 연안정지 기상관측망의 관측자료를 추가적으로 검토하여야 할 것이다.

현재로서는 해상기상 관측지점의 희소성, 관측정밀도 및 공간 대표성의 측면에서 신뢰도가 현저히 떨어지기 때문에 해상 풍력자원추산의 불확도가 매우 높으며, 따라서 사업위험도(business risk) 역시 상당히 높을 수밖에 없다. 이를 극복하고자 풍력기술 선도국인 유럽에서는 전해역 해상조건의 파악이 용이한 원격탐사를 이용한 해상 풍력자원평가 기술개발을 중장기 핵심 연구주제로 선정하여 전략적 연구를 진행 중에 있다¹⁻³⁾.

인공위성에 장착되는 해양 원격탐사 센서 중 레이다와 같이 신호를 발생시켜 대상체에 보내고 반사파를 검출·해석하는 능동센서는 주로 마이크로파를 이용한다. 그 중 산란계(scatterometry) 인공위성으로는 ERS1-2, NSCAT, QuikSCAT, ADEOS II 등이 있으며, 특히 QuikSCAT은 고도 803 km 상공에서 약 101분 주기(회귀주기 96시간)로 지구를 돌면서 ERS가 40%, NSCAT이 77% 지구관측을 했던 것에 비하여 상당히 향상된 90%를 관측하므로 폭넓게 활용되고 있다. 국내에서도 해상 풍력자원의 초도평가를 위해 QuikSCAT 원격탐사 재해석자료를 활용한바 있다⁴⁾. 참고로 해상부이와 QuikSCAT 재해석자료의 시계열 풍속 상관계수는 Table 1에 제시된 바와 같이 평균 0.80의 신뢰할만한 수준으로 분석된 바 있다.

합성개구레이더인 SAR(Synthetic Aperture Radar)가 장착된 인공위성으로는 ENVISAT, Radarsat-1, ERS-2, ALOS PALSAR 등이 있으며 우리나라에서도 KOMPSAT-5에 SAR를 탑재하게 된다. 산란계(scatterometry) 원격탐사는 강우 등에 의해 교란을

Table 1. Statistics of marine buoy measurements

Site	Code	Coordinate		Wind speed	Correl. factor
Deokjeokdo	22101	37.23N	126.02E	5.46 m/s	0.68
Chilbaldo	22102	34.80N	125.78E	5.00 m/s	0.83
Geomundo	22103	34.00N	127.50E	7.11 m/s	0.86
Geojedo	22104	34.77N	128.90E	7.54 m/s	0.79
Donghae	22105	37.88N	130.00E	6.36 m/s	0.85
Waljeong	KIER	33.35N	126.47E	6.26 m/s	

받을 뿐 아니라 공간해상도가 2.5°(25 km)인 반면 SAR 원격탐사는 수십 m 수준으로 공간해상도가 매우 높을 뿐 아니라 대기(atmosphere) 기상상태에 따른 교란요인이 없고 주야에 무관하게 관측이 가능하다는 장점이 있다. 이에 해상풍, 표면파, 내부파, 해수유동, 해저지형에 따른 현상의 분석, 선박항적, 기름유출 탐색 등 다양한 분야에 적용되고 있다⁵⁾. 특히 해상 풍력자원평가 측면에서 볼 때, QuikSCAT 자료는 공간해상도가 상대적으로 매우 낮을 뿐 아니라 근해에서는 유효자료가 없는 관계로(20 km land mask) 실제적으로 활용 가능한 원격탐사는 SAR로 귀결된다.

현재까지는 해상풍 수치바람모의에 대한 검증방법이 요원하였으나 SAR 영상을 이용할 경우, 해상부이를 이용한 1차원적 검증이 아닌 2차원적 평면규모의 검증이 가능할 것으로 기대된다. 이러한 배경하에 본 논문에서는 중규모 수치기상모델 중 신뢰성을 인정받고 있는 MM5(Mesoscale Model version 5)로 수행된 한반도 해역 수치바람모의 결과와 SAR 위성영상에서 추출된 해상풍 공간분포를 2005년도의 대표적인 계절별 기상일에 대하여 비교·분석함으로써 원격탐사 해상풍 추출방법의 풍력분야 활용가능성에 대한 검토 및 국가바람지도의 검증·보정방법론 도출을 위한 기본연구를 수행하였다.

2. 자료 및 방법

2.1. 수치바람모의

중규모 수치기상예측 모델인 MM5는 비압축성 비정수계(incompressible non-hydrostatic) 지형좌표계(terrain following coordinate)를 사용하고 있으며, 다중 등지격자(nesting grid) 계산능력, 4차원 자료동화

(data assimilation) 등 다양한 외부자료 활용 및 선택적 물리과정 기능특성을 가지고 있어 미시규모 기상현상 해석에도 적용되고 있다.

본 연구의 수치바람모의에 사용된 초기조건은 미국 환경예보국에서 제공하는 전지구의 재해석 자료인 CDAS(Climat Data Assimilation System)이다. CDAS는 전구수치모형 Eta를 사용하여 전세계 관측 자료를 결합하여 균형화된 열과 운동량 분포를 하는 자료로, 현재 해상도 110 km, 시간간격 6시간으로 생산되고 있다. CDAS는 수치계산의 초기치와 경계치로 사용되기 때문에 수치모의가 진행되는 동안 주기적으로 자료동화를 통해 해석과정에 내삽된다.

특히 해상에서는 QuikSCAT 자료동화를 통해 해석 정확도를 향상시켰으며, 육상에서는 지형정보로 환경부의 30 m 공간해상도의 수치고도모형(DEM; Digital Elevation Model) 및 토지피복도(land use)가 사용되었다⁶⁾.

수치바람모의에 의해 현재 공간해상도 9 km×9 km의 저해상도 바람지도(wind map)⁷⁾와 3 km×3 km의 중해상도 바람지도가 작성되었으며, 조만간 1 km×1 km의 고해상도 바람지도 제작이 완료될 것이다. 작성된 국가바람지도는 국가의 풍력발전 보급 목표 설정을 위한 풍력자원 잠재량 정량산출⁸⁾, 풍력단지 유망후보지 선별, 풍력보급을 고려한 전력계통망 재설계 등 풍력분야 전반에 걸쳐 핵심적인 기반자료로 활용될 것이다.

2.2. 원격탐사 해상풍 추출

SAR 위성영상은 레이더에서 마이크로파를 발사하고 반사되어 들어오는 파를 검출하는 능동센서이고, 후방산란은 해수면 거칠기에 반응하여 영상의 강도(specular spectrum)가 다르게 나타난다. 즉, 거칠기가 크면 후방산란이 크다는 의미이며 영상에서는 밝게 나타나며, 거칠기가 작으면 후방산란이 작으므로 영상에서도 어둡게 나타난다.

본 연구에서 사용한 ENVISAT은 ESA(European Space Agency)에서 ERS-1,2의 기능을 보완하여 2002년에 발사한 인공위성으로, ASAR(Advanced SAR), 해색관측을 위한 MERIS(Medium Resolution Imaging Spectrometer) 등이 추가되어 있다. 그 중에 ASAR는 해수면파, 해양전선, 소용돌이, 내부파, 해저사구, 해수면 부유 기름 등과 같은 소·중규모 해

양 특성을 잡아낼 수 있는 고해상도의 공간분해능을 제공한다. 또한, 운영모드에 따라 100~400 km의 관측범위를 가지며 고해상도 영상을 다양한 편광에서 여러 입사각으로 동시에 얻을 수 있다는 장점이 있다. 참고로 본 연구에 사용된 ASAR 영상은 C-밴드(band) VV편광이며, 100 km의 관측범위와 12.5 m의 공간 해상도, 입사각은 22°인 이미지 모드이다.

해상풍 추출은 프랑스 CLS Boost Technologies의 SARtool Wind 소프트웨어를 이용하여 분석하였다. SARtool Wind는 SAR 위성영상의 후방산란으로 인한 영상의 밝기와 풍향 정보를 사용하여 고해상도의 해상풍 공간분포를 추출한다. 추가적으로 입력하여야 하는 풍향정보는 두 가지 방법으로 입력할 수 있다. 즉, 첫 번째는 인근의 육지 기상관측소 측정자료를 참조하거나 위성영상의 직관적인 관독을 통하여 풍향정보를 입력하는 방법, 두 번째는 NECP/GFS DAS 또는 ECMWF 등의 재해석 기상자료로부터 계산된 풍향정보를 활용하는 방법이다. 위성영상에서 해상풍 흔적(wind streak)이 확실하게 보이는 경우에는 기상학적 직관에 의해 풍향을 판단하여 입력할 수 있으나 그렇지 못한 경우에는 재해석자료를 활용하게 된다. 참고로 국가바람지도와 연계하여 수치바람모의된 풍향정보를 이용할 수 있도록 기능확장을 진행 중에 있다.

SARtool Wind에서는 SAR 영상의 측정강도로부터 풍속을 산출하기 위한 산란모델(scattering model)로는 CMOD2-I3, CMOD4, CMOD5, CMOD-IFR2 등 여러 모델을 선택적으로 적용할 수 있도록 되어있다. ENVISAT 해상영상의 경우에는 CMOD-IFR2가 가장 우수하다는 연구결과가 있고⁹⁾, 또 영상이 VV 편광인 관계로 본 해석에서는 식 (1)과 같이 표현되는 CMOD-IFR2 산란모델을 적용하였다.

3. 결과 및 고찰

연구 대상지역은 제주도과 남해 사이의 남해안 해역이며, 2005년의 계절을 대표하는 총 4개의 영상을 선별하였다. 각 영상의 위경도 좌표 등 기하학적 촬영조건은 Table 2에 정리하였다.

상호비교에 앞서 계절별 대표일의 기상조건을 일기도를 통하여 고찰하였다(Fig. 1). 춘계를 대표하는 3월에는 이동성 고기압의 영향으로 한반도 전역이

맑은 날씨를 보이며 등압선 간격이 매우 성기므로 약풍인 것으로 판독되며, 고기압의 중심이 중국 북경지역에 위치하여 한반도 남서부 일대에서는 북서풍 계열의 바람이 출현하였다. 하계를 대표하는 8월은 북태평양 고기압의 영향 아래에서 태풍이 대만 북동쪽으로부터 점차 북동진하고 있음을 볼 수 있다. 고기압이 점차 동쪽으로 물러나는 양상이지만 풍속은 그리 강하지 않고 전반적으로 남동풍을 보였다. 추계를 대표하는 10월은 한반도 북동쪽에 위치한 차고 습한 작은 고기압의 영향권 아래 전반적으로 북동 내지 동풍의 풍계를 나타내고 있다. 동계를 대표하는 12월은 겨울철의 전형적인 기압패턴인 동고서저형을 나타내고 있다. 대륙성 고기압의 확장으로 차고 건조한 바람이 강하게 발달하며 한반도 전반에 걸쳐 강한 북풍계열 중관풍계를 보였다.

Table 2. Meteor-statistical analysis results of in-situ measurement sites in Jeju-do

Season	Time (UTC)	Coordinate	Incidence Angle	Polarization
Spring	20/03/2005	33.24~34.36N	22.52°	VV
	01:44:23	126.56~127.18E		
Summer	07/08/2005	33.48~34.54N	22.51°	VV
	01:44:22	126.00~127.18E		
Autumn	12/10/2005	33.36~34.42N	22.46°	VV
	13:23:09	125.56~127.18E		
Winter	06/12/2005	33.42~34.48N	22.51°	VV
	01:41:25	126.42~128.02E		

일기도를 참조하여 SAR 위성영상과 MM5 수치기상모의에 의한 해상풍 공간분포를 상호비교하였으며 각각의 분석결과는 다음과 같다.

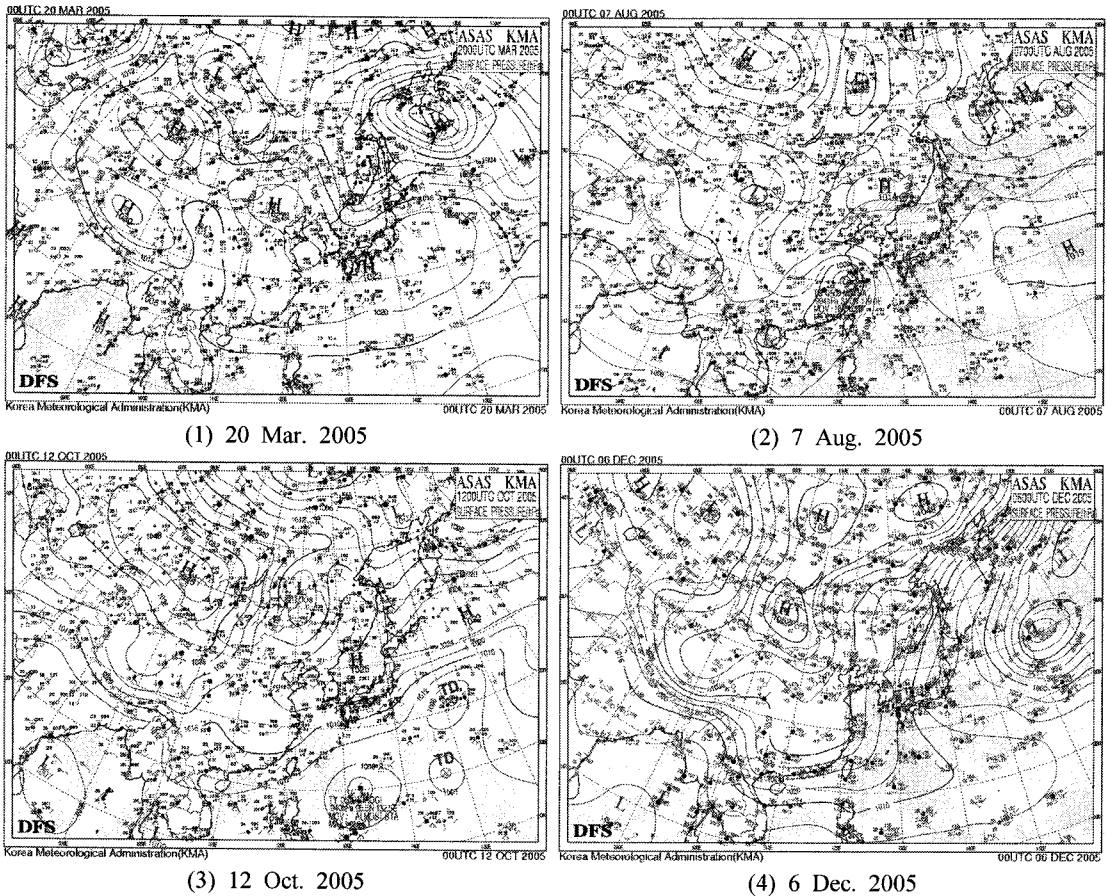


Fig. 1. Weather map on each representative seasonal day in 2005.

3.1. 춘계 비교분석

춘계를 대표하는 3월의 경우, 수치바람모의는 북서풍이 탁월함을 잘 추정하였고 풍속은 먼바다에서 7 m/s 이상이며 남서해안의 연안지역에서 5 m/s 이하인 것으로 해석되었으나 북제주에서는 풍속이 다소 약화되었다.

MM5 모델과 SAR 영상 모두 북서풍을 나타내었고, 진도 밑에서 1 m/s의 낮은 풍속대를 보이며, 외해 쪽으로 갈수록 풍속이 차츰 상승하여 최대 7 m/s의 풍속구간을 나타내었다. 수치바람모의와 SAR 해상풍 추출 간의 풍속예측 차이는 2 m/s 수준으로 위성영상이 더 높은 풍속을 예측하였다. 연안에서는 저풍속, 외해로 갈수록 차츰 풍속이 높아지는 경향을 보이는 대체로 비슷한 풍속 경향을 나타내었다. 하지만, 제주도 부근에서 모델 결과는 1 m/s 이하까지 감속되는 형태를 보인 반면, 위성영상은 다소 낮아지긴 했지만 5 m/s의 풍속을 보이고 있어 차이를 나타내었다.

MM5 모델과 SAR 영상이 풍속분포의 차이를 보이는 경우 그 원인에 대해서는 여러 가지 요인을 복합적으로 검토하여야 할 것이다. SAR 영상의 경우에는 산란강도와 해상풍의 물리적 상관도를 설명하는 산란모델의 정확도, 대기안정도, 촬영순간의 기상학적인 시간평균성 등의 문제가 있으며 MM5 모델의 경우에는 수치모델의 불확도, 입력자료 의존성, 공간해상도 등에 의한 오차요인이 존재한다. 따라서 기상학적으로 명확하게 판정하기 힘든 상황에서의 판정은 실측자료에 의존할 수 밖에 없을 것이다. 따라서 실제 대규모 해상 풍력단지 조성을 위한 해상 풍력자원평가에서는 해상기상탑의 설치가 필연적일 수 밖에 없다고 사료된다.

SARtool Wind에 의한 위성영상 해상풍 추출과정에서 풍향정보는 NCAR/NCEP 재해석자료를 입력하였기 때문에 동일한 재해석자료를 자료동화한 수치바람모의와 동일한 해석결과가 나타남은 당연한 귀결이다. 춘계에 대해 수치모의된 북서풍 계열의 풍계는 해당일의 일기도와도 잘 일치하고 있다.

3.2. 하계 비교분석

하계를 대표하는 8월의 경우, MM5 모델과 SAR 영상 모두 남동풍과 전반적으로 5~10 m/s의 풍속대

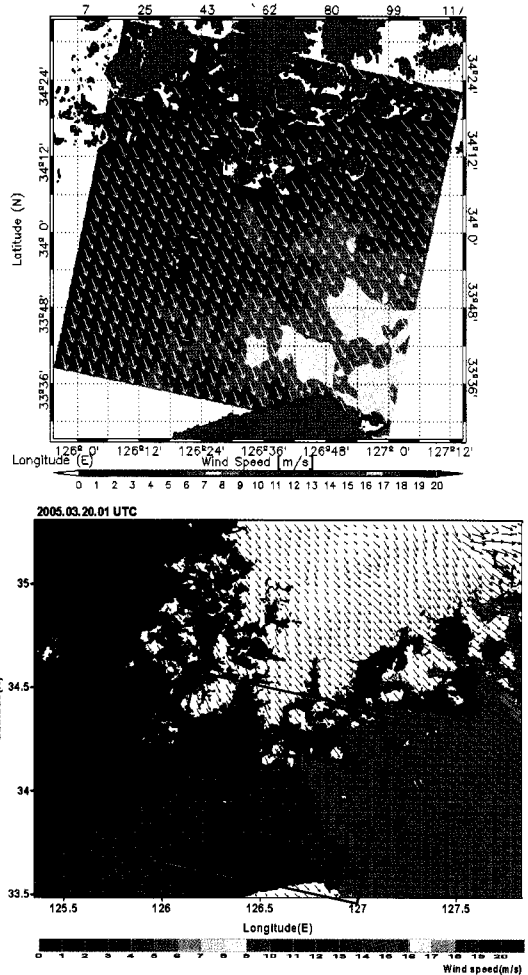


Fig. 2. Comparison of SAR wind extraction (top) and MM5 wind simulation (bottom) in spring, 2005.

를 나타내었다. 남해를 거쳐 제주도로 접근한 풍속은 지형적 저항에 의해 감속되는 현상이 잘 나타나고 있으며, 여서도 주변에서는 모델과 영상 모두 8 m/s의 다소 높은 풍속을 잘 나타내고 있다. 또한 풍속 공간분포도 진도에서 보길도 부근까지는 5 m/s, 여서도와 추자도 부근에서는 7~9 m/s의 풍속 범위로 유사하게 예측하고 있다. 그러나 보성과 고흥 사이의 보성만에서 SAR 영상은 3 m/s의 저풍속을 예측한 반면 MM4 모델은 8 m/s의 고풍속을 예측하여 차이를 나타내었다.

보성만에서의 풍속 차이를 고찰하고자 기상청 기상관측자료를 활용하였다. 위성영상 촬영시간이 KST 10:44이고 수치모사는 10:00~11:00간의 1시간

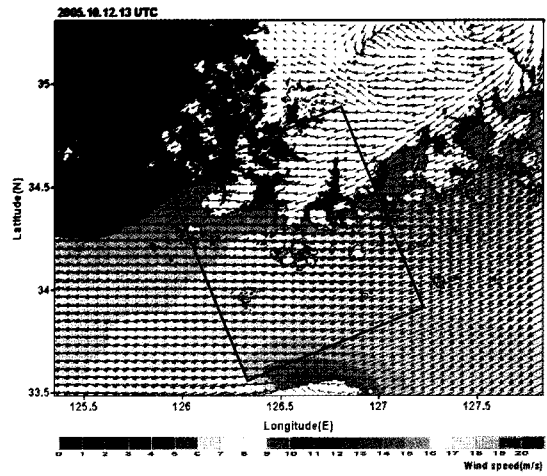
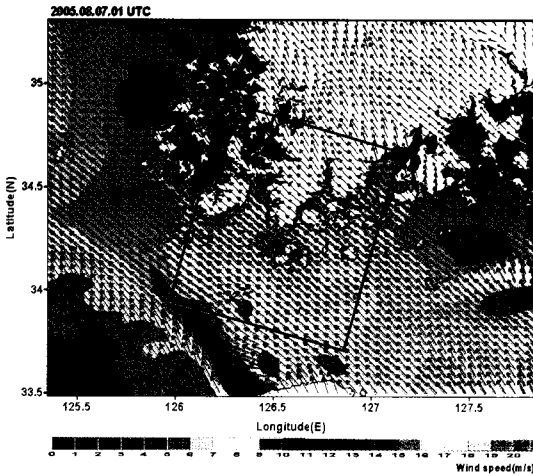
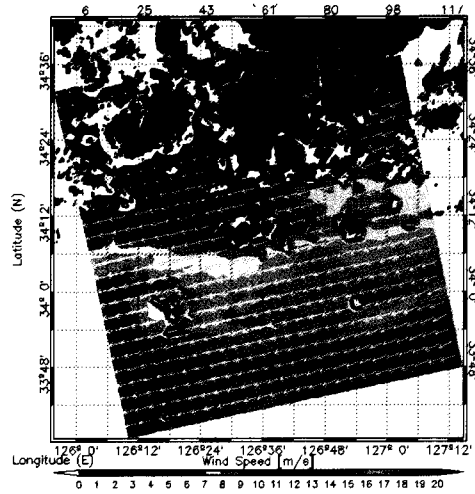
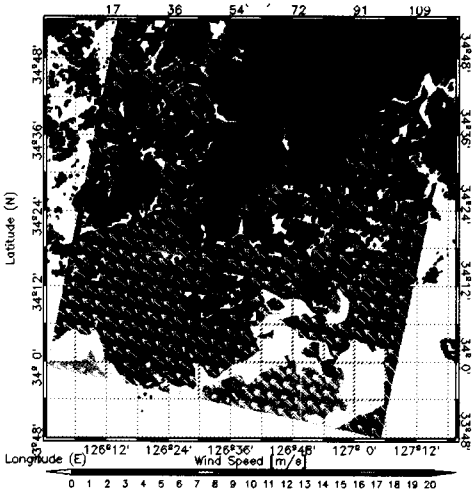


Fig. 3. Comparison of SAR wind extraction (top) and MM5 wind simulation (bottom) in summer, 2005.

Fig. 5. Comparison of SAR wind extraction (top) and MM5 wind simulation (bottom) in autumn, 2005.

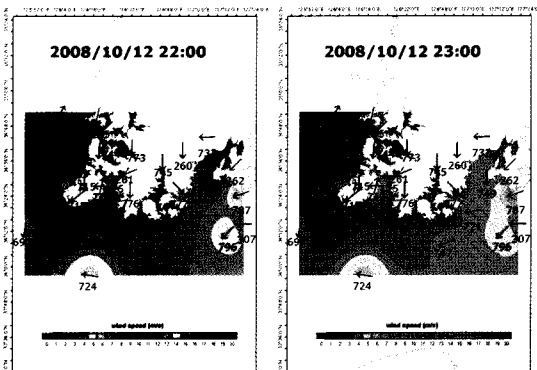
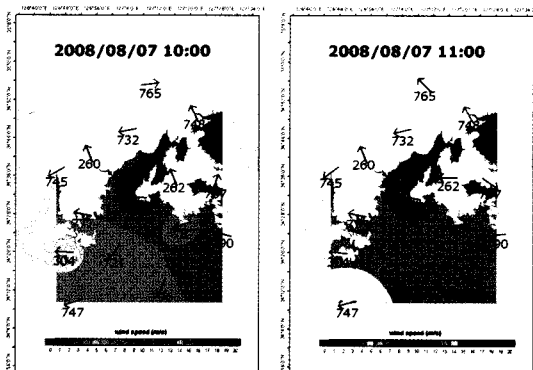


Fig. 4. Wind speed observation of weather stations and AWS in summer, 2005.

Fig. 6. Wind speed observation of weather stations and AWS in autumn, 2005.

평균자료이다. 보성만 인근의 총 16개 기상관측지점의 10~11시 관측자료를 수평면 공간보간하여 Fig. 4의 풍속분포도 및 풍향벡터 그림으로 도시하였다. 보간된 풍속분포를 보면, 보성만 내측에서는 1 m/s, 외측에서는 2 m/s로 낮은 풍속일 것으로 추정된다. 이는 SAR 영상의 결과와는 1 m/s 차이가 나지만, MM5 모델과는 6 m/s로 큰 차이가 난다.

MM5 해석 시 해상에서는 QuikSCAT이 자료동화되는데, QuikSCAT은 근해에서는 추출자료가 없기 때문에 결과적으로 원해에 비해 상대적으로 연안에서의 수치모의 정확도가 떨어질 것으로 예상된다. 따라서 지상 기상관측자료와도 유의성이 높게 나타난 SAR 영상이 본 경우에는 더 정확한 것으로 판정할 수 있다. 또한 중해상도 수치모의 상에서는 복잡한 해안선 및 해안지형이 다소 완화되어 입력되는 관계로 풍속 과대예측의 한 가지 원인일 것으로 예상된다. 지형영향은 향후 고해상도 수치모의가 완료되면 정확한 분석 및 확인이 가능할 것이다.

3.3. 추계 비교분석

추계를 대표하는 10월의 풍향은 MM5 모델과 SAR 영상 모두 동풍을 나타내었다. 풍속의 분포 역시 연안에서 낮은 풍속 분포를 보이고 외해 쪽으로 갈수록 높은 풍속 분포를 보이는 동일한 경향을 보였다. 모델에서 예측한 풍속은 전반적으로 7 m/s이나 영상은 이보다 약간 높은 8~10 m/s로 나타났으며, 내해에서는 앞서 여름의 경우와 마찬가지로 영상은 2 m/s, 모델은 6 m/s로 과대예측 경향을 나타내고 있다. 남서해역의 총 34개 기상관측지점의 풍속을 보간한 결과 역시 내해에서는 SAR 영상과 더 가까운 결과를 나타내고 있다. 여름과 가을의 경우를 종합하여 볼 때, 근해의 풍속분포를 정확하게 예측하기 위해서는 해안 및 도서지형의 영향을 보다 정밀하게 반영하기 위하여 고해상도 수치바람모의가 필수적임을 확인할 수 있다.

3.4. 동계 비교분석

동계를 대표하는 12월의 풍향은 전형적인 종관계 절풍인 북서풍을 보이고 있다. 풍속은 5~10 m/s의 범위를 가지며, 연안에서 외해로 갈수록 상대적으로 지면마찰이 감소함에 따른 가속효과로 높은 풍속 분포를 보인다.

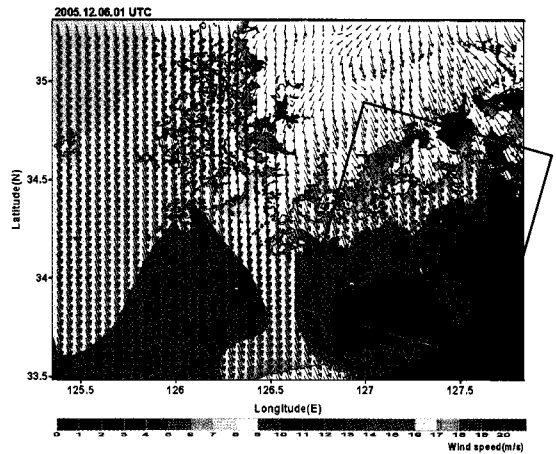
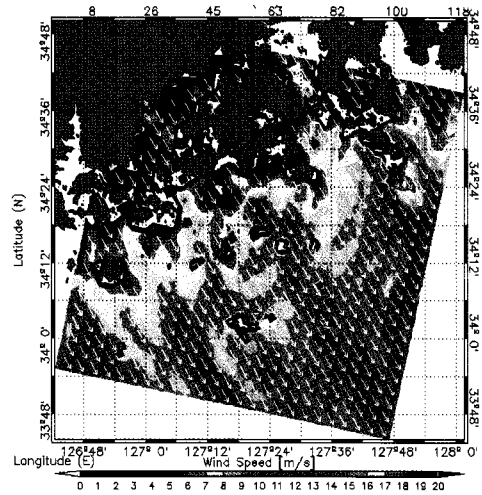


Fig. 7. Comparison of SAR wind extraction (top) and MM5 wind simulation (bottom) in winter, 2005.

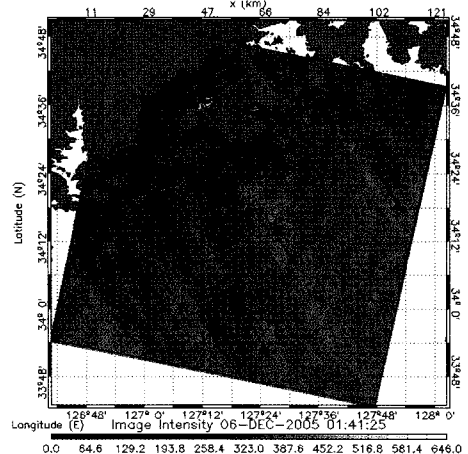


Fig. 8. ENVISAT SAR image in winter, 2005.

SAR 영상 해상풍 측출 시 풍향정보는 Fig. 9와 같이 해상풍 흔적을 이용하여 수동으로 입력하였다. 탁월한 계절풍에 의해 육지를 벗어난 후 8~10 m/s까지 가속되는 풍속의 공간분포 특성은 영상과 모델에서 동일하게 나타나고 있으나 내해에서는 앞서와 마찬가지로 모델의 과대예측 경향이 관찰된다. 동계 비교에서는 근해에서 원해로 진행하며 풍속이 가속되는 형태가 잘 나타나고 있으며 분명한 해상풍 흔적이 관찰되므로 영상을 이용하여 모델예측을 검증할 수 있다. 특히 영상에서는 섬들의 영향으로 가속형태가 불균일한 특성이 분명하게 나타나고 있어 향후 고해상도 수치바람모의와의 비교 시 매우 유용한 정성적, 정량적 검증자료가 될 수 있다고 사료된다. 해상 풍력단지 위치선정을 고려할 때 이러한 다도해의 영향을 고려하기 위해서는 위성영상의 활용이 필수적이라고 사료된다.

3.5. 비교결과 토의

MM5 모델과 SAR 영상에 의한 남서해역 해상풍 공간분포의 비교분석을 통하여 도출한 결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 풍향의 경우, 두 방법 모두 재해석자료에 의존하며 3월은 북서풍, 8월은 남동풍, 10월은 동풍, 12월은 북서풍을 나타내었다. 단, 동계의 경우에는 SAR 영상에서 해상풍 흔적을 이용하여 풍향을 추정하였으며 MM5 모델도 탁월한 북서풍을 동일하게 예측하였다.

(2) 풍속분포는 두 방법 모두 저풍속과 고풍속대의 구분 등 정성적인 분포특성을 유사한 수준으로 예측하였다.

(3) 외해에 비해 연안 및 내해에서는 SAR 영상과 비교하여 MM5 모델이 풍속을 과대예측하는 것으로 기상관측자료와의 비교를 통하여 확인되었으며, 향후 고해상도(1 km×1 km) 수치바람모의에서 이에 대한 명확한 검증이 필요할 것이다.

(4) 계절별 대표일에 대한 비교분석을 통하여 정성적, 정량적 측면에서 SAR 영상의 해상풍 측출결과를 신뢰도를 확인하였다.

(5) SAR 영상이 MM5 모델과 상당한 차이가 발생하는 경우에는 필연적으로 해상기상탑 관측자료, 구름사진 등 다각도의 추가정보를 이용한 신뢰도 검증평가가 필요할 것으로 사료된다.

4. 결 론

한반도 해상 풍력자원평가 체계를 수립하기 위하여 MM5 수치기상모델에 의한 수치바람모의와 SAR 원격탐사 위성영상으로부터의 해상풍 측출을 비교·분석하였다. 그 결과, 수치바람모의는 연안이나 내해에서의 풍속 과대예측이 발견되었기 때문에 복잡한 해안지형에 대한 공간분해능의 고해상도화가 필요하다고 판정하였으나, 두 방법은 상호보완적으로 해상 바람장의 특성을 파악할 수 있는 유용한 방법인 것으로 확인할 수 있었다.

본 논문에서는 현재로서 해상풍 정보의 공간해상도가 가장 높은 SAR 위성영상과 수치모의의 결과를 비교하였으나 계절별 대표일에 대한 해수면 높이 수평면에서의 정성적인 비교분석인 관계로 수치모의 검증이란 측면에서 볼 때 판단의 객관성을 만족하였다고 하기에는 부족함이 있다. 향후 충분한 영상을 활용한 기상통계학적 비교분석을 실시하여 수치바람모의를 체계적으로 보정할 수 있는 표준화된 방법론을 도출할 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 그 과정에서 두 방법의 정확한 검증 및 판정을 위해서는 해상기상탑과 같은 해상 관측자료의 활용이 필연적일 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 한국에너지기술연구원의 「신재생에너지 및 한반도 풍력에너지 자원지도 구축」 사업에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 1) EWEA(European Wind Energy Association), 2005, Prioritising Wind Energy Research - Strategic Research Agenda of the Wind Energy Sector.
- 2) Hasager C. B., Barthelmie R. J., Christiansen M. B., Nielsen M., Pryor S. C., 2006, Quantifying offshore wind resources from satellite wind maps: study area the North Sea, Wind Energy, 9(1), 63-74.
- 3) Hasager C. B., Nielsen M., Astrup P., Barthelmie R., Dellwik E., Jensen N. O., Jørgensen B. H., Pryor S. C., Rathmann O., Furevik B. R., 2005, Offshore wind resource estimation from satellite SAR wind field maps, Wind Energy, 8(4), 403-419.

- 4) 김현구, 2005, 한반도 바람지도 구축에 관한 연구; I. 위성탐사자료에 의한 종관 바람지도 구축, 한국신재생에너지학회지, 1(1), 1-10.
- 5) 강문경, 박용욱, 이훈열, 이문진, 2007, SAR를 이용한 해풍, 파랑, 해류 추출 기법 연구, 한국항해항만학회지, 31(1), 35-42.
- 6) 이순환, 이화운, 김동혁, 김현구, 2007, 한반도 풍력자원 평가를 위한 초기 공간해상도와 위성자료 동화의 관계 분석, 한국대기환경학회지, 23(6), 653-665.
- 7) 김현구, 장문석, 2007, 한반도 바람지도 구축에 관한 연구, II. 저해상도 바람지도화 및 풍력자원 정보체계, 한국신재생에너지학회지, 3(1), 20-26.
- 8) 김현구, 2008, 남한 풍력자원 잠재량의 예비적 산정, 한국태양에너지학회 논문집, 28(6), 1-7.
- 9) Song G., Hou Y., He Y., 2006, Comparison of two wind algorithms of ENVISAT ASAR at high wind, Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 24(1), 92-96.