

論文

QuikSCAT 위성 데이터를 이용한 한반도 주변의 해상 풍력자원 평가

장재경*, 유병민*, 유기완**, 이준신***

Offshore Wind Resource Assessment
around Korean Peninsula by using QuikSCAT Satellite Data

Jea-Kyung Jang*, Byoung-Min Yu*, Ki-Wahn Ryu** and Jun-Shin Lee***

ABSTRACT

In order to investigate the offshore wind resources, the measured data from the QuikSCAT satellite was analyzed from Jan 2000 to Dec 2008. QuikSCAT satellite is a specialized device for a microwave scatterometer that measures near-surface wind speed and direction under all weather and cloud conditions. Wind speed measured at 10 m above from the sea surface was extrapolated to the hub height by using the power law model. It has been found that the high wind energy prevailing in the south sea and the east sea of the Korean peninsula. From the limitation of seawater depth for piling the tower and archipelagic environment around the south sea, the west and the south-west sea are favorable to construct the large scale offshore wind farm, but it needs efficient blade considering relatively low wind speed. Wind map and monthly variation of wind speed and wind rose using wind energy density were investigated at the specified positions.

초 록

QuikSCAT 위성의 관측자료를 이용하여 2000년 1월부터 2008년 12월에 걸쳐 한반도 근해의 풍력자원을 평가 하였다. QuikSCAT 위성은 초단파 scatterometer를 이용하여 해수면 가까이의 풍향과 풍속을 전천후 상태에서 측정한다. 해면으로부터 10 m 높이에서 측정된 풍속을 power law모델을 이용하여 허브 높이에 맞게 외삽 보정하였다. 계산 결과 한반도의 남해와 동해에서 풍력에너지가 상대적으로 우수하다는 것을 알 수 있었다. 풍력 터빈 타워의 설치를 위해 깊은 수심을 피하고 대규모 풍력단지 조성을 위해 남해의 다도해 지역을 피한다면 한반도 서쪽 또는 남서쪽 연안이 대규모 풍력단지 조성에 유리하나 상대적으로 낮은 풍속을 고려한 블레이드 개발을 요한다. 바람 지도를 작성하였으며, 특정 지점에 대한 월별 풍속 변화를 파악하였다. 그리고 풍력에너지 밀도를 이용한 바람장미를 파악하였다.

Key Words : Offshore Wind Resource(해상 풍력 자원), Weibull Distribution(바이블 분포), QuikSCAT Satellite(퀵스캣 위성), Wind Rose(바람장미)

† 2009년 9월 11일 접수 ~ 2009년 10월 27일 심사완료

* 정희원, 전북대학교 항공우주공학과 대학원

** 정희원, 전북대학교 항공우주공학과

교신저자, E-mail: kwryu@chonbuk.ac.kr

전라북도 전주시 덕진구 덕진동1가 664-14

*** 정희원, 한전 전력연구원

I. 서 론

전 세계적으로 기후 변화협약에 따라 화석연료의 유한성과 화석연료로 인해 발생하는 온실가

스 문제로 인하여 신재생에너지 기술을 개발하고 있다. 그 중에서 풍력발전은 가장 각광 받고 있는 신·재생에너지원이라 볼 수 있다. 국내 육상 풍력발전 단지에는 강원도와 경북 및 제주도에 국한되어 있으며, 협소한 국토와 높은 인구밀도, 소음과 경관 훼손에 따른 민원 증가로 인하여 육상 풍력발전 단지 건설은 한계점에 도달하면서 해상 풍력발전단지에 대한 관심이 고조되는 상황이다.

해상풍력발전은 육상풍력발전에 비해 강한 바람이 상시적으로 불어 이용률이 높고, 대형풍력 단지 조성에 유리한 장점이 있는 반면에, 파도나 염해 등을 고려하여 기기를 설계해야 하며, 해저에서의 토목 및 케이블 공사 설치비용과 유지보수 비용이 육상풍력발전기에 비해 비교적 높다는 단점이 있다. 현재 우리나라의 풍력발전기 기술은 선진 기술 수준은 아니지만 지속적인 연구 개발을 통해 제품양산 체계를 갖추고 있고, 세계적인 수준의 조선 기술이나 해상 구조물 기술 등을 결합한다면 향후 해상풍력발전기에 대한 충분한 경쟁력을 갖출 수 있을 것으로 보인다.

해상풍력단지건설을 위해서는 한반도 주변 해상에서의 정확한 풍력 자원의 평가가 필수적이다. 이는 경제성 있는 단지의 위치를 정하는데 필요한 자료를 제공하기 때문이다. 과거 풍황 자료 분석 방법으로는 관측 방법으로 해상 기상 탑이나 부이를 통한 측정이 있고, 수치예측 방법으로는 mesoscale 기상예측 등을 사용하였다. 가장 좋은 자료는 관측자료라 할 수 있지만 공간 정밀도를 가질 수 있는 충분한 관측위치를 확보 유지하기가 쉽지 않고, 계측기 보정 상태에 따라 자료의 신뢰성이 떨어질 수 있으며, 지역적인 영향이 크다는 문제점이 있다. 기상 예측 자료는 초기조건과 경계조건에 따라 수치결과에 차이가 발생할 수 있어 장기적인 기상예측을 통한 풍황조사는 활용성 검증에 요한다고 볼 수 있다.

국내의 경우 에너지연구원의 경남호 등[1]과 김현구 등[2]은 해상 풍황 분석 방법에 있어서 기존의 해상 풍력 자원 평가 방법의 비효율적인 문제에 대해 지적하며 QuikSCAT[3] 위성의 2000년 초기의 자료를 이용한 한반도 해상풍력자원 평가를 하였지만 단기간의 자료 분석에 그치고 있어 위성 관측자료의 통계적인 신뢰도 증진을 위해 장기적인 자료 분석이 필요한 상황이다.

따라서 본 연구에서는 미국 NASA에서 운영하고 있는 QuikSCAT 인공위성의 2000년부터 2008년까지 최근 9년간의 장기간 해상 풍황 관측 자료를 분석하기로 한다. 이 결과로부터 해상 평균 풍속 분포, 풍력에너지밀도 분포, 연간 평균풍속

의 변동 등을 분석한다. 또한 한반도 주변 4개 특정 지점에 대한 풍력에너지밀도 분석 결과를 이용하여 바람장미를 나타내어 주풍향 방향을 결정하고 이로부터 단지 설계 시에 풍력터빈 어레이의 방향 결정에 참고할 수 있는 자료 확보를 목표로 한다.

II. 본 론

2.1 QuikSCAT 위성

QuikSCAT 위성은 미국 NASA에 의해 개발되어 1999년 6월 19일에 발사되었으며, 바람에 의해 형성되는 해면의 물결에 의해서 되돌아오는 극초단파의 파장 강도를 변화시키는 메커니즘을 바탕으로 풍향과 풍속을 측정하게 되며, 해면으로부터 10m 높이에서의 풍향, 풍속, 강우 등을 측정 후 자료를 저장한다. QuikSCAT 위성의 궤도 상수와 기본요구사항은 Table 1과 Table 2에 나타내었다.

QuikSCAT 위성은 일반적으로 하루 24시간 동안 위도가 증가할 때와 감소할 때 두 번 관측을 한다. Fig. 1 (a)는 위도가 증가 하면서 관측한 풍속의 ascending scene이며, (b)는 위도가 감소 하면서 관측한 풍속의 descending scene 이다.

Table 1. Nominal orbital parameters

Nominal Orbital Parameters	
Recurrent Period	4 days (57 orbits)
Orbital Period	101 minutes (14.25 orbits/day)
Local Sun Time at Ascending Node	6:00 A.M. \pm 30 minutes
Altitude above Equator	803 km
Inclination	98.616°

Table 2. Requirement and applicable range

Quantity	Requirement	Applicable Range
Wind Speed	2 m/s (rms)	3 - 20 m/s
	10%	20 - 30 m/s
Wind Direction	20° (rms) Selected ambiguity	3 - 30 m/s
Spatial Resolution	25 Km	σ_c cells
	25 Km	Wind Vector Cell
Location Accuracy	25 Km (rms)	Absolute
	10 Km	Relative

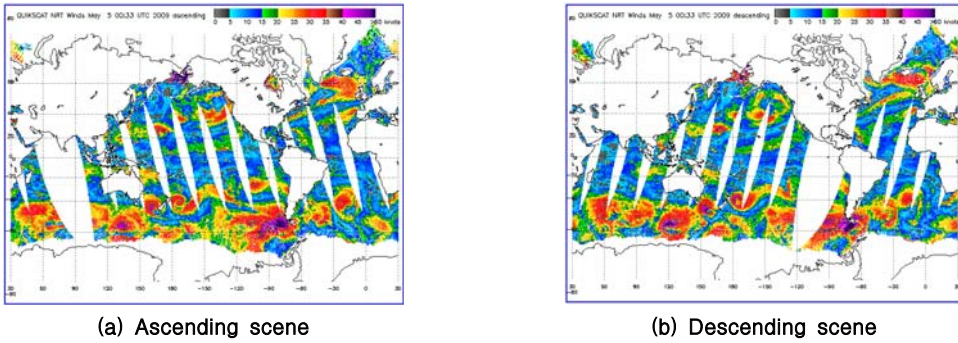


Fig. 1. Visualization of wind speed in May 2009

데이터 저장은 하루 중 가장 나중에 측정된 자료를 대표 값으로 저장한다. 하나의 관측 값이 하루를 대표하는 문제가 있지만 9년 동안의 장기 분석 자료는 통계적으로 그 지점의 풍황자료를 대표한다고 볼 수 있다.

2.2 관측영역 및 지점 설정

3MW급 해상풍력 발전기의 허브 높이는 80 m 에 이르므로 관측위치 10 m에서 80 m 높이로 보정이 필요하다. 보정방법은 지수법칙[4]과 로그 법칙[5]이 있지만 해상 풍속 관측자료를 바탕으로 지수를 선정한 NASA TP-1359[6]를 참고하여 지수법칙을 이용하기로 한다.

$$U = U_a \times \left(\frac{z}{z_a}\right)^n \quad (1)$$

U 는 속도, z 는 높이이고 하첨자 a 는 속도 보정 전인 10m 높이에서의 값을 나타낸다. 참고문헌 [6]으로부터 $n=0.11$ 을 선정하였다.

데이터 분석은 Fig. 2에 표시된 영역에 대해서 관측자료를 분석하였다. 한반도 주변 영역은 동경 E123.125°~E131.875°, 북위 N32.125°~N39.875° 영역이다. 이 구간에서 연도별 평균 풍속과 평균 풍력에너지밀도 분포를 분석하였다. 풍력에너지 밀도는 아래 식과 같이 풍속의 확률밀도함수의 적분식으로 나타낸다.

$$P(v) = \frac{1}{2} \rho \int_0^\infty v^3 f(v) dv \quad (2)$$

여기서 ρ 는 공기밀도, v 는 바람의 속도, $f(v)$ 는 Weibull 확률 밀도 분포를 나타낸다.

또한 현재 해상 풍력발전단지로서 관심이 고조 되는 전남북 경계 인근 해상과 바람이 비교적 세다고 인식되고 있는 제주도 동부, 울산 남동부, 그리고 울릉도 동부를 나타내는 한반도 주변 4개

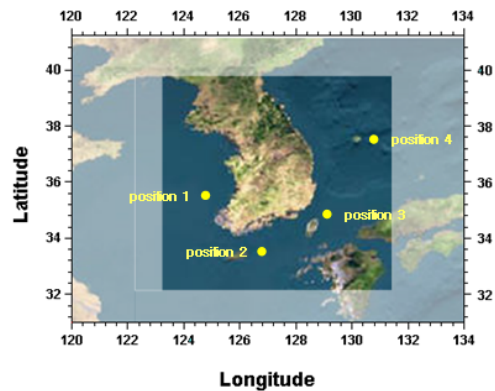


Fig. 2. Analysis domain around Korean peninsula

Table 3. Specified positions

Section	Coordinates	Position
서해상	N35.625°, E125.625°	1
남해상	N33.125°, E127.125°	2
남동해상	N35.125°, E130.125°	3
동해상	N37.125°, E131.125°	4

의 특정 지점에 대하여 (Table 3) 연도별, 월별 풍속을 분석 하였고, 12방위(30° 간격)의 바람장미를 산출하여 풍향빈도를 분석하였다. 발전 정지 풍속인 25 m/s 이상의 자료는 의미가 없으므로 풍황자료 분석 시에는 이 값 이상은 포함시키지 않았다.

데이터는 Hierarchical Data Format (HDF) 형식으로 되어 있으며, 본 연구에서는 위도, 경도에 따른 각 각의 날짜별 숫자 데이터를 뽑아 이것을 정리하였다. 2008년도 결과 값 중 position 1 에서의 데이터 일부를 예시하면 Table 4와 같다. 데이터는 풍속의 스칼라 값과 속도 벡터 u, v , 풍향, 강수 확률을 나타내며, 1년 동안 하루 단위로 순차적으로 출력된다.

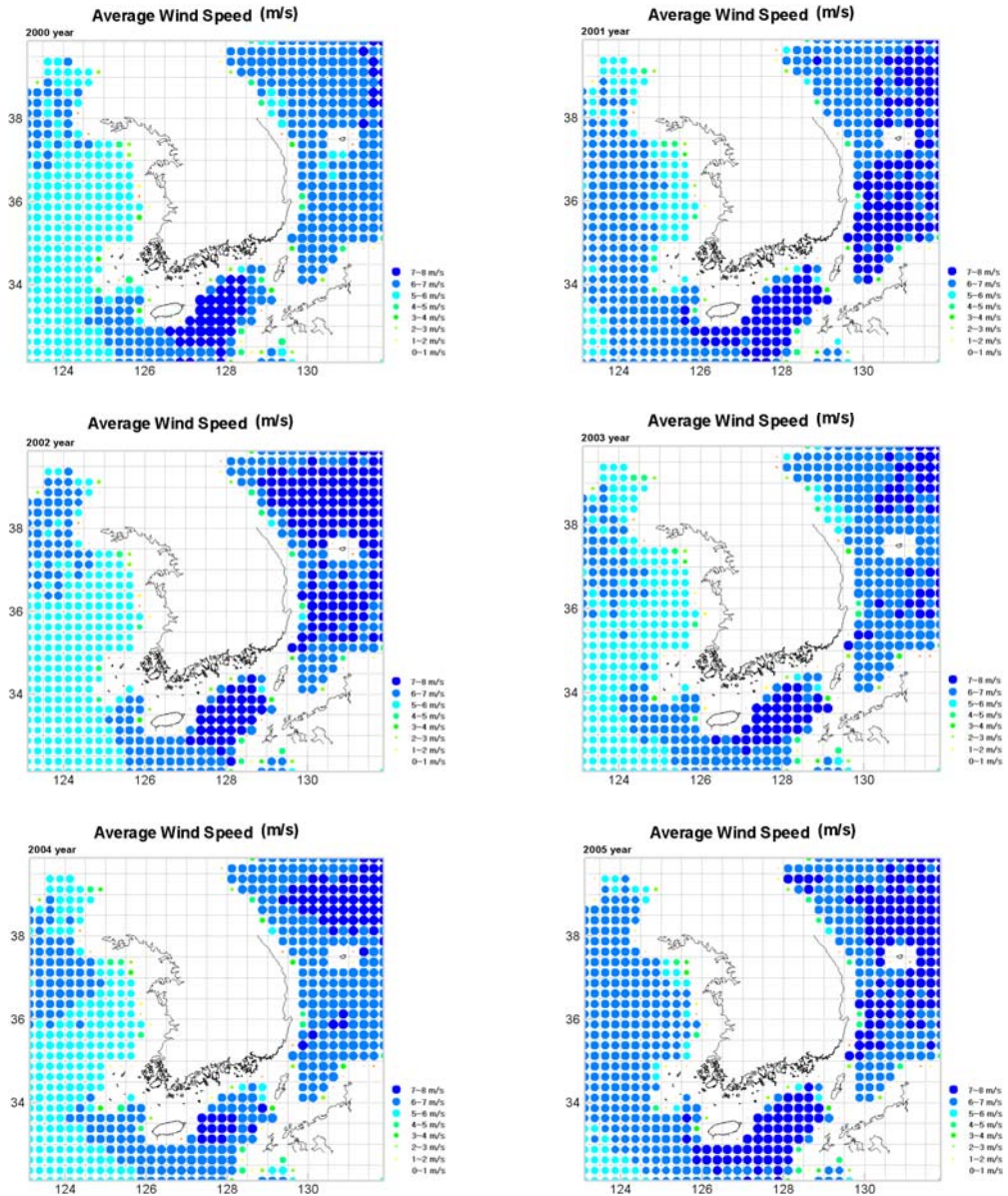
Table 4. Sample data record (position 1)

Days	Average velocity	U vector	V vector	Wind direction	Wind energy	Rainfall
1	12.4841	6.005	-10.945	298.7515	1191.7298	0.034
2	6.9974	6.375	-2.885	335.8509	209.8535	0.005
3	5.5082	3.045	-4.59	303.5602	102.3612	0.0015
4	2.0815	1.82	-1.01	330.9721	5.5238	0
5	4.6422	4.24	1.89	24.0251	61.2742	0.0015
6	1.4496	-1.015	1.035	134.441	1.8857	0.001
7	6.7695	4.44	-5.11	310.9869	190.0097	0
8	2.2156	-2.215	0.05	178.7069	6.6616	0
9	8.033	-4.155	-6.875	238.8528	317.4988	0.0215
10	8.5739	-5.88	-6.24	226.7014	386.048	0.0235
11	13.5202	-0.07	-13.52	269.7034	1513.7545	0
12	13.8714	0.77	-13.85	273.1821	1634.8088	0.0415
13	10.94	-0.03	-10.94	269.8429	801.9699	0.011
14	9.8582	0.8	-9.625	274.7513	551.8185	0.01

2.3 QuikSCAT 위성관측 자료 분석

Fig. 3은 허브 높이로 보정한 데이터의 평균풍속 분포를 분석하여 표시하였다. 평균풍속 분포를 분석한 결과 연도마다 약간의 차이를 보여주기는 있으나 옹진반도 서쪽과 제주도-대마도-울릉도를 연결하는 해상 축의 풍속이 우수한 경향을 보이는 것은 연도마다 서로 일치하였다.

실제 에너지 출력은 평균 풍속보다는 풍력에너지 밀도와 밀접하므로 연도별 평균 풍력에너지



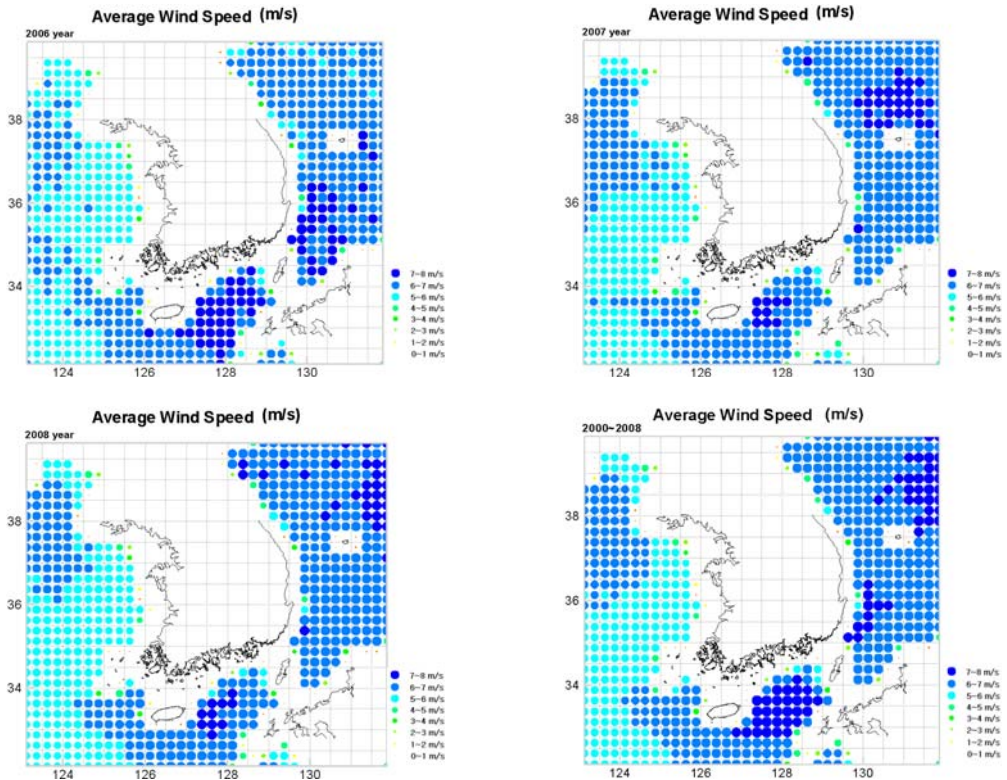


Fig. 3. Annual mean wind speed distribution

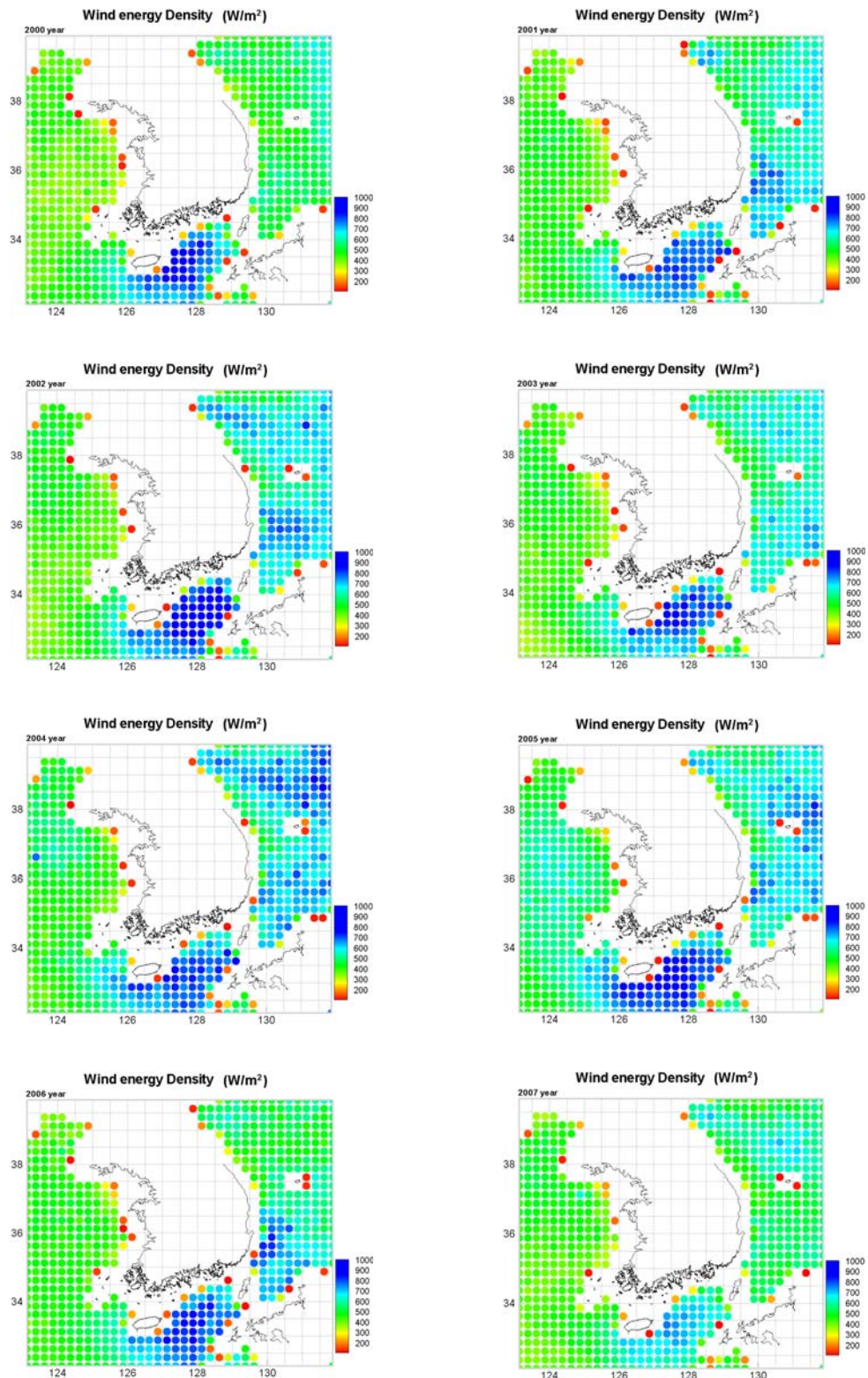
밀도를 분석한 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 연도별 평균 풍력 에너지 밀도는 각 연도마다 약간의 차이를 보여주고 있으나 제주도 동부와 울산 남동부, 그리고 울릉도 북동쪽의 풍력에너지 밀도가 우수한 경향을 보이는 것은 연도마다 서로 일치하였다. 2000년에서 2008년 동안의 평균풍력에너지밀도 분포를 분석한 그래프를 보면 대체적으로 제주도 동부의 풍력 자원이 가장 우수한 것을 보여주고 있다. 평균 최고 밀도는 $835\text{W}/\text{m}^2$ 이며 수심이 상대적으로 낮은 서해 position 1 지점의 평균 풍력에너지 밀도는 $391\text{W}/\text{m}^2$ 이으며 풍력에너지 개발 잠재성이 충분하다고 판단된다. Table 5는 미국 풍력지도를 작성하면서 분류한 풍력 등급을 나타내고 있다[7]. 일반적으로 4등급 이상이 풍력 개발이 유리하다고 판단하였으나 최근 유럽에서는 3등급 지역도 기술발전과 대형화에 따라 경쟁력이 있다고 평가하고 있다. 서해안 Position 1의 풍력 밀도 $391\text{W}/\text{m}^2$ 은 80m에 대해서 1/7 지수법칙을 적용하면 class 3에 해당되어 경제성이 있는 것으로 평가된다.

Fig. 3 ~ Fig. 4를 보면 한반도 근해에 근접한 곳에 데이터가 누락된 것을 확인할 수 있다. 특

히 수심이 얇아 파도가 완만한 서해부근에서 두드러지게 나타나고 있다. 이러한 현상은 QuikSCAT 위성이 파도가 완만한 곳을 스캔할 때 불규칙적으로 오류를 범하여 신뢰도를 저하시키는 것으로 판단되어 데이터의 분포도에 나타나지 않았다.

Table 5. Classes of wind power

Wind Power Class	Wind Power Density (W/m^2)	
	10 m	50 m
1	< 100	< 200
2	100 ~ 150	200 ~ 300
3	150 ~ 200	300 ~ 400
4	200 ~ 250	400 ~ 500
5	250 ~ 300	500 ~ 600
6	300 ~ 400	600 ~ 800
7	> 400	> 800



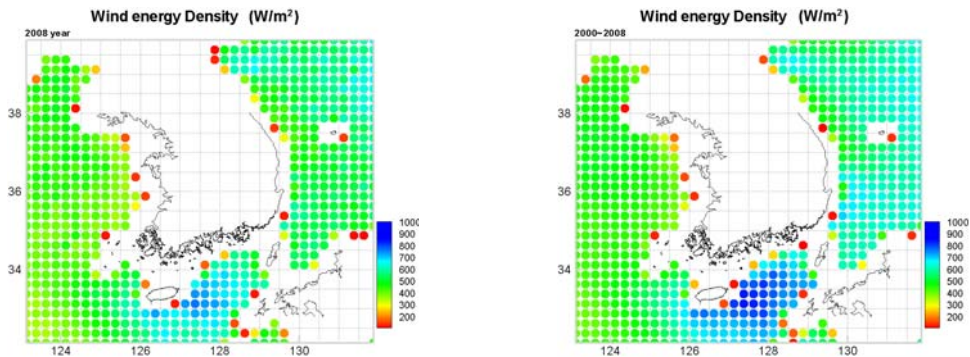


Fig. 4. Annual mean wind energy density

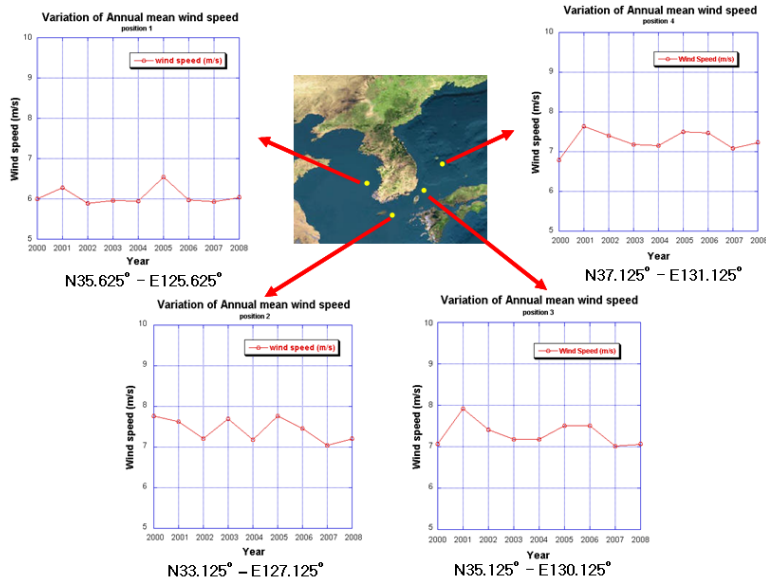


Fig. 5. Variation of annual mean wind speed

Fig. 5와 Fig. 6은 4개의 특정 지점에서 2000년부터 2008년도까지 연도별 평균 풍속 변화와 월별 평균 풍속 변화를 나타낸 그래프이다. 연도별 평균 풍속을 비교해 보면 Fig. 2에 표시한 N35.625°, E125.625°(position 1)지점에서는 평균적으로 6 m/s의 바람이 불고, N33.125°, E127.125° (position 2), N35.125°, E130.125° (position 3), N37.125°, E131.125° (position 4) 지점에서는 각각 7.4 m/s, 7.3 m/s, 7.2 m/s 의 바람이 분다. 서해보다는 제주도 동부에서의 평균 풍속이 약 1.2 m/s 이상 높은 것으로 나타났다.

Fig. 6에서 월별 평균 풍속을 비교해 보면 한반도 해상에서 공통적으로 겨울철에 비교적 센 바람이 불며 이러한 차이들이 풍력에너지 밀도에 영향을 준다는 것을 알 수 있다. 특히 제주도 동부와 (position 2) 울산 남동부 (position 3)는 연

평균 풍속은 별로 차이가 없으나 제주도 동부에서는 겨울철 풍속이 울산 남동부보다 상대적으로 높아 풍력에너지 밀도는 더 큰 값을 갖게 됨을 파악 할 수 있다. 이렇게 여름과 겨울에 풍속차이가 나는 이유는 한반도 주변이 계절풍의 영향을 받기 때문이다. 계절풍이란 대륙과 해양의 비열의 차이로 인한 온도차에 의해 발생하는데 일반적으로 대륙과 해양의 온도차는 겨울철에 크고 여름에 적어 겨울의 북서풍이 여름의 남동풍보다 더 큰 풍력에너지를 가짐을 알 수 있다. 또한, 서해 해상은 겨울철 북서서풍의 영향을 바로 받기 때문에 여름철 보다 겨울철의 풍속이 더 세지는 것을 알 수 있다.

Fig. 3과 Fig. 6에서 서해 해상 평균 풍속은 대체적으로 5~6 m/s이며, 제주도-울산 남동부-울릉도를 잇는 축의 풍속은 약 6~7 m/s 이상으로 좀

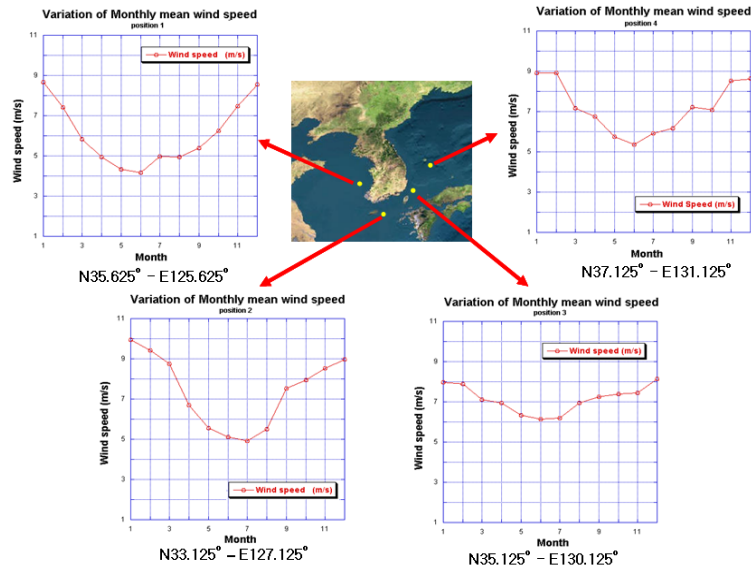


Fig. 6. Variation of monthly mean wind speed

더 강한바람이 분다. 이것은 주풍속인 북서풍이 서해안으로 유입되면서 육지에 의한 마찰 저항이 발생하여 속도가 낮아지지만 서해와 남해 경계부근을 빠져나가는 바람은 마찰이 없는 해상에서 충분히 가속되어 남해상에 이르러 강한 풍속을 나타내는 것으로 판단된다. 또한, 제주도-울릉도-독도를 잇는 축의 풍속이 상대적으로 높은 이유는 한반도의 북동쪽에서 불어오는 바람이나 하절기에 남서쪽에서 불어오는 바람의 경우 한반도와 일본의 사이에 있는 해협을 빠져나가면서 가속되어 풍속이 증가하는 것으로 판단된다.

한반도 주변 특정지점에서 바람장미를 통해 풍향의 빈도를 살펴본 결과 Fig. 7과 같으며 계절풍의 영향으로 서해에서는 북서풍이 지배적이고 동해지역은 북동풍과 남서풍이 지배적인 결과를 보여준다. 이는 한반도 주변의 해양과 육지의 형상에 크게 지배받는 결과라 할 수 있다.

Fig. 8은 김지영 등[8]이 한반도 주변의 수심을 파악하기 위하여 최병호 등 [9]이 구축한 한국근해의 수심 분포도를 재구성한 결과이다. 남해의 바람자원은 서해보다 비교적 우수하나 대규모 풍력단지를 개발하는 데는 지형상 그리고 국립공원 특성상 서해보다 용이하지 않다. 서해의 평균수심은 40 m 정도이며, 최고 수심은 홍도 서쪽해역이 103 m로 나타난다. 서해는 대륙붕이 잘 발달하여 평균수심에 비해 수심이 얕아 20 m 미만의 해역이 넓게 분포하기 때문에 대규모 풍력발전 단지 건설이 용이하다고 판단하고 있다.

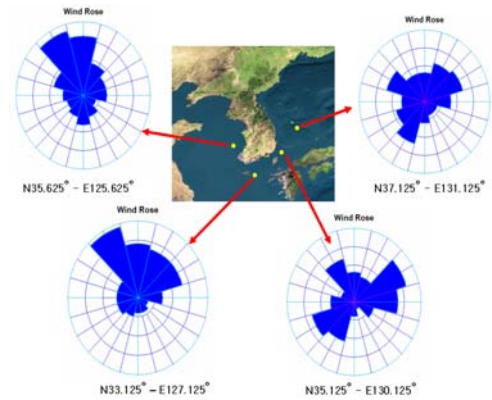


Fig. 7. Wind roses based on mean velocity at specified offshore positions

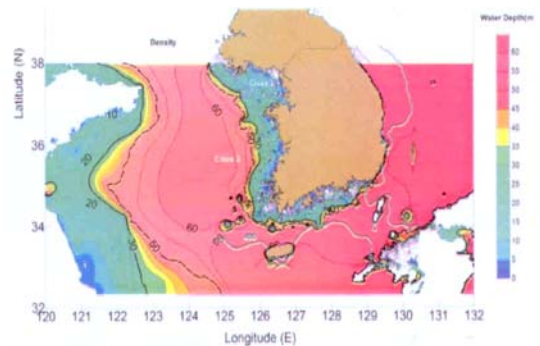


Fig. 8. Geometric view of the sea floor around Korean peninsula [8]

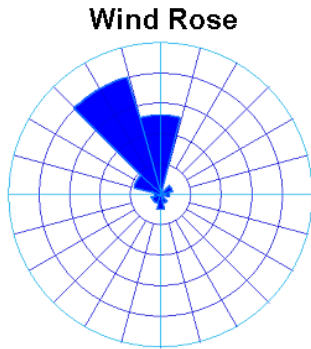


Fig. 9. Wind rose at position 1 based on wind energy density

또한 최근 연구에서 김현구 등[10]도 해상풍력발전 단지 조성을 위해 수심과 풍황조건 등을 분석하여 한반도 서해안과 서남 해안 지역의 대규모 발전단지 개발 잠재성을 언급하고 있다.

비교적 수심이 얇은 한반도 서해 해상에 대한 풍력 자원을 정밀하게 분석해볼 필요가 있게 된다. 단지 특정 지점에서 풍향의 빈도에 따른 주 풍향의 방향을 알아보는 것도 의미가 있지만 해상 풍력단지 개발을 위해서는 특정 지점에서 풍력에너지 밀도의 주 유입방향을 알아보는 것이 더 의미가 있다. 풍력에너지 밀도는 풍력발전기에서 변환되는 에너지의 양과 비례하며 단지의 경제적인 설계와 밀접한 관련이 있기 때문이다. 이를 위해 position 1에서의 풍력에너지 밀도에 대한 바람장미를 Fig. 9에 나타내었다. 전체 에너지 밀도의 40 %를 차지 할 정도로 센 바람이 북북서쪽에서 불어오고 28 % 정도가 북쪽에서 바람이 불어오는 것을 보여준다. 따라서 서해 어청도 근방에서는 풍력 단지 설계 시 북풍과 북북서풍을 고려한 단지 위치 결정 및 터빈 어레이의 방향 설계가 이루어져야 한다.

Position 1의 측정 자료로부터 그 지점 풍속의 풍속구간별 발생빈도에 대한 통계분석을 산출하기 위해 Weibull 함수를 사용하였다. Weibull 확률변수 값을 얻기 위한 방법으로 모멘트 법과 log-scale 법을 서로 비교하면 Fig. 10과 같다. 여기서 Weibull 분포 함수는 다음과 같다.

$$f(V) = \left(\frac{K}{C}\right) \left(\frac{V}{C}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{V}{C}\right)^k} \quad (2)$$

여기서 V 는 풍속, C 는 scale parameter로 분포되는 풍속의 평균치와 관계하며, k 는 shape factor

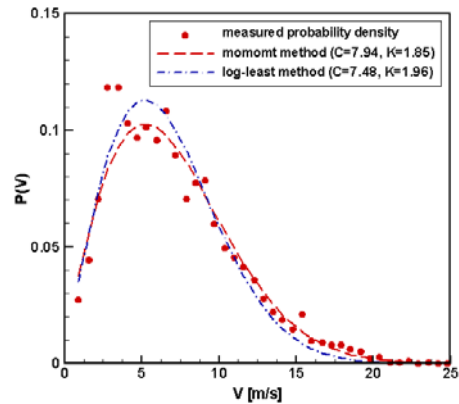


Fig. 10. Weibull distribution of the wind data at position 1

로 분포된 풍속의 편차와 관계하는 상수이다. 0.5 m/s 간격으로 dots분포를 나타내었으며, 0.5 m/s 미만은 Weibull 분포에 반영하지 않았다. 반영되지 않은 속도 영역이 dots분포에 차지하는 비율은 14 %이며, 이는 평균 풍속을 1 m/s 낮추는 결과로 작용한다. Fig 10으로부터 얻어진 position 1의 Weibull 분포는 해당 위치에 대한 저풍속 블레이드 설계를 위한 정격풍속 결정 자료로 활용하게 된다.

4. 결론

본 연구에서는 2000년에서 2008년 동안의 한반도 해역의 QuikSCAT 위성 관측 자료를 연도 별로 분석하였다. QuikSCAT 위성의 2000년 초기의 자료를 이용한 선행 연구결과와 2000년부터 2008년까지의 데이터 분석 결과를 비교해 볼 때 풍속과 풍력 밀도의 변화는 약간 감소한 경향을 보이며 바람장미를 비교한 결과 다소간의 차이는 보이지만 전반적인 풍향 변동은 없는 것으로 나타났다. 특히 어청도 부근 (N35.625°, E125.625°), 제주도 동쪽 해상 (N33.125°, E127.125°), 울산 남동쪽 해상 (N35.125°, E130.125°)과 울릉도 남동쪽 해상 (N37.125°, E131.125°) 특정 지점에 대해서는 9년 동안의 월별 평균 풍속 변화를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 월별 평균 풍속을 분석한 결과 10월부터 3월까지의 평균 풍속이 특히 서해와 남해에서 다른 달보다 월등히 높은 결과를 보였다.
2. 제주도-울산남동부-울릉도를 연결하는 해역의 풍력에너지가 다른 해역보다 우수하며 평균 풍속이 다른 지역보다 대략 1.2 m/s 이상 높다.

3. 바람장미를 통해 풍향을 알아본 결과 서해에서는 북서풍이 지배적이며 동해지역은 북동풍과 남서풍이 지배적이다. 이는 한반도 주변의 바다와 육지 분포 형상에 지배받는 결과로 보인다.

4. 풍력에너지 밀도는 제주도 동쪽 인근 해상이 최대 835 W/m^2 정도에 이르며 평균 풍속은 울산 남동 인근해역과 비슷하나 겨울철 풍속이 높아 풍력에너지 밀도가 더 크게 나타난다.

5. 해상 풍력 단지 조성을 위해 산개된 섬 지역을 피하고 경제성을 갖는 수심을 반영한다면 한반도 서남 해역과 옹진반도 서쪽 해역이 서해 부근에서는 상대적으로 높은 풍력에너지밀도를 보이기 때문에 대규모 단지 조성에는 유리하다고 본다. 그러나 제주도 동부 등과 비교하면 낮은 풍속인 점을 감안하여 저풍속용 고효율 블레이드 설계를 요구한다고 볼 수 있다.

6. 한반도 남서해안(position 1)에서의 풍력에너지밀도를 기반으로 한 주 풍향은 북북서풍이 40%이며 북풍이 28%를 차지하는 것으로 나타났다. 이 정보를 기반으로 해상풍력단지 설계 시에 터빈 어레이의 방향 설정이 이루어져야 한다.

후 기

본 연구는 지식경제부의 신·재생에너지기술개발사업인 “국내해역의 중형 해상풍력발전 플랜트 타당성 조사연구” 및 국토해양부 「하늘 프로젝트」의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

- 1) 경남호, 윤정은, 장문석, 장동순, “한반도 해역의 해상 풍력 자원 평가”, 한국태양에너지학회지, 제23권 제2호, 2003, pp. 35~41.
- 2) 김현구, 이화운, 정우식, “한반도 바람지도

구축에 관한 연구”, 한국대기환경학회지, 제21권 제1호, 2005, pp. 63~72.

3) Physical Oceanography DAAC, "SeaWinds on QuikSCAT Level 3 Daily, Gridded Ocean Wind Vectors", Version 1.1, D-20335, Jet Propulsion Laboratory, 2001

4) Shi Feng Zhang, "A Statistical Analysis of the Power law and the Logarithmic Law Using Wind Data from a 164 m Tower", *Boundary Layer Meteorology*, Vol. 20, No. 1, 1981, pp. 117~123.

5) Ernest W. Peterson, Joseph P. Hennessey, "On the Use of Power Laws for Estimates of Wind Power Potential", *Journal of Applied Meteorology*, Vol. 17, No. 3, 1978, pp. 390~394.

6) Frost, W.; Long, B. H.; Turner, R. E. "Engineering Handbook on the Atmospheric Environmental Guidelines for use in Wind Turbine Generator Development", NASA Technical Paper 1359, 1978.

7) Schwartz, M. N., Elliott, D. L., and Gower, G. L., "Seasonal Variability of Wind Electric Potential in the United States", PNL-SA-22090, 1993.

8) 김지영, 강금석, 오기용, 이준신, 유무성, “국내 해역의 해상풍력 가능자원 평가 및 예비부지 선정”, 신재생에너지학회지, 제5권 제2호, 2009, pp. 39~47.

9) 최병호, 김경옥, 엄현민, “한국근해의 디지털 수심·표고 데이터베이스”, 한국해안·해양공학학회지, 제14권 제1호, 2002, pp. 41~50.

10) 김현구, 송규봉, 황선영, 윤진호, 황효정, “국가바람지도 및 지리정보시스템 기반의 해상풍력단지 입지전략 연구”, 한국환경과학학회지, 제18권 제8호, 2009, pp. 877~883.