

해상부이 데이터 분석을 통한 한반도 해역의 바람자원 평가

오기용***, 김지영, 이준신

Assessment of Wind Resource Around the Korean Peninsula by Using Marine Buoys Datasets

Ki-Yong Oh***, Ji-Young Kim, Jun-Shin Lee

Abstract

In recent years, many countries have been endeavoring to exploit the offshore wind energy in terms of overcoming the limitations of on-land wind energy. Considering that mountains cover 70 percent of the Korean Peninsula and arable plains for wind energy are negligibly small, Korean government aggressively drives the offshore wind development of the Korean Peninsula. As part of preliminary investigation of offshore wind resources, KEPCO-RI (Korea Electric Power Corporation-Research Institute) has been analyzing marine buoy datasets measured at 5 positions over the period of 12 years, including estimation of extreme wind speed. It can be observed that variation of yearly wind speed, monthly wind speed as well as frequency distribution of wind direction. Wind classes of buoy sites are estimated by extrapolated average wind speed using log law. In addition, wind turbine class based on IEC code is assessed for evaluation of suitable wind turbine.

Key words

Offshore Wind Farm(해상풍력단지), Marine Buoy(해상 부이), Wind Resource Assessment(바람자원 평가), Extreme Wind Speed(극치풍속), Offshore Wind Turbine(해상풍력터빈)

(접수일 2011. 2. 23, 1차 수정일 2011. 3. 4, 게재확정일 2011. 3. 4)

*** 한전 전력연구원

■ E-mail : okyer@kepri.re.kr ■ Tel : (042)865-5376 ■ Fax : (042)865-5202

Nomenclature

P : energy density, W/m^2
 V : wind speed, m/s
 z_0 : the roughness length
 ρ : the air density, kg/m^3
 $f(v)$: weibull probability distribution

subscrip

h : a reference height above ground used for fitting the profile
 z : the height above ground

1. 서론

기후변화와 화석에너지 고갈로 인하여 신·재생에너지 개발에 대한 필요성이 세계적으로 대두되고 있다. 풍력은 기술의 완성도 및 경제성이 타 에너지원에 비해 월등하여 전 세계적으로 활발한 연구가 진행 중이다. 특히 해상풍력은 육상풍력과 비교하여 에너지밀도가 높으며 규모의 제약 및 민원소지 가능성이 적기 때문에 개발이 활발히 진행되고 있다. 한국은 협소한 국토와 높은 인구밀도, 소음과 경관 훼손에 따른 민원 증가로 인하여 육상풍력발전단지 건설의 한계점에 도달하면서 해상풍력에 대한 관심이 증가하고 있다.

한반도 해역의 바람자원 평가를 위하여 김현구 등^(1,2)은 육·해상 4년간 관측 자료를 기반으로 바람지도를 구축하여 국내 해역의 바람자원에 대한 정보를 관측 가능하도록 하였다. 장재경 등⁽³⁾은 QuikSCAT 위성 데이터를 분석하여 국내 해역의 바람자원에 대한 분석을 수행하였다. 바람자원 지도 및 QuikSCAT 데이터 분석을 수행하는 경우, 바람자원 평가는 가능하지만 IEC 규정에 적합한 극치풍속 산출은 불가능하기 때문에 해상풍력발전단지 건설에 필요한 터빈등급 산출을 위해서는 10분 평균 바람 자료에 대한 분석이 필요한 상황이다.

따라서 본 연구에서는 한반도 해역 5개 지점에 설치된 기상청 해상 부이의 1996년부터 2009년까지 12년간의 관측 데이터를 취득하여 분석을 수행하였다. 자료 분석을 통하여 연간 풍속 변화, 월별 풍속 변화 및 풍향에 대한 정보뿐만 아니라 터빈 등급 선정에 필요한 극치풍속도 산출 가능하였다. 분석된 정보는 5개 위치 분석 자료이기 때문에 국내 해역에 대한 대표성을 가질 수는 없지만, 국내 해역의 상세한 바람자원 분석을 위한 기초 자료로 사용 가능하다.

2. 해상부이

2.1 위치 및 상세정보

기상청은 1996년부터 순차적으로 한반도 주변 해역에 동해 2개, 남해 3개, 서해 2개 총 7개의 해상 부이를 설치하여, 풍향(wind direction), 풍속(wind speed), 기압(pressure), 습도(humidity), 기온(temperature), 수온(water temperature),

파고(wave height), 파주기(wave period), 파향(wave direction) 등 다양한 정보를 수집하고 있다. 마라도 및 포항 부이는 잦은 고장으로 인하여 측정 데이터가 적기 때문에 본 연구에서는 5개 부이의 풍향 및 풍속 데이터를 추출하여 분석하였다. 7개 해상 부이 위치는 Fig. 1에 도시하였다.

Multi-MW급 해상풍력 발전기의 일반적인 허브 높이는 80m이지만 부이에서 측정되는 바람자원의 높이는 해수면으로부터 4m이므로 측정된 데이터는 80m 높이로 보정이 필요하다

Table 1. Specific Information of Buoys

Site	Latitude	Longitude	Measured Interval	Duration
덕적도	N37.14°	E126.01°	1 hr	1996.07.01~2009.01.15
칠발도	N34.48°	E125.48°	1 hr	1996.07.01~2009.01.15
거문도	N34.00°	E127.30°	1 hr	1997.05.01~2009.01.15
거제도	N34.46°	E128.54°	1 hr	1998.05.01~2009.01.15
동해	N37.32°	E130.00°	1 hr	2001.05.01~2009.01.15

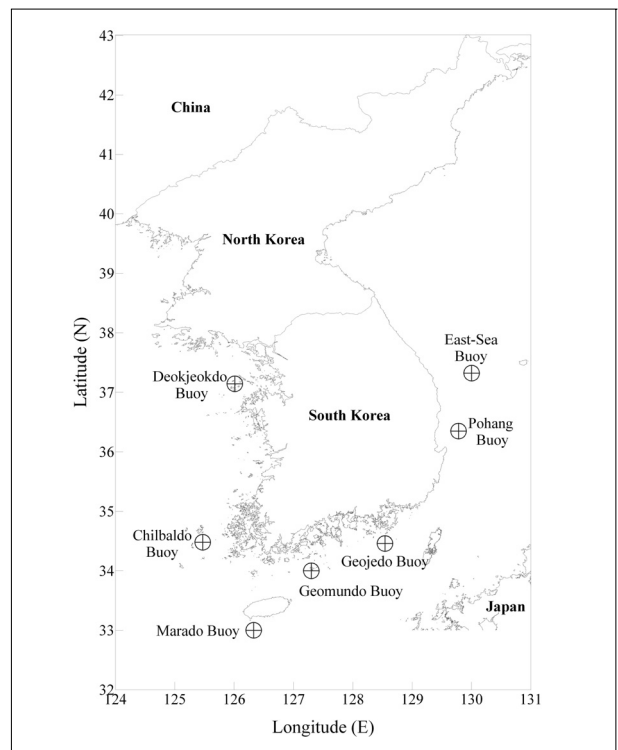


Fig. 1. Marine buoy data site of KMA around Korean peninsula

다. 보정방법은 지수법칙(power law)과 로그법칙(logarithmic law)이 있다⁽⁴⁾. 본 논문에서는 식 (1)에 도시된 로그법칙을 사용하여 80m 높이로 보정하였으며 조도계수(roughness length)는 해상에 대하여 추천되는 0.2mm를 사용하였다⁽⁵⁾. 식 (1)에서 h 는 측정 높이, z 는 보정 희망 높이, V_z 및 V_h 는 z 및 h 높이에서의 평균 풍속, z_0 는 조도계수이다.

$$V_z = V_h \left(\ln \frac{z}{z_0} / \ln \frac{h}{z_0} \right) \text{ [m/s]} \quad (1)$$

Table 2에는 바람등급을 도시하였다. 소형터빈이 주류를 이루던 2000년대 초반까지는 10m 및 50m의 바람등급을 사용하였지만 본 논문에서는 터빈의 대형화를 고려하여 100m 및 120m의 바람등급도 추가로 계산하여 도시하였다. 바람등급⁽⁶⁾(wind class)은 멱 법칙(power Law)에 멱지수(wind shear exponent) 1/7을 사용하여 10m 풍속을 연직방향으로 외삽하였으며, 에너지밀도는 식 (2)를 이용하여 계산하였다. 식 (2)에서 ρ 는 공기밀도, v 는 바람속도, $f(v)$ 는 Weibull 확률 밀도 분포를 나타낸다. 에너지 밀도 계산시 밀도는 표준밀도인 1.225kg/m³, 형상계수(shape parameter, k)는 2를 사용하여 레일리(Rayleigh) 확률 밀도 분포로 가정하여 계산하였다. 와이블 분포가 두 개의 변수인 척도계수와 형상계수를 갖지만 레일리 분포는 척도계수만의 함수이다. 그 결과 레일리 분포는 평균풍속에만 의존하여 풍속분포에 있어 대표성을 갖는다. 따라서 에너지 밀도로 바람등급을 산출한 것을 평균풍속으로 변환할 때는 풍속분포를 레일리 분포를 가정하여 계산한다.

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

2.2 평균 풍속

Fig. 2에는 연도별 평균 풍속을 도시하였다. 직선은 측정된 평균 풍속이며, 점선은 80m 높이로 보정된 평균 풍속이다. 우측에는 80m 높이의 바람등급을 도시하였다. 2009년 측정데이터는 1월 15일까지 수집되었기 때문에 15일 데이터가 1년을 대표한다고 간주하기 어려워, 본 그림에서 제외하였다. 평균풍속 분포는 연도마다 약간의 차이를 보이고 있으나, 거제도 부이와 동해 부이는 평균 풍속이 8.06m/s, 7.22m/s로 바람등급 4이며 서해에 설치된 칠발도 부이 바람등급은 2, 덕적도 부이 바람등급은 1이다. 남해에 설치된 거제도 및 거제도 평균 풍속이 높은 것은 전체적으로 이 지역이 서해보다 바람자원이 높은 이유도 있지만, 이 지역이 태풍이 지나가는 주요 경로이기 때문이기도 하다. 이를 관찰하기 위하여 Fig. 3에는 월별 평균 풍속을 도시하였다.

전체적으로 겨울에는 평균풍속이 높고 여름에는 평균풍속

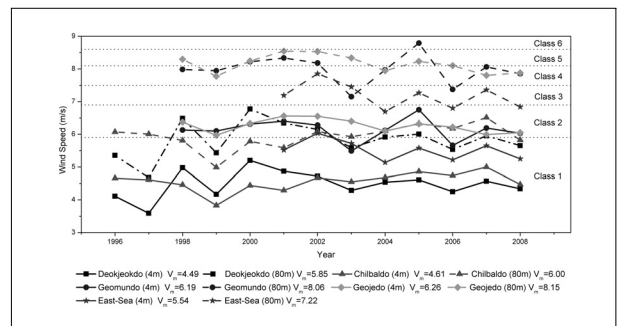


Fig. 2. Yearly mean wind speed at marine buoy positions (m/s)

Table 2. Wind Classification

Wind Class	10m		50m		80m		100m		120m	
	Density (W/m ²)	Speed (m/s)	Density (W/m ²)	Speed (m/s)	Density (W/m ²)	Speed (m/s)	Density (W/m ²)	Speed (m/s)	Density (W/m ²)	Speed (m/s)
1	< 100	< 4.4	< 200	< 5.6	< 240	< 5.9	< 260	< 6.1	< 290	< 6.3
2	100/150	4.4/5.1	200/300	5.6/6.4	240/380	5.9/6.9	260/420	6.1/7.1	290/450	6.3/7.3
3	150/200	5.1/5.6	300/400	6.4/7.0	380/490	6.9/7.5	420/560	7.1/7.8	450/600	7.3/8.0
4	200/250	5.6/6.0	400/500	7.0/7.5	490/620	7.5/8.1	560/670	7.8/8.3	600/740	8.0/8.6
5	250/300	6.0/6.4	500/600	7.5/8.0	620/740	8.1/8.6	670/820	8.3/8.9	740/880	8.6/9.1
6	300/400	6.4/7.0	600/800	8.0/8.8	740/970	8.6/9.4	820/1060	8.9/9.7	880/1160	9.1/10.0
7	> 400	> 7.0	> 800	> 8.8	> 970	> 9.4	> 1060	> 9.7	> 1160	> 10.0

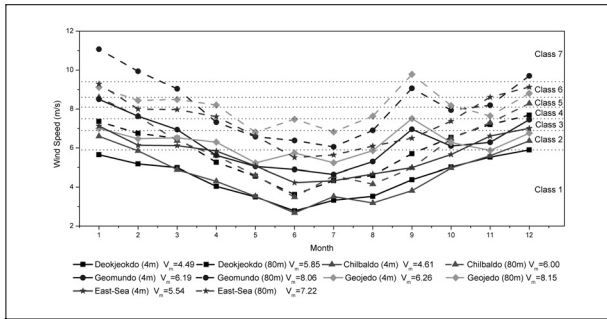


Fig. 3. Monthly mean wind speed for whole measurement period at marine buoy positions (m/s)

이 작은 것을 관찰 할 수 있다. 거문도 및 거제도 부이는 다른 지역 측정 데이터와 상이하게 9월 평균풍속이 높은 것을 관찰 할 수 있다. 이는 제주도, 남해 및 남동해 지역이 태풍 주경로이며 9월에 이 지역을 지나가는 태풍이 많기 때문이다⁽⁷⁾. 특히 1954년부터 2003년까지 한반도에 영향을 준 175회의 태풍 중 남해안에 상륙하는 태풍의 경우가 12.9%이지만 1990년대, 2000년대 비율은 20%, 33%로 크게 증가하였다. 또한 일본을 거치며 남해에 영향을 주는 태풍 비율은 22.9%에 달하며 1990년대, 2000년대의 비율은 30%, 33%로 매우 높은 것을 관찰 할 수 있다⁽⁸⁾. 일본을 거치며 남해에 영향을 주는 태풍은 9월에 발생하는 빈도가 37.5%로서 남해안 평균풍속이 9월에 높은 주원인으로 볼 수 있다. 부이 측정기간이 1990년대 후반부터 시작된 것을 고려하면 Fig. 3의 월별 평균 풍속은 태풍이 남해안에 상륙하는 비율이 60%를 상회하는 데이터를 반영하였기 때문에 9월 평균풍속이 높게 나오는 것으로 보인다. 우리나라에 영향을 주는 태풍들 중 상기 두 경로의 빈도가 계속 증가하는 경향을 보이고 있기 때문에, 남해안에 해상풍력발전단지를 건설할 경우 태풍을 고려하여 풍력터빈 등급을 선정하는데 신중을 기해야 할 것으로 사료된다.

또한 한반도 주변 해역은 겨울에는 바람등급이 3~7등급으로 매우 우수하지만, 여름에는 바람등급이 3이하로 감소하는 것을 관찰 할 수 있다. 여름과 겨울의 풍속차이가 큰 이유는 한반도 주변 해역이 계절풍의 영향을 받기 때문이다. 계절풍은 대륙과 해양의 비열 차이에 기인한 온도차에 의해 발생한다. 대륙과 해양의 온도차는 겨울철이 여름철에 비해 상대적으로 크기 때문에 평균풍속 또한 상대적으로 높다. 바람에너지는 풍속의 세제곱에 비례하므로 평균풍속이 동일할지라도 한반도와 같이 계절풍의 영향으로 계절적 편차가 큰 경우 더

욱 풍력발전에 유리하다. 평균풍속 기준으로 바람등급이 1, 2등급인 서해안의 덕적도 및 칠발도 부이의 경우 측정 높이의 평균 에너지 밀도는 $137W/m^2$, $155W/m^2$ 으로 이는 4m 높이가 기준으로 각각 바람등급 3, 4등급에 해당된다. 거문도, 거제도 및 동해 평균 에너지 밀도는 각 $291W/m^2$, $272W/m^2$, $213W/m^2$ 으로 바람등급 6~7등급이다. 현재 바람등급 3등급 이상인 지역은 개발가능지역으로 간주하는 것을 고려하면, 한반도 주변 해역 바람자원은 풍부한 편으로 전체적으로 해상풍력 발전단지 건설이 가능하다고 생각된다.

2.3 극치풍속

풍력단지 건설시 터빈 등급은 평균풍속이 아니라 극한풍속을 기준으로 선정되기 때문에 Table 3에는 측정 데이터 및 Gumbel distribution을 이용하여 산출된 극한풍속을 도시하였다⁽⁹⁾. 4m 높이에서 실측된 데이터를 기준으로 1년 및 50년 재현주기 극한풍속을 예측하였으며, 측정 데이터가 1시간 주기이므로 보정계수 0.95를 사용하여 10분 주기 극한풍속 값으로 보정하였다⁽¹⁰⁾. 이 값을 Multi-MW 풍력터빈 허브 높이인 80m로 보정한 값도 같이 도시하였으며 마지막 열에는 해당하는 풍력터빈 등급을 도시하였다⁽¹¹⁾. 남해는 태풍이 지나가는 경로이기 때문에 8~9월에 평균 풍속이 높음에도 불구하고 거제도 및 거문도 부이데이터를 기반으로 산출된 극한풍속은 낮은 것을 관찰 할 수 있다. 이는 남해 지역에 영향을 미치는 태풍 중 절반 이상을 차지하는 일본을 거치는 태풍은 일본을 거치며 세력이 약해지며, 남해안으로 직접 상륙하는 태풍은 강도가 높지 않기 때문이라고 생각된다. 그러므로 남해안은 평균풍속은 높고 극한풍속은 낮은 풍력발전단지 건설지로 적합하지만 앞에 언급한 바와 같이 최근 이 지역에 영향

Table 3. Estimation of Extreme Wind Speed at Marine Buoy Positions

Site	Extreme Wind Speed (m/s)				Turbine Class
	1 Year (4m)	1 Year (80m)	50 Years (4m)	50 Years (80m)	
덕적도	29.0	37.7	59.9	78.1	S
칠발도	20.1	26.2	36.5	47.5	I
거문도	19.4	25.2	26.7	34.8	III
거제도	18.6	24.3	26.2	34.2	III
동해	21.5	28.0	34.3	44.7	I

을 미치는 태풍이 급속히 증가하고 있으므로 보다 면밀한 조사가 필요하다.

칠발도 주변 및 동해 부이 주변 지역은 50년 재현주기 극한 풍속이 45m/s~50m/s정도로 터빈등급 I 적용이 가능하다. 덕적도는 극한 풍속이 다른 지역 극한 풍속 예측 값에 비하여 상대적으로 매우 높기 때문에 신뢰도에 대한 추가 분석이 필요하여 주변 지형에 대한 분석을 실시하였다. Fig. 4에 도시된 것 것과 같이 덕적도 부이는 50m~250m 높이의 섬들로 구성된 군도 가운데 설치되어 있으며 설치된 위치의 수심이 5m 이내로 매우 얇은 편이다. 이러한 지형은 대기가 안정된 경우 후류 효과에 의하여 풍속이 작아지며, 대기가 불안정할 경우 난류가 발달하여 돌풍이 부는 경향을 보인다. 그러므로 평균풍속은 과소평가되며, 극한풍속은 과대평가 된다. 평균 풍속이 타 지역보다 낮고, 극한풍속은 타 지역보다 높은 것이 이러한 주변 지형의 영향 때문이라고 사료된다. 따라서 덕적도 부이 측정 데이터가 서해 전체 해역에 대한 대표성을 갖는 것으로 간주하기 어렵다.

서해는 수심, 변전소로부터의 이격거리 등 다양한 요인 고려시 대규모 해상풍력발전단지 개발이 가능할 것으로 예상되기 때문에⁽¹²⁾ 군산 기상 관측소(N36°00'07", E126°45'47") 및 한전 전력연구원 고창시험센터(N35°27'42", E126°26'60") 기상자료를 추가로 분석하였다. 수집한 군산 기상관측소는 해안에 위치하며 측정높이는 15.3m, 관측기간은 1968.1.1~2010.6.28로 42년6개월간으로 서해안을 대표하는 50년 주기 극한풍속

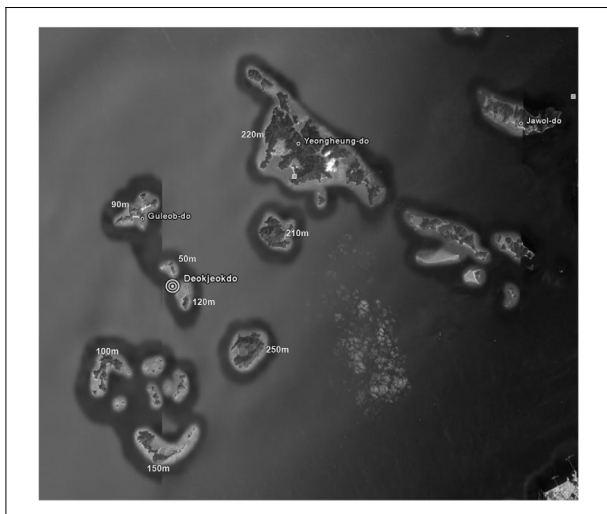


Fig. 4. Geotechnical Information of Deokjeokdo Site

을 산출하기 매우 좋은 자료이다. 취득한 자료는 일별 3초 최대풍속으로 측정기간 중 최대 풍속은 41.3m/s이다. 50년 극한풍속은 41.8m/s이며 80m 높이로 보정하면 47.95m/s로서 3초 극한 풍속은 10분 평균의 1.4배로 선정하는 IEC 국제기준에 의하면 III등급 풍력터빈 설치가 가능하다. 한전 전력연구원 기상탑 또한 해안에 위치하며 80m, 100m, 120m에 풍속계 및 풍향계가 설치되어 기상자료를 취득하고 있다. 측정기간은 2008.11.21~2010.9.12, 1년 10개월간으로 측정기간이 짧지만 허브 높이에서 실측한 자료이기 때문에 서해의 극한풍속을 분석하는데 있어 중요한 자료라고 생각된다. 50년 주기 극한풍속이 10분 평균값을 기준으로 불확도를 고려할 경우 34.2m/s로 터빈 등급 III등급에 포함된다. 결론적으로 서해안은 해안 및 내해 지역은 III등급 풍력터빈의 적용이 가능하며 외해로 나갈수록 극한풍속이 증가하기 때문에 터빈

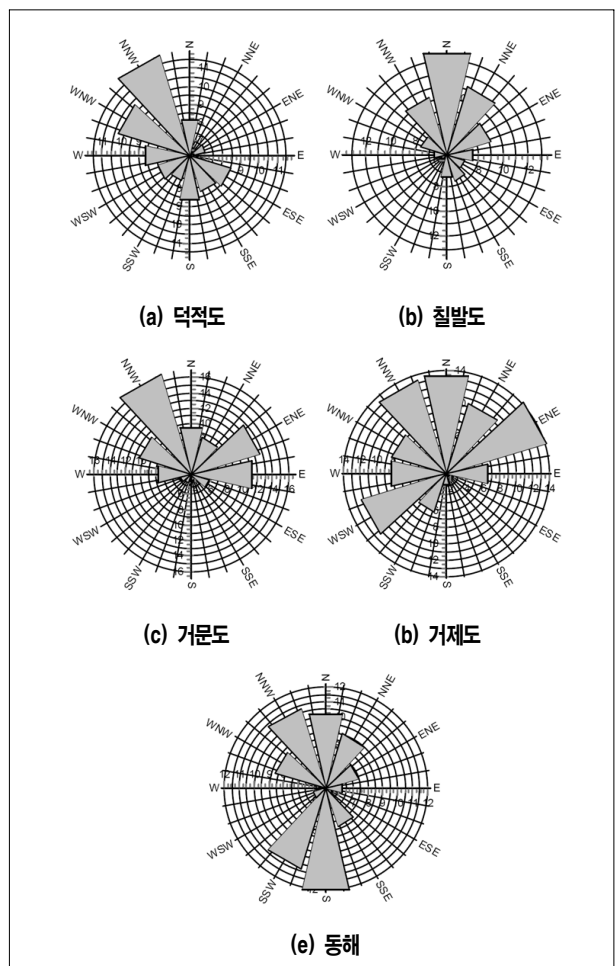


Fig. 5. Wind Roses

등급 I 또는 II의 풍력터빈을 설치해야 할 것으로 생각된다. 난류 강도나 극한 풍속은 주변 장애물의 영향을 심하게 받으므로 해상풍력단지 건설시 후보지에 대한 면밀한 검토가 필요하다.

2.4 풍향

Fig. 5에는 각 부이 관측 자료의 바람장미를 도시하였다. 서해는 계절풍의 영향으로 북서풍 및 북풍이 주풍향을 더 적도 및 칠발도 부이 바람장미를 통하여 추론 가능하다. 남해안은 하절기에 한반도 북동쪽에서 불어오는 바람이나 남서쪽에서 불어오는 바람이 대한해협을 빠져나가기 때문에 북서쪽 뿐만 아니라 북동쪽, 남서쪽에 부는 바람 빈도도 많은 것을 관찰할 수 있다. 동해는 한반도의 지형적 영향으로 북풍, 남풍이 많은 것을 관찰 할 수 있다. 바람장미 관찰을 통하여 해상 풍향은 한반도 주변의 바다와 육지 분포 형상에 영향을 받은 것을 유추 할 수 있다.

3. 결론

본 연구에서는 1996년에서 2009년까지 5개 위치의 해상 부이 측정자료를 이용하여 평균풍속, 에너지밀도, 바람장미, 극한풍속 등을 분석하였다. 이를 통하여 개략적이지만 해상 풍력발전단지 건설 관련하여 다음과 같은 정보를 얻을 수 있었다.

- 1) 월별 평균 풍속을 분석한 결과 계절풍의 영향으로 겨울이 여름보다 월등히 높은 결과를 보이기 때문에 평균풍속보다 에너지밀도의 바람등급이 더 높은 것을 관찰 할 수 있었다. 부이 설치 위치 주변 해상 바람등급이 3~5등급이기 때문에, 해상풍력발전이 가능하다는 것을 추론 할 수 있었다.
- 2) 극한풍속 분석을 통하여 동해 부이 주변은 터빈등급 I, 남해에 설치된 거제도 및 거문도 부이 주변은 터빈등급 III 이상의 풍력터빈 적용이 가능하며, 군산 기상관측소 및 고창전력시험센터 주변은 터빈등급 III인 풍력터빈 사용 가능함을 관찰 할 수 있었다. 그러나 극한풍속은 주변 장애물 및 위치에 따라 변화가 심하므로 해상풍력단지 건설시

실제 후보지 풍향 측정 및 상세한 분석이 수행되어야 한다. 또한 남해안을 지나는 태풍이 최근 급격히 증가하기 때문에 남해안에 해상풍력발전단지를 건설할 경우 태풍을 고려하여 풍력터빈 등급을 선정하는데 신중을 기해야 할 것으로 사료된다.

- 3) 바람장미 분석을 통해 서해 덕적도 및 칠발도 주변은 북서풍, 남해 거문도 및 거제도 주변은 북서풍/북동풍/남서풍, 동해 부이 주변은 북풍/남풍이 지배적인 것을 관찰 가능하였으며 이는 한반도 주변 바다와 육지 분포 형상에 영향을 받은 결과로 보인다. 주풍향이 뚜렷하기 때문에 주풍향을 고려한 단지배치를 한다면 풍력발전단지 건설에 유리할 것으로 사료된다.

후 기

본 연구는 2009년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다 (No. 2009T100200143).

References

- [1] 김현구, 최재우, 이화운, 정우식. 2005. "한반도 바람지도구축에 관한 연구(I. 원격탐사자료에 의한 종관 바람지도구축)." 한국신재생에너지학회지, Vol. 1, No. 1. pp. 1-8.
- [2] 김현구, 장문석. 2007. "한반도 바람지도 구축에 관한 연구(II. 저해상도 바람지도화 및 풍력자원 정보체계)." 한국신재생에너지학회지, Vol. 3, No. 1, pp. 20-26.
- [3] 장재경, 유병민, 유기완, 이준신. 2009. "QuikSCAT 위성 데이터를 이용한 한반도 주변의 해상 풍력자원 평가." 한국항공우주학회지 Vol. 37, No. 11, pp. 1121-1130.
- [4] Erich Hau, 2005, "Wind Turbines," Springer. pp. 462-464.
- [5] J.F. Manwell, A.L. Rogers, J.G. McGowan, B.H. Bailey, 2002, "An offshore wind resource assessment study for New England," Renewable Energy, 27, pp. 175-187.
- [6] Schwartz, M. N., Elliott, D. L., and Gower, G. L., 1993, "Seasonal Variability of Wind Electric Potential in the United States," PNL-SA-22090.
- [7] Jun-Shin Lee, Ki-Yong Oh, Ji-Young Kim, Keum-Seok Kang, 2009, "Preliminary Evaluation of Appropriate

Sites for Offshore Wind Farm Design,” KEPCO Research Institute, TR.K02.P2009.0624. pp. 8-9.

[8] Jong-kil Park, Byung-soo Kim, Woo-sik Jung, Eun-byul Kim, Dae-gun Lee. 2006. “Change in Statistical Characteristics of Typhoon Affecting the Korean Peninsula,” Atmosphere, Vol. 16, No. 1, pp. 1-17.

[9] S. Kotz and S. Nadarajah. 2000. “Extreme Value Distributions. Theory and Applications,” Imperial College Press, London.

[10] IEC. 2009. “Wind turbines - Part 3 : Design requirements for offshore wind turbines,” IEC IEC 61400-3, pp. 60-62.

[11] IEC. 2005. “Wind turbines - Part 1 : Design requirements,” IEC 61400-1, pp. 21-22,

[12] J. Y. Kim, K. S. Kang, K. Y. Oh, J. S. Lee and M. S. Ryu. 2010. “A Study on the Site Selection of Offshore Wind Farm around Korean Peninsula.” 3rd International Conference Ocean Energy.

오 기 용



2005년 한양대학교 기계공학부 공학사
2006년 한국과학기술원 기계공학과 공학석사

현재 한전 전력연구원 녹색성장연구소 연구원
(E-mail : okyer@kepri.re.kr)

김 지 영



2003년 경북대학교 토목공학과 공학사
2005년 서울대학교 지구환경시스템공학부 공학석사

현재 전력연구원 녹색성장연구소 선임연구원
(E-mail : jykim77@kepri.re.kr)

이 준 신



1985년 서울대학교 농공(기계전공)학과 공학사
1988년 한국과학기술원 기계공학과 공학석사
1995년 한국과학기술원 기계공학과 공학박사

현재 한전 전력연구원 녹색성장연구소 책임연구원
(E-mail : ljs@kepri.re.kr)