

전남지역 남해안 풍력자원조사 연구

김 영찬¹⁾, 정 진화, 이 응채, 전 중환, 한 경섭, 김 용환²⁾

Analysis of Wind Resources of the South Seashore of JeonNam Province

Young Chan Kim, Chinwha Chung, Eung Chae Lee, Ch.-H Chun, Kyung Seop Han, Yong Whan Kim

Key words : wind farm, wind resources, WASP, wind speed, frequency, capacity factor

Abstract : As the needs of wind energy increase, the more sites for the wind farm are required. As a part of searching for the prominent wind farm site, specially for offshore wind farm, we chose 4 sites along the southern part seashore of JeonNam province based on the analysis of the data gathered by meteorological observatory and have gathered wind data for more than a year by use of 40 m Met masts installed in the representative locations, ie. small islands of 4 different bay area. The siting for the Met masts were very limited by the geographical circumstances. The wind data of those areas show a little lower annual average wind speeds, for the wind farm development, of 4 m/s to 5.5 m/s at the height of 40 m above the ground level of the respective islands. The detail figures of one year wind data of those area are presented in this report.

1. 서론

이산화탄소 배출량을 줄이기 위한 국제적인 노력에 동참하고, 또 에너지 안보측면에서 전통적인 화석에너지원에 대한 대체에너지의 비율을 향후 10여 년간 획기적으로 높여야 하는 계획 하에 정부에서는 대체에너지 기술개발과 보급에 인센티브를 도입하는 등의 적극적인 장려정책을 펴고 있고, 일부 기업군에서 풍력을 비롯한 대체에너지산업에 진출을 모색하고 있다.

향후 국내에서 실질적인 정부지원책이 더욱 활성화되고 전력사업 인허가나 계통선 연결 등에 관한 법령이 정비되면 육상 풍력 발전 시스템의 보급은 가속될 것으로 예상된다. 그러나 선진 외국의 풍력 발전 단지 건설 사례와 우리나라 제주 행원, 강원도 대관령의 풍력발전단지 조성 계획 시의 난점이었던 부지사용과 소음, 시계, 전파 등의 거주환경 및 민원문제의 사례는 거의 동일하며 이로 인해 육상 풍력 발전시스템의 보급은 제한적일 수밖에 없다. 더구나 우리나라는 국토가 협소하고 인구 밀도가 높아서 보급량은 결국 한계에 봉착하게 될 것이다. 이에 비해 해상 풍력 발전은 육상에서와 달리고 풍력 에너지 밀도로서 분포가

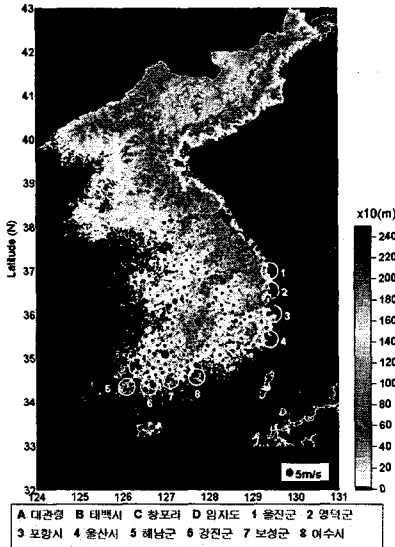
균일하고 초대형 풍력 발전 시스템 건설이 가능하고 대형 부지 확보가 용이하며 거주환경 문제(소음, 그림자, 전파 방해 등)의 제한조건이 발생하지 않는 장점을 가지고 있다. 따라서 우리나라와 같이 국토가 좁고 산악이 많은 경우 상대적으로 넓은 해상풍력단지는 확보가 용이하고 또 비교적 우위에 있는 육상풍력발전에 이어서 풍력발전사업의 지속성을 가지기 위해서 현시점에서 대규모 발전단지 개발이 가능한 해상풍력발전단지에 관심을 가지고 전략을 수립하여야 할 것이다.

따라서 본 논문에서는 지면기상 관측 자료의 기상통계분석 및 전산 유체 역학에 의한 3차원 풍환경 분석에 의한 우수 풍향 지역이라고 판단되는 전남도 남해안 지역의 4 곳에 대해 풍향측정 mast를 설치한 후 1년 동안 풍자원을 실측하여 이를 분석하여 풍력발전단지 개발여부에 대한 기초적인 평가를 수행하였다.

1) PoWER center, POSTECH
E-mail : kimyc@postech.ac.kr
Tel : (054)279-1873 Fax : (054)279-1799
2) 대우엔지니어링 플랜트그룹 에너지사업부
E-mail : windpro@dweng.co.kr
Tel : (031)738-0234

2. 전남지역 남해안 입지 분석

RIST의 풍황분석 자료¹⁾ (전국 기상대 자료 및 위성자료 분석, Picture. 1 참고) 및 유니슨의 단지개발 현황, 예기전의 전국 풍황 측정 경험, 각 지자체의 지역에너지 시범사업 진행 또는 계획 및 해상풍력발전단지로 개발 가능성을 바탕으로 개략적 후보지역을 추출하였다.



Picture. 1 지면기상 풍속지도(풍속)

2.1 강진지역

대상 지역(Picture. 2)은 강진군 신전면과 마량면 사이의 해상지역으로 대략 4km*6km 정도의 공간이 확보 가능할 것으로 예상되며, 50-100MW 규모가 가능하다.

이 지역의 수심이 전체적으로 3~5m 정도이며, 가장 깊은 수심이 14m 정도로 대형 바지선이 진입 가능하다.

대표적인 풍향은 해당 풍향지 중심에 북서이며 작은섬이 있으나 마스터 설치가 불가능하여 사내방조제에서 측정하였다.

2.2 보성지역

대상지역(Picture. 2)은 전남 강진군, 고흥군 득량만 일대로써 10km, 25km 마름모 형태 중심에 득량도가 있는 형태로 2.0MW를 기준으로 100MW급 이상 규모가 가능한 지역으로 강진군 방면으로는 수심이 5~10 m이고 고흥군 방면으로는 10~30 m 정도로 대형 바지선도 운항 가능하며 현재 득량도는 한전에서 자가발전을 이용하여 전력을 공급하고 있다.

득량만 일대의 실역도에서 풍황을 측정하는 것이 대표풍황 파악에 적합할 것으로 판단된다.



Picture. 2 강진, 보성 지역 해도

2.3 여수지역

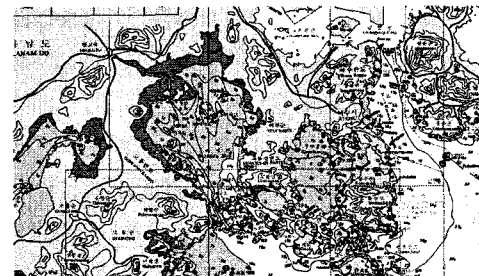
2.3.1 가막만

대상 지역(Picture. 3)은 여수시청 아래에 위치하고 좌우로는 돌산도와 화양면으로 둘러싸여 있으며 남해를 바라보는 만으로 이루어져 있으며, 3km x 10km의 면적이 확보 가능할 것으로 예상되며 100MW 규모의 해양단지 건설이 가능하며, 수심이 3~7m 정도로 낮아 해양풍력단지 건설비용이 적게 들 것으로 예상되나 대형선박 진입이 곤란하여 낮은 수심에서 운항 가능한 바지선을 확보하거나 작은 용량의 풍력발전기를 설치할 필요가 있음. 육지로 둘러싸인 만이므로 파고가 높지 않을 것으로 예상되어 풍력발전기 설치 시 바지선 등의 작업이 수월할 것으로 판단된다.

2.3.2 여자만

여수시와 고흥군 사이에 위치한 여자만 지역은 4km x 12km의 면적이 확보 가능할 것으로 예상되므로 200MW 규모의 단지조성이 가능한 지역이다.

수심이 1~10m로 일부지역에는 대형 바지선이 진입이 가능하나 수심이 낮은 지역에는 소형 바지선만이 진입이 가능할 것으로 예상되므로 수심에 따라 대용량(수 MW급) 및 소용량(MW급)의 풍력발전기를 선정하여 설치해야 하며 여수시에 국가산업단지가 있어 대규모 전력소비 가능지역에 인접하다.



Picture. 3 여수 지역 해도

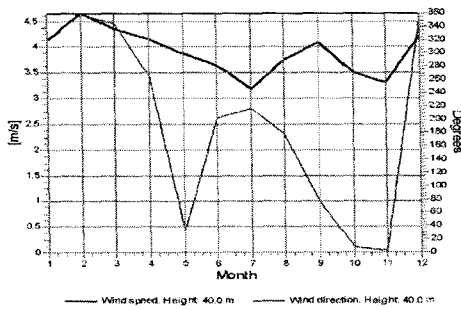
3. 풍향계측 자료 분석

풍향분석은 WindPro와 WASP를 이용하여 분석을 하였으며, 분석 결과를 이용하여 해당지역에서의 발전단지 가능성을 검토하였다.

3.1 강진 풍향분석

3.1.1 월별 풍속

계측지점의 연평균풍속은 측정높이 40m, 30m, 20m 에서 각각 3.9m/s, 3.5m/s, 3.3m/s로 측정되었다. 40m에서의 월별평균풍속분포를 나타낸 Picture. 4를 보면 12월에서 3월까지 상대적으로 높은 풍속을 보이며, 4월부터 서서히 풍속이 낮아지고 8월과 9월에 조금 높아지는 것을 볼 수 있다. 그러나 월평균풍속이 모두 5m/s 이하로 풍속이 매우 낮은 지역이다.



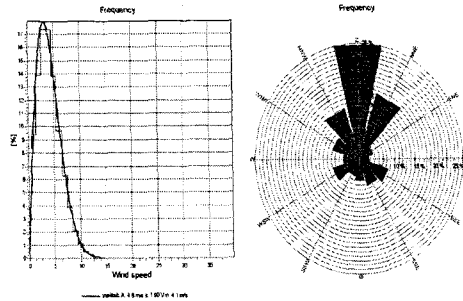
Picture. 4 월별평균풍속분포(40m)

3.1.2 풍속 및 방위별 빈번도

아래의 Table 1은 계측높이별 Weibull 계수를 나타낸 것이며, Picture. 5는 풍속빈번도를 나타내는 Weibull 함수의 모양 및 풍향별 빈번도를 그래프로 나타낸 것이다. 모든 높이에서 풍속이 3m/s에서 가장 큰 빈번도를 나타내며, 북풍이 주 풍향임을 알 수 있다.

Table 1 강진 Weibull 계수

| 계측높이 (m) | Scale factor C (m/s) | Shape Factor k |
|----------|----------------------|----------------|
| 20 | 4.0 | 1.86 |
| 30 | 4.3 | 1.84 |
| 40 | 4.6 | 1.90 |

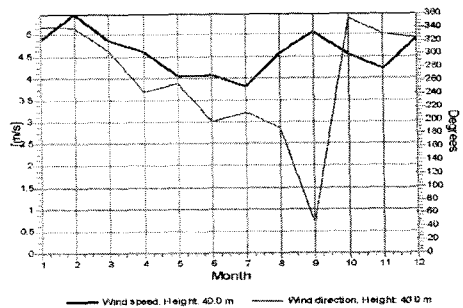


Picture. 5 Weibull함수 및 풍향별 빈번도(40m)

3.2 득량도 풍향분석

3.2.1 월별 풍속

실억도에 설치된 계측타워는 낙뢰로 인한 데이터 유실 및 계측높이가 20m로 낮기 때문에, 계측기간 동안 모든 데이터가 확보된 득량도 계측타워 풍자원 데이터를 이용하여 인근지역의 풍자원 예측 및 분석을 수행하였다. 득량도에서 측정된 연평균풍속은 측정높이 40m, 30m, 20m 에서 각각 4.6m/s, 4.3m/s, 4.2m/s 이다. 40m에서의 월별평균풍속분포를 나타낸 Picture. 6을 보면 12월에서 3월까지 상대적으로 높은 풍속을 보이며, 4월부터 서서히 풍속이 낮아지고 8월-10월에 조금 높아지는 것을 볼 수 있다. 그러나 월평균풍속이 모두 5.5m/s 이하로 낮다.



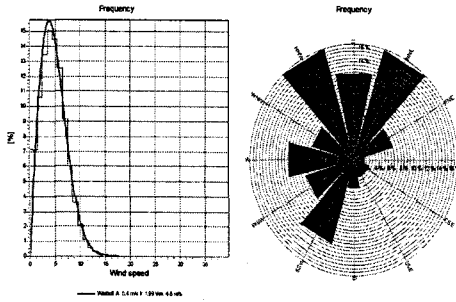
Picture. 6 월별평균풍속분포(40m)

3.2.2 풍속 및 방위별 빈번도

아래의 Table 2는 계측높이별 Weibull 계수를 나타낸 것이며, Picture. 7은 풍속빈번도를 나타내는 Weibull 함수의 모양 및 풍향별 빈번도를 그래프로 나타낸 것이다. 모든 높이에서 풍속이 4m/s에서 가장 큰 빈번도를 나타내며, 북풍(NNW, N NNE)과 남서풍(SSW)이 부는 빈도가 많음을 알 수 있다.

Table 2 득량도 Weibull 계수

| 계측높이 (m) | Scale factor C (m/s) | Shape Factor k |
|----------|----------------------|----------------|
| 20 | 5.0 | 1.99 |
| 30 | 5.3 | 1.97 |
| 40 | 5.4 | 1.99 |

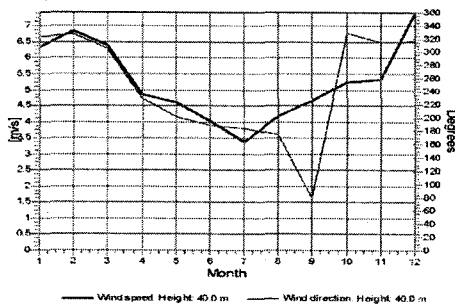


Picture. 7 Weibull함수 및 풍향별 빈번도(40m)

3.3 적금도 풍향분석

3.3.1 월별 풍속

적금도에서 측정한 연평균풍속은 측정높이 40m, 30m, 20m 에서 각각 5.3m/s, 5.1m/s, 5.1m/s 이다. 40m에서의 월별평균풍속분포를 나타낸 Picture. 8을 보면 12월에서 3월까지 상대적으로 높은 풍속을 보이며, 4월부터 서서히 풍속이 낮아지고 7월에 월평균풍속이 3.5m/s까지 떨어지는 것을 볼 수 있다.



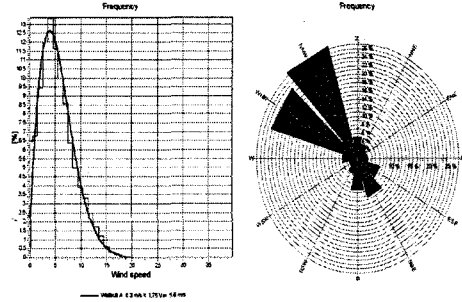
Picture. 8 월별평균풍속분포(40m)

3.3.2 풍속 및 방위별 빈번도

아래의 Table 3은 계측높이별 Weibull 계수를 나타낸 것이며, Picture. 9는 풍속빈번도를 나타내는 Weibull 함수의 모양 및 풍향별 빈번도를 그래프로 나타낸 것이다. 모든 높이에서 풍속이 4m/s에서 가장 큰 빈번도를 나타내며, 주풍향이 북서풍(NNW, WNW)임을 알 수 있다.

Table 3 적금도 Weibull 계수

| 계측높이 (m) | Scale factor C (m/s) | Shape Factor k |
|----------|----------------------|----------------|
| 20 | 6.1 | 1.70 |
| 30 | 6.1 | 1.70 |
| 40 | 6.3 | 1.76 |

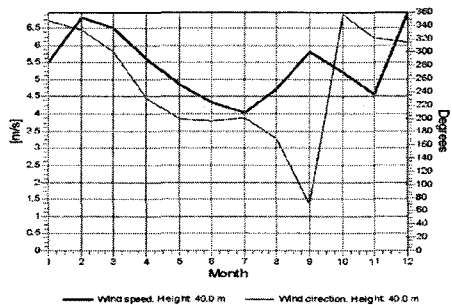


Picture. 9 Weibull함수 및 풍향별 빈번도(40m)

3.4 금죽도 풍향분석

3.4.1 월별 풍속

금죽도에서 측정한 연평균풍속은 측정높이 40m, 30m, 20m 에서 각각 5.4m/s, 4.7m/s, 3.2m/s 이다. 40m에서의 월별평균풍속분포를 나타낸 Picture. 10을 보면 12월과 2월에 월평균풍속이 가장 높고, 7월에는 월평균풍속이 4m/s까지 떨어지는 것을 볼 수 있다.



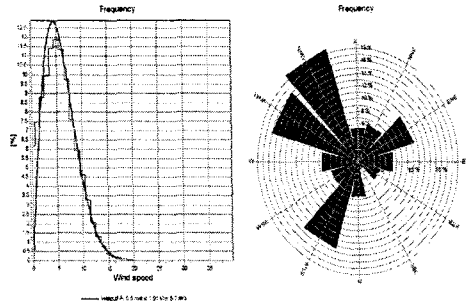
Picture. 10 월별평균풍속분포(40m)

3.4.2 풍속 및 방위별 빈번도

아래의 Table 4는 계측높이별 Weibull 계수를 나타낸 것이며, Picture. 11은 풍속빈번도를 나타내는 Weibull 함수의 모양 및 풍향별 빈번도를 그래프로 나타낸 것이다. 주풍향은 북서풍(NNW, WNW)이다.

Table 4 금죽도 Weibull 계수

| 계측높이 (m) | Scale factor C (m/s) | Shape Factor k |
|-------------|-------------------------|-------------------|
| 20 | 3.9 | 1.58 |
| 30 | 5.7 | 1.80 |
| 40 | 6.5 | 1.91 |



Picture. 11 Weibull함수 및 풍향별 빈번도(40m)

3.5 에너지 생산량

계측데이터와 WindPro/WAsP를 이용하여 대상지역 지상 65m에서의 평균풍속이 산출하였으며, 1.5MW급 풍력발전기를 이용하여 에너지 산출량을 계산하였다. 에너지 계산을 위하여 사용한 기종은 IEC type class II이고 저속에서 비교적 높은 에너지 생산량을 가지는 GE1.5sle이며 Hub height는 64.7m이다. 대상지역의 개발가능성을 판단하기 위한 대략적인 에너지생산량 예측이 목적이므로 양식장 등 세부 제약사항은 이번 발전기 배치 위치 선정에서 고려되지 않았다. 발전기간 최소 이격거리는 회전익 지름의 6.5배인 500m로 하였다.

Table 5 대상지역 Capacity factor

| 대상지역 | Capacity factor(%) |
|------|--------------------|
| 강진 | 11.3 |
| 득량도 | 14.8 |
| 적금도 | 14.2 |
| 금죽도 | 19 |

4. 결론

현재의 측정 데이터로는 해상 발전단지로의 개발에 대한 경제성은 없다는 판단이지만, 풍황 측정용 마스트들이 대부분 주변이 육지로 둘러싸인 만 가운데의 낮은 섬에 설치된 관계로 풍황 분석 결과에서 보인 바와 같이, 대부분의 해상 단지 후보지에서의 주 풍향이 북서-북풍으로 일반적인 해상의 해풍과는 차이를 보인다. 그러므로, 측정된 풍속이 측정지점의 지형학상 해양쪽으로 더 넓은 곳의 풍속과는 차이가 발생할 수 있다고 판단된다. 본 논문의 서두에 언급한 바이지만 당초 유

망 후보지 선택은 위성데이터를 이용한 풍황 분석에 근거한 바, 국내의 대규모 풍력발전단지 개발 후보지에서 이곳을 제외한다면 국내에서 백두대간 및 일부 국지적으로 풍황이 우수한 지역을 제외하고는 대규모 단지로 개발할 수 있는 곳이 거의 없다고 볼 수 있다. 따라서 이번 과제에서 수행한 풍황 분석 외에도 이 지역에 대한 좀 더 광범위하고 다양한 측정 및 분석이 국가적인 차원에서 지속적으로 이루어져야 하겠다.

References

- [1] 김현구, 2005, “풍력발전단지 선정을 위한 전산유체역학적 풍력자원 분석”, RIST