

풍력 에너지 자원 조사에 관한 연구

Estimating wind power energy resource of the different regions in Korea

백 이*	김영중*	강금춘*	유영선*	윤진하*
정회원	정회원	정회원	정회원	정회원
Y. Paek	Y.J. Kim	G.C. Kang	Y.S. Ryou	J.H. Yun

1. 서론

최근 전세계적으로 에너지 소비가 급증하고 있으며, 이로 인해 무공해 대체에너지원인 태양력과 풍력을 이용한 발전기술이 급격히 발달하고 있다. 특히, 부존자원의 고갈 및 환경오염 문제가 환경보존형 농업의 형태로 지향되면서 청정에너지원인 바람을 풍력에 이용하고자 하였다.

이제까지 우리나라의 시설원예는 고투입 고부가가치의 품질을 생산하였던 바, 유류 파동 및 비닐하우스의 면적증가로 생산비 중 난방비의 비중이 급격히 상승하여 경영의 압박을 가져왔으며, 휴한기인 동절기때는 재배를 포기하는 상황에 이르게 되었다.

이와 같은 현실에서 시설원예의 안정적인 유지발전을 도모하고 더 나아가 지구환경의 보존이라는 면에서 효율적인 자연 에너지를 활용하는 방법을 제시하는 것은 바람직한 일이라고 할 수 있다. 이미 선진국에서는 대형 풍력발전과 발전단지 건설에 관한 사업이 범국가적인 차원에서 활발하게 이루어지고 있으며(손, 2001), 그 활용범위도 산업전반에 걸쳐 이용되고, 에너지의 대체, 환경개선 효과 및 풍력 관련 산업 성장으로 부대 효과를 가져오고 있다(stevens, 1979).

우리나라의 풍력 기술개발은 최초 1970년대 낙도 독립전원용으로 수 kW급 풍력기기개발을 착수했으나, 뚜렷한 성과가 없었으며, 1980년초부터 14kW급 소형 풍력발전기기 개발을 시도했으나, 중단된 후 1990년대 초반에 제주도 월영에 20kW, 중반에 160kW의 풍력단지가 조성되어 국산 풍력발전기기의 기반이 되었다(산업자원부, 1999). 그 후 전남 무안, 경남 울진 등 1990년 후반 본격적인 국내 풍력기술이 보급되었으며, 국내의 풍력발전 기술 보급현황을 살펴보면 주로 정부에서 지원하여 이루어졌다(김, 1999).

자연 에너지인 풍력에너지는 지역에 따라 효율 및 경제성이 크게 좌우되기 때문에 풍력의 효율적인 활용을 위해 에너지 자원 및 자원량을 실측에 의해 정확히 파악해야 하며, 풍력에너지의 조사 및 특성분석이 중요하다고 본다.

본 연구에서는 지역별 평균풍속, 풍속지속시간 및 풍력에너지 밀도를 산정하여 풍력을 이용가능성에 대해 연구해 보고자 하였다.

* 농촌진흥청 농업기계화연구소

2. 분석 및 방법

우리나라 기상청 산하의 관측소에서 1년간(1999년) 측정된 풍속, 풍황자료를 수집하여 실제 풍속지속시간 및 풍력에너지 밀도를 계측하였다. 측정하고자 하는 높이에서의 풍속계산 방법으로는 일반적으로 정상적인 대기 경계층내에서는 다음과 같은 관계식을 이용하였다.

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{H}{H_0}\right)^{\alpha} \text{-----}(1)$$

- So: 실측된 풍속계 높이의 속도
- S : 새로운 높이에서의 바람 속도
- Ho : 풍속계 설치 높이(실측)
- H : 측정하고자 하는 높이
- α: 지수(안정화된 경계층내에서는 1/7에 수렴)

풍속분석은 풍속 분포의 수학적 모델 중 가장 적절하게 이용되고 있는 그 변수 Weibull 분포 함수를 이용하였으며, 식(2)에서 계산된 C와 K를 이용하여 풍력에너지가 갖는 에너지 밀도를 계산 할 수 있다

$$P(V) = \frac{k}{v} \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right] \text{-----}(2)$$

- P(V): 누적 Weibull 분포
- c : 척도 매개변수(분포되는 풍속의 평균치와 관계하는 상수)
- k : 상대 매개변수(분포된 풍속의 편차와 관계하는 상수)
- v : 풍속의 발생 빈도 횟수

$$Pw = \frac{1}{2} \rho A \int_0^{\infty} V^3 P(v) dv = \frac{1}{2} \rho A C^2 \Gamma\left(1 + \frac{3}{k}\right) \text{-----}(3)$$

- P(w): 풍력에너지 밀도(kg/m³)
- ρ : 공기밀도(kg/m³)
- A : 공기의 투과 면적(m²)
- Γ : Gamma 함수

3. 결과 및 고찰

가. 지역별 평균풍속

우선 기상청 자료를 활용하여 원하는 풍속자료를 이론식을 이용하여 확률밀도 함수 2변수 (C,K)의 값을 계산하고 계산된 수치를 이용하여 풍력에너지 밀도를 산정하였다.

경기 지역의 시간별 평균 풍속과 풍황자료를 분석한 결과 다음과 같은 월별 평균 풍속의

변화를 보이고 있다. 10m 높이에서 측정된 평균 풍속은 인천(1.2m/s~3.1m/s), 수원(1.1m/s~2.2m/s), 강화(1.5m/s~2.4m/s), 동두천(1.2m/s~2.2m/s), 이천(0.6m/s~2.7m/s)로서 계절별로 보면 인천의 경우 초봄이 겨울보다 바람이 많은 것으로 나타났으며, 대부분 겨울철에 약한 바람이 부는 것으로 나타났다.

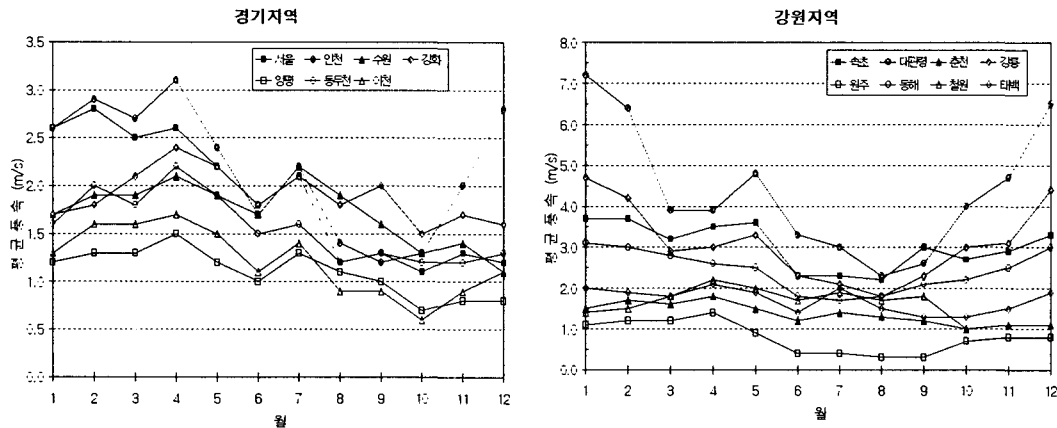


Fig. 1 Monthly wind speed of Province (Gyeonggi, Gangwon)

강원지역의 기상관측소에서 측정된 10m 높이에서 측정된 평균 풍속은 속초(2.2m/s~3.8m/s), 대관령(2.4m/s~7.2m/s), 강릉(1.8m/s~4.8m/s), 철원(0.9m/s~2.1m/s), 태백(1.5m/s~2m/s)로서 대관령과 강릉을 제외한 지역은 전반적으로 비교적 균일한 풍속 특성을 보이고 있었으며, 계절별로 보면 대관령과 강릉은 초봄이 겨울보다 바람이 많이 불고, 풍속변화가 심한 것으로 나타났다.

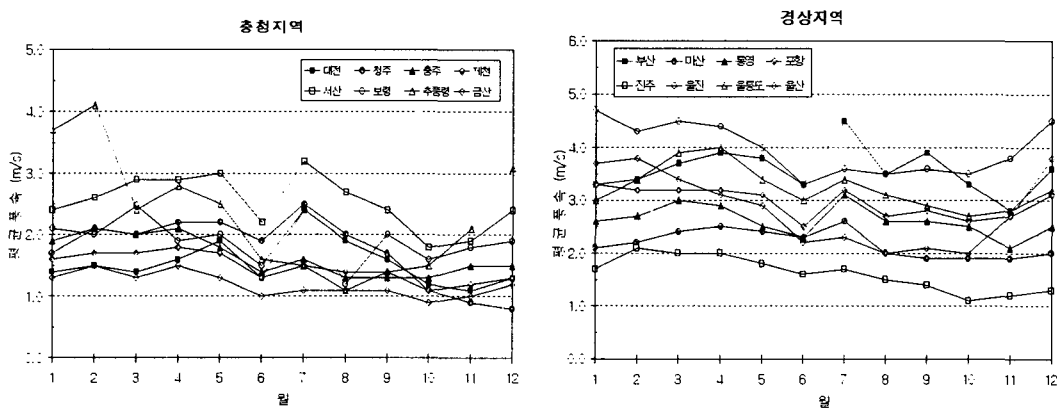


Fig. 2 Monthly wind speed of Province (Chungcheong, Gyeongsang)

충청지역의 기상관측소에서 측정된 10m 높이에서 측정된 평균 풍속은 대전(1.2m/s~2.2m/s), 제천(1.2m/s~2.8m/s), 서산(2.2m/s~3.2m/s), 추풍령(1.1m/s~4.1m/s), 금산(0.9m/s~1.5m/s)로서 계절별로 보면 초봄이 바람이 많이 있는 것으로 나타났으며, 금산과 제천은

연간 균일한 바람이 부는 것으로 나타났다.

경상지역의 기상관측소에서 측정된 10m 높이에서 측정된 평균 풍속은 부산(2.8m/s~4.5m/s), 포항(2.4m/s~3.3m/s), 진주(1.2m/s~2.1m/s), 울릉도(2.6m/s~4m/s), 통영(2.1m/s~3.1m/s)로서 전반적으로 비교적 균일한 풍속 특성을 보이고 있었다.

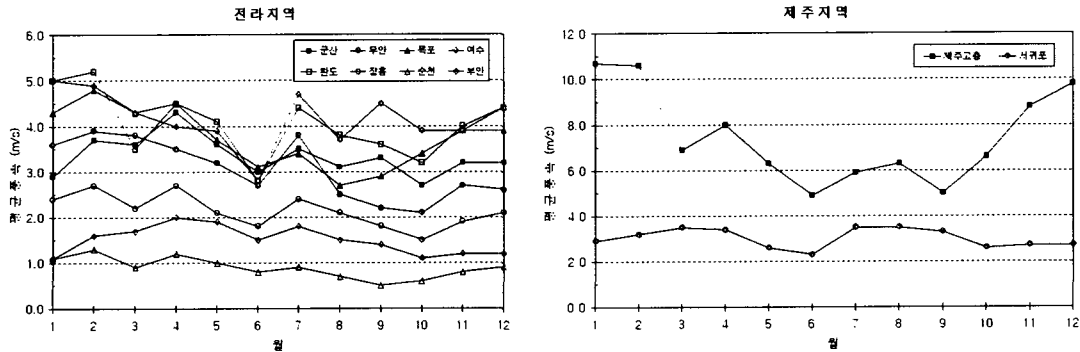


Fig. 3 Monthly wind speed of Province (Jeolla, Jeju)

전라지역의 기상관측소에서 측정된 10m 높이에서 측정된 평균 풍속은 군산(2.8m/s~4.2m/s), 무안(2.1m/s~3.9m/s), 여수(2.8m/s~5m/s), 완도(2.8m/s~5.2m/s), 순천(0.6m/s~1.3m/s)로서 계절별로 보면 목포는 여름과 가을이 낮으며, 초봄이 겨울보다 바람이 많은 것으로 나타났다.

제주지역의 기상관측소에서 측정된 10m 높이에서 측정된 평균 풍속은 제주고층(4.5m/s~10.8m/s), 서귀포(2.2m/s~3.8m/s)로서 제주고층의 경우 계절별로 보면 초봄이 겨울보다 바람이 많은 것으로 나타났으며, 연간 풍속의 변화가 다른지역보다 크게 나타났다.

나. 지역별 풍력 지속시간

시간별 풍속누적시간을 분석해본 결과 서울, 양평, 강화는 풍속6.0m/s 이상이 연간 4,100시간이었으며, 인천, 수원, 동두천, 인천, 이천은 6.0m/s 이상이 연간 3,000시간으로 나타났고, 속초, 대관령, 강릉, 동해는 7.5m/s 이상이 연간 3,500시간이었으며, 대관령, 춘천, 철원, 태백은 3.0m/s 이상이 연간 5,500시간으로 나타났다. 또한 추풍령은 3.0m/s 이상이 6,500시간이었고, 내륙인 진주는 3.0m/s 이상이 6,000시간이었으며, 제주 및 여수는 대체적으로 높게 나타났다. 이상의 연간 풍력지속시간이 3.0m/s 에서 3,000시간이상 지속된다면 우수한 풍력자원이라 볼 수 있다.

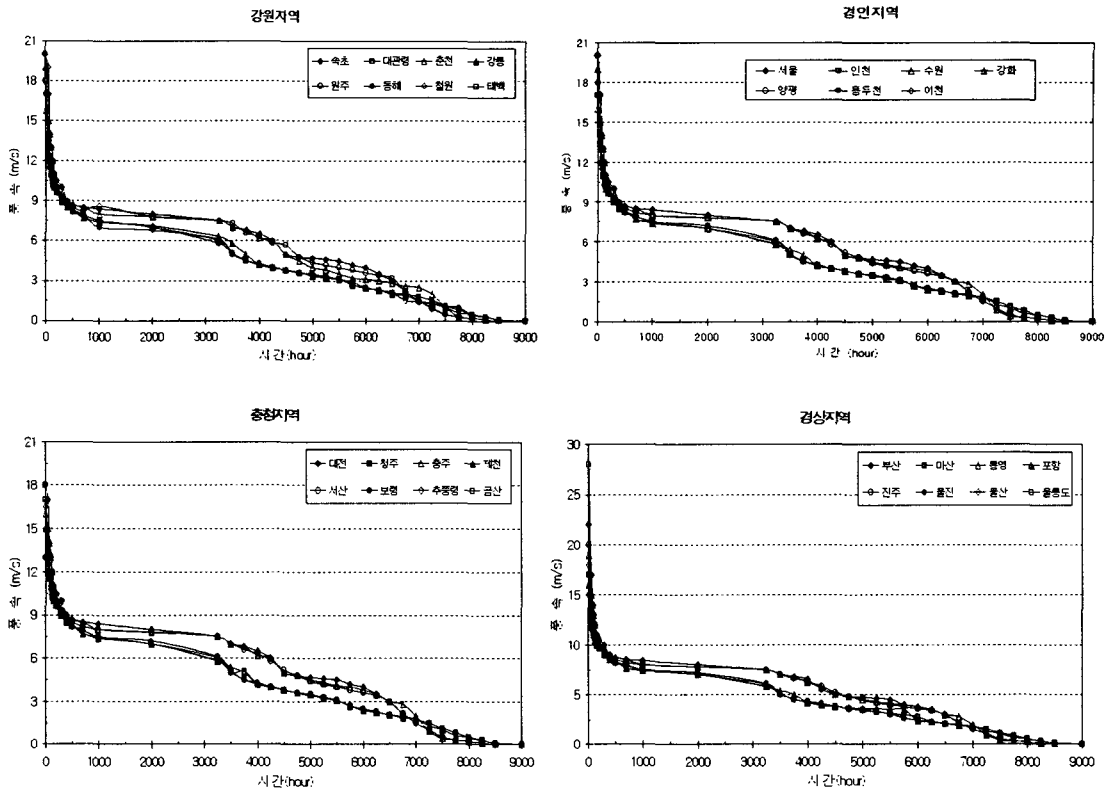


Fig. 4 Wind speed of the total time (Gangwon, Gyeongin, Chungcheong, Gyeongsang)

다. 지역별 풍력에너지밀도

풍력에너지밀도의 측정은 식(2,3)을 이용하였으며, 경인지역의 풍력 에너지 밀도는 인천 142kWh/m², 서울48kWh/m², 수원12kWh/m², 강화24kWh/m², 양평13kWh/m², 동두천30kWh/m², 제주지역의 풍력 에너지밀도는 제주고층820kWh/m², 제주 120kWh/m² 서귀포100kWh/m²로 나타났다.

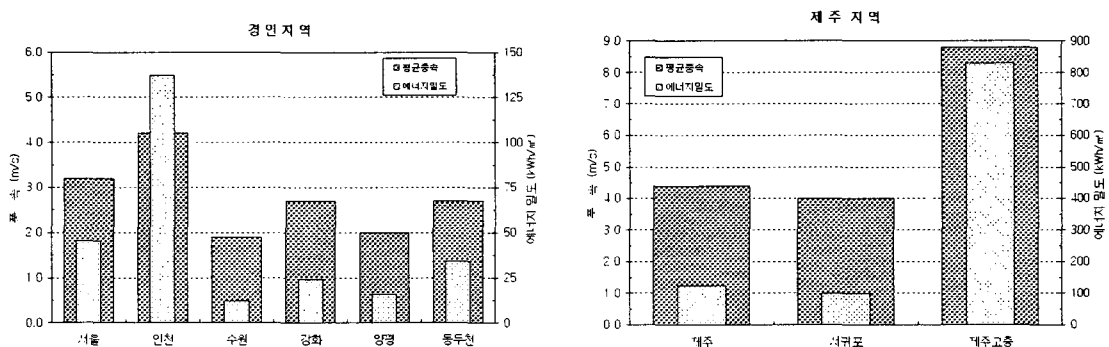


Fig. 5 Wind speed and Energy density of Province (Chungcheong, Jeju)

경상지역의 풍력 에너지 밀도는 부산137kWh/m², 마산30kWh/m², 통영75kWh/m², 포항 65kWh/m², 진주45kWh/m², 울진118kWh/m², 울산29kWh/m², 울령도143kWh/m²로 나타났으며, 전라지역의 풍력 에너지 밀도는 군산189kWh/m², 무안820kWh/m², 목포200kWh/m², 여수 168kWh/m², 완도152kWh/m², 장흥 36kWh/m² 및 순천17kWh/m², 부안29kWh/m²로 높게 나타 났다.

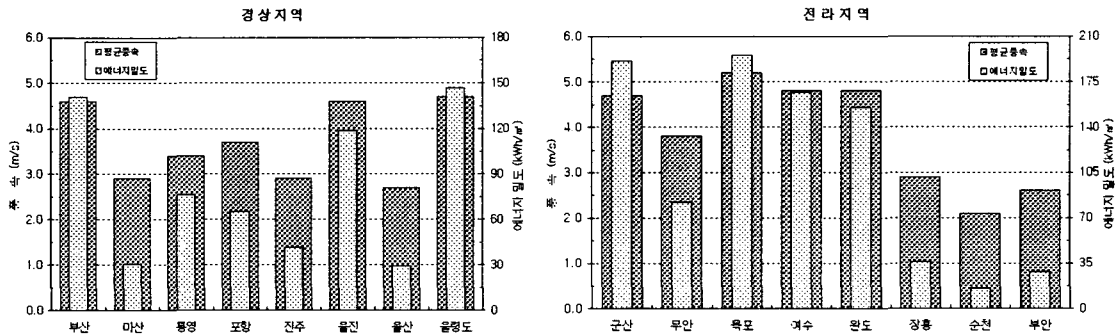


Fig. 6 Wind speed and Energy density of Province (Gyung-sang, Jeolla)

4. 요약 및 결론

본 연구는 국내에서의 지역별 풍력자원을 조사하여 자연에너지인 풍력을 활용하고 자 기 상청의 기상 관측소 자료를 이용하여 분석하였던 바, 다음과 같이 요약 할 수 있다.

- 가. 평균풍속의 분포를 보면 제주고층이 10.8m/s로 가장 높았고, 순천이 0.6m/s로 가장적게 나타난 것으로 일반적으로 해안가나 내륙고산지대에서 높은 풍속을 보였다.
- 나. 풍속지속시간을 보면 대부분의 지역에서 3.0m/s 이상, 연간 5,000시간이상으로 나타나 풍력의 이용가능성 을 알 수 있었다.
- 다. 풍력 에너지 밀도는 인천 142kWh/m², 제주도 400kWh/m², 대관령 280kWh/m², 울릉도 140kWh/m², 목포 200kWh/m² 및 군산 180kWh/m²로 높게 나타났다..

5. 참고 문헌

1. M. J. M. Stevens. 1979. "The estimation of Parameters of the Weibull Wind Speed Distribution for Wind Energy Utilization Purpose". Wind Engineering Vol. 3, No, 2.
2. DOE. 1996. Wind Energy information guide, DOE, April
3. 김건훈. 1999. 풍력발전단지 건설 타당성 분석, 산업자원부. Dec.
4. 김재연. 1998. 신에너지 전원의 계통연계, 산업자원부, Dec.
5. 손충열. 2001. 유럽의 풍력발전단지운용 현황. 태양에너지국제학회. P205-208.