

경기 남부지역 풍력자원의 평가와 농업분야 활용방안

Assessment and Agricultural Use of Wind Resources in Southern Part of Gyeonggi Province

홍 성 구*

Hong, Seong gu

Abstract

Wind energy is one of the promising renewable energies that could provide electricity and other mechanical power. Wind energy market is dramatically growing in many European countries, but wind power is only 0.2% of the total renewable energy uses that is only about 2% of the primary energy consumption in Korea. It is widely accepted that wind resources for power generation are only limited in some areas including coastal regions and mountainous areas in Gangwon province in Korea, particularly in terms of large scale wind power developments. In this study, wind velocity data were analyzed with respect to the potential utilization. The data provided from National Weather Service were used for the analysis. In addition, field wind data were also collected and analyzed for the comparison between the national data. The comparison showed that there were significant differences between the experimental station and the national station that are about 5km away. Annual average wind speed at the experimental station was less than 2 m/s, which is not enough for wind power generation. It seemed that the topographic condition resulted in a significant difference in wind speed. When 600 W and 2.5 kW wind turbines were used, annual power productions were only 186 kWh and 598 kWh, respectively. When the average wind speed is lower, wind pumping is an alternative use of wind. At the experimental station, the average pumping rate of 3 m³/h at the head of 3 m was expected at a 2.5 m rotor under the conditions that efficiencies of the rotor and the pump were 40% and 80%, respectively. It did not seem that the wind pumping was not applicable at the station either. A higher wind speed was required to install the wind machines. Meanwhile, wind pumping would be applicable in conditions with lower pumping heads. Other applications were introduced for further wind energy utilization, including wind powered ventilation and friction heat generation in greenhouses.

Keywords : Wind power, Wind pumping, Power production, Wind turbine

* 환경대학교 지역자연시스템공학과
* Corresponding author. Tel.: +82-31-670-5134
Fax: +82-31-674-4119
E-mail address: bb9@hknu.ac.kr

I. 서 론

풍력이란 태양에 의해 지표면이 불균일하게 가열되어 발생하는 바람의 운동에너지를 말한다. 바람의 운동에너지는 회전자를 회전시켜 기계적 에너지로 변환하여 전기를 얻거나 다른 동력을 얻기 위하여 이용될 수 있다. 풍력을 안정적으로 활용하기 위해서는 충분한 풍력자원이 확보된 지역에서 적절한 풍력이용 설비가 설치되어야 한다. 가장 대표적인 풍력이용 설비는 풍력발전기이다. 풍력은 자연의 바람을 이용하기 때문에 환경에 대한 영향이 거의 없다. 최근 유가의 급등과 온실가스인 이산화탄소의 저감에 대한 관심이 높아지고 있는 현 시점에서 풍력은 다양한 국가에서 도입되고 있는 재생에너지원 가운데 하나이다.

2004년 현재 국내 풍력발전시설의 총용량은 28,913.2 kW로서 연간 발전량은 47,442 MWh이다(New and Renewable Energy Center, 2005). 이 가운데 10 kW 이하가 총 89기, 100 kW 이하가 9기, 100 kW 초과 38기가 가동되고 있다. 국내 재생에너지 공급 비율은 총 1차에너지의 2.28%에 지나지 않으며, 풍력은 재생에너지 가운데 0.2%에 지나지 않는다. OECD 국가 중 풍력발전의 비중이 높은 국가는 덴마크, 독일, 스페인 등인데 이들 국가에 비하면 아주 작은 규모라고 할 수 있다.

풍력 이용설비를 도입하는데 있어서 가장 중요한 과정은 풍력자원을 분석하고 이에 따른 경제성을 평가하는 것이다. 풍력자원 분석은 최소한 1년 이상의 일정기간 동안 수집된 풍향 풍속에 대한 자료를 이용하여야 한다. 풍속자료는 흔히 Weibull 확률분포함수를 이용하여 분석한다(Lee and Shin, 1984). 경제성 분석은 풍력자원에 적합한 용량의 설비를 선정 후, 풍속-발전력 관계를 이용하여 연간 발전량을 추정하여 이루어진다. 국내에서 풍력자원에 대한 기초조사는 주로 해안지방과 대관령 지역을 중심으로 이미 이루어진 바 있다(Kim et al., 1999; Kim et al., 1997). 이들 연구 결과, 풍

력발전 건설 유망지역으로서 제주 월령, 강원 평창, 충남 당진, 전북 군산 등이 제시되었다. 또한 인천과 시화지역에서 30 m 높이에서 측정된 평균 풍속은 각각 3.1 m/s, 4.4 m/s로 나타나 시화지역에서는 개발 잠재력이 있는 것으로 나타났다. 경기 이천, 충북 충주 등의 내륙지방에서 기상청 자료를 근거로 얻어진 연평균 풍속은 1 m/s 내외로 나타나 풍력발전의 가능성은 희박한 것으로 보인다(Park et al., 1991). 한편 풍속은 지형요인에 영향을 크게 받아 주풍향과 계곡의 방향이 일치하는 지역에서는 상대적으로 풍부한 풍력자원을 가지게 된다. 고도가 높은 능선에서는 또한 풍속이 증가하므로 지형을 고려하면 풍력을 이용한 설비를 추가로 도입할 수 있을 것이다.

풍력발전 이외에 풍력을 이용하는 방법으로는 양수(pumping)가 있다. 풍력을 이용한 양수방법은 기계적인 방식, 전기적인 방식, 그리고 유압식 등으로 나눌 수 있다. 기계적인 방법은 펌프의 피스톤을 직접 구동하는 방식과 원심형 펌프를 구동하는 방식으로 구분할 수 있다. 전기적인 방법은 가장 많이 활용되고 있는 것으로서 기존의 전기구동 펌프를 이용하는 것이다. 유압식 펌프는 효율이 낮으나 유지관리가 거의 필요 없다는 장점을 가진다. 풍력양수는 로터(rotor)에 의해 작동되는 펌프의 양식에 따라서 피스톤을 이용하는 용적식(displacement)과 저수두 조건에 적합한 로터와 직접 연결하는 회전자 구동방식으로 구분할 수도 있다. 풍력발전을 위해서는 연평균 풍속이 4 m/s 이상이 되어야 하나 풍력양수는 2.5 m/s 이상이면 경제성이 있는 것으로 평가되고 있다(Gipe, 1993; Smulders, 1996). 따라서 풍력발전의 경제성이 없는 국내의 내륙지방의 적지 않은 지역에서 풍력양수 도입은 제한적으로 가능하다고 추정할 수 있다.

본 연구에서는 비교적 풍속이 크지 않은 것으로 평가되는 경기도 안성시를 포함한 경기 남부지역에서의 풍력자원에 대해서 분석하고 풍력활용 설비의 도입 가능성을 평가하고자 한다. 풍력자원 분석을

기초로 본 연구에서 제시되는 소규모 풍력활용방안은 농촌지역의 친환경 재생에너지의 도입과 또 다른 유형의 농촌 및 농업생산기반시설 계획수립에 활용될 수 있을 것이다.

II. 풍력자원의 조사 및 분석

1. 풍력 개요

바람의 역학적 에너지는 공기의 중량(m)과 속도(V)에 의해 결정된다. 공기의 중량은 공기의 밀도(d)와 체적에 의해 계산할 수 있다. 따라서 풍속 V의 바람이 단면적 A를 t시간 동안 통과하면서 가지는 역학적 에너지(Kinetic energy, K)는

$$K = 1/2 (dAVt) V^2 = 1/2 dAtV^3 \dots \dots \dots (1)$$

단위 시간당 에너지 즉, 동력(P)은 다음과 같이 간단히 계산할 수 있다.

$$P = 1/2 dAV^3 \dots \dots \dots (2)$$

따라서 풍력밀도(P/A)는 공기의 표준밀도를 이용하여

$$P/A = 0.6125V^3 \dots \dots \dots (3)$$

여기에서 풍속 V는 m/s 단위, P/A는 W/m²의 단위이다. 지표면 가까이에서는 장애물 등에 의해 난류가 발생하기 때문에 풍속은 지표면으로부터의 높이에 따라서 증가하게 된다. 지표면에서의 거리와 풍속과의 관계는 일반적으로 다음과 같은 관계를 가진다.

$$V/V_0 = (H/H_0)^a \dots \dots \dots (4)$$

H₀와 H는 지표면으로부터 기준점과 임의의 지점까지의 높이, V₀와 V는 H₀와 H에서의 풍속을 나타내

며, a는 지면의 조도 등을 나타내는 계수로서 1/7~1/4의 범위를 갖는다.

2. 자료의 수집

본 연구의 풍력자원 분석을 위해서 안성시 보개면의 구릉지 실측점에서는 풍향풍속을 2004년부터 측정하였으며, 안성, 오산, 수원, 평택, 용인지역에 대해서는 기상청의 자동측정망의 자료를 이용하였다. 안성시 보개면 구릉지의 풍향풍속은 종합기상장치를 이용하여 수집하였으며, 풍향풍속계는 지면으로부터 2.0 m 높이에 설치하였다. 주변의 나무나 장애물로 인한 영향이 없는 곳을 선정하였다.

3. 분석방법

종합기상장치에서 얻어진 실측자료에 대해서는 1분단위 자료에 대한 풍속별 연간 분포를 분석하고, 1시간 평균 풍속으로 계산한 후 기상청 자료와 비교하였다. 실측된 자료와 현재 보급되고 있는 풍력발전기의 풍속-발전력 자료를 이용하여 연간 발전량을 산정해 보았다. 또한 설비의 체원을 이용하여 풍력양수에 대하여 검토하였다.

III. 분석결과 및 고찰

1. 안성지역

안성지역의 풍력자원은 기상청에서 설치하여 운영하는 자동측정망(AWS) 자료와 안성시 보개면 구릉지에서 실측된 자료에 대해서 분석하였다. 안성시 보개면에 위치한 구릉지는 표고 약 70 m 정도의 높이로 남북방향으로 뻗고 서쪽에는 평야지대 동쪽에는 표고 340 m의 산이 위치하고 있다. 구릉에 자라고 있는 나뭇가지는 바람의 영향으로 동쪽 방향으로 약간 굽은 모습을 뚜렷하게 관찰할 수 있다. Gipe(1993)의 나뭇가지 변형도(Griggs-Putnam

index of deformity)를 기준으로 볼 때 평균 풍속은 3-4 m/s로서 index I에 속한다.

자료는 2004년 7월부터 수집되었으나 일부 기간 동안에 전지의 방전으로 결측이 발생하였다. 따라서 2004년 측정치는 2005년치의 동일기간에 대해 단순 비교만 하였고, 풍력자원 평가에는 2005년부터 1년간의 자료를 이용하였다. 1분 간격으로 측정된 풍속자료를 지면으로부터 높이 10 m에서의 값으로 산정하여 1 m/s 단위로 구분하여 빈도를 계산한 결과는 Table 1과 같다. 조도와 관련된 계수 a는 지형을 고려할 때 상대적으로 큰 값을 취할 수도 있었으나 작은 1/7을 취하였다. 1년 중 바람이 거의 불지 않는 1 m/s 이하의 풍속은 36.2%, 2 m/s 이하의 낮은 풍속은 연중 65.9%에 이른다. 10 m/s 이상의 높은 풍속을 가지는 빈도는 0.19%로 나타났다. 1분 단위 측정자료를 1시간 평균 자료로 변환하였을 때에는 이동평균치와 유사하게 1 m/s 이하의 풍속이 다소 작은 33.2%로, 10 m/s 이상 또한 0.08%로 낮아지는 것을 볼 수 있다. 월별 평균 풍속은 1월부터 4월까지 상대적으로 높고, 6월부터 9월까지의 하절기에 낮은 값을 보였다

Table 1 Yearly frequency of wind velocity at Anseong hill station(H=10m)

Wind speed less than (m/s)	Yearly Frequency (%)		
	1 min. average	10 min. average	1 hr. average
1	36.20	34.94	33.19
2	29.67	31.37	33.84
3	14.89	14.72	14.44
4	8.27	8.24	8.16
5	4.95	5.21	5.10
6	2.86	2.77	2.82
7	1.51	1.31	1.12
8	0.77	0.73	0.70
9	0.43	0.37	0.29
10	0.25	0.21	0.26
>10	0.19	0.14	0.08

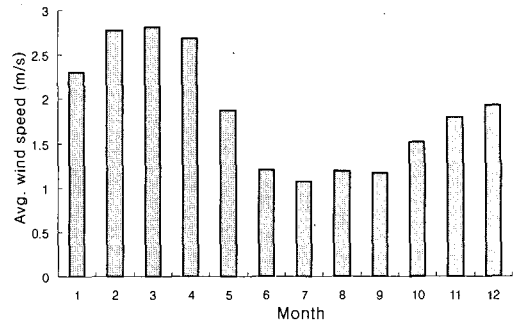


Fig. 1 Monthly average wind speed at Anseong hill station

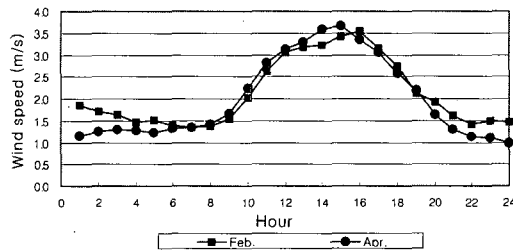


Fig. 2 Wind speed changes in Anseong hill station

(Fig. 1). 이 두 기간동안의 월평균 풍속은 약 2배 정도 차이를 보여주고 있다. 하루 중 풍속의 변화를 살펴보면 Fig. 2와 같다. 오후 8시부터 오전 9시까지는 평균 풍속이 1.5 m/s 내외로 낮고, 정오부터 오후 5시까지는 3 m/s 내외로 약 2배 높게 나타났다.

풍속자료의 분석결과 동일한 지역 내에서도 풍속 분포의 차이가 있는 것으로 나타났다. 환경대학교 구내 건물 위에 설치되어 운영되는 기상청의 안성 AWS 측정의 자료에서는 1 m/s 이하가 약 53%로서 5 km 정도 떨어진 구릉지 측정의 33.2%에 비해서 큰 차이가 있다. 1 m/s 이하의 풍속을 제외한 나머지 풍속 범위에 있어서 구릉지 실측점이 모두 높은 빈도를 보여주고 있다(Fig. 3).

실측자료에 대한 Weibull 분포의 scale 및 shape parameter는 StatSoft 사의 Statistica를 이용하여 얻었다. Weibull 분포에서 확률밀도함수는

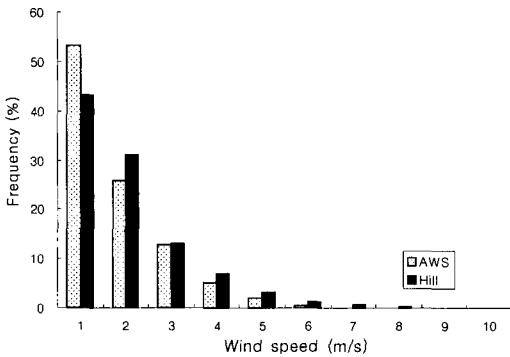


Fig. 3 Wind speed frequency at hill and AWS stations

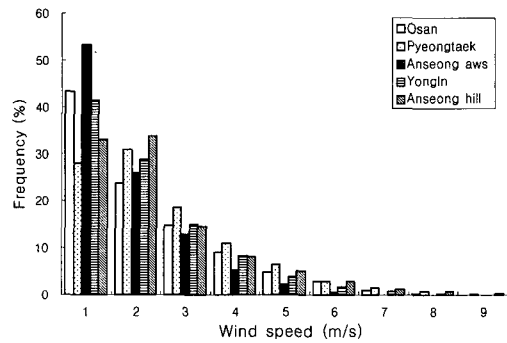


Fig. 5 Wind speed frequencies in southern Gyeonggi region

$$P(V) = \left(\frac{K}{C}\right) \left(\frac{V}{C}\right)^{K-1} e^{-\left(\frac{V}{C}\right)^K} \dots\dots\dots(5)$$

여기에서 V는 풍속, C는 scale parameter로서 풍속분포의 평균값의 크기에 비례하는 상수이다. K는 shape parameter로서 편차를 나타내는 상수이다. 누가확률분포함수를 이용하여 얻어진 값은 Fig. 4에 제시된 바와 같이 shape parameter가 1.2002, scale parameter가 1.9828로 나타났다. 해안지역인 군산이나 목포의 scale parameter가 각각 4.790, 4.471로서 상대적으로 낮다. 이들 parameter를 이용하면 풍력가용량을 쉽게 추정할 수 있으나 실제 풍력발전시스템에서는 해당 풍력발전기의 시동풍속, 정격풍속, 효율 등이 제공되어야 실제 평균발전량을 계산할 수 있다.

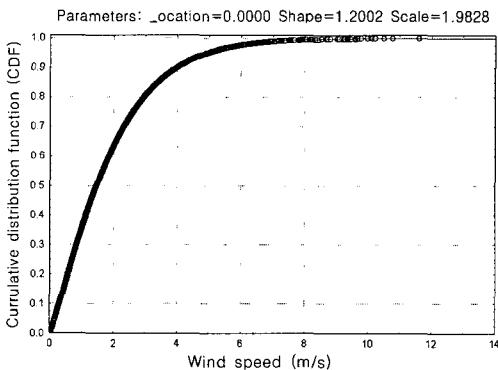


Fig. 4 Cumulative distribution of wind speed data by Weibull distribution

2. 경기남부

기상청의 AWS 자료를 분석한 결과 안성지역의 풍속이 가장 낮은 분포를 보이고 상대적으로 해안과 인접한 평택지역이 다소 높게 나타났다. 1 m/s 이하의 풍속빈도를 보면 평택이 가장 적고 안성이 가장 많다. 용인과 오산은 비슷한 빈도를 보여주고 있다. 반면에 구릉지 측점의 풍속은 평택과 비슷한 빈도를 가진다. 특히 1~2 m/s의 풍속은 구릉지 측점이 평택에 비해 다소 많다. 연평균 풍속을 계산하면 이들 지역 가운데 평택이 가장 높은 2.05 m/s, 오산 1.72 m/s, 용인 1.63 m/s, 안성 AWS가 가장 낮은 1.29 m/s, 그리고 구릉지 측점은 평택보다 약간 낮은 1.88 m/s로 나타났다. 대규모 풍력발전시설 도입을 위해 이루어진 Kim et al. (1997)의 조사에 의하면 지표면으로부터 45 m 기준으로 국내에서 연평균 풍속이 높은 지역은 대관령 6.1 m/s, 인천 4.2 m/s, 부산 4.6 m/s 등으로서 경기남부지역의 연평균 풍속은 해안이나 강원도 산악지역에 비하면 아주 작은 값이다.

3. 풍력발전

풍속자료별 연간 빈도와 주어진 풍력발전기의 풍속별 발전출력치를 이용하면 연간 발전량을 산정할 수 있다. 본 연구에서는 캐나다의 P사에서 공급하

는 2종의 풍력발전기를 이용하였다. 구릉지 측점의 실측자료와 P사의 600 W와 2.5 kW 풍력발전기의 풍속대비 발전력 자료를 이용하여 풍속별 발전량을 계산하면 Fig. 6과 같다. 이들 풍력발전기의 시동 풍속은 2.8 m/s, 정격출력은 12 m/s에서의 값이다. 측점에서 회전자를 10 m 높이로 설치하였을 때 연간 발전량은 600 W에서 186 kWh, 2.5 kW에서는 598 kWh를 얻는 것으로 나타났다. 그러나 풍력발전기의 장비 및 설치비용과 현재 국내의 풍력발전 전력판매 단가를 고려할 때 충분한 발전량이라고 볼 수는 없다. 설치비용에 대한 지원이 제공된다 하더라도 경제성은 높지 않다. 따라서 풍력발전기를 설치하기 위해서는 풍력자원이 더 양호한 지역을 선정하여야 할 것이다.

본 연구의 기상자료 수집과정에서 구릉지 측점의 동쪽 산지 주변의 풍속을 제한적으로 측정할 바 있다. 지형의 영향을 받아서 구릉지 측점에 비해서 풍속이 1.2~1.4배 정도 높게 측정되었다. 구릉지 실측점의 경우 지형적으로 풍속이 주변 평지에 비해서 높은 것으로 판단되어 측점으로 선정하였으나 풍력발전이나 풍력활용시설을 설치하기에는 부적합한 것으로 나타났다. 풍력발전 설비를 설치해야만 한다면 동측 산지 혹은 산 정상에 설치하는 것이 바람직할 것이다. 그러나 접근성이 불리하여 설치비용이 증가하여 추가의 비용이 발생하게 될 것이다.

4. 풍력양수

풍력을 이용하는 방법에는 전력생산 이외에 회전자의 동력을 펌프의 구동력으로 활용하는 방안이 있다. 풍력양수기를 설치할 때에는 풍력장치의 동력특성과 펌프특성을 충분히 고려하여야 한다. 풍력양수시스템에서 가장 많이 이용되는 펌프는 피스톤형 펌프이다. 피스톤형 펌프는 시동에 큰 토크를 요구한다. 일단 펌프가 작동된 이후에는 초기 구동 토크의 2/3 정도를 제공할 수 있는 풍속에서도 펌프는 계속 작동할 수 있다. 피스톤형 펌프 이외에 모노펌프(progressive cavity pump)와 원심형 펌프가 이용되기도 하나 고가이기 때문에 상대적으로 많이 이용되지 않고 있다.

캐나다에서 1990년대 이후 현장에서 가동되고 있는 풍력양수기에 대해 조사한 자료에 의하면 평균 풍속이 2 m/s 인 수준에서도 양정 조건과 회전자의 직경에 따라 다르지만 50~250 m³/month의 양수량을 보여주고 있다(Table 2). 풍력발전의 적용이 가능한 기준 풍속 4m/s 보다 작은 조건에서도 풍력양수가 가능하다는 것을 보여주고 있다.

전양정 H(m) 조건에서 유량 Q(m³)를 양수하기 위해 필요한 동력 E(kWh)는 다음의 식 (6)에 의해 계산된다.

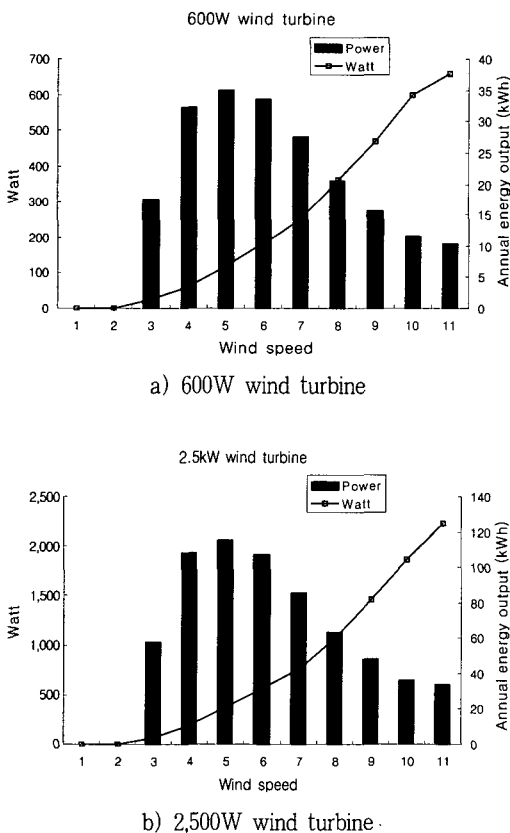


Fig. 6 Annual power output by wind turbines in Anseong hill station

Table 2 Survey results on commercial wind pumping systems (Government of Alberta, 2006)

Model name	Rotor diameter (m)	Gear ratio	Pumping system	Monthly pumping volume (m ³ /month)		
				2.0*	3.0*	4.0*
Aerometer (Tensigrity Systems, Ltd.)	2.4	3.29:1	reciprocating rod connected to positive displacement pump	250 ¹	540 ¹	850 ¹
Dutch Junior (Dutch Industries, Ltd.)	2.4	1 : 1	reciprocating rod connected to positive displacement pump	100 ¹	220 ¹	380 ¹
Delta 16A (Dutch Industries, Ltd.)	4.8	1 : 1	reciprocating rod connected to positive displacement pump	130 ²	380 ²	660 ²
Koenders (Koenders Mfg. Co., Ltd.)	1.6	-	diaphragm injects air into pump	50 ¹	97 ¹	140 ¹
Windmotor (Maverick Wind Energy, Ltd.)	2.4	1 : 1	direct cable drive from rotor to pump	190 ¹	390	620

*Monthly mean velocity, ¹pumping head = 5.5m, ²pumping head = 30m

$$E = 0.002725QH \dots \dots \dots (6)$$

식 (3)과 (6)을 이용하여, 회전자의 효율 40%, 펌프의 효율 80%로 가정하고 회전자의 직경을 2.5 m라고 할 때 풍속과 펌프의 양정조건에 따른 양수량은 Fig. 7과 같은 분포를 갖는다. 동일한 조건에서 풍속 및 양정조건에 따라 계산된 양수량은 Table 3에 나타난 바와 같다. 풍속 3 m/s, 양정 3 m에서의 양수량은 약 3 m³/h이다. 풍력을 이용한 펌프의 구동은 시동풍속이 풍력발전에 비해서 낮고, 시동 후 다소 낮은 풍속에서도 펌프의 구동이 계속된다는 장점은 있으나, 풍력자원이 충분치 않은 지역에서는 역시 도입이 쉽지 않다는 것을 알 수 있다. 회전자의 직경이 2~3 m인 풍력양수 설비의 가격 대비 연간 생산되는 동력은 크지 않기 때문이다. 물론 큰 직경의 회전자를 이용하거나 기어박스를 추가로 장착하여 양수량을 높일 수 있으나 시설비가 증가하게 될 것이다.

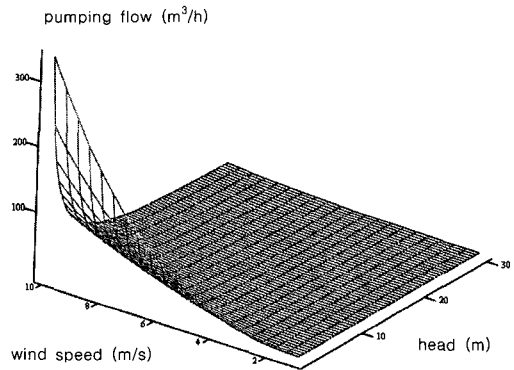


Fig. 7 Pumping flow rates for different pumping head and wind speed conditions.

식 (3)과 회전자 효율 η 를 고려하여 연간 얻을 수 있는 펌프 구동력(P, kWh)은 연평균 풍속(V)과 회전자 직경(D)에 따라서 식 (7)에 의하여 Fig. 8과 같은 분포를 가진다. Fig. 8에서 수평면은 평균 전력단가 75원/kWh를 기준으로 500만원의 풍력발전설비 조건에서 이자율이나 물가상승률을 고려하

Table 3 Pumping flow rate at different wind speed and pumping head conditions unit: (m³/h)

Wind speed (m/s)	Pumping head (m)					
	1	3	5	10	15	20
1	0.34	0.11	0.07	0.03	0.02	0.02
2	2.71	0.90	0.54	0.27	0.18	0.14
3	9.16	3.05	1.83	0.92	0.61	0.46
4	21.70	7.23	4.34	2.17	1.45	1.09
5	42.39	14.13	8.48	4.24	2.83	2.12
6	73.25	24.42	14.65	7.32	4.88	3.66
7	116.32	38.77	23.26	11.63	7.75	5.82
8	173.63	57.88	34.73	17.36	11.58	8.68
9	247.22	82.41	49.44	24.72	16.48	12.36
10	339.12	113.04	67.82	33.91	22.61	16.96

5. 활용방안

풍력양수는 아프리카, 아시아, 남미 등 주로 저개발국가에서 마을 급수용, 관개용, 가축 급수용 등으로 활용하고 있다. 일부 선진국에서는 방목되는 가축이 하천 수질오염을 유발하기 때문에 하천에 접근하지 않고 급수할 수 있는 설비로 이용되기도 한다. 단시간에 많은 유량을 양수하는 경우가 아니라면 풍력조건이 맞는 지역에서는 보다 다양하게 활용할 수 있을 것이다. 풍력발전 이외에 풍력을 농업분야 또는 농촌지역에서 활용할 수 있는 방안은 여러 가지로 생각할 수 있다. 단지 풍력은 그 특성상 지속적이지 못하므로 이를 고려하여야 한다. 따라서 급수설비로서 이용할 때에는 수조와 같은 보조시설이 요구된다. 특히 수압을 높이기 위해 급수탑을 설치한 지역에서도 유용하다. 풍력의 비연속성으로 풍력설비는 그 활용목적에 관계없이 주 설비로 도입하기는 어렵고, 에너지 절감용 보조설비로 도입하는 것이 바람직하다.

풍력양수 이외에 농업분야에서 적용이 가능한 풍력설비로는 환기를 위한 송풍기의 구동이나 마찰열 발생장치 등을 생각할 수 있다. 풍력양수와 동일한 방식으로 회전자의 동력을 직접 이용하는 것이 효율측면에서 유리하다. 온실에서 하절기 환기를 위한 환기용 송풍기를 풍력을 이용하여 구동할 수 있으며, 또한 아직까지 거의 보고된 바 없으나 회전자의 동력을 마찰판 혹은 마찰봉 등을 직접 구동하여 열을 얻는 것도 가능하다고 판단된다.

그러나 이러한 활용방안 모두 해당 지역의 연평균 풍속이 3~4 m/s 이상 되어야 하며, 풍력설비의 초기 투자비용이 상대적으로 저렴하여야 할 것이다. 계곡풍이 우세한 산간지역이나 해안주변에 위치한 시설농가에서는 적용가능성이 높다고 판단된다. 도시지역 아파트 건물에서 풍력자원에 대한 조사결과를 보면 15층 또는 그 이상의 고층에서는 풍력발전까지 가능하다(Kang et al., 2002). 고층 아파트가 보급되고 있는 농촌현실을 감안하면 농업

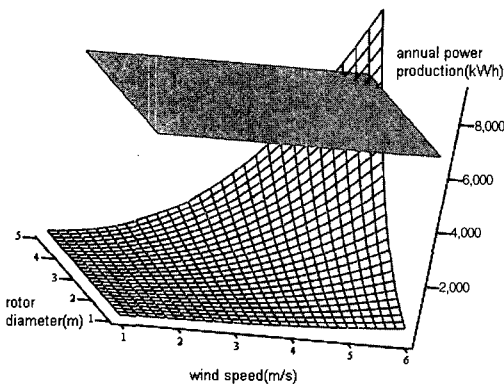


Fig. 8 Annual power production for different wind speeds and rotor diameters.

지 않고 내구년수 10년동안 투자비 회수에 필요한 연간 생산동력이다. 따라서 개략적인 경제성을 확보하기 위해서는 연평균 풍속 4~5 m/s 인 지역에서 회전자의 직경은 4 m 이상이 되어야 한다. 여기에서 회전자의 규모에 따른 시설비용의 변화는 고려치 않은 조건이다.

$$P = 0.6125 \times 8.76 V^3 \left(\frac{\pi}{4} D^2 \right) \eta \dots \dots \dots (7)$$

분야에 국한하지 않고, 농촌지역에서 다양한 풍력 활용 방안을 모색할 수 있을 것으로 판단된다.

IV. 요약 및 결론

우리나라 대체에너지의 보급비율은 2004년 기준 2% 수준으로 매우 낮으며, 이 가운데 풍력은 0.2%에 지나지 않는다. 청정 재생에너지원으로서 풍력은 지금까지 주로 해안지방이나 대관령 등 강원 산악지역을 중심으로 개발되고 있는 실정이다. 본 연구에서는 경기도 남부 일부 지역의 기상청 풍속자료와 안성시 구릉지의 실측 풍속자료를 이용하여 풍력자원에 대한 분석을 실시하고, 농업분야 활용을 위한 풍력발전 및 풍력양수에 활용가능성에 대해 간략히 살펴보았다.

구릉지 실측점에서의 자료와 기상청의 자료를 비교해 보았을 때 지형의 영향이 있음을 확인할 수 있었다. 평균치와 관계 있는 Weibull scale parameter는 1.98로 나타났으며 연평균 풍속은 주변지역의 식생의 형상을 볼 때 연평균 풍속이 3~4 m/s 정도 될 것으로 예상되었으나 계산결과는 2 m/s 이하로 나타났다. 이러한 풍력자원 조건에서는 풍력발전설비의 도입은 곤란한 것으로 판단되었다. 600 W와 2.5 kW 풍력발전설비를 도입하여 얻을 수 있는 연간발전량은 각각 186 kWh, 598 kWh로서 도입가능성은 거의 없다고 판단된다. 한편, 본 연구의 실측점 주변 고도가 높은 지역에서는 풍속이 상대적으로 더 높게 나타났다. 지형조건을 고려한다면 내륙지방의 일부지역에서도 소규모 풍력발전은 가능할 것으로 판단된다.

풍속이 상대적으로 낮은 조건에서도 적용이 가능한 풍력양수에 대해서 검토한 결과 도입 가능성이 다소 낮은 것으로 나타났다. 양정이 비교적 적은 3 m 내외의 조건에서는 평균 3 m/s 이하의 낮은 풍속에서도 양수량이 3 m³/h 내외였다. 따라서 양정이 낮은 조건에서는 풍속이 상대적으로 낮아도 풍력양수설비의 도입은 가능하다. 풍력발전 설비의

투자비용을 고려하여 개략적인 경제성 평가를 한 결과 평균 풍속은 3~4 m/s 이상이 되어야 함을 알 수 있었다. 풍력양수설비가 풍력발전에 비해서 풍력자원이 상대적으로 적은 지역에서도 적용할 수 있다고 하나 상기 요건을 만족해야 할 것이다. 외국에서의 풍력양수설비는 대체로 간이급수설비, 초저수질관리를 위한 가축의 급수설비 등으로 이용되고 있다. 국내의 농촌지역에서 풍력을 이용한 설비의 도입을 위해서는 해당 지역에서의 풍력자원의 조사가 선행되어야 하며, 그 이후에 풍력발전 혹은 풍력양수 등의 설비를 선정하여야 할 것이다. 풍력양수의 경우 양정이 높지 않다면 상대적으로 활용 가능성이 높다. 지금까지 국내에서는 대부분 중대규모 풍력발전을 위주로 풍력개발이 추진되어 왔으나, 농촌지역에서의 풍력양수설비 도입은 풍력발전의 대안이 될 수 있을 것이다. 또한 아직까지 거의 고려되고 있지 않으나 풍력을 이용한 농업시설의 환기 또는 마찰열을 이용한 난방 등도 풍력활용 방안의 예로서 제시할 수 있다.

References

1. Gipe, P. 1993. Wind Power : For Home and Business. Chelsea Green Publishing Co.
2. Government of Alberta, 2006. Wind and Solar Powered Pumping Units (<http://www1.agric.gov.ca>).
3. Kang S. Y., J. C. Park, and U. K. Urh. 2002. A Possibility of Utilizing Wind Power in Apartment Housing Complexes in Korea. Proceedings in Korean Society of Solar Energy pp. 206-213. (in Korean)
4. Kim, K. H. E. I. Kim, K. H. Park, J. A. Chung, C. J. Choi, and Y. S. Hyun. 1997. A Study on the Survey of Wind Energy for Potential Areas in Korea. Korean Institute of Energy Research. (in Korean)
5. Kim, K. H., E. I. Kim, C. H. Lee, W. S. Park, Y. C. Choo, and H. W. Kim. 1999.

- Feasibility Study and Research on the Construction of Wind Farms in Korea. Korean Institute of Energy Research. (in Korean)
6. Kim, K. H., N. H. Kyung, and E. I. Kim. 2002. Performance testing and evaluation for small wind turbine generating system. Ministry of Commerce, Industry and Energy, Korea. (in Korean)
 7. Lee, C. H. and D. Y. Shin. 1984. Optimum Design of a Wind Power Generation System through Analysis of Wind Data. Solar Energy 4(2):1-12. (in Korean)
 8. New and Renewable Energy Center, 2005. Yearly book on alternative energy use (<http://www.energy.or.kr>). (in Korean)
 9. Park, G. H., K. H. Kim, S. W. Yoo, and C. J. Choi. 1991. A Study on Wind Energy Resources in Korea. Korean Institute of Energy Research. (in Korean)
 10. Smulders, P. T. 1996. Wind Water Pumping : the forgotten option. Energy for Sustainable Development 2(5):8-13.