

## 시화지구의 풍력에너지 활용 가능 타당성

홍영재\*, 채지석\*, 김희곤\*, 김기원\*, 이은웅\*\*  
한국수자원공사, 충남대학교\*\*

### Feasibility for the Application of Wind Power Energy in SI WHA

Hong, Yeong-Jae\*, Chae, Ji-Seog\*, Kim, Hee-Gon\*, Kim, Ki-Won\*, Lee, Eun-Woong\*\*.  
Korea Water Resource Corporation\*, Chungnam University\*\*

**Abstract** – Korea Water Resource Corporation is planning the active application on the New-Renewable energy enterprise at Si-Wha region which is located in Kyonggi-Do, builded up as the national policy enterprise and also currently carrying out a tidal electric power station construction.

This research is considered of geography circumstance of the region. We are to analyze a wind power resources application feasibility in the side of economical efficiency and see simultaneously application of the wind power system also.

#### 1. 서 론

현재 시시각각 변화하는 국제정세와 예측할 수 없는 국제유가의 변동으로 그 어느 때보다도 에너지확보가 중요한 국가의 당면 과제이다.

더욱이 최근의 세계 환경보전의 필요성이 높아지면서 지구온난화를 막기 위한 범세계적 온실가스 저감대책 방안이 논의되고 온실가스 저감량 강제할당, 온실가스 거래제도 등을 도입하고 있는 실정이다.

따라서, OECD 가입국인 우리나라에도 국제사회에서의 지구환경에 대한 일정 부분의 강제부담 및 온실가스 저감에 대한 의무할당 등이 강요될 것으로 예상된다.

그리고 비상시 에너지 확보와 환경보전의 가장 효율적인 대처방안으로 대체에너지지원을 개발하여 확대 보급하여야 한다.

앞으로 화석연료 고갈에 대비한 에너지원의 다변화와 국제 기후변화 협약 등 국제적인 환경규제에 능동적으로 대처하기 위한 핵심 미래 신·재생 에너지원으로 풍력발전을 친환경 미래에너지기술로 개발할 필요가 있다.

풍력기술을 포함하는 신·재생에너지 기술이 아직은 과다한 초기투자와 높은 발전단가 등의 불리한 점이 있지만 대체에너지의 필요성 때문에 국가에서는 정책적으로 에너지 기술의 육성과 실용화를 위한 연구, 그리고 보급방안을 추진하고 있다.

이 정책의 일환으로서 산업자원부는 태양광, 풍력 등의 대체에너지를 이용하여 전력을 생산하는 경우, 생산가격과 전력시장에서 거래되는 판매가격과의 차액을 지원하는 「대체에너지이용 발전전력의 기준가격 지침」을 2004-104호로 고시한다.

전력시장의 판매거래가 보다 비싼 생산가인 차액지원 대상은 태양광, 풍력, 소수력, 매립지가스, 폐기물소각 등 5개 대체에너지자를 이용하여 전력을 생산하는 발전사업자이다. 이 제도의 시행으로 풍력 등의 대체에너지 발전단지 조성이 가속화될 것으로 전망된다.

이에 청정에너지 공급원인 수력발전소의 운영에 관한 기술을 가지고 있고 조력발전소를 건설하고 있는 수자원공사

는 국가에너지 정책에 적극적으로 참여하여 청정에너지의 국내 실용화 기술향상에 기여하므로서 국민에게 깨끗한 환경과 편리를 제공하고자 노력하고 있다.

이러한 노력의 일환으로 풍력자원이 비교적 많은 것으로 예상되는 시화지구에서 풍력에너지의 활용 가능한 성을 진단하고 활용 시 이용효율 향상을 위한 최적의 풍력발전시스템을 연구하고자 한다.

#### 2. 풍력자원 조사

국내 전반적인 풍력자원 조사자료<sup>[1][2]</sup>의 분석을 통해 국내 각 곳의 풍속특성과 풍력자원 분포와 시화방조제 방아머리공원에서의 측정결과를 비교 검토하고자 한다.

국내 기상청 산하의 73곳의 측/관측소에서 ('96-'01:6개년) 측정한 연간 평균풍속, 주풍향, 풍향, 풍력에너지 밀도는 표2-1, 그림2-1, 2-2와 같다.

풍력에너지 밀도가 높은 곳은 해안 인접지역이며 풍속이 빠르고 북서풍이나 북북서풍이다.

표 2-1 국내 기상자료 분석결과 선별 지역

지명	연평균 풍속 (m/sec)	주풍향	풍력에너지 밀도 (W/m <sup>2</sup> )
속초	3.9	N	102.2
대관령	6.1	W	288.4
인천	4.2	NNW	137.2
여수	4.8	NW	167.0
목포	5.2	NNW	195.3
제주고층	8.8	NW	830.6



그림 2-1 풍속 분포도 (m/sec)

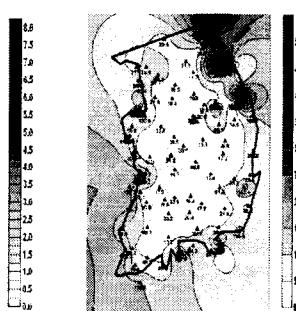


그림 2-2 풍력에너지 분포도 (W/m<sup>2</sup>)

시화지구와 인근지역인 인천기상대의 지상 50m 높이에서의 풍력자원 현황은 표 2-2, 그림 2-3과 같다.

표 2-2 방아머리 인근 기상청 자료의 분석

기상대	연평균 풍속 (m/sec)	주 풍향	풍력에너지밀도 (W/m <sup>2</sup> )
인천	4.2	NNW	137.2

이 인천 기상대의 실측자료<sup>[13]</sup>를 분석한 결과, 동절기보다는 봄철에 강한 바람이 불며, 주로 북서에서 서북서 방위의 바람이 강하고, 북북서 및 남서방향의 바람이 주 빈도를 이루고 있다. 유효에너지량은  $99.8 \text{ kWh/m}^2$ 의 북서풍이 주에너지원이 되고 있다.

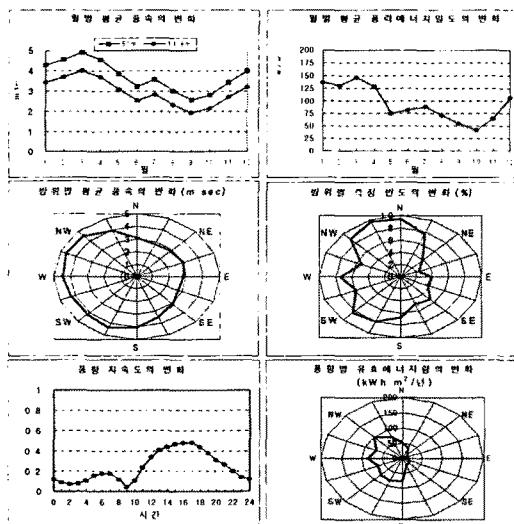


그림 2-3 인천 기상대 풍력자료의 분석

시화방조제에서 '99. 10월부터 4년 7개월간 한국에너지연구원서, 측정한 시간평균 풍속자료와 풍향자료 보고서<sup>[11][12]</sup>를 분석해보면 그림 2-4와 같다.

월별 평균 풍속 측정결과 30m 높이에서의 5.0m/sec 중 대형 풍력발전기의 허브 높이인 50m 높이로 보정된 평균 풍속은 5.3m/sec, 63m 높이로 보정된 평균 풍속은 5.4m/sec로 측정되었다.

월별 평균 풍력에너지 밀도는 보정 높이인 50m에서  $190 \text{ W/m}^2$ , 63m에서의  $196 \text{ W/m}^2$ 이고 측정결과 인근 지역인 인천보다 풍속이 빠른 것으로 나타났다.

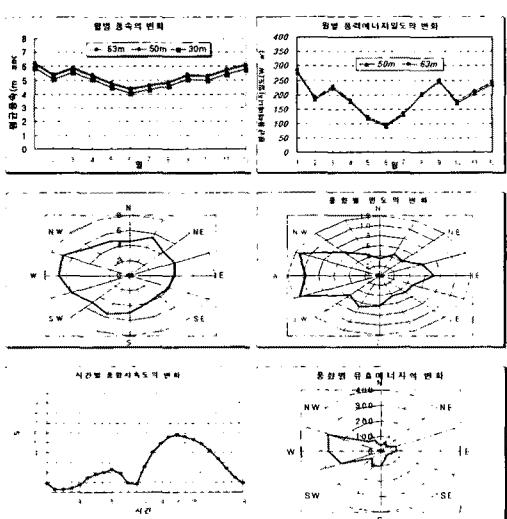


그림 2-4 시화방조제 방아머리 풍력자료의 분석

방위별 평균 풍속의 변화와 측정빈도의 변화를 살펴보면 주로 서북서에서 정서 방향의 바람이 강하며, 빈도 또한 정서 방향을 중심으로 주 빈도를 이루고 있다. 유효에너지량도 인천에 비해 약호한 것으로 측정되었으며, 서북서풍이 주 에너지원이다

### 3. 적용 시스템

현시점에서 풍력자원만 있으면 가장 확실하고 활발하게 보급시킬 수 있으며 뛰어난 기술 안정성과 빠른 속도로 성장하는 풍력기술을 감안하여 시화지구의 풍력에너지 밀도를 활용한다면 1.5~2.0MW급의 대형 풍력발전시스템을 건설할 수 있어 경쟁력이 있을 것으로 예상된다.

하지만, 현재 국내에서 공급이 가능한 풍력발전 설비의 용량과 방아머리 지역이 협소함과 운송, 건설 작업 공간 확보, 대형 풍력발전시스템의 해외로부터의 원거리 운송에 따른 어려움 등을 표3-1과 같이 종합적으로 감안한다면, 투자효용성이 가장 높아질 적정 용량은 1.5MW급 이하의 중형 풍력발전시스템으로 판단된다.

표 3-1 방아머리공원 풍력단지 대상 적정 용량분석

	중형급(0.85~1.5MW급)	대형급(1.5MW급이상)
풍속여건(저속)	○	□
운송건설 여건	○	□
확장 여건	○	○
전력선 연계 여건	◎	◎
투자효용성	○	□
적정 용량	○	□

◎:아주 좋음 ○:좋음 □:나쁨 △:아주 나쁨

이상과 같은 방아머리공원의 건설여건과 계통연계 조건 및 총 용량 등을 고려하고, 국내에서 공급이 가능한 기종을 고려하여 표 3-2와 같이 단일기당의 적정 용량과 총용량을 결정 할 수 있게 되었다.

표 3-2 단일기당 풍력발전시스템의 용량 구성

경 우	단일기용량	기수	총 용량	국내제휴사
CASE 1	850kW	3	2,550kW	A사
CASE 2	1,000kW	3	3,000kW	B사
CASE 3	1,300kW	2	2,600kW	C사
CASE 4	1,500kW	2	3,000kW	D사

특히, 본 사업의 대상지역인 시화방조제 방아머리지역의 풍력자원이 다소 작은 것을 감안하여, 각 제작사중에서 동일용량이라 해도 큰 회전자 직경을 갖는 중저속형의 기종을 선정하여, 이 선정한 기종이 비교적 저속의 풍속 범위에서 높은 효율과 출력곡선을 갖음을 비교하였다.

850kW 풍력발전시스템의 경우 종단풍속(cut-out wind speed)이 21m/sec 이나, 여타의 다른 용량의 시스템은 풍속 25m/sec에서 다소 출력특성상의 차이가 있는 것으로 나타났다.

정격 풍속(정격출력) 보다 빠르더라도 1,300kW급 풍력발전시스템을 제외하고는, 그림 3-1의 풍속 출력곡선상에서 어느 풍속 이상이면 안정적인 정격출력으로 제한되고 있는 것을 알 수 있다.

1,300kW급 풍력발전시스템은 출력제어방식이 다른 풍력발전시스템과 달리 피치제어방식이 아닌 스톤제어 방식으로서, 정격출력 이후에 출력제어 상 다소의 변동 치가 발생된다.

시동풍속에서 정격 풍속까지의 출력 곡선이 점차 증가

되는 상태에서 850kW, 1,000kW 및 1,300kW의 풍력발전시스템의 차이가 크게 나지 않아, 상대적으로 동일 풍속조건에서 1,300kW, 1,000kW보다는 850kW 풍력발전시스템의 이용률이 높아질 것으로 예상되고 있다.

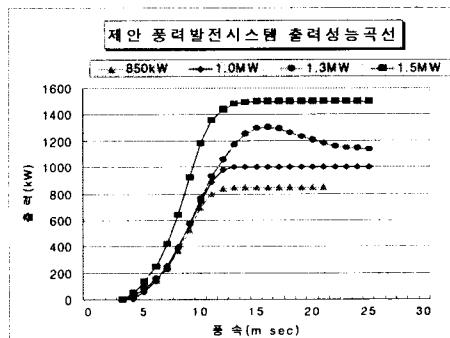


그림 3-1 제안기종의 풍속-출력 특성 곡선

단, 표 3-3에서 1,500kW 적용 풍력발전시스템의 경우에는 상대적으로 1,300kW 적용 풍력발전시스템에 비해 정격 풍속이 낮을뿐더러, 타 용량의 기종에 비해 시동풍속에서 정격 풍속까지의 출력곡선이 상대적으로 큰 출력이 발생하여 전체적으로 많은 발전량과 높은 이용률을 보일 것으로 예상된다.

표 3-3 예상 발전량 및 이용률 비교

	총 용량(kW)	순발전량(GWh/년)	이용률(%)
CASE 1	2,550	4.598	20.6
CASE 2	3,000	4.987	19.0
CASE 3	2,600	3.597	15.8
CASE 4	3,000	5.669	21.6

또 표 3-3에서 CASE별 연간 예상 발전량 및 이용률은 연간 예상 발전량은 1,500kW 2기로 구성된 CASE 4의 경우가 가장 높은 5.669GWh/년으로 가장 적은 CASE 2에 비해 약 57.6%정도 많은 발전량을 생산할 수 있으며, 발전량만을 기준으로 선정한다면, CASE 4가 가장 우선 순위의 사업이고, CASE 2, CASE 1 및 CASE 3의 순이다.

이용률에서도 1,500kW 풍력발전시스템으로서 구성된 CASE 4가 21.6%로 가장 높고, 850kW CASE 1이 20.6%, CASE 2가 19.0%, CASE 3 15.8%으로 예상된다.

따라서, 발전량과 이용률을 기준으로 한다면, CASE 4가 적용 우선순위가 된다.

#### 4. 경제성 검토

제주도 행원 등 시행된 풍력발전단지의 건설단가는 대략 180~200만원/kW정도에 이르게 된다<sup>[1]</sup>.

유사 사례에 비해 소규모의 풍력발전단지임을 감안하여 건설비를 200만원/kW로 산정한다면 표 4-1과 같은 건설사업비의 추산이 가능하게 된다.

표 4-1 사업 형태별 건설사업비(추산)

경 우	총 용량(kW)	총 공사비(억원)	비 고
CASE 1	2,550	51	
CASE 2	3,000	60	
CASE 3	2,600	52	
CASE 4	3,000	60	

추산된 공사비와 표 4-2의 경제성 분석의 결과로서 제안기종에 대한 균등화 발전원가를 산정한 결과 CASE4가 가장 우수한 것으로 나타났다.

표 4-2 CASE별 발전원가 비교(원/kWh)

경 우	총 용량(kW)	발전원가(원/kWh)	손익비(B/C)	IRR(%)
CASE 1	2,550	105.4	1.18	7.3
CASE 2	3,000	114.3	1.11	6.4
CASE 3	2,600	137.4	0.97	4.5
CASE 4	3,000	100.6	1.22	7.8

#### 5. 결 론

이상의 조사 연구에 따르면 시화지구의 풍력발전기의 최적 단일기 용량은 1,000~1,500kW급 2~3기로 풍력발전단지 건설이 효율적일 것으로 분석되었다.

시화지구의 측정된 풍력자료와 각 제안 기종의 출력곡선을 이용한 예상발전량, 이용률 및 예상되는 건설사업비 등으로 분석한 경제성은 손익비(B/C)가 0.97인 CASE 3을 제외하고는 CASE 1, 2, 4가 모두 타당하였지만, 그 중에서도 CASE 4가 경제성이 좋은 것으로 나타났다.

또한 시화지구 풍력단지로서의 경제성과 건설효과가 높게 나타나지 않더라도 환경개선 효과와 국내기술 향상 및 에너지 해외의존도 저감효과 등 조력발전을 건설하고 청정에너지 공급을 선도하는 공기업으로서 시화지구의 풍력발전단지 적용 타당성은 충분하다고 여겨진다.

#### 【참 고 문 헌】

- [1] 박경호외, "풍력발전 유망지역의 풍력자원 정밀조사(II)", 한국에너지기술연구소 연구보고서 KIER-961125, 1996년 12월
- [2] 김건훈외, "풍력발전 유망지역의 풍력자원 정밀조사(III)", 한국에너지기술연구소 연구보고서 KIER-971224, 1997년 12월.
- [3] 기상청, "기상월보", 1999년
- [4] 김건훈외, "대단위 대체발전단지 건설 타당성 조사", 최종보고서, 2004년 12월