

환경친화적 풍력단지 평가체계 구축을 통한 입지선정 및 잠재량 분석*

김은영¹⁾ · 전성우²⁾ · 김유훈²⁾ · 이정원²⁾ · 송원경³⁾ · 김현구⁴⁾

¹⁾ 수원시정연구원 · ²⁾ 한국환경정책·평가연구원 · ³⁾ 단국대학교 녹지조경학과 · ⁴⁾ 한국에너지기술연구원

Site Selection and Potential Analysis using the Frame for Assessing Environmental-friendly Wind Power Plant*

Kim, Eunyoung¹⁾ · Jeon, Seong-Woo²⁾ · Kim, Yu-Hoon²⁾ · Lee, Jungwon²⁾
Song, Wonkyong³⁾ and Kim, Hyun-Goo⁴⁾

¹⁾ Suwon Research Institute, ²⁾ Korea Environment Institut,
³⁾ Dept. of Landscape Architecture, Dankook University, ⁴⁾ Korea Institute of Energy Research.

ABSTRACT

Wind power which is one of renewable energies is higher economical efficiency and technical maturity than other renewable energies. Recently, the government of ROK announced to increase the proportion of renewable energy through the National Energy Plan. Also, industry required to deregulate for large-scale wind power as *Renewable Portfolio Standard (RPS)* is introduced. Wind power whereas the eco-friendly energy, is a serious level of damage of the natural environment and topography when the wind power is located. Therefore, the study selected the indicators required for site selection of wind power and proposed the feasible area for wind power based on wind resource map. We selected the 15 indicators including 12 legal protected area, Ecology and Nature Map, rarity, and connectivity (National Ecological Network). After site selection, we should be considered slope and altitude at the stage of design for wind farm to mitigate the environmental impact. Results of analysis showed that

* 본 연구는 한국환경정책·평가연구원 연구과제(2013년 국토환경성평가지도 유지관리사업과 신재생에너지 보급 개선을 위한 풍력입지가능지역 분석, 환경부)에 의해 수행되었음.

First author : Eunyoung, Kim, Suwon Research Institute, 111 Maeyeong-ro 345-gil, Yeongtong-gu, Suwon, Gyeonggi-do 433-810, Korea,

Tel : +81-31-220-8045, E-mail : eykim@suwon.re.kr

Corresponding author : Seong-Woo, Jeon, Korea Environment Institute, 290 Jinheungno, Eunpyeong-gu, Seoul 122-706, Korea,

Tel : +81-2-380-7661, E-mail : swjeon@kei.re.kr

Received : 6 March, 2014. **Revised** : 5 August, 2014. **Accepted** : 19 August, 2014.

22.3% of wind resource map is available to locate wind power in real. Through the field survey we had verified the accuracy of the results was significantly correct.

Key Words : *Wind map, Wind farm, National Ecological Network, Environmental impact; Mitigation.*

I. 서 론

인류 발전의 원동력이었던 화석연료는 이제 환경문제의 주요인이며 궁극적으로 대체되어야 할 에너지원으로 인식되고 있다. 다양한 신재생 에너지 가운데 풍력발전은 경제성과 기술 성숙도가 가장 높다는 평가를 받고 있으며, 화력발전 등 기존의 발전 방식과 거의 대등한 경쟁력을 확보했다는 점에서 최근 수요가 급증하고 있다(Song et al., 2012). 기존 석탄화력발전과 비교하여 발전 단가가 더 낮아졌고, 발전 소요면적도 적게 차지하는 등의 경제성 확보가 결정적 배경이 되면서 풍력발전이 주요 신재생에너지 사업으로 대두되고 있다. 또한, 풍력발전은 친환경적인 상징성이 강해 지역부흥과 지역 활성화를 위해서만 풍력발전이 건설되는 것이 아니라, 지역사회가 지속가능한 사회와 녹색성장을 향한 구체적인 추진 방안이 있어서 자연에너지인 풍력발전에 큰 기대가 모아지고 있다(Song et al., 2012).

하지만, 풍력발전은 바람이 불지 않거나, 태풍 등 임계치 이상의 풍속에서는 전력을 생산할 수 없다. 즉, 적정 수준의 바람이 지속적으로 불어야 한다는 것이며, 최근 발전기 기술 개발로 많은 부분 해결되고 있으나 여전히 기본적인 양질의 바람자원은 풍력발전의 기본 요소가 된다. 한반도는 연평균 풍력 잠재 에너지량이 전 세계 평균 보다 낮은 수준으로 평가되고 있지만(Lu et al., 2009), 최근 발표한 국가에너지기본계획에서 원전 비중을 과거 40%에서 22~29% 수준으로 낮출 계획으로 신재생에너지 보급이 절실한 실정이다. 특히, 전력수급이 비상인 상태에서 신재생에너지 보급 매우 중요하게 되었다.

2008년 지식경제부 제3차 신재생에너지 기술개발 및 이용보급 기본계획에 의하면 풍력발전은 2030년 1차 에너지 대비 1.4%, 누적설치용량 7.3GW 구축계획이 있으며(Hong, 2012), 2012년 신재생에너지 공급 의무화 제도(Renewable Portfolio Standard, RPS) 도입이후 RPS 이행이 용이한 대규모 풍력개발 추진 및 환경 규제완화 요구가 증가하고 있다.

풍력발전이 가능한 지역은 백두대간 및 정맥 등 산줄기에 위치하고 있으며, 이에 대한 입지 허용시 풍력단지뿐만 아니라 진입도로 및 작업로 등 건설에 따른 우수 식생의 훼손, 대간 산마루금을 중심으로 한 생태계 훼손, 멸종위기 동식물의 서식지 훼손, 소음 등으로 인한 영향을 초래한다(KEI, 2013). 따라서 본 연구에서는 풍력가능지역을 대상으로 환경에 미치는 부정적인 영향을 최소화할 수 있는 입지 선정을 위한 지표를 선정하고 이에 따른 입지가능 여부와 잠재량을 분석하였다. 이를 통해 신재생에너지의 친환경적 활용 가능성을 높이고자 한다.

II. 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 풍력자원지도를 이용하여 환경친화적인 풍력단지 입지선정을 위한 평가체계를 구축하고 이를 바탕으로 입지가능지역을 선정하여 풍력가능 잠재량을 산출하였다. 풍력자원지도는 풍향, 풍속, 풍력밀도(wind power density, W/m^2) 등 시공간 풍력자원 정보를 지리공간상에 투영한 것을 말하며, 특히 기상학적인 요소인 바람에 한정하여서 바람지도(wind atlas, wind map)라고도 한다. 국가풍력자원지도는 중규모(mesoscale) 수치기상예측(NWP; Numerical Weather Prediction)



Figure 1. Wind map.

Table 1. Wind map.

	Area(km ²)	Ratio(%)
Available	7,741.17	7.94
Non-available	89,807.69	92.06
Total	97,548.86	100.00

모델인 WRF(Weather Research and Forecasting)를 이용하여 한반도 전체에 대해 수평면 1km, 연직방향 10m의 공간해상도와 10분 간격의 시간해상도로 2000년부터 2010년까지 11년간에 대하여 구축되었다(Kim and Kang, 2012). 본 풍력자원지도는 한국에너지기술연구원에서 제공한 200m×200m 해상도를 가진 지도로서 풍력밀도가 250W/m² 이상인 지역을 풍력가능지역으로 설정하였다(Figure 1). 이에 대한 면적은 7,741.17km²로 전국토의 약 7.94%인 것으로 나타났다(Table 1).

환경친화적인 풍력단지 입지선정을 위한 평가체계를 구축하기 위해서는 풍력단지 입지시 나타나는 환경영향을 고찰하고 이와 관련된 법·제도 및 환경정보를 제시하여 평가항목 안

을 제시하였다. 또한, 현장조사를 통해 실제 풍력발전 입지가능성을 확인하였다. 현장조사는 환경입지 타당성 분석결과를 바탕으로 입지가능지역으로 분석된 2~4등급지역을 대상으로 조사지역을 선정하였으며 대규모 풍력발전이 가능한 지역을 대상으로 2013년 9월부터 11월까지 총 6차례에 걸쳐 조사하였다. 풍력발전 잠재량을 산출을 위해서는 Elliott et al.(2010)이 제시한 단위면적당 이론적으로 설치 가능한 풍력설비용량은 5MW/km²를 적용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 풍력단지 입지선정 평가체계 구축

풍력단지 입지선정을 위한 평가체계를 구축하기 위해서 풍력단지 입지로 인해 나타난 환경영향과 이를 사전에 방지할 수 있는 법·제도와 환경정보를 제시하였다(Table 2). 풍력단지 입지시에는 야생생물과 서식지 훼손 등의 생태계 훼손과 주요 정맥, 기맥 등 능선 및 지형훼손, 경관 변화 등의 문제가 발생한다(Kwon et al., 2011). 환경친화적인 풍력단지 입지를 위해 각각의 영향에 대한 법적 보호지역 및 환경정보를 도출하고 이를 바탕으로 평가체계를 제안하였다.

풍력단지가 생태계에 미치는 영향에 대해서는 조류 및 박쥐류 서식에 영향을 미치는 것으로 조사되었으며, 일정간격 이상을 이격하여 충돌 등의 문제를 최소화하도록 제안하였다(Arnet et al., 2005; Rosenbloom, 2006). 이와 관련한 법·제도 및 환경정보로는 생태경관보전지역, 습지보호지역, 상수도보호구역, 야생생물보호구역, 국립공원, 개발제한구역, 산림유전자원보호림, 천연보호구역, 천연기념물지정지역, 생태자연도, 국토환경성평가지도(ECVAM), 희귀성(멸종위기종 출현) 등이 있다. 지형에 미치는 영향과 관련된 항목으로는 백두대간보호구역, 광역생태축을 비롯하여 표고, 경사 등이 있으며, 그밖에 경관관련 항목으로는 생태경관보전지역

Table 2. Factors of feasibility assessment for location of wind power.

Effects	Literature	Related laws and Environmental information
Wildlife and Habitat	Arnett et al.(2005)	Ecological landscape conservation area
	Rosenbloom(2006)	Wetland protected areas
Ecosystem	National Wind Coordinating Committee (NWCC, 2010)	Regional/Local water source protection zones
		Wildlife protection areas
		National Park
		Rarity(Endangered Species)
Land use	Wind Energy Planning(2009)	Ecology and Nature Map
	Rosenbloom(2006)	ECVAM*
		Greenbelt
Topography		Forest genetic resources conservation areas
		Natural protected areas
		Natural monument designated areas
Mountain range Altitude	The Green Korea United(2010)	Baekdudaegan protected areas
		National ecological network
Slope	Kwon(2008, 2011)	Altitude
Landscape	Molina-Ruiz et al.(2011)	
	Bishop and Stock(2010)	Ecological landscape conservation area
etc.	Park and Jung(2009)	
	Lee et al.(2009)	
Shadow effect	Gilead Power Corporation(2008).	

* ECVAM: Environmental Conservation Value Assessment Map.

이 있다. 하지만, 이 중 국토환경성평가지도에는 환경관련 법적 보호지역과 환경생태적 평가항목이 포함되어 있어 개별의 항목을 중심으로 평가하는 것이 바람직하다.

환경친화적 풍력단지 입지선정을 위한 평가체계는 환경영향평가제도와 연계하기 위해 크게 풍력단지 영향평가단계와 저감방안단계로 구분하였다. 본 평가체계는 개발사업에 대한 영향평가 및 보상체계가 수립된 독일 자연침해조정규정과 우리나라의 전략환경영향평가 및 환경영향평가 절차 등을 참조하여 설정하였다. 자연침해조정규정은 자연훼손 여부 및 훼손정도를 평가하고 이에 대한 보상가치를 제시하는 제도로서 풍력단지와 같이 국가의 신재생에너지

활성화 정책과 공익성 등을 고려한 풍력단지 입지가능성을 판단할 필요가 있다. 현재 우리나라 환경영향평가지도에는 법적 보호지역 및 환경관련 정보를 이용하여 영향을 평가하고 이에 대한 저감방안을 마련하도록 하고 있다. 풍력단지 영향평가단계에서는 지형 혹은 생태축 등의 환경변화가 없어 풍력단지 입지로 인한 환경영향이 무시할 수 있는 수준으로 판단할 경우 사업을 추진하고 그렇지 않을 경우, 예상되는 영향이 심각한 수준인지에 따라 사업진행 여부를 판단하도록 하였다. 영향이 예상될 경우에는 방지, 복원, 대체 등 저감방안을 마련하고 영향 저감이 불가할 경우에는 풍력단지 조성 및 환경훼손으로 인한 영향을 비교하여 공공성의 이해관계

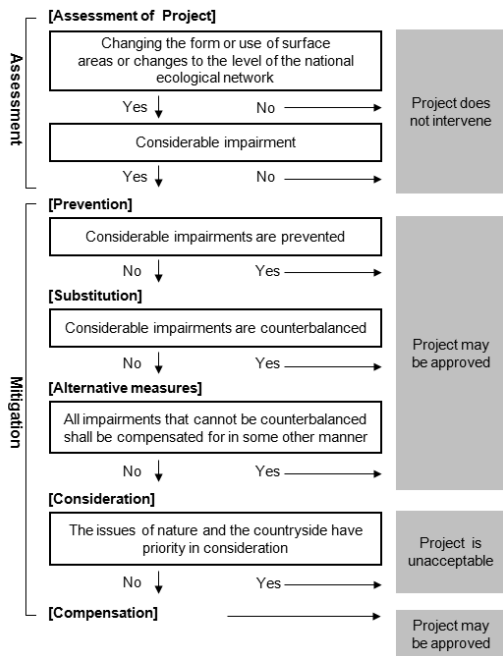


Figure 2. Steps for selection of wind power plant (www.stadtentwicklung.berlin.de, modified).

에 따라 공공성이 우선될 경우 자연환경에 대한 훼손에도 불구하고 사업은 허가하되 훼손된 자연환경 및 피해를 입는 지역주민에 대한 보상조치를 수행하여야 한다. 하지만 보상조치를 수행하기 위해서는 공공성에 대한 지역주민과의 합의가 반드시 필요하며, 환경훼손에 대한 피해보상에 대한 객관적 근거가 필요하다(Figure 2).

영향평가단계에서는 풍력단지 계획부지와 주변지역을 대상으로 각종 법적 보호지역과 환경생태적 측면에서의 보전가치를 평가하여야 한다. 이를 위해 본 연구에서는 영향평가를 위한 평가항목 대안을 제시하였다(Table 3; Figure 3). 대안설정은 풍력단지 입지로 인해 예측가능한 환경영향과 관련한 법적 보호지역과 환경정보 및 지형정보를 바탕으로 구성하였다. 첫 번째 대안은 환경영향평가가시 고려할 수 있는 최소한의 관련 법적 보호지역, 광역생태축과 멸종위기 출현지점만을 고려하는 것이다. 법적 보호지역과 멸종위기 출현지점은 환경영향평가가시 반드시

시 고려해야하는 항목이며, 광역생태축은 산림의 연결성을 평가하는 항목으로서 지형훼손 및 생태축 훼손 등을 평가할 수 있다. 두 번째 대안은 법적 보호지역과 광역생태축, 멸종위기 출현지점과 함께 생태자연도 1등급지역을 추가로 고려하는 것이다. 생태자연도는 자연환경보전법에 의해 작성된 환경 주제도로써 산, 하천, 내륙습지, 호소, 농지, 도시 등에 대하여 자연환경을 생태적 가치, 자연성, 경관적 가치 등에 따라 1~3등급으로 구분하여 각종 개발사업 입지선정시 참고자료로 활용되고 있다. 세 번째 대안은 두 번째 대안에서 지형적 요소로서 경사도를 추가로 고려하는 것이다. 지형적 요소는 산사태와 같은 재해뿐만 아니라 공사방법 등에 영향을 미친다. 산림청은 경사 25°를 산사태 위험 요인 기준으로 선정하고 있으며, 산지관리법에 의해 송전시설 등의 자재 운반방법 결정기준 및 임시 진입로 설계·시공기준에 경사도 항목이 포함되어 있다. 특히, 발전시설의 설치 지역과 산자락 하단부까지의 산지사면 평균경사가 25°이상인 경우 헬기로 자재를 운반하여야 하며 15°초과 25°미만인 경우 삭도·모노레일을 설치하여 자재를 운반해야 하고 15°이하인 경우 진입로를 설치하여 자재를 운반하도록 규정하고 있다. 마지막 대안은 표고에 대한 추가 고려로서 주요 산맥의 정상부 및 능선을 보전하기 위한 방법으로서 700m 이상의 고지대 개발을 제한하도록 하였다.

2. 풍력단지 입지선정 평가 및 잠재량 분석

첫 번째 1안은 생태경관보전지역, 백두대간 보호구역 등 12개 법적 보호지역, 멸종위기종 출현지점과 광역생태축 항목을 포함하였다. 이를 고려한 결과 1등급지역은 전체 풍력가능지역 중 76.08%로 5,889.54km²에 해당되며 2등급은 12.72%로 984.48km²이며 3등급은 1.43%로 110.41km²로 나타났다. 생태자연도 추가로 고려한 두 번째 대안의 분석결과, 1등급 지역이

Table 3. Alternatives to assess the feasibility for wind power.

		Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Alt. 4
Legal protected area	Ecological landscape conservation area	○	○	○	○
	Ecological landscape conservation area: Metropolitan city & province	○	○	○	○
	Wetland protected areas	○	○	○	○
	Wildlife protection areas	○	○	○	○
	National Park	○	○	○	○
	Baekdudaegan protected areas	○	○	○	○
	Regional water source protection zones	○	○	○	○
	Local water source protection zones	○	○	○	○
	Greenbelt	○	○	○	○
	Forest genetic resources conservation areas	○	○	○	○
	Natural protected areas	○	○	○	○
	Natural Monument designated areas	○	○	○	○
Ecological protected area	Rarity (Endangered Species)	○	○	○	○
	Connectivity (National Ecological Network)	○	○	○	○
	Ecology and Nature Map		○	○	○
Topography	Slope (over 25°)			○	○
	Altitude (over 700m)				○

77.30%로 5,983.62km²로 나타났으며, 2등급은 15.98%로 1,236.90km²이며 3등급은 4.16%로 321.78km²으로 분석되었다. 세 번째 안은 2안에서 25° 이상의 급경사지 제한을 추가로 반영하였을 경우로서 1등급 지역이 85.63%로 6,628.61km²에 해당되며 2등급은 8.30%로 642.47km²이며 3등급은 3.69%로 285.28km²로 나타났다. 마지막 네 번째 안은 3안에서 700m 이상의 높은 지대에서의 풍력단지 입지를 제한하는 안으로서 1등급 면적은 87.76%로 약 6,793.67km²로 분석되었다(Figure 4; Table 4).

이와 같이 네 가지 안을 가지고 풍력단지 입지가능성을 분석한 결과, 최소한의 법적 보호지역과 환경생태적 평가항목을 반영한 것과 경사, 표고와 같이 지형적인 요소를 반영했을 경우 풍력가능지역 중 10% 이상의 차이가 나는 것으로

분석되었다. 법적인 보호지역과 환경생태적 보전지역을 고려한 1안과 2안의 차이는 약 1.22%로 94.08km²이 생태자연도를 반영함에 따라 1등급으로 재분류되었다. 경사, 표고 등 지형적 요소를 고려한 3안과 4안을 2안과 비교한 결과, 각각 8.33%(644.99km²), 10.46%(810.05km²)의 차이를 보였다.

환경입지를 고려한 분석결과를 바탕으로 1등급 면적을 제외한 면적의 풍력자원 잠재량을 산정한 결과, 환경규제강도가 가장 낮은 1안의 풍력자원 잠재량이 9,258.12MW로 가장 높게 나타났으며, 2안의 풍력자원 잠재량은 8,787.75MW, 3안의 잠재량은 5,562.8MW, 4안의 잠재량은 4,737.5MW로 분석되었다(Table 5).

풍력발전 입지를 위한 평가기준을 종합한 결과, 법적 보호지역과 환경생태적 보전지역을 고

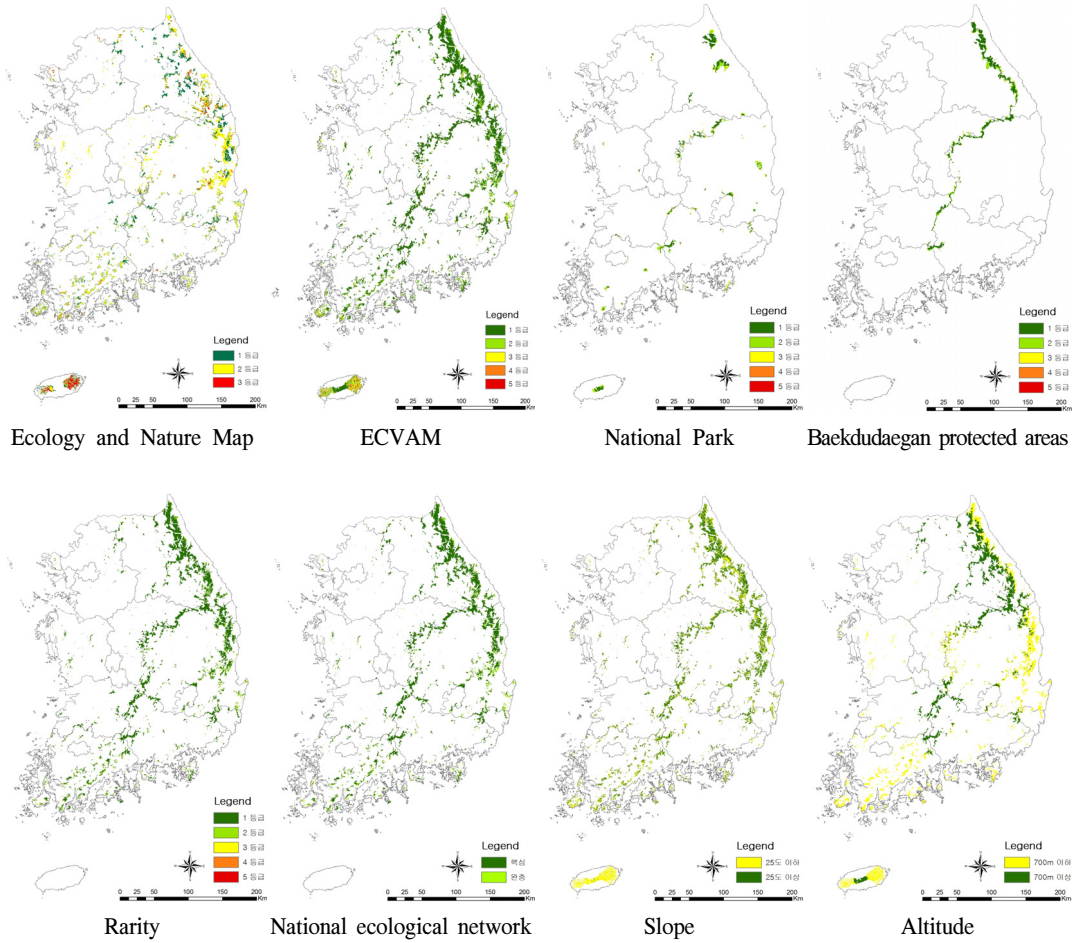


Figure 3. Factors of feasibility assessment for location of wind power.

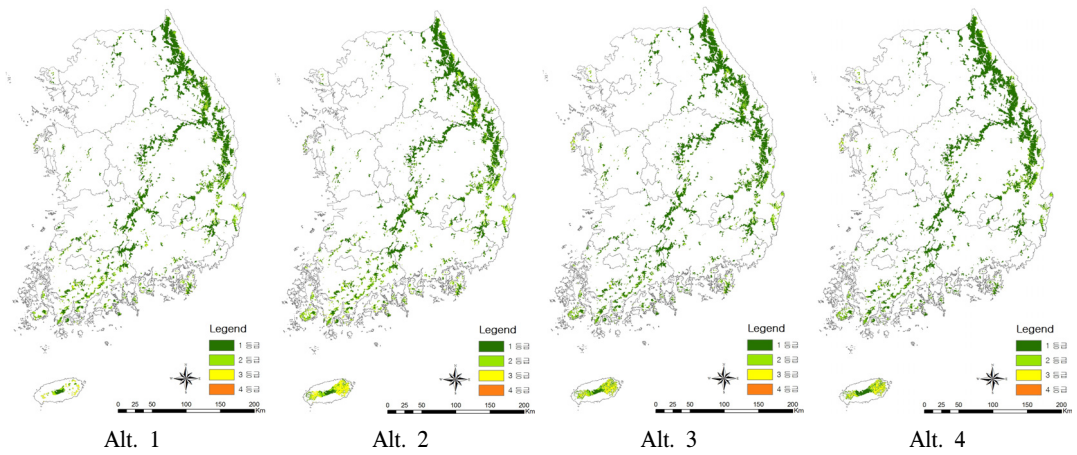


Figure 4. Results of alternatives to assess the feasibility for wind resource.

Table 4. Results of alternatives to assess the feasibility for wind resource.

	Alt. 1		Alt. 2		Alt. 3		Alt. 4	
	Area(km ²)	Ratio(%)	Area(km ²)	Ratio(%)	Area(km ²)	Ratio(%)	Area(km ²)	Ratio(%)
Grade 1	5,889.54	76.08	5,983.62	77.30	6,628.61	85.63	6,793.67	87.76
Grade 2	984.48	12.72	1,236.90	15.98	642.47	8.30	519.76	6.71
Grade 3	110.41	1.43	321.78	4.16	285.28	3.69	256.60	3.31
Grade 4	2.54	0.03	1.21	0.02	1.17	0.02	1.03	0.01
etc.	754.2	9.74	197.66	2.55	183.64	2.37	170.11	2.20
Total	7,741.17	100.00	7,741.17	100.00	7,741.17	100.00	7,741.17	100.00

Table 5. Available area and potential wind resource.

	Conservation area (1 Grade, a, km ²)	Available area for wind resource (except 1 Grade, b, km ²)	Potential wind resource (c=b×5MW, MW)
Available		7,741.17	38,705.85
Alt. 1	5,889.54	1,851.63	9,258.15
Alt. 2	5,983.62	1,757.55	8,787.75
Alt. 3	6,628.61	1,112.56	5,562.8
Alt. 4	6,793.67	947.5	4,737.5

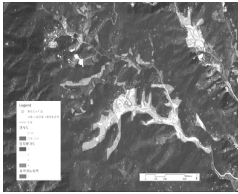
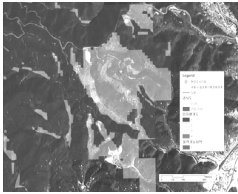
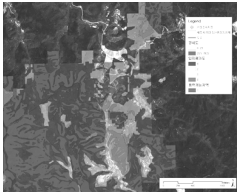
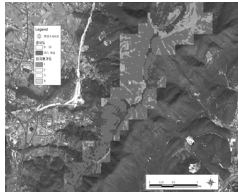
려한 1안보다는 자연환경보전법 시행령에 따라 제작된 지도이므로 이를 함께 고려한 2안이 영향평가단계에서 활용하기에 현실적이라 할 수 있다. 다만, 경사를 고려한 3안과 경사, 표고를 모두 고려한 4안의 경우 입지 제한의 지표로 활용하기보다 입지 선정 후 풍력발전시설 배치 등에 활용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

이러한 입지선정기준에 의해 선택된 2안의 풍력발전 가능지역은 1,757.55km²로 분석되었으며, 이는 8.7GW의 전력가능량을 의미한다. 이는 2030년 국가 풍력발전 전력 목표치인 7.5GW보다 높은 것으로 나타났으나, 김현구 등 (2013)이 제시한 49GW에는 크게 밀도는 것으로 나타났다. 이러한 차이는 연구에 활용된 풍력자원지도의 차이에서 나타난 것으로서 본 연구에서 사용된 풍력자원지도가 최근에 제작된 것으로 풍력가능지역의 분석 정확도가 높기 때문인 것으로 판단된다.

3. 현장조사

현장조사는 풍력자원지도를 기반으로 환경입지 타당성 분석 2안을 기반으로 대규모 풍력단지 입지가 가능한 네 지역을 대상으로 실시하였다. A지역은 환경입지 타당성 분석 결과 2~4등급이 분포하는 지역으로 풍력발전 입지가능 지역으로 분석되었다. 소나무와 아까시나무 등으로 이루어진 A지역은 표고가 높지 않고 풍력가능지역 대상지 인근까지 높은 지방도 및 임도로 접근성이 용이하며 대규모 휴경지가 있어 풍력단지 입지 가능성은 높으나 풍력가능지역이 능선 아래쪽으로 분석되어 풍력발전의 효율이 크지 않을 것으로 판단된다. B지역은 환경입지 타당성 분석 결과 2~3등급으로 풍력발전 입지가능 지역으로 분석되었다. 토지이용은 소나무와 아까시나무 등으로 이루어진 산림과 농경지가 대부분이며 일부 사슴농장 등 시설농원으로 이용되고 있다. 풍력가능지역 대상지 주변으로

Table 6. Field survey.

	A	B	C	D
Result of Alt. 2				
Location	Yeongyang-gun, Gyeongsangbuk-do	Yengdeok-gun, Gyeongsangbuk-do	Yengdeok-gun, Gyeongsangbuk-do	Boryeong-si, Chungcheongnam-do
Vegetation (class of age)	<i>Pinus densiflora</i> (4-5) <i>Robinia pseudoacacia</i> L (4) etc.	<i>Pinus densiflora</i> (5) <i>Robinia pseudoacacia</i> L (4) etc.	<i>Pinus densiflora</i> (4) <i>Robinia pseudoacacia</i> L (3-4) etc.	<i>Pinus densiflora</i> (4) <i>Quercus variabilis</i> (4) <i>Quercus aliena</i> (4) <i>Robinia pseudoacacia</i> L (4) etc.
Slop (°)	0~25 (80.2%) over 25 (19.8%)	0~25 (95.6%) over 25 (4.4%)	0~25 (89.7%) over 25 (10.3%)	0~25 (37%) over 25 (63%)
Altitude (m)	240~280 (44.5%) 200~240 (20.7%)	170~200 (42.6%) 140~170 (23.1%)	150~180 (43.4%) 180~210 (28.9%)	230~280 (20.6%) 280~330 (18.8%) 180~230 (17.9%)

임도가 있어 접근성이 좋으며 소나무림의 영급과 경급이 낮고 폐경작지 및 개활지 공간이 주변에 산재되어 있어 환경적 훼손은 크지 않을 것으로 보인다.

C지역은 분석 결과 2~4등급으로 풍력발전 입지가능지역으로 바다와 인접해 있어 농선주변으로 풍속이 높았다. 소나무와 아까시나무 등의 산림과 밭 경작지가 대부분이며 임도가 풍력가능대상지 주변까지 연결되어 있어 접근성 용이하여 풍력단지 진입로 조성으로 인한 2차 피해는 없을 것으로 판단된다. 다만, 대상지 주변으로 농경지 및 농가주택이 근접해 있어 소음 등의 주민피해가 우려된다.

D지역은 분석 결과 2등급으로 풍력발전 입지가능지역으로 분석되었으며 서해바다와 인접해 풍력자원이 풍부한 것으로 판단된다. 소나무, 아까시나무, 굴참나무, 갈참나무 등 4영급에 해당하는 수목이 다수를 차지하는 것으로 나타났다. 임도 및 등산로가 풍력가능대상지 주변까

지 연결되어 있어 접근성 용이하며 대상지 정상부에 KT 송신탑이 위치해 있어 풍력단지 진입로에 대한 2차 피해 우려는 적을 것으로 판단된다. 다만, 대상 산림의 경우 주민의 이용이 잦으며 주변으로 농경지 및 농가주택이 근접해 있어 주민과의 협의가 중요할 것으로 판단된다.

본 연구에서 도출한 대규모 풍력단지 입지가능지역은 환경에 미치는 부정적인 영향을 최소화하는 지역이 선정되었다. 비록 풍력자원지도에서 풍력가능지역으로 분석된 지역을 대상으로 입지가능지역을 선정하였지만, 표고가 낮고 주거지역과 인접하여 풍력발전 가능성 여부는 좀 더 면밀히 고려할 필요가 있다.

IV. 결 론

풍력발전은 신재생에너지 중에 하나로서 향후 국가 에너지 수급계획에 있어 중요한 역할을 담당하고 있다. 하지만 그간의 육상 풍력단지는

조성 시 생태계 및 지형 훼손 등 환경에 미치는 부정적인 영향을 초래하고 있다. 본 연구에서는 육상 풍력발전 단지조성에 적합한 지역을 선정하기 위해 입지 선정에 필요한 지표를 선정하고 다양한 대안을 마련하고 현장을 통해 지표의 적절성을 평가하였다.

본 연구에서는 육상 풍력발전 입지를 위해 생태경관보전지역, 습지보호지역, 백두대간보호구역 등 12개의 법적 보호지역과 생태자연도, 희귀성, 연계성(광역생태축), 경사, 표고 등 총 17개 항목을 입지선정시 고려할 지표로 선정하였다. 또한, 경사, 표고 등과 같은 지형요인을 1차적으로 입지를 고려한 이후 최종 단지 배치시 고려하는 안을 제시하였다. 현장조사를 실시한 결과, 환경훼손이 적고 접근성이 뛰어나지만 주거지 인접 등의 문제가 제시되었다.

이와 같이 풍력단지 입지는 풍력자원만을 가지고 평가할 수 없으며, 환경적인 제한요인과 더불어 지역사회의 협조가 필요하다. 또한, 최근 환경부에서 제시한 육상풍력 개발사업 환경성평가 지침에서도 제시한 바와 같이 풍력발전 시설 운영 중에도 야생동물·식물 모니터링 등 주변 환경에 미치는 영향을 조사할 필요가 있다. 이러한 풍력발전 입지선정 절차에 대해서 일부에서 다소 강력한 환경규제라고 말하지만 자연환경 훼손을 방지하면서 육상 풍력발전의 필요성을 강조하는 것 역시 문제라 할 수 있다. 합리적인 입지선정 기준을 바탕으로 한 입지선정 합의가 필요하다. 그밖에 육상 풍력뿐만 아니라 해상 풍력, 태양광발전, 조력발전 등 다양한 신재생 에너지 활용 가능성을 검토할 필요가 있다.

References

- Arnett, E. et al. 2005. Relationships Between Bats and Wind Turbines in Pennsylvania and West Virginia: An assessment of fatality search protocols, patterns of fatality, and behavioral interactions with wind turbines. Report prepared for Bats and Wind Energy Cooperative. Retrieved on April 23, 2007.
- Bishop, I. D. and C. Stock. 2010. Using collaborative virtual environments to plan wind energy installations. *Renewable Energy* 35: 2348-2355.
- Elliott, D. · M. Schwartz · S. Haymes · D. Heimiller · G. Scott and L. Flowers. 2010. 80 and 100 meter wind energy resource potential for the United States, WIND POWER 2010, Dallas, Texas.
- Gilead Power Corporation. 2008. OSTRANDER POINT WIND ENERGY PARK. ENVIRONMENTAL REVIEW REPORT: Appendix L, Shadow Flicker Report, Ostrander Point Wind Energy Park, Ontario. p4.
- Hong E. 2012. Current Analysis of Wind Power Industry and Development Plan in Korea. The Korean Institute Illuminating and Electrical Installation Engineers 26(2): 17-24.
- Jeon SW · Chun JY · Seong HC · Song WK and Park JH. 2010. A Study on the Setting Criteria and Management Area for the National Ecological Network. *J. Korean Env. Res. Tech.* 13(5): 154-171.
- Kim HG · Hwang HJ and Kang YH. 2013. Evaluation of Onshore Wind Resource Potential According to Environmental Conservation Value Assessment. *J. Env. Sci.* 22(6): 717-721.
- Kim HG and Kang YH. 2012. The 2010 Wind Resource Map of the Korean Peninsular. The Wind Engineering Institute of Korea. 16(4): 167-172.
- Korea Environment Institute. 2013. Seminar for Sustainable Wind Power.
- Kwon YH · Kim JY and Lee MJ. 2008. Environmental Considerations in the Siting

- of Solar and Wind Power Plants. Korea Environment Institute.
- Lee HS · Ahn SW · Ju HS · Sun HS · Shin KH and Lee MJ. 2009. Environmental Assessment and Environment-friendly Development of Renewable Energy I : Photovoltaic and Wind Energy. Korea Environment Institute.
- Lee SJ · Song SJ and Kand IJ. 2010. Location Analysis for Wind Power System Using Geo-Spatial Information System. The Korean Society for GeoSpatial Information System 18(2): 107-112.
- Molina-Ruiz, J. et al. 2011. "Developing and applying a GIS-assisted approach to evaluate visual impact in wind farms". Renewable Energy, 36: 1125-1132.
- National Wind Coordinating Committee (NWCC). 2010. Wind turbine interactions with birds, bats, and their habitats: A summary of research results and priority questions.
- Park YM and Jung TR. 2009. Effect on Noise and Low Frequency Noise generated by Wind Power plant(Wind Farm). Korea Environment Institute.
- Rosenbloom, E. 2006. "A problem With Wind Power". what energy sources should be pursued?
- Song K · Bang CH · Park YS and Choi YJ. 2012. Research and Analysis for Developing of Evaluation on the Site Selection of Wind Farm. The Wind Engineering Institute of Korea. 16(1): 3-12.
- The Green Korea United. 2010. The guidelines of the location for renewable energy considering local residents and environment: focused on tidal, wind, and solar power. Wind Energy Planning, 2009.3.28 Royal Society for the Protection of Birds Report - A Poisoned Chalice?
- Xi Lu · Michael B. McElroy and Juha Kiviluoma. 2009. Global potential for wind-generated electricity. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS) 106: 933-938.
- www.law.go.kr. Ministry of Government Legislation.
- www.me.go.kr. Ministry of Environment.
- www.stadtentwicklung.berlin.de Senate Department for Urban Development and the Environment, Berlin.