

TECHNICAL NOTE

육상풍력 적지분석 프로세스에 대한 연구

고정우¹⁾ · 이병걸*

제주대학교 토목공학과, ¹⁾대림산업 토목인프라3팀

The Study of Onshore Wind Farm Suitability Analysis Process

Jung-Woo Ko¹⁾, Byung-Gul Lee*

Dept. of Civil Engineering, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea

¹⁾DAELIM Industrial Co., Ltd. Infra Investment Team 3, Seoul 03152, Korea

Abstract

The most wind farm development process in Korea still have not been defined since the history of the wind farm development experiences are very short compared to EU and other developed countries. Therefore, most wind farm development company and researchers have a lot of trouble to implement the wind farm development and need a guideline for the process. Establishing the wind farm needs a complex processes such as transportation system, construction conditions, natural environment and wind conditions etc. Specially, for the restricted development area, the social negotiation and legal minds are necessary. In the case, the decision making process of suitable wind farm area using GIS tool is very useful. However, before using GIS technique, we should understand the development processes and the items for surveying tools. Recently, suitability analysis of selecting Onshore Wind Farm has been studied to consider exclusion analysis to solve the limited develop condition problem. This paper proposed the onshore wind farm development process which can suitable to Korea wind farm environment based on European guideline with GIS tool. To estimate the processes, the processes are divided into two parts, the basic design and wind farm planning. Next, the planning stages are classified into five stages in which the factors for each step were considered.

Key words : Decision making, GIS, Wind farm basic plan, Wind farm development process

1. 서 론

세계 각국은 지구온난화와 이에 따른 온실가스 감축 노력과 유가변동으로 대표되는 에너지 자원의 무기화에 따른 에너지 안보를 목적으로 다양한 재생에너지원 확대를 위해 정책적 지원을 하고 있다. 이런 육성 및 지원으로 풍력분야는 터빈의 성능 향상, 기술력 축적 등에 의한 원가절감과 성능향상으로 일부 국가에서는 화석연료에 발

전원가와 풍력에 의한 발전원가가 동일한 그리드패널티에 압박하고 있고 매년 풍력발전비율이 증가하고 있다. OECD국가들의 재생에너지 비중은 1990년 회원국 평균 5.9%에서 2014년 9.2%로 연평균 1.8% 증가한 반면 한국은 경우 1.1%로 비중에 변화가 없다. 우리나라도 정책적 지원과 풍력단지 육성을 위해 강원도, 제주도처럼 바람자원이 탁월한 지역에 대해서는 정부차원에서 풍력단지 설치 및 설계를 위한 많은 연구와 사업이 시행되어 왔

Received 21 December, 2015; Revised 21 March, 2016;

Accepted 21 March, 2016

*Corresponding author: Byung-Gul Lee, Dept. of Civil Engineering,

Jeju National University, Jeju 690-756, Korea.

Phone: +82-64-754-3455

E-mail: leebg@jejunu.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

으나, 국내의 대부분의 육상풍력 적지 분석에 대한 연구는 풍황 우수 지역을 추출하는 데에 있으며(Song et al., 2012), 개략적으로 우리나라 전국토의 풍화자원을 파악할 수 있는 지도제작 및 이를 기반으로 우수 풍황지역을 추출하는 논문들이 대부분이다(Moren, 2011). 이러한 자료를 근거로 풍력단지개발을 시도하고 있지만 많은 개발 사업들이 민원과 인허가에 의해 사업진행이 많이 지연되어 어려운 사정에 처해 있다. 풍황자원이 우수한 지역이여도 운송 및 건설조건으로 비용이 증가하여 수익이 좋지 않을 수도 있고, 개발제한 지역, 민원 등의 미리 검토하지 않아 사업진행에 어려움을 겪을 수 있다(Nyseda Report, 2010). 최근, 이런 요소들을 고려 GIS (geographic information systems) 기술을 활용한 적지분석에 대한 연구(Park et al., 2012)가 진행되어 왔으나 적지분석 연구 결과가 바로 현업에 적용하기에는 연구 결과가 부족한 것이 현실이다. 선행 연구들에서 언급된 중요요소 외에도 운송 및 설치 조건, 전력망 연계 조건, 토지소유주, 민원의 경향 등 다양한 인자들을 추가적으로 고려하여야 사업을 성공적으로 이끌 수가 있다. 인자에 따라 사업진행에 반드시 만족해야 하는 조건이 있으며 가중치로서 판단해야 하는 조건이 있다. 이에 본 연구에서는 풍력단지 개발을 위하여 현업에서의 풍력단지 개발에 대한 경험을 바탕으로 풍력발전단지 개발 시 고려해야 될 각 인자들의 특성을 파악하고, 단지개발 시 각 인자들의 우선순위에 대한 선정 및 평가 후 각각의 주요인자들에 대한 필수요소와 선택요소로 분류하였다. 마지막으로 각 인자들을 GIS기술의 버퍼, 배제분석을 이용하여 풍력단지 개발 시 사업의 단계별 적지분석 방안도 제시하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 기존의 풍력단지 적지분석 요소 분석

2010년대 이후 GIS (geographic information systems)의 적지분석기술을 이용하여 급경사로 인한 재해 지역 및 수송 불가능 지역, 산사태 위험 1등급 지역 등의 조건을 고려한 적지분석연구가 발표되었으며(Ko and Lee, 2012), 자연적 요인(풍황, 지형, 산림밀도), 환경적 요인(토지이용, 보존지역, 국립공원, 백두대간), 인간피해요인(소음, 그림자), 경제적요인(송전선로, 접근도로)

을 고려한 육상풍력 적지분석 연구가 발표되었다(Michael, 2010). 국외의 적지분석 관련 자료로는 Wind Resource Assessment Handbook과 Wind Resource Assessment(New York, 2010)에 풍황이외에 풍력단지 개발과정에서 고려하여야 할 사항에 대하여 정리되어 있다. 이를 정리하면, 풍황자원지도, 수치지형도, 토지피복도, 개발지역의 접근성, 바람의 유동에 영향을 주는 장애물, 국립공원, 군사시설, 변전소와 송전선로의 접근성, 항공 레이더에 의한 개발 제한, 행정경계, 주변 개발 프로젝트 등은 GIS를 이용하여 분석한 후, 사업을 시행하기를 권하고 있다.

2.2. 풍력단지 적지분석 주요 인자

본 연구에서는 적지요소에 대한 분류를 크게 풍황조건, 건설조건, 배제분석조건, 행정적조건으로 나누었다. 특히 적지요소에서 바람자원, 절대보존지역, 생태보존지역, 군사지역 등 반드시 고려해야 될 조건은 필수요소로 하였으며, 그 외 요소들인 운송시스템, 행정적인 절차, 풍력발전기의 소음, 주민피해 등 기술적으로 쉽게 해결할 수 있는 요소를 선택적 요소로 분류하였다. 건설 조건은 기존 연구(Measnet organization, 2009; Moren Nielsen, 2011)에서는 도로인접여부를 기준으로 가중치를 주어 판단하였다. 도로 혹은 임도의 개발예정지에 근접하였다고 하여도 도로의 폭과 형태가 더 많은 영향을 주며 임도 사용이 불가능한 경우도 발생한다.

그 원인은 터빈 블레이드 길이는 약 40~60 m로 터빈 운송 메뉴얼에 따른 도로의 곡률반경에 따른 공사비용에 많은 영향을 주게 된다. 또한, 기존연구(Nyseda Report, 2010)에서는 경사도에 따른 가중치로 적지분석을 진행하였으나 각 터빈 나셀 운송 메뉴얼의 경사도는 최대 8% 내외를 요구하고 있고 가중치 분석은 적절하지 않다. 또한, 도로의 곡률반경은 도로주변의 장애물의 분포 및 나무의 높이 및 밀집정도에 따라 많은 변화를 보인다.

기술의 발전으로 블레이드 기립장치 등 특수운반장비 특히, 나셀 및 타워에 대해서 일부 터빈사에서는 지형을 고려해 특수 제작하여 위의 언급된 제약조건을 극복하고 있으나 이런 고려는 CAPEX (capital expenditures: 설비투자비용)의 증가를 야기한다. 블레이드 기립장치의 실제 운송모습은 Fig. 1에 도식하였다. Fig. 1에서 기립장치는 블레이드를 수평으로 운반차량에 설치 하여 운반



Fig. 1. Blade orthostatic device for wind blade in land region.



Fig. 2. Wind blade installation processes.

하지 않고 상황에 따라 블레이드를 들어 올릴 수 있어 차량길이가 줄어들고 곡선부분에서는 블레이드 끝 단에 의한 벌목지역의 훼손이 상당히 감소하는 장점이 있다.

설치과정에는 터빈 종류에 따라 지상에서 블레이드들을 허브와 조립하여 시공하여야 하는 방법(STAR 방식)과 허브 설치 후 블레이드를 하나씩 설치하는 모델이 있으며, 이로 인해 각 터빈위치에서의 작업공간이 달라진다. 특히 복잡지형의 경우 부지확보가 어려운 경우도 발생하게 된다. STAR 방식 설치 방식은 Fig. 2에 도식하였다. Fig. 2는 블레이드를 풍력발전기에 수직으로 이동시켜 고정시키는 과정으로서 주변의 지형이 경사가 있거나 숲이 우거진 경우 우선 지형적인 영향을 먼저 고려하여 설치하여야 한다.

그리고 풍력발전기의 설치 장비, 터빈설치 위치, 연결 도로에 대한 계획, 도로 경사도 검토는 Fig. 3에 도식하였다. 이 그림의 경우 전체적인 경사길이, 그리고 수평적인 지형왜곡 등을 나타낸 그림으로 풍력발전기 설치 시

반드시 고려해야 한다.

전력망 연계 부분은 변전소까지 거리를 중요 요소로 검토되고 있으나 최단거리 변전소에 수용가능여부에 대한 확인은 없다. 최단거리 변전소가 수용이 어려울 경우 근처 변전소로 연결하여야 하며 이는 CAPEX의 증가요인이 된다. 소규모 단지의 경우 사업의 진행여부에 따라 전력망 연계, 운송 및 설치 조건은 큰 영향을 미치나 단지 규모가 클 경우 사업성여부가 중요한 요인이 된다. 즉, 해당지역에 풍황이 우수하며 운송 및 설치가 우수한 지역을 얼마나 확보하느냐 하는 단지 규모 결정 역시 중요한 요인이다.

단지 규모결정을 위해서는 개발배제 조건에 대한 검토가 중요하며 개발배제 조건으로는 생태등급, 백두대간, 보전 지역, 산사태 등급 지도의 검토가 필수적이다. 검토 조건은 생태등급 2등급 이하 개발 가능, 백두대간 개발 불가능, 산사태 2등급 이하 터빈 배치 가능하다. 국내의 경우 초기단계에 개발배제 조건에 대한 검토 미비

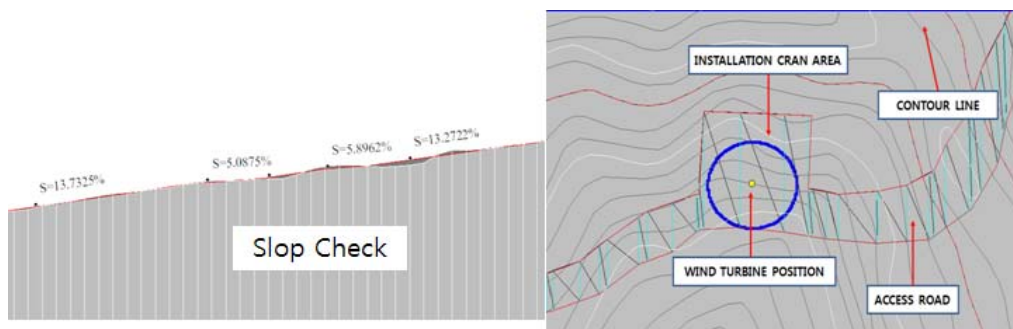


Fig. 3. Installation plan based on geographic map with slop check.

Table 1. Decision factors for onshore wind farm development

Condition	Sub Condition	Detail Condition	Satisfaction Check	Order of Priority
Wind Resource	Wind Resource Portal	Wind speed more than 5.5 m/sec (elevation 50 m)	Necessary	1
	Terrain Type	Simple/Complex*	Optional	3
Transportation & Installation	Access Road	Less than 8% of slop	Optional	3
	Installation Condition	Check the special construction company	Optional	3
	Connection of electrical grid	Less than 5 to 10 km	Optional	3
Analysis of exclusion condition	Ecological zones	Below class 2	Necessary	2
	Baekdudaegan Mountain Range	Not Including	Necessary	2
	Area of Preservation	Not Including	Necessary	2
	Landslide class	Below class 2	Optional	2
Administrative	Noise & Approval	Separation Distance of Private House	Optional	2
	Military Communication Area		Necessary	5
	Administrative District	Minimize of cities and countries	Optional	5
Social Environment	Land Registration Map	Less than 20% of Private Land	Optional	4
	Civil Complaint	Separation Distance (500 m ~ 1 km)	Optional	2

* 경사도 약 17° 이상

로 사업이 지연된 프로젝트가 많이 존재한다. Table 1은 풍력단지개발을 위해 필요한 인자를 정리한 것으로 바람의 특성, 운송시스템, 배제분석을 위한 조건, 행정적인 절차, 민원문제 등이 조건이 되며, 이것에 따른 부차적인 조건을 순서대로 나타내었으며, 여기서 중요한 항목에 대하여 우선순위를 정하였다.

풍력단지를 위해서는 우선적으로 바람자원이 가장 중요하며, 두 번째는 개발제한 구역이나, 자연보존지역 등 배제분석과 관련된 항목이 된다. 그 외 교통이나 수송, 발전기 설치등 토목에 따른 문제점은 우선선정에서 하위권에 포진하게 된다. 이러한 항목을 고려하여 어떻게 풍력발전단지를 설정할 것인가에 대한 것을 논하고자 한다. 단지 규모를 검토하기 위해서는 기본적으로 육상풍력 터

빈 간 이격은 최소 3D이상 이격을 고려하여 WindPark 모듈로 검토(안)에 대한 개략적 검토가 이루어져야 한다.

PE (park efficiency, 단지효율)의 경우 초기 단계 터빈 배치를 통하여 각 터빈 위치에서도 90% 이상을 유지하도록 하여야 한다. 90% 이하의 의미는 터빈 간 이격거리가 짧아 후류 효과에 의한 피로하중이 증가하며 풍속이 충분히 복원 되지 않아 수익성도 악화된다. 또한, 터빈 위치에서 풍속의 변동폭이 커져 터빈의 기대 수명 20년보다 짧아 질 수 있다. 단지 효율의 의미는 각 터빈의 위치에 터빈이 한대만 설치 되었을 때의 전력생산량과 터빈의 배치에 의해 감소되어 생산되는 전력생산량의 비율이다. 터빈과 터빈 사이의 거리가 가까울 경우 풍속은

감소되고 블레이드의 회전에 의해 심한 난류유동의 흐름이 발생한다. 터빈사에서 권장하는 이격거리는 3D 이상이며 이는 로터의 직경의 3배 이상의 거리를 확보하여 터빈을 설치되어야 함을 의미한다.

3. 육상풍력 적지분석 프로세스 결과 및 고찰

3.1. 풍향이 풍부한 지역의 선택(Site Selection of Buildable Windy Area)

이 단계에서는 기존 풍향자원과 경험에 의해 발전의 경제적인 생산의 가능여부를 판단한다. 이를 위하여 풍력단지 지역을 지형의 형태를 고려하여 단순지형과 복잡지형에 따라 구분하며, CAPEX의 비용의 차이를 평가하여, 개발 가능 용량에 따른 결과를 보고 풍력단지설정으로 최종 설정한다.

3.2. 지리정보를 이용한 대상지역설정(GIS Analysis)

이 단계에서는 GIS의 배제분석기술, 버퍼분석 및 중첩분석 기중지 분석으로 개발가능지역 추출과 발굴된 사업개발단지들의 우선순위에 대한 정보를 제공하여야 추진 프로젝트를 결정할 수 있는 정보를 제공하여야 한다. 개발제한 구역에 대해서는 개발이 어렵다고 판단하여 진행하는 것이 타당하다. 개발제한 구역은 배제 분석 수행을 위한 기본적인 자료가 생태등급과 산사태 지도이다. 생태등급을 확인할 수 있는 환경부의 생태자연도는 Fig. 4에 도식하였으며 산사태 등급을 확인할 수 있는 산림청의 산사태 등급 지도는 Fig. 5에 도식하였다. Fig. 4에서 생태자연도는 식물들의 분포특성 및 주요 식물군에 대한

정보를 나타낸 것으로 보존지역과 개발지역을 구분하는데 매우 중요하다. Fig. 5는 육상의 토지상태를 나타낸 것으로 풍력발전기 설치시 지반공학적인 특성을 고려할 때 필요한 자료이다.

3.3. 선정지역의 세부풍향자료 확보(Primary Study of Wind Farm)

단계에서 단지용량 결정을 위한 터빈 배치 검토시 주요 사항을 정리 하였다. 터빈 배치의 조건은 기존 임도를 최대한 활용가능하며 등고선 간격 혹은 경사도 분석 결과 지형이 급하게 변경 되지 않는 지역을 연결하여 검토하여야 하며 기본적으로 육상풍력 터빈 간 이격은 최소 3D 이상 이격을 고려하여 WindPro Park 모듈로 검토(안)에 대한 개략적 검토를 진행 한 후 최종적으로 Wind-Pro의 Site Compliance 모듈과 Loss & Uncertainty 모듈 혹은 WASP Engineering 을 통하여 실현 가능성을 확인 하여야 한다. 터빈 간 이격거리가 짧아 질 경우 앞 터빈에서 흡수된 풍속이 상당부분 회복되기 전에 다음 위치의 터빈에 영향을 주며 Fig. 6에 도식된 것과 같이 풍속의 변동은 극심하게 되어 피로하중의 증가로 기기의 수명이 짧아지게 된다.

후류에 의한 영향을 확인할 수 있는 방법 중에 한 가지는 WindPro Park 모듈의 PE를 확인하는 것이다 (Hans, 2010). PE의 경우 초기 단계 터빈 배치를 통하여 각 터빈 위치에서도 90% 이상을 유지하도록 하여야 한다. PE의 값이 낮을수록 후류효과에 의한 피로하중 증가하며 터빈 간 이격거리가 짧다는 의미를 내포한다. 또한,

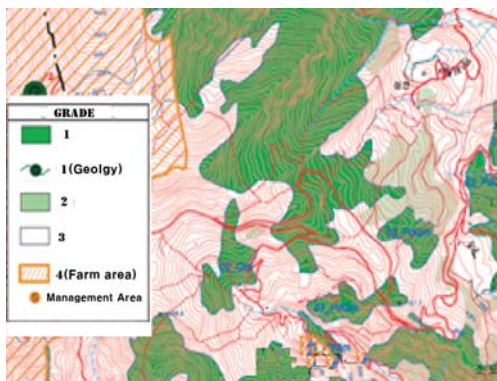


Fig. 4. Ecological zones map with land grades.

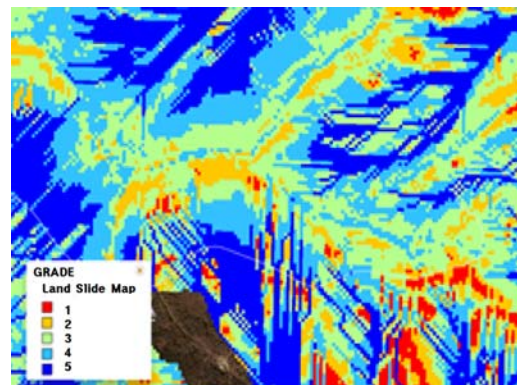


Fig. 5. Landslide class map with land classifications.



Fig. 6. Wake turbulence effects by Wind Directions.

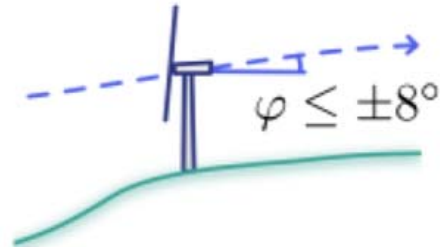


Fig. 7. Flow inclination(degree) by wind directions.

터빈은 IEC 규정을 바탕으로 각 터빈 위치에서 360도 방향으로 완전한 지역을 고려하며 Flow Inclination는 $\pm 8^\circ$ 이내이어야 하중에 대해서 안정하게 설계 되었으므로 지형상 $\pm 8^\circ$ 이상일 경우 풍황자원이 우수하여도 회피하는 것이 바람직하다. Fig. 6과 7에 도식된 것은 터빈 설치 위치에서의 바람의 불규칙성에 의하여 블레이드의 회전과 에너지 발생에 영향을 주는 인자이므로 풍력발전기 사이의 이격거리를 충분히 두어야 되며, Fig. 7은 바람의 흐름 각에 대한 개념으로 경사지역의 경우 바람의 방향과 세기 등을 고려해서 풍력발전기를 설치해야 풍력에너지의 효율을 증가시킬 수 있음을 예시한 그림이다. Fig. 7에서 $\pm 8^\circ$ 는 풍력터빈의 블레이드가 최대한 연직방향으로 움직일 수 있는 연직변동각으로 바람이나 지형의 경사가 가능한 이 각도를 넘지 말아야 발전기의 효율성이 높아지게 된다. Fig. 8은 터빈위치에서 수평방향의 경사도와 지형 변동에 대한 IEC 규정을 설명하고 있다. 이 그림에서 블레이드의 반경과 풍력발전단지 지역의 경사도와와의 관계를 나타낸 것으로 지형의 경사가 10° 이상을 넘지 않는 것이 좋다.

일부 터빈의 방향에 대해서 이 규격은 만족하지 않은 경우라면 방향에 대해서 출력제어 혹은 터빈 가동을 중지함으로써 개발이 가능하며 이를 Sector management라 한다. 터빈사에 따라 방향별로 출력을 정지하는 것이 아니라 터빈의 안정성을 고려하여 출력을 제어하기도 한다. 이런 경우에는 터빈 제조사에서 최종 확인을 받아야 한다. 단지에 설치 할 수 있는 터빈 대수가 늘어날수록 규모가 커져 CAPEX에 비용이 감소할 수 있다. Fig. 9와 10은 전남 영광 장암산에서 기상탑으로 2011년 1월부터 2013년 12월까지 관측된 바람자료를 이용하여 나타난 바람장미도이다. Fig. 9와 10은 풍력발전단지 개발 지역의 풍황이 주풍향과 그 주변의 바람방향에 대하여 빈도 및 에너지 밀도가 강하게 나타나고 있음을 보여주고 있다. 그 외의 바람방향은 바람이 약한 경우 주풍향에 대해서는 발전기의 위치를 최대 이격을 유지할 필요가 있으며, 바람의 방향영향보다는 풍력발전기의 반경D의 3배인 3D보다 발전기의 이격거리를 더 조밀하게 배치함으로써, 풍력발전기의 출력 제어 혹은 방향별 가동정지(Sector management)를 운영하는 것이 경제적이다.

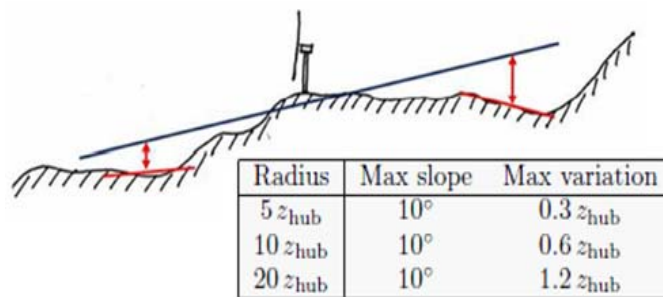


Fig. 8. Terrain complexity indicator considering blade radius and land slope.

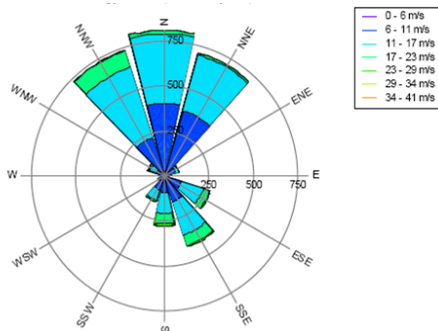


Fig. 9. Wind energy rose.

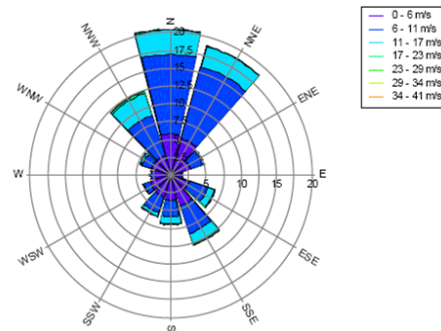


Fig. 10. Wind frequency rose.

Fig. 11은 개발가능 지역을 추출하고 터빈배치를 한 후 개략적으로 단지 용량을 산정한 결과이다. 이 그림에서 주목되는 것은 터빈설치 지역과 생태등급 지역에 풍력발전기를 설치할 경우 생태계를 보존하면서 풍력발전기의 효율을 최대화 할 수 있도록 풍력발전기 설치를 나타내기 위한 모식도를 나타낸 것이다. 이 그림에서 보면 풍력발전기의 배치가 일직선이 아닌 지형의 효과와 생태등급을 고려하여 불규칙하게 배치됨을 알 수 있다.

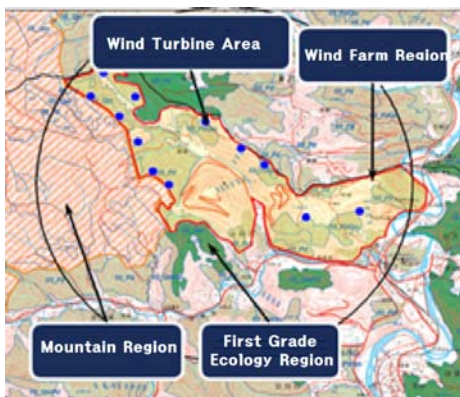


Fig. 11. Basic plan of wind farm using forest classification map.

3.4. 단지기본설계(Concept Design of Wind Farm)

이 단계에서는 실제 주변 변전소에 접속가능 여부를 확인하여야 한다. 변전소까지의 연계 역시 중요 검토 사항이나 국내에서는 단지의 용량이 결정되고 발전사업허가를 득하거나 신청하는 과정이 되어서야만 확인이 가능하다. 터빈 운반의 경우 산림 지역의 경우 실제 지형과 수

치 지형도 상의 지형이 다를 수 있으므로 Concept design of Wind farm 단계에서 운송전문 업체와 현지 조사를 수행하여야 한다. 풍력단지 개발은 사유지 비율이 차지하는 비율이 적고 각 터빈 위치에서 반경 1km 이내 거주자에 대한 동의가 있어야 발전사업허가를 득할 수 있다.

3.5. 단지실시설계(Basic Design of Wind Farm)

터빈 나셀 운송 메뉴얼의 경사도는 최대 8% 내외를 요구하고 있으나 블레이드 기립장치등의 특수장비의 도입등 기술적 진보로 CAPEX이 문제이며 이는 단지 규모 정도와 터빈 배치에 의한 수익성에 의해 극복가능 할 수 있다. 초기 단계에서는 전력망 연계 부분은 변전소까지 거리를 기반으로 검토하나 Concept design of Wind farm 단계에서는 실제 주변 변전소에 접속가능 여부를 확인하여야 한다. 변전소까지의 연계 역시 중요 검토 사항이나 국내에서는 단지의 용량이 결정되고 발전사업허가를 득하거나 신청하는 과정에야 만 확인이 가능하다. 산림지역에 터빈을 운반할 경우 실제 지형과 수차 지형도 상의 지형이 다를 수 있으므로 Concept design of Wind farm 단계에서 운송전문 업체와 현지 조사를 수행하여야 한다. 또한 관측된 풍황 데이터를 바탕으로 Wind Energy Yield 분석 작업을 수행하고 각 터빈사에 자료를 제공하여 보다 나은 안정성 검토를 하며 터빈납품 대상을 업체를 선정한다.

4. 결론

본 연구에서는 육상풍력단지 설치의 성공적 수행을

위하여 기존의 풍력단지 적지분석요소에 대한 분석과 본 연구에서 제시한 신규 적지분석요소에 대한 분석 결과를 비교 분석하여 풍력단지의 적지분석을 위한 기술적인 방법을 다음과 같이 제안하였다.

1) 우선 풍력단지의 적지분석의 중요한 결정요소인 풍향자원, 풍력장비이동 및 설치, 배제분석, 행정적인 절차, 사회적인 위해 등 각 요소들의 구체적인 특성과 순서에 대한 방법을 분석하였다. 또한 풍력단지 적지분석을 위하여 적지분석에 중요 요소들을 정리하고 필수요소와 선택요소로 다시 분류하여 구체적인 방안을 검토하였다.

2) 특히 적지분석에서 필수요소인 생태보존지역, 환경보존지역 등 환경적으로 개발이 어려운 지역에 대해서는 배제분석 조건을 이용할 경우 효율적으로 사업을 진행할 수 있음을 보였다. 이번 연구결과를 통하여 풍력단지 사업 시, 개발 부지면적을 적정하게 선정할 수 있으며, 풍력발전 터빈 배치 방법에 대한 기술도 제시함으로써 적정 풍력단지의 산정이 가능하였다.

3) 그리고 풍향 자원과 필수요소들을 GIS기술을 이용하여 개발가능 지역을 추출하고 이를 바탕으로 실현가능성이 있는 지역에 대하여 각종 인허가 진행 및 구체적 터빈배치와 이에 따른 운송과 설치 전력 연계 등을 고려하여 적지분석 프로젝트를 할 수 있었다.

4) 구체적이고 실현 가능한 사업을 선정하기 위한 육상풍력 적지분석 절차는 기본계획 단계에서는 풍황이 우수한 지역을 선정하며 개발 가능 지역을 추출하고, 그 후 개략적 터빈배치와 단지 용량을 결정한 후 기상탑 설치까지 검토 절차를 거치는 것이 타당함을 알 수 있었다. 그리고 기본설계단계는 전력연계, 운송 및 설치, 도로설계, 터빈사 선정 등의 순서로 설계를 하는 것이 타당하였다.

5) 이번 연구에서 주목되는 것은 바람자원, 수송 및 교통시스템, 개발보존지역(배제분석지역), 행정적인 절차, 사회환경성(social environment)의 5가지 인자에 대한 분석을 위해 각 5인자들을 다시 바람자료포털, 지형적특성, 도로접근성 등 14개의 세부항목(Table 1)으로 나누어 각 인자들의 장단점을 분석한 것은 처음으로 제시한 연구로서 풍력발전단지 적지분석에 많은 도움이 될 것으로 판단된다.

6) 또한 본 연구는 보다 효율적으로 풍력단지 적지분석을 수행할 수 있도록 하기 위해 현장경험과 기존의 연구자료를 활용하여 바람자원, 풍력발전기 설치를 위한

운송시스템, 주변환경조건, 행정적인절차, 사회환경성성 조사에 대한 자료를 분석하여 각각의 인자에 대한 장단점을 분석하였다. 특히 풍력발전기 적지분석에서 가장 중요한 요소는 바람자원을 제외하고 생태보존지역 및 재해위험지역에 대한 검토가 매우 중요함을 밝혔고, 특히 사회환경적인 주민들과의 절차과정이 공학적인 기술 못지 않게 중요함을 밝힐 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 2016학년도 제주대학교 학술진흥연구비 지원사업에 의하여 연구되었음.

REFERENCES

- Ko, J. W., Lee, B. G., 2012, A study on decision making factors for wind power plant on land environment, Korean Society for Geospatial Information System, Spring Conference Proceedings, 129-132.
- Hans, E. JØrgensen, 2010, Wasp engineering introduction and extreme winds and design conditions for turbine, SAWEP Workshop, RisØ DTU. p. 10.
- Measnet organization, 2009, Evaluation of site-specific wind condition, 8~9.
- Michael, C. Brower, 2010, Wind resource assessment, Wiley Online Library, 23-26.
- Moren Nielsen, 2011, Presentation of wind farm assessment tool, RisØ DTU, p. 7.
- New York, SFTE energy research and development authority, 2010, Wind Resource Assessment Handbook, 33-35.
- Nyseda Report, 2010, Wind Resource Assessment Handbook, 33-35.
- Park, J. H., Lee, H. W., Kim, D. H., Kim, T. W., 2012, Suitability analysis of onshore wind farm using GIS program and digital maps, J. of Environmental Science International, 23(11), 1919-1927.
- Song, K., Bang, C. H., Park, Y. S., Choi, Y. J., 2012, Research and analysis for developing of evaluation on the site selection of wind farm, The Wind Engineering Institute of Korea, 16(1), 2-12.