

다중 배제분석을 이용한 강원도 내 풍력발전단지 유망후보지 선정

The Selection of Promising Wind Farm Sites in Gangwon Province using Multi Exclusion Analysis

박웅식* · 유능수**† · 김진한* · 김관수* · 민덕호*
· 이상우* · 백인수** · 김현구***

Park Ung-Sik*, Yoo Neung-Soo**†, Kim Jin-Han*, Kim Kwan-Soo*,
Min Deok-Ho*, Lee Sang-Woo*, Paek In-Su**, Kim Hyun-Goo***

(Received 09 December 2014 ; accepted 21 April 2015)

Abstract : Promising onshore wind farm sites in Gangwon province of Korea were investigated in this study. Gangwon province was divided into twenty five simulation regions and a commercial program based on Reynolds averaged Navier-Stokes equation was used to find out wind resource maps of the regions. The national wind atlas with a period 2007-2009 developed by Korea institute of energy research was used as climatologies. The wind resource maps were combined to construct a wind resource map of Gangwon province with a horizontal spatial resolution of 100m. In addition to the wind resource, national environmental zoning map, distance from substation, residence and automobile road, Beakdudaegan mountain range, terrain slope, airport and military reservation district were considered to find out promising wind farm sites. A commercial wind farm design program was used to find out developable wind farm capacities in promising wind farm site with and without excluding environmental protection regions. The total wind farm capacities with and without excluding the protection regions were estimated to be 46MW and 598MW, respectively, when a 2MW commercial wind turbine was employed.

Key Words : 복잡지형(Complex Terrain), 풍력단지유망후보지(Promising Wind Farm Sites), 국가바람지도(National Wind Atlas), 환경성 평가지도(Environmental Zoning Map), 풍력자원지도(Wind Resource Map)

**† 유능수: 강원대학교 기계메카트로닉스공학과
E-mail : yooneso@kangwon.ac.kr,
*박웅식 : 강원대학교 융합시스템공학과
*김진한 : 강원대학교 융합시스템공학과
*김관수 : 강원대학교 융합시스템공학과
*민덕호 : 강원대학교 융합시스템공학과
*이상우 : 강원대학교 융합시스템공학과
**백인수 : 강원대학교 기계메카트로닉스공학과
***김현구 : 한국에너지기술연구원, 신재생에너지 자원센터

*** Yoo Neung-Soo(corresponding author) : Department of Mechanical and Mechatronics Engineering, Kangwon National University.
Email : yooneso@kangwon.ac.kr,
*Park Ung-Sik : Department of Convergence System Engineering, Kangwon National University.
*Kim Jin-Han : Department of Convergence System Engineering, Kangwon National University.
*Kim Kwan-Soo : Department of Convergence System Engineering, Kangwon National University.
*Min Deok-Ho : Department of Convergence System Engineering, Kangwon National University.
*Lee Sang-Woo : Department of Convergence System Engineering, Kangwon National University.
**Paek In-Su : Department of Mechanical and Mechatronics Engineering, Kangwon National University.
***Kim Hyun-Goo : New & Renewable Energy Research Division, Korea Institute of Energy Research.

1. 서론

2014년 WWEA 중간 보고서에 따르면, 전 세계 풍력누적용량은 336 GW에 도달했으며, 올해 말 360 GW까지 용량이 증가할 것으로 예상하고 있다¹⁾. 국내에서도 2012년에 발표된 제 6차 전력수급 기본계획에 따르면 정부는 2020년까지 약 17GW의 풍력발전단지를 건설 할 계획을 갖고 있으며, 이 중 육상에 약 3.3GW 풍력발전단지 건설을 목표로 하고 있다.²⁾

풍력발전단지를 건설하기 위해서는 먼저 유망한 지점에 대한 사전 타당성 분석을 수행하게 된다. 사전 타당성 분석에는 해당 후보지점에 대한 정확한 풍력자원분석이 매우 중요하며, 이를 위해 최소 1년 이상의 풍황 계측자료가 필요하다. 수집된 풍황계측 자료는 풍력발전단지 설계 프로그램에 적용되고, 프로그램을 통해 발전량을 최대로 산출할 수 있는 풍력터빈 배치 안 도출이 이루어진다. 그리고 풍력발전단지의 연간 발전량 예측과 풍력터빈 기기 및 설치비용, 운송비용, 계통연계비용, 유지보수비용, 자금조달방법 등등을 포함하여 경제성 분석을 수행하고, 발전단지 건설 타당성을 분석하게 된다.

하지만, 유망후보지가 선정되기 이전, 유망후보지를 선정하기 위해서는 가용할 수 있는 기상관측타워 풍황측정자료가 없는 경우가 대부분이기 때문에 넓은 지역에 걸쳐 가용할 수 있는 풍황자료가 존재하는 재해석 자료가 일반적으로 사용된다. 그리고 풍력자원과 함께 사전에 발전단지의 인허가 및 경제성에 영향을 미치는 요인들에 대한 조사를 통해, 단지가

들어설 수 없는 지역들을 배제하고, 경제성 측면에서 발전단지로 개발하기에 적합한 지역이 최종 선정된다. 현재 국내의 육상풍력발전단지 개발은 급성장하는 추세는 아니지만, 지속적으로 개발되고 있다. 최근 환경부에서 발표한 육상풍력 개발사업 환경평가 지침에 따르면, 생태자연도 1등급지에도 정밀검토를 통해 현지 식생등이 1등급 권역의 지정기준과 현저한 차이가 있는 경우에 제한적으로 풍력사업이 추진될 수 있는 근거가 마련되었다³⁾.

본 논문에서는 국내 강원도 지역을 대상으로 풍력발전단지 유망후보지점을 발굴하고자 하였다. 이를 위해 한국에너지기술연구원에서 제공하는 국가바람지도를 이용하여 강원도 전 지역에 대한 고해상도 바람지도를 작성 한 후 풍황자원이 우수한 지역을 대상으로 환경성평가, 변전소로부터 거리, 도로현황 및 주거지로부터 이격거리 등을 고려한 유망후보지 선정 연구를 수행하였다. 또한 환경성 평가 1등급 지역 내 풍력개발사업 가능성에 따라 국토환경성평가 1등급 배제와 미 배제에 따른 개발 가능 용량변화를 검토하였다.

2. 연구 방법

2.1 지형모델링

풍황 예측은 인접한 지형 고도와 지표 거칠기의 영향을 크게 받기 때문에 NASA에서 제공하는 SRTM(Shuttle Radar Topography Mission) 지형도와 토지피복도를 결합하여 지형모델링을 수행하였으며 전산유동해석 프로그램인 WindSim에 적용하였다. 모델링 과정은 아래

1) World Wind Energy Association, 2014 Half Year Report, 2014

2) Ministry of Trade, Institute & Energy, The 6th Basic Plan for Electricity Supply and Demand, 2012

3) Ministry of Environmental, Environmental Assessment Guidelines of Onshore wind development project related Enforcement(report material), Ministry of Trade, Institute & Energy, pp. 63, 2014

그림 1과 같다.⁴⁾⁵⁾

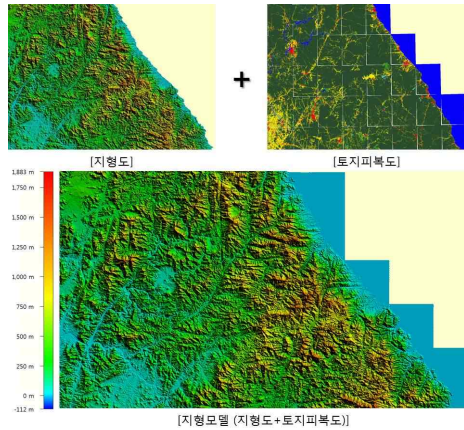


Fig. 1 Terrain Modeling

2.2 국가바람지도

국가바람지도는 한국에너지기술연구원에서 제작된 국내 전 육상 및 해상의 바람지도이며, 중규모 수치기상예측(Numerical Weather Prediction, NWP) 모델을 이용하여 수치 해석적으로 작성되었다. 국가바람지도는 3km × 3km 공간 해상도를 갖는 중해상도 국가바람지도와 1km × 1km 공간해상도를 갖는 고해상도 바람지도가 있으며, 10m, 21m, 72m, 138m, 234m, 368m 508m의 7개의 높이에 대해 풍속, 풍향, 온도, 압력, 공기밀도, 에너지밀도 자료를 제공 한다.⁶⁾

2.3 바람지도 작성

바람지도 작성을 위한 전산유동해석 프로그램은 WindSim을 이용하였다. 각 해석영역은 SRTM과 토지피복도를 이용하여 구축된 지

형모델을 이용하였으며, 각 해석 영역의 경계 영역의 경계오차를 최소화하기 위해 외부 유동장 모델을 경계조건으로 하는 Nesting Method를 이용하여 유동장 해석을 수행하였다. 입력 바람자료로는 한국에너지 기술연구원에서 제공하는 2005~2007년 동안 측정 한 3년간의 중해상도(3km × 3km) 국가 바람지도를 사용하여 100m × 100m 간격의 공간해상도 갖는 80m 높이의 풍력자원지도를 작성하였다. 사용한 국가바람지도는 경계층 높이를 500m로 가정하였을 때 경계층 내의 풍속연직분포(Wind shear)의 영향을 받지 않는 508m의 바람자료를 이용하였다. 대기 경계층의 높이는 지형, 지표거칠기, 대기상태에 따라 변화하지만, 본 연구에서는 연 평균 풍력자원 계산을 위해 일반적으로 평균적인 대기경계층 높이로 사용되는 500m를 적용하였다.⁷⁾ 그림 2는 지상고도 80m에서 제작된 강원도 전역에 대한 자원지도를 나타내고 있다.

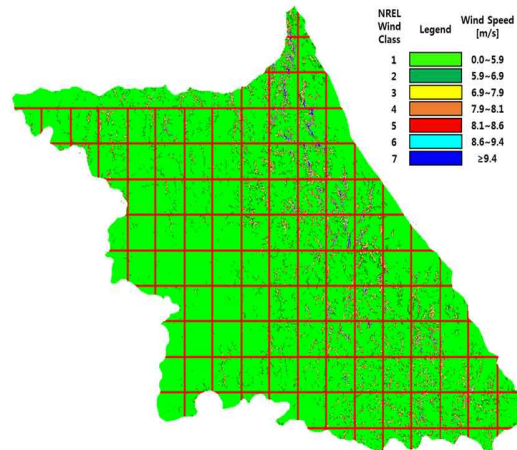


Fig. 2 Wind Resource Map on Gangwon Province(A.G.L. 80m)

4) CGIAR.SCI, SRTM 90m Digital Elevation Data (<http://srtm.csi.cgiar.org/>), 2008

5) Ministry of Environmental, Build of Land cover classification using satellite image data, 2002

6) Kim, J H, Selection of Promising Wind Farm Sites on Complex Terrain in Korea, pp. 7, 2013

7) D. Fallo, Wind energy resource evaluation in a site of central Italy by CFD simulations, <http://www.windsim.com/library/papers-presentations.aspx>, pp. 9-10, 2007.

3. 유망후보지 선정 고려 요소

풍력발전단지를 건설하기 위해서는 우수한 풍력자원 뿐만 아니라 단지 건설이 가능한 지역 그리고, 단지 건설이 유리한 지역 등의 조건을 고려하여 유망후보지를 선정하여야 한다. 이를 위해 변전소로부터의 거리, 환경성 평가등급, 특별보호구역, 도로에서의 이격거리, 지형경사도, 거주지로부터의 거리 등 풍력발전단지 건설 시 영향을 미칠 수 있는 요소들을 조사하여 유망후보지 선정에 고려하였다. 적용된 항목은 아래와 같다.

3.1 풍속

풍력발전단지 건설 시 경제성을 확보하기 위해 우수한 풍력자원이 요구된다. 유망후보지에 대한 풍속기준은 NREL에서 제시하는 풍속등급이 일반적으로 사용된다. 풍속등급은 높이별 1등급에서 6등급까지 제시되며, 등급이 높아질수록 풍력자원이 우수한 지역에 해당한다. 본 연구에서는 일반적으로 NREL 풍속등급 3등급 이상이 풍력발전단지 건설 시 경제적 가치가 있는 것으로 알려져 있기 때문에, 연평균 풍속이 80m 높이에서 NREL 풍속등급 3등급 풍속인 6.9m/s 미만인 지역을 배제하였다.

3.2 변전소로부터 거리

풍력발전단지 건설 시 발전단지로부터 변전소까지 거리가 멀어질수록 계통망 설치비용뿐만 아니라 송전손실 또한 발생하기 때문에 계통연계 거리는 경제성에 큰 영향을 미치는 요소 중 하나이다.

그림 3은 국내 변전소 현황을 나타내며, 변전소와 이격거리를 산출하기 위해 국내에 기 설치되어있는 육상풍력발전단지와 변전

소 사이의 거리를 조사한 결과 최대 약 23km 정도 떨어져 있는 것을 확인 할 수 있었으며, 대부분 20km 이내에 설치 되어있는 것을 확인 하였다. 따라서 육상풍력발전단지 후보지 선정 시 변전소로부터 최대 20km 이내가 되도록 기준을 정하고 배제분석에 적용 하였다.

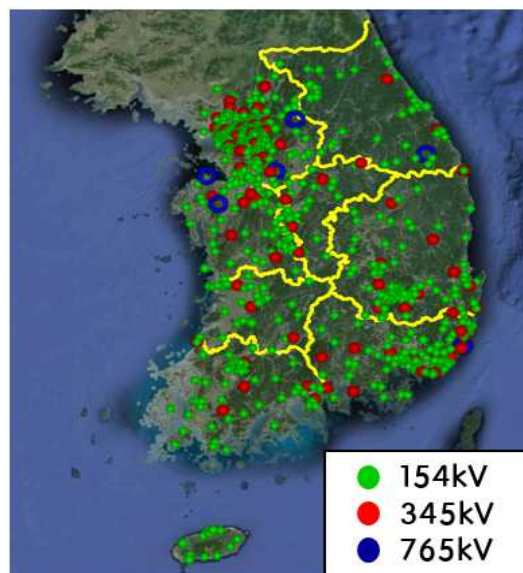


Fig. 3 Installed substation in Korea

3.3 국토환경성평가 지도

국토환경성평가지도는 환경정책기본법 제 15조 2항에 의거하여 65개 항목의 환경정보를 평가하여 5개 등급으로 분류한 지도이다. 환경정보는 자연환경, 수질환경, 기타 등 3개 부문 57개의 법제적 평가항목과 8개 환경 및 생태적 가치로 구분 되어 평가하여 환경적 가치에 따라 5개 등급으로 분류한다. 5개 등급 중 1등급에 가까울수록 상대적으로 환경적 가치가 높은 지역에 해당하며, 5등급 지역은 개발지역에 해당한다.

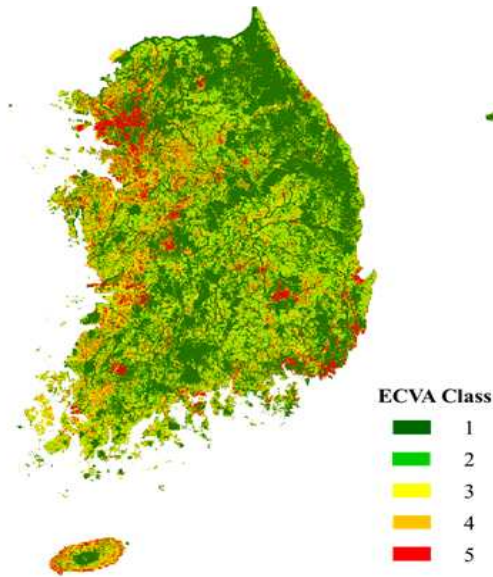


Fig. 4 Environmental zoning map

그림 4는 국토환경성 평가지도를 나타내며, 표 1은 제주를 제외한 국내 전 영역에 대한 국토 환경성 평가등급의 해당 면적을 나타내고 있다.⁸⁾ 본 연구에서는 생태적 가치가 가장 높은 1등급 지역을 배제분석 요소로 적용하였다.

Table. 1 Properties of materials

ECVA Class	Area(km ²)	Ratio(%)
Class 1	44,126	43.6
Class 2	23,921	23.7
Class 3	17,785	17.6
Class 4	5,381	5.3
Class 5	9,934	9.8
Total	101,148	100.0

※ 제주 제외 면적

3.4 특별보호구역(백두대간)

국내의 경우 무분별한 개발행위로 인한 훼손을 방지함으로써 국토를 건전하게 보전하고

쾌적한 환경을 조성하기 위해 백두대간보호법(2003. 12. 31, 법률 제 7038호)을 제정하였다. 그림 5와 같이, 백두대간은 금강산, 설악산, 태백산, 소백산을 거쳐 지리산으로 이어지는 큰 산줄기로 정의하며, 특별한 보호가 요구되는 핵심구역과 완충구역을 보호하는 완충지역으로 구분 된다. 본 연구에서는 백두대간 보호구역을 배제하였다.

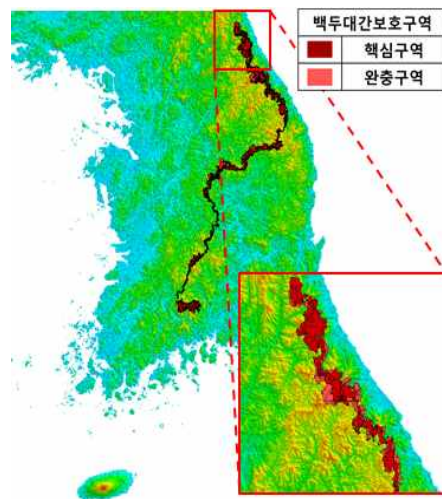


Fig. 5 Baekdu-daegan zone in Korea

3.5 도로로부터 거리

도로정보는 국가교통데이터베이스(KTDB)에서 제공하는 교통주제도를 이용하였다. 교통주제도는 각 지자체 및 관련기관으로부터 준공도로 현황자료를 수집한다. 이를 바탕으로 레벨 2 도로망에 대한 현장조사를 수행하며 기 구축된 교통주제도에 반영하여 보완 및 갱신하고 있다⁹⁾. 교통주제도는 교차로, 도로 유형, 도로번호 등의 정보를 포함하고 있으며, 국내 도로망은 그림 6과 같다. 안정적인 거리

8) Spatial Environmental Information Services, National Environmental Zoning Map, 2010

9) The Korea Transport Institute, The explaining material for transportation digital map, 2011

확보를 위해 본 연구에서는 도로와 터빈 사이의 간격을 최소 500m 이상으로 설정하였다.



Fig. 6 The automobile road map in Korea

3.6 지형경사도

강원도 지형은 우리나라에서 가장 복잡한 지형 중 하나이다. 산림청의 산지전용 타당성 평가에 따르면 경사도 기준은 25도 미만으로 규정하고 있다. 외국의 경우 일본은 20도, 미국은 약 16도정도가 적합하다고 판단하고 있다. 또한 한국 에너지기술연구원의 국내 육상 풍력 잠재량 평가에 따르면 경사도를 20도 이하로 제시하고 있다. 그림 7은 SRTM자료를 이용한 지형경사도를 나타낸다. 본 연구에서는 산림청에서 규정하고 있는 25도 경사도를 배제분석에 적용하였다.¹⁰⁾

10) Korea Forest Research Institute, The Study of Forest Management Practices on Wind Farm Installation, pp. 46, 2014

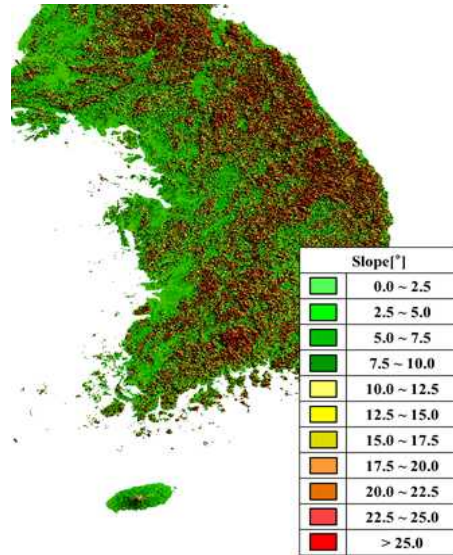


Fig. 7 The slope map in Korea

3.7 거주지로부터 거리

환경부의 환경영향평가 입지기준에 따르면, 거주지는 풍력발전기로 인하여 소음과 그림자 효과 등에 의한 영향을 받기 때문에 충분한 이격 거리가 요구된다. 환경부는 소음을 주간 45dB, 야간 35dB 이하로 제시하고 있고, 일본 및 호주의 경우 500m 이상 거리에서 35dB 이하로 제시하고 있으며, 캐나다는 40~55dB 이하로 제시하고 있다.¹¹⁾ 한 예로 Vestas V80(Hub height : 78m)의 거리에 따른 소음레벨 측정 결과에 따르면 500m 거리에서 35dB로 기록되었다.¹²⁾ 이에 따라 거주지에서 발생할 수 있는 소음 문제 및 최소 안전거리를 고려하여 완충 거리를 500m로 설정하였다.

11) Jeffrey D. Harrison, Onshore Wind Power Systems (ONSWPS) : A GIS-Based Tool for Preliminary Site-Suitability Analysis, pp.40, 2012

12) Rob van Haaren and Vasilis Fthenakis, GIS-based wind farm site Selection using Spatial Multi-Criteria Analysis (SMCA): Evaluating the Case for New York State, pp. 3334, 2011

3.8 기타 배제요소

풍력발전단지 건설 시 군사지역과 공항 시설에 대하여 반드시 고려해야 한다. 우리나라 강원도 지역은 군사분계선이 있으며, 군사분계선을 기준으로 2km 떨어진 곳에 북방 및 남방한계선이 있다. 남방한계선 남쪽으로 군사시설 보호와 안보 목적으로 최대 20km까지 민간인 통제선이 설정되어 있다. 따라서 군사분계선을 기준으로 20km까지 군사지역이라 가정하고 배제분석에 적용하였다. 또한 해외 문헌에 따르면 공항으로부터 이격거리는 최소 1km에서 최대 7.5km까지로 적용한다.¹⁴⁾ 본 연구에서는 각국의 이격 거리 평균값인 5km로 공항이격거리를 적용하였다.

4. 강원도 내 유망후보지 선정

국내 풍력산업의 확대 발전을 도모하기 위해 마련된 육상풍력 개발사업 환경성평가 지침에 따라 환경성평가 1등급 지역 내 풍력사업이 제한적으로 허용될 수 있다는 전제를 두고 본 연구에서는 국토 환경성 평가 1등급 지역을 배제하였을 때와 미 배제했을 때 개발 가능 용량 및 발전가능 단지의 변화를 확인하였다.

4.1 강원도 내 풍력발전단지 현황

2014년 12월 현재 강원도 내에 기 설치된 모든 풍력발전단지가 그림 8에 풍력터빈 기호와 함께 원으로 제시되어 있다. 그중 10MW 이상의 풍력발전단지의 현황은 아래 표 2와 같으며, 표에 각 단지의 배제요소에 대하여 함께 정리하였다.



Fig. 8 Installed wind farm and promising wind farm in Gangwon province

Table. 2 The installed Wind Farm over 10MW in Gangwon province

No.	1	2	3	4	
Wind farm	Kangwon	Taegisan	Taebaek	Changjuk	
Wind power capacity	98	40	18	18	
Exclusion Element	Environmental zoning map [Level]	1, 2, 3	1	1	1, 3
	Grid connected distance [km]	7.57	22.79	12.96	5.77
	Distance from roads [km]	2.12	1.69	1.48	0.85
	Baekdudagan	Included	None	Included	Included
	Distance from residence [km]	2.19	2.49	0.40	1.03
	Slope	< 15.0°	< 17.5°	< 12.5°	< 17.5°

표 2에서 살펴보면 강원도 산간지역에 있는 풍력발전단지는 대부분 환경성 평가등급 1등급 지역에 해당하는 것을 알 수 있다. 그리고, 태기산을 제외한 강원, 태백, 창죽 발전단지의

경우 변전소로부터 15km이내에 풍력발전단지가 위치 한 것을 알 수 있다. 또한, 강원도 산간 지역에 있는 풍력발전단지는 백두대간 핵심지역에 단지 일부가 포함된 것을 알 수 있다. 표 2의 모든 풍력단지는 거주지로부터 최소 400 m 이상의 이격거리를 갖고 있으며, 경사도는 20°이내에 있고, 남방한계선으로부터 20km 이상 및 인근 공항으로부터 5km 이상의 이격거리를 갖고 있다.

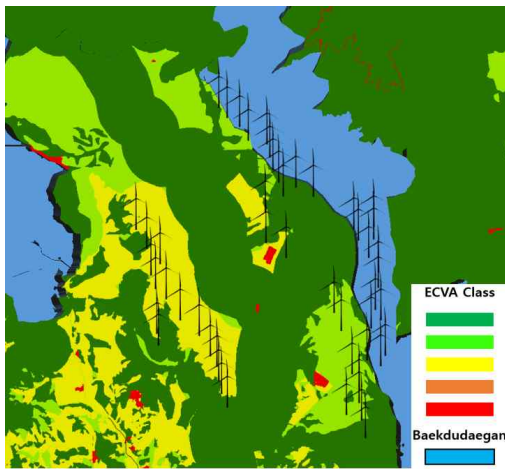


Fig. 9 Gangwon wind farm(98MW)

그림 9는 강원도의 대표 풍력발전단지인 강원풍력발전단지의 국토환경성평가등급을 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 강원풍력발전단지의 경우 국토환경성평가 1~3등급에 해당하며 일부 풍력발전기가 백두대간에 설치되어 있다. 백두대간 보호에 관한 법률 제7조 6항의 ‘신에너지 및 재생에너지 개발 이용·보급 촉진법’에 따르면 에너지 보급을 위하여 개발행위를 제한적으로 허용할 수 있다고 명시된 것을 알 수 있다.¹³⁾ 본 연구에서는 최근 육상풍력

13) National Legal Information Center, Protection Law of Baekdudaegan Mountain Range(Enforcement 2014.9.12.), 2014

개발사업 환경평가 지침에 따라 환경성 평가 등급 1등급 지역이라도 제한적으로 풍력발전기 설치를 허용할 수 있는 것으로 제시되어 있기 때문에 환경성 평가 1등급 지역의 배제와 미 배제 시 각각의 개발가능용량에 대한 결과를 제시하였다.

4.2 적용 풍력발전기(Vestas V90)

풍력발전단지 최적배치를 위해 전 세계적으로 가장 많이 설치되어있는 Vestas사의 V90 2MW 풍력발전기를 사용하였으며, 출력곡선은 다음 그림 10과 같다.

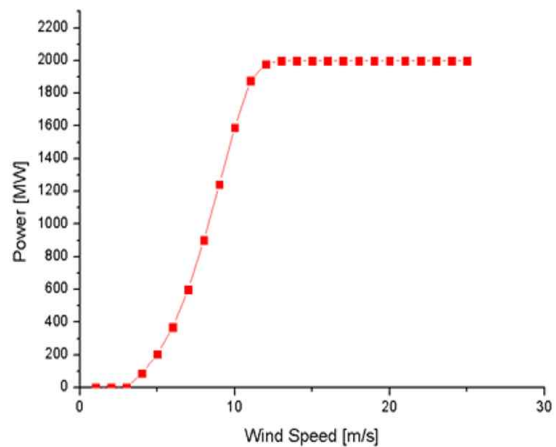


Fig. 10 Power Curve of Vestas V90

4.3 국토환경성평가 1등급 배제

3절에서 고려한 풍속, 변전소로부터의 거리, 환경성평가등급, 특별보호구역, 도로 이격거리, 지형경사도, 거주지 이격거리, 군사분계선 이격거리, 공항 이격거리 등등의 모든 고려요소와 배제요소를 GIS 프로그램에 적용하여 유망후보지를 선정하였다. 또한 유망후보지 지역에는 WindPRO 프로그램을 이용하여 발전량을 최대화 하기 위한 배치를 수행하였으며 이를 통해 단지 용량을 설정하였다.

Table. 3 The Predictive Energy Production applied to Exclusion of National Environmental Evaluation Class 1

No.	Wind power capacity [MW]	Annual energy production [MWh]	Capacity factor [%]	Park efficiency [%]	Mean wind speed [m/s]	Energy density [kWh/m ²]	Wind direction
11	26	71,900	31.5	98.1	7.7	966	W
13	20	53,454	33.5	98.8	7.4	934	W
Total	46	125,354	32.5	98.5	7.6	950	-

먼저 국토 환경성 평가등급 1등급 지역을 배제한 풍력발전단지 유망후보지에 대한 결과는 표 3과 같으며, 전체 발전 용량은 46MW이다. 두 단지의 대략적인 이용률은 모두 30% 이상으로 계산되었으며, 후류손실을 감안한 단지효율은 모두 98% 이상으로 계산되었다. 표3에서의 AEP와 이용률은 가동률을 90%로 가정한 상태에서의 값이다.

4.4 국토환경성평가 1등급 미 배제

국토환경성평가 1등급 지역을 미 배제 하였을 때 개발할 수 있는 발전단지를 표 4에 정리하였다.

표에서 알 수 있듯이 전체 개발 가능 용량은 598MW로 환경성평가등급 1등급 지역을 배제한 경우의 유망후보지 용량인 45 MW 보다 크게 증가하였다. 모든 경우에 대해 이용률은 30% 이상인 것으로 예측되었으며, 후류손실에 대한 단지효율은 모두 96% 이상인 것으로 예측되었다. 표 4에서의 AEP와 이용률은 표3에서와 마찬가지로 가동률을 90%로 가정한 AEP와 이용률을 나타낸다. 표에서 살펴보면 한 지점 13의 경우 1등급 지역을 배제한 경우 20 MW 의 단지용량만 가능하였지만 1등급 지역을 미배제한 경우 추가적인 유망후보지가 포함되어 86MW 의 단지용량이 가능한 것을 알 수 있다.

Table. 4 The Predictive Energy Production applied to Non-Exclusion of National Environmental Evaluation Class 1

No.	Wind power capacity [MW]	Annual energy production [MWh]	Capacity factor [%]	Park efficiency [%]	Mean wind speed [m/s]	Energy density [kWh/m ²]	Wind direction
1	68	196,416	33.0	96.3	7.7	1009	WSW
2	48	138,468	32.9	96.5	7.7	1008	W
3	22	65,607	34.0	99.5	7.5	1042	W
4	50	141,005	32.2	97.3	7.5	985	WSW
5	44	133,178	34.5	98.9	7.9	1057	W
6	38	107,106	32.2	96.9	7.6	985	W
7	42	128,763	35.0	98.0	8	1071	W
8	26	77,779	34.1	97.9	7.8	1045	W
9	56	170,109	34.7	97.4	8.2	1061	W
10	10	28,014	32.0	98.7	7.6	979	W
11	26	71,900	31.5	98.1	7.7	966	W
12	44	131,525	34.1	98.7	8.6	1044	W
13	86	233,572	31.0	97.1	7.7	949	W
14	12	32,670	31.1	96.5	8.1	951	W
15	26	76,360	33.5	98.8	8.3	1026	W
Total	598	1,057,797	33.1	97.8	7.9	1012	-

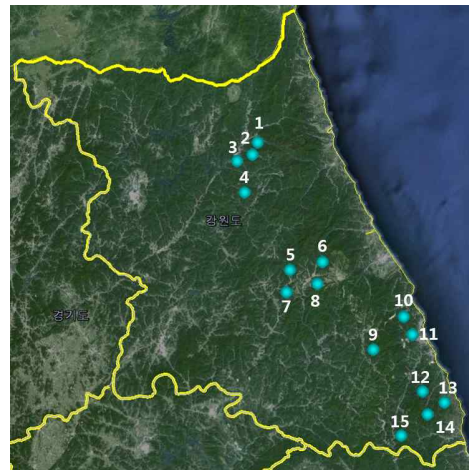


Fig. 11 Promising Wind Farm Included National Environmental Evaluation Class 1

그림 11은 국토 환경성평가 1등급 지역이 포함된 전체 유망후보지를 위성지도에 표시한 결과를 보여준다.

5. 결 론

본 연구에서는 풍력발전단지 건설 시 영향을 미칠 수 있는 풍속 및 배제 분석요소를 적용하여 강원도 내 풍력발전단지 유망후보지 선정에 수행하였다. 또한 상용 단지설계 프로그램의 최적배치 모듈을 이용하여, 풍력발전단지의 용량 및 이용률 산정을 수행하였다.

국토환경성평가 1등급지역을 유망후보지에서 배제 할 경우 단지 2개의 후보지만이 유망후보지로 선정되었으며, 두 후보지의 전체 개발 가능 용량은 46 MW 이었다. 그러나 국내 육상풍력 개발을 위해 환경평가 1등급지역에 대하여 제한적으로 풍력사업을 추진할 수 있다는 근거에 따라 국토환경성평가 1등급지역을 미 배제 하였을 경우 총 15개 지역이 유망후보지역으로 선정되었다. 15개 단지의 전체 발전용량은 598MW 이었으며, 모든 단지의 이용률은 30% 이상인 것으로 계산되었다.

후 기

본 연구는 해양수산부의 해양청정에너지개발사업 "10MW급 부유식 파력-해상풍력 연계형 발전시스템 개발"의 지원으로 수행되었으며, 연구비 지원에 감사드립니다. 또한 본 연구는 2014년도 강원대학교 학술연구조성비로 연구하였습니다. (관리번호-120131173).

Reference

1. World Wind Energy Association, 2014 Half Year Report, 2014.
2. Ministry of Trade, Institute & Energy, The 6th Basic Plan for Electricity Supply and Demand, 2012.
3. Ministry of Environmental, Environmental

Assessment Guidelines of Onshore wind development project related Enforcement (report material), Ministry of Trade, Institute & Energy, pp.63, 2014.

4. CGIAR.SCI, SRTM 90m Digital Elevation Data (<http://srtm.csi.cgiar.org/>), 2008.
5. Ministry of Environmental, Build of Land cover classification using satellite image data, 2002.
6. Kim. J H, Selection of Promising Wind Farm Sites on Complex Terrain in Korea, pp. 7, 2013.
7. D. Fallo, Wind energy resource evaluation in a site of central Italy by CFD simulations, available online at <http://web.windsim.com/library/papers-presentations.aspx>, pp. 9-10, 2007.
8. Spatial Environmental Information Services, National Environmental Zoning Map, 2010.
9. The Korea Transport Institute, The explaining material for transportation digital map, 2011.
10. Korea Forest Research Institute, The Study of Forest Management Practices on Wind Farm Installation, pp. 46, 2014.
11. Jeffry D. Harrison, Onshore Wind Power Systems (ONSWPS) : A GIS-Based Tool for Preliminary Site-Suitability Analysis, pp. 40, 2012.
12. Rob van Haaren and Vasilis Fthenakis, GIS-based wind farm site Selection using Spatial Multi-Criteria Analysis (SMCA): Evaluating the Case for New York State, pp. 3334, 2011.
13. National Legal Information Center, Protection Law of Baekdudaegan Mountain Range (Enforcement 2014.9.12.), 2014.