

해외사례 분석을 통한 국가바람지도 웹서비스 전략수립

김 현구*, 황 효정

Case Study to Setup Web-Service Strategy of National Wind Atlas

Hyun-Goo Kim* and Hyo-Jung Hwang

Key words : National wind atlas (국가바람지도), Web service (웹서비스)

Abstract : This global case study pursues diversification and intensification for an application system of the national wind atlas which has been developed to support national strategy building and promotion of wind energy dissemination. We chose nine countries' national wind atlas and compared their map area, extraction height, temporal and spatial resolutions, download services, etc. to derive a best practice for the Korea wind atlas application system. Therefore, the web service content is designed to offer high-resolution height information of which covers wind turbine rotor sweeping area and time-series dataset which can be downloaded for further analysis by users. It is anticipated that the system and web service would contribute greatly to wind energy policy making, business and research sectors.

1. 서론

국가바람지도는 풍력자원 잠재량을 산출하여 풍력발전 타당성을 확인하고 풍력발전 보급목표를 설정하기 위한 정책적 활용과 기상관측자료가 없는 지역의 풍력발전 가능성을 사전검토하기 위한 사업적 활용을 위한 핵심자료이다. 이러한 중요성 때문에 유럽, 미주, 호주, 일본 등 대부분의 풍력발전 국가에서 국가바람지도를 구축하여 활용하고 있으며 웹서비스를 제공하는 사례도 다수이다.

우리나라 국가바람지도는 중규모 수치기상예측 모델을 이용하여 저해상도(수평면 공간해상도 9km 급), 중해상도(3km급), 고해상도(1km)로 순차적으로 작성 및 검증되어 현재는 한국에너지기술연구원(이하 에너지원)의 신재생에너지자원지도 웹페이지¹⁾를 통하여 태양광, 바이오매스, 소수력, 지열 등 다양한 신재생에너지 자원에 대한 지도정보를 제공하고 있다. 한편 기상청에서도 기상정보의 일종으로 풍력자원지도²⁾를 웹서비스하고 있으나(Fig. 1) 이 자료는 기상관측소 지상 10m 높이에서 관측된 기상관측자료를 통계분석한 것으로 측정자료가 없는 임의지역에서의 풍력자원 정보를 제공하기 위한 풍력자원지도의 본래 취지에는 부합되지 않을뿐더러 MW급 풍력발전기의 설계높이(70~80m)로 외삽하는 과정에서 필연적으로 상당한 오차가 발생한다.

웹서비스는 빠르고 손쉬운 정보제공이 가능하다는 장점이 있다. 이에 해외 여러 나라에서 국가바람지도를 웹서비스 함으로써 기술정보 제공뿐만 아니라 신재생에너지에 대한 긍정적인 사회적 공감대를 이끌어내는 역할을 하고 있다.

본 논고의 취지는 해외 각국의 국가바람지도 웹서비스 사례를 비교·분석함으로써 우리나라 국가바람지도 활용의 실효성을 높이기 위한 웹서비스 전략을 수립하고자 함이다.

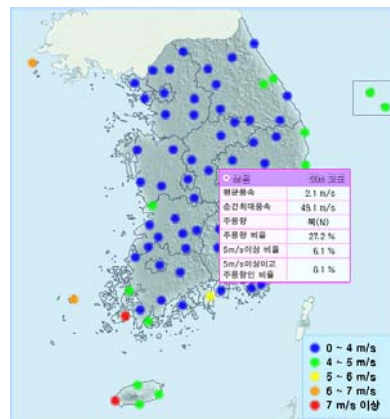


Fig. 1 Korea wind map produced by Korea Meteorological Administration

2. 해외사례 분석

국가바람지도 웹서비스는 제공되는 정보의 품질 및 다양성에 따라 그 가치와 활용도가 달라질 것이다. 우리나라 국가바람지도의 실효성 및 활용도를 제고하기 위한 방법을 모색하고자 해외 국가바람지도 웹서비스의 공통점과 특이점 등을 비교·분석함으로써 효과적인 제공방법에 대하여 고찰하였다.

분석 대상은 단순히 이미지로서 바람지도를 제공하는 수준이 아닌 실제 활용이 가능한 수준의 다양한 콘텐츠를 제공하는 9개국으로 한정하였다.

* 한국에너지기술연구원 풍력발전연구소
Email: hyungoo@kier.re.kr
TEL: 042-860-3376 FAX: 042-860-3543

참고로 현재 국가바람지도가 구축되어 있는 국가는 총 40여개국이며 이 중 자체적으로 제작한 국가는 20여개국, 웹서비스를 제공하는 국가는 15여개국이다. 분석 항목으로는 바람지도 활용 측면에서의 중요한 요소인 지도의 콘텐츠 및 구성, 지도의 공간 해상도, 시계열 분석, 추출높이, 다운로드 서비스 등에 대하여 분석하였다(Table 1).

2.1 지도영역(Map Area)

육상에 비하여 상대적으로 풍력자원이 우수하며 지형적인 방해요인이 없어 대규모 단지조성이 가능한 장점 때문에 해상 풍력단지 개발이 탄력을 받고 있다. 이에 따라 육상 바람지도에 추가하여 해상 바람지도도 구축하는 추세이다. 현재 육상 및 해상 바람지도도 구분하여 제공하는 국가는 영국(Fig. 2), 미국, 브라질, 노르웨이 등이며 그 외 국가들은 육·해상을 하나의 바람지도로 통합하여 제공하고 있다.

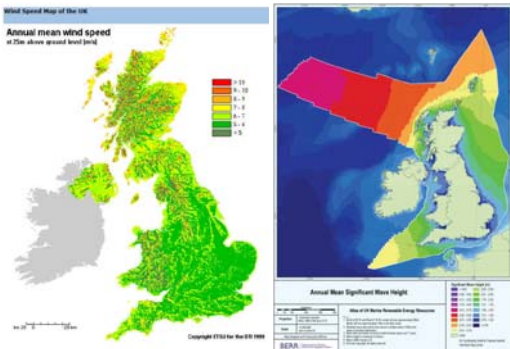


Fig. 2 UK wind atlas (left: onshore³⁾, right: offshore⁴⁾)

2.2 지도항목(Map Contents)

제공되는 지도항목은 각 국가마다 차이가 있지만 공통 항목은 기상요소인 평균풍속 지도이다. 미국, 캐나다, 홍콩은 풍력밀도, 바람등급, 일본과 브라질은 와이블(weibull) 계수 등 풍력요소를 제공하고 있다. 그 외에 노르웨이와 일본은 바람장미, 캐나다는 지형고도 및 지면거칠기, 브라질은 극한바람을 제공한다. 영국은 육상에서는 풍속을, 해상은 추가적으로 조석, 파랑 정보를 제공하고

있다.

2.3 추출높이(Extraction Height)

지도의 추출높이 즉 풍력발전기 허브높이는 풍력자원평가를 위한 설계높이가 된다. 미국과 노르웨이는 MW급 이하 풍력발전기의 설계높이인 지상 50m 단일층 지도를 제공하고 있다. 그러나 풍력발전기의 대형화 추세에 따라 설계높이도 높아지고 있으며 이를 반영하여 브라질은 50m, 75m, 100m, 일본은 30m, 50m, 70m, 홍콩은 10m, 30m, 60m, 120m 등 대부분은 3~4개 추출높이를 채택하고 있다.

2.4 공간 해상도(Spatial Resolution)

임의지역에 대한 풍력자원평가 정확도를 결정하는 요소는 바람지도의 수평면 공간해상도이다. 고해상도 바람지도는 보다 상세한 풍력자원 분포 특성을 알려주지만 해상도 증가에 따른 제작비용과 제작시간이 기하급수적으로 증가하기 때문에 활용도와 소요경비 사이에서 적절한 해상도를 선택하여야 한다. 각 국가별 공간해상도는 500m에서 5km까지 다양하지만 일반적으로 고해상도 수준을 수치기상예측 모델을 이용하여 신뢰도를 확보할 수 있는 최고의 공간해상도인 1km급으로 정하고 있다.⁵⁾ 참고로 Fig.3은 일본 국가바람지도⁶⁾로 수치기상예측에 의해 공간해상도 500m급으로 작성되었다.

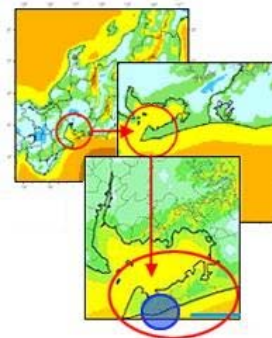


Fig. 3 Japan wind atlas (5km, 1km, 500m; from top to bottom)

Table 1. Comparison of wind atlas by country

Country	Map Area		Contents	Extraction Height (m)	Temporal Analysis	Spatial Resolution	Maker	Download	
	Onshore	Offshore						Map	GIS
Brazil	○	○	6	50,75,100	A, S	1km	E, U	○	×
Canada	○	○	5	30,50,80	A, S	5km	W	○	○
Hongkong	○	○	2	10,30,60,120	A, S	100m	U, E	○	×
Ireland	○	○	1	50,75,100	A	200m	E, C	○	×
Japan	○	○	3	30,50,70	A	0.5~5km	E, C, W	○	×
Korea	○	○	15	10,20,...,150	A, S, M, H	1km	E, U	○	○
Norway	○	○	1	50	A, S	100m	C, E	○	×
UK	○	○	3	100	A, S, M	1km	U, C	○	○
USA	○	○	4	50	A	1km	E, C	○	○

A : Annual, S : Seasonal, M : Monthly, H : Hourly
 U : University, C : Company, E : Energy Institute, W : Meteorology Institute

2.5 시계열 분석(Temporal Analysis)

풍력자원에 대한 관심이 급증하면서 풍력분야 전문가만이 아니라 비전문가 또한 바람지도를 이용하고자 한다. 이들의 이용목적은 대부분 기상요소로서 풍력자원의 특성을 정성적으로 파악하고자 함이다. 풍력자원은 시간에 따라, 계절에 따라 특정한 패턴을 갖고 변화하기 때문에 하나의 공간분포 지도만을 제시하기 보다는 계절변화, 일중변화와 같은 시계열 변화에 대한 분석자료를 제공함으로써 이러한 요구에 부응할 수 있을 것이다. 대부분의 국가바람지도는 평균풍속에 국한하여 제공되고 있으나 최근에는 부가적으로 계절별 또는 월별 바람지도까지도 제공되고 있다. 참고로 Fig. 4는 캐나다 국가바람지도⁷⁾로 2008년도 업데이트를 통하여 계절별 바람지도를 제공하게 되었다.

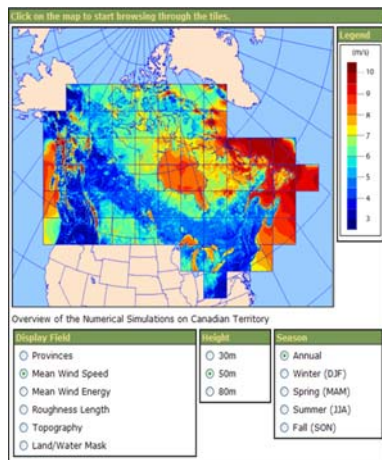


Fig. 4 Canada wind atlas with season selection menu

2.6 다운로드(Download)

웹서비스의 장점 중 하나는 필요한 자료를 즉각 다운로드 받을 수 있다는 편리성이다. 대부분의 국가들이 기본적으로 바람지도 이미지(image) 다운로드를 제공하고 있다. 그러나 이미지는 해상도의 제약이 있기 때문에 지도영역의 확대·축소·이동 기능 등을 활용하기 위하여 지리정보시스템(GIS; Geographic Information System) 엔진을 도입한 웹서비스를 제공하는 국가도 다수 있다. 그러나 GIS 기반 웹서비스는 인터넷 트래픽, 웹브라우저 호환성 등의 문제가 발생할 수 있다는 단점도 존재한다.

미국, 영국, 캐나다 등의 국가는 풍력산업의 GIS 활용이 증가함에 따라 GIS 형식자료의 다운로드 서비스를 제공하고 있다. GIS 형식자료는 가공된 고급정보에 속하므로 다운로드를 받기 위해서는 신상정보를 제공하고 활용승인을 받는 절차가 필요한 경우가 대부분이다. 한편 영국의 경우에는 폴리곤(polygon), 폴리건 이미지, 그리고 속성값 등의 상세 GIS 자료와 메타(meta) 데이터, 설명파일 등이 함께 제공되기도 하며 일본은 아스키로 된 원시자료 파일을 제공하기도 한다. 미국은 GIS 파일 이외에 이를 분석하기 위한 툴킷(toolkit)도 제공하며, 캐나다는 GIS 파일을 SHP 파일의 형태가 아닌 MID/MIF, RPN 파일형태로 제공하는 등 다

운로드 자료형식은 선호하는 GIS 환경에 따라 차이가 있다. Fig. 5는 미국 국가바람지도 웹사이트⁸⁾의 GIS 자료를 다운로드 메뉴이다.

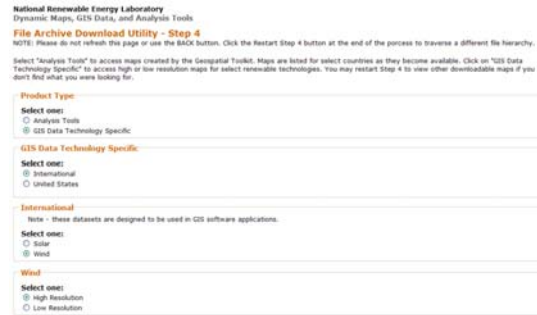


Fig. 5 Wind atlas GIS download menu from NREL, USA

2.7 제작기관(Maker)

풍력자원지도는 주로 정부과제로 풍력분야 전문연구기관에서 작성하되 기상학 관련 대학, 컨설팅 업체 등이 보조적으로 참여한 것으로 조사되었다(Table 1). 풍력은 풍력자원을 이용하여 전력을 생산하는 응용공학이기 때문이다.

우리나라 국가바람지도는 지식경제부 사업으로 한국에너지기술연구원의 주도 하에 부산대학교 대기과학부, 해양연구원, 환경과학회, 풍공학회, 지리정보분석 및 전산유동해석 분야의 전문 컨설팅업체가 참여하여 작성되었다.

2.8 기타사항

국가바람지도의 공익성 정보가치를 향상시키기 위해서는 다양한 부가 서비스의 개발이 필요하다. 일례로 브라질 국가바람지도 웹사이트⁹⁾에서는 풍력단지 적합지역에 대한 3차원 바람지도와 함께 다양한 설명을 제공하고 있으며(Fig. 6), 캐나다는 관측값과 모델값의 비교결과와 전력선 등의 정보를 제공한다. 영국은 풍력의 전력공급 비율에 따른 경비(cost) 분석모델 등의 정보 및 해석결과를 제공한다. 일본은 하위메뉴로 20년간의 풍황정보, 풍력발전 지표 그리고 각 계절별 특이기상 자료 등을 제공한다. 노르웨이는 전산유동해석법을 이용하여 풍황 우수지역에 대해 선별적으로 상세 바람지도를 작성하여 해당지역에 대한 상세한 풍력자원 분석자료를 표와 그래프로 제공한다.

종합적으로 판단할 때, 국가바람지도는 풍력발전 기획, 사전평가 및 전력시장 영향도 분석 등의 정책 시나리오 작성 등 다양한 활용가치가 있기 때문에 다각도로 활용분야를 개발하는 지속적인 노력이 필요하다.

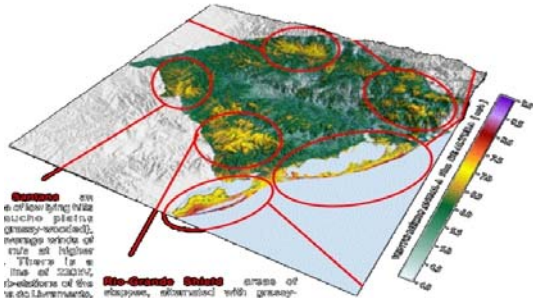


Fig. 6 Most Favorable Windy Areas in Brazil

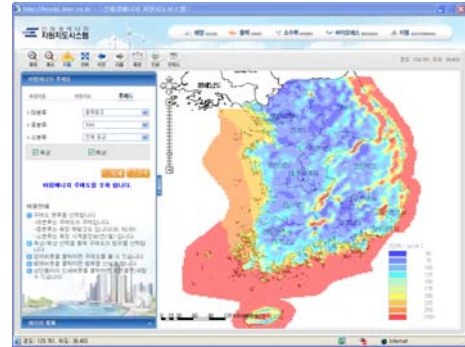


Fig. 7 RES-MAP™ web service

3. 웹서비스 전략

국가바람지도의 활용도 및 실용성을 제고하기 위하여 해외 국가바람지도 웹서비스 사례를 비교·분석함으로써 다음과 같은 남한 국가바람지도 웹서비스 전략을 도출하였다.

3.1 웹서비스 이원화

인터넷 웹서비스는 모든 사람들에게 정보를 제공함을 기본 취지로 한다. 국가바람지도는 국가연구사업으로 작성되었기 때문에 정보공개 수단으로서 웹서비스는 그 취지에 잘 부합된다. 이러한 배경으로 해외 국가바람지도 웹사이트는 자국 이용자뿐만 아니라 전세계 이용자를 대상으로 폭넓은 정보공개 및 자료공유를 지향하는 방향으로 발전하고 있다.

국가바람지도의 이용자는 정책관리부문, 사업개발부문, 학술연구부문의 전문가 및 일반인으로 분류할 수 있는데, 이들의 관심사 및 요구하는 정보의 수준이 매우 상이하다. 따라서 단일 웹서비스 체제 하에서 모든 이용자 계층의 다양한 지적요구를 모두 충족시키기는 어렵다는 현실적인 문제가 발생한다. 이에 우리나라 국가바람지도 웹서비스는 다음과 같은 이원화 전략을 통하여 가능한 모든 이용자 계층의 필요를 충족시키고자 한다.

(1) 신재생에너지 자원지도 서비스(RES-MAP™)

신재생에너지 자원지도 서비스¹⁾는 풍력, 태양광, 소수력, 바이오매스, 지열 등 신재생에너지원 전반에 대하여 자원지도 및 활용시스템을 서비스하는 한국에너지기술연구원의 공식 웹서비스이다. RES-MAP은 GIS 엔진인 ESRI ArcIMS 기반으로 지리정보 검색, 분석, 조회 등 전문기능을 웹페이지 상에서 지원함으로써 정책, 사업, 연구부문의 전문가 중심 서비스를 지향한다. 특히 풍력자원 잠재량 산정, 풍력단지 적합성 분석, 풍력사업 경제성 평가 등 정책부문에 특화된 활용시스템을 제공하며 격자단위 국가바람지도의 시계열 해석자료의 기상통계분석 및 다운로드 서비스를 통해 사업 및 연구부문 지원을 강화함으로써 활용품질을 최대화하는 방향으로 개발되었다.

(2) 국가바람지도 서비스(KIER-WindMap™)

한국에너지기술연구원 풍력발전연구센터에서는 풍력자원분야 연구성과의 공유를 위하여 국가바람지도를 포함한 풍력자원 웹서비스¹⁰⁾가 제공되고 있다. KIER-WindMap은 기본적으로 전세계 일반인을 대상으로 영문 웹페이지를 추가로 구성하였으며 개발적이며 정성적인 정보공유를 지향하는 개념으로 개발되었다. 즉, RES-MAP은 GIS 엔진을 채택하여 고급 지리정보 분석기능을 제공하기 때문에 정보처리 부하가 큰 반면 KIER-WindMap은 플래쉬 애니메이션(Flash animation) 기반으로 웹브라우저의 기본 기능만을 이용하여 소용량 그림자료 위주로 웹페이지를 구성함으로써 접속속도 최소화에 주안점을 두었다. 그 대신 애니메이션 등의 효과적인 시각표현 방법을 통하여 다양한 요소항목을 제공함으로써 활용범위를 최대화하는 방향으로 개발되었다.

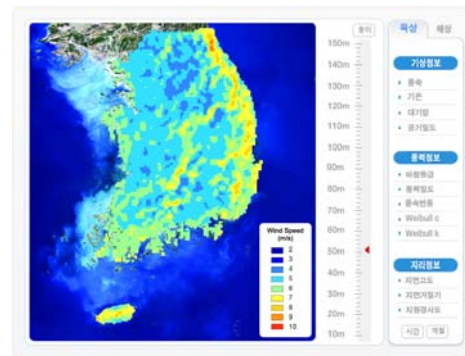


Fig. 8 KIER-WindMap™ web service

3.2 웹서비스 차별화

RES-MAP 웹서비스의 차별화 전략은 GIS 분석기능을 최대한 활용하여야 하는 정책관리부문 활용시스템 기능강화로 선정하였다. KIER-WindMap 웹서비스의 차별화 전략은 일반 이용자를 대상으로 한 지도항목 다양화로 선정하였다. 본 고에서는 후자에 대하여 상세히 설명하기로 한다.

(1) 지도영역

우리나라는 삼면이 바다인 지리적 특징과 세계적으로 본격화 되고 있는 해상단지 개발추세를 고려할 때 육상과 해상 각각의 영역에 대한 차별적이며 전문적인 정보를 구분하여 제공함으로써 활용

도를 높이기 위하여 육·해상 바람지도를 구분하여 제공하도록 구성하였다.

(2) 지도항목

국가바람지도에서는 기상요소(풍향, 풍속, 기온, 압력, 공기밀도 등) 이외에도 지리요소(지형고도, 수심, 지면거칠기, 지형경사도 등), 해상요소(수심, 유의평균파고, 유의평균파주기 등)를 추가로 제공하도록 구성하였다. 특히 풍력자원평가의 핵심정보인 풍력요소(풍력밀도, 바람등급, 와이블 계수 등)는 지속적으로 다양한 지도항목을 개발·제공함으로써 산업분야 활용도를 증대하고자 한다. 참고로 Table 2는 현재 제공되고 있는 지도항목을 정리한 것으로, 지속적으로 지도항목을 개발하여 추가하고 있다.

Table 2. Map contents of the Korea Wind Atlas

Map contents		Flash	Download
Meteorology contents	Wind speed	○	○
	Air temperature	○	○
	Atmospheric pressure	○	○
	Air density	○	○
Wind power contents	Wind class	○	○
	Wind power density	○	○
	Weibull c-factor	○	○
	Weibull k-factor	○	○
Geographic contents	Terrain height	-	○
	Terrain roughness	-	○
	Terrain open ratio	-	○
	Terrain slope	-	○
Offshore contents	Water depth	-	○
	Sig. wave height	○	○
	Sig. wave period	○	○

(3) 추출높이

국가바람지도는 지상 150m 높이까지 10m 간격으로 15층 추출높이를 설계하였다. 이 구간은 대형 풍력발전기 블레이드 회전반경을 충분히 포함하기 때문에 풍력자원평가 시 원하는 설계높이로의 보간 과정이 필요 없도록 배려한 것이다.

(4) 공간해상도

풍력분야에서 사용되는 바람지도는 수치기상예측 모델을 이용하여 사진검토 목적으로 작성하는 국가바람지도와 고층기상탐에 의한 실측자료 및 전산유동해석을 이용하여 풍력단지설계를 위해 초고해상도로 작성하는 국소배치(micrositing) 바람지도로 대별된다.¹¹⁾ 따라서 우리나라 바람지도는 현재의 수치기상예측 수준으로 공간해상도 대비 해석정확도를 확보할 수 있는 수준인 1km로 설정하였다.

(5) 시계열 분석

국가바람지도는 웹서비스에서는 주요 지도항목에 대해 연도별, 계절별, 시간대별 플래쉬 애니메이션을 제공하며, 지도갤러리를 통한 다운로드 파일에도 시계열 분석결과를 포함시켰다.

(6) 다운로드

국가바람지도는 Fig. 9와 같이 지도갤러리 웹

페이지를 통해 지도이미지(PDF), GIS 파일(SHP), 원시자료(CSV), 구글어스 애드온(add-on) 파일(KMZ) 등 다양한 주제도(theme layer)를 선택적으로 다운로드 할 수 있도록 설계하였다. 특히 공개용 GIS 소프트웨어인 구글어스(Google Earth™)와 연계되도록 함으로써 비전문가인 일반인의 지도정보 활용도를 높일 수 있도록 배려하였다.

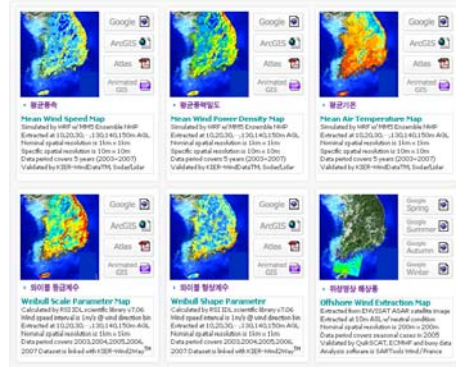


Fig. 9 Korea wind atlas - map gallery

(7) 기타사항

국가바람지도 웹서비스 KIER-WindMap과 함께 풍력자원측정 데이터베이스인 KIER-WindData, 풍력발전예보 KIER-Forecaster 등 다양한 풍력자원분야 연구결과와 학술논문 등을 제공함으로써 국가사업 성과물을 최대한 공유할 수 있도록 웹서비스를 구성하였다.

4. 결론

남한 국가바람지도 웹서비스의 활용도 및 실용성을 향상시키기 위하여 해외 국가바람지도 웹서비스 사례를 비교·분석하였으며 이를 통하여 차별화된 웹서비스 전략을 도출하였다. 즉, 국가바람지도 웹서비스를 GIS 기반 및 플래쉬 애니메이션 기반의 웹서비스로 이원화하여 정책, 산업, 연구부문 및 전세계 일반인 등 다양한 사용자 계층에 대응하도록 하였으며 지도항목을 기상, 지리, 해상 그리고 풍력요소로 세분화하고 다운로드 자료형식을 다양화하였다.

남한 국가바람지도는 지속적인 연구개발 및 업데이트를 통하여 풍력분야 전반에 걸쳐 유용한 자료로 활용될 것으로 기대된다.

후기

본 연구는 지식경제부 신재생에너지기술개발사업 및 한국에너지기술연구원의 부처임무사업으로 수행되었습니다.

참고문헌

[1] 한국에너지기술연구원, 신재생에너지자원지도 서비스 (RES-MAP), <http://kredc.kier.re.kr/kier/>
 [2] 기상청, 풍력자원지도, http://www.kma.go.kr/sfc/sfc_06_01.jsp

- [3] ESRU (Energy Systems Research Unit's), 1999, Wind Speed Map of the UK, University of Strathclyde.
- [4] DERR (Department for Business Enterprise & Regulatory Reform), 2008, Atlas of UK Marine Renewable Energy Resources, ABP Marine Environmental Research Ltd., Technical Report, R.1432.
- [5] Elliott, D. and Schwartz, M., 2005, Development and Validation of High-Resolution State Wind Resource Maps for the United States, NREL Technical Report, NREL/TP-500-38127.
- [6] NEDO (New Energy and Industrial Technology Development Organization), 2005, Wind Energy Map of Japan and Local Area Wind Energy Prediction System (LAWEPS).
- [7] Environment Canada, 2008, Canadian Wind Energy Atlas, EOLE Wind Energy Project.
- [8] NREL(National Renewable Energy Laboratory), 2002, Wind Resource Map of United States, U.S. Department of Energy.
- [9] SEMC (ecretariat of Energy, Mines and Communication), 2002, Rio Grande Do Sul Wind Atlas of Brazil, Camargo Schubert Engenharia Eólica.
- [10] 풍력발전연구센터, 국가바람지도 웹서비스 (KIER-WindMap), 한국에너지기술연구원, <http://www.kier-wind.org>
- [11] 김현구, 2009, 국가바람지도, 설비저널, Vol.38, No.7, pp.1-7.