

# 해외 풍력자원 컨설팅사의 바람지도 서비스 분석

김현구\*, 황효정

## Review on Wind Mapping Service of Wind Resource Consulting Companies

Hyun-Goo Kim\* and Hyo-Jung Hwang

### Abstract

This paper reviews commercial wind mapping services provided by the oversea consulting companies, AL-PRO and anemos in Germany, AWS Truepower and 3TIER in USA. They provide quick-to-use but essential dataset for a preliminary assessment before commencing an actual feasibility study for wind farm development. Details of wind mapping method, map resolution, data extraction height, price and so forth are compared and fresh service contents such as site analysis report are drawn from the comparison. Despite its public service, the objective value of the Renewable Energy Resource Map System of Korea Institute of Energy Research is also confirmed and it is anticipated that the drawn new content idea will be ported to the system to enrich its applicability.

**Key words** AL-PRO, anemos, AWS Truepower, 3TIER

(접수일 2010. 4. 28, 수정일 2010. 7. 9, 게재확정일 2010. 7. 14)

\* 한국에너지기술연구원 풍력연구센터

■ E-mail : hyungoo@kier.re.kr ■ Tel : (042)860-3376 ■ Fax : (042)860-3543

## 1. 서론

전세계적으로 풍력발전에 대한 사회적 관심이 급격히 증가함에 따라 풍력발전 단지개발 사업에 참여하고자 하는 사업자도 증가하고 있다.

풍력발전 단지개발 초기단계에서는 최소한의 비용으로 신빙성 있는 풍력자원정보, 즉 대상지 인근의 기상관측자료 또는 국가바람지도<sup>(1)</sup> 등을 확보하여 신속하게 사업 타당성을 판별함이 요구된다. 유럽과 미국에서는 이러한 사업자의 요구에 대응하여 바람지도 등 다양한 풍력자원 콘텐츠 및 서비스

를 제공하는 전문컨설팅사가 지난 수년 사이에 다수 설립되었으며 풍력시장에서 서비스 영역을 확대해나가고 있다.

우리나라는 한국에너지기술연구원에서 공공성 서비스로서 신재생에너지 자원지도 활용시스템(<http://kredc.kier.re.kr>)을 제공하고 있다. 풍력분야는 남한 육·해상 전역에 대해 수치기상예측(NWP; Numerical Weather Prediction) 모델로 작성된<sup>(2)</sup> 고해상도(공간해상도 1km×1km×10m, 시간해상도 1시간 간격/5년간 시계열) 풍력자원지도를 공공성 활용의 경우 무상으로 제공하고 있다<sup>(3)</sup>. 이러한 자료는 풍력발전 단지개발 초기단계의 사전평가에 유용하게 활용할 수 있으므로

풍력발전 산업분야에 미치는 파급효과가 매우 크다.

본 기고는 해외 풍력자원 전문컨설팅사 중 전세계 바람지도 를 제공하는 주요 4개사의 바람지도 서비스에 대한 분석을 소개함과 아울러 상용 서비스의 콘텐츠를 벤치마킹함으로써 한 국에너지기술연구원 신재생에너지 자원지도 서비스에 용이하 게 적용될 수 있는 새로운 콘텐츠의 발굴을 목적으로 한다.

## 2. 바람지도 컨설팅사

### 2.1 컨설팅사 개요

AL-PRO GmbH & Co. KG는 2001년부터 풍력발전 단지 설계 관련 컨설팅 서비스를 제공하고 있는 독일회사이다. 이 회사는 풍력자원평가를 위한 대기유동해석을 전공으로 하며 전세계를 대상으로 바람지도를 서비스하고 있다.

anemos GmbH는 1990년에 설립되었으나 전세계 바람지도 서비스는 최근에 개시하였다. anemos는 AL-PRO, Wind & Regen(SODAR를 이용한 검증 담당)과 공동으로 유럽의 혁신/환경분야 연구재단인 DBU(Deutsche Bundesstiftung Umwel) 지원으로 지상고도 300m 이하의 풍력자원정보를 구축하는 Windprofil 300 프로젝트를 수행한 바 있다. 따라서 anemos 가 제공하는 바람지도는 기본적으로 AL-PRO와 동일한 것으로 판단된다.

AWS Truepower, LLC는 1983년 설립되어 CEC(California Energy Commission), EPRI(Electric Power Research Institute), NREL(National Renewable Energy Laboratory) 등 에너지 분야 정부산하 연구기관 및 개발자, 투자자들을 주요 고객으로 하여 기상학, 공학, 수치해석을 통한 신재생에너지 관련 컨설팅 및 자원평가, 단지개발 솔루션(solution)을 제공하는 미국회사이다. 2007년 초에는 스페인 바르셀로나에 Meteosim Truewind라는 합작투자회사를 설립하고 2009년 인도 방갈로에 사무실을 설립하는 등 사업영역을 전세계로 빠르게 확장하고 있다.

3TIER, Inc.는 1999년에 설립된 미국회사로서 풍력과 태양열, 소수력 자원평가 및 예보 등 다양한 소프트웨어 콘텐츠를 제공함으로써 고객으로 하여금 신재생에너지 사업에 투자 할 때 최선의 의사결정을 하기위한 전문지식과 핵심자료를

제공한다. 현재는 스페인, 포르투갈, 인도, 호주, 라틴 아메리카에 사무실을 신설하는 등 급격한 성장세를 보이고 있다.

### 2.2 서비스 개요

AL-PRO는 풍황분석, 경제성평가, 환경영향평가, 라이 다관측 등 풍력자원평가와 관련된 다양한 컨설팅을 제공하며, 특히 전세계를 대상으로 바람지도 서비스인 GWS(Global Windmapping Service)와 풍력예보 서비스인 GMS(Global Microcasting Service)를 제공하고 있다(그림 1). anemos가 제공하는 바람지도 서비스도 기본적으로 AL-PRO와 동일하다.

AWS Truepower는 NREL 아웃소싱(outsourcing) 컨설팅사로 바람지도 작성을 담당하며 NREL은 이를 검증하는 체계로 미국 국가바람지도를 구축하였다. 2010년 2월에는 공간해상도 200m급 상업용 초고해상도 바람지도를 구축하여 미국 풍력자원 잠재량을 재산정한 결과를 발표한 바 있다. 또한 NREL의 국제지원사업을 통하여 전세계 60여개국의 국가바람지도를 작성하는 등 연구소-산업체 협력을 통하여 현재 미국 내 풍력자원평가 분야의 선두를 달리고 있다. AWS Truepower의 바람지도 서비스는 ArcGIS 기반의 windNavigator를 통하여 적지분석까지 가능한 솔루션을 제공하고 있다. 그림 2는 AWS Truepower가 최근 발표한 상업용 미국 국가바람지도이다.

3TIER는 FirstLook API를 통해 전세계 바람지도 다운로드를 제공하고 있으며 관심지점에 대해서는 FirstLook Wind Report라는 형식으로 10년간 풍황특성 분석자료를 제공한다. 또한 Powersight Wind Forecasting을 통해 최신 예보기술로 단/장기 풍력예보 서비스를 제공한다. 그림 3은 3TIER에서 구축한 전세계 바람지도로, 5km급 공간해상도를 갖는다.

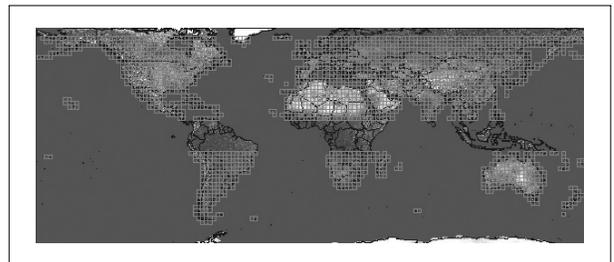


그림 1. Wind map service area (10°N~65°N, 10°S~65°S) of 2km resolution provided by AL-PRO GWS Meso Map.

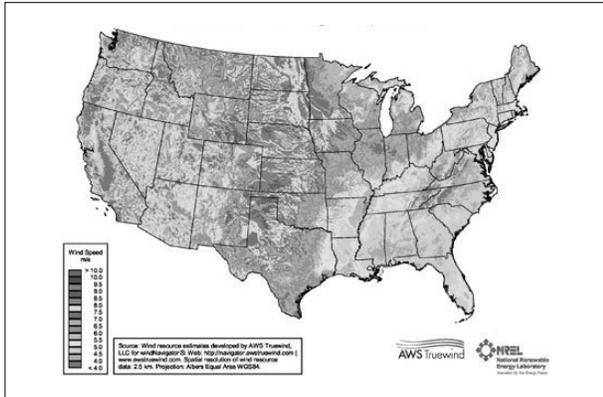


그림 2. USA wind map of 200m resolution published by AWS Truepower in Feb. 2010.

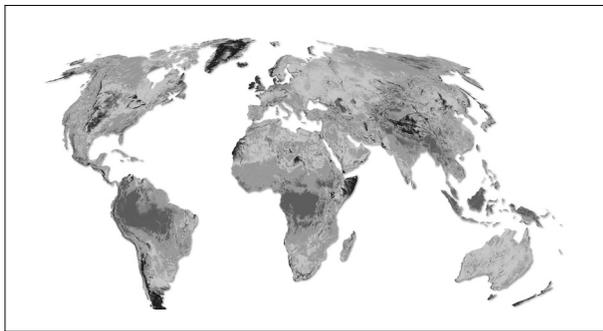


그림 3. World wind map of 5km resolution published by 3TIER in June 2009.

### 3. 바람지도 서비스

AL-PRO는 GWS-Viewer, anemos는 WINDLAS, AWS Truepower는 windNavigator 그리고 3TIER는 FirstLook API 등 각 회사에서 자체 제작한 소프트웨어와 함께 풍력자

원지도를 제공하고 있다. 그림 4는 각 회사의 바람지도 작성 프로세스를 개략적으로 설명하고 있다.

각 회사가 제공하는 바람지도 및 풍력자원 콘텐츠는 작성 방법과 서비스 전략에 따라 차이가 있다. 본 장에서는 회사별 바람지도 콘텐츠, 해상도, 다운로드 데이터와 가격 등에 대하여 구체적으로 비교하였다.

### 3.1 바람지도 작성법 및 해상도

AL-PRO의 GWS MESO는 NCAR/NCEP 재해석 기상자료와 캐나다의 중규모 수치기상 모델인 MC2(Mesoscale Compressible Community)를 이용하여 2km 해상도급 바람지도를 작성한 후 GWS MICRO에서는 평지지형인 경우에는 선형유동모델인 MS-Micro/3 또는 복잡지형인 경우에는 전산유체역학(CFD; Computational Fluid Dynamics) 모델인 WindSim을 선택적으로 이용하여 200m 해상도급 국소배치(micrositing) 바람지도를 작성한다.

anemos는 AL-PRO와 공동으로 Windprofil 300 프로젝트를 수행함으로써 전세계 바람지도를 구축하였기 때문에 해석방법 및 생산자료는 기본적으로 AL-PRO와 동일하다고 판단된다.

AWS Truepower는 중규모 수치기상 모델로서 MASS(Mesoscale Atmospheric Simulation System)를 사용하며 그 다음으로는 질량보존 대기유동 모델(mass-conserving wind flow model) NOABL에 기반을 둔 WindMap으로 200m 해상도 수준까지 상세화한다. 참고로 선형유동모델인 WASP, MS-Micro/3 그리고 전산유체역학 모델인 WindSim은 운동량 보존법칙인 나비에-스톡스(Navier-Stokes) 방정식을 해석함에 비하여

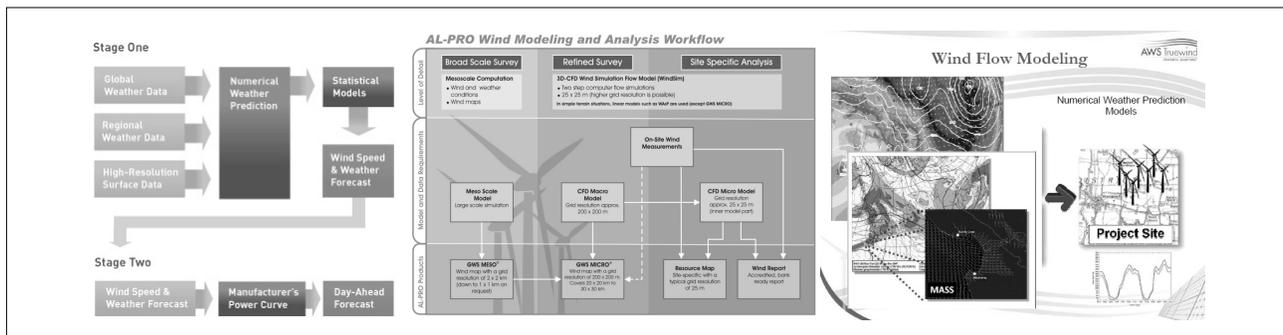


그림 4. Comparison of wind mapping process of three consulting companies.

WindMap은 그보다 낮은 단계인 연속방정식만을 해석하기 때문에 해석결과의 정확도는 상대적으로 떨어진다고 판단된다<sup>(4)</sup>.

3TIER는 중규모 수치기상 모델인 WRF(Weather Research and Forecasting)를 사용하였으며, NCAR/NCEP 재해석자료를 경계조건으로 15km 공간해상도로는 30년간, 5km 해상도로는 10년간의 시계열 바람지도를 작성하였다. 2000년대에는 해석기간의 단축을 위하여 장기간 기상자료로부터 임의로 한달 또는 하루씩을 추출하여 평균적인 통계특성을 갖는 가상의 1년을 구성하는 TMY(Typical Mean Year) 방식으로 바람지도를 구축하였다. 그러나 이러한 TMY 방식은 바람지도 검증이 명확하지 않는 등 풍력자원평가 측면에서 활용성의 제약이 많기 때문에 현재에는 위와 같은 장기간에 대한 시계열 해석방식이 사용되고 있다. 3TIER 백서<sup>(5)</sup>에 따르면, 전세계에 산재한 NCEP ADS(Automated Data Processing) 지상관측소 4,155지점의 연평균풍속 검증에 의하여 50%의 관측지점에서  $\pm 0.5\text{m/s}$  오차범위 이내의 예측 정확도를 확인하였다고 한다. 그러나 지형이 복잡한 아시아 대륙에서는 그 비율이 37%로 떨어지며 풍속 과대예측 경향이 나타나는 것을 확인하였다.

### 3.2 풍력자원 추출고도

AL-PRO는 GWS-Viewer라는 전용 프로그램과 함께 2km 해상도급 바람지도를 제공하는데, 기본적으로 지상고도 60, 120m에서의 평균풍속, 평균 풍력밀도(wind power density), 바람장미, 와이불(Weibull) 분포 등 격자점 정보를 조회할 수

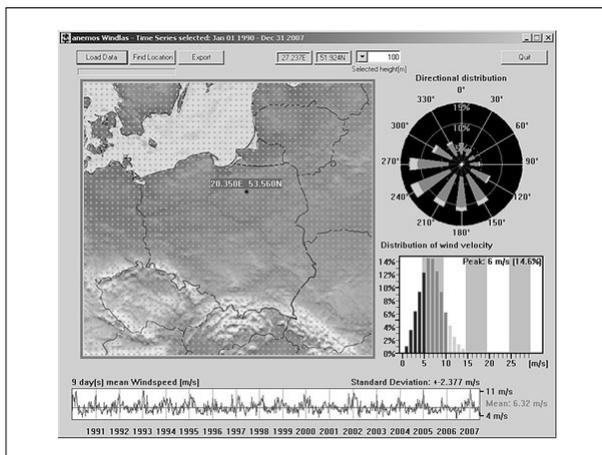


그림 5. Screenshot of anemos WINDLAS.

있다. 한편 anemos의 서비스는 특히 장기간 풍황자료에 초점을 맞추고 있다. 그림 5는 anemos WINDLAS 작업화면으로 격자지점에 대한 장기간 풍황자료 해석결과를 조회할 수 있다.

AWS Truepower의 windNavigator는 웹 상에서는 30, 60m 지면고도에서의 평균풍속 분포도를 제공하며, 보고서와 함께 전자 데이터는 사용자가 원하는 높이에서의 평균풍속, 평균 풍력밀도, 바람장미, 와이불 계수, 풍력발전기 설치 시 연간에너지생산량 등의 상세정보를 제공한다. 현재 웹사이트에서는 인도, 미국, 캐나다 지역에 대해서만 평균풍속 지도를 서비스하고 있다.

3TIER의 FirstLook은 웹 상에서는 20, 50, 80m 지면고도에서의 연평균풍속을 조회할 수 있으며, 보고서에는 그림 6과 같이 월별, 시간별 평균풍속 변동 및 에너지생산량 등의 예측정보가 포함된다.

### 3.3 다운로드 자료형식과 가격

AL-PRO의 GWS MESO의 경우 30km×30km 단위영역에 대한 계산결과를 GWS-Viewer 전용 GIS(Geographical Information System) 자료형식인 GWS와 구글어스(Google Earth) 자료형식인 KMZ로 제공한다. 2km 해상도 GWS MESO의 단위영역 제작단가는 €390이고 해석지점에 대한 풍황통계정보만을 제공받는 GWS WINDNODE는 €65, 200m 해상도의 GWS MICRO는 단위영역이 20km×20km이며 제작단가는 €2,900이다.

anemos의 경우에는 웹포탈 기반의 상용서비스를 시작하지 않고 있기 때문에 자료 및 서비스 가격은 직접 문의해야 한다.

AWS Truepower는 지면고도 30, 60, 80, 100m의 해석결과를 담은 PDF 보고서 및 ESRI ArcGIS 래스터(raster) 파일을 결과물로 제공한다. GIS 주제도 파일에는 각 지면고도에서의 평균풍속 월별, 시간별 풍속, 바람장미, 풍속분포 등의 풍황자료와 및 DEM (Digital Elevation Model), 토지피복도, 기초지리정보(철도, 도로, 수계, 공항, 경계파일 등)를 함께 제공한다. 50km×50km 단위영역 해석결과는 PDF 파일만 구입할 경우 \$1,000, GIS 자료세트는 \$2,500(+\$500/추가요소)를 지불해야 한다. AWS Truepower는 3가지 버전의 보고서를 제공하는데, Site Surveyor는 사용자가 풍력단지를

건설하기 전에 우선순위를 선정하기 위함이며, Site Analyst와 Site Analyst Pro는 풍력발전기 위치선정을 위한 상세 보고서이다. 각각의 가격은 격자점을 기준으로 \$525, \$1,400 그리고 \$2,100이다.

3TIER는 특별 요청에 의해 GIS 주제도를 판매하며 격자점 정보를 제공하는 FirstLook Wind Standard Report에는 월별 풍속, 풍력밀도, 풍향, 와이블 계수 및 에너지생산량 등 해석결과를 PDF 파일로 제공한다. Standard 보고서는 지점당 \$1,000이며 시간별 변화특성과 CSV 파일을 추가로 제공하는 Professional 보고서는 \$2,500로 상당한 가격차이가 난다.

#### 4. 종합검토

풍력사업이 국제적 비즈니스의 유망분야로 주목받기 시작하면서, 이에 보조를 맞추어 풍력발전 단지개발 사업타당성의 사전평가에 필요한 기초자료인 바람지도 등 풍력자원 솔루션을 제공하는 전문건설팅사의 비중도 커지고 있다.

이러한 시점에 본 기고에서는 전세계를 대상으로 바람지도 솔루션을 제공하는 주요 3개사의 서비스 내용을 검토하였다. 각 건설팅사의 바람지도 서비스 내용을 종합적으로 비교한 표 1을 보면, 중규모 수치기상모델을 이용하여 수km 해상도급의 바람지도를 작성하고 이를 이용하여 선형이론모델 또는 전산유동해석 모델로 200m 이하 해상도급의 국소배치 바람지도로 상세화하는 방법을 공통으로 사용하고 있으며, 관심영역의 지도자료 및 관심지점의 격자자료 두 가지 형식으로 해석결과를 제공하고 있다. 그림 6은 3TIER에서 판매하는 FirstLook 보고서의 예제이다.

우리나라는 풍력보급 활성화를 위하여 한국에너지기술연구원에서 고해상도 국가바람지도를 웹서비스(<http://kredc.kier.re.kr>)

표 1. Comparison of wind mapping service contents

Company	Mapping method	Map resolution	Extraction height	Download format
AL-PRO	NWP, Linear model, CFD	2km, 200m	60, 120m	PDF, GWS, KMZ
AWS Truepower	NWP, Linear model	2.5km, 200m	30, 60m	PDF, GIS
3TIER	NWP	5km	20, 50, 80m	CSV, GIS, PDF, KMZ

하고 있으며, 정부기관 관계자, 주요 발전회사 및 유관 연구자에게는 적절한 행정절차를 거쳐 핵심자료까지도 무상으로 제공하고 있다. 즉, 남한 육·해상 전영역의 평균풍속, 평균풍력밀도, 공기밀도, 바람등급, 풍속변동, 와이블 계수, 유의파고, 유의파주기 등 20여 주제도 및 그림 7에 예시한 1시간 간격 1~5년간의 시계열 격자점 해석자료 등이다. 물론 상용 서비스는 조회, 검색 등이 편리하며 최종 결과물도 디자인된 보고서 형식으로 제공되는 등 사용 편의성은 높지만 상당한 비

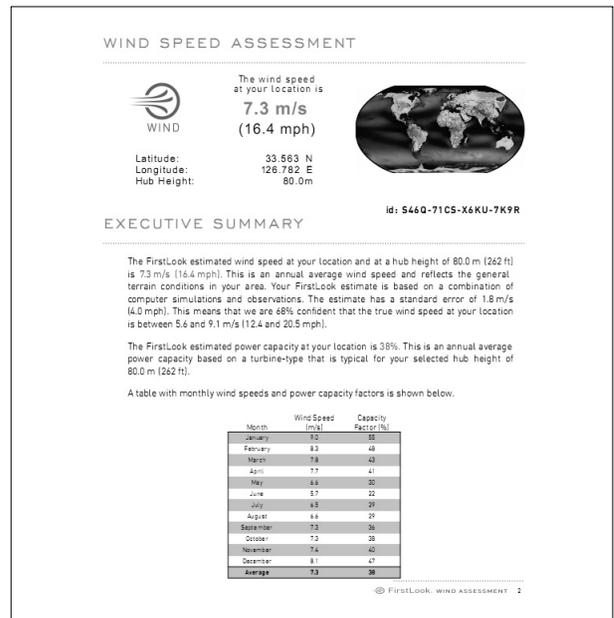


그림 6. Example of FirstLook Wind Report of 3TIER at Walryong site in Jejudo.

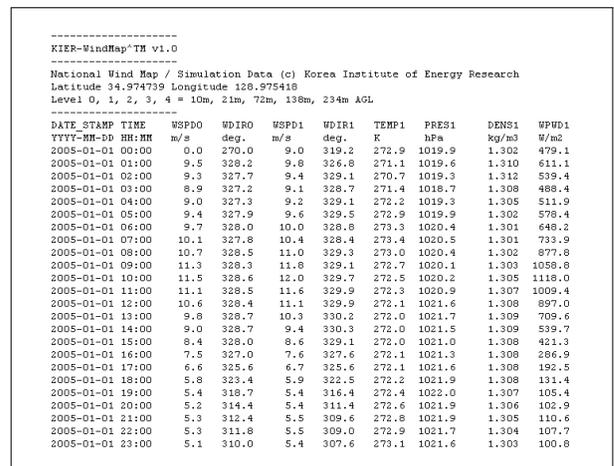


그림 7. Example of KIER-WindMap site data.

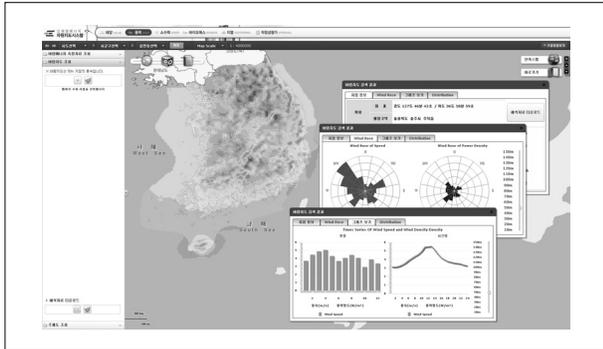


그림 8. Example of Korea Renewable Energy Resource Data Center - Korea Wind Map.

용을 지불하여야 한다. 그럼에도 불구하고 무상으로 제공되는 한국에너지기술연구원 바람지도의 자료분량 및 자료품질은 오히려 해외 컨설팅사의 고가 유료정보에 비하여 월등히 우수하다고 판단된다.<sup>(1)</sup> 그 이유는 우리나라의 조건에서 필수적으로 반영되어야 할 풍력자원 해석기술을 직접 개발하여 적용하였고<sup>(6-9)</sup> 각종 신뢰도 검증과정을 거쳤기 때문이다.<sup>(2,10,11)</sup>

이러한 측면에서 한국에너지기술연구원 신재생에너지 자원지도 서비스를 통한 풍력자원 정보의 무상 제공에 따른 기회비용 절감효과 및 사회적 기여도는 매우 크다고 사료된다(그림 8). 그렇지만 해외 바람지도 서비스 현황에 대한 벤치마크를 통하여 한국에너지기술연구원의 국가바람지도 서비스 콘텐츠의 품질 및 활용도를 지속적으로 향상시킴으로써 적극적으로 국내 풍력보급을 지원할 계획이다.

## 5. 결론

전세계 바람지도를 서비스하는 해외 풍력자원 전문컨설팅사에 대한 종합평가 및 우리나라 국가바람지도와의 비교로부터 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 바람지도 작성법: 수km급 공간해상도의 광역바람지도는 NCAR/NCEP 재해석자료를 경계조건으로 사용하여 중규모 수치기상모델로 작성한다. 수백m급 국소바람지도는 상기 해석결과를 이용하여 국지규모의 영역에 대해 작성한다.
- (2) 바람지도 해석기간: 평균적인 기상통계특성을 갖는 TMY

1년만으로 바람지도를 작성할 경우 활용측면에서 많은 제약이 따른다. 이에 실측자료와의 비교검증, 장기변동성 평가 등 다양한 풍력자원평가를 위해 장기간 시계열 수치모의를 수행하여 다년간의 시계열 바람지도를 작성하는 것이 일반적이다.

- (3) 바람지도 신뢰도: 대부분의 바람지도는 기상관측소 관측자료와의 비교를 통하여 검증하였으나 우리나라와 같은 복잡지형에서는 이러한 방식의 신뢰도는 매우 낮을 수밖에 없다. 따라서 해외 컨설팅사에서 서비스하는 우리나라 바람지도의 신뢰도는 높지 않다고 판단된다.
- (4) 한국에너지기술연구원에서 구축한 국가바람지도는 1km급 공간해상도를 가지며 풍력자원평가를 위한 풍황탑 계측자료와의 비교검증에 의해 신뢰도가 확인되었기에 해외 컨설팅사가 제공하는 바람지도에 비하여 정확도가 월등히 높다고 평가된다.

## 후 기

본 연구는 한국에너지기술연구원 부처임무사업의 일환으로 수행되었습니다.

## References

- [1] 김현구, 황효정, 2009, "해외사례 분석을 통한 국가바람지도 웹서비스 전략수립", 한국신재생에너지학회지, Vol. 5, No. 4, pp. 3-10.
- [2] 이순환, 이화운, 김동혁, 김민정, 김현구, 2009, "한반도 풍력자원지도의 공간해상도가 풍력자원 예측 정확도에 미치는 영향에 관한 수치연구", 한국환경과학회지, Vol. 18, No. 8, pp. 885-897.
- [3] 김현구, 2009, "국가바람지도(National Wind Atlas)", 설비저널, Vol. 38, No. 7, pp. 1-7.
- [4] M. Brower, J.W. Zack, M. Bailey, M.N. Schwartz, D.L. Elliott, 2004, "Mesoscale modeling as a tool for wind resource assessment and mapping", 14th Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society.
- [5] 3TIER, 2009, The FirstLook Global Wind Dataset: Annual Mean Validation, 10p.

- [6] 이순환, 김민정, 이화운, 2007, “국지규모 풍력에너지 평가를 위한 기상 관측 자료의 영향 반경 특성”, 한국대기환경학회지, Vol. 23, No. 5, pp. 585-595.
- [7] Lee, S.H., Kim, D.H., Lee, H.W., 2008, “Satellite-based assessment of the impact of sea-surface winds on regional atmospheric circulations over the Korean Peninsula”, International Journal of Remote Sensing, Vol. 29, No. 2, pp. 331-354.
- [8] 정우식, 이화운, 박종길, 김현구, 김은별, 최현정, 김동혁, 김민정, 2009, “남한지역 풍력자원 평가 및 바람지도 구축을 위한 바람권역 분류”, 한국환경과학회지, Vol. 18, No. 8, pp. 899-901.
- [9] 이화운, 차영민, 이순환, 김동혁, 2010, “고해상도 해수면온도자료가 한반도 남동해안풍력자원 수치모의에 미치는 영향”, 한국환경과학회지, Vol. 19, No. 2, pp. 171-184.
- [10] 이순환, 이화운, 김동혁, 김현구, 2007, “한반도 풍력자원 평가를 위한 초기 공간해상도와 위성자료 동화의 관계 분석”, 한국대기환경학회지, Vol. 23, No. 6, pp. 653-665.
- [11] 김현구, 황효정, 이화운, 김동혁, 김덕진, 2009, “위성영상 해상풍 측출에 의한 수치바람모의 검증”, 한국환경과학회지, Vol. 18, No. 8, pp. 847-855.

**김 현 구**



1997년 포항공과대학교 기계공학과 공학박사  
 1998년 미국 아이오와대학교 IIHR 연구원  
 2000년 포항산업과학연구원 책임연구원  
 2005년 한국에너지기술연구원 책임연구원

현재 한국에너지기술연구원 풍력연구센터  
 (E-mail : hyungoo@kier.re.kr)

**황 효 정**



2006년 군산대학교 해양시스템공학과 공학사  
 2008년 군산대학교 해양산업공학과 공학석사  
 2008년 한국에너지기술연구원 위촉연구원  
 2010년 우림텍 지리정보팀장

현재 우림텍 지리정보팀장  
 (E-mail : glayaki@naver.com)