

남극 세종기지의 전산유동해석에 의한 풍력자원평가

김 석우¹⁾, 김 현구²⁾

Wind Resource Assessment of the Antarctic King Sejong Station by Computational Flow Analysis

Seok-Woo Kim, Hyun-Goo Kim

Key words : King Sejong Station(세종기지), Computational Flow Analysis(전산유동해석), Micrositing(국소배치), Wind Resource Assessment(풍력자원평가)

Abstract : In accordance with Madrid and Kyoto Protocols, a 10kW wind turbine installed about 625m away from the King Sejong Station in the Antarctica has been in operation successfully. The current location of the wind turbine has different geographic surroundings from the previous candidate site considered in 2005 and that makes re-evaluation of wind resource at the current site including geographic effects necessary. Especially, strong wind flow derived by steep and complex terrain is dominant in the Antarctica so that computational flow analysis is required. The wind rose measured at the previous and current installation location are identical with strong meteorological correlation but prevailing directions of wind power density are different because of local wind acceleration due to complex terrain. Numerical analysis explains which effects brings this discordance between the two sites, and a design guideline required for additional wind turbine installation has been secured.

1. 서론

남극 세종기지(62°13'S, 58°47'W)는 1988년에 남극 반도와 평행하게 발달한 남셰틀랜드군도(South Shetland Islands) 맥스웰만(Maxwell Bay)의 킹조지섬(King George Island) 연안에 건설되었으며 연구원이 상주하며 다양한 극지연구를 수행해오고 있다.

남극 환경보호를 목적으로 체결된 포괄적인 국제 협약인 마드리드 의정서(Madrid Protocol)에 의거하여 현재 대다수 국가의 남극기지에서는 청정에너지 원인 풍력발전을 적극적으로 도입, 확대해나가고 있다. 이는 유류수송 선박사고에 의한 해양오염, 저장 과정에서의 토양오염, 연소과정에서의 대기오염을 제거하기 위한 노력의 일환이다.

이러한 배경 하에 세종기지에 풍력발전을 도입하고자 한국에너지기술연구원에서는 기상관측탑 인근 지역에 대한 국소배치(micrositing)를 실시하였으며¹⁾, 2006년 2월에는 15m 타워에 10kW급 소형풍력발전기를 설치하고 극한환경에서의 실증운전을 성공적으로 수행함으로써 에너지원으로서의 활용가치를 입증하였다.²⁾

그런데 세종기지 소형풍력발전기의 최종 설치 위치는 최초 설계지점인 세종기지 기상관측탑(MAST)

인근 부두 옆으로부터 세종기지에서 해안을 따라 동쪽으로 625m 떨어진 창고동 옆(KIER)으로 변경되었다(Fig. 1 참조). 극지환경 특성 상 풍력발전기 블레이드(blade)에 생성된 결빙이 고속으로 탈빙 될 경우, 최초 설계지점에서는 인근의 유류 저장탱크 등 시설물과 작업인력에게 위험요소가 될 수 있다는 판단 하에 설치위치를 변경하게 된 것이다. 따라서 설치위치 및 풍력발전기 용량 변경에 따른 풍력자원 재평가가 필요하게 되었다.

본 논문에서는 남극 세종기지의 풍력발전기 설치 지점 및 용량변경에 따른 풍력자원 재평가에 대하여 소개하고자 한다. 특히 경사가 급한 복잡지형(complex terrain)에서는 선형해석법의 예측오차가 클 것으로 예상되는 바, 전산유동해석을 수행하여 지형적 요인에 의해 형성되는 풍환경 특성을 정확히 파악함으로써 향후 풍력발전기 추가설치 시 필요한 설계 기준을 확보하고자 한다.

-
- 1) 한국에너지기술연구원 풍력발전연구단
E-mail : wemins@kier.re.kr
Tel : (042)860-3568 Fax : (042)860-3543
 - 2) 한국에너지기술연구원 풍력발전연구단
E-mail : hyungoo@kier.re.kr
Tel : (042)860-3376 Fax : (042)860-3543

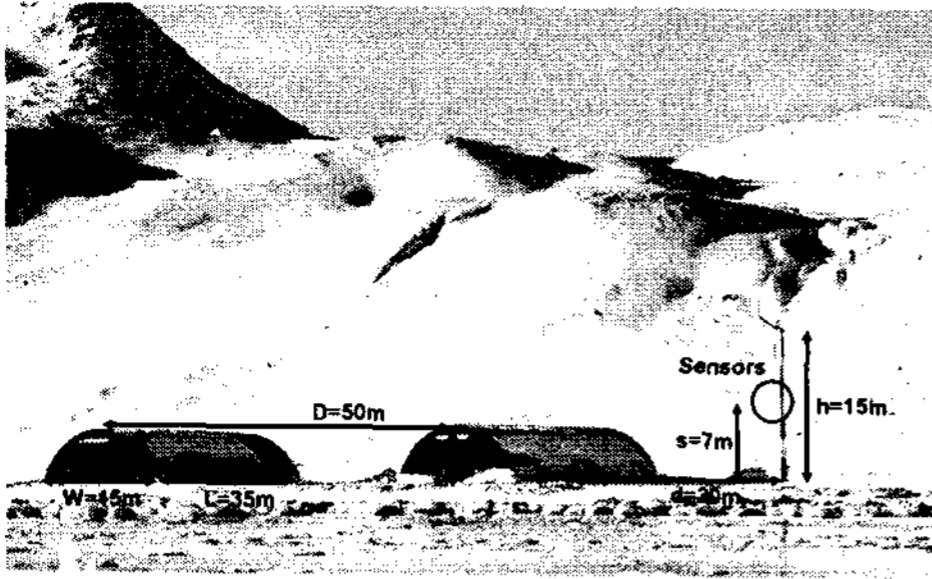
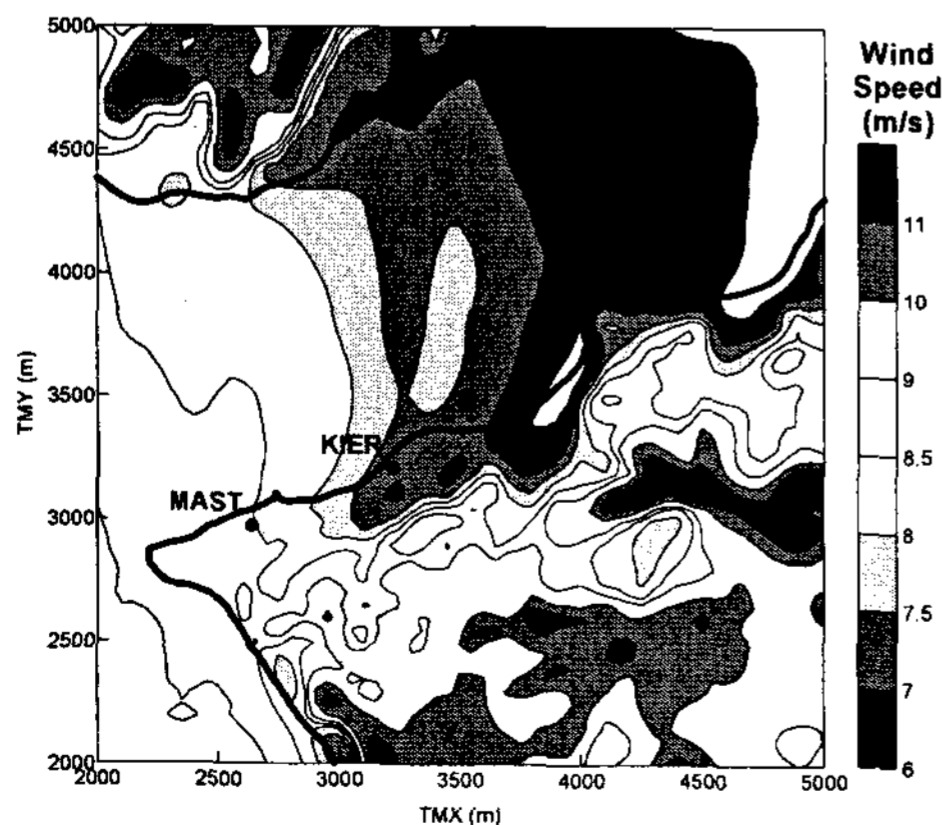


Fig. 1 Landscape around the wind turbine installation site at the King Sejong Station

2. 세종기지 풍력자원평가

본 연구에서는 복잡지형 내 풍환경 분석을 위하여 전산유동해석 프로그램인 WindSim을 사용하였다. 대기유동의 지배방정식인 나비에-스톡스(Navier-Stokes) 방정식의 유한체적법 수치해석을 위해 격자계의존성(grid dependency)을 확인하여 적절하게 격자계(계산영역 5km x 5km; 격자수 140x130x25)를 구성하였다. 또한 난류유동장 해석을 위하여 $k-\epsilon$ 난류모델(turbulence model)을 채택하였다. 참고로 대상지역은 연평균풍속 8m/s 이상의 강풍이 일정하게 유지되므로 중립대기를 가정하였다. 그러나 극지 활강바람의 발생원인은 냉각효과이므로 대기안정도의 영향에 대해서는 향후 보다 면밀한 검토가 필요할 것으로 사료된다.

관측기간 전체에 대한 종합적 풍력자원평가를 위하여 작성한 풍속 분포도(또는 바람지도; wind map)는 Picture 1과 같다. 풍속 분포도는 30도 간격의 12 풍향에 대해 개별적으로 3차원 바람장을 전산유동해석한 후 설치지점인 KIER에서 관측된 풍향빈도를 가중치로 적용하여 개별결과를 중첩하는 SDD(Statistical Dynamic Downscaling) 방법을 적용하여 작성하였다. 참고로 풍속 분포도의 작성 높이는 설치된 10kW 풍력발전기의 허브(hub) 높이인 15m이다.



Picture. 1 Wind speed distribution around the King Sejong Station predicted by WindSim

측정자료 및 풍속 분포도에 의한 풍력밀도의 계산결과로부터 확인한 바에 의하면, 동풍계열의 풍력밀도는 두 지점 간에 큰 차이가 없었으나 북풍계열은 625m라는 짧은 이격거리에도 불구하고 국지지형에 의한 영향으로 큰 차이가 발생하여 MAST 지점 대비 KIER 지점의 평균풍속은 8.5m/s에서 7.7m/s로 9% 감소되었고 풍력밀도는 720W/m²에서 560W/m²으로 22%가 감소된 것으로 분석되었다. 이러한 차이는 에너지 수급 측면에서 상당한 영향을 미칠 수 있는 수치이지만 풍력발전기와 관련된 안전성 측면에서 현재의 위치에 설치된 것이다. 한편 KIER 지점의 남쪽은 배후의 급경사 지형에 의해 북서 탁월풍이 차폐됨에 따라 Picture 1에서 확인되듯이 풍속 감속영역이 뚜렷하게 나타나고 있다.

3. 결론

남극 세종기지의 청정에너지원 확보를 위해 도입된 소형 풍력발전기의 설치위치가 안전성을 고려하여 세종기지 인근에서 창고동 인근으로 설계 변경됨에 따라 풍력자원 재평가를 실시하였으며, 변경된 설치지점은 최초 설계지점에 비하여 평균 풍속은 9%, 풍력밀도는 22% 낮은 수준인 것으로 나타났다. 연안을 따라 불과 625m 떨어져 있으며 풍향 출현빈도 등 기상학적 상관성이 매우 높음에도 불구하고 두 설계지점의 풍력자원이 상이하게 나타나는 원인을 3차원 난류유동장의 전산유동해석을 통하여 규명하였으며, 향후 풍력발전기 추가 설치 시 위치선정 지침으로 활용하기 위하여 국소 바람지도를 작성하였다.

현재 풍력발전기는 유지보수 및 전력연계 등의 이유로 돔형(dome) 건물 인근에 설치되었기에 건물의 영향이 있으리라 예상된다. 향후 풍력발전기 추가설치 또는 위치변경 시에는 건물구조물에 의한 영향을 전산유동해석으로 정확히 규명하여 풍력밀도 주풍향이 차단되지 않도록 설계하여야 할 것으로 사료된다.

후 기

본 연구는 공공기술연구회 연구비 지원으로 수행되었기에 관계기관 및 관계자 여러분께 사의를 표합니다. 또한 세종기지 기상관측자료를 제공하여 주신 극지연구소의 이방용 박사님, 최태진 박사님께 감사드립니다.

References

- [1] 배재성, 장문석, 주영철, 윤정은, 경남호, 2005. "남극 세종기지의 풍력자원 분석", 한국태양에너지학회 논문집, Vol. 25, No. 3, pp. 53-60.
- [2] 김석우, 경남호, 2006. "극한환경에서의 소형 풍력발전 실증운전", 한국태양에너지학회 논문집, Vol. 26, No. 4, pp. 25-30.