

# 해상풍력발전의 개요 및 전망

이영호<sup>+</sup> · 김범석<sup>++</sup>

## Outline and Outlook of the Offshore Wind Power Generation

YoungHo Lee<sup>+</sup> and BeomSeok Kim<sup>++</sup>

**Key words :** Offshore wind power generation(해상풍력발전), Wind farm(풍력단지), Outlook(전망), Outline(개요)

### 1. 풍력발전 기술

#### 1.1 풍력발전의 대형화

현대적인 의미의 풍력발전기는 덴마크의 Poul La Cour에 의하여 1891년에 만들어진 것이 최초이며, 1903년에는 덴마크풍력발전회사가 세계최초로 설립되었다. 현존하는 덴마크의 3대 업체가 풍력발전기를 본격적으로 생산하기 시작한 것은 1979년이며, 이전까지는 농업용 수송기계를 제작하거나, 물탱크제작을 전문으로 하거나, 관개 및 급수설비를 제작하여 왔다. 이후, 다양한 형태의 풍력발전기가 이들 업체를 중심으로 개발되어 1981년에는 날개직경 15m, 최대출력 55kW의 풍력발전기가 덴마크의 VESTAS사로부터 출시되었다. 이후 지속적으로 대형화를 위한 기술개발과 시장 확대정책에 힘입어서 2000년을 전후하여 1,000kW급이 출시되어 MW시대가 열리게 되었다(Fig.1 참조). 지금은 날개직경이 110m를 넘고 1기당 최대출력이 5,000kW에 이르는 소위 “멀티메가와트”의 대형기가 만들어지고 있으며 기술적으로는 10,000kW의 초대형 해상풍력발전기도 수년내에 가능한 시점에 와 있다. 따라서 현대의 풍력발전기술의 키워드는 풍력발전기의 대형화이며, 이를 바탕으로 한 발전프로젝트의 대형화로 볼 수 있다. 이와 같이 대형기를 선호하게 된 배경에는 전력회사의 영향이 크다. 즉, 화력이나 원자력발전소는 대부분 출력이 수십만kW로 대규모이기 때문에 풍력발전소에도 이와 같은 규모의 경제성을 요구하게 되었고 이에 대응하기 위한 대형기의 개발이 필요하게 되었다. 또한, 이를 집적하여 수용하기 위한 대형 풍력발전단지의 개발이 중요한 과제로 대두되었다. 그중에서도 대형 풍력개발 프로젝트로서 각광을 받고 있는 것이 off-shore wind farm(해상풍력발전단지)이다. 수심 20~30m까지의 해상에 설치되는 풍력발전기는 대형이 적합하며, 현재 유럽에서 5,000kW급이 시운전중이다.



Fig. 1 Inside of the nacelle (Vestas, 3MW class)

이와 같은 대형풍력발전기를 육상에 설치하는 경우에는 전체 무게가 수백톤을 초과함으로써 도로를 이용한 운반이 사실상 어렵다. 특히, 50m를 초과하는 긴 풍력날개를 운반하기 위하여는 직선도로의 확보가 선결과제로서 이의 해결이 현실적으로 어려운 경우가 많다. 그러나, 해상의 경우에는 임해지역에서 만들어진 대형 부품들을 선박이나 바지선에 탑재하여 이송과 설치가 가능함으로써 운반상의 문제점을 해결할 수 있는 장점이 있다.

#### 1.2 현대의 풍력발전산업

현재의 전세계 풍력발전기의 시장은 대기업화되어 신규기업의 시장 참여가 활발하지 못하다. 1980년대 초까지 많은 풍력발전기 제조업체가 산재하였던 덴마크에서도 현재는 소수 기업의 독과점 형태가 되었다. 이러한 과정에서 다수의 업체가 소멸되었으며, 합병뿐만 아니라 치열한 경쟁의 와중에서 도산되거나 중요한 기술자의 이직에 의해 사라져 버린 경우가 허다하였다. 현대의 풍력발전 산업은 크게 “풍력발전기시장”과 풍력에 의해 발전된 “전력시장”으로 크게 구분될 수가 있다.

풍력발전기의 수요는 풍력에 의해 만들어진 전력시장의 상황에 크게 의존하며, 전력시장의 공급자 즉, 풍력발전소는 풍력발전기의 수요처이므로 이들 두 시장간에는 밀접한 관련이 있다고 할 수 있다. 풍력산업에 대한 관심이 지금과 같이 급증한 이유로서 두 가지를 들 수가 있을 것이다. 우선, 말할 것도 없이 지구규모로 발생하는 환경문제의 심각성이다. 지구온난화에 대한 문제는 이미 현실적인 것으로서 이를 방지하기 위한 근본적인 대책이 세계적으로 요구되고 있다. 그중 한 가지가 자연에너지와 같은 재생가능 에너지의 활용이며, 풍력발전은 경제적인 규모로의 실현이 가능함으로써 보급이 크게 이루어져 왔다. 지역적으로는 EU의 독일, 스페인, 그리고 덴마크가 중심적인 역할을 하고 있다. 또 다른 이유로서는 인도, 중국내륙부, 아프리카, 남미 등에서와 같은 신흥경제권에서의 전력수요를 충족시키기 위한 풍력발전이다. 이들 지역은 발전능력이 크게 부족함에도 불구하고 석유의 수입이 어렵거나, 내륙에 위치함으로써 석유의 수송이 쉽지 않아 화력발전이 어려운 점 때문에 지역 에너지원으로서 풍력이 주목을 받고 있는 것이다. 현재 전세계 풍력발전기는 약 65%가 독일과 스페인에 집중되어 있다. 특히, 독일은 2030년까지 자국 전력생산에서 풍력발전이

<sup>+</sup> 이영호, 한국해양대학교 기계·정보공학부 E-mail:lyh@pivlab.net, Tel: 051)410-4293  
<sup>++</sup> 김범석, 한국해양대학교 기계·정보공학부 유동정보연구실

차지하는 비율을 24%까지 할당하고 다양한 투자촉진책을 시행하고 있다.

## 2. 차세대 풍력발전-해상풍력

### 2.1 해상풍력발전 기술특성

해상풍은 육상풍에 비하여 다음과 같은 특징이 있다. 우선, 해상풍은 거칠기가 작은 해수면 경계층에 의한 영향으로 육상풍에 비하여 풍속이 높고 이는 해안으로부터 거리가 멀어질수록 더욱 커진다. 유럽의 경우 해상풍은 해안으로부터 10km 멀어지면 풍속은 해안보다 약 25% 증가한다고 한다. 발전량은 통상 풍속의 3승에 비례하여 증가한다. 따라서 해상의 풍속이 20% 증가하면 이론적으로는 70%이상의 출력증가를 가져온다.

여러 손실을 감안하면 통상 해상풍력에서는 육상과 비교하여 50%정도의 출력증가를 예상한다. 다음으로 해상에서는 지형의 영향을 받지 않기 때문에 바람의 난류강도가 작음으로서 바람의 에너지밀도가 양호하여 출력변동이나 기계적 피로가 감소한다. 또한, 육상에 비하여 해상은 표면 거칠기가 작기 때문에 중력방향으로의 평균풍속의 증가비율이 커지게 되어 타워를 육상보다 높게 할 필요가 없게 된다. 그리고, 설치시 육상에 비하여 다음과 같은 장점이 있다. 우선 주변에 대한 소음문제를 발생하지 않음으로서 육상에서와 같이 대형기의 블레이드 끝단에서 발생하는 공력소음에 의한 설치거리 등 환경문제를 발생시키지 않는다. 풍력발전기의 수송이나 설치에 선박이나 해양기중기를 이용할 수 있어서 대형기의 설치가 용이하다. 또한, 넓은 영역에서의 이용이 가능하여 대규모 해상발전단지의 조성이 용이하다. 토지사용료가 필요하지 않으며 유럽에서는 어업보상비도 작업보상비정도로 해결된다. 그러나 불리한 점도 있다. 우선, 기초구조물이나 해저 케이블, 고압연계의 변전설비 비용이 증대한다. 그리고 염분이나 고습도 상황에서 설치하기 때문에 방청대책이 필요하다. 다음으로 유지관리를 위하여 발전기에 접근하는 것이 날씨에 따라 좌우됨으로서 기기의 원격조작 기능이 부가되어야 하며 이에 따른 운전, 관리비용이 증가한다. 따라서, 해상풍력발전은 육상풍력발전에 비하여 초기건설비가 증가하기 때문에 발전단가가 높게 된다. 그러나, 풍황조건이 육상에 비하여 양호하고, 발전기의 대형화가 가능하여 생산되는 발전량이 증가함으로써 대규모 해상풍력발전에 의한 발전단가는 육상에 필적할 만큼 차이가 작아지고 있다. 또한 육상에서는 환경문제를 해결하면서 가용할 수 있는 대규모의 단지 조성장소가 많지 않으며, 덴마크와 독일에서 보는 것과 같이 육상풍력발전이 포화상태에 이른 상태에서는 해상으로의 진출이 유일한 대안이 될 수 있다.

### 2.3 우리나라의 현황

우리나라는 삼면이 바다로 둘러싸여 있고, 특히 수심이 낮은 남해와 서해에서 대형 해상풍력발전단지의 조성이 가능하다. 간단히 소요면적을 산출하여 보면 다음과 같다. 향후 1기당 5,000kW의 발전기를 500m간격으로 설치한다고 하면 50만kW의 단지조성에는 가로 5km, 세로 5km의 해상면적이 필요하다.



Fig. 2 덴마크 Nysted 해상풍력발전단지

육지에서 이와 같은 대단위 부지를 확보하는 것은 쉽지 않으며, 결국 풍황조건이 양호한 해상을 잘 선택하면 쉽게 해결될 수가 있다. 대규모 해상풍력발전단지의 조성을 위해서는 우선 국내에서의 정밀한 풍황조사가 선결되어야 한다. 이 데이터에 의하여 경제성 있는 발전단지의 규모가 결정되며, 이어서 제반 환경영향 평가에 따른 항로, 어로구역, 양식장에 대한 피해, 철새 및 수중동물 등에 대한 조사가 이루어지고, 필요시 지역주민에 대한 보상과 홍보가 이루어져서 지역과 함께 혜택을 누릴 수 있는 해상풍력발전 사업의 추진이 필요하다. 한편, 우리나라는 750kW급의 풍력발전기 개발이 완료되어 실증테스트를 거치고 있으며, 2MW급의 개발도 진행되고 있다. 그러나 원천기술의 부재로 핵심기술은 유럽에서 비싼 로열티를 지급하면서도 도입되고 있는 실정이다. 또한, 풍력발전사업에 관심이 있는 발전사업자는 국내에서 기술 개발된 제품을 구입하기 보다는 가격경쟁력이 있는 외국제품을 직수입하여 발전단지를 조성하고 있는 실정이다. 이것은 아직까지 국내대형 풍력발전기가 본격적으로 생산되지 못하고 있기 때문이기도 하나 현재 개발중인 국산제품에 대한 신뢰성이 종합적으로 입증되어야 하는 근본적인 문제가 남아있기 때문이다.

## 3. 결론

우리나라의 조선이나 자동차산업의 발달과정에서 보듯이 기술력이 부족한 일부 핵심부품은 초기에 수입을 하더라도 풍력 발전에 소요되는 타워나 발전기 등 국내제작이 가능한 일부품목은 국내조달하고 날개 등 주요부품업체를 전략적으로 육성할 필요가 있다. 또한, 해외유수업체의 R&D센터를 적극적으로 유치함으로써 핵심기술을 시급히 확보할 필요성이 있다. 이러한 기술개발 로드맵과 함께 해상풍력산업의 조기 진입을 위한 중앙과 지방정부의 지원이 효과적으로 이루어져서 우리나라의 해상풍력발전산업이 적어도 아시아권에서는 주도적인 위치를 빠른 시일내에 점할 수 있도록 하기 위한 정책적인 노력이 요구된다.

### 참고문헌

- [1] Young-Ho LEE, "Strategy for the Offshore Wind Energy in Busan", the 2nd Offshore Wind Energy Forum, Jeju, pp.25~30, 2005