

3. 기술동향

(1) 청정에너지

청정 에너지인 풍력과 태양광 발전현황 Present Status of Wind Energy and Photovoltaic Research as the Clean Energy



김윤해
Y-H Kim

- (사) 한국박용기관학회 편집이사, 평의원
- 한국해양대학교 조선·해양기자재 연구센터 부소장, 해양클린에너지연구단장
- 부산시 지방건설 심의위원
- 한국기계산업진흥회 심의위원
- 대한기계학회 부산지부 편집이사
- 건설교통부 강구조물 심의위원
- E-mail:yunheak@hanara.kmaritime.ac.kr

1. 머리말

2001년도의 3월 18일부터 3월 23일까지 일본 풍력관련 업체 및 풍력단지 방문, 3월 27일부터 4월 6일까지의 기간에 걸쳐 프랑스, 네덜란드, 덴마크의 풍력발전과 관련한 업체 및 발전소, 그리고 이스라엘의 태양광 발전에 관계가 있는 업체 및 연구소 등을 방문했다. 한국해양대학교에서는 대체 에너지의 중요성을 인식하여 풍력과 태양광을 이용한 복합발전시스템을 구축함으로써 클린에너지를 학교기숙사의 일부 전원으로 공급하기 위해 연구를 진행하고 있다. 또 한편으로는 선박용 풍력/태양광 복합발전시스템에 관한 연구를 수행하여, 선박에 풍력/태양광 복합발전에 의한 클린에너지 사용을 목표로도 하고 있다. 풍력발전은 모두가 잘 알고 있는 바와 같이 공기역학을 이용한 공력설계 부문, 고효율 발전, 제어감시, 전력변환시스템 개발을 위한 전기부품 및 경량·고강도의 터빈 블레이드 설계 및 성형과 타워설계를 위한 신소재 부문

의 3가지로 나누어진다.

최근, 기후변화 협약 및 각종 국제 협약의 규제 내용이 되고 있는 지구 온난화에 대해 육상 산업 시설뿐만 아니라 대양을 향해중인 선박에도 점차 적용이 강화되고 있는 실정이다. 화석연료의 연소 과정에서 발생하는 CO₂, NO_x, SO_x, 등의 공해물질은 환경의 직접적인 오염뿐만 아니라 지구의 온난화 현상 등 심각한 공해 문제를 야기하고 있으므로 이를 저감하기 위해서 2002년부터는 의무규정으로 국제협약에서 요구하고 있다.

한편, 경제적인 측면에서의 필요성으로는 현재 부존자원이 절대적으로 부족한 국내 실정에 비추어 본다면, 수입원유 및 석탄에너지의 사용량을 획기적으로 줄일 수 있는 계기가 될 것이며, 이는 2000년 월드워치 연구소가 낸 보고서 “중대한 조짐들 2000”에서도 풍력에너지의 성장속도가 다른 대체에너지보다 월등히 많아 약 73%정도의 성장률을 보이고 있는 데서도 알 수 있으며, 이는 지난해 휴대용 전화기 사업의 전세계 성장률과 맞먹는

성장률이라고 할 수 있다.

국내외적으로 점차 증가하고 있는 대체에너지로서의 풍력발전에 발맞추어 국내에서도 산업자원부가 에너지·자원관련 중점시책을 발표함으로써 그동안 기술개발에 적지 않은 영향을 주었던 제도적인 지원정책이 마련됨으로써 기술개발의 필요성 및 당위성이 한층 더 높아졌다고 할 수 있다.

본 기술동향은 풍력/태양광 발전에 관한 국내·외관련자료조사 보고서 겸 최근의 동향에 대해 종합한 것이다.

2. 국외의 풍력발전기 보급 및 기술개발 정책 현황

세계적으로는 1996년 말 약 6,056MW 용량의 풍력발전기가 설치 운행 중에 있으며, 풍력 발전에 의한 연간 전력생산량도 약 60억 kWh 이상으로서 비약적인 신장세를 기록하고 있다. 1996년 한해 동안에도 약 1,297MW용량의 풍력발전기가 새로 설치되었고, 독일, 인도 및 영국을 위주로 신규 보급이 활발히 이루어지고 있다. 인도의 경우에는 1996년도까지 820MW 규모의 풍력단지를 건설하였고, 중국은 79MW규모를 갖고 있는 등 보급률이 급속도로 증가하고 있다. 현재, 가장 많은 풍력발전기가 운전되고 있는 국가는 역시 미국으로서 캘리포니아주 내 대규모 풍력단지를 중심으로 1993년에는 연간 약 30억kWh의 전력을 생산하여 캘리포니아주 전체 전력수요의 1.2%정도를 감당하였고, 1994년에는 약 35억 kWh의 전력을 생산하였다.

유럽지역은 1996년도 한해동안 약 979MW의 용량이 증가되어 현재 총 용량 약 1,750MW 정도의 풍력발전기가 운전 중에 있으며, 이중에 독일이 1,546MW(1996년 12월 현재)로서 가장 많은 풍력발전 용량을 보유하고 있는 유럽 국가로서 나타나고 있다.

발전용량은 발전기의 출력을 높일 수 있는 발전 시스템을 개발하는 것이다. 발전기 개발에 관련

된 연구는 재료분야의 발전과 더불어 고효율, 저중량의 발전시스템 개발에 대한 연구를 상당히 수행하여 MW급 발전기를 실용화하고 있는 추세이다.

제어감시시스템은 기존의 시퀀스 방식에서 탈피하여, 시퀀스 방식, 통신모뎀 방식과 인터넷 방식을 혼합한 하이브리드 방식의 제어감시시스템을 실용화하고 있는 추세이다. 이러한 방식이 완벽히 실용화되면 풍력발전에 의해 생산되는 모든 전력을 실시간으로 제어감시 할 수 있는 글로벌(global)형 제어감시시스템을 구축할 수 있다.

현재 미국은 세계에서 가장 큰 풍력산업 규모를 유지하고 있으며, 1994년도를 기준으로 전체 설치 용량 및 발전량은 각각 1,717MW와 35억kWh에 이르고 있다. 그 중에서 캘리포니아주내의 5개의 큰 풍력단지에서는 약 16,000대의 시스템이 운전 중에 있으며, 약 30억kWh의 전력을 생산하고 있다. 이중 샌프란시스코의 동쪽에 위치한 Altamont Pass, 로스엔젤레스의 북쪽에 위치한 Tehachapi Pass, 로스엔젤레스의 동쪽에 위치한 San Gorgonipo Pass 지역에 가장 많은 풍력발전 시스템이 보급되어 있으며 이 외에 San Joaquin과 Sacramento강 근처의 Solano 지방과 샌프란시스코의 남동쪽에 위치한 Pacheco Pass에도 풍력발전 단지가 조성되어 있다. 이와 같이 캘리포니아주에서 풍력발전 단지 조성이 활발히 이루어진 요인은 다음과 같다.

- 샌프란시스코나 로스엔젤레스와 같은 대도시 근교에 풍력자원이 풍부한 광활한 대지가 위치
- 연방정부의 집중적인 세제 감면 혜택
- 풍력발전 시스템의 보급에 투자하는 투자자의 수요증가
- 전력회사에서는 풍력발전 된 전력을 의무적으로 매입

덴마크 역시 20세기 초반부터 농업용으로 풍력기기를 활발히 이용하기 시작하였고, 1950년도부

터 계통연계 발전용 200kW 풍력발전기(DEDSE 200kW)를 개발 시도 하였으나, 본격적으로는 석유 파동 시기(1973-1974)부터 기술개발이 진행되었다.

1976년도부터 연구개발 프로그램이 시작되었고, 많은 국가적인 장려정책과 지원협정이 풍력단지를 소유한 기관(개인)과 전력회사간에 체결되어 양적인 팽창이 이루어지고 있다. 1979년 이전에는 약 200-300기의 소형(10-15kW) 풍력발전기가 설치 운전되었으나, 그 이후 다양한 용량의 풍력발전기가 개발되어 1981년도에는 55kW 용량의 발전기가 개발되어 주종을 이루고 있다. 그 이후 계속된 개발로 1993년도에는 250-300kW의 풍력발전기가 주종을 이루며 덴마크 전체 전력수요의 3%정도를 풍력발전으로 공급할 정도로 비약적인 발전을 거듭 하였고, 1996년 기준으로 총 용량 835MW를 이루며 연간 12억kWh정도의 전력을 생산해 내고 있다. 이의 배경에는 국가적인 차원에서 9.5센트/kWh의 발전단가를 보장해 주고, 부가세 및 에너지세(Energy Tax)의 감면 등의 혜택이 큰 역할을 했다고 볼 수 있으며, 덴마크는 자국내 시장뿐만 아니라 해외시장도 활발히 개척하여 1994년도 기준으로 전 세계 설비용량의 52%정도를 차지할 정도로 기술적인 안정단계에 진입한 것으로 평가되고 있다.

이외에도 덴마크는 세계 최초로 국가적인 차원에서 1990년도에 에너지성(Danish Ministry of Energy)을 중심으로 하는 ENERGY 2000이라는 장기적인 에너지 추진정책을 추진하여 Toronto회의에 대처하고 있는 국가이기도 하다. ENERGY 2000계획의 주된 내용은 2000년도까지 전체 전력수요의 10% 정도를 풍력발전에 의해 생산하는 목표로 매년간 70-110MW 정도의 추가 단지를 건설하며, 2000년도까지 단일기로 800-1,350kW 정도의 풍력발전기를 개발하는 계획으로서, 이 계획 후에는 1,000MW의 설비용량을 지니게 될 것이다.

그리고, 특이한 것은 덴마크는 국토가 좁은 나라인 관계로 새로운 풍력단지의 개발 대상을 바다로

까지 확대하고 있다는 것이다. 즉, 동부해안의 풍부한 풍력자원을 활용하여 해안가에서 4km 바다로 진출하여 6m의 수심에 450kW 풍력발전기 11대를 건설함으로써 약 30% 정도 생산량의 증가를 가져온 Vindeby 풍력단지는 국토가 좁은 우리 나라 같은 상황에서는 눈여겨 볼만한 상황이라 할 수 있다.

불과 5년 전만 해도 60 MW정도의 설비용량에 그쳤던 독일도 1990년 신발전기술에 의한 전력을 의무적으로 매입토록 규정한 법률 통과와 1991년도부터 2억4천만 달러가 투자되는 250MW 풍력 프로젝트를 시작함으로써 1994년에는 전세계 추가설치된 용량의 65%가 독일에 설치될 정도로 보급이 활발히 이루어지고 있다. 따라서, 1997년도 약 5,193여대의 풍력발전기가 운전 중에 있으며, 설비용량은 2,081MW으로서 연간 3.954GWh이상의 전력을 생산해 내고 있다. 역시 이런 비약적인 증가에는 국가적으로 발전전력 kWh 당 4센트의 지원금 보조와 전력회사의 11센트/kWh의 전력 구입단가가 보장되는 상황이 크게 기여하였다 할 수 있다.

이후로도 독일은 매년 200-250MW의 추가설치를 금세기 말까지 계획하고 있어 2005년도까지 4,000MW용량을 추가할 계획을 적극적으로 추진 중에 있다.

1989년도에 시작된 NFFO(Non-Fossil Fuel Obligation) 정책에 의해 탄소세가 부과됨으로서, 유럽내에서 가장 많은 풍력자원을 보유하고 있는 영국 내에서도 신 발전기술에 대한 관심이 높아져, 1990년도에 1998년도까지 102.25MW의 신 발전 방식의 설비를 전력회사가 구입하도록 1단계 NFFO계획이 시작되었다. 이후 2단계 NFFO는 1991년부터 시작되어 1998년도까지 추가로 475MW의 설비를 추가 구입토록 의무화되어 2000년도까지 최소한 1,000MW의 설비용량을 갖추려는 목표에 접근하고 있다. 영국은 현재 약 170 MW의 풍력설비를 갖추고 있으며, 1995년도부터 시작된 3단계 NFFO계획에 의거하여 추가로 400MW의 풍력설비를 갖추고 이에 대해 8센트

/kWh 정도의 지원금을 보조하는 정책이 발표되기도 하였으며, 이 NFFO 계획은 2000년도까지 2단계가 더 진행될 것으로 예상되고 있다.

인구가 많고 넓은 지역에 퍼져 살고 있는 중국은 형편상 지역자원에 의한 지역 전원화 문제는 매우 심각하다고 할 수 있다. 따라서, 자연적으로 풍력 발전에 관심이 매우 높게 되어, 1996년도 현재 중국 내의 총 설비 용량은 79MW에 이르며 약 90여대가 운전 중인 계통연계 풍력발전기는 12MW, 약 126,000여대가 운전 중인 독립형은 17MW의 용량을 나타내고 있다. 중국 내 대표적인 풍력단지인 서부지방에 위치한 Dabanchung으로서 금년도에 30MW, 2000년도까지 100MW 규모로 확대시킬 계획을 추진 중에 있고, 중국전체로는 2000년도까지 1,000MW의 설비를 운영할 계획을 추진 중에 있다.

일본은 NEDO주도의 선샤인 계획에 의거하여 1995년도까지 3,000kW의 풍력발전 설비를 갖추려고 계획을 추진하여, 이미 1994년도 말 현재 5,145kW의 설비 보급으로 목표를 초과하였고 금년 말까지 약 6,100kW의 설비가 보급될 전망이며, 2000년도까지 20MW, 2010년도까지 150MW의 설비를 보급할 계획을 추진 중이다.

3. 국내의 풍력발전기 보급 및 개발기술 정책 현황

1987년 대체에너지기술개발 촉진법이 에너지 공급의 취약성 극복과 에너지 자원의 다원화를 도모하여, 장기적으로 에너지 수급안정을 기하고자 하는 목적으로 공포된 이후, 1988년 대체에너지기술개발 기본계획이 수립되었고, 그 중에서 풍력발전 분야에 대해서는 3단계로 계획이 수립되어 2001년도까지 중형급 풍력발전시스템의 상용화와 MW급 풍력발전단지의 건설 및 운영을 목표로 기술개발에 노력하고 있다.

① 기술 개발 현황

전국 64개 기상청 산하 기상관측소, 일부지역의

도서 및 내륙 일부 지역에서 관측된 풍속과 풍향 자료를 이용한 풍력자원 특성 분석이 한국에너지기술연구소에 의해 이미 이루어져, 어느 정도의 풍력 자원량에 대한 판단을 할 수는 있으나, 지역적 조건에 크게 영향을 받는 풍력자원의 특성 때문에 아직 기초자료가 매우 부족한 형편이다.

한편, 신재생에너지에 대한 실용성을 가시적으로 확인하기 위해 1993년도부터 한국에너지기술연구소가 제주 월령에 풍력, 태양광 및 태양열 관련 시설을 설치하여 신재생에너지 시범단지를 조성함으로써, 우리 나라에서도 본격적인 풍력 발전에 의한 발전과 한전선로로의 송전등 획기적인 진기가 마련되었다. 100kW 풍력발전기 1기와 30kW 풍력발전기 2기가 설치된 시범단지인 해, 우리 나라도 풍력발전기를 이용한 실용화에 한 발짝 다가선 것으로 평가 할 수 있다. 그러나, 아직은 풍력 발전에 대한 낮은 인지도와 관련 지원책 및 법규의 미비로 지속적인 민간차원에서 풍력단지의 건설이 이루어지지 못하고 있는 상황이다. 관련 지원책이나 법규는 정부차원에서 마련을 하여야 되겠지만, 기술적으로는 풍력발전기의 계통연계 기술의 신뢰성 확보 또는 계통에 미치는 영향 분석기술등이 시급히 이루어져야 할 것이다.

② 현재의 기술수준

국내에서는 1970년대의 유류 파동 이후 풍력발전 연구를 시작하였는데, 1975년도에는 한국과학기술원(KAIST)에서 경기도 화성군 잇섬에 설치한 2kW급 풍력발전기가 국내 풍력발전기의 효시이며, 1990년대 이전까지 약 20여대의 소형 풍력발전기(1-14kW)가 단위전원공급용으로서 연구개발의 시제품으로 또는 외국으로부터 도입하여 설치되었으나, 지속적인 자원 부족이나 관리 소홀 등의 이유로 대부분 철거되어 뚜렷한 성과를 올리지 못한 상태이다. 그러나, 최근 국내에서도 신뢰성을 이미 확보한 선진외국의 풍력시스템을 도입하여 풍력발전기에 대한 설치 운영 및 개발연구가

진행되고 있는데. 한국에너지기술연구소가 제주 중문에 설치된 국내 최대의 250kW 급과 제주 월령에 설치된 100kW급, 30kW급 풍력발전기의 운전을 통하여 계통연계용 풍력발전기의 운전특성에 대한 연구를 수행하고 있고, 풍력발전기의 성능특성에 대한 각종 측정 및 분석작업도 병행하고 있다.

한편, 한국과학기술연구원에서 20kW급 계통연계용 풍력발전기의 국산화 개발 연구를 수행하고 있으며, 한국화이버(주)에서는 300kW 다리우스형 풍력발전기의 국산화 개발연구를 하였었고, 98년 수평축 500kW급 중형 풍력발전시스템을 개발하였으나 아직까지는 모두 연구개발단계에 머물러 실용화까지는 상당시일이 소요될 전망이다.

현재 국내에 설치 및 시운전 중인 풍력발전기는 다음과 같다.

- 제주도 중문관광단지 250kW('92),
- 월령시범단지 100kW, 30kW 2기 ('95),
- 마라도 50kW('98),
- 구 좌 600kW 2기('97), 660kW 2기, 225kW('98)
- 전남 무안(연구용) 150kW, 50kW('94), 550kW('97), 750kW('99)

한편, 풍력발전에 이용되는 전력시스템 중의 발전기는 대부분 선진국에서 개발한 것을 활용하고 있다. 일부 육상용으로 개발한 것은 중량, 구동특성 등의 문제로 실용화가 되지 못하고 있다. 발전기는 반드시 개발하여야 할 부분이지만 풍력발전용 발전기를 개발하기 위해서는 상당한 연구가 필요한 실정이다. 그러므로 체계적인 자료조사와 실험을 거쳐 풍력발전용 발전기를 개발할 필요가 있다. 전력시스템은 변환기, 전력스위치, 분배기, 저장시스템, 배터리 등을 포함한다. 대부분의 시스템은 설계가 가능하지만 충분한 연구와 실용화 실험 등을 체계적으로 수행한 경험이 없으므로 실용화까지는 상당한 시간이 필요하리라 판단된다. 제어감시시스템 분야도 대부분 선진국 시스템을 활용

하고 있는 추세이다. 일부 기존의 육상용 제어감시 시스템을 활용하고 있지만, 선진국이 실용화하고 있는 원격 화면제어관리시스템의 수준에는 미흡한 수준이다.

4. 풍력 및 태양광 관련 국외지문조사

(1) 미쯔비시 중공업(나가사키) 연구소 방문

금번의 여행에서 현재 일본에서 미국의 캘리포니아에 대부분의 풍차를 수출하고 있는 나가사키의 미쯔비시 중공업을 방문할 수 있는 좋은 기회를 가질 수 있었다. 평소 잘 알고 있는 도쿠시마대학의 무라카미 교수의 친구가 미쯔비시 중공업 기술본부 나가사키 연구소의 수석연구원으로 재직하고 있어 특별한 기회를 제공받을 수 있었다. 연구소에 도착하여 연구소에 대한 브리핑을 30분 정도 해 주었으며, 미리 연락을 하여 정해 둔 실험실을 차례로 방문을 하였다. 처음 방문을 한 실험실은 풍동실험실이었는데, 그야말로 어마어마한 크기의 실험실이었다. 그곳에는 웬만한 교량이라든지 풍력발전기에 대한 풍동실험이 다 이루어진다고 한다. 일본에서는 제일 큰 풍동실험실이라는 설명을 덧붙였다. 방문했을 그때는 마침 교량에 대한 시뮬레이션실험을 하고 있었기 때문에 아주 상세하게 볼 수도 있었으며, 설명도 들을 수 있었다. 특별히 부탁을 하여 전체 풍동실험실의 형상만 사진기에 담을 수 있었다.

다음으로 간 곳이 재료의 강도를 평가하는 곳이었는데, 그곳에는 시험편을 이용하여 실험하는 곳과 실물을 그대로 이용하여 실험을 하는 두 곳으로 나뉘어져 있었다. 시험편을 이용하여 실험을 하는 곳은 우리도 많이 하고 있기 때문에 내용들을 쉽게 이해할 수 있었고, 제일 부러웠던 것은 고정밀도의 시험기와 많은 장비들이 다 갖추어져 있었던 것이다. 즉, 모든 시험이 그 자리에서 다 이루어 질 수 있다는 것이다. 특이한 경험을 한 것은 실물을 그대로 사용하여 실험을 하는 곳을 그대로 볼 수 있었다는 것이다. 교량의 경우, 대부분이 용

접을 통해 만들어 지고 있는데, 용접을 한 교량부에 대한 실제의 피로강도 시험을 행하고 있는 것을 볼 수 있었다. 특히, 피로균열이 용접부위에 발생하여 진전하고 있는 모습을 순차적으로 볼 수 있어 교량부의 파괴사고 과정을 아주 실감나게 볼 수가 있었다. 그곳에서 바로 우리가 현재 계획하고 있는 풍력발전기의 터빈블레이드에 대한 실물 시험을 행하는 곳이기도 하는데, 그때는 실물 시험을 하고 있지 않아 실물 시험을 했을 때의 상세한 비디오 테이프를 보여 주었다. 풍력발전기의 터빈 블레이드에 대한 피로강도시험, 굽힘시험, 비틀림 시험 등이 주종을 이루고 있었다. 견학하는 중 과단을 시킨 풍력발전기의 터빈블레이드를 그대로 구경시켜 주었는데, 풍력발전기의 터빈블레이드의 재료구성비 및 성형법을 이해하는 데에 아주 큰 도움이 되었다.

(2) 후지사키(藤崎) 전기회사 방문

후지사키 전기회사는 일본에서 가정용 풍력발전기의 전문메이커로 알려져 있는데, 이 회사의



사진 1 3kW급 2대의 모습

사장은 앞에서 언급한 도쿠시마대학의 무라카미 교수와 아주 친한 사이였기에 아주 각별한 대우를 받을 수 있었다. 무라카미 교수와 시코쿠(四國) 전력회사 직원인 타다(多田)씨의 안내를 받아 후지사키 전기회사의 입구에 들어서니 데몬스트레이션용의 풍력발전기가 3대 설치되어 있었는데, 3kW급 2대(사진 1)와 1kW급 1대가 설치되어 있었다.

후지사키사장은 그곳에 회사를 세우게 된 배경과 현재 국가에 대체에너지의 중요성을 강조하면서, 일련의 프로젝트를 신청중에 있다는 이야기도 덧붙였다. 공장내부를 상세히 보여 주었으며, 한국에도 이 회사의 제품들이 수출되고 있다는 설명도 해 주었다. 공장 견학이 끝난 후, 연구실들을 보여 주었다. 다음으로 응접실로 안내되었는데, 국가에 요구한 각종 프로젝트 등 회사와 관련된 상세한 이야기들을 들을 수 있었다. 향후 풍력발전과 관련된 애로점들은 본교의 연구단과 협의를 통해 공동 대처하기로 하고 이야기를 마무리하였다.

이 회사에서 설치한 태양광 발전시스템을 견학하기 위해 후지사키 사장의 안내로 근처에 위치한 아난(阿南)고등전문학교를 방문하였다(사진 2). 후지사키 사장은 이 학교의 평의원으로 활약하고 있었기에 때문에 많은 도움을 이 학교에 주고 있다는 이야기를 들었다. 학교입구에 들어서니, 전광판이 하나 설치되어져 있었는데, 그날의



사진 2 아난 고등전문학교의 태양광 발전 시스템 앞에서

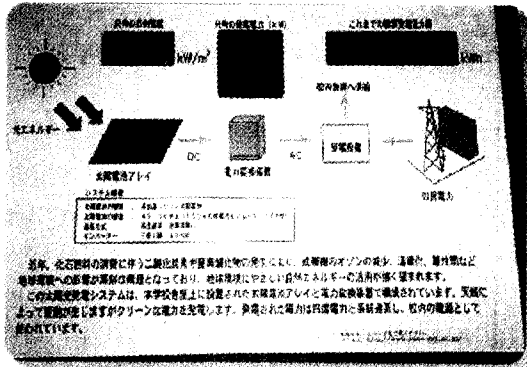


사진 3, 4 태양광 발전 상태 표시

태양광 상태와 발전량 등이 표시(사진 3, 4)가 되어져 있었다. 이 학교는 태양광을 이용해 발전을 한 것을 학교의 전력으로 이용하면서 남은 전기는 전기회사에 판매를 하고 있다고 한다. 이 학교의 옥상에 길이 100m 정도, 폭 4m 정도의 태양전지판이 설치되어져 있었다. 이러한 시스템을 도입하는데 한국 돈으로 약 5억원 정도 초기 투자가 되었다고 하는데, 지금은 짝짤한 수입원이 되고 있다고 한다.

(3) 무로토(室戸, 高知현) 풍력단지 방문

학교견학이 끝난 후, 후지사키 사장과는 헤어지고 시코쿠 전력회사 직원과 무라카미 교수의 안내로 차로 약 2시간 30분 정도 걸려서 고치현의 무로토 풍력단지(사진 5, 6, 7)에 도달할 수 있었다.



사진 5 무로토 풍력발전기

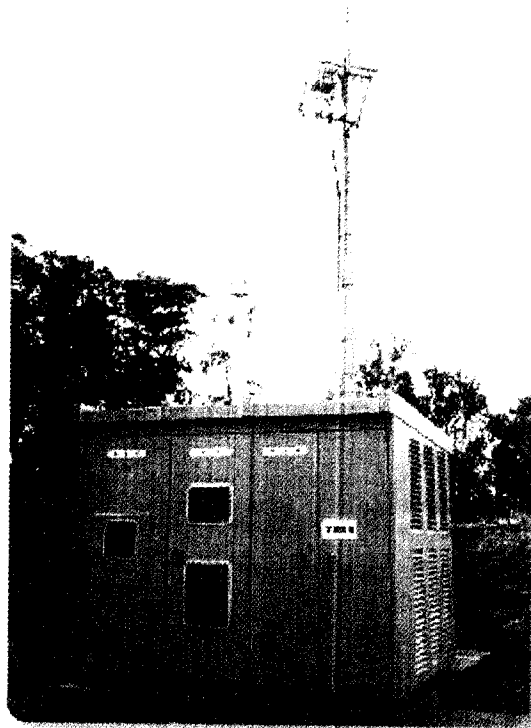


사진 6 부대설비

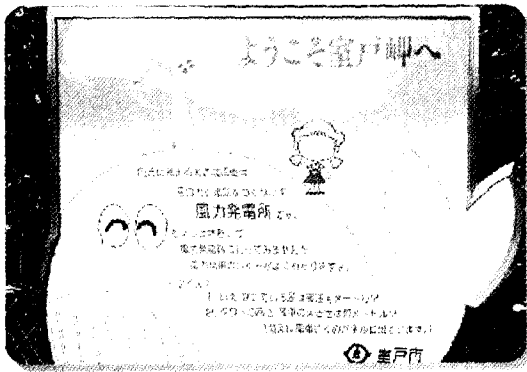


사진 7 풍력발전 설명

5. 프랑스 파리에서 열린 JEC 전시회

2001년 3월 27일부터 29일까지 프랑스의 파리에서 열린 JEC 전시회에 참가를 했었는데, Airex사에서 풍력발전기의 모형(사진 8)을 전시하고 있었다. Airex사의 직원과 기술적인 부분에 대한 상담도 행하였다.



사진 8 Airex사의 풍력발전기 모형

6. 네덜란드의 해상풍력발전

풍차라고 하면 네덜란드를 연상케 하듯 네덜란드의 긴 해안선과 평탄한 토지는 역사적으로 풍력이용에 아주 좋은 자연조건을 제공하여 왔다. 특히 최근에 급격한 개발이 이루어져 풍력설비용량은 1987년부터 1996년 사이에 30MW에서

305~MW로 증가했다. 네덜란드 정부도 이산화탄소 배출을 삭감하기 위해 재생가능 에너지를 2000년까지 3%, 2020년까지 10% 이용할 목표를 세우고 있다. 그 중 핵심으로 되는 풍력의 목표치는 2000년까지 1,000MW, 2007년까지 2,000MW, 2020년까지 3,000MW이다. 특히 TWIN계획이라고 불리는 1991년부터 1995년까지의 약 5개년의 풍력발전계획의 정식명칭은 “네덜란드에 있어서의 풍력 이용에 대한 정부지원계획”인데, 그것은 다음의 다섯 가지의 큰 틀로 이루어져 있다.

- ① 실행계획 : 1995년에 400MW의 풍력발전설비를 실행하기 위해 매년 60MW의 풍력개발을 행한다. 이 개발을 실행하기 위해 보조금 제도가 설치되어져 있다. 풍차설비비에 대한 보조와 저소음 풍차에 대한 보조의 이중의 보조가 주어져있다.
- ② 풍력산업계의 개발 : 풍차제조업자가 주체로 되어 보다 값싼 풍차를 개발한다. 현재의 풍차의 가격은 kW당 131원 정도이다. 이것보다 30%정도 값싼 약 87원 정도를 목적으로 하고 있다. 대상으로 하고 있는 것은 로터 직경이 25미터에서 35미터, 출력이 250에서 500kW급의 풍차이다.
- ③ 기술개발 : 연구기관이 주체가 되고 산업계와 제휴를 하면서 혁신기술의 연구를 추진한다. 특히 유연한 구조를 갖는 풍차의 시험연구 등이 행해지고 있다.
- ④ 해상풍력 : 1993년 이후 해상발전의 연구를 행한다. 로터직경이 55미터 이상의 풍차로 새로운 개념의 실용화가 진행되면 해상풍력의 이용은 더욱 진행되어 질 것이다.
- ⑤ 기술이전과 정보교환 : 대학, 연구기관, 산업계, 풍차설치자 그리고 관련행정기관의 다방면에 걸친 제휴를 행한다.

이 TWIN계획은 네덜란드 에너지 환경청(NOVEM)의 감독 하에 있다. 네덜란드의 경우, 이

TWIN계획 이외에도 많은 연구개발이 행해지고 있는데, 그 중에서도 FCN(네덜란드 에너지 연구소)과 델프트 공대를 들 수 있는데, 이러한 연구기관에서는 터빈 블레이드의 피로시험, 3차원 공력 해석, 소음, 유연구조풍차 등 중요하면서도 새로운 연구과제를 가지고 폭넓은 풍력개발이 전개되고 있는 실정이다.

(1) 네덜란드의 최대 풍력발전기 제작사 Lagerwey사 방문

전통이 있는 Lagerwey사는 네덜란드 최대의 풍력발전기 메이커로서 현재 LW 50/750, LW 30/250, LW 18/80이 주종을 이루고 있다. 여기서 LW는 Lagerwey, 50/750은 Rotor diameter가 50m, Nominal power가 750kW를 나타내고 있는 것이다. 이 회사는 주 네덜란드 한국대사관[김용규 대사]에서 추천을 해 주었는데, 그러한 사연으로 인해 아주 친절하면서도 상세한 안내를 받을 수 있었다. 약 2시간정도의 브리핑과 질문 등의 시간을

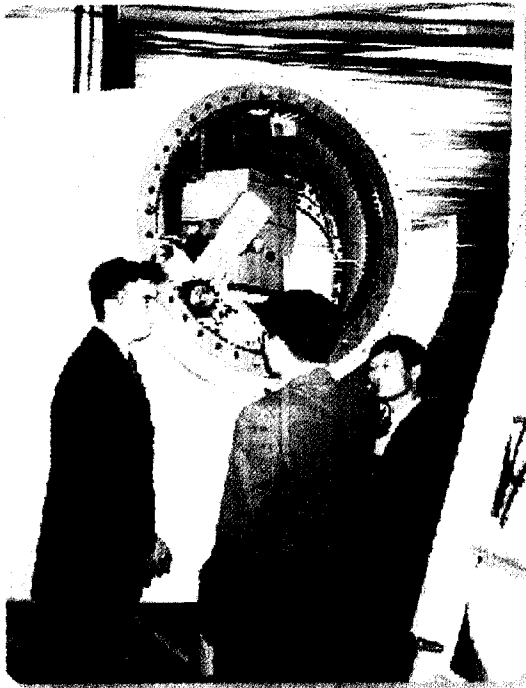


사진 9 발전부 설명

가진 후, 공장내부를 안내해 주었다(사진 9). 공장 견학을 할 그 때에 바로 풍력발전기를 조립하고 있어서 풍차내부를 상세히 구경할 수 있는 좋은 기회를 가졌던 것 같다. 공장내부는 대부분 잘 보여 주지 않지만, 대사의 부탁이었으므로 상당히 큰 배려를 했던 것 같다. 이 회사에서는 우리 나라의 잘 알려진 복합재료 제조사인 모 업체에 3대의 풍차를 팔았다고 한다.

(2) Lelystad의 해상풍력발전소

사진 10은 네덜란드에서 처음으로 방문한 Lelystad의 해상풍력발전소이다. Lelystad는 암스테르담에서부터 북동 약 50km에 있는 네덜란드의 간척산업으로 유명한 아이셀 호수(인조담수호)에 설치되어져 있는 해상(수상)풍력발전소라 할 수 있다. 그리고 Lelystad의 Irene Vorrink 풍력발전소도 구경할 수 있었는데, 여기에는 Nordtank사에서 만든 500kW의 풍차가 약 30기 설치되어져 있으며, 해상의 바람상태에 따라 가동률이 달라진다고 한다. 또 선박의 충돌에 대한 대책으로써 간단한 방충공이 설치되어 있는 것, 부식대책으로써 도장이 아니라 부식대를 달고 있는 것 등 수상구조물로서의 몇 가지 대책이 강구되어져 있었다. 이 Irene Vorrink라 하는 이름은 풍력 발전에 관계한 여성 최초의 장관의 이름이었던 것으로 알려져 있다.

네덜란드에서는 이외의 많은 풍력발전소를 볼



사진 10 네덜란드 해상 풍력발전기 앞에서

수 있었지만, 그 중에서 특히 **Lelystad** 부근에 **NUON**사가 현재 건설 중인 **2MW**의 대형 풍차를 견학할 수도 있었다. 해상풍력발전의 장점으로서 풍차의 대형화를 들 수 있듯이, 육상에도 이러한 대형화가 착착 진행되고 있는 것이 인상적이었고, 또 **2MW**로 제법 컸지만 비교적 소형의 크레인을 사용해 건설하고 있는 것이 의외였다.

(3) 델프트(Delft) 공과대학

델프트 공과대학은 네덜란드의 고조방재기술·해양개발기술을 담당하는 대학이며, 그 주변은 델프트 도자기로도 유명하다. 델프트 공과대학에는 **Wind Energy Institute**가 있어 협력해 풍력발전의 해상전개기술에 대해 연구를 하고 있다. **Wind Energy Institute**에서는 해양개발관련의 해상입지에 대한 연구를 진행하고 있다.

7. 덴마크의 해상풍력발전

덴마크에는 CO_2 를 2030년까지 50% 감소할 계획인, **Energy 21**이 진행되고 있다. 그 대부분을 해상

풍력발전에 기대를 걸고 있고, 2001년부터 순차적으로 **100~200MW**의 대규모발전소를 건설해 2030년까지 **4,000MW**로 할 계획이다. 덴마크에서는 현재 이미 총계 약 **1,500MW**의 풍력발전소가 있고, 육상 발전소의 입지에 적당한 곳이 상당히 적어지고 있기 때문에 해상이 유력해지고 있다. 덴마크에서는 한국인 가이드와 덴마크 현지인의 안내를 받아 해상의 풍력발전소를 견학(사진 11, 12)하게 되었다. 덴마크의 **Avedore** 화력발전소는 코펜하겐항구 근처에 위치하고 있다. 그리고 덴마크에서는 대규모 해상풍력 프로젝트를 구상하고 있었는데, **Elsam Project, Elsam**이란 전력회사에서 현장조사, 수치계산, 환경영향평가 등을 행하고 있는 것으로 알려져 있다. 특히, 바람, 파도나 흐름, 고조, 지반뿐만 아니라 바다의 생물환경이나 철새, 더욱이 소음이나 경관 등에 대해서도 조사가 행해지고 있다. 덴마크의 **Avedore** 화력발전소는 코펜하겐항의 약 **1km** 앞 바다에 있는 유명한 인어상부터도 조망되는 위치이기 때문에 더욱더 해상풍력발전의 명소가 되고 있는 것 같았다.

그 외에도 **Vindeby**와 **Omo Stalgrunde**의 해상

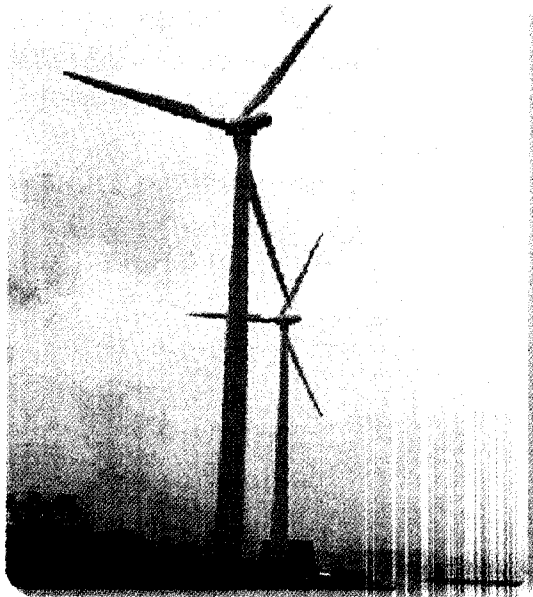


사진 11, 12 코펜하겐 항구 부근의 **Avedore** 발전소 앞에서

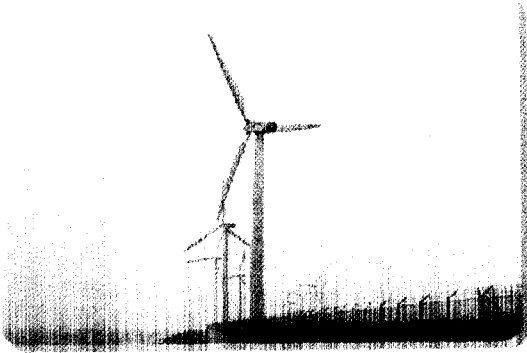


사진 13 해상 풍력발전기의 모습

풍력발전소가 유명한데, 근해 1~3km에 위치해 있으며, 덴마크의 Tuno Knob와 나란히 매우 유명한 근해 풍력발전소이고, Bonus사 450kW급 풍력발전기 7대가 이미 1991년부터 가동되고 있다. 수심이 2.5~5m로 낮고, 또 파랑 등도 그다지 심하지 않아 그렇게 빠른 시기에 건설을 가능하게 한 것이라고 알려져 있다. 기초의 부분은 케이슨이라 불리는 원추상의 철근 콘크리트의 상자에 모래를 가득 채운 것으로 덴마크가 진행한 해안기술의 결과를 적용한 것이라 할 수 있다(사진 13).



사진 14 National Solar Energy Center앞에서 (이스라엘)



사진 15 David Faiman교수와 함께

8. 이스라엘의 National Solar Energy Center 방문

미국 Airtech International 사의 소개로 이스라엘의 National Solar Energy Center(사진 14)를 방문할 수 있는 기회를 얻을 수 있었다.

이스라엘이 가자지역을 공격한 날이었다. 텔아비브에서 입국수속 밟을 때 아주 긴장감이 돌고 있었다. 약 10분 정도의 질문들을 통과한 후, 입국이 가능하게 되었다. 공항에서 택시로 약 20분 정도 떨어진 텔아비브 시내의 호텔에 도착하여 여정을 푸니 겨우 안도의 한숨을 쉴 수 있었다.

다음 날, 택시를 대절하여 약 2시간 30분 정도 남쪽으로 달려가서 비엘체바에 있는 National Solar Energy Center 에 도착할 수 있었다. 가는 곳곳마다 이스라엘 군인들이 점문을 하고 있었으

며, 말로만 듣던 이스라엘의 여군들을 바로 곁에서 볼 수가 있었다. 연구소 센터소장인 David Faiman 교수(사진 15)가 미리 대기를 하고 있었다. David Faiman 교수는 이스라엘에서 태양광과 관련한 최고의 권위자로 알려져 있었다. 이스라엘은 화력발전을 통해 주로 전기를 공급하고 있으나, 각 가정에 태양광에 의한 발전을 하여 온수나 난방 등의 목적으로 전기를 사용하고 있다고 한다. 그 연구소에서는 각 나라에서 개발된 태양전지판의 열화과정에 대한 상세한 실험도 행하고 있었다(사진 16, 17). 다음날 각 가정의 태양광 이용현황에 대한 견학(사진 18)을 하였고, 이틀간의 이스라엘 체재는 이스라엘을 이해하는 데에 큰 도움이 된 것 같다.

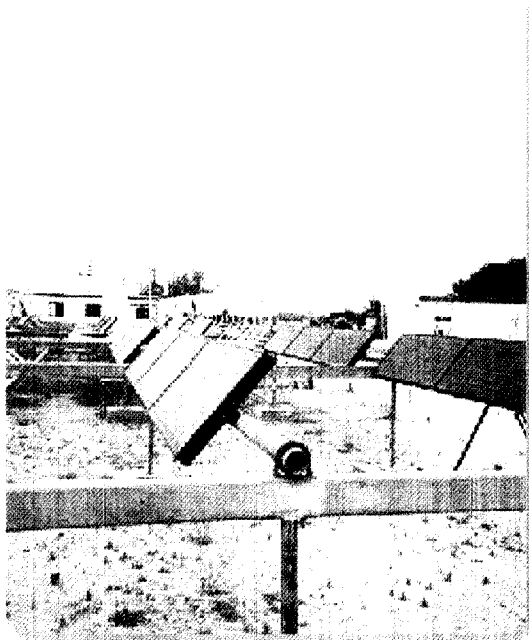
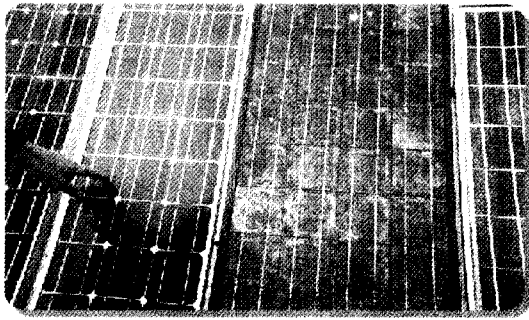


사진 16, 17 실험장면

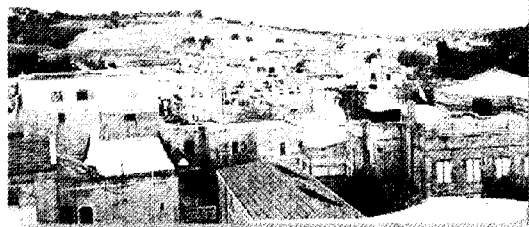


사진 18 예루살렘 시내의 각 가정의 태양광 발전

9. 맺 음 말

금번의 국외의 자료조사를 위한 여행은 일정 자체가 너무 타이트하여 이동하는 데 하루, 견학 및 대담하는 데 하루, 그리고 다음날 이동하는 스케줄로 되어 있어 아주 힘든 여행이기도 했다. 하지만 많은 사람을 만날 수 있었고, 앞으로 협력할 수 있는 많은 부분이 있음을 느낄 수 있는 좋은 기회가 되기도 했다.

일본, 덴마크와 네덜란드 등 사방이 바다로 둘러싸여 넓은 해역을 가지고 바다에 대한 연구가 진행되고 있는 나라들과의 비슷한 입지 조건을 감안할 때, 해상풍력발전은 꽤 유망하지 않을까라는 생각이 든다. 해상의 이점으로 말하자면, 강한 바람, 난류가 적은 양질의 바람, 대형풍차의 용이한 가공, 사람으로부터 떨어진 넓은 공간 등 유리한 면이 많다. 파도의 힘이나 기술적 과제나 환경면의 검토가 더욱 필요하지만, 특히 방파제 등의 기존의 시설을 유용하게 이용하는 방법은 실용화에 꽤 가깝다고 생각하고 있다.

그리고, 또 한편으로 일본을 방문하여서는 복합재료 터빈블레이드의 성형과정과 실험방법 등을 상세히 견학할 수 있었고, 앞으로 필요한 경우 협조도 아끼지 않겠다는 관련 업체의 약속도 있었다.

한편, 2001년 3월 한국해양대학교 부설조선·해양기자재 연구센터에 해양클린에너지 연구단(연구단장 : 김윤해 교수)이 발족되었다. 현재 연구단에서는 해양클린에너지 중 주로 풍력과 태양광에 대해 집중적으로 기업체와 연계하여 벌써 연구를 시작하였다. 이러한 일련의 연구가 조속한 시일 내에 열매를 맺어 대체에너지 개발에 조금이나마 기여를 했으면 하는 바람이 간절하다. 이러한 연구가 시작되도록 지원해주신 한국해양대학교 박용섭 총장님과 동일선박공업(주) 김성태 사장님께 감사를 드린다.

마지막으로 금년 6월 15일에 한국해양대학교에서 풍력/태양광 발전관련 국내·외 전문가를 초청하여 세미나를 계획하고 있다는 소식을 알려드리며, 많은 분들의 관심과 참여를 당부드린다.