



지구온난화를 대비한 건설사의 관심

지구온난화의 주범이 되고 있는 CO₂저감을 위하여 건설사가 시공할 수 있는 신재생에너지분야의 활용에 관한 소개를 한다.

박 명 식

현대건설 기술연구소(mspark@hdec.co.kr)

차 광 석

현대건설 기술연구소(kscha@hdec.co.kr)

머리말

지구온난화는 인간에 의해 만들어진 재해로서 산업화시작 이후 대기중 CO₂농도는 30%이상 증가되었다. 이는 주로 화석연료 사용이 주된 원인인 것으로 알려져 있다. 현재 사용 가능한 지구자원은 제한이 있는데 2003년 기준으로 석유는 45년, 가스 66년, 석탄은 206년, 우라늄은 35~100년 정도 사용할 수 있는 양이 매장되어 있다고 한다. 그리고 유가는 90년대에는 배럴당 10불에서 25불정도의 범위내에서 가격이 형성되었으나 최근 2002년 이후 급격히 증가하여 현재 약 55불정도에서 가격이 형성되고 있다. 기후변화로 인한 전세계 손실비용은 1980년대보다 1990년대가 약 3배정도 증가된 것으로 나타났고 이는 2000년대에 들어서서 계속 더 증가 추세인 것으로 나타났다.

이용할 수 있는 재생에너지의 종류에는 온그리드 전기공급분야에서 풍력에너지, 수력에너지, 심층지열에너지 발전, 바이오에너지, PV 등이 있고 오프그리드 전기공급분야에서 독립형 PV시스템, 소규모풍력에너지, 소수력발전소 그리고 건물의 냉난방을 위해서 사용되는 태양열에너지, 표면지열에너지, 심층지열에너지, 바이오메스 등이 있다. 그리고 운송 및 교통에 사용되는 바이오 디젤, 수소연료 등이 있다.

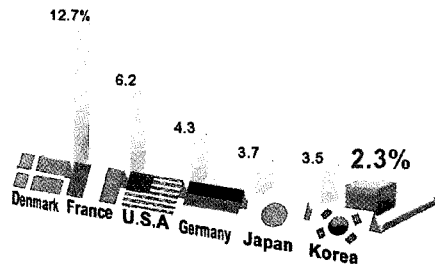
재생에너지의 확대는 지속적인 미래를 위한 첫걸음이 될 것이고 국제 협력을 통한 전세계 시장 개발

의 가능성이 있다. 이것이 실현되기 위해서는 정부의 적극적인 지원과 정치적 및 경제적 차원 모두의 협력이 이루어져야 할 것이다.

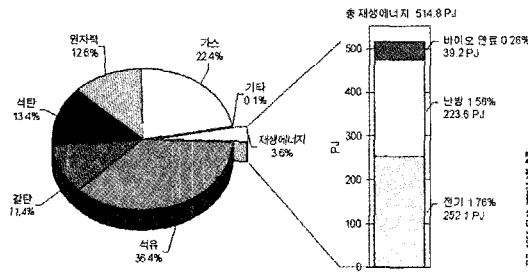
신재생에너지의 현황 및 독일의 정책에

총에너지에 관한 신재생에너지 공급비율은 대한민국은 그림 1과 같이 2.3% 정도이다. 즉 선진국에 비해서 낮은 수치이다. 따라서 이분야는 우리가 가야 할 blue ocean이 될 수도 있다.

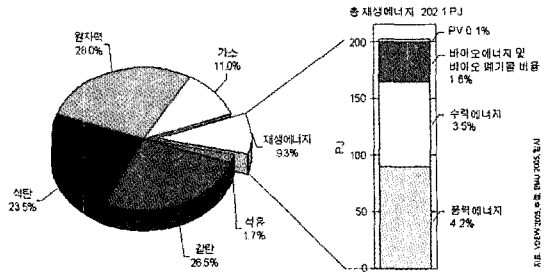
선진국중에서 독일의 경우 신재생에너지 증진을 위하여 정부정책이 강력하게 뒷받침하고 있는데 R&D의 투자, 환경세 개혁, 새 EEG(재생에너지법)을 통한 재생에너지 기술의 발전 및 확대 지원, 시장 자극 프로그램 (연간 2억\$)도입, 바이오 연료에 대한 면세 혜택, 국내의 프로젝트를 위한 업체 신용대출



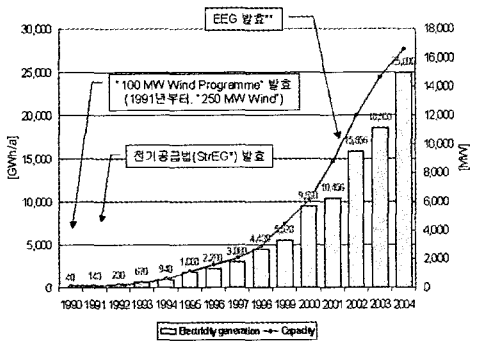
[그림 1] 대한민국의 신재생에너지 사용비율



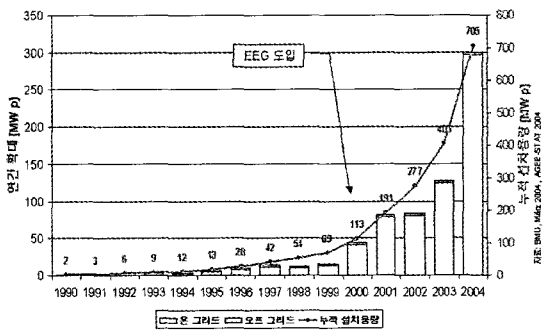
[그림 2] 독일의 1차에너지 사용량(2004년)



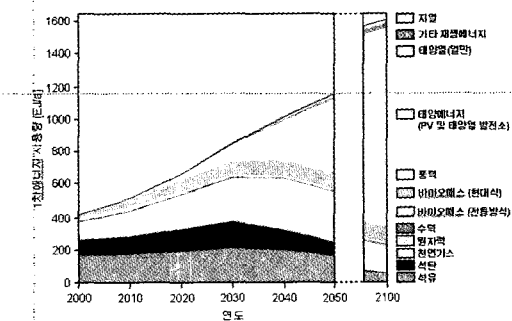
[그림 3] 독일의 전기공급(2004년)



[그림 4] 독일의 풍력에너지를 이용한 전력공급



[그림 5] 독일의 광전지(PV)를 이용한 전력공급



[그림 6] 독일의 2050년까지 에너지공급 시나리오

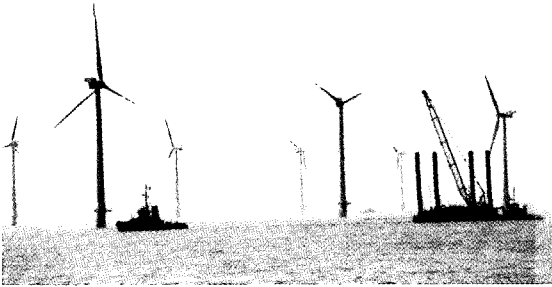
등의 정책을 수행하고 있다. 이들은 기술혁신을 통한 비용절감, 환경친화적인 기술개발, 기존 네트워크의 통합 가능성, 연구에서 시장으로의 신속한 기술이전등을 연구목표로 정하고 있다. 독일의 EEG(재생에너지법)은 연방법률(1991년도 전기 공급법의 발전형 모델), 공공배전망에 대한 광범위한

규제, 법으로 통제되는 구매가를 기초로 하고 있는데 이것은 장기적 전망 및 투자의 안전성(15~30년), 새로운 잠재력 및 기술개발에 대한 자극(특히 바이오메스 및 지열), 효율성 증대를 위한 강한 자극을 토대로 하고 있다.

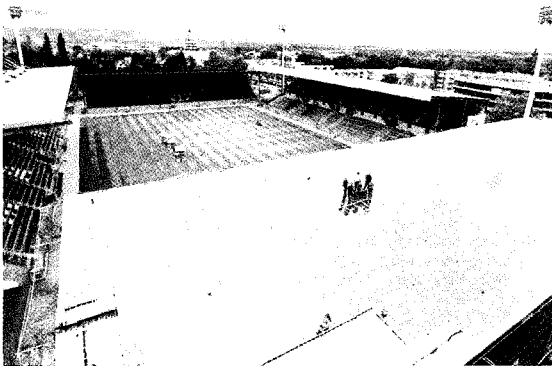
독일의 경우에는 2050년에는 천연가스, 태양에너지, 풍력을 주된 에너지원으로 사용함으로써 전체 에너지의 신재생에너지분야를 대폭 상승시켰다.

건설사가 시공 가능한 플랜트형 발전시설

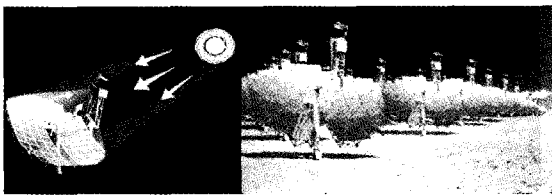
CO₂저감을 위한 건설사의 노력이란 결국 신재생에너지를 활용하는 기반시설을 건설하는 것에 초점을 맞추어야 할 것으로 생각된다. 예를 들어 대안에 대규모 레저타운이 설치될 경우에 바다를 이용한 풍력에너지, 휴경농지를 활용하는 PV발전, 태양열발전기등을 세운다면 자연친화적인 단지가 되지 않을까 싶다. 또한 산간에 산재되어 있는 나뭇가지들의 부



[그림 7] 북해에 설치된 윈드파크



[그림 9] 독일 월드컵경기장 지붕에 설치된 PV발전시설



[그림 10] 태양광 집열식 스테링엔진 발전기

스러기들을 모을 수만 있다면 바이오매스를 활용한 산간형 발전시설이 될 수도 있을 것이다.

코펜하겐등 북해를 여행하다 보면 바다위의 풍력 발전기를 많이 목격할 수 있다. 북해 8개 윈드파크 조성계획이 이미 인가난 상태이며, 지금까지 인가받은 윈드파크의 2010년까지 계획설치용량은 약 2,000 MW에 이르고 있다(그림 7).

독일 바이메른주 뮐하우젠 PV발전시설은 6.3 MW



[그림 8] 바이에른주 뮐하우젠 PV발전시설

정도의 시설이고 2004년 12월부터 가동 운영중에 있다. 우리나라의 휴경지에도 이와 같은 발전시설을 할 수만 있다면 국가경제에 많은 도움이 될 것으로 생각된다(그림 8).

월드컵을 앞두고 있는 독일은 월드컵경기장의 지붕을 PV cell을 이용하여 외장처리한 후에 이를 이용하여 신재생에너지 강국의 브랜드 마케팅에 주력하고 있다(그림 9).

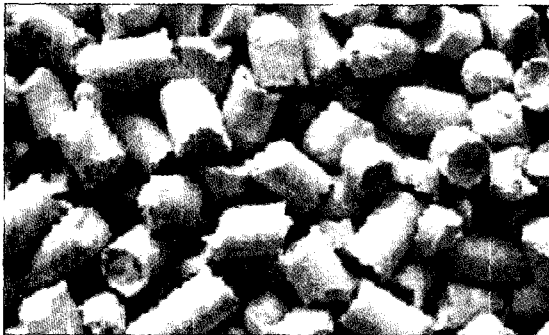
오목거울을 사용하여 한곳에 태양광을 집광시키게 되면 고열을 얻을 수 있는데 이것을 이용하여 스테링엔진을 돌려서 발전을 일으킬 수 있다. 이러한 발전시스템은 사막 같은 곳에 적격으로 알려져 있는데 여기서 스테링엔진은 외연기관으로서 소음이 없는 것이 특징인 지라 일반적으로 잠수함등에 많이 사용되고 있는 엔진이다. 최근 오일값의 상승으로 이러한 물건들이 중동에 수출이 가능할 수도 있을 것이다(그림 10).

유럽등지에서는 산간의 나뭇가지 부스러기 등을 재료로 만들어진 펠렛이라는 소각재를 팔고 있다. 이것은 가격이 싸서 농가 같은 곳에 대량으로 주문하여 창고에 저장해 놓고 소형소각로를 이용하여 연소시키고 있다. 높은 열효율과 낮은 배기가스의 장점이 있는데 반하여 많은 공간이 확보되어야 하고 연료의 공급측면에서 편리성이 떨어지는 단점이 있다. 저렴한 연료비로 인하여 거실에 벽난로를 즐기는 유럽사람들에게는 겨울에 문화적 즐거움이 될 수 있다(그림 11, 12).

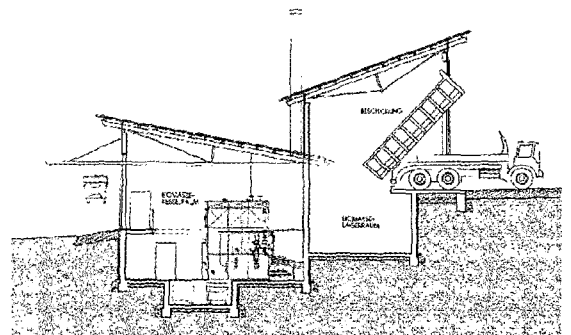
상기 시설이 대형화 된 것이 바이오매스 발전시설 이라고 할 수 있었는데 독일 쾰닉 부스터하우젠의 바이오매스 발전소는 20 MW급으로서 MVV BioPower GmbH회사가 사업을 하고 있으며, 발전 효율이 36% 이상으로 나타나 이분야의 국제적 최상 급수준으로 나타나고 있다. 이시설은 3개의 과열기와 2개의 중간과열기를 이용한 증기법을 사용하고 있으며 현장에서 소각용 목재를 채취하여 현장에 목재를 보관한 후에 발전시키는 방식을 취하고 있다(그림 13). 여기에 사용되는 발전공정은 유기 Rankine 사이클 공정을 사용하고 있는데 높은 부분부하효율과 인력이 적게 투입되는 장점이 있다(그림 14). 바이오가스시설은 목축업폐기물(배설물 등), 산업 및 상업분야의 바이오 쓰레기(지방, 유통기한이 초과된 식품 등), 지력 유기적 쓰레기(바이오쓰레기, 벌초 등), 농업분야에서 생성되는 폐재 등

을 자재로 사용하게 되는데 전기생산과 난방 그리고 냉방이 가능하다(그림 15).

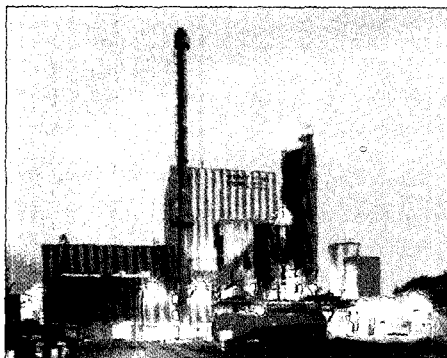
독일 아헨공대에는 리모델링을 하면서 지하 5 km 까지 이중관을 묻고 심층지하의 열을 이용하여 난방과 발전을 할 수 있는 시설을 설치하는 프로젝트를 수행하고 있다고 한다. 국내에도 온천지역이 다른 나라에 못지 않게 산재하여 있는데 이를 활용한다면 CO₂를 저감시키는 에너지 절약을 수행할 수 있을 것이다(그림 16). 국내의 서해의 경우에 조수간만의 차가 심하여 방파제와 조력발전을 조합을 하면 여러 지역을 통하여 자연에너지를 활용할 수 있을 것이다(그림 17). 아울러 얕은 시내라도 발전을 일으킬 수 있는 소수력 발전 등은 국내의 경우 작은 시내에서도 발전을 할 수 있는 자원이 될 수 있다고 생각된다(그림 18).



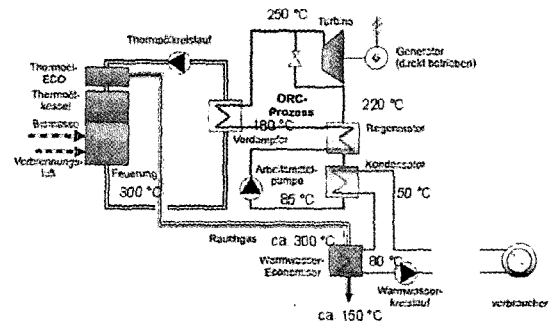
[그림 11] 독일의 나무 펠릿 재료



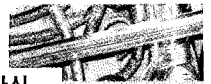
[그림 12] Regen의 바이오매스 발전소



[그림 13] 바이오매스 발전시설

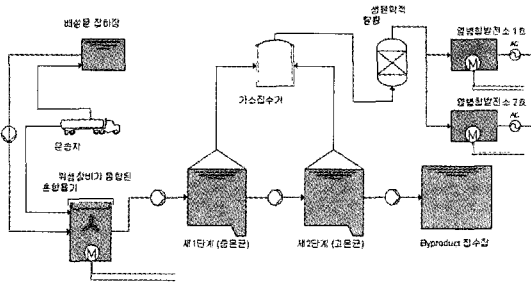


[그림 14] 유기 랭킨사이클 공정
Organic Rankine Cycle (ORC)

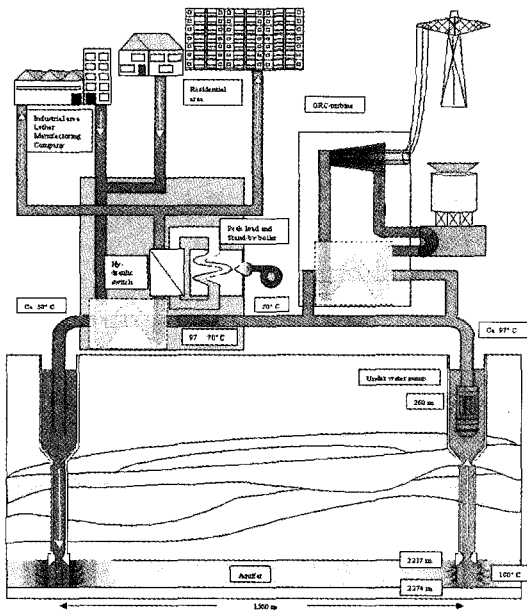


건설사가 시공 가능한 건물외피 응용(태양광, 태양열, 채광)

건물일체형은 외피 마감형과 차양 장치형으로 분류할 수 있다. 외피 마감형은 PV패널을 건물의 지붕과 벽의 외장 마감재료로 사용하는 것으로 전기 생산이라는 PV 본래의 기능 이외에도 건물외피 재료 대체라는 건축적 기능성을 갖는다. PV패널을 이용한 건물재료 대체는 재료비용 및 건설비용을 절감하는 부수적인 효과도 있다. 이러한 BIPV에 가장 활발한 나라는 독일, 네덜란드, 스위스 등의 유럽과 일본 및 미국을 포함하며 이미 세계적으로 주거 건물에 PV를 이용한 발전 시스템이 적용하고 있으며 계통 연계 된 BIPV 상업용 건물도 수 천 개에 이르고 있다. BIPV기술은 다른 기술에 비해 선진국에서도 비교적 최근에 시작된 기술분야이며 소재개발과 같은



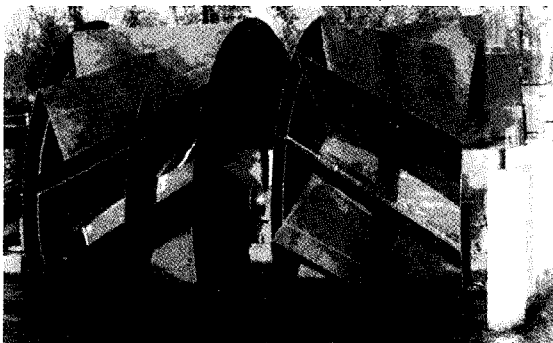
[그림 15] 바이오가스 시설



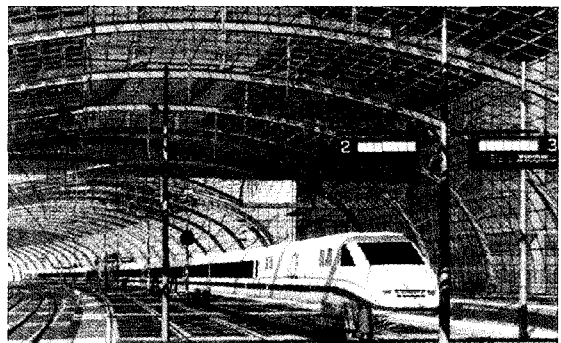
[그림 16] HDR(Hot Dry Rock) 지열발전소



[그림 17] 조력발전소



[그림 18] 소수력발전소



[그림 19] 독일 베를린의 철도역사(Lehrter Bahnhof)

고난도 첨단기술 보다는 아이디어와 응용력이 중시 되는 분야이다.

(1) BIPV 적용사례

햇빛 차단 효과가 있는 180 kWp급 투명 PV가 설치된 철도역사로 채광과 태양광발전을 동시에 활용할 수 있으며 PV Cell에 의한 일사부하감소로 여름철의 냉방에너지절감에도 유리하다(그림 19).

(2) 주택 단지형 지붕에 적용된 사례

독일 뮌스터시의 신재생에너지 운동의 경우에는 태양광 및 태양열 발전을 하는 집이 전체의 20%를 차지한다. 이는 시가 1년 동안 보통 3천 kW의 전력을 소비하는데 이중 30%가 가구에서 생산되는 태양광발전, 풍력발전 등에서 생산된 재생에너지를 사용한다. 시는 99년부터 10만가구 태양지붕 프로젝트를 성공적으로 마쳤으며, 2004년까지 제 2의 10만 태양광지붕 프로젝트를 추진하고 있다. 또한 독일 전체에서도

현재 5% 미만의 신재생에너지를 2020년 까지 25%로 확대하는 사업을 추진하고 있다(그림 20, 21).

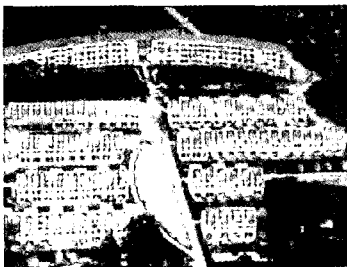
일본의 경우에도 연립주택(전체 태양전지 출력은 51 kWp) 1동 8가구, 4동 분양맨션 옥상 설치하여 가구당 3 kW를 공급하고 공용부에도 3 kW를 공급하고 있다(그림 22). 경우에는 일본 신에너지대상과 경제산업대신상을 수상한 작품이다.

(3) 오피스 및 기타 건물에 적용된 사례

세계 최대 규모의 태양전지 집열판(1896개)을 건물 측면과 옥상에 설치하여 회사 이미지 개선 및 홍보, 전력 생산에 활용, 건물 유지관리에 효과적으로 이용하고 있다.

태양전지 용량 180 kWp의 전지판을 남쪽에 면한 벽면을 활용하여 설치, 건물과도 조화를 이루는 디자인으로 오고 가는 사람들에게 랜드마크 효과를 제공하고 환경 PR도 하고 있다(그림 23, 24).

또한 일본에는 축적해 왔던 환경보전 기술을 집대성



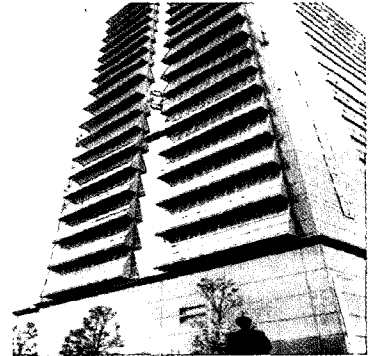
[그림 20] Bremen PV-시설단지



[그림 21] Gelsenkirchen PV-시설단지



[그림 22] 야마구치시 연립주택(일본)



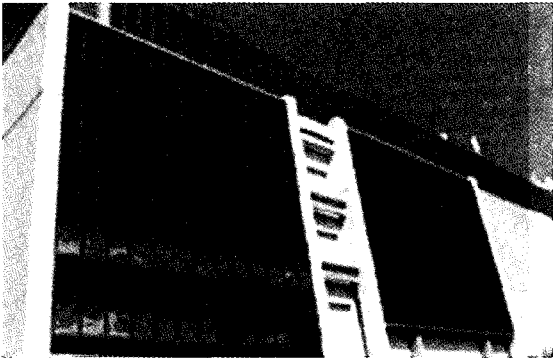
[그림 23] 교세라 본사 건물



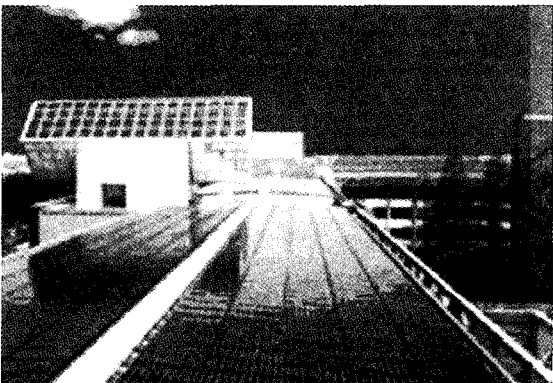
하고, 최첨단의 슈퍼그린공장(super green factory)를 목표로 하여 기획 설계된 카메라야마 공장이 있다. 그 벽면에는 584장의 채광형 태양전지 모듈(module)을 설치하여 환경 부하 절감한다. 여기에 설치된 태양전지는 발전용량이 41 kWp정도이다(그림 25).

교육 기관에서는 일본 최대급의 시스템을 설치하고, 교내의 조명이나 공조 기기의 전원으로서 이용하고 있다. 시스템의 가동 상황 등의 정보를 대형 모니터(monitor)로 제공하고, 내방자, 학생에게 계몽 활동을 실시중이다. 이때 태양전지 용량은 300 kWp이다(그림 26).

일본 학교법인 후쿠다 학원의 도와대학에서는 “바이오(bio)·하이테크(high-tech)”를 개념(concept)으로 대학환경을 배려 도입하였다. 모듈은 건축 재료로서의 디자인과 에너지절감에 주목하여 벽면에 PV



[그림 24] 샤프(sharp) 다키 공장(미에현 다키 군)

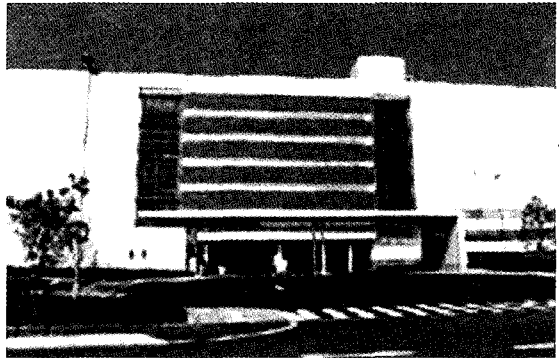


[그림 26] 일본공업 대학 (사이타마현 마나미사이타마군)

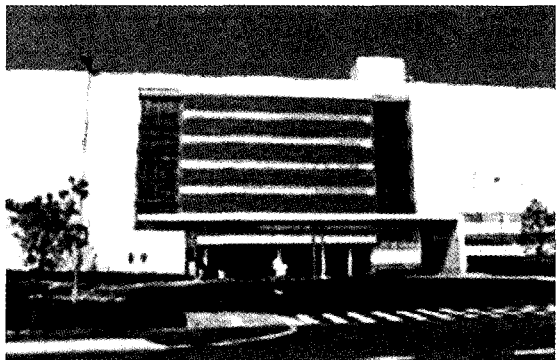
Cell을 설치한 것으로 학생이나 근처의 주민에게 친환경을 나타내고 있다. 태양전지 발전 용량은 30 kWp이다(그림 27).

(4) 하이브리드 타입의 Itoman City Hall(PV+채광+자연환기)

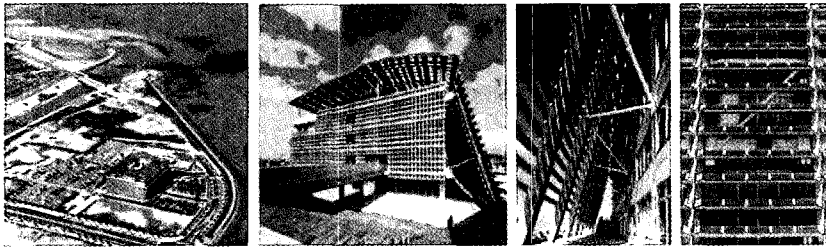
오키나와 가장 남쪽에 위치한 Itoman City Hall은 2002년에 RC(Reinforced Concrete)와 PC(Pre-cast Concrete)로 건축된 6층의 시청사 건물이다. 아열대성기후조건에 적합한 자연에너지를 이용, 공조부하 저감 기술요소와 일사제어, 태양광발전, 자연환기, 주광이용 천창 등이 설치된 건물로 태양광발전의 경우 월평균 15000 kWh의 전기가 생산되고 주광을 이용한 조명부하 절감으로 월평균 900 kWh의 소비전력이 절감된다. 자연에너지를 이용한 이 건물의 공



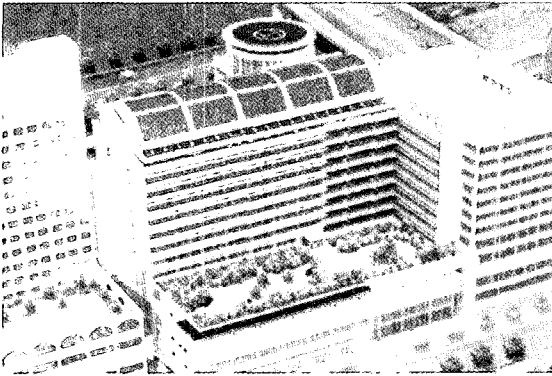
[그림 25] 샤프 카메라야마 공장(미에현 카메라야마 시)



[그림 27] 학교법인 후쿠다 학원 도와 대학 (후쿠오카현 후쿠오카 시)



[그림 28] Itoman City Hall



[그림 29] 서울 아산병원 리모델링(PV적용) 조감도

조부하 저감 효과 또한 전체에너지의 19.8%가 일반 건물로 지어진 것보다 감소되었다. Itoman City Hall에 적용된 신재생에너지 기술요소별 절감량은 크게 나타냈지만 초기투자비용을 고려하면 자연환기와 채광이용기술이 절감 효과가 큰 것으로 평가되었다 (그림 28).

국내건물에서 PV 활용 사례

국내에서의 태양광발전은 아직 시범사업과 연구를 위한 목적으로 시공되고 있다. 그러나 현대중공업에서 진행하는 서울아산병원 리모델링에 135 kWp를 적용하는 사업은 일반 건축물에 적용되는 PV시스템 큰 프로젝트의 첫 모델이 될 것으로 기대하고 있다 (그림 29).

이외에도 에너지기술연구소, KIST, 연구소, 전시장 등에 홍보나 연구를 목적으로 시범적으로 설치된 사례는 많이 있다. 그러나 아직 순수한 상용화를 위한 목적으로 일반 건축물에 대규모로 적용된 사례는 거의 없다.

맺음말

지금까지 플랜트발전과 건축물에 적용된 태양광 및 태양열설비사례를 살펴본 결과 유럽이나 일본에서는 이미 신재생에너지자원 확보와 함께 자연광 에너지활용에 대한 많은 연구개발과 실용화가 이루어져 적극 도입되고 있다. 그러나 우리는 아직도 이런 문제에 소극적으로 대처, 에너지손실과 건물유지관리 등에 많은 비용이 소비되고 있다. 최근 정부에서도 에너지절감과 신재생에너지의 활용에 큰 비중을 두고 정책을 진행 중에 있다. 따라서 단기적으로는 기존 주택과 건물의 지붕과 벽체 및 유휴지에 태양광 발전 설비를 설치하는 계통연계형 시장이 예상되거나 태양전지가 경제성을 확보하고 현재 개발되는 투명 태양전지 Cell이 상용화되는 시점부터는 건축물에 다각적으로 접목하게 될 것으로 판단된다.

정부는 신재생에너지로 보급 정책의 일환으로 자급자족하는 시범단지(그린 빌리지)를 대구와 광주광역시에 조성할 예정이다. 따라서 건물의 부가가치를 높이고 토지이용을 극대화하며 사용 목적에 따라 채광활용, 일사조절, PV, 태양열 등 다양한 형태의 실용성 평가가 시급히 이루어져야 할 것으로 생각된다.

21세기 우리가 나아갈 길은 에너지소비를 최소화하고 자연환경과 공존할 수 있는 건축물을 만드는 것이다. 이를 위해서는 지역적 특성을 고려한 신재생에너지의 사용으로 지구온난화 예방에 대처하며 국제사회 규제에 대응하여 생존할 수 있도록 해야 할 것이다. 국가나 건설업체, 소비자는 신재생에너지가 환경과 우리의 미래를 위해 반드시 필요하다는 공감대를 갖고 실생활 보급에 앞장서



야 할 것이다.

참고문헌

1. Friedrich Sick and Thomas Erge, PhotoVoltaics in Buildings, IEA; 1996
2. Commission of the European Communities, Directorate-General for energy, Community energy Technology projects in the Sector of Solar Photovoltaic energy, Athens, Greece, 1992
3. Duffie, J.A., Beckman, W.A., Solar Engineering of Thermal Processes, 2nd edition, John Wiley & Sons, New York, USA, 1991
4. Parker, B.F.(Ed.), Solar Energy in Agriculture, Elsevier, Amsterdam, Netherlands, 1991
5. Humm, O., Toggweiler, P., photovoltaics & Architecture, Basel, Switzerland, 1993
6. International Energy Agency, Solar Energy House, James & James Ltd, UK, 1997
7. 환경부, 업무용 및 주거복합형 건축물에 대한 친환경 건축물 인증심사 기준개발, 한국기술연구원보고서, 2002.6
8. 윤종호, "건물통합형 태양광발전(BIPV) 시스템의 설계요소 및 접근 방법", 제1회 태양광발전기술세미나 논문집, 태양광발전기술연구회, 2001.10
9. 태양광산업 활성화를 위한 Workshop, 에너지관리공단 신재생에너지센터(태양광사업단), 2005. 9. 