

Special  
Thema

# 국내외 건물 적용 태양광발전시스 보급동향

## 1. Photovoltaic(PV)

강기환 선임연구원

(한국에너지기술연구원 태양광발전연구단)

박경은 학·연 박사과정

(한국에너지기술연구원 태양광발전연구단)

유권중 단장/책임연구원

(한국에너지기술연구원 태양광발전연구단)

### 1.1 초기

1839년 프랑스의 물리학자 Edmond Becquerel은 처음으로 전해질에 담긴 전극사이에서 재료들이 빛을 받을 때 작은 양의 전류가 흐르는 것을 발견하였다. 1876년에는 Heinrich Hertz가 Selenium 과 같은 고체에서도 같은 현상이 발생됨을 관찰하였다. 이러한 광전효과(Photo Voltaic Effect)를 이용하여 태양전지(Solar Cells or PV Cells)가 개발되게 되었다. 당시의 빛 전환 전류 효율은 1%~2% 정도였을 뿐이었고, 본격적인 PV system의 상업화는 1940년대와 1950년대 사이에서 이루어 졌는데, 1941년 적절한 효율을 내는 실리콘(Si) 태양전지가 연구되면서, 1954년에 이르러 고순도 결정질 실리콘을 생산할 수 있는 Czochralski 방법이 개발되어 Bell 연구소에서 4%의 효율을 내는 첫 번째 결정질 실리콘 태양전지가 만들어졌다.

태양전지가 위성에 처음 적용된 것은 1958년 Vanguard 위성이다. 그 이후로 태양전지는 인공위성의 주전력원으로 사용되어져 왔다. 초기 태양

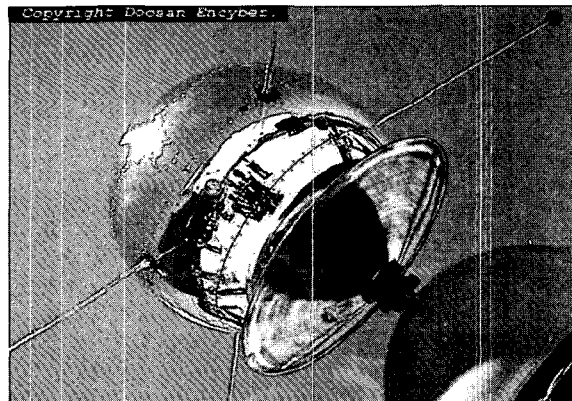


그림 1. 뱅가드 위성.

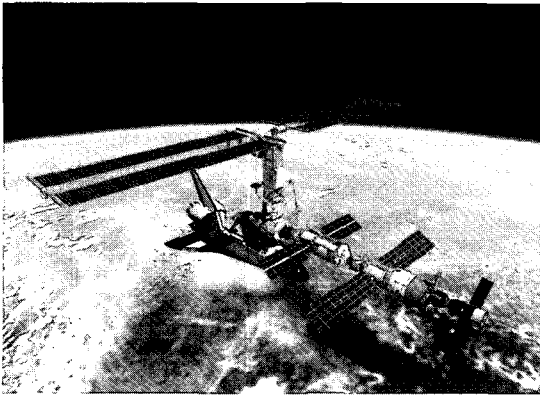


그림 2. 인공위성 전경.

전지는 그림1과 같은 원형타입의 위성의 몸체에 부착되어 사용되었으며 1970년대 이후 많은 위성들이 독립적으로 전개할 수 있는 두 개의 태양전지 어레이들에 의해 전력을 얻게 되었다. 지금까지 위성에서 가장 많이 사용되고 있는 태양전지 셀은 실리콘 셀과 GaAs셀로서 14~19%이내의 셀 효율을 갖고 있다.

### 1.2 도약기

태양광발전 기술에 대해서 본격적으로 세계의 관심이 모아진 것은 1970년대의 1차 석유파동이 일어난 이후였다. 산업의 발달과 삶의 질의 향상으로 에너지 소비량은 가파른 증가추세를 보이는 반면 기존의 화석 연료는 그 매장량의 한계성을 심각하게 인식하게 되었고, 미국, 유럽 등의 선진국을 중심으로 기존 연료를 대체할 수 있는 에너지 개발에 대한 관심이 모아지게 되었다. 이때부터 태양광발전 분야에서도 우주용 태양전지를 지상에서 사용하기 위한 투자 및 다양한 기술 개발이 본격적으로 시도되었다. 당시에는 석유 가격이 갑자기 올라가서 석유를 수입하던 많은 나라가 석유를 대신할 수 있는 에너지를 찾았기 때문에, 순수하게 재생가능 에너지만 관심의 대상이 되었던 것은 아니다. 원자력이나 석탄도 석유를 대신할 것으로 생각되었고, 실제로 많은 나라들이 원자력발전소 건설에 뛰어 들었다. 이때 사람들은 석유를 대신할 수 있는 에너지만을 생각했다. 그러나 그 후 석유가격이 안정되고 사람들이 높은 석

유가격에 적응되면서 석유를 대신할 에너지에 대한 관심이 줄어들게 되었다. 그러다가 1980년대 말부터 지구온난화가 심각한 수준이라는 과학자들의 연구가 널리 받아들여지면서 재생가능 에너지가 다시 주목받기 시작했다. 1992년 브라질의 리우에서 열린 세계 환경회의에서는 지구온난화와 지속가능한 발전이 중요한 의제로 다루어졌다. 그 후 세계 기후변화 회의에서 지구온난화를 억제하기 위한 대책이 논의됨에 따라 몇몇 나라에서는 온실기체를 방출하지 않고 지속적으로 이용할 수 있는 에너지의 개발에 적극적으로 뛰어 들었다.

이러한 국제 정세 속에서 태양광발전기술 및 산업은 현재까지 꾸준한 성장을 나타내고 있다.

### 1.3 성장기

다음 그림3, 4는 세계태양광발전산업 현황을 나타내는 그래프로, 그림3은 태양전지 출하량 추이를 나타내고 있다. 자료에서 보여 지는 바와 같이 90년대 이후부터 현재까지 태양전지 생산량은 계속적으로 급속한 증가추세를 나타내고 있다. 이러한 추세 속에서 최근 몇 년 동안은 연 30% 이상의 증가를 계속해오다가, 2004년에는 1,256 MW 태양전지를 생산함으로 762 MW의 생산량을 나타낸 전년에 비해 65%(494 MW)의 증가를 나타내었다.

이와 같이 활발하게 움직이고 있는 세계 태양광발전산업 시장은 현재, 일본, 독일을 선두로 한 유럽, 그리고 미국이 압도적인 우위를 보이며 세계 태양광발전산업 시장을 이끌고 있다. 특히 일본은 1990년대 후반부터는 급격한 증가로 다른 국가들과의 차이를 더욱 크게 벌이고 있고, 일본은 2004년 세계 태양전지 생산량 중 47%를 점유하여, 세계 10대 기업 중 1, 2위를 차지하며 무려 4개 업체가 10위권 내에 드는 등 PV 산업의 리더로서 활발한 활동을 벌이고 있다.

유럽은 일본에 이어 두 번째로 많은 점유율을 차지하고 있으며, 이것은 유럽 PV 생산량의 약 80%를 차지하고 있는 독일의 급성장에 따른 것으로, 2004년 말 현재 전년대비 약 140 MW 정도의 생산량 증가를 나타내었다.

2003년 6 MW 정도의 태양전지 생산량 감소를 나타내었던 미국은 2004년에는 전년보다 약 50 MW가

증가한 141.5 MW를 생산하였다. 미국은 2005년에는 2030년까지의 PV 로드맵을 새롭게 내놓는 등 태양광발전산업의 활성화를 위한 노력을 계속하고 있다.

2004년에도 일본, 유럽, 미국은 전 세계 태양전지의 86%를 생산하였다. 그러나 전년에 대비하여 나머지 국가들의 성장이 눈에 띄게 증가하였다. 이 국가들은 아직까지 그 양에 있어서는 큰 비중을 차지하고 있지는 않으나, 중국과 기타 아시아 국가들의 경우 2004년에 각각 4.3%, 4.1%의 점유율을 나타내며 두 배 이상의 성장률을 나타내었고, 호주, 인도, 중동국가 등도 지속적인 생산량 증가를 나타내고 있다.

세계 태양광발전산업 시장(공급)이 활발하게 움직이고 있는 가운데, 수요 또한 활발하게 이루어지고 있다. 각국의 PV 설치 누적 전력량을 살펴보면, 공급에서와 마찬가지로, 일본, 미국, 독일을 위시한 유럽이 압도적인 우위를 보이며 세계 태양광발전산업 시장을 이끌고 있음을 알 수 있다. 2004년의 PV 수요는 2003년 574 MW에서 927 MW까지 증가하여 전년대비 62%의 증가율을 나타내었다. 그림4에서 나타난 바와 같이 전 세계적인 PV 수요량 증가추세 중에서도 특히 독일은 2004년에 전년에 비해 수요량이 무려 152%나 증가하여 지속적인 우위를 지켜오던 일본을 추월하였다.

공급과 수요 양쪽에서 모두 절대적 우위를 지켜오던 일본은 2004년에도 공급과 수요 모두 많은 양의 증가를 나타내었지만 성장률에 있어서는 2003년의 36%보다 다소 감소된 27%의 성장률을 나타내었다. 미국은 전년대비 증가한 27%의 성장률을 나타내었고, 독일을 제외한 나머지 유럽 국가들도 42%의 수요 증가를 나타내었다[2].

이처럼 태양광산업이 활발한 공급과 수요가 이루어지는 가운데, 기술적 측면에서는 태양광발전시스템의 효율이 점점 좋아지고 있고, 경제적 측면에서는 가격이 점점 하락하고 있다. 또한, 설치 규모와 적용 대상 및 범위에 있어서도 변화가 나타나고 있다. 이전까지는 태양광발전시스템이 대부분 소규모로 설치되어 자가발전 자가소비가 이루어졌던 것에 비해서 점점 설치 용량이 증가하고 있는 추세이고, 최

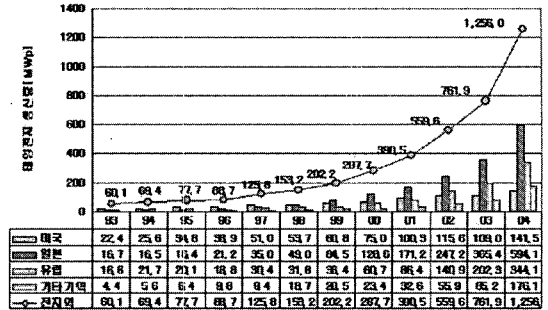


그림 3. 태양전지 생산량 추이.

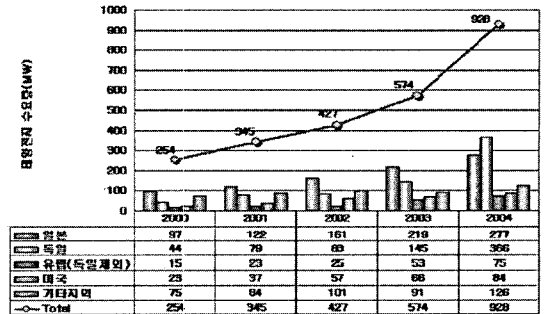


그림 4. 태양전지 수요량 추이.

근에는 대규모 태양광발전시스템을 발전사업용으로까지 활용하기에 이르렀다. 또한, 적용 분야도 위성용에서 지상용으로, 지상용에만 국한되었던 것에서 건물을 비롯한 다양한 분야에서 적용이 되고 있다. 특히, 태양광발전시스템을 건물에 적용하는 기술은 PV를 효과적으로 적용할 수 있는 분야로, PV 선진국에서도 높은 관심과 노력 속에 여러 가지 정책 및 지원들이 계속되고 있다.

## 2. 건물적용 태양광발전시스템

### 2.1 개념 및 원리

태양광발전시스템을 건물에 적용하는 방법은, 전

력을 공급해 주는 역할 이외에도 건물 외장재로서 적용함으로써 건설비용 감소 및 건물의 가치를 높이는 디자인 요소로 사용될 수 있다. 특히, 거주 가능면적이 적은 우리나라의 지형적 특성을 감안할 때, 매우 유용하게 활용될 수 있는 기술이다.

다음 그림5는 계통과 연계된 형태의 주택용 태양광발전시스템을 설명한 것으로, 일사량이 많은 날에는 태양전지에서 발전된 직류전력이 인버터로 전달된다. 여기서 받은 직류전력을 가정에서 쓸 수 있는 교류로 전환하여 가정의 각 전력 소비체로 보내게 되는데, 이때 사용하고 남은 잉여분에 대해서는 전력선을 통하여 전력계통회사에 팔 수 있다. 미소한 양의 전력을 발전하는 흐린 날이나 전력 생산이 어려운 밤에는 전력계통회사로부터 전력을 공급받아 사용한다.

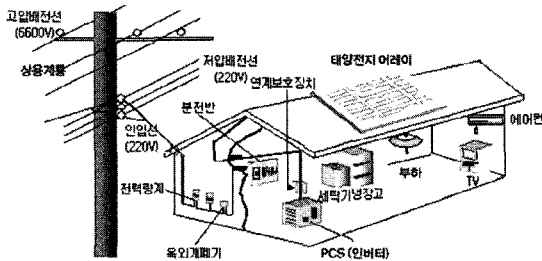


그림 5. 계통연계형(주택용) 태양광발전시스템 구성도.

## 2.2 적용기법 및 사례

건물에 태양광발전시스템을 적용하는 기법은 적용 방식에 따라서는 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 건물일체형 PV시스템(BIPV) 즉, 설계 초기 단계부터 건물의 한 요소로서 디자인이 되어 사용하는 방식과 건물의 구조 및 재료에 관계없이 독립적으로 PV모듈을 설치할 수 있는 방식이 있다.

건물일체형 PV시스템은 전력 생산 이외에 건축 외장재 비용을 절감할 수 있다는 장점을 살릴 수 있는 방법으로 초기에 건물의 한 부분으로서 디자인이

되므로, 전체 건물과 조화를 이뤄 건물 미관을 더 아름답게 만드는 디자인 요소도 될 수 있다. 단점으로는 설계나 시공 시 부가적으로 고려해야 할 사항이 있고, 신축 건물이나 대수선 또는 건물을 크게 개보수하는 경우에 가능하다. 반면, 건물부착형 태양광발전시스템의 경우는 설치, 시공이 비교적 용이하고, 기존 건물의 경우에도 쉽게 적용 가능하다는 장점이 있다. 그러나 PV시스템을 건물에 부착시키기 위한 가대 등의 별도의 지지물이 필요하고, 건물과 조화롭지 못하게 적용이 될 가능성이 있어서 건물 미관을 해칠 우려가 있다.

또한, 적용 부위에 따라 여러 기법들로 분류가 될 수 있는데, 본고에서는 크게 지붕 등 건물 상부 요소, 벽면 등 건물 입면 요소, 그리고 차양 또는 채광 요소로 구분하였다. 각 기법 및 사례는 다음과 같다.

### 2.2.1 지붕 등 건물의 상부 외피 요소로서의 적용

지붕 위에 PV시스템을 설치하는 방법은 건물의 구조 및 재료에 관계없이 독립적으로 태양광발전을 설치할 수 있고 PV를 경사지게 설치하기 때문에 일사 획득이 용이하므로 최대 발전 효율을 나타낼 수 있다. 또한 신축 건축물이든 기존 건축물이든 어디에도 사용될 수 있는 장점을 갖고 있고, 특히, 신축 또는 개축 시 Skylight 방식으로 적용을 할 경우에는 자연채광을 통해 전기에너지 감소까지도 기대할 수 있다.

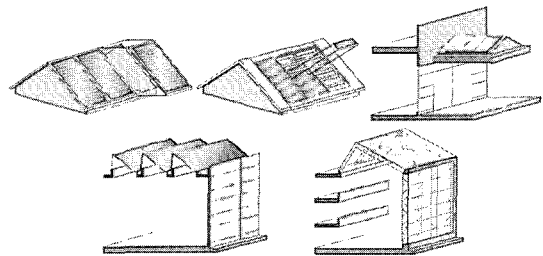


그림 6. 건물 상부 외피 요소로서의 PV시스템 적용 기법.

1) 건물 일체형 PV시스템 사례

구체적인 적용 방법으로는, 그림10의 사례들과 같이 현재 흔히 사용되고 있는 아스팔트 싱글이나 타일 타입과 유사한 형태나 기타 지붕 재료를 대신하여 PV모듈을 지붕에 통합하여 설치하는 방식이 주로 사용된다. 또한 건축용 유리 재료를 대신하여 (반)투명 PV모듈을 지붕에 일체화시킴으로, 자연광을 유입하거나 직사광을 차단하는 효과를 얻을 수 있다.



그림 7. 건물일체형 PV시스템 적용 사례.

2) 건물 부착형 PV시스템 사례

지표면에 비해 지붕 높이에서는 음영의 영향이 적고, PV모듈을 설치할 수 있는 넓은 면적을 확보할 수 있다. 플랫폼 지붕(0°~15°)의 경우 일반적으로 PV모듈을 신속하고 쉽게 설치할 수 있는 반면 경사형 지붕(15°~75°)에 설치 시에는 최대 발전 효율을 나타낼 수 있다. 단, 지붕의 본래 상태를 훼손하지 않고 어레이를 고정시키는데 세심한 주의가 필요하며, 고정·풍압·적설 하중을 충분히 고려해야 한다(그림8,9).

2.2.2 벽면 등 건물의 입면 요소로서의 적용

건물의 입면에 PV시스템을 설치하는 경우에는 태양광을 수직으로 받게 되므로 비교적 효율이 떨어지나, 수직벽을 이용하기 때문에 건물 부지를 최대한도로 이용할 수 있고, 내부 공간도 기존 건물과 같이 효율적으로 이용할 수 있는 방식이다. 또한 기

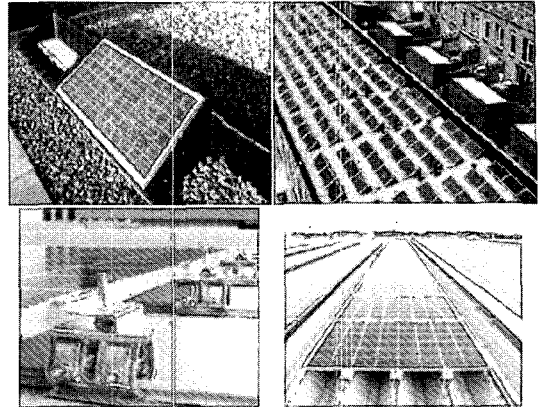


그림 8. 건물부착형 PV시스템 적용 사례1(평판형 지붕).

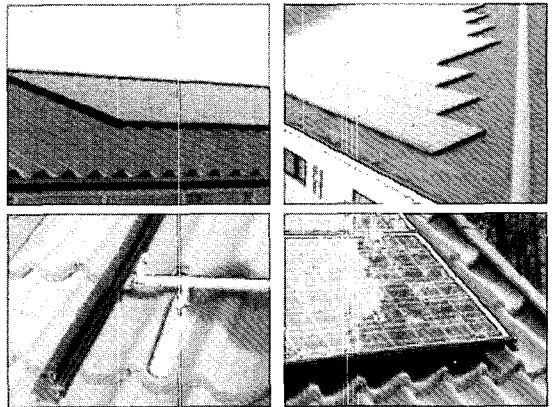


그림 9. 건물부착형 PV시스템 적용 사례2(경사형 지붕)

존의 수직벽면에 미적인 파사드를 제공하기 위해 다양한 사이즈, 형태, 패턴과 색상의 PV모듈을 추가할 수 있으며, PV모듈을 다양한 기능의 건물재료로써 적용할 수 있다(그림10).

1) 건물일체형 PV시스템 사례

본 기법의 대표적인 적용방법으로 커튼월 공법이 있다. 이는 최근 유리 소재를 이용한 커튼월 공법을 많이 사용하고 있는 상업용 건물에서 유용하게 적용할 수 있다. 그러나 이 공법을 적용하기 위해서는 다른 환경적인 요인들에 대한 고려와 설치 시공 시 좀 더 세밀하고 정밀한 기술 등이 수반되어야 한다. 그 외에도 도장, 타일, 벽돌, 기타 마감 재료를 대신하여 벽 부분에 PV모듈을 적용할 수 있다(그림11).

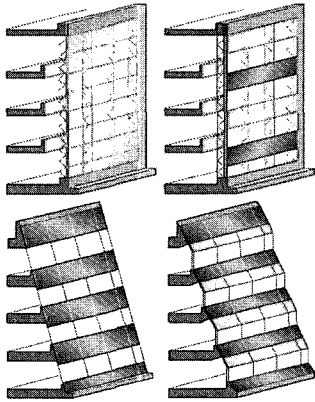


그림 10. 건물 입면 요소로서의 PV시스템 적용 기법.

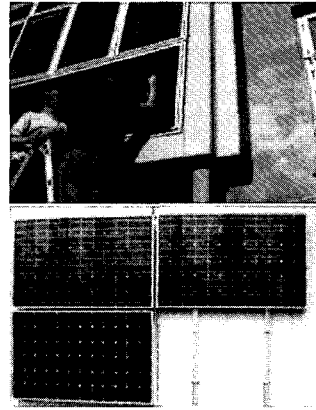


그림 12. 건물부착형 PV시스템 적용 사례.

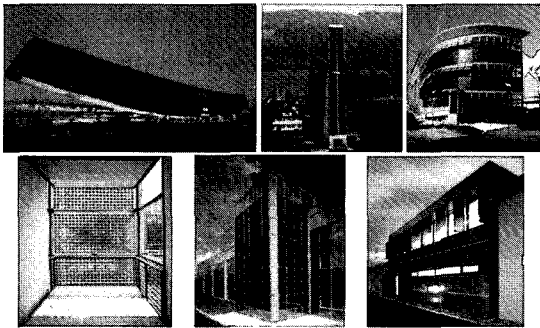


그림 11. 건물일체형 PV시스템 적용 사례.

### 2.2.3 채광 또는 차양 요소로서의 적용

채광을 위한 요소로서 적용할 경우, 전력 발전 및 빛 조절 기능 이외에도 건물의 이미지를 향상시키는 디자인적인 요소로서의 역할까지 기대할 수 있다. 적용 기법으로는 셀 자체에 아주 미세한 구멍을 만들어 빛이 투과할 수 있는 모듈을 제작하여 사용하는 방법과, 셀 사이에 일정한 간격을 두어 모듈을 제작하는 두 가지 방법이 사용된다. 최근 사무실이나 공공건물 등 큰 규모의 건물에 유리소재의 외장재를 사용하는 예가 많아지고 있어 매우 유용하게 활용될 수 있는 기법이다. 그러나 이것은 전력 발전이라는 본래의 기능을 떨어뜨릴 수 있으므로, 유리 및 태

### 2) 건물부착형 PV시스템 사례

수직벽면을 이용하기 때문에 경사지에 설치하는 것보다는 효율이 떨어지나, 건물의 부지를 최대한 이용할 수 있고, 내부공간도 기존 건물과 같이 효율적으로 이용할 수 있는 방식이다. 또한 기존의 수직 벽면에 미적인 파사드를 제공하기 위해 다양한 사이즈, 형태, 패턴과 색상의 PV모듈을 추가할 수 있다. 그림12의 건물에 적용된 Drop-in 방식과 Hook-on 방식 모두 빌딩 벽면과 PV모듈 사이에 통풍간격을 제공하도록 설치되어 발전 시 모듈 배면의 온도를 낮추어 발전 효율을 증가시킬 수 있다(그림12).

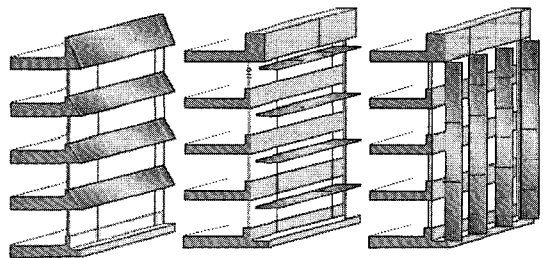


그림 13. 건물 차양 요소로서의 PV시스템 적용 기법.

양전지, 전기 특성을 잘 고려하여 디자인해야 한다. 또한, PV는 과도한 직사일광의 유입을 막고 재실자로 하여금 불쾌감을 유발하는 현휘 등을 방지하기 위해 사용되는 차양 요소로 사용되기도 한다.

1) 건물일체형 PV시스템 사례(그림14)

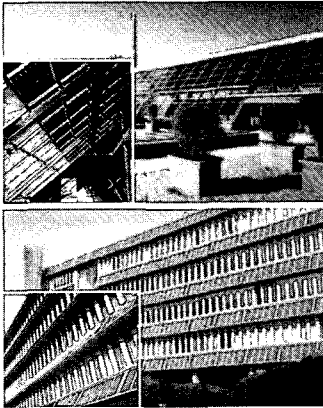


그림 14. 건물일체형 PV시스템 적용 사례.

2) 건물부착형 PV시스템 사례(그림15)

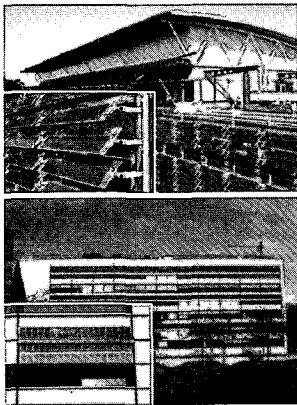


그림 15. 건물부착형 PV시스템 적용 사례.

3. 세계의 건물적용 태양광발전시스템 보급 현황

PV의 건물응용을 위한 건물일체형 태양광발전

(Building Integrated Photovoltaic ; BIPV)기술 개발과 관련한 최초의 대규모 국제공동 연구는 1990년대부터 7년 간 독일의 주관 하에 선진 13개국이 참여한 IEA SHC(Solar Heating & Cooling Program)의 Task 16 “Photovoltaics in Buildings”이며, 이를 통해 BIPV와 관련된 기반기술의 체계가 확립되었다고 볼 수 있다. 또한 이 연구의 후속연구 성격으로 1997년부터 선진 16개국 49명의 전문가를 중심으로 IEA PVPS 내의 세부주제 Task 7 “PV in Built Environment”를 통해 BIPV의 상업화 및 건물통합화에 대한 실용화 기술개발이 국제공동으로 수행되었다[3]. 또한, 2002년 종료된 Task 5 “Grid Interconnection of Building Integrated and other Dispersed Photovoltaic Systems”를 통해서 건물일체형 태양광발전시스템과 다른 분산 전력 시스템과의 계통 연계를 위한 기술적 가이드라인이 제시되었다[4].

PV를 건물에 적용하는 기술은 다른 PV 적용 기술 분야에 비해 빠르게 성장하고 있는 분야로, 이러한 국제적인 노력 이외에도 각 국가별로 이에 대한 적극적인 투자와 노력을 계속하고 있다. 특히, 현재 태양광발전 산업을 주도적으로 이끌고 있는 일본, 독일, 유럽, 그리고 미국 등의 국가에서 태양광발전산업이 급성장하는 데에는 이와 관련된 기술 개발 및 보급 프로그램들이 큰 역할을 하였는데, 이미 수행되었거나 현재 수행되고 있는 프로그램 현황 및 사례들을 살펴보면 다음과 같다.

3.1 일본의 건물 적용 태양광발전 프로그램

여러 PV 선진국 중에서도 특히 일본의 경우는 수요와 공급 양면에서 괄목할만한 성장을 하고 있고 이러한 추세는 앞으로도 지속될 전망이다. 일본에서는 특히 주택용 태양광발전 시스템이 매우 활성화되고 있는데, 이는 실제 거주가능 면적이 적고 땅값이 비싼 일본의 특성상 건물의 지붕에 태양광을 적용하는 것이 경제적이기 때문이다. 1994년부터 1996년 사이에 New Energy Foundation (NEF)은 “주택용 PV시스템 모니터링사업”이라는 프로그램을 수행하였는데, 이것은 일본의 태양광, 특히, 주택용 태양광 시스템의 보급이 가속화되는 계기가 되었다. 이 프로그램에서는 초기투자비의 50%를 보조금으로 지원하였고, 그 결과 kWp당 시스템 가격이 1994년

200만 엔에서 1996년 120만 엔으로 낮아지게 되었다. 이때 예산은 연간20-40억 엔, 연간 보급 시스템 수는 1994년 539건, 1996년 1986건이었다. 이것은 1997년에 9600건으로 대폭 증가하였다. 이 때 “주택용 PV도입 기반 사업”이 시작되었는데, 이 기간동안의 예산은 1997년 111억 엔에서 2001년 235억 엔으로 증가한 반면, 정부보조금은 kW당 34만 엔에서 12만 엔으로, 2002년에는 10만 엔까지 감소하였다. 또한 시스템 평균 가격이 kW당 1백만 엔에서 75만 엔으로 낮아지게 되었다.

이와 같이, 정부의 보조금 지원 비율이 점점 감소하고 있는 반면 설치수는 증가하고 있고 시스템의 평균 가격도 감소추세를 보이고 있어, 향후 주택 부분에서의 태양광 보급에 대한 잠재성을 예측할 수 있다. 다음 표1은 일본에서 수행되거나 진행 중인 건물용 태양광발전시스템과 관련된 정책들을 정리한 것이다.

**3.2 미국의 건물 적용 태양광발전 프로그램 현황**

태양광발전 분야의 초기 시장을 장악했던 미국의

경우, 독립형 시스템과 국의 설치 등에 중점을 두고 태양광발전산업을 육성시켜 왔다. 그러나 최근에는 미국에서도 자국내의 시장 확보와 계통 연계형, 특히 BIPV 분야에 대한 필요성을 인식하고 이에 대한 지원책과 예산 등을 마련하여 추진 중에 있다. 그 대표적인 프로그램으로 1999년부터 2010년까지 총 10억 달러를 투입하여 백만 시스템을 설치하고자하는 목표를 세우고, “1백만 호 Solar Roof 보급촉진계획”을 수행 중에 있다. 미국에서 수행되거나 진행 중인 건물용 태양광발전시스템에 관한 정책은 다음 표2와 같다.

**3.3 유럽의 건물 적용 태양광발전 프로그램 현황**

PV 산업에서 최근 유럽이 미국을 앞지르고 일본에 이어 2위로 올라서도록 하는데 지대한 공헌을 한 독일의 경우, 1990년대 “1천 호 Solar Roof Top 계획”을 시작으로 BIPV 분야에 있어서 꾸준한 노력을 기울이고 있다. 최근 1999년에 시작해서 2004년까지 사업을 수행할 예정이었던 “10만 호 Solar Roofs 보급 사업”을 당초 예정보다 1년 앞당긴 2003년에 300

표 1. 일본의 건물 적용 태양광발전 보급 프로젝트

프로젝트명	개 요	비 고
주택용 PV시스템 보급촉진	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주택용 PV시스템 모니터링사업(1994~1996년도): 합계 3,580호</li> <li>• 주택용 PV 도입 기반사업('97~)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1994년: 상한 90만 엔 보조(kW당)</li> <li>• 1997년~1998년: 상한 34만 엔 보조</li> <li>• 2001년: 상한 12만 엔 보조</li> <li>• 2002년: 상한 10만 엔 보조</li> </ul>
주택용 PV부하 평준화 기술 등 확립실증시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전국4지점, 합계25호</li> <li>• 모니터링의 실시(1993년~1997년)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 설치비의 2/3 보조</li> <li>• 아키히라 10호, 센다이 4호, 시가 6호, 시즈오카 5호(합계 25호)</li> </ul>
산업용 PV필드테스트	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1998년도: 73건, 1,940 kW</li> <li>• 1999년도: 9.4건, 2,810 kW</li> <li>• 모니터링의 실시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 설치비의 1/2 보조</li> </ul>
공공시설용 PV필드테스트	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 합계: 186건, 4,900 kW</li> <li>• 모니터링의 실시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 설치(1992년~1997년) 모니터링(1993년~) 2/3 보조(1992년~1995년)</li> <li>• 설치비의 1/2 보조</li> </ul>

표 2. 미국의 건물 적용 태양광발전 보급 프로젝트

프로젝트명	개 요	비 고
PV:BONUS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 계통연계형 건물용 PV시스템 개발</li> <li>• 건물로의 PV기술 이용에 의한 계속적 시장개척</li> <li>• 건물용 모듈개발, 실증시험</li> <li>• PV시스템제조사 &amp; 건설업체연계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 예산: 1998년 150만 달러, 1999년 150만 달러, 2000년 500만 달러</li> <li>• 관민비용분담형 프로젝트</li> <li>• 애틀랜타 올림픽 관계시설 등으로 성과 실증</li> </ul>
1백만 호 Solar Roof 보급촉진계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010년 시점에서 백만 시스템, 3,025설치 목표</li> <li>• 2010년 설치비용 2.00달러/W</li> <li>• 2010년 연발전량 1,400 MW</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 예산: 1998년 500만 달러, 1999년 150만 달러, 2000년 300만 달러</li> <li>• 연방정부 소유시설 20,000개소에 도입예정</li> <li>• 연방 여러 기관, 각주정부의 보급시책의 진행</li> <li>• 4분기마다 정보교환</li> </ul>



MW 설치 목표를 달성하는 등 BIPV와 관련된 활발한 활동이 이루어지고 있다.

다음 표3은 독일에서 수행되거나 계획된 BIPV 관련 정책들을 정리한 것이다.

이탈리아에서는 1999년부터 1만 Solar Roof Top 계획을 수립하고 시행 중에 있으며, 이 프로젝트를 통해 저압 계통연계 건물일체형 PV시스템 10,000기, 약 50 MW를 설치한다는 목표를 가지고 있다. 본래 2003년 종료예정이었으나, 2005년으로 연기된 이 프로젝트에서 용자인센티브는 투자비용에 대해 1~5 kW시스템은 80%, 5~50 kW는 70%가 지원된다. 스위스에서는 1990년부터 10개년 계획으로 Energy 2000을 수행하여 건물에의 파일럿 및 실증용 PV시스템(BIPV)을 설치하였다. 이 프로젝트 수행을 위해 에너지성과 지방 자치체의 에너지부가 보조금을 지급하였고, ENB(에너지이용결의)에 의해 잉여전력을 적절한 가격으로 구입하였다.

그 이외에도 네덜란드와 같은 유럽의 여러 국가들이 관련 정책들을 제정하고 산업 육성을 위해 노력하고 있다. 또한, 유럽연합에서는 유럽의 여러 국가들이 공동으로 참여하는 과제들을 수행하고 있다. 건물일체형 PV시스템 개발 및 지붕일체형 조립식 PV시스템 개발을 목표로 1995년에 시작된 JOULE-THERMIE계획이나, 1998년의 EC백서-Take off 캠페인, 2000년도의 HIP-HIP보급촉진계획 등이 수행되었다.

#### 4. 국내의 건물적용 태양광발전시스템 보급 현황

2002년을 기준으로, 우리나라는 에너지소비에 있어서 세계 10위에 랭크된 반면 에너지 해외 의존도는 97%이상인 것으로 조사되어, 우리나라도 대체에너지 개발이 절실하게 필요한 것으로 나타나고 있다. 이에 1997년 제1차 대체에너지 기술개발·보급 기본계획에서 2006년까지 대체에너지 2%를 공급하기로 설정한 달성시기를 2003년으로 조정하였고, 제2차 국가에너지 기본계획에서는 2006년까지 3%, 2011년까지 5%의 대체에너지를 공급한다는 목표를 설정하였다.

여러 신재생에너지 중에서도 2001년까지의 태양광 에너지 공급비중은 대체에너지 공급량 2,357.6천 toe 중 0.2%(5.9천 toe)로 매우 적은 비중을 차지하고 있고, 그 중에서도 건물에 적용된 PV시스템은 2001년의 경우 연간 총 보급량(792 kWp)의 약 13%에 그쳐 아직까지는 미비한 상태인 것으로 나타났다. 그러나 대체에너지와 관련한 국제정세와 여름철 전력 수요 증가 등의 당면 과제 등으로 태양광을 비롯한 대체에너지에 대한 관심과 투자를 증가시키고 있다. 이에, 2001년부터 풍력, 연료전지 분야와 함께 3대 중점분야로 추진하는 등 노력을 가하고 있다.

태양광을 비롯한 대체에너지의 보급을 촉진시키기 위해서 산업자원부 산하 에너지관리공단 주도 하에 시범보급사업 및 지역에너지 사업 등이 이루어지고 있어, 이를 통한 PV 보급 확산이 이루어지고 있

표 3. 독일의 건물 적용 태양광발전 보급 프로젝트.

프로젝트명	개요	비고
1천호 Roof Top 모니터링	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2,250호 PV시스템 설치</li> <li>• PV시스템은 1~5kWp까지 계통연계형, 합계 약 5.3 MW(1990년~1993년)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정부보조 70%</li> <li>• BMFT와 주정부 공동 프로젝트</li> <li>• 잉여 전력 매전가격의 최대 90%로 매전</li> </ul>
10만 호 Solar Roof 계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2003년말까지 300 MW설치목표 (본래 2004년으로 예정, 1년 단축)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1999년말까지 인가설치용량: 약 10 MW</li> <li>• 1999년말까지 인가전수: 3,576</li> <li>• 용자(금리) 0%</li> <li>• 보조금: 투자비용의 37.5%</li> </ul>
PV 05년 설비계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다양한 설치공법 검토</li> <li>• 건물 적용 장벽 극복</li> <li>• 독립형 PV시스템 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• '96~' 505</li> </ul>

다. 과거에 비전화 섬지역 등을 대상으로 독립형 지상용 태양광시스템에 관련된 사업들이 주류를 이루었던 것에 반해 최근에는 건물적용 계통연계형 시스템 설치 사례들이 증가하고 있다.

2001년에는 국내에서 최초로 BIPV 기술 개발과 관련하여 “중대규모 건축 환경에서의 태양광발전시스템 적용요소기술개발”이라는 연구과제가 시작되었다. 한국에너지기술연구원 주관으로 3년간에 걸쳐 총 36억원의 예산이 지원된 진행된 사업으로, BIPV용 전자재일체형 태양전지 모듈 개발, String/Unit형 Power Conditioner 개발, 최적설계 및 시공기술 개발 및 실증적용시험 등을 목표로 수행되었다. 이 연구과제 이후로 PV를 건물에 적용하기 위한 요소기술개발 및 실용화, 실증 연구까지 다양한 과제가 수행되었거나 진행 중에 있다.

현재는 산업자원부 산하 에너지관리공단 주도 하에 주택용 3kW 태양광발전시스템을 2010년까지 3만 호, 2012년까지 10만 호를 보급하는 것을 목표로 사업을 추진 중에 있는데, 2004년에는 태양광 주택 200호 보급을 목표로 총 63억원의 예산을 지원하였고, 해마다 지원 예산이 증가하고 있고, 이에 따라 PV 주택 보급이 증가하고 있는 추세이다. 이 프로그램을 통해 국내 태양광발전 산업의 확산을 기대하고 있다.

또한, 대체에너지 개발 및 이용 · 보급 촉진법을 근거로 하는 대체에너지 공공건물 의무화 사업에 의해, 향후 공공기관이 발주하는 연면적 3천 m<sup>2</sup> 이상의 신축 건축물에 대해서 총 건축공사비의 5% 이상을 대체에너지 설비 설치에 투자하도록 의무화하는 등 정부의 적극적인 보급 의지 하에 주택용의 소규모 PV시스템 뿐 아니라 공공, 상업, 더 나아가서 발전 사업용까지 그 설치 규모 및 범위가 확대되고 있다.

## 5. 결론

지구촌 곳곳에서 기상이변 현상으로 인한 피해가 속출하고, 유가의 변동에 따라 울고 웃는 가운데, 지난 2005년 2월 16일, 교토의정서가 발효되었다. 우리나라는 제정 당시 개발도상국으로 분류되어 당장 오

염물질 배출 감축 의무를 지지는 않는다. 그러나 이미 이산화탄소 배출량이 세계 9위에 육박하고 있는 점 등을 감안할 때, 전문가들은 우리나라도 2013년 이후부터는 감축의무를 지게 될 수 있다고 조심스럽지만 근거 있는 예측을 하고 있다. 또한 자원이 절대적으로 부족하면서 에너지 소비는 계속적으로 증가하고 있는 국내 실정을 감안할 때 우리나라에서도 신재생에너지의 연구개발 및 이용에 관한 관심, 및 노력이 절실히 필요한 때이다.

여러 신재생에너지 중에서도 태양광발전기술은 현재 전 세계적으로 붐을 일으키고 있는 분야이며 우리나라에서도 정부 차원에서 보급 확대를 위해 노력하고 있다. PV 선진국들의 태양광산업 증가 동향을 살펴보면, 초기에는 정부차원에서 주택 등 건물에 PV시스템을 적용하는 것과 관련된 각종 프로그램 및 지원책들이 마련되어 수행되었음을 알 수 있다. 더구나, 우리나라와 같이 실제 거주 면적이 적은 조건에서는 더욱 필요한 부분이다. 이에 PV 주택 10만호 보급 사업을 비롯하여 지역에너지 사업, 기타 PV 산업 활성화를 위한 정부차원의 보급 확대 지원 프로그램들이 수행되고 있다. 그러나 그 적용 대상이 다양해지고 규모도 커지면서 이전에는 고려되지 않았던 부분들에 대한 연구개발이 요구되고 있다. 즉, 건물에 PV시스템을 적용할 때 지금까지는 대부분의 경우 단순히 지상용 태양전지 모듈을 가지고 주택 지붕에 설치하거나 가대를 만들어서 부착하는 방식으로 적용이 되어왔다. 따라서 건물과의 조화나 별도의 설치공법 등에 대한 고려가 특별히 이루어지지 않았다. 그러나 공공용, 상업용 빌딩 등으로 적용 규모가 커지고 이러한 건물에의 적용을 확대하기 위해서는 건물과 PV시스템의 조화는 반드시 계획단계에서 고려해야 할 사항이다. 또한 성능 면에서도 다양한 적용을 위해 일사획득이 비교적 용이하지 않은 부분에 적용할 경우 발전성능을 최대한으로 낼 수 있도록 설계해야하는 것도 중요한 부분이다. 또한 지상용과는 다르게 건물에 밀착되게 적용이 되는 경우에는 발전 시 태양전지로부터 발생하는 열을 제거 또는 활용하는 부분에 대한 고려가 요구된다.

또 다른 예로, 최근에 BIPV 기법이 가장 많이 적용되고 있는 부분 중의 하나인 커튼월 공법과 같이 (반

투명한 태양전지 모듈을 사용하게 될 경우, 실내 냉난방 부하 및 재실자의 쾌적도와 직접적으로 관계가 되는 자연광 유입에 대한 분석이 선행되어야 하며 미적인 측면은 물론이고 그 이외에도 발전성능(효율) 및 결선, 시공, 누수 등 복합적인 요소들에 대한 고려가 필요하다.

PV시스템을 건물에 적용하는 것은 이미 세계적인 추세이며 더욱이 우리나라의 PV보급 확대 및 PV 산업 활성화를 위한 좋은 방법임에 틀림없다. 그러나 무조건 흐름에 따라가는 것 보다는 설계, 시공 유지 및 관리 등 모든 과정에서 더 많은 부분들에 대한 세심하고 전문적인 연구 개발이 이루어져야 한다고 사료된다.

### 참고 문헌

- [1] 강기환 외, "국내외 건물 적용 태양광발전 보급 프로그램 현황, 전기학회 하계학술대회, 2004, 7.
- [2] 유권중 외, "세계 태양광발전 시장 및 보급 현황", 전기학회 하계학술대회, 2005, 7.
- [3] Solarbuzz Inc. "Marketbuzz 2005", 2005. 3
- [4] 윤중호, "건물통합형 태양광발전 시스템의 설계요소 및 접근방법", 제1회 태양광발전기술세미나, 태양광발전연구회, 2001.
- [5] Photon International, "Market survey on world cell production 2004", Photon International Photovoltaic Magazine, 2005. 3.
- [6] Photon International, "Update on market survey on world cell production 2004", Photon International Photovoltaic Magazine, 2005. 4.
- [7] Friedrick Sick 외, "Photovoltaics in Buildings ; A Design Handbook for Architects and Engineers", International Energy Agency, Solar Heating & Cooling Programme, Task 16, Freiburg, Germany, 1996, 3.

### 참고 사이트

- [1] <http://racer.kemco.or.kr/index.jsp> (에너지관리공단/재생에너지센터, "에너지기술정보/신재생에너지기술/태양광")

- [2] <http://www.aric.or.kr/> (항공우주연구정보센터, "인공위성 태양전지 기술 동향")
- [3] <http://www.iea-pvps.org/> (IEA, "Photovoltaic Power Systems Programme")
- [4] <http://www.bear.nl/> (BEAR Architecten, "Photovoltaic")

### 저자|약력



성명 : 강기환

◆ 학력

- 1991년 대전공업대학 전기공학과 공학사
- 1993년 건국대 대학원 전기공학과 공학석사
- 2005년 건국대 대학원 전기공학과 공학박사

◆ 경력

- 1987년 - 현재

한국에너지기술연구원 태양광발전 연구단 선임연구원



성명 : 박경은

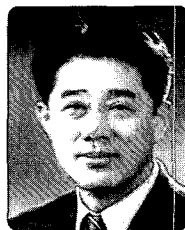
◆ 학력

- 2000년 공주대 건축공학과 공학사
- 2002년 공주대 대학원 건축공학과 공학석사
- 현재 공주대 대학원 건축공학과 공학박사과정

◆ 경력

- 2004년 - 현재

한국에너지기술연구원 태양광발전 연구단 학·연 박사과정



성명 : 유권중

◆ 학력

- 1982년 조선대 전기공학과 공학사
- 1985년 일본 KOBE대 대학원 전기공학과 공학석사
- 1989년 일본 KOBE대 대학원 전기공학과 공학박사

◆ 경력

- 1989년 - 1990년

일본 FUJI전기(주) 종합연구소 주임연구원

- 1990년 - 현재

한국에너지기술연구원 태양광발전 연구단 단장/책임연구원