

건물일체형 태양광발전(BIPV) 시스템의 설계 및 응용 기술

1990년대까지 건축설비 기술의 주 관심사는 에너지 절약 및 효율성에 큰 비중을 두어 온 반면, 2000년 이후 21세기 들어서는 새로운 에너지자원의 적극적 건물 응용을 위한 대체에너지 관련 설비에 큰 관심이 집중되고 있다. 특히 공공건물 대체에너지 의무적용의 입법화, 발전차액 제도의 정립, 그린빌딩인증 제도와 같은 각종 친환경 성능인증제도의 활성화, 정부의 적극적 대체에너지 보급 정책 등이 맞물려 최근 들어서는 관련분야의 시장이 급속히 성장하고 있는 실정이다. 이러한 배경하에 본 고에서는 다양한 대체에너지원 중 태양광발전(PV)을 건물에 적용하고자 하는 건물일체형 태양광발전(BIPV) 시스템의 기술현황 및 건축적 핵심 설계 고려요소에 대한 그동안의 연구결과를 소개하고자 한다.

윤 종 호

한밭대학교 건축공학과(jhyoon@hanbat.ac.kr)

서론

태양광발전은 특별한 유지관리, 공해 및 재료 부식 없이 간단하게 태양광을 이용하여 전기를 생산하는 기술로 다양한 응용분야가 있지만, 그 중에서도 PV(photovoltaics) 모듈을 건축물의 외피 마감재로 대체하는 건물일체형 태양광발전(BIPV, building integrated PV)에 대한 기술개발이 전세계적으로 급속히 확산되고 있다.

건물의 외피를 구성하는 요소로 통합된 PV시스템은 전력생산이라는 본래의 기능에, 건물의 외피재료로서의 새로운 기능을 추가함으로써 PV 시스템의 설치에 드는 비용을 절감하는 이중 효과를 기대할 수 있다. 이러한 복합적인 기능을 통한 비용절감 효과는 최근에 건물에서 흔히 볼 수 있는 고가의 외장 마감재에 소요되는 비용과 PV 시스템의 비용이 비슷할 때 최대의 경제성을 확보할 수 있을 것이다. 부가적으로 PV 시스템을 위한 별도의 부지확보 비용과 PV 시스템 지지를 위한 구조물 건립비용이 필요하지 않으며, 전기부하가 발생하는 그 지점에서 발전이 된다는 장점으로 가지게 된다. 특히 우리나라와 같이 제한된 대지와 건물상황에서 태양광발전의 효율적 보급을 위해서는 건물의 지붕 및 입면에 외벽마감재 대신 PV모듈로 대체시키는 건물일체형 태양광발전 방법

이 가장 효율적 선택 중에 하나일 것이다.

한편 PV 시스템을 건축설계와 통합시키는 문제는 단지 에너지 성능측면의 비용-효과 차원을 넘어 사회, 경제적으로 많은 부가적 가치를 제공한다. 또한 건축가는 실내의 쾌적수준 저하나, 건물 외관의 외장적 문제 및 경제적 제한사항 등에 크게 제약받지 않고도 환경친화적이고 에너지 효율적인 건물을 설계할 수 있게 된다. 국내의 경우도 2000년 초부터 건물일체형 태양광발전(BIPV)의 개념이 본격적으로 도입되기 시작하였다. 사실 전 세계적으로 보더라도 BIPV의 개념은 90년대 초반부터 본격적으로 활성화되기 시작한 최신 기술 분야이기 때문에 국내의 도입 시기도 그리 짧은 편은 아니다. 정부에서 2000년대 들어 적극적으로 추진 중인 대체에너지 개발보급 사업 중, 태양광 분야는 중점사업으로 선정되어 집중 투자되고 있는 분야이다. 따라서 매년 많은 수의 태양광발전 시범보급 사업 및 지역에너지 사업이 수행되고 있으며, 전국에서 태양광발전의 설치사례가 급속히 증가하고 있다.

특히 2004년부터는 일정규모 이상 공공건물의 신축시 총 공사비의 5%를 신재생에너지 시설에 의무적으로 투자하도록 법제화 되었기 때문에, 신재생에너지 시설에 대한 건설사 및 설계사무소의 수요가 지속적으로 증가하고 있는 상황이다. 그러나 BIPV

기술에 대한 관심 및 시장의 급속한 성장에도 불구하고 아직까지 완전한 형태의 BIPV 건물을 주변에서 손쉽게 찾아보기는 쉽지 않은 듯 하다. BIPV 기술의 국내 정착을 위해서는 앞으로 많은 기술적 발전과 해결책에 대한 노력이 있어야겠지만, 그중에서도 가장 중요한 일 중의 하나는 PV 기술을 건물에 통합시키는 실현 주체인 건축 실무분야의 관심과 역할이 강조되어야 한다는 점이다. 기존의 태양광 발전 시스템은 최대의 발전량을 얻기위한 성능 지향적 설계가 중심이 되었던 반면, BIPV의 경우는 발전과 동시에 건물의 외장재라는 본연의 기능을 동시에 발휘해야 함으로 건축적 통합화를 위한 각종 고려요소가 신중하게 반영되어야 한다.

따라서 본 논문에서는 국내 건물일체형 태양광발전(BIPV) 시스템의 건물 통합화를 위한 각종 건축적 고려요소 및 설계 접근방법, 성능인자에 대해 고찰하고, 핵심요소에 대한 그동안의 연구결과를 소개함으로써, 향후 국내 건물일체형 태양광발전 시스템의 발전을 위한 방향을 검토해보고자 한다.

태양광발전(PV)의 원리 및 특징

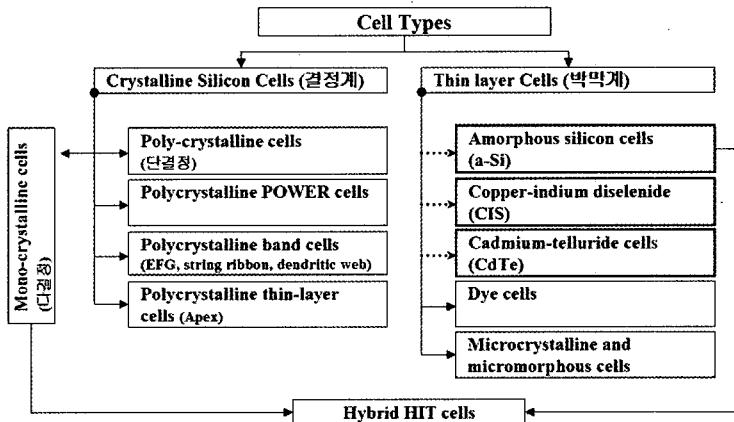
태양전지의 종류 및 특성

태양전태양전지의 종류는 재료, 용도, 구조 등에 따라 다양한 방법으로 구분될 수 있다. 그림 1은 결정계 태양전지와 박막태양전지를 중심으로 구분을

한 것이다.

현재 태양광 시장의 주류를 이루고 있는 단결정(mono-crystalline) 및 다결정실리콘(poly-crystalline)은 전지의 효율 및 신뢰성이 높은 장점을 가진 반면, 벌크 상태의 원재료로부터 태양전지를 만들기 때문에 재료비가 비싸고, 공정 자체가 복잡하고 단속적이어서 비용 절감 측면에 한계가 있다. 이러한 문제점의 해결방안으로 기관의 두께를 혁신적으로 줄이는 기술, 또는 유리와 같이 값싼 기관 위에 박막형태의 태양전지를 증착시키는 기술이 주목을 받고 있다. 기존의 박막 제조공정을 이용할 경우 보다 값싼 방법으로 태양전지의 대량생산이 가능하기 때문이다.

박막 태양전지 중 가장 최초로 개발된 비정질실리콘(amorphous silicon)은 기존 결정질실리콘 태양전지의 두께가 200~300 μm 인데 반해, 약 1/100에 해당하는 2~3 μm 두께만으로도 태양전지의 제조가 가능하다. 또한 연속공정에 의한 대량생산이 가능한 저에너지 소비형 공정이며, 유리, 금속, 플라스틱과 같은 저가의 기관재료를 이용할 수 있기 때문에 태양전지의 저가화에 유리하다. 또한 박막에 따른 원재료 소비량이 적기 때문에 보다 환경친화적이라 할 수 있다. 반면 결정질실리콘 태양전지에 비해 효율이 낮고, 특히 초기 빛에 노출될 경우 효율이 급격히 떨어지는 단점이 있다. 따라서 대규모 발전용으로는 사용되지 못하고, 시계, 라디오, 완구 등 소규모 가전제품의 전원용으로 주로 사용되어 왔으나, 최근



[그림 1] 태양전지의 종류



효율의 향상과 함께 초기 열화현상을 최소화할 수 있는 다중접합 구조의 비정질실리콘 태양전지의 개발과 함께 일부 전력용으로서의 이용이 활성화되기 시작하였다.

그림 2는 박막전지와 결정계전지 및 하이브리드 전지의 특성을 비교한 결과이다. 표준조건에서의 효율은 결정계보다 박막전지가 크게 떨어지는 반면, 박막전지는 흐린날에도 발전이 잘되고 온도계수의 상대적으로 작기 때문에 단위출력당 연간 전기생산량은 오히려 결정계보다 높음을 알 수 있다.

태양광발전의 특징 및 장단점

태양전지를 이용한 발전은 우선 에너지원인 태양광의 수명이 반영구적이고 연료비가 필요하지 않다는 점이다. 또한 화석연료와 같이 환경을 오염시키는 배기가스와 유해물질을 배출하지 않으며 소음도 전혀 발생하지 않는 깨끗한 에너지원이다. 발전 규모도 계산기의 전원에서부터 100 kW 이상의 엄청난 전력 발전시스템에 이르기까지 다양한 규모의 발전에 이용가능한 장점을 가지고 있다. 특히 기존의 발전 시스템은 발전소와 전기를 사용하는 장소가 떨어

져 있어 송전에 따른 문제가 발생하였으나, 태양전지는 소비하고자 하는 그 장소에 바로 설치하여 사용할 수 있다. 즉 태양전지를 건물에 설치하면 그 건물 자체가 발전소가 되는 격이다.

반면 태양에너지는 무한하지만 에너지 밀도가 작기 때문에 큰 전력을 얻기 위해서는 그만큼의 큰 설치면적이 요구되며, 기상조건에 따라 태양전지의 출력이 변하는 단점을 가지고 있다. 예를 들어 흐린날은 맑은 날에 비해 1/2~1/5 정도로 출력이 감소한다. 그러나 확산광에도 반응하기 때문에 비오는 날에도 맑은날의 1/10 수준은 발전이 가능하다. 태양전지의 또 다른 단점으로는 축전기능이 없다는 점이다. 즉 태양광을 받을 때에만 발전이 가능하기 때문에 밤이나 비가 오는 날에 사용하기 위해서는 축전지와 조합해야 하는 어려움을 가지고 있다. 외국의 경우 태양광으로 발전된 전기를 건물에 필요한 만큼 사용하고 남은 부분은 계통선을 통해 전력회사에 되팔 수 있는 제도를 통해 이러한 단점을 보완하고 있다.

BIPV의 개념 및 건물 일체화의 필요성

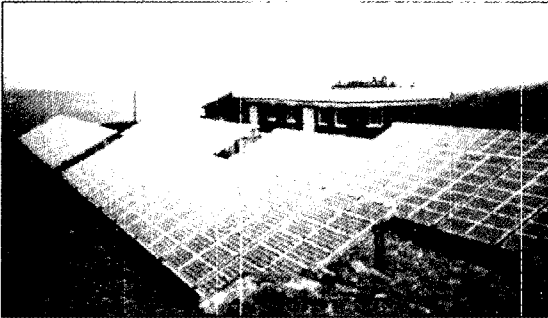
과거 태양광 발전시스템의 주 응용분야는 낙도나

[태양전지 종류에 따른 비교]	박막 (Thin Film)	다결정 (Polycrystalline)	단결정 (Monocrystalline)	하이브리드 (Hybrid)
① 외관				
② 효율 (표준조건, STC)	Good 7 - 8%	Very good 11 - 13%	Very good 14 - 16%	Excellent 17 - 19%
③ 담전공 상태의 효율	excellent	good	good	excellent
④ kWp 당 필요면적 : 모듈	-Kaneka module: 15.5m ² -Anisolar modules: 16m ²	-Sharp modules: 8m ²	-Sharp modules: 7m ²	-Sanvo modules: 6.5 - 7m ²
⑤ kWp 당 필요면적 : BIPV	-Solar metal roofing: 23.5m ² -Glass-glass laminate: 25.0m ²	-C71 fiber -Glass-glass laminates: 10m ² - 30m ² (전지 간격에 따라 결정)	-Sunslate -Glass-glass laminates: 10m ² - 30m ² (전지 간격에 따라 결정)	n/a
⑥ kWp 당 연간 에너지생산량 (남향 30° 경사각 조건)	900 kWh/kWp	750 kWh/kWp	750 kWh/kWp	900 kWh/kWp
⑦ m ² 당 연간 에너지생산량 (남향 30° 경사각 조건)	55 - 60 kWh/m ²	90 - 95 kWh/m ²	105 - 110 kWh/m ²	125 - 135 kWh/m ²
⑧ kWp 당 연간 CO ₂ 절감량	100 kg/kWp	325 kg/kWp	325 kg/kWp	300 kg/kWp
⑨ m ² 당 연간 CO ₂ 절감량	25 kg/m ²	40 kg/m ²	45 kg/m ²	25 - 40 kg/m ²

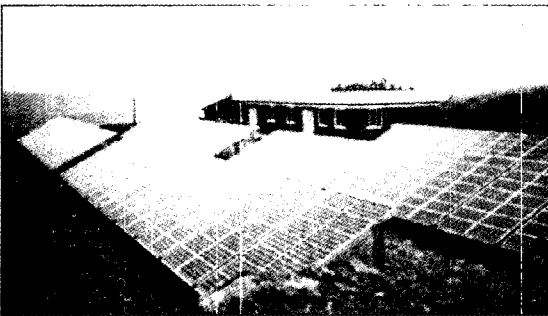
• Hybrid PV는 단결정 및 박막 실리콘전지의 장점만을 취해 결합시킨 제품
• 표준조건(STC)은 온도 25℃, 일사강도 1000W/m², Air mass=1.5의 상태
• Reference : Solarcentury

[그림 2] 태양전지 종류에 따른 각종 특성 비교

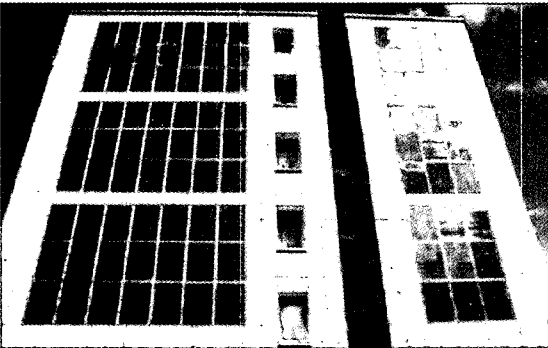
산간지역과 같이 전력공급이 원활하지 못한 지역의 자체 발전용이나, 등대, 가로등에 주로 적용되었으며 이러한 시스템을 독립형 PV발전시스템으로 분류한다. 하지만 독립형 발전시스템의 경우 PV모듈 설치를 위한 별도의 부지확보가 필요하며, 지지구조물을 위한 별도의 설치비용 및 수요와 공급처간의 송전손실이라는 단점을 가지고 있다.



(a) 독립형 PV시스템



(b) BIPV시스템 : 단순 거치형



(c) BIPV시스템 : 외피일체형

[그림 3] 태양광발전시스템의 분류

한편 현재까지도 매우 고가인 태양전지의 경제성 문제를 보상하고 앞서 독립형 발전시스템의 제반 단점을 보완할 수 있는 응용방법의 하나로 태양전지 모듈을 수요처인 건물에 직접 부착하는 새로운 개념이 90년대 이후 급속히 확산되고 있다. 특히 태양광 발전시스템은 다른 대체에너지 활용 기술과 달리 시스템 구성이 간단하며, 외관도 미려하기 때문에 기존 건물물의 외피요소를 대체할 수 있는 요소로 큰 잠재성을 인정받고 있다. 이렇듯 태양광 발전모듈을 건축자재화 하여 건물물의 외피요소로 건물에 통합시키려는 기술분야를 건물일체형 태양광발전 시스템(BIPV, building integrated PV)이라 한다. BIPV시스템은 그림 3에 도식한 바와 같이 독립형시스템을 건물물의 지붕 또는 대지 내로 이동시켜 단순히 거치시킨 형태와, 실제로 건물물의 외장재를 대체하여 건물 외피에 일체화된 완전한 형태의 BIPV로 구분할 수 있다.

건물일체형 태양광발전 즉, BIPV는 PV모듈을 건축자재화하여 건물 외피에 적용함으로써 경제성은 물론 각종 부가가치를 높여 보다 효율적으로 PV 시스템을 보급활성화 시키려는 개념이다. BIPV 시스템은 전기에너지 생산과 동시에 지붕, 파사드, 블라인드, 태양열 집열기 등과 같이 건물 외피와 결합하여 또 다른 기능을 제공할 수 있는 가능성을 부여한다. 이러한 복합적인 기능을 통한 비용절감 효과는 최근에 건물에서 흔히 볼 수 있는 고가의 외장 마감재에 소요되는 비용과 PV 시스템의 비용이 비슷할 때 최대의 경제성을 확보할 수 있을 것이다. 부가적으로 PV 시스템을 위한 별도의 부지확보 비용과 PV 시스템 지지를 위한 구조물 건립비용이 필요하지 않으며, 전기부하가 발생하는 그 지점에서 발전이 된다는 장점도 가지게 된다.

BIPV를 위한 건축적 고려요소

PV의 건물외피 통합화를 위한 건축적 고려사항

전기를 생산하는 PV모듈을 건축 자재화 하여 건물 외피에 부착하기 위해 수반되는 제반 고려사항은 기술적 측면에서 경제성 문제까지 수많은 검토요소가 존재한다. 이러한 고려요소를 큰 주제별로 구분해 본다면 건축계획적 요소와 발전성능의 상호관계, 건물



의장성 문제, 배선 등과 같은 기술적 요소, 안전성 문제, 시공성, 재료 및 구조적 문제, 유지 보수성 등을 대표적으로 들 수 있을 것이며, 이외에도 법규적 검토방법, 경제성 평가방법, 성능평가 방법 등도 직접적으로 관련되는 요소이다. 이들 제반 고려요소에 대한 세부적 관련항목을 구분해보면 표 1과 같다.

설치방위 및 경사각 문제

태양 복사량은 위도에 따라 변화하며, 최대 획득량은 시스템의 설치위치 즉, 경사각 및 방위각에 의해 결정된다. 일반적으로 가장 바람직한 방위는 정남향이며 수평면으로부터 경사각은 그 지역의 위도에 의해 결정된다. 또한 연중 일수에 의해서도 변화되는데, 태양고도가 낮은 동절기의 경우 수평면보다는 수직 파사드에 설치된 시스템에서 보다 많은 획득량을 기대할 수 있다.

태양광발전 시스템은 연중 365일 태양에너지를 받아 발전을 하기 때문에 1년중 적산일사량이 가장 많은 설치각도로 PV모듈을 부착하는 것이 가장 바람직

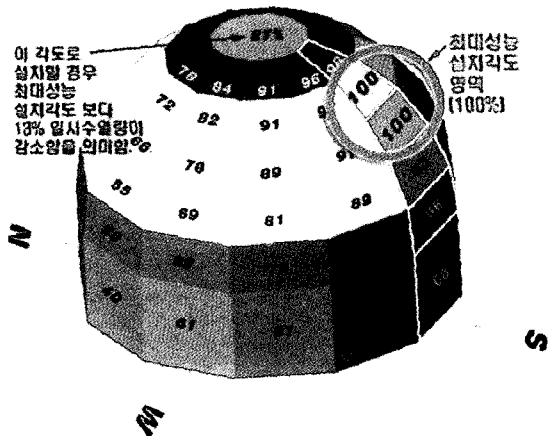
<표 1> PV모듈을 건물외장재로 일체화시키기 위해 필요한 건축적 고려사항

구분	고려사항
• 설계요소와 발전성능	-태양접근성(건물배치) -설치각도(방위 및 경사) -음영(인접건물, 식생) -온도
• 건축과의 조화성	-형상과 색상 -PV와 건물 통합수준 -건축적도와 모듈크기
• 배선	-의장적 처리기술 -외피 관통문제 -DC와 AC의 문제
• 안전	-파손 -도난 -번개
• 시공성	-외피시공방법 -방화 -적설하중 -풍압 -내압성 -시공순서
• 접근성 및 유지성	-세척 -유지 -수리교체 -도난 반달리증
• 법규적 문제	
• 경제성 및 부가가치	-환경적영향 -건축적영향 -사회적영향 -경제적영향

하다. 따라서 기존의 독립형 PV발전 시스템은 그 지역의 위도조건에 따라 가장 상기의 조건을 만족시키는 설치각도로 부착되었다. 그러나 건물일체형 태양광발전(BIPV) 시스템의 경우 PV모듈이 건축외장재로 건물 외피에 적용되기 때문에, 건물 조건에 따라 다양한 위치에 설치될 수밖에 없다. 특히 상업용 건물의 경우 수직벽에 부착되어야 하는 경우는 물론이고 향도 남향 이외에 동 서향으로 설치되어야 하는 경우도 흔히 발생할 것이다. 따라서 건축가는 BIPV 설계를 수행할 때 마다 PV모듈의 설치위치와 발전성능의 저하에 따른 고민을 하게 될 것이다. 최대 효율을 위한 시스템의 설치위치 결정을 위해서는 국내 지역별 방위 및 경사각에 대한 연중 적산일사 획득량에 대한 상대적 성능비교 데이터의 수립을 통해 효율적인 성능데이터를 제공할 수 있다. 선행 연구²⁾에서는 이를 위해 별도의 컴퓨터 모델링을 수행하였으며, 국내 지역별 BIPV 모듈 설치각도별 상대적 성능데이터를 제시하였다. 그림 4는 설치각도에 따른 PV발전량의 상대적 성능을 건축가들이 설계조기 단계에 효과적으로 판정할 수 있도록 작성한 노모그램의 일례를 예시한 것이다. 국내 6개 도시(서울, 대전, 대구, 부산, 광주, 제주)에 대해 경사각 15°, 방위각 30° 간격으로 판정할 수 있도록 제시되어 있다.

음영의 문제

발전 성능과 관련된 또 다른 중요사항으로 음영에



[그림 4] PV모듈 설치각도에 따른 상대적 발전성능 노모그램

다른 발전성능의 저하 문제이다. PV 모듈에 음영이 질 경우 도달 일사량 자체가 줄어들기 때문에 발전량이 감소하는 것은 당연한 원리지만, 부분 음영에 의한 전체 시스템의 발전량 감소도 매우 큰 영향요소이다.

직렬로 연결된 태양전지의 일부분에 음영이 발생되면 마치 배관 내 일부분에 병목현상이 발생하는 것과 같은 원리이기 때문에 전체 시스템의 발전효율도 크게 감소하게 된다. 따라서 PV모듈에 음영이 생기지 않도록 설계하는 것이 무엇보다도 중요한 고려 요소가 된다.

음영은 크게 인접건물 또는 인근의 식재 등 장애물에 의한 음영과, 건물 자체에 있는 매스요소 또는 PV 모듈 구조체 상호간에 의해 생성되는 음영으로 구분된다. 인접건물에 의한 음영은 우선적으로 배제해야 할 설계요소로, 초고층 건물의 경우 고층화에 따른 인접건물의 영향 요인은 상대적으로 작을 수 있지만, 동일 매스형태의 2개, 또는 여러개의 고층 동으로 구성되는 경우는 필히 다른 동에 의한 음영요인을 고려하여 PV모듈의 설치위치를 결정해야 할 것이다. 한편 돌출된 건물 자체 매스에 의한 PV 모듈의 음영문제는 BIPV 설계와 관련하여 건축가와 직접적으로 연계되는 문제이다. 이러한 이유로 PV모듈을 건물에 적용하려 할 때 건물의 자유로운 설계의 제약이 될 뿐만 아니라 음영에 의한 PV모듈의 발전량 차이를 정량적으로 분석한 연구결과가 없어 건축가들이 PV모듈을 건물 외피에 적용할 때 많은 어려움을 호소하고 있다. 기하학적 형상의 다양성으로 인해 자체 매스에 의한 음영적 영향의 모든 가능성을 간단히 관찰할 수 있는 설계기초자료를 수립하는 것은 어려운 일이다. 선행 연구²⁾에서는 수직벽면에 PV모듈이 설치된 경우를 가정하여 수평방향 및 수직방향의 돌출매스 길이비에 따른 연간 음영면적비를 산출하는 방식으로 BIPV 건물자체매스에 의한 음영영향을 각 방위별로 평가 제시한 바 있다. 그림 5는 수직 돌출매스에 의한 부분음영에 의해 연간 총 수광하는 적산일사량의 변화를 2개 방위에 대해 평가한 사례를 예시한 것이다.

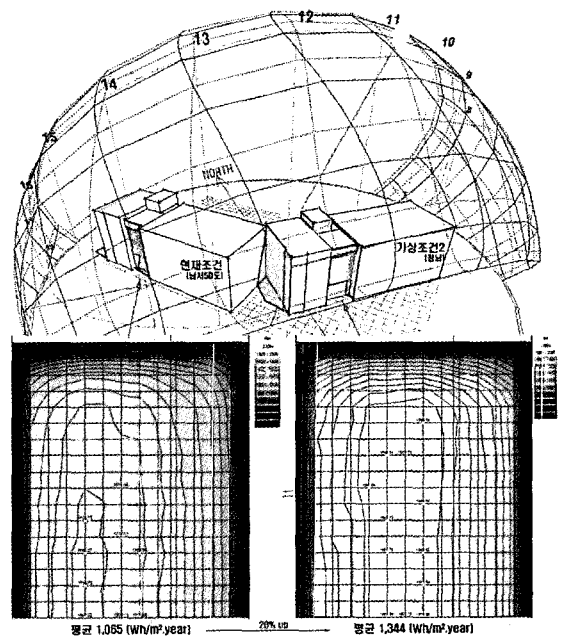
PV모듈 온도와 발전성능의 문제

PV모듈은 태양복사를 받아 전기를 생산하지만, 전기로 변환되지 못한 태양복사에너지는 열로 변환되

어 PV 모듈의 온도를 상승시킨다. 특히 현재 보급되고 있는 태양전지의 대부분을 차지하고 있는 결정계 태양전지의 경우 온도상승에 따른 효율 감소 경향이 더 크다.

기존의 독립형 PV시스템에서는 후면 배기가 자유롭기 때문에 온도에 따른 발전효율 저하의 문제가 큰 관심사항이 아니었으나, 건축자재화 되는 BIPV의 경우 설계 방법에 따라 큰 온도차이를 보일 수 있기 때문에 온도에 따른 발전성능의 문제는 매우 중요한 설계 고려요소이다.

건물외피에 부착된 PV모듈의 온도는 높은 일사조건에서 주변온도보다 20~40℃ 이상 상승한다. 일반적으로 태양전지의 온도가 1℃씩 상승할 때 마다 발전량은 0.4~0.5%씩 감소한다. 따라서 PV모듈을 건축외장재로 결합시키는 경우 필히 효율적으로 열을 분산시킬 수 있는 방법에 대한 설계적 디테일 개발이 필요하다. 건축물 외피에 결합된 PV모듈의 온도상승에 따른 배열문제는 동절기 난방성능 및 하절기 냉방성능과도 연계됨에 따라 열적인 문제와 전기적 문제를 복합적으로 고려해야 하는 매우



[그림 5] 건물 자체매스에 의한 음영영향 및 발전성능 해석 결과 사례



복잡한 고려요소이다. 선행 연구³⁾에서는 태양광발전 모듈을 건축 외장재로 적용했을 때, 열 및 발전 성능의 상관관계를 실험 및 시뮬레이션을 통해 규명함으로써 BIPV 설계를 위한 기초자료를 수립 제시한 바 있다.

자연채광과 BIPV

PV의 건축적 응용 분야 중 가장 매력적인 기술 중 하나는 기존의 건축창을 대체하여 자연채광과 함께 전기생산이 가능한 투광성 PV모듈 분야이다. 자연채광이 가능한 투광성 PV모듈은 크게 결정계 전지에서 구현하는 방법과, 박막계에서 구현하는 방법으로 구분할 수 있다. 하지만 두 방식모두 태양전지를 구성하는 소재 자체가 투명한 것이 아니고, 간극 크기의 차이가 있기는 하지만 태양전지와 태양전지 사이의 간극을 통해 빛이 투과된다는 점에서는 동일하다. 그림 6은 현재 시판되고 있는 자연채광용 투광성 BIPV 모듈의 종류를 예시한 것으로, 좌측상단의 1)은 결정계 태양전지의 배열 간격을 여유있게 하여 빛을 유입한 경우이며, 2), 3), 5)은 앞서의 박막전지 적층구조를 이용한 구현방식이며, 4), 6)은 2개 방식을 모두 응용하여 빛을 유입시키는 방법이라 할 수 있다.

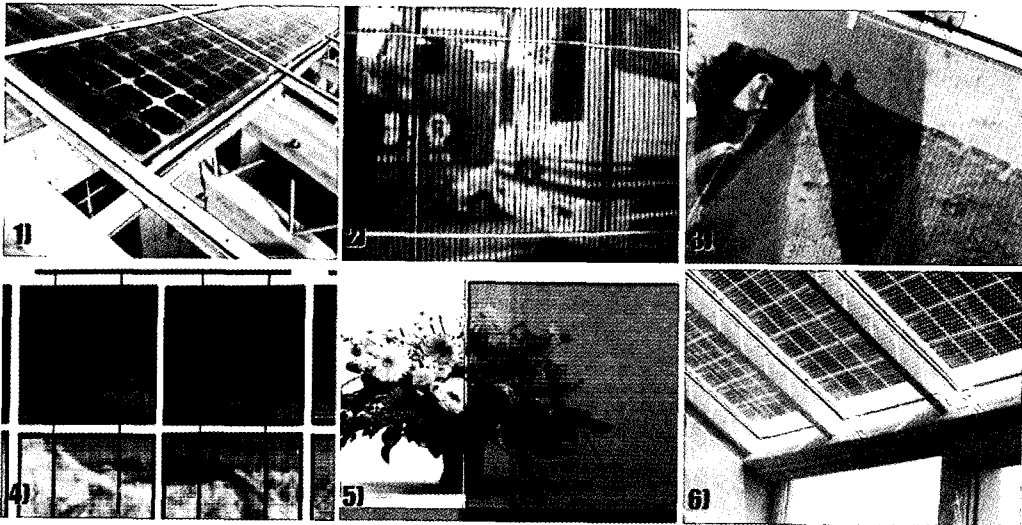
채광용 박막모듈의 경우 가시광선 투과율은 대부

분 10% 부근으로, 이 정도 투과율이 차양장치의 역할, 현회방지의 역할 등을 모두 수행하기에 적당한 수준이라고 평가되고 있다.

결정계 PV모듈은 태양전지를 필요한 갯수만큼 병렬 및 직렬로 배열하여 전후면에 EVA등의 충전재와 전면유리 및 백쉬트를 이용해 접합한다. 아몰포스 박막전지의 경우는 결정계 태양전지와 달리 좁고 긴 형태의 스트립모양으로 패터닝이된 일정 규모크기의 판이 단위셀이 되기 때문에 이를 원시모듈(raw module)이로 칭하며, 원시모듈의 전후면에 충전재와 유리 등을 이용해 접합한 최종모듈을 PV모듈로 부른다. 박막전지의 경우도 결정계와 유사하게 단일성능을 높이기 위해 복층창으로 제작해 적용할 수도 있다.

투광성 PV모듈은 건물의 외벽 창호재를 대체하거나, 대형 아트리움공간 또는 홀공간의 외피재료로 적용되어 창호의 기능과 함께 전기에너지를 생산하는 다기능적 역할을 담당할 수 있다. 특히 태양투과율이 낮기 때문에 별도의 차양장치를 설치할 필요가 없어 경제적 측면에서도 유리하다. 자연채광을 위한 BIPV시스템의 활용방안에 대해서는 선행 논문⁴⁾에서 제시하였다.

그림 7은 2005년 국내 K건설 연구소 신축건물에 적용된 투과형 BIPV모듈의 적용사례⁵⁾를 나타낸 것



[그림 6] 자연채광용 BIPV 모듈의 종류

으로 국내에서는 최초로 자연채광용 모듈이 설계 적용된 사례이다. 그림에 나타난 바와 같이 가시광 투과율이 10%에 불과하지만 실내에서 바라본 외부 조망 성능이 우수하며, 특히 별도의 차양장치 없이 항상 일정수준의 균일한 자연광을 제공한다는 측면에서 향후 큰 시장을 확보할 수 있을 것으로 기대된다. 특히 초고층 건물의 경우 건물 중간부에 대형 아트리움 등의 유리공간이 설계될 경우나, 조망과 함께 직달일사의 강도를 낮추어 태양복사가 실내로 유입되게 할 필요성이 있는 공간의 경우 적용효과를 극대화 할 수 있을 것이다.

한편 투과형 태양전지를 이용해 자연채광이 가능한 창호대체용 PV모듈을 개발하기 위해서는, 기존의 모듈 개발과는 달리 부가적으로 여러사항에 대한 고려가 필요하다. 기본적으로 설치각도 및 방법, 음영, 온도, 배선, 등 BIPV 모듈을 위한 기본요소 외에 창호를 대체하는 PV모듈이기 때문에 단열성능을 나타내는 열관류율(U-value), 태양복사의 유입량을 나타내는 차폐계수(SC) 및 채광성능을 나타내는 가시광선 투과율(Tvis) 등의 성능목표를 동시에 충족시켜야 한다. 특히 단열성능의 경우 열부하와 직접적으로 관련되는 요소이며, 결로 문제와도 직결되기 때문에 매우 중요한 성능목표이다. 따라서 자연채광 겸용 PV모듈의 개발을 위해서는 기존의 모듈개발 방식과는 달리 종합적이고 상호 연계성을 고려한 최

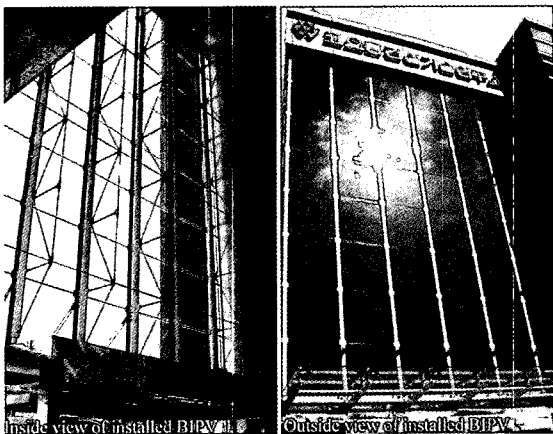
적의 설계 및 평가기법에 의해 모듈이 개발될 필요성이 있다.

맺음말

기존의 국내 건물분야 에너지 소비 억제를 위한 노력은 주로 에너지 효율 및 절약정책 위주로 추진되어 왔으나 이러한 기술의 적용효과는 궁극적으로 한계에 이르렀다고 판단된다. 에너지 자원의 고갈 및 지구환경 문제를 동시에 해결할 수 있는 보다 적극적이며 유일한 해결방법은 청정 자연에너지를 이용하는 대체에너지 기술개발과 시범 적용 및 표준화를 통한 대량 보급화 방안이다. 이러한 경향은 국내 뿐 아니라 전세계적인 경향이며 급속한 속도로 관련분야의 기술개발 및 시장이 확대되고 있는 추세이다.

한편 2004년 국내 공공건물 신재생에너지 의무화 법안의 발효이후 태양열, 태양광 및 지열 등의 대표적 재생에너지 시스템을 중심으로 활발한 보급이 진행되고 있다. 미래의 건물일체형 태양광 발전 시스템(BIPV)의 발전 잠재성은 무한하다고 할 수 있으며, 지금 현재도 수많은 기업들에 의해 특화된 BIPV 모듈 및 시스템이 급속도로 개발 상업화되고 있다. 이미 세계적으로 50만 이상의 주거건물에 PV를 이용한 발전시스템이 적용되어 있으며, 계통선과 연계된 BIPV 상업용 건물도 수천 개에 이르고 있다. 주거건물 및 상업건물용 BIPV 시스템은 가까운 미래에 여러 PV 응용 분야 중에서도 가장 큰 시장을 형성할 것으로 기대되고 있다. 주거 및 상업용 건물은 BIPV가 적용될 수 있는 충분한 공간, 즉 외피면적을 제공할 여건이 이미 형성되어 있으며, 기존 건축 외장재의 재료비 및 시공비를 상쇄하는 개념으로 PV를 적용함으로써 경제성을 확보하고, 부하가 발생하는 지점에서 발전을 함으로서 분배 및 전송에 따른 비용과 손실을 절감할 수 여러 장점을 가지고 있다. 또한 무엇보다도 지구환경 및 에너지 문제에 대한 전 세계적 우려 상황에 대해, 친환경적 철학 및 노력에 대한 이미지를 건물을 통해 부여할 수 있다는 측면에서 매우 큰 상징성을 가지고 있는 것이다.

본 연구는 과학기술부 우수연구센터육성사업인 한



[그림 7] 국내에 최초로 적용된 투과형 박막 PV모듈을 이용한 자연채광 BIPV 사례



양대학교 친환경건축 연구센터의 지원으로 수행되었다(R11-2005-056-02005-0).

참고문헌

1. 산업자원부, 2004. 1 “상업용 건물의 BIPV(건물 통합형태양광발전) 모듈 건축 통합화 연구”, 한밭대학교 연구보고서
2. 윤종호, 김병수, 2005. 7 “인접차폐물에 의한 건물일체 태양광발전(BIPV) 모듈의 음영 및 발전 성능 연구”, 대한건축학회논문집(계획계), v.21 n.7, p.149~156
3. 윤종호, 김재웅, 2006. 3 “후면 환기조건에 따른 건물외피용 태양광발전(BIPV) 모듈의 열적 영향에 관한 실험연구”, 한국태양에너지학회 논문집
4. 윤종호, 2006 7권 2호 “박막 태양전지를 이용한 자연채광용 BIPV 시스템의 활용방안”, 한국그린빌딩협회의 협의회지
5. 윤종호, 김석기, 송종화, 이성진, 2006. 5 “자연채광용 박막 태양전지 BIPV모듈의 발전성능 실측연구”, 한국생태환경건축학회 2006년 춘계학술발표대회 및 첨단 채광·조명시스템의 건축적응용에 관한 국제 심포지엄
6. 윤종호, 2004. 12 “BIPV 시스템 구현을 위한 건축적 3대 중점 고려요소”, 그린빌딩, (사)한국그린빌딩협회의, Vol.5 No.4