

자연채광용 건물일체형 태양광발전(BIPV) 창호 시스템

균일한 투광성을 갖는 투명 태양전지를 이용해 건축창호를 대체할 수 할 수 있는 투명 BIPV 시스템 기술에 대해 소개하고자 한다.

윤종호

한밭대학교 건축공학과(jhyoon@hanbat.ac.kr)

국내 BIPV시장의 현황

2004년부터 시행된 공공건물 신재생에너지 의무설치 조치에 따라 주택 이외의 건물에 PV를 적용해야 하는 수요가 급속히 증가하고 있다. 하지만 현재까지 적용되었거나 설계되고 있는 공공건물의 PV설치 사례는 아직까지도 대부분이 지지대를 이용해 건물 옥상에 거치시키는 형태의 불완전한 BIPV형태로 적용되고 있다. 이는 건물외관의 미적인 측면에서 볼 때 건축가 및 수요자들에게 큰 거부감을 주고 있으며, 무엇보다도 건물 외관에 가장 우선권을 주고 있는 현실을 고려할 때 궁극적으로 PV시스템의 건물 적용 보급을 저하시키는 근본적 요인이 될 것이다. 한편 옥상에 거치시키는 현재의 형태는, 기존의 건물외장재를 대체함으로써 경제적 이득을 본다는 BIPV의 근본적 개념에도 위배되는 것이다. 이러한 이유로 인해 외국의 BIPV 사례에서는 국내와 같은 옥상 거치식 방식을 거의 찾아보기 힘들다.

이러한 상황의 가장 큰 이유는 건물외장재로 적용시킬 만한 다양한 BIPV모듈이 아직 시장에 준비되지 못하고 있으며, 특히 건축가들의 다양한 건축적 성능 요구를 충족시킬 만한 제품의 다양성에 대한 준비가 부족하다는 점을 들 수 있다. 이러한 이유로 인해 당초 PV설치에 대한 적용검토를 진행하던 상당수의 공공의무화 사례에서, 설계 및 설치가 상대적으로 용이한 "지열" 쪽으로 선회함에 따라 지난 몇

년간의 공공의무화 시행결과에서 PV측의 설비투자비 비율이 지열 측에 비해 매우 낮은 현상을 나타내었다.

따라서 태양광 주택보급 사업과 함께, 대규모로 PV를 보급할 수 있는 공공건물 및 상업건물의 PV시스템 보급을 위해서는 시급히 본격적 BIPV를 위한 다양한 형태의 모듈을 개발, 제공해야 한다. 특히 실무 건축가들이 가장 많이 희망하고 있는 다기능적 PV모듈 즉, 자연채광과 함께 냉난방 성능도 우수하고, 전시효과도 뛰어난 PV모듈의 개발이 공공건물 및 상업건물의 수요를 창출하는데 효과적이라고 판단된다. 이는 주거건물과 달리 공공 및 상업건물의 경우 조명부하의 비중이 대략 30% 이상을 차지하기 때문에 아트리움과 같은 대형 유리공간을 통해 빛을 유입하기 위한 자연채광 기술이 일반적으로 적용된다. 투과형 PV시스템의 경우 이러한 목적에 아주 효과적으로 대체될 수 있기 때문이다.

박막전지와 BIPV

박막 태양전지는 궁극적으로 PV모듈의 저가화를 실현시킬 수 있고, 재료의 유연성으로 인해 보다 다양한 형태로 건물에 적용될 수 있으며, 균일한 분포로 빛을 투과시킬 수 있는 특징이 있기 때문에 BIPV 분야에서는 매우 큰 장점을 가지고 있다. 또한 결정계 태양전지가 온도상승에 따라 효율이 저하되는데 반해, 박막전지는 상대적으로 이러한 문제에서 자유

로울 수 있기 때문에 건축자재화하는데 유리한 점을 가지고 있다. 2010년 쯤에는 시장규모도 전체의 20%를 차지할 것으로 기대되고 있다. 이러한 이유로 인해 국내에서도 박막 태양전지 소재 개발 및 상용화에 대한 시도가 활발히 진행되고 있다. 특히 박막 전지의 국내 생산에 따른 이 분야 관련 시장도 향후 급속히 성장하여, 박막전지 BIPV 모듈 생산 및 시공 분야가 국내 BIPV 시장의 또다른 신규 영역으로 대두될 것으로 기대된다.

한편 투광성이 있는 박막전지를 이용해 건축창호 대체용 PV모듈을 개발하기 위해서는 최소한의 단열 성능 확보를 위해 복층창호화 하는 것이 필수적이다. 일부 아트리움 공간이나 스펠드럴 부위에 적용될 경우 단층창의 형태로도 적용 가능하나 일반창호를 대체하고자 할 경우는 필수적으로 복층창의 형태로 적용되어야 한다. 특히 갈수록 건물의 에너지 성능에 대한 요구수준이 높아지고 있으며, 각종 친환경 성능 인증제도가 인센티브제 등으로 인해 창호의 단열성능 요구수준도 기존의 복층창 성능을 넘어 열관류율 $1.0 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot \text{°C}$ 이하의 외벽체와 비슷

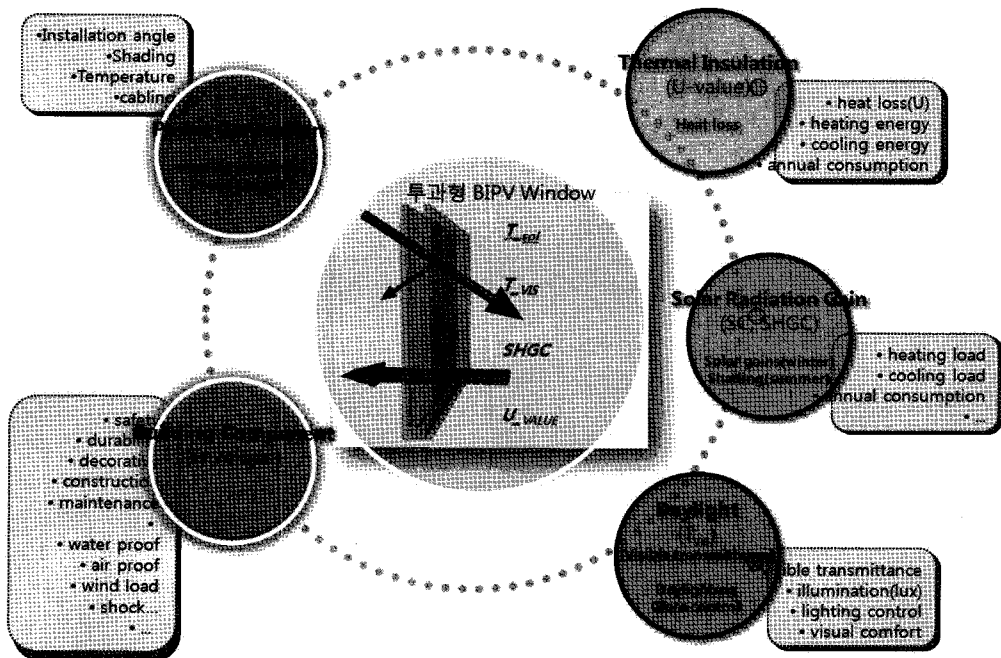
한 수준까지 발휘하는 창호도 개발 출시되고 있다.

투명 태양전지의 창호 기능요건

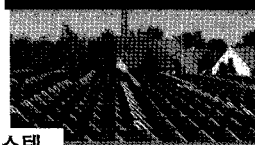
투명 태양전지를 이용한 BIPV용 건축창호는 그림 1과 같이 성능에 영향을 미치는 변수가 다양하기 때문에 다각적인 고려가 필요하다. 우선 태양전지 본래 기능인 발전성능의 최적화를 위해 설치각도, 차양, 온도, 배선 등의 문제를 고려해야 한다. 이때 투명 태양전지의 투과율과 발전성능의 상관관계도 매우 중요한 변수가 된다.

다음은 건축외장재로서의 기능을 고려해야 한다. 우선 투명 태양전지의 색상과 모듈형태, 크기 등이 전지 성능 이외에 건축 의장적 요소로서 미적인 측면에서 매우 중요한 역할을 한다. 이외에도 최종 마감재로서 안정성, 내구성, 시공성, 유지보수성, 방수, 방풍, 내풍압성, 내진성 등의 문제가 고려되어야 한다.

다음은 건축 열환경 및 빛환경과 관련된 요소로서 단열성능과 일사확득성능 채광성능에 대한 고려가



[그림 1] 건축창호용 투명 BIPV 모듈의 기능적 고려요소



필요하다. 단열성능은 열관류율(U value)로 표현되는 기본 지표로 국내 대부분의 지역이 건축창으로서 $U=2.8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{C}$ 의 성능을 요구하고 있으며, 이를 충족하기 위해서는 최소한 복층창 이상의 구조를 가져야만 한다. 일사획득성능은 태양복사의 실내 투과량을 결정하는 요소로 일사획득계수(SHGC)의 지수로 표현된다. U값과 SHGC값은 건물의 난방에너지 및 냉방에너지에 큰 영향을 미치는 변수로서 이들 값의 조합에 의해 건물의 연간 에너지소비량 및 초기 냉난방설비의 장치용량이 영향받게 되는 매우 중요한 변수이다.

창을 통한 채광성능은 가시광선투과율(Tvis)에 의해 결정된다. 투명전지의 투과율은 발전성능과 연계되는 동시에 실내의 조도수준과도 연계되기 때문에 종합적 고찰이 필요하다. 또한 투명전지는 제작 구조상 가시광선 투과율이 기본적으로 낮을 수 밖에 없다. 이는 하절기에 창호를 위한 별도의 차양장치가 필요하지 않다는 큰 장점을 가지기 때문에 이에 대한 성능적, 경제적 검토 또한 신중히 고려될 필요가 있다.

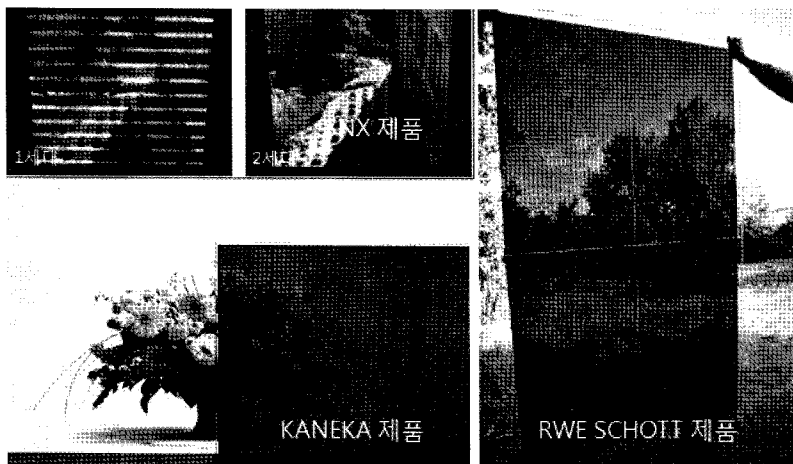
투명 태양전지의 종류

자연채광이 가능한 투광성 PV모듈은 크게 결정계 전지에서 구현하는 방법과, 박막계에서 구현하는 방

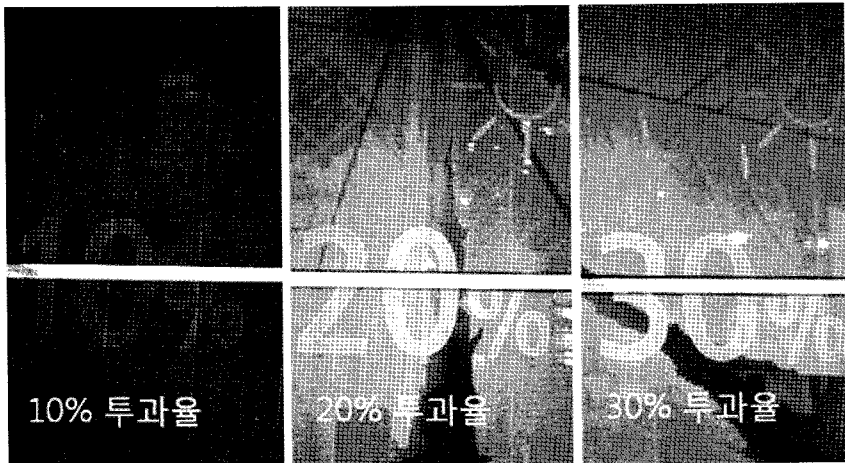
법으로 구분할 수 있다. 하지만 두 방식모두 태양전지를 구성하는 소재 자체가 투명한 것이 아니고, 간극 크기의 차이가 있기는 하지만 태양전지와 태양전지 사이의 간극을 통해 빛이 투과된다는 점에서는 동일하다. 그림 2는 현재 출시되어 있는 투광형 태양전지 중에서 균일 투광성을 가지고 있는 박막계열의 대표적 태양전지 제품의 사례를 예시한 것이다.

채광용 박막모듈의 경우 가시광선 투과율은 대부분 10% 부근으로, 이 정도 투과율이 차양장치의 역할, 현회방지의 역할 등을 모두 수행하기에 적당한 수준이라고 평가되고 있다. 하지만 최근 들어서는 채광성능을 강화한 20%, 30%의 투과율을 가진 모듈도 출시되고 있다. 그림 3은 투과율별 모듈의 투과도 차이를 예시한 것이다. 투명 태양전지의 투과율이 높다는 의미는 발전에 필요한 태양복사가 투과된 것임으로 당연히 효율을 떨어지게 된다.

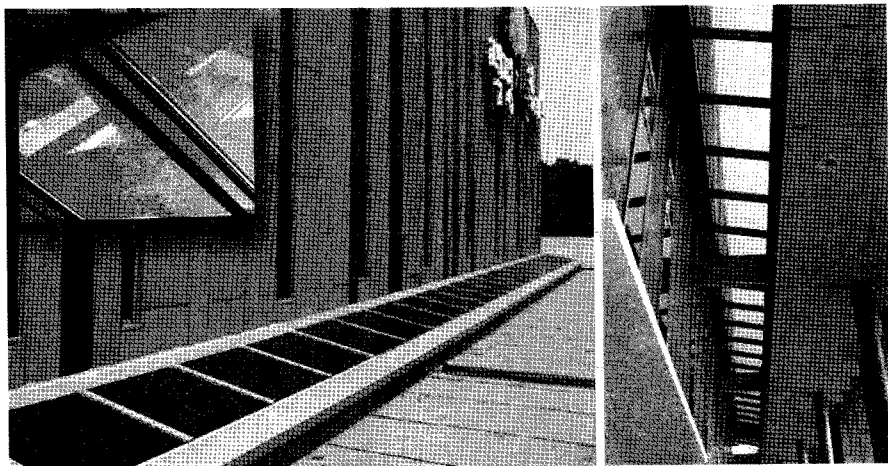
결정계 PV모듈은 태양전지를 필요한 갯수만큼 병렬 및 직렬로 배열하여 전후면에 EVA등의 충전재와 전면유리 및 백쉬트를 이용해 접합한다. 아몰포스 박막전지의 경우는 결정계 태양전지와 달리 좁고 긴 형태의 스트립모양으로 패턴닝이된 일정 규모크기의 판이 단위셀이 되기 때문에 이를 원시모듈(raw module)이로 칭하며, 원시모듈의 전후면에 충전재와 유리 등을 이용해 접합한 최종모듈을 PV모듈로 부른다. 박막전지의 경우도 결정계와 유사하게 단열성능을 높이기



[그림 2] 균일투광성을 갖는 대표적 박막 투명 태양전지의 제품 사례



[그림 3] 투과형 박막 태양전지의 투과율별 차이



[그림 4] 투과형 박막 태양전지의 국내 적용사례 : 덕평휴게소 천창

위해 복층창으로 제작해 적용할 수도 있다.

국내 적용사례 및 결론

상용화된 제품을 생산 및 수출하고 있는 결정계 태양전지와는 달리 국내에서는 아직 박막전지의 상용 제품이 본격 출시되지 않고 있다. 최근 D사에서 출시를 준비하고 있지만 이 경우도 불투명 비정질실리콘으로 채광을 위한 투명 태양전지는 아직 생산계획이 없다. 박막전지의 경우 결정계 태양전지에 해당

하는 용어가 raw module이다. 균일 투광성을 갖는 BIPV 창호의 설치사례는 국내의 경우 현재까지는 국외에서 raw module을 수입하여 이를 모듈화 또는 창호화하여 시공하는 사례로 보급되고 있다.

최초의 설치사례는 K건설사 연구소 신축건물의 진입홀 아트리움에 적용된 것이다. 총 45 m²에 2.2 kWp의 아몰포스 균일투광성 PV창호가 적용되었다. 프레임은 SPG공법으로 설계하였으며 가시광선 투과율은 10.6%이다. 3년에 걸친 모니터링을 통해 발전성능 및 시스템 효율에 대한 분석결과를 논문으로



다수 제시하고 있다. 또다른 사례로는 영동선 하행선에 신축된 덕평휴게소의 천정에 적용된 사례이다. **그림 4**에 예시된 바와 같이 ㄷ자 형태로 천창 자연채광용으로 총 44 m²에 2 kWp의 용량이 설치되었다. 단위모듈을 K건설사의 경우와 동일하게 44 W, 약 1 m²에 10.6% 가시광선 투과율을 가지고 있는 아몰포스 박막전지이다.

현재 CIGS 태양전지 및 염료감응형 태양전지 등 다양한 형태의 박막 태양전지의 상용화를 위해 국내에서도 활발한 연구개발이 진행되고 있다. 발전이라는 본래의 기능 외에 건축외장재로서의 기능에 부가하여 창호재로서의 채광기능까지 부여된 투광형 PV 창호는 건축가들에게 매우 큰 호감을 얻을 수 있는 BIPV모듈의 한 형태일 것이다. 