

# BIPV 시스템에서의 모듈 종류에 따른 건축적 특성 연구

## - 채광형 시스템을 중심으로 -

이응직\*, 이충식\*\*

\*세명대학교 건축공학과(drlee@semyung.ac.kr), \*\*세명대학교 대학원 건설공학과(chunsam20@nate.com)

## A Study of the Architectural Characteristic Depending upon the Module in the BIPV System

Lee, Eung-Jik\*, Lee, Chung-Sik\*\*

\*Dept. of Architectural Engineering, Semyung University(drlee@semyung.ac.kr),

\*\*Dept. of Architecture, Graduate School, Semyung University(chunsam20@nate.com).

### Abstract

---

Effective climate protection is a most important tasks of our time. The BIPV is one of the most interesting and promisingly possibilities of an active use of solar energy at the building. In this study it was analyzed by the case study the function of the requirement of the BIPV-module as building material and this architectural characteristic according to the kind of the module. Therefore the goal of this study is to get securing the application information of BIPV as windowpane.

BIPV modules are manufactured in the form of G/G. In the case of the crystal type the Transparent and the light Transmission is to be adjusted by the spacer attitude of the cell. Although this type could not be optimal for light effect of indoors because of the inequality of shade, the moving shade play makes a dramatic Roomimage by the run of sun. The application of this type would be for canopy, window or roof in the corridor or resounds.

With amorphous the type it is to be manufactured simply largely laminar, and thus that will shorten building process. There is a relatively good economy to use and to the window system easily. After the production technology is easy the transparency of the modules to adjust, and the module shows to a high degree constant characteristics of light permeability and transparency.

Without mottle of module shade is good the use for the window or roof glazing of office, library, classroom, etc. to adapt.

The BIPV modules took generally speaking a function as building material to the daylight use, shading, isolation and also to the sight. That means that BIPV modules have as multifunctional system to sustainable architecture good successes and they are at the same time as Designelement for architecture effectively.

Keywords : 건물일체형 PV(BIPV-Building Integrated Photovoltaic), PV-모듈(PV-Module), 다기능 복합시스템 (Multifunctional System), 지속가능한 건축(Sustainable Architecture)

---

# 1. 서 론

## 1.1 연구의 배경 및 목적

배럴당 100\$이 넘는 국제유가와 지구온난화에 따른 '기후변화 협약'의 영향으로 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)의 배출관리가 국내외 전반적인 경제활동에 커다란 과제로 대두 되는 시점이다. 따라서 건축분야에서도 기존 에너지사용 시스템을 제고하여 화석에너지 소비를 줄이는 대신, 일정부분의 신재생에너지 사용을 확대하자는 움직임이 공감대를 넓혀가고 있다.

특히 태양광분야는 정부의 3대 중점사업의 일환에 의한 보급정책과 민간투자확산으로 매년 급성장 추세를 보이고 있고, 그 중에서도 Building Integrated Photovoltaic(건물일체형 PV, 이하 BIPV)는 건물외피에 PV를 직접 적용하는 분야로서 PV모듈을 부가적 장치로서가 아니라, 전기발전이라는 PV본래 역할에 건축마감재의 기능을 통합하여 청정 에너지 이용과 건축자재 절약 그리고 그에 따른 새로운 건축 디자인의 가능성 등을 다양하게 추구하는 미래지향적인 건축기술이다. 그러나 이러한 BIPV에 의한 실내공간의 건축적인 질(Quality)에 대한 구체적인 검토가 미흡하여 이를 적용하고자하는 건축가 및 건축주들에게는 불확실성이 존재하는 문제점이 있어왔다.

따라서 본 연구는 BIPV에 적용되는 모듈의 종류별 특성과 적용 후의 건축적 효과를 분석하여, BIPV에 대한 좀 더 현실적인 건축 및 디자인 방법론의 기초자료를 얻는데 목적이 있다.

## 1.2 연구의 방법 및 범위

지금까지 국내에서는 순수한 의미의 BIPV 적용 건물은 극히 제한적인 숫자에 불과한 상황인데, 이는 건물의 본래기능과 조화를 이루는 디자인 해법부족과 또 디자인을 가능토록 뒷받침되어야할 BIPV모듈의 수급에도

어려움이 있었기 때문으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 부득이 외국에 실현된 BIPV 사례를 중심으로 현장사진과 인터넷 및 참고 자료를 이용하여 연구를 수행했으며 BIPV 모듈 또한 세계적으로 가장 많이 사용되고 있는 Glass to Glass(이하 G/G) 모듈을 기준으로 하였고 종류로는 일반적인 결정형 모듈과 비결정형 모듈, 두 가지를 대상으로 선정하였다.

# 2. BIPV 시스템

## 2.1 동향

BIPV는 기존 PV기술을 건축물에 접목시키기 위하여 모듈 자체가 곧 건물 외장재로서 기존 건축마감재를 대체하면서도 전기를 발전하는 다기능 복합시스템임을 정의한바 있다. 그러나 실제적으로는 상호간 특성이 다른 건축과 전기의 기술적인 통합을 위해서 필수적으로 여러 가지 다면적인 고려가 [그림1]과 같이 동시에 이루어져야 한다.

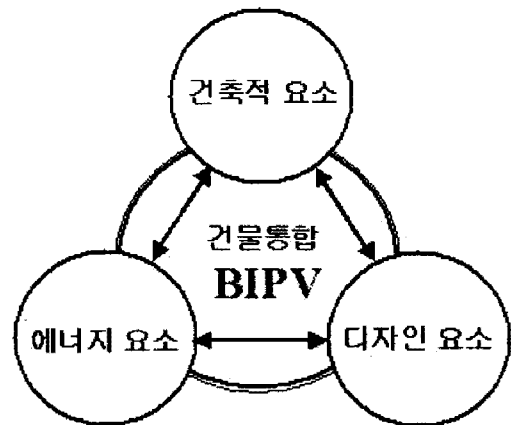


그림 1. BIPV의 개요

이러한 BIPV는 건물 에너지 절약과 친환경 건축 의식이 태동하던 1990년대부터 구미 선진국에서 현실화되기 시작하였고, 지난 20여 년 동안 비약적인 PV 기술의 발전상황에서도 BIPV 적용기술은 건축계획, 전기설비 및 제어, 부자재 개발 등 서로 다른 분야의

공동협력 개발로 흥미 있고 혁신기술로 인정 받고 있는 분야로 현재 세계 PV시장의 약 15%<sup>1)</sup>정도 비율로 BIPV가 점하고 있다.

BIPV 모듈은 건축마감재의 역할을 수행하면서 디자인 요소로도 작용하므로 이 분야에서 사용되는 PV모듈은 외형(면)이 미려하여야만 한다. 따라서 이러한 경우 태양전지를 두 장의 유리 속에 넣어 밀봉시키는 소위 G/G 형태가 주류를 이루는데, 이는 건축자재로서의 유리가 이미 널리 사용되고 있으며 건축 물리적, 외장 적으로 검증된 상황에서 BIPV 모듈로의 응용이 수월하기 때문이다. 또한 BIPV 모듈은 일반 모듈과 마찬가지로 표준(standard) 규격이 사용되기도 하나, 건축주 및 건축가의 주문에 의한 특수 사이즈도 흔히 사용되어 건축 디자인에 다양성을 부여하기도 하는 특징을 가진다.

## 2.2 적용장소

이론적으로 건물 외피는 태양이 비추는 곳이면 어디나 가능하지만 좀 더 효율적이고 경제적인 사용을 위해서는 남측 지붕 및 외벽이 우선이다. 건물 부위별 적용 가능 장소는 건물의 용도, 형태, 배치 상황 등에 따라 [그림 2]와 같이 구분된다.

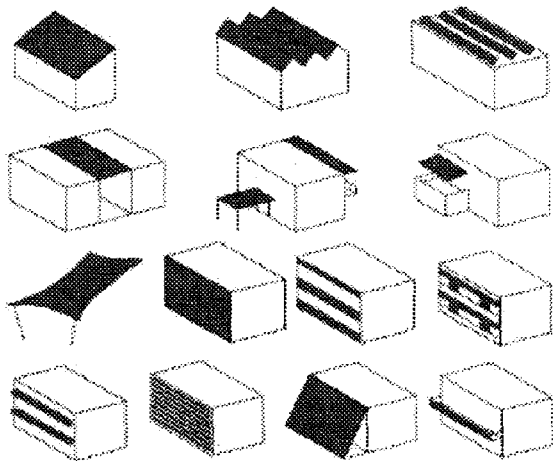


그림 2. 건축물에 있어서의 PV설치 가능 장소

남측 경사지붕의 경우 태양 궤적의 특성상 가장 바람직하며 디자인 요구에 의하여 동서 측면을 포함한 남측 외벽, 아트리움 지붕, 캐노피 또는 차양 장치로의 적용에 어려움이 없다. 이러한 장소는 순수한 PV의 효율에 이르지 못하는 경우가 있을 수 있겠으나 건물에 통합 적용되면서 디자인적 요구사항을 충족시켜야하는 BIPV 특성으로 이해될 수 있다.

## 3. BIPV 모듈

### 3.1 모듈의 요구조건

건물 외장재로의 BIPV모듈은 기존의 전형적인 건축마감재가 지닌 건축적인 요구 성능을 충족시킬 때만 인정될 것이다. 그것은 건물이 비·바람을 막아주는 셸터(shelter) 개념의 실내·외 경계층으로서 외부기후의 차단과 교환이라는 상반된 기능을 가지면서도 상당한 물리적 강도와 내구성을 바탕으로 안정적인 전자재기능과 전기발전기능을 수행하여야 함이다. 이러한 건축적인 요구 성능을 구체화하여 열거하면 다음과 같다.[그림3]

- 기후차폐: 비, 바람, 일사 등 외부기후의 영향 차단
- 단열: 외부기온 변화에 대한 쾌적한 실내 환경유지
- 방습: 실내공간과 건축물자체 습기보호
- 방음: 외부소음에 대한 실내 공간 보호
- 내화: 외부화재에 대한 일정시간 실내 공간 보호
- 디자인: 색감과 재질에 의한 건물 외부 디자인 성능

이와 같은 일반적인 성능과 아울러 채광형 BIPV모듈의 경우 자연채광이 가능하고 실내·외의 시각적 접촉을 유지할 수 있는 창호의 요구 성능이 부가되어야 한다. 따라서 적용 모듈종류에 따라 요구 성능의 충족도가

1) S-ENERGY 기술자료

곧 그 적용 공간의 실내 빛환경 질(Quality)을 좌우하는 요소로 작용한다.

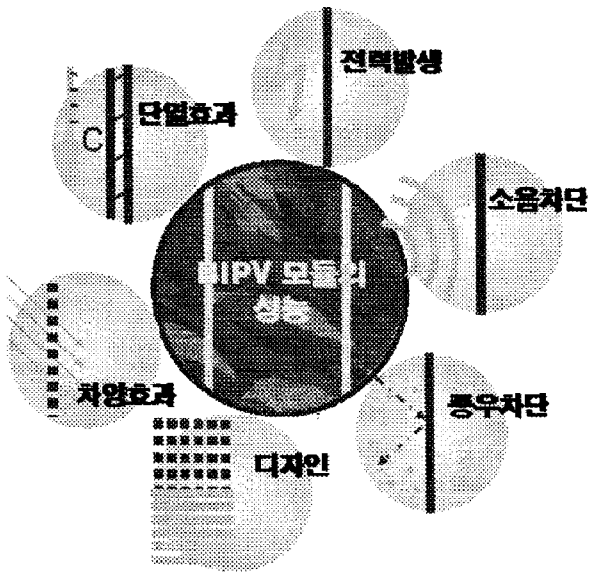


그림 4. PV모듈의 건축적 요구성능

### 3.2 G/G 모듈의 구조 및 종류

위에서 살펴본 요구 성능을 충족시키는 범위 안에서 각 모듈 제작사에 따라 다양한 BIPV모듈이 공급되고 있으나 세계적으로 가장 널리 적용되고 있는 모듈은 유리판 샌드위치 형식을 이용한 G/G모듈이다. 이 G/G모듈은 이미 현대건축에서 마감재로 빠뜨릴 수 없는 확고한 자리를 차지하고 있는 유리를 응용한 제품으로 외장재로서의 신뢰성 확보에 비교적 어려움이 적다고 볼 수 있다. G/G모듈의 특성은 다음과 같이 정리 될 수 있다.

**\* 장점**

- 유리라는 검증된 전자재료 신뢰성이 높다
- 외장이 미려하고 깔끔하다
- 디자인 효과가 크다
- 제작 방법에 따라 다양한 단열성능을 비롯한 기타 성능획득이 쉽다
- 창호, 외벽, 지붕 등 모든 부위에 적용 가능하다
- 대 면적 모듈 제작이 가능하다

**\*단점**

- 유리 자체무게로 인한 모듈 중량이 커서 시공에 어려움이 있을 수 있다
- 제작결함에 따른 유리판과 유리판 사이에 습기 및 공기침투로 기능저하 우려가 있다
- 비교적 고가이다
- 모듈제작에 높은 기술이 필요하다

결정형 태양전지에 의한 G/G모듈의 구조는 [그림 4]와 같이 두 장의 판유리 사이에 태양전지를 EVA필름으로 감싸 넣어 밀봉한 형태로 만들어지는 것을 기본으로(위, 왼쪽) 필요에 따라 단열, 방음 등의 부가적인 기능을 얻기 위해서 모듈 뒷면에 기능성 유리를 덧붙이기도 한다(위, 오른쪽).

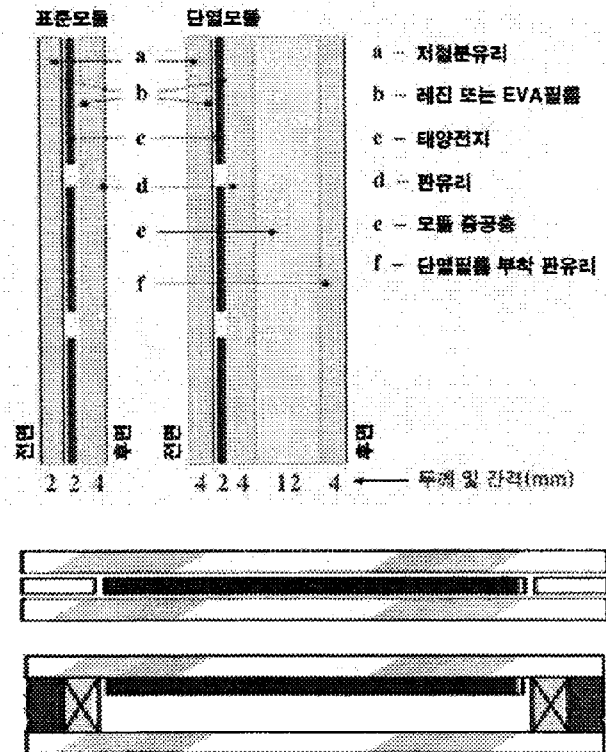
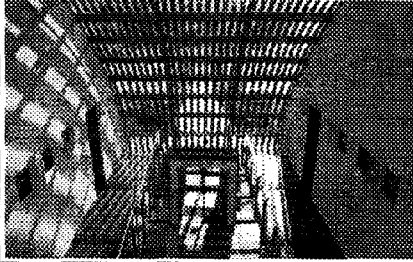

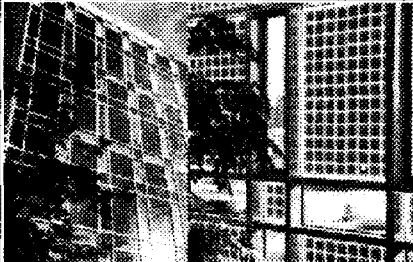

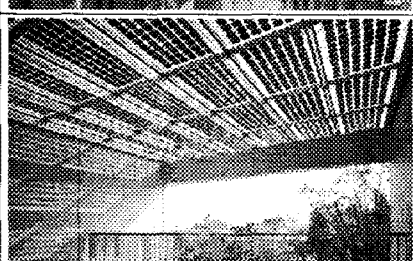
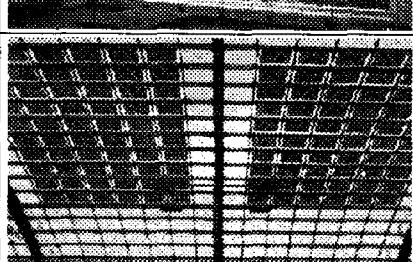


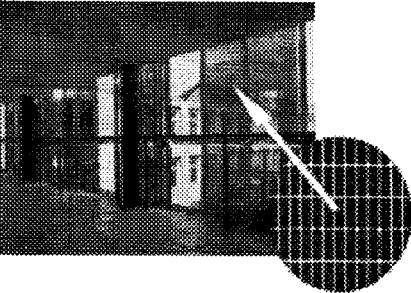

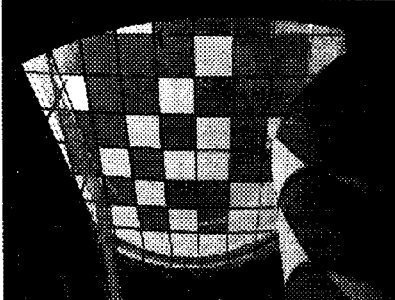


그림 6. 결정형 BIPV G/G 표준 및 단열모듈(위)과 박막형 G/G 모듈(아래, 수평)의 구성형태 이미지

## 4. 사례를 통한 모듈의 특성 분석

### 4.1 결정형 모듈 사례

모듈타입	적용 사례	특징
Glass to Glass		<ul style="list-style-type: none"> <li>-적용 장소 및 방향: 건물 출입구 홀의 곡선형 지붕, 남향</li> <li>-모듈의 형태: 동일규격의 G/G모듈에 약 50% cell배열</li> <li>-적용 효과: <ul style="list-style-type: none"> <li>· 경사형 지붕 마감재로 인지성 높음</li> <li>· 자연채광 효과 및 시야확보 양호</li> <li>· 모듈그림자의 움직임으로 공간의 역동성 표현과 야간의 경관 조명효과</li> </ul> </li> </ul>
Glass to Glass		<ul style="list-style-type: none"> <li>-적용 장소 및 방향: 동·서 축의 아트리움 지붕, 남향</li> <li>-모듈의 형태: 동일규격의 G/G모듈에 약 50% cell배열</li> <li>-적용 효과: <ul style="list-style-type: none"> <li>· 경사형 지붕 마감재로 인지성 높음</li> <li>· 자연채광 효과 및 시야확보 양호</li> <li>· 모듈그림자의 움직임으로 공간의 역동성 표현과 야간의 경관 조명효과</li> </ul> </li> </ul>
Glass to Glass		<ul style="list-style-type: none"> <li>-적용 장소 및 방향: 건물 계단부의 수직 커튼 월</li> <li>-모듈의 형태: G/G모듈에 약 80% cell배열</li> <li>-적용 효과: <ul style="list-style-type: none"> <li>· 일반유리와 조합으로 채광효과 양호</li> <li>· 커튼 월 시스템으로 외부디자인 효과</li> <li>· 모듈그림자에 의한 바닥의 그림자 효과</li> </ul> </li> </ul>
Glass to Glass		<ul style="list-style-type: none"> <li>-적용 장소 및 방향: 출입구의 다목적 홀 경사 외피, 남향</li> <li>-모듈의 형태: 동일규격의 G/G모듈에 약 80% cell배열</li> <li>-적용 효과: <ul style="list-style-type: none"> <li>· 남측경사면 상단부 1/3 모듈 장착</li> <li>· 흰 벽면과의 대비 관계에서 그림자에 의한 역동적인 공간 디자인</li> <li>· 여름철의 차양효과 기능</li> </ul> </li> </ul>
Glass to Glass		<ul style="list-style-type: none"> <li>-적용 장소 및 방향: 휴게공간의 지붕</li> <li>-모듈의 형태: 동일규격의 G/G모듈에 약 70% cell배열</li> <li>-적용 효과: <ul style="list-style-type: none"> <li>· 평지붕 적용 형태</li> <li>· 개방된 전면부와 함께 채광성능 우수</li> <li>· 여름의 일사 차폐효과 및 그림자 효과</li> </ul> </li> </ul>
Glass to Glass		<ul style="list-style-type: none"> <li>-적용 장소 및 방향: 기차역사의 유리지붕, 남향</li> <li>-모듈의 형태: 동일규격의 G/G모듈에 약 80% cell배열</li> <li>-적용 효과: <ul style="list-style-type: none"> <li>· 약 15도의 경사지붕 적용 형태</li> <li>· 대형 유리면의 일부분에 적용</li> <li>· 채광효과 및 여름의 일사차폐효과 우수</li> <li>· 단조로운 유리면 및 공간 디자인 요소</li> </ul> </li> </ul>

## 4.2 비결정형 모듈 사례

모듈타입	적용 사례	특징
Glass to Glass		<ul style="list-style-type: none"> <li>-적용 장소 및 방향: 복도의 측면 창호, 남향</li> <li>-모듈의 형태: 동일규격의 박막형 G/G 모듈</li> <li>-적용 효과:               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 남측 수직창호로서 채광성능 양호</li> <li>· 투과율 10%, 균일 투과성 및 시야확보</li> <li>· 우수한 단열 효과(<math>u=1.2W/m^2 \text{ } ^\circ C</math>)</li> <li>· 크기 2.4m x 1.3m의 대형 모듈</li> </ul> </li> </ul>
Glass to Glass		<ul style="list-style-type: none"> <li>-적용 장소 및 방향: 복도의 경사지붕, 남향</li> <li>-모듈의 형태: 동일규격의 박막형 G/G 모듈</li> <li>-적용 효과:               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 남측 경사지붕, 채광성능 및 효율 양호</li> <li>· 전면 강화유리로 안전성 확보</li> <li>· 투과율 10%, 균일 투과성 및 시야확보</li> <li>· 우수한 단열 효과(<math>u=1.2W/m^2 \text{ } ^\circ C</math>)</li> <li>· 크기 2.4m x 1.3m의 대형 모듈</li> </ul> </li> </ul>
Glass to Glass		<ul style="list-style-type: none"> <li>-적용 장소 및 방향: 아트리움 유리지붕, 남향</li> <li>-모듈의 형태: 동일규격의 박막형 G/G 표준모듈</li> <li>-적용 효과:               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 약한 남측 경사로서 채광성능 양호</li> <li>· 균일한 투과성 및 투시성</li> <li>· 이중 단열 시스템</li> <li>· 기존유리와 조합에 의한 지붕디자인</li> <li>· 벽면의 역동적인 모듈그림자 효과</li> </ul> </li> </ul>
Glass to Glass		<ul style="list-style-type: none"> <li>-적용 장소 및 방향: 사무용 건물의 고정창호, 남향</li> <li>-모듈의 형태: 동일규격의 박막형 G/G 표준모듈</li> <li>-적용 효과:               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 채광성능 양호</li> <li>· 균일한 투과성(투과율 10%) 및 투시성</li> <li>· 이중 단열 시스템</li> <li>· 크기는 0.6m x 1.0m</li> <li>· 눈부심 방지 및 차양효과</li> </ul> </li> </ul>
Glass to Glass		<ul style="list-style-type: none"> <li>-적용 장소 및 방향: 건물의 계단부 고정창호, 남향</li> <li>-모듈의 형태: 동일규격의 박막형 G/G 표준모듈</li> <li>-적용 효과:               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 채광성능 양호</li> <li>· 균일한 투과성(투과율 10%) 및 투시성</li> <li>· 이중 단열 시스템</li> <li>· 눈부심 방지 및 차양효과</li> </ul> </li> </ul>

## 5. 결 론

BIPV는 궁극적으로 지속가능한 건축의 의미에서 앞으로 건축분야에서 필수 요소로 작용할 것이다. 여기에 사용되는 PV모듈의 종류도 그 사용 태양전지(solar cell)와 모듈 제작형태에 따라 다양하게 나타나고 있으나, 현재 가장 널리 쓰이고 있는 모듈에는 결정형 및 비결정형(박막형)이며 내부의 태양전지를 보호하고 물리적 강도를 확보하기 위하여 유리 샌드위치 형태인 G/G모듈이 주류를 이루고 있다.

그 중 결정형 모듈의 경우, 그 태양전지의 특성 상, 모듈 내에서 전지와 전지사이의 간격을 달리하여 채광 및 투명도를 조절할 수 있다. 따라서 실내의 채광효과에서는 균일도 면에서 떨어질 수 있으나 태양의 움직임에 따른 음영의 움직임으로 역동적 실내분위기 연출에 효과적이다. 결정형 모듈의 적용된 공간용도는 복도, 케노피, 홀 등으로 통과공간에 적합하다. 박막형 모듈의 경우에는 대면적 제작에 어려움이 없고 시공과정이 줄어들어 경제성이 비교적 양호하여 창호시스템에 응용가능성이 크다. 또한 모듈제작 기법상 투명도 조절이 용이하고 채광효과 및 시야확보의 균일성이 뛰어난 특성을 보이고 있다. 이는 얼룩이 없는 음영으로 일반 사무공간이나 도서관, 교실 등 균일채광이 필요한 곳에 적합하다. 전체적으로 볼 때 현재 사용되고 있는 모든 BIPV모듈은 채광, 시야확보, 차양, 단열 등의 다기능 복합시스템으로 자원절약과 에너지 저감의 지속가능한 건축자재로서 손색이 없고 다양한 건축디자인에도 효과적이다.

따라서 건축디자인을 위해서는 실의 용도와 그 효과를 건축가의 판단에 의하여 적용되어져 다기능 복합시스템의 이점을 최대한 이용하도록 함이 BIPV의 지속가능한 건축의 나갈 길일 것이다.

## 참 고 문 헌

1. 이소미 외, 지붕재 일체형 태양전지 모듈의 개발에 따른 내구성 평가, 한국생태건축학회 논문집, 22권, Vol. 6, No.4, 2006. 12.
2. 이웅직 외, PV의 건축물 적용기법에 관한 연구, 한국태양에너지학회 논문집, Vol. 22, No. 2, 2002. 6.
3. Lueling C., 이웅직 역, 건축과 태양광 발전, Photovoltaic 디자인, 세진사, 2005. 7.
4. 에너지경제연구원, 에너지통계월보, 12권 11호, 에너지경제연구원, 1996.11.
5. Bendel, C., Multitalent PV in der Gebaeudeintegration-innovative Technologie mit kostenreproduktionspotentialen, Manuskript, 2002.
6. Hagemann I., Gebaeudeintegrierte PV. Architektonische Integration der PV in die Gebaeudehuelle, Rudolf Mueller, 2002.
7. MSK Product information
8. RWE Schott Solar Product information
9. Shell Solar Product information