

초고층빌딩의 BIPV 적용성 검토를 위한 선진 사례 조사

이종민*, 석호태**, 양정훈***

*영남대학교 대학원 건축학과(vniddnssk@lycos.co.kr), **영남대학교 건축학부(hotstone@ynu.ac.kr),
***영남대학교 건축학부(yangjh@ynu.ac.kr)

The Advanced Case Study for Investigation on Application of BIPV on Tall Building

Lee, Jong-Min*, Seok, Ho-Tae**, Yang, Jeong-Hoon***

*Dept. of Architecture, Graduate School, Yeungnam University(vniddnssk@lycos.co.kr),

**School of Architecture, Yeungnam University(hotstone@ynu.ac.kr),

***School of Architecture., Yeungnam University(yangjh@ynu.ac.kr)

Abstract

The increasingly high prices for oil, the exhaustion of fossil fuels as well as concern about global warming are driving rapid growth of alternative sources of energy in the world. The active solution for global environment and exhaustion of energy sources is to develop and popularize the technologies to use natural energy such as sunlight, wind, and water. PV(Photovoltaic) modules are efficient devices that has been considered a logical material for use in buildings. Recent advanced BIPV(Building Integrated PV) technology have rapidly made PVs suitable for direct integration into construction in the world.

Recently, building has been higher and higher. Tall buildings have many advantages for BIPV such as wide facade area and no shading effect by the surrounding buildings. However, BIPV has not been applied for tall building facade yet. Therefore, the purpose of the research is to develop suitable BIPV for tall buildings and to put these technologies to practical use.

Therefore, the purpose of the study is to investigate unification of BIPV to curtain wall to apply BIPV on tall building through research into advanced application of overseas BIPV cases.

Keywords : 건물일체형 태양광발전시스템(Building Integrated Photovoltaic System), 초고층빌딩(Tall Building), 커튼월(Curtain Wall), 신·재생에너지(Renewable Energy), 에너지절약(Energy conservation)

1. 서 론

최근 들어 국제유가의 상승 및 지구 온난화 문제가 사회적으로 대두되면서 에너지 절약

및 온실가스 배출 저감을 위한 기술의 개발은 세계적인 관심을 모으고 있다. 세계에너지기구 IEA(International Energy Agency)에서 최근 발표한 세계에너지전망 보고서¹⁾

1) IEA, World Energy Outlook 2009

중 CO₂ 하이라이트에 따르면 우리나라는 2007년까지 이산화탄소 배출량이 488.7백만 톤으로 OECD 내에서 6위, 전 세계에서 9위를 차지하고 있다고 보고하였다. 또한 1990년부터 2007년까지 이산화탄소 배출량 증가율은 113%로서 OECD 국가 중 최고수준을 기록하였다. OECD 국가들의 평균 증가율이 17.4%인 것과 비교하여 6.5배의 증가 속도를 보이고 있으며, 세계 증가율인 38.7%보다도 3배 수준을 상회하였다. 이로 인해 교토의정서에 의거하여 일부 선진국에만 부과되었던 온실가스 배출량의 감축 의무가 2013년부터는 국내에도 적용이 될 가능성이 짙어지고 있다.

또한 산업부분을 제외한 국내 전체 에너지 소비량의 47.5%에 이르는 건축분야에서도 화석에너지의 소비를 줄이고, 신·재생에너지를 사용하자는 움직임이 활발히 일어나고 있다. 특히 정부의 중점사업 중 하나인 태양광 분야는 국내에서도 2004년 시작된 태양광주택 10만호 보급사업 등을 중심으로 보급이 활성화되기 시작했다.

국내와 같이 제한된 대지와 건물상황에서 건물일체형 태양광발전시스템인 BIPV 시스템(Building Integrated Photovoltaic System)이 가장 효율적인 방안이 될 것이다. 건물의 지붕 및 입면에 외벽마감재 대신 PV 모듈로 건축물 외피 마감 재료를 대체하는 시스템으로서 BIPV 시스템의 기술 개발 및 보급 사업이 급속히 확산되고 있다.

최근 국내에서 국가적 랜드마크와 산업발전의 의미를 부각시키기 위해 초고층빌딩에 대한 관심이 고조되어 100층 이상의 복합용도 초고층빌딩의 계획이 속속히 발표되고 있다. 계획 중인 초고층 빌딩에서는 넓은 외피면적과 주변 건물에 의한 차양에 영향을 적게 받는 등 태양광발전이 많은 장점이 있음에도 불구하고 BIPV의 적용은 여전히 미미한 상태이다.

따라서 본 논문은 국내에 적합하고 초고층

빌딩에 적용 가능한 BIPV 기술의 개발을 위한 선행연구로서 초고층빌딩의 일반적 외피 시스템으로 적용되는 커튼월과 BIPV의 일체화 적용 사례를 조사하여 분석하였다.

2. 건물일체형 태양광발전시스템(BIPV)

2.1 BIPV 시스템의 개요 및 필요성

태양광발전은 소규모 발전부터 대규모 발전까지 태양이 뜨는 곳이면 어느 곳이나 특별한 환경이나 기술적 제약 없이 간단히 설치하여 전기를 생산할 수 있는 장점을 가지고 있어 미래 에너지를 대체할 기술 분야로 자리 잡고 있다. 또한 국내를 비롯한 미국, 일본, 유럽 등 세계 각국 정부가 태양광발전을 차세대 에너지원으로 인식하여 기술 개발 및 보급의 활성화를 위해 노력하고 있다.

그 중 건물일체형 태양광발전시스템(BIPV)은 태양광에너지로 전기를 생산하여 소비자에게 공급하는 것 외에 건축물 외장재로 사용하여 건설비용을 줄이고 건물의 가치를 높이는 디자인요소로도 쓰인다. 또한 에너지 절약을 통한 건축물 운영비 절감 및 온실가스 배출 저감에도 크게 기여할 수 있다.

2.2 BIPV 시스템의 적용 가능성

BIPV 시스템은 태양광 발전이라는 본래의 기능에 건물의 외피재료로서의 기능을 추가함으로써 이중 효과를 기대할 수 있다. PV 모듈을 건축에 일체화하여 적용할 수 있는 건물 구성 요소는 커튼월, 천창, 차양, 지붕, 투명 PV창호 등 매우 다양하다. 또한 그 특성에 따라 자연채광이나 차양에도 이용이 가능하며 건물의 전체적인 에너지성능 및 쾌적성을 향상시킬 수 있다. 그러나 건축 구성 재료로 쓰이기 위한 PV모듈의 재료선택에서부터 건축자재화 방법, 결선 및 결합방법을 포함한 시공기술, 표준 모듈설계 방법, 안정성, 방수성, 방화성, 내구성, 유지관리성, 건축법규의 충족여부 등 실용화 보급을 위해서는

고려해야 할 사항이 존재한다. 또한 효율성과 경제성을 높이기 위해 건물의 용도, 형태, 배치 상황 등에 따라 건물 부위별 적용 장소에 대한 고려가 필요하다.(표 1, 그림 1 참조)²⁾

표 1. BIPV 적용 시 고려사항

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

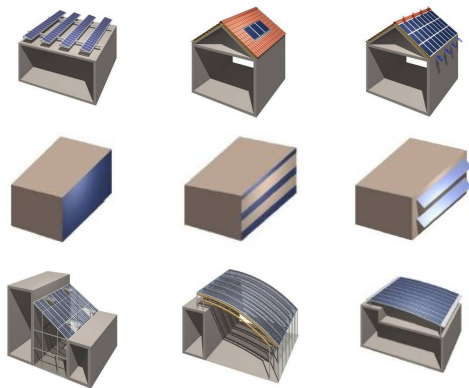


그림 1. 건축물의 PV 적용 가능 장소

3. 커튼월(Curtain Wall)

3.1 커튼월의 구성

커튼월은 장막벽이라고도 하는 비내력 외주벽으로 구조부의 외부를 금속재 또는 무기질 재료로써 공간의 수직방향으로 막아내는 비내력벽을 말한다. 커튼월은 건물 외벽의 경량화 실현 및 디자인으로서의 중요성도 점차 커지고 있다. 커튼월은 크게 커튼월과 본 건물을 연결하는 장치를 총칭하는 커튼월 앵커와 커튼월의 주 구조부로서 각 창호를 연결하여 설치하는 본체로 분류할 수 있다.(그림 2 참조)³⁾

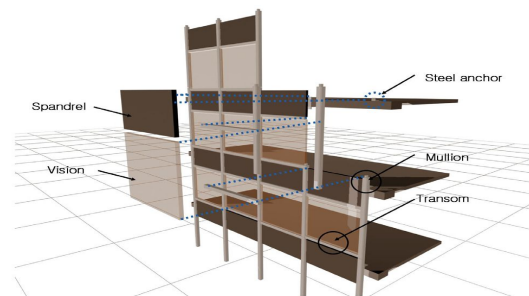


그림 2. 커튼월의 구성 개념도

3.2 커튼월과 BIPV의 일체화

초고층빌딩에 BIPV를 적용하기 위해 초고층빌딩의 대표적인 외피시스템인 커튼월과의 일체화 개념도는 그림 3과 같으며 설계 및 적용 시 요구 성능을 정리하면 표 2와 같다.⁴⁾

표 2. 커튼월 적용 시 요구 성능

구분	요구 성능
기능상	-내풍성능, 단열성능, 차음성능 -내파손성능, 수막성능
시공상	-양중(부재의 운반), 부재의 접합 -가설계획, 공정관리, 안전관리
재료상	-내화성, 내열성, 내부식성 -강도, 내진성
의장상	-외관미 -외부 환경성

2) 윤종호, 건물일체형태양광발전(BIPV) 시스템의 설계 및 응용기술, 2006.11.

3) 임종욱, 오민석, 김희서, BIPV 건물 외피 시스템 개발, 2004.2.

4) 이진창호시스템, <http://www.eagon.com>

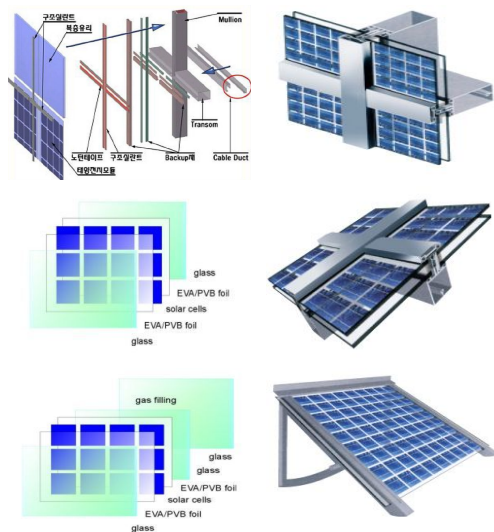


그림 3. 커튼월과 BIPV 일체화 개념도

4. BIPV 선진 시장 현황 및 적용 사례

4.1 BIPV 선진 시장 현황 및 지원

BIPV 기술 수준 및 누적 설치량, 시장점유율 등을 토대로 선진국이라 할 수 있는 독일, 스페인, 미국, 일본의 현황과 사례에 대해 정리하면 다음과 같다.(표 3 참조)

(1) 독일

친환경 대체에너지에 대한 관심이 집중되면서 유럽 국가들의 태양광에너지에 대한 관심이 크게 늘고 있으며 독일의 경우, 신·재생에너지 발전 산업의 육성을 위해 적극적인 지원을 해오고 있다. 특히 전력시장의 일반 전기가격의 최대 8배에 해당하는 0.29€/kW의 태양광발전차액 지원, 정부의 보조금 지원 등을 통해 현재 태양광분야 세계 1위의 자리를 지키고 있다. 2012년까지 연평균 성장률이 최대 30%에 이를 것으로 전망되는 고부가 가치 산업으로 평가되고 있다.

(2) 스페인

2008년까지 PV 누적 설치량이 세계 전체의

45%에 이르는 급성장세를 보이고 있는 스페인은 2010년까지 국내 총 에너지 소비량의 12%를 대체에너지로 충당하겠다는 대체에너지 개발계획이 진행 중이며, 태양광 분야가 집중적으로 지원되고 있다. 또한 태양광분야의 발전 촉진을 위해 발전차액의 가격을 0.3 €/kW 수준으로 끌어올려 주변국들의 투자를 유도하며 독일에 비해 우월한 일조량과 주변국들에 비해 상대적으로 저렴한 기타 비용으로 인해 크게 성장세를 보이고 있다.

(3) 미국

현 미국 오바마 정부의 녹색경제 산업에 대한 지속적 지원 아래 미국정부는 국가적 차원에서 태양광전지업계를 적극 지원하고 있다. 최근 재정난을 겪는 와중에도 차세대 청정 에너지원으로 부상하고 있는 태양광 발전에 대한 투자비 지원 및 세금환급제도로써 ARRA(American Recovery and Reinvestment Act)와 2006년 태양광발전 지원정책인 SAI(Solar American Initiative)를 정립하여 박막형 태양광패널을 차세대 기술로 인식하여 기술 개발에 적극 지원하고 있으며 향후 2012년까지 미국시장은 매년 1,150MW의 생산규모로 크게 늘어날 전망이다.

(4) 일본

1994년부터 2008년에 이르기까지 43만호의 PV 주택을 보급하며 300% 규모의 성장을 달성한 일본은 2006년 주택용 PV 보조금의 지급 중단으로 인해 내수 공급량 정체 및 감소 등 침체기를 맞았다. 하지만 2009년부터 보조금 지원의 재시행하고 PV 전력매입가를 2배 상승시킨 태양광발전 매입제도의 시행을 통해 재도약을 준비하고 있다. 2020년까지 신축주택의 70% 이상에 태양 전지판 설치, 2030년까지 1000만호 태양광주택 보급, 2050년까지 온실가스 배출량을 현재수준보다 최대 80%까지 감축하겠다는 목표를 토대로 진행 중이다.

표 3. BIPV 선진 적용 사례

독일			스페인		
적용사례	특징		적용사례	특징	
	건물명	Bauerfrind AG		건물명	Studio Lamela Architects
	건물용도	Office		건물용도	Office
	PV 유형	다결정 실리콘 전지		PV 유형	다결정 실리콘 전지
	전력 생산량	34kWp		전력 생산량	31.5kWp
	준공년도	2004.9.		준공년도	2007.11.
	건물명	Siloturm Schapfenmhle Ulm		건물명	Monte Malaga Hotel
	건물용도	Office		건물용도	Residential
	PV 유형	CIS 박막 전지		PV 유형	단결정 실리콘 전지
	전력 생산량	97kWp		전력 생산량	54kWp
	준공년도	2004.12.		준공년도	2005.8.
	건물명	Hauptbahnhof Freiburg		건물명	Isoton Headquaters
	건물용도	Office		건물용도	Office
	PV 유형	다결정 실리콘 전지		PV 유형	단결정 실리콘 전지
	전력 생산량	34kWp		전력 생산량	84.1kWp
	준공년도	1999.8.		준공년도	2005.6.
미국			일본		
적용사례	특징		적용사례	특징	
	건물명	Four Times Square		건물명	Kyocera Mita Hirakata Factory
	건물용도	Office		건물용도	Commercial
	PV 유형	단결정 실리콘 전지		PV 유형	다결정 실리콘 전지
	전력 생산량	20kWp		전력 생산량	60kWp
	준공년도	1999.		준공년도	2006.2.
	건물명	Sloarex PV-Factory		건물명	MSK Nagano Factory
	건물용도	Commercial		건물용도	Commercial
	PV 유형	다결정 실리콘 전지		PV 유형	단결정 실리콘 전지
	전력 생산량	200kWp		전력 생산량	62kWp
	준공년도	1997.2.		준공년도	2004.3.
	건물명	Natatorium Orympic Games		건물명	Kyocera Corporation Head Office
	건물용도	Swimming hall		건물용도	Office
	PV 유형	다결정 실리콘 전지		PV 유형	다결정 실리콘 전지
	전력 생산량	340kWp		전력 생산량	220kWp
	준공년도	1996.		준공년도	1999.

4.2 BIPV 선진 적용 현황

초고층빌딩에 BIPV 시스템을 효율적으로 적용하기 위해 입면을 최대한 활용해야 하며, 이를 위해 PV 분야 선진국들의 커튼월과 BIPV의 일체화 사례를 살펴보았다. 현재까지 건물의 규모와 용도에 따른 차이가 없었으며, 전력 생산량의 측면에서도 건물에서 소비되는 에너지량에 비해 미미하다는 점에 미루어 볼 때 이는 시험적인 운용 및 상징적인 요소로서 적용되었다고 판단된다. 또한 현재까지 단결정 및 다결정의 실리콘 전지가 일반적으로 이용되고 있다는 점에서 박막형 전지와 비교했을 때 상대적으로 높은 효율과 모듈 자체의 불투명한 특징을 차양에 이용하기 위함이었을 것으로 판단된다.

그러나 초고층빌딩에 BIPV를 적용하기 위해서는 적절한 차양과 자연채광의 이용이 조화를 이루어져야 한다. 또한 구조적 문제와 시공성의 측면에서 볼 때 실리콘 전지에 비해 채광성이 좋고 운반 및 설치가 용이한 박막형 전지의 적용이 상대적으로 유리하다고 판단된다.

5. 결 론

에너지 자원의 고갈 및 지구환경 문제를 동시에 해결할 수 있는 보다 적극적인 해결방안으로서 PV 모듈을 건축물 외피 마감재로 대체하는 BIPV 시스템에 대한 기술개발이 국내를 비롯하여 전 세계적으로 급속히 확산되고 있다. 이에 본고에서는 국내에서 초고층빌딩에 적용 가능한 BIPV의 기술 개발 및 보급의 활성화를 유도하기 위한 선행연구로서 초고층빌딩 외피시스템의 주를 이루는 커튼월에 일체화 된 BIPV 기술의 선진 적용 사례를 조사하였으며 그 내용을 정리하면 다음과 같다.

- (1) 초고층빌딩에 BIPV를 효율적으로 적용하기 위해 고려되어야 할 차양 및 채광성능, 경량화 등의 조화를 위해 실리콘 전

지보다는 박막형 전지가 상대적으로 유리할 것으로 판단된다.

- (2) 커튼월에 BIPV가 일체화된 부분의 열전도 등 열적인 특성에 의한 실내 냉·난방 부하의 변동 문제를 해결하기 위한 시스템적인 실증적 연구가 필요하다.
- (3) 넓은 입면의 이용 측면에서 강점을 가진 초고층 빌딩에 BIPV를 적용하기 위해 방위각 및 경사각, გადა설계 등을 고려한 입면계획이 필요하다.
- (4) BIPV 시장의 활성화 및 보급 촉진을 위해 정부의 정책을 통해 지속적이고 체계적인 지원이 이루어져야 한다.

후 기

이 논문 또는 저서는 2009년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(과제번호 : 2009-0069163)

참 고 문 헌

1. 에너지관리공단, 2008년 신·재생에너지 보급통계, 에너지관리공단, 2009.10.
2. 윤종호, 건물일체형태양광발전(BIPV) 시스템의 설계 및 응용기술, 설비저널 제35권 제11호, 2006.11.
3. 임중욱, 오민석, 김희서, BIPV 건물 외피 시스템 개발, 대한건축학회논문집(계획계), 20권 2호, 2004.2.
4. EPIA, Global Market Outlook for Photovoltaics Until 2013, EPIA, 2009.3.
5. IEA, Energy Balances of OECD Countries 2009 Edition, IEA, 2009.8.
6. IEA, World Energy Outlook 2009, IEA, 2009.10.