

TECHNICAL EXCELLENCE

October 2020 Vol. 6

A large graphic on the left side of the page, featuring a dark blue background with a network of white and light blue dots connected by thin white lines, forming a globe-like structure. The text 'Seoul Institute of Technology' is overlaid on this graphic in a light blue, sans-serif font.

Seoul
Institute of
Technology

탄소배출 제로도시 실현 그린뉴딜, 도심에 적합한 건물일체형 태양광(BIPV) 기술 적용

- 01 서울판 그린뉴딜로 경제·기후위기
동시극복, 탄소배출 제로도시로!
- 02 3가구 중 1가구는 태양광 생산
'태양의 도시, 서울' 프로젝트
- 03 에너지 제로에 도전, 건물일체형
태양광(BIPV)시스템 성능검증 필요
- 04 시민이 참여하고 서울시가 응원하는
건물일체형 태양광(BIPV) 적용시도

조가영
유지현

탄소배출 제로도시 실현 그린뉴딜, 도심에 적합한 건물일체형 태양광(BIPV) 기술 적용

- 01 서울판 그린뉴딜로 경제·기후위기 동시극복, 탄소배출 제로도시로!
- 02 3가구 중 1가구는 태양광 생산 '태양의 도시, 서울' 프로젝트
- 03 에너지 제로에 도전, 건물일체형 태양광(BIPV)시스템 성능검증 필요
- 04 시민이 참여하고 서울시가 응원하는 건물일체형 태양광(BIPV) 적용시도



Seoul
Institute of
Technology

탄소배출 제로도시 실현 그린뉴딜, 도심에 적합한 건물일체형 태양광(BIPV) 기술 적용

온실가스감축과 기후변화에 대응하는 제로에너지빌딩 의무화 정책이 공공건축물 2020년, 민간 건축물의 경우 2025년부터 단계적으로 의무화된다. 이에 서울시는 온실가스배출의 68.2%로 절대비중을 차지하고 있는 건물부문에서 에너지소요량을 최소화하는 제로에너지빌딩 전환을 적극 추진하고 있다. 이에 도시미관 개선과 친환경 신재생에너지 생산이 가능하고 외벽, 지붕 등 건물의 다양한 공간에 설치가 가능한 건물일체형 태양광 기술에 대하여 살펴보고자 한다.

서울판 그린뉴딜로 경제·기후위기 극복, 탄소배출 제로도시로!

코로나와 경제 위기를 극복하기 위한 한국판 뉴딜사업에 그린뉴딜이 포함되면서 서울판 그린뉴딜정책은 ◆건물 ◆수송 ◆도시숲 ◆신재생에너지 ◆자원순환 5대 분야를 집중 추진해 경제위기와 기후위기에 동시에 대응하면서, 온실가스 배출을 줄이고자 한다.

3가구 중 1가구는 태양광 생산 '태양의 도시, 서울' 프로젝트

서울시는 단독, 공동주택 등과 공공·민간건물, 교량 등 도시기반시설까지, 태양광이 시민 일상과 도시환경의 일부가 될 수 있도록 제도 개선과 예산지원을 통해 서울 어디서나 태양광 발전시설을 볼 수 있는 도시로 만든다는 '태양의 도시, 서울' 종합계획을 추진 중이다.

에너지 제로에 도전, 건물일체형 태양광(BIPV)시스템 성능검증 필요

제로에너지건축물 의무화가 본격적으로 진행됨에 따라 BIPV 시스템도 함께 주목받고 있다. 건물일체형 태양광발전(BIPV)은 태양광 모듈을 건축 자재로 활용하여 태양광 에너지를 얻을 수 있는 시스템으로 국내 여건에 맞춘 발전성과 효율 등에 대한 성능검증이 요구된다.

시민이 참여하고 서울시가 응원하는 건물일체형 태양광(BIPV) 적용시도

서울시에서는 지자체 최초로 외벽, 창호, 지붕, 커튼월 등 기존에 태양광 설치가 어려웠던 건물 외부 곳곳을 활용하는 건물일체형 태양광 시범사업을 추진하며, 시민수용성을 높이기 위하여 신재생에너지 중 도심 특성상 태양광 분야 신기술 개발을 유도하고, 건축 디자인 개선방안 등을 마련하고자 한다.

※ 이 기술리포트는 연구보고서 「건물일체형 태양발전(BIPV)시스템 성능평가 및 적용방안」을 근거로 작성되었습니다.

※ 이 기술리포트의 내용은 서울특별시 정책과 다를 수 있습니다.

01

서울판 그린뉴딜로 경제·기후위기 동시극복, 탄소배출 제로도시로!

그린뉴딜 정책
 건물·수송·도시숲
 ·신재생에너지·자원
 순환 5대 분야

세계적으로는 C40 세계 도시 기후 정상회의의 도시시장들 회의(2020.4)에서 포스트 코로나 '그린회복(Green Recovery)'을 강조하고 중앙정부는 코로나와 경제 위기를 극복하기 위한 한국판 뉴딜사업에 저탄소 분산형 에너지 확산 등 3개 분야를 포함하여 2020년까지 총 12.9조원 투입하는 그린뉴딜 사업을 추진 중이다. 이에 서울시는 2020년까지 2조 6,000억원을 투입해 대대적인 그린 뉴딜을 추진한다. 서울판 그린뉴딜 정책은 '건물·수송·도시숲·신재생에너지·자원순환' 5대 분야를 집중 추진해 경제위기와 기후위기에 동시에 대응 하면서, 온실가스 배출의 '3대 주범'인 건물, 수송, 폐기물로 인한 배출을 선제적으로 줄이는 것이 핵심이다.

**그린에너지 :
 신재생에너지로
 전환 가속화**

이중에서 화석연료 의존도를 낮추고 신재생에너지로 전환하는 작업이 추진된다. 서울시는 지난 8년 간 신재생에너지 설비용량을 10배 이상 확대 (2011년 25.2MW→2019년 385.2MW), 2022년까지 2,000억 원을 투입해 추가 확충에 나선다. 상하수도시설, 도시철도시설, 공공건물 등 가능한 모든 공공시설에 태양광 발전시설을 설치하고, 민간기업과 개인의 참여를 이끌어 내기 위한 지원도 강화한다. 대규모 발전시설 설치가 어려운 도심 특성을 고려해 외벽·창호 등 건물 외부 곳곳을 활용하는 건물일체형 태양광(BIPV)도 2022년까지 120억 원을 투자해 활성화하고자 한다.



그림 11 서울의 기후변화



그림 21 서울시 그린뉴딜 추진전략

02

3가구 중 1가구는 태양광 생산 '태양의 도시, 서울' 프로젝트

2022년까지
 태양광을 원전 1기
 설비용량에 해당하는
 1GW로 확대 보급

서울시는 2022년까지 태양광을 원전 1기 설비용량에 해당하는 1GW (1,000MW)로 확대 보급하는 '태양의 도시, 서울' 종합계획을 발표 (2017.11) 하였다. 서울은 도시화 등 환경적, 지리적 제약으로 도입 가능한 재생에너지가 제한되어 있다. 따라서 건물의 옥상·벽면, 도시기반시설 구조물 등 다양한 적용성을 보유한 태양광 중심의 재생에너지 확대 정책을 추진 중이다.

추진내용은 ①태양광 100만가구 보급 ②건물 등 도심에 설치가능한 디자인 태양광 조성 ③시민이 설치하고, 이익을 공유하는 시민참여형 태양광 ④마곡 지구, 도시재생지역 태양광 특화지구 조성 ⑤R&D, 벤처투자로 태양광 산업 육성 등이다. 특히 서울시는 '서울특별시 녹색건축물 설계기준'(19.2.24)에 따라 연면적 3,000㎡이상 건물을 신축하는 경우 신재생에너지(태양광)설비를 의무 비율을 설정하였다. 또한 서울시 신재생에너지 생산량 산정 지침(20.3.26)을 통하여 BIPV 설치면적 산정기준을 신설하여 다양한 BIPV가 보급 가능하도록 하였다. 이는 건물에서 에너지 소비를 줄여 환경에 미치는 영향을 최소화하고 신재생에너지를 자체 생산하여 온실가스 감축에 기여할 것으로 여겨진다.



그림 3 | 서울시 2022년 태양의 도시 비전 및 태양광 기준 설정

햇빛발전 보급 설치 현황
공공시설 25.3%
학교 시설 11.9%
민간시설 68.2%

2020년 4월 누적기준, (그림 4)와 같이 서울시의 햇빛발전 보급 설치 현황은 공공시설에 1,367개, 71.29MW(25.3%), 초·중·고등학교와 대학 등 학교 시설에 628개, 33.5MW(11.9%), 민간시설에 176.87MW로 소규모 태양광 발전 시설에 68.2% 보급되었다.

민간시설의 경우, (그림 5)와 같이 베란다형 109,761가구, 34.9MW(12.4%), 주택형 14,101개소, 41.5MW(14.7%), 건물형 3,021개소, 100.4MW(35.7%) 규모의 태양광이 보급되었다. 2014년부터 2020년 4월 기준으로 자치구별 보급 현황을 살펴 보면 베란다형 미니발전소의 경우, 노원구가 13,950가구로 가장 많이 보급 되었으며, 그 다음으로 강서구 8,627가구, 양천구 7,297가구, 은평구 6,687가구 순위였다. 그리고 중구 1,502가구, 종로구 708가구, 용산구 551가구로 설치 가구 수가 낮았다.

도시규모의 태양광 보급은 대부분 건물에 적용되는 형태가 주를 이루며, 건물형 태양광의 경우, (그림 6)과 같이 강동구청 경우에는 BAPV(Building Applied Photovoltaic) 태양광 모듈을 차양형태로 적용하였고 대부분 옥상에 태양광 패널 설치 위주의 설계 진행되어 있다. 또한 발전효율로만 신재생 의무이행여부를 평가하여 발전효율이 높지만 투박한 외관의 결정질 형태의 BIPV가 보급되었다. 따라서 도시미관 및 경제성을 최대한 확보하기 위해서는 기존 건축자재를 대체하여 외장재로 PV 모듈을 적용하는 건물일체형 태양광

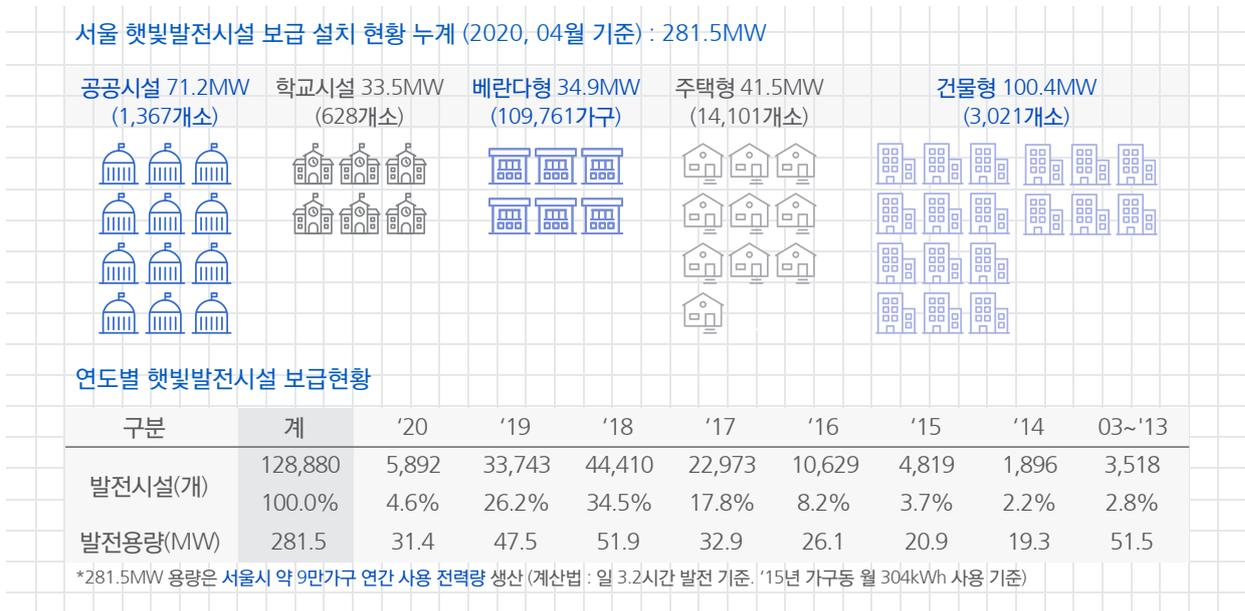


그림 4 서울시 태양광 발전시설 보급현황 (2020, 4월 기준)

03

에너지 제로에 도전, 건물일체형 태양광(BIPV)시스템 성능검증 필요

제로에너지 건축물 의무화 단계적 확산

공공건축물 (1,000㎡ 이상) '20년

공공건축물 (500V 이상) '25년
 민간건축물 공동주택 (1,000㎡ 이상) (30세대 이상)

모든건축물 (500㎡ 이상) '30년

제로에너지건축물(ZEB: Zero Energy Building)'은 단열성능을 극대화하고 기밀성능을 강화하여 건축물에 필요한 에너지 부하를 최소화하고, 신에너지 및 재생에너지를 활용하여 에너지소요량을 최소화하는 녹색건축물[「녹색건축물 조성 지원법」 제2조(정의)제4호]을 의미한다.

2020년부터 연면적 1,000㎡ 공공건축물을 시작으로 2030년까지 제로에너지 건축물은 단계적으로 의무화 된다. 2025년부터 공공건축물은 500㎡ 이상으로 확대 적용되며, 민간 건축물은 1,000㎡ 이상부터 공동주택의 경우 30세대 이상은 모두 의무화 대상이다. 2030년도에는 연면적 500㎡ 모든 건물에 단열과 재생에너지 자체 생산 등으로 최소 수준의 에너지만 소비하도록 제로에너지 건축의무화가 강화된다.

이에 서울시의 경우 정부 정책과 시대의 변화에 대응하고, 도시 경쟁력 강화 및 녹색건축물 전환을 위하여 (그림 7)과 같이 정부 정책을 상회하는 목표를 가지고 건물부문 온실가스감축을 통하여 2050년 탄소중립 사회로의 경쟁력 확보방안을 마련하고 있다.



그림 7 | 서울시 제로에너지 건축물 추진 방안

제로에너지건축물을 위해서는 (그림 8) 과 같이 고단열, 고기밀 창호, 외부 차양 등 패시브(Passive)기술과 고효율설비, 에너지 관리시스템 등 액티브(Active) 기술과 태양광, 태양열, 지열 등 신·재생에너지의 융합이 필요하다. 고효율 건축물 보급 활성화를 통한 건물부문 온실가스 감축 도모하기 위하여 제로 에너지건축물인증제도를 운영하고 있으며 ①에너지효율등급 1++ 이상을 충족하고 ②건물에너지모니터링시스템(BEMS) 등을 설치한 건축물 중 ③에너지 자립률에 따라 [표 1]과 같이ZEB 1~5 단계로 나눠 등급을 부여하고 있다. 이에 대하여 용적률(최대 15%) 완화, 신재생에너지 설치 보조금지원(30~50%, 예산 범위 내) 등의 인센티브가 있다.

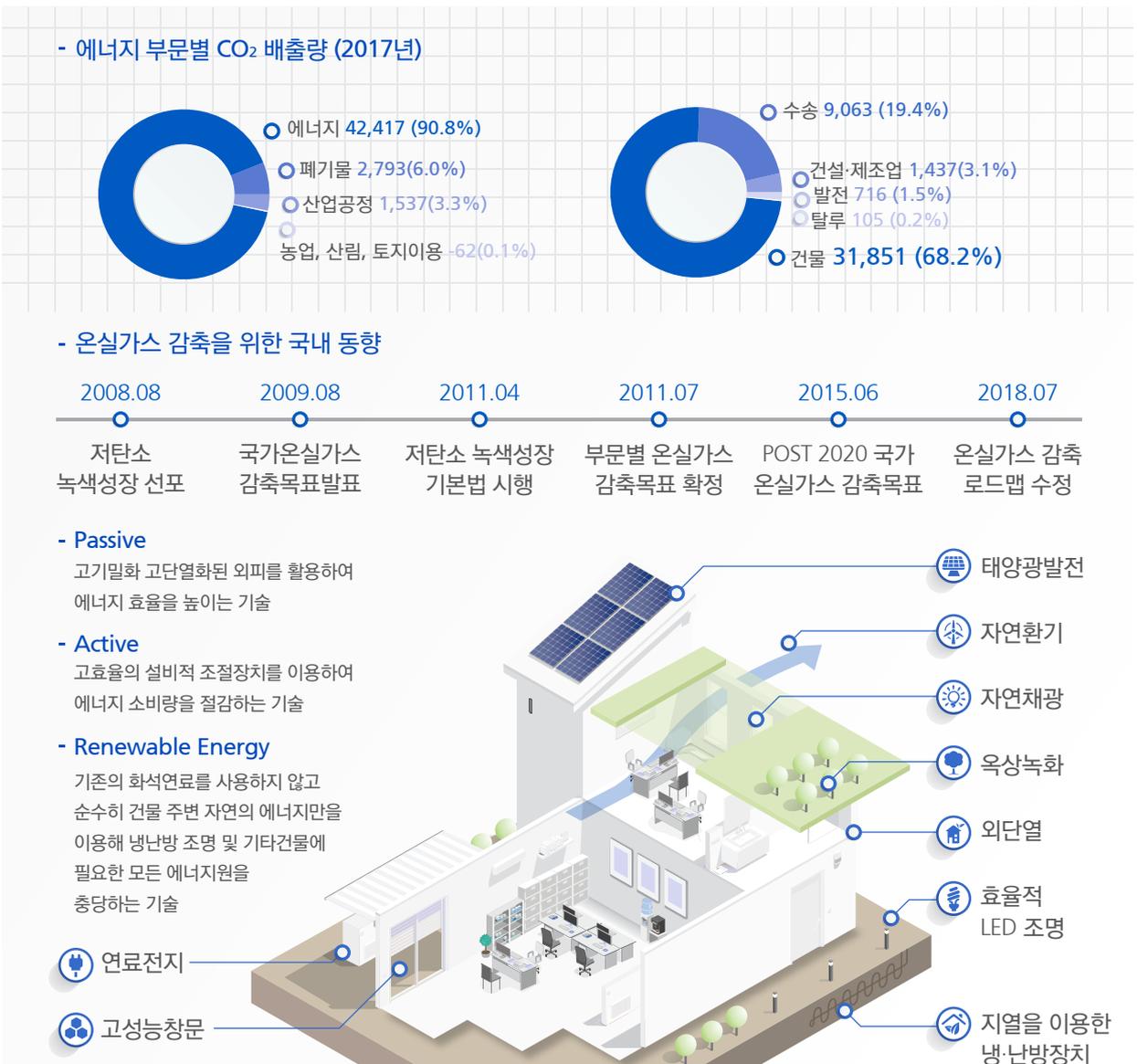


그림 8 | 제로에너지 건축물 구현 주요기술

에너지자립률이란?
건물에서 소비하는
에너지 중 신재생에너지
생산량 비율

[표 1] 제로에너지 건축물 인증등급

인증 기준	에너지 자립률	건축물에너지효율등급
ZEB 1	에너지자립률 100% 이상	1++ 등급 이상 (최고 1+++~ 최저 7등급) 최저 7등급 대비 80% 저감
ZEB 2	에너지자립률 80% 이상 ~ 100% 미만	
ZEB 3	에너지자립률 60% 이상 ~ 80% 미만	
ZEB 4	에너지자립률 40% 이상 ~ 60% 미만	
ZEB 5	에너지자립률 20% 이상 ~ 40% 미만	

$$\text{에너지 자립률(\%)} = \frac{\text{단위면적당 1차 에너지 생산량 (kWh/m}^2\cdot\text{년)}}{\text{단위면적당 1차 에너지 소비량 (kWh/m}^2\cdot\text{년)}} \times 100$$

흡수층 형태에 따른
태양전지의 분류



올해부터 제로에너지건축 의무화가 시행되면서 건물일체형 태양광발전시스템 (BIPV: Building Integrated Photovoltaics) 기술이 관심을 끌고 있다. 태양광 발전은 태양으로부터의 빛에너지를 직접 전기에너지로 바꾸어주는 발전 방식으로 흡수층의 형태에 따라 결정질과 박막형태로 구분되며, [표 2]와 같이 소재에 따라 실리콘계, 화합물계, 유기계, 유·무기계로 나눌 수 있다.

결정질(Crystalline silicon: c-Si)태양전지는 예는 태양전지 생산량의 70%이상을 점유하고 있으며 셀은 후면 전계(Back Surface Field)기술을 이용한 p형 인쇄 전극방식(Screen Printed) 셀로서, 생산되고 있는 단결정 셀 평균 효율은 20%이며 다결정 셀의평균 효율은 18~19%이다. 박막 태양전지는 저렴한 생산단가와 넓은 응용분야를 가지고 있어 결정질 실리콘 태양전지를 이을 차세대 기술로 주목받고 있다. 박막 태양전지는 비교적 단순한 제조공정과 함께 실리콘 기판 대신 유리나 같은 저렴한 기판의 사용이 가능하여 제조단가를 저감할 수 있으며, 가벼운 무게와 유연한(Flexible)한 특징이 건물 외장재 등 다양한 제품군에의 적용에 유리 할 것으로 전망되고 있다. 박막 태양전지는 비정질 실리콘계, 화합물 반도체계

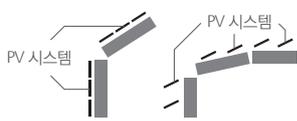
[표 2] 태양전지 소재에 따른 분류 및 특성

구분	실리콘계			화합물계		유·무기계		
	단결정	다결정	박막	CIGS	CdTe	염료감응형	유기박막	페로브스카이트
형태								
투명성	불투명	불투명	반투명	불투명	불투명	투명	투명	투명
색상	검정, 파랑	검정, 파랑	검정	검정, 파랑, 갈색		컬러 다양하게 구현		
변환효율	~20%	~18%~9%(비정질)		~16%	~15%	~14%	~12%	~22%

건물일체형태양광 (BIPV)은 건축 부자재 역할 및 기능을 수행하고 전력생산을 동시에 할 수 있는 시스템

(CIGS 및 CdTe), 염료감응형계(DSSC), 유기태양전지계(OPV), 페로브스카이트(Perovskite) 태양전지 등으로 구분된다. 화합물 반도체계인 카드뮴텔루라이드(CdTe) 및 셀라늄화구리인듐갈륨(CIGS) 박막 태양전지와 비정질 실리콘 태양전지를 중심으로 양산제품이 출시되어 있다. 염료감응형 및 유기 태양전지 등은 생산 단계와 활용성이 높은 장점이 있지만 그동안 장애요인이었던 낮은 효율과 안정성 문제의 해결이 기대되면서 상용화를 앞두고 있다. (출처 : 2018 신재생에너지 백서)

Building Applied PV(BAPV)



건물일체형 태양광(BIPV:Building Integrated Photovoltaic System)은 태양광 모듈을 건축물에 설치하여 건축 부자재의 역할 및 기능과 전력생산을 동시에 할 수 있는 태양광 설비로 창호, 스펠드릴, 커튼월, 이중 파사드, 외벽, 지붕 건축물을 완전히 둘러싸는 벽, 창, 지붕형태를 의미하며 건축자재의 종류와 건물에 설치되는 위치 및 통합 정도에 따라 구분된다.

Building Integrated PV(BIPV)



BIPV에 대한 정의 및 분류는 다양한 관점에서 논의되고 있으며, 전기기자재와 건축자재의 요건을 동시에 충족해야 관점에서 [표 3]과 같이 특징을 비교 분석하였다. 건물일체형태양광 (BIPV)과 건물부착형 태양광(BAPV) 구분 방안은 BIPV 모듈의 건축물 외장재 기능 충족 여부에 따라 BIPV 모듈이 건축물 외피에서 제거될 경우 건축물 외피의 핵심요구기능이 상실 또는 훼손될 수 있어 적절한 다른 건축 자재로 대체되어야 하는 경우를 BIPV로 규정한다.

[표 3] BIPV와 BAPV 특징 비교

구분	BIPV	BAPV
주요개념	건축구조로서 건물외피와의 통합성	건축물 경사 지붕 또는 외벽 등에 밀착하여 설치하는 태양광설비의 유형
대체성	BIPV 자재를 제거했을 때, 다른 적절한 자재로 교체해야 함	BAPV 자재를 제거해도 다른 건축자재로 대체하지 않음
기능	건축적/건물외피로서의 기능	-
설치부재	유리, 파사드, 지붕, 스펠트릴, 아트리움, 스카이라이트, 차양, 커튼월 등	지붕, 옥상, 내부 블라인드, 외부차양, 비내력벽
설치(고려)단계	건축디자인 초기단계부터 협업, 건축부재 완성 이후 혹은 건설 중에 적용됨	건축부재 완성 이후
미학적 가치	건축적 연속성을 통한 미학적 가치 건물 외관의 가치를 향상 시각적 효과를 창조할 수 있음	건물외벽에 부착하여 외관 개선
형태		

**EN50583을 통해
 BIPV적용 유형을 지붕,
 외벽, 차양으로 구분**

최근 BIPV 적용유형은 다양하게 나타나고 있으며, 일반적으로 건물에 적용되는 부위에 따라 구분된다. BIPV 적용 유형을 지붕, 외벽, 차양으로 구분하고 적용 방법에 따라 지붕은 지붕마감재와 아트리움 천장, 외벽은 커튼월과 외벽 마감재로 구분하였다. 해외에서는 (그림 9)와 같이 EN50583을 통해 BIPV적용 유형을 지붕, 외벽, 차양으로 구분하고 내부에서 접근 가능 여부에 따라 5가지 형태인 Category A~E로 구분하고 있다.

**BIPV 시스템 건물의 90°
 수직벽에 설치, 입사각
 및 월별 계절별 발전성능
 검증 필요**

연간 최대의 발전성능을 발휘할 수 있도록 설치하는 독립형 또는 발전소용 PV 시스템과는 달리 BIPV의 설치여건은 건물의 향 및 형상에 따라 다양한 조건으로 설치될 수 밖에 없다. 특히 창문을 대체하는 창호형 BIPV의 경우 대부분 90° 수직벽에 설치되는 것이 일반적이다. PV모듈은 표면에 도달하는 태양복사의 일사강도에 1차적 영향을 받지만 유입되는 입사각 또한 매우 큰 변수요인이다. 특히 유리의 경우 임계투과율 범위를 넘는 부분에서는 대폭적인 유입손실이 이루어지기 때문에 수직벽 설치조건에 따른 월별 계절별 발전성능에 대한 검토가 실측자료를 기반으로 검토 되어야 한다. 특히 위도에 따라 영향을 받기 때문에 유럽 및 기타 국외의 자료에 의존하지 않고 국내여건에 맞추어 장기성능 데이터에 근거한 BIPV의 조건별 성능 검증이 시급하다고 할 수 있다.

카테고리 종류	설 명	적용 예시
Category A	지붕이나 경사진 부위에 설치되며, 건물 내부에서 접근 불가형 PV 모듈이 0°~75° 사이 각도의 건물 외피에 설치되며, 유리 조각들의 낙하를 방지하기 위한 장벽을 설치함	인천공항(국내)
Category B	지붕이나 경사진 부위에 설치되며, 건물 내부에서 접근 가능형 PV 모듈이 0°~75° 사이 각도의 건물 외피에 설치됨	코와초등학교(일본)
Category C	경사지지 않은(수직) 부위에 설치되며, 건물 내부에서 접근 불가형 PV 모듈이 75°~90° 사이 각도의 건물 외피에 설치되며, 건물 내부에 사람이나 유리 조각의 낙하를 방지하기 위한 장벽을 설치함	서울시청(국내)
Category D	경사지지 않은(수직) 부위에 설치되며, 건물 내부에서 접근 가능형 PV 모듈이 75°~90° 사이 각도의 건물 외피에 설치됨	전국경제인 회관(국내)
Category E	건물 외부에 설치되며, 건물 내부에서 접근 가능 또는 불가형 PV 모듈이 건물 표면에 설치되며, 추가적인 건물 외피 기능을 가짐 (예시. 발코니, 난간, 셔터, 어닝, 루버, 차양 등)	EWE ARENA(독일)

그림 9 | EN50583에서의 BIPV 설치 구분표

**BIPV 건축자재로서
 후면통풍 등 발전성능
 및 효율 검토 필요**

BIPV는 건축자재로 적용되기 때문에 단열, 방수, 건축시공법 등을 고려하여 가능한 건물과 일체시키는 것이 바람직하다. 이는 후면 통풍을 억제하기 때문에 PV발전 성능 측면에서는 불리한 사항이다. 특히 스펠드럴과 같이 불투명 부위에 설치되는 투광성 BIPV의 경우 발전성능과 효율, 열파 등에 대한 종합적 검토도 실험적 검증에 기반하여 수행되어야 한다.

따라서 BIPV 온도 및 발전량 측정을 위하여 결정질 실리콘(c-si) 태양광 셀(solar cell)을 이용한 G-to-G 복층 BIPV 모듈을 대상으로 건물 입면의 스펠드럴 구간에 백판넬 단열재가 보편적으로 시공된 현장을 선별하여 실측하였으며, 일반유리 및 BIPV 모듈의 중공층과 내부표면온도를 측정하였다. BIPV 모듈은 남쪽 스펠드럴 구간에 총 58개의 결정질 실리콘(c-si) 모듈이 설치되어 있으며 정격 전력은 116Wp, V_{MPP} 와 I_{MPP} 는 각각 14.2V, 8.17A 이다[표준 시험조건 (STC), 일조강도 = 1000 W/m², 대기질량정수 = 1.5 G, 태양전지 온도 = 25°C]. 6.728kW 용량으로 11kW급 인버터에 연결되어 시스템이 구성 되어 있다.

**BIPV 시스템 모듈
 온도상승에 대한 실측**

측정기간은 '19.11.8 ~ '19.12.15일로 외기온도, BIPV 모듈 외부 온도, BIPV 모듈 내부온도, 중공층 온도, 반자공간 내부온도, 일반유리 외부온도, 일반유리 내부 온도, 실내온도, 일사량을 측정하였으며 비교군 실험을 위하여 일반적으로 적용 되어 있는 공공 건물 일반유리에 비드법 1종 단열재 백판넬을 시공하여 건물 일체형 태양광과 일반유리의 후면 온도를 비교하였다. (그림 10)의 단면도와 같이 중공층 온도를 측정하기 위해서는 실내공간에서 상부 마감재인 반자를 해체하고, 단열 백판넬을 타공하여 열전대(Thermocouple) 설치 후 역순으로 마감하였으며 현장 측정장치 설치 과정은 (그림 11)과 같다.



그림 10 | BIPV 측정위치



그림 11 | 실측을 통한 BIPV와 일반유리 측정 위치

스팬드럴 구간에서 온도 상승은 일사량에 의한 온도 상승이 주된 원인

11월 28일 분석결과는 (그림 12)와 같이 수직면 도달 일사량은 $700\text{W}/\text{m}^2$ 미만이며, BIPV 모듈의 외부 표면온도는 50°C 이하로 일반유리 외부온도보다 약 10°C 정도 높게 나타났다. 일반유리는 내부 유리 온도가 투과에 의한 영향으로 외부유리 온도보다 높게 나타났으며, 중공층 온도 또한 50°C 이하로 BIPV 모듈 내부 표면온도 보다 낮게 나타났다. 일반유리 내부표면 온도가 BIPV 모듈의 내부표면온도 보다 더 빨리 상승하지만 12시가 지나면서 부터는 역전되었으며, 반자공간의 내부 온도는 실내온도와 유사한 패턴을 나타냈다.

일반유리 설치 부분의 중공층 온도가 BIPV모듈 설치 부분보다 더 높게 상승

12월 14일의 경우, (그림 13)과 같이 일반 유리는 내부표면 온도 > 중공층 온도 > 외부표면 온도 순으로 온도의 특성을 확인하였으며, 중공층 온도는 최대 66°C 까지 상승 하였다. BIPV 모듈의 경우는 내부표면 온도 > 중공층 온도의 양상은 일반 유리와 유사하였으나, 중공층 최대 온도는 47°C 로 일반 유리 조건보다 낮은

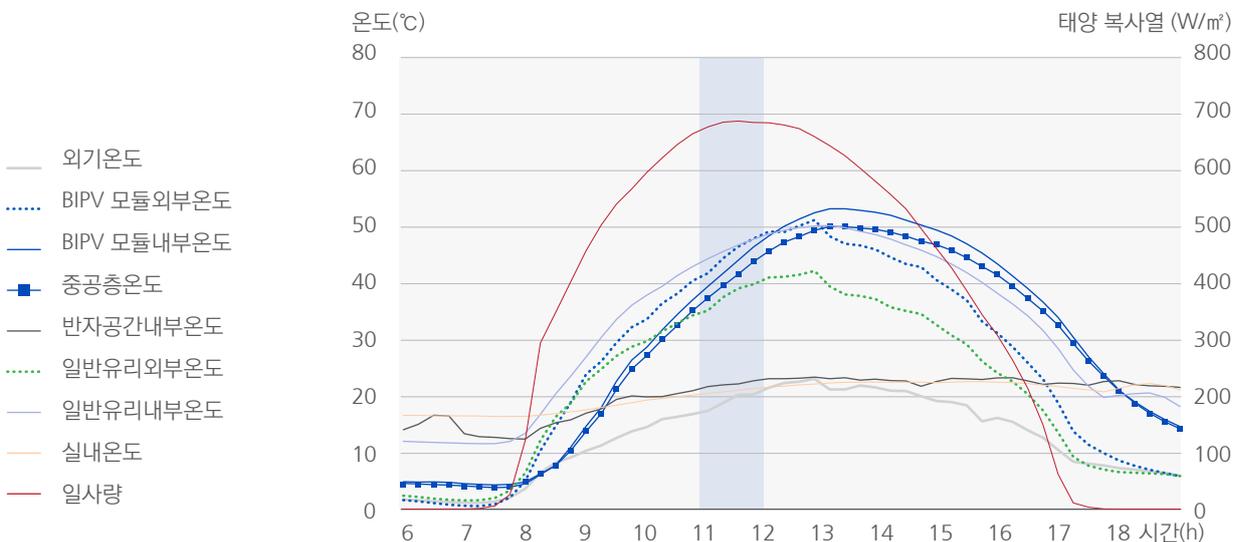


그림 12 | 실측을 통한 BIPV와 일반유리 온도 분석(11월 28일)

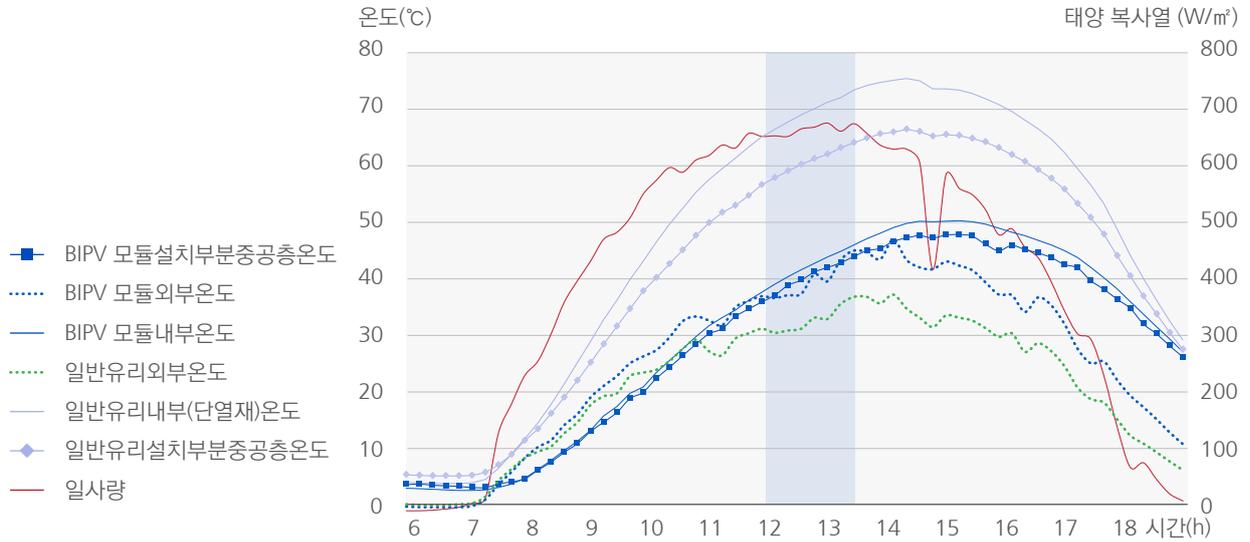


그림 13 | 실측을 통한 BIPV와 일반유리 온도 분석(12월 14일)

온도를 유지하였다. 약 11시 전까지의 오전시간에는 외부표면 온도 > 중공층 온도를 유지하다가 역전되는 것을 확인하였으며, 이는 BIPV 모듈이 불투명하여 BIPV 모듈 부분의 온도가 먼저 상승하고 이후에 내부표면 온도 및 중공층 온도가 상승하는 것으로 나타났다.

**제로에너지 건물
 구현을 위한 고효율화,
 저가화, 표준화,
 다양화 등
 건축외장재로서의
 성능검증 필요**

건물의 경우 태양광의 적용가능 면적이 매우 제한적이기 때문에 BIPV기술이 효율적으로 제로에너지 건물의 구현에 기여하기 위해서는 태양전지 및 PV 모듈의 고효율화, 저가화, 표준화, 다양화 등이 시급히 개선되어야 할 것이며 이와 함께 부속시스템의 고효율화 및 콤팩트화 기술, 건축외장재용으로서의 건물 일체화 기술 및 지원제도의 정립 등도 병행되어야 할 것이다.

BIPV 시스템을 통해 아무리 많은 전기를 생산할 수 있다 하더라도, 이를 통해 열손실이 과다하거나, 누수가 될 경우 건물로서의 기본기능을 상실하기 때문에 BIPV를 더 이상 건축시장에서 수용할 수 없음은 당연한 결과이다. 특히 BIPV 적용되는 응용부위가 너무 다양하기 때문에 모든 제품 및 시스템을 획일화하여 이 기능을 충족시키는 것도 불가능한 일이다. 따라서 외벽 자재로서 또는 창호 대체자재로서 건물의 용도별, 적용부위별, 활용 목적별로 수요처의 요구에 정확히 대응할 수 있는 특화된 모듈로 구분 개발하는 것 또한 매우 중요한 전략일 것이다.

04

시민이 참여하고 서울시가 응원하는 건물일체형 태양광(BIPV) 적용시도

서울시-서울기술연구원 태양광 신기술 실증단지 운영

서울시와 서울기술연구원에서는 국내 태양광 신기술 보유 기업에게 양친구 소재 공공건물을 테스트베드로 제공하여 보급 확대 등 상용화 촉진하고자 태양광 기술 선정, 검증 및 보급 등 전 과정을 지원하기 위한 실증단지를 운영 중이다. 올해 6월부터 공모과정을 거쳐서 [표 4]와 같이 선정된 20건의 기술에 대해서는 제품성능시험과 설치·시공비용을 지원하고 모니터링을 통한 데이터 수집 및 분석 등 1년간의 테스트 기회를 제공하고 있다.

[표 4] 태양광 신기술 단지선정 기술

선정기술	컬러 BIPV (칼라유리)	건축 BIPV (루버, 창호, 기와)	특수 BIPV (미디어, 패턴)	일반태양광 (초경량, 인버터일체)	도로태양광 (펜스, 보도블럭, 자전거도로)	기타 (베란다 거치대 등)
20건	6건	5건	2건	3건	2건	2건

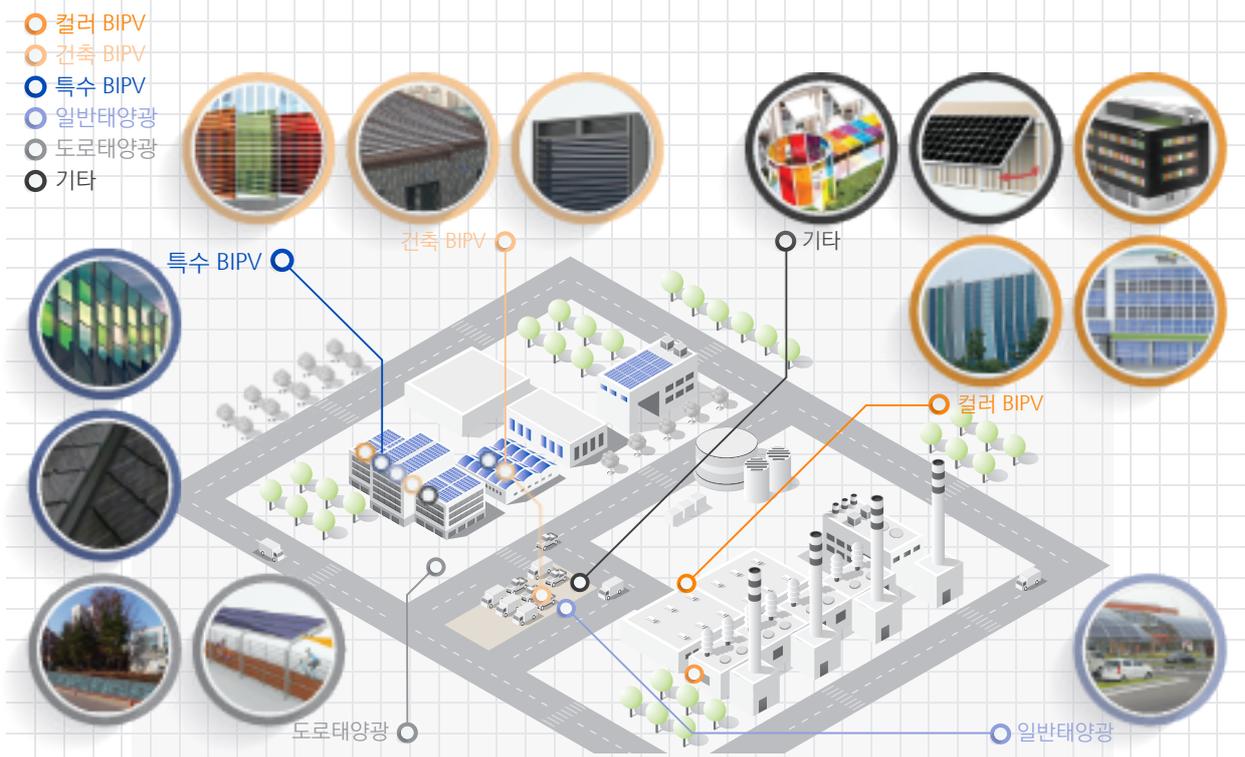


그림 14 | 태양광 신기술 실증단지 조성(안)

실증단지에 적용기술은 (그림 14)와 같이 ①건물부문 벽면·옥상 등 심미성을 주어 건축물의 가치를 향상시키는 칼라박막형, 태양광 루버와 가시광선 투과도 40%로 조망이 가능한 창호형, 출력저하를 최소화하는 특수 BIPV ②대지·방음벽 부문에는 PV 디자인형, 기존 기술 개선형 ③도로와 보도 부문에는 자전거도로, 캐노피와 방음벽 기능을 동시 구현가능한 도로 태양광 등이다.

기존의 태양광 패널에서 디자인적인 부분의 결여로 건축가 및 시민들에게 제로에너지건축물 위한 기술로서 기대와 주목에 미치지 못했던 건물일체형 태양광에 대하여 현장성능 검증을 통하여 성능확인서 발급을 통하여 시 사업에 적극 도입하는 등 본격적 판로 개척 및 지원이 가능할 것으로 여겨진다.

**서울시 지자체 최초로
 외벽·창호 등에 BIPV
 민간 시범사업 추진**

공공건축물 실증단지 구성에 앞서 서울시는 지난 2월 전국지자체 최초로 건축물을 신축하거나 소유하고 있는 민간건물을 대상으로 (그림 15)와 같이 건물일체형태양광(BIPV) 시범사업을 진행하였다. 강남구 소재 업무용 (아리빌딩, 알파홀딩스) 건물 2곳, 양천구 소재(새신교회) 교회건물 1곳이 선정되었으며 건물 외벽에 컬러형(G-to-G) 태양광을 총 141kW 설치하였다. 아리빌딩의 경우에는 제로에너지건축물 인증신청 예정으로 용적률 8% 완화효과를 기대할 수 있다. 본 시범사업의 경우 (그림 16)과 같이 건물관리모니터링 (BMS : Building Management System)과 신재생에너지 통합시스템(REMS :

구분	시공 전	시공 후	설비용량 (kW)	패널 발전량 (W)	모듈크기 (mm)	효율 (%)
아리빌딩 (강남구 언주로)			48.20	146.06	1,385 × 685 (330매)	15.4
새신교회 (양천구 목동로)			80.03	278.00	1985×985 (216매) 1000 × 985 (72매) 더미모듈 (39매)	18.10 16.83
알파홀딩스 (강남구 선릉로)			15.12	252.00	1,050 × 1,685 (60매)	14.6

그림 15 | 서울시 건물일체형 태양광 시범사업 (출처: 서울시 녹색에너지과)

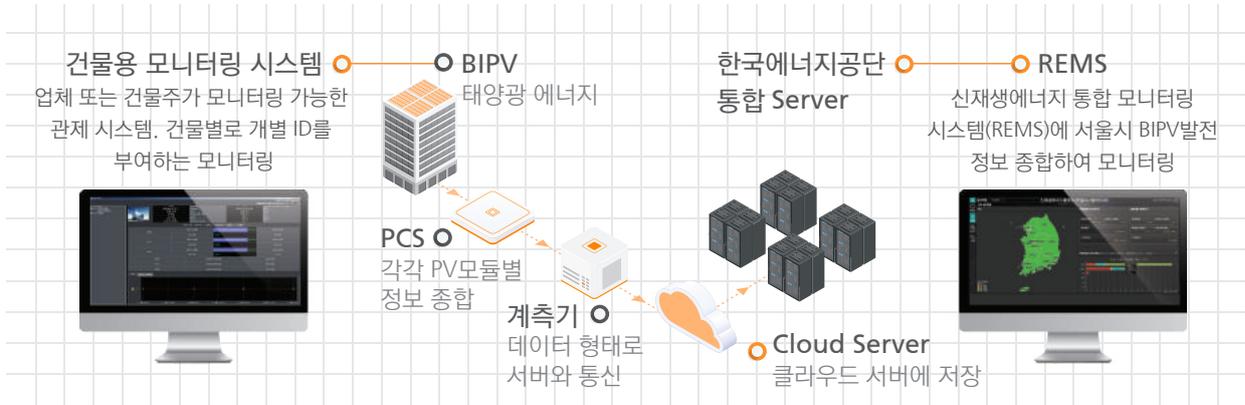


그림 16 | 신재생에너지 통합모니터링시스템(REMS) 연동

Renewable Energy Monitoring Service)을 연계하여 서울시 BIPV 발전 정보 종합, 모니터링하여 운영단계에서 설비의 발전 현황, 가동상태 등을 실시간으로 파악하고 축적된 빅데이터 분석을 통한 예측 기반의 운영관리 및 예방 점검을 통하여 보급설비에 대한 사후 관리가 가능할 수 있도록 하였다.

**서울시
 BIPV설치보조금
 최대 80%지원**

서울시는 9월, 하반기에도 건물일체형태양광 민간 시범사업을 통하여 국내 신소재와 신기술적용 형태의 신기술형, 태양전지로의 시인성이 낮아 육안으로 구분하기 어려운 디자인형, 일반형 순으로 최대 80%까지의 보조금을 지원하는 사업을 추진 중이다. 이를 통하여 다양한 BIPV의 수요처와 판매시장이 형성되어 올해부터 추진되는 제로에너지건축 의무화 등 신재생에너지 확대를 위한 도심의 면적이 한정되어 있는 특성상 정부와 지자체가 보조금을 지원을 통하여 건물일체형태양광(BIPV) 활성화에 영향을 미칠 것으로 기대된다.

**태양광 탐사대 구성·
 운영을 통한 부지발굴**

서울시는 그린 뉴딜일자리의 일환으로 태양광 설치가능 부지를 발굴하기 위한 태양광 탐사대를 구성하여 운영 중이다. 시민과 협동조합, 시공업체로 이루어진 시민탐사대와 공공탐사대로 구분하며, 주요 역할로는 부지 발굴 및 민간시설 소유주 대상 태양광 보급 지원사업 안내 및 설치 컨설팅 업무를 수행하고 있다. 20년 7월부터 권역별 (도심권, 동남권, 동북권, 서남권, 서북권)로 총 814개를 방문하여 조사를 진행하였으며 시민들은 태양광 설치에 대한 긍정적인 반응을 보이고 있으나 설치비용, 유지 관리 등에 대한 부담감을 표시하고 있다. 이에 시민들에게 설치지원제도와 전기요금 절감 효과 등에 대한 홍보를 통해 기후변화에 적극 대처할 수 있는 2050년 온실가스 넷제로(온실가스 배출량과 제거량 더했을 때 순 배출량이 0인 상태) 목표에 참여를 유도하는 방안 마련이 필요하다.

건물일체형 태양광(BIPV) 설치 비용에 비해 전기생산 효율이 저조하거나(일반 태양광설치 비용 2백만원/1kW, BIPV 7~9백만원/1kW), 기존건축물 그린 리모델링 및 개보수의 경우 교체 시 BIPV 모듈의 고비용, 서울의 경우 도심권 내는 고층, 동간거리 근접 등으로 벽면에 음영, 건축물 단열-전기설비-건축물 외벽의 설계자 및 상호 전문공사 상호 통합분야 기술의 어려움이 있다.

서울시 선도적인 BIPV 적용방안 마련

따라서 도심에 적용하기 적합한 신재생에너지원으로 도시경관과 조화가 되도록 서울시 공공건축물에 우선적으로 태양광 발전 계획 시 적용방안 마련이 필요한 시점이다. 현재 시행되고 있는 EN50583와 KS C 8577의 BIPV 모듈 성능 기준과 BIPV 건자재 성능을 포함하여 전기적인 성능과 건축적인 성능을 만족할 수 있는 기본성능, 안전성능, 화재 안전성, 내구성, 차음 성능 검증과 BIPV 제품 인증과정의 어려움에 대하여 이번 서울시 공공건물 실증사업을 통하여 추후, 서울시에서 선도적으로 서울시 태양광 설치 관리 업무 매뉴얼 내 BIPV 관련 성능에 대한 고려사항과 BIPV 보급 세부 기준을 마련하는 방안을 기대할 수 있다. 

참고문헌

- 1) 태양광 확산 5개년 종합계획 '2022년 태양의 도시, 서울', 서울특별시(기후환경본부), 2017. 11
- 2) EN50583-1:2016, Photovoltaics in buildings Part 1 : BIPV Modules
- 3) EN50583-2:2016, Photovoltaics in buildings Part 2 : BIPV Systems
- 4) KS C 8577, 건물일체형 태양광 모듈(BIPV) - 성능평가 요구사항, 2016. 12
- 5) 그린뉴딜 추진을 통한 2050 온실가스 감축전략, 서울특별시, 2020.7
- 6) 건물일체형 태양발전(BIPV)시스템 성능평가 및 적용방안, 서울기술연구원, 2019.12
- 7) 제로에너지 공공주택단지 조성 가이드라인 연구, 서울기술연구원, 2019.12
- 8) 서울시 태양광 에너지 현황과 에너지 정보 플랫폼 고찰, 서울에너지공사, 2017
- 9) 「ISO/FDIS 18178 Glass in building – Laminated solar photovoltaic glass for use in building」
- 10) 오병철(2017),The Economic Feasibility of Building-Integrated Photovoltaics System Installed on the Roof of Residential Building, KIEAE,17(1) 5
- 11) 윤종호(2018), 국내건물일체형 태양광발전(BIPV) 기술현황 고찰 및 분야별 활성화 방안 제안, 한국태양에너지학회,16(2)
- 12) 내 손안에 서울, <http://mediahub.seoul.go.kr/archives/1288254>, 서울특별시 환경정책과
- 13) 2018 신재생에너지 백서, 한국에너지공단

제 6호 탄소배출 제로도시 실현 그린뉴딜,
도시에 적합한 건물일체형 태양광(BIPV) 기술 적용

발행인 고인석

편집인 편집위원회

발행처 서울기술연구원
03909 서울특별시 마포구 매봉산로37(상암동)
www.sit.re.kr

발행일 2020년 10월 23일

SIT 서울기술연구원
Seoul Institute of Technology

