



## ISSUES

# “태양을 품은 집” BIPV로 만드는 친환경 공동주택

## REPORT

# 공동주택 태양광 발전 능력 향상을 위한 설치 위치 다각화 연구

## C O N T E N S

### “태양을 품은 집”

### BIPV로 만드는 친환경 공동주택

곽병창 수석연구원

■ 제로에너지 공동주택 동향

■ 태양광 발전 측면에서의 공동주택 디자인 동향

■ 공동주택 BIPV 적용을 위한 고려사항

# “태양을 품은 집” BIPV로 만드는 친환경 공동주택

곽병창 수석연구원

## 제로에너지 공동주택 동향

### ◎ 공동주택의 에너지 자립 향상 필요성 대두

- 국가에너지 소비량 중 건물 부문의 에너지 소비의 지속적 증가에 따라, 국가 에너지 소비 및 탄소 배출 저감을 위해 건물 부문에서의 적극적인 에너지 소비 저감이 요구되는 상황임
- 통계청 등록센서스 데이터에 따르면 국내 주거건물 중 공동주택 비율이 2023년 기준 약 79%로 나타나 공동주택의 에너지 성능 향상이 매우 시급하며, 이에 정부는 제로에너지건축물(이하 ZEB) 인증제도를 도입하고 공동주택의 에너지 자립률 확보를 단계적으로 의무화하고 있음



그림-1 제로에너지건축물 의무화 로드맵

출처 : 한국에너지공단 제로에너지건축물

### ◎ 주거건물 ZEB 인증 현황

- ZEB 인증은 에너지 자립률을 바탕으로 5가지 등급으로 구분

표-1 제로에너지건축물 인증 등급

ZEB 등급	5	4	3	2	1
에너지 자립률	20% 이상 ~ 40% 미만	40% 이상 ~ 60% 미만	60% 이상 ~ 80% 미만	80% 이상 ~ 100% 미만	100% 이상

- 한국에너지공단 제로에너지건축물 인증 현황에 따르면 2024년 1월 기준 ZEB 본인증을 획득한 주거 건축사업은 총 20개이며, 공동주택은 45%, 단독주택은 55%를 차지하는 것으로 나타남
- 단독주택에 비해 공동주택의 ZEB 본인증 사례는 대부분 ZEB 4등급 이하로서, ZEB 로드맵에 따라 공동주택 에너지 자립률 향상을 위한 방안 마련이 시급한 상황임

표-2 제로에너지건축물 인증 등급 “본인증”현황

(‘24.1월 기준)

ZEB 등급	ZEB 1	ZEB 2	ZEB 3	ZEB 4	ZEB 5
공동주택	2	-	1	2	4
	22%	0%	11%	22%	44%
단독주택	4	1	-	3	3
	36%	9%	0%	27%	27%
총합계	6	1	1	5	7
	30%	5%	5%	25%	35%

※ 공동주택 ZEB 1등급 사례는 ‘조치원 상리 에너지 자립마을 (별동)’과 ‘부산EDC스마트빌리지’로서 소형 공동주택 또는 타운하우스 형태임에 따라 고층 공동주택에 비해 상대적으로 에너지 자립률을 확보하는 것이 유리한 형태임

- 태양광 발전 시스템을 이용해 공동주택의 에너지 자립률 확보를 위해 태양광 발전 모듈의 설치 면적 확보가 중요하지만, 공동주택의 특성상 동일 지붕면적을 공유하는 세대 수가 많음에 따라 태양광 발전 능력이 건물 에너지 자립률에 끼치는 영향도는 낮아지게 됨
- 건물 외벽면, 지붕면, 난간대 등 건물의 구성요소를 활용한 태양광 발전 시스템 (Building Integrated Photovoltaic, BIPV)의 적용을 통해 발전 면적을 넓힘으로써 에너지 자립률을 확보하는 것이 가능함

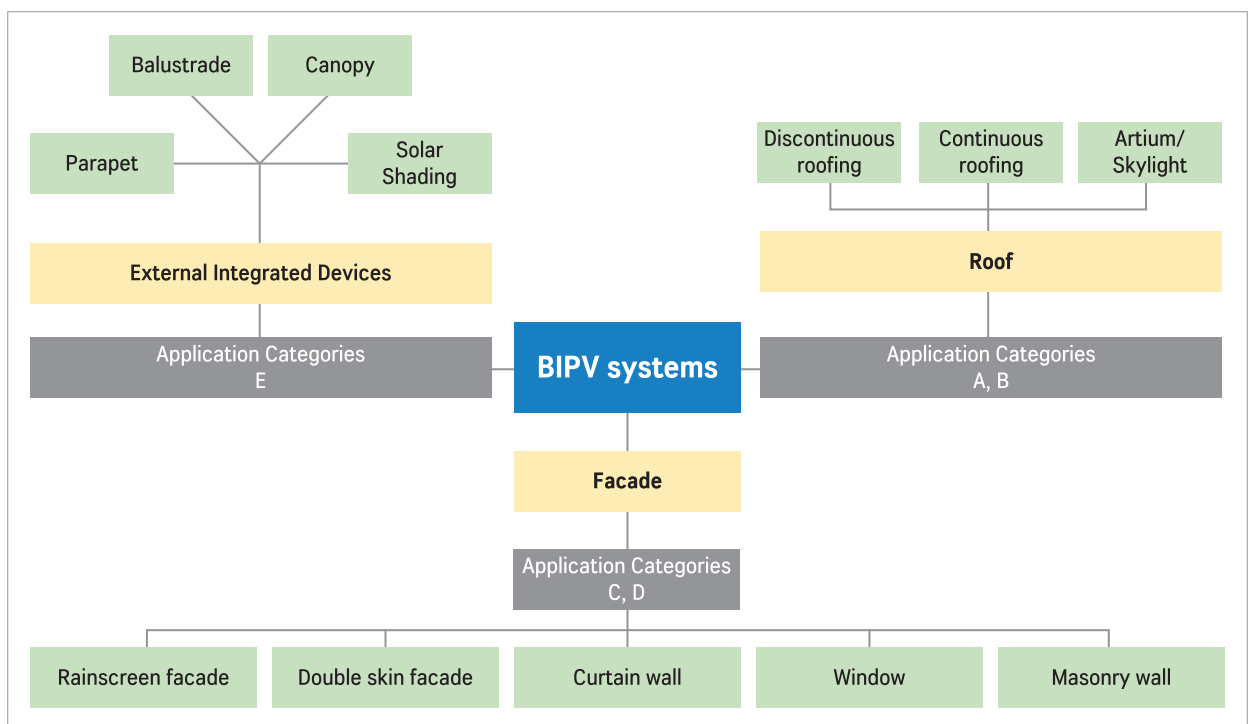


그림-2 적용 위치에 따른 BIPV 구분

출처 : IEA PVPS Task 15: Categorization of BIPV applications

- 하지만 BIPV는 건축물의 구성요소로서 태양광 발전 시스템을 활용하는 방식임에 따라 안정적으로 발전 능력을 확보하기 위해서는 공동주택의 설계 및 유지관리 등 다양한 요소를 체계적으로 검토하는 것이 필요함

## 태양광 발전 측면에서의 공동주택 디자인 동향

### ◎ 공동주택 단지 밀집화

- 공동주택은 단지 내 두 동 이상이 위치하는 경우 일조와 채광을 위해 건축물 높이를 고려해 이격거리를 산정하지만, 최근 동간 이격거리 산정 개선을 통해 이격거리 완화가 추진되는 경우가 있음
  - 국토교통부는(2016.1.) 주상복합건물의 동간 이격거리 산정 시 상업시설을 제외 후 공동주택 부분의 높이만 고려하여 동간 간격을 산정
  - 서울시는(2022.9.) 보다 다양한 형태의 공동주택 단지 조성을 위해 「서울특별시 건축 조례」 개정을 통해 동간 이격거리 기준을 완화함
- 국토부는‘특별건축구역’지정시 일조 영향 분석 결과와 동지 기준 일조량이 연속 2시간 이상 확보 등 조건을 만족하는 경우에는 건축법 제61조(일조 등의 확보를 위한 건축물의 높이 제한)에 대해 적용배제가 가능함

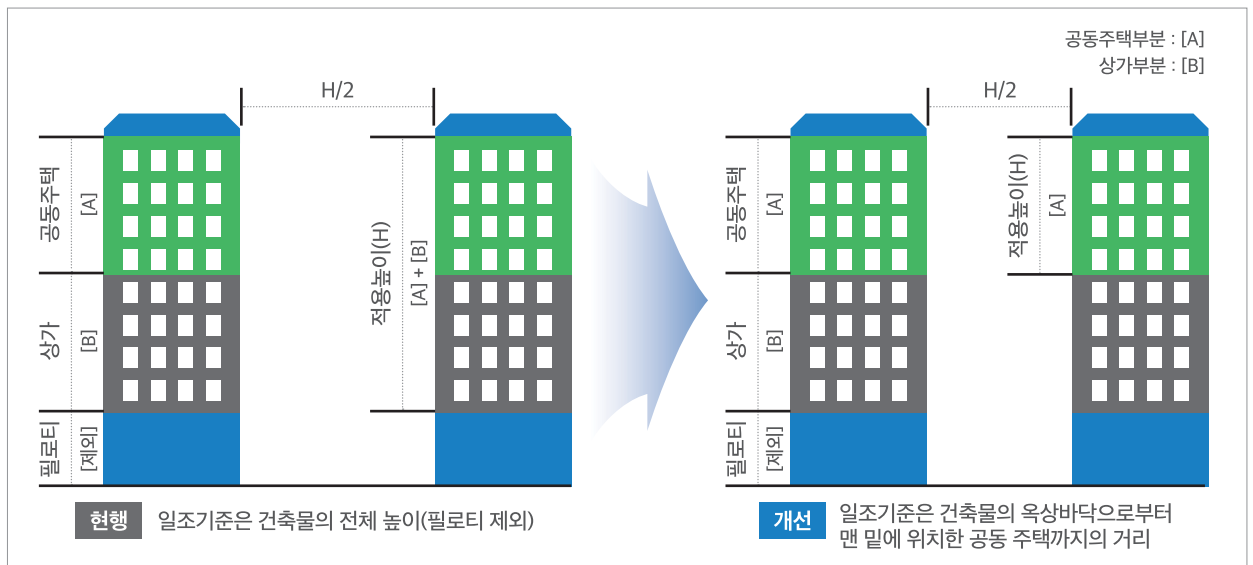


그림-3 국토부 주상복합건물 동간 이격거리 산정방법 개정

출처 : 국토부

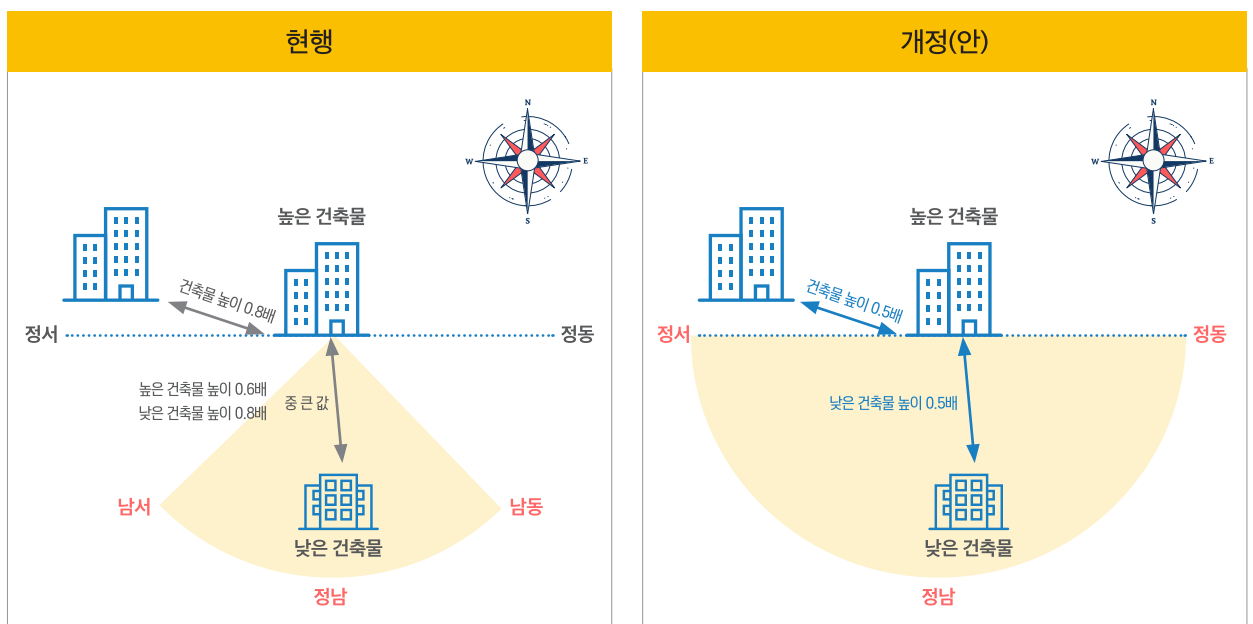


그림-4 서울시 아파트 동간 간격 조례 개선

출처 : 서울시

## ◎ 공동주택 입면 다양화

- 국토교통부는 2009년 공동주택의 미관 증진을 위해 [공동주택 디자인 가이드라인]을 마련하며, 공동주택의 형태와 단지 환경의 획일화 방지, 거실 및 침실 배치, 외부 면적, 주동 길이 등 입면 디자인에 영향을 주는 요소에 대한 가이드를 제시하였으며, 이를 바탕으로 공동주택의 입면은 다양한 색상 활용과 더불어 입체적인 형태를 보이게 됨
- 외벽 마감 재료는 주로 중·고층부엔 콘크리트 위에 페인트와 같은 도장재로 마감하는 것으로 나타났으며, 부분적으로 저층부에는 석재를 사용하거나 지붕 및 옥탑엔 장식적인 요소로 금속재를 사용하는 것으로 나타남. 최근에는 유리로 외벽을 마감하는 커튼월록 사례도 증가하고 있음



그림-5 공동주택 입면 재료 다양화 사례 (좌)래미안 리더스원, (우)과천 자이



출처 : (우)한국경제, (좌)경인일보

## ◎ 공동주택 디자인 동향 시사점

- 공동주택 단지 밀집화에 따라 외곽부에 위치한 건물의 일조 시간은 확보될 수 있으나, 안쪽에 위치한 건물은 인접한 건물의 영향으로 음영 발생 시간이 늘어나 발전량이 낮아질 가능성이 높음
- 공동주택의 입면 다양화에 따른 돌출형 입면 디자인은 돌출부 하단과 좌우측에 시간대별로 음영을 발생 시키게 되어 BIPV 발전을 위한 모듈 설치 가능 면적이 줄어들게 되어 발전 성능이 낮아질 가능성이 높음



## 공공주택 BIPV 적용을 위한 고려사항

### ◎ 디자인 측면

- 2BIPV 시스템은 태양광 발전을 비롯하여 기본적인 건축물 구성 요소로서 역할을 함에 따라 건축물의 미관 및 유지관리를 고려하여 설치되어야 함
- 특히 공동주택에 BIPV를 적용하는 경우 거주자들의 생활공간과 가까운 곳에 BIPV 시스템이 설치됨에 따라 외부에서의 심미성뿐만 아니라 실내에서의 심미성을 고려하는 것도 중요함
- 모듈 백시트 색상이 검은색인 경우 실내 심미성을 저해하는 요인이 될 수 있기에, 아래 그림과 같이 백시트 후면 및 프레임 색상을 내부 벽지 또는 창틀 등과 유사하게 하는 것도 해결 방안이 될 수 있음



그림-6 BIPV 난간대 후면 색상 다양화

- 방위별 발전량을 고려하여 수직형 BIPV 태양광 모듈 적용 우선순위를 검토하는 것이 필요하며, 방위별 수직형 태양광 발전량 측정 결과와 시뮬레이션 해석 결과에 따라 아래와 같이 우선순위가 정리될 수 있음



그림-7 BIPV 적용을 위한 방위별 우선순위

- 입면 태양광 발전 성능 저하를 막기 위해 입면의 입체화를 최소화 하는 입면디자인 검토가 필요함



그림-8 주동 입면 돌출에 따른 입면 음영 발생 (좌) 경기 하남 미사역효성해링턴타워, (우) 노원EZ하우스

출처 : 노원EZ센터

- 세대별 일조권 및 BIPV 발전 효율을 확보를 위해 단지 내 공동주택 이격거리를 적절히 유지하는 것이 필요함
- 저층동은 단지 바깥쪽에 배치하고 고층동은 단지의 안쪽에 배치하여 인접동에 의한 음영 발생 최소화 가능



그림-9 적절한 동별 이격거리 및 저층동 외곽 배치 사례

출처 : 한신공영(주)

## ◎ 안전성 측면

- 신재생에너지원으로서 태양광 발전 시스템 보급 확산과 함께 태양광 발전시설 화재건수도 증가하는 추세이며, 소방청 국가화재정보시스템에 따르면, 화재 발생 요인으로 전기적 요인(77.9%) >> 기계적 요인(9.9%) > 미상(3.7%) > 자연적 요인(2.9%), 기타(2.9%) > 부주의(2.7%) 순으로 나타나 전기적 요인에 의한 화재 발생이 압도적임
- BIPV는 수직 형태 적용이 많으며 이에 따라 화재 발생시 수평방향보다 수직방향으로 화재 확산 속도가 훨씬 빠르기 때문에 화재가 발생되지 않도록 계획, 설치, 관리에 신중해야 함
- BIPV 패널과 건축물 사이 공기층은 화재발생시 가연물에 산소 공급, 부력에 의한 연돌효과 발생으로 화재 및 연기 확산에 기여하여 화재 성장을 가속화하는 역할을 할 수 있음
- 따라서, 화재가 발생되지 않도록 BIPV 설치 계획, 자재 선정 기준 등을 명확히 하는 것이 필요하며, BIPV 화재 발생시 거주자의 피난을 위한 대응 방안 마련과 BIPV 시스템 주변 실내에 소화 수단 설치 계획을 수립하는 것이 필요함



그림-10 BIPV 천장재 화재 사고 현장 (진주 초등학교 화재, 2023.6.)



출처 : YTN뉴스, 소방방재신문



## ◎ 유지관리 측면

- BIPV 시스템은 태양광 발전 기능과 함께 건축 요소로서의 기능도 수행해야 함에 따라 BIPV 구성 요소가 건물의 외벽, 지붕 등에 통합되어 설치될 수 있으며, 이와 같은 여건으로 인해 BIPV의 설치 및 유지관리 용이성이 낮을 수 있으며, BIPV 시스템 운영 중 고장 및 파손 등과 같은 문제가 발생하는 경우 수리 조치가 용이하지 못할 수 있음
- 따라서 BIPV 시스템의 안전성을 향상시키고 유지관리 용이성을 높이기 위한 명확하고 체계적인 유지관리 기준 및 가이드 등의 마련이 필요함

## ◎ 경제성 측면

- BIPV는 대체로 건물의 지붕, 외벽, 난간, 창문 등을 대체하여 적용될 수 있기 때문에 일반적인 태양광 발전시스템과는 다르게 태양광 모듈의 설치 각도가 제한적인 상황임에 따라 태양광 발전 효율이 일반 태양광 발전시스템에 비해 상대적으로 낮음
- 특히 BIPV는 건축물의 외장재 또는 구조물로서의 역할을 함에 따라 미적인 부분을 고려해 건축 디자인에 적합한 색상이 선정되게 되며, 이로 인해 일반적인 검은색 계열의 태양광 발전시스템에 비해 발전 효율이 더 낮아질 수 있음
- 한국에너지공단의 신재생에너지 에너지원별 단가 정보 및 조달청 나라장터 종합쇼핑몰의 제품 단가를 비교한 결과 BIPV의 설치 가격이 일반적인 태양광 발전 시스템에 비해 약 2.5배~3배 정도 높은 것으로 확인됨
- 따라서 공동주택의 에너지 자립률 향상을 목표로 BIPV 보급 확산을 위해서는 가격 경쟁력을 확보하기 위한 방안 마련이 필요
  - BIPV 초기 투입 비용 저감을 위해 정부 및 지자체 지원금 등 인센티브 도입 검토가 필요할 것임
  - BIPV 모듈의 표준 사이즈 개발 등과 같은 방법을 통해 BIPV 시스템의 공장자동화 도입 및 초기 비용 저감을 이루는 것이 필요할 것임
  - BIPV 시스템의 보급 확산을 위해서 BIPV의 성능과 경제적 효과 등에 대한 보다 체계적인 후속 연구를 진행하는 것이 필요하며, 특히 실제 공동주택을 대상으로 한 장기 실증 실험 수행도 이와 같은 검토를 위해 필요할 것으로 판단됨
  - BIPV 설치 지역의 기후 및 환경 여건을 고려한 인센티브 개발을 위해 국내 다양한 기후대에 위치한 공동주택을 대상으로 한 장기 모니터링

## C O N T E N S

### 공동주택 태양광 발전 능력 향상을 위한 설치 위치 다각화 연구

곽병창 수석연구원(연구책임)

김길태 연구위원, 황인태 주임연구원, 정상휘 과장

■ LH 공동주택 BIPV 적용 필요성

■ BIPV 발전 성능 모니터링

■ 공동주택 BIPV 경제성 분석

■ 시사점(결론)

# 에너지 자립 # BIPV 루버 # BIPV 난간대

#### Summary

국가 에너지 소비 저감을 위해 공동주택의 에너지 성능 향상 필요성이 대두되고 있으며, 에너지 효율 향상과 함께 에너지 생산 능력 향상 방안 마련이 필요한 상황임

그러나 고층 형태의 공동주택 특성상 옥상 태양광 발전만으로 에너지 자립률을 확보하는 것은 어려우며, 이에 따라 건물일체형 태양광 발전(BIPV) 시스템에 대한 관심이 높아지고 있는 상황이며, BIPV는 건축요소로서 건물의 외벽뿐만 아니라 실외기실 루버, 발코니 난간대 등에 적용이 가능함

본 연구는 BIPV 루버와 BIPV 난간대의 발전 성능을 모니터링하고 발전 효과를 분석하였으며, 이를 바탕으로 공동주택에 BIPV 적용을 위해 고려해야 하는 사항들을 검토함

# 공동주택 태양광 발전 능력 향상을 위한 설치 위치 다각화 연구

## LH 공동주택 BIPV 적용 필요성

### ◎ 제로에너지건축물 인증제도 대응 필요성

- 국가 에너지 소비 및 탄소 배출 저감을 위해 정부는 제로에너지건축물 인증제도를 시행하였으며, 이에 따라 공공 공동주택은 ZEB 4등급 이상의 성능 확보가 필요한 상황임

구분	2020년	2023년	2025년	2030년	2050년
공공건축물	공공 1,000㎡ 이상 (5등급)	공공 500㎡이상 (5등급) 공공 공동주택 30세대 이상 (5등급)	공공 1,000㎡이상 (4등급) 그 외 건축물은 5등급 유지	대상 검토 중 (3등급 수준)	대상 검토중 (1등급 수준)
민간건축물			민간 1,000㎡ (5등급 수준 설계) 공동주택 30세대 (5등급 수준 설계)	500㎡ (5등급 수준 설계)	

그림-1 제로에너지건축물 인증제도 로드맵

- 연도별 현황 데이터에 따르면 ZEB 제도가 시행된 후 ZEB 본인증을 획득한 주거건물의 수가 증가하고 있으며, 상위 등급을 획득한 건물의 수도 점차 증가하는 흐름을 보이고 있음

표-1 연도별 제로에너지건축물 본인증 획득 현황

(‘24.1월 기준)

ZEB 등급	2019	2020	2021	2022	2023	합계
ZEB 1		1		2	3	6
ZEB 2		1				1
ZEB 3					1	1
ZEB 4			3		2	5
ZEB 5	1			3	3	7
합계	1	2	3	5	9	20

- 한국에너지공단에서 제공하는 제로에너지건축물 인증 현황 데이터를 바탕으로 개별 사업에 적용된 신재생에너지 기술을 파악하는 것은 불가능하나, 인증 등급을 획득한 건물의 공개정보를 검토하였을 때 지붕 태양광 발전은 기본적으로 적용되며, 벽면 BIPV와 지중열 히트펌프 등을 사용함으로써 에너지 자립률을 높이는 방식을 적용하는 것으로 나타남

\* 부산 에코델타스마트빌리지, 부산EDC 스마트빌리지, 로렌하우스(김포, 오산, 세종), LH 화성남양뉴타운 B11BL, 조치원을 상리 친환경 에너지 자립마을(본동, 별동) 등

- LH는 제로에너지건축물 인증제도 목표 달성을 위해 LH 2040 제로에너지 공동주택 기술로드맵을 작성하였으며, 이 로드맵에 따라 태양광 발전 시스템의 확대를 우선 적용하는 것을 계획하고 있는 상황임

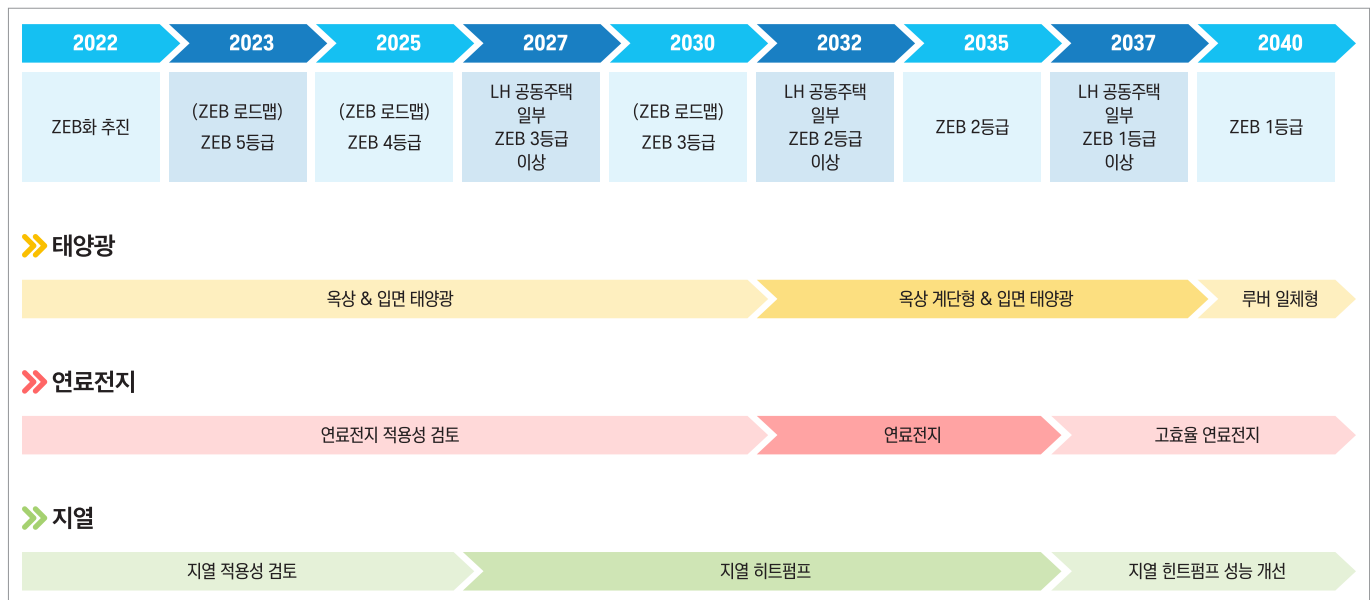


그림-2 LH 2040 제로에너지 공동주택 기술로드맵

### ◎ 공동주택 BIPV 적용 방안 다각도 검토 필요

- 주거건물의 에너지 자립률 확보를 위해 태양광 발전 시스템 적용이 필수적임에 따라, LH 공동주택의 에너지 자립률 확보를 위해 태양광 발전 시스템 적용 확대에 대한 검토가 필요함
- 그러나 공동주택의 경우 동일 지붕면적을 공유하는 세대 수가 많아짐에 따라 지붕 태양광 발전 능력이 건물 에너지 자립률에 끼치는 영향도가 단독주택 또는 소규모 공동주택 대비 낮아짐
- 따라서 공동주택의 에너지 자립률 향상을 위해 태양광 발전 시스템 설치 면적 확대가 필요하며, 이를 위해 공동주택 지붕을 포함해 주동 및 단지 내 공용시설 등 다양한 설치환경에 태양광 발전 모듈을 설치할 수 있도록 설치 위치를 다각도로 검토하는 것이 필요함
- 공동주택을 대상으로 BIPV를 적용할 수 있는 적용 방안은 외벽면, 창문, 발코니 난간대, 실외기실 루버 등이 있으며, 본 연구는 이 중 BIPV 발코니 난간대와 BIPV 실외기실 루버의 발전 성능을 모니터링하고 다양한 요소를 고려하여 적용 가능성을 분석함



# BIPV 발전 성능 모니터링

## ◎ BIPV 실험체 설치

- BIPV 시스템의 발전 성능 분석을 위해 세종시에 위치한 LH 주택성능연구개발센터 실증실험동에 BIPV 루버와 BIPV 난간대를 설치하고 발전 성능 모니터링 수행

표-2 BIPV 발전 성능 모니터링을 위한 실험체 설치 계획

시스템	설치 위치	설치 용량
실외기실 루버	1층, 3층 1호 및 2호 세대 실외기실 5층 1호 및 2호 세대 실외기실	240W 200W
발코니 난간대 (유리형)	5층 1호(84타입)	296W (77W * 4장)
발코니 난간대 (철제형)	5층 2호(59타입)	거실 297W (99W * 3장) 침실 296W (74W * 4장)



그림-3 LH 주택성능연구개발센터 실증실험동 A동 전경(좌) 및 실험체별 설치 위치 계획도(우)



그림-4 BIPV 루버 설치 모습



그림-5 BIPV 난간대 설치 모습

## ◎ BIPV 발전 모니터링 결과

- 실험체가 설치된 후 안정적으로 모니터링이 이루어진 8월과 9월 발전량과 에너지 수율에 따르면 BIPV 루버의 경우 음영이 발생하는 1층 대비 3층과 5층의 에너지 수율이 높은 것으로 나타남
- 9월에 502호 실외기실 루버를 완전 개방(개방각도 90°)함에 따라 에너지 수율이 501호 대비 70.9% 정도로 발전량이 약 29% 낮아진 것으로 나타남

표-3 BIPV 발전 성능 모니터링을 위한 실험체 설치 계획

월별 발전량 합		101 루버	102 루버	301 루버	302 루버	501 루버	502 루버	501 유리난간	502 침실난간	502 거실난간
정격발전량[kW]		0.24	0.24	0.24	0.24	0.20	0.20	0.296	0.296	0.297
7월	발전량 [kWh]	6.26	7.48	10.66	10.83	9.89	9.97	15.18	14.97	14.89
	수율 [kWh/kW]	26.08	31.17	44.42	45.13	49.45	49.85	51.28	50.57	50.13
8월	발전량 [kWh]	8.96	11.23	14.72	15.16	13.38	13.92	20.1	21.9	20.65
	수율 [kWh/kW]	37.33	46.79	61.33	63.17	66.90	69.60	67.91	73.99	69.53
9월	발전량 [kWh]	8.44	8.82	14.21	14.46	12.97	9.2	19.93	21.04	19.65
	수율 [kWh/kW]	35.17	36.75	59.21	60.25	64.85	46.00	67.33	71.08	66.16

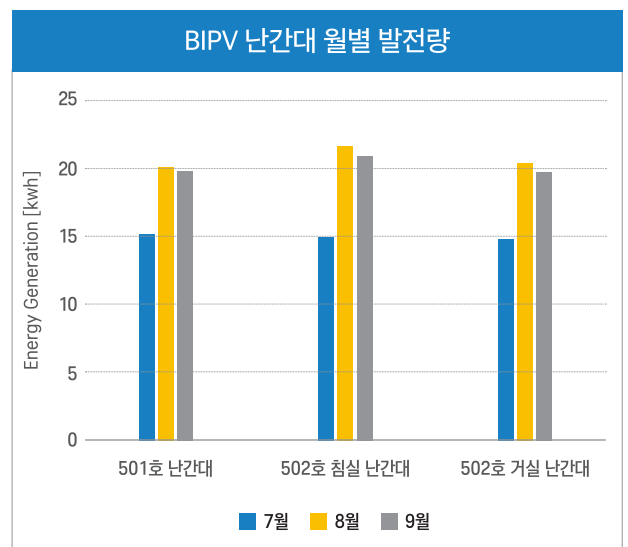
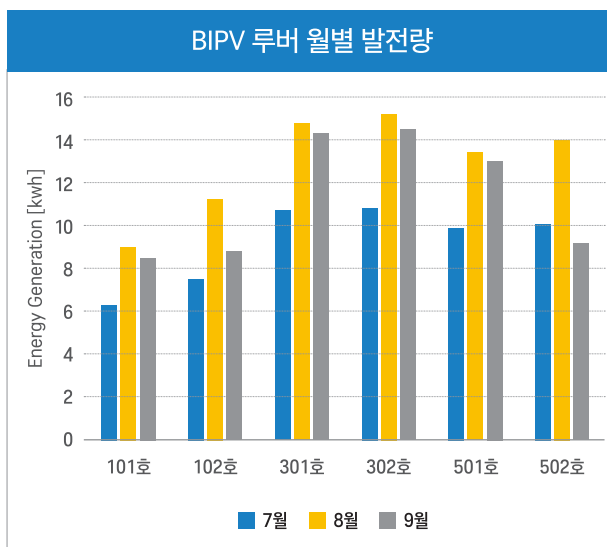


그림-6 BIPV 루버 및 BIPV 난간대 월별 발전량

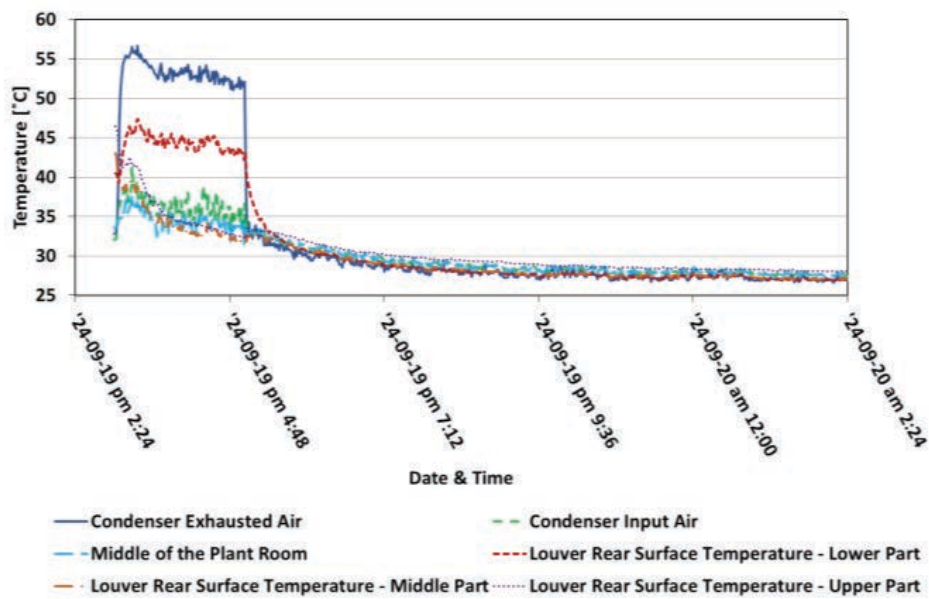
## ◎ BIPV 실외기실 루버 성능에 대한 에어컨 영향 분석

- 에어컨 가동시 에어컨 토출 공기가 루버 뒷판 표면 온도에 끼치는 영향을 파악하기 위해 루버 후면 및 실외기실 내부 온도를 측정
  - 에어컨 가동 여부에 따라 각 측정점에서의 온도 변화 및 최고 온도를 비교한 결과, 에어컨 가동시 토출 공기 온도는 최대 56.7도까지 올라갔으며, 이에 따라 실외기 앞 루버의 뒤쪽 표면 온도는 최대 47.4도로 나타나 에어컨을 가동하지 않은 102호 루버 하단 표면 온도 대비 약 11.8% 높은 것으로 나타남
  - 에어컨 가동에 따른 실외기실 루버 중간부분과 상단부 측정점에서의 온도차는 각각 3.9%와 3.6% 정도인 것으로 나타나, 에어컨 실외기의 토출 공기의 온도가 실외기실 루버 하단부의 온도에 영향을 주지만 루버 중간부와 상단에 끼치는 영향은 크지 않은 것으로 판단됨

표-4 에어컨 가동에 따른 BIPV 루버 측정점별 최고 온도

구분	실험조건	측정점별 최고 온도				
실험조건	(실험기간) 2024/9/19-9/22 (외부온도) 17.7℃~33.1℃	A/C 토출부	A/C 흡입부	루버 하단	루버 중간	루버 상단
101호	에어컨 On / 루버 완전 개방	56.7℃	41.4℃	47.4℃	43.0℃	46.4℃
102호	에어컨 Off / 루버 완전 개방	34.4℃	32.5℃	42.4℃	41.4℃	44.8℃
Percent Difference		64.8%	27.4%	11.8%	3.9%	3.6%

101호



102호

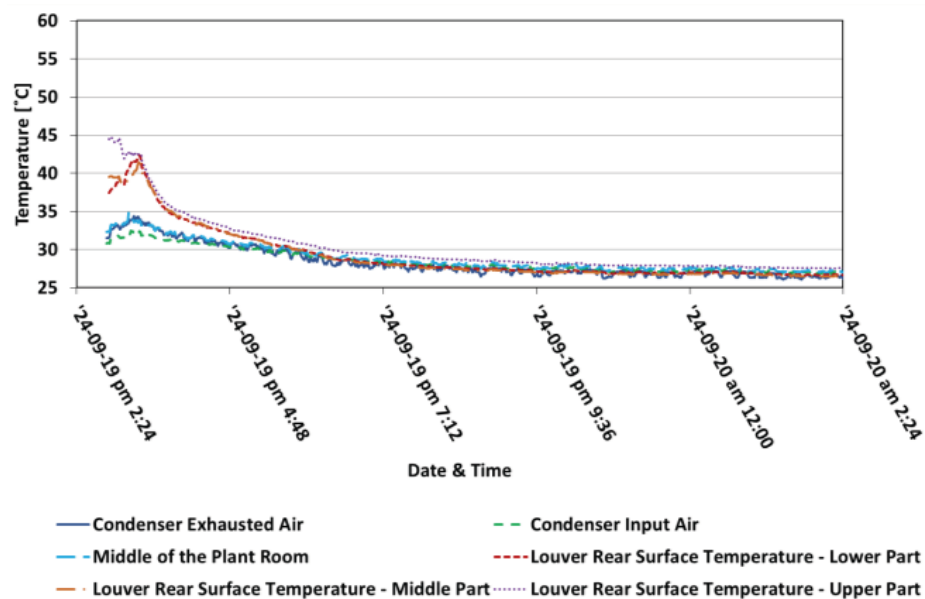


그림-7 에어컨 가동에 따른 측정점별 온도 변화



## ◎ 방위에 따른 BIPV 성능 분석

- 본 연구는 수직 태양광 발전 모듈의 방위별 발전량을 비교하기 위해 미국 NREL SAM 프로그램을 이용하여 방위별 발전 시뮬레이션을 진행하였고 주택성능연구개발센터 실증실험동 옥상에 설치된 수직 태양광 발전 모듈의 방위별 발전량을 비교함



그림-8 방위별 수직 태양광 발전 패널 발전 성능 비교 실험체

- 실험은 2024/10/1~10/15까지 각 방위별로 측정된 발전량을 정남 방향 발전량과 비교한 결과, 수직 태양광 발전 패널의 방위별 발전 성능을 비교하였을 때, 정남 방향을 중심으로 남동, 남서 방위는 정남향 발전량의 약 80% 정도였으며, 정동, 정서 방위는 약 60% 정도인 것으로 나타났으며, 정북, 북서, 북동 방위에서의 발전량은 정남향 발전량 대비 약 35% 정도인 것으로 확인됨

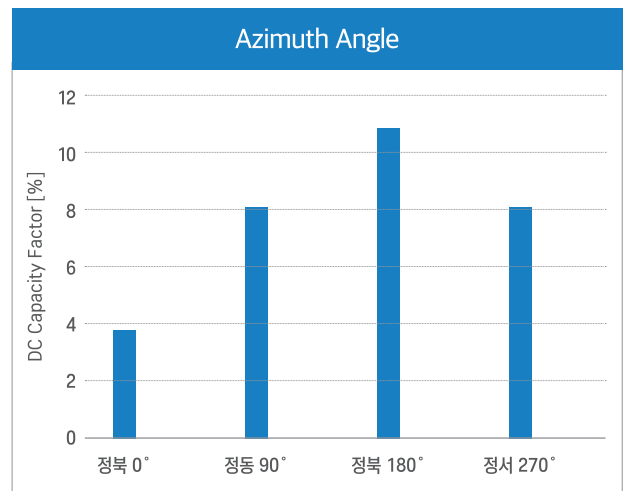
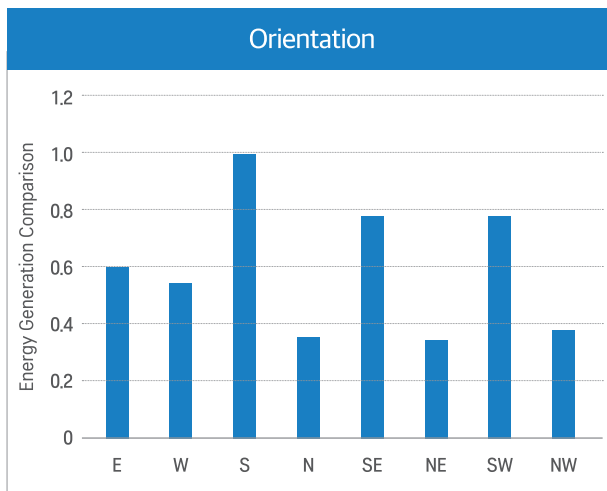


그림-9 정남향 대비 방위별 수직 태양광 발전량 비교 실험(좌) 및 시뮬레이션(우) 결과



## ◎ 공동주택 BIPV 적용을 위한 고려사항

- 세종시를 포함하여 총 6개 지역과 총 8개 방위를 대상으로 parametric analysis를 수행한 결과, 세종 지역이 다른 지역보다 BIPV 루버의 발전량이 모든 방위에서 가장 높은 것으로 나타남
- 본 연구에서 사용한 BIPV 실험체의 초기 설치비용을 바탕으로 BIPV 시스템 초기 투자비를 추산하였으며, BIPV 특성을 반영하여 일반적인 건축 요소 대비 증가되는 가격을 실제 초기 투자비로 간주하고 simple payback period (SPP)를 계산함
  - 초기비용을 이 수익으로 나누어 simple payback period를 계산한 결과, 발전량이 가장 많은 정남향에서도 simple payback period가 약 60년 이상으로 계산되었으며, 이와 같은 결과는 발전량에 비해 초기 투자비가 상대적으로 매우 높기 때문인 것으로 판단됨
  - 서울 노원구, 용인시 및 화성시와 같이 BIPV 초기비용의 약 90% 또는 80%를 지원하는 인센티브 등을 통해 초기 투자비를 낮추어 가격 경쟁력을 확보하는 것이 필요함

표-5 시뮬레이션 결과 - 연간 에너지 발전량

연간 발전 예측량 [kWh/year]		방 위							
		North	North East	East	South East	South	South West	West	North West
		0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
지역	서울	58.75	84.16	135.94	174.47	183.95	172.24	134.00	83.61
	세종	65.51	90.78	140.77	177.20	186.41	175.90	138.90	89.49
	강릉	64.35	87.72	136.73	175.86	188.33	174.76	134.61	86.00
	광주	62.82	88.21	134.99	167.40	173.26	165.29	132.33	86.43
	부산	55.93	79.55	128.85	165.73	176.30	165.26	128.37	79.42
	제주	58.64	80.39	115.96	136.01	136.72	138.57	118.54	81.57

표-6 SPP 계산 결과 - 인센티브 0% 적용

SPP 결과 (인센티브 0%)		방 위							
		North	North East	East	South East	South	South West	West	North West
		0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
지역	서울	202	141	87	68	65	69	89	142
	세종	181	131	84	67	64	67	85	133
	강릉	184	135	87	67	63	68	88	138
	광주	189	135	88	71	68	72	90	137
	부산	212	149	92	72	67	72	92	149
	제주	202	148	102	87	87	86	100	145

표-7 SPP 계산 결과 - 인센티브 90% 적용

SPP 결과 (인센티브 90%)		방 위							
		North	North East	East	South East	South	South West	West	North West
		0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
지역	서울	20.2	14.1	8.7	6.8	6.5	6.9	8.9	14.2
	세종	18.1	13.1	8.4	6.7	6.4	6.7	8.5	13.3
	강릉	18.4	13.5	8.7	6.7	6.3	6.8	8.8	13.8
	광주	18.9	13.5	8.8	7.1	6.8	7.2	9.0	13.7
	부산	21.2	14.9	9.2	7.2	6.7	7.2	9.2	14.9
	제주	20.2	14.8	10.2	8.7	8.7	8.6	10.0	14.5

### ◎ BIPV 시스템 적용 필요성

- 제로에너지건축물 인증제도 시행에 따라 공공 공동주택의 에너지 자립률 확보 방안으로 태양광 발전 시스템의 적극적인 도입이 필요한 상황임
- 단독주택에 비해 공동주택은 동일 지붕면적을 공유하는 세대 수가 많아짐에 따라 지붕 태양광 발전 시스템만으로 확보할 수 있는 에너지 자립률이 단독주택 대비 낮은 상황임
- 따라서 태양광 발전시스템을 활용해 공동주택의 에너지 자립률을 향상시키기 위해서는 지붕뿐만 아니라 다양한 위치에 건물형 태양광 발전시스템을 적용할 필요가 있음

### ◎ BIPV 발코니 난간대 및 루버 적용성

- 주택성능연구개발센터 실증실험동을 활용한 실험 및 시뮬레이션 결과 음영이 발생되지 않은 환경에서는 안정적인 발전 성능을 확보할 수 있는 것을 확인함
- BIPV 실외기실 루버는 하절기 에어컨 가동에 따른 고온의 실외기 토출 공기의 영향이 낮은 것을 확인할 수 있었으나, 실외기 토출 공기 배출을 위해 루버를 개방해야 함에 따라 루버가 완전히 닫힌 상태보다 발전량이 낮아지게 됨
- 방위에 따른 수직 BIPV 모듈의 발전량을 비교하였을 때 정북 방향은 정남 방향 대비 1/3 수준으로 발전이 가능한 것을 확인하였으며, 따라서 건물의 에너지 자립률을 향상시키기 위해 북측면(북서, 북동, 정북 등)을 활용하는 것도 가능할 것임

### ◎ 공동주택 BIPV 발코니 난간대 및 루버 경제성 분석

- 세종시를 포함한 총 6개 지역에 대해 총 8개 방위를 고려한 parametric analysis를 수행하였으며, 그 결과 세종시 지역이 다른 지역 대비 발전량이 높은 것으로 나타남
- 일반적으로 BIPV 발전 시스템은 기존 PV 시스템과 비교하였을 때 초기 투자비가 높기 때문에, 본 연구에서 시뮬레이션으로 계산한 발전 효과와 초기 투자비를 바탕으로 투자회수기간(Simple Payback Period, SPP)를 계산함
- 계산 결과, BIPV 특성상 초기 투자비는 높지만 발전량이 낮기 때문에 투자 회수기간이 60년 이상으로 나타나 경제성은 낮은 것으로 판단됨
- 따라서 공동주택 BIPV 적용 확산을 위해서는 인센티브 적용 및 BIPV 표준 사이즈 개발 등과 같은 방안을 마련하여 BIPV 초기 투자비를 낮추어 가격 경쟁력을 확보하는 것이 필요할 것임

본 자료는 토지주택연구원에서 2024년 정기과제로 수행하였던 “공동주택 태양광 발전 능력 향상을 위한 설치 위치 다각화 연구”연구과제의 성과를 바탕으로 작성되었으며, 공사의 업무상 필요에 의하여 연구검토한 자료로써 공사나 정부의 공식적인 견해와 관계가 없습니다. 우리공사의 승인없이 연구내용의 일부 또는 전부를 다른 목적으로 이용할 수 없습니다.

곽병창 국토공간연구실 수석연구원(byungchang.kwag@lh.or.kr)

김길태 건설기술연구실 팀장(gtkim1@lh.or.kr)

황인태 건설기술연구실 연구원(hit1009@lh.or.kr)

정상휘 공공주택시설처 과장(sanghwi@lh.or.kr)

발행처 LH 토지주택연구원

