

내 공동주택 건물 적용 태양광 발전설비 설계기준 로드맵 수립 연구

Development of a Roadmap for Building-integrated and attached
Photovoltaic Systems in LH Multi-Family Housing

김길태

정우영

정상휘

박시현

김시업

곽병창

양영권

전수현

황인태

오치연



LH 공동주택 건물 적용 태양광 발전설비 설계기준 로드맵 수립 연구

Development of a Roadmap for Building-integrated and attached
Photovoltaic Systems in LH Multi-Family Housing

김길태 · 박시현 · 양영권 · 황인태 · 정우영 · 김시업 · 전수현 · 오치연 · 정상휘 · 곽병창

연구관리 2026-042

LH 공동주택 건물 적용 태양광 발전설비 설계기준 로드맵 수립 연구

지 은 이 김길태 박시현 양영권 황인태 정우영 김시업 전수현 오치연 정상휘 곽병창
발 행 인 정창무
발 행 처 한국토지주택공사 토지주택연구원
주 소 (34047) 대전 유성구 엑스포로 539번길 99
홈페이지 <http://lhri.lh.or.kr>

이 출판물은 우리 공사의 업무상 필요에 의하여 연구·검토한 기초자료로써 공사나 정부의
공식적인 견해와 관계가 없습니다.
우리 공사의 승인 없이 연구내용의 일부 또는 전부를 다른 목적으로 이용할 수 없습니다.

참여 연구진

연구책임

김길태 LH 토지주택연구원 연구위원

연구진(가나다순)

김시업 LH 스마트주택기술처 차장
박시현 LH 토지주택연구원 수석연구원
오치연 LH 설계검증처 차장
양영권 LH 토지주택연구원 책임연구원
전수현 LH 스마트주택기술처 차장
정우영 LH 공공주택설비처 차장
정상휘 LH 공공주택전기처 과장
황인태 LH 토지주택연구원 전임연구원
곽병창 (전)LH 토지주택연구원 수석연구원, (현)한국기술교육대학교 건축공학과 조교수

연구심의위원회(가나다순)

김민휘 에너지기술연구원 책임
김준태 공주대학교 교수
김병대 LH 스마트주택기술처 팀장
최정필 LH 공공주택전기처 차장
이병희 LH 토지주택연구원 수석연구원
전주영 LH 토지주택연구원 선임연구원

자문위원(가나다순)

고석환 한국에너지기술연구원 책임연구원
김규진 한국건설생활환경시험연구원 책임연구원
김동수 한밭대학교 교수
김영면 건물태양광협회 사무국장
김지영 한국에너지공단 차장
김진희 공주대학교 교수
박계원 방재시험연구원 수석연구원
백승효 목원대학교 교수
오용태 소방청 현장대응단 소방관
이대철 dA그룹, 전무
이지옥 제품안전협회 센터장
정학준 한국전자기술연구원 책임연구원
최현규 M.A.C.K 건축사사무소 대표

LH 공동주택 건물 적용 태양광 발전설비 설계기준
로드맵 수립 연구

김길태 연구위원 (연구책임) | 박시현 양영권 황인태 정우영 김시업 전수현 오치연 정상휘 곽병창

■ 2050 탄소 중립 목표 달성을 위해 건물 부문의 신재생에너지 확대가 필수적임에 따라, 공동주택에 태양광 시스템 적용이 불가피한 상황에서 명확한 설계 및 설치 기준과 LH 공동주택에 적합한 설계기준 수립 필요

- 연구배경 및 필요성
 - 2050 탄소중립 목표 달성을 위해 건물 부문의 신재생에너지 확대가 필수적이며, 특히 공동주택에 태양광 시스템 적용이 중요함
 - 건물일체형(BIPV) 및 부착형(BAPV) 태양광 시스템은 공간 효율성과 건축적 미관을 동시에 고려할 수 있는 솔루션으로 주목받고 있는 상황임
 - 그러나 국내 공동주택을 대상으로 적용 가능한 명확한 설계 및 설치 기준 등이 부재하며, 실제 적용 시 구조적, 제도적, 운영상의 제약이 발생될 수 있음
 - 이에 따라 다양한 이해관계자의 의견과 국내외 사례를 반영하여, LH 공동주택에 적합한 설계 기준 수립을 목표로 한 연구개발 로드맵 수립을 위한 보다 구체적인 기획연구가 필요함

■ 본 연구의 주요 내용

- ① 선행연구 및 국내외 제도/기준 조사
- ② 건물형 태양광 발전 시스템 동향 조사
- ③ 이해관계자 협의체 구성 및 의견 수렴 분석
- ④ LH 공동주택 BIPV 설계기준 수립 로드맵

CONTENTS

- ① 선행연구 및 국내·외 제도/기준 조사
- ② 건물형 태양광 발전 시스템 동향 조사
- ③ 자문위원단 운영 및 주요결과 / 분석 및 쟁점 도출
- ④ LH 공동주택 BIPV 설계기준 수립 로드맵

#BIPV #BAPV #공동주택 #설계기준 #로드맵

1 선행연구 및 국내·외 제도/기준 조사

- 국내 태양광 발전설비는 정책 확대에 따라 적용 사례가 증가하고 있으나, 설계측면의 통합 검토 기준은 미흡
- 국외는 건축-전기 규정의 이원적 관리 구조와 민간 인증 체계의 보완적 역할을 병행

■ 선행연구

- (주요내용) ZEB 구현을 위한 자립률 확보를 위한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 에너지 소비 및 부하를 줄이는 동시에 에너지 생산량을 증대시키기 위한 다양한 연구가 이루어지고 있음

■ 국내·외 제도/기준

- (국외 제도 및 기준) 국외에서는 BIPV를 단순한 발전 설비로 규정하지 않고, 건축 성능과 전기 안전을 동시에 충족해야 하는 통합적 기술 체계로 접근하고 있음
 - 국외 제도 및 기준은 크게 ① 국제 표준 체계, ② 국가별 제도 접근 유형, ③ 공통적 한계 및 쟁점의 세 축으로 정리할 수 있음세부적으로는 발전효율, 단열성능, 구조성능 등에 대한 성능 평가 및 사례 분석 연구가 주를 이룸
- (국내 제도 및 기준) 국내에서는 아직 BIPV에 대한 단일화된 전용 법·제도 또는 국가 설계기준이 마련되지 않음에 따라, BIPV를 단일화된 기준을 바탕으로 일괄적으로 관리되기 보다, 재생에너지 보급 정책, 건축물 에너지 제도, 공동주택 성능 기준, 전기안전 규정, KS 제품표준, 공공기관 가이드라인 등이 결합된 다층적·분산형 제도 구조 속에서 운영되고 있는 상황으로 임. 즉, BIPV는 제도적으로는 건축자재이자 전기설비의 이중적 성격을 가지고 있기 때문에, 실제 관리 체계 역시 건축과 전기 분야에 분산되어 적용되고 있는 상황
 - 제로에너지 건축물 인증제도를 통해 공동주택의 에너지 자립 성능 확보를 요구하고 있으며, 자립률 확보를 위해 신재생에너지 적용을 요구하는 상황임
 - 특히, 정부는 BIPV를 제로에너지건축물 확산과 도시형 재생에너지 보급 확대의 수단으로 인식하고, 2022년 「건물일체형 태양광(BIPV) 산업생태계 활성화 방안」을 마련
 - 이러한 정책은 산업 육성 및 시장 형성 측면의 성격이 강하며, 설계-시공-감리-유지관리 전 단계를 포괄하는 단일 통합기준으로까지 발전한 상태로 보기는 어려움
- (국내·외 제도 기준 종합 분석) 국내·외에서 BIPV는 공통적으로 건축 외피로서의 성능과 전기설비로서의 안전성을 동시에 요구받는 복합 시스템으로 인식되고 있으며, 이에 따라 BIPV를 단순한 태양광 발전설비가 아니라, 건축-전기 통합 시스템으로 접근하고자 하는 경향을 보이고 있음(단, 실제 제도 운영 방식에는 차이가 존재하는 것으로 나타남)
 - 국외의 경우 BIPV의 특수성을 반영한 별도의 제도적 해석과 안전관리 필요성을 비교적 명확히 인식하고 있는 것으로 파악됨.
 - 국내 역시 BIPV의 복합적 특성을 인식하고 관련 제도를 부분적으로 운영하고 있으나, 국외에 비해 통합적 설계 프레임과 전주기 관리 기준의 구체성이 상대적으로 미흡함

2 건물형 태양광 발전 시스템 동향 조사

- 건물형 태양광 발전 시스템의 최신 기술 변화 트렌드 파악 및 시사점을 제시하여, 설계 기준 수립에 반영할 수 있도록 기술적 고려사항을 도출

■ 건물형 태양광 발전 시스템 구성요소별 조사 내용

- (설치 및 시공) (건물 일체 건축 방식) BIPV 시스템 적용을 위해 제작단계부터 품질 확보와 현장 적합성이 중요하나, 관련 표준화 미비로 시공 안전성을 담보할 수 없는 실정
(모듈 배열 처리 기술) 다양한 배열 처리 기술 적용이 확대되고 있으나, 열 집중과 전류 불균형에 따른 신뢰성 저하 우려에도 불구하고 설계·성능 평가 기준 미흡으로 품질 확보 어려움
- (설계) (BIM 기반 설계) BIPV 설계 효율성과 성능 확보를 위해 BIM 기반 설계 기법의 도입이 확대되고 있으나, 실물 데이터 활용을 위한 항목과 통합 검토를 위한 항목 기준이 부족해 성능 예측과 시스템 최적화에 한계가 있는 상황
(PIM* 기반 설계) BIM 기반 BIPV 설계의 정확성을 위해 PIM 기반 설계 기술 적용이 확대되고 있으나, 핵심 정보 항목 정의 및 설계 연계 기준이 미흡한 상황임
- (구조) (건물 외피 일체형) BIPV가 루버, 외벽 등 건물 외피에 일체형으로 적용되는 사례가 증가함에 따라, 다양한 건축 외피 구조와의 접합 조건과 하중 특성 등을 고려한 구조적 검토 지침이 미비하여 구조 안정성 저하 우려
- (안전) 내열·내화 등 안전 기술) BIPV가 건축 외장재로 활용됨에 따라 고온다습 환경과 화재 대응 성능이 필수적이며, 내부 손상 시 건축자재 전체 교체가 필요한 구조적 특성상 검증 체계 미흡으로 안전에 대한 장기적 내구성 확보가 어려운 상황
- (모듈/인버터) (모듈) 고효율화와 디자인·기능성 확대에 따라 BIPV 모듈 기술 개발이 활발하나, 이를 검증할 수 있는 기준·표준은 인정 범위가 좁은 KS C 8577 외에는 미비한 실정으로 다양한 형태의 제품에 대한 인증 및 건축 적용에 제약이 발생할 우려가 존재
(인버터) 고도화된 제어 기술 개발이 이어지고 있으나, 인버터의 정밀 제어 성능을 객관적으로 검증할 기준이 부족해, BIPV 환경에서의 적용 신뢰성 확보에 제약
- (전기통신) (통신 기반 기술) 다양한 환경 조건에서의 전력 제어 최적화 기술 개발이 활발하나, 무선·전력선 기반 통신 제어 기술에 대한 기준 미비로 통신 간섭 및 신뢰성 저하 등 실효성 확보에 한계가 우려
- (모니터링) (BIPV 모니터링 기술) 예측 및 유지관리 효율화를 위한 기술 개발은 활발하나, 센서 정밀도, 데이터 항목, 통신 방식 등을 반영한 표준 미비로 실효성 확보에 한계
- (유지관리) BIPV 유지관리 기술의 스마트화가 진전되고 있으나, 실제 건물 환경과의 적합성 부족, 데이터 수집 한계, 운영 인력의 기술 수용성 문제 등으로 현장 적용에 어려움
- (고장진단) (자가 진단 기술) BIPV 고장진단 기술은 인공지능과 센서를 기반으로 모듈이 스스로 이상을 감지하고 판단하는 자가 진단 기술로 진화하고 있으나, 다양한 작동 조건을 반영한 진단 기준 및 신뢰성 확보 체계가 미흡해 현장 적용과 판별 일관성에 대한 우려 존재

3 자문위원단 운영 및 주요결과 / 분석 및 쟁점 도출

- 자문위원단 운영 결과 건축과 전기분야 역할 분담 및 협업체계가 필요하며, 행정 절차 및 산업 구조 개선을 통해 공동주택 BIPV 적용을 위한 제도적 기반 마련이 필요함. 또한, 설계 지원 도구 및 데이터 관리 체계를 구축하여 BIPV 설계 및 운영 효율성을 높일 필요가 있음
- 핵심 쟁점은 화재·전기 안전 기준 체계화, 설계·시공 표준화 및 체크리스트 제도화, 건축-전기 역할·책임 구조 명확화, 유지관리·관제 시스템 정립, 인증·시험 제도 개선이 도출됨.

■ 자문위원단 운영 주요 결과

- 공동주택 BIPV 적용을 위해 설계-시공-감리-유지관리 단계별 기준 체계 구축이 필요하며, BIPV의 특성을 고려하여 건축과 전기 분야의 역할 분담 및 협업 체계 마련이 필요함
- 화재 및 전기 안전을 고려한 능동적 안전 관리 및 모니터링 시스템 구축과 제품 인증 체계 개선을 통해 BIPV 적용 과정에서 발생하는 비용과 시간 부담을 완화할 필요있음
- 행정 절차 및 산업 구조 개선을 통해 공동주택 BIPV 적용을 위한 제도적 기반 마련이 필요함
- 설계 지원 도구 및 데이터 관리 체계를 구축하여 BIPV 설계 및 운영 효율성을 높일 필요가 있음

■ 자문위원단 분석 및 핵심 쟁점

- 공동주택 BIPV 설계기준 수립을 위해 해결해야 할 5대 핵심 과제는 단순한 병렬적 나열이 아니라, 안전 확보에서 제도 고도화로 이어지는 단계적 정책 구조가 필요함
- 즉, 공동주택 적용의 전제 조건인 화재·전기 안전 확보를 출발점으로, 현장 품질 편차를 줄이기 위한 설계·시공 표준화, 업역 충돌과 책임 혼선을 방지하기 위한 건축-전기 역할·책임 구조 정립, 장기 운영 안정성을 담보하기 위한 유지관리 및 관제 체계 확립, 그리고 궁극적으로 산업 확산과 제도적 정합성을 완성하기 위한 인증·시험 체계 개선이 필요함

[표 1] 핵심 쟁점 정리 및 우선순위

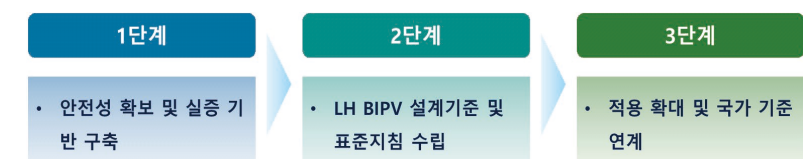
구분	핵심 쟁점	시급성	영향도	추진 단계	정책적 의미
1	화재·전기 안전 기준 체계화	매우 높음	매우 높음	단기 최우선	공동주택 적용의 전제 조건이며, 사고 발생 시 사업 중단·사회적 신뢰 하락으로 직결됨
2	설계·시공 표준화 및 체크리스트 제도화	높음	매우 높음	단기 병행	현장 품질 편차 감소 및 시공 리스크 예방, 즉시 실행 가능
3	건축-전기 역할·책임 구조 명확화	높음	높음	중기 핵심 과제	업역 충돌·책임 분쟁 방지, 감리·준공 체계 정립 필요
4	유지관리·관제 시스템 정립	중	높음	중기 단계	장기 운영 안정성 확보, 화재 예방을 위한 능동적 관리 체계 전환
5	인증·시험 제도 개선	중	중~높음	장기 과제	제도적 정합성 확보 필요하나, 외부 기관 협의 및 법·규정 개정 필요

4 LH 공동주택 BIPV 설계기준 수립 로드맵

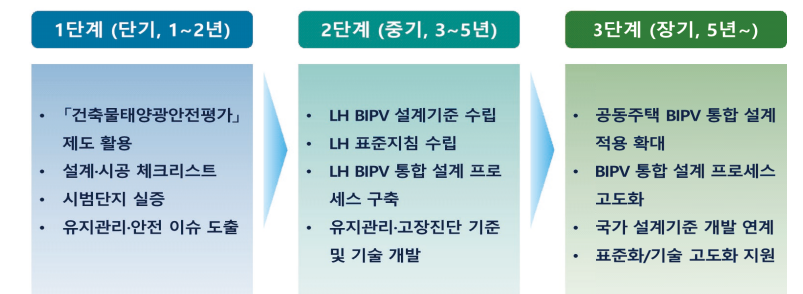
- 1단계 : 안전성 확보 및 실증 기반 구축 (단기)
- 2단계 : LH BIPV 설계기준 수립 및 표준지침 개정 (중기)
- 3단계 : 적용 확대 및 제도 고도화 (확산 단계)

■ LH 공동주택 BIPV 설계기준 수립 로드맵 기본 방향 및 구조

- LH 공동주택 BIPV 설계기준은 안전성 검증 → 설계기준 정립 → 표준지침 반영 → 적용 확산의 단계적 접근이 필요



[그림 1] LH 공동주택 BIPV 설계기준 수립 방향성



[그림 2] LH 공동주택 BIPV 설계기준 수립 로드맵

■ 후속 연구과제 기획(안) 및 로드맵

- BIPV 설계기준 로드맵에 따라 기준 공백기에 해당되는 단기 단계에서는 한국제품안전협회의 「건축물태양광안전평가」등을 활용고, 후속 연구개발을 통해 중기 단계부터 개발된 LH 기술 및 기준을 활용하는 것을 목표로 함
- 후속 연구개발 과제는 여러 세부과제로 구성하여, 연구개발의 일관성과 연속성을 확보하도록 함

[표 2] 후속과제 과제명 도출

과제구분	과제명
총괄과제	LH 공동주택 BIPV 설계·검증 체계 구축 및 운영 플랫폼 개발
↳ 세부과제 1	LH BIPV 통합 설계 프로세스 개발
↳ 세부과제 2	LH BIPV 기술 기준 및 안전 검증 체계 구축
↳ 세부과제 3	AI 기반 LH BIPV 설계·운영 의사결정 플랫폼 개발

차례

I. 연구배경 및 목적	1
II. 선행 연구 및 국내·외 제도/기준 조사	4
III. 건물형 태양광 발전 시스템 동향 조사	36
IV. 자문위원단 운영 및 주요 결과	59
V. 자문위원단 운영 결과 분석 및 핵심 쟁점	83
VI. LH 공동주택 BIPV 설계기준 수립 로드맵	93

표 차례(I)

[표 2-1] 선행연구 및 시사점	6
[표 2-2] 주요 국가의 민간 인증·적합성 평가 체계 정리	19
[표 3-1] 주요 조사 내용	38
[표 3-2] 설치 및 시공 조사 결과	39
[표 3-3] 설치 및 시공 관련 BIPV 기술 실제 적용 사례	40
[표 3-4] 설계 조사 결과	41
[표 3-5] 설계 관련 BIPV 기술 실제 적용 사례	42
[표 3-6] 구조 조사 결과	43
[표 3-7] 구조 관련 BIPV 기술 실제 적용 사례	44
[표 3-8] 안전 조사 결과	45
[표 3-9] 안전 관련 BIPV 기술 실제 적용 사례	46
[표 3-10] 모듈/인버터 조사 결과	47
[표 3-11] 모듈/인버터 관련 BIPV 기술 실제 적용 사례	48
[표 3-12] 전기통신 조사 결과	51
[표 3-13] 전기통신 관련 BIPV 기술 실제 적용 사례	52
[표 3-14] 모니터링 조사 결과	53
[표 3-15] 모니터링 관련 BIPV 기술 실제 적용 사례	54
[표 3-16] 유지관리 조사 결과	55
[표 3-17] 유지관리 관련 BIPV 기술 실제 적용 사례	56
[표 3-18] 고장진단 조사 결과	57
[표 3-19] 고장진단 관련 BIPV 기술 실제 적용 사례	58

표 차례(Ⅱ)

[표 4-1] 자문위원단 구성	59
[표 4-2] 분야별 구성(안)	60
[표 4-3] 자문위원단 위원회 운영 방식 및 목적	61
[표 4-4] 자문위원단 분과별 주요 내용	61
[표 4-5] 건축분과 자문의견 핵심 이슈 요약	63
[표 4-6] 기술분과 자문의견 핵심 이슈 요약	66
[표 4-7] 안전 및 유지관리 분과 자문의견 핵심 이슈 요약	68
[표 4-8] 공동주택에 BIPV 설치를 위한 설계단계에서 고려해야 할 요소 순위	69
[표 4-9] 공동주택을 대상으로 BIPV 적용 우선순위	70
[표 4-10] BIPV 설계 시 고려되어야 할 법적, 제도적 요소	71
[표 4-11] 시공품질 관리를 위해 표준화가 필요한 부분	72
[표 4-12] 시공 시 주의해야 할 사항 또는 시공과정에서 문제로 지적되는 항목	74
[표 4-13] 공동주택에서 BIPV 유지관리를 위한 가장 중요한 요소	75
[표 4-14] 공동주택 관리자 중심의 운영 시 한계점과 보완책	76
[표 4-15] BIPV를 담당하는 주관 분야에 대한 의견	77
[표 4-16] 기술적 고려사항 또는 정책적 제언	78
[표 4-17] 건축요소별 화재 및 전기안전관리강화	81
[표 5-1] 핵심 쟁점 정리 및 우선순위	90
[표 6-1] 국내 건물형 태양광발전설비 분류 체계	94
[표 6-2] 공동주택 적용 관점의 BIPV · BAPV 종합 비교	95

표 차례(Ⅲ)

[표 6-3] 공동주택 BIPV 적용 가능 부위	96
[표 6-4] 단계별 역할 분담 체계	103
[표 6-5] 후속과제 과제명 도출	104

그림 차례

[그림 1-1] 연구수행방법	3
[그림 2-1] 싱가포르 태양광발전설비 화재안전 웹 사이트	13
[그림 2-2] 일본 태양광 발전 시스템 설계·시공 가이드라인	14
[그림 2-3] 건물일체형 태양광모듈(BIPV) 성능평가 요구사항 KS C 8577 : 2022	25
[그림 2-4] LH 공동주택 건물부착형(벽면) 태양광 설계 및 기술기준 가이드라인	27
[그림 2-5] 제품안전협회 건축물 태양광 안전평가	28
[그림 2-6] 제품안전협회 건축물 태양광 안전평가 마크	29
[그림 6-1] LH 공동주택에서의 BIPV(BAPV) 적용 방향	96
[그림 6-2] LH 공동주택 BIPV 설계기준 수립 방향성	97
[그림 6-3] LH 공동주택 BIPV 설계기준 수립 로드맵	98
[그림 6-4] 기존 PV 설계 방식과 BIPV 통합 설계 방식 비교	102
[그림 6-5] 후속과제 연구개발 로드맵	105

I 연구배경 및 목적

Key Point

- 공동주택 탄소중립 달성을 위한 BAPV, BIPV 적용시 명확한 설계기준이 부재함에 따라 구조적, 제도적, 운영상의 제약이 발생할 수 있음
- 다양한 이해관계자 의견과 국내외 사례를 반영하여, LH 공동주택에 적합한 설계 기준을 제시하고자 함

1 연구 배경

■ 공동주택 탄소중립 달성을 위한 BIPV 적용 기준 마련 필요성

- 정부의 2050 탄소중립 정책 및 제로에너지건축물(ZEB) 의무화 확대에 따라 공동주택 부문에서의 신재생에너지 적용 비율은 지속적으로 증가하고 있으며, 이에 따라 단순한 설비 설치를 넘어 건축계획 단계에서의 통합적 접근이 요구되고 있음
- 기존 공동주택의 옥상형 태양광 설비는 설치 면적의 한계와 디자인 제약으로 인해 발전량 확보에 구조적인 한계가 존재하며, 이에 대한 대안으로 외장재와 일체화된 Building Integrated Photovoltaics(BIPV)의 적용 가능성이 확대되는 상황임
- BIPV는 외장재 기능과 발전 기능을 동시에 수행하는 설비로서, 구조·화재·전기·유지관리 요소가 복합적으로 연계되는 특성을 가지므로 기존 태양광 설비와는 다른 설계 접근이 필요함
- LH 공동주택은 전국 단위의 대규모 공급 체계를 갖추고 있으며 표준화된 설계 프로세스를 운영하고 있어, BIPV의 체계적 도입을 위한 제도적 기반을 선제적 마련이 필요함

2 문제 인식

■ 공동주택 BIPV 설계기준 부재 문제

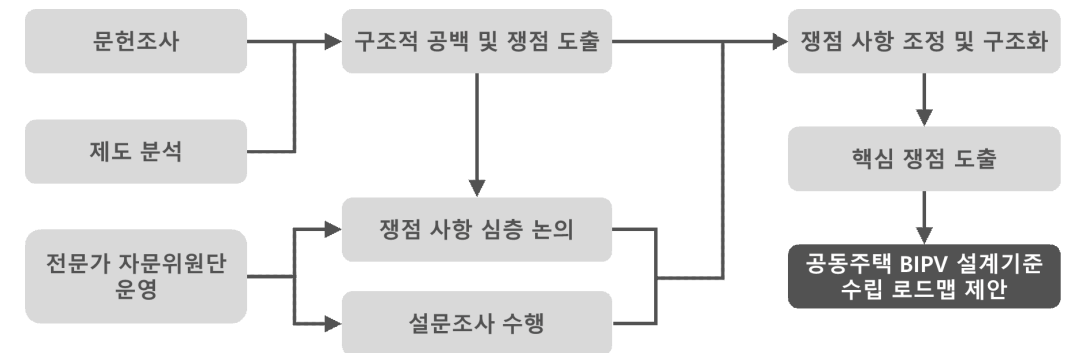
- 현재 공동주택 특화 BIPV 설계기준은 별도로 마련되어 있지 않으며, 개별 설계자의 해석과 경험에 의존하는 방식으로 적용 여부가 결정되고 있는 상황
- 외벽형 BIPV의 경우 건축 외장재와 발전설비의 성격을 동시에 가지므로, 건축·전기·소방 분야 간 설계 영역 및 책임 범위가 명확히 구분되지 않아 설계 단계에서 혼선이 발생할 가능성이 존재함
- 특히, 화재 확산 가능성, 감전 위험, 구조적 안전성, 유지관리 접근성 등 주요 안전 요소에 대한 BIPV에 대한 공동주택 특화 검토 기준이 정립되어 있지 않아, 향후 분쟁 및 책임 문제로 이어질 소지가 존재함
- 따라서 국내 주거안정과 주거복지와 함께 제로에너지 공동주택 달성을 위해 LH 차원의 BIPV 시스템에 대한 체계적 설계기준 수립이 필요하며, 이를 위한 실행력 있고 신뢰성 있는 로드맵 마련이 필요함

3 연구 목적

- 본 연구는 LH 공동주택의 에너지 자립률을 확보하기 위한 방안으로서 BIPV를 안전하고 효율적으로 적용하기 위한 설계기준 수립의 방향성을 제시하고, 이를 위한 설계기준 수립 로드맵을 도출하는 것을 목적으로 함
- 특히, 자문단 운영을 통해 도출된 핵심 쟁점을 체계화하고, 설계기준 수립 시 필수적으로 고려해야 할 요소의 우선순위를 정립하고자 함

4 연구수행방법

- 본 연구는 문헌조사, 제도 분석, 전문가 자문위원단 운영을 병행하여 수행하였으며, 단계적 검토 체계를 통해 설계기준 수립을 위한 핵심 쟁점을 도출함



[그림 1-1] 연구수행방법

- 문헌조사를 통해 국내외 BIPV 적용 사례, 관련 법·제도, 인증 및 시험 체계를 분석하였고, 이를 바탕으로 공동주택 적용 시 발생 가능한 설계·시공·운영상의 구조적 공백을 사전 도출함
- 건축, 전기, 기계, 구조, 소방, 시험·인증, 유지관리 분야 전문가로 구성된 자문위원단을 구성하여 다분야 통합 검토를 수행함
- 자문회의는 단순 의견 수렴 방식이 아니라, 분과별 심층 논의 → 설문조사 → 통합 논의의 단계적 구조로 운영하여 쟁점의 객관성과 우선순위의 타당성을 확보함

II 선행 연구 및 국내·외 제도/기준 조사

Key Point

- 국내 태양광 발전설비는 정책 확대에 따라 적용 사례가 증가하고 있으나, 설계 측면의 통합 검토 기준은 미흡한 실정임
- 국외는 건축-전기 규정의 이원적 관리 구조와 민간 인증 체계의 보완적 역할을 병행하고 있는 실정임

1 선행연구 고찰

1) LH 연구보고서

■ 제로에너지주택 구현을 위한 태양광발전 대응전략 수립 연구(공동주택전기처, 2023)

- 제로에너지주택 구현을 위한 에너지 자립률을 확보 목적의 연구로 태양광 발전설비를 활용하여 대응 전략을 수립하고자 하였음. LH 공동주택 도면과 에너지 소비량, 지역별 태양광 발전설비의 데이터 및 시뮬레이션의 해석을 활용하여 일조량과, 음영, 태양광 발전 능력을 분석함
- 공동주택의 태양광 발전 면적 확대하기 위해 설치가능면적을 분석하고 디자인 가이드(안)을 제시
- 공동주택 태양광발전 설비 적용 시 예상 에너지 자립률을 확보하고자 설계 초기단계부터 적용할 수 있는 평가 프로그램을 개발

■ 제로에너지건축물 BIPV 단열 외피시스템 제안 (LHRI, 박시현, 2023)

- 제로에너지 건축물 의무화에 따른 효율적 에너지자립률 달성 방안으로 고성능 외피시스템 적용 방안을 검토함
- BIPV 단열 성능평가결과, 이중단열(실내외측 단열), 외단열 내단열 순서로 단열성능이 좋은 것으로 확인

■ 조치원을 상리 도시재생뉴딜사업 에너지자립마을 기획설계(LHRI, 김종업, 2020)

- 세종시 조치원을 상리 에너지 자립마을의 본동, 별동의 각각 자립률 달성을 목표로 패시브 기술과 액티브 기술 등 검토
- ECO2 시뮬레이션 활용하여 에너지 부하 검토, 에너지 저감을 위한 기술을 검토하였으며, 태양광 발전설비 적정성과 생산량 검토 위해 기후 분석 진행

■ 조치원을 상리 에너지자립마을 리빙랩 운영 및 평가 (LHRI, 김길태, 2023)

- 기획설계 내용을 바탕으로 세종시 조치원을 상리 에너지자립마을의 ZEB 인증 취득을 하였고, 그 결과 1동은 ZEB 3등급, 2동은 ZEB 1등급 달성
- 기획설계 내용 외에 ZEB 1등급 추진을 위해 추가적 태양광발전 설비를 검토하였으며, 향별 발전량을 예측하여 1동, 2동 모두 ZEB 1등급 추진

■ 공동주택의 에너지 자립 수준 향상방안 연구 (LHRI, 유정현, 2020)

- 공동주택의 ZEB 의무화에 대응하여 여러 대안을 고려하였고, 태양광 발전 설비와 지열, 연료전지 등 적용 분석
- 태양광 발전 설비의 설치 면적을 분석하여 경제성 분석까지 진행

2) 기타 선행연구

- ZEB 인증 제도가 도입된 이후 공동주택의 에너지 자립률 확보를 위한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 에너지 소비 및 부하를 줄이는 동시에 에너지 생산량을 증대시키기 위한 다양한 연구가 이루어지고 있음
- 공동주택의 태양광 발전과 관련된 연구는 대체로 옥상 PV 발전 시스템과 벽면 부착형 BIPV 태양광 발전 시스템을 다루고 있으며, 태양광 발전 설비 적용 사례분석 연구, 태양광 발전을 위한 설계 및 시공법 관련 연구, 발전 능력 예측 연구, 거주자 에너지 부하 분석 연구 등과 관련된 연구가 주를 이루고 있는 것으로 나타남
- 국내 게재된 학술연구를 조사한 바에 따르면, 주거건물을 대상으로 태양광 또는 태양열 시스템을 적용하여 건물의 에너지 소비 저감 및 에너지 자립률 향상 방안에 대한 연구가 수행되었고, BIPV 시스템에 대한 연구도 수행됨
- 다만, 해당 연구에서 검토된 BIPV 시스템은 공통적으로 BIPV 벽체 형태였으며, 이 외 다른 형태의 BIPV 시스템에 관한 연구는 미비한 것으로 판단됨

[표 2-1] 선행연구 및 시사점

저자	년도	연구명	시사점
전무이	2025	Methodology for Establishing a Long-Term Durability Evaluation Process for Building-Integrated Photovoltaic (BIPV) Modules. Journal of the Korean Solar Energy	■ BIPV 모듈에 대한 장기 내구성 평가 절차를 제안하고, 가속 수명 시험 방법론을 개발함. ■ BIPV 기술을 건축재로 활용할 때의 신뢰성과 국제 표준 적용 가능성을 논의함.
이서연	2024	Economic Viability of Photovoltaic Systems Based on the Number of Floors in Modular Multi-Family Housing in Korea.	■ 한국형 다가구 주거 건축물에서 태양광 시스템의 경제적 타당성을 층수별로 비교 분석함. ■ 경제성 평가를 통해 PV 시스템 최적 적용 조건을 제시함.
곽병창	2024	Integration of photovoltaic systems for energy self-sufficient low-rise multi-family residential buildings in Republic of Korea	■ 소규모 저층 다세대 공동주택을 대상 태양광 시스템 적용에 따른 에너지 자립률 향상 가능성을 평가함
박보량	2023	Analysis of the additional energy-saving potential of residential buildings after mandatory zero energy buildings to achieve carbon neutrality in South Korea	■ 한국의 탄소 중립 목표 달성을 위해 제로에너지건축물 인증 제도 적용 시 발생할 수 있는 추가 에너지 절감 효과를 평가함
이효문	2022	실측을 통한 북향 설치 PV 시스템의 발전성능 평가	■ 국내 지붕형 PV 시스템의 실측 운영 데이터를 활용하여 북향 설치 조건에 따른 발전량을 비교·분석함 ■ 분석 결과를 바탕으로 북향 설치의 적용 타당성을 평가함
방선규	2021	공동주택 주거밀도와 난방방식에 따른 에너지 자립률 달성방안에 관한 연구	■ 공동주택의 에너지 자립률 확보를 위해 주거 밀도 및 난방 방식에 따른 자립률 달성 시나리오를 제시함

			■ 공동주택에서 PV 시스템만으로는 에너지 자립률 확보에 한계가 있음을 고려하여, 연료전지 도입의 필요성을 제안함
원종연	2021	제로에너지건축물 인증을 고려한 공동주택 태양광 발전시스템 적용 방안	■ 공동주택의 에너지 자립률 향상을 위해 대상 건물의 제로에너지 건축물 인증 등급별 요구 성능을 고려한 PV 적용 용량을 분석·검토함
문정현	2021	제로에너지 도시를 위한 일조분석을 통한 태양광 설치유형별 발전용량 및 에너지자립률 산정 사례 연구	■ 제로에너지 도시 구현을 목적으로 태양광 발전 설비의 설치 방식별 에너지 자립률 변화를 비교·분석함
이효문	2021	Energy performance evaluation of a plus energy house based on operational data for two years: A case study of an all-electric plus energy house in Korea	■ 전전화 주택(AEZEH)의 2년간 실측 운영 데이터를 활용하여 에너지 소비 특성을 평가함
이상윤	2021	BIPV 설치 용량에 따른 아파트 단지 에너지 자립률 분석	■ 공동주택의 형태 및 배치 특성을 분석하여 BIPV 적용에 따른 에너지 자립률을 평가함
조경주	2020	루버일체형 양면형 태양광 모듈의 건축적 활용을 위한 발전성능 평가	■ 자연 일사 조건을 고려하여 루버 일체형 양면 태양광 모듈의 발전 성능을 실측·분석함
임자영	2018	Applicability analysis of residential energy storage system (ESS) using Homer in Korea	■ HOMER 시뮬레이션을 이용하여 주거용 에너지 저장 시스템의 기술적·경제적 적용 가능성을 평가함
김성열	2018	Energy-Independent Architectural Models for	■ 태양광 중심의 재생에너지를 적용하여 에너지 자립형 주거 단지 설계 모델을

		Residential Complex Plans through Solar Energy in Daegu Metropolitan City, South Korea	제시함
장정현	2017	PV시스템 적용 공동주택의 에너지 제로화를 위한 적정 건축-규모 검토	■공동주택의 개별 및 공용부 에너지 소비를 포함한 총 에너지 사용량을 기준으로 제로에너지 공동주택의 적정 규모와 설계 기준을 평가함
김진희	2015	Analysis of Photovoltaic Applications in Zero Energy Building Cases of IEA SHC/EBC Task 40/Annex 52	■건물 일체형 태양광(BIPV) 시스템의 적용 방식과 에너지 수지 특성을 분석하고, 제로에너지건축물(ZEB) 사례를 활용하여 시스템의 성능과 효과를 평가
이경호	2014	Annual measured performance of building-integrated solar energy systems in demonstration low-energy solar house	■저에너지 태양광 주택을 대상으로 건물 일체형 태양광(BIPV) 시스템의 연간 에너지 생산 성능을 평가함

2 국외 제도 및 기준

- BIPV(Building-Integrated Photovoltaics)는 건축 외피의 일부로 기능하면서 동시에 전기를 생산하는 복합 시스템으로서, 기존의 태양광 발전 설비와 달리 건축 제품과 전기 설비의 이중적 성격을 동시에 갖는 기술로 정의됨
- 이러한 특성으로 인해 국외에서는 BIPV를 단순한 발전 설비로 규정하지 않고, 건축 성능과 전기 안전을 동시에 충족해야 하는 통합적 기술 체계로 접근하고 있음
- 국외 제도 및 기준은 크게 ① 국제 표준 체계, ② 국가별 제도 접근 유형, ③ 공통적 한계 및 쟁점의 세 축으로 정리할 수 있음세부적으로는 발전효율, 단열성능, 구조성능 등에 대한 성능 평가 및 사례 분석 연구가 주를 이룸

1) 국제 표준 체계

- 국제적으로 BIPV 관련 표준은 IEC(International Electrotechnical Commission)를 중심으로 정립되고 있으며, 기존 PV 모듈 표준(IEC 61215, IEC 61730 등)은 주로 성능 및 전기적 안전을 다루었으나, BIPV 전용 표준인 IEC 63092는 다음과 같은 구조를 갖고 있음
 - Part 1: BIPV 모듈 요구사항(제품 수준 요구사항)
 - Part 2: BIPV 시스템 요구사항(건축 통합 요구사항 및 장착 구조)
- IEC 63092는 BIPV를 단순한 전기 모듈이 아닌, 건축물에 통합되는 제품으로 전제하고 있다는 점에서 의미가 크며, 특히 기계적 하중, 구조적 안정성, 외피 통합 조건 등을 고려하도록 요구하는 점은 향후 설계기준 목차 체계 설계에 직접적으로 활용이 가능할 것으로 보임
- 그러나, 국제에너지기구(IEA) PVPS Task 15는 BIPV를 “Building Product with Electrical Function”으로 정의하며, 기존 PV 표준 또는 건축 코드 중 어느 하나만으로는 BIPV의 안전성과 품질을 충분히 담보할 수 없다고도 지적한 바가 있음
- 또한 IEA PVPS 표준화 보고서에 따르면, 다음과 같은 구조적 한계도 존재하고 있는 것으로 나타남
 - 제품 중심 표준의 한계

- IEC 63092는 제품 및 시스템 요구사항을 제시하나, 설계 총괄 책임 구조, 감리 범위, 유지관리 체계까지 포함하는 통합적 제도는 아님
- 맞춤형 설계와 표준화 간 구조적 긴장 관계
 - BIPV는 건물 형태·디자인에 맞춘 맞춤형 설계가 일반적이므로, 대량생산·표준화를 전제로 한 인증 체계와 충돌이 발생함
 - 즉, “설계 자유도 ↔ 표준화/인증 체계” 간 구조적 긴장이 존재
- 인증·시험의 중복 및 재시험(retesting) 문제
 - 동일 제품이라도 국가·지역별 규정 차이로 인해 재시험이 요구되며, 전기 시험과 건축 외장재 시험이 이중 적용되는 사례가 빈번하다. 이는 단순 행정 문제가 아니라 BIPV 보급을 저해하는 제도적 비용 요인으로 작용한다.

○ IEA는 이러한 문제를 해결하기 위해 “전기·건축 요구를 통합한 종합 평가 프레임워크”의 필요성을 강조함

2) 국가별 접근 방식과 제도적 특징

■ 유럽 (건축제품 중심 접근)

- 유럽은 BIPV를 비교적 명확히 “건축 외피를 대체하는 건축제품(Building Product) + 전기 기능”으로 규정하는 접근을 취함. 단순한 발전설비가 아니라, 외장재·커튼월·지붕재와 동일한 건축제품 범주에 포함시키는 제도적 철학에 기반함
- IEA PVPS Task 15 표준화 보고서에 따르면, 유럽은 IEC 63092 체계를 기반으로 하되, 이를 EN 체계와 연계하여 건축제품 관점에서 해석하고 적용하는 방향으로 발전함
 - ① 건축제품 규제와의 연계
 - EU Construction Products Regulation(CPR)에 따라 외장재는 구조 성능, 방수, 내풍압, 화재 반응(Reaction to Fire)을 충족해야 함
 - EN 13501(화재 반응 등급) 체계와의 정합성 요구
 - CE 마킹을 통한 건축제품 시장 유통 체계 적용
 - ② IEC 63092의 건축 통합 요구사항 강조

- IEC 63092-2는 BIPV 시스템의 건축 통합 요구를 별도 항목으로 다루며, 구조적 안정성, 기계적 하중, 장착 구조 안전성을 명시. 이는 기존 PV 표준과 차별화되는 부분으로, 건축제품적 성격을 전제로 한다는 점에서 중요

③ 시험·인증의 복잡성과 재시험 문제

- IEA 보고서는 유럽 내에서도 국가·지역별 화재시험 방식, 외피 요구 등 세부 기준 차이로 인해 유사 시험의 중복과 제품별 재시험(retesting)이 발생한다고 지적
- 즉, 동일 BIPV 제품이라도 적용 국가에 따라 전기 시험 + 건축 화재 시험 + 외피 성능 시험을 각각 요구받는 경우가 존재한다. 이는 BIPV 확산을 저해하는 제도적 비용 요인으로 작동함

④ 벽면형 BIPV의 화재 기준 충돌 문제

- 특히, 커튼월·입면형 BIPV는 전기모듈 화재 시험(IEC 61730-2 등)과 건축 외장재 화재 확산 시험(EN 13501 등)이 만나는 지점에서 기준 충돌이 발생하기 쉬움
- IEA는 이를 “전기·기계·화재 성능의 상호의존성 문제”로 규정하며, 단일 규정으로 안전성을 담보하기 어려운 영역으로 분석함
- 따라서 유럽의 사례는 “건축제품 프레임은 비교적 명확하나, 통합 시험 체계는 여전히 과제”라는 점을 시사함

■ 미국 (전기 규정 중심 + 소방 안전 강화)

- 미국은 BIPV를 포함한 PV 설비를 전기설비 관점에서 관리하는 구조가 강하며, 핵심 규제 체계는 NFPA 70(NEC: National Electrical Code)로 특히 NEC Article 690이 PV 시스템을 다룸
 - ① Rapid Shutdown 제도
 - NEC 690.12는 건물에 설치된 PV 회로에 대해 화재 대응 시 일정 시간 내 전압을 안전 수준으로 낮출 것을 요구
 - 이는 소방관 감전 위험 저감을 핵심 목적으로 하며, 설계 단계에서 다음을 요구
 - DC 차단 기능

- 차단 위치 명확화
- 표지 및 회로도 현장 비치
- 비상 대응 절차 명시

- 운영 안전(Operational Safety)을 설계기준으로 끌어올린 대표 사례임

② UL 3741 (PV Hazard Control)

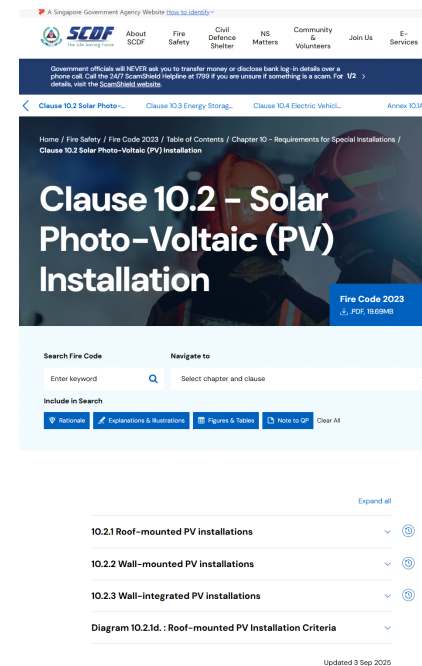
- UL 3741은 화재 상황에서 PV 시스템의 감전 위험을 최소화하기 위한 평가 표준으로, 시스템 차원의 위험 통제 구조를 평가
- 이는 제품 시험을 넘어 “시스템 기반 위험 제어”로 확장된 사례로 볼 수 있음

③ 건축 코드와의 이원 구조

- 미국은 전기 규정은 명확하지만, BIPV의 외피 성능 요구는 IBC(International Building Code) 및 주별 건축 코드와 병행 적용됨
- 즉, 건축-전기 통합 기준이 하나의 문서에 통합되어 있지는 않으며, 인허가 단계에서 이원적 구조를 가짐

■ 싱가포르: 소방 기준이 설계·시공을 직접 규정

- 싱가포르는 Fire Code에서 PV 설치에 대해 이격 거리, 접근 통로, 배선 위치, 비상 차단 장치 등을 구체적으로 명시
 - 소방 접근 통로 확보 의무
 - 모듈 이격 거리 규정
 - 배선·스위치보드 설치 위치 제한
 - 비상 차단 장치 의무
 - 현장 도면 비치 요구
- 또한 PV 모듈의 화재 성능을 IEC 61730-2와 연계하고, 배선 및 전기 설비는 싱가포르 표준(SS 638 등)을 따르도록 명시
- 이는 건축-전기-소방 기준을 “참조 체인” 형태로 연결하여 문서상 명확히 규정하는 구조로, 설계·시공 기준을 소방 안전이 직접 구동하는 체계로 볼 수 있음
- 공공주택 중심 국가라는 특성을 고려할 때, 싱가포르 모델은 공동주택 적용 설계기준 수립에 참고 가치가 큼



[그림 2-1] 싱가포르 태양광발전설비 화재안전 웹 사이트

10.2.3 Wall-integrated PV installations

a. General

This set of fire safety requirements shall be applicable to wall-integrated PV installation where PV is integrated into the building such as windows or curtain walls.

b. Fire performance of PV modules

PV modules shall be in accordance with CI/O.2.2.b.

c. Design and installation criteria

PV installation shall comply with the following:

(1) All spaces abutting/ facing PV installations shall be fully protected by an automatic sprinkler system or automatic fire extinguishing system, unless they comply with all of the following conditions:

- (a) the building does not exceed 12m in habitable height;
- (b) the building is protected by an automatic fire alarm system compliant with SS 645; and
- (c) the building does not contain healthcare occupancy (inpatient).

(2) PV installation located adjacent to exit staircases shall comply with the CI.2.3.3a, (3) or CI.2.3.3b, (2)(b).

(3) All cables and related components shall be housed in a non-combustible conduit. The positive and negative DC cables shall be installed in separate containment.

(4) The opening occurring at the junction between the edge of a structural floor and the wall-integrated PV shall be sealed to prevent the spread of smoke and flame from the lower floor to the upper floor via the opening. Fire stopping materials for sealing the openings shall have the same fire resistance rating as the elements of structure.

d. Emergency disconnection

Emergency disconnection of the PV modules, it shall be in accordance with CI/O.2.2.d.

■ 일본: 다층 구조 기반의 BIPV 기준 체계와 실무 협업 모델

- 일본 정부는 '제6차 에너지 기본계획(2021년)' 및 'GX(그린 트랜스포메이션) 실현을 위한 기본 방침(2023년)'을 통해 2050 탄소 중립을 목표로 재생에너지 주력 전원화를 추진하고 있음
- 이에 따라 태양광 발전 보급을 지속적으로 추진하고 있으며, 2030년까지 민간 기업의 자가소비형(10GW), 공공시설(6GW), 신축 주택(3.5GW) 등 건물 설치형 태양광을 통한 대대적인 도입 확대를 계획하고 있음
- 그러나 고밀도 도시 구조와 건축물의 구조적·풍하중 특성, 태풍·강풍 환경 등을 고려할 때, 단순 부착형을 넘어 구조적 안전성을 확보한 설계·시공 기준의 필요성이 제기됨
- 이러한 배경 속에서 일본의 신에너지·산업기술개발기구(NEDO)는 「NEDO 2024 건물 설치형 태양광 발전 시스템의 설계·시공 가이드라인」 제정을 통해 급격한 보급 과정에서 발생한 자연재해(태풍, 폭설 등)에 의한 설비 비산 및 화재 사고를 방지하고, 장기적인 안전성을 확보하기 위해 표준화된 설계·시공 기준을 제시하고자 함



[그림 2-2] 일본 태양광 발전 시스템 설계·시공 가이드라인

① 관련 법규 및 표준 체계

- NEDO 가이드라인에 따르면, 일본 내 태양광 설비는 구조적 안전성과 전기적 안전성을 모두 충족해야 하며, 주요 관련 법과 표준은 다음과 같이 정리됨
- 주요 법규 : 전기사업법(태양전지 발전설비 기술기준)
건축기준법(건축설비로서의 구조 안전성)
- 기술 표준 : JIS C 8955 (태양전지 어레이용 지지물의 설계 하중 산출 방법)
JIS C 8960 (태양광 발전 관련 기술 용어의 정의)
IEC 63092-1/EN 50583 (BIPV(건재 일체형)의 정의 및 카테고리 분류 기준)

② 설계 및 시공 주요 기준

- NEDO 가이드라인은 건물의 안전을 위해 다음과 같은 구체적인 설계 및 시공 기준을 제시하고 있음
- 구조 설계 기준 (Structural Design)
 - 하중 계산: 고정 하중(G), 적설 하중(S), 풍압 하중(W), 지진 하중(K)을 조합하여 허용응력설계법에 따라 설계해야 함
 - 풍압 대책: 건축물 높이 및 설치 위치(지붕 단부, 중앙부 등)에 따른 풍력 계수를 세분화하여 적용합니다. 특히 높이 60m 초과 건물은 풍동 실험을 원칙으로 함

- 접합부 강화: 설비가 강풍에 비산되지 않도록 건물의 구조 내력상 주요 부분에 견고하게 결속해야 함

- 전기 설계 및 안전 기준 (Electrical Design)

- 전압 제한: 감전 위험을 낮추기 위해 50kW 미만 설비는 직류 대지 전압을 450V 이하로 할 것을 권장함
- 차단 장치: 지락(누전) 검지 및 차단 기능, 사고 시 경보 기능을 갖추어야 하며, 필요시 모듈 단위 제어가 가능한 MLPE(Module Level Power Electronics) 사용을 고려함
- 화재 방지: 모듈이 건물 외장재 역할을 하는 BIPV의 경우, 발화 시 연소 확대를 막기 위해 배면 재료로 불연재를 사용하고 아크 고장 검지(AFCI) 기능을 도입할 것을 권고함

③ 운영 및 유지관리 제도

- 유지관리 계획 수립: 설계 단계에서부터 점검 시기, 대상 부위, 점검 방법을 포함한 유지관리 계획을 작성해야 함
- 점검 용이성: 접속함이나 인버터(PCS) 등은 점검이 용이한 장소에 설치하되, 일반인이 쉽게 만질 수 없도록 조치해야 함
- 또한 이 가이드라인은 건물 설치 시 발생할 수 있는 사고를 미연에 방지하기 위해 설계-시공-유지관리 전 단계에서의 긴밀한 협력과 데이터 보관을 강조함

④ 인증·시험 운영 체계

- 일본에서는 일본전기안전환경연구소(JET) 등 시험기관을 통해 JIS 및 IEC 정합 규격에 기반한 태양전지 모듈 인증(JET PVm 인증)이 운영되고 있음
- 해당 인증은 태양전지 모듈의 성능 및 안전성을 평가하는 제3자 인증 제도로, BIPV 전용 인증 체계라기보다는 일반 PV 모듈 인증 체계를 기반으로 운영됨
- 이에 따라 일본의 건물 적용형 태양광 시스템은 다음과 같은 구조를 가지고 있음
- 전기적 성능 및 안전성 평가는 PV 모듈 시험 체계(JIS/IEC 기반 인증)를 적용함

- 건축 구조 및 외피 성능은 건축기준법 및 관련 구조 설계 기준을 별도로 적용함
- 이러한 구조는 전기 설비의 안전성 확보에는 효과적이거나, 건축 외피와 통합된 BIPV 제품의 종합 성능을 단일 인증 체계에서 평가하는 제도는 상대적으로 제한적인 것으로 평가됨

⑤ 시사점 및 한계

- 일본은 건물에 적용하는 태양광 발전 설비에 대해 법령과 통합 국가 설계기준을 운영하고 있다고 보기는 어렵지만, PV 모듈 표준(JIS), 전기설비 기준, 건축 관련 제도, 그리고 건물 설치형·벽면형 PV에 특화된 가이드라인을 결합한 다층적 기준 체계를 통해 건물에 적용하는 태양광 발전 설비를 관리하고 있음
- 즉, 일본은 단일 통합 기준보다 기존 제도 체계에 건물형 태양광 발전설비를 흡수·확장하는 방식을 취하고 있으며, 실무 차원의 협업 구조가 제도적 공백을 보완하는 특징을 가지는 것으로 나타남
- NEDO 가이드라인이 태양광 발전설비를 건물에 적용하기 위해 건물 구조와의 접합방식, 방수 및 기밀 성능 확보, 품질관리, 유지관리 시 접근성 고려 등과 같은 사항을 다루고 있는 점은 의미가 있음
- 특히, 건물형 태양광 발전설비의 안전성 확보를 위해 전기적 안전성과 건축적 안전성을 확보해야 함을 강조하고 있음
- 다만, 전기와 건축의 제도적 통합이 이루어지지 않음에 따라 BIPV의 종합 성능을 평가하는 것이 제한적이고, NEDO 가이드라인은 설치 면으로부터의 최고 높이가 9m를 초과하는 설비와 BIPV에는 적용되지 않는 한계가 있음

3) 주요 국가의 민간 인증·적합성 평가 체계

- BIPV 및 건물 적용형 태양광 설비는 공적 법령과 국가표준만으로 시장에 진입하는 것이 아니라, 실제로는 제3자 시험·인증기관, 산업협회 인증, 승인제품 목록, 계통 적합성 인증 등 민간 또는 준민간 적합성 평가 체계와 결합되어 운영되는 경우가 많은 것으로 나타남
- 이러한 민간 적합성 평가 체계는 국가에 따라 법적 의무성의 수준은

다르지만, 검사·전력망 연계·보조금·시장 신뢰성 확보와 연계되면서 사실상 시장 진입의 필수 요건 또는 강한 선호 요건으로 작동하는 특징이 있음

■ 미국

- 미국은 미국 직업안전보건청(OSHA)의 NRTL(Nationally Recognized Testing Laboratory) 인증 제도를 통해 UL Solutions와 같은 민간 시험기관이 특정 제품군에 대한 시험·인증을 수행할 수 있도록 하고 있으며, OSHA는 NRTL 프로그램의 적용 표준 목록을 별도로 운영하고 있음
 - 태양광 분야에서는 UL 61730-1/2가 PV 모듈 안전 적합성 표준으로 활용되고, UL 1741은 인버터·계통연계 장비, UL 2703은 랙·클램프·본딩 및 지붕 화재 등급, UL 3741은 옥상 PV의 소방대원 감전 위험 저감 평가와 관련됨
- UL은 PV 모듈 인증 서비스 페이지에서 UL 61730-1/2를 기반으로 한 모듈 안전 인증을 제공한다고 명시하고 있으며, UL 2703과 UL 61730-2를 함께 적용하여 지붕 부착형 태양광 시스템의 전기·기계·화재 성능을 평가한다고 설명하고 있음
- OSHA는 UL 61730-1/2를 NRTL 프로그램의 적합 표준 목록에 포함하고 있으며, 이는 미국 시장에서 태양광 설비가 단일 제품 인증이 아니라 위험 유형별 인증 조합을 통해 관리되는 구조임을 보여줌

■ 유럽·독일

- 유럽 및 독일에서는 TÜV, VDE 등 제3자 적합성 평가기관이 제품 안전, 품질, 계통 적합성 측면에서 중요한 역할을 하고 있음
 - 예를 들어 TÜV Rheinland는 IEC 61215/61730 기반 모듈 시험·인증을 제공하고 있음
 - VDE는 독일 저압 계통 연계 규정(VDE-AR-N 4105 등)에 따라 발전설비의 유닛 인증(unit certificate) 및 계통 적합성 평가를 수행함
- VDE는 공식 자료에서 유효한 유닛 인증서가 있어야 독일에서 계통 운전 승인이 가능하다고 설명하고 있으며, 이는 유럽·독일에서 제품 안전 인증과 별도로 계통 연계 적합성 인증이 시장 진입의 핵심 게이트로 작동함을 보여줌

■ 영국

- 영국은 MCS(Microgeneration Certification Scheme)가 소형 재생에너지 분야의 대표적인 품질 인증 체계로 기능하며, 제품뿐 아니라 설치자와 시공 품질까지 포함하는 것을 특징으로 함
- MCS는 스스로 “설치자, 제품, 재생에너지 기술에 대한 표준을 설정한다”고 설명하고 있으며, 영국 정부의 Smart Export Guarantee(SEG) 제도에서는 설비와 설치자가 MCS 또는 동등한 인증 체계를 충족할 것을 요구함
- 즉, 영국은 제품 적합성만이 아니라 시공 품질과 소비자 보호까지 포함한 인증 사슬을 통해 시장을 관리하는 구조를 가짐

■ 호주

- 호주는 인센티브 제도와 승인제품 목록이 강하게 결합된 구조를 보이고 있음
- Clean Energy Council(CEC)은 승인된 PV 모듈·인버터·배터리 목록을 운영하고 있으며, 호주 청정에너지규제기관(CER)은 소형재생에너지증서(STC) 발급을 위해 설치되는 제품이 CEC 승인 목록에 포함되어야 한다고 명시함
- 또한 CER은 설치 설계와 시공이 해당 스킴의 요구사항을 따라야 한다고 규정하고 있으며, 이는 호주에서 민간 승인목록이 단순 참고자료가 아니라 시장성 및 인센티브 접근과 직접 연결된 적합성 게이트로 작동함을 의미함

[표 2-2] 주요 국가의 민간 인증·적합성 평가 체계 정리

인증기관	인증체계	적용범위	특징	시장지위
UL (미국)	UL 61730 UL 1741 UL 2703 UL 3741	모듈, 인버터, 마운팅, 시스템	NRTL 기반 제품 안전 인증	미국 시장 사실상 필수
TÜV (유럽)	IEC 61215/61730 시험	모듈 및 BOS	bankability 평가	금융/조달 선호
VDE (독일)	VDE Mark + Grid certification	모듈 및 계통연계 장비	배전망 연계 인증	독일 계통연계 필수
MCS (영국)	제품 + 설치자 인증	소형 PV	시공 품질 관리	SEG 참여 필수
CEC (호주)	Approved Products List	모듈/인버터	인센티브 연계	STC 발급 조건

3) 국외 제도 종합 분석

■ 건축·전기 규정의 이원적 관리 구조

- 국외에서 BIPV는 일반적으로 건축 규정과 전기 규정이 동시에 적용되는 이원적 관리 구조를 가짐
 - 예를 들어 유럽에서는 BIPV가 건축제품 규제(CPR, Construction Products Regulation)와 전기 안전 관련 지침(LVD, EMC Directive 등)의 적용을 동시에 받으며, 미국에서는 태양광 설비가 전기 규정인 National Electrical Code(NEC)를 중심으로 관리되면서도 건축물 외피 성능과 관련된 사항은 International Building Code(IBC) 등 건축 규정이 병행 적용됨
 - 일본 역시 태양광 설비가 전기사업법과 건축기준법의 적용을 동시에 받는 구조를 보임
- 이와 같은 제도 구조는 각 분야의 전문 규정을 활용할 수 있다는 장점이 있으나, 설계·시공 및 인허가 과정에서 건축 기준과 전기 기준 간 적용 범위와 책임 주체가 명확하지 않을 경우 제도적 공백이 발생할 가능성이 존재함을 보여줌

■ 제품 인증과 건축 적용 간 제도적 간극

- 국외에서는 UL, TÜV, VDE 등 다양한 제3자 시험·인증 체계가 운영되고 있으며, 이러한 인증은 태양광 모듈과 관련 장비의 안전성과 성능을 검증하는 중요한 역할을 수행함
- 그러나 이러한 인증 체계는 대부분 제품 수준의 안전성과 성능 평가에 초점을 두고 있으며, 실제 건축물에 적용되는 과정에서 요구되는 건축 시스템 수준의 성능까지 포괄적으로 평가하지는 않음
 - (PV 모듈 인증 평가 항목) 전기적 안전성(감전, 절연, 아크 등)
 - (PV 모듈 인증 평가 항목) 기계적 강도 및 내구성
 - (PV 모듈 인증 평가 항목) 환경 조건에서의 성능 안정성
 - (BIPV 추가 성능 요소) 외피 접합 방식 및 구조 안정성
 - (BIPV 추가 성능 요소) 방수 및 기밀 성능
 - (BIPV 추가 성능 요소) 화재 확산 특성
 - (BIPV 추가 성능 요소) 유지관리 접근성
- 따라서 제품 인증을 획득한 태양광 모듈이라 하더라도 건축 외피 시스템으로 적용되는 경우에는 건축 성능 기준을 추가적으로 적용해야 하는 구조적 특성이 존재하며, 이는 BIPV 분야에서 제품 인증 체계와 건축 적용 기준 사이의 제도적 간극이 존재함을 의미함

■ 맞춤형 건축 설계와 표준화 체계 간 긴장 관계

- BIPV는 건물의 입면 디자인, 구조 형식, 일사 조건 등에 따라 맞춤형 설계가 이루어지는 경우가 많지만, 반면 인증 및 표준화 체계는 반복 가능한 제품 규격과 시험 조건을 전제로 함
- 이로 인해 BIPV 분야에서는 건축 설계의 유연성과 제품 표준화 요구 사이의 구조적 긴장 관계가 발생됨
- 특히 입면형 또는 커튼월형 BIPV의 경우 건물 디자인과 구조 형식에 따라 모듈 배치, 체결 방식, 외피 구성 등이 달라질 수 있기 때문에 표준화된 제품 규격만으로 다양한 설계 조건을 모두 포괄하기 어려운 문제가 발생할 수 있음

- 따라서 BIPV 관련 기준은 제품 규격의 표준화뿐 아니라 건축 설계와의 통합을 고려한 시스템 수준의 설계 기준을 함께 고려할 필요가 있음

■ 성능 상호의존성과 통합 안전 프레임의 필요성

- BIPV는 전기적 발전 기능과 건축 외피 기능이 결합된 시스템으로, 전기·기계·열·화재 성능이 상호 의존적으로 작동한다는 점에서 기존 독립형 PV 설비와 구조적으로 구별됨
- 일반적인 태양광 시스템은 건물 외피와 구조적으로 분리된 설비로 설치되는 경우가 많기 때문에 전기 안전 기준 중심으로 관리되는 경우가 많지만, BIPV는 모듈 자체가 지붕재 또는 외장재의 기능을 수행하기 때문에 다음과 같은 복합 성능을 동시에 고려해야 함
 - 전기적 안전성(감전, 절연, 아크 등)
 - 구조적 안정성(풍하중, 적설하중, 체결 안정성)
 - 열적 거동 및 내구성
 - 화재 확산 및 연소 특성
- 이러한 특성으로 인해 전기 코드 또는 건축 코드만 단독으로 적용하는 방식으로는 BIPV의 종합적인 안전성을 충분히 확보하기 어려울 가능성 높음
- IEA PVPS Task 15 보고서는 이러한 문제를 BIPV 보급 과정에서 나타나는 핵심 제도적 과제 중 하나로 지적하며, 특히 전기 안전 기준과 건축 외장재 화재 성능 기준이 동시에 적용되는 영역에서 제도적 공백 또는 기준 충돌이 발생할 수 있다고 분석함
- 특히 벽면형 BIPV의 경우 전기 모듈의 화재 시험과 건축 외장재의 화재 확산 시험이 만나는 지점에서 기준 해석의 차이가 발생할 가능성이 높으며, 이러한 문제는 유럽 및 국제 표준화 논의에서도 지속적으로 제기되는 주요 이슈로 파악됨
- 따라서 BIPV는 단순한 태양광 설비가 아니라 “건축-전기 통합 시스템(Building-Electrical Integrated System)”으로 인식되고 관리될 필요가 있으며, 건축·전기·소방 기준 간 역할과 책임 구조를 명확히 하는 통합 안전 프레임워크의 구축이 요구됨

■ 운영 및 유지관리와 데이터 기반 관리의 미성숙

- 일반적인 태양광 설비의 유지관리와 관련하여 IEC 62446 등 운영 및 유지관리(O&M) 관련 국제 기준이 존재하지만, 이러한 기준은 주로 독립형 태양광 발전설비를 대상으로 함
- BIPV는 건축 외피와 일체화된 특성으로 인해 다음과 같은 추가적인 관리 리스크를 가질 수 있음
 - 모듈 교체 시 외장재 손상 위험
 - 유지관리를 위한 접근성 제약
 - 구조체와 일체화된 체결 방식
 - 장기 열화에 따른 외피 기능 저하
- 또한 건축 외피 기능과 발전 기능이 동시에 존재하기 때문에 단순 발전량 모니터링만으로는 설비의 상태를 충분히 평가하기 어려운 경우가 많음
- IEA PVPS Task 15 보고서는 이러한 점을 지적하며, BIPV의 장기적 안전성과 성능을 확보하기 위해서는 고장 진단, 열화 분석, 경보 체계 및 유지관리 이력 관리 등을 포함하는 통합 운영관리 체계의 구축이 필요하다는 점을 강조

■ 민간 인증 체계의 보완적 역할

- 국외 사례를 종합하면 공공 규제와 국제 표준만으로 BIPV의 안전성과 품질을 관리하기에는 일정한 한계가 존재하며, 이러한 제도적 공백을 보완하기 위해 민간 시험·인증 체계가 시장에서 중요한 역할을 수행하고 있는 것으로 나타남
 - 대표적으로 미국에서는 UL 인증 체계가 태양광 모듈, 인버터, 마운팅 시스템, 옥상 PV 시스템 등에 대한 안전성을 검증하는 대표적인 인증으로 활용되고 있으며, 이러한 인증은 법적으로 모든 경우에 의무는 아니지만 실제 설비 검사, 전력사 연계, 보험 및 조달 과정에서 사실상 필수적인 시장 기준으로 작동하는 경우가 많음
 - 유럽에서도 TÜV, VDE 등 제3자 시험·인증 기관이 IEC 기반 시험을 수행하며, 이러한 인증은 프로젝트 금융 및 조달 과정에서 장비의

신뢰성과 장기 성능을 검증하는 중요한 요소로 활용되고 있음

- 또한 영국의 MCS(Microgeneration Certification Scheme)는 제품 인증과 설치자 인증을 동시에 운영함으로써 시공 품질과 소비자 보호까지 포함하는 시장 기반 인증 체계를 형성하고 있음
- 호주의 경우 CEC 승인 제품 목록이 정부 인센티브 제도와 연계되어 시장 품질 관리 수단으로 활용되고 있음
- 이와 같이 국외에서는 공공 규제와 표준 체계 외에도 민간 인증 및 시장 기반 적합성 평가 체계가 BIPV 및 건물 적용형 태양광 설비의 안전성과 품질 확보를 보완하는 중요한 역할을 수행하고 있음
- 다만 이러한 인증 체계는 대부분 제품 수준의 성능과 안전성 검증에 초점을 두고 있으며, 건축 외피와 통합된 BIPV 시스템의 종합 성능을 단일 프레임에서 평가하는 체계는 아직 제한적인 수준으로 평가됨
- 그럼에도 불구하고 이러한 민간 인증 체계는 기술 변화 속도가 빠른 신기술 분야에서 공공 제도만으로 대응하기 어려운 영역을 보완하는 수단으로 활용될 수 있으며, 실제 국제 시장에서도 중요한 품질 관리 메커니즘으로 작동하고 있음

- 전기안전 및 설치 기준 측면에서 BIPV는 실질적으로 태양광 발전설비의 일종으로 취급되어 전기설비 일반 기준을 준용하는 방식이 적용되고 있음
 - 「한국전기설비규정」은 BIPV 여부와 무관하게 태양광 설비가 기본적으로 전기설비 규정 체계 안에서 관리되고 있음을 보여주고 있으나, 미국의 NEC Article 690과 같이 BIPV 특성을 전면적으로 반영한 독립적인 전기안전 문서가 별도로 존재하는 것으로 보기는 어려움
- 공공 실무 가이드라인 측면에서 LH는 2020년 「건물부착형(벽면) 태양광 기술기준 가이드라인」을 공개하였으며, 이는 국내에서 공동주택을 중심으로 벽면형 태양광 적용을 보다 구체화한 대표적 실무자료로 평가될 수 있음
 - 국가 통합기준의 공백을 공공 발주기관의 실무기준이 일정 부분 보완하고 있는 것으로서, 향후 공동주택 BIPV 설계기준 수립 시 LH 가이드라인은 국내 실무 여건과 공공주택 특성을 반영한 중요한 선행 참조체계로 활용될 수 있을 것임
 - 다만, 본 가이드라인은 벽면형 태양광(BAPV) 적용 방안을 중심으로 구성되어 있어, 건축 외피 자체를 구성요로로 사용하는 BIPV 시스템의 구조적·외피 성능 요구사항을 포괄적으로 다루기에 제한적인 측면이 있음
 - 이에 따라 BIPV로 적용되는 경우, 설계단계에서 고려되어야 할 건축적 성능(방수, 기밀, 단열, 외피 접합 등)과 전기적 안전성, 그리고 화재 안전성과 구조적 안전성 등과 같은 다양한 분야의 요구사항이 체계적으로 통합된 기준 형태로 제시되어 있지 않은 한계가 있음
 - 특히 설계, 시공, 감리, 준공 및 운영관리 등 전주기 단계별 역할 분담과 책임 구조가 명확히 정리된 체계적인 관리 기준으로까지 확장되지 않은 한계도 있음



LH공동주택
건물부착형(벽면) 태양광
기술기준 가이드라인



[그림 2-4] LH 공동주택 건물부착형(벽면) 태양광 설계 및 기술기준 가이드라인

- 한편, 민간 차원에서도 건축물에 적용되는 태양광 설비의 안전성을 별도로 검토하려는 시도가 나타나고 있음.
 - 한국제품안전협회가 운영하는 건축물태양광안전센터에서는 건축물에 설치되는 태양광 설비의 안전성과 신뢰성을 평가하기 위한 「건축물태양광안전평가」 제도를 운영하고 있음
 - 해당 제도는 건물형 태양광을 단순한 발전설비가 아닌 전기제품과 건축물 외피가 결합된 융복합 시스템으로 인식하고, 건축물 적용 과정에서의 안전성 확보를 목적으로 설계된 민간 인증 프로그램의 성격을 가짐
 - 건축물태양광안전평가는 태양광 설비가 건축물 외벽, 발코니, 지붕 등 외피와 결합되어 설치되는 과정에서 발생할 수 있는 구조 안전성, 설치 방식, 접합부 안정성, 배선 안전성, 유지관리 접근성 등 건축 적용 단계의 안전 요소를 종합적으로 검토하는 것을 목표로 하고 있음



[그림 2-6] 제품안전협회 건축물 태양광 안전평가 마크

- 이러한 민간 안전평가 제도의 등장은 건축물 태양광 설비가 단순한 제품 인증이나 전기설비 기준만으로는 충분히 관리되기 어려우며, 건축 적용 단계에서의 안전성을 별도로 검토할 필요성이 제기되고 있음을 보여주는 사례로 볼 수 있음
- 다만, 현재 건축물태양광안전평가는 법적 의무성을 가지는 국가 인증 제도라기보다 민간 자율 인증 프로그램의 성격을 가지며, 인허가 절차 또는 공공 발주 기준과 직접적으로 연계되는 제도 체계로까지 발전한 상태로 보기는 어려움
- 그럼에도 불구하고 해당 제도는 국내에서 건축물 태양광 설비의 안전성을 제품 수준이 아닌 건축 적용 수준에서 평가하려는 초기 시도라는 점에서 의미가 있으며, 향후 공동주택 BIPV 설계기준 수립 시 참고할 수 있는 민간 사례로 활용될 수 있을 것으로 판단됨

3) 국내 제도의 특징과 한계

- 국내 제도의 가장 큰 특징은 BIPV를 위한 통합된 법·제도나 국가 통합 기준 등이 존재하기보다는, 재생에너지 보급 정책, 제로에너지건축물 인증, 공동주택 친환경 기준, KS 제품표준, 전기안전 규정, 공공 가이드라인 등이 상호 연계되는 분산형 연계 체계적 특성을 갖고 있는 상황임
- 이러한 구조는 기존 제도를 활용할 수 있다는 장점이 있으나, 설계자·시공자·감리자·운영관리 주체가 참조해야 할 기준이 여러 문서와 제도에 흩어져 있어 실무 적용 과정에서 책임과 역할의 경계가 모호해질 가능성이 높음

[건축물 태양광 안전평가]

- 운영 개요 및 대상
 - 개별 건축 현장에 적용하는 건물형 태양광 시스템의 신뢰성 및 안전성에 대해 다음 여섯가지 분야를 평가
 - (1) 건축설계 안전 (2) 주요 기자재 안전 (3) 구조방재 안전
 - (4) 전기 안전 (5) 시공 안전 (6) 유지관리 안전
 - 결과에 따라 건축물 태양광 안전평가 등급 부여
 - 평가기준



(a) 평가 기준



(b) 평가 등급 분류

[그림 2-5] 제품안전협회 건축물 태양광 안전평가

- 또한 국내에는 KS C 8577과 같은 제품표준이 존재하고, 정부 차원에서도 산업 생태계 활성화 및 실증 확대가 추진되고 있으나, 이는 주로 제품 인증 및 보급 촉진에 초점이 맞추어져 있어 실제 BIPV를 건축 설계에 반영하고 시공 및 운영관리에 제한적인 상황임
 - 공동주택에 실제 적용되는 과정에서 필요한 설계-시공-감리-준공-유지관리 단계별 체크리스트, 역할 분담, 전주기 이력관리, 운영 주체 설정 등은 보다 명확한 체계가 필요하지만 현재 국내에는 이에 대한 제도가 미흡한 상황임
 - 즉, 제품 수준의 기준은 일정 부분 마련되어 있으나, 전주기 통합 운영 기준은 여전히 미흡한 상태로 평가될 수 있음
- 공동주택 적용 측면에서도, 제로에너지건축물 인증과 친환경주택 기준 강화에 따라 태양광 적용의 필요성은 확대되고 있으나, 그 수단으로서 BIPV를 직접 규율하는 독립 기준은 아직 제한적임
 - 현재 제도는 태양광의 적용 필요성을 간접적으로 강화하는 방식에 가깝고, 공동주택 외벽·발코니·입면에 적용되는 BIPV의 방수, 기밀, 접합, 화재, 외피 열성능, 유지관리 접근성 등을 포괄하는 기준으로는 충분히 구체화되지 않음
 - 즉, 국내는 보급 필요성은 확대되고 있으나, 통합 설계·관리 기준은 아직 초기 단계에 머물러 있는 상황으로 정리될 수 있음

4) 국내 제도 분석의 시사점

- 국내에서 제품표준, 전기안전 규정, 건축에너지 기준, 공공 가이드라인 등 기초 제도 인프라 자체는 상당 부분 형성되어 있으나, 이들 기준이 상호 통합되어 있지 않기 때문에, 실무에서는 설계 책임, 감리 범위, 성능 검증, 안전관리, 유지관리 체계가 분절적으로 운영될 가능성이 높음
 - 이는 향후 공동주택 BIPV 설계기준을 수립할 때 단순한 기술기준 마련을 넘어, 서로 다른 기준 체계를 어떻게 연결할 것인지가 핵심 과제가 되어야 함을 의미함
- 따라서 국내 공동주택 BIPV 설계기준은 해외 기준의 단순 도입보다, 국내 제도 구조에 맞는 통합형 참조 프레임으로 구성될 필요가 있음

- 첫째, 건축-전기-소방 기준 간 참조 관계를 명확히 한 목차 체계를 마련할 필요가 있음
- 둘째, 설계-시공-감리-준공-유지관리 단계별 체크리스트를 구성하여 실무 적용성을 높일 필요가 있음
- 셋째, KS C 8577과 같은 제품표준을 공동주택 외피 요구성능과 연계하여 해석할 수 있는 기준이 필요함
- 넷째, LH 가이드라인과 ZEB 제도를 연계하여 공공주택과 민간 공동주택 모두에서 활용 가능한 실천적 기준으로 구체화할 필요가 있음

4 국내·외 제도 및 기준 종합 분석

1) 국내·외 제도 구조의 공통점과 차이점

- 국내·외에서 BIPV는 공통적으로 건축 외피로서의 성능과 전기설비로서의 안전성을 동시에 요구받는 복합 시스템으로 인식되고 있으며, 이에 따라 대부분의 국가에서는 BIPV를 단순한 태양광 발전설비가 아니라, 건축-전기 통합 시스템으로 접근하고자 하는 경향을 보이고 있음
- 다만, 실제 제도 운영 방식에는 차이가 존재하는 것으로 나타남
 - 국외의 경우 IEC 63092와 같은 BIPV 전용 국제 표준을 중심으로 건축 통합 요구사항을 반영하려는 시도가 이루어지고 있으며, 유럽은 건축제품 중심, 미국은 전기규정 중심, 싱가포르의 소방안전 중심, 일본은 다층적 실무 협업 중심으로 각각 제도적 특성을 발전시켜 왔음
 - 즉, 국외는 통합의 정도와 방식에는 차이가 있으나, BIPV의 특수성을 반영한 별도의 제도적 해석과 안전관리 필요성을 비교적 명확히 인식하고 있는 것으로 파악됨
- 반면 국내는 KS 제품표준, 전기안전 규정, 제로에너지건축물 인증, 공동주택 친환경 기준, LH 가이드라인 등이 병존하는 분산형 연계 구조를 형성하고 있으나, 이를 BIPV 관점에서 유기적으로 연결하는 통합적 기준 체계는 아직 충분히 정립되지 않은 상황임

- 즉, 국내 역시 BIPV의 복합적 특성을 인식하고 관련 제도를 부분적으로 운영하고 있으나, 국외에 비해 통합적 설계 프레임과 전주기 관리 기준의 구체성이 상대적으로 미흡한 상태로 평가할 수 있음

2) BIPV 관련 핵심 제도적 쟁점

○ 건축과 전기 기준의 이원화 문제

- BIPV는 건축 외피와 전기설비의 속성을 동시에 가지므로, 건축 기준과 전기 기준이 별도로 적용될 경우 설계, 시공, 안전 검증 과정에서 기준 충돌 또는 책임 공백이 발생할 가능성이 높음
- 유럽에서는 건축제품 규제와 전기 시험이 병행 적용되며, 미국은 전기규정 중심 관리 속에서 건축 코드는 별도로 병행 적용되고 있고, 일본 또한 전기와 건축 기준을 통합하기보다 병렬적으로 운영하고 있음
- 국내 역시 KS 제품표준, 전기안전 기준, 건축물 에너지 기준이 분산되어 있어, BIPV를 하나의 건축 시스템으로 설계·시공·관리하기에는 한계가 존재기 때문에, 따라서 건축-전기-소방 간 체계와 역할 구조를 명확히 하는 통합적 기준 체계 마련이 핵심 과제로 도출됨

○ 제품 인증과 건축 적용 간 간극

- BIPV는 제품 차원에서는 성능평가와 인증이 가능하나, 실제 건축물에 적용되는 과정에서는 구조 안전, 외피 접합, 방수, 기밀, 화재확산, 유지관리 접근성 등 설치 환경에 따른 추가 요구사항이 발생됨
- 즉, 제품 인증을 받았다고 하더라도 곧바로 건축물 적용의 적합성이 확보되는 것은 아니며, 이로 인해 “제품 수준의 인증”과 “건축 시스템 수준의 성능 검증” 사이에 간극이 발생함
- 이는 국내 KS C 8577에도 동일하게 적용되는 한계로 볼 수 있으며, 향후 공동주택 설계기준은 제품표준을 단순 인용하는 수준을 넘어 건축 외피 요구성능과의 연계 해석 체계를 제시할 필요가 있음
- 이러한 제품 인증과 건축 적용 간 간극은 국내에서도 유사하게 나타나고 있으며, 최근 민간 차원에서 건축물 적용 단계의 안전성을 별도로 검토하려는 시도가 등장하고 있음

- 예를 들어 한국제품안전협회가 운영하는 건축물태양광안전센터의 「건축물태양광안전평가」 제도는 태양광 설비가 건축물 외피와 결합되는 과정에서의 구조적 안정성, 설치 방식, 배선 안전성, 유지관리 접근성 등을 종합적으로 검토하는 민간 인증 프로그램으로 운영되고 있음
- 이러한 사례는 건축물 태양광 설비가 단순한 제품 성능 평가나 전기설비 기준만으로는 충분히 관리되기 어려우며, 건축 적용 단계에서의 안전성과 시공 적합성을 별도로 평가할 필요성이 존재함을 보여주는 사례로 해석될 수 있음

○ 맞춤형 설계와 표준화 간의 긴장 관계

- BIPV는 건축물의 입면, 형태, 방위, 일사 조건, 디자인 요구에 따라 맞춤형으로 설계되는 경우가 많아, 일반적인 대량생산형 공업제품과는 다른 특성을 가짐
- 반면 인증과 표준화는 반복 가능한 제품 사양과 시험 조건을 전제로 하므로, BIPV는 본질적으로 설계 자유도와 표준화 요구 사이의 구조적 긴장 관계를 가질 수밖에 없음
- 특히 공동주택은 단지계획, 입면 계획, 경관, 심미성, 경제성, 에너지 성능이 동시에 고려되어야 하므로, 표준화는 필요하나 과도한 획일화는 건축계획의 유연성을 저해할 수 있기 때문에, 향후 기준 수립 시 제품 규격의 표준화와 설계 적용의 유연성 간 균형 확보가 중요

○ 화재안전과 운영안전 기준의 강화 필요

- 국외 사례에서 공통적으로 강조되는 부분은 화재안전과 전기안전이었으며, 실제 미국은 Rapid Shutdown과 UL 3741을 통해 감전 및 화재 위험 저감에 중점을 두고 있으며, 싱가포르의 Fire Code를 통해 소방 접근성과 차단 체계를 구체적으로 규정하고 있음
- 유럽과 일본 역시 입면형 BIPV의 화재 확산, 배면 재료, 아크 고장 검지 등의 중요성을 강조하고 있음
- 국내도 태양광 설비의 전기적 위험과 화재안전에 대한 일반 기준은 존재하나, 공동주택 외벽·발코니 등 외피 일체형 BIPV의 특성을 반영한 전용 화재안전 및 운영안전 기준은 상대적으로 미흡함
- 따라서 설계기준에는 단순 성능 기준뿐 아니라, 차단 장치, 이상 감지,

접근 통로, 배선 계획, 접속부 안전성, 화재 확산 방지 등 운영안전 요소를 포함할 필요가 있음

○ 유지관리 및 데이터 기반 관리체계의 미성숙

- BIPV는 건축 외피와 일체화되어 있기 때문에 일반 PV보다 유지관리가 어려울 수 있으며, 모듈 교체 시 외장재 손상, 점점 접근성 부족, 장기 열화에 따른 외피 기능 저하 등의 문제가 발생할 수 있음
- 국외에서도 BIPV 전용 O&M 지침은 아직 충분히 성숙하지 않았으며, 단순 발전량 모니터링을 넘어 고장 진단, 열화 분석, 경보 체계, 전주기 이력관리의 필요성이 강조되고 있음
- 국내 역시 유지관리 단계는 제도상 가장 취약한 영역 중 하나로, 향후 공동주택 BIPV 설계기준은 설계와 시공뿐 아니라 운영 및 유지관리 체계까지 포함하는 전주기 기준으로 확장될 필요가 있음

3) 공동주택 BIPV 설계기준 수립을 위한 종합 시사점

○ 국내외 제도 분석 결과를 종합하면, 공동주택 BIPV 설계기준은 단순히 개별 기술요소를 나열하는 수준이 아니라, 건축-전기-소방-운영관리 요소를 연결하는 통합형 기준 체계로 수립될 필요가 있음

- 특히 공동주택은 다수 입주자가 거주하는 건축유형으로서 안전, 유지관리, 민원 대응, 장기 운영 안정성까지 동시에 고려되어야 하므로, BIPV 기준 역시 일반 건축물보다 더 높은 수준의 체계성과 명확성을 요구함

○ 이에 따라 향후 공동주택 BIPV 설계기준은 다음과 같은 방향으로 구성될 필요가 있음

- 건축적 성능과 전기적 안전성을 동시에 다루는 통합 목차 체계를 마련할 필요가 있음
- 즉, 방수·기밀·단열·외피 접합과 같은 건축 성능 항목과 배선·차단·접속·접지·고장 대응과 같은 전기 안전 항목을 분리하지 않고 상호 연계된 구조로 정리해야 함
- 설계-시공-감리-준공-유지관리 단계별 기준과 체크리스트를 구체화할 필요가 있음

- 이는 기술 기준의 선언적 제시에 그치지 않고, 실제 공동주택 사업 과정에서 적용할 수 있는 실무형 기준으로 기능해야 하는 것을 의미함

- 제품표준과 건축 시스템 성능 간 연계 기준을 마련할 필요가 있음

- 즉, KS C 8577과 같은 제품 수준 기준을 공동주택 외피 성능, 구조 안전, 화재안전, 유지관리 요구와 연결하여 해석하는 체계가 필요함

- 공공주택 실무와 연계 가능한 적용 체계가 필요함

- LH 가이드라인, ZEB 인증제도, 친환경주택 기준 등 국내에서 이미 운영 중인 제도를 연계하여, 공공주택뿐 아니라 민간 공동주택에서도 활용 가능한 기준으로 확장하는 방향이 필요함

- 운영 및 유지관리 기준을 설계 초기부터 반영하는 체계가 필요함

- 점점 접근성, 부품 교체성, 이상 감지, 경보 체계, 전주기 데이터 관리 등은 사후 관리 항목이 아니라 설계단계에서부터 계획되어야 할 요소로 반영되어야 함

III 건물형 태양광 발전 시스템 동향 조사

Key Point

- 제로에너지빌딩(ZEB)정책 대응 태양광발전시스템이 공간효율성과 에너지 생산을 동시에 확보할 수 있는 현실적 대안으로 주목
- 건물형 태양광 발전 시스템의 최신 기술 변화 트렌드 파악 및 시사점을 제시하여, 설계 기준 수립에 반영할 수 있도록 기술적 고려사항을 도출

1 동향조사 추진 배경 및 필요성

■ 고층 건물 중심의 국내 환경과 제로에너지빌딩(ZEB) 의무화

- 정책에 대응하여 건물 외피를 활용해 공간 효율성과 에너지 생산을 동시에 확보할 수 있는 건물형 태양광발전시스템이 실질적인 대안으로 주목
- 별도의 설치 면적이 필요 없어 고층 건물이 많은 국내 보급 환경에 실효성이 높아 건물일체형 태양광발전시스템은 공간 효율성과 에너지 생산을 동시에 확보할 수 있는 현실적인 대안으로 주목

※ 출처 : 제로에너지건축물 구현을 위한 태양광발전시스템 적용 연구 동향 분석, KIEAE Journal, 2024.02.

- 정부는 신재생에너지 설비 설치비를 지원하는 '그린홈 100만 호 보급 사업'을 추진 중이며, '2030 에너지신산업 확산 전략'에 따라 '25년부터 연면적 기준을 충족하는 공공 및 민간 건축물에 대해 단계적으로 제로에너지빌딩(ZEB) 설계·인증이 의무화

※ 출처 : 건물 일체형 태양광 발전시스템, 기술보증기금

- ZEB 등급을 결정짓는 핵심 지표인 에너지 자립률 향상을 위해 건물 자체에서 신재생에너지를 생산하는 건물형 태양광발전시스템의 역할이 필수적으로 요구

※ 출처 : 제로에너지건축물 구현을 위한 태양광발전시스템 적용 연구 동향 분석, KIEAE Journal, 2024.02.

■ 건물형 태양광발전시스템의 기술적 특수성과 건축 외피 통합 구조를 실질적으로 반영할 수 있는 통합 설계 기준의 부재는 현장 적용의 비효율과 제도적 혼선을 야기하는 핵심 원인으로 지목되고 있으며, 이에 대한 개선이 시급

- BIPV는 일반적인 BAPV와 달리 건물 외벽, 지붕 등 외피의 일부로 기능해야 함에도 현행 기준은 일반 태양광 설비 기준을 중심으로 구성되어 있어 설치유형·위치별 단열·차양·방수 등 필수 건축 성능을 확보하기 위한 세부 규정이 부족

※ 출처 : 건물일체형 태양광(BIPV) 산업생태계 활성화 방안 산업통상자원부, 2022.10.11.

- 국내 건물일체형 태양광발전시스템의 설치 확대 과정에서 설계 기준의 미흡으로 인한 단열 성능 저하, 법적 분쟁 사례가 발생하고 있어 이를 체계적으로 반영한 설계 기준 및 표준화가 필요

※ 출처 : 건물일체형 태양광발전(BIPV) 설계기준 모호... 해결방안 없나, 국토일보, 2025.03.10.

2 주요 조사 내용

■ 조사 대상 및 범위 설정

- 목적 : 설계 기준 수립에 필요한 기술적 고려사항을 체계적이고 효과적으로 파악하기 위해 조사할 대상과 범위를 명확히 정의하여, 관련 기술의 발전 현황을 구체적으로 분석

- 수행 방법

- (조사 대상 및 범위 설정 근거) 기존 건축물 태양광 발전 시스템과 관련된 시공 기준 및 기술 지침을 기준으로, 시스템 적용 시 요구되는 구성요소를 조사 대상 및 범위로 설정

[표 3-1] 주요 조사 내용

구분	기준 및 지침명	기관명
시공 기준	신재생에너지 설비 원별 시공 기준 (2024.01.09. 개정)	한국에너지공단
	서울특별시 태양광 설비의 설치와 관리 등에 관한 기준 (2021.04.18. 고시)	서울특별시
기술 지침	태양광 발전설비 설치에 관한 기술 지침 (2023.08.24. 고시)	한국산업안전보건공단

구성요소(안)

①설치 및 시공, ②설계, ③구조, ④안전, ⑤모듈/인버터,
⑥전기통신, ⑦모니터링, ⑧유지관리, ⑨고장진단

- (조사 문헌 종류) 건물형 태양광 발전 시스템 관련 국내외 특허, 연구보고서 및 논문, 기업 기술자료, KS·ISO·IEC 등의 기준 및 표준 자료를 활용

■ 건물형 태양광 발전 시스템 동향 조사 및 기술적 고려 사항 도출

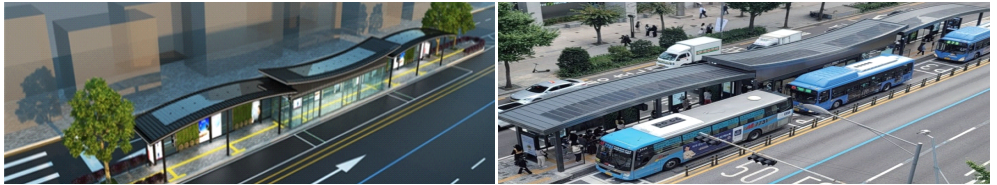
- 목적 : 건물형 태양광 발전 시스템의 최신 기술 변화 트렌드 파악 및 시사점을 제시하여, 설계 기준 수립에 반영할 수 있도록 기술적 고려사항을 도출
- 수행 방법
 - 건물형 태양광 발전 시스템의 구성 요소별 기술 및 특허 동향을 조사하고, 기준·표준 현황은 전체 구성요소를 대상으로 조사
 - 동향 조사 내용을 기반으로 각 구성 요소별 시사점을 도출하고, 이를 활용하여 설계 기준 수립에 필요한 기술적 고려사항을 도출

1) 설치 및 시공

[표 3-2] 설치 및 시공 조사 결과

구분	내용
기술	[프리패브 공법 적용] • BIPV 모듈의 Modular Coordination 기반 설계를 적용하여 단열·방수·태양광 모듈 일체형 유닛을 사전 제작하고, 규격화된 성능을 확보하고자 R&D 사업 추진 중 • Z-Bar 등 전용 고정 방식을 적용한 모듈형 구조 설계를 통해, 지붕·벽체와의 일체형 시공이 가능하도록 구현 • 모듈러 프리패브 설계를 통해 다양한 건축 유형에 유연하게 대응 가능한 접합 방식으로 현장 조립 효율성을 높이는 기술을 개발 [고밀도 배열 기술 적용] • 셀을 기왓장처럼 배열하는 ‘싱글드’ 기술을 적용해 BIPV 패널의 전력 효율을 높이고 도심형 고출력 태양광 패널을 구현 • 셀 전극을 후면에 배치한 고효율 백컨택셀 구조를 통해 열 집중을 줄이고 발전 효율과 외관 디자인을 동시에 확보한 BIPV 모듈 상용화 • 셀을 벽돌처럼 교차 배열하는 ‘매트릭스 싱글’ 구조를 개발하여, 다양한 음영 조건에서도 출력 저하를 최소화하고 고효율·고내구 태양광 모듈로의 적용 가능성을 확보
R&D	[프리패브 공법 적용] • ‘건축물 에너지 자립을 향상을 위한 프리패브 단열재 일체형 BIPV 유닛 시스템’의 개발을 위한 R&D 사업을 진행 중이며, 규격화된 품질을 안정적으로 확보하고자 노력 중 • 국내 건축 환경을 반영한 실물 모형(mock-up)을 구축하고, 전기·건축 성능 및 안전성 실증을 통해 접합 구조의 성능 평가와 표준화 기반 마련을 위한 R&D를 수행 중
특허	[프리패브 공법 적용] • 접합부 누수 방지 및 내구성 강화를 구현한 ‘프리패브 방식의 건물 일체형 태양광 발전 지붕 시스템’에 관련한 특허를 출원하여 모듈-구조체 간 간편한 체결을 위한 전용 부품 설계 및 체결 방식 개선에 노력 중 [고밀도 배열 기술 적용] • ‘고내구성 및 고경량의 싱글드 태양광 모듈 구조 및 제조 방법’ 특허를 출원하여 다양한 설치 환경에 적용 가능한 고경량·고내구 싱글드 구조를 통해 열 분산 특성을 강화하고 안정적인 전력 생산을 구현

[표 3-3] 설치 및 시공 관련 BIPV 기술 실제 적용 사례

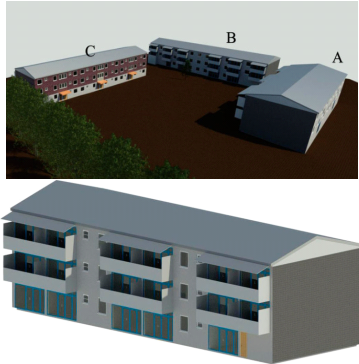
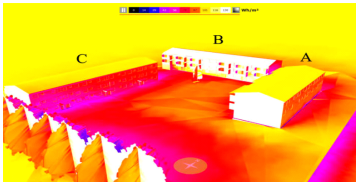
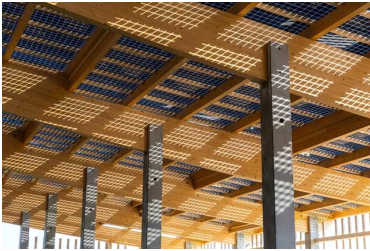
주요 내용	
(인천공항 제2터미널) 프리패브(prefabrication) 방식을 접목하여, 단열재, 방수층, 건물 일체형 태양광 모듈을 일체화한 고기능 외장 패널을 공장에서 사전 제작하고 이를 현장에 설치하는 공법이 적용	
	
(서울시 스마트 쉼터) 포스솔라를 이용한 지붕 및 벽체 마감재로 일체형 시공이 가능하고, 별도 구조물 없이도 운반과 시공이 간편하며 공사 기간 단축과 강풍에 대한 안전성까지 확보	
	
(Frefab FabZero 모듈러 주택) 고급 태양광 유리창(solar glazing)과 통합형 태양광 외장 패널(solar cladding panels)을 결합한 BIPV 모듈을 외벽 파사드에 사용하여 프리패브 모듈러 주택에 적용	
	
(캐나다 팬쇼 컬리지) 건물 외피에 일체형으로 통합 설치되어, 열부하 저감과 방수·기밀 성능을 유지하며 외관 변화 없이 전력을 생산하는 레인 스크린 방식의 BIPV 모듈 적용	
	
(Aktiv-Stadthaus) 외벽과 지붕 모두에 프리패브 형식의 BIPV 모듈을 적용하여, 연간 소비 전력보다 많은 전력을 생산함으로써 에너지 효율성을 극대화	
	

2) 설계

[표 3-4] 설계 조사 결과

구분	내용
기술	[BIM 기법 적용] - BIM 기반 BIPV 지붕 설계 기술 구축 및 산업 협업을 통한 디지털 설계 환경 및 기술의 기반을 강화하기 위한 기술을 개발 - BIPV 모듈 설치 전 설계 시 BIM 기반 사전 통합 분석을 통해 BIPV 모듈을 적용한 건물의 제로에너지 자립률 검토 방법 제시 - 지역 BIPV 유리 제조사와 건축사무소가 협력하여 BIM 기반 스카이라이트용 반투명 BIPV 시스템 설계 기술을 개발하고, 적용을 위한 기술적 표준과 설계 도구를 고도화 중
	[BIM 기법 적용] - 출력, 전압, 중량, 컬러 등 BIPV 정보를 IFC 형식으로 변환하고, 모듈별 실측 데이터를 기반으로 BIM 간 호환성과 정보 정합성을 강화하고자 R&D 사업 진행 중 [PIM 기법 적용] - 맞춤형 건축설계 지원을 위한 'PIM 알고리즘 개발 및 개방형 라이브러리 구축'에 대한 R&D 사업 진행 중
특허	[BIM 기법 적용] 데이터 기반의 'BIM 기반 BIPV 지능형 설계 및 최적화 플랫폼 제어 시스템' 특허를 출원하여, 실시간 데이터 수집·분석·평가·피드백을 통해 설계의 효율성과 적정성을 검토하고 개선할 수 있는 체계를 마련

[표 3-5] 설계 관련 BIPV 기술 실제 적용 사례

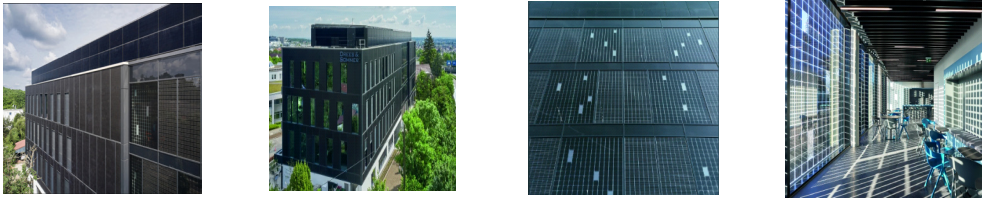
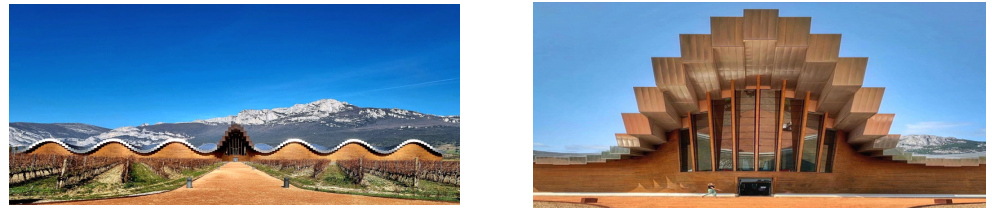
주요 내용	
(루드비카 실증 건물) BIM을 활용해 건물의 구조와 에너지 흐름을 시뮬레이션함으로써 에너지 성능과 효율을 면밀히 분석하고, 이를 기반으로 BIPV 시스템의 효율성을 극대화	 
	
(서산 Mock-up 시험동) Mock-up에서 수집되는 실제 발전량과 설치 지역의 위도, 경도 조건 및 기상데이터에 근거한 환경조건을 기반으로 BIPV 모듈의 발전량 산출 및 비교분석 가능한 BIM 시스템을 적용	 
(BIM4BIPV 프로젝트) BIPV를 유리 파사드, 지붕, 차양 요소 등에 적용하고, BIM을 활용하여 설계부터 시뮬레이션, 생산, 시설 관리에 이르기까지 전 과정을 통합적으로 관리할 수 있도록 구성	 

3) 구조

[표 3-6] 구조 조사 결과

구분	내용
기술	- 공동주택 에어컨 실외기실 루버에 태양광 모듈이 일체화된 내장형 BIPV 제품인 '솔라시스템 루버'를 개발 - 독일 OWP 12 프로젝트에서 외벽 전면에 32종의 BIPV 모듈을 건축 디자인 요소로 통합하여, 곡면·모서리 영역까지 일체형 설계 방식 적용
R&D	- 건축 외장재 기능과 태양광 발전 기능을 융합한 고기능성 컬러 BIPV 시스템을 개발하여 제로에너지건축 대응 및 분산 전원 시장 확대 기반하고자 '건물 외벽형 BIPV 통합 솔루션 시스템' R&D 사업 진행 중 - 열교 저감 파스너, 방수·난연 필름, 곡면 적용 기술 등을 통해 외피 기능과 발전 성능을 동시에 만족하는 '태양광 패널이 부착된 실외기실 알루미늄 시스템 루버 창호' 개발을 위한 R&D 사업을 수행 중 - 컬러 BIPV 모듈, 곡면·클립형 구조, 난연 소재 등을 통합한 외장형 고기능성 BIPV 시스템을 개발하여 제로에너지건축 대응 및 기능성 외피 시장 확대를 위한 R&D 사업 수행 중
특허	- 구조적 강성과 내구성으로 설치성 및 수명을 개선한 '제로프레임을 이용한 발전 효율, 시공성 및 내구성이 개선된 건물일체형 태양광발전장치' 특허를 출원 - 자외선에 따라 투과도가 자동으로 조절되는 액정층과 태양전지를 결합한 '광 반응 스마트 윈도우' 특허를 등록

[표 3-7] 구조 관련 BIPV 기술 실제 적용 사례

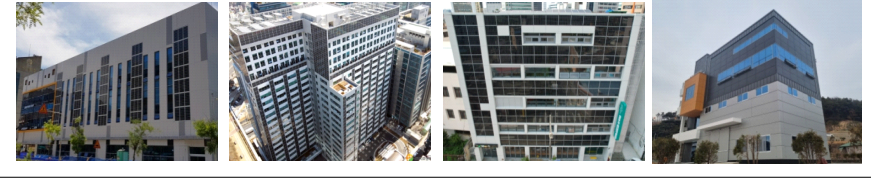
주요 내용	
(서울 북아현3구역 재개발 단지, 서울 은평구 GS건설 신축 아파트) 각 인버터가 독립적으로 작동하여 시스템 전압을 안정적으로 유지하며, 문제가 발생하면 빠르게 전력을 차단	
	
(Drees & Sommer) USC 65 일체형 파사드 시리즈의 단열재 및 커플링 시스템과 AWS 75 알루미늄 창호 구조를 기반으로 한 내부 디자인 적용과 함께, 32가지 형태의 태양광 유닛을 창문, 외부, 모서리 등 다양한 건축 디자인 요소로 활용	
	
(Iturralde Winery) 비정질 실리콘 태양광 모듈(총 200㎡)을 BIPV 지붕에 통합하였으며, 이를 통해 연간 16,400kWh의 전력을 생산하는 총 21kW 규모의 시스템을 구축	
	
(Fujisawa Sustainable Smart Town) 페로브스카이트로 제작된 창문형 프로토타입을 적용함으로써, 태양광 발전을 통해 각 가구의 에너지 자립률 100% 달성 기대	
	

4) 안전

[표 3-8] 안전 조사 결과

구분	내용
기술	85℃/85% 조건에서 1,000시간 작동 후에도 초기효율의 85% 이상을 유지하는 페로브스카이트 태양전지를 개발하며, 고온다습 조건에서도 안정적 성능을 확보 - 자가치유 패시베이터를 적용하여 1,000시간 이상 작동 가능한 고온다습 대응형 태양전지를 제시 - 외단열시스템(ETICS)에 태양광 모듈을 통합한 'PV-ETICS' 시스템을 개발하여, 장기간의 열 성능 및 결로 방지 특성을 실험적으로 분석 - 모듈 내부에서 화재가 발생시 자동으로 소화 물질이 작동하는 방화 기능 탑재 태양광 모듈 개발 - 알루미늄 허니컴 코어를 적용한 비점화 구조의 BIPV를 설계해 국제 방화 테스트를 통과함으로써, 고층 건물 설치가 가능하고 방화 기능이 강화된 BIPV 패널을 개발 - 불연성 금속 패넌과 이중 유리 구조를 활용해 연소율을 낮추는 고화재 저항성 BIPV를 개발 - 포스맥 강판을 적용해 내화성을 확보한 GtoS 모듈이 KS F 8414 실물화재 시험을 통과
R&D	'25년 이상 신뢰성과 안전성이 확보된 건물형 태양광 핵심 소재 개발' R&D를 통해, 고내후성 필름과 고출력 모듈 공정을 적용한 화재·전기 안전성 강화형 BIPV 제품 상용화 추진 중 - G2G 구조 및 난연 자재 기반의 내화 BIPV 시스템 개발과 평가 기준·시험법 정립을 병행하고자 '건물형 태양광 모듈 내화 성능 표준모델 개발 및 평가' R&D 사업 진행 중 'BIPV 화재 안전성 평가용 보급형 실증 장비 사업화' R&D를 통해, 실규모 반응 평가 장비 및 유해가스 분석 기술 기반의 화재 안전성 검증 체계 구축 추진 중
특허	- 바이패스 다이오드 고장 시 발생하는 과열 문제를 써멀퓨즈가 차단하는 '화재 예방 기능 및 고장 진단 기능을 갖는 태양광 발전 장치' 특허를 출원 - 건물 외벽에 장착 가능한 내화성과 냉각 기능을 갖춘 '내화구조 및 발전 효율 향상된 건물 일체형 태양광 발전 시스템' 특허를 출원

[표 3-9] 안전 관련 BIPV 기술 실제 적용 사례

주요 내용	
(한국에너지기술연구원) 고온과 외부 충격에 강해 건물의 내열성과 안전성을 확보할 수 있도록 반강화유리를 활용한 BIPV를 실제 건축물 외장재로 활용	
(세라믹 생산 시설) 고온 환경에서도 효율적인 열 관리를 위해, 고전력 밀도 반도체와 고효율 열교환기를 활용한 이중 열 순환 시스템을 적용하였으며, 이를 통해 52°C의 고온에서도 성능 저하 없이 안정적으로 작동 가능	
(녹색교통복지관, 에이스포휴 가산 지식산업센터, 전주 미소식당, 현우이엔씨 신가옥) 모듈 뒷면에 백시트(Back Sheet)를 적용하여 발전 효율을 향상시키고, GtoB 방식의 방호 및 화재 예방 기능을 탑재한 기능성 태양광 모듈을 적용	
(Indira Paryavaran Bhawan) 고온다습한 인도 기후에 대응하기 위한 고반사율 테라스 타일을 적용시켜 방화 성능이 강화된 BIPV 모듈을 통해 열 유입을 최소화	
(국민건강보험공단, 서울 서부경찰서, 코스트코(COSTCO), 대구예아람학교) 모듈 후면 중공층에 화재 확산 방지 구조를 적용해 화염 전파를 억제하는 기술이 도입되었으며, 이를 통해 방재 성능 및 BIPV 내화 구조 인증을 확보	

5) 모듈/인버터

[표 3-10] 모듈/인버터 조사 결과

구분	내용
기술	[모듈] - n형 TOPCon 기술을 적용해 25%대 고효율과 낮은 열화율을 구현하며 상용화 경쟁을 가속화 - 실리콘/페로브스카이트 탠덤 구조로 30~47%대 효율을 기록해 차세대 초고효율 태양전지 기술 선도 - 실리콘에 미세구멍을 조밀하게 뚫어 유연성을 지닌 투명 태양전지를 개발 - 고효율 단결정 셀을 초경량 복합소재로 구현한 곡면 적용형 BIPV 모듈을 개발 - 머리카락보다 얇은 초경량 태양전지판 통해 지붕 및 곡면 외장재에 적합한 경량성 지닌 태양전지 확보 - 기존 태양광 모듈의 제한점을 보완한 제로에너지건축물 적용 가능 컬러 BIPV 모듈 개발 [인버터] - GMPP·FPPT 추종 기능을 무센서 방식으로 구현한 스마트 인버터를 개발하여, 설치 편의성과 실시간 발전 최적화를 실현 - 모듈 단위 교체가 가능한 탈부착형 마이크로 인버터와 이를 내장한 패널 에레이 기술을 특허화하여 유지보수 편의성을 극대화
	[모듈] - 심미성과 장수명 기능을 결합한 '컬러 BIPV 적용을 위한 고투광, 고내구성, 다색상 코팅 소재 및 공정 기술' 확보를 위한 R&D 사업을 진행 중 - CIGS와 페로브스카이트를 결합한 유연한 이중 접합 구조를 통해, 곡면 적용이 가능한 30%대 초고효율 BIPV 기술을 위한 R&D 사업 진행 중 [인버터] - 고출력 확장형 전력변환장치와 음영 대응 제어 기술을 기반으로 ZEB 연계 실증을 통해 실용성과 전력 안정성 확보 기술을 검증 중
특허	[모듈] - 태양광 셀의 과열을 방지하고, 발생 열을 CHP 시스템으로 전달해 온수 등으로 재활용해 효율을 극대화한 '태양광 전지용 고효율 방열 장치 및 열병합 발전 시스템' 특허 출원 - 색상층의 탈부착이 가능한 '태양광 컬러 모듈 및 색상 조절 가능 태양광 모듈' 특허를 출원 [인버터] - 나사 결합 방식으로 고정 및 분리가 용이한 '태양광 발전용 탈부착식 마이크로 인버터 및 탈부착식 마이크로 인버터 일체형 태양전지 패널 에레이' 특허를 출원

[표 3-11] 모듈/인버터 관련 BIPV 기술 실제 적용 사례

주요 내용
(녹색교통문화회관, 한국에너지공단, 해운대 우체국) 건축물의 창호, 벽면, 발코니, 지붕재 등 외피 자재를 실리콘 결정질 기반 태양광 모듈로 대체함으로써, 20% 이상의 발전 효율을 구현하며 안정적인 전력 생산이 가능

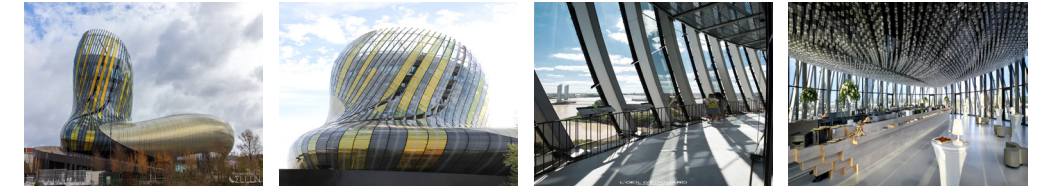
(PV Building Ekoviikki) 얇고 가벼운 특성을 지닌 페로브스카이트 소재를 활용한 BIPV 모듈을 발코니에 적용해 채광성을 유지하면서도 전기요금 절감에 기여

(Fujisawa Sustainable Smart Town) 페로브스카이트로 제작된 창문형 프로토타입을 적용함으로써 태양광발전을 통해 각 가구의 에너지 자립률 100% 달성 기대

(포즈난 지역의 BIPV 적용 단독 주택) 페로브스카이트 기반 BIPV를 적용한 주택은 4인 가족 기준의 연간 전력 수요를 충분히 충당할 수 있으며, 높은 가시광선 투과율로 자연채광과 일조권 확보에도 효과


주요 내용
(하웨이 인버터 및 BIPV 적용 가정) 높은 발전 효율, 유지보수가 간편한 인버터 및 BIPV 패널을 적용하여 동일 면적 대비 출력 향상과 유지관리 부담 감소를 동시에 실현

(롯데월드타워, 대구엑스포, 동대문 디자인플라자, 송파 KT타워) 블랙 컬러의 PSW (Premium Solar Wall), 다양한 색상을 적용한 CSW(Color Solar Wall), 야간 경관조명 기능이 추가된 CSW-LED, 일반 셀 대신 미관이 우수한 IBC 셀 사용

(La Cité du Vin) 실크스크린 유리과 펄감 라커 알루미늄 패널을 활용해 빛에 따라 색상이 변하는 외관을 구현하였으며, BIPV 시스템을 통해 에너지 수요의 약 70%를 재생에너지로 활용하는 기술을 적용

(INTEGER 밀레니엄 하우스) 주황색 박막 태양전지를 유리 기반 위에 반투명으로 증착한 일체형 구조로 구성하여, 일반 태양광 패널보다 다양한 각도에서도 높은 효율로 작동하고, 낮은 일사량 환경에서도 안정적인 발전이 가능

(San Antón market) 20% 투명도의 비정질 실리콘 태양광 유리 모듈과 12mm 공기층의 이중 유리 구조를 적용한 BIPV 시스템으로, 우수한 단열·방음 성능과 함께 자연광 유입과 전력 생산의 균형을 실현하여 미관을 해치지 않으며, 자연 채광과 전력 생산을 동시에 구현

주요 내용



- (CSIRO 에너지 연구소) 스크린 인쇄 방식의 DSSC(염료감응형 태양전지) 기반 태양광 장치는 약 60%의 투광율과 9.2%의 광변환 효율을 갖춘 모듈을 창호에 적용하여 자연광 확보와 전력 생산을 동시에 실현하는 솔루션으로 활용

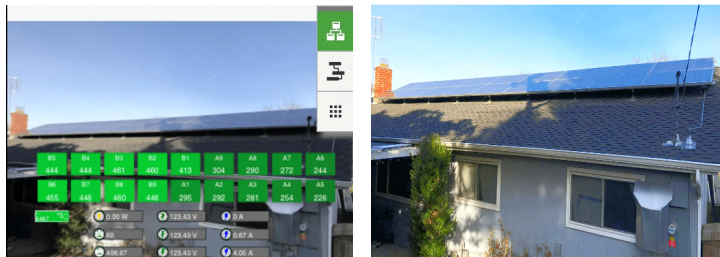


6) 전기통신

[표 3-12] 전기통신 조사 결과

구분	내용
기술	• 무선 또는 전력선 기반 통신 기술을 통해 모듈 간 불일치로 인한 전력 손실을 줄이고, 파워 옵티마이저로 음영 영향을 최소화 • DC/DC 컨버터 기반 모듈 단위 옵티마이저로 MPPT 기능을 수행하고, 평균 2.8배 효율 향상을 달성한 옵티마이저 기술을 개발 • DC 아크의 실시간 진단 · 검출 · 차단 기능을 갖춘 BIPV 시스템을 개발하여, UL 1699B 및 IEC 63027 등 국제 안전 기준을 만족 • 머신러닝 기반 DC 아크 검출 기술을 개발하여 95% 이상의 정확도로 아크 발생을 실시간 판별하고, 전체 시스템 차단 없이 부분 대응 가능
R&D	• MLPE 기반 파워 옵티마이저와 긴급 차단 기능, 디지털 트윈 기반의 실시간 모니터링 및 고장 진단 기술 관련 R&D 사업이 개발 중
특허	• 태양 고도각에 따라 회전하는 입체형 BIPV 모듈을 개발해 음영 문제를 줄이고 발전 효율을 향상시키는 '입체형 태양전지 모듈을 이용하는 고효율 추적식 BIPV 시스템' 특허를 등록 • 그룹화된 태양광 장치 간 발전량 추이 분석을 통해 개별 장치의 상태를 진단 하는 '발전량 추이 분석을 통한 태양광 발전량 진단 장치' 특허를 등록

[표 3-13] 전기통신 관련 BIPV 기술 실제 적용 사례

주요 내용	
(캘리포니아주의 랭커스터 지역의 비즈니스 파크, 침례교회) 캘리포니아의 상업용 건물들에서 머신러닝 기반 DC 아크 결함 검출 기술 적용하여 검출 정확도 95% 이상 달성, 전체 시스템 차단 없이 부분 회로 대응이 가능	
	
(샌호세 단독주택) 기존 지붕형 태양광 시스템에 MLPE 기반의 Tigo TS4-A-O 옵티마이저를 적용하여 모듈 단위 전력 최적화 및 모니터링 기능을 강화하고, Rapid Shutdown 기능을 통해 화재 대응 안전성을 확보	
	
(Mitrex 산업용 외장벽 건물) 캐나다 토론토의 산업용 건물 외벽에 색상·형태 맞춤형 BIPV 모듈과 Tigo 옵티마이저가 통합된 시스템을 적용하여 외관 디자인과 발전 기능을 동시에 구현하고, SMA 인버터와 연계하여 고정밀 에너지 모니터링을 실현	
	

7) 모니터링

[표 3-14] 모니터링 조사 결과

구분	내용
기술	- 박스 내 지능형 센서를 통해 발전 전력량 및 온도 데이터를 실시간 전송하고, 빅데이터 알고리즘으로 이상 여부를 판단하는 스마트 모니터링 기술을 개발 - IoT 센서와 웹 기반 애플리케이션을 연동해 전압, 전류, 일사량 등 데이터를 실시간으로 수집 및 시각화하는 BIPV 모니터링 시스템을 구축 - 허니컴 구조 BIPV 모듈에 전류센서 기반 인버터 고장 진단 임베디드 시스템을 탑재해 실시간 모니터링 및 유지관리 효율을 강화 - DC 아크의 실시간 진단·검출·차단 기능을 갖춘 BIPV 시스템을 개발하여, UL 1699B 및 IEC 63027 등 국제 안전 기준을 만족 - 머신러닝 기반 DC 아크 검출 기술을 개발하여 95% 이상의 정확도로 아크 발생을 실시간 판별하고, 전체 시스템 차단 없이 부분 대응 가능 - IoT 디바이스 및 클라우드 기반의 고해상도 데이터 수집·분석을 통해 실시간 상태 모니터링, 고장 진단, 수명 예측이 가능한 디지털 트윈 플랫폼을 구축
R&D	- 천리안 위성을 활용한 일사량 추정과 Spectroradiometer 실측값을 머신러닝과 결합해 발전량 예측 및 도심 분산 전원의 변동성 사전 대응 기술을 위한 R&D 사업 개발 중 - 허니컴 구조를 적용하여 구조적 안전성과 방열구조를 확보한 외벽용 BIPV 모듈과 스마트 모니터링 시스템' 개발을 위한 R&D 사업을 진행 중
특허	- 온도 상승 및 기상 변화에 따라 자동 환기 기능이 작동하고, 터치식 스마트 모니터링으로 실시간 환경 제어가 가능한 BIPV 특허를 출원 - 증강현실 기반으로 모듈 상태 정보를 제공하고, MPPT를 통한 발전 최적 제어가 가능한 개별 모듈 제어 시스템을 특허 등록

[표 3-15] 모니터링 관련 BIPV 기술 실제 적용 사례

주요 내용	
(서울에너지드림센터) 건물형 BIPV 전면 설치 후, EMS(에너지관리시스템)와 연동하여 실시간 발전량, 온도, 효율 등을 모니터링하고, 시각화 시스템을 통해 이상 진단 및 유지보수 관리에 활용	 
(NREL Energy Systems Integration Facility) BIPV 모듈 단위로 전류 · 전압 · 온도 데이터를 수집하고, 클라우드 기반 분석 플랫폼을 통해 고장 예측 및 에너지 흐름 최적화를 실현	 
(Fraunhofer ISE 본관 건물) BIPV 모듈에 부착된 온도 및 전압 센서를 통해 개별 모듈 상태를 실시간으로 수집하고, AI 기반 진단 알고리즘을 통해 열화 및 고장 가능성을 조기 탐지	 
(도쿄 Kogakuin University 건물) 창호형 BIPV 유리 패널에 센서 내장형 모듈을 적용하여, 일사량 · 발전량 · 온도 정보를 실시간으로 수집하고, 데이터 기반 모듈별 성능 비교 및 유지보수 계획 수립에 활용	 

8) 유지관리

[표 3-16] 유지관리 조사 결과

구분	내용
기술	- IoT기능을 탑재해 자가 진단 모드, 발전량 예측 기능 및 BEMS와도 연동되는 자동개폐식 루버 시스템을 도입하여 개발 - 각 모듈이 개별 운전 상태를 유지하며 최대 전력을 생산하는 스마트에너지 관리시스템을 개발 - 허니컴 구조 BIPV 모듈에 전류센서 기반 인버터 고장 진단 임베디드 시스템을 탑재해 실시간 모니터링 및 유지관리 효율을 강화 - 드론 기반 열화상 및 가시광 이미지 수집과 YOLOv3 기반 AI 분석을 통해 핫스팟, 오염, 탈락 등 결함을 자동 검출 - 누전 · 절연 파괴 등을 조기 감지할 수 있는 BIPV 사고 예방 기술을 개발하여 신기술(NET) 인증을 획득
R&D	- 전기 화재 예방 및 에너지 이용률 향상을 위한 태양광 원격 운영 · 관리 시스템 개발 위한 R&D 사업을 수행 중 - AI 기반 영상 인식 및 발전 추이 분석 기술을 통해 고장 진단이 가능한 지능형 안전 관리 시스템 관련 R&D 사업 진행 중
특허	- QR 기반 작업자 현장 인식 정확도 및 점검 효율성을 향상시키는 'QR 코드를 이용한 위치기반의 태양광 발전시스템 운영유지보수 시스템 및 방법'에 대한 특허를 출원 - 금속 지붕과 광기전력(PV) 스테이션의 통합 운영을 위한 'BIPV 지능형 옥상 및 태양광 발전소 모니터링 및 운영 및 유지보수 시스템' 관련 특허를 출원

[표 3-17] 유지관리 관련 BIPV 기술 실제 적용 사례

주요 내용

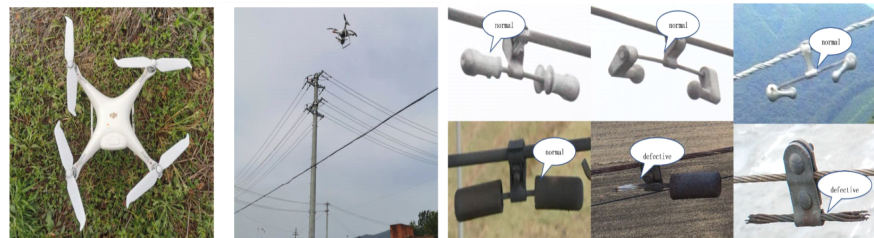
- (썬플로르) IoT기능을 탑재해 자가 진단 모드, 발전량 예측 기능 및 BEMS(Building Energy Management system)와도 연동되는 자동개폐식 루버 시스템을 적용



- (세종시 스마트시티 프로젝트) 외장재 일체형 BIPV를 도입하여 스마트 에너지 관리 시스템과 연동함으로써 효율적인 에너지 관리가 가능



- (BC-YOLO 기반 결함 감지 드론) BIPV 시스템을 비행 촬영하며 열화상 및 가시광 이미지를 수집하고, YOLOv3 기반 AI 분석을 통해 핫스팟, 오염, 탈락 등 주요 결함을 자동으로 감지



9) 고장진단

[표 3-18] 고장진단 조사 결과

구분	내용
기술	[AI 기반 원인 분석 진단] • I-V 곡선 데이터와 AI 모델을 결합해 태양광 패널의 오염 · 성능 저하를 95% 이상의 정확도로 분석 및 판단이 가능한 인공지능(AI) 태양광 발전 설비 고장 진단 기술을 개발 [설비 내장형 실시간 진단] • 태양광 모듈에 센서를 내장해 이상 징후를 실시간으로 감지하고, 누전 · Hotspot 발생 시 중앙 시스템에 자동 경고를 발송하는 시스템을 개발
R&D	[AI 기반 원인 분석 진단] • AI 기반 영상 인식 및 발전 추이 분석 기술을 통해 고장 진단이 가능한 지능형 안전 관리 시스템 관련 R&D 사업 진행 중 • 패널 단위 전력 데이터를 실시간 계측 · 분석하고, Mesh 통신과 AI 기반 이상 진단 알고리즘을 적용한 통합 전기 · 통신 관리 시스템의 R&D 사업이 진행 중
특허	[AI 기반 원인 분석 진단] • 과거 발전량 데이터를 머신러닝으로 학습해 유사 장치 간 성능을 비교 분석, 고장 여부를 실시간 판단하는 IoT 기반 진단 시스템을 특허 출원

[표 3-19] 고장진단 관련 BIPV 기술 실제 적용 사례

주요 내용

- (Stabile Piazzetta - SUPSI 캠퍼스 건물) BIPV 시스템의 안전성과 내구성 확보를 위해, 외부 장비 없이도 실시간으로 데이터를 수집하고, 이상 징후를 감지할 수 있는 모듈 단위 진단 시스템을 실증 건물에 적용



- (베를린 BIPV Living Lab 건물) 외피형 BIPV를 적용한 실증건물에서 모듈별 발전량 패턴을 장기 수집하고, 일사량 기반 이상 프로파일 분석을 통해 음영, 오염, 출력 저하 등의 고장을 자동 판별하는 FDDA(Fault Detection and Diagnosis Algorithm) 적용



IV 자문위원단 운영 및 주요 결과

LHRI Practical Report

Key Point

- 공동주택 BIPV 적용을 위해 설계-시공-감리-유지관리 단계별 기준 체계 구축이 필요하며, BIPV의 특성을 고려하여 건축과 전기 분야의 역할 분담 및 협업 체계 마련이 필요함
- 화재 및 전기 안전을 고려한 능동적 안전 관리 및 모니터링 시스템 구축과 제품 인증 체계 개선을 통해 BIPV 적용 과정에서 발생하는 비용과 시간 부담을 완화할 필요있음
- 행정 절차 및 산업 구조 개선을 통해 공동주택 BIPV 적용을 위한 제도적 기반 마련이 필요함
- 설계 지원 도구 및 데이터 관리 체계를 구축하여 BIPV 설계 및 운영 효율성을 높일 필요가 있음

1 자문위원단 구성 및 운영 체계

1) 자문위원단 구성

- 전문가 자문위원단을 운영함으로써 참여한 분야별 전문가들의 자문을 기반으로 공동주택 BIPV 기준 수립 방향성 정립에 활용하고자 함
- 자문위원단은 대학, 설계사무소, 연구기관, 시험기관, 유관기관 등으로 구성되었으며, 기술적 전문성과 현장 적용성을 동시에 확보할 수 있도록 설계됨

[표 4-1] 자문위원단 구성

구분	구성 내용	정책적 의미
인원 구성	LHRI 연구진 LH 설계기준 주관 부서 실무진 분과별 4인 내외	다분야 균형 구성
참여 기관	대학, 설계사무소, 연구기관, 시험기관, 유관기관	학술·실무·제도 대표성 확보
전문 분야	건축 / 전기·기술 / 구조·소방·유지관리	BIPV 복합 성격 반영
운영 방식	3개 분과 운영 후 통합회의	분야 간 충돌 조정 구조 확보

○ 위원단은 다음과 같이 3개 분과로 분류하여 운영함

- 분과 1(건축분과) : 공동주택 계획·입면·조경·디자인·방위 조건 등 건축적 요소 검토
- 분과 2(기술분과) : 전기·통신·기계 등 발전 시스템 및 계통 연계 기술 검토
- 분과 3(안전 및 유지관리 분과) : 구조 안전, 화재 안전, 고장 진단 및 유지관리 체계 검토

[표 4-2] 분야별 구성(안)

분과	전문 분야
건축	건축계획/설계 등
기술	전기/통신/기계 기술 등
안전 및 유지관리	안전(구조/소방), 고장진단 및 유지보수 등

○ 분과별 심층 논의를 통해 분야별 핵심 쟁점을 도출한 후, 통합회의를 통해 중복·충돌 요소를 조정하고 설계기준 수립을 위한 로드맵 범위를 정립함

2) 자문위원단 운영 체계

- 1차 회의에서는 공동주택 BIPV 적용 시 고려해야 할 설계·시공·유지관리·화재안전 요소를 폭넓게 도출하는 데 중점을 두었으며, 각 분과별로 분야 특성에 맞는 리스크 요인을 정리함
- 1차 회의 이후 자문위원을 대상으로 설문조사를 병행 실시하여, 도출된 항목에 대한 중요도 및 우선순위를 계량적으로 분석하였다.
- 2차 회의에서는 1차 회의 및 설문조사 결과를 바탕으로 설계기준 수립 시 필수 고려사항을 구조화하고, 단기·중기·장기 단계 구분 필요성에 대한 공감대를 형성
- 자문 의견은 분과별로 정리한 후, 안전·표준화·역할 구조·운영 체계·제도 개선의 5대 핵심 쟁점으로 구조화하였으며, 이는 제4장에서 종합 분석

[표 4-3] 자문위원단 위원회 운영 방식 및 목적

위원회	운영 방식	주요 목적	결과
1차	분과별 개별 회의	설계·시공·안전 요소 폭넓게 도출	리스크 및 공백 항목 도출
설문	위원 대상 중요도 평가	우선순위 계량화	설계 단계 핵심 요소 정렬
2차	통합회의	과제 방향성 정리	단계별 접근 전략 필요성 형성 5대 핵심 쟁점 구조화

[표 4-4] 자문위원단 분과별 주요 내용

분과	주요 검토 영역	도출 쟁점과의 연계
건축분과	입면·평면 계획, 방위, 조경, 심미성, 외피 디테일	설계 표준화, 역할 구조
기술분과	모듈 구성, 계통 연계, 인버터, 배선, 모니터링	전기 안전, 표준화
안전·유지관리 분과	구조 안전, 화재 안전, 고장 진단, 유지관리 체계	화재 기준, 유지관리 체계

- 1차 회의에서는 공동주택 BIPV 적용 시 예상되는 주요 리스크와 설계 공백 요소를 도출하는 데 중점을 두었음
- 1차 회의 후 자문단 대상으로 설문조사도 수행
- 2차 회의에서는 설계기준 수립 시 필수 고려사항을 정리하고, 우선순위 도출하며, 단계별 추진 방향에 대한 의견을 수렴함
- 자문 의견은 분야별로 정리하여 핵심 쟁점과 정책적 시사점을 도출함

2 자문위원단 주요 결과

1) 분과회의 결과

■ 건축분과

○ BIPV 설계·시공 가이드라인 및 표준모델 구축 필요

- 건축분과 전문가들은 공동주택에 BIPV를 적용하기 위해 설계·시공 기준과 표준모델 마련이 시급하다는 의견을 공통적으로 제시함
- 특히 공동주택의 지붕, 외벽, 발코니 등 설치 유형별 설계 방식과 구조·시공 상세 기준을 체계화할 필요가 있으며, 화재 확산 방지, 전기적 안전, 부속자재 성능 등 다양한 기술 요소를 반영한 통합 가이드라인 구축이 필요하다는 의견이 제시됨
- 또한 BIPV의 보급 확대를 위해 설계 기준과 표준 시방을 조기에 마련하여 시장 혼선을 최소화해야 한다는 의견도 제시됨

○ 공동주택 입면 및 단지계획과 연계된 건축적 설계 고려

- BIPV는 건축 외피의 일부로 적용되는 특성상 단지 배치, 입면 디자인, 경관, 심미성 등을 종합적으로 고려한 계획 기술이 필요하다는 의견강조됨
- 특히 공동주택 설계에서는 건축가의 의사결정 비중이 크므로 심미성·에너지성능·경제성을 동시에 고려한 건축가 친화적 설계 방법이 필요하다는 의견이 제시됨
- 또한 공동주택의 디자인과 경관을 훼손하지 않도록 입면 디자인

표준화와 도시경관과의 조화에 대한 검토가 필요하다는 의견도 제기됨

○ BIPV 설계 지원을 위한 분석·설계 도구 필요

- 현재 설계 단계에서 활용 가능한 에너지 해석 및 설계 도구가 BIPV 설계에 충분히 대응하지 못한다는 문제가 제기됨
- 특히 음영 분석, 에너지 성능 평가, 디자인 시각화 등을 동시에 수행할 수 있는 BIPV 전용 설계 지원 도구 개발이 필요하며, 이를 통해 건축가, 컨설턴트, PV 엔지니어 등이 설계 초기 단계에서 효율적으로 BIPV 계획을 수립할 수 있도록 지원해야 한다는 의견이 제시됨

○ BIPV 적용 방식 및 건축적 활용 전략 검토

- 일부 전문가들은 공동주택의 경제성과 효율성을 고려할 때 BAPV와 BIPV의 적절한 조합 전략이 필요하다는 의견을 제시함
- 특히 옥상 및 측벽 등에는 BAPV를 활용하고, 외벽 일부에는 BIPV를 적용하는 방식 등 건물 유형과 에너지 목표에 따른 적용 전략을 마련할 필요가 있다는 의견이 제시됨
- 또한 커튼월 형태의 외벽에 컬러 BIPV를 적용하는 방안 등 건축적 활용 가능성도 제시됨

○ 제도적 지원 및 안전관리 체계 필요

- BIPV 보급 확대를 위해서는 기술적 기준뿐만 아니라 제도적 지원과 안전관리 체계 구축이 필요하다는 의견이 제시됨
- 특히 컬러 BIPV 인증 절차 개선, 설치 활성화를 위한 인센티브 제공, 전기적 결함 및 화재 예방을 위한 안전 기준 강화 등이 필요하다는 의견이 제시됨

○ 건축분과 의견 핵심 특징

- BIPV 설계·시공 기준 및 표준 가이드라인 구축 필요성이 가장 핵심적인 과제로 제시됨
- 공동주택 디자인·경관과 조화를 이루는 건축적 접근이 중요하게 강조됨
- 설계 초기 단계에서 활용 가능한 BIPV 전용 설계·분석 도구 개발 필요성이 제기됨
- 공동주택 적용 시 BIPV와 BAPV의 전략적 활용이 필요하다는 의견 제시
- 인증·안전·인센티브 등 제도적 기반 마련이 필요하다는 의견이 제시됨

[표 4-5] 건축분과 자문의견 핵심 이슈 요약

구분	주요 내용	의미
BIPV 설계·시공 기준	지붕, 입면, 발코니 등 설치 유형별 설계 및 시공 기준 필요	공동주택 적용을 위한 체계적 설계·시공 기준 마련 필요
건축 디자인 및 심미성	단지 배치, 입면 디자인, 경관을 고려한 BIPV 계획 필요	건축 외피로서 BIPV 적용 확대 및 디자인 품질 확보
설계 지원 도구	음영 분석, 에너지 성능 평가, 시각화 기능을 포함한 설계 도구 필요	건축가 중심의 BIPV 계획 및 설계 지원 필요
BIPV 적용 전략	BIPV와 BAPV의 조합 및 적용 방식 검토 필요	공동주택의 경제성과 에너지 성능을 고려한 적용 전략 마련
제도 및 정책 지원	인증, 인센티브 등 정책 지원 필요	초기 시장 활성화 및 공동주택 적용 확대 기반 마련

■ 기술분과

○ BIPV 설계·시공 및 운영 전주기 기준 마련 필요

- 기술분과 전문가들은 BIPV 시스템을 설계-시공-운영-유지관리까지 포함하는 전주기 관리 체계로 접근할 필요가 있다는 의견을 제시함
- 특히 BIPV의 제작, 성능평가, 설치, 검사, 유지관리 등 전체 생애 주기를 포괄하는 기술 가이드라인 마련이 필요하며, 설계 및 시공 표준화와 함께 시공 후 관리 기준까지 포함된 통합 기술 기준 체계 구축이 필요하다는 의견이 제시됨

○ BIPV 제품 인증 및 시험·검증 체계 구축 필요

- 공동주택 사업의 장기적인 사업 기간 특성상 제품 인증 유효기간 문제와 성능 검증 체계의 필요성이 중요한 기술 이슈로 제기됨
- 특히 설계 단계에서 지정된 제품이 공사 단계에서 인증이 만료되는 경우가 발생할 수 있어 제품 인증 관리 및 대체 제품 적용 기준 마련이 필요하다는 의견이 제시됨
- 또한 시공 전 제품 시험 및 성능 검증 체계를 마련하여 설치 전 단계에서 품질을 확보할 필요가 있다는 의견이 제기됨

○ 발전 성능 확보를 위한 설계 기준 필요

- 기술분과에서는 BIPV 설계 시 발전 성능 확보를 위한 기술적 설계 기준 마련 필요성이 강조됨
- 특히 입면 설치형 BIPV의 경우 태양 고도와 음영 조건에 따라 발전 효율이 저하될 수 있으므로 MPPT 범위 설정, 배면 환기 구조, 모듈 설치 조건 등 발전 성능에 영향을 미치는 설계 요소에 대한 기준 정립이 필요하다는 의견이 제시됨
- 또한 공동주택의 에너지 목표를 고려하여 옥상 설치 이후 외벽 BIPV 적용 시 필요한 발전 용량 산정 기준을 마련할 필요가 있다는 의견이 제기됨

○ 에너지 운영 및 건물 시스템 연계 필요

- BIPV 시스템의 운영 효율성을 확보하기 위해 건물 에너지 관리 시스템(BEMS)과의 연계 및 전력 운영 전략 마련 필요성이 제기됨

- 특히 공동주택에서 발생하는 잉여 전력의 활용 방안, 스마트 미터링 적용 여부 등 에너지 관리 체계와의 통합 운영 전략 마련이 필요하다는 의견이 제시됨

○ 유지관리 및 운영 관리 체계 필요

- BIPV 시스템의 안정적인 운영을 위해 유지관리 기준 및 관리 주체에 대한 명확한 체계 마련 필요성이 제기됨
- 특히 모듈 결함, 바이패스 다이오드 고장, 핫스팟 발생 등 시스템 이상 상황을 조기에 확인할 수 있는 점검 기준 및 유지관리 체계 구축 필요가 강조됨
- 또한 공동주택에서의 유지관리 주체를 관리사무소, 공공기관, 또는 통합 관리센터 등 어떤 형태로 운영할 것인지에 대한 검토가 필요하다는 의견이 제시됨

○ 제도·산업 연계 및 기술 기반 구축 필요

- 기술분과에서는 BIPV 기술 기준을 마련할 때 국내외 기술 기준 및 산업 현장의 의견을 반영할 필요가 있다는 의견도 제시됨
- 특히 해외 BIPV 표준 규격 사례를 참고하고, 실제 시공 및 사업 수행 과정에서의 업계 의견을 반영하여 현장 적용성이 높은 기술 기준을 마련해야 한다는 의견이 제시됨
- 또한 금융 및 보험 측면의 기술 타당성 고려도 필요하다는 의견이 제기됨

○ 기술분과 의견 핵심 특징

- BIPV 설계·시공·운영 전주기를 포함하는 통합 기술 기준 마련 필요
- 제품 인증, 시험, 성능 검증 등 품질 확보 체계 구축 필요
- 발전 성능 확보를 위한 설계 기준(MPPT, 배면환기, 용량 산정 등) 정립 필요
- BEMS 연계 및 잉여 전력 활용 등 에너지 운영 전략 마련 필요
- 유지관리 체계 및 운영 주체에 대한 명확한 관리 기준 필요
- 해외 기술 기준과 산업 현장 의견을 반영한 실효성 있는 기술 기준 마련 필요

[표 4-6] 기술분과 자문의견 핵심 이슈 요약

구분	주요 내용	의미
전주기 기술 기준	설계, 시공, 운영, 유지관리까지 포함한 BIPV 전주기 관리 기준 필요	시스템 안정성과 장기 운영을 위한 기술 기준 체계 구축
제품 인증 및 시험 체계	제품 인증 유효기간 문제 및 시공 전 시험·검증 체계 필요	품질 확보 및 장기 사업 특성을 고려한 인증 관리 필요
발전 성능 설계 기준	MPPT 범위 설정, 배면 환기, 음영 조건 등을 고려한 설계 기준 필요	입면형 BIPV 발전 효율 확보
발전 용량 및 에너지 운영	공동주택 에너지 목표에 따른 발전 용량 산정 기준 필요	ZEB 대응 및 에너지 운영 전략 마련
BEMS 및 전력 연계	BEMS 연계, 스마트 미터링, 잉여 전력 활용 전략 필요	건물 에너지 관리 체계와 BIPV 통합 운영
산업 및 기술 기반	해외 기준 검토 및 업계 의견 반영 필요	현장 적용성이 높은 기술 기준 마련

■ 안전·유지관리분과

○ BIPV의 건축자재 관점에서의 기준 마련 필요

- 안전 및 유지관리 분과에서는 BIPV가 전기설비로서의 인증 체계는 존재하지만 건축 외장재로서 적용될 경우 필요한 기준 체계가 명확하지 않다는 문제가 제기됨
- 현재 신재생에너지 설비 기준에서는 전기적 성능 중심의 기준이 적용되고 있어 건축자재로서 요구되는 구조 안전, 유지관리, 방재 등 건축적 요소에 대한 기준이 부족한 상황임
- 이에 따라 BIPV와 BAPV의 구분, 시공방법, 유지관리 방식 등을 포함한 건축자재 관점의 기준 체계 마련이 필요하다는 의견이 제시됨

○ 설계 단계에서의 안전 및 유지관리 요소 반영 필요

- 안전 및 유지관리 측면에서는 BIPV 설계 단계에서부터 안전 및 유지관리 요소를 사전에 반영하는 것이 중요하다는 의견이 강조됨
- 특히 점검구 확보, 유지관리 접근성 확보 등 유지관리 계획을 고려한 설계 기준이 필요하며, 설계 단계에서 충분히 고려되지 않을 경우 시공 이후 수정이 어려워질 수 있다는 점이 지적됨
- 또한 기존 기준의 적절성에 대한 재검증과 시공 단계에서 발생할

수 있는 위험요소를 사전에 검토하는 예방 중심의 관리 체계 구축 필요성이 제기됨

○ BIPV 화재 안전 관리 기준 강화 필요

- BIPV 시스템의 화재 위험성에 대한 관리 필요성이 중요한 안전 이슈로 제기됨
- 최근 태양광 설비의 화재 발생 비율이 증가하고 있으며, 특히 접속함, 커넥터, 인버터 등 전기 연결부에서 화재가 발생하는 사례가 많다는 점이 지적됨
- 이에 따라 BIPV 시스템의 화재 위험성을 전기 계통에서 발생하는 능동적 위험(Active fire risk)과 외장재로서의 가연성에 따른 수동적 위험(Passive fire risk)으로 구분하여 관리할 필요가 있다는 의견이 제시됨
- 또한 화재 예방과 화재 진압을 포함한 종합적인 화재 안전 관리 체계 구축이 필요하다는 의견이 제기됨

○ BIPV 안전성 시험 및 국제 기준 검토 필요

- BIPV 안전성을 확보하기 위해 시험 및 인증 기준의 적합성 검토 필요성이 제기됨
- 특히 입면형 BIPV 외장재에 적용할 수 있는 화재 시험 방법과 안전성 평가 기준을 마련하기 위해 국제 표준(IEC 61730, IEC 63092 등)을 참고한 기술 기준 검토가 필요하다는 의견이 제시됨
- 또한 현재 BIPV 관련 화재 안전 시험 방법이 충분하지 않은 상황 이므로 실효성 있는 화재 시험 방법 도입이 필요하다는 의견이 제기됨

○ 정책 및 제도 협력 체계 구축 필요

- BIPV 기준 마련과 보급 확대를 위해 국토부, 산업부, 공공기관 등 관련 기관 간 협력 체계 구축 필요성이 제기됨
- 특히 BIPV는 전기설비와 건축 외장재의 성격을 동시에 가지는 기술 이므로 제품 인증, 건축 기준, 안전 관리 기준 등을 통합적으로 검토 할 수 있는 정책적 협력 체계 마련이 필요하다는 의견이 제시됨
- 또한 법·제도 정비 이전에도 기술 지침 수준에서 적용 가능한 예방 대책을 우선 마련할 필요가 있다는 의견이 강조됨

○ 안전 및 유지관리 분과 의견 핵심 특징

- BIPV를 건축자재로 고려한 기준 체계 마련 필요
- 설계 단계에서 안전 및 유지관리 요소를 사전에 반영하는 예방 중심 관리 필요
- 전기 연결부 중심의 화재 위험 관리 및 화재 안전 기준 강화 필요
- 국제 규격을 참고한 시험 및 인증 기준 검토 필요
- 관계기관 협력을 통한 정책·제도적 기반 구축 필요

[표 4-7] 안전 및 유지관리 분과 자문의견 핵심 이슈 요약

구분	주요 내용	의미
건축자재 기준	BIPV를 건축 외장재로 고려한 기준 마련 필요	전기설비 중심 기준에서 건축 기준으로 확장 필요
설계 단계 안전 반영	점검구 확보 등 유지관리 요소를 설계 단계에서 반영 필요	시공 이후 발생할 수 있는 위험 사전 예방
화재 안전 관리	전기 연결부 중심 화재 위험 관리 및 예방 기준 필요	태양광 설비 화재 증가에 대응한 안전 관리 강화
시험 및 인증 기준	화재 시험 및 안전성 평가 기준 검토 필요	국제 규격 기반 안전성 확보
국제 기준 검토	IEC 등 해외 기준을 참고한 기술 기준 마련 필요	글로벌 기준과의 정합성 확보
정책 및 기관 협력	국토부, 산업부 등 관계기관 협력 필요	제도 및 정책 기반 구축

2) 전문가 설문조사 결과

■ 문항-1) 공동주택에 BIPV 설치를 위한 설계단계에서 고려해야 할 요소 순위

○ 설문 결과

[표 4-8] 공동주택에 BIPV 설치를 위한 설계단계에서 고려해야 할 요소 순위

최종 순위	항목 번호	항목 설명
1	(1)	일사 조건 및 음영 분석 - 부지·건물별 일사량, 그림자(주변 건물·조경·구조물 등) 영향을 정밀 분석
2	(3)	BIPV 배치를 위한 건물 평면 및 입면 계획 - 모듈 배치가 용이하도록 외벽·창호·단차·캔틸레버 등을 설계
3	(9)	구조적 안전성 검토 - 자중·풍하중·지진·열응력 등에 대한 구조 해석 및 보강 대책
4	(10)	화재 및 감전 방지 설계 - 방화 구획·연소 확대 방지, 전기 안전(차단기·접지·배선) 기준 반영
5	(2)	단지 배치 및 조경 계획 - 동 배치·도로·수목 계획을 통해BIPV 일사 조건 극대화
6	(12)	미관 및 도시경관 고려 - 색상·패턴·반사도·야간 경관 등 심미성 확보
7	(11)	건물 방수 및 기밀 성능 유지 설계 - 모듈·프레임 접합부의 수밀·기밀 상세, 결로 방지
8	(5)	설치 위치별 발전량 예측 - 위치·모듈 유형별 예상 출력(계절·방위각·틀각 포함) 산정
9	(6)	건물의 외피 일체형 적용 방식 검토 - 커튼월·슬랩가드·루버 등과의 일체화 디테일 선택
10	(7)	건물 구조체BIPV 체결 방식 - 앵커·브래킷·레일 시스템 등 기계적 고정 방식 규정
11	(13)	유지관리 접근성 및 용이성 고려 - 세척·점검 동선, 교체 편의, 안전 작업 공간 확보
12	(4)	건물 내 설비시설·인버터 설치 공간 계획 - 전기실·파워컨디셔너·배선덕트 위치 확보
13	(8)	BIPV 배열 처리 방식 - 모듈 단위·직렬/병렬 구성, 더미 모듈·줄눈 정렬 등 미관·전기적 배열
14	(14)	모니터링 및 고장/이상 진단 방법 - 센서·게이트웨이·알림 시스템, 바이패스다이오드 진단 등

○ 시사점

- “입지 최적화” -> “안전 확보” -> “심미성” -> “세부 디테일” -> “운영” 순으로 우선순위 형성

- 일사와 배치와 같은 에너지 잠재력과 구조와 화재 안전에 대해 전문가 의견이 수렴하였으며, 이에 따라 설계 가이드라인의 핵심 챕터로 우선 작성하는 것이 필요
- 심미성과 경관은 우선순위에서 중간 정도에 위치해있으나, 민원과 관련된 부분이므로 설계기준에 적절한 가이드를 제시하는 것이 필요
- 운영과 모니터링 요소는 우선순위에서 하위권에 머무는 것으로 나타남. 질문이 설계단계에서 고려할 요소임에 따라 하위권에 머문 것으로 판단됨. 하지만, 실제 현장에서 화재나 고장과 같은 리스크를 고려하면, 초기 설계에서부터 센서의 위치와 배선 계획, 유지보수 공간 계획 등에 대한 제도적 기반 마련이 필요할 것임
- 구조적 체결 방식, 배열 처리 방식, 방수 방식 등과 같은 디테일은 시공 품질과 직결되므로, 상위 항목에 대한 목표 설정 후 표준 설계도와 시방서로 지원하여 품질 편차를 줄이는 것이 필요

■ 문항-2) 공동주택을 대상으로 BIPV 적용 우선순위

○ 설문 결과

[표 4-9] 공동주택을 대상으로 BIPV 적용 우선순위

최종 순위	항목 번호	항목 설명
1	(4)	외벽마감재
2	(3)	지붕면 또는 옥상 파라펫
3	(2)	루버
4	(1)	난간대
5	(5)	창호유리

○ 시사점

- 공동주택의 외벽면과 지붕면 또는 옥상 파라펫과 같이 건물의 외피 면적을 활용하는 방안의 순위가 높게 나타남
- 실외기실 루버와 발코니 난간대와 같은 건물 부속 시설물을 활용하는 방안도 가능함
- 창호유리면을 활용하는 방안은 우선순위가 가장 낮게 나타남

■ 문항-3) BIPV 설계 시 고려되어야 할 법적, 제도적 요소 (자유 기술)

○ 설문결과

[표 4-10] BIPV 설계 시 고려되어야 할 법적, 제도적 요소

주제	대표 키워드	요약 설명
인증·시험 기준	KS C 8561/8577, KS F 8414, 유사인증, 인증 유효기간, 실물모형시험, 장	BIPV 모듈의 적합성 판단을 위한 국가표준(KS)·화재시험·모형시험관련 요구. 유사인증 트랙만료 위험 등 절차적 허점 지적.
화재·건축 안전	기신뢰성 화재시험, 화재확산방지구조, 방수·기밀·단열, 구조 안전성	BIPV를 외장재로 볼 때 적용해야 할 건축법상 화재구조·물리적 성능 기준 및 시험 방법 개선 필요.
전기 안전·사용전 검사	전기안전공사, 보호장치, 접지, 계통연계, 동일 모델 허용 범위	시스템 연결부터 사용전 승인까지의 전기 설비 안전 요건과 특수모듈(컬러 등) 예외 처리 요구.
정책·제도·평가	신재생에너지 설치 의무화, REC 가중치, ECO2 성능평가, 방위각·배열 규정, 빛반사	설계 단계에서 에너지 의무화 정책, 인센티브(REC), 평가툴(ECO2)등을 반영하고, 빛공해·방위각 제한 등 규제 완화 또는 개선 필요.
유지관리·책임 체계	설치방법 표준화, 유지보수 비용, 설계도서 체계, 책임 주체, 전문가 양성	설계·시공·유지관리 경계가 불명확하여 표준화·책임 명시·전문인력 육성이 시급.

- ‘인증, 시험’과 ‘화재, 건축 안전’ 순으로 키워드 언급이 많아, 제도 개선 시 우선순위를 보여줌
- KS 8577 의무화와 화재확산방지 시험방법 개선이 필요함
- BIPV에 대한 전기와 건축 이중적 성격 때문에 책임 주체, 기준 중복 문제가 지적됨
- ECO2 과다평가, 빛 반사에 대한 민원, 설치 방위각 제한 등 실무 적용과 관련되어 현장 상황을 반영할 수 있도록 개선이 필요함
- 전문가 양성과 책임 체계 확립 등 아직BIPV에 대한 제도와 인력 측면의 구조적 공백이 있음

○ 시사점

- KS C 8561/8577 및KS F 8414, 화재·실물모형시험 등 모듈 적합성

인증·시험 체계를 설계 단계에 반드시 반영하고, 유사인증 트랙·인증 만료 등 절차상 허점을 보완해야 함

- BIPV를 건축 외장재로 사용할 때 방수·기밀·단열·구조·화재 안전 기준을 충족하도록 설계하고, 수직벽 적용에 적합한 화재확산방지 시험 방법을 개선·명확화해야 함
- 태양광 모듈-어레이-인버터-배선 전체에 대해 보호장치·접지·계통연계 요건을 충족하고, 전기안전공사 ‘사용전 검사’ 기준(특수·컬러 모듈 포함)을 면밀히 적용해야 함
- 신재생에너지 설치 의무화, REC 가중치, ECO2 성능평가, 빛반사·방위각 제한 등 정책·환경 규제를 종합적으로 고려하고, 과도하거나 현실과 괴리된 항목은 개선해야 함
- 설계·시공·유지관리 책임 주체를 법·규정으로 명확히 하고, 설치방법·보수성 표준화 및 전문인력 양성 체계를 구축해 경계 모호성과 높은 유지비 문제를 해소해야 함

■ 문항-4) 시공품질 관리를 위해 표준화가 필요한 부분 (자유 기술)

○ 설문결과

[표 4-11] 시공품질 관리를 위해 표준화가 필요한 부분

주제	대표 키워드	요약 설명
모듈 규격·모델 표준화	크기, 색상, 설치위치, 표준 모델, 조달청 등록	공동주택 적용 시 4~5종 표준 크기·색상 모델을 마련해 품질·원가·조달 편의를 높이자는 제안이 다수.
시공 프로세스·공 정 관리	시공 프로세스, 공정 분리, 체크리스트, 가이드라인, 시방서	설계→시공→유지관리 전 단계의 체계적 매뉴얼 및 체크리스트표준화 필요성이 강조됨.
품질·안전 검증 기준	품질관리, 인증·인정, 표준시험, 구조·방수·내화, 모니터링	모듈·인버터 등 자재별 성능시험·인증 준수 여부 확인과 현장 모니터링 시스템 필요.
전기 설비 및 연결 안전	인버터, 전선 고정, 처짐·장력, 전기배선 내화	모듈-인버터 간 전선 관리·내화·장력 방지등 세부 시공 기준 부재 지적. 표준화로 경제성+심미성+시공성동시 달성을 도모하고, 단지·입면 차원의 디자인 모델 필요.
경제성·심미 성 통합	경제성, 가격, 심미성, 단지계획, 입면 표준	

- ‘모듈 규격 표준화’와 ‘시공 프로세스 매뉴얼화’가 가장 빈번·중요하게 언급됨
- 품질관리→시험·인증→모니터링까지 이어지는 폐쇄 루프 품질 시스템 요구가 뚜렷
- 시공 세부항목(줄눈, 더미 모듈, 전선 처짐 등)까지 표준화해야 현장 오차에 따른 불량률을 줄일 수 있다는 의견
- 전기·건축 양측 요구사항을 동시에 충족할 융합 가이드라인 부재가 문제로 지적
- 결국 ‘모듈·프로세스·검증·전기·경제성’ 다섯 축을 포괄하는 통합 표준화 로드맵이 필요함을 시사

○ 시사점

- 모듈 규격·설치 가대 표준화 : 설치 위치·크기·색상별BIPV 모듈 및 가대를 정형화해 불량률·비용을 줄임
- 전 과정 품질 매뉴얼화 : 설계→시공→유지관리 단계마다 체크리스트·시방서·가이드라인을 마련해 일관된 품질을 확보함
- 모듈-인버터-전선 공법 기준화 : 표준시험·공법을 제정하고 전선 처짐·장력·내화성 등 세부 시공 기준을 명문화함
- 인증·시공 준수 모니터링 : 인정·인증 공법 사용 여부와 현장 시공 준수 사항을 확인·기록하는 절차를 의무화함
- 경제성·심미성 통합 모델 : 단지계획·입면 유형별 표준 디자인을 제시해 시공품질과 비용 효율, 건축적 완성도를 동시에 높임

■ 문항-5) 시공 시 주의해야 할 사항 또는 시공과정에서 문제로 지적되는 항목

○ 설문결과

[표 4-12] 시공 시 주의해야 할 사항 또는 시공과정에서 문제로 지적되는 항목

최종 순위	항목 번호	항목 설명
1	(2)	외기 노출 환경에서의 내구성 확보
2	(4)	고층 건물 시공을 위한 작업자 안전 확보
3	(3)	건물의 방수 및 기밀 성능 유지
4	(5)	기타 (시공 및 디자인) 하부로 연결되는 전기 결선 등 작업 매뉴얼 필요 구조 및 전기 복합 시공에 대한 작업자 숙련도 및 이해도 케이블 설치 시 연결부(커넥터) 정밀 시공 및 연장 체결 최소화 건물 외관을 해치는 BIPV 디자인에 대한 부정적 인식
5	(1)	BIPV 모듈 설치의 정밀도 확보

○ 시사점

- 건물의 외부 환경에 설치되는 BIPV 특성을 반영하여 BIPV의 내구성을 확보하기 위한 방안과 작업자의 안전을 확보하기 위한 방안 마련이 시급함
- BIPV는 건물의 구성물로 설치됨에 따라 BIPV 설치 과정에서 건물의 방수 성능 및 기밀 성능이 저해되지 않도록 체계적인 시공 계획과 관리가 필요함
- 건물의 방수 및 기밀 성능과 함께 BIPV 전기 시공과 디자인에 대한 세심한 고려가 필요함. 특히 건축물의 구성 요소이면서 발전 설비인 BIPV의 특성을 고려해 건물 외관을 해치는 BIPV 디자인은 지양해야 하며, 현장 시공 완성도를 높이기 위한 방안 마련이 필요

■ 문항-6) 공동주택에서 BIPV 유지관리를 위한 가장 중요한 요소

○ 설문결과

[표 4-13] 공동주택에서 BIPV 유지관리를 위한 가장 중요한 요소

최종 순위	항목 번호	항목 설명
1	(6)	체계적인 유지관리 매뉴얼, 가이드라인 개발 (점검 시기, 방법 안내 등)
2	(2)	고장 진단 및 이상 부위 파악 기능
3	(3)	모듈 및 전선 등 부품 교체 방법
4	(1)	모니터링 시스템의 정확도
5	(5)	공동주택 관리자 전문성 교육
6	(8)	기타 - BIPV의 표면 크랙이나 흠결 체크 - 관리자의 모니터링 실시간 감시와 이상 발생 시 알림체계 구축
7	(7)	정기적 점검을 수행할 수 있는 작업 공간
8	(4)	입주자 민원 대응 체계

○ 시사점

- 표준 유지관리 매뉴얼 구축 필요
- 공동주택 BIPV 운영을 위해 점검 주기, 점검 방법, 고장 대응 절차 등을 포함한 표준 유지관리 매뉴얼 및 가이드라인을 체계적으로 마련할 필요가 있음
- 실시간 모니터링 및 고장 진단 체계 구축
- 발전량 이상, 모듈 손상, 전기 결함 등을 조기에 확인할 수 있도록 정확한 모니터링 시스템과 자동 알림 기반 이상 진단 기능을 통합한 관리 시스템 구축이 필요
- 부품 교체 및 유지보수 공법 표준화
- 모듈, 케이블, 커넥터 등 주요 부품의 교체 절차와 공법을 표준화하여 공동주택 유지관리자가 안전하고 효율적으로 유지보수를 수행할 수 있는 체계를 마련해야 함
- 관리자 전문성 강화 및 교육 체계 마련
- BIPV는 건축·전기 설비 특성이 결합된 시스템이므로 공동주택 관리자

대상 교육 및 기술 지원 체계를 구축하여 유지관리 전문성을 확보할 필요가 있음

- 점검 접근성 및 유지관리 인프라 확보
- 정기 점검과 수리를 고려한 점검 동선, 작업 공간 확보 등 유지관리 접근성을 설계 단계에서부터 반영할 필요가 있다.
- 외관 손상 및 이상 징후 점검 체계 강화
- 모듈 표면 크랙, 오염, 파손 등 외관 결함을 조기에 발견할 수 있도록 정기 점검과 실시간 감시 체계를 병행하는 유지관리 시스템 구축이 필요

■ 문항-7) 공동주택 관리자 중심의 운영 시 한계점과 보완책은?

○ 설문결과

[표 4-14] 공동주택 관리자 중심의 운영 시 한계점과 보완책

주제	대표 키워드	요약 설명
지식·역량 격차	전문지식 부족, 이해도 부족, 교육, 매뉴얼	다수 전문가가 관리자 역량 부족을 최우선 한계로 지적. 체계적 교육·표준 매뉴얼 제공 요구.
외부 지원·전문화	유지관리 전문업체, 에너지진단업체, 용역계약	BIPV 유지관리를 외주(전문업체)로 전환해 책임성과 품질을 높이자는 제안.
관제·모니터링 인프라	관제시스템, 모니터링, 실시간 알림, 자동화	화재 등 사고 예방을 위해 온라인·실시간 관제 및 자동화된 알림 시스템구축 필요.
운영 구조·책임 체계	관리 주체, 역할 분담, 비용·예산 분담, ESS 연계	공용부·세대·ESS 연계 방식에 따라 운영 시나리오·비용 분담·책임 범위를 사전에 명확화해야 함.
안전·점검 항목	건축 구조 점검, 전기안전 점검, 화재 대응	관리자 지식 부족이 점검·안전 미흡으로 이어짐 → 전문 점검 절차·정기검사 필요.

- 관리자 역량 부족과 교육·매뉴얼 부재가 가장 빈번 + 핵심 문제.
- 전문화된 유지관리 업체와 실시간 관제 자동화가 보완책으로 다수 제안.
- 운영 단계에서 책임 주체·비용 분담을 명확히 규정하지 않으면 관리 공백이 발생
- 전기·건축 안전 점검과 화재 알림같은 '안전관리 루프' 강화를 요구

○ 시사점

- 관리 역량 격차 : 다수의 관리자가 태양광·BIPV 시스템(전기·구조·안전)에 대한 전문 지식이 부족해 고장·화재 대응이 늦어질 위험이 큼
- 교육·매뉴얼 구축 : 표준 운영 매뉴얼과 정기 교육 프로그램을 제공해 관리자 기술 수준을 상향하고 점검·보고 체계를 일원화 필요
- 전문화된 유지관리 용역 활용 : 에너지진단·BIPV 전문업체와의 계약을 통해 정기 점검·보수·성능 관리 업무를 외주화해 품질과 책임성을 확보
- 실시간 관제·알림 시스템 : 온라인 모니터링 플랫폼과 자동 알림 기능을 도입해 관리자 부재 시에도 이상 징후를 즉시 탐지·대응할 수 있도록 함
- 운영 시나리오·비용·책임 분담 명확화 : 공용부 전력 사용, 세대 공급, ESS 연계 등 다양한 운영 형태별로 예산·책임 범위를 사전에 규정해 관리 공백을 방지 필요

■ 문항-8) BIPV를 담당하는 주관 분야에 대한 의견

○ 설문결과

[표 4-15] BIPV를 담당하는 주관 분야에 대한 의견

최종 순위	항목 번호	항목 설명
1	(3)	건축-전기 분야가 공동으로 책임을 나눌 수 있는 융합적 접근
2	(1)	건축 분야 중심 + 전기 설비 협조적 역할 수행
3	(2)	전기 분야 중심 + 건축 분야 협조적 역할 수행
4	(4)	기타 의견

○ 선택 사유

- (건축-전기 동등한 관계) BIPV는 건축 외장재로서의 역할과 발전 설비로서의 역할을 동시에 수행함에 따라 서로 상호보완적이어야 함
- (건축 중심 + 전기 협조) BIPV는 건물 외피에 부착되는 건축자재 이므로 일사, 미관, 방수, 구조 안전 등 건축적 성능이 우선되고, 전기는 이에 종속되어야 함. 최종 책임은 건축 분야가 지며, 전기 설비는 '내장 설비'로 통합 관리되면 됨

- (전기 중심 + 건축 협조) 모듈-접속함-인버터 결선, 전기 안전 검사, 발전 모니터링 등 전기적 복잡성이 핵심이므로 전기 엔지니어링이 총괄적으로 관리해야 하며, 건축적 설치는 기존 외장재처럼 관리하면 되므로 협조 역할이면 됨
- (기타) BIPV는 건축 외장재로 간주하고, 화재 안전 등 건축 외장재가 갖춰야 하는 제반 사항을 설계 단계에서부터 고려해야 함

○ 시사점

- 종합적으로 '건축-전기 대등한 협력 관계' 또는 '건축 중심 + 전기 협조'에 대한 의견이 많았음
- 즉, 건축 외장재로서의 기능적 역할을 기본적으로 수행해야 함에 따라 건축은 중심적 역할을 해야 함
- 이와 함께, 전기의 역할을 건축과 대등하게 할 수 있도록 역할과 책임 범위를 명확히 구분해야 할 것임

■ 문항-9) 그 외 기술적 고려사항 또는 정책적 제언

○ 설문결과

[표 4-16] 기술적 고려사항 또는 정책적 제언

주제	대표 키워드	요약 설명
안전 · 신뢰성 강화	화재, 바이패스 다이오드, 온도상승, 내구성	모듈고장(바이패스다이오드 단락) · 열 배출 · 핫스팟 등 화재 · 열 위험과 긴 수명 확보를 위한 내구성 · 안전 규정필요성 대두.
설계-시공-현장 일관성	설계 사양, 시공 매뉴얼, 체크리스트	설계 의도 ↔ 현장 구현 간 불일치방지를 위해 사전 협의 · 체크리스트 기반 시공 품질 관리 체계요구.
제도 · 가이드라인 부재	KS C 8577, 인정/인증 제품, 설치 가이드라인	벽면 BIPV 인증 공백, KS 기준 미비, 설치 가이드라인 부재 등 제도적 빈틈이 적용 확산의 장애.
종합 성능 · 심미성 평가 도구	ECO2, 심미성, 경제성, 평가 · 계획	현재 ECO2 중심 평가는 한계가 뚜렷 → 발전 · 외장재 이중 기능과 심미 · 경제성을 포괄하는 새 평가 · 계획 프레임 필요.
산업 역량 · R&D 지원	전문 업체 영세성, 기술력 향상	건축사무소 · 전문업체의 R&D · 기술 역량 부족 → 공공(예: LH) 차원의 기술 개발 · 교육 · 지원 정책요구.

- 안전 규정(화재·열)과 내구성 기준이 가장 시급한 기술적 과제
- 설계-시공 매뉴얼·체크리스트기반 품질 관리 체계가 현장 불량을 줄일 열쇠
- 벽면 BIPV 등은 인증 제품·시험 규격 부족으로 상용화가 가로막혀 있어, 빠른 제도 개정 필요.
- 성능(발전)·심미성(외장재)·경제성을 통합 평가할 수 있는 새로운 도구와 지침이 요구됨
- 업계 기술력 향상을 위한 공공-민간R&D 지원 프로그램과 설치 가이드라인 조기 제정이 정책 과제로 제시됨

○ 시사점

- 화재·온도 상승 위험 관리: 바이패스 다이오드 단락 등 모듈 고장으로 인한 화재·과열 가능성을 진단·모니터링하는 안전 관리 체계가 시급
- 설계-시공 품질 일관성: 설계 사양이 현장에 그대로 구현되도록 시공 매뉴얼·체크리스트를 활용한 체계적 품질관리 절차를 의무화
- 인증·규격 보완: 벽면 BIPV 등은 인정·인증 제품 부재와KS C 8577 내구성(처짐·핫스팟·열 배출) 기준 미비로 적용이 제한되므로 관련 규격을 조속히 개선 필요
- 종합 평가·가이드라인 제정: 발전성능뿐 아니라 구조·심미·경제성을 통합 평가할 수 있는 계획·평가 도구와 설치 가이드라인을 마련
- 산업 역량 강화 지원: 영세한 건축사무소·BIPV 전문업체의 기술력 향상을 위해 공공-민간R&D 지원, 전문 교육 프로그램, 실무 지침 제공이 필요

3) 통합회의 결과

(1) 회의 결과 개요

- 통합회의는 건축, 전기, 소방, 태양광 산업 분야 전문가들이 참여하여 공동주택 BIPV 적용을 위한 설계·시공·유지관리 기준 수립 방향에 대해 논의의 목적으로 함

- 이번 회의는 BIPV의 건축적 특성과 전기 설비적 특성이 동시에 고려되어야 한다는 점에 공감하였으며, 설계-시공-감리-유지관리 단계별 기준 체계 구축과 안전관리 강화가 필요하다는 의견이 제시됨
- 또한 제도적 한계, 인증 체계, 화재 안전, 운영관리 체계 등 다양한 기술·행정적 이슈에 대한 개선 방향이 논의됨

(2) 통합회의 핵심 논의 결과

① BIPV 기준 체계 구축 방향

- 전문가들은 공동주택 BIPV 적용을 위해 설계·시공·감리·유지관리 단계별 기준 체계를 구축할 필요성을 제시함
- 특히 단계별로 기술기준과 관리 기준을 체계적으로 정리하고, 관련 법령, 행정 절차, 기술기준 등을 포함한 체크리스트 기반 가이드라인 개발이 필요하다는 의견이 제시됨
- 또한 단기적으로는 현장에서 바로 활용 가능한 설계·시공 기준을 우선 마련하고, 중장기적으로 안전 및 유지관리 기준을 확대하는 단계적 기준 정립 전략이 필요하다는 의견이 제시됨

② 건축·전기 분야 협업 체계 필요

- BIPV는 건축 외장재와 발전 설비의 성격을 동시에 가지는 기술이므로 건축과 전기 분야 간 역할 분담 및 협업 체계 구축이 필요
- 설계 및 계획 단계에서는 건축 분야가 중심이 되어 단지 계획, 입면 디자인, 외피 성능 등을 검토하고, 전기 분야는 발전 성능과 전력 계통 연계 등을 담당하는 구조가 적절하다는 의견이 제시됨
- 또한 시공 단계에서는 건축 공정과 전기 공정이 밀접하게 연계되는 특성을 고려하여 공정 관리 및 감리 기준을 통합적으로 마련할 필요 제기됨
- 설계, 시공 등 건축 프로세스 관련 항목에 대한 분야별 영역 구분과 협업 사항을 명확히 명시할 필요성이 제기됨

③ 화재 및 전기 안전 관리 강화

- 최근 태양광 설비 화재 사례를 고려하여 전기적 결함 및 연결부

문제에 대한 안전 관리 강화 필요성이 제기됨

- 특히 급속 차단 기능, 접속부 안전 설계, 핫스팟 점검, 과전류 감지 등 전기 안전 관련 기술 기준을 설계 및 유지관리 기준에 포함할 필요가 있다는 의견이 제시됨
- 또한 화재 예방을 위해 능동적 모니터링 및 이상 감지 시스템 구축 필요하며, 기존 모니터링 시스템의 수동적 기능을 개선할 필요가 있다는 의견이 제시됨
- 건축 구조별 화재급수를 고려하여 BIPV에 최적화된 보험 시스템 검증을 추후 검토할 필요가 있다는 의견도 제시됨

[표 4-17] 건축요소별 화재 및 전기안전관리강화

건축요소	기둥, 바닥, 보	지붕틀	외벽
1급	내화	내화	내화
2급	내화	불연	내화
3급	불연	불연	불연
4급	상기 이외		

④ 제품 인증 및 시험 기준 개선 필요

- BIPV 제품 인증과 관련하여 인증 기간, 인증 비용, 인증 절차 등의 개선 필요성이 제기됨
- 특히 컬러 BIPV와 같이 다양한 디자인 요소가 적용되는 경우 각각의 제품에 대해 별도의 인증을 받아야 하는 문제로 인해 비용과 시간이 증가하는 문제가 지적됨
- 이에 따라 기본 모듈과 외피 요소의 인증을 분리하거나 성능 계산 방식 등을 활용한 인증 절차 개선 방안이 필요하다는 의견이 제시됨
- 또한, BIPV 시공 후 제3자(기관, 협회, 전문가 집단 등)를 통해 ‘필증’ 형식으로 검사를 받는 방식도 BIPV 시스템의 성능을 보장하는데 효과가 있을 것이라는 의견도 제시됨

⑤ 행정 절차 및 산업 환경 개선 필요

- 공동주택 BIPV 적용 확대를 위해 행정 절차 및 제도 개선 필요성 논의됨

- 특히 태양광 발전 사업 관련 대관 절차, 전력 계통 연계 절차, 지역별 태양광 관련 조례 등의 검토가 필요하며, 행정 처리 기간 단축을 위한 기관 간 협력이 필요하다는 의견이 제시됨
- 또한 태양광 발전 사업 수행 시 전기공사업과 건설업 간 역할 문제가 발생할 수 있어 이를 고려한 사업 수행 기준 마련 필요성도 제기됨

⑥ BIPV 설계 지원 기술 및 데이터 관리 체계 필요

- BIPV 설계 및 운영 효율성을 확보하기 위해 설계 지원 도구와 통합 데이터 관리 체계 구축 필요성이 제기됨
- 특히 음영 분석, 발전 성능 평가, 디자인 검토 등을 동시에 수행할 수 있는 설계 지원 도구가 필요하며, 공동주택 BIPV 운영을 위한 통합 데이터 관리 센터 구축 및 전주기 이력 관리 시스템 도입 필요성이 제기됨

(3) 통합회의 핵심 시사점

- 공동주택 BIPV 적용을 위해 설계-시공-감리-유지관리 단계별 기준 체계 구축이 필요함
- BIPV의 특성을 고려하여 건축과 전기 분야의 역할 분담 및 협업 체계 마련이 필요함
- 화재 및 전기 안전을 고려한 능동적 안전 관리 및 모니터링 시스템 구축이 필요함
- 제품 인증 체계 개선을 통해 BIPV 적용 과정에서 발생하는 비용과 시간 부담을 완화할 필요가 있음
- 행정 절차 및 산업 구조 개선을 통해 공동주택 BIPV 적용을 위한 제도적 기반 마련이 필요함
- 설계 지원 도구 및 데이터 관리 체계를 구축하여 BIPV 설계 및 운영 효율성을 높일 필요가 있음

V 자문위원단 운영 결과 분석 및 핵심 쟁점

Key Point

- 화재 및 전기 안전 기준 체계화
- 설계·시공 표준화 및 체크리스트 제도화
- 건축-전기 업역 및 책임 구조 명확화
- 유지관리 및 관제 시스템 정립
- 인증·시험 제도 개선

1 총괄 분석

- 자문단 의견과 설문조사 결과를 종합한 결과, 공동주택 BIPV 설계기준 수립의 핵심 축은 ① 안전 확보 → ② 설계·시공 표준화 → ③ 역할·책임 구조 명확화 → ④ 유지관리 체계 정립 순으로 정리됨
- 특히 설문조사에서 설계 단계 최우선 고려요소로 “일사 및 음영 분석”, “구조 안전성”, “화재 및 감전 방지 설계”가 상위권에 집중되었으며, 이는 자문회의에서 반복적으로 제기된 안전 중심 논의와 동일한 경향을 보임
- 전반적으로 BIPV는 단순 발전설비가 아니라 건축 외장재 기능을 동시에 수행하는 복합 시스템이라는 인식이 강하게 나타났으며, 기존 PV 기준을 그대로 준용하는 것은 한계가 있다는 의견이 다수 제시됨

2 핵심 쟁점 ① : 화재 및 전기 안전 기준의 구조적 공백

1) 화재 위험 증가에 대한 우려

- 자문위원단 회의에서는 공동주택 BIPV 적용 시 화재 안전 문제가 가장 중요한 이슈로 반복적으로 제기되었음

- 특히 최근 태양광 설비 화재 발생 비율이 빠르게 증가하고 있다는 점이 지적되었고, 공동주택 외벽에 적용될 경우 화재의 수직 확산 위험이 커질 수 있다는 의견이 제시됨

- 또한 화재 원인의 상당 부분이 접속함, 커넥터, 인버터 등 전기적 연결부에서 발생하고 있으며, 이는 설계·시공·자재 품질 문제 등 다양한 요인이 복합적으로 작용한 결과로 분석됨

2) Active / Passive Fire Protection 이중 접근 필요

- 자문위원단은 BIPV 화재 안전을 다음 두 가지 관점에서 접근할 필요가 있다고 제안함
 - Passive Fire Protection : BIPV 모듈 자체의 가연성, 외장재로서의 화재확산 방지
 - Active Fire Protection : DC 계통, 아크 위험, 과전류, 바이패스 다이오드 단락 등 전기적 화재
- 설문조사에서도 “화재 및 감전 방지 설계”가 주요 설계 고려 요소 중 하나로 나타나, 안전 기준이 설계 초기 단계부터 반영될 필요성이 확인됨

3) 제도적 공백

- 현재 국내 BIPV 관련 제품 기준에서는 모듈 성능 중심의 시험이 주로 이루어지고 있으며, 건축 외장재로 적용되는 경우의 화재 확산 위험을 충분히 고려한 설계 기준은 아직 명확히 마련되어 있지 않은 상황임
 - KS C 8577 내화시험 의무화 필요성 및 벽면형 BIPV 화재시험 방법 개선 요구가 제기됨
 - IEC 63092-1 등 국제 규격 참고 필요성도 제안되었으나, 현재 BIPV 특화 화재시험 방법은 부재한 상태임
- 따라서 향후 LH 설계기준은 화재를 “제품 시험 수준”이 아니라 “설계 단계 구조적 통제 기준”으로 격상하여 다루어야 할 것으로 판단됨

3 핵심 쟁점 ② : 설계·시공 표준화의 필요성

1) 설계 단계 우선순위

- 설문 결과에 따르면 설계 단계에서는 태양광 발전 성능과 관련성이 높을수록 우선순위가 높게 나타나는 것으로 나타남
 - 1위 : 일사 조건 및 음영 분석
 - 2위 : 입면·평면 계획
 - 3위 : 구조 안전성
 - 4위 : 화재·감전 방지
- 이와 같은 결과는 BIPV가 비록 발전설비이지만 건축요소로서 적용됨에 따라 건물의 형상과 적용 위치에 영향을 받을 수 있기 때문에 설계 초기에 발전 성능에 대한 세밀한 계획적 검토가 이루어져야 한다는 것을 의미함
- 다만, 이 결과를 통해 BIPV 전문가들이 BIPV의 건축적 요소 기능보다 발전설비로서 전기적 요소 기능을 더 강조하고 있는 것을 확인할 수 있음

2) 시공 표준화 요구

- 모듈 규격 표준화, 시공 프로세스 매뉴얼화, 체크리스트 기반 관리체계 필요성이 반복적으로 제기됨
- 특히 전선 처짐, 커넥터 결착, 환기 부족, 방수 상세 등 세부 디테일에서 화재와 성능 저하가 발생하고 있다는 의견이 제시됨
- 설계 의도와 현장 구현 간 불일치가 품질 저하의 주요 원인으로 지적됨
- 향후 LH 설계 및 시공기준은 “설계기준”과 동시에 “표준 시방서 + 체크리스트”를 포함해야 실효성이 확보될 것으로 판단됨

4 핵심 쟁점 ③ : 건축-전기 업역 및 책임 구조 문제

- BIPV의 설치 형태적 특성으로 인해 BIPV는 건축요소로서 분류가 되고

있으나, 기능적으로는 발전설비 기능도 동시에 수행해야 함에 따라 건축과 전기 업역 사이에서 책임 구조가 명확하지 않은 문제가 발생할 가능성 높음

- 이와 같은 이슈에 대해 BIPV 전문가들은 설문조사를 통해 건축과 전기를 융합적으로 관리할 수 있는 책임구조가 적당하다는 의견을 보였으며, 그 다음으로 건축이 중심이 되면서 전기 영역이 협조하는 구조에 대한 의견이 많은 것으로 나타남
 - 1위 : 건축-전기 융합적 공동 책임
 - 2위 : 건축 중심 + 전기 협조
 - 3위 : 전기 중심 + 건축 협조
- 이와 같은 결과를 통해 BIPV 전문가들은 BIPV가 갖는 건축 외장재로서의 기능적 역할을 수행해야 한다는 기본 전제를 갖는 것으로 파악되었으며, 보다 구체적으로 다음과 같은 방향성을 제시함
 - 건축 : 일사, 입면, 방수, 구조, 디자인을 담당
 - 전기 : 결선, 계통연계, 안전검사를 담당
- 무엇보다 BIPV 전문가들은 현재 국내 법·면허 체계는 건축과 전기가 분리되어 있기 때문에 책임 소재가 불명확하다는 것을 강조함
- 즉, 이 결과를 바탕으로 BIPV를 체계적이고 안전하게 적용하고 확산하기 위해서는 다음과 같은 사항들을 고려하는 것이 필요할 것으로 판단됨
 - 건축과 긴밀하게 협조될 수 있도록 전기의 역할과 책임 범위를 명확히 구분할 것
 - LH 설계기준에 설계 단계 책임 주체를 명확히 할 것
 - 시공 단계에서 건축과 전기 협업 구조를 명확히 할 것
 - 감리와 준공 검사 체계를 명확히 할 것
 - 유지관리 주체와 역할을 명확히 할 것

5 핵심 쟁점 ④ : 유지관리 및 관제 시스템 부재

1) 유지관리 우선순위

- 설문조사 결과에 따르면 BIPV 유지관리와 관련하여 다음 항목들이 우선으로 필요한 것으로 나타남
 - 1위 : 체계적 유지관리 매뉴얼 구축
 - 2위 : 고장진단 기능
 - 3위 : 부품 교체 방법 및 절차
- 이러한 결과는 현재 태양광 설비 관리가 주로 발전량 모니터링 중심으로 이루어지고 있는 것과 달리, 공동주택 BIPV의 경우 설비 상태를 사전에 진단하고 이상을 조기에 탐지하는 능동적 관리 체계가 필요함을 의미함
- 특히 BIPV는 건축 외피와 결합된 구조적 특성을 가지기 때문에 단순한 발전 성능 관리뿐만 아니라 다음과 같은 관리 요소가 동시에 고려되어야 함
 - 모듈 및 배선의 열화 상태
 - 접속부 및 커넥터 이상 여부
 - 외장재로서의 방수 및 체결 상태
 - 모듈 교체 시 외피 손상 가능성
- 따라서 공동주택 BIPV의 유지관리는 일반 태양광 설비와 달리 발전설비 관리와 건축 외피 관리가 결합된 형태로 운영될 필요가 있음

2) 공동주택 관리자의 전문성 한계

- 자문위원단 논의에서는 공동주택 관리 현장에서 관리자의 전문성이 부족한 문제가 운영 단계의 주요 한계로 지적됨
- 현재 공동주택 관리 조직은 일반적으로 다음과 같은 업무 중심으로 운영되는 것으로 나타남
 - 시설 유지관리
 - 전기 설비 관리
 - 설비 점검 및 보수

- 그러나 BIPV는 건축 외피, 전기 설비, 에너지 설비의 특성이 동시에 결합된 시스템이기 때문에 일반적인 공동주택 관리체계만으로는 설비 상태를 정확히 판단하거나 이상을 조기에 인지하기 어려운 구조적 한계가 존재함
- 이에 따라 자문위원단에서는 다음과 같은 관리 지원 체계의 필요성이 제기되었으며, 이는 공동주택 관리자의 전문성 부족 문제를 보완하기 위해 관계 기반 관리체계가 필요함을 의미함
 - 실시간 발전 및 이상 상태 모니터링
 - 이상 발생 시 자동 알림 기능
 - 원격 점검 및 진단 기능

3) 통합 데이터 관리 체계 필요성

- 자문위원단은 공동주택 BIPV 운영 과정에서 발생하는 데이터를 체계적으로 관리할 필요성을 제기하였으며, 특히 다음과 같은 정보는 장기적인 설비 관리와 안전성 확보를 위해 중요한 요소로 지적됨
 - 설계 및 시공 정보
 - 설치 위치 및 모듈 사양
 - 유지보수 이력
 - 고장 및 교체 기록
 - 발전성능 데이터
- 현재 이러한 정보는 설계, 시공, 유지관리 단계에서 각각 개별적으로 관리되는 경우가 많아 전주기 이력 관리가 이루어지기 어려운 구조로 되어 있으며, 이에 따라 공동주택 BIPV 운영을 위해서는 설계-시공-운영 단계에서 발생하는 정보를 통합적으로 관리할 수 있는 데이터 기반 관리 체계 구축 필요성이 제기됨
- 이러한 관리체계는 장기적인 설비 안정성 확보뿐만 아니라 향후 설계기준 개선 및 운영 정책 수립에도 중요한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단됨

6 핵심 쟁점 ⑤ : 인증·시험 체계의 구조적 한계

- 자문위원단 논의에서는 현재 BIPV 관련 인증 및 시험 체계가 건축 외피 통합 특성을 충분히 반영하지 못하고 있다는 점이 주요 쟁점으로 제기됨

1) 제품 인증 유효기간과 공동주택 건설 일정 간의 불일치 문제

- 공동주택 건설 사업은 일반적으로 수년 단위로 진행되는 반면, 일부 제품 인증의 경우 유효기간이 상대적으로 짧아 설계 단계에서 적용된 제품 인증이 준공 시점에는 만료되는 사례가 발생할 가능성이 있다는 의견이 제시됨

2) 둘째, 컬러 BIPV 등 특수 제품의 인증 비용 및 기간 문제

- BIPV는 건축 외피로 적용되기 때문에 디자인 요소가 중요한 기술이며, 컬러 모듈과 같은 다양한 제품이 개발되고 있으나 인증 비용과 시험 기간이 상대적으로 높은 부담으로 작용하고 있다는 의견이 제시됨

3) 벽면형 BIPV의 화재 시험 방법이 명확하지 않은 문제

- 현재 일부 제품 시험은 일반 태양광 모듈 기준을 기반으로 이루어지고 있으나, 건축 외장재로 적용되는 경우의 화재 확산 특성을 충분히 반영하지 못하는 한계가 있다는 의견이 제시됨
- 이와 같은 문제는 BIPV가 단순한 태양광 모듈이 아니라 건축 외피와 통합된 시스템이라는 특성에서 비롯된 것으로 볼 수 있으며, 이에 따라 자문위원단에서는 향후 BIPV 관련 인증 및 시험 체계가 제품 성능 중심의 평가를 넘어 건축 적용 조건을 고려한 시험 체계로 발전할 필요성이 있다는 의견을 제시함
- 또한 제품 단위 인증만으로는 공동주택 BIPV 시스템의 안전성과 성능을 충분히 확보하기 어렵기 때문에, 향후 공동주택 설계기준에서는 제품 인증과 함께 설계 기준 차원의 사양 규정이 병행될 필요성이 제기됨

7 종합 핵심 쟁점 정리 및 우선순위 도출

- 자문회의 결과 및 설문조사 분석을 종합한 결과, 공동주택 BIPV 설계기준 수립을 위해 해결해야 할 5대 핵심 과제는 단순한 병렬적 나열이 아니라, 안전 확보에서 제도 고도화로 이어지는 단계적 정책 구조를 형성하는 것으로 분석
- 즉, 공동주택 적용의 전제 조건인 화재·전기 안전 확보를 출발점으로, 현장 품질 편차를 줄이기 위한 설계·시공 표준화, 업역 충돌과 책임 혼선을 방지하기 위한 건축·전기 역할·책임 구조 정립, 장기 운영 안정성을 담보하기 위한 유지관리 및 관제 체계 확립, 그리고 궁극적으로 산업 확산과 제도적 정합성을 완성하기 위한 인증·시험 체계 개선으로 이어지는 구조적 흐름을 가짐
- 단기적으로는 사고 예방 및 시공 품질 안정화를 위한 안전 기준과 표준화 체계 정립이 가장 시급한 과제로 도출됨
- 중기적으로는 설계·감리·시공·운영 전 단계에서의 역할과 책임을 명확히 규정하여 제도적 안정성을 확보할 필요가 있음
- 장기적으로는 관계 기관과의 협의를 통한 인증 및 시험 체계 개선을 통해 제도적 정합성과 산업적 확산 기반을 구축해야 할 것으로 판단됨

[표 5-1] 핵심 쟁점 정리 및 우선순위

구분	핵심 쟁점	시급성	영향도	추진 단계	정책적 의미
1	화재·전기 안전 기준 체계화	매우 높음	매우 높음	단기 최우선	공동주택 적용의 전제 조건이며, 사고 발생 시 사업 중단·사회적 신뢰 하락으로 직결됨
2	설계·시공 표준화 및 체크리스트 제도화	높음	매우 높음	단기 병행	현장 품질 편차 감소 및 시공 리스크 예방, 즉시 실행 가능
3	건축·전기 역할·책임 구조 명확화	높음	높음	중기 핵심 과제	업역 충돌·책임 분쟁 방지, 감리·준공 체계 정립 필요
4	유지관리·관제 시스템 정립	중	높음	중기 단계	장기 운영 안정성 확보, 화재 예방을 위한 능동적 관리 체계 전환
5	인증·시험 제도 개선	중	중~높음	장기 과제	제도적 정합성 확보 필요하나, 외부 기관 협의 및 법·규정 개정 필요

- 우선순위 매트릭스 분석 결과, 5대 핵심 과제는 시급성과 정책적 파급력에 따라 단기, 중기, 장기 단계로 구분하여 추진하는 것이 합리적인 것으로 판단됨

1) 1단계 : 안전 확보 및 현장 안정화 영역 (단기)

- 화재·전기 안전 기준 체계화
 - 공동주택 BIPV 적용의 전제 조건으로서 가장 높은 우선순위를 가지며, 사고 발생 시 사업 중단 및 사회적 신뢰 저하로 직결될 수 있는 핵심 과제임
 - 화재 안전은 Passive Fire Protection(모듈 가연성, 화재 확산 방지 구조 등)과 Active Fire Protection(DC 계통, 아크 발생, 과전류, 바이패스 다이오드 단락 등)으로 구분하여 설계 기준을 체계화할 필요 있음
 - 특히 DC 차단 장치, 접속부 결착 기준, 핫스팟 관리 기준, 환기 조건 등을 설계 단계에서 명확히 규정해야 함
- 설계·시공 표준화
 - 체크리스트 및 표준 시방서 마련은 별도의 법령 개정 없이도 즉시 실행 가능한 영역으로, 단기적으로 가장 실효성이 높은 정책 수단임
 - 설계 의도와 현장 구현 간의 불일치를 최소화하고, 모듈 규격·배열·배선·방수·체결 디테일 등을 표준화함으로써 품질 편차를 감소시키고 화재 및 성능 저하 리스크를 예방할 수 있음
 - 따라서 본 과제는 단기 로드맵의 핵심 구성 요소로 설정하는 것이 타당함

2) 2단계 : 구조적 안정화 영역 (중기)

- 건축·전기 역할·책임 구조 명확화
 - BIPV는 건축 외장재와 발전설비의 성격을 동시에 가지므로, 책임 구조가 불명확할 경우 설계·감리·준공 단계에서 분쟁 및 혼선이 발생할 가능성이 높음
 - 설계 총괄 주체, 분야별 협업 구조, 감리 항목 및 책임 범위를 설계

기준에 명문화할 필요가 있으며, 이는 제도적 안정성을 확보하기 위한 중기 핵심 과제로 판단됨

○ 유지관리·관제 시스템 정립

- 공동주택 관리자의 전문성 한계를 고려할 때, 단순 발전량 모니터링을 넘어 이상 감지 및 자동 알림 기능을 포함한 능동형 관제 시스템 구축이 요구
- 모듈·인버터·배선 등 구성 요소의 전주기 이력 관리 체계를 구축하고, LH 통합 데이터 관리 시스템과 연계하는 방안을 검토할 필요있음
- 이는 장기적 화재 예방 및 운영 안정성 확보를 위한 중기 단계의 핵심 과제로 분류

3) 3단계 : 제도 고도화 영역 (장기)

○ 인증·시험 제도 개선

- KS 기준 개선, 벽면형 BIPV 화재시험 방법 정립, 인증 유효기간 문제 개선 등은 제도적 정합성 확보를 위해 반드시 검토되어야 할 과제임
- 다만, 해당 과제는 국토교통부, 전기안전공사 등 관계 기관과의 협의가 필수적이며, 법·고시 개정이 수반될 가능성이 높아 장기 전략 또는 정책 건의 과제로 설정하는 것이 현실적
- LH는 단독 추진보다는 정책 제안 및 선도적 연구 수행을 통해 제도 개선을 유도하는 역할을 수행하는 것이 적절함
- 상기 5대 과제는 상호 독립적 항목이 아니라, 안전 확보 → 표준화 → 역할 정립 → 운영 체계 → 제도 고도화로 이어지는 단계적 정책 체계를 형성
- 이러한 단계 구분은 제5장에서 제시하는 LH 공동주택 BIPV 설계 기준 수립 로드맵의 기본 구조로 반영

VI LH 공동주택 BIPV 설계기준 수립 로드맵

Key Point

- 1단계 : 안전성 확보 및 실증 기반 구축 (단기)
- 2단계 : LH BIPV 설계기준 수립 및 표준지침 개정 (중기)
- 3단계 : 적용 확대 및 제도 고도화 (확산 단계)

1 기본 추진 방향

1) 추진 배경 및 필요성

- 본 연구에서 수행한 국내·외 BIPV 관련 제도 및 기준 조사와 전문가 자문위원단 운영 결과를 종합하면, 공동주택에 BIPV를 안정적으로 적용하기 위해서는 건축·전기·구조·소방·운영관리 요소를 통합적으로 고려한 명확한 설계기준 마련이 필수적인 것으로 나타남
- 특히 BIPV는 건축 외피의 구성요소로 기능하면서 동시에 전기설비로 작동하는 건축-전기 융합 시스템이라는 특성을 가지므로, 기존 태양광 설비 기준이나 건축 기준만으로는 안전성과 성능을 충분히 확보하기 어려운 구조적 한계를 가지고 있음
- 그러나 현재 국내외 제도 및 기준을 종합적으로 검토한 결과, BIPV에 대한 완전한 통합 설계기준을 단기간 내에 도출하기에는 제도적·기술적 기반이 아직 충분히 축적되지 않은 상황으로 판단됨
- 또한 건축, 전기, 구조, 소방 등 관련 분야 간 역할과 책임 체계가 명확히 정립되지 않은 상태에서 단일 설계기준을 즉시 제정하는 경우, 실무 적용 과정에서 새로운 혼란이 발생할 가능성도 존재함
- 따라서 LH 공동주택 BIPV 설계기준 수립은 다음과 같은 원칙에 따라 단계적 접근 방식으로 추진하는 것이 필요함

- 안전성 확보를 최우선 원칙으로 설정
- 건축 외피 성능과 전기적 안전성 동시 확보
- 화재 안전성 및 유지관리 접근성 확보
- 설계-시공-운영 단계 전반에 걸친 통합적 관리
- 실증 기반의 단계적 기준 정립

○ 특히 공동주택은 다수 입주자가 거주하는 건축 유형으로서, 단순한 기술 성능뿐 아니라 화재 안전, 유지관리, 장기 운영 안정성, 입주민 안전성 등을 동시에 고려해야 하므로, BIPV 기준 역시 설계-시공-감리-운영관리 전 단계를 포괄하는 전주기 관리 체계로 구축될 필요가 있음

2 LH 공동주택의 BIPV 적용을 위한 방향 검토

1) 건물형 태양광발전설비의 분류 체계

○ 국내에서 태양광발전설비는 산업통상자원부 고시 「신·재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침」 별표 1 및 「신재생에너지 설비 원별 시공기준」에 근거하여 설치 유형에 따라 지상형, 건물형, 수상형으로 구분되며, 이 중 건물형은 다시 건물설치형, 건물부착형(BAPV), 건물일체형(BIPV)의 세 가지로 세분됨

[표 6-1] 국내 건물형 태양광발전설비 분류 체계

구분	명칭	정의
건물설치형	Rooftop PV	건축물 옥상 등에 구조물을 세워 설치하는 태양광설비
BAPV	Building Attached PhotoVoltaic (건물부착형)	건축물 경사지붕 또는 외벽 등에 밀착하여 부착하는 태양광설비
BIPV	Building Integrated PhotoVoltaic (건물일체형)	태양전지 모듈이 건축 부자재의 역할과 전력생산을 동시에 수행하는 태양광설비

○ BIPV(건물일체형 태양광설비) BAPV(건물부착형 태양광설비) 적용 상황

- BIPV는 태양광 모듈이 외장재(건축 부자재)로서의 기능과 전력 생산설비로서의 기능을 동시에 수행하는 이중기능 복합 시스템 (Dual-function system)을 의미함. 또한, 모듈을 제거할 경우 반드시 다른 건축 외장재로 대체해야 하는 구조적 종속성을 가짐

- BAPV는 기 완공된 건물의 지붕·외벽에 별도의 지지대(브래킷)를 이용하여 태양광 모듈을 부착하는 방식으로, 모듈은 오로지 전력 생산 기능만을 수행하며 건축 외피의 기능은 담당하지 않음

[표 6-2] 공동주택 적용 관점의 BIPV · BAPV 종합 비교

대분류	비교 항목	BIPV	BAPV
적용성	신축 적용	가능	가능
	기축 적용	사실상 불가	용이
	외피 적합성	정의상 부적합	제약 없음
	창호 비율 적합성	충돌	무관
시공 · 관리	시공 전문인력	국내 부족	풍부
	유지관리 접근성	세대 외벽 접근	옥상 공용접근
	부분 교체	불가	모듈 단위 가능
	장기수선계획 적합성	충돌	부합
	하자담보 책임	건축+전기 중첩	전기 단독
법 · 제도	법적 정의 명확성	경계 모호	명확
	KS 인증 의무화	미비	완비
	화재안전 기준	미성숙, 연돌효과	검증 완료
	초고층재난관리법	추가 규제 부담	일반 적용
주거 특성	세대별 변경권	차단	보장
	발코니 확장 관행	충돌	무관
	주민 수용성	컬러모듈 의존	옥상 비노출
	세대 선택권	전동 일괄	선택 가능

2) LH 공동주택의 BIPV 적용 방향

○ BIPV와 BAPV는 법적·개념적으로는 구분되어 있으나, 실제 적용 현장에서는 기술적·성능적 차이가 매우 제한적이며, 특히 내단열 구조의 공동주택의 입면에 적용할 경우 동일한 시스템

○ 「신재생에너지 설비 원별 시공기준」 및 「서울특별시 태양광설비 설치·관리 기준」은 BIPV와 BAPV를 구분하고 있으나, "현재 기술 및 공법상의 문제 및 해석의 차이로 BIPV와 BAPV의 경계가 모호하여 다툼의 여지가 있다"고 명시

○ 국내 BIPV 모듈은 「KS C 8561 또는 8562」 BAPV 표준을 일부 준용하는 형태로 시험성적서가 발급되고 있음. 이는 두 방식이 본질적으로 동일 기술에 기반함을 방증하는 증거임. BIPV 전용 KS 표준(KS C 8577)이 존재하나 의무규정이 아니며, 국제표준(IEC 63092, EN 50583)도 여전히 제정·정착 과정에 있음

- BIPV로 인정받으려면 태양광 모듈이 건축 외피 그 자체가 되어야 하며, 바닥·천장을 제외한 벽·창·지붕 등 건축물 외피 전체가 태양광 모듈과 일체화되어야 한다는 엄격한 요건이 발생해 현실적 한계가 발생

- 공동주택 부위별 BIPV 적용가능 여부 검토

[표 6-3] 공동주택 BIPV 적용 가능 부위

부위	일반 아파트 구성	BIPV 적용 가능성
창호	발코니 창호, 거실 창호 (입면의 40~60% 차지)	불가능 (채광·조망·개폐 기능 필수)
발코니 난간	투시형 난간 (유리·금속)	부분 적용 가능 (소면적)
외벽	콘크리트 + 외단열 + 도장 또는 석재	적용 가능하나 면적 제한적
지붕 (옥상)	평슬라브 + 방수층	적용 가능하나 BAPV와 경계 모호

- 창호의 기능적 필수성 : 「주택건설기준 등에 관한 규정」의 채광 기준에 부합
- 발코니난간 : 일부 난간대에 적용하는 연구가 진행
- 세대 간 외피 연속성 차단 : 외피가 전체 건물에 걸쳐 연속적으로 일체화되는 상업·업무용 건축물(커튼월 통유리)처럼 일부 공동주택으로 건축되는 부분이 있으나, BIPV의 "외피 전체 일체화" 요건을 충족하는 것이 근본적으로 어려운 현실
- ☞ 특히 현재 내단열 위주 공동주택에서 BIPV의 도입은 현실적으로 어려움
- ☞ BIPV : 현재 외단열시공에 대한 계획인 없는 상황으로 적용이 어려움
- ☞ BAPV: 측벽부 적용이 되고 있으며, 입면까지 확대 검토가 필요함
- ☞ 향후 벽면 태양광 설치의 기존의 검정계열의 측벽부위 위주의 설치에서 디자인을 고려한 입면부 BAPV시스템 적용에 대한 준비가 필요함



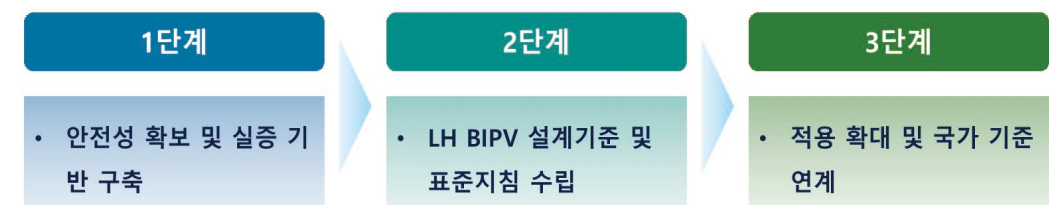
[그림 6-1] LH 공동주택에서의 BIPV(BAPV) 적용 방향

3 로드맵 기본 구조 및 단계별 추진 전략

1) 로드맵 기본 구조

- BIPV는 건축·전기·소방·구조 분야가 복합적으로 결합된 기술로서, 단기간에 완전한 설계기준을 마련하기에는 기술적 검증과 실증 데이터의 축적이 필요함
- 특히 국내외 제도 분석 결과에서도 확인되었듯이, BIPV는 다음과 같은 구조적 특징을 가짐
 - 건축 외피 성능과 전기 안전성의 상호 의존성
 - 설계 자유도와 표준화 요구 간의 긴장 관계
 - 건축 규정과 전기 규정의 제도적 분산 구조
- 따라서 공동주택 BIPV 설계기준은 단일 기술 문서로 단번에 완성보다는 안전성 검증 → 설계기준 정립 → 표준지침 반영 → 적용 확산의 단계적 접근이 필요함
- 또한 공동주택 사업에 실제 적용되기 위해서는 설계기준 수립과 동시에 LH 표준설계지침 개정이 병행되어야 하며, 이를 통해 설계 단계에서 BIPV 적용 여부와 설계 검토 항목이 체계적으로 반영될 수 있도록 하는 것이 중요함
- 이에 따라 본 연구는 LH 공동주택 BIPV 설계기준 수립 로드맵을 다음의 3단계 구조로 구성하고자 함

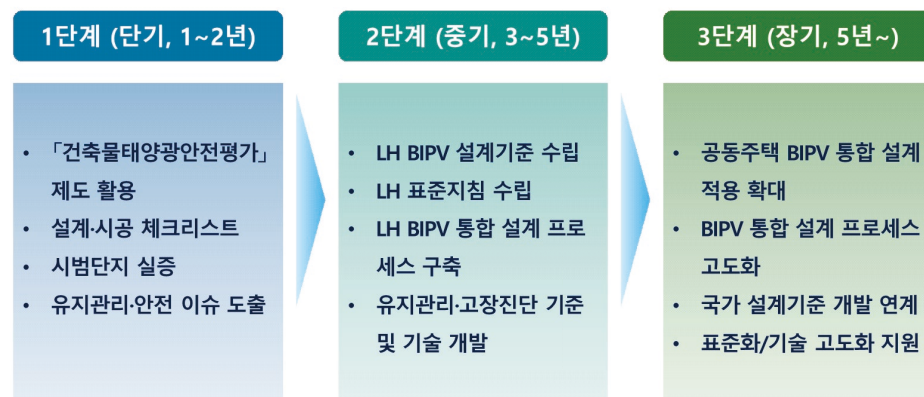
LH 공동주택 BIPV 설계기준 수립 방향성



[그림 6-2] LH 공동주택 BIPV 설계기준 수립 방향성

- 공동주택 BIPV 적용을 위해 단기간에 완성된 단일 설계기준을 마련하기 보다 안전성 검증과 실증을 기반으로 단계적으로 기준을 정립하는 전략적 접근이 필요함
 - 특히 BIPV는 건축 외피와 전기 설비 기능을 동시에 수행하는 복합 시스템으로서, 설계·시공·운영 전 단계에서 발생할 수 있는 다양한 기술적 위험요인을 고려하여 체계적인 기준 마련이 요구됨
- 이에 따라 본 연구에서는 공동주택 BIPV 설계기준 수립을 위한 추진 전략을 1단계-단기(1~2년), 2단계-중기(3~5년), 3단계-장기(5년 이후)의 단계적 로드맵으로 제안하였으며, 각 단계별 목표는 다음과 같음
 - 단기 단계에서는 안전성 확보와 실증 기반 구축을 중심으로 기초 검증 체계를 마련
 - 중기 단계에서는 LH 공동주택에 적용 가능한 설계기준과 표준지침을 수립하여 통합 설계 체계를 구축
 - 장기 단계에서는 공동주택 BIPV 적용을 확대하고, 국가 설계기준 및 산업 표준화 체계와 연계하여 제도적 정합성과 기술 확산에 기여

LH 공동주택 BIPV 설계기준 수립 로드맵



[그림 6-3] LH 공동주택 BIPV 설계기준 수립 로드맵

2) 1단계 : 안전성 확보 및 실증 기반 구축 (단기)

- 1단계에서는 BIPV 적용에 따른 기술적 위험요인을 최소화하기 위하여 안전성 검증과 실증 기반 구축을 우선적으로 추진함

- 현재 국내에서는 한국제품안전협회에서 운영하는 건축물태양광안전평가 제도가 민간 인증 형태로 운영되고 있으며, 이는 건축물에 설치되는 태양광 설비의 안전성을 평가하기 위한 초기 검증 체계로 활용될 수 있음
- 따라서 단기적으로 1단계에서는 다음과 같은 전략을 추진하는 것이 필요하며, 이를 통해 향후 설계기준 수립을 위한 기초 데이터와 실무 경험을 확보할 수 있을 것임
 - 한국제품안전협회의 「건축물태양광안전평가」 제도를 활용한 최소 안전성 검증
 - 민간 안전평가 체계를 활용하여 건축 적용 단계의 기본 안전성 확보
 - 구조 안전성, 설치 방식, 배선 안전성 등 기본 검토 항목 적용
 - 공동주택 BIPV 설계 체크리스트 개발
 - 공동주택 BIPV 적용을 위한 설계 검토 항목 표준화
 - 구조 안전, 화재 안전, 외피 접합, 방수·기밀, 유지관리 접근성 등 검토 항목 정리
 - 시범 공동주택 단지 선정 및 실증 적용
 - LH 공동주택 단지를 대상으로 BIPV 시범 적용
 - 설계·시공 과정에서 발생하는 기술적 문제점 분석
 - 설계 및 시공 과정에서 발생하는 기술적 문제와 제도적 한계 분석
 - 유지관리 및 안전관리 이슈 도출
 - 시범 적용 결과를 기반으로 안전성 및 시공성 검증
 - 향후 설계기준 수립을 위한 기초 데이터 확보

3) 2단계 : LH BIPV 설계기준 수립 및 표준지침 개정 (중기)

- 2단계에서는 단기 실증 결과를 바탕으로 LH 공동주택 BIPV 설계기준을 체계적으로 정립하고, 이를 LH 표준설계지침에 반영하는 것을 목표로 함
- 특히 BIPV는 건축 외피 시스템과 전기 설비가 결합된 구조이므로, 공동주택 적용을 고려한 통합적 설계 프로세스가 필요함에 따라 다음과 같은 핵심 과제로 구성
 - LH 공동주택 적용을 위한 BIPV 설계기준 개발

- 공동주택 특성을 반영한 BIPV 설계 및 시공기준 체계 개발
- 구조 안전, 화재 안전, 전기 안전, 외피 성능 기준 통합
- 건축·전기·소방·구조 통합 설계 프로세스 구축
 - 건축·전기·소방·구조 통합 설계 절차 마련
 - 설계 단계에서의 협업 프로세스 구축
- 구조 안전 및 풍하중 설계 기준 마련
- 화재 안전 및 전기 안전 설계 기준 마련
 - 외벽 및 발코니 적용 BIPV의 구조 안전 기준 정립
 - 화재 확산 방지 및 전기 화재 대응 기준 마련
- 유지관리·고장 진단 기준 및 기술 개발
 - 점검 및 유지관리 절차 표준화
 - 고장 진단 및 안전 관리 체계 구축
- LH 표준설계지침 개정
- 감리 기준 및 유지관리 매뉴얼 표준화

4) 3단계 : 적용 확대 및 제도 고도화 (확산 단계)

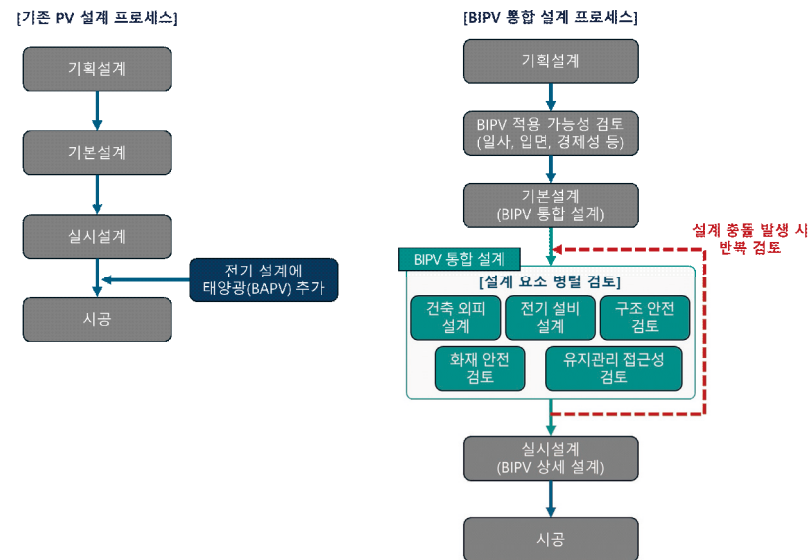
- 3단계에서는 LH 공동주택에서 축적된 설계 및 운영 경험을 바탕으로 BIPV 적용을 확대하고, 장기적으로는 국가 차원의 기준 정립과 연계하는 것을 목표로 하며, 주요 추진 내용은 다음과 같이 정리될 수 있음
 - 공동주택 BIPV 통합 설계 적용 확대
 - BIPV 통합 설계 프로세스 고도화
 - 민간 공동주택 적용 확산
 - 설계기준의 지속적 개선
 - 국가 설계기준 개발 연계
 - 산업 표준화 및 기술 고도화 지원
- 이를 통해 공동주택 BIPV 기술의 안전성과 신뢰성을 확보하고, 향후 도시형 재생에너지 확산에도 기여할 수 있을 것으로 기대할 수 있음

4 LH 공동주택 BIPV 통합설계 및 책임 구조(안)

- BIPV는 건축 외피와 전기 설비가 결합된 복합 시스템으로서 기존 건축 설계 체계에서 일반적으로 적용되는 건축-전기 분리 설계 방식으로는 설계 책임의 경계가 불명확해질 가능성이 있으며, 이에 따라 다음과 같은 특성을 가짐
 - 건축 외피 성능과 전기 설비 성능의 상호 의존성
 - 구조 안전, 화재 안전, 전기 안전이 동시에 영향을 받는 시스템 구조
 - 유지관리 및 접근성 설계 필요
- 따라서 공동주택 BIPV 설계기준에서는 단순히 건축, 전기, 구조, 화재 기준을 개별적으로 제시하는 것을 넘어 통합 설계 체계를 전제로 한 역할 및 책임 구조를 명확히 하는 것이 필요함

1) 통합 설계 체계(안)

- 통합 설계 체계(안) 의미 및 구성
 - 본 연구에서 제안하는 BIPV 통합 설계 체계는 기존의 PV 시스템 설계와 같은 이원적 형태가 아닌, BIPV 시스템이 갖는 건축적 특성과 전기적 특성 등을 포괄적으로 설계하는 체계를 의미함
 - BIPV 설계는 건축 외피, 전기 설비, 구조 안전, 화재 안전, 유지관리 접근성 등 다양한 설계 요소가 상호 의존적으로 영향을 미치는 구조를 가지므로, 각 분야의 설계 및 검토 과정은 순차적으로 진행되기보다는 병렬적·반복적 검토 방식으로 수행될 필요가 있음
 - 일반적으로 기존 공동주택 태양광 설계에서는 태양광 설비가 건축 설계 이후 전기 설계 과정에서 추가되는 방식으로 적용되는 경우가 많지만, 반면 BIPV는 건축 외피의 일부로 적용되는 특성으로 인해 기본설계 단계에서 건축 외피 설계, 전기 설비 설계, 구조 안전 검토, 화재 안전 검토 및 유지관리 접근성 검토를 포함하는 통합 설계 프로세스가 필요함
 - 이러한 통합 설계를 통해 설계 요소 간 기술적 충돌을 최소화하고 공동주택 BIPV 시스템의 안전성과 신뢰성 확보가 가능함



[그림 6-4] 기존 PV 설계 방식과 BIPV 통합 설계 방식 비교

- 이와 같은 통합 설계 프로세스를 통해 건축, 전기, 구조, 소방 분야 간 기술적 충돌을 최소화하고, 공동주택 BIPV 시스템의 안전성과 신뢰성을 확보할 수 있을 것으로 판단됨

○ BIPV 통합 설계 책임 체계

- BIPV 설계 과정에서는 건축 설계자와 전기 설계자 간 협업을 총괄하는 “BIPV 통합 설계 책임자”와 같은 통합 설계 책임 체계가 필요함
- 이에 따라 다음과 같은 역할이 요구되며, 이를 통해 설계 과정에서 발생할 수 있는 기술적 충돌을 사전에 조정하고, 설계 책임의 분산을 방지할 수 있을 것임
 - 건축 외피 설계와 전기 설비 설계 간 인터페이스 관리
 - 구조 안전성 및 화재 안전성 검토
 - 설계 단계에서의 유지관리 접근성 확보

○ 단계별 역할 분담 체계

- BIPV 적용 과정에서는 설계, 시공, 감리, 운영 단계별로 역할과 책임이 명확히 정의될 필요가 있으며, 다음과 같은 단계별 역할 구조를 설정하는 것이 필요함

[표 6-4] 단계별 역할 분담 체계

단계	주요 책임 주체	역할
설계	- 건축 설계자, 전기 설계자 - BIPV 통합 책임자	통합 설계
시공	- 시공사, 전기공사업체 - BIPV 통합 책임자	설치 품질 확보
감리	- 건축 감리자, 전기 감리자 - BIPV 통합 책임자	안전 및 성능 검증
운영	- 공동주택 관리주체 - BIPV 통합 책임자(또는 지원조직)	유지관리

- 특히 BIPV 통합 책임자는 각 단계별 책임 주체 간 역할 분담과 업무 연계가 적절히 이루어지는지를 총괄적으로 검토하고, 설계·시공·감리·운영 단계 간 인터페이스 충돌이나 누락이 발생되지 않도록 조정 및 확인하는 역할을 수행할 필요가 있음

5 후속 연구과제 기획(안) 및 로드맵

1) 후속 연구개발 추진 필요성

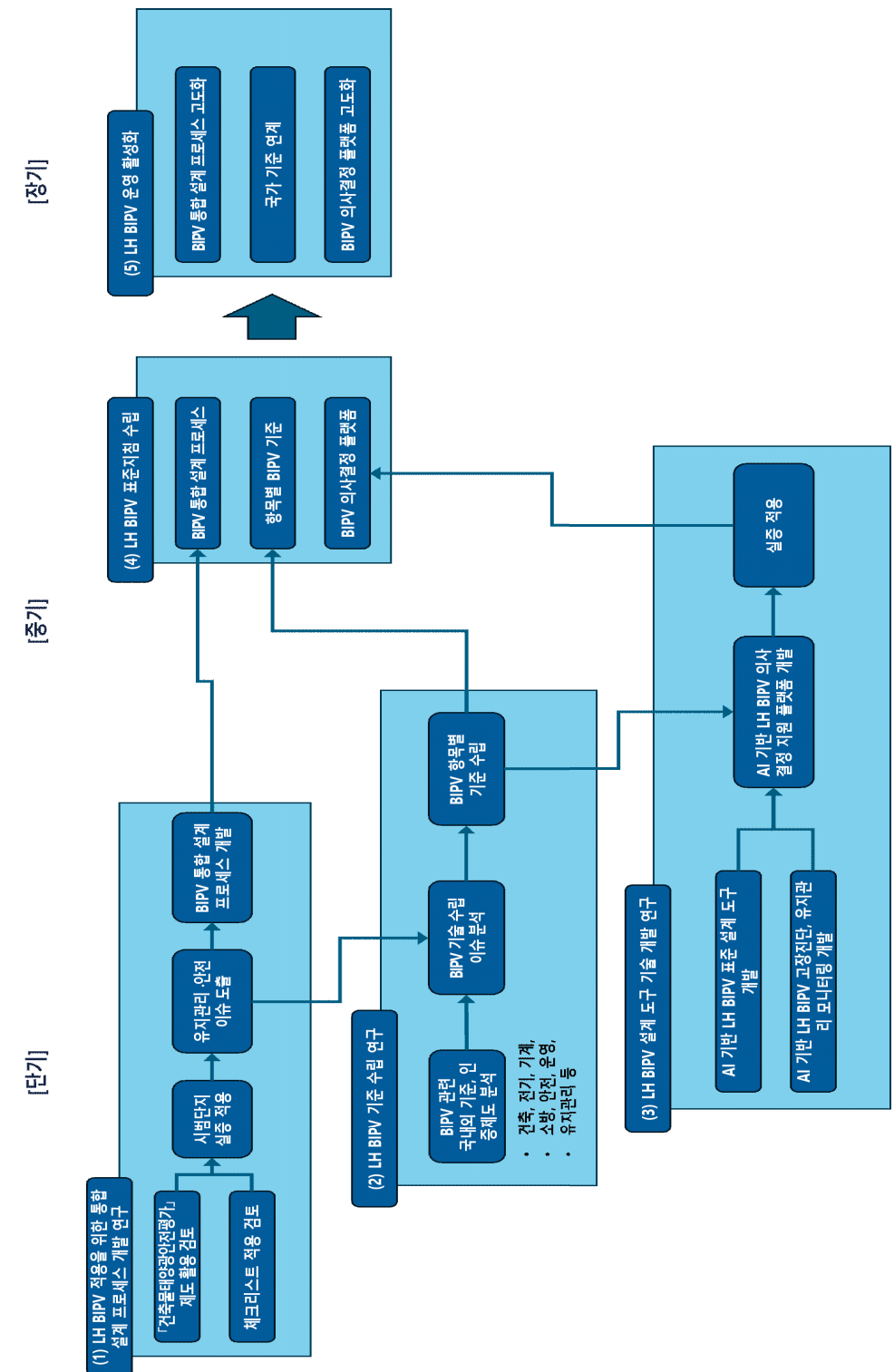
- 본 연구에서는 공동주택 BIPV 적용을 위한 설계기준과 통합 설계 프로세스를 제안하였으나, 실제 공동주택 사업에 적용하기 위해서는 기술 기준의 구체화, 설계 지원 도구 개발, 운영관리 체계 구축 등이 추가적으로 요구됨
- 특히 BIPV는 건축 외피와 전기설비가 결합된 복합 시스템으로서 설계, 시공, 운영 단계의 안전성과 유지관리 체계를 함께 고려할 필요가 있으며, 이에 따라 공동주택 BIPV 확산을 위한 중장기 연구개발 전략을 수립할 필요가 있음

2) 후속 연구개발 로드맵

- BIPV 설계기준 로드맵에 따라 기준 공백기에 해당되는 단기 단계에서는 한국제품안전협회의 「건축물태양광안전평가」등 기존 자료를 활용하며, 후속 연구개발을 수행하여, 중기 단계부터 개발된 LH 기술 및 기준을 만드는 것으로 진행
- 후속 연구개발 과제는 여러 세부과제로 구성된 대형과제로 구성하는 것으로 하여, 연구개발의 일관성과 연속성을 확보하도록 함

[표 6-5] 후속과제 과제명 도출

과제구분	과제명
총괄과제	LH 공동주택 BIPV 설계·검증 체계 구축 및 운영 플랫폼 개발
↳ 세부과제 1	LH BIPV 통합 설계 프로세스 개발
↳ 세부과제 2	LH BIPV 기술 기준 및 안전 검증 체계 구축
↳ 세부과제 3	AI 기반 LH BIPV 설계·운영 의사결정 플랫폼 개발



[그림 6-5] 후속과제 연구개발 로드맵

■ 총괄과제 : 공동주택 BIPV 설계·검증 체계 구축 및 운영 플랫폼 개발

- 본 총괄과제는 공동주택에 적용되는 건물일체형 태양광(BIPV)의 안전성과 적용성을 확보하기 위해 설계 기준, 기술 검증 체계, 운영 관리 기술을 통합적으로 구축하는 것을 목표로 함
- BIPV는 건축 외피와 전기설비 기능이 결합된 복합 시스템으로서 건축, 전기, 구조, 소방, 운영관리 등 다양한 기술 요소가 동시에 고려되어야 하나, 현재 국내 제도와 기술 체계는 제품 중심의 성능 평가와 전기 안전 기준을 중심으로 운영되고 있어 공동주택 적용 단계에서 요구되는 통합적 설계 및 검증 체계를 충분히 지원하지 못하는 한계가 존재함
- 이에 본 과제에서는 공동주택 BIPV 적용 과정에서 요구되는 통합 설계 프로세스 개발, 기술 기준 및 안전 검증 체계 구축, 설계 및 운영 의사결정 지원 플랫폼 개발을 주요 연구 내용으로 설정하고, 이를 통해 공동주택 사업 단계에서 활용 가능한 실무형 기술 기반을 마련하고자 함
- 특히 세부과제에서는 각각 BIPV 통합 설계 프로세스 개발, 기술 기준 및 안전 검증 체계 구축, AI 기반 설계 및 운영 의사결정 플랫폼 개발을 수행하며, 연구성과를 통합하여 향후 LH BIPV 설계지침 및 공공주택 적용 기준 기술 프레임워크를 구축하는 것을 최종 목표로 함
- 또한 본 연구에서 구축되는 기술 체계는 장기적으로 국가 차원의 BIPV 설계기준 마련과 재생에너지 확대 정책의 기반으로 활용될 수 있을 것임

■ 세부과제 1 : LH BIPV 통합 설계프로세스 개발

- 본 세부과제는 공동주택에 BIPV를 적용하기 위한 통합 설계 프로세스를 개발하는 것을 목표로 함
- BIPV는 건축 외피 기능과 전기 설비 기능이 결합된 시스템으로서 건축, 전기, 구조, 소방, 유지관리 등 다양한 분야의 기술요소가 동시에 고려되어야 하지만, 현재 공동주택 설계 과정에서는 이러한 요소들이 개별 설계 단계에서 분산적으로 검토되는 경향이 있어 BIPV 적용 과정에서 설계 충돌, 안전 검증 공백, 유지관리 문제 등이 발생할 가능성이 있음
- 이에 따라 본 과제는 공동주택 사업 절차를 고려하여 기획-설계-시공-운영 단계별 BIPV 적용 절차와 설계 검토 항목을 체계화한 통합 설계 프로세스를 개발하고, 시범단지 실증을 통해 설계 과정에서 발생하는 기술적·운영상의

이슈를 도출하여 설계 체크리스트 및 적용 가이드를 정립하고자 함

- 시범사업 등 BIPV의 우선 적용을 위한 구조적, 전기적, 화재 및 방재 안정성을 고려한 설계 가이드라인 도출이 우선적으로 필요함

■ 세부과제 2 : LH BIPV 기술 기준 및 안전 검증 체계 구축

- 본 세부과제는 공동주택 BIPV 적용을 위한 기술 기준 및 안전 검증 체계를 구축하는 것을 목표로 함
- BIPV는 태양광 모듈이 건축 외피와 결합되는 특성으로 인해 일반적인 태양광 설비와 달리 구조 안전, 방수·기밀 성능, 화재 확산 방지, 전기 안전, 유지관리 접근성 등 다양한 성능 요구사항을 동시에 만족해야 하지만, 현재 국내 제도는 제품 수준의 성능 평가와 전기 안전 기준 중심으로 운영되고 있어, 건축 시스템으로서의 BIPV 적용 적합성을 종합적으로 검토하기에는 한계가 존재함
- 이에 본 과제는 국내외 BIPV 관련 기준 및 사례를 분석하여 건축, 전기, 구조, 소방, 유지관리 분야를 포함하는 항목별 기술 기준을 정립하고, 공동주택 적용을 위한 안전 검증 항목 및 평가 방법을 제시하고자 함
- 또한 이러한 기준을 기반으로 향후 LH BIPV 설계지침 및 공공주택 적용 기준으로 활용가능한 체계를 마련하는 것을 목표로 함

■ 세부과제 3 : AI 기반 BIPV 설계 및 운영 의사결정 플랫폼 개발

- 본 세부과제는 공동주택 BIPV의 설계 및 운영 단계에서 활용할 수 있는 AI 기반 의사결정 지원 플랫폼을 개발하는 것을 목표로 함
- 공동주택에서 BIPV를 적용하기 위해서는 건축 입면, 일사 조건, 발전량, 경제성, 유지관리, 안전성 등 다양한 요소를 종합적으로 고려한 설계 판단이 필요하나, 현재 이러한 요소를 통합적으로 분석하고 의사결정을 지원할 수 있는 도구는 제한적인 상황임
- 이에 본 과제에서는 공동주택 설계 단계에서 활용 가능한 BIPV 설계 지원 도구를 개발하고, 운영 단계에서는 발전량 분석, 이상 상태 탐지, 유지관리 모니터링 등을 지원할 수 있는 AI 기반 운영 관리 기능을 구축하고자 함
- 이를 통해 공동주택 BIPV 적용 과정에서 발생하는 기술적 의사결정을 지원하고, 장기적인 운영 안정성과 유지관리 효율성을 향상시키는 것을 목표로 함

■ 참고문헌

- 신형두(2024), “건축물에 설치되는 태양광설비의 방호기준 (KFS-414) 제정”, 화재 보험협회, Webzine Vol. 107
- 최정민, 여한승, 이길용, 박계원(2021), “건물일체형 태양광 모듈(BIPV) 외장재에 대한 화재안전성 시험방법 제안 및 국제표준화 필요성”, 2021년 대한건축학회 추계학술발표대회논문집, 제41권 제2호
- 이효문, 배상순, 최만주, 김동수, 윤종호(2022), “실측을 통한 북향 설치 PV 시스템의 발전성능 평가”, 한국태양에너지학회, Vol. 42, No. 5, pp. 1-12
- 방선규, 유정현, 김가연, 윤인환(2021), “공동주택 주거밀도와 난방방식에 따른 에너지 자립률 달성방안에 관한 연구”, 한국건축친환경설비학회, Vol. 15, No. 6, pp. 636-645
- 원종연, 태영란(2021), “제로에너지건축물 인증을 고려한 공동주택 태양광 발전시스템 적용 방안”, 한국건축친환경설비학회, Vol. 15, No. 3, pp. 279-288
- 문정현, 김재철(2021), “제로에너지 도시를 위한 일조분석을 통한 태양광 설치유형별 발전용량 및 에너지자립률 산정 사례 연구”, 조명·전기설비학회논문지, Vol. 35, No. 1, pp. 43-50
- 이소미, 윤철, 이용호(2008), “공동주택의 태양광발전설비 적용을 위한 설계방법에 관한 연구”, 한국산·재생에너지학회 2008년도 추계학술대회논문집, pp. 98-101
- 이상윤, 이루다, 윤종호, 김동수(2021), “BIPV 설치 용량에 따른 아파트 단지 에너지 자립률 분석”, 한국태양에너지학회, Vol. 41, No. 3, pp. 25-37
- 조경주, 조동우(2020), “루버일체형 양면형 태양광 모듈의 건축적 활용을 위한 발전성능 평가”, 한국건축친환경설비학회, Vol. 20, No. 5, pp. 129-134
- 곽병창, 김길태, 황인태(2024), “Integration of photovoltaic systems for energy self-sufficient low-rise multi-family residential buildings in Republic of Korea”, Buildings, MDPI, Vol. 14, pp. 2522

- 박보량, 정민희(2023), “Analysis of the additional energy-saving potential of residential buildings after mandatory zero-energy buildings to achieve carbon neutrality in South Korea”, Building and Environment, Vol. 228, pp. 109908
- 엄지영, 김용기(2018), “Applicability analysis of residential energy storage system (ESS) using HOMER in Korea”, Grand Renewable Energy 2018 Proceedings, Pacifico Yokohama, Yokohama, Japan, June 17-22, 2018
- 이경호, 이진국, 윤응상, 주문창, 이순명, 백남춘(2014), “Annual measured performance of building-integrated solar energy systems in demonstration low-energy solar house”, Journal of Renewable and Sustainable Energy, Vol. 6, No. 4, pp. 042013
- 김진희, 김하연, 김준태(2015), “Analysis of Photovoltaic Applications in Zero Energy Building Cases of IEA SHC/EBC Task 40/Annex 52”, Sustainability, MDPI, Vol. 7, pp. 8782-8800
- 김성열, 최호순, 엄정희(2018), “Energy-Independent Architectural Models for Residential Complex Plans through Solar Energy in Daegu Metropolitan City, South Korea”, Sustainability, Vol. 10, No. 2, pp. 1-20
- 정창현(2017), “PV시스템 적용 공동주택의 에너지 제로화를 위한 적정 건축·규모 검토”, 한국건축친환경설비학회, Vol. 11, No. 2, pp. 113-120
- 이효문, 최만주, 이루다, 김동수, 윤종호(2021), “Energy performance evaluation of a plus energy house based on operational data for two years: A case study of an all-electric plus energy house in Korea”, Energy and Buildings, Vol. 252, pp. 111394
- 사공성 향상을 위한 프리패브 BIPV 유닛 지붕시스템 개발, 한국건설기술연구원, 2024
- 건축물 에너지 자립률 향상을 위한 프리패브 단열재 일체형 BIPV 유닛 시스템 개발, 한국건설기술연구원, 2023.12.

BIM 기반 BIPV 적용 건축물의 제로에너지 자립률 검토 방법에 관한 연구, 한국학술지인용색인, 2022.02.22.

개방형 BIPV 설계 환경구축을 위한 PIM 라이브러리 작성 방법에 대한 연구, ksejournal, 2024.04.

제로에너지건축물 구현을 위한 태양광발전시스템 적용 연구 동향 분석, KIEAE Journal, 2024.02.

BIPV 적용을 위한 컬러 필름 기반 유연 상글드 태양광 모듈의 출력 특성 연구, 한국태양광발전학회논문지, 2024.12.04.

태양전지 혁신기술개발 전략과 방향 : 탄소중립 이행을 위한 태양전지 R&D 동향과 연구방향, 녹색기술센터, 2022

위성영상 기반 신재생에너지 발전 진단 및 변동성 예측기술 개발, 한국에너지기술연구원, 2023.12.

2024년도 2차 에너지 기술개발사업 연구개발과제 기획보고서_신재생에너지핵심기술개발(태양광), 산업통상자원부, 2023.09.11.

태양광 모듈의 불량에 대한 검토, 한국에너지기술연구원, 2021.02.

현장설치 태양광모듈 불량에 대한 평가, 한국에너지기술연구원, 2021.

양면형 태양광 모듈과 시스템:국제 연구와 파일럿 적용 경험과 결과, 한국에너지기술연구원, 2021.

건물일체형 태양광 (BIPV) 산업생태계 활성화 방안, 산업통상자원부, 2022.10.11.

BIPV 적용분야의 범주화, 국제에너지기구 태양광발전시스템 프로그램(IEA PVPS), 2021.

국내 태양광발전용 마이크로 인버터 기술기준에 관한 연구, 윤용호, 2019.02.24. 산업통상자원부, 「산·재생에너지 설비의 지원 등에 관한 규정」 및 「신재생에너지 설비 원별 사공기준」

서울특별시, 「태양광설비의 설치와 관리 등에 관한 기준」

국토교통부, 「건축법」 및 「건축법 시행령」

산업통상자원부, 「BIPV 산업생태계 활성화 방안」, 2022

LH토지주택연구원, LHRI 포커스 제56호 "공동주택 태양광 발전 능력 향상 방안"

한국화재보험협회, "BIPV 화재안전성 평가 관련 이슈", 2022

송은호, "노후 고층 건물에 건물일체형 태양광발전시스템 적용 시 발전량 및 수익에 관한 연구", 한양대학교, 2019

조경주 외, "루버일체형 태양광 모듈을 추가 반영한 공동주택의 단지 배치별 실질 에너지자립률 비교 분석", KIEAE Journal, 2020

윤요선, "제로에너지 공동주택을 위한 태양광 발전시스템의 경제성 분석", KIEAE Journal, 2020

김차년 외, "공동주택 발코니 PV 연계 가정용 BESS의 에너지 절감 효과 분석", 한국태양에너지학회 논문집, 2020

KS C 8577 "건물일체형 태양광 모듈(BIPV) 성능평가 요구사항"

【해외 문헌】

Integration of BIPV technology with modular prefabricatedbuilding, Jouranl of Building Engineering, 2025.05.15.

Analysis of Technological Innovation Systems for BIPV in Different IEA Countries 2025, IEA-PVPS, 2025.03.

Towards Improving the Durability and Overall Performance of PV-ETICS by Application of a PCM Layer, applied sciences, 2021.05.19.

Analysis of Power Enhancement in Facade-BIPV Systems Through Module-Level Power Optimizer: Evaluating Performance Under Shading Conditions, MDPI, 2024.08.14.

Advanced Diagnosis and AcceleratedTesting of Balance of SystemComponents for Utility Scale PVInstallations, NREL, 2024.11.30.

Real-Time Monitoring for a Building-Integrated Photovoltaic System based on the Internet of Things and a Web Application, ETASR, 2024.08.

Advancing BIPV Standardization : Addressing Regulatory Gaps and

【웹사이트 및 기타】

ETRI, 친환경 컬러 박막 태양전지 개발, 국가과학기술연구회, 2020.06.25.
건축 외장재로서 BIPV(건물일체형 태양광 모듈)의 국내적용시 화재안전성 평가의
고려요인과 국제표준화 제안, 화재보험협회, 2022.11.
Building Integrated Photovoltaic System, bipvkorea, 2025.06.04. 기준
건물이 스스로 전기를 만든다고? 높은 효율, 멋진 외관, 내구성까지 사로잡은 BIPV
개발, 한국생산기술연구원, 2022.03.
생기원, 도심특화형 BIPV 상용화 성공, kharn, 2022.06.04.
LG전자의 BIPV, 전면 전극 없는 ‘백컨택셀’로 BIPV 가치 높인다, 인터스트리뉴스,
2020.10.05.
LG ThinQ Home, JUNGLIM, 2025.06.26. 기준
Dutch Demo Site, energymatching, 2025.06.26. 기준
Invisible Solar Power, solarlab, 2025.06.04. 기준
SolarLab.dk ApS, EPD Danmark, 2023.08.25.
Shingled solar modules and shading, PV magazine, 2021.11.18.
Maxeon claims 24.9% efficiency for IBC solar panel, PV magazine, 2024.03.26.
건축물 에너지 자립을 위한 태양광 해법, 한국건설기술연구원, 2025.06.24.기준
BIPV.world autodesk Revit Plug-in, BOUW PRODUCTEN, 2023.08.12.
개방형 BIPV 설계 환경구축을 위한 PIM 라이브러리 작성 방법에 대한 연구,
ksejournal, 2024.04.
LX하우시스, '건물 일체형 태양광발전 시스템' 공개, 머니투데이, 2023.11.28.
솔라시스템루버, LX하우시스, 2025.05.22. 기준
Schuco Building Integrated Photovoltaics, SCHUCO, 2025.05.21. 기준
OWP 12 - a green powerhouse with BIPV, PRESSBOX, 2023.10.10.
태양열 시스템 루버, dssystem, 2025.06.18.기준

건물 일체형 태양광 발전시스템, 거광기업 홈페이지, 2025.06.24.기준
(주)씨에스테크, IoT 융합 차세대 스마트 창호 시스템 출시, 창과문, 2025.03.27.
이동식 태양광 발전시스템, 위에너지 홈페이지, 2025.06.24.기준
고온·고습에 강한 페로브스카이트 태양전지 등장... 상용화 꿈 이뤄질까?, 인터스트
리 뉴스, 2025.04.08.
에스케이솔라에너지 제품소개, 에스케이솔라에너지 홈페이지, 2025.05.23. 기준
Mitrex claims market first with fire-rated building solar panels, sustainablebiz,
2023.02.09.
Canadian university to be equipped with a stealthy solar facade/microgrid,
pv-magazine, 2022.04.22.
Integrating Solar Technology into Facades, Skylights, Roofing, and Other
Building Elements, archdaily, 2021.06.02.
Risen Energy launches ultra-low-carbon BIPV and HJT products, risen,
2022.04.04.
아이솔라에너지, 대한민국 에너지대전 홈페이지, 2025.06.25. 기준
페로브스카이트 단점 없앤 대면적, 유연한(Flexible) 태양전지 만든다, 한국과학기술
연구원, 2016.11.23.
고효율 페로브스카이트-실리콘 탠덤 태양전지 개발, 카이스트 뉴스, 2020.03.30.
한화큐셀, 상용 면적 탠덤 셀로 세계 최고 효율 달성 ...차세대 태양전지 조기 양산
가시화, 한화, 2024.12.19.
한국미래에너지-라운프렌즈-솔라라이즈, BIPV MLPE·그리드포밍 사업화 맞손, 전
기신문, 2024.05.23.
LG전자의 BIPV, 전면 전극 없는 ‘백컨택셀’로 BIPV 가치 높인다, 인터스트리 뉴
스, 2020.10.05.
솔라라이트, 쉽게 설치하고 스마트하게 관리하는 100kW 태양광 인버터 출시, 인터
스트리 뉴스, 2019.06.15.
태양광, G2POWER, 2025.05.22. 기준

다양한 색상 ‘솔라스킨’...신성이엔지, 디자인·친환경 두 마리 토끼 잡았다, 경기일보, 2023.12.22.

세종인터내셔널, BIPV 소재 다양화에 앞장... 선택 폭 넓힌다, 인터스트리 뉴스, 2020.09.25.

다양한 색상 ‘솔라스킨’...신성이엔지, 디자인·친환경 두 마리 토끼 잡았다, 경기일보, 2023.12.22.

신성이엔지, BIPV 영토 확장 행보...솔라스킨 적용 실적 확대, 전기신문, 2023.11.23.

BIPV(건물일체형 태양광발전시스템), 에코스 홈페이지, 2025.05.21. 기준

에코스, 전력변환 기술 앞세워 ‘태양광’ 원스톱 토털 솔루션 제공, 인터스트리 뉴스, 2021.03.18.

에스지에너지, 새로운 컬러 BIPV 모듈 ‘Be Paint’로 국내 시장 선도, 에스지에너지 기업 홍보센터, 2024.01.22.

알파에너지웍스, 국내 첫 도입한 ‘자동 IBC 셀 태방머신’으로 BIPV모듈 점유율 1위 도전, 솔라투데이, 2022.05.06.

메카로에너지 제품소개, 메카로에너지 홈페이지, 2025.05.26. 기준

JinkoSolar achieves 25.7% efficiency for n-type TOPCon solar cell, pv-magazine, 2022.04.27.

Oxford PV’s new record efficiency of 29.52% for perovskite silicon tandem solar cell, MERCOM, 2021.01.16.

탠덤 태양전지 글로벌 개발 ‘각축전’... 에기평, ‘제5차 에너지기술개발계획 태양광 로드맵’ 공개, 인터스트리뉴스, 2025.05.09.

페로브스카이트 단점 없앤 대면적, 유연한(Flexible) 태양전지 만든다, 한국과학기술 연구원, 2016.11.23.

CIGS/perovskite solar cell by UCLA reaches 22.4% efficiency, Perovskite-info, 2018.09.02.

태양광 발전 효율 50%가 머지않았다. 탠덤 태양전지, 대학생신재생에너지기자단,

2023.03.15.

독일 프라운호퍼 ISE, 태양전지 효율 47.6% 신기록 달성, thescienceplus, 2022.05.31.

탠덤 태양 전지의 새로운 세계 기록, 32.5% 효율 달성, thescienceplus, 2022.12.20.

High-Efficiency Multi-Junction Concepts, helmholtz-berlin

화웨이, 차세대 고효율 태양광 6각형 인버터 ‘SUN2000-150K-MG0’ 출시, 인터스트리뉴스, 2025.03.10.

머리카락보다 얇은 초경량 태양전지판 개발, POPULAR SCIENCE, 2022.12.12.

홍보센터, SDN 홈페이지, 2025.06.25. 기준

G2Power 제품 소개, G2Power 홈페이지, 2025.05.27. 기준

솔라엣지 파워 옵티마이저, 양면모듈 전력손실 완화로 에너지 생산 최적화, 인터스트리 뉴스, 2022.07.11.

티이에프의 MLPE 시스템, 티이에프 홈페이지, 2024.06.26. 기준

인피니티, BIPV 모니터링 솔루션 기술개발, 투테이에너지, 2022.05.19.

인피니티 에너지 제품 정보, 인피니티 에너지 홈페이지, 2025.05.26. 기준

기술력 인정받은 썬플로르에너지솔루션, ‘제1회 미국 도시 정상회담’ 전시회 참가기업 선정, 인터스트리뉴스, 2023.02.20.

(주)솔라라이트, 모니터링 서비스 통한 스마트 제어기술 갖춘 슬라이드형 BIPV 제시, 헤럴드 경제, 2020.12.11.

에스케이에스이 ‘BIPV 사고 예방 유지보수 기술’ NET 인증 취득, SKSE 소식, 2024.01.17.

라씨브로슈어, 라씨 홈페이지, 2025.06.26. 기준

태양광 발전설비 고장, 현장 가지 않고도 진단, 동아사이언스, 2023.09.20.

ISO 홈페이지, 2025.06.30. 기준

Silicon heterojunction solar cell with interdigitated back contacts for a photoconversion efficiency over 26%, nature energy, 2017.03.20.

A Multi-Stage model based on YOLOv3 for defect detection in PV panels based on IR and Visible Imaging by Unmanned Aerial Vehicle, arxiv, 2021.10.23.

FIGURE 2 – available via license: Creative Commons Attribution 4.0 International, ResearchGate, 2020.03.

경기주택도시공사-융복합센터 (신사옥), greenzine, 2025.02.12.

EPFL's campus has the world's first solar window, EPFL 홈페이지, 2025.08.05.

기준

Swisstech Convention Center, dominikgehl, 2025.08.05. 기준