

17TBIP
-C124
966-01

보안 과제(), 일반 과제(√) / 공개(√), 비공개()발간등록번호()

국토교통기술사업화지원 사업 제3차 연도 최종 보고서

R&D / 17TBIP-C124966-01

발전성을 갖는 플라스틱 신소재를 적용한 건물외장재 개발 최종보고서[보완본]

2020. 02. 28.

주관연구기관 / (주)비제이파워
협동연구기관 / (주)케이비씨
(주)넥스트코어테크놀로지
충남대학교 산학협력단
공주대학교 산학협력단

최
종
보
고
서

2020

국
토
교
통
과
학
기
술
진
흥
원
(건고덕
17p)

국토교통부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

‘발전성을 갖는 플라스틱 신소재를 적용한 건물외장재 개발’ (연구개발 기간 : 2017.04. ~ 2019.12.) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2020. 01. 22.

주관연구기관명 : (주)비제이파워 (대표자) 김용식 (인)
공동연구기관명 : (주)KBC (대표자) 이성현
공동연구기관명 : (주)넥스트코어테크놀로지 (대표자) 서원기
공동연구기관명 : 충남대학교 산학협력단 (대표자) 이영석
공동연구기관명 : 공주대학교 산학협력단 (대표자) 임경호

주관연구기관책임자: 박준형

공동연구기관책임자: 황인철, 김영복, 이범재, 김준태

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에
동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	17TBIP-C1 24966-01	해당 단계 연구 기간	2019.01.01. - 2019. 12. 31	단계구분	3 / 3
연구사업명	중사업명	국토교통기술사업화지원사업			
	세부사업명	중소기업 보유기술 사업화			
연구과제명	대과제명				
	세부과제명	발전성능을 갖는 플라스틱 신소재를 적용한 건물외장재 개발			
연구책임자	박 준 형	해당단계 참여연구원 수	총: 33명 내부: 33명 외부: 0명	해당단계 연구비	정부: 541,000 천원 민간: 361,000 천원 정부외: - 천원 상대국: - 천원 계: 902,000 천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 45명 내부: 45명 외부: 0명	총 연구비	정부: 1,596,000천원 민간: 1,064,367천원 정부외: - 천원 상대국: - 천원 계: 2,660,367 천원
연구기관명 및 소속 부서명	(주)비제이파워			참여기업명 (주)KBC (주)넥스트코어 테크놀로지 충남대학교 산학협력단 공주대학교 산학협력단	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	

※ 국내·외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	
-------------------------	--

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 · 장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기 탁 번호											

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설 · 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다) 보고서 면수

요약문

연구의 목적 및 내용	○ 발전성능을 갖는 플라스틱 신소재를 적용한 건물외장재 개발 ○ 기존 건축 외장재에 태양광을 발전 기능을 접목하는 소재 기술 개발 ○ 건축 외장재로서의 성능과 발전 성능을 모두 만족시키는 기술 개발 ○ 건물 외장재로 사용이 가능한 신뢰성 확보 ○ 시작품의 시험실 환경과 실제 건축 환경에 적용 동일한 성능을 갖는지 분석 ○ 특허 기술을 활용한 모듈 효율 향상 ○ Base plate와 태양전지의 색상을 동일하게 구성하며, 상부 color layer를 추가함으로써 내부가 잘 보이지 않으면서 다양한 색상 연출이 가능하도록 구성 (기존 출력의 70%) ○ 발전 성능을 갖는 건물 외장재 생산 기술 확보 ○ 발전 성능을 갖는 건물 외장재 실용화 기술 개발 (현장적용) ○ 실제 건축 환경에서 요구되는 요소 (크기, 색상, 발전성능 등)를 반영하여 시작품 제작 및 평가분석 ○ 시공 품질 확보 기술 및 실용화 기술 정착을 위한 시공 매뉴얼 작성				
연구개발성과	○ 플라스틱 신소재 개발 및 소재 내구성 확보 ○ 외장재 일체형 태양광 모듈 공정 개발, 신뢰성 평가 및 시제품 제작 ○ 건물에너지의 효율적 관리가 가능한 REMS S/W 플랫폼 시제품 개발 ○ 건물 외장재의 기능을 검증하기 위한 Test bed 구축				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	○ 지속가능하고 청정한 도시 유지를 위하여 도심형 건물용 태양광발전은 건물 지붕, 외벽, 창호 등의 기능적 측면에 따라 다양한 종류의 태양전지 기술과 디자인 요소가 융합된 분야로 산업화를 위한 기술적 장벽을 극복하면 기존 태양광발전과 차별화된 미래 신산업 창출이 가능 ○ 도심 일조환경은 기존 대규모 발전에 비하여 산란광에 대한 이용율이 높아야 하므로 넓은 파장대역 활용과 작은 입사각도에 대한 높은 광흡수 특성을 갖는 기술개발이 필요 ○ 도시의 주변 환경과의 조화, 안락함, 편의성을 위하여 다양한 형태나 크기, 색상구현 등의 다자인과 심미성을 확보가 필요 ○ 기존 건물의 구조 변경없이 손쉽게 설치할 수 있도록 경량화 모듈이 필요하며 발전성능과 투과율의 상반된 특성을 최적화하는 기술개발 필요 ○ 산업 경쟁력 확보 및 상품화를 위한 대면적 핵심 공정 및 건물 외장재 요구 조건을 만족하는 기술개발 필요 ○ 도심환경에 적합한 장기 안정성, 내구성, 신뢰성을 확보하는 기술개발 필요 ○ 상기와 같은 도심형 건물 태양광 발전 기술을 확보하면, 청정에너지를 생산하고 이용하는 녹색도시 건설이 가능하며 기존 태양광시장과 차별화되고 경쟁력이 있는 신시장 창출이 가능				
국문핵심어 (5개 이내)	건물 외장재	플라스틱 신소재	고강도	난연성	태양광 발전
영문핵심어 (5개 이내)	building exterior	Plastic new materials	High strength	Flammability	solar power generation

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요	5
가. 사업화 추진 배경	5
나. 사업화 대상 기술 요약	7
2. 연구수행내용 및 성과	11
가. 3차년도 연구내용 요약	11
나. 3차년도 연구 개발 내용	12
(1) 플라스틱 신소재 개발	12
(2) 외장재 일체형 태양광 모듈 개발	19
(3) REMS 설계 및 개발	29
(4) Test Bed	37
(5) 최종 건물 적용 실증	63
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	79
가. 목표	79
나. 최종 목표 달성 여부	83
다. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)	85
4. 연구개발성과의 활용 계획 등	86
가. 국내외 사업화 환경변화 분석	86

1. 연구개발과제의 개요

가. 사업화 추진 배경

(1) 기술적 배경

- 건축물은 LCA관점에서 국가 자원의 40%를 소비하므로 고유가 대비 및 온실가스저감 차원에서 친환경 / 저 에너지 건축 기술의 개발 및 상용화 방안이 절실하다.
- 친환경 / 저 에너지 자재 및 설비는 물론 IBS, REMS 등 지능형 건물 에너지 관리 기술에 대한 수요가 증대되고, IT 분야의 발전과 함께 관련 기술의 개발이 용이한 상태이다.
- 대량의 CO2를 배출하는 건축 재료를 다른 재료로 대체하여 에너지 및 CO2를 저감하거나, 제조 공정의 개선등을 통해 에너지와 CO2 발생을 저감하는 근본적인 기술 개발이 필요하며, 저 에너지 환경 부하 저감 재료가 포함되는 건축 자재 수요 증대로 국내 친환경 건설 자재 시장은 2.6배 증가 추세에 있다.
- 기존 건물 대비 에너지 절감을 위해서 새로운 개념의 에너지 시스템에 대한 제고가 필요하다.
- 기존 REMS 시스템을 개선하기 위한 IP기반 센서네트워크기술, 에너지 사용 설비의 최적 제어 기술, 자연 에너지의 적극 활용 기술, 운영 최적화를 위한 다양한 에너지 절약 알고리즘, 기기별 에너지 소비량의 정확한 파악 및 분석을 위한 계측 시스템, 설비의고유 성능 유지를 최적 관리 시스템 등의 기술개발이 중요하다.

(2) 경제적 배경

- 2002년 이후 고유가와 원자재가 폭등하고 있는 상황에서 국내 에너지 수요는 향후 30년간 연 2.3% 증가가 예상되며, 약 97% 에너지 수입 의존도도 지속될 것으로 예상됨에 따라 에너지 기술 및 에너지 고 효율화 기술 개발로 에너지 자립도 제고가 절실하다.
- 선진국과 개도국이 온실 가스 감축에 참여하게 될 2020년 신 기후체제에선 제적 · 능동적 대응이 필요함에 따라, 건축물 분야 이산화탄소 배출 및 에너지 사용량 저감을 위해 친환경적이며 에너지 효율적인 건축 자재 사용, 환경 친화적 건축물 설계, 에너지 효율 향상 기술 적용 및 지능형 건물 에너지 관리 시스템에 대한 수요가 증가하고 있다.
- 가치 있는 건축물에 대한 사회적 인식 변화로 친환경 저 에너지 건물에 대한 건축주의 투자 확대, 저 탄소형 건축물의 부각 및 시장성 확보로 관련 기술의 성장 가능성이 확대되고 있다.
- 수요자 측면에서 고효율 에너지 기술 및 신재생 에너지 적용을 통한 건물 에너지 절감에 의한 건물 관리 비용 감소 요구가 증가하고 있으며, 경제 성장, 소득 증가 및 삶의 질 향상에 의해 건축물의 질에 대한 투자가 증대하고 있어 관련 연구 및 산업계 중심으로 친환경 저 에너지 건물 개발사업이 활발히 진행되고 있다.
- 기존 건축물의 재건축 및 리모델링 수요가 확대되고 있으며, 이러한 기존 건축물의 에너지 효율화를 위해 정부에서는 BRP사업 및 ESCO사업 등을 통해 저리의 지원금을 지원하여 저

에너지 건물 사업이 증가하고 있는 추세이다. 이에 따라 전자재 관련 업체들의 리모델링을 위한 맞춤형 제품을 개발하는데 주력하고 있다.

- 지능형 건물 에너지 관리 시스템 도입은 초기 투자비용은 크지만, 효율적이며 지속적인 에너지 관리를 통해 에너지 비용을 줄일 수 있어 투자비 회수에 대한 기대감등으로 국내 건물 사용 특징에 따른 지능형 건물 에너지 관리 시스템의 연구 개발 및 상용화가 증가하고 있다.

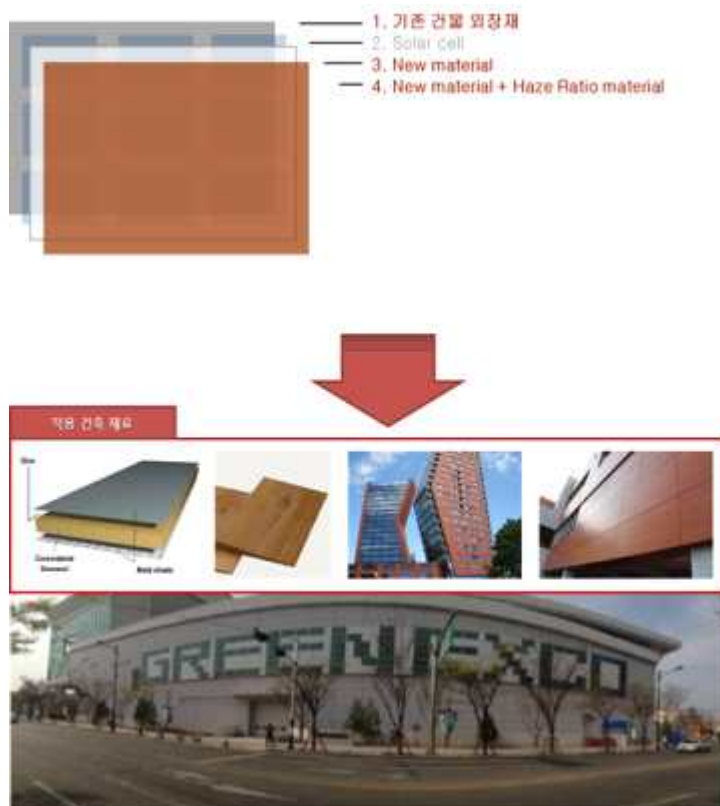
(3) 정치적 배경

- 건축물로 인한 환경 부하는 국가 전체 에너지 소비의 23%, 자원 40%, CO2 배출 25%, 폐기물배출 20~50%을 차지하여, 정부에서는 건축물로 인한 환경 문제와 에너지 문제를 동시에 해결해야하는 숙제를 가지고 있다.
- 화석 에너지 사용량 절감 및 2020년 BAU대비 온실가스 30% 감축등 기후 변화에 대응하기 위해 정부에서는 건축물 분야는 2020년까지 BAU대비 온실가스 31% 감축하도록 목표를 설정하고 친환경/ 저에너지 건물 보급 및 건물 에너지 자립화를 위한 다양한 정책을 추진하고 있어 에코 건축에 대한 소비자의 관심이 증가하고 있다.
- 국내 경제가 직면한 청년 일자리 창출과 고용문제 극복을 위해 고용 유발 계수가 13.2명으로 비 녹색 산업군(9.4명)보다 큰 녹색 기술 산업 육성의 필요성이 대두되고 있다.
- 정부는 녹색 건축물 조성 지원법을 제정하고 2025년까지 제로 에너지 건축물 목표 달성을 위해 단계적으로 건축물 에너지의무 절감률을 강화하고, 에너지 소비 총량제를 도입하였다.
 - ✓ 서울시는 2011년 7월부터 건축물 총량제를 공공 건축물뿐만 아니라 민간 건축물로 확대 시행하여, 총량제 적용 건물이 2013년도에는 5%에서 2015년 21%, 2020년에는 41%까지 증가할 것으로 예상되며, 5년마다 에너지 소비량 기준을 단계별로 강화하고 있어 친환경 건축 관련 기술 개발이 요구된다.
 - ✓ 건축물의 외벽, 지붕, 창 등 단열 기준을 최대30%까지 강화하며, 500㎡이상 중소 규모 건축물의 에너지 절약 계획서 제출을 의무화하고 일정 점수(65점) 이상을 획득해야 건축허가 가능하다.
- 정부 주도로 기존 건축물의 녹색 리모델링을 통한 에너지 효율화 사업이 점진적으로 증가하고 있으며, 녹색인증(친환경인증, 에너지효율등급인증)을 기존 건축물로 확대할 예정이다.
 - ✓ ESCO 및 에너지 진단사업, 사업장 에너지 사용 실태 조사 등을 통해 기존 건축물의 에너지 효율 향상 사업을 적극적으로 지원하는 한편, 민간 중심의 친환경 저에너지 건축 보급 확산에도 노력을 기울이고 있다.
 - ✓ 정부는 2013년부터 건물 매매 시 건물 에너지 소비 증명서 제출 의무화를 통해 수요자들의 자발적 에너지 절감 효과를 기대하고 있다.
- 정부는 친환경 저 에너지 건물 보급을 위해 각종 건물 인증 제도를 강화하고, 건물 인증 기준에 적합한 사업장에는 인센티브 및 건축 기준 완화 등의 혜택을 제공하여 수요자들의 친환경 저 에너지 건물에 대한 선호도가 증가하여 민간 분야의 연구 개발 및 개발 기술의 상용화 필요성이 증대되고 있다.
- 정부는 1차 국가 에너지 기본 계획을 통해 신재생 에너지 보급률을 2030년까지 총 에너지 원 대비 11%로 확대하는 목표를 제시했으며 관련 지원 제도를 강화하고 있다. 또한 건축물의 신재생 에너지 공급 의무화 제도 및 신재생 에너지 이용 건축물 인증 제도를 실시하여 신재생 에너지 보급 확대에 노력을 기울이고 있다.

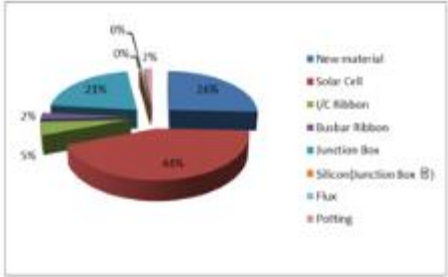
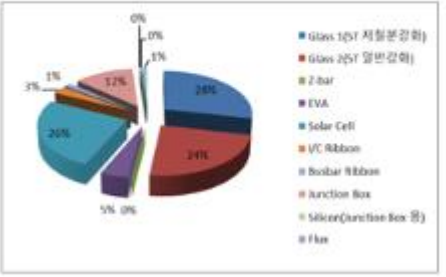
나. 사업화 대상 기술 요약

구분	기존 보유기술 또는 이전받은 기술	사업화 기술
■ 과제명	-	발전성능을 갖는 플라스틱 신소재를 적용한 건물외장재 개발
■ 사업화 기술 및 분야	☒ 자체보유 ☐ (이전 받은 기관명)에서 기술이전	☐ 공공기술 중소기업 이전 및 사업화 ☒ 중소기업 보유기술 및 아이디어 사업화 ☐ 국토교통 안전기술 사업화 ☐ 서비스 R&D 융합기술 사업화
■ 사업화 대상이 되는 기술의 지식재산권	(특허번호) 10-1645534	(특허번호) 10-1890102-0000
	(특허명) 내구성이 향상된 옥외용 태양 전지 모듈	(특허명) 심미성이증대된 건축 외장재 형태의 태양광 모듈
	(권리자) (주)비제이파워	(권리자) (주)비제이파워
■ 기존기술과 비교하여 성능 개선 등 차별화 내용	불소수지를 코팅하여 내구성을 향상시킨 옥외용 태양광모듈	심미성, 및 발전 효율을 증대 시킨 back sheet 없이 외장재와 일체화 된 외장재 형태의 태양 광 모듈

(1) 사업화 대상 기술의 개념도



(2) 국내외 유사기술과 수준 비교

구분	발전성능을 갖는 플라스틱 신소재를 적용한 건물외장재	기존 BIPV 기술
발전량	설치각도에 따른 발전량 저하 감소 (기존 BIPV 대비 10%이상 상승 ¹⁾)	설치 각도에 따른 발전량 저하 (설치각도 30도 대비 최대 50% 감소)
무게	플라스틱 신소재를 사용 무게가 가벼움	전면유리를 사용하여 무거움
강도	강도 1.2	강도 0.7
경제성	제조 비용 낮음 (65 천원/m²) 	제조 비용 높음 (110 천원/m²) 
건축물 적용	○ 건축 자재와 일체화하여 기존 건축 시공 방식 유지 가능함. ○ 기존 건축물에 적용할 경우 무게 상승이 미비하여 별도의 보강이 필요치 않음. ○ 기존 건축 시공 방식 유지를 통한 부대비용 절감	○ Roof 등에 설치할 경우 별도 구조물 필요 ○ 기존 건축물에 적용할 경우 무게 상승에 따른 보강 필요 ○ 구조물, 설치비용 및 건물 보강에 따른 비용 증가

비 목	금 액(\$/Wp) (납품가격 기준)	비 고
재료비 및 기타 비용	0.683	
목표가격 합계	0.683	비교제품의 105%
비교제품 가격	0.65	

구 분	Silicon solar cell (\$/Wp)	Glass (\$/m2)	EVA (\$/m2)	Back sheet (\$/m2)	기타 & 정합 비용 (\$/Wp)	Module (\$/Wp)
일반 모듈	0.48	4.5	1.7	3.5	0.11	(0.65)
패턴 모듈	0.48	4.533	1.7	3.5	0.15	(0.683)

구 분	단위	패턴모듈 (건물)	일반모듈 (건물)	일반모듈 (대지)
설비용량	kW	1,000	1,000	1,000
설치단가	억원	16.53	16.20	16.20
SMP 가격	원	75	75	75
RBC 가격	원	125	125	125
가중치 (0.7, 1.0, 1.5)	-	1.5	1.5	1.0
발전량	kWh	1,057,770	919,800	1,314,000
년 매출	억원	2.78	2.42	2.63
설치비 회수 기간	년	5.83	6.85	6.16

발전량이 향상된 패턴 모듈 적용 시 15%(건물) 수익률 향상

개발제품의 목표가격이 비교제품에 비하여 105% 비싸지만, 발전량 향상으로 인해
비용 회수 기간이 약 1년 이상 짧음
 설치비 회수 기간: 개발제품(5.83년)
 비교제품(6.85년)

1) 최종 보고서 『p.50 발전성능 향상에 대한 고찰』 참조.

(3) 사업화를 위한 국내 개발 방향

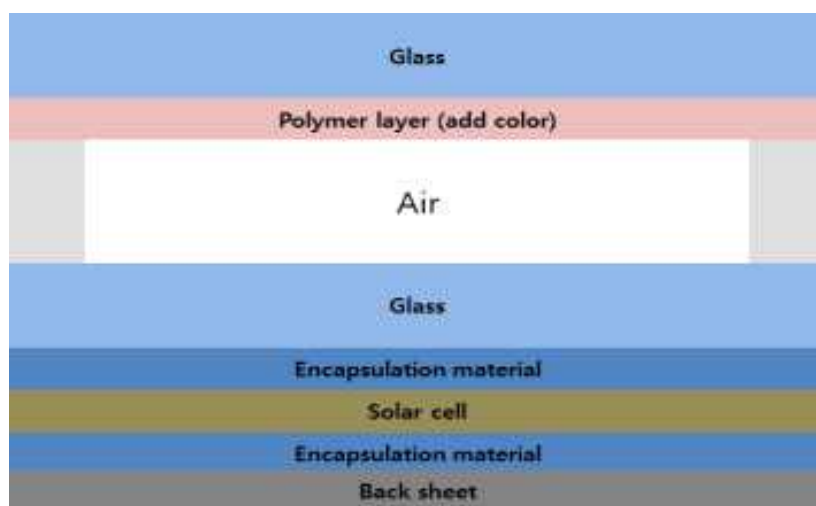
- 국내 외장재의 경우 불연, 풍압에 대한 것은 필수적인 요소로 반영되어야 한다.
- 불연재료 건축 외장재 기준: 6층 이상, 22m, 2,000m² 이상의 건축물
- 불연재료 법령

제6조 (불연재료) 영 제2조제1항 제10호에서 “건설교통부령이 정하는 기준에 적합한 재료”라 함은 다음 각 호의 1에 해당하는 것을 말한다.<개정 2000.6.3>

1. 콘크리트·석재·벽돌·기와·석면판·철강·알루미늄·유리·시멘트모르타르·회 및 기타 이와 유사한 불연성의 재료. 다만, 시멘트모르타르 또는 회 등 미장재료를 사용하는 경우에는 건설기술관리법 제34조제1항 제2호의 규정에 의하여 제정된 건축공사표준시방서에서 정한 두께 이상인 경우에 한다.

2. 산업표준화법에 의한 한국산업규격이 정하는 바에 의하여 시험한 결과 난연1급에 해당하는 것

- 본 과제를 통해 개발되어지는 개발품의 경우 풍압에 대한 특성은 만족하여질 수 있으나, 플라스틱 수지 자체의 물질적 한계로 인하여 불연에 대한 요구조건을 만족하기 어렵다
- 이에 부가적으로 불연에 만족할 만한 대응품의 개발을 추가적으로 진행할 예정이다.
- 대응품은 본 개발을 통해 확보되어진 코팅 기술을 무기물(유리)에 적용하는 형태로 진행한다.
- 이때 불연을 만족하기 위해 최외곽의 노출면을 무기물(유리등)으로 사용하여 사업의 다각화를 추진할 것이다.



<대응품 단면 구조>

- 대응품을 요구하는 경우는 대부분이 단가 보다는 심미성을 높이는 것이 필요하므로 이에 대한 개발을 통해 다양한 색상 구현을 진행하여 고가 제품으로써의 시장 접근을 진행할 것이다.



<색상 적용 대응품>

- 현재 (주)비제이파워에서 개발한 색상 적용 대응품으로, 자체 개발한 70여종의 컬러 유리를 복층으로 컬러 PV모듈을 제작하였다.
- 위의 경우와 같이 기존 전기 생산 특성에 심미성을 추가함으로써 고가 제품화를 통한 사업화의 다양성을 확보할 수 있으며, 세계에서 그 사례가 없는 것으로 해외 시장 진출이 기대된다.
- 이는 현재 진행되어진 일반 건축물에도 적용이 용이해 향후 사업 시장 확대에 크게 기여할 것으로 기대된다.

2. 연구수행내용 및 성과

가. 3차년도 연구내용 요약

(단위: 백만원)

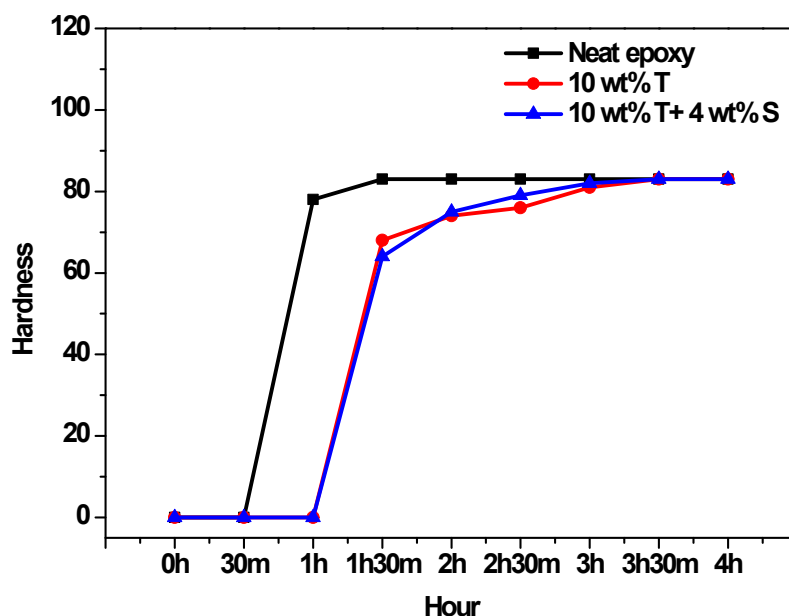
수행기관명 (주관/공동/위탁)	3차년도 계획		3차년도 진행상황
	연구내용	소요 예산	연구내용
주관연구기관 (주)비제이파워	외장재 일체형 태양광 모듈 개발 - 내풍압시험 - 신기술(NET) 인증 최종 건물적용 실증 - 제품 공정 개선 및 제작 - 패널 교체가 용이한 구조 설계	158 50	- 내풍압시험: Pass 달성 - 신기술(NET) 인증: 신기술(NET) 인증 달성 - 최종건물적용 실증: (주)비제이파워 본사 적용 K사 인천 사이트
참여기관 1 (주)KBC	Test bed - 건물 설계 및 시공 최종 건물적용 실증 - 건물 설계 및 시공	80 10	- Test bed 설계 및 시공 수정 보완 완료 - 최종 건물 적용 실증용 설계 및 시공 완료
참여기관2 (주)넥스트코어 테크놀로지	Test bed - ESS 연동 REMS 구현 - REMS 제품 개발 최종 건물적용 실증 - REMS 제품 적용	70 6	- REMS 플랫폼 기능 구현 / 최적화 및 안정화 - 신규 소프트웨어 등록 완료
참여기관3 (충남대학교 산학협력단)	플라스틱 신소재 개발 - 난연성 시험(V0)	50	- 난연성 시험(UL-94) : V-0 달성 - 논문 2건 → 2차년도 투고 논문 등록 완료 - 논문 1건 → [polymer(Kor)] Revision 진행 중
참여기관4 (공주대학교 산학협력단)	Test bed - 건물 설계 및 에너지 효율 향상 최종 건물적용 실증 - 에너지 효율 향상을 위한 운영 시나리오 적용	50 6	- 에너지 효율향상을 위한 운영 시나리오 적용 및 관련 논문 1건 게재 완료
계		480	

나. 3차년도 연구개발 내용

(1) 플라스틱 신소재 개발

(가) Silane Coupling agent 첨가된 강인화 에폭시 제작

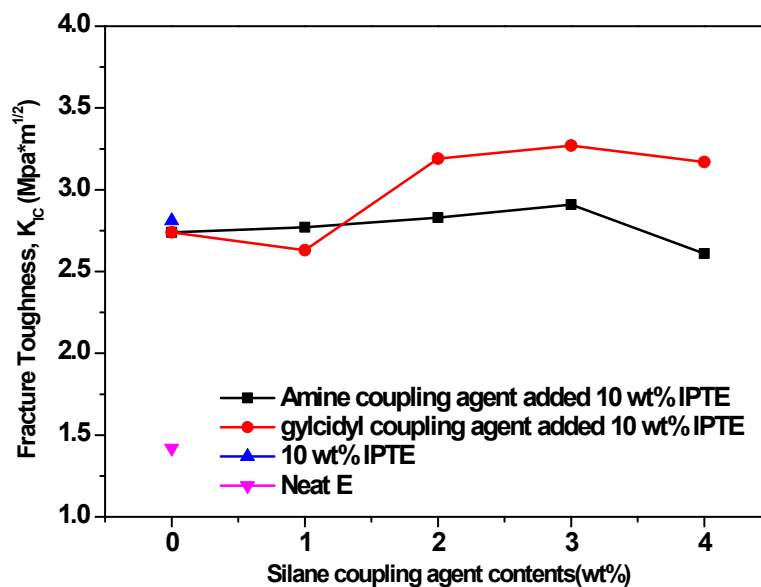
강인화 에폭시와 알루미늄 복합판넬과의 접착성 향상을 위해 silane coupling agent가 첨가된 에폭시의 경화 조건을 확인하였다. Amine계(aminoethylaminopropyltrimethoxysilane) silane coupling agent 첨가된 에폭시와, epoxy계(glycidyloxypropyl trimethoxysilane) silane coupling agent가 첨가된 강인화 에폭시 시편 각각의 파괴인성 및 TC Test를 진행하여 물성 및 접착성을 확인하였다. 에폭시와 아민의 당량비는 $[Amine]/[Epoxy]=1/1$ 로 조절하여 계산을 통해 100g의 에폭시에 해당하는 Amine의 당량을 계산 할 수 있다. 계산 결과로 얻은 formulation을 통해 Epoxy, Amine 및 silane coupling agent를 Mechanical stirrer 로 고르게 섞어 준 뒤 몰드에 부어 준다. 그리고 강인화 에폭시 경화와 마찬가지로 몰드채로 40℃ 오븐에서 15분 탈포를 거친다. 올라왔던 기포들이 사라지고, 에폭시가 끓는 것처럼 보일 때 탈포를 마치고, 80℃ 오븐에 넣어 경화를 진행한다. 이때, 최적 경화 시간을 측정하기 위해 시간별로 Shore D durometer를 통한 표면경도 측정을 통하여 더 이상 표면 경도가 증가하지 않는 지점을 경화 완료 지점으로 생각하였다.



(나) Silane Coupling agent 첨가된 강인화 에폭시 물성 평가

① 파괴 인성

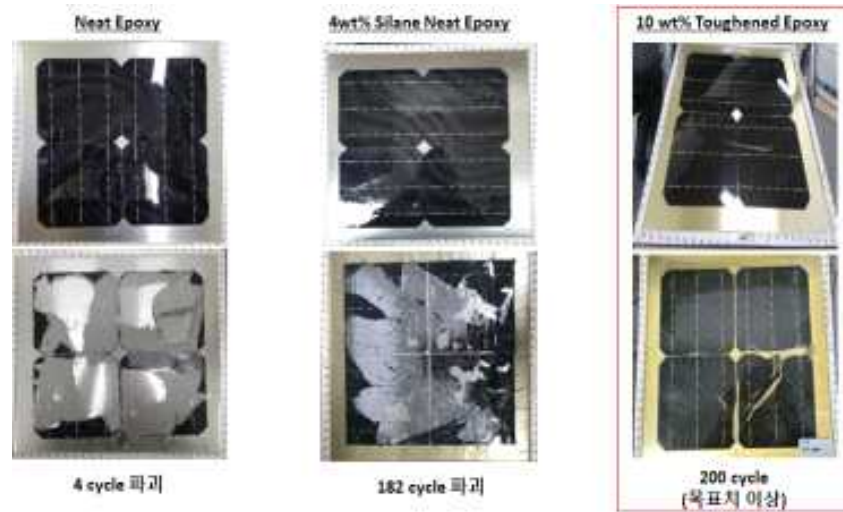
In-situ preclicked poly(BAC/PCLDEA) 10wt% 강인화 에폭시 시스템의 최적 조건이었던 80℃ Preclick 8h에서 부근에서 실란 커플링제 첨가량에 따른 파괴인성(Fracture toughness, KIC)을 확인하였다. glycidyl계 실란커플링제가 3 wt% 첨가되었을 때 $3.27\text{Mpa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 로 기존 10 wt% 강인화 에폭시($2.74\text{Mpa}\cdot\text{m}^{1/2}$)보다 높은 물성을 보였다. 반면 4 wt% 이상의 실란 커플링제가 첨가되었을 때 amine계, epoxy계 둘 다 물성이 감소하였다. 에폭시 matrix와 선형 강인화 고분자의 결합력이 강할수록 고분자의 분산성이 강해지면서 이에 따라 표면이 더욱 semi-IPN 구조에 적합한 형태를 이룬다. 결과적으로 적정량의 실란첨가제 첨가에 따라 기존 강인화 에폭시보다 물성이 향상되는 효과를 확인할 수 있었다. 또한 silane coupling agent가 첨가됨에 따라 알루미늄 복합판넬과의 접착력 향상효과를 기대할 수 있다.



② Temperature Cycle Test (TC test)

실제 건물외장재로 사용가능성을 확인하기 위하여 외장재 평가기준 중 하나인 온도 테스트를 진행하였다. 온도테스트는 -40℃~80℃의 온도범위에서 6시간동안 변화시키며 진행되고 neat 에폭시, 강인화 에폭시 및 실란 커플링제 첨가된 강인화 에폭시 총 3 종류의 에폭시 시편

시험을 진행하였다. 4 Cell 크기의 알루미늄 복합판넬 위에 2.5T 두께의 에폭시를 경화시킨 후 TC Test용 오븐에 넣어 시험을 진행하였다. 모든 에폭시 시편에는 앞선 강인화 시편과 마찬가지로 산화방지제를 동일하게 첨가하였으며, TC Test중 수분이 침투하는 것을 막기 위해 시편 표면에 불소코팅을 진행하였다.



온도사이클과 실제 에폭시 사용 수명의 상관관계는 즉, 온도 사이클 테스트로 인한 가속 계수는 정상 작동 조건에서의 제품 수명과 가속 테스트 조건의 수명 간의 비율이며 Coffin-Manson 방정식을 통하여 계산된다.

$$AF = (\Delta T \text{ 테스트} / \Delta T \text{ 사용})^m$$

[AF = 가속 계수, ΔT 테스트 = 테스트 온도 차이 ($^{\circ}\text{C}$), ΔT 사용 = 사용 온도 차이 ($^{\circ}\text{C}$), m = 피로 또는 Coffin-Manson 지수]

예를 들어, 매일 5 번의 온도 변화를 겪는 제품이 일반적으로 사용되는 동안 $20^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ (ΔT 사용 = 40°C) 제품이 100°C 의 고온 및 -20°C 의 저온 (ΔT 테스트 = 120°C)을 사용하여 온도 사이클 테스트를 수행한다면 다음과 같이 계산할 수 있다.(Coffin-Manson 지수는 3으로 가정)

$$AF = (120/40)^3 = 27$$

따라서 이 조건을 사용하여 만약 제품을 1000회 온도 사이클 테스트를 진행한다면 사용 조건에 따라 수명이 15 년이 된다.

$$(27 \times 1000\text{주기}) / ((\text{하루 } 5\text{주기}) (\text{연중 } 365 \text{ 일})) = 14.8 \text{ 년}$$

본 과제의 목표인 건물외장재로서 강인화 에폭시를 사용하기 위해 15년 이상의 사용 수명을 가져야 하며 이를 위해 온도사이클 200회 이상을 목표로 하고 시험을 진행하였다.

Batch.	Composition of Epoxy species				Surface Hardness	Temperature Cycle Test	
	강인화제 함량 (wt%)	Amine Silane coupling agent (wt%)	산화방지제 (wt%)	불소코팅	HD (Shore D)	TC Cycle 진행도 (Cycle)	Status of TC Test
NE_180731	0	0	2	-	85	4	시편 파괴
NE-F_180731				o	83	4	시편 파괴
4S-NE_180731		4	2	-	82	68	시편 파괴
4S-NE-F_180731				o	85	182	시편 파괴
5IPTE_181114	5	0	2	o	83	62	시편 파괴
2S-5IPTE_181123		2		o	85	63	시편 파괴
2S-5IPTE_190611				o	85	161	시편 파괴
4S-5IPTE_190427		4		o	84	178	시편 파괴
7IPTE_181114	7	0	2	o	84	47	시편 파괴
2S-7IPTE_190425		2		o	83	180	시편 파괴
4S-7IPTE_190428		4		o	85	149	시편 파괴
10IPTE_180809	10	0	2	o	86	221	시편 파괴
10IPTE_190502		0	2	o	85	197	시편 파괴
2S-10IPTE_181105		2	2	o	83	38	시편 파괴
4S-10IPTE_180814		4	2	o	85	76	시편 파괴
4S-10IPTE_181106		4	2	o	85	62	시편 파괴
4S-10IPTE_190504		4	2	o	84	78	시편 파괴
10IPTE_181011		0	0	o	84	80~81	시편 파괴
4S-10IPTE_181011		4	0	o	85	80~81	시편 파괴

TC 시험 결과 neat 에폭시의 경우 불소코팅 이후에도 4cycle에 파괴되는 것을 확인할 수 있었다. 반면 10 wt% 강인화 에폭시는 200 cycle 이상 진행 후에도 파괴되지 않았다. 이는 에폭시가 건물외장재로서 실제 온도변화에 따라 15년 이상의 수명을 가질 수 있는 가능성을 보여주었다. 하지만 200 cycle 이 후 에폭시와 복합 알루미늄 판넬이 이격되어있는 것을 확인하였고 이는 에폭시의 접착성이 낮아 판넬에서 떨어졌다고 사료되어 실란 amine계, glycidyl계 커플링제를 첨가하여 에폭시의 접착력을 향상시켜보았다. 하지만 실란커플링제를 1, 2, 3, 4 wt%의 함량으로 첨가하였을 때 TC Test 결과 cycle 수가 감소되는 경향을 보였다. 이는 glycidyl계,

amine계 실란커플링제를 함량에 맞게 계산하여 [Epoxy]/[Amine]=1/1 당량비로 조절하지 못해 오히려 TC cycle이 줄어들었다. 현재 [Epoxy]/[Amine]=1/1 당량비로 조절된 실란 커플링제 함량에 따른 5, 7, 10 wt% 강인화 에폭시의 TC Test가 진행중이고 Amine계 실란 커플링제가 첨가되었을 때 최대 178 cycle까지 진행되고 있다. 아직까지 에폭시와 알루미늄 복합판넬사이의 이격현상은 나타나지 않은 것과 실란 커플링제가 첨가된 3 wt% 실란 커플링제가 첨가된 10 wt% 강인화 에폭시의 파괴인성값이 $2.87\text{Mpa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 으로 기존 10 wt% 강인화 에폭시보다 높은 물성을 가지는 것으로 보아 실란 커플링제 첨가는 강인화 에폭시의 건물외장재로서 사용가능성을 증가 시켜주었다.

③ 난연성시험 (UL-94)

불꽃을 가했을 때, 제품의 연소 양상 및 주위로의 화염 전파정도를 평가하는 UL-94 시험을 통하여 에폭시의 난연성을 평가하였다. 난연 에폭시 시편의 경우 강인화 에폭시와 난연제를 첨가한 후 Mechanical stirrer로 고르게 분산시킨 후 아민 경화제를 넣고 경화 하였다. 이때 시편 크기는 125 x 12 x 제작두께(mm)에 맞게 제작하였다. UL-94 시험의 경우 20mm 길이의 불꽃을 10초간 시편에 접염 후, 시편의 연소 시간(t1) 측정 및 연소 양상 기록, 1차 접염 후 연소가 종료되면, 다시 10초 간 접염 후 시편의 연소시간(t2) 및 불뚝이 맺힌 시간(t3)을 측정하고, 연소 양상을 기록 및 t1, t2, t3의 연소시간 및 연소 양상을 판단하여, 등급을 산출한다.

인계 난연제 종류로 APP, ADP, RDP, DOPO등 매우 많은 난연 첨가제가 개발되었고 에폭시에 V-0이상의 난연성을 부여한 사례도 등장하고 있다. 그중 가장 효과적인 물질로 대표하하는 aluminium diethylphosphinate(ADP)가 있다. 인산을 발생할 수 있는 포스피네이트계 난연 첨가제와 팽창단열층을 형성하는 난연조제 pentaerithritol(PTT)을 2/1의 중량비로 혼합하여 30 wt% 에폭시 시편이 UL94 V-0등급을 얻을 수 있었으나 매우 불투명하고 물성이 강인화 에폭시에 비해 매우 저하되었다. 반면 ADP와 PTT의 혼합비를 1/2로 바꾸어 제조하였을 때 불연성의 성질을 가지는 UL-94 V-0등급을 보였다. 난연조제를 혼합하지 않고 50 wt%의 ADP만 혼합한 난연 에폭시의 경우 난연성은 UL94 등급의 판정을 받아 난연성을 부여하는데 크게 영향을 끼치지 못하였다. 또 다른 난연첨가제로 유명한 APP, DOPO 및 RDP를 최대 50 wt%까지 첨가하였을 때 등급 외 판정을 받았다.

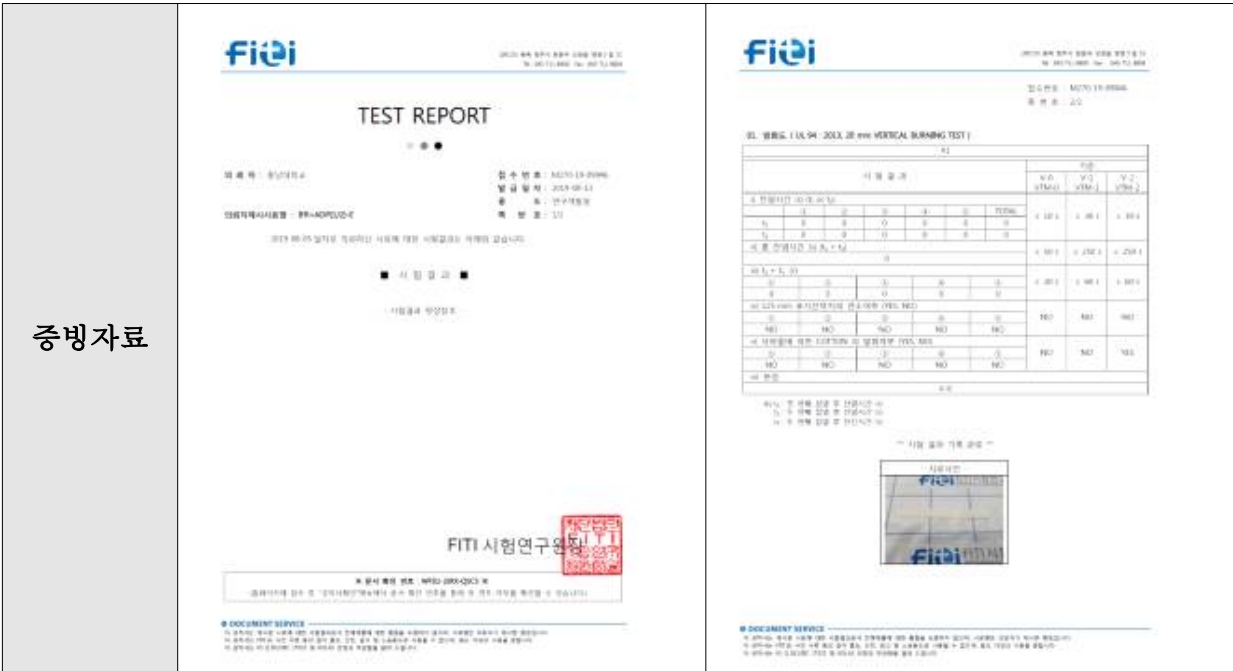
Test Sample		간이 시험							실제 시험
Sample	인 함량 (wt %)	1차 연소시간 (t1)	2차 연소시간 (t2)	불뚝 땀힌 시간 (t3)	전처리 조건 별 전체 연소 시간 (t1+t2)	2 차 연소 및 불뚝이 땀힌 시간 (t2+t3)	연소 길이 (mm)	UL-94 결과	UL-94 결과
Neat Epoxy	0	-	-	-	-	-	-	V-2	V-2
10 wt% ADP Epoxy	2	-	-	-	-	-	-	V-2	V-2
20 wt% ADP Epoxy	2.6	-	-	-	-	-	-	V-2	V-2
30 wt% ADP Epoxy	1.5	13	29	2	42	30	60	V-2	V-2
30 wt% APP Epoxy + 15 wt% pentaerithritol	-							V-2	V-1
75 wt% ADP Epoxy	2	No rating	No rating	No rating	No rating	No rating	10	V-0	V-0
50 wt% APP Epoxy + 25 wt% pentaerithritol	1.5	No rating	No rating	No rating	No rating	No rating	5	V-0	V-0
30 wt% APP Epoxy + 7 wt% pentaerithritol	1.5	No rating	No rating	No rating	No rating	No rating	7	V-0	V-0
25 wt% DOPO-HQ Epoxy	-	-	-	-	-	-	-	V-2	V-2
30 wt% DOPO-HQ Epoxy	-	-	-	-	-	-	-	V-1	V-2
50 wt% DOPO-HQ Epoxy	-	-	-	-	-	-	-	V-1	V-2
50 wt% DOPO-HQ Epoxy + 25 pentaerithritol	-	No rating	No rating	No rating	No rating	No rating	-	V-0	V-1

Note) 1) 접연이 끝남과 동시에 불이 꺼짐

(다) 연구성과

3차년도 목표	달성여부	진행사항
난연성 시험(UL-94)	V-0 달성	-
논문 1건	진행 중	polymer(korea)에 투고 현재 Revision 진행 중
(2차년도) 논문 2건	2건 등록	2019년에 2건 등록 완료

증빙자료



증빙
자료

Applied Polymer

Toughening of semi-IPDI structured epoxy using a new PEEK-type polymer via in situ azido-allylic click polymerization

Abstract: A new poly(ether ether ketone) (PEEK) type polymer, poly(2,2,2-trifluoroethyl methacrylate-co-2,2,2-trifluoroethyl methacrylate) (PEEK-TFM), was synthesized via a free-radical polymerization. The PEEK-TFM was then reacted with 2,2,2-trifluoroethyl methacrylate (TFM) in the presence of a photoinitiator to form a crosslinked network. The resulting network was then reacted with a semi-IPDI structured epoxy to form a toughened epoxy. The toughened epoxy was then cured to form a toughened epoxy resin. The toughened epoxy resin was then tested for its mechanical properties. The results showed that the toughened epoxy resin had a higher tensile strength and elongation at break compared to the neat epoxy resin. The toughened epoxy resin also showed improved thermal stability and flame retardancy.

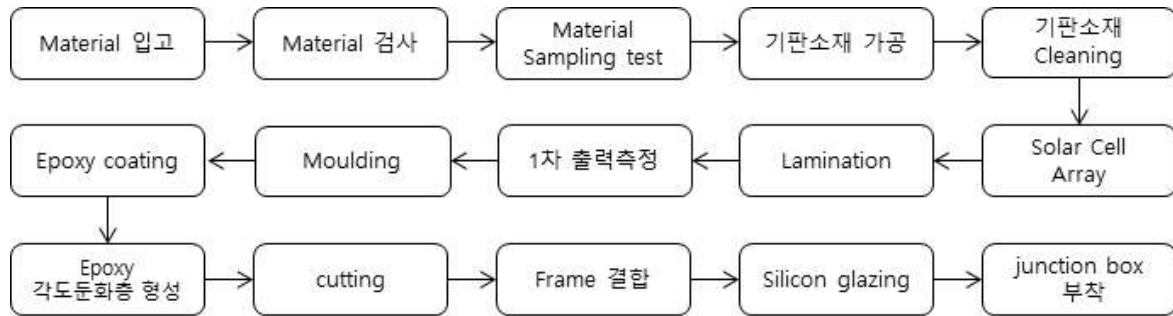
In-situ Poly(cyclopentadiene)계 강인화제를 적용한 경투명 강인화-예취시 시스템 연구

Abstract: A new poly(ether ether ketone) (PEEK) type polymer, poly(2,2,2-trifluoroethyl methacrylate-co-2,2,2-trifluoroethyl methacrylate) (PEEK-TFM), was synthesized via a free-radical polymerization. The PEEK-TFM was then reacted with 2,2,2-trifluoroethyl methacrylate (TFM) in the presence of a photoinitiator to form a crosslinked network. The resulting network was then reacted with a semi-IPDI structured epoxy to form a toughened epoxy. The toughened epoxy was then cured to form a toughened epoxy resin. The toughened epoxy resin was then tested for its mechanical properties. The results showed that the toughened epoxy resin had a higher tensile strength and elongation at break compared to the neat epoxy resin. The toughened epoxy resin also showed improved thermal stability and flame retardancy.

(2) 외장재 일체형 태양광 모듈 개발

(가) 개발품 공정 개발

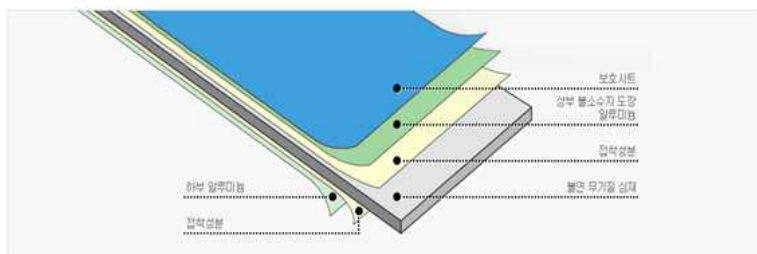
① 공정 순서도



② 건축 기자재 기판 소재 선정, 가공

기판 소재

건축기자재용 알루미늄 복합패널(ACP)



기판 가공

크기 제단 및 J/B와 태양전지간 배선을 위한 가공

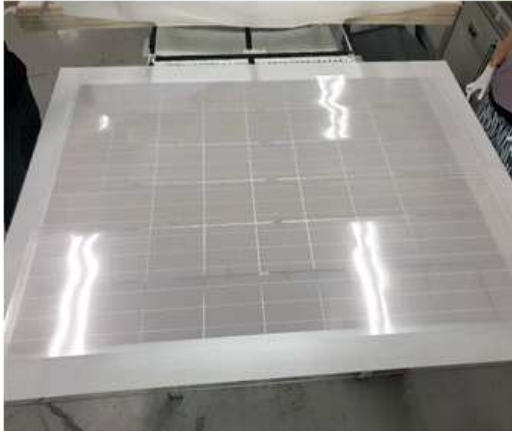


기판소재로 사용하는 ACP(알루미늄 복합판넬) 구조를 보면 표면 상부에 불소수지도장 Coation Layer가 존재한다. 현재 개발품의 경우 표면 불소수지도장이 필요치 않으므로 수지 도장이 존재하지 않는 하부알루미늄 방면으로 사용하며, 개발품 내부에 Array된 Solar cell과 하단에 Junction box의 연결을 위해 연결에 필요한 부분에 대하여 기판 가공을 진행하였다.

③ 태양전지 어레이 및 라미네이션 공정

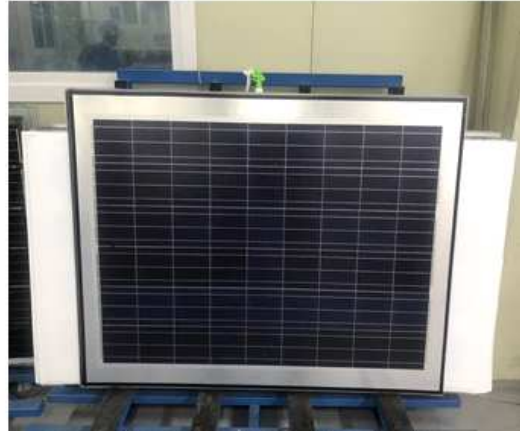
어레이 및 솔더링

태양전지간 배선



라미네이션

모듈 봉지재 공정



기판소재와 플라스틱소재 Solar Cell 3가지 물질의 coefficient of expansion 차이로 인하여 신뢰성 문제가 발생하게 되어 기존에 사용되어지는 실리콘봉지재 종류인 Polyolefin을 사용하여 Buffer layer를 형성하였다. 또한 기판소재로 사용되는 ACP(알루미늄 복합판넬) 같은 경우 표면 상부가 알루미늄 소재이므로 Solar cell이 붙게 되면 알루미늄 소재의 전도특성에 의해 전원이 이루어지지 않는다. 기판소재와 Solar cell 사이에 pet film을 사용하여 절연문제를 해결하였다. 가공이 완료된 기판위에 Polyolefin과 pet film을 올리고 나서 다시 Polyolefin을 다시 올리고 Solar cell을 array 및 Soldering을 진행하였다. 다시 마지막으로 Polyolefin을 올리고 나서 Lamination을 진행하였다. 온도 163℃, Vacuum time 900sec로 공정을 진행하였다.

④ 에폭시 코팅 공정

기판에 도포하게 되면 Epoxy 수지가 흘러넘치지 않게 하기 위해서 앞서 기판 Edge부분에 Epoxy와 adhesion이 나쁜 Polycarbonate를 사용하여 양면테이프로 고정시켜 Moulding 작업을 진행하였다. 기판 그대로 열경화 Chamber에 경화하게 되면 Bending 효과가 일어나게 되어서 이러한 Bending을 억제하기 위해 Polycarbonate를 고정시키는 Jig를 제작하여 고정시켜준 후 Epoxy coating을 진행하였다. Epoxy Formulation은 앞서 개발되어진 고분자수지와 경화제를

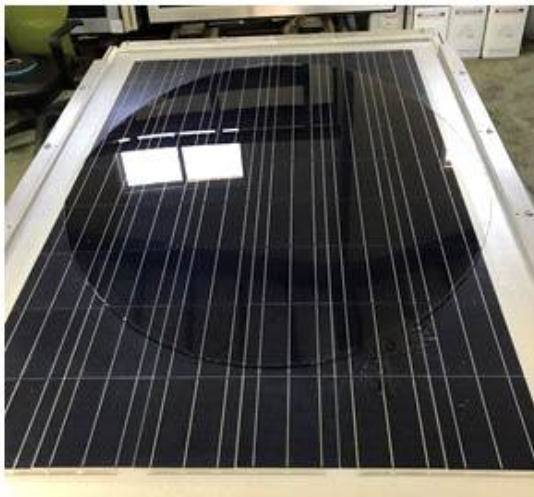
사용하였고 첨가제로 광산란을 위한 고분자 파티클과 산화방지제를 사용하였다. 1개의 개발품에 사용되어지는 고분자수지 및 첨가제는 아래와 같다.

에폭시 Formulation

에폭시 및 첨가제 함량 (1 모듈 기준)

	에폭시	경화제	AA (산화방 지제)	BB (산화방 지제)	CC (산화방 지제)	고분자 파티클	계
wt%	100	18.54	0.50	1.00	0.50	1.00	121.54
%	82.16	15.23	0.41	0.97	0.41	0.97	100.00
weight [g]	4640	860	27.5	55	27.5	55	60

에폭시 도포 공정



발전량 향상을 위한 표면처리 공정



고분자수지의 Formulation 온도는 40℃ 로 진행하여 공정 성능을 개선하였으며, Formulation 되어진 고분자수지의 Bubble를 제거하기 위해서 Tank공정을 진행한 후 기관소재에 도포를 한 후에 열경화 Chamber에 80℃, 3h 경화를 진행하였다.

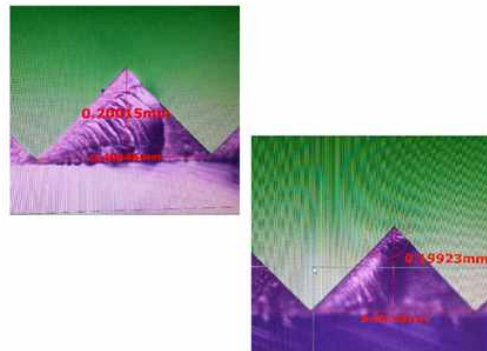
⑤ 발전량 향상을 위한 표면처리 공정

건물 외벽에 외장재로 설치 시에 설치 각도에 따른 태양광 발전 효율 저하가 일어나므로 개발품 표면에 각도둔화층 형성함으로써 벽면 설치 시 발전 효율 저하를 줄일 수 있다. 열경화가 완료되면 다시 formulation 된 epoxy를 도포 후 pattern film을 부착하여 열경화 chamber에 넣고 다시 80℃ 3시간 경화한 후 pattern film을 제거하여 각도둔화층을 형성함.

광학설계 기술을 이용하여 제작된 Pattern Film

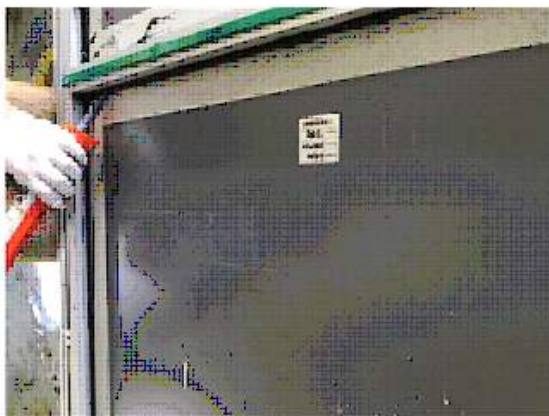


<Pattern Film 사진>



<Pattern Film 전자현미경 단면도>

⑥ 프레임 결합 및 J/B 부착



경화가 완료된 개발품을 Moulding 작업한 부분을 제거하기 위해 제품사이즈에 맞게 table saw 를 이용하여 cutting 작업은 진행한 후 제작된 frame 위에 노턴테이프를 붙혀 개발품과 일시적으로 고정시킨 후 개발품 후면에 Silicon glazing 작업을 하고 junction box를 부착함.

(나) 공정 개발 중 주요 개선 내용

① 봉지소재간 열팽창계수 차이에 의한 열적 스트레스 개선 (2차년도)

기존방식	개선방식
건축기자재기판/태양전지/Epoxy층	건축기자재기판/버퍼층/태양전지/버퍼층/Epoxy층
문제점: 온도사이클시험시, 소재간 열팽창계수차이로 인한 스트레스로 파손  <온도사이클시험 완료후 사진>	해결방안: 소재간 열팽창 완충을 위한 버퍼층 삽입  <온도사이클시험 완료후 사진>

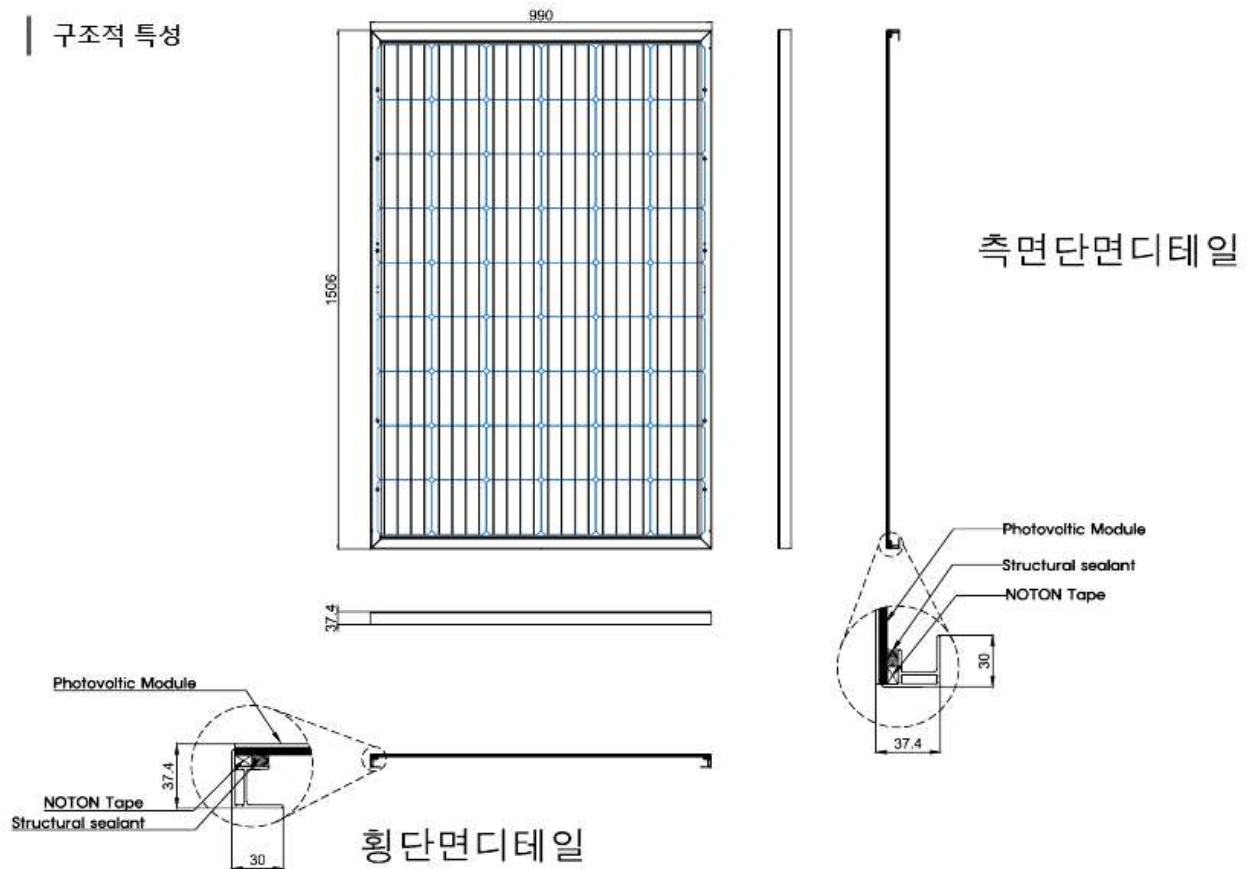
(다) 개발품 사양

전기적 특성

DESCRIPTION		
Peak power(Pmax)	213 Wp	±5%
Open circuit voltage(Voc)	33.72 V	±5%
Short circuit current(Isc)	8.3 A	±5%
Maximum power voltage(Vmp)	27.27 V	±5%
Maximum power current(Imp)	7.77 A	±5%

STC : Irradiance of 1,000W/m², AM 1.5G, Cell temperature 25°C

구조적 특성



(라) 연구성과

① 개발 PV 모듈 신뢰성 - 내풍압 시험

- 시험 기준 : KS F 2296 창호의 내풍압 시험 방법의 시험 기준
- 시험 목적 : 설계풍하중(정·부압)이 시험체에 적용됐을 경우 각 부재의 처짐량을 측정하여 구조적인 안전성을 판단함.
- 시험 방법 :

①	<u>설계풍하중 정압</u> 에 대해 25%,50%,75%,100%의 압력을 시험체에 적용한 후 100%일때 <u>처짐량</u> 을 측정한다. 각 압력단계 도달 후 10초 유지함	
②	<u>부압도</u> “①”과 같은 방법으로 진행한다	
6.8mm 이상의 유리를 사용할 경우		
	<u>중간막이, 중간선틀</u>	L/150 이하
<u>여밌대</u>	<u>중간막이, 중간선틀</u> 있음	L/85 이하
<u>마중대</u> <u>선틀</u>	<u>중간막이, 중간선틀</u> 없음	L/100 이하

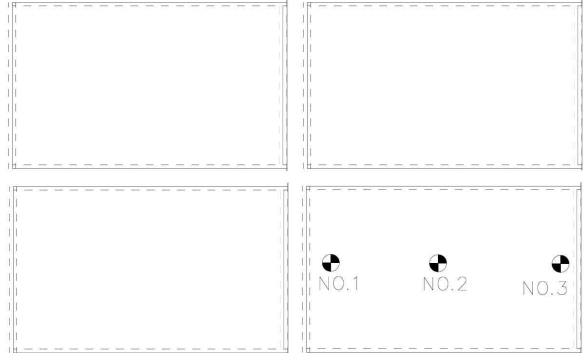
- 시험 순서 :

㉠ 예비가압(500Pa) → ㉡ 개폐확인 → ㉢ 변위측정장치 부착 → ㉣ 가압 (정·부압 4단계) → ㉤ 변위측정

※정압 4단계 : ㉠14.1 kgf/m², ㉡28.3 kgf/m², ㉢42.2 kgf/m², ㉣56.5kgf/m² (= 풍속 30.0 m/s)

※부압 4단계 : ㉠14.1 kgf/m², ㉡28.3 kgf/m², ㉢42.2 kgf/m², ㉣56.5kgf/m² (= 풍속 30.0 m/s)

- 평가 결과 : Pass

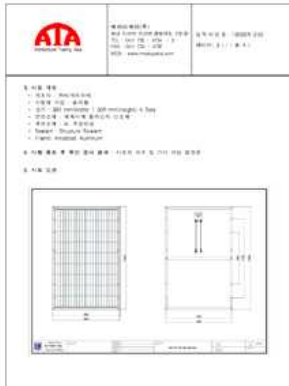
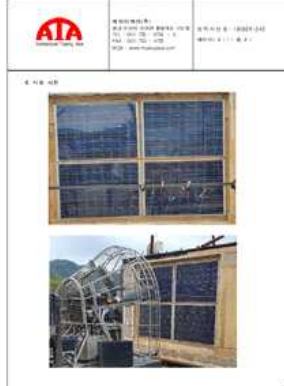
시험 항목	시험 압력	시험 결과	허용 기준	비고
내풍압성 시험 (KS F 2296) & 구조성능시험 (ASTM E 330)	+138 Pa (15.02 m/s)	0.31 mm	16.59 mm	이상없음
	+277 Pa (21.28 m/s)	0.57 mm	16.59 mm	이상없음
	+415 Pa (26.04 m/s)	0.78 mm	16.59 mm	이상없음
	+554 Pa (30.06 m/s)	1.28 mm	16.59 mm	이상없음
	-138 Pa (15.02 m/s)	0.24 mm	16.59 mm	이상없음
	-277 Pa (21.28 m/s)	0.61 mm	16.59 mm	이상없음
	-415 Pa (26.04 m/s)	1.05 mm	16.59 mm	이상없음
	-554 Pa (30.06 m/s)	1.63 mm	16.59 mm	이상없음
				

② 신기술(NET) 인증

발전량 향상을 위한 표면처리 공정 기술에 대하여, 『태양광 모듈 발전량 향상을 위한 모듈 표면 삼각형 구조 형상화 기술』이란 명칭으로 한국산업기술진흥협회(KOITA)에서 주관하는 2019년 제 3회 신기술(NET) 인증을 수여함.



3차년도 목표	달성여부	진행사항
내풍압 시험	Pass 달성	-
신기술 인증	신기술(NET) 인증 수여	-

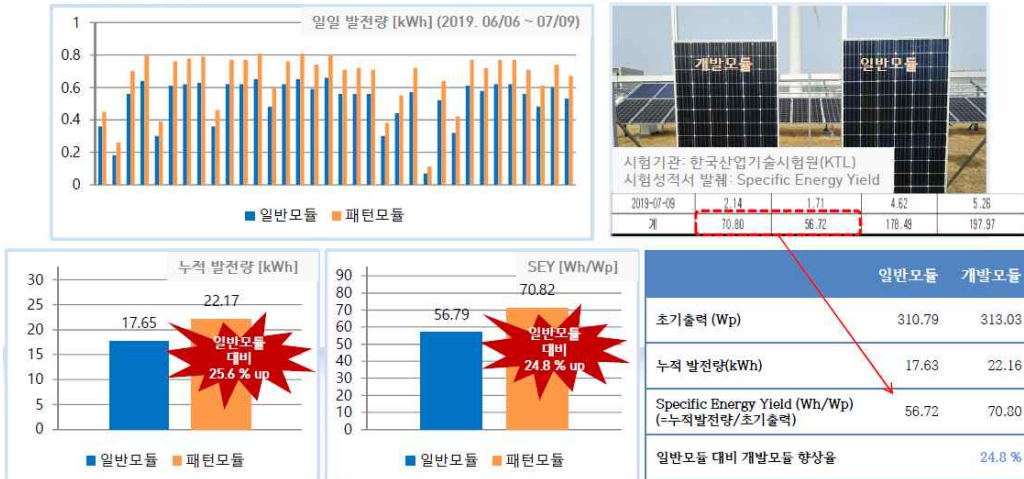
구분 등록번호	내풍압 시험 성적서 190926-242
증빙자료	   

구분 등록번호	신기술(NET) 인증 제 1201호
증빙자료	

※ 추가 제출 : 공인인증시험성적서 (PV 모듈 옥외 발전량 평가)

시제품 태양광 모듈(일반/개발)의 옥외 발전량 평가 #최종 시제품 (@KTL)

➔ **패턴조건 #최종** - 일반모듈 대비 개발모듈의 발전량 향상 : **24.8 %**

[illegible][illegible]

 한국화학연구원 KHL Research Institute 한국화학연구원	페이지 1 / 1 Page 1 of 1			
	날짜 2024-02-28 10:00 File Name: 2024-02-28 10:00			
	날짜 2024-02-28 10:00 File Name: 2024-02-28 10:00			
5. 실험 결과 5.1 실험장 운영 및 실험 출력 결과				
실험 일자	실험 일자			
8:00~08:30	Yoo, J.H.	180, 131	180, 131	Phase (°)
8:30~09:00	Yoo, J.H.	10.34	10.34	Phase (°)
9:00~09:30	Yoo, J.H.	10.32	10.32	Phase (°)
9:30~10:00	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
10:00~10:30	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
10:30~11:00	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
11:00~11:30	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
11:30~12:00	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
12:00~12:30	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
12:30~13:00	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
13:00~13:30	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
13:30~14:00	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
14:00~14:30	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
14:30~15:00	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
15:00~15:30	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
15:30~16:00	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
16:00~16:30	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
16:30~17:00	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
17:00~17:30	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
17:30~18:00	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
18:00~18:30	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
18:30~19:00	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
19:00~19:30	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
19:30~20:00	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
20:00~20:30	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
20:30~21:00	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
21:00~21:30	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
21:30~22:00	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
22:00~22:30	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
22:30~23:00	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
23:00~23:30	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
23:30~00:00	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
00:00~00:30	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
00:30~01:00	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
01:00~01:30	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
01:30~02:00	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
02:00~02:30	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
02:30~03:00	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
03:00~03:30	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
03:30~04:00	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
04:00~04:30	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
04:30~05:00	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
05:00~05:30	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
05:30~06:00	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
06:00~06:30	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
06:30~07:00	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
07:00~07:30	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
07:30~08:00	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
08:00~08:30	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
08:30~09:00	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
09:00~09:30	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
09:30~10:00	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
10:00~10:30	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
10:30~11:00	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
11:00~11:30	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
11:30~12:00	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
12:00~12:30	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
12:30~13:00	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
13:00~13:30	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
13:30~14:00	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)
14:00~14:30	Yoo, J.H.	9.40	9.40	Phase (°)

 한국전력공사 KOREA ELECTRIC POWER CORPORATION		페이지 번호 4 / 5 Page		
2019-08-01 ~ 2019-08-31		2019-08-01 ~ 2019-08-31		
6.3 Specific Energy Yield (Normalized to measured STC power)				
일시 (年 月 日)	데이터 (단위)	전력생산 (kWh/kW)		
일시 (年 月 日)	데이터 (단위)	전력생산 (kWh/kW)		
2019-08-06	1.48	1.15	2.68	2.84
2019-08-07	2.42	1.83	1.42	2.61
2019-08-08	2.23	1.79	2.28	6.79
2019-08-09	2.14	1.81	2.58	1.85
2019-08-10	1.24	0.97	2.18	2.44
2019-08-11	2.45	1.97	5.99	6.48
2019-08-12	2.46	1.94	7.14	2.87
2019-08-13	2.62	2.04	7.07	7.83
2019-08-14	2.47	1.92	2.58	1.85
2019-08-15	2.48	2.00	5.22	8.12
2019-08-16	2.48	1.98	6.80	6.80
2019-08-17	2.58	2.02	6.80	6.80
2019-08-18	1.92	1.63	4.19	4.84
2019-08-19	2.46	1.90	6.96	6.96
2019-08-20	2.58	2.00	6.78	6.78
2019-08-21	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-08-22	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-08-23	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-08-24	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-08-25	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-08-26	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-08-27	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-08-28	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-08-29	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-08-30	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-08-31	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-09-01	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-09-02	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-09-03	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-09-04	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-09-05	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-09-06	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-09-07	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-09-08	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-09-09	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-09-10	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-09-11	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-09-12	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-09-13	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-09-14	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-09-15	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-09-16	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-09-17	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-09-18	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-09-19	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-09-20	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-09-21	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-09-22	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-09-23	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-09-24	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-09-25	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-09-26	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-09-27	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-09-28	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-09-29	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-09-30	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-10-01	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-10-02	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-10-03	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-10-04	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-10-05	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-10-06	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-10-07	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-10-08	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-10-09	2.58	1.99	6.78	6.78
2019-10-10	2.58	1.99		

	한국에너지기술연구원 Korea Research Institute of Energy Technology	제1차 의정서 5 / 5 Page 5 of 5 Page
[2018-000228-001-00-00]		
기밀 정보	• "K" 시제품제작/시험/검출, 품질보증으로 작성된 설계서제. • K는 $0 < K_{max} < 100\%$ 이 됨. • $K = K_{max} \times (1 - \frac{P_{max}}{P_{nom}})$: K는, 발전량과 P_{max} : 정격전압, 발전량과 P_{nom} :	
[부록 사항]		
		
KLR10-00184	KLR10-00185	

경기도 에너지 기술개발 사업 제 23 (11185)
 723, Seongnam, South Korea, Cheongju 31, Ulsan, Gyeongsang

TEL: 031-823-1020 FAX: 031-823-1021
 E-MAIL: k21@k21.or.kr

(3) REMS 설계 및 개발

(가) 연구 수행 내용

① REMS 플랫폼 기능 구현

- PV 발전량 에너지 데이터를 수집, 취득, 가공처리 그리고 분석 등을 통해 데이터로부터 가치 있는 정보로 변환시켜, 다양한 어플리케이션과 정보교환 및 부가 서비스 창출 가능.
- 기존/개발 PV Module별 에너지 데이터 자동 수집, 에너지 수집 정책 및 스케줄링, 설비 정보 관리, 대용량 데이터 처리, 데이터 모니터링 기술 등이 기본적으로 요구된다.
- 각 모듈별 기능 정의는 아래와 같다.

요구사항 항목	요구사항 내용	비고
자원 및 설정 관리	실시간 종합 데이터 수집 값 표출 -파워미터기 채널 #1(계통인입) 수전 전력량, 누적 수전 전력량 -PV모듈 발전량, 누적 발전량 -파워미터기 채널 #2~#6(부하) 부하 전력량, 누적 부하 전력량	1분마다 화면 새로고침
	시간별 가전제품 제어 모니터링 -냉장고 -세탁기 -TV -전기밥솥 -컴퓨터+모니터 -조명기기 -냉/난방기	조명기기 상세 설정: 봄 3~5월, 여름 6~8월, 가을 9~11월, 겨울 12~2월 냉방기: 6~8월-26℃ ↑=>ON, 24℃ ↓=>OFF 난방기: 12~2월-21℃ ↑=>OFF, 19℃ ↓=>ON
	설비 통신 포트 설정 관리 -PLC, 파워미터기, 인버터 일사량, 온도센서 보정 관리 -스케일, 옵셋 설정	
자원 통계 관리 (10분/1시간/1일)	파워미터기 통계 조회 -전압(A상의 상전압. [V]) -전류(전류. [0.1A]) -전력(유효전력. [0.1kW]) -전력량(수전)(수전한 유효전력량. [kWh]) -전력량(송전)(송전한 유효전력량. [kWh])	단상 파워미터기 2대의 7개 채널 데이터 관리 채널별 표출명 계통인입 냉방기, 난방기 가전기기 전등, 전열 인버터

	PV 인버터 발전량 통계 조회 - PV 전압(PV voltage. [V]) - PV 전류(PV current. [0.1A]) - PV 전력(PV generated power. [0.1kW]) - 발전량(generated power. [0.1kW]) - 누적 발전량(total generated power. [kWh])	
	ESS 인버터 발전량 통계 조회 - PV 전압(PV1 voltage. [V]) - PV 전류(PV1 current. [0.1A]) - PV 전력(PV1 voltage x PV1 current)/100 [0.1kW] - 입력전력(Input power. [0.1kW]) - 출력전력(Output power. [0.1kW]) - 누적 발전량(The cumulative statistics. [kWh])	
	환경 통계 조회 - 실내온도: 상, 중, 하, 평균[℃] - 외기온도[℃] - 경사면 일사량[W/m ²] - 수평면 일사량[W/m ²]	
	통계 자료 엑셀 다운로드 기능	10분/1시간/1일

㉔ 에너지 발전량 관리

- Site내에 설치된 태양광 발전의 운전 효율 최적화 환경을 유지하도록 에너지 설비 설치 상태에 대해 분석하여 에너지 발전 최적화 환경으로 컨설팅 가능
- 생산 영향성 결과에 이상이 없는 로직을 적용하여 실제 조정 진행에 도움을 주어 관리 범위 전체 부하 평균화

㉕ 장애 알람 처리

- 운영자가 설정한 수집/관리 대상 설비의 성능 상한값을 통과하는 경우 장애 알람을 전송하고, 성능 하한값을 하향 통과하였을 경우 성능 복구 알람을 발생
- 수집/관리 대상 설비의 상태 검사를 설정된 수행 시간 간격으로 프로세스를 처리하여 중요 설비의 문제에 대해 알람 처리
- 연동 가능 프로토콜을 이용한 관리대상 설비에 대한 상태 장애 알람 처리 프로세스가 실행되면 해당 장애 내용을 Database에 기록하고 장애 내용을 실시간으로 감시 상황판으로 전송

㉔ 통계 이력 관리

- 발전된 전력 데이터들의 발생시간 별 데이터를 비교하여 24시간대 통계자료로 변환 제공
- 에너지 성능 수집기가 저장한 5분 Data를 기준으로 저장 주기별로 일간, 월간, 연간의 통계데이터를 생성
- 수집/관리 대상 설비의 데이터 발생 에너지 데이터, 발생 빈도 시간을 조건별로 검색하여 확인

REMS 합산기 정의		
장비	항목	합산기 계산법
파워미터기	전압	합
	전류	합
	전력	합
	수전전력	MAX
	송전전력	MAX
DAS	PV전압	합
	PV전류	합
	PV전력	합
	발전량	합
	누적 발전량	MAX
ESS	PV 전압	합
	PV 전류	합
	PV 전력	합
	입력 전력	합
	출력 전력	합
	누적 발전량	MAX
PLC	실내 상 온도	평균
	실내 중 온도	평균
	실내 하 온도	평균
	실내 평균 온도	평균
	외기 온도	평균
	경사면 일사량	평균
	수평면 일사량	평균

㉕ 제어 명령어 관리

- 분석을 통한 중요 전력 Peak 상황 발생 알람 시 자동 제어 명령어 실행
- 수집/관리 대상 설비 및 건물 운영에 필요한 시스템들에 대해 구성, 성능 등의 정보를 확인하고 이용함에 필요한 명령어 관리 기능을 수행

② REMS 플랫폼 프로세스 현장 최적화 및 안정화

㉓ 주요 데이터 분석 / 처리 프로세스

- 관제 대상 장비들의 데이터 통합 관리 및 주요 전력데이터를 실시간으로 모니터링 하기 위해 데이터를 수집, 취득, 가공처리 그리고 분석 등을 통해 전력 분석 및 관리의 최적화 한다.

분석 모듈	기능
Monitoring Object 분석 모듈	Monitoring Object와 연관성 있는 event 분석
Energy Data 분석 (유효성 검증) 모듈	유효성 있는 Energy Data 분석
미인지 장애 분석 모듈	Event없는 장애에 대한 관련성 조사
인지장애 수동/자동 분석 모듈	Event에 대해 심화 분석(deep dive)
데이터 분석 모듈	데이터 분석으로 상황에 맞는 처리 로직 자동 탐지

㉔ 주요 데이터 분류 프로세스

- 전력 및 중요 정보의 경우 REMS 플랫폼에서 설치된 정보 및 기기에 대한 Profile을 관리 하고 중요 정보에 대해서는 성능합산 프로세스를 통해 통계 데이터를 저장/관리 한다.

㉕ 데이터 저장/삭제 스케줄링 프로세스

- 에너지 데이터 수집 주기 및 보관 주기에 대한 삭제 관리 프로세스를 개발 하여 중요 정보를 관리 하고 Database 보관 주기를 장기간 관리하기 위한 합산 프로세스를 개발 구동 한다.

③ REMS 플랫폼 현장 적용

㉖ 현장 적용 개요

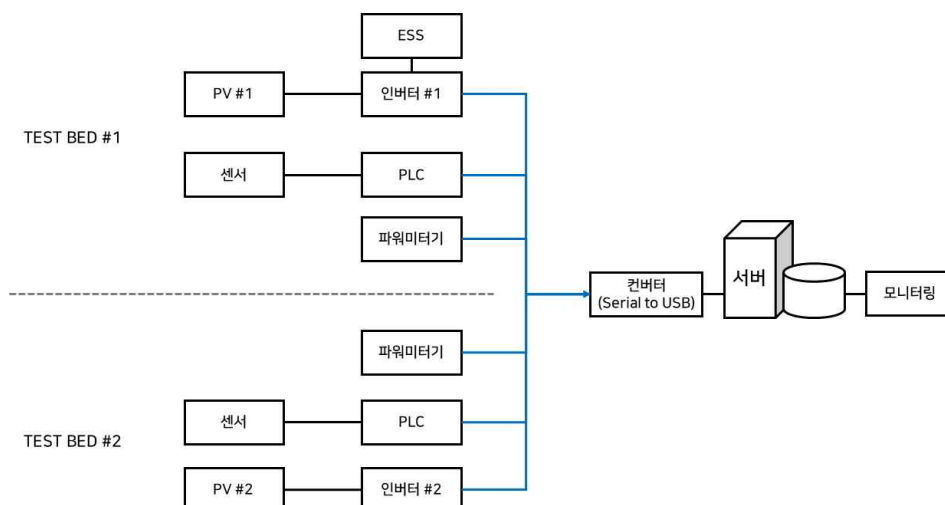
- REMS(Renewable Energy Management System)은 하드웨어와 소프트웨어 및 ICT 기반 모니터링과 제어 기술을 토대로 에너지 사용현황을 실시간으로 모니터링하고 집계 데이터를 분석하여 에너지 사용을 최적화하는 통합 에너지 관리 솔루션으로 설계 및 개발되었다.
- 에너지관리에는 에너지 사용에 대한 계측을 통한 체계적인 모니터링, 분석 및 계획 수립을 포함하여 에너지 효율을 최적화하고 에너지 공급과 사용 체계를 구축 및 이용에 있어 효과적인 관리 방법을 지원한다.
- REMS는 정보시스템 기술과 제어 기술을 활용하며, 관제 대상으로 에너지 흐름과 사용에 대한 시각화 및 최적화를 통합 에너지 관리 솔루션으로, 에너지 흐름, 모니터링 기능, 설비 및 기기에 대한 제어를 공통 기능으로 구현하였다.

i) 인프라 구축 정보

	
모델명	HP DL380p Gen7 2U Server
하드웨어 사양	Memory : 24GB (4G * 6EA)
	Disk : SAS 600G * 2EA 750W PSU * 2 EA
소프트웨어 사양	Linux Cent OS 6.5
설치 소프트웨어	Java v1.7.0
	Apache Tomcat 7
	JDK 1.8
	MariaDB
	Mysql v14.14

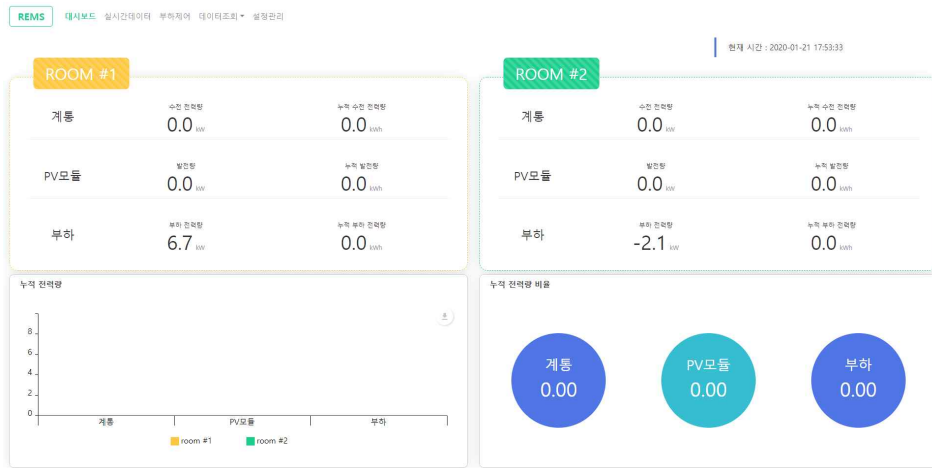
- 시스템 구성은 리눅스 Cent OS 기반의 시스템 소프트웨어를 실행할 수 있도록 구성하였다.
- MariaDB/Mysql의 역할은 REMS와 외부 시스템 (PMS, MDMS)간의 통신 데이터 및 기기 정보를 포함한 모든 전력 데이터를 저장하는 시스템
- JDK (Java Development Kit)는 자바 기반의 S/W를 실행시키는데 활용
- WAS (Web Application System) Middleware는 클라이언트와 서버간의 통신을 담당하는 컴포넌트
- ECS (Energy Control System)은 ESS 충/방전 통신을 담당하는 엔진
- EIR (Energy Information Repository)은 전력 프로파일 데이터와 관련 기기 정보를 저장하고 관리하는 컴포넌트

㉠ REMS 플랫폼-장비 연동 내역



㉔ 실증 사이트 시범 운영

i) 대시보드 화면



ii) 실시간 데이터 조회 상세화면

REMS 대시보드 실시간데이터 부하제어 데이터조회 설정관리

현재 시간 : 2020-01-21 17:53:56

공통

외기온도[°C]	9.09	광사면 일사량[W/m²]	0	수평면 일사량[W/m²]	0
----------	------	---------------	---	---------------	---

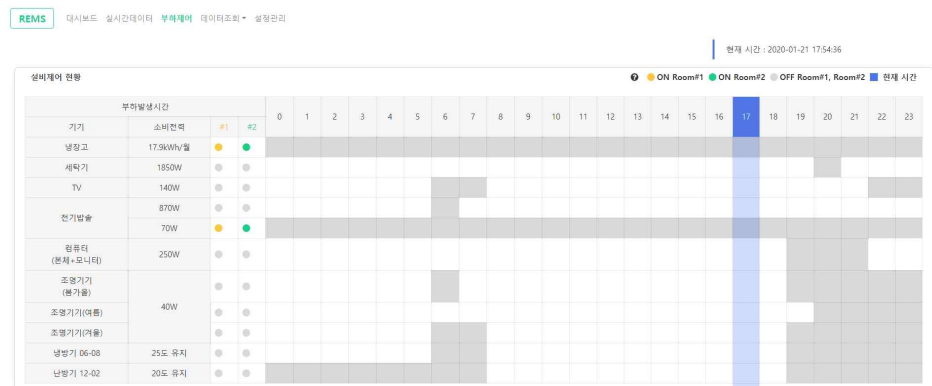
ROOM#1

채널	계통인입	냉방기	난방기	가전기기	전동	전열	인버터	PV전압 [V]	0	실내온도 상[°C]	28.81
전압[V]	228.04	228.04	228.11	228.28	228.28	228.25		PV전류 [A]	0	실내온도 중[°C]	27.73
전류[A]	0	14.64	0	0	0	14.63	0	PV전력 [kW]	0	실내온도 하[°C]	28.5
전력[kW]	0	3.34	0	0	0	3.34	0	발전량 [kWh]	0	실내온도 평균[°C]	28.35
수전유효전력[kW]	0	0	0	0	0	0	0	누적발전량 [kWh]	0		
송전유효전력[kW]	0	0	0	0	0	0	0				

ROOM#2

채널	계통인입	냉방기	난방기	가전기기	전동	전열	인버터	PV전압 [V]	0	실내온도 상	30.77
전압[V]	229.13	229.13	229.18	229.18	229.25	229.25	229.18	PV전류 [A]	0	실내온도 중	32.8
전류[A]	0	0	0	9.16	0	0	0	PV전력 [kW]	0	실내온도 하	26.43
전력[kW]	0	0	0	-2.09	0	0	0	압력전력 [kW]	0	실내온도 평균	30
수전유효전력[kW]	0	0	0	0	0	0	0	출력전력 [kW]	0		
송전유효전력[kW]	0	0	0	0	0	0	0	누적발전량 [kWh]	0		

iii) 부하 제어 화면



iv) 데이터 통계 조회 화면

REMS 대시보드 실시간데이터 부하제어 데이터조회 ▾ 설정관리

검색

수집 현재 데이터 리스트

수집분류	Room#1																							
	계통입입				냉방기				난방기				가전기기				전등				전열			
	전압[V]	전류[A]	전력[kW]	전력량(수전)[kWh]	전압[V]	전류[A]	전력[kW]	전력량(수전)[kWh]	전압[V]	전류[A]	전력[kW]	전력량(수전)[kWh]	전압[V]	전류[A]	전력[kW]	전력량(수전)[kWh]	전압[V]	전류[A]	전력[kW]	전력량(수전)[kWh]	전압[V]	전류[A]	전력[kW]	전력량(수전)[kWh]
2020-01-16 17:50:00	23740.9	0	0	0	23741.16	60.18	0.74	0	23741.79	0	0	0	23742.02	0	0	0	23740.98	0	0	0	23740.77	0	0	0
2020-01-16 17:40:00	23340.54	0	0	0	23339.87	59.57	1.09	0	23341.94	0	0	0	23342.63	0	0	0	23342.28	0	0	0	23342.25	0	0	0
2020-01-16 17:30:00	23798.29	0	0	0	23798.32	57.97	0.7	0	23796.82	0	0	0	23796.82	0	0	0	23799.18	0	0	0	23799.1	0	0	0
2020-01-16	23824.38	0	0	0	23823.85	58.77	0.02	0	23824.11	0	0	0	23824.38	0	0	0	23824.15	0	0	0	23824.05	0	0	0

v) 설정 관리 화면

REMS 대시보드 실시간데이터 부하제어 데이터조회 ▾ 설정관리

현재 시간 : 2020-01-21 17:56:06

ROOM#1

PLCttyUS80파워미터기ttyUS82인버타ertyUS84

ROOM#2

PLCttyUS81파워미터기ttyUS83인버타ertyUS85

저장

ROOM#1

온도센서(상)1.0+0.0

온도센서(중)1.0+0.0

온도센서(하)1.0+0.0

ROOM#2

온도센서(상)1.0+0.0

온도센서(중)1.0+0.0

온도센서(하)1.0+0.0

전등

외기온도1.0+0.0

경사 일사량1.0+0.0

수평일사량1.0+0.0

저장

Copyright © nextcore-technology 2020

(나) 연구 성과

3차년도 목표	달성여부	진행사항
S/W 등록	1건 등록 완료	-

구분	저작권 등록증	소프트웨어 등록증
등록명	REMS (신재생 에너지 관리 시스템)	
등록번호	C-2019-009124	ASSET-0006208
등록연월일	2019-04-02	2019-04-17
증빙자료	 Copyright Registration Certificate (저작권 등록증) for the work 'REMS (신재생 에너지 관리 시스템)' (REMS (New Renewable Energy Management System)). The certificate is issued by the Korea Copyright Commission (한국저작권위원회) on April 2, 2019. It lists the creator as '한국과학기술원' (Korea Advanced Institute of Science and Technology) and the registrant as '한국과학기술원 에너지정책연구소' (Korea Advanced Institute of Science and Technology Energy Policy Research Institute). The registration number is C-2019-009124.	 Software Registration Certificate (소프트웨어 등록증) for the work 'REMS (신재생 에너지 관리 시스템)' (REMS (New Renewable Energy Management System)). The certificate is issued by NIPA (Korea Intellectual Property Rights Commission) on April 17, 2019. It lists the registrant as '한국과학기술원 에너지정책연구소' (Korea Advanced Institute of Science and Technology Energy Policy Research Institute) and the registration number as ASSET-0006208.

(4) Test Bed

(가) Test bed 설계 개념 및 개요

① 설계 개념

PV 모듈 설치가 가능한 건물을 실제 기준과 동일하게 적용하여 Test room을 구성하는 것을 목표로 한다.

② 설계 개요

구 분	내 용
설 치 위 치	대전광역시 유성구 유성대로 1628번길 74
건 축 면 적	69.12m ²
연 면 적	69.12m ²
층 고	1층(3.6m)
구 조	철골 + 판넬구조
실 구 성	Test room 2개소(동일면적), 계측실, 창고
P V 모 둘	정남향으로 설치



(나) 단열 설계

① 단열기준 법령

단열기준 법령 반영 "건축물의 에너지 절약 설계 기준"에 따른 지역별 건축물 부위의 열관류를 적용 (2018년 09월 01일 시행된 개정안 반영)

(단위 : W/m² · K)

건축물의 부위		지역	중부1지역 ¹⁾	중부2지역 ²⁾	남부지역 ³⁾	제 주 도
거실의 외벽	외 기 에 직 접	공동주택	0.150 이하	0.170 이하	0.220 이하	0.290 이하
	면하는 경우	공동주택 외	0.170 이하	0.240 이하	0.320 이하	0.410 이하
	외 기 에 간 접	공동주택	0.210 이하	0.240 이하	0.310 이하	0.410 이하
	면하는 경우	공동주택 외	0.240 이하	0.340 이하	0.450 이하	0.560 이하
최 상 층 에 있 는 거 실 의 반 자 외 는 지붕	외기에 직접 면하는 경우		0.150 이하		0.180 이하	0.250 이하
	외기에 간접 면하는 경우		0.210 이하		0.260 이하	0.350 이하
최 하 층 에 있 는 거 실 의 바 닥	외 기 에 직 접	바닥난방인 경우	0.150 이하	0.170 이하	0.220 이하	0.290 이하
	면하는 경우	바닥난방이 아닌 경우	0.170 이하	0.200 이하	0.250 이하	0.330 이하
	외 기 에 간 접	바닥난방인 경우	0.210 이하	0.240 이하	0.310 이하	0.410 이하
	면하는 경우	바닥난방이 아닌 경우	0.240 이하	0.290 이하	0.350 이하	0.470 이하

(단위 : W/m² · K)

건축물의 부위		지역	중부1지역 ¹⁾	중부2지역 ²⁾	남부지역 ³⁾	제 주 도
바닥난방인 층간바닥			0.810 이하			
창 및 문	외 기 에 직 접	공동주택	0.900 이하	1,000 이하	1,200 이하	1,600 이하
	면하는 경우	공동주택 외 창문	1,300 이하	1,500 이하	1,800 이하	2,200 이하
	외 기 에 간 접	공동주택	1,300 이하	1,500 이하	1,700 이하	2,000 이하
	면하는 경우	공동주택 외 창문	1,600 이하	1,900 이하	2,200 이하	2,800 이하
공동주택 세대현관문 및 방화문	외기에 직접 면하는 경우 및 거실 내 방화문		1,400 이하			
	외기에 간접 면하는 경우		1,800 이하			

비 고

- 1) 중부1지역 : 강원도(고성, 속초, 양양, 강릉, 동해, 삼척 제외), 경기도(연천, 포천, 가평, 남양주, 의정부, 양주, 동두천, 파주), 충청북도(제천), 경상북도(봉화, 청송)
- 2) 중부2지역 : 서울특별시, 대전광역시, 세종특별자치시, 인천광역시, 강원도(고성, 속초, 양양, 강릉, 동해, 삼척), 경기도(연천, 포천, 가평, 남양주, 의정부, 양주, 동두천, 파주 제외), 충청북도(제천 제외), 충청남도, 경상북도(봉화, 청송, 울진, 영덕, 포항, 경주, 청도, 경산 제외), 전라북도, 경상남도(거창, 함양)
- 3) 남부지역 : 부산광역시, 대구광역시, 울산광역시, 광주광역시, 전라남도, 경상북도(울진, 영덕, 포항, 경주, 청도, 경산), 경상남도(거창, 함양 제외)

② 단열 설계

열관류율의 계산 열전도를 나누기 두께이며, 주의할 점은 두께의 단위로 미터를 사용해야 한다.

$$\frac{\text{㉠}}{\text{㉡}} = \frac{\text{㉢}}{\text{㉣}} = \frac{\text{㉤}}{\text{㉥}} = \frac{\text{㉦}}{\text{㉧}}$$

㉠ $\frac{W}{mk}$
㉡ m
㉢ $\frac{W}{mk} \times (mk)$
㉣ $m \times (mk)$
㉤ $\frac{W}{mk} \times (mk)$
㉥ $m \times (mk)$
㉦ W
㉧ m^2k

㉠ 열전도를 나누기 두께 이므로 $W/mk \div m$
 ㉡ 분수의 아래위에 모두 mk 를 곱한다.
 ㉢ 단위는 결국 W/m^2k 으로 나타내진다.

열전도율의 계산

열전도율 ÷ 두께 = 열관류율이다. 물론 숫자가 작을 수록 성능은 높다. 위 정의를 간단히 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\frac{\text{열전도율}}{\text{두께(미터)}} = \text{열관류율}$$

열저항값의 계산

두께 ÷ 열전도율 하면 된다. 단위는 m^2k/W 이며, R값 이라고도 한다. 이 값은 열관류율의 역산이기 때문에 숫자가 클수록 성능이 높다. 복합재료의 열관류율은 각 각 재료의 열관류율의 합산을 하는 것이 아니라 열저항의 합계를 구한 후에 역수를 구해야 한다.

$$\frac{\text{두께(미터)}}{\text{열전도율}} = \text{열저항}$$

TEST BED 열관류율 적용 Test BED 설치 부지가 중부2지역에 포함되며, 해당 기준 열관류율에 모두 만족하여 상기의 표화 같이 적용하여 설계를 진행.

PV모듈설치 외벽

부위별 마감상세		재 료	두께 (mm)	열전도율 (W/m2.K)	열전도저항 (m2.K/W)	비고
외부 						

지붕

부위별 마감상세		재 료	두께 [mm]	열전도율 (W/m2.K)	열전도저항 (m2.K/W)	비고	
외벽 외벽 직접 외벽 외벽 외벽 외벽 외벽 외벽 외벽		내부표면	-	-	0.086		
		석고보드	9.5	0.18	0.052		
		□-□100*100*2.3f					
		우레탄단열	150	0.023	6.535		
		외부표면	-	-	0.043		
		계			6.716		
		적용열관류율(W/m2.K)	0.148				
		기준열관류율(W/m2.K)	0.150 이하				

기타 외벽

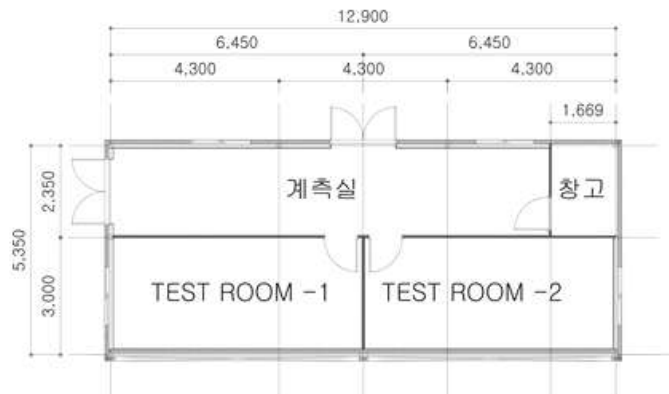
부위별 마감상세		재 료	두께 (mm)	열전도율 (W/m2.K)	열전도저항 (m2.K/W)	비
외 기 벽 단 열 재 단 열 재 단 열 재 단 열 재		내부표면	-	-	0.086	
		석고보드	9.5	0.18	0.052	
		□-□100*100*1.6f				
		우레탄단열	100	0.023	4.348	
		외부표면	-	-	0.043	
		계			4.529	
		적용열관류율(W/m2.K)	0.221			
		기준열관류율(W/m2.K)	0.240 이하			

바닥

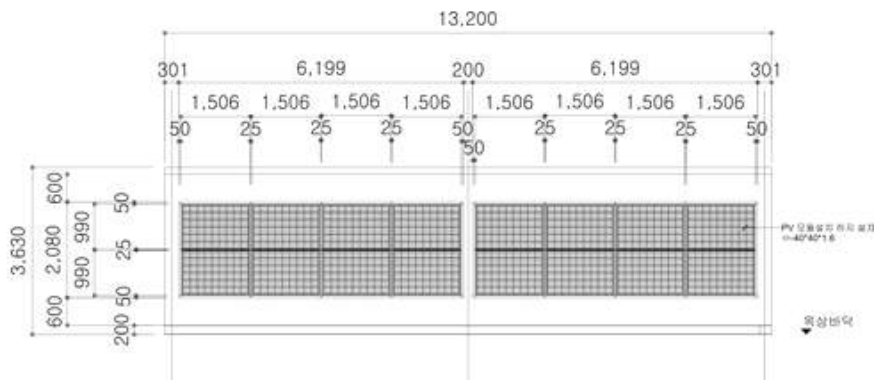
부위별 마감상세		재 료	두께 (mm)	열전도율 (W/m2.K)	열전도저항 (m2.K/W)	비고	
외기 외벽 직접 외벽 외벽 외벽 외벽 외벽 외벽 외벽	 내부 외부 THK3 데코타일 바닥난방열원 THK12 내수합판 THK125 우레탄단열 □-100×50×1.6	내부표면	-	-	0.086		
		데코타일	3.0	0.13	0.023		
		바닥난방열원	-	-	-		
		내수합판	12.0	0.15	0.080		
		우레탄단열	125	0.023	5.434		
		□-□100×100×1.6f					
		외부표면	-	-	0.043		
		계				5.666	
		적용열관류율(W/m2.K)	0.176				
		기준열관류율(W/m2.K)	0.240 이하				

③ 설계도

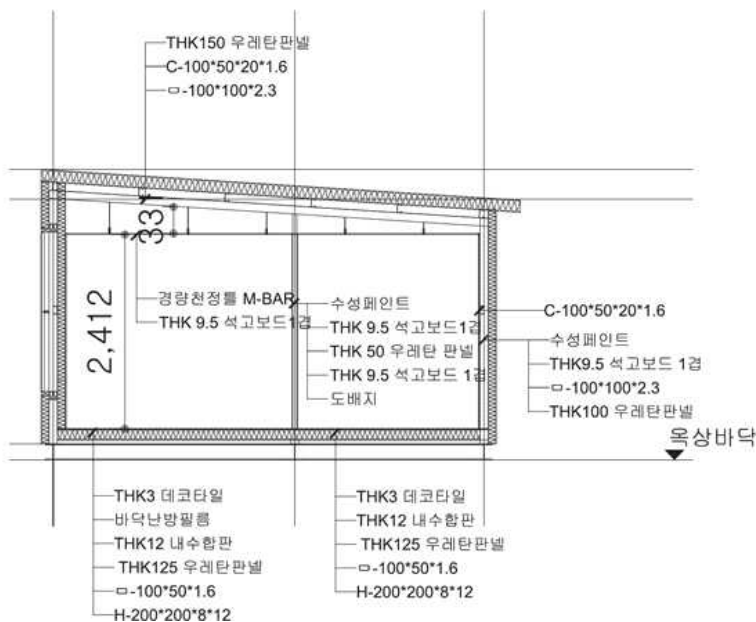
평면도



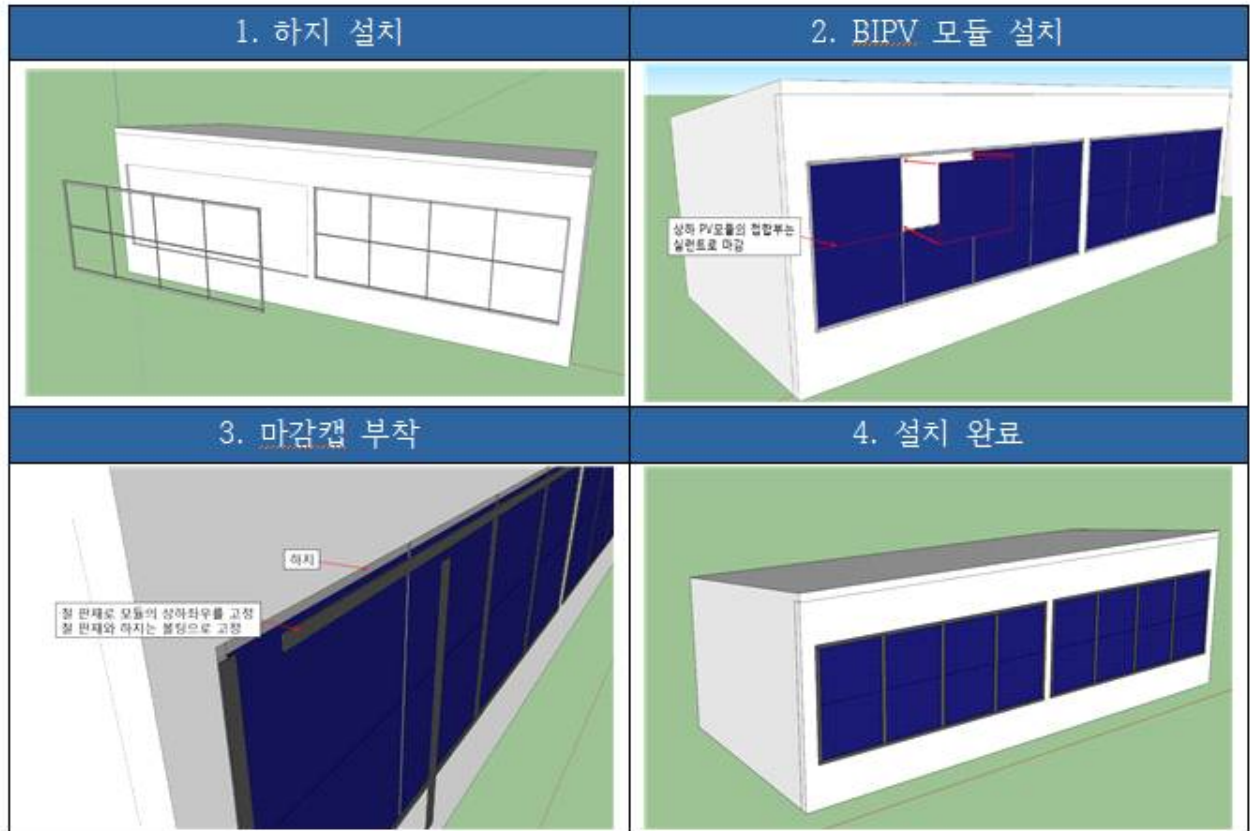
지붕



단면도



④ 시공(안)



(다) 시공



[하부 빔 설치]



[보강철을 설치]



[기둥 및 지붕틀 설치완료]



[외벽판넬 설치]



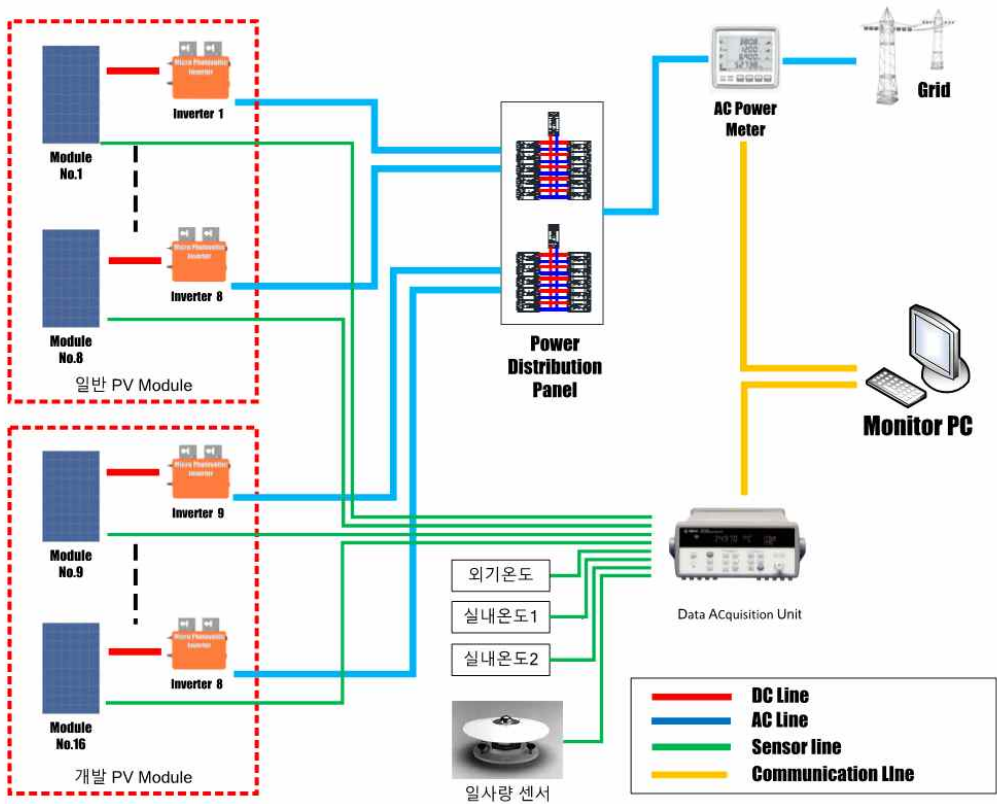
[지붕판넬 설치]



[설치 완료]

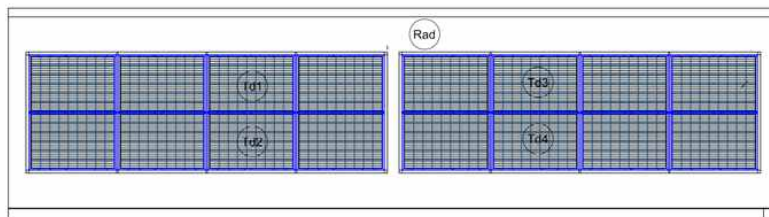
(라) 시스템 구성

① 시스템 구성도



② 계측기 및 계측항목

모니터링	계측기&계측 항목	분석 내용
BIPV 시스템	실외온도, 실내온도	실내, 실외 조건
	PV 후면 온도	후면 온도에 따른 효율 분석
	수직 일사량계	일사에 따른 발전량 비교
	PV 전압·전류·출력 (인버터 전, 후)	하루 누적, 시간 당 발전량 비교
	당일 발전량	
실내	당일 발전 효율	
	계통연계 사용량	-
	부하 사용량	-



[온도센서와 일사량계 설치 위치]

온도센서
T-type Thermocouple
일사량계
THE EPPLEY LABORATORY (MODEL PSP)
데이터로거
Agilent 34970A, 모듈: 34901A

③ 시스템 설치

<외장재 일체형 태양광 모듈>



<인버터>



<데이터로거>

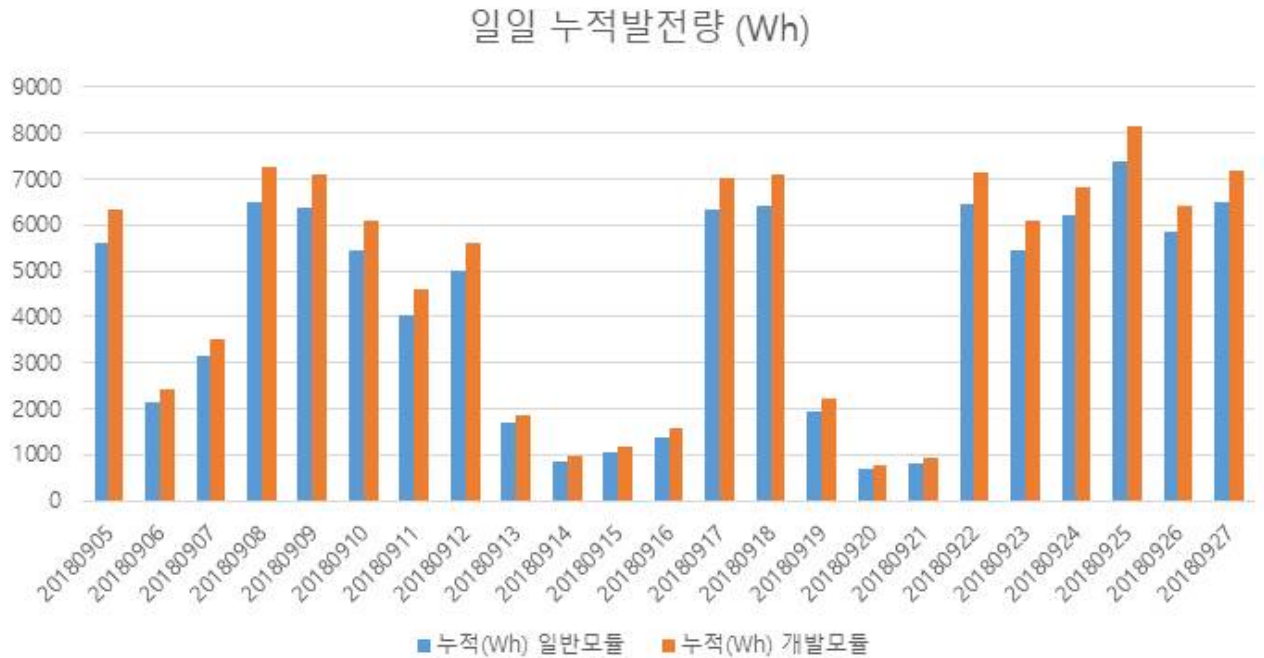


<모니터링 시스템>



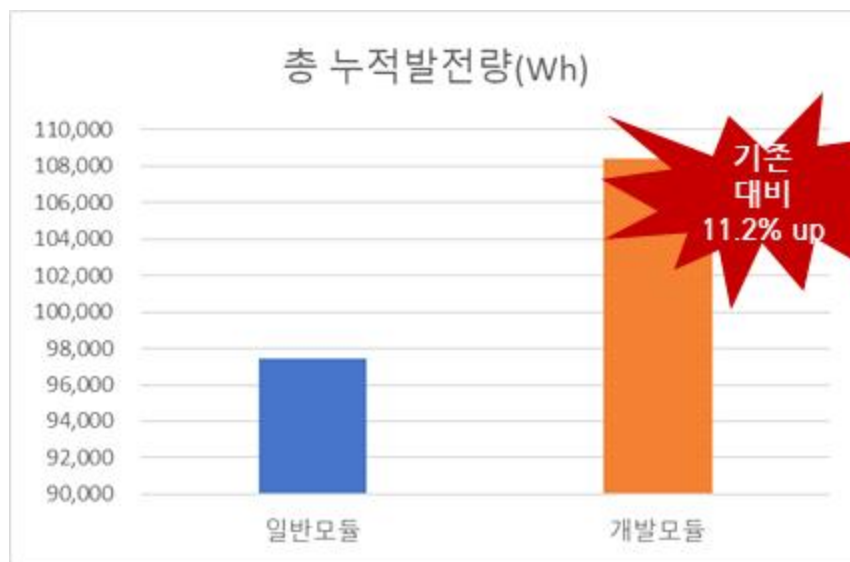
(마) 개발품 옥외 실증 평가 (2차년도)

① 일일 누적 발전량



③ 총 누적발전량 비교

발전기간 : 2018.09.05. ~ 2018.09.27.



(바) 에너지성능 효율 향상을 위한 운영 시나리오

① 에너지 효율 향상을 위한 운영 시나리오

- 본 연구의 Test bed 실험은 최근 가구원수별 가구 수가 가장 많은 1인 가구를 기준으로 하였으며, 사전 조사한 내용을 통해 냉·난방부하 / 조명부하 / 기기부하를 가정하였음
- Test room 1은 기존 BIPV 모듈에서 생산되는 전기에너지를 계통 연계하여 건물에 직접 사용하는 시스템임. Test room 2는 개발 BIPV 모듈의 전기에너지를 ESS시스템을 통해 충·방전하여 건물에너지에 사용하는 시스템으로 설정하였음
- 이에 따라 Test room1과 2에 동일한 재실 부하를 적용하여, 각 다른 시스템에 따른 건물의 에너지효율을 비교·평가하였음
- 1인 가구의 부하 산정은 재실 냉방과 난방부하의 경우 냉·난방기기를 온도로 제어하여 부하를 생성하고, 조명과 기기의 경우 재실시간에 따른 부하를 생성함. 기기부하를 생성하기 위해 연간 전력 소비량이 많은 냉장고, 세탁기, TV, 전기밥솥, 컴퓨터를 가전기기로 선정하였음 (표 1)
- 냉·난방기기는 1인 가구의 재실 시간인 오전 6-8시, 19-24시까지 작동 시간을 설정함. 또한 한국에너지공단²⁾이 권장하는 겨울철 난방 적정온도인 18-20도²⁾, 여름철 냉방 적정온도인 26-28도³⁾를 유지하는 것으로 설정함
- 설치되는 가전기기는 설정된 스케줄에 연동하여 해당되는 시간대에 가동하게 되며, 세탁기는 하루 1번 가동, TV는 오전 2시간(6-7시), 오후 2시간(22-24시) 가동하며, 컴퓨터는 오후 3시간 가동하도록 스케줄을 설정함. 전기밥솥은 오전에 1시간 가동 후 보온으로 상시 기저부하로 설정함. 냉장고는 상시 가동 기기이므로 24시간 기저부하로 설정함
- 조명기기는 재실시간과 계절(봄·가을, 여름, 겨울)에 따라 부하를 다르게 설정하였으며, 봄·가을은 오전 1시간과 오후 5시간, 여름의 경우 오후 4시간, 겨울은 오전·오후 총 7시간 가동하도록 설정함

2) , 동절기 절전매뉴얼, http://www.kemco.or.kr/web/kem_home_new/pr/prdata/saving2/home.asp

3) 한국에너지공단, 하절기 절전매뉴얼, http://www.kemco.or.kr/web/kem_home_new/pr/prdata/saving/home.asp

[1인 가구의 전력사용 시간]

부하발생시간			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
기기	소비전력	운전시간 (hour)																								
냉장고	17.9kWh/월	상시																								
세탁기	1850W	1																								
TV	140W	4																								
전기밥솥	870W (70W)	1 (상시)																								
컴퓨터 (본체+ 모니터)	250W	3																								
조명기기 - 봄·가을	40W	6																								
조명기기 - 여름		4																								
조명기기 - 겨울		7																								
냉방기	06-08월 / 26℃ 유지																									
난방기	12-02월 / 20℃ 유지																									

- ESS는 상대적으로 전력 수요가 낮고 전기요금이 저렴함 경부하시간대(00:00-08:00)에 에너지 저장을 하고, 배터리가 과충전 되는 것을 방지하기 위해 만충 후 계통연계로 전력을 사용함
- 전력수요가 많고 요금이 높은 시간대(17:00-24:00)에 에너지 방전을 할 수 있도록 ESS 충·방전 시나리오를 설정함. 방전 시간대는 배터리 수명을 오래 유지하기 위해, 충전량을 최소 충전상태(State Of Charge; SOC)인 30%이하로 떨어뜨리지 않음
- BIPV 시스템의 발전시간대는 10시-16시이지만, 일출 시간부터 ESS 충·방전 알고리즘을 위해 08-17시까지 시스템을 작동시킴
- ESS의 충·방전 시나리오는 총 5가지의 모드로 설정하여 작동되며, BIPV 발전량과 부하 전력, 배터리의 충전량을 비교하여 전력을 배터리에 충전 혹은 방전하도록 설정함 (표 2)
- [MODE1; ESS 대기]: BIPV 발전량이 부하전력과 같거나 그 차이가 일정범위 내에 있는 경우 ESS의 충·방전 없이 대기상태로 있도록 설정함. 잦은 충·방전은 배터리의 수명을 저하시키기 때문임
- [MODE2; ESS 방전]: BIPV 발전량이 부하전력보다 작고, 배터리의 최소한의 충전상태가 충족하여 잔존에너지가 있는 경우 ESS는 방전하도록 설정함. 발전량만으로 부하전력에 충분하게 전력을 공급하지 못할 경우 BIPV와 ESS에서 병행하여 공급할 수 있도록 하였고, 배터리의 충전량이 30%이하로 떨어지지 않도록 설정함

- [MODE3; Grid in]: BIPV 발전량이 부하전력보다 작고, 배터리의 잔존에너지가 부족한 경우 부하전력에 BIPV와 ESS가 충분하게 전력을 공급할 수 없기 때문에 계통(한전)에서 공급할 수 있도록 설정함
- [MODE4: ESS 충전]: BIPV 발전량이 부하전력보다 커서 잉여전력이 발생하고 배터리 충전량이 최대치보다 작아 충전 여력이 있는 경우 ESS에 충전하도록 설정함. ESS 과충전을 방지하기 위해 최대치까지만 충전하도록 함
- [MODE5: ESS 대기]: BIPV 발전량이 부하전력보다 커서 잉여전력이 발생하지만 배터리 충전량이 최대치를 충족하는 경우 부하전력으로만 사용하도록 설정함. 잦은 충·방전은 배터리의 수명을 저하시키기 때문임

[ESS 충·방전 작동 모드]

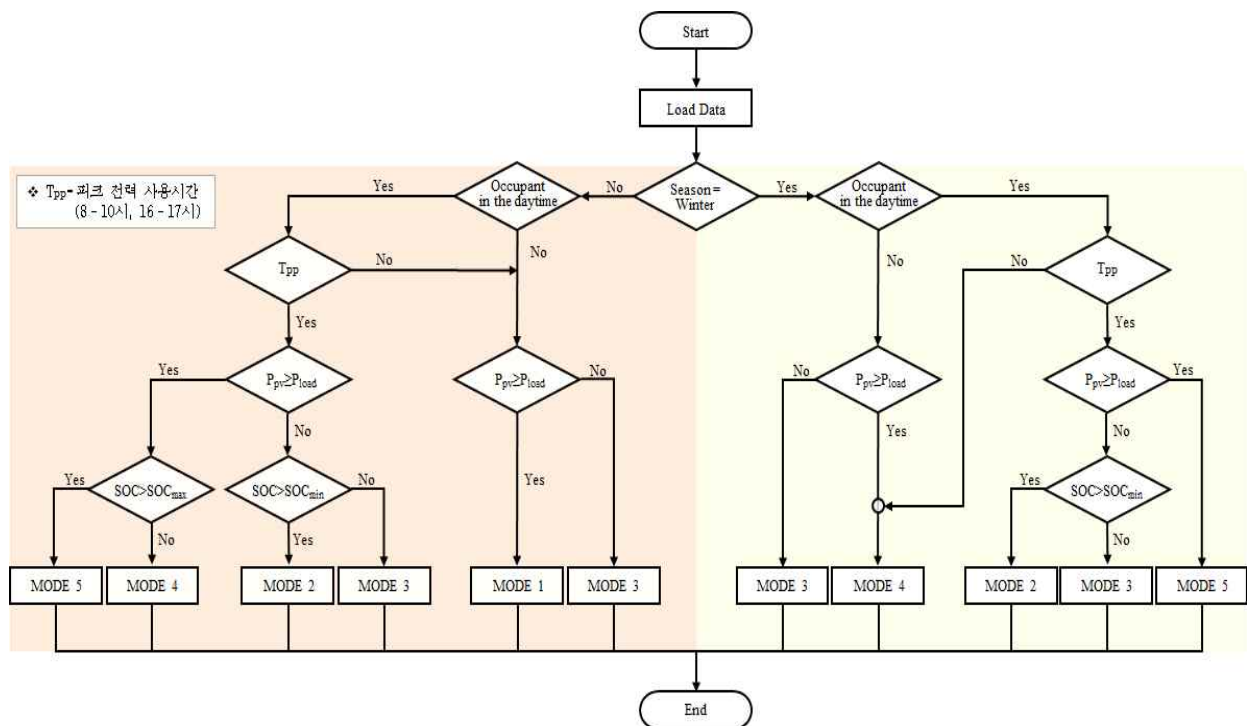
모드	부하	배터리 충전량	ESS	사용전력
MODE 1	$P_v = P_{load}$	-	대기	BIPV 전력
MODE 2	$P_{pv} < P_{load}$	$SOC > SOC_{min}$	방전	배터리 전력
MODE 3	$P_{pv} < P_{load}$	$SOC < SOC_{min}$	방전	배터리 전력 계통 전력
MODE 4	$P_{pv} > P_{load}$	$SOC < SOC_{max}$	충전	BIPV 전력
MODE 5	$P_{pv} > P_{load}$	$SOC > SOC_{max}$	대기	BIPV 전력

기호	단위	설명
P_{load}	kW	부하전력
P_{pv}	kW	BIPV 발전전력
SOC	-	ESS에 저장된 에너지의 백분율
SOC_{max}	-	ESS 수명을 위한 충전 상한 제한비율
SOC_{min}	-	ESS 수명을 위한 충전 하한 제한비율

- 주거용 건물의 ESS 충·방전 알고리즘은 주거용 건물의 부하 특성인 주간(06:00-10:00)과 야간(17:00-23:00)에 최대수요전력이 발생하는 특성을 반영하였음. 또한 여름·봄·가을철의 최대부하시간대와 겨울철의 시간대가 다르게 나타나는 특성을 반영하여 겨울철과 겨울철이 아닐 경우로 크게 구분하여 알고리즘을 구성하였음. 또한 계절적 특성으로 건물 부하 패턴에 영향을 주는 요소는 주간시간에 채실자의 유무와 최대수요전력시간이므로 알고리즘의 하위항목으로 적용됨
- 주거용 건물은 BIPV 발전시간대가 6시-10시, 17시-23시 사이에 건물 부하의 사용량이

높게 나타남. 따라서 중간부하 및 최대부하 시간대가 끝나는 23시부터 충전을 시작하여 야간까지 충전된 에너지는 6시부터 8시까지 방전을 통해 사용함. 표 3의 T_c 는 충전시간, T_{OM} 는 ESS 충·방전 모드 작동시간, T_{DT} 는 방전시간을 나타냄

- 여름·봄·가을철의 경우 주간시간이 최대부하시간대이기 때문에, 발생하는 기저부하는 BIPV 발전량으로 사용되어야 함. 또한 주간에 재실자가 없다면, 기저부하에 한해서 배터리 전력을 사용하고, BIPV 발전량이 기저부하보다 적을 경우 계통전력으로 사용되도록 적용함. 반면 재실자가 있는 경우 기저부하와 추가 부하가 발생되고 최대수요전력시간대가 겹쳐서 발생됨. 따라서 BIPV의 발전량과 건물 부하, 배터리의 충전상태에 따라 충전모드와 방전모드로 변경되며 작동되어야 함
- 겨울철은 ESS 충·방전 작동 시간대가 지난 후 최대 부하시간대이기 때문에 주간시간에 주로 충전모드가 되어야 함. 재실자의 유무와 관계없이 10-12시(겨울철 최대 부하시간대)는 배터리에서 방전 혹은 BIPV에서 생산 전력을 사용해야 함



[주거용 건물의 ESS 충·방전 알고리즘]

[주거용 건물의 계절별·시간별 ESS 충·방전 시간표]

시간		여름철	봄·가을철	겨울철
00:00-01:00	00	T	T_{CT}	T_{CT}
01:00-02:00	01	T_{CT}	T_{CT}	T_{CT}
02:00-03:00	02	T_{CT}	T_{CT}	T_{CT}
03:00-04:00	03	T_{CT}	T_{CT}	T_{CT}
04:00-05:00	04	T_{CT}	T_{CT}	T_{CT}
05:00-06:00	05	T_{CT}	T_{CT}	T_{CT}
06:00-07:00	06	T_{DT}	T_{DT}	T_{DT}
07:00-08:00	07	T_{DT}	T_{DT}	T_{DT}
08:00-09:00	08	T_{OM}	T_{OM}	T_{OM}
09:00-10:00	09	T_{OM}	T_{OM}	T_{OM}
10:00-11:00	10	T_{OM}	T_{OM}	T_{OM}
11:00-12:00	11	T_{OM}	T_{OM}	T_{OM}
12:00-13:00	12	T_{OM}	T_{OM}	T_{OM}
13:00-14:00	13	T_{OM}	T_{OM}	T_{OM}
14:00-15:00	14	T_{OM}	T_{OM}	T_{OM}
15:00-16:00	15	T_{OM}	T_{OM}	T_{OM}
16:00-17:00	16	T_{OM}	T_{OM}	T_{OM}
17:00-18:00	17	T_{DT}	T_{DT}	T_{DT}
18:00-19:00	18	T_{DT}	T_{DT}	T_{DT}
19:00-20:00	19	T_{DT}	T_{DT}	T_{DT}
20:00-21:00	20	T_{DT}	T_{DT}	T_{DT}
21:00-22:00	21	T_{DT}	T_{DT}	T_{DT}
22:00-23:00	22	T_{DT}	T_{DT}	T_{DT}
23:00-24:00	23	T_{CT}	T_{CT}	T_{CT}

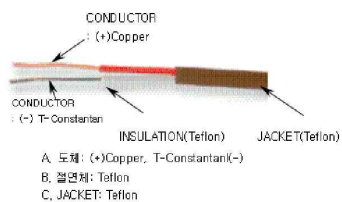
② Test bed에 적용된 개발 BIPV 모듈 성능 실험

- 다음 표는 BIPV 모듈의 성능 비교분석을 위해 Test bed에 설치된 계측기 및 계측 항목을 나타냄. 데이터 계측은 비교 및 개발 BIPV 모듈의 후면 온도와 실내·외 건구온도, 벽면수직 일사량 등이며, 각 모듈마다 부하저항을 구성하고 발전량을 계측함
- 계측에 사용된 온도센서(Thermocouple; T-type) 및 일사량계(EPPLEY 사)는 아래 표와 같으며, 각 계측기는 데이터로거(Agilent 34970A, 모듈: 34901A)와 연결되어 10s 간격으로 데이터를 수집함

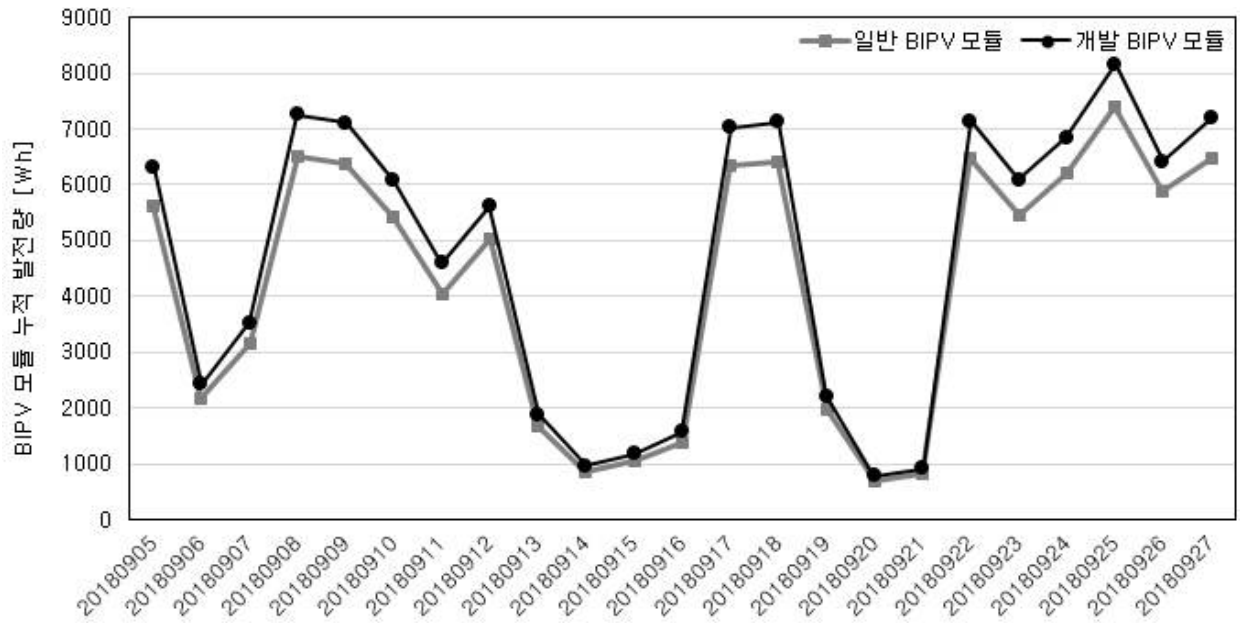
[계측기 및 계측항목]

모니터링	계측 항목	분석 내용
BIPV 시스템	실내·외 온도	실내, 실외 조건
	PV 후면 온도	후면 온도에 따른 효율 분석
	수직 일사량	일사에 따른 발전량 비교
	BIPV 전압·전류·출력	하루 누적, 시간 당 발전량 비교
	당일 발전량	
	당일 발전 효율	
실내	부하 사용량	-

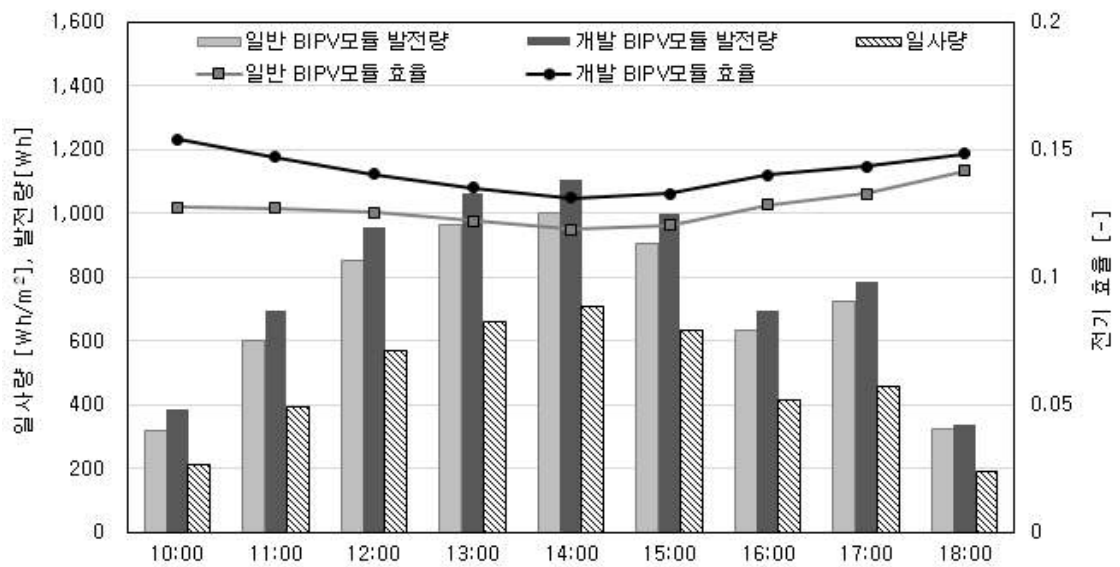
[계측기 및 데이터로거]

온도센서	일사량계	데이터로거
T-type Thermocouple	THE EPPLEY LABORATORY (MODEL PSP)	Agilent 34970A, 모듈: 34901A
		

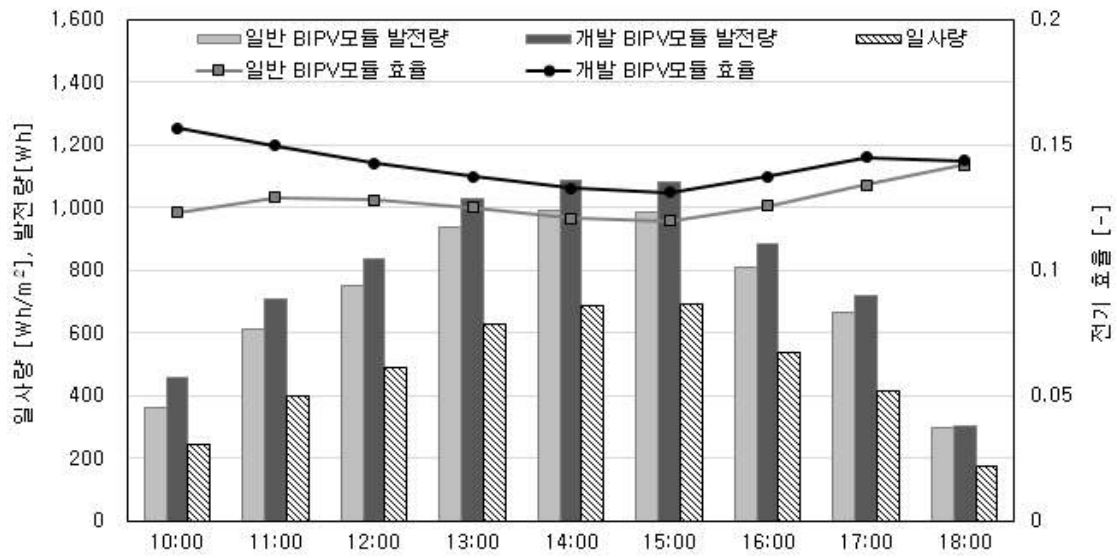
- 그래프는 비교 BIPV 모듈과 개발 BIPV 모듈의 일일 누적 발전량을 비교한 그래프임. BIPV 모듈에 단위 면적당 평균 일사량이 400 Wh/m^2 이상 유입되는 경우 2가지 모듈의 일일 누적 발전량 차이는 최소 553 Wh/m^2 에서 최대 757 Wh/m^2 까지 발생함
- 이에 따라 하루 평균 일사가 400 Wh/m^2 이상인 맑은 날(2018년 9월 17일, 18일, 25일)의 시간당 발전량과 전기효율을 분석함 (그림 9-11). 최대 발전량 및 전기효율의 시간대는 13:00-14:00이며, 비교 BIPV 모듈의 경우 최대 발전량은 $1,099 \text{ Wh}$ 고, 전기효율은 12.28 %임. 개발 BIPV모듈의 경우 최대 발전량은 $1,203 \text{ Wh}$ 고, 전기효율은 13.44 %로 나타났으며, 개발 BIPV모듈이 비교 모듈 대비 최대 전기성능은 8.6% 상승된 것으로 확인되었음



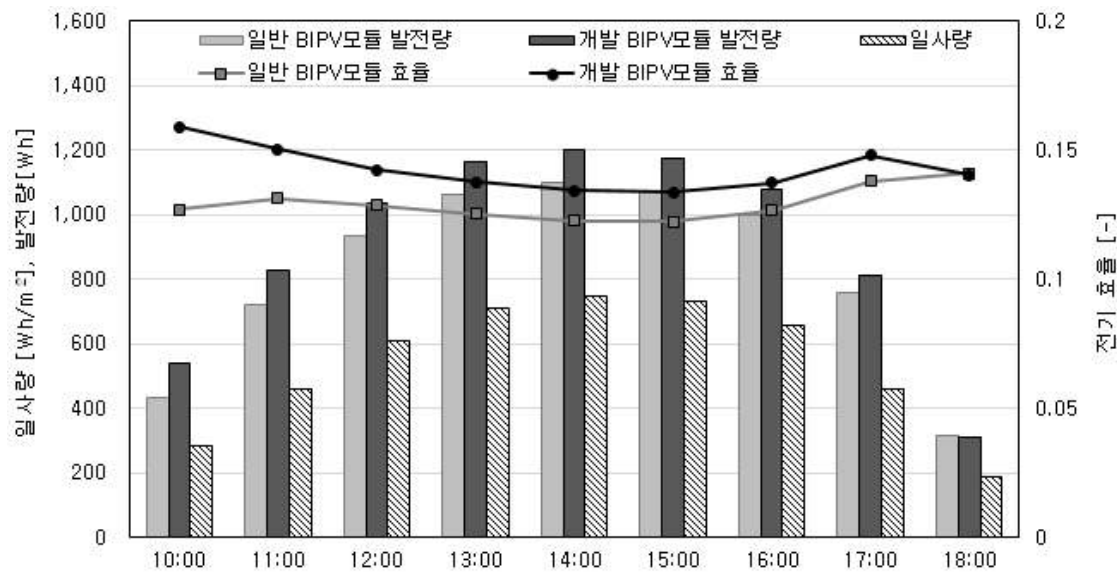
[비교 BIPV 모듈과 개발 BIPV 모듈의 일일 누적 발전량]



[비교 BIPV 모듈과 개발 BIPV 모듈의 일일 발전량 및 전기효율(2018.09.17)]



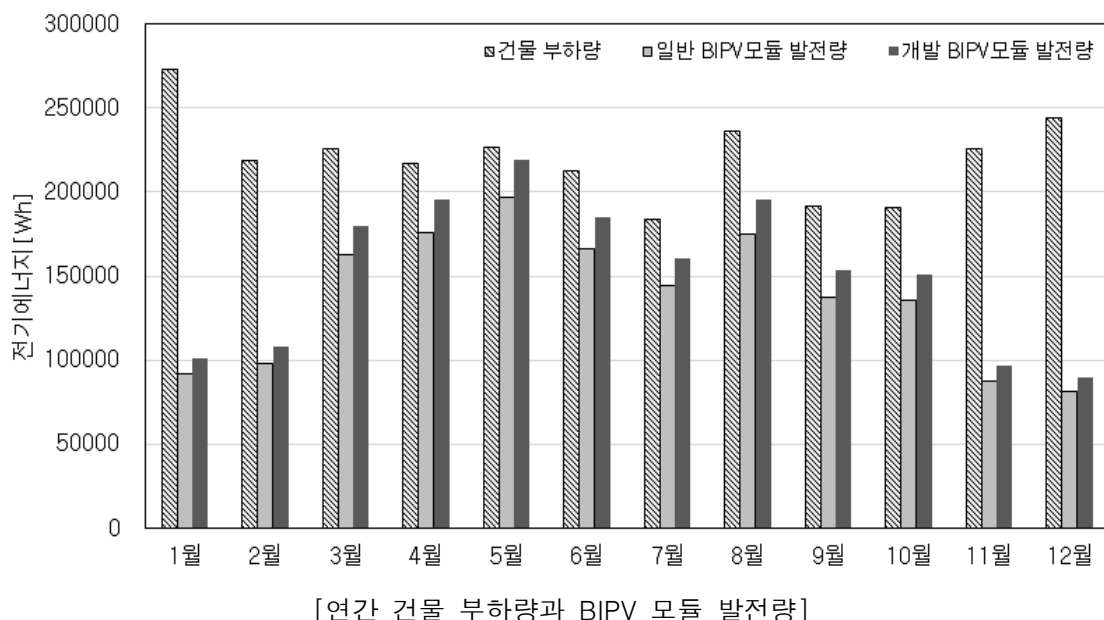
[비교 BIPV 모듈과 개발 BIPV 모듈의 일일 발전량 및 전기효율(2018.09.18.)]



[비교 BIPV 모듈과 개발 BIPV 모듈의 일일 발전량 및 전기효율(2018.09.25.)]

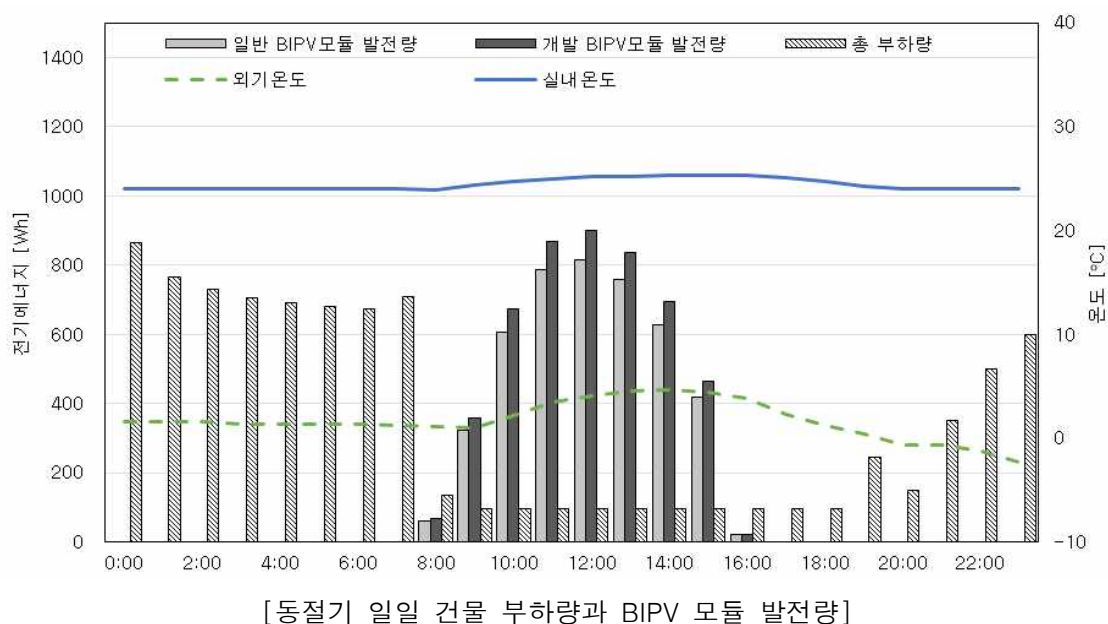
③ 에너지 효율 향상을 위한 Test bed 부하량 예측 분석

- 비교 BIPV모듈과 개발 BIPV모듈이 적용된 Test bed의 모델링은 TRNSYS 프로그램으로 진행되었으며, 본 과제를 통해 도출된 내용으로, BIPV 모듈의 사양과 건물 부하 패턴을 프로그램에 입력하여 시뮬레이션 해석을 진행하였음
- Test bed 모델을 위해 Type 56의 건물 컴포넌트와 Type 567의 BIPV 컴포넌트가 사용되었고, Test bed가 설치된 대전의 연간 기상데이터를 사용하였음
- 하기 그래프는 연간 건물 부하량과 BIPV 모듈 발전량을 나타낸 그래프임. BIPV모듈의 발전량은 동절기보다 하절기에 높은 것으로 나타났음. 동절기 발전량은 비교 BIPV모듈 90.01kW, 개발 BIPV모듈 99.71kW고, 하절기 발전량은 일반 BIPV모듈 161.77kW, 개발 BIPV모듈 180.43kW로 분석되었음. 비교 BIPV모듈과 개발 BIPV모듈의 발전량의 차이는 하절기에 18.66kW로 연평균 약 10% 더 발전하는 것으로 나타났음
- 특히 개발 BIPV모듈 발전량에 따른 건물 부하 절감률은 동절기가 33-45%, 하절기가 74-85%, 간절기는 70%에서 최대 95%임
- 따라서 개발 BIPV모듈과 ESS를 연계한 시스템은 동절기에 효과가 클 것으로 예상됨

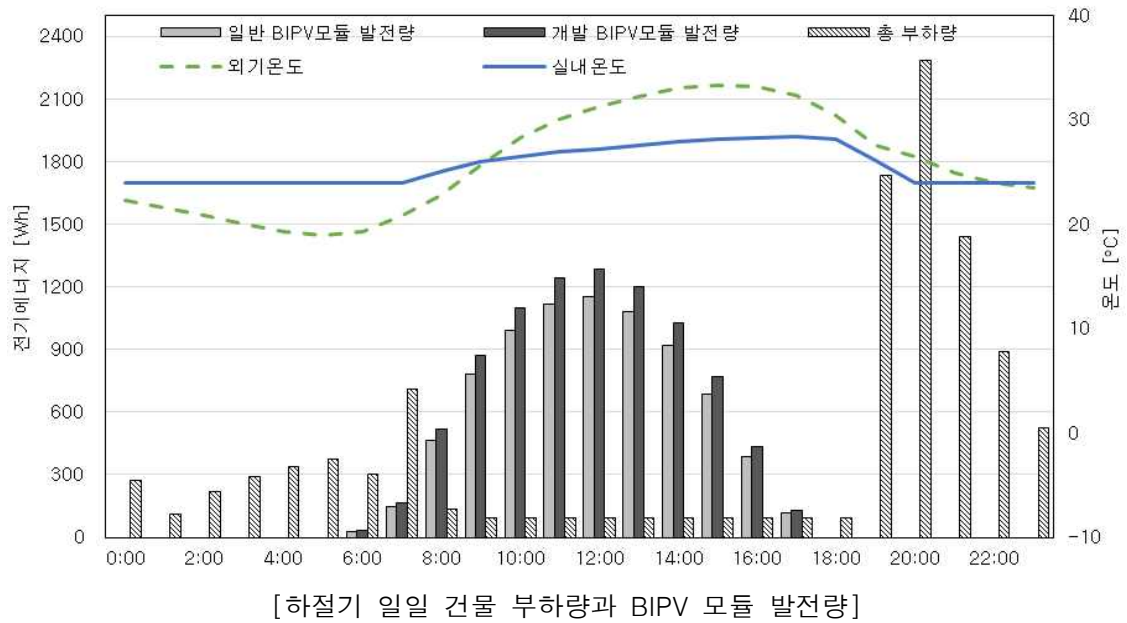


- 하기의 그래프는 동절기, 하절기, 간절기의 일일 시간별 건물 부하량과 BIPV 모듈 발전량을 나타낸 그래프임. 각 그래프는 일사량과 외기온도가 고르게 분포하며, 특히 일사량의 경우 최대 600W/m²까지 상승하는 대표 하루를 선정하여 분석하였음

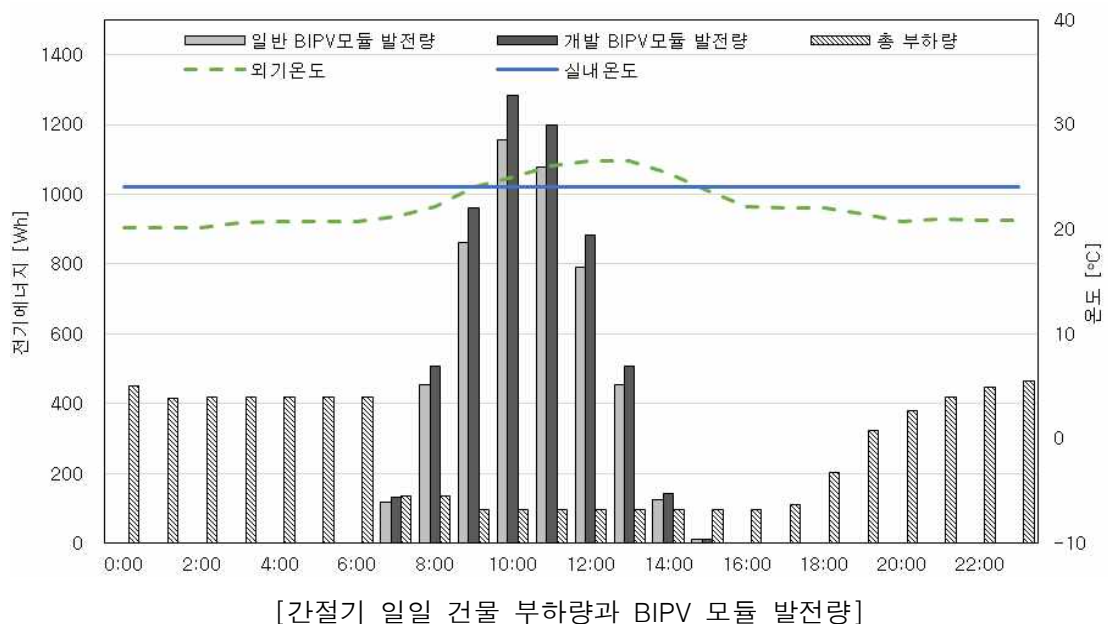
- 계절별 건물 부하전력은 재실자 패턴에 따라 주간동안은 기저부하만 적용되고, 야간에 냉·난방부하, 기기 및 조명 부하 등이 적용됨. 또한 BIPV 모듈의 발전 시간도 다르게 나타나는 것을 확인하였음
- 동절기의 경우 19시 이후부터 재실자가 사용하는 부하 전력은 서서히 증가하여 7시까지 700Wh정도의 전력이 꾸준히 발생함. 이는 야간에 난방부하가 일정하게 발생되기 때문임. 따라서 ESS는 19시부터 방전을 시키며, 전기요금이 저렴한 0시-6시까지 충전하도록 작동 시킴. 주간동안 BIPV 발전량은 ESS 충·방전 작동모드를 통해 기저부하만 사용하고, 잉여 전력은 배터리에 충전시킴
- 비교 BIPV 모듈의 일일 발전량은 4419W고, 개발 BIPV 모듈은 4888W임. 일일 건물 부하 전력은 8747W이므로, 모듈 발전량으로 각 51%, 56%의 건물에너지를 절감할 수 있음



- 하절기의 경우 재실자가 부하 전력을 사용하는 19시 이후에 피크전력이 발생되며, 0시 이후로는 300Wh정도의 전력만 발생됨. 따라서 ESS는 피크전력이 발생하는 시간에 방전을 하여 부하 전력을 감당하도록 하고, 전기요금이 저렴한 0시-6시까지 충전하도록 작동 시킴. 주간동안 BIPV 발전량은 ESS 충·방전 작동모드를 통해 기저부하만 사용하고, 잉여 전력은 배터리에 충전시킴
- 비교 BIPV 모듈의 일일 발전량은 7865W고, 개발 BIPV 모듈은 8770W임. 일일 건물 부하 전력은 10581W이므로, 모듈 발전량으로 각 74%, 83%의 건물에너지를 절감할 수 있음



- 간절기의 경우 재실자가 부하 전력을 사용하는 18시부터, 부하량이 서서히 증가하여 6시까지 400Wh정도로 유지됨. 이는 외기온도에 따른 실내온도는 일정하게 유지하기 위해 발생하는 것으로 분석됨. 따라서 ESS는 18시부터 방전을 하여 부하 전력을 감당하도록 하고, 전기요금이 저렴한 6시까지 충전하도록 작동시킴. 주간동안 BIPV 발전량은 ESS 충
- 방전 작동모드를 통해 기저부하만 사용하고, 잉여전력은 배터리에 충전시킴
- 비교 BIPV 모듈의 일일 발전량은 5054Wh고, 개발 BIPV 모듈은 5626Wh임. 일일 건물 부하 전력은 6342Wh이므로, 모듈 발전량으로 각 79%, 89%의 건물에너지를 절감할 수 있음



(사) 에너지 효율 향상을 위한 Test bed 성능 시험

① 개요

2차년도에 구축해 놓은 TEST BED의 예상치 못하게 발생한 시스템적인 오류에 대하여, 3차년도 기간동안 시스템의 안정화를 진행하게 되었고, 이러한 시스템 안정화 기간으로 인해 Test bed 에너지 효율에 관련된 실험 데이터 확보가 많이 지연되게 되었고, 이로 인해 에너지 효율 향상 평가에 대한 전문가 입회 시험 일자가 연기가 되어, 보완본 최종보고서에 에너지 효율 향상을 위한 Test bed 성능시험 보고서를 추가하게 되었다.

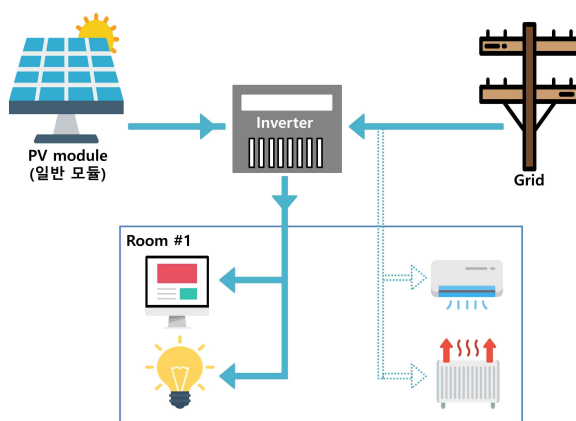
본 시험은 개발된 BIPV용 모듈의 성능 분석 및 건물 적용성 평가를 위해 Test Bed를 설계하고, 개발된 BIPV용 모듈 및 비교용 일반 BIPV용 모듈을 적용함.

Test Bed 실험은 최근 가구원수별 가구 수가 가장 많은 1인 가구를 기준으로 하였으며, 공주대학교에서 사전 조사한 내용을 근거로하여 냉·난방부하/ 조명부하/ 기기부하를 가정하였으며, Test Room #1은 기존 일반 모듈에서 생산되는 전기에너지만을 계통 연계하여 건물에 직접 사용하는 시스템이고, Test Room #2는 개발 모듈의 전기에너지를 ESS시스템을 통해 충·방전하여 건물에너지에 사용하는 시스템으로 설정하였다.

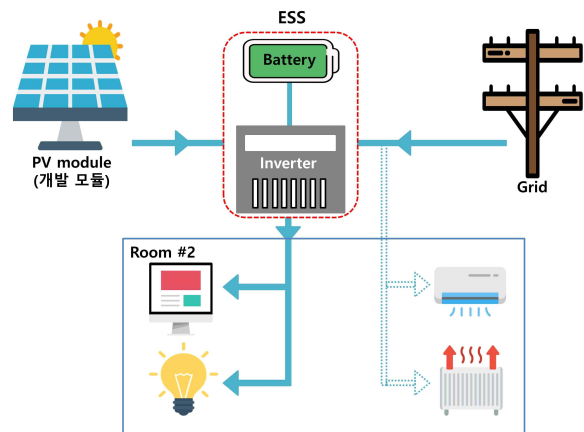
Test room #1과 #2에 동일한 재실 부하를 적용하여, 각각의 시스템에 따른 건물의 에너지효율을 비교·평가하게 되었고, 세부적인 Test Bed의 운영 시나리오는 위에서 기술하였기에 생략하도록 하겠다.

② Test bed Schematic

◎ ROOM #1 : 일반 모듈 환경



◎ ROOM #2 : 개발 모듈 + ESS 환경



③ Test bed 부품들

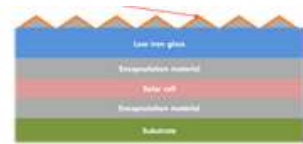
<Room #1>



<Room #2>



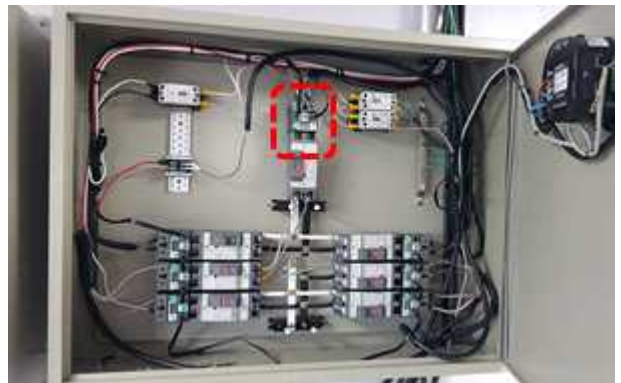
<일반 PV 모듈>



<개발 PV 모듈>



<Grid - Power Meter>



<Grid - Power Meter>



<인버터>



<ESS>

<Room #1>



<부하(Load)>

<Room #2>



<부하(Load)>

※ 소비전력기기들은 부하(load)로 대체 하였음.

번호	저항기 [Ω]	전력 [W]		비고
①	590	90	90	냉장고, 전기밥솥(보온) 95W
②	380	139	139	TV 140W
③	210	251	251	컴퓨터 250W
④	120	440	880	전기밥솥 870W
⑤	120	440		
⑥	110	480	1920	세탁기 1850 W
⑦	110	480		
⑧	110	480		
⑨	110	480		

④ 그 외 부품들



<데이터로거>



<서버>

⑤ 에너지 효율 향상 평가

PV 모듈 외 ESS등 전반적인 PV 시스템의 효율에 대한 공인 인증 평가 규정이 없는 상황으로, 외부 전문가 임회하에 성능 평가를 실시하게 되었다.

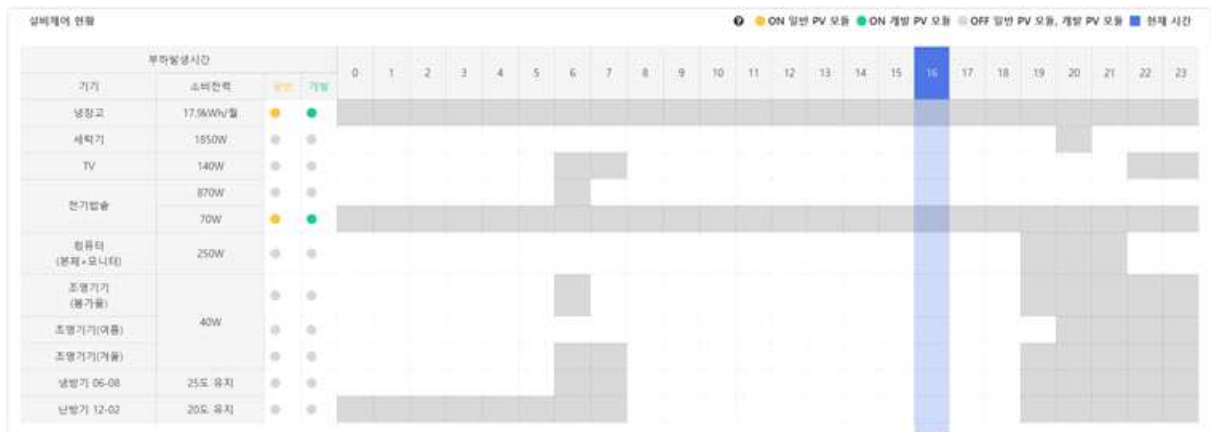
평가 항목 (주요성능 Spec.)	단 위	비 고
에너지 효율 향상	%	Room #1(일반 PV모듈)과 Room #2(개발 PV모듈 + ESS)의 Grid Power meter를 통하여, 부하제어에 따라 소모되어지는 『전력 소모량』으로 두 비교군의 『에너지 효율 향상율』 확인.

* 『전력 소모량 = 수전 전력량 - 송전 전력량』

* 『에너지 효율 향상율(%) = {(Room #1 전력 소모량 / Room #2 전력 소모량) - 1} x 100』

⑥ 평가 방법

- 『일반 PV모듈』 구성과 『개발 PV모듈 + ESS』 구성으로 이루어진 동일한 Test bed 준비
- 하기의 운영 시나리오에 따른 Test bed 운영 (PLC 제어)



iii) 측정된 Room #1과 Room #2의 데이터 수집 및 DB 입력 확인

iv) 입력된 DB 데이터 확인

v) 측정된 Room #1과 Room #2의 누적 전력 소모량의 Data로, 에너지 효율 향상율을 계산

* 『전력 소모량 = 수전 전력량 - 송전 전력량』

* 『에너지 효율 향상율(%) = {(Room #1 전력 소모량 / Room #2 전력 소모량) - 1} x 100』

REMS 대시보드 실시간데이터 부하제어 데이터조회 설정관리											
수집한 데이터 리스트											
수집일짜	일반 PV 모듈					수집일짜	개발 PV 모듈				
	전압[V]	전류[A]	전력[kW]	수전전력량[kWh]	송전전력량[kWh]		전압[V]	전류[A]	전력[kW]	수전전력량[kWh]	송전전력량[kWh]
20200201000000	24193.12	1469.78	338.36	288	222	20200201000000	24432.42	541.51	-122.57	0	130
20200201001000	22363.56	1358.39	312.91	289	222	20200201001000	23639.13	45.67	-7.32	0	130
20200201002000	24418.45	1483.34	341.41	289	222	20200201002000	24658.48	586.34	-132.62	0	130
20200201003000	23978.58	1456.57	335.54	290	222	20200201003000	23866.65	46.7	-7.51	0	130
20200201004000	22842.67	1387.56	319.88	290	222	20200201004000	24455.64	556.66	-126.12	0	130
20200201005000	24937.42	1514.73	349.45	291	222	20200201005000	24614.78	48.82	-7.72	0	130
20200201010000	24735.45	1503.25	344	292	222	20200201010000	23822.74	521.66	-117.11	0	130
20200201011000	23518.12	1429.67	326.16	292	222	20200201011000	24572.9	46.18	-7.64	0	130
20200201012000	23882.68	1458.06	332.75	293	222	20200201012000	23779.25	463.24	-103.82	0	130
20200201013000	23103.8	1404.44	320.99	293	222	20200201013000	24587.12	45.6	-7.52	0	131
20200201014000	23588.46	1433.9	328.11	294	222	20200201014000	23860.69	376.29	-84.03	0	131
20200201015000	23810.85	1447.47	331.11	294	222	20200201015000	25098.28	66.45	-11.94	0	131
20200201020000	22906.7	1392.41	318.68	295	222	20200201020000	24333.16	366.28	-81.64	0	131
20200201021000	24299.52	1477	338.3	295	222	20200201021000	24431.36	81.7	-15.91	0	131
20200201022000	23604.49	1434.78	328.53	296	222	20200201022000	24799.92	379.37	-84.52	0	131
20200201023000	23172.17	1420.65	325.25	296	222	20200201023000	24182.05	88.93	-17.51	0	131
20200201024000	24245.69	1473.91	336.85	297	222	20200201024000	24491.06	507.02	-113.75	0	131
20200201025000	24228.46	1472.98	336.39	297	222	20200201025000	24359.57	46.56	-7.62	0	131
20200201030000	22426.54	1363.41	311.74	298	222	20200201030000	23552.88	579.01	-130.47	0	132

<데이터 수집 및 DB확인>



<실시간 모니터링 프로그램 화면 (개발 REMS)>

⑦ 평가 결과

운영 시나리오에 따른 Test Bed 운영 결과 『일반 PV 모듈』 구성의 Room #1의 전력 소모량 대비 『개발 PV 모듈 + ESS』 구성의 Room #2의 전력 소모량의 『에너지 효율 향상율』은 평가 당시 20.59%의 향상률을 보이고 있었으며, 과제 목표였던 Test bed 에너지 효율 향상 15.00% 이상을 확인하게 되었다.

⑧ 외부 전문가 입회 자체 시험 성적서 첨부

시 험 성 적 서	
(주)비제이파워 대전광역시 유성구 유성대로 1628번길 74 (천민동) Tel : 042-273-7690 Fax : 042-285-746 성적서번호: P200204-01 제이치 (1)(총8) 	
1. 의뢰기관 : (주)비제이파워 2. 의뢰자 : 김 용 식 3. 주 소 : 대전광역시 유성구 유성대로 1628번길 74 (천민동) 4. 시험성적서 용도 : 기존개발평가용 5. 평가방법 : 개발PV모듈과 ESS 시스템이 설치된 환경과 일반PV모듈이 설치된 환경을 구성한 Test bed를 구축하여, 상황환경에 맞춘 부하시나리오를 운영하여 두 환경 사이의 에너지효율 변화를 평가 6. 평가일자 : 2020년 2월 4일 7. 평가방법 : 일체 제시 조건 8. 평가환경 : 별첨 첨부 9. 평가결과 : 별첨 첨부 별첨 첨부	
이 성적은 신청인이 제공한 시료에 대하여 시행한 시험 결과입니다. 확 인 작 성 자 성 명 : 김 용 식 외부전문가 소 속 : 한국산업기술시험원 신계영에너지기술센터 성 명 : 김 철 규 2020년 2월 4일 (주)비제이파워 대표이사 (인) 위 성적서는 자체시험 성적서로서 외부전문가 입회하에 진행된 시험결과이며, 시험당첨자는 국토교통과학기술진흥원 제출 이외의 용도로 사용할 수 없습니다.	

- 1 -

시험 결과			
P200204-01		제이치 (8)(총8)	
5. 평가 결과			
5-1. 에너지 효율 향상 평가			
- 운영 시나리오에 따른 Test bed 운영 결과, 『일반 PV모듈』 구성의 Room #1의 전력 소모량 대비 『개발 PV모듈 + ESS』 구성의 Room #2의 전력 소모량의 『에너지 효율 향상율』 15.00% 이상을 확인함.			
시험항목	단위	측정값	결 과
에너지 효율 향상 평가	%	15.0% 이상	PASS

- 8 -

(아) 연구 성과

구분	게재 연도	논문명	저자명	학술지명	Vol.(No.)	SCI구분
1	2019	Fenestration refurbishment of an educational building Experimental and numerical evaluation of daylight, thermal and building energy performance	Fred Edmond Boafo, Jong-Gwon Ahn, Sang-Myung Kim, Jin-Hee Kim, Jun-Tae Kim	Journal of Building Engineering	25 (2019)	국외 SCI(E)

증빙자료

Journal of Building Engineering 25 (2019) 100803
 Contents lists available at ScienceDirect
Journal of Building Engineering
 journal homepage: www.elsevier.com/locate/jobe

Fenestration refurbishment of an educational building: Experimental and numerical evaluation of daylight, thermal and building energy performance

Fred Edmond Boafo^a, Jong-Gwon Ahn^a, Sang-Myung Kim^a, Jin-Hee Kim^b, Jun-Tae Kim^{c,*}

^aZero Energy Buildings Laboratory, Graduate School of Energy Systems Engineering, Kongju National University, Cheonan, Chungnam, 31080, Republic of Korea
^bGreen Energy Technology Research Center, Kongju National University, Cheonan, Chungnam, 31080, Republic of Korea
^cDepartment of Architectural Engineering & Graduate School of Energy Systems Engineering, Kongju National University, Cheonan, Chungnam, 31080, Republic of Korea



ARTICLE INFO

Keywords:
 Fenestration refurbishment
 Double-sliding window system
 Thermal behavior
 Daylight
 Building energy

ABSTRACT

Although strict building energy codes are implemented periodically in many countries, buildings continually consume a momentous quota of total primary energy. Potentially, new buildings can satisfy current building energy codes, while existing buildings require refurbishment. Recently, the fenestration system of a 4-story educational building located in Cheonan, Republic of Korea (36.815°N, 127.114°E) has been refurbished from single glazed double-sliding window system with aluminum (Al) frame to double low-e glazed double-sliding window system with polyvinyl chloride (PVC) frame. The main objective of this study was to investigate the performance of the window system prior to and after refurbishment, using experimental and numerical tools. In particular, daylight environment of a demarcated space within the reference building was examined. Thermal behavior of glazing systems and window frames was scrutinized using infrared (IR) thermography. The dynamic behavior of window system in relation to building energy performance was evaluated through EnergyPlus. Reference data of the building and nominal operational schedules were used as inputs for the building model, while inputs for the window system were based on optical and structural parameters of its data sets. Owing to thermal inertia, temperature of the single glazing was on average 0.7–1.9 °C higher than the double glazing. Considering linear radiant heat loss through Al and PVC frames, the former showed an average temperature of 5 °C higher than the latter. Although electrical lighting energy consumption increased, the overall annual building energy consumption of the renovated building reduced by 51.1 GJ (i.e. 4.3%).

1. Introduction

Presently, most people spend 90% of their daily lives indoors [1], relying on energy consuming systems for heating, air conditioning and lighting to provide a comfortable indoor environment. Unsurprisingly, existing buildings persistently consume a significant quota of the total final energy in many countries. For instance, from 2015 to 2017, building energy consumption in the Republic of Korea was within 19.4% p.a. - 19.7% p.a. (i.e. 42.4–45.6 million tonnes of oil equivalent) of the final energy consumption; by energy end-use subcategory, residential and commercial buildings consumed an average of 39.2% and 60.3% of the total amount of electricity and gas, respectively [2]. Among the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) countries, residential and commercial energy use for the Republic of Korea are projected to increase by 1.1% p.a. and 2.1% p.a. from 2012 to 2040 respectively; consequently the Republic of Korea has the third-fastest growth rate in commercial and residential energy use

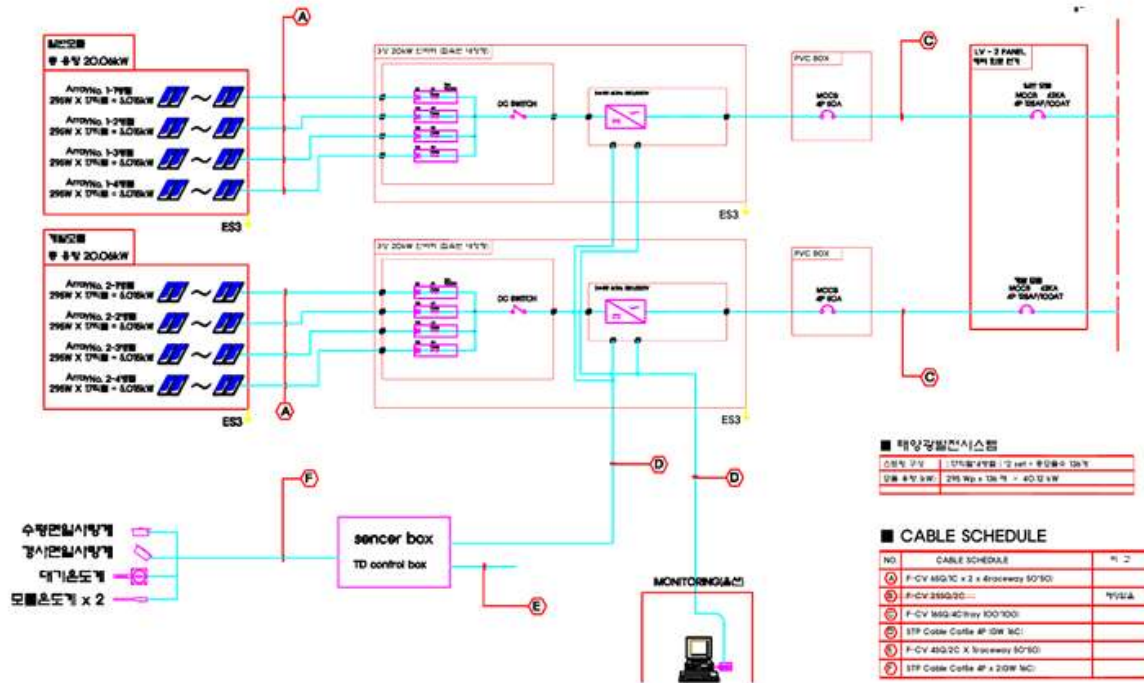
after Mexico/Chile and Australia/New Zealand [3]. According to the U.S. Energy Information Administration (EIA), energy consumed in buildings accounts for 20.1% of the total delivered energy worldwide [2].

Without abatement measures, it has been forecasted that energy use, especially in building sector will continue to dominate other sectors of the economy; this is largely due to urbanization related status and social changes, living standard gains, increasing population, among others [4]. Laudably, various governmental and non-governmental institutions have focused on enacting strict building energy codes with respect to the building envelope as well as carrying out R&D into energy and material efficient building envelope systems, respectively. For instance, in the Republic of Korea, the thermal transmittance (*U*-value) for new building envelope, i.e. roof and wall was limited to 0.23 W/m²K and 0.27 W/m²K respectively, by end of 2015; currently the *U*-value for new roof and wall is limited to 0.15 W/m²K and 0.21 W/m²K, respectively; and will be reduced to 0.08 W/m²K by 2025 [5].

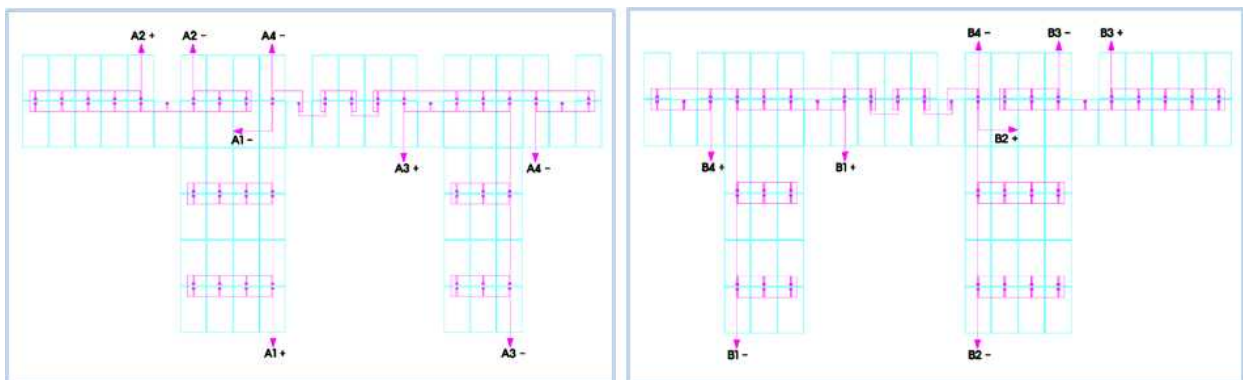
* Corresponding author.
 E-mail address: jtkim@kongju.ac.kr (J.-T. Kim).
<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100803>
 Received 21 December 2018; Received in revised form 1 April 2019; Accepted 13 May 2019
 Available online 16 May 2019
 2352-7102/ © 2019 Elsevier Ltd. All rights reserved.

③ 시스템 구성

- 태양광 설비 계통도



- 실증단지 PV 모듈 어레이 배열 [개발 PV (좌), 일반 PV모듈 (우)]



④ 시공

- 실증 사이트 내부 시공



- 실증 사이트 외부 시공 및 PV 모듈 설치



- 실증 사이트 외관



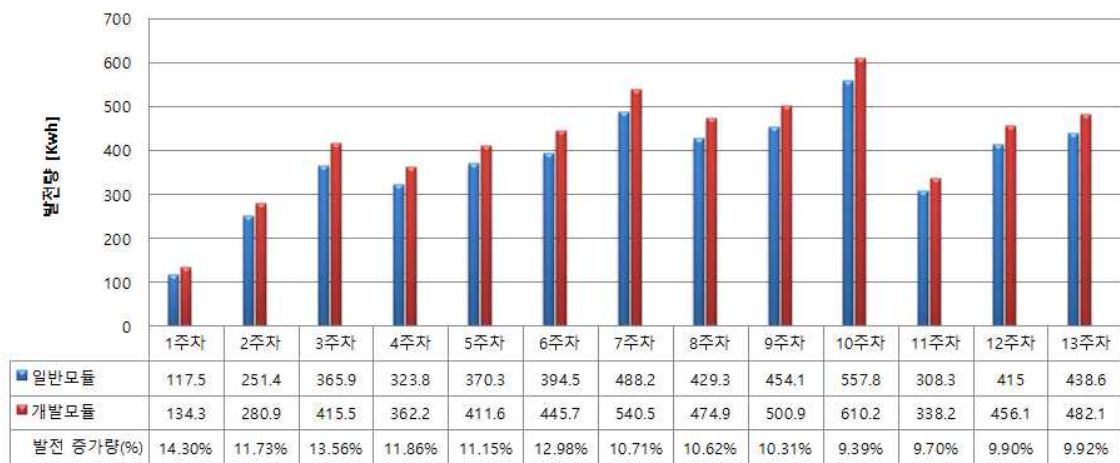
⑤ 옥외 실증 평가

2019년 9월 1일부터 현재까지 k사 인천 사이트에서 옥외 발전량 실증을 진행하고 있다.

2019년 9월 1일부터 동년 11월 30일까지의 누적 발전량은 일반모듈 4.9147Mwh이며, 개발 모듈 5.4531Mwh으로 확인 되어 지고 있으며, 일반 모듈 대비 개발 모듈의 **발전량 향상은 약 10.95%**으로, 발전량 향상을 위한 표면 삼각형태의 표면 신기술 적용 모듈에서 확인한 발전량 향상을 보임을 확인 할 수 있다. 지속적으로 발전량에 대한 실증을 이어나가서, 분기별·계절별에 따른 영향 및 고도각에 따른 영향에 대한 데이터 베이스를 구축하고, 궁극적으로 표면 형상 신기술에 대한 진보와 향상을 이룩하고자 한다.

발전 기간 : 2019.09.01. ~ 2019.11.30

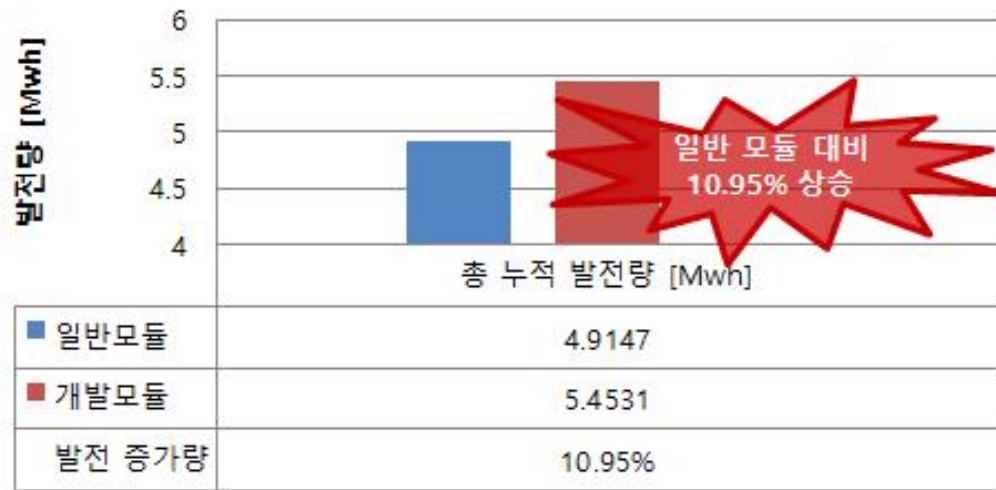
주간 발전량 [Kwh]



월간 발전량 [Kwh]



누적 발전량 (@2019.09.01.~2019.11.31)



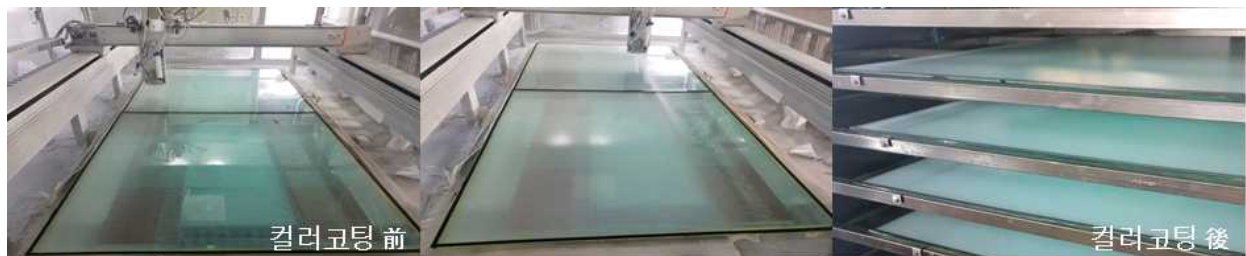
(나) 간판 Type 건물 실증 적용

① 실증 설계 개념

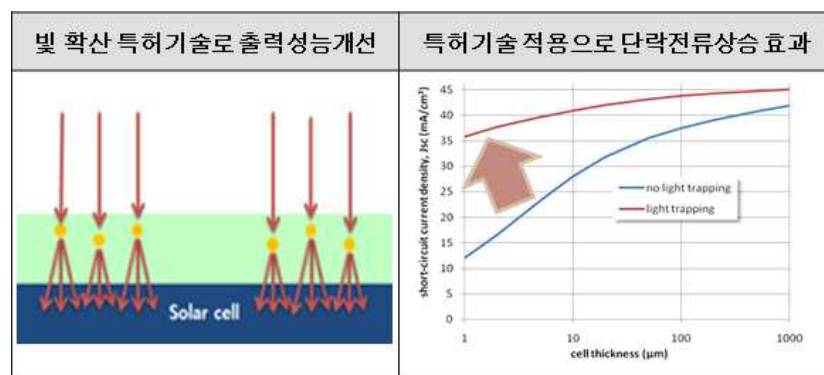
건물 외장재로 사용이 가능하며 기존의 단조로운 BIPV를 벗어나 심미성이 증진된 컬러 PV 모듈을 제작하여, BIPV 시장의 새로운 판도를 제시하며, 건물 외관의 실증으로 컬러 PV모듈의 신뢰성 확보를 목표로 한다.

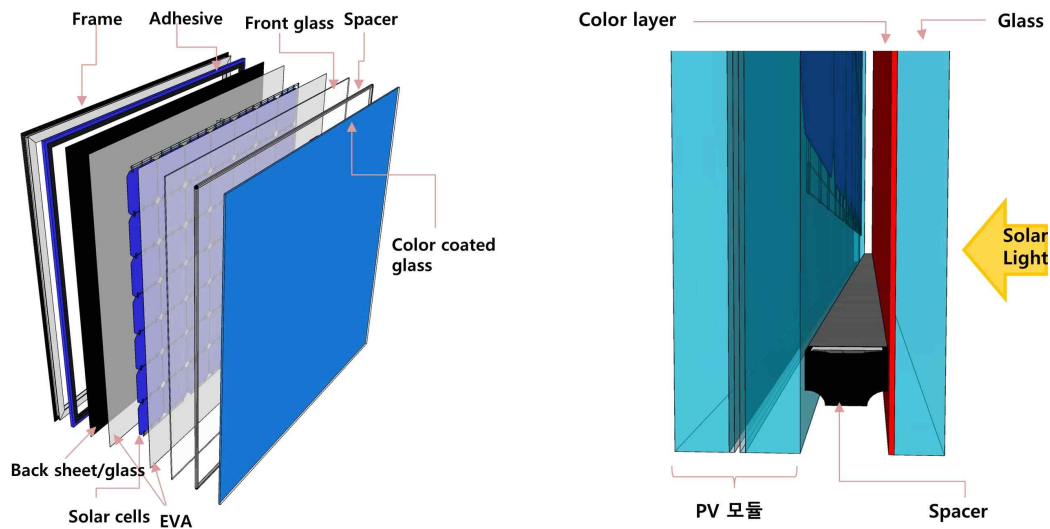
② 컬러 PV모듈 제작 (대응품)

기존 전기 생산 특성에 심미성을 추가함으로써, 고가 제품화를 통한 사업화의 다양성을 확보 하며, 태양광 시장의 새로운 패러다임을 제시하여 시장 판로 확대를 추구하고자 한다.



(주)비제이파워에서 구현한 Formulation 기술을 바탕으로, 70여종의 컬러 배합을 완성하였다. 기존 유리에 스프레이 코팅방식으로 Color layer를 형성하여 심미성을 극대화 시켰다, Color layer에 의한 발전 성능 감소의 최소화를 위하여, 광 확산 소재도 함께 도포하여 단락전류 상승효과를 꾀하였다. 앞으로 저가 컬러 코팅 공정으로 제조비용의 절감 및 생산공정 표준화로 대량 생산 체계를 구축해 나가야 할 것이다.





[컬러 PV모듈 개략도]

기존의 PV 모듈에 컬러 코팅 유리로 복층 하여, 컬러 코팅 유리로 하여금 태양전지 및 배선이 외부로 노출되지 않아 심미성을 증대 시키며, 복층구조로 하여금 건물 외장재로써의 단열 효과에도 큰 장점으로 부각 시킬 수 있다. 또한 대응품으로 만들어진 이 컬러 PV 모듈 제품의 경우 최외곽 노출면을 무기물(유리)로 사용하여 건축물 불연을 만족하기에 사업의 다각화 추진에 어려움은 없을 것으로 예상되나, 아직 시작품의 단계이기 때문에 건물 실증을 통하여 내구성 등의 신뢰성 확보에 큰 비중을 두어야 할 것이다. 이 후 상용화 단계에 들어서게 되면, 건축물 외벽 이외에 커튼월, 스펠드릴, 창호, 미디어 파사드, 차양시설, 아트 리움, 지붕재, 캐노피 등 다양한 어플리케이션으로 소비자들에게 어필 할 수 있는 판로를 개척해 나갈 계획이다.

③ 실증 설계 개요

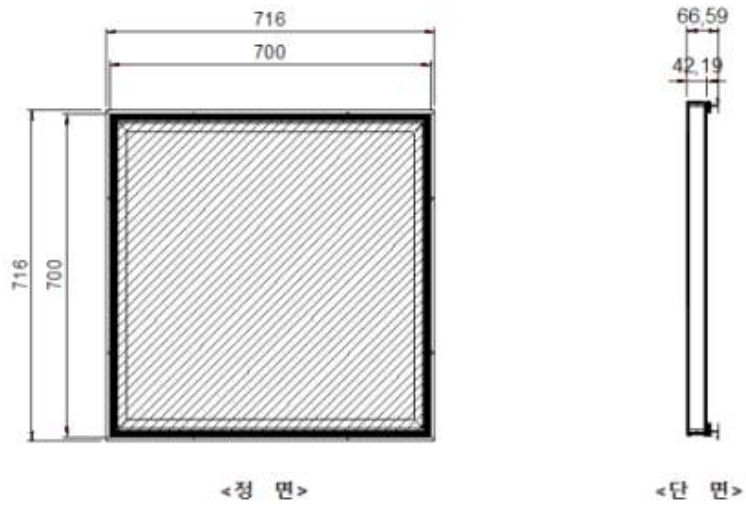
구 분	내 용
설 치 위 치	대전광역시 유성구 유성대로 1628번길 74
설 치 면 적	40.25m ²
P V 모 들	동향으로 설치
설 치 방 법	기존 드라이버트마감 위 설치

④ 실증 위치 분석

실증위치	대전광역시 유성구 유성대로 1628번길 74
건물분석	근린생활시설 / 업무시설
면 적	W 11.5m * H 5.4m / 62.1m ²
건물분석	1. 외부 마감 드라이버트 구조로 별도 단열보강 없이 마감재 상단에 하지철을 설치 후 모듈 설치 가능 2. 기존 드라이버트 마감재 위 하지철을 설치 위해 양카 작업 필요 및 방수 작업 필요 3. 모듈하중에 따른 양카 고정 위치 확인 필요
현장사진	

⑤ 모듈 설치 방안 검토

PV모듈 구격



- 설치방법구상**
1. 모듈 자체에 피스 시공이 불가능하여 모듈 하부에 Z-bar 프레임이 설치됨
 2. Z-bar 프레임에 피스로 하지철물에 고정
 3. 기존 마감재인 알루미늄 복합판넬과 동일한 방법으로 시공 가능함.

AL 복합판넬 설치 방법

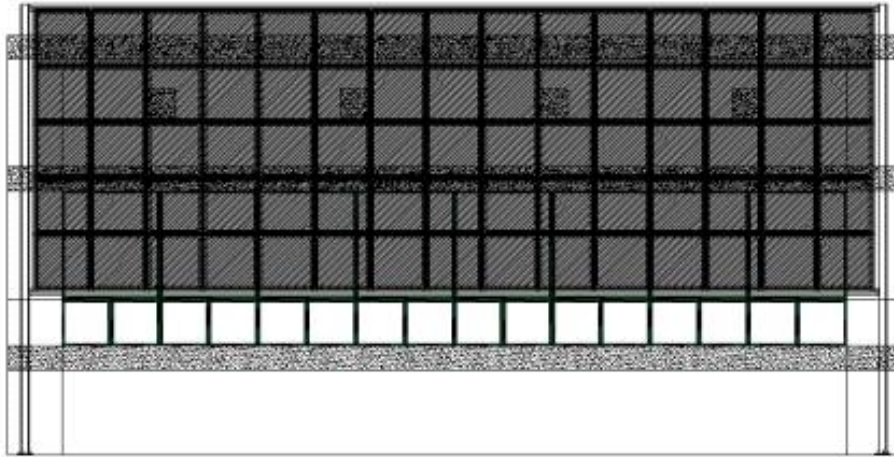


AL 복합판넬 설치 사진

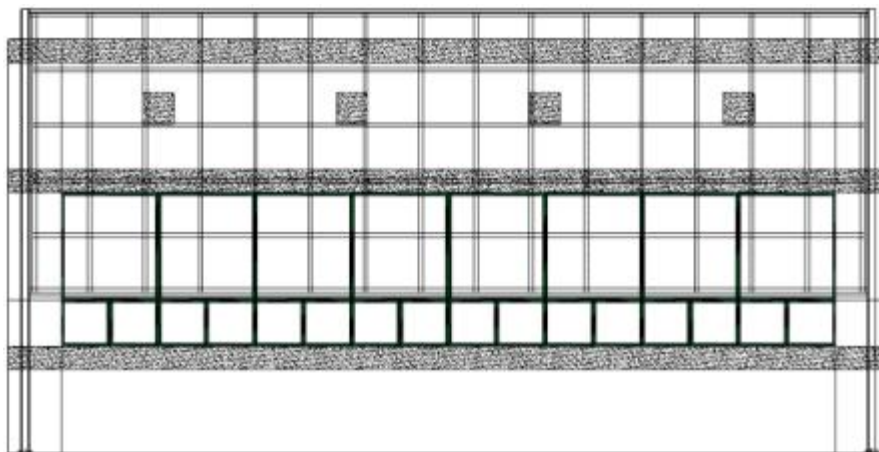


⑥ 모듈 설치 계획

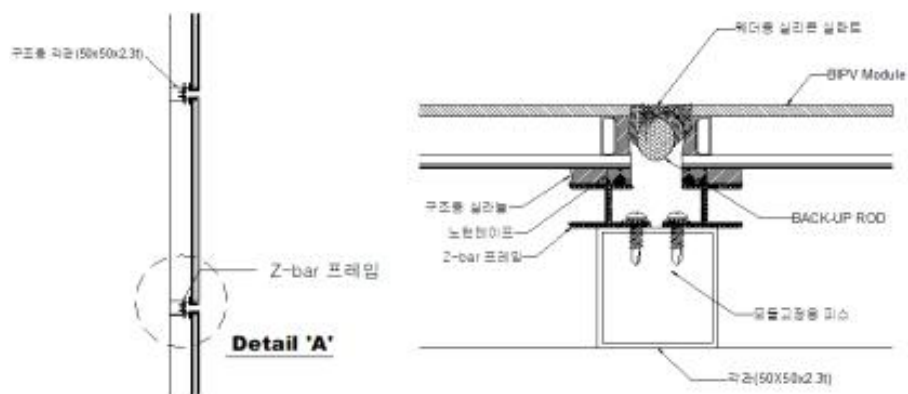
- 모듈설치 면적 W 11.15m * H 3.5m
- 모듈설치 계획
1. 모듈규격에 맞게 하지 철물 설치(하지철물 □-50*50*2.3T)
 2. 모듈 700*700 사용, 총 75장 설치
- 모듈설치도면



<정면입면도>



<하지철물도면>



<설치상세도>

⑦ 시공 (태양광 모듈 시공 매뉴얼)

i) 하스너 설치

- 하지철물 고정을 위해 벽체에 천공을 한 후, 셋트앙카 및 화스너를 설치한다.
(단, 셋트앙카는 도면 치수를 준수하여 콘크리트 벽체에 삽입될 수 있도록 한다.)
- 화스너 설치간 단열재 손상을 방지하기 위해 단열 화스너 사용을 권장하며, 단열재 손상 시 우레판 폼 등으로 단열에 대하여 보수조치를 한다.



<셋트앙카 설치>



<화스너 설치>

ii) 하지 철물 설치

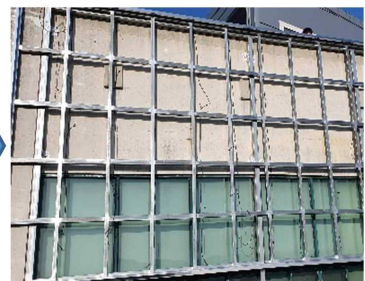
- 모듈 규격에 맞는 지정 자재 및 간격을 준수하여 시공한다.
- 부재 연결 접합 부위는 전체 용접으로 진행하며, 용접 시공은 국가건설 표준 시방서 용접 (KCS 14 31 20)을 준수하여 시공한다.
- 용접 완료 후 용접부위에 대하여 녹막이 처리를 진행한다.



<벽체고정 철물 설치>

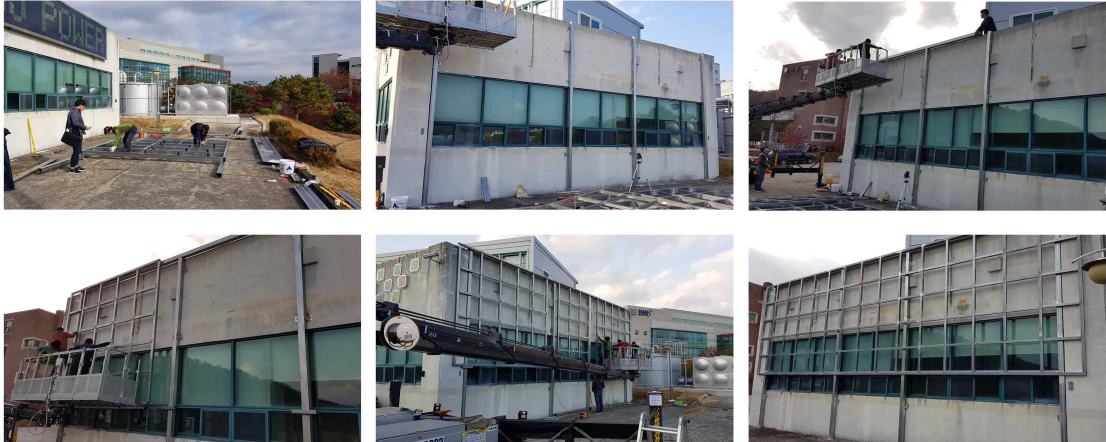


<접합 부위 용접>



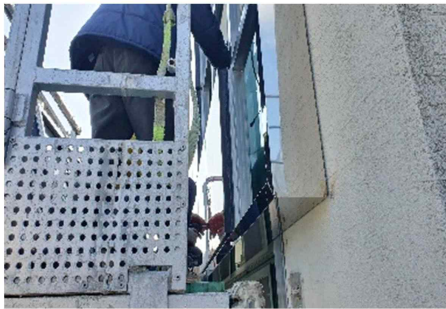
<하지 철물 설치>

[구조물 설치 전체 과정]

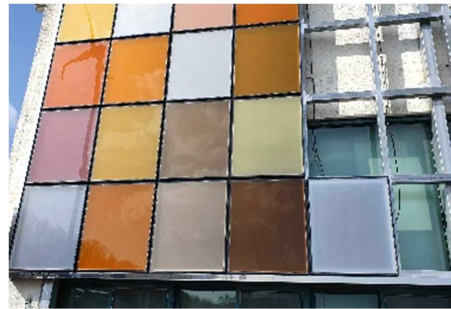


iii) 모듈 설치

- 모듈 배치 간격을 일정하게 유지하여, 평활도를 준수하여 설치한다.
- 모듈 고정 전 전선 커넥터를 연결한다.
- 결선 완료 후 피스로 모듈을 고정한다.



<모듈 피스 고정>



<모듈 설치>

iv) 실링 작업

- 실링 시공 부위 주위를 청소하여 이물질을 제거한다.
- 모듈 사이 백업재 충진한다.
- 마스킹 테이프로 모듈 부위를 보양한다.
- 실리콘 충진 후 표면 정리를 하여 마감한다.

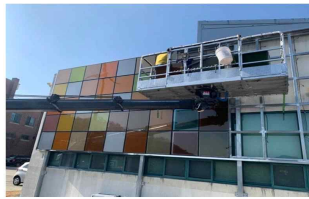


<백업재 충진 및 마스킹>



<실리콘 충진 및 표면 정리>

[PV 모듈 설치 전체 과정]



[대응품 설치 결과]



주 간

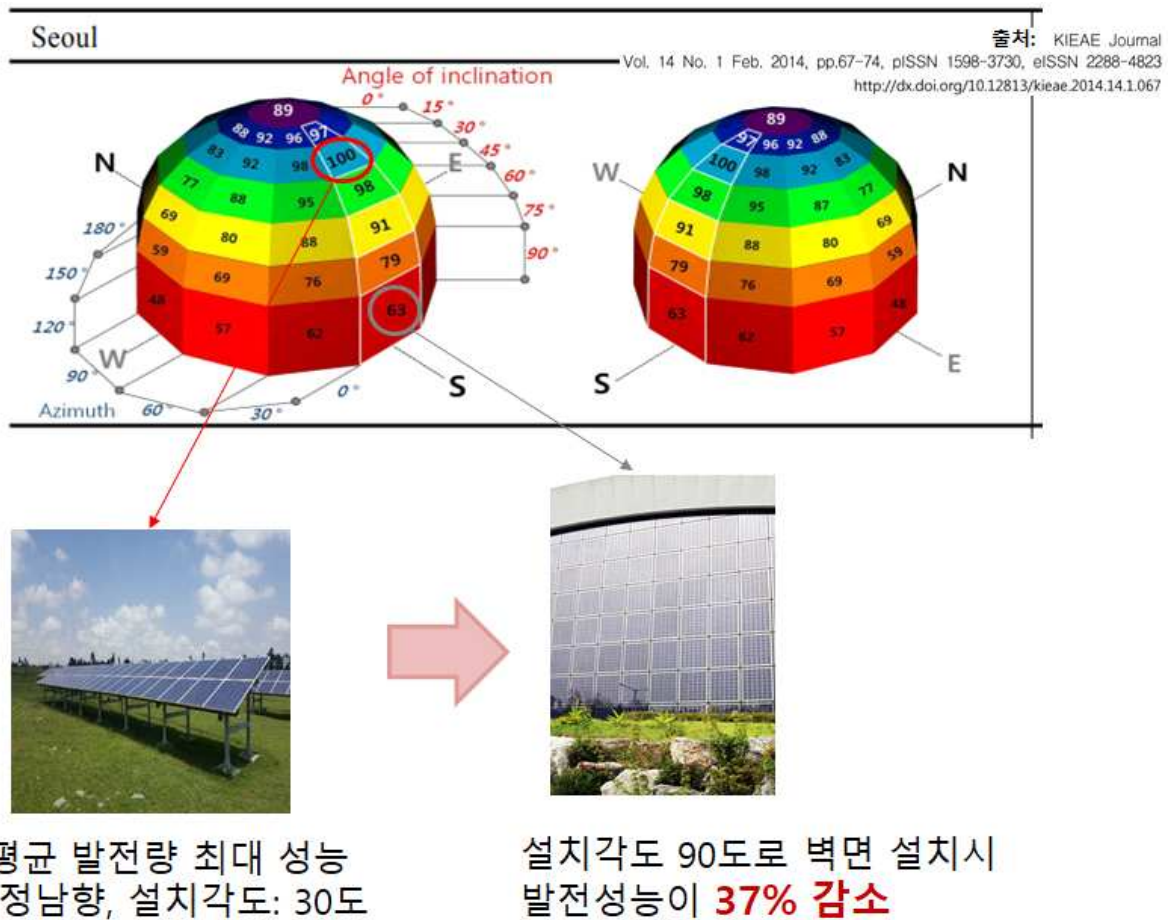
칼라외장재
태양광발전

야 간

경관조명



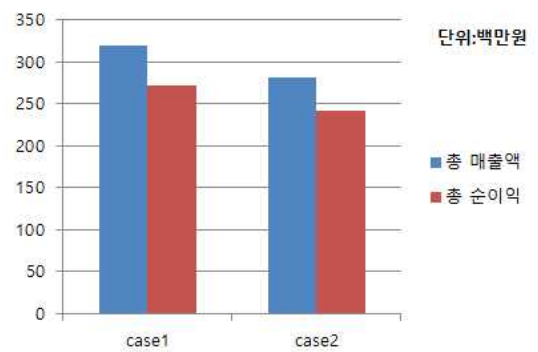
(다) 발전 성능 향상에 대한 고찰



위는 서울에서의 PV 모듈 설치 각도에 따른 연평균 발전량에 대한 시뮬레이션 연구 내용이다. 기존의 PV모듈을 유지하며 그대로 벽면 설치 시 발전성능이 감소하게 될 것이라는 내용이다. 하지만 발전량 향상을 위한 표면 삼각형태의 표면 신기술이 적용된 모듈에서는 전반적으로 10% 이상 발전량이 향상되었음을 실증을 통해 확인 해볼 수 있다. 이러한 향상된 발전량으로는 한눈에 장점이 크게 보이지 않기에, 수요자 입장에서의 금전적인 환산을 통해 발전량 향상에 대한 부연 설명을 하고자 한다. 동일한 용량의 시스템에서 발전량 향상의 차이를 일일 발전시간의 차이로 전환하여 계산하였더니, 개발 모듈의 경우 투자 회수 기간이 11.02년인데 반해 일반 모듈은 12.02년의 투자 회수 기간 차이로 무려 1년이나 개발 모듈이 앞서고 있다.

- 개발 모듈과 일반 모듈의 경제성 분석

		Case1 개발모듈 (건물 적용)	Case2 일반모듈 (건물 적용)
시설용량(kW)		100	100
발전소 건립 비용 (천원)	총액	155,000	150,000
	PV module	60,000	55,000
	시스템	20,000	20,000
	공사비	75,000	75,000
REC 가중치		1.5	1.5
IRR (%)		6.33	5.22
투자회수기간(년)		11.02	12.02
총 매출액 (백만원, 20년)		318.5	281.2
총 순이익 (백만원, 20년)		272	241



3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

가. 목표

(1) 사업화 최종 목표

- 발전성능을 갖는 플라스틱 신소재를 적용한 건물외장재 개발
 - 기존 건축 외장재에 태양광을 발전 기능을 접목하는 소재 기술 개발
 - 건축 외장재로서의 성능과 발전 성능을 모두 만족시키는 기술 개발
 - 건물 외장재로 사용이 가능한 신뢰성 확보
 - 시작품의 실험실 환경과 실제 건축 환경에 적용 동일한 성능을 갖는지 분석
 - 특허 기술을 활용한 모듈 효율 향상
 - Base plate와 태양전지의 색상을 동일하게 구성하며, 상부 color layer를 추가함으로써 내부가 잘 보이지 않으면서 다양한 색상 연출이 가능하도록 구성 (기존 출력의 70%)
 - 발전 성능을 갖는 건물 외장재 생산 기술 확보
 - 발전 성능을 갖는 건물 외장재 실용화 기술 개발(현장적용)
 - 실제 건축 환경에서 요구되는 요소(크기, 색상, 발전성능 등)를 반영하여 시작품 제작 및 평가.분석
 - 시공 품질 확보 기술 및 실용화 기술 정착을 위한 시공 매뉴얼 작성

(2) 연도별 사업화 목표 및 결과

구분 (연도)	사업화 목표	사업화 전략 및 방법	성과물
1차 연도 (2017)	플라스틱 신소재 개발	소재 도출/선정	시험성적서
	외장재 일체형 태양광 모듈 개발	건물 외장재 유형별 기초설계 및 특성 분석	건축 외장재 사용한 소형 모듈 시작품
	REMS 개발	건물 에너지의 효율적 관리 가능한 알고리즘개발	REMS 알고리즘
	Test Bed	건물 외장재의 기능을 검증하기 위한 Test bed 설계	Test bed 설계도
	특허 및 논문 게재	-	특허 출원증/등록증 및 논문
2차 연도 (2018)	플라스틱 신소재 개발	소재 내구성 확보	시험성적서
	외장재 일체형 태양광 모듈 개발	사양확정 및 외장재 일체형 태양광 모듈 공정 개발	모듈 시제품 및 시험성적서
	REMS 개발	건물 에너지의 효율적 관리 가능한 S/W 설계	REMS 플랫폼 시제품
	Test Bed	건물 외장재의 기능을 검증하기 위한 Test bed 시공	Test bed 시공
	특허 및 논문 게재	-	특허 출원증/등록증 및 논문
3차 연도 (2019)	플라스틱 신소재 개발	소재 난연성 확보	시험성적서
	외장재 일체형 태양광 모듈 개발	외장재 일체형 태양광 모듈 신뢰성 확보	모듈 시제품 및 시험성적서
		양산 및 판로 개척	신기술(NET) 인증
	REMS 개발	건물 에너지의 효율적 관리 가능한 S/W 설계	REMS 플랫폼 제품
	Test Bed	건물 에너지의 관리를 위한 ESS 설치 및 활용	ESS 설치
		건물 에너지 효율을 고려한 Test bed 운영	Test bed 운영
	특허 및 논문 게재	-	특허 출원증 및 논문

(3) 성과점검기준표 및 성과 입력 현황

○ 1차년도 성과점검기준표

구분	핵심연구성과 (level1)		단위 성과 (level2)		1차년도 실적 성과							해당 기관	예산 (백만)	1차년도 양적 목표					
					성과지표	목표치	달성치	측정 방법	검증 방법	가중치	목표치			가중치	달성치				
총괄	A	기술개발	A-1	플라스틱 신소재	①	충격강도	0.8kJ/m ²	100%	ASTM D256-1 0	성적서	15	비제이파워 충남대학교	338.7	특허: 출원 3건 논문 등재: 1건	20 20	특허: 출원 3건 논문 등재: 0건			
					②	접착력	50 kgf/cm ²	100%	ASTM 3163-0 1	성적서	15								
					③	압축강도	400 kgf/cm ²	100%	ASTM D695-1 5	성적서	15								
		A-2	Test bed	①	구성도	1건	100%	-	보고서	15	공주대학교 케이비씨	258							
		A-3	PEMS	①	알고리즘 설계	1건	100%	-	설계서	15	넥스트코어 테크놀로지	245							
		B	특허	B-1	특허출원	①	출원증/ 등록증	3건	100%	-	출원서	20					비제이파워 충남대학교 넥스트코어 테크놀로지	60	
	C	논문	C-1	논문게재	①	논문	2건	50%	-	논문	5	충남대학교 공주대학교	2						
	계										100							100	

구분	1차년도 목표치	달성치	성과점검기준표 증빙서류 상 관련 페이지	비고 (미달성 사유)
신규고용인력	1	1	-	-
공인인증(신기술, 조달등록등) 또는 매출액	0	-	-	-

○ 2차년도 성과점검기준표

구 분	핵심연구성과 (level1)	단위 성과 (level2)	2차년도 질적 성과							해당 기관	예산 (백만)	2차년도 양적 목표			
			성과지표	목표치	달성치	측정 방법	검증 방법	가중치	목표치			가중치	달성치		
충남	A	기술개발	A-1	플라스 틱 신소재	① 충격강도 (발전성능을 갖 는 건물 외장재)	1.4 kJ/m ²	2.83 (100%)	ASTM D256-10	성적서	5	비제이파워 충남대학교	338.7	특허: 출원 2건 등록 2건 논문 등재: 3건	5 5	특허: 출원 2건 등록 2건 논문 등재: 2건
					② 접착력 (발전성능을 갖 는 건물 외장재)	70 kgf/cm ²	74.63 (100%)	ASTM 3163-01	성적서	5					
					③ 파괴인성 (발전성능을 갖 는 건물 외장재)	1.5MPa*m ^{1/2}	3.65 (100%)	ASTM D504	성적서	5					
					④ 압축강도 (발전성능을 갖 는 건물 외장재)	600 kgf/cm ²	899.3 (100%)	ASTM D695-15	성적서	5					
		A-2	내구성 확보	① 고온고습시험 (발전성능을 갖 는 건물 외장재)	PASS	PASS (100%)	-	성적서	15	비제이파워	236				
				② UV내구성시험 (발전성능을 갖 는 건물 외장재)	PASS	PASS (100%)		성적서	20						
				③ 온도사이클시험 (발전성능을 갖 는 건물 외장재)	PASS	PASS (100%)		성적서	15						
		A-3	Test bed	① 에너지효율향상 (건물설치평가)	10%	12 (100%)	-	보고서	20	넥스트코어 테크놀로지	245				
		B	특허	B-1	특허출 원	① 출원증 / 등록증	4건	4건 (100%)	-	출원증 등록증	5	비제이파워			
	C	논문	C-1	논문게 재	① 논문	3건	2건 (66%)	-	논문	5	충남대학교 공주대학교	3			
계								100		902.7	특허: 출원 2건 등록 2건 논문 등재: 3건	100	특허: 출원 2건 등록 2건 논문 등재: 2건		

구분	2차년도 목표치	달성치	성과점검기준표 증빙서류 상 관련 페이지	비고 (미달성 사유)
신규고용인력	0	-	-	-
공인인증(신기술, 조달등록등) 또는 매출액	0	-	-	-

○ 3차년도 성과점검기준표

구분	핵심연구성과 (level1)			단위 성과 (level2)			3차년도 질적 성과					해당 기관	예산 (백만)	3차년도 양적 목표	
							질적 성과지표	목표치	측정 방법	검증 방법	가중치			목표치 ⁴⁾	가중치
공동	A	기술개발	A-1	플라스틱 신소재	①	난연성시험(V0)	PASS		UL	성적서	5	충남대학교 비제이파워	33.7	특허: 출원 2건 등록 1건 시제품: 1건 SW: 1건 매출액 100백만원 석박사 인력양성 2명 신기술인증 1건 최종 건물 적용 실증 1건	5 10 10 10 15 15 15 20
주관	A	기술개발	A-2	개발품 내구성 확보	②	내풍압시험 (발전성능을 갖는 건물 외장재)	PASS		ASTM	성적서	5	비제이파워	300		
총괄	A	기술개발	A-3	Test bed	③	에너지효율향상 (건물설치평가)	15%		-	성적서	10	전체 수행기관	235		
계											20		568.7	특허: 출원 2건 등록 1건 시제품: 1건 SW: 1건 매출액 100백만원 석박사 인력양성 2명 신기술인증 1건 최종 건물 적용 실증 1건	100

○ 필수 성과목표 현황

구분	1차년도	2차년도	3차년도	계
신규고용인력	1명	0명	0명	1명
특허 등록	0건	2건	1건	3건
매출액	-	-	100백만원	100백만원
신기술 인증	-	-	1건	1건

4) 3 양적목표 해당기관 구분: 특허출원 2건 (공동, 비제이파워/넥스트코어테크놀로지), 특허등록 1건 (비제이파워), 시제품 1건 (비제이파워), SW 1건 (넥스트코어테크놀로지), 매출액 100백만원 (공동, 영리기관 전체), 석박사 인력양성 2명 (충남대, 공주대), 신기술인증 1건 (비제이파워), 최종 건물 적용 실증 1건 (총괄, 전체수행기관)

나. 최종 목표 달성여부

구분	핵심연구성과 (level1)		단위 성과 (level2)		질적 목표 및 성과						해당 기관	예산 (백만)	양적 목표 및 성과			증빙자료		
					성과지표		목표치	달성치	측정방법	검증방법			가중 치	목표치	가중치		달성치	
총괄	A	기술개발	A-1	플라스틱신소재	①	충격강도	1.4 kJ/m ²	2.83 (Pass)	ASTM D256-10	성적서	1	비제이 파워 충남 대학교	715	특허: 출원 6건 등록 3건	5 10	특허: 출원 7건 등록 4건	증빙서류 참조	
					②	점착력	70 kg/cm ²	74.63 (Pass)	ASTM 316 3-01	성적서				시제품: 1건	5	시제품 1건		
					③	파괴인성	1.5 MPa*m ^{1/2}	3.65 (Pass)	ASTM D5045	성적서				SW: 1건	5	SW 1건		
					④	압축강도	600 kg/cm ²	899.3 (Pass)	ASTM D 695-15	성적서				매출액 100백만원	20	매출액 127백만원		
					⑤	난연성시험(V0)	PASS	PASS	UL	성적서								
			A-2	개발품 내구성 확보	①	고온고습시험	PASS	PASS	IEC	성적서	1	비제이 파워	775	신규고용 1명	5	신규고용 1명		
					②	UV내구성시험	PASS	PASS	IEC	성적서				석박사 인력양성 2명	15	석박사 인력양성 2명		
					③	온도사이클시험	PASS	PASS	IEC	성적서				신기술인증 1건	15	신기술인증 1건		
					④	내풍압시험	PASS	PASS	ASTM	성적서				논문 6건	5	논문 5건		
			A-3	Test bed	①	에너지효율향상 (건물설치평가)	15%	15%	-	전문가 입회 평가	1	전체 수행기관	690	최종 건물 적용 실증 1건	15	실증 2건		
			계									3			특허: 출원 6건 등록 3건	5 10		
															시제품: 1건	5		
															SW: 1건	5		
															매출액: 100 백만원	20		
															신규인력 고용 1명	5		
															인력양성 2명	15		
															신기술인증 1건	15		
															논문 6건	5		
															최종 건물 적용 실증 1건	15		

	최종목표	목표치 (누적)	최종 실적	비고
질적목표성과	충격 강도	1.4	2.83	증빙자료 참조 (성적서)
	점착력	70	74.63	
	파괴인성	1.5	3.65	
	압축강도	600	899.3	
	고온고습시험	Pass	Pass	
	UV 내구성시험	Pass	Pass	
	온도사이클 시험	Pass	Pass	
	난연성 시험(UL-94) (3차년도)	V-0	V-0	
	내풍압시험 (3차년도)	Pass	Pass	
	에너지 효율 향상 (3차년도)	15%	15% 이상	전문가 입회 시험 성적서
양적목표성과	논문	6건	5건	1건은 Revision 진행 중
	특허	출원 6건 등록 3건	출원 7건 등록 3건	-
	신기술 인증	1건	1건	제 1201호
	S/W	1건	1건	ASSET_0006208
	석박사 인력 양성	2명	2명	충남대 - 고나영 (석사) 공주대 - 민다혜 (석사)
	신규고용	1명	1명	(주)비제이파워 - 신성주
	시제품	1건	1건	-
	매출액	100백만	127백만	YG Ent. 신사옥 BIPV 납품 (과제 기여율 50% 산정)
	최종건물실증	1건	2건	(주)비제이파워 본사 K사 인천 사이트

다. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

미달성 목표	차후 대책
에너지 효율 향상	PV 모듈 외 ESS 등 기타 전반적인 PV 시스템 효율에 대한 공인인증 평가에 대한 규정이 없는 상황으로, 공인인증 기관인 한국산업기술시험원(KTL)에서 전문가를 초빙하여, 테스트베드 현장 입회하에 에너지 효율 향상 성능 평가를 실시하였고, 에너지 효율 15%이상 향상에 관한 결과를 확인 받음.
SCI(E) 논문	최종 목표 6건 / 평가결과 최종 성과 5건 총 7건의 논문을 진행하였으나, 1차년도 1건은 일반 학술지 등록으로 마무리되었고, 3차년도 1건의 경우 현재 심사 중으로 최종 평가결과 2건에 대한 성과가 제외되어 최종 성과 논문은 5건임.

4. 연구개발성과의 활용 계획 등

가. 국내외 사업화 환경변화 분석

○ 국내 시장 동향

- 건설투자는 중기적으로 성장률이 둔화될 것으로 전망되나, 향후 10여년간 지속적으로 일정 수준을 유지할 가능성이 높다. 건자재 시장 규모도 향후 10년간 현재 이상의 규모를 유지할 것으로 관측된다. (한국건설산업연구원 국내 건설 투자의 중장기 변화 추이 연구, 2009)
- 과거의 대규모 신도시 개발 SOC 시설 프로젝트가 아닌 커뮤니티 자연 친화형 주거 공간, 녹색빌딩, 초고층빌딩, 도로확장, 대심도로, 초 장대교량등 사회적 needs를 질적으로 충족시키는 건설 프로젝트가 증가하고 있으며, 건설 시장의 규모 및 건설 투자에서 건자재 부문의 점유비 38%등으로 판단할 때 건자재 시장 규모는 2020년에는 68.4조원 2030년에는 71.9조원으로 전망된다.
- 건설 투자 가운데 건설 자재가 차지하는 비중은 38% 수준으로 가정하였으나 실제로는 건설 자재의 고급화 다양화 고기능성화 친환경 제품화 등으로 인하여 건설 자재의 시장 규모는 중장기적으로 더욱 증가할 가능성이 높다.
- 향후 건설 재료·자재 시장은 전 세계적으로 지구 환경 보존에 따른 저탄소 녹색 성장 정책과 친환경 문화 정착에 따른 친환경 건설 재료·자재 시장이 급속하게 성장할 것으로 예상된다.
- 국내 친환경 건축시장 규모는 2012년 6조 3,500억 원, 2014년 16조 3,100억 원, 2016년까지 38조 2,500억 원 규모로 성장할 것으로 예측된다.
- 국내 건축자재(건축마감재) 시장은 연간 11.85%의 성장률로 2012년 1조 6,210억원에서 2016년 3조 4,920억 원까지 성장할 것으로 예상된다.
- 국내 건축용 단열재 시장 규모는 2012년 기준 1조 3,700억이며, 2016년 기준 약 1조 6,900억 원으로 연평균 5.34%의 성장률을 보이고 있다.
- 국내 고성능 창호시장은 연간 7.1%의 성장률로 2012년 2조 달러에서 2016년 2조 6,310억 달러까지 성장할 것으로 예상된다.

○ 국내 정책 동향

- 국내에서 범부처 차원의 추진 체계를 마련 기후 변화 대응 전략 수립, 시행을 통해 범정부적인 대응 기반을 구축하였다.
 - 기후 변화 대응 종합 기본 계획의 주요 내용은 범지구적 기후 변화 대응 노력에 동참하고 녹색성장을 통한 저탄소 사회를 구현하는 것이다.
 - 2019년 신재생에너지 보급지원사업 : 건물일체형 태양광(BIPV) 지원 강화
 - 일반 태양광 경제성이 크게 개선되어 설치비가 최근 10년간 67% 감소
 - BIPV의 특성으로 별도의 설치 장소가 필요 없고 건축물 미관을 해치지 않는 심미성이 증대된 신기술, 신제품 개발필요
 - 세계 미래시장을 선도하기 위한 차별화된 기술 및 제품 필요성 대두
 - BIPV 산업 경쟁력 강화를 위해 우선 지원
-

○ 설치 의무 대상 건축물

- 공공용 : 교정 및 군사시설(군사 중요시설 제외), 방송 통신시설, 업무시설
- 문화·사회용 : 문화 및 집회 시설, 종교시설, 의료시설, 교육연구시설, 노유자시설, 수련시설, 운동시설, 묘지관련시설, 관광휴게시설, 정례시설
- 상업용 : 업무시설, 판매시설, 운수시설, 숙박시설, 위락시설

○ 녹색 성장 국가 전략 (녹색 성장 위원회, 2009)

- 정부는 2008년 저탄소 녹색 성장을 새로운 비전으로 제시하고 2009년 11월 국가 GHG(Green House Gas) 감축 목표를 2020년까지 배출전망치 (BAU) 30% 감축으로 설정하였다.
- 2009년 GHG 증가에 따른 기후 변화 대응 및 환경 오염 저감을 위한 저탄소 녹색 성장을 국가 아젠다 agenda)로 추진하기 위하여 저탄소 녹색 성장 기본법을 제정 운용하고 있다.
- 10대 정책 과제 중 녹색 국토·교통 부문에서는 저탄소 녹색 성장을 위한 국토·도시 기반 조성 목표로 5가지 전략을 수립하였다.
- 건설 분야의 CO₂ 배출량은 전 산업의 43%에 해당되는 대량 배출 산업으로 세계 시장의 기술 선도를 위해 국가 차원의 집중적이고 지속적인 기술 투자가 필요하다.

○ 친환경건축물인증제도

- 건축물의 자재 생산, 설계, 건설, 유지관리, 그리고 폐기 등 Life cycle을 대상으로 에너지 및 자원의 절약, 오염 물질의 배출감소, 쾌적성, 주변 환경과의 조화 등 환경에 미치는 영향에 영향을 미치는 요소에 대한 평가를 통해 건축물의 환경성능을 인증함으로써 친환경건축물 건설 유도·촉진.
- 건축물의 건설, 사용 및 폐기과정에서 에너지와 자원의 소비, 오염물질과 폐기물의 발생 등으로 환경영향이 큼
- 신도시 개발 등으로 인한 건축물의 신축과 재건축이 활발한 우리나라 현실에서 건축물의 건설과 관련하여 친환경적 요소에 대한 사전 고려가 필요함
- 기후변화문제와 관련하여 건물의 에너지 사용과 CO₂ 배출 저감 등 환경 친화성 증진방안에 대한 국제적 논의가 활발하게 진행 중.
- 환경 친화적인 건축물 건설 유도 및 건축물 전 과정의 환경영향을 최소화하기 위한 기술 개발 촉진

○ 국외 시장 규모 현황

- 녹색건설 기술 패러다임 하에 저에너지 환경부하 저감 건설재료가 포함되는 친환경 건설재료의 수요증대로 시장 확보가 가능한 기술 개발이 필요하다.
 - 세계 건설은 패러다임의 변화로 친환경 그린 건설 시장이 급속하게 확대되고 있다.
 - 그린 빌딩은 일반 상업 및 주거용 건축물을 포함해서 미국 건설 시장의 약2%이다. (72억달러를 차지)
 - 세계 친환경 건축시장 규모는 2012년 약 815억 달러로, 2014년까지 약 1,100억 달러, 201
-

6년까지 1,500억 달러로 4년 동안 2배에 달하는 급성장을 할 것으로 예상된다.

- 세계 건축자재(건축마감재) 시장이 2013년 1,160억 달러에 이르고, 2016년에는 1,620억 달러에 달할 것으로 예측된다.
 - 전 세계 단열재 시장은 2016년 기준 약 404억 달러로 연평균 5.34%의 성장률을 보이고 있다.
 - 세계 고성능 창호시장은 연간 7.1%의 성장률로 2012년 1,540억 달러에서 2016년 2,070억 달러까지 성장할 것으로 예상된다.
 - McGraw-Hill에 따르면 2010년까지 주거와 상업 건물을 포함하여 그린 프로젝트가 5~10% (190억달러 ~ 380억달러로 성장할 것으로 예상 McGraw-Hill Construction, 2006)
 - 과거 프로젝트의 최소16% 이상을 친환경 프로젝트를 가진 건설업체는 24% 정도에 불과하나 현재는 67%에 달하며, 2013년에는 거의 94%이상 대부분의 프로젝트가 친환경 프로젝트가 될것으로 예측 McGraw-Hill Construction, 2008).
 - 세계 건설 재료·자재 시장은 2010년 약2조 규모로 국내 건설 자재 비율 38% 적용 추정되며 북미는 전 세계 건설 시장중 약20%를 차지 건설 재료·자재 시장은 40백억의 규모로 추정된다.
 - 미국의 Green building material 시장은 2009년 96억 수준 북미 건설 시장의 약 0.9%)으로 예상되며 연평균 26.7% 성장하여 2014년에 314억의 시장규모가 예측된다.
 - 연평균 성장률은 구조재료분야 29.2%, 인테리어분야 24%, 외장재료분야 20.6% 적용 (BBC Research)
 - 세계적인 Green Construction Trend와 그린 건설 재료·자재 시장의 급속한 성장은 탄소 저감형 건설 재료 기술 개발과 대비가 필요한 근거로 분석된다.
-

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술사업화지원사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 국토교통기술사업화지원사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.