

2. 제출문

제 출 문

국토교통부 장관 귀하

이 보고서를 "도심지 오피스 및 공동주택에 적용 가능한 BIPV Unit 시스템 개발, 실증평가 상품화에 관한 연구"과제의 보고서로 제출합니다.

2014. 8. 29.

주관연구기관명 : (주)알루이엔씨

주관연구책임자 : 황 상 근

연구원 : 홍 정 원 외 4명

위탁연구기관명 : 건국대학교

위탁연구책임자 : 박 현 수

3. 보고서 요약서

보고서 요약서

과제고유번호	1960-62133-026	해 당 단 계 연구 기 간	2013. 8. 31 ~ 2014. 7. 31	단 계 구 분	총 단 계
연구사업명	국토교통기술사업화지원사업				
연구과제명	최 상 위 과 제 명	도심지 오피스 및 공동주택에 적용 가능한 BIPV Unit 시스템 개발, 실증평가 상품화			
	단위과제명				
연구책임자	황 상 근	총연구기간 참 여 연구원수	총 : 8명 내부 : 6명 외부 : 2명	총연구비	정부:499,800천원 기업:333,200천원 계 : 833,000천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	(주)알루이엔씨		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서면수	
-연구의 목적 : 도심지 오피스 및 주상복합등의 공동주택에 적용할 수 있는 BIPV Unit 시스템을 개발하고 이를 실증을 통해 검토하여 사업화. -연구 내용 : 기 개발된 시스템¹⁾에 발전성능이 향상된 모듈을 적용하고 삼중유리 단열 간봉등의 개발을 통해 단열성능을 강화함. 시공 및 유지/보수에 용이한 Unit Type의 전용 시스템을 개발. 시뮬레이션을 통해 성능을 예측, 실험 챔버 구축을 통해 건축 성능을 측정함. 실증사업(5kW급)을 수행하였고 평가지표 개발 및 적용방안, 표준 설계안 및 시공안을 개발.					
1)기 개발된 시스템 : 녹색인증 : 제GT-11-00294호“고단열 투광형 박막 건물일체형 태양광발전(BIPV)창호 제조 기술”					
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	건물일체형태양광발전시스템, 박막형, 삼중유리, 커튼월, 건물에너지			
	영 어	Building Integrated Photovoltaic, Thin-Film, Triple-Glass, Curtainwall, Building Energy			

4. 요약문

I. 제 목 및 현 황

사업명		신재생에너지융합원천기술개발사업			
과제명		도심지 오피스 및 공동주택에 적용 가능한 BIPV Unit 시스템 개발, 실증평가 상품화			
주관기관	기관명	(주)알루이엔씨			
	주소	서울시 송파구 백제고분로9길 10 6층			
	대표자	홍 성 철	연락처	02-597-5521	
	홈페이지	www.aluenc.com	Fax	02-2202-5530	
연구 현황	총괄책임자	황 상 근	연락처	02-6411-3090	
	실무 담당자	홍 정 원	연락처 (e-mail)	02-6411-3081 (jwhong@aluenc.com)	
	위탁기관	건국대학교			
	총사업비 (천원)	정부출연금	민간부담금		합계
			현금	현물	
		499,800	33,320	299,880	833,000
	연구 기간	2012. 8. 31. ~ 2014 7. 31.			

II. 연구개발과제 개요

연구의 배경 및 필요성	- 현대의 고도 개발에 따른 도심지 중심의 발전. - 유리 외장재를 주로 사용하는 오피스, 주상복합등의 건축물 증가. - 도심지내 건축물 사용 에너지 비율이 높아 에너지 절감 필요성 증대. - 밀집도가 높은 도심지의 특성상 건물일체형태양광 발전시스템이 신재생에너지 활용원으로 효과적임. - BIPV시장은 전년대비 40%이상 성장할 것으로 예상됨 - 이에 건축물의 용도에 맞고 시공성, 유지, 보수를 고려한 전용 BIPV시스템의 개발이 필요함.
연구의 목적	- 오피스 및 공동주택 전용 Unit Type의 BIPV 시스템 개발 및 성능 평가, 상품화
연구의 범위	- 오피스 및 공동주택 전용 Unit BIPV시스템 개발 - 실험 챔버 구축 및 실증 사업을 통한 성능 검토 및 평가 - 실증 대상 BIPV 평가 지표 마련 및 표준안 개발

Ⅲ. 연구개발 수행내용 및 결과(연구수행과정, 연구수행결과 등을 기술)

연구 수행 내용	- 도심지 오피스 및 공동주택을 대상으로 한 BIPV Unit 시스템 개발 - 기존 기술대비 발전성능 110% 향상(44W →100W), 열관류율(U-값) 1.0W/m²K 이하 달성 ▶ 개발시스템 실험챔버 구축을 통한 성능 측정 및 시험성적서 발급을 통한 성능 검증 - 도심지 오피스 및 공동주택 대상 BIPV시스템 평가요소 정립 및 지표 개발 - 도심지 BIPV Unit 시스템 평가 요소 도출 및 지표 개발, 실증 적용 ▶ 국내/외 건축인증등을 활용한 평가요소 도출 및 지표 마련 - 도심지 오피스 및 공동주택을 대상으로 한 BIPV실증 사업(5kW급) 5kW급 1개소 실증 평가 실시 ▶ 송파구여성문화회관 대상 5kW급 실증 사업 수행 - 도심지 오피스 및 공동주택 대상 BIPV시스템 적용 방안(가이드라인) 수립 - 실증 대상 적용 도심지 BIPV Unit 시스템 표준 설계안 및 시공안 수립 ▶ 표준 설계안 및 시공안 정립 및 제안
연구 수행 결과	- 오피스 및 공동주택 전용 BIPV Unit 시스템 개발 ▶ BIPV Unit 시스템 설계도서 작성 및 성능 측정 완료 - 도심지 BIPV Unit 시스템 평가요소 도출 및 지표 개발 ▶ 평가요소 및 지표 제안 완료 - 5kW급 BIPV Unit 시스템 실증 평가 사업 ▶ 송파구여성문화회관 5kW급 실증사업 수행 완료 - 실증대상 BIPV Unit 시스템 적용 방안 수립 ▶ 실증대상 표준 설계안 및 시공안 수립 완료

IV. 최종 연구성과 및 적용실적

최종 연구 성과	오피스 및 공동주택 BIPV Unit 시스템 개발		- BIPV Unit 시스템 설계도서 작성 - 시뮬레이션을 통한 성능 예측 - 실험 챔버를 통한 성능 검토 및 측정 - 공인시험인증기관을 통한 시험성적서 - 실증 사업(5kW) 수행	
	도심지 BIPV Unit시스템 평가요소 및 지표		- GBCC, LEED, BREEAM, CASBEE 평가기준중 해당되는 사항을 정리, 검토하여 평가요소 및 지표 마련	
	도심지 BIPV Unit 시스템 적용 방안 (가이드라인)		- 상기사항 및 조사, 기초 자료를 토대로 표준 설계안 및 시공안을 매뉴얼화 하여 가이드라인으로 제시	
사업화 적용 실적 (전체 사업비 중 본 과제를 통한 개발 기술 적용 비용을 산정)	연번	프로젝트	용량	금액(천원)
	1	향군잠실타워 BIPV설치 공사	185kW	79,500
	2	순천만국제정원박람회 습지센터	135kW	58,000
	3	G+디지털타워	2.64kW	1,150
	4	태안화력발전소 사옥	8.8kW	57,200
	5	일산디지털방송콘텐츠지원 센터	32kW	13,800
	6	용산웰츠타워	49kW	21,000
	총 계		412.44kW	230,650

V. 연구목표 달성 및 효과

연구목표	성과지표	측정방법	목표치	성과	달성도(%)
BIPV Unit 시스템 개발	BIPV Unit 시스템 설계 도서 개발 건수	설계도서 작성건수	2건	2건	100
	BIPV Unit 시스템 성능 측정 및 향상	(성능 측정 건수× 0.4)+(성능 개선 건수 ×0.6)	2건	1.4	70 (Mock-up 테스트 9월말 예정)
BIPV 실험용 테스트베드 구축 및 평가 지표 개발	실험 Chamber 구축	실험 Chamber 구축 여부	1건	구축	100
	평가요소 정립 및 지표 개발 건수	(평가요소 정립 건수 × 0.3)+(평가지표 개 발 건수×0.7)	1건	1건	100
BIPV 테스트베드 구축 및 실증대상 표준안 수립	실증테스트베드 구축	테스트베드 구축 여부	1건	구축	100
	실증대상 적용 표준안 개발 건수	(표준 설계안 개발 건수×0.5)+ (표준 시공안 개발 건수×0.5)	1건	1건	100
연구 효과	국내 BIPV 연구 기초 자료 정립	- 오피스적용 Unit Type 커튼월 BIPV 적용 기초 연구 자료로서의 활용			
	BIPV보급 확대에 기여	- Unit Type BIPV 표준설계도서 및 가이드라인등 설계 적용 참조 기준 마련을 통한 BIPV 설계 적용성 완화 및 보급 확대의 기여			
	BIPV시스템 품질 증대에 기여	- 시공성, 유지/보수, 성능 개선등을 고려한 시스템 개발로 시공 품질 증대에 기여			

VI. 연구성과 활용계획

연구 개발제품 사업화 계획	영업 및 홍보	관급	- 조달청 MAS(다수공급자 계약)등록 추진을 통한 관급 사업의 토대 마련 - 녹색인증 활용 관공서 대상 제품 홍보
		민간	- 당사 협력 설계사 및 건설사 대상 세미나 개최 및 기술 협력을 통한 제품 홍보 및 프로젝트 적용 - 당사 시공 프로젝트 적용을 통한 성능 검증 및 연간 단가 계약등을 통한 안정적 수주처 확보
	원가 관리		- 당사 생산라인 수직계열화에 기초하여 생산 공정의 간소화를 통한 원가 절감

5. 영문 요약서

SUMMARY

The Purpose of this study was to develop BIPV Unit system for Office and complex building in downtown area. First, the system was developed with thin film tandem PV module - Improve on power output performance than a-si PV module - and triple glazing. the system was improved in power geration and insulation property. We developed BIPV unit frame which was suitable for installation and maintenance. We used simulation to pridict building performance and installed laboratory chamber for performance measure and installed experimental verification (5kW) on Cultural Center.

6. 영문 목차

CONTENTS

Chapter 1. Outline of Research and Development	9
Section1 : The Purpose and necessity of R&D	9
Section2 : The Definition, Scope, Characteristics of R&D	13
Section3 : Internal and External R&D status	14
 Chapter 2. Performance Details and Results of R&D	 15
Section1 : R&D Strategy, Methods	15
Section2 : Contents and Results of R&D	15
 Chapter 3. Final Results of R&D	 127
Section1 : BIPV Unit System	127
Section2 : Index of evaluation & Applying method	129
 Chapter 4. R&D Objective Achievement and Effect	 130
Section1 : Final R&D Objective Achievement	130
Section2 : Technical Effect	130
Section3 : Economical Effect	131
Section4 : Policy Effect	131
 Chapter 5. Application Plan and The need for Further R&D	 132
Section1 : Application plan	132
Section2 : The need for Further R&D	133
 A Bibliography	 134

[An Appendix]

1. Patent Applications
2. Test Report
3. BIPV Unit System Manual

7. 목차

목 차

제1장 연구개발과제 개요	9
제1절 연구개발의 목적 및 필요성	9
제2절 연구개발의 정의, 범위, 특징	13
제3절 관련분야의 국내외 기술개발 현황	14
제2장 연구개발 수행 내용 및 결과	15
제1절 연구수행 전략 및 방법론	15
제2절 연구수행 과정 및 내용, 결과	15
제3장 최종 연구성과 및 적용실적	127
제1절 BIPV Unit 시스템 개발	127
제2절 BIPV Unit 시스템 평가 지표 및 적용 방안	129
제4장 연구목표 달성 및 효과	130
- 연구개발 최종목표 달성도	130
- 연구개발 성과의 기술적 효과분석	130
- 연구개발 성과의 경제적 효과분석	131
- 연구개발 성과의 정책적 효과분석	131
제5장 연구성과의 활용 및 추가연구 필요성	132
- 연구성과 향후 활용방안	132
- 추가연구 필요성	133
참고문헌	134

[부 록]

1. 특허 출원 실적
2. 시험성적서 실적
3. BIPV Unit 시스템 가이드라인 및 표준안(별책)

8. 본문

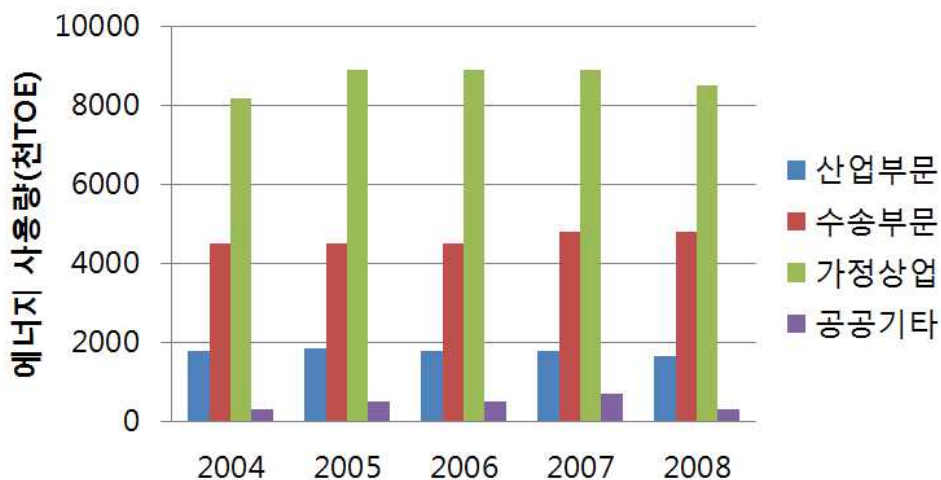
제1장 연구개발과제 개요

1절. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 개발기술의 필요성

가.현대의 도시는 고도의 개발로 인해 공동주택과 오피스가 밀집해 있는 상태로 발달하게 되었음. 이와 더불어 도시내 에너지 사용량중 건축물이 사용하는 비율이 매우 높아 건물 에너지 사용량 저감이 큰 이슈로 대두됨.

나.특히 에너지 사용의 비율이 높은 건물의 유형으로는 가정용과 상업용이 높은 비율을 차지하고 있음. 따라서 가정용과 상업용 건축물에서의 에너지 사용을 줄이는 것이 도시 전체 에너지 사용에 큰 영향을 미침.



2004~2008년의 서울시 부문별 에너지 소비 추세

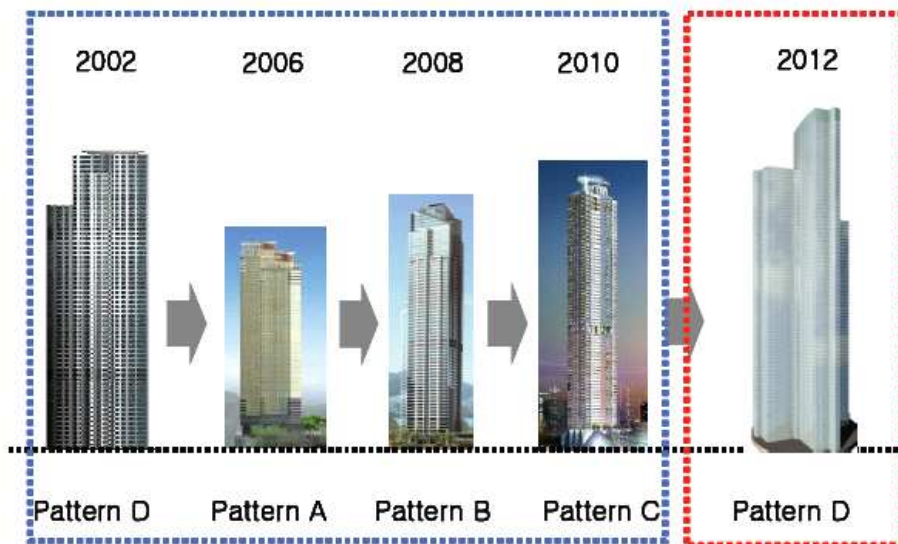
다.현재 우리나라 도심을 구성하는 건축물중 오피스와 공동주택이 차지하는 비율은 큰 편에 속하며, BIPV의 적용 대상으로 다양한 연구가 이루어지고 있음.

라.비주거 건물의 경우 전체 부하중 조명부하가 30%이상 차지하고 있어 자연채광의 확보가 중요한 건축 기술요소가 되며, PV모듈중 빛을 투과하고 전기를 생산할 수 있는 창호대체가 가능한, 투과형 태양광 모듈에 대한 관심이 늘어나고 있음.

마.상업적 용도의 건물 외벽은 일반적으로 창호의 면적비가 높은 편에 속해 PV 모듈 적용시, 창호를 대체할 수 있는 투과형 태양광 모듈의 적용이 비투과형에 비해 유리하며, 시공성에 있어서도 기존 커튼월과 같이 유리처럼 시공이 가능한 장점이 있어 투과형 BIPV 창호의 실용화에 대한 기대가 커지고 있음.

바.BIPV 시스템의 고층형 빌딩 적용방안에 관련된 사례를 보면 미국과 유럽의 독일, 스페인, 일본 등에서는 고층형 사무소건물은 대부분 파사드를 최대한 활용한 형태인 것으로 나타나며, BIPV 적용 시 외벽에 덧대기 방식을 활용하기 보다는 외벽에 일체화 시킬 경우 비교적 넓은 발전면적을 확보할 수 있는 것으로 나타남.

사.또한 반복적 패턴이나 그리드의 형태로 파사드가 구성되어 있어 Unit 단위의 BIPV시스템 적용에 용이한 형태로 판단, 태양광 시스템 적용 시 국내에서 대부분 설치되고 있는 건물 거치형 방식을 지양하고 Unit 단위의 태양광 일체형 시스템에 대한 확대의 필요성이 있음.



연도별로 본 오피스 외피 패턴의 흐름

아.특히 오피스 건물은 해가 뜨는 일출과 업무 시작이 거의 같고 해가지는 일몰 시 업무 마감시간과 같아 일사에 가장 큰 영향을 받으므로, 국내 업무용 건축물이나 주상복합 빌딩은 대부분 커튼월 방식의 외피구성을 하는 경우가 많음.

자.커튼월 외피의 경우 창면적비의 증가로 인한 일사부하의 증가와 낮은 단열성능으로 인해 온열환경 악화, 현회 발생에 따른 작업환경의 악화 등의 복합적인 문제점이 있어 이에 대응할 수 있는 BIPV 시스템의 개발이 필요함.

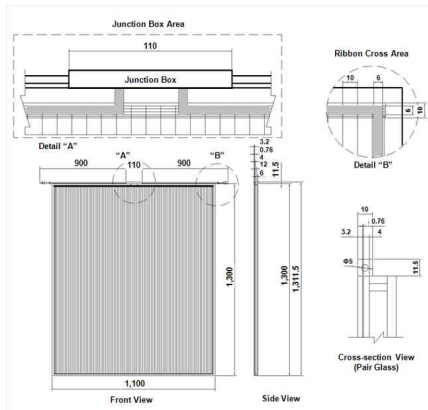
2. 개발기술의 목적

가.상기와 같은 사유로 건축물용도에 맞는 전용 BIPV시스템의 개발이 필요하며 이의 적용을 위해서는 발전성능이 향상되고 건축가의 디자인적 요구를 수용하며 단열성능이 뛰어나고 채실자의 쾌적성을 증대시킬 수 있는 BIPV시스템을 개발하는데 목적이 있음.

나.현재 투과형 태양광 모듈의 경우 결정형과 박막형 태양전지가 주를 이루고 있으며, 결정형이 박막형에 비해 발전 효율이 높은 반면 온도에 따른 효율의 저감률

이 높고 밝은 면과 어두운 면의 대조에 따른 현휘현상이 발생하며 실내 시환경의 쾌적성이 좋지 못한 단점이 있음.

다.이에 반해 박막형의 경우 이러한 결정형의 단점을 극복할 수 있고 투과율이 낮은 유리정도로 인식할 수 있으나, 상대적으로 낮은 발전 효율의 단점을 갖고 있어 이를 보완하기 위한, 기존 단접합 박막형에 비해 발전효율이 1.5배정도 높은, 이중접합(a-si/ μ -si) 텐덤형(Tendem) 박막 BIPV모듈에 대한 관심이 높아 지고 있음.



텐덤형 태양전지 개요



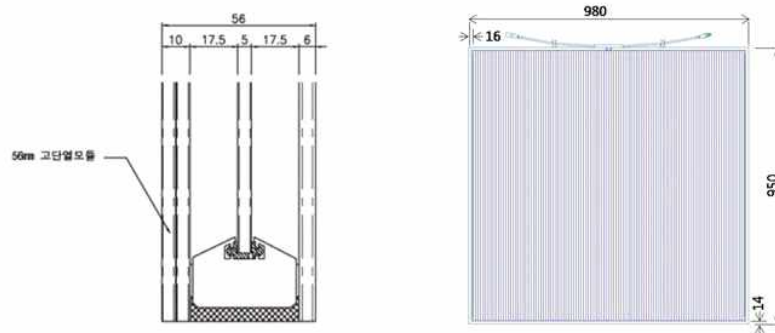
투광 텐덤형 박막 BIPV모듈

투광 텐덤형 박막 BIPV 모듈



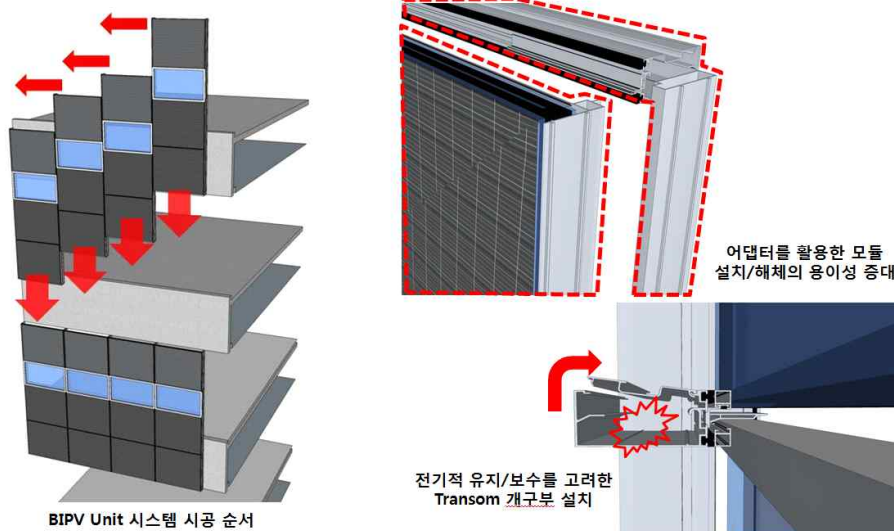
투광형 박막 모듈이 적용된 실내 전경
(좌-오피스로비, 우-문화시설)

라.또한 삼중유리를 적용함으로써 우수한 단열성능을 확보하여 창호로부터 유실되는 에너지를 차단하고 보존함으로써 냉난방에너지의 절감 효과가 있음.



고단열 투광형 박막 BIPV 창호시스템의 개요

마.또한 Unit Type의 커튼월 방식을 적용하여 시공성을 증대시키고 유지/보수성을 고려한 프레임등 시스템을 적용하여 시스템의 품질을 높이고자 함.



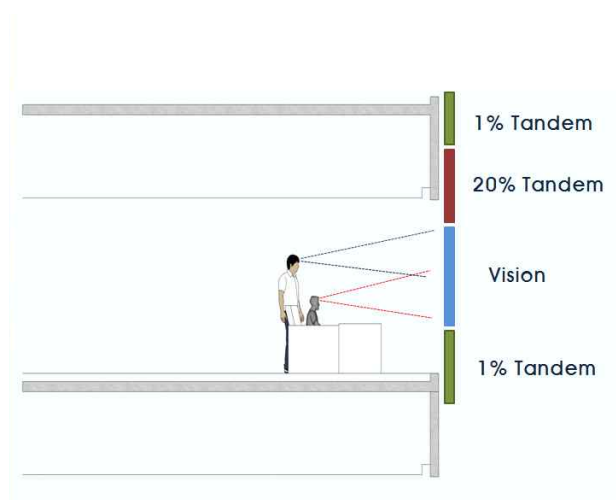
BIPV Unit 시스템 개발 개념

2절. 연구개발의 정의, 범위, 특징

1. 연구개발의 정의 및 범위

가.본 연구는 “도심지 오피스 및 주상복합등의 공동주택을 대상으로 하는 전용 Unit Type의 BIPV시스템을 개발하는 것”에 정의를 두며 기 개발된 녹색인증을 받은 제품의 성능을 보완하여 적용하고 건축물 용도에 적합한 시스템을 개발하여 성능을 측정하고 실증사업을 통해 구축하여 평가하는데 수행 내용이 있음.

나.본 연구의 범위는 건축입면에 적용될 수 있는 커튼월 타입의 외장재로 한정하며 외부조망이 가능한 부분(Vision구간)과 그렇지 않은 부분(스팬드럴 구간)을 Unit화하여 시스템 일체화하는데 범위가 있음.



시스템 범위 개념도

2. 연구개발의 특징

가.본 연구는 박막형 모듈을 사용하여 건축 성능 및 채실자의 쾌적성을 증대시키고 오피스 건물에 최적화된 커튼월 Unit Type의 전용 BIPV시스템화하여 구체화시키고 이를 상품화하여 실제 태양광 시장에 적용시킬수 있는 제품을 구현하여 사업화하는데 특징이 있음.



사업화 사례
(순천만국제정원박람회 습지센터)

3절. 관련분야의 국내외 기술개발 현황

1. 국내외 BIPV연구 동향

- 가. BIPV 시스템을 위한 기술개발과 관련한 최초의 국제 공동연구는 1990년부터 7년간 독일의 주관 하에 선진 13개국이 참여한 국제에너지기구(IEA; International Energy Agency) SHC(Solar Heating & Cooling program)의 TASK16 Photovoltaics in Building이며 이를 통해 BIPV의 상업화 및 건축물 통합화에 대한 실용화 기술개발이 국제공동으로 추진됨
- 나. TASK16은 건축학적이며 엔지니어링적인 이슈들을 통합하여 다루고 있으며, 전체적인 목적은 PV 모듈의 건축물 적용을 위한 기여를 구체화 방안으로서, 범주는 주거와 상업용 건축물과 계통연계형과 독립형 건축물을 포함함
- 다. 이 연구의 후속연구 성격으로 1997년부터 선진 16개국 49명의 전문가를 중심으로 IEA PVPS(Photovoltaic Power Systems Programme)내의 세부주제 TASK7의 PV in Built Environment를 통해 BIPV 시스템의 상업화 및 건물통합화에 대한 실용화 기술 개발이 국제공동으로 추진되고 있음
- 라. 태양광을 건물에 적용하는 기술은 다른 태양광 적용 기술 분야에 비해 빠르게 성장하고 있는 분야로, 국내·외에서 PV 시스템 및 BIPV 시스템의 발전성능 및 신뢰성을 높이기 위해 설치조건, 음영, 온도 및 성능예측에 대한 선행연구들이 이루어짐
- 마. 현재 BIPV시스템의 연구는 대부분 건축자재가 아닌 PV 모듈로만의 성능 실험 및 개발 또는 건물적용 기법에 국한되고 제품 개발등 구체적인 안은 제시하지 못하고 있음.

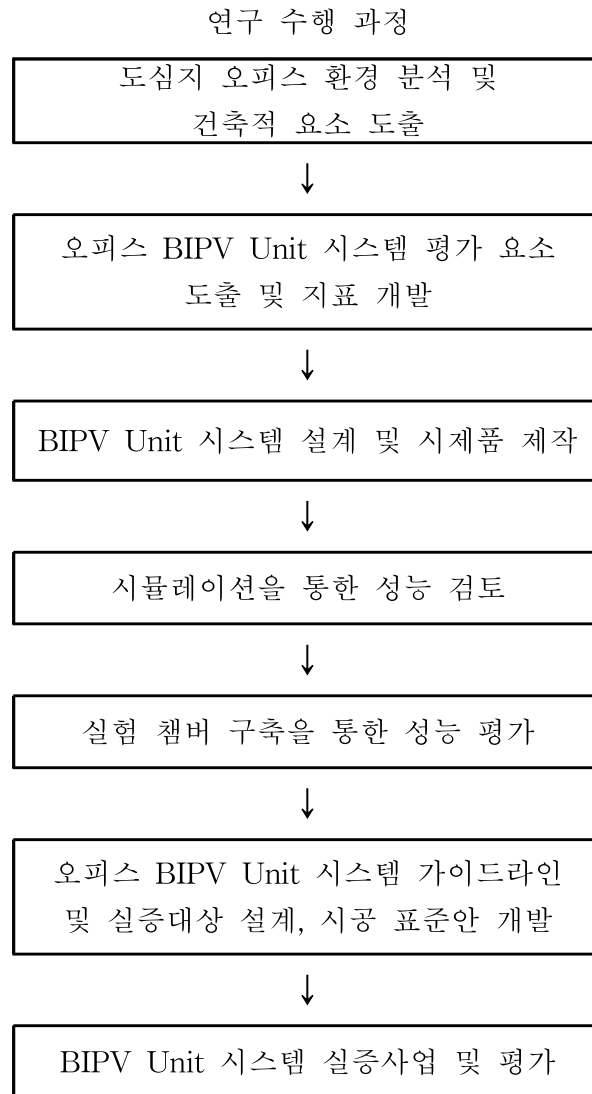
국내·외 PV 시스템 및 BIPV 시스템 선행연구 검토 요약

구분	세부 내용
국외	-Alzoubi(2005)는 상이한 기후조건 하에 최적의 자동화 블라인드 제어 시스템 개발을 목적으로 블라인드에 부착된 태양전지는 전력 생산 및 태양의 위치에 따라 블라인드의 각도를 조절하며, 이에 따른 실내 주광량 및 열획득량에 의한 하절기 건물의 성능을 분석함 -Yan(2006)은 전력생산과 실내환경에 열획득 및 주광이용이 가능한 반투과형 bipv 모듈에 대한 에너지 성능을 예측하여, 그 결과를 효율적인 BIPV 파사드 적용을 위해 설계자와 엔지니어에게 제시함 -M.C.Alonso-Garcia <i>et.al.</i>(2006)는 음영 영향과 미스매치에 의한 PV 모듈의 발전성능에 대해 실험 및 시뮬레이션을 수행하여 특성을 분석
국내	-오민석(2004)은 커튼월 적용 복층유리 PV 모듈의 디테일을 제안하여 건축물 에너지 절약의 가능성 검토하여 단일 복층유리 PV 모듈은 단일 성능과 온도에 따른 변환효율의 성능평가에서 실용상 유리하다고 도출함 -서유진(2006)은 고정식 접속형 태양광·열 복합 패널을 설계 및 제작하여 전기적인 성능은 기존 PV 모듈과 비교하였으며, 기존의 평판형 태양열 집열 패널과 비교하여 종합적으로 성능 평가하여 집열 성능과 온도 특성에 따른 모듈의 자체 냉각성능을 확인함 -소정훈(2007)은 계측데이터를 이용한 PV 시스템의 성능특성을 비교 분석한 결과로부터 모델링한 출력과 손실 산출모델을 사용하여 설치환경, 설치방식 및 설계구성에 따른 PV 시스템의 성능과 발생손실을 정량적인 값으로 분석함 -박경은(2010)은 결정질 태양전지를 이용하여 태양전지 간의 이격거리를 둔 반투명 BIPV 모듈의 열적·전기적 특성에 관한 자료를 제시함

제2장 연구개발 수행 내용 및 결과

1절. 연구수행 전략 및 방법론

본 연구의 수행과정은 총 7단계로 이루어졌으며 아래의 그림과 같다.



2절. 연구수행 과정 및 내용, 결과

1. 도심지 오피스 환경 분석 및 요소 도출

가. 도심지 오피스의 정의

(1)건축법 제2조 2항에서는 용도별 건축물로 업무시설을 정의하고 있는데, 업무시설이란 국가 또는 지방자치단체의 청사와 외국공간의 건축물로 제1종 근린생활시설에 해당하지 않는 것과 금융업소 사무소 • 신문사 • 오피스텔 기타 이와 유사한 것으로 제2종 근린생활시설에 해당하지 않는 것을 지칭한다고 정의

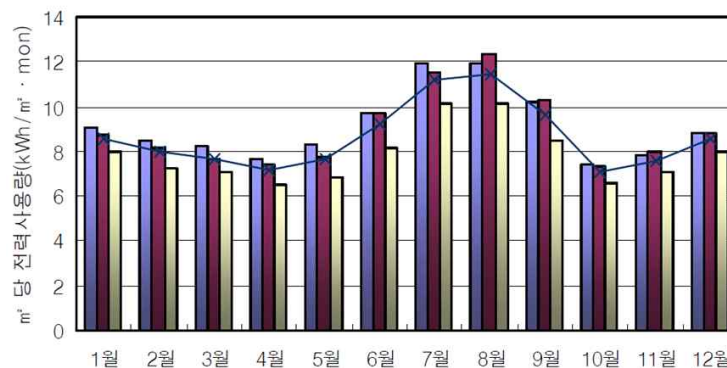
- (2)오피스빌딩의 규모별 구분은 학계나 업계에서 정확한 설정이 미비한 상황이고 법적 기준도 명확히 구분되지 않는 상황임으로 아래의 내용으로 설정한 기준을 참고하여 정함.

오피스 빌딩 규모별 분류

구분기준	내 용	
규모별	연면적 / 층고기준	대형 (16층 이상, 연면적 10,000m ² 이상)
		중형 (10층 이상 ~ 15층 이하, 연면적 6,600~10,000m ² 미만)
		소형 (6층 미만, 연면적 6,600m ² 미만)

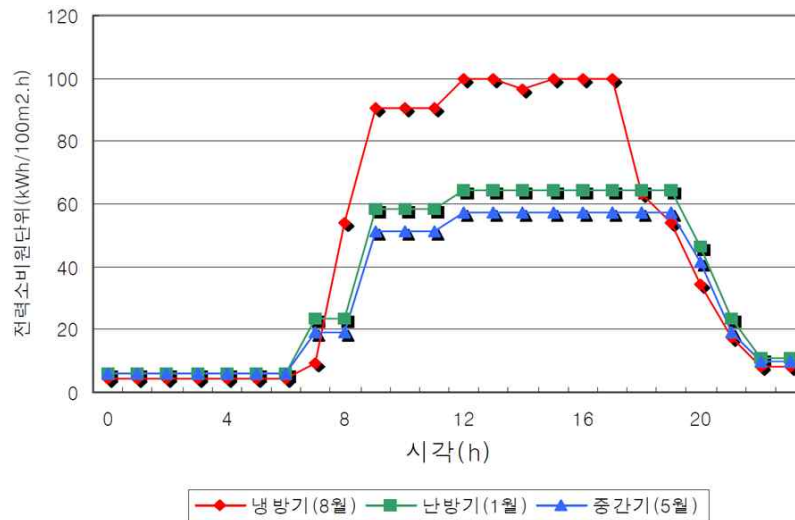
나.오피스 빌딩의 에너지 소비현황

- (1)최근 지가 상승으로 인한 고층빌딩의 증가와 함께 빌딩에서 소비하는 주 에너지원이 전력으로 편중되고 있음. 오피스빌딩의 연도별 에너지 소비특성은 지속적으로 증가하는 추세를 보이고 있으며 일반적으로 전력소비량이 높은 비중을 차지하고 있음. 이는 오피스빌딩의 특성상 조명설비, OA기기, 동력설비, 공기조화설비, 열원기기의 전력소비량이 높기 때문으로 판단됨.
- (2)2011년 계약용량 1,000KVA 이상의 오피스빌딩 100개소의 전력사용현황에 따르면 공조부하로 전체 전력사용량의 43%를 차지하는 것으로 조사됨. 다음 순으로 조명, 동력부하 순으로 나타나고 있음.
- (3)월별 전력소비량의 경우 일반적으로 하절기에 가장 높은 전력사용량을 보였으며 동절기에도 전력사용량이 증가하는 경향을 보이고 있음. 이는 하절기인 7,8월에 소비량이 가장 높고 하절기인 12, 1월에도 높은 특성을 나타냄.



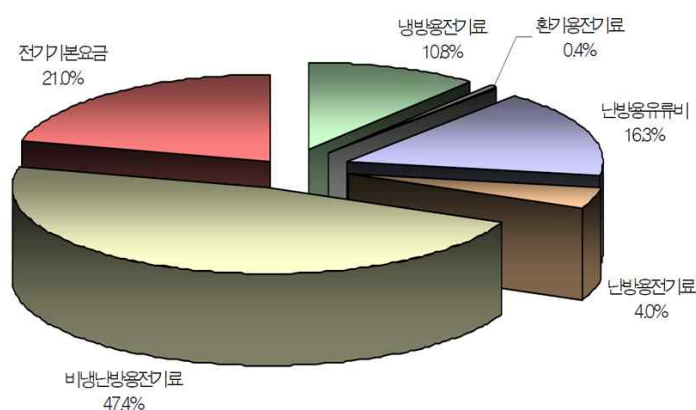
오피스건물 월별 전력사용 변화

(4)오피스 건물의 시간별 전력소비량은 건물의 소재지와 조건에 따라 변동이 있을 수 있으나 일반적인 근무조건으로 상정할 경우 근무자들이 출근하는 시간인 오전8시부터 전력소비량이 증가하여 일정 소비량을 유지하다 퇴근시간인 오후 6~7시 이후 급격히 감소하는 특성을 보임. 즉, 오피스빌딩의 전력소비패턴은 재실자의 근무패턴과 유사한 특성을 보임.



오피스빌딩 시간별 전력소비 특성

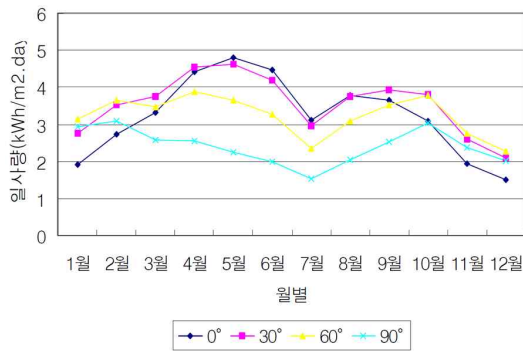
(5)오피스빌딩의 에너지소비현황을 분석해 보면 전력소비량이 높은 비중을 차지하고 있어 건물운영비에서 높은 비율을 차지하고 있음. 일반적 오피스 빌딩의 연간 건물 운영비 구성을 조사해 보면 난방용유류비 약 16%를 제외한 나머지의 에너지원이 전기를 사용하고 있어 오피스건물에서 전기에너지의 사용량 절감이 운영비 절감에서 절대적으로 중요한 요소로 파악됨.



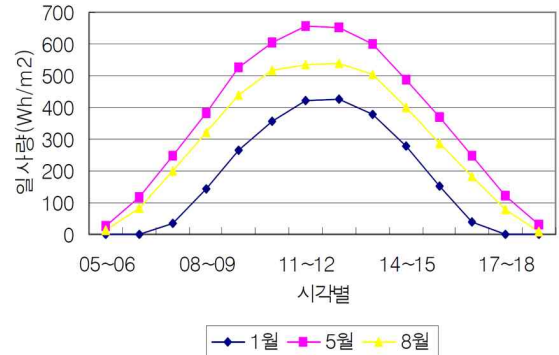
D 오피스 건물 연간 운영비 구성

다.오피스 빌딩의 일사특성

(1)국내 월별 일사량의 변화를 살펴보면 7월에 감소하는 경향이 있는데 이는 장마로 인한 요인으로 판단되나 장마기간의 일사량 감소는 오피스 빌딩의 냉방부하에도 긍정적인 영향을 미침으로 하절기 피크부하를 감소시키는 것으로 판단됨.



경사각에 따른 월별 일사량 패턴



전력소비와 일사량 패턴

(2)일사량의 시간별 변화를 조사해 보면 일사량의 패턴이 일반 오피스 건물의 전력소비 패턴과 유사하게 나타나는 특성이 있음. 이는 태양의 일출과 일몰에 따라 일사량이 영향을 미치는 일반적 패턴을 나타내고 있으나 주변 건물이 없는 양호한 위치 즉, 옥상 등에서만 적용되는 패턴으로 파악됨.

(3)최근 세계적으로 도시화의 추세는 지속되고 있고 도시화에 따른 열섬현상으로 인해 도시의 태양열 총 흡수량이 증가하고 도시 열류가 방해 받아 가열된 공기의 자연냉각이 저하되고 있음. 이러한 열섬현상은 도시의 중심부인 상업지역에 빈번히 발생하여 오피스빌딩의 냉방부하를 증가하는데 일조하고 있음. 한편 이러한 도심화 현상은 건물이 밀집될수록 오피스빌딩 간 음영 비율이 커지므로 유효 일사량이 감소되어, 건물의 난방부하는 커지고 냉방부하는 감소하는 경향을 보임.

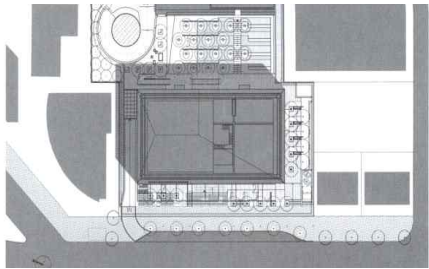
(4)도심지에 위치한 오피스 빌딩의 일사특성은 우선 기존의 월별, 시간대별 일사특성 뿐만 아니라 건물 주변 환경에 의한 음영, 반사 등의 특성과 건물에 설치되는 PV의 경사각에 따른 영향에 따른 요소를 추가적으로 검토하여 결정되어야 함.

라. 오피스빌딩 현황 및 특성

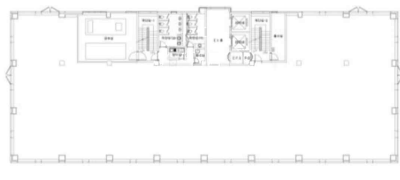
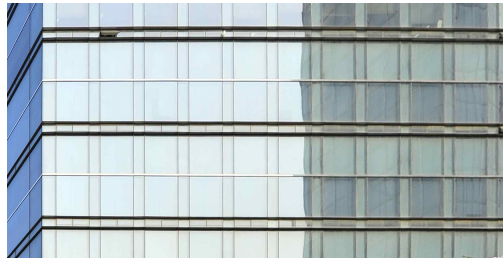
(1)도심지에 위치한 오피스 건물에 BIPV 적용을 위해서 도심지의 환경요소의 특성을 정리하기 위하여 최근 10년간 건축된 오피스 건물을 대상으로 배치, 평면, 입면, 일조 특성으로 분류하여 분석하였음.

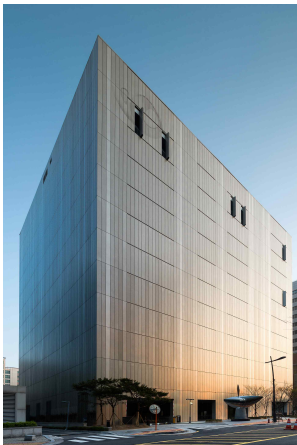
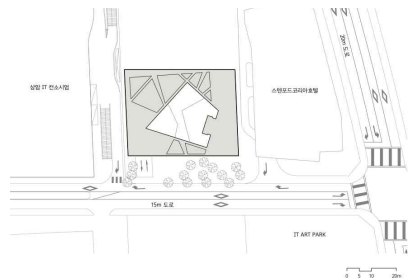
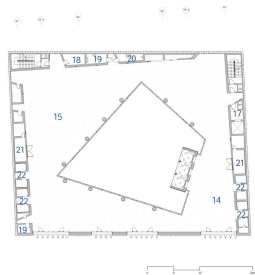
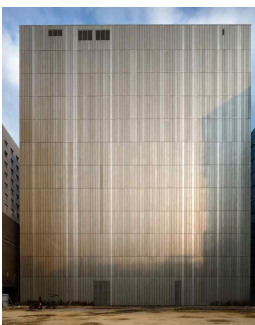
(2)오피스 건축물을 대상으로 하였으며 PV시스템이 적용되지 않은 건축물로 계획 설계 단계에서 에너지 저감을 위한 요소들이 고려되지 않은 것으로 대상을 선정하여 오피스 빌딩의 현황에서 고려되어야 하는 요소를 도출하고자 하였음.

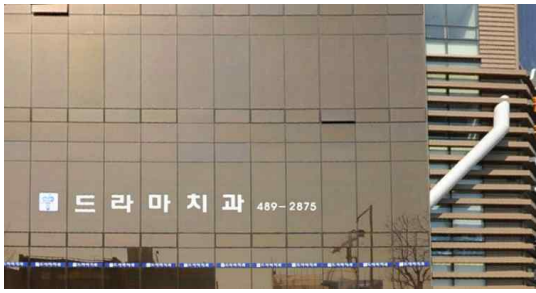
(3)대상 건물은 아래와 같음.

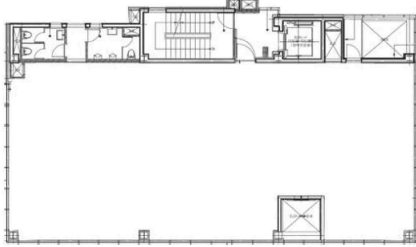
빌딩	건물개요	주변현황
M 빌딩		  서남향 배치. 인접 건물들 본 건물보다 비교적 낮음.
	주소 강남구 강남대로382(역삼동)	
	연면적 57,436.06 m²	
	규모 지상30층/지하6층	
	준공 2005년	
	평면	입면
		
	편심코어 형태 커튼월 구조. 기둥사이 간격 긴 것 ; 12,750 / 짧은 것 ; 7,400	파사드의 전면 커튼월로 구성. 동남쪽 입면의 경우 석조에 창형태로 구성. 최상단부 옥상의 지붕 역할을 함. 커튼월 유리 한 모듈 가로길이; 1,350
■ PV시스템 적용 특성 - 배치특성 : 주도로의 서측방향으로 주 파사드가 형성되고, 주변 건물이 고층화되어 인접 건물에 의한 음영영향이 큼. - 평면특성 : 편심코어 형태로 사무공간이 서측으로 면하고 있음. 기둥간격의 모듈은 7.4M / 12.75M 로 입면 모듈이 구성됨. - 입면특성 : 전면 커튼월 방식으로 7.4 / 12.75M 기둥모듈에 맞추어 가로 모듈이 1.35M로 구성됨. 서향의 일조를 차단하기 위한 내부 블라인드 적용. - 일조특성 : 주변 건물보다 낮고 주 파사드가 서향으로 일조 확보가 용이하지 못함. 또한, 남향의 저층부의 경우 인접 건물에 의해 일조확보가 어려움.		

빌딩	건물개요		주변현황	
S 빌딩			 남향 배치. 서쪽 방향에 본 빌딩보다 높은 빌딩이 있음. 남, 동쪽으로는 일조의 영향을 미치는 건물 및 요소가 없음.	
	주소	마포구 새창로7(도화동)		
	연면적	21,278 m ²		
	규모	지상18층/지하6층		
	준공	2011년		
평면			입면	
				
편심코어형태 커튼월 구조. 기둥사이 간격; 6,550			커튼월유리에 계패가능하며 색이 다른 띠형태의 유리패턴이 있음. 커튼월 유리 너비; 2,050 커튼월 세로띠패턴유리 너비; 450	
■ PV시스템 적용 특성				
- 배치특성 : 주도로의 남측방향으로 주 파사드가 형성되어 일조를 받아들이는데 유리하다. - 평면특성 : 편심코어 형태로 사무공간이 남측에 면하고 있음. 기둥간격의 모듈은 6.5M로 입면 모듈이 구성됨. - 입면특성 : 오피스용도의 층에서 전면 커튼월 형태이며 가운데 음각이 있고, 6.5M 기둥간격 사이로 3개의 창, 2개의 수직띠형태의 유리(계패 가능함)로 구성됨. - 일조특성 : 동쪽으로 낮은 건물, 남쪽으로 주도로가 면해 있어 음영영향이 미비하다. 반면 서쪽으로 높은 건물이 있어 서향의 일조에 대한 음영영향이 있다.				

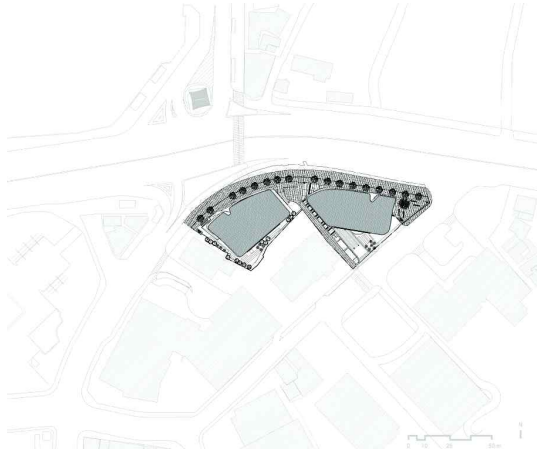
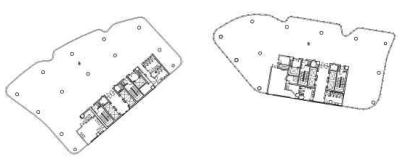
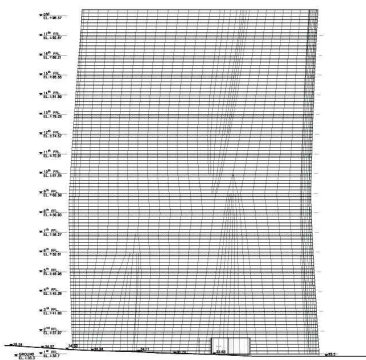
빌딩	건물개요		주변현황
P 빌딩			
	주소	성남시 분당구 성남대로925번길41	
	연면적	22,363.36 m ²	
	규모	지상8층/지하1층	
	준공	2002년	
			
		서향배치. 남측으로 건물이 있어 저층부 일조에 영향이 있음.	
평면			입면
			
편심코어 형태 커튼월 구조. 기둥간격; 5,750			전면 커튼월로 파사드 구성. 커튼월 유리 한 모듈당 가로 길이 ; 2,400 띠유리 한 모듈의 폭 ; 850
■ PV시스템 적용 특성			
- 배치특성 : 주도로의 서측방향으로 주 파사드가 형성되고, 동측, 남측에 건물이 있어 건물에 의한 음영영향이 있음. - 평면특성 : 편심코어형태로 사무공간이 서, 남측에 면하고 있음. 기둥간격의 모듈은 5.7M 로 입면 모듈이 구성됨. - 입면특성 : 전면커튼월 방식으로 5.7M 기둥모듈에 맞추어 가로 길이 2.4M / 0.85M 의 모듈로 구성됨. 서향 일조 차단을 위한 내부 블라인드 적용. - 일조특성 : 동측으로 비슷한 레벨의 건물이 있어 동향으로 일조 확보가 제한됨. 또한 남측으로 낮은 건물이 있어 저층부 일조확보가 어려움.			

빌딩	건물개요		주변현황	
D 빌딩				
	주소	마포구 상암동	 동남향 배치. 주변에 비슷한 높이의 건물들이 있음.	
	건축면적	1,151 m ²		
	규모	지상12층		
	준공	2013년		
평면			입면	
			 	
중정을 중심으로 사무공간이 있는 형태.			일조를 간접투과하는 금속재질의 이중외피로 구성.	
■ PV시스템 적용 특성 - 배치특성 : 주도로의 동남측방향으로 주 파사드가 형성되고, 주변에 비슷한 레벨의 건물이 있어 음영영향이 큼. - 평면특성 : 중정을 중심으로 사무공간이 구성됨. 일조의 유입이 중정을 중심으로 이루어짐. - 입면특성 : 이중 외피 방식으로 일조를 간접 투과하는 금속재질의 외피 모듈로 입면을 구성. - 일조특성 : 주변에 비슷한 높이의 건물들이 있어 입면을 통한 일조 확보가 용이하지 못함. 이중외피로 구성되어 있어 BIPV 패널 후면의 열 문제 해결에는 유리함.				

빌딩	건물개요	주변현황
		
	주소 강동구 천호대로 1139(길동)	남향 배치. 인근 건물의 높이가 낮아 일조 확보에 영향을 받지 않음.
	연면적 26,598.94 m²	
	규모 지상18층/지하6층	
	준공 2010년	
	평면	입면
		
	편심 코어형태 커튼월 구조. 기둥사이 간격 긴것; 10,300 / 짧은 것; 6,950	반사형의 커튼월 유리 입면. 커튼월 유리 한 모듈 가로길이 ; 1,100
	■ PV시스템 적용 특성 - 배치특성 : 건물의 남측방향으로 주 파사드가 형성되고, 주변 건물이 낮아 인접 건물에 의한 음영영향이 적음. - 평면특성 : 편심코어 형태로 사무공간이 남~동측으로 면하고 있음. 기둥간격의 모듈은 6.95M / 10.30M 로 입면 모듈이 구성됨. - 입면특성 : 전면 커튼월 방식으로 6.95M / 10.30M 기둥모듈에 맞추어 가로 모듈이 1.10M로 구성됨. - 일조특성 : 주변 건물이 낮고 주 파사드가 남향에 가까워 일조 확보가 용이함. 서측에 인접한 건물의 높이가 높은 점에서 서향의 일조 확보가 어려움.	

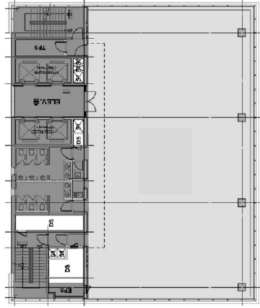
빌딩	건물개요	주변현황
M 빌딩		
	주소	강남구 언주로729(논현동)
	연면적	4,769.72 m ²
	규모	지상15층/지하2층
	준공	2012년
	평면	입면
		
	편심코어 형태 커튼월 구조.	파사드의 전면 커튼월로 구성.
■ PV시스템 적용 특성 - 배치특성 : 주도로의 동측방향으로 주 파사드가 형성되고, 주변 건물이 고층화되어 인접 건물에 의한 음영영향이 큼. - 평면특성 : 편심코어 형태로 사무공간이 동측으로 면하고 있음. - 입면특성 : 전면 커튼월 방식 구성. - 일조특성 : 주 파사드가 동향이며 인근에 고층의 건물들이 있어 일조 확보가 용이하지 못함.		

빌딩	건물개요	주변현황
P 빌딩 (PCA 라이프 타워)		 
	주소	강남구 테헤란로302(역삼동)
	연면적	19,648.14 m ²
	규모	지상22층/지하6층
	준공	2007년
	평면	입면
		
	편심 코어형태 구조. 사무공간이 북쪽에 면하고 있음. 기둥사이 간격; 5,500(다 다름)	한 층고의 밑에서 일정 높이 마감중 3/2부분이 석조로 구성. 석조마감이 없는 구간에 차양형태 징크마감이 있음. 커튼월 유리 한 모듈 가로 길이; 1,100
■ PV시스템 적용 특성 - 배치특성 : 주도로가 북쪽에 위치하고 있으며 주변에 높은 건물들이 있어 음영영향이 있다. - 평면특성 : 편심코어 형태로 사무공간이 북측에 면하고 있음. 기둥간격은 5.5M의 내외의 모듈로 입면 모듈이 구성됨. - 입면특성 : 유리와 석조 마감의 혼합 형태로 구성됨. 내부 블라인드 적용. - 일조특성 : 북쪽에 파사드가 면하여 일조 확보가 용이하지 못함. 남측의 경우에도 높은 건물이 있어 일조 확보가 어려움.		

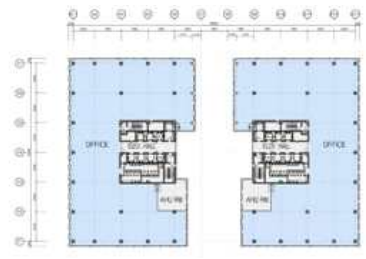
빌딩	건물개요	주변현황
T 빌딩		
	주소	종로구 을곡로6(중학동)
	연면적	55,210.9 m ²
	규모	지상17층/지하8층(2개동)
	준공	2010년
평면		입면
		
편심코어 형 커튼월 구조.		전면 커튼월 유리로 구성.(곡면 유리사용) 레벨에 따라 입면의 경사가 있음. 층고 높이 ; 3,660
■ PV시스템 적용 특성 - 배치특성 : 주도로의 북측방향으로 주 파사드가 형성되고, 남측 인근으로 건물들이 있어 인접 건물에 의한 음영영향이 큼. - 평면특성 : 편심코어 형태로 사무공간이 북측으로 면하고 있음. - 입면특성 : 전면 커튼월 방식으로 한층고의 높이가 3.66으로 구성됨. 파사드가 곡면으로 구성됨. - 일조특성 : 주 파사드가 북향으로 일조 확보가 용이하지 못함. 또한 남측으로 인접건물들이 있어 남향 저층부를 중심으로 건물에 의한 일조확보가 어려움.		

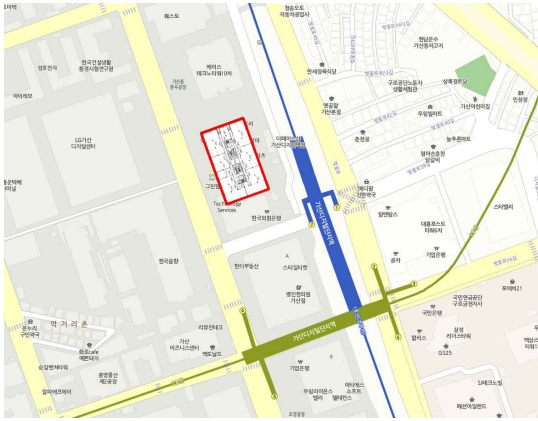
빌딩	건물개요		주변현황	
K 빌딩			 남향 배치. 남측을 제외한 나머지 방향으로 고층의 건물들이 있어 일조확보가 어려움.	
	주소	강남구 테헤란로211(역삼동)		
	연면적	15,306.7 m ²		
	규모	지상18층-지하5층		
	준공	2012년		
평면			입면	
				
편심코어 형태 커튼월 구조.			파사드의 전면 커튼월로 구성. 커튼월 유리 한 모듈 가로길이; 1,100	
■ PV시스템 적용 특성 - 배치특성 : 주도로의 서측방향으로 주 파사드가 형성되고, 주변 건물이 고층화 되어 인접 건물에 의한 음영영향이 큼. - 평면특성 : 편심코어 형태로 사무공간이 남측으로 면하고 있음. - 입면특성 : 전면 커튼월 방식으로 가로 모듈이 1.1M로 구성됨. 파사드가 곡면으로 구성됨. - 일조특성 : 남향의 파사드입면을 통한 일조확보에는 용이하나, 나머지 방향의 인접 고층 건물에 의한 음영영향으로 일조확보가 어려움.				

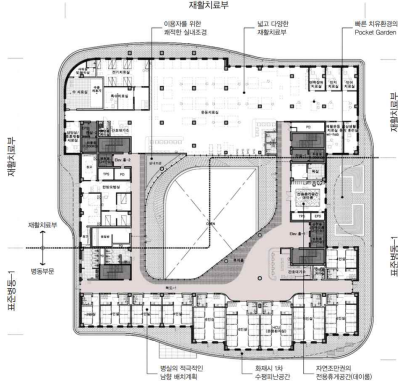
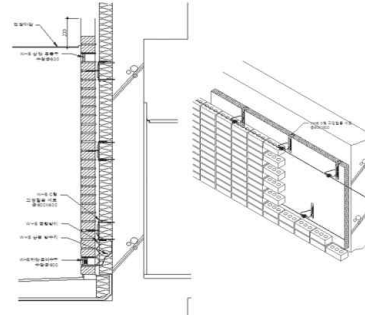
빌딩	건물개요	주변현황
S 빌딩		
	주소	강남구 광평로281(수서동)
	연면적	51,568 m ²
	규모	지상16층/지하7층
	준공	2012년
	평면	입면
		
	편심코어 형태 커튼월 구조. 기둥사이 간격; 10,500	파사드의 전면 커튼월로 구성. 커튼월 유리 한 모듈 가로길이 ; 1,150
■ PV시스템 적용 특성 - 배치특성 : 주도로의 남측방향으로 주 파사드가 형성되고, 동측으로 고층 건물이 있어 건물에 의한 음영영향이 있음. - 평면특성 : 편심코어 형태로 사무공간이 남측으로 면하고 있음. 기둥간격의 모듈은 10.5M로 입면 모듈이 구성됨. 좁고 긴 형태의 평면으로 남측의 파사드를 통한 일조 확보량이 많음. - 입면특성 : 전면 커튼월 방식으로 10.5M 기둥모듈에 맞추어 가로 모듈이 1.15M로 구성됨. - 일조특성 : 주 파사드가 남향으로 일조 확보가 유리함. 반면, 동측으로 고층의 건물이 있어 동향의 일조 확보가 어려움.		

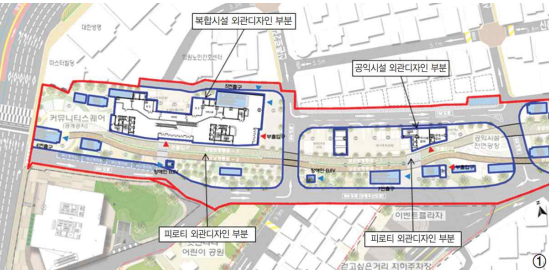
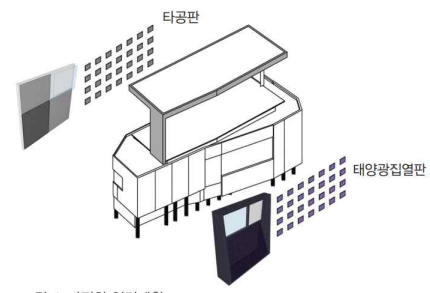
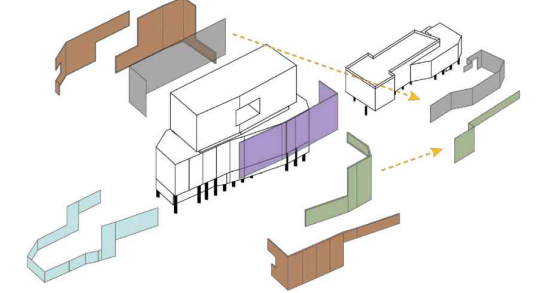
빌딩	건물개요	주변현황
L 빌딩		 북향 배치. 남측으로 고층 건물이 있어 건물에 의한 음영영향이 있음.
	주소	
	연면적	
	규모	
	준공	
	평면	입면
		
	편심코어 형태 커튼월 구조.	파사드의 전면 커튼월로 구성.
■ PV시스템 적용 특성 - 배치특성 : 주도로의 북측방향으로 주 파사드가 형성되고, 주변 건물이 고층화 되어 인접 건물에 의한 음영영향이 큼. - 평면특성 : 편심코어 형태로 사무공간이 서측으로 면하고 있음. - 입면특성 : 전면 커튼월 방식으로 구성됨. - 일조특성 : 주변에 고층 건물들이 인접해 있고 주 파사드가 북향으로 일조 확보가 용이하지 못함. 남향의 저층부의 경우 인접 건물에 의해 일조 확보가 어려움.		

빌딩	건물개요	주변현황
I 빌딩		 서남향 배치. 남측으로 고층 건물들이 있어 건물에 의한 음영영향이 있음.
	주소	
	연면적	
	규모	
	준공	
	평면	입면
	 편심코어 형태 커튼월 구조. 기둥사이간격; 11,050	 파사드의 전면 커튼월로 구성. 입면에 정사각형 금속 재질 패턴이 있음. 커튼월 유리 한 모듈 가로길이 ; 1,600 / 900
	■ PV시스템 적용 특성 - 배치특성 : 서남향으로 주 파사드가 형성되고, 남측 인접 건물이 고층화되어 인접 건물에 의한 음영영향이 큼. - 평면특성 : 편심코어 형태로 사무공간이 서남측으로 면하고 있음. 기둥간격의 모듈은 11.05M 로 입면 모듈이 구성됨. - 입면특성 : 전면 커튼월 방식으로 11.05M 기둥모듈에 맞추어 가로 모듈이 1.6 / 0.9M 로 구성됨. 정사각형 금속재질 패턴이 있음. - 일조특성 : 주파사드가 서남향이고, 남측으로 고층 건물이 인접해 있어 일조 확보가 용이하지 못함.	

빌딩	건물개요		주변현황	
S 빌딩				
	주소	중구청계천로100(관철동)		
	연면적	99,991 m ²		
	규모	지상17층/지하6층		
	준공	2011년		
평면		입면		
				
편심코어 형태 커튼월 구조. 기둥사이 간격; 8,500		파사드의 전면 커튼월로 구성. 커튼월 한 모듈 가로길이; 1,100		
■ PV시스템 적용 특성 - 배치특성 : 주도로의 북측방향으로 주 파사드가 형성되고, 남측으로 건물들이 인접해 있어 음영영향이 있음. - 평면특성 : 편심코어를 중심으로 두동으로 분리되어 사무공간이 사방방향으로 면하고 있음. 기둥간격의 모듈은 8.5M 로 입면 모듈이 구성됨. - 입면특성 : 전면 커튼월 방식으로 8.5M 기둥모듈에 맞추어 가로 모듈이 1.1M로 구성됨. - 일조특성 : 주변으로 고층 건물들이 있으나 이격 간격이 커 저층부에서 인근 건물에 의해 일조확보가 어려움.				

빌딩	건물개요	주변현황
J 빌딩		 서남향 배치. 남측으로 비슷한 규모의 건물이 있어 저층부에서 일조 확보가 어려움.
	주소	
	연면적	
	규모	
	준공	
	평면	입면
	 중앙코어형 구조 기둥사이 간격; 8,320	 석재의 격자형 테두리 안의 유리창으로 구성됨.
	■ PV시스템 적용 특성 - 배치특성 : 주도로의 남서측방향으로 주 파사드가 형성되고, 남측으로 비슷한 규모의 건물들이 있다. - 평면특성 : 중앙코어를 중심으로 사무공간들이 구성됨. - 입면특성 : 기둥 모듈 8.32M 에 맞추어 석재에 유리창으로 구성. - 일조특성 : 주변으로 비슷한 건물들이 있어 저층부에서 일조 확보가 어려움.	

빌딩	건물개요		주변현황																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
G 빌딩																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	주소	서울 강남구 세곡동 521																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	연면적	18,585.22 m ²																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	규모	지상5층/지하2층																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	준공	2011년																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
평면			입면																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
			 그림 10. 점도벽을 시공상세도(보강철?) (WWR SYSTEM) - 벽돌벽의 황방향 하중(풍압)을 효과적으로 분산 - 벽돌벽의 크랙이 발생되거나 전도 방지 <table border="1" data-bbox="900 1240 1251 1464"><thead><tr><th>구간</th><th>구간 길이 (m)</th><th>구간 면적 (㎡)</th></tr></thead><tbody><tr><td>Non-VISION 구간</td><td>1.12</td><td>1.12</td></tr><tr><td>VISION 구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1.13</td></tr><tr><td>중정구간</td><td>1.13</td><td>1</td></tr></tbody></table>	구간	구간 길이 (m)	구간 면적 (㎡)	Non-VISION 구간	1.12	1.12	VISION 구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1.13	중정구간	1.13	1
구간	구간 길이 (m)	구간 면적 (㎡)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Non-VISION 구간	1.12	1.12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
VISION 구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
중정구간	1.13	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															

빌딩	건물개요	주변현황
H역 역사 설계		
	주소	서울시 마포구 동교동 190-1 일원
	대지면적	20,844 m ²
	연면적	53,890 m ²
	준공	계획
	서남향 배치. 인근으로 오픈스페이스로 구성되어 일조 확보에 용이함.	
파편화 입면		연속 입면
 그림 4. 파편화 입면계획		 그림 5. 연속입면
컬러 BIPV 모듈을 계획.		외장재로 이끼패널과 테라코타 패널 구성.
■ PV시스템 적용 특성 - 입면특성 : 입면의 모든 스킨부분을 픽셀화 시켜 컬러 BIPV 모듈을 계획. - 일조특성 : 주 파사드가 서남향이고, 인근 건물의 높이가 낮아 일조확보가 용이함.		

- (4)오피스빌딩의 배치특성을 살펴보면 건물의 주출입구가 위치하고 간선도로와 접해 있는 면을 건물전면으로 설정하여 분석해보면 남향>북향=서향>동향 의 순으로 전면의 방위가 분석됨. 주거용 건축물의 방위는 남향 및 남동향 비율이 압도적으로 높은 것과는 달리 오피스 빌딩의 경우 건물전면의 방위는 계획 특성상 주도로와의 접근성을 우선적으로 고려하여 결정되고 있다고 판단됨.
- (5)오피스빌딩은 대부분 도심지의 CBD(central Building District)지역에 위치하고 있어 용적률이 높고 밀집도가 높은 지역에 위치하고 있음. 따라서 주변에 도로, 공원, 건물 등이 인접하여 있으나 기존 건축물의 경우 대부분 상업지역에 위치하고 있어 주변 건물이 인접되어 있는 비율이 매우 높은 것으로 파악됨. 따라서, 도심내 BIPV 설치시 평가기준에 인접건물에 의한 영향을 평가할 필요성이 매우 높음.
- (6)오피스 빌딩의 평면은 코어를 중심으로한 오픈플랜이 일반적이며 가능한 사무실내에서 남향면적을 최대한 확보하려는 경향을 보임. 그러나 오피스 건물의 특성상 균일한 조명환경을 확보하는 관점에서 각 향별 일사에 의한 불균등한 조도가 생기는 것이 문제점으로 파악됨. 기존에 건설된 오피스 빌딩의 경우 조명제어에 대한 명확한 지침이 없어 아직까지는 일사와 연계한 조명계획이 이루어지지 않고 있음. 따라서 BIPV를 적용시 실내 조도평가에 대한 기준이 마련되어야 할 것으로 판단됨.
- (7)입면의 특징은 대부분의 입면재료는 커튼월방식이 적용되고 있고 커튼월의 제작방식은 일반적으로 건물 모듈을 고려하여 커튼월 제작하는 방식으로 진행되고, 최근에는 건물에너지를 고려하여 스펀드럴 부분의 단열을 강화는 경향이 나타나고 있음. 그러나 아직까지 건물의 에너지 및 실내환경을 고려하여 커튼월을 계획하는 경우는 매우 적고 실제 반영한다해도 에너지 평가나 조도 시뮬레이션 등을 진행하여 결정하는 경우는 없음

마.오피스건물의 BIPV 적용방안

- (1)오피스 건축물에 PV를 적용하는 방법에는 Non-building방식과 BIPV방식이 있고, BIPV 방식은 지붕설치와 외벽설치, 창호 설치 방법으로 구분할 수 있음.
- (2)Non-building방식의 적용 장소로 주변 공지 및 주차장 등을 생각할 수 있으나 도심지 오피스 빌딩의 경우 대지면적이 협소한 특성이 있어 건물이외의 부지 내에는 적용하기 어려운 특성이 있음. 또한, 주변 공지의 경우 음영에 의한 영향으로 PV의 적용이 부적절함.
- (3)옥상 설치의 경우 일사 특성이 가장 양호하나 오피스 건물의 경우 옥상면적이 협소하고 냉각탑, 고가수조 및 통신장비 등이 일정한 면적을 필수적으로 차지하고, 최근에는 옥상녹화를 통한 옥상공원을 조성하는 경우가 많아 PV설치를 위한 면적을 확보하기가 어려운 실정임.
- (4)따라서 도심지 오피스 건물의 경우 고층으로 넓은 외피면적을 가진 외벽에 PV 설치

를 하는 것이 타당한 것으로 판단됨. 그러나 도심 오피스 건물의 일사특성상 주변 건물에 의한 음영 효과를 충분히 검토하여 적용되어야 하고, 적절한 전력생산을 위해 사전 시뮬레이션 검토를 통한 최적 위치 및 디자인에 대한 검토가 필수적으로 적용되어야 할 것으로 판단됨.

바. 커튼월 시스템 특성

- (1)상기에서 검토하였듯이 현재 오피스빌딩의 외벽요소로 적용되어지는 방법은 구조적 합리성과 경제성에 따라 현재 국내에서 가장 보편적으로 시공되는 공법은 커튼월공법으로 조사됨.
- (2)커튼월이란 비내력 외벽을 총칭하는 의미로 초기에는 하중을 부담하지 않는 벽체의 의미로서 가볍게 사용하였으며, 현재는 보다 포괄적인 의미로서 R/C조, 철골조, 철골철근콘크리트조 등의 구조에서 기둥, 보, 슬래브 등 구조체의 외벽을 형성하는 금속재 또는 무기질의 비내력 외벽을 의미함.
- (3)특히 매우 높은 수직면 하중이 적용되는 초고층건축에서 비내력벽으로서 커튼월이 구조체에 Fastener를 통해 부착됨으로 커튼월공사의 주요 목적은 내풍압과 접합부위의 기밀성/수밀성 확보를 통해 외기로부터 건물을 보호하는 것임.
- (4)통상적으로 커튼월 공법은 시공방식에 따라 unit wall 그리고 stick wall로 구분되며, 또한 부분적으로 두 가지 공법을 병행할 수 있음. BIPV는 공법과는 무관하게 커튼월의 Vision 또는 Spandrel 파트에 시공될 수 있고, 조립방식에 따라 공장에서 조립되는 unit wall 타입 또는 현장에서 조립되는 stick wall 타입의 결정에 따라 BIPV 조립은 설계상, 시공상, 사후관리에 있어 큰 차이가 발생
- (5)Unit wall 방식은 유리를 포함한 모든 부재들을 공장에서 제작한 후 현장에서 설치하는 방식으로 공장에서 조립된 커튼월 unit을 구조체에 고정시켜 설치. 공장에서 마무리가 이루어지므로 좋은 품질을 도모할 수 있고 공정이 단순화 되며, 층간 수직 변위 대응능력이 뛰어나 고층건물에 많이 사용됨.
- (6)특히 unit wall 방식은 초기단계에서 BIPV 시공이 합리적으로 고려된다면 시공 시 핵심요소인 배선처리가 용이하게 진행될 수 있지만, Stick wall 타입은 준공 후 BIPV의 배선부분에 문제가 발생하면 커튼월의 분해가 어려워 보수하기 위한 대응이 쉽지 않다는 단점이 있음. 통상 unit wall 방식은 다음과 같은 장단점을 가진다.

Unit Wall 장,단점 비교

장점	단점
- 커튼월 구성부재를 공장에서 완전히 unit 화해서 조립하여 현장에 반입 시공하는 공법으로 단순한 입면이 전체면적에 반복될 경우 시공이 용이 - 공장에서 완제품으로 제작되어 현장에 공급됨으로 현장의 작업량이 적고, 이에 따라 현장관리 및 품질관리가 용이 - 완성된 유닛을 현장에서 신속하게 시공할 수 있어 현장에서의 설치기간 단축이 용이 - 공장제작으로 인해 품질확보에 유리할 뿐만 아니라 품질의 기복도 적음	- 공장에서의 제작은 모든 부자재가 100% 반입되어야만 제작이 가능 - 유닛의 운반, 반입, 설치장비, 설치기간 등의 제약을 합리적으로 고려하여 반영 - 설치공정은 시공기간에 지대한 영향을 미쳐 자칫 양산능률 저하를 초래할 수 있음 - 현장에서 발생할 수 있는 시공오차 흡수가 어렵고, 운반 및 시공에 따른 유리파손과 보호포장 등의 취급이 까다로워 부대비용이 상승

(7)Stick wall 방식은 커튼월의 각 구성부재를 현장에서 조립하여 창틀을 만드는 공법으로 중·저층 건물에 많이 사용되고, 대부분의 우리나라 커튼월 시공방법임. Mullion, Transom 등 Frame부재를 현장에서 설치한 이후, Glass를 부착하며 시공/조립이 동시에 이루어지고, 이에 따라 stick wall에 BIPV 시공 시 Module의 배선처리나 또는 하자발생시의 유지보수를 위한 대응력이 unit wall에 비해 용이하다는 장점이 있지만, 초기단계에서 배선처리를 위한 추가적인 부자재 설계가 면밀하게 검토되어야 함.

(8)일반적인 stick wall 공법의 장단점은 다음과 같이 정리할 수 있음.

Stick wall 장,단점 비교

장점	단점
- 복잡한 입면을 가진 건물에서 시공이 적합하고, 현장 적응성이 우수하여 크기, 반입량, 적재장소 등의 현장여건에 구애를 받지 않음. - 조립되기 전의 부재로 운반됨으로 양중을 위한 중장비가 필요 없고, 소운반으로 가능하며, 설치장비 또한 경량으로 가능 - 현장에서 각각의 부재를 필요한 크기로 절단하여 사용함으로 부재의 사용효율을 높일 수 있어 공사비를 저렴하게 할 수 있어 경제성에서 유리	- 조립 및 시공이 현장에서 이루어짐으로 현장의 작업량이 증대하고, 현장조립의 특수성으로 인해 균일한 품질을 확보하기가 어려워, 향후 하자의 발생 가능성이 높음. - 현장 공사량의 증가로 자칫하면 공기가 길어질 수 있어 이는 품질 상 하자로 이어질 가능성이 있고, 특히 시스템의 선정과 현장여건에 따라 품질의 기복이 심할 수 있음.

사. 오피스 건물 BIPV 적용 고려사항

(1)도심지 오피스 건축물에 PV를 적용하기 위한 고려사항은 다음과 같음.

(가)PV시스템 적용위치

- 도심지 오피스 건물의 배치를 고려하여 주변 음영평가 및 사전 시뮬레이션 필요

(나)설치경사각

- 오피스 벽면에 설치시 설치경사각이 중요함. 설치 경사에 따른 일사량의 효율을 검토 필요

(다) 부착방식

- PV시스템의 경우 온도에 민감한 특성이 있음. 커튼월 방식으로 외피를 구성할 경우 건물의 단열효과 및 배면의 통풍을 고려하여 에너지 변환효율이 떨어지지 않도록 해야 함.

(라)디자인 요소

- 오피스 건물의 외피를 구성하는 커튼월의 경우 창호, 스펠드럴로 구성되는 방식으로 실제 내부 채광을 유도하는 창호와 스펠드럴 부위의 적정 비율을 고려한 설계 방식이 도입 필요. 그러나 커튼월 설계는 각각의 건물 특성에 따라 계획시 반영되므로 초기 설계시 시뮬레이션 등의 방식을 도입하여 디자인과 연계하여 검토가 필요함.

(마)색채와의 조화

- 오피스 빌딩의 외장재료는 유리, 석재, 금속재 순으로 적용되고 있으며 유리의 색채는 청색계열의 비율이 높음. 이러한 특성을 고려하여 경관계획 수립시 적정 색채에 대한 연관성을 검토하여야 함.

(2) BIPV적용시 고려 요소

(가)건축설계시 고려 요소

건축설계시 고려요소

고려요소	내용
직달 일사에 대한 방해 요소가 없어야 함	태양광전력생산을 최대로 보장해야 함
태양광을 최대한 이용	PV-모듈의 최적 설치하는 지역에 따라 다르지만, 한국의 경우 정남향에 30도의 경사각이 최적
PV-모듈에 음영방지	태양전지나 태양전지 모듈에 음영은 전력생산의 급격히 저하요인 설계단계에서 최대한 해결필요 방해물의 예 : 굴뚝, 지붕 위의 지붕창과 안테나, 이웃건물, 파사드 벽면 녹화, 키가 큰 나무, 관목 등
결정질 PV-모듈은 후면 통풍이 잘 되도록 함	PV-모듈의 온도가 상승할수록 광기전력 전력생산은 줄어 듦. - 결정질 PV-모듈은 항상 후면 통풍이 적절함
전기적 부품에 대한 접근성이 용이	실무자들은 과거에 건물통합형 태양광발전시스템의 주요한 고장원인이 바로 동물에 의한 분리, UV에 의한 파손된 케이블 및 인버터 등 이라고 말함. 이러한 부품들에 대한 교환 및 수리조치가 용이해야 함
PV-모듈은 항상 전압이 걸려있음	태양전지는 차단을 할 수 없다. 따라서 설치과정에서 발생할 수 있는 직류사고에 대해 항상 고려
조립의 용이성	빠르고 간편한 조립은 시간과 비용을 절감함. : 운반성, 도구 없이 조립할 수 있는지의 여부 등

(나)전기적 고려요소

전기설비적 고려요소

전기설비적 고려요소	결과		요소		
	가동중단	성능저하	설계	부품	설치
인버터고장					
시간별 또는 부분별 그늘짐					
상이한 모듈군의 부조화					
교체부품의 지연					
적합하지 않은 모듈방향					
인버터의 효율미달					
높은 모듈효율					
모듈의 혼탁			위치 및 경사각		
직류전기케이블 파손					
보호-,연결- 또는 안전장치의 고장					
제품의 컨트롤 부주의로 인한 모듈의 부조화					
모듈의 효율(기능) 저하					
모듈의 고장					
유지보수작업					
기상여건에 의한 훼손(태풍,우박,폭뢰)					

(다)구조적 고려요소

구조적 고려요소

형태	내용
PV-천창유리	- 머리 윗부분에 설치되는 PV-판유리는 이중유리-모듈구조로 설치 - 건물 내부 쪽에 위치하는 유리는 강화접합유리를 사용 - 경사지붕에 지붕 표피를 대신하여 설치되는 태양전지 모듈은 파손 시 추락하는 유리파편으로 직접적인 위험이 발생하지 않는다면 유리-유리-모듈이나 유리-필름-모듈이 사용 가능
PV-유리파사드와 PV-파사드 외장	- 건물의 파사드 유리와 파사드 구성 요소의 시공 및 설치와 관련된 안전사항과 구조적인 요구사항은 붕괴 시 낙하하는 높이와 해당 지자체의 법적 규제에 따라 달라짐 - 정역학적으로 하중을 받는 유리 고정장치와 이에 속하는 유리를 제외하고, 어떠한 경우라도 PV-모듈에 물리적 하중이 가해지지 않게 함
붕괴에 안전한 PV-유리	- 붕괴에 안전한 성능을 가진 자재는 충격이 가해질 경우 빠르게 파손되므로 붕괴시 사람에게 위협이 될 수 있음 - 붕괴에 관한 고려가 절대적 - PV-건축재재의 성능에 대해 충분한 두께를 갖는 접합안전유리와 결합한 PV-모듈이 사용됨

2. 오피스 BIPV Unit 시스템 평가요소 도출 및 지표 개발

가. 국내외 친환경인증제도를 통한 평가요소 도출

(1)BIPV시스템의 건축물에 적용시 영향을 미치는 제도에는 건축물에 적용되는 인증 제도가 가장 큰 영향을 미치는 것으로 판단됨. 국내·외에서 관련 인증제도는 의무적으로 적용되는 경우가 많아 건축물의 신축 및 리모델링시 필수적으로 고려되고 있음.

(2)따라서 본 연구에서는 국내·외 인증제도와 BIPV와의 상관관계를 분석하여 영향을 미칠 수 있는 요소를 분석하였음.

① GBCC(Green Building Certification Criteria)

- GBCC 평가 항목 중 BIPV와의 관련성을 알아본 결과 토지이용 외 6가지 구분에서 관련성을 보임. 특히 에너지 부문과 유지관리 부문에서는 1개를 제외한 나머지 체크항목에서 전부 관련성을 보임. 에너지 부문에서는 에너지절약과 지속가능한 에너지원사용에서 관련성을 보였는데, 이는 BIPV가 에너지 효율향상과 신·재생에너지 이용 측면에서 많은 부분 관련성이 있다는 것을 보여줌.

② LEED(Leadership in Energy and Environmental Design)

- 미국 친환경 건축물 협의회(USGBC)에서 시행하고 있는 LEED 친환경 건축물 인증 프로그램은 현재까지 입증된 환경평가기술을 토대로 건물전체의 관점에서 환경성능을 평가하고 건축시장을 활성화시키기 위한 환경성능평가제도임.

LEED의 평가범주 및 평가항목

평가부문	평가항목	평가 기준	BIPV
지속가능한 부지 계획	침식과 퇴적의 조절	EPA(United States Environmental Protection Agency)의 관련 규정에 근거하여 평가	
	부지 선택	환경부하가 적은 부지선택을 위해 5가지 규정에 의거하여 평가	
	개발 밀도	acre당 60,000 square feet의 최소한의 개발밀도를 목표로 하여 평가	
	Brownfield 재개발	ASTM E1903-97 Phase II에 의거하여 평가	
	대체 교통수단	대중교통수단과의 거리와 개수, 자전거보관소의 유무등을 통해 평가	
	부지 공해 감소	Greenfield에서 빌딩주변 및 도로, 보도등에 초목의 유지 거리 및 부분을 기준으로 평가	
	우수 관리 계획	비율과 양, 관리의 측면으로 나누어 우수조절 계획 기준에 의거하여 평가	
	열섬 현상	non-roof와 roof의 측면으로 나누어 음영등의 관련 규정에 의거 하여 평가	
	조명 공해 감소 계획	IESNA의 매뉴얼을 근거로 하여 외부조도의 값등을 기준으로 평가	
수자원 효율	수자원 효율 조정 계획	50%의 효율과 비음료의 기준으로 나누어 신기술적용여부와 우수활용 등에 대해 평가	
	혁신적인 하수 기술	건물내 음료가능한 물의 하수 감소량등을 기준으로 평가	
	수자원 절약	20, 30%의 측면으로 나누어 각각의 감소 계획에 따라 평가	
에너지 및 대기	기본 건물 커미셔닝 계획	6가지기준에 의거 커미셔닝 개선에대해 평가	
	최소 에너지 효율 성능 기준	ASHRAE/IESNA의 기준이 적용된 디자인으로 평가	
	CFC 감소 계획	HVAC시스템을 재사용하는 경우 CFC냉매의 사용에 따라 평가	
	에너지 성능 향상 계획	ASHRAE/IESNA의 기준에 따라 효율을 평가	
	대체 에너지 사용	건물 총에너지 사용량의 5~20%의 측면으로 나누어 적용 여부를 평가	
	추가 건물 커미셔닝 계획	5가지 기준으로 추가 커미셔닝 계획을 평가	
	오존 감소 방지 계획	오존 감소 물질의 사용여부를 통해 평가	
	측정 및 검증 계획	10가지 항목에 대해 IPMVP기준에 의거하여 평가	
	그린 에너지	CRS에 인증받은 Green-e 제품의 사용률(50%기준)에 따라 평가	

평가부문	평가항목	평가 기준	BIPV
자재 및 자원	재활용품 저장 및 수거 계획	재활용품 저장 및 수거에 용이한 공간제공에 따라 평가	
	건물 재사용	75, 100%의 측면으로 나누어 기존의 건축구조물 사용비율에 따라 평가	
	시공 폐자재 관리	50, 75%의 측면으로 나누어 시공 폐자재 재활용 비율에 따라 평가	
	자재 재사용	5, 10%의 측면으로 나누어 건축물의 자재중 재활용 자재의 사용비율에 따라 평가	
	재활용 포함 기준	post-consumer(민간 사용) 재활용자재와 1/2의 post-industrial(산업 사용) 재활용자재 사용비율을 5, 10%로 나누어 평가	
	지역 자재 사용	500마일의 범위내에서 제조된 재료의 비율에 따라 평가	
	급대체 가능 자재 사용	총 건물 자재량의 5%이상 급대체자재의 사용여부에 따라 평가	
	친환경 인증 목재 사용	목재 사용량의 50%이상 인증여부에 따라 평가	
실내 환경의 질	최소 IAQ 성능 기준	ASHRAE의 기준에 의거 실내 공기질 평가	
	환경성 담배연기(ETS) 제어	건물내에서의 흡연, 흡연공간제공 등 담배연기에 대한 3가지 기준을 통해 평가	
	Co2 모니터링	HVAC시스템에 Co2 모니터링 시스템의 적용에 따라 평가	
	환기 효율성	ASHRAE의 기준에 의거 환기 디자인의 효율에 대해 평가	
	IAQ 관리 계획	시공중과 거주전으로 나누어 실내 공기질 관리 계획에 따라 평가	
	저 VOC발산 자재 사용	접착제와 밀폐제, 페인트와 코팅, 카펫 등으로 나누어 관련기준(SCAQMD)에 근거 저VOC발산 자재의 사용에 따라 평가	
	실내 화합물 및 오염물 관리 계획	실내에서 발생하는 화합물 및 오염물에 대해 관리 공간제공 등 3가지 기준으로 평가	
	실내 환경 시스템 사용 용이성	perimeter/non-perimeter 공간으로 나누어 창문과 조명, 실내 온도 등의 조절 시스템에 따라 평가	
	열적 쾌적성	ASHRAE기준과 지속적으로 사용가능한 모니터링 시스템의 적용에 따라 평가	
	채광 및 조망성	공간의 일광률을 75, 90%로 나누어 주광률 및 시야에 대해 평가	
디자인 혁신성	디자인 혁신성	LEED인증기준보다 효율적인 개념의 혁신적 수행내용에 대해 평가	
	LEED 인증 전문가	LEED 전문가의 프로젝트팀내 구성여부에 대해 평가	

- LEED의 6가지 부문중 BIPV와의 관련성은 수자원효율 부문을 제외한 나머지 부문에서 관련성을 보임. 지속가능한 부지계획에서는 조명공해 감소계획항목이 포함되었고, 에너지 및 대기 부문에서는 최소 에너지 효율성능기준, 대체에너지 사용, 오존감소방지 계획, 그린에너지 항목들이 관련성을 확인. 또한 최근 LEED에 새롭게 구성된 디자인혁신성 부문중 “LEED인증기준보다 효율적인 개념의 혁신성 수행내용에 대한 평가 기준”항목도 BIPV와의 관련성을 보이는 항목으로 판단됨.

③BREEAM(Building Research Establishment Environmental Assessment Method)

- BREEAM은 유지관리 평가부문 외 8가지의 항목을 포함해서 평가기준을 정하고 있음. 다른 인증과는 다르게 건물의 에너지효율만 평가하는 것이 아닌 실내 이용자의 건강과 웰빙 분야도 평가부문에 포함되어 있어 친환경인증이 건물에 한정되어 있는 것만이 아니라는 것을 보여 줌.

BRREAM의 평가범주 및 평가항목

평가부문	평가항목	BIPV
유지관리	수수료	
	전문 시공자	
	건설이 부지에 미치는 영향	
	건물 이용자를 위한 안내서	
	부지조사	
	컨설팅	
	공용시설	
	보안	
건강과 웰빙	일사채광	
	조망	
	현휘의 조절	
	고주파 조명(고주파 안정기 사용)	
	내·외부의 조명 수준	
	조명 구획 및 조절	
	자연 환기의 가능성	
	실내 공기질	
	휘발성 유기 화합물	
	열적 쾌적성	
	열 구획(개별 온도조절 가능여부)	
	미생물에 의한 오염(물&공기)	
	음향 성능(노이즈 및 반향시간)	
에너지	CO2 방출량 저감	
	실질적인 에너지 사용량 측정	
	고에너지부하 및 임차영역 측정	
	외부 조명(자연광에 따른 외부조명제어의 가능여부)	
	저탄소 또는 무탄소 기술(LZC에 의한 CO2 방출량 저감비율)	
	건물의 구조적 성능과 침기 방지	
	냉장	
	승강기(에너지 절약형 승강기)	
	에스컬레이터와 수평보행기	
교통	대중교통 활용 대책	
	근린생활시설의 근접성	
	자전거 이용자 시설	
	보행자 및 자전거 이용자의 안전	
	여행자 계획	
	최대 주차 수용능력	
수자원	물 소비(절수형 위생기구 사용)	
	물 소비량 측정(공급관에 미터를 설치하여 사용량 관리)	
	주 공급관의 누수 탐지(누수탐지 시스템 설치여부)	
	화장실 수도 공급 차단(화장실영역에 근접한 배관의 탐지 및 차단시스템 설치로 누수저감)	

평가부문	평가항목	BIPV
재료	(주요 건축요소로서의)재료 특성(건축/마감 재료의 성능에 의한 평가)	
	조경 바닥포장 및 경계 보호(재료의 환경성능에 따른 평가)	
	건물 외관의 재활용	
	기존 구조체의 재활용	
	자재의 출처에 대한 신뢰성	
	단열재	
	튼튼한 설계(자재의 강도를 높여 교체빈도를 낮추기 위함)	
토지이용 및 생태	기존 대지의 재활용	
	오염된 토지(토지자원의 재생을 위한 조치 수행여부)	
	대지의 생태학적 가치 및 생태요소의 보호	
	생태적 영향의 완화	
	부지 생태의 향상	
	종 다양성에 미치는 장기적 영향	
오염	냉동기의 지구온난화물질-빌딩서비스(냉동기가 지구온난화물질을 적게 포함하거나, 설치되지 않은 경우)	
	냉동기 누수의 예방(냉동기로부터 대기오염물질 방출 방지)	
	냉동기의 지구온난화물질-냉장장치	
	난방연료로부터의 질소산화물 방출 저감	
	범람의 위험(홍수 피해로부터 안전한 지역에 입지여부)	
	하천 오염의 최소화(오염물질이 건물로부터 하천으로 유입되지 않도록 처리시설을 마련)	
	야간 빛 공해의 저감	
	소음의 저감	
혁신성	혁신적인 디자인	

- BREEAM은 9개평가부문중 5개 부문에서 BIPV와의 관련성을 보여줌. 건강과 웰빙 부문에서는 일사채광, 조망, 현회의 조절, 소음 등의 평가항목, 재료부문에서는 재료 특성, 건물 외관의 재활용, 단열재 등의 평가항목에서 관련성을 보임. 오염 부문에서는 난방연료로부터의 질소산화물 방출 저감과 야간 빛 공해의 저감, 소음의 저감 총 3개지 항목에서 관련성을 나타냄.

④CASBEE(Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency)

- CASBEE는 크게 건물내부의 환경성능 및 질의 값과 건물이 생산해내는 환경부하 값으로 분류. 건물내부의 환경성능 및 질의 값에 해당되는 항목은 실내환경 외 2항목을 포함해 평가되며, 건물이 생산해내는 환경부하 값은 에너지 부문 외 2개 항목을 포함해 평가함.

CASBEE의 평가범주 및 평가항목

항목	평가부문	평가항목	평가기준	BIPV
Q	Q-1 실내 환경	음환경	소음	
			차음	
			흡음	
		온열환경	실의 온도제어	
			습도제어	
			공조방식	
		광 환경	주광이용	
			눈부심 대책	
			조도	
			조명제어	
		공기질	발생원 대책	
			환기	
			운용관리	
	Q-2 서비스 환경	기능성	기능성 · 사용용이성	
			심리성 · 쾌적성	
		내용성 · 신뢰성	내진 · 면진	
			부품 · 부재의 내용연수	
			신뢰성	
		대응성 · 갱신성	공간의 여유	
			하중의 여유	
			설비의 갱신성	
	Q-3 부지 내 실외환경	생물환경의 보전과 창출		
		경관의 배려		
		지역성 · 쾌적성에 대한 배려		

항목	평가부문	평가항목	평가기준	BIPV
L	LR-1 에너지	건물의 열 부하 억제		
		자연에너지의 이용	자연 에너지의 직접이용	
			자연 에너지의 간접이용	
		설비시스템의 고 효율화	공조설비	
			환기설비	
			조명설비	
			급탕설비	
			승강기설비	
			에너지이용 효율화 설비	
		효율적 운용	모니터링	
			운용관리체제	
	LR-2 자원·재료	수자원 보호	절수	
			우수이용, 잡배수 재이용	
		저 환경부하 재료의 사용	자원의 재이용 효율	
			지속가능한 삼림에서 산출된 목재활용	
			건강피해의 우려가 적은 재료 사용	
			기존건축 구조체 등의 재이용	
			비최종 처분 예상량(Waste Diposal)	
			CFCs와 Halon	
	LR-3 부지 외 환경	대기·지하수·토양오염 방지		
		소음·진동·악취의 발생 방지	소음·진동	
			악취	
		풍해·일조장해의 억제		
		광해의 억제		
		온열환경의 악화개선		
		지역 인프라 부하 억제		

- CASBEE 친환경 인증제도는 크게 건물내부의 환경성능 및 질의 값(Q)과 건물이 생산해내는 환경부하 값(L)으로 구분되며, Q부문 3개, L부문 3개로 다시 나뉘어짐. 타 친환경인증보다 많은 항목의 관련성을 보였으며, 특히 빛 환경 항목에서는 대부분의 기준들이 관련성을 보임. Q부문 실내환경 항목에서는 음환경, 온열환경, 빛환경, 공기질에서 관련성을 보였으며, 서비스환경부문에서는 내용성·신뢰성과 대응성·갱신성 항목이 관련성을 나타냄. L항목의 에너지, 자원·재료, 부지외환경 부문에서 다양한 기준들이 관련성을 보였고, 그중 에너지 부문의 자연에너지의 이용 항목은 대부분의 기준들이 BIPV시스템과의 관련성을 보임.

나. 도심지 오피스 대상 BIPV 평가요소 도출 및 지표 제안

상기의 내용을 바탕으로 BIPV평가 요소로서는 도시적/건축적인 요소로 나누고 일조 성능, 발전성능, 열관류율, 건물에너지효율, PMV, 불쾌현위의 영역으로 관련 측정 기준을 지표로 삼아 아래와 같이 평가 지표로서 제안함.

도시적 BIPV 평가 지표

대분류	소분류	등급기준														
도시적평가지표	일조성능	① 평가기준 각 방위별 창호의 폭과 높이의 중앙지점에 측정점을 지정하여, 동지일 기준으로 09:00 ~15:00 사이에 최소 4시간의 일조가 확보되는 방위별 BIPV 설치 면을 전체 설치 면의 백분율로 평가 ② BIPV 설치를 위한 일조평가 등급산출기준 <table><tr><th>구 분</th><th>일조확보율</th></tr><tr><td>1 등급</td><td>$V \geq 80\%$</td></tr><tr><td>2 등급</td><td>$75\% \leq V < 80\%$</td></tr><tr><td>3 등급</td><td>$70\% \leq V < 75\%$</td></tr><tr><td>4 등급</td><td>$65\% \leq V < 70\%$</td></tr><tr><td>5 등급</td><td>$60\% \leq V < 65\%$</td></tr></table>	구 분	일조확보율	1 등급	$V \geq 80\%$	2 등급	$75\% \leq V < 80\%$	3 등급	$70\% \leq V < 75\%$	4 등급	$65\% \leq V < 70\%$	5 등급	$60\% \leq V < 65\%$		
	구 분	일조확보율														
	1 등급	$V \geq 80\%$														
2 등급	$75\% \leq V < 80\%$															
3 등급	$70\% \leq V < 75\%$															
4 등급	$65\% \leq V < 70\%$															
5 등급	$60\% \leq V < 65\%$															
	방위별 발전성능	① 평가기준 남향 수직면을 기준으로 BIPV가 설치되는 방위별로 발전성능 비율을 분석한 뒤, 면적별 발전성능 비율을 가중 평균하여 백분율로 평가 예시) 남향(2m², 100.0%) 서향(5m², 80.1%) $[(2\text{m}^2 \times 1) + (5\text{m}^2 \times 0.801)] / (2\text{m}^2 + 5\text{m}^2) = 85.8\%$ ② BIPV 설치를 위한 일조평가 등급산출기준 <table><tr><th>구분</th><th>발전성능 백분율</th></tr><tr><td>1등급</td><td>$V \geq 90\%$</td></tr><tr><td>2등급</td><td>$80\% \leq V < 90\%$</td></tr><tr><td>3등급</td><td>$70\% \leq V < 80\%$</td></tr><tr><td>4등급</td><td>$60\% \leq V < 70\%$</td></tr><tr><td>5등급</td><td>$50\% \leq V < 60\%$</td></tr><tr><td>6등급</td><td>$40\% \leq V < 50\%$</td></tr></table>	구분	발전성능 백분율	1등급	$V \geq 90\%$	2등급	$80\% \leq V < 90\%$	3등급	$70\% \leq V < 80\%$	4등급	$60\% \leq V < 70\%$	5등급	$50\% \leq V < 60\%$	6등급	$40\% \leq V < 50\%$
구분	발전성능 백분율															
1등급	$V \geq 90\%$															
2등급	$80\% \leq V < 90\%$															
3등급	$70\% \leq V < 80\%$															
4등급	$60\% \leq V < 70\%$															
5등급	$50\% \leq V < 60\%$															
6등급	$40\% \leq V < 50\%$															

대분류	소분류	등급기준																																		
건축적평가지표	열관류율	① 평가기준 창세트 에너지소비효율등급제를 따름 ② BIPV 창호의 열관류율 등급 기준 <table><tr><th>구분</th><th>1등급</th><th>2등급</th><th>3등급</th><th>4등급</th><th>5등급</th></tr><tr><td>열관류율</td><td>1.0</td><td>1.4</td><td>2.1</td><td>2.8</td><td>3.4</td></tr></table> 단위 : W/m²K	구분	1등급	2등급	3등급	4등급	5등급	열관류율	1.0	1.4	2.1	2.8	3.4																						
	구분	1등급	2등급	3등급	4등급	5등급																														
	열관류율	1.0	1.4	2.1	2.8	3.4																														
건물에너지효율	① 평가기준 건축물에너지효율등급제를 따름 1. ② 건물에너지 효율 등급 기준 <table><tr><th rowspan="2">등급</th><th>주거용 건축물</th><th>주거용 이외의 건축물</th></tr><tr><th>연간 단위면적당 1차에너지소요량 (kWh/㎡·년)</th><th>연간 단위면적당 1차에너지소요량 (kWh/㎡·년)</th></tr><tr><td>1+++</td><td>60 미만</td><td>80 미만</td></tr><tr><td>1++</td><td>60 이상 90 미만</td><td>80 이상 140 미만</td></tr><tr><td>1+</td><td>90 이상 120 미만</td><td>140 이상 200 미만</td></tr><tr><td>1</td><td>120 이상 150 미만</td><td>200 이상 260 미만</td></tr><tr><td>2</td><td>150 이상 190 미만</td><td>260 이상 320 미만</td></tr><tr><td>3</td><td>190 이상 230 미만</td><td>320 이상 380 미만</td></tr><tr><td>4</td><td>230 이상 270 미만</td><td>380 이상 450 미만</td></tr><tr><td>5</td><td>270 이상 320 미만</td><td>450 이상 520 미만</td></tr><tr><td>6</td><td>320 이상 370 미만</td><td>520 이상 610 미만</td></tr><tr><td>7</td><td>370 이상 420 미만</td><td>610 이상 700 미만</td></tr></table>	등급	주거용 건축물	주거용 이외의 건축물	연간 단위면적당 1차에너지소요량 (kWh/㎡·년)	연간 단위면적당 1차에너지소요량 (kWh/㎡·년)	1+++	60 미만	80 미만	1++	60 이상 90 미만	80 이상 140 미만	1+	90 이상 120 미만	140 이상 200 미만	1	120 이상 150 미만	200 이상 260 미만	2	150 이상 190 미만	260 이상 320 미만	3	190 이상 230 미만	320 이상 380 미만	4	230 이상 270 미만	380 이상 450 미만	5	270 이상 320 미만	450 이상 520 미만	6	320 이상 370 미만	520 이상 610 미만	7	370 이상 420 미만	610 이상 700 미만
등급	주거용 건축물		주거용 이외의 건축물																																	
	연간 단위면적당 1차에너지소요량 (kWh/㎡·년)	연간 단위면적당 1차에너지소요량 (kWh/㎡·년)																																		
1+++	60 미만	80 미만																																		
1++	60 이상 90 미만	80 이상 140 미만																																		
1+	90 이상 120 미만	140 이상 200 미만																																		
1	120 이상 150 미만	200 이상 260 미만																																		
2	150 이상 190 미만	260 이상 320 미만																																		
3	190 이상 230 미만	320 이상 380 미만																																		
4	230 이상 270 미만	380 이상 450 미만																																		
5	270 이상 320 미만	450 이상 520 미만																																		
6	320 이상 370 미만	520 이상 610 미만																																		
7	370 이상 420 미만	610 이상 700 미만																																		

대분류	소분류	등급기준														
건축적평가지표	PMV	① 평가기준 비공조 상태의 대상 건물을 기준으로 Fanger PMV 방식으로 연간 시간별 데이터를 분석하여 전체 빈도 중 쾌적범위 $-0.5 < V < 0.5$ 사이에 해당하는 빈도 백분율														
		② 창호적용에 따른 온열환경성능(PMV) 등급 기준														
		<table><tr><th>구분</th><th>발전성능 백분율</th></tr><tr><td>1등급</td><td>$V \geq 70\%$</td></tr><tr><td>2등급</td><td>$60\% \leq V < 70\%$</td></tr><tr><td>3등급</td><td>$50\% \leq V < 60\%$</td></tr><tr><td>4등급</td><td>$40\% \leq V < 50\%$</td></tr><tr><td>5등급</td><td>$30\% \leq V < 40\%$</td></tr><tr><td>6등급</td><td>$V < 30\%$</td></tr></table>	구분	발전성능 백분율	1등급	$V \geq 70\%$	2등급	$60\% \leq V < 70\%$	3등급	$50\% \leq V < 60\%$	4등급	$40\% \leq V < 50\%$	5등급	$30\% \leq V < 40\%$	6등급	$V < 30\%$
		구분	발전성능 백분율													
		1등급	$V \geq 70\%$													
		2등급	$60\% \leq V < 70\%$													
		3등급	$50\% \leq V < 60\%$													
		4등급	$40\% \leq V < 50\%$													
	5등급	$30\% \leq V < 40\%$														
	6등급	$V < 30\%$														
불쾌현황	① 평가기준 창면으로부터 2m 떨어진 거리에서 높이 165mm를 기준으로 창면을 바라봤을 때의 불쾌현황 지수(DGI)를 분석하여 연간 시간별 데이터 중 22미만에 해당하는 빈도수의 백분율 분석															
	<table><tr><th colspan="2">건물용도 별 권장 불쾌현황 지수</th></tr><tr><th>건물용도</th><th>권장 불쾌현황 지수</th></tr><tr><td>공장</td><td>22</td></tr><tr><td>병원</td><td>18</td></tr><tr><td>연구소</td><td>22</td></tr><tr><td>박물관</td><td>20</td></tr><tr><td>사무소</td><td>22</td></tr><tr><td>학교</td><td>20</td></tr></table>	건물용도 별 권장 불쾌현황 지수		건물용도	권장 불쾌현황 지수	공장	22	병원	18	연구소	22	박물관	20	사무소	22	학교
건물용도 별 권장 불쾌현황 지수																
건물용도	권장 불쾌현황 지수															
공장	22															
병원	18															
연구소	22															
박물관	20															
사무소	22															
학교	20															
	② 불쾌현황 발생 빈도 백분율 평가지표															
	<table><tr><th>구분</th><th>연간불쾌현황 발생빈도 백분율</th></tr><tr><td>1등급</td><td>$V < 5\%$</td></tr><tr><td>2등급</td><td>$5\% \leq V < 10\%$</td></tr><tr><td>3등급</td><td>$10\% \leq V < 15\%$</td></tr><tr><td>4등급</td><td>$15\% \leq V < 20\%$</td></tr><tr><td>5등급</td><td>$20\% \leq V < 25\%$</td></tr><tr><td>6등급</td><td>$V < 25\%$</td></tr></table>	구분	연간불쾌현황 발생빈도 백분율	1등급	$V < 5\%$	2등급	$5\% \leq V < 10\%$	3등급	$10\% \leq V < 15\%$	4등급	$15\% \leq V < 20\%$	5등급	$20\% \leq V < 25\%$	6등급	$V < 25\%$	
	구분	연간불쾌현황 발생빈도 백분율														
	1등급	$V < 5\%$														
	2등급	$5\% \leq V < 10\%$														
	3등급	$10\% \leq V < 15\%$														
4등급	$15\% \leq V < 20\%$															
5등급	$20\% \leq V < 25\%$															
6등급	$V < 25\%$															

BIPV 평가지표에 따른 등급별 점수 분포

도시적 평가요소										
일조성능	1등급		2등급		3등급		4등급		5등급	
	5		4		3		2		1	
방위별발	1등급		2등급		3등급		4등급		5등급	
전성능	6		5		4		3		2	
건축적 평가요소										
열관류율	1등급		2등급		3등급		4등급		5등급	
	5		4		3		2		1	
건물 에너지 효율	1+++	1++	1+	1	2	3	4	5	6	7
	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5
PMV	1등급		2등급		3등급		4등급		5등급	
	6		5		4		3		2	
불쾌현황	1등급		2등급		3등급		4등급		5등급	
	6		5		4		3		2	

BIPV 평가 등급

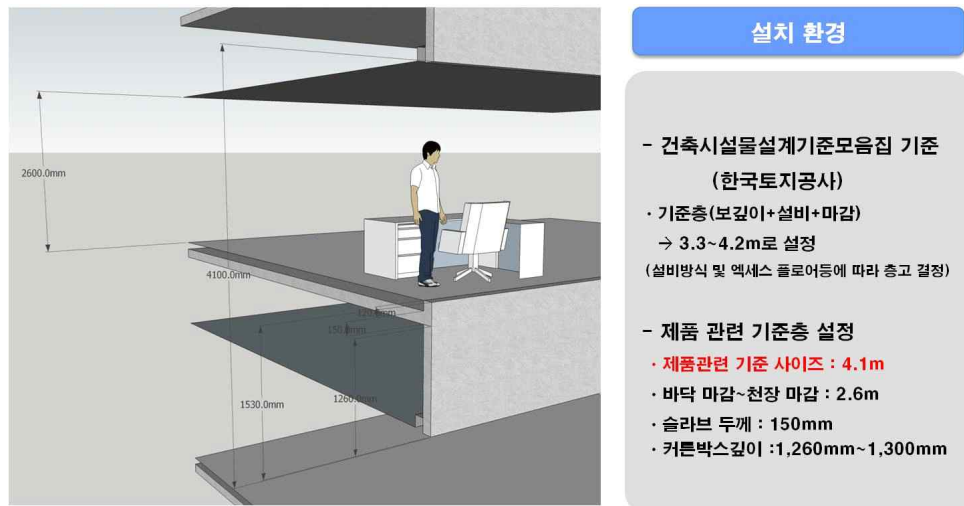
BIPV 평가 등급	평가점수 범위
1등급	$V \geq 30$
2등급	$26 \leq V < 30$
3등급	$22 \leq V < 26$
4등급	$18 \leq V < 22$
5등급	$14 \leq V < 18$
6등급	$V < 14$

3. BIPV Unit 시스템 개발

가. BIPV Unit 시스템 설계

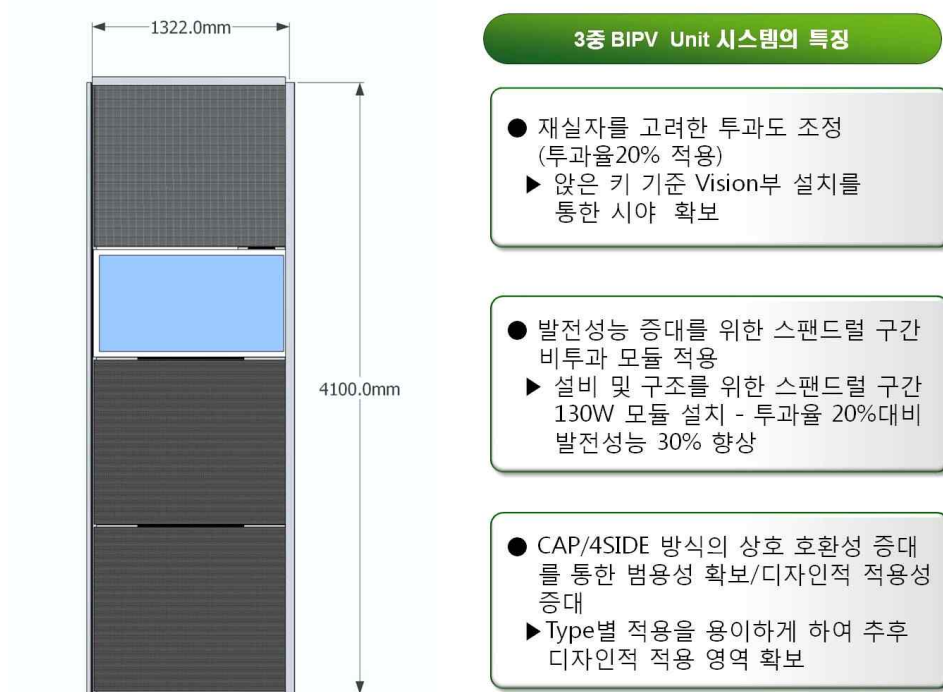
(1) BIPV Unit 시스템 초안 설계 및 모델링

- 건축시설물설계기준모음집(한국토지공사)을 참조하여 기준 층고 등 제품 개발을 위한 건축 기준을 설정하였고 이를 반영하였음.

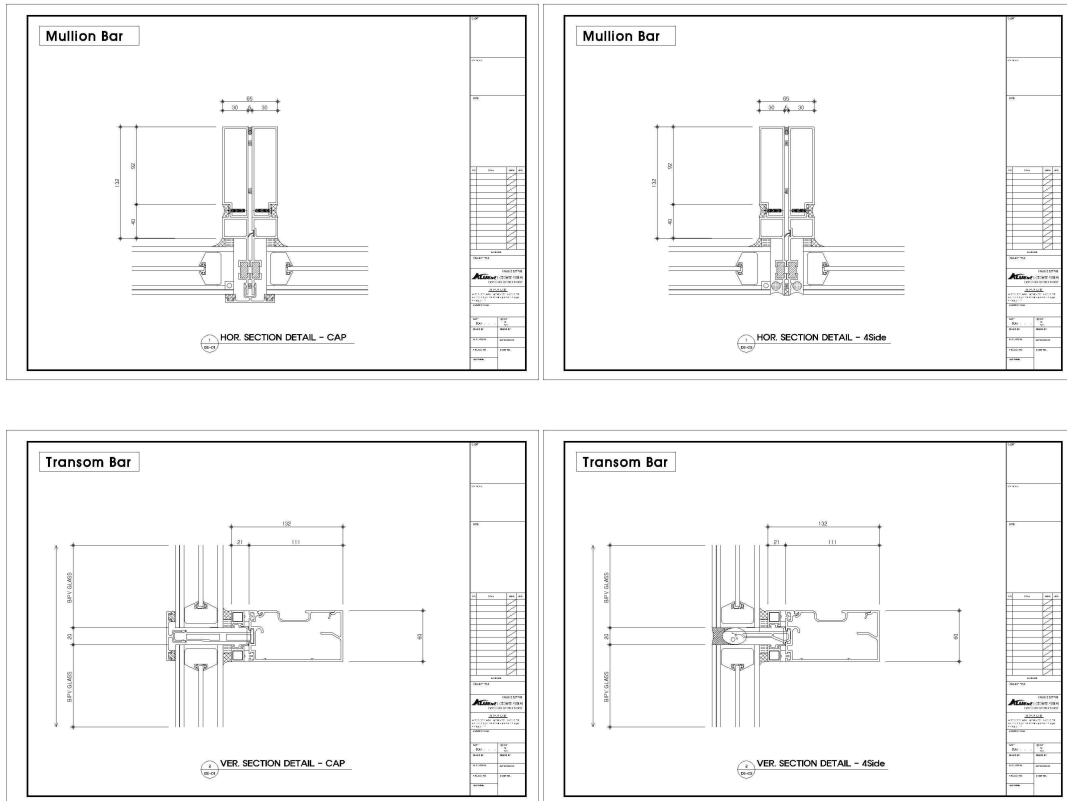


제품개발을 위한 기준 설정

- 상기 고려요소를 참조하여 BIPV Unit 시스템이 갖춰야 할 기본사항을 정리하였고 이를 토대로 초안을 작성하였다.

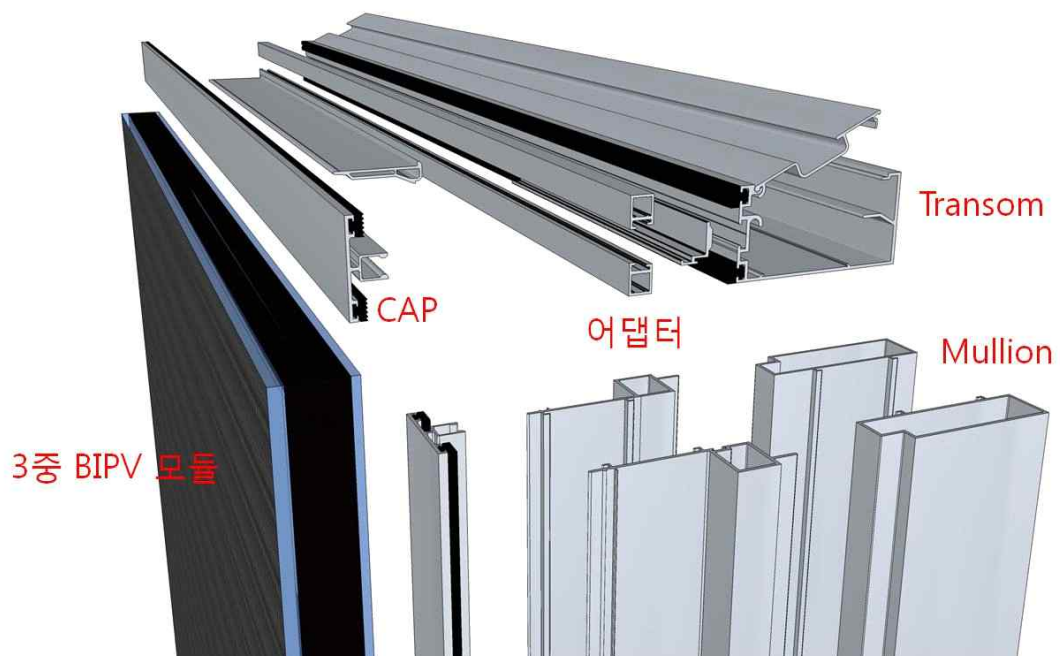


제품 반영요소 정리



BIPV Unit Frame 초안 도면

- 이에 3D 작업을 통한 시스템화를 검토하였으며 시뮬레이션을 통해 성능을 검토하였음.



BIPV Unit 시스템 3D검토

1. DESIGN CRITERIA

1. 1 General

- Environmental Conditions : NFRC100-2001
- 유리제조사 : 국내유리성능기준(한국유리)

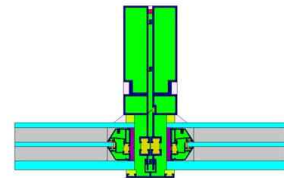
1. 2 Applicable Specification

- Outside Ambient Temp : $T_o = -18^{\circ}\text{C}$
- Inside Ambient Temp : $T_i = 21^{\circ}\text{C}$

1. 3 Analysis Program

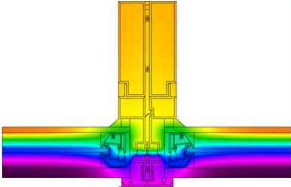
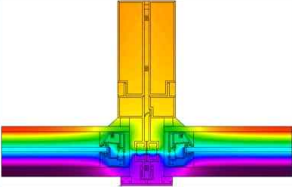
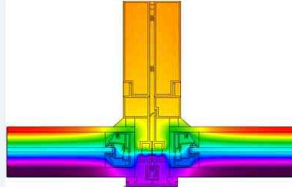
- THERM 6.3
- WINDOW 6.3

2. 비교분석 (CAP TYPE / MULLION)

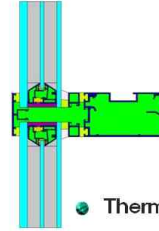


Therm Simulation

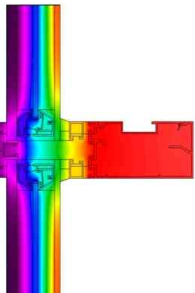
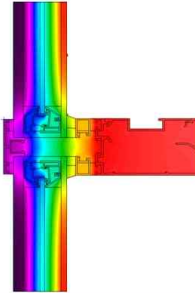
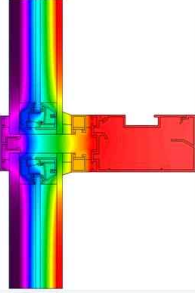
Therm Modeling

	TYPE-1	TYPE-2	TYPE-3
유리사양	1면로이 삼중유리	56.7mm 2면로이 삼중유리	56.7mm삼중유리 2면로이 월권주입
simulation			
U_g ($\text{w/m}^2\text{K}$)	1.21	0.93	0.78
U_f ($\text{w/m}^2\text{K}$)	7.64	7.47	7.43

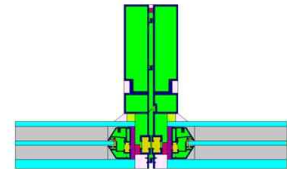
3. 비교분석 (CAP TYPE / TRANSOM)



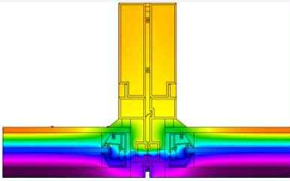
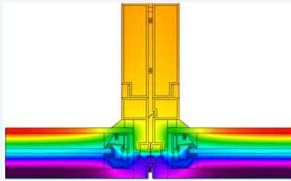
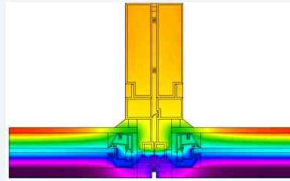
Therm Simulation

	TYPE-1	TYPE-2	TYPE-3
유리사양	1면로이 삼중유리	2면로이 삼중유리	2면로이 일관주입
simulation			
U_g (w/m ² k)	1.21	0.93	0.78
U_f (w/m ² k)	5.30	5.08	5.04

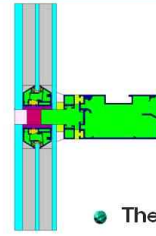
4. 비교분석 (4SIDE TYPE / MULLION)



Therm Simulation

	TYPE-1	TYPE-2	TYPE-3
유리사양	1면로이 삼중유리	2면로이 삼중유리	2면로이 일관주입
simulation			
U_g (w/m ² k)	1.21	0.93	0.78
U_f (w/m ² k)	7.61	7.45	7.42

5. 비교분석 (4SIDE TYPE / TRANSOM)



Therm Simulation

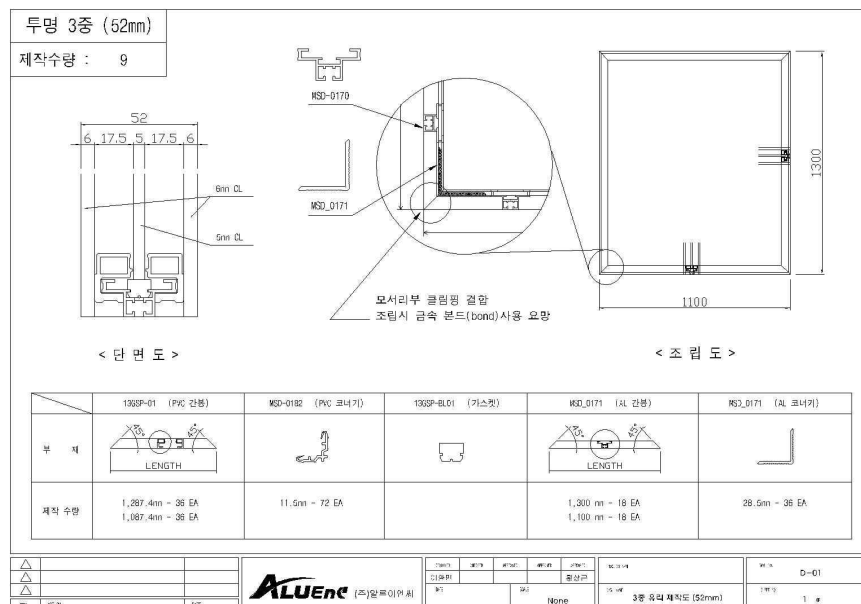
Therm Modeling

	TYPE-1	TYPE-2	TYPE-3
유리사양	1면로이 삼중유리	2면로이 삼중유리	2면로이 일관주입
simulation			
Ug (w/m²K)	1.21	0.93	0.78
Uf (w/m²K)	5.11	4.89	4.85

(2) BIPV Unit시스템 수정 및 보완

(가) 3중유리 시스템 수정 및 보완

- 연구를 수행중 기존 3중유리의 알루미늄 간봉의 두께가 커 제품 생산원가가 높고 열적성능이 저하되는 단점을 인식하여, 폴리아미드 소재를 활용한 간봉을 활용하여 변형시켜 원가 절감 및 단열 성능을 확보함.



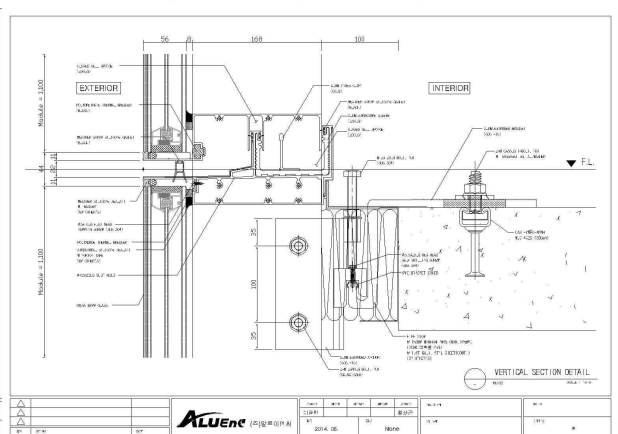
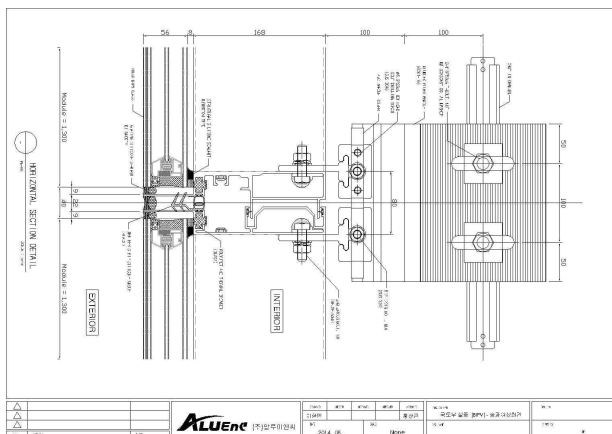
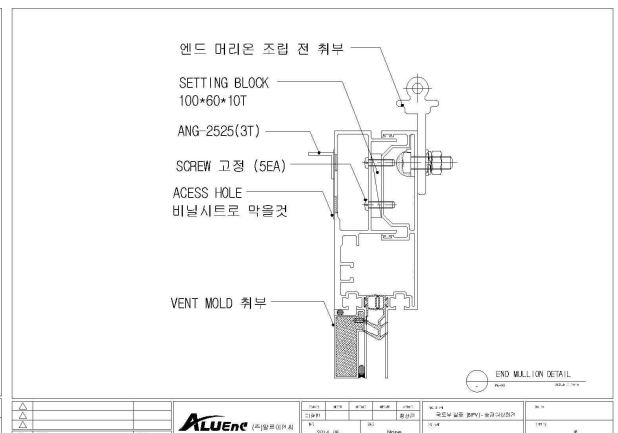
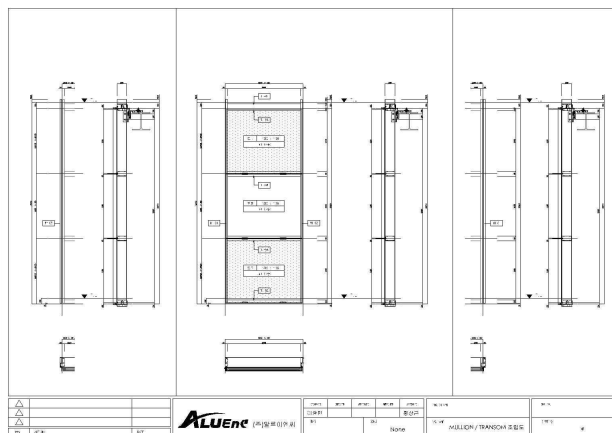
개발 3중유리 제작도



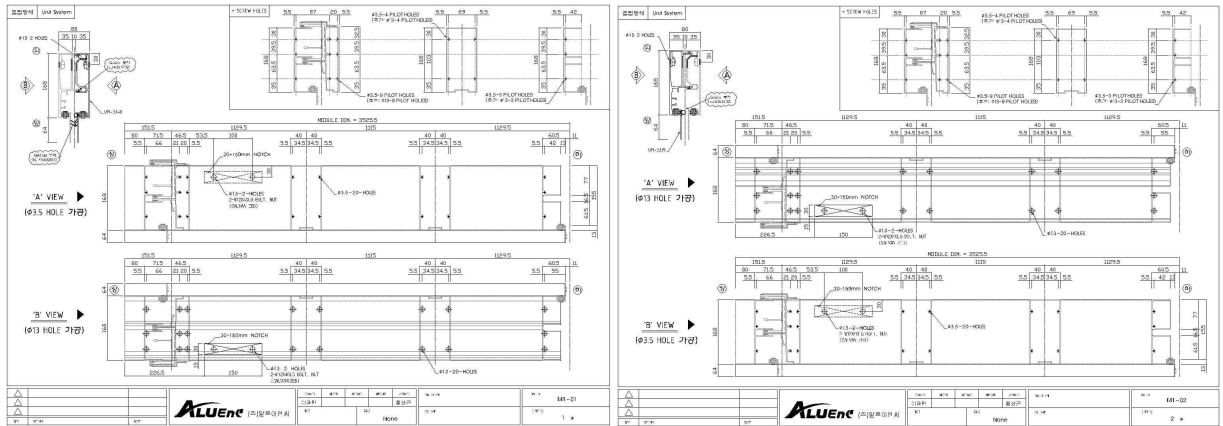
당사 3중 유리와 보완 개발한 3중유리 간봉 비교

(나)BIPV Unit 프레임 수정 및 보완

- 알루미늄 프레임의 열수축 및 팽창을 고려하여 형태를 변형하였고 시공성을 감안하여 수정, 보완함.



보완 개발한 3중 BIPV Unit 프레임 도면



보완 개발한 BIPV Unit 프레임 제작도

(3) BIPV Unit시스템 개발 결과

- 보완 개발한 제품에 대해 시뮬레이션을 수행하여 성능을 검토하였음.

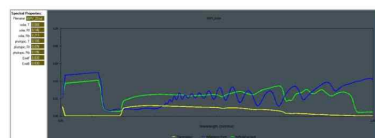
1) 52T Low-E TRIPLE GLASS

DESIGN CONDITION & RESULT			
GLASS TYPE	52T Low-E TRIPLE GLASS		
ENVIRONMENTAL CONDITION	OUTSIDE	0℃	
	INSIDE	20℃	
GLASS SIZE	860mm × 1300mm		
GLASS AREA	1.118 m ²		
EDGE OF GLASS AREA	0.273 m ²		
CENTER OF GLASS AREA	1.001 m ²		
U-FACTOR	Center of Glass	0.795 [W/(m ² · K)]	
	EDGE of Glass	HEAD	1.698 [W/(m ² · K)]
		SILL	1.697 [W/(m ² · K)]
		JAMB	1.697 [W/(m ² · K)]
	TOTAL GLAZING	0.99 [W/(m ² · K)]	
시험성적서 U-FACTOR	TOTAL GLAZING	0.96 [W/(m ² · K)]	
	시뮬레이션 오차율	+ 3.03 %	

2) 54.76T PV Laminated Low-E TRIPLE GLASS

DESIGN CONDITION & RESULT			
GLASS TYPE	54.76T PV_Laminated Low-E TRIPLE GLASS		
ENVIRONMENTAL CONDITION	OUTSIDE	0°C	
	INSIDE	20°C	
GLASS SIZE	860mm × 1300mm		
GLASS AREA	1.118 m ²		
EDGE of GLASS AREA	0.273 m ²		
CENTER of GLASS AREA	1.001 m ²		
U-FACTOR	Center of Glass	0.795 [W/(m ² · K)]	
	EDGE of Glass	HEAD	1.631 [W/(m ² · K)]
		SILL	1.621 [W/(m ² · K)]
		JAMB	1.621 [W/(m ² · K)]
	TOTAL GLAZING	0.92 [W/(m ² · K)]	

1) PV 광학성능 산출

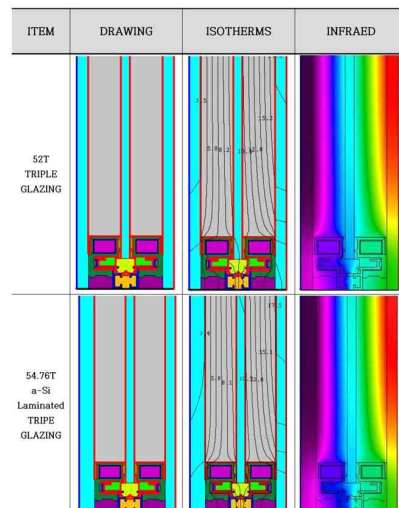


[PV 광학성능 산출 데이터]

Glass Library	
ID #	50003 Thickness 8.16 mm
Name	a-Si PV 20%
Product Name	a-Si (B)PV 20%
Manufacturer	ALUENE Corp.
Solar	
Trans. Front	0.088
Trans. Back (Tto2)	0.088
Reflect. Front (Rto1)	0.146
Reflect. Back (Rto2)	0.213
Visible	
Trans. Front (Tvis)	0.100
Trans. Back (Tvis2)	0.100
Reflect. Front (Rvis1)	0.076
Reflect. Back (Rvis2)	0.195
IR	
Trans (Tir)	0.000
Emiss. Front	0.830
Emiss. Back	0.830
Conductivity	0.800 W/m-K
Color	☒ Diffusing ☐ Spectral data

[PV GLASS data 생성]

2) GLAZING SIMULATION



- 시뮬레이션을 통한 검토 결과, 보완 개발한 복합 간봉을 사용시 BIPV모듈의 열관류율이 $1.0\text{W/m}^2\text{K}$ 이하가 가능한 것으로 검토되어 공인시험인증기관을 통해 열관류율 $0.96\text{W/m}^2\text{K}$ 의 시험성적서를 취득함.



시험성적서

Test Certificate

한국유리공업(주) 기술연구소
573-879 전북 군산시 소룡동 77 TEL (063) 450-1300 FAX (063) 457-2762



성적서번호	20140484	접수일	2014-04-11	시험기간	2014-04-14 ~ 2014-04-24	
의뢰처	(주)하이퍼린도우			의뢰인	류성호	
주소	(369-841) 충북 음성군 생곡면 음성로 1380			용도	품질관리팀	
시료명	HP 52mm (6CL(H/S) + 17.5A + 5PLA113 (#3) + 17.5A + 6PLA113, #5)			시험항목	열관류율	

페이지(1)/(총 1)

시험결과

- 적용규격 : KS F 2277 :2002, 8.온도측정
- 시험장비 : 열관류율 측정기, 고려계전, KOREA
- 시험환경 : 온도 : 최저 21.5 °C, 최고 25.6 °C 습도 : 최저 32.1 %R.H., 최고 48.5 %R.H.
- 시험결과 :

시료명 시험항목	단위	HP 52mm (6CL(H/S) + 17.5A + 5PLA113(#3) + 17.5A + 6PLA113, #5)
열관류율	[W/(m² · K)]	0.96
열관류저항	[(m² · K)/W]	1.04

' 끝 '

확 인	작성자 성명 : 김영환 	승인자 직위 : 기술책임자  성명 : 노영래
	2014 년 04 월 25 일 한국인정기구 인정 한국유리공업(주) 기술연구소 소장 	

1. 위 성적서는 의뢰자가 제시한 시료에 대하여 시험한 결과입니다.
 2. 위 성적서는 총보, 성적, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 본 시험성적서에 기재된 용도 이외의 사용을 금합니다.
 3. 위 성적서는 국제시험기관정합협정(International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정(Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구(KOLAS)로부터 공인 받은 분야에 대한 시험결과입니다.

양식번호(P-71-004)
개정번호(10)
개정일(2012. 09. 17)

보완 개발한 복합 간봉 적용 시험성적서

(3)BIPV Unit 시스템 경제성 평가

단위 유닛 유리 종류별 원가 분석

구분	복층 유리 시스템 (더블 Low-E코팅)	3중 유리 시스템	3중 BIPV Unit시스템
유리 및 모듈	445,500	742,500	1,360,500
AL-프레임	220,500	240,000	240,000
부속 자재류	20,000	22,000	22,000
조립비	73,500	98,000	98,000
설치비(결선비용 포함)	137,500	165,000	192,500
합계	897,000	1,267,500	1,913,000

※ 접속함,인버터등 내부 장치 및 결선 비용은 제외된 금액임

1,000Unit(5,500m²) 설치시 유리 종류별 원가 분석

구분	복층 유리 시스템 (더블 Low-E코팅)	3중 유리 시스템	3중 BIPV Unit시스템
전체 설치 비용	897,000,000	1,267,500,000	1,913,000,000
외장재 대체 비용			- 897,000,000
냉난방절감비용(연간)			-28,949,500
발전비용(연간)			-67,890,000
손익분기점			10.5년
설치 이익 (설치후 35년 기준)			2,359,380,000

※ BIPV 310kW설치 기준이며 상기 제시된 에너지 저감율을 도입하였으며 외장재는 복층유리 기준으로 산출한 값임

본 개발 시스템을 복층 유리 시스템과 비교하여 1,000Unit(5,500m²) 설치를 가정으로 하여 원가분석을 하였을 때 외장재 대체 비용은 8억 9천 7백만원 정도이며 연간 절감비용은 9천 6백만원이 되었다. 손익분기점은 설치후 10.5년이후 발생하며 건물 수명을 35년을 기준으로 하였을 때 설치에 따른 이익은 23억 5천 9백만원이 발생하였다. 건물 외장재의 경우 기본 30년 이상을 내구연수로 보기 때문에 손익분기점 10.5년은 긴 편은 아니라고 판단되며, 손익분기점 이후 꾸준히 비용절감이 발생되고 건물 수명에 따라 이익은 증가되기 때문에, 타 외장재 대비 경제성이 뛰어나다고 사료됨. 향후 공정 절차 간소화 및 원재료 절감을 통해 원가비용을 낮춰 손익분기점을 7~8년 사이 달성이 가능하다고 판단됨.

4. 시뮬레이션을 위한 기준 및 개념 정립

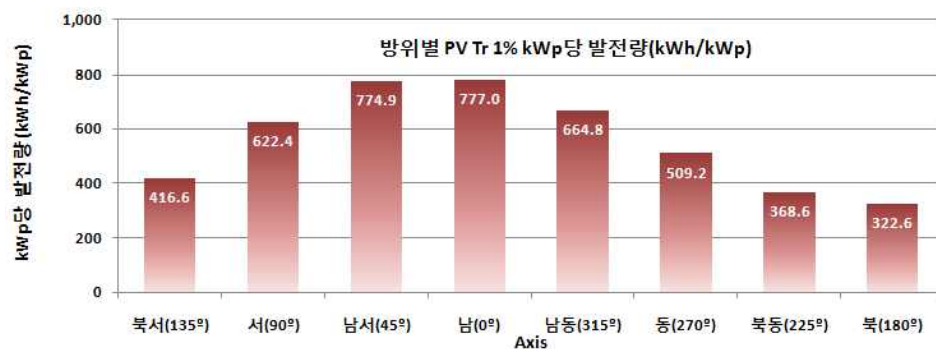
가. 발전성능 평가 개념 정립

(1) 방위별 발전성능 평가 개요

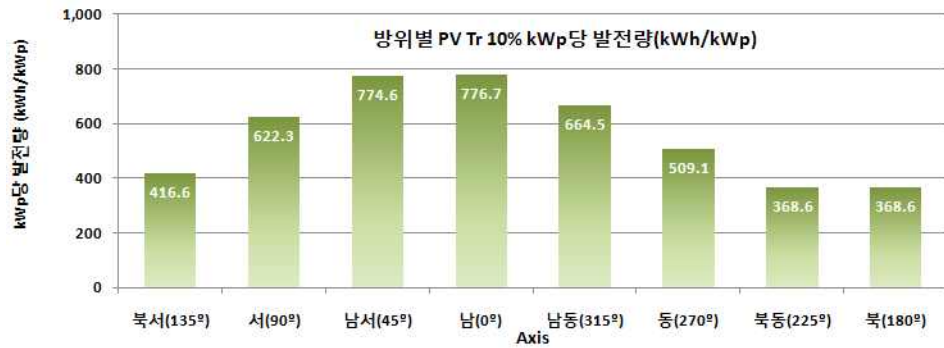
- BIPV를 건물에 적용하는데 있어 가장 중요한 부분이 BIPV를 건물에 설치했을 때 STC 표준조건에 비해 어느 정도의 성능을 발휘할 수 있는가에 있음. 신축 및 증축 단계에서 신재생에너지 의무설치 기준에 따라 용량만 고려하여 설치하게 될 경우 최대의 효율을 내는데 어려움이 있음. 일반적으로 BIPV를 적용하게 되면 20~30년 정도 사용하게 되는데, 방위 별 발전성능에 대한 고려 없이 설치하게 되면 연간 손실되는 BIPV 전력생산량이 많아 건축주 혹은 거주자 입장에서 손해가 됨. 따라서 본 절에서는 BIPV 모듈 설치 시 방위별로 어느 정도 성능을 나타낼 수 있는지에 대한 정량적 평가를 수행함.

(2) BIPV 창호의 방위별 발전성능 평가 방법

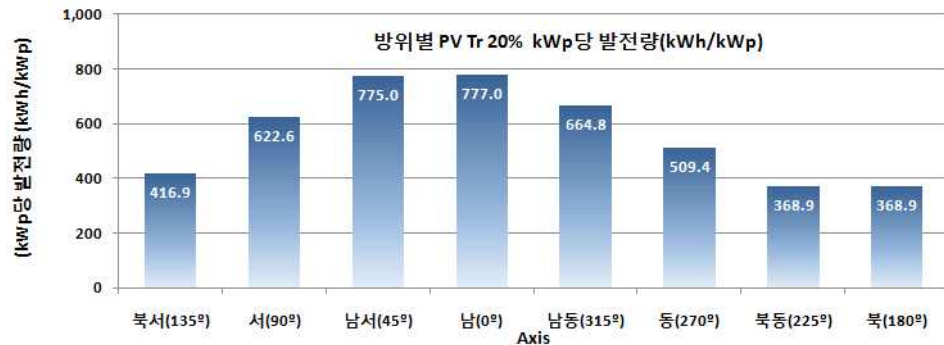
- PV의 발전성능을 예측할 수 있는 방법은 시뮬레이션 도구를 활용하는 것이 가장 효율적임. 시뮬레이션 도구에는 대표적으로 TRNSYS, PV Pro, PVSYS, 등 여러 가지 도구가 있고 대부분 One-diode PV 해석방식을 채택하고 있음. 하지만, 본 연구에서 활용하고자 하는 BIPV인 Amorphous(아몰포스) Cell의 경우 One-diode 방식으로 해석하는데 어려움이 있음. 따라서 Canada의 Sandia 연구소에서 측정한 실험값을 바탕으로 아몰포스 박막 PV를 해석할 수 있는 EnergyPlus 도구의 Generator Component를 활용함. 기상데이터는 태양에너지학회의 서울지역 30년 표준기상데이터를 사용하였음.



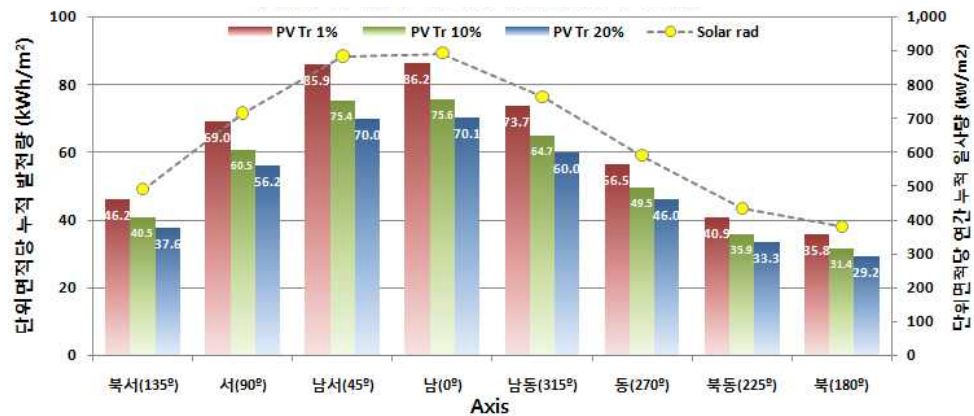
BIPV 1% 개구율의 방위 별 kWp당 발전량 분석결과



BIPV 10% 개구율의 방위 별 kWp당 발전량 분석결과



BIPV 20% 개구율의 방위 별 kWp당 발전량 분석결과



방위별 단위면적당 누적발전량

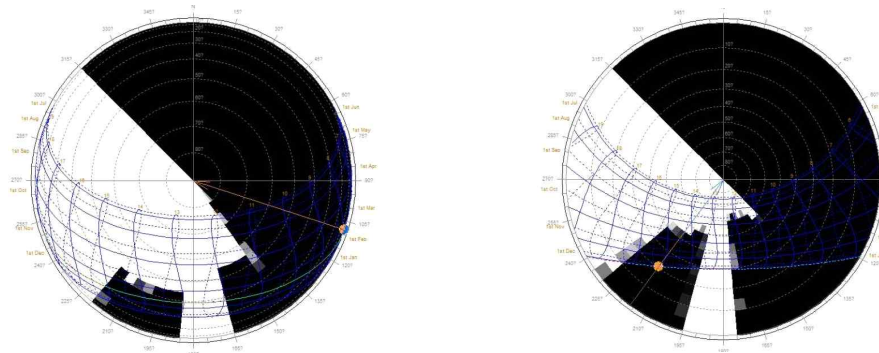
(3)BIPV 창호의 방위별 발전성능 분석 결과

- 서술한 바와 같이 방위별 발전성능은 BIPV를 건물에 설치하는데 있어 중요한 요인임. 따라서 EnergyPlus를 이용하여 BIPV 모듈 3가지 종류(개구율 1%, 10%, 20%)의 방위별 발전성능을 그림과 같이 분석함. 발전성능 분석은 모듈 1kWp당 발전량 데이터를 분석하였으며, 향후 임의의 건물에 BIPV를 설치하는데 있어 지표로 활용될 수 있을 것으로 사료됨. 대표적으로 개구율 1%의 모듈을 분석해보면, 남측 수직면에 설치했을 시 각 모듈별로 차이가 있긴 하지만 대략 780kWh/kWp의 성능을 나타냈고, 서향이 622.4kWh/kWp, 동향이 509.2kWh/kWp로 각각 20.2%, 34.7% 감소하는 경향을 나타냄. 북쪽에 설치했을 경우 322.6kWh/kWp로 58.6%의 발전량 감소 경향을 보이고 있음.

나.BIPV 상호적용을 위한 일조 평가

(1)일조분석을 위한 기법 선정

- 일조 영향에 대한 분석이 정확히 이루어지기 위해서는 부지인근에 건축물을 중심으로 주변 지형물, 건물 등을 정확히 고려할 수 있어야 함. 이를 위해서는 일조환경을 정략적으로 검토할 수 있는 분석기법의 적용이 필요함. 이에 본 연구에서는 앞에서 살펴본 많은 분석기법들 중 동지일의 각 시간별, 분별 일조환경을 정확히 파악할 수 있는 장점이 있는 태양패적도 분석기법을 선정함. 주변 건물과 장애물을 같은 사영형식으로 겹침으로써 해당일의 각 시간별 일조환경을 정확히 파악할 수 있으며, 분석결과를 토대로 일영시간을 표로 작성할 수 있음.



태양패적도 분석기법

- 일조 환경을 분석하는 가장 좋은 방법으로는 해당 건물에 실제 그림자를 검토하여 분석하는 것임. 그러나 가해건물의 공사가 진행 중이거나 피해건물의 분석시기 혹은 분석 시기의 기상상태에 따라 정확한 분석이 불가능하다고 할 수 있음. 따라서 상기의 제약점들을 극복할 수 있고, 실제상황과 동일한 분석이 가능한 컴퓨터를 이용한 시뮬레이션을 본 분석의 분석방법으로 선정함. 시뮬레이션을 적용하게 되면 대지 및 건물의 형상 및 치수를 그대로 그래픽 자료에 의해 입력할 수 있고, 동지의 태양위치에 따라 가상의 태양을 만들어 태양에 의해 만들어지는 그림자로 일조분석을 보다 정밀하게 분석할 수 있는 장점이 있음. 일조 환경의 분석 프로그램으로는 Autodesk 社의 ECOTECT 2011을 분석 소프트웨어로 선정함.

(2)BIPV의 일조평가 기준 및 분석결과

- BIPV 일조평가를 위해 본 연구에서는 기준을 다음과 같이 설정하였음.
 - 평가기준
각 방위별 창호의 폭과 높이의 중앙지점에 측정점을 지정하여, 동지일 기준으로 09:00 ~15:00 사이에 최소 4시간의 연속일조가 확보되는 방위별 BIPV 설치 면을 전체 설치 면의 백분율로 평가함.
 - BIPV 설치 가능위치 등급산출 기준

BIPV 일조확보율 등급

※ BIPV 설치창의 일조확보율(V) = $X \div Y \times 100$

X : 동지일 기준으로 09:00~15:00 사이에 최소 4시간의 연속일조가 확보되는
방위별 BIPV 설치 가능 창

Y : 방위별 창호

구 분	일조확보율
1 등급	$V \geq 80\%$
2 등급	$75\% \leq V < 80\%$
3 등급	$70\% \leq V < 75\%$
4 등급	$65\% \leq V < 70\%$
5 등급	$60\% \leq V < 65\%$

BIPV 적용을 위한 일조 평가 기준

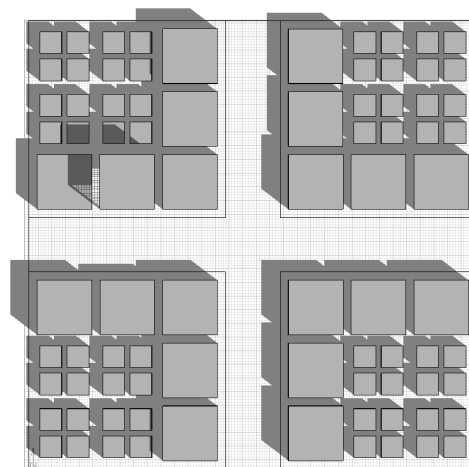
평가일	평가시간	평가기준	판정
동 지	9:00 - 15:00	연속 4시간	연속 네시간이 확보되지 않을 시 BIPV 설치 불가

- 따라서 본 연구에서는 동지일 기준 9시부터 15시까지의 일조시간 연속 4시간을 일조권 평가 기준으로 하였으며, 기준에 만족하면 적정 일조량을 확보한 것으로 판단함.

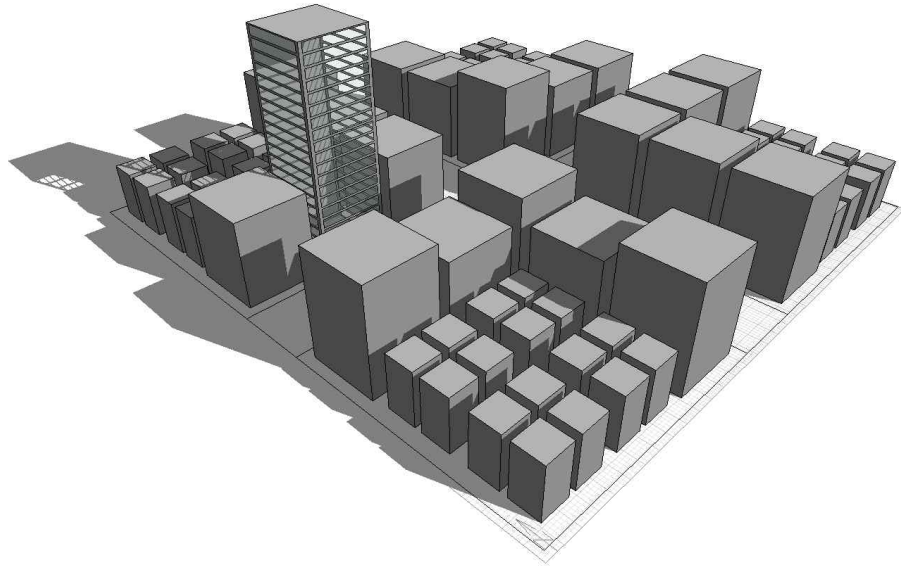
다.BIPV 창호의 도심지 사무소적용을 위한 일조평가

(1)사무소건물 일조평가_01

- 도시계획 형상을 갖는 도심지에서 아래 그림과 같은 위치에 BIPV 적용을 하고자 할 때, 발전성능 측면에서 최적화할 수 있도록 주변 건물에 의한 음영 영향과 일조량에 대한 분석이 반드시 이뤄져야함. 따라서 아래 그림과 같은 도심지에서의 건물에 대한 BIPV 설치 가능 면적을 Autodesk Ecotect 프로그램을 사용하여 분석을 수행함.



BIPV 일조평가 도시계획



BIPV 적용을 위한 일조평가 예시_01

해석대상 사무소건물의 BIPV 설치 가능 층수

방위	남향	서향	동향
BIPV 설치 가능 층수	5층 이상	8층 이상	8층 이상

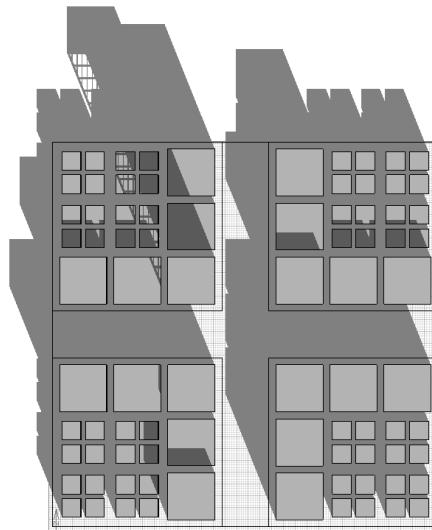
- 분석결과 동지(12월 22일) 기준으로 연속 4시간 이상 일조를 확보할 수 있는 층수는 건물의 남향의 경우 5층 이상, 서향의 경우 8층 이상, 동향의 경우도 8층 이상에서 확보가 가능한 것으로 나타남.

[illegible][illegible][illegible]

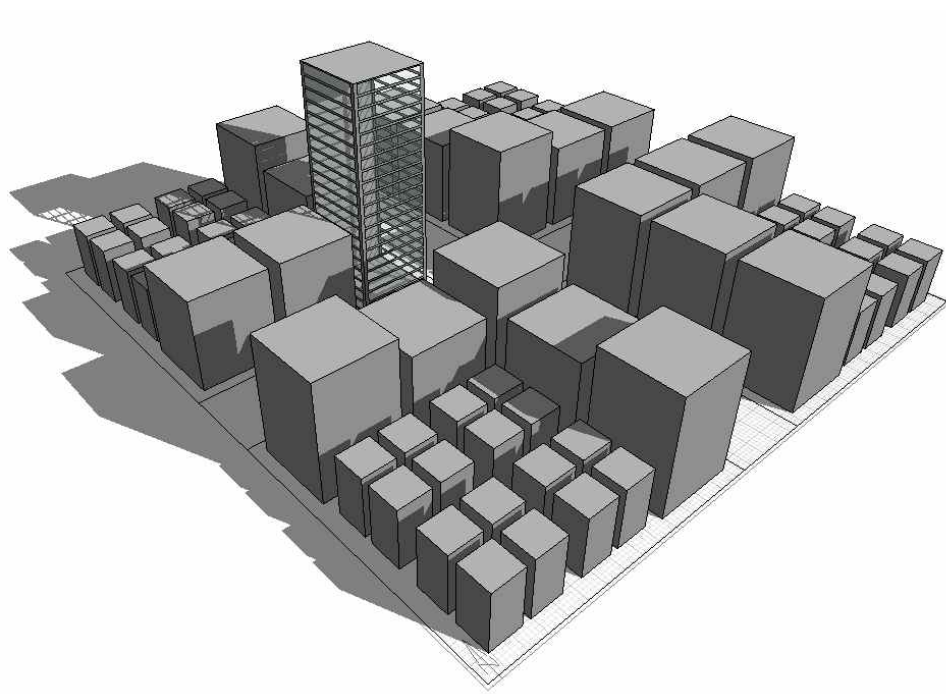
BIPV 일조량 분석결과 데이터

(2)사무소건물 일조평가_02

- 앞서 평가한 바와 같은 방법으로 건물에 BIPV창호를 적용할 경우 설치 가능한 층수를 분석함. 일조평가예시_02는 대지의 모서리 부분에 사무소건물이 들어설 경우 BIPV 설치 가능 면적을 분석하였음.



BIPV 일조평가 도시계획2



BIPV 적용을 위한 일조평가_02

해석대상 사무소건물의 BIPV 설치 가능 층수

방위	남향	서향	동향
BIPV 설치 가능 층수	5층 이상	8층 이상	8층 이상

- 분석결과 동지(12월 22일) 기준으로 연속 4시간 이상 일조를 확보할 수 있는 층수는 건물의 남향의 경우 5층 이상, 서향의 경우 8층 이상, 동향의 경우도 8층 이상에서 확보가 가능한 것으로 나타났다.

[illegible]

라.건축적 평가요소

(1)냉난방에너지성능

- 국가적 차원에서의 에너지 절감이 이슈화 되고 있는 가운데 건물부분에서도 냉난방에너지 절감을 위한 노력이 경주되고 있음. 이에 따라 법규적으로도 건물에너지 효율등급제를 시행하여 신축건물에 대한 에너지 소비 규제에 나서고 있음. 건축물에너지효율등급제는 인증 제도를 통하여 건물의 에너지 성능이나 주거환경의 질 등과 같은 객관적인 정보를 제공받고 건물의 가치를 인정받음으로써, 건설사업주체, 소유주체, 관리주체 및 건물사용자 등 건물과 관련된 모두에게 이익이 돌아가도록 하기 위한 제도임.

$$\begin{array}{rcl}
 \text{단위면적당} & & \text{난방에너지소요량} \\
 \text{1차에너지 소요량} & = & \frac{\text{난방에너지가 요구되는 공간의 바닥면적}}{\text{단위면적당}} \\
 & + & \\
 & & \text{냉방에너지소요량} \\
 & & \frac{\text{냉방에너지가 요구되는 공간의 바닥면적}}{\text{단위면적당}} \\
 & + & \\
 & & \text{급탕에너지소요량} \\
 & & \frac{\text{급탕에너지가 요구되는 공간의 바닥면적}}{\text{단위면적당}} \\
 & + & \\
 & & \text{조명에너지소요량} \\
 & & \frac{\text{조명에너지가 요구되는 공간의 바닥면적}}{\text{단위면적당}} \\
 & + & \\
 & & \text{환기에너지소요량} \\
 & & \frac{\text{환기에너지가 요구되는 공간의 바닥면적}}{\text{단위면적당}}
 \end{array}$$

- 건축물 에너지효율등급 인증 적용대상은 신축 공동주택 및 신축 업무용 건축물이다. 단독주택, 공동주택, 냉방 또는 난방 면적이 500㎡ 이상인 건축물, 업무시설인 경우, 건축물에너지 효율등급에 적용됨. 한 대지안의 기존건물에 인증 적용대상 건축물을 별동으로 증축하는 경우 적용대상으로 하고, 인증적용 용도의 시설과 인증비적용 용도의 시설이 포함된 복합용도의 건축물은 인증적용 대상의 면적과 공용부위 면적의 합이 전체건물 면적의 과반비율(50%)이상일 경우 인증적용 대상의 면적과 공용부위 면적에 대해 인증함. 부속건축물이 인증적용대상 건축물의 별동으로 지어질 경우 적용대상으로 함. 인증기준은 ISO 13790 등 국제규격에 따라 난방, 냉방(냉방설비가 설치되지 않은 주거용 건물은 제외), 급탕, 조명, 환기 등에 대해 종합적으로 평가하도록 제작된 프로그램으로 산출된 연간 단위면적당 1차 에너지소요량으로 평가함. 냉방설비가 없는 주거용 건축물(단독주택 및 기숙사를 제외한 공동주택)의 경우는 냉방 평가 항목을 제외하고 단위면적당 1차에너지소요량의 경우, 단위면적당 에너지소요량과 1차에너지환산계수의 곱으로 산출함. 신재생에너지생산량은 에너지소요량에 반영되어 효율등급 평가에 포함한다. 건축물 에너지효율등급 인증등급은 아래와 같음.

건축물에너지효율등급

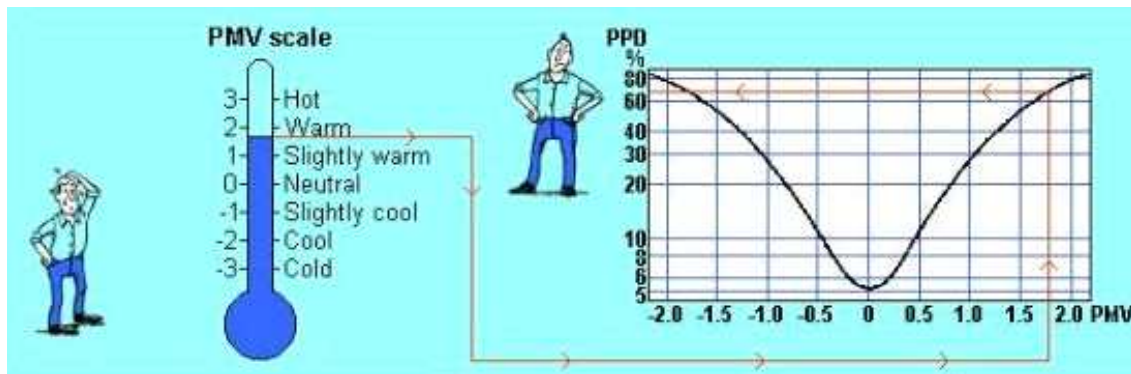
등급	주거용 건축물	주거용 이외의 건축물
	연간 단위면적당 1차에너지소요량 (kWh/m ² · 년)	연간 단위면적당 1차에너지소요량 (kWh/m ² · 년)
1+++	60 미만	80 미만
1++	60 이상 90 미만	80 이상 140 미만
1+	90 이상 120 미만	140 이상 200 미만
1	120 이상 150 미만	200 이상 260 미만
2	150 이상 190 미만	260 이상 320 미만
3	190 이상 230 미만	320 이상 380 미만
4	230 이상 270 미만	380 이상 450 미만
5	270 이상 320 미만	450 이상 520 미만
6	320 이상 370 미만	520 이상 610 미만
7	370 이상 420 미만	610 이상 700 미만

- 주거용 건축물에는 단독주택 및 공동주택이 포함되며, 기숙사는 제외 됨. 비주거용 건축물은 주거용 건축물을 제외한 건축물을 말함. 등외 등급을 받은 건축물의 인증은 등외로 표기하며, 등급산정의 기준이 되는 1차에너지소요량은 용도별 보정계수를 반영한 결과이며, 실제 산출된 1차에너지소요량 결과와 다를 수 있음. 평가방법은 건물에너지 평가 프로그램인 ECO-2 OFFICE DESIGN을 이용하여 평가. 단위면적당 1차에너지소요량은 단위면적당 에너지소요량과 1차에너지환산계수의 합으로 평가함. 주거용 건축물 : 단독주택 및 공동주택(기숙사 제외), 비주거용 건축물 : 주거용 건축물을 제외한 건축물, 등외 등급을 받은 건축물의 인증은 등외로 표기함. 건물에너지효율등급제를 통한 인센티브는 예비인증 2등급이상 취득시 『에너지이용합리화사업을위한자금지원지침』에 따라 자금융자지원을 받을 수 있으며 융자를 받을 수 있는 대상은 건축물에너지효율등급 1등급(에너지 절감율 40% 이상) 또는 2등급 (에너지 절감율 30% 이상~40%미만)의 예비인증을 받은 후 3년 이내에 실시하는 공동주택 건설사업용자의 지원범위는 전용 단위면적(m²)당 1등급은 200,000, 2등급은 150,000원 이내 지원한도액은 사업장당 100억원, 사업자당 300억원 이내 대출승인 및 대출금의 지급에 있어 공동주택의 건축공사가 착공된 후 건축공사공정과 관계없이 소요자금의 80%를 선지급함. (공공기관의 경우 100% 이내)

(2)온열환경성능(PMV; Predict Mean Vote)

- 인간을 포함한 대부분의 온열동물이 살아가기 위해서는 매우 일정한 온도를 유지하여야 함. 인간의 경우 내부온도를 항상 37℃로 유지하여야 하며 이보다 5~6℃ 높거나 10℃ 정도 낮으면 죽음을 유발할 수도 있음. 이를 위해 우리 몸은 음식섭취, 운동, 의복 등을 이용하여 대류, 복사, 전도에 의해 열교환으로 부터 체온을 유지하고 있음. 또한 인간은 따뜻함, 추움, 더움, 시원함 등의 감각을 가지고 있으며, 이러한 감각을 평가하기란 매우 어려움.

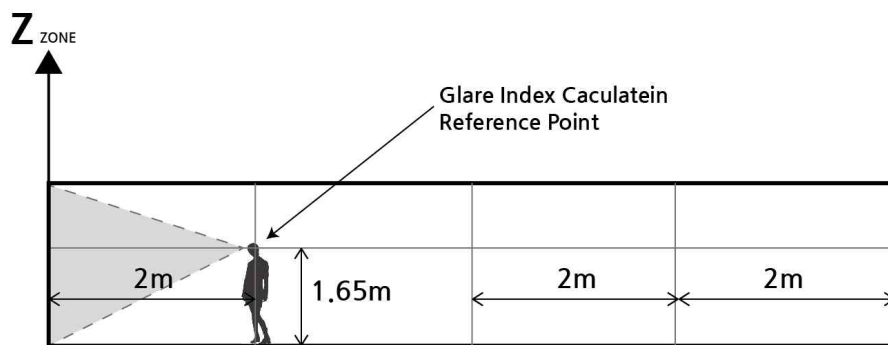
하지만 인간이 느낄 수 있는 적절한 온도와 습도에 대해 Fanger는 PMV지표로서 정리를 했고, 현재 건축환경분야에서 가장 널리 활용되고 있음. PMV 지표는 객관적 온열요소로 건구온도, 습도, 기류속도, 평균복사온도로 구분했고, 주관적 온열요소로는 착의량과 활동량으로 구분함. PMV는 이 6가지 지표를 통해 인간의 주관적인 온열환경 평가하고 있음. 본 연구에서는 건축창호별로 적용했을 때 온열환경이 어떻게 달라지는지에 대해 PMV지표를 평가지표로서 활용함. Fanger의 PMV는 아래의 그림과 같이 -3에서부터 3까지 구분을 하여 -0.5~0.5 사이를 쾌적한 범위로 정의함.



온열쾌적감(PMV) 지표

(3)불쾌현휘(DGI; Daylight Glare Index)

- 본 연구에서는 BIPV 창호적용 시 불쾌현휘의 발생정도를 파악을 위해 Hopkinson이 제안한 Conell식 지표인 DGI(Daylight Glare Index)로 평가를 수행하였음. Conell 식 해석도구로는 연간 DGI 지표 산출을 위해 동적 해석프로그램인 EnergyPlus를 활용하였으며, DGI 감지 센서 위치는 해석모델의 창면으로부터 2m 떨어진 거리에서 인체치수 연구결과를 바탕으로[산업자원부, 2004]으로 사람의 평균 키인 165cm의 높이로 가정함. 아래의 표는 건물 용도별 권장되는 최대 현휘 지수로서 사무소 용도의 경우 최대 DGI는 22미만이 되어야 함.



불쾌현휘 지수 분석 개요

Recommended Values of Maximum Discomfort Glare Index	
Activity or zone type	Maximum Discomfort Glare Index
Instrument assembly	22
Hospital wards	18
Laboratories	22
Museums	20
<i>Offices</i>	<i>22</i>
School classrooms	20

마.BIPV 삼중유리 커튼월 개요

(1)BIPV 개구율별 광학특성데이터

- BIPV 커튼월의 단열 및 일사획득 성능데이터를 수집하기 위해 모듈 종류별 광학특성 데이터를 분석하였음. 모듈은 아래의 그림과 같이 개구율별로 1%, 10%, 20% BIPV 모듈로 구분이 됨. 분석방법은 모듈별로 50mm×50mm 샘플을 준비한 뒤 분광분석기(Spectrometer)를 이용하여 분석하게 됨. 분광분석기의 스펙트럼 범위는 300nm~2500nm로 가시광선영역(300nm~700nm)와 적외선영역(700nm~2500nm)로 구분하여 분석하였음.



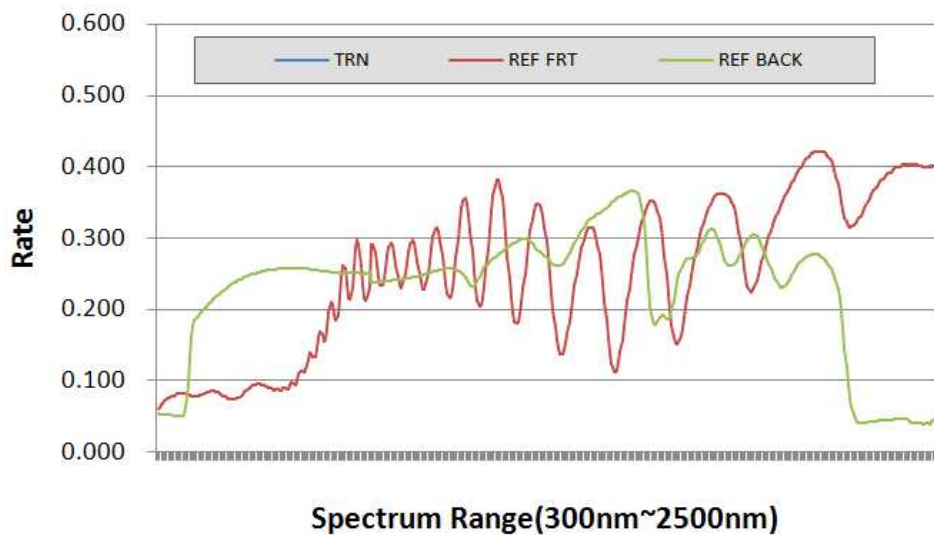
레이저 스크라이빙 개구율 별 BIPV용 박막 모듈
(좌측부터 1%,10%,20%)

- 분광분석결과 아래의 표와 같은 결과를 얻을 수 있었음. 태양투과율(Solar)은 BIPV 개구율 1%가 0.0%, 개구율10%가 4.7%, 개구율 20%가 8.8%를 나타냈고, 가시광선투과율(Visible)은 BIPV 개구율 1%가 0.0%, 개구율 10%가 5.4%, 개구율 20%가 10.0%로 나타남. 적외선 영역은 BIPV 모듈과 상관없이 Lamination 된 유리의 표면 특성을 따르기 때문에 일반유리의 방사율 0.830을 나타냈고, 전도율 또한 일반유리와 유사한 0.9 W/mK으로 분석되었음.

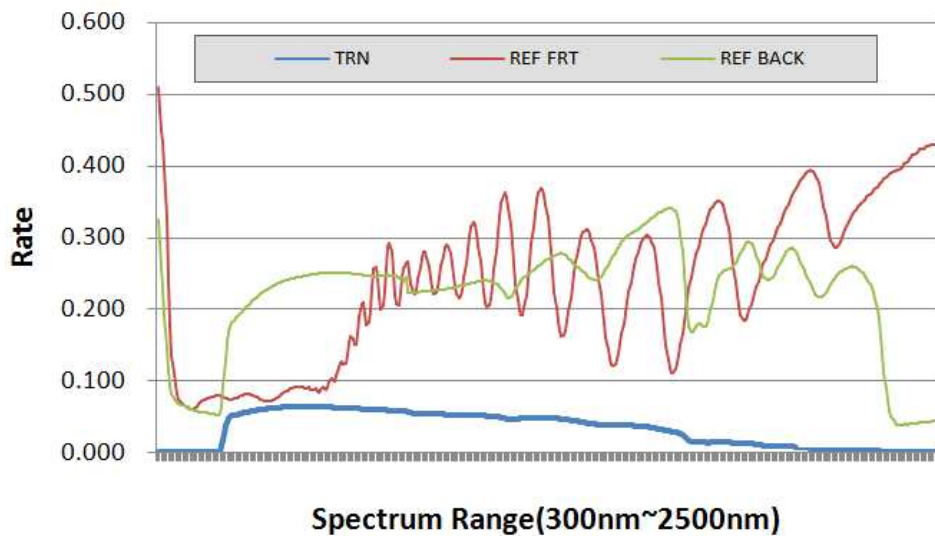
BIPV 모듈 분광분석(Spectrum) 데이터

Spectrum	Division	BIPV 1% Module	BIPV 10% Module	BIPV 20% Module
SOLAR	Trans, Front	0.000	0.047	0.088
	Trans, Back	0.000	0.047	0.088
	Reflect, Front	0.176	0.153	0.146
	Reflect, Back	0.244	0.214	0.213
Visible	Trans, Front	0.000	0.054	0.100
	Trans, Back	0.000	0.054	0.100
	Reflect, Front	0.086	0.077	0.078
	Reflect, Back	0.245	0.199	0.196
IR	Emis., Front	0.830	0.830	0.830
	Emis., Back	0.830	0.830	0.830
Conductivity (W/mK)		0.900	0.900	0.900

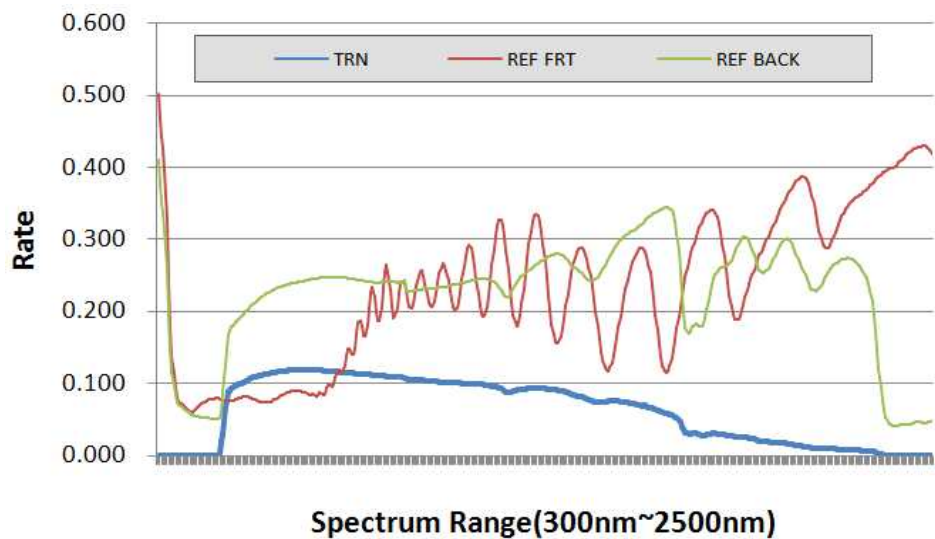
- 상기와 같은 결과가 도출된 과정은 모듈 시편(50× 50mm)을 분광분석한 결과를 미국 LBNL(Lawrence Berkeley National Laboratory)연구소의 Optic 프로그램에 입력한 뒤 BIPV 유리의 광학특성을 도출함. 도출된 결과는 아래의 그림과 같음. 본 수집 데이터는 건물에너지 해석모델에 적용되고, 복층 및 삼중유리의 광학특성 분석에 사용됨.



BIPV 개구율 1% 모듈 분광분석(Spectrum) 데이터 그래프



BIPV 개구율 10% 모듈 분광분석(Spectrum) 데이터 그래프



BIPV 개구율 20% 모듈 분광분석(Spectrum) 데이터 그래프

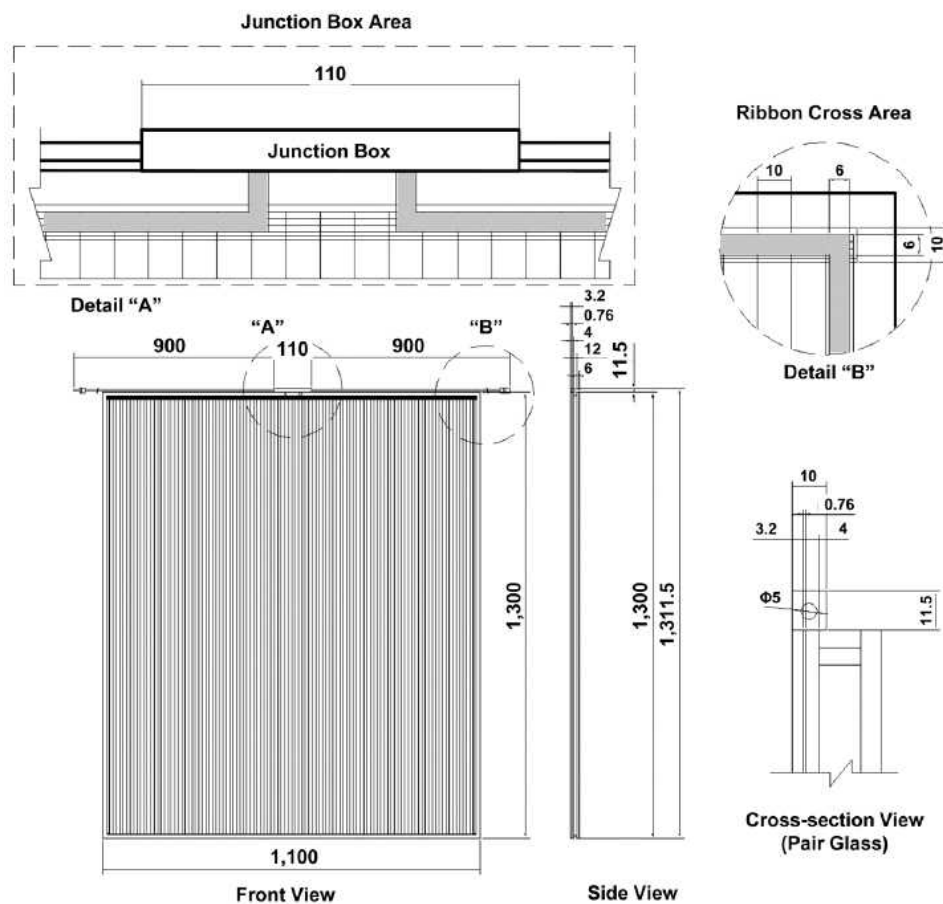
(2)BIPV 모듈의 발전특성

- 현재 BIPV 모듈로 활용될 아몰포스 박막 PV의 발전특성은 아래의 표와 같으며, 공인 시험과정을 통해 얻어진 결과임. 개구율 1%의 경우 개방전압 145.3V, 단락전류 1.385A, 최대출력전압 114.9V, 최대출력전류 1.181A로 최대출력이 135.6W가 생산됨. 개구율 10%는 개방전압 146.1V, 단락전류 1.181A, 최대출력전압 116.2V, 최대출력전류 1.024A로 최대출력이 119.0W가 생산됨. 개구율 20%의 경우 개방전압 146.3V, 단락전류 1.219A, 최대출력전압 112.1V, 최대출력전류 0.851A로 최대출력이 95.3W가 생산되는 특성을 갖는다. BIPV 모듈의 크기는 5세대로써 1,100×1,300mm이며, 정선박스 및 배선은 아래의 그림과 같은 형태로 구성됨.

BIPV 모듈의 개구율 별 발전특성

개구율별 BIPV모듈	측정종류	측정치				
		개방전압	단락전류	최대출력전압	최대출력전류	최대 출력
	단 위	V	A	V	A	W
1%		145.3	1.385	114.9	1.181	135.6
10%		146.1	1.181	116.2	1.024	119.0
20%		146.3	1.219	112.1	0.851	95.3

5 G Size (1,100mm × 1,300mm) BIPV Module



BIPV 모듈의 정선박스 및 배선도면

(3) BIPV 커튼월의 단열 및 일사획득성능

- 앞에서 분석한 BIPV 개구율 별 광학특성데이터를 바탕으로 실제 건물에서 적용할 삼중유리에 대한 열관류율(U-Value), 일사획득계수(SHGC; Solar Heat Gain Coefficient), 가시광선투과율(Tvis)을 LBNL의 Window 프로그램을 사용하여 다음의 표와 같이 도출하였음. 분석 결과 열관류율은 개구율에 따라서는 변화가 없는 것으로 나타났고, 삼중유리의 구성(Layer)을 어떻게 하느냐에 따라 달라졌음. BIPV 삼중유리의 열관류율은 $1.62\text{W/m}^2\text{K}$, 삼중로이유리의 열관류율은 $1.08\text{W/m}^2\text{K}$ 으로 분석되었다. 일사획득계수 및

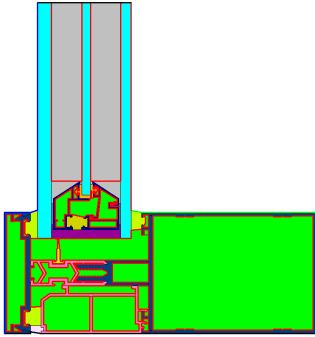
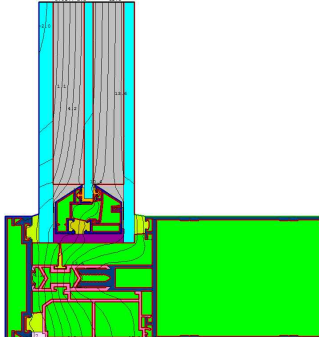
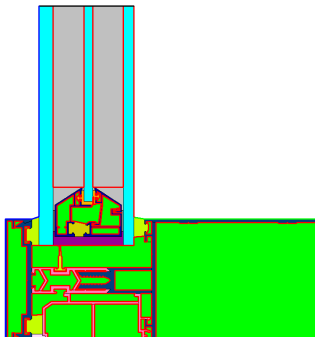
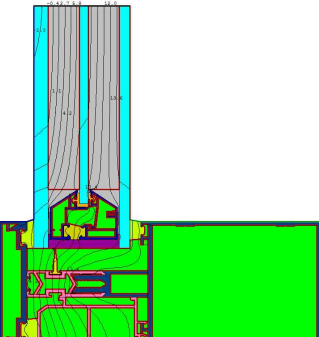
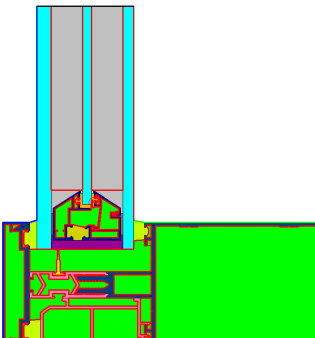
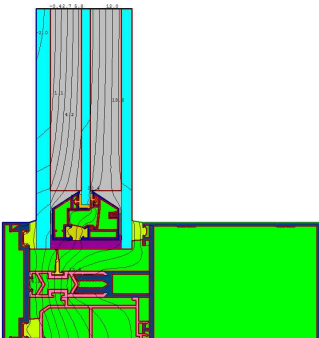
가시광선 투과율은 개구율에 따라 다소 차이가 있으며 BIPV 삼중유리보다 BIPV 삼중로이유리의 일사획득계수가 낮게 분포됨을 확인 할 수 있음.

BIPV 모듈 구성 별 열관류율, 일사획득계수, 가시광선투과율

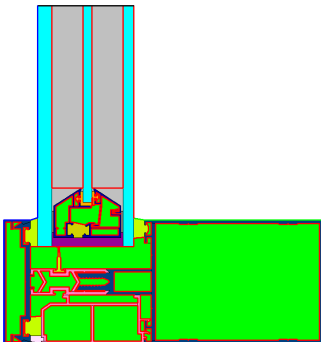
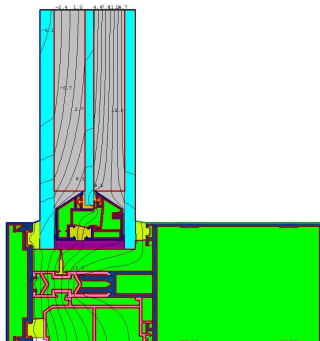
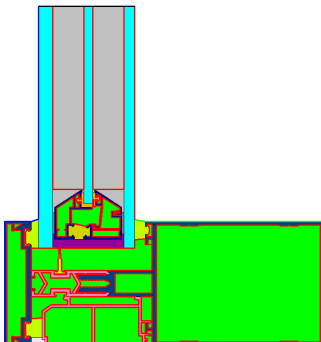
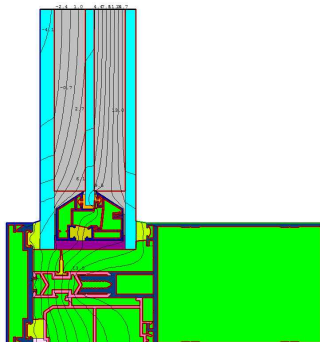
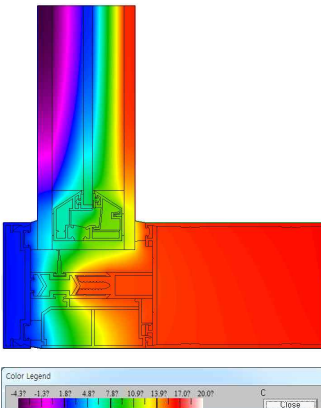
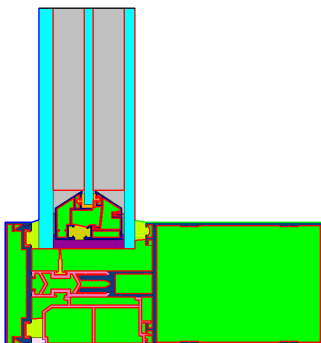
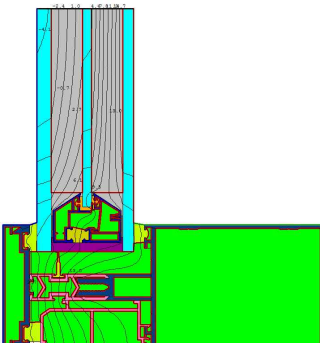
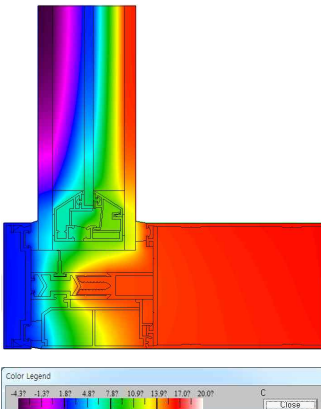
분류	BIPV 개구율	구성(Layer)					U-Value	SHGC	Tvis
BIPV 삼중유리	1%	BIPV	Air	CL	Air	CL	1.620	0.077	0.000
	10%	BIPV	Air	CL	Air	CL	1.620	0.112	0.043
	20%	BIPV	Air	CL	Air	CL	1.620	0.141	0.080
BIPV 삼중로이유리	1%	BIPV	Air	CL	Air	LE	1.080	0.050	0.000
	10%	BIPV	Air	CL	Air	LE	1.080	0.082	0.040
	20%	BIPV	Air	CL	Air	LE	1.080	0.109	0.075

- 창호에서는 유리뿐만 아니라 창틀과 모서리(Edge) 부분의 열관류율도 매우 중요함. 왜냐하면 창호에 대한 종합 열관류율은 유리(Glazing), 모서리(Edge), 창틀(Frame)의 열관류율과 면적에 의해 결정되기 때문임. 따라서 본 연구에서는 LBNL의 Therm 프로그램을 사용하여 커튼월 프레임에 대한 열관류율을 분석한 결과 그림과 같은 결과를 얻을 수 있었음. 분석 결과, 개구율에 따라 창틀 및 모서리의 열관류율에 영향이 거의 없는 것으로 나타났고, BIPV 삼중유리의 창틀 열관류율은 $2.4818\text{W/m}^2\text{K}$, BIPV 삼중로이유리의 창틀 열관류율은 $2.5351\text{W/m}^2\text{K}$ 로 확인되었다. 모서리 부분은 BIPV 삼중유리가 $1.1848\text{W/m}^2\text{K}$, BIPV 삼중로이유리가 $1.0063\text{W/m}^2\text{K}$ 로 나타남.

BIPV 개구율별 프레임 및 모서리 부분 열관류율 (투명유리 적용)

(1) BIPV 개구율 1% 삼중유리 (8BIPV+ 17.5Air+ 5CL+ 17.5Air+ 6CL)		
		
Frame U-Value	2.4818	
Edge U-Value	1.1848	
(2) BIPV 개구율 10% 삼중유리 (8BIPV+ 17.5Air+ 5CL+ 17.5Air+ 6CL)		
		
Frame U-Value	2.4818	
Edge U-Value	1.1848	
(3) BIPV 개구율 20% 삼중유리 (8BIPV+ 17.5Air+ 5CL+ 17.5Air+ 6CL)		
		
Frame U-Value	2.4819	
Edge U-Value	1.1847	

BIPV 개구율별 프레임 및 모서리 부분 열관류율 (로이유리 적용)

(1) BIPV 개구율 1% 로이삼중유리 (8BIPV+ 17.5Air+ 5Cl+ 17.5Air+ 6CL)		
		
Frame U-Value	2.5351	
Edge U-Value	1.0063	
(2) BIPV 개구율 10% 로이삼중유리 (8BIPV+ 17.5Air+ 5Cl+ 17.5Air+ 6CL)		
		
Frame U-Value	2.5351	
Edge U-Value	1.0063	
(3) BIPV 개구율 20% 로이삼중유리 (8BIPV+ 17.5Air+ 5Cl+ 17.5Air+ 6CL)		
		
Frame U-Value	2.5351	
Edge U-Value	1.0063	

- 앞서 유리, 모서리, 창틀에 대한 광학특성 및 열관류율 분석 결과를 토대로 창호 구성시 종합 열관류율, 일사획득계수, 가시광선투과율을 LBNL의 Window를 활용하여 통합 분석 결과 아래의 표와 같이 나타냄.

BIPV 창호 구성(유리+프레임)에 따른 열관류율, 일사획득계수, 가시광선투과율

구분	8BIPV + 5CL + 6CL			8BIPV + 5CL + 6LE		
개구율	1%	10%	20%	1%	10%	20%
U-Value	1.669	1.669	1.669	1.262	1.262	1.262
SHGC	0.071	0.101	0.127	0.048	0.075	0.099
Tvis	0.000	0.038	0.069	0.000	0.035	0.064

- 본 연구에서 택한 BIPV 유리와 창틀로 분석한 결과, BIPV 삼중유리는 창호에너지 소비효율 3등급에 해당하는 $1.669\text{W/m}^2\text{K}$ 를 나타냈고, BIPV 삼중로이유리는 창호에너지소비효율 등급 2등급인 $1.262\text{W/m}^2\text{K}$ 에 해당했음. 커튼월의 경우 창세트 에너지 소비효율등급제 인증 대상이 아니지만, 커튼월 프레임의 단열성능을 높이고, 유리사이에 가스충진 혹은 단열간봉의 사용을 통해 더욱 높은 성능의 BIPV 창호는 충분히 구성가능하나 경제적인 측면과 단열성능을 종합적으로 고려했을 때 로이유리를 사용하는 것이 가장 효과적인 설치방안으로 예상됨.

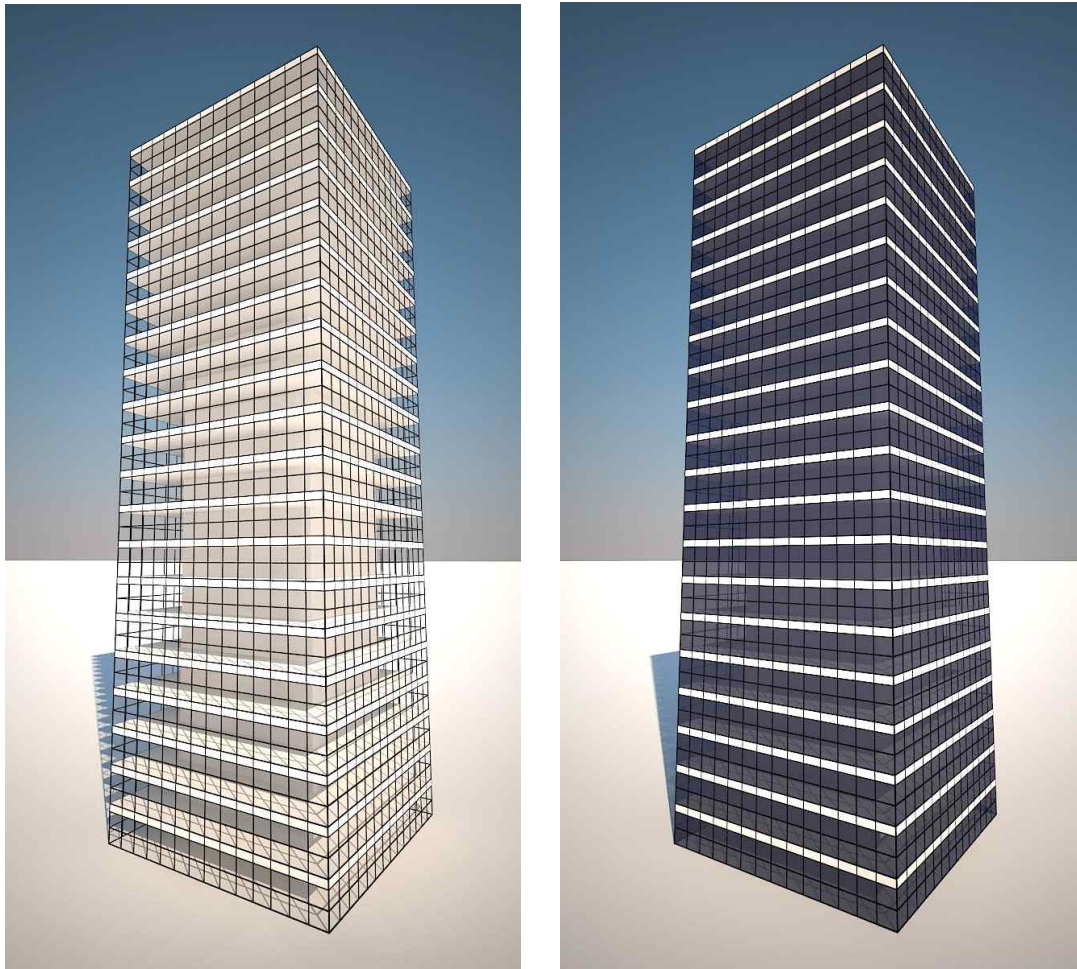
창세트 에너지소비효율등급제

구분	1등급	2등급	3등급	4등급	5등급
U-Value(열관류율)	1.0	1.4	2.1	2.8	3.4

5..도심지 오피스 건물 적용 외피 성능 분석

가.커튼월 비전 부분(Vision Area) BIPV 적용 개요

- 도심지에 적용 가능한 BIPV는 대표적으로 옥상, 외벽, 창호가 있음. 현재 본 연구에서 개발 중인 BIPV의 경우 균일한 투광성을 갖는 BIPV 모듈로서 창호에 적용하기에 가장 적합하. BIPV창호의 특성은 크게 일사확득계수와 가시광선 투과율이 낮다는데 있음.

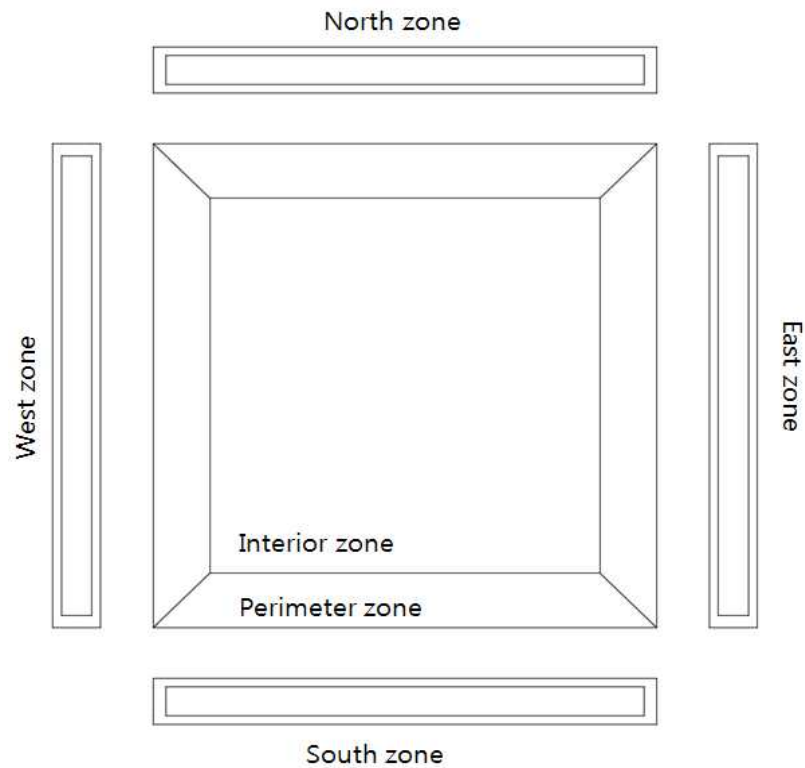


일반유리 커튼월창호(좌), BIPV 적용 커튼월창호(우)

- 일반적으로 사무소건물의 경우 냉방 및 팬, 펌프 동력 에너지가 약 40% 이상을 차지하고 있다. 즉 대부분의 에너지가 냉방 전력에너지로 사용이 되는데, 이러한 관점에 BIPV 창호는 블라인드를 대신해 불쾌현회를 막아 줄 수 있고 더불어 냉방에너지를 절감시킬 수 있는 최적의 대안이라고 할 수 있음. 따라서 본 연구에서는 일반유리가 적용된 사무소건물에 BIPV 창호를 적용했을 때 냉난방 에너지 소비량 저감율이 얼마나 되는지에 대한 정량적인 평가를 수행하였음.

나.사무소건물 시뮬레이션 해석모델

- 사무소건물 해석을 위해 가로, 세로 40m인 해석모델을 구성하였음. 외주부는 5m로 설정하였고 내주부의 실내 벽은 IR Transparent로 구성하였음. 창면적비는 60%이며 적용될 창호는 4가지로 선정. 여기서, BIPV 창호는 10% 개구율을 갖는 모듈로 해석하였음. 외벽 및 지붕 설정조건 및 전반적인 시뮬레이션 해석모델의 구성은 아래의 표와 같음. HVAC 시스템은 VAV 시스템을 적용하였으며 시스템 사이즈는 1.2의 배수를 적용하였음. VAV 박스에 Reheat Coil이 적용되어있으며 AHU에서는 Cooling Coil이 적용되어 있음. 시뮬레이션 수행은 미국 에너지성의 EnergyPlus를 사용함.



사무소건물 해석모델

시뮬레이션 해석모델의 구성 및 재료물성

	Materials	U-value [W/m ² K]
Exterior Wall	200mm heavyweight concrete 70mm insulation(0.034W/m·K) Air space 19mm gypsum board	0.438
Interior Wall	100mm brick	
Raised Floor	200mm heavyweight concrete 70mm insulation 200mm heavyweight concrete	0.46
Ceiling Slab	160mm lightweight concrete	
Roof	100mm lightweight concrete 150mm insulation 16mm acoustic tile	0.21
Suspended ceiling	16mm acoustic tile	

Opaque Material U-value (excluding air film resistance)

시뮬레이션 적용 Glazing

CASE	Glazing 종류	U-Value	SHGC
DB	복층유리	2.543	0.690
DBL	복층로이유리	1.533	0.461
TRL	삼중로이유리	0.795	0.412
BIPV TRL	BIPV 삼중로이유리	1.077	0.083

시뮬레이션 해석모델 개요

	value	unit
Aspect Ratio	1	N/A
Floor Area	1600	m ²
Perimeter zone	639 (40%)	m ²
Interior zone	961 (60%)	m ²
Floor-to-Floor Height	3.8	m
Window-wall Ratio	60	%
Indoor Temperature Set-point	Cooling 26	Heating 23
ACH	0.7	Ach

시뮬레이션 해석 HVAC 시스템 개요

Component/parameter	Description/value
Global sizing factor	20%
Fans	Variable speed supply and relief fans (60% fan efficiency, 90% motor efficiency)
supply air temperature set-point	15.5°C
Outside air controller	Dry-bulb economizer
Terminal unit minimum airflow fraction	Minimum ventilation air
Occupied zone air heating set-point	21°C
Occupied zone air cooling set-point	28°C
Chiller	Water-cooled Electric chiller (2.0 COP)
Chilled water temperature set-point	6.67°C
Cooling tower	Single speed
Boilers	Two staged forced-draft gas boilers (80% nominal efficiency)
Hot water temperature set-point	82.2°C
Pumps	Plant water loop, variable speed (90% motor efficiency) Tower water loop, constant speed (90% motor efficiency)
Domestic hot water	None

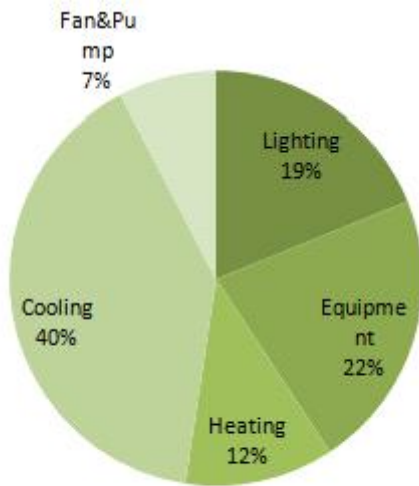
다.창호 종류에 따른 냉난방에너지 소비량 분석

- 앞서 서술된 바와 같이 사무소건물의 경우 냉방에너지가 차지하는 비율이 40% 이상을 차지한다. 사무소건물 해석모델에 일반 복층유리를 적용했을 경우 건물에너지 소비비율을 살펴보면 냉방에너지가 40%로 가장 높은 것을 알 수 있다. 더불어 팬 및 펌프 에너지까지 포함하면 약 50%정도로 건물에너지 전체의 반이 냉방에서 소비되고 있다. 따라서 사무소건물의 경우 냉방에너지를 절감시키기 위한 일사획득계수가 낮은 창호 혹은 차양장치가 필요하다.

시뮬레이션 적용 Glazing

CASE	Glazing 종류	U-Value	SHGC
DB	복층유리	2.543	0.690
DBL	복층로이유리	1.533	0.461
TRL	삼중로이유리	0.795	0.412
BIPV TRL	BIPV 삼중로이유리	1.077	0.083

- 이러한 관점에서 BIPV 창호의 건물에너지 영향을 정량적으로 분석하기 위해 아래 표와 같이 일반적으로 사용하는 유리인 복층유리, 복층로이유리, 삼중로이유리와 함께 BIPV 삼중로이유리를 비교 분석하였음.

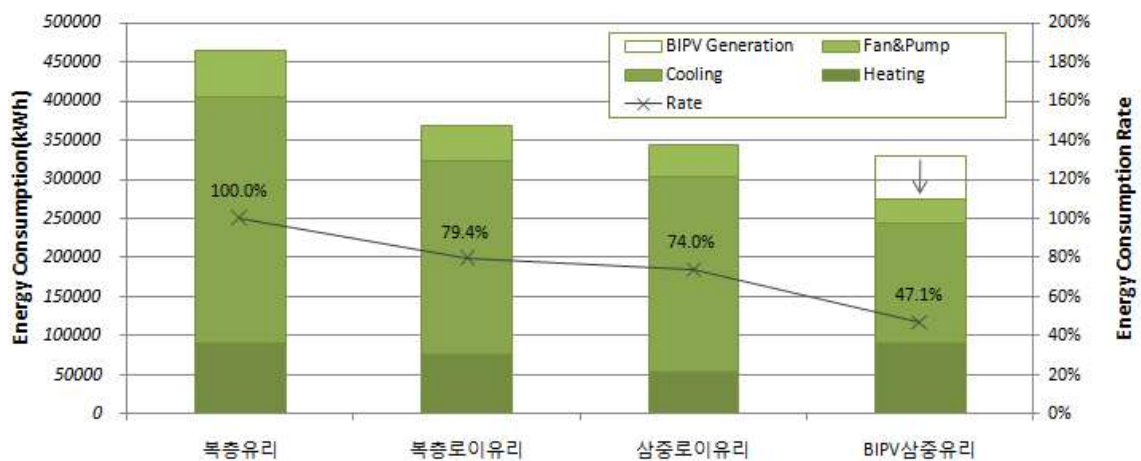


해석모델 건물에너지 소비비율

해석모델 건물에너지 소비량

구분	에너지 소비량	비율
냉방에너지	313482.3	40%
난방에너지	91531.4	12%
팬 및 펌프에너지	59991.7	7%
조명에너지	147878.6	19%
기기에너지	171621.8	22%

- 해석모델을 토대로 창호 종류별 냉난방에너지 소비량을 분석한 결과 BIPV 삼중유리를 적용할 경우 복층유리 대비 52.9%, 복층로이유리 대비 32.3%, 삼중로이유리 대비 27.0% 감소효과가 있었음. BIPV 전력량을 상쇄시키지 않은 상태에서도 건물에너지 성능 측면에서 가장 우수했음. 일사획득계수가 낮기 때문에 Passive 적인 에너지 절감 효과를 가지고 있고 더불어 전력생산도 이뤄지기 때문에 사무소건물에서는 상당한 에너지 절감효과가 있는 것으로 나타남.

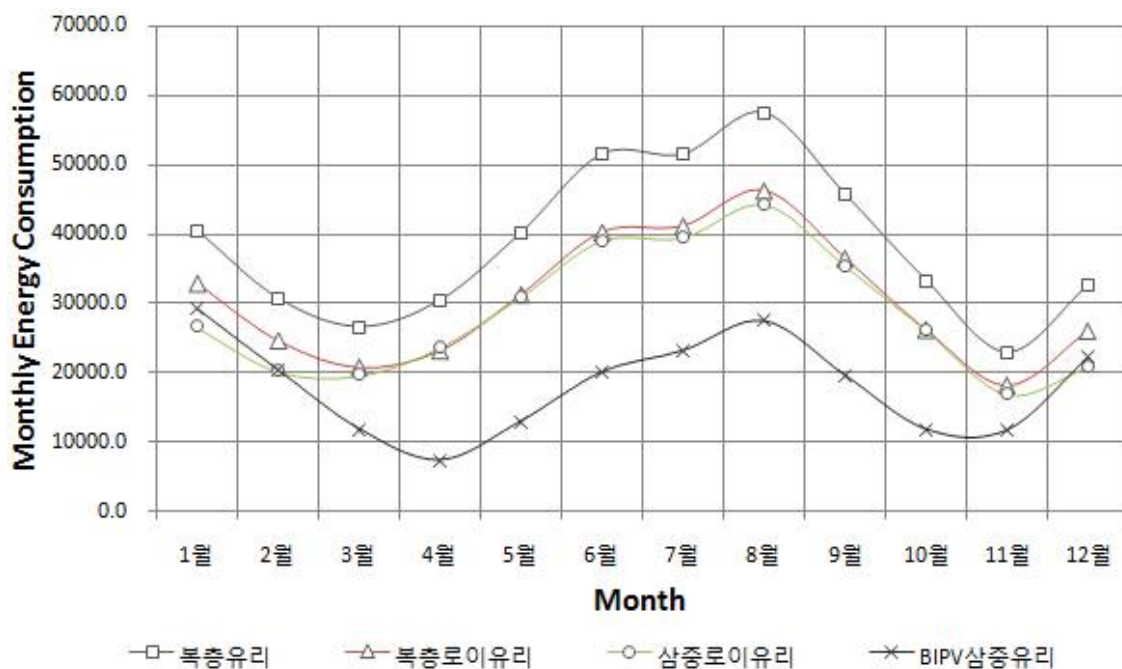


Glazing 종류 별 냉난방에너지 소비량

Glazing 종류 별 냉난방에너지 소비량

구분	복층유리	복층로이유리	삼중로이유리	BIPV 삼중유리
Heating(kWh)	91531.4	76443.4	54372.8	90501.1
Cooling(kWh)	313482.3	247520.9	248241.4	153012.8
Fan&Pump(kWh)	59991.8	45229.9	41689.1	31161.1
BIPV Generation(kWh)	0.0	0.0	0.0	55480.7
Total(kWh)	465005.6	369194.2	344303.2	219194.3
Rate	100.0%	79.4%	74.0%	47.1%

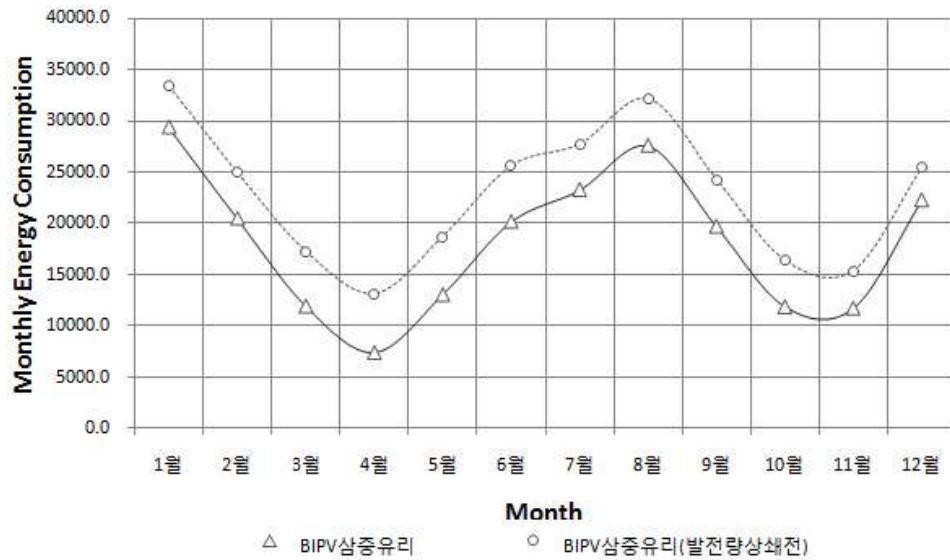
- 유리 종류별 월별에너지소비량을 분석한 결과로 BIPV 창호의 성능을 종합적으로 확인이 가능함. BIPV 삼중유리의 경우 냉방에너지소비량에서 BIPV 발전량을 상쇄하고 있음. 그림에서 보면 하절기 BIPV 창호는 기존의 창호에 비해 에너지 소비량이 현저히 낮은 것을 확인할 수 있음. 하지만 일사획득계수가 낮기 때문에 동절기 에너지 소비량 증가가 예상되지만, 삼중로이유리와 결합으로 단열성능을 향상시키고 발전되는 전기에너지로 인해 에너지소비 측면에서 동절기에도 유리함을 알 수 있음.



Glazing 종류별 월별 에너지소비량 분석결과

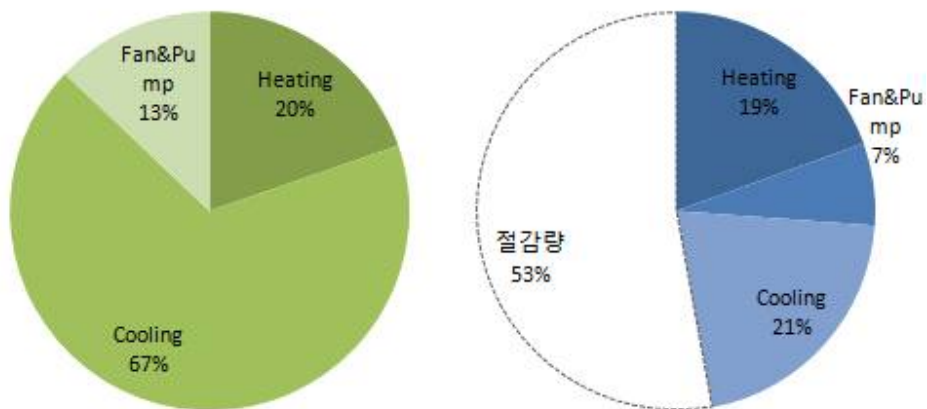
- BIPV 삼중유리 창호의 에너지소비량만을 나타낸 그래프로 발전된 전기에너지를 상쇄 시키기 전 후를 비교하였음. 연간 꾸준한 발전량 획득으로 인해 전반적인 에너지 소비량을 낮추고 있음을 확인할 수 있고, BIPV 삼중유리창호가 적용된 해석

모델의 에너지소비량 가운데 20.2%가 BIPV 발전에 의해 상쇄되어 에너지 효율 측면에서 효과적인 외피적용방안으로 분석됨.



BIPV 삼중유리 창호의 월별 전기에너지 발전량

- BIPV 창호 적용 시 복층유리대비 약 53%가 절감이 가능함을 나타낸 그래프로 전기에너지가 소비되는 냉방과 팬, 펌프동력을 상당히 상쇄시키고 있음을 확인할 수 있음.



냉난방에너지 소비량 절감율

- 앞서 건축적 평가요소 가운데 건물에너지성능은 최근 가장 이슈화 되고 있는 부분이다. 따라서 창호 종류별로 원단위에너지 소비량을 분석한 결과 다음의 표와 같은 결과를 얻을 수 있음. 여기서 원단위 에너지 소비량 분석에서는 급탕에너지는 제외 됨. 또한 기타 고효율 기자재나 HVAC 시스템이 적용되지 않은 상태에서 창호의 종류만 변경한 경우의 결과임. 1차에너지환산계수는 전기의 경우2.75, 도시가스의 경우1.1을 적용하였음.

창호 종류별 원단위 에너지소량

구분	복층유리	복층로이유리	삼중로이유리	BIPV삼중유리
Heating	91531.43442	76443.44959	54372.76282	90501.07623
Cooling	313482.3496	247520.8596	248241.367	153012.7778
Fan&Pump	59991.77077	45229.8995	41689.11671	31161.1493
BIPV Generation	0	0	0	55480.69481
전기에너지소비량	373474.1204	292750.7592	289930.4837	128693.2323
도시가스에너지 소비량	91531.43442	76443.44959	54372.76282	90501.07623
1차에너지환산계수 전기(2.75)	1027053.831	805064.5877	797308.8303	353906.3889
1차에너지환산계수 도시가스(1.10)	100684.5779	84087.79455	59810.0391	99551.18385
Total	1127738.409	889152.3822	857118.8694	453457.5727
원단위에너지소비량 kWh/m ² yr	704.8	555.7	535.7	283.4

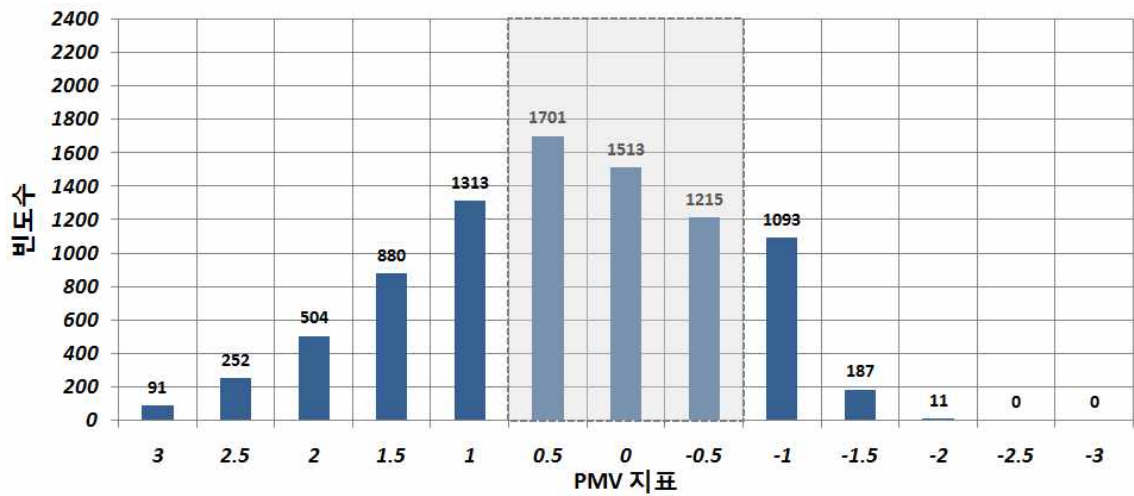
- 분석 결과, 복층유리를 적용한 경우 704.8kWh/m²yr로 건물에너지 효율등급 최하등급인 7등급에도 해당이 되지 않음을 확인할 수 있음. 따라서 건축허가가 불가능하고, 복층로이유리로 변경했을 시 555.7kWh/m²yr으로 6등급에 해당됨. 삼중로이유리 적용 시 535.7kWh/m²yr로 역시 6등급에 해당됨. 고효율 기자재 및 HVAC 시스템, 고단열 불투명 외피 등을 적용하지 않았을 경우 창호만을 변경하는 것으로는 큰 효과가 없음을 알 수 있음. 하지만 BIPV 삼중유리를 적용할 경우 원단위 에너지소비량이 283.4kWh/m²yr로 2등급에 해당함을 알 수 있음. 본 연구에서의 원단위 에너지소비량 분석은 건축물에너지효율등급을 평가하는 ECO2 툴을 사용한 것이 아니고 정량적인 분석을 위해 비정상상태 해석 도구인 EnergyPlus를 사용한 뒤 소비되는 에너지소량을 에너지효율등급 기준에 맞춰 평가하였음.

건축물에너지효율등급

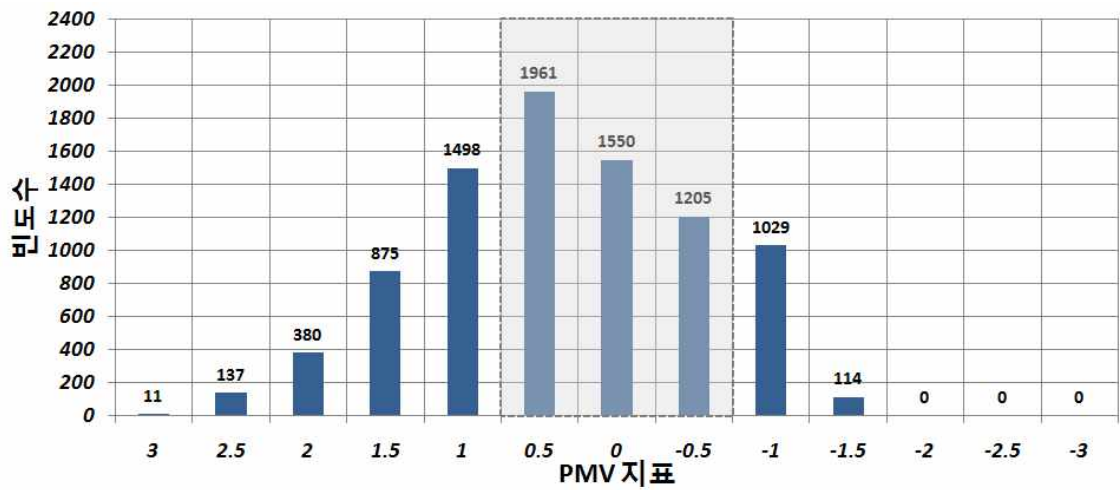
등급	주거용 건축물	주거용 이외의 건축물
	연간 단위면적당 1차에너지소요량 (kWh/m ² · 년)	연간 단위면적당 1차에너지소요량 (kWh/m ² · 년)
1+++	60 미만	80 미만
1++	60 이상 90 미만	80 이상 140 미만
1+	90 이상 120 미만	140 이상 200 미만
1	120 이상 150 미만	200 이상 260 미만
2	150 이상 190 미만	260 이상 320 미만
3	190 이상 230 미만	320 이상 380 미만
4	230 이상 270 미만	380 이상 450 미만
5	270 이상 320 미만	450 이상 520 미만
6	320 이상 370 미만	520 이상 610 미만
7	370 이상 420 미만	610 이상 700 미만

라.창호 종류 별 온열환경성능(PMV) 분석

- 일반적으로 창호면 근처에 있으면 하절기에 더욱 덥게 느껴지고, 동절기에는 더욱 춥게 느껴짐. 이유는 일사투과와 외기온에 의한 전도 및 복사, 대류 열전달로 창호의 표면온도가 민감하게 영향을 받아 춥고, 더움이 더욱 극명해짐. 따라서 창호 설치 시 냉난방에너지 성능만큼 주관적으로 거주자가 느끼는 온열환경성능에 대한 분석이 필요함에 따라 본 연구에서는 창호 종류별로 거주자의 온열환경에 미치는 영향에 대해 분석하였음. 분석결과 아래 그림과 같은 결과를 얻을 수 있었는데, 복층유리, 복층로이유리, 삼중로이유리의 경우 사무소건물 설치 시 거주자가 덥다고 느끼는 경우의 빈도가 많았고, BIPV 삼중유리의 경우 온화한 실내온도의 빈도가 많았음.

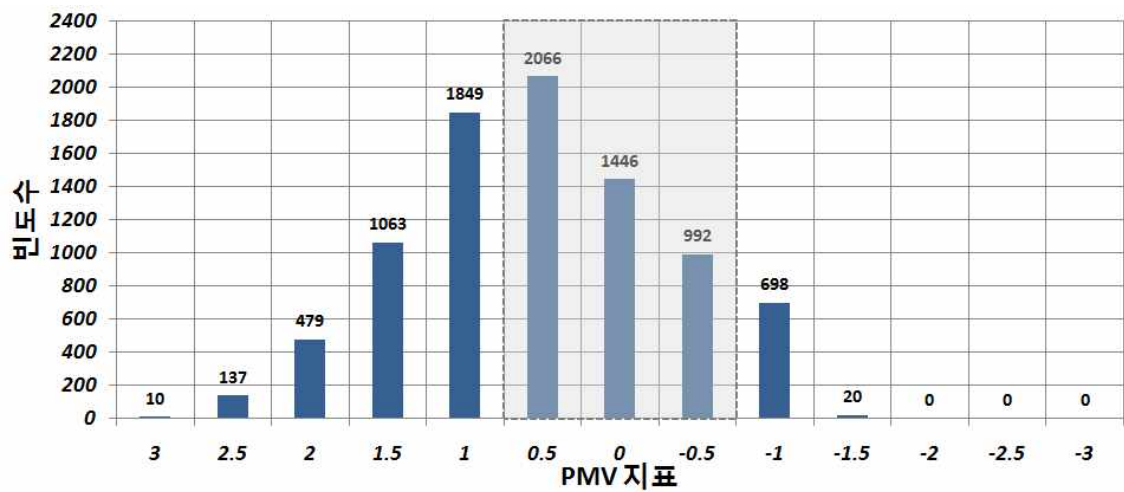


복층유리 PMV 도수분포 그래프

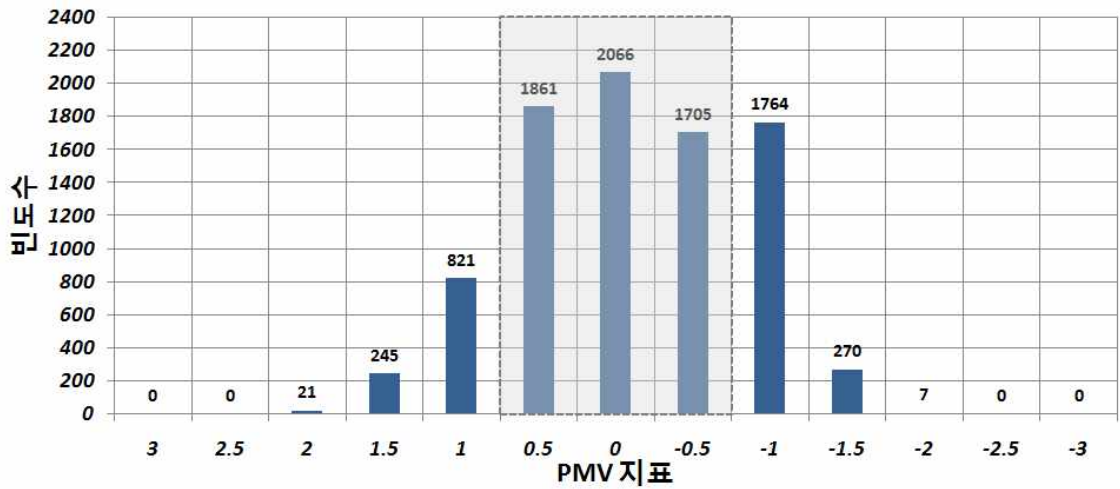


복층로이유리 PMV 도수분포 그래프

2.



삼중로이유리 PMV 도수분포 그래프



BIPV 삼중유리 PMV 도수분포 그래프

- 위의 그래프를 데이터화 하여 표로 나타낸 것이 아래의 표인데, 이를 통계 분석하여 쾌적영역(-0.5~0.5)에 해당하는 빈도수를 도출해보면 BIPV 삼중유리가 1년 8760시간 중에 5632시간으로 64.3%로 가장 많은 것을 확인할 수 있음. 따라서 온열쾌적감 측면에서도 BIPV 창호가 다른 창호에 비해 우수함을 확인할 수 있음.

BIPV 삼중유리 PMV 도수분포표

PMV 지표	복층유리 PMV	복층로이유리 PMV	삼중로이유리 PMV	BIPV 삼중유리 PMV
3	91	11	10	0
2.5	252	137	137	0
2	504	380	479	21
1.5	880	875	1063	245
1	1313	1498	1849	821
0.5	1701	1961	2066	1861
0	1513	1550	1446	2066
-0.5	1215	1205	992	1705
-1	1093	1029	698	1764
-1.5	187	114	20	270
-2	11	0	0	7
-2.5	0	0	0	0
-3	0	0	0	0

창호종류별 PMV 쾌적범위(-0.5~0.5)에 해당하는 빈도 및 연간 해당 비율

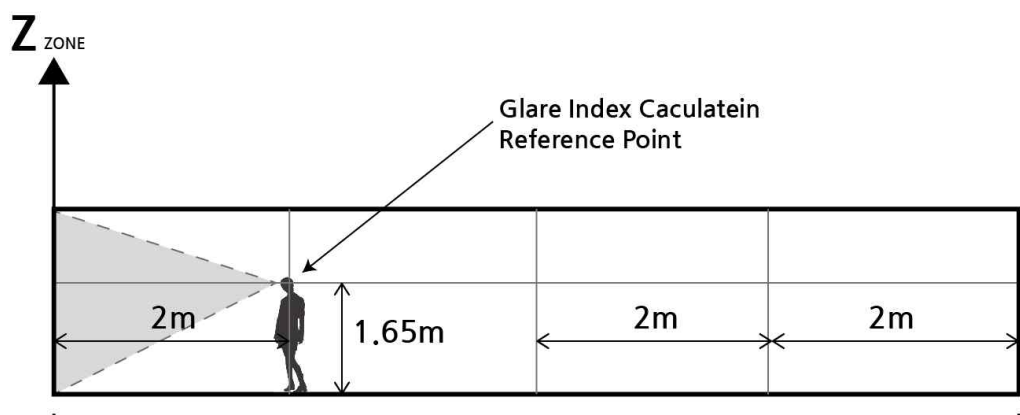
	복층유리 PMV	복층로이유리 PMV	삼중로이유리 PMV	BIPV삼중유리 PMV
쾌적시간 빈도	4429	4716	4504	5632
쾌적시간 비율	50.6%	53.8%	51.4%	64.3%

마.창호 종류 별 창면 불쾌현회지수 분석

- 건물에서 창호는 일사가 들어와 조명에너지를 절감시키거나 난방에너지를 절감시킬 수 있는 장점이 있음. 하지만 사무소건물과 같이 창면적비가 클 경우 일사의 양이 과도하여 눈부심현상을 발생시키는 단점을 가지고 있음. 이러한 이유로 대부분의 사무소건물에서 블라인드를 통해 눈부심을 제거 하고 있는데, BIPV 창호의 경우 가시광선 투과율이 낮아 빛을 차단시키고 밖을 볼 수 있는 장점이 있음. 이러한 배경 하에 사무소건물에 BIPV를 적용할 경우 불쾌현회를 얼마나 감소시킬 수 있는지에 대한 정량적인 평가를 수행하였음. 해석모델은 앞에서 서술한 시뮬레이션 모델과 동일하고 창면에서 2m 떨어지고 높이가 1.65m(한국표준연구상 대한민국 평균 키)인 지점에 센서를 설치하여 DGI 지표를 분석함. DGI 지표는 Hopkinson이 개발한 지표로 사무소건물의 경우 22이상이면 불쾌현회가 발생된다고 언급되어 있다.

건물 용도 별 권장되는 최대 불쾌현회 지수

Recommended Values of Maximum Discomfort Glare Index	
Activity or zone typ	Maximum Discomfort Glare Index
Instrument assembly	22
Hospital wards	18
Laboratories	22
Museums	20
Offices	22
School classrooms	20



불쾌현회 지수 분석 개요

- 위와 같은 조건하에 창호 종류별로 불쾌현회지수가 22미만인 시간의 빈도수를 분석한 결과 아래의 표와 같은 결과를 얻을 수 있었음. 1년 8760시간 중 DGI가 22이상인 시간 빈도수를 나타낸 것인데, 남측에 복층유리 설치 시 2235시간, 복층로이유리의 경우 1887시간, 삼중로이유리의 경우 1296시간,

BIPV 삼중유리의 경우 607시간으로 불쾌현황 제거에 BIPV 창호가 상당히 효과적인 것으로 나타났고 서측과 동측도 대부분의 불쾌현황을 감소시키는 것으로 나타남. 1년 8760시간 중 DGI>22인 시간 비율을 나타낸 것인데, 방위별로 평균적인 연중 불쾌현황 발생 비율을 보면 복층유리가 22.7%, 복층로이유리가 17.9%, 삼중로이유리가 10.9%, BIPV삼중유리가 5.2%로 나타났다. 따라서 BIPV 창호가 불쾌현황 감소에 큰 효과가 있음을 확인 할 수 있고, 블라인드의 역할도 충분히 가능할 것으로 예상됨.

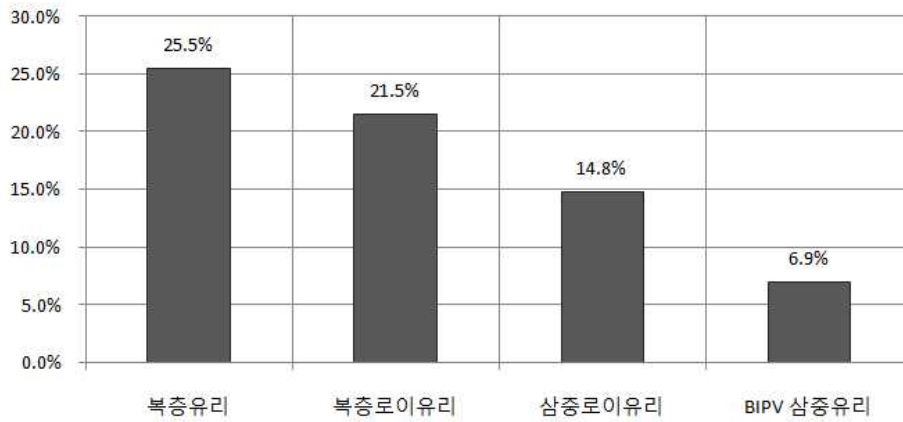
1년 8760시간 중 DGI>22인 시간 빈도수

구분	SOUTH	WEST	EAST
복층유리	2235	1783	1936
복층로이유리	1887	1301	1504
삼중로이유리	1296	629	937
BIPV 삼중유리	607	247	502

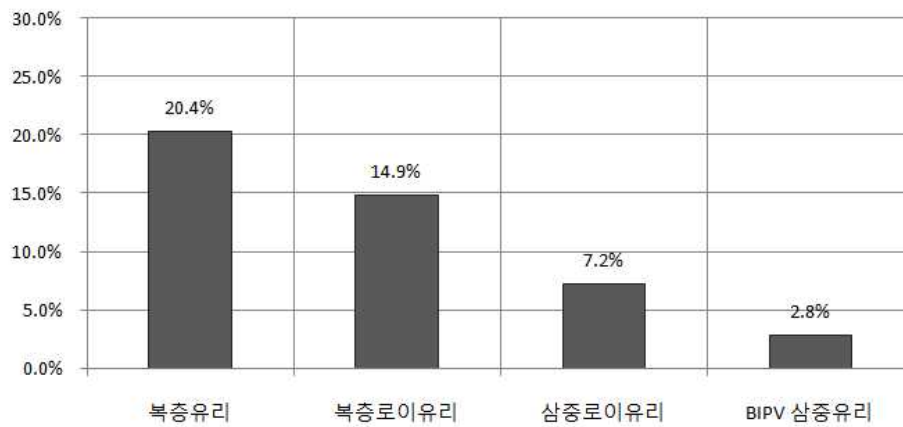
1년 8760시간 중 DGI>22인 시간 비율

구분	SOUTH DGI<22	WEST DGI<22	EAST DGI<22	평균
복층유리	25.5%	20.4%	22.1%	22.7%
복층로이유리	21.5%	14.9%	17.2%	17.9%
삼중로이유리	14.8%	7.2%	10.7%	10.9%
BIPV 삼중유리	6.9%	2.8%	5.7%	5.2%

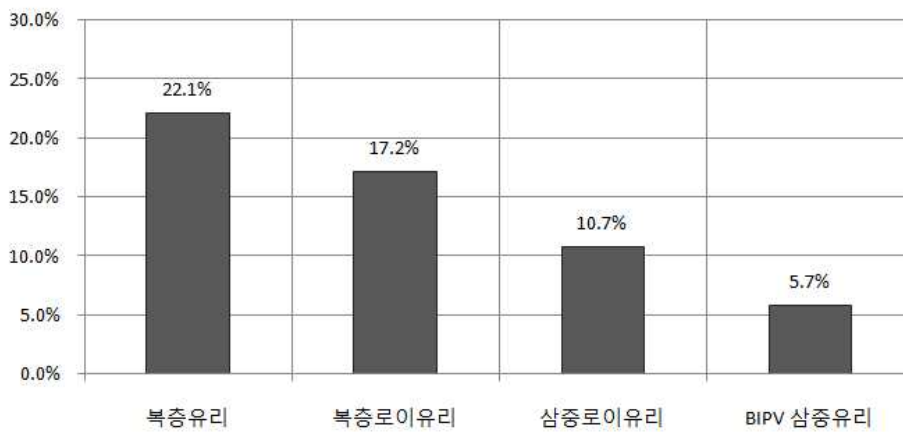
SOUTH DGI<22



WEST DGI<22



EAST DGI<22

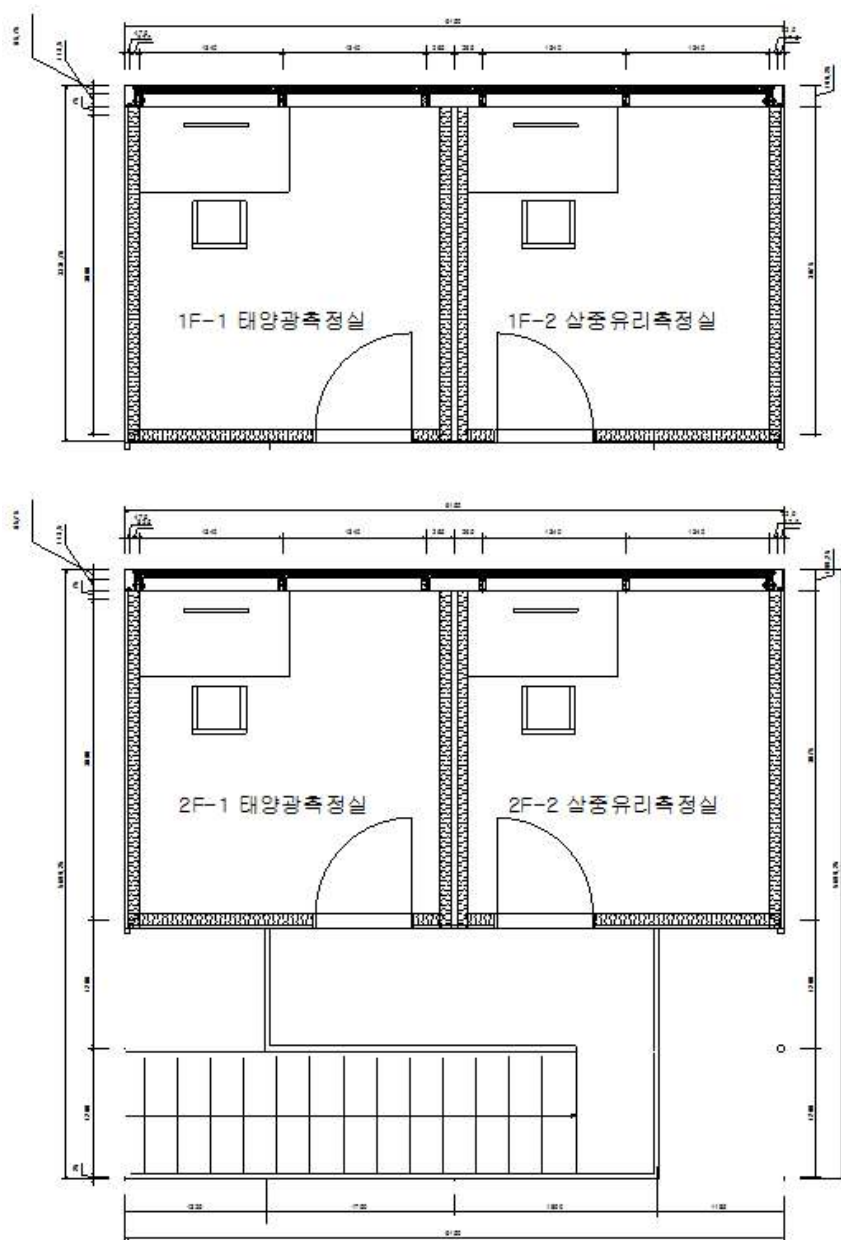


방위별 창호종류에 따른 불쾌현황(DGI)지수 분석 결과 그래프

6. 실험 챔버 구축을 통한 성능 평가

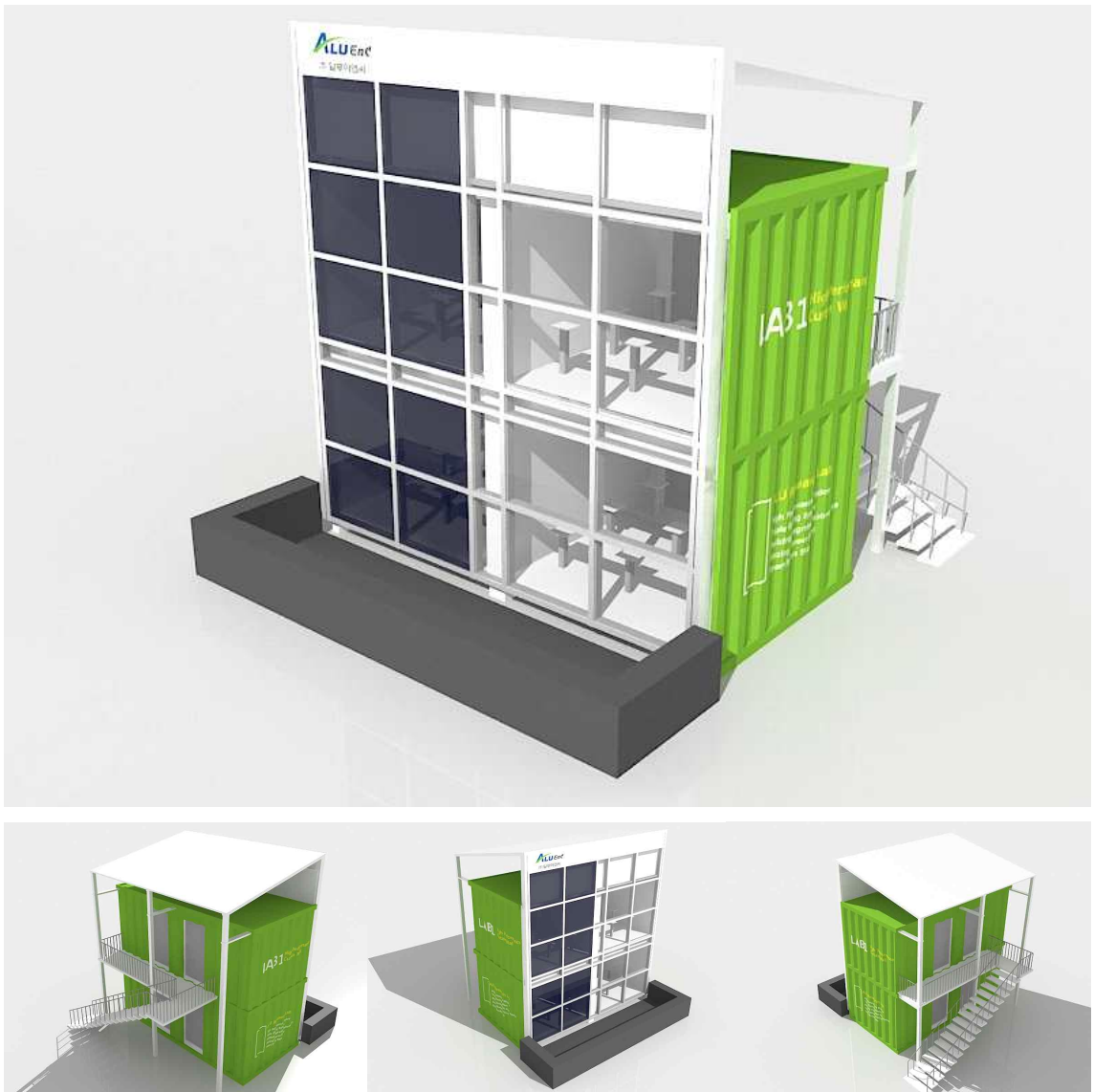
가. 실험 챔버 개요

- BIPV 창호 적용 후 성능평가를 위해 아래 그림과 같이 실험챔버를 구축함. 설치 장소는 충북 음성군 생극면 알루이엔씨 음성공장 본관 옥상에 위치하고 있음. 챔버 구축은 3m × 6m의 컨테이너 2개를 쌓아 2층으로 구성하였으며, 단열재는 100mm 글라스울이 적용되어 있음. 챔버의 가운데 파티션은 200mm 단열재가 적용되어 있으며, 이를 기준으로 BIPV 삼중유리 적용 실과 일반삼중유리 적용실로 구분이 됨.



태양광 실험챔버 제작 도면

- 최종적으로 구축되는 실험챔버의 형상은 아래의 그림과 같으며, 그림과 같이 BIPV삼중유리실 2개와 일반삼중유리실 2개로 구분되며, 1층 BIPV는 개구율 20%, 2층 BIPV는 개구율 10%가 적용되었음.



BIPV 성능 분석을 위한 챔버 설계안(3D 이미지)

(1)BIPV 실험챔버 설치과정

- 앞의 설계내용을 바탕으로 BIPV 실험챔버를 제작하였으며, 시공과정은 아래의 표와 같음. 일사 및 음영에 의한 BIPV 발전성능에 대한 영향을 최소화시키기 위해 공장의 옥상 층을 활용하였으며, 실 별로 동일한 실험조건 조성을 위해 커튼 월 프레임의 침기를 최소화 하였음. 설치는 9월 초에 완료되었으며 이를 토대로 시험을 진행함.

BIPV 실험챔버 제작과정 1

순서	시공과정 사진	시공과정 설명
1		BIPV 실험용 컨테이너 1,2층 결합
2		커튼월 프레임 조립 완료

BIPV 실험챔버 제작과정 2

순서	시공과정 사진	시공과정 설명
3		커튼월 프레임 남측면 조립 후 Thermal Breaker (열교차단제) 끼움
4		지붕면 프레임 설치

BIPV 실험챔버 제작과정 3

순서	시공과정 사진	시공과정 설명
5		BIPV 삼중유리창호 커튼월 결합 준비
6		BIPV 삼중유리창호 커튼월 끼움

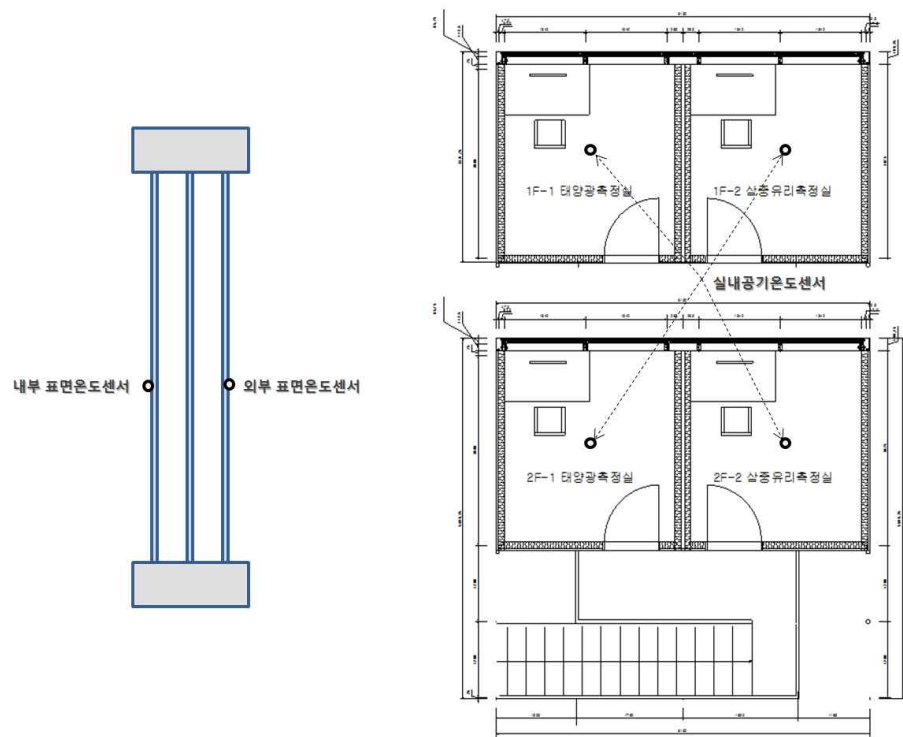
BIPV 실험챔버 제작과정 4

순서	시공과정 사진	시공과정 설명
7		BIPV 삼중유리와 비교할 일반 삼중유리 커튼월 프레임에 끼움
8		커튼월 캡(Cap) 결합 및 방수를 위해 실리콘 마감

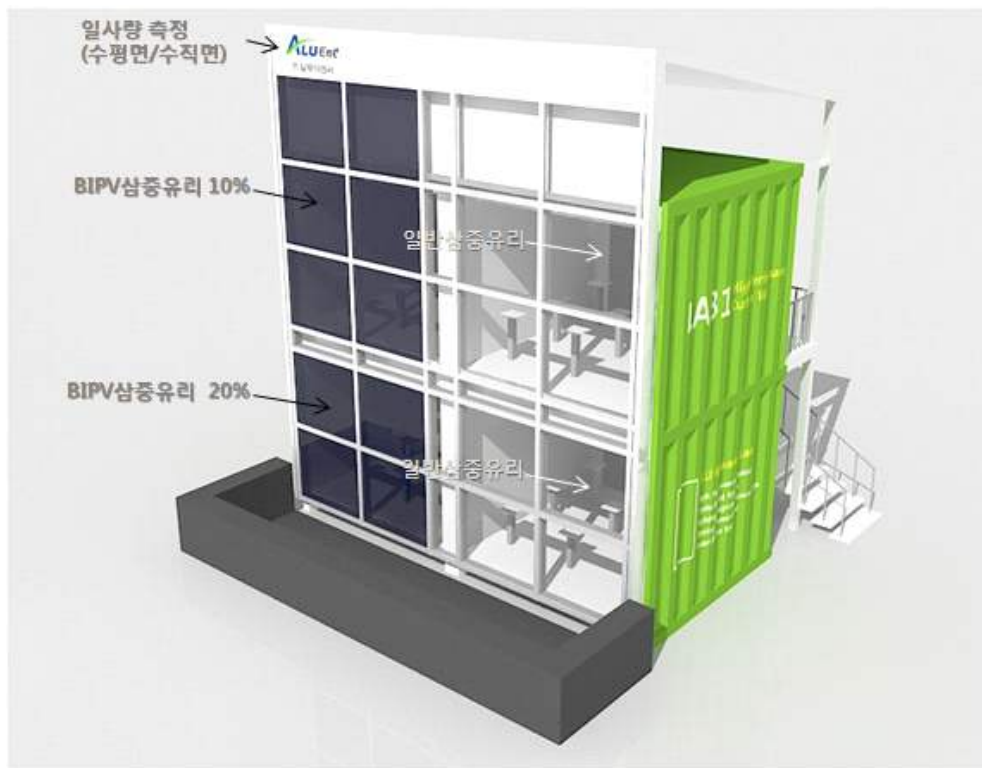
순서	시공과정 사진	시공과정 설명
9		BIPV 실험챔버 완공

(2)BIPV 실험챔버 측정요소

- BIPV 실험챔버는 BIPV삼중유리창호와 일반삼중유리창호를 커튼월이 적용된 사무소건물에 적용했을 때, 실내 건축환경에 미치는 영향을 분석하기 위함임. 따라서 실내 공기온도측정을 위해 실별 온도 및 습도를 측정할 수 있는 HOBO를 설치했고, 창호의 내외부 표면온도 측정을 위해 Graphtec社의 GL820 데이터로거와 T Type 열전대(Thermocouple)을 사용하였음. 열전대 위치는 아래의 그림과 같으며, BIPV 창호 두 종류(10%, 20%), 일반삼중유리에 설치하였음. 또한 일사량 측정을 위해 챔버의 왼쪽 상단에 일사량계를 설치하여 수평면과 수직면 일사량을 측정하였음.



태양광 실험챔버 제작 도면

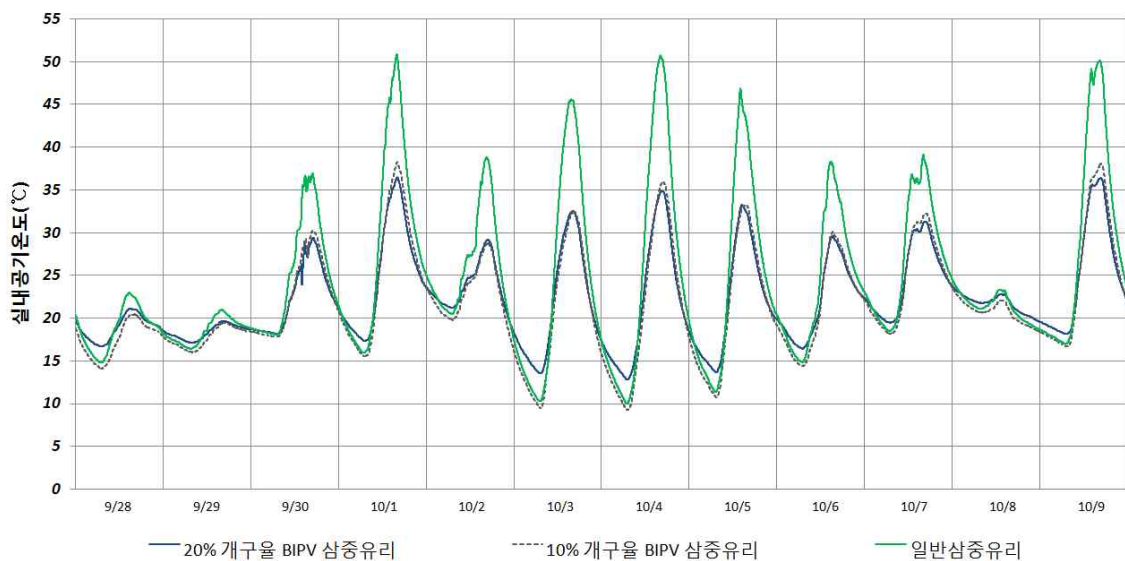


실험 챔버 측정 위치 개요

(3)BIPV 챔버 실험 결과

(가)실내온도분석

- 하절기 대표일을 기준(9월 28일~10월 9일)으로 창호 종류별 실내 공기온도를 분석한 결과 아래의 그림과 같은 결과를 얻을 수 있었음. 창면적비가 100%인 일반적인 사무소건물의 경우 일사에 의한 영향을 크게 받음. BIPV 실험챔버의 경우도 일반 사무소건물과 유사하게 창면적비 100%로 구성하였고, 실내온도를 분석한 결과 창호 종류별로 상당한 차이를 나타냄. 일반삼중유리의 실내공기온도가 최대 50.8℃까지 올라간 반면 개구율 20% BIPV 삼중유리는 36.5℃, 개구율 10% BIPV 삼중유리는 38.3℃로 상대적으로 낮게 올라감. 또한 평균온도는 일반삼중유리 대비 개구율 20% BIPV 삼중유리가 2.5℃가량 낮았고, 개구율 10% BIPV 삼중유리는 3.2℃가량 낮았음. 따라서 BIPV 창호는 사무소건물 커튼월 적용 시 냉방에너지 및 실내 쾌적측면에서 유리할 것으로 예상됨.



창호 종류별 실내 공기온도

창호 종류별 실내공기 최대, 최소, 평균온도

창호 종류	일반삼중유리	BIPV 20%	BIPV 10%
최대온도	50.8℃	36.5℃	38.3℃
최소온도	10.0℃	12.8℃	9.3℃
평균온도	25.1℃	22.6℃	21.9℃

(나)표면온도분석

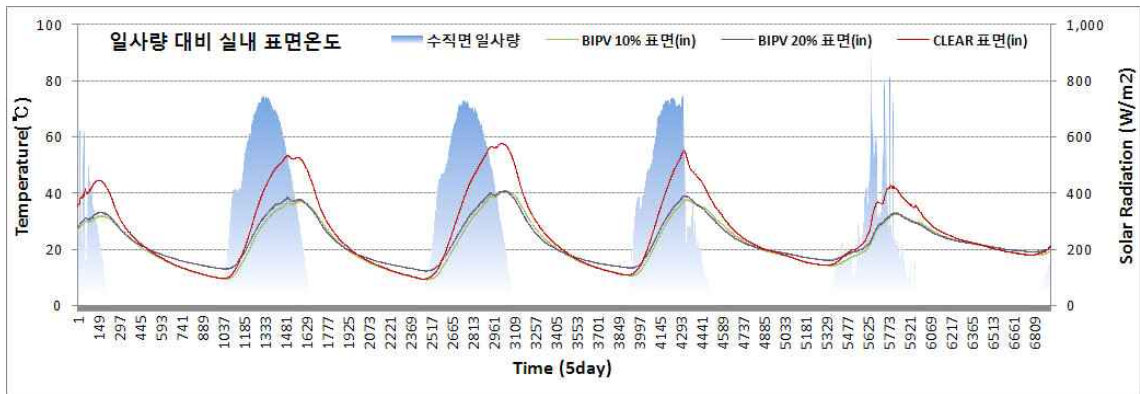
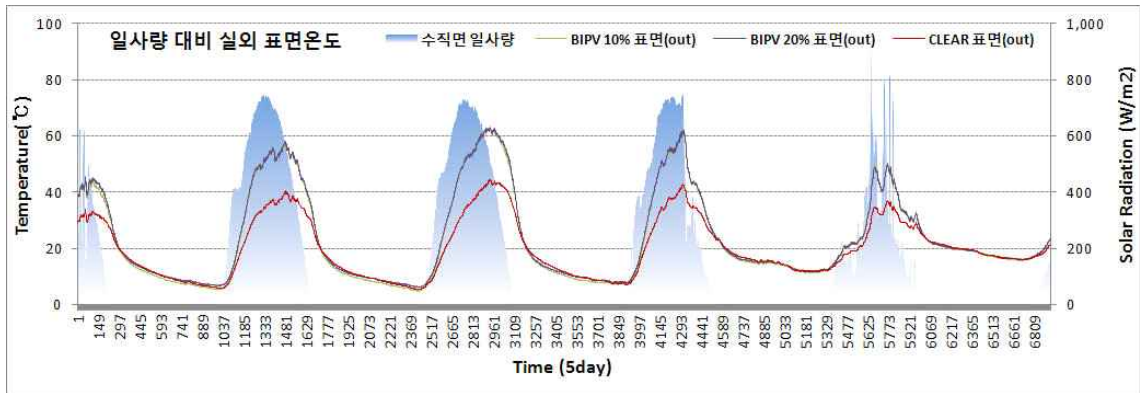
- 하절기 대표일을 기준(10월 2일~10월 6일)으로 창호 종류별 실내외 표면온도를 분석한 결과 아래의 그림과 같은 결과를 얻을 수 있었음. 실외표면 최대온도는 일반삼중유리가 44.4℃, BIPV 개구율 20%가 63.1℃, BIPV 개구율 10%가 63.0℃로 BIPV 창호가 높게 나타났다. 이유는 Cell의 흡수율이 높아 일반유리에 비해 온도가 높이 올라가는 것으로 분석됨. 실외표면 평균온도 역시 일반삼중유리가 19.8℃, BIPV 개구율 20%가 23.9℃, BIPV 개구율 10%가 23.3℃로 BIPV 창호가 높게 형성됨. 하지만 실내표면온도는 다른 경향이 나타났는데, 실내 최대 표면온도는 일반삼중유리가 57.6℃, BIPV 개구율 20%가 40.8℃, BIPV 개구율 10%가 40.9℃로 BIPV 창호가 낮게 나타남. 평균온도 역시 일반삼중유리가 26.2℃, BIPV 개구율 20%가 23.2℃, BIPV 개구율 10%가 22.1℃로 BIPV 창호가 낮은 것으로 확인되었음. BIPV 창호의 경우 삼중유리의 실외측이 BIPV 모듈이 설치되어 실내로 유입되는 일사량이 적어 실내표면온도가 전반적으로 낮게 형성되는 것으로 분석됨. 사무소건물의 경우 넓은 창면적비에 의해 일사 영향을 크게 받아 실내온도가 높게 형성되어 냉방에너지가 많이 들게 됨. 따라서 사무소건물에 거주하는 사용자 측면에서는 BIPV 창호의 설치가 실내환경 측면에서 유리할 것으로 예상됨.

창호 종류별 실외표면 최대, 최소, 평균온도

창호 종류	일반삼중유리	BIPV 20%	BIPV 10%
최대온도	44.4	63.1	63.0
최소온도	5.3	6.1	4.8
평균온도	19.8	23.9	23.3

창호 종류별 실내표면 최대, 최소, 평균온도

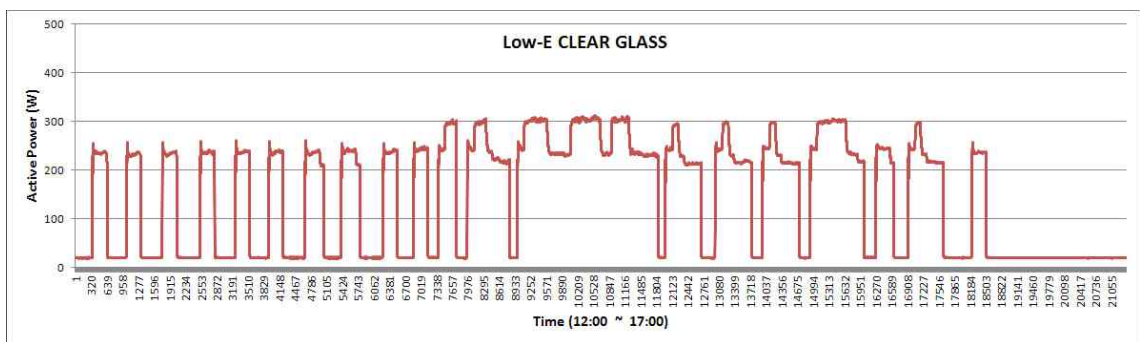
창호 종류	일반삼중유리	BIPV 20%	BIPV 10%
최대온도	57.6	40.8	40.9
최소온도	9.2	12.2	8.9
평균온도	26.2	23.2	22.1



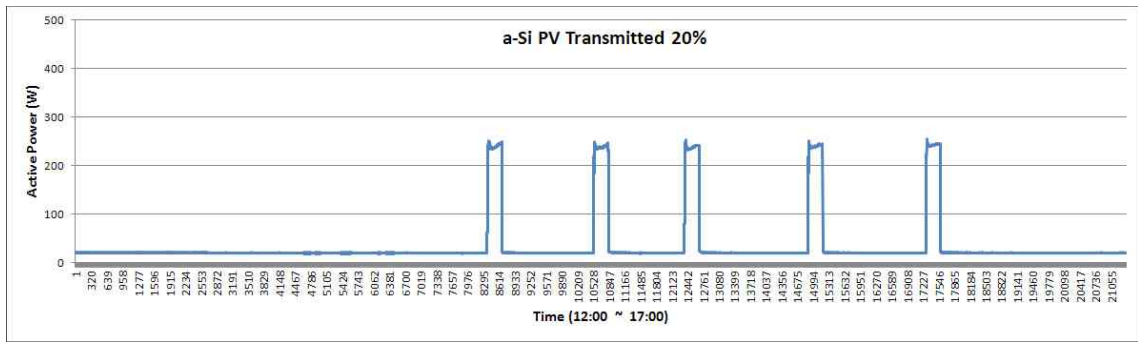
일사량대비 실내의 표면온도

(다) 냉난방에너지성능

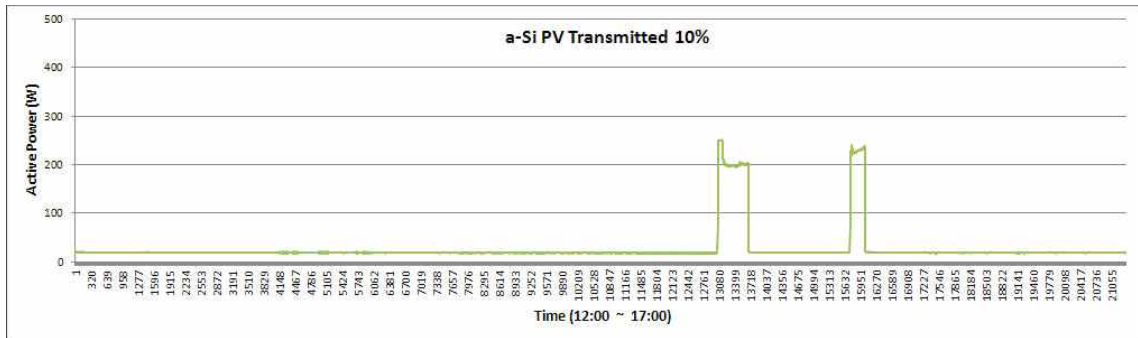
- BIPV 챔버의 냉난방에너지 소비량 분석을 위해 Wattman을 이용하여 성능을 측정하였음. 측정 시기는 하절기 대표일로 9월 10일로 선정하였고, 측정시간은 한낮인 오후 12시부터 17시 사이에 냉방기기의 전력소비량을 측정함.



일반 삼중유리 냉방 전력소비량



개구율 20% BIPV 냉방 전력소비량



개구율 10% BIPV 냉방 전력소비량

- 일반 삼중유리의 경우 냉방기가 지속적으로 운전되고 있는 것을 확인 할 수 있고, BIPV 삼중유리의 경우 간헐적으로 운전이 됨을 알 수 있음. 즉 일반 삼중유리의 경우 전기가 계속 공급되어야 함에 따라 냉방에너지가 상당하지만, BIPV 삼중유리는 냉방에너지 소비량이 작게 됨. 일반삼중유리 대비 BIPV 개구율 20% 삼중유리는 24.0%의 에너지소비량을 나타냈고, BIPV 개구율 10% 삼중유리는 18.4%의 에너지소비량을 나타냄.

창호 종류별 냉방 전력소비량

창호 종류	일반삼중유리	BIPV 20%	BIPV 10%
누적 전력소비량(Wh)	882.5	212.1	162.1
비율	100.0%	24.0%	18.4%

- 다시 말해 냉방에너지가 지배적인 사무소건물에 BIPV 창호를 적용할 경우 상당한 에너지 절감효과가 기대되며, 냉방기기의 간헐적 작동만으로도 쾌적한 온열환경을 유지할 수 있을 것으로 예상됨.

7. BIPV Unit 시스템 적용방안(가이드라인)

가. 적용 방안(가이드라인)의 범위 설정

- 본 적용 방안은 BIPV Unit 시스템 구성시 주요자재등 필수적으로 알아야 할 기본적인 정보와 설계단계에서 시공까지의 절차를 나누어 고려해야할 사항들을 단계적으로 정리하였음.

나. BIPV Unit 시스템 적용방안 요약 내용

(1) 주요자재(모듈, 인버터)의 분류 및 특징

가.태양전지 모듈의 종류

- 태양전지의 종류는 아래 그림에서 보는 바와 같이 실리콘계와 화합물계, 유기계로 나눌 수 있으며 현재는 실리콘계가 주로 쓰이고 있다. 종류별 장단점은 아래 표와 같다.



태양전지의 종류

태양전지 종류별 장·단점

태양전지 종류	장점	단점
단결정 실리콘	변환효율이 높고 장기 사용 실적이 있다.	실리콘 재료의 공급량에 제약을 받는다.
다결정 실리콘		
리본 결정 실리콘	단·다결정 실리콘에 비해 재료의 사용량이 적다.	단·다결정 실리콘에 비해 변환효율이 낮다.
구형 실리콘	단·다결정 실리콘에 비해 재료의 사용량이 적으며, 플렉시블한 태양전지도 가능하다	단·다결정 실리콘에 비해 변환효율이 낮고 공을 나란히 늘어놓는 공정이 복잡하다.
HIT	특수품을 제외하고 시판품에서는 최고의 변환효율을 가진다.	실리콘 재료의 공급에 제약을 받는다
아몰퍼스 실리콘	실리콘 재료의 공급부족에 대한 걱정이 없다. 온도상승에 강하고 재료의 사용량이 적다.	변환효율이 낮고 초기 열화가 있다.
틴템형 박막 실리콘	아몰퍼스 실리콘의 장점을 가짐과 동시에 비교적 변환효율이 높다. 유리, 금속, 플라스틱 등 기판을 가리지 않는다.	변환효율이 아몰퍼스보다는 좋지만, 단·다결정에 비하여 변환효율이 낮다.
갈륨 비소 인듐입	고효율이며, 우주용에 적합하다.	고가이기 때문에 특수 용도로만 사용할 수 있다.
CIGS	실리콘 재료의 영향을 받지 않고 색이 좋다.	인들의 공급량이 걱정.
카드뮴 텔루르	진공장치를 필요로 하지 않고 저렴해질 가능성이 크다.	카드뮴에 대한 부정적인 반응이 있다.
염료감응형	색을 선택할 수 있고 저렴해질 가능성이 크다.	변환효율이 낮고 내구성에 우려가 있다.
유기	저렴해질 가능성이 크다.	고효율화가 필요하다.
신형	이론 변환효율이 60% 이상이다.	개발 초기 단계

(2) 실리콘계 박막형 태양 전지

- 현재 BIPV시장에서 창호에 가장 적합하다고 여겨지는 실리콘계 박막형 태양전지는 아래 그림과 같은 장점을 가지고 있다.

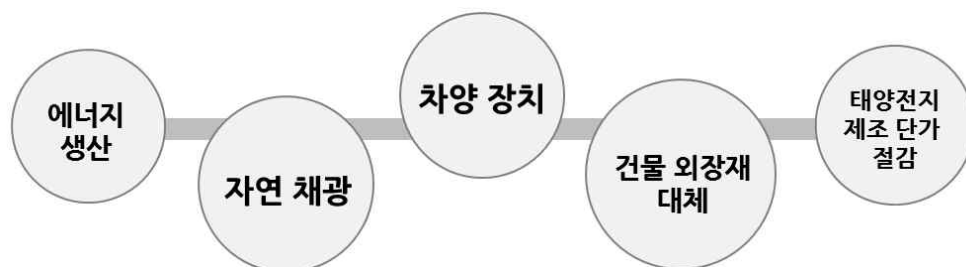
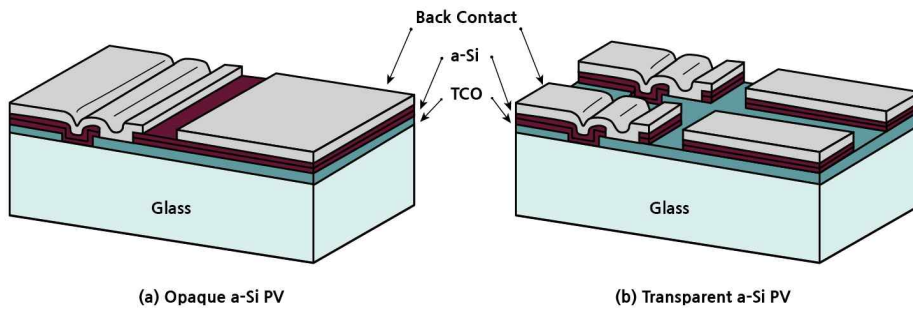


그림 188 투광형 비정질 실리콘 박막 BIPV모듈의 장점

①투광성

- 실리콘계 박막형 태양전지의 제작과정 중에서 레이저 공정은 매우 중요한 역할을 한다. 일반적으로 레이저 공정은 세정시킨 유리층 위에 TCO(Transparent Conductive Oxide)층을 입혀 1차 스크라이빙 공정(P1)을 하고 그 위에 silicon 층을 입혀 2차 스크라이빙 공정(P2)을 하고 마지막으로 Al, Ag 와 같은 금속층을 입혀 3차 스크라이빙 공정(P3)을 한다. 스크라이빙공정을 하는 근본적인 이유는 태양전지를 직렬형태의 전극으로 만드는 것이 주된 목적이며, 선택적 어블레이션(ablation)을 요구하는 공정으로 다른 층과 절연이 잘 되었는가도 중요하며, 스크라이빙 폭이 좁을수록 활성영역이 넓기 때문에 태양전지의 효율을 증가시킬 수 있다.



박막태양전지의 투광형 구조 원리



투과율별 a-Si BIPV모듈의 모습

- 최근에는 레이저빔을 직접 재료에 조사하는 공정을 하지 않고, 유리층에 투과하여 재료를 제거하는 백-스크라이빙(back-scribing)방식의 공정이 많이 이루어지고 있는데, 투광형 실리콘 박막 태양전지의 원리가 바로 이것이다. 이 경우 백-스크라이빙 된 부분으로 빛이 통과하면서 투과율을 가지게 되는데, 스크라이빙의 두께와 간격에 따라 태양전지의 투과율이 결정되며 스크라이빙 패턴 방식에 따라 다양한 형태로 표현이 가능하다.

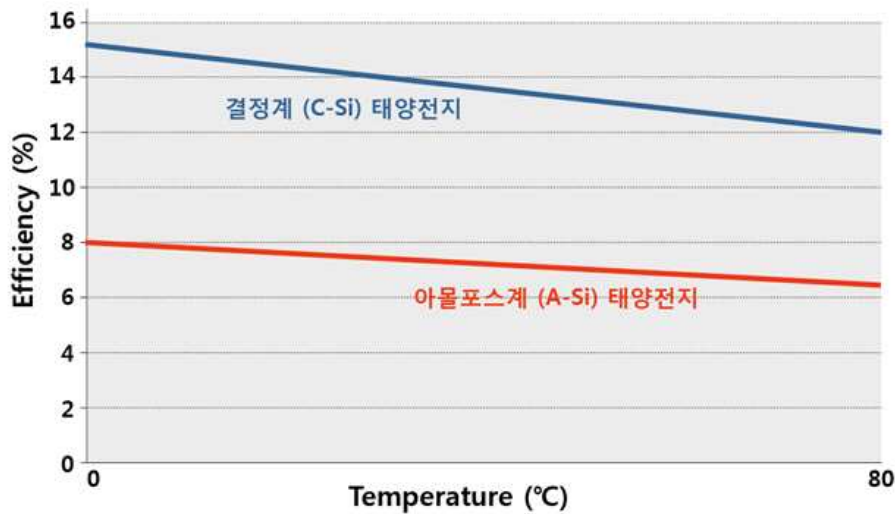


실제 비정질 박막 실리콘 BIPV 모듈의 레이저 스크라이빙 된 모습

- 이러한 투광성을 가지는 실리콘 박막 태양전지는 건물의 유리외피로 적용이 가능하기 때문에 건물에서 소비되는 전기부하를 창호에서 생산되는 전력으로 충당하는 개념으로 건물에 설치될 경우 그 효과는 더욱 극대화될 수 있을 것이다.

②온도 의존성

- 실리콘 박막 태양전지는 실제 사용환경에서 온도에 대한 강점을 가지고 있다. 기존의 웨이퍼 기반의 태양전지에 비해 효율은 낮지만 온도가 높을수록 발전량이 저하되는 현상이 덜하다. 기존 연구 논문에 의하면, 결정계 실리콘 태양전지의 경우 표면온도 1℃ 상승에 따라 약 0.5%의 발전량이 감소되며 비정질 실리콘 박막 태양전지의 경우 약 0.2%의 발전량이 감소된다고 보고되고 있다. 이러한 특성은 비정질 실리콘 박막 태양전지가 결정계 실리콘 태양전지에 비해 온도계수가 2배 이상 낮기 때문에 나타나는 것이다. 태양전지 모듈은 실제 설치 환경에서 표면온도가 80℃까지 올라갈 수 있기 때문에 표준검사조건(STC : Standard Test Condition)에서 검사한 모듈의 전력생산량에 비해 실제 전력생산량이 낮은 것이 일반적이다. 또한 실제 환경에서 모듈에 입사하는 광 에너지는 자외선에 가까운 반면 표준검사 조건 하의 평균 광 에너지는 장파장에 좀 더 가깝기 때문에 실제 설치조건에서 광-전환효율이 떨어지는 현상이 발생하는 것이다. 웨이퍼 기반의 태양전지의 경우 온도 특성이 표준검사 조건에 가깝지만, 박막 태양전지는 실제 설치 환경에 가깝기 때문에 표준검사 조건에서는 웨이퍼 기반의 태양전지가 효율은 높은 것으로 검사되지만, 실제 kWp당 전력생산량을 비교해보면 박막 태양전지와 비슷하거나 오히려 박막 태양전지가 높은 특성을 보이게 된다.



태양전지 종류별 온도 상승에 따른 효율 저하 곡선

③일사조절장치의 역할

- 실리콘계 박막형 태양전지의 큰 장점 중에 하나는 기존의 결정계 태양전지와 다르게 모듈면이 투과성을 지니면서 자연 채광을 가능하게 하고 특히 실내 점유자들에게 외부 조망하게 함으로서 시각적 쾌적감을 전달한다는 데 있다. 비정질 실리콘 박막 태양전지를 이용한 BIPV시스템을 적용함으로써 실내 점유자들에게 가시성을 확대시켜 주기 위해서는 투과율을 높여 줄 수 있지만, 발전성과 일사조절 역할을 위해서는 투과율을 조절해 주어야 한다. 따라서 실내 공간의 용도에 따라 모든 조건을 만족하는 적정 조건을 찾아내는 것이 중요하다. 일반투명창호 시스템을 적용할 경우, 투과율이 매우 높기 때문에 일광의 직접 영향을 받는 창호 근처에서 업무 등의 활동을 하기 위해서는 별도의 현회 억제 장치의 마련이 불가피한 조건이 되는 경우가 많다. 반면, BIPV 창호는 투과율이 낮기 때문에 일상생활과 업무활동에 눈부심 현상을 발생시키지 않고 시각각의 쾌적성을 유지할 수 있는 장점이 있다. 그렇기 때문에 차양 장치와 같은 별도의 장치가 필요치 않고 그 자체만으로도 차양역할을 할 수 있고, 과도한 일사열을 막아 시각적, 열적 쾌적성을 제공할 수 있다. 뿐만 아니라 전력 생산과 동시에 차양, 단열 등의 복합적인 기능을 발휘할 수 있기 때문에 창호 외에 커튼월구조의 유리외피 대체 등 그 활용도가 매우 높다고 할 수 있다. 따라서 a-Si BIPV창호를 통한 적절한 주광의 이용은 작업환경을 더욱 능률적으로 만들며, 생산성 및 재실자의 쾌적성을 향상시킬 수 있을 것이다.

나.인버터

- 인버터는 태양전지에서 출력되는 직류전력을 교류전력으로 변환하고 교류계통으로 접속된 부하설비에 전력을 공급한다. 동시에 잉여전력을 계통으로 역송전하는 것과 생산전력의 전량을 한전의 배전선에 역송전하는 방식이 있다. 또한 인버터는 태양전지의 발전전력을 최대로 이끌어내는 제어를 함과 동시에 일반 배전계통과 연계운전을 하므로 ‘분산형 전원 배전계통 연계기술기준’에 적합한 기능을 하고 있다. 그 외에도 태양전지의 성능을 최대한으로 이끌어내기 위한 기능과 이상시 또는 고장시를 위한 보호기능 등을 갖추고 있다.

①자동운전 정지기능

- 인버터는 이른 아침, 일출과 함께 일사강도가 증대하여 출력을 얻을 수 있는 조건이 되면 자동적으로 운전을 시작하며, 출력을 스스로 감시하고 자동적으로 운전한다. 출력을 얻을 수 있는 한은 계속 운전하며, 일사량이 완전히 없어지면 정지한다. 또한 흐린 날이나 비오는 날에도 운전을 계속할 수 있지만 태양전지 출력이 적어 인버터의 출력이 거의 0이 되면 대기상태가 된다.

②최대전력 추종제어기능

- 태양전지의 출력은 태양전지의 표면온도와 일사강도에 따라 변동되는데, 이런 변동에 대하여 태양전지의 동작점이 항상 최대 출력점을 추종하도록 변화시켜 태양전지에서 최대 출력을 얻을 수 있도록 제어하는 기능을 최대전력추종(MPPT:Maximum Power Point Tracking)제어라 한다. MPPT제어는 인버터의 직류 동작 전압을 일정시간 간격으로 변동시켜 그 때의 태양전지 출력 전력을 계측하여 이전에 발생한 부분과 비교하고 항상 전력이 크게 되는 방향으로 인버터의 직류전압을 변화시킨다. 즉, 출력전력의 증감을 감시하여 항상 최대전력점에서 동작하도록 제어하는 것이다.

③단독운전 방지기능

- 태양광발전시스템이 계통과 연계되어 있는 상태에서 계통 측에 정전이 발생한 경우 부하전력이 인버터의 출력전력과 동일하게 되는 경우에는 인버터의 출력전압, 주파수는 변하지 않고 전압·주파수 계전기에서 정전을 검출할 수 없다. 이때문에 계속해서 태양광발전시스템에서 계통으로 전력이 공급될 가능성이 있다. 이러한 운전상태를 ‘단독운전’이라고 한다. 단독운전이 발생하게 되면 전력회사의 배전망에서 전기적으로 끊어져 있는 배전선으로 태양광발전시스템에서 전력이 공급되어, 보수점검자에게 위험을 끼칠 위험이 있으므로 태양광발전시스템의 운전을 정지시킬 필요가 있지만 단독운전상태에서는 전압계전기(OVR, UVR), 주파수 계전기(OFR, UFR)에서는 보호할 수 없다. 그러므로 그 대책으로 단독운전 방지기능이 설치되어 안전하게 정지할 수 있도록 하고 있다. 인버터에는 수동적 방식과 능동적 방식의 2종류의 단독운전 방지 기능이 내장되어 있다. 수동적 방식이란 연계운전에서 단독운전으로 이행했을 때의 전압파형과 위상 등의 변화를 파악하여 단독운전을 검출하도록 하는 것이다. 능동적 방식이란 항상 인버터에 변동요인을 주어 연계 운전시에는 그 변동요인이 출력에 나타나지 않고 단독 운전전시에만 나타나도록 하여 이상을 검출하는 방식이다.

④자동전압 조정기능

- 태양광발전시스템을 계통에 접속하여 역송전 운전을 하는 경우, 전력 전송을 위한 수전점의 전압이 상승하여 전력회사의 운용범위를 넘을 가능성이 있다. 이를 피하기 위해서 자동전압 조정기능을 설치하여 전압의 상승을 방지하고 있으며, 그 방법에는 진상무표전력제어와 출력제어 방식 2가지가 있다.

⑤직류 검출기능

- 인버터는 반도체 스위치를 고주파로 스위칭 제어하고 있기 때문에 소자의 불균칙 분포 등에 의해 그 출력에는 적지만 직류분이 중첩한다. 상용주파 절연변압기를 내장하고 있는 인버터에서는 이 직류분이 절연 변압기에 의해 어느 정도 줄일 수 있기 때문에 계통측으로 유출되지는 않는다. 하지만 고주파 변압기 절연방식과 트랜스리스 방식에서는 인버터 출력이 직접 계통에 접속되기 때문에 직류분이 존재하게 되면 주상변압기의 자기포화 등 계통 측에 악영향을 주게 된다. 이를 피하기 위해서 고주파변압기 절연방식과 트랜스리스 방식의 인버터에서는 출력전류에 중첩되는 직류분이 정격교류 최대 전류의 0.5% 이하로 유지할 것을 한국전력공사는 요구하고 있다. 또한 직류분을 억제할 직류제어기능과 함께 만일 이 기능에 장애가 생겼을 경우에 인버터를 정지시키는 보호기능이 내장되어 있다.

⑥직류 지락 검출기능

- 트랜스리스 방식의 인버터에서는 태양전지와 계통 측이 절연되어 있지 않으므로 태양전지의 지락에 대한 안전대책이 필요하다. 보통 수전점(분전반)에는 누전 차단기가 설치되어 있어 옥내배선과 부하기기의 지락을 감시하고 있지만 태양전지에서는 지락이 발생하면 지락전류에 직류성분이 중첩되어 보통의 누전차단기에서는 보호할 수 없는 경우가 있다. 따라서 인버터 내부에 지락검출기를 설치하여 이를 검출하고 보호하는 것이 필요하다. 이 기능의 검출 레벨은 100mA 정도에 설정되는 경우가 많다.

(2)건물일체형태양광발전시스템(BIPV : Building Integrated Photovoltaic)

- 건물일체형 태양광발전시스템(Building Integrated Photovoltaic)은 PV모듈을 건축 외장재용으로 전자재화하여 건물 외피에 적용함으로써 경제성을 포함한 각종 부가가치를 높여 보다 효율적으로 PV시스템을 보급 활성화 시키려는 개념으로 건물외장재가 쓰이는 옥상, 캐노피, 차양시설등의 건축 부위가 해당되지만 본절에서는 외벽에 쓰일 수 있는 Unit Type의 커튼월 시스템의 BIPV적용으로 국한시킨다.

(가)창호일체형 BIPV 시스템

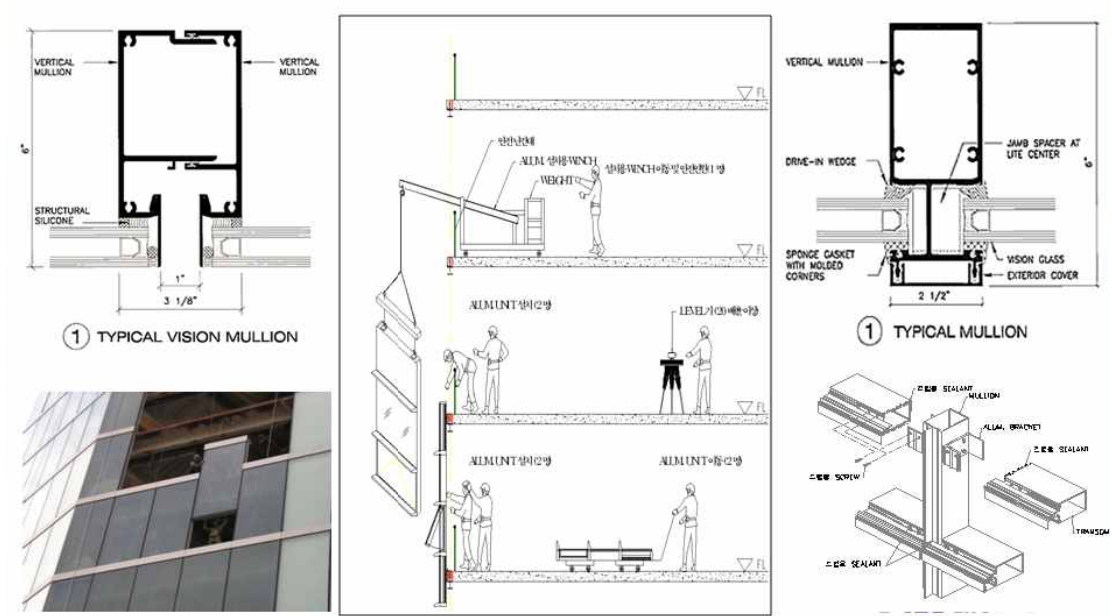
- 창호일체형 태양광시스템의 경우 유리창의 본래의 기능인 투과성과 채광성을 가지고 있는 것이 특징이다. 셀의 배치 변화에 따라 그림자 패턴을 줄 수 있으며, 투과율 조절을 통해 디자인적 활용이 가능하다. 가시성확보를 위해 기존의 유리와 혼합하여 입면에 적용할 수 있으며, 유리가 주로 쓰이는 건축 입면에 유용하게 사용될 수 있다.

① Unit Wall 방식

- 유리를 포함한 모든 부재들을 공장에서 제작한 후 현장에서 설치하는 방식으로 공장에서 조립된 커튼월 unit을 구조체에 고정시켜 설치한다. 공장에서 마무리가 이루어지므로 좋은 품질을 도모할 수 있고 공정이 단순화 되며, 층간 수직 변위 대응능력이 뛰어나 고층건물에 많이 사용된다. 커튼월 unit이 공장에서 제작되어 현장에 공급되고, 부분적으로 유리나 같은 부재가 현장에서 조립되어야 할 경우 이는 semi unit wall 방식으로 이해할 수 있다. 특히 unit wall 방식은 초기단계에서 BIPV 시공이 합리적으로 고려된다면 시공 시 핵심 요소인 배선처리가 용이하게 진행될 수 있다. 하지만 unit wall 타입은 준공 후 BIPV의 배선부분에 문제가 발생하면 커튼월의 분해가 어려워 보수하기 위한 대응이 쉽지 않다는 단점이 있으므로 이에 유의하여야 한다. 통상 unit wall 방식은 다음과 같은 장단점을 가진다.

Unit Wall 방식 장단점 비교

장 점	단 점
- 커튼월 구성부재를 공장에서 완전히 Unit화해서 조립하여 현장에 반입 시공하는 공법으로 단순한 입면이 전체면적에 반복될 경우 시공이 용이하다. - 공장에서 완제품으로 제작되어 현장에 공급됨으로 현장의 작업량이 적고, 이에 따라 현장관리 및 품질관리가 용이하다. - 완성된 유닛을 현장에서 신속하게 시공할 수 있어 현장에서의 설치기간 단축이 용이하다. - 공장제작으로 인해 품질확보에 유리할 뿐만 아니라 품질의 기복도 적다. - 현장의 작업량 최소화로 인한 공기단축과 층간배수처리 등의 용이하기에 현장 공정관리에 있어 매우 유리하다.	- 공장에서의 제작은 모든 부자재가 100% 반입되어야만 제작이 가능하다. - 유닛의 운반, 반입, 설치장비, 설치기간 등의 제약을 합리적으로 고려하여 반영하여야 한다. - 설치공정은 시공기간에 지대한 영향을 미쳐 자칫 양산능률 저하를 초래할 수 있다. - 현장에서 발생할 수 있는 시공오차 흡수가 어렵고, 운반 및 시공에 따른 유리 파손과 보호포장 등의 취급이 까다로워 부대비용이 상승한다.



Unit Wall 방식 개념도 및 Stick Wall 방식과의 비교

(나)외벽일체형 BIPV 시스템

- 건물의 입면에 적용되는 외벽일체형 태양광시스템은 건물의 외장자재를 대체할 수 있으며, 새로운 건물뿐만 아니라 기존의 건물의 외피를 교체하는 개보수에도 적용이 가능한 장점이 있다. 일반적으로 90도로 설치되나 경사각을 고려한 외피 입면 디자인의 반영이 적합하다. 또한 건물의 전체 표면적대비 수직면이 많은 도심형 건물의 경우 건물의 부지를 최대한 활용할 수 있기 때문에 더욱 효과적이다.

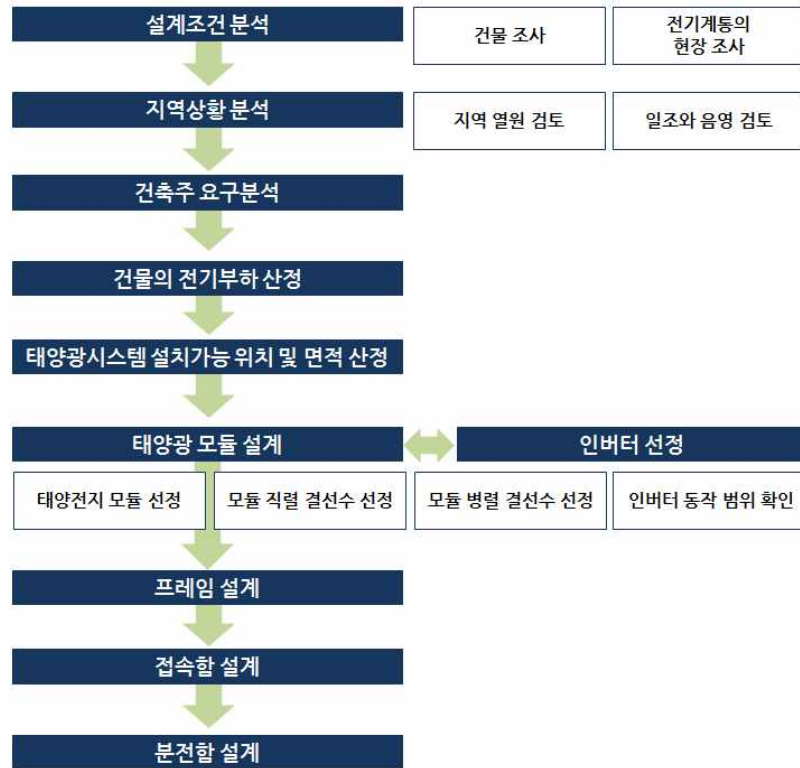


표 95 외벽일체형 BIPV시스템 예시

(3)BIPV시스템의 설계

(가)BIPV시스템 설계 프로세스

- BIPV시스템 설계시 먼저 주변 환경 및 건물 설치 상황을 분석해야 하며 이에 맞게 모듈의 선정, 직렬수 산정, 발전량등을 고려해야 한다. BIPV시스템 설계 프로세스는 아래 그림과 같다. 이중 중요도가 높은 단계의 내용은 아래와 같다.



BIPV시스템의 설계 프로세스

① BIPV시스템 설치 환경 분석

- BIPV시스템을 설치하기 전 전기계통 및 일조조건, 음영등을 분석하여 먼저 주변 환경이 적합한지를 산정하는 것이 중요하다. 또한 건물의 형상과 방위, 설치면 경사각, 구조적 안정성, 설치면의 위치 및 면적등 BIPV시스템 설치면에 대한 검토가 필요하며 건물의 기본 전기도면을 활용하여 BIPV시스템의 차단기 적용 유무 가능성등 건축 뿐만 아닌 전기적 검토가 면밀히 이루어져야 한다. 또한 접속함 및 인버터의 설치 위치 및 연결 거리등을 고려하여 최적의 발전성능을 낼 수 있는 환경을 조성해야 한다.

② BIPV모듈 선정 및 설치용량 산정

- BIPV모듈은 그 특성상 설치되는 위치의 건축적 프로그램 및 건물의 외관, 발전량 등 복합적 요소를 고려하여 신중히 선택해야 한다. 외부 조망이 가능해야 하고 재실자의 빛환경을 고려해야 하는 창호구간인 경우 박막형 모듈을 설치하는 것이 효과적이며, 발전효율이 높은 결정형 모듈은 스펀드럴등에 설치하는 것이 효과적이다.

- 태양광시스템은 건물에서의 소비전력 및 건축주의 희망 자립율을 고려하여 적절히 설계되어야 한다. 태양광시스템을 통해 100%로 전기에너지소비량을 충당한다고 가정했을 경우, 1일 부하 소비전력에 따라 태양광시스템의 용량을 산정하는 일반적인 계산식은 아래와 같다.



- 태양전지 패널의 1매당 용량은 대부분 각 제품에 표시되어 있지만, 건물에서 필요한 부하 소비 전력을 충당하기 위해서는 역으로 필요 발전량 및 용량을 계산함으로써 해당 건물에 적합한 패널의 개수를 산정할 수 있다. 연간 평균적으로 태양광시스템을 통해 전력을 생산할 수 있는 시간을 대략 3.5시간으로 보고 있다. 해당 건물에서 하루 동안 소비되는 전력량(Wh)에 1일 평균 일조시간인 3.5시간을 곱하면 하루 동안 태양전지를 통해 생산되는 필요발전량(W)이 계산된다. 이 값에 태양전지 패널의 발전효율 1.15를 곱하게 되는데, 이는 태양전지패널에서의 효율이 저하되는 손실을 약 15%로 보고, 이를 역으로 곱함으로써 실제 태양전지 패널에서 생산할 수 있는 1일 전력량(W)을 구하게 된다. 예를 들어 최대출력(Pmax)이 65W인 태양전지패널의 실제 생산전력량은 56.52W가 되는 것이다. 위와 같은 방식으로 1일 필요한 태양전지 패널의 생산 전력량이 결정이 되면, 각 건축주 또는 설계자가 선정한 태양전지 패널의 1매당 용량으로 나누어 필요한 패널 개수를 산정하며, 태양광시스템을 적용 가능한 위치의 면적으로 고려하여 최종적으로 설치 패널의 개수를 결정한다.

③ BIPV시스템의 어레이 산정

- 위의 과정을 통해 태양전지 모듈과 필요 매수가 결정이 되면, 인버터를 선정하여 인버터의 동작범위에 따라 모듈의 직렬 결선수를 선정한다. 각 인버터마다 고유의 인버터 동작범위가 있으며 개별 모듈의 개방전압의 합이 동작 범위안에 있어야 한다. 즉, 인버터의 동작 범위에 맞게 설계하기 위해서는 “개방전압(Voc) × 직렬결선 수”의 값이 인버터의 동작 범위 내에 존재할 수 있도록 모듈의 직렬 결선수를 선정하는 것이 중요하다. 위의 조건을 만족하여 직렬 결선수가 결정이 되면, 건물에서 필요한 필요 매수와 설치가능 면적을 고려하여 병렬 수를 최종적으로 결정한다.

- 실제로 현장에 태양전지 패널을 설치할 경우 태양전지의 표면온도는 일사의 수준과 풍속 등에 영향을 받아 주변 온도보다 0℃~40℃ 정도 상승하게 된다. 이에 따라 태양전지 어레이에 최적 동작 전압이 크게 변화된다. 구체적으로 주변의 온도의 최저를 0℃, 최고를 40℃로 보고, 최적 동작전압의 온도계수(태양전지 종류별로 다름, 결정계의 경우 -0.4%/℃)에 따라 어레이 전압의 범위를 변동한다. 따라서 이 어레이에 접속하는 Power Conditioner는 해당 전압변동의 범위에서 정상운전이 가능한 것을 선택해야 하며, 만일 적절한 것이 없을 때에는 반대로 어레이의 출력 전압 범위를 변경하여 직렬매수를 결정해야 한다.

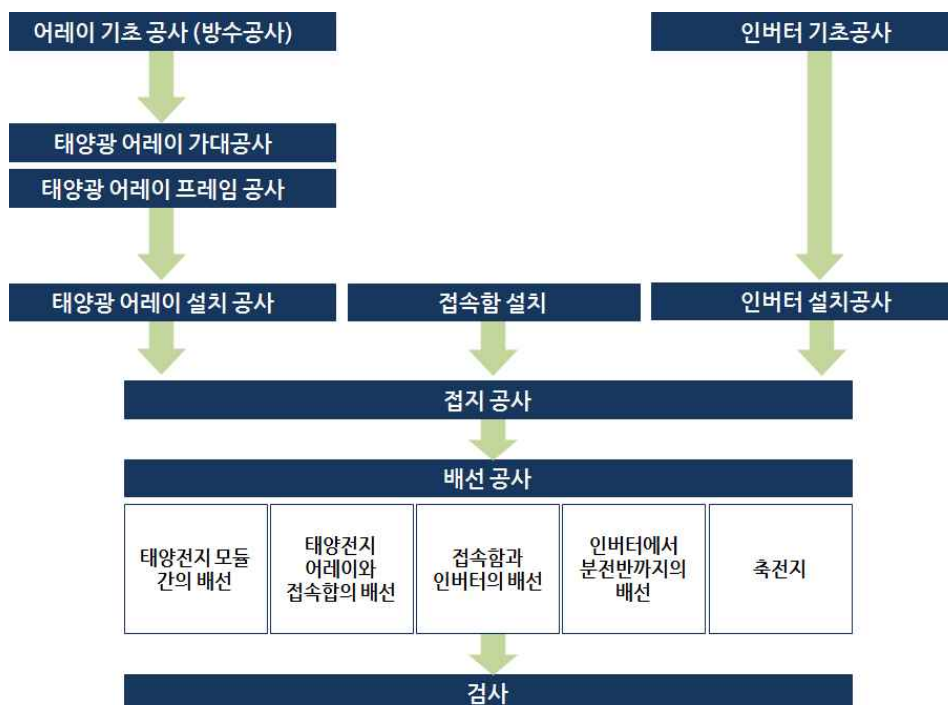
④BIPV시스템 프레임 설계

- BIPV시스템을 위한 프레임은 내외부의 외관 및 구조적 안정성, 발전량등이 보장되어야 하며 시공성 및 유지/보수성이 고려되어야 한다. 이에 발전량에 영향을 줄 수 있는 음영적 요소등이 최소화되어야 하며 배선등을 고려한 별도의 공간 및 유지 보수적 장치가 필요하다. 이렇듯 기본적으로 커튼월 프레임이 요구하는 기본적 건축성능에 전기적 고려사항이 추가된다.

(4)BIPV시스템 설치 및 시공

(가)BIPV시스템 시공 프로세스

- 기본적으로 BIPV모듈을 설치하기 위한 프레임 공사가 선진행이 되며 전기 자재설치를 위한 기초 공사가 수반된다. 모듈 설치가 완료되고 어레이를 구성을 하면서 접속함 및 인버터가 설치가 되며 이후 배선 연결을 통해 분전반까지 설치하게 된다. 이후 설치 조건에 따라 모니터링 공사가 부가되며 접지상태등을 체크하게 되고 사용전 검사를 받게 된다.



BIPV시스템 시공 프로세스

①태양광 모듈 설치 공사

- 태양전지 모듈을 설치하기 전에 모듈이 설치되는 건축물 또는 구조물이 충분한 강도를 확보하고 있는지 확인해야하며, 보관 또는 운반 중에 발생했을 먼지, 이물질 등을 깨끗이 청소하고 모듈의 외관을 점검하여 파손 등의 기타 이상 유무를 확인해야 한다. 시공 전에는 태양전지모듈과 부자재 제조업자의 지시사항 및 계획 도면의 요구사항을 검토하고 프레임의 수직, 수평, 직각, 규격, 코너접합 등의 허용 오차를 검사해야 한다. 태양전지 모듈을 조립할 때는 태양전지 모듈이 파손되는 것을 방지하기 위해 충격이 가지 않도록 조심해야 한다. 태양전지 모듈의 이동 및 설치에는 2인 1조로 움직여야 하며, 구조물의 높이로 인해 크레인 등의 장비를 사용할 경우 정확한 수신호로 모듈의 충격을 방지해야 한다. 또한 접속하지 않은 모듈의 리드선은 빗물, 먼지 등의 이물질이 유입되지 않도록 보호 테이프로 감아 놓아야 한다.

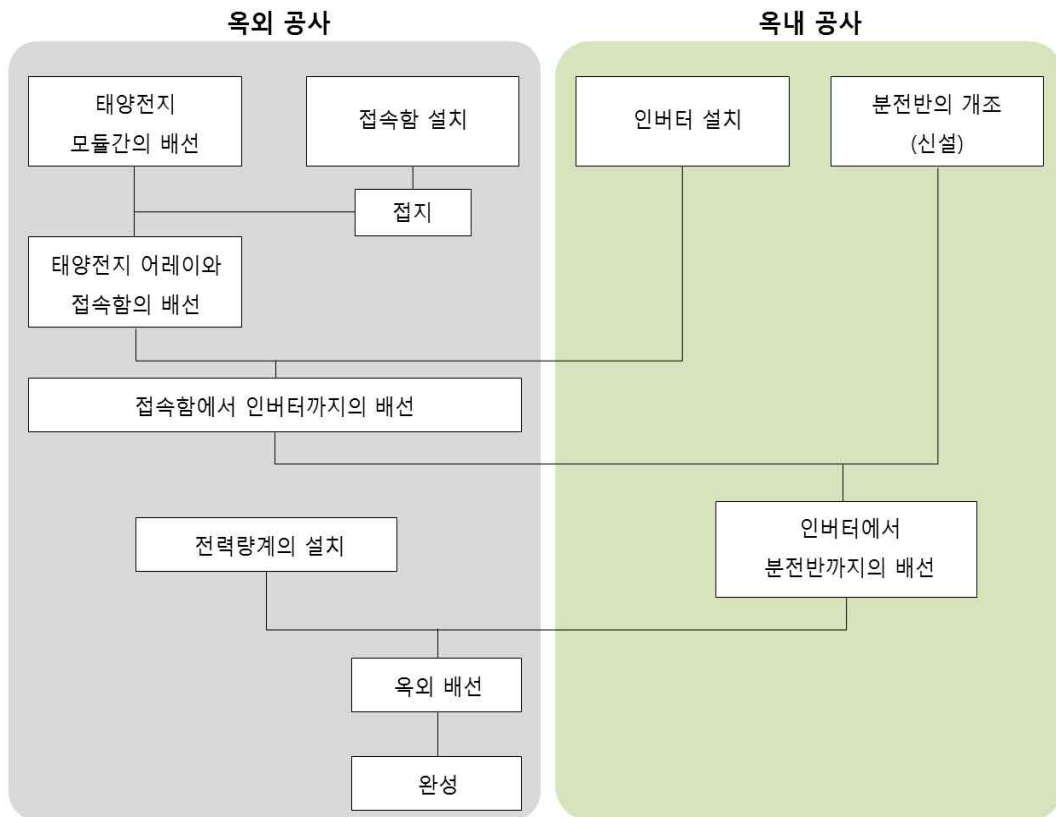


태양광 모듈 설치공사

- 태양전지 모듈을 설치할 때에는 태양전지 모듈이 물리게 되는 부분 내에 부스러기 등의 기타 장애물을 제거하고, 가대 또는 프레임의 하단에서 상단으로 순차적으로 조립한다. 태양전지 모듈과 가대 또는 프레임의 접합시에는 부식방지용 가스켓을 사용하며, 모든 접합, 연결물, 나사와 볼트, 리벳 등이 효과적으로 밀폐되도록 시공해야 한다.

②전기 공사

- 태양광발전시스템의 전기공사는 태양전지 모듈의 설치와 병행하여 진행하게 된다. 태양전지 모듈의 설치작업에는 전기공사 관련 자격증이 없이도 가능한 작업도 있지만, 전기 배선공사에는 설치공사의 용량에 따라 전기공사 산업기사 이상의 자격이 필요하다.



[그림 201] 전기공사의 절차

- 태양광발전시스템의 전기 공사는 크게 옥외공사와 옥내공사로 구분할 수 있다. 옥외 공사의 경우 태양전지 모듈간의 배선, 접속함 설치, 어레이와 접속함의 배선, 접속함과 인버터의 배선, 전력량계 설치, 옥외 배선이 있으며, 옥내 공사에는 인버터 설치, 분전반 개조, 인버터와 분전반의 배선이 있다.

(5) 접지공사

- 태양광발전시스템을 설치하는 경우 누전에 의한 인사사고 및 화재를 피하기 위해 전기기기의 접지를 하는 것이 필요하다. 그 대상으로는 전기기기의 가대나 금속관, 강판재, 금속 덕트, 케이블의 피복금속체 등이 있다. 태양광발전시스템의 경우에는 태양전지 어레이의 출력에 따라 접지공사의 종류가 달라지는데, 일반적으로 어레이의 출력이 400V 이하일 경우에는 제 3종 접지공사를 실시하며, 400V를 초과할 경우 특별 제 3종 접지공사가 필요하다. 또한 태양전지에서 인버터까지의 직류 전로는 접지공사를 하지 않는 것이 원칙으로 한다. 제 3종 접지공사의 접지 저항값은 100Ω이며, 특별 제 3종 접지공사는 10Ω의 저항값을 사용한다.

(6)BIPV시스템 하자 사례

(가)외부 실런트 하자

- 외장용 실런트로 마감을 하였을 때 실런트의 두께, 모듈과의 접착면의 깊이, 후면 백업재의 크기 및 위치 등을 고려하여야 하며, 상기와 같은 사항에 결함이 생길 경우 실런트 마감부 절단 및 파손의 하자가 발생하게 된다. 내부 백업제가 없을 경우 실런트의 충진이 일정하게 시공될 수 없으며, 외부 환경에 따라 코킹이 터지는 현상이 발생 할 수도 있다. 이는 모듈에도 직, 간접으로 영향을 줄 수 있다.

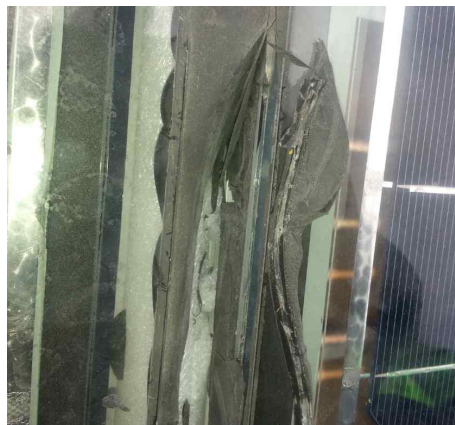


백업제 부재로 인한 코킹 터짐 현상

코킹부 오염 모습

(나)접합재 처리 불량으로 인한 하자

- BIPV모듈의 경우 두 개의 부재사이에 셀을 넣어 접합시킨 구조가 가장 많이 통용되고 있으며 유리와 유리를 접합시킨 GtoG(Glass to Glass)와 유리와 백 시트를 접합시킨 GtoB(Glass to Back Sheet)가 일반적이다. 두 개의 부재를 접합시키는 접합재로는 EVA Film과 PVB Film이 일반적으로 쓰이고 있다. 모듈의 접합 시 접합재 필름의 성능에 차이가 있기 때문에 건축물에 요구되는 성능에 맞추어 필름을 선택하며 접합 시 유리면의 이물질이나 오염물질을 제거하여 접합공정을 진행하여야 한다. 또한 접합 후 모듈 테두리의 필름 부위를 제거하여야 하며, 이를 제거하지 않고 그대로 사용할 시 모듈의 하자로 이어지게 된다. 커튼월 프레임과 모듈 사이의 코킹 작업에 있어서 실리콘이 제대로 양생될 수 없으며 그에 따라 성능 구현도 힘들게 된다.



접합재 마감 하자 사례

(다)시공 불량으로 인한 하자

- BIPV시스템은 건축외장재로서 약간의 결함이 생겨도 누수가 발생할 수 있기 때문에 마감에 주의를 기울여야 한다. BIPV모듈의 경우 정션박스가 모듈 외곽에 설치되는 것이 일반적이기 때문에 모듈 설치시 이를 고려해야 하며 이를 고려하지 않을시 시공불량에 따른 하자가 발생하게 된다.



코킹부 불량 (부속물 미제거)



실란트 부위 파손



모듈 내부 오염물 미제거



모듈간 배선부 코킹 미실시

(라)배수를 고려하지 않은 설치경사각 미비로 인한 하자

- BIPV에 적용되는 모듈은 건물의 형태에 따라 설치되므로 최상의 발전량을 고려한 각도 설치가 불가하다. 건물에 설치할 수 있는 조건이 한정되어 있기 때문에 설계 초기부터 이를 고려한 건물의 형태를 고려하여야 한다. 이를 반영하지 못한 지붕 및 수평 부위에 설치되는 태양광 모듈의 경우 최소한의 경사각을 주지 않을 경우 모듈에 오염물질 및 우기나 겨울철의 우수 및 적설에 의한 영향을 받아 발전 및 구조 성능에 문제를 야기 시킨다.



모듈 상부 경사각 및 배수구 미고려로 인한 물고임 현상

(마)배선 및 누수로 인한 전선 부식 하자

- 배선처리가 불량한 경우 프레임내 누수가 발생시 습기로 인한 전선부 부식이 진행되며 이는 누전이 일어날 수 있는 원인이 된다. 1차적으로 누수가 발생하지 않도록 마감에 주의를 기울여야 하겠으나 누수가 발생되었을 때를 대비하여 전선부가 최대한 프레임 하단에 위치하지 않도록 배선을 해야 한다.



전선 결합부 오염



전선 간 결합부 부식

8. BIPV Unit 시스템 실증사업(5kW급)

가. 실증대상 검토

- 실증대상을 검토하였을시 두가지의 주안점으로 진행하였음. 첫 번째는 개발 제품의 적용 적정성이며 두 번째는 사업화를 염두에 둔 시공 사례로서의 역할임. 지방청사 신축시 비효율적 유리 건물의 적용으로 건물에너지효율에 대한 관심은 날로 증대되고 있음. 이에 따라 혁신도시 및 세종시등의신축 청사는 에너지효율을 50%이상 높이고 기존 청사는 리모델링등을 통해 에너지소비량을 절감할 예정임. 따라서 공공기관의 건물에너지효율 증대 및 소비량 절감에 대한 인식은 더욱 확대될 것이며, 이에 가장 중요한 건축적 요소인 외장 분야에서 고효율 자재에 대한 수요는 즉시 일어날 것으로 예상됨. 이에 공공건물의 외피 디자인 및 재질자의 개방감 확보, 적절한 일사 유입, 고단열성능, 신재생에너지의 활용적 측면으로 살펴보았을 때 당사개발 BIPV Unit 시스템의 1차적 수요기관은 공공기관의 건축물일 것으로 예상되어 접근이 용이한 서울시의 공공기관 건물중 신축

및 리모델링이 가능한 건물을 대상으로 실증대상을 조사하였음.

- 서울시의 각 구청을 대상으로 당 사업에 대한 개요를 설명하고 적용가능한 대상을 수합하여 2개 건물이 적용 후보로 선정하였으며 이를 아래의 기준으로 평가함.

실증 대상 건물 전경



장지동 주민센터

송파구 여성문화회관

실증 대상 외적 조건 분석

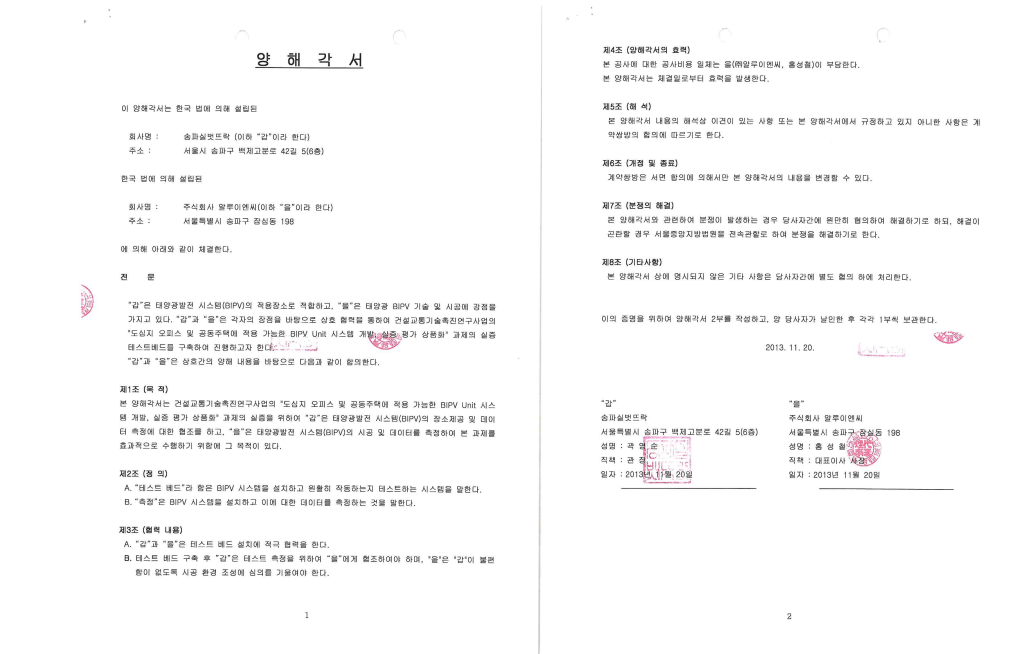
구분	발전량	시공성	유지관리	성능평가	상징성	총점
장지동 주민센터	▲	●	●	▲	x	66.6
송파구 여성문화회관	●	▲	●	●	●	93.3

항목별 배점후 100점 만점으로 환산(● : 3/ ▲: 2/ x : 0 점 산정)

BIPV평가지표에 따른 예상 평가

도시적 평가요소	장지동 주민센터		송파구여성문화회관	
	등급	점수	등급	점수
일조성능	4등급	2점	1등급	5점
방위별발전성능	5등급	1점	2등급	4점
건축적 평가요소				
열관류율	2등급	4점	1등급	5점
건물에너지효율	5등급	1점	4등급	2점
PMV	1등급	6점	1등급	6점
불쾌현황	1등급	6점	1등급	6점
평가 점수 합계	20점		28점	
평가 등급	4등급		2등급	

- 상기 내용을 바탕으로 송파구여성문화회관을 실증대상으로 선정하였으며 과제수행을 위한 MOU를 체결하여 상호간의 협력으로 진행함.



양해각서

나. 실증대상 개요

(1) 설치대상 개요

- 설치 장소 : 송파구 여성문화회관[실버뜨락]
- 설치 위치 : 6층~옥상까지 남동측면
- 설치 면적 : 가로 16m x 세로 6m
- 설치 모듈 : 투과율 10% 박막모듈 44장, 투과율 20% 박막모듈 8장
- 설치 형태 : 3중 BIPV Unit 시스템

(2) 설치용량 및 발전 예상 용량

설치면적 (㎡)	모듈수량 (EA)	설치용량 (kW)	연평균 일조시간 (h/day)	일일발전량 (kWh)	연간발전량 (kWh)
96	52	5.16	3.1	16	5,840

(3) 설치 모듈

- 박막형 Tandem 모듈을 삼중유리화 하여 실증대상에 적용하였으며 전기적 사양은 아래와 같음.



	Product 1 (Tandem)	Product 2 (Tandem)	Product 3 (Tandem)
Output power	115W	100W	95W
Max power voltage	110V	110V	110V
Max power current	1.05A	0.93A	0.86A
Open circuit voltage	143V	143V	143V
Short circuit current	1.34A	1.2A	1.15A
Transmittancy	1%	10%	20%
Size(mm)	1,300*1,100	1,300*1,100	1,300*1,100

박막형 BIPV모듈 개요

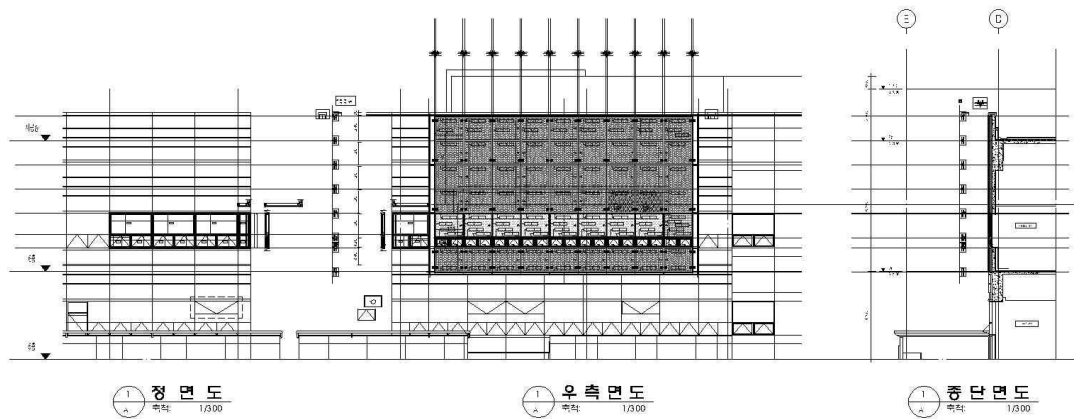
(4) 설치 위치 전경



실증 적용 BIPV설치 위치

다. BIPV시스템 설치안

- 설치위치에 따라 투과율을 조정하여 외부조망이 가장 필요한 재실 공간에 투과율 20% 모듈을 적용하였으며, 그 외의 부분은 투과율 10%모듈을 적용함.



실증대상 설치안

라. BIPV시스템 설치 및 시공

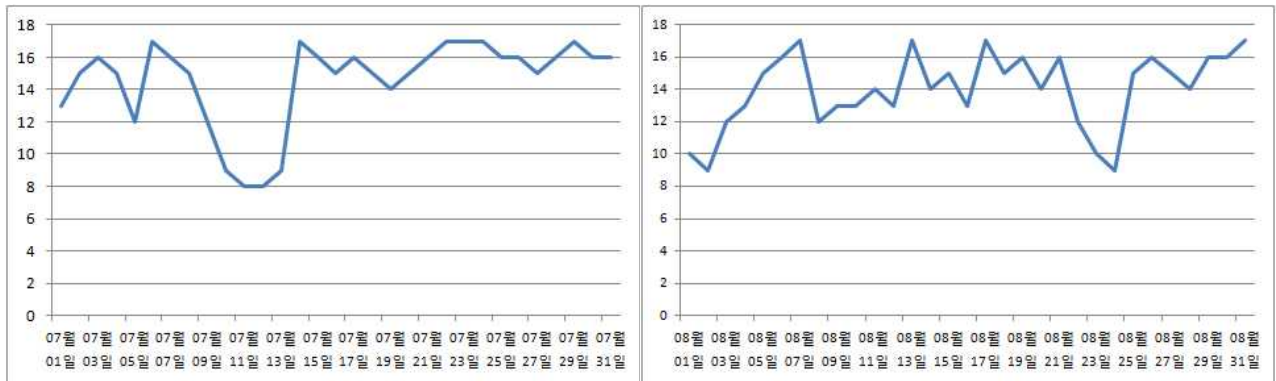
- 내부 및 외부 보양후 기존 외벽 및 창호를 철거하고 당사 개발 제품으로 설치 및 시공을 수행하여 전기안전공사로부터 사용전 검사를 완료함.

실증과정 및 완료 모습



마. 발전성능 평가

- 실증현장은 2014년 4월 사용전검사를 완료하였으며 그 후 설비 사양 조정 및 인버터 세팅을 진행하였음. 발전성능을 모니터링을 통해 7월~8월 진행하였으며 아래와 같은 데이터 값이 도출되었음.



7~8월 발전성능 데이터

- 7월 총 발전량은 약 452kW로 일평균 14.58kW 발전하였음. 8월 총 발전량은 약 434kW로 일평균 14kW 발전하였음. 평균 발전시간은 2.82시간으로 예상값 3.1시간에 비해 9%낮게 나왔음. 낮게 나온 이유로 태양광 발전의 절기상 특징을 들 수 있음. 태양광발전은 봄, 가을에 가장 발전량이 높고 여름, 겨울은 상대적으로 발전량이 적음. 이는 기온에 따른 모듈 온도에 따른 영향으로 분석됨. 현재 측정데이터는 하절기 데이터로 전체 평균 발전량 데이터보다 적을 것으로 판단됨. 결정형 모듈은 하절기에 약 12~15%정도 발전량이 떨어지는 것으로 보고 있음. 박막형 모듈이 온도계수에 대해 결정형 모듈에 비해 우수하여 9%정도의 발전량 저감이 이루어진 것으로 사료됨. 이에 따라 박막형 모듈이 결정형 모듈에 비해 온도에 대한 발전량 저감 폭이 적은 것이 증명됨. 전체적 시스템에 대한 발전량 평가는 1년동안의 측정 데이터를 기준으로 산정할 예정임.

제3장 최종 연구성과 및 적용실적

1절. BIPV Unit 시스템 개발

1.개발 성과

- 도심지 오피스 및 주상복합등 공동주택에 적용 가능한 BIPV Unit 시스템을 개발하여 설계도서 및 설계, 시공안을 작성하였고 이를 실험 챔버 및 실증사업(5kW급)을 통하여 성능을 측정하여 검토하였음.

2.핵심요소기술(Critical Technology Elements)별 성과물

가. 삼중유리 간봉 시스템

- 기존 녹색인증을 취득한 당사 개발 삼중유리 간봉의 경우 알루미늄의 비중이 높아 구조적으로는 안정하였으나 열적 성능 및 원가적 측면에서 불리한 단점이 있었음. 이를 개선하여 폴리아미드와 알루미늄 간봉을 혼용하여 사용함으로써 구조적 안정성을 해치지 않는 범위에서 열적 성능 및 원가적 측면을 보완하였음. 또한 공인시험성적서를 취득하여 이러한 성능을 증명함.

나. 전용 BIPV Unit 프레임

- 현재 건축물에 BIPV시스템의 적용이 늘어가는 추세이나 이에 대응할 수 있는 특화 시스템이 없는 현황임. 특히 본 연구를 통해 오피스등 커튼월을 중심으로 개발한 본 시스템은 Unit Type으로 적용되는 초고층 오피스등에 적용될 수 있는 전용 시스템으로서 BIPV시스템의 보급 및 확산에 기여할 것으로 사료됨.

3.주요 연구성과

- 당사가 개발한 본 시스템을 활용, 응용하여 특허 2건을 출원함.
출원명 : 투광형 박막 태양전지 모듈을 이용한 차양 및 난방용 이중외피 시스템 (출원 번호 : 10-2014-0058170)
출원명 : 투광형 박막 태양전지 모듈을 구비한 회전형 이중외피 시스템 (출원 번호 : 10-2014-0058811)

4. 기술 실시 및 적용사례

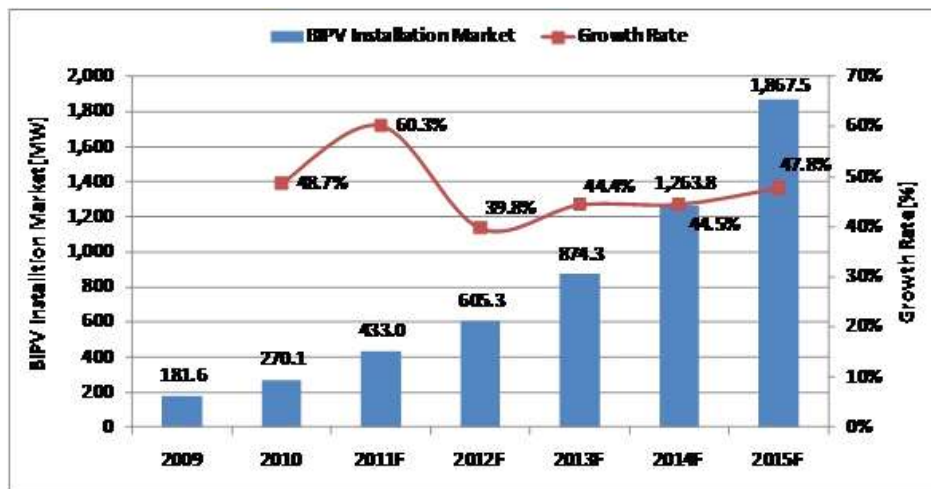
- 당사는 개발 BIPV 시스템을 전면 혹은 부분적으로 활용하여 6건의 BIPV프로젝트를 진행하였고 과제 기간내 약 2억 3천만원의 매출을 발생시킴.

연번	프로젝트	용량	금액(천원)
1	향군잠실타워 BIPV설치 공사	185kW	79,500
2	순천만국제정원박람회 습지센터	135kW	58,000
3	G+디지털타워	2.64kW	1,150
4	태안화력발전소 사옥	8.8kW	57,200
5	일산디지털방송콘텐츠지원 센터	32kW	13,800
6	용산웰츠타워	49kW	21,000
총 계		412.44kW	230,650

※전체사업비중 본과제를 통한 개발 기술적용 비용을 산정

5. 기술개발 성과의 국내외 시장 전망

- BIPV시장은 평균 40%이상 고속 성장 할 것으로 예상되며 보정계수의 적용등으로 국가 정책적으로 장려하고 있는 만큼 시장은 더욱 확대 될 것으로 예상함.



전세계 BIPV 설치 시장 및 성장률 전망(2009~2015)

[출처 : Solar&Energy]

2절. BIPV Unit 시스템 평가 지표 및 적용 방안

1. 개발 성과

- BIPV시스템 설계 및 설치시 반영해야 할 사항 및 설치후 평가해야 할 사항들이 정리된 기초자료가 부족한 실정임. 본 연구는 BIPV시스템중 Unit Type의 시스템에 한하여 기초자료를 작성하여 정리하였음. 본 자료는 오피스등에 적용되는 Unit Type의 커튼월에 BIPV를 적용함에 있어 활용도가 높다고 사료됨.

2. 주요 연구성과

가. 평가 요소 도출 및 지표 개발

- 평가 요소를 도출하고 지표를 개발함에 국내외 건축물인증 기준을 분석하여 기준에 부합하도록 하였고, 도심지 오피스의 특성을 반영하여 정립하였음.

나. 적용 방안

- 시스템 적용시 고려해야 할 필수사항 및 설계 및 시공 프로세스, 하자 사례들을 정리, 제시하여 BIPV설계 및 시공시 참조할 수 있는 기초자료로서 활용.

제4장 연구목표 달성 및 효과

1절. 연구개발 최종목표 달성도

1. 연구 최종 목표

연구목표	성 과 지 표	측정방법	목표치	성과	달성도(%)
BIPV Unit 시스템 개발	BIPV Unit 시스템 설계 도서 개발 건수	설계도서 작성건수	2건	2건	100
	BIPV Unit 시스템 성능 측정 및 향상	(성능 측정 건수× 0.4)+(성능 개선 건수 ×0.6)	2건	1.4	70 (Mock-up 테스트 9월말 예정)
BIPV 실험용 테스트베드 구축 및 평가 지표 개발	실험 Chamber 구축	실험 Chamber 구축 여/부	1건	구축	100
	평가요소 정립 및 지표 개발 건수	(평가요소 정립 건수 × 0.3)+(평가지표 개 발 건수×0.7)	1건	1건	100
BIPV 테스트베드 구축 및 실증대상 표준안 수립	실증테스트베드 구축	테스트베드 구축 여/부	1건	구축	100
	실증대상 적용 표준안 개발 건수	(표준 설계안 개발 건수×0.5)+ (표준 시공안 개발 건수×0.5)	1건	1건	100

2절. 연구개발 성과의 기술적 효과분석

기술적 성과	- 도심지 오피스에 적합한 박막형 BIPV Unit 시스템 확보 - BIPV Unit 시스템 가이드라인 및 표준설계, 시공안 확보 - 박막형 BIPV시스템의 건축적 성능 평가를 통한 기초자료 확보 - 특허 출원 2건
--------	---

3절. 연구개발 성과의 경제적 효과분석

경제적 효과	- BIPV시스템은 “창호+태양광”의 융복합 기술로서 커튼월과 태양광 시장을 동시에 활성화 시킬수 있는 장점이 있어 침체되어 있는 AL-프레임 산업과 부각되고 있는 태양광 산업을 연계하여 동반 성장할 수 있는 기반 마련 - 중소기업 제품 경쟁력 향상으로 인한 시장 형성을 통해 대기업 중심의 산업구조에서 탈피 - 태양광 시장의 연평균 성장률이 45%로 가파른 성장을 하고 있어 BIPV창호 시장도 동반 성장이 기대되며, 해당 전문인력 수요도 확대되어 고용창출의 효과가 있을 것으로 전망됨.
--------	---

4절. 연구개발 성과의 정책적 효과분석

정책적 효과	- 커튼월에 적용되는 BIPV관련 인증등의 기초자료로서 활용 - 건축물 인증 기준의 개정등 신재생에너지 관련 건축물 인증 참고자료로서 활용
--------	--

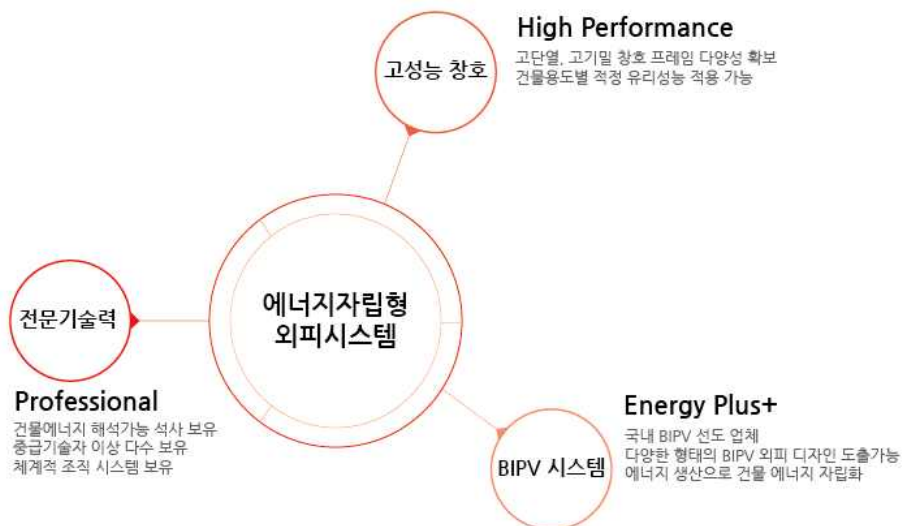
제5장 연구성과의 활용 및 추가연구 필요성

1절. 연구성과 향후 활용방안

1. 관급사업화 방안

- 관급 공공사업 진출과 관련하여 기존/시청사 및 그린 리모델링 사업을 통해 대상을 선정하여 시장을 발굴하고 관계부처 사업 제안을 통한 수행을 전략으로 함

관급사업 진출 방안 개요



그린 리모델링 사업 컨셉

2. 민간 사업 진출 방안

- 당사는 창립 이후 13년동안 사업을 수행하면서 국내 메이저 설계사 및 건설사의 협력업체로 사업을 수행하여 민간 건설영업 기반을 갖추고 있음.
- 고유한 제품의 특징을 이용하여 국내 메이저 설계사등을 통한 설계 영업을 수행할 수 있으며 이를 통한 사업적 연계가 가능함
- 본 제품의 경우 이를 활용하여 신재생에너지 활용 및 에너지 절감형 건축 외장재로서 건설사 대상 제품 적용 및 저변 확대가 가능함
- 또한 당사는 국내 우수한 창호업체와 긴밀한 관계를 갖고 있으며 개발 제품의 경우 이들 창호업체와의 연계적 사업을 통해 사업적 확대가 가능함

민간사업 추진 개요



당사와 연계된 국내 주요 건설사



2절. 추가연구 필요성

추가연구	- 본 연구범위 외 캐노피, 지붕등 건축물의 부위별 BIPV시스템에 관한 연구가 추가로 필요할 것으로 사료됨.
------	---

참고문헌

1. 신재생에너지 건물일체화 기술동향과 제로에너지 건축, 한국태양에너지학회지 제10권 제1호, 2011.4, page(s): 2-51
2. 그린에너지 전략 로드맵 : 녹색성장 실현을 위한 R&D 이정표 : 태양광, 한국에너지기술평가원, 2009.5
3. 환경 친화적 공동주택 태양광 적용 디자인 계획에 관한 연구, 한재경, 동국대학교, [2010] [국내석사]
4. 초고층 주거건물 파사드에 적용된 입면디자인 사례연구 ,조종수(Cho Jong-Soo) , 임현규(Lim Hyun-Gyu), 전종찬(Jeon Jong-Chan) 대한건축학회, 대한건축학회 논문집 - 계획계, 제27권 제3호 2011.3, page(s): 99-108
5. 초고층 주거복합 건축물의 입면디자인 패턴에 관한 연구 임우영, 부경대학교, [2008]
6. 윤종호, “대전지역 직달일사량 실측치 통계분석을 통한 국내일사량자료의 신뢰성 검증 연구”, 공기조화냉동공학회 대전충청지부 학술강연회, 1999
7. 윤종호, “BIPV를 위한 PV모듈의 전자재화 기술동향”, 한국태양에너지학회지, v.2 n.4, 2003.11
8. 이경희, “건축환경계획론”, 태림문화사, 1993, P264-389
9. 김재원 외 5인, “벽면부착방식 PV시스템의 건축물 적용가능성에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집(계획계), v.19 n.6, 2003.06
10. 소정훈 외 2인, “시뮬레이션에 의한 PV시스템 설치방식의 최적설계에 관한 연구”, 한국태양에너지학회 논문집, v.23 n.3, 2003.09
11. 유권중 외 1인, “태양광발전시스템의 보급기술 현황과 전망”, 한국태양에너지학회지, v.2 n.4, 2003.11
12. 박이준 외 3인, “태양전지의 출력 특성 측정과 광원 문제”, 한국태양에너지학회 논문집, v.14 n.3, 1994.12
13. 윤종호, “그린 빌딩과 BIPV시스템”, 산업자원부, 에너지절약기술 워크샵 논문집, 2002
14. 윤종호, “건물통합형 태양광발전(BIPV) 시스템의 설계요소 및 접근방법”, 에너지관리공단산하 태양광발전기술연구회, 제1회 태양광발전기술세미나, 2001.10
15. 윤종호, 이길송, 김종일, 최윤희, 유권중, “상업건물 외벽용 태양광발전(BIPV) 전자재 모듈 개발 연구“, 한국생태환경건축학회, 한국생태건축학회 춘계학술발표 논문집 Vol3, No.1, 2003. 5
16. 이충국외 2인, “태양광발전 시스템의 건물적용에 대한 인식조사 연구”, 한국태양에너지학회 논문집, vol23 no1. 2003. 3

부록

번호	출원일	출원번호	명칭	발명자
1	2014. 05. 15	10-2011 -0034779	투광형 박막 태양전지 모듈을 이용한 차양 및 난방용 이중외피 시스템	홍성철 황상근

관 인 생 략 출 원 번 호 통 지 서

출 원 일 자 2014.05.15
 특 기 사 항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(DP201405003M)
 출 원 번 호 10-2014-0058170 (접수번호 1-1-2014-0455700-77)
 출 원 인 명 칭 주식회사 알루이엔씨(1-2002-009665-3)
 대 리 인 성 명 문환구(9-2011-000004-4)
 발 명 자 성 명 황상근 홍성철
 발 명 의 명 칭 투광형 박막 태양전지 모듈을 이용한 차양 및 난방용 이중외피 시스템

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr-특허마당-PCT/마드리드>
 ※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
 ※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자전교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-00000000, 상표등록출원 40-2010-00000000
7. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

번호	출원일	출원번호	명칭	발명자
2	2014. 05. 16	10-2014-0058811	투광형 박막 태양전지 모듈을 구비한 회전형 이중외피 시스템	홍성철 황상근

관 인 생 략 출 원 번 호 통 지 서

출 원 일 자 2014.05.16
 특 기 사 항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(DP201405004M)
 출 원 번 호 10-2014-0058811 (접수번호 1-1-2014-0460346-24)
 출 원 인 명 칭 주식회사 알루이엔씨(1-2002-009665-3)
 대 리 인 성 명 문환구(9-2011-000004-4)
 발 명 자 성 명 황상근 홍성철
 발 명 의 명 칭 투광형 박막 태양전지 모듈을 구비한 회전형 이중외피 시스템

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
 ※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
 ※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서비스다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
 ※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr-특허마당-PCT/마드리드>
 ※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
 ※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
 ※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.



시험 성적서

Test Certificate



한국유리공업(주) 기술연구소
573-879 전북 군산시 소룡동 77 TEL (063) 480-1300 FAX (063) 487-2762

성적서번호	20140484	접수일	2014-04-11	시험기간	2014-04-14 ~ 2014-04-24
의뢰처	(주)하이퍼원도우			의뢰인	류성호
주소	(369-841) 충북 음성군 생곡면 음성로 1380			용도	품질관리용
시료명	HP 52mm (6CL(H/S) + 17.5A + 5PLA113 (#3) + 17.5A + 6PLA113, #5)		시험항목	열관류율	

페이지(1)/(총 1)

시험 결과

- 적용규격 : KS F 2277 :2002, 8.온도측정
- 시험장비 : 열관류율 측정기, 고려계전, KOREA
- 시험환경 : 온도 : 최저 21.5 °C, 최고 25.8 °C 습도 : 최저 32.1 %R.H., 최고 48.5 %R.H.
- 시험결과 :

시료명 시험항목	단위	HP 52mm (6CL(H/S) + 17.5A + 5PLA113(#3) + 17.5A + 6PLA113, #5)
열관류율	[W/(m² · K)]	0.96
열관류저항	[(m² · K)/W]	1.04

' 끝 '

확인	작성자	승인자
	성명 : 김영환	직위 : 기술책임자 성명 : 노명래

2014 년 04 월 25 일

한국인정기구 인정 한국유리공업(주) 기술연구소 소장



1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료에 대하여 시험된 결과입니다.
2. 이 성적서는 총본, 견본, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 있으며, 본 시험성적서에 기재된 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서는 국제시험기관인정협력체(International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정(Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구(KOLAS)로부터 공인 받은 분야에 대한 시험결과입니다.

양식번호(P-71-004)

개정번호(10)

개정일(2012. 09. 17)

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술사업화지원사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.