도시건축연구사업

R&D-11첨단도시G03

발 간 등 록 번 호

11-1613000-001388-01

시장수요기반 신축건축물 녹색화 확산연구 최종보고서

2016. 9. 2

Infrastructure
R&D Report

주관연구기관 / 연세대학교 산학협력단
공동연구기관 / (주)포스코 A&C
포항산업과학연구원
위탁연구기관 / 한미설비
홍익대학교
대한건축학회
(주)포스코 건설
세안텍스
다인건축

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관 귀하

이 보고서를 "시장수요기반 신축건축물 녹색화 확산 연구“ 에 관한 연구 최종보고서로 제출합니다.

2016 . 9 . 2

주관연구기관명 : 연세대학교 산학협력단
주관연구책임자 : 이 승 복
공동연구기관명 : 포스코A&C
공동연구책임자 : 정 찬 우
위탁연구기관명 : 세안텍스
위탁연구책임자 : 김 대 준
위탁연구기관명 : 포스코 건설
위탁연구책임자 : 고 종 철
위탁연구기관명 : 한미설비
위탁연구책임자 : 김 두 성
위탁연구기관명 : 중앙대학교
위탁연구책임자 : 박 진 철
위탁연구기관명 : 홍익대학교
위탁연구책임자 : 이 승 현

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>B030304</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2015.7.1~
2016.6.31</td><td>단 계
구 분</td><td>5차년/
5년</td></tr>
<tr><td>연 구 사 업 명</td><td colspan="5">도시건축연구사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>최 상 위
과 제 명</td><td colspan="4">시장수요기반 신축건축물 녹색화 확산 연구</td></tr>
<tr><td>단위과제명</td><td colspan="4">공동 : 녹색건축물 품질 확보를 위한 시공기술 개발</td></tr>
<tr><td>연 구 책 임 자</td><td>이승복</td><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 338 명</td><td>총연구비</td><td>정부 : 5,723,000 천원
기업 :18,689,800 천원
계 : 24,412,800 천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">연세대학교 산학협력단</td><td>참여기업명</td><td colspan="2">삼우종합건축사 사무소, 아이티엠코퍼레이션, 한일엠이씨, 이에니엔테크놀로지, 에이팩, 한에너지시스템, 피움 이노베이션, 한미설비, C&C 인스트루먼트, 포스메이트, 한양티이씨, 세광엔지니어링, 우진월시스템, 도건 E&C</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약</td><td>보고서
면수</td><td>411</td></tr>
</table>

○ **녹색건축물 실증사업**

- 그린빌딩의 prototype을 위한 Test-bed 구축하여, 그린빌딩의 실증적 연구 수행
- IPD Process 구축(IDP, ICP, IMP 포함)
- IPD Process를 바탕으로 IPD Web Platform, IPD Planner 구축
- 그린빌딩에 대한 인식 확산 및 보급을 위한 Green Design Thinking 책자 발간

○ **건물 유형별 녹색건축물 프로토타입 개발 및 통합설계지침 개발**

- 실증사업에 앞서 건축물 유형에 따른 특성 및 요소기술 분석을 통해 기초 data 확보
- 이를 기반으로 건축물 유형별 친환경 기술 통합적용 전략 수립, 실증적 연구 수행
- 녹색건축물의 보급·확산을 위한 설계 가이드 및 관련 매뉴얼 개발
- 실증적 연구를 토대로 축적된 데이터 및 성과물 보급을 위한 기술 평가툴 개발

○ **녹색건축물 품질확보를 위한 시공기술 개발**

- 전략적으로 가장 활용도가 높은 요소기술을 경제성/시공성 측면에서 평가
- 시공과정 중에서 녹색기술이 적용될 수 있는 공정을 분석하고 이를 반영한 시공프로세스 개발

- 녹색건축물의 각 공정 진행상의 유의점 분석 시공 프로세스의 운영 지침을 개발
- 녹색기술의 성능구현을 위한 시공 관리 기술 및 관리 프레임워크 개발
- 실증건물을 통해 검증이 완료된 연구 결과에 대하여 시공 매뉴얼화

○ **녹색건축물의 효율적 운영 및 관리기술 개발**

- 건물 인수/유지관리 단계에서 활용할 수 있는 건물의 설계/시공/운영 단계별 성능 평가 툴 개발
- 건물 성능을 효과적으로 평가 할 수 있는 모니터링 시스템 구축 기법 개발
- 건물 성능 평가 툴(BEAT)에 의한 결과를 활용하여 Test-bed의 최적운영 검증

○ **녹색건축물 사업화 모델 개발**

- 신축녹색건축물의 유형별 사업성 평가 및 사업화 확산 전략을 수립하고, 개발한 방법론을 통합운영시스템(PMS)으로 구현하여 최종사용자에게 최적의 사업화 방안을 제시하고자 함
- 녹색건축물의 유형별 적용 가능한 녹색기술의 data를 반영하여, 신축녹색건축물의 비용 및 편익 분석 모델을 구축함으로써 대상건축물의 사업성을 평가하기 위한 기준 및 지침을 개발하고자 함
- 실증모델(Test-bed)의 성능모니터링 및 사업수행 결과에 대한 사업성 평가/검증을 수행함으로써 실증모델의 사업성과 평가 결과를 반영한 녹색건축물 사업화모델을 구축하고자 함

색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	녹색건축물, 시장, 녹색설계, 녹색시공, 녹색운영
	영 어	Green Building, Market, Green Design, Green Construction, Green Operation

요 약 문

Ⅰ. 제목 : 시장수요기반 신축건축물 녹색화 확산 연구

Ⅱ. 연구개발과제 개요

1. 연구배경

○ 기후 변화 등 환경 문제는 21세기에 들어 범세계적으로 가장 중요한 이슈가 되고 있으며, 특히 화석연료 사용으로 인한 CO2 배출량 증가는 지구온난화 및 환경오염의 주요 원인으로 지목되고 있음

○ 우리나라는 2013년 기준 세계 6위의 온실가스 다배출국일 뿐 아니라 온실가스 배출량 증가율 또한 중국과 인도 다음으로 높은 수치(1990년 대비 136%)를 보이고 있는 상황

○ 현재까지 녹색건축 분야는 기술 발전이 가장 필요한 것으로 인식되어 왔으나 개발된 기술을 실제 건물에 적용하고 녹색건축물을 보급하기 위해서는 기술뿐만 아니라 제도, 정책적 지원과 사업화 전략들이 필요함

○ 녹색건축물을 구현할 수 있는 기술(Technology)이 존재한다 하더라도 이를 실제 건물에 적용하고 통합적으로 설계 하기위한 정책(Policy)이 뒷받침 되지 않는다면, 녹색건축물의 실현이 어려우며 실현이 된다 하더라도 녹색건축물을 보급/ 활성화 시킬 수 있는 시장(Market)이 형성되지 않는다면, 녹색건축물의 보급은 힘듦

○ 따라서 녹색건축 시장을 활성화시키기 위해서는 기술뿐만 아니라 시장의 수요를 증가시킬 수 있는 방법들이 모색되어야 하며 기술과 시장의 지원할 수 있는 정책과 제도를 발굴해야만 함

2. 연구목표

○ 정부 시책에 부합하는 보급형 녹색건축물 유형별 모델개발(에너지 60%,80% 저감모델)
및 이를 구현할 수 있는 설계/시공/운영 과정의 핵심역량 개발

○ 보급형 녹색건축물의 모델을 검증할 수 있는 실증사업(Test-bed)의 수행

○ 보급형 녹색건축물을 확산시킬 수 있는 사업화 전략 및 활성화 기법 개발

Ⅲ. 연구개발 수행내용 및 결과물

주요 연구내용

○ **녹색건축물 실증사업**

- 그린빌딩의 prototype을 위한 Test-bed 구축하여, 그린빌딩의 실증적 연구 수행
- 통합적인 요소기술 모델을 구현 및 평가를 통한 Feed-back
- 국내 제도 및 정책과의 연계되어 에너지목표관리제 수행을 위한 기초자료 제공
- 실증사업을 통해 그린빌딩의 성능 및 경제성평가를 통한 국내 건설산업의 방향성 제시 및 그린빌딩 사업화모델 보급 도모
- 그린빌딩에 대한 인식 확산 및 보급을 위한 그린빌딩 실증사업의 홍보프로그램 기획 및 운영

○ **건물 유형별 녹색건축물 프로토타입 개발 및 통합설계지침 개발**

- 실증사업에 앞서 건축물 유형에 따른 특성 및 요소기술 분석을 통해 기초 data 확보
- 이를 기반으로 건축물 유형별 친환경 기술 통합적용 전략 수립, 실증적 연구 수행
- 기술 검증 및 Feed-back과정을 통해 건축물 유형별/에너지저감 목표별 기술 적용 Prototype 모델 제시
- 녹색건축물의 보급·확산을 위한 설계 가이드 및 관련 매뉴얼 개발
- 실증적 연구를 토대로 축적된 데이터 및 성과물 보급을 위한 기술 평가툴 개발

○ **녹색건축물 품질확보를 위한 시공기술 개발**

- 전략적으로 가장 활용도가 높은 요소기술을 경제성/시공성 측면에서 평가
- 시공과정 중에서 녹색기술이 적용될 수 있는 공정을 분석하고 이를 반영한 시공프로세스 개발
- 주요 공종별 적용이 가능한 녹색기술의 우선순위를 설정하고 중요도가 높은 기술 설정
- 중요 공종별 시공 지침 작성 및 실증 건물을 통한 검증 작업 수행
- 녹색건축물의 각 공정 진행상의 유의점 분석 시공 프로세스의 운영 지침을 개발
- 녹색기술의 성능구현을 위한 시공 관리 기술 및 관리 프레임워크 개발
- 실증건물을 통해 검증이 완료된 연구 결과에 대하여 시공 매뉴얼화

○ **녹색건축물의 효율적 운영 및 관리기술 개발**

- 건물 인수/유지관리 단계에서 활용할 수 있는 건물의 설계/시공/운영 단계별 성능 평가 툴 개발
- 국내외 인증 제도를 고려한 평가툴을 개발하여 건물 성능 평가의 적절성 및 활용성 제고
- 건물 성능을 효과적으로 평가 할 수 있는 모니터링 시스템 구축 기법 개발
- 건물 성능 평가 툴에 의한 결과를 활용하여 건물의 최적운영을 수행할 수 있는 운영 기법 개발

○ **녹색건축물 사업화 모델 개발**

- 신축녹색건축물의 유형별 사업성 평가 및 사업화 확산 전략을 수립하고, 개발한 방법론을 통합 운영시스템(PMS)으로 구현하여 최종사용자에게 최적의 사업화 방안을 제시하고자 함
- 녹색건축물의 유형별 적용 가능한 녹색기술의 data를 반영하여, 신축녹색건축물의 비용 및 편익 분석 모델을 구축함으로써 대상건축물의 사업성을 평가하기 위한 기준 및 지침을 개발하고자 함
- 실증모델(POSCO Green Building)의 성능모니터링 및 사업수행 결과에 대한 사업성 평가/검증을 수행함으로써 실증모델의 사업성과 평가 결과를 반영한 녹색건축물 사업화모델을 구축하고자 함

Ⅳ. 최종 연구성과

최종연구성과

1. 녹색건축물 실증사업

(1) IPD Process 개발

- ○ IPD Process 기획
- ○ IPD Process 구성계획
- ○ IPD Process 구축완료

(2) Test-bed 구축

- ○ Test-bed 기획
- ○ Test-bed 구축전략
- ○ Test-bed 구축완료
- ○ Test-bed 커미셔닝 수행
- ○ Test-bed 홍보 전시관 운영

(3) IPD Web Platform IPD Planner

- ○ IPD Process 실무 적용화 프로그램
- ○ IPD Web Platform IPD Planner 고도화

2. 녹색건축물 통합설계 프로세스 및 엔지니어링

(1) 건축물 유형별 녹색건물 프로토타입 개발 및 통합설계지침 개발

- ○ 건축물 유형에 따른 에너지 소비 특성 분석 및 DB화
- ○ 친환경 요소기술 DB구축 및 최적화 요소기술 도출
- ○ Simulation을 통한 요소기술 성능 분석

○ 건축물 유형별(업무용 건축물) 통합설계 프로세스 구축
○ IDP 설문 조사와 전문가 자문을 통한 녹색건축물 IDP 프로젝트 사후평가

(2) 녹색건축물 통합설계프로세스 기본설계단계에서의 에너지성능평가 툴 개발

○ 통합설계프로세스 기본설계단계에서의 에너지성능평가 툴 개발
○ 실제 설계 건물과 에너지 성능 비교 분석을 통한 평가 툴 검증
○ 기본설계단계에서의 에너지성능평가 툴에 인접 건물로 인한 에너지 성능 보정계수(Urban Horizontal Factor; UHF) 반영

(3) 녹색건축물 통합설계프로세스 Test-bed 평가

○ 건축물 유형에 따른 에너지 소비 특성 분석 및 DB화

(4) 녹색건축물 통합설계프로세스 요소기술 매뉴얼 개발

○ 통합설계를 적용한 이중외피의 요소기술 매뉴얼

(5) 녹색건축물 통합설계프로세스 가이드라인

○ 통합설계 프로세스 가이드라인의 체계화
○ 통합설계 프로세스 가이드라인 구축

3. 녹색건축물 품질확보를 위한 시공기술 개발

(1) 녹색건축물 통합시공프로세스(ICP) 개발

○ 시공프로세스 모델의 프레임웍 구축
○ 녹색시공프로세스 모델의 구성 및 내용

(2) 녹색건축물 시공현장 운영을 위한 통합시공매뉴얼(공정 및 품질관리, 친환경 현장관리) 개발 및 시공자 교육

○ 현장관리매뉴얼 구축
○ 녹색시공 필요성 인식 및 방법 전달을 위한 실무자 교육
○ 모바일 기반 BIM 시공관리 어플리케이션 개발

(3) 녹색건축물 품질확보를 위한 커미셔닝 활성화 방안

○ 커미셔닝 관련 제도/법규 및 인증 조사,분석
○ Test Bed 커미셔닝 적용사례 분석
○ 커미셔닝 시방서 조사, 분석
○ Pre Con. & Con. 단계에서의 품질 확보를 위한 체크리스트 구축

4. 녹색건축물의 효율적 운영 및 관리 기술 개발

(1) 녹색 기술 분류 체계 개발

○ 녹색 기술 분류 체계도 구축
○ 성능 평가 지표 및 평가 방법 가이드라인 구축

(2) 모니터링/BEMS 구축 프로세스

○ 모니터링 구축 프로세스 모델 개발

○ BEMS 구축 프로세스 모델 개발

(3) BEAT(Building Energy Analysis Tool) Program 개발 및 Test-bed 적용

○ Building Energy Analysis Tool

○ BEAT를 이용한 Test-bed 평가

5. 신축건축물의 녹색화 활성화를 위한 사업화 방안 제시

(1) 신축녹색건축물의 환경성 및 경제성 통합평가방법 개발

○ 건축물의 생애주기 환경영향 평가 방법 개발

○ 건축물 시공특성에 의한 지역적 환경영향 (Local Environmental Impact) 평가방법 개발

○ 녹색건축물의 환경적 가치향상 평가방법 개발

(2) 녹색건축물 통합가치평가시스템(IVAS) 개발

○ 건축물의 생애주기비용 및 생애주기 환경영향 (환경비용)에 대한 평가 기능을 수행할 수 있는, 엑셀기반의 녹색건축물 통합가치평가시스템(IVAS) 개발

○ 녹색건축물 통합가치평가시스템(IVAS)의 적용성 검토

(3) 신축녹색건축물의 확산을 위한 사업화 전략 수립

○ 녹색건축물의 사업성에 대한 영향요인 분석

○ 녹색건축물 활성화 관련 정책 및 제도 분석

○ 신축건축물 녹색화 활성화 방안 제시

Ⅴ. 연구성과 및 기대효과

1. 연구성과

1. 기술적 성과

○ 신축녹색건축물 최적화 기술의 활용

• 건축물 유형별 녹색건축물의 모델을 개발하여 설계/엔지니어들이 활용할 수 있도록 함으로써, 프로젝트 특성에 따라 최적화된 최고 성능의 녹색건축물을 확보

○ 녹색건축물의 품질확보를 위한 시공기술 및 품질 검사 기술

• 녹색건축물 시공지침 및 관리기법의 개발을 통하여 시공 기술자들의 가이드로 활용

• 건축물 유형별 녹색건축물에 대한 녹색기술, 각 기술들에 대한 시공 및 운영지침을 통하여, 건설되는 결과물이 최상의 효과를 발현할 수 있도록 함으로써, 녹색건축물의 시장 활성화를 위

한 신뢰성 확보

○ 건물에너지 사용 현황 파악을 통한 건물 에너지 운영 효율 향상

- 에너지 절감을 위한 기술의 영향력을 명확히 하여 정부, 민간, 학계가 모두 동의하는 건물의 유형이나 규모 등에 따른 에너지 사용량 수준에 관한 데이터 제공
- 모니터링 시스템을 통해 건물의 에너지 사용을 지속적으로 점검할 수 있는 기반을 마련하며 성능인증 시스템과 연계운영이 가능한 기준 마련 가능

2. 경제적 성과

○ 에너지 소비량의 감축 및 건물 에너지 비용 및 유지관리 비용 감축

- 예측 가능한 에너지 사용 및 절감량은 건물의 경제성 평가와 직결되며 이는 건축 설계, 건설, 유지관리, 리모델링 등 건물의 모든 생애에 걸쳐 금융, 기술적용, 사업 등의 활동에 판단 자료로 활용 가능

○ 녹색건축물의 경제성 확보를 통한 선순환 고리 확보

- 시장 수요에 적합한 동시에, 사업적 타당성을 확보한 보급형 녹색건축물의 모델을 개발함으로써 녹색건축물 시장의 활성화
- 녹색건축물 이해관계자들이 모두 WIN-WIN할 수 있는 산업 구도를 형성하여, 지속적으로 발전가능한 선순환 고리 구축

○ 녹색건축물 확산을 통한 건축산업 활성화 및 국가 성장동력 창출

- 통합 설계/시공/운영 기법을 확보하여 해외 건설 시장의 공략을 위한 역량 확보.
- 2008년 전체 건설시장의 약 5%를 차지하여 약 3조7천억원의 국내 녹색건축물 시장은 지속적인 성장 추세를 나타내고 있으며, 2020년에는 약 78조원 규모의 시장으로 성정할 것으로 전망

3. 기타 성과

○ **“2013년 한국을 빛낸 과학기술 및 산업성과 26”**에 선정 (2014년 5월 30일)

녹색건축물을 확산시키기 위한 친환경 핵심기술 및 통합 프로세스 개발’의 높은 연구성과를 인정받아 NAEK 한국공학한림원에서 발간하는“한국을 빛낸 과학 기술 및 산업성과 26” 책자에 수록되어 각 정부부처, 국회, 대학 등에 배포 및 홍보

2. 기대효과

○ 에너지 소비량의 감축 및 건물 에너지 비용 및 유지관리 비용 감축
- 예측 가능한 에너지 사용 및 절감량은 건물의 경제성 평가와 직결되며 이는 건축 설계, 건설, 유지관리, 리모델링 등 건물의 모든 생애에 걸쳐 금융, 기술적용, 사업 등의 활동에 판단 자료로 활용 가능

○ 녹색건축물의 경제성 확보를 통한 선순환 고리 확보
- 시장 수요에 적합한 동시에, 사업적 타당성을 확보한 보급형 녹색건축물의 모델을 개발함으로써 녹색건축물 시장의 활성화
- 녹색건축물 이해관계자들이 모두 WIN-WIN할 수 있는 산업 구도를 형성 하여, 지속적으로 발전가능한 선순환 고리 구축

○ 녹색건축물 확산을 통한 건축 산업 활성화 및 국가 성장 동력 창출
- 통합 설계/시공/운영 기법을 확보하여 해외 건설 시장의 공략을 위한 역량 확보
- 2008년 전체 건설시장의 약 5%를 차지하여 약 3조7천억 원의 국내 녹색건축물 시장은 지속적인 성장 추세를 나타내고 있으며, 2020년에는 약 78조원 규모의 시장으로 성정할 것으로 전망

VI. 연구성과 활용계획

활용계획

○ 통합프로세스 적용을 통해 건축 실무진들의 지침으로 활용

○ 친환경 요소기술의 성능검증을 통해 발주자와 설계자 간의 의사소통 도구로 활용

○ 통합설계, 시공 프로세스 매뉴얼을 활용하여 녹색기술 품질확보를 위한 녹색건축물 프로세스 구축으로 활용

○ 통합시공 프로세스를 통해 시공기술자, 관리자 등 녹색건축물 시공 현장의 사용자별 최적화된 매뉴얼로 활용

○ 녹색건축물 사업화 모델을 통해 건축물에 대한 환경비용 평가 및 제시 가능

○ 녹색건축물 통합가치평가 시스템을 통해 설계시 최적 대안 선정 가능

S U M M A R Y

Ⅰ. Title: Research on Green Buildings based on Market Demands

Ⅱ. Outline of the Research Project

1. Research Background

○ The environmental problem such as climate change is becoming the most important issue of the 21st century throughout the world, and the increase in the CO2 emission resulting from use of fossil fuel in particular is singled out as the major cause of global warming and environmental pollution.

○ Korea not only is the sixth largest greenhouse gas emitter in the world as of 2013 but also shows the third highest increase rate of greenhouse gas emission (136 % in comparison to that in 1990) after China and India

○ Though it has been recognized up to now that what is most needed in the field of sustainable architecture is advancement in the technologies, to apply the developed technologies to actual buildings and supply green buildings, not only technologies but also institutional and policy supports and business model strategies are required

○ Even though a technology that can materialize green buildings exists, if it is not backed up by a policy that enables integrated design to be conducted applying the technology to actual buildings, green building will be difficult to be materialized, and, even though it can be materialized, if no market is formed in which green buildings can be supplied and invigorated, green buildings will be difficult to be supplied.

○ Accordingly, to invigorate the green building market, the methods that not only can foster the technology but also can increase the demand in the market should be groped for and the policies and institutions that can support the technology and the market should be discovered.

2. Research Goals

○ Development of inexpensive models by green building type that comply with the government policy (60 % and 80 % energy saving models) and development of the key capabilities related to the processes of design, construction and operation that can materialize them.

○ Performance of a demonstration (Test-bed) project that can verify the inexpensive green building models

○ Development of a business model strategy and an invigoration technique that can proliferate the inexpensive green buildings.

Ⅲ. Content of the Research to be carried out and the Output

Main Content of the Research

○ **Green building Test-bed project**

- Performance of an empirical study on green building by constructing a test bed for a green building prototype
- Materialization of an integrated element technology model and feedback through evaluation
- Provision of the basic data required for performance of the energy target management system in connection with domestic systems and policies
- Presentation of the direction for domestic construction industry by evaluating the performance and economic efficiency of green building through the demonstration project, and supply promotion of the business green building models
- Planning and operation of the green building demonstration project promotion program for diffusion of the recognition for and supply of green buildings

○ **Development of a green building prototype and development of integrated design guidelines**

- Securement of the basic data through an analysis on the characteristics and element technologies of each building type before the demonstration project
- Establishment of a strategy to apply environment-friendly technologies to each building type in an integrated way based on it, and performance of an empirical study
- Presentation of a technology application prototype model for each building type and each energy saving goal through the processes of technology verification and feedback
- Development of the design guidelines and the related manual for supply and proliferation of green buildings
- Development of a technology evaluation tool for supply of the data and outputs accumulated on the basis of the empirical study

○ Development of green construction technologies with the goal of securing the quality of buildings

- Evaluation of the element technologies, which are strategically most useful in the aspects of economic efficiency and workability.
- Analysis of the construction processes to which green technologies can be applied and development of the construction processes on which it is reflected.
- Establishment of the priorities of the green technologies that can be applied to each major trade and selection of the highly important technologies
- Preparation of the construction guidelines for each major trade and performance of the verification works through demonstration building
- Analysis of the matters that require attention while carrying out each process of green building and development of the guidelines for construction process operation
- Development of a construction management technology and a management framework for performance materialization of green technology
- Preparation of a construction manual for the study results of which verification has been completed through the demonstration building

○ Efficient operation of green buildings and development of management technology

- Development of a performance evaluation tool for each stage of building design, construction and operation that can be utilized at building takeover, maintenance and management stages
- Enhancement of the adequacy and usefulness of building performance evaluation by developing evaluation tools taking into account the domestic and overseas certification systems
- Development of a technique to construct a monitoring system that can effectively evaluate building performance
- Development of an operation technique that can carry out optimum operation of the building utilizing the result obtained using the building performance evaluation tool

○ Development of a green building Business model

- We intend to present an optimized business plan to the end-users by establishing a strategy to evaluate the feasibility and proliferate the commercialization of each type of new green building and by implementing the development methodologies into an
- We intend to develop the standard and guidelines for evaluation of the feasibility of the object buildings by constructing a cost and benefit analysis model for new green buildings reflecting the data of green technologies that can be applied to each type of green building.
- We intend to construct a green building commercialization model on which the feasibility and evaluation result of the demonstration model are reflected by carrying out performance monitoring the demonstration model (POSCO Green Building) and evaluation/verification of the feasibility for the program performance result.

Ⅴ. Research Result and Effects Expected

Final Result of Research

1. Green building Test-bed project

(1) IPD process development

- ○ IPD process planning
- ○ IPD process configuration plan
- ○ Completion of IPD process

(2) Test-bed construction

- ○ Test-bed planning
- ○ Test-bed construction strategy
- ○ Completion of Test-bed construction
- ○ Performance of Test-bed commissioning
- ○ Operation of Test-bed promotion exhibition hall

(3) IPD Web Platform IPD Planner

- ○ IPD process on-scene application program
- ○ Upgrade of IPD Web platform IPD planner

2. Integrated design process and engineering of green building

(1) Development of a green building prototype for each building type and development of integrated design guidelines

- ○ Analysis of energy consumption characteristics of each building type and construction of a database
- ○ Construction of an environment-friendly element technology database and extraction of optimized element technologies
- ○ Analysis of the element technology performance through simulation
- ○ Construction of integrated design process for each building type (office building)
- ○ Post evaluation of the green building IDP project through an IDP survey and consultation with experts

(2) Development of a tool to evaluate the energy performance at the basic design stage of the green building integrated design process

- ○ Development of a tool to evaluate the energy performance at the basic design stage of the building integrated design process

○ Verification of the evaluation tool through comparative analysis of the energy performance with the actually designed building

○ Reflection of the Urban Horizontal Factor (UHF) resulting from the adjacent buildings on the tool to evaluate the energy performance at the basic design stage

(3) Evaluation of the green building integrated design process Test-bed

○ Analysis of energy consumption characteristics of each building type and construction of a database

(4) Development of a green building integrated design process technology manual

○ Technology manual of double skin to which the integrated design is applied

(5) Guidelines for the green building integrated design process

○ Systematization of the guidelines for the green building integrated design process

○ Construction of the guidelines for the green building integrated design process

3. Development of green construction technologies required to secure the quality of buildings

(1) Development of the green building Integrated Construction Process (ICP)

○ Construction of the construction process model framework

○ Configuration and content of the green construction process model

(2) Development of an integrated construction manual (process and quality control, and environment-friendly site management) for operation of green building construction sites and training of construction workers

○ Construction of a site management manual

○ Education of hands-on workers for recognition of the necessity for green construction and teaching of the method

○ Development of a mobile-based BIM construction management application

(3) Plan to commissioning required to secure the quality of green buildings

○ Investigation/analysis of institutions, laws and certifications related to commissioning

○ Analysis of the examples of applying Test-bed commissioning

○ Investigation and analysis of commissioning specification

○ Construction of a checklist to secure the quality

4. Development of efficient green building operation and management technology

(1) Development of the green technology classification system

○ Construction of a green technology classification system diagram

○ Construction of performance evaluation indexes and evaluation method guidelines

(2) Monitoring/BEMS construction process

○ Development of a monitoring construction process model

○ Development of a BEMS construction process model

(3) Development of BEAT (Building Energy Analysis Tool) program and application to the Test-bed

○ Building Energy Analysis Tool

○ Evaluation of the test-bed using the BEAT

5. Presentation of a business plan for invigorate green buildings

(1) Development of an integrated evaluation method for sustainable and economic efficiency of newly constructed green buildings

○ Development of a method to evaluate the life cycle environment impact of buildings

○ Development of a method to evaluate the improvement in the environmental value of green buildings

○ Development of a method to evaluate the local environmental impact caused by the construction characteristics of buildings

(2) Development of a green building Integrated Value Assessment System (IVAS)

○ Development of an Excel-based green building IVAS that can carry out the evaluation on life cycle cost and life cycle environmental impact (environmental cost) of buildings

○ Review on the applicability of the green building IVAS

(3) Establishment of business strategy for proliferation of newly constructed green buildings

○ Analysis of the factors which have an effect on feasibility of green buildings

○ Analysis of the policies and institutions related to green buildings

○ Presentation of a plan to invigorate greening of newly constructed buildings

IV. Final Result of the Research

1. Research Result

1. Technical achievements

○ Utilization of the newly constructed green building optimization technology

• Developing a green building model for each building type and enabling designers and engineers to utilize it can secure a green building with the best performance optimized in accordance with the project characteristics

○ Green Construction technology and quality inspection technology required to secure the

quality of buildings

- Development of green building construction guidelines and management technique and utilization of the result as the guidance for construction engineers
- Securement of the reliability required for invigoration of the green building market by enabling the constructed buildings to exhibit the best effect through green technologies used for green buildings of each type and construction and operation guidelines for each technology

○ Improvement in the building energy operation efficiency through grasp of the building energy use status

- Provision of the data related to the energy consumption level depending on the building type and size agreed by the government, private sector and the academic circle by making clear the influence of the energy saving technology
- A standard that can be operated in connection with the performance certification system can be arranged by arranging the basis that can continuously check use of the building energy through a monitoring system.

2. Economic achievements

○ Reduction in the energy consumption and reduction in the building energy cost and maintenance cost

- The predictable energy consumption and reduction in consumption are directly connected to the economic efficiency evaluation of the building and can be utilized as the judgment data in the activities such as finance, technology application and business across the whole lifetime of the building including architectural design, construction, maintenance, and remodeling

○ Securement of a virtuous circle by securing economic efficiency of green buildings

- Invigoration of the green building market by developing inexpensive green building models which are suitable for the market demand and which, at the same time, have secured feasibility
- Construction of a virtuous circle that enables sustainable advancement by forming an industrial structure where all the stakeholder of green building can enjoy win-win

○ Invigoration of architecture industry and creation of a growth engine of the nation through proliferation of green buildings

- Securement of the capabilities required for development of overseas construction market by securing the techniques of integrated design, construction and operation

• The domestic green building market worth of about 3.7 trillion KRW which accounts for about 5 % of the total construction market in 2008 is showing a continuously growing trend, and is expected to grow to a market of about 78 trillion KRW in 2020.

3. Other achievements

○ "Selected as one of the "Scientific Technology and Industrial Achievements 26 that graced Korea in 2013" (May 30, 2014)

The valuable research achievement of developing environment-friendly key technologies and integrated process for proliferation of green buildings is acknowledged and contained in the book of the "Scientific Technology and Industrial Achievements 26 that graced Korea in 2013" published by the NAEK (National Academy of Engineering of Korea), which is distributed to government agencies, the National Assembly and colleges.

2. Expected effect

○ Reduction in the energy consumption and building energy cost and maintenance cost

• The predictable energy consumption and reduction in consumption are directly connected to the economic efficiency evaluation of the building and can be utilized as the judgment data in the activities such as finance, technology application and business across the whole lifetime of the building including architectural design, construction, maintenance, and remodeling

○ Securement of a virtuous circle by securing economic efficiency of green buildings

• Invigoration of the green building market by developing inexpensive green building models which are suitable for the market demand and which, at the same time, have secured feasibility

• Construction of a virtuous circle that enables sustainable advancement by forming an industrial structure where all the stakeholders of green building can enjoy win-win

○ Invigoration of architecture industry and creation of a growth engine of the nation through proliferation of green buildings

• Securement of the capabilities required for development of overseas construction market by securing the techniques of integrated design, construction and operation

• The domestic green building market worth of about 3.7 trillion KRW which accounts for about 5 % of the total construction market in 2008 is showing a continuously growing trend, and is expected to grow to a market of about 78 trillion KRW in 2020.

Ⅵ. Research Result Application Plan

Application Plan

- Utilization as the guidelines for hands-on workers through application of the integrated process
- Utilization as a communication tool between the buyer and designer through performance verification of the environment-friendly element technologies
- Utilization for construction of green building process with the goal of securing the quality of green technologies by utilizing the integrated design and construction process manual
- Utilization as the manual optimized for each user in green building construction sites such as construction engineers and managers through the integrated construction process
- The environmental cost of buildings can be evaluated and presented through the green building commercialization model The optimal solution can be selected through the green building integrated value evaluation system

Table of Contents

Chapter 1 Summary of the R&D Project ····· 1

Section 1 Objectives of and Necessity for the R&D ····· 1
1. Necessity for the R&D ····· 1
2. Objectives of the R&D ····· 9
Section 2 Status of the Domestic and Overseas Technologies and Industry in the related Fields ····· 19
1. Necessity for the R&D ····· 19
2. Objectives of the R&D ····· 22

Chapter 2 Contents and Result of the R&D ····· 25

Section 1 Summary of the R&D Achievements ····· 25
Section 2 Contents of the R&D ····· 30
1. Supervision ····· 30
2. Integrated Design Engineering ····· 72
3. Green Construction ····· 145
4. Green Operation ····· 188
5. Business Model ····· 234

Chapter 3 Final Achievements of the Research and Application Track Record ····· 292

Section 1 Outline of the Key Element Technologies ····· 292
1. IPD Process ····· 292
2. Construction of the Test-bed ····· 295
3. Evaluation System ····· 298
4. Element Technology-Green Construction Manual ····· 304
5. Business Plan ····· 308
Section 2 Main Achievements related to Each Key Element Technology ····· 312

Chapter 4 Attainment of the Research Objectives and the Effects ····· 318

Section 1 Attainment Level of the R&D Objectives ····· 318
Section 2 Expected Effects of the R&D ····· 330
1. Expected Effects on Policies ····· 330
2. Expected Technical Effects ····· 331
3. Expected Economic Effects ····· 333

Chapter 5 Utilization of the Research Achievements and Necessity for Additional Research

335

Section 1 Utilization of the Research Achievements 335
Section 2 Necessity for Additional Research 339

Chapter 6 Appendix (Energy Database of Each Building Type) 347
Quantitative and qualitative Results 366

목 차

제 1 장 연구개발과제 개요 ····· 1

제 1 절 연구개발의 목적 및 필요성 ····· 1
1. 연구개발의 필요성 ····· 1
2. 연구개발의 목적 ····· 9
제 2 절 관련분야의 국내외 기술 및 산업현황 ····· 19
1. 연구개발의 필요성 ····· 19
2. 연구개발의 목적 ····· 22

제 2 장 연구개발 수행 내용 및 결과 ····· 25

제 1 절 연구개발 결과 요약 ····· 25
제 2 절 연구개발 수행 내용 ····· 30
1. 총괄 ····· 30
2. 통합설계 엔지니어링 ····· 72
3. 녹색시공 ····· 145
4. 녹색운영 ····· 188
5. 사업화 ····· 234

제 3 장 최종 연구성과 및 적용실적 ····· 292

제 1 절 핵심요소기술 개요 ····· 292
1. IPD Process 개발 ····· 292
2. Test-bed 구축 ····· 295
3. 평가 시스템 ····· 298
4. 요소기술-녹색시공 매뉴얼 ····· 304
5. 사업화방안 ····· 308
제 2 절 핵심요소기술 별 주요성과 ····· 312

제 4 장 연구목표 달성 및 효과 ····· 318

제 1 절 연구개발 목표 달성도 ····· 318
제 2 절 연구개발 기대효과 ····· 330
1. 정책적 기대효과 ····· 330
2. 기술적 기대효과 ····· 331

3. 경제적 기대효과 ····· 333

제 5 장 연구성과의 활용 및 추가연구 필요성 ····· 335

제 1 절 연구성과 활용 ····· 335
제 2 절 추가연구 필요성 ····· 339

제 6 장 부록(건축물 유형별 에너지 DB) ····· **347**
정성·정량성과 정보 ····· 366

제 1 장 연구개발과제 개요

제 1 절 연구개발의 필요성 및 목적

1. 연구개발의 필요성

○ 기후 변화 등 환경 문제는 21세기에 들어 범세계적으로 가장 중요한 이슈가 되고 있으며, 특히 화석연료 사용으로 인한 CO2 배출량 증가는 지구온난화 및 환경오염의 주요 원인으로 지목되고 있음

○ 지구온난화 문제는 국가 간 기후변화협약을 통해 온실가스 감축이라는 새로운 에너지 절약의 동기를 부여함으로써 각 국가의 에너지 효율화를 가속화시키는 역할을 하고 있음

○ 세계 각국은 온실가스 배출량을 점진적으로 감소시키기 위해 대표적인 에너지 사용처인 건물, 산업, 수송 분야와 관련하여 각종 목표 및 대책을 수립·실행하고 있음

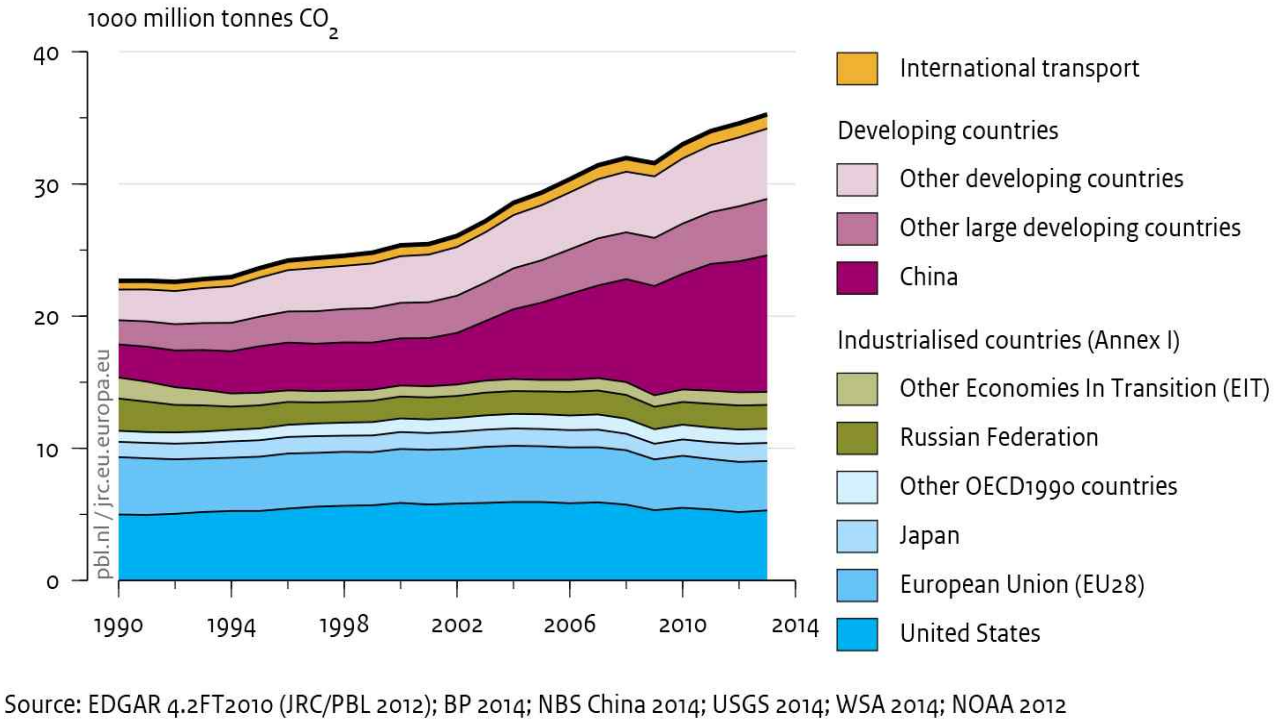


그림 1-1 COP 21 Paris, 2015년

○ 선진국의 성장은 지금의 기후변화 상황을 초래하였지만 개발도상국들의 급속한 성장은 이 상황을 더욱 악화시키는 데 큰 문제가 있다. 1973년과 2008년 CO2 배출량을 보면 절대량에 있어서는 2배 이상 증가한 것으로 나타남

○ OECD 국가의 CO2배출 비중은 66%에서 43%로 크게 줄어들었지만 중국을 포함한 아시아 국가들의 CO2배출량은 8%에서 32%까지 크게 늘어남

○ 기후변화 대응을 논의하면서 개발도상국들은 개발과 환경 사이의 딜레마를 해결하기 위해 '지속가능한 성장'과 '녹색기술'을 논의하고 있음. 이미 기술적으로나 산업적으로나 발전된 선진국들은 이렇게 열리고 있는 개발도상국의 그린빌딩 시장을 선점하기 위해 각축을 벌이고 있는 중임



Source: EDGAR 4.2FT2010 (JRC/PBL 2012); BP 2014; NBS China 2014; USGS 2014; WSA 2014; NOAA 2012

그림 1-2 화석연료 및 건축물로 인한 글로벌 탄소배출 증가량

(1) 우리나라의 온실가스 감축 대응 동향

○ 우리나라는 온실가스 총배출량을 UNFCC 온실가스 의무 감축국 들과 비교한 결과, 2013년도 우리나라의 온실가스 총배출량 순위는 미국, 러시아, 일본, 독일, 캐나다 다음으로 6위

○ 온실가스 의무감축국에는 중국, 인도 등의 온실가스 다배출국이 포함되지 않으므로, 해당국가들을 포함하면 우리나라의 전세계 총배출량 순위는 8위에 해당될 것으로 추정됨

(단위: 백만톤 CO_2eq.)

순위	국가	1990	2012	2013	1990년 대비 증감율(%)	2012년 대비 증감율(%)
1	미국	6,301	6,545	6,673	5.9	2.0
2	러시아	3,941	2,862	2,799	-29.0	-2.2
3	일본	1,270	1,391	1,408	10.8	1.2
4	독일	1,248	928	951	-23.8	2.4
5	캐나다	613	715	726	18.4	1.5
6	대한민국	292	684	695	137.6	1.5

자료: 2015년 UNFCCC, 2015

그림 1-3 2013년 기준 국가별 이산화탄소 배출량

○ 국제에너지기구(IEA)에서 발표하는 2013년 각국의 연료연소에 의한 1인당 이산화탄소 배출량 통계를 분석한 결과 전세계에서 배출량이 가장 많은 국가는 중국이며 UNFCC의무감축국 중에서는 미국이 가장 많은 온실가스 배출국으로 나타났고 우라나라의 2013년 연료연소에 의한 이산화탄소 배출량 순위는 중국과 인도를 포함하여 7위로 나타남

○ 정부에서는 부문별 • 업종별 • 연도별 온실가스 감축목표를 확정하였음. 이에 따라 2020년까지의 배출전망치와 비교하여 산업부문 18.2%, 전환(발전) 26.7%, 수송 34.3%, 건물 26.9%, 농림어업 부문에서 5.2%를 감축하여 국가 전체적으로 30%를 감축하게 됨

표 1-1 2020년도 각 부문별 BAU 배출전망치 대비 감축률

구분	산업	수송	**건물**	농림어업	폐기물	공공	**국가전체**
BAU대비 감축률(%)	18.2	34.3	**26.9**	5.3	12.3	25.0	**30.0**
CO_2감축량 (백만TON)	82.9	36.8	**48.1**	1.5	1.7	4.7	**175.7**

○ 건물부문에서는 크게 주거용, 비주거용 건물로 나눠지며, 주거용 건물에서는 27%, 비주거용 건물에서는 26.7%로 BAU대비 총 26.9%를 감축하게 됨

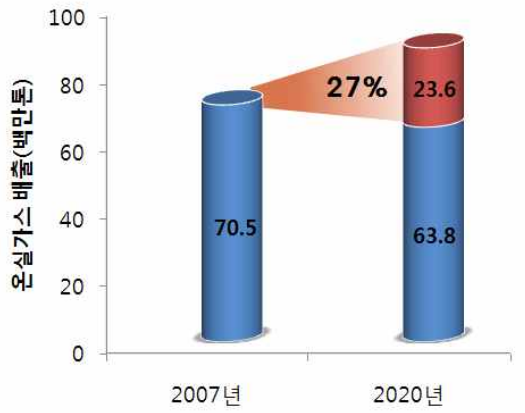


그림 1-4 주거용 건물 온실가스 감축률

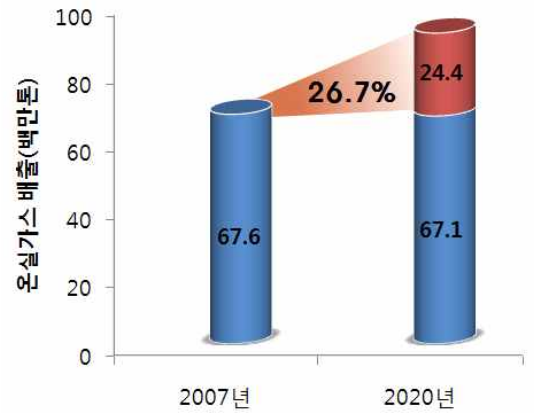


그림 1-5비주거용 건물 온실가스 감축률

○ 총 감축 목표는 설정되었으나 구체적으로 건축물 용도별 또는 연도별 탄소 감축 목표 및 감축 방법에 대한 가이드가 제시되어야 목표를 달성할 수 있을 것으로 판단됨

○ 따라서, 본 연구에서는 선진국수준의 저탄소 건축물 구현을 위해 지금까지 개발된 국내의 기술을 통합해서 국내 실정에 맞는 건물유형별 신축녹색건축물을 보급하고자 함. 이를 통해 신축건물에서 사용되는 총 에너지 소비량의 2012년까지 15%, 2017년까지 30%, 2020년까지 60%의 단계별 에너지 저감 모델을 제시하여, 2020년까지 건물부문의 온실가스 배출량(BAU 대비)의 26.9%를 저감하고 2025년까지 모든 신축건축물에 대해 제로 에너지 의무화라는 국가의 에너지 소비량 저감목표를 달성하고자 함

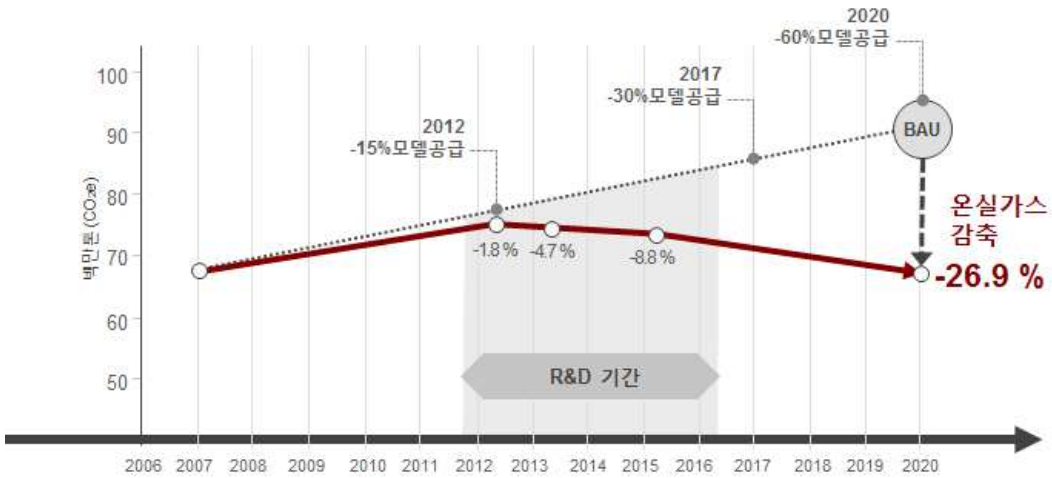


그림 1-6 건물부문 에너지 소비량 저감목표 달성

○ 또한, 이 연구를 통해 개발된 건물 유형별 신축녹색건축물

○ 모델을 국내 보급에만 그치지 않고 해외 도시로 수출할 수 있는 가능성을 모색하고 있음

○ 최근 한국토지주택공사에 따르면 한국의 대형건설사와 설계사무소가 참여해 한·중 협력 신도시 개발사업 추진 협의체를 구성하고 친저우시내 빈하이에 330만㎡ 규모로 친환경 주거단지 개념의 복합신도시를 건설하는 방안을 추진하고 있는 등, 급성장하고 있는 아시아 시장을 개척하여 녹색건축물을 확산시켜 전 세계적인 기후 변화에 대응하고 국가의 성장 동력으로 활용할 수 있는 가능성이 열려있음

(2) 녹색 건축 활성화를 위한 요소

○ 현재까지 녹색건축 분야는 기술 발전이 가장 필요한 것으로 인식되어 왔으나 개발된 기술을 실제 건물에 적용하고 녹색건축물을 보급하기 위해서는 기술뿐만 아니라 제도, 정책적 지원과 사업화 전략들이 필요함

○ 이미 에너지 효율을 높이는 요소기술에 대한 개발은 제로에너지 건물을 만들 수 있을 정도로 개발되어 있으므로 이를 통합적으로 적용하여 구현하고 제대로 운영, 평가할 수 있는 통합형 기술들을 필요로 함

○ 녹색건축물을 구현할 수 있는 기술(Technology)이 존재한다 하더라도 이를 실제 건물에 적용하고 통합적으로 설계 하기 위한 정책(Policy)이 뒷받침 되지 않는다면, 녹색건축물의 실현이 어려우며 실현이 된다 하더라도 녹색건축물을 보급/ 활성화 시킬 수 있는 시장(Market)이 형성되지 않는다면, 녹색건축물의 보급은 힘듦

○ 따라서 녹색건축 시장을 활성화시키기 위해서는 기술뿐만 아니라 시장의 수요를 증가시킬 수 있는 방법들이 모색되어야 하며 기술과 시장의 지원할 수 있는 정책과 제도를 발굴해야만 함

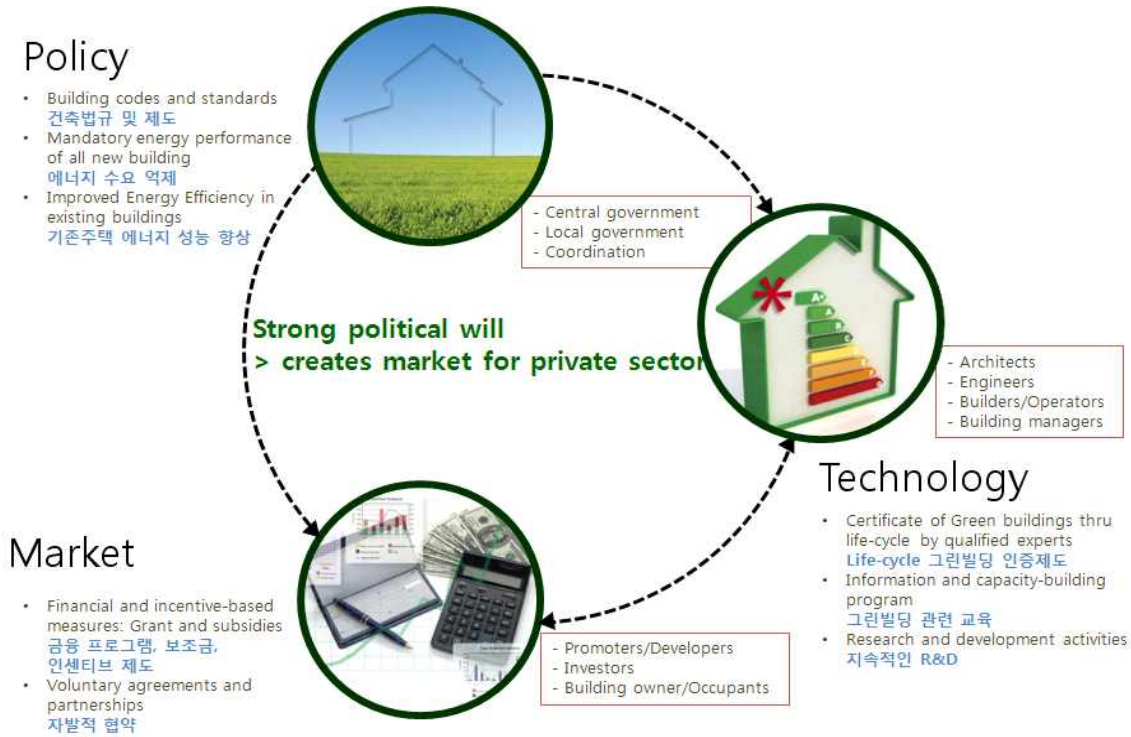


그림 1-7 녹색건축물 시장의 필요성

가. 기술적 측면

(1) 통합설계 및 엔지니어링

- 녹색건축물을 효율적으로 설계하기 위해서는 기존의 설계 방법에서 더 진화된 통합설계 프로세스를 적용해야 하지만 통합설계 프로세스에 대한 개념적인 내용들은 널리 알려져 있지만 아직 구체적으로 수행할 수 있는 방법론에 대한 기술적인 내용이 부재한 실정임
- 특히 건축 설계자들은 엔지니어들에 대한 이해가 부족하고 엔지니어들은 건축가들이 수행하는 업무들에 대한 이해가 부족하기 때문에 건축 실무에서 소통의 부재로 인하여 녹색건축물의 설계가 원활하게 이루어지지 않고 있음
- 또한 패시브 설계 기법을 녹색건축물의 설계에 적용을 하기 위한 구체적인 적용 전략들에 대하여 설계자들이 잘 파악하고 있지 않기 때문에 설계자들이 기본적인 건축 환경 원리를 이해하고 적용할 수 있는 컨텐츠가 필요함

(2) 녹색시공

- 녹색건축물에 요구되는 성능 기준이 증가함에 따라 복잡한 친환경 Engineering 기술들이 설계에 적용되고 있음
- 이러한 설계 요구조건이 시공단계에 적절히 반영되어 녹색건축물로 구현되도록 하기 위한 기존과 다른 녹색시공관리가 기대되는 실정임
- 이러한 배경에 따라 설계단계에서 요구하는 녹색건축물 성능을 만족시키기 위해서는 시공과정에서의 업무지침, 프로세스 및 성능 검증 방법에 대한 연구가 필요함

(3) 녹색운영

- 건물의 단위설비에 대한 성능 및 효율개선 위주의 운영 최적화 알고리즘 개발에 집중하여 진행 중으로 건물 운영단계에서 지속적으로 실시간 건물 에너지 효율을 평가할 수 있는 기술개발이 필요
- 기존 건축물 녹색화를 위한 녹색 건축 기술요소 분류/체계 정립 및 신재생 에너지 자원 활용기술 개발, 열원 성능 평가 기법 개발 등은 연구 단계로 국가에너지절감 목표 달성을 위해 제도적인 건축물 에너지 성능 분석 결과 제출뿐만이 아니라 보다 객관적이고 표준화된 에너지 성능 분석 방법 개발이 필요

(4) 사업화

- 건축시장 참여 주체들이 녹색건축물을 선택하기 위해서는, 개발된 기술 및 녹색건축물의 실행을 위해 요구되는 비용과 이를 통해 얻어지는 이익에 대한 명확한 파악이 선행되어야 함
- 따라서 생애주기관점에서 녹색건축물의 비용 및 환경영향을 제시함으로써, 의사선택과정에서 경제적, 환경적, 사회적 측면에서 합리적인 의사결정을 지원할 수 있는 기술의 개발이 요구됨
- 게다가, 환경적·사회적 측면에서의 효과가 시장참여주체의 의사결정과정에서 이익으로 인식되기 위해서는, 개발된 기술을 통해 제시된 결과가 시장에서의 경제적 효과로 변환할 수 있는 정책적 지원과 사업화 방안 등이 필요함

나. 경제·산업적 측면

- 2015년 기준 세계 녹색건축물 건설 시장은 전체 신축건축물의 40~48%를 차지하였고 그 산업 규모를 수익성 측면에서 보면 120~145억불 규모의 시장으로 성장할 것으로 예측되었음 (McGraw Hill Construction (2010). Green Outlook 2011: Green Trends Driving Growth)
- 국제적으로 녹색건축물 설계 시장이 지속적으로 커지고 있으며 국내 설계사무소들이 해외의 녹색건축물 시장에 진출하기 위해서는 녹색건축물 설계에 대한 노하우가 필요하고 이를 위해서는 통합설계 프로세스에 대한 이해와 경험이 필요함
- 국내 시장은 아직 초기단계지만 경기 현황과 시장성을 고려할 때 2020년 1조 4942억원으로 증가할 것으로 분석되나 건물에너지관리에 대한 인식이 낮아 대형건물 위주로 운영관리가 시행되고 있으며, 다국적 기업이 국내시장의 70% 이상을 점유
- 이와 같은 녹색건축 성장전망에 맞추어, 시공단계에서 품질확보를 위한 방안, 관리기법에 대한 홍보와 그 효과에 대한 인식을 유도하여 건설 산업에서의 녹색건축 확산 촉진, 그리고 녹색시공을 통한 건설산업에서의 환경영향 최소화가 필요함
- 국내 '12년 BEMS 시범 사업 3개소(국토부) 시행에 대한 분석 결과, 에너지 절감 효과는 평균 10.0% 이고, 관련 기술 표준화 및 인증기반을 마련하여 KS규격 개발, BEMS 인증제 도입을 진행하고 있음
- 녹색건축 분야는 녹색건축기술의 발전이 건물부문의 온실가스 배출량 감축목표 달성을 위해 가장 필요한 것으로 인식하여 녹색건축 기술의 개발에 연구역량이 집중해왔으나, 개별 녹색건축기술의 성능 향상에 연구가 한정됨
- 녹색건축물을 구현할 수 있는 기술이 존재하더라도 시장에서 받아들여지지 않으면, 개발된 기술은 사장될 뿐만 아니라 녹색건축물을 통한 에너지사용량 및 온실가스 감축, 삶의 질 향상은 기대할 수 없음

○ 따라서 신축건축물의 녹색화를 통해 건물부문 온실가스 배출량 감축목표를 달성하기 위해서는, 의사결정과정에서 시장 참여 주체(의사결정자)들이 녹색건축기술, 건축물 녹색화를 선택할 수 있도록 유도할 수 있는 사업화 방안을 제시하는 것이 중요함

다. 사회·문화적 측면

○ 국내 건축 설계 산업은 그동안 관에서 발주하고 시공업체가 주도하는 프로젝트 형태로 주로 수행되어 설계사무소가 주도적으로 프로젝트를 이끌어 나가기 어려운 측면이 있음

○ 또한 상하관계가 명확한 문화적 특성으로 인하여 통합설계 프로세스 수행 과정에서 효율적인 회의가 이루어지지 못하고 일방적인 정보 전달 형태의 회의가 진행되어 통합설계 프로세스의 원활한 진행을 어렵게 만들 수 있음

○ 전 건축과정 중, 건물이 대지에 지어지는 단계에서 환경에 대한 직접적 영향이 가장 큼. 따라서 건설과정에서 환경에 대한 부정적 영향을 최소화하고, 자원 및 에너지 사용량 절감을 극대화하기 위한 노력이 필요함

○ 건축 후 15년 이상 경과되어 에너지 성능 개선이 필요한 건축물이 전체의 74.1%이며, 건물의 생애주기에서 사용단계의 에너지소비량이 대부분이므로 운영시스템 효율화가 급선무(기획설계 0.4%, 건설 16%, 운영관리 83.2%, 폐기처분 0.4%)

○ 에너지 위기를 효과적으로 극복하고 안정적인 에너지 수급을 위하여 공급위주정책에서 수요를 줄이는 수요관리 정책으로 전환이 필요하며, 건물 부문은 에너지 사용량의 21%를 차지하므로 감축 잠재력이 높아 성능개선을 통한 에너지수요 감축에 효과적

○ 지구환경문제에 대한 관심과 우려가 증가하고, 기존의 일반 건축물 시장의 성장이 둔화되는 상황에서, 지속적인 성장이 전망되는 녹색건축물에 대한 관심은 필수적임. 녹색건축물에 대한 대중의 인식이 부정적인 국내의 상황에서, 녹색건축물에 대한 사회적·경제적 효과를 명확하게 제시하여 녹색건축물에 대한 인식을 개선하는 것이 요구됨

○ 또한, 저탄소 녹색성장이라는 국가 목표의 달성과 기후 변화에 대한 대응을 위해, 건축물의 녹색화는 절실함. 이에 따라, 온실가스 배출량에 대한 관리를 포함하여 주요 환경문제에 대한 영향을 평가·관리할 수 있어야 국제 기후변화협약 및 국가 정책에 대한 대응이 가능함

2. 연구개발 목적

가. 연구개발 최종목표

(1) 최종목표

본 연구의 최종 연구목표와 내용 그리고 이를 정리한 흐름도와 연구개발 범위는 다음과 같음

최종목표	○ 정부 시책에 부합하는 보급형 녹색건축물 유형별 모델개발(에너지 60%,80% 저감모델) 및 이를 구현할 수 있는 설계/시공/운영 과정의 핵심역량 개발 ○ 보급형 녹색건축물의 모델을 검증할 수 있는 실증사업의 수행. ○ 보급형 녹색건축물을 확산시킬 수 있는 사업화 전략 및 활성화 기법 개발	
세부연구목표	총괄	○ 그린빌딩의 prototype을 위한 Test-bed 기획 및 시공 ○ Test-bed 실증사업의 요소기술들을 적용 후, 커미셔닝 및 운영단계의 모니터링을 통해 그 효과를 검증 ○ IPD Process 구축 ○ IPD Web Platform, IPD Planner의 형태로 Process 전 모델을 웹으로 구축
	통합설계 엔지니어링	○ 통합설계 가이드라인 구축 ○ 녹색건축물 기본설계단계에서의 에너지 성능 평가 툴 개발 ○ Test-bed에 적용된 요소기술의 성능 검증
	녹색시공	○ 녹색건축물 통합 시공 프로세스 구축 ○ 녹색시공매뉴얼 구축 ○ 커미셔닝 활성화 방안 제안
	녹색운영	○ 녹색건축물 운영 및 유지 관리 기술 종합 시스템 개발 ○ 녹색건축물 유지 관리 단계 성능 평가 및 모니터링 시스템 개발

	사업화	○ 신축녹색건축물의 환경성 및 경제성 통합평가방법 개발 ○ 녹색건축물 통합가치평가시스템(IVAS) 개발 ○ 신축녹색건축물의 보급, 확산을 위한 사업화 전략 수립
연구개발 결과물	총괄	○ 녹색건축물 실증사업 Test-bed 구축 ○ 통합프로세스 IPD Process 개발 ○ IPD Web Platform, IPD Planner 개발
	통합설계 엔지니어링	○ 녹색건축물 통합설계 프로세스 가이드라인 ○ 녹색건축물 기본설계단계에서의 에너지 성능 평가 툴 ○ 녹색건축물 요소기술 매뉴얼
	녹색시공	○ 녹색건축물 실증적 구현을 위한 통합적인 시공 프로세스 구축 ○ 녹색시공매뉴얼 개발 및 실무자 교육 ○ 커미셔닝 활성화를 위한 지침 및 제도 개선방안 제안
	녹색운영	○ 녹색기술의 성능 지표 매뉴얼 ○ 성능 지표 별 평가 방법 매뉴얼 ○ 성능 분석 Tool ○ BEMS 운영/관리 매뉴얼 ○ 소프트벰스 Program의 적용을 위한 검증 ○ 녹색건축물의 성능 개선 및 최적화 기법 매뉴얼 ○ 성능평가 시스템 설계 및 구축 매뉴얼
	사업화	○ 건축물의 경제성 및 환경성 통합평가 방법 ○ 녹색건축물 통합가치평가시스템(IVAS) ○ 녹색건축물의 성능별 사업적 타당성 분석 결과 ○ 신축녹색건축물의 시장 확산을 위한 사업화 모델

나. 연차별 연구목표

(1) 1차년도

연차		연구목표	주요 연구내용
1차년	총괄	○ Test-bed 실증사업 기획 및 관리 ○ 녹색건축물 통합 프로세스 IPD Process 기획 및 분석 ○ Test-bed 홍보 전시관련 기획	○ 해외 통합 프로세스 사례분석을 통한 한계점 분석 및 IPD Process 개발의 방향 설정 ○ 성공적인 친환경 건축물 구축을 위한 Test-bed의 설계에 참여하여 친환경 목표설정 ○ Test-bed의 홍보를 위한 홍보 수단 결정 및 해외 사례 조사
	통합설계 엔지니어링	○ 건축물 유형별 DB 구축 ○ 국내 실정에 맞는 통합설계 프로세스(IPD) 제안	○ 건축물 유형별 에너지 소비 특성 분석 및 DB화 ○ 친환경 요소기술 성능 분석을 통한 기술 DB구축 ○ 건축물 유형별 통합설계 프로세스 구축
	녹색시공	○ 리스크를 고려한 녹색시공의 적용 우선순위 도출 ○ 녹색기술의 경제성·시공성 평가	○ 녹색건축물 사례 및 적용녹색기술 현황조사 ○ 적용성 평가를 위한 분석틀 작성 및 조사 ○ 적용우선순위 상위 녹색기술의 대안선택 LCC 평가 ○ 적용우선순위 상위 녹색기술의 시공성 분석
	녹색운영	○ 녹색건축물에 적용되는 녹색 기술 분류체계 구축 ○ 녹색건축물 성능평가 지표 수립 ○ 녹색건축물 성능지표 별 평가 기법 개발 ○ 모니터링 수행 방향 수립	○ 녹색건축물에 적용되는 녹색기술 목록 수집 및 분류 단계 수립 ○ 녹색기술의 성능 지표 매뉴얼 ○ 녹색건축물을 평가하기 위해 다양한 녹색 건축 요소 기술들의 조합

	사업화	○ 신축녹색건축물 환경영향 평가모델 개발 ○ 녹색건축물 시장 장애요인 및 소비자 NEEDS 분석	○ 신축 녹색건축물의 비용항목 정의 ○ 신축녹색건축물의 생애주기 환경영향 평가모델 개발 ○ 국내 건축시장 참여 주체(투자자, 건축주, 시공사, 거주자)의 녹색건축물에 대한 인식조사를 통한 문제점 도출 ○ 녹색건축물에 대한 거주자, 소비자의 NEEDS 분석 ○ 녹색건축물 시장장애 요인 분석

(2) 2차년도

연차		연구목표	주요 연구내용
2차년	총괄	○ IPD Process 1차 완성안 (설계- 시공) ○ Test-bed 완공 ○ 전시 홍보관 기획	○ 녹색건축물 IPD Process 개발하여 그 결과를 Test-bed의 적용 ○ Test-bed 시공 단계에 시공 팀과의 연구팀과 지속적인 정보교환이 가능하도록 시공 관리 진행 ○ SNS와 홍보관을 활용한 상시홍보 기획 및 국내외 컨퍼런스 특별 세션을 통한 기획홍보 진행
	통합설계 엔지니어링	○ 녹색건축물 통합설계 프로세스 개발 ○ 녹색건축물 통합설계 프로세스 기본설계단계에서의 에너지 성능 평가 툴 개발	○ Test-bed 설계 수행을 통한 녹색건축물 IPD draft 모델 보완 ○ 전문가 의견 수렴을 통한 통합설계 프로세스 보완 ○ 국내실정에 맞는 기본설계단계에서의 에너지 성능평가 툴 개발 ○ 건축물 유형별 친환경 요소기술 최적 조합 도출
	녹색시공	○ 녹색건축물의 공정 및 품질관리 방안 도출 ○ 녹색 현장관리 체크리스트(안) 개발 ○ 국내 커미셔닝 지침 보완	○ 선진사례 녹색시공 및 공정 프로세스 분석 ○ BIM 모바일 컨텐츠 상품 개발 ○ 환경요인별 국내 법규 및 기준 분석 ○ Test-bed 커미셔닝 분석
	녹색운영	○ 녹색건축물의 성능 평가를 위한 모니터링 프로세스 모델 구축 ○ 녹색건축물 적용 BEMS 프로세스 모델 개발 ○ 개발 모델의 Test-bed 적용	○ 녹색건축물의 모니터링 수준별 등급 설정 ○ 녹색건축물의 통합성능 및 핵심기술에 대한 모니터링 설계 방법 설정 ○ BEMS 적용 계획단계 에너지 설계 기준 및 BEMS 범위 설정 ○ BEMS 적용 설계단계에서 도면작업 및 BAS와의 통합 계획 수립

			○ BEMS 적용 시공단계의 고려사항 및 주안점 리스트 작성 ○ BEMS 적용 운영단계에서 사용자/건축주를 위한 운영 가이드라인 작성 ○ 모니터링 및 BEMS 프로세스 모델의 Test- bed 적용에 따른 실질적 업무 개선 효과 파악 ○ 모니터링 시나리오 적용에 따른 Test-bed의 성능 검증/평가 계획 수립
	사업화	○ 건축물의 환경비용 평가방법 개발 ○ 건축물 경제성 및 환경성 통합 평가방법 개발	○ 건축물 특성에 의한 환경영향 정의 및 평가방법 ○ 건축물 환경비용 평가방법 개발 ○ 녹색건축물의 환경적 가치 개선 효과 평가방법 개발 ○ 건축물 경제성 및 환경성 통합평가방법 개발 ○ 서울시의 기존 건축물 대상, 인증 건물과 비인증 건물 현황 조사 및 사회적 요소 분석 ○ 전문가 설문을 통한, 친환경 인증 건축물 보급의 한계점 도출

(3) 3차년도

연차		연구목표	주요 연구내용
3차년	총괄	○ IPD Process 최종 구축 ○ Test-bed 완공 ○ Test-bed 커미셔닝 운영 ○ 전시 홍보관 운영 ○ 실무 적용화 프로그램 기획	○ 녹색건축물 IPD Process 수정 보완 ○ 녹색건축 Test-bed 구축 ○ Test-bed 커미셔닝 수행 ○ Posco Green Building 홍보 전시관 운영 ○ 실무 적용화 프로그램 기획
	통합설계 엔지니어링	○ 녹색건축물 통합설계 프로세스 Test-bed 평가 ○ 녹색건축물 통합설계 프로세스 기본설계단계에서의 에너지 성능평가 툴 보완 ○ 통합설계 프로세스 결과물에 대한 요소기술 성능검증	○ 녹색건축물 Test-bed 적용 ○ Test-bed 수행 내용을 바탕으로 녹색건축물 IPD 보완 ○ 녹색건축물 IPD 상용화를 위한 Multi Format 구조 구축 ○ 엑셀 시스템 기반의 기본설계단계 에너지 성능평가 툴 보완 (교육용 건축물 기능 추가) ○ 기본설계단계 에너지 성능평가 툴에 주변 인접건물(UHF)로 인한 에너지 성능 보정계수 반영 ○ Test-bed에 적용된 요소기술의 성능 검증 (아트리움, 이중외피)
	녹색시공	○ 녹색건축물 ICP 개발 ○ 녹색시공관리기법(공정 및 품질관리, 현장 환경관리) 개발 ○ 커미셔닝 관련 건설환경 및 제도 개선방안 제시	○ 해외 건설사의 시공프로세스 벤치마킹 분석 ○ 주요 녹색기술 시공 및 성능구현을 위한 시공 단계별 지침 개발 ○ 녹색시공을 위한 국내외 교육프로그램 분석 ○ 국내 커미셔닝 활성화 장애요인 분석 및 개선안 도출

	녹색운영	○ Test-bed의 성능 평가 및 분석 ○ 녹색건축물 적용 BEMS 운영 매뉴얼 개발	○ Test-bed 모니터링 및 성능 평가 ○ 성능분석 Tool 개발 (BEAT : Building Energy Analysis Tool) ○ Test-bed 동적 에너지 시뮬레이션을 통한 Baseline 모델 구축 ○ BEMS 데이터 수집 및 평가 단계의 매뉴얼 개발 ○ BEMS를 통한 개선단계의 매뉴얼 개발
	사업화	○ 녹색건축물 통합가치평가 시스템 (IVAS) 개발 ○ IVAS를 이용한 Test -Bed 평가 ○ 기존 친환경인증 건축물의 사회적·환경적 가치 조사 및 분석	○ 녹색건축물 통합가치평가 시스템(IVAS) 개발 ○ 통합가치 평가방법 및 IVAS의 적용성 검토 ○ Test-bed 환경영향 및 환경비용 평가 ○ 친환경 인증 건축물의 사회적 가치 조사·분석 ○ 서울시의 기존 건축물 대상, 인증 건물과 비인증 건물 현황 조사 및 사회적 요소 분석 ○ 친환경 인증 건축물의 사회적·환경적 가치 조사·분석 ○ 전문가 설문을 통한, 친환경 인증 건축물 보급의 한계점 도출

(4) 4차년도

연차		연구목표	주요 연구내용
4차년	총괄	○ 실무에 활용 가능한 상용화 프로그램 개발완료 ○ Test-bed홍보, IPD Process 홍보	○ IPD Process 실무 적용화 프로그램 완료(IPD Web Platform, IPD Planner) ○ Test-bed 및 IPD Process 홍보
	통합설계 엔지니어링	○ 녹색건축물 통합설계 프로세스 완성 ○ 통합설계 프로세스 결과물에 대한 요소기술 성능검증	○ 녹색건축물 IPD Layer Model 및 Manual 완성 ○ 녹색건축물 IPD Multi Format 확장 ○ Test-bed에 적용된 요소기술의 성능 검증 (칠드 빔, 복사패널) ○ 녹색건축물 친환경 요소기술 매뉴얼
	녹색시공	○ 녹색시공프로세스 운영 지침 및 관리기술 개발	○ 녹색건축물 시공 프로세스 Layer model 보완 ○ 시공 전 단계 및 시공단계에서 녹색건축물 품질확보를 위한 단열/결로 중심 관리 체크리스 구축 ○ 녹색시공교육 커리큘럼 구축 및 시공자 교육 실시
	녹색운영	○ Test-bed의 성능 평가 및 분석 ○ 소프트벰스 Program 검증과 적용 ○ 녹색건축물의 성능개선 및 최적화 기법 개발	○ 소프트벰스 Program의 신뢰성 검증 ○ 녹색건축물의 성능 개선 및 최적화 기법 매뉴얼
	사업화	○ 녹색건축물 통합가치평가시스템(IVAS) 개선 및 활성화 ○ 신축건축물 녹색화 활성화 방안 수립을 위한 필요사항 분석	○ 녹색건축물 통합가치평가시스템 (IVAS) 보완 및 개발 완료 ○ 녹색건축물 통합가치평가시스템 (IVAS) 매뉴얼 작성 ○ IVAS를 활용한 기존 건축물에 대한 사례 평가 ○ 사례분석을 통한 녹색건축물의 사업성 영향요인 도출 ○ 신축건축물 녹색화 확산을 위한 정책 및 제도 개선 필요사항 도출

(5) 5차년도

연차		연구목표	주요 연구내용
5차년	**총괄**	○ IPD Web Platform, IPD Planner 고도화 ○ 시장수요기반 신축건축물 녹색화 확산 연구 총괄 보고서	○ 새로운 contents에 대한 등록과 수정을 자동화 할 수 있는 기능 보강 ○ 다중 프로젝트 관리 및 프로젝트, 템플릿 추가 기능 보완 ○ 연구성과물 정리 및 홍보
	통합설계 엔지니어링	○ 녹색건축물 IPD process 가이드라인 구축	○ 녹색건축물 통합프로세스 프로그램 사용 매뉴얼 제작 ○ 녹색건축물 통합설계 프로세스 가이드라인 제작
	녹색시공	○ 녹색건축물 시공매뉴얼 개발	○ 녹색시공매뉴얼 제작 및 컨텐츠 보완 ○ 녹색시공 프로세스 Layer model 완성 및 사용매뉴얼 제작
	녹색운영	○ 난방기 최적화 운영을 위한 실험	○ Test-bed에 적용되어 있는 BEMS의 한계점 및 운영상의 문제점을 개선하고자 원격 에너지진단 프로그램을 적용 - 추가연구가 가능할 경우 프로그램과 IoT 기술의 융합을 고려하고 있음 ○ Test-bed 난방 최적화 운영 실험 보고서 ○ 위탁연구
	사업화	○ 신축건축물 녹색화 활성화 방안 제시	○ 녹색건축물 통합가치평가시스템 (IVAS) 홍보 및 보급 ○ 녹색건축물 활성화 관련 정책 및 제도 분석 ○ 신축건축물 녹색화의 활성화를 위한 정책 및 제도 개선 방안 제시 ○ 신축녹색건축물 활성화를 위한 사업화 모델 제시

제 2절 관련분야의 국내외 기술 및 산업동향

1. 국내 기술 및 산업동향

가. 국내 녹색건설 산업 시장현황 및 전망

(1) 국내 녹색건축시장 및 정책현황

○ 본 연구에서는 건물 유형별로 기존의 개발된 요소기술을 적극 활용하여 보급 가능한 요소기술의 조합을 도출하고, 이를 실증사업에 적용함으로써 통합설계, 녹색시공, 운영단계를 포괄하는 신축녹색건축물의 확산을 목표로 하고 있음. 따라서 본 연구를 통해 도출되는 기술은 크게 설계, 시공, 운영과정에서 녹색건축물을 구현하기 위해 필요한 통합설계 가이드, 시공매뉴얼, 운영매뉴얼 등으로 나눌 수 있으며, 이러한 성과물을 통해 건설 산업 전체에 이르러 기술 확산을 가져올 수 있음. 또한, 녹색건축물 사업화 과정을 통하여 국·내외 녹색건축물의 보급 및 확산을 위한 사업화 관련 기술개발이 촉진이 예상됨

○ 시장수요기반 신축건축물 녹색화 확산에 관한 연구 수행을 통해 확대 가능한 관련 분야 범위와 효과에 대해 분석하였음. 결과에서 볼 수 있듯이 본 과제에서 수행하고자 하는 관련 연구는 다양한 분야의 중심에서 주변 기술에 대한 파급효과가 큰 연구임을 알 수 있음

⊙ 녹색건축물

○ 관련 산업 동향 분석에 의하면 국내환경산업의 시장규모 성장률은 13%에 도달하며, 친환경 건축에 대한 시장수요 또한 높은 비율로 증가 할 것으로 예측됨. 따라서 이러한 실증적 연구의 수행은 연구기술 성과의 시장 수요에 따라 상당히 큰 기술 확산 효과를 가지게 됨

○ 이를 통해 녹색건축물 시장 수요기반의 보급 및 확산 전략을 제시할 수 있으며, 이는 과거 요소기술에 집중되었던 연구보다 더 많은 파급효과와 기술 확산을 기대할 수 있음

○ 아직 국내에는 통합설계 프로세스에 대한 구체적인 가이드라인이 부재한 상황이고 일부 해외의 가이드라인을 들여와서 적용하고 있지만 해외의 가이드라인의 경우 국내 실무 실정에 맞지 않는 등 한계가 있음

○ 녹색건축물 시공과 관련된 특허는 총 94개로 어느 정도는 개발이 이루어진 분야임을 확인 가능함. 또한, 연도별로 뚜렷한 개발의 증가나 감소 추이가 나타나지는 않고 어느 정도 개발이 고르게 이루어짐을 확인 가능함. 미국에서 출원된 특허가 총 70건으로 가장 많았으며, 일본에서 역시 18건의 특허를 출원함

○ 친환경 건축물의 품질관리, 지속 가능형 건물의 품질확보 등의 키워드로 검색한 결과 품질확보 기술과 관련된 특허는 2003년, 2004년, 2009년에 각기 1건의 특허만이 존재하였음. 전체적으로 시공에 대한 기술에 비해 품질확보 및 관리 측면에서의 기술적 연구가 부족하였음을 확인함

○ 현행 법체계하에서 에너지효율관리를 규정하고 있는 제도들은 대체로 기존건축물 보다는 신축건축물에 초점에 맞춰진 제도에 가까우며 기존건축물을 방치하고서는 효과적인 건축물 에너지효율향상은 이루어질 수 없으므로, 기존건축물에 대한 제도적 수단 도입이 필요함

⊙ 녹색건축 기술

○ 국내 ICT 업체들이 BEMS, FEMS로 사업영역을 확장하여 국내 시장을 주도하고 있으며 해외 건설사들 역시 에너지 부문으로 사업 확장을 하는 데 반하여, 국내 건설사들의 에너지 부분 사업 확장은 미미한 수준

○ 건축물의 외피시스템(외벽, 창호 등)의 모듈화 및 복합시공기술, 지능형 실내환경 시스템, 그린 모듈러 빌딩 공법, Charrette과 BIM 기반의 IDP 시스템 구축 기술 등 에너지 절약형 건축시스템 기술 관련 분야의 수요가 증가

⊙ 녹색건축물 시장현황

○ 국내 건설 시장(당해 연도 건설공사 계약금액 기준)은 연평균 6.7%의 성장 전망을 보이고 있는 가운데, 그린 빌딩 시장은 2008년까지 전체 건설시장의 5% 비중을 차지하였으며, 2007년 약 3%의 성장률을, 2008년에는 4.9%로 집계되었음

○ 2030년까지 장기적인 기간을 예측하였을 경우, 건설시장의 규모가 선형으로 비례하여 증가한다고 가정할 경우 2020년에 약 119.7조원 규모, 2030년에는 167.6조원 규모로 전망됨 (아주대학교 산학협력단, 2011)

○ 그린빌딩 시장이 약 5%의 성장률로 증가할 것으로 가정하며, 2020년에는 전체 건설시장

대비 약 8.4% 비중을 차지하고 2030년에는 약 34% 비중을 차지할 것으로 예상됨

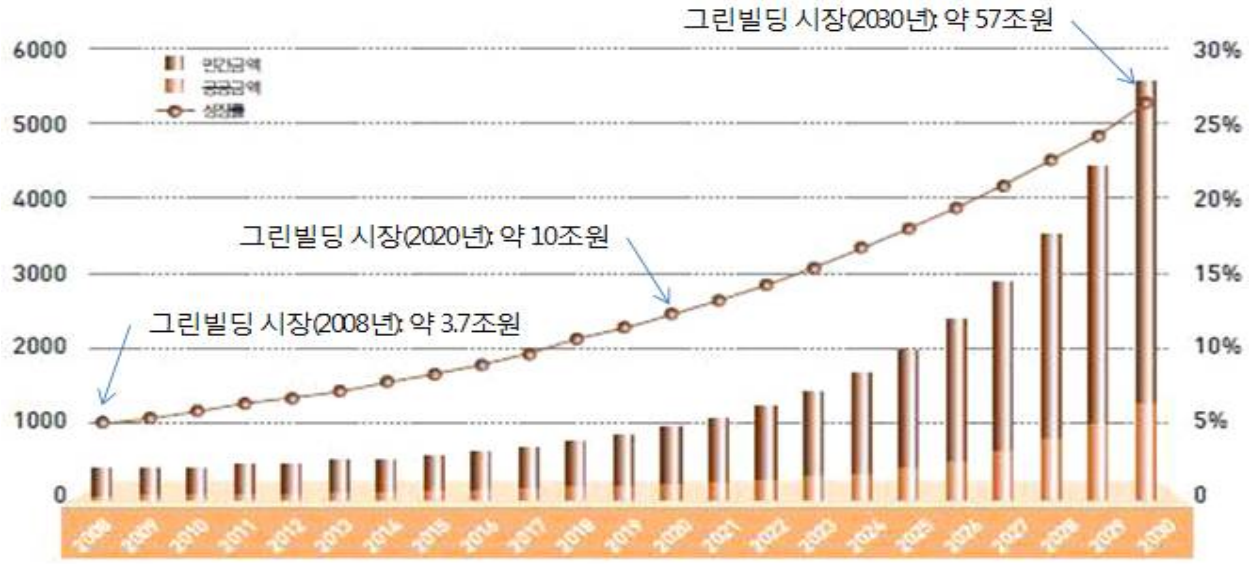


그림 1-8 국내 그린빌딩 시장 예측 (국토교통과학기술진흥원, 2013)

○ 국토교통부는 녹색건축물의 활성화를 통한 온실가스 저감의 실질적인 추진을 위해 녹색건축물 조성에 필요한 사항을 정하고, 건축물의 온실가스 감축과 녹색건축물 확대를 통하여 저탄소 녹색성장 실현 및 국민복지 향상에 기여함을 목적으로 '녹색건축물 조성지원법'을 2012년 2월 22일 제정하고 2013년 2월 23일에 시행

○ '녹색건축물 조성 지원법'은 건축물 부문의 단계별 에너지효율화 및 온실가스 감축목표의 달성을 목표로 설정하고, 녹색건축 활성화를 위한 종합·체계적인 추진기반을 마련을 통해 건물부문의 에너지 수요정책, 에너지효율화 정책을 통합적이고 체계적으로 정비하고 있음

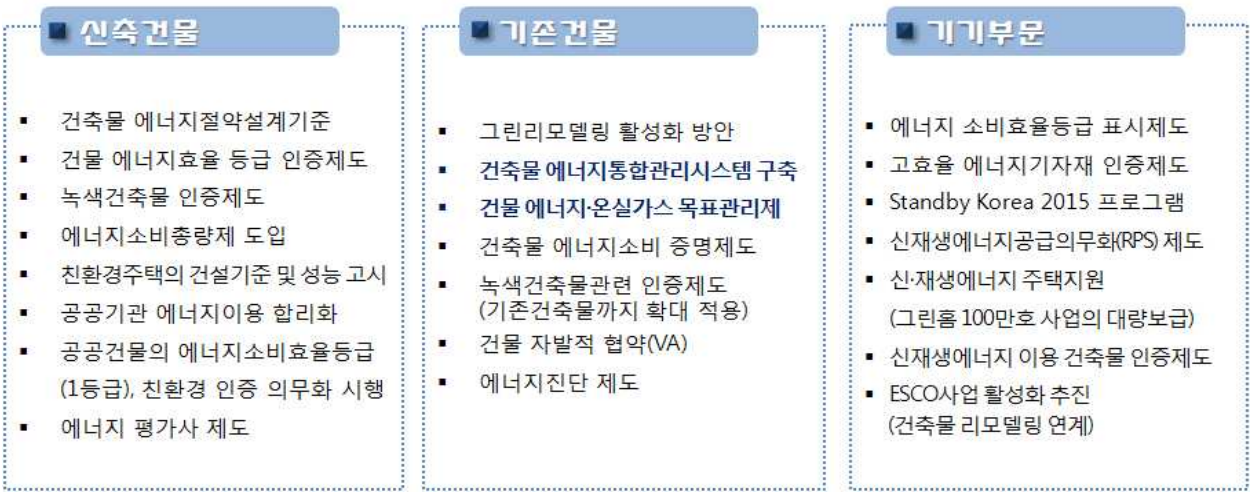


그림 1-9 국내 건물부문 온실가스 감축 및 에너지효율화 추진정책 분류

2. 국외 기술 및 산업동향

가. 국외 녹색건설 산업 시장현황 및 전망

(1) 국외 녹색건축시장 및 정책현황

○ 녹색건축물 통합설계의 경우 해외에서는 여러 기관에서 책자의 형태로 통합설계 프로세스 가이드라인이 개발되어 있으며 특히 LEED나 BREEAM과 같은 해외 인증 시스템에서 녹색건축물 구축을 위해서 통합설계 프로세스의 적용을 적극적으로 유도하고 있음

표 1-3 해외 통합설계 프로세스 개발 현황

프로그램	개발국	개발연도	특징	개발자
C-2000 프로그램	캐나다	1993	친환경 통합설계 프로세스 최초 정립	iiSBE
IEA Task23	캐나다	2002	관련 전문가 확립, 복합기준결정도구	IEA Task23팀
Green Building BC	캐나다	2007	통합 퍼실리에이터용 지침	British Columbia Green Building Roundtable
WSID	미국	2002	요소기술의 통합 범위를 생태계 전반으로 확대	Bill REED

○ 특히 최근에는 미국의 AIA(The American Institute of Architects)에서 Architecture2030 (http://architecture2030.org/)과 같은 웹플랫폼을 통해 건축가들에게 통합설계 프로세스에 대한 정보를 제공하고 있음

○ 건축물에 접목되는 시스템 및 설비가 점점 복잡해지고 건물자동화 시스템이 확대되면서 건축물의 품질확보의 중요성 인식이 확대되고 있음. 미국의 녹색건축물 인증제도인 LEED에서는 설비 성능확보 뿐 아니라 건물외피진단(Building Envelope Diagnostics)의 항목을 추가하여 시공단계에서의 건축물 성능확보를 촉진하고 있음

○ 독일과 영국을 비롯한 유럽에서 확산되고 있는 패시브하우스는 시공과정의 단열, 기밀 확보를 위한 기술자료 배포와 교육을 활성화함으로써, 녹색건축물 품질확보의 중요성을 강조함

○ 주요 선진국들은 첨단 건물의 등장에 따라 새로운 시스템 개발과 요소 기술의 개발을 통한 보급 확대를 위하여 정부의 지원 하에 실증화 위주로 연구 개발 및 보급을 추진하고

있으며, 글로벌 Big 5 업체 뿐 아니라, 해외 장비 업체 및 SW 업체들이 중점분야 외에 타 분야로 서비스를 확장하거나 패키지 서비스를 제공

○ 친환경운영관리를 도입할 경우 임대료 수익2-17%증가, 매각가 5.8-38%증가, 실 점유율 2-18%증가, 운영비용 30%감소 등 건축물 운영 수익 평균 5.9% 증가한다는 그린 빌딩 가치평가를 기반으로 해외 부동산 투자시장은 녹색건축을 시장원리에 의해 부동산 자산가치 상승효과를 보고 실행하며 민간시장이 주도하여 지속적인 성장 중

○ 주요 선진국은 건축 산업구조, 정책/제도 전반의 개혁 및 지원을 통하여 제로에너지 건축물의 보급 확대를 위한 시장전환(market transformation)을 착수하여 진행 중임

○ 전세계 녹색빌딩 시장 규모는 2005년 30억불이었고, 2008년에는 290억불에 이를 정도로 연평균 성장률은 56.1%을 보였으며, 2010년 기준으로는 540억불로 전체 건설시장의 35.1%를 차지한다고 볼 수 있으나, 2015년에는 1450억불로 나타났으며, 전체 건설 시장의 48%를 차지한 것으로 나타남

○ 국외 보고서(McGraw-Hill Construction, 2013)에 따르면 미국, 싱가포르, 영국, 아랍에미레이트, 오스트리아에서 그린빌딩 시장은 기존 33%에서 최대 68%까지 성장하고 있는 것으로 보고함. 향후 세계의 그린빌딩 시장은 지속적으로 증가할 것으로 전망하고 있음. 전체적으로 건축가, 엔지니어, 건설업자, 건물 소유자 등 건설관련 종사자의 94%가 녹색건축물의 정의, 녹색건축물 등급제도 등에 대해 인지하고 있음

표 1-4 국내외 일반건축물 및 녹색건축물 시장성장 전망

		2007년	2012년	2020년	2030년	연평균증가율 (2007-2030)
세계 시장	전체건축물	3,608,000	4,561,000	7,054,000	12,164,000	5.4%
	녹색건축물	175,000	769,000	2,067,000	7,109,000	21.2%
국내 시장	전체건축물	60,578	83,779	140,751	269,213	6.7%
	녹색건축물	2,950	14,134	41,247	157,334	19.2%

○ 2016년 2월 11일 기준으로, 총 161개 당사국이 INDC 국가 감축목표를 UNFCCC에 제출함: 세계의 주요 선진국은 온실가스 의무감축 국가로써 '90년 또는'05년 온실가스 배출량 대비 온실가스 감축 목표량을 설정하고 이를 이행하는 구조로 전환

○ 대부분의 선진국은 2020년을 전후로 제로에너지 주택 보급 의무화를 선언(EU: 2021년,

영국: 2016년, 미국: 2030년)하고, 정책과 기술 및 시장과의 연계를 통한 로드맵 구축 및 이행 계획을 수립 중:

- 유럽연합(EU)은 2006년 1월부터 건축물 및 설비의 부위별 최소 성능기준에서 건물 전체의 종합효율을 관리하는 성능중심 총량개념으로 전환하는 강력한 건축물 에너지 기준 시행
- 영국은 2016년까지 자국내 모든 주택을 에너지를 전혀 사용하지 않는'Zero Energy 주택' 보급계획을 수립함
- 미국 "AIA Architecture 2030 Action Plan"은 건물분야 온실가스 저감 목표를 수립하고 법안 및 성능기준 도입 추진

제 2장 연구개발과제 개요

제 1절 연구개발결과 요약

세부	연구내용	연구결과
총괄	○ 해외 통합 프로세스 사례분석을 통한 한계점 분석 및 IPD Process 개발의 방향 설정 ○ 성공적인 친환경 건축물 구축을 위한 Test-bed의 설계에 참여하여 친환경 목표 제시 ○ Test-bed의 본격적인 홍보를 위한 홍보 수단 결정 및 해외 사례 조사	○ IPD Process 연구 방향 설정 ○ Test-bed 도면, 시방서 검토 및 적합성 검토 ○ Test-bed 기반 성과물 홍보 방향 설정
	○ 1차년도 연구내용을 바탕으로 본격적인 녹색건축물 IPD Process 개발하여 결과를 Test-bed의 적용 ○ Test-bed 시공 단계에 있어서 시공 팀과의 지속적인 정보교환이 가능하도록 시공 관리 진행 ○ SNS 및 홍보관을 활용한 상시홍보 기획 및 국내외 컨퍼런스 특별 세션을 통한 기획홍보 진행	○ IPD Process 1차 완성 (설계- 시공) ○ Test-bed 완공 ○ 전시 홍보관 기획
	○ 녹색건축물 IPD Process 보완 ○ 녹색건축 Test-bed 구축 완료 ○ Test-bed 커미셔닝 수행 ○ Posco Green Building 홍보 전시관 운영 ○ 실무적용화 프로그램 기획	○ IPD Process 최종 구축 ○ Test-bed 완공 ○ Test-bed 커미셔닝 ○ 전시 홍보관 운영 ○ 실무 적용화 프로그램 기획안
	○ IPD Process 실무 적용화 프로그램 완료 ○ Test-bed 및 IPD Process 홍보 ○ Test-bed 적용 기술 평가	○ 실무에 활용 가능한 상용화 프로그램 개발완료 ○ Test-bed홍보, IPD Process 홍보 ○ Test-bed 에 적용하여 신뢰성 검증
	○ IPD Web Platform, IPD Planner 고도화 ○ 시장수요기반 신축건축물 녹색화 확산 연구 총괄 보고서	○ contents에 대한 등록과 수정을 자동화 할 수 있는 기능 보강 ○ 다중 프로젝트 관리 및

		프로젝트 템플릿 추가 기능 보완 ○ 연구성과물 정리 및 홍보
통합설계 엔지니어링	○ 건축물 유형별 DB 구축 ○ 국내 실정에 맞는 통합설계 프로세스(IPD) 제안	○ 건축물 유형별 에너지 소비 특성 분석 및 DB화 ○ 친환경 요소기술 성능 분석을 통한 기술 DB구축 ○ 건축물 유형별 통합설계 프로세스 구축
	○ 녹색건축물 통합설계 프로세스 개발 ○ 녹색건축물 통합설계 프로세스 기본설계단계에서의 에너지성능평가 툴 개발	○ Test-bed 설계 수행을 통한 녹색건축물 IPD draft 모델 보완 ○ 전문가 의견 수렴을 통한 통합설계 프로세스 보완 ○ 국내실정에 맞는 기본설계단계에서의 에너지성능평가 툴 개발 ○ 건축물 유형별 친환경 요소기술 최적 조합 도출
	○ 녹색건축물 통합설계 프로세스 Test-bed 평가 ○ 녹색건축물 통합설계 프로세스 수정 및 보완 ○ 녹색건축물 통합설계 프로세스 기본설계단계에서의 에너지성능평가 툴 보완 ○ 통합설계 프로세스 결과물에 대한 요소기술 성능검증	○ 녹색건축물 IPD Test-bed 적용 ○ Test-bed 수행 내용을 바탕으로 녹색건축물 IPD 보완 ○ 녹색건축물 IPD 상용화를 위한 Multi Format 구조 구축 ○ 엑셀 시스템 기반의 기본설계단계 에너지성능평가 툴 보완 및 개선 (주변 인접건물에 의한 영향 및 건축물 유형 추가) ○ Test-bed에 적용된 요소기술의 성능 검증 (아트리움, 이중외피)
	○ 통합설계 프로세스 결과물에 대한 요소기술 성능검증	○ Test-bed에 적용된 요소기술의 성능 검증 (칠드 빔, 복사패널)

		○ 녹색건축물 친환경 요소기술 매뉴얼
	○ 녹색건축물 통합설계 프로세스 상용화 및 확산	○ 녹색건축물 IPD 프로그램 사용 매뉴얼 제작 ○ 녹색건축물 IPD 프로그램 업데이트 방안 제시
녹색시공	○ 리스크를 고려한 녹색시공의 적용 우선순위 도출 ○ 녹색기술의 경제성·시공성 평가	○ 녹색기술 적용우선순위 도출 ○ 상위 우선순위 녹색기술의 대안선택 LCC 평가 ○ 상위 우선순위 녹색기술의 시공성 분석
	○ 녹색건축물 ICP 개발을 위한 단계별 참여주체 역할 분석 ○ 해외 선진 녹색시공기술 벤치마킹 분석 ○ 국내 환경관리 관련 법규 및 녹색건축인증기준 분석 ○ 국내 커미셔닝 지침 보완 및 Test-bed 커미셔닝 분석	○ 통합시공프로세스의 시공자 역할 도출 ○ 녹색 요소기술 시공기술 검토 및 관리 체크리스트 도출 ○ 녹색 현장관리 체크리스트(안) 개발 ○ 국내 커미셔닝 지침 보완안 도출
	○ 시공단계(전/중/후) 주요 Activity 및 참여주체별 역할 분석 ○ 해외 건설사의 시공프로세스 벤치마킹 분석 ○ 주요 녹색기술 시공 및 성능구현을 위한 시공단계별 지침 개발 ○ 녹색시공을 위한 국내외 교육프로그램 분석 ○ 국내 커미셔닝 활성화 장애요인 규명	○ 녹색건축물 ICP 개발 ○ 녹색 시공관리기법(공정 및 품질관리, 현장 환경관리) 개발 ○ 국내 커미셔닝 활성화 장애요인 분석 및 개선안 도출
	○ 녹색시공프로세스 보완(컨텐츠 및 관계) ○ 품질확보를 위한 커미셔닝 프로세스 및 관리방안 검토 ○ 시공자 대상 녹색시공교육 커리큘럼 개발	○ 녹색시공프로세스 보완 ○ Pre Con. & Con. 단계에서의 품질 확보를 위한 체크리스트 구축 ○ 녹색시공교육 커리큘럼 개발 및 시공자 교육 실시

	○ 녹색시공 프로세스 Layer Model 완성 및 사용매뉴얼 제작 ○ 녹색시공매뉴얼 컨텐츠 보완	○ 녹색건축물 IPD 프로그램 시공부문 사용매뉴얼 개발 ○ 녹색시공매뉴얼 발간
녹색운영	○ 녹색건축물에 적용되는 녹색 기술 분류체계 구축 ○ 녹색건축물 성능평가 지표 수립 ○ 녹색건축물 성능지표 별 평가기법 개발	○ 녹색기술의 성능 지표 매뉴얼 ○ 성능 지표 별 평가 방법매뉴얼
	○ 녹색건축물의 성능 평가를 위한 시스템 설계 및 구축 프로세스 개발 ○ 개발 모델의 Test-bed 적용	○ 성능평가 시스템 설계 및 구축 매뉴얼 ○ Test-bed 적용 보고서
	○ Test-bed 모니터링 및 성능평가 (난방기) ○ 건물 성능 분석 Tool 개발 (BEAT: Building Energy Analysis Tool) ○ Test-bed 시뮬레이션을 통한 Baseline 구축 ○ 녹색건축물의 BEMS 운영/관리 프로세스 개발	○ 성능 분석 Tool ○ BEMS 운영/관리 매뉴얼
	○ Test-bed 모니터링 및 성능평가(연간) ○ 소프트벰스 Program 검증과 적용 ○ 녹색건축물의 성능개선 및 최적화 기법 개발 (위탁연구 수행 중)	○ 소프트벰스 Program의 적용을 위한 검증 ○ 녹색건축물의 성능 개선 및 최적화 기법 매뉴얼
	○ 난방기 최적화 운영을 위한 실험	○ Test-bed 난방 최적화 운영 실험 보고서
사업화	○ 신축녹색건축물의 환경성 및 경제성 통합평가 방법 개발	○ 건축물의 생애주기 동안 발생하는 6가지 환경영향을 분석할 수 있는 평가방법 개발 ○ 건축물의 생애주기 환경영향을 경제적 비용으로 제시할 수 있는 평가방법 개발 ○ 건축물의 생애주기 환경영향과 생애주기비용을 동시에 고려할 수 있는 방법 개발

	○ 녹색건축물 통합가치평가시스템(IVAS) 개발	○ 건축물의 생애주기비용 및 생애주기 환경영향(환경비용)을 평가할 수 있는, 엑셀 기반의 녹색건축물 통합가치평가시스템 (IVAS) 개발 및 프로그램 등록 ○ 녹색건축물 통합가치평가시스템(IVAS)의 사용방법을 제시하는 사용자매뉴얼 작성 ○ 녹색건축물 통합가치평가시스템(IVAS)를 활용하여, Test-Bed의 에너지 저감 모델의 경제성 및 환경성 평가 ○ 녹색건축물 통합가치평가시스템(IVAS)를 활용하여, 일반적 녹색건축물의 경제성 및 환경성 평가
	○ 신축녹색건축물의 보급, 확산을 위한 사업화 전략 수립	○ 녹색건축물 활성화와 관련한 정책 및 제도 현황 분석 ○ 신축건축물 녹색화의 활성화를 위한 정책 및 제도 개선 방안 제시 ○ 신축건축물의 녹색화를 활성화할 수 있는 사업화 모델 제시

총 괄	녹색건축물 실증사업

연구 책임자 : 이승복 교수 (연세대 건축공학과)

제 2 절 연구개발 수행 내용

가. 연구목표

최종목표	○ 기존의 비생산적이고 비효율적으로 움직여 온 건설산업에 맞서 글로벌 경쟁력 제고를 위한 건축 프로세스의 혁신을 제시 ○ 전 생애주기에 걸쳐 기존 건축 실무 프로세스를 혁신할 수 있는 녹색건축물 통합프로세스(IPD Integrated Project Delivery) Process 개발 ○ IPD Process 가 적용된 보급형 녹색건축물의 모델을 검증할 수 있는 실증사업의 수행. 성능과 비용의 최적화 구현보급형 ○ 녹색건축물을 확산시킬 수 있는 사업화 전략 및 설계/시공/운영 과정의 핵심역량 개발
세부연구목표	국내 녹색건축물 구현을 위한 IPD Process 개발
	요소기술 적용 및 IPD Process 적용된 Test-bed 구축
	실무 적용을 위한 Web 기반의 IPD Web Platform, IPD Planner 구축

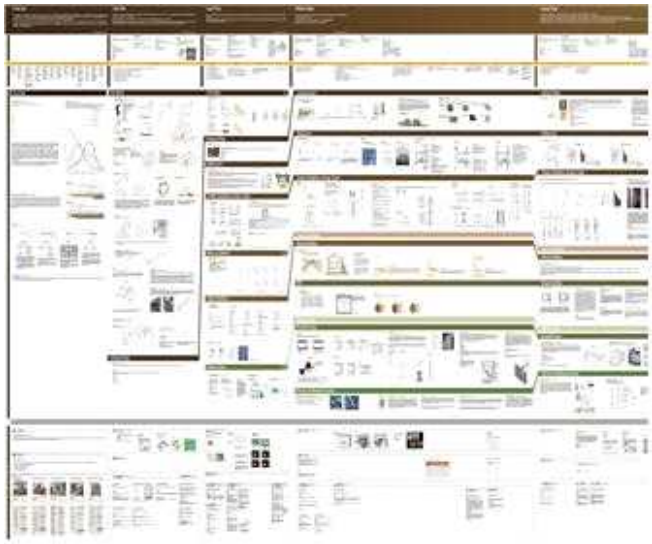
나. 주요 연구내용 및 성과물

1. IPD Process 개발

○ IPD Process 기획

○ IPD Process 구성계획

○ IPD Process 구축완료
(Sample Case(4th) Layer 부분)



2. Test-bed 구축

○ Test-bed 기획

○ Test-bed 구축전략

○ Test-bed 구축완료

○ Test-bed 커미셔닝 수행

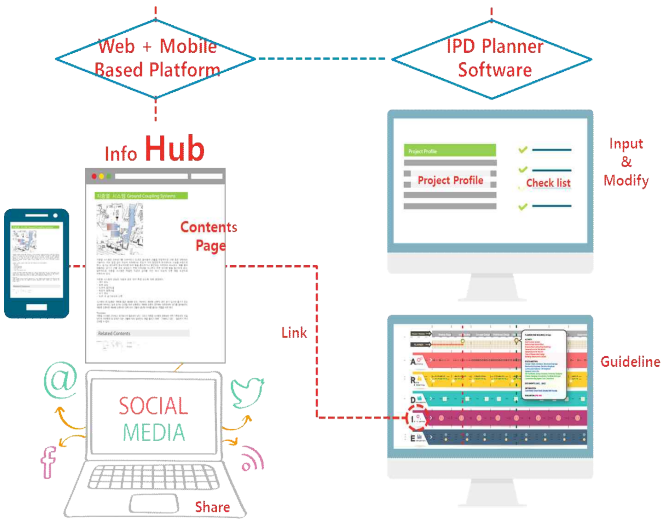
○ Test-bed 홍보 전시관 운영



3. IPD Web Platform IPD Planner

○ IPD Process 실무 적용화 프로그램

○ IPD Web Platform IPD Planner 고도화



1. IPD(Integrated Project Delivery) Process 개발

가. IPD Process 기획

(1) 연구내용

(가) 건물 전 생애 주기 관점에서의 프로세스 기획

○ 기존 프로세스는 건물의 설계부터 완공까지의 과정을 주로 다루고 있지만 본 통합 프로세스는 설계에서 운영 유지단계까지 건물의 전 생애주기 관점에서의 통합 프로세스를 제안함

(나) 프로젝트 맞춤형 통합 프로세스

○ 기존에 개발되어 있는 통합 프로세스는 그 단계의 개수가 개발자에 따라 7개에서 9개의 단계로, 녹색건축물 건축 과정에서 필요한 작업을 기준으로 구성되어 있음

○ 프로젝트의 용도, 규모, 성격 그리고 조직 구조와 계약관계 등에 따라 프로세스 과정 간소화 및 워크샵 생략 그리고 프로젝트 구성원의 관계 변화가 반영된 통합 프로세스를 구축하여 프로젝트 맞춤형 프로세스 제공과 프로젝트 성격에 따른 단계 간소화를 통하여 실무 적용성 향상을 달성하고자 함

(다) 연구와 실무의 융합을 통한 실무 적용성 향상 방안

○ 연구 측면에서 1-1세부, 1-3세부, 2세부 그리고 3세부와의 의견교환과 Test-bed 구축 시 참여했던 실무자들을 대상으로 하는 설문조사를 통해 연구자 중심이 아닌 실무자와의 충분한 의견 교환을 통한 실제 적용 가능한 프로세스 정립을 목표로 함

(라) 국내 실정에 맞는 통합 프로세스 개발

○ 건물 전 생의 주기 관점에서, 프로젝트 맞춤형 통합 프로세스로서 실증사업을 통하여 실무자와 연구자들 대상 설문조사를 반영하여 국내 실정에 맞는 통합 프로세스를 개발하며 이를 IPD(Integrated Project Delivery)라고 지칭함

나. IPD Process 구성 계획

(1) 연구내용

(가) Pre-IPD 단계 구성

○ Pre-IPD란 프로젝트의 성격에 따라 단계별 주요 프로세스 구성의 변화가 가능하도록 하기 위한 사전 체크 단계를 지칭함

○ 본 단계를 통하여 사용자는 해당 프로젝트에 최적화 된 통합 프로세스를 출력하고 활용하게 됨

○ 사용자는 프로젝트의 규모나 성격, 조직 구성과 계약관계 등을 체크하고 그 결과로서 주어지는 통합프로세스 가이드라인을 이용하게 됨
○ 워크샵의 중요도 정도, 의사결정과정에 있어서 중심이 되는 참여자와 프로세스 상에서 간략화 할 수 있는 부분들이 결정되게 됨

(나) IPD 단계 구축
○ 개념화 단계-기본 설계 단계- 상세 설계 단계- 서류 작업 단계- 범규 검토/계약 단계-시공 단계-운영 및 유지관리 단계로 구분하여 각 단계에서 참고 할 수 있는 정형화된 가이드라인을 구성함
○ 통합 프로세스의 가장 중요한 점은 참여자들 간의 의사소통이므로 프로세스가 진행됨에 따라 필요한 시기의 워크샵을 배치시키고 그 워크샵에서의 주요 안건을 표기한 가이드라인의 개요 구성할 예정임

(다) IPD 활용 방안
○ 본 통합 프로세스는 녹색건축물 확산 및 보급에 이바지 하기위하여 녹색건축물 시공 시 참여자들이 통합 프로세스를 쉽게 따라 하여 최고의 프로젝트 성과를 달성할 수 있는 가이드라인 제공을 목적으로 함
○ 본 프로세스는 연구와 실무 측으로 부터의 피드백과 Test-bed를 통한 경험의 반영을 통하여 최적의 프로세스를 제공함
○ 웹기반으로 하여 녹색건축물 시공 시 참여자들이 쉽게 출력하여 사용할 수 있도록 하는 출력 시스템 구축을 목표로 함. 참여자들이 홈페이지에 접속하여 Pre-IPD 단계를 통하여 프로젝트의 성격에 맞는 IPD 세트를 출력하게 됨

다. IPD Process 구축완료

(1) 연구내용
○ IPD Process의 4개의 Layer model 구축
○ Sample Case Test 적용을 통한 4^{th} Layer model 완성

(가) 기존 통합 프로세스의 한계점분석
○ 기존의 통합 프로세스들이 건축 시장에서 활발히 적용되지 못하는 원인을 규명하기 위하여 대표적인 3가지 해외 사례를 분석, 한계점 도출
○ 한계점들을 보완하기 위한 새로운 IPD Process 도입이 필요

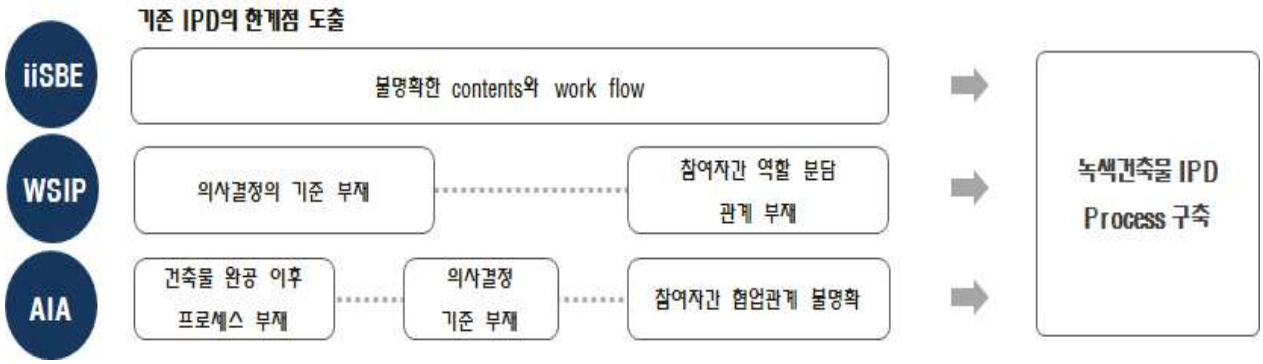


그림 2-1 기존 통합 프로세스의 한계점

○ 기존 프로세스들에서 완공 이후의 프로세스가 부재함을 보완하기 위하여 전 생애주기를 포괄할 수 있는 통합 프로세스의 개발이 필요 (Inception ~ Refurbishment)

○ 기존 통합프로세스 모델에서 명확히 제시하지 못했던 프로세스의 work flow와 각 단계의 contents를 보완하기 위하여 전체적인 프로세스의 진행을 한 눈에 볼 수 있는 Abstract Layer 필요

○ 프로젝트 진행 과정에서 참여 전문가들의 의사결정 기준을 명확히 제시하기 위하여 각 단계에서 다루어야 할 이슈를 명시, 이를 달성할 수 있는 최적의 방향으로 의사결정 유도할 수 있는 Contents Layer 필요

○ 참여 전문가들의 프로젝트 참여 시기와 프로세스의 각 단계에서 수행해야 할 task, 의사결정을 위한 워크샵 미팅 시점에 대해 명확히 명시한 Role Players Layer 필요

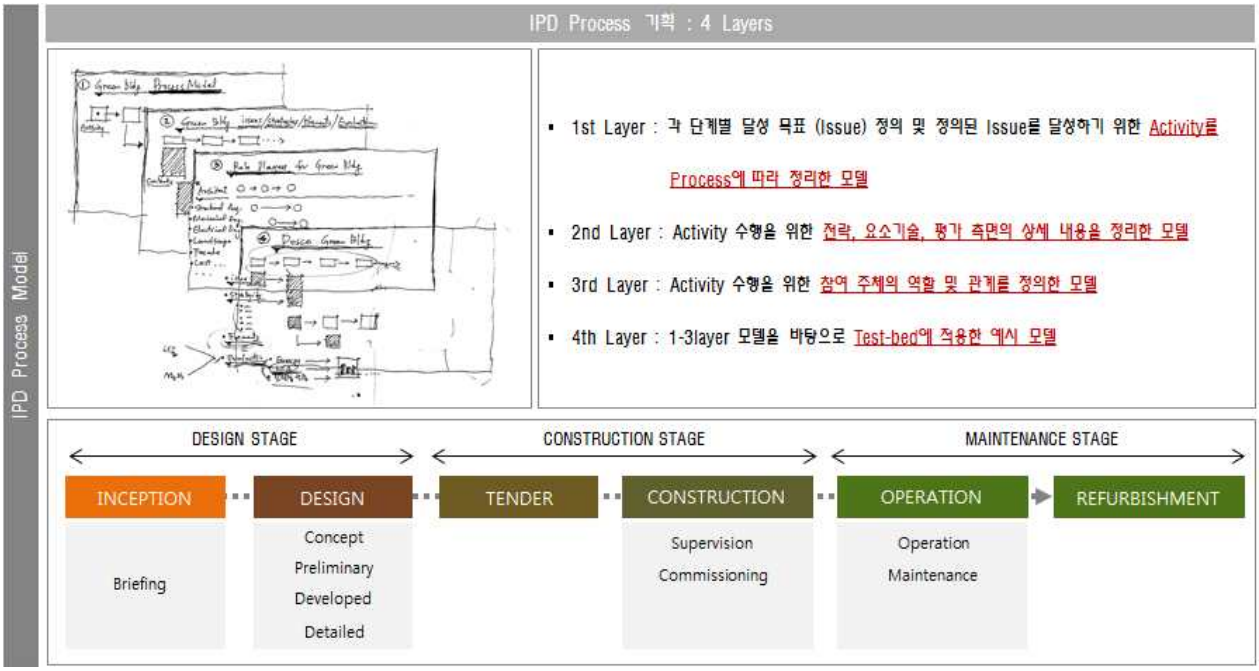


그림 2-2 IPD Process의 4개 Layer model과 IPD Process 단계 구성

(나) Test-bed의 적용을 통한 실무 적용가능성 및 실효성 검토

○ 1,2,3 Layer에서 제시한 IPD Process를 실제 Test-bed에 Sample Case Test로서 적용

○ Sample Case Test의 진행과정을 4th Layer model로 정리하여 IPD Process의 실제 진행과정을 체계적으로 정리

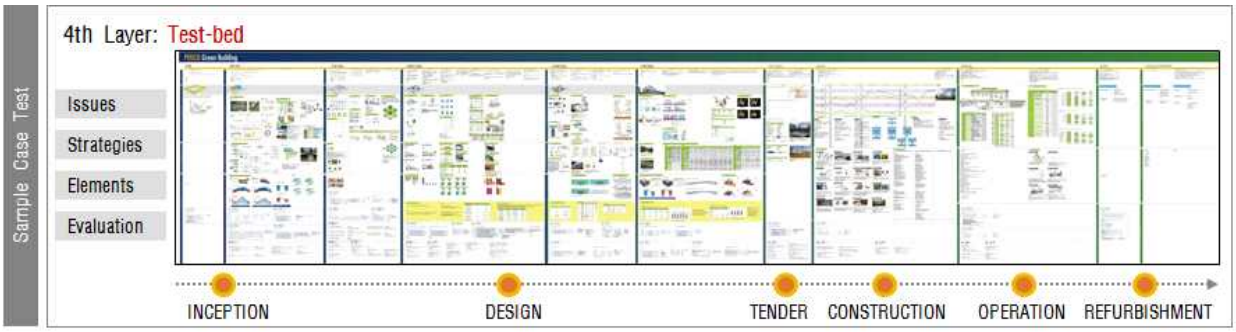


그림 2-3 Sample Case (4th Layer) model의 구성

(2) 연구 수행 결과- Sample Case (4th Layer) model의 경우

(가) Sample Case(4th) Layer model의 단계별 진행 : Initial Studies

○ Test-bed(대상지: 인천지역)의 대지분석, 용도 설정, 규모 검토 등의

○ 성능향상을 위한 passive strategies를 구축하고 신재생에너지 활용방안 모색

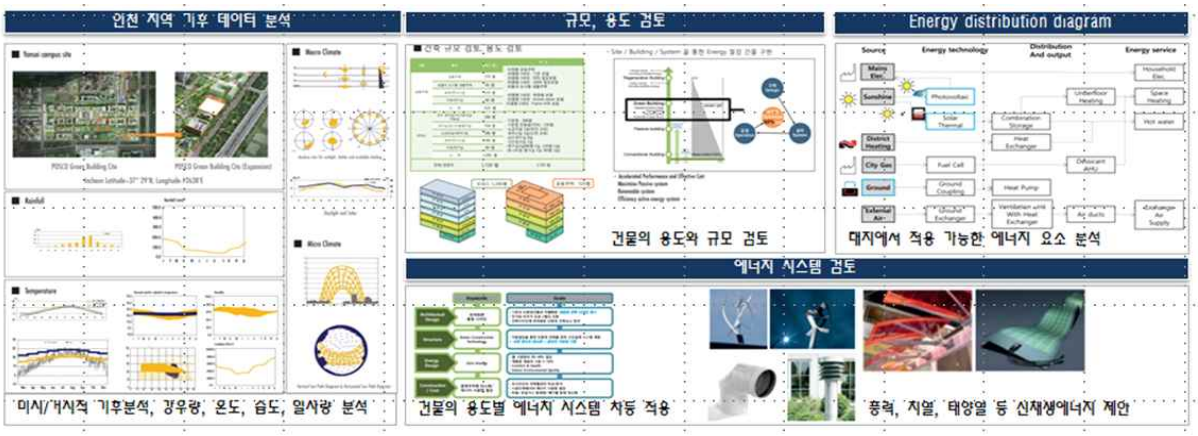


그림 2-4 Sample Case (4thLayer) model의 Initial Studies 주요 내용

(나) Sample Case (4th Layer) model의 단계별 진행 : Concept Design

○ 프로젝트의 concept 설정 및 다양한 설계 대안 검토

○ 설계 대안 별 초기 에너지 성능 평가를 위한 에너지 시뮬레이션 수행

○ 건물 Mass study를 바탕으로 Test-bed의 에너지 절약 모델 수립

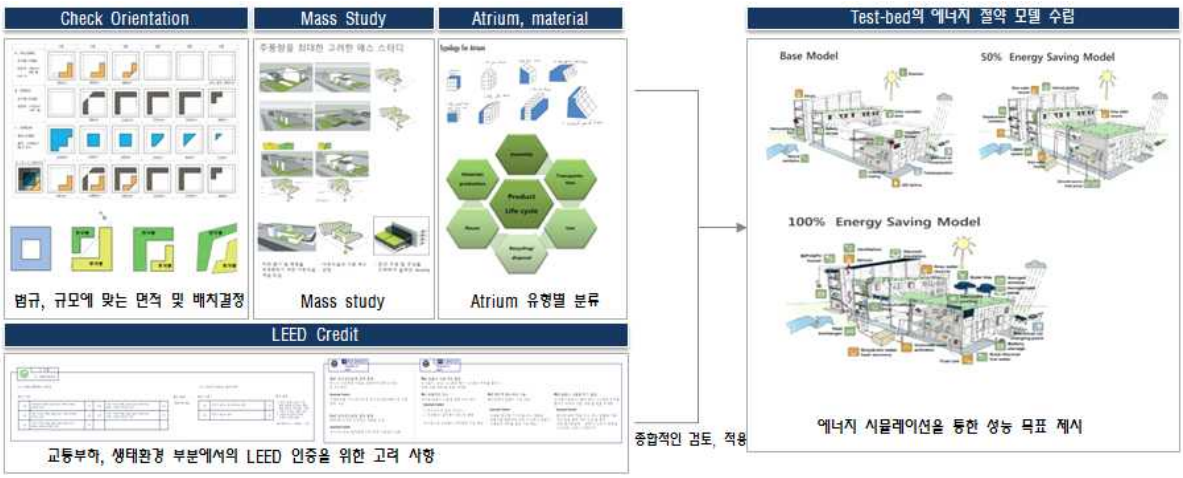


그림 2-5 Sample Case (4th Layer) model의 Concept Design 주요 내용

(다) Sample Case (4th Layer) model의 단계별 진행 : Preliminary Design

○ Concept Design 단계의 분석 내용을 바탕으로 친환경 요소선정 및 Test-bed Design 방향 설정

○ 외부 조경 계획 및 건물 외피 계획

○ LCA 평가 및 LEED Credit 검토 (조명, 재료 및 자원 부분)

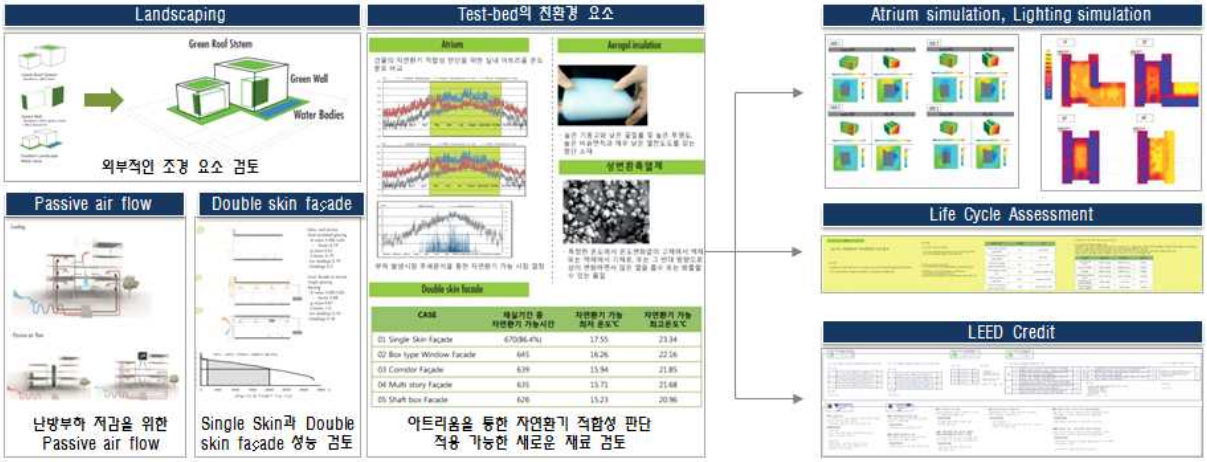


그림 2-6 Sample Case (4th Layer) model의 Preliminary Design 주요 내용

(라) Sample Case (4th Layer) model의 단계별 진행 : Developed Design

○ 세부 디자인 확정 및 친환경 요소기술 선정 완료

○ 선정된 친환경 요소기술을 적용하여 Preliminary Design을 발전

○ 선정된 재료의 성능 검토: LCA 평가, 에너지 시뮬레이션 등

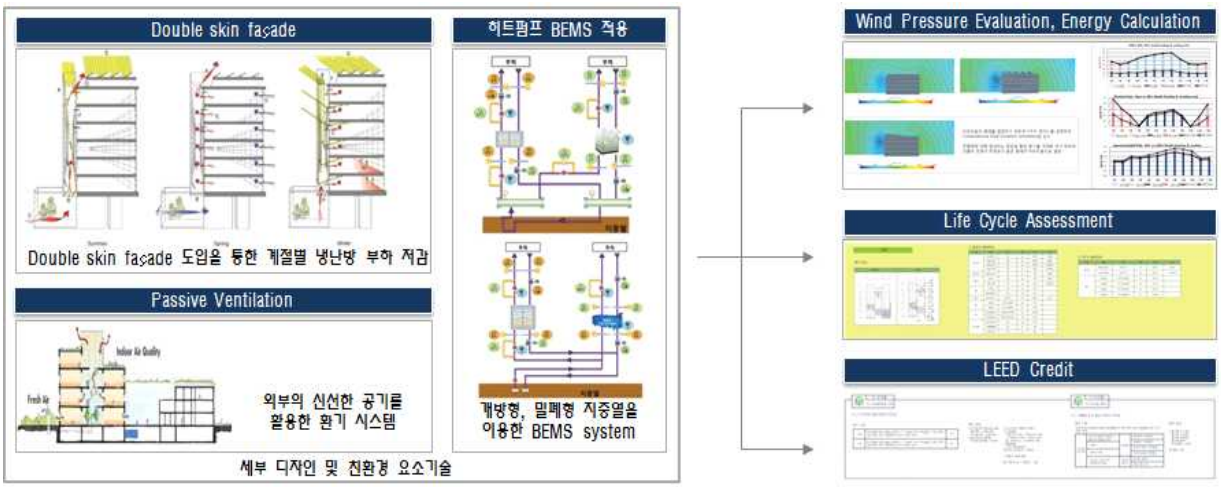


그림 2-7 Sample Case (4th Layer) model Developed Design 주요 내용

(마) Sample Case (4th Layer) model의 단계별 진행 : Detailed Design

○ Test-bed 도면 및 시방서에 Developed Design 단계의 결정 사항 반영

○ 기계장비 성능 최종 결정

○ 핵심요소기술의 성능 최종 검토: LCA 평가 및 에너지 시뮬레이션 등

(바) Sample Case (4th Layer) model의 단계별 진행 : Tender Procedure and Supervision

○ Value Engineering 수행

○ 설계안의 올바른 시공을 위한 공사 관리 및 시공계획

○ 공종별 핵심요소기술을 4개의 카테고리(Site, Building, System, Renewable energy)로 분류하여 제시

○ 핵심요소기술을 3개의 환경관련 Issue(Energy, Water, Waste)와 연계하여 제시

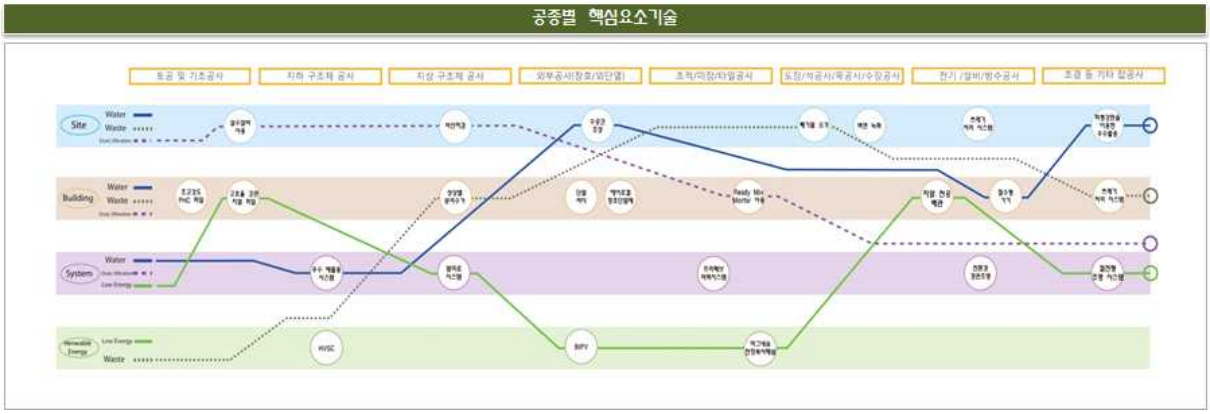


그림 2-8 공종별 핵심 요소기술 적용 과정

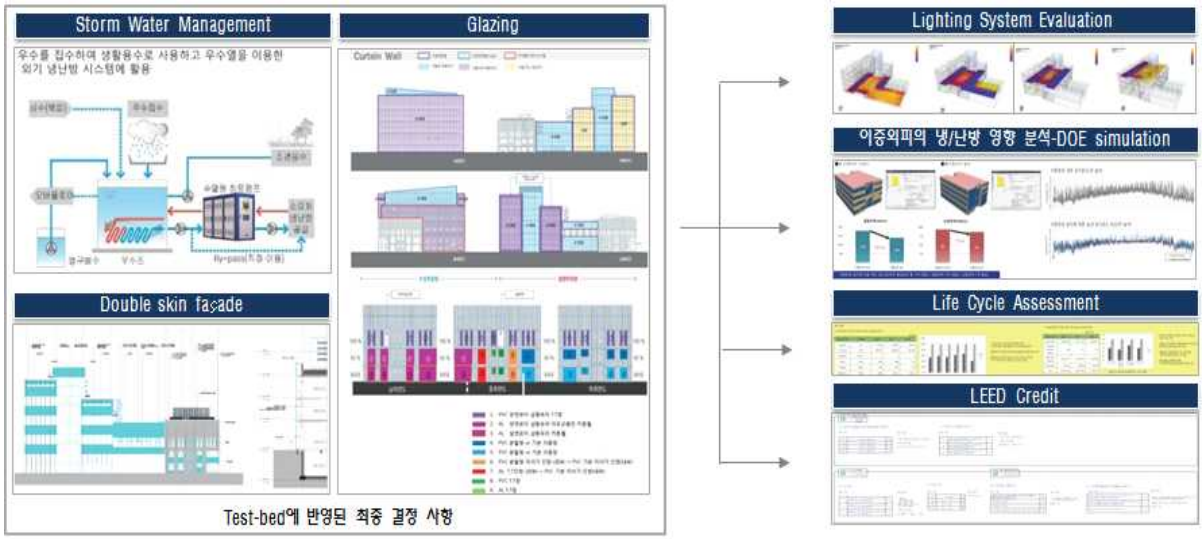


그림 2-9 Sample Case (4th Layer) model Detailed Design 주요 내용

(사) Sample Case (4th Layer) model의 단계별 진행 : Commissioning, Operation, Maintenance and Refurbishment

○ Test-bed 완공 후 3차 년도 연구 진행을 통한 보완 계획

○ 완공된 Test-bed의 에너지성능 검증

○ 성능 저하 요소에 대한 대안 제시 및 수선/교체 수행

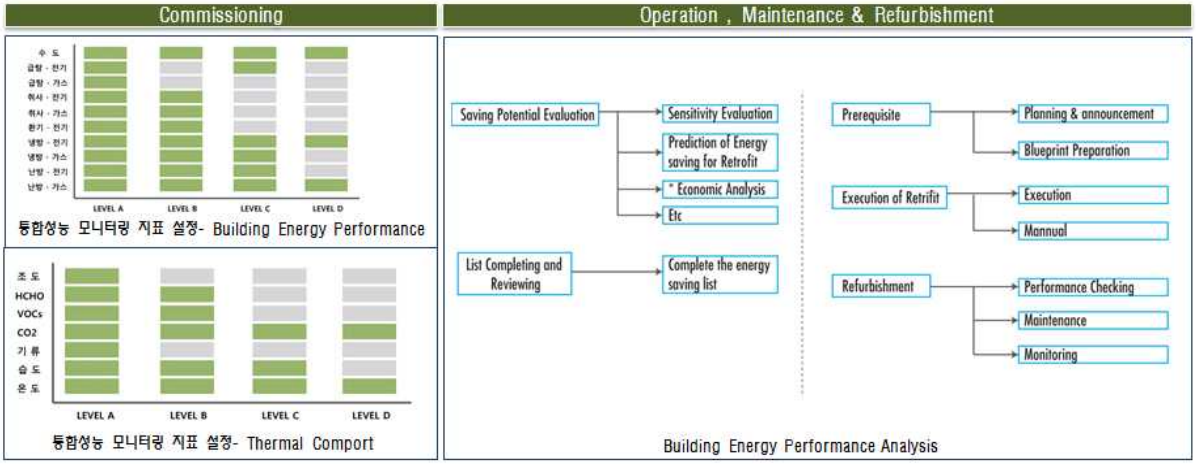


그림 2-10 Sample Case (4^{th}) Layer model의 Commissioning, Operation, Maintenance and Refurbishment 주요 내용

2. Test-bed 구축

가. Test-bed 기획

(1) 연구내용

○ 정부 시책 및 연구목표에 부합하는 녹색건축물 실증사업의 개념 수립 및 이를 위한 에너지 저감 모델 설정

○ 연구목표를 고려한 Test-Bed의 규모 및 용도 설정

(가) 실증사업 개념

○ 초고층 주상복합 및 업무용건물(공공건물 포함)의 녹색 건축 모델개발을 중심으로 실증사업(Test bed)을 실시함

(나) 건물 선정 이유

○ 주거 건물: 단독주택 형식의 Passive House는 현재 국내외 많은 연구와 사례가 있는 상황이고 아파트형 공동주택의 형식은 GreenhomePlus R&D를 통해 검증이 완료된 상태임 따라서 본 연구에서는 주상복합 형태의 주거건물을 건설함으로서 프로토타입을 구현

○ 비주거 건물: 공공건물을 포함하여 가장 일반적인 모델의 업무용 녹색 건물을 Test Bed에 적용함

(다) 에너지 절감 목표 설정

○ 공동주택 : Base model대비 60%, 100% 절감 모델

○ 오피스 : Base model대비 60%, 80% 절감 모델

○ 모듈러 주택 : 60 % 절감 모델



그림 2-11 용도별 에너지 절감 목표

(라) 차별화 전략 수립

○ Test-bed 기획 시 친환경 요소기술 132가지 적용을 통합 성능 에너지 저감률 확보

○ Test-bed의 시공에 신강재 및 신공법을 활용한 친환경 + 강구조 특화 설계(고로슬래그를 이용한 콘크리트 구조체) 적용

○ 에너지 효율 성능이 떨어지고, 하중검토가 필요하여 초기 투자비용 모델, 에너지 모델, Risk에 대한 측면에서 실질적인 모델 구축이 필요한 Steel Curtainwall System의 대안으로 Twin face facade + Double window 적용

○ 에너지 성능 평가 툴(LEED, BREEAM)기준으로 그린 빌딩에서 보완해야 할 사항 비교

나. Test-bed 구축전략

(1) 연구내용

○ Test-bed의 전략적 지표 수립을 통해 본 연구의 핵심 목표 설정

○ 개발된 녹색건축물 통합프로세스(IPD Process) 적용을 통해 성공적으로 Test-bed 구축

(가) Test-bed 성능지표 전략 수립

○ Test-bed의 비용과 성능의 최적화를 달성하기 위한 지표를 설정함으로써 추후 연구에 있어서 많은 참여자들의 이해를 돕고자 함

○ Issue: Test-bed 를 구축하는데 있어서 가장 대표적인 가치 3가지를 표현함. 성능과 비용 그리고 녹색 기술이 어우러져 성능 대비 비용 최적화를 달성하는 것으로 설정

○ Criteria: Test-bed의 목표일 성능 비용 최적화를 이루기 위하여 고려해야 하는 사항들을 4가지로 요약하여 설명함. 건물이 구축되는 대지의 생태학적 구성 계획, 건물의 에너지 소비 최소화와 재실자 쾌적을 위한 친환경적인 건물 설계, 이를 도울 수 있는 효율적인 설비 시스템 그리고 건물의 전 생의 주기에 걸친 경제적 분석이 수반되어야 함

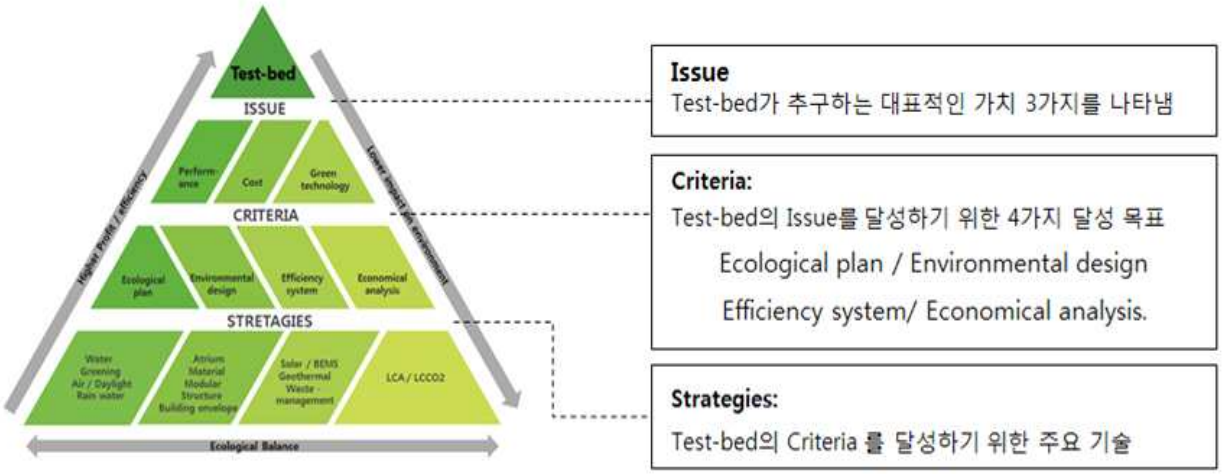


그림 2-12 Test-bed의 성능 지표

○ Strategies: Test-bed 성능 최적화를 위하여 각 Criteria 별 본 건물에 적용되는 주요 기술들은 아트리움, 이중외피, 태양광, 수순환 시스템, 지열 등 총 12가지의 기술이며 LCA, LCCO2 분석을 수행



그림 2-13 Test-bed 타임라인

○ 실무 프로세스의 혁신을 위하여 개발된 녹색건축물 IPD Process는 녹색건축물의 성능 비용 최적화를 하나의 목표로 함

○ Test-bed 총괄 기획 수행- 건물의 설계, 시공, 운영 유지단계까지 비용 성능 최적화라는 목표아래 성공적인 Test-bed 가 구축될 수 있도록 관리

○ 준공 이후에 이루어질 커미셔닝과 운영 및 유지관리를 담당하는 3세부와 정기적인 미팅을 통하여 추후 운영 및 유지관리에 관한 전략을 함께 논의

다. Test-bed 구축 완료

(1) Test-bed 개요

○ 녹색건축물 실증사업의 주요 연구성과물 중에 하나. 공존과 혁신 그리고 진화의 가치를 추구하기 위해 프로세스의 혁신을 전제로 연구 수행함

○ 본 프로젝트 수행을 위해 통합 프로세스 모델(Integrated Project Delivery) 동시에 구축

○ 연세대학교 송도 국제 캠퍼스 내 2012년 9월에 시작. 2013년 9월에 구축 완료

○ 오피스, 공동주택, 모듈러로 구성된 연구 목적의 복합 건축물

<포스코 그린빌딩 개요>

대지위치	연세대학교 송도 국제캠퍼스 내 신축부지, 교육연구시설
대지면적	3,967㎡(1,200평)
연 면 적	오피스 : 4,242㎡(1,283평) 공동주택 : 1,081㎡(327평) 모듈러 : 118㎡(36평) 기타 : 107㎡(32평) 총 : 5,548㎡(1,678평)
건축면적	1,937㎡(586평)
지하층면적	753㎡(228평)
지상층면적	4,796㎡(1,451평)
구 조	철골 구조 및 철근 콘크리트 구조
층 수	지하 1층, 지상 4층
에너지 성능 목표	현 기준 대비 에너지 절감량에 따른 모델로 구성 오피스 : 60~80% 절감 모델 공동주택 : Base 모델, 60~100% 절감 모델 모듈러 : 60% 절감 모델



그림 2-14 Test-bed (포스코 그린빌딩) 조감도



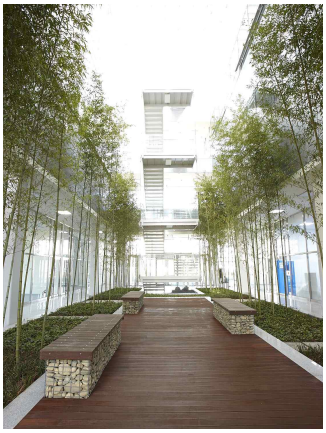


그림 2-15 Test-bed (포스코 그린빌딩) 전경, 아트리움

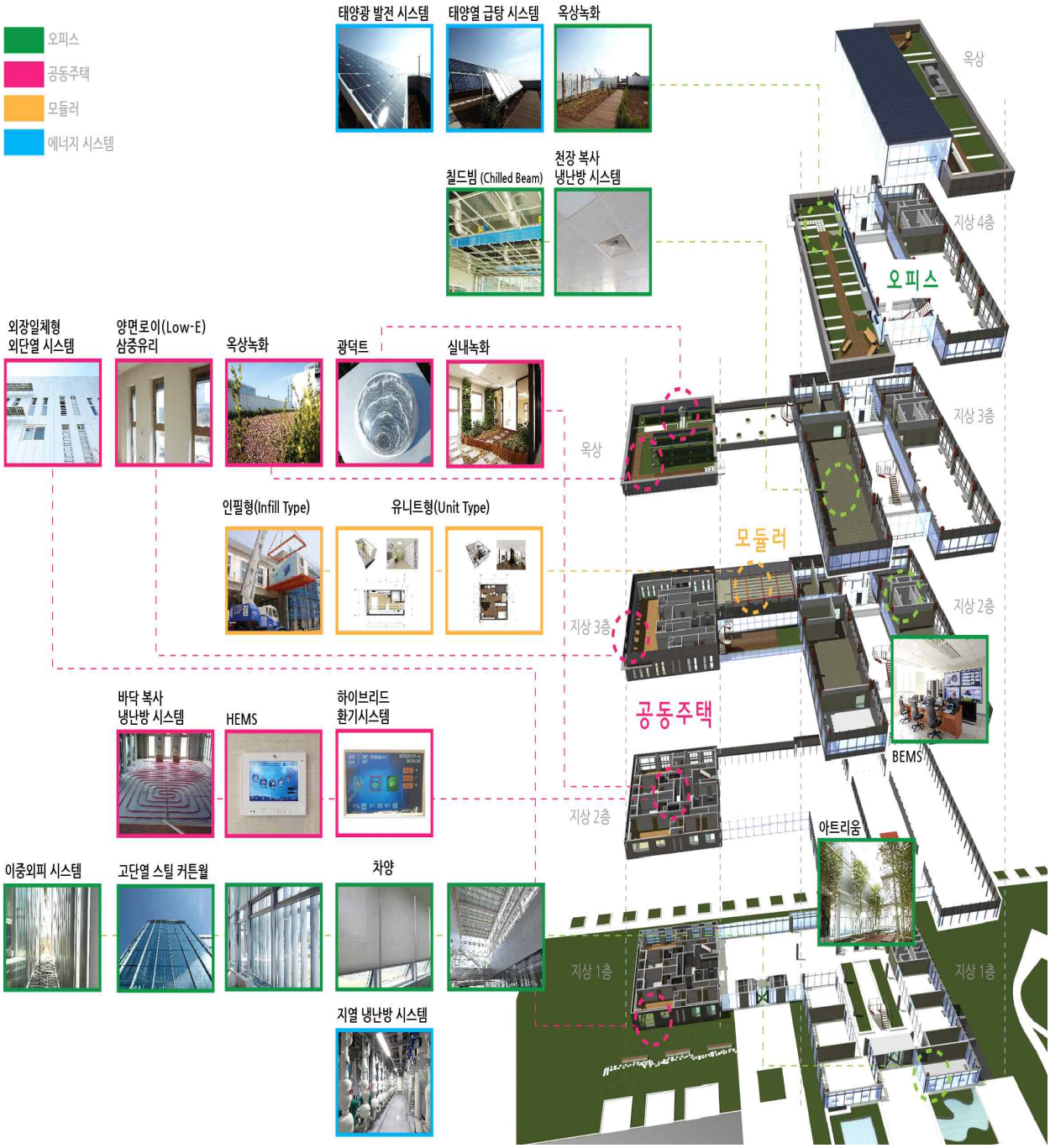


그림 2-16 Test-bed (포스코 그린빌딩) 요소기술 배치도





그림 2-17 Test-bed 프로세스 모델 적용

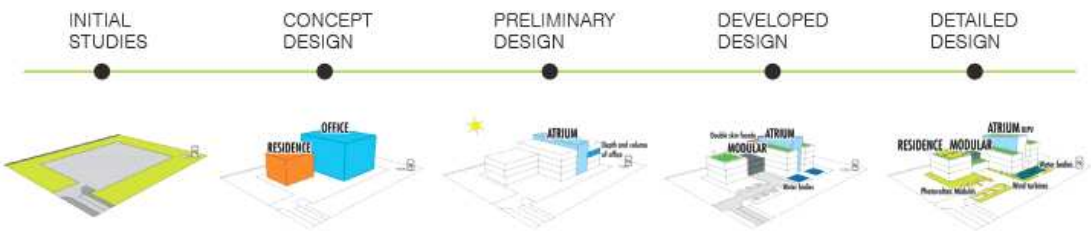


그림 2-18 Test-bed 단계별 진행과정



그림 2-19 Test-bed 옥외, 실내, 지하 공간

(2) Test-bed 적용 7가지 고유 기술



Reuse형 강구조접합 기술

기둥-보 접합부에 제진 댐퍼를 부착하여 지진이나 내력으로 발생하는 구조재의 손상을 제어하고 향후 재사용할 수 있는 친환경 건축 공법



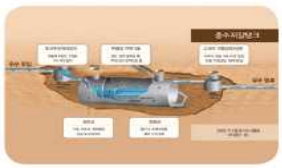
제진 댐퍼

구조물의 일부를 의도적으로 약하게 만들어 지진 시 강재댐퍼로 손상을 집중시키는 시스템



고단열 스틸커튼월

일반 알루미늄 커튼월보다 강도와 단열성능이 뛰어난 스틸커튼월을 입면에 적용하여 시공성을 높이고 냉난방 효과를 극대화



고내식 장수명 우수저류조

일반 강판에 비하여 휨 하중에 대한 저항성을 높은 파형강관, 강판을 이용하여 홍수 재해방지와 우수 재활용을 위한 우수저류조를 개발



고단열 프리패브 외벽 시스템

공장에서 생산한 패널 모듈을 현장에서 조립하는 시스템으로 시공품질과 공기단축 및 이에 따른 공사비 절감 확보



고Mn강 적용 층간소음 저감 바닥구조

진동을 저감시키는 특성을 갖고 있는 고망간강의 신형상 구조를 그린빌딩 공동주택 온돌바닥에 적용하여 층간소음을 절반 이하로 줄여주는 효과



강관 지열파일

강관 기초파일 내부에 열교환 파이프를 설치하여 초기 시공비를 절약하고 친환경 지열 에너지 활용을 통해 CO2 배출양을 약 35%까지 절감

라. Test-bed 커미셔닝 수행

(1) 연구내용

(가) Test-bed 커미셔닝 수행의 목적

○ 국내에서는 친환경 건축물 인증제도에 커미셔닝 항목을 추가 하여 점수를 부여하고 있으나 건물주의 인식부족, 커미셔닝 절차 및 도구의 부족 등 기술적 사회적 제도적 장애요인들로 인하여 시장 활성화가 미흡한 실정임

○ 또한 국내에서는 그린빌딩 커미셔닝을 수행한 사례가 없기 때문에 본 건물을 통해서 커미셔닝 및 그린빌딩 커미셔닝을 수행함으로써 커미셔닝의 국내 시장 활성화에 기여하고자 함

표 2-1 일반 커미셔닝과 그린 빌딩 커미셔닝 수행 항목 비교

커미셔닝	그린빌딩 커미셔닝
• 전기 보일러 • 열교환기류 • 팬 & 덕트 • 펌프 & 배관 • 공조기 • 팬코일 유니트 • PAC & EHP • 전열교환 환기장치 • 안개 분무 설비 • Chilled Beam • 자동제어 • 우수열 열교환 • 방열기 • 급탕 설비 • 조명설비 및 조명 제어	• 지열 냉난방 시스템 • 태양열 급탕 시스템 • 우수 재활용 시스템 • 중수 재활용 시스템 • 기밀성 검증 및 외피 확인 • 실내 온/습도 • 환기 • 복사패널 시스템 • 에어 플로우 시스템 • 구체축열 시스템

(나) 커미셔닝 수행 범위 및 절차

표 2-2 커미셔닝 수행범위와 절차

OPR (Owner's Project Requirement)	• 건축주 및 사용자의 요구사항 확인 • 에너지 사용효율 목표 확인 • 입주자, 운영 및 관리 담당자의 요구사항 확인
BOD (Basis of Design)	• 설계 기본 전체 조건 확인 • 설계 표준 확인 • 설계의도의 서술적 설명(SOO 포함) 확인
P.F.C (Pre Functionla Check)	• Site Observation - 현장 육안 점검 • F.I.V(Field Installation verification) - 설치장비 사전 조사 • O.P.T(Operational Performance Test) - 개별 장비 시운전 • P to P(Point to Point Check) - 자동제어 센서 접점 테스트 • T.A.B(Test, Adjust&Balancing) - 장비별 성능 검증 및 조정
F.T.P (Functional Test Procedure)	• 각 장비 종합 기능 및 성능 시험 • 자동제어 센서 Calibration(센서 보정을 통한 신뢰성 확보) • T.A.B 수행 결과에 대한 검증 (장비별 기능 점검을 통한 성능 확보) • 각 시스템별 종합 시운전 (냉열원, 온열원, 공조, 환기시스템)

(다) 커미셔닝 세부 수행 내용: OPR 및 BOD 검토

표 2-3 OPR, BOD 검토내용

구분	OPR	BOD	반영여부
건물 용도	- 연구시험용 친환경 오피스 및 공동주택(연구시설)	-그린빌딩 Total solution개발 -에너지 저감성능 및 LCCO2평가연구 -요소기술 적용 Test-bed구축	적용(건축)
	- 오피스: 에너지저감 60%80%적용한 미래형 에너지 친환경 모델	-1차에너지 저감 60%(200kw/㎡년)80%(100kw/㎡년)	적용(전체)
	-공동주택:에너지저감 20%,60%,100%적용한 타워형 공동주택	-BASE모델기준 60%,100%절감목표	적용(전체)
	-모듈러:에너지저감 BASE 및 60% 시스템 건축물 모델 개발	-BASE모델기준 60%절감	적용(전체)
통합 설계	-효율적인 대안을 선택할 수 있도록 에너지 시뮬레이션 사용	-DOE사용	적용(전체)
	-에너지 절감 목표설정 및 달성여부 검토	-공동주택 최종안으로 시뮬레이션 내용 수정	재검토 (건축)
건축	-공동주택: 20%,60%,100%	-1층(20%)중1층(60%)2층(100%)모델	적용
	-모듈러 :BASE 및 60%	-7평(BASE), 7평,14평(60%)모델	적용
	-오피스 :60%80%	-북서측 2-4층,남동측 2층60% -남동측 3층 80%모델	적용
기계	-태양열 급탕방식 우선	-태양열+전기보일러	적용
	-바닥복사 냉난방, 팬코일 유닛, 제습기	-적용내용 없음	재검토
	-실별 온도조절 장치	-적용내용 없음	재검토
전기	-건물조명 기구: 개별제어, 회로제어, 스케쥴제어 등 적용	-조명스케쥴로 회로 제어	적용
	-가정용 연료전지: 1KW1대 설치, 2층 1세대의 전원 공급용	-공동주택 지상 2층 설치 (신발장 제습용)	적용
	-DC전원 분배기	-벽부형멀티 콘센트로 대체	대체적용

(라) 설계 도서 및 시스템 검토

○ 설계도서 검토를 수행하여 시스템의 적정 여부 파악함

○ 합리적인 시스템으로 시공될 수 있도록 사전에 문제점 및 개선사항을 보완, 조치함

○ 말단 장비의 정압차에 의한 풍량 불균형이 예상되어 CAV Unit 설치 제안

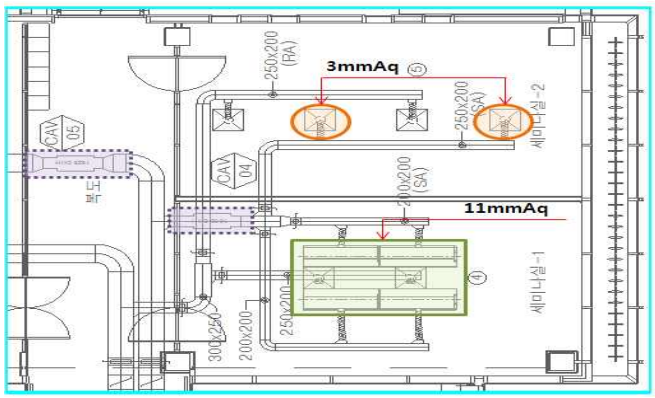


그림 2-20 지상 3층 덕트 평면도

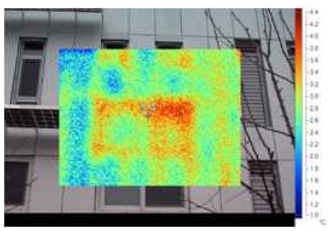
(마) P.F.C (Pre Functional Check)

○ F.I.V - 현장 설치 상태 확인

• 현장 설치 상태 점검 프로세스

장비승인도서 및 장비일람표 확인 → 현장 설치 장비 점검 → 장비 용량 및 제조사양 확인 → Deficiency Issue 작성

• 건축 부분

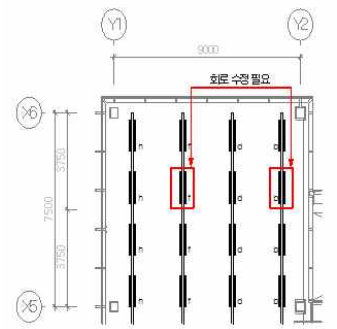
		
외장패널 사양 확인	유리사양 현장 확인	열화상 확인

• 기계 부분

FCU 콕밸브 미설치	공조기 U-trap 수정	디퓨저 위치 수정
 	 	 

• 전기 부분

- 지상3층 전등회로 오류로 수정 요청함






(바) F.T.P 수행 결과 (장비 및 시스템별 종합 기능 점검, 성능점검)

장비명	Issue 사항
지열 히트펌프	• 시스템 제어 문제 없음 • 개방형 히트펌프 자동제어 모니터링 address 변경 • 개방형 히트펌프 지속적인 알람 발생 해결 필요 → 장비 문제
공조기	• 시스템 제어 문제 없음 • 동파방지 히터의 로컬값이 우선순위로 운전되도록 설정되어 있어, 로컬에서 조작할 수 없도록 조치 필요

칠드빔	• 냉난방 밸브 비례제어 문제 없음
복사패널	• 외기보상 운전에 대한 로컬 Panel 재확인 필요
FCU	• 실내 설정온도에 따라 냉난방밸브 비례제어 문제 없음

마. Test-bed 홍보 전시관 운영

(1) 연구내용

○ Test-bed 홍보관

전 세계가 겪고 있는 환경 문제를 제기하고 포스코 그린빌딩의 탄생 배경에서부터 적용 기술에 관한 설명에 이르기까지 다양한 컨텐츠와 체험학습을 투어 프로그램을 통해 일반인에게 제공

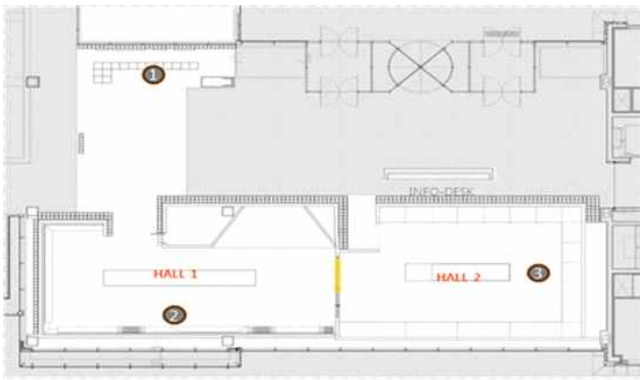


그림 2-21 홍보 전시관 관람 공간
1. Lounge 2. Hall 1 3. Hall 2

○ Lounge : 홍보관 도입부. 홍보 동영상을 통한 전반적인 이해



그림 2-22 Lounge



그림 2-23 Hall 1

○ Hall 1. 포스코 그린빌딩의 설립배경

지구 온난화와 건물에너지 문제, 세계 각국이 진행하고 있는 지구 환경위기에 대한 대응 방안, 우리나라의 환경과 에너지에 대한 정책 방향에 관한 내용에서 연구체계, 포스코 그린빌딩의 기본 철학 등을 설명



그림 2-24 Hall 2

○ Hall 2. 그린 에너지, 그린 자재, 그린 테크놀로지 분야에 적용된 친환경 요소기술

○ 포스코 그린빌딩은 신축 녹색건축물의 활성화 연구에 관한 홍보를 통하여 국내 건축시장의 녹색건축물 확산을 도모

○ 이미 2013년 11월 19일 개관 이후 국내외 여러 친환경 관련 관계자를 비롯한 중국 해남성 정부 관계자, 스위스와 영국 대사관의 사절단이 방문

○ 이를 통해 하나의 건축물이 갖는 전 생애주기를 보여줌으로써 표본이 될 수 있는 친환경적인 건축 비전을 제시

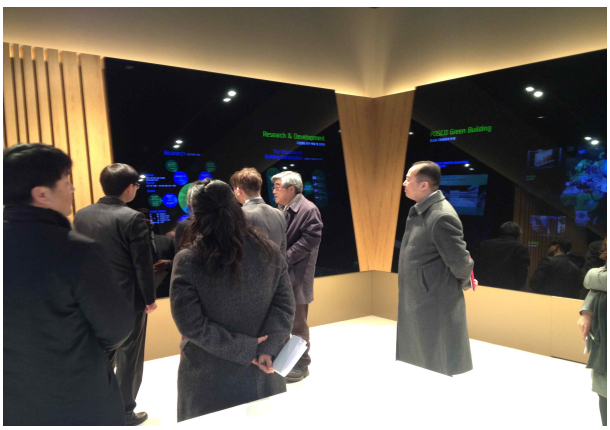


그림 2-25 스위스 대사관 방문



그림 2-26 영국 Retrofit 사절단

3. IPD Process 실무 적용화 프로그램 구축

가. IPD Process 실무 적용화 프로그램 기획

(1) 연구내용

(가) 실무 적용화 프로그램 기획목적

○ 기존 건축들의 프로세스 혁신을 위한 IPD Process Layer를 기반으로 Program을 제작하여 공유하고자 함

○ 실무에서 사용 및 공유할 수 있는 Project 관리와 스스로 진화하는 Program (Self-progress Platform)을 함께 제공하여 다양한 계층에 있는 수요자의 요구를 충족시키고자 함

(나) 실무 적용화 프로그램의 필요성

○ 실무건축에서는 다양한 이해 관계자들의 유기적이고 지속적인 협업이 어려우며 녹색 건축에 대한 지식의 부재는 건축 시장의 발전을 저해하고 있음

○ 실무건축에서는 다양한 이해 관계자들의 유기적이고 지속적인 협업이 어려우며 녹색 건축에 대한 지식의 부재는 건축 시장의 발전을 저해하고 있음

○ 이에 IT기술을 적극적으로 도입하여 녹색건축 프로세스의 일정 공유와 스스로 진화하는 Program (Self-evolution Platform)을 구축함으로 녹색건축 협업 문화의 새로운 방향을 선도하고자 함

(다) 실무 적용화 프로그램의 조건

○ Clouding, Big Data 등의 IT기법을 녹색 건축 프로세스에 적극적으로 도입하여 관련 정보와 실무자, 그리고 프로젝트 관리를 통해 상호 소통과 협업의 새로운 패러다임을 제시

○ Contents의 지속적인 업데이트와 'Open-Share to everyone'을 통한 Big Data의 형성은 전 세계적으로 공유 가능한 녹색건축 프로세스의 가이드라인으로 구축 가능

(라) 프로그램의 구축을 위한 Case Study

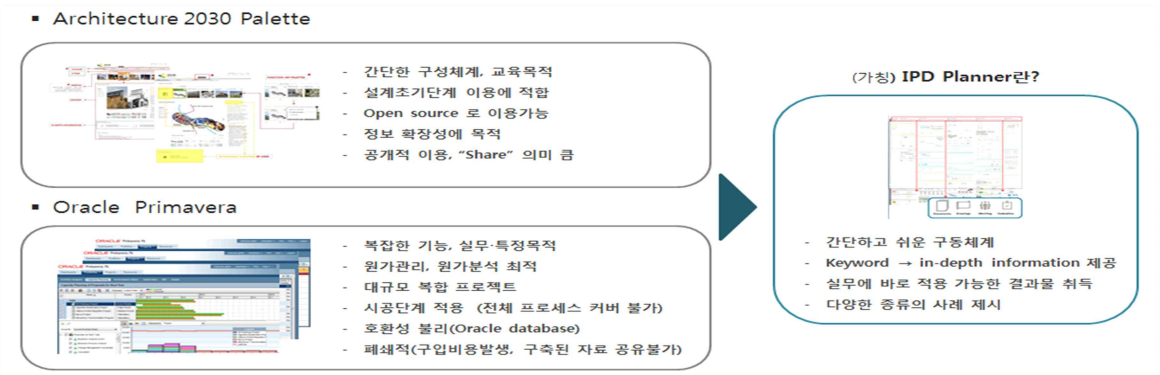


그림 2-27 프로그램의 구축을 위한 Case Study

(마) 실무 적용화 프로그램의 기획

○ 일종의 “Architecture와 IT의 융합” 기존의 건축은 경험적 데이터를 기반으로 하여 1차원적인 Process로 나타남

○ IT 기술을 적용하여 'Open to everyone' 기능과 다차원적인 특징을 적극적으로 활용하여 IPD Process Layer에 적용

○ Convergence를 통한 Big Data와 Clouding 형성

(바) 실무 적용화 프로그램의 특징 및 장점

○ IPD process model 중 두 번째 Contents model을 기반으로 구축한 Web page에 IPD planner 링크됨

○ IPD planner는 일종의 프로젝트 관리 프로그램으로써 단계별 Activity를 인지하고 결과물을 확인 할 수 있음

○ 결과물을 적용 및 활용하고 Individual Project Process 구축

○ 구축한 개인의 Project Process를 On-line 을 Open source로 제공할지의 여부를 결정할 수 있음

○ On-line 을 통한 지속적인 Data 업데이트 가능하고 선순환프로그램의 구축으로 연계됨

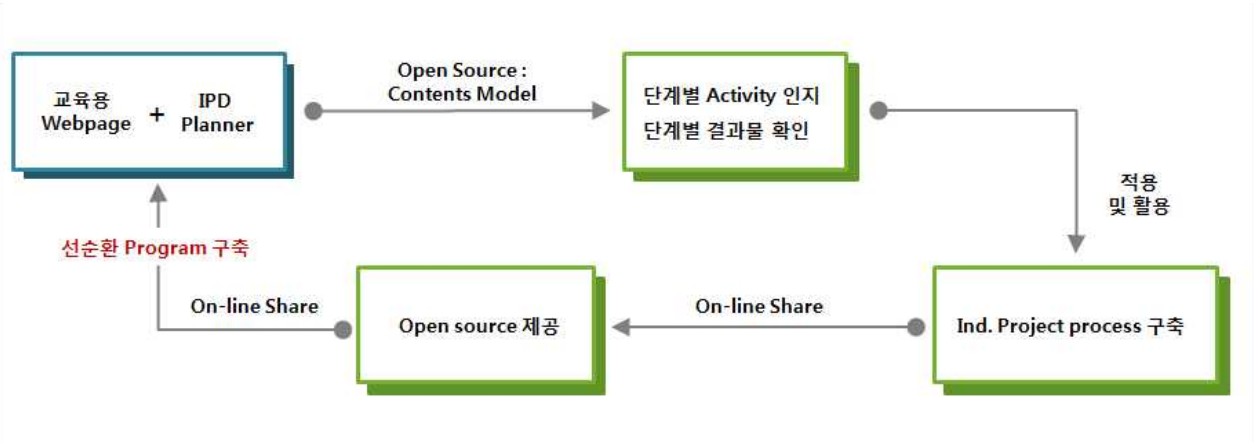


그림 2-28 IPD planner 특징과 process

(사) 실무 적용화 프로그램의 연구결과

○ 스스로 진화하는 Program (Self-evolution Platform)과 IPD Planner 구축

○ IPD Process 2nd layer 'content Model'의 내용을 Category 별로 정보 제공

○ 정기적인 Update 통해 Data를 관리하고 사용자가 스스로 해당 Category에 자신의 정보를 공유함으로서 스스로 진화 가능한 Self-progress Platform 구축

○ Input Data는 Activity, Time, Participant, Meeting, Document, Information, Evaluation과 같은 Data로 출력됨

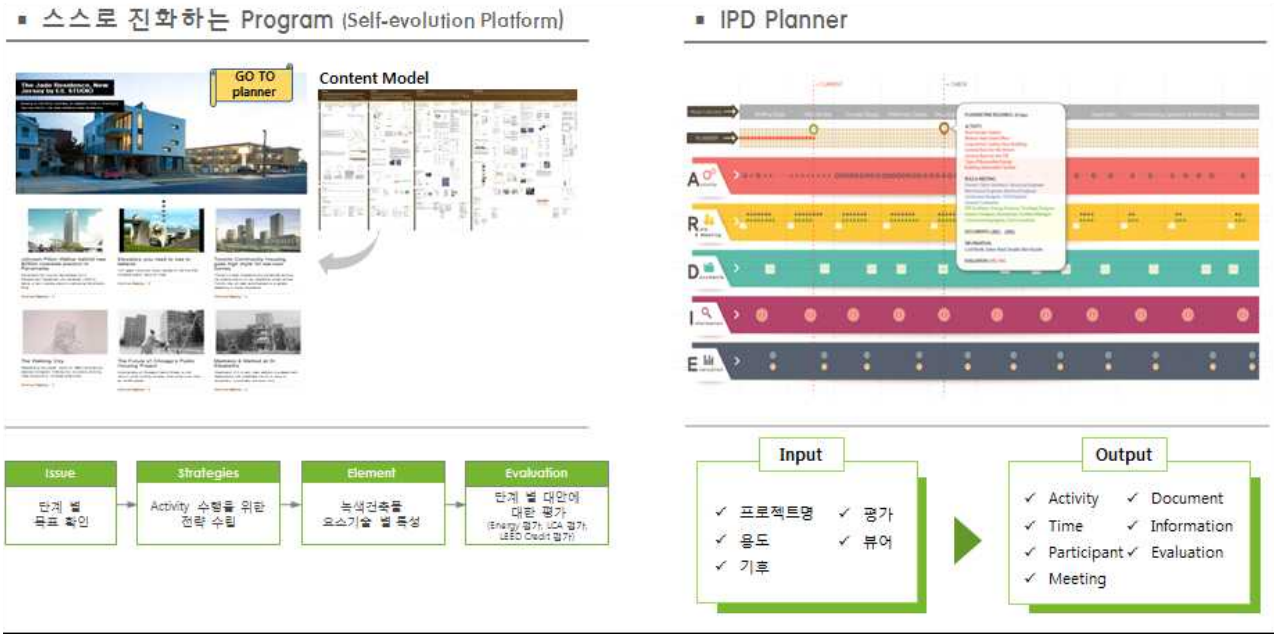


그림 2-29 실무 적용화 프로그램의 연구결과 (예상안)

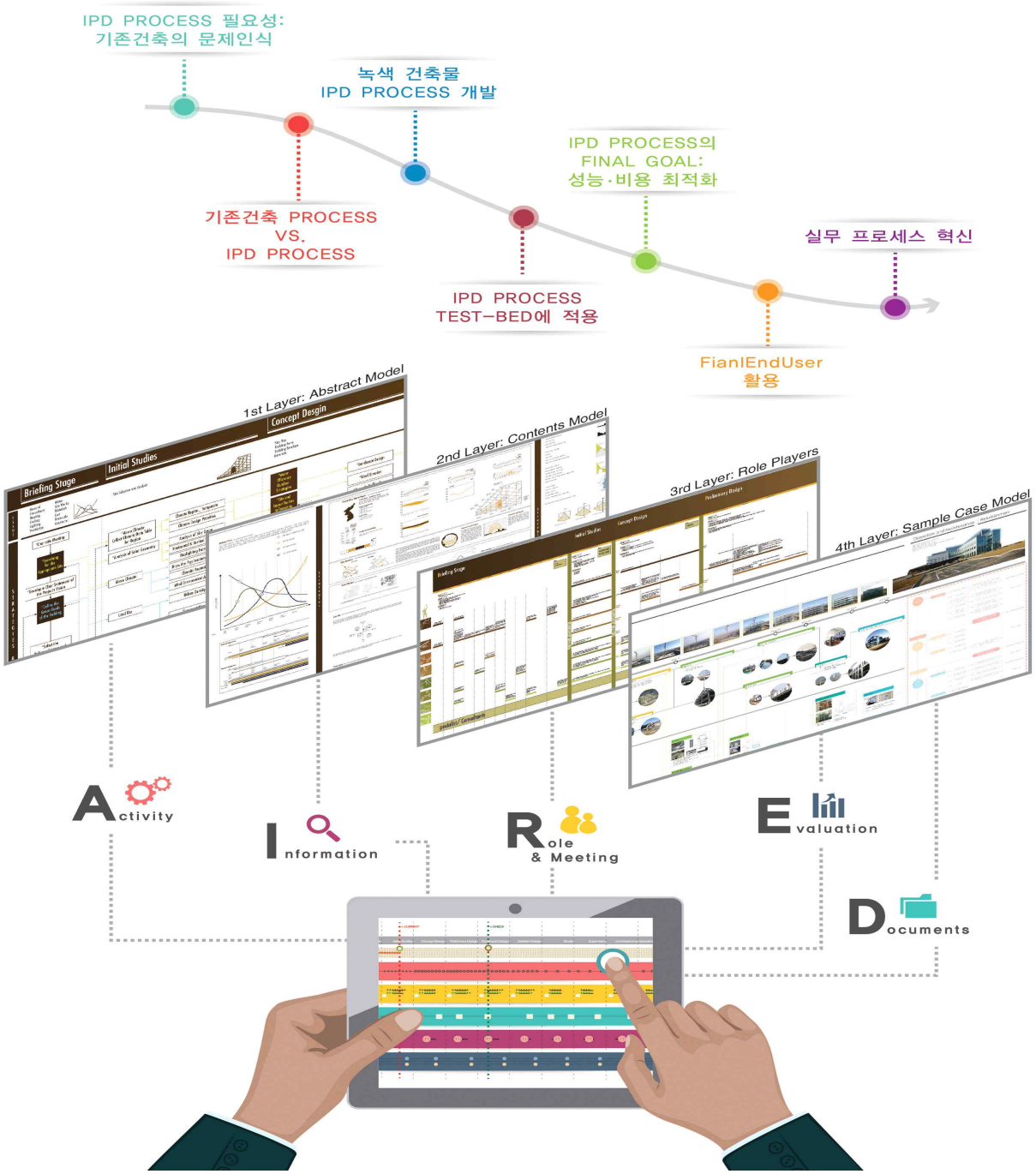


그림 2-30 IPD Process를 이용한 실무 적용화 프로그램 개념도

나. IPD Web Platform, IPD Planner 고도화

(1) 연구 배경

○ 4차 년도 연구 결과물로써 IPD Process 실무 적용화 프로그램은 IPD Web Platform과 IPD Planner라는 프로그램으로 개발 완료

○ IPD Web Platform과 IPD Planner의 사용자 편의성을 고려한 기능과 IPD Web Platform과 IPD Planner의 데이터가 상호작용할 수 있도록 구축하는 시스템을 위해 프로그램 고도화 과정이 필요하다는 판단 하에 5차 년도 연구에 프로그램 고도화가 이루어짐

(2) 프로그램 개요

(가) IPD Web Platform

○ IPD Web Platform은 AIRED라는 이름으로 명칭함 - IPD Process의 Contents를 구성하는 Activity, Information, Role Players, Evaluation, Documentation의 첫 글자를 조합하여 개발된 플랫폼

○ IPD Web Platform은 http://www.aired.kr 주소로 접속하여 사용할 수 있으며, 프로그램은 About IPD Process, IPD Planner, Contetns, Archive 메뉴로 구성되어 있음

○ About IPD Process는 본 연구에서 개발한 IPD Process가 무엇인지 그리고 실무에서 IPD Process를 적용해야하는 이유를 밝히고 있으며 본 연구를 통해 개발한 IPD Process 모델을 제시하고 있음

○ Contents 메뉴는 IPD Web Platform의 핵심으로, 단계별 Activity를 선택하여 관련 컨텐츠를 확인할 수 있도록 개발되었으며 각각의 컨텐츠는 IPD Process layer의 구성요소에 뜨라 체계적으로 정리되어 있음

○ Archive메뉴는 본 연구를 통해서 개발한 프로그램을 다운로드 받을 수 있도록 하여 IPD Web Platform의 컨텐츠로 프로젝트에 활용할 수 있도록 함

(나) IPD Planner

○ IPD Planner는 사용자의 프로젝트를 직접 관리하는데 활용할 수 있는 프로그램으로 IPD Web Plaform의 IPD Planner 메뉴를 통해 프로그램 로그인 사용자는 누구나 사용 할 수 있음

○ 이 프로그램은 사용자가 프로젝트를 쉽게 관리할 수 있도록 도와주는 역할을 하며, IPD Planner 사용자는 IPD Process Layer 모델을 템플릿으로 프로젝트의 규모나 일정을 고려한 프로젝트를 생성하여 효율적으로 프로젝트를 관리할 수 있음

○ 협업을 중요시하는 IPD Process의 특징에 맞도록, 모든 프로젝트 참여자들이 프로젝트의 스케줄과 프로세스에 따른 주요 컨텐츠를 확인하여 각 단계에 따라 자신들의 역할을 미

리파악하고 프로젝트 미팅을 준비할 수 있도록 지원함

(3) 연구내용

(가) IPD Web Platform, IPD Planner 고도화

① IPD Web Platform

○ IPD Web Platform의 고도화 작업은 플랫폼의 핵심이 되는 Contents 메뉴를 사용자가 쉽게 활용할 수 있도록 체계화 하는데 가장 우선순위를 두고 개발이 진행 됨

○ 각각의 컨텐츠는 본 연구를 통해 개발한 IPD Process Layer의 원래 구성안을 최대한 해치지 않으면서도 웹상에서 사용자가 그 구성을 쉽게 확인 할 수 있도록 사용자 UI를 수정/보완

○ IPD Process는 설계(Design)/시공(Construction)/운영(Operation)으로 구성되어 있으며, 각 단계별 해당 Contents를 구분하여 볼 수 있도록 보완하였으며, Activity Mode와 Role Mode로 구성하여 IPD Process의 Activity를 기준으로 컨텐츠를 확인하거나 사용자가 확인하고자 하는 Role Player 별로 관련 컨텐츠를 확인할 수 있도록 구분하여 보완함

○ 컨텐츠는 각각 Activity, Information, Evaluation, Documentation, Policy, Case Study의 카테고리로 구분하여 각 카테고리의 첫글자를 아이콘화 하여 쉽게 구분하여 확인할 수 있도록 Contents 메뉴의 구성이 보강됨

○ 사용자가 원하는 컨텐츠를 선택하면 새창으로 상세 내용을 확인 할 수 있으며 각 컨텐츠는 A/I/E/D/P/C 카테고리에 따라 아이콘으로 표시하여 사용자가 어떤 컨텐츠를 보고 있으며 어떠한 Activity와 관련된 컨텐츠인지를 화면에서 확인 할 수 있음

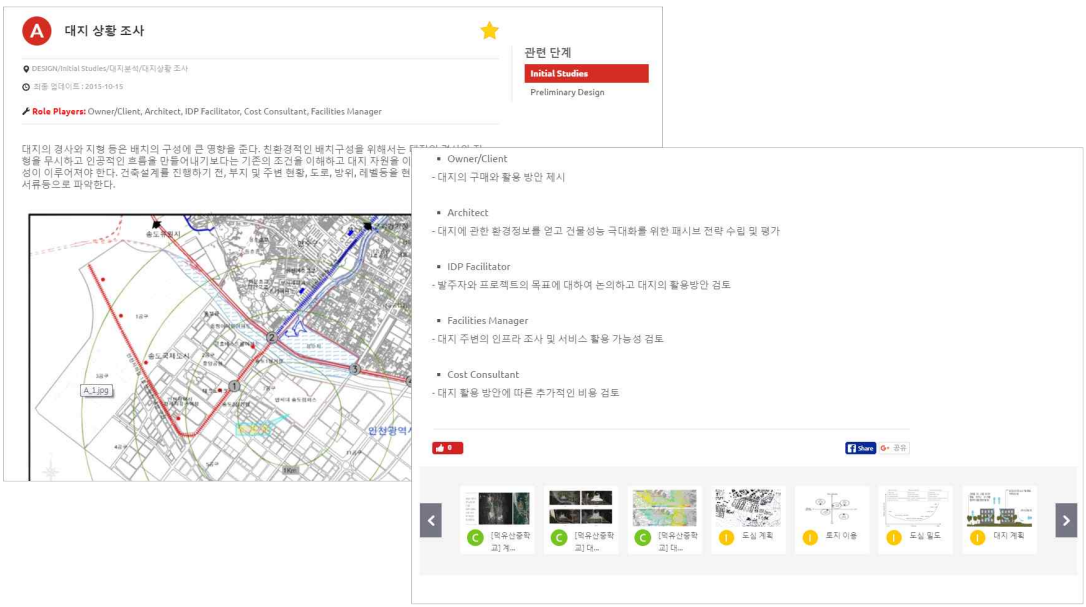


그림 2-31컨텐츠 보기 예시

○ Activity 컨텐츠의 경우에는 어떠한 Role Player와 관련되어 있는지 상단에 관련주체들을 표시하여 쉽게 확인할 수 있게 구성하였으며 해당 컨텐츠와 관련된 컨텐츠를 하단의 썸네일 리스트로 구성하여 쉽게 정보를 확인 할 수 있도록 보완함

○ 컨텐츠 보기 화면의 우측에는 관련단계라고 하여, 각 컨텐츠가 다른 단계의 컨텐츠와 연결되어 있는지 해당 컨텐츠의 A/I/E/D/P/C 카테고리에 따라 확인할 수 있도록 보완함

○ My Platform 기능을 추가하여 사용자가 자신이 원하는 컨텐츠는 제목 우측의 별표모양의 아이콘을 클릭하여 즐겨찾기에 추가하면, 따로 검색하지 않아도 My Platform 페이지에서 확인할 수 있도록 하여 사용자 편의성을 높임

○ 플랫폼을 이용하는 로그인 사용자라면 누구나 관련 컨텐츠를 업로드 할 수 있는데, 각 컨텐츠가 어떠한 Activity와 관련되어 있는지만 선택하여 업로드 하면 Web Platform 뿐 아니라 IPD Planner에서도 컨텐츠를 확인할 수 있도록 개발함

○ IPD Web Platform은 모바일에서 모든 컨텐츠를 확인 할 수 있도록 개발되어 사용자가 컨텐츠에 쉽게 접근 할 수 있도록 개발함

② IPD Planner

○ 프로그램 고도화 이전에 개발된 IPD Planner의 경우 Activity 위주의 프로세스를 확인할 수 있는 프로그램으로써 그 한계점이 있었다면 프로그램 고도화를 통해 IPD Planner의 Schedule Mode 기능을 보강하여 사용자가 프로젝트의 일정을 관리할 수 있도록 함

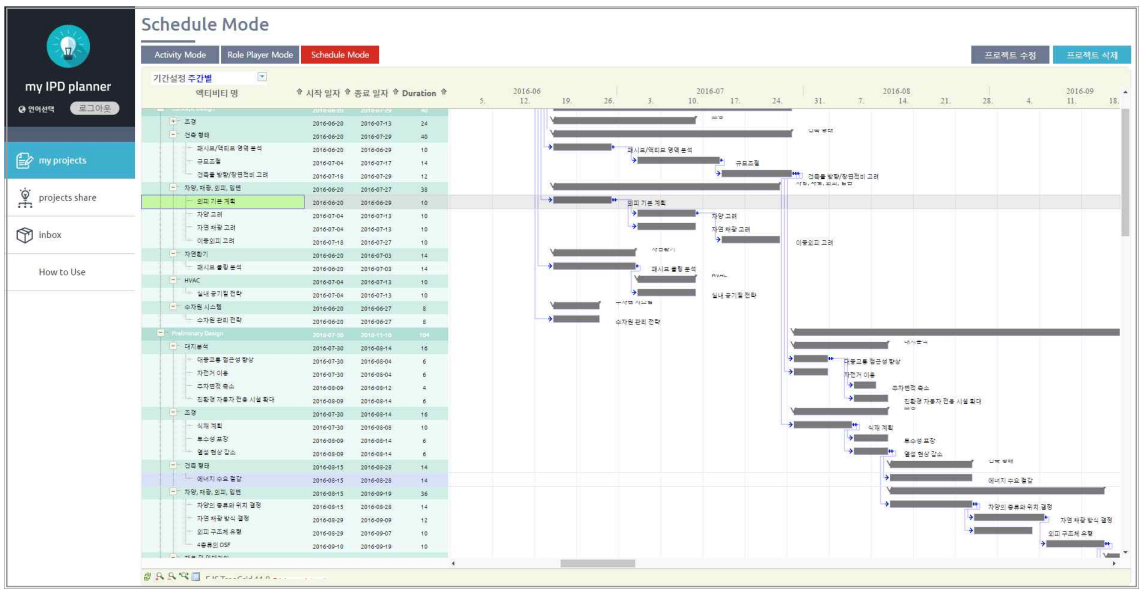


그림 2-32 IPD Planner Schedule Mode 보기 예시

○ 사용자는 IPD Planner를 통해 프로젝트를 여러 개 생성하여 관리할 수 있으며, 프로젝트를 생상하게 되면 프로젝트 별로 3종류의 View Mode를 선택할 수 있음 - View Mode

는 Activity Mode, Role Mode, Schedule Model 구성

- Activity Mode는 Activity 중심의 다이어그램 형태로 프로세스를 보여주며 각 Activity의 전후 관계 및 위계를 제시하여 프로젝트의 프로세스가 어떻게 구성되고 진행되는지를 쉽게 이해할 수 있도록 도와줌
- Role Mode는 사용자가 선택한 Role Player를 기준으로, 프로젝트 내에서 Role Player와 관련된 Activity를 확인 할 수 있도록 함
- Schedule Mode는 Gantt Chart 형식으로 각 Activity의 소요일수를 제시하여 프로젝트 일정을 확인할 수 있도록 하며, 생성된 프로젝트의 일정 정보를 엑셀파일로 Export 할 수 있어 프로그램 결과물에 대한 활용도를 높이고자 함
- IPD Planner는 IPD Web Platform의 컨텐츠와 연결되어 있기 때문에 플랫폼에 새로운 컨텐츠가 추가되면 IPD Planner에서도 자동으로 반영되어 활용할 수 있으며 IPD Planner에서 프로젝트 일정을 확인하면서 동시에 필요한 컨텐츠도 한 화면에서 확인할 수 있도록 개발됨
- IPD Planner 사용자가 프로젝트 생성 시, 템플릿에는 해당 Activity가 없다면 필요한 Activity는 직접 원하는 위치에 추가하여 사용할 수 있으며, 임의의 일정을 추가하는 것도 가능하도록 프로그램이 보완됨
- 프로그램 고도화를 통하여 프로젝트 일정관리 뿐 아니라, IPD Planner에는 커뮤니티 기능을 강화하였으며 사용자는 프로젝트 생성 시 프로젝트에 참여하는 참여자들을 초대할 수 있으며 모든 참여자들이 프로그램을 활용하여 프로젝트 관련 정보를 공유할 수 있도록 함
- 협업을 중요시하는 IPD Process의 특징에 맞도록, 모든 프로젝트 참여자들이 프로젝트의 스케줄과 프로세스에 따른 주요 컨텐츠를 확인하여 각 단계에 따라 자신들의 역할을 미리 파악하고 준비할 수 있도록 지원함
- 초대와 공유 기능뿐 아니라, 프로그램 내에서 메시지 보낼 수 있는 기능을 가지고 있어서 참여자들과의 커뮤니케이션을 원활하게 할 수 있도록 도와주는 기능을 함

(4) 결과



(가) IPD Process 실무 적용화 프로그램 설명회 개최

- 일시 : 2016년 3월 11일 오후 3-5시
- 설명회 참여자는 국내 대형 설계사무의 실무자를 초청하여 이루어졌으며 설명회를 통해 본 연구에 대한 설명을 시작으로 IPD Process를 실무에 적용할 수 있도록 본 프로그램의 매뉴얼을 작성하여 사용할 수 있도록 유도함

○ 설명회 이후 3주간의 테스트기간을 주고 설명회 참여자들로부터 피드백을 설문조사 형태로 받음



그림 2-33 IPD Process 실무 적용화 프로그램 설명회 진행

(나) IPD Process 실무 적용화 프로그램 설명회 참여자들의 피드백



그림 2-34 테스트 피드백 결과

○ 3주간의 테스트기간을 거쳐 실무자들이 IPD Web Platform과 IPD Planner에 대한 활용도를 높이 평가 한 것으로 나타났으며 사용자의 입장에서 사용하기 쉽다는 평가가 높았음을 알 수 있음

○ 설명회를 통해 실무자들이 본 프로그램에 대한 기대감이 높음을 알 수 있었으며, 피드백을 통해 프로그램이 더 효과적으로 활용될 수 있는 방안과 제안을 해주어서 가능한 제안사항들은 프로그램에 계속 반영하여 프로그램을 보강하고 있음

(5) 프로그램 2차 피드백 진행

○ IPD Process 실무 적용화 프로그램 설명회와 1차 피드백을 통해 나온 보완 사항을 IPD Web Platform과 IPD Planner를 보완하여 2차 피드백을 진행

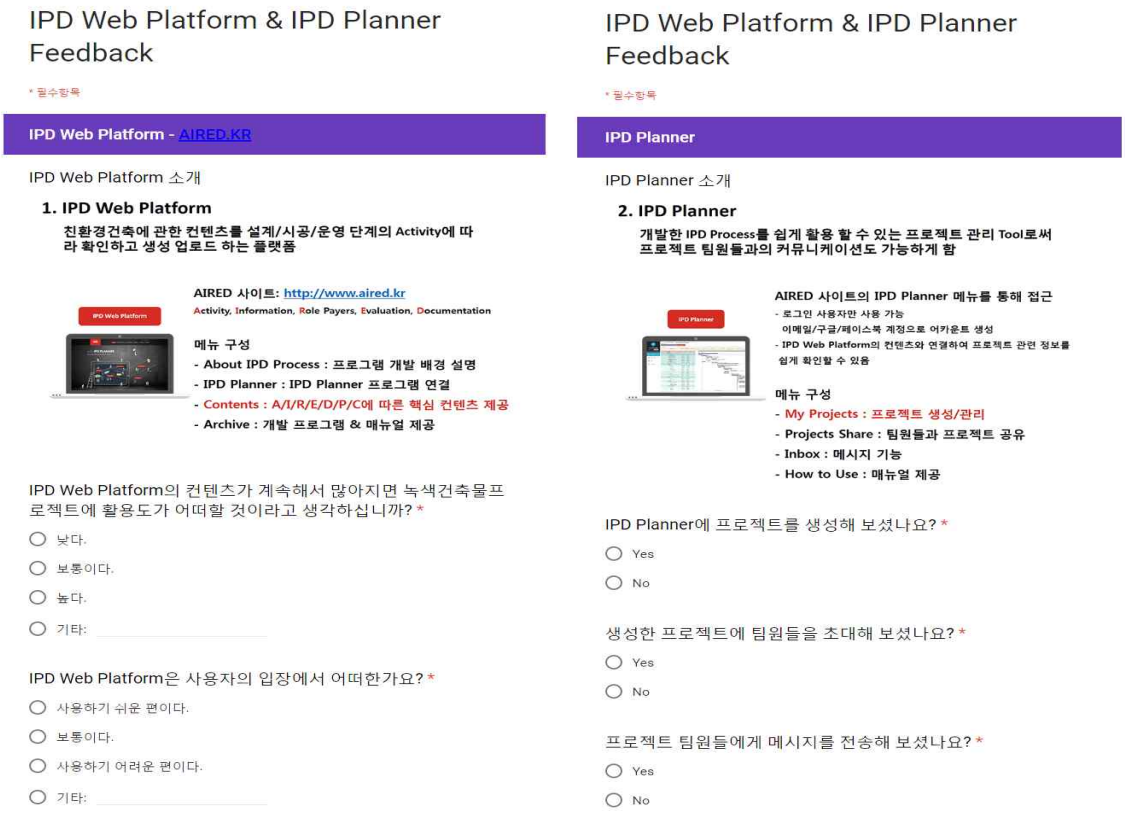


그림 2-35 2차 피드백 설문

○ 2차 피드백은 국내 대형 설계사무소뿐 아니라 해외 설계사무소(미국 SOM, 영국 Ove Arup)의 실무자, 시공사의 실무자, 친환경건축전문 업체의 실무자를 대상으로 다양한 건축관련 Role Player 관점으로 진행됨

○ 프로그램에 대한 설명과 이해는 웹을 통해 진행하였으며, 따로 설명회를 거치지 않아도 프로그램에 대한 이해를 얼마나 할 수 있으며 활용할 수 있는 지에 주안점을 두었음

○ 프로그램의 접근성, 용이성, 활용성, 발전 가능성과 문제점을 중심으로 설문조사를 시행함

○ 결과

1) IPD Web Platform의 활용성에 대해서는 전체의 66.7%가 활용도가 높을 것이라고 답변함으로써 녹색건축물프로젝트에 있어서 프로그램의 활용성을 높이 사고 있음

2) 활용성에 대한 응답은 보통 이상이 전체의 90% 가까이를 차지함으로써 높은 기대를 나타내고 있으며 현행 법규와의 연계성을 더욱 높이면 좋을 것이라는 의견이 있었음

3) 프로그램 용이성의 입장에서 보통의 수준이라는 의견이 66.7%로 가장 많았으며 90% 넘게 보통 이상으로 IPD Web Platform의 사용에 있어서 긍정적인 반응을 보임

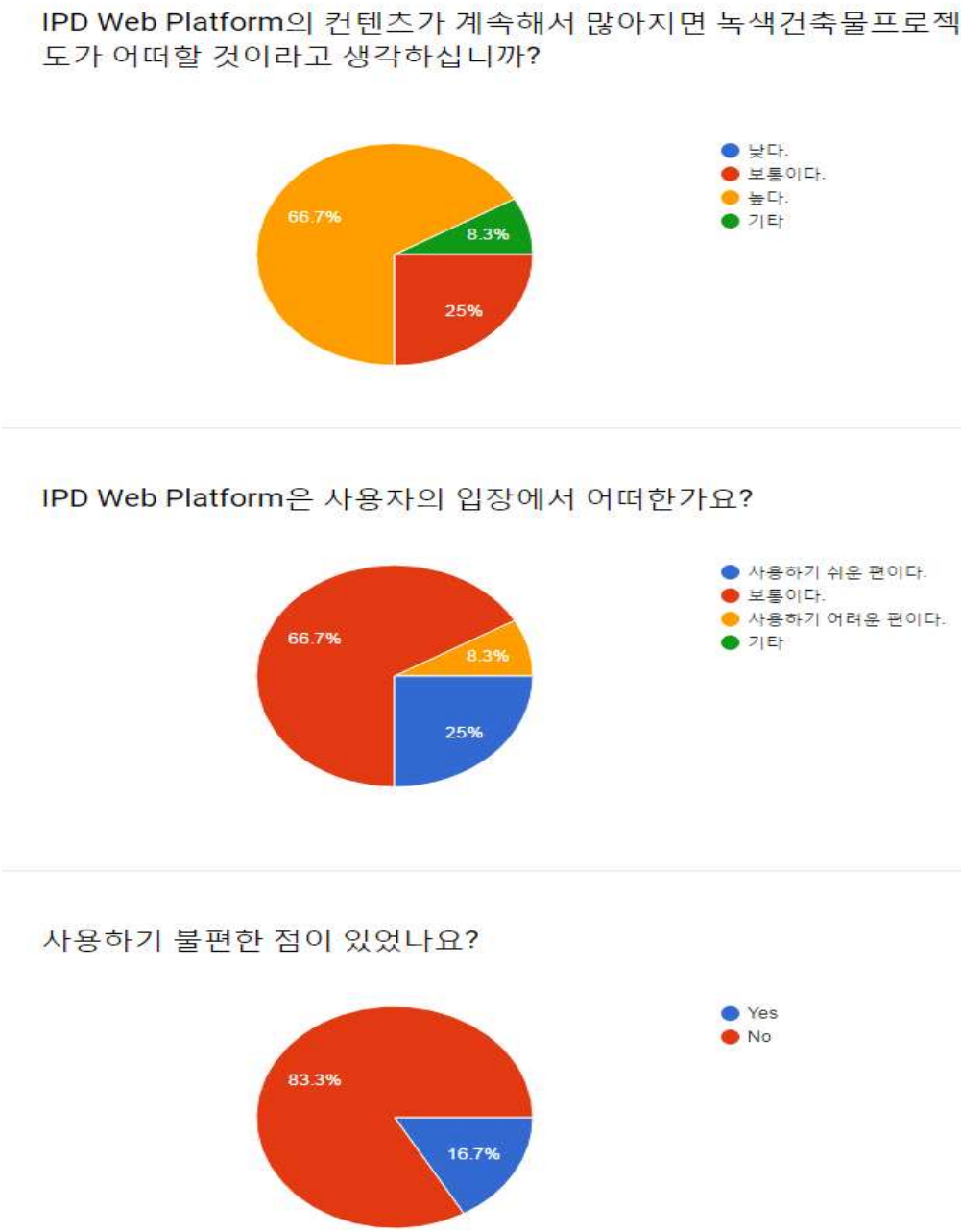
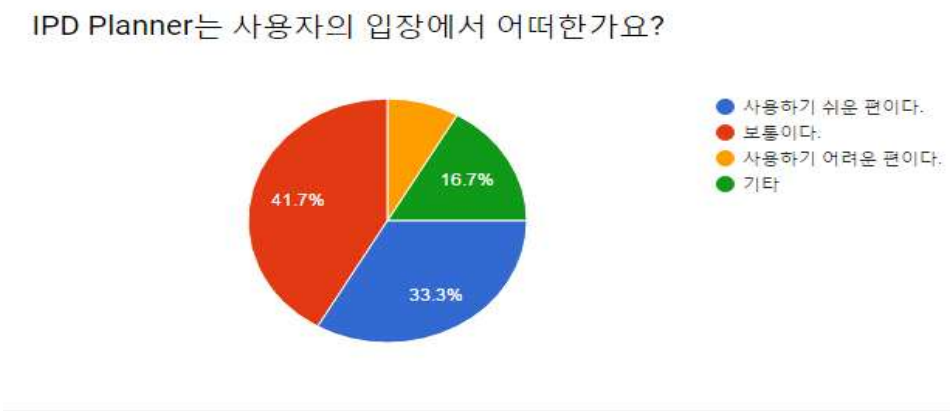


그림 2-36 IPD Web Platform에 대한 설문 답변 요약

4) IPD Planner는 대략 75%가 프로그램 용이성에 보통 이상의 반응을 보였으며, IPD Web Platform보다는 프로그램에 대해 어렵게 느낌



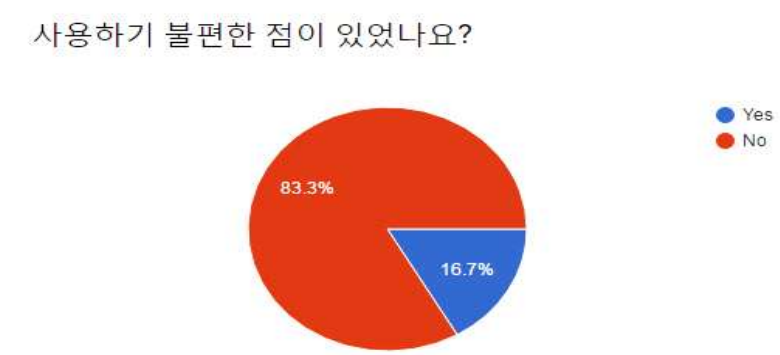


그림 2-37 IPD Planner에 대한 설문 요약

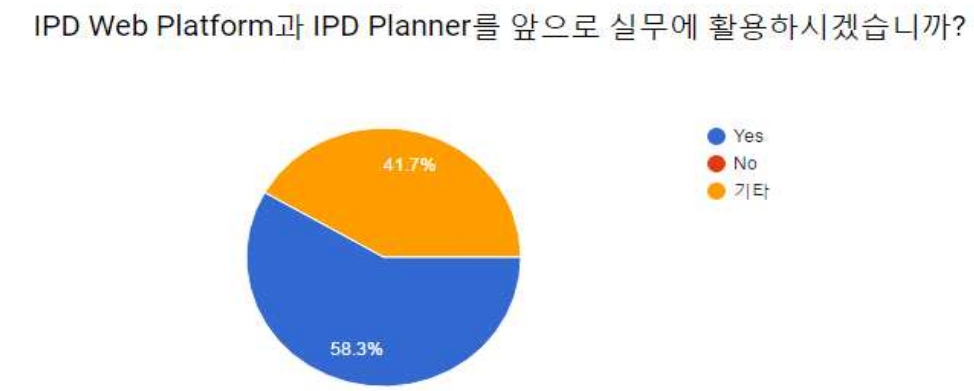


그림 2-38 IPD Web Platform & IPD Planner 활용에 관한 설문

5) IPD Web Platform과 IPD Planner를 실무에 적극적으로 활용하고자 하는 의견이 58.3%를 차지했으며 41.7%의 기타 의견은 건축시장의 IPD Process에 대한 인식과 제도적 장치가 마련되어야 실무에 적용할 수 있다는 의견을 피드백으로 받음

6) IPD Web Platform과 IPD Planner의 장점으로는 업무에 충분히 활용 가능할 것으로 보는 활용성과 프로젝트 참여 팀들과의 소통과 정보공유에 도움이 될 것이라는 의견과 친환경 설계에 대한 체크리스트를 세분화 하여 확인 할 수 있는 프로그램 정보를 큰 장점으로 보고 있음

7) 실무자에게 온라인으로 쉽게 컨텐츠에 접근할 수 있도록 컨텐츠에 대한 접근성을 높인 점을 장점으로 보고 있으나 아직까지 실무자의 온라인 미팅이 활성화 되지 않은 점을 고려하여 온라인 컨텐츠를 활용도가 높아지기를 기대함

8) IPD Web Platform과 IPD Planner의 보완점에 대한 의견으로는 다양한 사용자 인터페이스를 지속적으로 추가하고 커미셔닝과 관련한 업무수행도 가능한 플랫폼으로 활용할 수 있기를 바라고 있음

9) 기존 프로젝트 매니지먼트 툴의 기능과 효과를 넘어서는 인터페이스를 구축해야한다는 의견으로 IPD 기반으로 프로그램 상의 Recommendation과 Instruction 등을 제공할 수 있는지 여부에 따라 활용도가 상당히 커질 수 있다는 의견이 있음

10) 현재 건축 실무에서 실무자는 적극적으로 활용하고자 하는 의지가 있으나 IPD Web Platform과 IPD Planner의 즉각적인 활용에 대한 필요도를 크게 느끼지는 못하고 있는 것이 한계로 지적되고 있으며, 시장의 인식 변화가 크게 요구되고 있음

11) 체계적인 프로젝트관리에 많은 도움이 된다는 의견으로 프로젝트의 정보들이 공유될 수 있다면 건축의 다양한 분야에서 선도적 사례들이 많이 나올 것으로 기대함

12) IPD Planner의 프로젝트 파일 호환성에 대한 문제도 고려해야할 것으로 보고 있음

○ 다양한 피드백 의견을 개발된 IPD Web Platform과 IPD Planner에 적용가능 한 부분을 보완함으로써 유저의 활용성을 최대한 높일 수 있도록 해야 함

(6) 후속 조치

○ IPD Web Platform과 IPD Planner를 개발하여 실무에 적용할 수 있는 프로그램을 개발하였으나 실제로 실무자들이 많이 사용할 수 있도록 많은 홍보와 프로그램에 대한 계속적인 지원과 투자가 이루어져야함

○ IPD Web Platform의 경우 현재의 컨텐츠는 연구자들의 경험과 지식으로 이루어진 백과사전 같은 정보들이 대부분이라면, 앞으로 더 많은 사용자들이 컨텐츠를 계속 등록하여 프로그램의 자체적인 진화가 계속 이루어 져야 플랫폼 본래의 목적을 달성할 수 있음

○ 프로그램을 더 많은 사람들이 사용할 수 있도록 국내의 실무자들을 대상으로 하는 홍보가 계속적으로 이루어져야 하며 프로그램에 대한 교육지원도 필요함

○ 사용자들의 편의를 위한 기능들을 계속 추가하고 프로그램에 대한 만족도를 높이기 위해서 불편사항들에 대한 피드백을 최대한 프로그램 보완에 적용할 수 있도록 노력해야 함

○ 무엇보다 국내 건축 산업에 종사하는 실무자들의 의식 변화가 가장 요구되며 이에 따른 관련 정책들도 IPD Process가 국내 건축시장에 뿌리 내릴 수 있도록 적극적인 변화를 이루어 내야 함

○ IPD Planner는 국내 뿐 아니라 해외에서도 처음으로 시도되는 IPD 프로그램으로써 기존의 복잡한 프로젝트 관리 툴보다 실무자들이 쉽게 접근 가능하도록 하였으며 건축에서 IPD Process의 활용도를 높이고자 함

○ 미국에서는 LEED 인증을 위해 IPD Process를 프로젝트에 적용해야 하는 것을 필수로 하고 있는 만큼 앞으로 모든 건축프로젝트에 IPD Process 적용은 불가피한 현상으로 볼 수 있음

○ 이에 국내의 건축시장에서 IPD Process 적용을 쉽게 할 수 있도록 도와줄 수 있는 본 프로그램의 활용을 적극 홍보하고 지지해야 함

○ 연구의 성과물로써 그치는 것이 아니라 국내 녹색건축물과 관련된 제도에 활용될 수 있도록 적극 검토하는 것이 필요함

(7) IPD Web Platform과 IPD Planner의 활용계획

(가) IPD Web Platform의 활용

○ AIRED(http://aired.kr) 사이트로 개발된 IPD Web Platform의 경우 앞으로 더 많은 사용자들이 컨텐츠를 계속 등록하여 프로그램의 자체적인 진화가 계속 이루어 져야 플랫폼 본래의 목적을 달성할 수 있으므로 유저의 확보가 우선되어야 함

○ 개발된 IPD Web Platform의 홍보가 매우 중요하기 때문에 관련 웹사이트, SNS 등을 통하여 홍보 동영상(발표평가 시 프리젠테이션 완료)과 플랫폼 활용을 홍보함으로써 유저 확보에 노력을 기울일 예정임

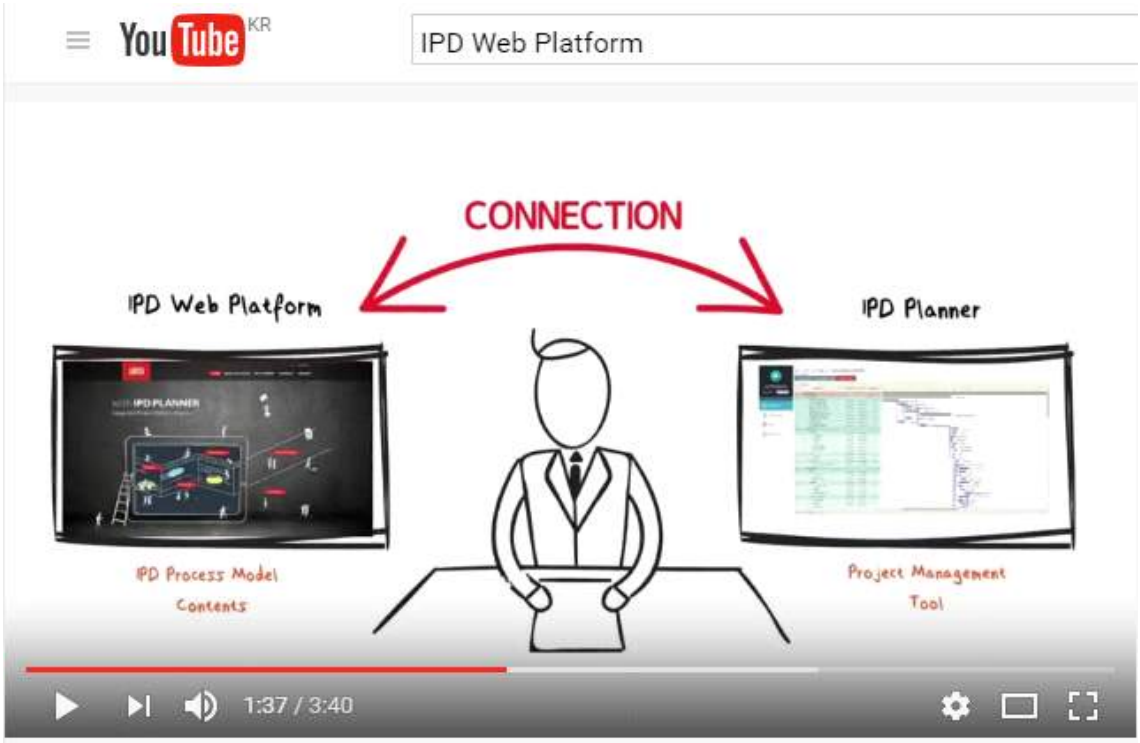


그림 2-39 SNS 사이트에 프로그램 홍보 동영상 업로드 예

○ 컨텐츠의 계속적인 업데이트와 정보의 다양성 확보를 위해서 연구진이 향 후 5년간 IPD Web Platform의 컨텐츠 측면에서 관리와 운영의 주체가 되어 적극 참여할 예정임

○ 추가적으로 유저확보를 위해, 사이트 내 포인트제도, 랭킹제도를 운영하면서 사용자 간의 정보공유를 더 활발히 할 수 있도록 하는 기능을 추가적으로 개발하여 적용할 예정임

○ 지속적으로 업데이트 된 친환경 건축 컨텐츠와 정보는 사이트의 강점으로 자리 잡을 수 있으며, 국내에서 가장 많은 정보를 확보한 플랫폼으로써 자리매김 할 수 있음

○ 정보 측면에서는 미국의 Architecture2030와 글로벌 컨텐츠 제휴를 통해 더 유용한 정보를 계속 추가할 수 있으며 국내에는 친환경건축에 관한 정보를 체계적으로 보여주는 플랫폼이 전무한 실정이므로 교육용 플랫폼으로 활용될 수 있음

○ 5년 이내에, 국내의 친환경 건축 관련 정보의 HUB로 자리매김하여 많은 유저를 확보한다면, 친환경 건축 관련 업체들과의 제휴를 통해 사이트 운영과 추가 개발을 진행할 수 있음

(나) IPD Planner의 활용

○ IPD Planner는 프로젝트에 바로 적용할 수 있는 프로그램으로, 현재도 다른 프로젝트에 적용하여 활용 하고 있음

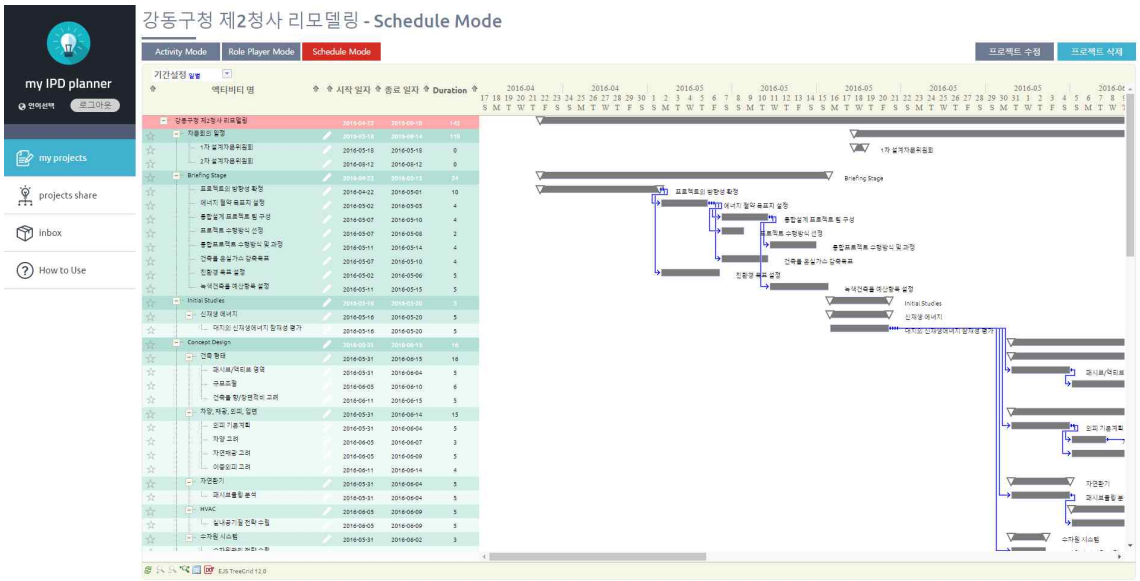


그림 2-40 IPD Planner활용 예 - 강동구청 제2청사 리모델링 프로젝트

- 위의 그림과 같이 강동구청 제2청사 리모델링 프로젝트에 IPD Planner를 활용하여 프로젝트를 진행 중에 있으며, 점차 IPD Process 적용을 위한 프로젝트의 활용이 활발히 이루어질 것으로 기대하고 있음
- IPD Planner는 무료로 사용할 수 있기 때문에, 유저의 진입 장벽이 낮으며, 프로젝트에 참여하는 Role Player들의 협업을 쉽게 할 수 있도록 개발되었기 때문에 다양한 프로젝트에 활용이 가능함
- 미국의 친환경 건축 인증시스템인 LEED에서 IPD Process 적용을 필수로 하고 있는 만큼 친환경 건축 프로젝트에 IPD Process 적용은 국내 친환경 인증 시스템에서도 더 이상 간과할 수 있는 것이 아닐 것으로 여겨짐
- 이에 국내에서 IPD Process를 쉽게 적용할 수 있는 프로그램으로는 유일하기 때문에 추후 인증 시스템과 연계를 도모한다면 프로그램 활용이 더욱 활발해 질 수 있을 것이라 기대됨

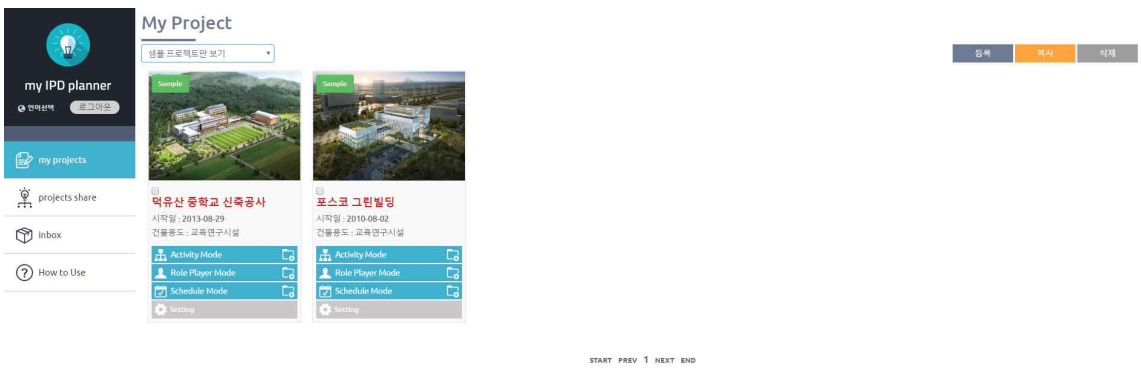


그림 2-41 Sample Case 제공 예시

- IPD Planner 적용 우수 사례들을 계속적으로 Sample Case로 제시하여 국내 친환경 건축 시장에 Role Project를 발굴 할 수 있는 프로그램으로 활용 가능 함
- 본 연구진은 향후 5년 동안 IPD Planner가 건축 시장에 폭 넓게 활용 될 수 있도록 프로그램 홍보에 주력할 것이며, 많은 유저가 사용 할 수 있도록 온라인/오프라인 워크샵 등을 통해 사용자가 프로그램을 쉽게 사용할 수 있도록 지원할 예정임

통합설계 엔지니어링	녹색건축물 통합설계 프로세스 및 엔지니어링

연구 책임자 : 김태연 교수 (연세대 건축공학과)

제 2 절 연구개발 수행 내용

가. 연구목표

최종목표	녹색건축물 통합설계지침 개발 및 설계단계 에너지 성능 분석을 지원하기 위한 툴 개발
세부연구목표	Test-bed에 적용된 요소기술의 성능 검증
	녹색건축물 친환경 통합설계 프로세스 매뉴얼 개발
	녹색건축물 통합설계 프로세스 기본설계단계에서의 에너지성능평가 툴 개발

나. 주요 연구내용 및 성과물

1. 건축물 유형별 녹색건물 프로토타입 개발 및 통합설계지침 개발

- ○ 건축물 유형에 따른 에너지 소비 특성 분석 및 DB화
- ○ 친환경 요소기술 DB구축 및 최적화 요소기술 도출
- ○ Simulation을 통한 요소기술 성능 분석
- ○ 건축물 유형별(업무용 건축물) 통합설계 프로세스 구축
- ○ IDP 설문 조사와 전문가 자문을 통한 녹색건축물 IDP 프로젝트 사후평가

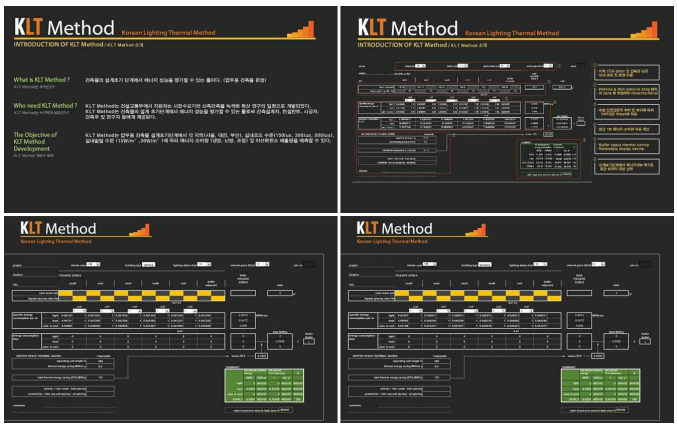


2. 녹색건축물 통합설계프로세스 기본설계단계에서의 에너지성능평가 툴 개발

○ 통합설계프로세스 기본설계단계에서의 에너지성능평가 툴 개발

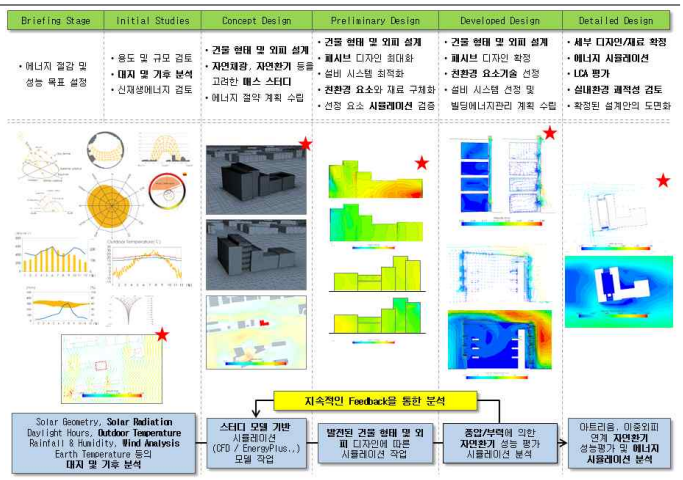
○ 실제 설계 건물과 에너지 성능 비교 분석을 통한 평가 툴 검증

○ 기본설계단계에서의 에너지성능평가 툴에 인접 건물로 인한 에너지 성능 보정계수(Urban Horizontal Factor; UHF) 반영



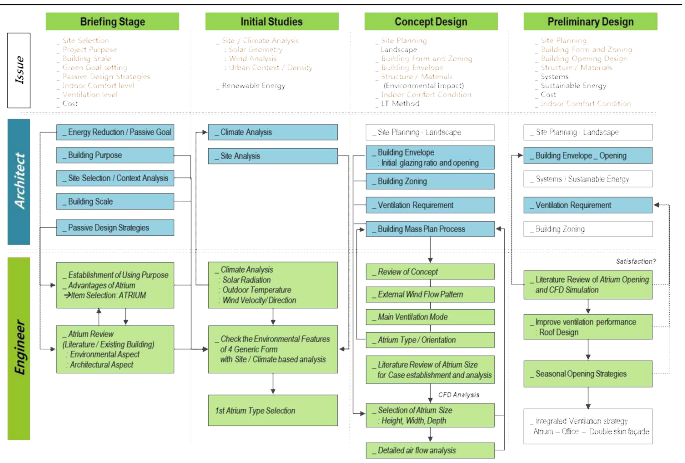
3. 녹색건축물 통합설계프로세스 Test-bed 평가

○ 건축물 유형에 따른 에너지 소비 특성 분석



4. 녹색건축물 통합설계프로세스 요소기술 매뉴얼 개발

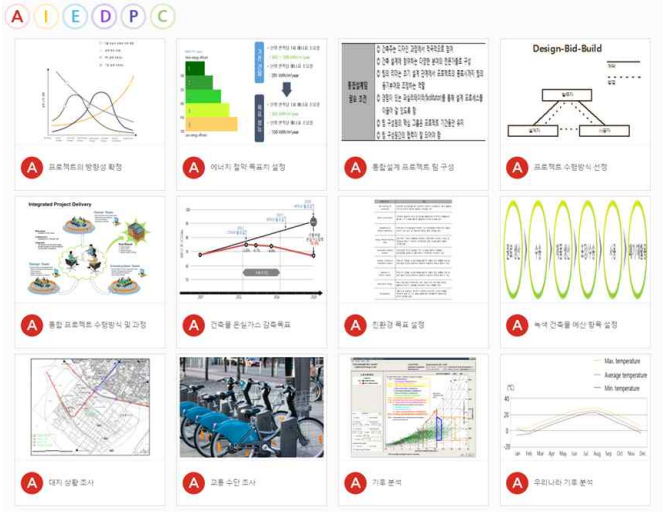
○ 통합설계를 적용한 이중외피의 요소기술 매뉴얼



5. 녹색건축물 통합설계프로세스 가이드라인

○ 통합설계 프로세스 가이드라인의 체계화

○ 통합설계 프로세스 가이드라인 구축



1. 건축물 유형별 녹색건물 프로토타입 개발 및 통합설계지침 개발

가. 건축물 유형에 따른 에너지 소비 특성 분석 및 DB화

(1) 국내에서 신축된 건축물 특정 규모와 용도의 건축물 분석

○ 시장 수요를 기반으로 하여 에너지 저감 목표치에 가장 효율적으로 도달할 수 있는 건축물 용도와 규모를 선정함

○ 최근 신축되고 있는 건축물의 특성 파악을 위한 통계 자료 수집 및 분석

- 통계자료 분석을 통해 소비자의 수요가 가장 많은 건축물이 업무용 시설을 포함한 상업용 건축물임을 파악함
- 녹색건축물 확산을 위한 업무용 건축물의 대상 규모로 연면적 3,000~10,000m²선정

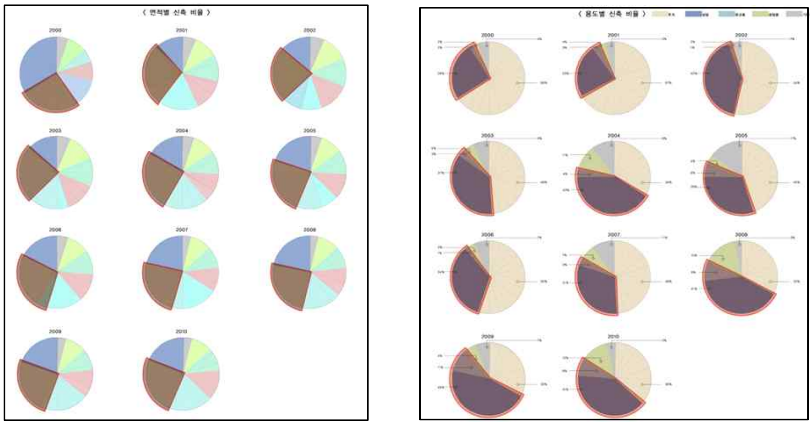


그림 2-42 용도별, 면적별 신축비율

(2) 건축물 에너지 기준에 관한 자료 조사

○ 건축물 에너지 효율등급 인증 규정에 따른 에너지 소비 기준과 기존 건축물의 에너지 소비 패턴과의 비교 분석을 위한 자료 수집

○ 건축물 에너지 효율등급 인증 규정 조사·정리

- 건축물 에너지 기준에 관한 자료조사를 통해 기존 건축물의 에너지 소비실태 파악
- 건축물의 효율 등급에 관한 근거 자료 DB화
- 건축물 에너지 기준 자료를 친환경 요소기술 적용 시 에너지 절감 효과 분석을 위한 비교자료로 활용

(3) 건축물 유형별 에너지DB 기본 틀 구축

○ 기존 건축물의 에너지 소비데이터를 정리하고, 유형별로 소비 특성을 분석하기 위한 기본 틀 구축

- 건축물 유형별 소비특성 분석을 위해 에너지 소비데이터를 건축물 유형별로 분류 (오피스, 교육시설, 병원, 청사)
- 건축면적, 연면적, 구조, 평면도 등의 포괄적인 건축개요 포함한 에너지 DB 틀 구축

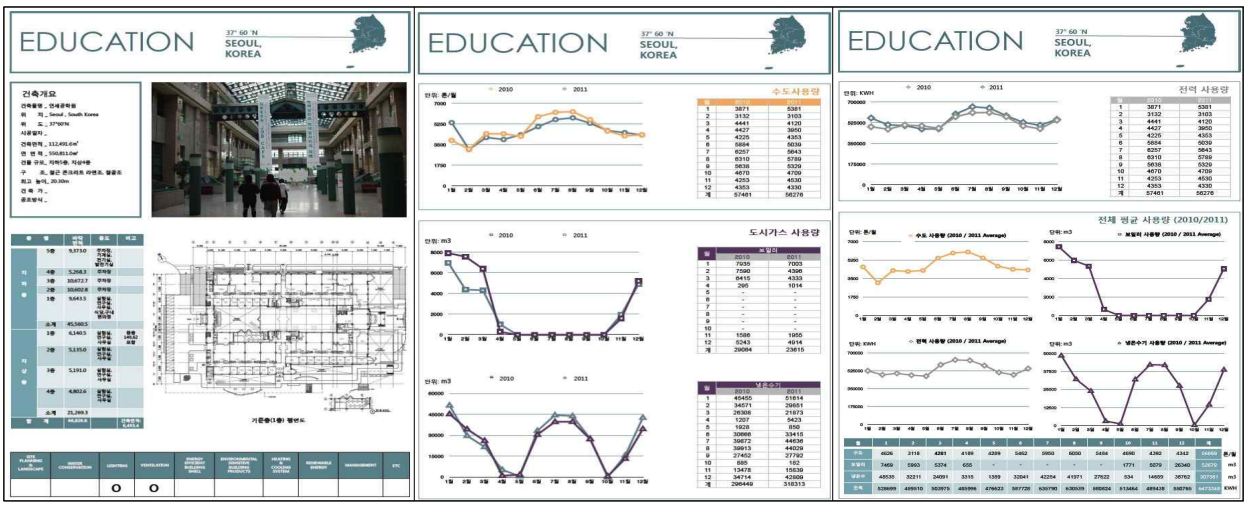


그림2-43 에너지DB 기본 틀]

- 수도, 가스, 전력 소비에 대한 데이터를 월 단위로 분석
- 추후 수집할 건축물 유형별 에너지데이터의 분석 틀로 이용
- 에너지 소비 패턴을 효과적으로 분석함으로써 유형별 효율적인 친환경 요소기술 적용 전략 계획이 가능

(4) 최근 2년간 업무용 건축물 에너지 소비데이터 수집

○ 최근 2년의 업무용 건축물에 대한 에너지 소비데이터를 수집·분석함으로써 최근 건축물 에너지소비 동향을 파악하고 에너지 소비패턴 분석에 활용

- 오피스의 Base규모로 선정한 3,000~10,000m²에 해당하는 업무용 건축물 에너지 소비데이터 수집
- 민간기업과 건설교통부, 국토해양부, 에너지관리공단 등의 공공기관에 자료 요청
- 수집한 에너지 소비데이터를 건축물 유형별 에너지DB 기본 틀에 맞게 정리
- 업무용 건축물의 에너지 소비 DB구축을 통한 소비패턴 분석에 활용
- 업무용 건축물에 사용되는 에너지를 소비유형(냉·난방, 조명 등)에 따라 분류할 기초자료로 활용

(5) 업무용 건축물의 에너지 소비패턴 DB화

○ 수집한 업무용 건축물의 에너지 데이터의 분석을 통해 에너지 소비패턴 DB를 구축

- 에너지 소비 기준과 기존 업무용 건축물의 에너지 소비 패턴과의 비교 분석
- 업무용 건축물의 주요 에너지원과 쾌적에 영향을 미치는 부하 분석
- 월별/계절별 에너지 사용에 따르는 소비패턴 분석
- 건축물 유형에 따른 운영, 재실, 에너지 소비 특성 분석을 통해 표준 건물 유형을 설정
- 향후 Prototype model 개발에 있어 시뮬레이션과 실증사업의 에너지 절감효과 비교분석을 위한 검토 자료로 활용
- 3,000~10,000㎡ 업무용 건축물 설계 시 실질적인 에너지 소비패턴 참고자료

나. 친환경 요소기술 DB구축 및 최적화 요소기술 도출

(1) 친환경 요소기술 현황분석

○ 친환경 요소기술에 관한 시장조사

- 건설시장에서 사용되는 친환경요소기술 DB구축을 위해 주요 건설사의 친환경 요소기술의 수준과 적용 사례를 파악함
- 국내 시장에서 적용되고 있는 135가지 친환경 요소기술을 4가지로 범주로 분류



그림 2-44 135가지 친환경 요소기술 자료 분석

(2) 녹색건축물에 적용된 친환경 요소기술 DB 구축

○ 친환경 요소기술의 분류 기준 설정(그린빌딩 10가지 원칙)

- SITE PLANNING & LANDSCAPE DESIGN
- WATER CONSERVATION
- DAYLIGHTING & NATURAL VENTILATION
- ENERGY EFFICIENT BUILDING SHELL
- SUSTAINABLE BUILDING PRODUCTS
- HEATING, COOLING & VENTILATION SYSTEM
- LIGHTING & ELECTRIC SYSTEMS
- RENEWABLE ENERGY RESOURCES
- BUILDING ENERGY MANAGEMENT
- ECO EDUCATION

○ 녹색건축물에 적용된 친환경 요소기술 DB 구축

- 국내외 녹색건축물 사례조사를 통해 적용된 친환경 요소기술 분석
- 대상 건축물들의 유형을 오피스, 학교, 병원, 청사로 구분
- 대상 건축물들을 규모, 기후지역, 위도 별로 분류
- 10Principle의 분류기준에 맞게 적용된 요소기술 체크
- 조사한 건축물들에 적용된 요소기술들의 특징 분석
- 요소기술에 대한 분류기준을 체크리스트로 활용
- 국내외 녹색건축물 93건을 분류한 양식에 맞게 건축물 유형별 요소기술 정리

(3) 건축물 유형별 건축물에 적용된 친환경 요소기술 분석

○ 건축물 유형별 친환경 요소기술 적용빈도 분석

	연면적 (X)	1. site planning & landscape	2. water conservation	3. lighting	4. ventilation	5. energy efficient building shell	6. environmental sensitive building products	7. heating & cooling system	8. renewable energy	9. management	10. eco application
office	X < 3,000m2	Eco-friendly landscape(3)	Grey & Rain water Recycling System(2)	Eco-Void Shading Device		Low-e Glazing Double Glazing	Harvested Wood Envronmental local material	Ice thermal storage system Thermally activated building system	PV Pannels(2) BIPV Biomass energy Geo-thermal(2)	Energy Monitoring System BEMS	
	원리 적용 횟수	3	2	2		2	2	2	6	2	
	3,000m2 < X < 10,000m2	Eco-friendly landscape(5) Green Roof Green Stair	Water-saving equipment Grey & Rain water Recycling System	Shading Device(4) Atrium(6) Eco-Void Light Shelf	Solar Chimney(2) Atrium(5) Thermal Flues Top-hinged sash windows	Double Skin Façade Low-e Glazing Triple Glazing	Recycled materials(4) Eco-friendly Painting & Coatings Non-toxic materials(2)	Under-floor air distribution system(2) Chilled Beam Natural gas cogeneration	PV Pannels(2)	Outdoor air delivery monitoring	
	원리 적용 횟수	7	2	12	9	3	7	4	2	1	
	10,000m2<X	Eco-friendly landscape(3) Green Roof(4)	Grey & Rain water Recycling System(7) Water-saving equipment	Dimming control system(5) Shading Device(6) Atrium(3) LED(2) Light duct Eco-Void	Solar Chimney(3) Atrium(3) Hybrid Ventilation	Low-e Glazing(2) Thermal Mass Honeycomb Insulation Double Glazing	Recycled materials(3) FSC-certified Wood Eco-friendly Painting & Coatings	Cool Tube Ice thermal storage system(2) Radiant Heating&Cooling System Under-floor air distribution system(2) CHP	PV Pannels(4) BIPV(3) Geo-thermal(4)	BEMS(2) BEWMS CO2 Sensor(2) CO Sensor Indoor Temperature control system(2)	Dirt-removal System
	원리 적용 횟수	7	8	18	7	5	5	7	11	8	1
education		Green Roof(4) Eco-friendly landscape(15)	Grey & Rain water Recycling System(10)	Shading Device(8) Eco-Void Dimming control system(4) Atrium(2) Sun roof Light Shelf	Atrium(2) Solar Chimney(2) Operable windows	Low-e Glazing(4) Double Skin Façade Terra-cotta Roof Masonry wall Double Glazing	Recycled materials(4) Low-emitting materials Non-toxic materials(2) Envronmental local material	Thermo labyrinth(2) Thermally activated building system Under-floor air distribution system	PV Pannels(8) Geo-thermal(6) Solar Tower BIPV		Shallow Plan
	원리 적용 횟수	19	10	17	5	8	8	4	15		
government building		Eco-friendly landscape		Shading Device(2) Atrium	Atrium	Double Glazing(2) Triple Glazing			PV Pannels(2)		
hospital		Green Roof(4)	Water-saving equipment	Shading Device(2) Eco-Void clerestory		Thermal Mass	Non-toxic materials(2)		PV Pannels Geo-thermal		

그림 2-45 친환경 요소기술별 녹색건축물 적용빈도 분석

- 요소기술 DB를 기반으로 업무용 외 비주거용 건축물에 적용된 친환경 요소기술의 적용빈도를 파악하여 건축물 유형별로 주로 적용되고 있는 요소기술 분석
- 업무용 건축물은 연면적(3,000㎡이하, 3,000~10,000㎡, 10,000㎡이상) 기준 3가지로 나누어 요소기술 분석
- 업무용 건축물은 자연채광(daylighting), 에너지 절약형 외피시스템(environmental sensitive building products), 에너지 효율적인 공조시스템(heating & cooling system), 신재생에너지(renewable energy)에 속한 요소기술이 많은 적용 빈도를 보이는데 이는 업무용 건축물의 에너지 소비패턴 특성상 냉방과 조명부하가 높기 때문에 위와 같은 요소기술의 적용빈도가 높은 것으로 판단하였음
- 연면적 10,000㎡이상의 업무용 건축물은 에너지 소비량이 다른 유형의 건축물보다 많기 때문에 건물 설비 및 기기 등을 효율적으로 컨트롤하여 종합적으로 에너지 절약하는 에너지관리시스템의 요소기술이 높은 빈도로 적용되고 있는 것으로 판단됨
- 생태적 외부공간의 조성(Site planning & landscape design), 수순환 체계 구축 및 수자원 절약(water conservation), 자연채광(daylighting)은 건축물 유형 전체적으로 높은 적용빈도를 보이지만 학교 건축물 내에 상대적으로 더욱 높은 요소기술 적용 빈도를 보이고, 신재생에너지(Renewable energy), 건물에너지관리(Management)는 낮은 적용 빈도를 보이고 있는데 친환경 외부 공간과 우수 및 중수 시스템 계획이 적은 비용으로 효율적으로 에너지 절감효과를 보이고 공공건물에서 도시 생태적 문제 및 삶의 질에 대한 문제를 해결 할 수 있는 대안으로 적극적으로 활용되기 있기 때문이라고 판단

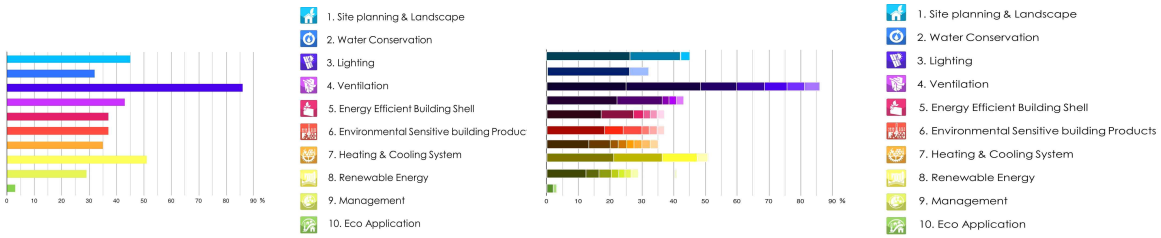


그림 2-46 시장에서 통용되는 친환경 요소기술 세부 분류

○ 건축물 유형에 따른 최적화 녹색요소기술 도출

- 본 연구에서 대상으로 선정한 건축물 유형(연면적 3,000~10,000m², 업무용 건축물) 범위에서 적용 빈도가 높은 요소기술 분석
- 업무용 건축물 유형에 최적화된 12가지 친환경 요소기술 도출 : 대지조경, 중·우수 재활용 시스템, 차양장치, 아트리움, 이중외피, 로이유리,재활용 자재, BIPV, 지열 이용 냉난방 시스템, 바닥공조, 빙축열, 건물에너지관리시스템(BEMS)

다. Simulation을 통한 요소기술 성능 분석

(1) 친환경 요소 기술 별 에너지 절감 가능성 비교

○ 연간 단위 면적당 총 에너지 부하 변화 비교

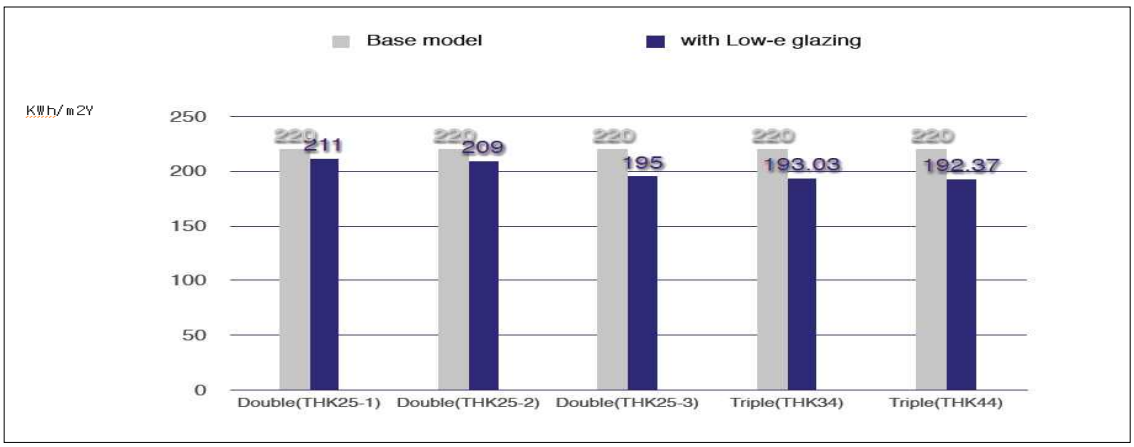


그림 2-47 로이유리 적용 케이스 별 총 에너지 부하 변화

- Clear Glass6/Argon13/Clear Glass12를 적용한 base 모델을 기준으로 로이유리 적용 케이스 별 총 에너지 부하 변화를 분석
- 전체적으로 Double glazing 보다는 Triple glazing의 적용에 따른 에너지 부하 절감 성능이 더 높게 나타남
- 에너지 부하 절감 성능이 가장 낮게 나타난 것은 THK 25(Clear Glass6/air13/Clear Low-E6) Double glazing으로, 약 9kWh/m²year 절감
- 에너지 부하 절감 성능이 가장 크게 나타난 것은 THK 44(Clear Low-E6/Argon13/ ClearGlass6/Argon13/Clear Low-E6) Triple glazing으로, 약 27.6 kWh/m²year 절감

- 이중외피의 경우 남측 부분 적용 하였고 그에 따른 총 에너지 부하 절감은 13.5kWh/m²year로 나타남
- 남측차양과 동,서측 블라인드 적용에 따른 총 에너지 부하 절감은 약 20kWh/m²year

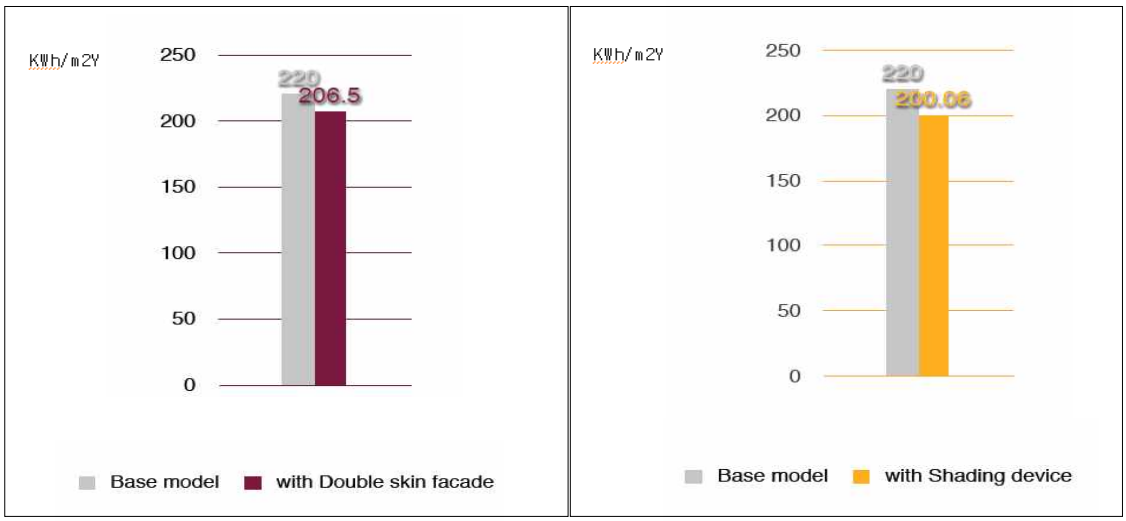


그림 2-48 이중외피와 차양 장치 적용 시 총 에너지 부하 변화

(2) 친환경 요소 기술 적용에 따른 월별 에너지 부하 변화 비교

- 이중 창호 혹은 삼중 창호를 적용 시 4계절에 걸쳐 부하를 절감하는 모습을 보임
- 이중 창호 혹은 삼중 창호의 적용은 가격 대비 효용성을 따졌을 때, 가장 기본적이고 필수적인 요소 기술로 평가됨
- 특히, Triple Glazing THK35의 적용에 따른 부하 절감 성능이 가장 높게 나타남

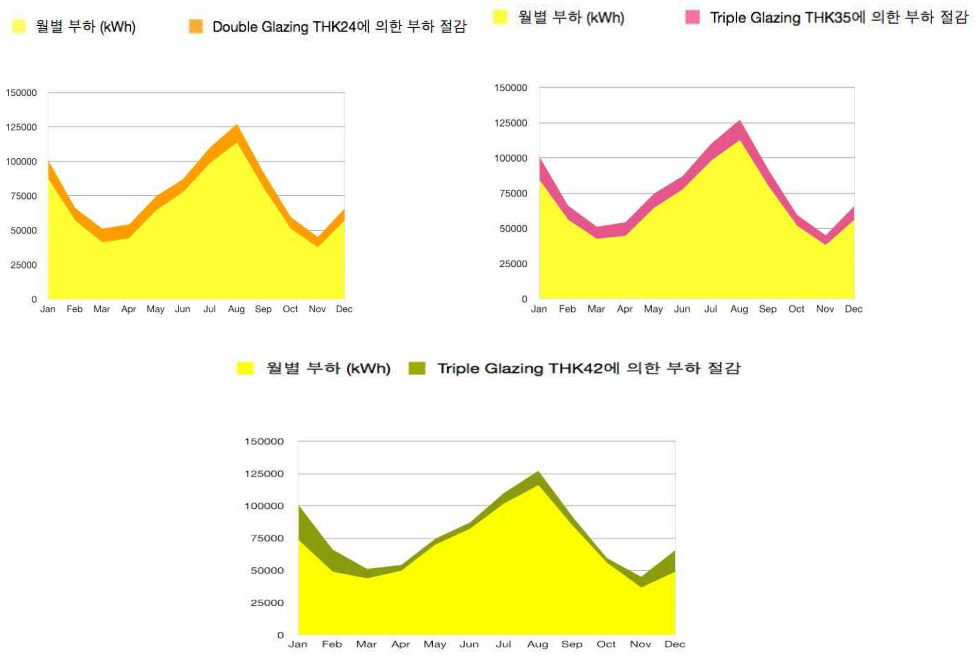


그림 2-49 이중 창호 혹은 삼중 창호를 적용 시 월별 에너지 부하 변화

- 차양 적용 시, 여름철에는 일사를 차단함에 따라 냉방부하 절감. 하지만 겨울철에는 오히려 일사가 차단됨에 따라 난방부하 절감 성능이 미비
- 이중외피 역시도 여름철과 봄, 가을에는 절감 성능을 보였지만 겨울철에는 난방부하 절감 성능 미비

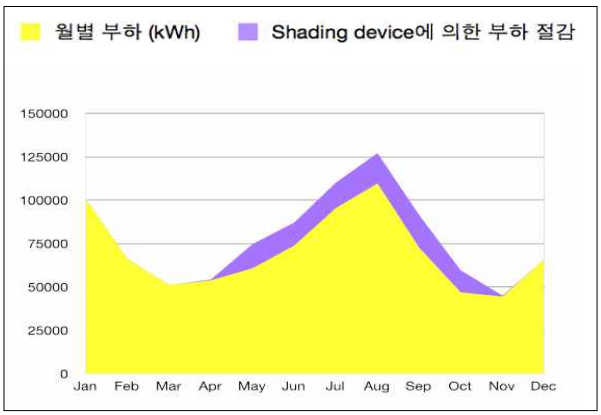


그림 2-50 차양 적용 시 월별 에너지 부하 변화

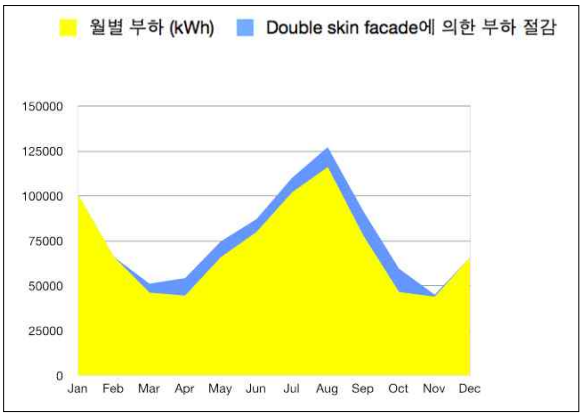


그림 2-51 이중외피 적용 시 월별 에너지 부하 변화

(3) 친환경 요소 기술 조합에 따른 월별 에너지 부하 변화

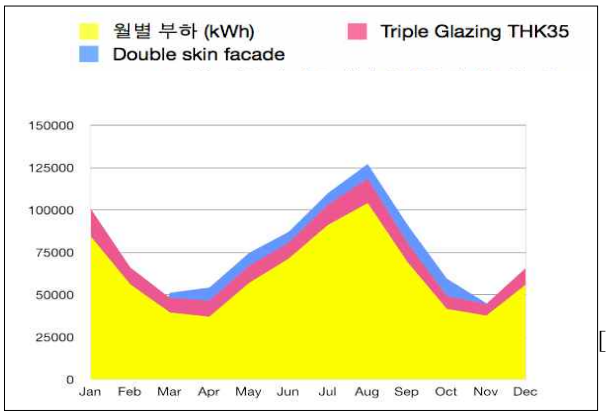


그림 2-52 삼중 창호와 이중외피 동시 적용 시 월별 에너지 부하 변화

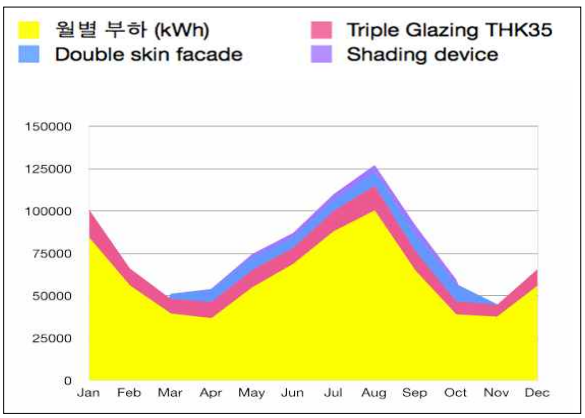


그림 2-53 삼중 창호, 이중외피, 차양 동시 적용 시 월별 에너지 부하 변화

라. 건축물 유형별(업무용 건축물) 통합설계 프로세스 구축

(1) 통합설계 프로세스의 경향 분석 및 한계점 도출

○ 통합설계 프로세스와 기존 디자인 프로세스의 비교

○ 기존 통합설계 프로세스 경향 및 통합설계 프로세스 개발 사례 조사

○ 국내 건축 시장에서 적용될 수 있는 새로운 통합설계 프로세스에 대한 연구의 필요성 도출

표 2-4 기존 친환경 통합설계 프로세스의 한계점 및 개선 방향

한계점	개선방향
건축물 유형별 적용 대상의 부재	- 프로젝트 속성에 따른 프로세스 연구 - 대상 건축물 유형에 따른 체크리스트 제시 - 국내 시장에 맞는 단계별 대안 요소 연구
설계 가이드라인의 체계성 문제	- 구체적인 친환경설계의 단계별 역할 제시 - 합리적 피드백 과정 및 디자인 샬렛 제시 - 경직된 가이드라인 구조의 재구성 - 국내 건축물 시장에 적용가능한 의사 조율 과정 제시

(2) 친환경 요소 기술 구분 및 적용 전략

○ 통합설계 건축물에 요구되는 친환경 설계 요소 : 그린빌딩 10가지 원칙에 따른 친환경 건축 요소로 분류

○ 10가지 특화된 친환경 설계 요소를 IDP 체크리스트에 도입

• 친환경 통합설계 프로세스에서 단계별 각 전문가팀의 역할 분담과 단계별 운용의 설정, 합리적인 피드백 과정과 불필요한 디자인 샤렛 과정을 줄이기 위한 국내형 체크리스트를 구축

(3) IDP(Integrated Design Process) 단계별 구성안

○ 설계 프로세스 디자인 팀 구성 방식 제안

• 건축디자인, 에너지디자인, 구조디자인, 시공/Cost의 4가지 영역의 팀을 구성하여 각 단계별로 구체적인 업무분담, 체크리스트를 제시

○ 친환경 건축 설계에 특화된 IDP

• 친환경 설계의 완성도를 높이기 위해, 에너지디자인팀 전문가들의 역할을 더 세분화

• 에너지 디자인팀의 선행 연구를 통해 건축디자인, 구조, 시공 팀에 업무 전달과 피드백 과정을 진행

○ 단계별 세부사항

• 예비조사 (Preliminary studies) 단계

표 21-5 예비조사 단계

건축디자인	구조디자인	시공/COST
-대지조사(도시적, 건축적, 기후적)	-그린구조시스템 아이디어제시	- 그린시공시스템 아이디어제시

-site planning & landscape(P1)	건축디자인
-water conservation(P2)	건축디자인
-management(P10)	구조디자인 시공/COST
에너지디자인	

• 개념설계 (Sketch studies) 단계

표 2-6 개념설계 단계

<table>
<tr><th>건축디자인</th><th>구조디자인</th><th>시공/COST</th></tr>
<tr><td>-배치계획(향/조닝)
-공간계획(실/층고)
-입면계획(디자인)</td><td>-재료계획
(구조시스템)</td><td>-비용계획(LCC검토)
-행정당국
(물 사용 아이디어 자문)</td></tr>
<tr><td colspan="2">-natural daylighting(P3)</td><td rowspan="3">건축디자인</td></tr>
<tr><td colspan="2">-natural ventilation(P4)</td></tr>
<tr><td colspan="2">-energy efficient building shell(P5)</td></tr>
<tr><td colspan="2">-sustainable building material(P6)</td><td>구조디자인</td></tr>
<tr><td colspan="2">-renewable energy(P9)</td><td rowspan="2">시공/COST</td></tr>
<tr><td colspan="2">-water conservation(P2)</td></tr>
<tr><td colspan="3">에너지디자인</td></tr>
</table>

• 기본설계 (Pre Project) 단계

표 2-7 기본설계 단계

<table>
<tr><th>건축디자인</th><th>구조디자인</th><th>시공/COST</th></tr>
<tr><td>-배치/조경계획
-공간계획(로비,외풍
,환기,채광)
-입면계획(창호,환기,채광)</td><td>-재료계획
(열관류평가,
친환경재료사용)</td><td>-제안된 아이디어의 구체적
LCC평가 및 LCA평가
-세부계획 법규검토
-예상 성능 평가</td></tr>
<tr><td colspan="2">-site planning & landscape(P1)</td><td rowspan="4">건축디자인</td></tr>
<tr><td colspan="2">-natural daylighting(P3)</td></tr>
<tr><td colspan="2">-natural ventilation(P4)</td></tr>
<tr><td colspan="2">-energy efficient building shell(P5)</td></tr>
<tr><td colspan="2">-sustainable building material(P6)</td><td>구조디자인
시공/COST</td></tr>
<tr><td colspan="3">에너지디자인</td></tr>
</table>

• 본설계 및 상세설계(Basic & Execution Project) 단계

표 2-8 본설계 및 상세설계 단계

<table>
<tr><th>건축디자인</th><th>구조디자인</th><th>시공/COST</th></tr>
<tr><td>-배치/건물계획
(단열,지붕,중수,우수,오수계획)
-입,단면계획
(적정층고,파사드/판유리
비율,열회수)</td><td>-재료계획
(지속가능,고효율에
너지,지역재료)
-부재 단위에서
최적구조설계기법
제시 및 평가</td><td>-시공 기준 점검
(단열재,로이유리,결로방지,시설
관리)
-완료된 설계안의 LCC및
LCA분석</td></tr>
<tr><td colspan="2">-water conservation(P2)</td><td rowspan="2">건축디자인</td></tr>
<tr><td colspan="2">-natural daylighting(P3)</td></tr>
<tr><td colspan="2">-heating&cooling system(P7)</td><td rowspan="2">건축디자인
시공/COST</td></tr>
<tr><td colspan="2">-electrical&lighting system(P8)</td></tr>
<tr><td colspan="2">-energy efficient building shell(P5)</td><td rowspan="2">시공/COST</td></tr>
<tr><td colspan="2">-management(P10)</td></tr>
<tr><td colspan="2">-sustainable building material(P6)</td><td rowspan="2">구조디자인</td></tr>
<tr><td colspan="2">-renewable energy(P9)</td></tr>
<tr><td colspan="3">에너지 디자인</td></tr>
</table>

(4) IDP 체크리스트 구축

○ IDP 의 전략적 전문가 활용 방안

- 개념화 단계(예비조사, 개념설계), 기본설계, 상세설계로 단계별 전문가들의 투입과 업무 분담을 구체적으로 제시

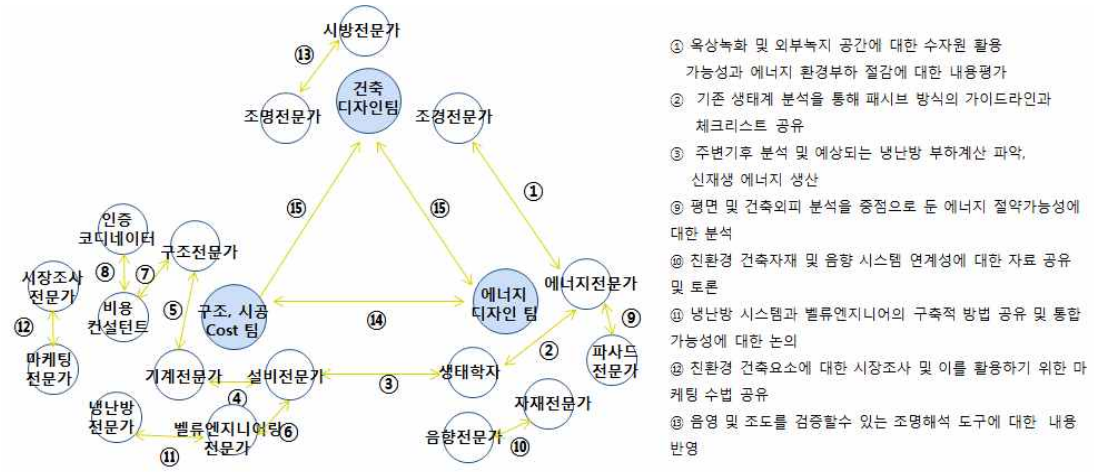


그림 1-54 상세설계단계ㅡ전략적 전문가 활용 방안

○ IDP 의 전략적 체크리스트 구축

- 에너지디자인 팀의 업무를 중심으로 건축디자인팀, 구조/시공/COST 팀은 서로의 업무 분담을 하며, 피드백과정과 디자인 워크샵을 통해 단계별 의사 결정을 진행

표 2-9 개념화 단계-예비조사 단계 체크리스트

건축디자인 팀	에너지디자인 팀	구조, 시공, COST 팀
▪ **대지 조사** - 도시적 맥락에 따른 프로젝트 성격의 적합성, 관계성 검토 및 적용방안 모색 ☐ - 기후 데이터 분석을 통한 설계 개념 아이디어 제시 ☐ - 친환경, 지역성을 활용한 설계 안 모색 ☐ ▪ **팀의 목표 설정** - 초기 친환경 성능 목표와 정량적 수치 및 실행 전략 마련을 위한 계획 ☐ - 건축주의 고성능 건물설계 의지 확인 ☐ ▪ **디자인 팀 조직** - 프로젝트의 고성능 목표를 인지하고 있는지 확인 ☐ - 팀의 리더로 프로젝트 전문가 구성원들에게 계획 목표와 연관된 기술, 경험의 인지 및 각인 ☐ ▪ **프로그램 계획** - 건축주 요구에 따른 건물의 규모 결정 ☐ - 건축주 요구에 따른 건물의 용도 결정 ☐	▪ **대지 조사** - 환경 영향 평가 실시 ☐ - 기후 데이터 분석 (macro scale) ☐ - 미시 기후 데이터 분석 (micro scale) ☐ - 주요 풍향 및 풍속 데이터 분석 ☐ - 주변지역 식생 분석 ☐ - 배치, 향을 위한 대지 조건 분석 ☐ - 조도 및 일사량 분석 ☐ - 수자원 활용 방안을 통한 강우량 및 강수량 데이터 분석 ☐ - 도심지 내 주변 인접 건물 환경에 관한 물리적 데이터 분석 ☐ - 대지 내 생태 등급 평가 ☐ - 대지 내 재사용 재료 평가 ☐ ▪ **프로그램 계획** - 미시기후를 통한 실내 공간계획에 관한 데이터 검토 (실내 기류 평가를 통한 프로그램 계획) ☐ - 용도 및 규모 설정을 위한 ASHRAE 평가 (단위 면적 당 재실자 수, 조명 부하 계산, 이용시간에 따른 에너지 사용계산) ☐	▪ **대지 조사** - 토양 안정성 및 지내력 평가 ☐ - 대지 내 재사용 재료 평가 및 분석 ☐ - 자재 운송과 공사 관리 및 시공 방법의 계획을 위한 교통 및 도시적 맥락 분석 ☐ ▪ **팀의 목표 설정** - 건물의 생애주기에 걸친 경제성 분석 ☐ - 비용, 일정, 정성적 결과물 보고서작성 ☐ ▪ **디자인 팀 조직** - 달성 성능에 따른 인센티브 지급 검토 ☐ ▪ **예산분석** - 상세설계 시 요소기술 사용 여부에 따른 여유 있는 예산 계획 ☐ - 빠른 디자인 의사 결정을 위한 비용 분석과 BIM 적용 가능성 검토 ☐ - 시스템에 따른 비용 분류 ☐ - 벤치마킹을 통한 시장의 시세와 프로젝트의 비용 비교 ☐

마. IDP 설문 조사와 전문가 자문을 통한 녹색건축물 IDP 프로젝트 사후평가

○ Test-bed 설계 과정에서 드러난 IDP draft 모델 국내 적용의 한계점 도출
○ Test-bed 프로젝트 참여 인원과 건축 관련 실무자들을 대상으로 국내 IDP 적용의 기대효과와 한계에 관한 설문 조사 실시
○ IDP 전문가의 자문 내용을 바탕으로 녹색건축물 IDP 모델 개발 방향 설정

(1) 국내 IDP 기대효과와 한계에 관한 설문

○ 설문대상

- Test-bed 프로젝트 참여 인원 포함 건축 관련 실무자(건축가, 구조 전문가, 기계 설비 기사, 전기 기사, 조경사, 시공자, 건물 에너지 전문가 및 CM 등)

○ 설문지 구성

- 설문조사는'국내 IDP 적용 기대 효과와 한계'라는 제목으로 실시
- 설문조사 항목과 세부사항은 다음 표와 같음
- 설문조사를 통해 통합설계프로세스 국내 적용을 위한 시장 파악과 문제점을 진단
- 설문조사 결과 분석을 토대로 녹색건축물 통합설계프로세스(IDP) 모델 체계 확립의 틀 마련
- 앞서 구축한 통합설계프로세스 draft 모델에 실무자들의 요구를 반영한 현실적인 통합설계프로세스 모델 구축을 목적으로 함

표 2-10 설문조사 개요

조사항목	세부사항
일반사항	- 통합설계프로세스에 대한 이해도 - 통합설계프로세스를 적용한 프로젝트 참여 여부 - 참여한 프로젝트의 건물 유형 및 규모
통합설계프로세스 국내 적용의 한계 및 기대효과	- 통합설계프로세스 적용을 통한 이점 (사회, 경제, 기술, 환경적 측면) - 통합설계프로세스 국내 적용의 장애요소
통합설계프로세스 체계 확립을 위한 실무자들의 요구 파악	- 통합설계프로세스 설계 단계 구분 - 기존 통합설계프로세스 모델의 보완 필요사항 - 실무 적용에 용이할 것으로 예상되는 통합설계 프로세스 모델 유형에 관한 요구 분석 - 통합설계프로세스 회의

(2) 설문조사 결과

○ 일반사항

- 설문조사의 응답자는 총 62명으로서 분야별 참여자 분포는 그림과 같음. 해당 분야 근무 경력 평균은 7년임

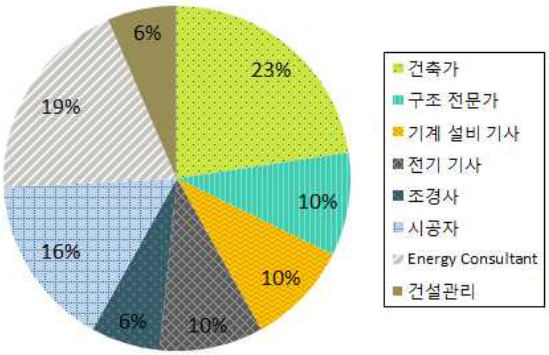


그림 2-55 해당 분야별 응답자 분포

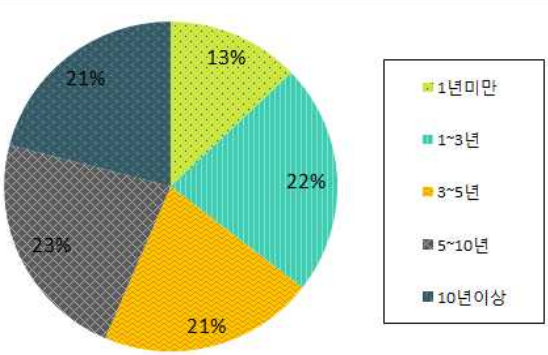


그림 2-56 응답자 해당 분야 근무 경력

- 통합설계프로세스에 대한 이해도에서 과반수가 보통 이상이라고 답하였지만 IDP개념 이해도 측면에서 '다양한 분야의 전문가들이 모여 설계를 진행 하는 과정' 정도로만 인식
- 통합설계프로세스를 적용한 프로젝트 참여 경험 조사 결과, 1회가 73.7%로 가장 많았고 2회가 15.8%, 3회가 10.5%로 나타남. 보통 수준의 이해도와 마찬가지로 프로젝트 경험 기회 또한 많지 않은 것으로 판단됨
- 참여 프로젝트 건물 유형은 업무용(61.9%), 교육 연구시설(33.3%), 주거용(28.6%) 순으로 나타남

○ 통합설계프로세스 국내 적용의 한계 및 기대효과

- 기존 통합설계프로세스 모델의 문제점 분석 결과,'문자 중심의 내용 구성'(45%)이 가장 큰 비율을 차지함. 그 외에'예시 부족'(21%). 친환경 요소기술에 대한 내용 부족 등이 지적됨
- 통합설계프로세스 국내 적용의 한계에 있어서는 통합설계 전문가의 부재로 인한 방향성 상실이 가장 큰 문제점으로 지적됨. 통합설계프로세스에 대한 낮은 인식 수준과 협업 상의 수직적인 관계 또한 국내 적용의 큰 걸림돌로 지적됨
- 녹색건축물 통합설계프로세스(IDP) 적용을 통한 기대효과에 대해서는'건축물의 에너지 성능 향상'실무자들의 가장 큰 기대효과로 나타남
- '회의를 통한 원활한 의사결정' 및 '건축물의 친환경 인증 가능성 증대' 역시도 높은 비율을 차지함

○ 통합설계프로세스 구성 체계

- 설계 단계에 관한 설문 결과, 세분화된 5단계가 4단계보다 더 높은 비율을 보임. 통합설계프로세스 도입 초기인 국내의 경우, 상세한 지침을 바탕으로 업무 효율을 높여야 함에 따라 설계 초기 단계를 세분화한 5단계(예비조사, 개념설계, 기본설계, 본설계, 상세설계)가 기존 설계 4단계 구분(기획설계, 계획설계, 기본설계, 상세설계)보다 더 적합할 것이라는 실무자들의 판단에 의한 결과로 분석됨

○ 통합설계프로세스 모델 구성요소에 관한 조사

- (P1) 단계 별 목표 및 주요 업무 (P2) 친환경 건축 설계 구현 전략 (P3) 설계 참여 주체 별 역할 (P4) 친환경 건축 성능 평가 방법 (P5) 친환경 요소 기술 적용 지침 (P6) 단계별 결과물 Check List (P7) 친환경 인증 Credit (P8) 통합설계프로세스 적용 사례를 보기로 두고 이 중 실무자들의 입장에서 통합설계프로세스 수행을 위해 가장 유용할 것으로 기대되는 구성요소를 선택하도록 함. 설문 결과, 참여자의 역할을 정의한 (P3)유형에 대한 요구가 가장 큰 것으로 나타남. 다음으로 녹색건축물 설계 구현을 위한 전략(P2), 각 단계 별 주요 Activity를 Process에 따라 정리한 모델(P1)이 그 뒤를 이음. 그 외에 친환경 건축 성능 평가 방법(P4)과 친환경 요소 기술 적용 지침(P5) 또한 많은 응답자들이 선택
- 설문조사 내용을 반영하여 3가지 통합설계프로세스 모델 개발

(3) 녹색건축물 통합설계프로세스(IDP) 3가지 모델

○ 설문조사와 Test-bed 수행을 통해 1차년도 Draft 모델의 문제점을 분석하고 이를 토대로 녹색건축물 통합설계프로세스(IDP) 모델을 구축

○ 녹색건축물 통합설계프로세스(IDP) 모델의 체계

○ 녹색건축물의 성능을 최적화하기 위한 설계와 엔지니어링의 통합 모델을 구축하여 건축 분야의 실무진들에게 구체적인 지침을 제시

○ 각 설계 단계(Briefing stage, Initial Studies, Concept Design, Preliminary Design, Developed Design, Detailed Design)에 따라 구체적인 결과물을 제시하여 설계단계 별 명확한 목표 제시

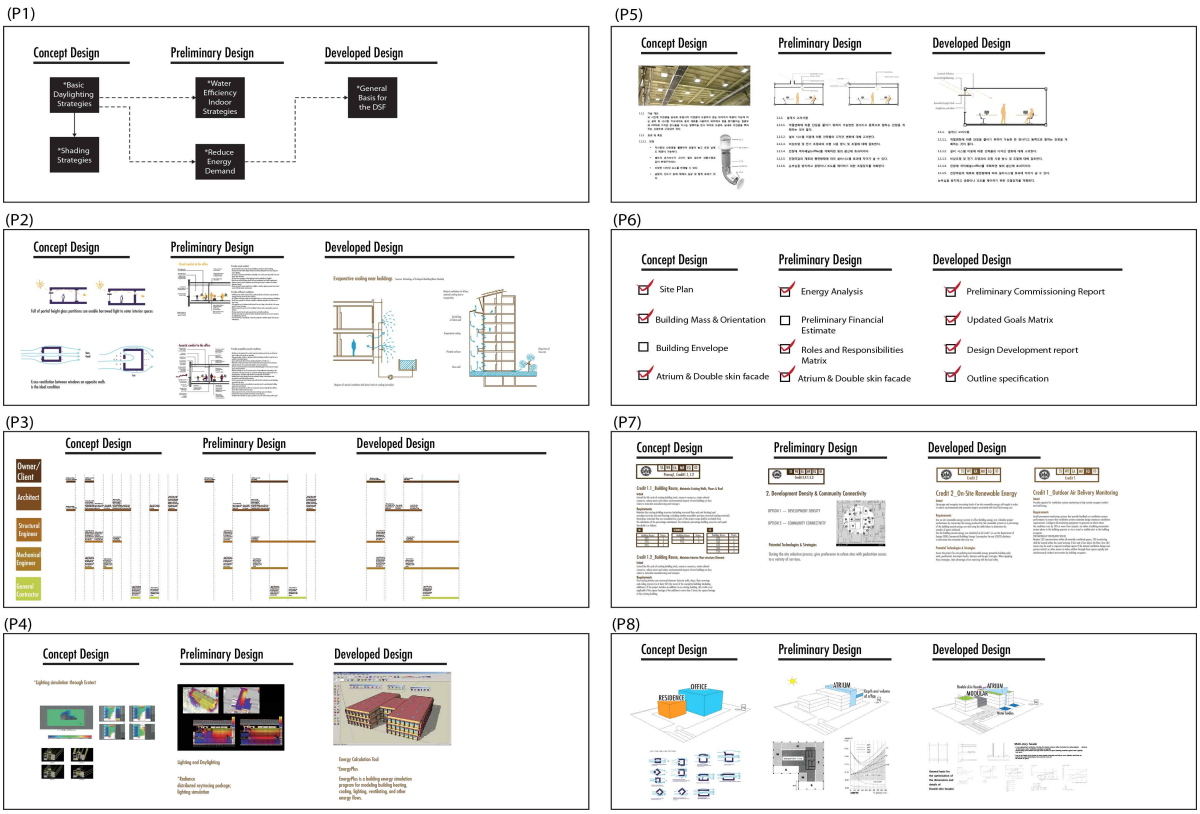


그림 2-57 통합설계프로세스 8가지 구성요소

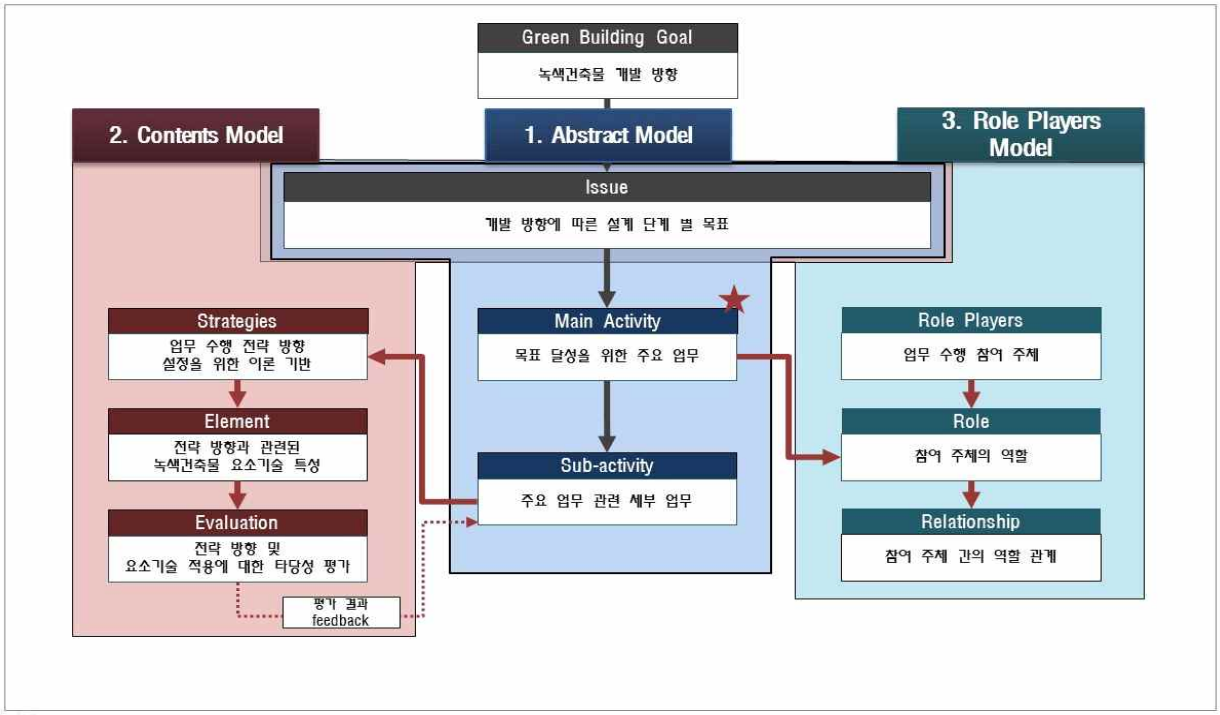


그림 2-58 녹색건축물 IDP의 구성

2. 녹색건축물 통합설계프로세스 기본설계단계에서의 에너지성능 평가 툴 개발

가. 통합설계프로세스 기본설계단계에서의 에너지성능평가 툴 개발

(1) 기본설계단계 에너지성능평가 툴 필요성

○ 건축물의 에너지성능은 설계초기단계에 결정되는 디자인 요소들에 가장 큰 영향을 받음

○ 기본설계단계 이후에 건물의 에너지성능을 평가하여 수정할 경우, 비용 상승의 문제점이 있음

○ 에너지 성능 평가를 위해서 Input data들이 필요하지만 디자인 초기에는 대부분 존재하지 않기 때문에 이를 고려한 에너지 평가 툴이 필요함

(2) 국내실정에 맞는 기본설계단계 에너지 평가 툴 개발

○ 국내 기준에 맞는 Input data 설정

- 벽체 열관류율은 녹색건축물 조성 지원법 건축물의 에너지절약설계기준에 의거하여 0.25, 0.3, 0.3 5W/㎡·K로 설정함
- 조명은 한국산업규격 사무실 조도 기준에 의거하여 150, 300, 500lux로 설정함
- 기기부하는 미국난방냉동공조학회 ASHRAE Fundamental 2009 기준에 의거하여 실내발열수준은 5, 10W/㎡로 설정함
- 유리 열관류율은 녹색건축물 조성 지원법 건축물의 에너지절약설계기준에 의거하여 1.4, 1.7, 2.0W/㎡·K로 설정함

표 2-11 국내 기준에 맞는 Input data

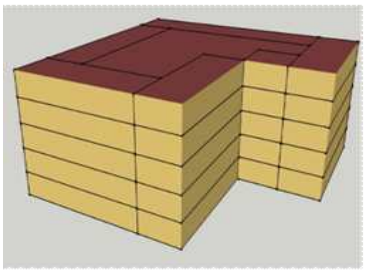
ENERGY USE	ENERGY FLOW	INPUT DATA
Cooling Energy	External solar gains	Wall property : U-values : wall 0.35, roof 0.35
	Conductive gains	Glazing property : SHGC: 0.419, U-values 2.85
	Ventilation gains	Ventilation rate :34m3/h·person Schedule : 주5일, 11시간(am8:00 ~ pm7:00) 근무
	Internal gains	Lighting power : 6W/m2 Dimming Control : 150lux People : 10m2/person
Heating Energy	Conductive loss	Glazing property : SHGC : 0.419, U-values : 2.85 Wall property : U-values : wall 0.35, roof 0.35
	Ventilation loss	Ventilation rate : 34m3/h·person People : 10㎡/person Schedule :주5일, 1시간(am8:00 ~ pm7:00) 근무
Lighting Energy	Daylighting factor	Visible Light Transmission : 0.815 Lighting power : 6W/ ㎡ Dimming Control
	Illumination	150, 300, 500lux

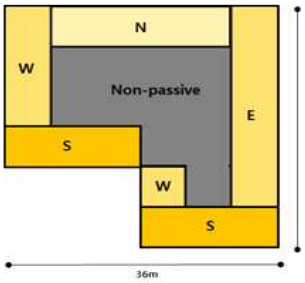
○ 에너지 성능평가를 위한 시뮬레이션 베이스 모델 설정

- 앞서 도출한 녹색건축물 확산을 위한 업무용 건물의 대상 규모인 연면적 3,000m²~10,000m²에서 5,400㎡, 5층, 층높이 5m 규모의 베이스 모델 설정함
- 기존에 에너지 소비량 평가 자료가 있는 건물 형태로 계획하여 에너지 성능 비교 검증

○ Passive zone & Non-Passive zone 면적 산정

- Passive zone은 자연채광, 자연환기가 가능한 공간으로 면적 산정 시 남, 동/서, 북쪽을 우선적으로 결정하고 남은 면적은 Non-Passive zone 간주함
- 옥상 층은 일사와 외기 영향을 많이 받으므로 별도로 Horizontal Zone을 설정하여 계산함
- Passive zone 깊이는 보통 천장 높이의 2배로 산정하여 계산함



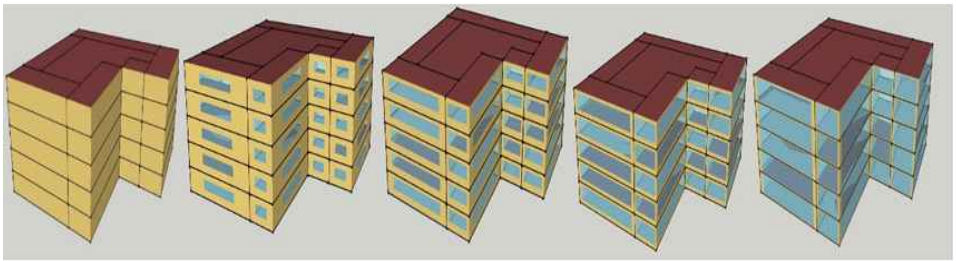


Model data	
연면적 (m²)	5400
층수 (층)	5
층높이 (m)	3
Zone 구성 (개)	7개

그림 2-59 시뮬레이션 모델 설정-Passive zone & Non-Passive zone

○ 각 존에 따른 창 면적비 규정(glazing ratio)

- 창면적비는 전체 외피면적에 대한 유리면적의 비로 0%, 20%, 40%, 60%,80%로 나누어 평가 대상건물 시뮬레이션 모델링 함



Glazing Ratio (%)	
Case1	0
Case2	20
Case3	40
Case4	60
Case5	80

그림 2-60 각 존에 따른 창 면적비 규정

○ 대상건물의 기후와 용도에 따른 작업환경 목표수준 설정

- 서울지역의 기후를 우선적으로 적용하여 평가하고 차후 대전, 대구, 부산 등으로 확장하여 평가 모델 구축
- 작업환경을 고려한 조도수준을 150,300, 500lux로 나누고 실내발열 수준은 5, 10W/㎡로 설정함

○ 에너지 시뮬레이션을 통한 Space Load 산출 값으로부터 1차 에너지 도출

- 난방에너지는 가스, 전기 등 여러 연료를 사용하기 때문에 다른 에너지 소비량과 비교할 수 있는 일관된 기준 필요
- 전기에너지는 송전과정에서의 전력손실로 인한 에너지 효율이 낮으며 결과적으로 CO2 배출량이 증가됨

○ Space Load로부터 1차 에너지 계산에 관한 프로세스

- 기존 에너지시뮬레이션 상용화 프로그램을 통한 에너지 소비량 산출
- System Efficiency와 에너지의 Conversion Factor를 고려하여 Primary Energy Curve를 도출

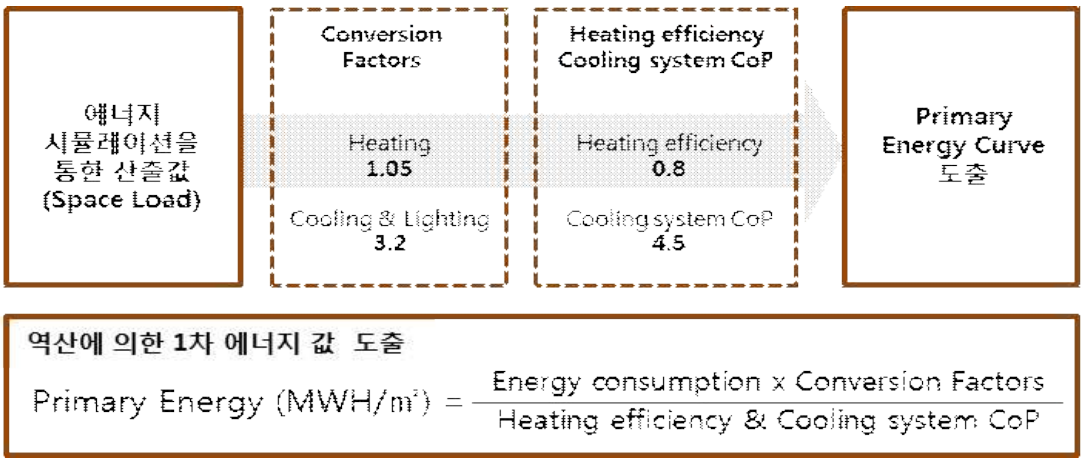


그림 2-61 Space Load로부터 1차 에너지 계산에 관한 프로세스

○ 냉·난방 & 조명 에너지 소비량 Curve 도출

- 기후 지역, 조도 수준, 실내 발열 수준에 따라 6가지 Case의 에너지성능평가
- 각 Case 별 Zone에 따른 4가지 Energy Curve를 도출
- 각 Zone 별 창면적비에 따른 단위 면적 당 1차 에너지 소비량 자동 산출
- 사용 되는 Energy Curve는 건물 유형, 조명 수준, 실내 발열 수준에 따라 달라짐
- 자동 산출된 각 존의 단위 면적 당 1차 에너지 소비량에 존의 면적을 곱한 값임

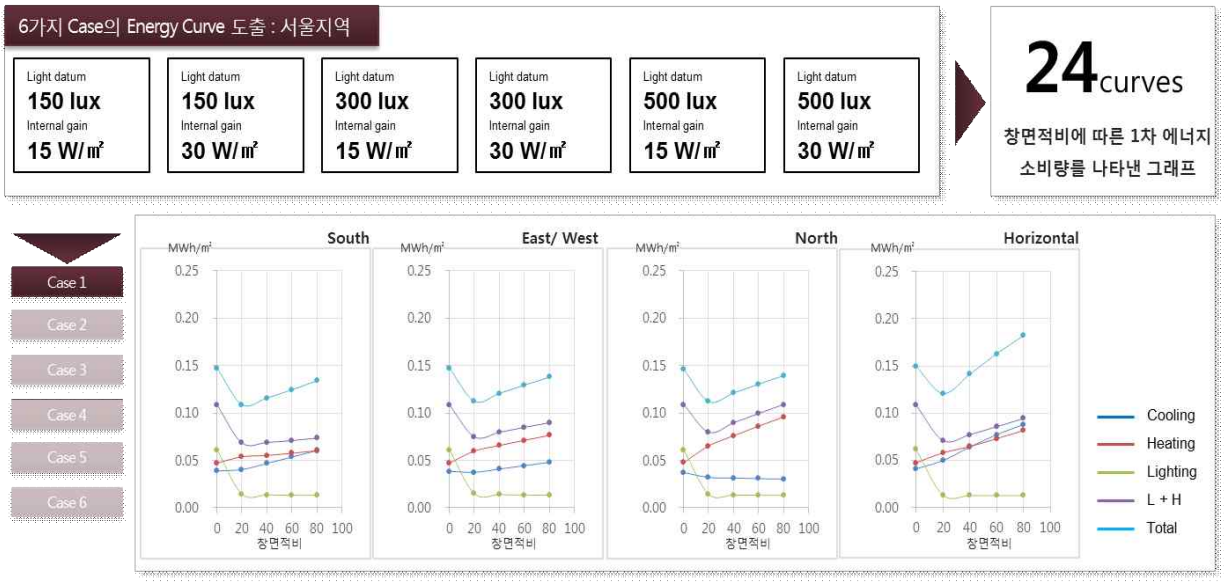


그림 2-62 6가지 Case의 Energy Curve 도출

○ The Urban Horizon Factor

- Facade의 향과 Facade에 관계가 있는 방해물 높이의 각도(Urban Horizon Angle)
- 건물의 에너지 소비량을 정확히 구하기 위한 보정 Factor
- 겨울철은 태양열 취득의 감소로 난방 부하 증가하고 여름철은 태양열 취득의 감소로 인한 냉방 부하 감소함
- Urban Horizon Angle(UHA)과 4방향에 따른 조명, 냉·난방 에너지 소비량을 보정
- 15° 미만인 경우는 보정 Factor 불필요
- 15~45°의 경우 중간 정도의 방해물에 해당함
- 40° 이상의 경우 큰 방해물에 해당함
- 방해물 여부의 결정은 평면상에서 건물의 좌우로 60° 미만의 건물에 한해 인정함

○ Atria and Sunspace

- Buffer space로 인한 난방 부하 감소 효과 고려
- Buffer space thermal energy saving을 계산한 후 이를 난방 에너지에서 난방부하 감소 요인으로 적용
- 각 층별 Buffer space와 맞닿는 길이 합산하여 Separating wall의 길이 산정함
- Buffer space 타입과 환기 방식에 따라 Specific thermal saving 선택

○ 에너지 용도별 1차 에너지 소비량 산출 및 환경적 영향 평가

- 에너지 용도에 따른 연간 1차 에너지 소비량 산출
- 에너지 용도 별(냉·난방, 조명) CO2 발생량 자동 산출
- 에너지 유형 별(전기, 가스 등) 단위 무게 당 CO2 발생량을 고려하여 환경적 영향을 평가함

표 2-12 에너지 유형 별(전기, 가스 등) 단위 무게 당 CO2 발생량

Energy Types	Tonnes CO2/ MWh primary
All energy types	0.24
Electricity	0.22
Gas	0.19
Coal	0.31
Oil	0.28

표 2-13 1차 에너지 소비량 및 CO2 발생량

	Net annual primary energy consumption		Net annual CO2 emission		%
	MWh	kWh/ ㎡	ton	kg/ ㎡	
Lighting	92.028	32.548	20.246	7.161	0.33
Heating	60.260	21.313	11.449	4.049	0.18
Vent & Cooling	137.314	48.585	30.209	10.684	0.49
TOTALS	289.602	102.426	61.905	21.894	100

(4) 통합설계 기본설계단계 에너지 평가 툴 완성

○ 에너지성능을 평가하고자 하는 건축물의 기후 지역, 조도 수준, 실내발열 수준을 종합적으로 고려

○ 환경적 영향의 측정이 용이한 Primary Energy로 에너지소비량 산출

○ 기본설계단계의 에너지성능평가 툴임을 고려하여 5단계로 나누어 사용 프로세스 구축

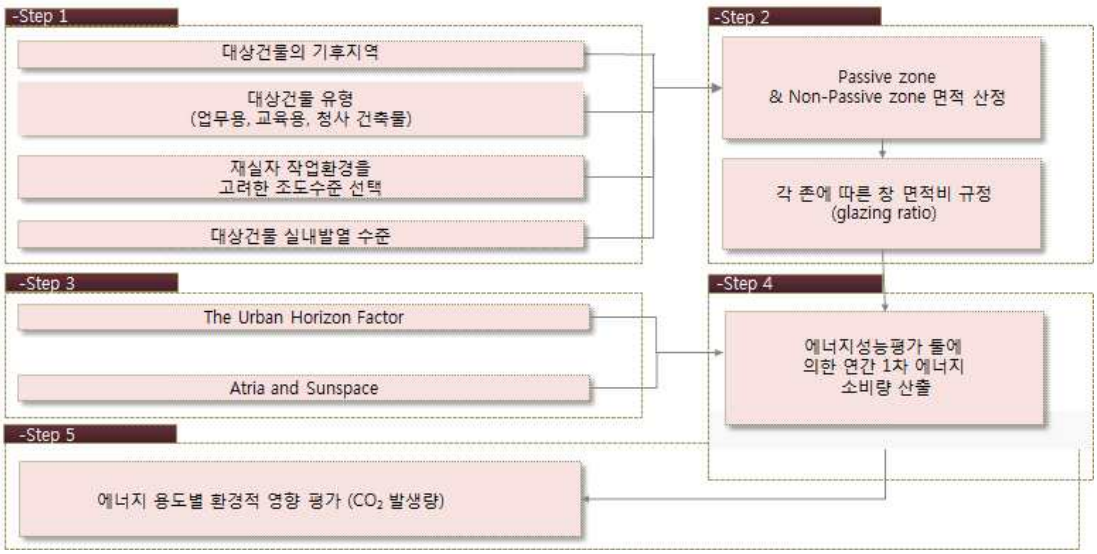


그림 2-63 에너지성능평가 툴 단계 별 사용 프로세스

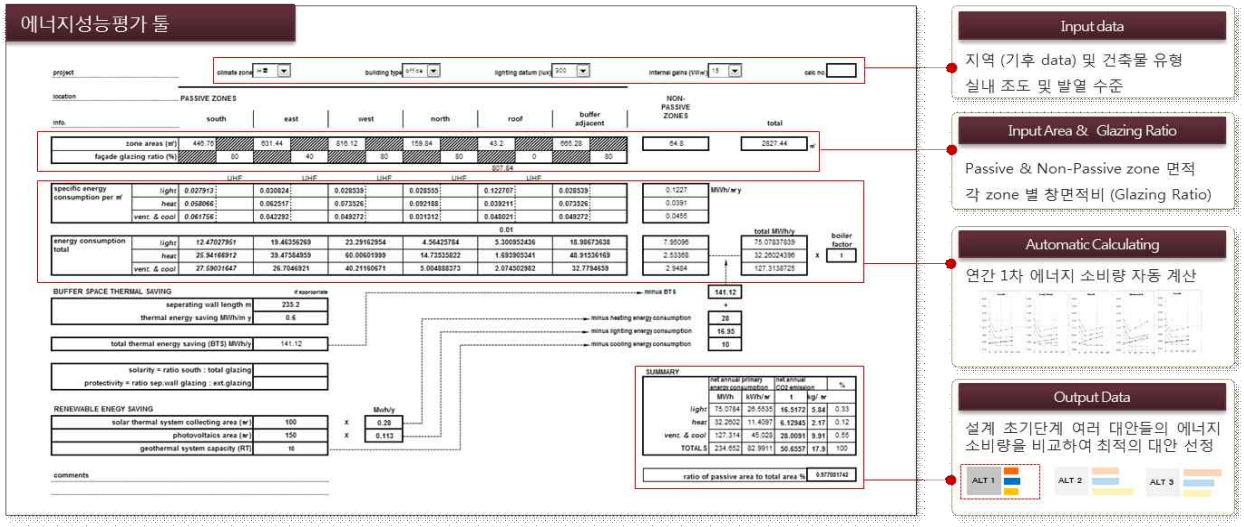


그림 2-64 통합설계프로세스 기본설계단계에서의 에너지성능평가 툴 완성

나. 실제 설계 건물과 에너지 성능 비교 분석을 통한 평가 툴 검증

(1) 에너지 성능 비교 대상 선정

○ 인천 송도에 위치한 Test-bed 건물 선정

○ 기존 에너지시뮬레이션 상용화 툴인 Energy plus의 결과 값과 비교 분석을 통한 정확성 평가

○ 대상건물은 연면적 5,548m^2, 건축면적: 1,937m^2, 지하 1층, 지상 4층 규모의 건물로 연세대학교 송도 국제캠퍼스 내에 위치



그림 2-65 Test-bed의 Passive zone & Non-Passive zone 면적 산정방법 1층(좌), 2~4층(우)

(2) 에너지 성능 평가 툴과 에너지 시뮬레이션 에너지 소비량 비교분석을 통한 정확도 검증

○ 연중 외기보다 높은 아트리움 내의 온도를 이용할 경우 난방 에너지 절감이 가능

○ 겨울철 아트리움을 이용하여 환기한 경우와 외기를 이용하여 환기한 경우를 나누어 분석

○ 외기를 이용하여 환기한 경우 조명, 냉·난방에너지의 오차가 10%미만으로 나타남

○ 아트리움을 이용하여 환기한 경우 난방에너지에서 최대오차가 30%정도이나 오차의 절대적 수치가 작음

○ 두 경우 모두 전체에너지 측면에서 10%미만의 오차로 정확도가 적절하다고 판단됨

표 2-14 연중 1차 에너지 사용량 비교

	net annual primary energy consumption (MWH)		Error
	LT Method	EP Simulation	
light	92.028	92.909	-0.881
heat	201.38	218.358	-16.978
vent. & cool	137.313	128.671	8.642
total	430.721	439.938	-9.217

겨울철 외기를 이용한 환기

	net annual primary energy consumption (MWH)		Error
	LT Method	EP Simulation	
light	92.028	92.909	-0.881
heat	60.26	88.832	-28.572
vent. & cool	137.313	132.173	5.14
total	289.601	313.914	-24.313

겨울철 아트리움을 이용한 환기

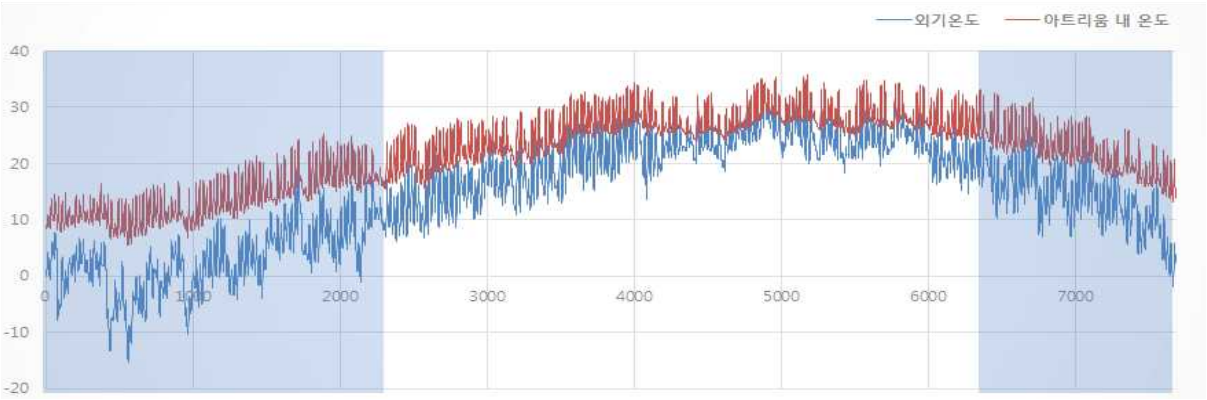


그림 2-66 연중 외기온도와 아트리움 내 온도

다. 기본설계단계에서의 에너지성능평가 툴에 인접 건물로 인한 에너지 성능 보정계수(Urban Horizontal Factor; UHF) 반영

(1) 인접건물의 밀도에 따른 변화

○ 인접건물의 밀도에 따라서 건물내부로 입사되는 빛의 양이 변화함

○ 인접건물의 밀도가 높을 경우 겨울철 창을 통한 태양열 유입 감소 및 난방부하 증가

○ 인접건물의 밀도가 높을 경우 여름철 창을 통한 태양열 유입 감소 및 냉방부하 감소

(2) 인접건물의 높이에 따른 변화

○ 인접건물의 높이에 따라서 건물내부로 입사되는 빛의 양이 변화함

○ 인접건물이 높을 경우 겨울철 창을 통한 태양열 유입 감소 및 난방부하 증가

○ 인접건물이 높을 경우 여름철 창을 통한 태양열 유입 감소 및 냉방부하 감소

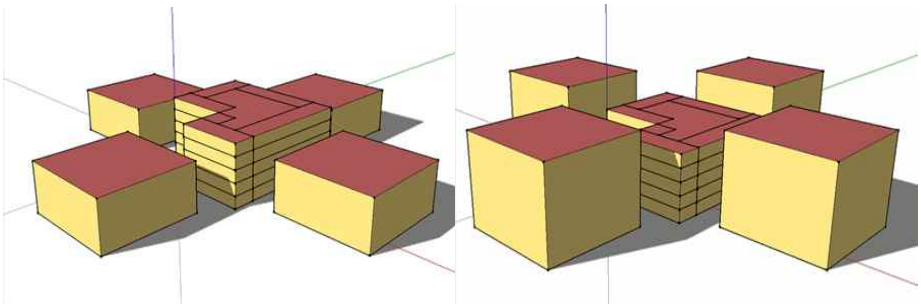


그림 2-67 건물높이에 따른 2가지 case의 인접건물 모델링

○ UCF는 도심지역 수평 각도(Urban Horizon Angle; UHA)를 기준으로 산출

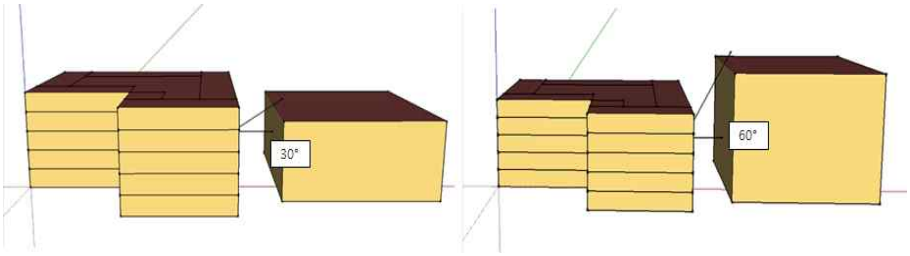


그림 2-68 Urban Horizontal Angle의 2가지 case

○ Urban Horizontal Factor Chart

Orientation	UHA deg.	Glazing ratio (%)	Correction Factors		
			Cooling	Heating	Lighting
South	30°	0	1.04	1.02	1.00
		20	0.97	1.06	1.10
		40	0.95	1.09	1.07
		60	1.06	1.12	1.05
		80	0.91	1.13	1.03
	60°	0	1.03	1.03	1.00
		20	0.94	1.13	1.17
		40	0.89	1.21	1.13
		60	0.98	1.26	1.10
		80	0.82	1.30	1.07
East/West	30°	0	0.99	1.01	1.00
		20	0.97	1.01	1.50
		40	0.94	1.04	1.26
		60	0.91	1.06	1.19
		80	0.89	1.08	1.20
	60°	0	0.98	1.01	1.00
		20	0.95	0.98	1.97
		40	0.88	1.07	1.52
		60	0.84	1.10	1.40
		80	0.79	1.13	1.31
North	30°	0	1.00	1.00	1.13
		20	1.02	0.97	1.69
		40	1.01	0.99	1.40
		60	1.00	0.99	1.20
		80	1.00	1.00	1.15
	60°	0	1.00	1.07	1.00
		20	1.03	0.95	2.03
		40	1.01	0.98	1.50
		60	1.01	0.99	1.34
		80	1.01	0.99	1.31
Roof	30°	0	1.00	1.00	1.00
		20	1.03	0.97	2.09
		40	1.02	0.98	2.16
		60	1.02	0.98	2.16
		80	1.02	0.98	2.16
	60°	0	1.00	1.00	1.00
		20	1.02	0.97	2.09
		40	1.02	0.98	2.16
		60	1.01	0.98	2.16
		80	1.01	0.99	2.16

그림 2-69 Urban Horizontal Factor Chart

○ Urban Horizontal Factor 계산식

$$UHF = \frac{\text{인접 건물이 있을 때 에너지 소비량}}{\text{인접 건물이 없을 때 에너지 소비량}}$$

(3) 창면적비의 변화

○ 건물의 창면적비(향별 외피면적에 대한 창면적의 비)에 따라서 입사되는 빛의 양이 달라짐

(3) 인접건물에 의한 연간 에너지 소비량 변화 그래프

○ 인접건물에 의한 연간 에너지 소비량 (냉방, 난방) 변화

- 창 면적이 증가할수록, 인접건물이 높을수록 냉방부하 감소
- 창 면적이 증가할수록, 인접건물이 높을수록 난방부하 증가
- 북향, 지붕 층의 Non passive zone은 냉난방 에너지 소비에 거의 영향 미미

○ 인접건물에 의한 연간 에너지 소비량(조명)변화

- 남향일 경우, 창 면적이 20%인 부근에서 UHA가 클수록 조명부하 증가
- 동향일 경우, 창 면적이 20%인 부근에서 UHA가 클수록 조명부하 크게 증가
- 북향일 경우, 창 면적이 20%인 부근에서 UHA가 클수록 조명부하 크게 증가
- 지붕 층의 경우, 창이 없는 경우를 제외하고는 조명부하가 크게 증가

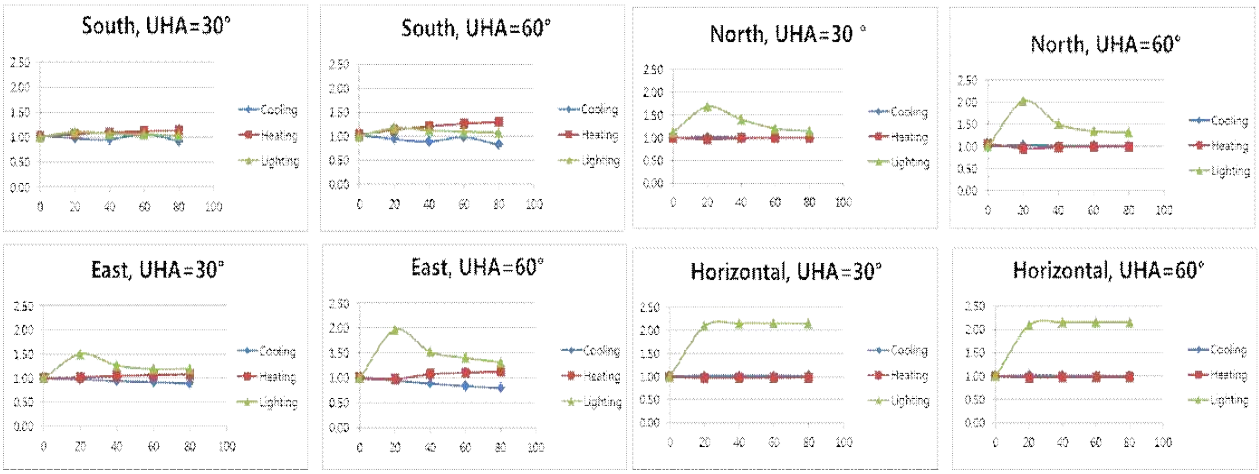


그림 2-70 인접건물에 의한 향별, 창면적비별, 인접건물 높이별 UHF 값의 변화

○ 기본설계단계에서의 에너지성능평가 툴 건축물 유형 추가 (교육용 건축물)

- 건물 유형별로 재실인원 및 재실스케줄이 다양하며 건물을 운영하는 시간이 다르기 때문에 건물 유형별 냉난방 및 조명에너지 소비량이 다양하게 나타남
- 기존의 에너지성능평가 툴은 업무용 건축물을 기준으로 개발이 되었으며 이와 다른 에너지 소비패턴을 보이는 교육용 건축물을 추가로 적용하여 에너지성능평가 툴의 건물 유형 선택 부분을 보완

(4) 국내 실정에 맞는 교육용 건축물 에너지 시뮬레이션 진행

○ 국내 교육용 건축물 기준에 맞는 Input data 설정

- 벽체 열관류율은 녹색건축물 조성 지원법 건축물의 에너지절약설계기준에 의거하여 0.25, 0.3, 0.3 5W/㎡·K로 설정함
- 조명은 한국산업규격 사무실 조도 기준에 의거하여 150, 300lux로 설정함
- 기기부하는 미국난방냉동공조학회 ASHRAE Fundamental 2009 기준에 의거하여 실내발열수준은 20W/㎡로 설정함
- 유리 열관류율은 녹색건축물 조성 지원법 건축물의 에너지절약설계기준에 의거하여 1.4, 1.7, 2.0W/㎡·K로 설정함

표 2-15 교육용 건축물 Input data

ENERGY USE	ENERGY FLOW	INPUT DATA
Cooling Energy	External solar gains	Wall property : U-values (wall 0.35, roof 0.35)
	Conductive gains	Glazing property : SHGC(0.419), U-values(2.85)
	Ventilation gains	Ventilation : 2.5 (ACH) Schedule : 주5일, 8시간(am8:30 ~ pm4:30)
	Internal gains	Lighting power : 6W/㎡ Dimming Control : 150lux People : 1.5 ㎡/person
Heating Energy	Conductive loss	Glazing property : SHGC(0.419), U-values(2.85) Wall property : U-values (wall 0.35, roof 0.35)
	Ventilation loss	Ventilation rate : 21.6 ㎥/h·person People : 1.5 ㎡/person Schedule :주5일, 8시간(am8:30 ~ pm4:30) Vacation : Jan, Feb, Jul, Aug (4 month)
Lighting Energy	Daylighting factor	Visible Light Transmission : 0.815 Lighting power : 6W/㎡ Dimming Control
	Illumination	150, 300 lux

○ 교육용 건축물 에너지성능평가를 위한 시뮬레이션 베이스 모델 설정

- EnergyPlus 시뮬레이션을 위한 교육용 건축물 모델링은 최근 10년간 서울시에 지어진 교육용 건축물 통계자료를 이용하여 진행함(연면적:10,875m², 건축면적: 2,175m², 층수:5층)
- 각 존에 따른 창면적비는 전체 외피면적에 대한 유리면적의 비로 0%, 20%, 40%, 60%, 80%로 나누어 진행함

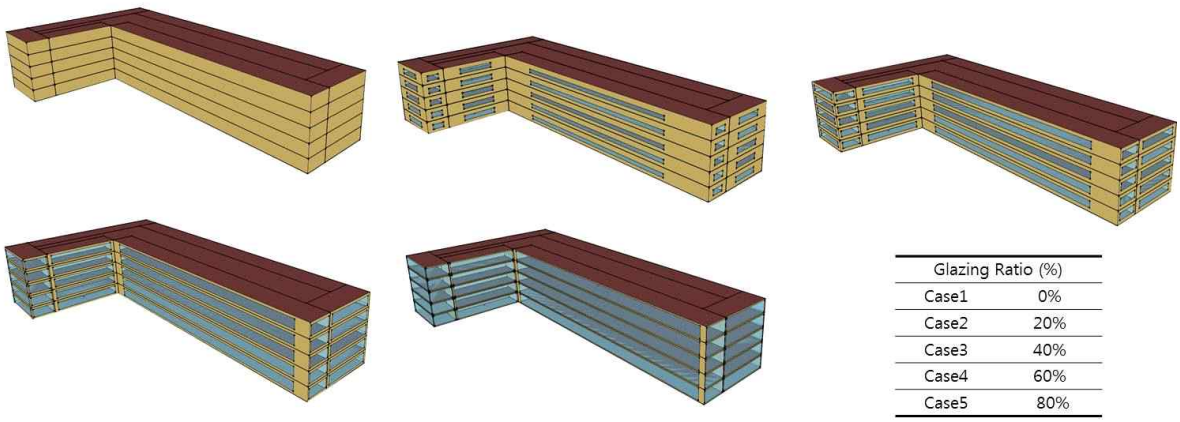


그림 2-71 창면적비별 교육용 건축물 모델링

○ 냉·난방, 조명 및 총 에너지 소비량 커브 도출

- 기후 지역 3가지(서울, 대전, 부산), 조도 수준 2가지(150lux, 300lux), 실내발열 수준 1가지(20W/m²)에 따른 총 6가지 Case의 에너지성능평가

- 동, 서, 남, 북 및 지붕 층 (5가지 Case)에 해당하는 각각의 존에서의 냉난방 & 조명에너지 소비량 분석
- 창면적비에 따른 1차 에너지 소비량을 나타내는 30개의 데이터 커브 도출
- KLT Sheet의 계산 자동화 및 0% ~ 100%의 창면적비 적용을 위하여 엑셀 회귀식을 도출하여 Tool에 적용

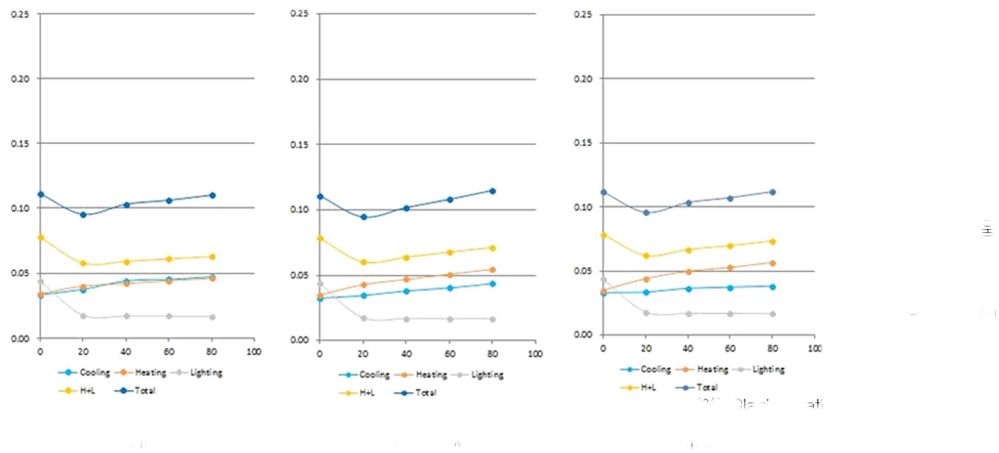


그림 2-72 향별 창면적비에 따른 에너지 소비량 데이터 커브

(5) 엑셀 기반의 에너지성능평가 툴인 KLT Method 완성

- KLT Method는 INTRO Sheet 2개와 업무용 건축물 및 교육용 건축물의 에너지 성능을 평가할 수 있는 Sheet 2개 총 4개의 Sheet로 구성되어 있음
- INTRO 1에서는 KLT Method의 정의 및 개발 목적 등에 대하여 소개함
- INTRO 2에서는 KLT Method의 구성 및 각각의 사용방법에 대하여 설명하고그에 따라 어떠한 결과 값을 얻을 수 있는지 소개함
- 업무용 건축물 Sheet에서는 지역 (서울, 대전, 부산), 실내조도 (150, 300, 500lux), 실내발열 (15, 30 W/m^2)에 따른 냉·난방, 조명 에너지 소비량 및 CO2 발생량 예측 가능
- 교육용 건축물 Sheet에서는 지역 (서울, 대전, 부산), 실내조도 (150, 300lux), 실내발열 (20 W/m^2)에 따른 냉·난방, 조명 에너지 소비량 및 CO2 발생량 예측 가능
- 최종 개발된 에너지 평가툴은 본 과제를 통해서 구축된 홈페이지에 업로드 되어 다운로드 할 수 있도록 하였음 (http://www.aired.kr/Archive/ArchiveView.aspx?mc=ARC&ArchIdx=7)

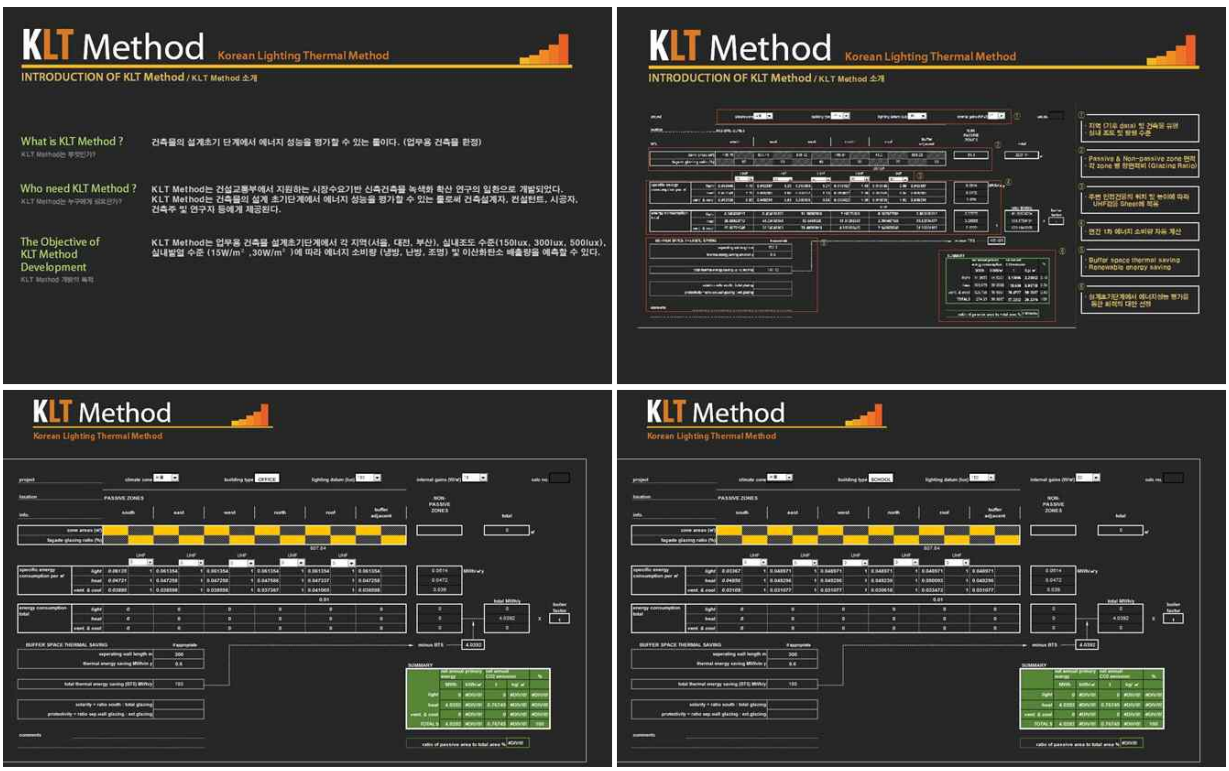


그림 2-73 최종 KLT Method Sheet 구성

(6) 설계단계에서의 에너지 성능평가 툴(KLT Method)와 해외 선진 프로그램 비교

(가) KLT Method 의 개발 Process

1) 기존에 개발된 초기 디자인 평가 툴인 LT Method의 활용

- 비 주거용 건물에서 에너지 성능을 계산하는 디자인 도구임
- 건물의 난방 조명 냉방 시스템의 연간 에너지를 예측하는데 사용함
- 디자인 초기단계에서 여러 대안들의 에너지 성능을 비교하여 최적의 대안을 도출하는 데 목적을 둠

2) 에너지 시뮬레이션 수행 : EnergyPlus

- EnergyPlus는 미국 DOE(Department of Energy)에서 개발된 에너지 성능평가 프로그램임
- 현재까지 전세계적으로 가장 많이 사용되고 있는 시뮬레이션 프로그램으로 건물의 부하 산출 및 에너지 평가가 가능함
- 건물과 HVAC 및 각종 시스템들과의 통합적 시뮬레이션 분석 도구

3) EnergyPlus를 활용한 시뮬레이션 프로그램 성능 그래프 도출

- KLT Method에서 에너지 성능을 산출할 수 있는 Energy Curve는 기존의 시뮬레이션 툴인 EnergyPlus의 분석결과를 활용하여 도출함
- 국내 건축물에 적합한 에너지 성능 평가 툴을 개발하기 위해서 국내 건축물의 설계 및 성능 기준을 활용하여 프로토타입 모델을 구축
- 구축된 프로토타입 건물 모델에 국내 기준에 맞는 input data를 적용하여 EnergyPlus 분석을 통해 에너지 성능을 도출

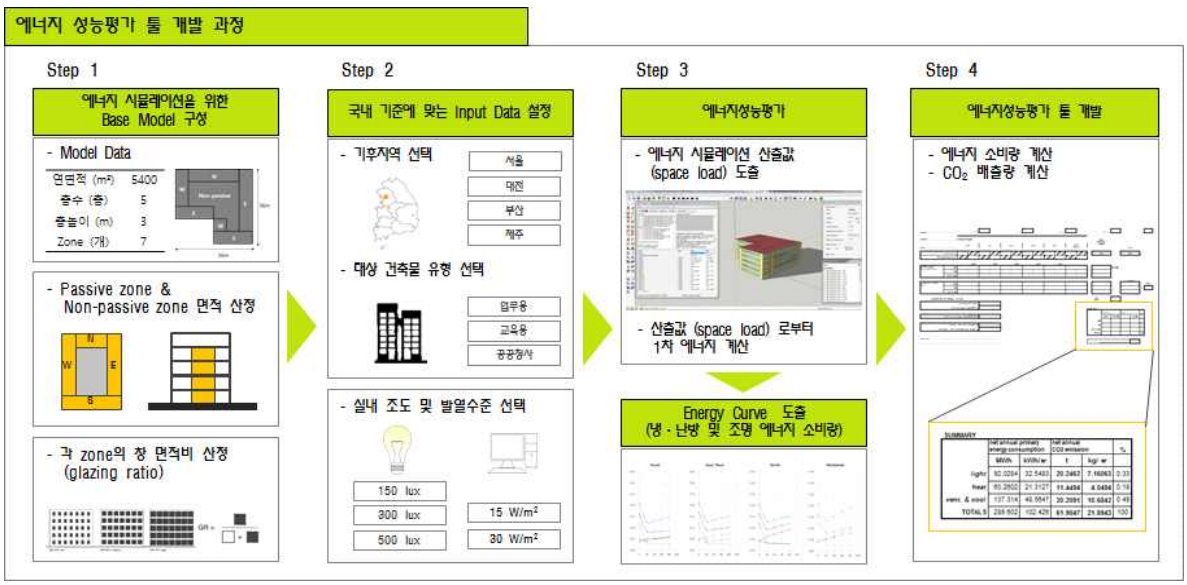


그림 2-74 KLT Method 개발 과정

4) 국내실정에 맞는 에너지 평가 대상 베이스 모델 설정

① 국내 기준에 맞는 Input data 설정

- 벽체 열관류율은 녹색건축물 조성 지원법 건축물의 에너지절약설계기준에 의거하여 0.25, 0.3, 0.3 5W/㎡·K로 설정함
- 조명은 한국산업규격 사무실 조도 기준에 의거하여 150, 300, 500lux로 설정함
- 기기부하는 미국난방냉동공조학회 ASHRAE Fundamental 2009 기준에 의거하여 실내발열수준은 5, 10W/㎡로 설정함
- 유리 열관류율은 녹색건축물 조성 지원법 건축물의 에너지절약설계기준에 의거하여 1.4, 1.7, 2.0W/㎡·K로 설정함

② 에너지 성능평가를 위한 시뮬레이션 베이스 모델 설정

- 1차년도 연구를 통해 도출한 녹색 건축물 확산을 위한 업무용 건물의 대상 규모인 연면적 3,000m²~ 10,000m²에서 5,400㎡, 5층, 층높이 5m 규모의 베이스 모델 설정함
- 기존에 에너지 소비량 평가 자료가 있는 건물 형태로 계획하여 에너지 성능 비교 검증함

○ 에너지소비량 분석 프로그램(BEAT)과 해외 선진 프로그램 비교

(1) 연구배경

- 현재 건물 에너지 사용량 예측을 위한 프로그램 개발은 국내외로 활발히 진행되고 있는 실정으로 이러한 건물에너지 성능을 평가하는 프로그램들은 그 운영 방식이나 사용상의 유사점과 차이점을 가지고 있으며 프로그램 별 장단점을 비교분석할 수 있음
- 국내에서 설계단계의 에너지 예측 프로그램은 개발되었으나 기존 건축물의 에너지 성능을 정량적, 객관적으로 진단하고 분석하는 Tool의 개발은 미비하여 기존 건축물의 에너지 성능을 객관적으로 판단하고 성능개선에 이르기가 어려움

(2) 연구내용

- 건물 에너지 사용량을 분석하기 위한 BEAT 프로그램과 유사한 프로그램으로는 국내의 ECO2와 국외의 EnergyPlus, PHPP, DIN V 18599 등이 있으며 각각의 프로그램을 조사하여 장·단점 비교를 통한 BEAT 프로그램 사용의 타당성 검증
- 실증건물을 대상으로 본 연구의 결과물인 BEAT 프로그램과 국내외에서 가장 보편적으로 사용되는 EnergyPlus 프로그램의 시뮬레이션 결과를 비교하여 검증

(가) ECO2



그림 2-75 ECO2

- ECO2는 한국에서 건축물 에너지 효율 등급 인증을 위해 한국 건설 기술 연구원에서 개발된 에너지 평가 tool로써 국내에서 가장 널리 사용되고 있으며 무료로 사용가능하다는 점이 큰 장점임
- ECO2는 에너지 사용량 예측을 하는데 필요한 입력변수가 다른 프로그램들과 비교했을 때 적어 사용자가 쉽게 이용가능하며, 정적해석을 사용함으로써 비교적 간단한 수식을 사용해 에너지 사용량 예측의 계산 속도가 빠름
- 프로그램의 단점은 입력 변수의 단순화로 계산의 정확성에 문제가 있으며 에너지 소비량을 계산하는데 있어 미세한 열량 계산의 해석에 어려움이 있음

(나) EnergyPlus

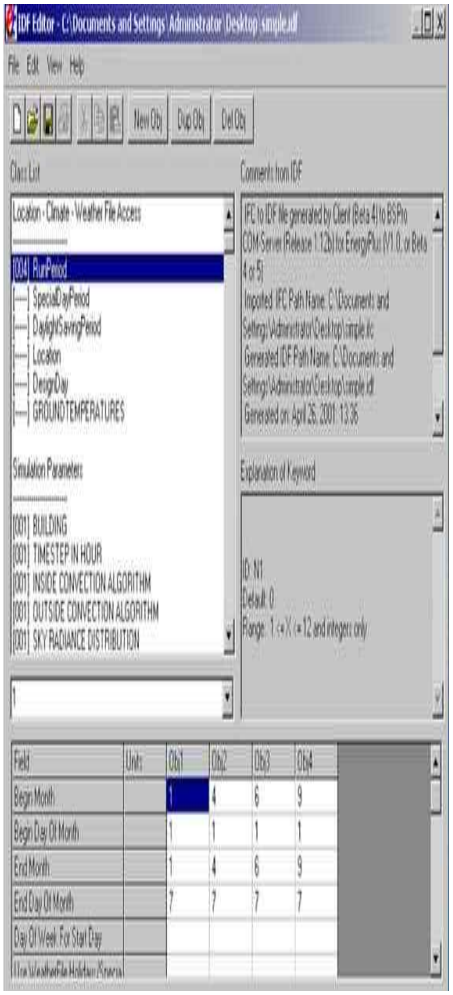


그림 2-76 EnergyPlus

- EnergyPlus는 미국의 EnergyPlus사에서 1970년대 후반부터 냉난방, 환기, 조명에너지 소비를 계산하기 위해 개발된 프로그램으로 동적해석을 사용함으로써 입력 변수의 자유도나 계산의 정밀도가 우수함
- EnergyPlus는 다른 프로그램에 비해 에너지 사용량을 예측하는 계산 결과가 정확하기 때문에 시스템의 창조적인 구성이나 유연한 입력이 가능하며 긴 연구 기간을 가지고 여러 요소에 따라 분석하는 경우에 적합함
- 단점으로는 입력 변수가 많아 계산이 복잡하고 다루기가 어려우며 사용자의 주관이 개입되기 때문에 사용자의 숙련도나 스킬에 영향을 받아 오류를 유발하기 쉬우며 결과 값이 사용자에 따라 상이할 수 있음
- 건물의 에너지 사용량 예측에 대한 결과 값을 계산하는 시뮬레이션 시간이 다른 프로그램에 비해 오래 걸리며 프로그램을 숙련하는데 필요한 교육시간 또한 오래 걸리는 것이 단점임

(다) PHPP(Passive House Planning Package)

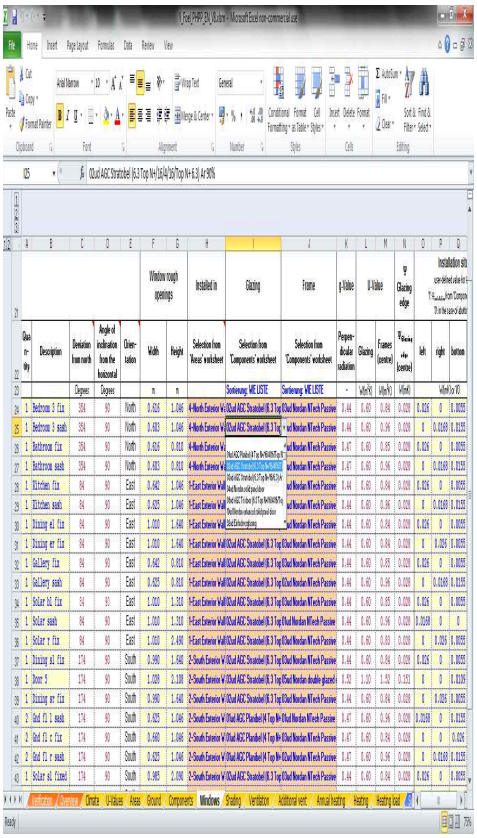


그림 2-77 PHPP

- PHPP는 독일의 여러 민간 기업들과 프라운 호퍼 연구소에서 DIN V 18599을 기반으로 건물의 설계 시 에너지 효율을 계획하기 위해 개발된 tool로써 주로 주거 건물을 계산하기 위해 사용되며 유럽에서 많이 사용되는 프로그램으로써 이미 많은 사례들을 통해 신뢰성이 높음
- 정적 해석의 사용과 비교적 간단한 수식을 통해 에너지 사용량을 예측하기 때문에 계산 속도 면에서 월등히 빠르며 디테일한 입력 변수를 가짐으로써 미세한 열량을 계산해야 하는 부분에서 강점을 가짐
- 단점으로는 입력변수가 디테일하여 사용이 복잡하며 전문가적인 tool이라는 면에서 일반적으로 사용되는 것에는 한계가 있으며 인터페이스가 복잡하고 프로그램 사용을 위해 약 25만원 정도의 비용이 요구됨

(라) DIN V 18599



그림 2-78 DIN V 18599

- DIN V 18599는 독일의 프라운 호퍼 연구소에서 건물의 에너지 사용량 평가 및 인증을 위해 개발된 tool로써 민간에 배포된 공개 엑셀 시트 형식으로 되어 있음
- 에너지 사용량을 예측을 위한 계산 시간이 매우 빠르며 입력 변수에 사용자의 주관적 요소가 많이 개입되지 않기 때문에 여러 명이 작업을 하더라도 결과 값에 큰 차이가 없도록 고안됨
- 단점으로는 기존의 시스템과 다른 새로운 설비 시스템을 프로그램으로 구성하기 어렵고 민간이 인증 프로그램을 만들도록 유도한 형태이기 때문에 인터페이스가 불편함

(마) BEAT(Building Energy Analysis Tool)

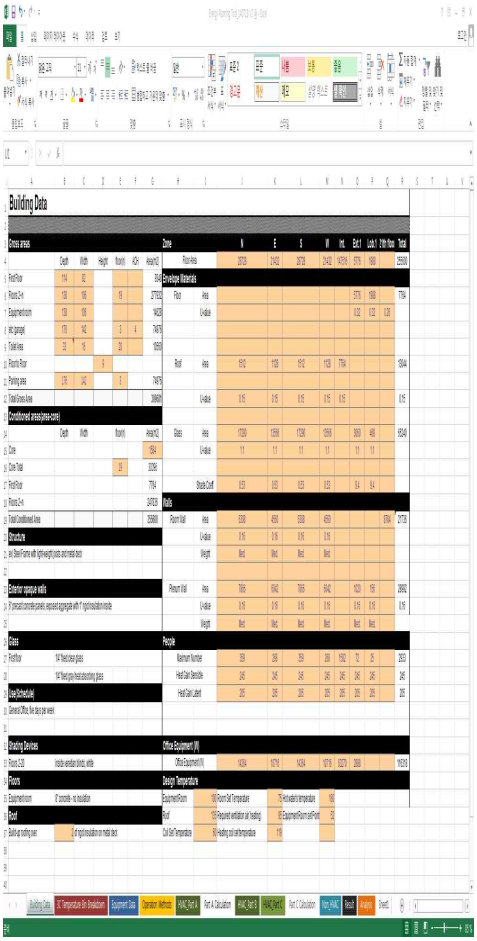


그림 2-79 BEAT

- BEAT는 건물의 에너지 평가 및 사용량 예측과 기존 건물 에너지 성능을 개선하기 위해 개발한 분석 프로그램
- 다른 프로그램과 비교하여 워크시트가 간소화되어 인터페이스가 쉬우며 데이터 수집을 통해 건물의 에너지 평가 후, 건물 운영의 개선방안을 도출하여 간단하게 사용할 수 있는 엑셀 시트 기반으로 전문가는 물론 일반 사용자가 사용하기에 편리하여 보급·확산이 용이함
- 건물의 에너지 사용량의 객관적 평가가 가능하며 현장에서 수집된 Data를 기반으로 건물 에너지 성능분석을 수행하여 각 요소별 에너지 성능에 대한 비교 분석에 용이함
- BEAT 프로그램을 실제로 적용하여 분석한 사례가 적어, 다양한 형태의 건물에서의 성능 평가는 부족한 면이 있지만 앞으로 적용 사례를 늘려 프로그램의 신뢰성을 확보하고 프로그램의 개선도 가능할 것으로 예상함

(3) 비교검증 결과

표 2-16 프로그램별 비교

프로그램명 / 구분	BEAT	ECO2	EnergyPlus	PHPP	DIN V 18599
대상	전문가 + α	전문가 + α	전문가	전문가	전문가
인터페이스	매우 간소화	간소화	복잡함	복잡함	복잡함
엑셀시트사용	O	X	X	O	O
계산 속도	빠름	빠름	느림	빠름	빠름
적용 사례	적음	적음	많음	많음	적음
가격	무료	무료	무료	약 25만원	무료

- 위의 [표2]에서 기술한 프로그램들은 전문가용으로 개발되었거나 인터페이스가 복잡하지만 BEAT 프로그램의 경우 인터페이스가 간소화 되어있고 입력 변수가 적기 때문에 전

문가뿐만 아니라 일반인이 사용하기에도 쉬우며 기본적인 인터페이스가 엑셀 시트 기반이기 때문에 친숙하게 이용 가능함

- BEAT 프로그램의 경우 계산과정에 사용된 수식은 Energy Planning for Buildings의 Chapter.1~3의 건물에서 사용하는 에너지 소비량을 산출하는 계산 과정을 기반으로 ASHRAE 2009 Energy estimating and modeling methods 부분의 수식 no.62~65를 참조하여 전체적인 계산식과 건물 에너지 사용량을 예측하는데 있어 신뢰성을 확보하였으며 프로그램에서 사용한 수식과 알고리즘을 사용자에게 공개하고 있음

▪ **강동구 제2청사 건축개요**

대지 위치	서울시 강동구 성내로 33
대지 면적	5,602.20㎡
용 도	업무시설, 근린생활시설
건축 면적	2,135.07㎡
연 면 적	5,635.04㎡
용 적 률	100.59%
건축 규모	지하 1층, 지상4층



▪ **Energy Simulation Condition**

건축(일반정보)

건물명	강동구제2청사
위치	서울시 강동구 성내로 33
향	남서축
건물의 용도	업무시설(구청)
건물의 현재용도	경찰서
Building Age	27년(1989년 완공)
건물의 층수	지상4층, 지하1층
건축면적	2,135.07 ㎡
연면적	5,635.40 ㎡

건축(에너지정보)

Wall	면적	1,396.3 ㎡
	열관류율	1.55 W/mK
	손상여부	-
Window	면적	1053.37 ㎡
	Glazing Type	
	열관류율	3.6 W/mK
	SHGC	0.719
	기밀성	하계:0.6ACH 동계 1.1ACH
	개수 및 층면적	
Door	Type	유리자동문
	갯수(외기직접)	1개소
	열관류율	3.6 W/mK
	특이사항	방풍문 미설치

시스템

Cooling	Unit 명칭	전기냉방기 (Stand Type)
	Cooling Area	3,945 ㎡
	Unit or System Type	각실 개별 냉방
	제어방법	수동
Heating	Unit 명칭	전기라디에이터
	Heating Area	3,945 ㎡
	Unit or System Type	개인 난방
	제어방법	수동
Lighting	Unit 명칭	T18 형광등
	Lighting Zone	5,635.40 ㎡
	Type	실별 스위치
	Watts	40W
	제어방법	실별 스위치

스케줄

재실시간(주간/야간)		08:00~20:00 /20:00~08:00
설정값(재실시)		-
설정값(비재실)		-
강동경찰서	Cooling (주중/주말/공휴일)	-
	Heating (주중/주말/공휴일)	-
	Lighting (주중/주말/공휴일)	-
강동구청	Cooling (주중/주말/공휴일)	08:30~18:30/ - / -
	Heating (주중/주말/공휴일)	08:30~18:30/ - / -
	Lighting (주중/주말/공휴일)	08:30~19:30/ - / -

에너지 소비

2014년	전기	연간 1,077 MWh
		₩ 151,076,000
	가스	연간 2,072,111 ㎥
		₩ 56,497,000
2013년	전기	연간 1,161 MWh
		₩ 144,677,000
	가스	연간 2,431,789 ㎥
		₩ 61,700,000







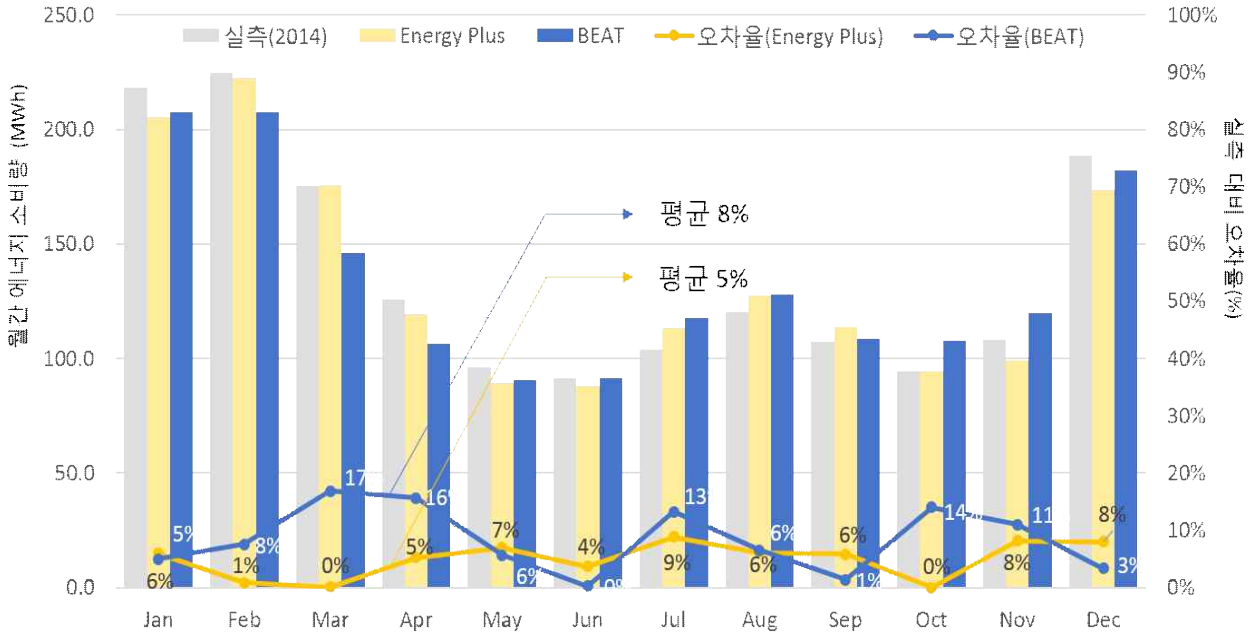


그림 2-80 Energy Plus VS. BEAT 오차율 비교

- [그림 2-80]은 실측 대상건물(강동구 제2청사)을 대상으로 국내외에서 가장 널리 사용되고 있는 에너지 시뮬레이션 프로그램 Energy Plus와 BEAT 와의 에너지 소비량을 비교한 그래프임
- 대상건축물에서 실측한 실제 에너지 소비량과 BEAT 월별 에너지 소비량의 비교 결과는 난방기(12월~2월)의 경우 오차율 5%로서 Energy Plus의 냉방기 오차율과 같으며, 냉방기(6월~8월)의 경우 7%로서 Energy Plus의 난방기 오차율과는 1%의 차이가 보임
- 중간기에 해당하는 3월~5월, 9월~11월의 오차율은 Energy Plus와 비교할 때 5~6%정도 상위하는 결과를 보임. 이는 BEAT 프로그램의 특성(외부온도를 일정한 범위로 그룹화 하여 에너지 사용량을 계산한 Steady-state model 방식)으로 중간기와 같은 외기 온도변화가 큰 기간에서의 오차율을 Energy Plus의 오차율보다 5%정도 상위하는 것으로 나타남
- 하지만 외기 온도가 안정적으로 나타나는 냉·난방기에서는 실측건물데이터와 BEAT의 오차율 비교에서는 Energy Plus보다 낮은 오차율을 나타냄
- 다른 프로그램들은 건물의 설계, 시공, 운영까지 모든 단계를 다루지 않고 어느 한 부분에 국한되어 사용되지만 BEAT 프로그램은 무료로 배포되어 모든 단계에서 사용될 수 있을 뿐만 아니라 특히 건물이 설계된 이후에 운영 단계에서까지 에너지 요구량과 에너지 소비량에 대한 분석이 용이하기 때문에 다른 프로그램들과의 차별성을 가짐
- 또한 현재는 BEAT 프로그램이 널리 알려지지 않아 아직 보급 단계에 이르지 못하였으나 이후에 많이 활용될 수 있도록 보급되어진다면 누구나 손쉽게 접근하여 간편하게 이용할 수 있는 건물 성능 평가 Tool로써 활용 가능함

3. 녹색건축물 통합설계프로세스 Test-bed 평가

가. 건축물 유형에 따른 에너지 소비 특성 분석

(1) Test-bed에 적용된 요소기술의 성능 검증

○ 요소기술(FCU, 칠드빔, 천장 복사패널) 성능 검증 목적

- 비주거용 건물에서 사용되는 에너지 중 약 50%가량이 냉난방 공조 (HVAC) 시스템에 사용되고 있음
- 최근에는 에너지 효율을 높이기 위한 다양한 냉난방 공조 시스템이 개발 및 도입되고 있음
- 칠드빔과 천장 복사패널의 경우 복사열전달을 이용한 고효율의 시스템으로 유럽을 중심으로 적용이 확대되고 있음
- 지금까지 국내에서 해당 요소기술이 적용된 사례가 적고 우리나라의 경우 유럽과는 달리 여름철 덥고 습한 기후에 대한 적용가능성에 대하여 정량적인 분석 필요

○ Test-bed의 시스템(FCU, 칠드빔, 천장 복사패널) 개요

- 해당 Test-bed에는 FCU와 AHU(CAV system), 칠드빔과 AHU(CAV system), 천장
- 복사 패널과 AHU(CAV system)이 동일한 실에 설치 되어있음
- Test-bed에 설치되어 있는 FCU, 칠드빔, 천장 복사패널의 특성을 비교하여 국내에 적합한 시스템 도출
- 각각의 Test-bed에 설치되어 있는 CAV는 환기와 냉/난방 부하를 담당함
- 칠드빔과 천장 복사패널의 경우 여름철 냉방 시 결로가 생기지 않도록 운행
- 칠드빔과 천장 복사패널의 열량 제거 능력 이상의 실내 부하가 발생 할 경우 부족한 냉방능력은 CAV를 통해서 실내 부하를 제거함
- 지금까지 CAV와 칠드빔 및 천장 복사패널이 동시에 작동될 때의 요소기술에 대한 성능검증은 이루어지지 않았음
- 이는 유럽과 달리 여름철 덥고 습한 기후와 밀접한 연관이 있고 습한 기후로 인한 칠드빔, 천장 복사패널의 결로 가능성이 있음
- 따라서 국내에 칠드빔과 천장 복사패널을 적용하기 위해서는 앞선 Test-bed와 같이 CAV와 함께 설치될 필요가 있음
- 이와 같은 냉방시스템의 구성을 통해 칠드빔, 천장 복사패널의 국내 적용가능성에 대한 정량적인 분석이 가능할 것으로 기대함
- 또한 국내에서 널리 사용되고 있는 Fan Coil Unit방식과 비교를 통해 기존에 국내에 널리 도입된 시스템과의 비교 분석 가능
- 국내에서 널리 사용되고 있는 FCU와 칠드빔, 천장 복사패널 부하제거 특성 비교

(2) 요소기술(FCU, 칠드빔, 천장 복사패널)실측을 통한 성능 검증

- Test-bed에 실내 온도 분포를 측정하기 위한 실험 장치 설치



그림 2-81 (FCU+AHU)Test-bed 전경



그림 2-82 (칠드빔+AHU)Test-bed 전경



그림 2-83 (천장 복사패널+AHU)Test-bed 전경

- Test-bed에서 발생하는 일일 실내/외 부하제거 실측 결과 부하 변화에 따른 요소기술의 작동 패턴을 확인할 수 있었음
- (FCU+AHU)의 경우에는 FCU작동에 따른 실내 부하제거 속도가 빠르기 때문에 약 30분 간격으로 on/off가 반복되는 경향을 보임
- 따라서 Test-bed에서 발생하는 부하에 일정하게 대응하지 못하기 때문에 여름철 급격한 실내 부하 상승에 반응하여 순간 최대전력 수요를 상승시키는 문제를 야기 할 수 있을 것이라 예상 됨
- 최대전력 수요의 증가는 냉방설비의 용량을 과도하게 만들고 여름철 불안정한 전력 공급의 주요 원인이 됨

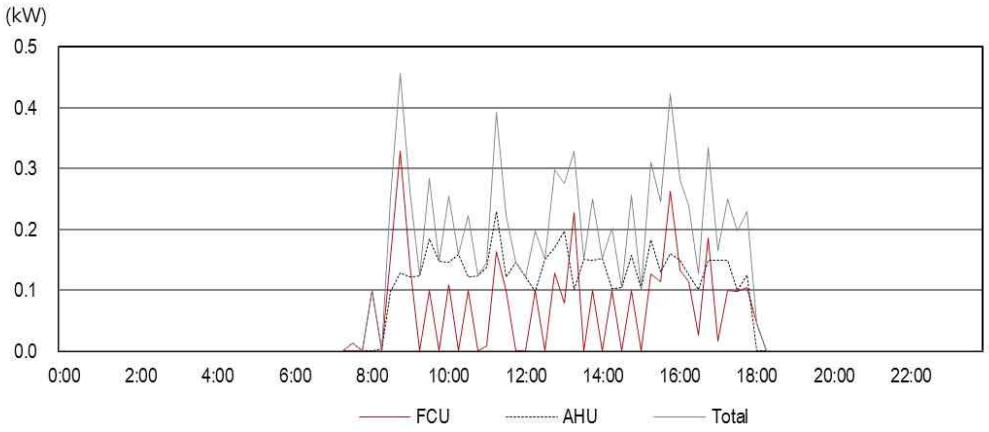


그림 2-84 (FCU+AHU)Test-bed 일일 부하제거 변화

- (칠드빔+AHU)의 경우 각각의 시스템이 비교적 일정하게 부하는 제거하는 것으로 나타남
- 칠드빔의 경우 결로가 발생하지 않는 범위에서 전체 부하 제거량의 약 35~40%정도로 나타남

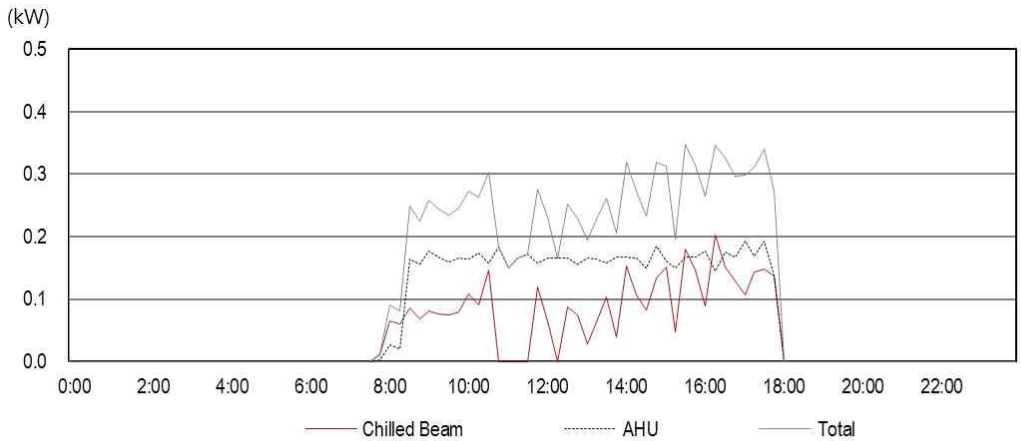


그림 2-85 (칠드빔+AHU)Test-bed 일일 부하제거 변화

- (천장 복사패널+AHU)의 경우 가장 일정한 부하 제거 비율을 유지하는 것으로 나타남
- 천장 복사패널의 경우 결로가 발생하지 않는 범위에서 전체 부하 제거량의 약 30%정도로 나타남

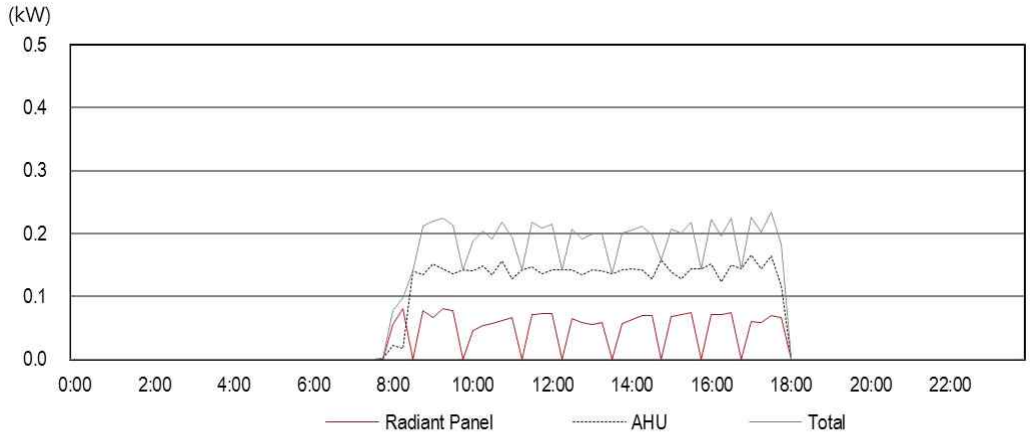


그림 2-86 (천장 복사패널+AHU)Test-bed 일일 부하제거 변화

- (FCU+AHU)의 경우 비교적 상하 온도차이 없이 일정한 것으로 측정됨
- (FCU+AHU)에서 FCU를 통한 빠른 부하제거를 통해서 설정 온도(24℃) 이하로 실내를 유지한 것으로 판단됨
- 비교적 Test-bed의 높이 높지 않았기 때문에 상하 온도차가 크게 발생하지 않은 것으로 판단됨
- (칠드빔+AHU)를 통한 냉방의 경우에는 상하 온도차가 최대 2℃가량 발생하는 것으로 측정됨
- 이는 미국공조냉동공학회(ASHRAE) STD-55에 기준에 부합하는 결과임
- 동일한 열원을 통한 냉방을 제공할 때, (칠드빔+AHU)가 설치된 Test-bed의 실내 온도 평균이 가장 설정 온도에 근접한 것으로 나타남
- (복사+AHU)의 경우 상하 온도차는 거의 발생하지 않는 것으로 나타남
- 다만 실내 평균 온도가 설정온도보다 약 2℃ 높은 것으로 나타남

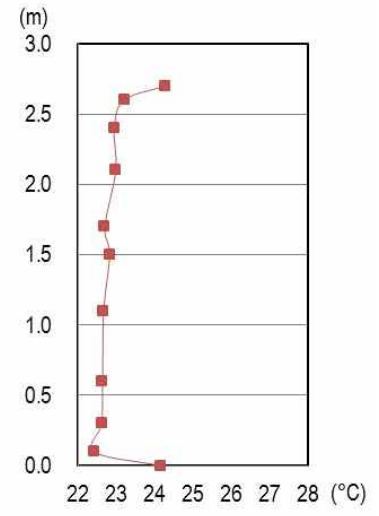


그림 2-87 (FCU+AHU)

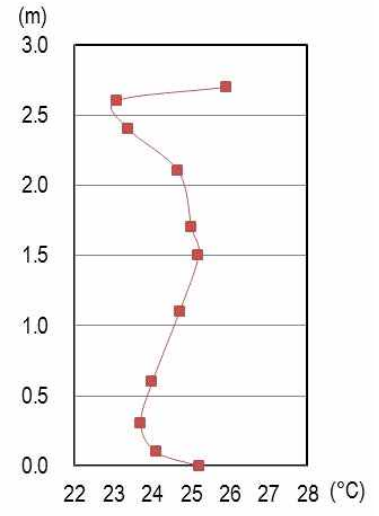


그림 2-88 (칠드빔+AHU)

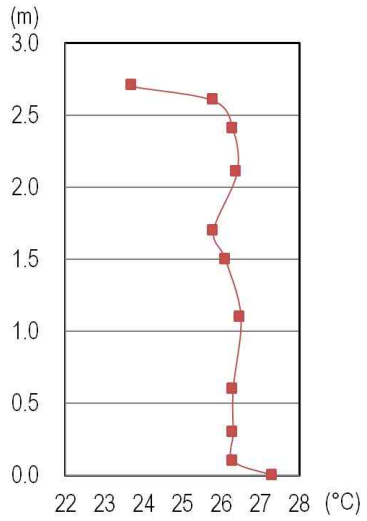


그림 2-89 (복사+AHU)

- (FCU+AHU), (칠드빔+AHU), (천장 복사패널+AHU)가 설치된 Test-bed에서의 일일 쾌적도 변화
- 쾌적도를 평가하기 위해 실내 예상온열냉감(PMV, Predicted Mean Vote)을 통해 수치화하여 정량적으로 평가

- PMV는 무차원화 된 수 이며, 0이 가장 쾌적한 상태를 지칭하며 ±0.5범위 내에 있을 때 쾌적 범위라 판단함
- (FCU+AHU)가 설치된 Test-bed에서 가장 빠르게 실내 쾌적 범위를 만족하는 실내 온열 환경을 만드는 것으로 측정됨
- (칠드빔+AHU)와 (천장 복사패널+AHU)가 설치된 Test-bed의 경우 실내 쾌적 범위를 만족하기 위한 기기 예열 시간이 (FCU+AHU)보다 많이 필요할 것으로 판단됨
- (FCU+AHU)가 설치된 Test-bed의 경우 쾌적을 만족하는 범위 내에서 상대적으로 PMV가 급격하게 변화하는 양상을 보임
- 일일 실내 부하 제거량과 마찬가지로 (천장 복사패널+AHU)가 가장 일정한 PMV를 유지하는 것으로 측정됨
- 다만 (천장 복사패널+AHU)가 설치된 Test-bed의 경우 PMV가 +0.5정도를 유지함으로써 재실자가 상대적으로 더위를 호소할 수 있음

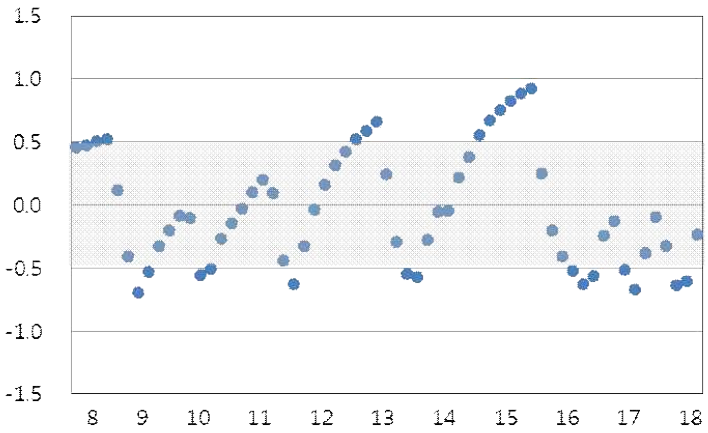


그림 2-90 (FCU+AHU) PMV

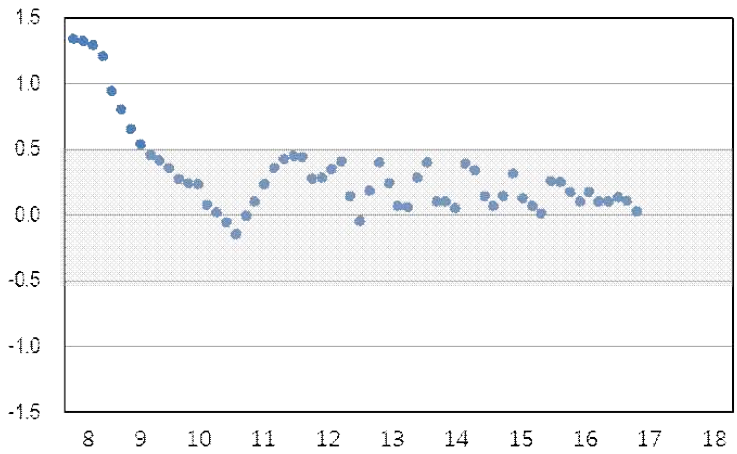


그림 2-91 (칠드빔+AHU) PMV

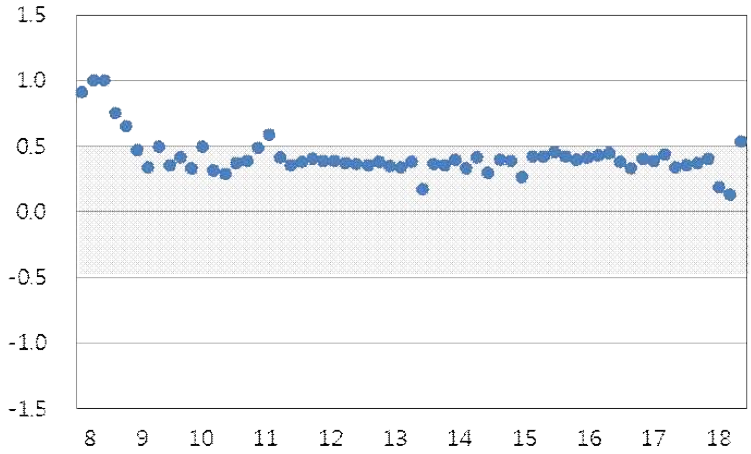
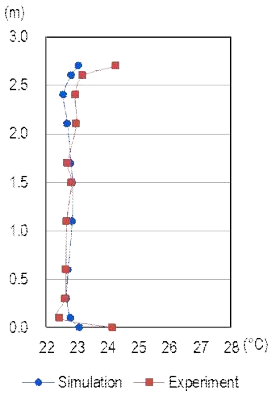


그림 2-92 (천장 복사패널+AHU) PMV

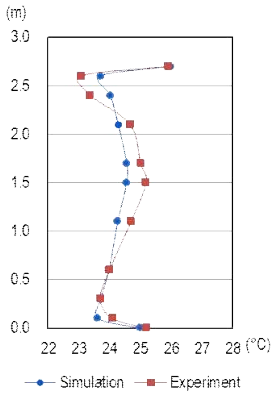
(3) 요소기술(FCU, 칠드빔, 천장 복사패널) 시뮬레이션을 통한 성능 검증

- CFD를 해석을 위한 실측 데이터 일치율 분석 결과 약 1.55%의 오차율을 보임



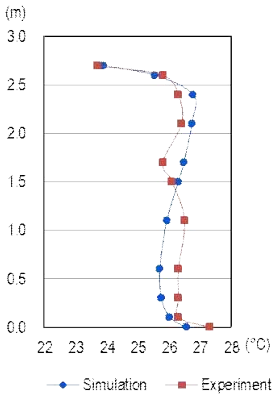
	Relative Error
Min	0.13 %
Max	5.04 %
Average	1.60 %

• FCU



	Relative Error
Min	0.03 %
Max	2.49 %
Average	1.36 %

• Chilled Beam



	Relative Error
Min	0.76 %
Max	2.76 %
Average	1.69 %

• Radiant Panel

그림 2-93 Test-bed 실측 결과와 CFD시뮬레이션 일치율 분석

- (FCU+AHU), (칠드빔+AHU), (천장 복사패널+AHU)이 각각 설치된 Test-bed에 동일한 크기와 부하가 발생하는 조건으로 시뮬레이션 진행
- CFD 시뮬레이션을 진행 시 실내 설정온도를 26℃로 설정함

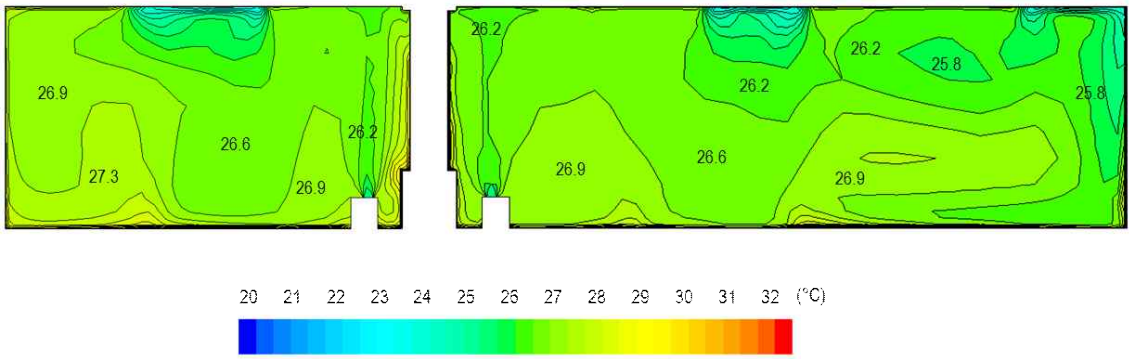


그림 2-94 CFD 시뮬레이션을 통한 (FCU+AHU)Test-bed 실내 온도 분포 해석 결과

- (FCU+AHU)가 설치된 Test-bed의 경우 내/외주부에 따른 온도 분포가 비교적 고르게 분포할 것으로 나타났음
- FCU를 통한 외주부 냉방으로 인해 창으로 유입되는 일사로 인한 외주부 온도 상승을 효과적으로 저감시킨 것으로 판단 됨
- 외주부에 설치된 FCU에서 냉각되어 상승되는 기류가 천장을 타고 내주부로 유입되는 것으로 관찰 됨

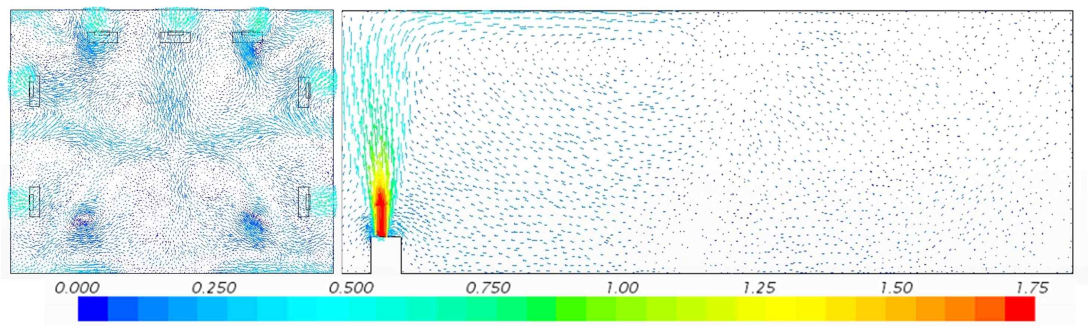


그림 2-95 CFD 시뮬레이션을 통한 (FCU+AHU)Test-bed 실내 기류 분포 해석 결과

- CFD 시뮬레이션을 통해 (FCU+AHU)가 설치된 Test-bed의 PMV 분포의 경우 FCU가 설치되지 않는, 다른 실과 맞닿아 있는 쪽이 상대적으로 높은 것으로 나타남

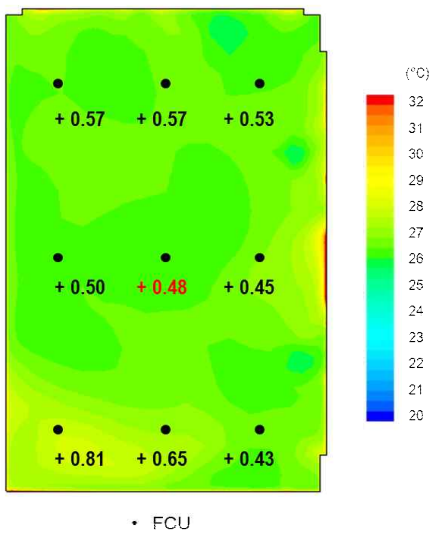


그림 2-96 (FCU+AHU)온도, PMV분포

- (칠드빔+AHU)가 설치된 Test-bed의 경우 창과 맞닿아 있는 외주부가 상대적으로 온도가 높을 것으로 나타났음

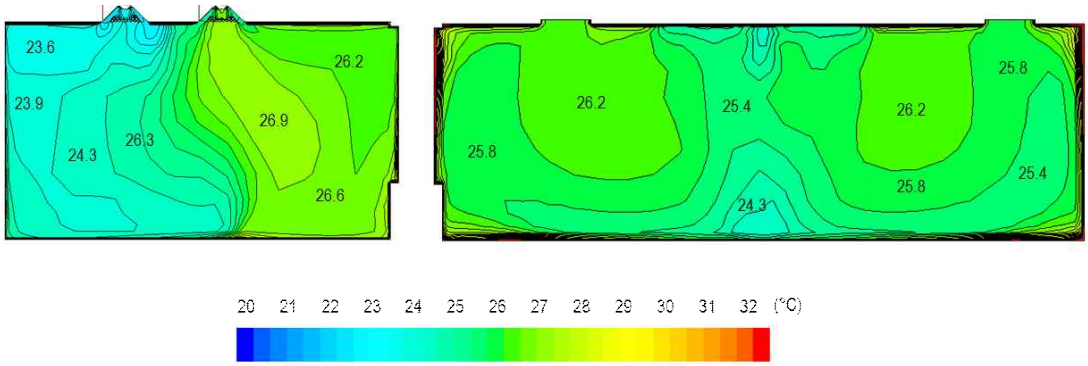


그림 2-97 CFD 시뮬레이션을 통한 (칠드빔+AHU)Test-bed 실내 온도 분포 해석 결과

- CFD 시뮬레이션을 통한 (칠드빔+AHU)가 설치된 Test-bed의 기류 분포의 경우 전체적으로 쾌적을 만족하는 범위내의 기류속도를 보이며 분포 또한 고르게 나타나는 것을 확인할 수 있음

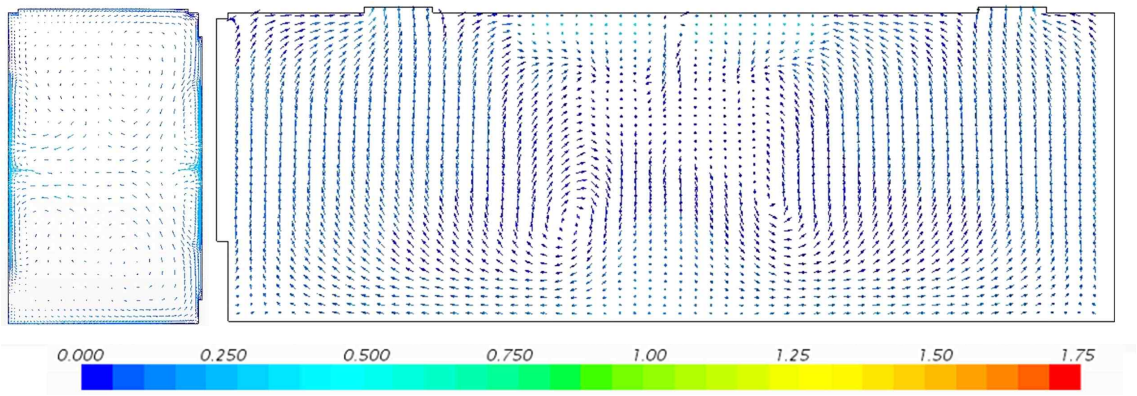


그림 2-98 CFD 시뮬레이션을 통한 (칠드빔+AHU)Test-bed 실내 기류 분포 해석 결과

- CFD 시뮬레이션을 통해 (칠드빔+AHU)가 설치된 Test-bed에서 칠드빔 취출 기류의 하단 공간의 경우 상대적으로 온도가 낮은 것으로 확인됨
- 우측 창가의 경우 창을 통해 유입되는 일사의 영향으로 상대적으로 높은 온도를 나타낼 것으로 예상됨
- 반면 좌측 실내 공간과 인접한 벽의 경우 상대적으로 낮은 온도를 나타낼 것으로 예상됨
- 따라서 CFD 시뮬레이션을 통해 (칠드빔+AHU)가 설치된 Test-bed에 수평온도 분포 측면에서 불균형이 발생할 것으로 예측됨

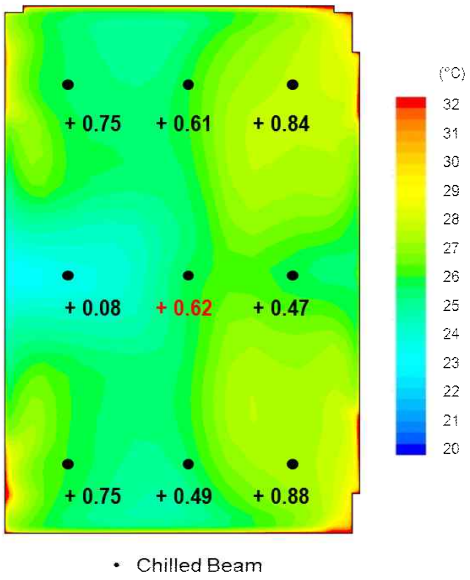


그림 2-99 (칠드빔+AHU)온도, PMV분포

- (천장 복사패널+AHU)가 설치된 Test-bed의 경우 일사가 유입되는 외주부를 제외하고 온도 분포가 고르게 분포 할 것으로 예측됨

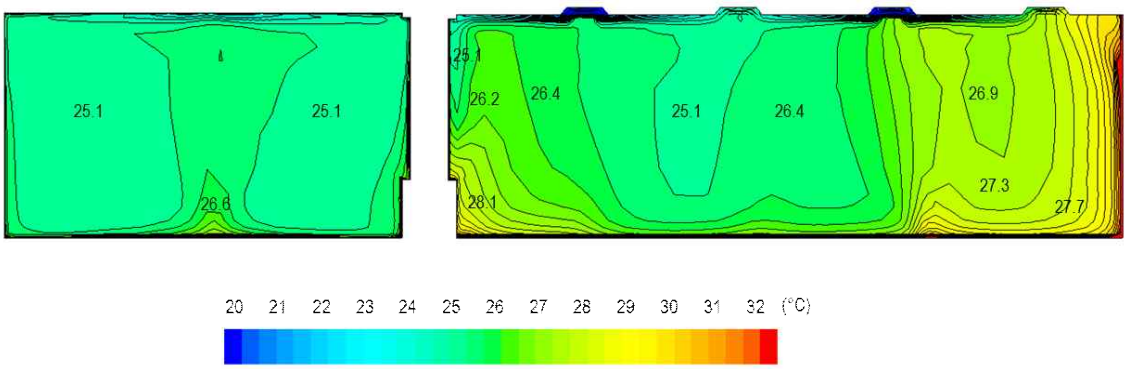


그림 2-100 CFD 시뮬레이션을 통한 (복사+AHU)Test-bed 실내 온도 분포 해석 결과

- CFD 시뮬레이션을 통해 (천장 복사패널+AHU)가 설치된 Test-bed에서 기류의 속도가 다른 시스템에 비해서 상대적으로 낮게 나타남
- 하지만 온도 분포 및 기류 패턴이 실내 공간 전체적으로 고르게 나타남

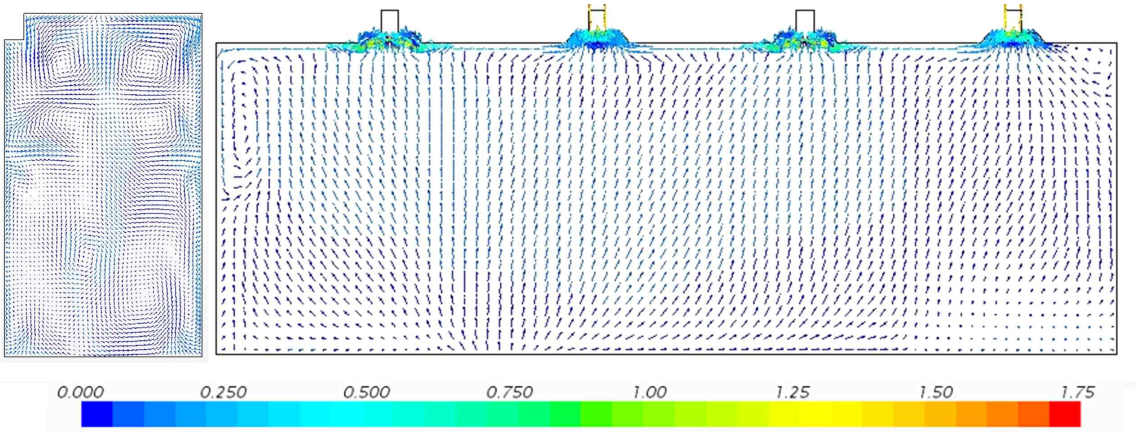


그림 2-101 CFD 시뮬레이션을 통한 (복사+AHU)Test-bed 실내 기류 분포 해석 결과

- CFD 시뮬레이션을 통해 (천장 복사패널+AHU)가 설치된 Test-bed의 평면적 온도 분포의 경우 단면에서 관찰한 온도분포와 같이 창을 통한 일사 유입이 진행되는 외주부를 제외하고는 고르게 분포함
- 이러한 온도분포의 불균형으로 인해 창이 위치한 외주부의 PMV가 상대적으로 높고 일부 쾌적 범위에서 이탈하는 구간 또한 발생할 것으로 예측됨
- (FCU+AHU), (칠드빔+AHU) Test-bed와 비교하여 동일한 설정온도를 설정했을 때 전체적으로 실의 온도가 높을 것으로 예측됨
- 따라서 (천장 복사패널+AHU)를 설치한 Test-bed의 경우 설정 온도를 다른 시스템보다 낮게 설정할 필요가 있을 것으로 판단됨

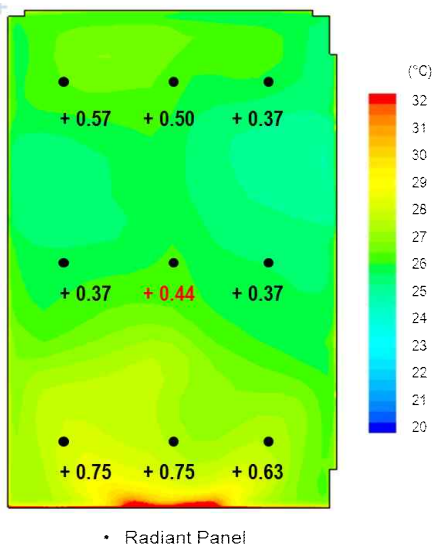


그림 2-102 (복사+AHU)온도, PMV분포

(4) 요소기술(FCU, 칠드빔, 천장 복사패널)의 상대적 비교 분석

○ 실측이 진행되는 Test-bed에서 상하 온도 분포 관찰을 통해 열쾌적성 분석 결과 (FCU+CAV)가 설치된 실에서는 상하온도 분포가 상단과 하단의 위치를 제외하고는 온도차가 크지 않은 것으로 나타남

○ 또한 실의 중앙의 온도는 대부분 22℃에서 23℃에 머무르고 있는 것을 확인할 수 있음. 기구 아래에서 측정한 경우는 실의 높이가 높아질수록 온도가 낮게 나타났는데 이는 FCU와 가까운 곳에 설치된 배기구가 FCU의 상승되는 기류에 영향을 받은 것으로 보임

○ (칠드빔+CAV)가 설치된 실내 중앙 온도 분포는 최상단에서 2.6m로 가면서 온도가 급격히 떨어지는 것을 볼 수 있는데 이는 칠드빔이 설치된 위치와 가까워 급기구에서 나오는 공기의 온도가 영향을 미치는 것으로 보임

○ 동일한 열량을 공급할 때 칠드빔의 경우 FCU에 비해 일일 최대 전력소비가 약 22% 낮은 것으로 확인됨

○ (천장 복사패널+CAV)가 설치된 Test-bed의 경우 온도 수직/수평 온도 분포는 고르게 분포함. 천장 복사패널의 경우 실내 기류가 상대적으로 없음으로 CAV를 통한 환기가 일정 수준 제공 되어야만 실내 쾌적도를 만족함. 천장 복사패널의 경우 FCU에 비해

일일 최대 전력 소모량이 50% 낮은 것으로 확인됨. 다만 여름철 동일한 열원 공급 시 상대적으로 냉방능력이 떨어지므로 천장복사 패널 제어 시 보다 낮은 SET 온도를 설정할 필요가 있음

- 실내 쾌적도 측면에서 3가지(FCU+CAV, 칠드빔+CAV, 천장 복사패널+CAV) 요소기술 조합을 비교했을 때 가장 쾌적하게 나타나는 것은 (FCU+CAV)임. 다만 (칠드빔+CAV), (천장 복사패널+CAV)의 경우에서 실내 쾌적 구간을 크게 벗어나지 않았음. 따라서 (FCU+CAV)와 (칠드빔+CAV), (천장 복사패널+CAV) 사이에는 각기 다른 운전모드를 통해서 실내 쾌적을 만족시키는데 접근할 필요가 있음
- 에너지 소비 측면에서 3가지(FCU+CAV, 칠드빔+CAV, 천장 복사패널+CAV)요소기술 조합을 비교했을 때 가장 에너지 소비량이 적은 시스템은 (천장 복사패널+CAV)임. 다만 (천장 복사패널+CAV)의 경우 실내온도가 상대적으로 다른 시스템의 비해 높았음. 때문에 3가지 시스템의 운전모드는 각기 다르게 수립할 필요가 있음

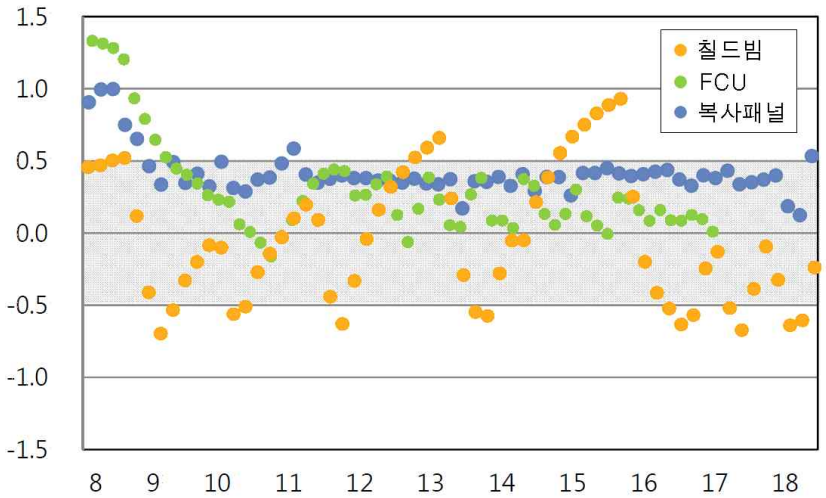


그림 2-103 3가지 시스템의 열쾌적(PMV) 비교

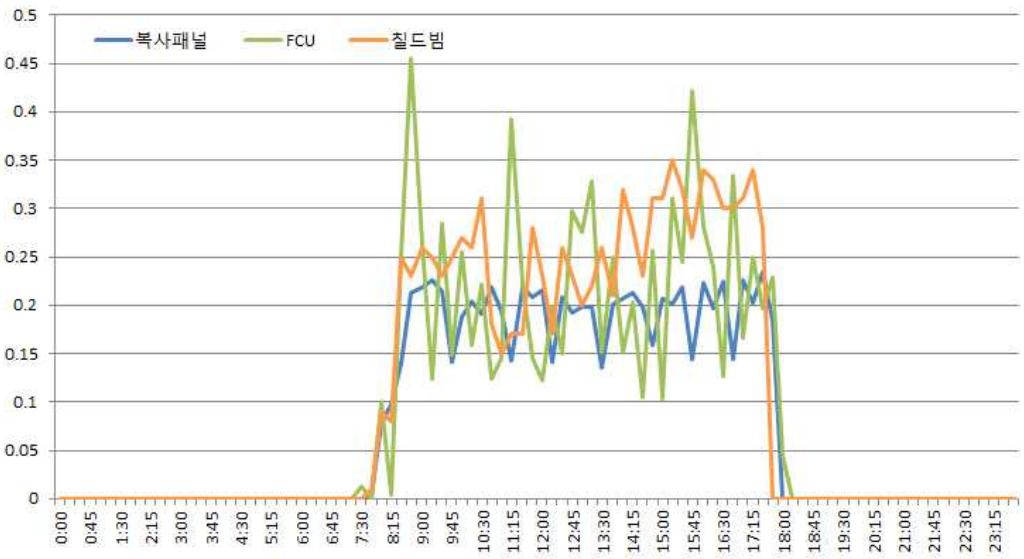


그림 2-104 3가지 시스템의 에너지 소비량 비교

4. 녹색건축물 통합설계프로세스 최종 모델 및 매뉴얼 개발

가. 통합설계를 적용한 이중외피의 요소기술 매뉴얼

(1) 녹색건축물 친환경 요소기술 매뉴얼

○ 녹색건축물의 설계 프로세스에서 설계 과정에서 건물의 형태에 영향을 주는 대표적인 패시브 기술로는 이중외피와 아트리움이 있음

○ 통합설계 프로세스의 각 설계단계 별 요소기술 적용 사례를 보여주기 위해 이중외피와 아트리움에 대한 설계 과정을 매뉴얼화 함

○ 각 설계 단계에서 필요한 작업(Activity) 들과 건축가, 엔지니어의 역할을 중심으로 요소기술 매뉴얼을 작성하였음

(2) 설계 초기단계 프로세스 도출을 위한 연구의 방법

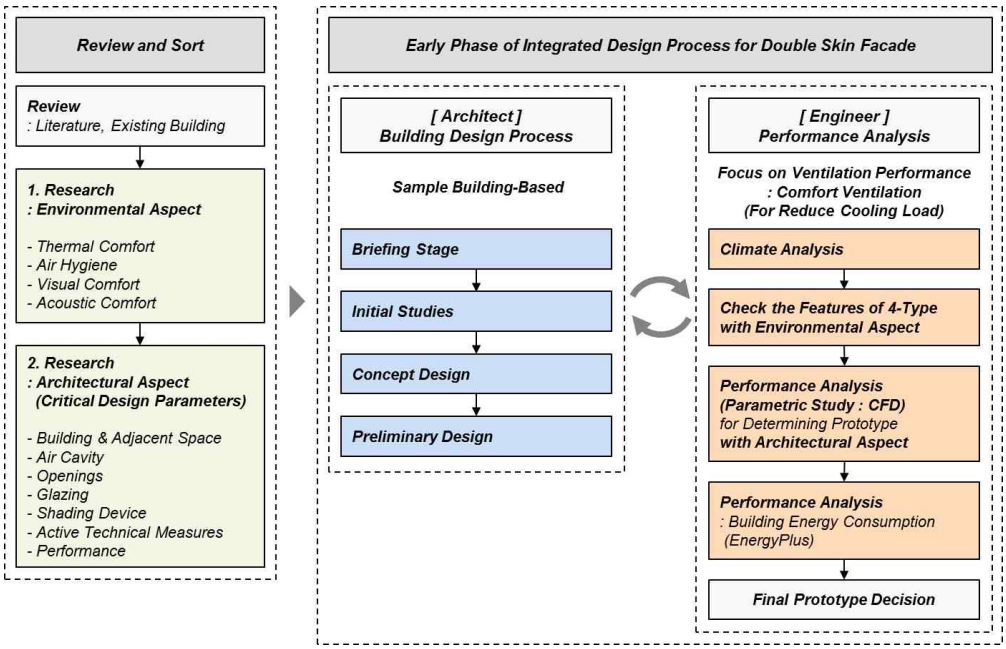


그림 2-105 설계 초기단계 프로세스 도출을 위한 연구의 방법

○ Review and Sort : 프로세스를 도출하기 전, 이중외피 시스템 관련 선행 연구와 적용사례를 토대로 환경적인 측면과 건축적인 측면에서의 이중외피 시스템의 특성을 도출함

○ 이중외피 시스템 각 유형의 특성 도출 : 환경적인 측면(Environmental Aspect)

표 2-17 환경적인 측면에서의 이중외피 시스템 각 유형

Contents	Details	Type			
		Box Type	Corridor	Shaft Box	Multi Story
Thermal Comfort	Applicable Elevation	All or South (Related to the wind direction or heating/cooling period or location of external noise source)			
	Thermal Insulation	Normal	Normal	Good	Good
Air Hygiene (Ventilation)	Limit Building Height	X	X	O	O
	Wind and Buoyancy Effect	Wind	Wind	Wind/Buoyancy	Wind/Buoyancy
	Control Type of the External Openings	M(fixed)	M(fixed)	A / M	A / M
	Individual control for the natural ventilation	Very Good	Normal	Good	Bad
	Combined with the air-conditioning system	X	X	O	O
Visual Comfort	Visual contact to outside and View from outside projection	Good	Good	Normal	Normal
Acoustic Comfort	External noise	Normal	Normal	Good	Very Good
	Internal noise	Very Good	Good (floor to floor) Bad (Room to room)	Good	Bad
Fire Protection	Risk of the fire protection	Low	Normal	Low	High
Space Detail	Floor plan of the adjacent space	Divide/Open	Open	Divide/Open	Open
	Usable cavity space	X	O	X	O
Maintenance	Maintenance	Good	Very Good	Normal	Bad

- 건물의 궁극적인 환경조절의 목표인 재실자의 Thermal Comfort, Air Hygiene(Ventilation), Visual Comfort, Acoustic Comfort 측면에서 이중외피 시스템의 네 가지 유형의 특성을 도출하고, Fire Protection, Space Detail, Maintenance에 대한 내용을 추가적으로 도출함

○ 이중외피 시스템 각 유형의 특성 도출 : 건축적인 측면(Architectural Aspect)

표 2-18 건축적인 측면에서의 이중외피 시스템 각 유형의 특성

Critical Design Parameter	Contents	Box	Corridor	Shaft-Box	Multi-Story
Building & Adjacent Space	Purpose of building(space)	Office, Library, Residential, (Private Space)	Office, Library, School, Public Buildings (Public Space)		
	Limit Building Height	N	N	About 8 ~ 10 Story	
	Divide Space	Divide, Open	Open	Divide, Open	Divide, Open
	Wall Properties	Variable			
Air Cavity	Orientation	All or South (Related to the wind direction or heating/cooling period or location of external noise source)			
	Depth (m)	0.2 ~ 0.7	0.2 ~ 1.5	0.2 ~ 1.5	0.5 ~ 1.2
	Ventilation Type	Natural, Mechanical, Hybrid Ventilation			
	Accessibility	N	Y	N	Y
Openings (External / Internal)	Number of Openings	2 1 or 2	2 1 or 2	2 2~3(Included Side Opening)	2(Related to Building Height) 1 or 2
	Opening Size (m)	0.12 ~ 0.3 / 0.3 ~ 0.5	0.15 ~ 0.3 / 0.3 ~ 0.5	0.12 ~ 0.3 / 0.3 ~ 0.5	0.3 ~ 0.5
	Opening Type (Method)	Louver / Louver, Folding, Sliding, Tilt, Turn, Side hung (Variable)			
	Control Type (M/A)	Automatic / Manual			
Glazing (External / Internal)	Glazing Materials	Single or Double Toughened, Tempered, Clear Glass / Low-E Coating Double Glass			
	Number of Layers	1 ~ 2 / 2			
	Layer Thickness (mm)	6~12 / 12~26			
	U-Value (W/m^2·K)	0.4~3.0			
	Glazing Area-to-Wall Area Ratio (%)	30 ~ 50, 90 / 30 ~ 50	90 / 30 ~ 50, 100	90 / 30 ~ 50, 90	90 / 30 ~ 50, 90
Shading Device in Cavity	Control Type(M/A)	Automatic			
	Type	Horizontal, Vertical			
	Shape	Louver, Blind, Roll Blind, Curved Sheet			
	Dimension (Wide, m)	0.2 ~ 0.5			
	Material Properties	Aluminum, Timber, etc			
Active System	HVAC (Connected adjacent Space)	Y / N	N	Y / N	Y / N
	Adjacent Space H/C Type (Underfloor H/C, Radiant Ceiling Panel)	Various			
Performance	Natural Ventilation (%/ / year)	up to 70	up to 75	up to 60	up to 70
	Energy Savings (%/ / year)	10 ~ 80			

- 이중외피 시스템의 성능에 영향을 미치는 주요 설계 요소(Critical Design Parameters)인 건물의 형태와 인접공간(Building Form and Adjacent Space), 중공층(Air Cavity), 내·외피 개구부 디테일(Internal and External Opening Detail), 내·외피 유리의 물성치(Internal and External Glazing Properties), 차양장치(Shading Device)에 대해 선행 연구와 적용 사례를 토대로 도출함
- Early Phase of Integrated Design Process for Double Skin Facade
  : 통합설계 프로세스 상에서 건축가(Architect)의 Building Design Process를 통해 얻어진 건물의 형태 및 결정 사항을 토대로 엔지니어(Engineer)가 각 단계에서 적절한 분석을 통해 적합한 유형 및 적용 가능한 입면을 선택하여 적용할 수 있도록 함
- Focus on Ventilation Performance
  : 엔지니어의 분석은 이중외피 시스템 적용으로 자연환기 활성화를 통해 냉방 부하를 줄이는 쾌적환기(Comfort Ventilation)를 목적으로 함

(2) 통합설계 프로세스와 이중외피 시스템 설계 초기단계 프로세스 도출

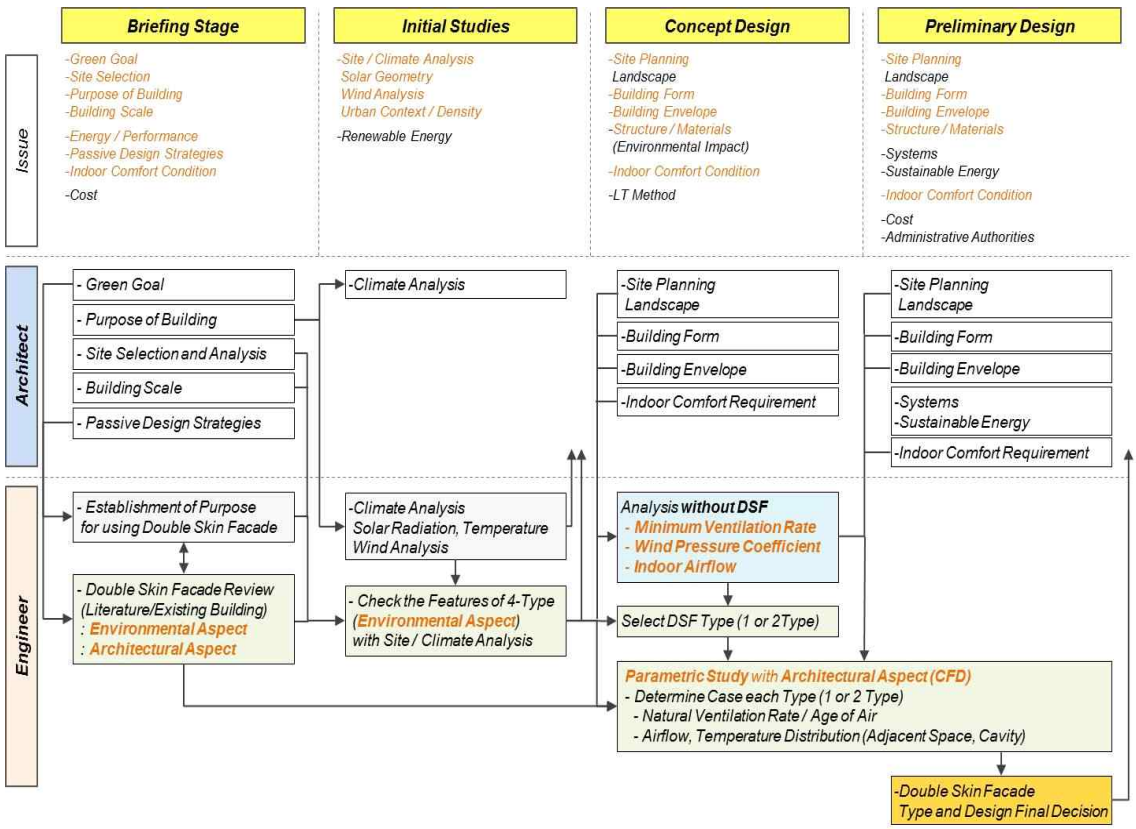


그림 2-106 이중외피 시스템 설계 초기단계의 프로세스 도출

○ 현 통합설계 프로세스 상에서의 주요 ISSUE를 토대로 이중외피 시스템 설계와 관련된 사항들 도출하고 건축가(Architect)와 엔지니어(Engineer)의 업무로 구분하여 각 단계별 업무를 프로세스로 구성함

○ Briefing Stage : 친환경 건축물로서의 목표 및 목적을 설정하고 이를 바탕으로 대상지 선택 및 건물 규모 산정, 친환경 디자인 전략 계획(자연채광, 자연환기, 온열 환경 성능 등을 도출하는 단계로서 이중외피 시스템 적용을 결정 및 목적을 설정하고, 선행 연구 및 적용 사례를 검토하여 환경적, 건축적인 측면에서의 특성을 도출함

• 건축가(Architect)

- 에너지 절감 목표 설정(Green Goal) : 건물의 전체 에너지 절감 목표를 설정
- 건물의 사용 목적(Purpose of Building) : 건물의 사용 목적 및 실의 조닝에 따라 이중외피 시스템 적용 유형 또한 달라질 수 있음
- 대지 선정 및 분석(Site Selection and Analysis) : 대지 주변의 건물의 밀도, 대지의 높이, 건물의 향에 대한 법적 규제 등은 건물의 패시브 디자인 전략(이중외피 시스템) 및 설비시스템 설계에 영향을 미침
- 건물의 규모 설정(Building Scale) : 대상 건물의 규모 및 내부 조닝은 건물의 에너지 성능 및 패시브 디자인 전략(이중외피 시스템)에 영향을 미침
- 패시브 디자인 전략 계획 수립(Passive Design Strategies) : 이중외피 시스템의 선행 연구에 의하면 이중외피 시스템 적용 시 연간 최대 75%의 자연환기를 실시할 수 있으며, 비적용 건물 대비 연간 약 80%의 에너지 절감이 가능함

• 엔지니어(Engineer)

① 이중외피 시스템 적용 결정 및 목적 설정
- 겨울철 중공층 예열환기 및 열손실 감소를 통한 난방 부하 절감
- 여름철 일사 취득을 차단, 자연환기 활성화를 통해 냉방 부하 절감
  : 쾌적환기(Comfort Ventilation)
- 외부 오염 공기의 차단을 통한 실내 공기질 향상
- 외부 소음의 차단의 역할

* 대상지역의 특성 및 Initial Studies 단계에서의 기후 분석을 통해 이중외피 시스템의 주요 특징을 토대로 적용 목적을 설정

② 이중외피 시스템과 관련된 선행 연구 및 적용사례를 토대로 환경적, 건축적인 측면에서의 특성 도출(상세 내용은 앞에서 언급함)

○ Initial Studies : 선정 대지의 기후 분석을 통해 건물의 자연 채광, 자연환기, 온열 환경 성능 향상의 가능성을 극대화 하는 단계로서 환경적인 측면에서 이중외피 시스템의 네 가지 유형 중 적용 가능성이 높은 유형을 검토함

• 건축가(Architect)

① 기후분석(Climate Analysis) : 엔지니어의 기후분석을 토대로 건물의 기본 형태 및 내부 프로그램 조닝(Zonning)을 계획하며 다음 단계까지 영향을 미침

• 엔지니어(Engineer)

① 기후분석(Climate Analysis) : 대상지역의 외기온도, 향별 일사 분포, 풍향 및 풍속 등을 도출하여 환경적인 특성을 분석하여 적합한 이중외피 시스템 유형 및 적용 입면에 대한 가능성 검토함. 추후 시뮬레이션 분석에 적용

- 외기 온도 및 향별 일사 분포 : 중공층 투과 일사량에 따른 겨울철 예열 환기, 여름철 중공층 과열에 영향을 주는 요소로 이중외피 시스템의 유형 및 구성 유리의 물성치에 따라 그 정도는 달라지며 시뮬레이션을 통한 분석 필요
- 풍향 및 풍속 : 각 향별 풍속 분포 및 주풍향은 대상 건물의 이중외피 시스템 적용 가능 입면을 선택하는데 주요 요인이며, 유형 결정에 가장 중요한 요인이라 할 수 있음. 시뮬레이션을 통한 분석 필요

표 2-19 대상지역(인천) 기후분석 : 절기별 외기온도, 일사량, 외부기류속도 및 주풍향

Contents / Season	Heating Season (12,1,2,3)			Intermediate Season (4,5,10,11)			Cooling Season (6,7,8,9)		
	Maximum	Average	Minimum	Maximum	Average	Minimum	Maximum	Average	Minimum
Outdoor Temperature (℃)	13.5	0.9	-11.8	25.0	12.3	-4.3	32.7	22.5	10.5
Solar Radiation (W/m²)	826	103.2	0	999.0	145.2	0	1003	154.8	0
Wind Velocity (m/s)	15.4	3.5	0	11.3	3.1	0	11.8	2..8	0
Main Wind Direction	NW			S			S		

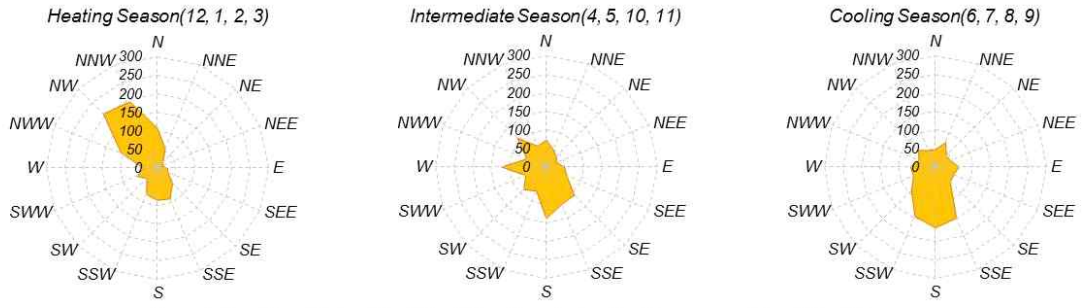


그림 2-107 대상지역(인천) 기후분석 : 절기별 누적 풍향 (재실시간 기준 09~18시)

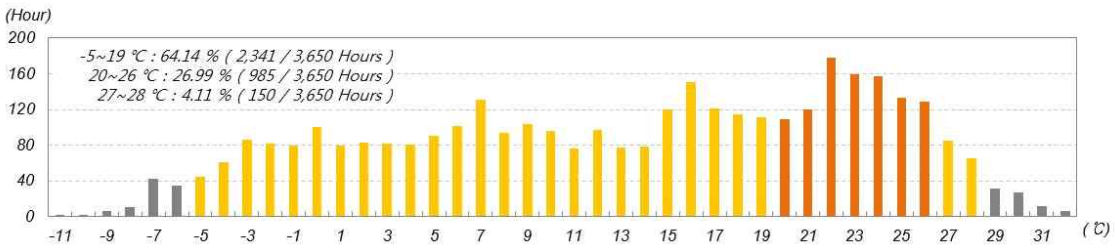


그림 2-108 대상지역(인천) 기후분석 : 절기별 누적 외기온도 분포 (재실시간 기준 09~18시)

② 기후분석을 통한 환경적인 측면에서 도출한 데이터를 통해 적용 가능한 이중외피 시스템 유형 검토

- 온도 및 일사량은 부력에 의한 환기를 활성화시킬 수 있는 요소로서 이중외피 시스템 중 샤프트박스형과 다층형 이중외피 시스템이 부력에 의한 환기 성능을 향상시킬 수 있는 유형임
- 이중외피 시스템 중 샤프트박스형과 다층형 이중외피 시스템이 외부 기류에 따른 압력차에 의한 자연환기 성능을 향상시킬 수 있는 유형임

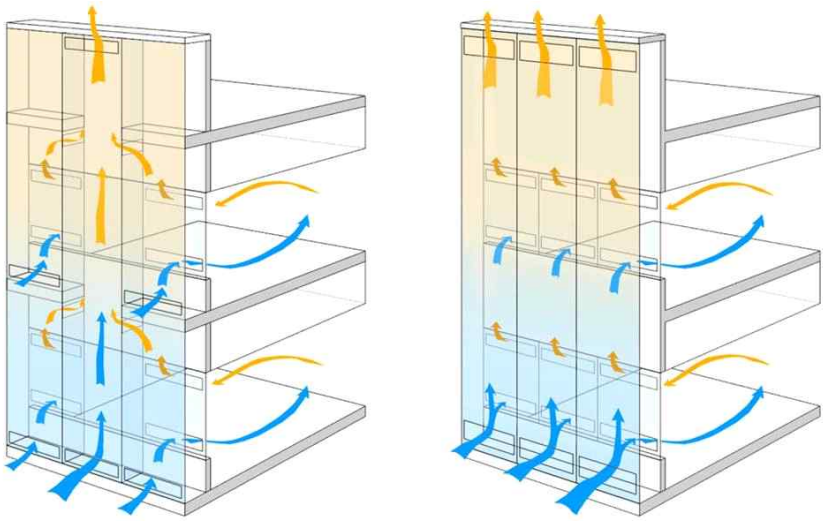


그림 2-109 샤프트박스, 다층형 이중외피 시스템의 개념 다이어그램

○ Concept Design : Initial Studies 단계에서 진행된 분석 결과를 토대로 건물 형태 디자인(Building Design)이 시작되는 단계로서 건물의 목적에 따른 프로그램 조닝과 이에 따른 Mass Study를 엔지니어의 기본적인 분석(외부 기류, 일사 등)을 동시에 진행하여 적합한 건물의 형태를 결정함

• 건축가(Architect)

① 대지 내의 조경 및 건물 배치 계획(Site Planning, Landscape) : 건물 규모에 따른 건물 배치계획(건폐율과 용적률 고려), 조경 등의 대지 계획을 실시

② 건물의 형태 계획(Building Form) : 계획된 프로그램에 따른 조닝(Zonning) 및 매스 스터디(Mass Study) 진행

③ 건물 외피 계획(Building Envelope) : 외피 구성 계획(커튼월, 이중외피 시스템, 프리패브(Prefab) 방식의 벽체 등)

④ 건물 구조 및 재료(Structure and Materials) : 건물을 지지하는 구조와 벽 바닥 등의 재료들을 성능에 맞춰 선택함

⑤ 실내 쾌적 조건 검토(Indoor Comfort Requirement) : 계획된 공간의 규모에 따른 실내 최소 쾌적 조건 검토를 토대로 이를 만족하는지를 실내 취득열량 및 외부 환경조건(난방기, 중간기, 냉방기 기상데이터)을 기준으로 분석함

• 엔지니어(Engineer)

① 각 실 최소 필요환기량 검토(Minimum Ventilation Rate in Breathing Zone ; The Breathing Zone Outdoor Airflow ; ASHRAE Standards 62.1)

② 이중외피가 적용되지 않은 상태에서의 건물 외피의 풍압계수 분포 분석 : 풍압계수 분포를 통해 각 실 또는 건물 전체의 Single-Sided Ventilation, Cross Ventilation, 이중외피 적용 가능성 검토함

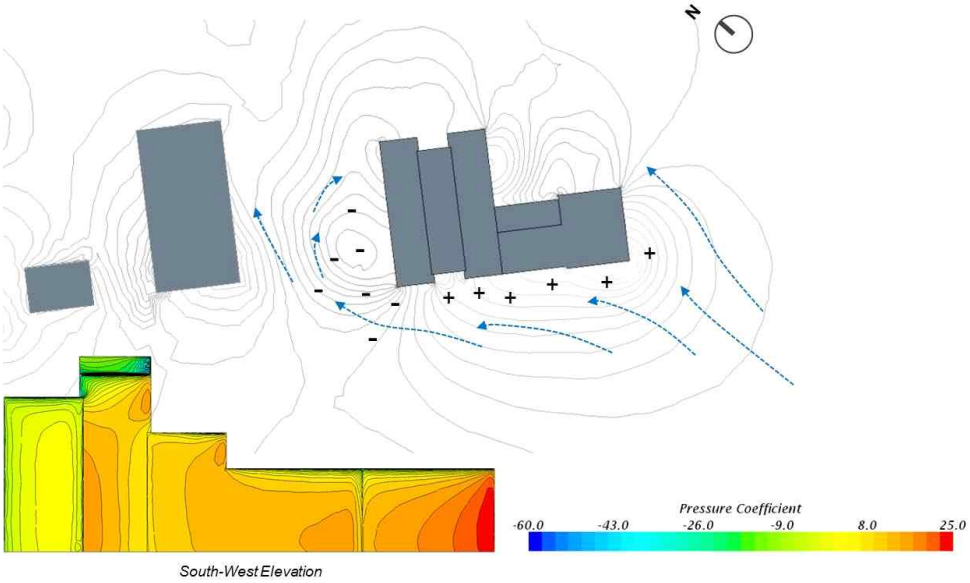


그림 2-110 남서측 입면의 풍압계수 분포 분석

③ 이중외피가 적용되지 않은 상태에서의 각 실의 기류 분포 분석 : 실내의 쾌적 기류 속도(0.3m/s 또는 0.5m/s 이하) 만족 여부를 분석하여 특정 실의 기류 속도가 그 이상일 경우 이중외피 시스템을 적용하여 해당 실의 쾌적 기류 속도를 만족시켜줄 수 있도록 함

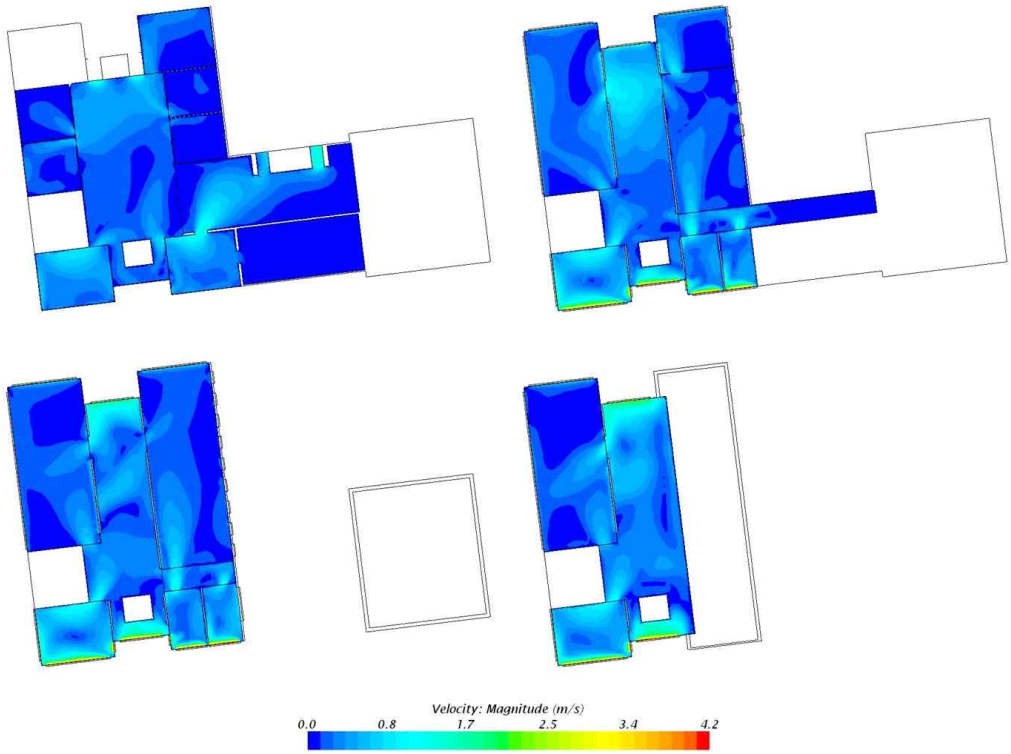


그림 2-111 이중외피 시스템을 적용하지 않은 상태에서의 실내 기류 분포 분석

④ 이중외피가 적용되지 않은 상태에서의 각 실의 온도 분포 분석 : 실내 발열 조건 및 외부 환경 조건(난방기, 중간기, 냉방기 기상데이터)을 토대로 자연환기 실시할 경우의 실내 온도 분포 분석

- 위의 분석을 종합하여 대상지역 기후에 대응할 수 있는 대상 건물에 적합한 이중외피 시스템의 유형 및 적용 가능한 외피를 결정
- 대상 건물의 외피 재료의 선택은 성능에 영향을 주기 때문에 재료의 물성치를 적용한 성능 분석이 진행되어야함

⑤ 1차적으로 결정된 이중외피 시스템 유형에 대해 성능에 영향을 미치는 주요 설계 요소들에 대한 Parametric Study를 통해서 유형에 대한 디테일을 결정

- 이중외피 시스템의 중공층(Air Cavity), 내·외피 개구부 디테일(Internal and External Opening Detail), 내·외피 유리의 물성치(Internal and External Glazing Properties), 차양장치(Shading Device)를 선행연구 및 사례를 토대로 CASE를 선정하여 성능 분석을 실시하고 비교하여 결정함
- Parametric Study 진행시 실내 발열 기준을 토대로 한 인접 공간의 공기령, 시간당 환기 횟수, 온도 및 기류 분포, 이산화탄소 농도 분석, 중공층 내부의 온도 분포를 분석 등을 통해 각 CASE별로 비교하여 적합한 CASE를 결정함. Parametric Study는 다음 단계에서 지속적으로 진행됨

  * 두 가지 유형이 결정이 되었을 경우, 동일한 분석을 각 유형에 맞춰 진행

Case	Cavity	External Opening			Mid Opening		Internal Opening	
	Depth	Width	Shaft Height	Box Height	Height	Width	Width	Height
1	900	1200 (Fixed)	500	300	300	850	1200 (Fixed)	500
2					400			
3					500			
4				200	Best			
5				100				
6			400	Best				
7			300					
8	600		Best			550		
9	1200					1150		
10	Best					Best		400
11								300

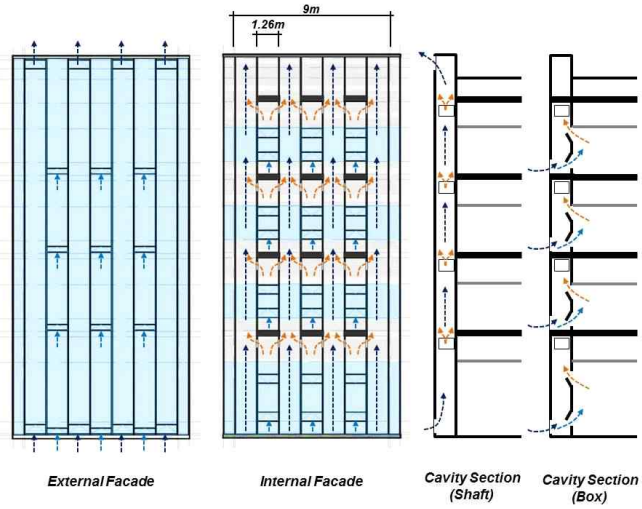


그림 2-112 샤프트박스형(Shaft-Box Type) 이중외피 시스템의 분석 Case 설정

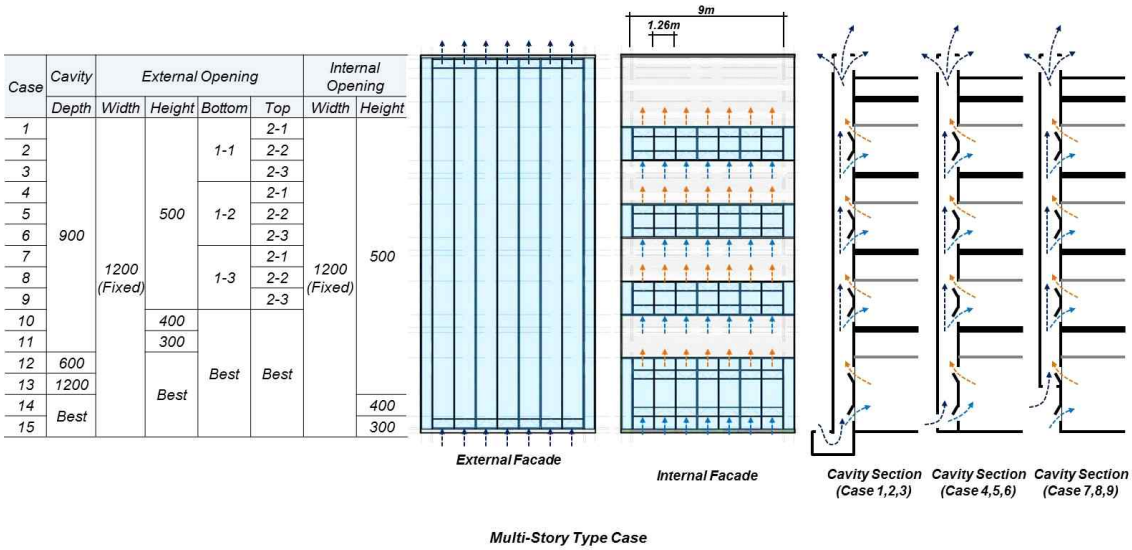


그림 2-113 다층형(Multi-Story Type) 이중외피 시스템의 분석 Case 설정

○ Preliminary Design : 건물의 패시브 디자인 요소를 결정하는 단계로서 이전 단계에서 결정된 건물의 형태를 기본으로 창면적비, 개구부의 위치 및 개수, 차양 설계를 진행하는 Concept Design 단계보다 더 상세한 설계 단계라 할 수 있음. 이중외피 시스템은 이전 단계에서 진행된 Parametric Study를 이어서 진행하게 되며, 유형에 대한 디테일을 최종 결정하는 단계임

- 건축가(Architect) : 이전 단계와 동일한 내용으로 엔지니어의 분석 내용을 토대로 건물의 배치, 형태, 외피, 구조 및 재료를 발전시켜 나가는 단계임

① 대지 내의 조경 및 건물 배치 계획(Site Planning, Landscape)
② 건물의 형태 계획(Building Form)
③ 건물 외피 계획(Building Envelope)
④ 건물 구조 및 재료(Structure and Materials)
⑤ 설비시스템 및 신재생에너지(Active Technical Measures and Sustainable Energy) : 이중외피 시스템의 자연환기 및 예열환기 등이 설비시스템의 부하에 미치는 영향을 고려하여 설계함. 우리나라 같은 경우 주로 냉방부하 절감의 역할을 함
⑥ 실내 쾌적 조건 검토(Indoor Comfort Requirement)

- 엔지니어(Engineer)

① 이전 단계(Concept Design)에서 진행된 Parametric Study를 지속적으로 진행하여 선택된 유형의 주요 설계 요소의 분석 결과를 토대로 최종 결정을 진행함
② 두 가지 유형이 이전단계에서 결정되었을 경우, 연간 에너지 소비량 분석을 추가적으로 실시하여 건물 에너지 소비량을 분석하여 결정함.(EnergyPlus 등의 에너지 분석 프로그램을 활용)
③ Parametric Study와 에너지 분석을 통해 대상 건물에 가장 적합한 유형을 최종 결정함

나. 통합설계를 적용한 아트리움의 요소기술 매뉴얼

(1) 설계 초기단계 프로세스 도출을 위한 연구의 방법

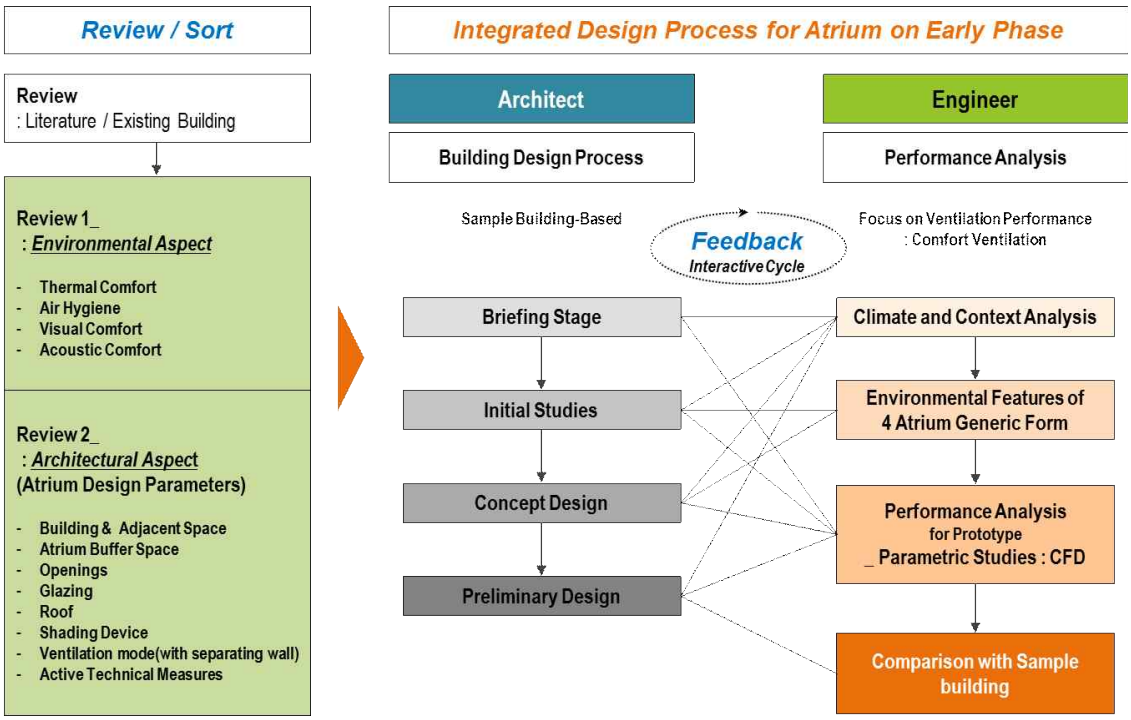


그림 2-114 아트리움 통합설계 프로세스 도출 과정

○ Review and Sort : 프로세스 도출을 위해 아트리움과 관련된 선행 연구와 적용 사례를 토대로 환경적인 측면과 건축적인 측면에서의 아트리움 특성을 도출

○ 아트리움의 Generic Form에 대한 특성 분석 : 환경적인 측면(Environmental Aspect)

표 2-20 Comfort 측면의 아트리움 유형별 특성

Contents		Details	Atrium Types			
			Linear	Central	Attached	Semi-Closed
Environmental Aspect	Thermal comfort	Applicable elevation	All	Centre	South	South
		Energy efficiency	Good	Good	Bad	normal
		Thermal insulation / Heat Gain and Lose	Normal	High	Low	Normal
		Condensation	Normal	Low	High	Normal
		Fluctuation of temperature	Good	Good	Bad	Normal
	Visual comfort	Daylighting effect	Good	Normal	Very Good	Normal
		Landscaping area	Large	Small	Large	Small
		Assessment of Openness	0.294 x Existence of open area connected with atrium external area(O:2, X:1) + 0.130 x Glazing area(nothing = 0) + 0.672			
	Air Hygiene	Wind induced ventilation and Buoyancy effect	Wind/Buoyancy	Buoyancy	Wind/Buoyancy	Wind/Buoyancy
		Relation of adjacent space ventilation mode	Very	Very	Little	Normal
		Infiltration and Cold draft	Normal	Low	High	Normal
		Effect of external wind condition	O	X	O	O
	Acoustic comfort	External Noise	Normal	Good	Bad	Good
		Internal Noise	Normal	Bad	Normal	Normal
Climate Region		External climate condition effect atrium performance	Hot and humid/Cold	Hot and humid /Dry	Cold and Dry	Hot and humid

- 아트리움의 일반적인 유형을 선형과 중정형, 부착형과 3면형으로 구분
- Thermal comfort와 Visual comfort, Air hygiene, Acoustic comfort측면에서 각 유형별 특성을 정리하여 사용 목적에 따라 초기에 1차적 유형 결정 시 활용
- Initial Studies 단계에서 수행하는 기후분석 내용과 대지의 Context에 따라 적절한 유형 선택

○ 아트리움의 공간적 특성 분석 : 공간적인 특성(Space Attribution)

표 2-21 아트리움 유형별 공간적 기여 특성

Contents		Details	Atrium Types			
			Linear	Central	Attached	Semi-Closed
Space Attributes	Accessible	Accessible elevators and ramps in addition to stairways	Hard	Easy	Hard	Easy
		The space use between atrium and adjacent building(most)	Separated wall(Window)	Mixed (Corridor + Separated wall)	Mixed (Corridor + Separated wall)	Mixed (Corridor + Separated wall)
	Aesthetics	Attractive view during different season	Good	Bad	Very Good	Normal
		Effect of Finishes for open stairways, pedestrian bridges, and other transitional spaces	O	X	O	X
		Emits natural light, but prevents glare and light reflection	Good	Good	Exceed	Normal
	Functional / Operational	Unique requirements of plant species for comfort level	O	O	O	X
		Priority of Design appropriate spaces attention to lighting, ventilation, thermal control	Ventilation/Lighting	Lighting	Ventilation/Lighting	Ventilation
		Accommodate flexibility and storage of furniture and equipment	O	X	O	X
		Design for maintainability of hard to reach areas	Bad	Good	Bad	Normal
		Design as an informal meeting space	O	O	O	X
	Productive	Need Specify HVAC equipment that will ensure a comfortable and reliable temperature	X	X	X	X
	Secure / Safe	Risk of smoke and fire	Normal	High	Normal	High
		Design for safety in balconies overlooking atria(breaking, Falling, suicide attempts)	X	O	O	O

- 건축가의 설계 의도에 따라 아트리움의 건축적 기능을 만족하는 유형 선택
- 각 유형별 접근성, 미적 기능, 환경 조절 기능, 방재 성능 등 공간적인 기여 특성에 따라 초기 건축가에 의한 유형 결정이 용이
- Briefing Stage 단계의 초기 건물의 사용 목적과 스케일, Passive Design Strategy에 따라 적절한 유형 선택의 기준을 제공

○ 아트리움의 Geometry 분석 : 건축 계획적 측면(Architectural Aspect)

표 2-22 아트리움 유형별 건축 계획적 특성

Design parameters	Contents	Atrium Types			
		Linear	Central	Attached	Semi-Closed
Glazing (Atrium & Separated wall)	Glazing Materials	Single or Double toughened, tempered, clear glass / Low-e coating double glass			
	Transparent to opaque area ratio(%)	30~100	90~100	50~100	80~100
	U-value(W/m²K)	1.0~1.6			
	Separated wall glazing ratio(%)	40~60			
Opening	Size(m2)	0.5~2m2 each level floor / size of lower and high level openings of 2m2 the difference			
	Inlet and outlet Ratio	high outlet to inlet opening area ratio (1>n) _ Tropical	high outlet to inlet opening area ratio (1>n) _ Tropical	Upper : medium size Lower : Sufficiently small	high outlet to inlet opening area ratio (1>n) _ Tropical
	Location(m)	0.6, 1.2m / 1.2m is more efficient in average temperature			
	Separated wall opening ratio(%)	30%~50% of Glazing area			
	Separated wall opening Location(m)	0~0.6 - cold weather / 1.8~ - hot weather			
Roof	Wall to roof void area	Sufficiently high of 2.5m			
	Shape / Angle	Depends on the ventilation and daylighting analysis / 9°(for ventilation), 5°(for daylighting)			
	Using PV arrays	Efficient	Limited	Normally limited	Limited
	Overhangs	Optional / 3~5m below glazed roof(for better lighting and thermal in atrium), occasionally 1.5m deep roof overhangs are used.			
Atrium size (for the Buoyancy effect)	External area to volume ratio(%)	15%	2%	17~60%	9~52%
	Length	30~35% of total building Length / SAR = Height/Width = 1~2(central), 2~3(Linear) / PAR = Width/Depth = 0.3~0.4			
	Depth	35~60% of total building Depth			
	Height(m)	3.4m floor to floor height for office / sufficient height is need in hot/humid region / Adding 1m of the height increase of 0.043m of the atrium size			
Solar chimney	Applicable location	Double skin façade in south	Not	Solar chimney = Atrium	Not
Thermal mass	Applicable location	Floor and Separated wall	Not	Separated wall	Not
Ventilation mode (Possible)	Wind induced ventilation	O	X	Δ	Δ
	Buoyancy driven ventilation	O	O	O	O
	Solar assisted ventilation	Δ	X	O	Δ
	Night ventilation	O	O	O	O
Hybrid ventilation (Possible)	FCU(office) + NV	O	O	O	O
	Thermal labyrinth	O	X	O	X

- Concept Design 단계의 기본적인 아트리움 계획을 위한 분석 CASE를 설정하기 용이하도록 적절하다고 판단되는 값을 분석하여 정리
- 초기 단계로서 아트리움의 높이, 폭, 깊이에 대한 분석 참고
- 자연환기 성능 향상을 위한 개구부 크기 및 위치 분석 참고
- 환기 촉진을 위한 형태별 지붕 디자인 분석 참고
- 인접 공간의 개구부 위치에 따른 환기 성능 분석 참고

(2) 예상 아트리움 통합설계 프로세스 도출

- 초기 디자인 단계를 Briefing stage에서 Preliminary Design 단계로 봄
- 기존 IDP의 Issue중 아트리움 계획을 위한 Issue 공통 사항 정리
- 단계별 건축가와 엔지니어의 의사결정 내용 정리 및 상호 관계 설정
- 단계별 분석 내용과 영향에 따른 Flow chart 작성

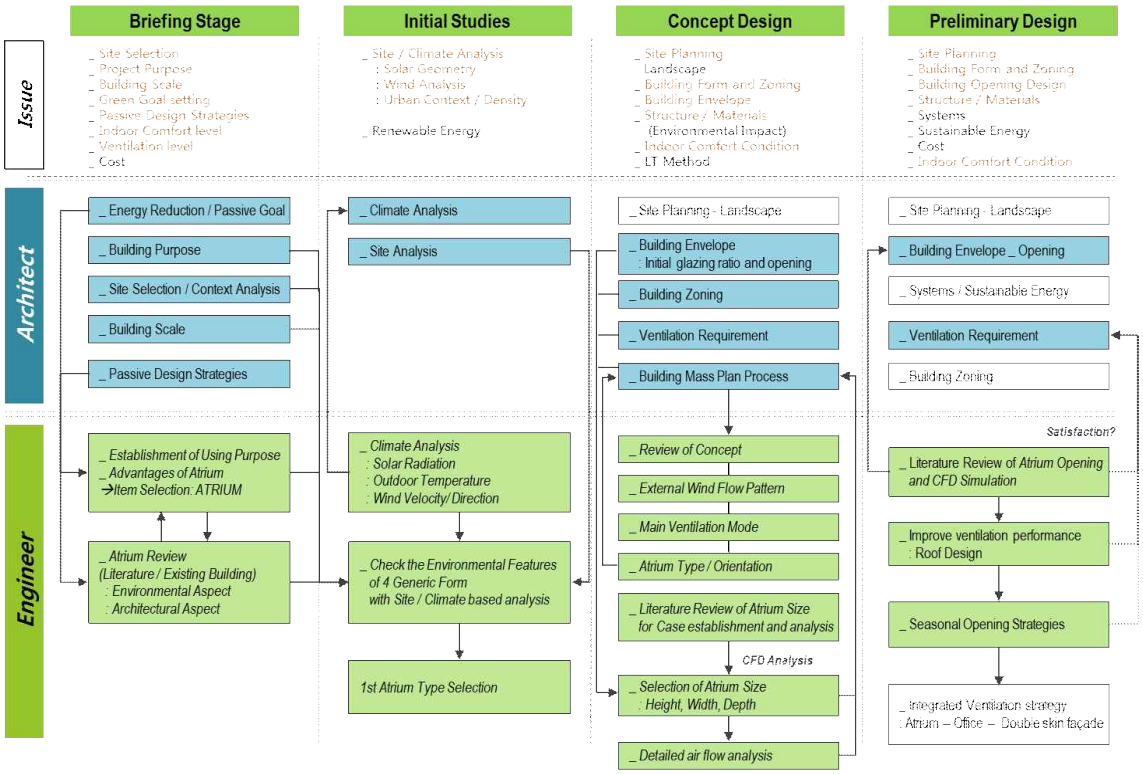


그림 2-115 아트리움 계획을 위한 통합설계 프로세스 도출

○ Briefing Stage

- 프로젝트의 에너지 저감 목표를 달성하기 위한 패시브 전략으로서 아트리움의 적합성 여부를 판단하는 단계
- 목적에 따라 성능을 달성하기 위해 건축적 측면과 환경적 측면으로서 유형별 특성을 분석하여 1차적인 유형선택의 참고 자료 마련
- 건축가(Architect)

① 에너지 저감 및 패시브 목표 설정(Energy Reduction / Passive Goal)
- 건물의 에너지 저감 목표 40% 달성을 위한 패시브 요소 검토

② 건물의 사용 목적 설정(Building Purpose)
- 실험을 위한 오피스 및 주거가 통합된 건물, 오피스 건물에 아트리움 적용

③ 대지 선정 및 컨텍스트 분석(Site Selection / Context Analysis)
- 인천 송도 지역으로 주변 건물을 고려한 분석과 디자인을 위해 Context분석

④ 건물의 규모 결정(Building Scale)
- 3~5층 규모의 오피스 건물 설정, 이에 따른 아트리움 계획의 기본 설정

- 엔지니어(Engineer)

① 아트리움의 목적과 장점 분석(Atrium Purpose / Advantages)
- 자연환기를 통한 실내 환경 조절 및 에너지 저감 가능성

② 아트리움의 선행 연구 및 사례 분석(Atrium Review)
- 아트리움의 유형별 환경적인 Comfort측면과 건축적 특성 분석

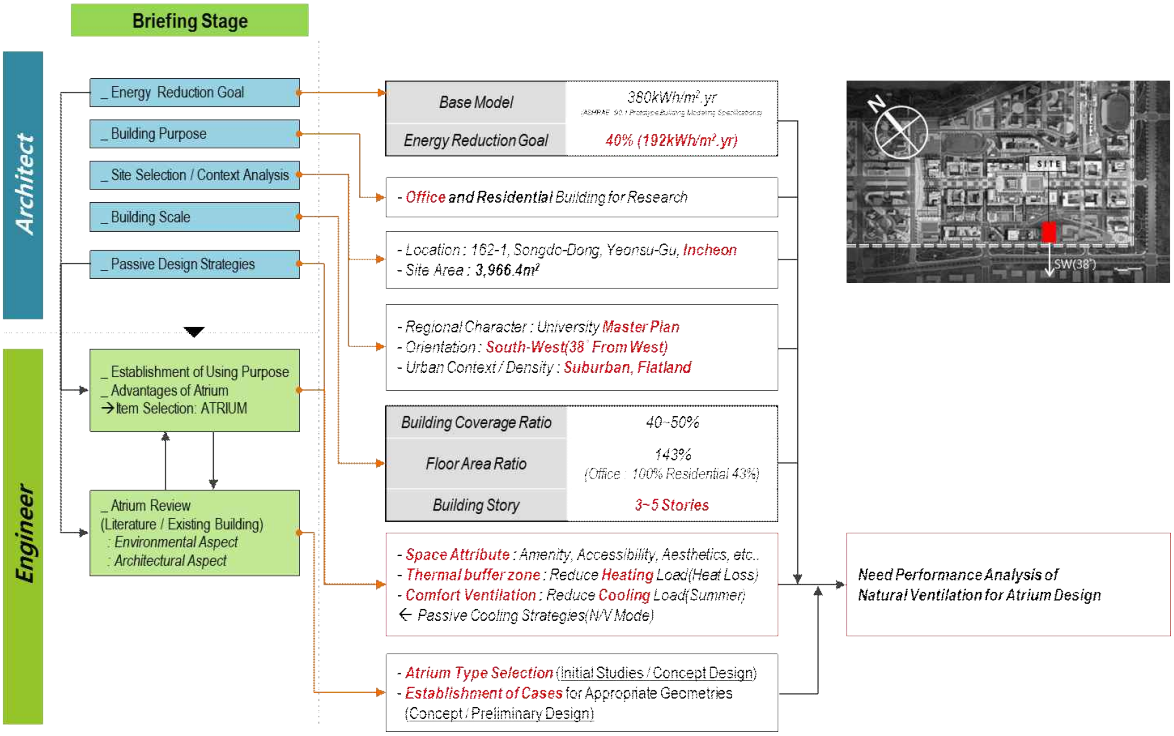


그림 2-116 Briefing Stage단계에서의 의사결정

○ Initial Stage

- 기후분석이 주요 내용으로 분석 내용과 대지 특성을 고려한 1차적인 아트리움 유형 결정 단계
- 건축가(Architect)

① 기후분석(Climate Analysis)

- 건축가는 엔지니어의 기후분석 데이터를 바탕으로 설계의 방향을 설정

② 대지분석(Site Analysis)

- 주변 건물 현황 및 도로 구획, 대지 형상과 Master-plan 분석

- 엔지니어(Engineer)

① 기후분석(Climate Analysis)

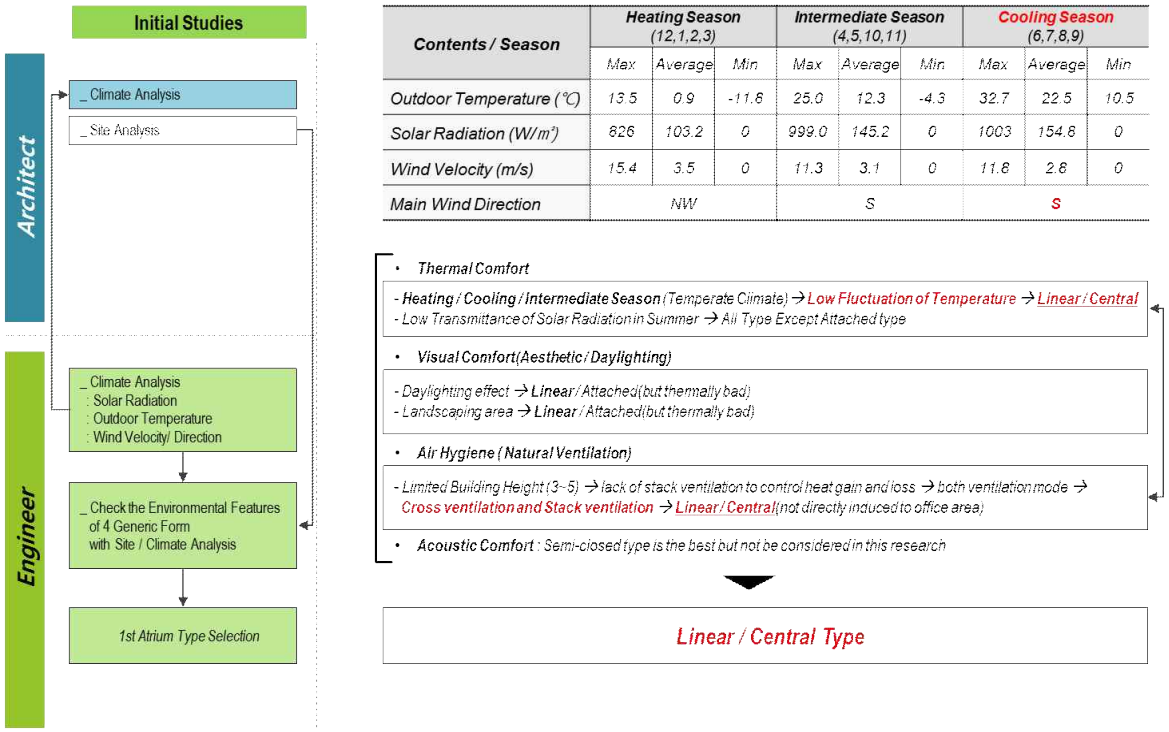
- 자연환기 영향 인자인 일사량, 외기온, 풍속 및 풍향에 대한 분석 진행

② 환경적 측면의 아트리움 유형별 특성(Check the Environmental Features)

- 기후분석과 대지의 Context 특성에 따른 적절한 유형 분류 작업 진행

③ 1차적 아트리움 유형 선택(1st Atrium Type Selection)

- 환경적 측면과 건축 공간적 기여, 계획적 측면의 특성들을 지역 기후조건, Context와 연관지어 적절한 1차적 유형 결정 - 선형, 중정형 아트리움



Contents / Season	Heating Season (12,1,2,3)			Intermediate Season (4,5,10,11)			Cooling Season (6,7,8,9)		
	Max	Average	Min	Max	Average	Min	Max	Average	Min
Outdoor Temperature (℃)	13.5	0.9	-11.6	25.0	12.3	-4.3	32.7	22.5	10.5
Solar Radiation (W/m²)	826	103.2	0	999.0	145.2	0	1003	154.8	0
Wind Velocity (m/s)	15.4	3.5	0	11.3	3.1	0	11.8	2.8	0
Main Wind Direction	NW			S			S		

- Thermal Comfort
  - Heating / Cooling / Intermediate Season (Temperate Climate) → Low Fluctuation of Temperature → Linear / Central
  - Low Transmittance of Solar Radiation in Summer → All Type Except Attached type
- Visual Comfort(Aesthetic / Daylighting)
  - Daylighting effect → Linear / Attached(but thermally bad)
  - Landscaping area → Linear / Attached(but thermally bad)
- Air Hygiene (Natural Ventilation)
  - Limited Building Height (3~5) → lack of stack ventilation to control heat gain and loss → both ventilation mode → Cross ventilation and Stack ventilation → Linear / Central(not directly induced to office area)
- Acoustic Comfort : Semi-closed type is the best but not be considered in this research

Linear / Central Type

그림 2-117 Initial Studies단계에서의 의사결정

○ Concept Design

- 실질적인 건축 디자인을 수행하는 단계로서 Initial Studies 단계의 기후분석 결과를 바탕으로 적합한 건물의 향과 내부 Zoning 및 개략적인 Mass와 창면적비를 도출하도록 함
- 1차적으로 선택된 아트리움 유형의 개념적 차이를 바탕으로 대지 기후 특성과 분석 결과를 토대로 최종적으로 적합한 아트리움 유형을 선택하며 기본적인 Geometry 결정을 위한 CASE 분석을 진행함
- 건축가의 Mass Study와 더불어 아트리움의 Geometry에 대한 자연환기 성능 분석이 이루어져야 함
- 건축가(Architect) : Site Plan상 법규 검토를 바탕으로 기본적인 건물의 Scale을 결정하고 그에 따른 매스 스터디를 진행하는 단계로 대안에 대한 자연환기 및 채광 성능 등을 엔지니어에게 요구할 수 있음. 또한 적합한 건물의 향과 대략적인 창면적비를 도출하는 단계임

① 대지 조경 계획(Site Planning - Landscape)
- 건물의 매스 디자인과 조경 계획

② 건물 외피 계획(Building Envelope)
- 건물의 매스와 외피 디자인 진행, 대략적인 창면적비 결정

③ 건물 내부 계획(Building Zoning)
- 아트리움의 내부 디자인 및 인접 공간의 Zoning 및 창면적비 결정

④ 실내 쾌적도(Indoor Comfort Requirement)
- 문헌을 통한 쾌적한 온도 및 환기 범위 설정을 위한 인원 및 동선 계획

⑤ 건물 매스 디자인 프로세스(Building Mass Design Process)
- 아트리움의 유형과 관련 있는 매스 디자인 수행

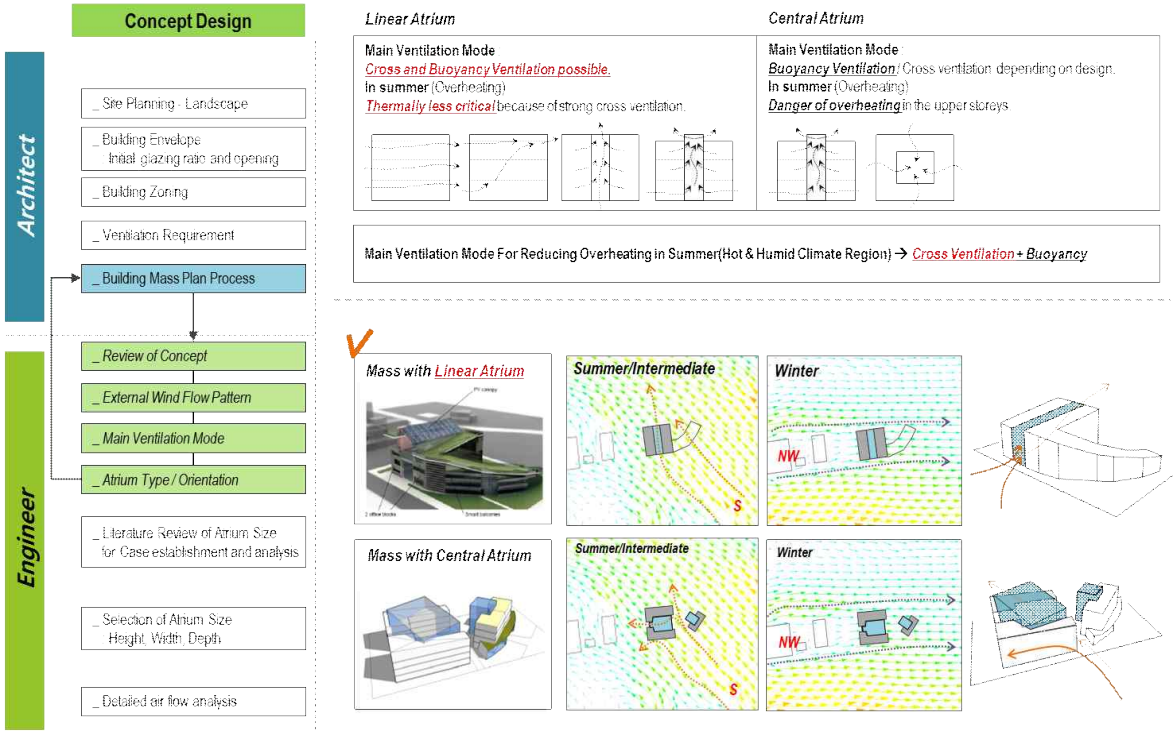


그림 2-118 Concept Design 단계에서의 유형 결정을 위한 프로세스

- 엔지니어(Engineer) : 건축가에 의해 수행되는 Mass에 적용되는 아트리움 유형 결정을 위한 분석을 진행함. 건물 내부 Zoning과 대략적인 창면적비를 반영한 매스에 적용되는 아트리움의 크기를 결정하기 위한 자연채광 분석을 진행

① 유형별 개념 분석(Atrium Concept Analysis)

- Initial Studies 단계에서 결정된 두가지 유형에 대한 개념 분석

② 아트리움 유형 및 향 결정(Atrium Type / Orientation)

- 개념적 차이를 바탕으로 Passive 전략 목적과 대상 지역의 기후조건과 Site 특성에 맞는 유형을 최종적으로 선택하며 기능적으로 적합한 향을 결정

③ 아트리움 높이, 폭, 깊이 분석(Atrium Parametric Study_Width, Depth)

- 아트리움의 높이와 폭, 깊이에 따른 아트리움 재실 영역인 저층부의 채광 성능과 인접공간에 유입되는 채광을 분석하여 적절한 아트리움의 크기와 인접공간의 창면적비를 도출

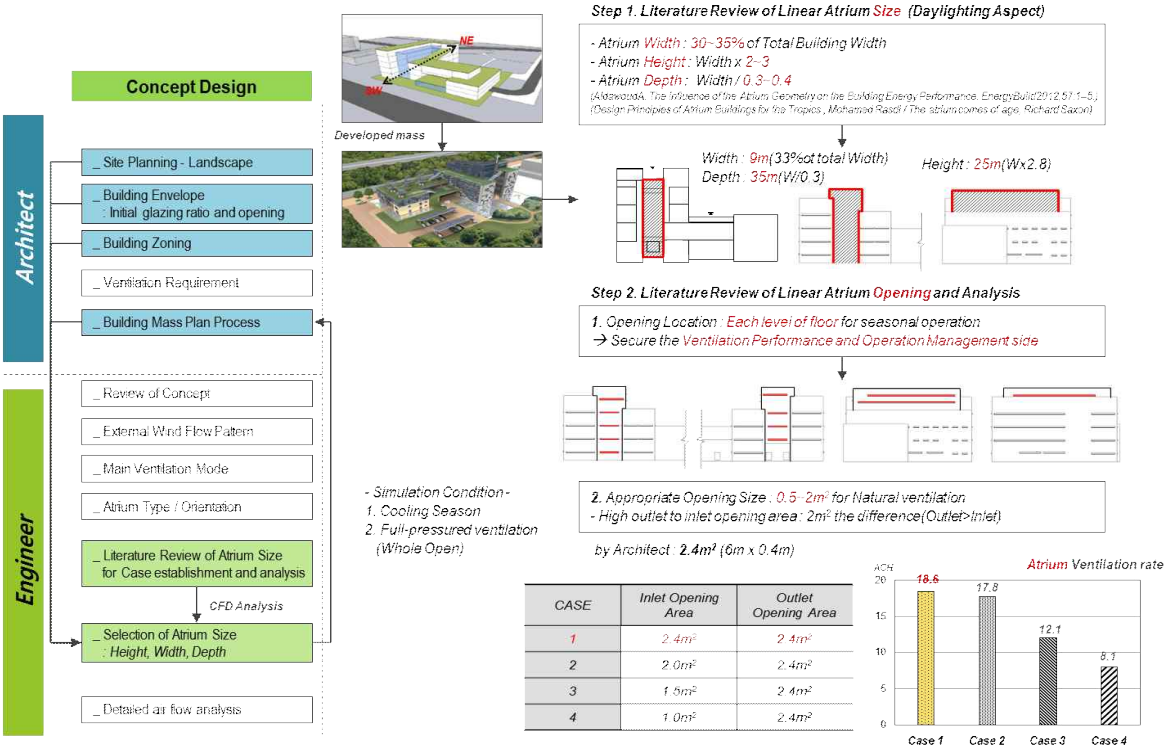


그림 2-119 Concept Design 단계에서의 아트리움 크기 및 개구부 계획 프로세스

- Test-bed 분석 : 통합설계 프로세스에 따라 Test-bed의 아트리움 분석을 수행함

① 기존 연구내용

- 자연채광 측면에서 적절한 선형 아트리움의 크기를 분석
- 아트리움의 크기 및 높이를 결정하게 되고 내부 조닝을 실시

② 개구부 계획

- 각 층마다 인접 오피스와 동일한 선상에 개구부를 배치하였으며 좌우 개구부를 두어 열고임을 더욱 원활하게 제거하도록 함
- 개구부의 크기는 문헌 분석 결과 2m2 이상을 확보하여야 하며 이에 따라 인접 오피스의 개구부와 통일성을 주기 위해 2.4m2의 크기를 갖는 창문을 설치하도록 함
- 자연환기를 촉진하기 위해서는 Outlet Opening의 크기를 더 크게 하는 것이 적절하다고 문헌에서 밝히고 있지만 외부 기류의 가변성을 고려하여 동일한 크기로 디자인 하는 것이 유리하다고 판단됨
- 개구부의 크기에 대한 디자인이 미치는 환기 성능 보다는 절기별 외기 조건에 반응하는 운영 조건에 따라 자연환기 성능을 분석하는 것이 효과적

③ 코어 계획

- 아트리움 내부 기류 흐름 분석 결과 기존의 엘리베이터에 의해 Cross Ventilation 효과가 저감되고 아트리움 재실 영역과 그 상부에 기류가 정체되어 환기 및 열환경 측면에서 부적절하다고 판단됨
- 따라서 엘리베이터의 위치를 변경하여야 하며 그에 따라 재실 영역과 상부의 환기 및 열환경을 개선할 수 있음

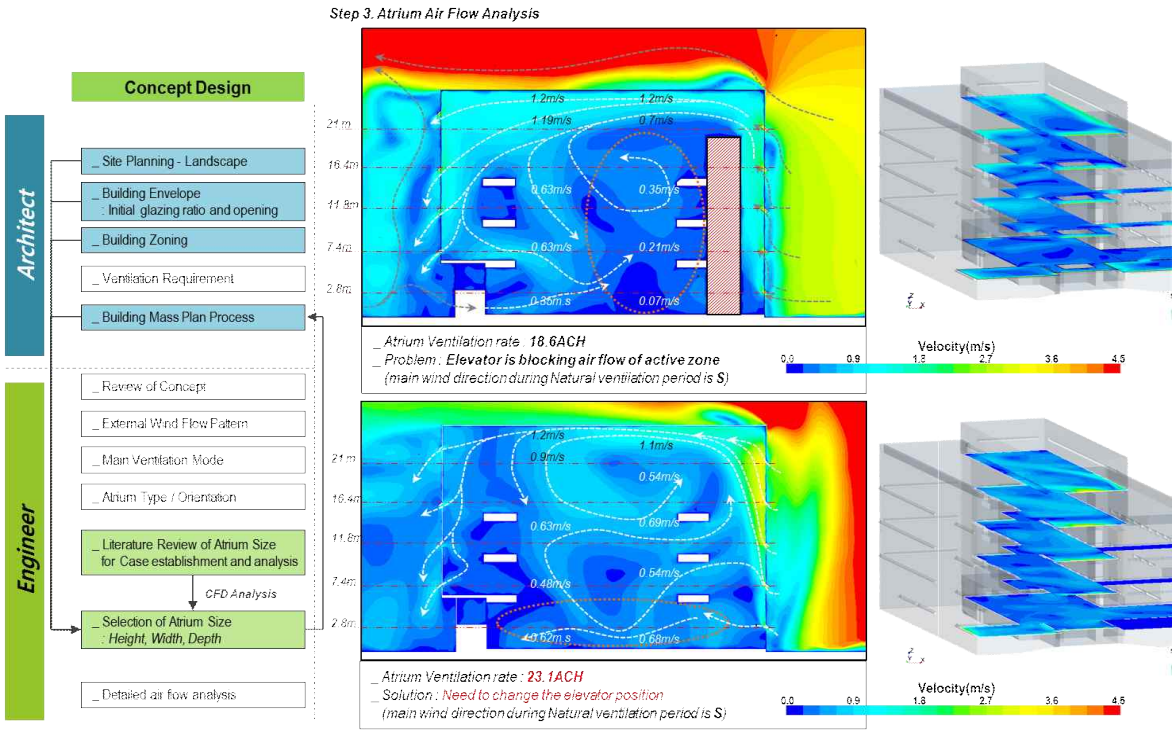


그림 2-120 Concept Design 단계에서의 아트리움 내부 기류 흐름과 문제점 분석

○ Preliminary Design

- 건물의 Passive적인 디자인 요소를 최종 결정하는 단계로서 건물 형태를 기본으로 창문의 위치와 아트리움 및 이중외피와 같은 요소들을 통합적으로 결합한 최적화 단계임
- Concept Design 단계의 대략적인 창면적비에서 Sun-path Diagram에 의해 향별 면적에 대한 디테일한 창면적비를 설정함
- 자연환기 극대화를 위해 인접공간과 연계된 아트리움의 개구부 계획과 더불어 인접공간의 개구부 위치에 따른 자연환기 성능을 분석하여 최적화를 달성함

• 건축가(Architects)

① 대지 조경 계획(Site Planning - Landscape)
- 디테일한 건물의 조경 계획 진행

② 건물 매스 디자인 프로세스(Building Mass Design Process)
- 아트리움과 결합된 매스 디자인을 발전

③ 건물 외피 계획(Building Envelope)
- 아트리움의 창면적비 및 최종적인 인접공간과 주거동의 외피 디자인 발전

④ 시스템 및 지속가능한 에너지 계획(System / Sustainable Energy)
- 건물의 HVAC 용량 산정과 소비 에너지 분석 및 지속가능한 발전 대안 분석

⑤ 실내 쾌적도(Indoor Comfort Requirement)
- 아트리움과 인접공간의 실내 쾌적도 기준 분석

- 엔지니어(Engineer) : 주로 자연환기 성능을 위한 개구부 면적 및 위치에 따른 환기성능 분석을 진행하며 추가적인 지붕 계획을 진행함

① 아트리움의 개구부 계획(Atrium Parametric Study_Opening)

- 아트리움의 자연환기 성능을 극대화하기 위한 개구부 크기 및 위치에 따른 시간당 환기 횟수 및 아트리움과 인접공간의 온도와 기류분포 분석

② 인접공간의 개구부 계획(Separating wall Opening)

- 인접공간의 Separating wall의 창문 위치에 따른 시간당 환기 횟수 및 실내 온도와 기류 분포를 분석하여 최적 환기 성능을 가지는 계획 대안 마련

③ 아트리움의 지붕 계획(Atrium Parametric Study_Roof)

- 자연환기를 더욱 촉진 시키고 상부열고임을 완화할 수 있는 지붕 유형에 따른 풍압계수 분포와 시간당 환기횟수 및 기류 분포를 분석함

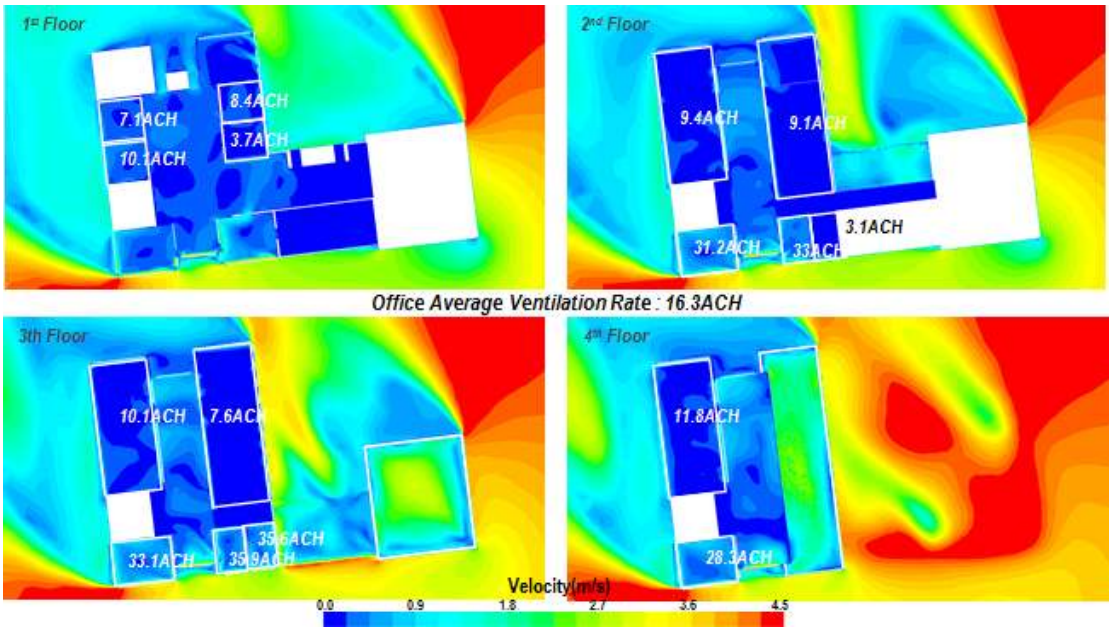


그림 2-121 오피스와 연계된 기류 분석 및 환기 성능 평가

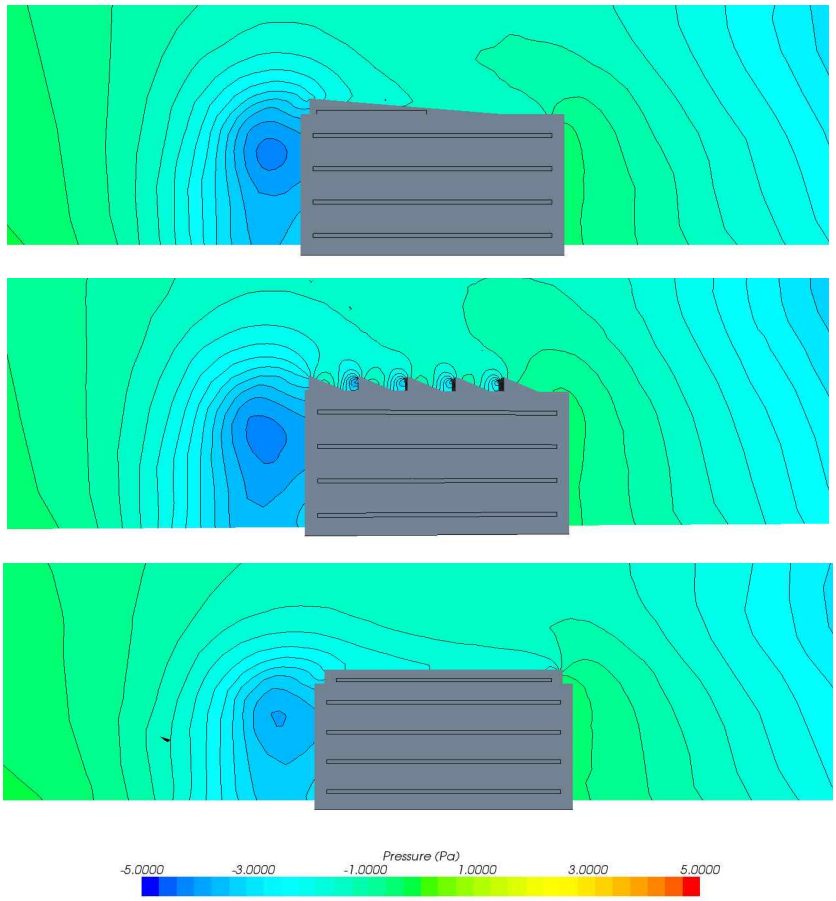


그림 2-122 지붕 형태별 풍압계수 분포 분석

(3) 소결

- 기존에 개발된 통합설계 프로세스 모델과 실무자 피드백을 반영하여 이중외피와 아트리움의 통합설계 프로세스 요소기술 매뉴얼을 구축함
- 그리고 구축된 통합설계 프로세스 매뉴얼을 통하여 Test-bed에 적용된 요소기술에 대하여 케이스 스터디를 진행
- 그 결과 현재 구축된 Test-bed에 적용된 형태의 이중외피와 아트리움이 도출되었음
- 그러나 설계 프로세스는 그 특성 상 친환경 성능 뿐 아니라 디자인적 요소들이 설계 과정에서 많은 영향을 미치게 됨
- 따라서 엔지니어는 통합설계 프로세스 과정에서 건물 형태에 대한 계획 뿐 아니라 개구부, 운영 방안 등에 대한 구체적인 방안에 대한 추가적인 분석이 필요함

5. 녹색건축물 통합설계 프로세스 가이드라인

가. 통합설계 프로세스 가이드라인의 체계화

(1) 통합설계 프로세스 layer model 구축

○ 통합설계 프로세스에 대한 모델을 구축하기 위해 4가지 layer model을 적용하여 프로세스를 체계화 함

○ 녹색건축물의 성능을 최적화하기 위한 설계와 엔지니어링의 통합 모델을 구축하여 건축 분야의 실무진들에게 구체적인 지침을 제시

○ 각 설계 단계(Briefing stage, Initial Studies, Concept Design, Preliminary Design, Developed Design, Detailed Design)에 따라 구체적인 결과물을 제시하여 설계단계 별 명확한 목표 제시

(2) Abstract Model

○ 설계단계 별 목표를 달성하기 위한 일련의 Main Activity의 순서 관계를 배치한 Process Model

○ 하나의 Main Activity 완료 후 뒤따르는 Main Activity를 화살표 연결을 통해 확인 Main Activity와 관련된 세부 업무(Sub-activity) 분류

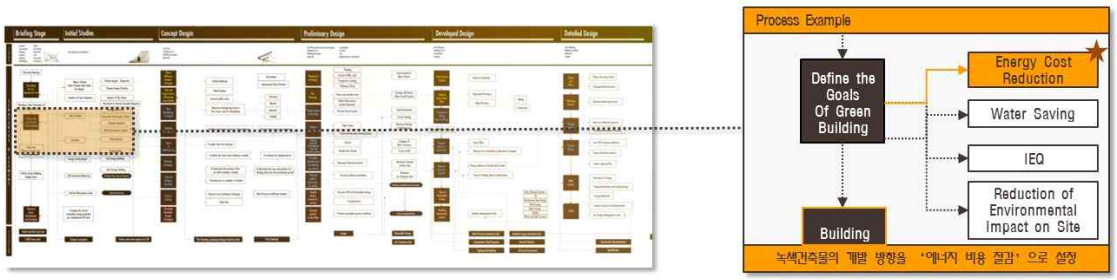


그림 2-123 Abstract Model

(3) Contents Model

○ Activity 수행을 위한 전략, 요소기술, 평가 측면의 상세 내용을 정리한 모델

○ Strategies : Activity 수행 전략과 관련된 내용을 단계별로 정리

○ Element : 녹색건축물 개발 방향에 따른 요소기술 별 특성 및 고려사항을 단계별로 정리

○ Evaluation : 단계 별 대안 평가 방법을 Energy, LCA, LEED Credit 으로 세분화

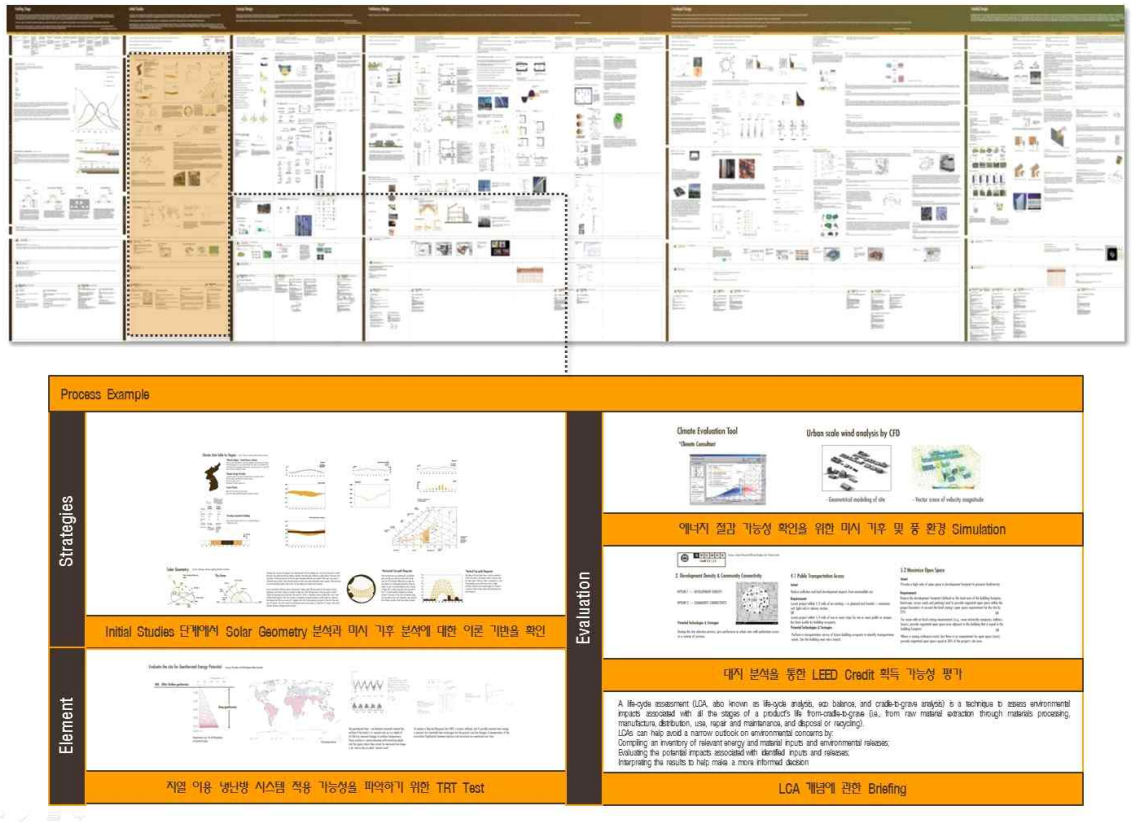


그림 2-124 Contents Model

(4) Role Players Model

○ Activity 수행을 위한 참여 주체의 역할 및 관계를 정의한 모델

○ 녹색건축물 개발 방향에 따라 IDP 참여 주체 선정

○ 단계 별 역할 정리

○ Core Members: 녹색건축물 IDP를 위한 핵심 구성원

○ Specialist: 녹색건축물 개발 방향에 따라 달라지는 구성원

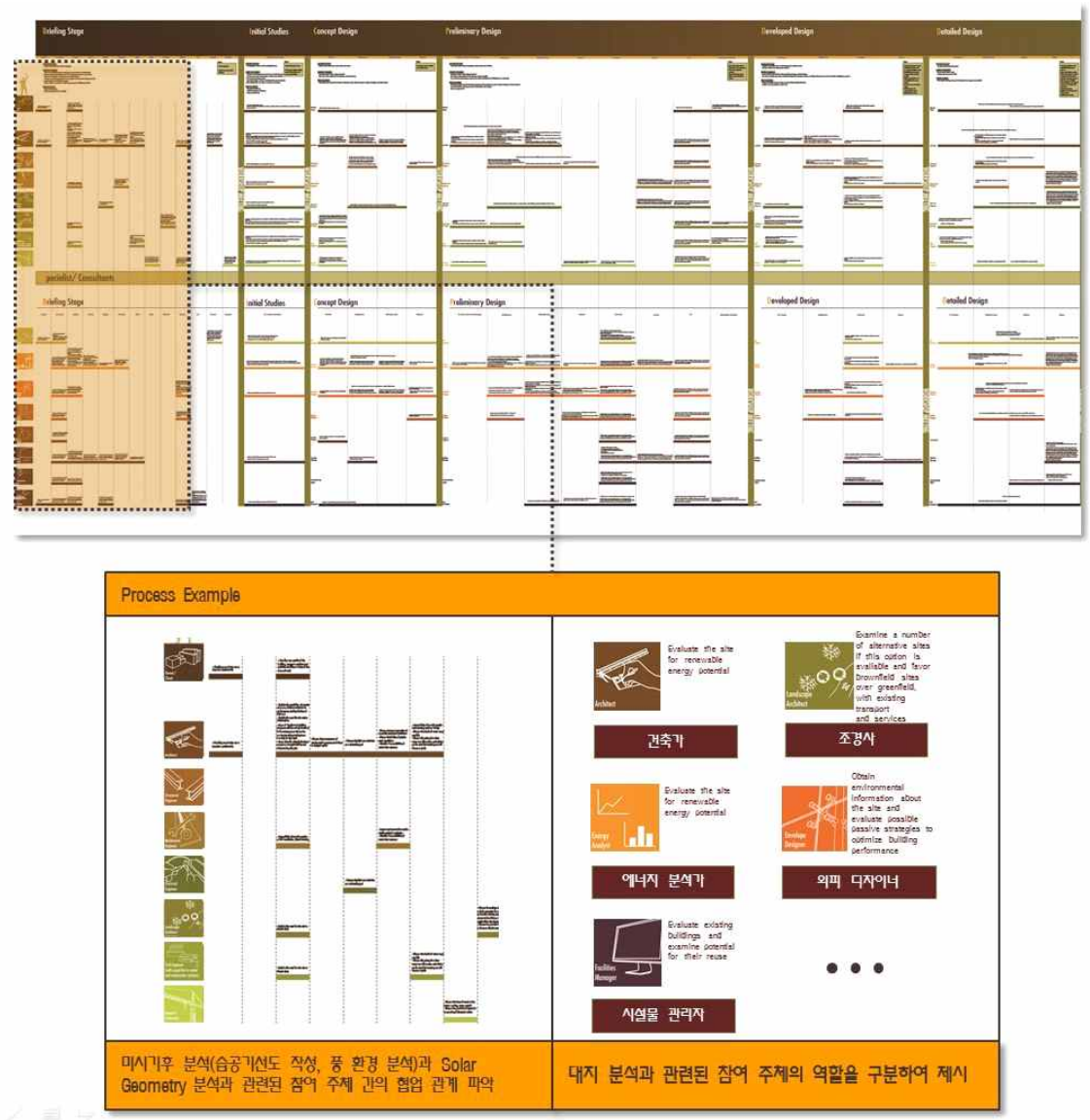


그림 2-125 Role Players Model

(5) 녹색건축물 IDP를 통한 설계와 엔지니어링의 통합

○ 단계 별 Design 전략뿐만 아니라 Engineering Support를 위한 구체적인 지침 제시

○ 녹색건축물 요소기술(Element) 별 특성과 적용을 통한 에너지 절감 가능성 제시

○ Computer Simulation을 활용한 Design 대안 비교

○ Life Cycle Assessment를 통한 환경 영향 평가

○ LEED Credit 획득을 위한 단계 별 고려사항 정리

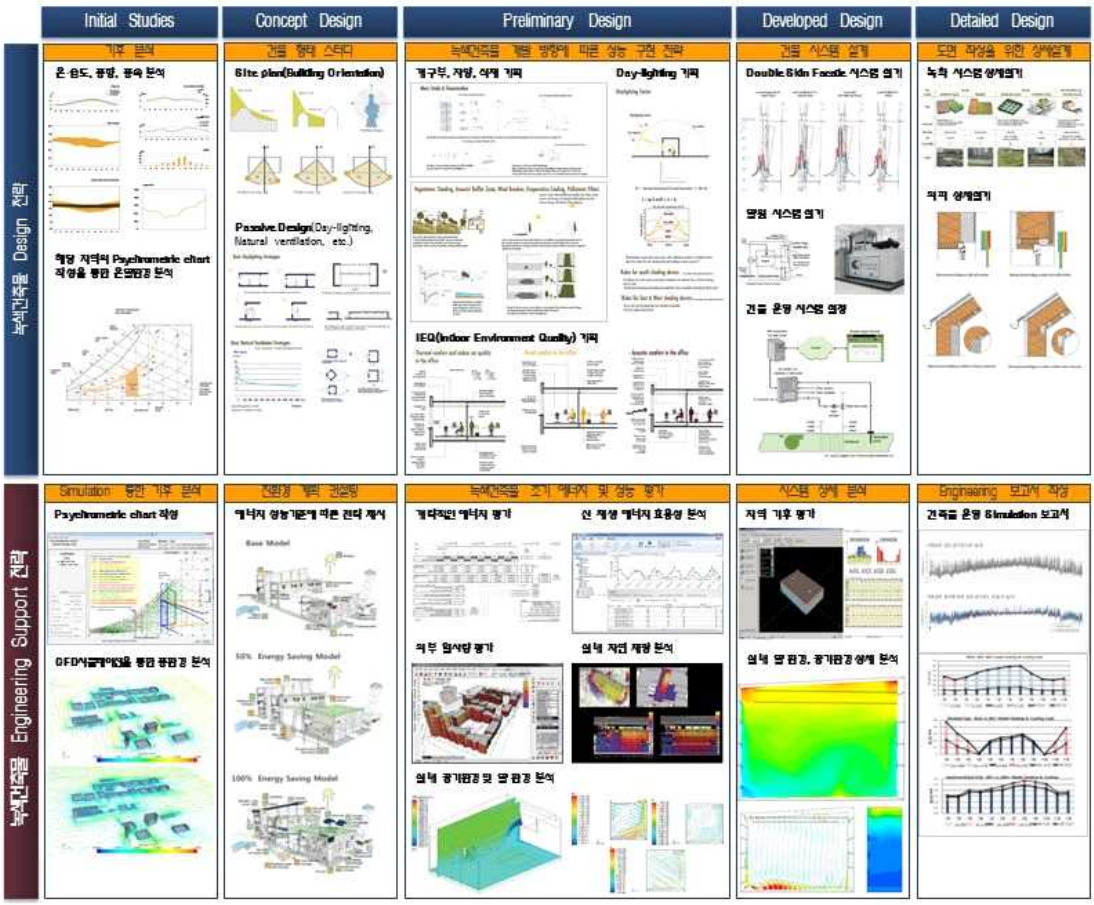


그림 2-126 녹색건축물 IDP를 통한 설계와 엔지니어링 통합 전략

나. 통합설계 프로세스 가이드라인 구축

(1) 통합설계 프로세스 가이드라인 책자

- 앞서 구축된 통합설계 프로세스 체계에 따라 각 설계단계 별 컨텐츠를 정리하여 시장에 보급할 수 있는 책자의 형태로 제작
- 총괄 과제의 IPD 모델과 연계하여 그 중 설계단계에 대한 상세 내용들을 일관성 있는 체계에 따라 정리
- 1차 작성된 내용을 토대로 설계사무소 실무자 자문을 통해 보완하여 건축 설계 실무에 바로 적용할 수 있는 형태로 작성

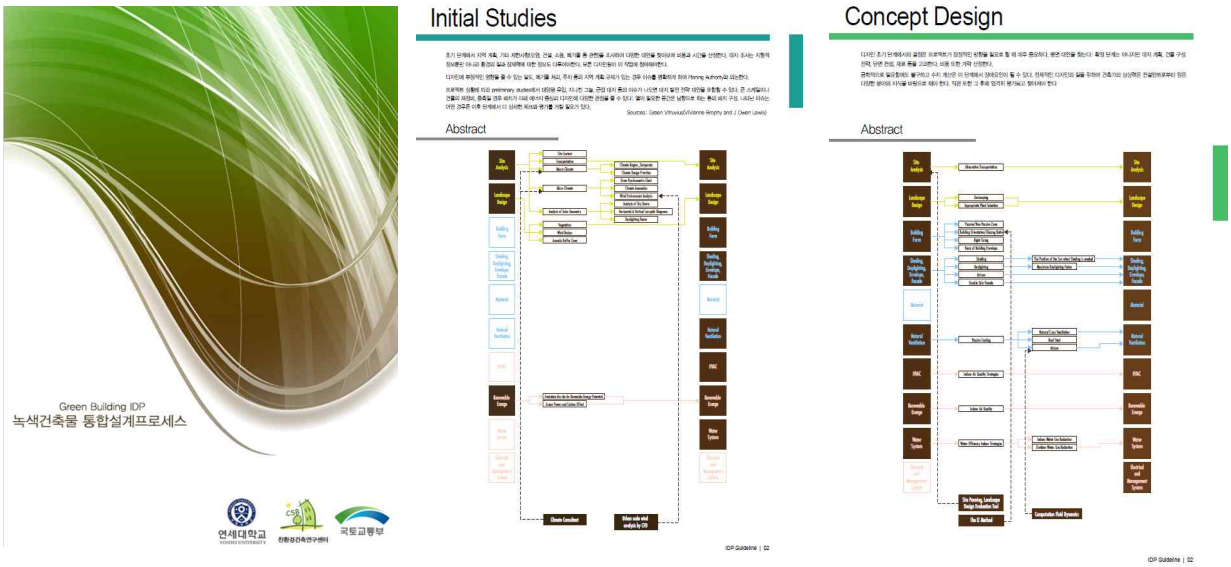


그림 2-127 통합설계 프로세스 가이드라인

녹색시공	녹색건축물 품질확보를 위한 시공기술 개발

연구 책임자 : 정찬우 박사 ((주)포스코A&C)

제 2 절 연구개발 수행 내용

가. 연구목표

최종목표	녹색건축물 품질확보를 위한 시공프로세스 및 통합시공매뉴얼 개발
세부연구목표	녹색건축물 통합시공프로세스 (Integrated Construction Process ; ICP) 개발
	녹색건축물 시공현장 운영을 위한 통합시공매뉴얼 개발 및 시공자 교육
	녹색건축물 품질확보를 위한 커미셔닝 활성화 방안

나. 주요 연구내용 및 성과물

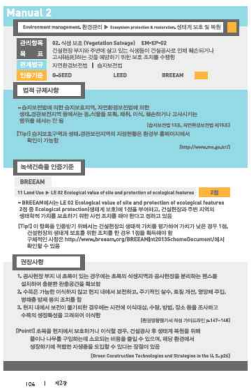
1. 녹색건축물 통합시공프로세스(ICP) 개발

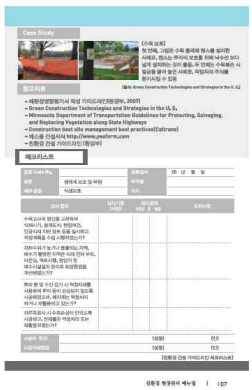
- ICP 모델의 Framework 구축
- 단계별 시공자역할 도출
- ICP의 Layer Model 완성



2. 녹색건축물 시공현장 운영을 위한 녹색시공매뉴얼 개발 및 시공자 교육

- 해외 선진 시공기술 벤치마킹
- 녹색시공 현장관리기법 개발
- 녹색시공 품질확보를 위한 관리기법 개발
- 녹색시공교육 커리큘럼 개발 및 시공자 교육





3. 녹색건축물 품질확보를 위한 커미셔닝 활성화 방안

○ 포스코그린빌딩 Test-bed 커미셔닝 분석

○ 국내 커미셔닝 활성화 장애요인 분석 및 개선안 제안



1. 녹색건축물의 통합시공프로세스(ICP) 개발

가. ICP 모델의 Framework 구축

○ 국외 빌딩프로세스 모델의 주요 특징 분석

- 환경 시공프로세스 모델의 Frame 구축을 위하여, 국외 친환경 프로세스 모델(RIBA Plan of Work 2013, Soft Landings 2009, The Standard of German Building Process)을 분석함.

① RIBA Plan of Work 2013[1)]

- 영국 왕립건축가협회(Royal Institute of British Architects)가 제작한 전형적인 빌딩 디자인 및 시공프로세스 모델로서, 온라인 서비스 모듈과 툴박스, 체크리스트, 가이드북 등을 제공함. 가장 최근에 업데이트된 2013 버전은 지속가능한 통합디자인, BIM프로세스, 정부의 건설전략 등을 반영함.
- 프로세스 모델은 가로축으로 8단계의 과정(stages 0~7)을, 세로축으로 8개 분류의 주요 업무(tasks)로 구성됨. 특히 주요 업무는 모든 프로젝트에 공통으로 적용되는 고정업무와 프로젝트 성격(계약방식[2)]) 등에 따라 적용시점이 달라지는 유동적인 업무로 구분됨.
- 시공자는 Stage2(concept design)부터 시공전략을 준비하기 위하여 프로젝트에 참여하며, Stage6(handover & close out)에서 이관전략에 포함된 업무수행과 전문건설업체의 시공정보를 관리/종합하며 프로젝트 참여를 종료함.

1) http://www.ribaplanofwork.com

2) 최근 영국에서는 디자인빌드(Design and Build)가 40%정도로 급증하는 등 빌딩 프로젝트의 발주방식이 다양해지고 있으며, 이에 대응하기 위하여 빌딩프로세스 모델도 변화하고 있다. RIBA Plan of Work 2007은 시공이전단계로서 production information, tender documentation, tender action을 포함한 11단계였으나, 2013은 이러한 단계들을 procurement task bar에 포함시키고 빌딩프로세스는 8단계로 축소시켰다.

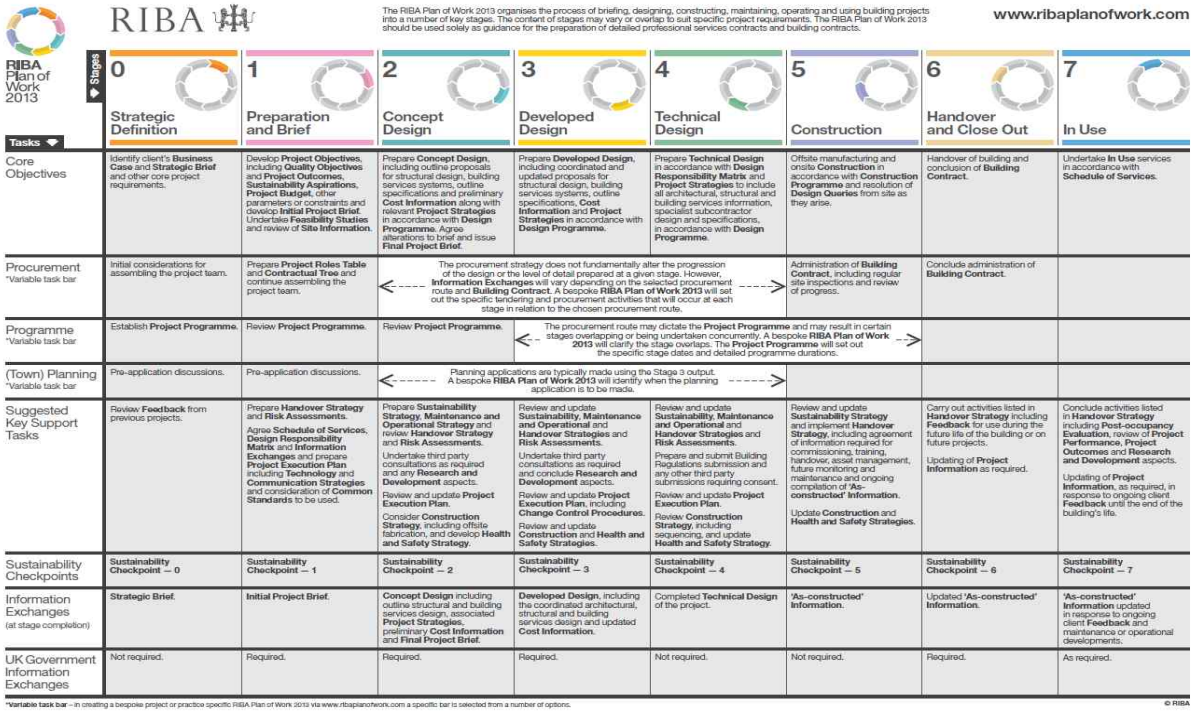


그림 2-128 RIBA Plan of Work 2013

② Soft Landings, 2009

- 영국의 빌딩서비스 연구 및 정보협회(BSRIA)에서 개발한 빌딩프로세스 모델로서, 건물 준공 및 인계 이후 발주처(사용자)의 건물운영 및 성능최적화를 위한 가이드를 제공함. 특히 건물의 인계 후 거주 3년간 시공자의 의무사항을 명시함.
- 프로세스는 5단계로 구성되어 있으며, 각 단계별 세부 업무에 대한 목적 및 책임자, 관계자 등을 명시한 워크시트를 제공함.
- 시공자는 2단계(design development and review)에서 시공성과 사용성, 유지관리성 등에 대한 디자인검토를 시행하며, 3~5단계(pre-handover, initial aftercare, year1-3 extended aftercare and poe)에 걸쳐 프로젝트 매니저, 시설관리자와 함께 유지관리 가이드라인 및 거주 후 평가를 시행해야 함.

③ The Standard German Building Process

- 독일의 빌딩프로세스는 HOAI(Official Scale of Fees for Services by Architects and Engineers)에 근거하여 9단계로 구분되어 1977년부터 사용 중임. 따라서 프로세스 단계는 건축가 업무위주로 구성되며 간 단계별 서비스용역 비용기준이 함께 제공됨. 시공관련 업무는 8단계의 프로젝트 실행 감독(phase8. project execution supervision)과 9단계의 커미셔닝이 해당됨.
- 친환경성능과 관련하여서는 DGNB(German Sustainable Building Council)에서 만든 인증제도가 있으며, 역시 HOAI 단계에 따라 문서를 관리하도록 규정함. 특히 프로세스 품질(process quality) 항목으로 분류하여, 프로젝트의 관리 및 디자인업무와 시공업무상의 내용의 기준이 포함됨. 건물시공과 관련하여서는 건축대지 및 건물프로세스, 건물

시공에 대한 품질확보, 조절되는 커미셔닝의 3가지 항목이 있음.

○ 녹색 시공프로세스 모델의 개념 및 체계

- 국외 빌딩프로세스 모델의 주요 특징 분석을 바탕으로 녹색시공프로세스 모델의 기본 개념 및 체계에 대해 구성함.
- 신축 녹색건축물의 성공적인 시공을 위해서는 녹색 건축 경험 및 전문성을 가진 최적의 시공사를 선정하는 것이 필요함. 이를 위해서는, 프로젝트 수행과 참여자 구성, 프로젝트 운영을 처음부터 통합하여 관리하는 프로젝트 통합 발주 체계(Integrated Project Delivery; IPD)방식이 유리함. 이 계약 방식은 주요 참여자들의 프로젝트 조기참여를 통해 설계-시공과정의 효율성 극대화, 녹색건축물의 최적 성능확보를 유도함.
- 그러나 현재까지 IPD방식이 국내에 적용된 사례가 없고 이러한 방식이 국내에 정착되지 않았음. 실무 영역에서 녹색시공 구현에 관한 매뉴얼이 보다 적극적으로 활용되기 위해서는, 국내 건설 환경에 맞추어 매뉴얼을 작성하는 것이 타당함. 즉, 국내 건설 환경에 주로 사용되는 설계·시공 분리입찰(Design Bid Build; 이하 DBB) 계약방식을 기준으로 최선의 녹색시공 구현을 위한 방법을 제시하는 것이 타당함.
- 이에 본 연구에서는 DBB 계약방식을 기준으로, 녹색 건축 경험 및 전문성을 가진 최적의 시공사를 선정하기 위해, 프로젝트 목적 및 목표, 내용, 기대성과, 수행기간, 금액(Budget), 참가자격, 평가 기준 등의 내용을 명확히 정의하여 입찰을 수행하는 내용을 다룸.
- 프로세스 단계는 시공 이전 단계(pre-design, conceptual design, design development, construction documentation), 시공단계(site construction, building construction, system construction, closeout), 시공 이후 단계로 이어짐
- 녹색시공프로세스 모델은 통합설계프로세스 모델(1-3세부)과 동일한 체계의 4개 레이어 모델로 구성되며, 각각은 다음과 같은 내용을 포함함
  - 1st Layer(Abstract Model) : 녹색시공 목표, 전략 및 주요업무, 업무흐름
  - 2nd Layer(Contents Model) : 녹색시공 성공전략 및 기술, 세부업무 프로세스, 평가
  - 3rd Layer(Role Players Model) : 시공 참여주체 역할 및 책임(R&R), 협업관계
  - 4th Layer(Case Study Model) : 포스코 그린빌딩 녹색시공 실행사례

나. 단계별 시공자역할 도출

- 기획, 계획설계, 기본설계, 실시설계, 입찰 및 시공단계까지 각 단계별 시공자 주요업무와 성과물에 대해 검토함

○ 기획단계
- 프로젝트 킥오프 미팅에 참석하여 디자인팀, 발주자 등 주요 참여주체와 관계를 형성해야 함.
- 기능적 요구사항과 친환경적 관점에서 목표(경제, 환경, 사회적 성능 항목) 수립을 지원함
- 그린빌딩 Visionary Charrette에 참여하여 프로젝트와 친환경 관련 목표 발전을 위한 브레인스토밍을 함
- 발주자와 건축가를 도와 시공되어질 시설을 위한 요구사항을 정의, 기존의 요구사항의 프로그램의 발전과 마스터 플랜과 같은 발주자의 다른 요구사항들과 함께 이런 활동들의 동시 협업을 지원
- 제안된 프로젝트와 관련하여 잠재 기회와 위협, 프로젝트 파이낸싱 옵션의 다른 타입들을 발견할 수 있도록 발주자를 지원
- 프로젝트 비전 명시, 목표와 에너지 모델링과 같은 IDP 활동들의 비용을 포함한 예산수립 및 의사소통 방안수립이 필요함

○ 계획설계단계
- 프로젝트 목적 및 협업의 중요성 이해해야 함
- 창의성과 시스템 사고 지원하는 방식으로 독려해야 함
- 프로젝트 미팅에 적극적으로 참여하여 친환경 디자인이 되도록 노력함
- 프로젝트 목적 구체화함
- 기본적 견적을 통하여 발주처 예산 등을 고려하여 설계할 수 있도록 함

○ 기본설계단계
- 팀인원 사이에서의 협업을 촉진함
- 도면 검토(건축 디자인 계획, 대지 개발 계획, 토공 및 MEP 계획 등)를 수행함
- 프로젝트 팀과 녹색건축 인증시스템의 실행계획 수립
- LEED 인증 시스템에서 잠재적 혁신 credit 기회를 제안함

○ 실시설계단계
- 제품(지역생산/재활용, FSC 등), VOC, IAQ, 폐기물관리, 녹색건축 인증시스템이나 녹색건축 요구사항 등에 대한 검토가 필요함
- 건설폐기물관리와 처분에 대한 검토가 필요함
  - 성능 요구, 제출물 (재료 카테고리, ton 단위 폐기물 전체량, 재활용 전체량 등), 폐기물 저감 계산, 판매 기록, 재활용과 시설 기록 프로세싱, LEED 제출물, 품질 보증, 정규 요구

사항, 폐기물 관리 계획, 전략 이행 계획의 실행/계획, 재활용 재료, forms 등

- 지속가능한 재료 선택을 하도록 설계 팀을 지원해야 함

○ 입찰 및 시공 단계

- 입찰, 계약 관련 일체를 준비함
- 전문시공업체 선택(과거 녹색건축 프로젝트를 성공적으로 끝낸 전문시공업체와 계약) 및 시공수행조직을 구성함
- 현장 인력을 위한 kick-off 녹색시공 교육(폐기물 관리, 안전 관리, IAQ 등)을 수행함
- 시공 폐기물 관리 계획 및 실내 공기질 관리 계획을 수립함
- 커미셔닝 보고서 및 유지관리 매뉴얼을 제작함
- 녹색건축인증 관련 서류(체크리스트, 계산 sheet, 제출 sheet 등)를 작성함

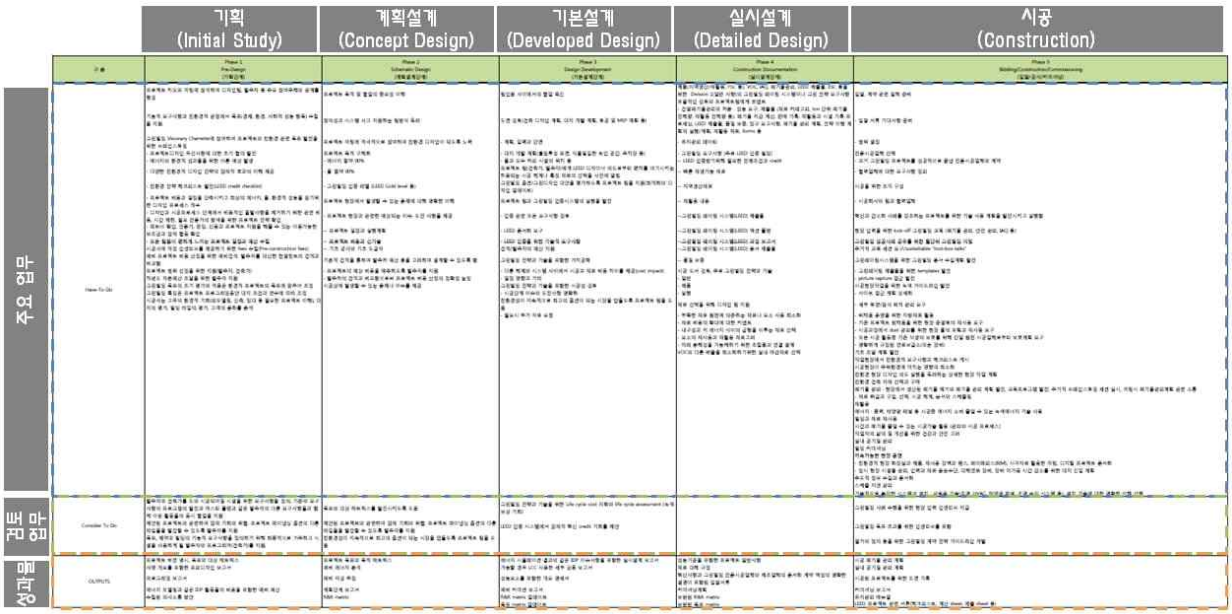


그림 2-129 녹색건축 단계별 시공자 역할 수립

다. ICP의 Layer Model 완성

- 친환경 시공프로세스 모델의 Frame 구축을 위하여, 국외 친환경 프로세스 모델(RIBA Plan of Work 2013, Soft Landings 2009, The Standard of German Building Process)을 분석하였으며, 이를 시공자 중심으로 재구성함
- 상기에서 구성한 녹색시공프로세스에 대해 하위 상세 항목들의 컨텐츠 트리를 구성하고 해당 내용을 작성하여 프로세스를 완성함

○ Abstract Model

- 시공단계의 목표는 친환경적 시공 및 녹색건축물의 품질확보로 설정함. 주요 업무의 흐름은 시공사는 설계단계의 결과물(도면, 시방서 등)을 검토 후 실행계획을 조정하고, 공정을 확정한 후, 시공단계의 주요 전략을 전개/관리함. 그 과정에 대하여 커미셔닝 기관과 감리자는 정기적 검사를 통하여 이슈와 품질을 체크함. 최종적으로 프로젝트 모니터링 결과를 유지관리를 위한 시설관리자/발주처/사용자 등에게 이관하면서 시공단계는 종료됨
- 1st Layer의 주요 전략 및 요소에 대해서 6가지 항목으로 친환경 건축물 인증기준 정리, 인력 및 친환경 자재, 설비 시스템 조달일정에 대한 확인, 서류 작업 일정, 관리사항, 및 커미셔닝으로 구분, 관리항목은 18개의 하위항목으로 분류함. 이 18항목에 대해서 2nd Layer에서 상세히 다룸
- 시공단계의 녹색건축물 관련 주요 이슈사항은 아래 그림과 같음. 녹색건축물의 시공현장에서 사용되는 수단 및 방법으로서 대지관리, 프리패브공법, 녹색자재 및 시방, 자재관리, 커미셔닝 등이 있으며, 프로젝트 관리를 위한 인력, 장비, 자원관리를 위한 방법으로서 친환경 공사계획 및 운송, 친환경 현장운영, 교육 및 훈련, 실내공기질/폐기물 관리 등이 있음
- 평가를 위해서는 녹색건축물 인증관련 제도의 시공단계 관련 평가항목, LCC 및 LCA 평가 등이 있으며, 커미셔닝과 감리를 통하여 품질확인이 필요함
- 녹색 목표, 전략 및 주요업무, 업무흐름에 대한 레이어로서 다음과 같이 작성함.

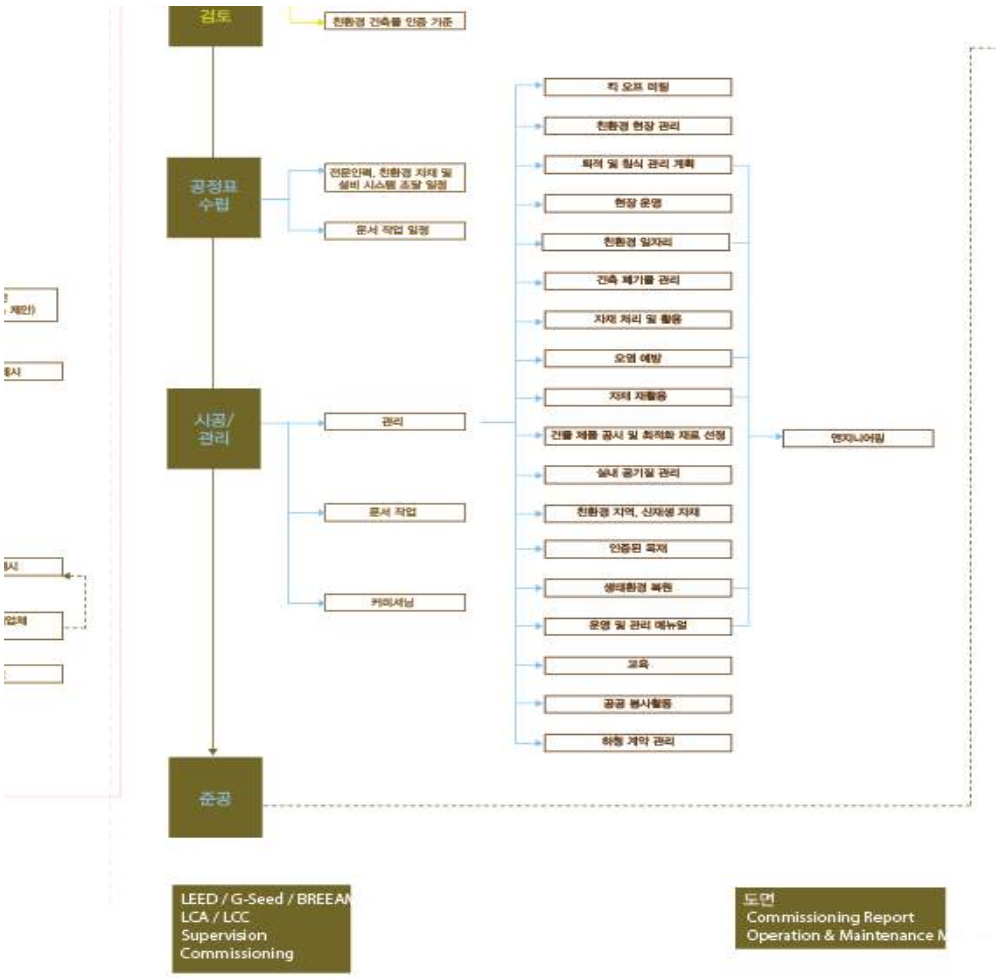


그림 2-130 1st Layer 녹색시공 부분

○ Contents Model

- 시공 이전단계(Pre-construction phase)는 설계단계로서, IDP(Integrated Design Process로 진행되며, 시공자는 최초 샤렛(Charrette)부터 프로젝트에 참여함. 이 단계의 시공관련 주요 업무는 설계안에 대한 시공성 및 오류 등을 검토하고 공사비를 산출·검토하는 것이며, 실시설계(CD)단계에는 자재 및 공법 등을 고려하여 시방서를 검토함
- 시공 단계(Construction phase)는 Site Construction(시공계획, 가설공사, 토공 및 기초공사), Building Construction(지하/지상 구조체 공사, 외장공사), Interior Construction(미장공사 등, 수장공사 등, 전기 및 설비공사), Closeout(조경공사, 준공)의 4단계로 구분됨. 건설사, 전문건설업체, 공급업체 등을 포함하는 시공팀을 중심으로 환경과 자원, 사회적

으로 미치는 영향을 최소화하기 위하여 친환경 시공을 수행함. 가장 중요한 업무는 시공 대지, 실내공기질, 건설폐기물, 현장운영, 자원조절 등의 시공관리임

- 시공 이후 단계(Post-construction phase)는 건물의 사용단계로서, 지속적인 커미셔닝과 에너지 및 수자원 사용의 최적화 등이 필요함. 건물 완공 이후에도 하자에 대한 보수뿐만 아니라, 건축주와 건물유지관리자 간의 유기적인 협업을 통하여 커미셔닝 프로세스가 완료될 수 있도록 지원해야 함
- 주요 업무에 대하여 목표 및 전략, 수행프로세스, 관계자 등의 내용을 종합하여 컨텐츠 모델을 구성함
- 시공전략 및 기술, 세부업무 프로세스, 평가방법에 대해 상세히 기술함. 아래 사진은 두 번째 레이어에서의 각 관리항목의 단계별 나열임

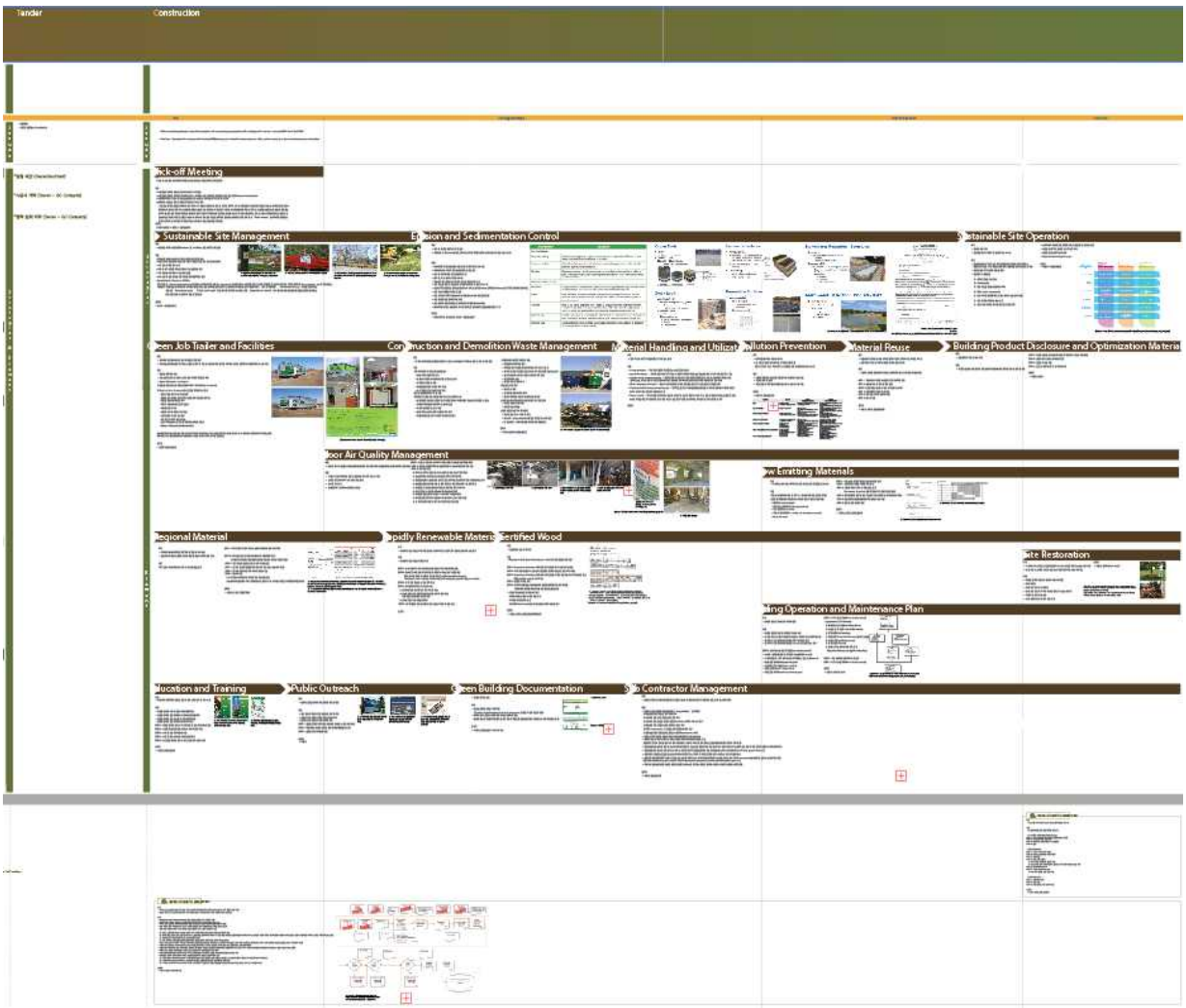


그림 2-131 2nd Layer 녹색시공 부분

No. **토양 복구(Site Restoration)**

목표 (Goals)
- 서식지(habitat) 제공 및 생물다양성(biodiversity) 증진을 위하여 손상된 대지 복원
- 현장 시공 후, 토양과 식생에 대한 손상 복원 (기존 토양, 식물, 나무 등)

내용
- 토양은 공사로 훼손되기 이전의 수준으로 복원
- 토양 비옥화
- 죽은 나무 제거 및 가지치기
- 건설 기간 동안 나무 뿌리 주변에 축적될 수 있는 흙 제거
- 비옥화 및 관개 시설 정비
- 기존 식물과 함께 새 현지 식물 보충

	Soil Criterion	Restoration to reference soil conditions	Required
1	Organic Matter	Amend soils with mature, stable compost material such that top 12 inches (300 mm) of soil (at minimum) contain at least 3% organic matter or organic matter depth are comparable to site's reference soil	YES
2	Compaction	Ensure bulk densities within 100% of root zone, defined as minimum of 12 inches (300 mm) in depth OR depth comparable to site's reference soil	YES
3	Infiltration rate	Achieve infiltration rates (inches/hour) or saturated hydraulic conductivity (millimeters/second) comparable to site's reference soil	YES
4	Biological function	Establish capacity of biotic community to decompose organic matter and release mineral (plant available) nitrogen; potentially mineralizable nitrogen is used as proxy	
5	Chemistry	Match pH, cation-exchange capacity, and nutrient profiles of original undisturbed soil or site's reference soil; salinity must be suitable for regionally appropriate vegetation	



Air trilling can be used around existing tress and shrubs because it will not damaged the root systems (Photo Credit: Ed Gilman, UF-IFAS)



The subsurface tree protection system at Trees Atlanta project (Source: Trees Atlanta, GA)

관계자 시공사, 원예가(horticulturist)

그림 2-132 2nd Layer 녹색시공 관리항목에 대한 상세 내용 일부

○ Role Players Model

- 각 주체자 별 역할 프로세스를 구축함
- 시공 이전단계에서는 건축가를 중심으로 시공자는 시공성과 공사비에 대한 리뷰를 시행하지만, 시공단계에 들어서서는 시공자를 중심으로 건축공사가 진행되며, 건축가, 발주처, 전문건설업체, 감리자, 커미셔너 등의 기관들이 관계하게 됨
- 3rd Layer는 건축주, 설계자, 시공자, 전문건설업자, 커미셔너 등 각각의 참여 주최자들의

시공단계별 업무를 2nd Layer의 관리항목별로 상세히 다룸

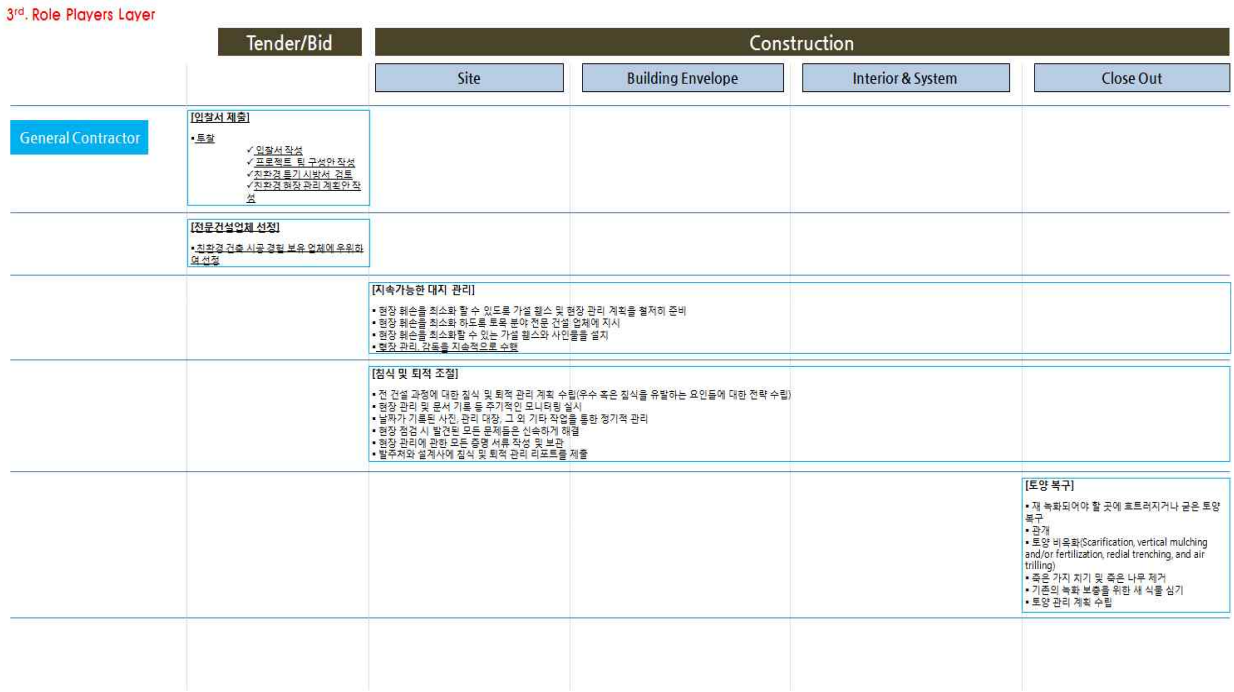


그림 2-133 3rd Layer 녹색시공에서 시공자의 역할 일부

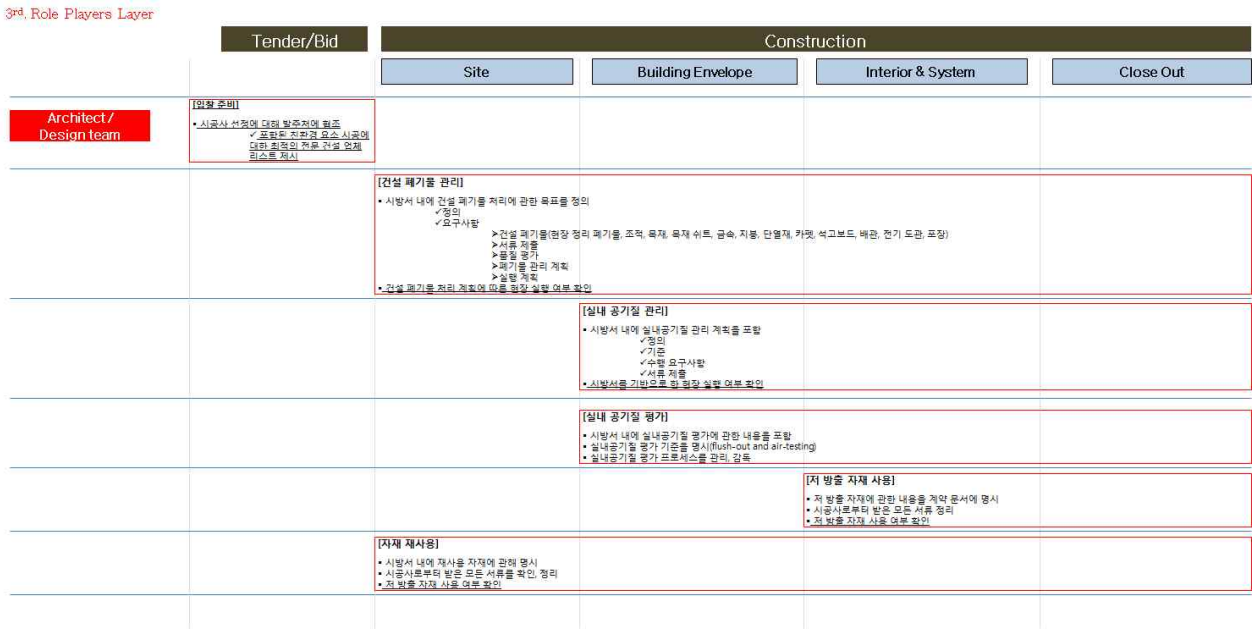


그림 2-134 3rd Layer녹색시공에서 설계자의 역할 일부

2. 녹색건축물 시공현장 운영을 위한 녹색시공매뉴얼 개발 및 시공자 교육

○ 일반시공과 녹색시공의 차이점

(1) 보다 세분화하고 다양한 친환경 현장관리 및 환경관리를 통해 환경에 대한 영향 최소화

- 녹색시공은 일반시공에서 다루는 지속가능한 현장관리(환경관리, 비산먼지, 소음진동, 폐기물, 수질관리)에서 보다 세분화하고 다양한 관리방법(생태계보호 및 복원, 토양 침식조절, 동물의 서식환경 보전 등)으로 환경에 영향을 최소한으로 하는 것임.
- 해외에서는 LEED 및 BREEAM등의 인증제도를 통하여, 시공단계에서의 폭넓은 친환경 현장관리 및 환경관리 수행을 제안하고 있으나, 국내의 녹색건축인증제도 G-SEED에서는 환경관련 국내법에서 규정하고 있는 항목에 제한되어 있는 상황임.
- 이에, 본 연구에서는 해외 녹색시공에 대한 Best Practice를 제안하여 국내 시공자들이 참조할 수 있는 사례를 제공하였고, LEED 및 BREEAM등의 해외 인증제도 아래에서도 활용할 수 있는 친환경 현장관리 및 환경관리지침을 매뉴얼의 형식으로 작성함.

(2) 에너지 저감 등 설계단계에서 목표로 하는 녹색건축물 성능을 시공단계에서 구현

- 녹색건축물에 요구되는 성능 기준이 증가함에 따라 복잡한 친환경 기술들이 설계에 적용되고 있음.
- 이러한 설계 요구조건이 시공단계에 적절히 반영되어 녹색건축물로 구현되도록 하기 위해서는 기존의 일반시공과는 다른 프로세스의 관리 및 성능확보 방안이 필요함.
- 설계에 적용된 복잡한 친환경 기술들을 적절히 시공하여 발주처 및 설계자가 의도하는 성능을 구현할 수 있도록 하는 시공관리가 필요함
- 즉, 녹색건축물은 일반건축물과 달리 Plant등에서 주로 사용되는 커미셔닝 과정을 통하여 성능확보 및 검증이 필요함.
- 이에 대해, 현재 기계설비 커미셔닝에 대한 가이드라인이 국내에도 개발되어있으며, 한국건축기계설비 표준시방서에도 해당 내용이 수록되어 있음. 그러나 성능평가방법 및 성능기준이 마련되어 있지 않아, 실질적인 수행에 있어 많은 어려움이 있음.
- 이에, 본 연구에서는 Test-Bed 건축물인 포스코그린빌딩에 대한 설계~시공과정에서의 커미셔닝 적용 결과를 분석하여, 국내 건설환경에서의 커미셔닝 적용에 대한 문제점 분석 및 개선안 도출을 수행함(3장).

가. 해외 선진 시공기술 벤치마킹

○ 미국의 녹색시공 Best Practice 작성

- 미국의 녹색시공 우수 사례를 벤치마킹하여 국내에 적용할 필요성에 따라 미국의 사례를 분석하여 정리함
- 건설현장에서 발생하는 시공방법과 연관된 내용을 다루고 있음. 최적화 프로세스들은 다른 유형의 자재와 장비를 사용하거나 기존과 다른 방식들로 자재를 취급하면서 생태계 훼손과 자원 낭비를 최소화 하는데 목적을 두고 있다. 대지개발, 가설물, 녹색 건설재료

와 자원, 자원재생을 위한 사례들을 포함하고 있음

- 스케줄, 예산, 품질 수준, 지속가능성에 관한 프로젝트의 인부, 장비, 정보 등, 자원의 관리와 관련이 있다. 공급망과 자재의 관리, 새로운 방법으로 건설현장의 인부 관리, 새로운 유형의 문서 기록이나 분석을 위하여 최적화된 프로세스를 포함함
- 미국의 Best Practice를 도입하여 국내에서 녹색시공 수행 시 참고할 수 있도록 함
- 미국 Best Practice 분석하여 다음의 분류로 정리함

1.1 토지 개발과 보호
1.2 토공사와 지하공사
1.3 가설 건축물
1.4 선 제작 및 모듈화
1.5 녹색 자재 및 시방서
1.6 자재 관리와 활용
1.7 건물 커미셔닝
1.8 자원 재생
1.9 녹색 조달, 물류 및 수송
1.10 건설 현장 운영
1.11 교육 및 실습
1.12 관리 계획
1.13 프로젝트 환경 및 공공 확산

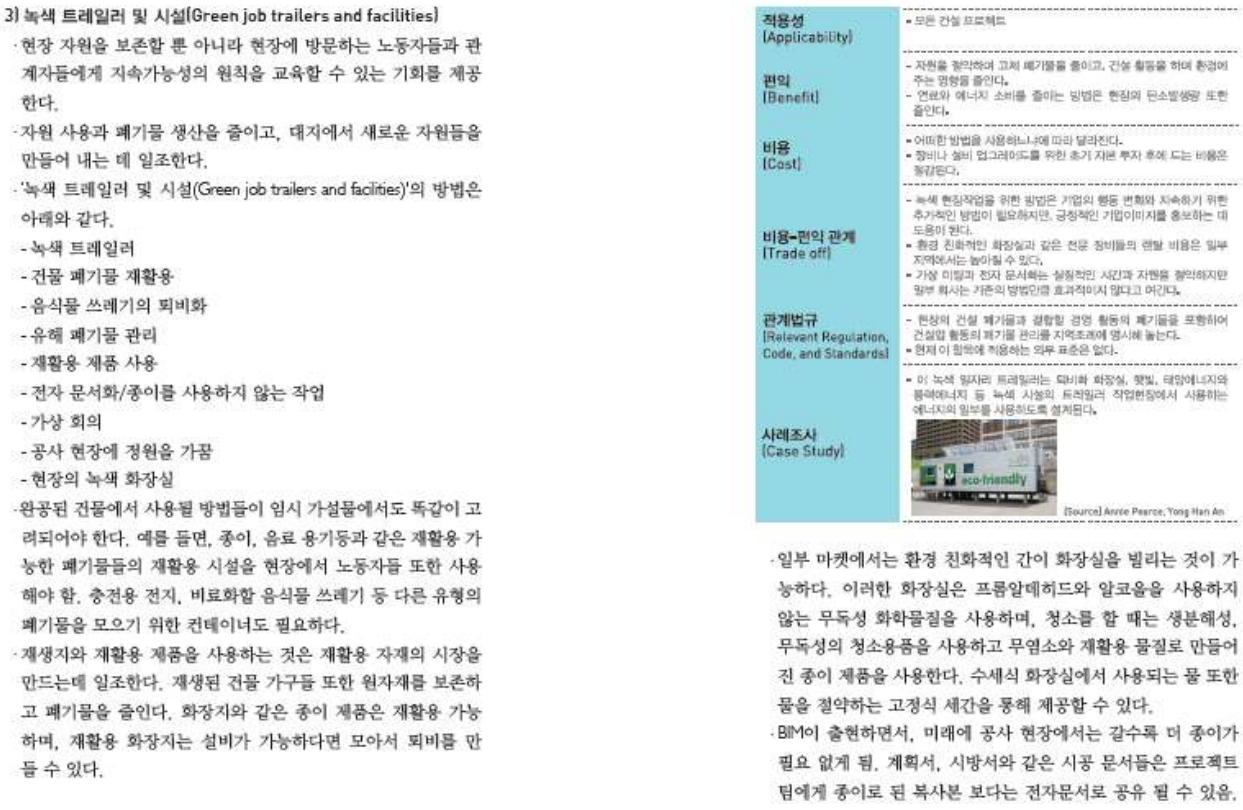


그림 2-135 미국 녹색시공 Best Practice 작성 예

나. 녹색시공 현장관리기법 개발

○ 녹색시공 품질확보를 위한 친환경 현장관리매뉴얼 작성

- 시공단계에서 친환경 건축물의 설계목표에 따른 성능 및 품질을 확보하는 것도 중요하지만, 환경에 대한 부정적인 영향을 최소화 하는 것도 중요함
- 건설 사업은 자원과 에너지의 주요 소비처이며, 자연 환경과 생태계 파괴, 수질오염 등의 환경문제를 야기하고 있음. 그러나, 국내 건설현장에서는 건설과정에서 배출되는 건설 공해를 줄이는데 집중하고 있으며, 이마저도 법적인 요구사항을 충족시키는데 그치고 있음
- 이에 국내 환경법규(건설기술관리법, 환경정책기본법, 환경영향평가법 및 국내외 친환경 건축물 인증기준(G-SEED, LEED, BREEAM)을 분석하고, 국내외 현장 환경관리 현황을 분석할 필요가 있음
- 이를 통하여 건설 활동으로 인한 환경 영향을 줄이고 친환경 시공을 유도하기 위한 친환경 현장관리 매뉴얼을 제안함
- 총 매뉴얼 구성 체계는 환경관리와 친환경 현장관리, 인증관리로 구분하고, 10개의 하위 카테고리와 29개의 관리항목으로 더욱 세분화함.
- 실무에서 좀 더 유효하게 활용될 수 있도록 세부 컨텐츠를 일관화 정리하였으며, 체크리스트 샘플 양식을 항목별 첨부하여 실무자가 직관적으로 관리업무를 파악하고 현장에서 사용할 수 있도록 정리함
  - 법규, 인증 및 수행 사례 등을 분석하여 다음의 분류로 정리함

2.1 생태계 보호 및 복원	2.16 에너지 및 자원 관리
2.2 식생 보호	2.17 지하수 이용
2.3 동물의 서식환경 보전	2.18 개인하수처리시설 운영
2.4 토양오염 예방 및 정화	2.19 폐수배출시설 운영
2.5 사후 현장부지 복원	2.20 친환경 자재 사용
2.6 토양 침식 조절	2.21 유해물질 관리
2.7 우수 및 퇴적물 관리	2.22 자재 보관 및 취급
2.8 비산먼지 관리	2.23 자재 관리
2.9 배기가스 저감	2.24 실내공기오염물질 저방출
2.10 소음.진동 관리	자재 사용
2.11 빛 공해 관리	2.25 실내공기질 개선
2.12 건설 폐기물 관리	2.26 실내공기질 측정 및 검증
2.13 조달 및 관리	2.27 유지관리 매뉴얼 제공
2.14 교육 및 훈련	2.28 커미셔닝
2.15 건강 및 안전	2.29 녹색 건축 인증 취득

[표 1] 환경관리매뉴얼의 기본 포맷

Manual 1						
Environment management. 환경관리 ▶ Ecosystem protection & restoration. 생태계 보호 및 복원						
관리항목	01. 환경을 고려한 현장계획(Site Layout to Avoid Ecological Damage)					EM-EP-01
목 표	건설공사로 인한 기존의 자연생태와 경관 등 생태학적 자산의 훼손을 최소화할 수 있도록 현장계획을 수립함.					
관계법규	· 자연환경보전법 · 건설기술관리법					
인증기준	G-SEED	○	LEED	-	BREEAM	○

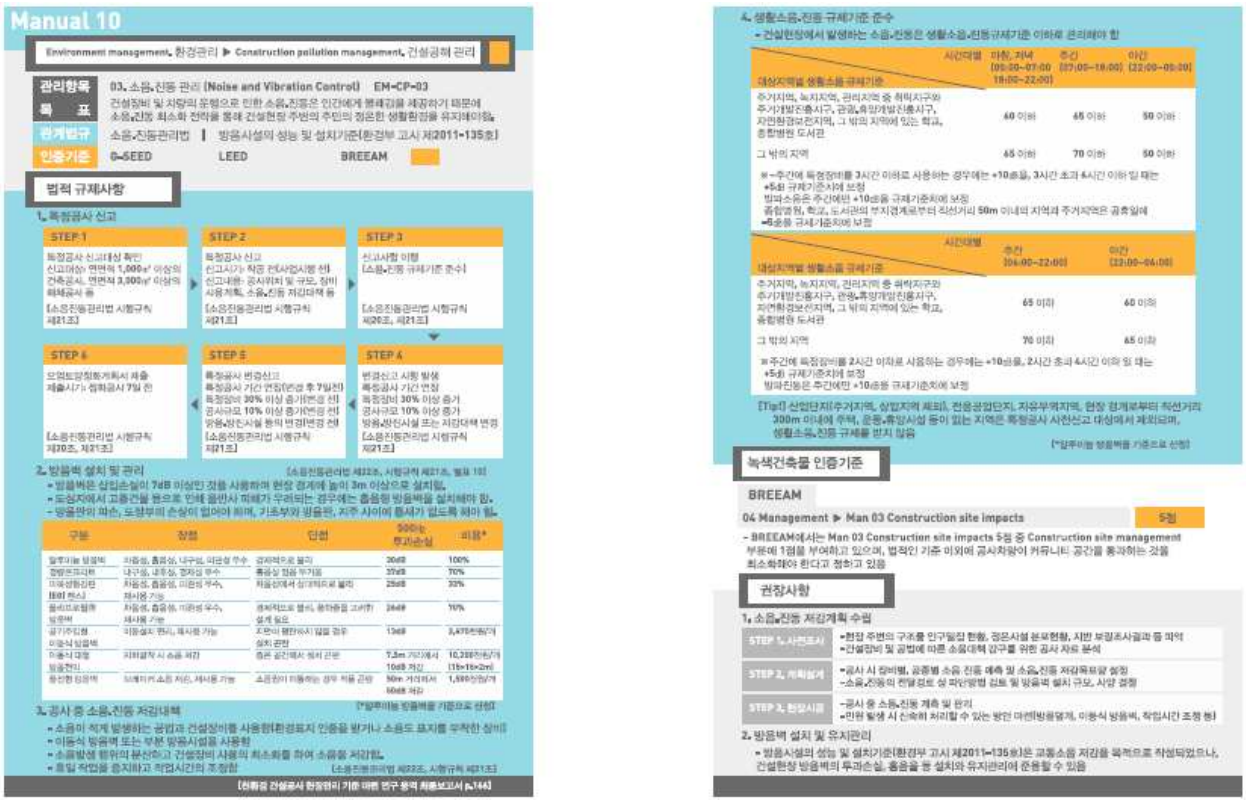


그림 2-136 현장관리매뉴얼 작성 예 1



- 소음 측정 방법 참조

1. 측정점
1) 측정점은 피해가 예상되는 자의 부지경계선 중 소음도가 높을 것으로 예상되는 지점의 지면 위 1.2 ~ 1.5 m 높이로 한다.
2) 측정지점에 높이가 1.5 m 를 초과하는 장애물이 있는 경우에는 장애물로부터 소음원 방향으로 1.0 ~ 3.5 m 떨어진 지점으로 한다. 다만, 장애물로부터 소음원방향으로 1.0 ~ 3.5 m 떨어지기 어려운 경우에는 장애물 상단 직상부로부터 0.3 m 이상 떨어진 지점으로 할 수 있다. 또한, 그 장애물이 방음벽이거나 충분한 차음이 예상되는 경 우에는 장애물 범위 1.0 ~ 3.5 m 떨어진 지점 중 암영대(暗影帶)의 영향이 적은 지 점으로 한다.
3) 위 1) 및 2)의 규정에도 불구하고 피해가 우려되는 곳이 2층 이상의 건물인 경우 몸으 로서 피해가 우려되는 자의 부지경계선에 面하여 소음도가 더 큰 정소가 있는 경우에 는 소음도가 높은 곳에서 소음원 방향으로 창문 열림문 또는 건물벽 방의 0.5 ~ 1.0 m 떨어진 지점으로 한다.
4) 배경소음도는 측정소음도의 측정점과 동일한 장소에서 측정함을 원칙으로 한다.

2. 측정조건
1) 일반사항
(1) 소음계의 마이크로폰은 측정위치에 방풍장치(방각대 등)를 설치하여 측정하는 것 을 원칙으로 한다.
(2) 손으로 소음계를 잡고 측정할 경우 소음계는 측정자의 몸으로 부터 0.5 m이상 멀 어져야 한다.
(3) 소음계의 마이크로폰은 주소음원 방향으로 향하도록 하여야 한다.
(4) 풍속이 2 m/s 이상일 때에는 반드시 마이크로폰에 방풍망을 부착하여야 하며, 풍 속이 5 m/s를 초과할 때에는 측정하여서는 안 된다.
(5) 진동이 많은 장소 또는 전자파(대형 전기기계, 고압선 근처 등)의 영향을 받는 곳에 서는 적절한 방지책(방진, 차폐 등)을 강구하여야 한다.
2) 측정시점
(1) 측정소음도의 측정은 대상소음원의 일상적인 사용상태에서 정상적으로 가동시켜 측정하여야 한다.
(2) 배경소음도는 대상소음원의 가동을 중지한 상태에서 측정하여야 한다.
단, 대상소음원의 가동 중지가 어렵다고 인정되는 경우에는 배경소음도 측정없이 측정소음도를 대상소음도로 할 수 있다.
3) 측정시간 및 측정지점수
피해가 예상되는 적절한 측정시각에 2지점 이상의 측정지점수를 선정 측정하여 그 중 가장 높은 소음도를 측정소음도로 한다.

3. 측정자료 분석 및 배경소음 보정
1) 측정자료 분석
측정자료는 다음 경우에 따라 분석 정리하며, 소음도의 계산과정에서는 소숫점 첫째 자리를 유효숫자로 하고, 대상소음도(최종값)는 소수점 첫째자리에서 반올림한다. 다 만, 측정소음도 측정시 대상소음의 발생시간이 5분 이내인 경우에는 그 발생시간 동 안 측정 기록한다.
(1) 디지털 소음자동분석계를 사용할 경우
샘플주기를 1초 이내에서 결정하고 5분 이상 측정하여 자동 연산 기록한 평가소음 도를 그 지점의 측정소음도 또는 배경소음도로 한다.
(2) 소음도 기록기 또는 소음계만을 사용하여 측정할 경우
계기조정을 위하여 먼저 선정된 측정위치에서 대표적인 소음의 변화양상을 파악한 후 소음계 지시치의 변화를 파측으로 5초 간격 40회 관측 기록하여 다음의 방법으로 프 그 지점의 측정소음도 또는 배경소음도를 정한다.
2) 배경소음 보정
측정소음도에 다음과 같이 배경소음을 보정하여 대상소음도로 한다.
(1) 측정소음도가 배경소음보다 10 dB 이상 크면 배경소음의 영향이 극히 적기 때문에 배경소음의 보정없이 측정소음도를 대상소음도로 한다.
(2) 측정소음도가 배경소음보다 3.0 ~ 9.9 dB 차이로 크면 배경소음의 영향이 있기 때문에 측정소음도에 표 1의 보정표에 의한 보정치를 보정한 후 대상소음도를 구 한다.

[배경소음의 영향에 대한 보정표]

단위 : dB(A)

차이값	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	-3.0	-2.9	-2.8	-2.7	-2.6	-2.5	-2.4	-2.3	-2.2	-2.1
4	-2.0	-1.9	-1.8	-1.7	-1.6	-1.5	-1.4	-1.3	-1.2	-1.1
5	-1.0	-0.9	-0.8	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1
6	-1.0	-1.1	-1.2	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6	-1.7	-1.8	-1.9
7	-2.0	-2.1	-2.2	-2.3	-2.4	-2.5	-2.6	-2.7	-2.8	-2.9
8	-3.0	-3.1	-3.2	-3.3	-3.4	-3.5	-3.6	-3.7	-3.8	-3.9
9	-4.0	-4.1	-4.2	-4.3	-4.4	-4.5	-4.6	-4.7	-4.8	-4.9
10	-5.0	-5.1	-5.2	-5.3	-5.4	-5.5	-5.6	-5.7	-5.8	-5.9

보정값=-10 log(1-10-0.1xA), 여기서 A: 측정소음도 - 배경소음도

(3) 측정소음도가 배경소음도보다 3 dB 미만으로 크면 배경소음이 대상소음보다 크 므로 (1) 또는 (2)에 만족되는 조건에서 재측정하여 대상소음도를 구하여야 한다.

4. 결과보고
1) 평가
2) 배경소음보정으로부터 구한 대상소음도를 생활소음 규제기준과 비교하여 판정한다.



Case Study

Case 1
[방음동, 에어돔 설치]
천공작업, 콘크리트 펌프 등 소음 발생원에 직접 설치
이동식 에어(air)방음돔의 소음저감 효과 : 7~10dB(A)
[출처: 친환경건설 가이드라인 p.116]

Case 2
[이동식 방음벽, 방음사설]
작업부위에 방음설 설치 시 소음저감 효과 : 7~10dB(A)
이동식 철제 방음벽 소음저감 효과 : 3~5dB(A)
[출처: 친환경건설 가이드라인 p.116]

Case 3
[방음벽 설치]
[출처: 친환경건설 가이드라인 p.116]

Case 4
[이동식 방음벽 설치]
[출처: 친환경건설 가이드라인 p.69]

Case 5
[소음측정]
[출처: 친환경건설 가이드라인 p.69]

Case 6
[진동측정]
[출처: 친환경건설 가이드라인 p.69]

참고자료

- 친환경 건설공사 현장관리 기준 마련 연구 용역 최종보고서
- Green Construction Technologies and Strategies in the U.S.
- Field Guide for Sustainable Construction
- 에스플 건설서식 http://www.yesform.com
- 친환경 건설 가이드라인 [환경부]
- 소음·진동관리법 시행규칙 [별지 제 10호서식]

그림 2-137 현장관리매뉴얼 작성 예 2



특정공사 사전신고서

[별지 제10호서식] [개정 2010.6.30]

특정공사 사전신고서			처리기간 4일
신고인	①상호(사업장명칭)		
	②성명(대표자)	③생년월일	
	④주소	(전화번호:)	
⑤공사명칭			
⑥공사장소(지)		(전화번호:)	
신고명세	⑦공사의 목적에 따른 시설 또는 공작물의 종류		
	⑧공사규모		
	⑨공사에 사용되는 기계·장비의 종류, 형식 및 대수		
	⑩특정장비를 사용하는 공사기간	년 월 일 ~ 년 월 일 (일간)	
		작업개시 / 작업종료 / 실제작업일수	
		시 / 시 / 일간	
	⑪발주자의 성명(명칭) 및 주소(법인은 대표자 의 성명 및 주소)		
	⑫현장 책임자의 성명 및 연락처	(전화번호:)	

「소음·진동관리법」 제22조제1항 및 같은 법 시행규칙 제21조제2항에 따라 특정공사를 실시하기 위하여 신고합니다.

년 월 일

신고인 (서명 또는 인)

특별자치도지사·시장·군수·구청장 귀하

구비서류	1. 특정공사의 개요(공사목적 및 공사일정표 포함) 2. 공사장 위치도(공사장의 주변 주택 등 피해 대상 표시) 3. 방음·방진시설의 설치명세 및 도면 4. 그 밖의 소음·진동 저감대책	수수료 없음

210mm×297mm(보존용지(1종) 80g/㎡)

소음·진동관리법 시행규칙 [별지 제 10호서식]



특정공사 변경신고서

[별지 제10호서식] [개정 2010.6.30]

특정공사 변경신고서			처리기간 4일
신고인	①상호(사업장명칭)		
	②성명(대표자)	③생년월일	
	④주소	(전화번호:)	
⑤공사명칭			
⑥공사장소(지)		(전화번호:)	
⑦변경사항	변경전	변경후	

「소음·진동관리법」 제22조제2항 및 같은 법 시행규칙 제21조제3항에 따라 특정공사를 실시하기 위하여 신고합니다.

년 월 일

신고인 (서명 또는 인)

특별자치도지사·시장·군수·구청장 귀하

구비서류	1. 특정공사의 개요(공사목적 및 공사일정표 포함) 2. 공사장 위치도(공사장의 주변 주택 등 피해 대상 표시) 3. 방음·방진시설의 설치명세 및 도면 4. 그 밖의 소음·진동 저감대책	수수료 없음

210mm×297mm(보존용지(1종) 80g/㎡)

소음·진동관리법 시행규칙 [별지 제 10호서식]

그림 2-138 현장관리매뉴얼 작성 예 3

다. 녹색시공 품질확보를 위한 관리기법 개발

○ 시공 전 단계 시공품질 확보를 위한 단열, 결로 체크리스트

- 시공 전 단계에서 건축물 품질확보를 위해 단열 및 기밀에 대한 관리 체크리스트를 작성함.
- 시공 전, 설계도면 상에서 결로예상 부위를 확인해야 함

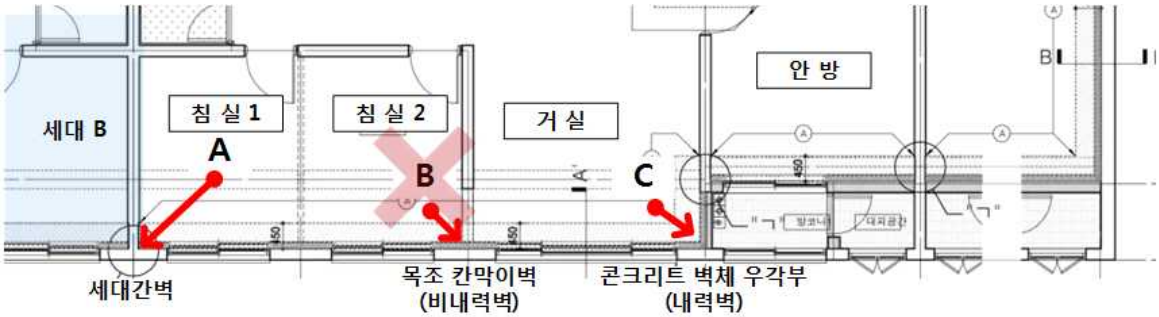


그림 2-139 벽체 우각부 및 골조에 따른 벽체 부위의 결로 예상 부위 선정

- 결로방지재는 지역 및 실내 공간 특성에 따라 두께 및 폭 조정에 따른 보강이 필요하다. 내단열 시 붙박이장 내부 및 주변 부위의 경우 결로 발생이 예측되기 때문에, 결로방지재 두께 및 폭, 단열재 두께에 따른 조정이 필요함. 또한 외기온도가 상대적으로 더 낮은 지역 Ⅰ,Ⅱ나 최상층, 발코니 확장부위의 경우 세부적인 외기 온도 설정을 통한 결로방지재 설치를 검토하는 것을 권장하며 누락되는 부분이 없도록 결로 방지 성능 평가 시 검토함.

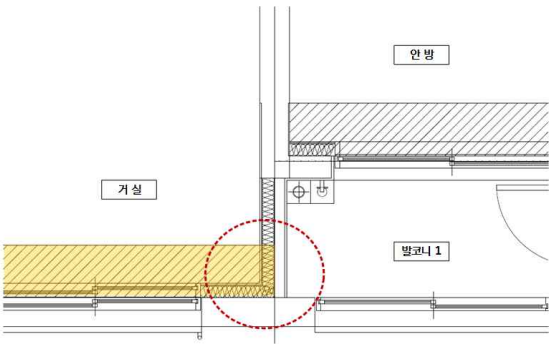


그림 2-140 결로방지재를 연속으로 시공하지 않은 경우 (잘못된 사례)

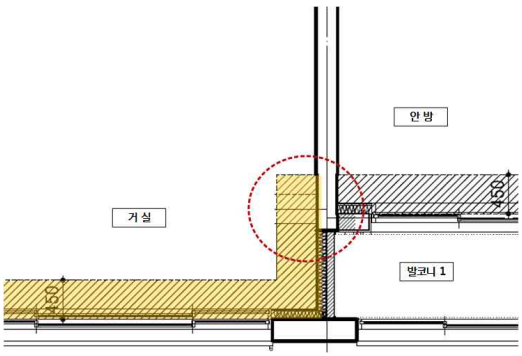


그림 2-141 결로방지재를 연속으로 시공한 경우(권장 사례)

- 단열, 방수, 결로 평면도의 결로 예상 부위를 확인해야 함.

(결로방지 성능평가 기준 사례 선정)

- 결로방지 성능평가 시 공동주택 결로방지 가이드라인을 충족시키지 못하거나 결로 발

생 우려가 되었던 건축물 부위는 대부분의 건물에서 공통적인 부위에서 발생함. 결로 취약 부위를 예측하는 과정에서 주로 선정되었던 부위, 사례나 시뮬레이션에서 결과가 부적합 판정을 받았던 사례를 위주로 시뮬레이션 사례로 선정함.

- ✓ 조적 구조체가 단열재를 통과하는 경우
- ✓ PD공간과 접한 실내공간의 벽체 단열재 누락 및 성능이 부족한 경우
- ✓ 천장 및 벽체의 열 결로방지재 설치 위치 부적격
- ✓ 단열재 누락 사례
- ✓ 수직 및 벽체 결로방지재 누락 사례
- ✓ 외기와 접하는 비난방공간의 단열 성능 부족

- 따라서 단열재 설계 시 에너지절약기준에 따라 비난방공간이나 난방공간이 서로 면하는 경우 및 외기가 직접 면하는 경우나 간접 면하는 경우에 맞도록 설계가 되어야 하며, 결로 방지 성능 평가를 받아야하는 500세대 이상의 공동주택의 경우 공동주택 결로 방지를 위한 상세도 가이드라인을 추가적으로 고려해야 함.
- 위와 같은 기준들이 제시되어 있으며 설계 기준 및 가이드라인에 따라 시공 시 설치되어야 하는 단열재의 성능 및 두께가 명시되어있음에도 불구하고 설계 단계에서 누락되거나 단열 성능이 부족하게 되어 결로 문제가 발생하게 됨.
- 설계 시 주로 결로 발생이 우려되는 부위는 비난방공간과 난방 공간이 접하는 부위, PD·AD공간과 난방 및 비난방공간이 접하는 경우이며 비난방공간이거나 외벽이 PD·AD 공간과 접하여 외기와 직접적으로 면하지 않는 경우에도 단열재가 충분히 설치되도록 해야 함. 특히 공동주택에서 PD 및 AD공간은 북측에 설계되는 경우가 많기 때문에 PD 및 AD공간이 접한 공간 역시 결로 방지를 위하여 엄격히 설계되어야 함. 따라서 결로 방지 성능 평가 및 설계 단계에서 보완할 수 있었던 결로 발생 우려 부위에 대한 기존 설계안과 개선된 설계안에 대해 단열 성능에 대하여 검토함.

(시공 하자 사례 기준 사례 검토)

- 본 연구에서는 추가적으로 앞에서 조사한 단열 및 결로 관련 공사 시 발생하는 하자 사례를 바탕으로 단열 공사 하자 발생 시 단열 성능이 초기 설계단계의 단열 성능보다 어느 정도 저하되는지 살펴보았으며 검토한 사례는 다음과 같음.
  - ✓ 단열재 설치 시 두께 부족 사례
  - ✓ 단열재 설치 시 틈이 발생하였지만 추가적으로 조치하지 않는 경우
  - ✓ 단열재 성능 저하 사례

(최종 시뮬레이션 CASE 선정)

- 위의 사례들을 바탕으로 하여 검토 시 결로 성능에 문제가 되었던 사례를 기존 설계안으로 설정한 뒤 및 개선안을 제시함. 기존 설계안 및 개선안에 대하여 결로 성능 평가 시 이용되는 Physibel TRISCO로 결로 예상 부위에 대해 시뮬레이션 하여 표면온도, TDR을 산정함. 시뮬레이션의 CASE는 실제 결로 성능 평가 및 연구를 하면서 진행되었던 도면을 참고로 함. [표 1]. [CASE 1~5]까지 설계도서 검토 시 보완할 수 있는 사례로 구성하였으며, [CASE 6, 7]은 지난 연구에서 시공 하자 발생 사례에 대하여 고려

하여 시뮬레이션을 진행함. [CASE 1]에 대해서는 최하층, 기준층, 최상층의 구조차이를 비교하기 위해층 구조에 따른 TDR 및 단열 성능을 비교하였으며 [CASE 2~9]에 대해서는 기준층에 대해서만 시뮬레이션을 하여 TDR 및 표면온도를 확인함.

- 본 보고서에는 [CASE 1]의 경우 시뮬레이션 결과 일부를 수록함.

표 2-23 기존 설계안 및 개선안 설명

CASE	기 존 설 계 안	개 선 안	모델 기준	비 고
1	조적 구조의 단열재 통과	조적구조의 단열재 미통과	최상층 기준층 최하층	설계도서 검토 사항
2	PD공간과 실내공간이 면한 경우, 단열재 누락 및 성능 부족	단열재 조치 및 성능 보완	기준층	
3	천장 및 벽체 단열·결로방지재의 위치 부적격	결로방지재 설치 위치 변경		
4	벽체단열재 누락 사례	벽체 단열재 보완		
5	벽체 수직결로방지재 누락	벽체 수직결로방지재 보완		
6	단열재 설계도서상 두께 부족	단열재 두께 보완		시공 하자 및 추가 검토
7	단열재 설치 시 틈새 발생 하자	단열재 설치 시 정상 사례		

(분석 결과)

- 결로 발생 부위의 예측은 단열·방수·결로 평면도를 확인하여 단열재의 누락 및 설치위치, 발코니의 창문 설치 여부, 발코니와 실내 공간의 인접 간격에 따라 다르게 예측할 수 있으며, 검토 방법 및 선정 부위에 대하여 나타냄. 결로 성능 예측 시 공간 특성이나 재실자의 사용패턴, 실제 거주지의 외기 특성 등은 고려되어 있지 않아 결로 및 단열 성능 예측 시 한계점이 있음. 이에 외벽 및 간벽의 구조체나 단열재의 종류, 수분흡수량, 재실자의 재실 특성 및 실제 공간에 대한 습기 및 온도에 대한 것을 고려하여 결로 성능 예측이 이루어질 수 있어야 함.
- 결로 발생 부위를 예측하는 과정에서 검토한 사례 및 시공 하자 사례에 대하여 검토한 사례를 기준으로 시뮬레이션 사례를 선정하였다. [CASE 1]에서는 공동주택의 최상층, 기준층, 최하층 특성을 고려하여 각각의 구조에 대한 표면온도 산정 및 TDR을 예측하였음. 이 경우 외기에 표면적이 더욱 많이 노출되어있는 최하층이나 최상층의 경우 결로 발생에 취약한 것으로 나타났으며, 조적 구조가 단열재를 관통할 시 결로 성능에 크게 영향을 미침을 확인할 수 있었음.
- 결과적으로 단열재 및 결로방지재의 누락, 설치 위치 등에 따라 벽체의 표면온도 및

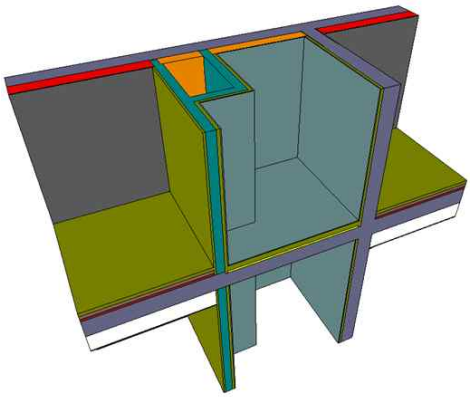
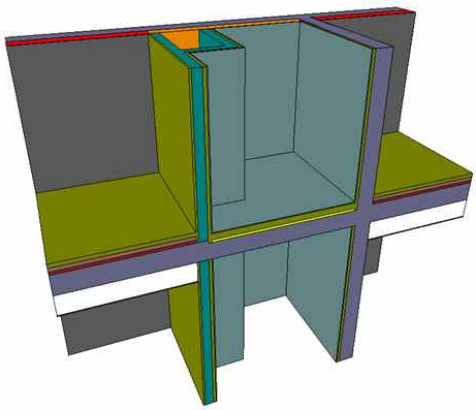
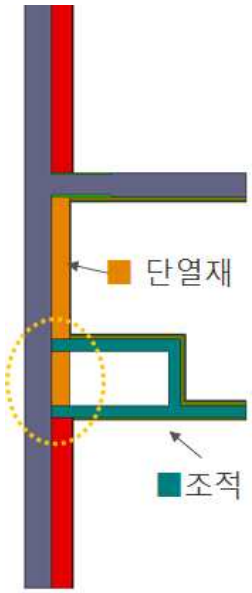
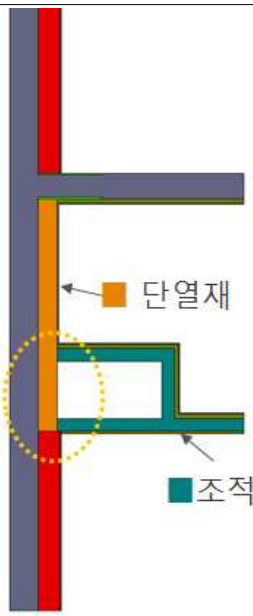
단열성능에 영향을 받는 것을 알 수 있었음. 추가적으로 같은 공간의 단열재라도 상단부 및 하단부의 설치여부에 따라 열교 현상의 발생 정도를 비교할 수 있었으며, 난방공간의 경우 하단부(바닥)보다 상단부(천장)에 결로방지재 및 단열재를 설치하여 열교 현상을 감소시키기에 효과적인 것을 확인할 수 있음.

(시뮬레이션 결과)

[CASE 1] 조적구조체의 단열재 통과 사례 검토

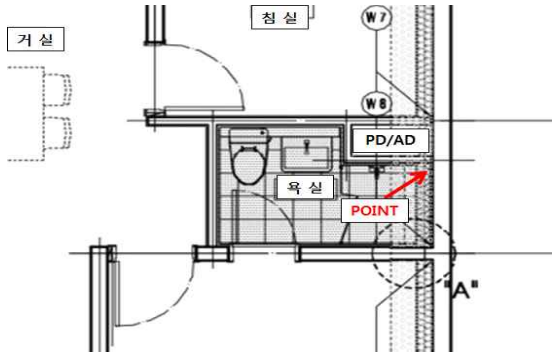
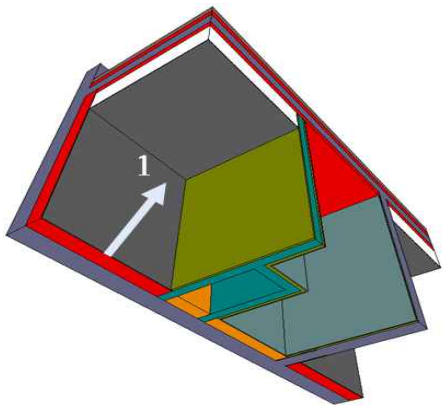
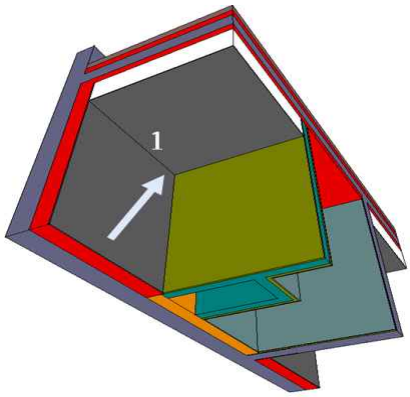
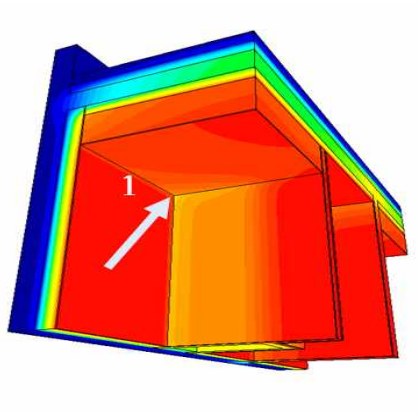
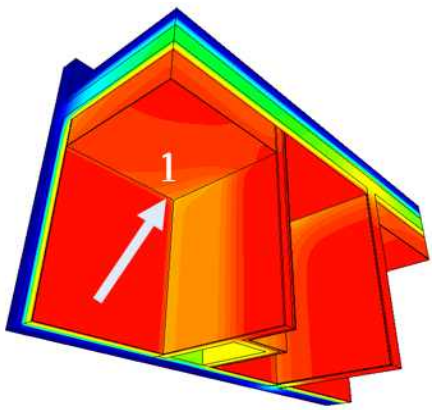
- 검토 부위 및 내용 : 침실, PD공간, 욕실공간 (난방공간)의 벽체 우각부

표2-24 CASE 1 사례

	기존 설계안	개선안
모 델 ※ 기준층 기준		
변경부위	 조적 구조의 단열재 부위 통과	 조적 부위의 단열재 부위 미통과

- 기존 설계안(조적 구조체의 단열재 통과)과 개선안(조적 구조체의 단열재 미통과)의 시뮬레이션 결과는 다음과 같음. [CASE 1]은 최상층, 기준층, 최하층의 구조를 모두 고려하여 시뮬레이션 하였으며, 시뮬레이션 결과는 최상층, 기준층, 최하층의 각각의 3개씩 포인트를 기준으로 나타냄.

표2-25 CASE 1 시뮬레이션 최상층 POINT 1 결과

	최상층 POINT 1	
	기존 설계안	개선안
도면		
모델	 조적 구조체의 단열재 통과	 조적 구조체의 단열재 미통과
모델링 결과		
	POINT 1 표면온도 : 14.81, TDR : 0.25	POINT 1 표면온도 : 17.12, TDR : 0.24

○ 시공 단계 시공품질 확보를 위한 단열, 결로 체크리스트

- 시공 단계에서 건축물 품질확보를 위해 단열 및 기밀에 대한 관리 체크리스트를 작성함.

- 시공 상 하자 사례 조사를 수행함.
- 조사 결과 및 단열재의 특성 및 유의사항, 기타 타사의 단열재 접착 기준 및 방법 등을 바탕으로 시공 단계에서의 성능 최적화를 위하여 문제점을 종합하여 시공상 하자 원인 및 대처 방안에 대하여 나타냄.
- 문제점 10건 이상에 대해 원인 및 개선 방안을 제시하고, 본 보고서에서는 예로 문제점 1에 대해서 수록함.
- 문제점 1. 단열재 누락 사항

  (주요 부위)

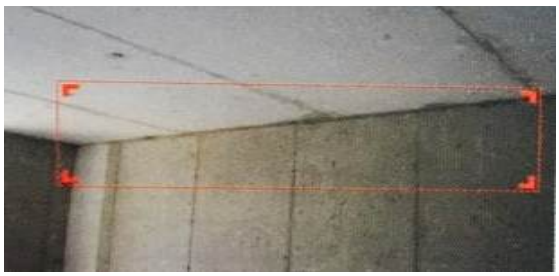
  - 조적벽 및 콘크리트 외벽 접합부
  - 확장으로 인하여 외기에 직접 면하는 발코니 보 측면 결로 방지재
  - 상·하층 비확장/확장 구분에 따른 세대 발코니 천장 단열재
  - 층단세대 결로 방지재
  - 외단열 최상층 벽체
  - 다락방 지붕 슬래브와 접하는 벽체 결로 방지재
  - 세대 벽체 결로 방지재
  - 현관문 주의 단열재 누락



외벽 접합부 단열재 누락 부위 결로 발생



측세대 부위 단열재 누락 시공



벽체 결로 방지재 누락 사례



PD 내부 결로 발생

그림 2-142 단열재 누락에 의한 결로 발생

(발생 원인)

- 작업자 및 관리자 작업 미흡
- 단열재 접착 성능 미흡
- 단열재 수축으로 인한 시공 후 탈락

(대처 방안)

- 골조계획시 반침장 깊이 고려하여 결로방지재 폭을 조정하여 상부까지 중첩할 수 있

도록 하며, 조적 벽체 마감두께 및 오차 등을 감안하여 50mm 여유 확보

- 외벽에 면한 PD 및 AD 공간의 설비 배관 입상 전 결로 보완재를 시공할 수 있도록 공종 간 협의 및 시공 계획 수립

표 2-26 압출법 단열재 적용부위 공법 검토

구분	본드 접착 공법	프리캡 공법	플레이트 공법
장점	석고 보드 평활도 유지 부착력 증대 자재수급 및 시공성 향상 공기단축 가능(공기 단순)	시공단면 폭 최소 처짐 없음	처짐 없음 파손 시 하자보수 용이
단점	석고보드 탈락 우려 (프라이머 위 모래 코팅 누락 및 모래 혼합 프라이머 미사용)	평활도 불량(여유치수 부족) 결로 (프리캡 단열재 관통) 시공복잡	단열재 탈락 및 석고보드 평활도 불량(단열재 훰발생)
시공 순서	바탕→본드→단열재→못 고정→ 우레탄 폼 충진→프라이머→석고 본드→석고보드	바탕→먹매김→타공→핀고정→단열재→프리캡, 수평조절→석고보드 부착	바탕→단열재 위 모래띠장→석고보드→단열재 (플레이트 부착)→석고보드 나사 못 시공

- 그라스울 적용 공법 검토 사항

표2-27 그라스울 적용 공법 검토 사항

구분	검토 사항
그라스울	주택용 유리섬유 단열재 KS L 9102의 보온판 24K 또는 KS F 6305 수분 접촉 시 제품 내 결합재의 화학반응으로 인한 악취 발생이 없는 제품
지지핀	합성수지 제품, 지지핀 고정용 본드가 지지핀 하부 고정판 상부로 나올 수 있도록 구멍 뚫린 구조 - 민자형 구조 : 지지핀이 민자형으로 되어있어 글라스울 압력으로 덮개가 탈락되기 쉬움 - 탈락방지형 구조 : 지지핀에 홈이 있어 덮개의 탈락 방지에 유리
지지핀 덮개	석고보드가 구멍 뚫린 덮개에 충분히 충전되고 충전된 석고보드가 탈락되지 않는 구조
지지핀 고정용 본드	초산비닐수지용액형 접착제(메틸알콜계)로써 1액형 사용 지지핀 접착 시 초기에 흘러내리기 않고 탈락되지 않는 제품

(분석 결과)

표2-28 시공 시 문제점에 대한 원인 및 방안 일부

문제점	원 인	방 안	참고
단열재 접합부 결로 발생	단열재 틈새 처리 미흡	단열재 연결 부위 및 단부 투습 방지 조치	
		스티로폼 단열재 투습 방지 조치	
		이음새 최대한 밀착 후 방습테이프 시공	
		단부 우레탄 폼 충진 철저히	
단열재 누락 및 결로 발생	시공 품질 관리 부주의	단열재 누락 및 탈락 없도록 감독 철저	
		천정 속 틈새 및 전기 박스 등의 단열재 관통 부위는 우레탄 폼 충진 등 뒷손질 철저히 함	
우각부 단열 보완	열저항 저하 및 단열 부위 확대 필요	측벽에 단열재 밀실하게 접착 시공	
		벽체 결로 방지재 수평조절목 부위까지 연장 시공	
		우각부 천정 결로 방지재 폭 확대 적용	
		단차 발생 부위 단열모르타르로 보완	
		외벽에 면한 조적 벽체 접합부 단열	
		주변 단열재와 동일한 두께 연장 시공	
		측벽 및 코어벽체의 추가적 단열재 설치	
외기에 접한 벽체 결로 발생	외기 노출 콘크리트벽체 콘 구멍 몰탈 충진 불량	몰탈 충진 철저	
	단열재 이음부 Taping 미처리	이음부 Taping처리 실시 및 확인	
	목재 틀 및 목재 부위 방습처리 미실시	각재 시공 전 방습처리	
	전기 박스 주위 단열 미흡	단열재 시공 및 코킹처리 확인	
	창틀과 벽체 사이 틈새 실내측 단열재 미시공		
시공과정으로 인한 단열재 성능 저하	그라스 울 처짐 발생	창호 주변 사춤(우레탄 폼으로 밀실하게 충진)	
	섬유형 단열재 수분 흡수	섬유형 단열재의 경우 별도의 방습층 필요	
		방습 시트 설치	
스터드 열교 및 결로 발생	외벽의 스터드 열교 방지 조치 미흡	스터드(러너)를 골조와 이격시켜 설치	
		스터드와 골조 사이 우레탄 폼 충진	

표2-29 체크리스트 일부

No.	항 목	YES	NO
1	줄눈 두께 및 몰탈 충진이 적정한가		
2	일일쌓기 높이는 규정을 준수하였는가		
3	창인방 설치 상태(높이, 길이)가 적정한가		
4	신축줄눈 및 배관부위에 보강철선을 사용하였는가		
5	교차부, 모서리 및 옹벽과 접합부위에 긴결철선을 사용하였는가		
6	개구부 접촉부분에는 빈틈없이 몰탈이 채워졌는가		
7	슬라브 및 보 하부 충진몰탈은 양면에서 밀실하게 하였는가		
8	이질재와의 접합부위에 균열방지대책은 강구하였는가		
9	매입볼트, 철물 등의 매입위치가 적정한가		
10	먹눈 놓기 위치 확인(개구부, 창호 위치 등)		
11	매입 철물 및 외벽 접하는 단열재 규격 및 위치 확인		
12	견본 시공을 통해 줄눈 크기 및 배관 부위 사춤, 홈 벽돌 시공 및 앵커 철물 및 각종 함류 설치 등 품질 기준 확인		
13	욕실 시공 계획 시 단열재 위치에 대한 검토		
14	개구부 주위 시공 시 수직 규준대 또는 규준줄 설치 확인		
15	창틀 고정 시 고정 목심을 삼각으로 제작하였는지 확인		
16	사춤 완료 시 제거가 용이 하도록 설치		
17	복도 및 발코니 측 외벽 하부의 방수 높이 및 단열재 위치 고려		
18	AD 및 PD 조적면 전체 시멘트 모르타르 초벌 바름하여 기밀 성능 유지 확인		
19	창호 및 개구부 주위 등 이질재 접합부위에 대한 미장 균열 방지 대책 필요		

라. 녹색시공교육 커리큘럼 개발 및 시공자 교육

○ 녹색시공 교육자료 구축

① 녹색시공 교육커리큘럼의 필요성

- 녹색시공의 성공적인 시행을 위해서는 무엇보다 녹색시공에 대한 적절한 교육이 제공되어야 하며, 이를 위하여 녹색시공의 교육커리큘럼 및 운영방안을 제안함

② 국외의 녹색시공 교육 및 훈련 현황 분석

- 조사대상 : 미국의 대표적인 건설회사 4곳 및 교육 전문기관 2곳
- 조사내용 : 녹색시공 교육 및 훈련 프로그램의 커리큘럼 구성, 교육코스 구조, 교육 운영 및 관리, 기타 교육규모 및 범위 등

1) 민간 건설사의 교육커리큘럼 분석

① McCarthy Building Company

- 1864년 건립된 미국의 가장 오래된 건설사 중 하나로서 상위 10위권에 속함. 연간 매출규모는 30억 달러정도이며, 미국 전역 44개주에서 사업 중임
- 사내 교육프로그램인 'McCarthy Build U Learning and Development Program'을 구축하였으며, 그 중 녹색시공을 위한 'McCarthy Green Curriculum'을 개발하여 LEED 자격유지를 위한 교육과정으로서 USGBC로부터 인정받음
- Green TeamWork Group(VP QS 이하 10명 구성)이 LEED GA/AP 인정, 건설관리, 매트릭스, 시공이전서비스, 커뮤니케이션, 녹색팀 등을 위한 책임/의무 부여
- 교육 커리큘럼은 총 29개 코스로 구성되며, 교육수강은 비구조적 체계 속에서 개별적으로 진행할 수 있으며, 내부 인트라넷 시스템을 통하여 접근 가능함



그림 2-143 McCarthy Building Company 교육 커리큘럼 자료 예

② Skanska Building USA Company

- 전세계 대표적인 건설사이며, 미국 내에는 1971년 설립 이후 39개 지사 8,300명의 근로자가 근무함. 미국 건설사 최초로 ISO14001인증을 받았으며, 400여명의 LEED AP를 보유하고 125개 이상의 LEED인증 프로젝트를 수행함
- 사내 교육을 위하여 'Environmental Management systems Implementation Training'을

구축하여, EMS(환경관리시스템) 및 프로세스를 이해하고 보고능력 및 프로젝트 관리능력 함양을 목표로 교육을 시행함. 특히 EMS의 연속적인 향상(continual improvement)을 강조하여, planning→implementation and operation→checking and corrective action→management review→environmental policy and systems가 연속적으로 시행되도록 함. 교육 커리큘럼은 ISO14001, SHEMS Manual 등을 포함한 총 15개 주제로 구성됨

- 프로젝트 단위로는 'Project Introductory Training'을 구축하여, 사내직원뿐만 아니라 프로젝트 참여 모든 참여주체들(전문건설업체, 공급업체, 작업자 등)에게 개괄적 교육을 시행함. 교육은 현장에서 시행되며, EMS에 대한 설명뿐만 아니라 작업자에 의해 수행되는 건설현장의 실제적인 활동에 초점을 맞춤



그림 2-144 Skanska Building USA Company 교육 커리큘럼 자료 예

③ The Turner Corporation

- 111년 전에 설립된 터너는 녹색시공과 그린빌딩 프로젝트에 선두적 역할을 하고 있으며, 이미 400여개의 그린프로젝트를 수행완료 또는 진행중임. 특히 2013년에는 ENR 선정, 미국 녹색시공사 1위에 랭킹됨
- 회사의 지속가능한 정책으로서, 1)LEED 자격획득 지원, 2)건설폐기물 1.5M톤 절감, 3)온실가스배출 5%절감, 4)지사건물의 LEED인증획득, 5)녹색현장사무소 및 녹색활동 장려, 6)환경활동에 대한 정기보고서 발간, 7)그린빌딩 기술의 연구 및 정보공유, 8)안전문화 장려 등 추진. 또한 녹색현장운영을 위하여'Turner Green Zone'을 지정하여 관리함
- 사내 교육프로그램으로서 'Turner Talk'와 'Turner University'를 구축하고 있으며, 모든 직원은 월1회 또는 분기별 1회 간격으로 8시간 이상의 교육에 참여함. 전자는 프로젝트의 관리 및 협업시스템이며, 후자는 웹기반의 온라인 교육프로그램임
- Turner University에서는 녹색시공과 관련하여 6개 과정을 이미 운영 중이며, 금년부터 LEED프로젝트를 위한 5개 과정을 시행예정임

④ Balfour Beatty Construction US

- 미국 건설사 중 5위에 해당되며, 지속가능성에 대한 비전 및 목표를 설정하여 경제적 이익 창출을 추구함. 특히 'Diversion and Recycling Tracking tool(DART)'을 활용하여 건설폐기물을 70%까지 절감함
- 건설 환경적 제한(Environmental Limits)으로서 기후변화, 폐기물, 물, 광물, 생태계 등 5

개 요인을 설정하여 비전 및 전략, 절감목표 등을 관리함
- 프로그램은 녹색시공을 위한 4개 프로세스(대지개발, 녹색자재/시방, 커미셔닝 및 테스트, 프로젝트 주변환경 보호)로 구성되며, 분기별 1회 수강하여야 함

2) 전문기관의 교육커리큘럼 분석

① The National Center for Construction Education and Research(NCCER)
- NCCER은 1996년 설립된 비영리 교육기관으로서, 125개 이상의 건설사 CEO와 타 산업 및 교육리더의 지원을 받고 있음. 표준화된 시공 및 유지관리를 위한 교육 및 평가 프로그램을 개발/운영함. 녹색교육 커리큘럼은 총 7가지로 구성되며, 그 중 'Your Role in the Green Environment', 'Sustainable Construction Supervisor'가 녹색시공단계에 해당됨
- 'Your Role in the Green Environment'는 15시간 정도의 교육과정으로서, 환경에 대한 건설활동의 영향과 이를 최소화하기 위한 해법, 녹색현장에서 필요한 건설활동, 사례연구 등을 포함하는 6개 세션으로 구성됨
- 'Sustainable Construction Supervisor'는 녹색시공프로젝트의 지속가능한 관리 기술을 강조하기 위한 과정임. 교육주제는 5개 세션(Sustainability and the built environment, Project sustainability goals: From principles to practice, Green building materials and technologies, Green building methods and processes, High performance green project teams)으로 구성되며, 시공단계에서의 핵심 고려사항을 포괄함

② Associated Builders and Contractors Incorporation(ABC Inc.)
- 1950년에 설립된 미국 설계 및 시공업계 협회로서 21,000명의 회원을 보유함
- 시공, 안전, 작업교육 등에 대하여 온라인 또는 오프라인 교육을 제공하고 있으며, 녹색시공에 대하여 'ABC Green Building Toolbox Talks' 프로그램을 운영함. 이는 시공현장에서 작업자들이 녹색시공활동을 성공적으로 수행할 수 있도록 하기 위해 제작됨. 교육컨텐츠는 pre-construction, construction(early, mid, late), after construction 단계로 구분되며, 총 52개 주제에 대하여 각 15분 정도 소요되는 온라인 교육을 제공함

○ 녹색시공 교육자료 구축
- 녹색시공의 성공적인 시행을 위해서는 무엇보다 녹색시공에 대한 적절한 교육이 제공되어야 하며, 이를 위하여 녹색시공의 교육프로그램 작성 및 녹색시공 교육을 실시함
- 녹색시공교육을 위해서 3명의 사외전문가 자문(한양대 안용한 교수, 중앙대 김용수 교수, 한국건축시공기술사협회 조한광 사무총장)을 받았고, 그 결과 현재 국내 건설현장 실정에 맞춰 다음의 교육프로그램을 구성함
- 교육 프로그램은 "녹색건축물 품질확보를 위한 시공자의 역할"이라는 주제로, 녹색건축에 대한 개괄, 인증 및 설계단계, 시공단계, 커미셔닝에서의 시공자의 역할 중심으로 총 5시간을 기획하였으며, 2차례에 걸쳐 교육을 진행하였음. 한국건축시공기술사협회가 교육주관사로써 본 사 포스코A&C, 중앙대학교, 한양대학교가 참여하여 건설업계 및 학계의 융합으로 건설기술자(관리자) 대상으로 교육을 진행함
- 녹색시공에 대한 관심 유도와 고급기술자의 참여를 장려하기 위해 기술사 인증교육으로

써 CPD등록이 가능하도록 함

- 총론에서 친환경 건축에 대한 정의, 수행 프로세스 및 참여 주체와 역할, 그리고 사례로 구성함
- 인증 및 설계 단계에서의 시공자/CMer의 역할에서는 인증제도에 대한 개괄적 내용, 인증 요구사항에 대한 상세한 분석, 시공 및 유지관리 단계의 설계 노하우 피드백 내용, VE/LCC 적용방안, 그리고 인증/설계 단계에서 주요하게 작용하는 시공자의 역할 내용 중심으로 구성함
- 시공단계에서는 계약서 검토사항부터 친환경 자재 및 공법에 관한 자료, 친환경 시공관리와 유지관리를 접목하는 시공자의 역할을 실제 친환경 인증 현장 자료를 토대로 교안을 구성함
- 커미셔닝에서는 기존의 커미셔너의 역할 중심으로 작성하던 보고서와는 달리 시공자의 입장에서 커미셔닝 요구사항 분석, 커미셔닝을 위한 공정관리 고려사항, 그리고 각종 서류 준비 및 건물 인도 시 수행해야 할 업무 중심으로 구성함

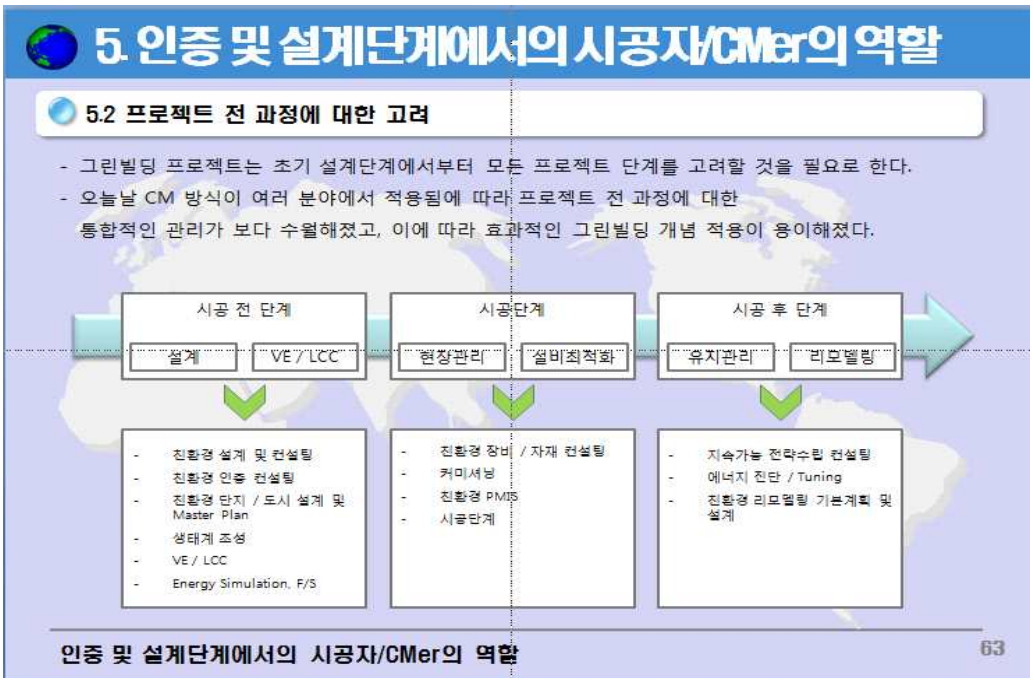
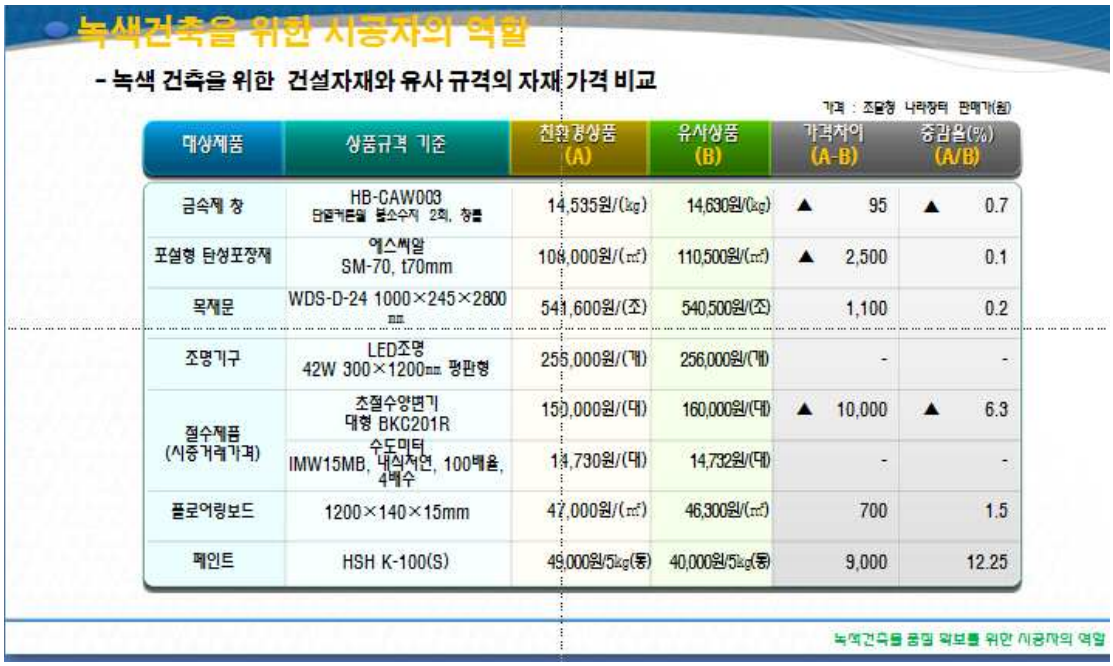


그림 2-145 녹색시공교육 교안 일부(2교시)



녹색건축을 위한 시공자의 역할

- 녹색 건축을 위한 건설자재와 유사 규격의 자재 가격 비교

가격 : 조달청 나라장터 판매가(원)

대상제품	상품규격 기준	친환경상품 (A)	유사상품 (B)	가격차이 (A-B)	증감율(%) (A/B)
금속제 창	HB-CAW003 단열커튼월 복소수지 2회, 창틀	14,535원/(㎏)	14,630원/(㎏)	▲ 95	▲ 0.7
포설형 탄성포장재	에스씨알 SM-70, t70mm	108,000원/(㎡)	110,500원/(㎡)	▲ 2,500	0.1
목재문	WDS-D-24 1000×245×2800 ㎜	541,600원/(조)	540,500원/(조)	1,100	0.2
조명기구	LED조명 42W 300×1200㎜ 평판형	255,000원/(개)	256,000원/(개)	-	-
절수제품 (시중거래가격)	초절수양변기 대형 BKC201R	150,000원/(대)	160,000원/(대)	▲ 10,000	▲ 6.3
	수도미터 IMW15MB, 내식처연, 100배율, 4배수	13,730원/(대)	14,732원/(대)	-	-
플로어링보드	1200×140×15mm	47,000원/(㎡)	46,300원/(㎡)	700	1.5
페인트	HSH K-100(S)	49,000원/5㎏(통)	40,000원/5㎏(통)	9,000	12.25

녹색건축을 공정 확보를 위한 시공자의 역할

그림 2-146 녹색시공교육 교안 일부(3교시)



1. 커미셔닝의 이해

Green POSCO Way

Cx Process

Planning Design Construction Turnover Operation

VISION

integrating the commissioning process piece by pie

Construction & Turnover

- Pre-Construction Meeting
- 제출물 Review
- 유지관리 매뉴얼 Review
- 시공검증 (Construction Verification Checklists)
- 성능검사 (Functional Testing)
- 교육 조정 및 Review

그림 2-147 녹색시공교육 교안 일부(4교시)

○ 전문가 집단의 녹색시공 교육 실시(2회)

- 시공기술사협회 CPD 기본교육으로 인정받아 교육을 실시함
- 총 2회에 걸쳐 실무자 대상 교육을 실시하였고, 포스코A&C 사옥, 한국기술사회 사옥에서 각각 진행함

- 교육 내용

① 친환경 건축 프로세스 (한양대 안용한 교수)

② 인증 및 설계 단계에서의 시공자/CMer의 역할 (중앙대 김용수 교수)

③ 친환경 자재, 공법 및 시공관리상의 시공자의 역할 (기술사협회 조한광 사무총장)

④ 커미셔닝에서의 시공자의 역할 (포스코A&C 정찬우)

※ 당해 교육과정은 기술사 연속교육(CPD)으로 인정

표 2-30 참석 인원(1, 2차 교육 총 수강 인원)

	사내	사외	합계
일반	18	28	46
CPD 등록	6	10	16
합계	24	38	62



그림 2-148 녹색시공교육(1회차) 수행 사진

'2015 녹색시공 교육 과정 I

한국건축시공기술사협회에서 **"녹색건축물 품질확보를 위한 시공자의 역할"** 이라는 주제로 "2015 녹색시공 교육 과정 I"을 개최하오니 많은 참여를 바랍니다.

주　　제 : 녹색건축물 품질확보를 위한 시공자의 역할
일　　시 : 2015년 3월 20일 (금) 13:00~18:00
장　　소 : 포스코A&C 사옥 8층 교육실
주　　최 : 한국건축시공기술사협회
문　　의 : 포스코A&C 기술표준화그룹 / 02-2018-7687(직) / 정다훈 Asso.

시　간	내　용	발 표 자
12:30-13:00	등　록	
13:00-13:10	개 회 사	한국시공기술사협회 하한기 부회장
	제1부	
13:10-14:00	친환경 건축 프로세스	한양대 안용한 교수
14:00-15:30	인증 및 설계단계에서의 시공자/CMer의 역할	중앙대 김용수 교수
15:30-15:50	휴식 & Coffee Break	
	제2부	
15:50-17:10	친환경 자재, 공법, 및 시공관리 상의 시공자의 역할	한국시공기술사협회 조한광 사무총장
17:10-18:00	커미셔닝에서의 시공자의 역할	포스코A&C 정찬우 박사
18:00-18:20	질의응답 및 폐회	

*** 기술사 중 연속교육(CPD)으로 등록을 원하시는 분은 기술사회에 교육 등록 절차를 따르시기 바랍니다. 자세한 사항은 한국기술사회나 한국건축시공기술사협회 사무총장 조한광(010-6230-7905)로 문의하시기 바랍니다.**

그림 2-149 녹색시공교육 프로그램 1회차

3. 녹색건축물 품질확보를 위한 커미셔닝 활성화 방안

가. 포스코그린빌딩 Test-bed 커미셔닝 분석

○ 포스코그린빌딩 커미셔닝 적용사례 분석

㉠ 분석 범위

- 분석 대상 기간 및 공정 단계
- 분석 대상 기간: 2012년 11월 ~ 2014년 2월
- 포스코 그린빌딩 프로젝트에 커미셔닝 관리자(Commissioning Authority, CxA)가 선정되어 프로젝트에 참여한 시점(2012년 11월)부터 커미셔닝 관리자로부터 최신 보고를 받은 시점(2014년 2월)까지의 커미셔닝 업무 수행 과정을 분석 대상으로 삼음.
- 커미셔닝 진행 과정 중 개발한 문서의 내용, 혹은 검토·조치 내용 등은 해당 사항에 한 기술적 견해 차이가 있을 수 있으므로 본 분석 대상에서는 제외함.

㉡ 분석 대상 업무 범위

- 미국의 커미셔닝 지침에서는 실제 프로젝트에서 커미셔닝 업무가 프로젝트 설계 전 단계에서부터 이루어지지 않은 경우, 커미셔닝 시작 시점(주로 커미셔닝 관리자의 선정 시점) 이전에 수행되었어야 하는 지침상의 커미셔닝 활동을 수행/완료한 후, 현재 시점의 커미셔닝 절차를 시작할 것을 권하고 있다. 이는 성공적인 커미셔닝에 있어 프로젝트 초반의 업무가 그만큼 중요하기 때문임.
- 포스코 그린빌딩 프로젝트에서도 커미셔닝 관리자가 착공 이후에 뒤늦게 선정되었으나, 설계 전 및 설계 단계에서 수행해야 하는 커미셔닝 주요 활동 대부분이 시공 초기에 수행됨.
- 포스코 그린빌딩 프로젝트에 대한 커미셔닝 업무는 건축주와 커미셔닝 관리자 사이의 협의에 따라 최소한 LEED 2009 for New Construction and Major Renovations 의 Energy & Atmosphere Prerequisite 1: Fundamental Commissioning of Building Energy Systems의 요구사항을 만족시키는 것으로 정해짐.

㉢ 커미셔닝 기록

- 포스코 그린빌딩 프로젝트 커미셔닝 관리자의 커미셔닝 일지 및 건축주가 수령한 월별 보고서를 토대로 분석 대상 기간 동안의 커미셔닝 활동에 대한 진행 기록을 정리함.
- 표 1과 2는 커미셔닝 활동을 수행 시점과 함께 나타낸 것임.
- 포스코 그린빌딩 프로젝트 커미셔닝 활동에 대한 주요 내용은 아래와 같음.
- 2012년 11월 초순, 착공 약 1개월 이후 시점에 커미셔닝 관리자가 선정되었음
- 11월 하순에 각종 기계설비 시스템에 대한 장비발주를 계획하고 있었기 때문에 커미셔닝 관리자가 곧바로 기계설비 설계에 대한 검토 작업에 착수함.
- 기계설비 설계 내용에 대한 검토를 지속적으로 수행하였으며, 원활한 공정 진행을 위하여 검토한 내용을 설계자, 시공자 측에 수시로 전달하였음.
- 12월 중순, 연세대학교(건축주)와 커미셔닝 관리자가 커미셔닝 업무 범위에 대하여 조율

함.

- 12월 중순, 커미셔닝 관리자가 커미셔닝 계획서를 작성함.
- 2013년 1월 중순, 건축주요구조건의 문서화를 위하여 커미셔닝 관리자가 관계자들로부터 관련된 내용을 수집하기 시작함.
- 2월 초순, 설계기초자료 검토를 위하여 커미셔닝 관리자가 관계자들로부터 관련된 내용을 수집하기 시작함.
- 3월 중순, 건축주요구조건 문서화를 마무리함.
- 4월 초순, 일부 기계설비 승인서류에 대한 검토를 수행함.
- 5월 중순, 건축주요구조건 및 설계기초자료 검토를 마무리함.
- 5월 하순, 공조설비 및 외피 설계검토 마무리함, 자동제어에 대한 설계 및 SOO 개발/검토는 계속 진행됨.
- 5월 준순, 현장 점검을 시작하고, 설치가 완료된 장비를 중심으로 예비성능시험을 병행함.
- 7월 중순, 승인서류 검토를 마무리하고, 미비 서류를 지속적으로 수집함.
- 8월 초순, 설치가 완료된 장비 및 시스템을 중심으로 TAB를 시작함.
- 11월 중순, 연구 프로젝트 일정에 맞추어 프로젝트를 준공처리 함.
- 2014년 1월 중순, 예비성능시험 및 TAB를 마무리하고, 성능확인시험을 진행함.
- 2월 중순, 성능확인시험을 마무리함.

표2-31 포스코 그린빌딩 커미셔닝 기록 (2차년도)

커미셔닝 업무	년						년					
	월		월		월		월		월		월	
작성 및 검토												
검토 및 보완												
커미셔닝 계획서 작성												
기계설비 설계 검토												
승인서류 검토												

표2-32 포스코 그린빌딩 커미셔닝 기록 (3차년도)

커미셔닝 업무	년																년			
	월		월		월		월		월		월		월		월		월		월	
검토																				
공조설비 및 외피 설계 검토																				
자동제어 설계 검토 검토 포함																				
승인서류 검토																				
교육 및 운영자료 검토																				
현장 점검 및 조치																				
예비성능시험 및 조치																				
가 수행																				
성능확인시험 및 조치																				

○ 포스코그린빌딩 커미셔닝 적용사례 분석

㉠ 문제 발생 원인 및 예상 영향 분석

- 포스코 그린빌딩 프로젝트의 원활하게 이루어지지 못한 것은, 커미셔닝 관계자 전체의 커미셔닝 이해 및 경험 부족, 커미셔닝 절차 적용의 지연, 계약 서류 부실, 모호한 계약관계, 무리한 준공 일정 등에서 비롯된 것으로 판단됨.
- 2차년도, 즉 설계 전 단계 및 설계 단계의 커미셔닝 업무 하자가 후속 커미셔닝 업무의 원활한 수행을 저해하였다면, 3차년도, 즉 시공, 준공 단계의 커미셔닝 업무 하자는 직접적으로 프로젝트 결과물의 품질 저하로 이어짐.

표2-33 문제 발생 원인 및 예상 영향 분석 (2차년도)

커미셔닝 업무		문제 발생 원인	예상 영향
설계 전 단계	Cx 업무 정의	· Cx 수행 여부에 대한 결정 지연 · 건축주요구조건의 이원화 · CxA 선정 지연 · Cx 효과 및 OPR 개발에 대한 이해 부족	· Cx 업무 진행 불가 -Cx 업무 지연에 따른 공기 연장 -업무 범위와 관련한 혼선 초래 -BOD, Cx Plan, 설계내용 및 시방서의 OPR 부합 여부 판단 불가
	OPR 개발 및 검토		
	Cx 계획서 개발	· CxA 선정 지연	· 해당 프로젝트의 Cx 활동에 대한 Cx 팀의 이해를 도울 수 없음 -원활한 Cx 활동 저해
설계 단계	BOD 개발 및 검토	· CxA 선정 지연 · BOD 검토의 중요성에 대한 인식 부족	· 설계 시, 오류 발생 소지 증대 -OPR 에 부합하지 않는 설계내용 발생 -설계 품질 저하
	시방서 및 도면검토	· CxA 선정 지연 · 시방서 검토 및 커미셔닝 시방서 개발의 중요성에 대한 인식 부족	· Cx 대상 시스템의 설치, 시험 세부 공정에의 관계자 역할, 책임, 수행 내용 혼선 초래 · Cx 관련 세부공정에의 관계자 역할, 책임, 수행 내용 혼선 초래
	교육 요건 수립	· CxA 선정 지연 (타 업무에 비해 중요도가 낮음)	· 추후 유지관리자 교육 수행 시, 주요 교육 내용 누락 소지 증대
시공 단계	시공도 및 승인서 검토	· CxA 선정 지연 · 승인서 검토의 중요성에 대한 인식 부족 · 승인서의 낮은 신뢰성	· 장비 발주 이후, 장비가 적합하지 않은 것으로 판명될 경우, 조치가 어려움

표2-34 문제 발생원인 및 예상 영향 분석 (3차년도)

커미셔닝 업무		문제 발생 원인	예상 영향
시공단계	현장 점검	· 승인서류 정보 부족 및 정보 신뢰성 부족 · OPR 및 BOD 상에 자동제어시스템 및 모니터링 시스템 관련 내용 부실 · 설계 상에 센서류의 성능 규정 내용 부실 · Cx 팀의 Cx 프로세스 이해 부족 · 시방서 상에 Cx 업무 내용 부실 · 시공자 Cx 참여 및 협조 의지 부족 (협력업체 관리 포함) · 건축주 관리 능력 부실 · 무리한 준공 일정 및 준공 이후 업무 수행에 대한 공감대 부족	· 하자 발견 부실 및 시스템 설치, 시공 품질 저하 · 시스템 성능 불량 및 오작동으로 인한 건축주 요구조건 달성의 실패
	예비성능시험		
	준공도 검토	· 무리한 준공 일정	· 도면과 실물 사이의 차이로 인한 유지관리 어려움 발생
준공단계	TAB 검증	· CxA 의 TAB 수행	· 성능 확인 및 하자 발견 부실 · 시스템 성능 불량 및 오작동으로 인한 건축주 요구조건 달성의 실패
	성능확인시험	· Cx 팀의 Cx 프로세스 이해 부족 · 시방서 상에 Cx 업무 내용 부실 · 시공자 Cx 참여 및 협조 의지 부족 (협력업체 관리 포함) · 건축주 관리 기능 부실 · 무리한 준공 일정 및 준공 이후 업무 수행에 대한 공감대 부족	
	운전자 교육 및 교육 검증	· 운전자 미선정 · Cx 팀의 교육 중요성에 대한 이해 부족	· 시스템 임의운전 및 유지관리 불량
	최종커미셔닝보고서	· CxA 미수행 · 건축주 필요성 인식 부족	· 유지관리 불량 · 시스템 개보수, 혹은 시스템 관련 문제 발생 시, 업무 난이도 상승
준공후단계	추후 업무 일정 조율	· CxA 미수행 · 건축주 필요성 인식 부족	· 일부 성능에 대한 성능확인시험 수행 어려움 · 시스템 임의운전 및 유지관리 불량

나. 국내 커미셔닝 활성화 장애요인 분석 및 개선안 제안

○ 국내 커미셔닝 활성화 장애요인을 인력 및 교육적 측면, 제도 및 정책적 측면, 건설환경적 측면으로 분류하여 분석하고 개선방안을 제시함.
○ 이에 추가적으로 국내 및 해외 선진의 녹색건축인증제도에서의 커미셔닝 평가기준을 비교하고 국내기준인 G-SEED에서의 개선안을 제안함.

○ 인력 및 교육적 측면

① 커미셔닝관리자 인력 양성

- 커미셔닝관리자는 커미셔닝에 있어 가장 핵심이 되는 인력으로, 앞서 살펴본 품질 문제 관련 원인들 중 상당수가 커미셔닝관리자의 능력 부족과 관련되어있다. 커미셔닝관리자에게 필요한 능력은 다음과 같음.
- 첫째, 커미셔닝관리자는 각 커미셔닝 관계자들이 각자의 역할을 수행할 수 있도록 지도, 지원하고, 커미셔닝 업무를 조율하여 원활하고 체계적인 커미셔닝이 이루어질 수 있도록, 커미셔닝 프로세스에 대한 충분한 지식과 경험을 갖추어야 함.
- 둘째, 커미셔닝관리자는 주요 커미셔닝 업무 및 문서를 검토하여 시스템 품질과 관련한 문제를 발견하고, 이에 대한 조치를 건축주 및 해당 관계자에게 요구하여야 함.
- 현재 국내에는 이러한 능력은 갖춘 커미셔닝관리자 인력이 부족하다. 따라서 공인기관을 중심으로 커미셔닝관리자에 대한 자격을 마련하고, 경험이 풍부한 기술사 이상의 관련 업종 경력자를 중심으로 커미셔닝 프로세스에 대한 교육을 수행하여 인력을 양성하여야 함.

② 건축주 및 건설 관계자 대상 커미셔닝 홍보 및 교육

- 커미셔닝 팀을 구성하는 건축주 및 설계자, 시공자 등을 포함한 건설 관계자들이 각 공정 단계에서 각자의 업무가 가지는 의미를 정확히 이해하고, 역할을 제대로 수행할 때, 커미셔닝을 통한 품질 확보가 가능해짐. 그러나 국내 건설 시장에서는 아직까지 건축주들이 커미셔닝의 의미나 효과에 대해 인식하지 못하고 있으며, 커미셔닝에 대한 의지가 부족하여 원활한 커미셔닝이 이루어지지 않고 있음. 또한 각 건설 관계자들의 커미셔닝 프로세스 전반에 대한 이해가 부족하고, 커미셔닝은 전통적인 업무 외 추가적인 업무라는 인식이 강하여 적극적인 참여와 협조가 이루어지지 않고 있음. 따라서 건축주 및 건설 관계자를 대상으로 커미셔닝 프로세스 전반에 대한 교육과 더불어, 커미셔닝의 품질 확보 효과를 홍보할 필요가 있음. 또한, 커미셔닝이 건설 관계자들의 불필요한 업무 증가를 의미하는 것이 아니며, 궁극적으로 품질 프로세스를 통해 전체 건설 과정의 합리화, 비용 절감 및 품질 향상이 이루어짐을 홍보할 필요가 있음.

○ 제도, 정책적 측면

① 공공 건축물 신축 사업 적용

- 커미셔닝 활성화를 통한 품질 향상에 있어, 민간 신축 사업에 커미셔닝을 의무화하는 방안에 대해서는 논란의 여지가 있음. 커미셔닝을 의무화할 경우, 초기에는 일시적으로 커미

셔닝 확산 효과를 기대할 수 있으나, 일정 시간 경과 이후에는 의무 조건 달성을 위한 형식적 업무로 전락하여 본래 취지가 훼손될 수 있기 때문임. 실제로 유사한 과정을 통해 그 의미가 퇴색된 건설 엔지니어링 업무가 다수 존재함

- 국내에 커미셔닝이 소개된 것은 2000년대 초반으로, 이때부터 커미셔닝 지침 및 체크리스트 등의 개발을 위한 노력이 있었으나, 커미셔닝 홍보 부족 및 시장 수요 부재로 인하여 크게 관심을 받지는 못함
- 국내에서 커미셔닝이 조명을 받기 시작한 것은 2000년대 중반 이후 LEED(Leadership in Energy and Environmental Design) 인증에 대한 수요가 발생하면서 부터임.
- USGBC(U.S. Green Building Council) 에서는 LEED 인증 획득에 있어 해당 건물 시스템에 대한 커미셔닝 수행을 의무화하고 있기 때문에 LEED 인증을 획득하고자 하는 건축주는 커미셔닝 절차를 적용할 수 밖에 없고, 이에 따라 커미셔닝에 대한 수요가 증가함
- 그러나 커미셔닝 효과에 대한 기대와 그에 따른 수요의 발생이 아니었기 때문에, 대부분의 현장에서 커미셔닝이 형식적인 수준에 그침. 이러한 현상은 커미셔닝 시장이 올바르게 정착하고, 커미셔닝이 실제 신축 프로젝트에서 활성화되는데 대한 장애로 작용함
- 건축주 및 건설 관계자들이 커미셔닝의 효과를 인지하고, 그들의 요구에 기반하여 시장이 형성되고 정착되는 것이 바람직하나, 간접적인 교육과 홍보만으로는 이러한 요구를 발생시키는데 한계가 있음

② 표준 시방서, 커미셔닝 Guideline 개발・보완

- 현재, 기계설비 커미셔닝에 대한 Guideline이 국내에도 개발되어있으며, 한국건축기계설비 표준시방서 상에도 해당 내용이 수록되어있음
- 그러나 선진국 기준을 참고하여 개발된 것이기 때문에 현재 국내 건설 환경과 맞지 않는 부분이 다소 있어, 커미셔닝 수행 경험이 부족한 커미셔닝 팀의 경우 적용에 어려움을 느낄 수 있음
- 또한, Guideline의 이해를 돕거나 커미셔닝 수행 시 참고 및 활용 가능한 각종 문서 및 양식 샘플이 부족한 상황임
- 기계설비 이외의 대상에 대한 Guideline은 아직까지 개발되어있지 않기 때문에, 국내에서 해당 시스템에 대한 커미셔닝을 수행하고자 하는 경우에는 선진국의 것을 이용해야 하는 상황임

③ 예비성능시험 및 성능확인시험 관련 시험기준 개발・보완

- 시스템 품질에 대한 기대가 증가함에 따라 시공 및 준공 단계에서 시공자의 능력을 벗어나는 전문적인 시험에 대한 수요가 증가하고 있음. 그러나 아직까지 해당 시험 및 시험에 필요한 장비에 대한 관련 기준이 부족하여 국내에서 해당 시험을 수행하고자 하는 경우에는 선진국의 것을 이용해야 하는 상황임. 그러나 해당 시험 관계자들이 업무 범위 및 내용을 이해하는데 어려움이 있으며, 기준의 해석 과정에서 마찰이 자주 발생한다. 따라서 주요 시험에 대한 기준을 국상화하여 보급하는 것이 필요함

④ 장비 및 시스템 성능 관련 인증의 보완 및 신뢰성 재고

- 공인기관으로부터의 장비 및 시스템의 성능 관련 인증은 장비 및 시스템 선정에 있어 가장 핵심이 되는 근거자료임
- 그러나 대부분의 인증이 각 장비의 정격 운전 상태에서의 성능만을 대상으로 하고 있어 최적의 장비 및 시스템 선정 근거로는 한계가 있음
- 최근, 주요 열원설비와 관련한 KS인증에서 부분부하 상태에서의 효율이 반영된 통합성능계수(IPLV: Integrated Part Load Value)를 측정하도록 한 것도 이러한 한계에 대한 보완이라 할 수 있음
- 그러나 아직까지 그 대상 및 내용이 한정적이기 때문에 지속적인 보완이 필요함
- 또한, 실제 현장에서 장비 및 시스템의 성능을 측정해보면, 해당 인증 상에서의 성능과 실제 성능 사이에 차이를 어렵지 않게 찾아볼 수 있음
- 물론 측정 오차, 설치 및 운전 환경에 따라서도 차이가 발생할 수 있으나, 해당 인증의 신뢰성에 대한 재고가 필요할 것으로 판단됨

○ 건설환경적 측면

① 커미셔닝관리자 계약관계의 모호성 해소

- 커미셔닝관리자는 건축주를 대신하여 신축 프로젝트 전과정에 걸쳐 커미셔닝 프로세스를 주도하고, 주요 커미셔닝 업무 및 문서를 검토하여 문제점 발견 시, 이를 건축주 및 해당 관계자에게 객관적으로 통보하여야 함. 따라서 커미셔닝관리자는 가능한 프로젝트 초반에 선정되어야 하며, 설계자·시공자와 독립된 주체로서 건축주와 직접 계약을 체결하는 것이 바람직함.
- 최근 Contractor Commissioning이라는 이름으로 시공자와 계약하는 용역이 있는데, 이는 전체 커미셔닝 업무 중 시공자의 커미셔닝 업무를 보조하거나 대신하는 용역으로서, 커미셔닝관리자의 업무와는 명확하게 구분되어야 함.

② 업무의 문서화 및 문서 기반의 의사소통 환경 조성

- 계약에서부터 결과 기록, 그리고 관계자 간 의사소통에 있어 관련 문서 작성 및 보관의 중요성에 대해서는 모든 건설 관계자들이 인지하고 있음. 그러나 아직까지도 국내 건설 현장에서는 관계자 간 구두 협의 및 업무 지시, 그리고 관행에 따른 업무 수행이 주로 이루어지고 있으며, 문서는 형식적인 자료로서 취급되는 경우가 많음. 이는 대상의 품질 저하는 물론, 추후 관련 내용 파악의 장애요인으로 작용하게 됨. 따라서 건축주 및 커미셔닝 관리자는 모든 커미셔닝 업무가 정확하게 문서화되고, 관계자 간의 의사소통이 문서에 기반하여 이루어질 수 있도록 지속적으로 독려하여야 함.

③ 준공 후 업무의 현실화

- 국내 건설 시장의 경우, 대부분의 건설 관계자들이 준공과 프로젝트 종료를 동일시하고, 준공 이후의 업무를 소홀히 하는 경향이 있음. 그러나 커미셔닝을 통한 건물의 품질 확보에 있어 준공 후 업무의 중요성을 고려할 때, 준공 이후 건설 관계자들이 커미셔닝 팀을

이탈하는 것을 방지하고 각자의 업무를 수행할 수 있도록 하는 장치가 필요함.

○ 추가적으로 녹색건축 인증에서의 커미셔닝 평가기준에 대해 비교 검토함.

○ 녹색건축인증(G-SEED, LEED, BREEAM) 내 커미셔닝 인증 기준

- 각 인증별 커미셔닝이 필수인지, 커미셔닝 업무 범위, 수행 단계 및 제출 서류 등 상이한 점이 존재함
- 특히 G-SEED는 설비, 시스템에 대한 커미셔닝으로 정의되어 있어 건물외피 성능에 대한 커미셔닝은 언급되지 않고 있음
- 반면, LEED에서는 2009에서 V4로 개정되면서 기존에 'Enhanced Commissioning'의 선택 평가항목에서 집중되어 있던 외피부분 커미셔닝을 'Fundamental Commissioning of Building Energy Systems'의 필수 평가항목에 외피커미셔닝에 대한 요소들이 OPR(Owner's Project Requirement)와 BOD(Basis of Design)에 포함되도록 변경함
- 또한, 'Enhanced Commissioning'에서 외피커미셔닝 부분만 2점의 평가점수를 부여하는 것으로 미루어, LEED에서는 다른 인증제도에 비해 외피 커미셔닝의 중요도를 높게 평가하는 것으로 보인다. BREEAM에서는 LEED와 유사하게 평가하고 있으며, Aftercare부분에서 좀 더 상세한 평가 기준을 제시하고 있음
- 'Sustainable Procurement'의 평가 기준에서 Aftercare에 1점을 별도 제시하고 있으며, 'Commissioning and handover'의 평가항목에서도 준공 후 건물사용가이드 및 거주 후 평가를 시행하도록 하고 있고, 거주자 인터뷰기록까지 제출서류에 포함시킬 정도로 준공 후 유지관리의 중요성에 무게를 싣고 있음
- 준공 후 12개월 간 계절검사 및 건물 운영관리를 하도록 제시하고 있으며, 이는 LEED에서도 유사하게 준공 후 10개월 간 유지 관리하도록 제시하고 있음
- 아래는 인증 별 커미셔닝에 대한 평가 기준에 대해 간략히 비교한 표임

표 2-35 G-SEED, LEED 및 BREEAM의 커미셔닝 평가 기준 비교

	G-SEED	LEED	BREEAM
분류	유지관리 - TAB와 커미셔닝	Energy - Fundermental Commissioning of Building Energy system, Measurement and Verification	Management - Sustainable Procurement, Commissioning and handover
필수 여부 (Minimum standard)	-	O	O
수행 범위	설비	설비 & 외피	설비 & 외피
준공 이후 평가 기간	-	be completed over a minimum 10 month period	be completed over a minimum 12 month period
평가 방법 (제출 서류)	커미셔닝 & TAB계획 또는 계약서, 커미셔닝 & TAB 결과보고서	건축주 요구사항 및 설계도서, 시공 문서, 커미셔닝 계획, 커미셔닝 보고서 및 시스템 매뉴얼	LEED와 유사 (조금 더 상세함)

- 표에 정리된 내용과 같이 LEED, BREEAM은 계획 초기부터 시운전 및 입주 후 확인까지 건물 생애주기 전반에 걸쳐 커미셔닝이 필수적으로 적용되고 각 단계에서 행해져야 하는 항목들이 명확하게 제시되어 있으며 실제 운영 데이터의 측정 및 확인을 수행하도록 명시되어 있음
- 반면 G-SEED에서는 표면적으로 커미셔닝을 시행하는 것으로 보이나 선택 평가사항에 불과하며 정확한 방법 및 조치사항, 시기 등이 구체적으로 명시되어 있지 않음
- 따라서 실절적인 건물의 에너지 성능확인 및 유지관리에 한계를 가지는 것으로 보임
- 국내 인증기준인 G-SEED에서는 주거용 건물을 제외한 학교, 판매, 숙박시설 등에 대해 커미셔닝을 평가항목으로 제시하고 있음. 이 인증항목은 필수가 아니며, 총 획득가능 점수 100점 중 커미셔닝에 점수 2점을 부여하고 있다. 반면 LEED에서는 커미셔닝을 2개 항목으로 구분하고 있으며, 필수항목으로 기본적인 설비, 외피 커미셔닝을 수행하도록 지정하였고, 가점획득 위한 항목으로 'Enhanced commissioning'에서 최대 6점 (획득가능 기본점수 100점)까지 획득할 수 있도록 지정함. BREEAM 역시 마찬가지로, 커미셔닝 항목이 2개로 분류되어 있고, Seasonal commissioning 및 사용자 가이드, 거주 후 평가를 상위등급 획득 시에 필수로 지정하였으며, 최대 7점(획득가능 점수 150점)까지 획득 가능함.
- '해외 기준과 국내기준을 비교하여 보았을 때, 국내 인증기준에서의 커미셔닝에 대한 배점

기준 상향 및 평가범위 확대가 필요하다는 점은 명백함. 이에, 본 연구과제에서 제안하는 G-SEED 내에서의 커미셔닝 평가기준(범위, 배점)은 표2-19와 같음.

표 2-36 G-SEED에서의 커미셔닝 평가기준 제안

평가 기준	기존	개선안	비고
일반 커미셔닝 수행	2 Points	2 Points	필수
외피 커미셔닝 수행	-	2 Point	선택
사용자 가이드 제공 및 교육 수행	-	1 Point	선택
배점	2 Points	5 Points	-

- G-SEED에서 기존 설비에 대한 일반 커미셔닝을 가점항목에서 필수항목으로 변경 할 필요가 있음. 또한, 외피 커미셔닝에 대하여 가점 2점 그리고 사용자 가이드 및 교육에 대해 가점 1점을 부여할 것을 제안함. 외피 커미셔닝나 사용자가이드에 대한 배점이 필수가 아니고 선택으로 각각 2점과 1점인 것은, 중요도에 대한 차이가 있는 것이 아니라. 국내 Guideline이 미비하여 필수로 수행하기에 어려움이 있을 것으로 판단되기 때문임. 이에, 가점항목으로 설정하고 Guideline의 보완과 함께 단계적으로 배점기준을 확대할 필요가 있다고 생각함.

녹색운영	녹색건축물의 효율적 운영 및 관리 기술 개발

연구 책임자 : 이승복 교수 (연세대 건축공학과)

제 2 절 연구개발 수행 내용

가. 연구목표

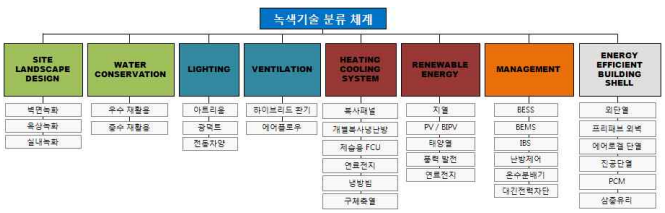
최종목표	녹색건축물의 효율적 운영 및 관리 기술 개발
세부연구목표	녹색건축물에 적용되는 녹색 기술 분류 체계도 구축
	모니터링/BEMS(Building Energy Management System) 프로세스 모델 개발
	건물 성능 분석 Tool 개발 (BEAT: Building Energy Analysis Tool)

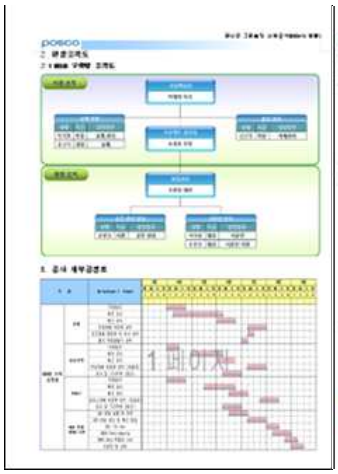
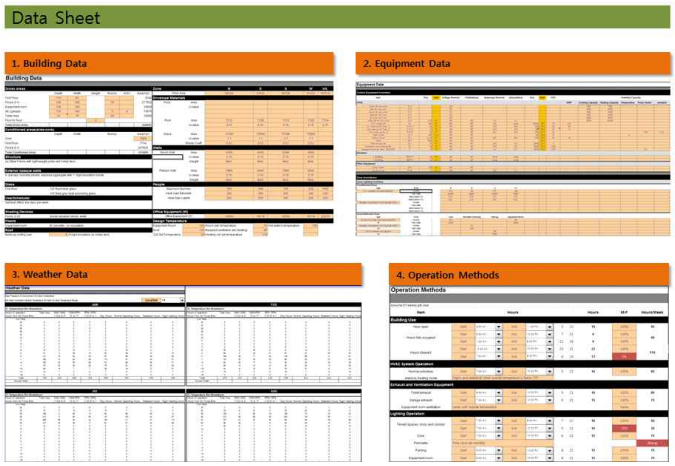
나. 주요 연구내용 및 성과물

1. 녹색 기술 분류 체계 개발

○ 녹색 기술 분류 체계도 구축

○ 성능 평가 지표 및 평가 방법 가이드 라인 구축



2. 모니터링/BEMS 구축 프로세스 ○ 모니터링 구축 프로세스 모델 개발 ○ BEMS 구축 프로세스 모델 개발	
3. BEAT(Building Energy Analysis Tool) Program 개발 및 Test-bed 적용 ○ Building Energy Analysis Tool ○ BEAT를 이용한 Test-bed 평가	

1. 녹색 기술 분류 체계 개발

가. 녹색 기술 분류 체계도 구축

(1) 연구목표

○ 녹색건축물에 적용되는 녹색 기술 분류체계 구축을 통하여 녹색 기술을 검증, 평가 할 수 있는 가이드라인을 제시하고 시장 활성화에 기여

○ 녹색건축물 성능평가 지표 수립 및 녹색건축물 성능지표 별 평가 기법 개발

(2) 연구내용

① 녹색건축물에 적용되는 녹색기술 목록 수집 및 분류 단계 수립

○ 본 연구의 Test Bed인 포스코 그린빌딩에 적용된 111가지 요소 기술의 DB화

- 개발기술, 보유기술, 적용기술 등으로 분류
- Test Bed 실시설계 단계에서 최종 적용 예정인 녹색 기술 우선 선택축



그림 2-150 기술의 분류 및 요소기술의 DB

○ Test Bed 적용 녹색 기술 목록 정리

- 기술의 개요, 개발 배경, 선진기술 수준, 기대효과 등 파악
- 녹색 기술의 특성을 파악하여 분류체계도 구축에 반영 목적



그림 2-151 적용 가능한 녹색 기술 특성 정리

② 녹색 기술 분류 체계도 구축(그린빌딩 10가지 원칙에 의거)

- Site Planning & Landscape Design(생태적 외부공간의 조성)

: 건축물 외부의 녹색공간 조성은 외부 열기가 빌딩 내부로 들어가는 것을 줄이고 CO2를 흡수하는 중요한 친환경적인 역할을 하며, 더운 계절 그늘을 공급하고 미적인 면을 강화하는 역할을 함

- Water Conservation(수순환 체계 구축 및 수자원 절약)

: 건물의 유지 관리 및 사용자에 의해 발생하는 물 소비를 효율적으로 관리, 처리, 재활용 및 우수이용을 통해 불필요한 수자원의 낭비를 줄이고 투수성 도로 포장 및 생태 연못을 통해 자연 친화적인 수순환 체계를 구축함

- Lighting & Natural Ventilation (조명 및 자연환기)

: 건물내부 태양빛을 받는 면적을 최대화하고 자연채광 도입을 위해 아트리움 및 높은 반사율을 가진 마감재료를 사용하며 실내 공기의 질을 결정하는 환기에는 봄 가을 자연 환기 가능성을 최대한 고려함

- Energy Efficient Building Shell(에너지 절약형 외피시스템)
  : 에너지 절약형 외피 시스템 공장제작 기반의 모듈화된 스틸유닛 외장재를 적용함으로써 우수한 시공성 및 단열성능 확보가 가능하고, 다양한 환경조절 기능을 수행할 뿐 아니라 하이테크한 입면 구성을 통해 건물의 가치를 증대시킴
- Sustainable Building Products(친환경 건축자재)
  : 친환경 건축자재 및 부품 사용으로 건축자재 및 내재에너지를 최소화한 건축부품으로 적용함. 건축물의 장 수명화, 건축부재의 재사용 가능성을 극대화함으로써 생애주기 전반에 걸쳐 환경 부하 줄임

- Heating, Cooling & Ventilation System(냉난방 시스템)
  : 에너지 효율적인 공조시스템 저에너지 고효율 설비시스템의 적용을 통하여 탄소배출량 저감 및 외부환경 조건에 유연하게 대응함으로써 에너지 절약 및 재실자의 쾌적성 확보가 가능함
- Lighting & Electrical Systems(고효율 조명 및 전력 시스템)
  : 고효율 조명 및 전력 시스템 적용으로 조명부하를 최소화하고, 합리적인 조닝 및 제어를 통해 보다 효과적으로 전력 소비를 절감함
- Renewable energy sources (신재생에너지)
  : 신재생 에너지의 통합적 적용, 태양, 바람, 지열 등의 자연에너지를 최대한 활용함으로써 화석에너지의 사용을 최소화하고 탄소배출을 획기적으로 저감함
- Building Energy Management (건축물 에너지 유지관리)
  : 에너지 절약형 외피시스템 공장제작 기반의 모듈화된 스틸유닛 외장재를 적용함으로써 우수한 시공성 및 단열성능 확보가 가능하고, 다양한 환경조절 기능을 수행할 뿐 아니라 하이테크한 입면 구성을 통해 건물의 가치를 증대시킴
- Eco Education (친환경 교육)
  : 친환경 건축물 체험 및 교육의 장. 지속가능한 미래사회의 구현과 녹색기술의 핵심 연구시설로서 역할을 수행함은 물론 건물 자체가 녹색교육 및 체험의 장으로 활용될 것임

③ 녹색건축물의 에너지 성능에 영향을 끼치며 성능 지표와 평가 방법 수립이 가능한 녹색기술을 선별하여 8가지 분류 체계 구축(재료 및 소재 기술- Environmental Sensitive Building Products, 기타 기술-ETC 카테고리는 제외)

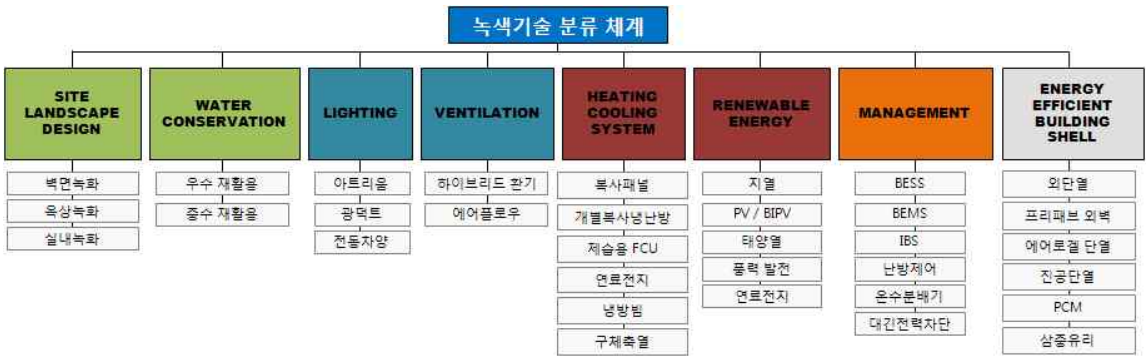


그림 2-152 녹색기술의 8가지 분류 체계

나. 성능 평가 지표 및 평가 방법 가이드라인 구축

(1) 연구목표

○ 기존에 녹색 기술을 검증하고 평가 할 수 있는 가이드라인이 부재하고 효율적이고 체계적인 지침서 필요

○ 국내외 현존하는 친환경 건축물 인증제도의 경우 건축물을 기준으로 녹색 기술의 적용 여부 및 수준만을 고려하며 녹색 기술 자체의 성능을 검증하지는 않음

○ 최근 녹색 기술이 발전하고 녹색건축물 시장이 활성화됨에 따라서 건축물에 적용 한 후의 녹색 기술을 평가하는 경우가 많아짐

○ 모니터링 시스템과도 연계성을 고려하여 녹색 기술의 성능 지표 및 평가 방법에 따라 최적화된 모니터링 시스템 구축 가능

(2) 연구내용

① 성능 지표 카드

- 해당 녹색 기술의 기술명과 간략한 개요를 통해 소개
- 기존에 10가지 원칙에 의거하여 녹색 기술을 분류하였으므로 기술범주 명시
- 적용 위치, 평가 방법을 구분하여 녹색 기술의 특성 분류
- 성능 측정 목표 및 성능 지표를 통해 모니터링 및 평가 방향을 제시하며 객관적이고 신뢰성 있는 근거를 제시하기 위하여 관련 KS기준 및 인증제도 참조
- 관련 요소 기술을 명기하여 녹색 기술의 패키지화 및 모니터링 계획 시나리오 작성과의

연계성 고려

<table>
<tr><td>● 기술 명</td><td colspan="6">포스코 그린빌딩 적용 기술</td></tr>
<tr><td>● 개요</td><td rowspan="4">기술에 대한 개략적인 설명</td><td>기술 범주</td><td colspan="4">10가지 원칙에 의거</td></tr>
<tr><td rowspan="3">이미지</td><td>적용 위치</td><td colspan="2">공동주택</td><td colspan="2">오피스</td></tr>
<tr><td rowspan="2">평가 방법</td><td>현장</td><td>실험</td><td>인증</td><td>시뮬레이션</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">● 측정 목표</td><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">● 성능 지표</td><td colspan="6">성능 측정 시에 기준 제시</td></tr>
<tr><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td>● 관련요소기술</td><td colspan="6">기술의 그룹화와 연계</td></tr>
</table>

그림 2-153 녹색 기술 성능 지표 카드

○ 성능 지표 카드

- 그린빌딩 10가지 원칙에서 대표 할 수 있는 각 1가지 성능 지표 카드

② 녹색 기술의 각 성능 지표에 따른 객관적이고 합리적인 평가 방법 정리

○ 성능 평가 방법 카드

- 각 성능 지표에 따른 평가 방법을 제시하고 성능 지표가 다수인 경우 각각의 지표에 따라 그에 맞는 평가 방법을 열거
- 평가 방법의 경우 평가에 필요한 장비 및 도구, 측정 위치 등을 포함
- 추후 성능 결과 분석을 위해 현재의 해당 기술에 대한 연구 현황과 사례를 조사하여 명시하고 참조 자료로 이용
- 비고란에 Definition 명기하여 기술 용어의 해설을 통해 녹색 기술의 전문가가 아니더라도 이해할 수 있게 함

● 기술 명	
● 평가 방법	각 성능 지표에 따른 평가 방법을 제시하며 평가에 필요한 측정 장비 및 도구 등 포함
● 기술 현황 및 성능 수준	추후 성능 결과 분석을 위한 기준점 제시
● Definition	측정 결과 분석을 위한 부가적인 설명

그림 2-154 성능 평가 방법 카드

○ 성능 평가 카드

- 그린빌딩 10가지 원칙에서 대표되는 각 1가지 성능 평가 카드

③ 모니터링 방향 수립을 위한 녹색 기술의 패키지화

○ 각 기준 및 근거에 따르는 패키지화 구축(성능 지표 및 평가 방법, 기술들의 영향도, 용도별 특성)

○ 모니터링 및 성능 검증에 다양한 접근 방법을 통하여 새로운 연구 주제 발굴 및 신기술 연계 가능

○ 패키지화에 따라 필수적이고 현실적인 대안을 선정하여 모니터링 계획 시나리오에 반영



그림 2-155 평가방법 패키지화

④ 성능 지표에 따른 패키지화

○ 앞서 정리한 각 녹색 기술의 성능 지표를 분석하고 동일한 지표를 가진 녹색 기술의 패키지화

○ 동일한 지표를 가진 녹색 기술들의 조합을 통해 새로운 기술 융복합 시스템 발굴 및 연구 테마 기획

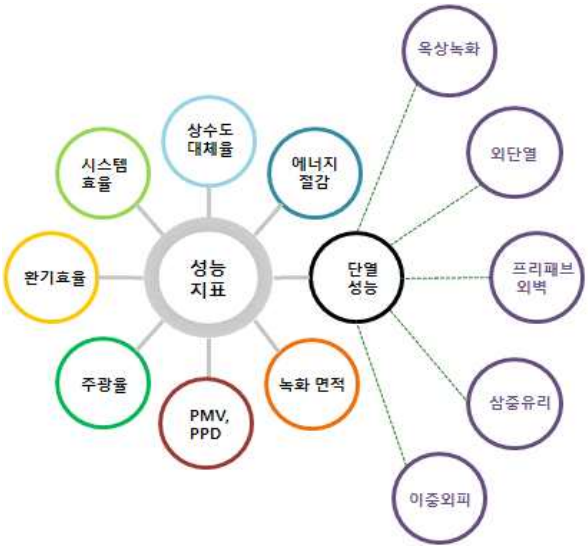


그림 2-156 성능지표 패키지화

(3) 연구 결과 및 결론

○ 녹색건축물에 적용되는 녹색 기술 목록 수집 및 분류 단계 수립

○ 녹색 기술의 성능 지표 매뉴얼

○ 녹색건축물의 성능 지표에 따른 평가 방법을 구축함으로써 패키지화를 가능하게 하였고 다양한 친환경 건축 요소 기술들의 조합이 가능토록 함

2. 모니터링/BEMS (Building Energy Management System) 구축 프로세스

가. 모니터링 구축 프로세스 모델 개발

(1) 연구개요

① 연구목표

○ 모니터링 시스템의 최적화된 구축을 통해서 능동적인 기능을 수행하고 녹색건축물의 에너지 관리 및 효율화가 가능한 프로세스 모델 개발

○ 녹색건축물의 BAS와 연계하여 데이터의 연동, 분석평가 방법 설계 등을 포함한 통합 계

획 수립

○ 건축물의 계획, 설계, 시공 단계까지를 고려한 BEMS구축 참여 실무자의 명확한 운용 정의서 개발

② 모니터링 시스템 구축 목적

○ 건물의 운영 관리에 관한 전문지식에 정보통신 기술을 접목시킨 건물통합관리시스템 적용

○ 건물에너지 현상파악 및 평가 분석, 개선 가능 시스템 구축

• 건물에너지 소비정보 제공

• 에너지 사용설비의 능동적 제어

• 건물에너지 통계 정보 제공

○ 방범 및 안전 등의 삶의 질 개선을 위한 모니터링 시스템 구축

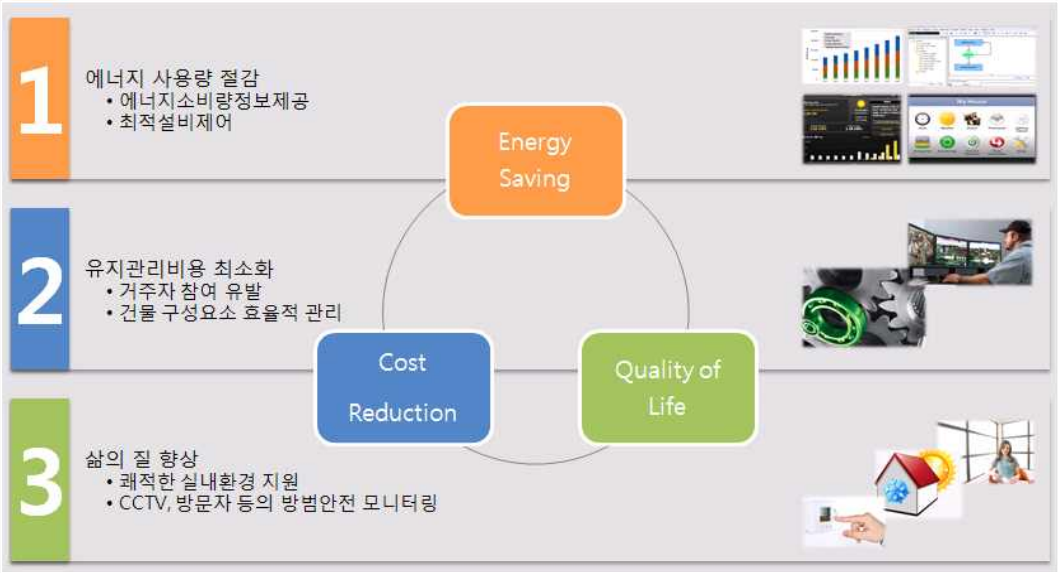


그림 2-157 통합 모니터링 시스템 구축

(2) 연구내용

① 녹색건축물 모니터링 프로세스 모델

1) 특징

○ 모니터링 시스템 최적 센서 구축을 통한 비용 절감

○ 추가센서 설치를 통한 공기지연 방지

○ 건축주의 요구 사항, 건물의 에너지 소비량, 신재생에너지, 친환경기술, 규모, 용도 등의 건축적 요소 들을 고려한 단계별 모니터링 구축 기법 가이드라인 제시

○ 설계자, 건축주, 시공자 등 건축 활동에 참여하는 전문가들에게 단계 별 모니터링 구축에 의한 기본 성능 및 개념을 전달하여 특정 상황에 맞는 신축 건물 모니터링시스템 구축 정보 제공

2) 프로세스 모델

○ 목표 설정

• 모니터링 Matrix를 이용한 최적 모니터링 등급 설정

- 건축주/운영자의 요구수준, 투입비용, 건축물 규모를 고려하여 합리적인 수준의 모니터링 등급 설정
- 가로축: 건축물 규모 및 투입비용 수준
- 세로축: 건축주/운영자 요구성능 수준

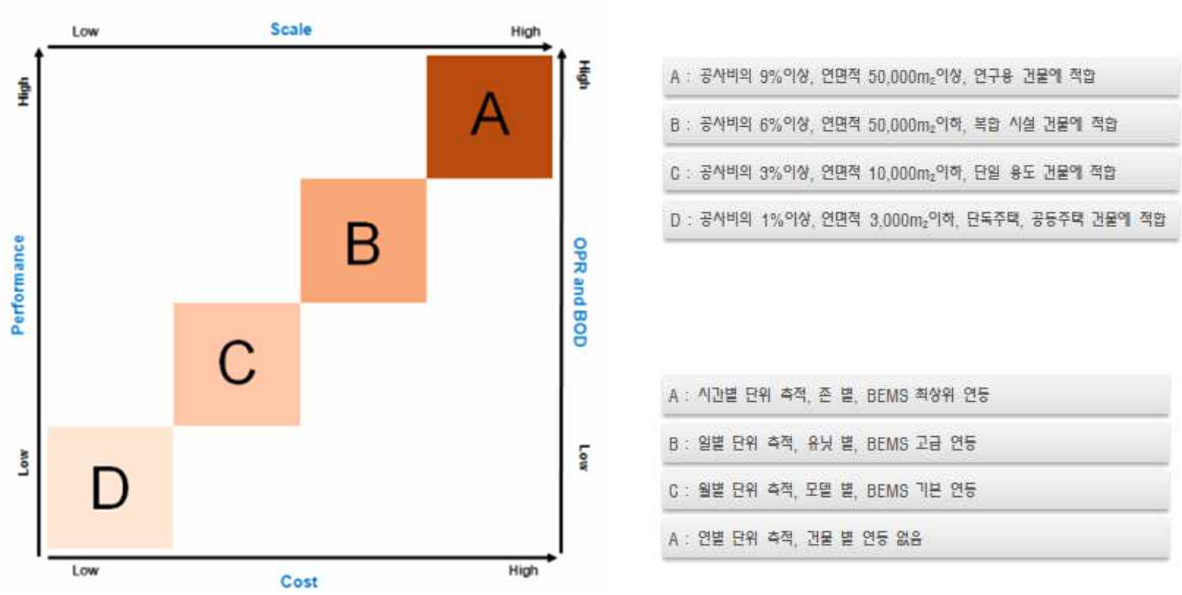


그림 2-158 모니터링 목표 설정

○ 기본계획 수립

- 모니터링 Matrix를 이용한 통합성능 검증계획 수립
- Step 1: 녹색건축물의 통합 성능지표들(Energy, Comfort 등)은 매트릭스의 각 사분면에 위치
- Step 2: 각 성능지표에 속하는 계측 지점(전기, 가스, 습도등)설정
- Step 3: 상부 세로축은 4단계 등급에 따른 데이터 수집 주기(시간~년 단위)를 설정하며 하부 세로축은 공간 범위(Zone~건축물 단위) 설정

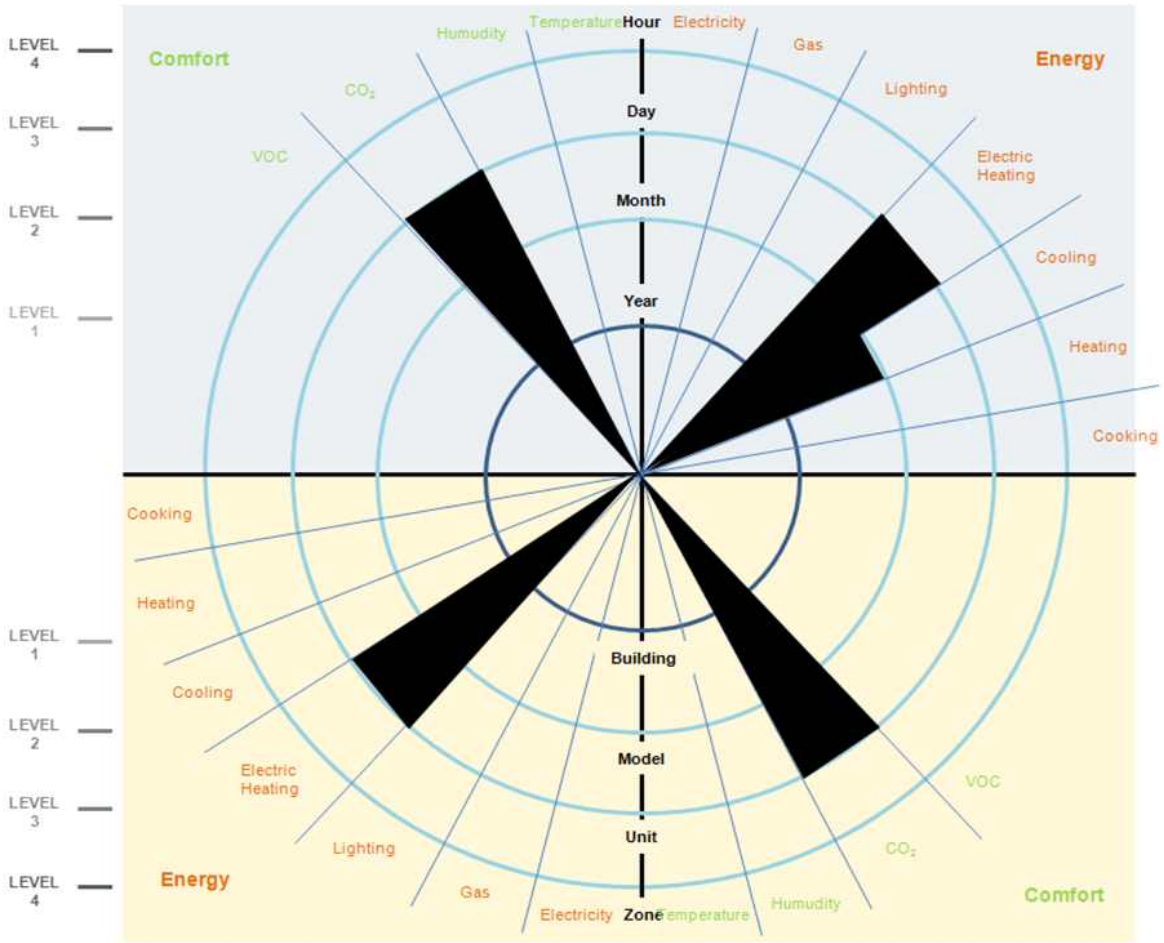


그림 2-159 통합 성능 Matrix

○ 상세계획 수립

- 모니터링 Matrix를 이용한 핵심기술 검증계획 수립
- Step 1: 핵심 기술의 성능 지표들(Site, Water Conservation등)은 매트릭스의 각 사분면에 위치
- Step 2: 각 성능지표에 해당되는 핵심 기술(옥상녹화, 우수활용시스템, PCM, 광덕트등) 설정
- Step 3: 세로축은 3단계 등급에 따른 핵심 기술의 모니터링 범위 (자재, 단일기술, 복합기술 단위) 설정

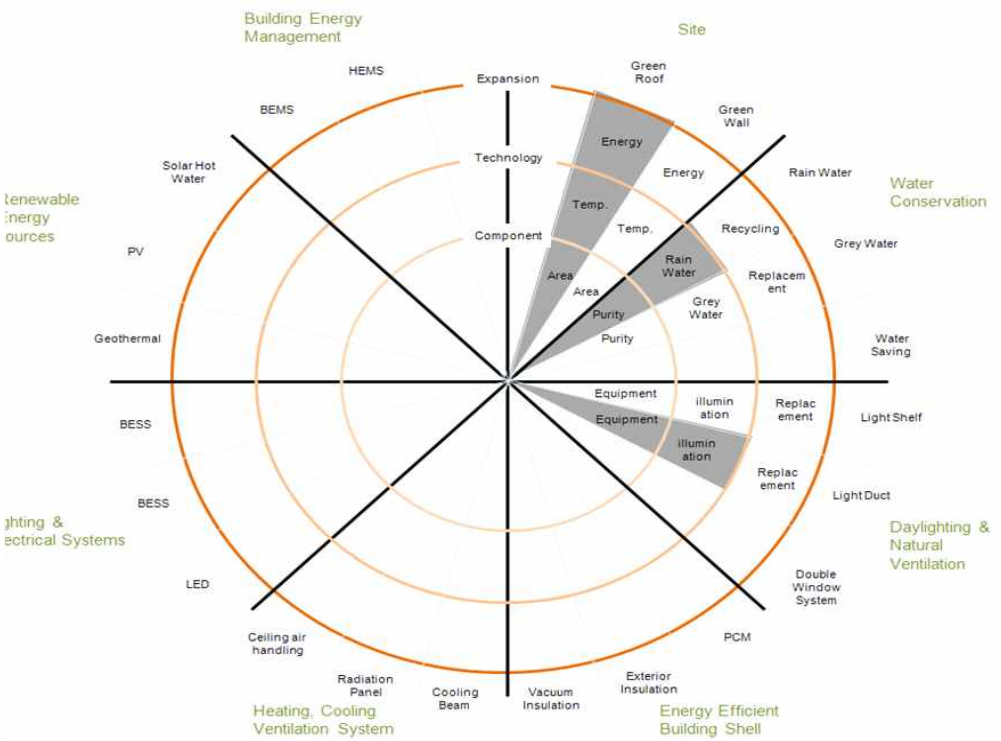


그림 2-160 핵심기술 Matrix

○ 운영계획 수립

- 모니터링 시스템 구축 이후 운영을 위한 시나리오 작성
- 모니터링 시스템 구축계획서를 바탕으로 성능검증/평가 계획 수립
- 운영계획 수립 절차

- Step 1: 건축물의 통합성능(Sheet2, 3, 5) 분석기간 및 횟수 결정
- Step 2: 핵심기술에 따른 분석시기 및 분석기간 결정
- Step 3: 통합성능과 핵심기술 간의 영향을 고려한 분석 시기 재조정



그림 2-161 모니터링 수행 시나리오

② 녹색건축물 적용 BEMS 프로세스 모델 개발

표 2-37 BEMS 프로세스 모델 개요

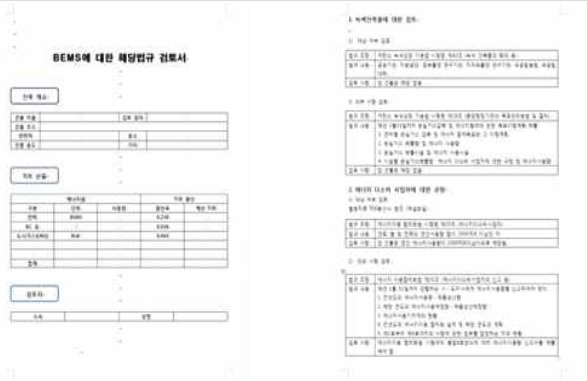
Process Level			INPUT	OUTPUT
1. 계획 단계	1-1. 에너지 설계 기준 검토 (법규정)	1-1-1.법규 검토	녹색건축물조성지원법	법규검토내역서
			에너지이용합리화법	
			저탄소 녹색성장기본법	
		1-1-2.기술기준 검토	건축물에너지절약설계 기준	에너지관리공단 성능평가 지표
			서울시 에너지효율화사업	
		1-1-3.인증제도 검토	친환경건축물 인증기준	LEED 기준 검토서
			LEED 인증 기준	
			에너지 소비효율등급	
	1-2. 설계도서 검토	1-2-1. 열원 사용 계획 검토	기계설비 설계도면	열원 사용계획 검토내역서
			기계설비 설계부하계산서	
			기계설비 시방서	
		1-2-2. 열원 반송 계획 검토	기계설비 설계도면	열원 반송계획 검토내역서
			기계설비 설계부하계산서	
			기계설비 시방서	
		1-2-3. 열원 생산 계획 검토	기계설비 설계도면	열원 생산계획 검토내역서
			기계설비 설계부하계산서	
			기계설비 시방서	
	1-3. 에너지	1-3-1.에너지 사용량 예측	기계설비 설계부하계산서	월별 부하계산서

	관점의 최적화 계획 수립			월별 에너지사용량 계산서
				월별 요금예측 계산서
				CO2 배출량 환산계산서
		1-3-2. 에너지사용량 목표치 수립	월별 에너지사용량 계산서	에너지 사용량 목표
			월별 요금예측 계산서	에너지 사용요금 목표
			CO2 배출량 환산계산서	CO2 배출량 목표
				에너지 사용계획서
		1-3-3. 목표치 달성 방안 수립	낭비요소 도출	설비설계 변경요청서
				열원설비 분할 요청서
				계통분배 조정 요청서
			자동제어 계측점 리스트	BEMS용 계측점 리스트
			원격검침 계측점 리스트	BEMS LEVEL 선정
				EPI(에너지성능지수) 선정 내역서
				성능평가 연산식 내역서
2. 설계 단계	2-1. BEMS도면 작업	2-1-1.Interface 방안 수립(Data 수집)	통신으로 접속되는 시스템 리스트	시스템별 인터페이스 계획서
		2-1-2. BEMS 도면 설계	BEMS용 계측점 리스트	BEMS 실시간 감시점 도면
			성능평가 연산식 내역서	BEMS 성능분석내역 도면
			BAS도면	BAS 및 BEMS 계통도
				BEMS 설계도서(도면,시방서,내역서)
	2-2. BEMS 통합 계획 수립	2-2-1.자료 수집 기능 설계	시스템 인터페이스 계획서	데이터 연동 계획서
				Backup Storage 용량계산서
		2-2-2.분석 평가 방법 설계		EPI 분석 평가 계획서
		2-2-3.제어운전 방법 설계(EMS 기능 구현)	적용 가능한 EMS기능 정의	3rd Party 연동계획서
				DDC 연동계획서
				기기별 EMS적용 검토서
	2-3. 친환경성 분석	2-3-1.LCC 평가(에너지 분야)	월별 에너지사용량 계산서	구축비용 내역서
				운영비용 비교내역서
				BEMS적용시 절감기준 계산서
		2-3-2.ROI 계산	구축비용 내역서	ROI 계산서
			에너지사용 계획서	
			BEMS적용시 절감기준	

			계산서	
		2-3-3.LCCO2 평가 (총 에너지 사용량 계산)	CO2 배출량 목표	CO2배출량 환산계산서
			에너지사용 계획서	
3. 시공 단계	3-1. 착공준비	3-1-1. 시공 필요 자료 획득	계약서	BEMS 설계도서 검토서
			BEMS 설계도서	현장점검 Check List
		3-1-2.현장실사	현장 Survey	현장검토 결과서
			현장점검 Check List	
		3-1-3. Kickoff 미팅		회의록
	3-2. 시공단계	3-2-1. 착공계 제출	PM 선정	자재승인서
			현장대리인 선정	현장조직도
			관련서류 입수	공정표
				착공계
				안전관리 계획서
		3-2-2. 현장시공		승인내역서 (회의록,작업지시서)
				시 공 사 진
				작업일보
		3-2-3.Interface방법 및 기능 연동 협의	OSI 7Layer기준	Interface Test Report
			시스템 인터페이스 계획서	
			Protocol 정의서	
			Test Procedure	
	3-3. 시운전	3-3-1.단위테스트	BEMS용 계측점 리스트	계측기 Test Report
				기기 시험성적서(FAT)
				데이터보정 검토서
		3-3-2.계통 테스트		계통별 Test Report
				에너지 Flow Chart
				Data의 정합성 검토서
		3-3-3. Energy Saving 운전 계획 검토	계통별 EMS적용 검토서	EMS적용 Check List
		3-3-4.TAB 결과 반영	TAB 결과서	TAB 결과 반영내역서
	3-4. 완료단계	3-4-1.운영교육	운영 매뉴얼	교육 완료확인서
		3-4-2. 준공승인	승인내역서	준공 확인서
			시공사진	
			작업일보	
			Interface Test Report	
			계측기 Test Report	
			기기 시험성적서(FAT)	
			데이터보정 검토서	
			계통별 Test Report	
			에너지 Flow Chart	
			Data의 정합성 검토서	
			EMS적용 Test Report	
			TAB 결과 반영내역서	
			교육 완료확인서	

1-1. 에너지 설계 기준 검토

1-1-1. 법규검토

Input	Output
에너지절약계획서(있는 경우만 해당)	1. 에너지절약계획서 검토서 2. 법규 해당 사항 검토 내역서 참조
1. 녹색건축물 법규정 참조 2. 에너지 이용 합리화법 3. 저탄소 녹색성장 기본법	 그림 2-152 BEMS 해당 법규 검토서

1-1-2. 기술기준 검토

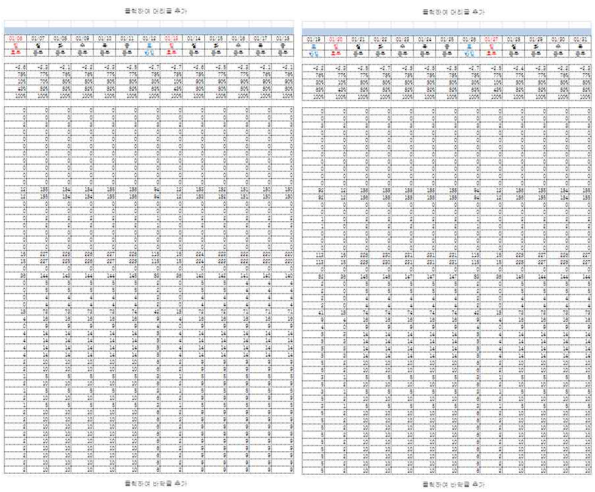
Input	Output
	1. BEMS 설계 기준 검토 결과서
1. 녹색건축물 기술 수준 - 건축물 에너지 절약 설계 기준 :에너지관리공단 - 서울특별시 에너지 조례(서울시)	

1-1-3. 인증제도 검토

Input	Output
	1. 인증기준에 필요한 BEMS의 요구조건 검토 내역서
1. LEED, CASBEE, BREEAM 인증 2. 친환경 건축물 인증기준 3. 건축물 에너지 소비효율 등급	 그림 2-153 LEED 인증 Checklist

1-2. 설계도서 검토

1-2-1. 열원 사용 계획 검토

Input	Output
1. 기계 설비 설계 도면 2. 기계 설비 설계 부하 계산서 3. 기계 설비 시방서	1. 열원 사용계획 검토 내역서
1. 용도(구역)별 공급 계획 검토 2. 시간별 공급 계획 검토 3. (소비)기기별 공급 계획 검토	 그림 2-154 부하 계산서

1-2-2. 열원 반송 계획 검토

Input	Output
1. 기계 설비 설계 도면 2. 기계 설비 설계 부하 계산서 3. 기계 설비 시방서	1. 열원 반송 계획 검토서
1. 열원 반송 기기 검토	

1-2-3. 열원 생산 계획 검토

Input	Output
1. 기계 설비 설계 도면 2. 기계 설비 설계 부하 계산서 3. 기계 설비 시방서	1. 열원 생산계획 검토 내역서 2. 구역별 부하 상관관계도 작성
1. 부하 계산서 검토 2. 신재생 에너지 설비 규정 검토 3. 열원기기 용량 분할 계획 검토	

1-3.에너지 관점의 최적화 계획 수립

1-3-1. 에너지 사용량 예측

Input	Output
1. 기계 설비 설계부하 계산서	1. 월별 부하계산서 2. 월별 에너지 사용량 계산서 3. 월별 요금예측 계산서 4. CO2 배출량 환산 계산서

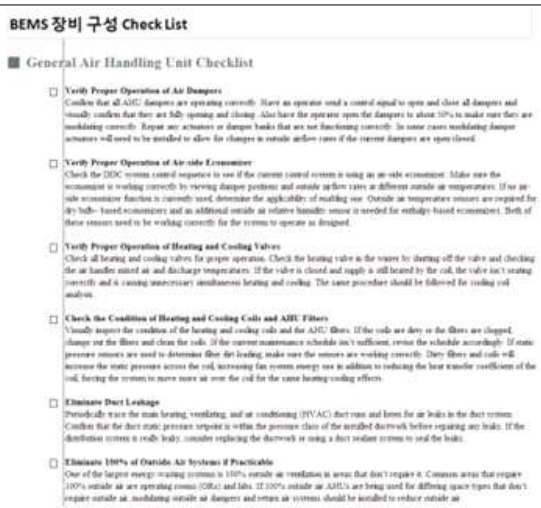
1. 월별 부하 확인
2. 월별 에너지 사용량 계산
3. 연간(월별) 에너지 요금 예측 계산
4. CO2 배출량(온실가스) 계산

1-3-2. 에너지 사용량 목표치 수립

Input	Output
1. 월별 에너지 사용량 계산서(1-3-1참조) 2. 월별 요금예측 계산서(1-3-1참조) 3. CO2 배출량 환산계산서(1-3-1참조)	1. 에너지 사용량 목표 2. 에너지 사용요금 목표 3. CO2 배출량 목표 4. 에너지 사용계획서

1. 에너지 사용량 목표
2. 에너지 사용 요금 목표
3. CO2 배출량 목표

1-3-3. 에너지 절감 목표치 달성 방안 수립

Input	Output
1. 자동제어 계측점 리스트 2. 원격검침 계측점 리스트	1. 에너지관점의 설계 변경(안) - 설비설계 변경안, 열원설비 분할안, 계통분배 조정 안 4. BEMS용 계측점 리스트(원론적인 기준 수량) 5. BEMS LEVEL 선정 6. EPI(에너지성능지수) 선정 내역서 7. 성능평가 연산식 내역서
1. 낭비요소 (개선 요소) 발굴 2. 계측 계획 (설비별, 존별)	 BEMS 장비 구성 Check List General Air Handling Unit Checklist Verify Proper Operation of Air Dampers Verify Proper Operation of Air-side Economizer Verify Proper Operation of Heating and Cooling Valves Check the Condition of Heating and Cooling Coils and AHU Filters Eliminate Duct Leakage Eliminate 100% of Outside Air Systems if Practicable 그림 2-155 BEMS Device Checklist

2) 설계단계

2-1.BEMS 도면 작업

2-1-1. Data 수집 방안 수립(Interface 포함)

Input	Output
1. 통신으로 접속되는 시스템 리스트	1. 시스템별 인터페이스 계획서 - 연동 대상정리, 대상별로 인터페이스 방법 정리

1. BAS(자동제어) 연동
2. 원격검침
3. 3'rd Party

2-1-2. BEMS 도면 설계

Input	Output
1. BEMS용 계측점 리스트(1-3-3참조) 2. 성능평가 연산식 내역서(1-3-3참조) 3. BAS도면	1. BEMS 실시간 감시점 도면(BEMS 전용, BAS 통합) 2. BEMS 성능분석 계획서 - 네이밍코드, 실시간 성능평가항목, 기간성능평가 항목, 경향분석 항목) 3. BAS 및 BEMS 계통도 (블록 다이어그램, System Configuration) 4. BEMS 설계도서(도면, 시방서, 내역서)

1. 관제 포인트 설정내역서 도면화
2. 성능 분석 계획서 작성

2-2.BEMS 통합 계획 수립

2-2-1. 자료 수집 기능 설계

Input	Output
1. 시스템 인터페이스 계획서(2-1-1참조)	1. 데이터 연동 계획서 (프로그램 설계서, 연동 기능 파트)

1. 데이터 연동 계획서 (프로그램 설계서, 연동 기능 파트)
2. DB 구조 계획서

2-2-2. 분석 평가 방법 설계

Input	Output
1. 부하계산서(설비, BEMS) 2. 장비일람표 (설비제원) 3. EPI 선정 등등	1. EPI 분석 평가 계획서

1. 조건 판단
2. 수집 데이터 활용 방안

2-2-3.제어운전 방법 설계(EMS 기능 구현)

Input	Output
1. 적용 가능한 EMS기능 정의	1. DDC 연동계획서 2. 기기별 EMS 운전 계획서 3. EMS별 운전 모드 시나리오 - Flow Chart (DDC 동작) - Function block 계획

1. 운전 파라메터 변경 방법
2. 제어 운전

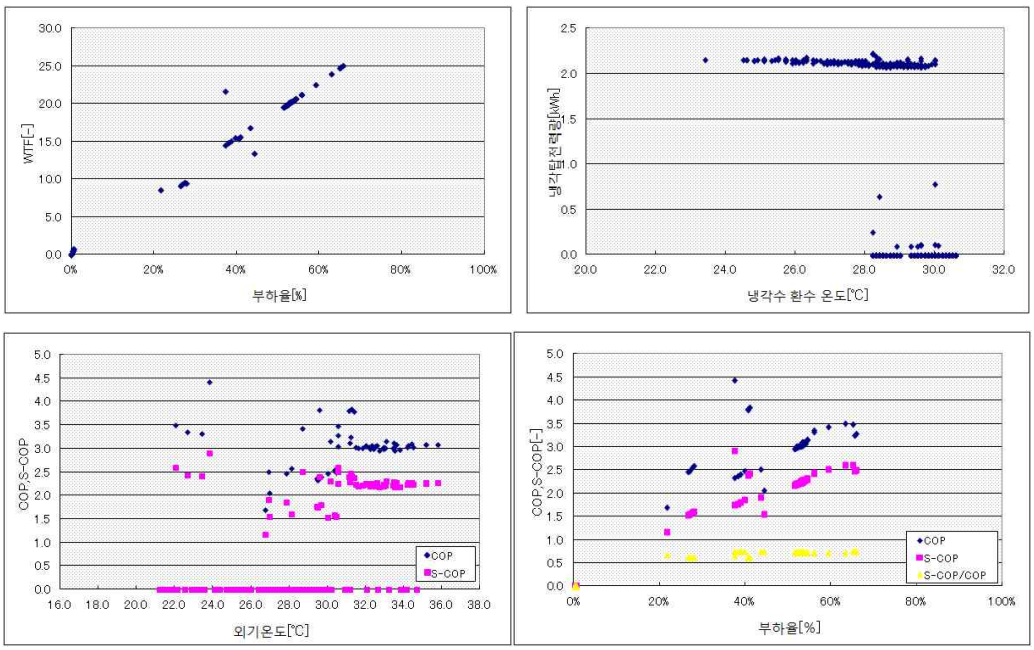


그림 2-166 BEMS 분석 Chart

2-3.사업성 분석

2-3-1. LCC 평가(에너지 분야)

Input	Output
1. 월별 에너지사용량 계산서(1-3-1참조)	1. 구축비용 내역서 2. 운영비용 비교내역서 3. BEMS적용시 절감기준 계산서

1. 구축 비용(BEMS H/W + S/W) 내역서
2. 운영 비용 비교 내역서(절감액)

2-3-2. ROI 산정

Input	Output
1. 구축비용 내역서(2-3-1참조) 2. 에너지사용 계획서(1-3-2참조) 3. BEMS적용시 절감기준 계산서(2-3-1참조)	1. ROI 계산서

1. 투자 대비 에너지 절감율 계산서
- 요구수준 분석
- 동일 BEMS 레벨에서 구축 비용 절감 기법 (가상 포인트 활용)

2-3-3. LCCO2 평가 (총 에너지 사용량 계산)

Input	Output
1. CO2 배출량 목표(1-3-2참조) 2. 에너지사용 계획서(1-3-2참조)	1. CO2배출량 환산계산서

1. 초기 설계 기준 계산서
- Base Line 설정(1-3-1참조)
- BEMS 적용시 절감량 계산서 / 1-3-2 참조

3) 시공단계

3-1.착공 준비

3-1-1. 시공 관련 자료 검토

Input	Output
1. 계약서 2. BEMS 설계도서(2-1-2참조) - 도면, 시방서, 내역서	1. BEMS 설계도서 검토서 2. 현장점검 Check List

1. 계약서
2. 설계도서

3-1-2. 현장실사

Input	Output
1. 현장점검 Check List(3-1-1참조)	1. 현장검토 결과서 * 예산 & 물량 변경 사항 검토 내역서 * 설계(물량) 변경 요청서

1. 현장검토
- 현장검토 결과서
- 예산 & 물량 변경 사항 검토

3-1-3. Kickoff 미팅

Input	Output
	1. 회의록

1. 선후행(유관)공정간 업무 협조 관계 정립
- 권한 : 업무 분장(공정간 책임)
- 시간 : 공정간 현장 투입/ 적용 시점 조정
- Manager 선정 (발주사, 시공사, CM)
2. 실사 내역 반영 검토 요청
- 3-1-2 피드백 자료 수정 & 반영 요청
- 회의록(참석자 서명)

3-2.착공 준비

3-2-1. 착공계 제출

Input	Output
1. PM 선정 2. 현장대리인 선정 3. 관련서류 입수	1. 자재승인서 2. 현장조직도 3. 공정표 4. 착공계 5. 안전관리 계획서 * 단계별 산출물 내역 추가

1. Input
- PM선정
- 현장 대리인 선정
- 관련 서류 입수

2. Action
- 하도급 업체 선정 / 관계 정립
- 안전 관리 계획 수립
- 시공 계획서
- 자재 선정

3. Output
- 자재 승인서
- 현장 조직도
- 공정표
- 착공계
- 시공 안전 관리 계획서

3-2-2. 현장시공

Input	Output
	1. 승인내역서(회의록, 작업지시서) 2. 시공사진 3. 작업일보

1. 기술적 사항
2. 승인(협조) 획득
3. 기성고 관리

3-2-3. Interface방법 및 기능 연동 협의

Input	Output
1. OSI 7Layer 기준 2. 시스템 인터페이스 계획서(2-1-1참조) 3. Protocol 정의서 4. Test Procedure	1. Interface Test Report

1. 구현방법
2. 기능적인 관점

3-3. 시운전

3-3-1. 단위 테스트

Input	Output
1. BEMS용 계측점 리스트(1-3-3참조)	1. 계측기 Test Report 2. 기기 시험성적서(FAT) 3. 데이터보정 검토서
1. Field Device, DDC, 3rd Party	 그림 2-157 계측기 Test Report

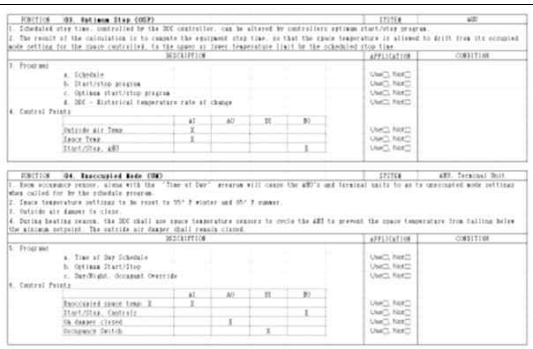
3-3-2. 계통 테스트

Input	Output
	1. 계통별 Test Report 2. 에너지 Flow Chart 3. Data의 정합성 검토서
1. 계통 테스트 데이터 정합성 (의미 관점, 분석 관점) 2. 데이터 보정 3. Output 4. 계통 전체	

3-3-3. BAS의 EMS Function 테스트

Input	Output
1. 기기별 EMS적용 검토서(2-2-3참조)	1. EMS적용 Test Report
1. 에너지 절감 운전모드 2. 에너지 절감 기법 적용 방안 검토	

3-3-4. TAB 결과 반영

Input	Output
1. TAB 결과서	1. TAB 결과 반영내역서
1. 단위 설비별 성능 기준의 운전 계획 - 설비 부하 용량 계산 기준 - TAB 결과 반영	 그림 2-168 기기별 EMS적용 검토서

3-4. 완료 단계

3-4-1. 운영교육

Input	Output
1. 운영 매뉴얼	1. 교육 완료 확인서

1. 운영 매뉴얼

2. 교육 완료 확인서

3-4-2. 준공승인

Input	Output

1. 승인내역서(3-2-2참조)
- 회의록, 작업지시서
2. 시공사진(3-2-2참조)
3. 작업일보(3-2-2참조)
4. Interface Test Report(3-2-3참조)
5. 계측기 Test Report(3-3-1참조)
6. 기기 시험성적서(FAT)(3-3-1참조)
7. 데이터보정 검토서(3-3-1참조)
8. 계통별 Test Report(3-3-2참조)
9. 에너지 Flow Chart(3-3-2참조)
10. Data의 정합성 검토서(3-3-2참조)
11. EMS적용 Test Report(3-3-3참조)
12. TAB 결과 반영내역서(3-3-4참조)
13. 교육 완료확인서(3-4-1참조)

1. 시험 성적서
- 단위 시험
- 계통 시험
- TAB 반영 내역서
2. 준공 도서
- 준공 도면
- 시공 사진
- 기술 매뉴얼 / 자재

3) 연구결과 및 결론

- 녹색건축물의 모니터링 수준 별 등급을 설정과 녹색건축물의 통합성능 및 핵심기술
- BEMS 적용 계획 단계 에너지 설계 기준 및 범위 설정에 따라 설계 단계에서 도면 작업 및 BAS와의 통합 계획 수립
- 모니터링 및 BEMS 프로세스 모델 개발에 따른 실질적 업무 개선 효과가 예상됨

3. BEAT(Building Energy Analysis Tool) Program 개발 및 Test-bed 적용

가. Building Energy Analysis Tool 개발

(1) 연구 배경

○ 신축 건축물의 완공 후 운영/관리 프로세스를 거치면서 기존 건축물 개념으로 전환

○ 국내에서는 기존 건축물의 에너지 성능을 정량적, 객관적으로 진단하고 분석하는 Tool이 미비하며, 기존 건축물의 에너지 성능 개선이 객관적으로 이루어지기 어려움

○ 건물의 운영과정에서 사용자의 건물 운영 패턴 및 스케줄에 따른 실질적인 에너지 소비량의 분석이 요구되며 이를 위한 데이터 수집이 필요함

(2) 연구 내용

○ 에너지 성능 개발 툴 BEAT(Building Energy Analysis Tool) 개발

(가) BEAT의 특징

○ 엑셀 Spread Sheet 기반의 툴로써 보급 및 확산에 용이하고 또한 건물 운영 데이터를 사용하여 상세한 에너지 분석이 가능하며 건물관련 정보, 운영정보, 기상정보, 사용된 기기정보 등이 요구됨

○ 건물의 에너지 사용량의 객관적 평가를 위해 HVAC system과 Non-HVAC system으로 나누어 건물 부하를 분석

○ 데이터 수집을 통해 건물의 에너지 평가 후, 건물 운영의 개선방안을 도출

(나) BEAT의 구성

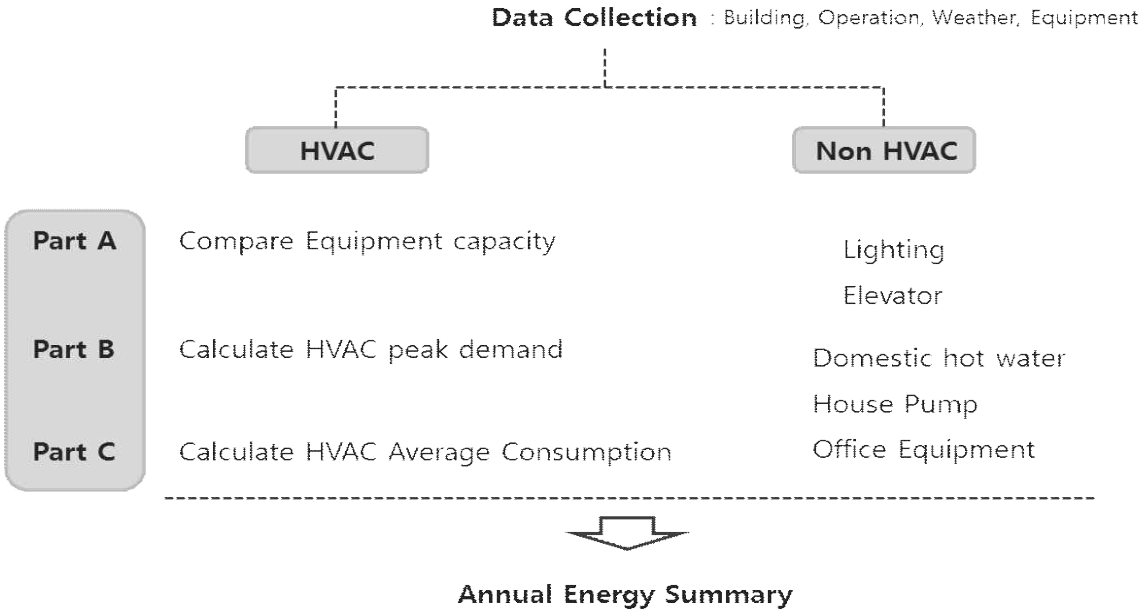


그림 2-169 BEAT Program의 구성

① 4가지 Category로 Data 수집

- Building Data : 건물의 면적, 높이, 구조, 물성치(U-value, SC, Thickness 등), 실내기기, 재실인원 등의 기본 정보 입력 및 Zone 구획
- Equipment Data : 건물의 HVAC System 관련 정보(FCU, Pump, Chiller, Cooling Tower, Supply Fan 등)와 Non-HVAC System 관련 정보(lighting, Elevator 등)수집 및 입력
- Weather Data : Bin weather data를 통해 해당 지역의 기후 패턴 분석 및 적정 기기 용량 추정이 가능하며 국내 7개 광역시(서울, 대전, 대구 등)의 30년 데이터의 평균값 정리
- Operation Methods : 건물의 사용에 있어서 재실/비재실 시간 또는 근무 시간을 설정하고 HVAC System, Non-HVAC System 소요 에너지 계산을 위한 설비 운영 시간 설정

② 건물 에너지 분석

○ Part A_Equipment Capacity

- Data 입력을 통해 얻은 데이터를 기반으로 하여 공조를 위해 건물에 설치된 기기의 용량과 건물의 부하요구량 계산을 통해 각 존에 필요한 기기의 용량을 비교하는 단계. 즉 실제 설치된 기기의 용량과 최대 부하일 경우 요구되는 기기의 용량 비교
- 요구되는 기기의 용량이 설치된 기기의 용량보다 부족하다면, 해당 존에서의 쾌적성이 떨어질 것임. 반대로 필요한 용량이 설치된 용량을 초과한다면 에너지 낭비를 야기할 것임
- 즉, 용량의 비교를 통해서 건물에 설치된 기기의 적절성을 분석하여 불필요한 에너지 낭비를 예방함과 동시에 재실자의 쾌적성을 확보할 수 있음

○ Part B_Peak Demand

- Peak Demand는 건물의 최대 에너지 소비율로써 에너지의 전체 소비량이 같더라도

Demand가 다르면 요금이 달라짐

- 건물 전체의 에너지와 외기온과의 관계를 이용하여 Peak Demand를 계산하고 건물의 냉난방 시작점 등을 Profile point로 이용하여 냉난방시의 회귀식을 도출하고 월별 Peak Demand를 구할 수 있음
- Peak Demand에 따라서 건물에너지 비용이 50%까지 차이날 수 있으며 따라서, Peak Demand 관리는 비용적인 측면에서 매우 중요한 요소로써 관리되어야 함

○ Part C_Average Consumption

- 각 월별 평균 에너지 소비량을 도출하는 단계로써 재실기간과 비재실기간의 에너지 소비량을 나누어 계산함
- 건물의 운영 스케쥴에 기초하여 소비량이 변화하게 됨

(다) BEAT 필수 입력 정보

- 건축물에 관련된 기본정보를 입력하는 Sheet로서 Building Data, Weather Data, Operation Methods 등으로 구성

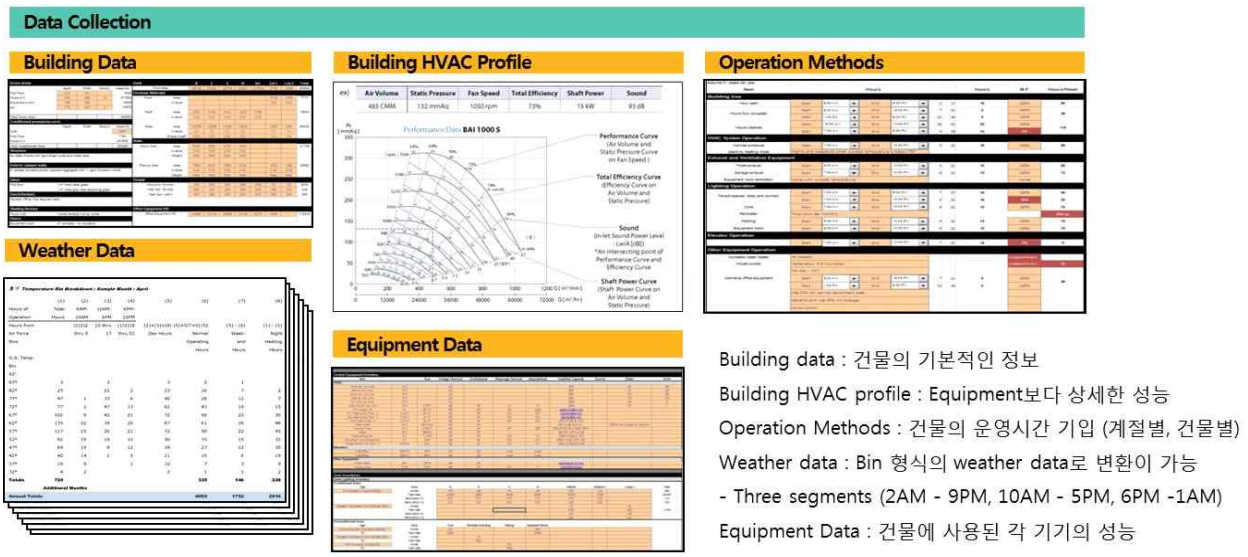


그림 2-170 BEAT Data Collection sheet

○ Building Data

- 건물에 관련된 기본 정보 입력
- 건물의 면적, 높이, 구조, 에너지 분석을 위한 Zone 구획
- 건물 에너지 계산을 위한 재료 물성치(U-value, SC, Thickness 등), 재실인원, 실내기기 정보 등을 입력

○ Equipment Data

- 건물에 적용된 HVAC의 정보 입력(FCU, Pump, Chiller, Cooling Tower, Supply Fan, Exhaust fan 등)
- 해당 기기의 Voltage, Amps, 양정 등을 입력해 기기의 효율계산을 위한 데이터
- 각 존에 있는 조명에 대한 정보를 입력해 실내에 미치는 Internal heat gain을 계산하고 Non-HVAC으로 분류된 에너지 계산 시 조명 에너지를 계산

○ Weather Data

- Bin 형식을 통해 간략화 된 기후 데이터 사용
- Bin weather data를 통해 해당 지역 혹은 국가의 기후 패턴 등을 분석할 수 있으며 이를 통해 적절한 기기 용량을 추정하는 것이 가능
- 서울, 대전, 대구 등 7개 광역시의 30년 평균 weather data를 구축해 사용자가 편리하게 기후데이터를 사용할 수 있도록 데이터베이스 구축 완료

○ Operation Methods

- 건축물의 사용시간, 재실자의 재실, 비 재실 시간, 근무시간 등을 입력해 건물 에너지를 보다 정확히 계산하고자 하는 sheet
- HVAC의과 Non HVAC의 에너지 계산을 위해 주요기기들의 운영을 설정할 수 있음

(3) 연구 결과 및 결론

(가) 연구의 장점

○ 기존의 건물 에너지 성능 분석 Program들과는 달리 시뮬레이션 없이 객관적인 데이터 입력을 통해 건물의 상세한 에너지 분석이 가능함

○ Test-bed를 이용한 BEAT 신뢰성 분석결과 실측값과 결과 값의 하절기 오차율은 9.8%, 동절기 오차율은 8.3%로 나타났음

○ 건물의 에너지 사용 특성에 대해 이해를 하고 있는 실무진의 경우 실무에서 어렵지 않게 프로그램을 이용하고 에너지 분석을 통한 건물에너지 성능 향상이 가능할 것임

○ 국가에서 시행하는 건물에너지 진단에 있어서 객관적인 건물 성능 평가 도구로써 사용할 수 있다고 사료됨

(나) 연구의 한계점

○ 건물의 재실인원이 없고 운영을 안정화하는 단계에서 측정한 데이터이기 때문에 Test-bed에 재실인원이 있으면서 운영을 안정화한 후의 신뢰성 검증에서는 오차율이 낮아질 것으로 기대됨

○ Test-bed 이외의 기축 건물을 대상으로 추가적인 검증이 필요함

나. BEAT를 이용한 Test-bed 성능 평가

(1) 연구 개요

(가) 연구 목적

○ 본 연구의 Test-bed는 2012년 9월에 시작하여 2013년 11월에 구축 완료됨

○ Test-bed는 106 가지의 친환경 기술이 구현되어 있으며, 각기 다른 용도(오피스, 모듈러(주택)시스템, 공동주택)에 용도별 에너지 절감 목표도 달리 적용 되었는데, 완공 이후 적용된 주요 요소기술 외 에너지 절감 목표에 따라 적정한 성능이 도출 되는지 평가 및 검증을 위함

(나) 대상건물 및 실 선정

○ Test-bed는 오피스, 공동주택, 모듈러로 구성된 복합 연구용 건축물임

○ 본 연구에서는 오피스 동의 2층 에너지 절감 효율 60% 모델과 3층 80% 모델을 연구의 대상으로 선정하여 분석함

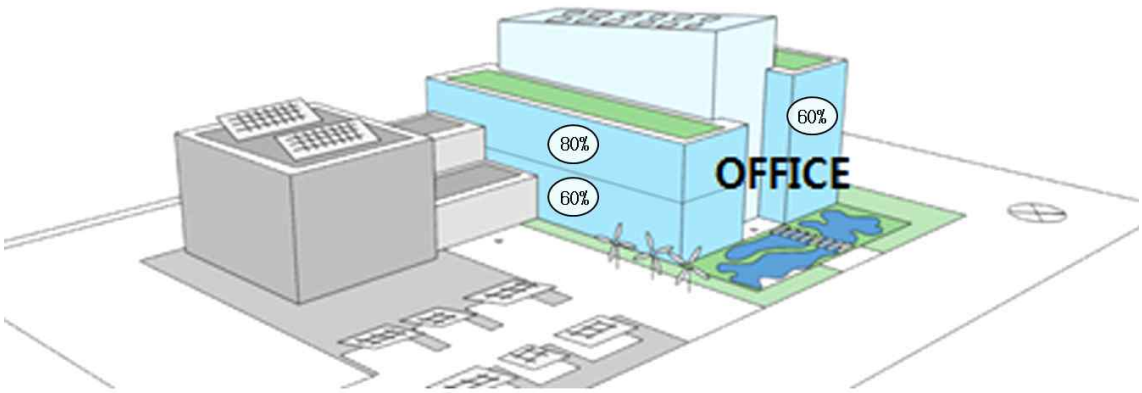


그림 2-171 Test-bed 오피스 60%, 80% 모델

(다) 성능평가 개요

○ 각 60% 모델과 80% 모델은 밀폐형과 개방형 지열 시스템이 적용되어 열원으로 사용되고 있음

○ 포함된 모델들은 CAV(Constant Air Volume), FCU(Fan Coil Unit), 천장복사패널, 냉방 빔 등 다양하게 조합되어 적용되어 있음

○ 연구목적에 의해 각 실은 각기 다른 실험이 연중에 계속 진행됨

○ 에너지 이용 합리화법 기준에 따라 건축물의 냉난방 설계온도를 냉방 26℃, 난방 20℃로 설정하여 운영모드를 제어함

○ 본 연구는 기존 설계단계에서 에너지 시뮬레이션으로 예측한 에너지소비량과 3~4차년도 1-1세부에서 BEAT 프로그램을 사용하여 예측한 에너지소비량을 기준으로 실제 건물의 에너지소비량을 비교분석함

○ (그림 2 참조)아래의 실험 스케쥴 표에 맞춰 성능 분석을 진행 함

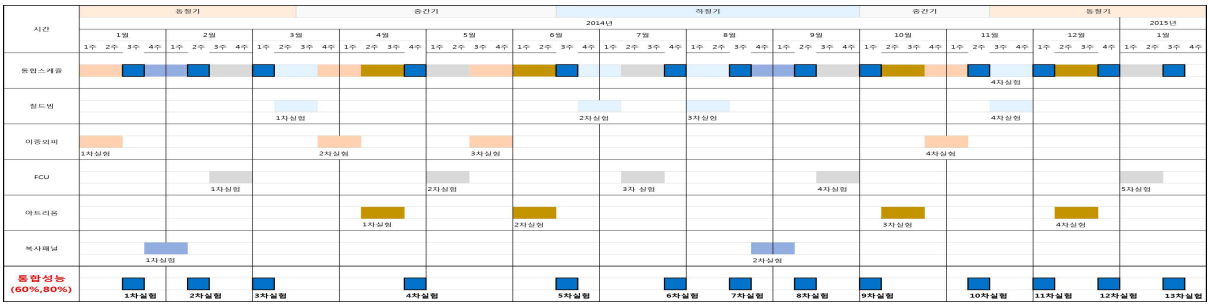
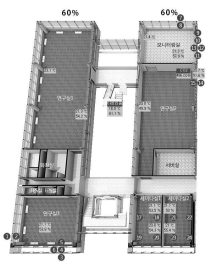


그림 2-172 오피스 통합성능 실험 스케쥴

○ 오피스 동 에너지소비량 60%, 80% 저감 모델 분석 및 비교 (연간)

- 오피스동의 연간 에너지소비량 비교분석
- 2014/01/01~2014/12/31 동안의 지속적인 모니터링과 데이터 수집
- HVAC 시스템(열원, 난방시스템, 환기시스템)의 차이를 통한 에너지소비량 비교분석
- 열원의 차이를 통하여 60%와 80% 에너지소비량 절감 능력 비교분석

표 2-38 에너지소비량 비교분석

Zone 구분	2층 연구실 1	3층 연구실 1
평면도		
에너지성능	60% 저감 ZONE	80% 저감 ZONE
면적	233.66㎡	278.24㎡
열원	밀폐형 지열히트펌프	개방형 지열히트펌프
냉난방	팬코일유니트	팬코일유니트
환기	환기용 공기조화기(밀폐 형)	환기용 공기조화기(개방 형)
실험기간	2014.01.01~2014.12.31	
실험조건	난방-실내온도: 20℃ / 냉방-실내온도: 26℃	

(2) 연구 내용

(가) Test-bed 적용

① Data 수집

○ Building Data

- 공조 공간과 비 공조 공간을 구분한 후 Zoning을 계획하며 Test-bed의 형태적인 특징으로 인해 interior zone과 perimeter zone으로 나누어 분석하지 않고 각 층의 실을 하나의 zone으로 구획함
- 창호, 벽체의 물성치와 internal load에 대한 정보 수집 및 입력

○ Equipment Data

- 열원으로 지중열을 이용하며 개방형과 밀폐 형으로 나뉘어 있고 FCU, AHU, Chilled beam, Radiant ceiling panel system, HRV를 이용하여 냉난방을 가동함

○ Weather Data

- 해당 지역의 외기온도와 일사량 데이터를 bin weather 데이터로 구축하여 적용

○ Operation Method

- 건물의 재실, 비재실 시간에 따라 달라지는 공조기, 조명, 각종 기기의 스케쥴을 입력

② 건물 에너지 성능 분석 Part A_Equipment Capacity

○ Equipment Cooling Capacity

- 일반적으로 실의 최대 부하보다 15~20%를 초과용량으로 장비용량을 구성하는 것이 일반적이며 장비용량 비교 결과 각 존의 필요용량 대비 설치 용량의 비율은 114~123% 정도로 적정함
- FCU와 HRV 시스템으로 구성된 3F-01 zone과 4F zone의 용량이 부족하여 실의 쾌적성을 유지하기 어려울 것으로 판단됨

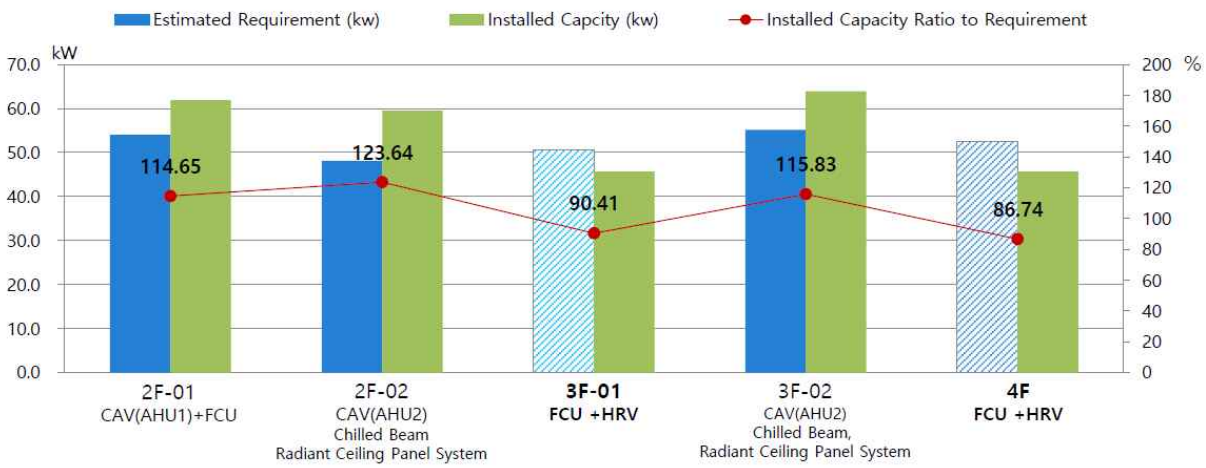


그림 2-173 Equipment Capacity _ Cooling

○ Equipment Heating Capacity

- Heating의 경우 용량의 10~20%정도를 초과되는 장비용량으로 계산하며 냉방에 비해서 장비용량이 안정되어 있으나 4층 zone에서 미세하게 부족함
- 겨울철에는 모든 zone이 아트리움과 이중외피의 중공층에 의한 영향을 받기 때문에 상대적으로 여름철에 비해서 안정적으로 나타났다고 사료됨

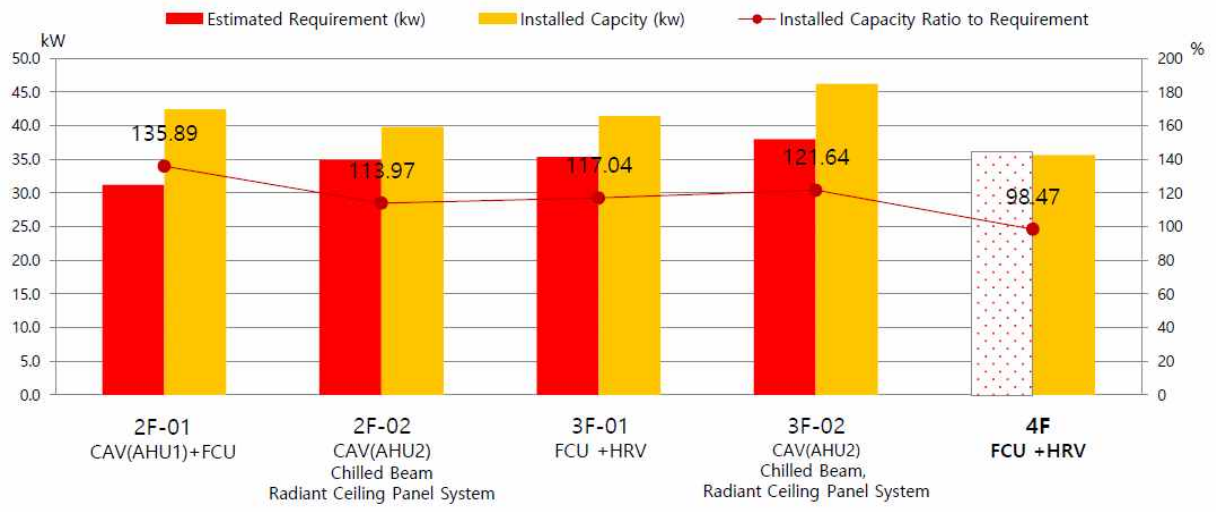


그림 2-174 Equipment Capacity _ Heating

③ 건물 에너지 성능 분석 Part B_Peak Demand

○ Peak Cooling Demand

- 외기 온도가 33.5도인 8월 15일 오후 3시가 Cooling Demand가 가장 높은 지점으로 Profile point임
- Test-bed의 냉방 설정온도는 26도이며 해당 지역은 5월 23일 16시에 외기온도가 26도에 근접했으며 냉방부하가 시작되는 지점으로 두 번째 Profile point임

○ Peak Heating Demand

- 외기 온도가 영하 15.6도인 1월 25일 8시가 Heating Demand가 가장 높은 지점으로 첫 번째 Profile point임
- Test-bed의 난방 설정온도는 20도이며 외기온도가 20도일 때 난방부하가 시작되며 두 번째 Profile point임
- 세 번째 Profile point는 CAV fan을 이용할 때 motor에서 발생하는 열 때문에 상승되는 공급공기의 온도를 계산하여 Heating coil에 load가 없이도 supply air 온도에 도달할 수 있는 외기 온도를 설정하며 도출 값은 12.1도일 때임

○ Peak Demand Summary

- 각 월에 해당하는 peak demand를 도출하고 non-HVAC demand를 계산한 결과 난방보다 냉방의 peak demand가 높게 나타났으며, 연중 peak demand는 8월이며 120.23kW임
- 전체 demand 중 HVAC system에서 차지하는 비율이 높으며 7, 8월 냉방에 소비되는 HVAC demand 관리가 중점적으로 이루어져야 함

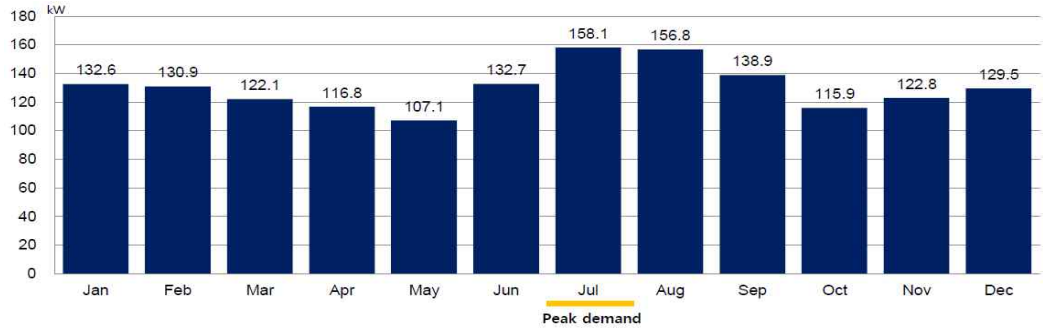


그림 2-175 Monthly Peak Demand

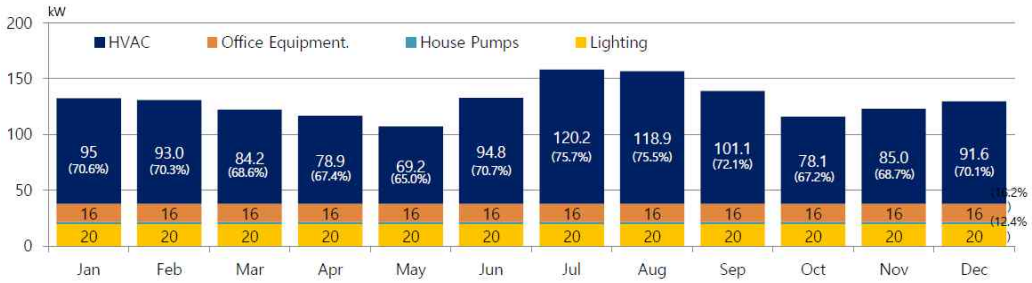


그림 2-176 monthly Peak Heating Demand profile

④ 건물 에너지 성능 분석 Part C_Average Consumption

○ Average Consumption Summary

- Peak Demand와 다르게 Average Consumption은 냉방에 비해 난방기가 더 큼
- Occupied Period : 냉방과 난방이 공존하는 구간으로 인해서 에너지 소비량이 규칙적이지는 않음
- Unoccupied Period : 동절기의 야간에 시행하는 Standby heating으로 인해 Average Consumption이 외기온에 반비례하고 있으며 6~8월은 난방에 대한 수요가 없기 때문에 소비량이 0으로 나타났음. Unoccupied period의 에너지 소비량은 0.2%~17.3%까지의 비중을 차지하고 있으므로 HVAC system의 에너지 소비량의 관리가 필요함

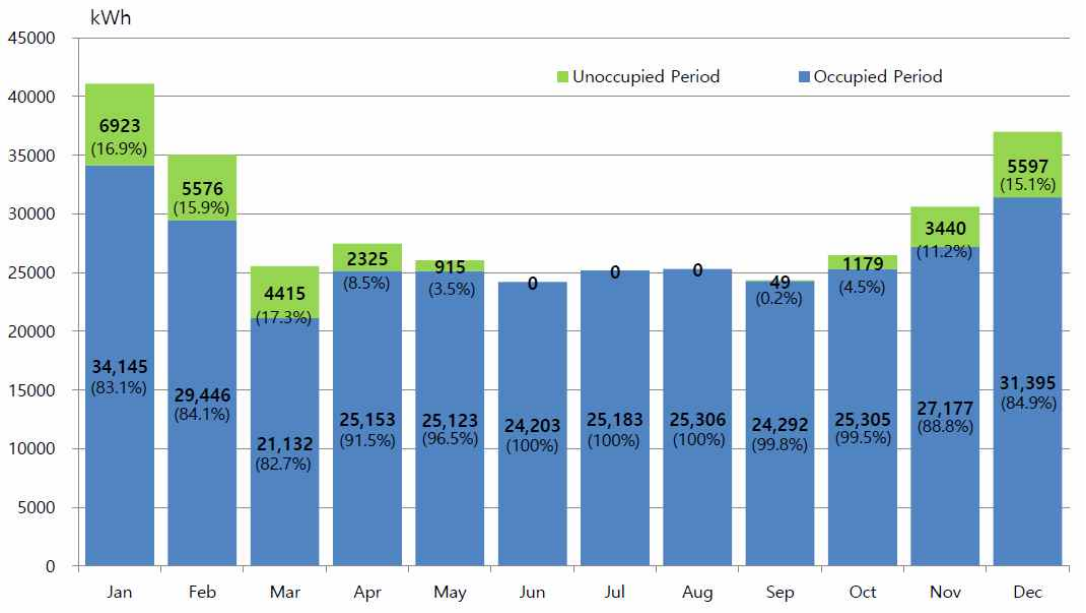


그림 2-177 HVAC Average Consumption

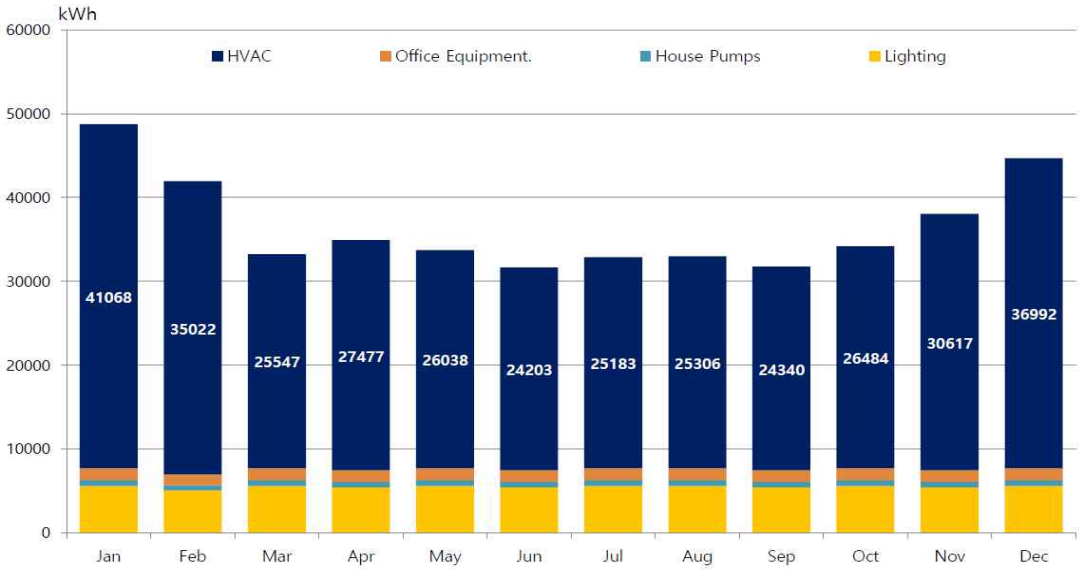
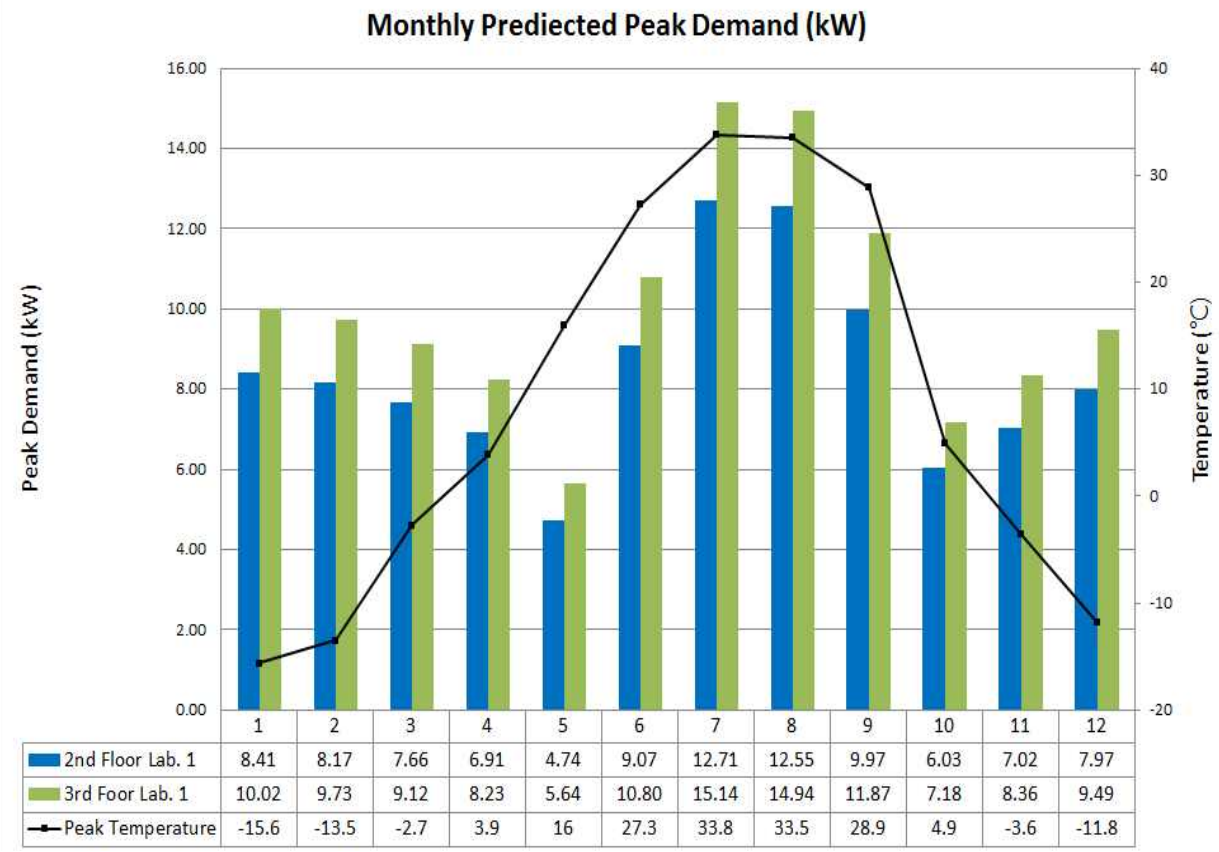


그림 2-178 Monthly Average Consumption

(3) Test-bed 성능평가 결과

(가) 월별 Peak Demand 예측

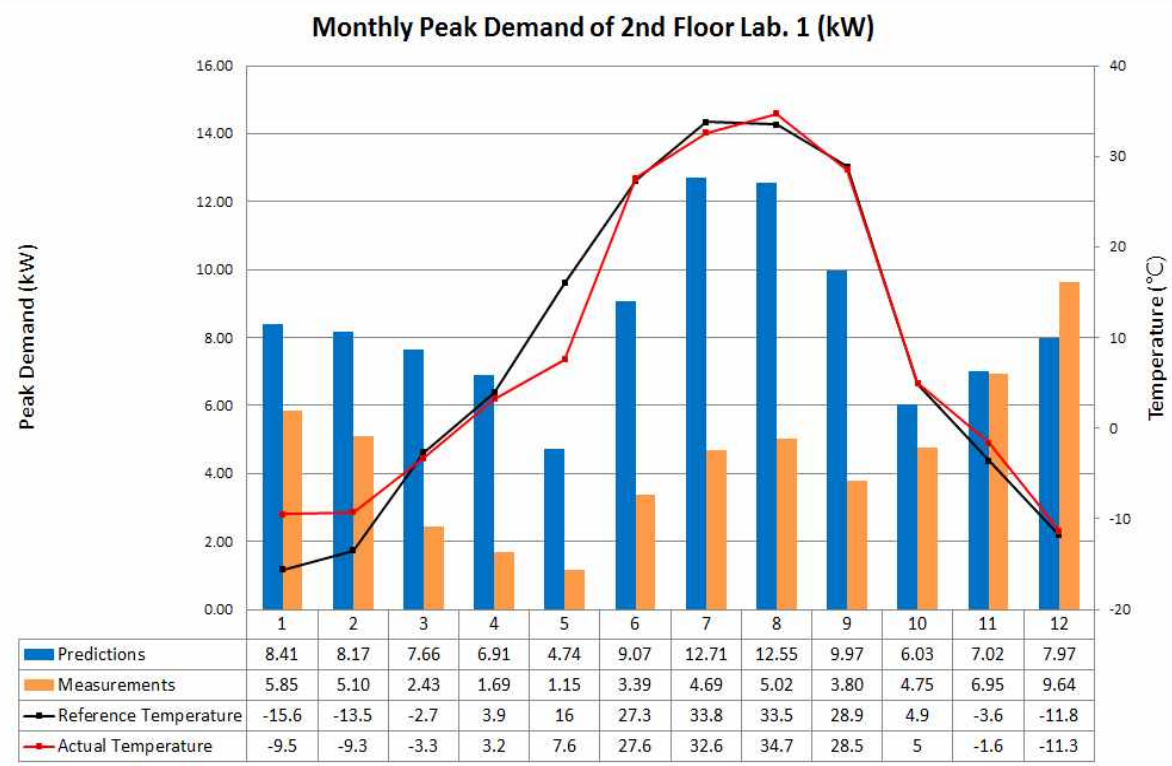


	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2nd Floor Lab. 1	8.41	8.17	7.66	6.91	4.74	9.07	12.71	12.55	9.97	6.03	7.02	7.97
3rd Foor Lab. 1	10.02	9.73	9.12	8.23	5.64	10.80	15.14	14.94	11.87	7.18	8.36	9.49
Peak Temperature	-15.6	-13.5	-2.7	3.9	16	27.3	33.8	33.5	28.9	4.9	-3.6	-11.8

그림 2-179 월별 Peak Demand 예측 값 (BEAT Program)

- [그림 2-179]은 BEAT Program Part B를 통해 얻은 2층 60% 연구실 1과 3층 80% 연구실 1의 PEAK Demand 값이고 PEAK Demand 값은 각 실의 HVAC 시스템의 전력만을 계산한 값임
- 최고 Peak Demand는 2층 60% 연구실 1은 12.71kW, 3층 80% 연구실 1은 15.14kW 이었으며 모두 7월에 발생함
- Test-bed는 난방보다 냉방의 Peak Demand가 높게 예측되며 냉방기 > 난방기 > 중간기 순으로 Peak Demand가 측정됨

(나) 2층 60% 연구실 1 Peak Demand 비교

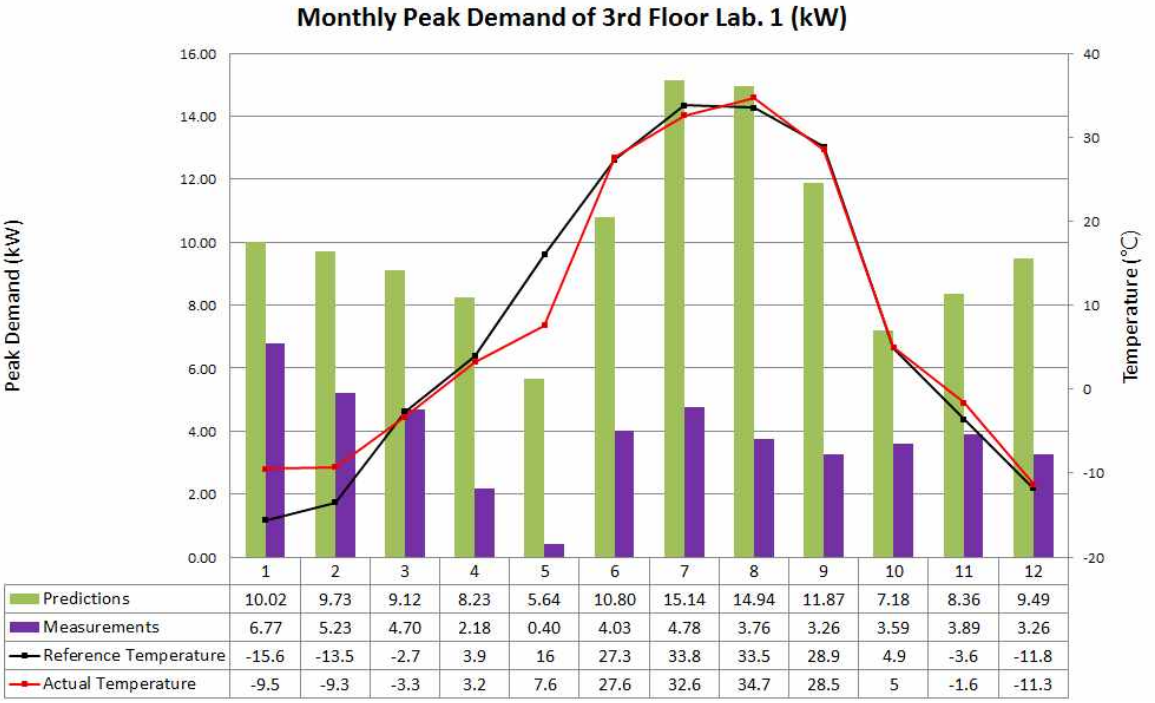


	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Predictions	8.41	8.17	7.66	6.91	4.74	9.07	12.71	12.55	9.97	6.03	7.02	7.97
Measurements	5.85	5.10	2.43	1.69	1.15	3.39	4.69	5.02	3.80	4.75	6.95	9.64
Reference Temperature	-15.6	-13.5	-2.7	3.9	16	27.3	33.8	33.5	28.9	4.9	-3.6	-11.8
Actual Temperature	-9.5	-9.3	-3.3	3.2	7.6	27.6	32.6	34.7	28.5	5	-1.6	-11.3

그림 2-180 2층 60% 연구실 1 월별 Peak Demand 예측 및 실측 비교 그래프

- [그림 2-180]은 2층 60% 연구실 1의 BEAT Program에서 예측한 Peak Demand 값과 실제 Test-bed의 월별 Peak Demand 값을 비교한 것임
- 인천의 실제 2014년 외기온도는 30년 외기온도 평균값(Reference Temperature)과 비교해서 1월과 2월은 비교적 온난했으며 5월에 조금 차이가 있으나 이것은 중간기의 일교차가 컸던 경우로 파악되며, 여름철 최고기온은 비슷함
- Test-bed의 Peak Demand는 여름철 최고 5.02kW, 겨울철 최고 9.64kW이며 BEAT Program에서 예측한 Peak Demand 값보다 실제 월별 Peak Demand 값은 전반적으로 낮았으며 특히 여름철의 Peak Demand 값은 많은 차이를 보였는데 이는 Test-bed 건물의 특성상 재실인원이 없어서 실내부하가 발생하지 않아 BEAT Program에서 예상한 외기온도+실내발열부하의 Peak Demand 값보다 훨씬 낮음
- 겨울철의 경우 실내부하가 없는 경우, 오히려 난방을 더 해야 함으로 Peak Demand가 높아지는 경우를 보이는데 2014년 12월의 경우 예측 값보다 실제 Peak Demand값이 더 높은 것을 확인할 수 있음

(다) 3층 80% 연구실 1 Peak Demand 비교

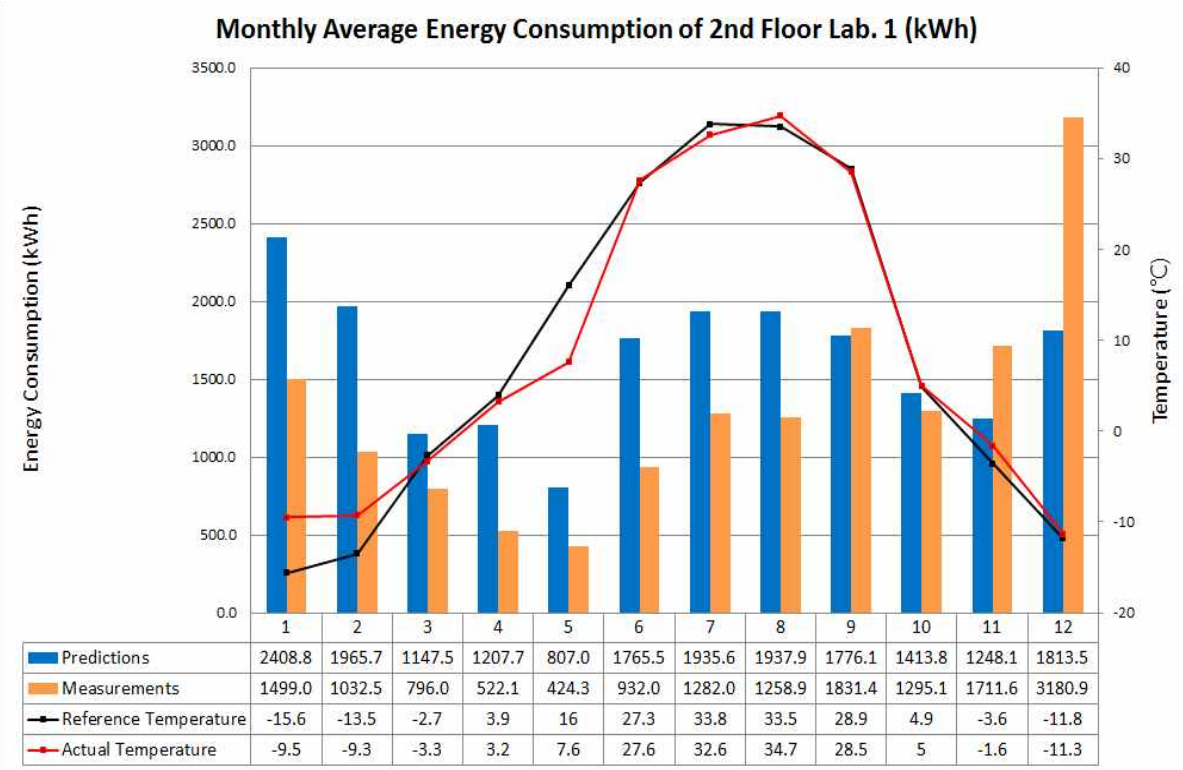


	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Predictions	10.02	9.73	9.12	8.23	5.64	10.80	15.14	14.94	11.87	7.18	8.36	9.49
Measurements	6.77	5.23	4.70	2.18	0.40	4.03	4.78	3.76	3.26	3.59	3.89	3.26
Reference Temperature	-15.6	-13.5	-2.7	3.9	16	27.3	33.8	33.5	28.9	4.9	-3.6	-11.8
Actual Temperature	-9.5	-9.3	-3.3	3.2	7.6	27.6	32.6	34.7	28.5	5	-1.6	-11.3

그림 2-181 3층 80% 연구실 1 월별 Peak Demand 예측 및 실측 비교 그래프

- [그림 2-181]는 3층 80% 연구실 1의 BEAT Program에서 예측한 Peak Demand 값과 실제 Test-bed의 월별 Peak Demand 값을 비교한 것이며 Test-bed의 Peak Demand는 여름철 최고 3.76kW, 겨울철 최고 6.77kW임
- 2층 60% 연구실 1의 경우와 마찬가지로 실제 월별 Peak Demand 값이 BEAT Program에서 예측한 Peak Demand 값보다 훨씬 낮고 2층 60% 연구실 1과는 다르게 겨울철의 Peak Demand 또한 여름철과 마찬가지로 절반 수준으로 낮아졌는데 이는 2층 60% 연구실 1이 3층 80% 연구실 1 보다 실험실로써 더 역할을 많이 함에 따라 Peak Demand 값 또한 더 높았던 것으로 사료됨
- 그러나 겨울철이 여름철에 비해 Peak Demand 값이 덜 차이나는 점을 앞의 그림3과 비교해서 확인 할 수 있음

(라) 2층 60% 연구실 1 Average Energy Consumption 비교

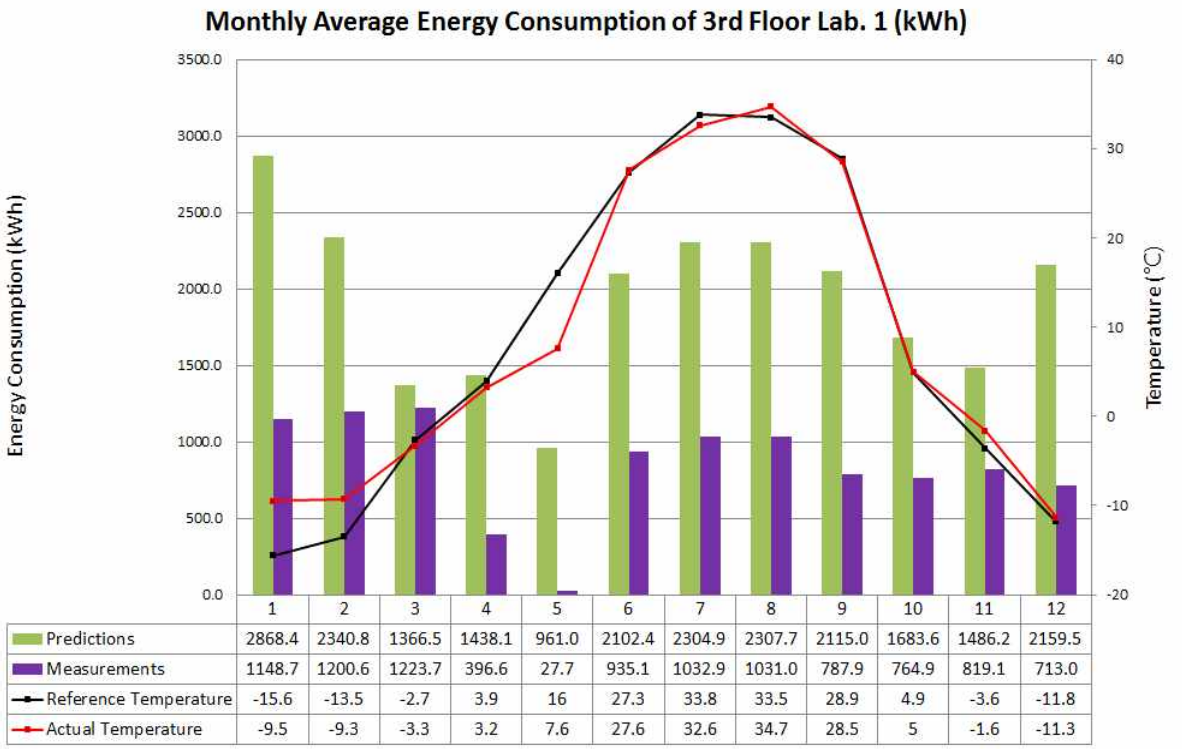


	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Predictions	2408.8	1965.7	1147.5	1207.7	807.0	1765.5	1935.6	1937.9	1776.1	1413.8	1248.1	1813.5
Measurements	1499.0	1032.5	796.0	522.1	424.3	932.0	1282.0	1258.9	1831.4	1295.1	1711.6	3180.9
Reference Temperature	-15.6	-13.5	-2.7	3.9	16	27.3	33.8	33.5	28.9	4.9	-3.6	-11.8
Actual Temperature	-9.5	-9.3	-3.3	3.2	7.6	27.6	32.6	34.7	28.5	5	-1.6	-11.3

그림 2-182은 2층 60% 연구실 1 월별 Average Energy Consumption 예측 및 실측 비교 그래프

- [그림 2-182]는 2층 60% 연구실 1의 월별 Average Energy Consumption을 실제 Test-bed 소비량과 BEAT Program을 이용해서 예측한 값과 비교한 것이며 Test-bed의 에너지 소비량은 여름철에 932.0kWh~1831.4kWh의 분포를 보였고 겨울철은 796.0kWh~3180.9kWh의 분포를 보임
- 앞서 Peak Demand 값을 비교한 것과 마찬가지로 여름철의 경우 소비량이 적게 사용되었는데 이는 실내부하를 위한 냉방에너지소비량이 필요 없었기 때문임
- 겨울철의 경우 1,2,3월은 예측 값과 비교해서 적게 사용되었지만 10,11,12월은 예측 값과 비슷하거나 크게 사용되었으며 이는 재실자가 있었으면 실내발열이 생겨 난방부하를 줄여주는 것을 예측하고 BEAT Program에서 계산하였지만 실제 Test-bed에서는 재실자가 없어 난방부하가 예측 값보다 더 많았던 것으로 사료됨

(마)3층 80% 연구실 1 Average Energy Consumption 비교

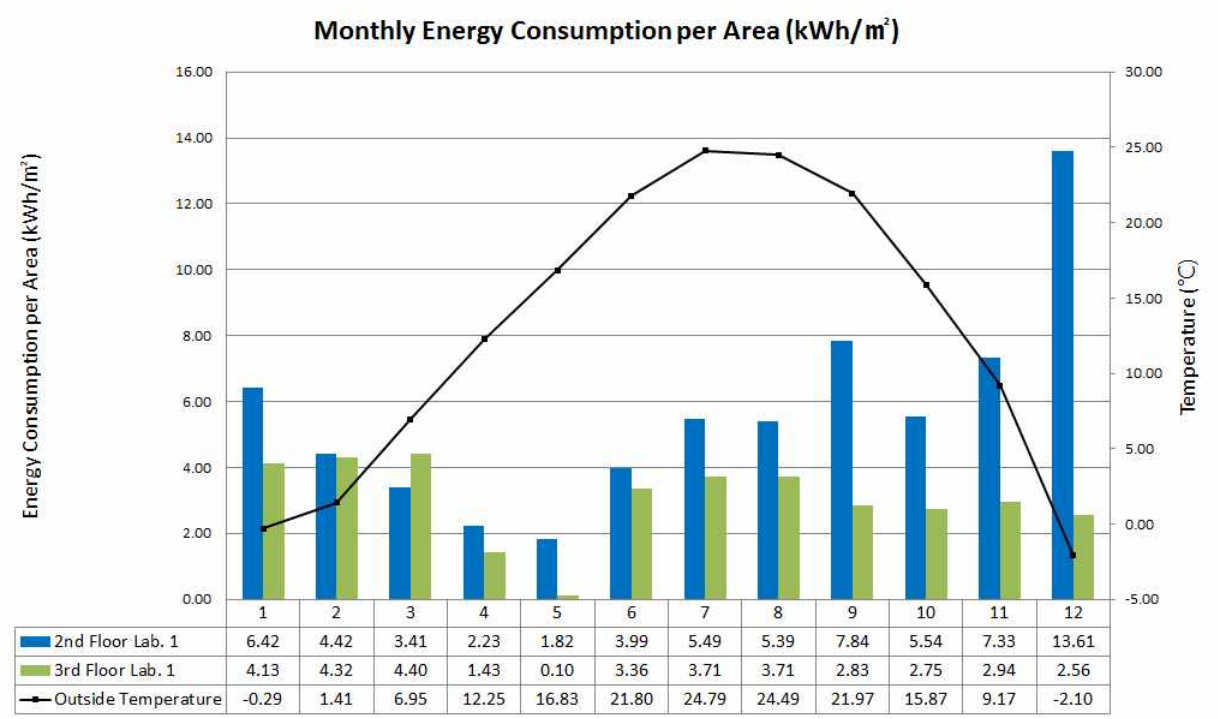


	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Predictions	2868.4	2340.8	1366.5	1438.1	961.0	2102.4	2304.9	2307.7	2115.0	1683.6	1486.2	2159.5
Measurements	1148.7	1200.6	1223.7	396.6	27.7	935.1	1032.9	1031.0	787.9	764.9	819.1	713.0
Reference Temperature	-15.6	-13.5	-2.7	3.9	16	27.3	33.8	33.5	28.9	4.9	-3.6	-11.8
Actual Temperature	-9.5	-9.3	-3.3	3.2	7.6	27.6	32.6	34.7	28.5	5	-1.6	-11.3

그림 2-183 3층 80% 연구실 1 Average Energy Consumption 예측 및 실측 비교 그래프

- [그림 2-183]은 3층 80% 연구실 1의 Average Energy Consumption을 실제 Test-bed의 소비량과 BEAT Program의 예측 값과 비교한 것이며 Test-bed의 에너지 소비량은 여름철에 787.9kWh~1032.9kWh의 분포를 보였고 겨울철은 713.0kWh~1223.7kWh의 분포를 보였고 또 Peak Demand의 비교 그래프와 비슷하게 Energy Consumption 또한 예측 값에 비해 절반정도 수준으로 측정됨
- 2층 60% 연구실 1에 비해 3층 80% 연구실 1은 실험실로써 덜 사용됨에 따라 에너지 소비량 또한 적게 사용됨을 볼 수 있음
- 여름철과 겨울철 모두 값이 많이 차이나는 것은 재실자의 부재와 더불어 연구목적으로 연구실에서 실험이 중단되고 다시 실행되는 등 중구난방식의 운영 때문으로 사료됨

(바) 2층 60% 연구실 1과 3층 80% 연구실 1의 평당 에너지소비량 비교



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2nd Floor Lab. 1	6.42	4.42	3.41	2.23	1.82	3.99	5.49	5.39	7.84	5.54	7.33	13.61
3rd Floor Lab. 1	4.13	4.32	4.40	1.43	0.10	3.36	3.71	3.71	2.83	2.75	2.94	2.56
Outside Temperature	-0.29	1.41	6.95	12.25	16.83	21.80	24.79	24.49	21.97	15.87	9.17	-2.10

그림 2-184 연구실 단위면적당 HVAC 에너지소비량 비교 그래프

- 각 연구실의 면적은 233.66㎡, 278.24㎡이며 (표 1 참조) 각 연구실의 Average Energy Consumption 데이터를 단위면적당 에너지소비량으로 변환, 60%와 80% 저감 모델로써 비교 및 분석
- [그림 2-184]은 2층 60% 연구실 1과 3층 80% 연구실 1의 단위면적당 HVAC 에너지소비량 비교 그래프이며 2층 60% 연구실 1의 단위면적당 HVAC 에너지소비량은 1.82~13.61kWh/㎡의 분포를 보이고, 3층 80% 연구실 1은 0.10~4.40kWh/㎡의 분포를 보임
- 60% 저감 모델인 2층 연구실 1에 비교해서 80% 저감 모델인 3층 연구실 1이 단위면적당 에너지소비량이 더 작게 나타나며 2층 60% 연구실 1이 3층 80% 연구실 1에 비해 연구실험이 더 자주 사용됨에 따라 직접적인 에너지소비량의 비교는 곤란하지만 대체로 80% 저감 모델의 에너지 소비량이 작은 것은 기존 설계시 60%와 80%의 절감 목표를 가지고 지은 건물의 Test-bed으로써의 목표를 어느 정도 이룬 것으로 사료됨

(사) 2층 60% 연구실 1의 단위면적당 HVAC 에너지소비량 비교

표 2-39 에너지 60% 저감 모델 성능 시뮬레이션 결과

구분	에너지 (kWh/㎡)
난방	43.39
냉방	78.77
환기	36.15
Non-HVAC	74.15
신재생	-36.69
총 단위면적당 에너지소비량 (kWh/㎡)	195.77

- 2층 60% 연구실 1의 난방(10~4월)의 에너지소비량은 42.96kWh/㎡이고 냉방(5~9월)은 24.53kWh/㎡임
- [표 2-39]는 기존 설계단계에서 시뮬레이션을 통한 에너지 60% 저감 모델 성능의 에너지소비량이며 실제 2층 60% 연구실 1의 난방 에너지소비량은 예측 값인 43.39kWh/㎡과 비교해서 약 -0.43kWh/㎡의 차이를 보이고 냉방 에너지소비량은 예측 값인 78.77kWh/㎡과 비교해서 약 -54.24kWh/㎡의 차이를 보임
- 난방의 경우 차이가 적은 것은 실제 Test-bed의 에너지소비량이 적게 나타나야 하지만 재실자가 없는 이유(실내발열이 없는 것을 고려)로 더 많은 난방 에너지가 사용되어 예측 값과 비슷한 것을 알 수 있음
- 냉방의 경우 Test-bed의 에너지소비량이 훨씬 적게 나타난 것은 원래 외기온도+실내발열부하가 냉방부하이지만 난방과 마찬가지로 재실자가 없는 이유(실내발열부하가 없는 것을 고려)로 외기온도에 의한 냉방부하만 부담하면 되어 예측 값보다 현저히 낮을 것을 알 수 있음

(아) 3층 80% 연구실 1의 단위면적당 HVAC 에너지소비량 비교

표 2-40 에너지 80% 저감 모델 성능 시뮬레이션 결과

구분	에너지 (kWh/㎡)
난방	35.95
냉방	85.94
환기	25.64
Non-HVAC	66.07
신재생	-114.46
총 단위면적당 에너지소비량 (kWh/㎡)	99.14

- 3층 80% 연구실 1의 난방(10~4월)의 에너지소비량은 22.52kWh/㎡이고 냉방(5~9월)은 13.71kWh/㎡임
- [표 2-40]은 기존 설계단계에서 시뮬레이션을 통한 에너지 80% 저감 모델 성능의 에너지소비량이며 실제 2층 80% 연구실 1의 난방 에너지소비량은 예측 값인 35.95kWh/㎡과 비교해서 약 -13.43kWh/㎡의 차이를 보이고 냉방 에너지소비량은 예측 값인 85.94kWh/㎡과 비교해서 약 -72.23kWh/㎡의 차이를 보임
- 난방의 경우 비교적 차이가 없는 것은 실제 Test-bed의 에너지소비량이 적게 나타나야 하지만 앞서 기술한바와 같이 재실자가 없는 이유(실내발열이 없는 것을 고려)로 더 많은 난방 에너지가 사용되어 그 차이를 좁힌 것으로 사료됨
- 냉방의 경우 Test-bed의 에너지소비량이 훨씬 적게 나타난 것은 원래 외기온도+실내발열부하가 냉방부하이지만 난방과 마찬가지로 재실자가 없는 이유(실내발열부하가 없는 것을 고려)로 외기온도에 의한 냉방부하만 부담하면 되어 예측 값보다 현저히 낮은 것을 알 수 있음

(4) Test-bed 에너지소비 특성 분석

(가) 2층 60% 연구실 1 에너지소비 특성 분석

- 외기온 대비 에너지소비량 분석을 통해 건물의 에너지소비 특성을 분석함

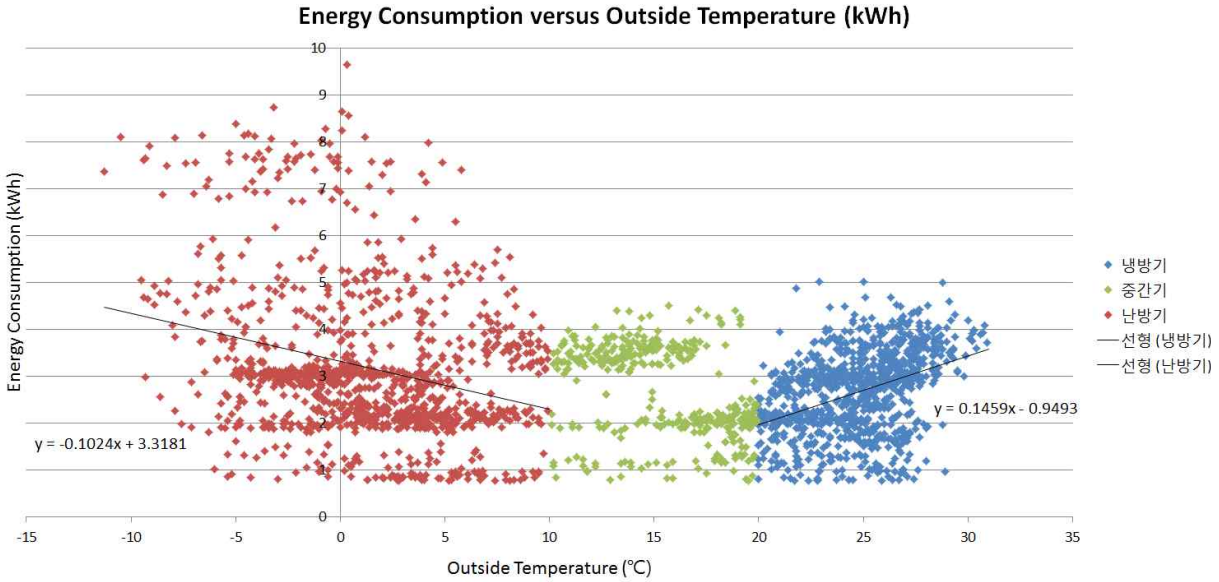


그림 2-185 2층 60% 연구실 1 외기온 대비 에너지소비량 그래프

- [그림 2-185]은 2층 60% 연구실 1의 외기온 대비 에너지소비량을 나타내며 주말과 HVAC시스템이 가동하지 않는 시점의 데이터는 제외 (에너지소비량 0.7 kWh 미만 데이터)하였으며 10~20℃를 중간기의 기준으로 삼고 냉방과 난방을 구분, 각각의 특성계수 도출
- 냉방의 경우 y=0.1459x+0.9493의 추세선(냉방 특성계수)을 보이고 이는 냉방기에 외기온도가 높아질수록 HVAC의 에너지소비량이 증가한다는 의미로 비록 산포도가 크지만 어느 정도 실의 에너지 특성을 나타내고 있음
- 난방의 경우 y=-0.1024x+3.3181의 추세선(난방 특성계수)을 보이고 이는 난방기에 외기온도가 낮아질수록 HVAC의 에너지소비량이 증가한다는 의미로 냉방과 마찬가지로 산포도가 크지만 실의 에너지 특성을 나타내고 있음
- 난방의 에너지 소비량이 냉방의 에너지 소비량보다 큰 것으로 나타나는데, 이는 주요 냉방부하인 실내발열부하가 존재하지 않아 냉방부하가 작은 것으로 사료됨

(나) 2층 60% 연구실 1 에너지소비 특성 분석

- 외기온 대비 에너지소비량 분석을 통해 건물의 에너지소비 특성을 분석함

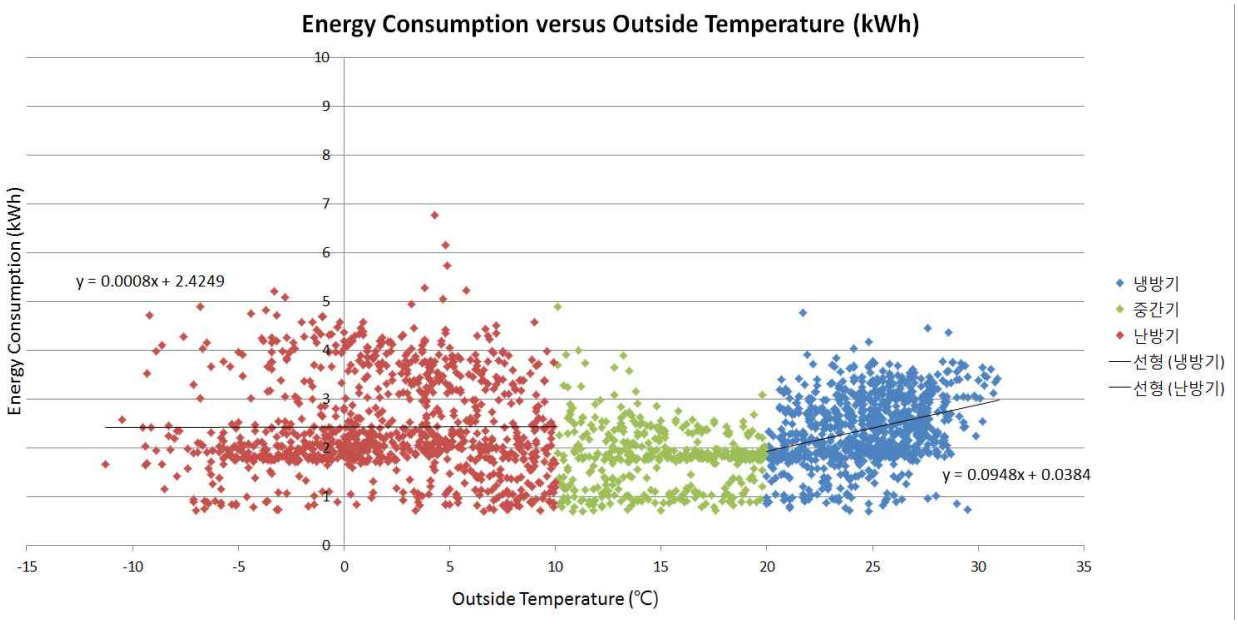


그림 2-186 3층 80% 연구실 1 외기온 대비 에너지소비량 그래프

- [그림 2-186]는 3층 80% 연구실 1의 외기온 대비 에너지소비량을 나타내며 주말과 HVAC시스템이 가동하지 않는 시점의 데이터는 제외 (에너지소비량 0.7 kWh 미만 데이터)
- 2층 60% 연구실 1과 마찬가지로 10~20℃의 중간기를 기준으로 냉방과 난방을 구분, 각각의 특성계수를 도출함
- 냉방의 경우 y=0.0948x+0.0384의 추세선(냉방 특성계수)을 보이며 이는 냉방기에 외기온도가 높아질수록 HVAC의 에너지소비량이 증가한다는 의미이며, 2층 60% 연구실 1과 비교해서 산포도가 작고 추세선의 기울기가 작음
- 난방의 경우 y=-0.0008x+2.4249의 추세선(난방 특성계수)을 보이며 난방의 경우 기울기의 크기가 수평에 가까운 것으로 나타나는데 이는 HVAC 에너지 소비가 외기온도에 관계없이 사용되고 있다는 것을 의미함

(5) Test-bed 에너지소비 분석 결과

(가) 연구의 한계점

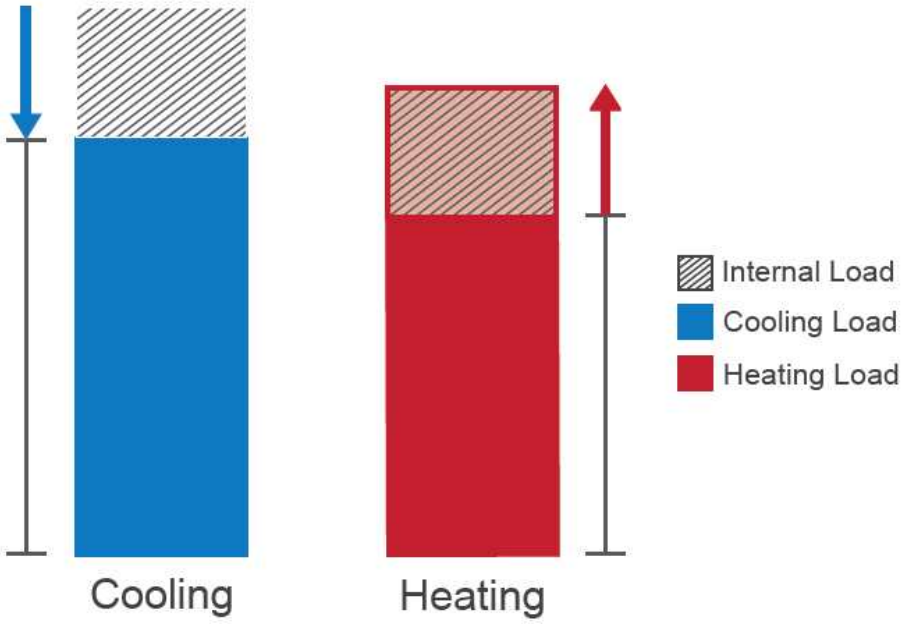


그림 2-187 Test-bed의 실내부하의 영향에 따른 냉방부하와 난방부하의 변화

- [그림 2-187]은 Test-bed에서 실내부하가 존재하지 않아 냉방부하와 난방부하가 변화하는 모습을 다이어그램으로 나타냄
- 냉방부하의 경우 보통의 건물에서는 난방부하보다 많지만, Test-bed 건물의 특징상 재실자가 존재하지 않아 실내부하가 없어 냉방부하가 낮아지는 것을 알 수 있고 난방부하의 경우 보통의 건물에서는 냉방부하보다 적지만, 재실자가 없음으로 건물을 더욱 따뜻하게 하려면 난방부하가 증가함
- Test-bed의 연간 HVAC 에너지소비량 분석 결과 난방부하가 냉방부하보다 많으며 이는 재실자의 부재로 결론지을 수 있음

(나) 연구의 한계점 및 추후 연구 방향

- 현 연구에서 HVAC 소비량은 기준온도(냉방:26℃, 난방:20℃)와 스케쥴제어를 통해 에너지소비를 관찰할 수 있지만, Non-HVAC에서는 재실자 부재로 조명 및 기타 환기, 급탕 등에서의 에너지소비가 존재하지 않아 추후 재실자를 포함한 연구가 필요함
- 그림 8과 9에서 볼 수 있듯이, 전반적으로 외기온 대비 HVAC 에너지소비량이 상당히 산포되어 있는데, 이는 건물이 제대로 운영되지 않고 있음 보여줌
- 요소기술의 성능 검증 연구를 위해 각 실을 개별적으로 운영하여 건물 전체의 운영은 효율적으로 이루어지지 않았을 뿐더러, 건물의 컨트롤 알고리즘의 변경이 어려워 최적화된 제어가 이루어지지 않았음
- 추후 건물의 운영을 최적하기 위한 연구 준비가 필요하고 세분화된 건물의 컨트롤 알고리즘을 구성하여 최적 제어에 대한 연구가 필요함

사업화	신축건축물의 녹색화 활성화를 위한 사업화 방안 제시

연구 책임자 : 홍태훈 교수 (연세대 건축공학과)

제 2 절 연구개발 수행 내용

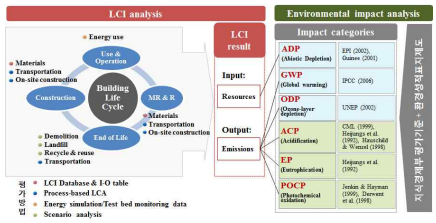
가. 연구목표

최종목표	신축건축물의 녹색화 활성화 방안 제시
세부연구목표	신축녹색건축물의 환경성 및 경제성 통합평가방법 개발
	녹색건축물 통합가치평가시스템(IVAS) 개발
	신축녹색건축물의 보급, 확산을 위한 사업화 전략 수립

나. 주요 연구내용 및 성과물

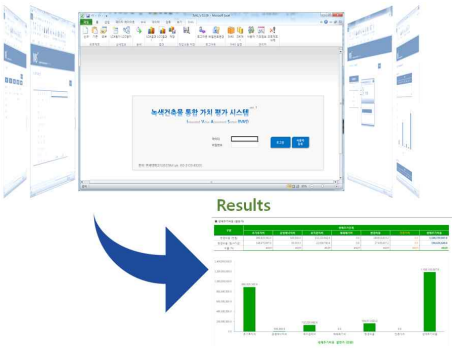
1. 신축녹색건축물의 환경성 및 경제성 통합평가방법 개발

○ 건축물의 생애주기 환경영향 평가 방법 개발
○ 건축물의 생애주기 환경영향 평가 방법 개발
○ 녹색건축물의 환경적 가치향상 평가방법 개발
○ 건축물 시공특성에 의한 지역적 환경영향 (Local Environmental Impact) 평가방법 개발
○ 녹색건축물의 환경적 가치향상 평가방법 개발



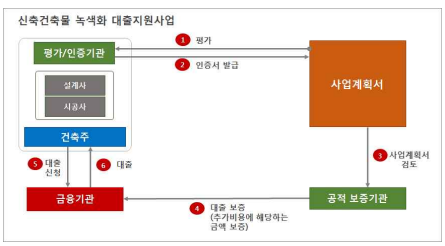
2. 녹색건축물 통합가치평가시스템(IVAS) 개발

○ 건축물의 생애주기비용 및 생애주기 환경영향 (환경비용)에 대한 평가 기능을 수행할 수 있는, 엑셀기반의 녹색건축물 통합가치평가시스템(IVAS) 개발
○ 녹색건축물 통합가치평가시스템(IVAS)의 적용성 검토



3. 신축녹색건축물의 확산을 위한 사업화 전략 수립

○ 녹색건축물의 사업성에 대한 영향요인 분석
○ 녹색건축물 활성화 관련 정책 및 제도 분석
○ 신축건축물 녹색화 활성화 방안 제시



1. 신축녹색건축물의 환경성 및 경제성 통합평가방법 개발

가. 건축물의 생애주기 환경영향 평가 방법 개발

(1) 연구내용

○ 건축물 환경영향 평가방법 검토

- 환경영향 평가 범위를 정의하기 위하여, 환경성적표지제도, CML 2001, EDIP 2003, TRACI, ReCiPe 2008 등의 전과정 영향평가 (LCIA) 방법론에 대한 검토를 시행
- 환경성적표지제도는 일반 제조상품의 설계 및 개발 단계에서부터 환경성을 검토하고 적극적으로 반영할 수 있도록 하기 위하여, 2000년 개정된 “환경기술개발 및 지원에 관한 법률”을 통해 2001년부터 시행된 제도이며, 전과정평가 방법론을 기초로 하여 환경영향 범주를 평가함

표 2-41 LCIA 방법론에 따른 환경영향 범주

LCIA 방법론	환경영향범주
CML 2001	Abiotic depletion, Global warming, Ozone layer depletion, Acidification, Eutrophication, Photochemical oxidation, Freshwater aquatic ecotoxicity, Marine aquatic ecotoxicity, Human toxicity, Terrestrial ecotoxicity
EDIP 2003	Global warming, Stratospheric ozone depletion, Acidification, Terrestrial eutrophication, Aquatic eutrophication, Photochemical ozone formation, Human toxicity, Ecotoxicity
TRACI	Global warming, Ozone layer depletion, Smog formation, Acidification, Eutrophication, Human health cancer, Human health noncancer, Human health criteria pollutants, Eco-toxicity, Fossil fuel depletion, Land use, Water use
ReCiPe 2008	Climate change, ozone depletion, terrestrial acidification, freshwater eutrophication, marina eutrophication, human toxicity, Photochemical oxidant formation, Particulate matter formation, Terrestrial ecotoxicity, Freshwater ecotoxicity, Marine ecotoxicity, Ionizing radiation, Agricultural land occupation, Urban land occupation, Natural land transformation, Water depletion, Mineral resource depletion, Fossil resource depletion
환경성적표지제도	Abiotic depletion, Global warming, Ozone layer depletion, Acidification, Eutrophication, Photochemical oxidation

(2) 분석결과 및 결론

(가) 건축물 환경영향 평가 범주 정의

- 환경영향 평가 범위를 정의하기 위하여, 환경성적표지제도, CML 2001, EDIP 2003, TRACI, ReCiPe 2008 등의 전과정 영향평가 (LCIA) 방법론에 대한 검토를 시행
- 환경성적표지제도는 일반 제조상품의 설계 및 개발 단계에서부터 환경성을 검토하고 적극적으로 반영할 수 있도록 하기 위하여, 2000년 개정된 “환경기술개발 및 지원에 관한

법률"을 통해 2001년부터 시행된 제도이며, 전과정평가 방법론을 기초로 하여 환경영향 범주를 평가함

- 5가지 환경영향 평가 방법론에 대한 검토 결과, [표 2-39]와 같이 모든 방법론이 6가지 환경영향범주를 포함하고 있으며, 특히 대한민국에서 일반 제조품을 대상으로 시행중인 환경성적표지제도 역시 6가지 환경영향을 모두 평가 대상으로 정의하고 있음
- 따라서 6가지 환경영향 범주를 건축물의 평가를 위한 영향범주로 정의하였으며, 각 환경영향 범주에 대한 구체적인 기준물질 및 평가기준은 [표 2-39]와 같음

표 2-42 환경영향 평가 범주 및 범주별 평가 기준

환경영향범주	기준물질	평가기준
지구온난화 (Global warming)	kgeq-CO_2	IPCC 2006
오존층파괴 (Ozone layer depletion)	kgeq-CFC-11	WMO (2006)
자원고갈 (Abiotic depletion)	1/year	Guinee et al.(2001)
산성화 (Acidification)	kgeq-SO_2	CML 2001, Hauschild & Wenzel (1998)
부영양화 (Eutrophication)	kgeq-PO_4^{3-}	CML 2001, Heigungs et al.(1992)
광화학산화 (Photochemical Oxidation)	kgeq-ethylene	Jenkin & Hayman (1999), Derwent et al.(1998)

(나) 전과정평가(LCA) 기반의 건축물 환경영향 평가모델 개발

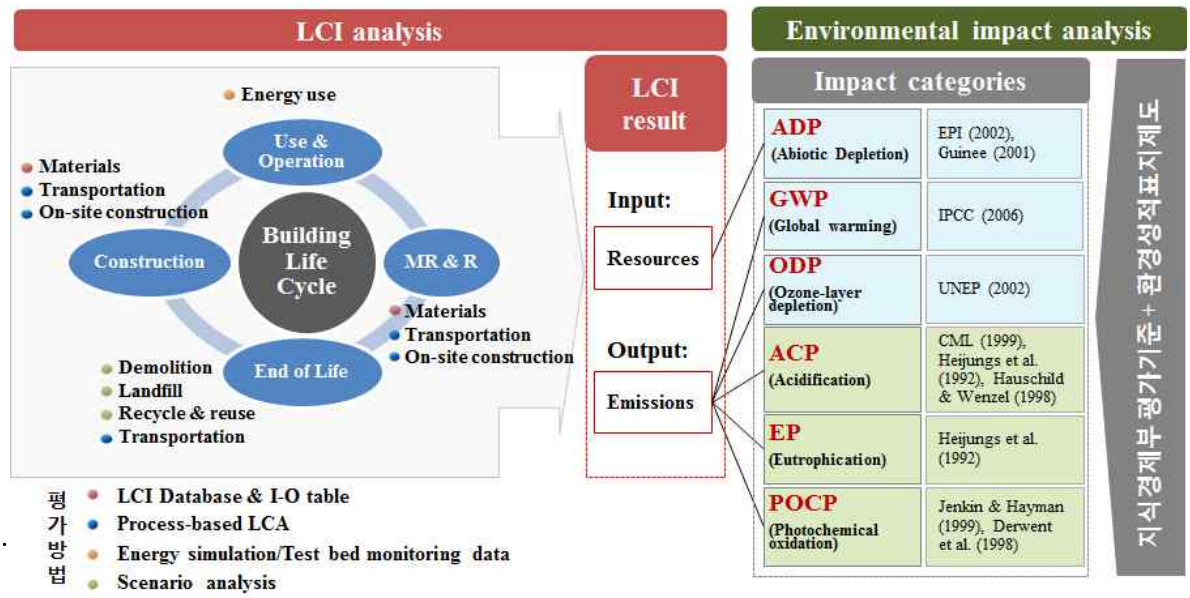


그림 2-188 건축물 생애주기 환경영향 평가모델의 구성

- 건축물 환경영향 평가모델은 녹색건축물의 실현을 통해 환경적으로 얻을 수 있는 효과, 즉 환경영향 감축량을 정량적·객관적으로 평가할 수 있는 모델임

• 건축물 환경영향 평가모델은, 아래 [그림]과 같이 전과정 목록분석(Life Cycle Inventory Analysis) 단계를 거쳐 배출되는 물질과 사용되는 물질의 종류 및 양을 정량화하고, 전과정 영향평가(Life Cycle Impact Assessment) 단계를 거쳐 목록분석을 통해 도출된 배출물 및 고갈 자원에 의한 환경영향을 평가함

○ 생애주기 단계별 전과정 목록분석 방법

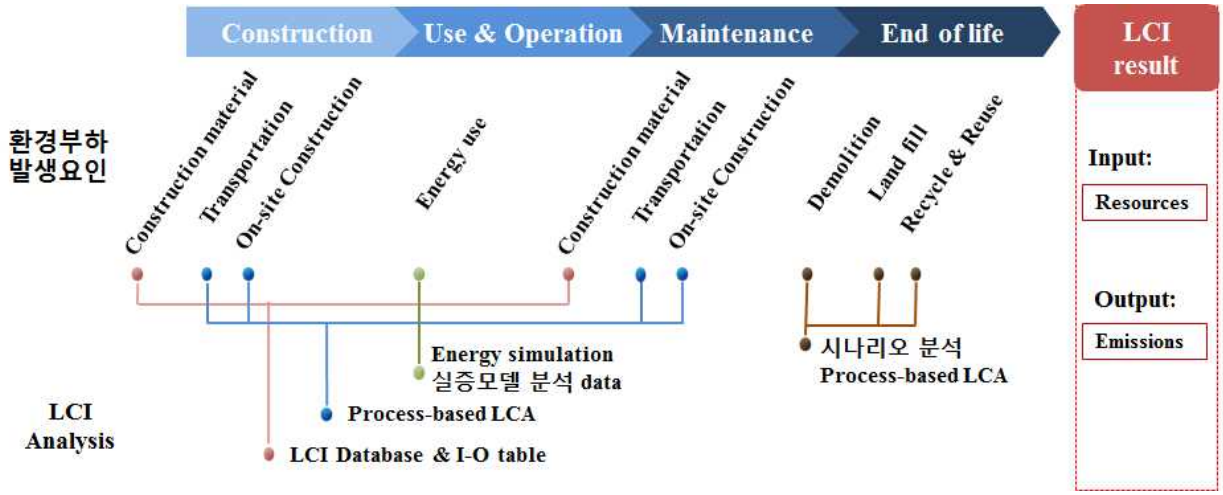


그림 2-189 단계별 LCI 분석방법

○ 시공단계(Construction Phase)

• 시공단계를 건축재료 (material), 운송 (transportation), 현장시공(on-site construction)으로 나누어 아래의 수식 (1)-(5)에 따라 분석. 특히, 운송단계 및 시공단계는 사용되는 연료(예: 경유 등)의 양을 기준으로 산출

$$Substance_m = m_i \times LCI_i \quad (1)$$

$$Substance_T = Q_T \times LCI_{dp} + Q_T \times LCI_{dc} \quad (2)$$

$$Substance_C = Q_C \times LCI_{dp} + Q_C \times LCI_{dc} \quad (3)$$

$$Q_T = 2\left(\frac{m_i}{C} \times \frac{D}{FE}\right) \quad (4)$$

$$Q_C = \frac{m_i}{E} \times FC \quad (5)$$

$Substance_{M,T,C}$: 자재, 운송, 시공단계에서 발생하는 환경오염물질의 양; m_i: 건설자재 (i)의 물량; LCI_i: 건설자재 (i)의 인벤토리; LCI_{dp}: 경유 생산과정에 대한 인벤토리; LCI_{dc}: 경유 사용과정에 대한 인벤토리; $Q_{T,C}$: 운송, 시공과정에서 사용되는 경유의 양

○ 운용단계(Use & Operation Phase)

- 건축물의 운용단계에서는 냉·난방 과정에서 사용되는 에너지 사용량(예: 전력, 가스, 유류 등)을 통해 전과정 목록분석(LCI 분석)을 수행
- 건축계획단계에서의 냉·난방 부하로 인한 에너지 사용량은 에너지 시뮬레이션 수행을 통한 측정과 기존 유사한 건축물의 에너지 사용량 데이터를 이용하여 산정하여 적용

○ 유지관리단계(Maintenance, Rehabilitation & Repair Phase)

- 건축물의 생애주기 동안 건축물 수선·교체 주기에 따른 건축자재(material)투입량과 자재 운송 과정에서의 연료의 사용량을 고려해야 함. 국내의 경우, 건축물 수선·교체 주기로서 [주택법시행규칙 별표5]에서 제시하고 있는 수선주기 및 수선율을 이용하여, 유지관리단계에서 사용되는 자재의 양을 산출함
- 산출된 자재의 물량을 시공단계에서 제시한 방법에 적용함으로써, 유지관리단계에서의 전과정 목록분석이 가능

○ 해체 및 폐기단계(End of life Phase)

- 해체 및 폐기단계의 프로세스는 [그림 3]과 같이, 해체·운반·처리단계로 구분되며, 각 과정에서의 환경영향은 장비사용 및 운송과정에서의 연료의 사용량과 폐기물 분류과정에서의 전력사용량으로 인해 발생함.
- 폐기물의 이동 경로에 따라, 현장·중간처리장·재활용·매립지로 구분되며, 각 단계에서는 폐건자재의 재활용량이 고려됨. (폐콘크리트: 70% 재활용, 철근/금속량: 100% 재활용, 혼합폐기물 100% 매립)
- 건설표준품셈을 이용하여 폐기물 별 발생비율 산정.
- 건축 내역서를 통해 폐콘크리트류로 분류되는 자재(콘크리트, 벽돌, 잡석 등)의 물량을 산정하며, 이때 폐기물 밀도는 환경부 예규 제249에서 정하고 있는 1.6 ton/m3을 적용함.
- 폐기물별 발생비율에 따라, 금속/철재량과 혼합폐기물량을 산정.
- 폐콘크리트와 금속/철재량은 부피증가율 1.5배 적용 (건설표준품셈 기준).

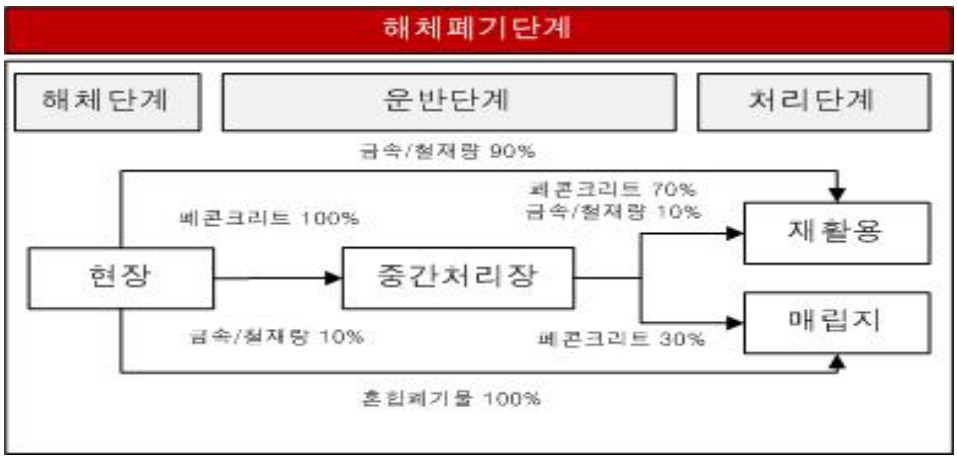


그림 2-190 해체·폐기단계 프로세스

표 2-43 폐기물 발생 비율

구분			콘크리트류	금속 및 철재류	혼합폐기물
해체 건축 공사	주거용	단독주택	84.88%	2.89%	12.23%
		아파트	87.19%	3.40%	9.41%
	업무용	철근콘크리트조	87.74%	4.30%	7.96%
		철골조	83.14%	4.88%	11.98%
		철골철근콘크리트조	85.71%	6.36%	7.92%
	공공용	철근콘크리트조	88.39%	4.20%	7.40%
		철골조	84.41%	4.95%	10.63%
		철골철근콘크리트조	85.45%	7.40%	7.16%

○ 전과정 영향평가(Life Cycle Impact Assessment)

• [표]의 기준과 수식을 이용하여, LCI 분석 결과를 “환경영향 범주”에 따라 분배함으로써, 각 평가항목 별 환경영향 정도를 평가

표 2-44 평가 범주별 환경영향 평가 기준 및 방법

환경영향범주	평가기준	환경영향평가
지구온난화 (Global warming)	IPCC 2006	$GWP(CO_{2eq}) = \sum_i (m_i \times GWP_i)$
오존층파괴 (Ozone layer depletion)	WMO (2006)	$ODP(CFC-11_{eq}) = \sum_i (m_i \times ODP_i)$
자원고갈 (Abiotic depletion)	Guinee et al.(2001)	$ADP(kg-CO_{2eq}) = \sum_i (m_i \times ADP_i)$
산성화 (Acidification)	CML 2001, Hauschild & Wenzel (1998)	$AP(SO_{2eq}) = \sum_i (m_i \times AP_i)$
부영양화 (Eutrophication)	CML 2001, Heigungs et al.(1992)	$EP(PO_4^{3-_{eq}}) = \sum_i (m_i \times EP_i)$
광화학산화 (Photochemical Oxidation)	Jenkin & Hayman (1999), Derwent et al.(1998)	$POCP(ethylene_{eq}) = \sum_i (m_i \times POCP_i)$

(3) 적용방안 및 향후내용

○ 분석을 통해 도출된 결과를 바탕으로, 녹색건축물의 통합적 가치 평가 프로그램의 범위 및 개발 방향을 설정함

○ 본 연구를 통해 도출된 환경영향 평가방법(데이터베이스 및 평가알고리즘)은 건축물 생애주기의 환경영향 및 비용을 통합적으로 평가할 수 있는 통합가치평가방법(Integrated Value Assessment System)에서 환경성 측면에서의 평가모듈을 개발하는데 핵심 기술로 활용됨

나. 건축물의 생애주기 환경비용 평가 방법 개발

(1) 연구내용

(가) 국내외 환경영향을 비용으로 제시하는 평가방법 검토

- 분석대상EPS 2000 (스웨덴)
- Eco-indicator 99 (네델란드)
- LIME (일본)
- KOLID (대한민국)

○ 분석 내용

- 기존 방법들의 평가대상, 평가범위, 평가방법 및 주요 특징 분석
- 대한민국의 환경조건 및 건축물에 적합한, 최적 방법론 선정

(나) 건축물 환경비용 평가방법 제시

○ 분석 내용

- 대한민국의 환경조건의 반영여부 검토
- 건축물의 생애주기 환경영향을 비용으로 변환하는데 적합 여부 검토
- 이를 기반으로, 건축물의 생애주기 환경영향을 경제적 비용으로 변환하여 제시하는 방법 제시

(2) 분석결과 및 결론

(가) 국내외 환경영향을 비용으로 제시하는 평가방법 검토

표 2-45 환경영향을 비용으로 제시하는 방법론별 특징

구분	EPS 2000	Eco-indicator 99	LIME	KOLID
개발국가	스웨덴	네덜란드	일본	한국
개발기관	CML	Pre	JEMAI	KEITI
보호대상	인체건강, 생태계의 생산능력, 비생물자원, 생물다양성	인체건강, 자원, 생태계의 질	인체건강, 사회자원, 생물다양성, 1차생산	인체건강, 사회자산, 생물다양성, 1차생산
통합화 방법론	시장가치 있는 부분: 시장금액 시장가치 없는 부분: 조건부가치측정법	패널 데이터 분석	컨조인트 분석, 계층분석법	컨조인트 분석
조사 대상국가	OECD 국가53	스위스	일본	한국

- 건축물의 환경영향 평가방법은 문제지향 접근법 (Midpoint approach)과 손실지향접근법 (Endpoint approach)으로 구분됨. 전자는 환경영향범주별 특성화계수를 이용하여 환경에 미치는 영향을 정량적으로 평가하는 방법이고, 후자는 환경영향으로 인해 발생하는 손실을 보호대상별로 산정하고, 보호대상간의 가중치를 적용하여 단일 지표로 제시하는 방법

임 문제지향접근법은 건축물의 환경영향 평가모델에 적용되었으며, 손실지향접근법은 건축물의 환경비용 평가방법에 적용하여 환경영향을 비용으로 변환하에 제시하고자 함

- 이를 위해, EPS 2000, Eco-indicator 99, LIME, KOLID 방법론을 검토하였으며, 국내 상황에 맞게 개발된 KOLID 방법론을 건축물 환경비용 평가방법을 위한 방법론으로 적용하였음. 각 방법론에 대한 내용은 아래 [표]와 같음

(나) 건축물 환경비용 평가방법 제시

- 건축물 환경비용 평가방법은 LCIA(Lice cycle impact assessment) 방법론중 KOLID를 이용하여 건축물에 의해 발생하는 환경영향(Environmental Impacts)을 금액으로 제시함
- 본 연구에서는 건축물의 생애주기를 시공단계(construction phase), 사용단계(usage phase), 폐기단계(disposal phase)로 구분하고, 각 단계에서 사용되는 연료로부터 발생하는 환경비용을 평가는 방법을 제시함
- 아래의 [그림]에서 보는바와 같이, 환경비용 평가방법은 2단계로 진행됨

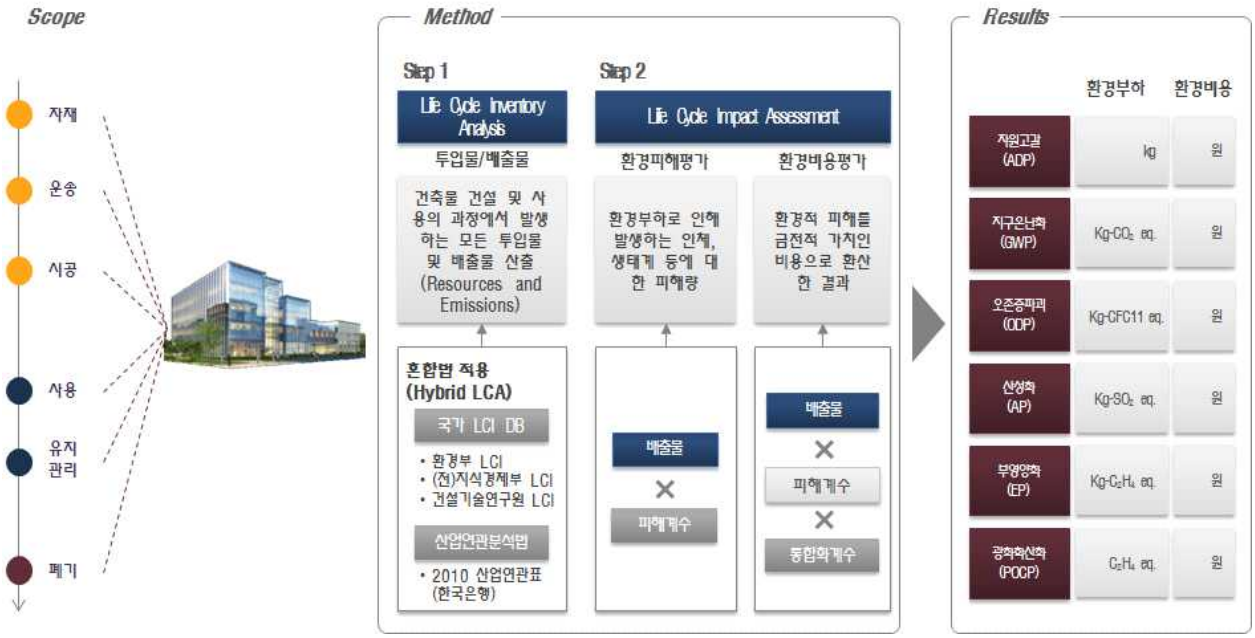


그림 2-191 건축물의 환경영향 평가방법의 구성

① 전과정 인벤토리 분석 (Life Cycle Inventory Analysis)

Ⓐ 시공단계(Construction phase) 연료 소비량 산출

- 자재생산(material manufacturing) 단계에서는 식 (1)과 같이 산업연관분석법(I-O LCA)을 이용하여, 자재생산과정에 사용되는 에너지 소비량을 산출함. 이를 위해, 한국은행에서 발행한 산업연관분석표(input-output table)의 생산유발계수가 사용됨

$$QE_k = \sum_j \frac{C_j \times LM_{jk}}{UP_k} \quad (1)$$

QEk: 에너지원(k)의 소비량, Cj: 건축자재(j)에 대한 비용, LMj,k: 건축자재(j)에 대해 산

업연관표에서 제시하는 에너지원(k)에 대한 생산유발계수, UPk: 에너지원(k)에 대한 단가

- 자재운송(material transportation) 단계에서는 식 (2)를 이용하여, 운송장비에 의해 사용되는 연료의 양을 산출함

$$QE_k = 2\sum_{m=1}\sum_{j=1}(QM_j \times TD_{j,m} \times FC_{j,m,k}) \quad (2)$$

QEk: 에너지원(k)의 소비량, QMj: 건축자재(j)의 물량, TDj,m: 건축자재(j)에 대한 운송장비(m)의 운송거리, FCj,m,k: 운송자재(m)이 단위 물량의 건축자재(j)를 1km 운송하기 위하여 사용하는 연료(k)의 양

- 현장시공(On-site construction) 단계에서는 식 (3)을 이용하여, 시공 장비에 의해 사용되는 연료의 양을 산출함

$$QE_k = 2\sum_{n=1}\sum_{j=1}(\frac{QM_j}{AWD_{j,n}} \times FC_{j,n,k}) \quad (3)$$

QEk: 에너지원(k)의 소비량, QMj: 건축자재(j)의 물량, AWDj,n: 시공장비(n)의 건축자재(j)에 대한 단위시간당 작업량, FCj,n,k: 건축자재(j)에 대한 작업을 진행하는 시공장비(n)을 단위시간 동안 사용하기 위해 요구되는 연료(k)의 양

Ⓑ 사용단계(Usage phase) 연료 소비량 산출

- 사용단계에서는 식 (4)와 같이, 에너지 시뮬레이션의 결과 또는 평균 에너지소비량 데이터에 건축물 수명을 적용함으로써, 생애주기 동안의 연료소비량을 산출함

$$QE_k = QAE_k \times Service\,Life\,of\,Building \quad (4)$$

QEk: 에너지 시뮬레이션 또는 에너지 소비량 데이터를 이용하여 산출된 사용단계에서 소비되는 에너지원(k)의 총 소비량, QAEk: 건축물의 사용단계에서 소비되는 에너지원(k)에 대한 연간 에너지 소비량

Ⓒ 폐기단계(Disposal phase) 연료 소비량 산출

- 식 (5)와 식 (6)을 이용하여, 폐기물의 운송, 중간처리, 매립과정에서 소비되는 연료의 양을 산출함

$$QE_k = QWM_j \times TD_{j,m} \times FC_{j,m,k} \quad (5)$$

$$QE_k = QWM_j \times FC_{j,n,k} \quad (6)$$

QEk: 에너지원(k)의 소비량, QWMj: 각 단계별 발생하는 폐기물(j)의 양, FCj,m,k: 운송장비(m)이 폐기물(j)의 단위 물량을 1km 운송하기 위하여 사용하는 연료(k)의 양, TDj,m: 폐기물(j)에 대한 운송장비(m)의 운송거리, FCj,n,k: 폐기물(j)의 처리를 위하여 사용되는 장비(n)이 단위 물량 작업 시 사용하는 연료(k)의 양

Ⓓ 건축물 생애주기 동안의 배출물(emission) 산정

- 연료의 생산 및 연소과정에서는 환경에 영향을 주는 배출물(emission)이 발생됨. 건축물로부터 발생하는 환경비용을 산출하기 위해서는, 연료의 생산 및 연소과정에서 발생하는 배출물이 산출되어야 하며, 이때 식 (7)이 이용됨

$$Load_i = \sum_k (QE_k \times EEP_{i,k} \times QE_k \times EEC_{i,k} \quad (7)$$

Loadi: 에너지원(k)의 생산 및 연소과정에서 배출되는 배출물질(i)의 양, QEk: 에너지원(k)의 소비량, EEPi,k: 에너지원(k)의 생산과정에서 배출되는 배출물(i)의 양, EECi,k: 에너지원(k)의 연소과정에서 배출되는 배출물(i)의 양

② 환경비용 평가

- 각 단계별 세부 내용은 아래와 같음

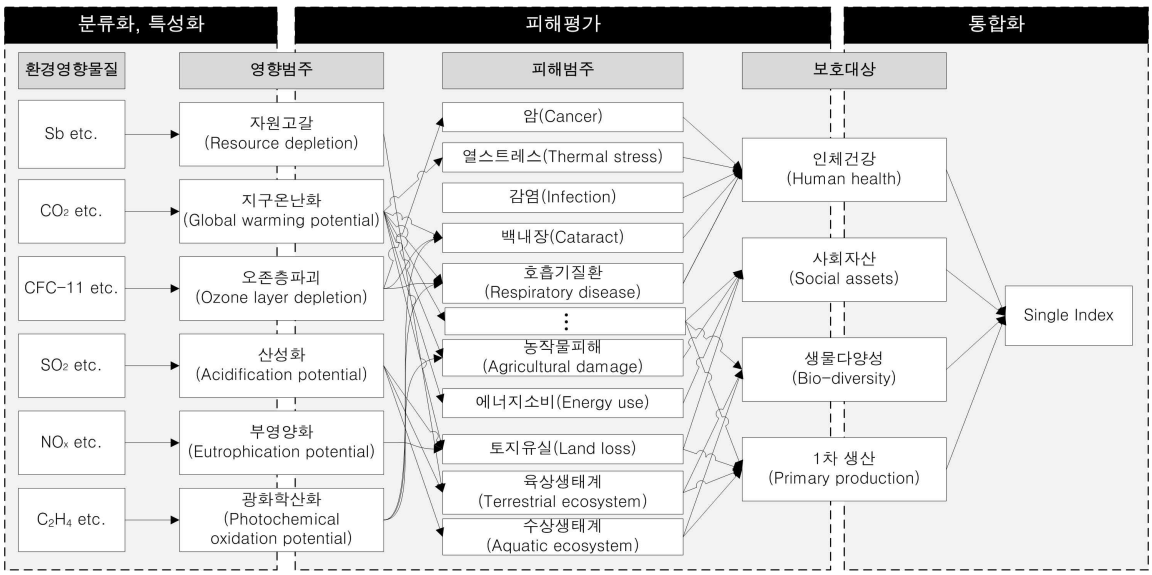


그림 2-192 건축물 환경영향 평가 방법론

- 본 연구에서는 건축물의 환경영향을 단일지수인 환경비용으로 통합하기 위해, KOLID 방법론에서 정의하고 있는 보호대상과 통합화계수를 적용하였음. 위의 [그림]에서 보는바와 같이, 건축물 환경비용 평가는 크게 3단계(분류화·특성화 단계, 환경피해 평가단계, 환경피해 통합화단계)로 구성됨. · '분류화·특성화 단계'는 환경영향 평가방법을 이용하며, '피해평가' 및 '통합화 단계'에 KOLID의 결과를 적용함
- KOLID는 건축물 생애주기동안의 배출물질(emission)이 4가지 보호대상(인체건강, 사회자산, 생물다양성, 1차생산)에 미치는 피해(damage)의 크기를 피해계수(Damage Factor; DF)로 제시하고 있음

Ⓐ 환경피해 평가

- 본 단계는 환경영향으로 인한 환경피해를 4가지의 피해범주(인체건강, 사회자산, 생물다양성, 1차생산)로 정량화하여 제시하는 단계임. 보호대상별 피해지수(Damage Indicator;

DI)를 산정하는 과정에서 수식 (8)과 아래의 [표]가 이용됨

- 예를 들어, 건축자재 'A' 생산과정에서 지구온난화에 영향을 미치는 CO2 10kg이 발생할 경우, 지구온난화로부터 인체건강과 사회자산에 미치는 피해지수는 각각 1.23E-06DALY (=1.23E-07 DALY/kg X 10kg), 2.72E+01원(=2.72E+00 원/kg X 10kg)으로 산정됨

$$DI = \sum_{l} DF(l) \times Load(l) \quad (8)$$

DI: 환경피해범주별 피해량, DF(l): 환경영향에 따른 환경피해에 대한 피해계수, Load(l): 인벤토리 분석 결과 산출된 투입 또는 배출물질의 양, l: 투입 또는 배출물질의 종류

표 2-46 영향범주별 피해계수

영향범주	기준물질	인체건강 (DALY/kg)	사회자산 (원/kg)	생물다양성 (EINES/kg)	1차생산 (kg/kg)
자원고갈	Sb	-	1.42E+01	8.90E-14	1.53E-01
지구온난화	CO_2	1.23E-07	2.72E+00	-	-
오존층파괴	CFC-11	1.35E-03	1.30E+03	-	2.79E+02
산성화	SO_2	2.38E-04	5.09E+03	-	2.63E+01
부영양화	PO_4^{3-}	-	2.31E+03	-	-
광화학산화	C_2H_4	3.22E-05	8.23E+02	-	2.64E+01

Note: DALY(Disability Adjusted LIfe Year; 장애보정 생존년수), EINES(Expected Increase in Number of Extinct Species; 멸종종수 증가분 기대치)

Ⓑ 환경피해 통합화

- 본 단계는 아래 [표]에서 제시하는 보호대상 피해지표별 통합화계수와 식 (9)를 이용하여, 건축물의 환경영향을 단일지수(경제적 가치)로 제시하는 단계임.
- 예를 들어, 인체건강과 사회자산에 대한 피해지수가 각각 1.23E-06DALY, 2.72E+01원이라면, 이에 대한 환경비용은 6.19E+01원(=(2.82E+07원/DALY X 1.23E-06DALY)+(1원/원 X 2.72E+01원))로 산출됨

$$TI = \sum_{k} DI(k) \times IF(k) \quad (9)$$

TI: 통합화를 통한 모든 환경피해에 대한 환경비용, DI(k): 환경피해범주별 피해량, IF(k): 환경피해범주별 통합화계수, k: 환경피해 범주

표 2-47 환경피해 범주별 통합화계수

보호대상	피해지표	통합화계수(원/unit)
인체건강	1 DALY	2.82E+07
사회자산	1원	1
생물다양성	1 종(species)	5.69E+05
1차생산	1 ton	4.93E+04

(3) 적용방안 및 향후내용

- 분석을 통해 도출된 결과를 바탕으로, 녹색건축물의 통합적 가치 평가 프로그램의 범위 및 개발 방향을 설정함
- 본 연구를 통해 도출된 환경비용 평가방법(데이터베이스 및 평가알고리즘)은 녹색건축물 통합가치평가방법 (Integrated Value Assessment System)이 건축물 생애주기의 환경영향과 경제적 비용을 통합적으로 평가할 수 있도록 하는 기능을 구현할 수 있도록 하는 핵심 기술로 활용됨

다. 녹색건축물의 환경적 가치향상 평가방법 개발

(1) 연구내용

○ 건축물에 대한 환경영향 및 환경비용 평가결과는 개별 건축물에 대한 환경적 성능만을 보여줄 뿐 기존 건축물에 비해 개선된 정도를 보여주지 못함. 환경영향 저감에 따른 녹색건축물의 가치를 제시하기 위해서는, 기존 건축물의 환경영향 및 환경비용과 비교할 수 있는 타당한 방법의 개발이 요구됨

○ 이를 위해, 사례기반추론(case based reasoning; CBR)과 LCA 방법론을 이용하여, 신축녹색건축물의 환경적 가치 평가모델을 개발.

○ 본 연구에서는 녹색건축물의 환경적 가치향상 평가방법의 타당성을 검토하기 위하여, 우선 “초등학교 교육 시설물” 데이터를 활용하영 평가방법을 제시

(2) 분석결과 및 결론

○ 녹색건축물의 환경적 가치향상 평가방법

○ 평가방법은 아래의 [그림]과 같이 3단계 (유사 건축물 추출, 환경영향 및 환경비용 평가, 비교)로 구성됨.

(가) Step 1: 평가 대상에 대한 유사 건축물 추출

① 의사결정나무(decision tree; DT)를 이용한 사례베이스 형성

○ 평가를 위한 첫 번째 단계에서 유사 건축물을 추출하기 위해서는 기존 건축물 데이터로 구성된, 건축물 특성정보(속성)를 포함하는 사례베이스가 구축되어야 함.

○ 의사결정나무 방법론은 전체 데이터를 몇 개의 소집단으로 형성시켜, 유사건축물 추출 성능을 향상시킬 수 있기 때문에, 본 연구에서 제시하는 방법은 DT를 적용하여 소집단으로 구분된 사례베이스를 구축하도록 함

② 유사 건축물 추출

○ 분석대상 건축물과의 유사 건축물 추출에는 사례기반추론(Case based reasoning; CBR)이 이용되며, CBR의 유사 건축물 추출 성능을 향상시키기 위하여 유전자알고리즘(genetic algorithm; GA)을 통합하여 적용하였음



그림 2-193 환경적 가치 평가방법의 구성

ⓐ 속성유사도 산출

○ 유사 건축물을 추출하기 위해서는, 사례 건축물의 각 속성에 대한 비교를 통해 유사도가 산출되어야 함

○ 속성유형 간격척도(interval scale), 비율척도(ratio scale), 서열척도(ordinal scale)인 경우, 식 (1)을 이용하여 산출하며, 속성유형이 명목척도(nominal scale)인 경우, 변수의 일치여부에 따라 각 100, 0으로 산정함

$$AS_i = 100 - \left(\frac{AV_{test\_case} - AV_{retrieved\_case}}{AV_{test\_case}}\right) \times 100 \quad (1)$$

AS_i : 속성(i)에 대한 속성유사도, $AV_{test-case}$: 분석 대상사례의 속성값, $AV_{retrieved\_case}$: 비교사례의 속성값

ⓑ 속성가중치 산출

○ 속성가중치를 산정하기 위해서는 피쳐카운팅(feature counting; FC), 다중회귀분석(multiple regression analysis; MRA), 유전자알고리즘(genetic algorithm; GA) 등의 방법을 적용할 수 있으나, 본 연구에서는 수집된 데이터를 바탕으로 각 방법을 적용한 CBR 모델의 유사사례 추출성능에 대한 비교를 통해, 가장 우수한 유사사례 추출 성능을 제시한 유전자알고리즘에 의한 속성가중치를 제시하였음.

ⓒ 사례유사도 산출

○ 유사 건축물의 추출을 위해서는 식 (2)와 같이 속성유사도와 속성가중치를 이용하여 사례유사도(case similarity; CS)를 산출해야 함

○ 본 연구에서는 유사 건축물 추출 성능의 향상을 위하여, 산출된 사례유사도가 최소사례유사도(minimum case similarity; MCS) 기준을 초과하는 경우만을 유사사례로 선정할 수 있도록 하였으며, 이 때 MCS는 유전자알고리즘을 이용한 최적화 과정을 통해 산정됨

$$CS = \frac{\sum_{i=1}(AS_i \times AW_i)}{\sum_{i=1} AW_i}, \text{if } CS > MCS \quad (2)$$

CS: 사례유사도, AS_i: 속성(i)에 대한 속성유사도, AW_i: 속성(i)에 대한 속성가중치, MCS: 최소사례유사도

ⓓ 속성가중치 및 최소사례유사도 산정을 위한 유전자알고리즘을 이용한 최적화

○ 본 연구에서는 유전자알고리즘을 이용한 최적화 과정을 통해, 사례기반추론 모델의 유사 건축물 추출 성능이 최대가 될 수 있도록 속성가중치와 최소사례유사도를 산정함

○ 이 때, 식 (3)을 이용하여 산출되는 표준오차율이 최소가 되도록 최적화 과정은 진행됨

$$SER = \frac{\sum_{j=1}^{n} \frac{\sqrt{(VTV_{test\_case} - VTV_j)^2}}{VTV_{test\_case}}}{n} \times 100 \quad (3)$$

SER: 표준오차율 , $VTV_{test-case}$: 분석대상 사례의 목표변수 값 VTV_j: 사례베이스에 포함된 비교사례(j)의 목표변수 값, n: 사례의 수

③ 평가대상 건축물의 비교 기준 건축물 생성

○ 사례기반추론을 통해 추출된 유사 건축물이 포함하는 에너지사용량 데이터와 자재사용량 데이터를 바탕으로, 식 (4)에 적용함으로써, 평가대상 건축물과의 비교를 위한 기준사례 데이터를 생성함

$$S_l = \left(\frac{\sum_j Q_{j,l} \times CS_j}{\sum_j CS_j}\right) \quad (4)$$

S_l: 기준 건축물에 대한 자재 또는 에너지 (l)의 소비량 데이터, $Q_{j,l}$: 추출된 유사사례(j)에 대한 자재 또는 에너지 (l)의 물량데이터, CS_j: 추출된 유사사례 (j)의 사례유사도

(나) Step 2: 환경영향 및 환경비용 평가

○ Step 2에서는 평가 대상 건축물(녹색건축물)과 CBR을 통해 생성된 기준 건축물에 대한 환경영향 및 환경비용을 평가함

○ 환경영향 평가는 1차년도에 개발된 결과가 활용되고, 환경비용 평가는 2차년도에 개발된 “환경비용 평가모델”이 활용되어 수행됨

(다) Step 3: 환경영향 평가 결과의 비교·분석

○ Step 3에서는 앞선 단계에서 산출된 평가대상 건축물과 기준 건축물의 환경영향 및 환경비용을 비교함으로써, 평가대상 건축물(녹색건축물)의 환경적 가치를 평가함

○ 예를 들어, 녹색건축물과 기준 건축물의 환경비용이 각각 5,000만원과 6,000만원으로 산출되었다면, 녹색건축물은 1,000만원의 환경적 가치를 가지는 것으로 분석될 수 있음

(3) 적용방안 및 향후내용

○ 본 연구를 통해 도출된 방법 및 기준은 개별 건축물의 절대적인 환경성능(환경영향) 평가결과를 상대적인 환경성능으로 파악할 수 있도록 지원함.

○ 개발된 기술은 환경영향 및 환경비용 측면에서 절대량을 제시하는 IVAS 시스템의 기능범위에서 기준 대비 어느 정도의 환경적 영향을 미치는지를 상대적으로 보여주는 기능까지 확장하는데 핵심기술로 활용될 수 있음. 또한, 향후 녹색건축물 인증제에서 등급을 결정하는 데에 활용 가능함.

라. 건축물 시공특성에 의한 지역적 환경영향 (Local Environmental Impact) 평가방법 개발

(1) 연구내용

○ 건축물의 시공과정에서는 배출물 및 오염물질 등으로 인한 지구환경에 대한 영향뿐만 아니라, 현장시공이라는 특징으로 인하여 현장 주변지역에 환경 분쟁을 야기하는 여러 환경문제를 야기함

○ 건축물의 생애주기 동안 야기되는 환경영향은 완전하게 파악하기 위해서는, 지구적인 환경영향과 함께 지역적 환경영향에 대한 파악이 요구됨

○ LCA 방법론 기반의 건축물 환경영향 평가 관련 연구는 이러한 지역적 환경영향을 고려하지 않기 때문에, 본 연구에서는 건축물의 시공과정에서 발생하는 지역적 환경영향을 사전에 예측/평가할 수 있는 방법을 제시하고자 하였음

○ 다양한 지역적 환경영향 중, 아래의 항목 고려

- 소음 (Noise)
- 진동 (Vibration)

(2) 분석결과 및 결론

(가) 지역적 환경영향 범주 및 평가범위 정의

○ 중앙환경분쟁위원회에서 제공하는 환경분쟁조정사례집(2002년에서부터 2012년까지의 자료, 150건)에 대한 분석을 통해, 건설현장에서 발생하는 주요 환경영향을 소음, 진동으로 선정

○ 150건의 사례를 공종별로 나누어 확인한 결과, 전체사례의 약 77%가 토공사(약 32%)와 골조공사(약 25%), 철거공사(약 20%)에서 발생하여, 소음 및 진동의 평가 범위를 토공사 및 골조공사로 한정

표 2-48 공종별 소음 및 진동피해 발생비율

단위(%)

기 준	총 합계	토공	골조	철거	기초	발파	파일	토목	마감	기타
소음	100	32.6	24.9	19.1	3.1	4.9	4.0	2.8	3.4	5.2
진동	100	32.6	24.9	19.1	3.1	4.9	4	2.8	3.4	5.2

(나) 설계단계에서의 정보를 이용하는 소음 및 진동 평가 모델

○ 본 연구에서는 설계단계에서 제시되는 정보를 바탕으로, 시공단계에서 발생 될 것으로 예상되는 소음과 진동에 대한 피해 및 피해보상액을 예측하는 모델을 개발하였음. 개발된 모델은 다음과 같은 4단계를 통해 진행되어, 소음 및 진동에 대한 피해 및 피해비용을 제시함

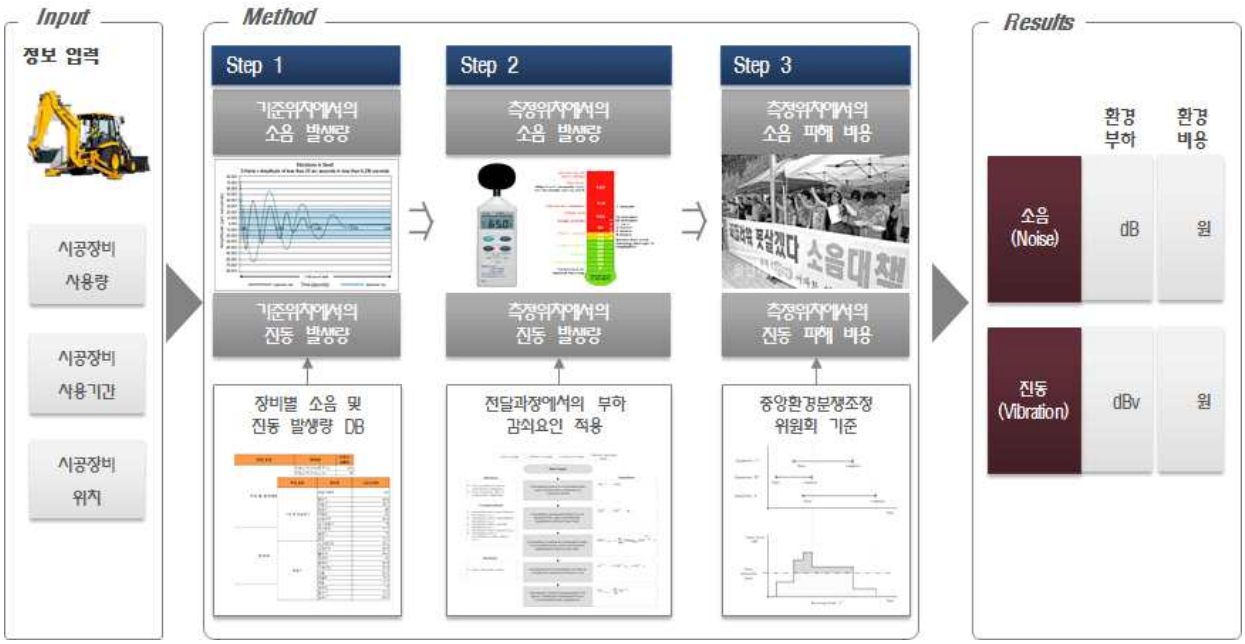


그림 2-194 시공특성에 의한 소음 및 진동 평가모델의 구성

① Step 1: Local Environmental Impacts 발생량 예측

○ 장비 사용 계획을 통해 장비가 사용되는 기간 동안 발생하는 소음과 진동의 크기를 예측함. 이를 위해, 아래의 [표]와 같이 건설 장비별 소음 및 진동 발생량 데이터가 수집되었음

○ 장비의 소음 발생 데이터는 환경부(2007), 중앙환경분쟁조정위원회(2007), Anon(1984), US Environmental Protection Agency(1971), William R. Fuller(1981)의 연구로부터 수집하여, 장비별 기준 소음레벨을 제시

○ 장비의 진동 발생 데이터는 Martin(1980), Wiss(1967), David(1995)의 연구로부터 수집하여, 장비별 기준 진동레벨을 제시

표 2-49 건설 장비별 소음 및 진동 발생량 데이터

장비명		진동(dBv)
굴삭기	75	68
불도저	78	60
로더	80	56
그레이더	77	55

② Step 2-1: 소음 및 진동 감쇠요인 반영

○ 시공현장의 장비사용으로 발생한 소음은 주변 지역으로 전달되는 과정에서 에너지를 잃고 크기가 감소됨. 따라서 공사현장의 특성을 반영한 부하감쇠요인을 정의하고, 식 (1) - 식 (2)를 이용하여, 피해 지역에 전달되는 소음의 크기를 예측함

$$NL_{i,j} = NL_i - \sum NA_{i,j} \quad (1)$$

$$\sum NA_{i,j} = NA_{div} + NA_{atm} + NA_{gro} + NA_{bar} + NA_{ref} \quad (2)$$

$NL_{i,j}$: 장비(i)로부터 receiving node (j)에 전달된 소음 레벨, NL_i: 장비 i의 소음 레벨, NA_{div}: 전달 거리에 따른 소음 감쇠, NA_{atm}: 대기 흡수에 의한 소음 감쇠, NA_{gro}: 지표면 흡수에 따른 소음 감쇠, NA_{bar}: 확산 방지벽에 의한 소음 감쇠, NA_{ref}: 지표면 반사에 따른 소음 감쇠

○ 시공현장의 장비사용으로 발생한 진동 역시 주변 지역으로 전달되는 과정에서 에너지를 잃고 크기가 감소되며, 식 (3) - 식 (4)를 이용하여 피해 지역에 전달되는 진동의 크기 예측

$$VL_{i,j} = VL_i - \sum VA_{i,j} \quad (3)$$

$$\sum VA_{i,j} = VA_\gamma + VA_\alpha \quad (4)$$

$VL_{i,j}$: 장비(i)로부터 receiving node(j)에 전달된 진동 레벨, VL_i: 장비(i)의 기준 진동 레벨, VA_γ: 전달 거리와 진동의 종류에 따른 진동 감쇠, VA_α: 전달 거리와 지반의 종류에 따른 진동 감쇠

③ Step 2-2: 피해 지역에서의 소음 및 진동 발생량 산정

○ 시공현장 주변의 피해 지역에 전달된 소음과 진동의 크기는 각 장비로부터 전달된 에너지가 합성되어 나타남. 식 (5)과 식 (6)을 이용하여, 각 피해 지역에서 발생하는 소음과 진동의 크기를 산정함

$$NL_{com,j} = \sum_i 10\log_{10}(10^{\frac{NL_{i,j}^{rn}}{10}}) \quad (5)$$

$$VL_{com,j} = \sum_i 10\log_{10}(10^{\frac{VL_{i,j}^{rn}}{20}}) \quad (6)$$

$NL_{com,j}$: receiving node (j)에 전달된 소음을 합성한 소음 레벨, $VL_{com,j}$: receiving node (j)에 전달된 진동을 합성한 진동 레벨

④ Step 3: 소음 및 진동 발생량에 대한 환경비용 변환

○ 과도한 소음과 진동은 업무방해, 수면장애, 메스꺼움 등의 정신적, 신체적 피해를 입힘. 국제표준화기구(International standardization organization; ISO)와 각 나라에서는 소음과 진동에 대한 인체의 수인한도를 제시하고 있으며, 이를 피해가 발생하는 기준으로 정의하고 있음

○ 국내에서는 허용 소음과 진동 규제 기준을 초과하였을 경우, 피해 지역에 대한 금전적인 배상을 원칙으로 하고 있으며, 이에 대한 환경피해 보상액 산정기준을 제시하고 있음

○ 따라서 식 (7) - 식 (10)을 이용하여, 현장에서 발생하는 소음 및 진동에 의한 피해는 환경비용으로 변환될 수 있음

$$EC.N_j = f_N(ENL_j, T_{NL_{com,j}}) \tag{7}$$

$$ENL_j = NL_{com,j} - NAL_j \tag{8}$$

$EC.N_j$: receiving node (j)에서의 소음에 의한 환경비용, f_N(ENL, TNL): 초과소음레벨(ENL)과 소음 지속기간(TNL)을 변수로 하여 소음 보상액 산정 기준을 통해 산정한 소음 보상액, ANL_j: receiver node (j)의 용도구역에 따른 허가소음 레벨

$$EC.V_j = f_V(EVL_j, T_{VL_{com,j}}) \tag{9}$$

$$EVL_j = VL_{com,j} - AVL_j \tag{10}$$

$EC.V_j$: receiving node (j)에서의 진동에 의한 환경비용, f_V(EVL, TVL): 진동 보상액 산정 기준으로써 초과진동레벨(EVL), 진동 지속기간(TVL)에 대하여 산정한 진동 보상액, AVL_j: receiver node (j)의 용도구역에 따른 허가 진동 레벨

(3) 적용방안 및 향후내용

○ 본 연구를 통해 도출된 방법은 개별 건축물의 현장시공 과정에서 주변 지역에 미치는 환경영향을 파악할 수 있도록 지원함

○ 개발된 기술은 건축 프로젝트의 특징을 고려하여, 지구 환경에 대한 영향을 평가하는 IVAS 시스템의 기능범위를 시공현장 주변에 직접적으로 미치는 영향을 파악하는 것으로 확장하는데 핵심기술로 활용될 수 있음

○ 본 연구를 통해 개발된 기술은 현장 소음과 진동만을 평가 범위로 하지만, 향후 연구에서는 현장에서 발생하는 비산 먼지 및 폐수 등에 의한 지역적 환경영향을 평가할 수 있는 기술 역시 개발될 필요가 있음

마. 녹색건축물의 환경성과 경제성의 통합적 평가방법 검토

(1) 연구내용

○ 분석대상

- 탄소거래가격
- Eco-efficiency
- EPS 2000 (LCIA 평가방법)

○ 분석 내용

- 환경성(환경영향)과 경제성(비용)을 통합적으로 고려하는 방법 검토
- 사례적용을 통한, 각 방법들의 평가대상, 평가범위 및 주요 특징 분석
- 평가환경 및 조건을 고려하여, 최적의 통합평가방법 제시

(2) 분석결과 및 결론

(가) 환경영향을 경제적 가치로 변환하는 방법 검토

○ 탄소거래가격

- 탄소배출권 거래제(emission trading)는 온실 기체 감축의무가 있는 사업장, 혹은 국가간 배출 권한 거래를 허용하는 제도로, 탄소배출권을 시장에서 거래할 수 있게 하는 제도임
- 이에 따라, 이산화탄소와 같은 온실가스는 탄소배출권거래제도에 의해 경제적 가치를 가지게 되며, 탄소거래가격을 활용하여 이산화탄소 배출량을 금전적 가치로 변환하는 것이 가능함
- 현재 대한민국 정부에서는 “온실가스배출 감축실적 정부구매 및 거래기준”을 통해 탄소거래기준가격으로 12,000원을 제시하였음

○ 2차 평면 다이어그램을 기반으로 하는 Eco-efficiency

- 2차 평면 다이어그램 방법은 평가 대상인 설계안들을 2차 평명 위의 좌표로 나타내어, 가장 경제적이고 환경 친화적인 설계안의 선정이 가능하도록 함
- 일반적으로 경제성과 환경성이 서로 다른 단위로 표현되는 것에서 발생하는 오류를 없애기 위하여 2차 평면 위의 경제성 및 환경성은 정규화된 가치로 제시됨. Hong et al. (2012)에서는 경제성과 환경성의 정규화된 가치로 변환하기 위하여, 수식 (1)-(2)를 제시하였음

$$Economic\ score = (Cost_{alternative} - Cost_{original})/(Cost_{original}) \quad (1)$$

$$Environmental\ score = (CO_{2\ alternative} - CO_{2\ original})/(CO_{2\ original}) \quad (2)$$

- [그림 2-189]에서와 같이, 등효율선에서 가장 멀리 위치한 설계안이 최적으로 선정될 수 있으며, 선분과의 거리 공식에 따라 정량적 평가 결과를 제시하는 것도 가능함. (등효율선은 동일한 효율 성능을 가지는 모든 점의 연결선을 의미함)

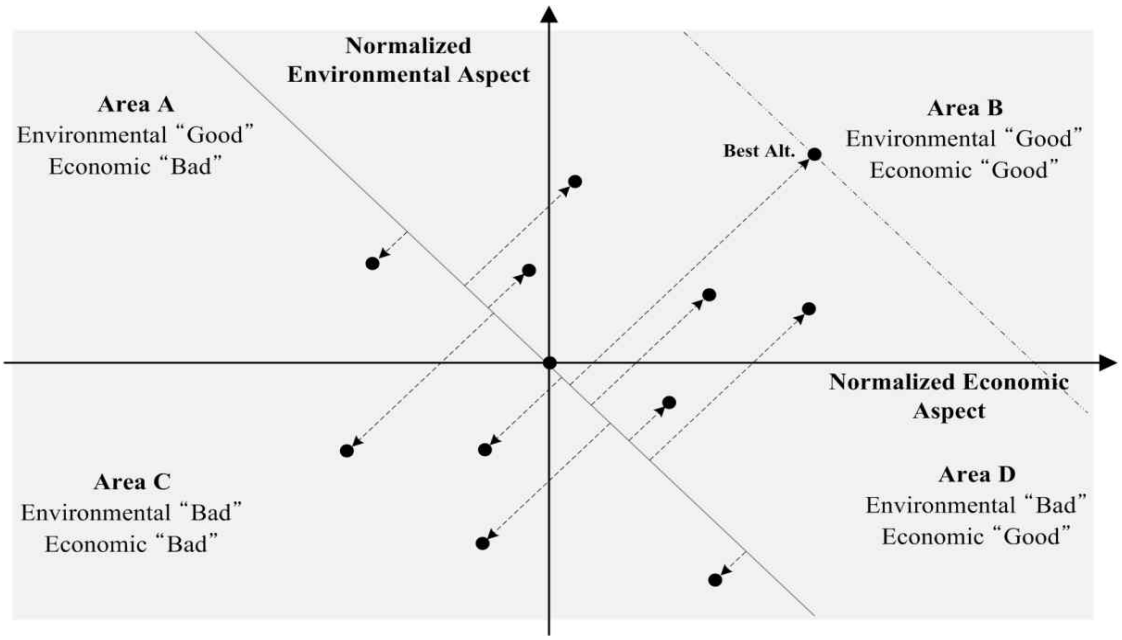


그림 2-195 2차 평면 기반의 Eco-efficiency 산출방법의 개념

○ 통합 환경영향 평가방법 (Environmental Priority Strategy; EPS 2000)

- EPS 2000은 Center for environmental assessment of product and material systems(CPM)에 의해 개발된 LCIA 방법론으로서, CO2와 같은 환경영향 물질들에 의해 야기되는 환경 피해를 경제 가치로 제시함
- EPS 2000에서는 OECD 인구를 대상으로 지불 요의 방법을 이용하여, 환경 피해에 대한 금전적 가치를 얻음. 따라서 EPS 2000을 이용하면 CO2 배출 등의 환경 영향을 비용으로 변환하여 제시하는 것이 가능함

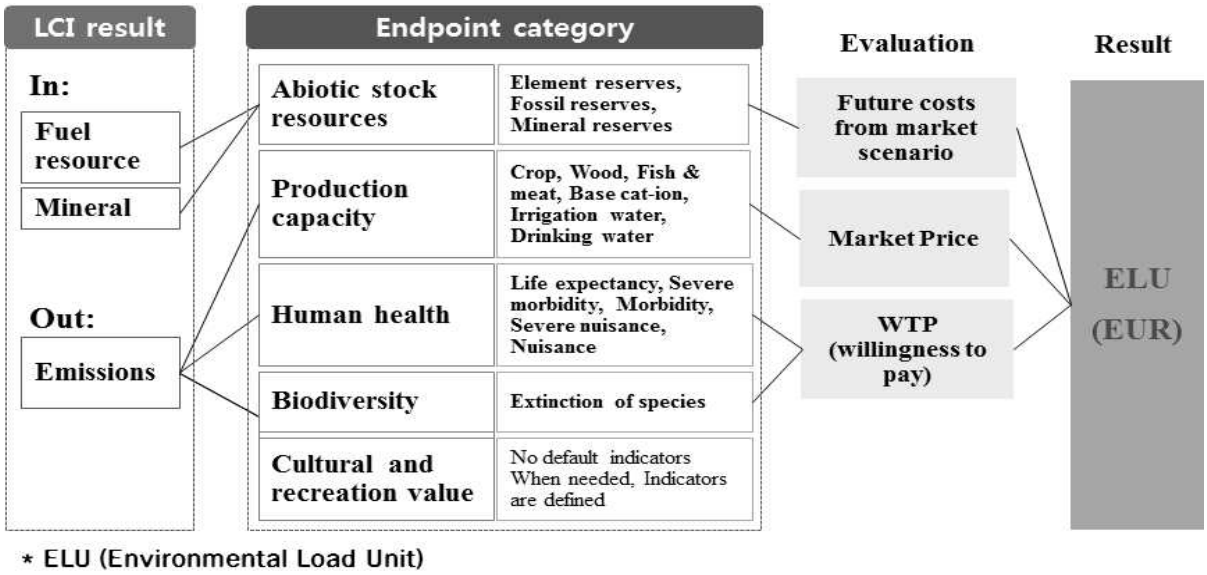


그림 2-196 EPS 2000 시스템의 구성

(나) 변환방법의 적용 가능성 검토

○ 환경영향을 경제적 가치로 변환하는 방법을 모색하기 위하여, 앞서 언급된 3가지 방법론을 하나의 건축물을 위한 설계안에 적용하여, 각각의 방법을 통해 도출된 결과를 비교하였음

① 탄소거래가격

○ 탄소거래가격을 이용하여 CO2 배출량에 의한 환경비용을 평가할 때 현재 대한민국 정부는 이산화탄소의 표준거래가격을 사용함. 이산화탄소의 표준거래가격은 $10.15/ton을 제시되어 있고 이에 따라 CO2배출량에 $10.15/ton을 적용하면, CO2에 의한 환경 비용을 산출 가능함. 탄소거래가격을 이용해 설계안을 평가한 결과는 아래 [표]과 같음

표 2-50 탄소거래가격 적용 결과

설계안	기본비용 ($)	이산화탄소 거래가 적용	
		환경비용 ($)	통합비용 ($)
Original	402,781.63	7,182.08	409,963.70
Alt.1	419,713.31	6,969.37	426,682.68
Alt.2	413,837.98	7,052.25	420,890.23
Alt.3	378,171.87	6,597.47	384,769.34
Alt.4	379,302.93	6,728.17	386,031.11

② 2차 평면 기반의 Eco-efficiency 평가방법

○ 수식 (8)과 (9)를 사용하여 5개 설계안에 대한 환경점수와 경제점수를 산출하고, 2차 평면 표시방법에 따라 5개 설계안에 대한 평가 결과, 아래의 [표]와 같은 결과가 도출됨

○ [표]의 Distance Value는 각 설계안의 환경성 및 경제성을 동시에 고려한 통합점수를 의미하며, 설계안 3과 4가 다른 설계안들에 비해 우수한 것이 확인됨

표 2-51 2차 평명 표시방법의 정량적 평가 결과

설계안	Normalized economic aspect	Normalized environmental aspect	Distance value
Original design	0.0000	0.0000	0.0000
Alternative 1	-4.2037	2.9616	-0.8783
Alternative 2	-2.7450	1.8077	-0.6628
Alternative 3	6.1100	8.1397	10.0760
Alternative 4	5.8291	6.3199	8.5907

③ EPS 2000을 활용한 환경영향의 비용으로의 변환방법

○ 아래의 [표]는 EPS 2000에서 규정하는 CO2 배출량에 의한 각 환경영향 범주별 영향도에 따라, 설계안 1을 평가한 결과를 보여줌. 그리고 [표 8]에 제시된 기준에 따라 5가지 설계안을 평가한 결과, [표 9]의 결과가 도출됨. 즉, 설계안 3이 가장 우수한 것으로 도출됨

표 2-52 설계안 1에 대한 환경비용

Damage category	Impact factor ($/kg-$CO_2$)	CO2 emission (kg-CO_2)	Environmental cost ($)
YOLL	0.083582	686,483	57,377.77
Severe morbidity	0.043772	686,483	30,048.74
Morbidity	0.008122	686,483	5,575.62
Bio-diversity	0.001719	686,483	1,179.82
Production capacity of crop	0.000141	686,483	96.53
Production capacity of wood	-0.002009	686,483	-1,379.01
Total	-	-	92,899.46

Note: YOLL is year of lost life, Exchange rate EUR to USD is 1.24 (2012년 6월 4일 기준)

표 2-53 EPS 2000을 이용한 평가 결과

설계안	일반비용	EPS 2000	
		환경비용	통합비용
Original	402,781.63	95,734.73	498,516.36
Alt.1	419,713.31	92,899.46	512,612.77
Alt.2	413,837.98	94,004.16	507,842.15
Alt.3	378,171.87	87,942.18	466,114.05
Alt.4	379,302.93	89,684.35	468,987.28

④ 환경영향과 비용의 통합적 고려방법에 대한 적용가능성 검토



그림 2-197 3가지 방법론을 통해 도출된 결과 비교

○ 3가지 방법론을 이용하여 설계안을 비교한 결과, 완전히 동일한 결과를 제시하고 있다는 사실이 확인됨

○ 동일한 결과를 제시하는 3 방법론에 의한 결과를 보다 정확하게 비교하기 위하여, 도출된 결과를 상대적 변화율로 수정하여 비교함. 그 결과, [그림]과 같이 3가지 방법론의 결과가 서로 어느 정도의 차이는 존재하지만, 상당히 유사한 형태를 가진다는 사실을 보여줌. 3 방법론들은 각자 다른 측면에서 설계안을 평가함에도 불구하고, 최종적으로 유사한 결과를 제시하고 있다는 것은 동일한 목표를 향한다는 것으로 해석될 수 있음

○ 이는 3가지 방법론의 결과를 통합하여 고려하는 것이 가능하다는 것을 의미함. 또한, EPS 2000을 통해 도출된 결과가 다른 두 가지 평가방법을 통해 도출된 결과와 유사하다는 사실이 확인됨에 따라, EPS 2000을 국내에 적용하는 것이 가능한 것으로 판단됨

(3) 적용방안 및 향후내용

○ 경제성은 다양한 의사결정과정에서 가장 중요한 고려 요소이기 때문에, 프로젝트 계획 및 설계, 시공단계에서 합리적인 대안을 선정하기 위해서는 각 대안의 환경적 성능과 함께 경제적 성능이 반드시 고려되어야 함

○ 분석을 통해 도출된 결과는 경제성 및 환경성을 동시에 고려할 수 있는 3가지 통합 평가방법의 차이점 및 특징을 보여줌

○ 본 연구의 결과는 다양한 의사결정과정에서 합리적인 대안을 선정하는데 핵심 기술로 활용될 수 있음

○ 또한, 본 연구의 결과를 바탕으로, 환경성 및 경제성 측면에서의 절대량을 제시하는 IVAS 시스템의 기능범위에서 통합적으로 고려하는 범위까지 확장시킬 수 있음

2. 녹색건축물 통합가치평가시스템(Integrated Value Assessment System for Green Buildings; IVAS) 개발

가. 녹색건축물 통합가치평가시스템(IVAS) 개발

(1) 연구내용

○ 시스템 개발의 필요성 및 범위 정의

○ 건축물 전과정 세부단계별 데이터베이스 구축

- 자재별, 에너지원별 LCI 데이터 (환경부, 산업자원부, 국토교통부)
- 산업연관표 (한국은행)
- 전력 및 가스에 대한 에너지비용 단가표 (한국전력, 서울도시가스공사)
- 생산자물가지수 (통계청)
- 에너지원별 연소에 따른 배출물 목록

○ 녹색건축물 통합가치평가시스템(IVAS) 개발

- 시스템 User interface 구성
- 엑셀 기반의 녹색건축물 통합가치평가시스템(IVAS) 개
- IVAS 사용자 매뉴얼 작성

(2) 분석결과 및 결론

(가) 시스템 개발의 필요성

○ 건축물 녹색화를 통해 얻을 수 있는 이익(가치)의 명확한 제시 필요

- 지구온난화와 같은 환경문제가 모든 산업에서 반드시 고려되어야 하는 필수 요소로 인식됨에 따라, 건축 산업 역시 환경문제의 해결을 위한 노력을 요구받고 있는 상황. 국내 건축 산업에서는 건축 산업의 발전 및 국제 경쟁력 확보와 더불어 건축물로 인한 환경문제의 저감을 달성하기 위하여, 에너지사용량이나 이산화탄소 배출량 등의 환경영향을 저감할 수 있는 건축물의 녹색화 확산을 해결방안으로서 제시하였음
- 녹색건축물은 기존의 일반 건축물과 비교하여 높은 초기공사비를 필요로 하는 반면, 에너지사용량의 저감을 통해 얻을 수 있는 운영 에너지비의 저감으로 초기공사비의 상승부분을 만회하기까지 지나치게 오랜 시간을 필요로 한다는 인식이 일반화되어 있음. 또한, 환경 분야에 대한 비전문가인 참여주체들은 건축물 녹색화를 통해 얻을 수 있는 환경영향의 저감 효과에 대한 정확한 인지가 불가능함
- 이처럼 “건축물 녹색화에 대한 부정적 인식”과 “건축물 녹색화의 효과에 대한 불명확한

인지"는 건축물 녹색화의 활성화에 부정적으로 작용하기 때문에, 이를 해결하기 위하여 건축물 녹색화로 인해 얻을 수 있는 이익(가치)을 정량적으로 명확하게 제시할 수 있는 평가도구가 요구됨

○ 다양한 환경영향에 대한 평가도구 필요

• 미국과 독일의 친환경 건축물 인증제도인 LEED(Leadership in Energy and Environmental Design)와 BNB(The Assessment System for Sustainable Building for Federal Buildings)는 건축물의 환경적 성능을 명확하게 평가하기 위하여 전과정평가(Life cycle assessment)를 통해 도출되는 환경영향 평가결과를 반영하고 있으며, 영국의 Breeam(Building Research Establishment Environmental Assessment Method) 역시 전과정평가를 반영하는 방향으로 개선 중

· G-SEED(Green Standard for Energy and Environmental Design)로 통합된 국내의 친환경 건축물 인증제도는 에너지사용량과 이산화탄소 배출량만을 고려하지만, 다양한 측면의 환경영향을 반영하도록 개선될 수 있음. 이에 따라, 지구온난화, 오존층파괴, 산성화, 부영양화, 광화학산화, 자원고갈과 같은 다양한 측면에서 건축물의 환경영향을 평가할 수 있는 평가도구가 요구됨



그림 2-198 시스템 개발의 필요성

(나) 녹색건축물 통합가치평가시스템(IVAS) 개발

○ 전과정평가(Life Cycle Assessment; LCA)를 기반으로 건축물의 환경적 성능(환경영향 및 환경비용)에 대한 평가는 물론, 생애주기비용분석 시 환경비용을 통합하여 고려함으로써, 환경성과 경제성을 동시에 평가·고려할 수 있는 프로그램. 이에, 개발되는 시스템의 명칭을 “녹색건축물 통합가치평가시스템 (Integrated Value Assessment System; IVAS)로 명명함

○ 건축 산업 실무에서는 MS office excel을 기반으로 하여 건축물 내역서를 작성하기 때문에, 실무 영역에서의 시스템 활용성을 높이기 위해 MS office excel과 호환될 수 있도록 시스템을 구성하는 것이 요구됨. 이에 따라, 녹색건축물 통합가치평가시스템(IVAS)을 MS office excel 기반의 프로그램으로 개발함

○ 녹색건축물 통합가치평가시스템(IVAS)은 사용자에 의해 입력된 프로젝트 정보를 바탕으로 전과정평가를 진행하여 6가지 환경문제 (지구온난화, 오존층파괴, 산성화, 부영양화, 광화학산화, 자원고갈) 측면에서 건축물의 환경영향을 평가할 수 있는 프로그램

○ 녹색건축물 통합가치평가시스템(IVAS)은 환경영향 평가결과를 6가지 범주별 환경영향지수로 제시할 뿐만 아니라, 환경영향에 의한 피해를 비용으로 제시함으로써, 평가결과에 대한 사용자의 이해를 향상시킨 프로그램

○ 녹색건축물 통합가치평가시스템(IVAS)은 환경영향 평가와 함께 생애주기비용 분석(Life Cycle Cost Analysis)을 동시에 진행할 수 있는 프로그램. 특히, 생애주기비용에 환경비용을 포함함으로써 환경성과 경제성을 통합한 결과를 제시할 수 있는 프로그램

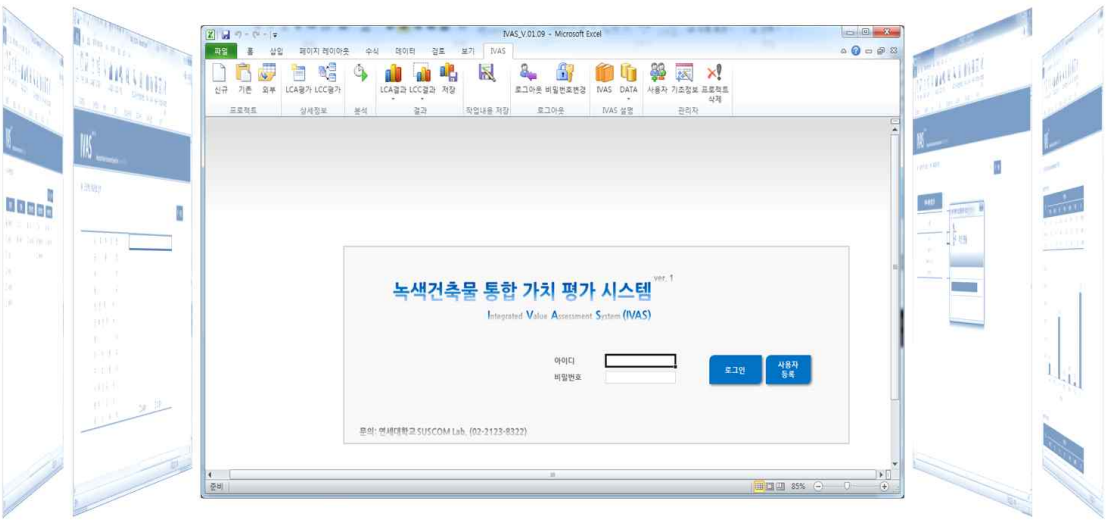


그림 2-199 IVAS 화면 구성

(다) 녹색건축물 통합가치평가시스템 (IVAS)

○ 녹색건축물 통합가치평가시스템 (IVAS) 구성

• IVAS 프로그램은 다음과 같이 다섯 부분으로 구성됨

① 사용자에 의한 데이터 입력부

② 관리자에 의한 시스템 관리부

③ 평가를 위한 데이터 및 사용자 정보, 평가결과를 저장하는 데이터 저장부

④ 건축물의 환경적 성능, 경제적 성능, 통합적 성능을 산출하기 위한 시스템 연산부

⑤ 분석 결과를 제시하는 결과 제시부

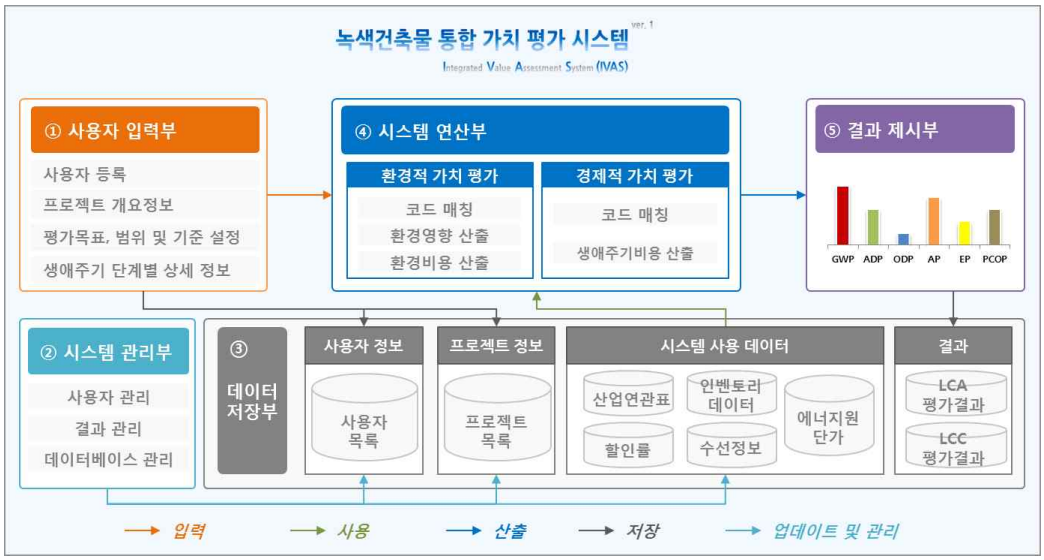


그림 2-200 IVAS 시스템 흐름도

○ 녹색건축물 통합가치평가시스템 (IVAS) 메뉴 구성

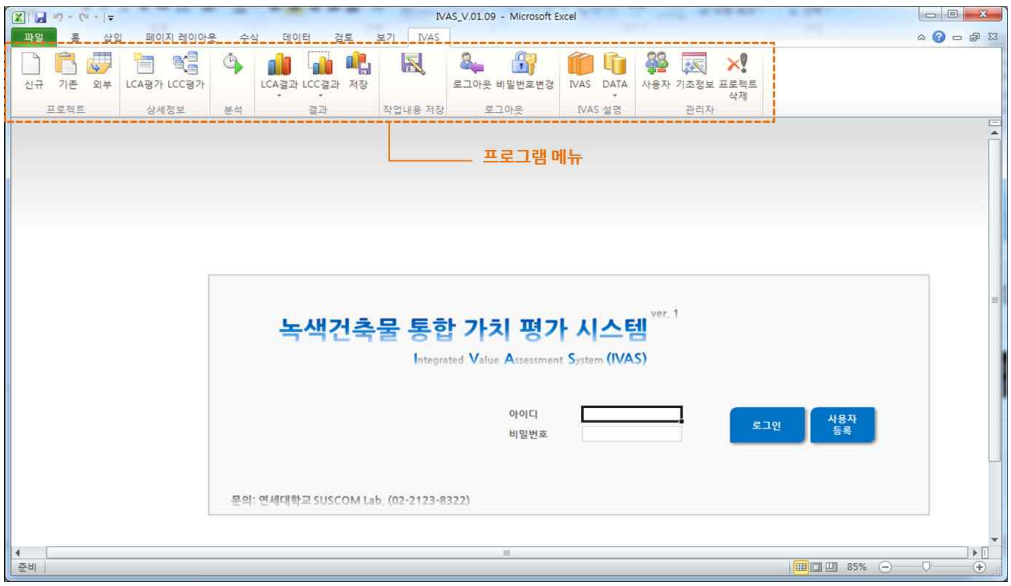


그림 2-201 IVAS 메뉴 구성

- IVAS 프로그램은 Microsoft Office Excel 프로그램의 메뉴에 IVAS 기능을 추가하는 형태로 개발되었으며, 입력부, 관리부, 연산부, 결과 제시부 등의 기능은 모두 메뉴바에 구성된 기능을 선택함으로써 활용할 수 있음
- IVAS 프로그램의 데이터 저장부는 별도의 데이터베이스 저장장치에 저장되며, IVAS 프로그램에서는 IVAS의 개발 버전, 적용된 방법론 및 활용되는 데이터에 관한 정보를 확인할 수 있음

① 사용자 메뉴

- 시스템을 이용하여 건축물에 대한 환경영향 및 환경비용, 생애주기비용을 평가하기 위하여, 사용자에 의해 프로젝트 관련 정보가 입력되는 시스템 부분
- 사용자 메뉴 부분은 크게 프로젝트 등록, 상세정보 입력, 분석, 결과 등의 4개 부분으로 구성

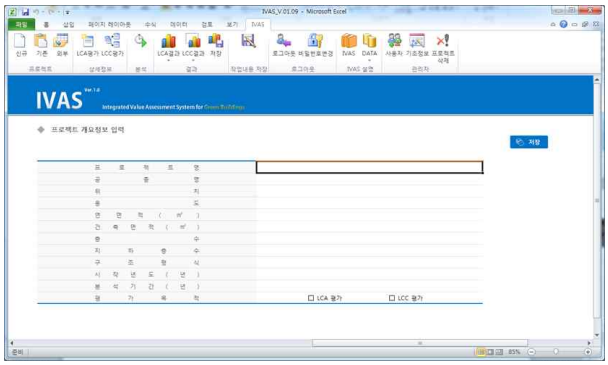
ⓐ 프로젝트 등록

- 평가하고자 하는 대상 프로젝트의 개요정보(프로젝트명, 공종명, 위치, 용도, 연면적, 건축면적, 층수, 지하층수, 구조형식, 시작년도, 분석기간, 평가목적)를 프로그램에 입력하여 신규 프로젝트 생성 (그림 1-1-4의 (a) 참고)
- 사용자는 평가목적에 따라, 전과정평가(환경영향 및 환경비용 평가)나 생애주기비용평가를 선택적으로 실행할 수 있음
- 프로젝트 등록 화면에서는 프로젝트의 신규 등록 뿐만 아니라, DB 서버에 저장된 기존 프로젝트를 불러오거나 엑셀 파일 형태로 저장된 기존 프로젝트 작업파일을 불러와 평가를 실행하는 것이 가능

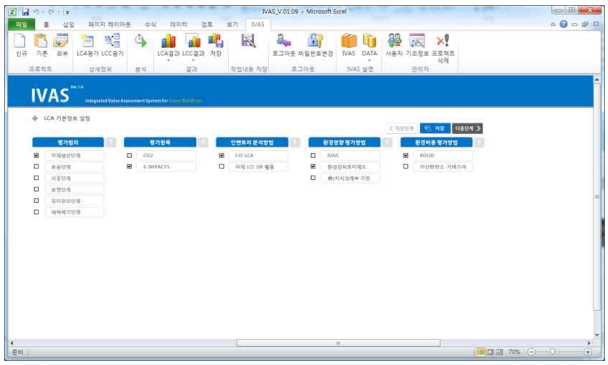
ⓑ 전과정평가를 위한 상세정보 입력

- 기본사항 설정: 사용자는 건축물의 환경영향 및 환경비용을 평가하기 위하여, 평가범위, 평가항목, 인벤토리 분석방법, 환경영향 평가방법, 환경비용 평가방법 등을 설정함. 예를 들어, 전생애주기 동안에 발생하는 지구온난화, 오존층파괴, 산성화, 부영양화, 광화학산화, 자원고갈 등에 따른 환경영향 및 환경비용을 평가하기를 원한다면, 자재생산단계, 운송단계, 시공단계, 운영단계, 유지관리단계, 해체폐기단계를 모두 평가범위로 설정하고 평가항목으로 6 Impacts를 선택함으로써, 목적에 맞는 평가결과를 얻을 수 있음 (그림 1-1-4의 (b) 참고)
- 자재생산단계 정보입력: 시스템에서 제공하는 내역서 템플릿에 입력된 내역정보를 업로드하여 자재 정보를 시스템에 입력하고, LCA 매칭 기준에 따라 각 자재를 구분. 조달청 자재코드가 부여되어 있는 경우에는 자동으로 매칭되고, 없는 경우에는 사용자가 매칭 기준에 따라 구분하여 매칭 (그림 1-1-4의 (c) 참고)
- 운송단계 정보입력: 개요정보에 입력된 연면적을 바탕으로 산출된 운송단계 에너지사용량이 디폴트값으로 입력되어 있으며, 수정을 원하는 경우 에너지 소비량을 직접 입력하거나, 운송물량 및 운송거리 정보를 입력하여 에너지 소비량을 직접 산출

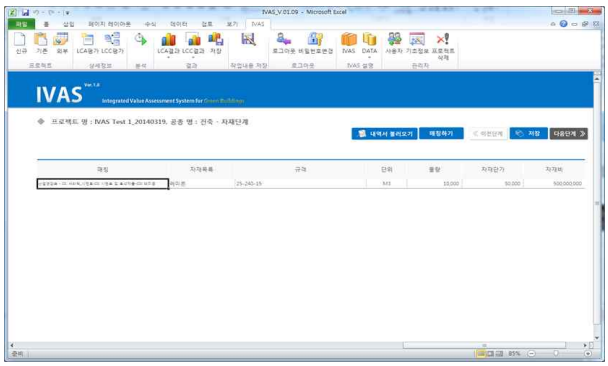
- 시공단계 정보입력: 개요정보에 입력된 연면적을 바탕으로 산출된 시공단계 에너지사용량이 디폴트값으로 입력되어 있으며, 수정을 원하는 경우 에너지 소비량을 직접 입력하거나, 작업물량 및 시공방법 정보를 입력하여 에너지 소비량을 산출 (그림 1-1-4의 (d) 참고)
- 운영단계 정보입력: 에너지 시뮬레이션을 통해 도출된 월별 전기 및 가스사용량을 직접 시스템에 입력하고, 운영단계 에너지 사용량에 의한 비용을 산출하기 위하여 건축물의 위치 및 용도, 전력 요금 기준을 선택
- 유지관리단계 정보입력: 건축자재의 수선주기, 수선율, 교체주기를 설정하여, 건축물 유지관리를 위해 유지관리단계에서 추가로 요구되는 자재 물량 산출 (그림 1-1-4의 (e) 참고)
- 해체폐기단계 정보입력: 시공단계에서 사용된 에너지 소비량을 직접 입력



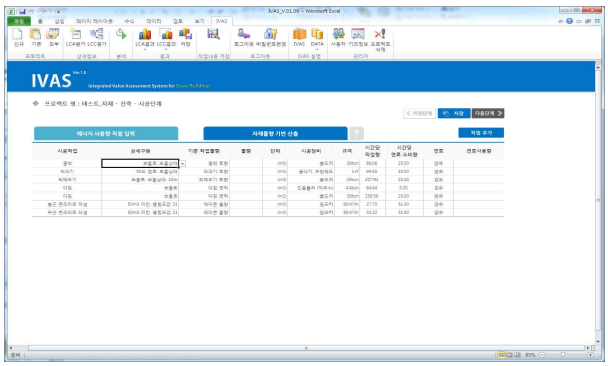
(a) 신규 프로젝트 등록



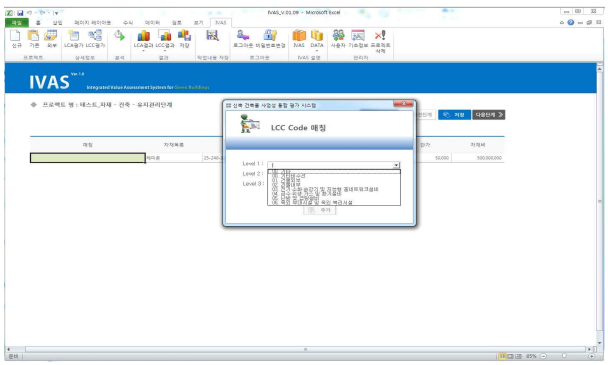
(b) LCA 평가를 위한 기본사항 설정



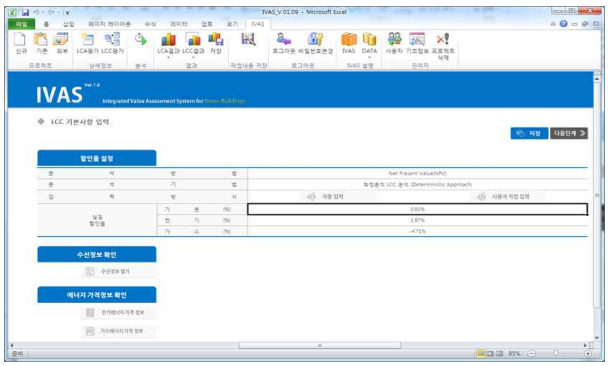
(c) 자재생산단계 내역 정보 입력



(d) 시공단계 정보 입력

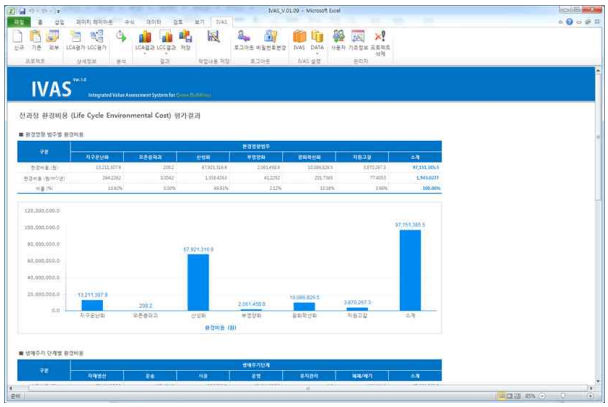


(e) 유지관리단계 정보 입력

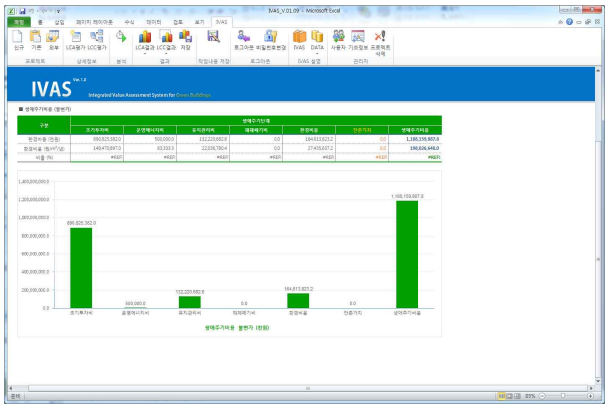


(f) LCC 분석을 위한 기본사항 설정

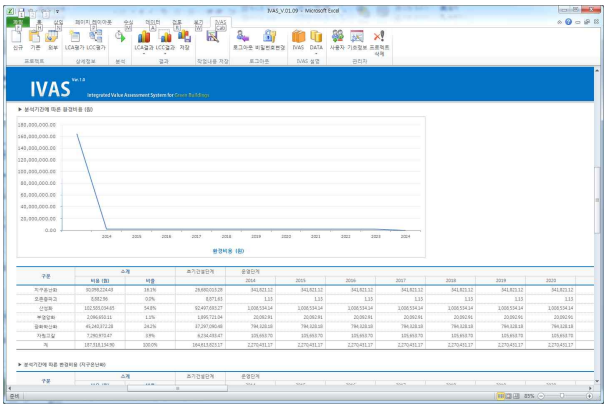
그림 2-202 사용자 입력 메뉴 (예시)



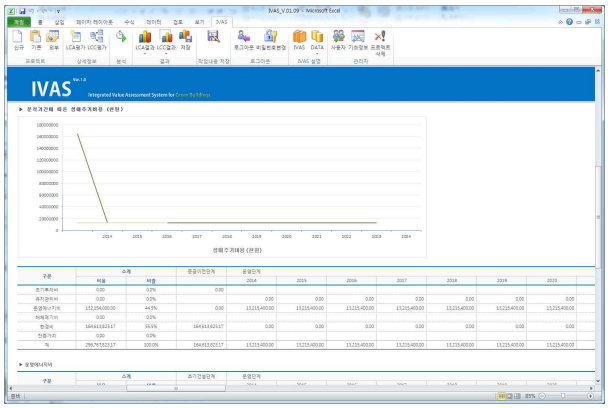
(a) 환경비용 요약 평가결과



(b) 생애주기비용 요약 평가결과



(c) 환경비용 상세 평가결과



(d) 생애주기비용 상세 평가결과

그림 2-203 평가결과 (예시)

ⓒ 생애주기비용분석을 위한 상세정보 입력

- 기본사항 설정: 사용자는 건축물에 대한 생애주기비용 분석을 위한 기본사항으로서 할인율을 입력. 시스템 DB 서버에 수선정보(수선율, 수선주기, 교체주기) 및 에너지가격정보(전기에너지 가격정보, 가스에너지 가격정보)가 입력되어 있으나, 기본사항 설정 화면에서 사용자에 의해 추가 또는 수정이 가능 (그림 1-1-4의 (f) 참고)
- 초기공사비 산출을 위한 정보입력: 시스템에서 제공하는 내역서 템플릿에 입력된 내역정보를 업로드하여 자재 정보를 시스템에 입력. LCA 평가를 동시에 하는 경우, LCA 평가 시 입력된 데이터가 연동되어 자동 입력됨
- 운영에너지비 산출을 위한 정보입력: 에너지 비용을 산출하기 위하여 건축물의 위치 및 용도, 전력 요금 기준을 선택하고, 에너지 시뮬레이션을 통해 도출된 월별 전기 및 가스사용량을 직접 시스템에 입력. LCA 평가를 동시에 하는 경우, LCA 평가 시 입력된 데이터가 연동되어 자동 입력됨
- 유지관리비 산출을 위한 정보입력: 건축 자재의 수선율, 수선주기, 교체주기를 설정하여, 건축물 유지관리를 위해 유지관리단계에서 추가로 요구되는 공사비 산출. LCA 평가를 동시에 하는 경우, LCA 평가 시 입력된 데이터가 연동되어 자동 입력
- 해체·폐기비 및 잔존가치 산출을 위한 정보입력: 초기공사비에 해체율과 잔존가치율을 입력

ⓓ 분석 및 결과제시

- LCA 및 LCC 평가를 위해 요구되는 정보를 모두 입력한 후, 분석을 시행하면 건축물에 대한 환경영향 및 환경비용, 생애주기비용 분석결과가 제시됨

ⓔ 저장

- 프로젝트에 대한 입력 데이터 및 평가결과는 시스템 DB 서버에 자동 저장
- 사용자는 프로젝트 관련 데이터가 입력된 작업파일 및 평가결과를 엑셀파일형태로 컴퓨터에 저장하는 것이 가능

② 관리자 메뉴

- 시스템이 원활하게 작동하고 사용될 수 있도록 관리자에 의해 관리되는 시스템 부분으로, 사용자 관리, 프로젝트 관리, 데이터 관리로 구분되어 있음

ⓐ 사용자 관리

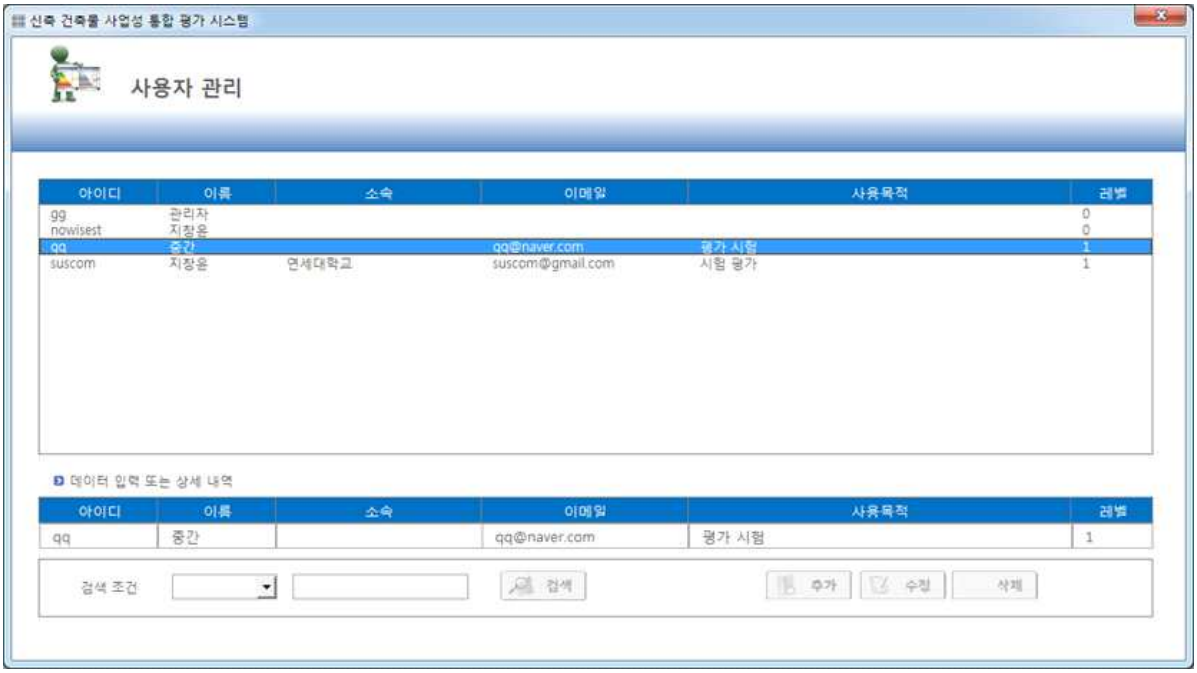
- 녹색건축물 통합가치평가시스템(IVAS)을 활용하기 위하여, 사용자는 사용자 등록 및 승인 과정을 거쳐야 함. 관리자는 사용자 등록 요청을 승인
- 관리자는 시스템의 변경사항이나 공지사항을 사용자에게 공지하는 등의 관리업무를 통해, 사용자가 IVAS 시스템을 활발히 활용할 수 있도록 유도

ⓑ 데이터 관리

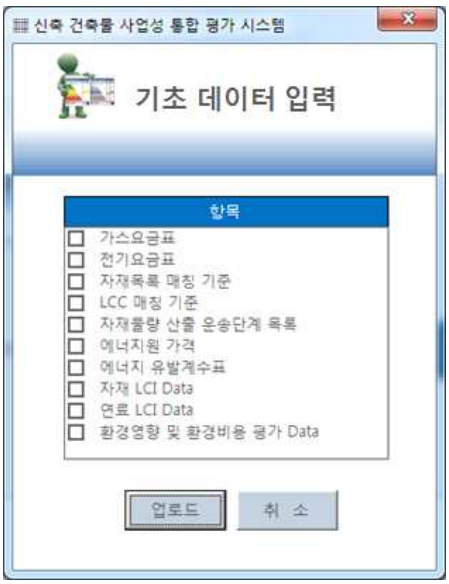
- IVAS 시스템은 DB 서버에 구축된 기초 데이터를 활용하여 건축물의 환경영향, 환경비용, 생애주기비용을 평가하기 때문에, 관리자는 데이터 관리 메뉴를 통해 DB 서버의 기초 데이터를 지속적으로 업데이트함으로써 IVAS 시스템이 정확한 결과를 제시할 수 있도록 유도

ⓒ 프로젝트 관리

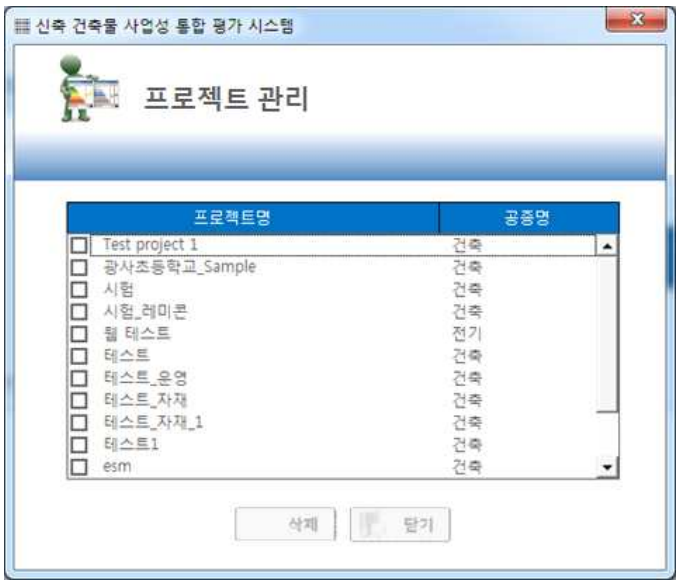
- 사용자에 의해 수행된 프로젝트 입력 정보 및 평가결과는 시스템 DB 서버에 자동으로 저장되도록 구성되어 있음
- 관리자는 DB 서버에 저장된 기 수행된 프로젝트 관련 정보를 확인 및 관리함으로써, IVAS 시스템이 원활히 작동할 수 있도록 유도



(a) 사용자 관리



(b) 데이터 관리



(c) 프로젝트 관리

그림 2-204 관리자 메뉴 (예시)

○ IVAS 시스템의 주요 특징

① 환경성 평가범위 확

- 환경영향 평가결과로서 이산화탄소뿐만 아니라, 지구온난화지수(Global warming potential; GWP), 오존층파괴지수(Ozone-layer depletion potential; ODP), 산성화지수(Acidification potential; AP), 부영양화지수(Eutrophication potential; EP), 광화학산화지수(Photochemical ozone creation potential; POCP), 자원고갈지수(Abiotic depletion potential; ADP)를 평가결과로 제시

② 환경성 평가결과에 대한 사용자 인지성 향상

- 지구온난화, 오존층파괴, 산성화, 부영양화, 광화학산화, 자원고갈에 따른 피해를 환경비용으로 제시함으로써, 환경문제에 대한 비전문가인 일반 사용자(설계자, 시공자, 발주자 등)가 녹색건축물을 통해 얻을 수 있는 효과에 대해 쉽고 명확하게 인지할 수 있도록 함

③ 환경성과 경제성 동시 고려

- 초기투자비, 유지관리비, 운영/에너지비, 해체/폐기비, 잔존가치와 함께 환경비용을 포함한 생애주기비용 평가결과를 제시
- 비용으로 제시되는 환경비용 평가결과를 생애주기비용 항목에 포함함으로써, 경제성과 환경성을 동시에 고려한 평가결과를 제시하고, 이를 통해 합리적인 의사결정 지원

④ 정확한 평가결과 도출

- 상세한 수준의 프로젝트 정보 입력 절차에 따라 입력되는 정보, 신뢰성 있는 평가 DB 및 알고리즘을 기반으로 평가결과의 정확성 확보
- 조달청 자재코드를 기반으로 하는 데이터 맵핑기술을 이용하여, 평가의 효율성 및 일관성, 이를 통한 평가결과의 정확성 확보

⑤ 평가목적에 따라 평가범위 및 평가방법 선택 가능

- 건축물 전생애주기를 평가범위로 포함하고 있으나, 사용자 선택에 따라 평가범위의 조정하여 평가결과 산출이 가능
- 환경영향(환경비용)과 생애주기비용을 동시에 평가하는 것이 가능하고, 환경영향 또는 생애주기비용 중 한 가지 항목에 대한 평가도 가능



그림 2-205 IVAS 시스템 주요 특징

(3) 적용방안 및 향후내용

○ 최적 설계안 선정 지원

- 설계단계에서 제시되는 다양한 설계(안)의 환경적 성능(환경영향 및 환경비용) 검토를 통해, 환경적 측면에서 최적 설계(안)의 선정 지원
- 이산화탄소 배출량뿐만 아니라, 지구온난화, 오존층파괴, 산성화, 부영양화, 광화학산화, 자원고갈 등의 다양한 환경문제에 대한 평가결과를 바탕으로, 최적의 설계(안) 선정 지원

- 환경비용을 포함하는 생애주기비용분석 결과를 바탕으로 건축물 녹색화의 타당성을 파악하고, 경제성과 환경성을 모두 고려한 합리적인 의사결정에 활용 가능

○ 건축물 환경성능 평가
- 이산화탄소 배출량뿐만 아니라, 지구온난화, 오존층파괴, 산성화, 부영양화, 광화학산화, 자원고갈 등의 다양한 환경문제에 대한 평가결과를 통해 다양한 측면에서 건축물의 환경적 성능을 제시
- 기본설계 및 실시설계가 완료된 시점에서 건축물의 환경영향 평가결과는 친환경 건축물 인증은 물론, 현재 시행되고 있는 친환경 건축물 인증제도(G-SEED)가 개선될 경우에도 친환경 건축물 인증에 활용 가능

○ 건축물 녹색화 타당성 평가
- 건축물의 환경비용 평가결과를 바탕으로 일반 건축물 대비 녹색건축물의 환경비용 저감 효과를 파악하고, 건축물 녹색화를 위해 추가로 투입되는 비용과 환경비용을 비교함으로써 건축물 녹색화에 대한 타당성 평가 가능

○ 건축물 녹색화 지원을 위한 인센티브 규모 결정 지원
- 일반적으로 건축물 녹색화는 일반 건축물에 비해 추가적인 초기 투자비를 요구하기 때문에, 건축물 녹색화를 활성화하기 위해서는 정부 차원에서의 인센티브가 요구됨
- IVAS 시스템을 통해 제시되는 환경비용은 환경영향에 따른 사회적비용을 의미하기 때문에, 환경비용 평가결과는 건축물 녹색화를 위한 인센티브의 규모 결정을 지원 가능

○ 건축물 홍보·마케팅에 활용
- 건축물에 대한 환경영향 및 환경비용 평가결과는 녹색건축물의 홍보 및 마케팅에 활용 가능

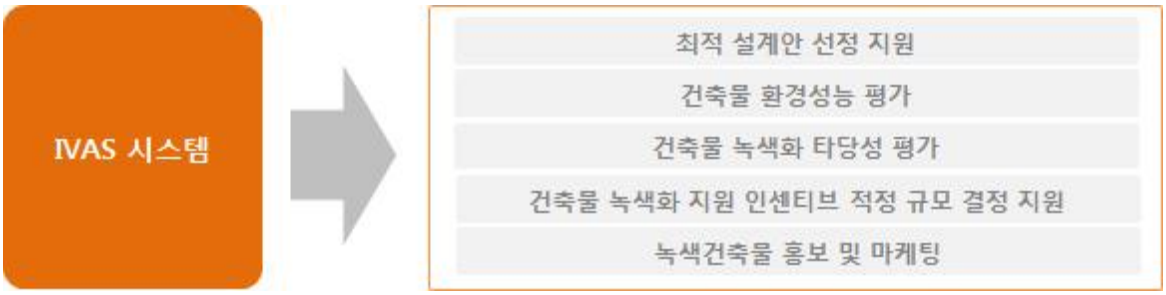


그림 2-206 IVAS 시스템 활용방안

나. 녹색건축물 통합가치평가시스템(IVAS)의 적용성 검토

(1) 연구내용

○ IVAS 시스템의 적용성 검토를 위한, Test-bed 사례 평가

- 본 연구에서는 건축물 녹색화의 활성화를 위한 통합설계 프로세스(Integrated Design Process for Green Buildings; IVAS)를 제시하고, 이를 바탕으로 다양한 에너지 감축 모델을 포함한 Test bed를 건설하였음. Test bed에 포함된 에너지 감축 모델의 사업성을 검토하기 위하여, IVAS 프로그램을 이용하여 Test bed에 대한 환경적 성능, 경제적 성능, 통합적 성능을 분석
- 에너지사용량 감축의 실현을 위해 각 에너지 감축 모델에 추가된 공사비와 운영단계에서의 에너지사용량 감축 효과를 검토하여, 에너지 감축 모델의 사업성 분석

○ IVAS 시스템의 적용성 검토를 위한, 기존 건축물 사례 평가

- 본 연구에서는 건축물 녹색화에 대한 사업성을 검토하기 위하여, Test bed에 포함된 다양한 에너지 감축 모델(오피스: 60%, 80% 에너지 감축 모델, 공동주택: 60%, 100% 에너지 감축 모델)의 사업성을 검토하기 위하여, IVAS를 이용하여 Test bed에 대한 환경적 성능, 경제적 성능, 통합적 성능을 분석하였음
- Test bed의 경우, 실험 목적의 특수성을 가진 건축물이기 때문에, 초기 투자비가 다소 높게 형성되어 있어 분석결과가 일반적인 건축물의 사례와 다소 상이할 수 있음
- 이에 따라, 본 연구에서는 일반적인 규모 및 특징의 건축물을 60%, 80%, 100%의 에너지사용량 감축을 목표로 하는 녹색건축물로 구현하고자 할 때, 각 에너지 감축 건축물에 대한 사업성을 분석함
- 할인율, 초기투자비 등의 영향변수는 불확실성을 포함하기 때문에, 변수의 변화에 따른 비용 절감 효과 및 손익분기점을 파악하는 것이 요구됨에 따라, 몬테카를로 시뮬레이션 분석을 통해 각 변수에 대한 불확실성(변화율)을 고려한 결과를 분석

(2) 분석결과 및 결론

(가) IVAS 시스템의 적용성 검토를 위한, Test-bed 사례 평가

① 오피스 부분

○ 통합적 성능 평가

- 60% 에너지 감축 모델의 경우, 생애주기 관점에서 184,755원/m2의 비용 절감 효과 발생
- 80% 에너지 감축 모델의 경우, 생애주기 관점에서 154,697원/m2의 비용 절감 효과 발생
- 60% 및 80% 에너지 감축 모델 모두 생애주기비용 관점에서 이익을 얻는 것으로 나타났으나, 각각의 손익분기점은 23.2년과 28.7년으로 도출되어 10~15년의 손익분기점을 언급하는 시장에서 긍정적으로 받아들이기에는 다소 부족하였음
- 특히, 생애주기 저감 비용의 50~70%를 환경비용이 차지하고 있어, 환경비용을 고려하지 않은 경우에는 사업성이 더욱 악화되는 것으로 나타남

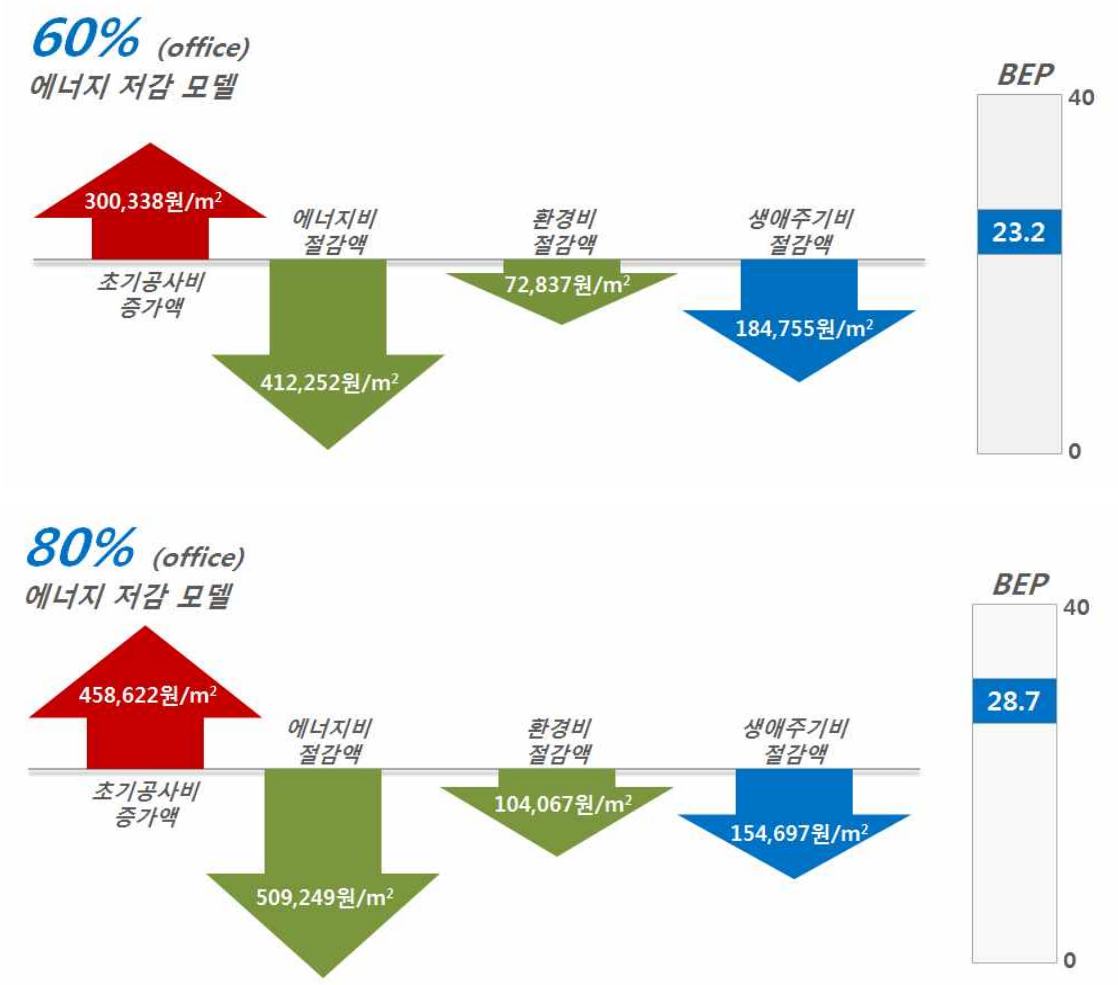


그림 2-207 60%,80% 에너지 저감 모델

② 공동주택 부분

○ 통합적 성능 평가

- 60% 에너지 감축 모델의 경우, 초기 단계에 327,665원/m2의 공사비가 추가된 반면, 운영 에너지사용량의 감축을 통해 947,861원/m2의 에너지비용과 18,974원의 환경비용이 절감되었음. 결국, 생애주기 관점에서 639,169원/m2의 비용 절감 효과 발생
- 100% 에너지 감축 모델의 경우, 초기 단계에 396,227원/m2의 공사비가 추가된 반면, 운영 에너지사용량의 감축을 통해 1,207,101원/m2의 에너지비용과 37,027원의 환경비용이 절감되었음. 결국, 생애주기 관점에서 847,903원/m2의 비용 절감 효과 발생
- 60% 및 100% 감축 모델 모두 생애주기비용 관점에서 상당한 이익을 얻는 것으로 나타났으며, 손익분기점 측면에서도 각각 9.8년과 9.2년을 가지는 것으로 나타남.
- 비교적 높은 초기 투자비의 추가를 요구하는 실험 모델임에도 불구하고 공동주택 에너지 감축 모델은 충분한 사업성을 가지는 것으로 나타남

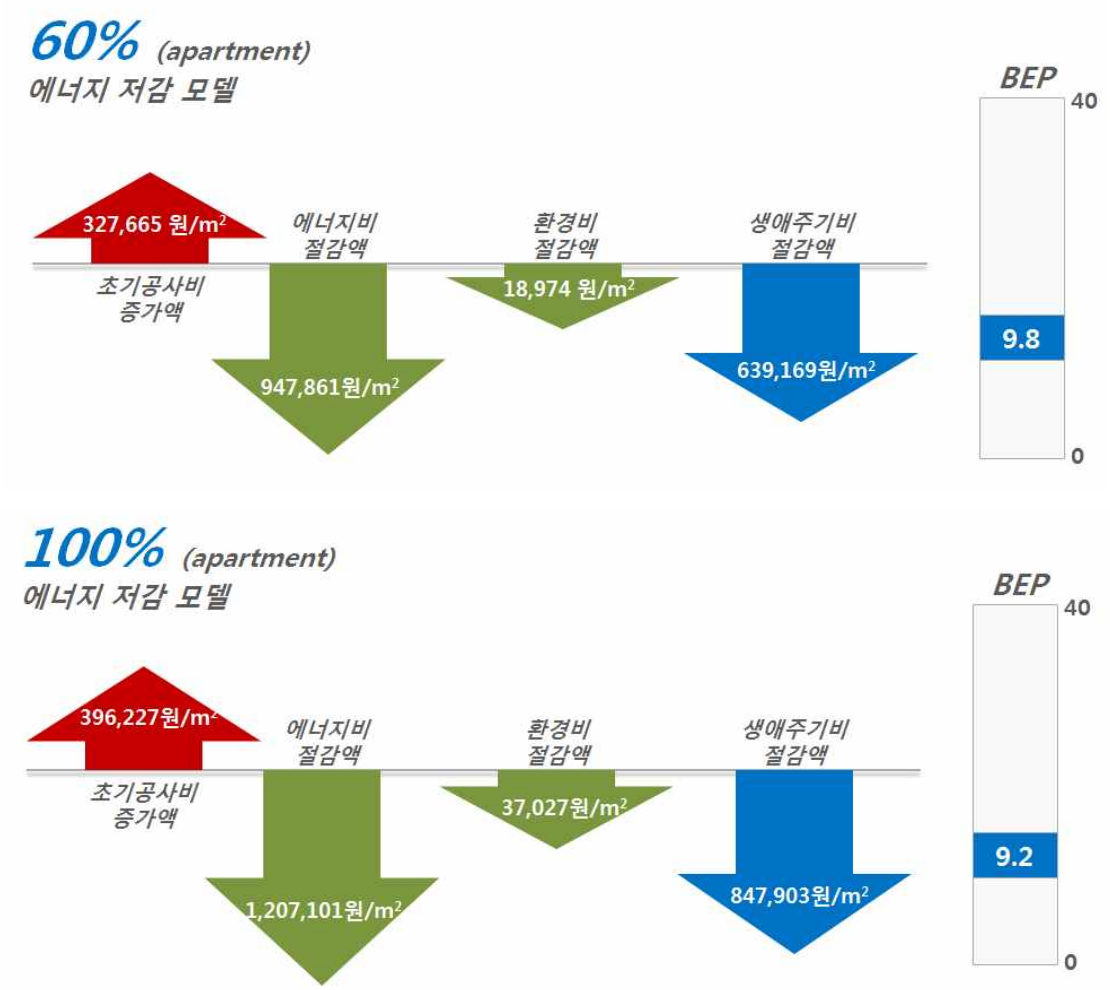


그림 2-208 60%,100% 에너지 저감 모델

③ Test bed 평가결과 분석

- 공동주택의 경우, 환경비용을 고려하지 않는 상황에서도 충분한 사업성을 가지는 것으로 나타났음. 특히, Test Bed가 실험 목적의 특수성으로 인하여 초기 투자비가 다소 높게 형성되었음에도 불구하고, 높은 사업성을 가지는 결과는 주목할 만한 점임
- 오피스 건축물의 경우, 환경비용 절감은 건축물 녹색화의 사업성 확보에 중요한 요인인 것으로 나타났음. 환경비용은 실제로 사업자가 얻을 수 있는 가치가 아니라 사회 전체가 얻는 이익과 관련된 비용이기 때문에, 건축물 녹색화의 상업성을 개선하기 위해서는 환경비용이 사업자에게 실제 이익으로 작용할 수 있도록 지원하는 정책 방안이 함께 모색되어야 함
- 오피스와 공동주택의 사업성 분석 결과의 차이는 전력 에너지 가격 체계에 있음
- 일반용 전력요금은 다소 낮게 과금되어 있고 누진세의 영향을 받지 않아, 오피스 건축물에서 운영 에너지사용량이 크게 저감되더라도 에너지비용 측면에서는 큰 절감 효과를 달성하지 못함
- 반면, 주택용 전력은 누진세의 체계가 적용되기 때문에 운영단계의 에너지 사용량 감축량이 클수록 에너지비용 절감액이 급격히 상승하는 특징이 확인됨

- 주택용 전력 요금에 비해 일반용 전력요금이 다소 낮게 과금된다는 비판과 함께, 전력 에너지 요금체계에 대한 개선과 정상화 요구는 증가하고 있음. 본 연구에서는 과거의 전력 에너지 가격 변화율을 바탕으로 전력가격 상승을 반영하였으나, 전력 가격의 정상화를 반영하면 오피스 부분에 대한 사업성 역시 개선될 것으로 전망됨
- 운영과정에서의 에너지 사용량 최적화 역시 건축물 녹색화의 사업성 확보에 중요한 것으로 나타났음. 공동주택의 경우에는 누진세의 영향으로 최적화 운영에 의한 효과가 크게 두드러지지 않았지만, 오피스 건축물의 경우에는 명확한 차이가 나타났음. 에너지 사용 최적화를 적용하지 않은 경우, 오피스 60%와 80% 에너지 감축 모델의 손익분기점은 각각 23.2년과 28.7년에서 26.2년과 32.0년으로 늦어졌음
- 한편, Test Bed의 경우, 실험 목적의 특수성으로 인하여, 초기 투자비가 다소 높게 형성되었다는 특징을 가짐. 따라서 일반적인 건축물(단일 목적의 단일 시스템으로 구성된 건축물)에 대한 추가적인 분석이 요구됨

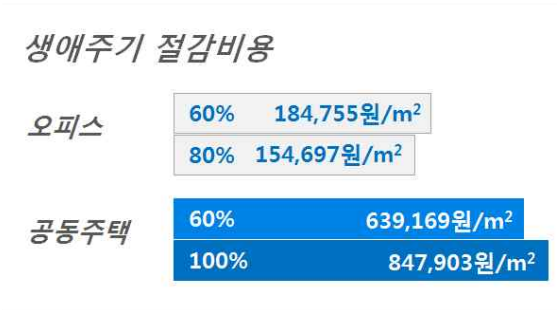


그림 2-209 생애주기 절감비용

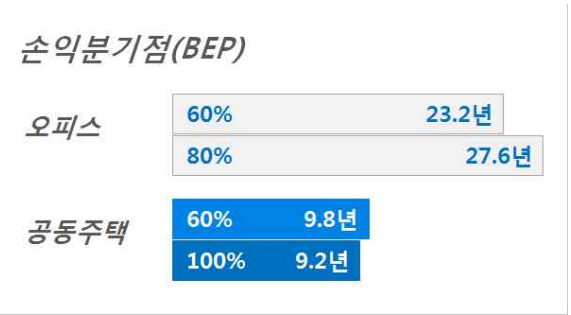


그림 2-210 손익분기점

(나) IVAS 시스템의 적용성 검토를 위한, 기존 건축물 사례 평가

① "A"오피스빌딩

○ 대상 건축물: 충북 혁신도시 내에 위치한 연면적 30,665m^2, 지하 2층 지상 12층의 오피스 건축물

○ 통합적 성능 평가 결과

- 60% 에너지 감축 모델의 경우, 생애주기 관점에서 415,624원/m2의 비용이 절감되고, 손익분기점은 5.9년으로 나타남. 80% 에너지 감축 모델의 경우, 생애주기 관점에서 467,964원/m2의 비용이 절감되고 손익분기점은 8.7년으로 나타남
- 60% 및 80% 감축 모델 모두 생애주기비용 관점에서 상당한 이익을 얻는 것으로 나타났으며, 손익분기점 측면에서도 시장에서 일반적으로 언급되는 10~15년의 손익분기점을 상회하여, 충분한 사업성을 가지는 것으로 나타남

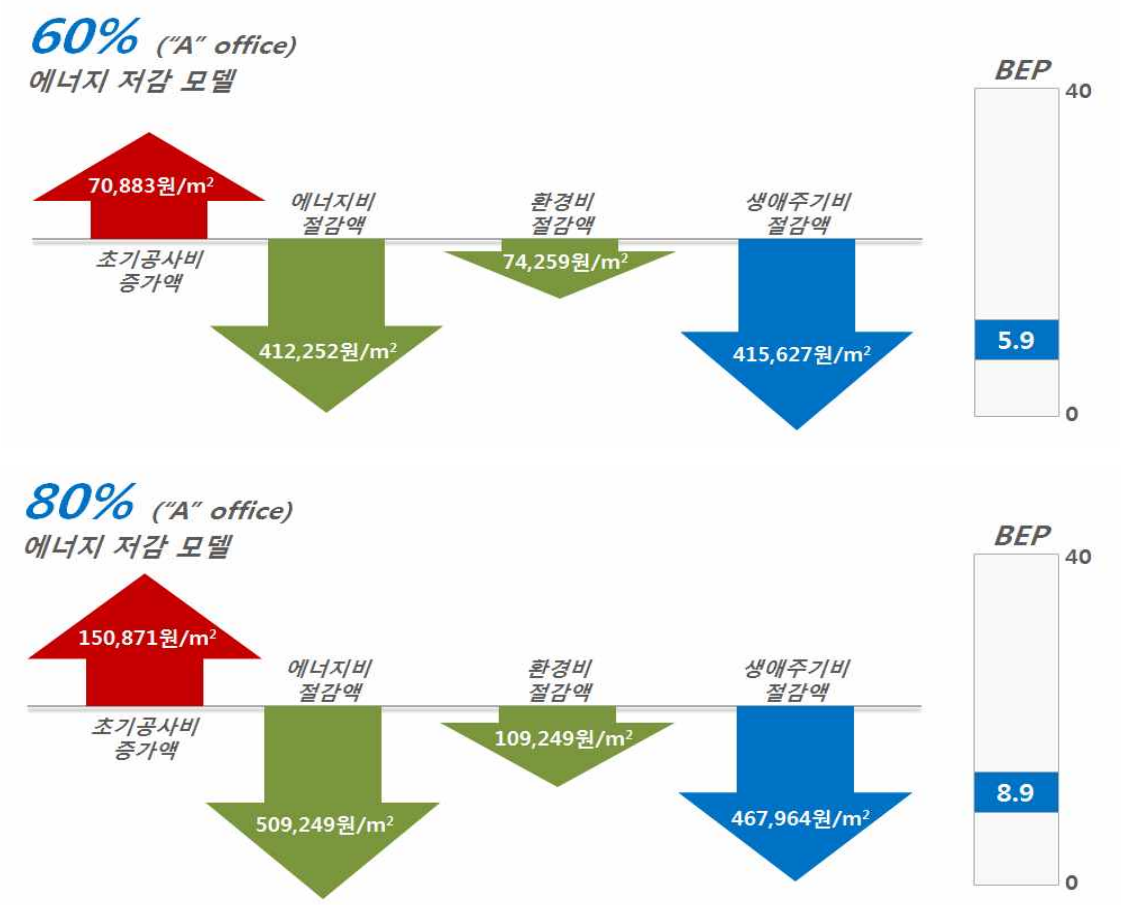


그림 2-211 60%,80% 오피스 에너지 저감 모델

○ 소결

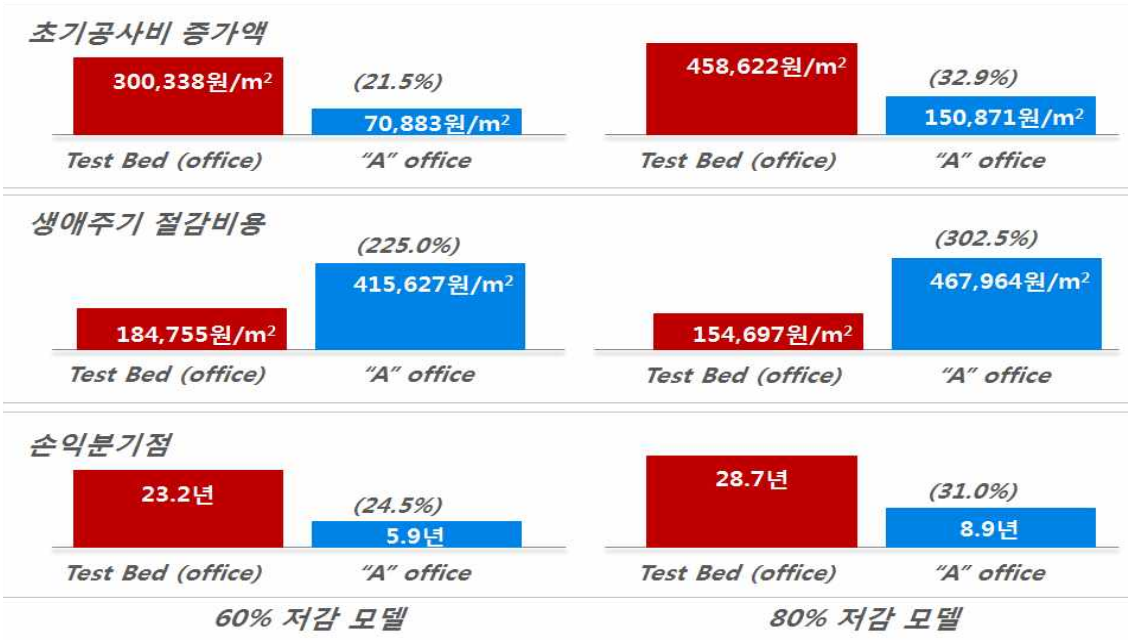


그림 2-212 공사비-생애주기 절감비용-손익분기점

- Test Bed 오피스 부분과 비교하여, 사례 건축물의 경우 초기단계에서의 추가 공사비가 상당히 작게 나타났음
- 이러한 추가 공사비의 차이로 인하여, 사례 건축물에 적용된 에너지 감축 모델은 시장에서 긍정적으로 고려되는 수준의 사업성을 가지는 것으로 나타났음
- 분석결과에 따르면, 실험 목적의 Test Bed와 같이, 다양한 기능을 복합적으로 적용하지 않고 단일의 일관된 시스템을 적용하면, 시장에서 긍정적으로 받아들일 수준의 건축물 녹색화 실현이 가능한 것으로 나타남

② "B" 공동주택 단지

○ 대상 건축물: 서울시 강동구의 도시개발사업 구역 내에 위치한 연면적 37,426m2의 7개동 282세대로 구성된 공동주택 단지

○ 통합적 성능 평가

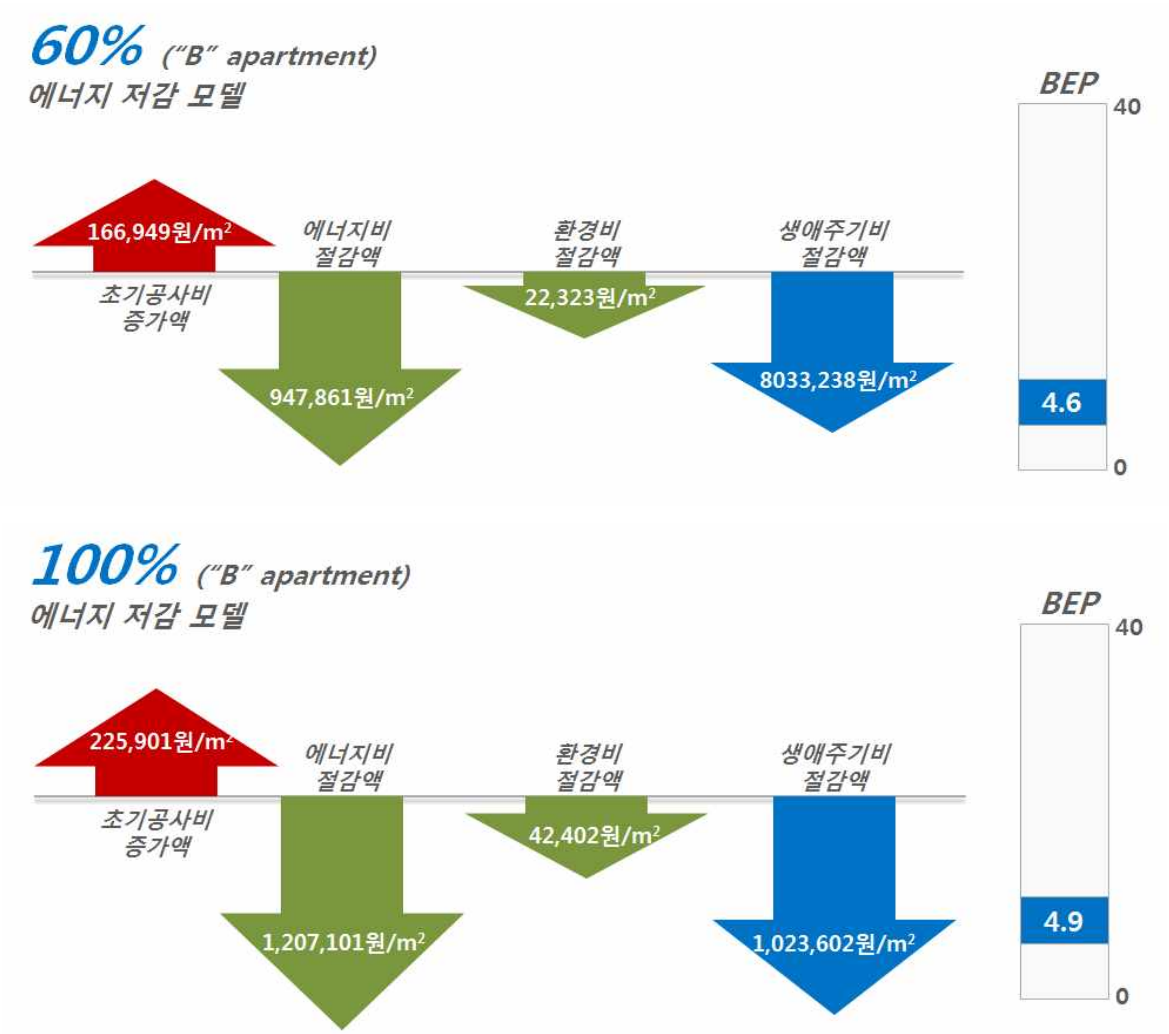


그림 2-213 통합적 성능평가

- 60% 에너지 감축 모델의 경우, 생애주기 관점에서 803,238원/m2의 비용이 절감되고, 손익분기점은 4.6년으로 나타남. 100% 에너지 감축 모델의 경우, 생애주기 관점에서 1,023,602원/m2의 비용이 절감되고 손익분기점은 4.9년으로 나타남
- 60% 및 100% 감축 모델 모두 생애주기비용 관점에서 상당한 이익을 얻는 것으로 나타났으며, 손익분기점 측면에서도 시장에서 일반적으로 언급되는 10~15년의 손익분기점을 상회하여, 충분한 사업성을 가지는 것으로 나타남

○ 소결

- Test Bed 공동주택 부분과 비교하여, 사례 건축물은 초기단계에서의 추가 공사비가 낮게 나타났음 (Test Bed의 약 50~57%)
- 이러한 추가 공사비의 차이로 인하여, 사례 건축물에 적용된 에너지 저감 모델의 경우에는 더욱 우수한 사업성을 확보하는 것으로 나타남
- Test Bed에 대한 분석결과와 마찬가지로, 누진체계의 전력요금의 영향으로 공동주택에서는 시장에서 긍정적으로 받아들일 수준의 건축물 녹색화 실현이 가능한 것으로 나타남



그림 2-214 사례 건축물 공사비-생애주기 절감비용-손익분기점

③ 확률론적 분석

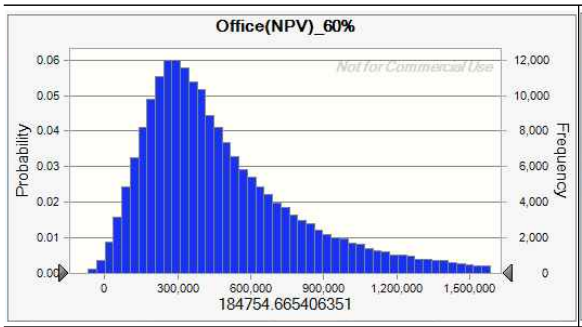
Ⓐ 오피스

- 60% 에너지 저감 모델의 경우, 평균값은 508,361원/m^2, 중앙값은 403,542원/m^2의 비용이 절감되는 것으로 나타남. 손익분기점 측면에서는 평균값은 14.4년, 중앙값은 13.6년으로

산출됨

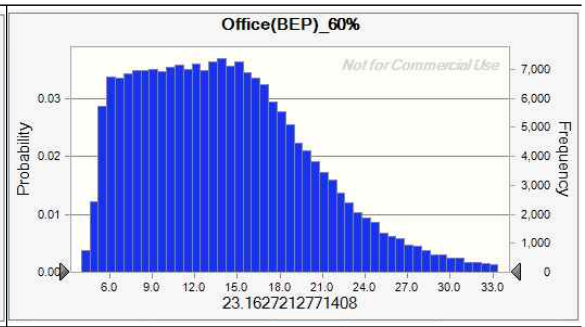
- 80% 에너지 저감 모델의 경우, 평균값은 586,603원/m^2, 중앙값은 457,316원/m^2의 비용이 저감되는 것으로 도출되어, 60% 감축 모델에 비해 높은 비용저감 효과가 달성되는 것으로 나타남. 하지만, 손익분기점 측면에서는, 평균값은 17.7년, 중앙값은 16.3년으로 도출되어, 60% 감축 모델이 비해 다소 늦은 것으로 나타남
- 평가결과를 살펴보면, 손익분기점이 약 14년 이상 소요되는 것으로 나타났으나, 분석에서는 Test Bed의 초기공사비 증가액이 고려되어 초기공사비 증가액이 다소 높게 정의된 경향이 있음. 이를 고려하면, 실제 시장에서 형성될 에너지 감축 건축물의 사업성은 분석 결과보다 향상될 것으로 기대됨

표 2-54 60% 에너지 감축 모델에 대한 분석 결과



Mean:	508,361
Median	**403,542**
Standard Deviation	383,773
Minimum	-102,316
Maximum	4,484,930

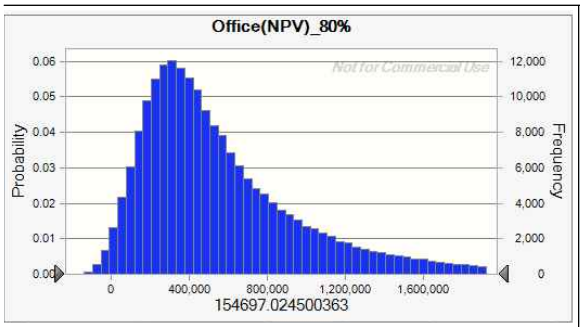
생애주기 절감비용



Mean:	14.4
Median	**13.6**
Standard Deviation	6.8
Minimum	4.0
Maximum	81.0

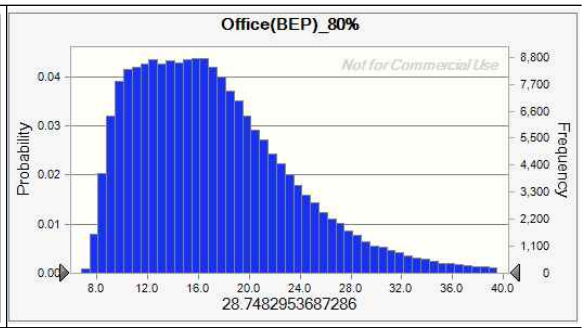
손익분기점

표 2-55 80% 에너지 감축 모델에 대한 분석 결과



Mean:	586,603
Median	**457,316**
Standard Deviation	475,198
Minimum	-181,994
Maximum	5,501,672

생애주기 절감비용



Mean:	17.7
Median	**16.3**
Standard Deviation	7.8
Minimum	6.8
Maximum	100.0

손익분기점

Ⓑ 공동주택

표 2-56 60% 에너지 감축 모델에 대한 분석 결과

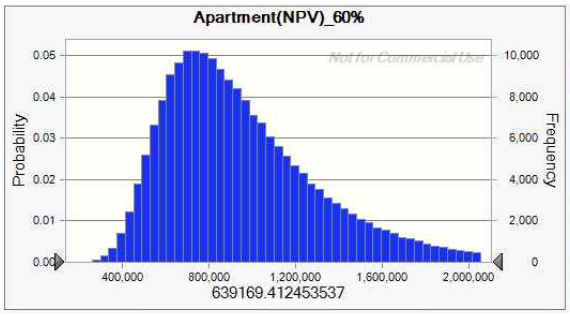
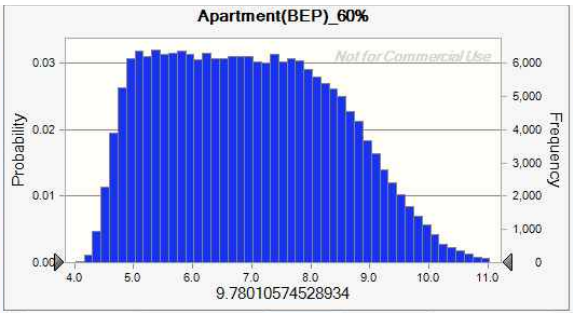
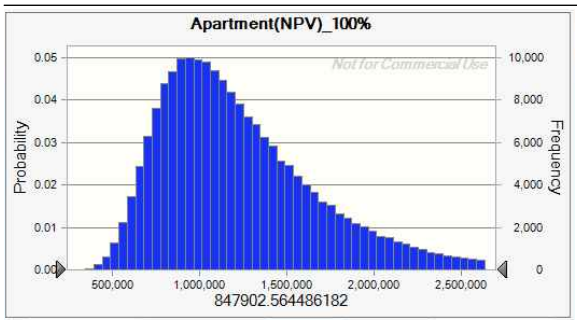
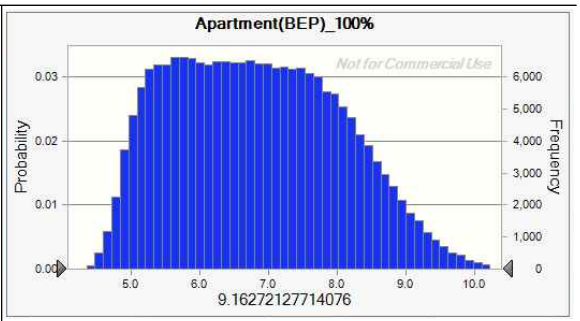
	
Mean: 966,257	Mean: 7.0
Median 883,410	**Median 6.9**
Standard Deviation 387,046	Standard Deviation 1.5
Minimum 185,032	Minimum 4.0
Maximum 4,168,610	Maximum 13.3
생애주기 절감비용	손익분기점

표 2-57 100% 에너지 감축 모델에 대한 분석 결과

	
Mean: 1,248,144	Mean: 6.8
Median 1,141,603	**Median 6.8**
Standard Deviation 494,002	Standard Deviation 1.2
Minimum 298,964	Minimum 4.2
Maximum 5,440,273	Maximum 11.8
생애주기 절감비용	손익분기점

- 60% 에너지 감축 모델의 경우, 평균값은 966,257원/m^2, 중앙값은 883,410원/m^2의 비용이 저감되는 것으로 도출됨. 손익분기점 측면에서는, 평균값은 7.0년, 중앙값은 6.9년으로 도출됨
- 100% 에너지 감축 모델의 경우, 평균값은 1,248,144원/m^2, 중앙값은 1,141,603원/m^2의 비용이 저감되는 것으로 도출되어, 60% 감축 모델에 비해 높은 비용저감 효과가 달성되는 것으로 나타남. 손익분기점 측면에서 역시, 평균값과 중앙값 모두 6.8년으로 도출되어,

60% 감축 모델이 비해 다소 우수한 것으로 나타남

- 평가결과에 따르면, 공동주택 에너지 감축 모델의 경우, Worst case의 경우에도 수익성을 보장하는 것으로 도출되어 (60% 에너지 저감 모델: 185,032원/m^2. 100% 에너지 저감 모델: 298,964원/m^2), 어떠한 경우에도 수익성이 보장되는 것으로 나타났음. 약 7년의 손익분기점 역시 일반적인 손익분기점인 10년 이하로 도출되어, 사장에서 긍정적으로 받아들여질 수 있는 수준인 것으로 나타남
- 이에 근거하여 공동주택 에너지 감축 모델이 충분한 수준의 사업성을 가진다고 판단할 수 있음

Ⓒ 결과분석

- 생애주기 비용저감 측면에서, 오피스와 공동주택 에너지 감축 모델 모두 경제적 이익을 얻을 수 있는 것으로 나타났으나, 오피스 건축물에 비해 공동주택의 이익이 상당히 큰 것으로 나타났음
- 손익분기점 측면에서, 공동주택 에너지 감축 모델은 10년 이하 (약 7년)로 나타난 반면, 오피스 에너지 감축 모델은 10년을 상회하는 것으로 나타났음
- 건축물 타입에 따른 이러한 차이의 원인은 전력에너지 가격 체계의 차이에 있는 것으로 판단됨. 공동주택은 누진세가 적용되는 전력요금 체계로 인하여 전력사용량이 높을수록 에너지비용이 급격히 증가하는 반면, 오피스 건축물은 누진세의 영향을 받지 않기 때문에 에너지 사용량에 대한 에너지비용의 증가율이 상대적으로 낮음
- 오피스 건축물 에너지 감축 모델에 대한 사업성 확보를 위해서는, 현재 주택용 전력요금에 비해 낮은 요금으로 형성되어 있는 일반용 전력요금 체계에 대한 개선이 함께 모색될 필요가 있음

(3) 적용방안 및 향후내용

○ 공동주택 및 오피스 건축물의 에너지사용량 감축 목표 실현을 위해서는 자재, 공법, 설비 등에 대한 추가적인 투입이 필수적임

○ 추가 부분(자재, 공법, 설비 등)에 대한 비용과 운영단계에서의 에너지비용 저감량을 바탕으로 검토된 각 에너지 감축 모델의 사업성 평가결과는 녹색건축물을 통해 얻을 수 있는 사업적 타당성을 제시함으로써, 건축 시장에서 녹색건축물의 확산에 기여할 것임

○ 본 연구에서는 Test-Bed에 적용된 에너지 저감 모델(공동주택 60%, 100% 감축 모델, 오피스 60%, 80% 감축 모델)과 이에 상응하는 일반 건축물의 에너지 감축 모델만을 대상으로 분석하였으나, 향후 연구에서는 더욱 다양한 감축 모델 및 기술을 고려한 분석이 시행되어야 할 것임

3. 신축녹색건축물의 확산을 위한 사업화 전략 수립

가. 녹색건축물의 사업성에 대한 영향요인 분석

(1) 연구내용

○ 본 연구에서는 건축물 녹색화의 활성화를 위한 방안을 제시하기에 앞서, 정책 및 제도 측면에서의 개선 필요사항을 도출하기 위하여 건축물 녹색화 사업성에 영향을 주는 주요 영향요인을 도출하였음

○ 이를 위하여, 에너지 저감 모델에 따른 통합적 성능 분석 과정에서 고려되는 변수(초기투자비 증가액, 명목이자율, 물가상승률, 에너지가격 상승률)의 변화에 따른 생애주기비용 분석 결과를 살펴보고, 각 변수별 영향도를 파악하였음

○ 영향요인 분석을 위하여, 상용화 시뮬레이션 도구인 Crystal ball 프로그램을 이용하였으며, 20만 회의 시뮬레이션 시행

(2) 분석결과 및 결론

○ 변수설정

- 본 연구에서는 생애주기 저감 비용 및 손익분기점에 대한 명목이자율, 물가상승률, 전력가격 상승률, 초기공사비 증가액과 같은 변수의 영향도를 파악하기 위하여, 각 변수에 대한 분포를 정의하였음
- 각 변수와 관련한 기존 10년간 데이터를 참고하여 변수별 분포를 정의하였음

○ 생애주기 저감 비용에 대한 변수별 영향도

- 오피스와 공동주택 모두 전력가격 상승률, 명목이자율, 초기공사비 증가액 순으로 민감도가 높게 나타남
- 오피스 60% 저감 모델과 오피스 80% 저감 모델 사이의 차이는 크지 않았으며, 공동주택 60% 저감 모델과 공동주택 100% 저감 모델 사이의 차이 역시 크지 않았음
- 오피스 건축물의 경우에는 전력가격 상승률이 사업성의 대부분에 영향을 주는 것으로 나타남

○ 손익분기점에 대한 변수별 영향도

- 오피스와 공동주택 모두 초기공사비 증가, 전력가격 상승률, 명목이자율 순으로 민감도가 높게 나타남
- 생애주기 저감비용과 달리, 손익분기점은 녹색건축물을 위한 초기 공사비 증가액을 얼마나 줄일 수 있느냐에 따라 크게 달라지는 것으로 나타남
- 생애주기 저감 비용에 대한 변수별 영향도와 마찬가지로, 오피스 건축물에서의 전력가격 상승률에 대한 영향도가 공동주택 건축물에 비해 높은 것으로 나타남
- 분석 결과는 오피스 건축물에서 많은 양의 전기 에너지 사용량을 줄인다고 하더라도, 전기에너지 가격이 지나치게 낮게 형성되거나 전기에너지 가격 상승률이 낮은 경우에는, 사업타당성은 형성될 수 없다는 것을 보여줌

- 실제 Test Bed 및 일반 건축물에 대한 평가결과에서는 공동주택에 비해 오피스 부분의 사업성이 낮은 것으로 나타났으며, 이러한 결과의 원인은 낮게 형성된 일반용 전력가격에 기인한 것으로 파악되었음

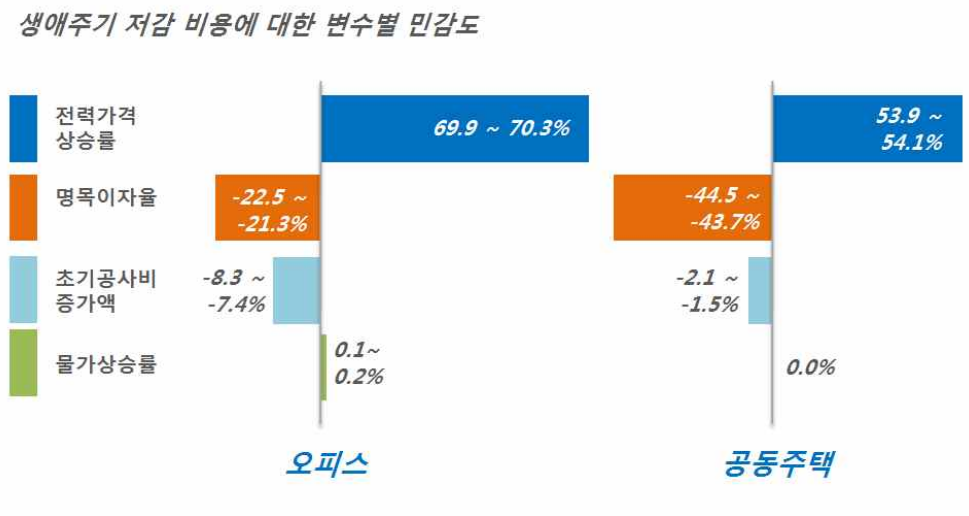


그림 2-215 생애주기 저감 비용에 대한 변수별 영향도

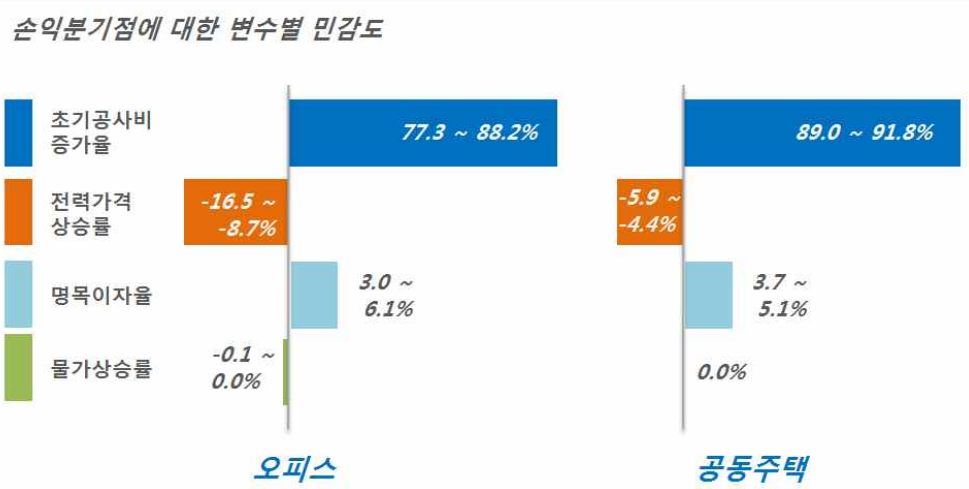


그림 2-216 손익분기점에 대한 변수별 영향도

(3) 적용방안 및 향후내용

○ 분석을 통해 도출된 결과는 녹색건축물의 사업성에 영향을 미치는 주요 요인을 제시함

○ 녹색건축물의 사업성에 대한 주요 영향요인은 향후 녹색건축물의 시장 확산을 위해 요구되는 정책 및 제도방안을 모색하는데 기초 자료로 사용될 수 있음

나. 녹색건축물 활성화 관련 정책 및 제도 분석

(1) 연구내용

○ 관련 법령 및 국가 계획, 제도 분석

○ 녹색건축물 관련 법령

- 저탄소 녹색성장 기본법
- 온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률
- 신에너지 및 재생에너지 개발이용보급 촉진법
- 에너지이용 합리화법
- 환경기술 및 환경산업 지원법
- 녹색건축물 조성지원법 등

○ 녹색건축물 관련 국가 계획

- 녹색성장 5개년 계획 2차 (2014.06.02.)
- 국가 온실가스 감축 로드맵 (2014.01)
- 제1차 녹색건축물 기본계획 (2014.12)
- 제2차 에너지 기본계획 (2014.01.14.)
- 제4차 신재생에너지 기본계획 (2014.09.18.)
- 제5차 에너지이용합리화 기본계획 (2014.12.03.)

(2) 분석결과 및 결론

(가) 녹색건축물 활성화를 위한 주요 정책 방향

① 건축물 성능기준 강화

- 인증제도 의무 적용 확대



그림 2-217 제도별 의무 적용 기준

• 건축물 설계 성능기준 강화

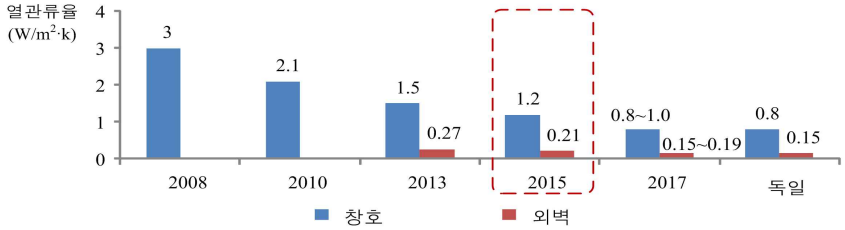


그림 2-218 창호 및 외벽에 대한 단열성능 기준

② 시범사업 운영

• 그린리모델링 시범사업

표 2-58 그린리모델링 시범사업 추진 현황

구분	시범사업 대상 건축물	
	시공지원	사업기획지원
2013년	4개 (15억 원)	6개 (5원 원)
2014년	4개 (13억 원)	7개 (7억 원)
2015년	5개 (9.5억 원)	28개 (8.5억 원)

• 제로에너지빌딩 시범사업

표 2-59 제로에너지빌딩 시범사업 추진 계획

구 분	공공 · 민간부문 공모	선정
저층형	주거(신축 · 정비사업), 비주거(소규모 업무시설 등)	2014년
고층형	주거(신축 · 재건축 · 재개발), 비주거(업무시설 등)	2015년
타운형	스마트 에너지제로타운	2016년

③ 인센티브 및 투자비 지원

• 인센티브 지원

표 2-60 녹색건축인증 및 건축물 에너지효율등급인증, 제로에너지빌딩 건설에 따른 인센티브

구분	녹색건축인증				제로에너지빌딩 건설	친환경주택 성능
	최우수		우수			
	건축물에너지효율등급인증					
	1등급	2등급	1등급	2등급		
건축기준완화	12% 이하	8% 이하	8% 이하	4% 이하	15% 이내	-
취득세 감면	15%	10%	10%	5%	15%	15% 이하
재산세 감면	15%	10%	10%	3%	15%	-

표 2-61 녹색건축인증에 따른 환경개선부담금 경감

	녹색건축인증등급			
	최우수(그린1등급)	우수(그린2등급)	우량(그린3등급)	일반(그린4등급)
경감률(%)	50	40	30	20

- 사업비 지원

표 2-62 지원사업에 따른 금융지원 방안

주관기관	활성화사업	지원내용		
		설치비 지원	이자지원	융자지원
국토교통부	그린리모델링 이자지원사업		○	
산업통상 자원부	주택지원사업	○		
	건물지원사업	○		
	금융지원사업			○
서울시	태양광 미니발전소 지원사업	○		
	건물에너지효율화사업 융자지원			○

④ 건물 에너지사용량 관리 및 공개

- 건축물 에너지소비증명제
- 국가 건축물에너지 통합관리시스템
- 공동주택관리정보시스템

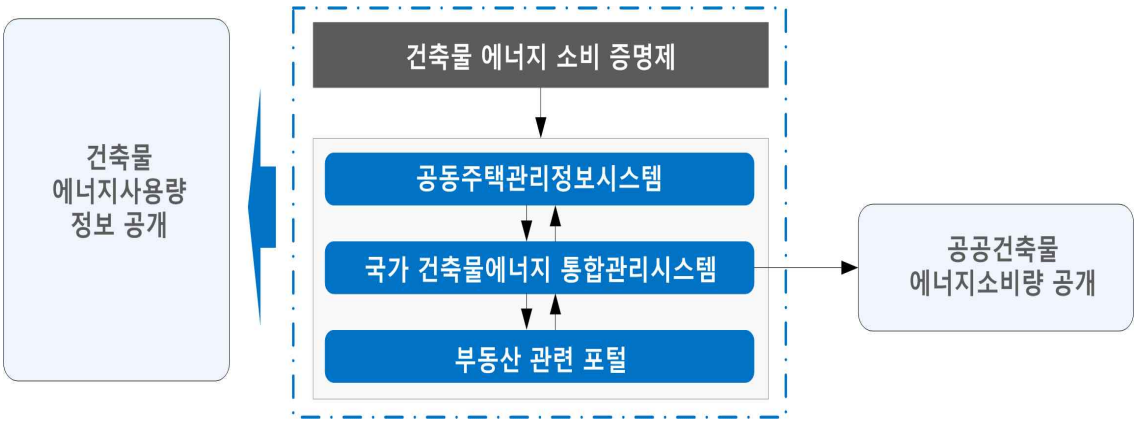


그림 2-219 건축물 에너지사용량 정보 흐름도

(나) 현행 정책의 한계점

① 신축건축물에 대한 금융지원 부족

○ 신재생에너지 설비에 대한 금융지원 높음

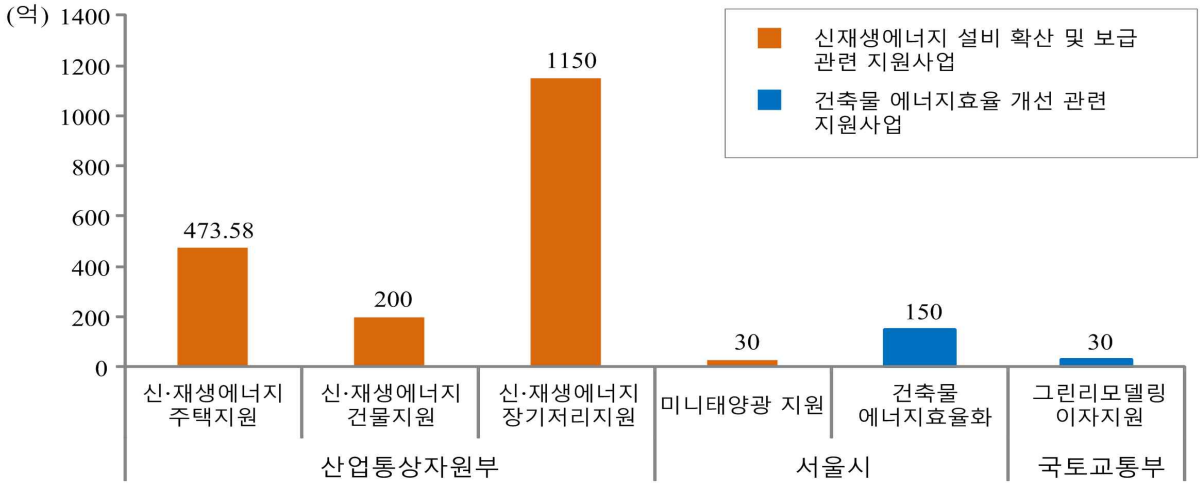


그림 2-220 정부부처별 녹색건축물 관련 지원사업 현황

- 국가 온실가스 감축목표 달성 로드맵(2014년 1월 발표)에 따르면, 신재생에너지 확산을 통한 온실가스 감축목표 10,366 천톤 CO2e.
- 건축물 에너지 효율 개선을 통한 온실가스 감축목표 10,737 천톤 CO2e.이고, LED 조명과 같은 고효율 조명 보급: 7,897 천톤 CO2e.
- 그럼에도 불구하고, 신재생에너지 확산을 촉진하기 위하여 직접적으로 사용되는 예산의 규모는 약 1,850억원인 반면, 건축물 에너지 효율 개선에 사용되는 예산의 규모는 180억원 (중앙정부 및 서울시 시행 지원사업 포함. 타 지자체에서 시행하는 사업 제외)
- 특히, 신재생에너지 설비의 설치가 상대적으로 간단한 측면은 있지만, 장기적인 관점에서는 건축물의 에너지 효율 개선을 선행하는 것이 타당함

○ 기존 건축물에 금융지원 집중

- 신축건축물은 규제강화를 통한 강제적 정책이 위주인 반면, 기존 건축물은 규제강화와 함께 금융지원을 통한 유도정책을 병행
- 녹색건축물 기본계획 및 관련 법령에 따르면, 신축건축물은 에너지 설계기준을 단계적으로 강화하여, 에너지사용량 및 온실가스 배출량의 감축을 달성하고자 함. (예를 들어, 단열기준을 '15년, '17년, ' 19년 3차례에 걸쳐 단계적으로 강화, '15년부터 일사차단장치 의무화 등)
- 반면, 기존 건축물은 그린리모델링 이자지원사업, 건물에너지효율화 융자지원사업, 신재생에너지설비 관련 주택 및 건물 지원사업 등 금융지원을 시행하여, 자발적인 참여를 유도하여, 에너지사용량 및 온실가스 배출량의 감축을 달성하고자 함.
- 특히, 신축건축물에 대한 감축목표는 상향되고, 기존 건축물에 대한 감축목표 하향 조정된 만큼(신축:4.660 백만톤 CO2e -> 9.991 백만톤 CO2e, 기존 14.110 백만톤 CO2e -> 9.779 백만톤 CO2e), 신축건축물 측면에서 온실가스의 감축이 보다 중요해짐.
- 하지만, 아직까지 녹색건축물에 대한 가치 반영 기준 등이 정립되지 않아, 신축 녹색건축물에 대한 소비자의 인식은 부정적인 상황임

② 에너지사용량 및 환경영향 감축 효과의 비가치화

○ 에너지사용량 감축 효과의 비가치화

- 녹색건축물이 시장에서 외면받는 가장 큰 이유는, 녹색건축물을 위해 초기 비용은 증가하는 반면 얻을 수 있는 이익은 불명확하다는 점임
- 이에 따라, 녹색건축물이 시장에서 능동적으로 확산되기 위해서는 녹색건축물의 가치, 즉 녹색건축물을 통해 얻을 수 있는 이익을 명확하게 제시하는 것이 필요함
- 정부는 에너지소비증명제를 통해 소비자가 직접 건축물의 에너지사용량을 확인하고, 이를 바탕으로 에너지효율이 좋은 건물을 선택할 수 있도록 지원하고 있지만, 이러한 에너지효율이 실제로 소비자에게 어느 정도의 경제적 이익을 가져다주는지는 불명확함.
- 에너지소비증명제가 활성화되고 녹색건축물이 확산되기 위해서는, 건축물의 에너지효율이 명확한 금전적 이익으로 되돌아 올 수 있도록, 가치화하는 것이 필요함

○ 에너지사용량 감축 효과 외, 온실가스 저감과 같은 환경영향 감축효과의 비가치화

- 산업통상자원부는 태양광 설비의 확산·보급 및 산업의 활성화를 위하여, 태양광 대여사업을 시행하고 있음
- 해당 사업에서는 대여사업자의 수익을 얻는 방법의 일환으로 사용자로부터 받는 대여료 외에, 태양과 설비를 통해 얻어지는 생산인증서(REP)를 구매할 수 있도록 규정하고 있음 (이는 태양광 설비의 설치를 통해 얻어진 국가적 차원에서의 저감 효과를 금전적으로 가치화 하는 역할을 함)
- 하지만, 만약 개별 건축주가 자발적으로 건물의 에너지효율을 개선하고 신재생에너지 설비를 설치하여 에너지사용량 및 온실가스 배출량을 저감하더라도, 국가적 차원에서의 저감효과는 가치로 환원되지 않는 실정임
- 이러한 결과는 사업자원 개별 소비자를 차별적으로 처우하는 결과를 야기함
- 따라서 녹색건축물의 사업성 향상, 이를 통해 궁극적으로 녹색건축물에 대한 자발적 참여를 유도하기 위하여, REP와 같은 국가적 차원에서의 효과를 가치화해주는 방안이 모색될 필요가 있음

③ 에너지사용량 감축 효과와 에너지비용 감축효과는 상이

- 에너지원에 따라 가격이 다르기 때문에, 우수한 에너지사용량 등급이 반드시 저렴한 에너지비용을 보장하는 것은 아님
- 이로 인해, 에너지사용량 정보만을 고려하여 녹색건축물의 가격에 반영하는 방안은 실제로 녹색건축물을 통해 얻을 수 있는 에너지비용의 저감 효과와는 다를 수 있음
- 이에 따라, 건축물에너지사용량 정보뿐만 아니라 건축물 에너지비용 정보를 구축하고, 공개하는 것이 필요함

④ 제한적인 에너지·온실가스 목표관리제

- 현재 에너지·온실가스 목표관리제는 관리 및 증빙의 편의를 고려하여, 온실가스를 대규모로 배출하는 업체 및 사업장만을 대상으로 규정하고 있음
- 한편, 국토교통부에 의해 시행되는 에너지소비총량제는 설계단계에 적용된 외벽, 창호, 지붕, 바닥 등의 에너지 성능을 바탕으로 등급을 산출하기 때문에, 실제 운영과정에서의 에너지사용량을 저감하는 결과로 반드시 이어지지는 않을 수 있음

(3) 적용방안 및 향후내용

○ 분석을 통해 도출된 결과는 녹색건축물을 활성화하기 위해 시행되는 정책 및 제도에 대한 현황 및 한계점을 제시함

○ 이러한 결과는 향후 녹색건축물의 시장 확산을 위해 요구되는 정책 및 제도방안을 모색하는데 기초 자료로 사용될 수 있음

다. 신축건축물 녹색화 활성화 방안 제시

(1) 연구내용

○ 녹색건축물 사업성 개선을 위한 정책 방안 제시

○ 사업화모델 제시

(2) 분석결과 및 결론

(가) 녹색건축물 사업성 개선을 위한 정책 방안

○ 에너지 요금체계 개선

- 사업성에 대한 영향요인 분석결과, 전력 에너지원의 가격이 녹색건축물 사업성에 가장 큰 영향을 주는 것으로 나타났음
- 현재 시행되고 있는 전력 에너지 요금체계에서는 일반용 전력가격이 지나치게 낮게 책정되어 있어, 일반용 건축물에 대한 녹색화를 통해 생애주기 동안 얻을 수 있는 에너지비용 절감액은 시장의 수요를 일으키기에는 부족한 수준임
- 이에 따라, 건축물 녹색화에 대한 충분한 사업성을 확보하기 위해서는 에너지 가격 체계에 대한 검토가 동시에 진행되어야 함

○ 환경영향 저감에 대한 보상체계 구축

- 건축물의 생애주기 단계 동안 발생하는 환경영향에 의한 사회적 비용은 국가적 차원에서 얻을 수 있는 피해비용을 의미하기 때문에, 환경비용의 절감 효과는 에너지비용 절감과 달리 건축물 관련 의사결정자에게 직접적으로 얻어지는 효과는 아님
- 환경비용 절감 효과가 시장에서 실제 비용 절감 효과로 인식되고 고려되기 위해서는 사회적 비용인 환경비용을 실제 비용으로 변환하는 과정이 필요함
- 이에 따라, 환경비용을 실제 비용으로 변환하기 위한 제도의 구축이 요구됨

○ 에너지성능 개선 효과의 가치화

- 에너지소비증명제를 통해 건축물의 에너지성능 관련 정보를 공개하고 있지만 단순 참고용으로만 활용되고 있어, 건축물의 생애주기 단계 동안 발생하는 에너지비용 절감효과는 건축물의 거래과정에서 녹색건축물로의 합리적인 선택을 유도하는 역할을 하지 못함
- 특히, 에너지사용량 정보만을 고려하여 녹색건축물의 가격에 반영하는 방안은 실제로 녹색건축물을 통해 얻을 수 있는 에너지비용의 저감 효과와는 다를 수 있음
- 이에 따라, 에너지효율 성능이 건축물 거래 시 건축물의 가치 향상에 기여할 수 있도록, 건축물에너지사용량 정보뿐만 아니라 건축물 에너지비용 정보를 구축하고, 에너지소비증명제와 연계하여 건축물의 가격 산정에 반영될 수 있도록 하는 방안이 제시되어야 할 것임

○ 에너지·온실가스 목표 관리제의 적용대상 확대시행

- Test Bed나 일반 건축물을 대상으로 에너지 저감 모델에 대한 사업적 타당성을 홍보는 시장에서의 건축물 녹색화에 대한 긍정적 인식을 확산하는데 기여할 수 있음
- 하지만, 건축물 녹색화를 통해 충분한 수준의 이익을 얻을 수 있다는 사실을 바탕으로 건축물 녹색화에 대한 긍정적 인식에도 불구하고, 초기 투자비는 상승되는 반면 운영단계에서 얻어지는 이익은 불확실하고 미래의 가치이기 때문에, 실제 시장에서의 확산은 더디게 진행될 수 있음
- 따라서, 생애주기 단계에서 충분한 수준의 이익을 얻을 수 있다는 사실을 적극적으로 홍보함과 동시에, 시장에서 정부의 정책 방향을 의무적으로 따르도록 하는 에너지 목표 관리제와 같은 제도가 마련될 필요가 있음

○ 건축물 녹색화에 대한 홍보 및 기술 확산

- 제도의 개선 및 구축은 하나의 시스템을 구축하는 차원에서 의미가 있음
- 건축물 녹색화가 시장 수요에 의해 활성화되기 위해서는 건축물 녹색화에 대한 긍정적 인식의 확산이 선행되어야 함
- 이에 따라, 제도 개선과 함께 건축물 녹색화의 가치 및 효과, 녹색화 관련 기술에 대한 홍보가 지속적으로 시행되어야 할 필요가 있음

(나) 신축건축물 녹색화의 활성화를 위한 사업화모델 제시

○ 환경비용 저감 효과에 대한 가치화 방안의 필요성

· 녹색건축물 사업을 진행하는 경우, 녹색건축물을 위해 증액되는 투자비용과 운영단계의 에너지비용 절감액으로 수익률이나 회수기간을 산정함. 하지만, 녹색건축물 투자수익에 대한 불확실성으로 인하여, 발주자나 투자자와 같은 의사결정 주체들은 녹색건축물 사업 투자에 소극적임

· 태양광 설비의 보급·확산 및 산업의 활성화를 위하여, 산업통상자원부에서 시행하는 태양광 대여사업에서는 대여사업자의 수익 창출 방안의 일환으로 사용자로부터 받는 대여료 외에 태양과 설비를 통해 얻어지는 생산인증서(REP)를 구매할 수 있도록 규정하고 있음. 하지만, 건축물의 경우, 건물의 에너지효율을 개선하고 신재생에너지 설비를 설치하여 에너지사용량 및 온실가스 배출량, 환경영향을 저감하더라도, 국가적 차원에서 금전적 가치로 환원되지 않는 실정임

한편, 녹색건축물의 활성화를 위한 방안으로써, 탄소배출권 거래제도를 기반으로 녹색건축물로 인한 탄소배출 저감량을 경제적 가치로 변환하고, 이를 기반으로 증액된 공사비에 대한 자금을 조달할 수 있는 금융지원방안이 제시된 바 있음

· 지구온난화 및 오존층파괴 방지, 산성화 피해 약화와 같은 환경영향의 저감은 탄소배출량 저감과 마찬가지로 국가 전체에 요구되는 사회적 비용을 저감시키는 기능을 함. 산성화를 예를 들면, 산성비는 국민 건강에 대한 직접적인 피해와 공공 인프라(도로, 공공건

물)에 대한 산화를 촉진시켜, 시설물 보수·보강은 물론 보건을 위한 국가 예산의 추가적인 지출을 요구함. 이에 따라, (1) 녹색건축물을 통한 환경영향 저감 효과를 평가하여 공식적으로 인증하는 인증제도를 시행하고, (2) 인증제도를 통해 평가된 녹색건축물의 환경비용 저감 효과가 신축녹색건축물에 대한 투자자(건축주 또는 사업자)에게 직접 되돌아가는 이익이 될 수 있는 금융지원제도를 신설하여, 신축녹색건축물의 활성화를 촉진할 수 있도록 모색함

○ 녹색건축물의 가치 평가/인증

· 건축물의 환경성능을 인증하기 위하여 현재 시행하고 있는 녹색건축인증제도(G-SEED)는 건축물의 친환경적 성능을 평가하기 위한 항목으로 에너지사용량, 이산화탄소 배출, 오존층파괴 및 자원고갈 등의 환경문제를 포함함

· 에너지절약 범주의 경우 에너지 성능지표 검토서에 산출된 평가결과를 바탕으로 평가하지만, 이산화탄소 배출량 저감 및 오존층보호, 자원고갈과 관련해서는 정량적 평가결과가 아닌 관련 기술의 적용 여부에 따라 점수를 부여함. 예를 들어, 이산화탄소 배출량 저감 항목에 대해서는 냉·난방방식의 종류에 따라 차등하여 점수를 부여하고, 자원절약과 관련해서는 가변성을 위한 세대 내부 내력벽의 비율을 바탕으로 점수를 부여함. 오존층파괴물질 저감 항목에 대해서는 냉방기 냉매와 단열재, 소화기만을 고려하여 오존층파괴지수를 평가함

· 지구온난화, 오존층파괴, 자원고갈뿐만 아니라 산성화, 부영양화, 광화학산화, 미세먼지와 같은 다양한 환경문제가 해결해야하는 문제로 논의되고 있는 가운데, 해외의 친환경건축물 인증제도(독일의 BNB, 미국의 LEED)는 이러한 다양한 환경문제에 대한 영향을 고려함. 특히, 전과정평가(Life Cycle Assessment)를 이용하여 산출된 정량적 평가결과를 평가과정에 포함하도록 규정하고 있음

· 해외의 선진 인증제도의 발전방향과 발맞추고 건축물의 녹색성능을 보다 명확하게 평가하여 의사결정과정이나 거래과정에서 활용될 수 있도록 하기 위해서는 건축물의 녹색성능을 정량적/객관적으로 평가하는 것이 요구됨. 이에, 현행 G-SEED의 “지구온난화방지” 관련 항목을 개선하는 인증제도 개선방안을 제안하며, 개선을 위한 구체적인 사항은 다음과 같음

① 건축물의 생태학적 영향을 보다 포괄적으로 반영할 수 있도록, 에너지/환경오염 분야에 포함된 “지구온난화 방지” 범주를 “환경부하 저감” 범주로 확장. 그리고 “환경부하 저감” 범주에 대한 평가항목에 건축물 생애주기에서의 지구온난화지수, 오존층파괴지수, 자원고갈지수, 산성화지수, 부영양화지수, 광화학산화 지수를 반영

② “환경부하 저감” 범주에 포함된 6가지 평가항목에 대한 평가방법은 각 환경부하 항목에 따른 저감 계획 여부를 바탕으로 평가하는 방법 대신, 전과정평가(Life Cycle Assessment)를 이용하여 건축물의 생애주기(자재생산, 운송, 시공, 운영, 유지관리, 해체폐기)를 모두 고려한 정량적인 평가결과를 바탕으로 평가

③ 평가항목의 범주가 증가한 만큼, 지구온난화방지 범주에 정의된 배점의 크기를 현재의 6점에서 상향 조정. 예를 들어, 6가지 평가항목에 모두 3점을 배정

<table>
<tr><th>구분</th><th>현행 제도</th><th>개선안</th></tr>
<tr><td>평가항목</td><td>
<table>
<tr><td>부문</td><td colspan="2">에너지 및 환경오염 방지</td></tr>
<tr><td>범주</td><td colspan="2">지구온난화 방지</td></tr>
<tr><td rowspan="2">평가항목</td><td>이산화탄소 배출 저감</td><td>3점</td></tr>
<tr><td>오존층 보호를 위하여 특정물질의 사용 금지</td><td>3점</td></tr>
</table>
</td><td>
<table>
<tr><td>부문</td><td colspan="2">에너지 및 환경오염 방지</td></tr>
<tr><td>범주</td><td colspan="2">환경부하 저감</td></tr>
<tr><td rowspan="6">평가항목</td><td>지구온난화 저감</td><td>3점</td></tr>
<tr><td>오존층파괴 저감</td><td>3점</td></tr>
<tr><td>자원고갈 저감</td><td>3점</td></tr>
<tr><td>산성화 저감</td><td>3점</td></tr>
<tr><td>부영양화 저감</td><td>3점</td></tr>
<tr><td>광화학산화 저감</td><td>3점</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>평가방법</td><td>평가항목과 관련한 방법의 이행 여부에 따른 평가</td><td>전과정평가를 이용한, 정량적 평가</td></tr>
<tr><td>평가/인증 기관</td><td>한국감정원, 한국생산성본부, 한국시설안전공단, 한국토지주택공사, 한국환경공단, 한국환경산업기술원 등</td><td>동일</td></tr>
</table>

○ 신축건축물 녹색화 금융지원사업

· 건축물의 생애주기동안 발생하는 다양한 배출물로 인하여 사회 전체에 다양한 환경적 피해가 야기될 수 있으며, 이를 해결하기 위해서는 많은 비용과 시간이 요구됨. 신축건축물의 녹색화를 통해 기대되는 환경영향의 저감 효과는 이러한 환경적 피해로 인해 사회적 비용의 감소를 유도할 수 있으며, 이는 탄소배출량 저감과 마찬가지로 국가적 차원에서 얻어지는 효과임. 즉, 정부는 신축건축물 녹색화로 인한 환경문제 해결을 통해, 해당 환경비용만큼의 사회적 비용을 절약할 수 있음. 이와 같은 맥락으로, 건축물의 녹색화를 통해 절감되는 환경비용을 신축건축물의 녹색화 활성화를 위한 지원예산으로 사용하는 것이 가능함

· 이러한 측면에서, 신축건축물 녹색화 금융지원사업은 녹색건축물의 환경적 가치 평가/인증제도와 연계하여 시행될 수 있음. 즉, 평가/인증기관을 통해 평가된 건축물의 환경영향에 '환경비용 변환계수(각 환경영향이 사회에 미치는 피해를 나타내는 계수)'를 적용하여 환경비용 저감 효과를 산출하고, 도출된 가치만큼을 공공기관에서 지원하여 신축건축물의 녹색화에 대한 투자를 유도할 수 있음. 본 연구에서 언급한 것과 같이, 환경영향을 환경비용으로 변환하는 과정에서 사용되는 '환경비용 변환계수'는 한국환경산업기술원에서 제시한 KOLID(한국형 피해산정형 전과정 영향평가 지표)의 결과를 사용할 수 있지만, 이는 2007에 수도권에 거주하는 400여명의 국민을 대상으로 시행한 컨조인트 분석을 바탕으로 도출된 값임. 이에 따라, '환경비용 변환계수'는 공공기관을 지정하여 정기적인 조사결과의 공표를 통해 지속적으로 업데이트되어야 하며, 이를 통해 평가결과에 대한 신뢰성을 확보해 나아가야 할 것임

· 금융지원을 위하여 정부는 예산을 준비하고 집행해야 하지만, 환경영향에 의한 피해를 해결하기 위하여 지출될 수 있는 비용을 예방하는데 사용한다는 의미를 가지기 때문에, 추가적인 예산의 사용없이 신축건축물의 녹색화 실현을 위한 금융지원을 시행하는 것이 가능함

· 금융지원사업은 크게 "신축건축물 녹색화 이자지원사업"과 "신축건축물 녹색화 대출지원

사업”으로 제안됨

1) 신축건축물 녹색화 이자지원사업

· 기존건축물 그린리모델링 이자지원사업과 유사하게, 신축건축물 녹색화 사업자(건축주)는 사업계획서를 바탕으로 공공보증기관으로부터 이자를 지원받을 수 있음. 이때, 지원받는 이자의 규모는 평가/인증을 통해 산출된 환경비용 저감 효과의 크기만큼으로 규정할 수 있음

· 신축건축물 이자지원사업을 위한 구체적 사항은 다음과 같음

① 평가/인증기관을 통해 녹색건축물의 환경비용 감축효과를 평가/인증함
② 신축건축물 녹색화 사업자(건축주)는 평가/인증기관으로부터 받은 인증서와 사업계획서를 보증기관에 제출함
③ 공적보증기관은 사업확인서를 사업자(건축주)에게 송부함
④ 건축주는 인증서, 사업확인서를 금융기관에 제출하고, 대출을 신청함
⑤ 금융기관은 건축주에게 대출을 해주고, 매월(또는 매년) 공적보증기관에 이자보전금을 신청함
⑥ 공적보증기관은 녹색건축물을 통해 얻어지는 환경영향 저감효과만큼의 금액을 금융기관에 이자로 보전함

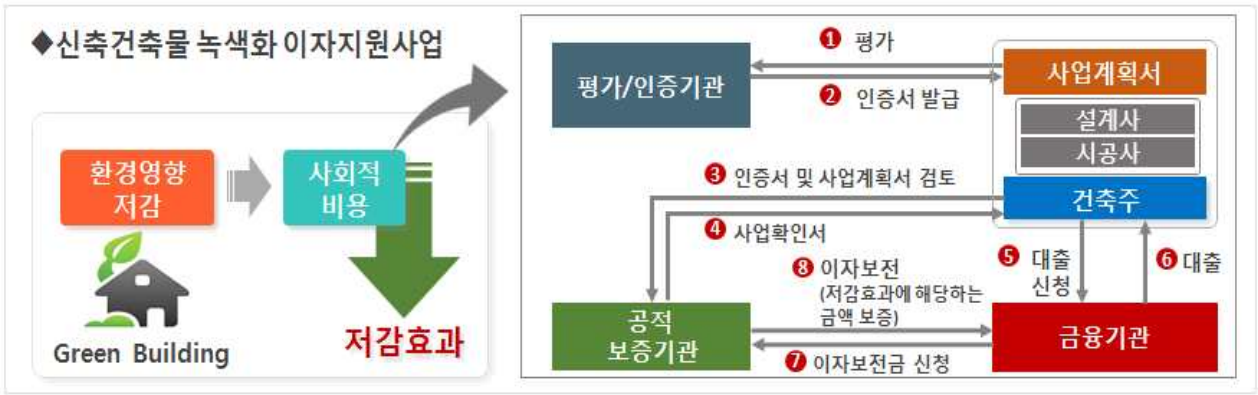


그림 2-221 신축건축물 녹색화 이자지원사업 방안

2) 신축건축물 녹색화 대출지원사업

· 일반적으로 프로젝트 파이낸싱 사업에서 자금을 조달하는 금융기관의 원리금에 대한 안전성을 보장하기 위하여, 건설업체의 원리금 지급보증을 포함함. 이와 같은 맥락에서, 신축건축물의 녹색화를 위해 추가적으로 요구되는 투자비용에 대해 공적 보증기관에서 보증을 제공하면, 금융기관으로부터 추가된 투자비용을 조달받는 것이 가능함

· 신축건축물 녹색화의 사업자(건축주)는 공공보증기관의 보증을 통해 사업비에 대한 대출규모를 일반 대출한도 이상으로 설정 가능. 이때, 상향 조정되는 대출규모는 평가/인증과

정을 통해 산출된 환경비용 저감 효과를 바탕으로 공공보증기관이 보증할 수 있는 금액 만큼으로 규정할 수 있음

· 신축건축물 대출지원사업을 위한 구체적 사항은 다음과 같음

① 평가/인증기관을 통해 녹색건축물의 환경비용 감축효과를 평가/인증함

② 사업자(건축주)는 평가/인증기관으로부터 받은 인증서와 사업계획서를 보증기관에 제출함과 동시에, 금융기관에 대출을 신청함

③ 공적보증기관은 인증서와 사업계획서를 검토한 후, 해당 사업에 대한 대출을 보증함. 이때, 건축물 녹색화를 위해 추가되는 비용에 대한 금액을 장기저리로 대출하는 것을 보증하며, 보증을 위한 정부 예산의 투입 한계는 녹색건축물에 의한 환경비용 저감효과로 한정함

④ 금융기관은 사업자(건축주)에게 대출을 지원함

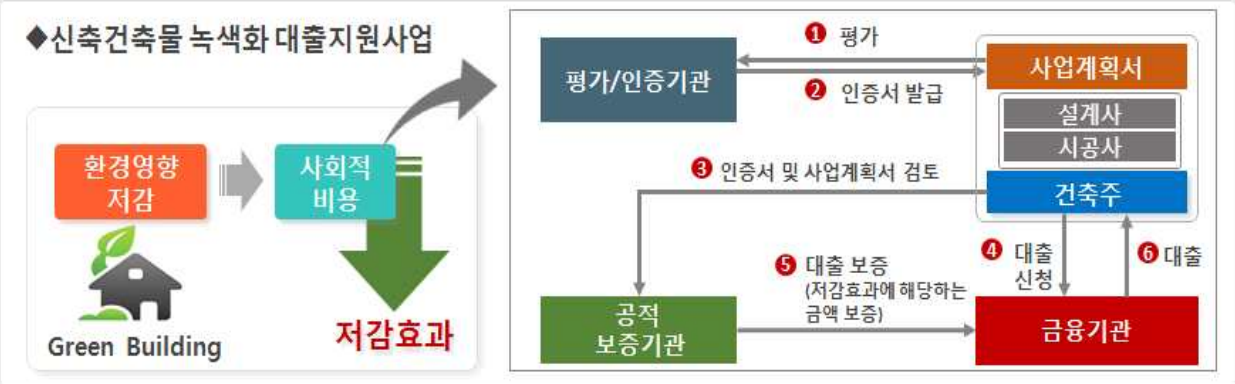


그림 2-222 신축건축물 녹색화 대출지원사업 방안

○ 신축건축물 녹색화 금융지원사업 주요 특징

· 신축건축물의 녹색화에 대한 직접적으로 자금을 지원방안과 함께, 보증을 통한 간접적으로 지원하는 사업화 모델을 제안하는 궁극적인 목적은 사업 초기단계에서 정부 주도하에 신축건축물의 녹색화 확산 방안을 추진하지만, 궁극적으로 시장경제체제 하에서 녹색건축물을 활성화할 수 있는 방안 모색을 위함임

· 제시한 사업화 모델은 신축건축물뿐만 아니라 기존 건축물의 리모델링사업에도 유사하게 적용하는 것이 가능함

제 3 장 최종 연구성과 및 적용실적

제 1 절 핵심요소기술 개요

1. IPD Process 개발

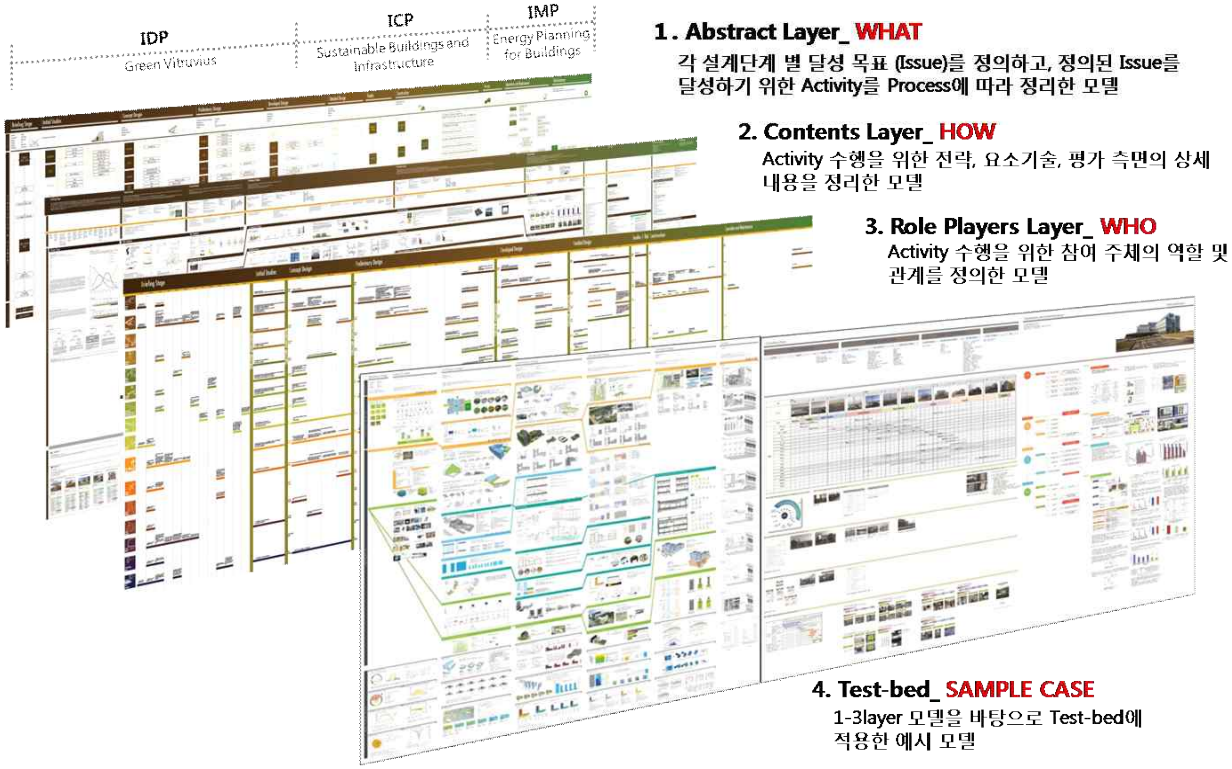


그림 3-1 IPD Process 개념도

IPD(Integrated Project Delivery) Process 는 녹색건축물의 확산 및 기존 건축 실무 프로세스를 혁신을 하고자 설계-시공- 운영- 폐기단계 등의 건축물 전 생애주기를 통합적으로 관리 수행할 수 있는 통합 프로세스 이다. IPD Process를 통해 친환경 신축건축물의 기존의 인식에서 탈피하여 현실적인 경제적 가치를 제시함은 물론, 건물에 투자되는 비용과 성능을 최적화 할 수 있는 녹색건축물의 대안을 제시 가능

가. 연구 필요성

녹색건축물의 확산 및 기존 건축실무 프로세스를 혁신할 수 있는 통합 프로세스가 요구
기존의 건축실무 프로세스에서는 의사결정의 시기와 분야별 협업 관계, 참여자의 역할분담에 대한 정보의 부재 등이 문제점으로 지적되고 있음
본 연구를 통해 제시된 프로세스에는 새로운 체계(레이어 모델)를 구축하여 친환경 건축물 설계 전략, 요소기술의 적용 전략, 프로젝트 참여자들의 역할, 평가 툴 및 평가 방법 등을 체계화하여 신축 녹색화 건축물 통합 프로세스로 구축되어 개발됨

나. 연구내용

- ○ 기존에 국내 및 해외에서 개발된 통합설계 프로세스 모델에대한 자료 조사 및 장단점 도출
- ○ 실무자 설문조사 및 건축 설계자들을 대상으로 자문을 통하여 국내 실정에 맞는 통합 프로세스 체계 구축
- ○ 각 단계별 친환경 전략 및 요소기술에 대한 컨텐츠 조사 및 국내 실정에 맞는 컨텐츠 제작
- ○ 첫 번째 레이어는 Abstract model 로서 각 단계별 달성 목표(issue)를 정의하고, 정의된 Issue를 달성하기 위해 어떠한 Activity가 수행되어야 하는지를 확인할 수 있도록 각 Activity를 시간 순서에 따라 비교적 간단하게 정리한 모델
- ○ 두 번째 Contents model은 Activity 수행을 위해 필요한 사항들을 전략, 요소기술, 평가 측면에서 상세하게 정리한 모델
- ○ 세 번째 레이어는 Role player model 로서 Activity 수행을 위한 참여 주체의 역할 및 관계를 정의한 모델이다. 마지막 위의 세 가지 레이어 모델을 바탕으로 Test-bed에 적용하여 실제 사례에서의 내용을 정리한 Sample case 모델이 4번째 레이어로 구성

라. 구성도



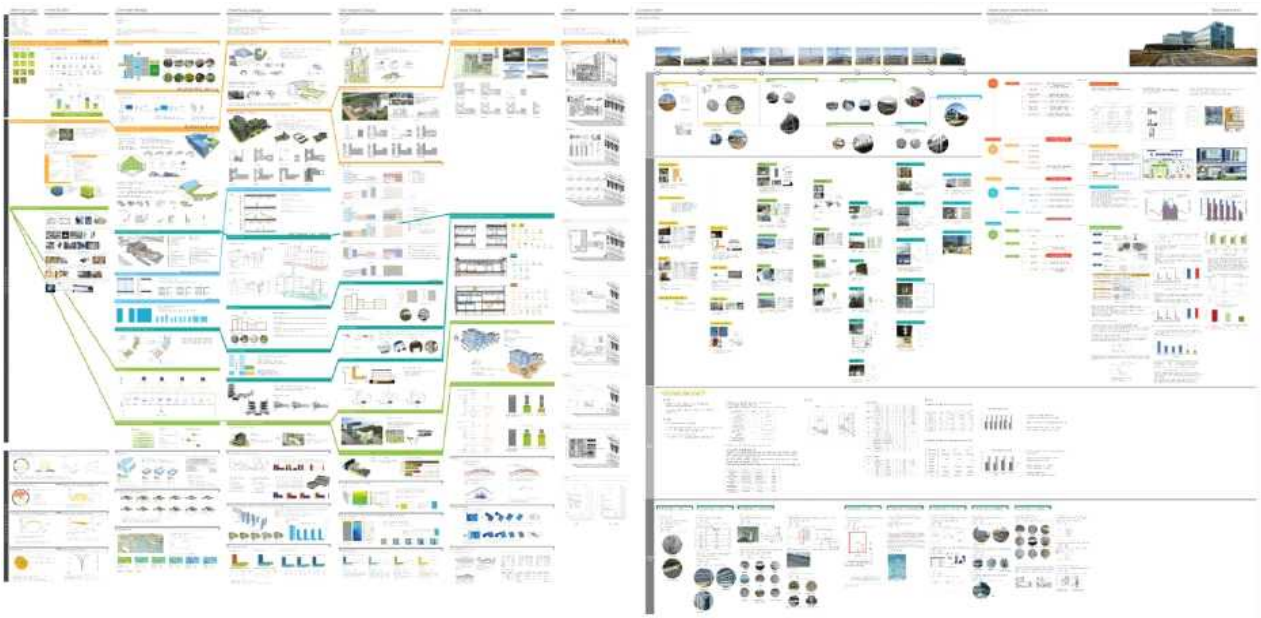
[1st Layer]



[2nd Layer]



[3rd Layer]



[4th Layer]

그림 3-2 IPD Process 4개의 Layer Model

2. Test-bed (포스코 그린빌딩) 구축

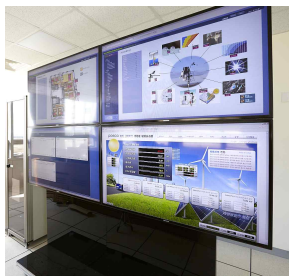
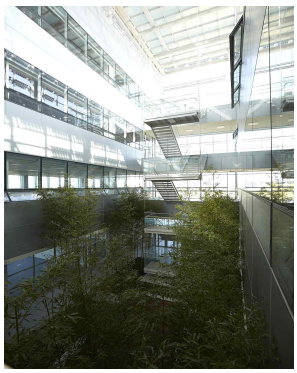




그림 3-3 Test-bed 전경

시장수요 기반 신축건축물 녹색화 확산 연구의 대표적인 연구 결과물 중에 하나인 Test-bed 는 인천시 송도구 연세대학교 국제 캠퍼스에 세워진 오피스-공동주택- 모듈러 기능이 있는 복합용도 건축물. 지하 1층~ 지상 4층, 총 연면적은 5500 ㎡ 규모이며, 2012년 9월 착공하여 2013년 11월에 완공됨. Test-bed 에 적용된 주요 기술은 총 6가지 카테고리의 106가지 친환경 요소기술이 적용되어 구축됨

가. 연구내용

- 녹색건축물 실증사업의 주요 연구성과물 중에 하나. 공존과 혁신 그리고 진화의 가치를 추구하기 위해 프로세스의 혁신을 전제로 연구 수행함
- 본 실증사업 수행을 위해 통합 프로세스 모델 (Integrated Project Delivery)를 근거로 구축됨
- 에너지 성능 목표는 2012년 에너지 소비량 대비 오피스의 경우 60~80% 절감형 모델로 구축되었으며, 공동주택은 Base 모델, 60~ 100% 절감형 모델, 모듈러의 경우 60% 절감형 모델로 구축되어 있음
- Test-bed 에 적용된 친환경 요소기술에는 지진이나 내력으로 발생하는 구조재의 손상을 제어할 수 있는 Reuse 형 강구조접합 기술, 일반 강판에 비하여 휨 하중에 대한 저항성을 높인 파형강판을 사용한 고내식 장수명 우수저류조, 공장에서 생산한 패널 모듈을 현장에서 조립하는 시스템을 사용함으로 공기단축과 공사비를 절감한 고단열 프리패브 외벽 시스템등이 있음

나. 구성도

기존 VS 개발기술: Energy

개발기술 내용 :

- **우수열 이용외기 냉난방 시스템 :** 빗물과 지하수의 열을 이용하여 냉방과 난방을 하는 기술 국내 최초 적용



기존 VS 개발기술: Resources

개발기술 내용 :

- **환기일체형 구조체 :** 기둥과 기둥의 연결부재인 바닥 보(girder)를 폐단면 형태의 built-up member 로 설치하여 내부공간을 설비통로로 이용하는 시스템
- **열교환 환기 유니트 :** 공장에서 조립되어 주거용 건물에 설치되는 실내, 외 두 공간 사이 열교환을 위해 설치된 공냉 열 교환식 공기 공급장치.







그림 3-4 Test-bed 기술구분도

3. 평가 시스템 : KLT Method, BEAT Program, IVAS

○ KLT Method 녹색건축물 기본설계단계에서의 에너지 성능 평가 툴

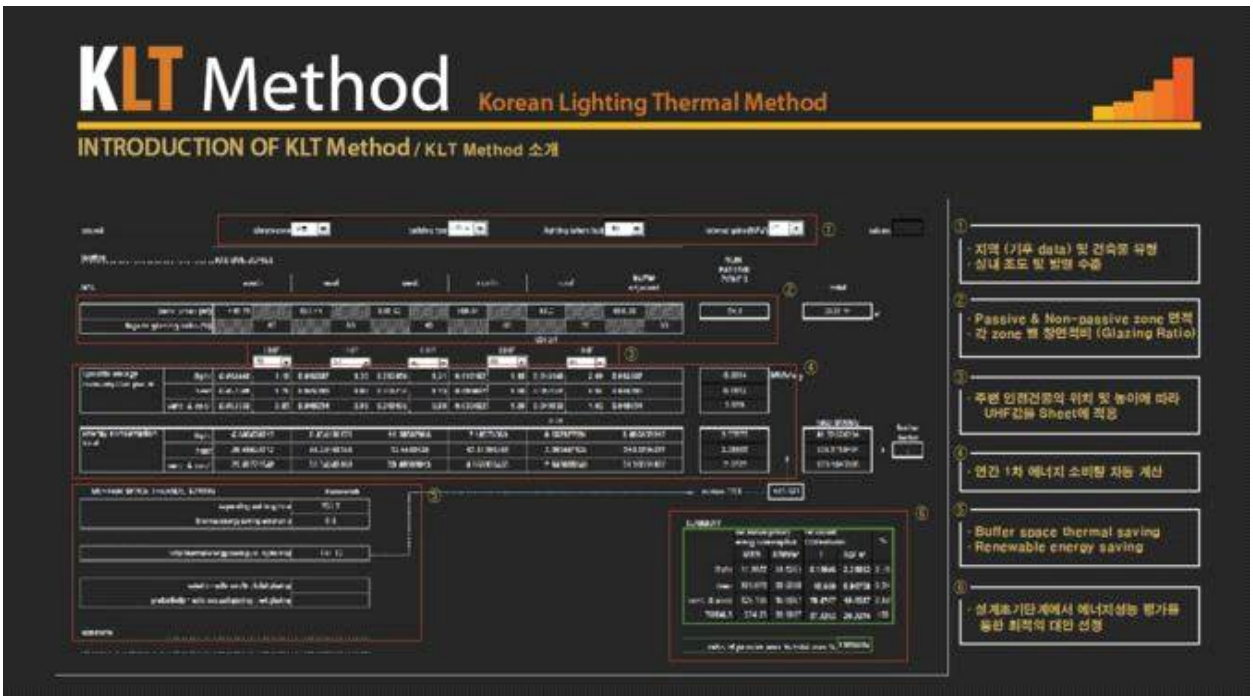


그림 3-5 KLT Method 화면구성

녹색 건축물 기본설계단계에서 알 수 있는 기본적인 정보들(연면적, 층수, 층높이, Passive/Non-Passive zone, 창면적비, 기후 지역, 건축물 유형, 실내 조도, 발열량)만 가지고 건물의 에너지 성능을 예측할 수 있는 프로그램으로 통합설계 프로세스 가이드라인에 적용되어 설계 초기단계에서 에너지 성능 목표 설정 가능

가. 연구 필요성

○ 건물 디자인에서 설계초기단계에 결정되는 디자인 요소들, 예를 들어 건물의 향과 평면, 단면, 입면 디자인과 같은 요소들은 건물의 에너지성능에 가장 중대한 영향을 미치게 됨

○ 설계초기단계 이후에 디자인 요소들을 설계 변경하기 위해서는 많은 비용이 발생하기 때문에 설계초기단계에서 설계 대안들의 에너지성능을 평가하고 최적의 에너지성능을 가진 대안을 선택하기 위한 방안이 필요함

○ 에너지성능을 분석하기 위한 방법으로 건물 에너지 시뮬레이션 툴이 많이 사용되고 있지만 건축가가 이를 이해하고 사용하는데 어려움이 따르고 구체적인 건물 형태와 시스템이 결정되지 않은 상황에서 컴퓨터 시뮬레이션을 에너지 계산에 사용하는 것은 비효율적임

○ 따라서 설계초기단계에서 설계 대안의 에너지성능을 간단히 평가할 수 있는 툴이 필요

나. 연구내용

- Input data의 선택입력만으로 Excel Sheet상에서 에너지 사용량 및 CO2 배출량 계산이 자동계산 될 수 있는 에너지 성능 평가 툴 개발
- 설계초기단계에 결정되는 건물 형태와 입면 디자인의 에너지성능평가를 위해 Passive zone 면적과 창면적비를 주요 변수로 사용하며 지역의 기후적인 상태, 인접 건물의 영향, 조도수준, 실내 발열수준 등을 적용
- 국내 기후지역을 대표할 수 있는 서울, 대전, 부산 3개 지역을 대상으로 다양한 부하 조건을 적용하여 결과를 도출함
- 연간 에너지 소비량을 나타낸 Curve를 도출하여 입력값에 따라 연간 개략적인 에너지 소비량을 도출할 수 있도록 구성
- 총 18 Case를 설정하고 각 Case에 대해 4개의 방위에 대한 총 72 Curve를 도출하였음

다. 구성도

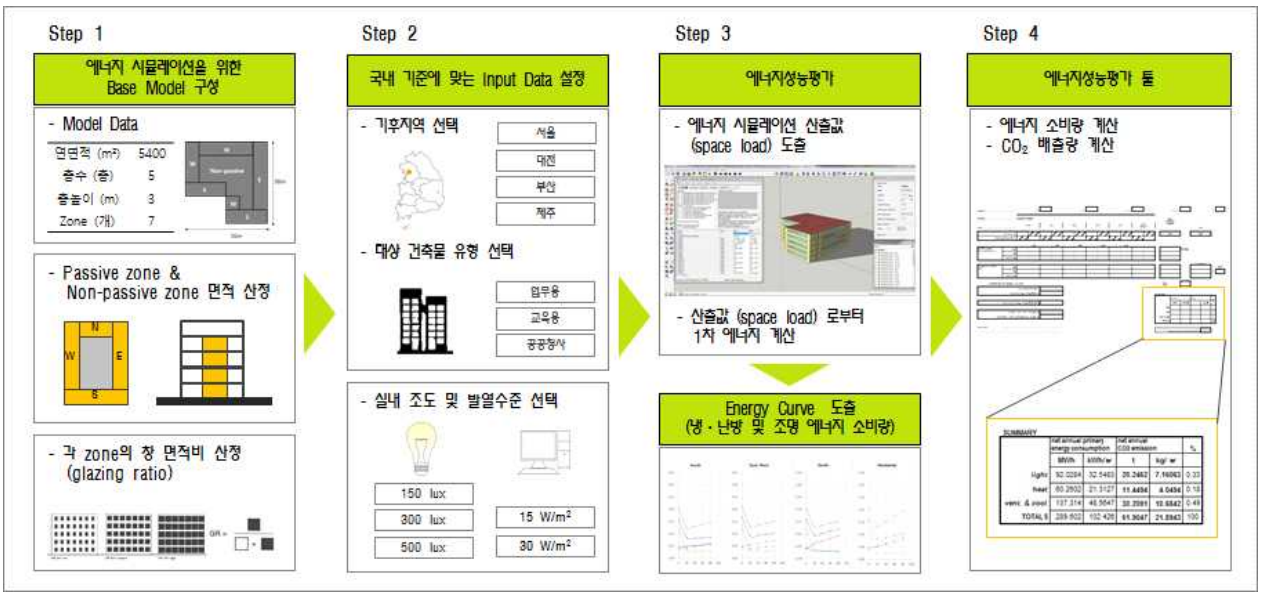


그림 3-6 KLT Method 구성도

○ BEAT(Building Energy Analysis Tool) Program



그림 3-7 BEAT Program

데이터 수집(건물관련 정보, 운영정보, 기상정보, 사용된 기기정보 등)을 통해 건물의 에너지 평가 후, 건물 운영의 개선방안을 도출할 수 있는 프로그램이며 엑셀 Spread Sheet 기반의 툴로 보급 및 확산에 용이하고 건물 운영 데이터를 사용하여 상세한 에너지 분석이 가능

가. 연구의 필요성

○ 국내에서는 기존 건축물의 에너지 성능을 정량적, 객관적으로 진단하고 분석하는 Tool이 미비하며, 기존 건축물의 에너지 성능 개선이 객관적으로 이루어지기 어려움

○ 기존 건물의 에너지 성능을 정확히 파악해 건물의 정확한 Retrofit 방향 제시

나. 연구내용

○ 건물 에너지 사용량의 객관적 평가를 위해 HVAC, Non-HVAC의 요소별로 소요되는 에너지를 정확히 파악할 수 있도록 구성

○ 4가지 Category(Building Data, Equipment Data, Weather Data, Operation Methods)로 Data를 수집한 후 3가지 기준(Equipment Capacity, Peak Demand, Average Consumption)의 방법으로 건물 에너지 사용을 분석함

○ 건물 정보 변경에 따른 에너지 소비량 변화를 프로그램을 통해 손쉽게 예상할 수 있으며 이를 통해 건물 운영의 가이드라인으로 활용 가능함

○ Test-bed에 적용하여 프로그램의 성능 검증

나. 구성도



그림 3-8 BEAT의 Data 입력 Sheet

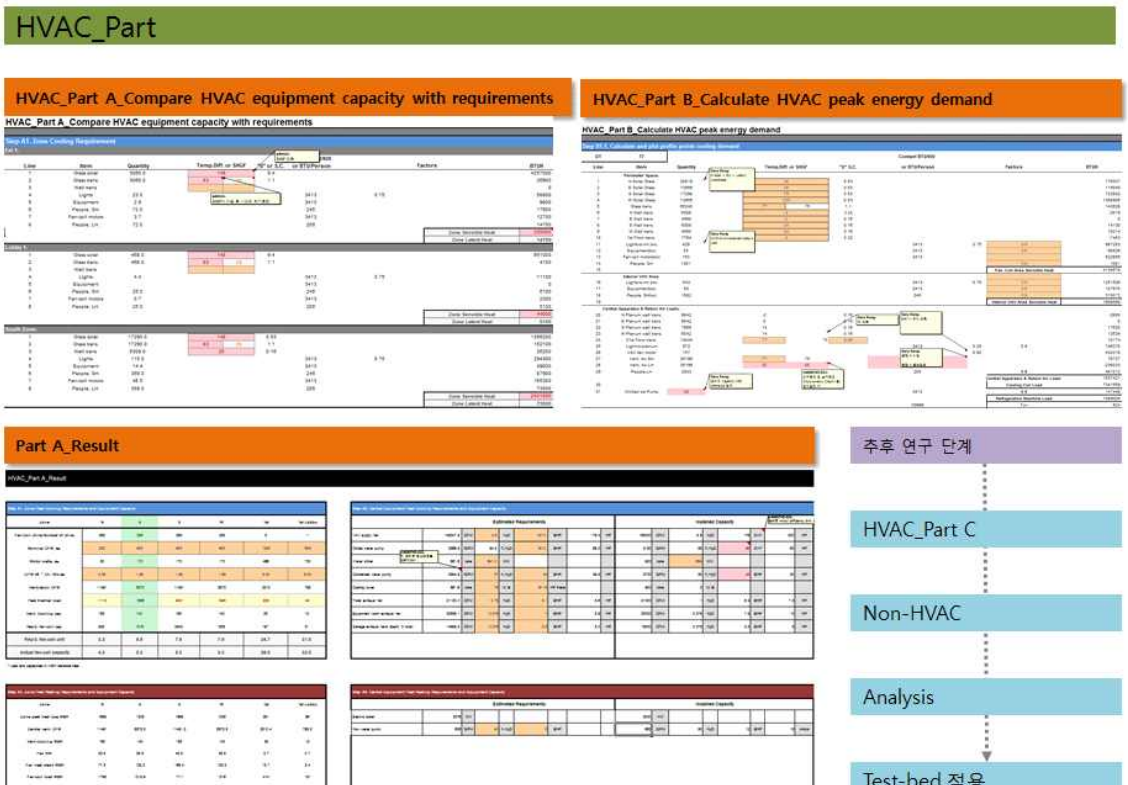


그림 3-9 BEAT의 HVAC 입력 Sheet

○ IVAS(Integrated Value Assessment System)

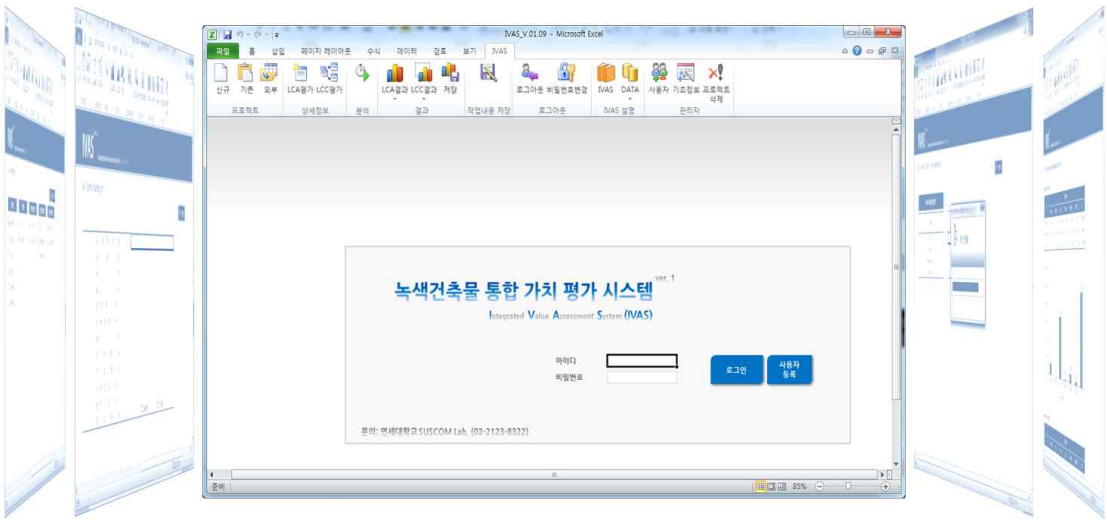


그림 3-10 IVAS 화면 구성

녹색건축물 통합가치평가시스템(Integrated Value Assessment System for Green Buildings; IVAS)느 전과정평가(Life Cycle Assessment)를 기반으로 하는 건축물의 환경성 평가와 함께 생애주기비용 분석(Life Cycle Cost Analysis)을 통합 경제성 평가를 동시에 진행할 수 있는 평가 도구로서, 특히 환경비용을 생애주기비용에 포함함으로써 환경성과 경제성을 통합한 결과를 제시할 수 있는 프로그램임

가. 연구의 필요성

○ “건축물 녹색화에 대한 부정적 인식”과 “건축물 녹색화의 효과에 대한 불명확한 인지”는 건축물 녹색화의 활성화에 부정적으로 작용하기 때문에, 이를 해결하기 위하여 개별 건축물의 녹색화로 인해 얻을 수 있는 가치를 정량적으로 명확하게 제시할 수 있는 평가도구가 요구됨

나. 연구내용

○ IVAS는 환경영향 평가결과로서 이산화탄소뿐만 아니라, 지구온난화지수(Global warming potential; GWP), 오존층파괴지수(Ozone-layer depletion potential; ODP), 산성화지수(Acidification potential; AP), 부영양화지수(Eutrophication potential; EP), 광화학산화지수(Photochemical ozone creation potential; POCP), 자원고갈지수(Abiotic depletion potential; ADP)를 평가결과로 제시함

○ IVAS는 지구온난화, 오존층파괴, 산성화, 부영양화, 광화학산화, 자원고갈에 따른 피해를 환경비용으로 제시함으로써, 환경문제에 대한 비전문가인 일반 사용자(설계자, 시공자, 발주자 등)가 녹색건축물을 통해 얻을 수 있는 효과에 대해 쉽고 명확하게 인지할 수 있도록 함

○ IVAS는 초기투자비, 유지관리비, 운영·에너지비, 해체·폐기비, 잔존가치와 함께 환경비용을 포함한 생애주기비용 평가결과를 제시. 그리고 비용으로 제시되는 환경비용 평가결과

를 생애주기비용 항목에 포함함으로써, 경제성과 환경성을 동시에 고려한 평가결과를 제시하고, 이를 통해 합리적인 의사결정을 지원함

○ IVAS는 건축물 전생애주기를 평가범위로 포함하고 있으나, 사용자 선택에 따라 평가범위의 조정하여 평가결과 산출이 가능하며, 환경영향(환경비용)과 생애주기비용을 동시에 평가하는 것이 가능하고, 환경영향 또는 생애주기비용 중 한 가지 항목에 대한 평가 역시 가능함

나. 구성도

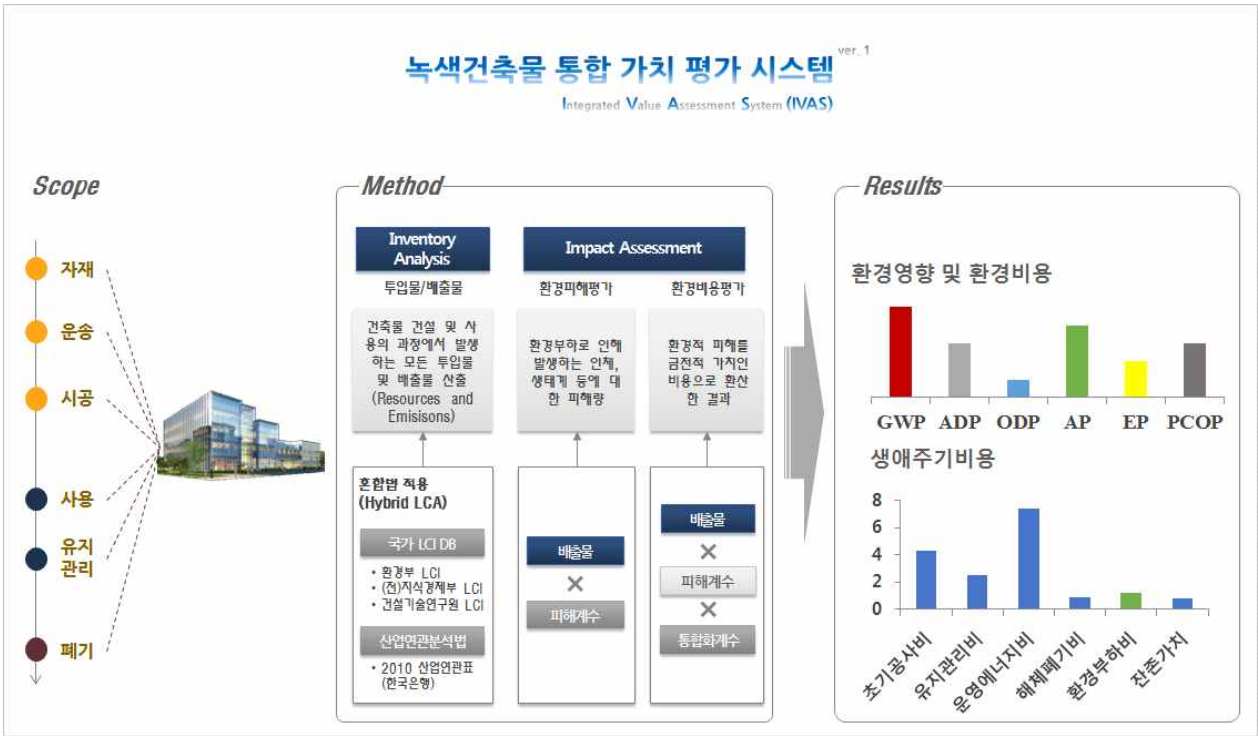


그림 3-11 IVAS 구성도

4. 매뉴얼 : 녹색건축물 요소기술 매뉴얼, 녹색시공 매뉴얼



그림 3-12 녹색건축물 요소기술 매뉴얼

○ 녹색건축물 요소기술 매뉴얼

녹색건축물에서 패시브 기술 중 가장 대표적인 이중외피와 아트리움에 대한 친환경 요소기술 활용 전략을 각 설계단계 별로 정리하여 매뉴얼화하고 최종적으로 통합설계 프로세스 가이드라인에 적용

가. 연구내용

○ 녹색건축물의 설계 프로세스에서 설계 과정에서 건물의 형태에 영향을 주는 대표적인 패시브 기술로는 이중외피와 아트리움이 있음

○ 통합설계 프로세스의 각 설계단계 별 요소기술 적용 사례를 보여주기 위해 이중외피와 아트리움에 대한 설계 과정을 매뉴얼화 함

○ 각 설계 단계에서 필요한 작업(Activity) 들과 건축가, 엔지니어의 역할을 중심으로 요소기술 매뉴얼을 작성

나. 구성도

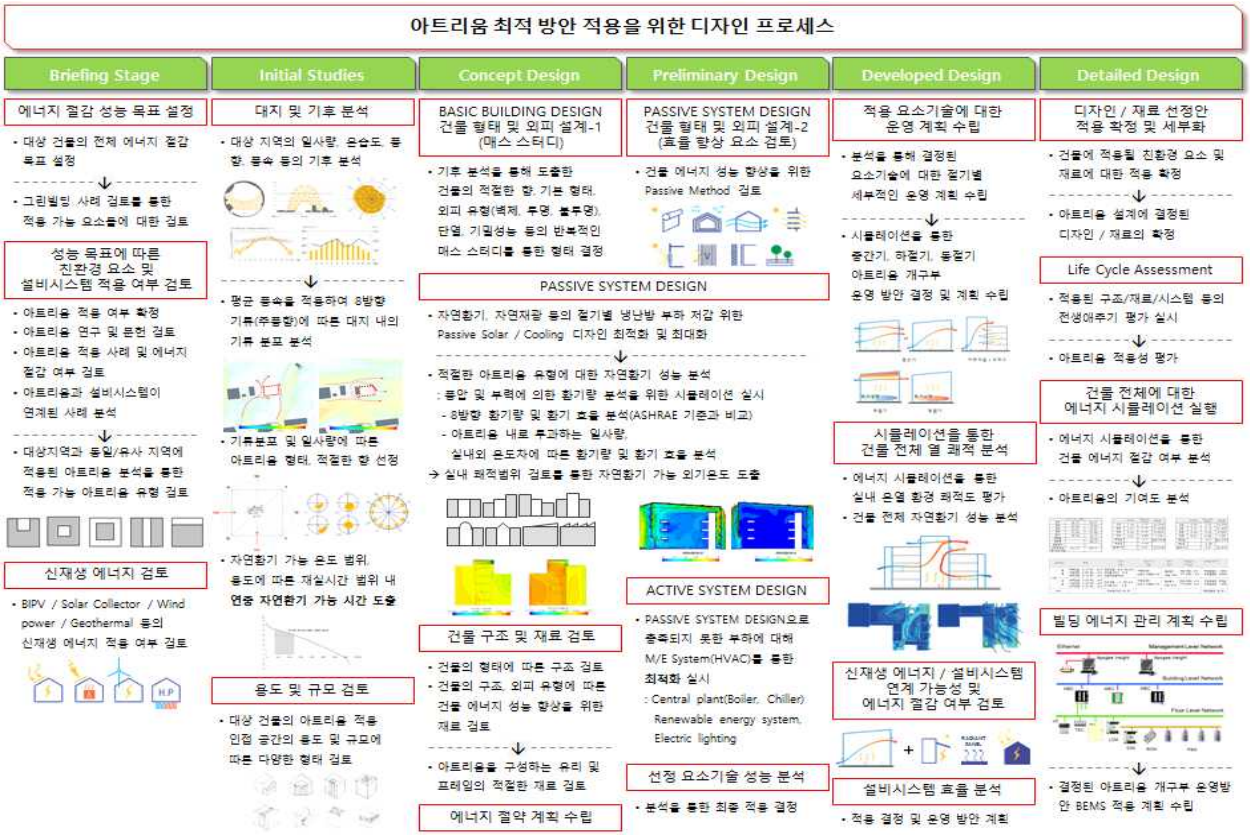


그림 3-13 요소기술 매뉴얼_아트리움

○ 녹색시공매뉴얼

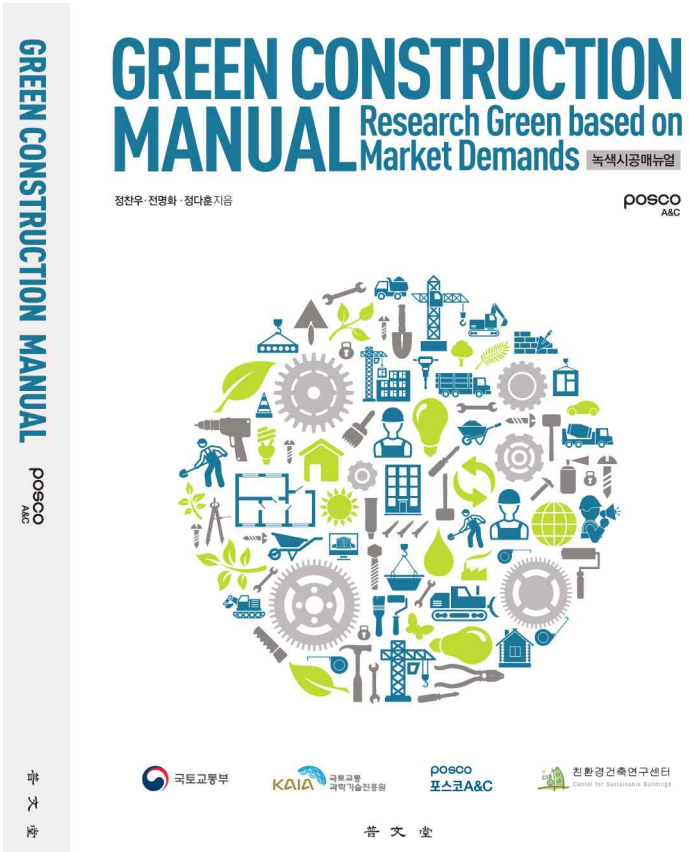


그림 3-14 녹색시공 매뉴얼

시공단계에서 환경오염을 최소화시킬 수 있도록 건설현장의 환경관리 세부지침을 제시하고, 녹색건축물의 품질확보를 위한 커미셔닝 기법 및 단열/열교 등의 관리 체크리스트 등을 포함한 녹색시공매뉴얼을 개발함

가. 연구내용

○ 녹색시공기술의 현장적용이 활발한 해외 선진국을 대상으로, 녹색건축물 시공 프로젝트에서 적용되고 있는 친환경 시공기술(construction engineering practice, project management practice)과 관련 기준, 법규 등을 벤치마킹함

○ 국내 건설현장 환경관리 관련 법규와 국내외 그린빌딩 인증제(G-SEED, LEED, BREEAM)의 평가항목 등을 종합하여, 지속가능한 시공현장 관리세부지침을 마련함. 아울러 각 관리기법별 적용사례를 구체적으로 제시함으로써 실무 적용이 용이하도록 유도함

○ 녹색건축물의 품질확보를 위한 기술로서 커미셔닝에 대한 해외 기준과 시방서 등을 정리하여, 커미셔닝을 수행하기 위한 프로세스와 참여주체들의 역할 등을 제시함. 또한 에너지성능 확보를 위한 주요 기술로서 단열성능 및 결로예방을 위한 시공 전 단계 및 시공단계의 관리 체크리스트를 개발함

나. 구성도



그림 3-15 녹색시공 컨텐츠 일부(친환경 현장관리)

5. 사업화 방안 : IPD Web Platform, IPD Planner



그림 3-16 IPD Web Platform 메인화면

본 연구과제에서 개발한 IPD Process 모델은 현재까지의 연구진의 경험과 지식을 바탕으로 단계별 컨텐츠를 정의하였기 때문에 컨텐츠가 제한된 정보만으로 한정된다는 한계가 있음. 이에, 다양한 최신의 데이터를 지속적으로 확보하고 공유하는 것이 실무 프로세스 혁신에 더욱 효과적일 것이라 판단하여 실무 적용화 프로그램의 개발을 기획. 건축 실무에서 다양한 이해 관계자들의 유기적이고 지속적인 협업이 어려우며, 녹색건축에 대한 지식의 부재는 녹색건축 시장의 발전을 저해하고 있다고 판단, IT 기술을 적극적으로 도입하여 녹색건축 모든 Process의 정보가 공유 가능하고 스스로 진화하는 프로그램을 구축함으로써 녹색건축 활성화에 새로운 방향을 제시함

가. 연구내용

○ 프로그램을 IPD Web Platform과 IPD Planner 2개로 구성하여 유기적으로 연결되도록 개발, 먼저, IPD Web Platform은 IPD Process 개발의 연구 결과물인 다양한 컨텐츠를 제공

○ IPD Web Platform은 녹색건축물 프로젝트 수행을 위해 요구되는 각 단계별 Activity와 각 Activity를 수행하는 Role Players, 그리고 Activity 수행에 필요한 Information, Evaluation, Documentation, Policy 등의 정보를 확인할 수 있는 녹색건축물의 Information Hub 역할을 하도록 기획

○ 플랫폼이란 누구나 참여가 가능한 공간으로 정보를 확인, 공유, 제공함으로써 플랫폼의 정보가 스스로 진화할 수 있도록 하는 것이다. 따라서, 이 플랫폼에서는 사용자들이 업로드한 관련 컨텐츠를 확인/사용하는 것은 물론, 새로운 컨텐츠를 자발적으로 업로드하여 지속적으로 진화하는 공간이 되도록 기획

○ IPD Planner는 각 단계별로 어떠한 Activity를 수행해야 하며, 어떠한 참여자(Role Players)들과 소통하면서 프로젝트를 진행해야 하는지, 각 단계별로 어떠한 평가도구나 평가시스템을 적용해야 하는지, 해당 Activity 수행을 위한 문서나 결과물은 무엇인지, 확인해야 하는 법규나 정책에는 어떠한 것들이 있는지 그 정보를 한 눈에 확인할 수 있도록 IPD Web Platform에 업로드 된 컨텐츠들과 연결된다는 특징을 갖음

○ IPD Web Platform과 IPD Planner가 2개의 프로그램으로 구분되어 개발되었지만, 실제로는 IPD Web Platform에 축적되는 정보를 IPD Planner에서 활용할 수 있도록 유기적인 프로그램으로 개발 됨

○ IPD Planner를 이용하여 자신만의 프로젝트를 생성할 때 프로젝트 참여자들을 IPD Planner 상의 Role Player로 정의함으로써, 모든 참여자들이 프로그램을 활용하여 프로젝트 관련 정보를 공유하고 효율적인 관리가 가능하다. 말 그대로 녹색건축물 프로젝트 관리를 위한 Planner임

나. 구성도



그림 3-17 IPD Web Platform - AIRED 사이트 화면

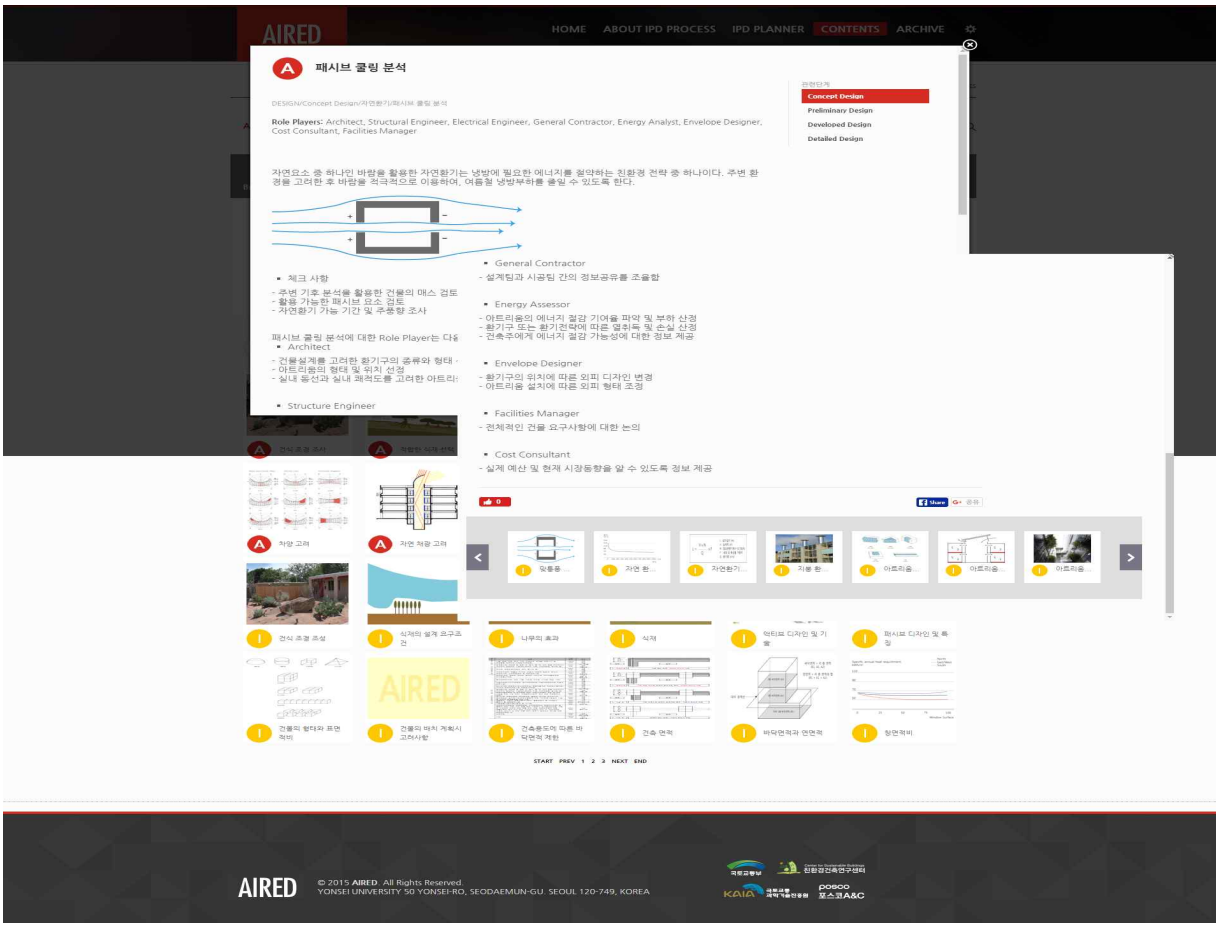


그림 3-18 컨텐츠 보기 예시

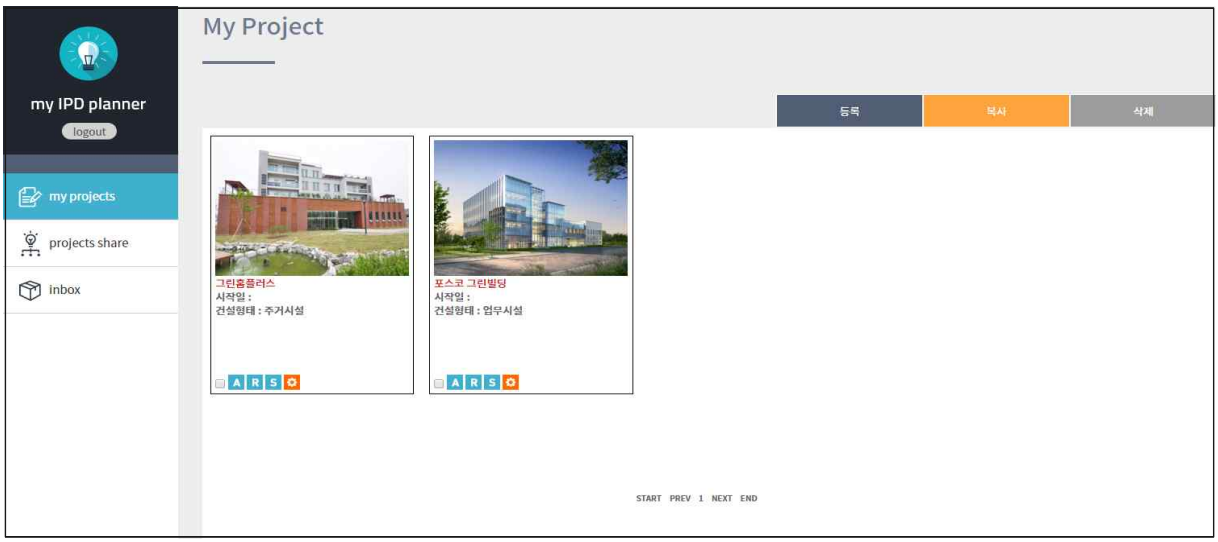


그림 3-19 IPD Planner 시작 화면

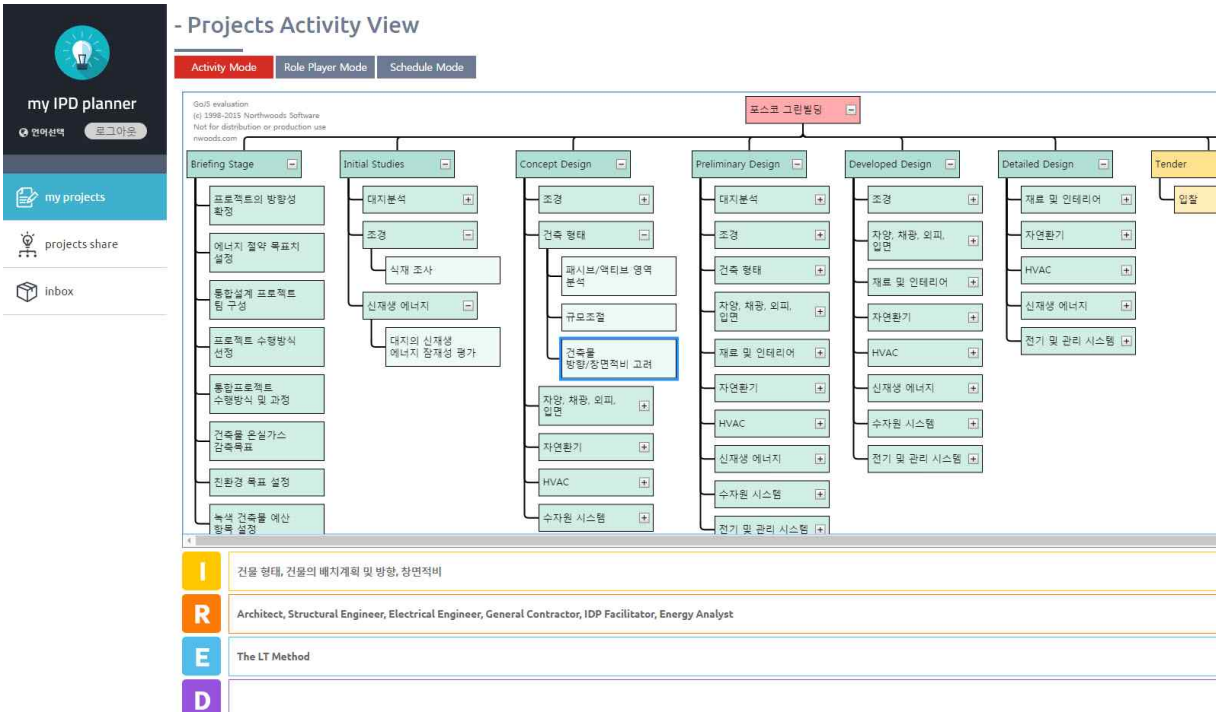


그림 3-20 IPD Planner 프로젝트 적용 화면

제 2 절 핵심요소기술별 주요 연구성과

세부	핵심 성과명	성과유형	성과설명	
			특징 / 우수성	국내외 기술수준과 비교
총괄	IPD Process 개발	-	본 통합 프로세스는 녹색건축물 확산 및 보급에 이바지 하고자 모든 건축의 실무자들이 쉽게 따라하여 프로젝트의 성과를 달성할 수 있도로 가이드 할 수 있는 프로세스 임	기존 해외 통합 프로세스의 경우 설계에 집중 되어 있는 반면, 본 프로세스는 건축 전발에 걸친 모든 과정을 포함함 단계별 수행할 TASK 및 의사결정 미팅 시점이 불명확한데 비해 정확한 Activity 및 단계별 참여자와 그들의 역할도 명확하게 표현됨
	Test-bed 구축	학술지게재 특허출원 언론홍보	통합프로세스 모델을 바탕으로 구축됨 오피스-모듈러-공동주택등 3가지 복합용도의 건축물, 총 106가지 친환경 요소기술이 적용됨	기준 에너지 사용 대비 60~많게는 100% 에너지 절감형 구현(공동주택) Test-bed 에만 적용되어 있는 7가지 고유 기술 구현

	IPD Web Platform IPD Planner	SW 등록 (예정) 기술실시계약 (예정)	건축 실무에서 다양한 이해 관계자들의 유기적이고 지속적인 협업이 어려우며, 녹색건축에 대한 지식의 부재는 녹색건축 시장의 발전을 저해하고 있다고 판다, IT 기술을 적극적으로 도입하여 녹색건축 Process의 공유가 가능하고 스스로 진화하는 프로그램을 구축	Web 형태의 친환경관련 기술 및 재료를 소개해 주는 프로그램 존재 하나(Architecture 2030 Palette) 그 범위가 한정되어 있고, 공유된 정보를 바탕으로 본인의 Planner 및 스케쥴 관리 할 수 있는 기능은 국내외 최초임

세부	핵심성과명	성과유형	성과설명	
			특징 / 우수성	국내외 기술수준과 비교
통합설계 엔지니어링	녹색건축물 통합설계 프로세스 가이드라인	책자	설계단계별 친환경 설계 전략에 대하여 각 전략, 설계 참여 주체들의 역할, 요소기술들을 체계화하여 가이드라인화 함	국내에는 통합설계 프로세스에 대한 이론적인 해설서는 있으나 각 설계단계 별로 적용할 수 있는 체계화된 시스템이 부재함
	녹색건축물 기본설계단계에서의 에너지 성능 평가 툴	SW개발	녹색건축물 초기 단계에서 기본적인 정보만 가지고도 건물의 개략적인 에너지 성능을 예측 가능	국내에 상용화되어 있는 에너지 성능 평가 툴의 경우 완성된 건물을 대상으로 하는 프로그램이고 건물 설계 초기 단계에서 에너지 성능 평가가 어려움
	녹색건축물 요소기술 매뉴얼	보고서	친환경 요소기술 중 가장 대표적인 이중외피와 아트리움에 대하여 각 설계단계별 구체적인 설계 전략 및 평가 방법 제시	설계자나 건축 환경 전문가들이 노하우로 알고 있는 경우는 많으나 설계 단계별로 체계화되어 정리된 요소기술에 대한 설계 매뉴얼은 부재함

세부	핵심성과명	성과유형	성과설명	
			특징 / 우수성	국내외 기술수준과 비교
녹색시공	통합 시공 프로세스(ICP)	보고서	IPD연계 및 실무 프로세스 혁신 유도 공사 초기단계부터 녹색시공의 목표를 명확히 설정 및 프로세스별 구체적 방안을 제시함으로써 시공단계 참여주체들의 업무 효율성 제고	국내에는 녹색시공을 위한 단계별 업무 및 역할 정의, 사례를 추가한 프로세스로서 유일하다고 볼 수 있음
	녹색시공매뉴얼	매뉴얼	환경에 대한 부정적인 영향을 최소화 하도록 녹색시공 관리방안을 구체적으로 제시함.	실무자들이 녹색시공을 수행하기 위한 지침으로서 국외 지침과 비교하여 동등의 기술력으로 인정됨
	커미셔닝 활성화 및 제도 개선을 위한 지침	보고서	국내 커미셔닝의 현황 및 녹색건축인증제도와의 연계성 분석을 통해 국내 건설산업에서의 커미셔닝의 문제점과 개선안을 제안함	해외의 커미셔닝 지침 분석 및 국내 녹색건축 수행사례를 토대로 작성한 것으로 해외의 커미셔닝을 벤치마킹 할 수 있는 자료로 판단됨

세부	핵심성과명	성과유형	성과설명	
			특징 / 우수성	국내외 기술수준과 비교
녹색운영	녹색건축물에 적용되는 기술 분류 체계도	-	녹색 기술의 분류 체계도를 구축하였으며 건축 시 최적화된 BEMS 구축을 통해 능동적인 기능을 수행하고 에너지 관리 및 효율화가 가능토록 함	국내에는 녹색건축물에 적용되는 기술이 체계적으로 정리되지 않아 다양한 적용이 어려웠으나 성능에 따른 다양화 가능
	모니터링 / BEMS 프로세스 모델 개발	특허출원		기존에 모니터링 수행을 위한 체계적인 메뉴얼의 부재로 인해 발생하는 비효율적인 문제들을 해결하여 타 현장에서도 체계적인 성능 검증과 효율적인 건물 모니터링이 가능
	BEAT Program 개발	SW등록예정	사용하기 쉽고 실무에서 많이 사용하는 Excel을 기반으로 프로그램을 개발하였으며, 건물의 운영 패턴 및 스케줄에 따른 실질적인 에너지 소비량 분석 가능	국내에서는 기존 건축물의 에너지 성능을 정량적, 객관적으로 진단하고 분석하는 Tool이 미비하며, 기존 건축물의 에너지 성능 개선이 객관적으로 이루어지기 어려움

세부	핵심성과명	성과유형	성과설명	
			특징 / 우수성	국내외 기술수준과 비교
사업화	건축물 환경영향 평가 방법 개발	특허출원 특허등록 논문게재	국내 환경을 반영하여, 건축물의 환경영향 평가 이산화탄소배출량뿐만 아니라, 6가지 환경문제에 대한 영향 평가 평가결과를 개별 지표 및 통합지표로 제시 환경영향(환경성)을 경제성(비용)과 통합적으로 평가 엑셀기반 시스템으로 건축물 내역서와 연계되어 쉬운 적용 가능	IVAS는 LCA 분석과 LCC 분석을 통합하여, 건축물의 경제성 및 환경성을 통합적으로 평가할 수 있는 평가 프로그램으로 개발 건축물 대상의 기존 환경영향평가 프로그램은 이산화탄소배출량에 집중하고 있으나, 개발된 프로그램은 6가지 환경문제에 대한 영향을 평가범위에 포함 개발된 프로그램은 수집된 자료의 상세수준에 따라 평가방법을 선택하여, 평가목적 및 환경에 맞는 결과를 제시
	건축물 경제성 및 환경성 통합평가방법 개발	특허출원 논문게재		
	IVAS 프로그램 개발	SW 등록		
	IVAS를 이용한 Test-Bed의 에너지감축 모델 평가	현장적용	개발된 IVAS를 활용하여, Test-Bed 및 일반건축물에 포함된 에너지사용량 감축 모델의 사업성 검토 국내 녹색건축 기술의 수준을 고려하여, 국내 산업 환경에서 녹색건축물의 사업적 타당성 제시	해외에서는 다양한 녹색건축물에 대한 조사를 통해 녹색건축물의 사업적 타당성을 제시하였으나, 국내에서의 검토 자료는 부족한 상태였음 본 연구에서는 국내 산업 환경 및 기술 수준을 고려한 녹색건축물의 사업성 평가결과를 제시한 것으로 의미가 있음
	IVAS를 이용한 일반건축물의 에너지감축 모델 평가	현장적용		
	녹색건축물 활성화를 위한 정책 및 제도 분석	정책제안	국토교통부, 산업통상자원부 측면에서 국가 온실가스 배출량의 감축을 목표로 시행되는 정책 및 제도 분석 국내 정책 및 기술수준의 한계를 고려한, 신축 녹색건축물의 사업화 모델	국내의 산업 환경/정책 방향을 고려한, 활성화 방안 제시
	녹색건축물 활성화를 위한 사업화 모델 제안	정책제안		

제 4 장 연구목표 달성 및 효과

제 1 절 연구개발 목표 달성도

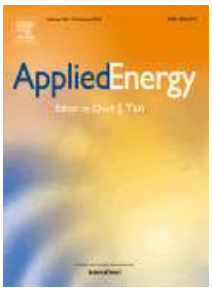
○ 관련 연구 수행을 통하여 설계기준, 시방서, 지침에 반영과 제안 등의 공공적 연구성과를 달성함

○ 특허 출원 및 소프트웨어 등록 등 기술적 연구성과는 특히 IVAS프로그램 특허출원 15건 및 특허 등록 6건을 포함, 시작품 제작 1건 뿐 아니라 소프트웨어 3건 을 달성함

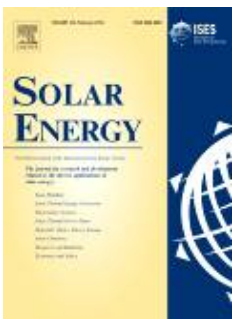
○ 학술적 연구성과는 국내 최고 수준의 학술지 20건 달성(2016년 6월 기준) 외 해외 친환경 분야 최고 수준의 Energy and Buildings를 비롯하여 다수의 SCI(E) 저널에 13건의 논문을 게재 하고 국내외 학술 발표 대회의 경우는 총 50(2016년 6월 기준) 건 의 학술적 성과를 달성함

○ 그 밖의 기타 성과로는 석사연구원 및 박사 연구원 배출 등의 인력 양성을 34건 달성을 포함, 연구와 관련된 홍보 성과는 총 289 건이라는 경의적인 성과 달성함









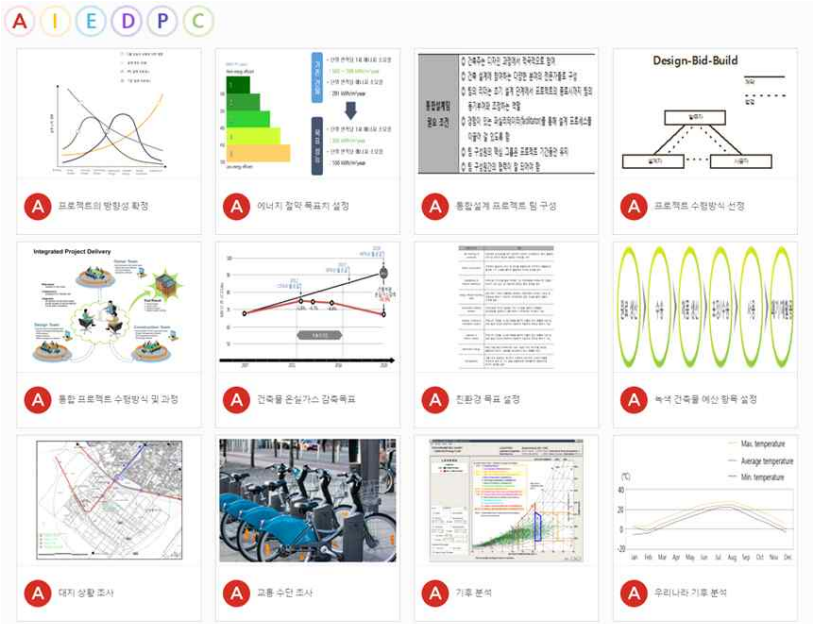


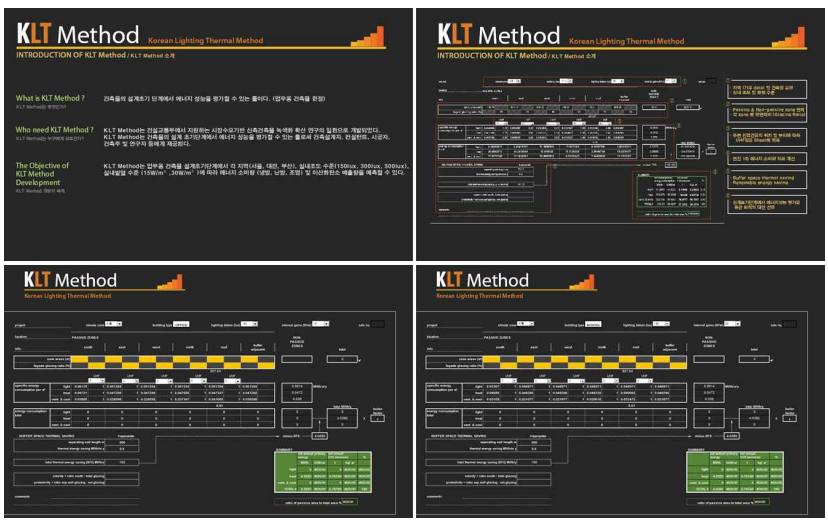


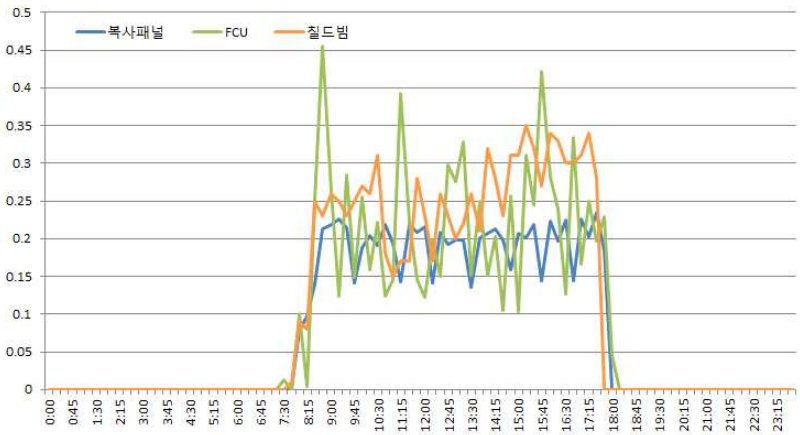
목표	연구내용 및 성과
총괄 **Test-bed**	○ 녹색건축물 확산 연구 실증사업의 주용 연구성과물, 공존-혁신 그리고 진화의 가치를 추구하기 위해 IPD Process 모델을 바탕으로 구축됨 ○ 오피스, 공동주태, 모듈러의 복합용도 친환경 건축물 ○ 106 가지 친환경 요소기술 적용 및 7가지 국내 최초 기술 적용한 실증모델임
	- 최종보고서 6장 부록 참고 - 연구개발결과 활용계획서 참고
○ 국내 최초 복합용도 친환경 건축물 포스코 그린빌딩	

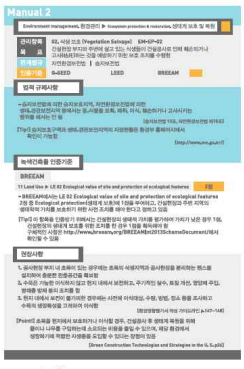
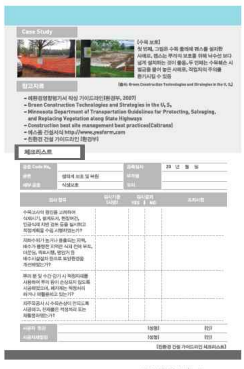
목표	연구내용 및 성과
총괄 DB구축 ○ IPD Web Platform-IPD Planner	○ 프로그램을 IPD Web Platform과 IPD Planner 2개로 구성하여 유기적으로 연결되도록 개발, 먼저, IPD Web Platform은 IPD Process 개발의 연구 결과물인 다양한 컨텐츠를 제공 ○ IPD Web Platform은 녹색건축물 프로젝트 수행을 위해 요구되는 각 단계별 Activity와 각 Activity를 수행하는 Role Players, 그리고 Activity 수행에 필요한 Information, Evaluation, Documentation, Policy 등의 정보를 확인할 수 있는 녹색건축물의 Information Hub 역할을 하도록 기획 ○ 플랫폼이란 누구나 참여가 가능한 공간으로 정보를 확인, 공유, 제공함으로써 플랫폼의 정보가 스스로 진화할 수 있도록 하는 것이다. 따라서, 이 플랫폼에서는 사용자들이 업로드한 관련 컨텐츠를 확인/사용하는 것은 물론, 새로운 컨텐츠를 자발적으로 업로드하여 지속적으로 진화하는 공간이 되도록 개발됨 - SW 등록 1건 

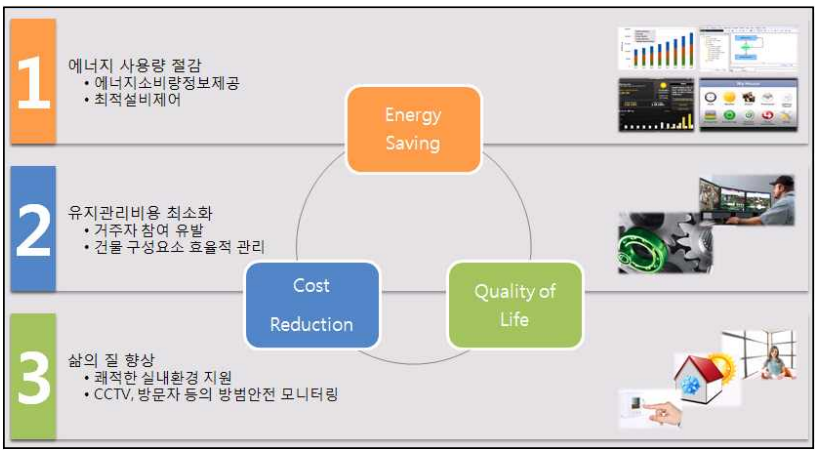
목표	연구내용 및 성과
총괄 **저술**	○ 시장수요기반 신축건축물 녹색화 확산 연구의 대표 성과물인 IPD Process를 기반으로 Web으로 구축된 Contents 외에도 연구 기간내에 수행한 case study 인 덕유산 중학교, 포스코 그린빌딩의 수행과정을 상세하게 기술 ○ 건축 전문 지식이 없이도 누구나 쉽게 읽을 수 있으며, 원하는 정보를 찾아서 보고 다른 프로젝트에 적용 할 수 있도록 구성하여 기술함 ○ 설계 외에도 시공, 운영, 사업화 부분의 내용 뿐아니라 연구 수행중에 개발된 KLT Method, BEAT, IVAS의 매뉴얼도 포함되어 있음
	- 저술 1건
○ Green Design Thinking	

목표	연구내용 및 성과
통합 설계 **가이드라인 개발** ○ 녹색건축물 통합설계 프로세스 가이드라인 구축	○ 통합설계 프로세스(IDP)는 녹색건축물의 성공적인 구현에 필수적으로 적용되어야 할 매우 중요한 개념임 ○ 기존에 개발된 통합설계 프로세스에 대한 조사 및 장단점 도출 ○ 설문조사를 통하여 국내 실정에 맞는 통합설계 프로세스 내용 및 체계 구축 ○ 각 설계 단계 별 요소기술, 친환경 설계 전략, 각 설계 참여 주체들의 역할, 평가 요소 및 방법을 체계화 ○ 구축된 내용을 바탕으로 녹색건축물 통합설계 프로세스 가이드라인 구축 - 비 SCI 논문(국내 논문) 2건 - 학술 발표대회 2건 

목표	연구내용 및 성과
통합 설계 **가이드 라인 개발**	○ 건축물의 에너지성능은 설계초기단계에 결정되는 디자인 요소들에 가장 큰 영향을 받음 ○ 설계 초기단계에 활용할 수 있는 에너지 성능 평가툴 개발을 통해 설계 초기 단계에 건물의 에너지 성능에 대한 개략적인 예측을 할 수 있고 이를 통하여 에너지 성능 목표를 조기에 설정할 수 있음 ○ 본 연구에서는 해외에서 널리 활용되고 있는 LT Method의 알고리즘을 활용하여 국내 실정에 맞는 에너지 성능 평가툴을 개발함 ○ 에너지 성능 평가 툴은 microsoft 엑셀 기반의 프로그램으로 건축물 설계 초기에 알 수 있는 면적, 층수, 창면적비, 기후 지역 등 기본적인 데이터만으로도 건물의 에너지 성능을 예측할 수 있는 프로그램임
	- SCI 논문(국내 논문) 1건 - 비 SCI 논문(국내 논문) 1건 - 학술 발표대회 2건
○ 녹색건축물 기본설계 단계에서의 에너지 성능 평가 툴 개발	

목표	연구내용 및 성과
통합 설계 가이드라인 개발	○ 비주거용 건물에서 사용되는 에너지 중 약 50%가량이 냉난방 공조 (HVAC) 시스템에 사용되고 있음 ○ 최근에는 에너지 효율을 높이기 위한 다양한 냉난방 공조 시스템이 개발 및 도입되고 있음 ○ 지금까지 국내에서 해당 요소기술이 적용된 사례가 적고 우리나라의 경우 유럽과는 달리 여름철 덥고 습한 기후에 대한 적용가능성에 대하여 정량적인 분석 필요 ○ Test-bed에 적용된 3가지 시스템(칠드빔, 복사패널, FCU)에 대한 요소기술의 성능 검증 수행 ○ 각 시스템들에 대한 냉난방 효율 및 실내 쾌적조건 평가 ○ 시스템 적용에 따른 에너지 소비량 비교 평가 수행
○ Test-bed에 적용된 요소기술의 성능 검증	- SCI 논문(국내 논문) 1건 - 비 SCI 논문(국내 논문) 2건 - 학술 발표대회 3건
	

목표	연구내용 및 성과
녹색 시공 **DB구축**	○ 녹색시공을 수행하기 위한 단계별 업무, 건설 주체자 별 역할 정의 및 수행사례를 수록한 통합시공프로세스를 개발함 ○ 건설현장에서의 녹색화를 유도하기 위한 현장관리매뉴얼을 구축하고, 건설 실무자 대상 녹색시공교육(건축시공기술사 CPD인증 기본교육)을 2회 실시함 ○ 그린빌딩 커미셔닝 수행 사례 기반하여 국내 건설업계에서의 커미셔닝 활성화 방안을 제시함 ○ 시공 전 및 시공 단계에서의 건물 품질확보를 위한 체크리스트를 개발함
	- 국내 학술 발표대회 7건 - 국제 학술 발표대회 3건 - SW 등록 1건 - 특허 출원 3건, 등록 1건
○ 녹색시공 품질확보를 위한 통합프로세스 및 매뉴얼 개발	  

목표	연구내용 및 성과
녹색 운영 **프로세스**	○ 건물의 운영 관리에 관한 전문지식에 정보통신 기술을 접목시킨 건물통합관리시스템 적용을 통해 건물에너지 현상파악 및 평가 분석, 개선 가능 시스템 구축 ○ 건물의 운영 관리에 관한 전문지식에 정보통신 기술을 접목시킨 건물통합관리시스템 적용 ○ 기존에 모니터링 수행을 위한 체계적인 메뉴얼의 부재로 인해 발생하는 비효율적인 문제들을 해결 ○ 신축녹색건축물에 관한 모니터링 및 BEMS 구축 프로세스를 정립함으로써 계획, 설계, 시공 단계에 적합하고 최적화된 표준프로세스를 마련
○ 모니터링 / BEMS 프로세스 모델 개발	- 비 SCI 논문(국내 논문) 2건 - 국내 논문 발표 2건 - 특허 출원 3건
	
녹색 운영 **SW개발**	○ 데이터 수집을 통해 건물의 에너지 평가 후, 건물 운영의 개선방안을 도출 ○ 엑셀 Spread Sheet 기반의 툴로써 보급 및 확산에 용이하고 또한 건물 운영 데이터를 사용하여 상세한 에너지 분석이 가능 ○ 전반에 걸친 기존 건물의 에너지를 정확히 평가해 건축실무에서 유용하게 사용할 수 있는 Program ○ 기존 건물의 에너지 성능을 정확히 파악해 건물의 정확한 Retrofit 방향 제시
○ BEAT Program 개발	

- 비 SCI 논문(국내 논문) 1건
- SW 등록 예정 1건

Data Sheet

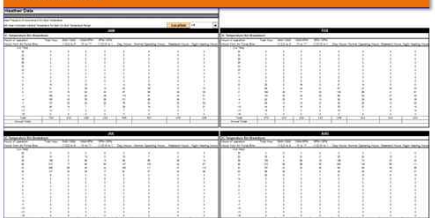
1. Building Data



2. Equipment Data



3. Weather Data

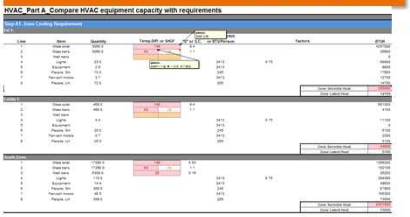


4. Operation Methods

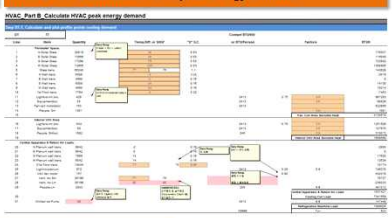


HVAC_Part

HVAC_Part A_Compare HVAC equipment capacity with requirements



HVAC_Part B_Calculate HVAC peak energy demand



Part A_Result



추후 연구 단계

HVAC_Part C

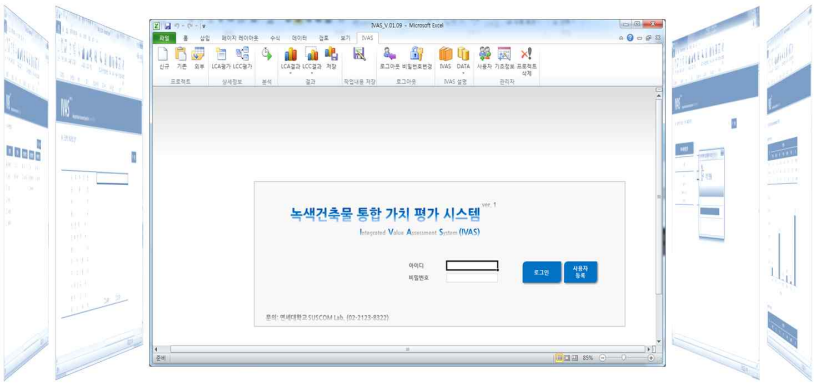
Non-HVAC

Analysis

Test-bed 적용

목표	연구내용 및 성과
사업화 **정책 제안** ○ 신축건축물의 녹색화 활성화를 위한 사업화 방안 제시 • 녹색 건축물 활성화 정책 및 제도 분석 • 신축녹색건축물의 시장 확산을 위한 사업화 모델 제안	○ 녹색건축물 활성화와 관련한 정책 및 제도 현황 분석 ○ 녹색건축물 가치 평가/인증제도 - 현행 G-SEED의 “지구온난화 방지” 평가항목을 개선하여, 전과정평가를 통해 산출된 결과를 바탕으로 6대 환경문제에 대한 영향을 모두 고려할 수 있도록 인증제도 개선 ○ 신축건축물의 녹색화를 활성화할 수 있는 사업화 모델로서, “신축건축물 녹색화 이자지원사업”과 “신축건축물 녹색화 대출지원사업” 제안 - 이자지원사업: 녹색건축물을 통해 얻어지는 환영비용 저감효과만큼의 금액을 공공보증기관에서 보존하여, 신축건축물의 녹색화 활성화를 유도 - 대출지원사업: 녹색건축물을 통해 얻어지는 환영비용 저감효과만큼의 금액을 바탕으로 공공보증기관에서 보증하여, 신축건축물의 녹색화를 위해 요구되는 초기투자비에 대한 대출규모를 상향조정하고, 이를 통해 신축건축물 녹생화의 활성화를 유도 - 비 SCI 논문 1건 - 국내외 학술 발표대회 1건 - 정책제안 2건
사업화 **SW개발** ○ 신축건축물 녹색화의 가치를 평가할 수 있는 평가도구 개발 • 건축물의 생애주기 환경영향 평가방법 개발 • 건축물의 경제성 및 환경성 통합 평가방법 개발 • 녹색건축물 통합가치평가시스템(IVAS) 개발	○ 건축물의 생애주기 동안 발생하는 6가지 환경문제(지구온난화, 오존층파괴, 자원고갈, 산성화, 부영양화, 광화학산화)에 대한 영향을 분석할 수 있는 평가방법 개발 ○ 건축물의 생애주기 환경영향을 경제적 비용으로 제시할 수 있는 평가방법 개발 ○ 건축물의 생애주기 환경영향과 생애주기비용을 동시에 고려할 수 있는 방법 개발 ○ 건축물의 생애주기비용 및 생애주기 환경영향(환경비용)을 평가할 수 있는, 엑셀기반의 녹색건축물 통합가치평가시스템 (IVAS) 개발 및 프로그램 등록 ○ 녹색건축물 통합가치평가시스템(IVAS)의 사용방법을 제시하는 사용자매뉴얼 작성 ○ 녹색건축물 통합가치평가 시스템(IVAS)를 활용하여, Test-Bed 및 일반 건축물의 에너지저감 모델의 경제성 및 환경성 평가

- SCI 논문 3건
- 비 SCI 논문 8건
- 국내외 학술 발표대회 5건
- 특허출원 4건
- 특허등록 3건
- SW 등록 1건
- 연구보고서 4건
- 현장적용 보고서 1건



IVAS (Integrated Value Assessment System)

제 2 절 연구개발 기대효과

1. 정책적 기대효과

○ 국내 녹색건축인증제도(http://www.g-seed.or.kr/)에 적용되어 국내 녹색건축물 설계 시에 통합설계 가이드라인이 적용될 수 있도록 추진

○ 기존의 시공업체 주도의 건축 프로젝트 정책에 대하여 녹색건축물 설계 프로젝트의 경우 설계자와 시공업체가 설계 초기부터 협력하여 통합설계 프로세스가 이루어질 수 있도록 하는 정책 수립

○ 그린빌딩 커미셔닝 수행사례 기반 국내 커미셔닝 활성화 방안 및 해외 커미셔닝 기준 제시를 통해 녹색건축물 인증 취득 시 커미셔닝 의무화 추진이 가능함

○ 선진화된 해외 녹색시공에서의 커미셔닝 활동을 바탕으로 그 효과를 홍보하고, 시공자들로 하여금 교육을 통해 인지시킴으로써, 정책반영의 기초자료로 활용될 수 있음

○ 녹색건축물 조성지원법, 저탄소 녹색성장 기본법 등 녹색건축을 수행하는데 있어 시공부분에 있어서 녹색시공 관련 법 조항 추가 및 보완으로 활용 가능함

○ 최근 개·보수(리노베이션)시장이 활성화되고 있으나, 대부분의 개·보수 건축물은 규모와 관계없이 대수선 사항이 아닌 경우 에너지절약과 관련한 법의 적용을 받고 있지 않으며, 또한 에너지절약설계기준 적용대상에서 제외되고 있으나 관련 법규 제정에 기반이 될 수 있음

○ 건물부문은 분산형 국가 인프라로서 국가의 적극적 개입 없이는 시장 자율적 효율화가 극히 어려우나 연구에 따라 에너지 효율화를 위한 정책의 다원화, 기존 건축물의 에너지 효율화, 건물 에너지절약 정책 추진의 연속성 확보, 건물 에너지 효율화의 기술 펀더멘털 구축에 대한 구체적 검토가 필요함

○ 온실가스 배출량을 포함한 주요 환경문제에 대한 영향을 고려하는 건축물 환경영향 통합인증체계를 구축하여, 건설산업으로 야기되는 환경영향을 감소시키고, 이를 통해 반환경적인 산업으로 인식되는 건설산업의 이미지 개선

○ 환경영향 및 환경비용 감축효과는 사회적으로 발생하는 비용의 감축을 의미하기 때문에, 건축물 녹색화를 위한 인센티브의 적정 수준을 설정하는 정책과 연계되어, 녹색건축물의 활성화에 기여할 수 있음

2. 기술적 기대효과

○ 신축녹색건축물 최적화 기술의 활용

- 건축물 유형별 녹색건축물의 모델을 개발하여 설계/엔지니어들이 활용할 수 있도록 함으로써, 프로젝트 특성에 따라 최적화된 최고 성능의 녹색건축물을 확보

○ 녹색건축물의 품질확보를 위한 시공기술 및 품질 검사 기술

- 녹색건축물 시공지침 및 관리기법의 개발을 통하여 시공 기술자들의 가이드로 활용
- 건축물 유형별 녹색건축물에 대한 녹색기술, 각 기술들에 대한 시공 및 운영지침을 통하여, 건설되는 결과물이 최상의 효과를 발현할 수 있도록 함으로써, 녹색건축물의 시장 활성화를 위한 신뢰성 확보

○ 건물에너지 사용 현황 파악을 통한 건물 에너지 운영 효율 향상

- 에너지 절감을 위한 기술의 영향력을 명확히 하여 정부, 민간, 학계가 모두 동의하는 건물의 유형이나 규모 등에 따른 에너지 사용량 수준에 관한 데이터 제공
- 모니터링 시스템을 통해 건물의 에너지 사용을 지속적으로 점검할 수 있는 기반을 마련하며 성능인증 시스템과 연계운영이 가능한 기준 마련 가능

○ 통합설계 프로세스 가이드라인 보급을 통하여 국내 설계사무소의 건축 환경에 대한 노하우와 경험을 촉진하여 국내 설계사무소의 녹색건축물 설계 역량 강화

○ 녹색건축물 에너지 평가툴을 적용하여 건축 설계 초기 단계에서 건물의 에너지 성능 예측을 용이하게 하여 에너지 계획에 대한 조기 예측 및 에너지 절약 계획 수립 가능

○ 시공과정 단계별로 필요 수행 업무를 제시하고, 시공자, 설계자, 협력업체 등 각각의 상세 역할을 제시하는 통합시공프로세스를 통해 실무자로 하여금 녹색시공을 수행하기 위한 상세 지침서로 활용 가능함

○ 시공단계에서 설비 및 제어시스템과 같은 복잡한 설비들이 설치되어 각각의 설비들의 성능 검증 및 복합적 작동 시 성증 검증 필요 시, 이를 위한 지침으로 활용 가능함

○ 건물 운영 및 유지 관리 관련 기술개발 및 도입 초기단계로 BEMS가 도입된 곳도 개별 건물에 대한 단독관리수준이며, 시스템을 통한 성능진단 및 최적제어 등 고차원적인 활용은 미흡한 상태이나 국내의 유지관리기술을 기반으로 시설/도면관리, 작업관리, 에너지관리, 기준정보관리 등을 제공할 수 있는 기술적 토대가 마련됨

○ 건물의 단위설비에 대한 성능 및 효율개선 위주의 운영 최적화 알고리즘 개발에 집중하여 진행 중으로 건물 운영단계에서 지속적으로 실시간 건물 에너지 효율을 평가할 수 있는 기술로 신축건축물 뿐 아니라 기존 건축물 녹색화를 위한 녹색건축 기술요소 분류/체계 정립 및 신재생 에너지 자원 활용기술 개발, 열원 성능 평가 기법 개발

○ 녹색건축물 통합가치평가시스템(IVAS)은 건축물에 전생애주기 동안에 발생하는 다양한 환경영향을 모두 고려하기 때문에, 포괄적인 관점에서 건축물의 환경적 성능을 평가하고, 궁극적으로 건축물의 환경적 성능을 향상시키는데 기여할 수 있음

○ 녹색건축물 통합가치평가시스템(IVAS)은 경제성과 환경성을 고려한 통합적 성능 평가를 통해, 건축물이나 설계과정에서 제시되는 다양한 설계안에 대한 합리적인 의사결정을 지원할 수 있음

3. 경제적 기대효과

○ 에너지 소비량의 감축 및 건물 에너지 비용 및 유지관리 비용 감축

- 예측 가능한 에너지 사용 및 절감량은 건물의 경제성 평가와 직결되며 이는 건축 설계, 건설, 유지관리, 리모델링 등 건물의 모든 생애에 걸쳐 금융, 기술적용, 사업 등의 활동에 판단 자료로 활용 가능

○ 녹색건축물의 경제성 확보를 통한 선순환 고리 확보

- 시장 수요에 적합한 동시에, 사업적 타당성을 확보한 보급형 녹색건축물의 모델을 개발함으로써 녹색건축물 시장의 활성화
- 녹색건축물 이해관계자들이 모두 WIN-WIN할 수 있는 산업 구도를 형성하여, 지속적으로 발전가능한 선순환 고리 구축

○ 녹색건축물 확산을 통한 건축산업 활성화 및 국가 성장동력 창출

- 통합 설계/시공/운영 기법을 확보하여 해외 건설 시장의 공략을 위한 역량 확보.
- 2008년 전체 건설시장의 약 5%를 차지하여 약 3조7천억원의 국내 녹색건축물 시장은 지속적인 성장 추세를 나타내고 있으며, 2020년에는 약 78조원 규모의 시장으로 성정할 것으로 전망

○ 통합설계 프로세스 가이드라인을 통하여 국내 설계사무소의 녹색건축물 설계 역량을 강화하여 국내 설계 사무소의 국외 녹색건축물 시장 진출을 통하여 국내 건축 설계 시장의 수익 창출 극대화

○ 녹색시공을 수행함에 따라, 건축물의 가치를 상승, 유지/보수비용 절감, 투자회수 기간 감소로, 건축주로 하여금 녹색건축에 투자확대 및 성장에 관심을 촉진시키는 등 녹색건축시장 활성화 유도가 가능함

○ 지속적으로 건물의 에너지 절감을 위해 실시간 커미셔닝 기술 개발을 통한 에너지절약전문기업(Energy Service Company, ESCO)의 활발한 참여가 예상됨

○ 건물에너지관리에 대한 인식이 낮아 대형건물 위주로 BEMS가 설치되고 있으며, 다국적 기업 시스템이 국내시장의 70% 이상을 점유하고 있으나 전문 중소기업 중심으로 초기시장 진입이 전망되며, 향후 시장 확대 전망으로 대기업의 사업 참여가 활발해질 것으로 예상됨

○ 녹색건축물 통합가치평가시스템(IVAS)은 건축물 녹색화의 사업적 타당성에 대한 사전 검토를 가능하게 하고, 공공 발주자, 민간 사업자, 투자자 등의 사업 참여자(의사결정자)

가 건축물 녹색화의 가치를 명확하게 이해할 수 있도록 지원함으로써, 건축물 녹색화의 활성화에 기여할 것으로 기대됨

○ 사례 적용을 통해 도출된 에너지 저감 모델별 통합적 성능평가 결과는 시장의 의사결정자가 성능 수준에 따른 녹색건축물의 사업 타당성 정보를 제시함으로써, 건축물 녹색화의 활성화에 기여할 것으로 기대됨

제 5 장 연구성과 활용 및 추가연구 필요성

제 1 절 연구성과 활용방안

구분	연구성과 활용계획
[총괄] ○ 녹색건축물 실증사업	○ IPD Web Platform-IPD Planner • 국내 10대 설계사무소 대상 프로그램 향상 feedback 진행 개선점과 보완해야 될 문제점 검토 및 수정 후 실무에 적용 가능하도록 최적화 구축 • 설계 사무소마다 년 3~6건의 프로젝트를 적용하여, 실제 적용된 프로그램의 Planner를 업로드 하여 다른 실무자에게 공유 및 활용에 적극 지원하도록 관리예정 • Web Platfrom 상의 친환경 Content는 상시 관리로 업데이트 예정
	○ 녹색건축물 Test-bed • 기존에 설치되었던 BEMS 시스템이 전문화된 기술이 필요한 영역으로 실내 환경조건 및 열원 변경 설정이 용이 하지 못함으로 인해 외기에 대한 실험조건 변경에 대한 한계점 발생 • 전문적인 기술 없이 인터넷 기반의 실내 센서로 실내 조건을을 변경하거나 최적화 시키는 실험 예정 • 현재 구축되어 있는 열원 시스템(지열)을 이용한 Low exergy 실험의 계획, low temperature heating 및 high temperature cooling 의 개념을 도입. 기존에 적용되어 있는 요소기술 외에 에너지 소비를 더 절감할 수 있는지 실험예정

구분	연구성과 활용계획
[통합설계 엔지니어링]	
○ 통합설계 프로세스 가이드라인	○ 본 연구에서 개발된 통합설계 프로세스 가이드라인은 설계 프로세스를 세분화하여 각 분야의 전문가들이 초기단계부터 설계에 참여할 수 있도록 설계 프로세스의 내용을 구축함 ○ 각 설계단계별로 필요한 요소기술, 설계에 필요한 정보들, 각 참여 주체들의 역할을 체계화하여 구축함 ○ 건축설계사무소 및 관련 업체들에 보급하여 실무 프로세스에 적용
○ 에너지 성능 평가 툴 (KLT Method)	○ 설계초기단계 이후에 디자인 요소들을 설계 변경하기 위해서는 많은 비용이 발생하기 때문에 설계초기단계에서 설계 대안들의 에너지성능을 평가하고 최적의 에너지성능을 가진 대안을 선택하기 위한 방안이 필요함 ○ 에너지성능을 분석하기 위한 방법으로 건물 에너지 시뮬레이션 툴이 많이 사용되고 있지만 건축가가 이를 이해하고 사용하는데 어려움이 따르고 구체적인 건물 형태와 시스템이 결정되지 않은 상황에서 컴퓨터 시뮬레이션을 에너지 계산에 사용하는 것은 비효율적임 ○ 건축 실무에 KLT Method를 보급하면 이 툴을 통하여 건물 설계 초기단계에서 개략적인 에너지 성능에 대한 예측이 가능함

구분	연구성과 활용계획
[녹색시공]	
○ 녹색건축물 품질확보를 위한 시공기술 개발	○ 녹색건축물 통합시공프로세스를 IPD Planner 및 Platform와 연계 개발하여 공개 프로그램으로서의 건축분야 실무자 활용을 촉진 ○ 실무자의 녹색시공에 대한 필요성 인식 및 현장에서의 실무 지침서로서 녹색시공매뉴얼 활용을 유도 ○ 커미셔닝 활성화 방안을 제시를 통해 녹색건축물 품질확보를 위한 정책적 제도화를 촉진

구분	연구성과 활용계획
[녹색운영] ○ Test-bed 활용 요소기술 운영실험	○ 기축 건물 에너지 효율 향상 및 에너지 소비량 감소 전략으로의 연구 추진 ○ IoT와의 연계를 통한 스마트 그린 빌딩의 토대로 활용 ○ 알고리즘 개발로 기상 조건에 적합한 건물 에너지 운영
○ BEAT Program	○ 건축물의 에너지 성능 분석 Tool 개발을 통해서 건물 에너지 평가 및 분석을 위한 기술 및 시장 확대 ○ 기축 건물 Retrofit 시 적합 방법 검토를 위한 Tool로 활용 예정 ○ 신축건축물에 대해서 준공 후 성능 평가를 통해서 설계 목표치에 대한 충족 여부를 검토하고 상세 분석을 통해서 설계 단계로의 피드백이 가능하도록 활용

구분	연구성과 활용계획
[사업화] ○ 신축건축물의 녹색화 활성화를 위한 사업화 방안	○ 녹색건축물 통합가치평가 시스템 (IVAS) • IVAS 프로그램은 건축물 녹색화를 위해 추가로 투입되는 비용, 에너지 절감 비용, 환경비용을 고려함으로써, 건축물 녹색화에 대한 타당성 평가에 활용될 수 있으며, IVAS를 이용하여 도출된 평가결과는 개별 건축물에 대한 홍보 및 마케팅에 활용될 수 있음 • IVAS는 건축 설계(안)의 환경적·경제적 성능에 대한 평가결과를 제시할 수 있기 때문에, 다양한 설계(안)이 도출되고 검토되는 설계단계에서 합리적인 설계(안)의 도출 및 선정에 활용될 수 있음 • 일반적으로 건축물 녹색화는 일반 건축물에 비해 추가적인 초기 투자비를 요구하기 때문에, 건축물 녹색화를 활성화하기 위해서는 정부 차원에서의 지원이 요구됨. IVAS를 통해 제시되는 환경비용은 환경영향에 따른 사회적으로 발생하는 비용을 의미하기 때문에, 건축물 녹색화를 위한 인센티브의 규모를 설정하는데 활용 가능

	• IVAS는 이산화탄소 배출량뿐만 아니라, 지구온난화, 오존층파괴, 산성화, 부영양화, 광화학산화, 자원고갈 등의 다양한 환경문제에 대한 영향을 평가하여 건축물의 환경적 성능을 제시하기 때문에, 현재 시행되고 있는 녹색건축물 인증제도(G-SEED)를 개선하는데 활용될 수 있음
	○ 신축녹색건축물의 사업화 전략 • IVAS를 이용한 사례평가 결과는 다양한 에너지 저감을 실현하는 건축물 녹색화의 사업적 타당성을 입증하고, 시장의 의사결정자(발주자, 설계자, 엔지니어 등)에게 건축물 녹색화의 가치를 홍보하는데 활용될 수 있음 • 사례 평가를 통해 도출된 녹색건축물의 사업성에 대한 주요 영향요인과 정책 및 제도 분석을 통해 도출된 한계점은 신축건축물의 녹색화를 활성화하기 위하여 필요한 정책 및 제도, 사업화 모델을 제시하는데 기초 자료로 활용될 수 있음 • 사업화 모델은 건축물 녹색화에 대한 능동적인 참여를 유도함으로써, 녹색건축물 시장의 확대는 물론 활성화하는데 기여할 것임

제 2 절 추가연구 필요성

구분	추가연구 필요성
[통합설계 엔지니어링]	○ 현재의 통합설계 프로세스 가이드라인은 주로 원칙적인 내용으로 구성되어 있음 ○ 실무적인 내용을 반영하여 사용자들이 좀 더 쉽게 따라할 수 있는 구체적인 Case Study 내용이 보완될 수 있음 ○ 또한 통합설계 프로세스를 설계 실무자에게 보급하여 feedback 및 설문조사를 통하여 보완
○ 통합설계 프로세스 및 엔지니어링	○ 본 연구에서 개발된 KLT Method 는 설계 초기단계에서 개략적인 건물 정보만을 가지고 건물의 에너지 성능을 예측할 수 있는 툴임 ○ 하지만 자연환기나 채광 조건들이 기본 고정 값으로 정해져 있어 설계 조건의 변화에 따른 에너지 성능 변화를 보기 어려움 ○ 설계안의 변경에 따라 환기량이나 디테일한 운영전략을 적용할 수 있는 에너지 성능 평가툴로 발전할 수 있음

구분	추가연구 필요성
[녹색시공]	
○ 녹색건축물 품질확보를 위한 시공기술 개발	○ 녹색건축물 조성지원법, 건설산업기본법 등에서 녹색시공 분야에 대한 법 조항 보완, 추가 등 관련 법/제도 개선을 위한 추가 연구가 필요함 ○ 건축 실무자의 녹색시공에 대한 지속적인 인식 제고 및 관련 수행 방법 전달을 위해서, 전문 기관에서의 인증 교육으로서 정기적으로 교육 자료가 보완/추가되고, 실무자 대상 교육 실시가 지속되어야 함

구분	추가연구 필요성
[녹색운영]	○ 연구 배경 • 녹색건축물 통합프로세스를 구축하기 위한 DB를 구축하는 것에서부터 본 프로세스의 상용화 및 확산을 위한 시도에 이르기까지 매 차년도별로 달성하고자하는 목표를 단계적으로 진전시켜 옴 • 향후 녹색건축물에 IoT(사물인터넷) 기술로 실내 개별 통신모듈을 부착하여 거주자들이 만족할 수 있는 최적의 내부 환경을 각기 달리 조성하여 건물 전체가 아닌 실 단위에서 냉난방을 운영 및 제어할 수 있도록 하고, 실의 냉난방 시스템을 Low exergy의 개념과 연계하여 에너지의 사용을 가장 효과적으로 줄일 수 있는 건물을 계획하였으며, 이를 실현하기 위해 우선적으로 포스코 그린빌딩의 사무용 공간을 활용하여 동절기 난방 실험을 진행
○ 녹색운영	○ 연구 목적 • 실의 내·외부 조건에 따라 상기 요소들의 효율등급 순위가 다르게 나타날 것이라는 가설에 대한 연구 • 건물의 Control, System, Design 측면에서 건축적인 Design 요소는 고정변수로 간주하고 각 실의 Control에 따른 System의 가변성을 보고자 모든 실들을 동일한 조건에서 Control하여 각 요소기술의 System 효율을 비교하고자 함 • 여러 가지 내·외부 조건에 대하여 건물에너지의 최적 운영효율을 나타내는 요소기술 및 CAV와의 운영 비율을 발견하여 추후 건물의 자동화(Automation) 운영에 대한 알고리즘의 기초 데이터베이스로 활용하고자 함 ○ 연구 개요 • 포스코 그린빌딩은 Test-bed 용도로 설계된 건물 동으로써 총 13개의 실에 걸쳐 서로 다른 4가지의 요소기술이 적용되어 있으며, 2층에 위치한 실들은 전부 밀폐형 그리고 3층에 위치한 실들은 전부 개방형 시스템으로 구성되어 있음 • 본 실험의 동절기 난방실험은 어떠한 요소기술을 사용했을 때 실내온도가 설정온도 값에 가장 빠르게 도달하게 하는지 측정하고 이에 따른 소비되는 에너지 소요량을 함께 측정

• 비교하고자 하는 요소기술의 항목은 FCU(팬코일유닛), CB(냉방빔), CRP(천정복사패널), HRV(전열교환기)이며 냉난방 열원의 형태에 따라 또다시 밀폐 형과 개방 형 시스템으로 분류

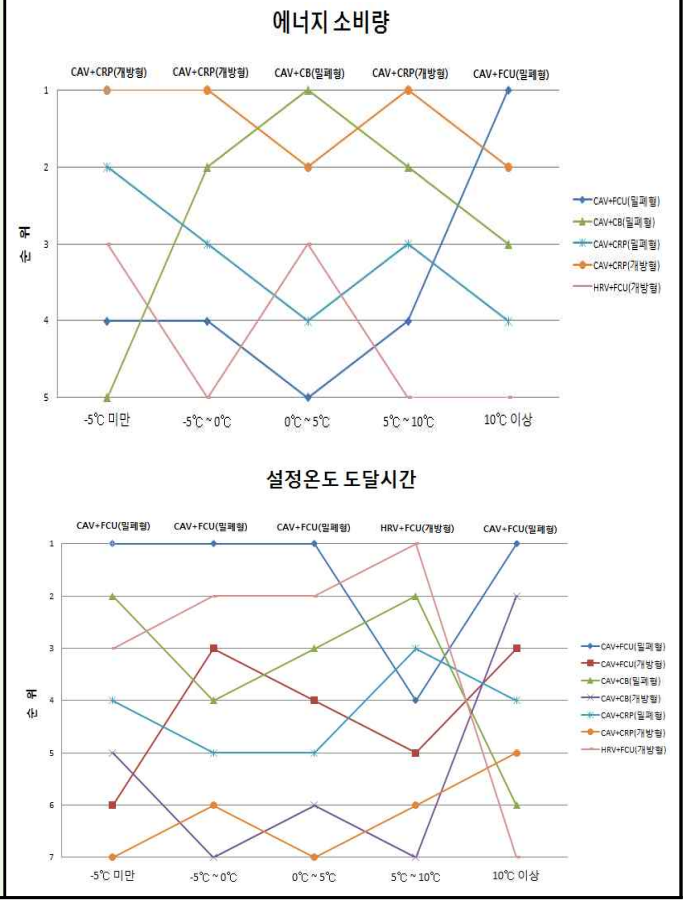
1. 외부 조건에 따른 요소기술 성능 평가 실험

○ 본 실험에서는 외부조건의 변화에 따른 각 요소기술 성능에 등위를 매기고자 하였으나, 다양한 외부요인들을 종합적으로 고려하기에는 실험적인 한계가 있으므로 건물 외부조건을 외기의 조건으로 한정하였으며 그 중에서도 건물의 냉난방에 큰 영향을 미치는 외기온도(℃)를 유일한 변수로 간주

표 5-1 실 내·외부 조건에 따른 요소기술 성능 평가표

요소기술 / 구분 외부조건	등위 산정 기준	CAV+FCU		CAV+CB		CAV+CRP		HRV+FCU
		밀폐형	개방형	밀폐형	개방형	밀폐형	개방형	개방형
-5℃ 미만	설정온도 도달시간	1	6	2	5	4	7	3
	에너지 소비량	4	-	5	-	2	1	3
-5℃ ~ 0℃	설정온도 도달시간	1	3	4	7	5	6	2
	에너지 소비량	4	-	2	-	3	1	5
0℃ ~ 5℃	설정온도 도달시간	1	4	3	6	5	7	2
	에너지 소비량	5	-	1	-	4	2	3
5℃ ~ 10℃	설정온도 도달시간	4	5	2	7	3	6	1
	에너지 소비량	4	-	2	-	3	1	5
10℃ 이상	설정온도 도달시간	1	3	6	2	4	5	7

	에너지 소비량	1	-	3	-	4	2	5



○ 실의 외부조건을 대표하는 외기온도(℃)를 5℃ 단위 구간으로 나누어 각 온도대별로 요소기술들의 순위를 나타냄

○ 순위를 매기는 기준으로는 각 요소기술을 사용했을 때, 실의 설정온도 값(23℃)에 도달하는데 걸리는 시간과 이를 위해 사용하는 에너지소비량을 선택

(1) 에너지소비량 효율 비교

- 실내 설비가 가동되었을 때, 실내온도를 설정온도 23℃에 도달시키는 데에는 CAV+CRP이 에너지를 가장 적게 소비한다는 결과가 나타남
- 에너지사용량의 경우 밀폐 형 CAV+FCU이 많이 소비한다는 것을 확인할 수 있음
- 실내온도를 설정온도에 근사시키기 위해 소비되는 에너지 사용량은 곧 각 요소기술의 경제성을 판단하는 기초 근거로 생각할 수 있음

(2) 설정온도 도달시간 비교

- 에너지사용량과는 달리 실내온도를 설정온도에 도달시키는데 걸리는 시간의 결과는 현저히 다르게 나타남
- 실내 온도를 설정온도 23℃에 가장 단시간에 도달시킬 수 있는 요소기술은 밀폐형 CAV+FCU으로 나타났으며, 이러한 결과는 거의 모든 온도 구간에 대해 변동이 없음
- 반면, 동일한 기준으로 등위를 나눌 경우 개방형 CAV+CRP(천정복사패널)이 전반적으로 가장 효율이 떨어지는 요소기술인 것으로 나타남

○ 전체적으로 모든 외부조건에 대하여 가장 우수한 요소기술을 선정하기란 단순하지 않은 문제이며 조건에 따라 다르다고 보는 것이 타당

○ 설정온도 도달시간 및 에너지소비량 각각은 온도대별로 순위의 변동이 비교적 크지 않으나 실의 설정온도에 도달하는데 걸리는 시간과 이를 위한 에너지 소비량 사이에는 매우 불규칙한 관계가 나타나므로, 가설과 같이 어느 하나 절대적으로 우수하다 할 수 있는 요소기술은 없는 것으로 사료됨

○ 실내 공간의 최적 운영 및 제어를 위해서는 각 외부 상황에 따른 최선의 방안을 이끌어낼 수 있는 Low exergy의 개념이 이를 현실적으로 구현할 수 있는 IoT 기술을 통해서 건물의 시스템 알고리즘에 반영되어야 함

2. 요소기술 가동 비율 변경에 따른 성능 평가 실험

표 5-2 AHU 설정조건 변화표

기간	AHU 설정조건
1/28 ~ 3/8	실내온도 23도/AHU 공급온도 20도 (6시간운행, 2시간 정지)
3/8 ~ 3/15	실내온도 23도/AHU 공급온도 18도 (6시간운행, 2시간 정지)
3/15 ~ 3/22	실내온도 23도/AHU 공급온도 16도 (6시간운행, 2시간 정지)
3/22 ~ 3/31	실내온도 23도/AHU 공급온도 16도 (3시간운행, 1시간 정지)

○ 실험의 대상이 되는 모든 실에 대하여 CAV(공조기)가 설치되어 있으므로, CAV와 상기 요소기술들의 사용비율을 조절하여 각 외부조건에 대한 최적의 운영비율을 연구

○ 실험적인 한계로 인하여 본 실험에서는 CAV(공조기)의 운영비율을 조절하는 것을 대신하여 AHU(Air Handling Unit)의 공급온도를 조절하는 것으로써 실의 내부 조건에 변동

○ 본 실험에서 AHU의 설정 변화에 따른 특징 변화가 나타나는 대표적인 경우를 살펴보면 CAV+FCU은 3월 15일, AHU의 공급온도가 18℃에서 16℃로 감소함에 따라 실내온도가 설정온도 값에 도달하는 데에 걸리는 시간과 효율이 저조해지나 반대로 이때 소비하는 에너지 사용량은 현저하게 감소한 것으로 나타나 이 시점을 기준으로 나타난 특징의 변화가 긍정적이거나 부정적이라 판단하기 어려운 결과가 나타남

○ 기기의 고장 및 짧은 실험 기간으로 인해 추가적인 연구를 한다면 최적의 운영비율을 찾을 수 있을 것이라 판단됨

표 5-3 AHU 공급온도 변화에 따른 각 요소기술의 변화 양상

	CAV+FCU		CAV+CRP		CAV+CB		HRV+CAV	
	설정온도 도달 시간	에너지 소비량	설정온도 도달 시간	에너지 소비량	설정온도 도달 시간	에너지 소비량	설정온도 도달 시간	에너지 소비량
AHU 공급온도 18℃ (6H 운행, 2H 정지)	-	-	-	-	-	-	-	-
AHU 공급온도 16℃ (6H 운행, 2H 정지)	증가	감소	증가	감소	-	-	-	-
AHU 공급온도 160℃ (3H 운행, 1H 정지)	-	-	-	-	-	-	-	-

3. 실내외 조건에 따른 요소기술의 성능 평가

○ 앞서 외기온과 같은 외부조건의 변화 및 AHU 설정조건에 따른 실내조건의 변화에 따른 각 요소기술의 등위를 살펴보았다면, 실내외 조건들을 동시에 고려한 요소기술의 서열을 살펴보고자 함

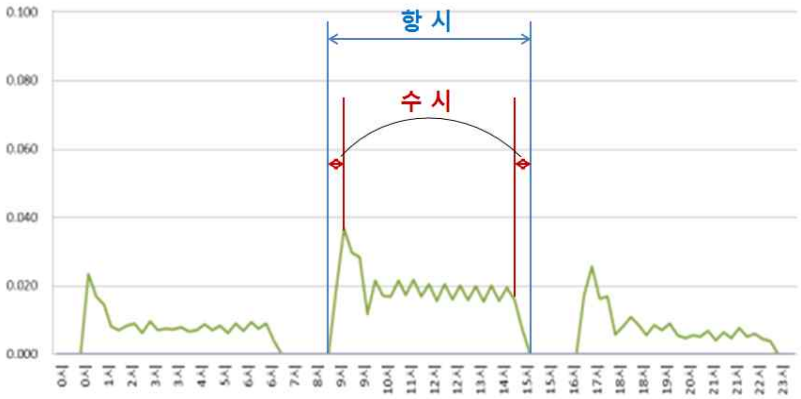


그림 5-1 수시 및 항시의 개념도

○ 실내외 조건들을 동시에 고려한 요소기술의 서열은 외기온도 0℃를 기준으로, 그 이상일 경우에 '저온' 그리고 그 미만의 온도를 '극저온' 으로 분류하여 설비운영을 가동했을 때 최초 에너지 소비량이 증가하는 구간과 설비운영을 중지했을 때 마지막 에너지 소비량이 감소하는 양 끝 구간을 '수시, 에너지소비량이 처음 증가하는 시점부터 마지막 감소하는 시점까지 전 구간을 '항시' 로 분류하여 평가함

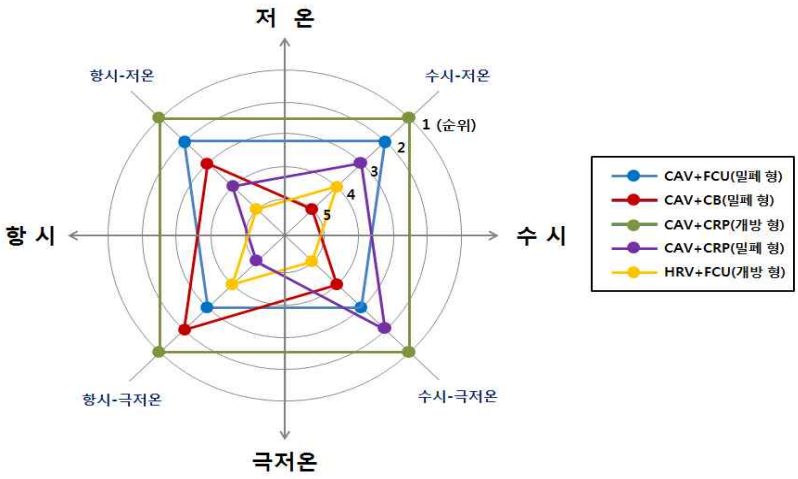


그림 5-2 실내외 조건에 따른 요소기술별 순위

○ 그림4-2은 외부온도(실외조건)과 AHU 설정조건(실내조건)에 따른 각 요소기술의 순위를 방사형 그래프 형태로 나타낸 것으로 총 7가지의 요소기술에 대한 군집이 있지만 CAV+FUC(개방형) 및 CAV+CB(개방형)은 전 실험기간 동안 에너지소비량이 0으로 나타나 항목에서 제외함

○ 실내외 조건에 따른 각 요소기술의 순위는 실험 전 예상과는 달리 각 조건에 따라 큰 변화를 보이지는 못한 것으로 나타났으나 추가적 연구가 필요할 것으로 보임

○ 각 조건에 따른 최적의 대안은 비교적 뚜렷하게 나타났으며, 이를 통해 향후에는 Low exergy 및 IoT와 연계된 녹색건물을 구현하는 기초를 마련할 수 있음

구분	추가연구 필요성
[사업화] ○ 신축건축물의 녹색화 활성화를 위한 사업화 방안 제시	○ 녹색건축물 통합가치평가시스템 (IVAS) 고도화 • 본 연구를 통해 개발된 IVAS 프로그램은 엑셀 기반의 프로그램으로 개발되어, 프로그램을 사용하기 위해서는 개별적으로 프로그램을 다운로드 받아야함. 평가 관련 정보를 지속적으로 저장하고 공유하는 기능의 필요성과 인터넷 환경을 고려하면, 모바일까지 지원하는 웹기반의 시스템으로 고도화하는 추가적인 연구가 요구됨 • 한국감정원이 운영하는 건물에너지정보시스템은 건축물의 에너지 성능 정보만을 포함하고 있음. 웹기반의 평가시스템은 프로그램의 활용성을 높이기 위하여, 건축물에너지통합관리시스템 등의 기존 정보제공 시스템과 연계하여 운영될 수 있는 방향으로 개발되어야 할 것임 • 현재 개발된 IVAS 프로그램은 건축물에 포함된 녹색기술에 관한 정보를 직접 입력하여, 설계안에 대한 환경영향 및 비용을 평가함. 설계단계의 의사결정과정에서 시스템이 보다 유용하게 활용되게 하기 위하여, 녹색 건축 기술에 대한 데이터베이스를 구축하고 이후 기술 개발에 따라 지속적인 정보 추가가 가능하도록 하는 것은 물론, DB의 기술을 바탕으로 설계 환경에 맞는 최적의 녹색기술을 선정해주는 기능을 포함하도록 시스템을 고도화하는 연구가 요구됨 • 현재 IVAS는 시스템의 기능적 범위에 신축 공동주택만을 포함하고 있음. 이에 따라, 리모델링 사업에 대한 평가기능을 추가적으로 프로그램 포함하는 연구가 필요함 ○ 신축건축물 녹색화 활성화를 위한 사업화 모델의 정책화 추진 • 신축건축물의 녹색화를 활성화하기 위해서는, 시장 참여주체의 능동적인 참여유도가 필수적임. 이에 따라, 제시한 사업화 모델에 대해 시범사업을 시행하여, 타당성 검증 및 개선, 정책화가 추진되어야 함 • 또한, 2015년부터 탄소배출권 거래제도가 시행에 따라, 탄소배출권을 활용한 추가적인 금융상품의 개발이 가능함. 이에 따라, 금융지원제도와 연계하여, 녹색건축물 사업을 통해 확보한 탄소배출권 감축실적을 기반으로 하는 사업화 모델의 개발이 요구됨

제 6 장 부　록

제 1 절 건축물 유형별 에너지 DB

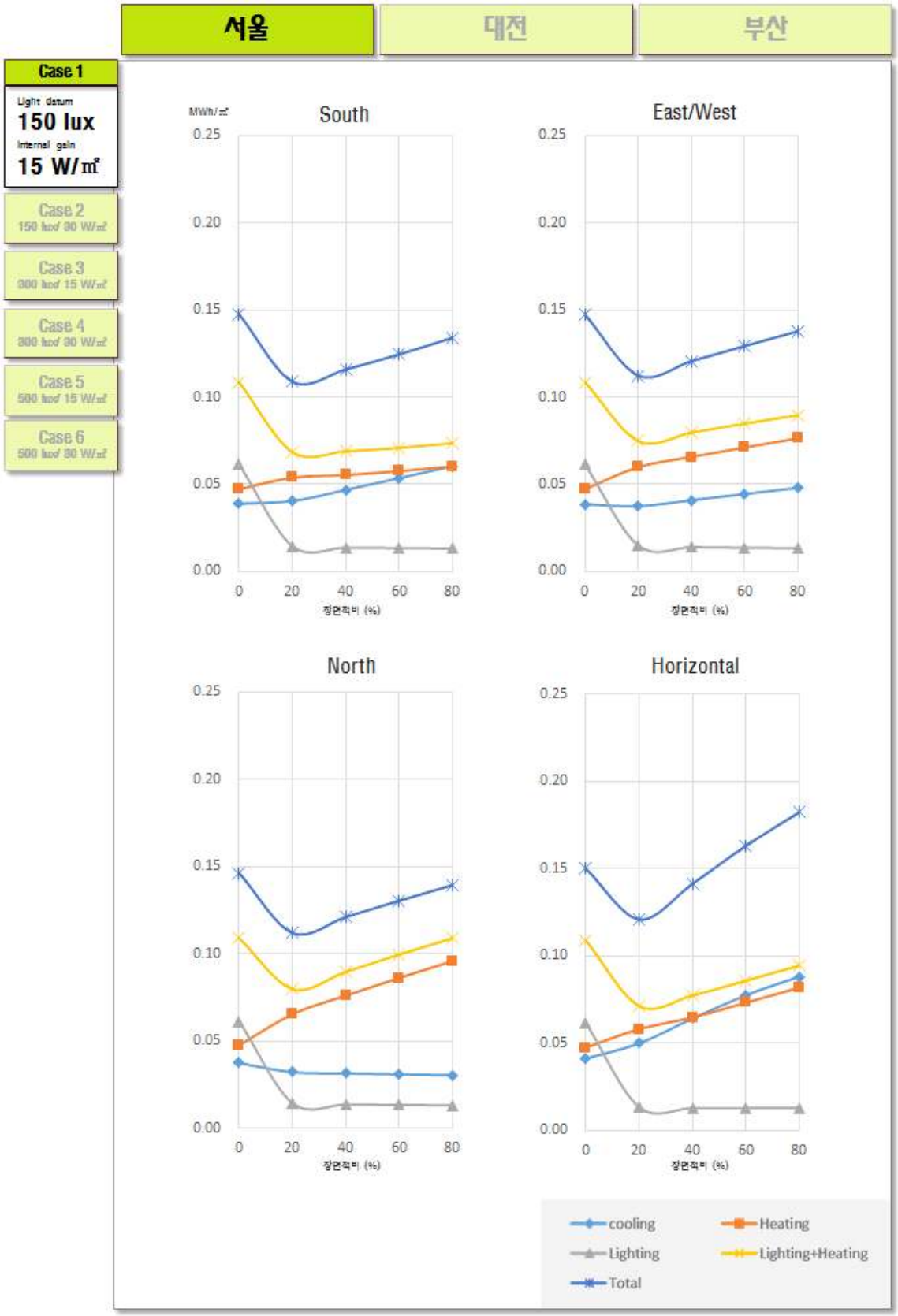
1. 건물에너지 DB의 활용

○ 건물의 에너지 성능 평가 툴을 구축하기 위하여 기본 자료로 활용

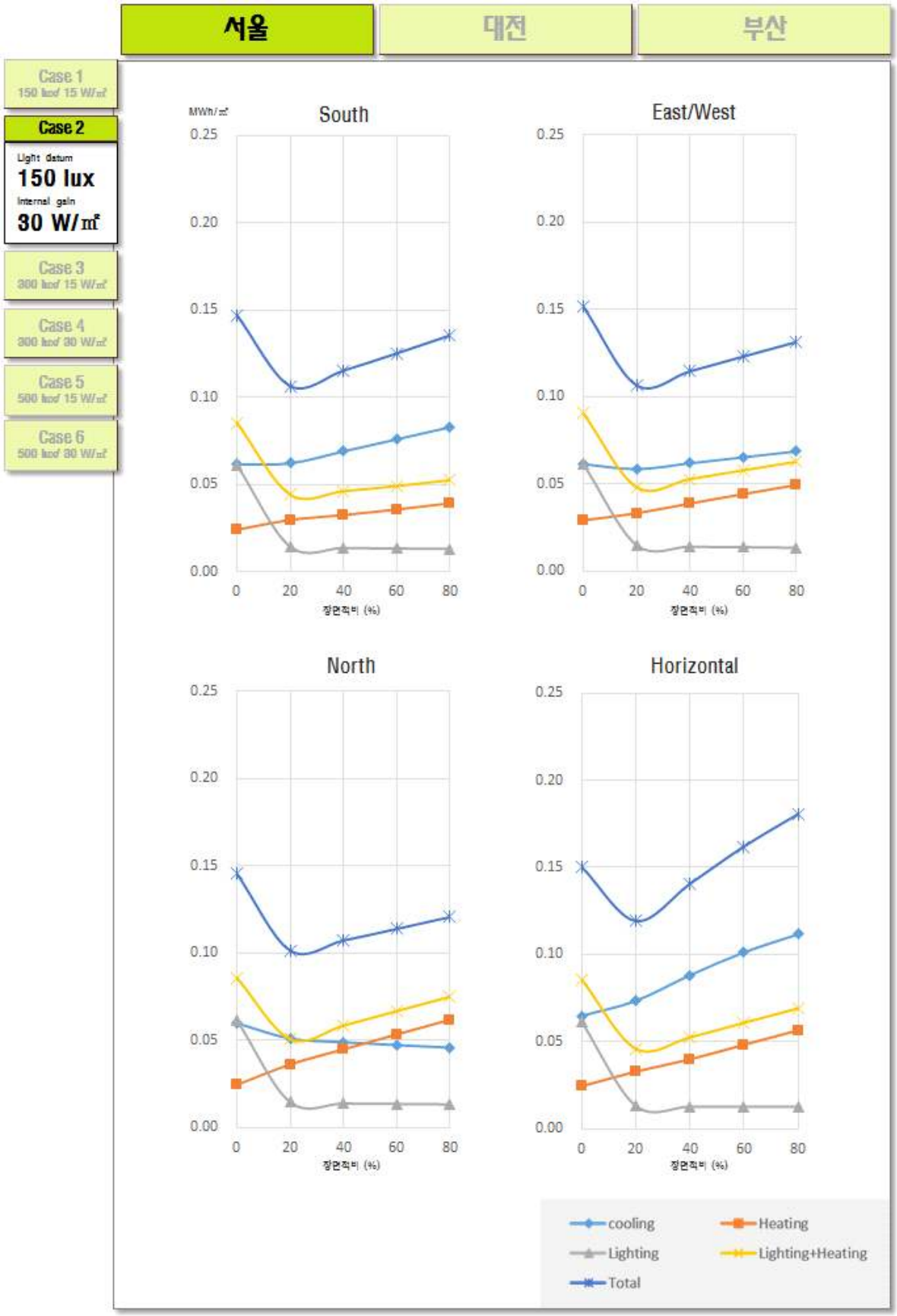
- 건축물 유형별(업무용, 교육용) 건축물에 대하여 각 향별, 부하 별 에너지 부하 산출
- 벽체 열관류율은 녹색건축물 조성 지원법 건축물의 에너지절약설계기준에 의거하여 0.25, 0.3, 0.3 5W/㎡·K로 설정함
- 조명은 한국산업규격 사무실 조도 기준에 의거하여 150, 300, 500lux로 설정함
- 기기부하는 미국난방냉동공조학회 ASHRAE Fundamental 2009 기준에 의거하여 실내발열수준은 5, 10W/㎡로 설정함
- 유리 열관류율은 녹색건축물 조성 지원법 건축물의 에너지절약설계기준에 의거하여 1.4, 1.7, 2.0W/㎡·K로 설정함
- 지역은 국내 기후 지역을 대표할 수 있는 서울, 대전, 부산으로 설정
- 건무의 창면적비에 따른 냉방, 난방, 조명, 총 에너지 사용량을 도출

2. 에너지 성능 DB

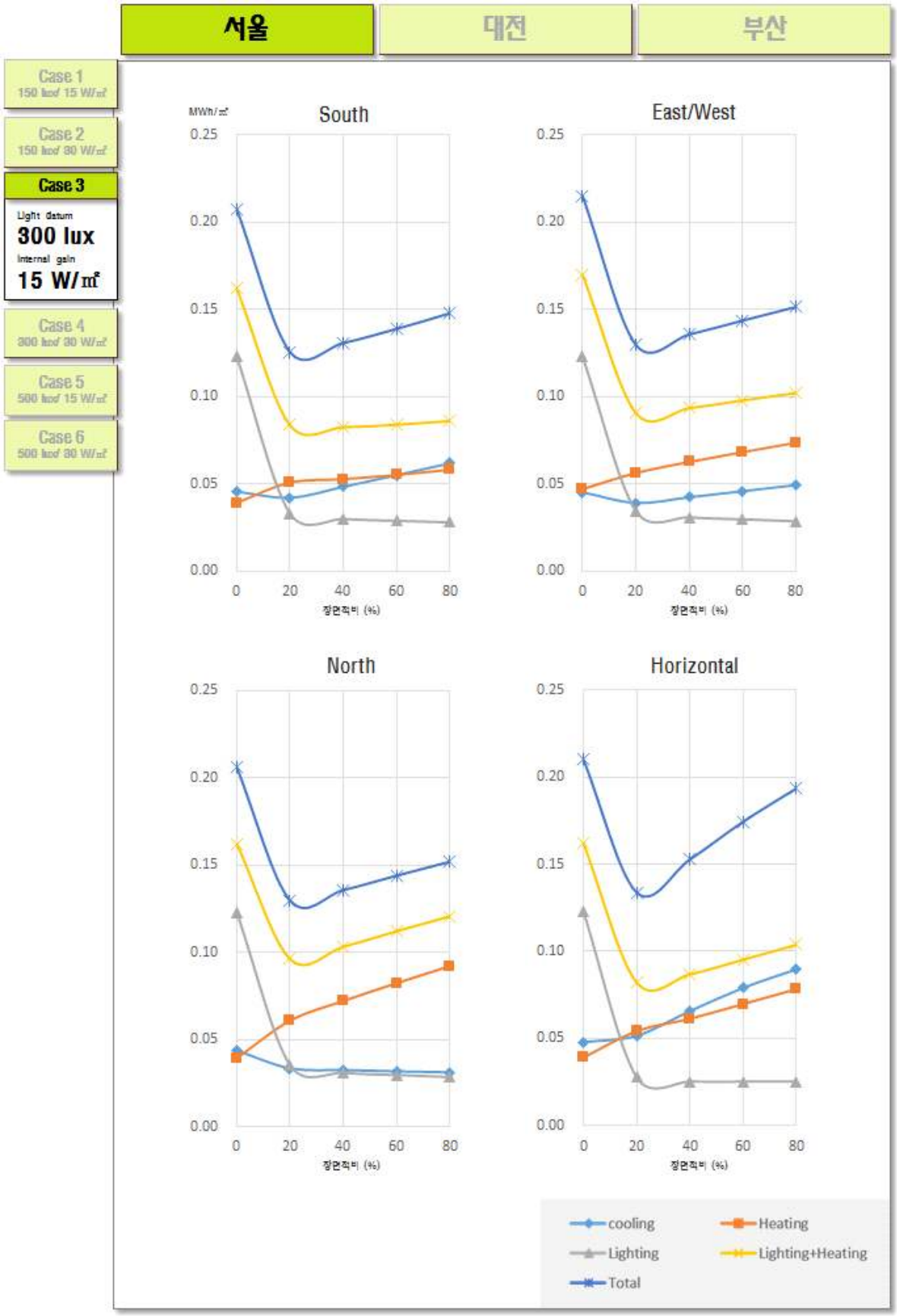
○ 서울(조도 : 150lux, Internal heat : 15W/m^2)



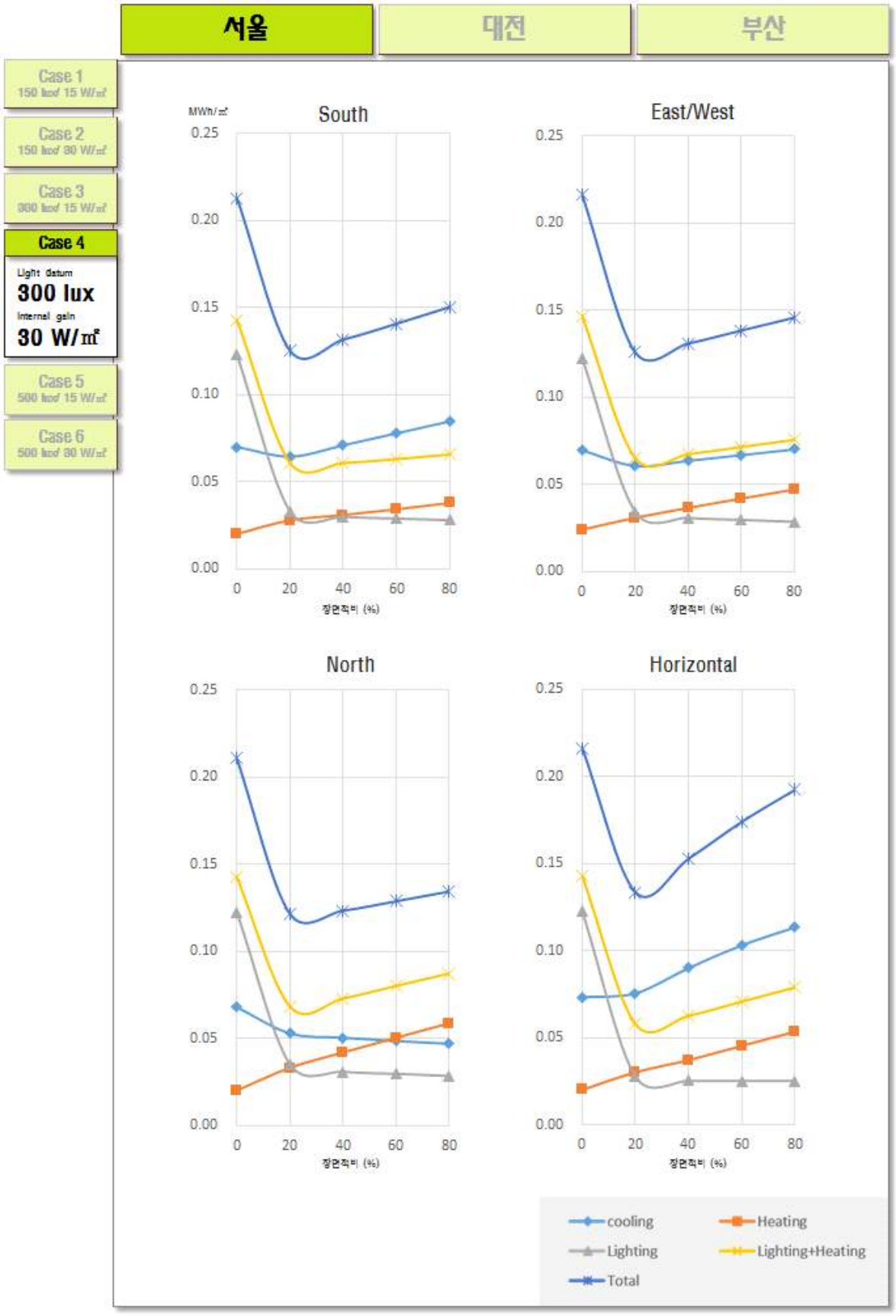
○ 서울(조도 : 150lux, Internal heat : 30W/m^2)



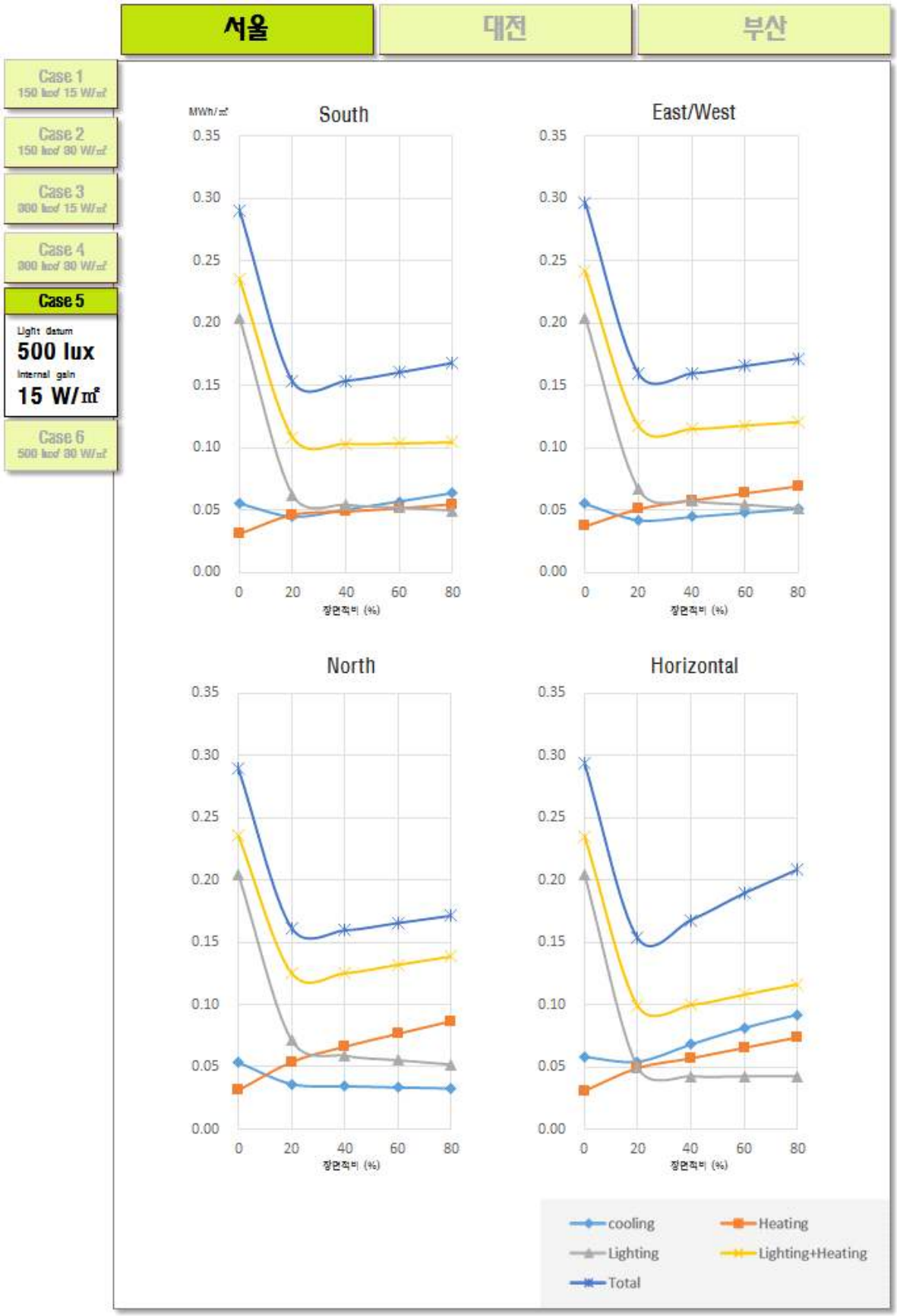
○ 서울(조도 : 300lux, Internal heat : 15W/m^2)



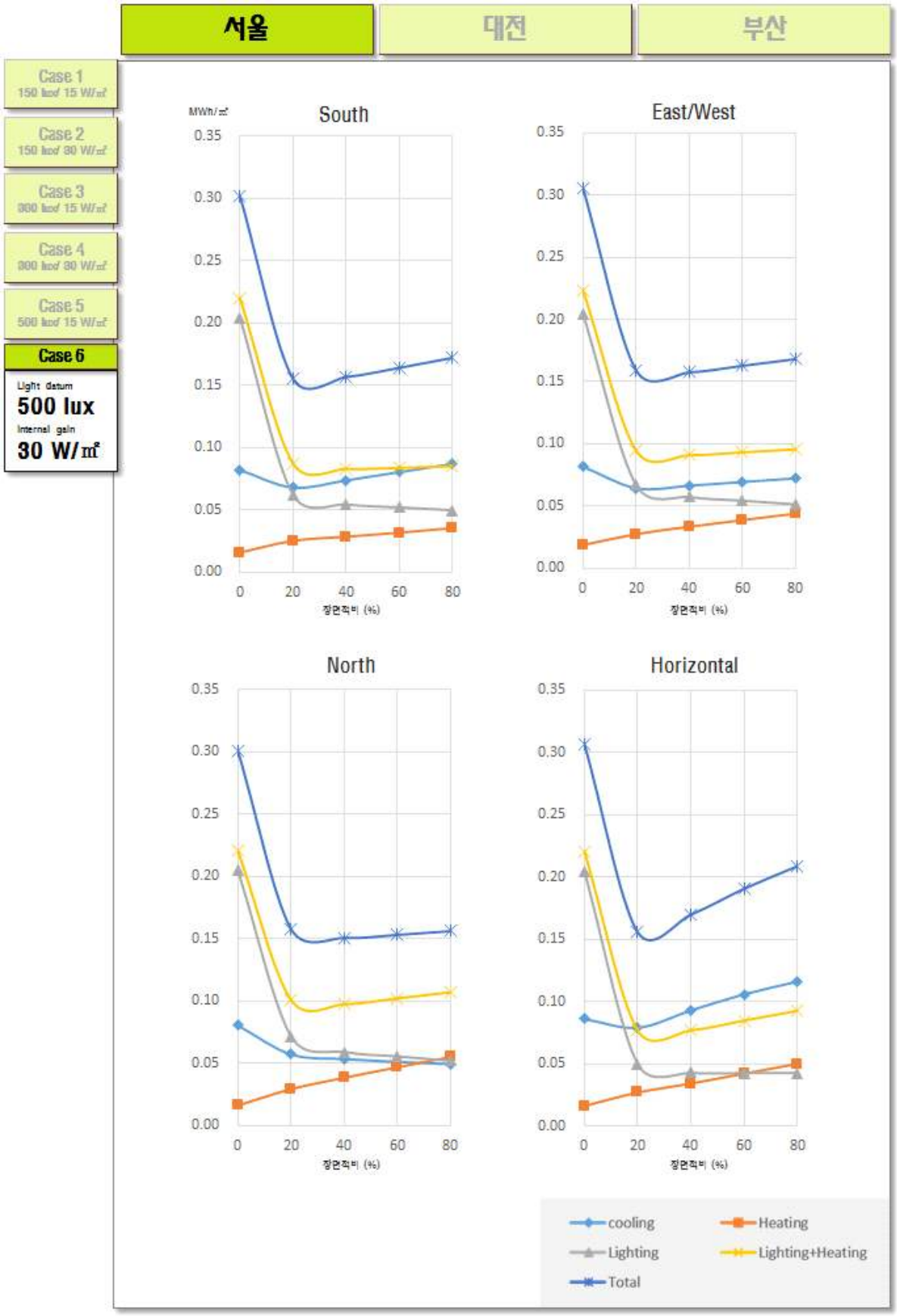
○ 서울(조도 : 300lux, Internal heat : 30W/m^2)



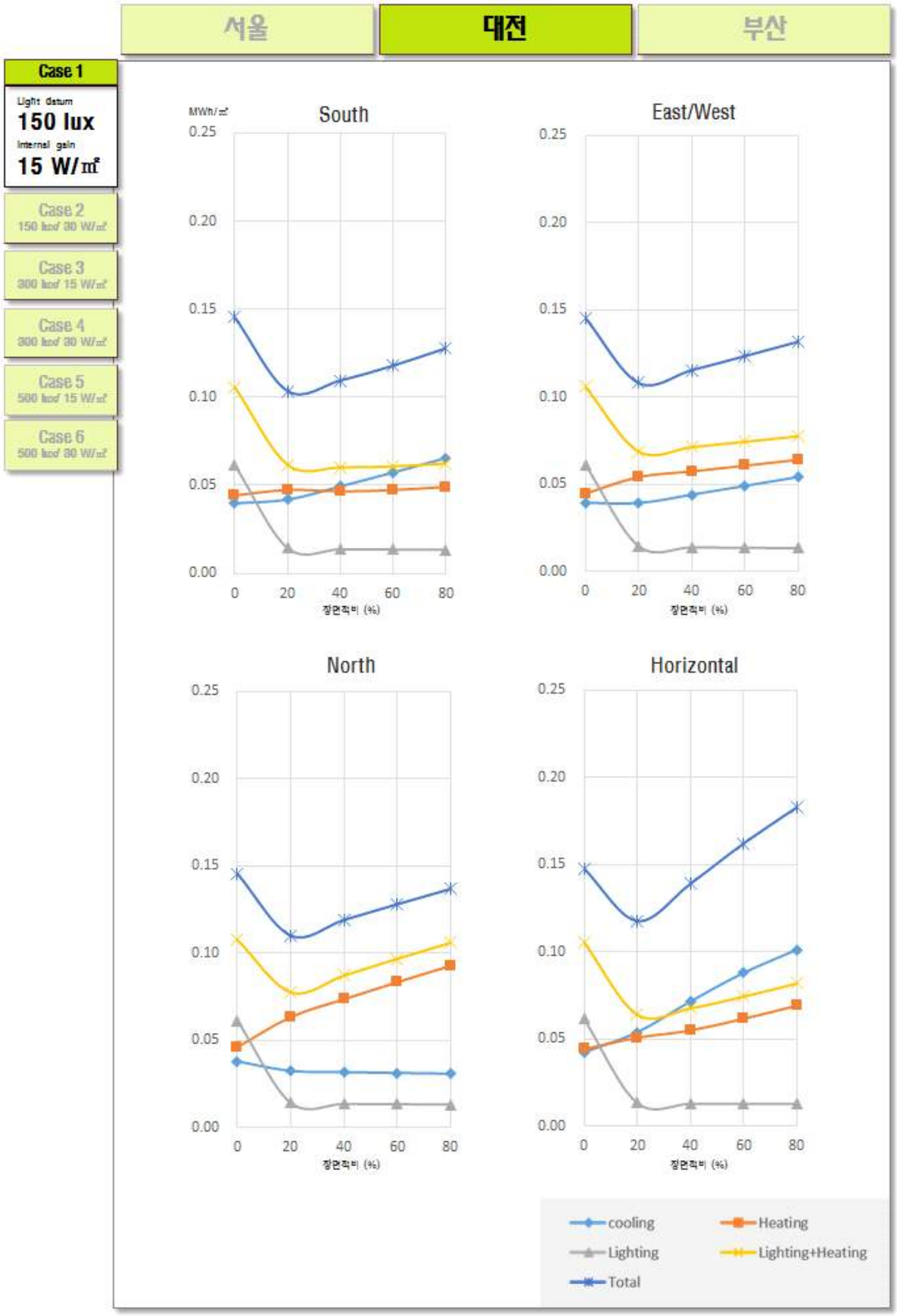
○ 서울(조도 : 500lux, Internal heat : 15W/m^2)



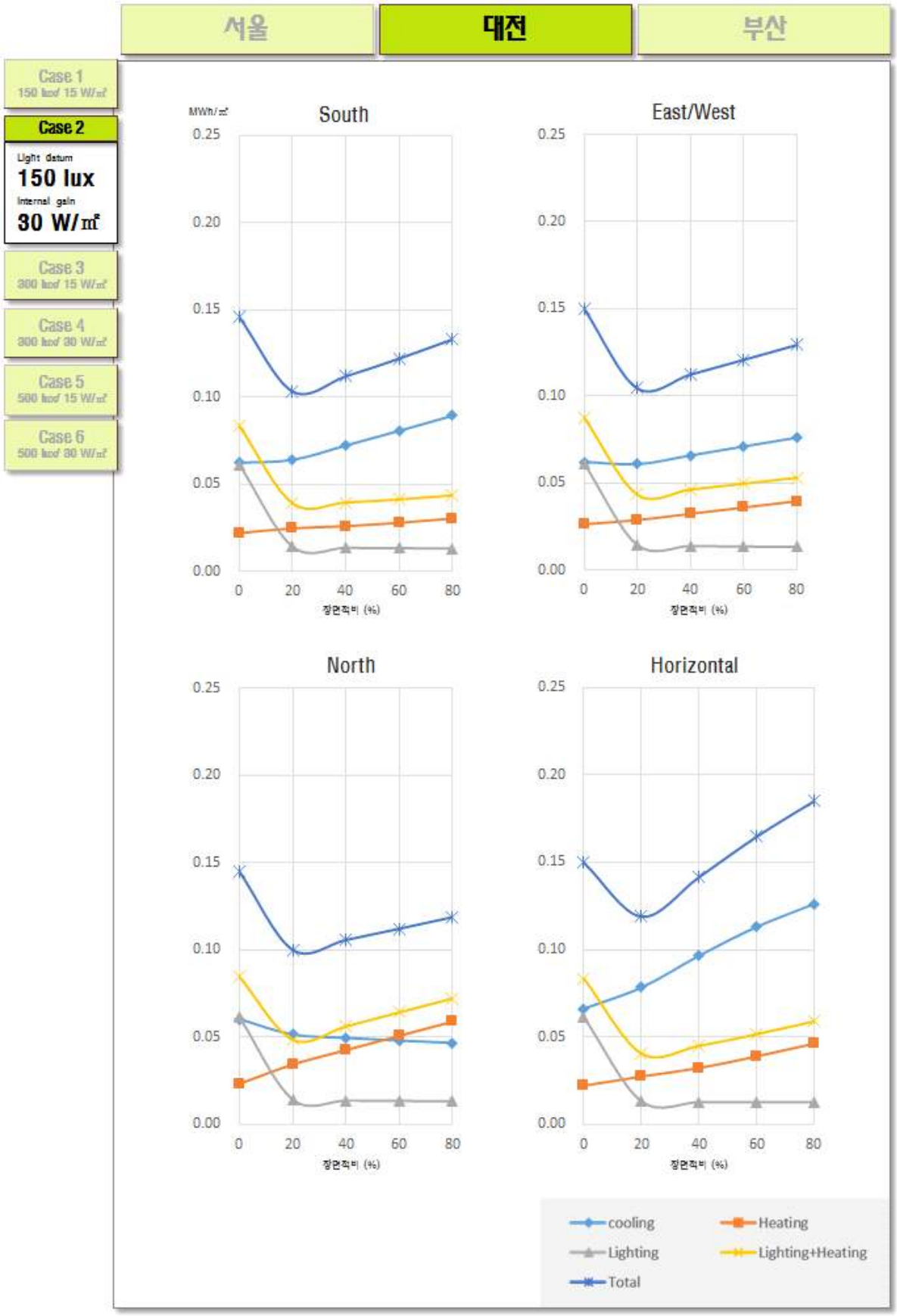
○ 서울(조도 : 500lux, Internal heat : 30W/m^2)



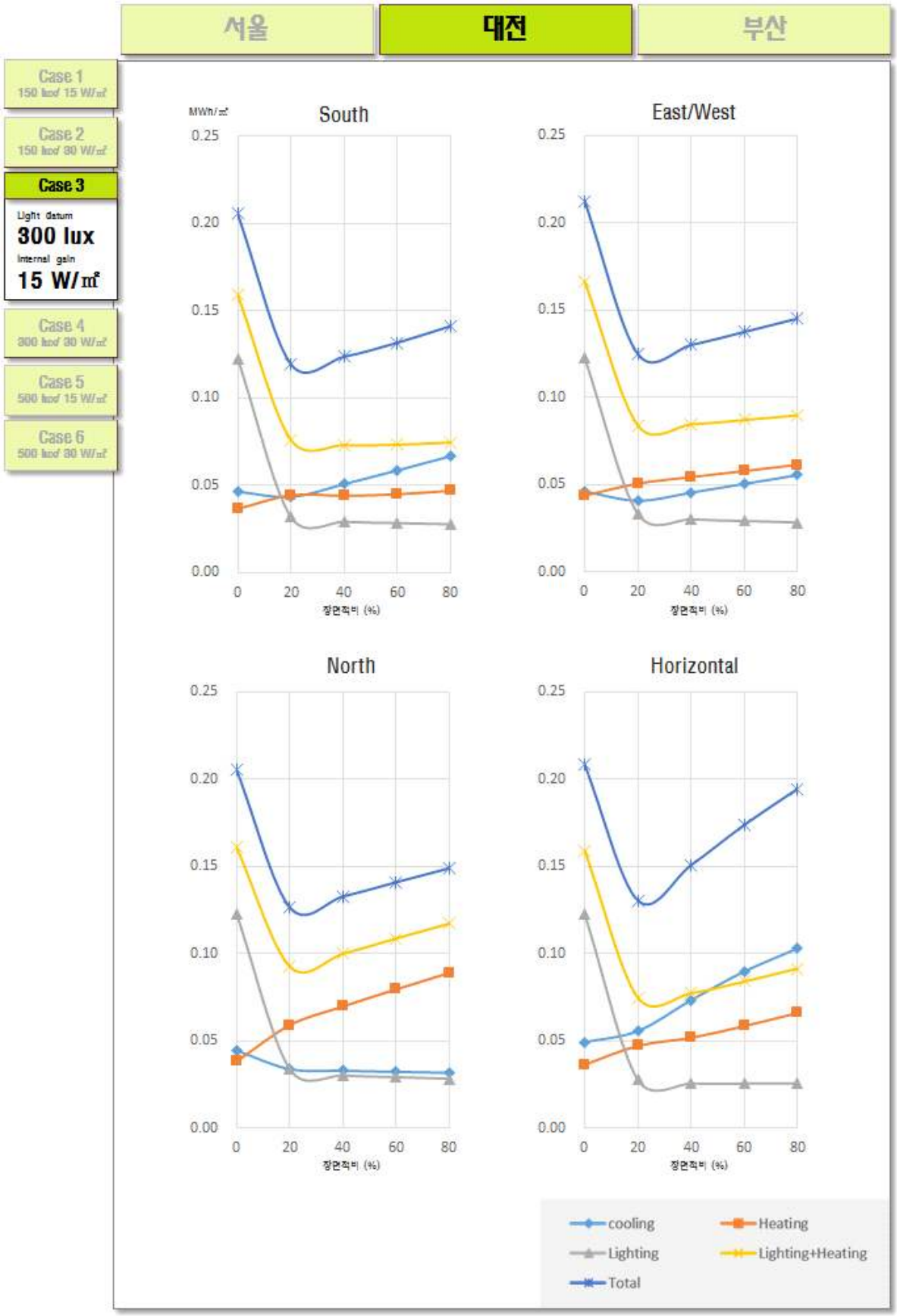
○ 대전(조도 : 150lux, Internal heat : 15W/m^2)



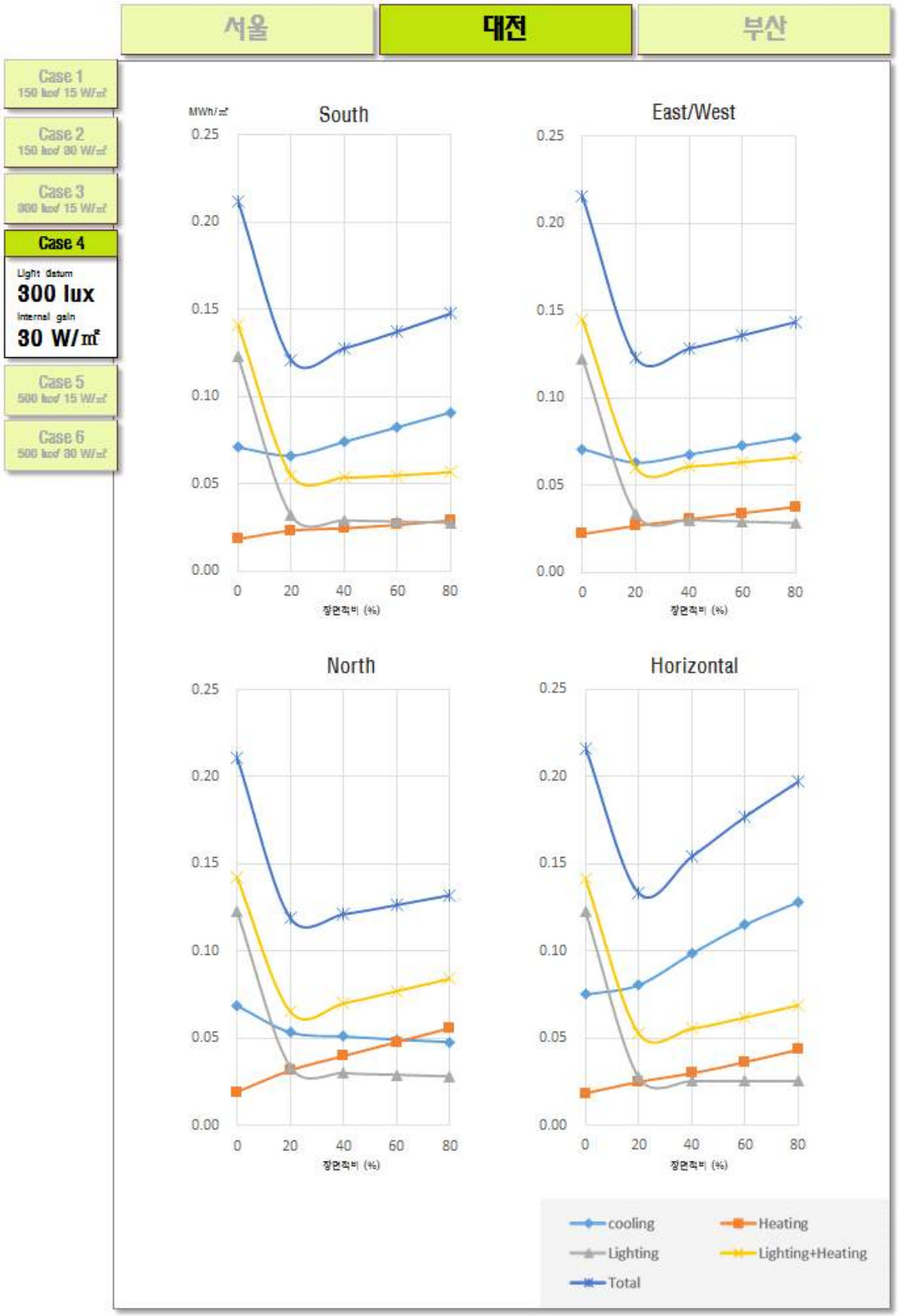
○ 대전(조도 : 150lux, Internal heat : 30W/m^2)



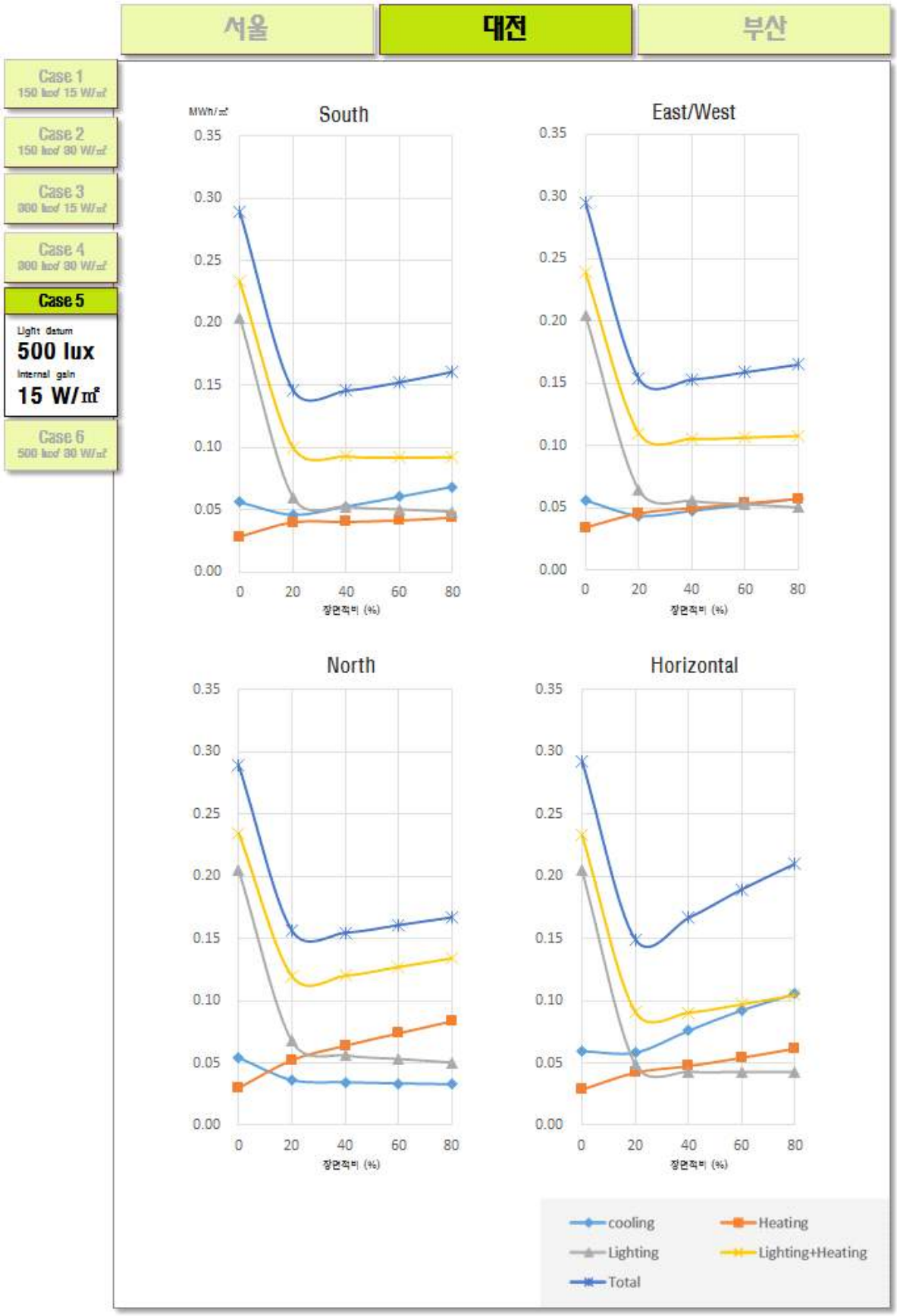
○ 대전(조도 : 300lux, Internal heat : 15W/m^2)



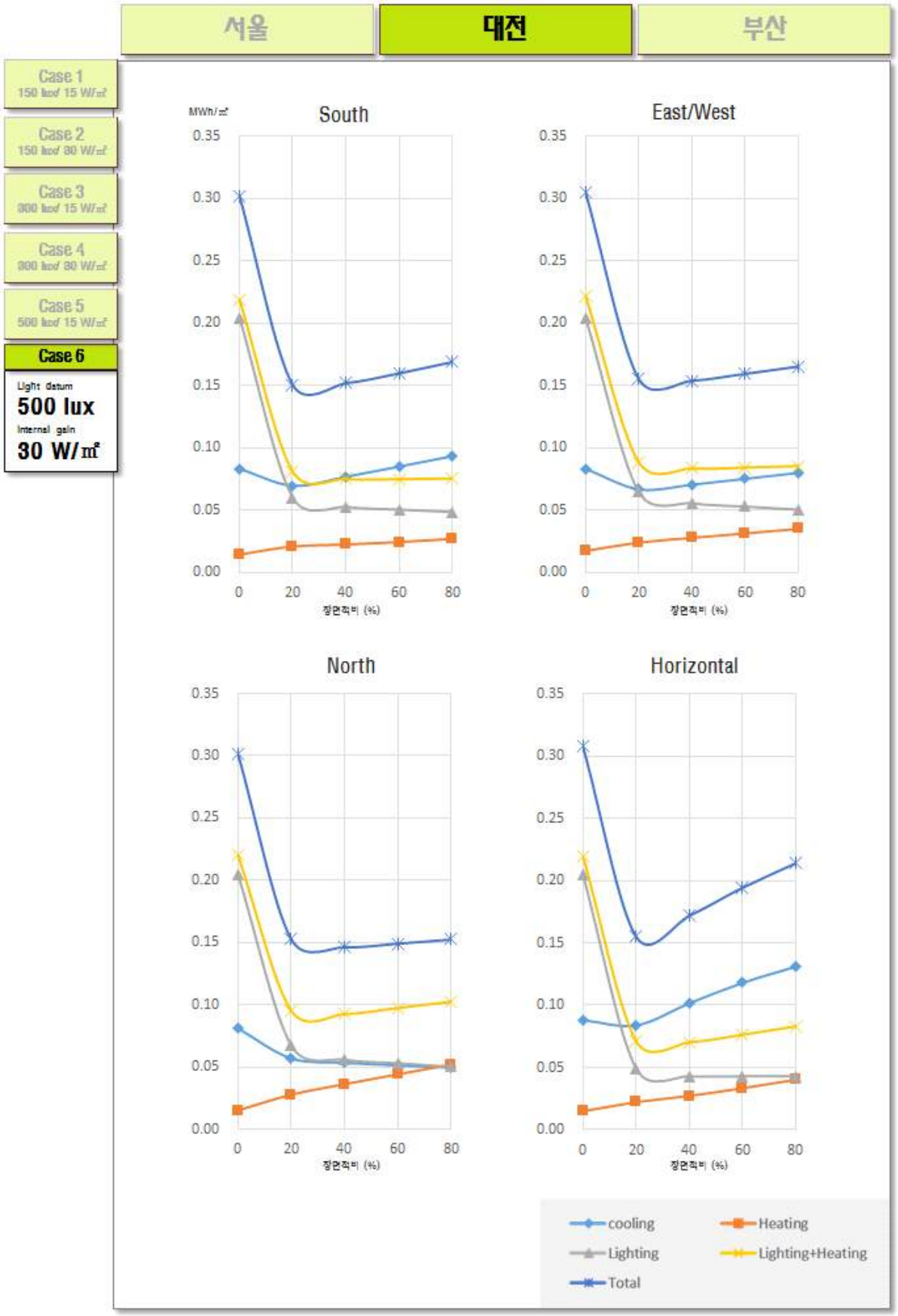
○ 대전(조도 : 150lux, Internal heat : 15W/m^2)



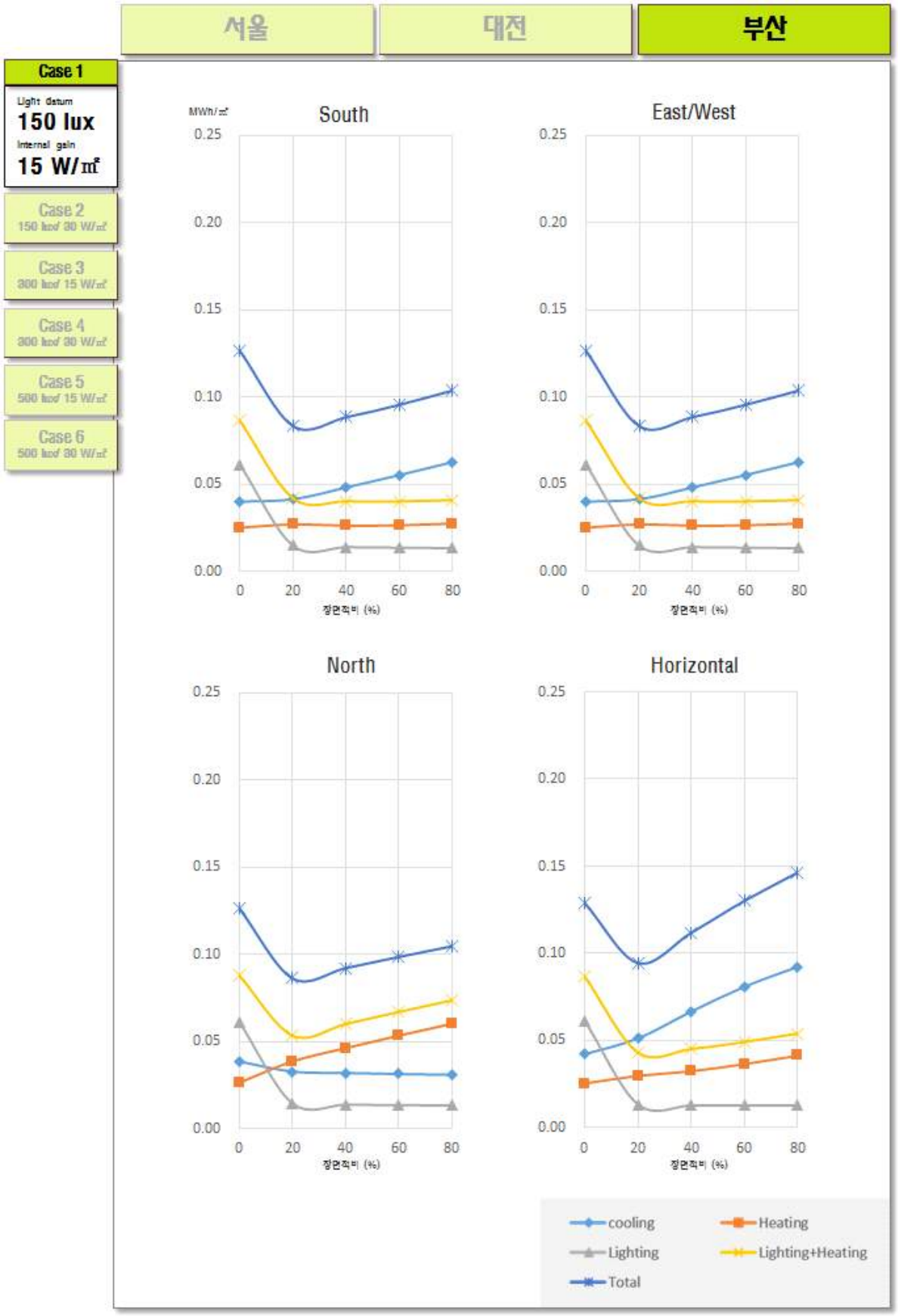
○ 대전(조도 : 500lux, Internal heat : 15W/m^2)



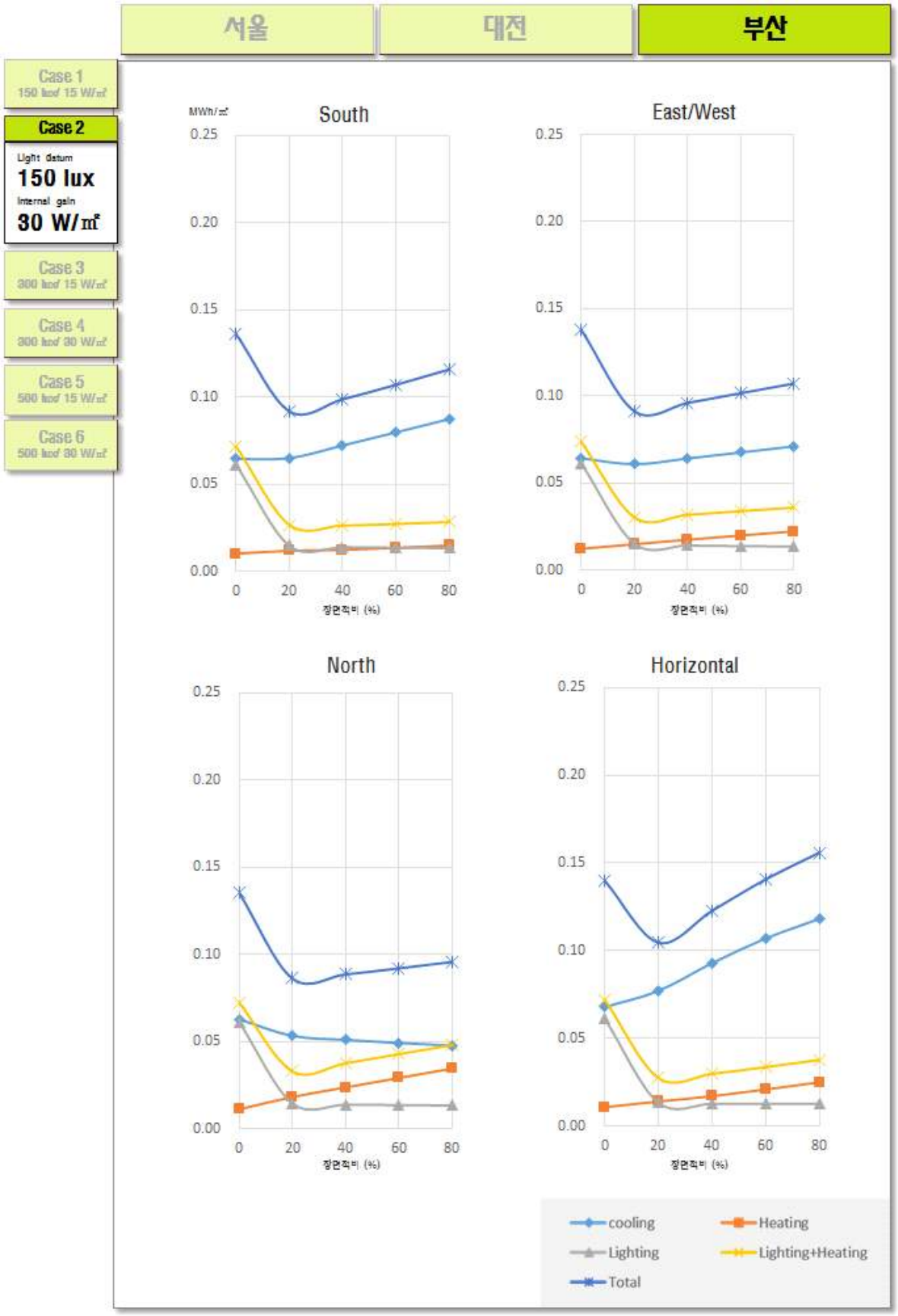
○ 대전(조도 : 500lux, Internal heat : 30W/m^2)



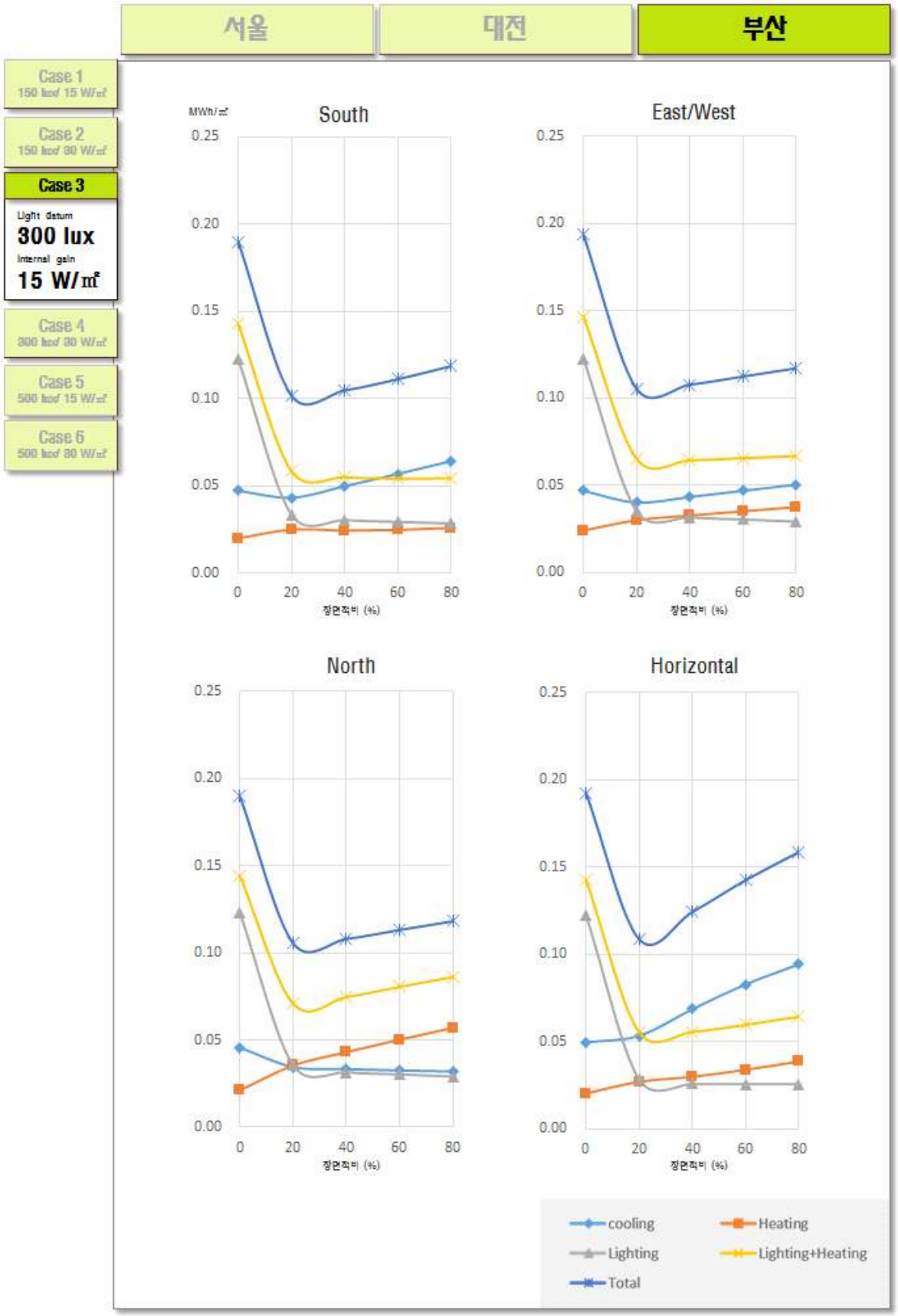
○ 부산(조도 : 150lux, Internal heat : 15W/m^2)



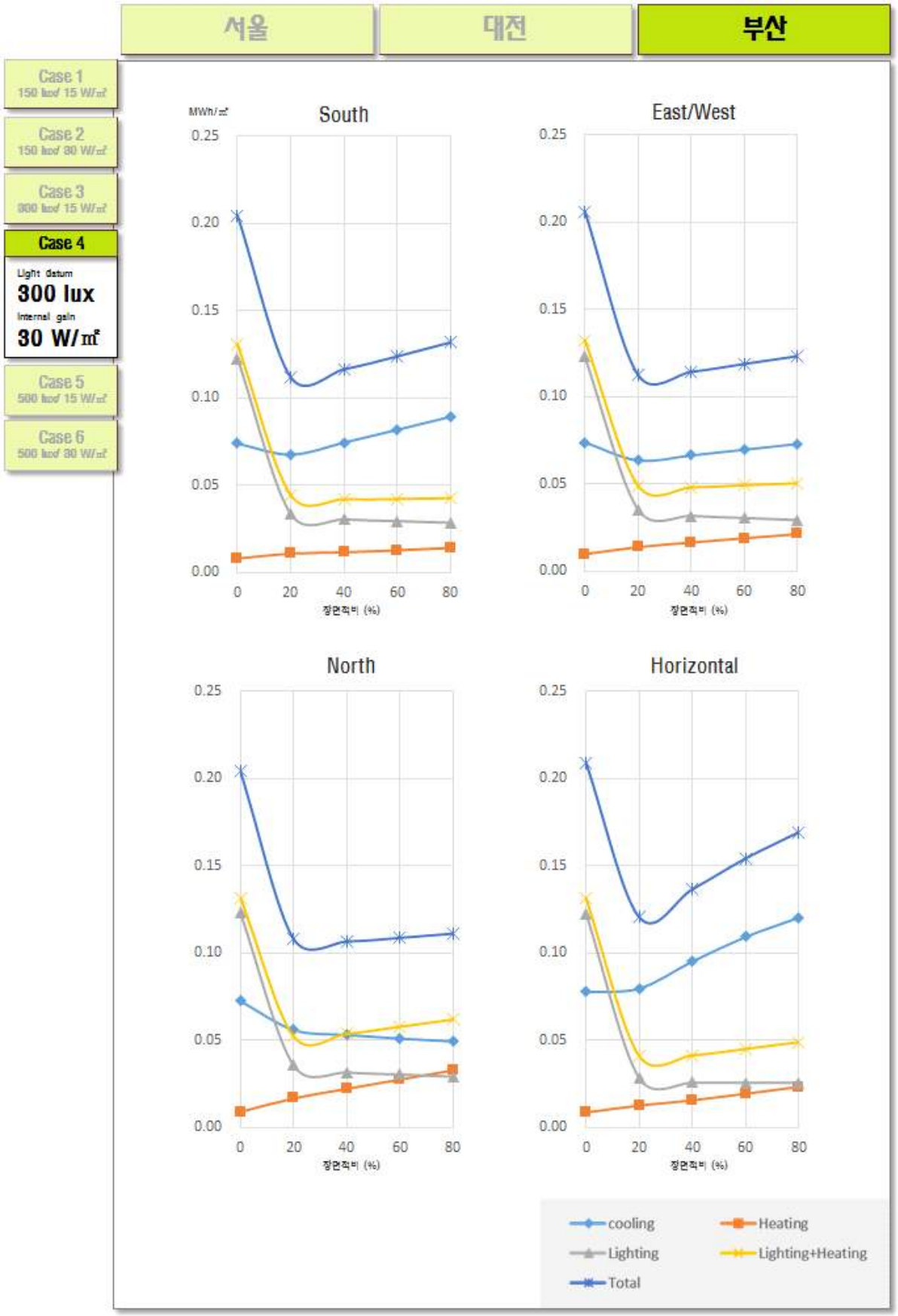
○ 부산(조도 : 150lux, Internal heat : 30W/m^2)



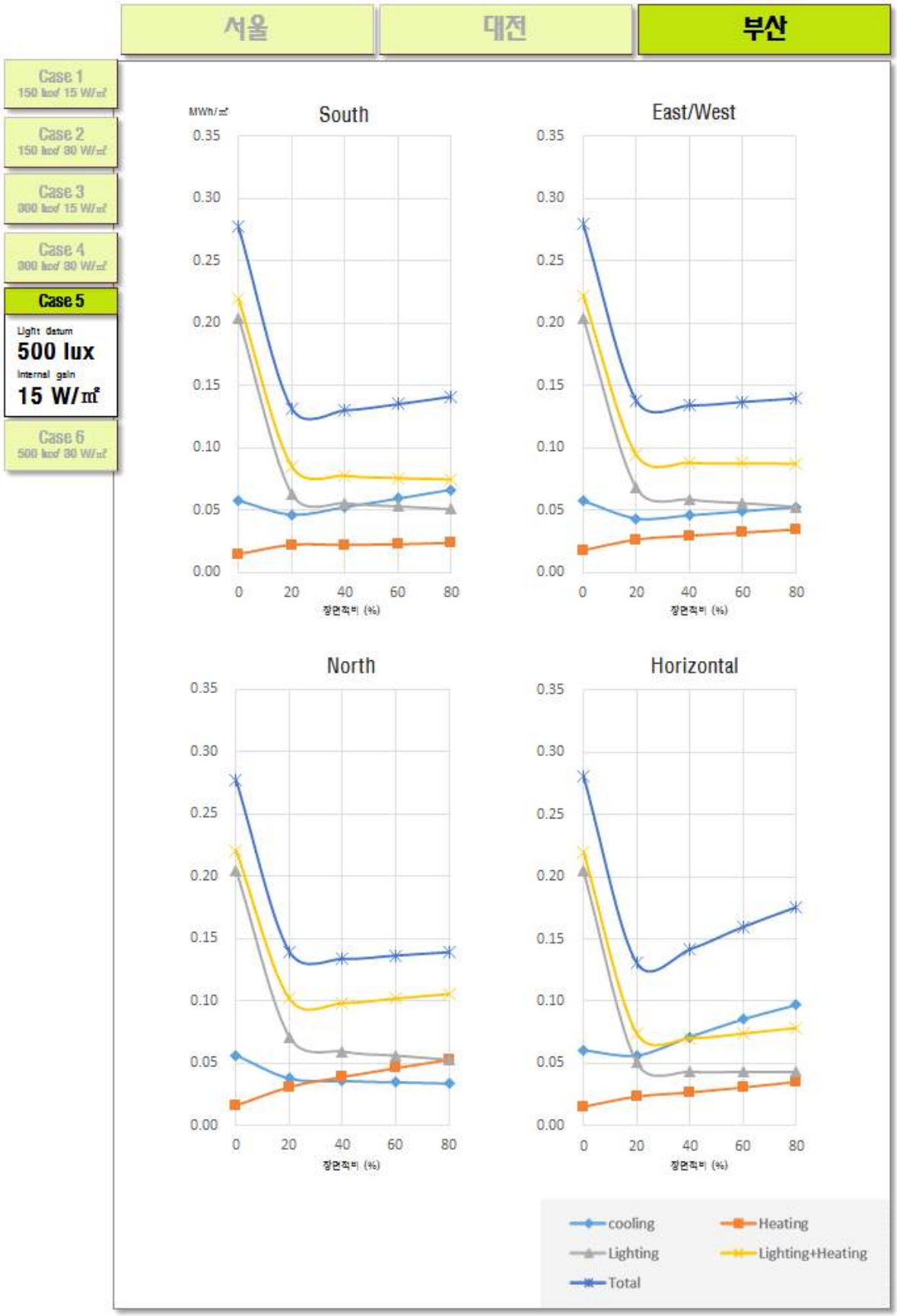
○ 부산(조도 : 300lux, Internal heat : 15W/m^2)



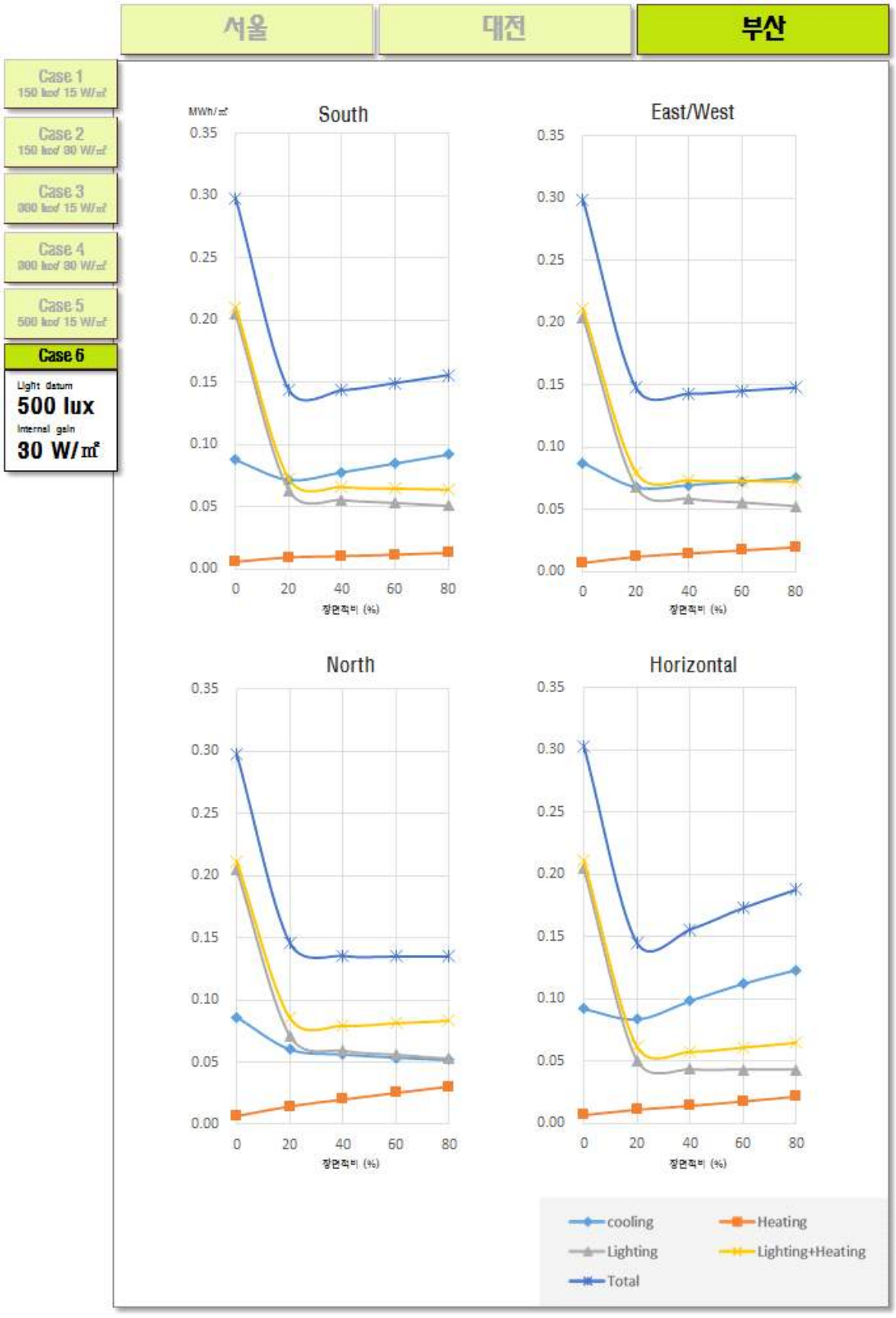
○ 부산(조도 : 300lux, Internal heat : 30W/m^2)



○ 부산(조도 : 500lux, Internal heat : 15W/m^2)



○ 부산(조도 : 500lux, Internal heat : 30W/m^2)



□ 정성적 성과

1차년도

구분	성과목표	질적 성과지표	측정방법	목표	달성	검증
질적 지표	Test-bed기획 및 설계/ 엔지니어링	설계 및 구축 건수	(그린빌딩 Test-bed 설계 및 구축 건수×1.0)	1건	1건	완료
		그린빌딩 Test-bed 설계/엔지니어링 도면	(그린빌딩 Test-bed 설계/엔지니어링 도면 개발건수×1.0)	1건	1건	도면 CD제출
		그린빌딩 계획설계 기법의 개발	(전문가 설문을 이용한 계획설계 기법의 우수성 평가×1.0)	1건	1건	별책3권 (2012년제출)
	녹색건축물 통합설계 프로세스 Draft 모델 개발	요소 기술 DB 구축 건수	(기술 동향 조사 실적 보고서 건수×1.0)	1건	1건	별책4권 (2012년제출)
		기술 사업화 기반 구축	(기술사업화를 위한 DB구축/활용 건수×1.0)	1건	1건	별책4권 (2012년제출)
	녹색기술의 경제성·시공성 평가	녹색기술 평가기법 개발	(시공성 분석보고서×0.5 + 경제성평가보고서×0.5)	2건	2건	별책5권 (2012년제출)
	녹색기술의 성능 지표 및 평가 방법 구축	녹색성능 평가지표 건수	(녹색성능 평가지표 분류체계도×1.0)	1건	1건	별책5권 (2012년제출)
		녹색성능 지표별 평가기법 보고서	(녹색성능 지표별 평가기법 보고서)×1.0)	1건	1건	별책5권 (2012년제출)
	신축녹색 건축물 사업성 평가모델 (1단계) 개발	비용분석을 위한 Soft cost 항목 정의	Soft cost 항목 정의 여부	1건	1건	1차 계획서pp.11-12 별책1pp.1-18
		건축물 환경부하 평가방법	환경부하 평가방법 개발 여부	1건	1건	1차 계획서p.18 별책1pp.42-46
		교육시설물 에너지사용 데이터 수집	수집된 기존 교육시설물의 에너지 사용량 데이터의 수	100건	100건	1차 계획서pp.13-17 별책1pp.19-41
		교육시설물 도면 및 내역서 데이터	수집된 기존 교육시설물의 건축내역서 데이터의 수	10건	10건	1차 계획서p.18 별책1p.47
		교육시설물 환경부하 평가기준	비용효과분석모델을 이용한 환경부하 평가 완료된	2건	2건	1차 계획서pp.19-21

			교육시설물의 수			별책1pp.48-53
		사업성 평가모델 개발	환경성과 경제성을 동시에 평가하는 방법론 개발 여부	OK		1차 계획서pp.20-23 별책1pp.54-62
	소 계					100%
양적 지표		**양 적 지 표**	**측정방법**	**목표**		**달성**
		학술지 게재 논 문 건 수 (국 내 / 국 외)	(국내외 학술지 게재 논문건수×1.0)	11건		1건
		학술회의 발표 논문건수(국내/국외)	(학술회의(학회)에 참가해 발표한 건수×1.0)	2건		-
		특허출원 건수 (국내/국외)	(총 특허출원 건수×1.0)	7건		-
		시험/조사/관측 기법 개발 실적	(시험/조사/관측 기법 개발 건수×1.0)	2건		-
		전문가 의견반영 실적	(전문가 의견수렴 반영 건수×1.0)	2건		2건
		연구개발 관련 홍보	(홍보 건수×1.0)	1건		58건
		분야별 인력양성 배출 실적	(석사×0.5)+(박사×0.5)	1건		16건
	소 계					77건

2차년도

구분	성과목표	질적 성과지표	측정방법	목표	달성	검증
질적 지표	녹색건축물 IPD Process개발과 Test-bed 구축, Test-bed 전시홍보관 기획	녹색건축물 IPD Process 개발	(녹색건축물 IPD Process 개발 건수×1.0)	1건	1건	완료
		홍보 전시관 기획 건수	(홍보 전시관 기획안×1.0)	1건	1건	완료 (포스코그린빌딩 내)
		국내외 컨퍼런스 참가를 통한 홍보 건수	(국내외 컨퍼런스 참가 건수×1.0)	1건	1건	완료
	녹색건축물 통합설계 프로세스 개발	기획/계획 수립 건수	(건축물 유형별 녹색 계획 보고서×1.0)	1건	1건	2013년 제출
		Test-bed 구축 및 활용 건수	(Test-bed 운영 지침 및 매뉴얼×1.0)	1건	1건	2013년 제출
	녹색건축물 시공기술 설정 및 적용	시공프로세스 보고서 (참여주체 역할분석 보고서)	(시공프로세스 보고서×1.0)	1건	1건	2차 계획서 pp.90-92
		체크리스트	(녹색시공/관리 체크리스트×0.5 + 공정단계별 평가표 개발×0.5)	2건	2건	2차 계획서 pp.96-98 2013년 제출
		커미셔닝 보고서	(해외지침분석보고서×1.0)+(커미셔닝 기록분석 보고서×1.0)	2건	2건	2013년 제출
	녹색건축물의 모니터링 및 BEMS프로세스 모델 개발	녹색건축물의 모니터링 프로세스	(녹색 건축물의 모니터링 프로세스 매뉴얼×1.0)	1건	1건	2013년 제출
		녹색건축물 BEMS 구축 프로세스	(녹색건축물 BEMS 구축 프로세스 매뉴얼×1.0)	1건	1건	2013년 제출
	신축녹색 건축물 경제성 및 환경성	건축물 특성에 의한 환경부하 정의 및 평가방법	건축물 특성에 의한 환경부하 정의 및 평가방법 개발 여부	1건	1건	2차 계획서 pp.32-34

	통합평가 방법 개발	건축물 환경비용 평가방법 개발	환경부하 항목별 가중치 부여방법 개발 여부	달성	달성	2차 계획서 pp.35-39
		녹색건축물 환경적 가치 평가방법 개발	녹색건축물 사업성 평가를 위한 사업성 평가모델 (2단계) 개발 여부	달성	달성	2차 계획서 pp.40-42
		공동주택 환경부하 평가기준 제시	비용효과분석모델을 이용한 환경부하 평가 완료된 공동주택 건축물의 수	1건	1건	2차 계획서 pp.43-45
		녹색건축물 통합가치평가시스템 (IVAS) Layout 구성	IVAS 개발 완료율	30%	30%	2차 계획서 pp.47
	소 계					100%
양적 지표		**양적지표**	**측정방법**	**목표**		**달성**
		학술지 게재 논문건수(국내/국외)	(국내외 학술지 게재 논문건수×1.0)	9건		10건
		학술회의 발표 논문건수(국내/국외)	(학술회의(학회)에 참가해 발표한 건수×1.0)	2건		24건
		특허출원 건수 (국내/국외)	(총 특허출원 건수×1.0)	5건		13건
		시험/조사/관측 기준 개발 실적	(시험/조사/관측 기준 개발 건수×1.0)	2건		2건
		시험/조사/관측 기법 현장적용 실적	(시험/조사/관측 기법 현장적용 건수×1.0)	3건		1건
		전문가 의견반영 실적	(전문가 의견수렴 반영 건수×1.0)	4건		4건
		연구개발 관련 홍보	(홍보 건수×1.0)	1건		8건
		분야별 인력양성 배출 실적	(석사×0.5)+(박사×0.5)	1건		4건
	소 계					66건

3차년도

구분	성과목표	질적 성과지표	측정방법	목표	달성	검증
질적 지표	녹색건축물 실증사업	IPD Process 수정 및 보완	IPD process model x 1.0	1건	1건	3차 계획서 26p~
		녹색 건축물 Test-bed 구축	Test bed ×1.0	1건	1건	3차 계획서 32p~
		Test-bed 커미셔닝 수행	Test-bed 커미셔닝 보고서 x 1.0	1건	1건	3차 계획서 37p~
		Test-bed 홍보 전시관	홍보 전시관 ×1.0	1건	1건	3차 계획서 44p~
		(IPD planner) 실무적용화 기획	IPD Process 상용화 프로그램 기획 건수 ×1.0	1건	1건	3차 계획서 48p~
		BEAT program 기획·개발	BEAT program 기획 건수 x 1.0	1건	1건	3차 계획서 51p~
	녹색건축물 통합설계 프로세스 Test-bed 평가	기술성능 목표 달성 건수	(요소 기술의 성능 인증 건수×1.0)	1건	1건	3차 계획서 56p~
		통합설계 프로세스 적용건수	(Test-bed 적용실적 건수×1.0)	1건	1건	3차 계획서 66p~
		보완된 통합설계 프로세스 구축	(보완된 통합설계 프로세스 구축 건수×1.0)	1건	1건	3차 계획서 73p~
	녹색시공 프로세스 모델 개발 및 커미셔닝 활성화 방안	통합시공프로세스(ICP)	(통합시공프로세스 ×1.0)	1건	1건	3차 계획서 93p~
		시공 및 공정관리지침	(녹색시공현장의 참여주최자간 시공 및 공정관리지침 보고서×1.0)	1건	1건	3차 계획서 98p~
		녹색 현장관리 체크리스트 및 지침	(녹색 현장관리 체크리스트 및 지침 개발 보고서×1.0)	1건	1건	3차 계획서 104p~
		커미셔닝 활성화를 위한 지침 및 제도 개선 방안 제안	(공정 단계별 Activity 및 평가표 기술서×1.0)+(커미셔닝 장애요인 및 개선안 보고서×1.0)	1건	1건	3차 계획서 117p~
	Test-bed의 성능 평가 및 BEMS 운영/관리 매뉴얼 개발	Test-bed의 성능 평가(I)	Test-bed의 성능 평가 보고서×1.0	1건	1건	3차 계획서 125p~
		녹색건축물 운영/관리 프로세스	녹색건축물 BEMS 운영/관리 프로세스 매뉴얼×1.0	1건	1건	3차 계획서 150p~
	녹색건축물 통합가치평가 시스템	통합가치평가시스템(IVAS) 개발	평가시스템 개발 완료율	100%	100%	3차 계획서 153p~
		Test-bed 환경부하	Test-bed에 대한	1건	1건	3차 계획서

	(IVAS) 개발	및 환경비용 평가 보고서	평가보고서			165p~ 성과증빙제출

		양적지표	측정방법	목표	달성
양적 지표		학술지 게재 논문건수 (국내/국외)	(국내외 학술지 게재 논문건수×1.0)	15건	6건
		학술회의 발표 논문건수 (국내/국외)	(학술회의(학회)에 참가해 발표한 건수×1.0)	10건	11건
		특허출원 건수 (국내/국외)	(총 특허출원 건수×1.0)	5건	2건
		시험/조사/관측 기법 개발 실적	(시험/조사/관측 기법 개발 건수×1.0)	1건	1건
		소프트웨어(S/W) 등록건수	(총 소프트웨어 등록건수×1.0)	2건	2건
		전문가 의견반영 실적	(전문가 의견수렴 반영 건수×1.0)	6건	6건
		지침/매뉴얼의 개발 및 보급	(관리 지침/매뉴얼 개발 건수×1.0)	1건	1건
		연구개발 관련 홍보	(홍보 건수×1.0)	4건	132건
		분야별 인력양성 배출 실적	(석사×1.0)+(박사×1.0)	8건	11건
		현장적용건수	(시공프로세스 적용건수×1.0)	2건	2건
	소 계				174건

4차년도

구분	성과목표	질적 성과지표	측정방법	목표	달성	검증
질적 지표	녹색건축물 IPD Process 상용화를 위한 프로그램 개발 완료	녹색건축물 IPD Process 상용화 프로그램 개발	(녹색건축물 IPD Process 상용화 프로그램 개발 건수 ×1.0)	2건	2건	개발완료
		BEAT program 개발	(녹색건축물 IPD Process 상용화 프로그램 Beta-Test 결과보고서×1.0)	1건	1건	개발완료
	녹색건축물 통합설계 프로세스 완성	완성된 통합설계 프로세스 구축	(완성된 통합설계 프로세스 구축 건수 x 1.0)	1건	1건	개발완료
		다양한 형태의 통합설계 프로세스 개발	(Layer Model 외의 통합설계 프로세스 Format 구축 건수 x 1.0)	1건	1건	4차 계획서 98p~
		기술성능 목표 달성 건수	(요소 기술의 성능 인증 건수×1.0)	1건	1건	4차 계획서 76p~
		건축물 유형별 에너지 성능 분석 지원 툴 개발 건수	(건축물 유형별 에너지 성능 검증 건수×1.0)	1건	1건	4차 계획서 98p~
	녹색시공 프로세스 활용 가이드라인 개발	녹색시공프로세스 활용 가이드라인	(보고서×1.0)	1건	1건	4차 계획서 110p~
		녹색시공관리를 위한 체크리스트	(보고서×1.0)	1건	1건	4차 계획서 118p~
	녹색건축물의 성능 개선 및 최적화 기법 개발	Test-bed의 성능 평가(II)	(Test-bed의 성능 평가 보고서×1.0)	1건	1건	4차 계획서 138p~
		소프트벰스 Program 검증 및 적용	(소프트벰스 Program 검증 건수 x 1.0)	1건	1건	4차 계획서 151p~
	녹색건축물 통합가치평가시스템 (IVAS)개선 및 활성화	녹색건축물 통합가치평가시스템 (IVAS)	시스템 개발 완료	1건	1건	4차 계획서 157p~
		녹색건축물 통합가치평가시스템(IVAS) 매뉴얼	매뉴얼	1건	1건	4차 계획서 160p~
	소 계					100%

		양적지표	측정방법	목표	달성
양적 지표		학술지 게재 논문건수(국내/국외)	(국내외 학술지 게재 논문건수×1.0)	15건	10건
		학술회의 발표 논문건수(국내/국외)	(학술회의(학회)에 참가해 발표한 건수×1.0)	6건	12건
		특허출원 건수 (국내/국외)	(총 특허출원 건수×1.0)	6건	4건
		시험/조사/관측 기법 현장적용 실적	(시험/조사/관측 기법 현장적용 건수×1.0)	1건	1건
		전문가 의견반영 실적	(전문가 의견수렴 반영 건수×1.0)	2건	2건
		연구개발 관련 홍보건수	(홍보 건수×1.0)	1건	90건
		분야별 인력양성 배출 실적	(석사×0.5)+(박사×0.5)	1건	-
		(ICP) 상용화 Tool	(프로그램 등록 건수×1.0)	1건	1건
	소 계				120건

5차년도

구분	성과목표	질적 성과지표	측정방법	목표	달성	검증
질적 지표	녹색건축물 IPD 프로그램 보급 및 확산, 연구성과물 홍보	녹색건축물 IPD Process 상용화 프로그램 고도화 완료	(녹색건축물 IPD Process 상용화 프로그램 보고서×1.0)	1건	1건	완료 www.aired.kr
		시장수요기반 신축건축물 녹색화 확산 연구 총괄 보고서	(확산 연구총괄 보고서×1.0)	1건	1건	완료
	녹색건축물 통합설계 프로세스 최종 모델 완성	녹색건축물 통합설계 프로세스 가이드라인	(녹색건축물 IPD 가이드라인 책자 발급 건수 x 1.0)	1건	1건	완료 (GDT책자 설계내용)
	녹색건축물 시공매뉴얼 개발	시공매뉴얼	(지침 및 매뉴얼 개발 보고서 x 1.0)	1건	1건	완료 (시공책자 별도 제출
	녹색건축물 운영 및 관리기술 통합 매뉴얼 개발	녹색건축물의 성능 개선 및 최적화 기법	(녹색건축물의 성능 개선 및 최적화 기법×1.0)	1건	1건	최종보고서 164p~ 206p~
		Test-bed의 성능 평가(III)	(Test-bed의 성능 평가 보고서×1.0)	1건	1건	
	건축물 녹색화 활성화 전략 제시	건축물 녹색화 활성화 전략	정책 제안	2건	2건	정책제안서 별도 제출
	(위탁) 녹색 건축물 운영·관리 통합 매뉴얼 개발	녹색건축물 일반운영관리 및 에너지 운영관리 매뉴얼 프로토타입	(보고서×1.0)	1건	1건	완료
	소 계					100%

		양적지표	측정방법	목표	달성
양적 지표		학술지 게재 논문건수 (국내/국외)	(국외 학술지 게재 3건)	7건	3건
			(국내 학술지 게재 4건)		3건
		학술회의 발표 논문건수 (국내/국외)	(학술회의(학회)에 참가해 발표한 건수×1.0)	10건	3건
		특허출원 건수 (국내/국외)	(특허출원 건수×1.0)	5건	2건
			(특허등록 건수×1.0)		1건
		전문가 의견반영 실적	(전문가 의견수렴 반영 건수×1.0)	2건	3건
		정책제안 건수	(정부정책 제안 건수×1.0)	2건	2건
			(정부정책 반영 건수×1.0)		-
		지침/매뉴얼의 개발 및 보급	(관리/지침/매뉴얼개발 건수 ×1.0)	1건	-
		연구개발 관련 홍보	(홍보 건수×1.0)	2건	1건
		분야별 인력양성 배출 실적	(석사×1.0)+(박사×1.0)	1건	3건
		기술실시계약건수	(기술실시계약건수×1.0)	2건	-
	소 계				21건

□ 정량적 성과

1. 특허출원(A-1~A-15) 및 등록(A16~A-21)

No.	구분	특허명칭	출원/등록 번호	출원/등록일	출원인 (등록권리자)
A-1	사업화	고속도로 휴게소의 최적 위치와 규모의 산출 방법 및 장치	10-2012-0087103	2012-08-09	연세대 산학협력단
A-2	총괄	탈부착이 가능한 광선반 장치	10-2012-0088301	2012-08-13	연세대 산학협력단
A-3	통합설계	상변환물질을 이용한 도어 장치	10-2012-0088765	2012-08-14	연세대 산학협력단
A-4	통합설계	건축물의 자연환기 알림 시스템 및 자연환기 알림/제어 방법	10-2012-0088300	2012-08-13	연세대 산학협력단
A-5	사업화	해외LCI DB의 CO2 배출량 데이터를 자국 환경에 따라 변환시키는 방법 및 시스템	10-2012-0143381	2012-12-11	연세대 산학협력단
A-6	운영	건축물 환기구조	10-2012-0095083	2012-08-29	포항산업과학연구원
A-7	운영	강구조 환기 시스템	10-2012-0157146	2012-12-28	포항산업과학연구원
A-8	운영	커튼월	10-2013-0160989	2013-12-23	포항산업과학연구원
A-9	사업화	시공단계에서 발생되는 소음 및 진동에 의한 환경비용 예측 장치 및 이를 이용한 환경비용 예측 방법	10-2014-0003311	2014-01-10	연세대 산학협력단
A-10	사업화	인터넷 검색량 정보를 이용하여 환경영향 범주별 가중치들을 산정하는 환경영향평가 방법	10-2015-0059091	2015-04-27	연세대 산학협력단
A-11	총괄	환기 및 채광 기능이 구비된 자연 채광장치	10-2015-0068137	2015-05-15	연세대 산학협력단
A-12	공동	조립식 발코니 및 이의 조립 방법	10-2015-0078024	2015-06-02	포스코 에이엔씨
A-13	공동	드론을 활용한 먹매김 및 그의 시공방법	10-2015-0078026	2015-06-02	포스코 에이엔씨
A-14	통합설계	결로방지를 위한 실내환기 제어방법 및 제어장치	10-2016-0081623	2016-06-29	연세대 산학협력단
A-15	공동	드론을 활용한 태양광 패널 세척 장치	10-2016-0058256	2016.-05-12	포스코 에이엔씨
A-16	총괄	열교 저감을 위한 건식 벽체 시스템 및 건식 벽체 시공방법	10-2012-0082102	2012-07-27	연세대 산학협력단
A-17	사업화	해외 ＬＣＩ ＤＢ의 ＣＯ２ 배출량 데이터를 자국 환경에 따라 변환시키는 방법	10-2012-0143381	2012-12-11	연세대 산학협력단
A-18	통합설계	건축물의 자연환기 알림 시스템 및 자연환기 알림/제어 방법	10-2012-0088300	2012-08-13	연세대 산학협력단
A-19	총괄	탈부착이 가능한 광선반 장치	10-2012-0088301	2012-08-13	연세대 산학협력단
A-20	통합설계	건축물의 자연환기 알림 시스템 및 자연환기 알림/제어 방법	10-2012-0088300	2012-08-13	연세대 산학협력단
A-21	공동	열교 저감을 위한 건식 벽체 시스템 및 건식 벽체 시공방법	10-2012-0082102	2012-07-27	포스코 에이엔씨

2. 학술지 게재 (SCI(E)B-1~B13, 일반 B-14~B-33)

No.	구분	SCI/일반	논문명	학술지명	ISBN ISSN	주저자명	Vol. (No)	시작 페이지	끝 페이지	게재 일자
B-1	통합설계	SCI	Thermal performance analysis of a ground-coupled heat pump integreated with building foundation in summer	Energy and buildings	0378-7788	Lee, Jin-Uk	59	37	43	20130101
B-2	총괄	SCI	Supply airflow control algorithm of a floor-standing	Building and environment	0360-1323	Yang, J.H	59	227	238	20130101
B-3	총괄	SCI	Effect of LED lighting on the cooling and heating loads	Applied energy	0306-2619	Ahn, B.L	113	1484	1489	20140101
B-4	총괄	SCI(E)	Thermal and Daylighting Performance of Energy-Efficient	Sustainability	2071-1050	Cheong, Chang Heon	6	7311	7333	20141001
B-5	통합설계	SCI	Application of a phase-change material to improve the electrical performance of vertical-building-added photovoltaics considering the annual weather conditions	Solar energy	0038-092X	Park, J	105	561	574	20140701
B-6	통합설계	SCI	Applications of building-integrated coil-type ground-coupled heatexchangers-Comparison of performances	Energy and buildings	0378-7788	Lee, Jin-Uk	93	99	109	20150401
B-7	사업화	SCI	Prediction of Environmental Costs of Construction Noise and Vibration at the Preconstruction Phase	Journal of Management in Engineering	0742-597X	Taehoon Hong	31			20150901

B-8	총괄	SCI(E)	Lifecycle CO2 Reduction by Implementing Double Window Casement Systems in Residential Units in Korea	energies	1996-1073	Chang Heon Cheong	8	1336	1352	20150201
B-9	총괄	SCI(E)	Development and Application of the KLT Method for the Energy Performance Evaluation of Non-residential Buildings in the Early Design Stage	Journal of Asian architecture and building engineering	1346-7581	Jung-Youb Lee	14	701	708	20151001
B-10	총괄	SCI(E)	A Study on External Shading Devices for Reducing Cooling Loads and Improving Daylighting in Office Buildings	Journal of Asian architecture and building engineering	1346-7581	Minseok Kim	14	687	694	20151001
B-11	총괄	SCI	Fuzzy logic-based advanced on ? off control for thermal comfort	APPLIED ENERGY	0306-2619	Chang-Soo n Kang	155	270	283	20150601
B-12	사업화	SCI(E)	Analysis of South Korea′s economic growth, carbon dioxide emission, and energy consumption using the Markov switching model	Renewable & sustainable energy reviews	1364-0321	Park, J	18	543	551	20130101
B-13	사업화	SCI(E)	A model for evaluating the environmental benefits	Journal of Environment Engineering	0301-4797	Ji, Changyoon	132	220	229	20131101
B-14	사업화	일반	산업연관분석법을 이용한 강도에 따른 구조용 강재의 이산화탄소 배출량 데이터 구축	한국 건설관리학회	1229-7534	홍태훈	13	131	139	20120601
B-15	사업화	일반	전과정평가(LCA) 방법을 이용한 건축물에 대한 환경영향 평가	한국 건설관리학회	1229-7534	홍태훈	13	84	93	20120901

B-16	통계설계	일반	BES와 CFD의 연성 해석 방법을 이용한 자연 환기 시뮬레이션에	대한건축학회	1225-1674	허정	28	217	224	20120801
B-17	통계설계	일반	모세유관 바닥복사 냉난방 시스템 성능평가	생태건축학회	1598-3730	서유진	12	89	95	20120801
B-18	통계설계	일반	친환경건축 통합설계프로세스의 개선방향에 관한 연구	대한건축학회	1225-1674	이승근	28	107	114	20120801
B-19	총괄	일반	복사패널이 적용된 건물일체형 지열원 시스템의 난방성능 분석	태양에너지학회	0253-3103	김상진	32	25	30	20121001
B-20	통계설계	일반	공동주택에서 에너지 파일을 이용한 지열히트펌프 시스템의 성능 분석	생태건축학회	1598-3730	이진욱	12	41	46	20120801
B-21	통계설계	일반	동적 에너지 시뮬레이션을 이용한 PCM보드의 설계변수 분석	생태건축학회	1598-3730	이진욱	12	97	104	20121001
B-22	총괄	일반	이중창호 시스템이 적용된 주상복합건물의 실내 기류특징 분석	대한건축학회	1225-1674	정창헌	29	287	296	20131201
B-23	통계설계	일반	신축 녹색건축물 적용 BEMS 구축 프로세스 개발	퍼실리티 매니지먼트	1229-2230	이진욱	8	47	55	20131201
B-24	사업화	일반	녹색건축물 보급을 위한 설문조사 및 계층화분석	한국 생활환경학회	1226-1289	이재호	21	398	406	20140601
B-25	사업화	일반	산업연관분석법 기반 LCA 모델과 Hybrid LCA 모델의 건축물	한국 건설관리학회	1229-7534	홍태훈	15	119	127	20140701
B-26	통계설계	일반	에너지 절감형 업무용 건물의 에너지 성능 측정 및 검증에 관한 사례 연구	대한건축학회	1225-1674	이진욱	31	295	302	20150201
B-27	사업화	일반	전 과정평가 모델을 이용한 초등학교 건축물 환경영향 평가	한국 건설관리학회	1229-7534	지창윤	16	49	58	20150501
B-28	총괄	일반	오피스 건물에 적용된 다층형 이중외피의 풍압과 실내·외	생태건축학회	1598-3730	송치호	15	123	131	20150401

B-29	총괄	일반	기존 건물 에너지 데이터 분석을 통한 원격 에너지진단 알고리즘 성능 검증 연구	대한건축학회	1225-1674	정성혁	31	137	145	20150501
B-30	사업화	일반	전과정평가 모델을 이용한 초등학교 건축물 환경영향 평가	한국 건설관리학회	2005-6095	지창윤	16	49	57	20150501
B-31	사업화	일반	지역난방 공동주택의 에너지 성능 평가를 위한 공동주택	한국 건설관리학회	2005-6095	정재욱	16	105	120	20150903
B-32	사업화	일반	초등학교 건축물의 생애주기 에너지사용량 및 이산화탄소 배출량 평가	한국 건설관리학회	2005-6095	지창윤	17	52	60	20160531
B-33	녹색시공	일반	다세대주택 친환경요소 적용 방안에 관한연구	한국생태환경 건축학회		안용한	16(3)			2016.06.30

3. 학술발표 대회

No.	구분	논문명	학술대회명	학술대회 발표일	국내구분
1	주관	전과정평가(LCA)를 이용한 건축물 환경비용산정방법	한국건설관리학회 정기학술발표대회	20121101	국내
2	주관	건축물의 환경성평가를 위한 LCIA방법론 기초연구	한국건설관리학회 정기학술발표대회	20121101	국내
3	주관	녹색건축물보급을 위한 소비자 니즈 설문 분석	A Study on the survey for spreading of green building	20121001	국내
4	주관	시뮬레이션을 이용한 수직형과 수평형지열원히트펌프 시스템의 난방성능분석	대한건축학회 추계학술발표대회	20121001	국내
5	주관	여름철 재실실험을 통한 저에너지공동주택의 거주후 에너지저감성능평가 및 재실 쾌적도 분석	대한건축학회 추계학술발표대회	20121001	국내
6	주관	트랜시스를 이용한 수직형,수평형 지중열교환기의 냉방성능분석	한국건축친환경 설비학회 추계학술발표대회	20121001	국내
7	주관	고층건물에서의 압력차를 이용한 자연환기모델 적용 가능성	한국생태환경 건축학회	20121001	국내
8	주관	동계양면형차양의운영에 따른 실내환경측면의 효과에 관한 연구	한국생태환경 건축학회	20121001	국내
9	주관	모세유관바닥복사냉방 시스템의 적용성 평가	한국생태환경 건축학회	20121001	국내
10	주관	저에너지공동주택외피 모델의 경제성평가를 통한 친환경 외피설계 가이드라인에 관한연구	한국생태환경 건축학회	20121001	국내
11	공동	모듈러를 활용한 증축리모델링에 대한연구	대한건축학회 추계학술발표대회	20121001	국내
12	공동	녹색건축물의 녹색기술 적용성 평가 연구	대한건축학회 추계학술발표대회	20121001	국내
13	주관	BEMS기반지속적 커미셔닝 기술의 국내외 연구 개발 동향	대한설비공학회 2012동계학술 발표대회	20121101	국내
14	주관	DEVELOPMENT OF THE ASSESSMENT	ICCEPM2013 (5thInternationalConferenceonConstructionEn	20130101	국외

		FRAMEWORK FOR THE ENVIRONMENTAL IMPACTS	gineeringandProject)		
15	주관	ESTIMATING THE LOSS RATIO OF SOLAR PHOTOVOLTAIC ELECTRICITY GENERATION THROUGH STOCHASTIC ANALYSIS	ICCEPM2013 (5thInternationalConferenceonConstructionEngineeringandProject)	20130101	국외
16	공동	녹색건축물 시공기술 개발과정의 기술사업화를 위한 비즈니스 모델 구축	2013기술경영 경제학회 동계학술대회	20130201	국내
17	주관	건축물 창호성능 기준관련 국내외 제도에 대한 비교	한국태양에너지 학회 춘계학술발표대회	20130401	국내
18	주관	상변화물질 적용에 의한 BAPV모듈의 온도저감에 따른 효율향상에 관한 연구	한국태양에너지 학회 춘계학술발표대회	20130401	국내
19	주관	그린빌딩의 품질향상을 위한 공정관리 매뉴얼 관리	2013한국건축 시공학회 춘계학술발표대회	20130501	국내
20	공동	그린빌딩 품질향상을 위한 친환경 시공프로세스 개발 -포스코그린빌딩 사례연구를 중심으로-	한국건축시공학회 춘계학술발표대회	20130501	국내
21	주관	Risk and Economic Analysisof Low Energy Technologies for Apartment Building	SB13Oulu	20130501	국외
22	주관	Assessment of pedestian wind environment of high-rise complex using CFD simulation	SB13Oulu	20130501	국외
23	주관	POSCO Green Building by IPD	SB 13 SEOUL	20130701	국내
24	주관	Integration of design & engineering for POSCO green building	SB 13 SEOUL	20130701	국내
25	공동	Geen construction Technologies for POSCO Green Building	SB 13 SEOUL	20130701	국내
26	주관	Monitoring and BEMS (Building Energy Management System) Process Models of Green Building	SB 13 SEOUL	20130701	국내

27	주관	Environmental Impact and Environmental Cost Assessment of the POSCO Green building	SB 13 SEOUL	20130701	국내
28	주관	친환경 건축물 인증에 따른 건물 가치 분석에 관한 연구	대한설비공학회 하계학술발표대회	20130601	국내
29	주관	건축구조 형식에 따른 전생애주기 이산화탄소 배출량 평가	대한건축학회 추계학술발표대회	20131001	국내
30	주관	LCA를 통한 친환경 인증 건축물과 일반 건축물의 환경부하 비교를 위한 프레임워크	한국건설관리학회 정기학술발표대회	20131101	국내
31	주관	저에너지공동주택의환기전략에따른에너지절감성능평가	한국생태환경건축학회 학술발표대회	20131101	국내
32	주관	지중열교환기 형식에 따른 난방 성능 분석	한국생태환경건축학회 학술발표대회	20131101	국내
33	주관	BIPV가 적용된 아트리움의 열환경 개선에 관한 연구	한국생태환경건축학회 학술발표대회	20131101	국내
34	공동	Green Construction: An Inventory of Training and Education Approaches in the United States	2014AssociatedSchools ofConstruction(ASC)50 thAnnualInternationalC onference	20140301	국외
35	주관	열쾌적 조건을 고려한 보행자 풍환경 분석 방법	대한건축학회 2014 추계학술발표대회	20141001	국내
36	주관	다층형이중외피의 효율적인 운영방안을 위한 자연환기 성능 분석	대한건축학회 2014 추계학술발표대회	20141001	국내
37	주관	선형 아트리움의 효율적인 운영 방안 도출을 위한 자연환기 성능 분석	대한건축학회 2014 추계학술발표대회	20141001	국내
38	주관	사무실 열쾌적을 위한 천장복사 시스템과 공조시스템의 부하부담비율에 관한 연구	대한건축학회 2014 추계학술발표대회	20141001	국내
39	주관	Active Chilled Beam for Improving Indoor Thermal Comfort in Summer	Joint Seminar 2014 in Beijing	20141001	국외
40	주관	Building Environment Management Platform	Joint Seminar 2014 in Beijing	20141001	국외
41	주관	Comparison of Various Air Conditioning Systems in Office Building_A	Joint Seminar 2014 in Beijing	20141001	국외

		Characteristics of FCU, Chilled Beam and Radiant Panel			
42	주관	Pedestrian wind comfort analysis integrated with thermal comfort in winter	Joint Seminar 2014 in Beijing	20141001	국외
43	주관	EnergyPlus와 GenOpt를 활용한 최적화 설계 프로그램 개발 프레임워크	2014 한국건설관리학회 정기학술대회	20141101	국내
44	주관	오피스빌딩에 적용된 공기조화시스템 특성비교 -FCU,칠드빔,복사패널 중심으로-	대한건축학회 2015 춘계학술발표대회	20150401	국내
45	주관	FINANCIAL ANALYSIS OF RESIDENTIAL SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS CONSIDERING SOLAR RENEWABLE ENERGY CERTIFICATES IN THE U.S.	GCESD2015	20150201	국외
46	주관	공공건물 Retrofit의 보급 활성화를 위한 정량적 시뮬레이션 모델 개발	대한설비공학회 2015하계학술발표대회	20150601	국내
47	공동	녹색건축물 품질확보를 위한 시공기술 개발과정의 기술사업화 프레임웍(Framework) 시스템 구축	(사)기술경영경제학회	20121101	국내
48	공동	Integrated Construction Process for Green Building	ICSDEC 2016	20160519	국외(미국)
49	공동	Training and Education for Green Construction in the U.S	ASEE's 123rd Annual Conference&Exposition	20160626	국외(미국)
50	주관	주방 조리시 발생하는 오염물질의 농도 분포 특성 연구	대한건축학회 2016 춘계학술발표대회	20160430	국내

4. 소프트웨어 등록

No.	요소기술 구분	SW명칭	창작일	저작자명	등록일	등록번호	저작권자명
E-1	1-가	녹색건축물 통합가치 평가 시스템 (Integrated Value Assessment System for Green Buildings; IVAS)	20150330	연세대학교 산학협력단	20150507	C-2015-010890	연세대학교 산학협력단
E-2	1-가	IPD Planner (아이피디 플래너)	20160430	연세대학교 산학협력단	20160627	C-2016-015637	연세대학교 산학협력단
E-3	1-나	모바일 기반 건물정보모델(BIM) 시공관리 애플리케이션	20130628	주)포스코에이앤씨	20140331	C-2014-007182	주)포스코에이앤씨

5. 신기술 지정

No.	요소기술 구분	명칭	출원일	고시일	보호기간	지정번호
해당사항 없음						

6. 시제품 제작

No.	요소기술 구분	시제품명	출시/제작일	제작업체명	설치장소	이용분야
C-1	1-가	BM데어터를 활용한 모바일 컨텐츠 개발	2013-05-01	MOBIL	Web	시공현장 공정관리

6. 현장시험*

No.	요소기술 구분	현장시험명	시험일	시험장소	주요내용
D-1	1-가	POSCO Green Building 평가	2015.05.12	연세대학교	IVAS 프로그램을 이용한 POSCO Green Building에 대한 생애주기 환경영향 및 비용 평가

* 현장시험: 개발기술의 보완이나 검증을 위하여 실험현장에 최초로 시험·적용하는 행위

7. 표준/인증

No.	요소기술 구분	인증번호 (규격번호)	인증명	취득일	취득기관	관리기관
해당사항 없음						

8. 정책채택

No.	요소기술 구분	구 분	정책명	관련기관 (담당부서)	시행일시	채택내용
해당사항 없음						

9. 법령반영

No.	요소기술 구분	구분	활용구분 (신규/개선)	명 칭	해당조항	시행일시	관리부처	제정/개선내용
해당사항 없음								

10. 설계기준, 시방서, 지침에 반영

No.	요소기술 구분	구 분 (설계기준/시방서/지침)	활용구분 (신규/개선)	설계기준/시방서/지침 명칭	반영일시	반영내용
J-1	1-가	설계기준	신규	녹색건축물 통합설계프로세스 Manual Book	20140301	덕유산 중학교 신축공사 설계용역'에 적용
J-2	1-나	설계지침 제안	신규	녹색건축물 통합설계프로세스 Manual Book	20140602	건물의 생애주기 전 단계를 주요 친환경 이슈별로 정리하고 그와 관련된 전략과 기술 및 평가 방법을 제안한다. 이 제안으로 건축설계 및 시공 등에 실무적으로 적용되기 쉬운 지침으로 이용 가능하다.

11. 기술실시계약

No.	요소기술 구분	계약명	실시기업명	계약체결일	기술사용 시작일	기술사용 종료일	징수일자	징수금액 (천원)	계약 유형
G-1	1-가	추후 반영							

12. 사업화/제품화

No.	요소기술 구분	사업화명	사업화내용	업체명	사업자 등록번호	매출액(천원)	매출발생년도	고용실적(명)
H-1	1-가	추후 반영						

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부가 출연하고 국토교통과학기술진흥원이 위탁 시행한 국토교토기술연구개발 사업의 최종보고서입니다.

2. 본 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 국토교통부가 출연하고 국토교통과학기술진흥원이 위탁 시행한 국토교토기술연구개발 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.

주 의 사 항

1. 이 보고서는 국토교통부가 출연하고 국토교통과학기술진흥원이 위탁 시행한 국토교통기술연구개발사업의 최종보고서입니다.
2. 본 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 국토교통부가 출연하고 국토교통과학기술진흥원이 위탁 시행한 국토교통기술연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.

비매품

93540
9 791195 900305
ISBN 979-11-959003-0-5