발 간 등 록 번 호
11-1613000-001733-01

도시건축연구사업

11도시건축 G02

시장수요기반 기존건축물 녹색화 확산연구에 관한 연구 최종보고서

2016. 11. 30.

Infrastructure
R&D Report

주관연구기관 / 한국건설기술연구원
공동연구기관 / EAN 테크놀로지
성균관대학교
GS건설
위탁연구기관 / 센솔루션
미래환경플랜
한국감정원

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관 귀하

이 보고서를“시장수요기반 기존건축물 녹색화 확산연구에 관한 연구”과제의 보고서로 제출합니다.

2016. 11. 30.

주관연구기관명 : 한국건설기술연구원
주관연구책임자 : 이 건 호
공동연구기관명 : EAN 테크놀로지
공동연구책임자 : 김 용 판
공동연구기관명 : 성균관대학교
공동연구책임자 : 박 철 수
공동연구기관명 : GS건설
공동연구책임자 : 김 영 섭
위탁연구기관명 : 센솔루션
공동연구책임자 : 손 원 득
위탁연구기관명 : 미래환경플랜
공동연구책임자 : 박 창 영
위탁연구기관명 : 한국감정원
공동연구책임자 : 윤 종 돈

보 고 서 요 약 서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>11도시건축
G02</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2011.12.16.
~
2016.11.30</td><td>단 계
구 분</td><td>최종년도</td></tr>
<tr><td>연 구 사 업 명</td><td colspan="5">도시건축연구사업</td></tr>
<tr><td rowspan="5">연 구 과 제 명</td><td>최 상 위
과 제 명</td><td colspan="4">시장수요기반 기존건축물 녹색화 확산연구</td></tr>
<tr><td rowspan="4">단위과제명</td><td colspan="4">그린리모델링 프로세스 및 가이드라인 구축</td></tr>
<tr><td colspan="4">CO2절감을 위한 기존건축물 성능평가 방법론 및 M&V방안</td></tr>
<tr><td colspan="4">기반 연구 실시에 따른 시범사업 실시 및 검증</td></tr>
<tr><td colspan="4">정부 및 민간 금융 비즈니스 모델 및 정책 제안</td></tr>
<tr><td>연 구 책 임 자</td><td>이 건 호</td><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 63 명</td><td>총
연구비</td><td>정부 : 6,581,000천원
기업 : 4,076,400천원
계 : 10,657,400천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">한국건설기술연구원
도시건축연구소</td><td>참여기업명</td><td colspan="2">시아플랜건축사사무소, 시테코, 선진엔지니어링 종합건축사사무소, 대림INS, GS네오텍, 코오롱 글로벌</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="5">상대국명 : 상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약문 참조</td><td>보고서
면수</td><td>131</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="4">그린리모델링, 프로세스, 기존건축물, 에너지, 비즈니스 모델,</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">Green Remodeling, Porocess, Existing building, Energy, Business Model</td></tr>
</table>

요 약 문

1 제 목

시장수요기반 기존건축물 녹색화 확산 연구

2 연구개발의 배경

2.1 연구개발의 배경

시장 배경	해결 방안
• 도시 CO2발생의 대부분을 차지하는 건축분야 중 기존건축물 비중이 90%이상으로 매우 높음	• ROI 기반으로 그린리모델링 파급효과 분석을 통해 정책 및 시장 오해의 근원적 해결이 필요함
• 국가 GDP 중 높은 비율을 차지하는 신축시장의 축소로 인해 노동시장 불안, 기술인력 감소 등 향후 보다 큰 사회적 문제를 발생시킬 것으로 예상	• 건축분야 신성장 동력으로써 기존건축물의 그린리모델링 시장 활성화로 중소기업의 역할강화를 통한 고용창출 및 민간자본 활성화의 필요성 증대

기술 배경	해결 방안
• 그린리모델링 효과의 정확한 진단 및 수익률 보장을 위한 M&V tool 부재	• 민간자본 기반 비즈니스 모델의 활성화를 위해 리모델링 전후 에너지 성능평가에 대한 신뢰성 높은 M&V tool 요구
• 신축 대비 그린리모델링 공사 프로세스가 부재하며, 특히 공사비 산정에 대한 신뢰도가 매우 낮음	• 그린리모델링 프로세스의 구축 및 합리적 공사비 체계 구축을 통한 그린리모델링 시장 활성화 전략 구축이 필요

정책 배경	해결 방안
• 고비용 기술집약적 신재생에너지보다 저비용 설계집약적 그린리모델링에 대한 파급효과와 가치가 낮게 평가됨	• 2020년까지 건축분야 CO2 30% 저감을 위해서는 기존건축물의 리모델링 확산이 반드시 필요함
• 현재 운영되고 있는 기존 정책, 제도, 금융 등의 지원책에도 불구하고 리모델링이 확산되지 못하고 있음	• 수요자 기반의 리모델링 시장 활성화를 위한 근본적인 문제 해결과 이를 통한 종합적 제도 개선 방안 수립이 필요

2.2 연구개발의 목표

시장 목표
• 그린리모델링 비즈니스 확산을 통한 건축분야의 신성장 동력 도출을 통한 중소기업 육성 및 중산층 고용창출 효과 극대화에 이바지함 • 민간주도 금융 비즈니스모델 개발을 통해 정부주도형 경기부양책에서 정부지원 최소화로 방향으로 전환하며, 시장에서 자생적으로 운영되는 그린리모델링 시장 형성 • 다양한 건물규모과 유형의 시범사업 실시로 기획・진단・시공・관리・금융 등 전과정의 검증을 통해 비용편익관점의 그린리모델링 신뢰성 확보와 확산전략 수립

정책 배경
• 2020년까지 국가의 건축 분야 CO2 저감 목표 30% 달성을 위한 유일한 대안으로서 그린리모델링 시장 활성화 기여 • 새정부 국정전략인 중소기업 창조경제 주역화 실현 및 중산층 일자리 창출에 파급효과가 매우 높은 그린리모델링 시장활성화 달성

기술 목표
• 수요자(개인, 사업체, 지자체 등)가 개별 기존건축물의 현황을 용이하게 진단하여 접근할 수 있는 tool의 일환으로 E-scope 및 E-ray 개발 • 그린리모델링 전 과정을 쉽게 이해할 수 있는 설계・시공 프로세스를 개발, 가이드라인 및 시뮬레이션 툴에 대한 매뉴얼을 구축 • 그린리모델링의 실시 시 기획・계획단계에서 기술선택에 따른 성능 및 소요예산을 용이하게 예측할 수 있는 비용편익 기반 Impact Table DB 구축

그린리모델링 정의 및 목표
• 정부의 정책, 제도, 금융 등 다양한 지원책에도 불구하고 리모델링 시장은 확산되지 못하고 있음, 민간에서 자발적 활성화를 위해서는 기존의 공급자측면이 아닌 수요자 측면에서의 요구되는 접근 필요 • 이에 그린리모델링이란 기존건축물의 노후화된 에너지 성능을 향상시키기 위하여 정부 또는 민간 금융 지원 및 투자를 통하여 기존건축물의 성능을 향상 시켜 사용되는 에너지 비용을 저감시키는 것임 • 그린리모델링 비즈니스 모델은 초기 그린리모델링 펀드 투자를 통항 그린리모델링 실시 이후 저감되는 에너지 비용을 통해 원금 및 이자를 상환해 나가는 구조로서 수익을 창출할 수 있는 모델을 제시하는것임

3 연구개발 내용 및 범위(1~5차년도)

제1세부 : 그린리모델링 프로세스 및 가이드라인 구축

① 에너지성능/사업타당성 평가 프로세스 통합형 그린리모델링 프로세스 구축
② 외피, 설비, 조명분야 기술별 성능/비용 최적 조합 도출 툴 Impact Table 개발
③ 기존건축물 현황 파악 및 그린리모델링 방향을 제안하는 가이드라인 구축

제2세부 : CO2 절감을 위한 기존건축물 성능평가 방법론 및 M&V 방안 모색

① 유사건물간 에너지소비량 비교로 대상 건물 에너지소비 현황 간이진단 툴 E-Scope 개발
② ISO 13790 기반 그린리모델링 전/후 에너지성능의 평가 툴 E-Ray 개발
③ 건물에너지 소비유형 분류기법 기반 에너지사용량을 관리하는 툴 E-Spectrum 개발

제3세부 : 기존건축물 녹색화 실증사업 및 모니터링

① 건물단위(공공/민간) 그린리모델링 시범사업 실시로 시장 확산 기반 구축
② 단위면적당 에너지다소비 공간인 소규모 시설(편의점) 시범사업 및 모니터링 실시
③ 그린리모델링 통합 설계 및 시범사업 적용 기반 그린리모델링 프로세스 검증

제4세부 : 기존건축물 녹색화 확산전략 및 성능평가 시스템 개발

① 정부지원 기반의 그린리모델링 비즈니스 모델 구축 및 인센티브 정책 정립
② 그린리모델링 관련 종합서비스 제공 웹기반 의사결정 종합정보시스템 개발



4 활용방안 및 기대효과

4.1 CO2(에너지 정책)

정부의 중장기 에너지분야 정책목표 실현

- 2020년 건축분야에서 BAU기준 CO2를 30%를 저감해야 하는 상황이며, 이를 실현하기 위해서는 기존건축물에 대한 그린리모델링이 최우선적으로 고려되어야 할 것으로 판단됨
- E-scope 및 E-ray 등을 통해 지자체·사업체·건물유형별로 에너지다소비 건물의 파악이 용이하므로 CO2저감을 위한 중장기 전략 수립에 기여 가능함
- 편의점과 같은 소규모 공간 리모델링의 유도는 단위면적당 에너지소비가 높은 2만 여개의 점포가 대상이며, 에너지효율 개선으로 총에너지저감효과가 매우 크며, 특히 그린리모델링으로 수익구조개선을 통해 소상공인과 기업간의 상생을 위한 구조 도출 가능

4.2 기술(건물 에너지 평가)

건물의 에너지 사용량 평가 및 M&V Tool 구축

- 비용편익 기반 Impact Table 구축으로 그린리모델링 기획·계획·설계 단계 시, 민간사업자의 그린리모델링 실시에 따른 기술별 에너지 저감효과 및 공사비 예측을 통해 사업성 평가가 용이한 가이드라인 구축
- 신뢰도 높은 M&V Tool 도출로 향후 그린리모델링 시장에서의 민간투자 활성화를 위한 기반도출 가능

4.3 시장(공공 및 민간건물)

공공 리모델링 시기 도래 공공건물 중심 그린리모델링 확산에 기여

- 한국시설공단, 한국수자원공사, 서울시 등과 협의하여 E-scope 활용으로 우선 대상 건물군을 선정하고, E-ray 기반으로 상세평가를 통해 공공 및 민간건물 분야 확산 전략을 수립
- 운영시간 단축 및 실내온도 규제 등 연간 에너지소비량이 작아 비즈니스 모델화가 어려운 공공건물 분야의 수익형 비즈니스 모델 도출 및 확산

민간 건물분야 비주거부문 그린리모델링 확산에 기여

- 그린리모델링 종합정보시스템 구축 및 운영으로 개별 주체별(투자자·건축주·시공사·컨설팅기업·정부) 그린리모델링 전과정(프로세스·기술·정책·사례 등)에 대한 정보공유 및 용이한 그린리모델링의 추진 기반 구축

4.4 고용 (신성장동력)

위축된 신축 중심 건축분야를 탈피하여 시장 활성화 신성장 동력으로 활용
• 한국은 GDP 중 건설 분야 비중이 선진국 대비 높은 편으로 신축시장의 위축은 중소기업의 성장기반 상실 및 높은 실업율의 근원으로 이어지므로, 그린리모델링 시장의 확산은 중소기업 육성 및 일자리 창출효과에 이바지하는 바가 매우 큼
• 수익형 비즈니스 모델로서 그린리모델링은 대기업 주도에서 중소기업 주도형 시장으로 전환 가능하며, 정부지원을 최소화하고 자생적으로 운영되는 민간중심의 그린리모델링 활성화는 자발적 기업투자 활성화 및 경기부양효과 잠재력이 큼
• 소상공인 중심의 자발적 편의점 그린리모델링 유도는 소상공인 부양효과 및 고난이도의 건축기술이 요구되는 것이 아니므로 확산 시 일용노동자 부양기여도가 큰 것으로 예측
정부의 중장기 에너지분야 정책목표 실현
• 2020년 건축분야에서 BAU기준 CO2를 30%를 저감해야 하는 상황이며, 이의 실현을 위해서는 기존건축물 그린리모델링이 최우선적으로 고려되어야 할 것으로 판단됨
• 기존건축물 사전 성능평가 툴 E-scope 및 E-ray 등을 통해 지자체·사업체·건물유형별로 에너지다소비 건물의 파악이 용이하므로 에너지저감을 위한 중장기 전략 수립에 기여 가능함
• 편의점과 같은 소규모 공간 리모델링의 유도는 단위면적당 에너지소비가 높은 2만 여개의 점포가 대상이며, 에너지효율 개선으로 총에너지 저감효과가 매우 큼

Summary

The building sector is a market that is not only highly sensitive to economy but also requires much labor force. The recent global economic recession has hit the building sector significantly. The era of rapid economic growth in South Korea is long gone, and now the economic growth of South Korea is stagnant. In particular, urban population grow thin South Korea has reached a limitation so that demand for newbuildings has fallen significantly compared to that in the past.

The rapid reduction in new construction sites in the building industry has resulted in significant job reduction and aging buildings, which were built in the 70s to 80s before the building energy regulations were established and accounted for most greenhouse gas emission. As a result, the government has established policies that support green remodeling of existing buildings in order to resolve two policy issues: greenhouse gas reduction and job creation.

The number of existing apartment buildings in Korea is reportedly more than 68,000,000 households . Currently, no statistical data is reported about buildings that require green remodeling, so there is little information available about its market size. As part of efforts to proliferate green remodeling and verify the potential value in the existing building market, the Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement (KAIA) has issued a five-year research project called “Expansion of Greening Existing Buildings based on Market Demand” from December 2011 to June 2016. Its total research budget was KRW 10.5 billion and its main research institution was the Korea Institute of Construction Technology with joint research institutions GS Engineering & Construction Corp., EAN Technology, and Sungkyunkwan University. In addition, there were six committed research institutions and 15 participating companies, resulting in 25 institutions in total participating in the project. The purpose of this research project is to establish a strategy to expand the green remodeling market for aging buildings through the business model development of green remodeling for office buildings whose energy consumption is higher than that of residential buildings. The research project shall perform a critical mission to determine not only how completely the goal of greenhouse gas reduction can be achieved in the building sector but also how many jobs can be created in the building sector by fostering small and medium-sized enterprises. One of the accomplishments of the research project was to introduce an interest assistance system to the Green Remodeling Creation Center established in October 2013, which was equivalent to the similar system adopted in Germany. The interest assistance system was initiated in 2016 for green remodeling. In this system, the government shared up to 4%

of interest payment depending on energy reduction performance, and subsidized up to KRW 3 billion per office building and KRW 20 million per household for residential building. This condition is considered more beneficial than the existing ESCO project or BRP project operated by Seoul City. This exceptional assistance system by the government means that it is now imperative to provide a new measure to overcome the building market crisis. This policy is feasible because the government understands more positive effects of efficient energy consumption in individual buildings through green remodeling rather than expansion of the energy supply policy to cope with power shortage. As the government allows a story increase for the apartment remodeling of the first new town project, the construction market has been anticipating the introduction of the new system.

The project “Expansion of Greening Existing Buildings based on Market Demand” consists of four subtasks.

- The first subtask deals with the development of the green remodeling process and guidelines such as the development of processes required for green remodeling compared to general remodeling, as well as development of the Impact Table, which is a decision-making support tool for green remodeling in terms of cost-benefit viewpoints, and development of green remodeling guidelines.
- The second subtask is to develop an M&V performance evaluation tool for CO2 reduction in exiting buildings, in which E-Scope and E-Ray is developed as a building performance evaluation tool for remodeling, the M&V Plan is developed for green remodeling, and a consumer-tailored total information system is developed, thereby providing foundational studies for green remodeling progress.
- The third subtask deals with demonstration projects of green remodeling, in which demonstration projects for public and private buildings and remodeling projects for small spaces as well as energy performance monitoring for remodeling buildings are all underway.
- The fourth subtask is to develop a green remodeling business model in which private sector-driven business models for green modeling are developed and governmental incentives are offered.

There have been countless issues related to large cities being built in the past. Cities such as a Chicago, London, Berlin, Tokyo as well as Seoul have many problems related to the environment, ecosystem, crime, transportation, population increase, waste, water supply, and

energy that need solutions. . Accordingly, there were many concerns about changes in cities and how to cope with new faces of cities in the late 20th century. However, those problem-prone large cities also provide an opportunity for new growth in a building sector that is based on aging buildings in cities in the 21st century, and have created a new market for the building sector. The success of green remodeling in Germany over the past 10 years has shown us the direction that future building markets, including the stagnant Korean market, must pursue.

Finally, it is difficult to adopt new and renewable energy actively such as solar power, wind power, and geothermal power for existing aging buildings in large cities. In particular, green remodeling can immediately reduce urban energy consumption at a low cost and improve comfort for residents, compared to new and renewable energy that only deals with the energy supply issue. Furthermore, the relatively low wages of building laborers are conducive to job creation compared to the new and renewable energy sector, which is a technology-intensive industry. Green remodeling in the building sector in the 21st century can reduce greenhouse gases and play a key role in creating more jobs in the future.

Preface 머리말

건축분야는 경기에 매우 민감한 시장임과 동시에 많은 노동인력이 요구되는 시장이다. 최근의 글로벌 경기침체는 건축분야에 매우 큰 타격을 주고 있다. 과거에 경제가 고성장할 수 있었던 시기를 지나 현재 경제는 안정화되는 시기에 진입하게 되었고, 특히 도시의 인구성장도 한계에 도달함에 따라 더 이상 신축건물이 과거처럼 요구되고 있지 않다. 이런 시장의 변화에 따라 예측하지 못한 문제들이 발생하였으며, 그 결과 건축분야에서의 일자리 감소와 노후건물의 급격히 증가가 발생하였다.

건축분야에서 신축현장의 급격한 감소는 건설노동자의 뚜렷한 일자리 감소로 이어졌고, 또한 70~80년대 건물에너지에 대한 기준이 마련되기 전에 지어진 노후건물들은 건물분야 온실가스 발생량의 대부분을 차지하게 되었다. 이에 따라 정부는 건축분야 온실가스 저감에 대한 대응과 일자리 창출이라는 두 가지 정책적 문제를 해결하기 위해 기존건축물의 그린리모델링을 지원하는 정책을 수립하게 되었다.

국내 기존건축물 시장의 규모는 680만 세대로 알려져 있다. 현재 그린리모델링 규모는 집계에 대한 자료가 없어 시장규모가 전무하다고 해도 과언이 아니다. 기존건축물 시장의 잠재적 가치를 검증하며 이의 확산을 위한 노력으로서 국토교통과학기술진흥원는 '시장수요기반 기존건축물 녹색화 확산연구'는 2011.12~2016.06까지 5차년 연구를 발주하였다. 연구예산 총 105억에 주관연구기관 한국건설기술연구원, 공동연구기관으로는 GS건설, EAN테크놀로지, 성균관대학교 등이 참여하고 있고, 6개 위탁연구기관, 참여기업 15개 등 총 25개 기관이 참여하고 있다. 본 연구과제의 목표는 주거용 건물에 비해 에너지소비량이 높은 오피스건물의 그린리모델링 비즈니스 모델의 개발을 통해 노후건물 그린리모델링 시장을 확산하기 위한 전략을 수립한다. 이를 통해 국가가 실현해야 하는 건축분야 온실가스 저감목표의 달성 뿐만 아니라 강한 중소기업의 육성을 통한 건설노동자 일자리 창출의 실현이 얼마나 가능한지를 검토해야 하는 큰 임무를 수행해야 한다. 연구과제의 성과 중 하나로서 2013년10월 설립된 그린리모델링 창조센터에 독일 수준 이상의 이자지원 체계가 도입될 수 있었으며, 금년부터 그린리모델링시 이차지원이 실시될 수 있었다. 에너지절감량에 따라 최대 4%까지 이자를 정부가 부담하는 파격적인 조건이 제시되고 있으며, 건물당 30억, 주택의 경우 가구당 2,000만원까지 지원이 가능하다. 이는 기존 ESCO사업 또는 서울시가 운영하고 있는 BRP사업에 비해 더 유리한 조건이다. 정부차원의 파격적인 지원체계가 제시된 것은 그만큼 건축시장에서의 위기를 극복할 수 있는 새로운 방안의 도출이 시급했음을 의미한다. 또한 전력대란 등에서 에너지공급 정책의 확대보다 그린리모델링을 통한 개별 건물의 에너지수요 효율화가 보다 큰 효과가 있음을 이해함에 따라 본 정책은 실현될 수 있었다. 최근 정책적으로 1기 신도시 공동주택 리모델링에 수직 증축이 허용된 시점에서 이제 건축시장은 이와 같은 정부의 새로운 시스템의 도

입에 흥분되어 있다.

'시장수요기반 기존건축물 녹색화 확산연구'는 4개의 세부과제로 구성되어 있다.

- 1세부과제는 그린리모델링 프로세스 및 가이드라인 개발 분야로, 일반 리모델링 대비 그린리모델링 수행 시 필요한 프로세스의 구축, 비용편익적 관점의 그린리모델링 의사결정 지원 툴인 Impact Table, 그린리모델링 가이드라인 개발 등을 다루고 있다.
- 2세부과제는 기존건축물 CO2 저감을 위한 M&V성능평가 Tool 개발이 주제이며, 리모델링시 건물 성능평가 툴로 E-Scope와 E-Ray 등의 개발, 그린리모델링 M&V Plan의 개발, 수요자 맞춤형 종합정보시스템 구축 등을 수행하여 그린리모델링의 진행을 위한 기반이 되는 연구를 수행하고 있다.
- 3세부과제는 그린리모델링 시범사업을 다루고 있으며, 공공건물 및 민간건물의 시범사업과 소규모 공간 리모델링 사업의 실시와 리모델링 실시 건물의 에너지 성능 모니터링을 수행 중이다.
- 4세부과제는 그린리모델링 비즈니스 모델 개발을 내용으로 하고 있으며, 그린리모델링시 민간주도형 비즈니스 모델 개발과 정부차원의 인센티브안 도출을 내용으로 하고 있다.

과거에 만들어진 대도시는 인간이 해결해야 할 큰 문제 중 하나로 늘 논의되는 주제였다. 시카고, 런던, 베를린, 도쿄뿐만 아니라 서울과 같은 대도시는 환경, 생태, 범죄, 교통, 인구증가, 폐기물, 상수도, 에너지 등에 있어 해결해야 할 많은 문제를 내재하고 있다. 이에 따라 도시의 변화와 재탄생에 대응하기 위해 20세기 후반에 많은 고민이 있었다. 하지만 그렇게 문제만 발생시킨 대도시가 21세기에는 도시의 노후건물을 기반으로 건축분야의 새로운 성장을 위한 기회를 제공하며, 또한 건축분야에서의 새로운 시장의 시작을 의미하게 되었다. 이미 독일이 지난 10년 이상 그린리모델링 시장의 활성화를 통해 얻은 성공은 향후 우리의 침체된 건축시장이 나아가야할 미래를 보여주고 있다.

마지막으로, 개발이 완료된 대도시의 노후건물은 태양광, 풍력, 지열 등 신재생에너지의 적극적인 도입이 쉽지 않다. 특히 에너지공급의 문제만을 다루고 있는 신재생에너지 대비, 그린리모델링은 도시의 최소단위인 건물에서 지금 당장 적은 비용으로 에너지소비량을 줄이며, 또한 거주자의 쾌적성을 개선할 수 있다. 무엇보다 건설노동자의 상대적으로 낮은 임금은 기술집약적 산업인 신재생에너지분야에 비해 일자리 창출효과도 매우 높다. 21세기 건축분야에서 그린리모델링은 온실가스를 줄이며, 이를 통해 더 많은 일자리를 제공하는 역할을 담당하게 될 것이라 확신한다.

Contents 차 례

제 1 장 연구개발과제 개요 ····· 1

제 1 절 연구개발 최종 목표 ····· 3
1. 최종목표 ····· 3
2. 연구개발 개요 ····· 4
3. 연구 추진 전략 변경 사항 ····· 6

제 2 장 연구개발 수행 내용 및 결과 ····· 7

제 1 절 연구개발결과 요약 ····· 9
제 2 절 연구개발 수행 내용 ····· 13
1. 1세부 ····· 13
2. 2세부 ····· 35
3. 3세부 ····· 57
4. 4세부 ····· 79

제 3 장 최종 연구성과 및 적용실적 ····· 105

제 1 절 핵심기반연구 ····· 107
제 2 절 실증검증연구 ····· 107
제 3 절 핵심성과별 설명 및 적용 ····· 108
1. 1세부 ····· 108
2. 2세부 ····· 112
3. 3세부 ····· 115
4. 4세부 ····· 117

제 4 장 연구목표 달성 및 효과 ····· 118

제 1 절 연구개발 목표 달성도 ····· 120
제 2 절 연구개발 기대효과 ····· 123
1. CO2 (에너지 정책) ····· 123
2. 기술 (건물 에너지 평가) ····· 123
3. 시장 (공공 및 민간 건물) ····· 123
4. 고용 (신성장동력) ····· 124

제 5 장 연구성과의 활용 및 추가연구 필요성 ····· 126

제 1 절 연구성과 활용방안 ····· 128
제 2 절 추가연구의 필요성 ····· 130

제 1 장

연구개발과제 개요

제 1 절 연구개발 최종 목표

1 최종목표

본 연구의 최종목표는 '그린 리모델링 비즈니스 확산에 의한 건축분야 CO2 저감 목표 실현 및 강한 중소기업 육성을 통한 고용창출'이며, 이를 위한 연구 개발 내용 및 범위는 다음과 같음

최종목표		• 그린 리모델링 비즈니스 확산에 의한 건축분야 CO2저감 목표 실현 및 강한 중소기업 육성을 통한 고용창출 • 그린 리모델링 프로세스 및 종합정보시스템 구축 • 신뢰도 높은 기존건축물 성능평가 및 유지보수 Tool 개발 • 민간 주도형 그린 리모델링 수익형 금융 비즈니스 모델 제시 • 공급자 중심이 아닌 수요자 중심의 정부지원 모델 개발
연구비전	CO2	• 건축분야 CO2 저감 및 에너지 절감 상세목표의 단계별 실현방안 수립
	기술	• 비용편익적 관점의 그린리모델링 시범사업 실시를 통한 그린리모델링 확산 방안 도출
	시장	• 정부지원의 최소화 및 민간금융 중심의 자생적 운영 그린리모델링 시장 형성을 위한 기반 구축
	고용	• 그린 리모델링 활성화에 따른 건축분야 전반의 노동안정성 확보 및 고용창출
세부별 연구목표	1세부	• 그린 리모델링 설계·시공·유지관리 프로세스 및 가이드라인 구축
		• 전 과정 그린리모델링 프로세스 구축 • 외피·설비·조명분야 성능 및 비용편익 Impact Table 개발 • 녹색 건축기술별 적용 가이드라인 제시
	2세부	• 기존건축물 CO2저감을 위한 성능평가 및 유지보수 Tool 개발
		• 기존건축물 성능평가 방법 tool 개발(E-scope, E-ray) • 그린 리모델링 유지보수 방법론 개발
	3세부	• 기존건축물 그린리모델링 시범사업
		• 건물단위(공공·민간) 시범사업 실시 • 소상공인 육성 소규모 공간 단위 시범사업 실시
	4세부	• 기존건축물 녹색화 확산전략 및 비즈니스 모델 개발
		• 민간금융기반 그린 리모델링 금융 비즈니스 모델 개발 • 그린 리모델링 금융·제도 지원정책 제안 • 수요자 맞춤형 Web기반 종합정보시스템 구축

2 연구개발 개요

가 연구개발 비전

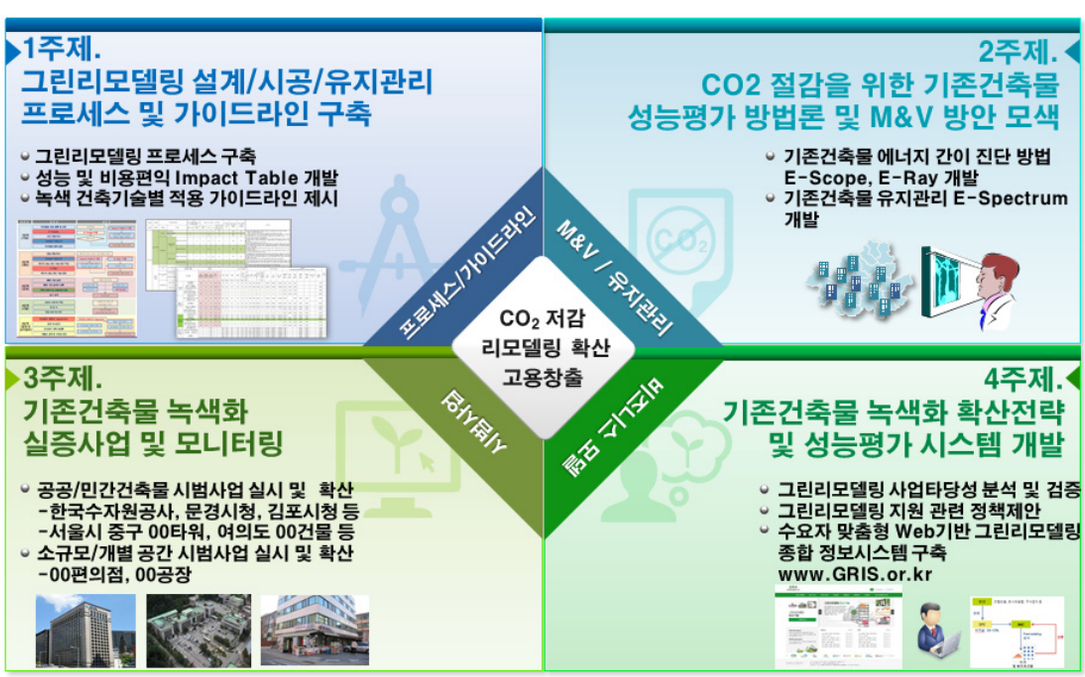
비 전 그린리모델링 비즈니스 확산으로 CO_2 저감 및 강한 중소기업 육성을 통한 고용창출

연구내용

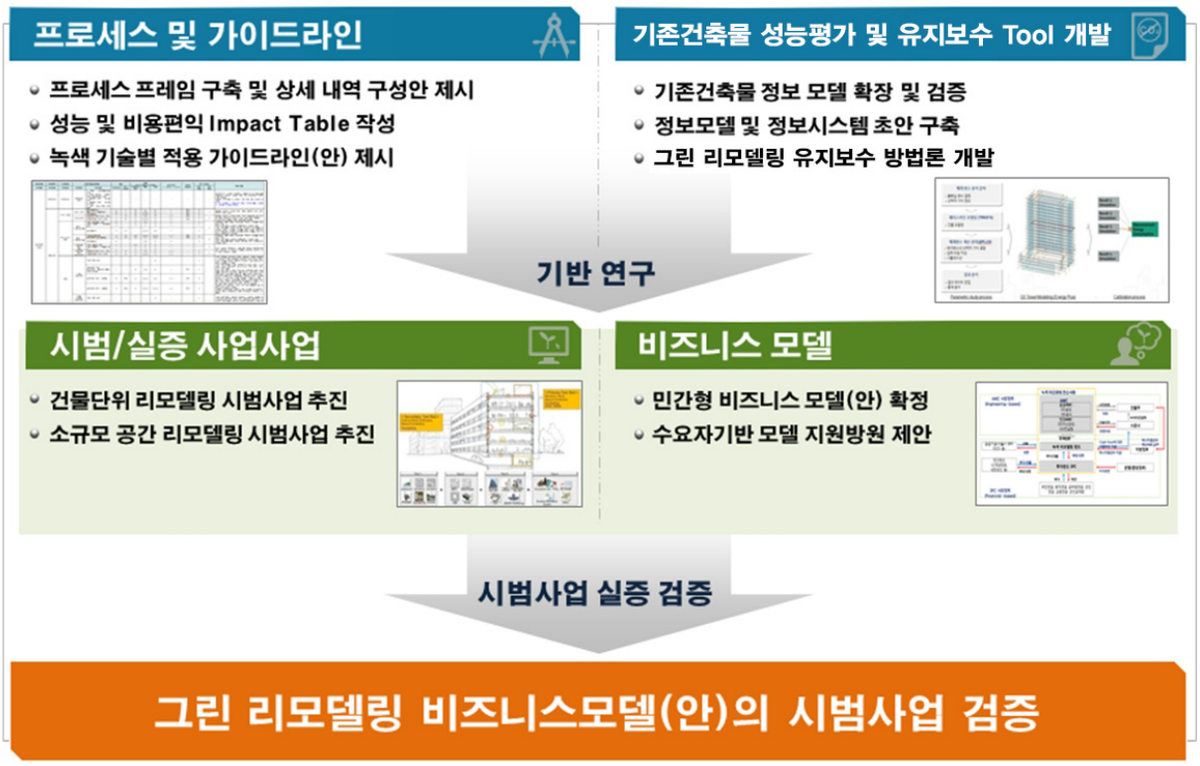
- 비용편익 관점의 그린 리모델링 프로세스 및 의사결정지원 툴(I.T.) 높은 신뢰도의 에너지 성능평가 방법론
- 민간/정부 통합형 금융 비즈니스 모델 수요자 기반의 정부 지원 모델 웹기반 종합정보시스템

	C [C : CO_2]	T [T : 기술]	M [M : 시장확산]	J [J : 고용창출]
목 표	건축분야 CO_2저감 상세목표 및 단계별 실현방법 수립	시범사업을 통한 및 확산방안 도출	정부지원 최소화 및 자생적 운영 리모델링 시장 형성	건축분야 전반의 노동안정성 확보 및 고용창출
해결방안	융통성 있는 평가 Tool로 신속한 대상선정 및 잠재력 검토	비용편익 접근으로 저비용 그린리모델링 도입	수익형 금융 비즈니스 모델 도출	중소규모 리모델링 활성화로 경제 피라미드 하부 및 경기부양
문제점	도시노후건물로 인한 높은 CO_2 배출량	기존대비 그린리모델링 기술에 의한 공사비 상승	정부주도형 리모델링 시장활성화 및 경기부양의 한계	경기위축으로 시장 고용 불안정 및 대기업 중심 시장 성장

나 연구개발 주요 세부



다 연구개발 체계



(1) **기반연구 : 제 1세부 및 제 2세부**

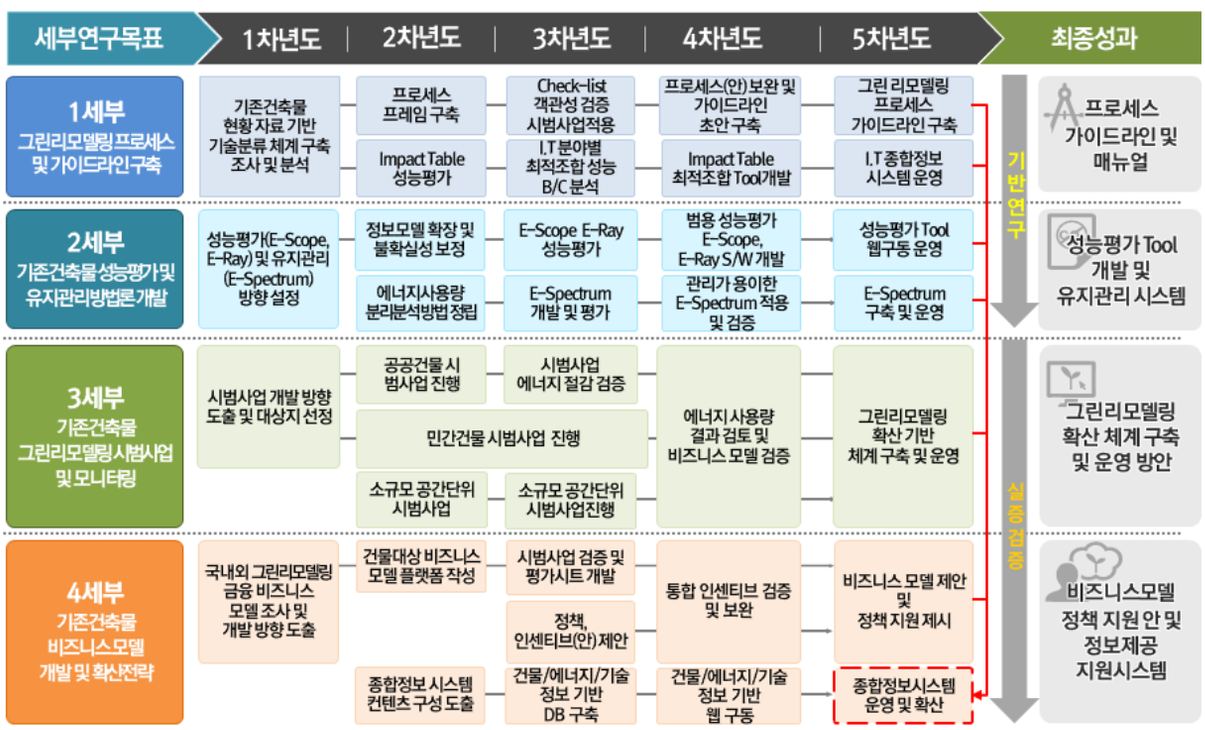
- 제1세부 그린리모델링 프로세스 및 가이드라인 및 제2세부 기존건축물 CO2 저감을 위한 성능평가 및 유지보수 Tool 개발은 본 연구과제의 기반이 되는 연구내용임
- 제1세부에서는 그린리모델링 프로세스, 비용편익적 관점의 Impact Table DB 구축, 그린리모델링 가이드라인 개발 등을 다루며, 제2세부에서는 성능평가 tool로서 E-scope, E-ray 등의 개발, E-spectum 개발, 수요자 맞춤형 종합정보시스템 구축 등의 내용으로 그린리모델링의 진행을 위한 기본 자료들을 구축함

(2) **실증검증 연구 : 제 3세부 및 제 4세부**

- 제3세부 그린리모델링 시범사업 및 제4세부 비즈니스 모델 개발은 실증 및 응용 연구이며, 제 1, 2세부의 연구 내용들을 실제 검증하는 단계로써 구성함
- 제3세부는 공공건물 및 민간건물 시범사업과 소규모 공간 리모델링 시범사업의 실시와 이의 모니터링을 다루며, 제4세부는 민간주도형 그린리모델링 비즈니스모델 개발 및 시범사업을 적용을 통해 전과정의 검증을 실시하는 구조로 구성됨
- 궁극적으로 본 연구에서는 그린리모델링 비즈니스 모델의 전 과정 검토를 시범사업과 연동하여 진행하며, 본 연구를 통해 개발된 신뢰도 높은 평가 tool의 적용을 통해 수익모델의 적절성 및 그린리모델링 프로세스의 합리성 등을 검토하게 됨

3 연구 추진 전략 변경 사항

- 기존건축물 그린리모델링 시범사업을 중심으로 각 세부가 연계하여 개발된 기술을 연계하고 검증하는 형태로 연구가 진행됨
- 1세부의 그린리모델링 프로세스 중 각 단계별로 핵심이 되는 성능 평가 툴의 중점적인 개발을 위하여 “분야별 녹색건축기술 적용 가이드라인 구축” 내용이 3차년도부터 수행이 되었으며, 합리적이며 전문적 연구를 위해 위탁기관(외피단열 : 이화여자대학교, 외피기밀 : 인하대학교)을 선정하여 연구를 수행하도록 함
- 또한 학회를 통해 그린리모델링 활성화를 위한 정부정책을 제안하도록 해 공공의 의미를 부여할 수 있도록 함



제 2 장

연구개발 수행 내용 및 결과

제 1 절 연구개발결과 요약

1세부 그린리모델링 상세 프로세스 및 가이드라인 구축

세부연구목표	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
그린 리모델링 프로세스 구축	사례조사를 통한 일반 리모델링 프로세스 조사	설계/시공/유지관리 분야별 그린 프로세스 구축	시범사업 대상 그린 리모델링 프로세스 적용 및 검증	그린리모델링 프로세스 상세내역 작성 및 시범사업 적용을 통한 검증	그린 리모델링 프로세스 가이드라인(안) 기준 제시 및 보급
	기존건축물 단열/기밀성능 현황조사 및 요인분석	기존건축물 외피 단열/기밀성능 개선 방안 도출	비용경제적 기존건축물 단열/기밀성능 개선안 도출		
기술별 간이 에너지성능 예측 Impact Table 개발	에너지 Impact에 따른 기술분로 체계 구축	I.T.분야 (외피/조명/설비) 선정 및 성능평가 실시	Reference Model 대상 분야별 비용(B/C) 분석	B/C분석 기반 성능평가 Tool 구성범위 확장	I.T. 평가 프로그램의 종합정보시스템 운영
B/C 기반 녹색 건축 기술별 적용 및 가이드라인 구축	기존건축물 간이 에너지 성능진단 방법론 도출	설비/조명/신재생 에너지 기존건축물 조합방안 도출	설비/조명/신재생 에너지 최적조합 성능 B/C분석	분야별 Impact Table 성능/비용 평가 최적조합 Tool 개발	B/C기반 기존건축물 녹색건축기술 적용 가이드라인 구축

1. 그린리모델링 프로스세 상세내역 작성 및 시범사업 적용을 통한 검증

5차년도 최종 연구 결과

- 그린 리모델링 상세 프로세스 수정·보완 및 가이드라인(안) 구축

연구 내용	연구 결과	성과물
• 그린 리모델링 각 단계별 상세 프로세스 수정·보완 • 그린 리모델링 프로세스 가이드라인(안) 구축	• 그린 리모델링 각 단계별 상세 프로세스 수정·보완 • 그린 리모델링 프로세스 단계별 수행업무 가이드라인(안) 구축	• 연구보고서 2개 • 게재논문 1개 • 홍보 1건

2. I.T. 평가 프로그램의 동합정보시스템 운영

5차년도 최종 연구 결과

- 분야별(외피/열원공조/조명/신재생) Impact Table 최적조합 모델의 활용방안 도출 및 운용매뉴얼 제시

연구 내용	연구 결과	성과물
• 분야별 Impact table 최적조합 모델의 시범 사업을 통한 검증결과를 반영, 분야별 기술 통합 Impact Table 활용시스템 구축 • 기존건축물 외피, 열원공조, 조명, 신재생 시스템 최적조합 모델의 활용방안 도출	• 외피/열원공조/조명/신재생 각각의 분야별 기술 통합 Impact Table 활용시스템 구축 • 분야별 Impact Table 최적조합 모델의 운용매뉴얼 제시	• 게재논문 1개 • 시범사업 5건

3. B/C 기반 기존건축물 녹색건축기술 적용 가이드라인 구축

5차년도 최종 연구 결과

- 그린리모델링 적용 요소기술별 최적조합 도출 툴 공동주택/웹버전 확장개발 및 종합정보시스템 연계가동

연구 내용	연구 결과	성과물
• 최적조합 도출을 통한 의사결정 프로그램을 종합정보시스템에 연계가동하기 위한 모듈 개발	• 개발된 툴의 활용범위를 공동주택과 소규모 업무시설까지 확장 • Impact Table 최적조합 툴의 웹버전 확장 구축을 통해 종합정보시스템의 연계 활용성 확보	• 게재논문 1개 • 소프트웨어 등록 1건 • 시범사업 5건

2세부 CO2 저감을 위한 기존건축물 성능평가 방법론 및 M&V 방안

세부연구목표	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
기존건축물 E 성능평가 tool 개발	기존 에너지정보 모델 현황분석 및 개발방향 도출	개발모델 기능 확장을 통한 불확실성 보정 및 보완	기존건축물 성능평가툴 (E-Scope, E-Ray)방법의 S/W 초안 완성	기존건축물 에너지 사용량 평가 툴 E-Scope, E-Ray 개발	종합정보시스템 기반 개발 모델 E-Scope E-Ray 온라인 운영
기존 건축물 M&V Plan 정립	기존건축물 간이 에너지 성능진단 방법론 도출	기존건축물 M&V 평가 프로세스 정립 및 시범적용	M&V(성능검증)프로세스 구축 및 모듈 개발	관리가 용이한 기존건축물 용도별 에너지 부하별 분리분석 E-Spectrum 개발	에너지 사용설비 운영자료 기반 에너지사용량 관리·평가 E-Spectrum 운영

1. 기존건축물 에너지 사용량 평가 E-Scope, E-Ray 개발

5차년도 최종 연구 결과

• E-Scope, E-Ray 기능 및 사용성 향상

연구 내용	연구 결과	성과물
• E-Scope 에너지사용량 데이터베이스 확충 및 사용자 편의성 향상 • E-Ray 사용자 인터페이스 개선 및 분석 최적화	• 웹 기반 E-Scope의 사용자 편의성 향상 및 기능 추가 • E-Scope 업무시설 및 공동주택 에너지 사용량 데이터베이스 확충 • E-Ray 사용자 인터페이스(UI) 개선 • E-Ray 연산 시간 단축을 위한 분석 과정 최적화	• 학술지 게재논문 6편 • 학술발표대회 논문 9편 • 특허 출원 1건 • S/W 제작 2건 • 연구 홍보 2건

2. 관리가 용이한 기존건축물 용도별 에너지 부하별 분리분석 E-Spectrum 개발

5차년도 최종 연구 결과

• 기존건축물 에너지 사용설비 운영자료 기반 용도별 에너지사용량 관리·평가 도구(E-Spectrum) 개발 완료

연구 내용	연구 결과	성과물
• 운영관리자의 에너지 사용설비 운영자료 관리 기반 Windows UI 개선 • 시범사업 건물 대상 E-Spectrum 적용성 평가 • 운영관리자 학습 역량 고려 E-Spectrum 사용자 매뉴얼 작성	• 에너지 사용설비 일일 운영현황 입력 및 저장 가능 입력파일 및 UI 개선 • 시범사업 건물 대상 적용성 평가 연구보고서 작성(진행 중) • 시범사업 건물 평가 사례 이용 사용자 매뉴얼 제작	• 연구보고서 1건 • 학술지 게재논문 2편 • S/W 제작 1건

3세부 시범사업 실시를 통한 그린 리모델링 확산 기반 구축

세부연구목표	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
공공건물 시범사업 확산	시범사업 대상 선정 및 리모델링 에너지성능 평가	한수공 본관, 건기연 연구동 시범사업 완료	시범사업 모니터링 및 그린리모델링 프로세스 평가	공공건물 그린리모델링 시범사업 및 모니터링	시범사업을 통한 공공건물/ 민간건물/ 소규모공간 그린리모델링 확산기반 구축 및 에너지 모니터링을 통한 검증
민간건물 시범사업 확산	국내외 벤치마킹으로 종합정보시스템 개발방향 설정	민간건물 시범사업 대상건물 선정 및 성능진단	민간건물 비용경제적 그린리모델링 시범사업 실시	민간건물 그린리모델링 시범사업 및 모니터링	
소규모 공간 시범사업 확산	현황조사로 규모별 기존 BAS연계 BEMS 컨셉 도출	리테일 소규모 공간 녹색 리모델링 사업성 평가	시범사업 대상선정, 성능진단을 통한 시범사업 실시	소규모공간/ 특수건물 그린리모델링 시범사업	

1. 공공건물 그린리모델링 시범사업 및 모니터링

5차년도 최종 연구 결과

• 공공건물 시범사업 실시 및 연구주요 성과 적용

연구 내용	연구 결과	성과물
• (구)교통연구원, 면목2동사무소, 중앙어린이집 시범사업 실시 • 그린리모델링 시범사업 시실로 에너지 저감 목표 설정	• 프로세스 적용 주요 연구성과 검증 • 주요연구성과 적용 에너지 수준파악 • 향후 모니터링을 통한 에너지절감 검토	• 연구보고서 2개 • 시범사업 3건 • 학술지 게재논문 1편

2. 민간건물 그린리모델링 시범사업 및 모니터링

5차년도 최종 연구 결과

• 민간건물 시범사업 실시 및 연구주요 성과 적용

연구 내용	연구 결과	성과물
• 한국외국어대학교, Level5 시범사업 실시 • 그린리모델링 시범사업 시실로 에너지 저감 목표 설정	• 프로세스 적용 주요 연구성과 검증 • 주요연구성과 적용 에너지 수준파악 • 향후 모니터링을 통한 에너지절감 검토	• 연구보고서 1개 • 시범사업 2건

3. 소규모 공간/특수건물 그린리모델링 시범사업

5차년도 최종 연구 결과

• 소규모 공간용 스마트 에너지 모니터링 및 최적제어시스템 개발

연구 내용	연구 결과	성과물
• 클라우드 기반 스마트 모니터링 및 최적제어시스템 개발	• 데이터 서버 및 웹서버 구축 • 서버와의 통신 프로토콜 구축 • 소규모 공간 스마트 모니터링용 GUI개발	• 학술발표 4편 • 연구보고서 1건

4세부 민간금융 및 정부지원 비즈니스 모델 구축

세부연구목표	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
그린리모델링 금융비즈니스 모델 구축	국내외 기존 그린리모델링 금융 비즈니스 모델 조사	업무용건물 그린리모델링 비즈니스 모델(안) 구축	비즈니스 모델안 시범사업 재검증 및 평가시트 개발	건물유형별 비즈니스 모델 및 평가시트 개발	공동주택 비즈니스 모델 평가 시트 개발 및 그린리모델링 건물의 가치산정 평가
그린리모델링 통합지원 정책 정립	국내외 리모델링 관련 정책동향/효과 분석	수요자 기반 그린리모델링 지원전략 수립	비즈니스 모델 그린리모델링 통합 인센티브안 제시	그린리모델링 관련인 센티브 통합 및 정책 제안	
통합 종합정보 시스템 구축	국내외 벤치마킹으로 종합정보시스템 개발방향 설정	종합정보시스템 컨텐츠 구성(안) 도출 및 검증	건물/에너지/ 기술 정보기반 종합정보시스템 DB구축	그린리모델링 지원 종합정보시스템 GRIS 구축	www.GRIS.or.kr 종합정보시스템 운영 및 홍보를 통한 확산

1. 그린리모델링 비즈니스 모델 사업타당성 평가시트 개발

5차년도 최종 연구 결과

• 업무용 건축물의 민간금융을 도입한 그린리모델링 비즈니스 모델 및 사업성 검토 평가시트 개발

연구 내용	연구 결과	성과물
• 비즈니스 모델 사업타당성 평가 시트의 건물 유형 확대 및 활용 전략 마련 – 주거용 건물(공동주택)을 위한 사업타당성 평가시트 개발 – 정부 정책과 연계를 통한 활용 전략 마련	• 주거용 건물(공동주택)을 위한 사업타당성 평가시트 개발 • 업무용 및 주거용 건물(공동주택)의 사업 타당성 검토시트 GRIS 탑재를 통한 성과 확산	• 연구보고서 1개 • 홍보 1건

2. 그린리모델링 건물의 가치산정 평가

5차년도 최종 연구 결과

• 그린리모델링 이자지원 대상 건물의 가치산정 평가

연구 내용	연구 결과	성과물
• 그린리모델링 사업 타당성 검토 • 그린리모델링 이자지원사업 대상 에너지 사용량 검토 • 그린리모델링 가치를 고려한 과표산정기준 개선방안	• 그린리모델링 타당성 검토를 위한 체크리스트 검증 • 그린리모델링 이자지원사업을 위한 사업계획서 심사기준 등 의사결정 지원도구 제안 • 창조센터(LH) 지방세 감면 제안서 정책제안 업무협조	• 연구보고서 1건 • 학술발표 1편

3. 그린리모델링 지원 종합정보시스템 GRIS 구축

5차년도 최종 연구 결과

• 그린 리모델링 종합정보시스템 구축

연구 내용	연구 결과	성과물
• 종합정보시스템 사용성 검증 • 사용자 편의성을 고려한 개선방안 도출 및 시스템 개선 • 그린리모델링 종합정보시스템 활용 안내서 구축	• GRIS Tools 통합시스템 구축 • GRIS 영문홈페이지 제작	• 연구보고서 1건 • 연구개발 홍보 2건 • 학술지 게재논문 1편 • 학술지 발표논문 1편 • 영문홈페이지 1건

제 2 절 연구개발 수행 내용

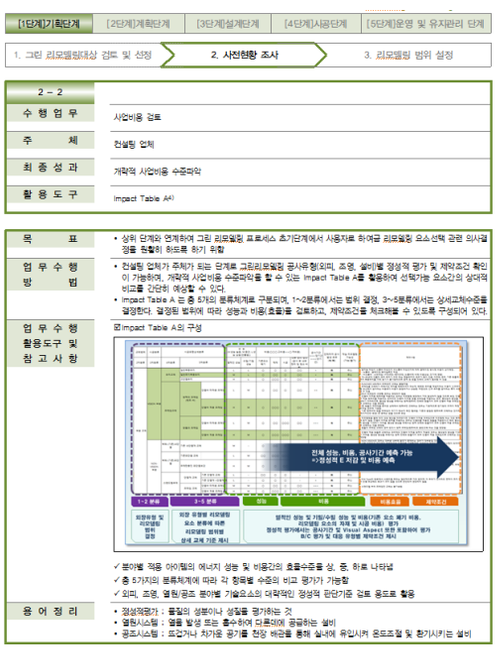
■ 1 세부 : 그린리모델링 상세 프로세스 및 가이드라인 구축

• 세부연구목표 1. 그린리모델링 프로세스 및 가이드라인(안) 구축
2. 외피, 설비, 조명분야 기술별 성능/비용 최적 조합 도출 툴 Impact Table 개발
3. Impact Table 최적조합 도출 툴 구축

• 주요 연구내용 및 성과물

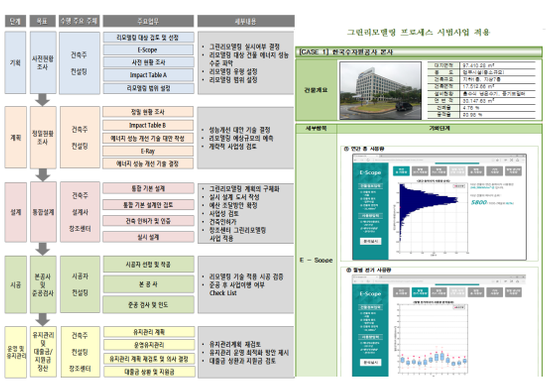
1. 그린리모델링 프로세스 및 가이드라인 구축 – KICT

• 그린리모델링 프로세스 및 수행업무 가이드라인 구축
-그린리모델링 각 단계별 상세 프로세스 수정 및 보완
-그린리모델링 프로세스 수행업무 가이드라인(안) 수정 및 보완



그린리모델링 프로세스 및 수행업무 가이드라인

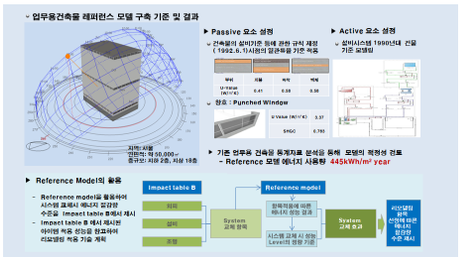
• 그린리모델링 프로세스 시범사업 적용 검증
-그린리모델링 프로세스 검증을 위한 시범사업 대상지 적용
-공공건물 : 한국수자원공사, 한국교통연구원, 문경시청, 김포시청, 김포보건소, 면목2동 주민센터
-민간건물 : GS역전타워, 한국금융증권원
-소규모 공간 및 개별단위 건물 : CU편의점, 경주공장



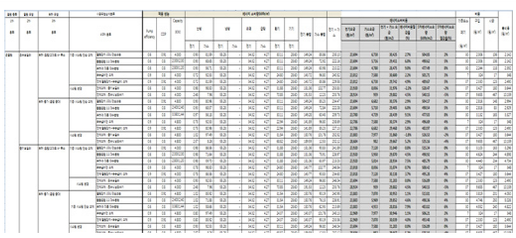
그린리모델링 프로세스 시범사업 적용 검증

2. Impact Table A/B 및 활용방안 구축

- 용도 및 규모별(대규모 업무시설, 소규모업무시설, 공동주택) 평가기준 정립, 그린리모델링 제약조건 및 레퍼런스 모델 구성
  - 레퍼런스 모델의 성능 기준을 제시하기 위한 근거 및 레퍼런스 모델의 종합 성능 도출
  - 레퍼런스 모델의 시뮬레이션 결과를 통해 에너지 소비량/비용 계산



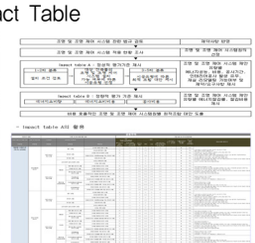
- 분야별 기술 성능/비용 평가 Impact Table 작성
  - Impact Table A : 기획단계에 적용 가능한 정성적 비교 기준 정립, 외피, 설비, 조명의 리모델링 유형별 평가 및 제약조건 제시
  - Impact Table B : 계획단계에 적용 가능한 정량적 요소 분석, 레퍼런스 모델을 이용한 대안별 에너지 성능/비용 절감량 도출
- Impact Table 활용 가이드라인 및 사전현황 체크리스트 구성
  - 가이드라인 : 조명 및 조명제어부문, 열원공조 부문, 신재생에너지 부문
  - 체크리스트 : 건물기본정보, 외피, 조명, 열원공조, 신재생 사전현황



Impact Table



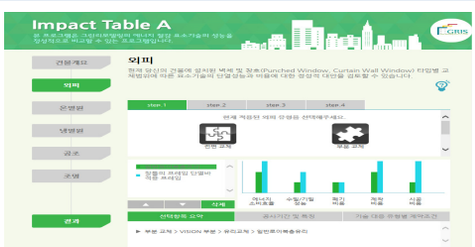
사전조사체크리스트 (기본정보)



조명 및 조명제어부문 가이드라인

3. Impact Table 최적조합 도출 툴 구축

- Impact Table A 활용 최적조합 툴
  - 기존건축물 성능 개선을 위한 대안 제시 및 제약 조건 분석
  - Impact Table A와 매칭
  - 기술분류현황체크 > 제약조건 검토 > 적용성능 설정 > 비용 및 시공성 체크 > 비용효율적 목표 설정 순으로 진행
  - 기존건물의 현황과 대안선택 요소간의 상대적 비교를 통해 상, 중, 하 단계 구분



- Impact Table B 활용 최적조합 툴
  - 레퍼런스 모델을 활용한 성능/비용 정보데이터 시뮬레이션 결과 도출
  - Impact Table B와 매칭
  - 기술분류현황체크 > 에너지성능검토 > 에너지소비량 절감량 설정 > 자재 및 공사 비용검토 > 최적성능개선 대안 설정 순으로 진행
  - 레퍼런스 모델을 기반으로, 대안별 성능 및 비용 평가



- 그린리모델링 적용 요소기술별 최적조합 도출 툴 웹버전 확장개발
  - Impact Table A/B 최적 조합 툴 독립실행 버전을 웹버전으로 확장개발하여 사용자 편의성 증진
- 성능/비용 기반 Impact Table A/B 의사결정 프로그램(SW)의 종합정보시스템 연계가동
  - Impact Table A와 B의 결과를 대안별로 효과적으로 비교할 수 있는 자료 제공



1 그린리모델링 프로세스 및 가이드라인 구축

가 그린리모델링 프로세스

(1) 연구내용

㈎ 그린리모델링 프로세스 목표

- 일반 리모델링 프로세스 이외 기존건축물의 에너지 성능을 평가하고 향상시키기 위한 프로세스로써 기존건축물의 에너지 성능향상 및 온실가스 배출 저감 방안적용을 중점으로 성능평가(기획, 계획단계), 대안의 성능평가(설계단계), 기술 시공에 따른 성능평가(시공단계), 운영 및 유지관리단계 모니터링 등의 단계를 포함하여 펀드 프로세스의 경우 각 단계마다 적정한 사업성 평가를 통하여 정부, 민간 펀드의 지원 및 대출 정도를 평가하며 적합한 대안의 선정, 시공에 따른 운영단계 이익까지 평가가 가능하도록 구성하였음

㈏ 그린리모델링 프로세스 프레임

단계	목표	수행 주요 주체	주요업무	세부내용
기획	사전현황 조사	건축주 컨설팅	리모델링 대상 검토 및 선정 E-Scope 사전 현황 조사 Impact Table A 리모델링 범위 설정	• 그린리모델링 실시여부 결정 • 리모델링 대상 건물 에너지 성능 수준 파악 • 리모델링 유형 설정 • 리모델링 범위 설정
계획	정밀현황 조사	건축주 컨설팅	정밀 현황 조사 Impact Table B 에너지 성능 개선 기술 대안 작성 E-Ray 에너지 성능 개선 기술 결정	• 성능개선 대안 기술 결정 • 리모델링 예상규모의 예측 • 개략적 사업성 검토
설계	통합설계	건축주 설계사 창조센터	통합 기본 설계 통합 기본 설계안 검토 건축 인허가 및 인증 실시 설계	• 그린리모델링 계획의 구체화 • 실시 설계 도서 작성 • 예산 조달방안 확정 • 사업성 검토 • 건축인허가 • 창조센터 그린리모델링 사업 적용
시공	본공사 및 준공검사	시공자 컨설팅	시공자 선정 및 착공 본 공 사 준공 검사 및 인도	• 리모델링 기술 적용 시공 검증 • 준공 후 사업이행 여부 Check List
운영 및 유지관리	유지관리 및 대출금/지원금 정산	건축주 컨설팅 창조센터	유지관리 계획 운영유지관리 유지관리 계획 재검토 및 의사 결정 대출금 상환 및 지원금	• 유지관리계획 재검토 • 유지관리 운영 최적화 방안 제시 • 대출금 상환과 지원금 검토

《 그림 1-1 》 그린 리모델링 프로세스 주요 내용

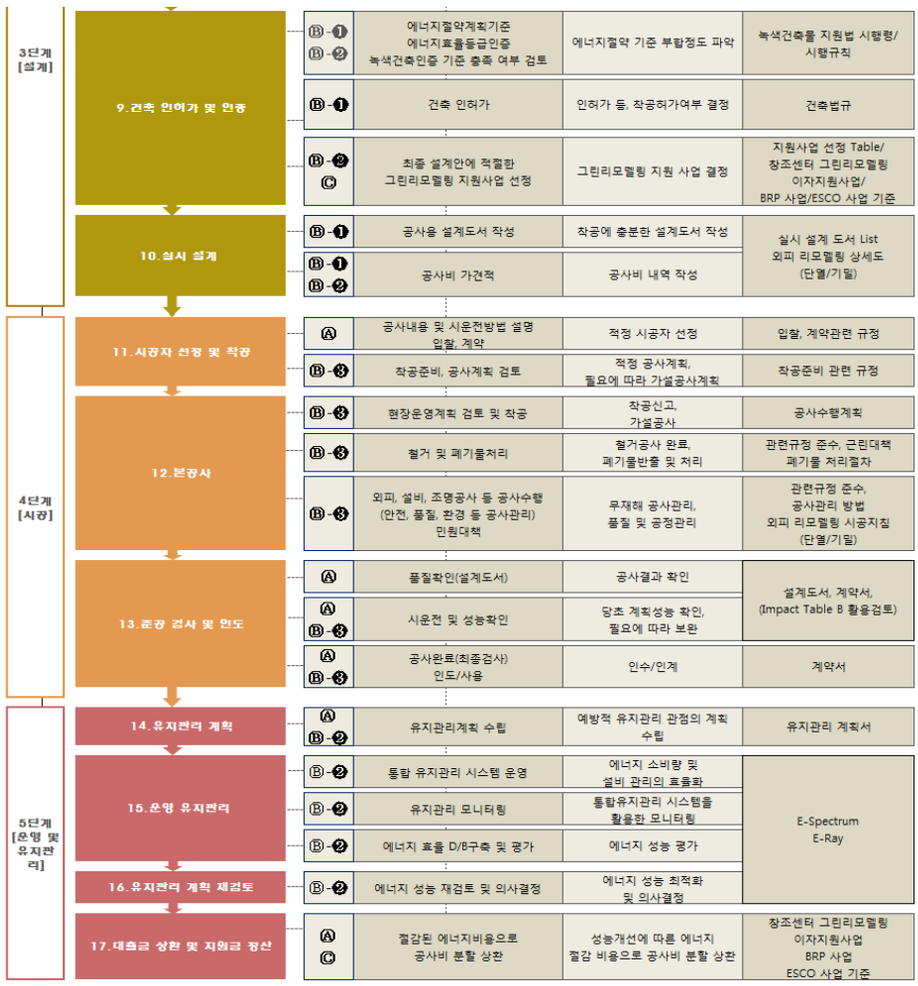
- 리모델링의 경우 신축과는 달리 기존건축물 현황, 성능, 건축주의 요구, 비용등의 다양한 제약조건의 고려가 필요한 것으로 판단되며, 초기 단계에서 기존건축물의 정확한 현황 조사가 가장 중요한 것으로 판단됨
- 기획단계에서는 사전현황조사실시로 그린 리모델링 사업의 실시여부를 결정하며 이는 계획단계에서의 정밀 현황조사를 통한 계획 목표 및 대안결정의 전제가 되어야 함

- 설계단계는 신축과 일반 리모델링의 업무 내용이 유사하나 설계안에 대한 성능평가 및 사업성(비용), 인허가 규정 검토 및 인증 업무가 이루어지며 이를 시공단계로 반영하기 위한 사전 준비 단계가 포함됨
- 시공단계의 경우 기획, 계획, 설계단계를 거쳐 관련 검토결과를 토대로 설계도서로 정리된 사업의 내용을 실현하기 위한 실질적인 작업을 행하는 단계로 기존 건축물의 철거 및 가설 공사의 단계를 통해 그린 리모델링 시공이 실시됨. 건축 계획적 요소의 감리단계뿐만 아니라 성능 향상 기술의 적합한 시공 및 운영 성능 관리, 시운전 성능검토 단계를 포함함
- 그린 리모델링 완공 후 운영 및 유지관리단계에서는 에너지 성능 개선을 기반으로 에너지 효율 극대화 및 유지관리비용 절감을 통해서 지원금 및 투자금이 상환되는 단계로 통합 유지관리 시스템 운영단계가 포함됨. 이는 유지관리 모니터링, 에너지효율 D/B구축 및 평가를 통해 운영 및 유지관리 계획의 보완·수정단계에 반영됨

(2) 연구결과

- 그린 리모델링 프로세스의 대분류는 기획, 계획, 설계, 시공, 운영 및 유지관리단계로 구성하였으며 중분류는 대분류의 주요 절차를 정리하여 설정하였고 각 주요 절차에 해당하는 수행업무와 이에 따른 수행 주체를 코드화 하여 정리하였음. 수행업무의 결과로 업무 최종성과와 각 단계에서 활용되는 도구를 선정하여 정리하였으며 전반적인 프로세스에 대해 보다 높은 이해도를 위해 참고할 수 있는 각 단계의 목표 및 특기사항을 반영하였음

대분류	중분류	주 체[1]	수행업무	업무최종성과	활용도구
1단계 [기획]	1.그린 리모델링대상 검토 및 선정	Ⓐ Ⓑ-❷	그린 리모델링 사업실시 의뢰	대상건물 확정	건물정보기록지 외피 리모델링 프로세스 E-Scope
	2.사전현황 조사	Ⓑ-❷	에너지성능 검토	사전현황 Check List 작성	사전현황 Check List (외피/조명/설비)
		Ⓑ-❷	사업비용 검토	개략적 사업비용 수준파악	Impact Table A
	3.리모델링 범위 설정	Ⓐ Ⓑ-❷	부분/요소별 유형 설정	리모델링 부분/요소 결정	
2단계 [계획]	4.정밀현황 조사	Ⓐ Ⓑ-❷	에너지분야 B/C분석	대안별 리모델링 전후 성능향상 수준 파악	Impact Table B 외피 (단열/기밀)성능 테스트 (선택사항)
		Ⓑ-❷	예산정밀 검토	구체적 사업비용 수준파악	
	5.에너지 성능 기술대안 작성 및 성능평가	Ⓑ-❷	기술 대안별 성능평가 결과 검토	의사결정 자료용 기술대안 List 작성	Impact Table B 건물정보기록지 E-Ray
	6.에너지 성능개선 기술 결정	Ⓐ Ⓑ-❷	최적 기술대안 선정	적용 기술대안 확정에 따른 기본 설계 반영 계획수립	
	7.종합기본 설계	Ⓑ-❶	기본설계 협의도서 작성	기본 설계도서작성	기본 설계도서 List
	8.종합 기본설계안 검토	Ⓑ-❶ Ⓑ-❷	기본 설계안 성능평가	리모델링 기술이 적용된 설계안 에너지성능, 비용 도달 확인 후 피드백 여부 파악	건물정보기록지 E-Ray
		Ⓑ-❶ Ⓑ-❷	기본 설계안 기반 사업 비용 검토		
		Ⓐ	건축주 협의 및 결정	기본 설계안 최종 결정	



《 그림 1-2 》 그린 리모델링 프로세스

《 표 1-1 》 그린 리모델링 프로세스 수행업무 주체

대분류	중분류 No.	주체				
		건축주 Ⓐ	그린리모델링 사업자 Ⓑ			창조센터 Ⓒ
			설계사 ❶	컨설팅 ❷	시공자 ❸	
1단계 [기획]	1	O				
	2			O		
				O		
	3	O		O		
2단계 [계획]	4	O		O		
				O		
	5			O		
	6	O		O		
3단계 [설계]	7		O			
	8		O	O		
			O	O		
		O				
	9		O			
			O	O		
						O
	10		O			
			O	O		
4단계 [시공]	11	O				
					O	
	12				O	
					O	
					O	
	13	O				
		O			O	
		O			O	
5단계 [운영 및 유지관리]	14	O		O		
	15			O		
				O		
				O		
	16			O		
	17	O				O

㈎ 기획단계

- 기획단계는 그린 리모델링 실시에 관한 수요자 의뢰 및 대상 후보 선정을 통하여 기존 건축물의 현황을 간략 조사하고 그린 리모델링 실시 여부를 설정하는 단계임
- 사전현황조사 실시에 관한 설명과 협의를 진행하며 대상 지역, 건축물군을 대상으로 E-Scope를 활용하여 건축물의 에너지 소비량을 진단, 그린 리모델링이 필요한 건축물을 선정하는 단계임
- 사전현황 조사는 일반적인 건물정보 및 운영 현황조사를 실시하며 이는 컨설팅 기관을 주체로 진행됨. 기획단계의 사전현황 조사는 간략 조사 단계로서 에너지 성능검토는 현장조사 Check List(외피/조명/열원설비/신재생)를 작성하여 진행하고 Impact Table A를 활용하여 사업비용검토와 리모델링 부분/요소별 유형을 설정하여 건축주 또는 사업주의 요구사항에 적합한 리모델링 범위를 설정함



《 그림 1-3 》 기획단계 프로세스 상세

㈏ 계획단계

- 계획단계에서는 그린 리모델링 실시가 확정되면, 기존 건축물의 에너지, 사업비 분야별 정밀현황조사를 활용도구 Impact Table B를 실시하여 대상 건축물의 현황을 상세히 판단함
- 예산 정밀 검토단계에서는 건축주, 사업주의 금융 예산을 검토하며 공사예산에 대한 계획을 수립함. 또한 그린 리모델링 실시로 에너지 소비량 저감에 따른 비용을 검토, 상세한 예산 및 대출금 상환, 수익을 검토함
- 이를 통해 대상 건축물의 에너지 성능개선 기술 대안을 작성하며, E-Ray를 사용하여 기존 건축물의 에너지 성능 대비 대안의 성능향상 결과를 바탕으로 최적 대안을 결정함



《 그림 1-4 》 계획단계 프로세스 상세

㈐ 설계단계

- 설계단계는 이전 단계에서 조사 및 평가, 설정된 내용에 대하여 기본, 실시설계를 진행하는 단계이며 그린 리모델링 프로젝트에 참여하는 건축주, 설계자, 컨설팅 담당자의 협의가
- 해당 주체들의 협의에 의하여 계획단계에서 결정한 최적 대안을 기본 설계안으로 발전시키며 E-Ray를 이용해 성능평가, 비용 검토를 실시하여 최종적으로 건축주, 사업주와 결정함
- 결정된 기본설계안의 도면 및 설계도서를 통해 그린 리모델링 인증을 위한 인센티브 적용을 위하여 각종 에너지 절약 기준 부합정도를 검토함. 또한 건축인허가 단계를 거치며 인허가 단계에서 나타나는 문제점을 검토 및 수정하고 최종 설계안에 적절한 그린 리모델링 사업 적용 여부를 판단하기 위하여 창조센터 그린 리모델링 이자지원사업, BRP사업, ESCO사업 기준을 검토함
- 결정된 기본 설계안은 설계사가 실시 설계도면 및 시방서를 작성하고 앞서 기획, 계획단계에서 설정된 예산 범위 및 가용 예산을 재검토하여 착공을 위한 공사비 내역을 작성하여 견적을 완료함



《 그림 1-5 》 설계단계 프로세스 상세

㈑ 시공단계

- 계획 및 설계단계에서 검토된 예상 비용대비 성능이 달성될 수 있도록 시공을 위한 계획 및 관리를 하는 단계임
- 리모델링 주체와 선정된 시공자가 설계도서를 공동으로 확인하고 이를 바탕으로 한 시공계획의 수립 및 검토가 필수적임
- 설계변경의 가능성이 상존, 계획의 변경 가능성이 제한적이지 않아야 함. 또한 본 연구에서 대상으로 하는 건축물의 경우 도심지역에 분포되어 있어 이를 고려한 기존건축물의 철거 및 폐기물 관리, 공사현장 안전 확보 및 소음발생 등의 민원발생을 최소화하기 위한 가설계획이 포함되어야 함
- 공사 진행에 따른 모든 주체자들의 정기적인 합동회의를 진행하며, 정보 공유 및 의견

조율이 이루어져야 함. 필요시 외부 전문가(컨설팅 등)의 참여로 조율하며 공사의 진행에 따른 시공 기술 적용 성능 및 비용 관리 진행함. 또한 예상 성능 발현을 위하여 필수적인 품질확보에 대하여 필요에 따라 품질시험 및 검사를 수행하고 그 결과를 문서화하여 보관 관리해야 함

- 준공 및 검사단계에서는 설계도서에 따라 시공이 적절히 수행되었는가를 시운전을 통한 성능 및 비용 검증이 필요하며, 당초의 예상 성능 발현 검증을 위한 제3자 참여를 통한 객관적인 평가가 이루어져야 함.



《 **그림 1-6** 》 시공단계 프로세스 상세

㈐ 운영 및 유지관리단계

- 운영 및 유지관리단계는 에너지 성능개선을 기반으로 에너지효율 극대화 및 유지관리 비용 절감을 통해서 지원금 및 투자금이 상환되는 단계임
- 현 단계는 운영 및 유지관리 수행, 수행결과 분석 및 보완, 대출금 상환 및 지원금 정산 4단계로 구성되며 그린 리모델링 프로세스 계획, 설계, 시공 등 각 단계별 연계성을 고려하여 설비 및 에너지 효율에 대한 지속적인 성능진단 및 검증을 통해서 유지관리 계획을 수행하는 것을 목적으로 함
- 운영 및 유지관리 수행은 GRIMS(Green Remodeling Integrated Management System)을 활용하여 에너지 및 설비 관리 효율화를 위해서 외피, 설비, 조명 관련 에너지 소비량을 계측하고 기획, 계획 단계의 에너지시뮬레이션을 기반으로 실제 에너지 소비량을 계측하여 성능진단 및 검증을 함.
- 수행결과 분석 및 보완은 에너지 성능 최적화 및 에너지 성능 결과 분석에 대한 합리적 의사결정을 위해서 전 단계인 운영 및 유지관리 D/B를 기반으로 수행결과를 분석하고 보완을 하여 에너지 성능 최적화 및 의사결정을 수행함
- 대출금 상환 및 지원금 정산은 에너지 성능개선에 따른 에너지 절감 비용으로 성능개

선 공사비를 분할 상환이 원활히 될 수 있도록 함



《 그림 1-7 》 운영 및 유지관리단계 프로세스 상세

나 그린 리모델링 프로세스 가이드라인(안) 구축

(1) 연구내용

㈎ 가이드라인(안) 목표 및 구성

- 그린 리모델링 가이드라인(안)을 통하여 그린 리모델링에 관심을 가지는 실무자와 전문가뿐만 아니라 비전문가인 일반인들에게도 보다 쉽게 다가가 그린 리모델링 프로세스에 따라 수행하는 업무 및 절차에 대한 이해를 돕는 것을 목표로 함
- 가이드라인은 그린리모델링 일반사항, 그린리모델링 프로세스 가이드라인, 부록으로 구성되어 그린리모델링의 정의를 내리고 프로세스의 필요성 및 목적, 수행 가이드라인을 설명하며 부록을 삽입하여 각 단계별 수행업무에 활용이 되는 도구(프로그램)의 매뉴얼로 정리함

(2) 연구결과

㈎ 그린 리모델링 일반사항

- 가이드라인(안)의 본 내용 서술에 앞서, 그린 리모델링에 대한 일반적인 정보를 제공하기 위하여 그린 리모델링의 정의와, 현황을 조사하여 정리하고 이에 따른 그린 리모델링 프로세스 구축 필요성 및 목적을 정리하였음

㈏ 그린 리모델링 프로세스 가이드라인(안)

① 그린 리모델링 프로세스 수행업무 가이드라인(안)

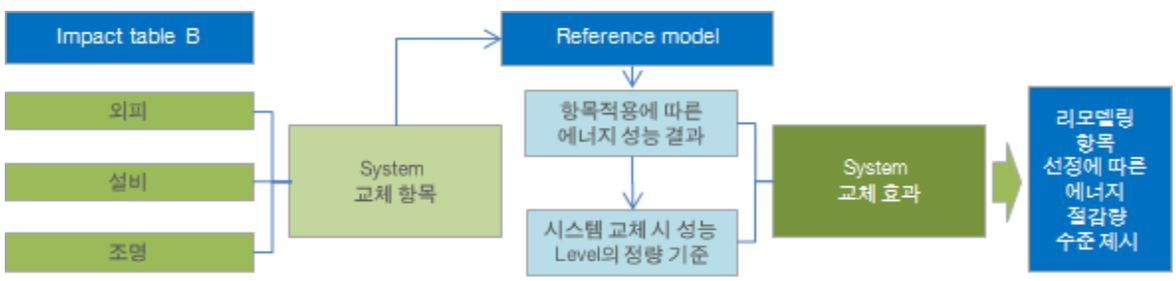
그린 리모델링 프로세스 수행업무 가이드라인은 각 단계별 중분류의 수행업무를 기준으로 하나의 테이블로 구성하였음. 총 17단계의 중분류에 해당하는 수행업무는 한 가지 또는 세 가지의 수행업무를 포함, 테이블 구성은 각 단계별 수행업무, 주체, 최종성과, 활용도구로 나누어 정리하고 이에 맞는 목표, 업무수행방법, 업무수행 활용도구 및 참고사항, 용어정리로 간략화 하여 정리하였음.

2 외피, 설비, 조명분야 기술별 성능/비용 최적 조합 도출 툴 Impact Table 개발

가 레퍼런스 모델의 구성 및 시뮬레이션 결과 도출

(1) 레퍼런스 모델 구성 개요

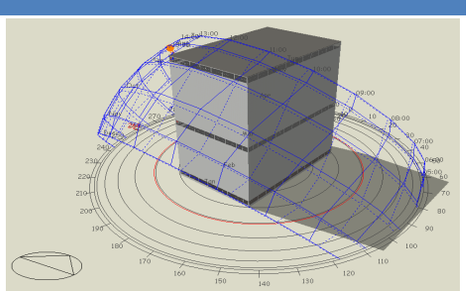
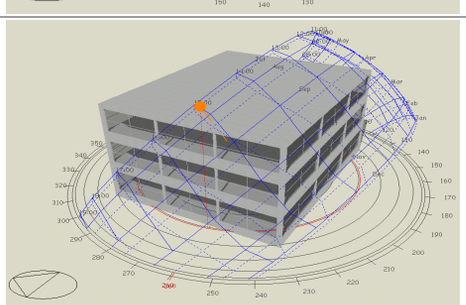
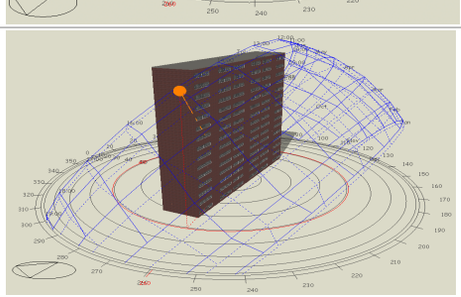
- Impact table B 의 분류체계에 따라 에너지 에너지시뮬레이션을 수행하고 분류체계에 해당하는 아이템 적용에 따른 에너지 성능 결과를 정량 수치로 제시
- 리모델링 수행 목적과 범위에 따라 에너지 절감 수준과 투자비용 산출
- 외피, 설비, 조명분야 기술별 성능/비용 최적 조합 도출



레퍼런스 모델 작동 체계

(2) 레퍼런스 모델 구성 범위

- 레퍼런스 모델은 대규모 업무시설, 소규모 업무시설, 공동주택으로 구성함

구분	에너지 모델	내용
대규모 업무시설		· 규모: 지상 20층, 지하 2층 (연면적: 46,834.87㎡) · 외피열성능: 1992년 '건축물의 설비기준등에 관한 규칙' 값을 기준으로 선정 · 열원설비: 온수보일러 / 터보냉동기 · 내부발열: 기기-10W/m², 조명-11W/m², 재실-12.5m²/인 (ASHRAE, NCM database 참조)
소규모 업무시설		· 규모: 지상 6층, 지하 3층 (연면적: 2,805㎡) · 외피열성능: 1992년 '건축물의 설비기준등에 관한 규칙' 값을 기준으로 선정 · 열원설비: 가스직화식 냉온수기 · 기밀성능: 11.10 ACH50 (실측사례 참조) · 내부발열: 기기-29.5W/m², 조명-11W/m², 재실-4.5m²/인 (ASHRAE, 실측사례 참조)
공동주택		· 규모: 15층(90세대) · 외피열성능: 1992년 '건축물의 설비기준등에 관한 규칙'한 값을 기준으로 선정 · 열원설비: 개별난방 / 개별에어컨 · 기밀성능: 6.13 ACH50 (22년 경과된 실험대상 기준) · 내부발열: 기기-7W/m², 조명-7.55W/m² (논문분석)

나 분야별 Impact Table의 분류체계 및 주요 구성정보

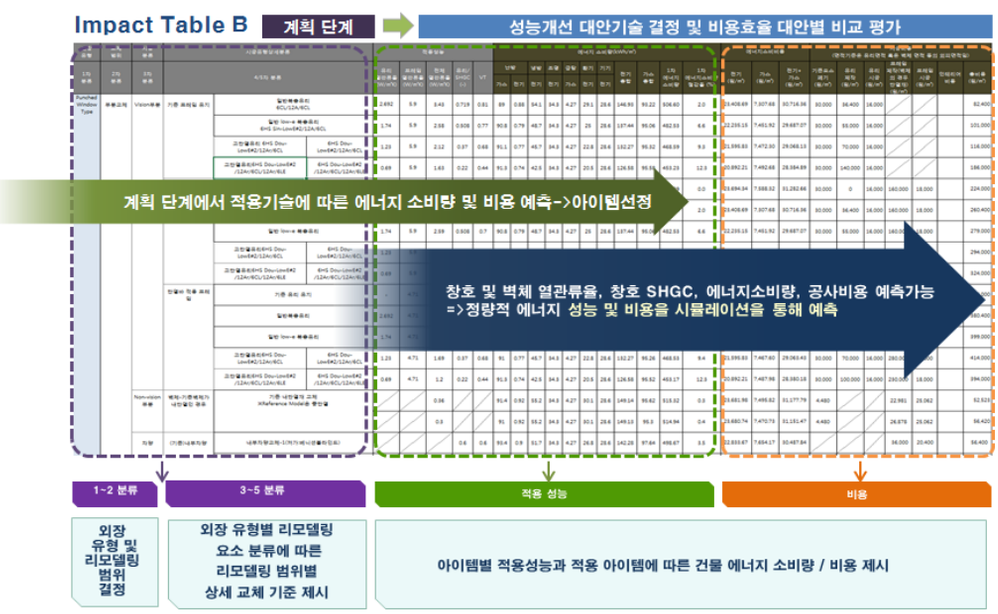
(1) 외피 부문 Impact Table 구성

- Impact Table A
  - 외장 유형 및 리모델링 범위 결정
  - 외장 유형별 리모델링 요소 분류에 따른 리모델링 범위별 상세 교체 기준 제시
  - 열적인 성능 및 기밀/수밀 성능, 비용(폐기 비용, 자재 및 시공 비용) 평가
  - B/C 평가 및 대응 유형별 제약조건 제시



《 그림 1-8 》 Impact Table A의 분류체계 및 주요 구성정보(외피 부문)

- Impact Table B
  - 아이템별 적용성능과 적용 아이템에 따른 건물 에너지 소비량 / 비용 제시



《 그림 1-9 》 Impact Table B의 분류체계 및 주요 구성정보(외피 부문)

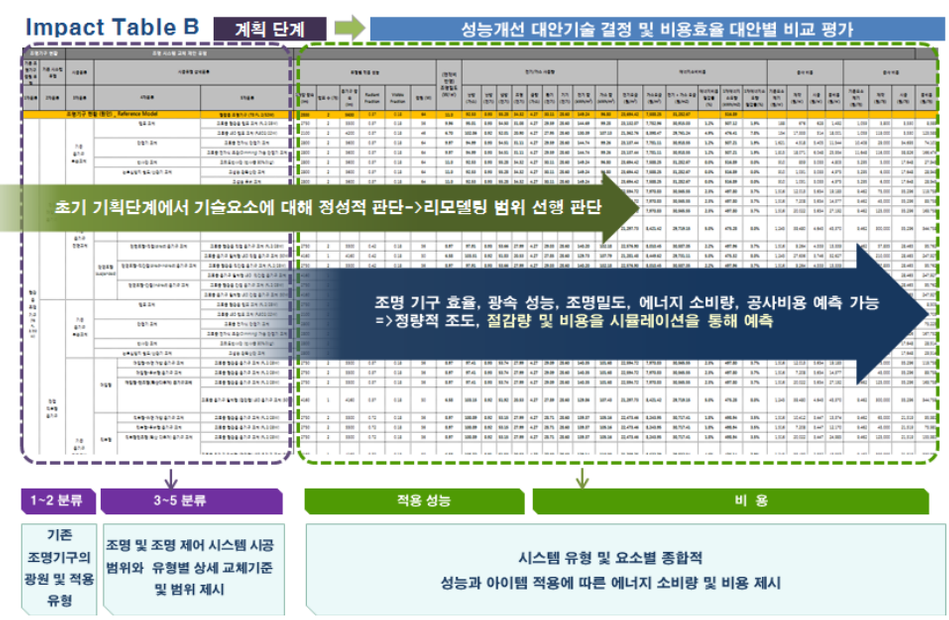
(2) 조명 부문 Impact Table 구성

• Impact Table A
  – 기존 조명기구의 광원 및 적용 유형
  – 조명 및 조명 제어 시스템 시공 범위와 유형별 상세 교체기준 및 범위 제시
  – 시스템 유형 및 요소 별 종합적 성능, 폐기/구입/시공비용, 공사기간, Visual Aspect, B/C 평가 기준 및 대응 유형별 제약조건 제시



《그림 1-10》 Impact Table A의 분류체계 및 주요 구성정보(조명 부문)

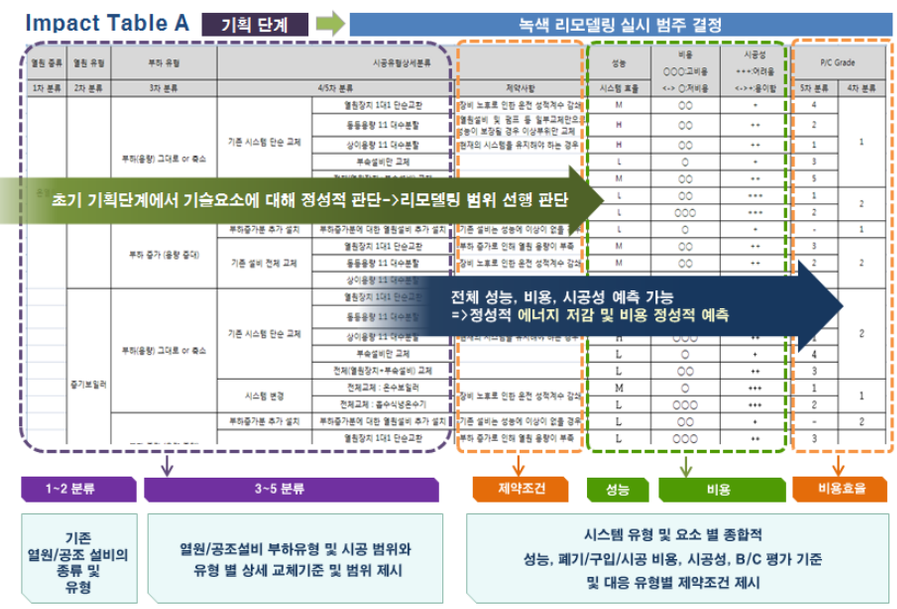
• Impact Table B
  – 시스템 유형 및 요소별 종합적 성능과 아이템 적용에 따른 에너지 소비량 및 비용 제시



《그림 1-11》 Impact Table B의 분류체계 및 주요 구성정보(조명 부문)

(3) 열원 및 공조 부문 Impact Table 구성

- Impact Table A
  - 기존 열원/공조 설비의 종류 및 유형
  - 열원/공조설비 부하유형 및 시공 범위와 유형 별 상세 교체기준 및 범위 제시
  - 시스템 유형 및 요소 별 종합적 성능, 폐기/구입/시공비용, 시공성, B/C 평가 기준 및 대응 유형별 제약조건 제시



《그림 1-12》 Impact Table A의 분류체계 및 주요 구성정보(열원 및 공조 부문)

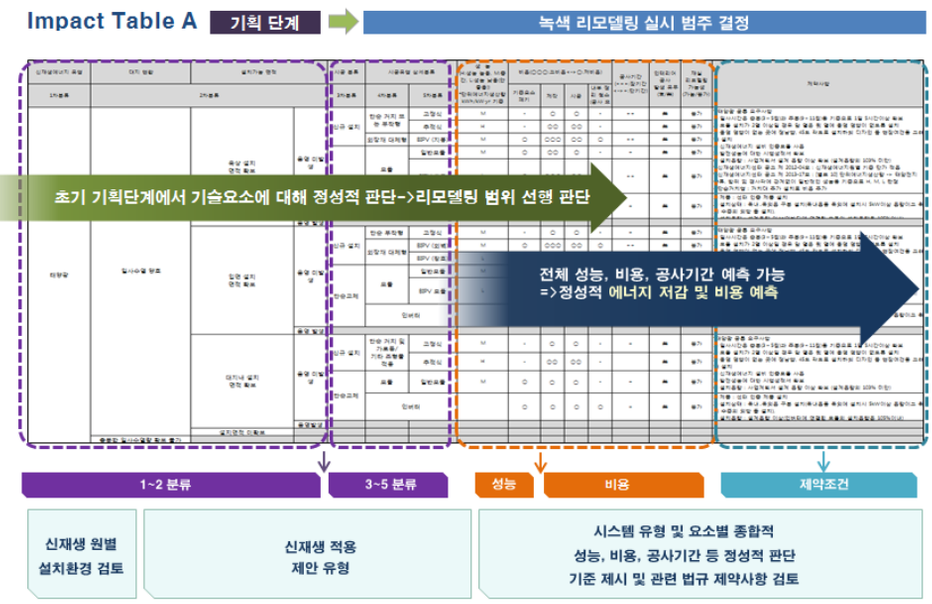
- Impact Table B
  - 시스템 유형 및 요소 별 정량적 성능과 아이템 적용에 따른 에너지 소비량 및 비용 제시



《그림 1-13》 Impact Table B의 분류체계 및 주요 구성정보(열원 및 공조 부문)

(4) 신재생 부문 Impact Table 구성

• Impact Table A
  – 신재생 원별 설치환경 검토
  – 신재생 적용 제안 유형
  – 시스템 유형 및 요소별 종합적 성능, 비용, 공사기간 등 정성적 판단기준 제시 및 관련 법규 제약사항 검토



《그림 1-14》 Impact Table A의 분류체계 및 주요 구성정보(신재생 부문)

• Impact Table B
  – 시스템 유형 및 요소별 종합적 성능, 비용, 공사기간 등 정성적 판단기준 제시 및 관련 법규 제약사항 검토

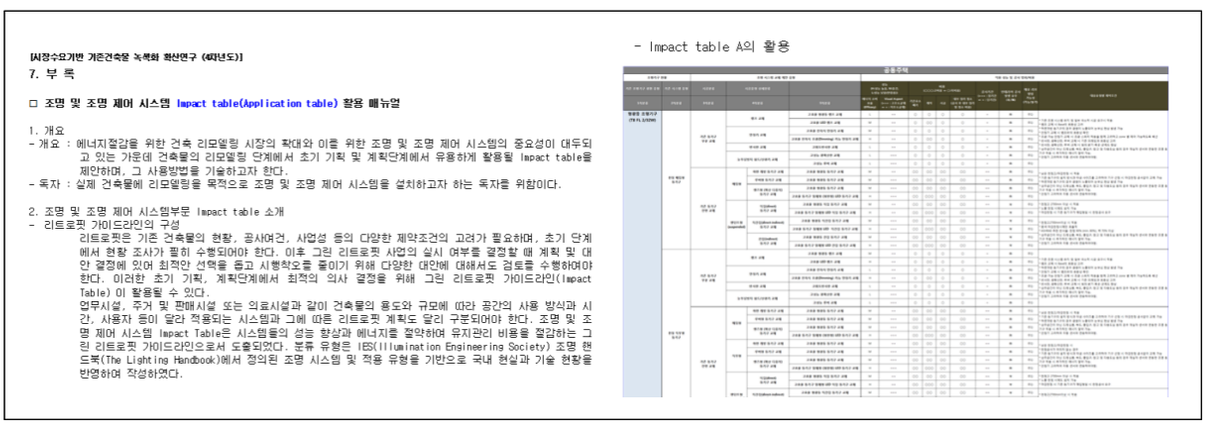


《그림 1-15》 Impact Table B의 분류체계 및 주요 구성정보(신재생 부문)

다 분야별 Impact Table 운용 매뉴얼 및 사전현황 조사 체크리스트

(1) 분야별 Impact Table 운용 매뉴얼

- 조명 및 조명제어 시스템 부문 Impact Table 활용 매뉴얼
  - Impact Table 조명 및 조명 시스템 부문의 개념, 구성 소개
  - 1~5차 분류체계 적용을 위한 가이드라인 제시
  - 제안안의 성능, 비용 분류, 기간 등에 대한 상대적 지표 제시 (Impact Table A)
  - 대안별 에너지 절감률과 비용산출에 대한 기준 제시 (Impact Table B)



[사장수요기반 기존건축물 녹색화 확산연구 (4차년도)]
7. 부 록

□ 조명 및 조명 제어 시스템 Impact table(Application table) 활용 매뉴얼

1. 개요
- 개요 : 에너지절감을 위한 건축 리모델링 시장의 확대와 이를 위한 조명 및 조명 제어 시스템의 중요성이 대두되고 있는 가운데 건축물의 리모델링 단계에서 초기 기획 및 계획단계에서 유용하게 활용될 Impact table을 제안하며, 그 사용방법을 기술하고자 한다.
- 목자 : 실제 건축물에 리모델링을 목적으로 조명 및 조명 제어 시스템을 설치하고자 하는 목자를 위함이다.

2. 조명 및 조명 제어 시스템부문 Impact table 소개
- 리트로핏 가이드라인의 구성
  리트로핏은 기존 건축물의 현황, 공사여건, 사업성 등의 다양한 제약조건의 고려가 필요하며, 초기 단계에서 현황 조사가 필히 수행되어야 한다. 이후 그린 리트로핏 사업의 실시 여부를 결정할 때 계획 및 대안 결정에 있어 최적안 선택을 돕고 시행착오를 줄이기 위해 다양한 대안에 대해서도 검토를 수행하여야 한다. 이러한 초기 기획, 계획단계에서 최적의 의사 결정을 위해 그린 리트로핏 가이드라인(Impact Table)이 활용될 수 있다.
  업무시설, 주거 및 판매시설 또는 의료시설과 같이 건축물의 용도와 규모에 따라 공간의 사용 방식과 시간, 사용자 등이 달라 적용되는 시스템과 그에 따른 리트로핏 계획도 달리 구분되어야 한다. 조명 및 조명 제어 시스템 Impact Table은 시스템들의 성능 향상과 에너지를 절약하여 유지관리 비용을 절감하는 그린 리트로핏 가이드라인으로서 도출되었다. 분류 유형은 IES(Illumination Engineering Society) 조명 핸드북(The Lighting Handbook)에서 정의된 조명 시스템 및 적용 유형을 기반으로 국내 현실과 기술 현황을 반영하여 작성하였다.

- Impact table A의 활용

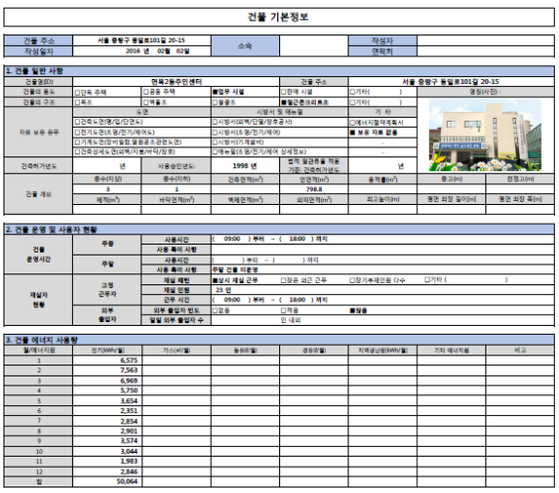
《그림 1-16》 조명 및 조명제어 시스템 Impact Table 운용 매뉴얼 예시

- 열원 및 공조 시스템 부문 Impact Table 활용 매뉴얼
  - 건축물의 리모델링 단계에서 열원·공조 설비의 교체 및 변경에 유용하게 활용될 Impact Table의 제안 및 그 사용방법을 기술
  - Impact Table 열원·공조 설비 부문의 개념, 구성 소개 및 용어설명
  - 1~5차 분류체계 별 열원(온열원, 냉열원) 및 공조설비(전공기 방식, 수공기 방식)의 특징에 대한 상세 설명
  - 대안별 정성적 평가 기준 제시(Impact Table A)
  - 에너지비용 산출 기준 제시(Impact Table B)

- 신재생 에너지 부문 Impact Table 활용 매뉴얼
  - 건축물의 리모델링 단계에서 태양광, 태양열, 지열 등 신재생에너지 설비 설치 활성화에 유용하게 활용될 Impact Table을 제안하며, 그 사용방법을 기술
  - Impact Table 신재생 에너지 부문의 개념, 구성 소개 및 용어설명
  - 1~5차 분류체계 별 신재생 에너지에 대한 상세 설명
  - 대안별 정성적 평가 기준 제시(Impact Table A)
  - 에너지비용 산출 기준 제시(Impact Table B)

(2) 분야별 사전현황 조사 체크리스트

• 체크리스트의 입력예시 (면목 2동 주민센터)



건물 기본정보

건물 주소	서울 중랑구 동일로101길 20-15	소속		작성자	
작성일자	2016 년 02월 02일			연락처	

1. 건물 일반 사항

건물명(ID)	면목2동주민센터			건물 주소	서울 중랑구 동일로101길 20-15
건물의 종도	□단독 주택	□공동 주택	■업무 시설	□판매 시설	□기타( ) 중점이전:
건물의 구조	□목조	□벽돌조	□철골조	■철근콘크리트조	□기타( )
자료 보유 유무	도면		□시방서(재질,공법규준서)	시방서 및 매뉴얼	기타
	□건축도면(평/입/단면도)		□시방서(재질,공법규준서)		□에너지절약계획서
	□전기도면(주 평/전기/계약도)		□시방서(재질,공법규준서)		■ 보유 자료 없음
	□기계도면(평/입/단면,열원공조관련도면)		□시방서(기계설비)		-
	□건축설비도면(피뢰/지붕/바닥/창호 단면상세도)		□배수및위생/전기/제어 상세정보)		-
건축허가년도	년	사용승인년도:	1998 년	법적 열관류율 적용 기준: 건축허가년도	년

건물 개요

층수(단)	층수(단위)	건축면적(m²)	연면적(m²)	용적률(m²)	층고(m)	천정고(m)
3	1	798.8				
체적(m³)	바닥면적(m²)	벽체면적(m²)	외피면적(m²)	최고높이(m)	평면 최장 길이(m)	평면 최장 폭(m)

2. 건물 운영 및 사용자 현황

건물 운영시간	주중	사용시간	(09:00) 부터 ~ (18:00) 까지
		사용 특이 사항	
	주말	사용시간	( ) 부터 ~ ( ) 까지
		사용 특이 사항	주말 건물 미운영
재실자 현황	고정 근무자	재실 패턴	■상시 재실 근무 □많은 외근 근무 □장기투재인원 다수 □기타 ( )
		근무 시간	(09:00) 부터 ~ (18:00) 까지
	외부 출입자	외부 출입자 빈도	□없음 □적음 ■많음
		일일 외부 출입자 수	인 내외

3. 건물 에너지 사용량

월/에너지원	전기(kWh/월)	가스(㎥/월)	등유(ℓ/월)	경유(ℓ/월)	지역냉난방(MW/월)	기타 에너지원	비고
1	6,575						
2	7,563						
3	6,969						
4	5,750						
5	3,654						
6	2,351						
7	2,854						
8	2,901						
9	3,574						
10	3,044						
11	1,983						
12	2,846						
합	50,064						

《그림 1-18》 건물 기본정보 (일부 생략)



외피 사전현황조사 체크리스트

건물 주소	서울 중랑구 동일로101길 20-15	소속		작성자	(인)
작성일자	2016 년 02월 02일			연락처	

1. 일반사항

						비고
건물의 종도	□단독 주택	□공동 주택	■업무 시설	□판매 시설	□기타( )	
건물의 구조	□목조	□벽돌조	□철골조	■철근콘크리트조	□기타( )	
자료 보유 유무	□에너지절약계획서	□시방서(재질, 단열, 창호공사 등)		■없음	□기타( )	
	□건축도면(평/입/단면도)		□상세도면(피뢰/지붕/바닥/창호 단면상세도)			
건축허가년도	년		사용승인년도:	1998 년		법적 열관류율 적용 기준: 건축허가년도

건물 개요

	건축 규모	건축면적(m²)	연면적(m²)	용적률(m²)	층고(m)	
	-	-	798.8	-	-	
	체적(m³)	바닥면적(m²)	벽체면적(m²)	외피면적(m²)	최고높이(m)	

해당 열관류율 (단위: W/m²K)	지역구분	외벽	최상층지붕	최하층바닥	창호	관련 자료 미보유 시, 아래 [참고표] 기준 적용
	■중부□남부□제주					
현행 기준 열관류율 (단위: W/m²K)	상품	외벽	최상층지붕	최하층바닥	창호	건축물의 에너지절약설계기준 (별표1) 참조
		0.270	0.260	0.410	2.100	(2016 년 기준)

개보수년도 및 내용 (단열, 창호, 실내외 마감 등)	1차(년):	-
	2차(년):	-
	3차(년):	-

단열시공법	□내단열	□외단열	□중단열	□기타( )	
외장재의 종류	□타일	□석재	■벽돌	□페널	■기타(드라이비트)
내장재의 종류	□석고보드+페인트	■모르타르+페인트	□벽지	□타일	□기타( )
유리 종류	□일반단층유리	■일반복층유리	□로이복층유리	□기타	
창틀 종류	■금속재 (열교차단재 미적용)	□금속재 (열교차단재 적용)	□플라스틱(PVC 등)	□목재	□기타( )
지붕 형태	■평지붕	□경사지붕	□복합지붕	□기타( )	

건축물의 에너지절약설계기준 별표1 창 및 문의 단열성능 참조

《그림 1-19》 외피 부문 체크리스트 (일부 생략)



사전현황조사 체크리스트 (조명)

건물 주소	서울 중랑구 동일로101길 20-15	소속	0	작성자	0
작성일자	2016 년 02월 02일			연락처	0

1. 일반사항

허가년도	년	사용승인년도:	1998	
자료 보유 유무	□건축도면(평/입/단면도)	□전기도면(주 평/전기/계약도)	■ 보유 자료 없음	
	□시방서(조명/전기/계약)	□에너지절약계획서(조명관련 설계정보)		
조명/전기/제어 등 개보수 년도 및 내용	1차(년): 0			
	2차(년): 0			
	3차(년): 0			
천장의 종류	□상부개방	□라운천장	□기타	
천장재의 종류	□석고보드+페인트	□벽지	□MC	□석재/타일
창틀의 종류	■합금류	□목재류	□형광등	■LED
가구 적용 현황	■책상형	■작업형	□탁상형	□회의테이블
조명개구부형태	□라운개방형	□루버형	□반스형	□기타
조명제어형태	□수동 국부제어	□재실자센서	□조도센서	□디밍제어
조명사용시간	□06:00~09:00	■09:00~12:00	■12:00~18:00	□18:00~24:00

※ 다수 선택 가능

2. 건물 운영 및 사용자 현황

건물 운영시간	주중	사용시간	(09:00) 부터 ~ (18:00) 까지
		사용 특이 사항	0
	주말	사용시간	( ) 부터 ~ ( ) 까지
		사용 특이 사항	주말 건물 미운영
재실자 현황	고정 근무자	재실 패턴	■상시 재실 근무 □많은 외근 근무 □장기투재인원 다수 □기타 ( )
		근무 시간	(09:00) 부터 ~ (18:00) 까지
	외부 출입자	외부 출입자 빈도	□없음 □적음 ■많음
		일일 외부 출입자 수	0 인 내외

《그림 1-20》 조명 및 조명시스템 부문 체크리스트 (일부 생략)



사전현황조사 체크리스트 (열원공조)

건물 주소	서울 중랑구 동일로101길 20-15	소속	0	작성자	0
작성일자	2016 년 02월 02일			연락처	0

1. 일반사항

일반	허가년도	년	사용승인년도:	1998	
	자료 보유 유무	□건축도면(평/입/단면도)	□시방서(기계설비)	■ 보유 자료 없음	
		□기계도면(장비일람/열원공조관련도면)	□에너지절약계획서		
	설치년도 (사용년수)	냉방기기	흡수식냉온수기 (년)	흡수식냉온수기 (년)	EHP/PAC (년)
		냉방기기	터보/흡수식 냉동기 (년)	흡수식냉온수기 (년)	EHP/PAC (년)
		공조 및 기타	공기조화기(AHU) (년)	팬코일유닛 (년)	가계환기설비 (년)
	열원 및 공조 관련 설비 개보수 년도 및 내용	1차(년): 0			
		2차(년): 0			
		3차(년): 0			
열원 설비	난방	난방 열원의 종류	□가스보일러	□가름보일러	□지역난방 ■EHP □기타 ( )
		난방 열원의 용량	( )	□Kcal/h	□kW □기타 ( )
	냉방	냉방 열원의 종류	□터보냉동기	□흡수식냉동기	□재기지에어컨 ■EHP □기타 ( )
		냉방 열원의 용량	( )	□RT	□kW □기타 ( )
공조 시스템	공조시스템의 유형		□정풍량공조기	□변풍량공조기	□팬코일유닛 □복사냉난방 □기타 ( )
열원/공조시스템 용량의 적정성			□건물부하에 만족하는 대응 가능		□건물부하에 만족하는 대응 불가능
기계실			면적 ( ) ㎡	위치	□지하층 □옥상층 □기타 ( ) ■도 기계실 없음

2. 건물 운영 및 사용자 현황

건물 운영시간	주중	사용시간	(09:00) 부터 ~ (18:00) 까지
		사용 특이 사항	0
	주말	사용시간	( ) 부터 ~ ( ) 까지
		사용 특이 사항	주말 건물 미운영
재실자 현황	고정 근무자	재실 패턴	■상시 재실 근무 □많은 외근 근무 □장기투재인원 다수 □기타 ( )
		근무 시간	(09:00) 부터 ~ (18:00) 까지
	외부 출입자	외부 출입자 빈도	□없음 □적음 ■많음
		일일 외부 출입자 수	0 인 내외

《그림 1-21》 열원 및 공조 체크리스트 (일부 생략)

• 체크리스트 활용사례 예시



《그림 1-22》 면목 2동 주민센터

《그림 1-23》 서초 보훈회관

라 Impact Table A 을 활용한 최적조합 툴의 개발

(1) Impact Table A의 요소기술별 정성적 데이터를 활용한 범용 인터페이스 개발

- Impact Table A를 활용한 건축 및 설비 분야의 리모델링 적용기술 항목별 대안 및 제약조건 분석 툴
  - 외피, 온/냉열원, 공조, 조명, 신재생 적용분야별로 요소기술을 분류체계에 따라 대안을 선택하고, Impact Table A상의 정성적 평가항목의 결과와 각 세부기술별 분석을 수행할 수 있도록 구성

(2) 개발 툴의 활용성 및 실행단계 예시

- 분야별로 선택이 가능한 기술 요소 간의 상대적 비교가 가능한 Impact Table A 툴을 활용하여 리모델링 대상 건축물의 정밀현황 조사내역 검토 준비 및 공사
- 시행유형별 전면, 부분, 증축에 따른 주요 결제내역을 개략적으로 미리 체크해 보고 사업성을 판단해 볼 수 있음
  - 1단계 : 건축물의 용도와 면적 등의 기본정보 입력 단계
    - * 건물용도 : 업무시설/소규모 업무시설/공동주택에서 1택
    - * 건물개요 : 건축물 이름/위치/용도/연면적 입력

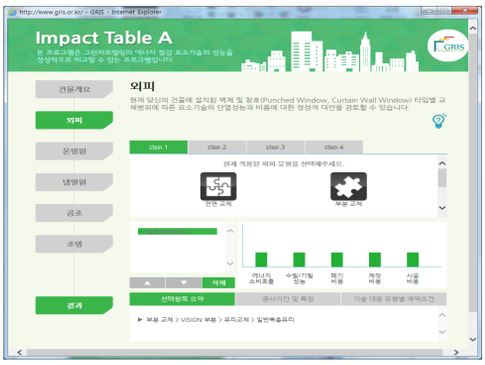


[1단계 예시 - 1] 건물 분류 선택

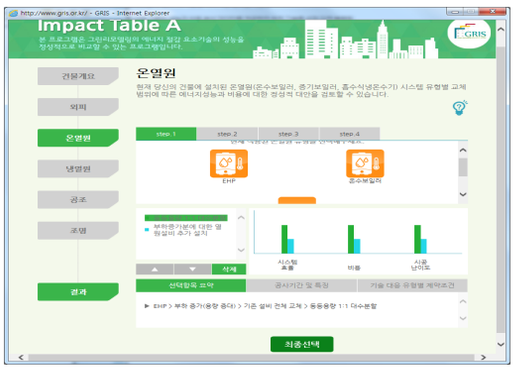


[1단계 예시 - 2] 건물 개요 입력

  - 2단계 : 외피 부문 공사 특성 체크
    - * 1~5차 분류체계에 따라 순차적으로 아이콘을 선택
    - * 각 대안에 대한 그래프가 출력되며, 이를 통해 각 대안의 비교 가능
    - * 사용자의 기호에 따라 최종 대안을 선택
    - * 온열원, 냉열원, 공조, 조명 부문도 동일한 과정으로 진행
  - 3단계 : 온열원 부문 공사 특성 체크

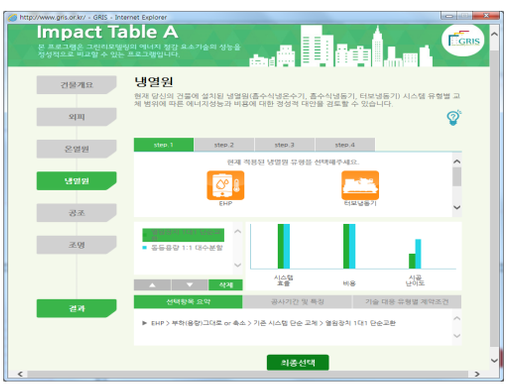


[2단계 예시] 외피정보 입력(일반복층유리)

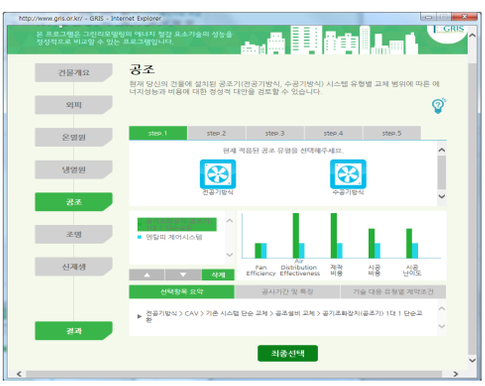


[3단계 예시] 온열원 정보 입력(대수분할 비교)

- 4단계 : 냉열원 부문 공사 특성 체크
- 5단계 : 공조 부문 공사 특성 체크



[3단계 예시] 냉열원 정보 입력(대수분할 비교)



[5단계 예시] 공조 정보 입력(1 : 1단순교환, 엔탈피제어비교)

- 6단계 : 조명 부문 공사 특성 체크
- 7단계 : 최종선택 종합결과 출력 단계



[6단계 예시] 조명 정보 입력(형광등, LED 비교)



[7단계 예시] 최종 결과 요약(외피, 온열원 등)

마 Impact Table B을 활용한 최적조합 툴의 개발

(1) Impact Table B의 요소기술별 정성적 데이터를 활용한 범용 인터페이스 개발

- 레퍼런스 모델 기준, 에너지 성능 분석치를 대입한 Impact Table B 활용 에너지 성능/비용 비교분석 툴
  - 적용분야별로 요소기술을 분류체계에 따라 대안을 선택하고, Impact Table B상의 정성적 평가항목의 결과와 각 세부기술별 비교분석을 수행할 수 있도록 구성

(2) 개발 툴의 활용성 및 실행단계 예시

- 표준 모델의 정량적 분석 결과 수치를 사용자 입력정보와 매칭시켜 적용기술 조합별로 예상 개선성능과 소요비용(효율)의 수치와 함께 ROI를 분석하여 상대비교 방식으로 평가하고, 외피에서 설비 시스템까지의 분야별 요소기술의 최적 조합(대안)을 도출
  - 1단계 : 건축물의 용도와 면적 등의 기본정보 입력 단계



그림 1-24 [1단계 예시] 건축물의 용도와 면적 등의 기본정보 입력 단계

  - 2~6단계 : 에너지 저감 요소기술 입력정보(비용/성능 정보) 사용자 선택 단계 (외피, 온열원, 냉열원, 공조, 조명 부문 아이템 선택)



그림 1-25 [2단계 예시] 비용/성능 정보 사용자 선택 단계 中 조명 부문 적용기술 선택

– 7단계 : 사용자가 선택한 기술조합에 따른 대안별 비교평가 계산 및 표시 단계

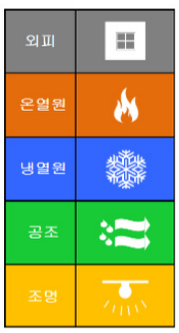
시스템 분야별 최종 선택 아이템

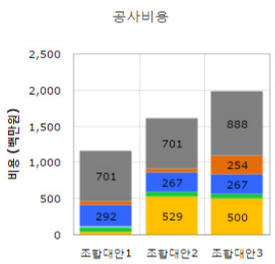
Impact Table A

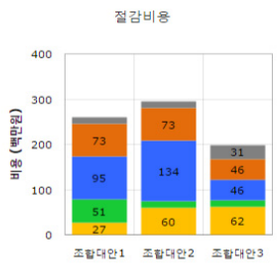
건축물 기본정보

건물명	강남빌딩
소재지	강남
위치	서울
용도	업무시설
규모 (지상층)	12
규모 (지하층)	3
연면적 (㎡)	25000
사용시간 (hr)	9

조합대안 비교 분석







회수기간(년)		
4	5	10

에너지절감율(%)		
33	38	25

조합대안별 분석결과

조합 대안1

	에너지 절감율 (%)	에너지 절감비용 (원)	초기 투자비용 (원)
총계	33	261,000,000	1,161,000,000
회수기간(년)		4	
외피	2	15,000,000	701,000,000
온열원	9	73,000,000	54,000,000
냉열원	12	95,000,000	292,000,000
공조	7	51,000,000	70,000,000
조명	3	27,000,000	44,000,000

조합 대안2

	에너지 절감율 (%)	에너지 절감비용 (원)	초기 투자비용 (원)
총계	38	296,000,000	1,621,000,000
회수기간(년)		5	
외피	2	15,000,000	701,000,000
온열원	9	73,000,000	54,000,000
냉열원	17	134,000,000	267,000,000
공조	2	14,000,000	70,000,000
조명	8	60,000,000	529,000,000

조합 대안3

	에너지 절감율 (%)	에너지 절감비용 (원)	초기 투자비용 (원)
총계	25	199,000,000	1,979,000,000
회수기간(년)		10	
외피	4	31,000,000	888,000,000
온열원	6	46,000,000	254,000,000
냉열원	6	46,000,000	267,000,000
공조	2	14,000,000	70,000,000
조명	8	62,000,000	500,000,000

조합대안별 선정아이템

		외피	온열원	냉열원	공조	조명
조합 대안1	1단계	Punched Window Type	온수보일러	터보냉동기	전공기방식	형광등 조명기구(T8 FL 2/32W)
	2단계	부분교체	부하 (용량)그대로 or 축소	부하 (용량)그대로 or 축소	CAV	전정 매입형 등기구
	3단계	Vision부분	기존 시스템 단순 교체	기존 시스템 단순 교체	부하 (용량)그대로 or 축소	기존 등기구 부분 교체
	4단계	기존 프레임 유지	열원장치 1대1 단순교환	열원장치 1대1 단순교환	기존 시스템 단순 교체	램프 교체
	5단계	일반복층유리			공기조화장치(공조기) 1대 1 단순교환	고효율 형광등 램프 교체 (FL 2/29W)
조합 대안2	1단계	Punched Window Type	온수보일러	흡수식냉동기	수공기방식	형광등 조명기구(T8 FL 2/80W)
	2단계	부분교체	부하 (용량)그대로 or 축소	부하 증가 (용량 증대)	VAV + FCU	팬던트형 등기구
	3단계	Vision부분	기존 시스템 단순 교체	시스템 변경	부하 증가 (용량 증대)	기존 등기구 전면 교체
	4단계	기존 프레임 유지	열원장치 1대1 단순교환	전체교체 : 빙축열시스템	시스템 변경	팬던트형-직간접(direct-indirect) 등기구 교체
	5단계	일반복층유리			외기전담시스템(DOAS)+Fan Coil Unit 개별제어	고효율 등기구 일체형 LED 직간접 등기구 교체
조합 대안3	1단계	Punched Window Type	증기보일러	흡수식냉동기	수공기방식	형광등 조명기구(T8 FL 2/78W)
	2단계	부분교체	부하 증가 (용량 증대)	부하 증가 (용량 증대)	VAV + FCU	팬던트형 등기구
	3단계	차양	시스템 변경	시스템 변경	부하 증가 (용량 증대)	기존 등기구 전면 교체
	4단계	(기존)내부차양	전체교체 : 흡수식냉온수기	전체교체 : 흡수식냉온수기	시스템 변경	팬던트형-직접(direct) 등기구 교체
	5단계	내부차양교체-3(롤블라인드 고가)			외기전담시스템(DOAS)+Fan Coil Unit 개별제어	고효율 등기구 일체형 LED 직접 등기구 교체

그림 1-26 [3단계 예시] 기술조합에 따른 대안별 비교평가 계산 및 표시 단계 예시

바 Impact Table 활용 프로세스



(1) Impact Table A 활용 프로세스

- 초기 기획단계에서 기술요소에 대한 정성적 판단 이후 리모델링 범위 선행판단
- 기술분류 현황체크 > 제약조건 검토 > 적용성능 설정 > 비용 및 시공성 체크 > 비용효율적 목표 설정 순으로 진행

(2) Impact Table B 활용 프로세스

- 계획 단계에서 적용기술에 따른 에너지 소비량 및 비용 예측 후 아이템 선정
- 기술분류 현황체크 > 에너지 성능 검토 > 에너지 소비량(절감량 설정) > 자재 및 공사비용 검토 > 최적성능개선 대안설정

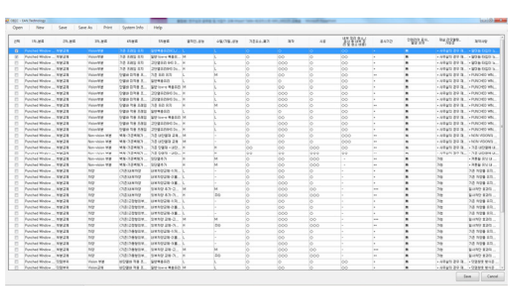
사 최적조합 툴 웹버전 확장 개발 및 종합정보시스템 연계가동

(1) 그린리모델링 적용 요소 기술별 최적조합 도출 툴 웹버전 확장개발

- Impact Table A 최적 조합 도출 툴 (GRIS)
  - 정성적 평가 결과를 도출하는 일련의 프로세스를 직관적으로 변경/개선
  - 리모델링을 위한 용도, 규모, 제약조건 사전체크 평가기준 업데이트
  - 효율, 성능, 비용을 3단계(상/중/하)로 간략화한 체계 재구성 및 구성방식의 사용용이성 확보를 통한 작업 효율성 강화

	Impact Table A 활용툴 : 기존 개발 독립실행 버전	Impact Table A 활용툴 : 확장 개발 웹 버전
예시 화면		
건물 개요	건물 명칭, 위치, 용도, 연면적 직접 입력 –〉 메인화면 UI 사용자 편의성 증진	
아이템 선택	1–5단계의 분류체계를 따라 순차적으로 아이콘 선택. 대안 선택의 의사결정을 돕기 위해 그래프로 결과가 출력되도록 Impact Table A 활용 단계별 페이지의 화면구성을 직관적으로 개선	
결과	결과화면 출력. 웹버전의 경우 건물의 개요도 함께 출력되며, 건물개요의 수정과 불필요한 대안의 삭제가 용이하도록 UI가 구성. 또한 해당 내용을 보고서로 출력할 수 있는 인쇄 기능 추가	

- Impact Table B 최적 조합 도출 툴(OECC)
  - 정량적 평가 결과를 도출하는 일련의 프로세스를 직관적으로 변경/개선
  - 사용자의 편의성을 고려한 데이터 입력 인터페이스 변경
  - 공사비용 및 절감비용 데이터 추가 업데이트
  - 순차적으로 흐르는 튜토리얼 방식의 입력과정을 채용하여 비전문가의 이해도 향상

	Impact Table B 활용툴 : 기존 개발 독립실행 버전	Impact Table B 활용툴 : 확장 개발 웹 버전
예시 화면		
건물 개요	건물개요를 직접 입력하는 방식에서 바를 통해 조절/선택하는 방식으로 UI를 변경, 인터렉티브한 데이터 입력방식으로 사용자 편의성 증진	
아이템 선택	대안 리스트에서 대안을 직접 선택방식에서, 1–5단계의 분류체계를 따라 순차적으로 아이콘 선택하는 방식으로 변경. 튜토리얼 스타일 채용으로 비전문가의 툴에 대한 이해도 향상	
결과	건물의 개요, 대안별 수치와 비교그래프 출력. 공사비용 및 절감비용의 업데이트를 통해 대안비교를 통한 신속한 의사결정	

■ 2세부 : CO2 절감을 위한 기존건축물 성능평가 방법론 및 M&V 방안

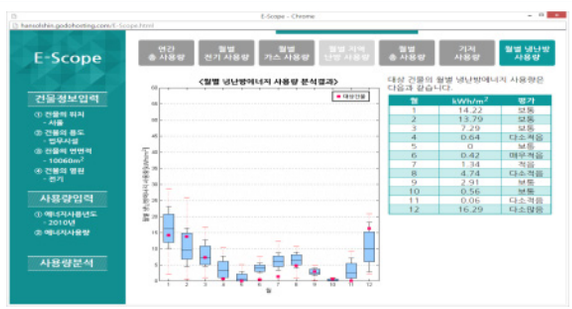
• 세부연구목표

1. 유사건물 간 에너지 소비량 비교를 이용한 에너지 소비 현황 간이진단 방법 및 툴 개발 (E-Scope)
2. 규범적 에너지 모델 및 모델 보정 기법을 이용한 에너지 사용량 평가 방법 및 툴 개발 (E-Ray)
3. 기존건축물 에너지 사용설비의 운영자료 기반 용도별 에너지사용량 관리·평가 툴 개발

• 주요 연구내용 및 성과물

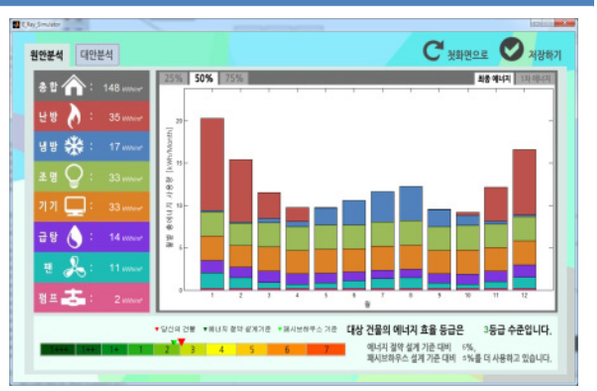
1. 유사건물 간 에너지 소비량 비교를 이용한 에너지소비 현황 간이진단 방법 및 툴 개발

- 상대 비교에 필요한 유사 건물의 에너지 사용량 데이터베이스 구축
- 건물 에너지 소비량에 영향을 미치는 인자에 대한 분석을 통한 유사 건물군 분류
- 월별 에너지 사용량 패턴을 이용한 계절적, 비계절적 에너지 소비 현황 분리 분석
- 데이터 기반 에너지 사용량 간이 진단 방법
- 웹기반 간이평가 툴 개발



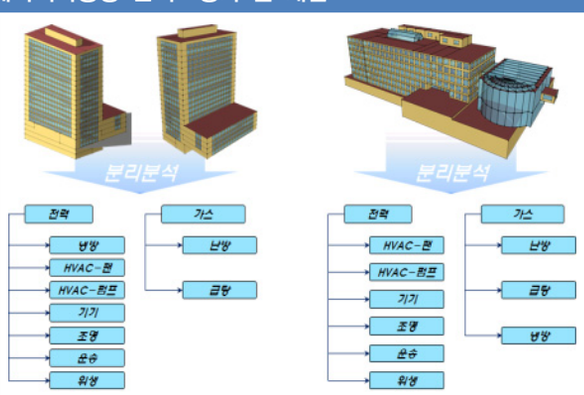
2. 규범적 에너지 모델 및 모델 보정 기법을 이용한 에너지 사용량 평가 방법 및 툴 개발

- ISO 13790 기반의 건물 에너지 모델 구축
- 확률적 보정 기법 적용으로 에너지 모델 예측 정확성 향상
- 민감도 분석, 불확실성 분석 및 베이지안 보정 자동화
- 규범적 모델과 모델 보정 기법을 적용한 기존 건축물 에너지 사용량 평가 방법 개발
- 모델 기반 에너지 사용량 평가 툴 구축



3. 기존건축물 에너지 사용설비의 운영자료 기반 용도별 에너지사용량 관리·평가 툴 개발

- 에너지 사용설비 일일 운영현황 입력 및 저장 가능 입력파일 및 UI 개선
- 시범사업 건물 대상 적용성 평가 연구보고서 작성
- 시범사업 건물 평가 사례 이용 사용자 매뉴얼 제작



1 유사건물 간 에너지소비량 비교를 통한 에너지소비 현황 간이진단 방법 및 툴(E-Scope) 개발

가 건축물 에너지 사용량 데이터베이스 구축

(1) 연구내용

㈎ 건축데이터 민간개방 시스템의 월별 에너지 사용량 DB화 및 사용 패턴 분석

- 관련 사업 활성화를 지원하기 위한 공공데이터 개방 서비스(그림 2-1)로서, 시스템에서 제공하는 데이터는 누구나 이용 가능하며 영리 목적의 이용을 포함한 자유로운 활용이 보장됨(http : //open.eais.go.kr/)
- 건축데이터 민간개방 시스템의 월별 전기, 도시가스 에너지 사용량 자료 및 건축물대장(표제부) 자료 취합
- 전국 주요 도시(서울시, 인천시, 대전시, 대구시, 광주시, 울산시, 부산시)의 5개년도(2011, 2012, 2013, 2014, 2015년) 건물 정보 및 에너지 사용량 데이터 수집

(2) 연구결과

㈎ 건축데이터 민간개방 시스템의 데이터 DB화 결과

- 월별 에너지 사용량 데이터(전기, 가스)에는 대지위치(주소), 사용년월, 대지위치(주소)가 포함되어 있음(데이터에서 대지위치 혹은 에너지 사용량 정보가 누락된 건물은 제외함)
- 건축데이터 민간개방 시스템의 데이터에 포함되지 않는 정보들(연면적, 주용도명, 기타 용도명, 세대수, 가구수, 층수 및 사용승인일 등)을 DB에 추가하기 위해, 건축물 대장 데이터를 활용함
- 본 연구에서는 건축데이터 민간개방 시스템 데이터와 건축물대장에 포함된 데이터를 결합하여 그림 2-2와 같이 건물 에너지 사용량 DB를 구축함(데이터에서 대지위치 혹은 연면적 정보가 누락된 경우는 제외함)
- 본 연구에서 재구성한 DB는 월별 사용량 벤치마킹과 연간 총 에너지 사용량 벤치마킹에 활용됨

나 건물 용도별 동료 건물군 분류

(1) 연구내용

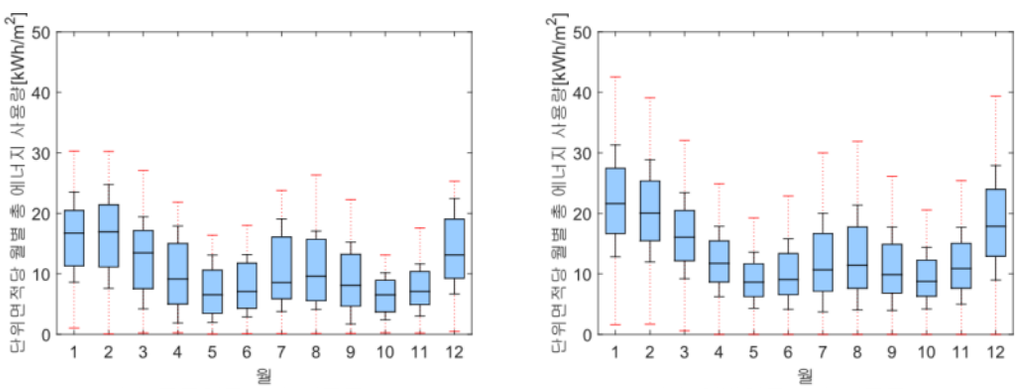
㈎ 업무용 건물의 동료 건물군 분류 기준 선정

- 에너지 사용량 DB에 포함된 정보 중에서 업무용 건물의 에너지 사용량에 영향을 미치는 인자를 분석하고, 이를 기준으로 동료 건물군 분류

(2) 연구결과

㈎ 업무시설 에너지 사용량 DB 분석 및 동료 건물군 분류 결과

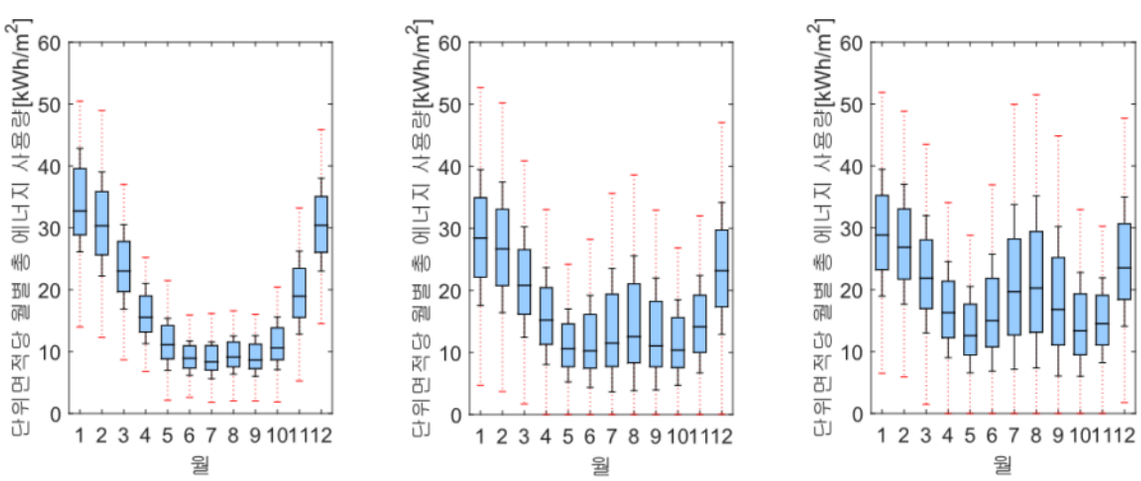
- 기존 문헌을 참고하여, 기후와 건물 유형을 분류 기준으로 선정함
- DB의 통계 분석 결과를 이용하여, 연면적과 냉동기 열원 종류(냉방 에너지원)를 분류 기준으로 추가함
- 동료 건물군 분류 기준 및 분류 결과
  - 건물 유형 : 공공 업무시설과 일반 업무시설로 분류. 월별 에너지 사용량 패턴 차이는 그림 2-1와 같음



(a) 공공업무시설 건물군 (b) 일반업무시설 건물군

《 그림 2-1 》 공공 및 일반 업무시설의 월별 에너지 사용량

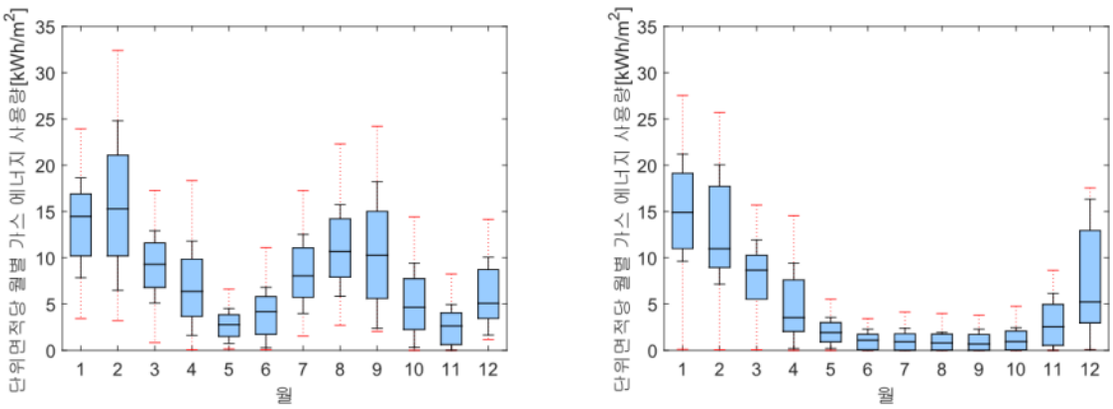
  - 지역 및 사용년도 : 에너지 사용 패턴은 기후의 영향을 받으므로, 에너지 사용년도와 건물 위치에 따라 건물군 구분
  - 연면적 : 에너지 절약 설계기준에 따라 소형건물(500-3,000m^2 미만), 대형건물(3,000m^2 이상)로 구분. 소형 건물의 경우 냉방 에너지 사용량이 적고, 대형건물의 경우 냉방 에너지 사용량이 증가하는 추세를 보임 (그림 2-2)



(a) 500m^2 미만 건물군 (b)소형 건물군 (c)대형 건물군

《 그림 2-2 》 면적별 단위면적당 에너지 사용량

– 가스 에너지 사용 패턴 : 흡수식 냉동기를 사용하는 건물은 여름철(7, 8월) 가스 사용량이 증가하는 패턴을 이용하여 냉동기 열원 추정. 냉동기 열원에 따라 흡수식 냉동기 사용 건물군과 터보 냉동기 사용 건물군으로 분류 (그림 2-3).



(a) 흡수식 냉동기 건물군 (b) 터보 냉동기 건물군

그림 2-3 냉동기 열원에 따라 구분한 건물군의 에너지 사용패턴

다 건물 에너지 사용량 벤치마킹을 통한 에너지소비 현황 간이진단 방법 및 툴 개발

(1) 연구내용

㈎ 벤치마킹 평가 기준 정립 및 분석 결과 가시화

- 해당 건물의 에너지 사용량 수준을 동료 건물군의 에너지 사용량과 비교하여, 상대적 에너지 사용량 수준 파악 및 평가 기준 정립
- 벤치마킹 결과를 비전문가도 쉽게 이해 가능하도록 데이터 분포 가시화 방법인 박스플롯을 이용하여 분석 결과 표현

㈏ 사용자 편의성 및 접근성 향상을 위한 프로그램(E-Scope) 개발

- 사용성 및 편의성 증대를 위해 웹 기반의 프로그램 개발

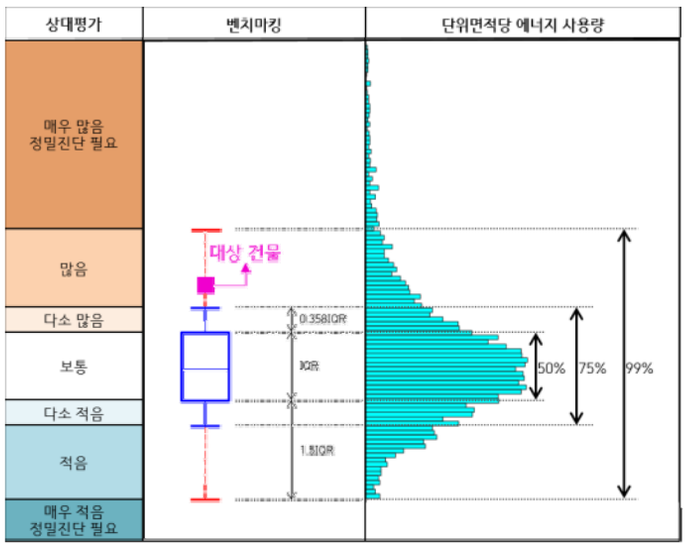
(2) 연구결과

㈎ 박스 플롯을 이용한 벤치마킹 결과 가시화

- 월별 에너지 사용량 데이터를 이용하여, 계절적 에너지 사용과 관련된 특징을 분명히 관찰할 수 있음 (기존 벤치마킹 방법과의 차별성)
- 동료 건물군의 월별 에너지 사용량을 바탕으로, 분석 대상 건물의 벤치마킹 결과가 박스플롯으로 표현됨
  – 박스플롯은 자료 분포를 가시화하는 방법으로, 그림 2-4의 분홍색 네모(■)는 분석 대상 건물의 위치를 의미함
- 본 연구에서 사용하는 박스플롯은 표본 99%를 포함하는 1.5IQR(그림 2-4)의 빨간 박스플롯)과 표본 75%를 포함하는 0.358IQR(그림 2-4의 파란 박스플롯)을 출력

- IQR(Inter Quartile Range) : 박스플롯 상하 경계(1, 3사분위)의 거리를 의미

• 정성적 상대평가 결과는 '매우 많음'부터 '매우 적음'까지 7단계로 나뉨



《 그림 2-4 》 박스플롯을 이용한 에너지 사용량 벤치마킹

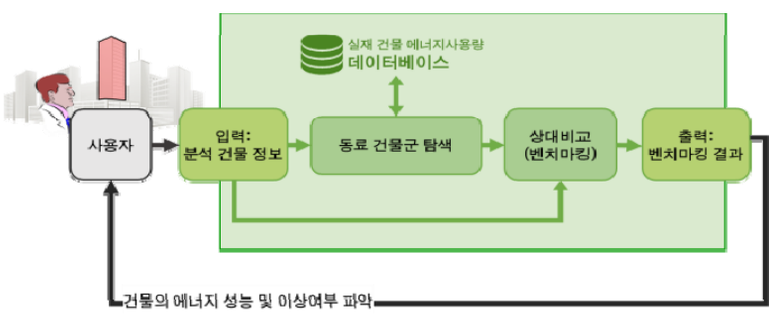
㈏ 웹 기반 E-Scope 개발

• 웹 기반 E-Scope는 다섯 종류의 정보만을 이용하여, 데이터베이스에서 동료 건물군을 찾고, 이를 이용하여 벤치마킹 결과를 보여줌

- 건물 위치: 지역별 구분 용도
- 건물 용도: 일반업무시설, 공공업무시설, 공동주택 구분
- 연면적: 면적당 에너지 사용량 계산 및 면적별 구분
- 에너지 사용년도: 연도별 구분
- 월별 사용량 (전기/가스): 에너지 사용 패턴 파악 및 상대 비교

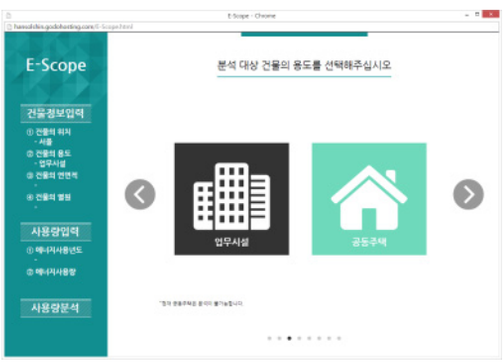
• E-Scope 구동 절차(그림 2-5)

- 1단계 : 표 2.2.2의 정보를 입력
- 2단계 : 건물 에너지사용량 DB에서 분석 건물의 동료 건물군 탐색
- 3단계 : 벤치마킹 결과 출력 (박스플롯 형태)

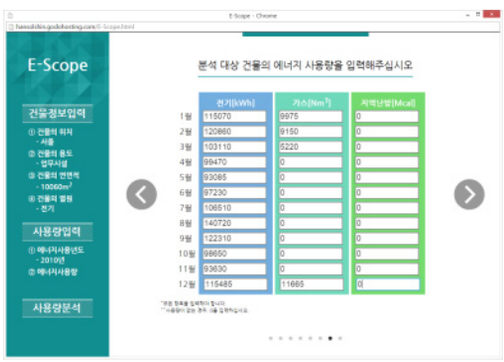


《 그림 2-5 》 E-Scope 구동 절차

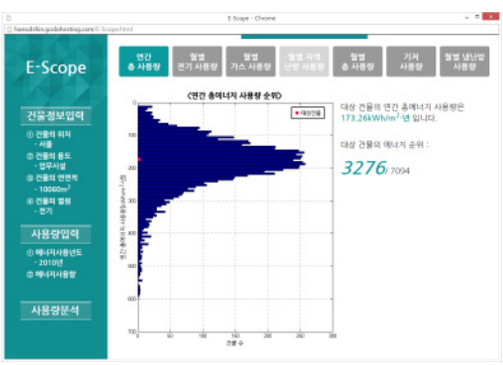
• 웹 기반 E-Scope 주소 : http : //www.gris.or.kr/E-Scope/E-Scope.html
• 사용자 인터페이스 구성
  – 정보 입력 화면(그림 2-6(a), (b)) : 정보 입력은 우측 화면에서 이루어지며, 좌측 메뉴를 통해 해당 입력화면으로 빠른 이동 가능
  – 분석 결과 표시 화면(그림 2-6(c), (d)) : 상단 탭을 통해 결과 화면 이동 가능. 좌측 메뉴를 통해 정보 입력 화면으로 이동 가능



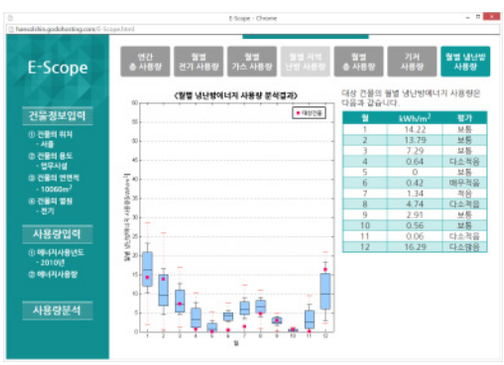
(a) 입력 : 건물 용도 선택



(b) 입력 : 에너지 사용량 입력



(c) 결과 : 연간 총 사용량



(d) 결과 : 월별 냉난방에너지 사용량

그림 2-6 웹 기반 E-Scope 정보 입력 인터페이스 및 벤치마킹 결과 인터페이스

2 규범적 에너지 모델 및 모델 보정 기법을 이용한 에너지 사용량 평가 방법 및 툴 개발

가 건물 에너지 모델 및 모델 보정 기법 선정

(1) 연구 내용

㈎ 기존 건축물 에너지 사용량 평가 방법 선정

- 현재 사용되는 건물 에너지 사용량 평가 방법 분석
- 그린리모델링 시장 활성화 관점에서 기존 건축물 에너지 사용량 평가에 적합한 방법 선정

㈏ 건물 에너지 모델 조사

- 규범적 에너지 모델과 동적 시뮬레이션 툴 비교
- 기존 건축물 에너지 사용량 평가 방법에 요구되는 특징 검토

㈐ 건물 에너지 모델 보정 기법 조사

- 준공 후 시간이 경과하면, 도면상의 정보가 없는 경우가 많고, 설비 기기의 노후화로 인해, 건물 에너지 입력 변수가 실제와 다른 값을 가지는 경우가 많음
- 따라서 기존 건축물은 모든 입력 변수들을 정확히 알 수 없음
- 모델 예측과 실제 에너지 사용량 사이의 오차를 최소화하기 위한 모델 보정 과정이 필요함

(2) 연구 결과

㈎ 건물 에너지 모델 비교 결과

- 건물 에너지 해석은 해석 알고리즘에 따라 동적 시뮬레이션 방법(Dynamic simulation method)과 규범적 계산 방법 (Normative calculation method)으로 구분됨
  - 동적 시뮬레이션 방법 : 수많은 입력 변수를 요구하고, 정확한 분석 결과를 얻기 위해서는 전문가의 개입이 필수적임. 또한 모델의 불확실성이 증대되는 단점이 있음
  - ISO 13790 기반의 규범적 계산 방법 : 거시적 차원의 에너지 흐름을 대수식 기반으로 계산. 입력 조건이 단순하고 간편하여 입출력 사이의 상호관계를 직관적으로 이해하기가 쉽고, 불확실성이 적다는 장점이 있으나, 복잡한 건물 또는 시스템의 동특성을 정확히 설명할 수 있는 단점이 있음
- 본 연구 목적에 적합한 모델 선정하기 위해 성능 평가 방법이 가져야 할 특징들을 검토한 결과, ISO 13790 기반의 규범적 에너지 모델이 적합한 것으로 판단됨

㈐ 건물 에너지 모델 보정 방법 조사 결과

- 건물 에너지 모델 보정에 사용되는 방법은 표 2.2.3와 같음

표 2-1 시뮬레이션 모델 보정 방법

구분	설명
시행착오법(trial and error)	입력 변수를 조금씩 변경해 보면서, 모델의 예측값과 실제값과간의 오차를 줄이는 경우를 찾는 방법
결정적 방법(deterministic)	최적화 알고리즘을 이용하여 입력 변수를 단일값으로 추정하는 방법
확률적 방법 (stochastic)	입력 변수를 확률 모형으로 가정하고, 입력 변수의 확률 분포 특성(평균, 편차)을 추정하는 방법. 모델의 결과도 확률분포로 계산됨. 보정 방법 중에서, 가장 난해하고 복잡함.

- 시행착오법 : 단순하고 쉽게 사용할 수 있으나, 분석가의 주관적 판단 및 경험에 매우 의존적이며, 수많은 반복 수행을 요구하므로 노력과 시간이 많이 소요됨
- 결정적 방법 : 미지변수는 수학적 알고리즘에 따라 자동으로 추정되나, 목적함수를 최소화하는 단 하나의 입력 변수 집합을 구하므로 입력 변수의 확률적 특성을 고려하지 못함
- 확률적 보정 : 모델 입력변수의 불확실성을 고려할 수 있으며, 대표적 기법으로는 베이지안 보정(Bayesian calibration)이 있음

• 그린리모델링 과정에서 건물 에너지 모델의 입력 변수들은 정확히 알기 어렵고, 일부 변수들은 확률적 특성이 강하므로, 본 연구에서는 확률적 보정 방법(베이지안 보정)을 적용함

나 기존 건축물 에너지 사용량 평가 방법(E-Ray) 개발

(1) 연구 내용

㈎ ISO 13790 기반의 건물 에너지 모델 구축

• ISO 13790 기반 건물 에너지 사용량 계산 방법은 투명하고 객관적인 건물 에너지 등급 평가의 필요에 따라 개발된 CEN(European Committee for Standardization) 가이드라인임
• E-Ray에서 사용되는 민감도 분석, 불확실성 분석 및 베이지안 보정은 많은 연산 시간이 필요하기 때문에 분석시간 단축 필요

㈏ 민감도 분석 및 불확실성 분석

• 모든 미지 입력변수를 추정하는 것은 많은 시간과 노력이 소모되므로, 민감도 분석을 실시하여 에너지 사용량에 영향이 큰 변수를 선별, 보정대상으로 선정함
• 기존건축물은 신축 건물과 달리, 재실인원, 조명발열, 기기발열 등 과 같은 입력변수가 상당히 불확실하며 확률적 특성이 강함. 이러한 기존 건축물의 특성을 효과적으로 고려하기 위해 확률적 에너지 사용량 분석이 필요함

- 현재 사용되는 결정적 접근은 입력변수의 불확실성을 고려하지 못하고, 단일값을 이용한 해석 결과는 동일한 건물에 대해서도 상이한 결과를 도출할 수 있는 문제가 존재함 (시뮬레이션 수행자의 주관적 판단이 개입할 여지가 있음)

㈐ 베이지안 방법을 이용한 에너지 모델 보정

- 베이지안 보정은 베이즈 이론(Bayes' theorem)을 이용한 보정 기법으로, 이를 활용하면, 측정 데이터를 이용하여 불확실 입력 변수의 사후 확률 분포를 추정할 수 있음
- 본 연구에서는 베이지안 보정 방법을 이용하여 ISO 13790 기반의 에너지 모델을 보정함. 이를 통해 입력 변수의 불확실성을 고려할 수 있고, 에너지 모델의 예측 정확성도 향상시킬 수 있음

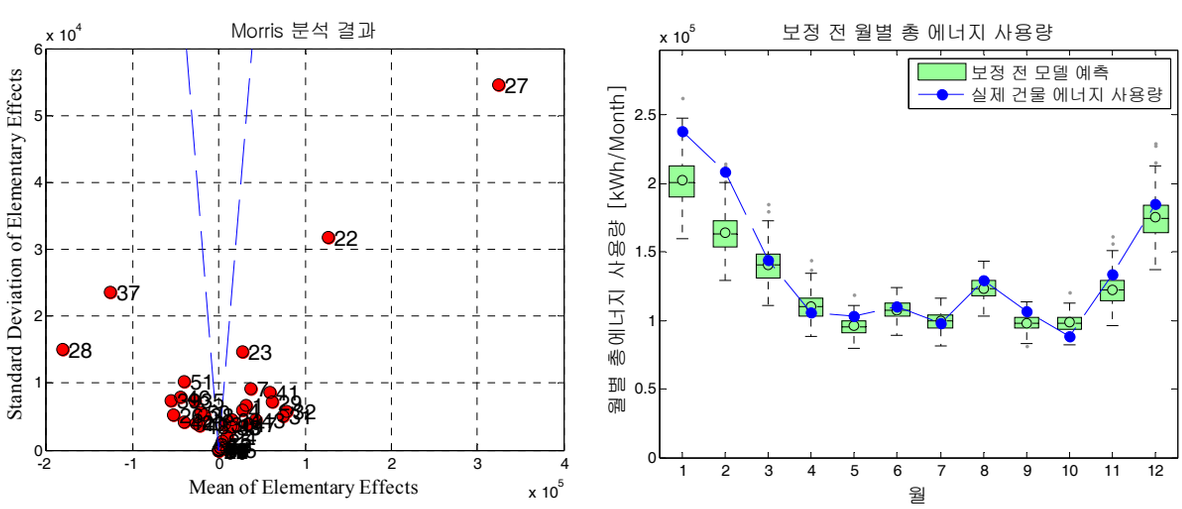
(2) 연구 결과

㈎ 건물 에너지 모델 구축 결과

- 신속한 에너지 사용량 평가를 위하여 계산 반복횟수가 상대적으로 적은 월별 계산법을 적용함

㈏ 민감도 분석 및 불확실성 분석 기능 구현

- 본 연구에서는 Morris 방법을 이용하여 민감도 분석 수행 (그림 2-7)
  - 가로축은 각 입력 변수의 변화에 따른 모델 출력값의 평균 변화량으로, 원점(0,0)에서 멀수록 민감도가 큰 변수임
- 불확실성 분석은 몬테카를로 시뮬레이션 방법 이용 (그림 2-7)



(a) 민감도 분석 예시 (Morris 방법)

(b) 불확실성 분석 예시 (시범 건물)

그림 2-7 민감도 및 불확실성 분석 결과 예시

㈐ 베이지안 방법을 이용한 에너지 모델 보정

• 식 2.2.1의 베이즈 이론을 기반으로 한 확률적 모델 기법으로, 본 연구에서는 ISO 13790 기반의 규범적 에너지 모델의 불확실 입력변수를 추정하기 위해 적용

$$p(\theta|y) = \frac{p(y|\theta)p(\theta)}{p(y)} \qquad \text{(식 2.2.1)}$$

여기서, θ : 불확실 매개변수
y : 측정 데이터
$p(y|\theta)$: 우도함수(Likelihood function)
$p(\theta)$: θ의 사전확률분포
$p(y)$: 정규화 상수
$p(\theta|y)$: θ의 사후확률분포

• 에너지 모델 입력변수의 확률적 특성을 고려할 수 있고, 모델의 정확성을 증가시킬 수 있음
• E-Ray에서 베이지안 보정은 그림 2-8과 같이 수행됨

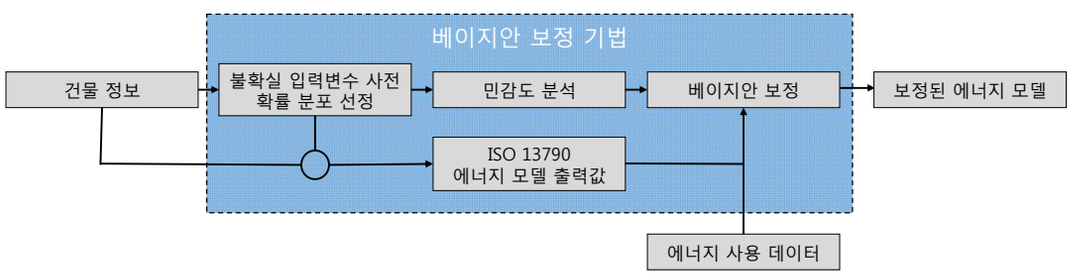


그림 2-8 베이지안 보정 과정

• 베이지안 보정 결과
– 불확실 입력 변수 보정 결과(그림 2-9) : 사후분포 형태가 사전분포보다 좁아지며, 이는 각 입력 변수들의 불확실성이 감소함을 의미함

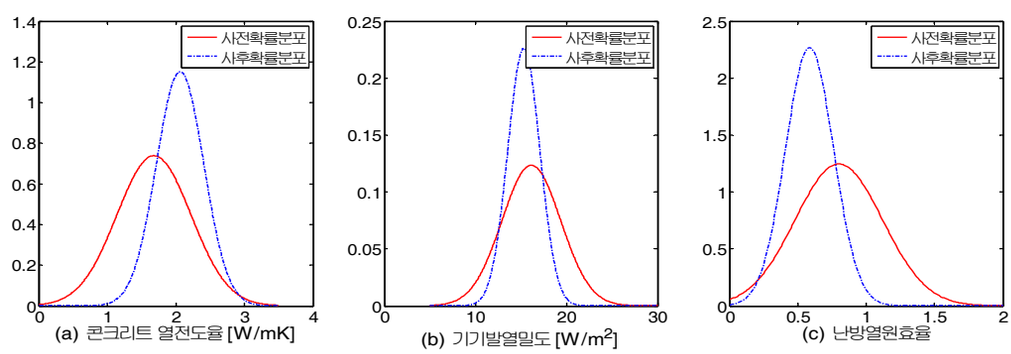
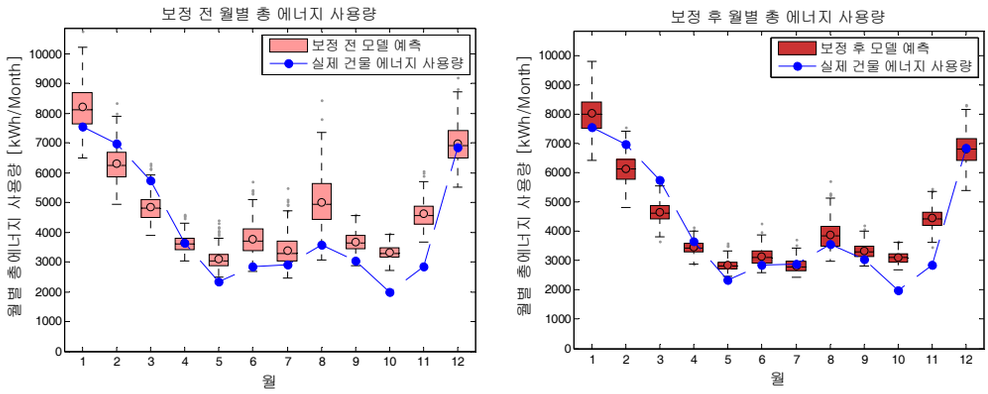


그림 2-9 베이지안 보정 결과 예시 - 불확실 입력 변수의 사전, 사후 확률분포

– 에너지 모델 보정 결과 : 입력 변수들의 불확실성이 감소하면서 에너지 모델의 불확

실성이 줄어들며(박스플롯 길이 감소), 보정 전 보다 실측 데이터에 가까운 예측값을 도출함



(a) 보정 전 에너지 월별 사용량 (b) 보정 전 에너지 월별 사용량

《 그림 2-10 》 월별 에너지 사용량의 베이지안 보정 전후 비교

다 에너지 사용량 평가 자동화 툴(E-Ray) 개발

(1) 연구 내용

- 본 연구에서 사용된 민감도 분석, 불확실성 분석 및 베이지안 보정은 일반인이 직접 사용하기 매우 어려움
- 본 연구의 결과물을 보다 쉽게 활용할 수 있도록 자동 분석 툴 개발이 필요함

(2) 연구 결과

㈎ 엑셀 기반의 입력 파일 구성

- 입력 파일은 다수의 일반 사용자에게 익숙한 입력 환경을 제공하기 위해 엑셀 sheet 선택
- 도면, 지도정보 및 사전조사현황 보고서 등을 이용하여 건물정보 입력
- 에너지 요금 고지서에 표시된 에너지 사용량을 입력하면, 프로그램 내에서 자동으로 kWh단위로 환산하여 베이지안 보정 시 사용



《 그림 2-11 》 엑셀 기반 입력파일

㈏ 대안 분석 기능

- 대안 분석 화면을 통해 그린리모델링 설계안 분석 수행 가능
- 기존 건축물 에너지 절감에 유의한 변수를 선별하여 그린리모델링 대안으로 제시(그림 2-12)
- 적용을 원하는 그린리모델링 요소를 선택하여 대안 입력
- 그린리모델링 설계안의 분석 결과를 참고하여 입력변수 변경 및 분석 재실행
- 분석결과를 엑셀 입력파일에 저장하여 엑셀파일 상에서도 분석 결과 확인 가능

㈐ 사용자 인터페이스 (GUI) 구성

- 사용자가 입력 파일만 선택하면, 이후의 과정(민감도 분석, 불확실성 분석 및 베이지안 보정 등)은 모두 툴 내부에서 자동으로 실행됨
- 월별 에너지 사용량 그래프에서 용도별 에너지 사용량 비중 확인 가능
- 월별 에너지 사용량 그래프 상단에 위치한 버튼을 통해 에너지 사용량 분석 결과의 1분위(25%), 2분위(50%), 3분위(75%)에 해당하는 결과 확인 가능



《 그림 2-12 》 원안 분석 화면



《 그림 2-13 》 대안 분석 화면

3 기존건축물 에너지 사용설비의 운영자료 기반 용도별(난방, 냉방, 급탕, 조명, 반송 등) 에너지사용량 관리·평가 툴 개발 (E-Spectrum)

가 용도별 에너지사용량 관리·평가 파라미터 트리 정립

(1) 연구내용

㈎ 용도별 에너지사용량 관리·평가 방안 도출

- 기존건축물에서 사용되는 에너지의 용도별 관리·평가 방법 검토
- 건물 운영관리자를 고려한 용도별 에너지사용량 관리·평가 체계 정립

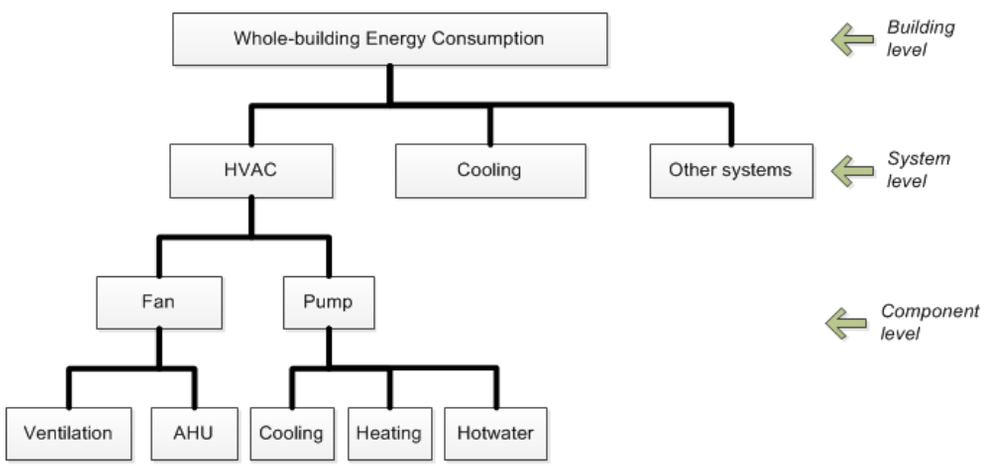


그림 2-15 건물 운영관리자 고려 용도별 에너지사용량 분류 방안

㈏ 용도별 에너지사용량 관리·평가 파라미터 트리 정립

- 용도별 에너지사용량 관리·평가를 위한 에너지 사용시설의 요구정보 분석
- 에너지 사용시설의 운영 및 성능 자료 기반 입력 파라미터 트리 정립

표 2-2 에너지 사용시설의 요구정보

1. 냉방기기 – 냉동기 유형/용량, 부분부하율 – 냉수 유량, 냉각수 유량, 펌프 용량	2. 난방기기공조면적 – 보일러 타입/용량, 작동순서, 제어방법 – 온수유량(변유량/정유량), 펌프 용량
3 조명 – 조명기구 유형/개수, 기존 조명기구 기록 – 제어방안(제어센서/타이머 등)	4. 플러그 – 컴퓨터/서버/모니터의 개수 – 사무기기의 타입과 사용밀도
5. 공조기 – 공조기 유형, 공급 풍량, 냉방/난방 용량, – 환기/배기율, 존 제어타입, 환기율	6 급탕 – 시스템 유형, 저장용량 – 순환율, 펌프용량 및 제어방안
7. 제어 – BAS, 관측점, 제어점 – DDC기기 및 제어타입	8. 기타 – 전력분배 시스템, 백업전력 – 축열, 신재생에너지, 주방기구, 수송기기

(2) 연구 결과

㈎ 용도별 에너지사용량 관리·평가 방안 분석 결과

- 기존건축물에서 소비되는 에너지를 용도별로 관리·평가하는 방법에는 수식을 사용하는 계산 기반(Calculation-Based)의 방법과 센서 등을 이용한 계측 기반(Measurement-Based, BEMS) 방법과 두 가지의 방법을 혼합한 Hybrid 방법으로 구분됨
  - 계산 기반의 방법은 계산에 요구되는 다양한 변수의 값을 알아야 하며, 변수의 범위 또는 미지 변수의 수가 많을수록 사용하기 어렵다는 단점이 있으며, 건물에너지 관련 역량 수준이 낮은 건물 운영관리자가 사용하기에는 한계가 있음
  - 계측 기반의 방법은 BEMS(건물에너지관리시스템) 등의 계측장치에서 에너지사용량을 측정하고 관리하는 경우 활용할 수 있는 가장 정확한 방법이나, 초기투자비용 증가, 전문지식 요구 등의 문제로 중·소규모 건물에 사용은 어려움
- 에너지 사용설비의 운영 자료와 계산 기반 방법에 사용되는 수식 등을 이용하여 용도별 에너지사용량을 관리·평가하는 방법이 초기투자비용 및 건물 운영관리자 역량 수준을 고려하였을 때 가장 적합한 방법으로 사료됨

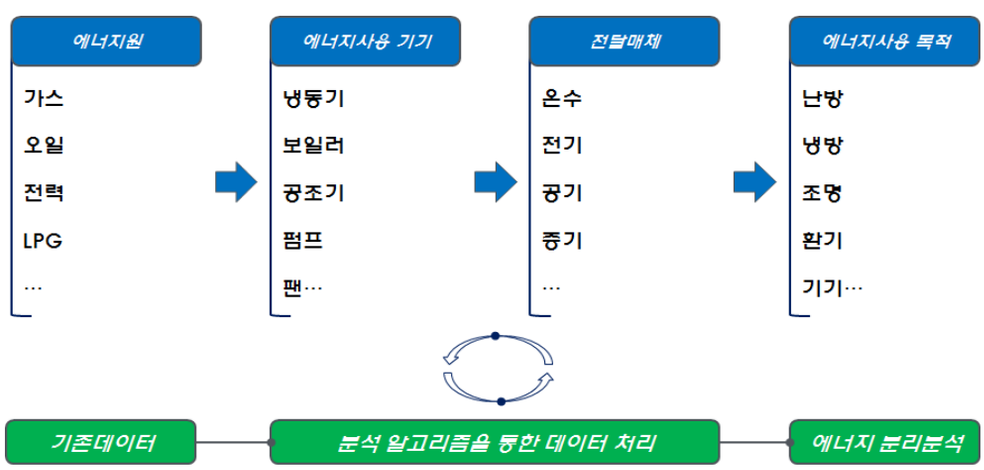


그림 2-16 건물 운영관리자 고려 용도별 에너지사용량 관리·평가 개념

㈏ 용도별 에너지사용량 관리·평가 입력 파라미터 정립

- 기존 연구들의 건물의 에너지 사용목적 기반 분류 기준 고려, 용도별 에너지사용량 관리·평가 분류를 에너지 사용시설 유형을 고려하여 기준을 선정
  - 기존건축물의 용도별 에너지사용량 관리·평가는 표 2-3과 같이 에너지 사용시설 유형별로 운영관리가 되고 있는 현황을 고려하여 정립

표 2-3 용도별 에너지사용량 관리·평가 분류 기준과 에너지 사용시설

분류	기기
냉방	냉동기(흡수식, 터보, 흡수식냉온수기, 스크류 등)
난방	보일러(증기, 온수, 흡수식냉온수기 등)
급탕	급탕보일러
조명	조명기구
기기	사무기구
HVAC	팬, 펌프(냉수펌프, 온수펌프, 냉각수펌프, 냉각탑, 공조팬, 환기팬 등)
위생설비	펌프(배수펌프, 급수펌프)
수송	엘리베이터, 에스컬레이터
기타기기	EHP, Air-conditioner 등

- 건물 운영자료 기반의 용도별 에너지사용량 관리·평가를 위해 그림 2-17과 같이 에너지 사용시설의 입력 파라미터 선정
  - 건물의 냉방에 사용되는 에너지의 관리·평가에 필요한 파라미터는 냉동기 유형, 대수, 정격용량, 운전시간, COP, 부분부하율로 선정
  - HVAC의 경우, 반송설비와 관련된 팬 또는 펌프 등의 전력소요량, 운전시간, 유형, 유량, 압력 등으로 선정

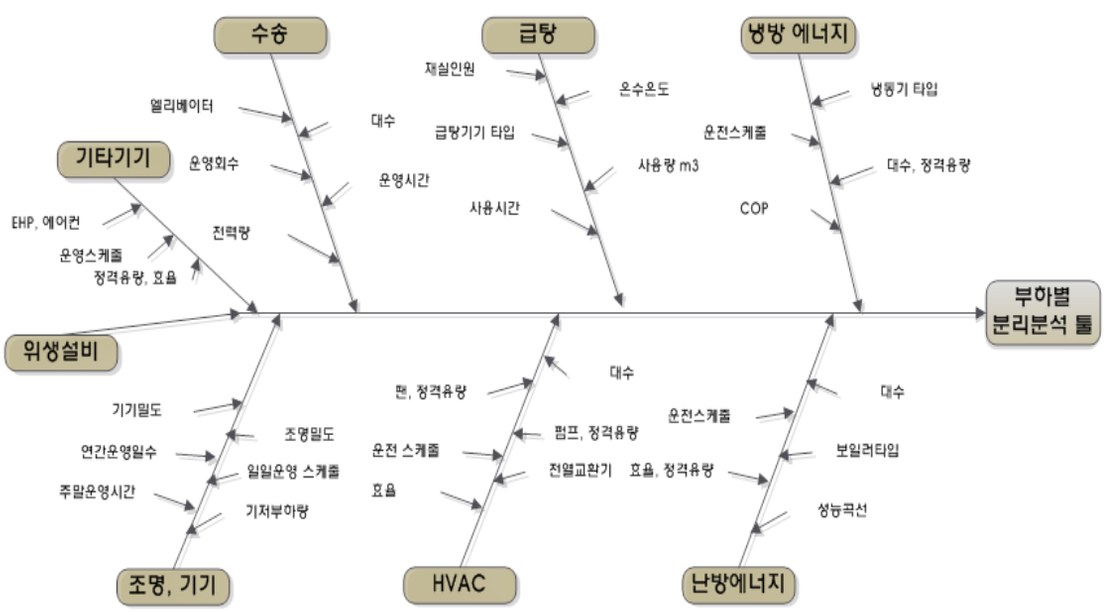


그림 2-17 용도별 에너지사용량 관리·평가를 위한 에너지 사용설비 파라미터

나 에너지 사용설비 운영자료 기반 용도별 에너지 관리·평가 방법 선정

(1) 연구내용

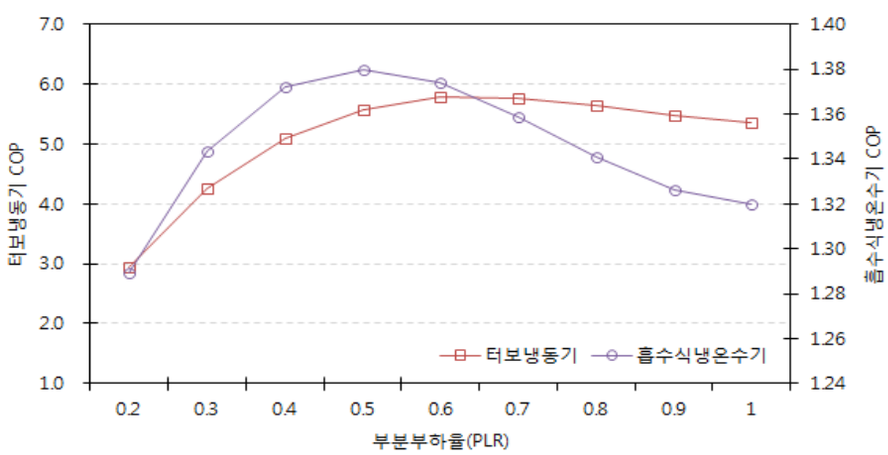
㈎ 용도별 에너지사용량 관리·평가 방법

- 에너지 사용시설 유형별 에너지사용량 산정 방안 정립
- 에너지 사용시설 유형별(열원설비 : 냉동기 및 보일러) 성능곡선 정립
  - 성능곡선 수식의 계수를 수정함으로써 사용자가 에너지 사용시설의 노후화 등에 따른 성능 저하 또는 진단 결과 등의 특성을 반영할 수 있도록 함
  - 아래의 식과 그림 2-18는 냉방 사용설비의 에너지사용량 관리·평가를 위한 산정 수식과 냉방 사용설비의 성능곡선임
  - 에너지 사용설비 유형별 성능곡선은 현재 제조사에서 공급되는 설비의 유형 및 용량에 따른 부분부하 성능 자료를 이용하여 작성함

$$E_{Cooling} = \frac{\dot{Q}_{evap}}{COP} \quad \cdots\cdots \text{식(1)}$$

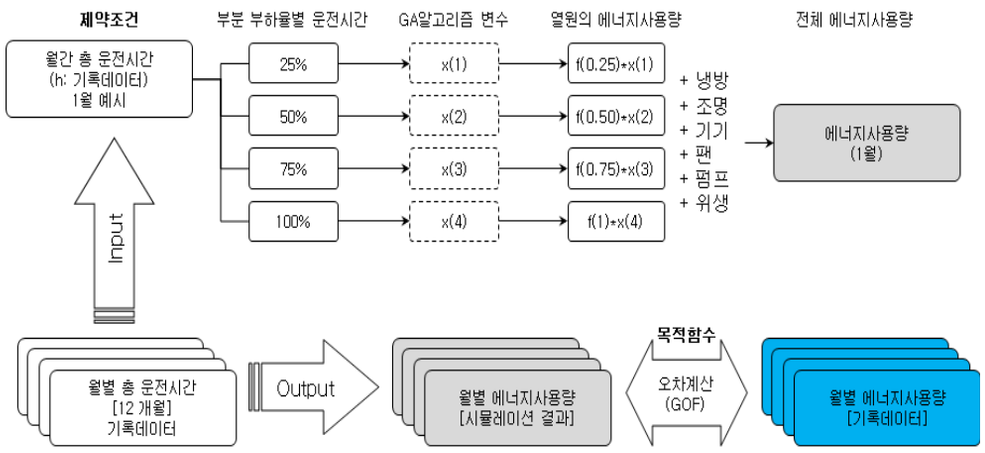
$$COP = C_1 + C_2 * PLR + C_3 * PLR^2 + C_4 PLR^3 \quad \cdots\cdots \text{식(2)}$$

$$PLR = \frac{\dot{Q}_{evap}}{\dot{Q}_{evap,rated}} \quad \cdots\cdots \text{식(3)}$$



《 그림 2-18 》 냉방 사용설비 유형별 성능곡선

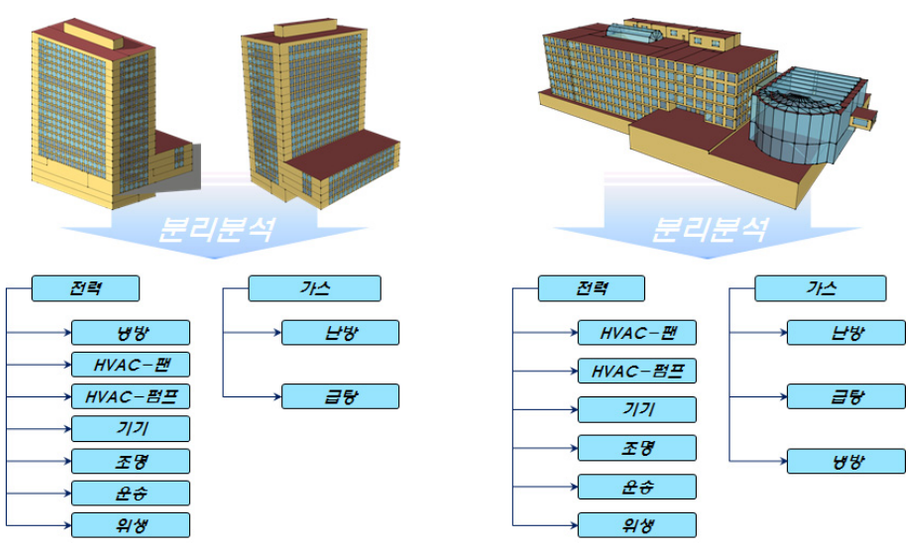
- 에너지 사용시설의 부분부하율에 따른 운전시간 산정 방법 정립
  - 최적화 알고리즘 이용 에너지 사용시설의 각 부분부하율에서의 운영시간을 산정하고 최적화에 의한 운영시간 기반으로 용도별 에너지사용량을 관리·평가하며, 구성은 그림 2-19과 같음



《 그림 2-19 》 부분부하 시 운전시간 산정을 위한 최적화 알고리즘 구성

㈏ 용도별 에너지사용량 관리・평가 방법 적용성 평가

- 에너지 사용설비 운영 패턴이 상이한 두 개의 기존건축물을 대상으로 용도별 에너지사용량 관리・평가 방법을 상용 건물에너지 평가 프로그램인 Energyplus의 결과 값과 비교 검증함
  - 대상 건축물은 1989년에 준공된 일반 오피스 건물과 1988년에 준공 된 공공건물로 그림 2-20과 같음



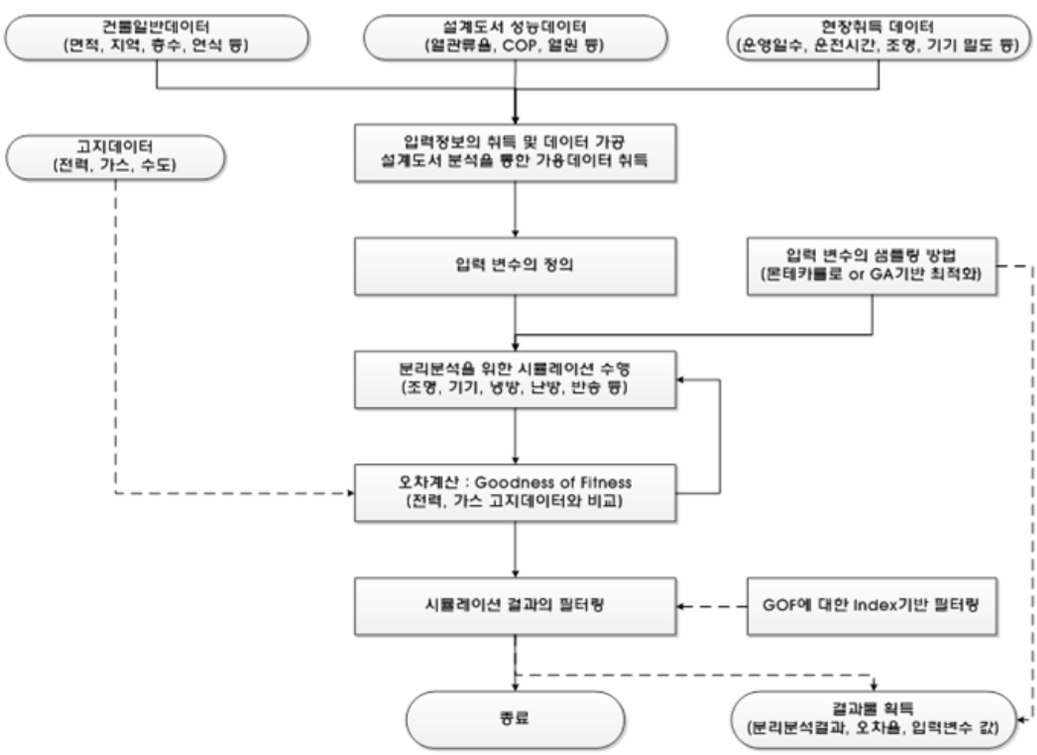
《 그림 2-20 》 용도별 에너지사용량 관리・평가 방법 검증 대상 건물

- 용도별 에너지사용량 관리에 대해서는 결과 비교를 할 수 없으므로, 에너지사용량에 대해 Ashrae Guideline 14 기준의 MBE와 Cv(RMSE) 지표를 이용하여 제안 방법을 검증함

(2) 연구 결과

㈎ 용도별 에너지사용량 관리·평가 프로세스 정립

- 전 부하 상당운전시간 및 최적화 방법 이용 용도별 에너지사용량 관리·평가 프로세스를 정립
  - 용도별 에너지사용량 관리·평가는 건물 운영관리자의 접근이 용이한 에너지 사용설비 유형별 운영 자료와 성능 자료에 의해 수행됨



《 그림 2-21 》 전 부하상당운전시간 및 최적화 기반 용도별 에너지사용량 관리·평가 프로세스

㈏ 사례분석을 통한 용도별 에너지사용량 관리·평가 방법 적용성 평가 결과

- 사례분석을 통한 에너지원별 비교 평가
  - 표 2-22~23은 일반 및 공공 사무용건축물의 에너지원별 에너지사용량 산정 결과를 상용 에너지해석 툴(Energyplus)과 비교한 것으로 Ashrae Guideline 14 기준(MBE<±5%, Cv(RMSE)<±15%)을 만족하는 것으로 나타남

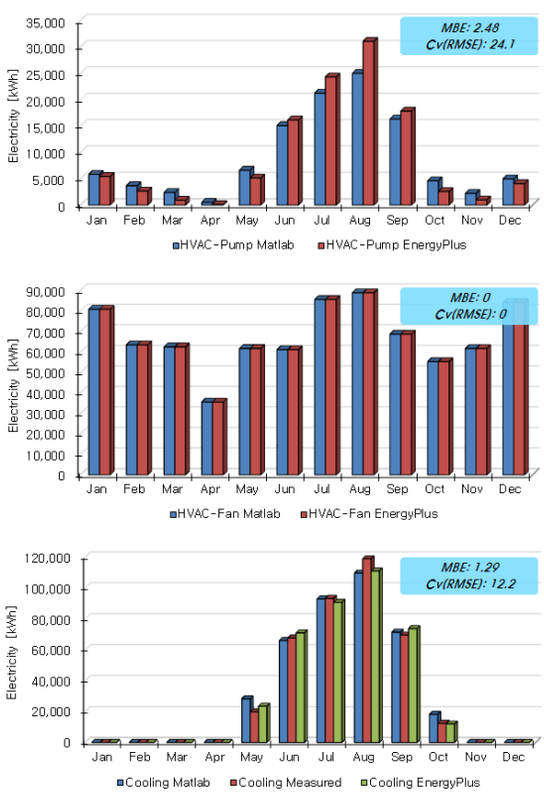
《 표 2-4 》 일반 사무용건축물 비교 평가 결과

Index		MBE [%]	Cv(RMSE) [%]
제안 방법	가스	-0.04	0.075
	전력	0.1	2.1
EnergyPlus	가스	-2.64	11.26
	전력	1.24	2.19

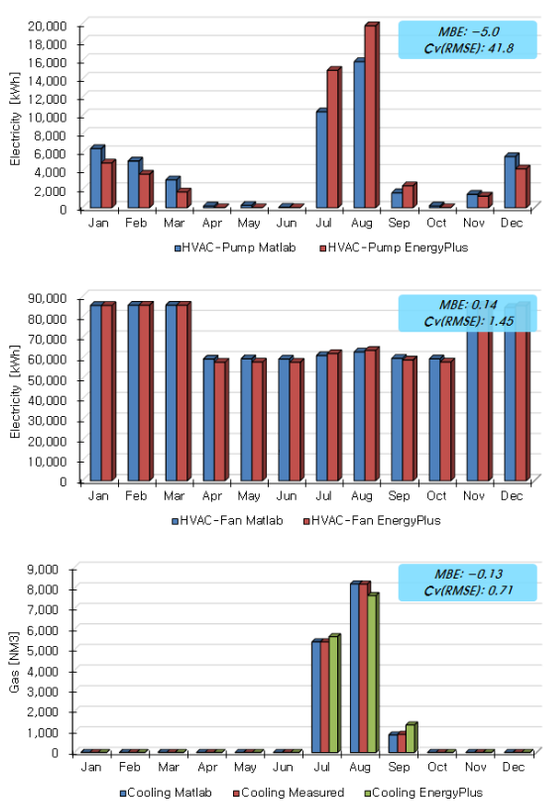
《 표 2-5 》 공공 사무용건축물 비교 평가 결과

Index		MBE [%]	Cv(RMSE) [%]
제안 방법	가스	-0.08	0.23
	전력	2.31	5.73
EnergyPlus	가스	2.26	9.79
	전력	0.89	4.02

- 사례분석을 통한 에너지 사용시설 유형별 비교 평가
  - 그림 2-22~그림 2-23는 펌프, 팬, 냉방에너지 사용설비의 에너지사용량 산정결과를 상용에너지 해석 툴(Energyplus)과 비교한 것으로 Ashrae Guideline 14 기준(MBE<±5%, Cv(RMSE)<±15%)을 만족하는 것으로 나타남



《 그림 2-22 》 일반 사무용 건축물



《 그림 2-23 》 공공 사무용 건축물

다 Windows 기반 용도별 에너지사용량 관리·평가 툴 개발

(1) 연구내용

㈎ 운영관리자의 에너지 사용설비 운영자료 관리 기반 Windows UI 개발

- 건물 운영관리자가 일일 단위로 입력한 운영 자료를 입력 파일로 선택할 수 있으며, 툴을 실행하면 용도별로 에너지사용량을 관리·평가할 수 있음

- Windows UI 구성은 건물의 기본정보, 월별 에너지원별 사용량 정보, HVAC 장치들의 운영 및 성능자료, 내부발열 요소 등을 스케줄 기반으로 입력할 수 있도록 구성되어 있음
  - 건물 기본정보 : 사용자 및 건물 관련 기본 정보 입력화면
  - 에너지 정보 : 건물의 가스, 전력 및 수도 사용량 정보 입력화면
  - 열원설비 정보 : 보일러, 냉동기 등의 운전시간, 용량, 유형 등의 입력화면
  - 공조설비 정보 : 반송설비(팬 및 펌프 등)의 운전시간, 용량. 유형 등의 입력화면
  - 내부발열 정보 : 스케줄 기반 조명 및 OA 기기 등의 입력화면
  - 이외 급배수 및 오수 관련 펌프 등의 정보 입력을 위한 화면으로 구성

㈏ 시범사업 건물 대상 적용성 평가

- 시범사업 건물 대상의 외피 열성능 정보는 설계도서에 준하여 설정
- 설계도서 및 에너지진단 결과 분석을 통해 에너지 사용설비 성능 자료 정립
- 운영일지 분석을 통해 건물 운영 자료 정립
- 사례분석 자료 기반 용도별 에너지사용량 관리·평가 툴의 사용자 매뉴얼 제작

표 2-6 운영일지 분석을 통한 에너지 사용설비 입력정보 정립

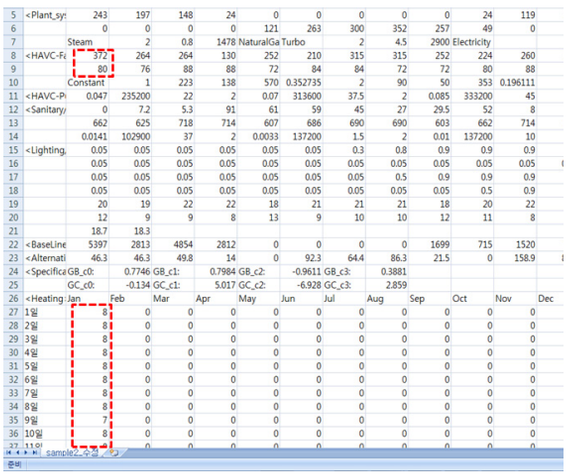
구분	온수보일러	난방열원 운전시간	냉방열원 운전시간
1월	464	170	0
2월	526	109	0
3월	519	63	0
4월	305	27	0
5월	0	3	27
6월	0	0	130
7월	0	0	273
8월	0	0	243
9월	0	0	172
10월	0	0	20
11월	301	50	0
12월	472	111	0
합계	2597	534	863

(2) 연구 결과

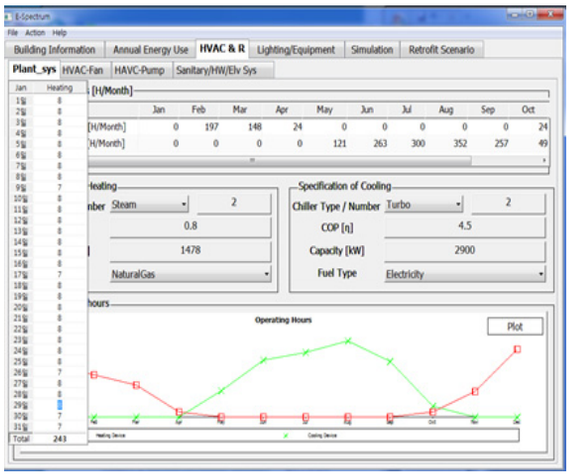
㈎ 에너지 사용설비 운영 및 성능자료 기반 입력 파일과 Windows UI

- 서식이 없는 텍스트 파일(*.csv) 형태의 입력파일 형식 개발
- 건물 에너지 사용시설의 운영자료 및 성능자료 기반 정보 입력이 가능하며, 일일 단위로 입력정보의 저장 가능
- 용도별 에너지사용량 관리·평가 실행 시 월별 용도별로 사용된 에너지 결과값이 나타

나며, 실행 전 입력한 자료 또한 함께 볼 수 있도록 구성



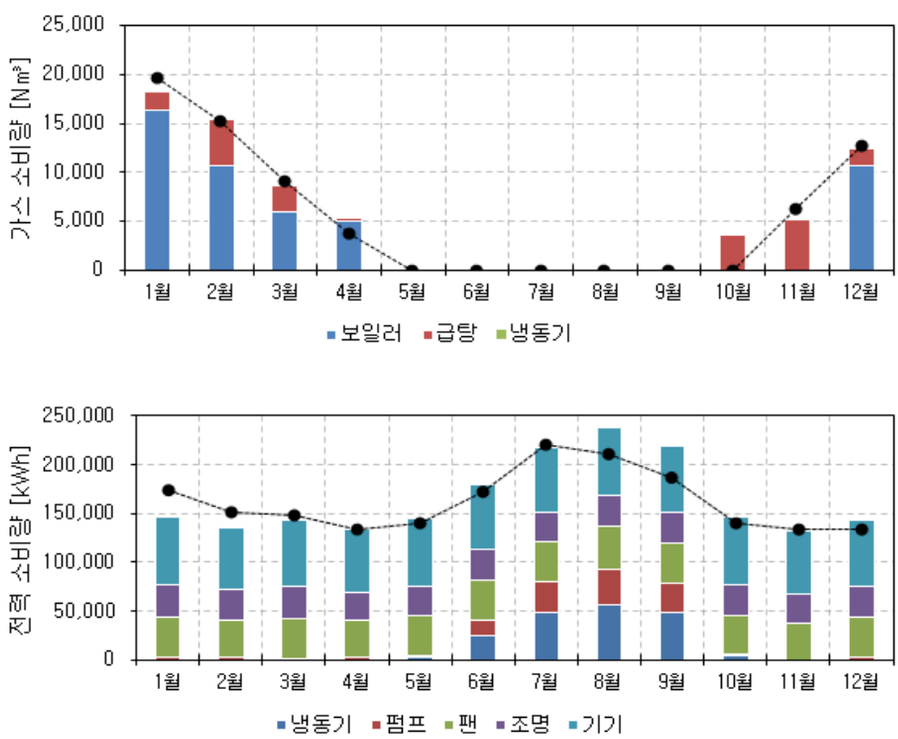
《 그림 2-24 》 텍스트 파일 형태 입력 파일(*.csv)



《 그림 2-25 》 Windows 기반 운영자료 입력화면

㈏ 시범사업 건물 대상 용도별 에너지사용량 관리・평가 툴 적용성 평가

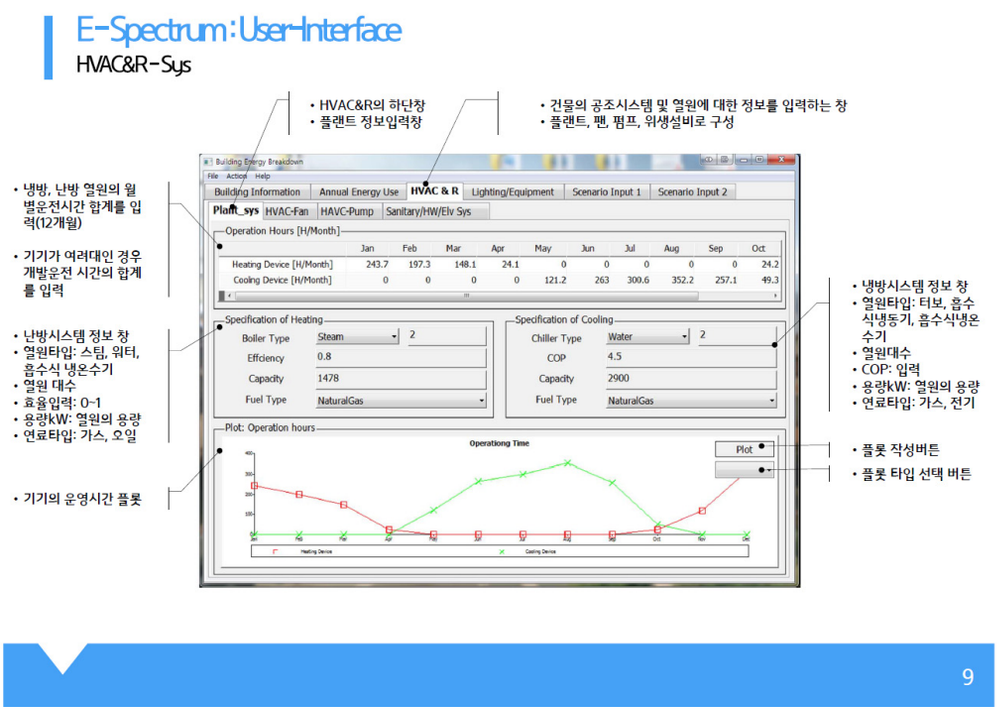
• 에너지 사용설비 운영 및 성능 자료 기반 용도별 에너지사용량 관리・평가
  – 그림 2-26은 용도별 에너지사용량 관리・평가 결과로서 에너지원별, 에너지 사용시설 유형별로 에너지사용량의 관리가 가능함

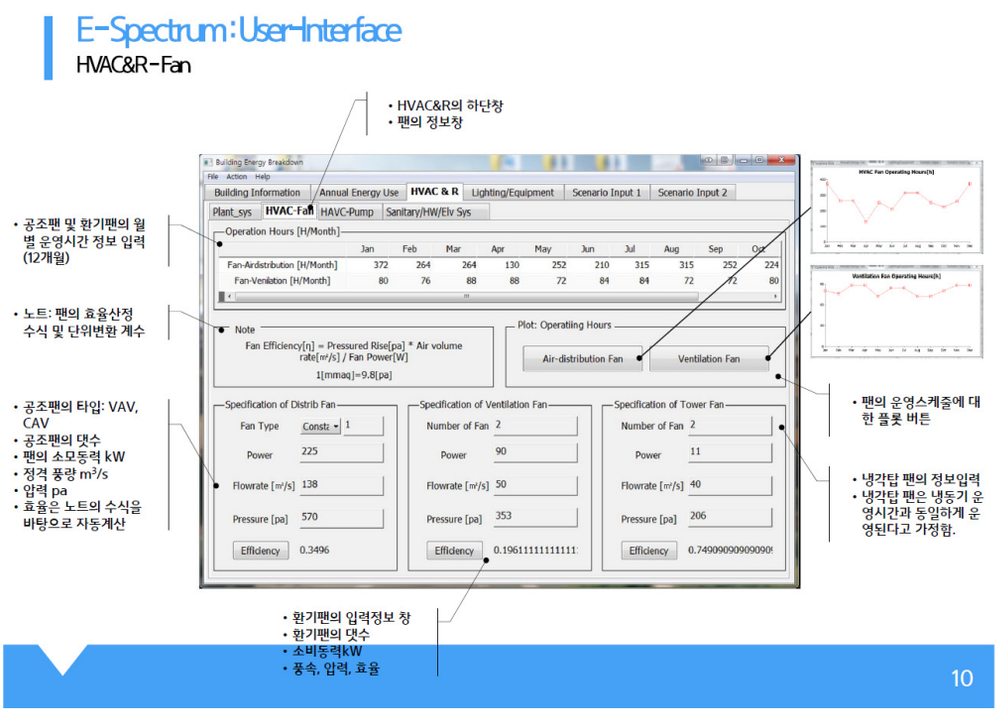


《 그림 2-26 》 에너지원별, 에너지 사용시설 유형별 에너지사용량 관리

• 시범사업 건물 사례 이용 용도별 에너지사용량 관리·평가 툴 사용자 매뉴얼

– Windows UI 입력화면 구성별로 각각의 화면에 건물 운영자가 정보 입력을 용이하게 할 수 있도록 용어 및 각 화면의 입력정보를 그림과 함께 구성





《 **그림 2-27** 》 용도별 에너지사용량 관리·평가 툴 사용자 매뉴얼 예

■ 3세부 : 시범사업 실시를 통한 그린 리모델링 확산 기반 구축

• 세부연구목표 1. 공공/민간건물 시범사업 실시를 통한 그린리모델링 확산 기반 구축
2. 소규모 공간용 에너지 성능 검토 툴 개발 및 스마트 모니터링 시스템 구축

• 주요 연구내용 및 성과물

1. 공공/민간건물 시범사업 실시를 통한 그린리모델링 확산 기반 구축

• 공공/민간 시범사업 실시를 통한 비즈니스 모델 및 확산 기반 구축
• 건축물 유형별 시범사업을 통한 연구과제 주요성과 '그린리모델링 프로세스, Imapct Table, E-Scope, E-Ray' 전반적 성과 적용 및 검증
• 종합정보시스템 GRIS를 통해 그린리모델링 확산방안을 수립함



• 시범사업 건축물의 그린리모델링 전과 후(Before and After)의 에너지 성능에 대한 정량적 분석과 평가를 통해 사업의 성과에 대한 명확한 검증이 필요
• 시범사업 대상지 건물 에너지 소비량 모니터링 및 재실자 만족도 조사 실시

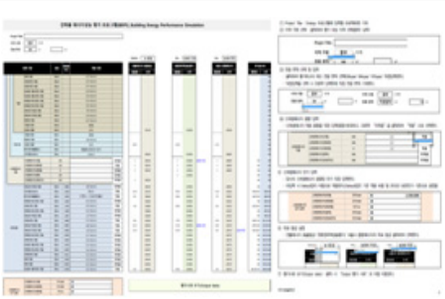


2. 소규모 공간용 에너지 성능 검토 툴 개발 및 스마트 모니터링 시스템 구축

• 클라우드 기반 스마트모니터링 및 최적제어시스템 개발
• 데이터 서버 및 웹서버 구축
• 서버와의 통신 프로토콜 구축
• 소규모 공간 스마트 모니터링용 GUI 개발
• 최종성과물 : 스마트 모니터링 및 최적제어 시스템 보고서 1건



• 소규모 공간용 에너지성능 간이 검토툴 개발
• 소규모 공간(4차년도 연계) 에너지모니터링 데이터 및 요소기술별 분석 데이터 수집 및 분류
• 에너지 최적화 기법 및 경제성 분석을 통한 평가 가이드 제시
• Excel 기반 간이 검토 툴 개발
• 최종성과물 : 에너지성능 간이 검토 툴 개발1건



1 공공/민간건물 실증 시범사업 추진

가 시범사업 추진개요

(1) 시범사업 개요

- 그린리모델링 시범사업 실시로 건축물 에너지 저감 목표 달성 검증 및 비즈니스 모델 제시로 그린리모델링 시장 확대함
- 시범사업은 공공건물과 민간건물, 소규모 공간단위의 시범사업을 추진하였으며, 각 건축물은 사전현황 조사를 통해 건축물의 특성을 반영한 그린리모델링을 실시함
- 건축물 시범사업을 통한 연구과제의 주요성과 인 '그린리모델링 프로세스 가인드라인'에 따라 단계별 검증을 하였으며, 그 중 Impact Table, E-Scope, E-Ray, E-Spectrum 등의 연구성과를 토대로 적용하여 정리하고자 함
- 본 시범사업은 에너지 절감 및 재실자의 환경성능 개선효과에 대한 기초자료로 활용하며, 지속적인 에너지 모니터링을 통하여 성능평가를 실시하여 GRIS를 통해 그린리모델링 확산방안을 수립함

(2) 프로세스 적용 방안

- 시범사업은 그린리모델링 프로세스를 토대로 기획, 계획, 설계, 시공, 운영 및 유지관리로 구분하여 적용함
- 최종 차년도까지의 시범사업은 다음과 같이 공공/민간/소규모 공간단위의 건물에 대한 시범사업을 진행하였으며, 그린리모델링 프로세스 적용을 통해 상세히 알아보고자 함

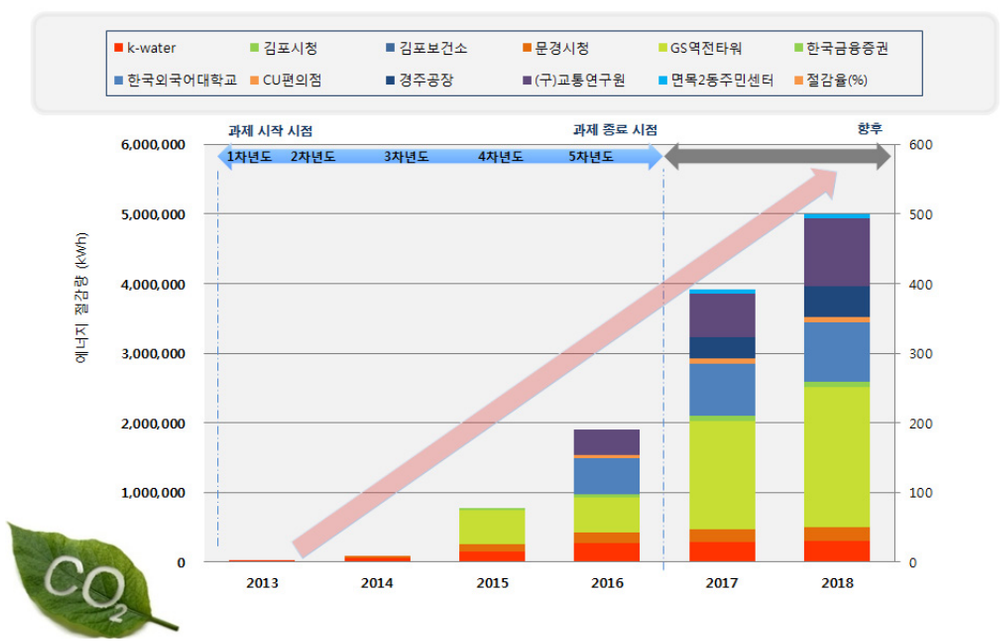


그림 3-1 시범사업을 통한 에너지 절감량 분석

나 공공건물 시범사업 프로세스 적용 검증

(1) 한국수자원공사 본사

㈎ 기획단계

- E-Scope 결과 연간 총 사용량 동료 건물군 10,823개 중 1,729등에 해당하는 것으로 판단되었으며, 월별 전기, 가스량은 보통 수준을 보였음
- 대상 건물의 에너지 순위로는 백분율 16%로 상위권에 해당 하였으며, 해당건물은 [공공기관 에너지이용 합리화 추진에 관한 규정]에 따라 에너지 절약정책으로 인하여 비교 건물보다 적은 에너지를 사용하는 것으로 판단됨

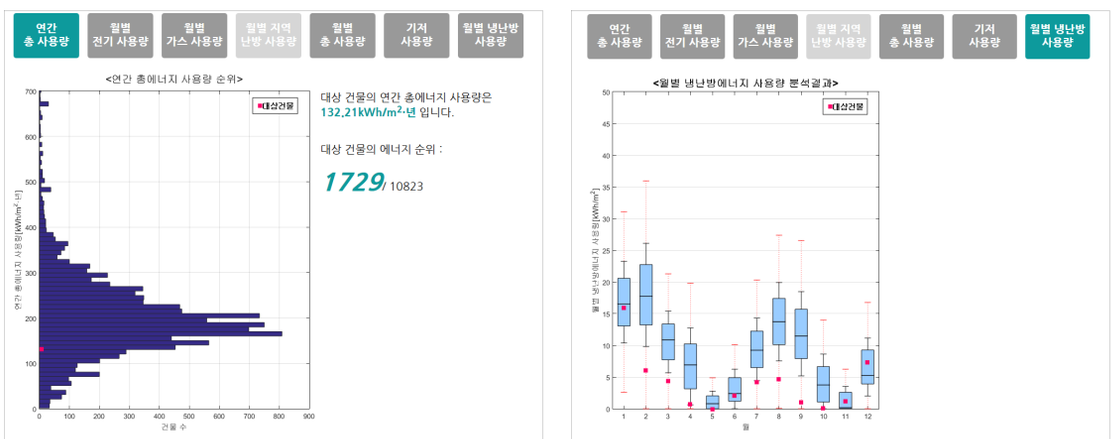


그림 3-2 한국수자원공사 E-Scope 결과

- 기획단계의 Impact Table A 적용을 통한 외피, 설비, 조명에 대한 대안 선정함
- 외피 : 우레탄충전 외단열 보강-기존 마감재와 외벽사이에 폼 형태로 충진된 단열재가 노화/열화 등으로 성능이 떨어진 경우 우레탄 폼을 추가로 충전하여 단열 보강하는 안 검토
- 창호 : 고단열유리 덧댐적용-덧댐창호 방식의 경우, 고정창 타입을 적용하는 것은 바람직하지 않다는 것을 고려하여 기술요소 검토
- 온열원 : 열원장치 1대1 단순교환-장비 노후로 인한 운전 성적계수가 감쇄, 열원설비 및 펌프 등 일부교체만으로 성능이 보장될 경우 이상부위 만 교체하는 안 검토
- 냉열원 : 부하증가분에 대한 열원설비 추가 설치 검토는 필요하나, 기존 설비 기리모델링 수행으로 성능/효율에 이상 없음
- 공조 : 열운반장치 교체-송풍기, 덕트 등의 노후화에 따른 단순 교체 검토
- 조명 : 고효율 형광등 등기구 교체-기존 등기구의 설치 방식과 타공 사이즈를 고려하여, 기구 선정 시 마감천정 공사 없이 교체 가능여부 검토
- 위 결과를 바탕으로 향후 Impact Table B를 통해 정량적인 에너지 절감율 및 시공비 등의 확인가능하며, 그 결과값을 바탕으로 최적조합 툴로써 대안 선정이 가능함

외피			
▶우레탄충전 외단열 보강	punchedwin type > 부분교체 > NON-VISION 부분 > 벽체-(기존)외단열 > 우레탄충전 외단열 보강		
에너지 성능	높음	수밀/기밀 성능	중간
폐기비용	낮음	제작비용	낮음
시공비용	중간	공사 후 내부 청소비용	-
공사기간	낮음	인테리어공사 발생여부	없음
특징	* 기존 마감재와 외벽 사이에 폼 형태로 충진된 단열재가 노화/열화 등으로 성능이 떨어진 경우, 우레탄 폼을 추가로 충진하여 단열을 보강할 수 있음.		

외피			
▶고단열유리 적용	punchedwin type > 덧댐 > VISION 부분 > 유리부분 > 고단열유리 적용		
에너지 성능	높음	수밀/기밀 성능	낮음
폐기비용	낮음	제작비용	높음
시공비용	낮음	공사 후 내부 청소비용	중간
공사기간	낮음	인테리어공사 발생여부	없음
	* 덧댐창호 방식은 기밀성능이 중고 유지보수가 가능한 창호 방식을 적용해야 함. * 미서기창의 종류중 일반슬라이딩/시스템 슬라이딩/lift-up 슬라이딩 등으로 세분화 하여 구분되어		

온열원			
▶열원장치 1대1 단순교환	온수보일러 > 부하(용량) 그대로 or 축소 > 기존 시스템 단순 교체 > 열원장치 1대1 단순교환		
Pump Efficiency	낮음	COP	높음
제작비용	중간	시공비용	중간
시공난이도	낮음	P/C Grade 5차	4등급
P/C Grade 4차	1등급		
특징	-장비 노후로 인한 운전 성적계수 감쇄 -열원설비 및 펌프 등 일부교체만으로 성능이 보장될 경우 이상부위만 교체 -현재의 시스템을 유지해야 하는 경우		

냉열원			
▶부하증가분에 대한 열원설비 추가 설치	터보냉동기 > 부하 증가 (용량 증대) > 부하 증가분 추가 설치 > 부하증가분에 대한 열원설비 추가 설치		
Pump Efficiency	낮음	COP	낮음
제작비용	중간	시공비용	낮음
시공난이도	낮음	P/C Grade 5차	-등급
P/C Grade 4차	1등급		
특징	-기존 설비는 성능에 이상이 없을 경우		

공조			
▶열운반장치 교체	전공기방식 > VAV > 기존 시스템 단순 교체 > 부속설비 교체 > 열운반장치		
Pump Efficiency	높음	COP	낮음
제작 비용	중간	시공 비용	낮음
시공 난이도	낮음		
P/C Grade 5차	2등급	P/C Grade 4차	1등급
특징	-송풍기, 덕트등의 노후화에 따른 단순 교체		

조명			
▶고효율 형광등 램프 교체 (FL 2/28W)	형광등 조명기구 (T8 FL 2/32W) > 천정 매입형 등기구 > 기존 등기구 부분 교체 > 램프 교체 > 고효율 형광등 램프 교체 (FL 2/28W)		
에너지 소비효율	낮음	Visual Aspect	중간
폐기비용	낮음	제작비용	낮음
시공비용	낮음	공사 후 내부 청소비용	낮음
공사기간	낮음	인테리어공사 발생여부	없음

그림 3-3 한국수자원공사 Impact Table A 결과

㈏ 계획단계

- E-Ray를 통한 용도별 연간 에너지 사용량, 월간 에너지 사용량, 원안 에너지효율등급 및 타 설계안과의 비교함
- 원안분석 결과 : 연간 2차 에너지 사용량은 133kWh/m^{2}이고, 1차 에너지로 환산할 경우, 293kWh/m^{2}임. 이는 에너지효율등급 2등급에 해당함
- 대안분석 결과 : 연간 2차 에너지 사용량은 9kWh/m^2 감소하여, 6.7%((133-124)/133)의 에너지 절감 가능하나, 에너지등급은 2등급으로 원안과 동일함
- 에너지절약 설계기준 및 패시브하우스 설계기준의 단열기준 적용 시 각각 9%, 11% 절감 가능함. 또한, 창호변경으로 인한 침기량 감소나 SHGC의 변화를 고려하면 실제 에너지 절감량은 분석 결과보다 증가할 수 있음

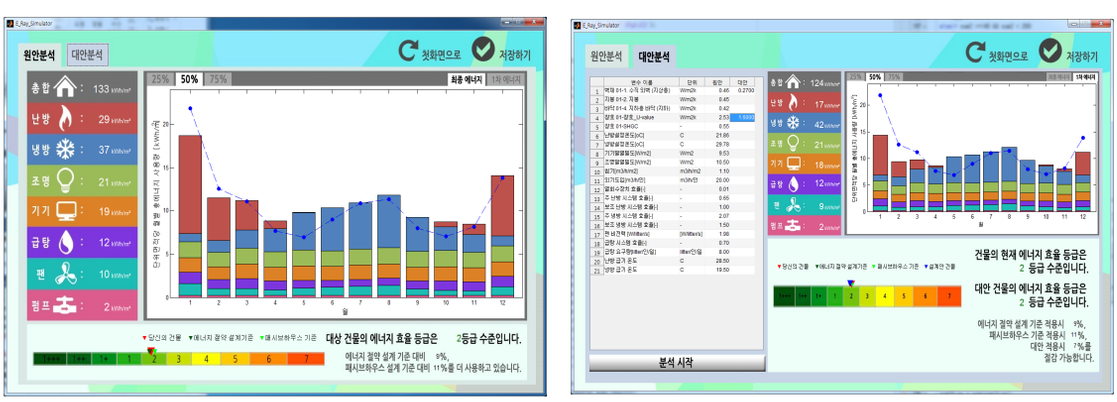


그림 3-4 한국수자원공사 E-Ray 결과

- 단열기준에 부합하는 목표를 두고 실내외 온도차에 따른 열손실을 최소화할 수 있는 대안 제시함
- 단열개선공사와 창호개선공사는 각각 경제적이며 단열성능이 우수한 대안으로 외단열 추가 및 고단열유리 덧댐 교체로 선정(에너지 절감률 6.02%, 절감비용 56,751(천원), 초기투자비용 400,727(천원))
- 온열원은 기존시스템을 유지하며 COP가 우수한 1 : 1 단순교환선정(에너지 절감률 2.74%, 절감비용 25,834(천원), 초기투자비용 64,575(천원))
- 냉열원은 펌프효율과 COP가 우수한 열원설비 추가설치로 선정(에너지 절감률 17.15%, 절감비용 161,689(천원), 초기투자비용 320,794(천원))
- 공조는 초기투자비용이 우수한 열운반장치 교체로 VAV방식 선정(에너지 절감률 19.62%, 절감비용 185,026(천원), 초기투자비용 34,548(천원))
- 조명은 에너지 절감률이 높은 고효율 형광등으로 부분교체(에너지 절감률 6.03%, 절감비용 22,923(천원), 초기투자비용 271,361(천원))
- 최적 조합 대안선정 결과 : 에너지 절감률 51.56%, 절감비용 452,223(천원) 초기투자비용 1,092,005(천원)



그림 3-5 한국수자원공사 Impact Table B 결과

㈐ 운영 및 유지관리

- 주 열원설비는 흡수식냉온수기로 겨울철 가스사용량이 많이 사용되고 있으며, 여름철에는 공공기관 에너지절약 지침으로 사용량이 상대적으로 적음
- 기기, 조명 등의 내부발열 기기에서 사용되는 전력사용량이 많이 사용되고 있으며, 열원설비의 운전시간이 낮아 반송설비 사용량은 상대적으로 적음

• 기기 및 조명 등의 설비에서 사용되는 전력사용량 절약을 위해, 대기전력, 차단장치 및 고효율 조명기기 도입, 조명회로 설계 변경 등이 필요함

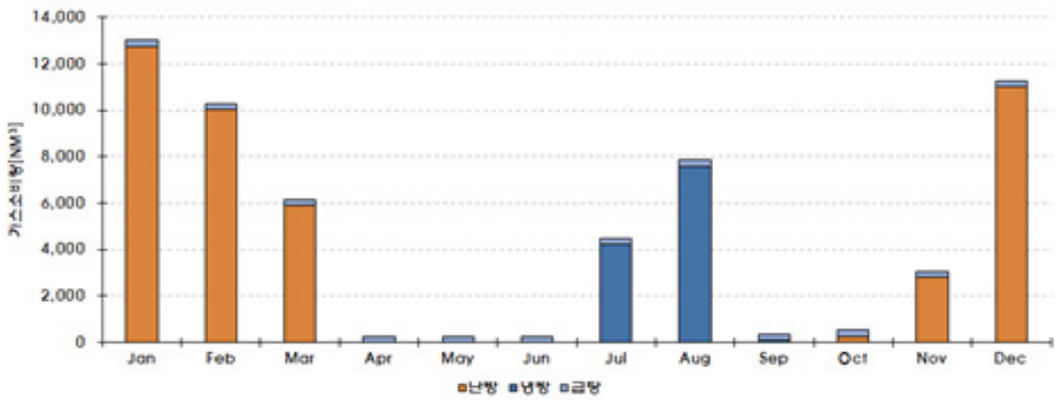


그림 3-6 한국수자원공사 월간 가스 에너지 사용량 용도별 관리· 평가 결과

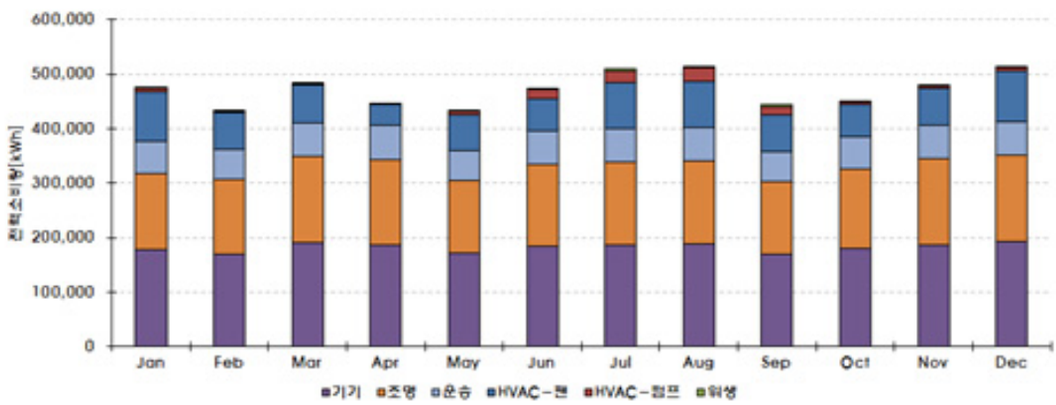


그림 3-7 한국수자원공사 월간 전력 에너지사용량 용도별 관리· 평가 결과

(2) (구)교통연구원

㈎ 기획단계

• 연간 총 사용량은 동료 건물 10,823개 중 9,688등에 해당함
• 월별 전기 사용량은 다른 건물군에 대비 많이 사용하고 있으며, 월별 가스 사용량은 여름철 및 겨울철 가스 사용량은 매우 많은 수준임. 또한, 기저 사용량은 타 건물 대비 '다소 많은' 수준으로 나타남
• 월별 냉난방 사용량은 냉방 에너지 사용량은 매우 많은 수준으로 1, 11, 12월 난방 에너지 사용량도 매우 많은 수준임
• 대상 건물의 에너지 순위는 백분율 89%로 하위권에 해당 함, 전력과 관련된 기저 에너지 절감 방안이 필요하며 난방 시스템 성능 및 운영에 대해 검토하는 것이 필요 할 것으로 판단됨

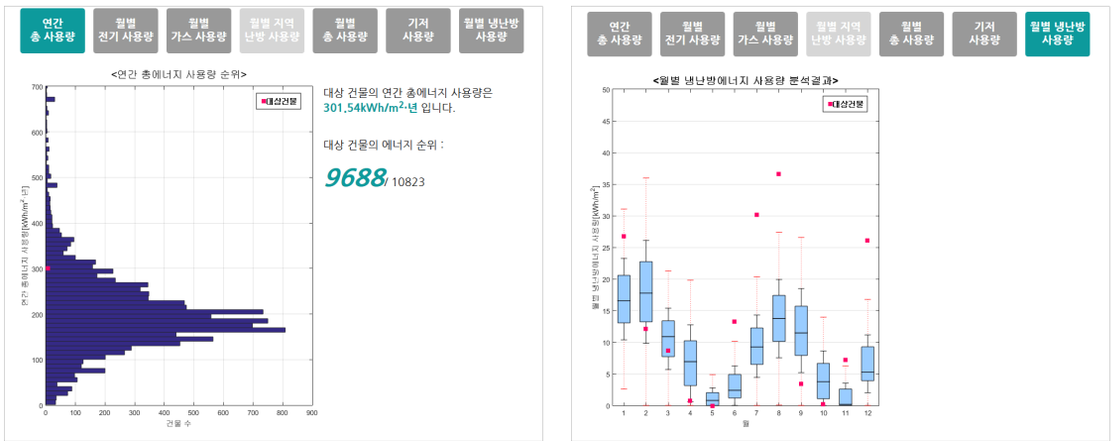


그림 3-8 (구)교통연구원 E-Scope 결과

- 외피 : 기존 외단열재 교체-단열법규 강화로, 리모델링의 단열보강 방안은 보드형 단열재 보다는 폼충전 방식을 많이 적용하는 방향으로 검토함
- 창호 : 단열바 적용-프레임은 단열바를 적용하는 것을 권장함으로, 이는 적극적으로 검토
- 온열원 : 부하증가분에 대한 열원설비 추가 설치 검토는 필요하나, 기존 설비 기 리모델링 수행으로 성능/효율에 이상 없음
- 냉열원 : 부하증가분에 대한 열원설비 추가 설치 검토는 필요하나, 기존 설비 기 리모델링 수행으로 성능/효율에 이상 없음
- 공조 : 열운반장치 교체-송풍기, 덕트등의 노후화에 따른 단순 교체 검토함
- 조명 : 고휘도반사판 교체-기존 조명 시스템 유지 및 일부 국소적 시공 요구 시 적용하는 방안 검토함
- 외피는 외단열을 교체 하며, 창호는 단열바 프레임 덧댐적용, 온열원은 및 냉열원은 부하증가분에 대한 열원설비 추가를 적용함
- 공조 부문은 장비 노후화로 인해 시스템을 교체 및 조명은 기존의 반사판을 고휘도 반사판으로 교체 적용함

외피			
▶기존 외단열재 교체	punchedwin type > 부분교체 > NON-VISION 부분 > 벽체-(기존)외단열 > 기존 외단열재 교체		
에너지 성능	낮음	수밀/기밀 성능	중간
폐기비용	중간	제작비용	높음
시공비용	높음	공사 후 내부 청소비용	-
공사기간	높음	인테리어공사 발생여부	없음
특징	* 단열법규 강화로 리모델링의 단열보강 방안은 보드형 단열재 취부보다는 품충진 방식을 많이 적용하게 됨.. * 단열규정 만족을 시키려면, 보드형과 품충진 방식 비교시, 품충진방식이 100mm정도 두께 단축효과 있음.		

외피			
▶단열바 적용	punchedwin type > 덧댐 > VISION 부분 > 프레임부분 > 단열바 적용		
에너지 성능	높음	수밀/기밀 성능	중간
폐기비용	낮음	제작비용	높음
시공비용	낮음	공사 후 내부 청소비용	중간
공사기간	중간	인테리어공사 발생여부	있음
특징	* 프레임은 단열바를 적용하는것을 권장함.		

온열원			
▶부하증가분에 대한 열원설비 추가 설치	온수보일러 > 부하 증가 (용량 증대) > 부하 증가분 추가 설치 > 부하증가분에 대한 열원설비 추가 설치		
Pump Efficiency	낮음	COP	낮음
제작비용	낮음	시공비용	낮음
시공난이도	낮음	P/C Grade 5차	-등급
P/C Grade 4차	1등급		
특징	-기존 설비는 성능에 이상이 없을 경우		

냉열원			
▶부하증가분에 대한 열원설비 추가 설치	터보냉동기 > 부하 증가 (용량 증대) > 부하 증가분 추가 설치 > 부하증가분에 대한 열원설비 추가 설치		
Pump Efficiency	낮음	COP	낮음
제작비용	중간	시공비용	낮음
시공난이도	낮음	P/C Grade 5차	-등급
P/C Grade 4차	1등급		
특징	-기존 설비는 성능에 이상이 없을 경우		

공조			
▶열운반장치 교체	천공기방식 > CAV > 기존 시스템 단순 교체 > 부속설비 교체 > 열운반장치 교체		
Pump Efficiency	높음	COP	낮음
제작 비용	낮음	시공 비용	낮음
시공 난이도	낮음		
P/C Grade 5차	3등급	P/C Grade 4차	1등급
특징	-송풍기, 덕트등의 노후화에 따른 단순 교체		

조명			
▶고휘도반사판 (반사율 80%이상)	형광등 조명기구 (T8 FL 2/32W) > 천정 매입형 등기구 > 기존 등기구 부분 교체 > 반사판 교체 > 고휘도반사판 (반사율 80%이상)		
에너지 소비효율	낮음	Visual Aspect	중간
폐기비용	낮음	제작비용	낮음
시공비용	낮음	공사 후 내부 청소비용	낮음
공사기간	낮음	인테리어공사 발생여부	없음
	* 기존 조명 시스템 유지 및 일부 국소적 시공 요구시 적용		

그림 3-9 (구)교통연구원 Impact Table A 결과

㈏ 계획단계

- 원안분석 결과 연간 2차 에너지 사용량은 275kWh/m^{2}이고, 1차 에너지로 환산할 경우, 386kWh/m^{2}임. 이는 에너지효율등급 4등급에 해당함
- 대안분석 결과 연간 2차 에너지 사용량은 56kWh/m^2 감소하여, 20.4%((275-219)/275)의 에너지 절감 가능. 에너지등급은 2등급으로 상승함
- 에너지절약 설계기준 및 패시브하우스 설계기준의 단열기준 적용 시 각각 13%, 14% 절감 가능함

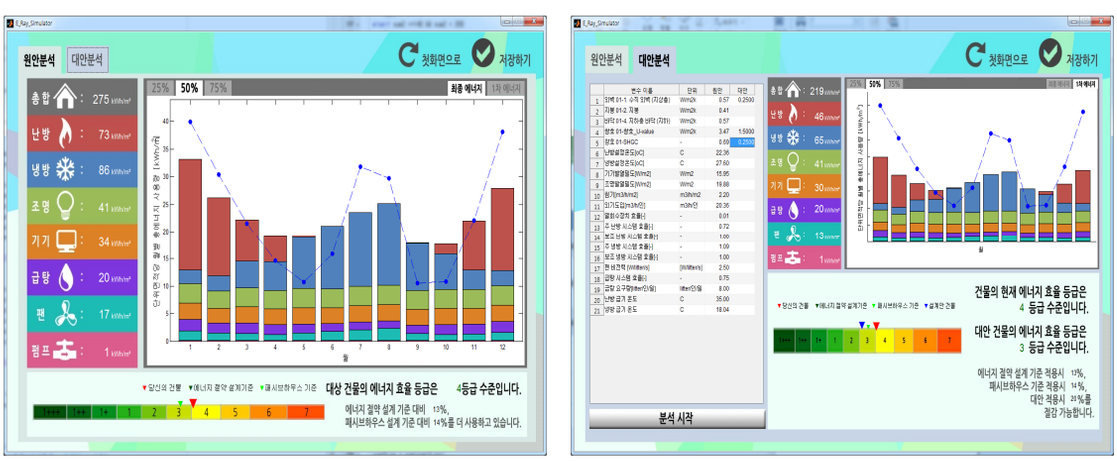


그림 3-10 (구)교통연구원 E-Ray 결과

- 단열기준에 부합하는 목표를 두고 실내외 온도차에 따른 열손실을 최소화 할 수 있는

대안 제시함

- 단열개선공사와 창호개선공사는 각각 경제적이며 단열성능이 우수한 대안으로 기존 외단열 교체 및 단열바 적용 프레임 덧댐 교체로 선정함 (에너지 절감률 4.24%, 절감비용 8,592(천원), 초기투자비용 308,727(천원))
- 온열원은 기존시스템을 유지하며 부하증가분에 대한 열원설비 추가설치로 선정 (에너지 절감률 2.9%, 절감비용 5,866(천원), 초기투자비용 19,392(천원))
- 냉열원은 기존시스템을 유지하며 부하증가분에 대한 열원설비 추가설치로 선정 (에너지 절감률 17.15%, 절감비용 34,738(천원), 초기투자비용 68,922(천원))
- 공조는 초기투자비용이 우수한 열운반장치 교체로 CAV 방식 선정 (에너지 절감률 3.44%, 절감비용 6,972(천원), 초기투자비용 7,423(천원))
- 조명은 에너지 절감률이 높은 고휘도 반사판 전면교체로 선정 (에너지 절감률 6.03%, 절감비용 4,925(천원), 초기투자비용 58,301(천원))
- 최적 조합 대안선정 결과로는 에너지 절감률 33.76%, 절감비용 61,094(천원) 초기투자비용 462,765(천원) 나타남



그림 3-11 (구)교통연구원 Impact Table B 결과

㈐ 운영 및 유지관리

- 지역열원을 사용하고 있어, 연중 온수 및 냉수 사용이 발생하고 있음. 에너지 절약을 위해서는 외기보상 등을 통한 온수 및 냉수공급 온도 조정 필요
- 전력사용량은 일반적인 업무시설에서와 같이 조명 및 기기 등에 많이 사용되고 있으며, 여름철 냉수 공급을 위한 반송설비의 사용량이 증가
- 효율적인 외기보상 운전을 통해 온수 및 냉수 공급온도 조정, 부하율 예측을 통한 반송설비 사용량 절약 방법 등의 검토가 필요함

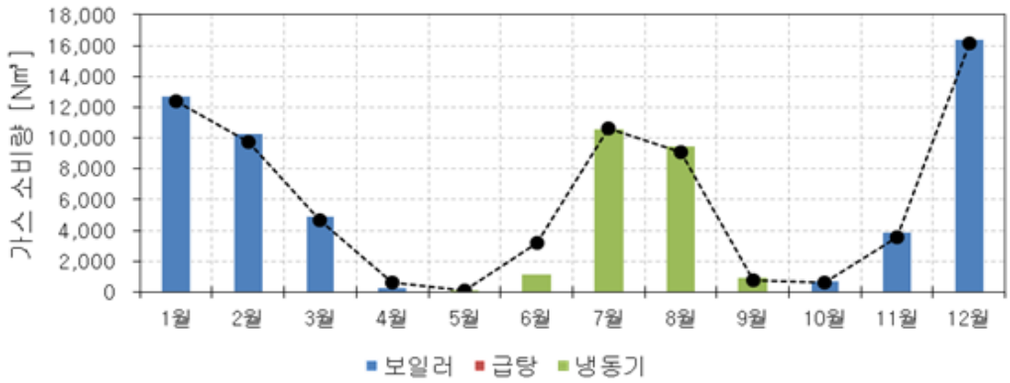


그림 3-12 (구)교통연구원 월간 가스 에너지사용량 용도별 관리·평가 결과

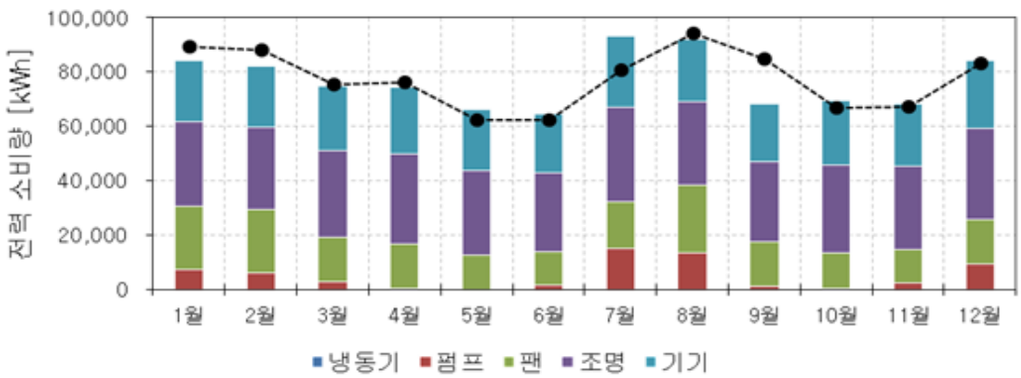


그림 3-13 월간 전력 에너지사용량 용도별 관리·평가 결과

다 민간건물 시범사업 프로세스 적용 검증

(1) GS역전타워

㈎ 기획단계

- 연간 총 사용량은 동료 건물 10,823개 중 8,320등으로 나타남
- 월별 전기 사용량은 많이 사용하고 있으며, 월별 가스 사용량은 전체적으로 보통 수준이나, 11,12월 사용량은 다소 많은 것으로 나타남
- 기저 사용량은 타 건물 대비 '많은' 수준 이며, 월별 냉방 에너지 사용량은 보통 수준이며, 11,12월 난방 사용량은 다소 많게 나타남
- 대상 건물의 에너지 순위는 백분율 77%로 하위권에 해당 하며, 전력과 관련된 기저 에너지 절감 방안이 필요하며 11,12월 보일러 또는 난방 시스템 운영에 대해 검토하는 것이 필요 할 것으로 판단 됨

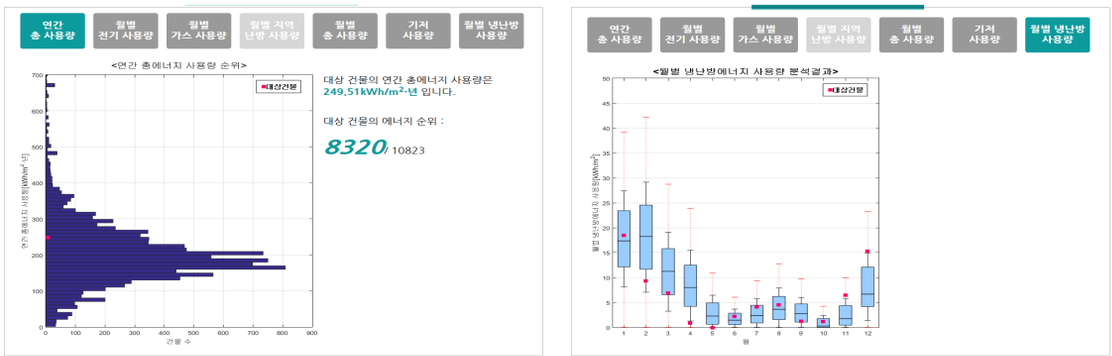


그림 3-14 GS역전타워 E-Scope 결과

- 외피 : 내단열재 추가-기존 내단열에 내단열을 추가하는 경우, 백판을 설치하고 유리면을 추가하거나, 폼 종류의 단열재를 적용하는 것이 가능하다는 점을 고려하여 적용함
- 온열원 : 열원장치 1대1 단순교환-장비 노후로 인한 운전 성적계수가 감쇄, 열원설비 및 펌프 등 일부교체만으로 성능이 보장될 경우 이상부위 만 교체하는 안 적용함
- 냉열원 : 열원장치 1대1 단순교환-장비 노후로 인한 운전 성적계수가 감쇄, 열원설비 및 펌프 등 일부교체만으로 성능이 보장될 경우 이상부위만 교체하는 안 적요함
- 공조 : 열운반장치 교체-송풍기, 덕트 등의 노후화에 따른 단순 교체 적용함
- 조명 : 고효율 LED 램프 교체-기존 조명 시스템 유지 및 일부 국소적 시공 요구 시 교체하는 방안에 대해 검토
- 외피는 내단열재를 추가하여 단열성능을 개선하는 방안 적용함
- 온열원은 및 냉열원은 열원장치 1대1 단순교환을 통해 부족한 열원 용량 및 성적계수 보완하였으며, 공조 부문은 장비 노후화로 인해 시스템을 교체

외피			
▶내단열재 추가	punchedwin type > 덧댐 > NON-VISION 부분 > 벽체-(기존)내단열 > 내단열재 추가		
에너지 성능	높음	수밀/기밀 성능	높음
폐기비용	중간	제작비용	중간
시공비용	높음	공사 후 내부 청소비용	중간
공사기간	중간	인테리어공사 발생여부	있음
특징	* 기존 내단열에 내단열을 추가하는 경우, 백판을 설치하고 유리면을 추가하거나, 폼 종류의 단열재를 적용하는 것이 가능함.		

온열원			
▶열원장치 1대1 단순교환	온수보일러 > 부하 증가 (용량 증대) > 기존 설비 전체 교체 > 열원장치 1대1 단순교환		
Pump Efficiency	낮음	COP	높음
제작비용	중간	시공비용	중간
시공난이도	중간	P/C Grade 5차	3등급
P/C Grade 4차	2등급		
특징	-부하 증가로 인해 열원 용량이 부족 -장비 노후로 인한 운전 성적계수 감쇄		

조명			
▶고효율 LED 램프 교체	형광등 조명기구 (T8 FL 2/32W) > 천정 매입형 등기구 > 기존 등기구 부분 교체 > 램프 교체 > 고효율 LED 램프 교체		
에너지 소비효율	중간	Visual Aspect	중간
폐기비용	낮음	제작비용	중간
시공비용	낮음	공사 후 내부 청소비용	낮음
공사기간	낮음	인테리어공사 발생여부	없음
특징	* 기존 조명 시스템 유지 및 일부 국소적 시공 요구시 적용 * 램프 교체 시 B36의 호환성 고려 * 하면개방 등기구의 경우 광원이 노출되어 눈부심 현상 발생 가능 * 안정기 교체 시 램프와의 호환성 확인 * 조광 가능 안정기 교체 시 조광 스위치 적용을 함께 고려하고 zone 별 제어 가능하도록 바		

공조			
▶열운반장치 교체	전공기방식 > CAV > 기존 시스템 단순 교체 > 부속설비 교체 > 열운반장치 교체		
Pump Efficiency	높음	COP	낮음
제작 비용	낮음	시공 비용	낮음
시공 난이도	낮음		
P/C Grade 5차	3등급	P/C Grade 4차	1등급
특징	-송풍기, 덕트등의 노후화에 따른 단순 교체		

그림 3-15 GS역전타워 Impact Table A 결과

㈏ 계획단계

- 원안분석 결과 : 연간 2차 에너지 사용량은 245kWh/m^{2}이고, 1차 에너지로 환산할 경

우, 538kWh/m^{2}임. 이는 에너지효율등급 6등급에 해당함

- 대안분석 결과 : 연간 2차 에너지 사용량은 44kWh/m^2 감소하여, 18% ((245-201)/245)의 에너지 절감 가능. 에너지효율등급은 4등급으로 상승함
- 에너지절약 설계기준 및 패시브하우스 설계기준의 단열기준 적용 시 각각 8%, 10% 절감 가능할 것으로 판단됨

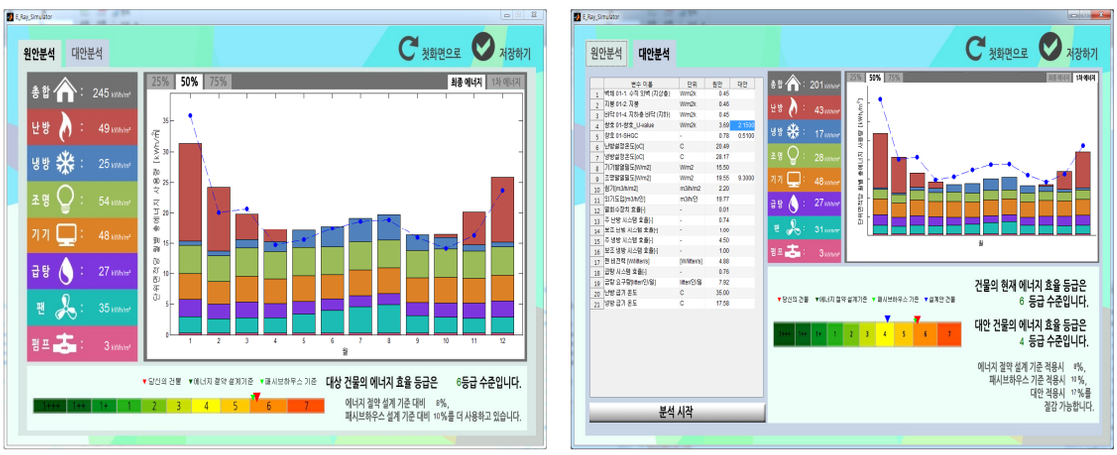


그림 3-16 GS역전타워 E-Ray 결과

- 단열기준에 부합하는 목표를 두고 실내외 온도차에 따른 열손실을 최소화 할 수 있는 대안 제시함
- 단열개선공사는 단열/기밀 성능이 뛰어난 내단열재 추가로 선정 (에너지 절감률 3.43%, 절감비용 6,941(천원), 초기투자비용 91,735(천원))
- 온열원은 기존시스템을 유지하며 COP가 우수한 1 : 1 단순교환선정 (에너지 절감률 2.74%, 절감비용 5,550(천원), 초기투자비용 13,874(천원))
- 냉열원은 기존시스템을 유지하며 COP가 우수한 1 : 1 단순교환선정 (에너지 절감률 5.08%, 절감비용 10,299(천원), 초기투자비용 75,457(천원))
- 공조는 초기투자비용이 우수한 열운반장치 교체로 CAV 방식 선정 (에너지 절감률 3.44%, 절감비용 6,972(천원), 초기투자비용 7,423(천원))
- 조명은 에너지 절감률이 높은 고효율 LED 램프 교체로 선정 (에너지 절감률 4.86%, 절감비용 984,770(천원), 초기투자비용 11,659,255(천원))
- 최적 조합 대안선정 결과 : 에너지 절감률 19.55%, 절감비용 1,014,532(천원) 초기투자비용 11,847,744(천원)



그림 3-17 GS역전타워 Impact Table B 결과

㈐ 운영 및 유지관리

- 전형적인 업무시설의 에너지 사용설비 사용패턴을 보이고 있으며, 설비의 운영관리가 잘되고 있으며, 급탕공급 온도 또한 적정함
- 기기, 조명 등의 내부발열 기기에서 사용되는 전력사용량이 많이 사용되고 있으며, 상주인원이 많아 운송 설비에도 많은 전력이 사용되고 있음
- 대기전력 차단장치, 고효율 조명기기의 도입, 노후 전력설비의 교체, 수송 설비 등의 교체에 대한 검토가 필요함

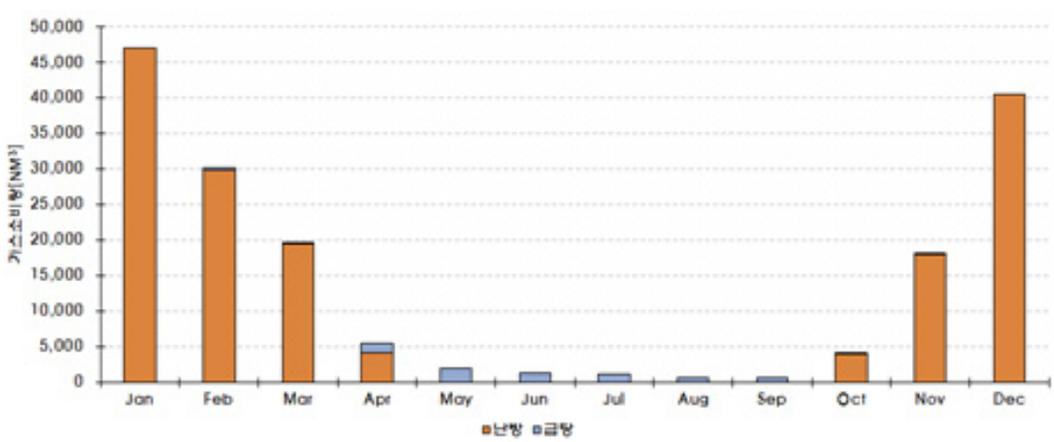


그림 3-18 GS역전타워 월간 가스 에너지사용량 용도별 관리·평가 결과

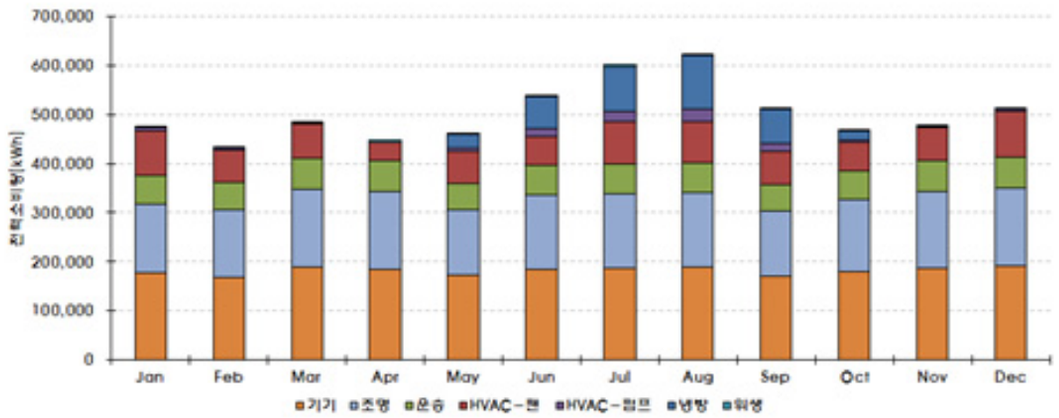


그림 3-19 GS역전타워 월간 전력 에너지사용량 용도별 관리·평가 결과

(2) 한국금융증권

(가) 기획단계

- 연간 총 사용량은 동료 건물 11,233개 중 9,818등에 나타남
- 월별 전기 사용량은 매우 많이 사용하고 있으며, 월별 가스 사용량은 보통 수준으로 사용하고 있음
- 기저 사용량은 타 건물 대비 '많은' 수준으로 나타났으며, 월별 냉방 에너지 사용량은 '다소 많은' 수준이며, 난방 에너지 사용량은 '보통' 수준으로 나타남
- 대상 건물의 에너지 순위는 백분율 87%로 하위권에 해당 하였으며, 전력과 관련된 기저 에너지 절감 방안이 필요하며 냉방 시스템 성능 또는 운영에 대해 검토하는 것이 필요 할 것으로 판단됨

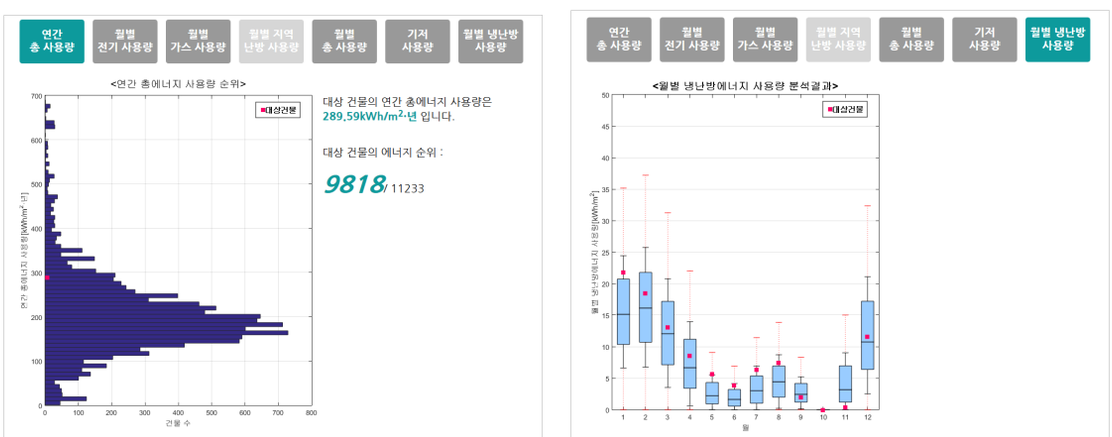


그림 3-20 한국금융증권 E-Scope 결과

- 외피 : 내단열재 추가-기존 내단열에 내단열을 추가하는 경우, 백판을 설치하고 유리면을 추가하거나, 폼 종류의 단열재를 적용하는 것이 가능하다는 점을 고려하여 적용

함

- 온열원 : 열원장치 1대1 단순교환-장비 노후로 인한 운전 성적계수가 감쇄, 열원설비 및 펌프 등 일부교체만으로 성능이 보장될 경우 이상부위 만 교체하는 안 적용함
- 냉열원 : 열원장치 1대1 단순교환-장비 노후로 인한 운전 성적계수가 감쇄, 열원설비 및 펌프 등 일부교체만으로 성능이 보장될 경우 이상부위만 교체하는 안 적요함
- 공조 : 열운반장치 교체-송풍기, 덕트 등의 노후화에 따른 단순 교체 적용함
- 조명 : 고효율 LED 램프 교체-기존 조명 시스템 유지 및 일부 국소적 시공 요구 시 교체하는 방안에 대해 검토
- 외피는 내단열재를 추가하여 단열성능을 개선하는 방안 적용함
- 온열원은 및 냉열원은 열원장치 1대1 단순교환을 통해 부족한 열원 용량 및 성적계수 보완하였으며, 공조 부문은 장비 노후화로 인해 시스템을 교체

외피

외단열 추가	punchedwin type > 덧댐 > NON-VISION 부분 > 벽체-(기존)내단열 > 외단열 추가		
에너지 성능	높음	수밀/기밀 성능	중간
폐기비용	낮음	제작비용	중간
시공비용	높음	공사 후 내부 청소비용	-
공사기간	중간	인테리어공사 발생여부	없음
특징	* 외벽에 외단열을 추가하는 경우, 열성능 향상을 크게 기대할 수 있으나, 외부 비계 설치에 따른 공사비 상승이 있을 수 있음. 리모델링을 위한 단열재 일체형 외벽 마감 패널을 적용하면 쉽게 시공이 가능함. 외단열재가 밀실하게 부착되지 않은 경우에는 결로 등의 문제가 발생할 수도 있음		

온열원

열원장치 1대1 단순교환	증기보일러 > 부하 증가 (용량 증대) > 기존 설비 전체 교체 > 열원장치 1대1 단순교환		
Pump Efficiency	낮음	COP	높음
제작비용	높음	시공비용	중간
시공난이도	중간	P/C Grade 5차	3등급
P/C Grade 4차	1등급		
특징	-부하 증가로 인해 열원 용량이 부족 -장비 노후로 인한 운전 성적계수 감쇄		

냉열원

부하증가분에 대한 열원설비 추가 설치	터보냉동기 > 부하 증가 (용량 증대) > 부하 증가분 추가 설치 > 부하증가분에 대한 열원설비 추가 설치		
Pump Efficiency	낮음	COP	낮음
제작비용	중간	시공비용	낮음
시공난이도	낮음	P/C Grade 5차	-등급
P/C Grade 4차	1등급		
특징	-기존 설비는 성능에 이상이 없을 경우		

공조

공기조화장치(공조기) 1대 1 단순교환	전공기방식 > CAV > 기존 시스템 단순 교체 > 공조설비 교체 > 공기조화장치(공조기) 1대 1 단순교환		
Pump Efficiency	낮음	COP	높음
제작 비용	높음	시공 비용	중간
시공 난이도	중간		
P/C Grade 5차	-등급	P/C Grade 4차	2등급
특징	-공조설비의 노후화에 따른 교체		

조명

고효율 LED 램프 교체	형광등 조명기구 (T8 FL 2/32W) > 천정 매입형 등기구 > 기존 등기구 부분 교체 > 램프 교체 > 고효율 LED 램프 교체		
에너지 소비효율	중간	Visual Aspect	중간
폐기비용	낮음	제작비용	중간
시공비용	낮음	공사 후 내부 청소비용	낮음
공사기간	낮음	인테리어공사 발생여부	없음
	* 기존 조명 시스템 유지 및 일부 국소적 시공 요구시 적용 * 램프 교체 시 Base의 호환성 고려		

그림 3-21 한국금융증권 Impact Table A 결과

㈏ 계획단계

- 원안분석 결과 연간 2차 에너지 사용량은 284kWh/m^2이고, 1차 에너지로 환산할 경우, 638kWh/m^2임. 이는 에너지효율등급 7등급에 해당함
- 대안분석 결과 연간 2차 에너지 사용량은 44kWh/m^2 감소하여, 13.4% ((284-246)/284)의 에너지 절감 가능. 에너지효율등급은 6등급으로 상승함
- 에너지절약 설계기준 및 패시브하우스 설계기준의 단열기준 적용 시 각각 17%, 20% 절감 가능, 본 건물은 금융업무를 위한 서버실이 존재하여 전기에너지 사용량이 많음.

따라서 건축 요소를 개선하는 그린리모델링 이후에도 에너지효율등급은 많이 개선되지 않음

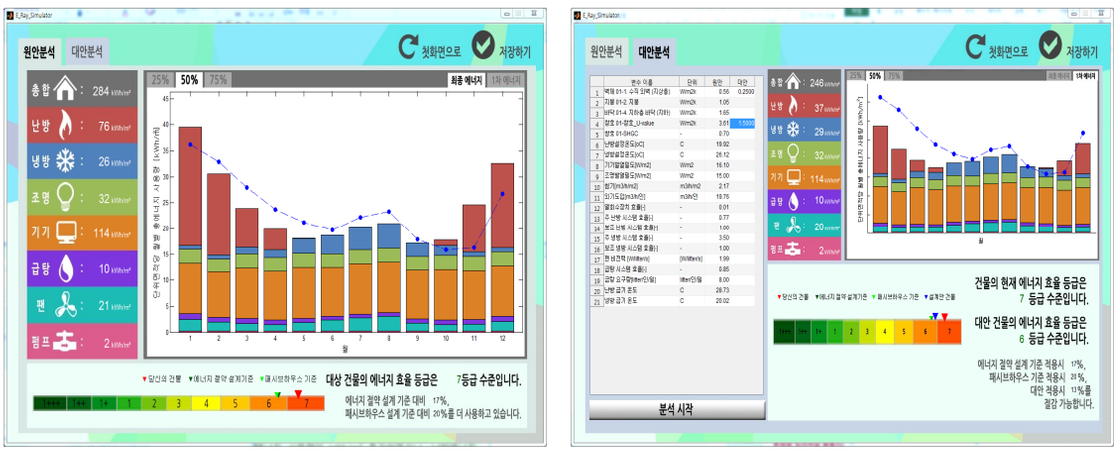


그림 3-22 GS역전타워 E-Ray 결과

- 외피 : 외단열 추가-외벽에 외단열을 추가하는 경우, 열성능 향상을 크게 기대할 수 있으나, 외부 비계 설치에 따른 공사비 상승이 있을 수 있다는 점을 고려하여 적용여부 검토
- 온열원 : 열원장치 1대1 단순교환-부하 증가로 인해 열원 용량이 부족, 장비노후로 인한 운전 성적계수 감쇄, 열원설비 및 펌프 등 일부교체만으로 성능이 보장될 경우 이상부위 만 교체하는 안 검토
- 냉열원 : 부하증가분에 대한 열원설비 추가 설치 검토는 필요하나, 기존 설비 기 리모델링 수행으로 성능/효율에 이상 없음
- 공조 : 공기조화장치(공조기) 1대 1 단순교환-송풍기, 덕트등의 노후화에 따른 단순교체 안 검토
- 조명 : 고효율 LED 램프 교체-기존 조명 시스템 유지 및 일부 국소적 시공 요구시 적용, 램프 교체 시 Base의 호환성을 고려하여 적용여부 검토
- 외피는 외단열을 추가 하여 열성능을 향상시킬 수 있으며, 온열원은 시스템을 전반적으로 교체하며 냉열원은 부하증가분에 대한 열원설비 추가 적용함
- 공조 부문은 장비 노후화로 인해 시스템을 교체, 조명은 고효율 LED 램프 교체 적용함



그림 3-23 한국금융증권 Impact Table B 결과

(다) 운영 및 유지관리

- 난방 이외 급탕에 사용되는 가스사용량이 겨울철이 아닌 3월, 10월, 11월 등의 간절기에 많이 사용되고 있음
- 전력사용량은 증권관리를 위한 서버에서 상당량이 사용되고 있으며, 여름철 전기 압축식 냉동기 사용으로 전력사용량이 증가하고 있음
- 가스사용량 절약을 위해서는 급탕공급온도를 간절기에 낮게 조정하는 것이 필요할 것으로 사료됨



그림 3-24 한국금융증권 월간 가스 에너지사용량 용도별 관리·평가 결과

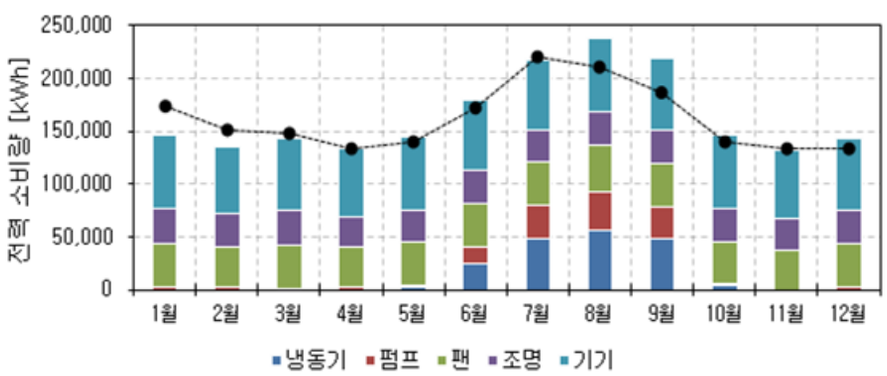


그림 3-25 한국금융증권 월간 전력 에너지사용량 용도별 관리·평가 결과

2 소규모 공간용 스마트 모니터링 및 최적제어 시스템 구축

가 클라우드 기반 스마트 모니터링 및 최적제어 시스템 개발

(1) 연구내용

- 데이터 서버 및 웹서버 구축
- 서버와의 통신 프로토콜 구축
- 소규모 공간 스마트 모니터링용 GUI 개발

(2) 연구결과

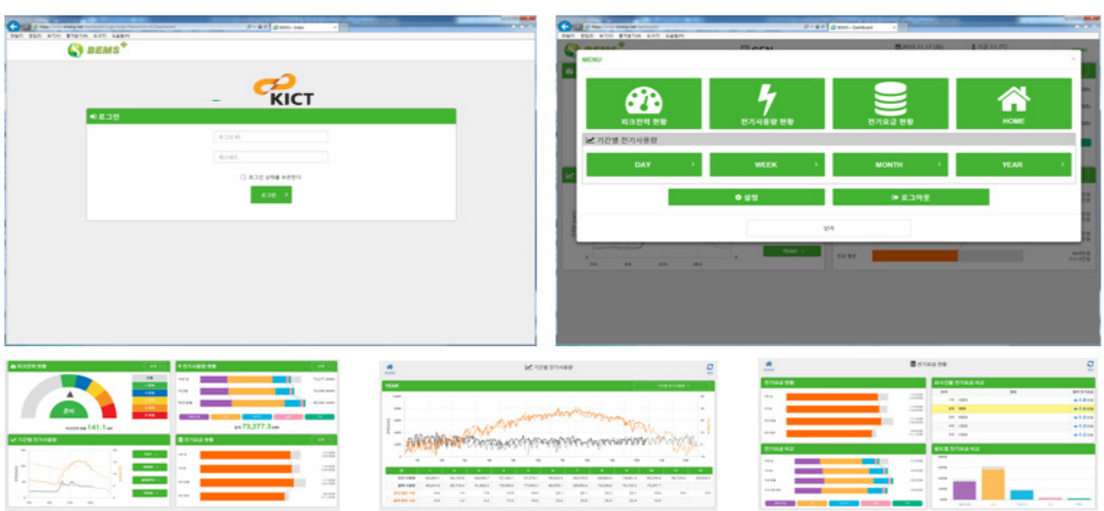
- 로그인 화면 구성
  - 로그인 ID/패스워드 입력
- 메뉴(MENU) 화면 구성

① 피크전력 현황
- 단계별 알림표시(6단계_보통, 준비, 관심, 주의, 경계, 위험)
- 실시간 전력사용 상황표시(공급능력, 현재 전력부하, 운영예비력)
- 월간 피크 전력분석
- 용도별 피크 전력분석(냉방/난방, 조명, OA기기, 급탕, 기타)

② 에너지사용량 현황
- 전월, 전년 동월 전기사용량 현황분석, 이번달 전기사용량 예측

③ 에너지요금 현황
- 전월, 전년 동월, 전년 평균 전기요금 현황분석, 유사건물 전기요금 비교, 용도별 전기요금 비교

④ 기간별 전기사용량(DAY, WEEK, MONTH, YEAR)



《그림 3-26》 소규모 공간 스마트 모니터링용 화면 구성

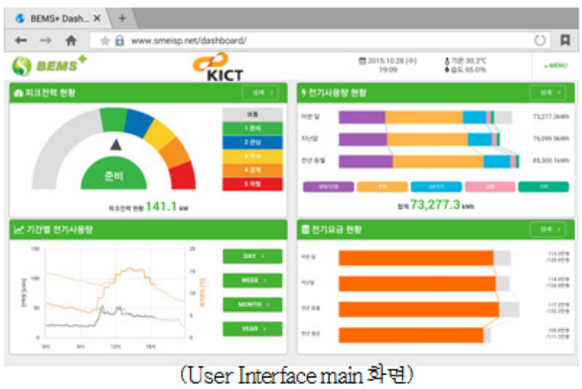
• 클라우드 기반 에너지 모니터링 시스템 구축

① 로그인 화면 구성 내용

- 로그인 ID/패스워드 입력
- 설정(모니터링 건물 선택, 로그인 설정 및 계정설정)
- 기본표시(실시간 연도, 요일, 시간, 기온(℃) 및 습도(%))

② 메뉴 화면 구성 내용

- 6단계 표시 : 보통, 준비, 관심, 주의, 경계, 위험
  (보통 : 0~120kW, 준비 : 120~150kW, 관심 : 150~180kW, 주의 : 180~210kW, 경계 : 210~240kW, 위험 : 240~270kW)
- 실시간 전력사용 상황 : 단계별 그래프
  (공급능력(만kW), 현재의 전력부하(만kW), 현재의 운영 예비력(만kW), 현재 예비율(%) 표시)
- 월간 피크 전력
  부문별(냉난방, 조명, OA기기, 급탕, 기타) 피크 전력 월별 그래프
- 용도별 피크 전력
- 부문별(냉난방, 조명, OA기기, 급탕, 기타) 이번달, 지난달, 전년 동월 전기사용량(kWh) 막대 그래프 표시
- 이번달 전기사용량·예측
  (부문별 현재 및 예측 전기사용량 및 합계 표시)
- 부문별 상세 전기사용량 표시
  (냉난방, 조명, OA기기, 급탕, 기타)
- 전기요금 현황 : 이번달, 지난달, 전년동월, 전년 평균 비교그래프
- 유사건물 전기요금 비교
  (건물군별 전기 절약 요금 및 순위 비교)
- 부문별 전기요금 비교
  부문별(냉난방, 조명, OA기기, 급탕, 기타) 이번달, 지난달, 전년동월, 전년 평균 전기요금 합산·비교그래프 표시함.
- 용도별 전기요금 비교
  부문별(냉난방, 조명, OA기기, 급탕, 기타) 전기요금 개별·비교그래프 표시함.



(User Interface main 화면)



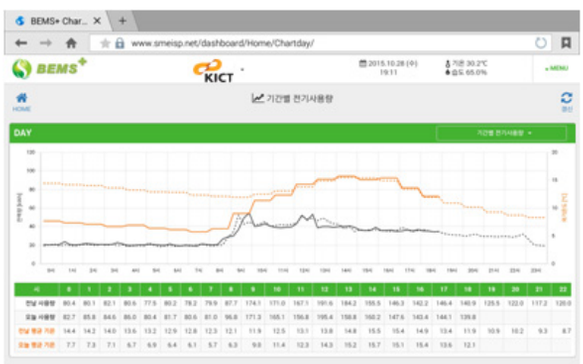
(피크전력 및 실시간 전력사용 현황)



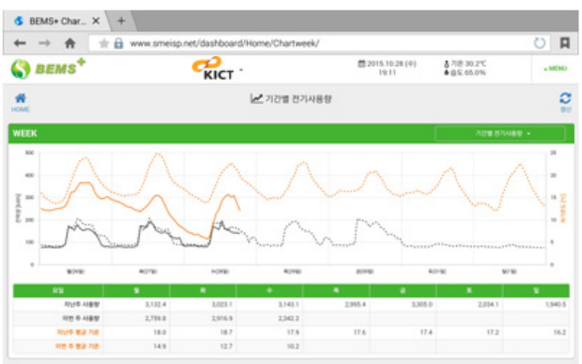
(부문별 전력사용량 현황 및 예측)



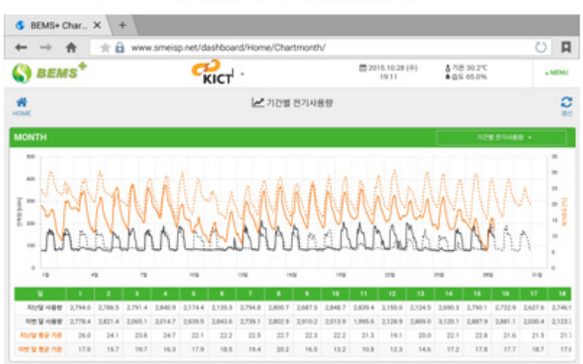
(전기요금 현황 및 유사건물 전기요금 비교)



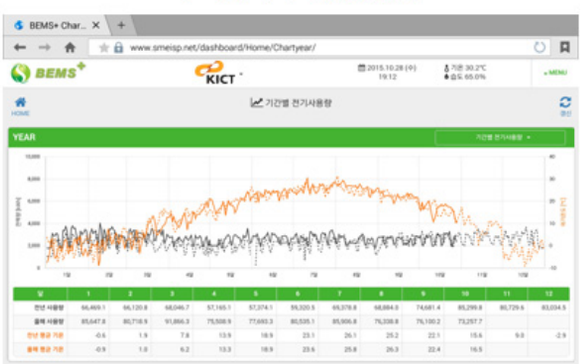
(시간별 에너지사용량 분석)



(요일별 에너지사용량 분석)



(일별 에너지사용량 분석)



(월별 에너지사용량 분석)

《 **그림 3-27** 》 소규모 공간 에너지 모니터링 시스템 구축

• 제어시스템 구성



《그림 3-28》 소규모 공간 제어시스템 구성

■ 4세부 : 정부 및 민간 금융 비즈니스 모델 및 정책 제안

• 세부연구목표 1. 민간금융 및 정부지원 비즈니스 모델 구축
2. 그린리모델링 건물의 가치산정방안
3. 그린리모델링 종합정보시스템 구축 및 검증

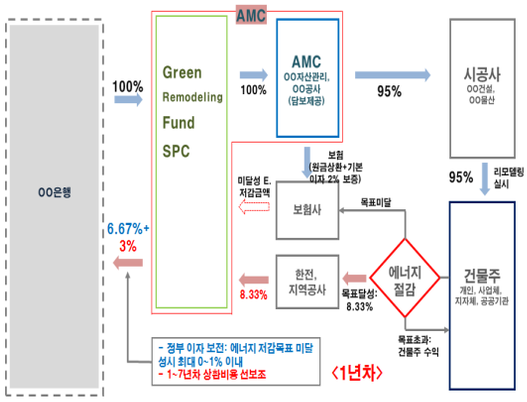
• 주요 연구내용 및 성과물

1. 민간금융 및 정부지원 비즈니스 모델 구축

• 그린리모델링 비즈니스 모델 개발
(現 그린리모델링 창조센터 이자지원 사업의 초안 작성)
– 민간금융활용 그린리모델링 비즈니스 프로토타입 구체화 모델 개발

• 업무용 건물의 사업성평가시트 개발
– 건물 유형별 사업타당성 결정요인 분석 및 도출
– 그린리모델링 비즈니스 모델로서 부동산 가치 기반의 수익성 평가 Tool 개발
– 시범사업(중구 00건물, 한국수자원공사 본사) 그린리모델링 부동산 가치 평가 실시

• 공동주택의 사업성평가시트 개발
– 그린리모델링 실시 공동주택의 부동산 가치 통합 평가 방안 및 Tool 개발

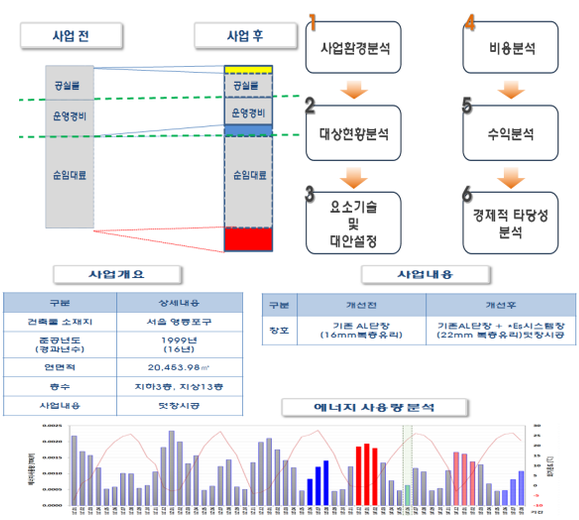


2. 그린리모델링 건물의 가치산정방안

1)그린리모델링 사업 타당성 검토
• 사업환경분석 :
–임대료 상승 및 자산가치 상승을 수반하는 비교적 규모가 큰사업
–도시공간구조분석, 인문, 사회, 교통, 환경분석, 부동산 시장분석, 상위 계획 및 법규 검토
• 대상현황분석 : 입지환경분석, 대상에너지사용 현황분석

2)그린리모델링 이자지원사업 대상 에너지 사용량 검토
• 그린리모델링 공사 전·후 에너지사용량 변화 검토
• 동별로 계량기가 설치되어 있고 증축이 수반되지 않은 건축물 선정
• 그린리모델링 공사시 적용요소는 외피단열, 창호, 기계 조명등

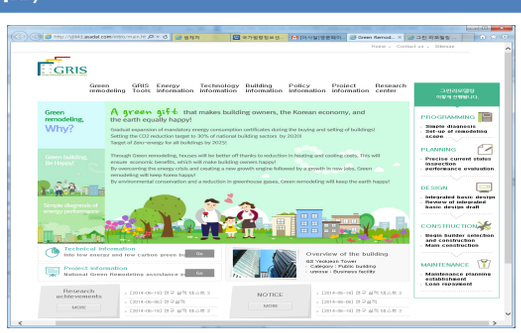
3) 그린리모델링 가치를 고려한 과표산정기준 개선방안
• 건물기준시가는 비주거용 건물의 국세(양도·상속·증여세)과제 기준
• 건물시가표준액은 비주거용 건물의 지방세(재산세, 취득세 등) 과제 기준



3. 그린리모델링 종합정보시스템 홈페이지 구축 (www.gris.or.kr)

• 사용자 및 관리 편의성을 고려한 그린리모델링 종합정보시스템 개선
– GRIS Tools의 웹 통합시스템 구축
– Impact Table A와 B의 웹 통합구축
– 관리시스템(CMS) 적용

• 그린리모델링 종합정보시스템 영문홈페이지 제작
– 메인 및 주요콘텐츠별 영문페이지 제작



1 민간금융 및 정부지원 비즈니스 모델 구축

가 그린 리모델링 비즈니스모델 개발

(1) 비즈니스 모델 개발 개요

- 국내외 금융지원 제도 및 추진체계와 해외에서의 적용현황을 분석하여, 업무용 건축물에 대한 그린 리모델링 비즈니스 모델 개발 방향을 설정함
- 그린 리모델링 비즈니스 모델의 프레임워크에 따라서 참여주체별 개념 및 역할을 도출(표4-1참고)하고, 이를 바탕으로 리모델링 비즈니스 모델(안)을 작성함(그림4-1참고)

표 4-1 참여주체의 개념

구 분		주 체	개 념	예 시
건물		건물주	• 건물 소유주이며 그린 리모델링의 잠재 수요자 • 건물주의 성향에 따라 SPC에 수동적 참여 또는 기대가치에 대한 것을 고려 매각	• 개인 또는 법인의 형태
AMC	그린 리모델링 기금관리 및 사업 운용	공공 AMC 또는 민간 AMC	• 그린 리모델링 정책자금의 조성 및 관리 • 그린 리모델링의 사업 타당성 검토	• 자금을 기초하여 금융파생상품의 개발 및 투자관리
SPC	프로젝트 기반의 그린 리모델링 사업 수행	SPC사 (특수목적회사)	• 기존 건축물의 녹색 건축물화를 위해 법에 의해 세워진 금융회사의 한 형태로서, 프로젝트를 기반으로 한 채권 매각과 원리금 상환 업무 등을 담당하기 위해 일시적으로 설립된 특수목적회사	• ○○주식회사 등
그린 리모델링 펀드		공공자금	• 공공 목적의 기금 또는 금융기관	• 정책금융공사, 연기금 등
		민간자금	• 민간자금, 해외자금 또는 부동산 목적펀드	• 건물펀드, 부동산ABS 등
설계 및 시공	설계	설계사	• 그린 리모델링 설계업무 참여	• ○○건축, ○○그룹 등
	엔지니어링	엔지니어링사	• 그린 리모델링 엔지니어링 업무 참여	• ○○공사, ○○컨설팅 등
	시공	시공사	• 그린 리모델링 시공업무 참여	• ○○건설, ○○산업, ○○물산 등

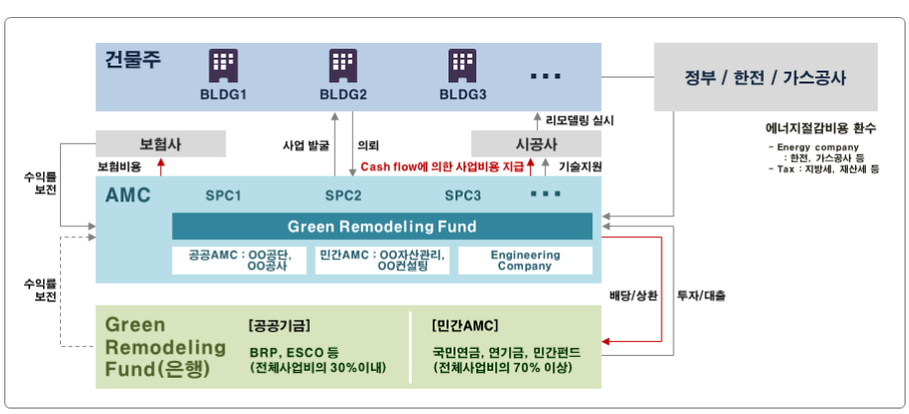
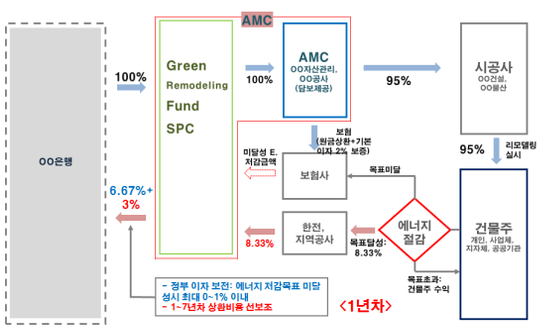


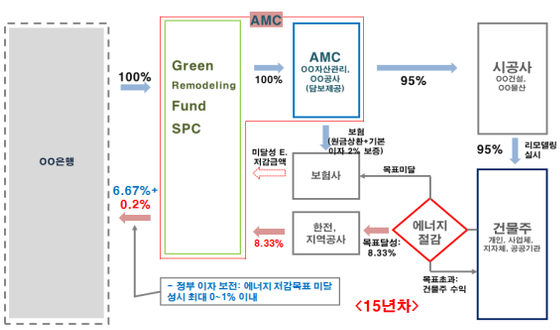
그림 4-1 업무용 건축물의 그린 리모델링 비즈니스 모델

(2) 자금 흐름에 따른 비즈니스 모델 개발

- 정부지원 및 민간금융 연계 비즈니스 프로세스를 통하여 건물주는 정부의 공공 그린 리모델링 펀드를 지원받을 수 있으며, AMC에 사업계획서와 함께 보조금[1], 융자금[2] 형식의 비용을 신청함
- 이후 AMC는 정부의 정책자금으로 마련된 공공 그린 리모델링 펀드를 활용하여 사업 타당성이 있는 경우, 건물주에게 보조금 그리고/또는 융자금을 지원할 수 있음. 정부는 그린 리모델링 사업 시 건축기준 완화, 환경개선부담금 경감, 지방세 감면 등의 세제 혜택, 인증비용 지원 등의 지원을 건물주에게 함
- 정부의 이자 이차보전[3]은 민간금융의 융자금 이용 시, 정부에서 이자를 이차보전 하는 방식으로 활용됨
- 건물주가 AMC를 통하여 개별적인 민간금융의 융자금을 활용하는 경우에 정부는 해당 금융기관에 이자의 이차보전 함. 건물주가 민간 그린 리모델링 펀드 이용시 건물주는 AMC에 그린 리모델링 펀드를 신청하여 지급받을 수 있음
- 건물주는 그린 리모델링 사업을 통해 얻게 되는 에너지 절감율에 대한 수익의 일부를 상환비용으로 상환 가능
- 건물주가 그린 리모델링 펀드를 이용할 경우, AMC는 그린 리모델링 사업에 대한 보증을 보험사를 통하여 에너지 성능 보증 방식으로 실시함. 그린 리모델링 사업의 보증 경우, 현행 신용보증기금 또는 기술보증기금을 이용
- <그림 4-2>는 은행대출을 통한 업무용 건축물의 1차년도 비즈니스 모델임



《 그림 4-2 》 은행대출을 통한 업무용건물 비즈니스 모델 예시(보수적-1년차)



《 그림 4-3 》 은행대출을 통한 민간건물 비즈니스 모델 예시(보수적-15년차)

- <그림 4-3>은 장비노후도 반영 투자비 15년 상환 기준으로 매년 원금 상환 6.67%+ 이자수익 3% (원금균등상환방식)형식으로 그린 리모델링이 진행될 경우의 사례임. 이

1) 정부 측면의 공공그린리모델링 펀드는 보조금과 융자금으로 구성될 수 있음. 국고 보조금은 지방 공공단체에서 시행하는 특정 사업의 경비 일부를 정부가 국고에서 부담하여 교부하는 것으로, 그린 리모델링 사업에 대해서 정부가 보조금을 지원하는 것을 의미함
2) 정부 융자금은 정부가 건물주에게 그린리모델링을 위한 자금을 대출해 주는 방식임
3) 이자 이차보전은 국가가 그린리모델링을 위하여 특정한 부문에 조달된 자금의 조달금리와 대출금리의 차이를 보전하는 것을 의미하는 것으로, 현행 예산편성기준의 과목 구분에는 특정목적을 위하여 필요한 자금이 일반대출금리 또는 조정금리보다 낮은 금리로 조성될 수 있도록 하기 위하여 지원되는 경비(가격보전, 환차보전 포함)를 의미함

경우, 건물주가 매년 초과달성분에 대해 수익으로 환수 및 16년차부터 에너지 절감비는 직접 수익이 됨. (그린 리모델링을 통한 에너지저감 목표가 10% 이하인 경우)

- 만약 15년 차에 에너지 저감목표를 미달성한 경우, 정부의 이자보전은 약 0.2% (최대 0~1% 이내)이며, 15년 차의 약정기한이 종료되면, 16년차부터는 절감에너지 비용이 건물주의 수익으로 전환됨. 즉, 약정된 사업비 100%를 모두 다 상환한 경우, AMC의 역할은 종료되며, 이후 에너지 절감으로 얻을 수 있는 에너지 절감비용은 건물주의 수익으로 연결됨

(3) 비즈니스 모델의 정부 지원 및 민간 금융 연계 방안

(가) 정부 지원 연계 방안

- 그린 리모델링을 위한 정부지원 연계 비즈니스 프로세스는 정부 주도의 융자, 보조금 지원, 이자의 이차보전 등이 방안으로 있을 수 있음 (표4-2 참고, 안진회계법인, 2012)

《 표 4-2 》 정부 주도의 그린리모델링 지원 방안

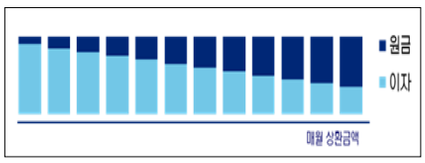
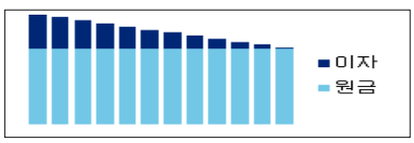
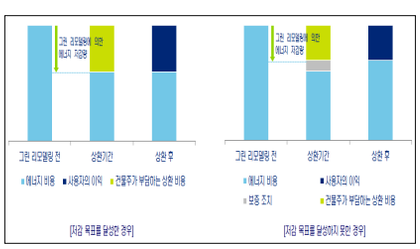
구 분	내 용
보조금 지원 방식	• 보조금은 공적목적을 위해 정부가 기업, 가계 또는 다른 정부에게 공여하는 직접적 지원금으로서 기초생활 보장급부와 같이 일정한 자격조건을 취득하면 자동적으로 보조금을 받게 되는 공식보조금, 그리고 특정 산업이나 연구 등의 분야에서 경쟁적 신정과정을 거쳐 보조금을 획득하게 하는 프로젝트 보조금로 구분할 수 있음
융자금 지원 방식	• 정부기관이 공공기금으로 특정 개인 또는 기업에게 자금을 빌려주고 이후 이를 직접 회수하는 방식으로 통상 금리 및 상환기간 등의 조건에서 민간 상업 금융보다 우대하여 공급되며, 일정한 기간이 지나면 원금과 이자를 전액 상환해야 한다는 점에서 무상으로 제공되는 보조금과 차이가 있음
이자 이차보전 방식	• 금융기관은 차입자들에게 시장이자율을 적용하고, 정부는 시장이자율과 보장된 이자율의 차이를 차입자에게 직접 지원하는 방식임. 지급불능이 발생할 시에는 모든 손실을 금융기관이 지게 되기 때문에 차입자를 평가하고 선별할 때 금융기관의 역할이 커지게 된다. 정부가 차입자에게 이자차액만 지급하기 때문에 융자방식과 비교해 운용비를 상당부분 절감할 수 있지만 이자차액은 일종의 보조형식으로 지급되는 것이기 때문에 지속적인 자금의 충당이 필요함

- 이차보전방식은 재정융자방식에 비해 금융권의 역할이 강조되며, 정책 시행기관이 작성한 지원 대상자 평가 방법에 대한 지침이 금융기관에 전달됨. 금융기관은 이러한 평가 지침을 바탕으로 지원 대상자를 판별하지만 지급불능에 대한 리스크로 인해 금융기관의 의견이 많이 반영될 수밖에 없음

(나) 민간 금융 연계 방안

- 민간금융 연계 비즈니스 프로세스는 민간금융사의 개별적인 투자와 그린리모델링 펀드를 조성한 후 펀드를 투자하는 방식이 있을 수 있음. 그러나 민간금융이 활발하게 도입되기 위해서는 정부의 이자 이차보전과 같은 지원 등이 필요할 수 있음. 일반적으로 투자금 회수를 위한 방식은 일반상환 방식과 성과보증 방식이 있을 수 있음

《 표 4-3 》 상환방식별 특징

구 분		특 징	
일반 상환 방식	만기 상환	• 매달 원금의 차감 없이 이자만 납부하다가 만기에 원금을 상환하는 방법, 월 불입금이 적고 일정한 장점이 있으나, 만기 전에 목돈 계획이 없다면 많은 부담이 될 수 있음	
	원리금 균등 분할 상환	• 신용대출에 많이 사용하는 상환방법으로 매달 원금과 이자를 같이 균등하게 분할하여 상환하는 방법. 매달 납입할수록 원금도 같이 상환되므로 같은 월 불입금 내에서 원금 비율이 이자비율보다 매달 높아지게 되는 방식. 자금관리에 매우 유용한 대출 상환방법 중의 하나임	 원리금 균등 분할 상환
	원금 균등 분할 상환	• 원금을 대출 기간으로 균등하게 나누어 매월 일정한 금액을 상환하고, 이자는 매월 상환으로 줄어든 대출 잔액에 대해서만 지급하는 방식. 매월 상환하는 원금은 일정하지만 이자는 초기에 많고 시간이 지날수록 줄어드는 구조를 가짐. 따라서 대출금을 상환할수록 잔여 대출금이 줄어들기 때문에 매달 부담하는 이자는 줄어듦. 매 월 과도한 원금과 이자의 상환으로 인해 가용자금이 줄어드는 단점이 있음. 고정적인 수입이 있지만 목돈이 들어올 가능성이 적은 경우에 적합함	 원금 균등 분할 상환
	거취 후 상환 방식	• 주택담보대출에서 많이 사용하는 방법으로 만기일시상환방식과 원리금균등상환방식을 조합한 형태임. 거치기간에는 이자만 내다가 만기 시점부터 원리금 균등 분할 방식으로 납입하게 되기 때문에, 대출 기간은 가장 길지만 이자 부담이 가장 높은 상환방법 중의 하나임	
성과 보증 방식		• 국가 재정의 융자 지원으로 그린 리모델링을 시행한 경우 절감된 에너지 비용으로 상환 비용을 충당 가능하도록 설계하고, 상환 비용에 미치지 못할 경우에 대해서는 정책 시행기관 또는 인증된 그린 리모델링 전문 기업이 보증하는 방식. 사업계획 수립 시 인증된 그린 리모델링 전문기업과 에너지 사용자가 상호 합의하여 상환 비용에 따른 목표 절감량을 설정하고 사업완료 후 실측결과에 따라 차액보전 등의 보증조치를 이행함 • 그린 리모델링 시공에 따른 건물주의 비용 부담을 줄여 제도 보급의 확대를 위한 효과적인 방식이나 에너지 절감 성과에 대한 측정 및 검증이 어려운 경우 또는 성과에 대한 보증방식이 구체화되지 않은 경우에는 적용이 어렵기 때문에, 이에 대한 구체화가 필요	 성과 보증 방식

- 업무용 건축물의 비즈니스 모델은 대출금액, 대출금의 상환방식 및 상환기간, 이자율 등에 따라서 비즈니스 모델의 프로세스는 달라질 수 있으나, 시나리오 분석을 통하여 확인된 바와 같이, 본 연구에서 제안된 비즈니스 모델은 보수적인 기준으로 살펴보더라도 최소 15년 상환기간 이후에는 에너지 절감비용이 건물주의 수익으로 평가될 수 있음. 즉, 이 연구에서 제안된 모델은 현실성 측면에서 충분히 활용이 가능할 것으로 판단됨
- 특히, 시나리오 분석에서는 정부 지원 방식을 이자의 이차보전으로 한정하였기 때문에, 추후 정부 지원 방식을 이자의 이차보전 뿐만 아니라, 보조금 및 저리의 융자금이 반영된다면, 업무용 건축물의 수익성 및 대출금의 상환을 위한 환경은 더욱 효과적일 것으로 평가할 수 있음

(4) 제안 이자지원 모델의 그린리모델링 창조센터 모델 적용

- 연구과제에서 제안한 이자지원 모델방식을 그린리모델링 창조센터에서는 이차보전 방식의 비즈니스 모델로 차용하여 민간건물에 대한 창조센터 그린리모델링 이자지원사업을 추진함(그림 4-4 참고)
- 이자지원 비율은 에너지 시뮬레이션을 통해 성능 개선 비율에 따라 차등지원하며, 30% 이상 성능 개선 시 4%의 이자지원을 받을 수 있음(리모델링 전, 후 냉난방부하량 20% 이상 절감 필수)
- 주거 건축물 중 에너지 시뮬레이션이 어려운 단위세대에 한하여 창호 에너지소비 효율 등급에 따라 이자지원 기준을 적용함(창호 2등급 이상 적용시 4% 이자지원)

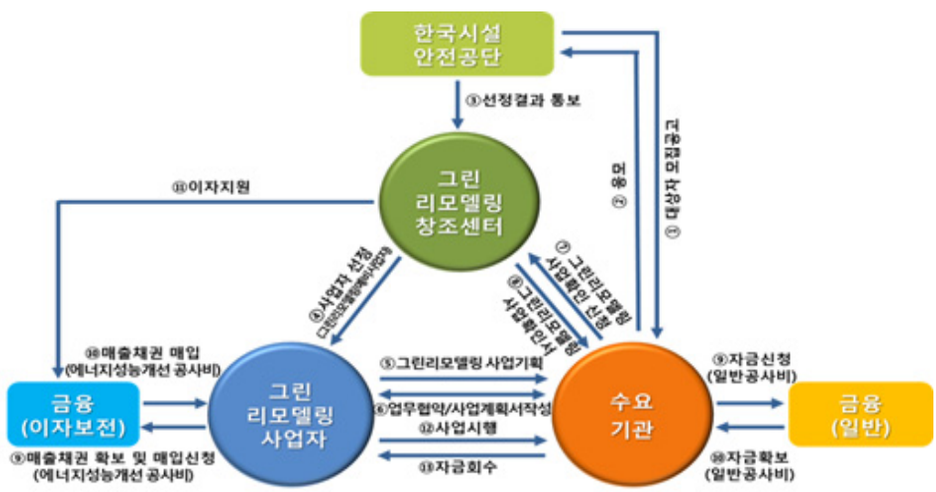


그림 4-4 그린리모델링 창조센터의 이자지원사업 흐름도(현재 그린리모델링 창조센터는 LH 공사로 이전)

- 2016년 11월 30일 기준으로 집계한 주거 및 비주거용 건물의 이자보전 실적은 아래와 같음

표 4-4 그린리모델링 창조센터 이자지원사업 에너지성능개선 비율별 지원현황(대출지원기준, 단위: 억원)

구분		합계			'14년 대출			'15년 대출			'16년 대출		
		계	주거	비주거	소계	주거	비주거	소계	주거	비주거	소계	주거	비주거
계	금액	551	388	163	87	12	75	181	104	77	283	272	11
	건수	4,774	4,742	32	158	142	16	1,419	1,404	15	3,197	3,196	1
2%	금액	6	6	–	–	–	–	2	2	–	4	4	–
	건수	77	77	–	–	–	–	37	37	–	40	40	–
3%	금액	366	349	17	–	–	–	109	93	17	256	256	–
	건수	4,257	4,256	1	–	–	–	1,247	1,246	1	3,010	3,010	–
4%	금액	180	34	146	87	12	75	69	9	60	24	13	11
	건수	440	409	31	158	142	16	135	121	14	147	146	1

나 그린리모델링 사업타당성평가 시트(업무용 건물) 작성

(1) 그린리모델링 사업의 가치평가 프로세스

- 그린리모델링 사업의 타당성분석은 크게 3단계로 진행함
- (1단계)비용 분석 : 그린리모델링 사업비 분석, 조세공과 중 취득세 산정, 임차인의 재실 또는 이주 여부에 따른 공사기간 중 실질임대료 감소액과 중개수수료·이사비용·배선작업비 등 임차이주비 등으로 구성
- (2단계)수익 분석 : 그린리모델링 사업의 직접적 영향인 에너지비용 절감액에 해당하는 운영경비 감소액과 쾌적성 향상에 따른 총임대료 증가액, 총임대료 및 보증금운용이익에 연동되는 공실률 변동액 등으로 구성
- (3단계)경제적 타당성 분석 : 그린리모델링 공사에 의한 에너지비용 절감액은 연속·반복되므로, 화폐의 시간가치를 고려해야 하므로 할인현금수지분석법을 사용함

⑵ (1단계) 비용 분석

- 그린리모델링 사업비 분석, 공사기간 중 실질임대료 감소액, 중개수수료·이사비용·배선작업비 등 임차 이주비, 조세공과(취득세) 등 파악

㈎ 그린리모델링 사업비

- 그린리모델링 사업비는 수익방식의 개념상 “자본적 지출”로 간주함

1. 그린리모델링 공사에 의해 “에너지비용 절감액”이 영구 발생하게 된다면, 해당 건축물의 자산가치 상승에 기여하므로 자본적 지출로 간주됨
– 자본적 지출에 의한 취득세 등 각종 조세가 부과됨
2. 만약 그린리모델링 사업이 일반적인 설비공사에 해당한다면, 내용연수가 존재하게 되고 매년 감가상각이 발생하면서 내용연수 만료시 자산가치는 “0(Zero)”임
– 내용연수가 만료되면 “에너지비용 절감액”은 발생하지 않음
– 에너지비용 절감액이 발생하지 않으면 이론상 자산가치 증가는 존재하지 않고, 기존의 임대료 및 공실률 등과 동일한 조건으로 회귀하게 됨

《 그림 4-4 》 그린리모델링 사업비의 자본적 지출 간주 근거

㈏ 공사기간 중 실질임대료 감소액

- 수익형 오피스 임대료 구조는 「보증금+월임대료(순임대료)+관리비(운영경비 또는 필요제경비)」 형태임. 임대인의 실질임대료는 「보증금운용이익+월임대료」로 구성됨. 오피스 운영에 소요되는 필요제경비는 임차인에게 관리비 항목으로 “고정비용”으로 부과
- 보증금운용이익 산정을 위한 보증금운용이율은 보증금의 실제 운용상황, 전월세전환율, 시장금리, 보증금 규모, 소유자의 요구수익률 등을 종합적으로 고려하여 결정됨

㈐ 임차 이주비

- 리모델링 공사기간 외 임차인 이주기간 동안 임대료 감소액
- 임차 이주비는 중개보수를 고려하여 1.2%~1.5% 내외의 요율을 적용할 수 있음

㈑ 조세공과

- 그린리모델링 사업비를 자본적 지출로 간주하므로, 지방세법 제10조제3항, 제11조제1항, 제11조제3항에 의거하여 취득세(원시취득 : 가치 증가액의 2.8%)가 부과됨

(2) (2단계) 수익분석

- 운영경비 감소액, 총임대료 증가액, 공실률 변동액 등 파악

표 4-5 그린리모델링 수익분석 주요 고려사항

구분	사업 전	사업 후
리모델링 공사 전·후 개념도		

가치변동	번호	항목	내용	비고
	①	운영경비 감소액	에너지비용 절감액	상수(Constant)
	②	총임대료 증가액	쾌적성 향상	변수(variable)
	③	공실변동률	순임대료 및 보증금운용이익과 연동	변수(variable)

(가) 운영경비 감소액(에너지비용 절감액)

- 오피스 운영에 소요되는 필요제경비(운영경비)는 임차인에게 고정비용으로 관리비 항목으로 부과되므로, 에너지비용 절감액은 “임대인의 자산가치 상승”으로 귀결된다고 가정

(나) 총임대료 증가액

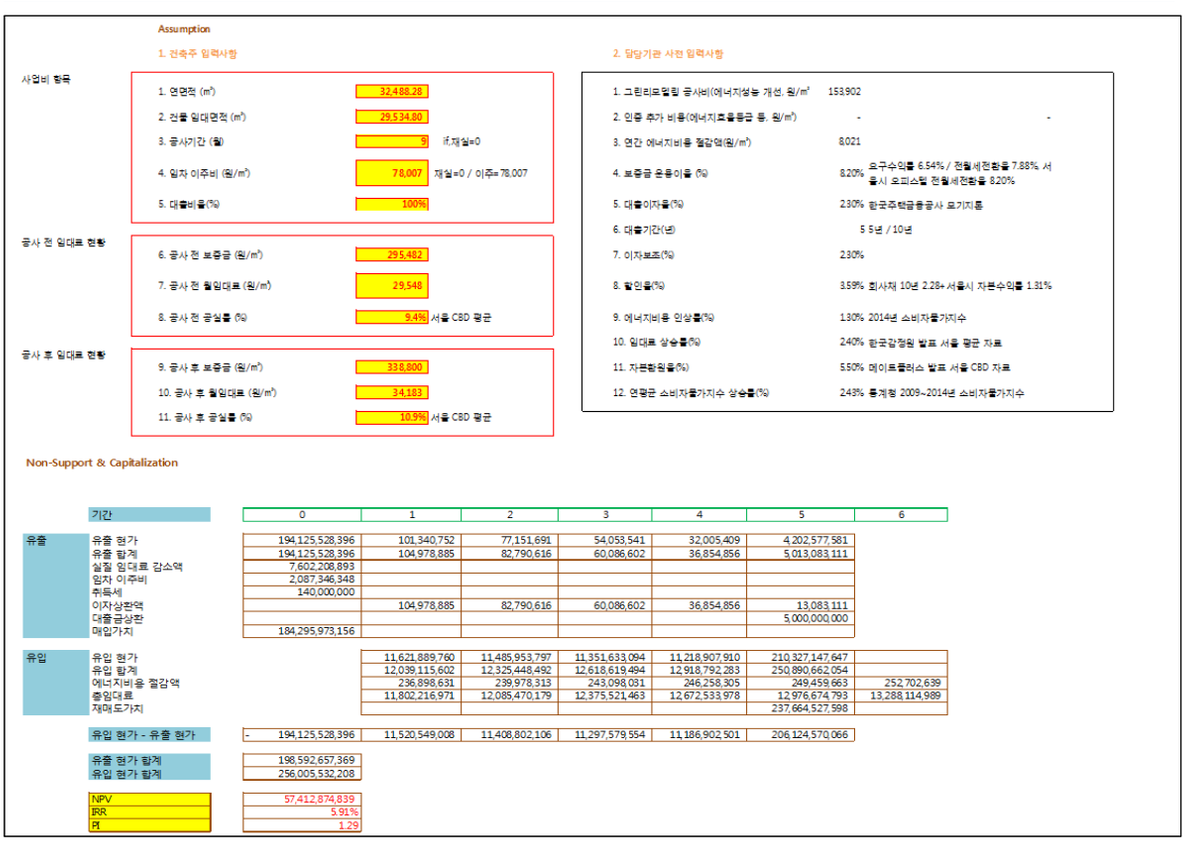
- 그린리모델링 공사에 의한 총임대료 상관관계를 반영하기 위해, 순임대료 및 보증금 운용이득과 연동하는 “공실변동률 변수”를 사용

(3) 사업성 검토 평가시트

- 사업성 검토를 위해 필요한 입력사항은 아래 표와 같음

《 표 4-6 》 입력사항

	검토항목		단위	비고
건축주 입력 값	사업비 항목	건물 연면적	㎡	전체 오피스 연면적을 사용할 경우 수익이 과다하게 산정되는 오류가 있으므로 주의
		건물 임대면적	㎡	임차인 이주 간격의 차이가 발생하므로, 실제 그린리모델링 공사기간 보다 길게 대입
		공사기간	월	예상 공사기간
		임차 이주비	원/㎡	임차인 재실 여부(if, 재실=0)
		대출비율	%	정부 지원사업 여부(if, 지원=100%)
	공사 전 임대료 현황	공사 전 보증금	원/㎡	–
		공사 전 월임대료	원/㎡	–
		공사 전 공실률	%	–
	공사 후 임대료 현황	공사 후 보증금	원/㎡	–
		공사 후 월임대료	원/㎡	–
		공사 후 공실률	%	–
사전 입력값	사업비 항목	그린리모델링 공사비	원/㎡	Project 사례 결과 대비 추정치
	총수익 항목	에너지비용 절감액	원/㎡	Project 사례 결과 대비 추정치
		보증금 운용이율	%	전월세전환율, 주요 시장금리, 요구수익률 등 고려
	지원정책 항목	공사비 대출이자율	%	한국주택금융공사 모기지론 참고
		대출기간	년	5년 및 10년 구분하여 사업성 평가
		이자보조	%	공사비 대출이자율과 동일
	금융환경 항목	할인율	%	이자율의 반대개념이나, 미래의 불확실성이 반영(무위험률+위험할증률)
		에너지비용 인상률	%	통계청 발표 소비자물가지수 상승률 참고 가능
		오피스 임대료 상승률	%	한국감정원 발표 서울시 상업용부동산 임대료 평균 상승률 참고
		자본환원율	%	메이트플러스 자료 참고
		연평균 소비자물가지수 상승률	%	통계청 발표 2009~2014년 평균



《 그림 4-5 》 사업성 평가시트

다 그린리모델링 사업타당성평가 시트(공동주택) 작성

(1) 사례를 통한 공동주택 그린리모델링 사업성평가 시트 개발

㈎ (1단계) 비용 분석

- 공동주택 그린리모델링 사업비는 노후 시설을 교체하는 시설개량 자금으로 간주함.
- 그린리모델링 공사비는 124,334원/㎡ (분석사례인 인천시 소재 이화신동아 공사비 기준, 순수 제품비용으로 시공 노임·시공 이윤·부가세 제외 금액임).

《 표 4-7 》 사례분석 – 이화신동아파밀리에1차 개요

이화신동아파밀리에1차 단지 개요	입주년도	1997년 3월
	단지규모	17개동, 총 1,192세대
	난방방식	개별난방 / 도시가스
이화신동아파밀리에1차 1○○동 4○○호	면적	• 공급면적 135.53㎡ / 전용면적 114.95㎡
	시세	• 매매가격 2억8천만원 ~ 3억원 • 전세가격 1억8천만원 ~ 1억9천만원 • 월세가격 보증금 3천만원 + 월 75만원
	국토교통부 공동주택가격	• 1억9,600만원 (2015년 기준)
	공사시점	• 2015년 5월
	총공사비	• 560만원 (시공 이윤 20% 감면)
	공사면적	• 33.78㎡

자료 : ㈜부동산114(www.r114.com/z/real/) 시세 자료, 2016년 2월 26일 기준.



북측 발코니 시공 후 | 남측 발코니 시공 후

《 그림 4-6 》 그린리모델링 사례분석 대상 세대 현황

㈏ (2단계) 수익 분석

- 그린리모델링 사업은 창호 교체 위주의 공사범위 한정과 노후된 창호 시설의 교체 원인 등으로 부동산 가치상승과 연관성이 없는 상황임.
  - 그린리모델링 사업비를 대출 및 이자 지원을 통해, 초기 자기자본 지출이 없음.
  - 따라서 초기 자기자본 절약분을 기회비용으로 간주하여, 시중은행 정기예금 금리

적용.

㈑ 사업성 검토 평가시트

- 일반인이 사용하기 편리하기 위하여 가능한 대입 항목은 최소화함
- 사업 희망자 입력사항
  - 발코니 시공면적(㎡) 또는 총 예상 사업비(원)
  - 사업 전 연간 난방비(원), 사업 전 연간 냉방비(원)
- 담당기관 사전 입력사항

《 표 4-8 》 담당기관 사전 입력값 및 근거

입력 항목	입력 값	근 거
발코니 ㎡당 제품비(원)	124,334원	• 사례분석 대상, LG하우시스 로이창 기준으로, 실제 견적가격과는 차이가 발생할 수 있음
에너지 절감율(%)	30%	• LG하우시스 신제품 발표자료 기준. • 사례분석 대상의 경우, 도시가스 33%, 전기료 9% 절감 효과가 있으며 연간 에너지 절감액은 635,964원, 연간 에너지 절감율은 29%임.
연간 에너지 상승률(%)	1.5%	• 한국은행 발표, 2016년 소비자물가지수 전망치
리모델링 사업 이자율(%)	4.8%	• 사례분석 대상의 국토교통부 그린리모델링 창조센터 시범사업 적용 이자율.
이자 지원(보조)율(%)	4%	• 그린리모델링 창조센터 기준
할인율(%)	3.331%	• 2015년 8월 18일 한국환경정책평가연구원의 사회적 할인율(최근 3년간 회사채 평균 금리) 적용
기회비용 운용이율(%)	2.15%	• 2016년 2월 기준 전북은행 1.80%, 대아저축은행 2.50% 등 시중은행 예금금리 평균 2.15% 적용.
연간 기준금리 상승률(%)	0.3%	• 최근 10년 기준금리 평균 변동률 적용.
주택가격 상승률(%)	3.5%	• 2015년 전국 주택가격 상승률 적용.
재산세 상승률(%)	2.6%	• 2015년 전국 주택가격 상승률 적용하여 2016년 재산세 예상금액임
소득세 상승률(%)	6.9%	• 한국감정원 2015년 12월 신고 기준 실거래 정보를 활용한 전월세 전환율 적용.

㈒ 타당성평가 결과

- 자가 거주 및 임차 가구로 구분하여 분석 실시
  - 그린리모델링 사업으로 냉난방비 등 에너지절감 효과가 있으므로, 실제 사업 효과는 거주하는 세대에게 있음
- 발코니 창호의 내구연수는 20년 적용
  - 2015년 국세청 발표 건물별 기준시가 지수 자료 중 Ⅳ형(알루미늄유리온실) 내구연수 적용
- 사업 인센티브 부여기간 : 자가 가구 11년, 임차가구 8년
  - 국토교통부 주거실태조사 자료 적용
- 타당성평가 결과

《표 4-9》 타당성평가 결과

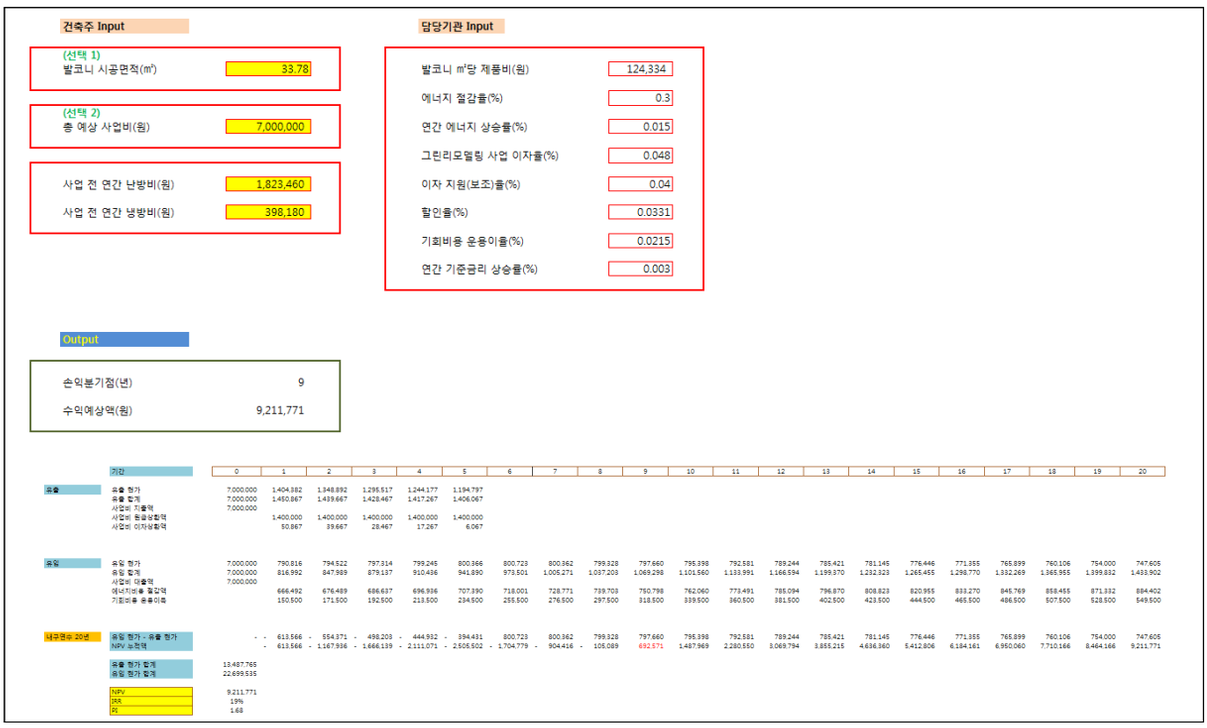
구분		11년	20년	손익분기점
자가	NPV	2,280,550원	9,211,771원	8년 2개월
	IRR	12%	19%	
	PI	1.17	1.68	
자가 & 재산세 5년 감면	NPV	3,235,509원	13,487,765원	7년 12개월
	IRR	22%	27%	
	PI	1.24	1.75	
임차 & 소득세 8년 감면	NPV	124,246원	3,331,522원	8년 11개월
	IRR	1%	11%	
	PI	1.01	1.25	

(2) 사례분석 타당성 평가 시사점

- 임대 목적의 소유주 유인책 부족
  - 그린리모델링 사업은 냉난방비 등 에너지절감의 효과가 있어, 실제 거주하고 있는 세대에게만 효과가 있으므로, 임대소득세 감면 등 세제혜택을 통해 사업 활성화에 기여하는 방안 검토가 필요함
- 세대별 냉난방비 차이가 발생하는데, 규모가 큰 세대 또는 에너지 사용량이 많은 세대에 유리함
  - 주택 규모별 인센티브 제도를 계층화하여 소형 주택의 사업 활성화에 기여
- 그린리모델링 사업비 절감을 위해 세대별 신청 보다는 동별 또는 단지별 공동 신청으로 유인해야 함
  - 공동 신청으로 총 사업비의 20% 할인을 받을 경우, 손익분기점은 7년 10개월로 혜택 증가

《표 4-10》 총 사업비 20% 할인의 경우, 자가 세대의 타당성평가 결과

구 분		11년	20년	손익분기점
자가	NPV	3,125,723원	9,562,428원	7년 10개월
	IRR	23%	28%	
	PI	1.29	1.89	
자가 & 재산세 5년 감면	NPV	4,080,682원	10,517,387	6년 7개월
	IRR	46%	49%	
	PI	1.38	1.97	



건축주 Input

(선택 1)
발코니 시공면적(㎡) 33.78

(선택 2)
총 예상 사업비(원) 7,000,000

사업 전 연간 난방비(원) 1,823,460
사업 전 연간 냉방비(원) 398,180

담당기관 Input

발코니 ㎡당 제품비(원)	124,334
에너지 절감율(%)	0.3
연간 에너지 상승률(%)	0.015
그린리모델링 사업 이자율(%)	0.048
이자 지원(보조)율(%)	0.04
할인율(%)	0.0331
기회비용 운용이율(%)	0.0215
연간 기준금리 상승률(%)	0.003

Output

손익분기점(년) 9
수익예상액(원) 9,211,771

기간		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
유출	유출 합가	7,000,000	1,404,382	1,348,892	1,295,517	1,244,177	1,194,797															
	유출 합계	7,000,000	1,450,867	1,439,667	1,428,467	1,417,267	1,406,067															
	사업비 지출액	7,000,000																				
	사업비 원금상환액		1,400,000	1,400,000	1,400,000	1,400,000	1,400,000															
	사업비 이자상환액		50,867	39,667	28,467	17,267	6,067															
유입	유입 합가	7,000,000	790,816	794,522	797,314	799,245	800,366	800,723	800,362	799,328	797,660	795,398	792,581	789,244	785,421	781,145	776,446	771,355	765,899	760,106	754,000	747,605
	유입 합계	7,000,000	816,992	847,989	879,137	910,436	941,890	973,501	1,005,271	1,037,203	1,069,298	1,101,560	1,133,991	1,166,594	1,199,370	1,232,323	1,265,455	1,298,770	1,332,269	1,365,955	1,399,832	1,433,902
	사업비 대출액	7,000,000																				
	에너지비용 절감액		666,492	676,489	686,637	696,936	707,390	718,001	728,771	739,703	750,798	762,060	773,491	785,094	796,870	808,823	820,955	833,270	845,769	858,455	871,332	884,402
	기회비용 운용이득		150,500	171,500	192,500	213,500	234,500	255,500	276,500	297,500	318,500	339,500	360,500	381,500	402,500	423,500	444,500	465,500	486,500	507,500	528,500	549,500
내구연수 20년	유입 합가 - 유출 합가	-	- 613,566	- 554,371	- 498,203	- 444,932	- 394,431	800,723	800,362	799,328	797,660	795,398	792,581	789,244	785,421	781,145	776,446	771,355	765,899	760,106	754,000	747,605
	NPV 누적액	-	- 613,566	- 1,167,936	- 1,666,139	- 2,111,071	- 2,505,502	- 1,704,779	- 904,416	- 105,089	692,571	1,487,969	2,280,550	3,069,794	3,855,215	4,636,360	5,412,806	6,184,161	6,950,060	7,710,166	8,464,166	9,211,771
	유출 합가 합계	13,487,765																				
	유입 합가 합계	22,699,535																				
	NPV	9,211,771																				
	IRR	19%																				
	PI	1.68																				

《 그림 4-7 》 공동주택 사업성 평가시트 입출력 화면

2 그린리모델링 건물의 가치산정방안

가 그린리모델링사업 타당성 검토

(1) 그린리모델링 추진 현황 및 사례분석 대상 선정

- 2014년 사업 시행 초기 10건/월 내외의 사업이 확인되어 시행되다가 2015년 평균 400건/월이 넘었으며 공사기간이 짧은 주거 분야의 사업확대가 빠르게 진행되고 있음
- 그린리모델링 이자지원사업은 그린리모델링 창조센터를 중심으로 제도화 정착, 가이드라인 제작 등 지원강화를 통해 최근 본격적으로 활성화 되고 있음
- 그린리모델링 이자지원 사례 중 건축물 동별로 계량기가 설치되어 있고 증축이 수반되지 않으며 건물용도와 공사범위가 각기 다른 건축물 3개 사례를 선정하여 에너지성능 개선비교와 1개 사례의 사업타당성을 분석하였음
- 본오동 다가구 주택은 기존의 알루미늄 5mm 단판 유리를 대신하여 PVC 창호와 로이 복층유리 교체를 통해 77.91%의 에너지성능개선비율(열관류율 기준)을 제시하였음
- 성수동 상가주택은 단열강화사업의 대표적 사례로서 외단열 비드법 단열재로 시공하여 35.9%의 에너지성능 개선비율(열관류율 기준)을 제시하였음
- 서초동 B빌딩은 창호교체, 단열강화, 조명교체 등 비교적 복합적인 전면 리모델링 공사를 통해 33.1%의 에너지성능 개선비율(에너지시뮬레이션 기준)을 제시하였음



본오동 다가구 주택 | 성수동 상가 주택 | 서초동 B빌딩

《 그림 4-8 》 그린리모델링 이자지원사업 사례 [출처: 그린리모델링 창조센터]

《 표 4-11 》 그린리모델링 이자지원사업 대표사례 개요 및 에너지성능 개선 비율[1)]

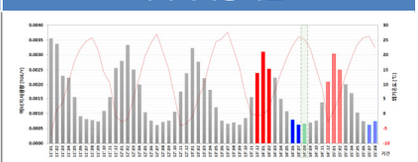
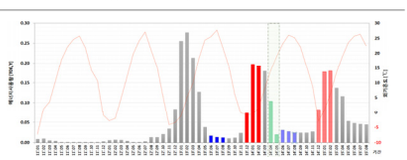
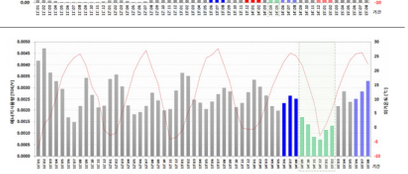
구 분		경과 년수	기술요소	공사기간	공사금액	에너지성능 개선비율[1)]
건물명	연면적					
본오동 다가구주택	604.24㎡	21	창호교체	14.08.02 ~ 14.08.05(4일)	15백만원	77.9%[2)]
성수동 상가주택	426.45㎡	34	단열강화	14.04.21 ~ 14.05.30(40일)	70백만원	35.9%[3)]
서초동 B빌딩	780.10㎡	37	창호교체 단열강화 조명교체	14.09.01 ~ 15.02.28(181일)	199백만원	33.1%[4)]

1) 그린리모델링 사업확인서 에너지성능 개선비율 기준
2) 창호 평균 열관류율 적용 에너지성능 개선비율 산정
3) 외벽, 지붕, 바닥 평균 열관류율 적용 에너지성능 개선비율 산정
4) ISO 13790 기반 ECO2-OD 시뮬레이션 적용 에너지성능 개선비율 산정

(2) 사례별 에너지성능 개선비율과 절감율 비교분석

- 본오동 다가구주택은 단순창호 교체를 하였으며, 창호의 평균 열관류율을 적용하여 77.9% 에너지성능개선비율이 예상되었으나, 그린리모델링 공사 후 연평균 에너지 실사용량은 3.98% 증가, 하절기 에너지 사용량은 0.39% 감소, 동절기 에너지 사용량 5.10% 감소 변화를 보여줌
- 성수동 상가주택은 외벽 단열강화 공사로 외단열공사를 하였으며. 외벽, 지붕, 바닥의 평균 열관류율을 적용하여 35.9%의 에너지성능이 개선될 것으로 예상되었으나, 그린리모델링 공사 후 연평균 에너지 실사용량은 8.23% 감소, 하절기 에너지 사용량은 9.62% 감소, 동절기 에너지 사용량 0.81% 증가 추이를 보여줌
- 서초동 B 빌딩은 단열강화, 창호교체, 고효율 조명기기 교체로 33.1%의 에너지성능이 개선될 것으로 예상되었으나, 실제 에너지 사용량은 하절기 14.88% 증가를 보이고 있음. 하지만 그린리모델링 공사 전 용도가 떡집, 기원 등 에너지 소비량이 적은 용도에서 공사 후 에너지 사용량이 많다고 예상되는 카페와 미용실 등이 입주하였고 동절기 데이터가 확보되지 않은 상태에서 아직 에너지 절감율을 검증하기 어렵다고 판단됨
- 그린리모델링 사업확인서상 에너지성능 개선비율과 실제 에너지 사용량에 따른 변화율을 비교한 결과 본오동 다가구주택이나 성수동 상가주택의 경우처럼 평균 열관류율을 기준으로 산출된 에너지성능 개선비율과 에너지 사용량 변화율은 크게 차이가 나기 때문에 사업타당성 분석시 활용되기 어렵다고 판단됨.
- 서초동 B빌딩은 그린리모델링 공사 전후 용도의 변경 및 영업시간의 변화가 크게 있어 실제 에너지 사용량이 오히려 증가하는 것으로 나타났으나 모니터링 기간이 하절기까지로 에너지사용량 변화 패턴을 분석하기에는 한계가 있으며 장기간의 에너지사용량 분석 및 용도변경 및 재실자, 영업시간 등 다양한 활동자료의 반영이 필요함

《 표 4-12 》 그린리모델링 이자지원사업 사례의 실제 에너지 사용량 변화

구 분		에너지성능 개선비율	실제 에너지 사용 변화율[1]			
건물명	연면적		연평균	하절기	동절기	에너지사용패턴
본오동 다가구주택	604.24㎡	77.9%	3.98% (증가)	0.39% (감소)	5.10% (감소)	
성수동 상가주택 (근린생활)	426.45㎡	35.9%	8.23% (감소)	9.62% (감소)	0.81% (증가)	
서초동 B빌딩 (근린생활)	780.10㎡	33.1%	–	14.88% (증가)	–	

1) 실제 에너지사용량은 한국감정원 운영 국가 건축물 에너지·온ㄴ실가스 통합관리시스템에서 추출한 데

(3) 사업타당성 평가 사례분석

① 사례 건물 개요

- 서초구 B 빌딩은 1978년 준공된 경과년수 37년된 노후된 건물로 연면적 780㎡의 철근콘크리트조 구조로 지하 1층 지상 3층 건물로 근린생활시설이 입주하고 있음
- 구조안전진단 후 외단열 공사, 24mm 로이복층유리 창호설치공사를 하였으며, 전력절감을 위해 LED 조명기기 교체 공사를 하였음

《표 4-13》 그린리모델링 공사 전·후 비교

구 분	공사 전	공사 후
		
용 도	지하 1층 떡집, 1층 분식집, 2층 기원 3층 공실	1층 카페, 2층 미용실 등 근린생활시설 업종 임대 추정

② 사업타당성 평가과정

- 비용분석은 에너지 성능개선 공사비, 부대공사비, 설계 등 기타 공사비로 구분하여 세부항목별 공사비 산정 내역 및 적정성을 검토하였으며, 임차이주비등은 제외하였음
- 수익분석은 그린리모델링 사업확인서 상 에너지 성능개선비율을 지난 3년간 평균 에너지 사용량에 적용하여 에너지 절감량을 산출하고 해당 지역의 에너지원별 계약조건에 따라 연간 평균 절감 수익을 분석하였음

③ 경제적 타당성 평가를 위한 입력항목 결정

- 업무용 그린리모델링 사업타당성 평가시트를 사용하여 경제적 타당성을 평가하기위해 입력 항목별로 제시한 근거를 바탕으로 입력항목을 결정하였음

《표 4-14》 사업성검토 평가 시트 입력값 및 근거

입력 항목	입력 값	근 거
에너지 절감율(%)	33.1	그린리모델링 이자지원사업 사업확인서 참조
시장 임대료 상승율(%)	10	연간 총임대료 상승액 인근 유사사례, 노후도, 시설수준별 임대료를 분석한 결과 10% 적용
공사기간 중 순임대료 감소액(기회비용)(천원)	95,562	공사기간 동안의 기존 임대료 총수익 중 운영경비(30%)를 제한 금액을 순수익 감소액으로 계상
첫해 에너지 절감액(천원)	10,157	그린리모델링 이자지원사업 사업확인서 기준 에너지 절감율에 지난 3년간 평균 에너지 비용으로 계상하며 냉, 난방 및 조명에너지와 관련없는 가스 에너지 비용은 제외하였음
순수익 상승액(천원)	16,376	그린리모델링 사업 전·후 총수익 변동액 x (1-운영경비비율) ± 운영경비변동액으로 산정하며 에너지절감액은 별도 수익으로 계상한 바 운영경비 변동액에서는 고려하지않음
대출이자율(%)	2.5	시중 평균 대출금리 2.5%
대출기간(년)	5	무위험이자율(1.85%) + 위험할증률(3%) = 4.85% 가정
에너지비용 인상율(%)	1.5	전기요금 인상률 추이(물가상승률 추이 고려 연간 1.5% 가정
임대료 상승률(%)	1.5	지역별 오피스 임대료 변동률 추이 고려 연간 1.5% 가정

④ 사업타당성 평가 결과 및 시사점

- 사업타당성 평가 결과, 이자지원을 받지 않은 경우 및 이자지원을 받는 경우 모두 순현가법 상 PI > 0 이므로 경제적 타당성이 있는 것으로 분석되었음

《표 4-15》 그린리모델링 이자지원 유무에 따른 타당성평가 결과 요약

구분	이자지원을 받지 않은 경우	이자지원을 받은 경우
NPV(순현가)	1,056,000원	12,439,000원
IRR(내부수익률)	5.0%	6.9%
PI(수익성지수)	1.00	1.05

- 그린리모델링 사업타당성 평가에서 에너지 절감효과를 바탕으로 기본 수익이 발생하는 것이 매우 중요하기 때문에 그린리모델링 이자지원사업 신청 시 제출하는 사업계획서상 에너지성능 개선비율의 면밀한 검토와 사후 모니터링을 통한 검증이 필요함
- 또한 그린리모델링 이자지원사업을 활성화시키기 위해서는 에너지 절감효율 증진을 통한 에너지 절감액 증가방안, 성능 개선비율과 공사비 절감방안, 공사기간 단축을 통한 순임대료 감소액 등 기회비용 절감방안 항목에 대한 지속적인 연구가 필요함

나 그린리모델링 건물에 대한 과표 산정 기준 개선

(1) 현행 리모델링 건물에 대한 과표 산정 기준

- 건물기준시가는 다음의 건물기준시가 기본산식과 같으며, 기존건물에 대한 경과연수별 잔가율은 대상건물의 그룹별 내용연수에 잔존가액을 10%로 하고 정액상각에 의해 건물신축연도별 잔가율표로 계산하며, 신축연도가 2015년인 경우를 경과연수 1년으로 계

산하여, 내용연수가 경과된 건물은 최종연도의 잔가율을 적용함

[표] 건물기준시가 기본산식

기준시가 = ㎡당 금액 x 평가대상 건물의 면적(㎡) (㎡당 금액 = 건물신축가격기준액 x 구조지수 x 용도지수 x 위치지수 x 경과연수별잔가율 x 개별건물의 특성에 따른 조정률)

- 리모델링[1] 건축물의 경과연수별 잔존가치율(잔가율) 계산식은 다음과 같음

[표] 리모델링 건축물 경과연수별 잔존가치율계산식

Rn(잔존가치율) = 1-(1-R) * (n-0.3ⓝ)/N	
R : 최종잔존가치율	N : 대상건물의 내용연수
n : 대상건물의 경과연수	ⓝ : 리모델링시점의 경과연수
다만 ⓝ은 항상 N보다 작거나 같고 n - 0.3 ⓝ > N 이면 Rn = R	

1) 리모델링 건축물은 건축물의 대부분을 증축·개축 또는 대수선 한 건축물을 말하며, 「상속세 및 증여세법」에 의한 건물기준시가를 적용하는 리모델링 건축물은 「건축법시행령」의 대수선 한 건축물을 말함

- 리모델링 건축물에 대한 할증률은 상속·증여 재산의 평가 시에만 적용하고 양도소득세의 취득·양도가액 산정시에는 적용하지 아니함

[표] 리모델링(대수선) 할증률 계산

- 리모델링(대수선)할증률(상속·증여세에만 적용) (= 리모델링 시점의 감가상각 누계액 x 30%) (= 연상각률 x 대수선시점 경과년수 x 0.3) - 상속개시당시 잔가율 = 신축년도별 잔가율 + 대수선할증률

(2) 그린리모델링 건물의 과표산정 개선방안

- 비주거건물의 지방세 과세기준이 되는 건물시가표준액의 경우 건물의 가치에 영향을 주는 요인으로 규모·형태·위치·특수부대설비·연면적 등에 대하여 각 요인별 가산율 또는 감산율을 정하여 건물 과표에 적용하며, 특정건물에 대한 가산율은 대상주택의 전체 시가표준액에 해당 가산율을 적용하고 있음
- 가산율 적용 구분에 특수설비가 설치되어 있는 건물 중 빌딩자동화 시설의 관리요소에 따라 가산율을 적용하고 있기 때문에, 그린리모델링시 에너지 성능개선을 위한 고효율 기자재 인증설비 등의 설치여부에 따라 가산율을 적용할 수 있는 방안이 필요함

구분		건물기준시가	건물시가표준액
적용과세		비주거용 건물의 국세 (양도·상속·증여세) 과세 기준	비주거용 건물의 지방세 (재산세, 취득세 등) 과세 기준
과세 산정 단계	고시가격	• 건물신축가격기준액 • 국세청 고시 (2016년 ㎡당 기준가격 660,000원)	• 건물신축가격기준액 • 국세청 고시 (2016년 ㎡당 기준가격 660,000원)
		• **적용 불가**	• **적용 불가**
	⇩		
	산정가격	• 건물신축가격기준액 × 지수 • 지수는 국세청 자료 (개별건물의 특성에 따른 조정률)	• 건물신축가격기준액 × 지수 • 지수는 행정자치부 자료 (가감산 특례)
		• **개별건물의 특성에 따른 조정률지수에 그린리모델링 항목 추가 위한 국세청 협의필요**	• **가감산 특례 가산율에 그린리모델링 항목 추가 위한 행정자치부 협의필요**
	⇩		
	공시가격	• 산정가격 • 산정가격에 별도의 비율을 적용하지 않음	• 산정가격 × 공정시장가액비율 • 공정시장가액비율은 지방세법 시행령 규정(법109조)
		• **적용 불가**	• **지방세법 개정 필요**
	⇩		
	세액	• 건물기준시가×세율	• 건물시가표준액×세율
		• **관련부처(국세청, 행정자치부, 기획재정부)의 협의 필요** • **과세 산정 근거 법률 개정 필요(지방세, 조세특례제한법 등)**	

《 **그림 4-9** 》 그린리모델링 건물 과세 산정 단계별 지원 방안

- 그린리모델링은 노후 건축물의 창호교체, 단열 공사 및 설비교체 등으로 건물의 에너지 성능을 개선하는 것을 말하며, 그린리모델링을 통해 관리비 하락 및 임대율 상승 등으로 부동산 가치 상승 효과를 발생시킴
- 하지만 부동산 가치 상승은 조세를 결정하는 과표의 상승으로 과세가 증가하는 어려움이 발생하기 때문에 그린리모델링 활성화를 위해서는 세제 감면 등 지원이 절실함
- 기존건축물의 그린리모델링 사업 활성화를 위해서는 이자지원사업 등 보조금 지급 및 국세와 지방세의 동시감면 등 범 정부적 정책 지원이 필요한 실정임

3 그린리모델링 종합정보시스템 GRIS 구축

가 그린리모델링 종합정보시스템(GRIS) 웹 구축

(1) GRIS 시스템 웹 구축

(가) GRIS 시스템 정의

- GRIS는 사용자(일반인)에게 GRIS 시스템 및 GRIS Tools를 소개하고, 그린리모델링 관련 기본 정보를 제공하고자 주제(콘텐츠)별 웹페이지로 구성한 정보시스템임.

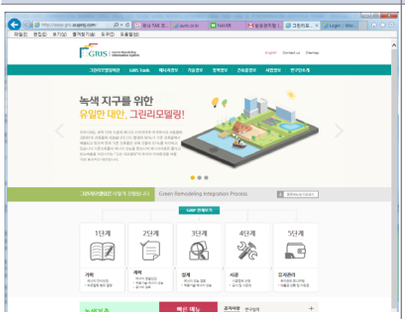
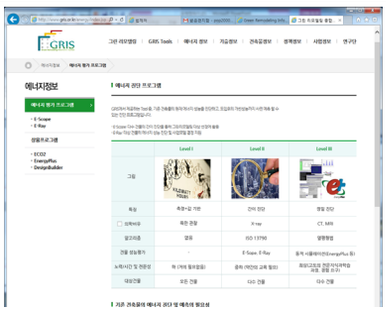
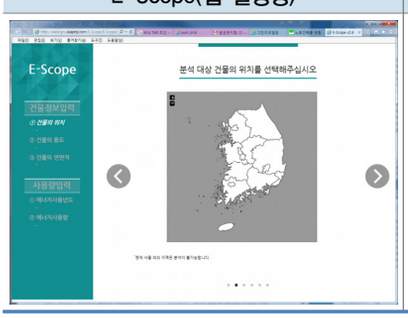
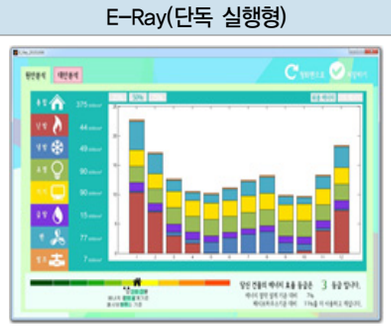
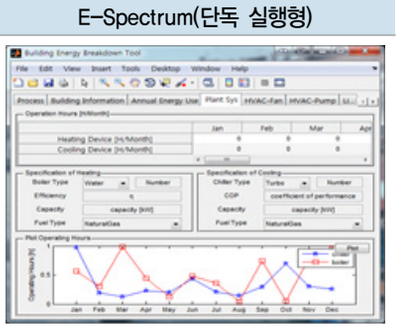


《 그림 4-10 》 그린리모델링 종합정보시스템 주요 제공 콘텐츠

(나) GRIS 시스템 웹 구성 체계 및 구성인자

- 그린리모델링 종합정보시스템은 제(콘텐츠)별 정보를 제공하는 그린리모델링 웹정보제공 페이지와 리모델링 의사결정자를 위한 GRIS Tools로 구성됨. GRIS Tools는 그린리모델링 통합 프로세스(Green Remodeling Integrated Process, 이하 GRIP)와 본 연구단에서 개발한 그린리모델링 요소기술 결정 지원도구, 에너지진단, 수행 및 검증 도구로 구성됨
- GRIS 시스템을 구성하는 주요 콘텐츠는 그린리모델링 프로세스, 그린리모델링 관련 기술정보, 사례정보, 에너지정보, 법규정보, 사업정보 등 총 7가지 항목으로 구성됨.

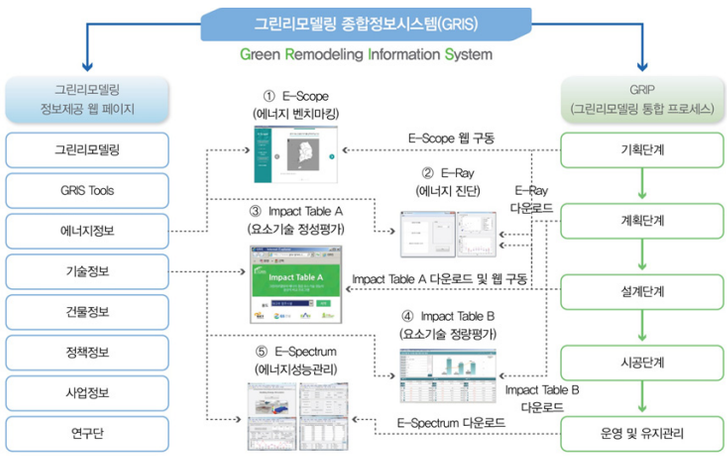
《 표 4-14 》 GRIS 홈페이지 주요 구성내용

GRIS 웹페이지		
메인홈	에너지정보	건물정보
		
GRIS Tools		
GRIP 시스템	Impact Table A(웹 실행형)	Impact Table B(웹 실행형)
		
E-Scope(웹 실행형)	E-Ray(단독 실행형)	E-Spectrum(단독 실행형)
		

(2) GRIS-Tools 웹 통합 시스템 구축

(가) GRIS-Tools의 웹 시스템 연계현황

- GRIS-Tools는 그린리모델링을 수행하고자 하는 일반 건축주 및 사용자들에게 사업 단계별로 그린리모델링 사업을 위한 의사결정을 지원하는 프로그램으로 구성됨
- GRIS-Tools는 그린리모델링의 단계별 수행전략정보와 활용 툴을 제공하는 통합 프로세스인 GRIP(그린리모델링 프로세스)과 그린리모델링 지원 도구로 구분됨
- 그린리모델링 지원 도구에는 에너지벤치마킹을 위한 E-Scope, 에너지진단용 프로그램인 E-Ray, 요소기술의 정성적 평가와 정량적 평가를 위한 Impact Table A와 Impact Table B, 건물에너지 성능관리를 위한 E-Spectrum이 있음



《 그림 4-11 》 GRIS-Tools와 주요 콘텐츠 및 GRIP과의 연계현황

㈏ 그린리모델링 지원 도구 웹 통합 시스템 구축

- 그린리모델링 지원도구의 각 프로그램별 활용되는 시점이 달라 각 프로그램을 소개하는 GRIS의 개별 웹페이지뿐만 아니라 GRIP 프로세스 단계별로 접근하는 방식은 사용자의 접근성 및 활용의 용이성 측면에서 비효율적임.
- 이에 본 연구에서는 그린리모델링 지원도구를 하나의 시스템으로 통합 관리하여, 사용자의 접근성 및 활용의 용이성을 증대시켰음.

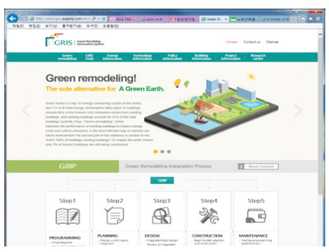
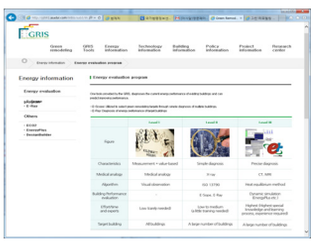
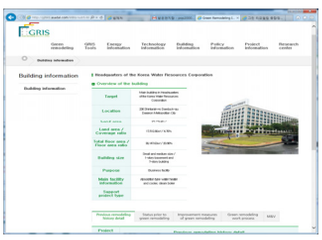


《 그림 4-12 》 GRIS-Tools 통합 시스템

⑶ GRIS 영문 홈페이지 구축

- 국내 그린리모델링 관련 정보 제공을 위해 제작된 GRIS 영문 홈페이지를 구축하여 국외 관련 전문가의 접근성을 높임. 이를 통해 국외 전문가에게 우리나라의 그린리모델링 관련 정책 및 기술 동향을 제공하고, 국내 개발기술의 홍보효과를 기대함.

표 4-15 GRIS 영문 홈페이지 주요 구성내용

Main Home	주요 콘텐츠	
	에너지정보	건물정보
		

나 그린리모델링 통합 프로세스(GRIP) 웹 구축

(1) GRIP 시스템 정의 및 개발 목표

- GRIP은 그린리모델링 사업의 전체 프로세스로, 그린리모델링 공정이 복잡한 대형 건축물기획부터 운영 및 유지관리단계에 해당하는 프로세스의 전반적인 업무수행 내용 및 활용도구, 주지사항 등을 제공하는 시스템임
- 그린리모델링에 관심을 가진 실무자와 전문가뿐만 아니라 비전문가인 일반인이 그린리모델링 단계별 수행 정보(수행업무, 관련 주체, 최종성과 및 활용도구 등)를 쉽게 취득할 수 있는 시스템으로 개발함.

(2) GRIP 시스템 구성 체계 및 내용

- [1단계] 기획단계
  - 업무내용 : 사전현황 조사 실시 및 자료수집으로 그린리모델링 사업의 실시여부 결정 단계
  - 주요 활용도구 : 건물정보기록지, E-Scope, 사전현황 체크리스트, ImpactTable A
- [2단계] 계획단계
  - 업무내용 : 정밀현황 조사를 통해 개선 대안 선정 및 성능 평가 수행 후 개선안 선정
  - 주요 활용도구 : Impact Table B, 건물정보기록지, E-Ray
- [3단계] 설계단계
  - 업무내용 : 설계안에 대한 성능 평가 및 사업성, 인허가 규정 검토 진행 단계
  - 주요 활용도구 : 기본 설계도서 리스트, 관련법규 및 지원사업 기준, 그린리모델링 지원사업 선정 테이블
- [4단계] 시공단계
  - 업무내용 : 기존 건축물의 철거 및 가설 공사 단계를 거쳐 그린리모델링 사업 수행
  - 주요 활용도구 : 건설업법, 설계도서, 건축법, 건설기술관리법, 공사수행계획서, 폐기물관리법, 건설기술관리법, 설계도서, 계약서
- [5단계] 운영 및 유지관리 단계

- 업무내용 : 건축물 성능 개보수 및 사용자 사용패턴, 에너지소비량, 에너지비용 등 성능 관련 부분의 통합 유지관리 시스템 운영단계가 포함되며, 대상 건축물의 유지관리 및 운영 DB를 구축하고 유지관리 및 운영계획의 보완·수정단계에 반영됨
- 주요 활용도구 : 유지관리 계획서 및 체크리스트, E-Spectrum, 에너지성능평가 D/B, 그린리모델링 지원사업 기준

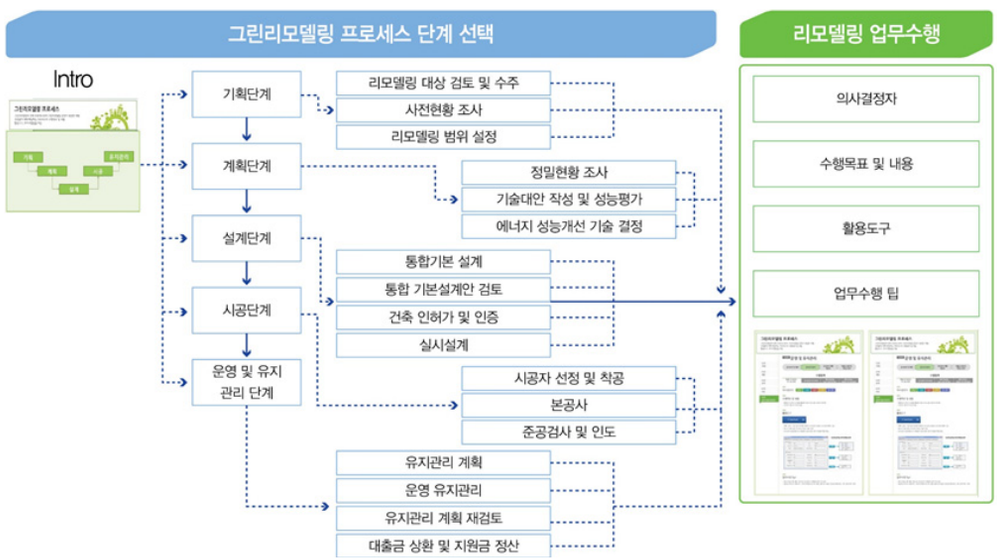
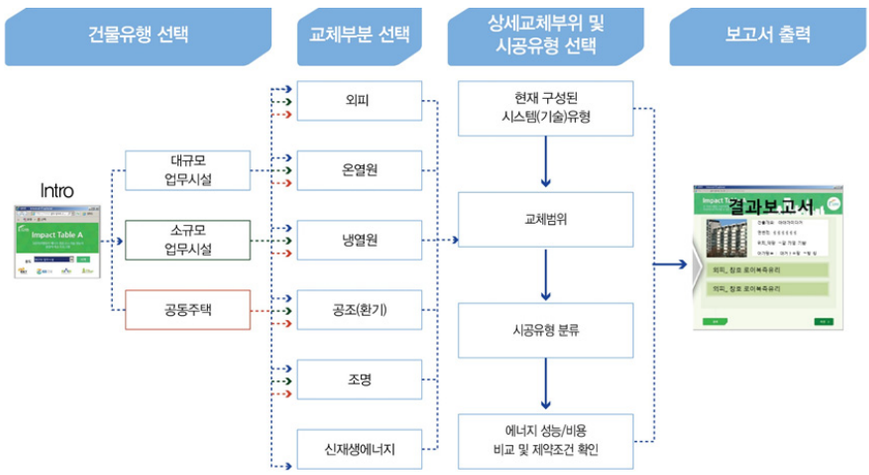


그림 4-13 GRIP 웹 구성도

다 Impact Table A 프로그램 확장 개발 및 웹 구축

- 웹 구조도 : 사용자가 인트로(통합 인터페이스)를 통해 검토하고자 하는 건물 용도(대규모 및 소규모 업무시설, 공동주택)를 선택하면, 프로그램이 실행됨.
- 프로그램 구성 체계 : 프로그램은 대상 건물유형, 그린리모델링 범위 설정(교체부분 선택), 교체 부분의 상세 교체부위 및 시공유형 선택, 마지막으로 선택한 기술을 보고서로 출력할 수 있는 보고서 출력 부분 등 총 4단계로 구성되었음.
- 요소기술 구성 내용 : 외피, 온열원, 냉열원, 공조, 조명, 신재생 등 6가지 부문으로 구분하여, 그린리모델링 사업에 적합한 세부 요소기술의 상세교체부위 및 시공유형을 따라 건물 용도에 따라 차별적으로 제공함.
- 효율과 성능, 비용을 3단계(상/중/하)로 간략화한 체계 재구성 및 구성방식의 사용 용이성 확보를 통한 그린리모델링 최적 요소기술 선정업무 효율성을 강화함



《 그림 4-14 》 Impact Table A 웹 구성도



《 그림 4-15 》 Impact Table A 프로그램 구성도

제 3 장

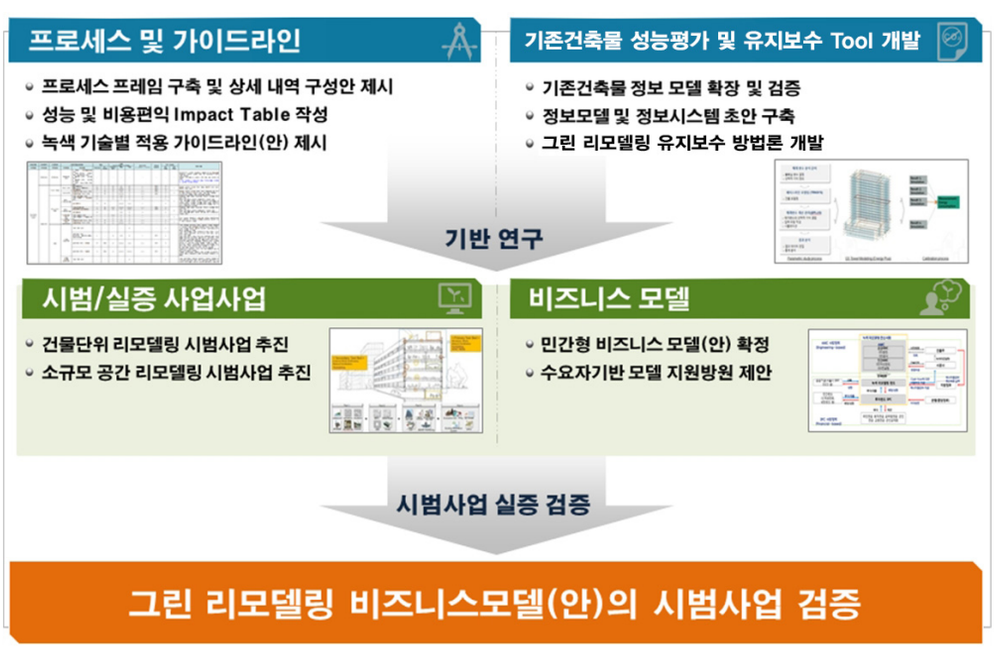
최종 연구성과 및 적용실적

제 1 절 핵심기반연구

- 제1세부 그린리모델링 프로세스 및 가이드라인 및 제2세부 기존건축물 CO2 저감을 위한 성능평가 및 유지보수 Tool 개발은 본 연구과제의 기반이 되는 연구내용임
- 제1세부에서는 그린리모델링 프로세스, 비용편익적 관점의 Impact Table DB 구축, 그린리모델링 가이드라인 개발 등을 다루며, 제2세부에서는 성능평가 tool로서 E-scope, E-ray 등의 개발, E-spectum 개발, 수요자 맞춤형 종합정보시스템 구축 등의 내용으로 그린리모델링의 진행을 위한 기본 자료들을 구축함

제 2 절 실증검증연구

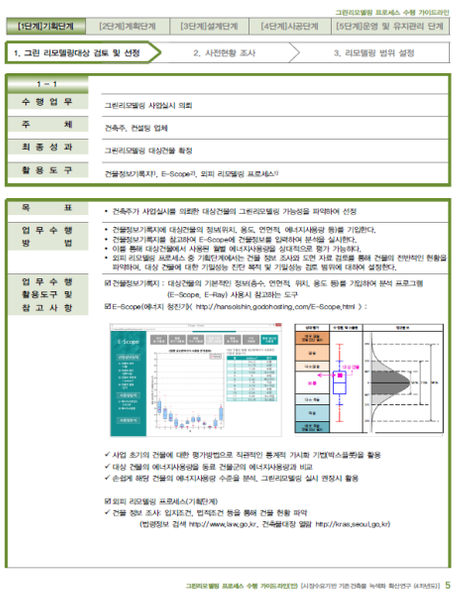
- 제3세부 그린리모델링 시범사업 및 제4세부 비즈니스 모델 개발은 실증 및 응용 연구이며, 제 1, 2세부의 연구 내용들을 실제 검증하는 단계로써 구성함
- 제3세부는 공공건물 및 민간건물 시범사업과 소규모 공간 리모델링 시범사업의 실시와 이의 모니터링을 다루며, 제4세부는 민간주도형 그린리모델링 비즈니스모델 개발 및 시범사업을 적용을 통해 전과정의 검증을 실시하는 구조로 구성됨
- 궁극적으로 본 연구에서는 그린리모델링 비즈니스 모델의 전 과정 검토를 시범사업과 연동하여 진행하며, 본 연구를 통해 개발된 신뢰도 높은 평가 tool의 적용을 통해 수익모델의 적절성 및 그린리모델링 프로세스의 합리성 등을 검토하게 됨



제 3 절 핵심성과별 설명 및 적용

1 1세부

가 그린리모델링 프로세스 가이드라인(안) 구축

관련 그림 / 사진	 
정의(설명)	• 그린 리모델링 프로세스의 단계별 가이드라인 구축
설정사유	• 프로세스의 단계별 수행에 대한 지침이 될 수 있는 방안이 부족하며 이를 통하여 그린 리모델링 수요자의 접근이 용이, 사업 실시 활성화 강화
목 적	• 비전문가 및 전문가가 그린 리모델링 실시를 위하여 그린 리모델링 프로세스 검토의 용이성 향상, 각 단계별 주요 업무 파악 용이성 향상으로 주체, 업무, 책임 여부에 대하여 명확한 결과를 도출함
성능목표	• (기존기술 수준) 그린 리모델링 프로세스 검토 용이성 부재 • (개발기술 수준) 그린 리모델링 프로세스 가이드라인 개발 • (개발기술 수준 설정근거) 체계적인 그린 리모델링 프로세스 매뉴얼 부재
현장적용	• 시범사업 00시청사, 00공사 현장 적용 검증

핵심성과		차년도	특허	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
	양적성과	차년도	–	–	국내 1	–	학술발표 1 연구 홍보 1
	질적성과	차년도	• 그린 리모델링 프로세스 단계별 가이드라인(안) 제시 – 연구 보고서 1건 • 시범사업 대상 그린 리모델링 프로세스(안) 검증 및 수정 보완 – 연구 보고서 1건				
	달성 확인방법	차년도	• 그린 리모델링 프로세스 가이드라인(안) 제시, 시범 사업 적용 및 검증 • 토론회 혹은 성과발표회를 통한 검증				

나 Impact Table A/B 및 활용방안 구축

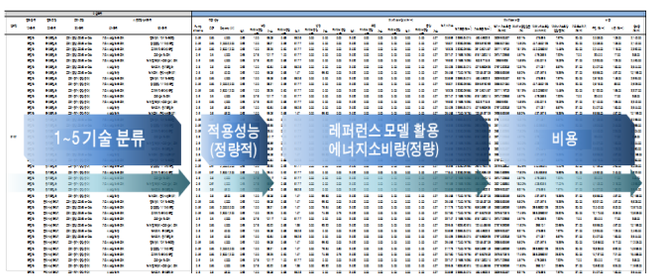
관련 그림 / 사진



Impact Table A (열원·공조 부문 발췌)



사전현황조사 체크리스트(건물기본정보)



Impact Table B (열원·공조 부문 발췌)



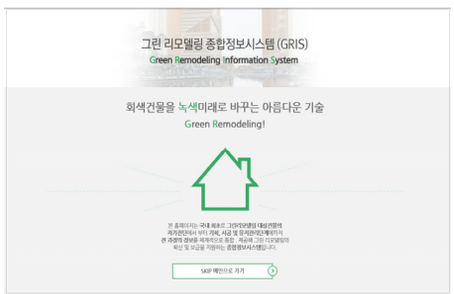
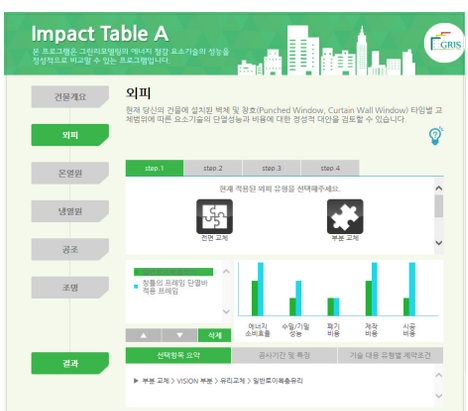
사전현황조사 체크리스트(외피정보)

정의(설명)	• 그린리모델링을 위한 분야별 (외피, 조명, 열원·공조, 신재생) 성능/비용의 데이터베이스(Impact Table) 및 Impact Table 활용을 위한 가이드라인과 사전현황조사 체크리스트 구축
설정사유	• 그린리모델링을 위한 국내 분야별 요소기술들의 체계화된 데이터베이스가 미비하며, 에너지 성능 및 에너지 절감비용의 정성적, 정량적 평가방안이 부재
목 적	• 그린리모델링의 기획(pre-design) 혹은 계획(schematic design) 단계에서 다양한 대안을 정성적/정량적으로 검토함으로써, 건축주 혹은 설계자의 초기 의사결정 과정에서의 시행착오를 줄여, 효율적인 그린리모델링 사업을 수행하도록 도움
성능목표	• (기존기술 수준) 기존의 그린리모델링 기법은 전문가의 주관적 판단과 특정 전문성에 주로 의존 • (개발기술 수준) Impact Table 및 가이드라인, 사전현황조사 체크리스트 구축 • (개발기술 수준 설정근거) 구체화된 최신 비용/효율 정보 데이터베이스의 부재, 비전문가의 DB 해석 접근이 어려움
현장적용	• 한국 수자원, 한국교통연구원, 역전타워, 문경시청, 한국금융증권 현장 적용 검증

핵심성과

		특허	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
양적성과	차년도	–	–	국내 1	–	–
질적성과	차년도	• 분야별 Impact Table 최적조합 모델의 활용방안 도출 및 가이드라인 • 시범사업 적용 검증				
달성 확인방법	차년도	• Impact Table 운용 관련 연구논문 게재 (작성중 : 5월 중 게재 예정) • 시범사업 적용 검증 연구 보고서 작성 • Impact Table 가이드라인 제시 여부 검증				

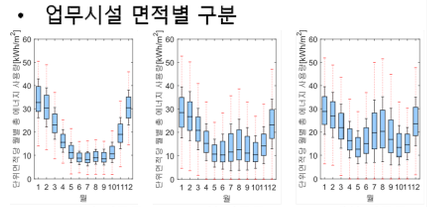
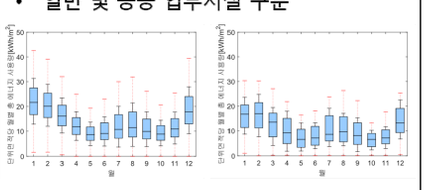
다 Impact Table 최적조합 도출 툴

관련 그림 / 사진	   Impact Table A 최적조합 도출 툴  Impact Table B 최적조합 도출 툴
정의(설명)	• Impact Table A/B 활용을 위한 최적조합 도출 툴 개발
설정사유	• 기존 Impact Table A/B의 시장성 및 직관성 부족으로 인해 사용자 활용성(편의성/접근성)의 강화를 위한 전용 소프트웨어의 개발 필요
목 적	• Impact Table 전용 소프트웨어 개발을 통해 시장성 확보 및 사용자 편의성/접근성 강화 •대안설정/비교의 과정 직관화(전용 UI 도입, 그래프/표 출력 등)를 통한 의사결정 과정의 효율성 강화
성능목표	• (기존기술 수준) 기존 Impact Table A/B를 활용한 그린리모델링 대안분석 • (개발기술 수준) Impact Table A/B 활용을 통한 최적 기술요소 및 시스템 조합 도출 전용 소프트웨어의 개발 • (개발기술 수준 설정근거) 기존 Impact Table A/B를 활용한 대안분석의 시장성 및 사용자 용이성/직관성 부족
현장적용	• 한국 수자원, 한국교통연구원, 역전타워, 문경시청, 한국금융증권 현장 적용 검증

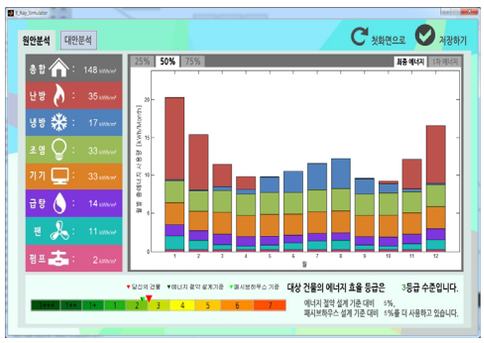
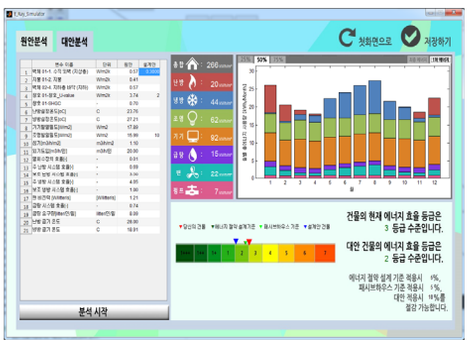
핵심성과							
양적성과	차년도	특허	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
		–	–	국내 1	소프트웨어 등록 1	–
질적성과	차년도	• 최적조합 도출 툴 공동주택/웹버전 확장개발 연구보고서 • 최적조합 도출 툴 종합정보시스템 연계가동 연구보고서 • 시범사업 적용 검증 5건				
달성 확인방법	차년도	• 최적 조합 알고리즘 설계 연구논문 게재 (작성중 : 5월중 게재예정) • 소프트웨어 등록 여부 검증 (등록중 : 5월중 완료예정) • 시범사업 적용 검증 연구 보고서 작성				

2 2세부

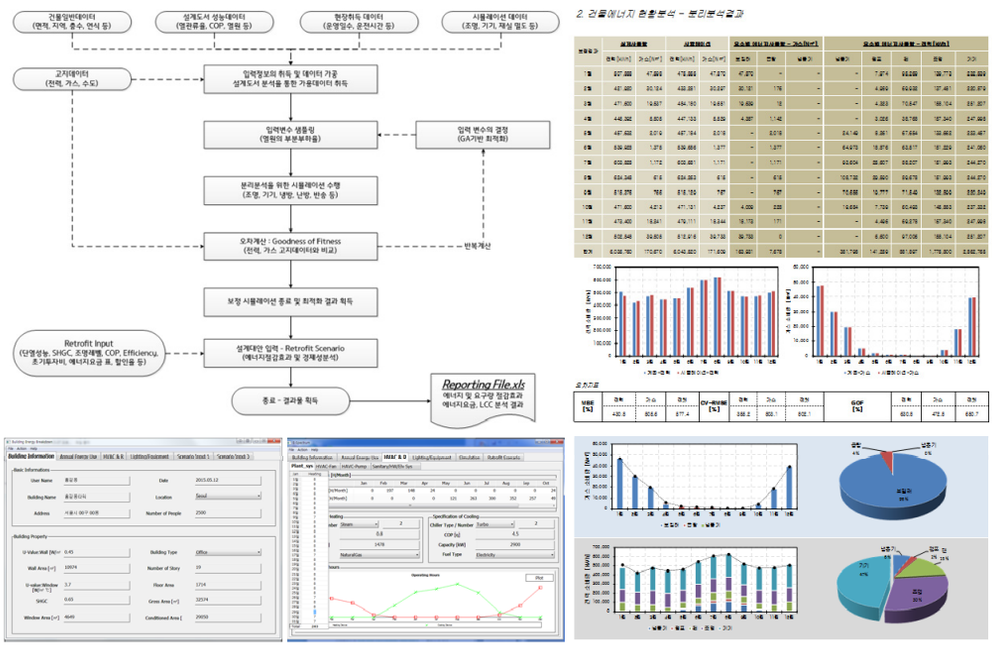
가 웹 기반 E-Scope 데이터베이스 확충 및 사용자 편의성 향상

<table>
<tr><td>관련 그림 / 사진</td><td colspan="6">
(구) 에너지 사용량 DB
- 서울 지역
- 2009, 2010, 2011년
- 업무시설, 공동주택
+ 건축데이터개방 (건축데이터 민간개방 시스템)
- 월별 에너지 사용량
- 건축물대장 정보
→ 건축물 에너지 사용량 DB
- 서울 및 부산 지역
- 2009 - 2015년
- 업무시설, 공동주택
- 면적별 구분
- 일반 및 공공 업무시설 구분
• 업무시설 면적별 구분
 
(a) 500m² 미만 건물군 (b) 소형 건물군 (c) 대형 건물군
• 일반 및 공공 업무시설 구분
 
(a) 일반 업무시설 (b) 공공 업무시설
</td></tr>
<tr><td>정의(설명)</td><td colspan="6">• 업무시설 및 공동주택 에너지 사용량 데이터베이스 확충
• 웹 기반 E-Scope의 사용자 편의성 향상 및 기능 추가</td></tr>
<tr><td>설정사유</td><td colspan="6">• 다양한 에너지 사용년도 및 지역에 대한 평가를 위하여 데이터베이스 확충이 필요
• 확충된 DB에서 건물 에너지 사용량에 영향력이 큰 인자를 분석하고 이를 기준으로 동료 건물군 분류 필요
• 사용자의 편의성 증진을 위하여 웹 기반으로 구축되었으므로, 사용자의 다양한 웹 환경 고려 필요</td></tr>
<tr><td>목 적</td><td colspan="6">• 최신 에너지 사용년도 및 다양한 지역에 대한 평가
• 다양한 웹 브라우저 지원 및 향상된 사용자 경험(UX) 제공</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="6">• (기존기술 수준)
– 기존 에너지 사용량 DB는 서울에 위치한 건물의 2009~2011년 에너지 사용량 데이터만 존재하므로, 기존 건축물의 최근 연도(2012~2015년) 및 비(非)서울 지역에 위치한 건물의 에너지 사용량 평가 불가능
– 웹 프로그램은 HTML5 기반으로 제작되어 최신 IE에서만 동작 가능했으며, 다양한 건물을 쉽고 빠르게 분석해야 하는 그린리모델링 특성상 모든 정보를 일일이 기입하는 것은 사용자에게 불편을 야기함
• (개발기술 수준)
– 평가 가능한 사용년도를 2015년까지 확대하고, 평가 가능한 지역은 부산시를 포함함 (현재 E-Scope는 서울, 부산에 위치한 건물의 2009-2015년도 에너지 사용량을 이용한 분석 가능)
– 건물의 유형, 지역, 및 연면적에 따른 동료 건물군 분류 기준을 추가
– 구 버전의 IE에서 실행 가능 및 엑셀 기반의 통합입력파일을 이용한 손쉬운 정보 입력 기능 추가
• (개발기술 수준 설정근거)
– 건축데이터 민간개방 시스템에서 전국에 위치한 건물의 2011-2015년 에너지 사용량 데이터 수집 가능
– 건축데이터 민간개방 시스템의 건축물 대장 정보(주용도명, 주소, 및 연면적 등) 수집 가능
– HTML4기반 웹 프로그램은 IE 6, 7에서 사용가능하며 Javascript를 사용하여 정보 입력 기능 구현 가능</td></tr>
<tr><td>현장적용</td><td colspan="6">• 면목2동 주민센터</td></tr>
<tr><td rowspan="4">핵심 성과</td><td rowspan="2">양적성과</td><td rowspan="2">차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>–</td><td>국외 1</td><td>–</td><td>–</td><td>학술발표 2
연구 홍보 1</td></tr>
<tr><td>질적성과</td><td>차년도</td><td colspan="5">• 업무시설 및 공동주택 에너지 사용량 데이터베이스 확충 및 동료 건물군 분류 기준 추가
• 멀티 웹 브라우저 지원 및 엑셀 기반 입력파일을 이용한 정보 입력 기능 추가</td></tr>
<tr><td>달성 확인방법</td><td>차년도</td><td colspan="5">• 연구보고서, 논문, 시범사업 적용 및 검증
• 공무원 및 사업자 대상교육을 통한 연구 홍보</td></tr>
</table>

나 E-Ray UI 개선 및 분석 최적화

<table>
<tr><td>관련 그림 / 사진</td><td colspan="7"> 
원안 분석 결과

그린리모델링 대안 분석 결과</td></tr>
<tr><td>정의(설명)</td><td colspan="7">• 입출력 인터페이스 개선
• 연산 시간 단축을 위한 분석 과정 최적화</td></tr>
<tr><td>설정사유</td><td colspan="7">• 기존 E-Ray(4차년도 연구 결과)의 사용자인터페이스는 건물 에너지 사용량 예측 결과를 확률 분포를 제공하므로, 확률 이론에 익숙하지 않는 이용자들의 사용성이 낮음. 이를 개선하기 위해 분석 결과 출력 방법 변경이 요구됨
• 에너지 모델 보정을 위해 사용되는 수학적 기법(MCMC : Markov Chain Monte Carlo)은 많은 연산 시간이 필요하므로, 분석시간 단축을 위한 최적화가 필요함</td></tr>
<tr><td>목 적</td><td colspan="7">• 분석 결과(예상되는 에너지 사용량 분포)에 대한 사용자의 이해력 증진
• 건물 에너지 사용량 계산 및 모델 보정 연산 시간 감축</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="7">• (기존기술 수준)
– 건물 에너지 사용량 분석 결과를 박스플롯으로 표현하여 확률분포에 익숙하지 않은 사용자가 이해하기 힘듦
– ISO 13790 시간별 계산 방법을 이용하여 반복계산횟수가 많아 건물 에너지 사용량 분석에 많은 시간이 소요됨
• (개발기술 수준)
– 건물 에너지 사용량 분석 결과를 막대그래프(Bar Graph)로 표현
– 건물 에너지 모델을 ISO 13790 월별 계산 방법으로 변경하여 연산 시간 단축
• (개발기술 수준 설정근거)
– 막대그래프(Bar Graph)로 분석 결과를 출력하여, 통계적 지식이 부족한 일반인의 프로그램 활용성 증진
– 월별 계산 방법을 사용하여 연산 시간이 단축시키고, 신속한 에너지 사용량 분석 수행</td></tr>
<tr><td>현장적용</td><td colspan="7">• 면목2동 주민센터</td></tr>
<tr><td rowspan="3">핵심성과</td><td>양적성과</td><td>차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>출원 1</td><td>국외 1</td><td>국내 4</td><td>–</td><td colspan="2">학술발표 7
연구홍보 1</td></tr>
<tr><td>질적성과</td><td>차년도</td><td colspan="6">• 건물 에너지 사용량 분석 결과 출력 UI 개선
• 분석시간 단축을 위한 건물 에너지 모델 변경 및 최적화</td></tr>
<tr><td></td><td>달성 확인방법</td><td>차년도</td><td colspan="6">• 연구보고서, 논문, 시범사업 적용 및 검증
• 공무원 및 사업자 대상교육을 통한 연구 홍보</td></tr>
</table>

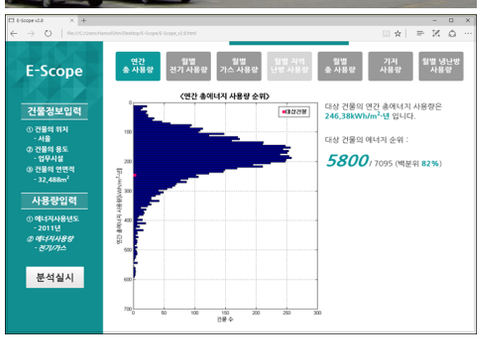
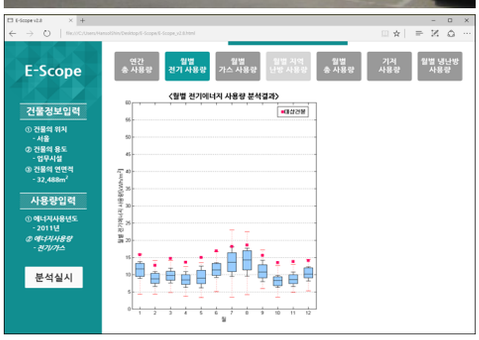
다 에너지 사용설비 운영자료 기반 용도별 에너지사용량 관리·평가 툴 개발 완료

관련 그림 / 사진	
정의(설명)	• 건축물 운영 관리자가 에너지 사용 설비의 운영 자료, 성능 진단 자료 또는 BEMS 데이터를 이용하여 용도별로 사 용되는 에너지를 관리·평가할 수 있는 간이 건물에너지 관리·평가 툴
설정사유	• 건축물 운영 관리자가 에너지 사용 설비의 관리 현황을 고려한 건축물 운영 데이터 입력 환경 추가 필요 • 이종의 열원을 사용한 설비(보일러, 냉동기 등)의 도시 사용에 대한 해석 기능 추가
목 적	• 건축물 운영 관리자가 건물 운영 데이터를 기반으로 편이하게 건축물의 에너지사용량을 용도별로 관리하고 평가할 수 있도록 하기 위함 • 건축물의 용도별 에너지사용량 관리·평가 이외에 노후화 설비의 교체에 따른 건축물의 에너지성능 개선 수준을 예 측할 수 있도록 하기 위함
성능목표	• (기존기술 수준) 에너지 사용설비 운영자료 관리·평가 도구 부재, 중·소규모 건축물 BEMS 적용 한계(비용 등) • (개발기술 수준) 에너지 사용설비 전 부하 상당운전시간 방법 이용 용도별 에너지사용량 관리 및 평가 툴 개발 • (개발기술 수준 설정근거) 건물 운영관리자 수준 및 관리 현황 기반 용도별 에너지 관리·평가 도구 필요
현장적용	• 한국수자원공사, GS역전타워, 한국증권금융 사옥

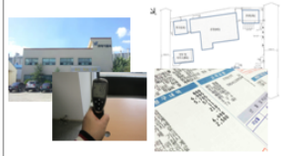
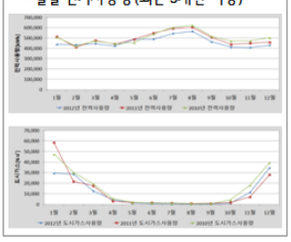
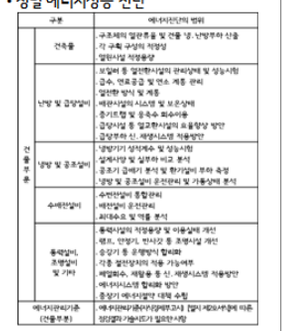
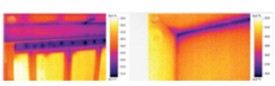
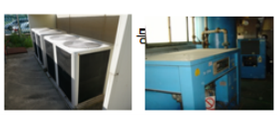
핵심성과			특허	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
	양적성과	차년도	–	1	1	1	–
	질적성과	차년도	• 연구보고서 1건 • 용도별 에너지사용량 관리 및 평가 툴 사용자 가이드라인 1건				
	달성 확인방법	차년도	• 사례분석 기반의 연구보고서 1건 (작성 중) • 사례분석 기반의 사용자 가이드라인 작성 여부				

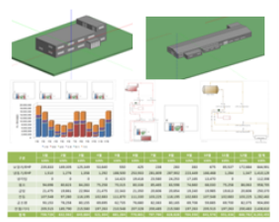
3 3세부

가 공공/민간건물 그린리모델링 시범사업 실시 및 연구성과 검증

관련 그림 / 사진	   						
정의(설명)	• 그린리모델링 시범사업 실시를 통한 에너지 성능 평가 및 확산 기반 수립						
설정사유	• 연구과제의 주요성과를 그린리모델링의 시범사업을 통해 검증하며 공공/민간 부분에서 확산기반 정립						
목 적	• 시범사업 모니터링을 통해 에너지 절감량 및 환경 개선에 대한 부분을 검증하고 우수한 시범사업 제시 궁극적으로 그린리모델링의 확산기반을 정립하고자 함						
성능목표	• 공공/민간건물 유형별 그린리모델링 시범사업 실시를 통한 프로세스 구축 • 에너지 사용량 모니터링을 통한 에너지 성능평가 및 환경개선 검증 • 우수 시범사업 사례 통한 비즈니스 모델 제시						
현장적용	한국수자원공사, (구)교통연구원, GS역전타워, 한국금융증권 등						
핵심성과	양적성과	차년도	특허	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			–	–	–	–	현장 적용 4건
	질적성과	차년도	• 그린리모델링 시범사업을 통한 에너지 성능평가 및 검증 • 우수 시범사업제시를 통한 확산 기반 수립				
	달성 확인방법	차년도	• 연구보고서, 논문 • 언론(신문, 뉴스) 등을 통한 성과 홍보 및 토론회 혹은 성과발표회를 통한 검증				

나 소규모 / 공간단위 시범사업– SEN솔루션

<table>
<tr><td>관련 그림 / 사진</td><td colspan="6">
대상건물 현황 조사
• 설계도서 수집 및 현장조사
• 구조체 단열성능 조사
• 실내온습도 및 운영스케줄 조사
• 실내 쾌적도 현황 조사
• 에너지 이용시설 및 설비 현황 파악

• 에너지 성능평가 관련자료 수집
- 월별 전기사용량(최근 3개년 이상)

에너지성능 진단
• 정밀 에너지성능 진단



현황조사 및 성능진단 내용 분석
• 총에너지사용량 분석
• 에너지원별 사용량 분석
• 용도별 에너지사용 현황 분석

• 에너지성능 시뮬레이션 모델 작성

• 에너지시뮬레이션 및 실측값 비교

</td></tr>
<tr><td>정의(설명)</td><td colspan="6">• 소규모 공간용 스마트 에너지 모니터링 및 최적제어시스템 개발</td></tr>
<tr><td>설정사유</td><td colspan="6">• 기존 모니터링시스템 적용 시 자체서버 및 다수의 센서 및 공간확보 필요, 장비의 고비용 및 비효율적임.
• 비전문가가 이해하기 쉽고 사용이 편리한 GUI개발이 필요</td></tr>
<tr><td>목 적</td><td colspan="6">• 소규모 공간의 에너지 모니터링 분석을 통한 그린리모델링 비즈니스 모델 검증
• 소규모 공간 스마트 모니터링용 GUI 개발
• 클라우드 기반 스마트 모니터링 및 최적제어 시스템 구축</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="6">• (기존기술 수준) 에너지 모니터링 및 피크제어 운영체계가 분리
• (개발기술 수준) 웹서버 및 스마트 기기를 통한 실시간 에너지 모니터링과 최적제어시스템 구축
• (개발기술 수준 설정근거) 실시간 에너지 모니터링과 제어기술과의 연계를 통한 에너지 FM비용 30%이상 감소</td></tr>
<tr><td>현장적용</td><td colspan="6">• 시범사업 00편의점 현장 적용 검증</td></tr>
<tr><td rowspan="3">핵심 성과</td><td>양적성과</td><td>차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>–</td><td>–</td><td>–</td><td>–</td><td>현장적용 1
학술발표 4</td></tr>
<tr><td>질적성과</td><td>차년도</td><td colspan="5">• 소규모 공간용 스마트 에너지모니터링 시스템 검증 - 연구 보고서 1건</td></tr>
<tr><td></td><td>달성 확인방법</td><td>차년도</td><td colspan="5">• 연구보고서, 학술발표 논문 작성 여부
• 토론회 혹은 성과발표회를 통한 검증</td></tr>
</table>

4 4세부

가 비즈니스 모델 사업타당성 평가

관련 그림 / 사진

건축주 Input

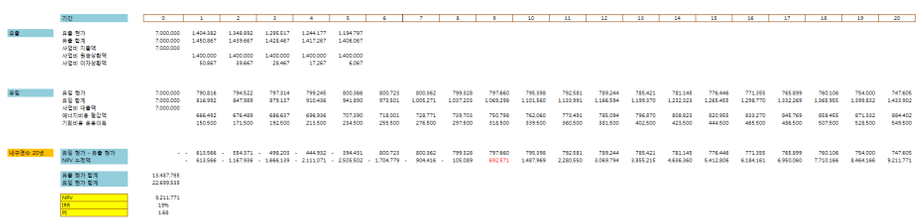
(선택 1) 발코니 시공면적(㎡)	33.78
(선택 2) 총 예상 사업비(원)	7,000,000
사업 전 연간 난방비(원)	1,823,460
사업 전 연간 냉방비(원)	398,180

담당기관 Input

발코니 ㎡당 제품비(원)	124,334
에너지 절감율(%)	0.3
연간 에너지 상승율(%)	0.015
그린리모델링 사업 이자율(%)	0.048
이자 지원(보조)율(%)	0.04
할인율(%)	0.0331
기회비용 운용이율(%)	0.0215
연간 기준금리 상승율(%)	0.003

Output

손익분기점(년)	9
수익예상액(원)	9,211,771



정의(설명)	• 그린리모델링 비즈니스 모델 적용한 업무용 및 주거용 건물(공동주택)을 위한 사업타당성 평가 시트
설정사유	• 기존 평가시트에서 건물유형(업무용 및 주거용 건물)의 특성을 반영한 타당성 평가 시트의 개발이 필요함
목 적	• 건물 유형에 따라 타당성을 분석하여, 그린리모델링 시 정부지원금의 투자 여부에 대한 판단 및 Cash Flow 예측이 가능해야함
성능목표	• (기존기술 수준) 업무용건물의 그린리모델링 사업타당성 분석 시트 초안 • (개발기술 수준) 건물유형을 확장(업무용 및 주거용 건물)하여 적용가능한 사업타당성 분석 시트개발 및 GRIS 탑재를 위한 프로그램화 • (개발기술 수준 설정근거) 그린리모델링의 주요 타겟인 업무용 및 주거용건물(공동주택)에 적용가능해야 함.
현장적용	• GRIS 탑재를 통한 일반 사용자 대상으로 성과 확산

핵심성과

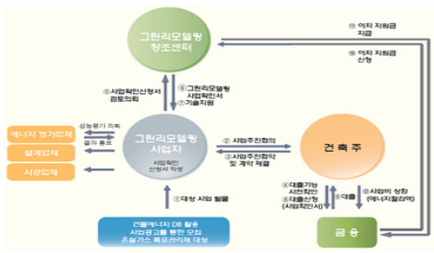
		특허	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
양적성과	차년도	–	–	–	–	연구 홍보
질적성과	차년도	•주거용 건물을 위한 사업성 평가 시트 개발 – 연구 보고서 1건				
달성 확인방법	차년도	• 사업성 검토 시트 개발 및 전문가 설문을 통한 검증 • 토론회 혹은 성과발표회를 통한 검증				

나 그린리모델링 건물의 가치산정 평가

관련 그림 / 사진



그린리모델링건물 가치 평가 과정



그린리모델링 이자지원사업 모델

건물 기준 시가	건물 신축가격 기준액	→ 산정가격	→ 건물기준시가 (과표)	→ 과세	
	국세청 지정	각종지수(구조・용도・위치) ×경과연수별잔가율 ×**개별건물의 특성에 따른 조정률** ×면적	산정가격과 동일	건물기준시가 ×세율	

* 건물기준시가 : 비주거용 건물의 국세 과세 기준(국세청)

건물 시가 표준 액	건물 신축가격 기준액	→ 산정가격	→ 건물시가표준액 (과표)	→ 과세	
	국세청 지정	각종지수(구조・용도・위치) ×경과년수별 잔가율 ×**가감산툭례** ×면적	산정가격 ×공정시장가액비율	건물시가표준액 ×세율	

* 건물시가표준액 : 비주거용 건물의 지방세 과세 기준(행정자치부)

비주거 건물의 과세 산정 단계

정의(설명)	• 그린리모델링 이자지원사업의 타당성 검토 및 그린리모델링 건물 가치산정에 따른 과세 산정방안 제시					
설정사유	• 그린리모델링 이자지원 사업 대상 건물에 대한 가치산정 및 타당성에 대한 구체적인 기준과 방법이 마련되어 있지 않아 정확한 가치평가가 이루어지고 못하고 있는 실정임 • 또한 이로 인해 그린리모델링 건물의 가치가 과표에 반영되지 않음으로 써 조세형평성 저해 등의 문제점이 제기되고 있음					
목 적	• 그린리모델링 이자지원사업 대상 건물의 가치산정기준 마련					
성능목표	• (기존기술 수준) 그린리모델링 이자지원사업 대상 건물 가치산정기준 미비 • (개발기술 수준) 그린리모델링 이자지원사업 대상 건물 타당성 검토 방안 구축 • (개발기술 수준 설정근거) 그린리모델링 활성화를 위한 건물 가치산정 방안 필요					
현장적용	• 그린리모델링 이자지원사업 서초동 A 건물 타당성 검토					
핵심 성과	**양적성과**	**차년도**	**특허**	**SCI 논문**	**비SCI논문**	**S/W**	**기타**
			–	–	국내	–	학술발표 1건 연구 홍보 1건
	질적성과	**차년도**	• 그린리모델링 이자지원사업 타당성 분석 및 과세가치 반영방안 제시 - 연구 보고서 1건 • 그린리모델링 사업 타당성 검토방법 – 학술발표 1건				
	달성 확인방법	**차년도**	• 전문가 자문을 통한 적정성 검증 및 그린리모델링 이자지원 사업 적용 및 검증 • 그린리모델링 창조센터와 이자지원 사업 타당성 활용 방안 검토				

다 그린리모델링 종합정보시스템(GRIS) 구축

<table>
<tr><td>관련 그림 / 사진</td><td colspan="7"> 



그린리모델링 종합정보시스템(GRIS)</td></tr>
<tr><td>정의(설명)</td><td colspan="7">• 그린리모델링 사업 전 GRIS Tools를 통합 제공하는 시스템 구축 및 종합정보시스템 인터페이스 개선</td></tr>
<tr><td>설정사유</td><td colspan="7">• 그린 리모델링 사업을 수행함에 있어 그린리모델링 의사결정자의 활용도가 높은 종합정보시스템 구축</td></tr>
<tr><td>목 적</td><td colspan="7">• 전문가 및 비전문가가 그린리모델링 실시 전 그린리모델링 프로세스와 각 단계별 주요 업무 및 활용 도구를 웹상에서 쉽게 취득할 수 있는 종합정보시스템 제공</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="7">• (기존기술 수준) 그린리모델링 종합정보시스템 구축 미비
• (개발기술 수준) 그린리모델링 사업 관련 정보 및 의사결정 지원도구 통합제공 시스템 구축
• (개발기술 수준 설정근거) 국내 그린리모델링 종합정보시스템 구축 미비로 전문가 및 비전문가의 그린리모델링 사업에 대한 이해도 부족 및 정보취득의 어려움</td></tr>
<tr><td>현장적용</td><td colspan="7">• 주요성과 Tool 웹 구현, 시범사업 실증 현장 정보 제공</td></tr>
<tr><td rowspan="4">핵심성과</td><td rowspan="2">양적성과</td><td rowspan="2">차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>–</td><td>–</td><td>국내</td><td>–</td><td>학술발표
연구 홍보</td></tr>
<tr><td>질적성과</td><td>차년도</td><td colspan="5">• 그린리모델링 종합정보시스템 개선 – 연구보고서 1건
• 그린리모델링 종합정보시스템 영문홈페이지 – 영문홈페이지 1건</td></tr>
<tr><td>달성 확인방법</td><td>차년도</td><td colspan="5">• 성과발표회를 통한 시스템 개선 및 구축 검증</td></tr>
</table>

제 4 장

연구목표 달성 및 효과

제 1 절 연구개발 목표 달성도

- 그린리모델링 프로세스 가이드라인(안) 구축 하였으며, 각 프로세스 단계별 주요성과로 E-Scope, E-Ray, E-Spectrum, Impact Table 등은 **S/W 등록, 특허 출원/등록**으로 **34건** 달성함

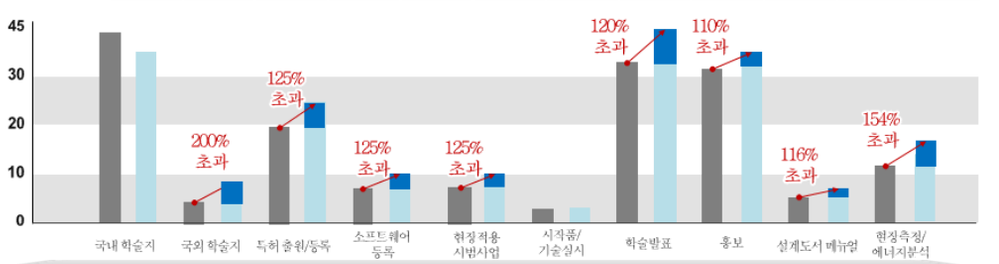
- 학술적 연구성과로 **SCI(E) 8건**, **일반 게재논문 35건**, **학술발표대회에서 42건**으로 우수논문 5건 수상을 받았으며, 학술적 연구성과는 총 **85건** 달성함

- 그린리모델링 종합정보시스템으로 GRIS(Green Remodeling Information System)을 구축하였으며, 프로그램 연계 및 연구성과의 모든 정보를 누구나 쉽게 접근 사용이 용이하도록 구축함

- 그린리모델링에 대한 시범사업은 공공/민간/소규모 공간단위로 구분하여 **시범사업 총 10건**을 수행하였으며, 이는 연구성과의 검증 및 에너지 모니터링을 통한 성능평가를 지속적으로 수행 관리함

- 이외에도 **홍보 35건**을 포함한 그린리모델링 사업자, 공무원, 일반 건물 관리자를 대상으로 위 연구성과 인 프로그램에 대한 교육을 실시하였으며, 추후 GRIS를 통하여 프로그램 업데이트를 지속적으로 수행하며 교육 및 프로그램을 해당 기관에서 관리할 예정임

	양적 연구성과 110% 초과 달성						질적 연구성과 116% 초과 달성					
	국내 학술지	국외 학술지	특허 출원/등록	소프트웨어 등록	현장적용 시범사업	기술실시	학술발표	홍보	정책 반영	설계도서/ 메뉴얼	현장측정/ 에너지분석	합계
1차년도							2	3				
2차년도	5	1	1/0		2	1	1	2	1	3	4	21
3차년도	14	1	7/3	2	2		9	8	1	2	3	43
4차년도	14	1	3/1	3	2		12	12	1	1	2	40
5차년도	10	1	3/1	3	2		11	7	1		2	29
소계	43	4	14/5	8	8		35	32	4	6	11	132
달성	35	8	14/10	10	10	1	42	35	1	7	17	149



· SCI 8 건, 학술지 35 건, 특허출원/등록 24 건, S/W 10 건 등록 및 기술이전 1건 달성으로 양적 성과 111% 달성

목표	최종 연구내용	최종 성과물
1세부 그린리모델링 프로세스 가이드라인(안) 구축	• 그린리모델링 프로세스 단계별 주체 및 수행업무 수정 및 보완 • 그린리모델링 프로세스 수행업무 가이드라인(안) 보완 구축 • 그린리모델링 프로세스 검증을 위한 시범사업 대상건물 적용	• 연구보고서 1개 • 시범사업적용 7건 • 학술지 게재논문 1편 • 학술발표 1편
1세부 Impact Table A/B 및 활용방안 구축	• 그린리모델링 대안별 성능 비교를 위한 레퍼런스 모델 구성 및 시뮬레이션 수행 • 분야별 요소기술의 성능 및 비용 데이터베이스인 Impact Table A(정성적 비교), Impact Table B(정량적 비교) 구축 • Impact Table 활용을 위한 분야별 가이드라인과 사전현황 체크리스트 제작 • 시범사용 적용을 통한 활용 가능성 검토	• 학술지 게재논문 4편 • 연구보고서 14개 • 학술발표 11편 • 성과홍보 1건 • 시범사업 5건
1세부 Impact Table 최적 조합 도출 툴	• Impact Table A/B 활용성 강화를 위한 최적 조합 도출 툴의 개발 • GRIS 개발 : Impact Table A상의 정성적 평가항목의 결과와 각 세부기술별 분석 수행 • OECC 개발 : Impact Table B상의 대안별 성능 및 비용에 대한 정량적 평가항목의 결과 비교 • 각 전용 툴의 확장을 위한 웹버전 개발 • 소프트웨어 저작권 등록	• 학술지 게재논문 2편 • 연구보고서 2개 • 학술발표 2편 • S/W 제작 2건 • 시범사업 5건
2세부 유사건물 간 에너지 소비량 비교를 이용한 에너지소비 현황 간이진단 방법 및 툴(E-Scope) 개발	• 상대 비교에 필요한 유사 건물의 에너지 사용량 데이터베이스 구축 – 건물 에너지 소비량에 영향을 미치는 인자에 대한 분석을 통한 유사 건물군 분류 • 데이터 기반 에너지 사용량 간이 진단 방법 도출 – 박스플롯을 이용하여 직관적인 벤치마킹 결과 출력 – 월별 에너지 사용량 패턴을 이용한 계절적, 비계절적 에너지 소비현황 분리 분석 – 최소한의 입력변수(5개)로 유사 건물군 구분 • 웹 기반 간이평가 툴(E-Scope) 개발	• 연구보고서 1개 • 시범사업 8건 • S/W 제작 2건 • SCI(E) 논문 1건 • 비SCI 논문 2건 • 학술발표대회 10건 • 연구 홍보 3건
2세부 규범적 에너지 모델 및 모델 보정 기법을 이용한 에너지 사용량 평가 방법 및 툴(E-Ray) 개발	• 건물 에너지 모델 및 모델 보정 기법 조사 – 기존 건축물 에너지 사용량 평가 방법에 알맞은 건물 에너지 모델 및 보정기법 선정 • 기존 건축물 에너지 사용량 평가 방법 개발 – ISO 13790 월별 계산 방법 기반의 건물 에너지 모델 구축 – 민감도 분석 및 불확실성 분석 기능 구현 – 베이지안 방법을 이용한 에너지 모델 보정 기능 구현 • 에너지 사용량 평가 자동화 툴(E-Ray)개발 – 사용자 편의를 위한 엑셀 기반의 입력 파일 구성 – 에너지 효율 등급 평가 및 설계 기준과의 비교 – 그린리모델링 대안 분석 기능 구현 – 입력파일 불러오기, 민감도 분석, 불확실성 분석 및 베이지안 보정을 자동으로 수행 가능한 사용자 인터페이스(GUI) 구성	• 연구보고서 1개 • 시범사업 8건 • S/W 제작 5건 • 특허등록 1건 • SCI(E) 논문 3건 • 비SCI 논문 8건 • 학술발표대회 19건 • 연구 홍보 3건
2세부 E-Spectrum-GS건설	• 전 부하상당운전시간 방법 이용 기존건물 용도별 에너지사용량 관리·평가 방안 개발 • 최적화 방법을 이용한 에너지 사용설비의 부분분하 운전시간 산정 방안 개발 • 전 부하상당운전시간 및 최적화 방법, 건물 운영자료 등을 이용한 용도별 에너지사용량 관리·평가 툴 개발 • 시범사업 건물 대상 용도별 에너지사용량 관리·평가 툴의 적용성 검토 • 건물 용도별 에너지사용량 관리·평가 툴의 사용자 가이드라인 제작	• S/W 제작 2건 • S/W 등록 1건 • 연구보고서 8개 • 홍보 3건 (학술논문 1건) • 시범사업 3건 • 사용자매뉴얼 1건 • 논문 7건 (SCI 1건)

목표	최종 연구내용	최종 성과물
3세부 공공/민간건물 그린리모델링 비즈니스 모델 구축 및 연구성과 검증	• 공공/민간건물의 그린리모델링 실증 시범사업을 통한 비즈니스 모델 구축 • 에너지 모니터링 실시 및 그린리모델링 전·후의 에너지 성능 / 재실자 환경성능 만족도 평가 실시 완료 • 그린리모델링 프로세스 전과정 시범사업 적용 검증 • 주요연구성과 (E-Scope, E-Ray, E-Spectrum, Impact Table 등) 시범사업 적용을 검증	• 연구보고서 4개 • 시범사업 7건 • 홍보 3건 • 학술지 게재논문 2편 • 학술발표 2편
3세부 소규모 공간용 스마트 에너지 모니터링 및 최적제어시스템 개발	• 소규모 공간(00편의점) 그린리모델링 시범사업 실시 및 실시간 에너지모니터링 측정 • 시범사업 대상지의 모니터링을 통한 에너지소비량 측정 및 에너지 성능 객관성 검증 • 소규모 공간 에너지모니터링 및 비즈니스 모델 구축 • 건물용도별 그린리모델링 민간건물 시범사업 실시(공장시설, 업무시설) • 소규모 공간용 스마트 에너지 모니터링 및 최적제어시스템 개발	• 시범사업 3건 • 학술지 게재논문 2편 • 학술발표 7편 • 연구보고서 3개
4세부 사업타당성 평가 및 건물 가치산정- 한국감정원	• 타당성 검토를 위한 체크리스트 검증 • 이자지원사업을 위한 사업계획서 심사기준 등 의사결정 지원도구 • 창조센터는 지방세 감면 건의서 행정자치부장관 제출(업무협조)	• 연구보고서 1개 • 학술발표대회 1건
4세부 그린리모델링 종합정보시스템 구축	• 그린리모델링 종합정보시스템 디자인 업그레이드 및 시범사업 사례정보 DB 구축 • 공통시트 자동입력 기능 추가로 Impact Table A 웹 프로그램 성능 개선 • 일반인 사용자 접근성 및 정보 활용 편의성을 확보한 GRIS Tools 통합 시스템 구축 • 그린리모델링 종합정보시스템 영문홈페이지 구축	• 연구보고서 1건 • 비SCI 논문 1건 • 학술발표대회 1건 • 연구개발홍보 2건 • 영문홈페이지 1건

제 2 절 연구개발 기대효과

1 CO2 (에너지 정책)

정부의 중장기 에너지분야 정책목표 실현

- 2020년 건축분야에서 BAU기준 CO2를 30%를 저감해야 하는 상황이며, 이를 실현하기 위해서는 기존건축물에 대한 그린리모델링이 최우선적으로 고려되어야 할 것으로 판단됨
- E-scope 및 E-ray 등을 통해 지자체·사업체·건물유형별로 에너지다소비 건물의 파악이 용이하므로 CO2저감을 위한 중장기 전략 수립에 기여 가능함
- 편의점과 같은 소규모 공간 리모델링의 유도는 단위면적당 에너지소비가 높은 2만 여개의 점포가 대상이며, 에너지 효율 개선으로 총에너지저감효과가 매우 크며, 특히 그린리모델링으로 수익구조개선을 통해 소상공인과 기업간의 상생을 위한 구조 도출 가능

2 기술 (건물 에너지 평가)

건물의 에너지 사용량 평가 및 M&V Tool 구축

- 비용편익 기반 Impact Table 구축으로 그린리모델링 기획·계획·설계 단계 시, 민간사업자의 그린리모델링 실시에 따른 기술별 에너지 저감효과 및 공사비 예측을 통해 사업성 평가가 용이한 가이드라인 구축
- 신뢰도 높은 M&V Tool 도출로 향후 그린리모델링 시장에서의 민간투자 활성화를 위한 기반도출 가능

3 시장 (공공 및 민간 건물)

공공 리모델링 시기 도래 공공건물 중심 그린리모델링 확산에 기여

- 한국시설공단, 한국수자원공사, 서울시 등과 협의하여 E-scope 활용으로 우선 대상 건물군을 선정하고, E-ray 기반으로 상세평가를 통해 공공 및 민간건물 분야 확산 전략을 수립
- 운영시간 단축 및 실내온도 규제 등 연간 에너지소비량이 작아 비즈니스 모델화가 어려운 공공건물 분야의 수익형 비즈니스 모델 도출 및 확산

민간 건물분야 비주거부문 그린리모델링 확산에 기여

- 그린리모델링 종합정보시스템 구축 및 운영으로 개별 주체별(투자자·건축주·시공사·컨설팅기업·정부) 그린리모델링 전과정(프로세스·기술·정책·사례 등)에 대한 정보공유 및 용이한 그린리모델링의 추진 기반 구축
- 그린리모델링의 초기 사업성 검토를 통해 성능/비용적 측면에서 효율적인 업무 수행 가능. 이를 통해 그린리모델링에 대한 사회적 관심 고조와 사용자편의성 증진을 통한 그린리모델링 시장의 활성화에 기여

4 고용 (신성장동력)

위축된 신축 중심 건축분야를 탈피하여 시장 활성화 신성장 동력으로 활용

- 한국은 GDP 중 건설 분야 비중이 선진국 대비 높은 편으로 신축시장의 위축은 중소기업의 성장기반 상실 및 높은 실업율의 근원으로 이어지므로, 그린리모델링 시장의 확산은 중소기업 육성 및 일자리 창출효과에 이바지하는 바가 매우 큼
- 수익형 비즈니스 모델로서 그린리모델링은 대기업 주도에서 중소기업 주도형 시장으로 전환 가능하며, 정부지원을 최소화하고 자생적으로 운영되는 민간중심의 그린리모델링 활성화는 자발적 기업투자 활성화 및 경기부양효과 잠재력이 큼
- 소상공인 중심의 자발적 편의점 그린리모델링 유도는 소상공인 부양효과 및 고난이도의 건축기술이 요구되는 것이 아니므로 확산 시 일용노동자 부양기여도가 큰 것으로 예측

정부의 중장기 에너지분야 정책목표 실현

- 2020년 건축분야에서 BAU기준 CO2를 30%를 저감해야 하는 상황이며, 이의 실현을 위해서는 기존건축물 그린리모델링이 최우선적으로 고려되어야 할 것으로 판단됨
- 기존건축물 사전 성능평가 툴 E-scope 및 E-ray 등을 통해 지자체·사업체·건물유형별로 에너지다소비 건물의 파악이 용이하므로 에너지저감을 위한 중장기 전략 수립에 기여 가능함
- 편의점과 같은 소규모 공간 리모델링의 유도는 단위면적당 에너지소비가 높은 2만 여개의 점포가 대상이며, 에너지효율 개선으로 총에너지 저감효과가 매우 큼
- 사용자 편의성을 고려한 Impact Table 최적 대안 토출 툴의 개발을 통해 그린리모델링 시장의 확대 및 이로 인한 건축물 에너지 부하의 저감효과 극대화로 건설분야 에너지 절감정책 확산에 기여

제 5 장

연구성과의 활용 및 추가연구 필요성

제 1 절 연구성과 활용방안

구 분	연구성과 활용계획
1세부 그린리모델링 프로세스 가이드라인(안) 구축	[그리리모델링 프로세스 가이드라인(안)] • 그린리모델링 프로세스 수행업무에 대한 이해도를 높이는데 활용 • 전문가뿐만 아니라 비전문가에게도 그린리모델링 인식 활성화 기능 • 프로세스 수행 활용도구 매뉴얼 제공을 통한 원활한 프로세스 수행
1세부 Impact Table A/B 및 활용방안 구축	• [Impact Table A] 기획단계에서 적용가능한 정성적 비교 기준 활용 • 시공 범위 결정, 성능 및 비용 평가, 공사기간 판단 / 제약조건 확인 가능 • [Impact Table B] 계획단계에서 적용 가능한 정량적 비교 기준 활용 • 대안별 에너지 절감률 및 절감비용 분석 / 분야별 대안 조합을 통한 최적대한 도출 • Impact Table 가이드라인 : Impact Table의 개념, 구성, 분류체계 적용 기준 등을 제시함으로써, Impact Table 평가항목지표 척도의 이해도를 높이는데 활용 • 사전현황조사 체크리스트 : Impact Table을 적용하기 이전, 그린리모델링의 대상이 되는 건물의 분야별 성능(노후화 정도)현황을 파악
1세부 Impact Table 최적 조합 도출 툴	[GRIS : Impact Table A 최적조합 도출 툴] • 직관적인 UI로 비전문가의 사용성을 높임 • Impact Table A상의 정성적 평가항목의 결과와 각 세부기술별 비교 분석을 수행하는데 활용 • 적용기술 유형별 전면, 부분, 증축에 따른 주요 결제내역을 개략적으로 미리 체크해 보고 사업성을 판단 [GRIT-OD : Impact Table B 최적조합 도출 툴] • 레퍼런스 모델 기준, 에너지 성능분석치를 대입한 Impact Table B 데이터베이스 활용 에너지 성능 및 공사비용 비교 분석 모듈 탑재 • 적용기술 조합별 예상 개선성능과 소요비용의 수치, ROI 분석을 통해 외피에서 설비 시스템까지 분야별 요소기술의 최적 조합을 도출 • 분석결과에 대한 시각적 해석 자료의 제시(그래프 및 표)를 통해 비전문가인 건축주 및 설계자의 의사결정을 돕는데 활용 가능 [Impact Table A/B 웹 확장 버전] • 별도의 소프트웨어를 설치할 필요 없이, 웹상에서 바로 사용하게 함으로써, Impact Table 최적 조합 도출 툴의 접근성을 높임
2세부 유사건물 간 에너지 소비량 비교를 이용한 에너지소비 현황 간이진단 방법 및 툴(E-Scope) 개발	• 동료 집단의 에너지 사용량 분포와 분석 대상의 에너지 사용량 비교를 통해 분석 대상 건물의 상대적 사용량 수준 평가 도구로 활용 • 월별 에너지 사용량 패턴을 이용한 냉난방 및 기저 에너지 사용량 상대적 수준 평가 • 대규모 건물군에서 그린리모델링이 우선적으로 필요한 건물을 짧은 시간 내에 선별하기 위한 자료로 사용 • 웹 기반 프로그램, 적은 수의 입력변수, 직관적인 벤치마킹 결과로 비전문가도 쉽고 빠르게 사용 가능한 에너지 사용량 평가 도구로 활용
2세부 규범적 에너지 모델 및 모델 보정 기법을 이용한 에너지 사용량 평가 방법 및 툴(E-Ray) 개발	• 비전문가가 약간의 교육을 거쳐 사용할 수 있는 건물 에너지 사용량 분석 도구로 활용 • 그린리모델링 초기단계에서 건물 에너지 사용량 평가 및 에너지 절감 효과를 분석하여, 그린리모델링 의사결정자료로 활용 • 불확실성 분석을 통해 건물 에너지 사용량 분석 결과를 확률분포로 표현하여, 객관적이고 정량적인 평가 가능
2세부 E-Spectrum- GS건설	• 건물 에너지성능진단 전문기업 대상 용도별 에너지사용량 관리·평가 툴의 홍보를 통해 기존의 에너지 밸런스 맵 분석 방법을 대체할 수 있도록 함 • 초기 투자비용 등의 부담으로 인해 BEMS(건물에너지관리시스템) 도입이 어려운 중·소규모 건물에서 용도별로 에너지사용량을 관리·평가할 수 도구로 활용될 수 있도록 홍보함 • 건물에너지 관리 역량 수준이 낮은 건물 운영 관리자를 대상으로 에너지 사용설비의 운영 자료 기반으로 용도별로 에너지사용량을 관리하는데 사용할 수 있도록 교육 및 홍보함 • 기존 건물(중·소규모의 민간·공공)에서 에너지 사용설비의 운영 현황 및 용도별 에너지사용 현황을 지속적으로 관리하고, 기록하는데 유용한 도구로 활용될 수 있도록 함

3세부 공공/민간건물 그린리모델링 비즈니스 모델 구축 및 연구성과 검증	• 공공/민간 그린리모델링 비즈니스 모델 구축을 통한 그린리모델링 확산 • 에너지 사용량 모니터링을 통한 에너지 성능평가 및 환경개선 검증 / 우수 시범사업 사례 통한 비즈니스 모델 제시 • 연구과제의 주요성과를 그린리모델링의 시범사업을 통해 검증하며 공공/민간 부분에서 확산기반 정립 • 연구성과 인 Impact Table A·B, E-Scope, E-Ray, E-Spectrum 시범사업 검증을 통한 신뢰성 확보
3세부 소규모 공간용 에너지 성능 검토 툴 개발 및 스마트 모니터링 시스템 구축	• 소규모 공간용 비즈니스 모델을 활용하여 데이터베이스 구축 및 지역별, 건축년도별 예측자료로 활용 • 그린리모델링 시범사업에 따른 에너지절약 및 성능 향상 기법을 평가 및 검증하는 도구로 활용 • 소규모 공간용 에너지성능 검토 프로그램을 통해 소규모 공간 대상 시범사업에서 활용될 수 있도록 추진 • 소규모 공간용 스마트 모니터링 시스템을 구축하여 에너지 정보시스템 데이터베이스 구축 및 운영, 통계 분석 자료로 활용
4세부 사업타당성 평가 및 건물 가치산정	• 그린리모델링 타당성 검토를 활용하여 건축주가 그린리모델링 사업의 합리성, 합법성, 물리적 기술적 타당성을 검토함 • 일반 리모델링 사업과 경제적 타당성 비교를 통해 그린리모델링 의사결정을 지원하는 도구임 • 창조센터(LH)는 이자지원사업을 위한 그린리모델링사업 계획서 심사기준 등 의사 결정 지원도구로 활용할 수 있음 • 창조센터는 그린리모델링 건축물 세금감면 방안으로 지방세 감면 건의서를 행정자치부장관 제출관련 업무협조를 함 • 그린리모델링 활성화를 위해서는 민간 참여 확대화 산업 확산 촉진을 위해 목표지향적인 인센티브가 필요하며 저평가된 노후건축물의 그린리모델링을 통해 가치향상에 따른 지방세입 증가, 신규건설투자 유발, 에너지 절감 등 일자리 창출 기대 큼
4세부 GRIS 그린리모델링 종합정보시스템 구축	• 그린리모델링 전문가 양성을 위한 교육 도구로 활용 • 민간중심의 그린리모델링 사업 확대를 위한 홍보자료로 활용 • 향후 기존건축물의 그린리모델링 성능 평가 및 사업성 평가기반 구축 기초모델로 활용 가능 • 그린리모델링 종합정보시스템의 영문홈페이지의 경우 국내 그린리모델링 동향 및 기술력의 해외 홍보자료로 활용

제 2 절 추가연구의 필요성

구 분	추가연구 필요성
1세부 그린리모델링 프로세스 가이드라인(안) 구축	• 그린리모델링의 전반적인 이해와 프로세스 수행을 위한 전문가 및 비전문가를 대상으로 단계별 프로세스 수행업무 추가 교육 필요 • 단계별 프로세스 수행업무에 활용되는 법규 및 각종 규제들의 지속적 업데이트를 통하여 원활한 프로세스 수행을 위한 연구 필요 • 일반인들이 이해하기에 난해한 표현들을 수정/보완 하여 이해를 돕는 후속 연구 필요
1세부 Impact Table A/B 및 활용방안 구축	• 최신(신규개발)기술의 성능 및 비용 DB를 지속적으로 업데이트 하여 정확한 분석데이터를 사용자에게 제공하도록 하는 방안에 대한 후속 연구 필요 • Impact Table B의 요소기술별 대안간 조합 시 발생하는 중첩 절감률 및 보정계수 도출 방안에 대한 연구 • 기개발된 대규모/소규모 업무시설, 공동주택 Impact Table A/B 외 교육시설, 공장시설 등 적용범위 확장 개발 필요
1세부 Impact Table 최적 조합 도출 툴	• 분야별 선택대안 조합에서 가능한 경우의 수를 통합 DB화하고, 이를 통해 사용자의 목표/기준 부합 설계안 자동도출 알고리즘 개발에 대한 연구 • 사용자 편의성을 증진시키기 위한 모바일/타블렛 어플리케이션 구현을 통한 웹 연동 방안 검토 • 오피, 열원·공조, 조명, 신재생 분야별 물가정보 빅테이터를 활용한 최신 비용·효율 시장 정보 데이터의 자동 업데이트 구현 연구 필요
[2세부] 유사건물 간 에너지 소비량 비교를 이용한 에너지소비 현황 간이진단 방법 및 툴(E-Scope) 개발	[E-Scope DB 업데이트 및 분석 대상 추가] • 현재 E-Scope의 DB에는 서울에 위치한 업무용 및 공공주택의 2009-2011년도 에너지 사용량만 포함되어 있음 • 따라서 분석 가능한 지역을 추가하고, 다양한 건물 용도의 에너지 사용량 평가에 E-Scope를 적용하기 위해서는 에너지 사용량 DB를 지속적으로 업데이트하는 추가 연구 필요
[2세부] 규범적 에너지 모델 및 모델 보정 기법을 이용한 에너지 사용량 평가 방법 및 툴(E-Ray) 개발	[E-Ray 분석 대상 추가] • 그린리모델링 확산을 위해서는 업무용 건물뿐만 아니라 다양한 용도(예 : 공동주택, 교육시설, 의료시설 등)의 건물 에너지 사용량을 객관적으로 평가할 수 있어야 함. 이를 위해서는 현재 업무용 건물을 대상으로 개발된 E-Ray에 다양한 용도의 건물 에너지 사용량을 평가할 수 있는 기능을 추가하는 연구 필요 [E-Ray를 이용한 건물 에너지 성능 평가] • 현재 E-Ray는 보다 정확한 에너지 사용량 분석 및 그린리모델링 효과 예측을 위해 대상 건물의 실제 에너지 사용량을 기반으로 분석이 수행됨 (에너지 사용량 예측이 주목적) • 그린리모델링 확산을 위해서는 건물 운영 시간, 재실자 열쾌적 등과 같이 건물 에너지 사용량에 영향을 주는 요소들을 고려한 '에너지 성능 평가 기능'을 추가하는 연구 필요
[2세부] E-Spectrum 기능 개선 및 플랫폼 개발	[기존건축물 용도별 적용성 평가] • 기존건축물의 에너지 사용설비 운영자료 기반 에너지사용량을 운영관리자 측면에서 용도별로 관리하고, 간이 평가할 수 있도록 개발한 E-Spectrum은 본 과제에서 업무시설 중심으로 적용성 평가를 실시하였으며, 다양한 건물 유형에 대한 적용성 평가가 추가적으로 필요할 것으로 사료됨. • 건물 유형별 적용성 평가 시 에너지 사용설비의 관리를 위해 추가적으로 자료 입력이 요구되는 사항에 대해서는 프로그램 Update가 필요하며, 이에 대한 예산 및 기간이 필요함. [에너지 사용설비 관리·평가 방법 추가] • 에너지 사용설비 중 난방 및 냉방을 동시에 사용하는 지열 히트펌프, EHP, GHP 등을 관리하고 평가는 현재 한계가 있으며, 이의 관리 및 평가를 위해서는 해당 설비에 대한 유형, 용량, 일 사용시간, 성능곡선 등의 정보를 입력하고 관리 및 평가가 가능하도록 프로그램 Update가 필요하며, 이에 대한 예산 및 기간이 필요함.

3세부 공공/민간/소규모 공간용 그린리모델링 시범사업 및 모니터링 검증	[그린리모델링 시범사업 검증 및 모니터링] • 그린리모델링 시범사업 대상의 민간 및 공공건물 등의 용도별 건축물 확보를 통한 지원사업 확대 및 에너지성능 확보 방안 구축 필요함. • 기존 공공/민간/소규모 공간단위의 시범사업 대상지에 대한 에너지 분석 및 지속적인 모니터링 검증이 필요함 • 위 검증을 통한 건축물 유형별 분류를 실시 다양한 건물군에 대한 시범사업을 통한 비즈니스 모델 구축이 필요함 [소규모 공간용 모니터링 시스템 및 에너지 성능 검토] • 클라우드 기반 에너지 모니터링 시스템 및 피크제어시스템의 융복합 기술 확보를 위한 체계적인 데이터 확보 및 알고리즘 구축 필요함. • 소규모 공간용 에너지성능 검토 프로그램은 소규모 상업시설을 대상으로 에너지성능을 검토하는 프로그램으로 그린리모델링 사업 평가를 위한 소규모 공간(용도)별 프로그램 구성이 필요함.
4세부 사업타당성 평가 및 건물 가치산정	• 그린리모델링 창조센터(LH)와 연계한 그린리모델링사업 타당성 검토(안) 추진 – 그린리모델링 창조센터에서 운영하고 있는 이자지원사업의 타당성 검토 방안 반영 – 공공건축물 시범사업 공사비 관련 건물가치 산정 방안 추진 • 기존건축물 녹색건축물 전환을 통한 온실가스 감축달성 방안 추진 – 그린리모델링을 통한 단열, 기밀성능 강화를 통해 냉난방 에너지 절감 유도 – 설비 및 기기의 에너지 효율 향상을 통해 냉난방 에너지 절감 유도 – 건물부문의 온실가스 감축 목표 달성을 위해서는 기존 주거용 건축물의 63%, 비주거용 건축물의 68%에 대한 그린리모델링이 시행되어야 함[출처 : 제1차녹색건축물 기본계획2014] • 기존건축물의 에너지 성능관리 및 개선정책 미비 – 기존 건축물의 에너지 성능 관리를 위한 정책은 에너지 다소비 건축물 목표관리제가 거의 유일, 일반 건축물에 대한 에너지 성능관리 및 개선을 위한 정책 마련 필요
4세부 그린리모델링 종합정보시스템 구축	• 그린리모델링 종합정보시스템 운용단계에서의 사용자 테스트를 통한 운용성 및 시스템 안정성 검증 연구가 필요함 • 사용자에게 그린리모델링의 효과 및 사업성 등을 보다 정확하게 전달하기 위해 다양한 건물군에 대한 사례정보 DB의 추가 구축이 필요함