R&D-11첨단도시G01

녹색건축물 활성화를 위한

온실가스 배출량 평가 및 통합인증시스템 구축 최종보고서

2014. 12. 29

주관연구기관 / 한양대학교 산학협력단

공동연구기관 / (주)에코아이
대림산업 기술개발원
한국교육환경연구원
한국건설기술연구원

위탁연구기관 / GS건설 기술연구소
롯데건설 기술연구원
SH공사 도시연구소
엑스퍼트건축사사무소

Infrastructure
R&D Report

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

R&D
11첨단도시G01

최종보고서 녹색건축물 활성화를 위한 온실가스 배출량 평가 및 통합인증시스템 구축

2014.12.29

국토교통부 국토교통과학기술진흥원

주 의 사 항

1. 이 보고서는 국토교통부가 출연하고 국토교통과학기술진흥원이 위탁 시행한 국토교통기술연구개발사업의 최종보고서입니다.
2. 본 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 국토교통부가 출연하고 국토교통과학기술진흥원이 위탁 시행한 국토교통기술연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.

제 출 문

국토교통부장관 귀하

이 보고서를 "녹색건축물 활성화를 위한 온실가스 배출량 평가 및 통합인증 시스템 구축"과제의 보고서로 제출합니다.

2014. 12. 29

주관연구기관명 : 한양대학교 산학협력단
주관연구책임자 : 신 성 우
공동연구기관명 : 한국교육환경연구원
공동연구책임자 : 이 재 옥
공동연구기관명 : 한국건설기술연구원
공동연구책임자 : 조 동 우
공동연구기관명 : 대림산업 기술개발원
공동연구책임자 : 권 경 우
공동연구기관명 : ㈜에코아이
공동연구책임자 : 정 재 수
위탁연구기관명 : GS건설 기술연구소
위탁연구책임자 : 민 병 돈
위탁연구기관명 : 롯데건설 기술연구원
위탁연구책임자 : 이 준 서
위탁연구기관명 : SH공사 도시연구소
위탁연구책임자 : 김 형 근
위탁연구기관명 : 엑트퍼트벤처건축사사무소
위탁연구책임자 : 우 지 환

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>11첨단도시 G01</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2011.12.16.
~2014.12.29</td><td>단 계
구 분</td><td>최종년도</td></tr>
<tr><td>연 구 사 업 명</td><td colspan="5">첨단도시개발사업</td></tr>
<tr><td rowspan="5">연 구 과 제 명</td><td>최 상 위
과 제 명</td><td colspan="4">녹색건축물 활성화를 위한 온실가스 배출량 평가 및 통합인증시스템 구축</td></tr>
<tr><td rowspan="4">단위과제명</td><td colspan="4">녹색건축물 통합인증제도 및 지원시스템 개발</td></tr>
<tr><td colspan="4">녹색건축물 인증제도 통합기준 및 설계지침 개발</td></tr>
<tr><td colspan="4">건축물 에너지 성능평가를 위한 기반자료 DB구축</td></tr>
<tr><td colspan="4">건물부문 온실가스 상세 인벤토리 구축</td></tr>
<tr><td>연 구 책 임 자</td><td>신 성 우</td><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 230명</td><td>총연
구비</td><td>정부 : 3,649,000천원
기업 : 천원
계 : 3,649,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">한양대학교 건축학부</td><td>참여기업명</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="5">상대국명 : 상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)</td><td>보고서면수</td><td></td></tr>
</table>

<최종 연구목표>

본 연구는 빌딩 전과정(Life cycle)을 통하여 발생하는 「에너지」 또는 「온실가스」 DB와 지원시스템을 구축하고 이를 「통합 인증시스템」 개발을 통하여 국가온실가스 감축 목표 달성과 함께 세계수준의 녹색건설 산업 활성화를 목표로 한다.

[1세부] 건물부문 온실가스 상세 인벤토리 구축

- 건물부문 온실가스 배출량 산출을 위한 상세 온실가스 인벤토리 산정 방법론 수립
- 기존/신축 건물부문 온실가스 상세 인벤토리 DB 구축
- 건물부문 온실가스 배출량 검증 가이드라인 개발

[2세부] 건물부문 온실가스 상세 인벤토리 구축

- 건물 용도별 표준건물모델 개발
- 용도별 건물 에너지 성능평가를 위한 기반자료 DB구축
- 건물 에너지 모니터링 및 분석 기술 개발

[3세부] 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 시스템 개발

- 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 알고리즘 구축
- 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 개발
- 건축물 전과정 온실가스 배출량 산정 KS/ISO 인증 표준안 개발 및 시범사업

[4-1세부] 녹색건축물 통합 인증제도 및 지원시스템 개발

- 녹색지수 및 녹색인증제도의 유형별 적용 및 보완, 효율적 활용방안 및 제도적 지원 방안 제시
- 근린주구대상의 녹색인증기준 유형별 적용 및 보완, 운영 및 평가지침 개발
- 근린주구대상의 녹색인증 경제성 평가 적용 및 검증, 보완 및 지침개발
- 녹색건축물 통합인증제도 평가기준 결과 검증 및 사후평가시스템 구축
- 개방형 BIM기반 CO_2배출 및 통합인증기준 평가시스템 시범적용 및 검증
- 웹기반 인증시스템 시범적용 및 검증
- Brand Identity, 홍보방안 및 인센티브 연계방안 제시
- 녹색인증 전문사 제도 및 교육 프로그램 검증
- 기존건축물 사례자료 분석
- 녹색지수개념의 통합인증적용 및 실효성 검증

[4-2세부] 녹색건축물 인증제도 통합인증 기준 및 설계지침

- LCA개념의 녹색건축물 인증체계 재정립 및 공동주택 대상 통합 인증기준 제시
- LCA개념의 녹색건축물 통합인증제도의 신축 및 기존 건축물 대상 인증기준 개발
- LCA개념의 녹색건축물 인증취득을 위한 평가지침 및 가이드라인 개발

[5세부] 건물부문 온실가스 상세 인벤토리 구축

- 친환경 건축자재 온실가스 배출량 평가/통합시스템 구축을 위한 부처간, 과제간 연계방안 도출 및 개발 알고리즘 구축
- 친환경 건축자재 평가기준 및 온실가스평가/관리 시스템 개발
- 친환경 건축자재 통합시스템 개발 및 검증

색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	건축물	에너지	온실가스	통합인증시스템	녹색지수
	영 어	Building	Energy	Green-house Gases	Integrated Certification Institution	Green Building Index

요 약 문

제목	녹색건축물 활성화를 위한 온실가스 배출량 평가 및 통합인증시스템 구축
연구 목적	**<최종 연구목표>** 본 연구는 빌딩 전과정(Life cycle)을 통하여 발생하는 「에너지」 또는 「온실가스」 DB와 지원시스템을 구축하고 이를 「통합 인증시스템」 개발을 통하여 국가 온실가스 감축 목표 달성과 함께 세계수준의 녹색건설 산업 활성화를 목표로 한다. **<세부별 연구목표>** [1세부] 건물부문 온실가스 상세 인벤토리 구축 [2세부] 건축물 에너지 성능평가를 위한 기반자료 DB 구축 [3세부] 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 시스템 개발 [4-1세부] 녹색건축물 통합 인증제도 및 지원시스템 개발 [4-2세부] 녹색건축물 인증제도 통합인증 기준 및 설계지침 [5세부] 친환경 건축자재 통합 시스템 개발
연구 내용	**[1세부] 건물부문 온실가스 상세 인벤토리 구축** - 건물부문 온실가스 배출량 산출을 위한 상세 온실가스 인벤토리 산정 방법론 수립 - 기존/신축 건물부문 온실가스 상세 인벤토리 DB 구축 - 건물부문 온실가스 배출량 검증 가이드라인 개발 **[2세부] 건물부문 온실가스 상세 인벤토리 구축** - 건물 용도별 표준건물모델 개발 - 용도별 건물 에너지 성능평가를 위한 기반자료 DB구축 - 건물 에너지 모니터링 및 분석 기술 개발 **[3세부] 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 시스템 개발** - 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 알고리즘 구축 - 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 개발 - 건축물 전과정 온실가스 배출량 산정 KS/ISO 인증 표준안 개발 및 시범사업 **[4-1세부] 녹색건축물 통합 인증제도 및 지원시스템 개발** - 녹색지수 및 녹색인증제도의 유형별 적용 및 보완, 효율적 활용방안 및 제도적 지원 방안 제시 - 근린주구대상의 녹색인증기준 유형별 적용 및 보완, 운영 및 평가지침 개발 - 근린주구대상의 녹색인증 경제성 평가 적용 및 검증, 보완 및 지침개발 - 녹색건축물 통합인증제도 평가기준 결과 검증 및 사후평가시스템 구축 - 개방형 BIM기반 CO_2배출 및 통합인증기준 평가시스템 시범적용 및 검증 - 웹기반 인증시스템 시범적용 및 검증 - Brand Identity, 홍보방안 및 인센티브 연계방안 제시 - 녹색인증 전문사 제도 및 교육 프로그램 검증 - 기존건축물 사례자료 분석 - 녹색지수개념의 통합인증적용 및 실효성 검증

<table>
<tr><td>연구 내용</td><td colspan="2">[4-2세부] 녹색건축물 인증제도 통합인증 기준 및 설계지침
- LCA개념의 녹색건축물 인증체계 재정립 및 공동주택 대상 통합 인증기준 제시
- LCA개념의 녹색건축물 통합인증제도의 신축 및 기존 건축물 대상 인증기준 개발
- LCA개념의 녹색건축물 인증취득을 위한 평가지침 및 가이드라인 개발

[5세부] 건물부문 온실가스 상세 인벤토리 구축
- 친환경 건축자재 온실가스 배출량 평가/통합시스템 구축을 위한 부처간, 과제간 연계방안 도출 및 개발 알고리즘 구축
- 친환경 건축자재 평가기준 및 온실가스평가/관리 시스템 개발
- 친환경 건축자재 통합시스템 개발 및 검증</td></tr>
<tr><td rowspan="3">핵심연구성과</td><td colspan="2">[법제정 및 개선실적]
- 녹색건축 인증에 관한 규칙</td></tr>
<tr><td>[설계기준 시방서 지침 반영]
- 녹색건축 인증기준 2013 영문판
- 녹색건축 인증기준 2013 해설서
- 녹색건축 인증기준 2015 해설서</td><td>[설계기준 시방서 지침 제안]
- 건물부문 온실가스 베이스라인 검증가이드라인
- 근린주구 녹색인증제도 경제성평가 운영지침
- BIM 기반 건물 거주성 지수 평가 매뉴얼
- BIM 기반 탄소 배출량 지수 평가 지원 매뉴얼
- 시멘트의 환경성 선언을 위한 평가지침 개발
- 콘크리트의 환경성 선언을 위한 평가지침 개발</td></tr>
<tr><td>[정책 반영]
- 녹색건축인증기준</td><td>[정책 제안]
- 건축물 전과정 온실가스 배출량 산정 지침
- 건물 에너지 모니터링 설치 가이드라인 제안
- 탄소배출권 거래제도 기반 금융지원제도 제안
- BIM 기반 녹색건축물 인증평가 기법 제안
- “녹색건축물지수(GBI)”개념과 연계한 녹색건축물 인증기준 제안
- 녹색건축물 전문가 자격제도 제안
- 근린주구 대상 녹색인증제도 및 경제성 평가 기법에 관한 연구
- 녹색건축물지수(GBI) 평가 및 적용 제안
- ‘녹색건축 인증기준 2013-2 개정’ 정책제안
- ‘녹색건축 인증기준 2015 개정’ 정책제안</td></tr>
</table>

핵심연구성과	**[특허출원 및 등록]** - 건물 에너지 사용량 예측시스템과 예측방법[출원] - 건축물 평가를 위한 ＢＩＭ 라이브러리 구축 시스템[등록] - 건축물 평가를 위한 BIM 기반 인증평가 시스템 및 방법[출원] - 주요 자재를 이용한 건축물의 전과정 환경영향 평가방법[출원] - 주요 자재를 이용한 건축물의 전과정 환경영향 평가방법[등록] - 주요 자재를 이용한 건축물의 전과정 환경영향 평가방법[PCT] - 콘크리트 배합 설계 정보 제공 장치 및 방법[등록] - 재활용 건설재료 제조를 위한 시스템[출원]
	[소프트웨어 등록] - 건축물 내재 온실가스 배출량 평가 프로그램 - 실사용량 기반 건축물 에너지 성능평가 프로그램 - 녹색 건축정보모델링 템플릿 1.1 - 녹색 건축정보모델링 템플릿 2.0 - 건축물 전과정 탄소배출량 평가 프로그램(BEGAS 2.0) - 콘크리트 전과정 탄소배출량 평가 프로그램(CLAS) - G-SEED Toolkit
	[시작품 제작] - GBI 통합인증시스템 - 웹기반 인증시스템
	[현장적용] - BEGAS 2.0을 이용한 건축물 전과정 탄소배출량 평가 시범사업 및 현장적용 보고서 - 리모델링 건축물의 탄소배출 지수 평가 시범사업 및 현장적용 보고서 - CLAS를 이용한 콘크리트 전과정 탄소배출량 평가 현장적용 보고서(1) - CLAS를 이용한 콘크리트 전과정 탄소배출량 평가 현장적용 보고서(2) - 근린주구 대상 녹색인증제도 및 경제성 평가기법에 관한 연구 - BIM 기반 녹색건축물 인증 평가 현장 적용 - 마곡지구 7단지 현장적용 및 경제성 평가보고서 - 수자원공사 리모델링 사업 현장적용 및 경제성 평가보고서

SUMMARY

Title	An assessment of greenhouse gases emission and an establishment of united certification system for the vitalization of green buildings
Purpose	**<Final research aims>** This research is to provide a supporting system and DB for energy and greenhouse gas through whole life cycle of construction; integral assessment system which helps to achieve greenhouse gases reduction and global green construction **<Research aims >** **[1 division]** Greenhouse gases inventory **[2 division]** Base DB establishment for building energy performance **[3 division]** Building life cycle greenhouse gases assessment & management system **[4-1 division]** Green building assessment & supporting system **[4-2 division]** Integral assessment standard & design guidelines for green building assessment **[5 division]** Eco friendly construction materials system
Contents	**[1 division] Greenhouse gases inventory** - Greenhouse gases inventory methodology for greenhouse gases emissions in buildings - Detailed inventory DB of existing/ new construction building - Verification guidelines for greenhouse gases emissions **[2 division] Base DB establishment for building energy performance** - DB for standard building model of building use classification - Base DB construction for building energy performance evaluations of classification - Building energy monitoring & analysis **[3 division] Building life cycle greenhouse gases assessment & management system** - Algorithm for building life cycle greenhouse gases assessment & management system - Building life cycle greenhouse gases assessment & management software - Greenhouse gases emissions KS/ISO standard development & pilot project **[4-1 division] Green building assessment & supporting system** - Application and complementary documents of green building index and application plan - Management system of green building assessment in residential neighbourhood - Economic evaluation in residential neighbourhood - Verification of green building assessment and management system - CO2 emissions based on open BIM and integral evaluation pilot system - Pilot project for website assessment system - Provision of brand identity, advertisement and incentives - Green building accredited professional and education programs - Existing buildings cases for analysis - Integral application and use verification of green building index

<table>
<tr><td>Contents</td><td colspan="2">[4-2 division] Integral assessment standard & design guidelines for green building assessment
- Green building assessment reestablishment and integral assessment for residential building based on LCA
- Integral building assessment for existing/ new construction based on LCA
- Green building assessment and guidelines based on LCA

[5 division] Eco friendly construction materials system
- Algorithm for eco friendly building materials greenhouse gases emissions/ cooperative research between research
- Evaluation standard of eco friendly building materials/ management system development
- Integral materials system development and verification</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Main research results</td><td colspan="2">[Enactment and improvement]
- Law of green building certification</td></tr>
<tr><td>[Design specifications reflection]
- Green building certification 2013 English
- Green building certification 2013 Guidelines
- Green building certification 2015 Guidelines</td><td>[Design specifications suggestion]
- Baseline verification guidelines for building greenhouse gases emissions
- Economical evaluation in residential neighbourhood
- Building quality of life manual based on BIM
- Carbon emissions assessment manual based on BIM
- Evaluation manual for environmental cement declaration
- Evaluation manual for environmental concrete declaration</td></tr>
<tr><td>[Policy application]
- Green building certification standards and criteria</td><td>[Policy suggestion]
- Building life cycle greenhouse gases emissions estimation guidelines
- Building energy monitoring guidelines
- Financial supporting system for carbon trading system
- Green building certification system based on BIM
- Green building certification related with GBI(Green building index)
- Accredited professionals for Green building certification
- Certification for residential neighbourhood and economical evaluation research
- GBI(Green building index) evaluation and application
- Green building certification standards 2013-2 revision
- Green building certification standards 2015 revision</td></tr>
</table>

Main research results	[Patent applications & registration] - Building energy usage prediction system and method by actual energy consumption data (application) - Architectural BIM library for building certification (registration) - System and method to design building information modelling based for building assessment (application) - Building whole life cycle environmental impact using main materials (application) - Building whole life cycle environmental impact using main materials (registration) - Building whole life cycle environmental impact using main materials(PCT) - Building reuse materials system (application)
	[Software registration] - Embodied greenhouse gas emissions evaluation software - Building energy performance software for real use - Green architectural data template 1.1 - Green architectural data template 2.0 - Green whole life cycle carbon emissions evaluation program (BEGAS 2.0) - Concrete life cycle carbon emissions evaluation program (CLAS) - G-SEED Toolkit
	[Trial product making] - GBI integral assessment system - Website based integral system
	[Field application] - Field application report of architecture life cycle Carbon emissions evaluation using BEGAS 2.0 - Field application report of remodelling architecture carbon emissions evaluation - Field application report of concrete carbon emissions evaluation using CLAS (1) - Field application report of concrete carbon emissions evaluation using CLAS (2) - Research for environmental assessment of residential neighbourhood and economic evaluation methodology - Green building certification evaluation and application based on BIM - Field application in Makok 7 block and economic evaluation report - Field application report of Korea Water Resources corporation and economic evaluation report

CONTENTS

Chapter 1. Brief of research ····· 1

Part 1. Necessity and purpose of R&D ····· 1

1. Necessity of R&D ····· 1

2. Purpose of R&D ····· 9

Part 2. Domestic and Foreign trend of Technology ····· 15

1. Domestic trend of technology ····· 15

2. Foreign trend of technology ····· 27

3. Trend of government policy ····· 38

Chapter 2. R&D research contents and results ····· 45

Part 1. Brief of R&D results ····· 45

Part 2. R&D research contents ····· 49

1. [1 division] Greenhouse gases inventory ····· 49

2. [2 division] Base DB establishment for building energy performance ·· 78

3. [3 division] Building life cycle greenhouse gases assessment & management system ····· 120

4. [4-1 division] Green building assessment & supporting system ··· 152

5. [4-2 division] Integral assessment standard & design guidelines for green building assessment ····· 227

6. [5 division] Eco friendly construction materials system ····· 234

Chapter 3. Final results of research and application ····· 263

Part 1. Brief of Critical technology elements ····· 263

1. DB/Support system ····· 263

2. Integral assessment standard/Support system ····· 265

3. Policy ····· 267

Part 2. Each research results ····· 269

1. Final results for DB/Support system ····· 269

2. Final results for Integral assessment standard/Support system ···· 270

3. Final results for Policy ····· 272

Chapter 4. Research aim achievement and impact ····· 275
Part 1. Objective and achievement ····· 275
Part 2. Effect expected for the related field ····· 280
1. Policy effect ····· 280
2. Technical effect ····· 281
3. Economic effect ····· 282

Chapter 5. Application of research and further needs ····· 283
Part 1. Application plan of the results ····· 283
Part 2. Necessity of the extra research for application ····· 286

목 차

제 1 장 연구개발과제 개요 ····· 1

제 1 절 연구개발의 필요성 및 목적 ····· 1

1. 연구개발 필요성 ····· 1

2. 연구개발 목적 ····· 9

제 2 절 관련분야의 국내외 기술 및 산업 현황 ····· 15

1. 국내 기술 및 산업 동향 ····· 15

2. 국외 기술 및 산업 동향 ····· 27

3. 정부지원정책 현황 ····· 38

제 2 장 연구개발 수행 내용 및 결과 ····· 45

제 1 절 연구개발결과 요약 ····· 45

제 2 절 연구개발 수행내용 ····· 49

1. 1세부 : 건물부문 온실가스 상세 인벤토리 구축 ····· 49

2. 2세부 : 건축물 에너지 성능평가를 위한 기반자료 DB 구축 ····· 78

3. 3세부 : 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 개발 ····· 120

4. 4-1세부 : 녹색지수개념의 녹색건축물 통합인증제도 및 지원시스템 개발 ····· 152

5. 4-2세부 : 녹색건축물 인증제도 통합기준 및 설계지침 개발 ····· 227

6. 5세부 : 친환경 건축자재 통합시스템 개발 ····· 234

제 3 장 최종 연구성과 및 적용실적 ····· 263

제 1 절 핵심요소기술 개요 ····· 263

1. DB/지원 시스템 ····· 263

2. 통합인증제도/지원시스템 ····· 265

3. 정책 및 제도 ····· 267

제 2 절 핵심요소기술별 주요 연구성과 ····· 269

1. DB/지원 시스템 주요 연구성과 ····· 269

2. 통합인증제도/지원시스템 주요 연구성과 ····· 270

3. 정책 및 제도 주요 연구성과 ····· 272

제 4 장 연구목표 달성 및 효과 ····· 275
제 1 절 연구개발 목표 달성도 ····· 275
제 2 절 연구개발 기대효과 ····· 280
1. 정책적 기대효과 ····· 280
2. 기술적 기대효과 ····· 281
3. 경제적 기대효과 ····· 282

제 5 장 연구성과의 활용 및 추가연구 필요성 ····· 283
제 1 절 연구성과 활용방안 ····· 283
제 2 절 추가연구의 필요성 ····· 286

국토교통부
Ministry of Land, Infrastructure and Transport

녹색건축물 활성화를 위한

온실가스 배출량 평가 및 통합인증시스템 구축

제1장. 연구개발과제 개요

제1절. 연구개발의 필요성 및 목적
제2절. 관련분야의 국내외 기술 및 산업 현황

제2장. 연구개발 수행 내용 및 결과

제3장. 최종 연구성과 및 적용실적

제4장. 연구목표 달성 및 효과

제5장. 연구성과의 활용 및 추가연구 필요성

제 1 장 연구개발과제 개요

제 1 절 연구개발의 필요성 및 목적

1. 연구개발 필요성

본 연구는 지금까지 빌딩의 유지관리 측면에서의 에너지 평가관리를 빌딩 전 생애 (Life cycle) 관점에서 발생되는 DB구축과 온실가스 및 에너지 DB시스템 구축과 함께 국가표준 분석/관리 시스템을 개발하고 이를 녹색지수(Green Building Index)로 표시되는 건물용도별 통합 인증 개발을 통하여 신 녹색 건축 산업으로써의 국가 경쟁력 제고 및 소비자 인식제고와 함께 국제 경쟁력 확보를 지향한다.

- 건축물은 그림1.1과 같이 2020년 BAU 대비 26.9%를 감축하기위한 온실가스 관련 과학적 평가기술 및 제도가 필요.
- 국내 녹색관련 기술수준 및 시장성은 아래 그림1.2와 같이 매우 제한적이어서 국제적 경쟁력을 갖춘 온실가스 배출량 평가 및 통합인증 시스템 구축이 시급함.
- 기존 건축물의 에너지 사용에 국한되어 있는 평가관리 시스템을 건축물 전 생애에 걸쳐 평가되어야 하며, 이를 BIM, 신재생에너지, 스마트그리드와 연계된 미래지향적 예측시스템으로 개발되어야 함.
- 이를 위한 개발 방향은 그림1.3과 같이 건물부분의 온실가스 배출량 인벤토리DB 구축과 함께 전 생애에 걸친 전과정 평가와 최적의 관리 시스템 구축으로 연구개발이 추진되어야 함.
- 이러한 DB구축과 평가 그리고 관리는 온실가스 배출량 평가 및 녹색지수(GBI)와 같은 녹색건축물 통합인증 시스템 구축으로 나타나며, 이를 통한 국가 녹색건축산업의 국제적 경쟁력 확보로 연결되어야 함.

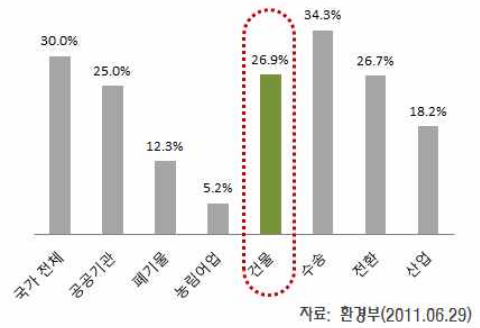


그림 1.1 산업부문별 온실가스 감축목표

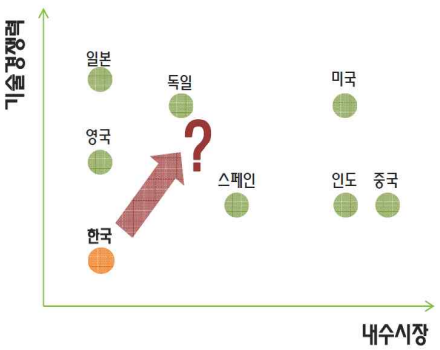


그림 1.2 녹색기술 및 한국 시장경쟁력
출처 : 삼성경제연구소 환경부 보고자료, 2008

본 연구는 다음과 같이 기술적, 경제산업적, 사회문화적 측면에서 국가 온실가스 저감 및 미래녹색 성장 건축 산업을 구축하기 위해 매우 중요함.

- 본 연구는 저탄소 녹색성장을 견인할 녹색 건설 산업 플랫폼으로서 건물부문 온실가스 배출량 평가 및 통합인증시스템 구축에 매우 중요함.
- BIM과 신재생에너지 기술 등 첨단기술과 연계된 신 평가, 관리 시스템으로 녹색기술관련 핵심 선진기술임.
- 통합 녹색 지수 개발에 따른 신녹색 성장 산업으로서의 녹색산업으로 방향설정과 함께 일반 소비자들에게 통합 인식제고를 통한 사회 연계성 제고에 필요함.
- 본 연구 과제를 통하여 국내 녹색 건축산업의 효율성 제고 이외에도 건설산업의 국제경쟁력 확보를 위하여 녹색건축 평가의 표준화가 매우 시급함.

가. 기술적 측면

(1) 녹색건축물 활성화 전략을 위한 정책지원 시스템 구축의 필요성

- 녹색 건축물 활성화를 위한 주요 정책 현황을 살펴보면 아래 그림1.4와 같이 요약될 수 있음.
- 그러나 이러한 평가시스템은 건물의 운영단계의 에너지평가에 국한되어 있어, 이를 건물 전생애에 걸쳐 정량적으로 목표달성을 할 수 있는 **온실가스 배출평가를 위한 DB 및 지원시스템의 구축을 위한 정부 정책지원이 필요**함



그림 1.3 녹색 건축물 활성화 방안

(2) 건물부문 온실가스 상세 인벤토리 구축의 필요성

- 온실가스 인벤토리 구축은 온실가스 배출량 평가에 필수불가결한 요소
- 현재 국내 건물들의 에너지 사용현황에 대한 정밀한 DB가 필요함에 따라 서울시 등 일부 지자체가 시범사업하고 있으나, 그 기술수준은 그림 1.4와 같이 선진국의 50%미만의 수준임.
- 그리고 구축된 인벤토리에 대해 문서검토, 현장심사, 시정조치 과정 등을 통해 인벤토리에 대한 제3자 검증 실시가 필요함. 이를 위해, 건물부문의 온실가스 배출량 인벤토리 검증 가이드라인 확보가 절실함.



그림 1.4 인벤토리 구축 현 기술수준

(3) 건물부문 에너지 성능평가를 위한 기반자료 DB구축의 필요성

- 공동주택의 경우 주택건설기준 등에 관한 규정 제64조(에너지절약형 친환경 주택의 건설기준 등)에서 표준기준주택을 설정하고 있으나 공동주택 이외의 용도에 대해서는 표준건물이 개발되어 있지 않음.
- 건축물의 에너지 성능의 우열을 평가하고 제도적 시행기준을 수립하기 위해서는 성능의 비교대상이 되는 용도별 표준건물 모델개발이 요구됨.
- 또한 기 구축된 표준건물의 에너지 및 온실가스 관리시스템과 분석도구의 정확도는 그림1.6과 같이 최고 선진국 기술의 30%에 지나지 않아 표준건물 에너지 성능평가를 위한 정밀한 건물 용도별 에너지 사용량 DB 구축과 표준건물 모니터링 데이터 DB 구축이 절실히 요구됨.



그림 1.5 표준건물 에너지 성능평가 현 기술수준

(4) 건물부문 에너지 및 온실가스 분석/관리 시스템 개발의 필요성

- 에너지 절감량과 에너지 소비량의 정보 제공의 필요성이 커지고 있으나, 건물 부문 에너지 및 온실가스 분석/관리 시스템 관련 현재 국내 기술은 그림 1.7과 같이 최고 선진국 기술에 크게 미치지 못하므로 이를 위한 **건물부문의 에너지와 온실가스의 통계구축과 에너지·수자원·건물 등 각종 기본정보를 체계화하는 기술 개발이 절실히 요구**됨.
- 일시적인 인벤토리 구축뿐만 아니라, 연속적인 온실가스 배출 관리를 포함하여, 도출되는 배출량 해결 방안을 분석할 수 있는 시스템이 개발되어야 지속적으로 기후변화협약 및 국제적 정책 변화에 대응할 수 있음.

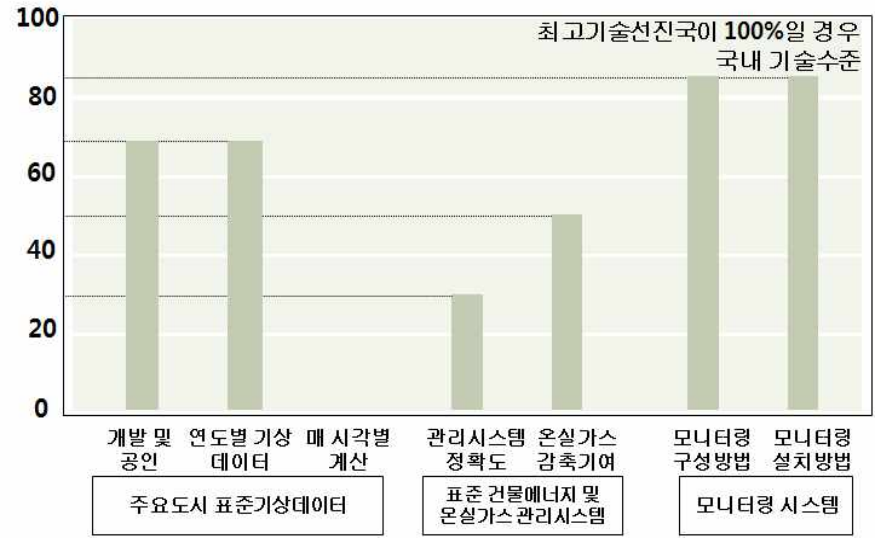


그림 1.6 에너지 및 온실가스분석/관리 시스템의 국내 기술수준

- 따라서, 구축된 온실가스 인벤토리를 분석하고 관리하는 **국가 차원의 효과적이고 일관성 있는 건물에너지 및 온실가스 배출량 분석·관리 체계 표준 마련 필요**
- 온실가스 분석/관리시스템에서 확보된 데이터는 정부정책 수립과 건축산업 제반에 걸쳐 **실질적인 온실가스 감축을 위한 피드백으로 활용**
- 건물에너지 및 온실가스 분석/관리시스템의 **KS/ISO 인증 표준안 수립을 통해 개발된 기술의 국제적인 표준 모델화 도모**
- 신뢰성 있는 에너지 및 온실가스 분석/ 관리시스템 개발은 **통합 녹색인증제도(GBI)의 개발 및 적용, 사후확대, 해외시장 진출에 있어 핵심적인 기술**이 될 것으로 사료됨.
- 이러한 통합녹색인증 시스템 분석 및 관리기법을 시험, 검증할 수 있는 시범사업 수행이 필요함.

(5) 녹색건축물 통합 인증제도 및 지원 시스템 개발 필요

- 현재 국내의 건축물 관련 인증제도로는 그림 1.7과 같이 비슷한 내용의 인증제도가 상존하며 또한 운영기관이 분산되어 있는 관계로 근본적인 인증제도의 목적달성에 관한 의문은 물론, 심사접수/처리에 관한 복잡한 자료준비로 민간의 혼란을 초래하고 있는 상황.

현행기준 인증제도	문제점
건축물 에너지 절약 설계기준	제도간 내용 및 기준의 중복
친환경주택 건설 기준 및 성능	인증 평가인력 및 인프라 부족
건축물에너지효율등급 인증제도	운영시스템 및 절차 혼란
신재생에너지 건축물 인증제도	기준 해석 및 표준데이터 혼재
친환경건축물 인증제도	현실적인 인센티브 및 혜택 부족
친환경 주택 건설기준 및 성능	

그림 1.7 녹색건축물 관련 기준/인증제도와 문제점

- 따라서 인증제도의 통합 그리고 확대를 통해 국가적인 목표인 저탄소 녹색성장에 관한 목표를 달성하기 위해서는 **유사한 제도를 통합하고 운영기관을 단순화하여 이용자의 편의성을 강화해야 하며, 기술적으로는 이러한 제도를 통한 건물에너지와 온실가스 감축과 함께 친환경성을 보장할 수 있는 방향으로 인증제도시스템의 개선이 요망**됨.
- 이 경우, 웹기반의 녹색건축물 인증제도가 구축될 경우, **친환경 건축물들의 정보 교류가 활성화될 것으로 판단**
- 이를 위하여 인증제도의 편의성을 증진하기 위한 온라인 시스템 개발, 그린빌딩 기획, 설계, 및 시공의 접근성을 높인 정보화 DB, 인증제도 확산을 위한 모니터링 및 적용건물 확대를 위한 방안 개발, 인증제도에 맞는 전문인력 양성 시스템 구축, 연관 기술과의 협력 방안 등이 정부, 학계, 연구계, 및 산업계와 유기적인 협력 하에 가능하도록 지원시스템을 구성해야 함.
- 에너지 지표(에너지 소비지수, 탄소배출지수, 폐기물 배출지수)와 친환경 지표(생태지수, 삶의 질 지수)를 통합한 녹색지수(Green Building Index)를 구축한 후, **장기적으로 경제성을 고려한 지속가능 지수(Sustainable Building Index: GBI) 지수를 적용**함으로서 국가 온실가스 감축목표 달성 및 관리가 요구됨.

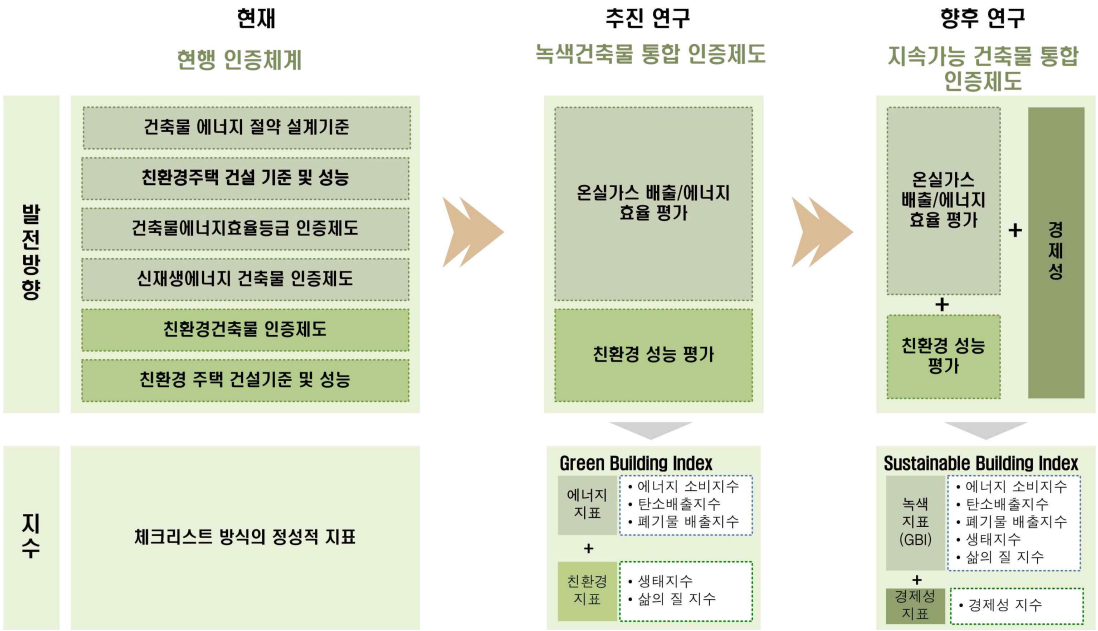


그림 1.8 인증제도 발전방향

(6) 친환경 건축자재 통합 시스템 개발 필요

- 현재 친환경 건축자재의 **통합관리 시스템의 기술수준은 선진국(영국/독일)과 비교하여 50%수준**에 지나지 않으며, 국내 현황의 경우도 친환경 건축자재의 평가 기준이 운영기관별로 다소 차이를 보이고 있어 이를 일원화하여 관리할 필요가 있음.
- 따라서 **친환경 건축자재의 평가 및 관리의 프로그램의 개발이 필요하며, 이를 종합적으로 관리할 수 있는 통합관리시스템의 구축이 요구**됨.

나. 경제 · 산업적 측면

온실가스 배출량 평가 및 통합인증시스템은 ①건설산업 시장 창출, ②저탄소/저에너지 건축물 확산을 통한 국가경제 이바지,③가계비용절감 및 고용창출, ④세계녹색건축물 시장선점의 파생효과를 가지고 있기 때문에 경제/산업적 측면에서 해당 연구의 필요성이 매우 크다고 사료됨.

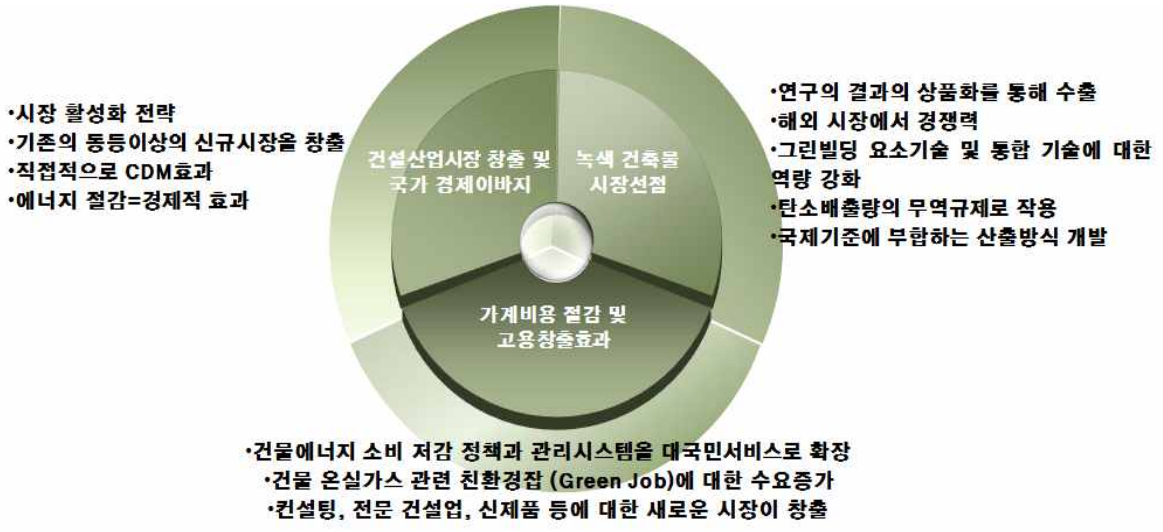


그림 1.9 경제/산업적 측면에서의 필요성

(1) 건설산업 시장 창출의 잠재력을 지닌 그린 빌딩

- 기후변화에 대응하기 위하여 국내 시장에서 그린빌딩의 수요발생이 예상됨. 이러한 시장의 활성화를 촉진하기 위해서는 **시장 활성화 전략 및 건축물의 품질 확보를 위한 정책 및 인프라 시스템의 구축이 필요**함.
- 최근 국내 주택 시장의 규모가 축소되면서, 한국 내 건설 산업은 심각한 규모 축소 및 사업성 악화의 길을 걷고 있음. 녹색건축물은 이러한 상황의 타개책으로 활용될 수 있으며 또한, 기존 건축물의 성능개선을 염두할 때, 신축위주로 진행되던 **기존 시장에 비해 동등 이상 규모의 신규시장을 창출할 수 있을 것으로 판단**됨.

(2) 저탄소 저에너지 건축물 확산에 의한 국가 경제 이바지

- CDM(Clean Development Mechanism)에 의한 온실가스 거래에 있어 **건물의 CO_2 저감은 직접적으로 CDM효과를 창출**
- 우리나라는 온실가스 관리가 CDM사업이나 온실가스 배출 감축사업 등과 같은 프로젝트 위주로 수행되어 특히 건물부문 온실가스 인벤토리 구축은 산업부문이나 수송부문 등에 비하여 극히 미약한 상황으로 건물부분 온실 가스 배출량 인벤토리 요구 확대
- 우리나라는 에너지 수입 의존도가 약 96%(통계청, 2010년 평균)에 달하고 있어 에너지 절감이 필수적이므로 **건축물의 에너지 절감으로 인해 큰 경제적 효과**

(3) 가계 비용절감 효과

- 기존의 off-line 중심의 녹색건축물 인증제도는 관련 서류의 복잡한 관리 및 처리 절차에 따라서 인증과정에 오랜 시간이 소요되고 많은 인력이 필요하였으나 **웹기반의 인증제도는 이를 해결하여 합리적인 인력 및 시간 운영이 가능**함
- 기존의 인증제도는 복잡한 절차 및 정보 부족에 따른 컨설팅 등의 수수료 및 인력 운영으로 인하여 그 비용이 상당하였음. **웹기반의 시스템 구축은 이러한 절차를 단순화 시켜 비용절감 효과가 상승**시킴.
- 건물 에너지는 사용자의 생활패턴에 따라 에너지 소비량이 크게 좌우되며, 생활패턴 개선을 통한 에너지 소비 저감을 가장 크게 기대할 수 있으므로, **건물에너지 소비 저감 정책과 관리 시스템을 대국민서비스로 확장 적용하기 위한 노력이 요구**됨.

(4) 세계 녹색건축물 시장의 선점

- 현재 미국과 유럽, 일본은 자국의 환경산업을 적극적으로 수출하고 있으며 개발도상국을 중심으로 환경 시장이 크게 확대 될 것으로 전망됨.
- 아시아와 남미지역의 환경 시장 성장에 따라 저에너지 친환경 핵심기술의 우선 위치를 선점하고 **요소기술과 정책을 포함한 연구의 결과의 상품화를 통해 아시아 국가에 수출**
- 국내 환경산업의 관련 전문가를 체계적으로 양성하고 기술기반을 다져 중국, 동남아를 비롯한 **개발도상국을 대상으로 한 수출 산업으로 육성할 필요성**이 있음.
- 세계 시장에서의 트렌드도 점차 변화하고 있으며, 친환경성 및 에너지 저소비 특성은 하나의 필수요소처럼 인식되어지고 있음. 국내 기업이 이러한 **해외 시장에서 경쟁력을 갖기 위해서는 그린빌딩 요소기술 및 통합 기술에 대한 역량 강화가 필수적**임.
- 이렇듯 국내외 건설 산업의 활성화에 그린빌딩 평가기술은 중요한 역할을 할 것이며 또한 이는 시장에 있어 모두가 수행해야할 기본적으로 **진입 장벽 및 프로젝트의 수주를 결정짓는 핵심 요인으로 작용할 것으로 예상**됨
- 국제적인 동향에 맞추어서 산업분야 전반에 걸쳐서 **탄소배출량이 무역규제로 작용**될 것이 확실시 되며, 건축물 온실가스 배출량량 평가의 **국제기준에 부합하는 정량적 산출방식 개발이 필요**

(5) 고용창출 효과

- 정량적이고 체계적인 인증시스템 구현의 기술 확보를 통하여 급증하고 있는 LEED 등과 같은 **해외 인증 시스템의 의존도를 낮출 수 있음.**
- 통합인증 시스템의 개발과 운용을 위한 전문인력 양성의 필요성으로 **건물 온실가스 인벤토리 관련 친환경잡 (Green Job)에 대한 수요가 대폭 증가**할 것으로 예상됨
- 이러한 인증제도의 민간이양이 가능할 경우, **중소규모의 녹색건축물 컨설팅 기업의 창업이 확대**될 것임
- 에너지절감 및 이산화탄소 배출 저감 관련 기술이 개발됨에 따라 **컨설팅, 전문 건설업, 신제품 등에 대한 새로운 시장이 창출되어 관련 사업이 활성화**됨

다. 사회 · 문화적 측면

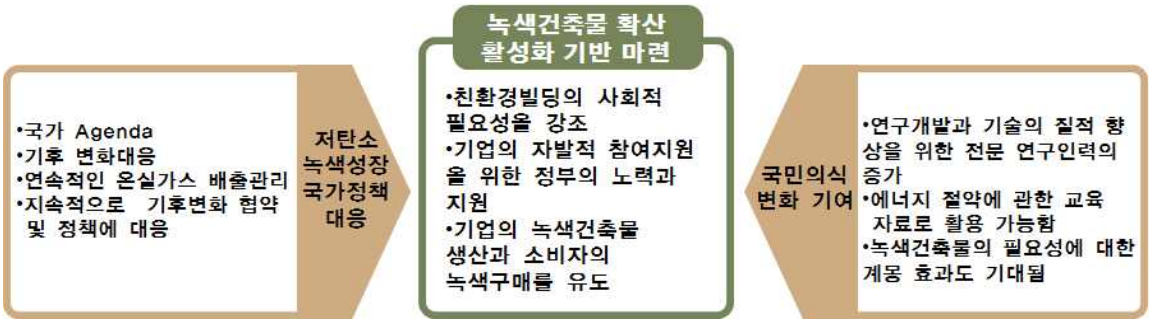


그림 1.10 사회 문화적 측면에서의 연구의 필요성

(1) 저탄소 녹색성장 국가 정책에 대응

- 저탄소 녹색성장이라는 국가 Agenda의 부합 및 기후 변화대응을 위해 건축물의 온실가스 배출량 평가 기술이 절실함
- 일시적인 인벤토리 구축뿐만 아니라, 연속적인 온실가스 배출 관리를 포함하여, 도출되는 배출량 해결 방안을 분석할 수 있는 시스템이 개발되어야 지속적으로 기후변화협약 및 국가 정책에 대응이 가능함.

(2) 국내 녹색건축물의 확산 및 활성화 기반 마련

- 사회적으로 온실가스 상세 인벤토리 DB 구축을 통하여 능동형 친환경건축물설계 기술 및 프로세스개발의 경우 크게는 정부의 저탄소 녹색 성장 목표에 부합되게 하는데 도움이 될 것이며 친환경건축물과 관련된 이해당사자와 프로젝트팀의 멤버들이 프로젝트의 최초단계부터 간여함으로써 친환경빌딩의 사회적 필요성을 강조할 수 있음.
- 기업의 자발적 참여지원을 위한 정부의 노력과 지원이 요구되며 반환경적인 역기능들에 대한 정량적 평가 관리 시스템이 요구됨
- 웹기반으로 녹색건축물 인증제도가 구축될 경우, 각 건물별 인증결과를 데이터화하여 데이터 베이스 구축가능. 이를 통하여 각 건물별 녹색건축 현황을 투명하게 공개하여 건물 구입 및 임대 시 활용 할 수 있게 함
- 녹색건축물 통합 인증제도는 생산과 구매를 통합해 기업의 녹색건축물 생산과 소비자의 녹색구매를 유도하는데 매우 효과적임

(3) 국민 의식 변화에 기여

- 연구개발과 기술의 질적 향상을 위한 전문 연구인력의 증가되며 저에너지 친환경 관련 교육 프로그램으로 인해 일반 국민과 전문가 대상의 교육프로그램 개발을 통해 고급인력 양성에 큰 도움이 될 것으로 판단함.
- 건물별 인증 정보는 에너지 절약에 관한 교육 자료로 활용 가능함
- 녹색건축물 인증결과에 따른 인센티브와 환경 및 사회적 효과에 대한 홍보가 가능하며, 이에 따른 녹색건축물의 필요성에 대한 계몽 효과도 기대됨

2. 연구개발 목적

가. 연구개발 최종목표

(1) 최종목표

- 본 연구의 최종 연구목표와 내용 그리고 이를 정리한 흐름도와 연구개발범위는 다음과 같음.

최종목표	본 연구는 빌딩 전과정(Life cycle)을 통하여 발생하는 **「에너지」** 또는 **「온실가스」 DB와 지원시스템을 구축**하고 이를 **「통합 인증시스템」 개발을 통하여 국가온실가스 감축 목표 달성**과 함께 **세계수준의 녹색건설 산업 활성화**를 목표로 한다.

세부 연구목표	1 세부	건물부문 온실가스 상세 인벤토리 구축
	2 세부	건축물 에너지 성능평가를 위한 기반자료 DB 구축
	3 세부	건축물 전과정 온실가스 평가·관리 시스템 개발
	4-1 세부	녹색건축물 통합 인증제도 및 지원시스템 개발
	4-2 세부	녹색건축물 인증제도 통합인증 기준 및 설계지침
	5 세부	친환경 건축자재 통합 시스템 개발

기술개발 범위	대상건물[1]	가 정	공동주택, 주거복합(초고층 건축물)	
		상 업	업무용, 학교시설, 숙박시설, 병원, 판매시설, 그 밖의 건축물	
		공공기타	공공건물	
	개발범위	평가·관리 프로그램	온실가스	건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램
		인증제도/지원시스템	녹색지수[2]	녹색지수(GBI)의 개념을 반영한 통합인증제도
			전과정별 평가	기획/설계, 준공, 운영, 해체, 폐기, 재활용
			전과정 CO_2 반영	건축물 전과정 CO_2 배출량 반영
			근린지구 인증기준	근린지구 대상 친환경성능 평가 인증기준
			인증경제성 평가	인증제도별 경제성 분석 기술 및 친환경건축기술 적용지침 개발
		지원시스템	제도/교육	· 전문가 양성 교육/기술/차원 지원 시스템 · 인증 시스템 Brand Identity 및 홍보방안 구축
			시범적용	건물부문 온실가스 시범사업

기술개발 목표	DB구축	건물부문 온실가스 인벤토리 DB 구축
	평가·관리	건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 개발
	인증제도	녹색지표와 Life Cycle Assessment 개념의 통합인증제도 개발

1) 정부 온실가스 목표관리제 및 친환경건축물 인증제도의 용도별 건축물 분류체계 채택
2) 에너지 소비지수, 전과정 CO2 지수, 폐기물 배출지수 등을 고려한 건축물 녹색지수(Green Building Index)

• 본 연구의 흐름도



그림 1.11 연구의 흐름도

• 본 연구의 연구개발범위

본 연구의 연구개발범위는 현재 운영 중인 녹색건축 인증제(G-SEED)를 보완 또는 대체하기 위해 건축물의 전과정 온실가스 배출량을 중심으로 건축물의 지속가능성 평가(건물거주성 평가, 탄소배출량 평가, 탄소경제성 평가)를 통합한 신개념의 인증제도임.

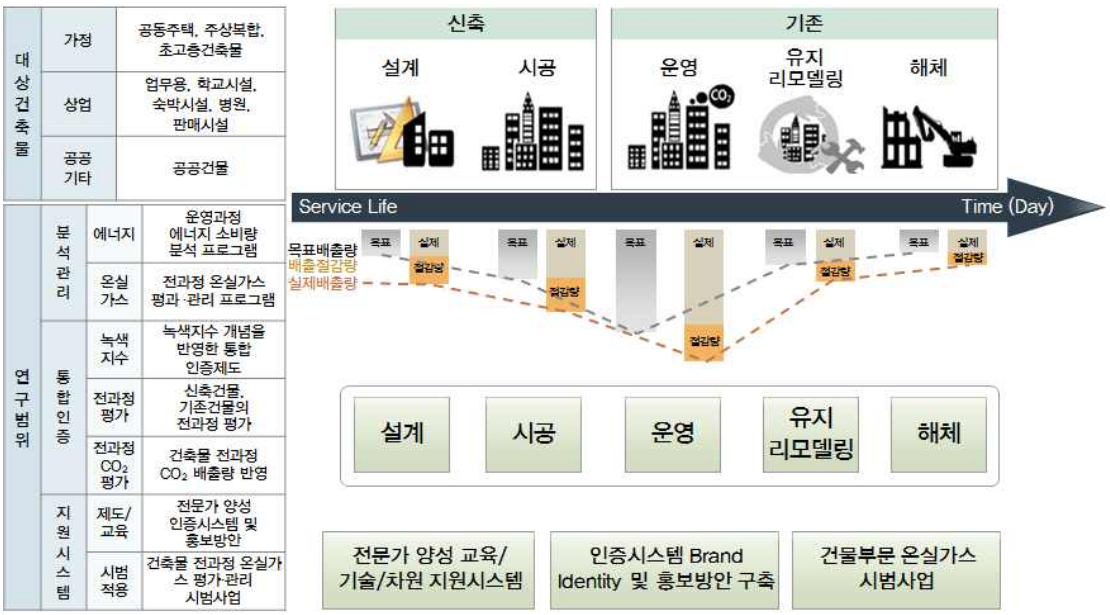


그림 1.12 연구의 개발범위

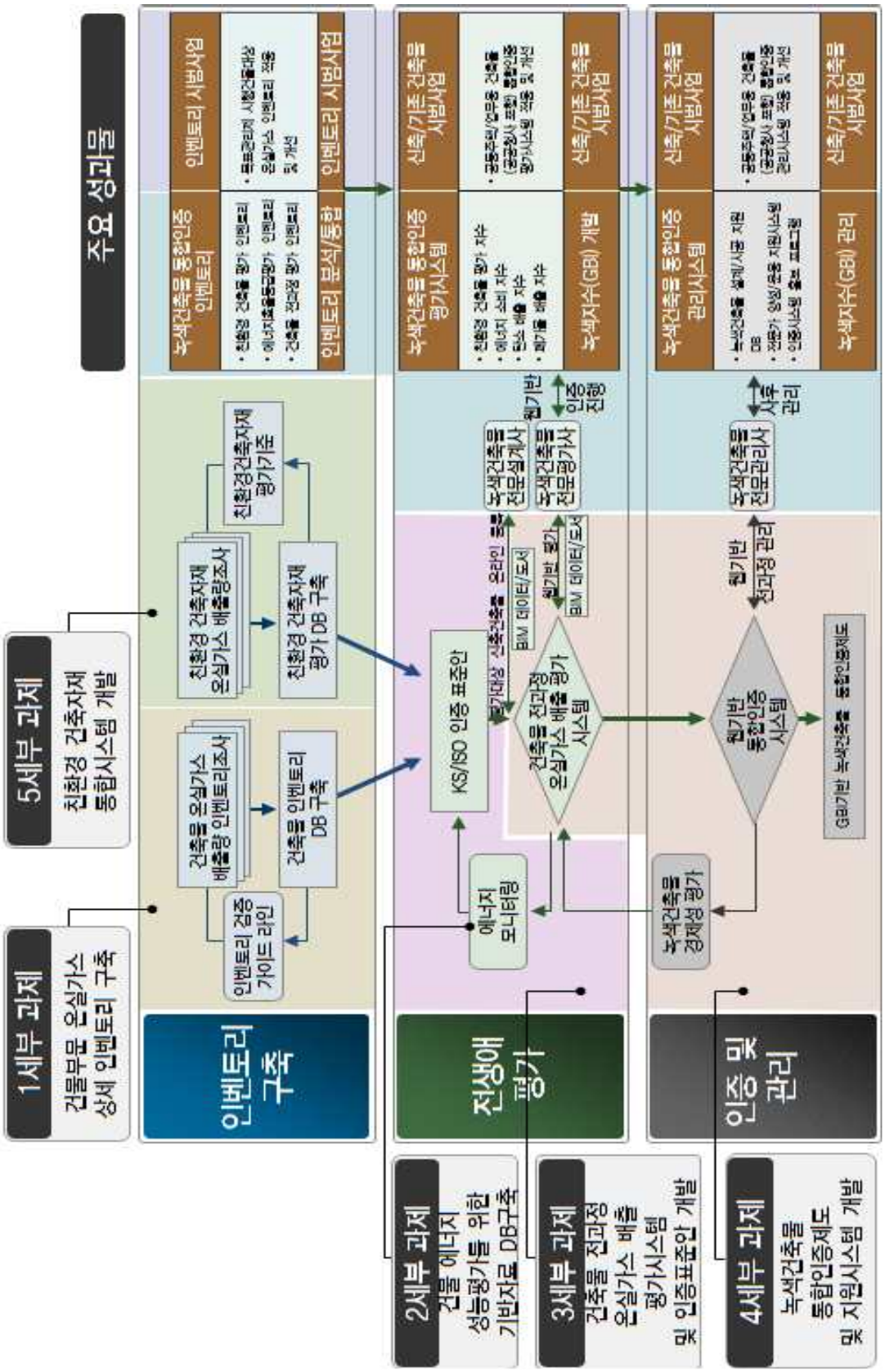


그림 1.13 연구내용 흐름도

나. 연차별 연구목표

본 연구는 건축물의 Life cycle을 통하여 에너지 소비량 또는 온실가스 배출량 DB와 지원시스템을 구축하고 통합 인증시스템 개발을 통하여 국가온실가스 감축 목표 달성과 함께 세계수준의 녹색건설 산업 활성화를 목표로 한다. 주요 항목은 다음과 같다.

- 온실가스 배출량 평가 시스템을 통한 국가 온실가스 저감 목표 효율성 제고
- 전 생애 관점에서의 통합인증제도 및 지원시스템 개발을 통한 인증제도 구축
- 관련 DB구축과 정책제도 개선 등을 통한 국가 신 녹색 건축 산업 활성화

연 차	연구목표		주요 연구내용
1차년도	1세부	▪ 건물부문 온실가스 배출량 산출을 위한 상세 온실가스 인벤토리 산정 방법론 수립	▪ 건물부문 온실가스 배출원 분석 및 배출량 특성 분석 ▪ 온실가스·에너지 목표관리제 운영지침 및 선진국 방법론 조사, 분석 ▪ 건물부문 온실가스 배출량 산정 방법론 수립
	2세부	▪ 건물 용도별 표준건물모델 개발	▪ 공동주택 관리정보 시스템 및 국가에너지 관리 시스템 DB분석 ▪ 용도별 건물 에너지 사용량 DB 확보 ▪ 실건물 에너지 모니터링을 위한 대상 건물 선정
	3세부	▪ 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 알고리즘 구축	▪ 기 보유 건축물 전과정 CO_2 배출량 평가·관리기술의 활용방안 도출 ▪ 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 알고리즘 구축 ▪ 기존 온실가스 배출량 산정 KS/ISO 인증 표준안 분석
	4-1세부	▪ 녹색건축물 지수 개발 및 녹색지수개념의 통합인증제도 개발방안 도출	▪ 기존인증시스템의 기준 및 절차적 문제점 분석 ▪ 녹색건축물 지수(GBI)의 개발방향 제안 ▪ 녹색건축물 통합인증제도 개발방향 설정 ▪ 웹기반 통합인증시스템 구축방향 설정 ▪ 전문가 양성 교육과정 설정 및 지원시스템 개발방향 설정
	4-2세부	▪ LCA개념의 녹색건축물 인증체계 재정립 및 공동주택 대상 통합 인증기준 제시	▪ 현행 인증제도의 전반적인 체계 재정립을 통한 개정방안 제시 ▪ 공동주택 대상의 녹색건축물 통합인증제도 인증기준 제시 ▪ LCA개념의 녹색건축물 인증체계로 평가항목 재정립 및 개정안 제시
	5세부	▪ 친환경 건축자재 온실가스 배출량 평가/통합시스템 구축을 위한 부처간, 과제간 연계방안 도출 및 개발 알고리즘 구축	▪ 국토부 기 개발 및 타 부처(환경부,지경부)개발 건축자재 LCA 평가/관리 시스템 연계방안 도출 ▪ 국토부 탄소저감형 건축자재 LCA평가 연구와의 연계방안 도출 ▪ 건축자재 온실가스 배출량 평가 S/W 알고리즘 도출

연 차	연구목표		주요 연구내용
2차년도	1세부	▪ 기존/신축 건물부문 온실가스 상세 인벤토리 DB 구축	▪ 건축물 특화 온실가스 상세 인벤토리 구축에 필요한 상세 DB 구축 ▪ 건축물의 온실가스 배출에 영향을 미치는 인자에 대한 분석을 통한 데이터베이스 작성
	2세부	▪ 용도별 건물 에너지 성능평가를 위한 기반자료 DB구축	▪ 실건물 에너지 모니터링 DB 확보 및 분석 ▪ 에너지원별/용도별 에너지 사용량 분석 ▪ 국가 에너지 관리 시스템 DB 신뢰성 확보 ▪ 용도별 건물 에너지 사용량 DB 구축 ▪ 건물 에너지 모니터링 설치 매뉴얼
	3세부	▪ 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 개발	▪ 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 개발 ▪ 건축물 전과정 온실가스 배출량 산정 KS/ISO 인증 표준안 초안 개발 ▪ 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 시범사업 계획 수립
	4-1세부	▪ 녹색지수개념의 녹색건축물 통합인증제도 개발 및 지원 시스템 구축	▪ 녹색건축물 지수(GBI) 시안작성 및 적용 검증 ▪ 해외 근린지구 대상의 인증기준과 인증체계 조사 및 분석 ▪ 근린지구 대상의 인증기준 평가항목 선정, 녹색건축물 통합인증과 연계된 인증범위 설정, 지구단위계 획등 상위계획과의 연계를 고려한 인증과정 도출, 인증평가시안 작성 ▪ 녹색건축물 인증제도별 경제성 평가 알고리즘 개발 ▪ 녹색건축물 인증제도별 경제성 평가 기술 개발 ▪ 녹색건축물 건물용도별 통합인증제도 및 평가기준 개발 ▪ 웹기반 통합인증시스템 개발 ▪ 개방형 BIM기반 CO2 배출 및 통합인증시스템 개발 ▪ 녹색건축물 전문자격제도 시행방안 개발
	4-2세부	▪ LCA개념의 녹색건축물 통합인증제도의 신축 및 기존 건축물 대상 인증기준 개발	▪ 녹색건축물 통합인증제도 관련 정책 개발 ▪ 기존 공동주택, 신축 및 기존 비주거용 대상으로 녹색건축물 통합인증기준 개발 ▪ 녹색건축물 통합인증제도 개정·관련 홍보(녹색건축물 통합인증기준 영문판 초안작성)
	5세부	▪ 친환경 건축자재 평가기준 및 온실가스평가/관리 시스템 개발	▪ 친환경 건축자재 온실가스 배출량 평가 프로그램시안 개발 ▪ 친환경 건축자재 평가 기준 초안 개발 / DB구축 ▪ 친환경 건축자재 통합 관리 시스템 시안 개발

연 차	연구목표		주요 연구내용
3차년도	1세부	▪ 건물부문 온실가스 배출량 검증 가이드라인 개발	▪ 국가 온실가스 배출량 인벤토리 검증 가이드라인 검토 ▪ 건축물 상세 온실가스 인벤토리 구축 방법론과 더불어 건축물 특성을 반영한 맞춤형 검증 가이드라인 개발 ▪ QA/QC 가이드라인, 모니터링방법론, 3자 검증 가이드라인, 불확도 평가 방법론 등 검증가이드라인 개발
	2세부	▪ 건물 에너지 모니터링 및 분석 기술 개발	▪ 에너지원별/용도별 에너지 사용량 평가방법 도출 ▪ 건물용도, 사용월, 에너지원별, 사용부문별 에너지를 분석하여 운영단계 에너지 분석 데이터 제공 ▪ 건물에너지 사용량 평가/분석을 위한 에너지 모니터링 소프트웨어 개발
	3세부	▪ 건축물 전과정 온실가스 배출량 산정 KS/ISO 인증 표준안 개발 및 시범사업	▪ 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 개발 및 검증 ▪ 건축물 전과정 온실가스 배출량 산정 KS/ISO 인증 표준안 개발 및 검증 ▪ 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 시범사업 시행
	4-1세부	▪ 녹색지수개념의 녹색건축물 통합인증제도 및 지원시스템의 검증 및 활성화방안 도출	▪ 녹색지수 및 녹색인증제도의 유형별 적용 및 보완, 효율적 활용방안 및 제도적 지원 방안 제시 ▪ 근린주구 녹색인증기준 개발 및 경제성 평가 기법 및 정책제안 ▪ 녹색건축물 통합인증제도 평가기준 결과 검증 및 사후평가시스템 구축 ▪ 개방형 BIM기반 CO_2배출 및 통합인증기준 평가시스템 시범적용 및 검증 ▪ 웹기반 인증시스템 시범적용 및 검증 ▪ Brand Identity, 홍보방안 및 인센티브 연계방안 제시 ▪ 녹색인증 전문사 제도 및 교육 프로그램 검증 ▪ 기존건축물 사례자료 분석 ▪ 녹색지수개념의 통합인증적용 및 실효성 검증
	4-2세부	▪ LCA개념의 녹색건축물 인증취득을 위한 평가지침 및 가이드라인 개발	▪ 신축 건축물 대상 「녹색건축 인증(G-SEED)」 기준 고시 (2013년 하반기) ▪ 기존 건축물 대상 「녹색건축 인증」기준(안) 마련 (2014. 03) ▪ 「녹색건축 인증(G-SEED)」 2013 설계지침(해설서) 발행 (2014. 06) ▪ 「녹색건축 인증(G-SEED)」 2013 영문판 발행 (2014. 06)
	5세부	▪ 친환경 건축자재 통합시스템 개발 및 검증	▪ 친환경 건축자재 온실가스 배출량 평가 프로그램 개발 및 검증 ▪ 친환경 건축자재 평가 기준 개발 및 검증 ▪ 친환경 건축자재 통합시스템 개발 및 시범적용

제 2 절 관련분야의 국내외 기술 및 산업 현황

1. 국내 기술 및 산업 동향

가. 국내 녹색건설 산업 시장현황 및 전망

(1) 국내 녹색건선 산업 시장

- 국내 건설시장 규모는 2007년 86,540백만달러(112조원, 1300원/$기준) 규모이며, 1996년 이후 11년간 연평균 6.7%의 증가율을 보이고 있음. 이 가운데 건축시장(주거용 건물, 비주거용 건물 기타 등)은 2007년 73% 비중을 차지하고 있음. 전체 건설시장에서 건축시장의 비중은 11년간 평균 65%이나 최근 5년간 비중이 70% 이상 점유하고 있음.

- Global Green Building Trends, McGraw Hill Construction, 2008에 따르면 친환경 저에너지 건축물 관련 기술은 기후변화협약 이행, 유가변동 등에 따른 그린빌딩, 그린홈 보급 확대와 함께 2008년까지 전체 건설시장의 5% 비중에서 2012년 이후 16%에서부터 최대 60%까지 비중이 증가할 것으로 예상. 즉, 국내 전체 건축시장에서 친환경 저에너지 기술이 점유하는 비중에 대한 전망치는 세계시장과 동등 수준으로 전망

- 국내 녹색인프라 건설시장 규모는 2010년 1조3100억원 수준에서, 2011년 3조5700억원, 2012년 6조3500억원, 2013년 10조6500억원, 2014년 16조4000억원, 2015년 24조4600억원으로 급성장할 것으로 예상됨[1].



출처: 한국건설산업연구원

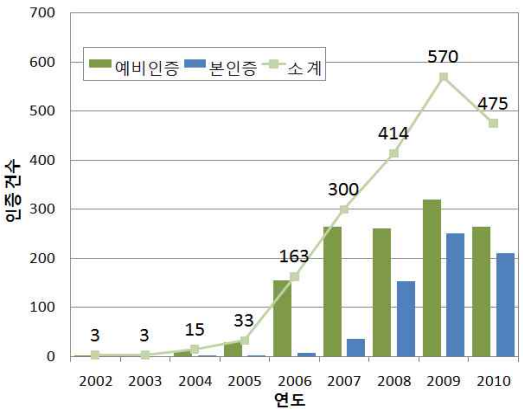
그림 1.14 국내 녹색건설 시장 규모 전망

1) 김상범, 건설산업의 녹색건설 시장 확대전략, 한국건설산업연구원

(2) 녹색 건축물 인증 관련 시장

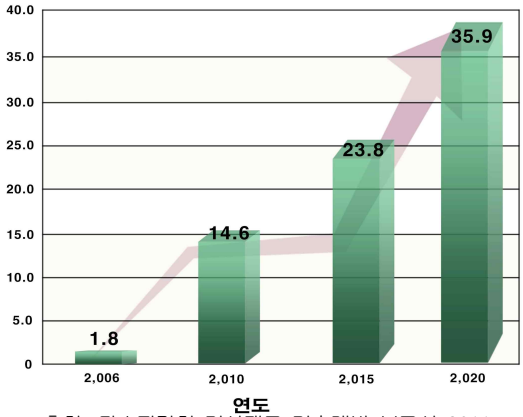
- 최근의 시장동향의 사례로서 친환경건축물 인증제도 인증건수를 살펴보면, 2008년에 483건으로 2005년 대비 1,460%, 2006년 대비 296%의 폭발적인 증가율을 보이고 있음.[2)]

- 에너지 인증 주택의 경우도 2006년에는 인증비율이 약 2%였으나 기후변화 협약 등의 발효로 사회적 관심이 증대에 따라 2020년에는 35% 수준까지 증대될 것으로 전망됨



출처: 탄소저감형 건설재료 기술개발 보고서 2011

그림 1.15 연도별 친환경 건축물 인증건수



출처: 탄소저감형 건설재료 기술개발 보고서 2011

그림 1.16 에너지 인증 주택비중 전망

(3) 친환경 건축재료 시장

- 최근의 정부 및 민간에서 친환경건축재료에 대한 폭발적인 관심과 잠재력을 감안할 때 건설자재시장 규모의 상당부분이 친환경건설재료로 재편될 것으로 판단됨

- 건설산업은 전체산업 CO2발생량의 약 42%를 점유, 건설산업에서의 CO2 저감노력이 중요하며, 특히 건설재료에서의 원천적인 CO2저감 대책이 시급

- 국내의 경우 친환경 상품의 구매를 의무화한 "친환경 상품 구매촉진에 관한 법률" 이행에 따라 2007년 공공기관 전체 대상제품 구매액 1조 9,376억원 중 69%에 해당하는 1조3,437억원을 친환경상품으로 구매하고 있으며, 구매율도 2006년도 대비 11% 증가함.

- 국내 친환경 건축재료 시장규모는 9,116억원(2005년)으로 2003-2007년의 평균증가율인 29%를 적용 했을 때 2015년에는 8.3조의 시장규모가 형성될 것으로 예상됨

표 1.1 주요 환경부하 저감형 건축재료 시장 현황전망

<단위 : 억원>

구 분	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	2015
친환경건축재료	4,133	5,918	9,116	10,233	10,895	83,549.7
증감율(%)	-	43.2	54.0	12.3	6.5	-

주1) 친환경건축재료의 범위 : 고로슬래그 시멘트, 페이트, 벽지, 보온단열재 및 흡음재, 바닥 장식재, 벽 및 천장 마감재, 접착제, 장식용 합성수지 시트 등을 포함

주2) 미래형 친환경 고성능 건설재료 자재개발 및 이를 이용한 구조물 개발기획 연구, 한국건설교통기술평가원, 2009

2) 환경부 홈페이지 http://web2.me.go.kr

나. 국내 주요 업체

(1) 온실가스 인벤토리 구축 관련 업체

(가) 에코아이

- 탄소저감 관련 국제적 방법론에 입각한 건물, 사업장 온실가스 배출량 산정, 온실가스 인벤토리 구축, DCM사업, 탄소배출권 거래, 첨단무탄소도시 연구의 현장 경험이 축적된 국내 제1의 환경컨설팅, IT소프트웨어 개발 업체
- 환경부의 『국가 온실가스 종합관리시스템 구축』에서 건물 온실가스 배출량 산정 IT 소프트웨어 개발
- EMS 최고전문 업체인 "(주)슈나이더일렉트릭코리아(Schneider-Electric Korea)와 MOU를 체결하여 EMS 및 CMS 부문 시스템 구축
- 건축자재온실가스 배출량 DB 및 검색/분석 프로그램(명칭:CO2 Designer, 특허출원) 개발



그림 1.17 에코아이

출처: 에코아이 홈페이지 http://ecoeye.com

(나) 에코프론티어

- 건축물 국가 온실가스 배출량사업에서 건축물 온실가스 에너지 목표관리제 대응 감축잠재량 평가, 감축전략 수립, 감축기술 제공 탄소배출권 관리, 그린 빌딩 투자 등 그린빌딩의 실현을 위한 통합 서비스 구축업체
- 기업 내 사업장 빌딩 등에서 발생하는 온실가스를 체계적이고 통합적으로 관리하는 온실가스 인벤토리 구축은 물론 기업 온실가스 감축 기회를 도출하고 온실가스 저감 아이템을 개발 평가함으로써 기업의 온실가스 감축 전략을 수립하는 기업 탄소자산관리 컨설팅 서비스 회사
- 글로벌 탄소 및 에너지 사업 확장 해외법인 설립, 글로벌 탄소사업 확장 및 글로벌 네트워킹으로 탄소와 에너지 분야의 확장.



그림 1.18 에코 프론티어

출처: 에코 프론티어 홈페이지: http://www.ecofrontier.co.kr

(2) 건축물 에너지 성능평가를 위한 기반자료 DB구축 관련 업체

(가) 대림건설

- 2005년 국내 최초 3리터 하우스 구축 이후, 에너지절약형 주택 상용화, 저에너지 친환경 공동주택 기술개발 등 건축물 에너지 저감 기술 개발 및 적용에 있어서 선도적 역할을 수행
- 건물 에너지 성능평가를 수행할 수 있는 전문가들로 구성된 기술연구소에서는 20건의 건물 에너지 저감 관련 특허를 보유함
- 대림산업 공동주택 EMS(Energy Management System) 및 BIM 기반 LCCO2 저감기술 개발 등 다양한 기술개발 시행
- 건물에너지 성능진단기술 개발을 시작으로 냉난방저감 공동주택 에너지 모니터링 및 분석 시스템을 개발

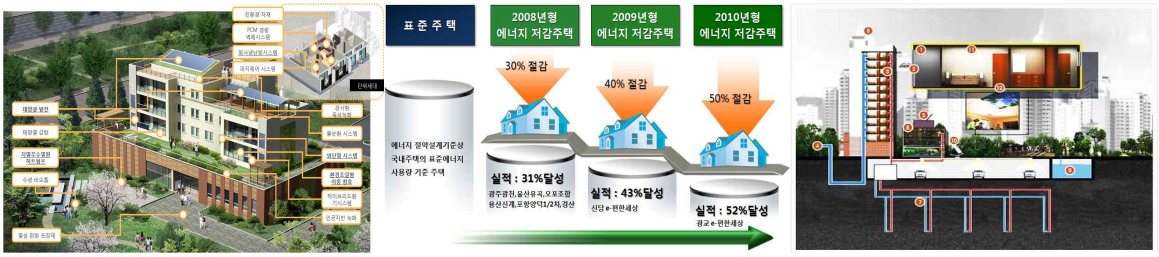


그림 1.19 대림건설 친환경 건물 사례

(나) 삼성 물산 · 건설

- 건물의 효율화를 통해 에너지 사용량을 큰 폭으로 저감한 후, 신재생 에너지를 통해 사용량 이상의 에너지를 생산하여 연간 에너지 수지를 "0" 또는 "+"로 유지하는 국내 최초의 제로에너지 하우스 Green Tomorrow 건설
- 09년 7월에 국내 업계 최초로 공동주택용 LCCO2 평가 프로그램인 ECO(Energy Carbon ZerO)-Pia v1.0을 개발하여 설계 단계에서 건물 LCCO2 평가를 통해 온실가스 저감방안 검증 및 대안 제시
- 해외건설시장 진출, 친환경 기술개발 및 신재생에너지 부문 기술개발 시행 중



그림 1.20 삼성건설 친환경건물 사례

출처: 삼성물산 GreenTomorrow 홈페이지 http://www.greentomorrow.co.kr

(다) 롯데건설

- 탄소 제로(Carbon-zoro)의 그린홈은 신재생에너지와 에너지 절약 가전 기술, 친환경 요소 등을 이용한 미래형 주택 기술을 개발 적용
- 목적지향형 건축물 전 과정 CO2 평가 프로그램(LOCAS)으로 설계단계에서의 간편한 평가 기능과 단지 내 다양한 건축물의 종합평가 기능, 시공과정에서 탄소 저감 평가 기능등과 함께 전체적인 프로그램 내의 데이터베이스 구축
- 최점단 기술과 다양한 친환경공법으로 녹색산업의 신 성장 미래 동력산업으로 신기술 개발에 주력



그림 1.21 롯데건설 친환경 건물 관련 사례

(3) 건물부문 에너지 및 온실가스 분석/관리 시스템 개발 관련 업체

(가) 친환경 건축 연구 센터

- 친환경 건축물 성능평가 분야 7년 이상 연구 경험을 가지고 프로그램개발, 기술이전, 연구책임 등의 연구경험이 있는 전문가 최소 5명임
- 본 연구진의 친환경 건축물 평가 관련 논문 편수는 최근 5년간 SCI(E)급 논문 70편, 전문학술지 논문 143편임 현재, 친환경 건축물 평가 관련 특허 보유수는 등록 2건, 출원 4건으로 국내 최다 보유
- 또한, 본 연구진의 친환경 건축물 평가 프로그램 개발 수는 총 8건이며 이는 모두 프로그램 등록됨 건축물 환경 부하 평가 기술 이전 실적 19건 (2억 1천 8백만원, 실적)
- 환경부하 저감 기술 및 평가기술 삶의 질등 핵심 연구 (연구 수주비 78건 43.5억)
- LCCO2 평가 기술 국내 선호 연구기관으로서 한국공학상, 교육과학기술부 대표 우수 연구성과 선정 등 다수의 수상 실적 보유



SUSB-LCA SUSB-QOL SUSB-LCC SUSB-UC

그림 1.22 친환경 건축 연구센터 평가 프로그램

(나) GS 건설

- 건설회사로는 최초로 건축물 전과정에서 발생되는 CO2를 최소화 할 수 있는 최적설계 개념의 대안평가 시스템 개발
- BIM/CAD 양방향에 대응 가능한 건축자재 물량 자동입력 방식 시스템을 개발하여 기본설계단계에서부터 실시설계 전과정에서 간편하게 건축물의 전과정 CO2 최적 설계 지원 시스템 개발 기술 보유
- 사우디 KAUST(King Abdullah University of Science and Technology) "Evaluation of Green Buildings Industry in Saudi Arabia and GCC Region" 연구과제 수행중 (2011.08 ~ 2012.07)



그림 1.23 GS건설 친환경 건물 사례

(다) 한국건설기술연구원

- K-LCA는 건축물의 CO2 배출량과 에너지량의 분석방법과 도구를 개발하기 위해 건축물의 환경부하 산정과 에너지 및 CO2 원단위 DB를 구축하였으며, 이를 건설단계 건설공종별 건축자재 입력과 에너지성능지표를 이용한 운영단계 입력을 통해 친환경건축물인증제도와 CO2 배출량을 평가 프로그램
- 산업자원부 지원 하에 한국건설기술연구원과 한국에너지기술연구원 등의 공동연구로 "건물에너지효율 평가기준 및 정책 개발" 을 수행하였으며, 이를 토대로 공동주택에너지 효율등급 산출을 위한 프로그램을 개발
- 건축물 에너지 절약 관리 방안을 수립하기위해 건축물 에너지 평가 기법의 세부조건 설정 및 프로그램별 평가 성능베이스, 건축물 에너지 해석용 종합 데이터베이스를 구축

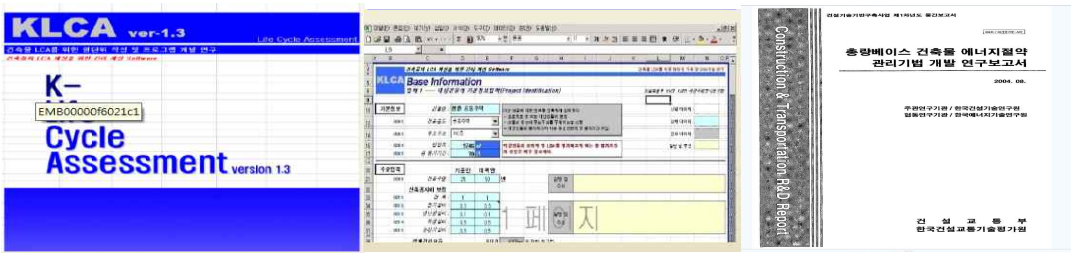


그림 1.24 한국 건설 기술 연구원 친환경 건축물 사례

(4) 녹색건축물 통합 인증제도 및 지원 시스템 개발 관련 업체

(가) 한국교육환경연구원

- 2010년, 2011년 친환경건축물인증 심사 실적 최다 보유
- 친환경건축물 내부 심사위원으로 인한 기존 친환경인증기준의 문제점 분석 및 새로운 통합 기준 방향 제시
- 웹기반을 통한 인증심사가 가능한 유일한 기관으로 웹기반 관리에 대한 노하우 보유
- 본 원의 학술 심포지움, 교육박람회, 직무연수 등의 사업을 통한 웹 기반 시스템 홍보 및 교육 가능



그림 1.25 한국교육환경 연구원 인증사례

(나) 크레비즈인증원

- 국토해양부, 환경부 지정 친환경인증기관으로 산업분야 경쟁력 구축을 위한 평가 시스템과 교육서비스 개발보급
- 송파 어린이문화회관의 건물을 여러 가지 옥상녹화 신재생에너지의 사용 등의 친환경성 평가하여 지난해 예비인증에 이어 업무시설 부문의 친환경 건축물 인증 평가함
- 2005.12월 부산 명지지구 롯데캐슬 아파트의 친환경건축물인증 용역



그림 1.26 크레비스인증원 인증 사례

(5) 친환경 건축 자재 통합 시스템 개발 관련 업체

(가) KCC

- 건축환경 연구센터 준공 친환경 및 고효율 에너지 요소 기술을 적용한 그린홈·그린 빌딩의 최적성능 확보를 위한 연구개발
- 저에너지 친환경 건축물 기술개발 친환경 건축물을 위한 에너지 효율화를 위해 벽체 단열, 창호단열, 신재생에너지 분야 기술 개발 중.
- 그라스울 제품군의 경우 휘발성유기화합물(VOC)등 유해물질 방출이 제로에 이름, 자체개발 세 섬유 생산 기술을 바탕으로 두께는 10% 이상 감소하였으며, 단열성능은 10% 이상 증가시킴.



그림 1.27 건축환경 연구센터 준공

출처: KCC 홈페이지 http://www.kccworld.co.kr

(나) LG 하우시스

- 창호 제품군의 경우 높은 기밀성과 단열성을 확보하였으며, 창호 가공과정에서의 접착제 사용을 제한하고 천연무기안료를 사용하여 실내 공기질 개선을 위한 기술 진행 중.국내최초로 바닥 면적당 연간 에너지사용량(석유환산)이 3L인 에너지 절약형 주택 개발
- 유리 제품군의 경우 국내 최초로 전도, 대류, 복사에 의한 열손실을 최소화 하는 진공유리를 개발하여, 일반 복층유리에 비해 60% 이상의 단열성능을 확보함. 또한 인터페인社와 합작으로 로이유리 공장을 설립함.
- LG 하우시스는 국내 최초로 해외 자발적 탄소시장에 등록하여 업계 최초 탄소성적표지제도를 도입



그림 1.28 LG 하우시스 친환경건축 자재

출처: LG 하우시스 홈페이지 http://www.lghausys.co.kr

다. 국내 전문가 및 연구기관

- 국내 이공계 건축, 토목/도시, 소재/재료 분야의 인력은 273,914명으로 전체 이공계 인력(1,918,703명)의 14.3%로 조사되었으며, 토목/도시 분야의 기업 인력이 가장 많은 것으로 나타났으며, 공공기관의 건축, 토목/도시 분야의 인력이 973명으로 다소 적은 것으로 나타났음.

표 1.2 건축, 토목/도시, 소재/재료 분야 인력현황

구분	공공연구기관	기 업	대 학
공학(건축)	508	82,701	2,766
공학(토목/도시)	465	130,447	2,377
공학(소재/재료)	2,441	50,172	2,037
공학-전체	**37,185**	**1,851,125**	**30,393**

<출처 : 교육과학기술부, 이공계인력 실태조사 보고서, 2007>

- 국내 토목, 건축, 환경, 화공 및 세라믹 분야의 기술사는 8천6백여명(3.9%), 8천여명(3.4%), 5백여명(3.6%), 9명(0.4%)로 타 산업의 기술사보다 매우 부족한 상황임.[3)]

표 1.3 관련분야 기술자 현황

분야		박사	석사	학사	전문학사	고졸	기타	합계
토목	기술사	469	2,476	6,175	379	120	380	9,999
	기사	727	5,384	51,740	9,304	1,606	11,315	80,076
	산업기사	35	676	4,869	16,208	1,850	5,802	29,440
	학력경력자	655	3,933	36,449	51,323	43,013	379	135,752
	경력자	0	1	0	4	1	1,374	1,380
	소계	1,886	12,470	99,233	77,218	46,590	19,250	256,647
건축	기술사	139	1,474	6,213	680	165	362	9,033
	기사	363	4,793	55,608	11,398	1,317	10,829	84,308
	산업기사	24	567	4,858	27,282	2,905	8,215	43,851
	학력경력자	383	5,009	36,733	51,049	20,625	472	114,271
	경력자	0	0	1	2	0	980	983
	소계	909	11,843	103,413	90,411	25,012	20,858	252,446
환경	기술사	43	209	217	5	1	61	536
	기사	125	824	4,532	260	14	1,642	7,397
	산업기사	15	92	429	914	36	690	2,176
	학력경력자	114	394	1,403	1,029	364	3	3,307
	경력자	0	0	0	0	0	18	18
	소계	297	1,519	6,581	2,208	415	2,414	13,434
화공 및 세라믹	기술사	0	2	14	0	0	1	17
	기사	1	13	74	4	0	25	117
	산업기사	0	0	10	11	0	3	24
	경력자	12	68	500	91	62	0	733
	소계	13	83	598	106	62	29	891
총 계		3,105	25,915	209,825	169,943	72,079	42,551	523,418

출처 : 건설기술자 현황, 한국건설기술인협회, 2009

3) 건설기술자 현황, 한국건설기술인협회, 2009

- 국내의 건설분야 기술수준은 세계 10위에 해당되지만, 관련된 기술자는 상당히 부족한 것으로 나타났다. 또한 에너지, 환경부하 저감 등의 특수목적의 설계관련 기술자의 양성 및 국제 인증 기술자의 양성이 필요함.
- 2009년 기준 국내 총 연구개발인력(FTE기준)[4]은 총 46만여명으로 꾸준히 증가하고 있는 것으로 나타났음.
- 2009년 기준 기업체의 연구인력은 총 21만명, 공공기관은 2만여명, 대학은 8만여명으로 기업체의 연구인력이 가장 높게 나타남[5].

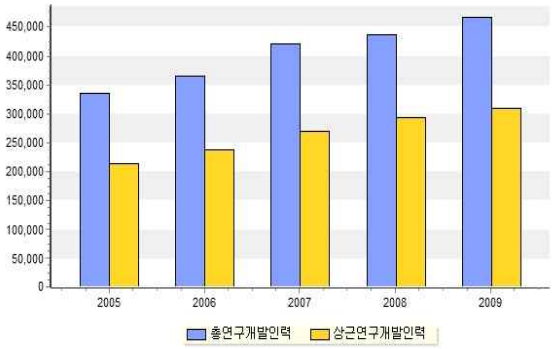


그림 1.29 국내 총 연구개발인력
(FTE : Full-Time Equivalent 기준)

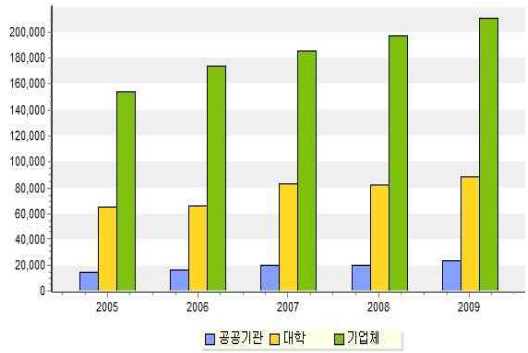


그림 1.30 주체별 연구원수
(출처) 과학기술통계서비스, 과학기술인력, 2010

- 친환경 건축 관련 기술개발을 위한 기술연구소는 대기업 위주로 운영되고 있으며, 초기에 건축 및 토목분야의 연구를 진행 하였으나 최근에는 친환경 건축의 관심이 높아지면서 요소기술 개발 및 검증을 실시하는 기술연구소가 점차 늘어나고 있는 실정(1.15).
- 한편 국토해양부는 친환경건축 전문인력 양성지원을 위한 「미래 친환경 저에너지 건축인력양성」 교육프로그램을 운영하고 있으며, 한양대학교 친환경건축연구센터는 국토해양부 지정 사업기관으로 선정되어 있음.

표 1.4 친환경 건축 관련 기술연구소

기술연구소	연구 분야	내 용
삼성건설 기술연구센터	친환경분야	친환경재료분야, 거주 성능 개선분야 ,건설 환경 분야
현대건설 기술개발원	친환경분야	환경실험실
대우건설 기술연구원	건축 및 주택분야	소음진동 저감기술, 실내 공기질 관리기술, 건물의 결로 방지 기술
대림산업 기술연구소	친환경분야	바닥충격음실, 자연채광실, 차음성능실, 조명실, 열환경실(창호 및 단열)
코오롱건설 기술연구소	환경에너지분야	-
KCC건설 건축 환경 연구센터	건축 환경 기술분야	음향 시험동, 단열&결로 시험동, 내풍압 내화 시험동
한양대학교 친환경건축연구센터	친환경분야	친환경재료분야, $LCCO_2$ 평가분야, 건설 환경 분야

4) 상근연구개발인력 (FTE : Full-Time Equivalent): 일정기간동안 상근으로 근무하는 한 사람을 표시하는 측정단위로서 겸직연구개발 인력수를 상근상당 연구개발 인력수로 환산하고 여기에 상근연구개발 인력수를 합하여 산출

5) 과학기술통계서비스, 과학기술인력(총 연구개발인력), 2010

라. 국내 기술개발 수준

- 국내 건축물 탄소배출량 평가 프로그램은, 건설기술연구원에서 개발한 K-LCA(2004년)이 국내 최초이고, 한양대학교에서 개발 한 SUSB-LCA ver1.0(2007년)은 국내유일 건축물 전생애(건설, 운용, 해체 및 폐기단계) 평가기술 및 프로그램 임. 그리고, 정부의 '저탄소 녹색성장' 정책에 따라, 기업버전의 전생애 환경부하(LCCO2) 평가 프로그램 개발수요가 증가.
- 미국, 일본 및 유럽과 호주지역에서는 자체적으로 환경부하 평가기준을 확립하고 이를 평가할 수 있는 웹/OS기반 프로그램을 개발하여 활용중이나 온실가스평가의 비중은 상대적으로 낮음.

	건축부문 탄소배출량 평가현황				토목부문 탄소배출량 평가현황		
	SUSB-LCA 친환경건축 연구센터	K-LCA 건설기술연구원	ECO-Pia 삼성물산	LOTTE-LCA 롯데건설	ISO 14040 ISO 국제기구	ECO-Indicator 한국감정원	TOTAL 환경부
주도 기관	교육연구기관	공공기관	민간기업	민간기업	국제공공기관	공공기관	공공기관
개발 년도	2007	2004	2009	2010(예정)	1992	2010(예정)	2006
평가 대상	공동주택 사무소 주상복합	공동주택 사무소 주상복합	공동주택 사무소 주상복합	공동주택 사무소 주상복합	도로교량 철도 기타시설	도로교량 철도 기타시설	도로교량 철도 기타시설
생애 단계	건설 운용 해체폐기	건설 운용 해체폐기	건설 운용 해체폐기	건설 운용 해체폐기	건설 운용 해체폐기	건설 운용 해체폐기	건설 운용 해체폐기
경제성 고려	가능	불가능	불가능	불가능	불가능	불가능	불가능
DB 구축	산업연관분석	산업연관분석	산업연관분석	산업연관분석	산업연관분석	산업연관분석	산업연관분석
프로 그램	윈도우즈 기반	스프레드 시트형	윈도우즈 기반	윈도우즈 기반	없음	미정	윈도우즈 기반
결과 표시	그래프, 보고서	그래프, 보고서	그래프, 보고서	그래프, 보고서	없음	미정	그래프, 보고서
특 징	▪ 국내 최초 건축물 전생애 환경부하 평가 기법 특허등록 ▪ 친환경요소기술 적용 케이스 비교검토 가능	▪ 에너지성능지표(EPI)를 이용한 운영단계 탄소배출량 산출	▪ 건설표준품셈 활용 철거 폐기물의 환경부하량 계산 ▪ SUSB-LCA 프로그램의 기업맞춤형	▪ BIM 기반 통합설계 응용 프로그램 ▪ SUSB-LCA 프로그램의 기업맞춤형	▪ 일반적 공산품의 탄소 배출량 생애주기분석 기법	▪ 네덜란드의 ECO-Indicator의 국내번역판 ▪ 한국형 환경영향 평가지수 사용	▪ 산업전반 전과정 평가 프로그램 ▪ 공정별 생산, 사용, 처리에 대한 환경부하량 계산
제도화 여부	없음	없음	없음	없음	없음	없음	없음

그림 1.31 국내 건설부문 탄소배출량 평가 현황

- 국내 전체 건축시장에서 그린 빌딩 요소기술이 점유하는 비중에 대한 전망치는 세계 시장과 동등 수준으로 전망됨. 하지만 선진국들에 비해 그린 빌딩을 만드는데 필요한 요소기술을 넘어, 에너지 자립을 할 수 있는 건축물을 구축하는데 필요한 통합설계 기술, 그린빌딩 시방서, 건설 프로세스별 커미셔닝 기법등과 같은 통합 기술 및 구현기술이 미흡함.
- 온실가스 감축, 에너지자립화 등 건축물부문 정부 녹색건설 정책목표를 달성시키기 위해서

는 다양한 건축물에서 조속한 그린빌딩화가 필요함. 다양한 건축물에서의 그린빌딩 사업이 확산되기 위해서는 기술, 비용, 그린화 수준 등에 대한 구체적인 전략(실행 로드맵) 제시 및 검증 필요함.

- 최근 5년간 기술발전 추세를 보면 응답자 중 51%가 기술격차가 불변하다고 응답하였으며, 기술격차가 서서히 또는 급속하게 심화되고 있다는 의견 31%로 나타남.
- 우리나라 기술격차를 해소하기 위해서는 정부의 연구개발비/투자를 강화해야 한다는 의견이 23%로 가장 높았으며, 그 다음으로 기술선도 기업 육성, 온실가스 규제/인센티브 정책 순으로 나타남.[6)]

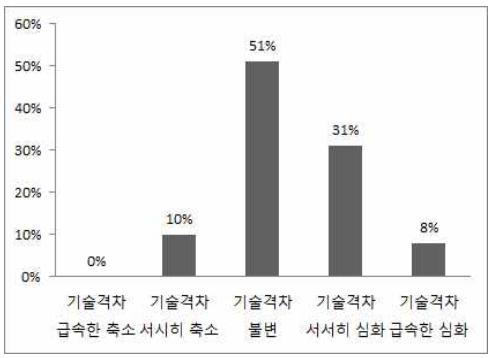


그림 1.32 그린빌딩 기술발전 추세

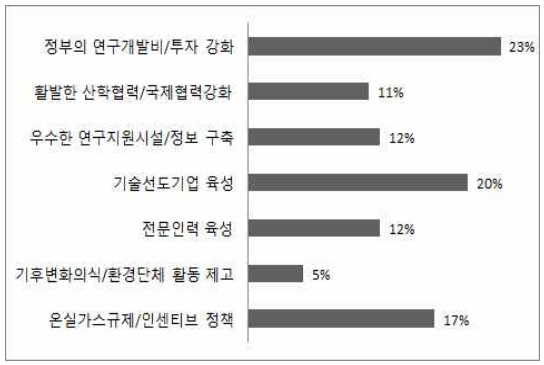


그림 1.33 그린빌딩 기술격차 해소 위한 당면과제

6) 녹색성장위원회, 중점녹색기술개발 전략, 2009.05.13

2. 국외 기술 및 산업 동향

가. Green building 시장 및 동향

(1) 전세계 시장 동향

- 전세계 Green building (이하, 녹색빌딩) 부문은 타 건설상품보다 소비자(실사용자)와 가장 근접한 영역임. 전 세계적인 추세로 소비자의 친환경 상품 구매 성향과 맞물려 그 수요 및 필요성이 매년 급증하고 있는 실정임
- 녹색빌딩 시장의 성장은 에너지 부문과 마찬가지로 그 효과가 즉각적으로 나타나기 때문에, 에너지 사용량, CO2 방출량, 물 사용량, 폐기물 배출량 등에 있어서 기존 빌딩보다 가시적인 효과가 매우 큼.



그림 1.34 세계 건설 시장과 녹색 빌딩 시장 비교
(McGraw Hill Construction의 The Green Outlook 2011)

- 전세계 녹색빌딩 시장 규모는 2005년 30억불이었고, 2008년에는 290억불에 이를 정도로 연평균 성장률은 56.1%을 보였으며, 2010년 기준으로는 540억불로 전체 건설시장의 35.1%를 차지한다고 볼 수 있으나, 2015년에는 1450억불로 예상되며, 전체 건설 시장의 48%를 차지할 것으로 예상됨.
- 녹색빌딩 시장에 관한 다양한 예측 자료가 있지만, 통계 조사의 기준이 각각 달라, 정확한 수치를 통하여 녹색빌딩 시장 예측에는 상당한 어려움이 있음. 하지만, 2010년 대비 2015년에는 녹색빌딩 시장이 3배가량 증가할 것으로 예측하고 있다.
- 녹색빌딩 시장분석 자료(RREEF 2008)에 따르면, 신축시장과 기존 건축시장이 선진국일수록 투자대비 기대효과 잠재력이 높은 것으로 나타남. 국내의 경우도 잠재효과가 매우 큰 것으로 분석됨.

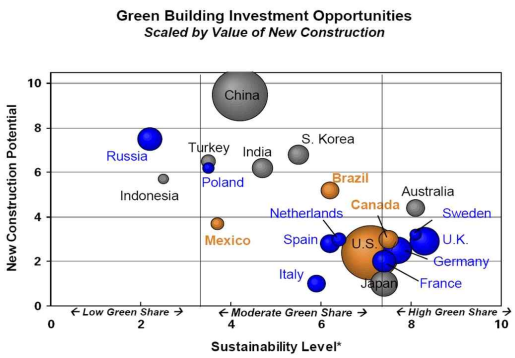


그림 1.35 국가별 녹색 빌딩 투자 잠재력
신축 부문 (Deutsche Bank 2008)

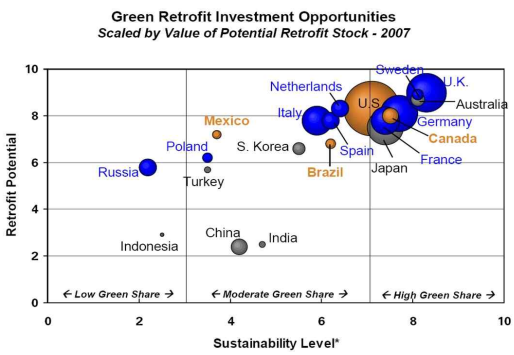


그림 1.36 국가별 녹색 빌딩 투자 잠재력
리모델링 부문(Deutsche Bank 2008)

(2) 권역별 시장 동향 및 전망

- 세계 각 권역별 녹색시장에 대해 현황과 향후 전망을 요약하면 표1.9와 같음.
- 권역별로 현재 시장은 북미지역이 가장 활발한 것으로 평가되며, 2013년을 기준으로 보았을 때 아시아, 유럽, 북미, 중동권, 호주권 시장이 유망. 이들 지역은 향후 시장에서 전체 프로젝트의 최소 16% 이상이 녹색빌딩으로 추진될 것으로 보았으며, 실제적으로는 60% 이상도 가능하다는 의견이 매우 높았음.

표 1.5 세계 권역별 녹색빌딩 시장 전망

구 분	사업비중	장애요인
Europe	2008년: 0~5%비중 2013년: 최소 16%이상/ 60% 이상 (응답자의 65%) 향후 5년간 20%이상 성장 예상 불황기의 성장 동력	초과 비용
North America	2008년: 6~10% 비중 2013년: 최소 16% 이상/ 60% 이상 (응답자의 52%) 불황기의 성장 동력	초과 비용
South America	2008년: 0~5% 비중 2013년: 최소 16% 이상 향후 1,010억 달러 시장 예상	정치적 지원 부족 및 초과비용
Australia /New Zealand	2008년: 0~5% 비중 2013년: 최소 16% 이상 / 60% 이상 (응답자의 48%) 향후 시장이 주력분야가 될 것으로 예상	초과 비용
Asia	2008년: 0~5% 비중 2013년: 60% 이상 (응답자의 73%) 매우 빠른 성장 예상	초과 비용
Middle East /North Africa	2008년: 0~5% 비중 2013년: 최소 16% 이상 /60% 이상(응답자의 59%) 빠른 성장 및 매력 시장으로 급부상 가능	관련 전문가 부족

* Global Green Building Trends, McGraw Hill Construction, 2008, pp.8~14의 내용을 요약 재구성
표에 제시된 각종 수치는, 상기 보고서가 조사대상 45개국의 관련 전문가 700명 이상을 대상으로 각 시장의 현황과 특성을 조사했을 때, 응답 전문가가 인식하는 주관적인 비중이나 수치임.

(가) 미국

- 전체 건설시장 중 녹색빌딩 성장세가 가파르게 증가하고 있음(100대 기업을 중심으로 설계 및 건설시장이 매년 60%의 성장세). 이는 2020년부터 주거용 건축물, 2025년부터 비주거용 건축물을 대상으로 제로에너지 의무화를 목표로 하고 있기 때문으로, 녹색 빌딩이 전체 건설 시장의 10%를 차지하며 녹색빌딩 시장 규모는 최대 3,000억불에 달하는 것으로 추정됨. 상업용보다 주거용 시장이 2배 더 크게 나타나고 상업용은 10%가 녹색 빌딩으로 추진 예상되고 주택용은 16%이상이 녹색 주택상품으로 예상됨.

표 1.6 미국의 신규 리모델링 시장 규모
(출처: McGraw Hill Construction Report, 2008)

구 분	2006	2010
U.S Market	$ 12 Billion (new) $ 130 Billion (Renovation)	$ 30 – 60 Billion (new) $ 240 Billion (Renovation)
Commercial & Institutional	$ 4 Billion (new)	$ 10 – 20 Billion (new)
Residential	$ 8 Billion (new)	$ 20 – 40 Billion (new)

(출처: Key trends in the US Construction Market place. 2008)

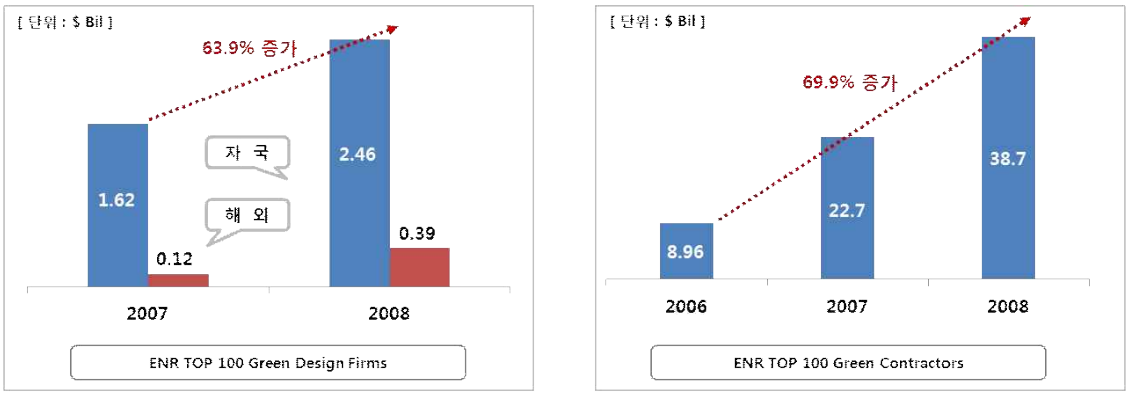


그림 1.37 미국의 신규/리모델링 시장 규모

- 미국의 상업과 주거부문의 녹색빌딩 시장은 2009년 $52.3 billion 에 달할 것이고, 2013년까지 $128.6 billion으로 성장할 것으로 보임. 2009년에는 상업과 기관부문 시장($26.5 billion)규모가 주거시장규모($25.8 billion)보다 약간 클 것으로 보고 있지만, 2013년에는 주거시장규모가 상업부문 시장규모보다 $2.6 billion 정도 클 것으로 예상함.
- 상업과 기관의 녹색빌딩 시장은 2009년에서 2013년 사이 연평균 24.3% 성장할 것이며, 2013년에는 $63 billion의 규모가 될 것임. 또한 주거부문의 녹색빌딩 시장은 2009년에서 2013년까지 연평균 26.5% 성장할 것으로 보이며, 2013년에는 $65.6 billion 의 규모가 될 것으로 예상함.



그림 1.38 미국의 녹색빌딩 시장 규모
(Environmental leader 보고서)

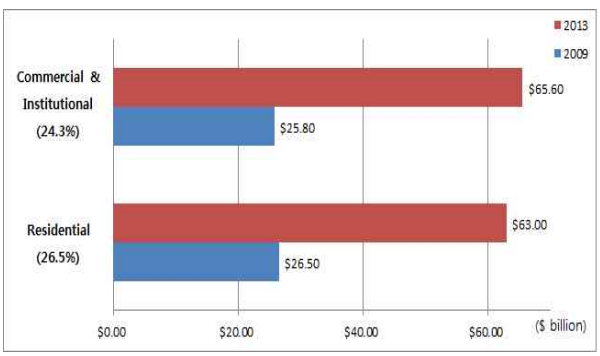


그림 1.39 미국의 분야별 녹색빌딩 시장 규모
(McGraw-Hill Construction Report, 2008)

(나) 유럽

- 유럽에서는 2001년에 패시브 하우스 보급 실증 사업인 CEPHEUS(Cost Efficient Passive House as European Standards)가 마무리되었으며, 그 경험을 바탕으로 현재 독일과 오스트리아에서 초기 시장이 형성되고 있음.
- 국제에너지기구(IEA)에 따르면 오스트리아의 Upper Austria주에서는 패시브 하우스의 보급이 2003년 2%에서 2006년 7%까지 증가했으며, 에너지 소모량이 패시브 하우스보다 조금 많은 수준인 저에너지 주택(Low energy buildings)은 31%에서 79%로 늘었음.
- 영국의 경우, Building Regulation Part L에서 건축물의 CO2저감을 요구하고 있으며, 이에 따라 시공과정과 생산, 폐기 과정에서의 CO2저감이 가능한 그린 모듈러 빌딩의 적용이 확대되고 있다. 2007년 기준으로 약 4.2조원(2,316.9 £million)의 시장 규모가 형성.

(다) 일본

- 일본의 녹색 빌딩시장의 경우, 신규 부문의 성장 가능성은 크지 않음. 단, 기존 건축물에 대한 녹색 빌딩 시장이 증가할 것으로 예상됨. 특히, 일본의 환경에 대한 적극적인 대책은 향 후 녹색 리모델링 시장의 급속한 발전을 주도할 것으로 예상됨. 일본에서는 현재 녹색 빌딩이라 불리는 환경친화형 부동산이 증가하고 있음. 사무실 빌딩이나 부동산 개발 사업에서 녹색 빌딩 평가 시스템 중 하나인 CASBEE 인증취득을 장려하여 환경 친화성을 널리 홍보하는 회사가 급증하고 있음.

(라) 중국

- 현재 친환경•에너지 절감 건축은 중국 건축 산업의 새로운 성장 동력으로 주목을 받고 있으며, 특히 중국 정부의 4조 위엔(元) 경기부양대책 가운데 저에너지• 저 배출 및 친환경 산업 분야 및 건설, 부동산 분야가 큰 비중을 차지하고 있어 정부의 지원에 힘입어 앞으로 시장에 더욱 큰 반향을 일으킬 것으로 보임.
- 중국의 건축물에서 소모되는 에너지는 중국 전체 에너지 소모의 30%를 차지하며, 향후 10년 동안 중국의 녹색 건축시장 규모는 30조 위엔(元) 이상의 규모가 될 것으로 전망됨. 중국의 녹색빌딩 시장은 정부 주도의 에너지 절감 정책 등에 맞춰 이미 서서히 커지고 있음.
- 현재 중국의 에너지 절약형 건축물은 전체 중 5% 정도로 매우 적으며, 중국 건설부에 따르면, 중국의 건축물 총 면적은 400억㎡이며, 이중 최소 1/3인 130억㎡가 에너지 절약형으로의 개선이 필요함.

나. 녹색 빌딩 인증시스템

(1) 전세계적으로 친환경 건축 활성화, 건축물 에너지 절감을 위한 Green 정책도입

- 국제에너지기구(IEA)의 전략 추진계획에 제로에너지도시(Zero Energy City) 추진계획 포함
- 유럽연합(EU)은 2006년 1월부터 건축물 및 설비의 부위별 최소 성능기준에서 건물 전체의 종합효율을 관리하는 성능중심 총량개념으로 전환하는 강력한 건축물 에너지 기준 시행
- 영국은 2016년까지 자국내 모든 주택을 에너지를 전혀 사용하지 않는 'Zero Energy 주택' 보급계획을 수립함.
- 미국 "AIA Architecture 2030 Action Plan"은 건물분야 온실가스 저감 목표를 수립하고 법안 및 성능기준 도입 추진(50% in 2010, 친환경 설계와 자원보존)



출처: 미래형 친환경 고성능 건설재료 자재개발 및 이를 이용한 구조물 개발기획 연구

그림 1.40 전 세계 국가별 친환경 건축물 인증제도

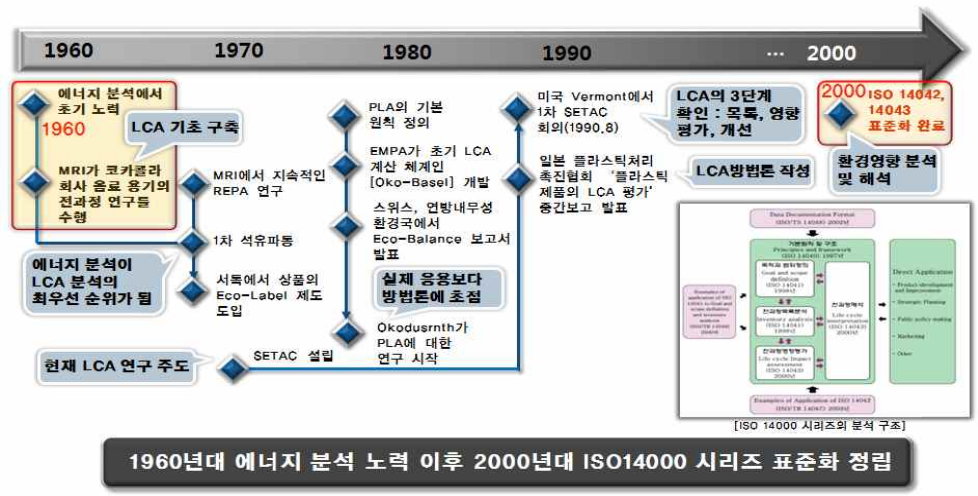


그림 1.41 전과정평가(LCA) 기술의 발전

(2) 탄소라벨링 국외 동향

- 탄소 라벨링은 유럽을 중심으로 아시아, 북미 등 세계적으로 확대되고 있으며, 현재도 정보가 긴밀하게 업데이트 되고 있는 중.
- 영국에서는 세계적으로도 발 빠르게 정부가 중심이 되어 탄소 라벨링의 책정, 표시 가이드라인을 구축하였으며, 민간기업 20사에서 파일롯 프로젝트를 실시하고 있음.
- 프랑스에서는 현재 정부가 산정 및 표시에 관한 일반 원칙을 책정 중에 있으며, 아직 영국의 수준까지 확대되고 있지는 않지만 환경정보표시에 관한 법안책정 등도 병행하고 있기 때문에 조만간 프랑스에서 판매되는 모든 제품에 대한 라벨링 의무화가 본격화될 전망임.
- 스위스는 탄소발자국의 특정 제품의 인증 라벨링을 실시하고 있으나, 수치의 표시를 하지 않는다는 점에서 영국, 프랑스와 차이가 있음.
- 그 외에도, 독일에서는 자주적으로 민간기업에서 탄소발자국 책정의 파일롯 프로젝트가 시작되고 있음.
- 아래 그림의 실선 상자의 국가는 실제로 라벨링을 표시한 상품을 시장에 도입한 국가이며, 점선 상자의 국가는 산정방법과 라벨링 도입을 검토중에 있는 국가를 나타냄.

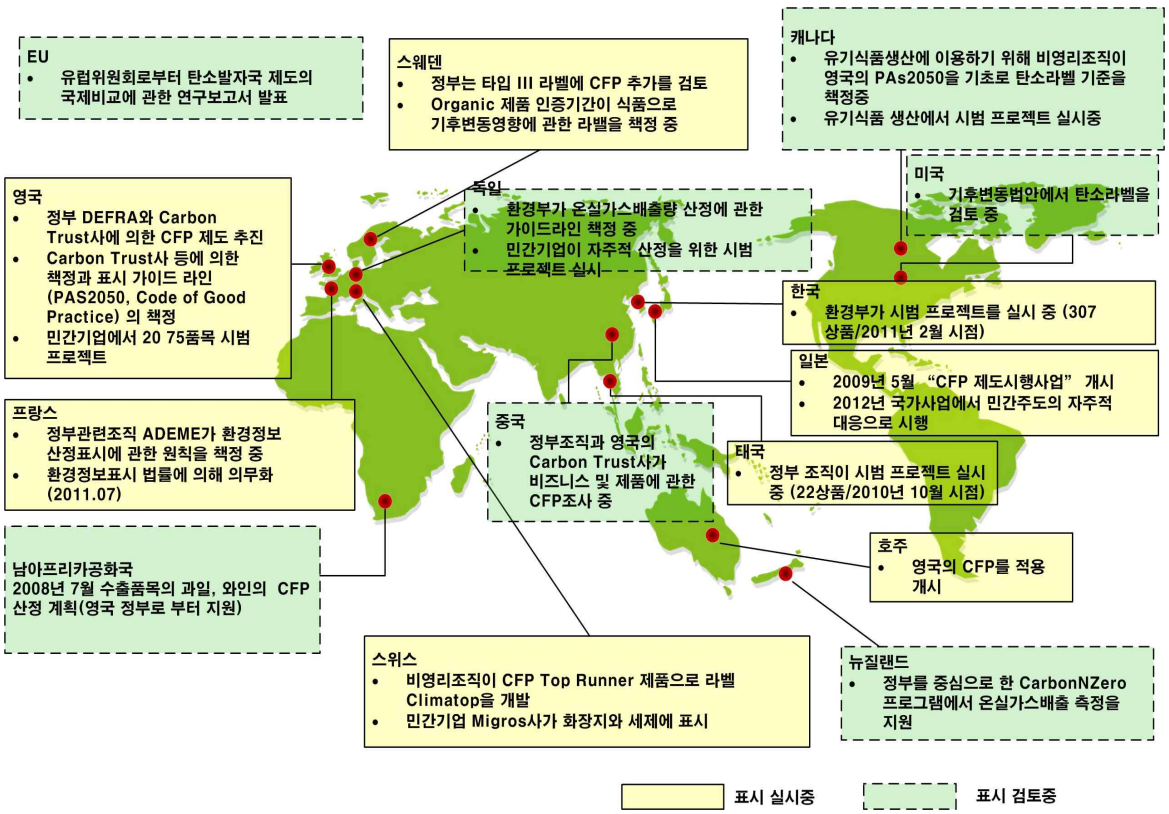


그림 1.42 탄소라벨링 국외 동향

(3) 국가별 녹색빌딩 인증시스템

- 녹색건물이 증가함에 따라 각 국가 혹은 국가내에서도 대상 건물의 친환경성을 평가하는 시스템이 개별적으로 개발 활용되고 있는 실정으로 대표적인 것을 표에 정리하였음[7].

표 1.7 국가별 녹색 빌딩 인증 시스템 소개

BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), 영국	LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), 미국
○ Building Research Establishment사에서 1998년 최종 개발 ○ 평가 스케일 - pass, good, very good, excellent ○ 9개 성과측정 항목 - management, energy use, health and well-being, pollution, transport, land use, ecology, materials, water	○ US Green Building Council에서 2000년 개발 ○ 평가 스케일 - certified, silver, gold, platinum ○ 6개 성과측정 항목 - sustainable sites, water efficiency, energy and atmosphere, materials and resources, indoor environmental quality and innovation in design
HQE (High Environmental Quality), 프랑스	**CASBEE(Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency), 일본**
○ 1996년 조직된 HQE Association에 의해서 인증되는 프로그램 ○ 9개 성과측정 항목 - energy, water, maintenance, building site, noise and comfort, material, overall cost of operation	○ Japan Sustainable Building Consortium에서 개발하여 2002년 시작 ○ 평가 스케일 - C(poor), B-, B+, A and S(excellent) ○ 6개 성과측정 항목 - energy efficiency, resource efficiency, local environment, indoor environment

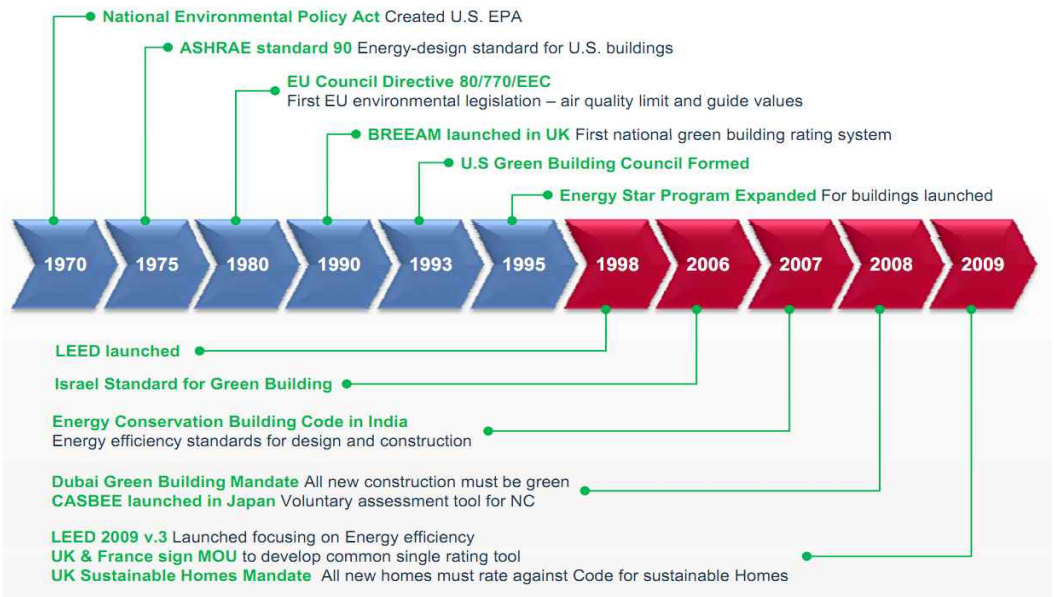


그림 1.43 세계 녹색건축물 인증제도 변천

7) SmartMarket Report, McGraw Hill Construction, 2008

(4) 세계 주요 녹색건축물 인증제 경향분석

- 아래와 같이 세계 주요 녹색건축물 인증제는 인증 활용성 확대, 이용자 편의성 강화, 민간주도 시장성 확대로 시스템화 되었음을 알 수 있음



그림 1.44 세계 녹색건축물 인증제 경향분석

(가) LEED (미국)

- 미국 USGBC에 의한 친환경건축물 인증제인 LEED는 법률적인 의무사항은 아니나 친환경에 대한 사회적인식의 확산으로 최근 들어 매일 13만㎡의 면적이 LEED에 등록되고 있음. 또한 전 세계적으로 10만개의 건축물이 등록되었음.
- 미국 내 상업건물은 2010년 35,350개의 상업건물이 LEED 인증을 신청하였음.

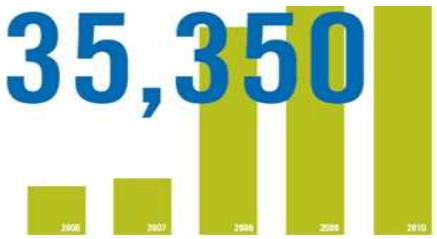


그림 1.45 상업건물에 대한 LEED인증 신청현황
(자료출처: USGBC)

- LEED인증 심사비용은 아래 그림과 같으며 연면적 USGBC회원이 설계 및 시공 동시리뷰를 신청했을 경우, 등록비 포함하여 연면적의 비례에 따라 아래와 같음.

  - $900 + 215,285sqft(20,000m2)x $0.045/sqft = $10,588
    (약 11,300,000원, 2011년 7월 1일 환율기준)

- 여기에 심사에 대한 어필비용이 LEED Credit당 $550이 추가되고 온라인을 통한 의견조회에 항목 당 $220이 소요될 수 있음.
- 하지만, 국내에서 LEED인증을 추진하는 경우, 인증 세부항목의 기준이 미국 ASHRAE 등과 같은 미국기준이 적용되며 관련전문가가 매우 적은 관계로 원활한 인증협의를 위해 해외 LEED 컨설던트 및 커미셔너의 고용이 필수적인 상태이며 이에 대한 외주 비용이 발생하고 있음.

- USGBC에서는 소프트웨어를 사용하여 LEED 인증을 온라인 상으로 자동화 하는 LEED Automation(소프트웨어를 사용하여 LEED 인증을 온라인 상으로 자동화 하는 시스템)을 발표하였으며 현재 LoraxPro와 함께 여러 소프트웨어 회사들이 LEED 인증을 위한 자동화 프로그램을 개발 중에 있음. 특히 LoraxPro에서는 모바일용 어플리케이션 제작.



그림 1.46 LoraxPro LEED 모바일용 어플리케이션

- 이 LEED 인증 자동화는 LEED 인증에 대한 가장 비판적 문제였던 비용 문제와 행정적 어려움의 문제를 해결할 수 있는 중요한 수단이 되고 있으며 USGBC는 LEED Automation을 통하여 인증 절차를 간소화 하여 이에 참여하는 프로젝트의 숫자를 증가시키는 노력을 하고 있음.
- 국외에서는 전세계적으로 보급이 확대되고 있는 LEED를 선두로 온라인을 활용한 인증의 자동화 시스템을 개발중에 있으며, 특히 모바일용 어플리케이션을 제작하는 등 인증절차의 간소화와 편의성을 증진하기 위해 노력하고 있으므로 이러한 사례를 벤치마킹하여 활용할 필요성이 있음

(나) HQE (프랑스)

- 프랑스에서는 1996년 조직된 HQE Association에 의해 인증되는 Eco-Building 프로그램으로 Agence regionale de l' environnement et des nouvelles energies와 같은 지자체에 의해 추진되고 있음.
- HQE의 평가분야는 에너지, 물, 유지관리, 대지관련, 소음과 쾌적성, 재료, 운용비용 등으로 구성되어 있음.
- 특히 주거와 학교시설에 대해 먼저 의무적으로 적용하고 있음.

Sectors	Themes	Aspects considered
Housing: Individual housing Social housing Private collective housing **Tertiary:** Offices High schools Secondary schools Infant/nursery schools Health Gymnasiums Swimming pools Canteens	Energy	Consumption (heating, hot water, lighting, specific electricity) Contribution to reducing the greenhouse effect
	Water	Consumption of drinking water, Rainwater harvesting
	Maintenance	Cost of operating the building
	Building site	Building waste Noise pollution generated by the building site Occupational accidents
	Noise and confort	Acoustic comfort
	Materials	Wood - material
	Overall cost of operation	Costs of HQE investment, saving on the operating costs, etc.

그림 1.47 HQE인증 대상 건축물 및 평가분야

(자료출처: HQE Challenges for 2010 in the Ile-de-France Region, 2010)

(다) CASBEE (일본)

- 2001년 건축물의 종합적 환경성능평가를 위해 일본 국토해양성의 지원 아래 JaGBC (Japan Green Building Council)와 JSBC(Japan Sustainable Building Consortium)에 의해 개발, 인증되는 건축환경종합성능평가시스템으로 국토교통성에 의해 추진되고 있음.
- 건축물의 환경품질성능(Q)에 대한 환경부하(L)의 양 측면에서 평가하며 건축물 환경효율(BEE, Building Environmental Efficiency)이라는 정량적 지표로 2009년 8월까지 80여 건물이 인증되고 있음. (그림1.80)

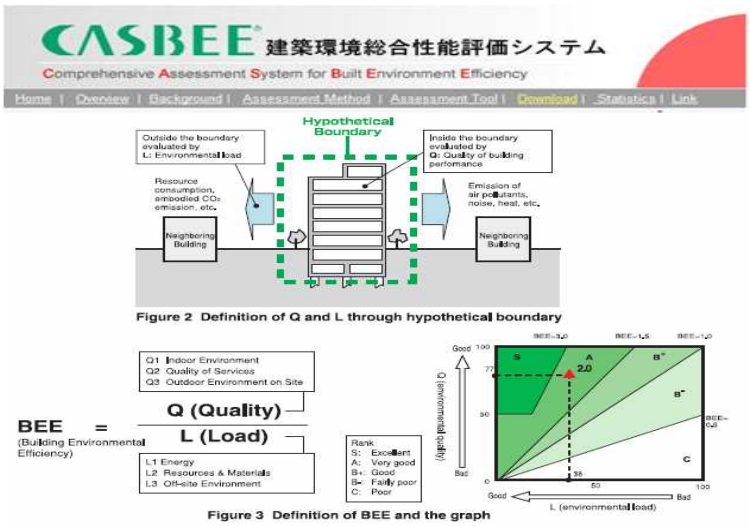


그림 1.48 CASBEE 인증 평가범위 및 평가체계(자료출처: CASBEE, 2008)

다. 국외 전문가 양성 프로그램 현황

- 녹색건축물 인증 기술의 선도국가들은 평가 전문가 양성 프로그램을 운영하고 있음

표 1.8 국외 전문가 양성 프로그램 예

구분	BREEAM ASSESSOR	LEED AP	ENERGY ASSESSOR
개발국	영국	미국	영국
주관 법인	BRE(Building Research Establishment, 민간위원회)	GBCI(미국 녹색건축위원회,교육기관)	-
자격증 연계여부	BREEAM ASSESSOR	LEED AP	ENERGY ASSESSOR
수업 방식	강의 + Workshop, Training Course 이수 및 Test, 과제 수행	강의 + Workshop, Project 참여	강의 + Workshop, 현장교육 및 Test, 과제 수행
주요 교육 내용	· 인증을 할 수 있는 기술적인 방법 · 평가사로서의 전반적인 진행과정 · 친환경건축물의 개요	· 인증 시스템 소개 · 기술적인 데이터 분석 및 코디 · 전반적인 친환경건축물	· 에너지 및 친환경 관련 · 에너지, CO2생성 및 설비시스템 관련 · 국가인증 시뮬레이션 소프트웨어 사용 관련 · 에너지인증서(EPC 등) 작성 관련

3. 정부지원정책 현황

가. 관련법령, 정부 정책 및 담당기관

(1) 저탄소 녹색성장 건설분야 정책 동향

- 우리나라는 저탄소 녹색성장을 국정기조로 하여 저탄소 녹색성장기본법을 제정하고 모든 산업에서의 탄소저감 노력을 기울이고 있으며, 이에 따라 국토해양부에서도 저탄소 건설산업 활성화를 위한 정책수립 및 연구개발 투자를 확대

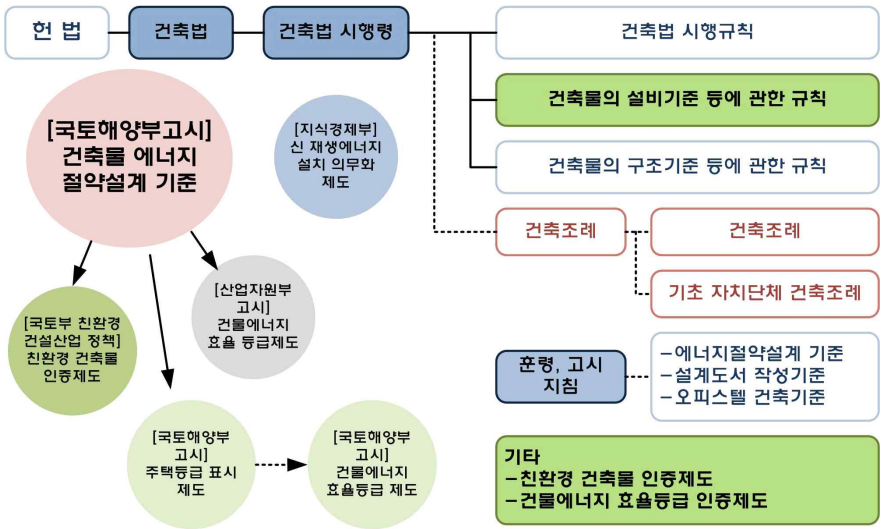


그림 1.49 정부의 저탄소 녹색성장 건설분야 정책 흐름 (국토행양부 제정)

표 1.9 우리나라 녹색성장관련 건설산업의 정책 추진

년도	주요추진 내용
2008.08	이명박 대통령의 건국60년 기념사에서 향후 60년의 국가비전으로 저탄소 녹색성장 제시
2008.09	기후변화대응을 위한 “기후변화대응 종합기본계획” 수립 (기후변화대책기획단)
2009.10	에너지 절약형 친환경 주택 - “친환경 주택 건설기준 및 성능 고시(주택건설 기준 등에 관한 규정(대통령령)
2009.11	2020년 국가 온실가스 감축목표는 “배출전망치(BAU)대비 31% - 녹색성장위원회
2010.04	저탄소 녹색성장기본법 시행령 - 녹색성장위원회
2010.04 ~	2025년까지 “제로에너지 건축물” 의무화 - 국토해양부 - 건축물 에너지효율등급 인증제도 - 친환경 건축물 인증제도 - 그린 홈 인증제도 등 2012년도 건축공사표준시방서 개정 - 녹색성장 변화 대응 - 첨단 건설기술 개발 내용 대응 - 친환경 건축시방 추가

(2) 녹색건축 관련 정책 및 제도 동향

(가) 녹색건축 관련 국내 제도 변천

- 국내의 녹색건축 관련 제도는 개별 사양관리 위주에서 통합성능 중심으로 변천하였으며, 최근에는 건축물의 온실가스 저감 중심으로 정책의 전환이 이루어지고 있음.



그림 1.50 녹색건축 관련 국내 제도 변천

(나) 건축물 부문 단계적 에너지 감축목표

- 국토해양부에서 제시한 녹색건축물 활성화 방안에 따르면 2005년 대비 동일수준으로 2020년까지 건축물에 의한 온실가스 배출량 31% 감축을 목표함. 주요 추진과제로는 신규 건축물의 에너지 기준 강화, 기존 건축물의 에너지효율개선 촉진, 건축물 사용자의 에너지 절약 유도, 녹색건축 기술개발 및 인프라 구축이 있음. 녹색 건축물 보급 및 확산을 통해 ' 20년 건축부문에서만 최대 약 6,3000만T CO2의 온실가스 감축을 예측하고 있으며, 이를 통해 국내 녹색 건축 시장을 확대해 나갈 계획임.
- 에너지 소비절감 및 탄소배출량 감소를 위한 에너지 절약형 친환경 주택의 건설기준 및 성능을 마련하여 친환경 주택을 건설하기 위한 제도적 기반을 마련하고자함. 친환경주택 건설기준 및 성능고시(2009.10.20) 현행 법 기준 에너지저감율 대비 최소 10%, 60㎡ 초과주택은 15% 이상 설계해야 사업승인 가능함, 에너지 절감율에 따라 취·등록세를 5 ~ 15% 감면함. 이후 2010년 6월 30일 친환경 주택 건설기준 및 성능 고시를 개정하여 15 ~ 20%로 에너지 사용량 또는 이산화탄소 배출량 저감을 강화함. 이는 국가 온실가스 감축 목표에 따라 제로에너지까지 단계적으로 강화해 나갈 것임.

- (신규 건축물의 에너지기준 강화) 주요 에너지소비 요인인 난방에너지 저감을 위해, 열손실이 가장 큰 단열기준을 2012년까지 2배 수준으로 강화하고, 외벽 및 지붕 등의 단열기준도 점진적으로 강화하고, 건축물 틈새로 빠져나가는 열손실 방지를 위한 기준(기밀성 등) 마련, 증가 추세에 있는 냉방에너지 저감을 위한 설계기준신설 (2010), 건축 허가 시 단열, 설비 등의 요소별 적용수준을 평가하는 에너지 절약계획서 제출대상을 모든 용도로 확대하고, 허가기준을 상향조정(~2012), 신규 건축물 허가 시 창호 등 부분별 평가 대신 연간 에너지소비량을 평가하는 에너지소비총량제 도입(2010)과 건축물 유형별 연간 에너지소비량 기준을 단계적으로 강화.
- (기존 건축물의 에너지효율개선 촉진) 건물 임대 · 매매 시, 연간 에너지소비량 및 온실가스 배출량 등을 표시한 에너지소비증명서 발급을 의무화(2012년)하고 에너지등급이 낮은 저효율 건축물은 에너지 성능 진단을 의무화하고, 개선권고(2013년), 친환경건축물과 에너지효율등급의 기존 인증 제도를 기존 건축물까지 확대 적용(2011년) 하여 자발적 참여에 의한 온실가스 감축 유도하고, 인증 받은 건물에 대해 취 · 등록세(최대 15%) 및 환경개선부담금 감면(2010년)



그림 1.51 온실가스 배출량 감축 목표 (주거용, 비주거용)

(3) 녹색 건축물 인증관련 국내 정책

(가) 건축물 에너지 절약 설계기준 (국토교통부)

- 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙으로 건축물 에너지소비 최소화를 통한 온실가스 감축대책에 적극 대응코자 에너지절약설계기준의 효율적 이행 조치 기준임.
- 50세대 이상 공동주택 등 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제 22조에서 정하는 일정 규모 이상의 신축건물은 에너지성능지표(EPI) 검토서의 평점 60점 이상 취득해야 함.

(나) 친환경건축물인증제도 (국토교통부, 환경부)

- 건축물의 입지, 자재선정 및 시공, 유지관리, 폐기 등 Life Cycle을 대상으로 에너지 및 자원의 절약과 오염물질의 배출감소, 쾌적성, 주변 환경과의 조화 등 환경에 영향을 미치는 요소에 대한 평가를 통한 건축물의 환경성능 인증
- 2002년 공동주택만을 대상으로 인증제도를 시행하였으며 2003년부터 주상복합 및 업무용

건축물(리모델링 포함)로 확대하고, 2005년 학교시설 등의 공공건축물을 포함시켰으며, 2006년 판매시설 및 호텔 등 단계적으로 확대하고 있음.

(다) 건물 에너지 효율등급 인증제도(산업통상자원부/에너지관리공단)

- 신축 공동주택의 에너지 효율등급을 평가하여 에너지 효율이 우수한 건축물에 인증 부여
- 표준주택 대비 에너지 절감효율에 따라 1 ~ 3등급으로 구분
- 공공기관 에너지 절약 추진지침에 의거 공공기관이 신축하는 공동주택은 인증취득을 의무화하고 있지만, 민간 건설사의 경우는 자율 적용대상으로 인증취득 저조
  ※2008년 10월 현재 인증취득 현황: 총 212건(민간 60건)

(라) 건축물 에너지 효율 표시제도 도입(국가에너지기본계획, 2008)

- 건물 에너지 효율등급 인증제도의 적용대상 확대를 주요 내용으로 하는 건축물 에너지 효율 표시제도 도입 예정
- 민간 건설사가 신축하는 공동주택, 상업용 및 사무용 빌딩, 기존 주택 순으로 의무적용 대상 확대
- 최종적으로 건물 거래 시 해당 건물의 에너지 성능을 확인할 수 있도록 건축물 대장에 에너지 성능을 명시하는 방안 수립 중

(마) 주택성능 등급표시제도(국토교통부)

- 소음, 구조, 환경, 생활환경 등 주택의 주요성능을 등급화하여 공표함으로써 소비자에게 정확한 정보를 제공하고, 주택 건설기술의 발전을 유도하기 위하여 시행
- 주택건설기준 등에 관한 규정 제58조 제1항에 의거, 에너지성능등급 인정 의무대상이 기존 500세대에서 300세대로 확대함(2009.1.7, 대통령령 제21258호)

(4) 저탄소 건설재료 관련 정책

(가) 건설재료 연구개발 지원 및 설계기준의 Global Standard化 정책

- 건설재료 분야의 R&D 투자규모를 확대하고, 건설업체와 건설재료 생산 업체간 공동기술개발 적극 장려(제3차 건설산업진흥기본계획(2008~2012), 국토교통부)
- 설계 및 시방기준을 자재표준 등 사양중심에서 성능위주로 전환하여 신공법 등 기술개발 유도(2009, 국토교통부)

(나) 환경마크제도 (환경부/친환경상품진흥원)

- 제품의 환경정보를 소비자에게 제공하고, 기업으로 하여금 친환경 제품을 생산하도록 유도하는 제도
- 2009년 2월 현재 1,513개 업체, 6,167개 제품이 환경마크를 취득하고 있음. 건설자재류는 전체 인증대상의 약 11% 정도를 차지하고 있으며, 내·외장재가 가장 많은 부분을 차지하고 있음.

표 1.10 건설자재류 환경마크 인증 현황

대상제품군	업체수	제품수
EL241. 페인트	78	430
EL242. 벽지	10	24
EL243. 보온 · 단열재	24	64
EL244. 건설용 방수재	9	15
EL245. 투수콘크리트 제품	6	18
EL246. 실내용 바닥장식재	50	136
EL248. 벽 및 천장 마감재	18	48
EL249. 층간소음 방지재	2	3
EL250. 창호	9	39

자료: 친환경상품진흥원

(다) 건설폐기물의 재활용 촉진에 관한 법률 및 하위 법령

- 2005년 건설폐기물의 재활용 촉진에 관한 법률 및 하위 법령을 제정하여 건설폐기물을 친환경적으로 처리하고 폐자원을 고부가가치화 할 수 있는 제도적 기반 구축

(라) 친환경상품 구매 촉진에 관한 법률

- 2005년 재활용 제품에 대한 수요 촉진을 위하여 “친환경상품 구매 촉진에 관한 법률” 을 제정하여 공공기관의 재활용 제품 우선구매제도 시행

(마) 건축재료 관련 온실가스 배출량 평가 정책 동향

- 국내에서는 제품의 국가기반산업 및 기초 소재별 국가표준 환경성 정보(LCI D/B)구축사업으로 1998년에 LCI DB 158개 구축, 추가적으로 2005년 13개, 2008년 32개를 구축하였으며 2011년까지 53개 제품의 LCI DB 제/개정을 위한 사업이 진행 중.
- 한국은행에서는 매 5년마다 ‘산업연관표(Input-Output Table)'를 발간하고 있으며, 이 자료에서 생산유발계수나 투입계수를 건설자재 투입 원단위로서 부분적으로 활용할 수 있으나, 동 자료는 금액 베이스의 원단위이며, 열간압연제품, 시멘트 제품 등과 같이 중분류로 발표되고 있어 널리 활용하기에는 제약이 존재함.
- 국토해양부는 2010년에 시설물 전생애 온실가스 배출량 산정방법 개발하고 시범 적용하였음.

표 1.11 LCCO2 보급기술 관련 정책동향

제도	환경표지(마크)제도	환경 · 탄소성적표지제도		녹색인증제도(녹색기술/녹색사업분류)
		환경성적표지제도	탄소성적표지제도	
개요	친환경적인 제품에 환경마크를 부여하는 제도	제품의 전과정에 걸쳐 발생하는 환경성 정보를 계량적으로 표시하는 제도	제품의 탄소배출량을 환경마크에 표시하는 제도	유망 녹색기술 및 사업을 정부가 인증하고 혜택을 제공하는 제도
시기 / 기관	1992년4월 환경부, 한국환경산업기술원	2001년2월 환경부, 한국환경산업기술원, 환경보전협회	2009년2월 (08년5월공청회)환경부 한국환경산업기술원	2010년1월 전담기관: 한국산업기술진흥원-녹색인증사무국 평가기관: 지식경제부, 환경부, 국토해양부 등
인증의미	환경성 우수제품 여부 판단	정량적 환경정보 제공	정량적 탄소정보 제공	환경성우수기술 · 사업 · 기업 여부 판단
평가방식	전과정 사고	제품의 전과정 평가	제품의 전과정 평가	녹색기술: 기술성, 시장성, 녹색성 녹색사업: 기대효과, 활용성, 타당성
표시형식	인증마크	인증마크 + 수치값	수치가 표시된 인증마크	인증마크
		 스프레드시트, 그래프		
특징	가장 활성화됨	-	지면광고 뉴스레터의 제품 홍보 정부와 공공기관의 포상 추천	융자지원확대, 판로 · 마케팅 지원, 사업화 기반 구축, 사업화 촉진시스템 구축
법적 근거	환경기술개발 및 지원에 관한 법률 제17조	환경기술개발 및 지원에 관한 법률 제18조		저탄소 녹색성장 기본법 [시행 2010. 4.14], [법률 제9931호, 2010. 1.13, 제정]
장점	환경성이우수한 제품을 인증마크의 유무만으로 소비자가 쉽게 판단 가능	환경부하 전체에 관한 객관적이고 정확한 정보제공 가능	탄소에 관한 정보만을 인증마크에 포함시켜 소비자가 쉽게 판단 가능	환경성 우수기술, 우수사업, 우수기업의 활성화 정부의 다양한 지원과 혜택 기대 가능
단점	상세한 정보 제공이 어려움	전문지식이 부족한 소비자가 어떤 것이 환경성이 좋은 제품인지 판단이 어려움	-	-

국토교통부
Ministry of Land, Infrastructure and Transport

녹색건축물 활성화를 위한

온실가스 배출량 평가 및 통합인증시스템 구축

제1장. 연구개발과제 개요

제2장. 연구개발 수행 내용 및 결과

제1절. 연구개발결과 요약
제2절. 연구개발 수행내용

제3장. 최종 연구성과 및 적용실적

제4장. 연구목표 달성 및 효과

제5장. 연구성과의 활용 및 추가연구 필요성

제 2 장 연구개발 수행 내용 및 결과

제 1 절 연구개발결과 요약

세 부	연구 내용	연구 결과
1세부	▪ 국가 건축물 온실가스 베이스라인 산정 방법론 개발	▪ 국내외 건축물 관련 온실가스 배출량 산정 방법론 분석(AMS-Ⅱ.E, AMS-Ⅱ.Q, AM0091 등)하여 국내 적용성 검토 ▪ 2차년도 건축물 온실가스 배출량 특성 분석 결과를 활용하여 건물부문의 온실가스 배출량 결정요인 도출하여 베이스라인 선정 기준에 적용 ▪ 국가 건축물 온실가스 예상 배출량 산정 방법론 수립
	▪ 건축물 온실가스 베이스라인 산정	▪ 수립된 방법론을 개별 건축물에 적용하여 배출량을 산정·분석 ▪ 대표 건축물(부문, 용도) 선정하고 실 개별 건축물 및 에너지 정보(면적, 용도, 건축년도, 가스·전기 ·수도 사용량 등) 수집 분석 ▪ 방법론에 대한 검토 및 보완
	▪ 건물부문 온실가스 베이스라인 검증가이드라인 개발	▪ QA/QC 가이드라인, 모니터링 방법론, 불확도 평가 방법론 개발 - 평가 체계 및 절차, 오류발생을 예상하고 수정하기 위한 체계 수립 ▪ 건축물 예상 배출량 산정, 감축량 예상, 검증에 대한 매뉴얼 개발
2세부	▪ 에너지원별/용도별 에너지 사용량 평가 방법 도출	▪ 건물의 기본 정보와 에너지원별 사용량 정보를 이용하여 건물의 주요 에너지원의 사용량 평가 방법 도출 ▪ 용도에 따른 에너지 사용량 기준 검증 및 적정성 평가를 통한 건물 용도별 에너지 사용량 평가 방법 도출
	▪ 운영단계 에너지 분석을 통한 평가 기준 정립	▪ 건물 에너지 보니터링 결과 분석을 통한 건물 에너지 성능평가
	▪ 건물 에너지 사용량 평가/분석을 위한 에너지 모니터링 소프트웨어 개발	▪ ASHRAE Inverse Model Toolkit을 이용한 건물 에너지 사용량 패턴 분석 ▪ 국토부 건축물 에너지 DB를 활용하여 건축물 에너지 성능평가 결과 도출

3세부	▪ 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 개발	▪ 공동주택 건축도서를 분석하여 탄소배출 95% 이상의 탄소배출 주요 건축자재 7종을 도출하고 주요 건축자재별 전과정 시나리오 구축을 통해 주요 건축자재 기반의 전과정 탄소배출량 평가기술을 개발함. ▪ 탄소성적표지인증제도의 탄소배출량 평가방법과 범위를 분석하여 탄소성적표지인증 취득제품의 원단위 연계기술을 구축하고 건축물 에너지효율등급인증서의 평가결과와 연계 가능한 운영단계의 탄소배출량 평가기술을 구축함. ▪ 상기 기술을 종합하여 건축물 전과정 탄소배출량 평가 프로그램(BEGAS 2.0)을 개발함.
	▪ 건축물 전과정 온실가스 배출량 산정 KS 인증 표준안 개발	▪ ISO 21931-1, ISO 14040 등 국내외 건축물 온실가스 관련 표준 및 최신 연구자료를 분석하여 건축물 전과정 단계별 온실가스 산정 방법론을 구축함. ▪ 상기 방법론을 준용하여 KS 제정안 형태의 건축물 전과정 온실가스 배출량 산정 KS 표준안을 작성함.
	▪ 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 시범사업	▪ 4-1세부와의 연계연구를 통해 위탁연구기관(SH공사)의 최근 공동주택 사업을 검토하고 시범사업 대상(마곡 7단지), 평가방법, 범위 등을 설정함. ▪ BEGAS 2.0을 이용한 시범사업 및 현장적용을 통해 BEGAS 2.0의 적용 가능성을 검토하고 저탄소 녹색건축 통합 인증시스템(GBI)의 시범사업을 지원함.
4-1세부	▪ 녹색건축물지수(GBI) 평가 및 적용	▪ 녹색건축물지수 산정 방법 ▪ 녹색건축물지수의 적용 ▪ 녹색건축물지수 제도화 방안
	▪ 녹색건축물 탄소금융지원제도 개발	▪ 녹색건축물 탄소배출권 거래제도 도입방안 제안 ▪ 녹색건축물 탄소배출권 거래제도 도입 타당성 검증
	▪ 녹색건축물 통합 인증제도 및 지원시스템 개발	▪ 녹색건축물 인증제도의 개념 ▪ 국내외 녹색건축물 인증제도 분석 ▪ 녹색건축물 인증기준 개발 ▪ 녹색건축물 지수산정
	▪ 웹기반 녹색건축물 통합 인증시스템 구축	▪ 웹기반 인증시스템 개념 및 현황고찰 ▪ 녹색건축물 웹기반 통합 인증시스템
	▪ 녹색건축 전문가 자격시스템 운용방향 설정	▪ 녹색건축 전문가 자격제도의 개념 설정 ▪ 국내외 전문가 자격제도 및 교육프로그램 분석 ▪ 자격종목 개발 방향 제안 ▪ 자격제도 활성화 방향 제안
	▪ 녹색건축인증제 홍보방안 및 인센티브 연계방안 제안	▪ 녹색건축인증제 홍보방안 현황고찰 ▪ 녹색건축인증제 인센티브 현황고찰 ▪ 녹색건축인증제 홍보방안 및 인센티브 방안 ▪ 녹색건축물 브랜드네이밍 및 Brand Identity 개발

4-1세부	▪ 근린주구 대상 녹색인증기준의 적용성 향상 및 경제성 평가체계 구축	▪ 녹색인증기준을 근린주구 유형별 실제 사례지에 적용하여 평가항목 및 기준에 대한 한계점을 분석하고, 전문가 자문을 거쳐 수정보완 ▪ 문헌 검토를 토대로 녹색인증제도의 효과식별 및 효과별 가치평가방안 모색 ▪ 관련법규 및 기존제도 검토를 토대로 제도화 방안 마련
	▪ 개방형 BIM기반 CO2 배출 및 통합인증평가시스템 개발	▪ BIM 템플릿 수정 및 보완 ▪ 건물거주성지수 및 탄소배출량 평가 지원을 위한 프로그램 개발 ▪ BIM 기반건물 거주성 평가 · 관리 시범사업 수행
4-2세부	▪ 녹색건축 인증기준 2013- v.2 개정안	▪ 에너지효율등급 개정에 따른 녹색건축 인증기준의 에너지성능 항목 개정 ▪ 주택건설기준 등에 관한 규정의 개정에 따른 주민공동시설 총량제의 산출기준 적용 ▪ 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙의 개정에 따른 단위세대 환기회수 개정 ▪ 신재생에너지 개발 이용보급 촉진법 개정에 따른 법규정의 적용 ▪ 관련 법령 개정시 제도 및 시장에 반영될 수 있도록 녹색건축 인증기준을 개정
	▪ 녹색건축 인증기준 2013- v.2 해설서	▪ G-SEED 2013 공동주택 해설서(2차년도 연구성과)를 바탕으로 신축건축물 대상 7개 건축물 용도에 대한 G-SEED 2013 v.2 해설서 마련 및 설계예시 및 평가방법 개정 ▪ 운영기관 및 인증기관에서 해설서 검토를 통해 용어의 해설, 평가방법, 산출사례, 제출서류, 참고자료 등이 반영될 수 있도록 해설서 작업
	▪ 녹색건축 인증기준 2013- v.2 영문판	▪ 공동주택 대상 G-SEED 2010 영문판(2차년도 연구성과)를 바탕으로 G-SEED의 국제적 홍보 및 국내외 인증기준 비교연구에 활용하기 위하여 영문판 개정 작업 진행 ▪ G-SEED 2013의 공동주택, 업무용 대상 영문판 마련 및 G-SEED 2013-v.2의 공동주택, 업무용 건축물 대상 영문판 마련

4-2세부	▪ 녹색건축 인증기준 2015 개정(안)	▪ 주거 및 비주거용 녹색건축 인증 심사결과에 대한 데이터 분석 및 해외 녹색건축 운영기관(BRE Global, USGBC, BCA)과의 교류 및 정책, 제도, 기준 비교(2차년도 연구성과)를 통해 방향 설정 ▪ 녹색건축물 인증의 현황 및 인증심사결과 통계조사 분석 및 인증절차의 문제점 및 개선사항 및 인증업무 효율 개선방안 조사 발굴을 통하여 G-SEED 대상 확대 및 인증체계 개선 ▪ LCA 개념의 평가항목별 배점 산출 방법론을 통하여 환경적, 공간적, 시간적 비용적 영향을 고려하여 각 평가항목별 배점 산출 ▪ G-SEED 평가항목별 건축물의 생애 주기에 따라 환경요소에 영향을 미치는 정도를 고려하여 7분위 척도의 환경적 영향 지표 마련 ▪ 인증기준 전문위원회 및 인증기관, 학계 및 산업계의 G-SEED 2015 검토를 통해 고시안 마련
	▪ 녹색건축 인증기준 2015 해설서	▪ G-SEED 2013-v.2 해설서를 바탕으로 G-SEED 2015 개정에 따른 수정 및 신설항목에 대하여 전문위원회 및 인증기관의 검토 및 보완 작업을 통해 G-SEED 2015 해설서 마련
5세부	▪ 건축자재 온실가스 배출량 평가 프로그램 개발	▪ 기 구축된 건축자재 온실가스 평가 방법론과 알고리즘을 이용하여 전과정 온실가스 배출량 평가 프로그램(BEGAS 1.0)을 개발함. ▪ 개발된 BEGAS 1.0 프로그램을 이용하여 현장시범적용을 하여 프로그램의 적용 가능성 및 유효성을 검증함.
	▪ 친환경 건축자재 평가 기준 개발	▪ ISO 21930, ISO 14040 Series, ISO 13315-1, EN15308 등 국외 건축자재 관련 전과정 지침 및 기준 연구자료를 분석함. ▪ 상기의 국외 기준 등의 자료를 준용하여 건축자재(콘크리트/시멘트)에 특화된 전과정 온실가스 배출량 평가지침(PCR)을 개발함. ▪ 건축자재 생산업체 실무자 및 전과정 평가 전문가로 구성된 심의회의를 통해 개발한 지침의 유효성을 검증하고 보완함.
	▪ 친환경 건축자재 통합시스템 개발	▪ 녹색건축 통합인증 프로그램(GBI)의 자료실에 친환경 건축자재(콘크리트/시멘트)전과정 평가 지침(PCR) 및 프로그램(CLAS)을 게시하여 연계시킴 ▪ 향후 개발된 타 건축자재들의 전과정 평가기준(PCR)을 업로드 할 수 있는 플랫폼을 구축함

제 2 절 연구개발 수행 내용

1 세부 건물부문 온실가스 상세 인벤토리 구축

기술개발 [에코아이]

가. 연구목표

▮ 최종목표	• 건물부문 온실가스 배출량 검증 가이드라인 개발
▮ 세부연구목표	1 건물부문 상세온실가스 인벤토리 산정 방법론 개발 2 건물부문 온실가스 상세 인벤토리 DB 3 건물부문 온실가스 상세 인벤토리 검증 가이드라인 개발

나. 주요 연구내용 및 성과물

1 건물부문 상세온실가스 인벤토리 산정 방법론 개발

- 건물부문 온실가스 배출원 분석 및 배출량 특성 분석
- 온실가스·에너지 목표관리제 운영지침 및 선진국 방법론 조사, 분석
- 건물부문 온실가스 배출량 산정 방법론 수립

▶

- 상세 인벤토리 산정 방법론 개발
- 엑셀기반 배출량 산정 툴 개발



2 건물부문 온실가스 상세 인벤토리 DB

- 건축물 특화 온실가스 상세 인벤토리 구축에 필요한 상세 DB 구축
- 건축물의 온실가스 배출에 영향을 미치는 인자에 대한 분석을 통한 데이터베이스 작성
- 건물 온실가스 배출량 산정을 위한 기반 데이터 수립

▶

- 건물 온실가스 통계 DB 구축
- 건물 온실가스 배출 특성 분석



(예 시) 시도별 가정부문 온실가스 배출량

3 건물부문 온실가스 상세 인벤토리 검증 가이드라인 개발

- 건물부문 온실가스 베이스라인 산정 방법론 개발
- 개발된 방법론을 시범사업 수행으로 베이스라인 및 예상배출량 산정
- 온실가스 배출량 검증가이드라인 개발

▶

- 신축 건축물 온실가스 베이스라인 산정 방법론
- 건물부문 온실가스 배출량 검증가이드라인



1. 건물부문 상세온실가스 인벤토리 산정 방법론 개발

가. 건물부문 상세온실가스 인벤토리 산정 방법론 개발

(1). 연구내용

- IPCC Guideline, 온실가스·에너지 목표관리제 등 온실가스·에너지 목표관리제 운영지침 분석
- 목표관리제 운영지침 분석을 통한 건물부문 상세 인벤토리 매뉴얼 체계 연구

(2) 분석결과 및 결론

- 기존 목표관리제 운영지침은 주로 산업부문에 초점을 두고 제작되어 기존 방법론으로는 건물에 대한 상세 인벤토리 구축에 한계가 있음. 목표관리제 운영지침에서 건축물은 하나의 시설로만 분류하고 있어 건축물의 배출시설에 대한 세분화, 에너지 사용 특성, 시설별 배출량 산정 방법 개발이 필요한 것으로 분석됨
- 건물부문 상세 인벤토리 구축 방법론 및 매뉴얼 체계는 현재 운영 중인 목표관리제 운영지침상의 방법론 및 체계를 큰 틀에서 유지하되 건물부문에 대한 상세 인벤토리 구축 방법론이 미비하므로 보완하여 건물부문 특화 상세 인벤토리 매뉴얼을 제작할 필요가 있는 것으로 분석됨

(3) 적용방안 및 향후내용

- 건축물 배출시설에 대한 세분화 및 시설별 정리, 에너지 사용 특성, 시설별 배출량 산정 방법 개발이 필요함
- 기존 관리업체 명세서 분석 결과 배출량의 60~80%이 전력 사용에 따른 배출이었으나, 배출시설이 구분되지 않아 상세 배출원별 배출량 파악이 필요함
- 목표관리제 운영지침의 틀을 유지하되 건물부문 상세 방법론이 미비하여, 추가사항 및 보완사항 정리

나. 선진국가의 건물 온실가스 상세 인벤토리 방법론 조사 및 벤치마킹

(1). 연구내용

- 선진국가의 건축물 상세 온실가스 인벤토리 산정 방법론 존재 여부 및 상세 배출량 산정 방법 조사. Carbon trust의 방법론 및 프랑스 Department of Climate Change의 방법론 수집 및 분석
- 선진국가의 건물 온실가스 상세 인벤토리 방법론 조사 및 벤치마킹을 위한 현장답사. 독일의 패시브 하우스 견학, World GBC Congress 참석, BRE 구성한박사 미팅, BRE Innovation Park 투어, CarbonTrust 미팅

(2) 분석결과 및 결론

- Carbon trust에서 제공한 'Energy use in office', 'Greenhouse gas emissions inventories for 18 european regions' 및 프랑스에서 제공한 'Organisation et methodes des inventires nationaux des emissions atmospheriques en france'의 분석결과 각 국가에서도 건축물의 상세 시설별 온실가스 산정 방법론은 존재하지 않는 것으로 파악됨
- 독일 패시브하우스는 견학은 프랑크푸르트 소재의 주거시설 SOPHIENHOF를 방문하였으며 조성 현황 및 주요기술 파악함. 영국의 건축물 온실가스 인벤토리 구축 현황 파악하였으며, 건축물 용도별 샘플건물을 취하여 시설별 에너지 사용 비율을 분석하고 있음. 목표관리제 지침 개발팀 및 건축물, 설비 등 분야별 전문가 자문 통한 방법론 개발시의 의견수렴

(3) 적용방안 및 향후내용

- 선진국가의 건축물 에너지 저감 방안(패시브하우스 등)을 연구하여 온실가스·에너지 저감 이행계획 수립 방법론 작성에 활용
- 녹색 건축물 관련 인증제도 및 시설 답사 결과를 바탕으로 가이드라인 수립 시 향후 동향을 반영할 수 있음
- 친환경 건축물 인증제도 관련 연구에 기초자료로 제공(4세부 연계)

다. 기존 목표관리제 지침에 누락된 건축물 시설에 대한 세분화, 시설별 상세 온실가스 배출량 산정방법 및 방법론 개발

(1). 연구내용

- 공조설비의 구조, 설계방법, 부하계산 방법 등 시설별 배출특성 분석
- 연료 및 전력의 계량 유형별 모니터링 방안 수립
- 시설별 에너지 사용설비 관련 자료 조사

(2) 분석결과 및 결론

- 공조설비는 그 규모의 결정이나 운영에 있어 가변요소가 많으며, 부하계산 등을 통해 그 규모 등을 사전에 결정하는 것으로 파악되었음. 추가적인 분석을 통해 온실가스 배출량과의 상관성 연구와 공조설비를 구성하는 기기에 대한 배출시설의 세분류가 필요한 것으로 분석됨
- 현행 목표관리제 운영지침상의 모니터링 유형은 연료구매량, 연료 직접 계량, 근사법에 따른 모니터링 유형이 존재함. 건축물의 주요 설비는 전력을 주요 에너지원으로 사용하나 설비별 전력사용량을 모니터링 혹은 산정 방법이 구축되어 있지 않아 상세 시설별 전력 사용량 모니터링 방법론 개발이 필요함
- 목표관리제 운영지침에서 86개 시설 중 1개의 시설로 분류하고 있는 건축물에 대하여 시설별 배출량을 산정하기 위해서는 건축물의 에너지 사용설비 분류화 필요한 것으로 분석됨

(3) 적용방안 및 향후내용

- 2차년도 DB구축 시 건축물의 세분화된 시설별 상세 온실가스 배출량 산정방법 및 방법론을 적용하여 신뢰도 높은 DB 구축 가능
- 온실가스 감축방안을 제시하여 2단계에서 개발·이용자가 인벤토리 구축 뿐만 아니라 감축량을 산정할 수 있는 DB구축 가능
- 건축물 특화 인벤토리 구축 매뉴얼을 사용하여 목표관리제 지정 관리업체(또는 건물소유주 등)가 건축물에서 인벤토리 구축 및 온실가스 배출 저감 이행계획 수립 시 가이드라인으로 활용

2. 건물부문 온실가스 상세 인벤토리 DB

가. 건물 온실가스 배출량 DB 구축 및 배출 특성 분석

(1) 연구내용

(가) 에너지 총조사보고서 활용 온실가스 배출량 산정 및 배출 특성 분석

- 2005년, 2008년, 2010년 3개년을 대상으로 분석
- 건물 관련 부문인 가정부문, 상업공공, 대형건물을 대상으로 함

표 2.1 에너지총조사 보고서 조사 내용

조사분야	조사 항목	조사결과
가정부문	주택, 가구의 일반사항 에너지원별 소비 에너지 이용기기 현황 에너지절약 설문조사	지역별, 주택형태, 가구원수 난방설비별 에너지소비 구조 용도별(난방/취사) 소비구조 설문조사 결과
상업공공	에너지원별 소비 에너지이용 기기 현황 용도별 에너지 소비 자가발전실적	업종별 에너지소비구조 용도별 소비구조 업종별 에너지원단위 자가발전현황 분석
대형건물	에너지원별 소비 냉난방설비 전력설비	업종별 에너지원별 소비구조 용도별 에너지원별 소비구조 업종별 면적당 에너지소비

(나) 공동주택 관리정보시스템의 온실가스 배출량 DB화 및 배출 특성 분석

- 공동주택 관리정보시스템 상의 CO2 상세 검색 통한 자료 취합
- 2009년~2012년 데이터를 대상으로 취합하여 분석



그림 2.1 공동주택관리정보시스템 C02 상세검색 화면

(다) 건물에너지 통합관리시스템 분석 및 온실가스 배출량 산정 및 특성 분석

- 서울시 강남구, 종로구, 영등포구의 3개구 데이터 분석
- 일반건물은 10,000m2이상의 모든 건물, 공동주택은 500세대 이상 2005년 이후 준공된 5개 단지 개별 세대로 구성된 데이터 활용

(라) 스마트미터기 설치 건물 데이터 분석

- 5개 기업 (신성솔라에너지, 신성이엔지, 신성에프에이, SHC, 에코아이)가 입주한 신성그룹 본사의 본관 건물을 대상으로 층별, 주요 설비별 스마트 미터기를 설치하여 전력사용량을 측정함
- 전력사용량을 토대로 온실가스 배출량을 산정하여 설비별 온실가스 배출 특성 분석

(2) 분석결과 및 결론

(가) 에너지 총 조사보고서 분석 결과

① 가정 부문

- 전국 총괄 온실가스 배출량 및 가구당 배출량 산정
- 16개 시도별 배출량, 월별 배출량, 건축 년도별 배출량, 사용건평별 배출량, 주택형태별 배출량, 소득수준별 배출량으로 구분하여 배출량 산정 및 정리

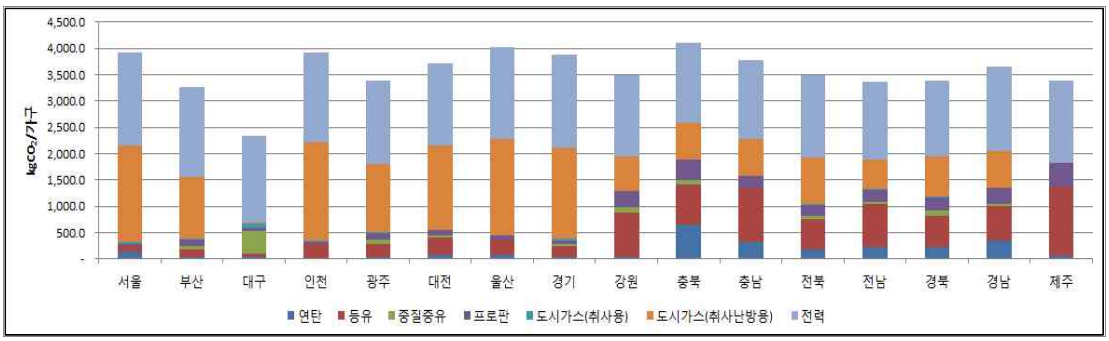


그림 2.2 전국 시도별 가구당 온실가스 배출량 (2010년도)

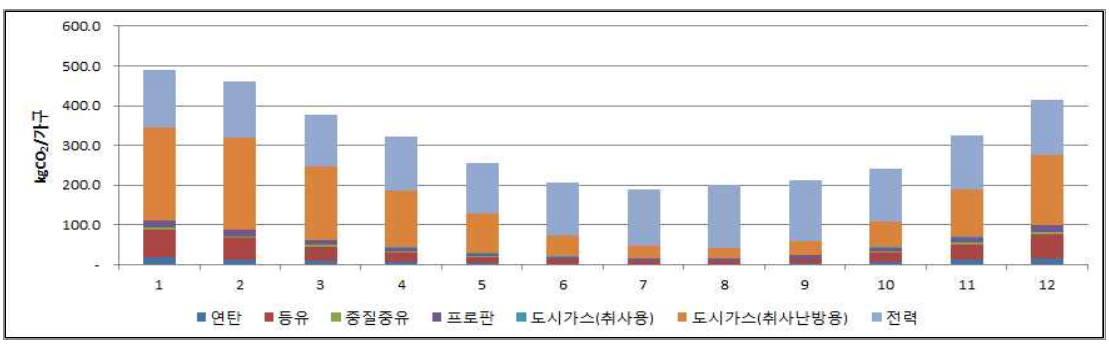


그림 2.3 가정부문 월별 가구당 온실가스 배출량 (2010년도)

② 상업 공공 부문

- 환경업, 도매 및 소매업, 숙박 및 음식점업, 금융업, 교육업 등 14개 업종군으로 분류하여 온실가스배출량 산정 및 정리
- 난방·온수, 냉방, 동력, 조명, 취사·기타 등으로 분류
- 약 80%의 온실가스배출량은 전력에 의한 배출량, 15%가량은 도시가스 사용에 의한 배출량으로 분석됨.
- 냉방, 난방 및 온수 사용에 의한 배출량이 전체의 54% 가량으로 절반이상 차지.

표 2.2 상업·공공부문 연료원별 온실가스 배출량 (2010년도)

연료	배출량(tCO_2)	비율(%)
연탄	480,383	0.7
등유	1,548,651	2.1
경유	308,117	0.4
경질중유	17,701	0.02
중질중유	225,446	0.3
프로판	1,678,840	2.3
부탄	21,898	0.03
도시가스	8,836,358	12.1
전력	60,062,297	82.1
합계	73,179,691	100.0

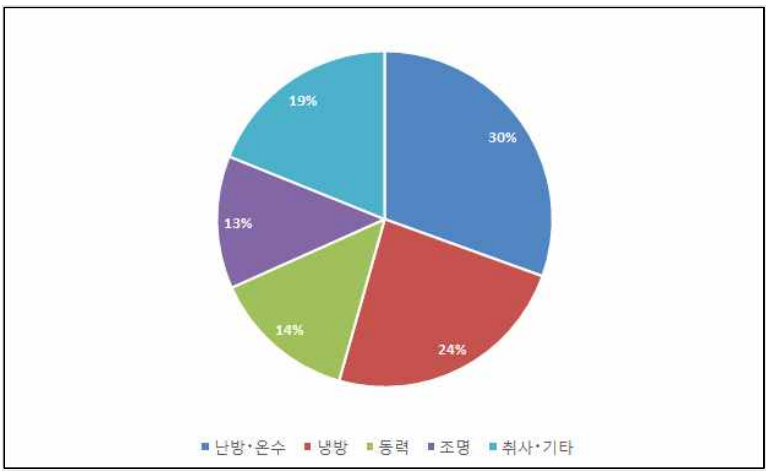


그림 2.4 상업·공공부문 용도별 온실가스 배출비율 (2010년도)

③ 대형빌딩

- 연간 에너지소비량 2,000toe 이상의 에너지 다소비건물 대상 전수조사 데이터 활용
- 일반빌딩, 공공빌딩, 백화점, 상가, 학교, 연구소, 호텔, 병원, 통신 등 업종별 온실가스배출량 산정
- 통신업종의 연면적당 온실가스 배출량이 가장 많은 것으로 분석되었으며, 이는 업종 특성상 전력소비량이 많은 서버 장비 등을 보유하기 때문인 것으로 파악.
- 연구소의 배출량이 두번째로 높았으며, 배출량 중 전력사용량이 타업종 대비 많은 비율을 차지하는 것으로 보아 업무시간이 길고 연구 및 실험장비의 운용이 잦기 때문으로 사료됨.

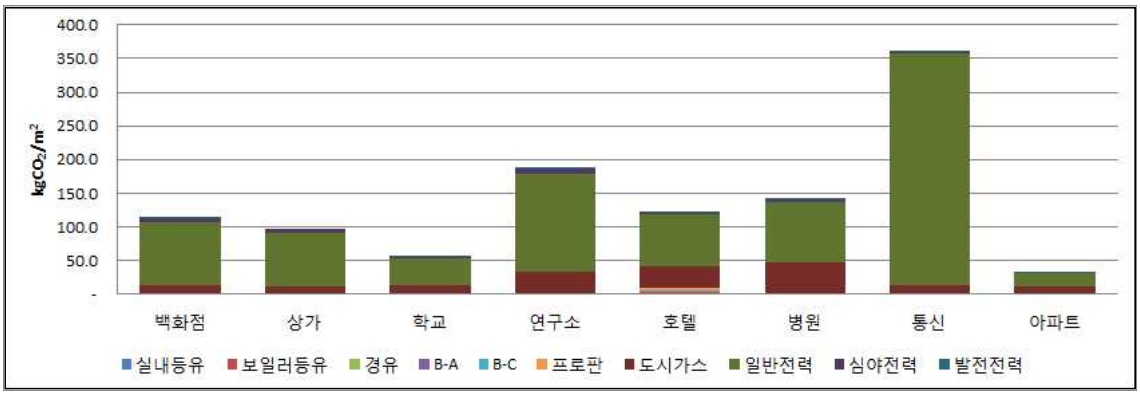


그림 2.5 대형건물 용도별 연면적당 온실가스 배출량 (2010년도)

표 2.3 대형건물 연면적당 온실가스 배출량 2010년도 (단위: kgC02/m2)

연료	백화점	상가	학교	연구소	호텔	병원	통신	아파트
실내등유	-	-	0.3	-	-	-	-	-
보일러등유	-	-	0.8	1.5	2.5	-	-	-
경유	-	-	-	0.3	0.3	0.3	0.3	-
B-A유	-	-	-	-	0.3	-	-	-
B-C유	-	-	-	-	1.5	0.3	-	2.1
프로판	-	-	-	-	5.3	0.6	-	-
도시가스	14.2	11.9	11.9	30.8	31.7	46.1	12.8	10.1
일반전력	93.2	79.3	40.8	145.9	77.6	89.9	345.4	18.4
심야전력	6.5	6.4	2.3	7.2	2.1	3.3	2.2	0.0
발전전력	0.8	-	0.3	0.1	0.9	1.4	0.0	0.8
합계	114.7	97.6	56.3	185.8	122.3	141.9	360.7	31.5

(나) 공동주택 관리정보 시스템 분석 결과

- 16개 지역별 (강원, 경기, 경남, 경북, 광주, 대구, 대전, 부산, 서울, 울산, 인천, 전남, 전북, 제주, 충남, 충북)의 단위면적(m2)당 CO2 발생량을 취합하고 분석함.
- 2009년에서 2012년까지 각 연도별로 지역별 부과면적당 CO2 발생량은 전반적으로 점차 증가하는 경향을 보이고 있음
- 2009년과 2010년을 비교해 보면, 경북과 제주 두 지역을 제외하고 2010년에 부과면적당 CO2 발생량이 모두 증가하는 경향을 나타내고 있으며, 2011년과 2012년의 경우 2011년의 수치가 전반적으로 높게 나타나고 있지만, 2010년에 비해 월등히 상승한 것을 알 수 있음.

표 2.4 지역별 공동주택 면적당 CO2 발생량 상하위 비교

(단위 : kgCO2/㎡)

구분	상위 3개 지역		하위 3개 지역	
2009	경북	18.1	전북	2.64
	서울	9.87	인천	3.41
	울산	9.11	충남	3.66
2010	경기	20.2	제주	6.63
	인천	18.43	전남	8.27
	서울	16.76	광주	10
2011	경기	43.04	제주	13.64
	인천	42.18	광주	16.54
	서울	32.93	전북	17
2012	경기	27.94	제주	14.12
	충남	26.17	전북	15.35
	부산	25.61	광주	16.68

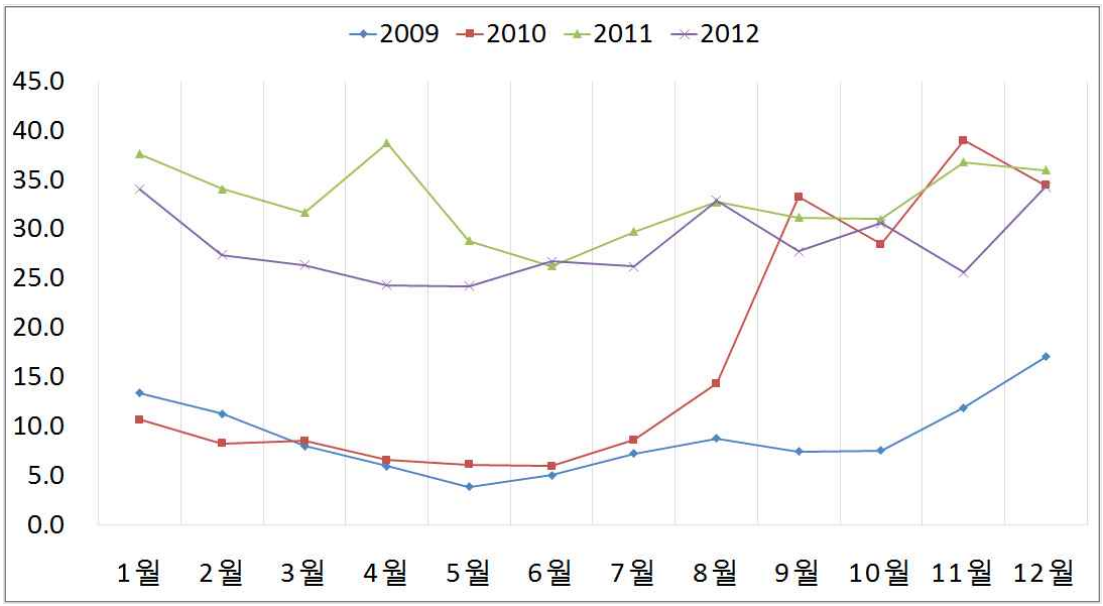


그림 2.6 연도별 월별 부과면적당 CO2 발생량 비교

- 연도별, 월별 부과면적당 CO2 발생량을 살펴보면, 2009년의 경우 1월부터 서서히 수치가 감소하다가 6월부터 상승하여 8월을 기점으로 다시 감소하여 10월부터 다시 상승하는 것으로 나타남.
- 여름철, 겨울철의 냉난방의 영향을 받은 결과로 판단됨. 2010년의 경우 1월부터 서서히 수치가 감소하다가 6월부터 상승하여 8월을 기점으로 급격한 상승세가 나타남.

(다) 건물에너지 통합관리시스템 분석 결과

① 서울시 강남구, 종로구, 영등포구의 일반건물 분석 결과 요약

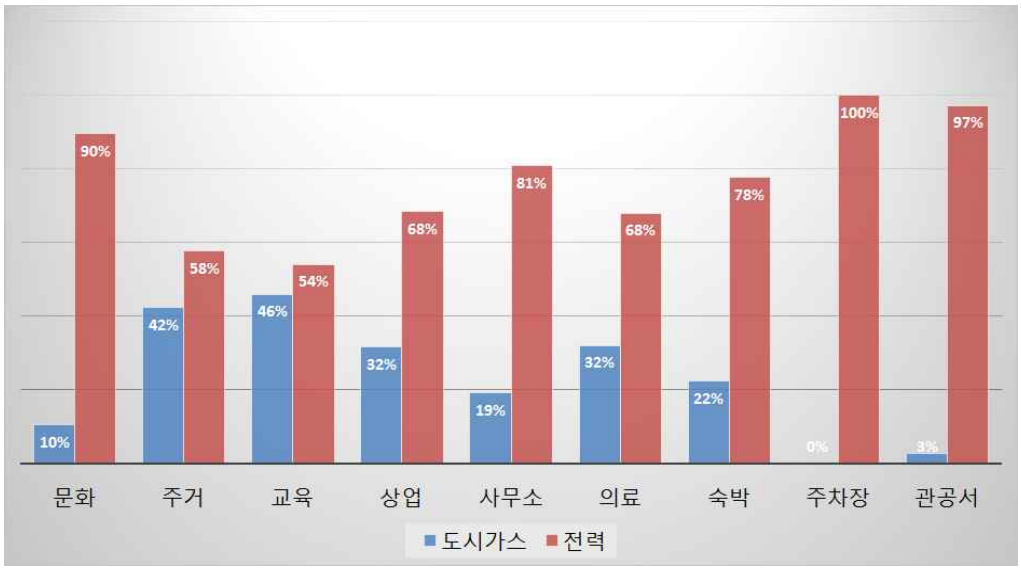


그림 2.7 종로구 건물 용도별 에너지원별 온실가스 배출비율(%)

- 2011년 종로구의 일반건물은 문화, 주거, 교육, 상업, 사무소, 의료, 숙박, 주차장, 관공서를 대상으로 분석하였으며. 건물 용도별 도시가스, 전력 에너지 사용량에 따른 온실가스 배출비율은 다음과 같음. 전력에서의 온실가스 배출비율이 높은 순서대로 살펴보면 주차장 부문이 100%, 관공서 부문이 97%, 문화 부문이 90%, 사무소 부문이 81%, 상업·의료 부문이 68% 등으로 나타났음. 도시가스에서의 온실가스 배출비율이 높은 순서대로 살펴보면, 교육 부문이 46%, 주거 부문이 42%, 상업·의료 부문이 32% 등으로 나타났음.

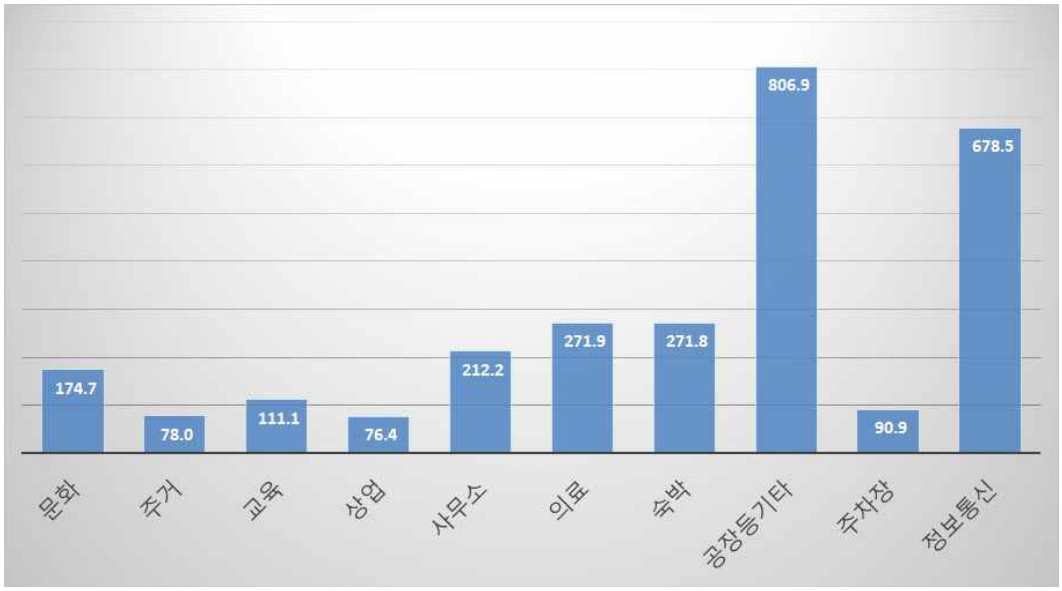


그림 2.8 강남구 건물 용도별 단위면적당 온실가스 배출량(kgCO2/㎡)

- 2011년 강남구 일반건물에서의 건물 용도별 단위면적당(㎡) 온실가스 배출량(kgCO2)은 다음과 같음. 공장 등 기타 부문에서의 단위면적당 온실가스 배출량이 806.9kgCO2/㎡로 가장 높게 나타났으며, 정보통신, 의료, 숙박, 사무소, 문화, 교육, 주차장, 주거, 상업의 순서로 나타났음.

② 서울시 강남구, 종로구, 영등포구의 공동주택 분석 결과 요약

- 종로구 공동주택의 도시가스와 전력의 온실가스 배출비중을 살펴보면 도시가스의 경우 1월부터 7월까지 감소하다가 7월에서 10월까지 비슷한 경향을 보이며, 11월, 12월에 상승하는 경향을 나타내고 있음. 전력의 경우 월별 온실가스 배출량의 패턴과 비슷하게 나타나고 있으며, 7월, 8월 전력 사용량이 가장 높은 것으로 나타남.

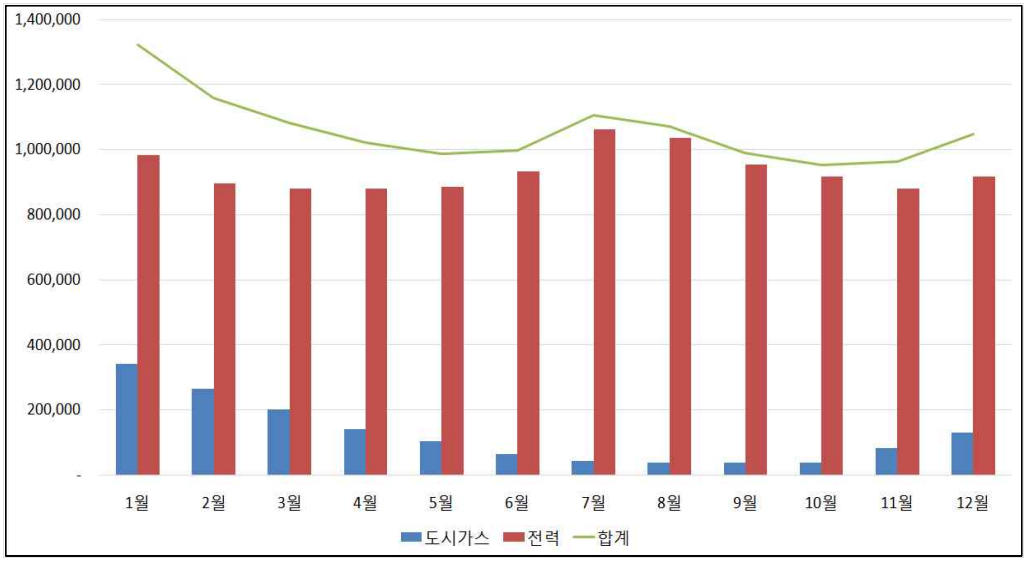


그림 2.9 종로구 월별 에너지원별 온실가스 배출량(kgCO2/㎡)

(라) 스마트미터기 설치 건물 데이터 분석 결과

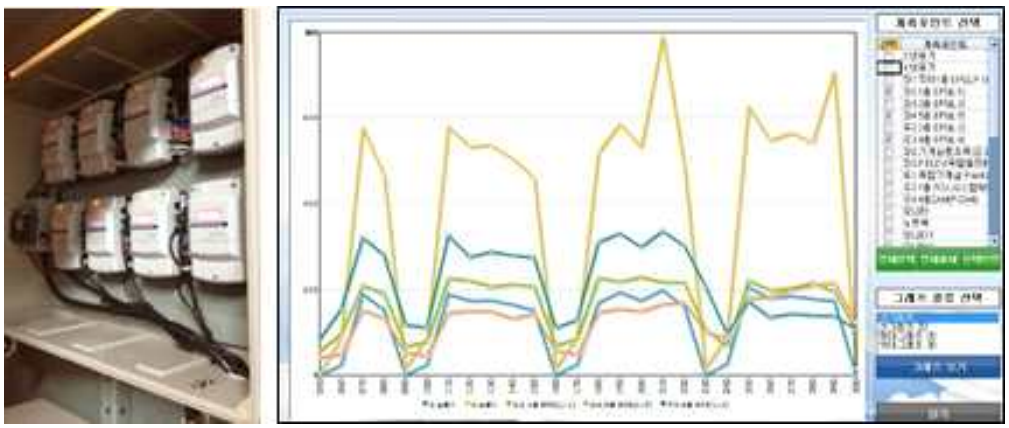


그림 2.10 스마트미터 설치사진 및 모니터링화면

- 층별 전력사용량, 주요 설비별 전력사용량을 측정하여 온실가스 배출량으로 산정
- 월별 배출량 추이 및 설비별 온실가스 배출 특성을 분석함

- 2012년 6월 5일부터 2013년 3월31일까지의 일별 데이터를 수집하였으며 수변전실에서 모니터링 컴퓨터간의 무선통신상의 문제로 중간 데이터의 누락이 있어 2012년 10월 ~ 2012년 11월의 데이터는 제외하였음.

표 2.5 월별 온실가스 배출량 (kgC02)

부하명	2012년 6월	2012년 7월	2012년 8월	2012년 9월	2012년 12월	2013년 1월	2013년 2월	2013년 3월	합계	비율
냉동기	1,706	2,091	2,007	982	3	4	3	4	7,043	4.4%
냉동기	5,494	7,490	10,649	3,406	3	4	13	166	28,788	18.1%
지하1층EPS	1,571	1,591	1,625	1,485	1,818	1,775	1,549	2,146	13,841	8.7%
1층EPS	2,374	2,072	2,260	1,865	1,652	2,209	1,720	1,933	16,467	10.4%
3층EPS	1,745	1,810	1,789	1,593	1,449	2,099	1,672	1,986	14,474	9.1%
5층EPS	1,851	2,272	2,335	1,978	1,757	2,476	1,945	2,205	17,246	10.9%
2층EPS	2,441	1,920	2,042	1,826	1,308	1,929	1,821	2,324	15,988	10.1%
4층EPS	2,986	2,194	1,980	1,675	1,836	2,453	1,906	2,224	17,596	11.1%
기계실펌프류	317	386	486	305	263	423	346	481	3,073	1.9%
P-ELEV	354	354	344	318	269	369	315	379	2,767	1.7%
옥탑기계실 P-AHU	2,940	2,853	3,182	2,538	1,046	839	461	217	14,614	9.2%
1층FCU, 시스템에어컨	54	208	418	91	168	214	85	137	1,431	0.9%
4층CAM	1,191	783	972	298	465	781	554	262	5,492	3.5%
합계	25,031	26,030	30,091	18,366	12,045	15,582	12,396	14,471	158,820	100%

- 사무실 건물을 대상으로 모니터링 하여 직원이 출근하지 않는 주말이나 공휴일의 온실가스 배출량이 급격하게 줄어드는 일정한 패턴을 보임
- 여름철의 경우 냉동기와 공조기의 온실가스 배출량이 월등히 높은 것으로 파악

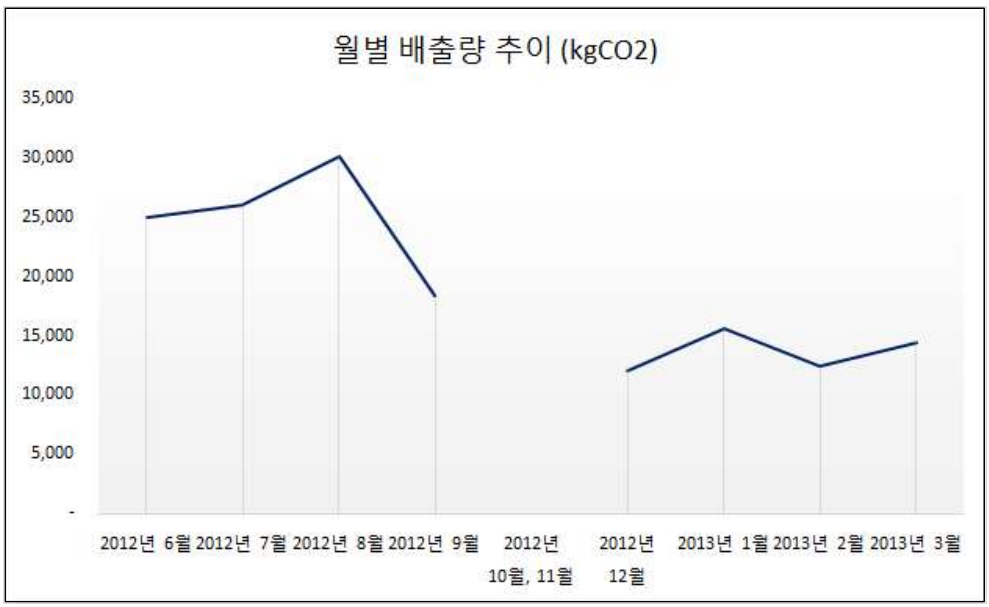


그림 2.11 월별 온실가스 배출량 추이

- 여름철(7~8월)이 겨울철(12~1월)에 비해 2배 이상의 온실가스 배출량을 갖는 것으로 나타남.
- 전력 모니터링 대상 중 층별 전력, 엘리베이터, 펌프류의 경우 계절에 무관하게 일정 수준의 전력을 소비하는 것으로 확인되었기 때문에 여름철 전력 사용량 증가의 원인은 냉방기 및 공조기인 것을 예측 할 수 있음.

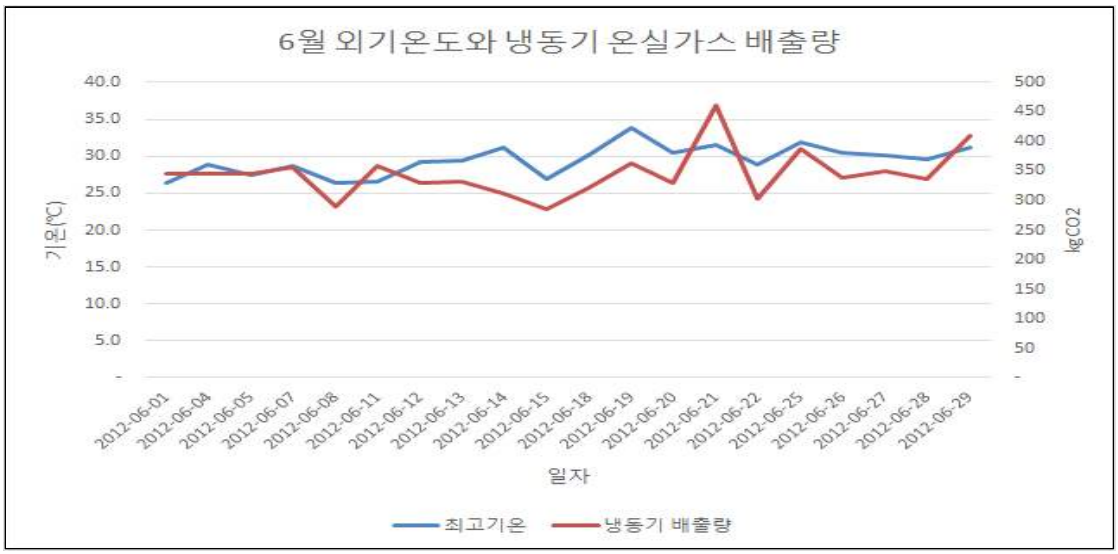


그림 2.12 6월 일최고기온과 냉동기 온실가스 배출량의 상관관계

- 외기온도와 냉동기 사용의 상관관계를 분석하기 위해 일최고기온과 일별 냉동기 온실가스 배출량을 비교 분석함
- 최고기온의 상승과 하강하는 패턴에 따라 냉동기 사용에 따른 온실가스 배출량의 패턴도 유사하였으며, 특히 고점 및 저점의 변화에서 유사성을 보임

(3) 적용방안 및 향후 내용

- 온실가스 배출 통계 자료 및 분석결과를 건물 온실가스 배출량 예측 방법론에 적용
- 건물별 온실가스 배출에 영향을 미치는 인자의 분석을 통한 건물 온실가스 관리방안 마련
- 온실가스 배출량 DB의 경우 3차년도에도 지속적인 데이터 수집을 통해 추가 구축 및 관리

나. 건물 온실가스 배출량 비교 · 평가 방법론

(1) 연구내용

(가) 건물 단위면적당 평균적 온실가스 배출량 추정 방법론

① 가정용건물과 대형건물의 단위면적당 평균적 온실가스 배출량 산정용 지침
② 유사 건물과의 배출량을 비교하여 해당 건물의 배출 수준 파악 가능

③ 연구방법

- 에너지 총조사보고서의 에너지사용량을 온실가스 배출량으로 산정함
- 지역별, 건축년도별, 가구원수별, 주택형태별, 업종별, 면적규모별 등 온실가스 배출량 산정
- 통계적 기법을 활용한 단위가구당, 단위면적당 평균적 온실가스 배출량 추정 모델 개발
- Simple method model과 Multiple Linear Regression Model을 개발

(나) 에너지 사용 용도별 에너지소비량(온실가스 배출량) 평균 분석 방법론

① 건물의 에너지 소비량 및 온실가스 배출량을 건물의 업종별로 냉방, 난방, 급탕, 일반동력, 조명, 사무기기 및 기타항복으로 구분하여 그 비율을 산정

② 연구방법

- 에너지 총조사보고서를 분석하여 에너지원별, 용도별 에너지소비구조 도출
- 에너지원별 월별 분석을 통해 월별 사용량 도출 및 월별 온실가스 배출 패턴 파악
- 업종별 에너지사용비율을 활용한 건물의 용도별 에너지 소비구조 예측

(2) 분석결과 및 결론

(가) 건물 단위면적당 평균적 온실가스 배출량 추정 방법론

① Simple Method 모델

- 가정부문의 가구당 평균적 온실가스 배출량 추정 모델

$$GHG\,Emissions\,per\,household = GHG_A \times \frac{GHG_{EY_i}}{GHG_{EY_{average}}} \times \frac{GHG_{AS_i}}{GHG_{AS_{agverage}}} \times \frac{GHG_{NM_i}}{GHG_{NM_{average}}} \times \frac{GHG_{TYPE_i}}{GHG_{TYPE_{average}}} \times \frac{GHG_{I_i}}{GHG_{I_{average}}}$$

GHG Emissions per household: 해당 가구의 가구당 연간 평균 온실가스 배출량
GHG_A: 해당 가구가 속한 지역의 가구당 연간 온실가스 배출량
GHG_{EYi}: 해당 가구의 건축년도에 해당하는 가구당 온실가스 배출량
$GHG_{EYaverage}$: 전체 건축년도의 가구당 평균 온실가스 배출량
GHG_{AS}: 해당 면적규모에 대한 가구당 온실가스 배출량
$GHG_{ASaverage}$: 전체 면적규모에 대한 가구당 평균 온실가스 배출량
GHG_{NM}: 해당 가구의 가구원 수에 해당하는 가구당 온실가스 배출량
$GHG_{NMaverage}$: 전체 가구원 수에 대한 가구당 평균 온실가스 배출량
GHG_{TYPE}: 해당 주택형태에 대한 가구당 온실가스 배출량
$GHG_{TYPEaverage}$: 전체 주택형태에 대한 가구당 평균 온실가스 배출량
GHG_I: 해당 소득수준에 대한 가구당 온실가스 배출량
$GHG_{Iaverage}$: 전체 소득수준에 대한 가구당 평균 온실가스 배출량

- 대형건물의 단위면적당 평균적 온실가스 배출량 추정 모델

$$GHG\,Emissions\ per\ m^2 = GHG_{AS} \times \frac{GHG_{EY_i}}{GHG_{EY_{average}}} \times \frac{GHG_{R_i}}{GHG_{R_{agverage}}}$$

GHG Emissions per m^2: 해당건물의 단위 면적당 평균 온실가스배출량
GHG_{AS}: 해당 면적규모에 대한 단위면적당 온실가스 배출량
GHG_{EYi}: 해당건물의 건축년도에 해당하는 단위면적당 온실가스 배출량
$GHG_{EYaverage}$: 건물의 전체 건축년도의 단위면적당 평균 온실가스 배출량
GHG_{Ri}: 해당건물의 지역에 해당하는 단위면적당 온실가스 배출량
$GHG_{Raverage}$: 건물의 전지역 단위면적당 평균 온실가스 배출량

- 계산프로그램

건물 단위면적당 평균적 온실가스 배출량 산출 Simple Method

가정부문

일련번호	부문	지역	건축년도	사용건평(sqm)	가구원 수	주택형태	소득계층		배출량(kgCO2eq)	단위
1	가정부문	서울	1999	200	2	단독주택	월500만원		200	kgCO2eq/가구

건물용도, 지역, 건축년도, 면적 등 정보입력시 통계모델에 의한 배출량이 산출되는 방식

② Multiple Linear Regression Model (다중선형회귀 모델)

- 가정부문의 가구당 평균적 온실가스 배출량 추정 모델
  - 종속변수와 설명변수

분류	변수명	설명
종속변수	Y	가정부문 건축물 가구당 연간 온실가스배출량 (단위:kgCO2eq/가구)
설명변수	X_1	지역
	X_2	건축년도
	X_3	사용건평
	X_4	가구원 수
	X_5	주택형태
	X_6	소득계층

  - 개발된 모델식

$$y_i = a + b_1 x_i + b_2 D_{1i} + b_3 D_{2i} + b_4 D_{3i} + b_5 D_{4i} + b_6 D_{5i} + e_i$$

yi : 건축물의 가구당 연간 온실가스 배출량 (단위:kgCO2eq/가구)
a : 선형회귀모델에서의 상수
xi : 사용건평(m2)

D1i : 지역을 나타내는 더미변수
예) D11: 건물 지역이 서울일 경우 1, 그렇지 않을 경우 0
D12: 건물 지역이 부산일 경우 1, 그렇지 않을 경우 0
D13: 건물 지역이 대구일 경우 1, 그렇지 않을 경우 0
. . . . . .
D2i : 건축연도를 나타내는 더미변수
예) D21: 1960년 이전에 지어진 건물일 경우 1, 그렇지 않을 경우 0
D22: 1960-1969년에 지어진 건물일 경우 1, 그렇지 않을 경우 0
D23: 1970-1979년에 지어진 건물일 경우 1, 그렇지 않을 경우 0
. . . . . .
D3i : 가구원 수를 나타내는 더미변수
예) D31: 가구원 수가 2인 이하인 건물일 경우 1, 그렇지 않을 경우 0
D32: 가구원 수가 3인 건물일 경우 1, 그렇지 않을 경우 0
D33: 가구원 수가 4인 건물일 경우 1, 그렇지 않을 경우 0
. . . . . .
D4i : 주택형태를 나타내는 더미변수
예) D41: 주택형태가 단독주택인 건물일 경우 1, 그렇지 않을 경우 0
D42: 주택형태가 아파트인 건물일 경우 1, 그렇지 않을 경우 0
D43: 주택형태가 연립주택인 건물일 경우 1, 그렇지 않을 경우 0
. . . . . .
D5i : 가구의 소득수준을 나타내는 더미변수
예) D51: 가구원 수가 2인 이하인 건물일 경우 1, 그렇지 않을 경우 0
D52: 가구원 수가 3인 건물일 경우 1, 그렇지 않을 경우 0
D53: 가구원 수가 4인 건물일 경우 1, 그렇지 않을 경우 0
. . . . . .
ei : 오차항(error term)

- 건물의 관련 샘플링 데이터를 이 모델식에 입력하여 통계프로그램을 돌리면 상수항 및 계수값이 계산됨 --> 모델식에 해당건물의 설명변수들을 입력하면 해당건물 조건하의 전국 평균적 가구당 온실가스배출량이 계산됨
- 모델의 신뢰도 분석: 통계프로그램을 활용한 모델의 신뢰도 분석방법 제시함

- 대형건물의 단위면적당 평균적 온실가스 배출량 추정 모델
  - 종속변수와 설명변수

분류	변수명	설명
종속변수	Y	대형건물부문 건축물 단위면적당 연간 온실가스배출량 (단위:kgCO2eq/m^2)
설명변수	X_1	건축물의 연면적규모
	X_2	건물의 용도
	X_3	건축년도
	X_4	지역

· 개발된 모델식

$$y_i = a + b_1 x_i + b_2 D_{1i} + b_3 D_{2i} + b_4 D_{3i} + e_i$$

yi : 대형건물의 단위면적당 연간 온실가스 배출량 (단위:kgCO2eq/m2)
a : 선형회귀모델에서의 상수
xi : 건물연면적(m2)
D1i : 건물용도를 나타내는 더미변수
예) D11: 건물이 일반빌딩일 경우 1, 그렇지 않을 경우 0
D12: 건물이 공공빌딩일 경우 1, 그렇지 않을 경우 0
D13: 건물이 백화점일 경우 1, 그렇지 않을 경우 0
. . . . . .
D2i : 건축연도를 나타내는 더미변수
예) D21: 1961년 이전에 지어진 건물일 경우 1, 그렇지 않을 경우 0
D22: 1961-1965년에 지어진 건물일 경우 1, 그렇지 않을 경우 0
D23: 1966-1970년에 지어진 건물일 경우 1, 그렇지 않을 경우 0
. . . . . .
D3i : 지역을 나타내는 더미변수
예) D31: 지역이 중부지방일 경우 1, 그렇지 않을 경우 0
D32: 지역이 남부지방일 경우 1, 그렇지 않을 경우 0

ei : 오차항(error term)

· 건물의 관련 샘플링 데이터를 이 모델식에 입력하여 통계프로그램을 돌리면 상수항 및 계수값이 계산됨 --> 모델식에 해당건물의 설명변수들을 입력하면 해당건물 조건하의 전국 평균적 단위평방미터당 온실가스배출량이 계산됨
· 모델의 신뢰도 분석: 통계프로그램을 활용한 모델의 신뢰도 분석방법 제시함

(나) 에너지 사용 용도별 에너지소비량(온실가스 배출량) 평균 및 분석 방법론

① 주거부문(대형 아파트), 대형건물부문(10종),상업공공부문(12종)의 업종별 에너지사용 용도별 전국 평균적 소비구조를 도출
② 연간 에너지소비량에서 연간 용도별 에너지소비량 계산 및 월간 에너지 소비량으로부터 월간 에너지원별 용도별 에너지소비량 추정 방법론 정립
③ 연간 총에너지소비량이 2,000toe 이상인 대형건물 중 상가건물의 예시

- 에너지원별 · 용도별 에너지소비구조 전국평균 데이터 정리 및 분석

표 2.6 대형건물 중 상가건물의 에너지원별 용도별 연간 에너지 소비구조 (전국 평균)

(단위:%)	냉방	난방	급탕	일반동력	조명	사무기기 및 기타
합 계	27	19	3	18	24	9
석유 소 계	0	0	0	0	0	0
도시 가 스	12	10	3	0	0	1
전력 소 계	15	9	0	18	24	8
지역 난 방	1	1	0	0	0	0

* 용도별 전력사용량에 자가발전 전력량 포함

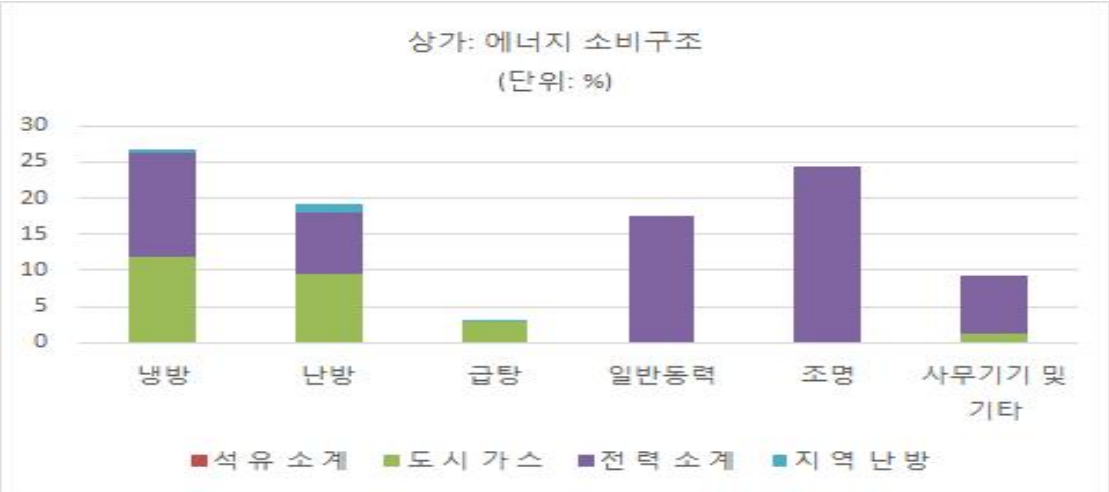


그림 2.13 대형건물 중 상가건물의 에너지원별 용도별 연간 에너지 소비구조 (전국 평균)

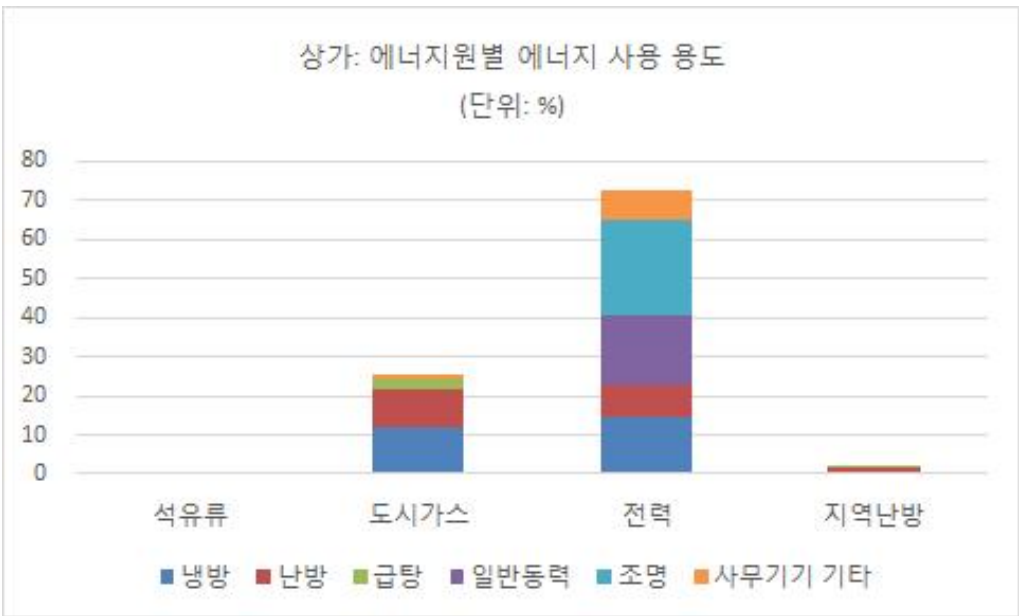


그림 2.14 대형건물 중 상가건물의 에너지원별 에너지 사용 용도 (전국 평균)

- 용도별 에너지 소비구조 전국평균 데이터로부터 연간 에너지원별 · 용도별 에너지 소비량 (온실가스 배출량) 추정

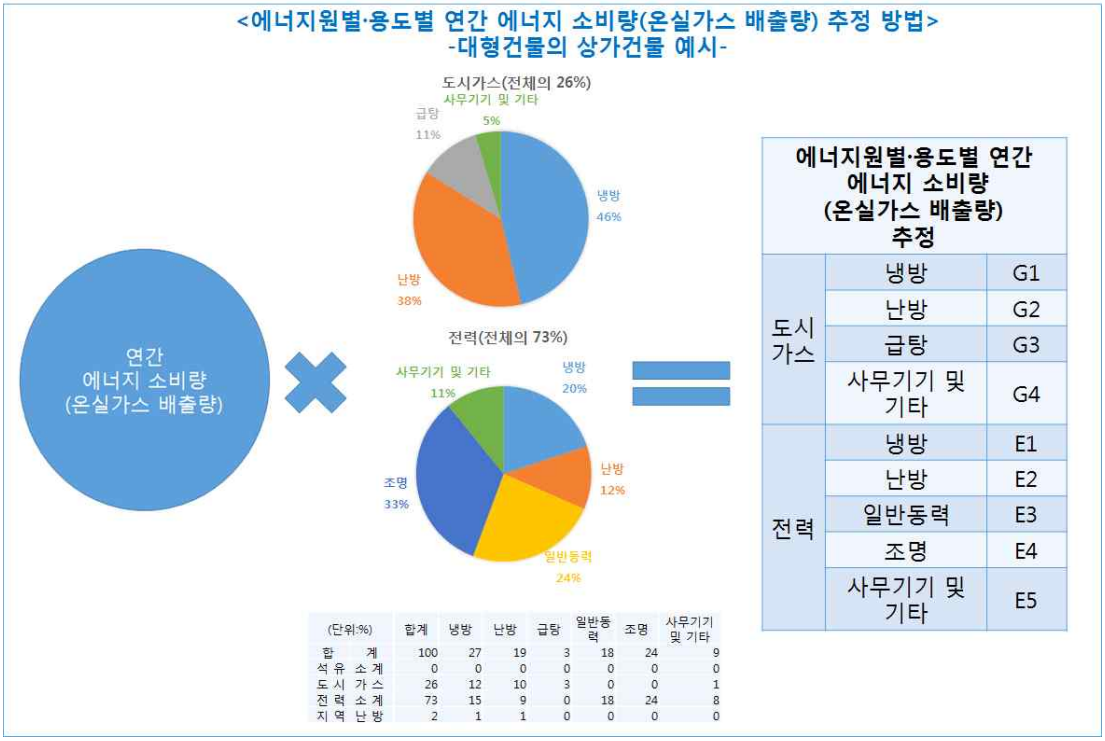


그림 2.15 에너지원별·용도별 연간에너지소비량(온실가스배출량) 추정방법(상가건물 예시)

- 에너지원별 월간 에너지 소비량 확인 및 추세 분석

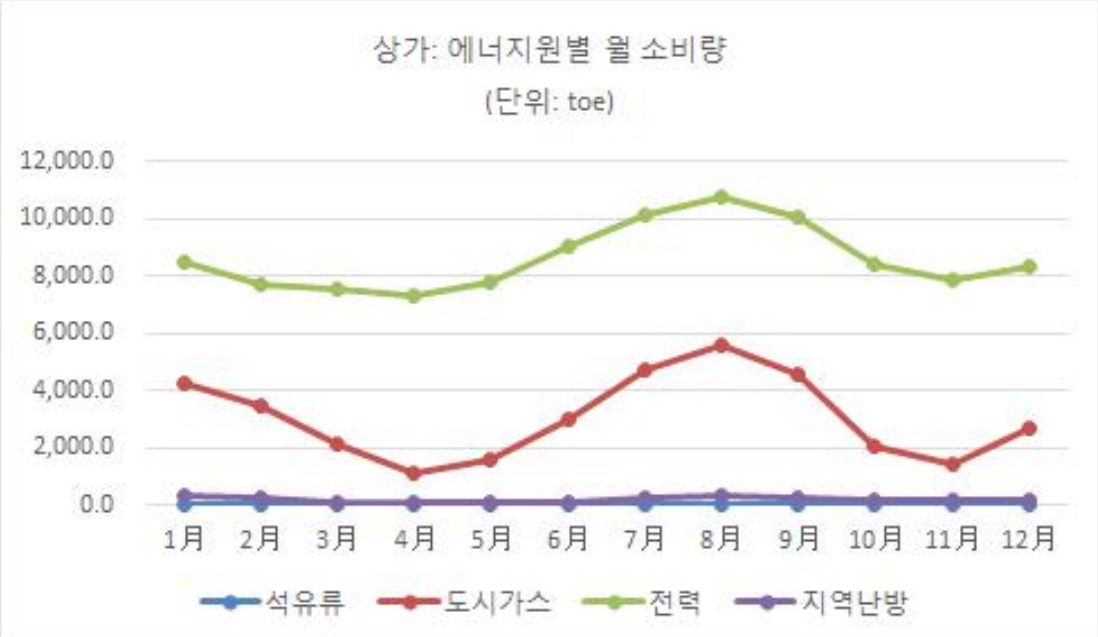
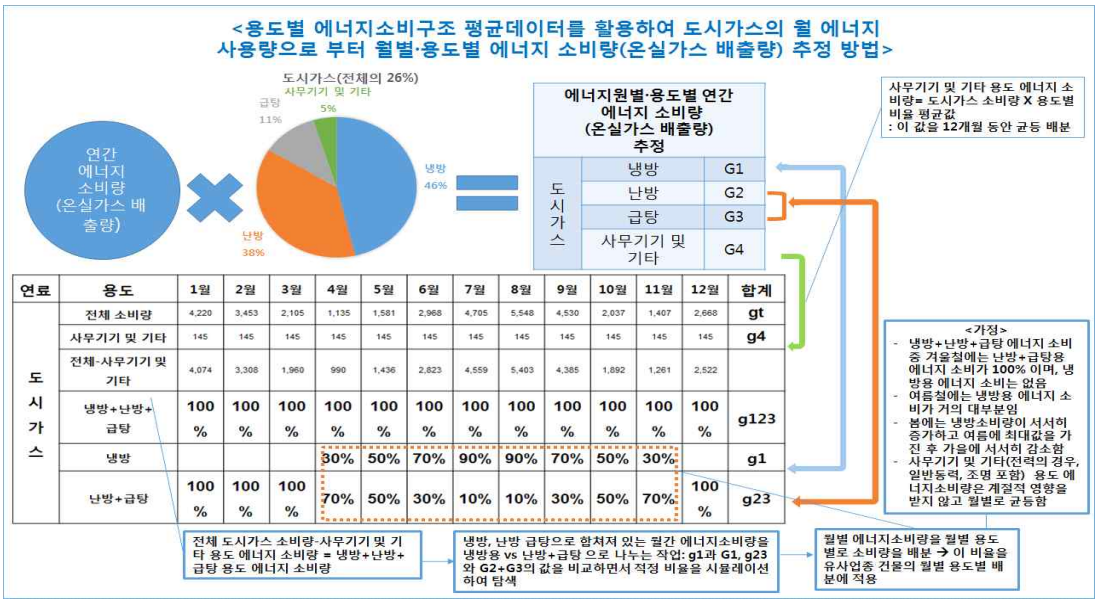


그림 2.16 대형건물 중 상가건물의 에너지원별 월 에너지소비량 추세 (조사업체 총합계)

- 사무기기 및 기타, 일반동력, 조명 용도로 사용된 에너지의 월별 배분
  - 사무기기 및 기타, 일반동력, 조명 용도로 사용된 에너지는 계절의 영향을 받지 않는 것으로 가정하여 그들의 연간 에너지사용량을 12개월에 균등 배분

- 용도별 에너지소비구조 평균데이터를 활용하여 도시가스의 월 에너지 사용량으로부터 월별 · 용도별 에너지 소비량(온실가스 배출량) 추정방법 수립



연료	용도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
도시가스	전체 소비량	4,220	3,453	2,105	1,135	1,581	2,968	4,705	5,548	4,530	2,037	1,407	2,668	gt
	사무기기 및 기타	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	g4
	전체-사무기기 및 기타	4,074	3,308	1,960	990	1,436	2,823	4,559	5,403	4,385	1,892	1,261	2,522	
	냉방+난방+급탕	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	g123
	냉방				30%	50%	70%	90%	90%	70%	50%	30%		g1
	난방+급탕	100 %	100 %	100 %	70%	50%	30%	10%	10%	30%	50%	70%	100 %	g23

그림 2.17 월별·용도별 에너지소비량(온실가스배출량) 추정 방법 (상가건물 예시)

- 도시가스의 월별 · 용도별 에너지 소비량을 추정

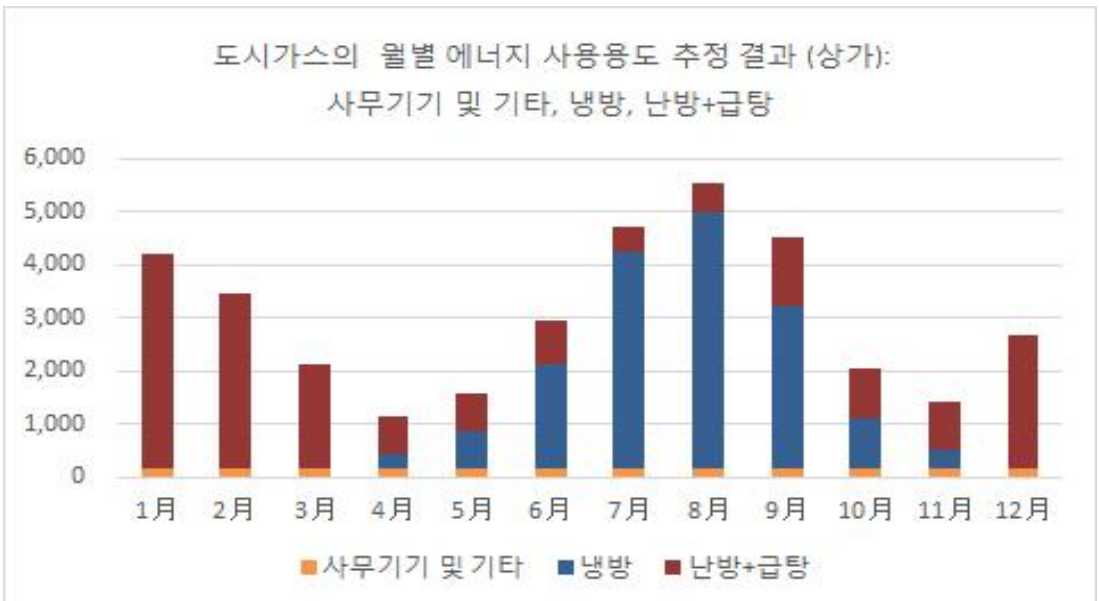
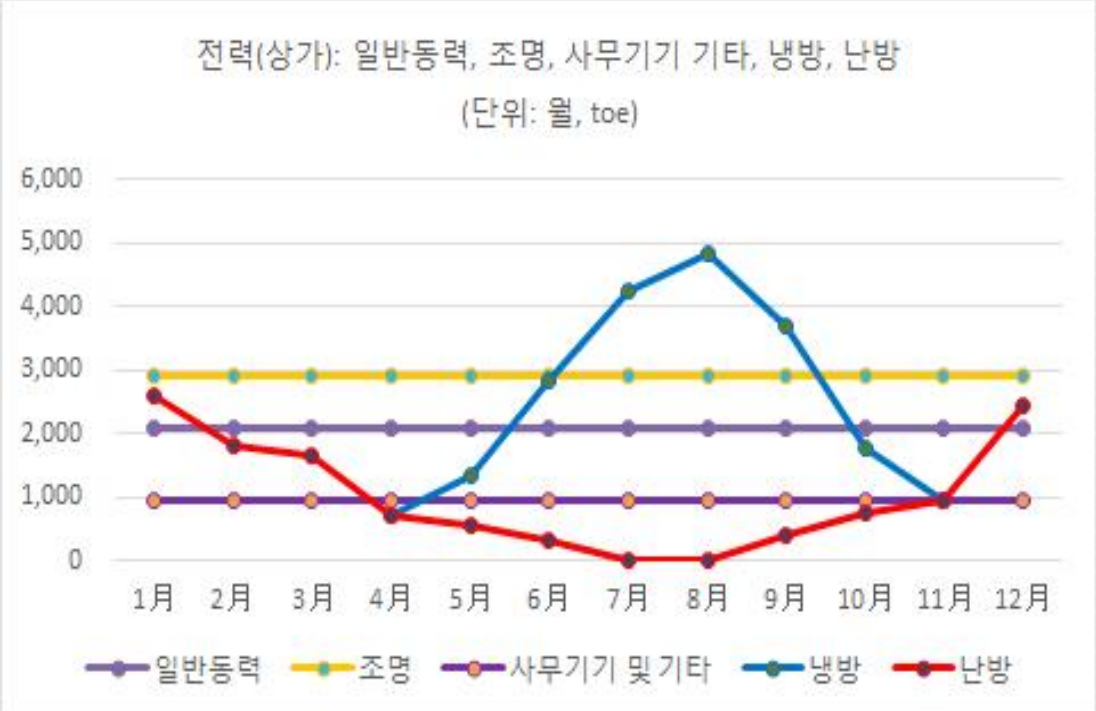


그림 2.18 도시가스의 경우 월별·용도별 에너지소비량 추정 결과 예시 (상가건물 예시)

- 전력의 월별 · 용도별 에너지 소비량을 추정



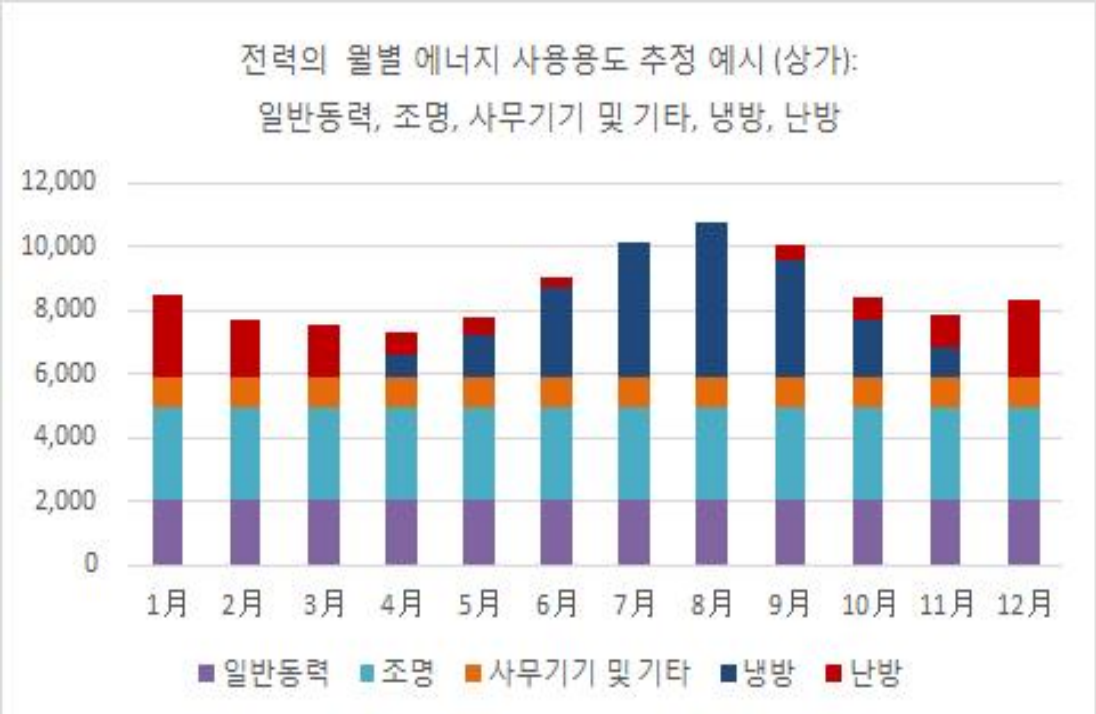


그림 2.19 전력의 경우 월별·용도별 에너지소비량 추정 결과 예시 (상가건물 예시)

다. 건물용 온실가스배출량 및 에너지사용 명세서 양식

- 현재 목표관리제에서 사용중인 온실가스배출량 및 에너지사용 명세서 양식은 건물에 그대로 적용하기에는 적절성이 떨어지므로 수정하여 건물에 적합한 명세서 양식을 제작함
- 그 밖에 전력기기 연간사용량 전국평균 바탕으로 전력기기별 배출계수 정리

3 건물 배출량 현황(총괄)

4. 건물 온실가스 배출량 총괄 현황

(1)		(2)			(3)						(4)		(5)	(6)			(7)
배출활동 [참고1]		배출시설 [참고2]			온실가스 배출량						소계 (tCO_2eq)		합계 (tCO_2eq)	에너지 사용량 (MJ)			합계 (TJ)
배출활동 코드	배출활동명	일련번호	배출시설 코드	배출시설명	CO_2 (ton)	CH_4 (kg)	N_2O (kg)	HFCs (kg)	PFCs (kg)	SF_6 (kg)	Scope1	Scope2		에너지	전력	스팀	

4. 배출시설정보 및 사용량 정보 작성 요령

(1) 배출활동	: [참고1]의 배출활동 및 해당 코드 기재
(2) 배출시설	: 3번 양식의 배출시설 일련번호, [참고2]의 배출시설코드 및 배출시설명 기재
(3) 온실가스 배출량	: 해당 배출시설의 배출활동별 온실가스 배출량 기재
(4) 소계(tCO_2eq)	: 배출시설의 배출활동별 온실가스 배출량을 직접배출량(Scope1)과 간접배출량(Scope2)로 구분하여 합한 값을 기재 (CO_2 이외의 온실가스의 경우 [참고8]의 지구온난화지수(GWP)를 곱하여 tCO_2-eq 단위로 기재)
(5) 합계(tCO_2eq)	: 배출시설의 배출활동별 온실가스 배출량 합계 기재 (CO_2 이외의 온실가스의 경우 [참고8]의 지구온난화지수(GWP)를 곱하여 tCO_2-eq 단위로 기재)
(6) 에너지사용량	: 배출시설의 배출활동별 에너지 사용량 기재
(7) 합계(TJ)	: 배출시설의 배출활동별 에너지 사용량 합계 기재

그림 2.20 건물용 온실가스배출량 및 에너지사용 명세서 양식(건물배출량현황 부분 예시)

3. 건물부문 온실가스 상세 인벤토리 검증 가이드라인 개발

가. 건물부문 온실가스 상세 인벤토리 검증가이드라인 개발

(1) 연구내용

(가) 건물부문 온실가스 베이스라인 산정 방법론 개발

① 해외 베이스라인 산정 방법론 조사 및 분석

- 국제 승인된 방법론인 UNFCCC의 CDM 방법론의 건축물 관련 방법론 조사
- AMS-Ⅱ.E, AMS-Ⅱ.Q, AM0091 등

② 베이스라인 산정 방법론 적용성 검토 및 개발

- UNFCCC의 AM0091 방법론의 국내 적용성 검토 실시
- 방법론 적용성 검토를 통해 국내 실정에 맞춰 국가 베이스라인 방법론 개발

(나) 건축물 온실가스 베이스라인 배출량 산정

① Test-bed 대상지 선정
- 개발된 방법론의 Test-bed 적용을 위해 대표성있는 대상지를 선정

② 방법론 단계별 적용
- 베이스라인 및 프로젝트 배출량 산정, 감축량 산정

(다) 건축물 온실가스 베이스라인 검증 가이드라인 개발

① QA/QC 가이드라인, 모니터링 방법론, 불확도 평가 방법론 개발
- 평가 체계 및 절차, 오류발생을 예상하고 수정하기 위한 체계 수립

② 건축물 예상 배출량 산정, 감축량 예상, 검증에 대한 매뉴얼 개발

(2) 분석결과 및 결론

(가) 건물부문 온실가스 베이스라인 산정 방법론 개발

① 해외 베이스라인 산정 방법론 조사 및 분석
- UNFCCC CDM 방법론 중 건축물 관련된 방법론은 AMS-Ⅱ.E, AMS-Ⅱ.Q, AM0091 등 아래 표와 같음
- 이 방법론 중 국가 건축물 베이스라인 선정 방법론으로 가장 적합한 것은 AM0091로 타 방법론은 건물은 일부에 국한되어 적용되는 방법론이나 AM0091은 건축물 또는 단지, 도시 단위로 방법론을 적용할 수 있음
- 그러나 이 방법론은 방법론 최초 등록한 국가의 상황에 맞춰 개발되어 국내 여건에 맞춰 적용성 검토를 통해 수정 및 보완이 필요함

표 2.7 베이스라인 방법론

방법론	내용	대상	방법론 특징
AMS-Ⅱ.E	건물의 에너지 효율과 연료전환	신축 및 리모델링	건물내 고효율/ 단열설비 및 연료전환을 통한 온실가스 감축
AMS-Ⅱ.Q	상업건물에서 에너지효율 또는 에너지 공급 방법	상업용 신축 및 리모델링	날씨에 의한 보정
AMS-Ⅲ.AE	에너지 효율성과 신축 주거건물에 신재생에너지 대책마련	신축 주거시설	에너지효율 및신재생에너지 설치 HDD/CDD 보정
AM0091	신축 및 기존 건물에서 에너지효율 및 연료교체	신축 및 기존 건물	유사한 건물유형을 원단위 베이스라인으로 설정하여 감축량 계산

② 베이스라인 산정 방법론 적용성 검토 및 개발

- 방법론 적용성 검토는 방법론을 구성하고 있는 프로젝트 경계, 방법론 적용성, 베이스라인 배출량, 프로젝트 배출량으로 크게 나누어 비교분석하였음

- 방법론 적용성 검토
  - 프로젝트 경계는 기존 방법론에서는 주요 배출원을 기준으로 CO2만 포함하고 있지만 국내 목표관리제 등 온실가스배출량을 산정할 시 6대 온실가스를 포함하기 때문에 본 방법론에서도 포함하도록 하였음
  - 건물 용도 분류는 사용용도 기준의 기존 방법론 분류에서 국내에서 적용하고 있는 건축법상의 용도 분류 기준을 재 분류하여 대분류, 중분류로 설정하였음
  - 방법론 적용성(applicability)의 경우 지역, 원단위, 건축년도, 기후, 소득수준으로 요약되며 지역의 경우 행정구역 기준 '구' 단위로 설정하였고 원단위 범위는 동일하게 적용하였음
  - 배출원은 국내 상황에 맞추어 냉매는 제외하고 주거용도에서 많이 사용되고 있는 지역난방을 추가하였음
  - 활동자료는 측정 방법으로 정확하고 지속적으로 업데이트가 가능한 국가건물에너지사업단의 DB를 사용하도록 하였음

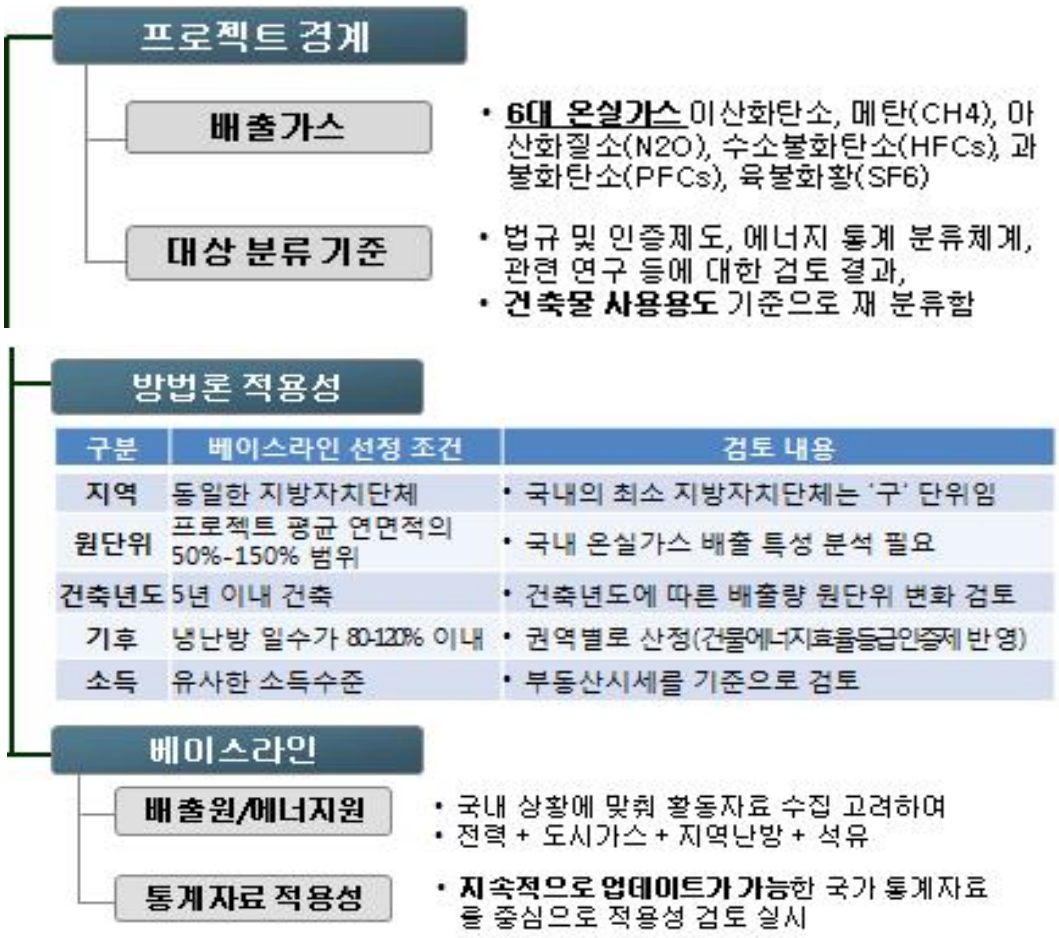


표 2.8 통계자료 적용성 검토 결과

구 분		AM0091	건물에너지 통합관리시스템	공동주택 관리정보시스템	에너지총조사보고서	서울시 연구
건축물 분류		사용용도	○	△		○
배출원 분류		전력/연료/냉온수/냉매		○	○	
에너지원 분류	전력	○	○	○	○	○
	도시가스	○	○	○	○	○
	지역냉난방	○	○	○	○	
	상수도	○		○		○
베이스라인 적용성					△(거시적 관점)	
지역별(행정구역,도시/농촌)			○	○	○	○
건축 연면적(용도별 사용 면적)		○	○	○		○
건축용도			○		○	
소득수준						
데이터구축 수준		필지	필지	블록(단지)	시·도	필지
데이터 활용 (연계)			○	△(공동주택만)		○

- 방법론 개발

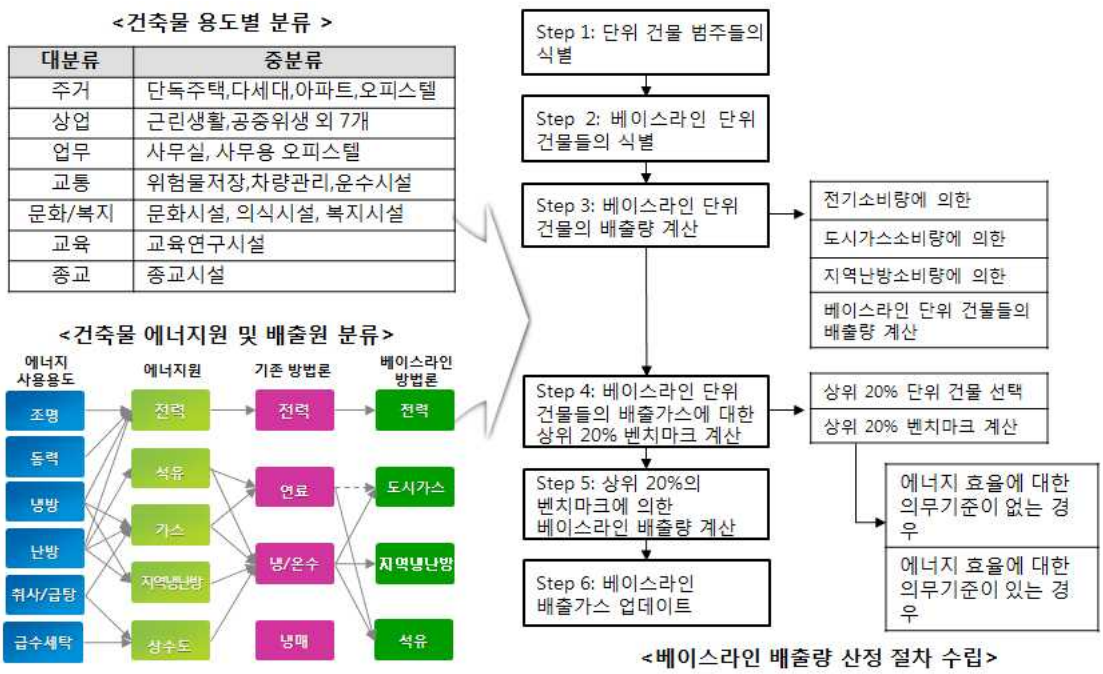


그림 2.21 베이스라인 방법론 개발

- 방법론 산정 절차는 아래 그림과 같으며 6단계로 수립하였음
- 유사용도 선정 범위는 건축물 사용용도에 따라 아래 표와 같이 분류하였음
- 기존의 AM0091 방법론은 PDD 사업대상지 특성에 따라 냉매 누출량을 포함하고 있으나 본 방법론에서는 국내 실정에 따라 계량이 불가능한 냉매는 제외 하고 에너지 사용량이 점차 증가하고 있는 지역난방을 추가하였음

(나) 건축물 온실가스 베이스라인 배출량 산정

① Test-bed 대상지 선정

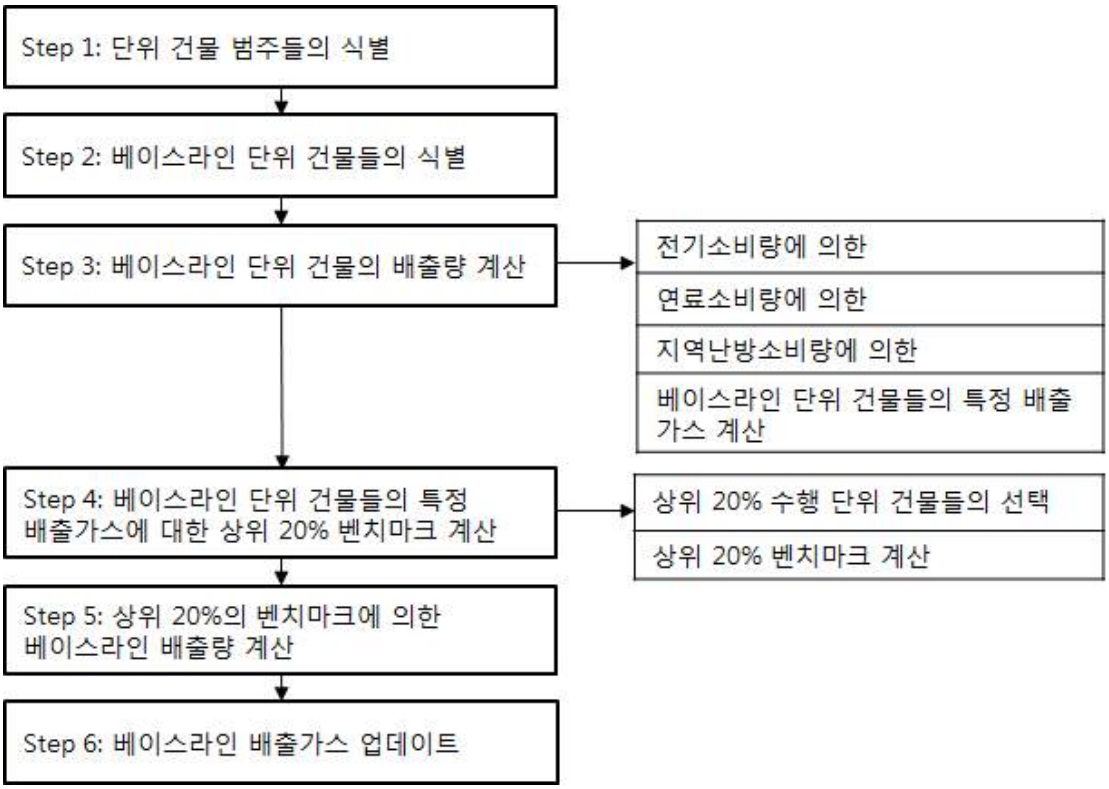
- 개발된 방법론의 Test-bed 적용을 위해 대표성있는 대상지를 선정
- Test-bed 대상지는 실증을 위해 신규 건축물(프로젝트)의 계획안(예상 에너지사용량)이 확보 가능한 개발사업을 시범사업 대상지로 선정

표 2.9 Test-bed 대상지 개요

구분	내용	비고
건물명	서울 M지구 7단지 아파트	
대지면적	51,184.07㎡	
건축면적	14,927.36㎡	
연면적	124,288.75㎡	122,638.49㎡
주거부분 총 전용면적	95,002.65㎡	
규모	지하2층, 지상 15~16층(13개동)	
세대수	1,004세대	

② 방법론 단계별 적용

- 방법론의 산정 절차에 따라 프로젝트 경계설정, 적용성 검토, 베이스라인 배출량 산정, 프로젝트 배출량 산정, 저감량 산정을 실시



방법론 적용단계

- 1단계 : 단위 건물 범주들의 식별
  - 서울시 강서구의 공동주택 단지를 프로젝트 대상지로 선정
  - 프로젝트 대상지의 요건에 따라 아래와 같이 베이스라인 선정 조건이 결정됨

구분	프로젝트	베이스라인
지역	서울시 강서구 방화동	강서구내
용도	공동주택	공동주택
원단위	59㎡, 84㎡, 114㎡(전용면적)	세대별 43㎡~128㎡ 범위
건축년도	2014년 06월 입주예정	2009년 06월 이후 승인
기후	동일	동일
소득	㎡당 406만원(분양가)	유사한 소득수준



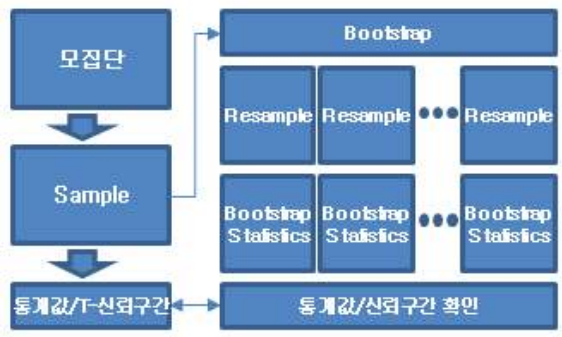
- 2단계 : 베이스라인 대상 건축물(프로젝트 경계) 선정
  - 국토부 건물에너지 통합관리시스템의 자료 협조를 받아 수행
  - 건축물 정보: 주소, 건물명, 사용승인일, 연면적, 세대별 면적, 세대수 등
  - 에너지 사용량 정보: 세대별, 계량기별(에너지원별) 사용량 DB

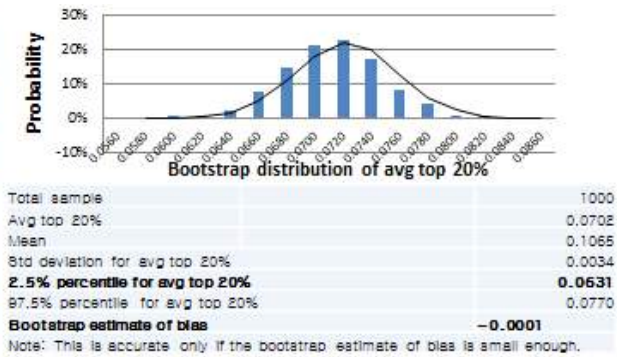
	PNU(지번)	PK	세대수	연면적	주거용전유부면적의 합	사용승인일	비고
1	115001010000*******	11500-100205189	135	21,450.143	11,438.635	20091209	
2	**115001030001*********	**11500-100206908**	**164**	**30,267.770**	**15,071.456**	**20100331**	
3	115001010000*******	11500-100204734	215	31,163.820	17,752.080	20091104	
4	115001030001*******	11500-100208748	120	48,128.440	16,204.050	20100603	
5	115001090000*******	11500-100204141	58	9,836.650	4,674.070	20090930	
6	115001060000*******	11500-100211689	629	78,498.150	46,505.200	20070724	
7	115001060000*******	11500-100211690	518	75,331.960	43,878.560	20070921	

- 3단계 : 세대별 온실가스 배출량을 산정하고 원단위를 도출함

에너지 종류	계량기 번호	pk (세대식별)	소계(kWh)	단위 환산량	CO2	CH4	N20	배출량	단위	세대별 배출량	전유면적 (㎡)	면적당 배출량 (ton-GHG/㎡)
전력	2801201010102	11500-100206911	5028		2.340	0.00003	0.00001	2.340	ton-GHG	14.006	84.91	0.16495
도시가스	302044139		23612.09	5198.99	11.667	0.000208	0.000021	11.667				

- 4단계 : 상위 20%의 벤치마크 계수 산정
  - 시나리오 1: 즉 원단위에 대한 부트스트랩(Bootstrap)을 활용하여 상위 20%의 벤치마크를 산정
  - 시나리오 2: 적용된 에너지 효율기준을 적용하여 상위 20% 벤치마크 산정





- 5단계 : 베이스라인 원단위(상위 20%의 벤치마크) × 프로젝트 총 면적(전용면적)

M단지 _예상감축량		
베이스라인 배출량 원단위	0.0631	ton-GHG/㎡ · yr
베이스라인 배출량(2번 단지)	5,995	ton-GHG/yr
프로젝트배출량 (M단지)	4,273	ton-GHG/yr
예상 감축량	1,722	ton-GHG/yr
예상 감축율	**28.7**	%

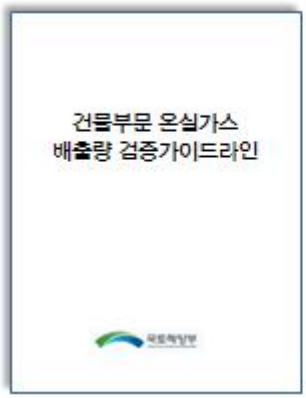
(다) 건축물 온실가스 베이스라인 검증 가이드라인 개발

① QA/QC 가이드라인, 모니터링 방법론, 불확도 평가 방법론 개발

- 평가 체계 및 절차, 오류발생을 예상하고 수정하기 위한 체계 수립



② 건축물 예상 배출량 산정, 감축량 예상, 검증에 대한 매뉴얼 개발



검증 가이드라인 목차

1. 목적
2. 용어정의
3. 사업계획서 및 모니터링 보고서 작성원칙
   3.1 작성시 유의사항
   3.2 작성시 적용기준 및 데이터 활용 등
4. 사업계획서 작성 가이드라인
   4.1 사업개요
   4.2 사업 요건
   4.3 사업경계
   4.4 베이스라인 방법론
   4.5 예상 온실가스 배출 감축량
5. 모니터링 보고서 작성 가이드라인

2 세부 건축물 에너지 성능평가를 위한 기반자료 DB 구축

기술개발 [대림산업]

가. 연구목표

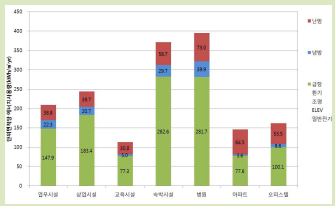
▮ 최종목표	• 건축물 에너지 성능평가 프로그램 개발
▮ 세부연구목표	1 건물 용도별 표준 모델 개발 2 용도별 건물의 에너지 성능평가를 위한 기반자료 DB 구축 3 건물 에너지 모니터링 및 분석기술 개발

나. 주요 연구내용 및 성과물

1 건물 용도별 표준 모델 개발

- 국가 건물에너지 통합관리 시스템 DB 확보 및 분석 계획 수립
- 표준건물 모델 도출을 위한 데이터 구성
- 표준건물 모델 도출을 위한 데이터 분석

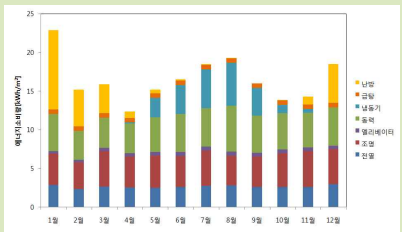
▪ 용도별 표준 건물 모델



2 용도별 건물의 에너지 성능평가를 위한 기반자료 DB 구축

- 건축년도에 따른 에너지소비량
- 실측 에너지소비량과 추정 에너지소비량의 비교
- 냉난방 성능분석을 통한 비냉난방 기간 가정

• 건물에너지 성능평가를 위한 기반자료 DB 구성



3 건물 에너지 모니터링 및 분석기술 개발

- 용도별 건물 모니터링 데이터 DB 검증
- 건물 용도별 경제적 에너지 모니터링 방안 도출 및 시스템 설치 매뉴얼 작성
- 검증된 DB를 기반으로 건물 에너지 모니터링 데이터 분석용 S/W 개발
- 건물의 용도, 사용월, 에너지원별, 사용부분별 에너지를 분석하여 건물 온실가시 인벤토리 구축을 위한 분석 데이터 제공

• PBEAS(Practical Building Energy Assessment System) 개발

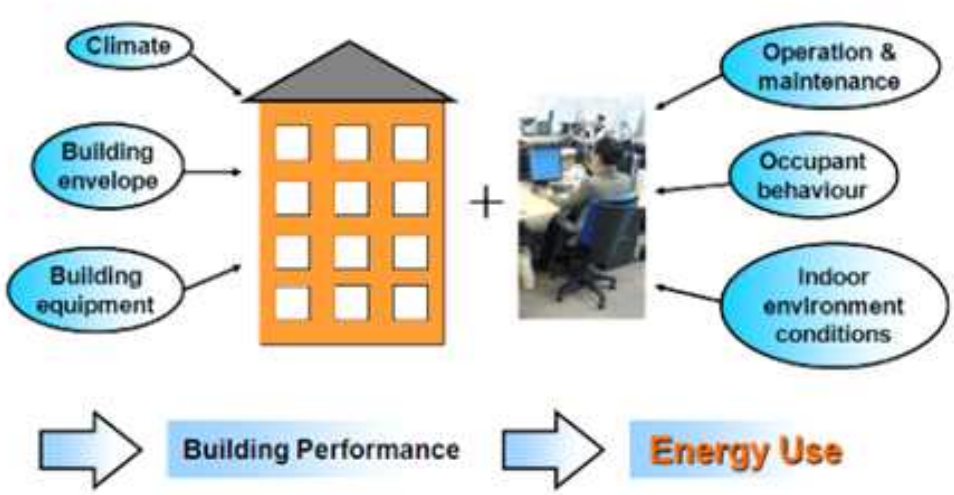


1. 선행연구 조사 및 분석

가. 연구내용

(1) 건물 에너지 사용량 분석 및 평가 방법에 대한 연구현황 조사

- Annex 53 Total Energy Use in Buildings : Analysis & Evaluation Methods)[1]
- 건물 에너지 사용량은 6가지 요소에 의해 영향을 받음.
  (Climate, Building Envelope, Building Equipment, Operation & Maintenance, Occupant Behavior, Indoor Environment Condition)
- 건물 에너지 사용량은 크게 2가지로 나뉠 수 있으며, 현재까지 주로 연구되고 있는 분야는 건물성능분야(Building Performance)로 Climate, Building Envelope, Building Equipment이 포함되어 있으며, 최근 건물 에너지 사용량에 중대한 영향을 미치는 재실자 행동분야는 Operation & Maintenance, Occupant Behavior, Indoor Environment Condition이 포함되어 있음.
- 장기적으로는 건물의 성능보다는 재실자 행동에 의한 에너지 소비가 더 많으며 이를 규명하기 위한 연구가 필요함.
- 에너지 사용 데이터는 스마트 미터링을 통해 자동으로 수집되는 것이 편리하고 안전함.[2]



[Annex 53 : The six factors directly influencing building energy use]

그림 2.22 Annex 53 : 건물에너지사용에 직접 영향있는 요인들

1) http://www.ecbcsa53.org/
2) Manfred Hegger, Energy Manual, Birkhauser, 2008.

(2) 국내외 건물 에너지 모니터링 및 정보시스템 현황

(가) 국내 건물 에너지 모니터링 현황

- 지식경제부에서는 에너지 총 조사를 실시하여 보고서를 발행하고 있으나, 건물 용도별, 면적별 에너지 자료가 제시되고 있지 않아 건물부문의 DB로의 활용에는 한계가 있음.
- 공동주택관리정보시스템을 통해 주거건물의 에너지 사용량을 공개하고 있음.
- 서울시 대부분의 건물에 대한 에너지 사용량을 국가에너지관리시스템 을 통해 국가차원에서 수집하고 있으나, 일반에 공개하지 않음.

(나) 국외 건물 에너지 모니터링 현황

- 미국은 단일건물에서의 에너지모니터링에 대한 기본적인 접근방식을 ASHRAE Handbook의 Building Energy Monitering에 상세히 기술하고 있으며, DOE산하 EIA에서는 매 4년마다 미 전 지역의 상업건물에서의 에너지 소비 특성 분석 조사를 수행.[3)]
- 에너지 서비스 네트워크인 COMNET에서는 상업용 건물 및 주거용건물에 대해서 에너지 시뮬레이션의 입력 값으로 사용되는 데이터를 지속적으로 DB화하며 건물의 에너지성능 분석을 위한 표준 절차 제공
- 스마트 미터링은 대표적 기간의 에너지 소비량을 측정하고 여러 기간에 측정된 데이터를 저장하며, 저장된 데이터를 사용자 뿐 만 아니라 공급자 및 관련기관에서 접근이 가능해야 하며 이외에 데이터 분석 및 분석결과를 효과적인 형태로 사용자에게 전달해야 하며, 영국의 경우 분산형 전력시스템으로 전력 네트워크를 조정하는 에너지 정책 및 장기적 전략을 수행 중.

(다) 국내외 에너지 정보시스템 현황

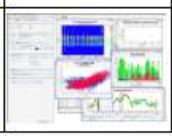
프로그램	공동주택에너지 관리시스템	VTT KULU for public buildings	Energy Sage 1.0 for public buildings	HEED for residential buildings	MoniSoft – Monitoring Software for all buildings	CIMNE for multi-family residential buildings
개발국	한국	필란드	중국	일본	독일	스페인
모니터링 범위	공동주택	공공건물	공공건물	주택	모든 건물	주택
내용	• 온라인에서 사용가능한 에너지 모니터링 시스템으로 공동주택 전기, 가스, 수도, 지역난방 사용량을 볼 수 있음. • 자동으로 측정되는 것은 아니고 관리자가 수기로 작성.	• 온라인에서 사용가능한 에너지 모니터링 시스템으로 온라인 상에서 에너지 사용량 분석 및 레포팅 가능 • 스마트 미터 등의 장비를 이용하여 시스템에 바로 정보를 송부함	• 말단기기의 에너지 소비량과 전기 분배량을 표시 • 전기사용량을 기반으로 HVAC 시스템 제어 • 매시간 데이터 수집	• Real-time으로 데이터 표시 및 진단이 가능한 Prototype 시스템 • Real-time 측정 시스템: 에너지 사용량 및 실내 환경 • 평가 시스템 : Real-time 및 Long-term 진단	• 모든 건물에 대한 통합 및 확장 데이터 • 측정 시간 간격이 서로 상이할 때 자동 보간 • 사용자의 지정에 의한 특정 에너지 소비에 대한 계산	• 전체 전력 및 가스 사용량 측정 • 난방, 급탕, 태양에너지 입출력 • 주전력 사용량 보조계량 및 패적영향인자 측정
User Interface						

그림 2.22 국내외 에너지 정보시스템 비교

3) DOE/EIA, Annual Energy Outlook 2012, U.S. Energy Information Administration. June 2012.

나. 분석결과 및 결론

- 건물의 성능뿐만이 아니라 재실자의 행동 패턴도 건물의 에너지 사용량에 많은 영향을 미침.
- 건물 용도별 장비 성능을 제대로 파악하여야 건물 에너지 절약이 가능한 부분의 파악이 가능함.
- 효율적인 에너지 모니터링을 위해서는 스마트 미터링 도입이 필요함.

다. 적용방안 및 향후내용

- 3차년도에서 스마트 메터링에 관한 기준과 매뉴얼을 작성할 예정.
- 국외 에너지 정보시스템에 대한 현황을 정리하여 추후 공동주택관리시스템 등의 개선안 정책 제안 시 활용할 예정.
- 건물에너지 사용량에 영향을 미치는 6가지 요소에 대한 정립을 완료하였으며, 기존 건축물 에너지 모니터링 시 측정할 예정임.

2. 건물에너지 사용량 분석

가. 연구내용

(1) 주거건물 에너지 사용량 DB확보

- 공동주택 관리 정보 시스템 데이터를 활용하여 강남구, 서초구, 송파구, 분당구 일대를 중심으로 공동주택 에너지 사용량 DB확보[4)]



그림 2.23 공동주택 관리정보시스템, 공동주택 에너지 사용량 통계, 상세 에너지 이용비용 (좌측부터 순서대로)

(2) 주거건물 에너지 사용량 DB 구성 파악

- 공동주택관리정보시스템에서는 부과년월과 발생년월을 기준으로 공용관리비, 개별사용료, 장기수선 충당금, 잡수입 등의 조회가 가능하며, 해당 아파트 단지가 위치한 시/도의 각 항목별 관리비 평균과 전국 평균을 비교 할 수 있음.

4) 공동주택관리정보시스템, http://www.k-apt.go.kr/

표 2.10 주거건물 에너지 사용량 분석을 위한 세부 항목

항목	내용
공용관리비	일반관리비, 경비비, 청소비, 소독비, 승강기유지비, 수선유지비, 지능형 홈네트워크 수선유지비, 위탁관리수수료
개별사용료	급탕, 난방, 가스, 전기, 수도, 정화조오물 수수료, 생활폐기물 수수료, 입주자대표회의 운영비, 건물보험료, 선거관리위원회 운영비, 기타
장기수선 충당금	장기수선 충당금
잡수입	잡수입

(3) 공동주택 관리정보시스템의 DB 오류 분석

- 공동주택 관리정보시스템의 기본 정보 및 에너지 사용량 자료의 오류를 발견하여 개선안을 제시하고자 함.

· 단지기본 정보 오류 : 면적 정보(연면적) 오류로 데이터 왜곡
· 월별입력자료 오류 : 사용자에 의한 사용량 입력 오류로 데이터 왜곡
· 가스 사용량 미입력 : 가스 사용량이 입력되지 않아 개별 난방 세대 난방 및 급탕 에너지 정보 확인 불가.
· 데이터 표시 체계 : CO2배출량, 사용량, 금액의 상호 오류
· 해당 시/도/전국 평균 에너지 사용량 자료 오류 : 데이터 오류로 인해 입력이 되지 않는 경우도 무조건 평균값으로 계산하여 실제 데이터 평균보다 낮게 나타나는 경향이 있음.

(4) 주거건물 에너지 사용량 DB분석

(가) 분석데이터

- 강남구 및 분당구 일대를 중심으로 공동주택 에너지 사용량 DB확보 (공동주택관리정보시스템 데이터 활용)
- 단위 면적당 연간난방사용량 및 세대 면적에 따른 단위면적당 난방사용량 데이터 확보(강남구)[5]
- 준공년도 및 계단실 형태에 따른 단위면적당 난방사용량 데이터 확보 (강남구)[6]
- 월별 및 세대 평균 면적별 단위 면적당 난방, 전기, 급탕 사용량 데이터 확보(분당구)

(나) 시사점

- 준공년도가 경과할수록 단위 면적당 에너지 사용량이 과다
- 평형에 따른 단위면적당 연간난방사용량은 큰 차이가 없음
- 냉난방 기간에 냉난방을 위한 전기에너지가 사용되며, 겨울철 급탕 사용량이 증가함

5) 박선효 외 4명, 지역난방 공동주택의 단지별 난방사용량 분석 연구, 한국태양에너지학회 춘계학술발표대회 논문집, 2012.
6) 이현정 외 4명, 공동주택 에너지 소비 경향 분석에 관한 연구, 한국태양에너지학회 춘계학술발표대회논문집, 2012.

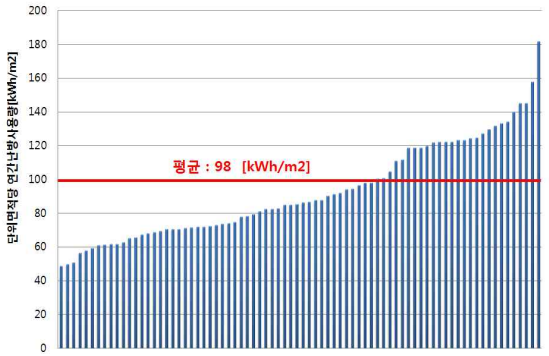


그림 2.24 단위 면적당 평균 연간난방사용량(강남구)

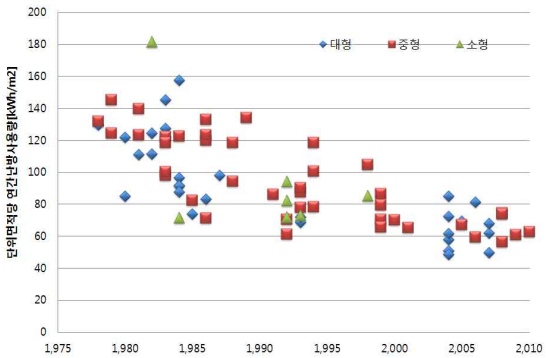


그림 2.25 평형별 단위면적당 연간 난방사용량(강남구)

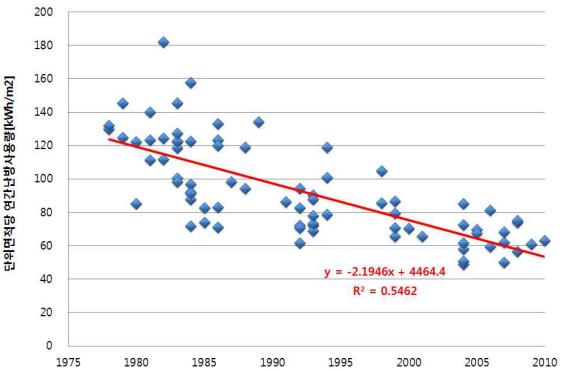


그림 2.26 준공년도에 따른 단위면적당 난방 사용량(강남구)

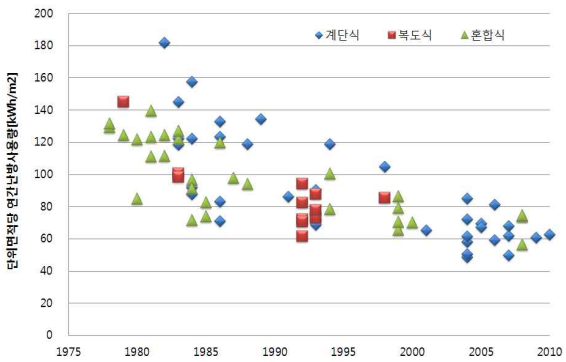


그림 2.27 계단실 형태 및 준공년도에 따른 단위면적당 난방 사용량(강남구)

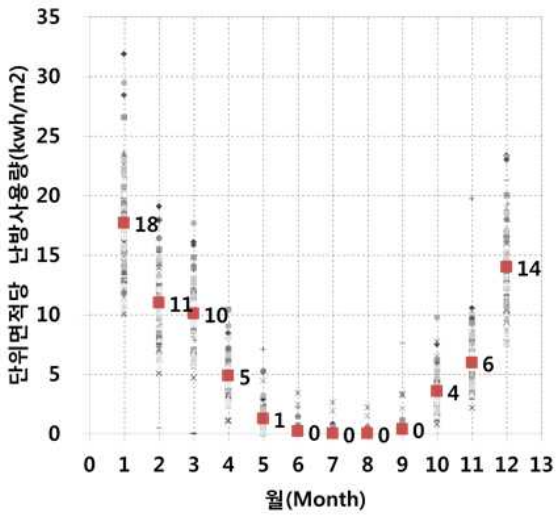


그림 2.28 단위 면적당 월별 난방 사용량(분당구)

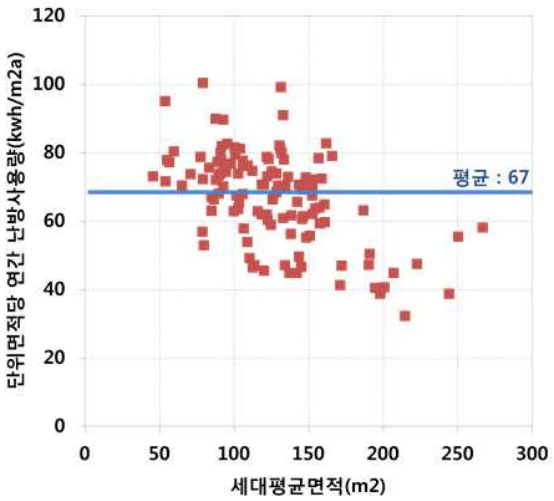


그림 2.29 세대평균면적별 단위면적당 연간 난방사용량(분당구)

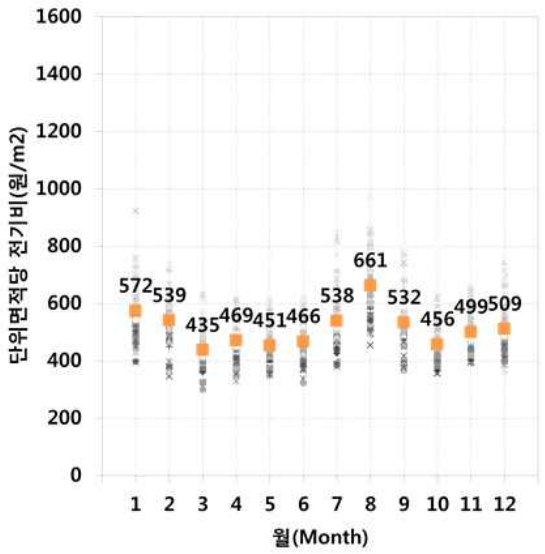


그림 2.30 단위 면적당 월별 전기비(분당구)

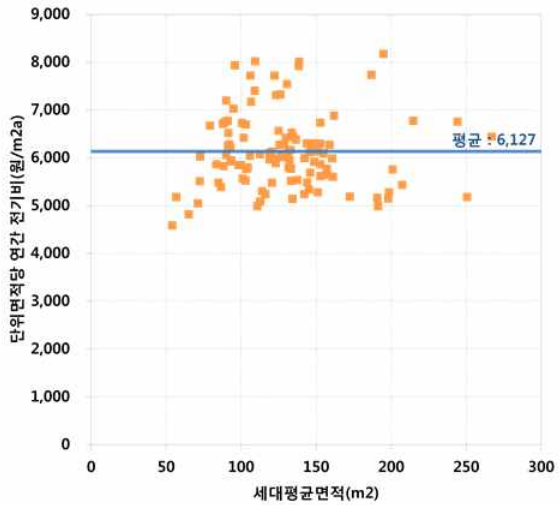


그림 2.31 세대평균면적별 단위면적당 연간 전기비(분당구)

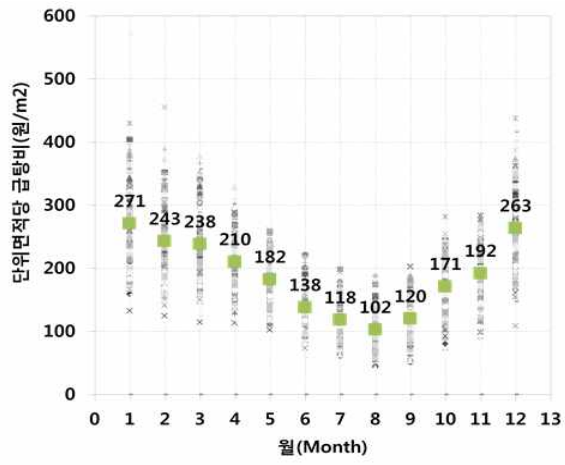


그림 2.32 단위 면적당 월별 급탕비(분당구)]

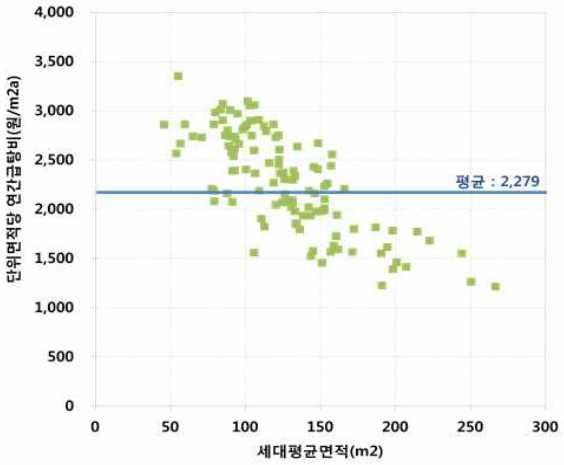


그림 2.33 세대평균면적별 단위면적당 연간 급탕비(분당구)]

나. 분석결과 및 결론

- 서울 강남구 소재 지역난방 공동주택 단지의 평균 난방에너지 사용량은 단위면적당 98[kWh/m2]로 나타남. 1980년 전후로 지어진 공동주택이 많은 압구정동과 대치동이 평균보다 높은 난방에너지 사용량을 보임.
- 월별 에너지 사용량, 동별 에너지 사용량, 세대면적에 따른 에너지 사용량분석 결과 단지간 난방에너지 사용량 차이가 크게 나타남.
- 준공년도가 경과될수록 난방에너지 사용량이 증가하는 경향을 보였고, 이러한 결과는 과거 공동주택은 단열기준이 낮고, 건물 노후도에 따른 열손실이 증가하였기 때문으로 판단됨.
- 공동주택의 난방에너지 사용량은 경과년도에 의한 영향이 가장 큰 것으로 나타남. 이는 분석대상을 동별로 분류하고 경과년수에 따른 난방사용량 비교 결과를 통해 알 수 있음.
- 공동주택의 에너지 이용은 준공년도의 영향이 큰 영향을 미치며, 유사한 조건이라도 거주

자의 에너지 사용특성에 따라 차이가 매우 크게 나타남.

- 공동주택 관리정보시스템은 기본 정보 및 에너지 사용량 자료의 오류가 있어 신뢰성 있는 데이터로 활용하기는 어렵다고 판단. 개선안 제시가 필요함.

다. 적용방안 및 향후내용

- 공동주택 관리정보 시스템의 개선사항을 도출하여 정책제안으로 성과 를 도출하고자함.
- 3차년도에서 공동주택의 스마트 미터링 도입에 대한 매뉴얼을 제시할 예정임.

3. 건물 용도별 표준 모델 개발

가. 연구내용

(1) 국가 건물에너지 통합관리 시스템 DB 확보 및 분석 계획 수립

- DB 확보를 위한 협업
- DB 현황파악 및 요청 DB 구성 확정
- DB 분석 방향 및 전문가 자문 계획 수립

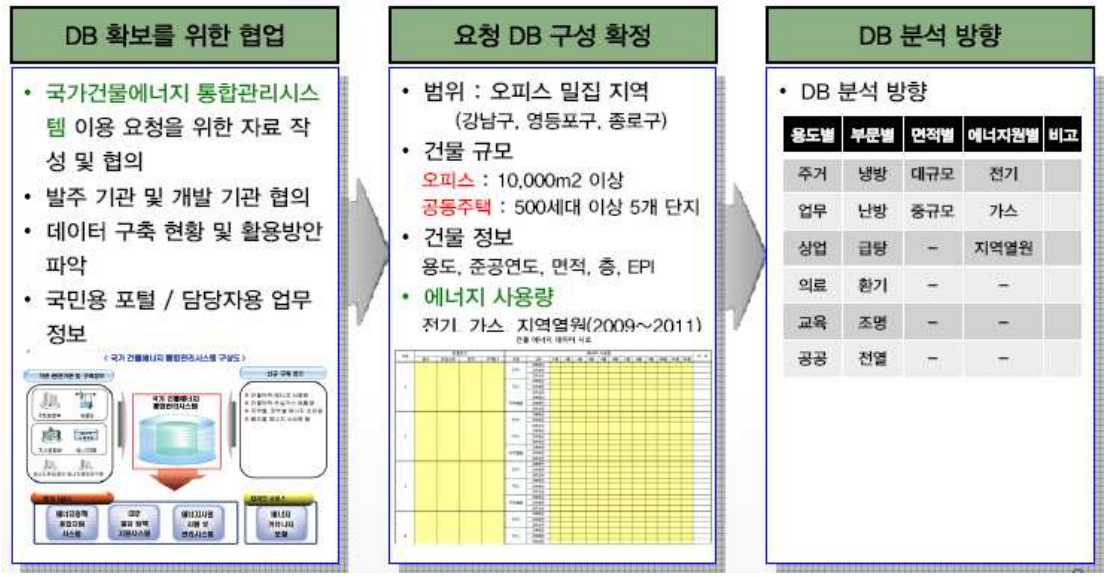


그림 2.34 국가 건물에너지 통합관리 시스템 DB 분석 계획

(2) 표준건물 모델 도출을 위한 데이터 구성

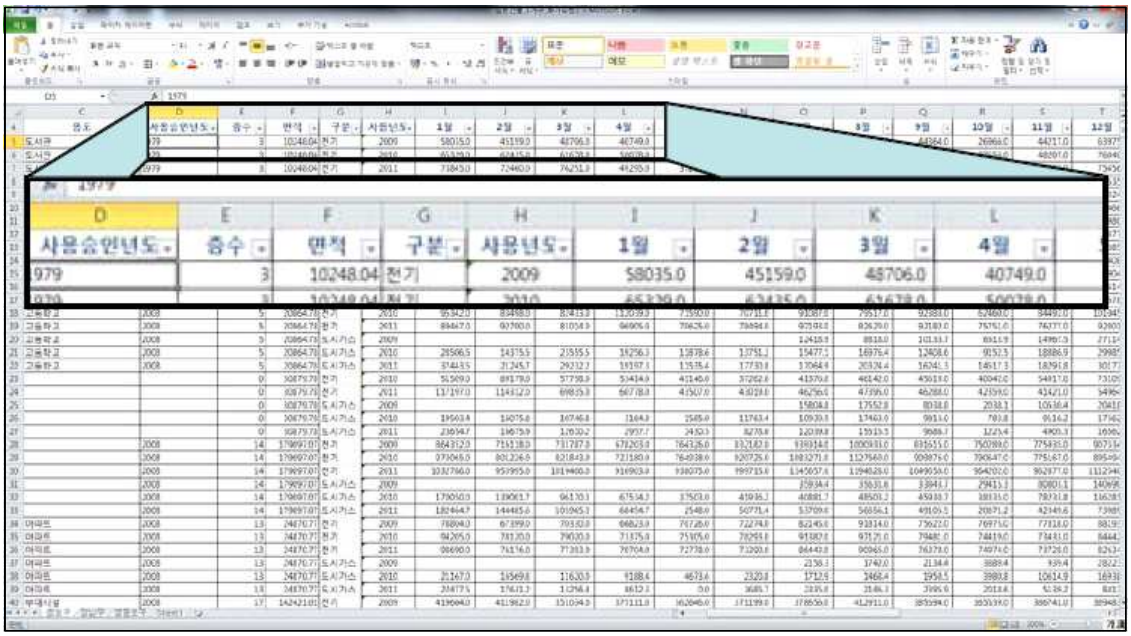


그림 2.35 표준건물모델 도출을 위한 데이터 구성 현황

- 용도별, 사용승인연도, 건물 규모에 따른 데이터 구성
- 서울 강남구, 종로구, 영등포구 데이터 구성

(3) 표준건물 모델 도출을 위한 데이터 분석

- 월별 에너지 사용량을 바탕으로 계절 변동요인에 따른 난방/냉방 에너지 사용량을 추정하여 용도별 에너지 사용특성 분석
- 전기, 도시가스, 지역난방 사용량은 모두 kWh단위로 환산하여 전체 에너지 사용량으로 합산하였음[7].
- 데이터 분석은 연간 사용량 합계 및 월별 에너지 사용량, 건축물 연면적과 에너지 소비량의 상관관계, 계절별 에너지 사용량 특성을 바탕으로 한 냉난방에너지 사용량 추정 등으로 실시하였음. 차년도 연구에서 실제 건물 모니터링을 통해 환기, 급탕, 조명, 전열 등을 상세히 구분 예정
- 냉난방에너지 사용량 추정은 건축물 용도별도 에너지 사용량이 최저인 달을 기준으로 하여 하절기 증가분을 냉방에너지로, 동절기 증가분을 난방에너지 사용량으로 정정하였음.

표 2.11 조사 대상 시설의 DB 표본수

	업무시설	상업시설	교육시설	숙박시설	병원	아파트	오피스텔
DB표본수	235	50	47	9	17	218	59
사용표본수	222	45	45	7	13	187	58

7) 도시가스 사용량은 도시가스 체적단위(Nm^3)로 수집되었으며 열량환산시 진발열량 기준으로 9,400kcal/Nm^3의 값을 적용하여 kWh 단위로 환산하였음.

표 2.12 용도별 에너지사용량 분석 및 표준건물모델

	업무시설	상업시설	교육시설	숙박시설	병원	아파트	오피스텔
표본수(n)	222	45	45	7	13	187	58
평균	209.0	243.7	113.0	371.1	394.6	145.7	162.2
표준편차	68.8	145.6	60.7	82.9	202.1	49.4	43.6
변동계수(%)	32.9	59.7	53.7	22.3	51.2	33.9	26.9
최대값	517.4	901.2	337.8	524.0	768.6	472.5	280.1
최소값	77.4	70.3	45.6	274.8	141.4	56.8	102.1
난방	38.8	39.7	30.8	58.7	73.0	64.5	53.5
냉방	22.3	20.7	5.0	29.7	39.9	3.6	8.6
급탕	147.9	183.4	77.3	282.6	281.7	77.6	100.1
환기							
조명							
ELEV							
일반전기							
합계	209.0	243.7	113.0	371.1	394.6	145.7	162.2

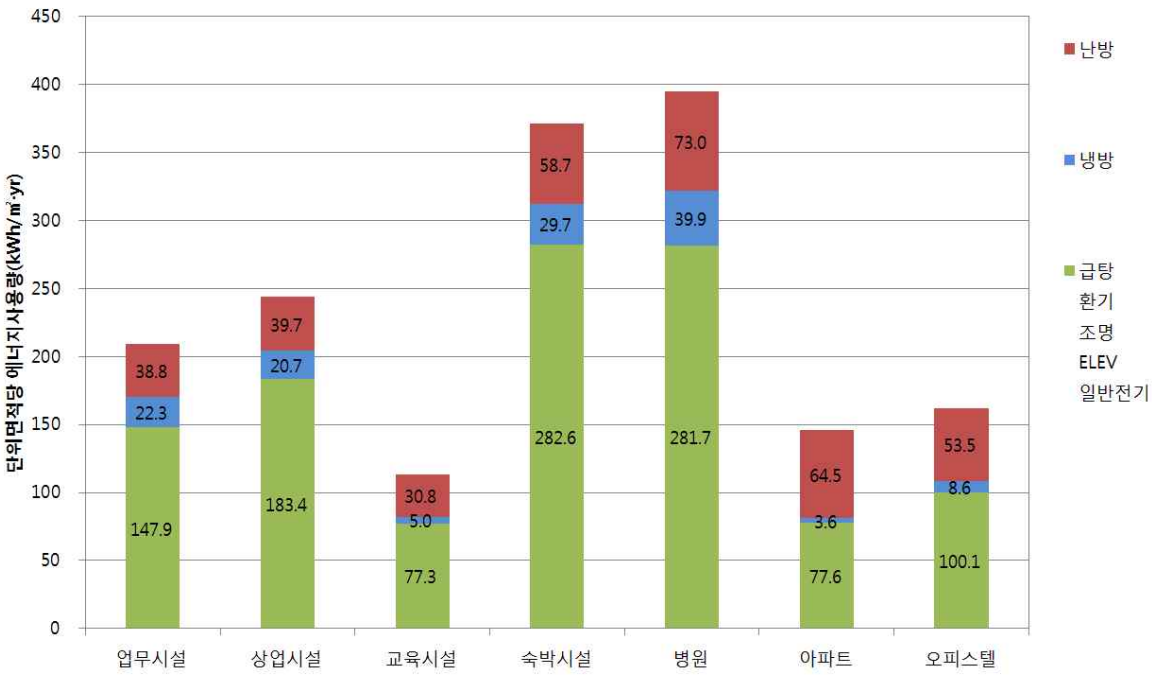


그림 2.36 대상 건물의 단위면적당 에너지 사용량 비교

(4) 건물에너지 DB를 활용한 용도별 에너지 사용량 분석 모델 개발

- 국가에너지 데이터를 이용하여 에너지 사용 부문별로 상세 구분

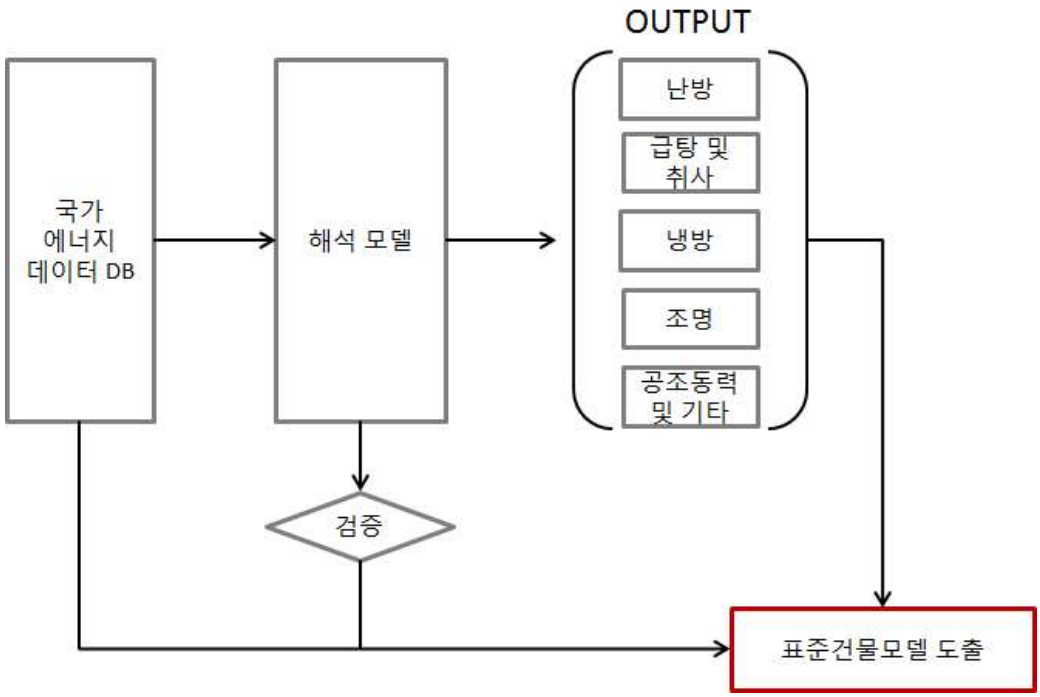


그림 2.37 에너지 사용량 분석 모델 프로세스

- 용도별 에너지 사용량 분석을 위한 상세 연구 개념도 작성

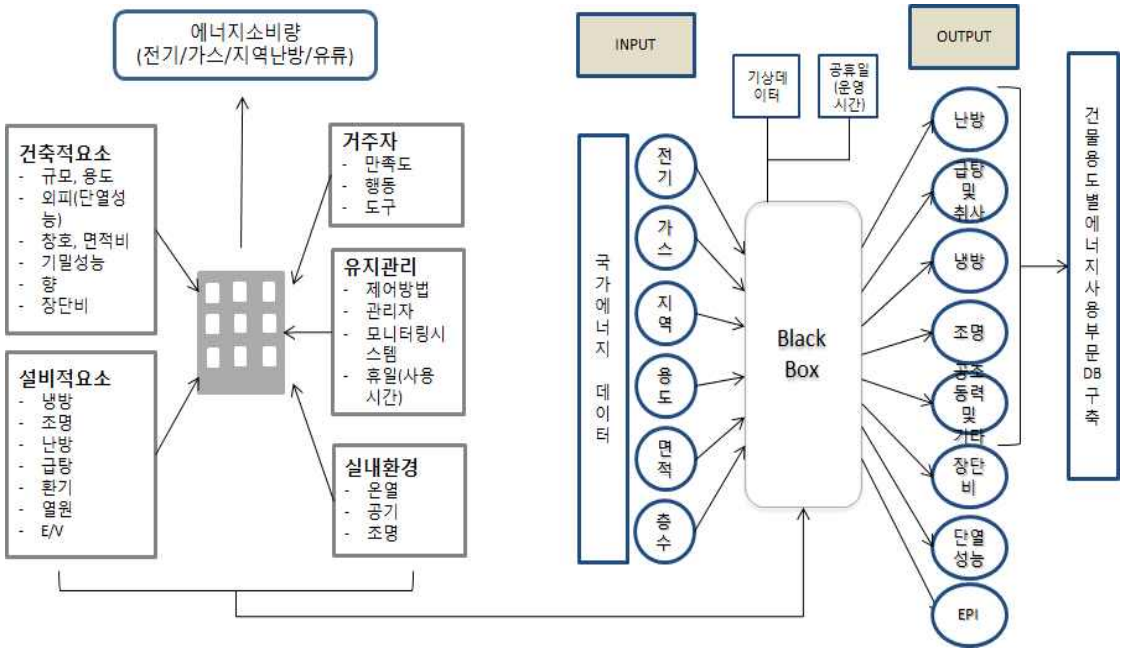


그림 2.38 용도별 에너지 사용량 분석을 위한 연구 다이어그램

– 샘플 건물 선정

- 용도별 에너지사용량 추정과정의 타당성을 찾기 위한 샘플건물로서 재실자 스케쥴 예측이 가능한 사무소건물을 샘플건물로 선정
- 추정의 시작단계이므로 추정할 사항이 많지 않은, 열원 및 공조시스템의 추정이 가장 간단한 건물을 샘플건물로 선정

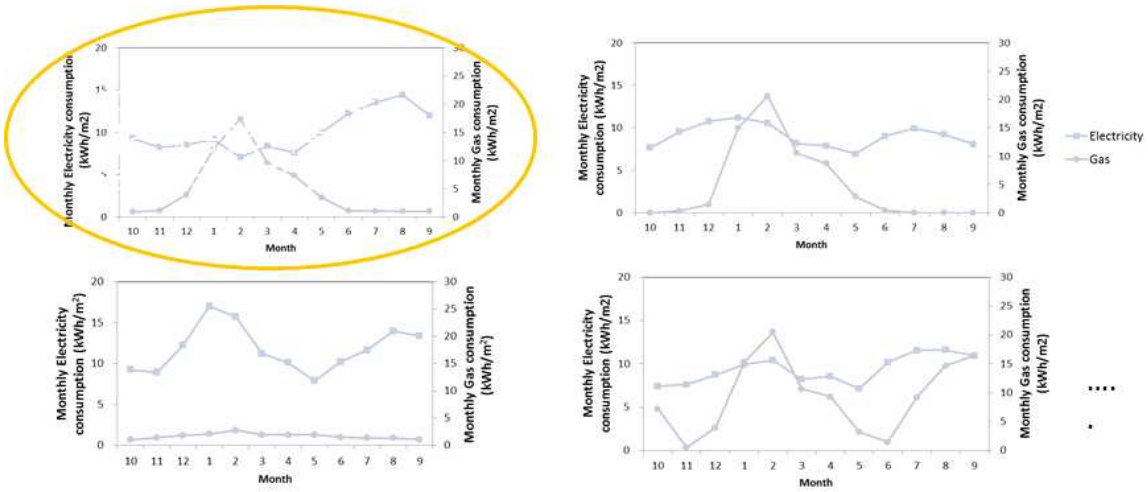


그림 2.39 에너지 사용특성 분석 및 샘플건물 선정

- 전기 및 가스 사용량 추정 방안 도출

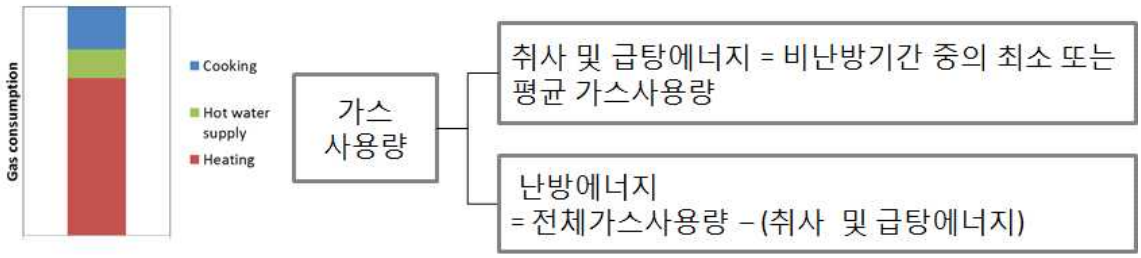


그림 2.40 가스 사용량 추정

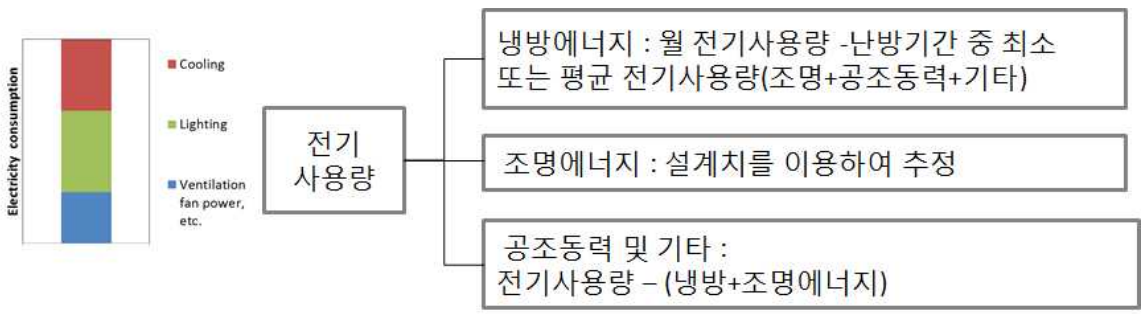


그림 2.41 전기 사용량 추정

- 냉난방을 제외한 에너지 사용량 도출
- 급탕, 조명, 공조동력 및 기타 에너지, 기존 논문과의 비교 결과

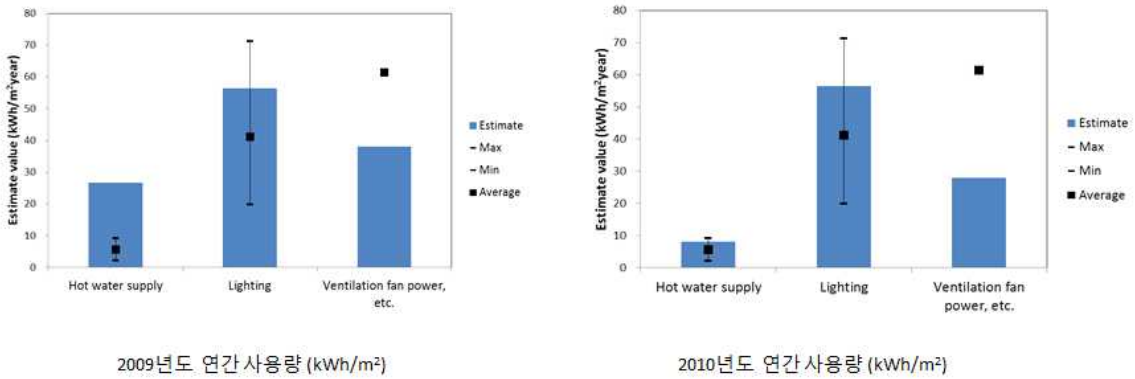


그림 2.42 급탕, 조명, 환기 에너지

나. 분석결과 및 결론

- 국가건물에너지 통합관리시스템 자료 확보가 예정 일정보다 늦어져, 에너지 데이터 분석 및 이를 이용한 표준건물모델 도출 지연. 그에 따른 신뢰도 검증 및 개선 연구 진행 예정

다. 적용방안 및 향후내용

- 표준건물모델을 개발하고, 실사용건물 부문별 에너지 사용량 정밀 분석을 통해 에너지 사용 패턴 및 사용 경향을 도출하여 에너지 성능평가를 위한 기반자료 DB 구축에 활용
- 대외 자문(건축학회 등)을 통해 자료의 신뢰도 확보 –> 분석 범위 확장 및 용도 증가
- 국가건물에너지 통합관리시스템 자료 확보가 예정 일정보다 늦어져, 에너지 데이터 분석 및 이를 이용한 표준건물모델 도출 지연. 그에 따른 신뢰도 검증 및 개선연구 진행 예정

4. 공동주택 에너지 사용 특성 분석

가. 연구내용

(1) 공동주택 단지 난방 에너지 사용량 분석 방법

(가) 단지 내 비교
- 세대 층별/위치별(최상, 최하, 측세대 등) / 평형별 / 향별

(나) 단지 단지 비교
- 난방에너지 비교기간은 2010년 11월 ~ 2011년 3월
- 입주시기는 2000년~2008년으로 제한
- 경산중방 : 공동주택관리정보시스템 비교단지 난방에너지 사용량 조회(지역난방)
- 광주광천 : 해당지역 열원공급 사업자에 비교단지 가스사용량 자료(개별난방)
- 광주오포 : 공동주택관리정보시스템 비교단지 난방에너지 사용량 조회(지역난방)

(2) 에너지 절약형 공동주택 단지 난방 에너지 사용량 분석[8)]

- 에너지 절약형 공동주택과 일반 공동주택의 난방에너지 사용특성분석
- 기존단지와 에너지 절약단지의 가스 사용량(난방에너지 사용량) 분석
- 동일평형 기준 세대 위치에 따른 난방에너지 사용량 분석

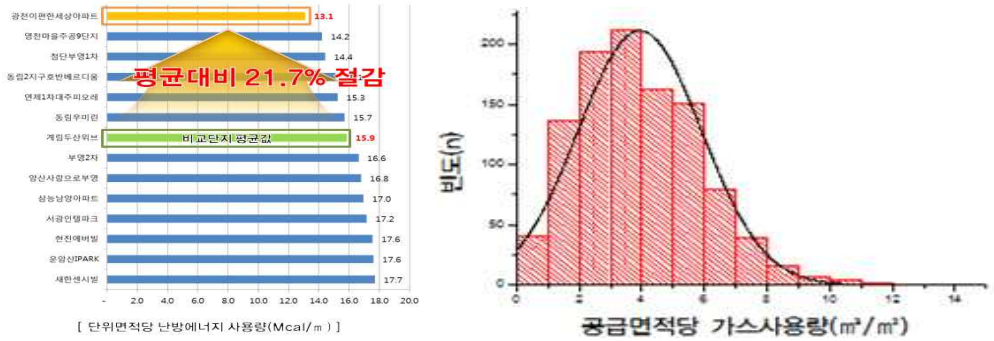
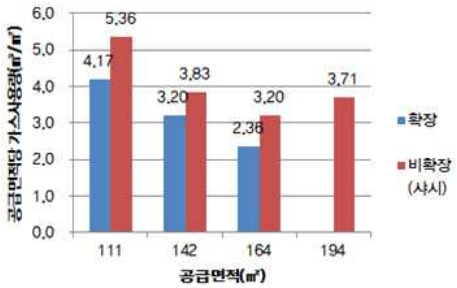


그림 2.43 단위 면적당 난방에너지 사용량



평균 가스사용량 (N㎥/㎡)	3.89
표준편차 (N㎥/㎡)	1.97
분산 (N㎥/㎡)	3.89
CV (%)	50.6

그림 2.44 에너지 절약형 공동주택 단지의 난방에너지사용량 분석

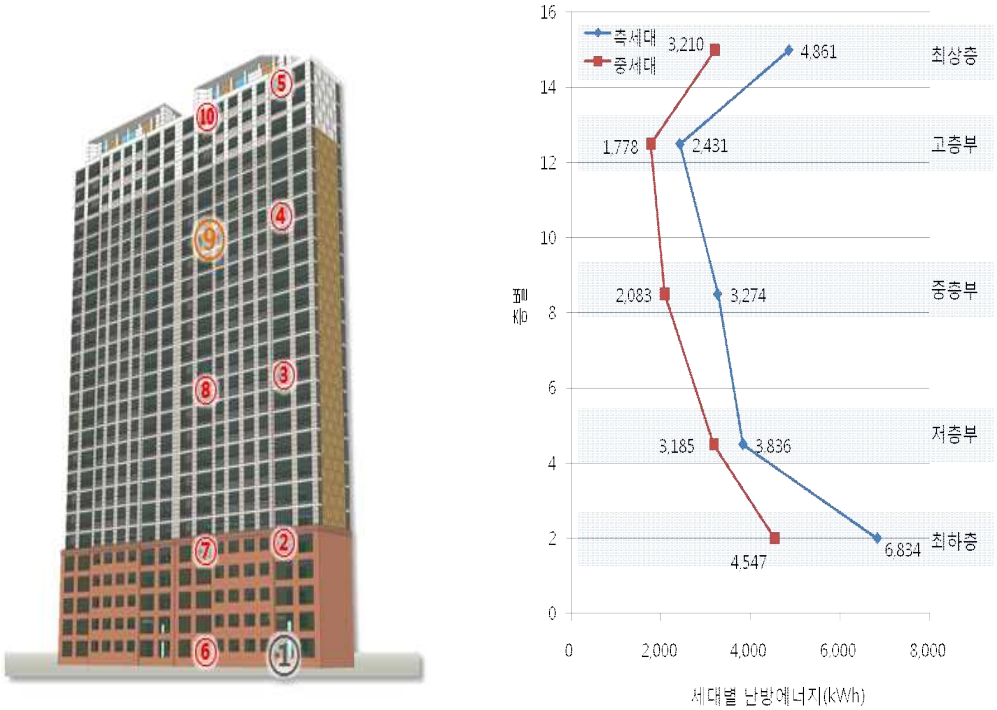


그림 2.45 세대 위치에 따른 난방에너지사용량 분석

8) 권 경우 외3명, 저에너지 공동주택의 난방에너지 사용량 분석에 관한 연구, 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집, 2011.

(3) 공동주택 세대간 단열에 따른 에너지 사용량

(가) 공동주택 세대간 난방에너지 사용량 분석 배경

- 공동주택은 인접세대의 실내온도에 따라 에너지사용량이 큰 영향을 받을 수 있는 주거형태
- 국내 단열설계기준에서는 층간 바닥을 제외하고는 세대 간 단열에 대한 기준을 두고 있지 않음

(나) 인접 세대로의 열손실 실태 분석

- 미입주 세대 아파트를 대상으로 현장 측정과 시뮬레이션을 병행하여 세대간 열손실 실태에 대하여 분석
- 1월 한달간 난방에너지 사용량 분석결과 주변세대 난방여부에 따라 난방에너지 사용량이 최대 160% 증가
- 시뮬레이션 결과 인접세대가 비난방일 경우 세대간 열손실량은 기본 난방사용량 대비 상부세대로 80.4%, 하부세대로 53.5%, 옆세대 로 54.6%가 손실되는 것으로 나타났으며 3면이 모두 비난방일 경우 188.5%의 난방에너지가 추가로 손실되는 것으로 나타남
- 인접세대가 난방을 하더라도 실내설정온도와 인접세대의 실내온도에 따라 인접세대로 상당량의 열이 손실되거나 취득되는 것으로 계산됨
- 세대간 단열이 미비한 현재의 단열규정에서는 인접세대의 난방여부 와 실내온도에 따라 난방에너지 사용량에 상당한 차이가 발생하므로, 공정한 에너지요금의 부과 및 열손실 완화를 위해 세대 간 단열에 관한 제도적 보완이 필요할 것으로 판단됨



구분	면적 (㎡)	평균 열관류율 (W/㎡K)	열관류량 (W/K)
외피 (창 포함)	113.4	0.61	69.17
세대간벽 (천정,바닥포함)	334.6	0.93	311.18

실내외 온도차 △30℃ 외피 열손실 = 세대간 온도차 △6.7℃ 세대간 열손실

그림 2.46 비난방 인접 세대로의 열손실

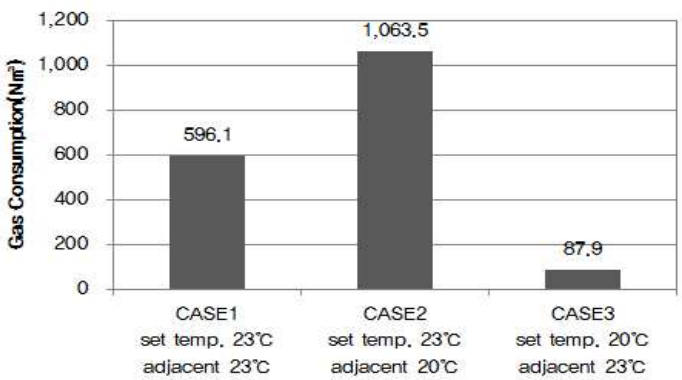


그림 2.47 설정 온도에 따른 비난방 인접 세대로의 열손실

나. 분석결과 및 결론

- 에너지절약형 주택과 일반 공동주택단지의 난방에너지 사용특성 분석. 일반단지와 에너지 절약형 단지의 비교, 동일 단지내 향, 확장여부, 평형, 세대위치에 따른 에너지 특성 분석
- 세대간 단열조건에서는 인접세대의 실내 온도 특성에 따라 에너지 소비량에 큰 차이 발생
- 세대간 열손실 문제는 불필요한 에너지 손실 및 냉난방 요금의 부당과 금문제로 연결되므로 세대간 단열에 대한 제도적 보완 방안 필요

다. 적용방안 및 향후내용

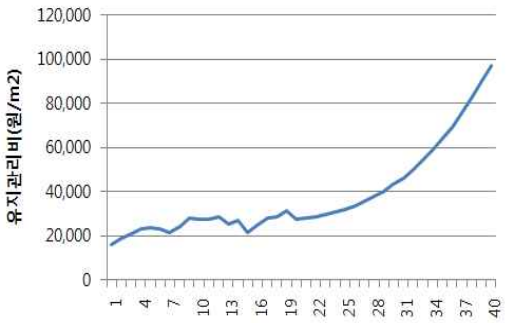
- 신축 및 에너지 절약형 공동주택 단지의 에너지 사용량 표준화 및 에너지 취약 세대에 대한 보완 방안 제시
- 인접세대간 열손실 실태에 대한 상세 분석 및 세대간 단열기준 강화를 정책 제안서 작성
- 6월 중 학술지 논문 1편 투고 예정

5. 건물 노후도에 따른 에너지 사용량 증가를 반영한 LCCO2 평가

가. 연구내용

(1) 건물 노후도에 따른 에너지 사용량 검토

- '주택 재건축사업의 안전진단 매뉴얼' 에 근거한 공동주택 경과연수별 유지관리비율 활용 (노후화에 따른 에너지 사용량 증가에 의한 비용증가뿐만 아니라 물가상승률에 따른 비용증가도 포함)
- 노후화에 따른 연평균 에너지 사용량 상승률(1.32%)
  = 연평균 유지관리비 상승률(4.25%) – 연평균 물가상승률(2.93%)
- 생애기간으로 선정한 40년 후에는 66.77%가 증가.[9)]



경과 년수	에너지 증가율	경과 년수	에너지 증가율	경과 년수	에너지 증가율	경과 년수	에너지 증가율
1	0.00%	11	14.01%	21	29.99%	31	48.20%
2	1.32%	12	15.52%	22	31.70%	32	50.16%
3	2.66%	13	17.04%	23	33.44%	33	52.14%
4	4.01%	14	18.59%	24	35.20%	34	54.15%
5	5.39%	15	20.15%	25	36.99%	35	56.18%
6	6.78%	16	21.74%	26	38.80%	36	58.25%
7	8.19%	17	23.35%	27	40.63%	37	60.33%
8	9.61%	18	24.97%	28	42.49%	38	62.45%
9	11.06%	19	26.62%	29	44.37%	39	64.60%
10	12.53%	20	28.29%	30	46.27%	40	66.77%

그림 2.48 건물 노후도를 반영한 에너지 사용량 증가율 도출

9) 박선효, $LCCO_2$ 분석에 의한 공동주택 외피시스템 평가에 관한 연구, 한양대학교 박사학위논문, 2010.

(2) LCCO2 분석에 의한 건물 평가

- 철근 콘크리트를 대체하는 건식외피시스템에 대한 LCCO2 평가를 기존의 외피 시스템과 비교하여 실시
- 생애단계별 CO2 배출량 평가 실시
- 유지관리단계 에너지 사용량에 의한 CO2 배출량 정밀 분석

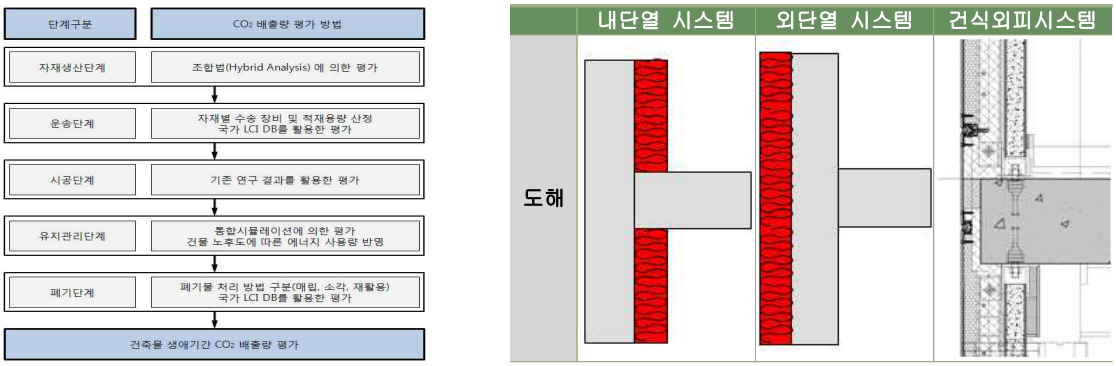


그림 2.49 LCCO2 평가 프로세스 및 평가 대상

- 건식외피시스템의 생애 단계별 CO2 배출량은 (자재운송 < 현장시공 < 폐기 < 자재생산 < 유지관리단계) 순으로 나타남
- 건식외피시스템은 62 tCO2, 외단열 시스템은 69 tCO2, 내단열 시스템은 73 tCO2의 배출량을 보여 생애기간 배출량 최저[10)]

	단위	내단열	외단열	건식외피 시스템
자재생산	kg CO2	3,834	4,159	1,268
자재운송	kg CO2	44	43	18
현장시공	kg CO2	77	76	32
유지관리	kg CO2	68,798	64,874	60,975
폐기	kg CO2	296	295	56
계	kg CO2	73,109	69,447	62,349
	T CO2	73	69	62

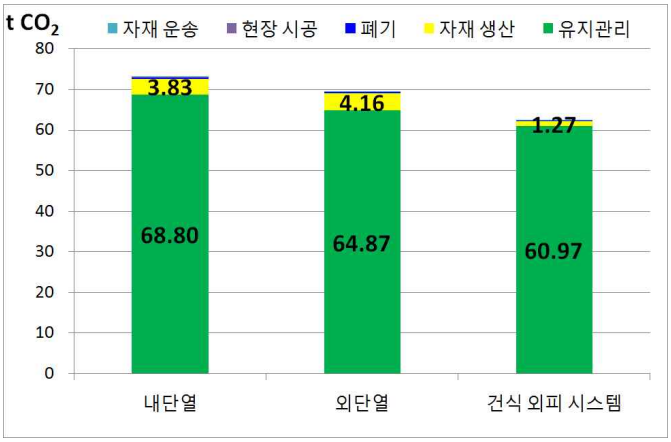


그림 2.50 LCCO2 평가 결과

나. 분석결과 및 결론

- 건식외피시스템의 생애 단계별 CO2 배출량은 (자재운송 < 현장시공 < 폐기 < 자재생산 < 유지관리단계) 순으로 나타남
- 건식외피시스템은 62 tCO2, 외단열 시스템은 69 tCO2, 내단열 시스템은 73 tCO2의 배출량을 보여 생애기간 배출량 최저.

10) 박선효, LCCO2 분석에 의한 외피 시스템 평가, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 2010.10.

다. 적용방안 및 향후내용

- 노후도에 따른 에너지 사용량 증가를 실측 데이터와 비교하여 표준화 된 에너지 사용 모델을 도출하여 용도별 표준건물모델 신뢰도 확보

6. 건물 에너지 상세 분석을 위한 모니터링

가. 연구내용

(1) General Procedure for a Detailed Energy Audit

- 건물 에너지 사용량 분석을 위해서는 Energy Audit의 에너지 분석기법을 활용할 필요가 있음.
- Energy Audit은 일반적으로 4단계로 이루어지며 각 단계별 확인내용은 다음과 같음.[11)]

Step 1. Building and Utility Data Analysis : 에너지 시스템과 에너지 사용 특징일 평가하기 위한 단계

- 최소한 3년 동안의 수도, 전기, 가스 데이터 수집.(에너지 사용 패턴 히스토리 확인)
- 연료의 종류 확인(가장 많이 사용하는 연료의 종류 파악(전기, 가스, 석유 등))
- 연료종류에 따른 사용패턴 확인(연료종류에 따른 에너지 최대요구량(energy peak) 확인)
- Utility 구조이해(에너지 최대 요구량이 발생하였을 때, 값싼 에너지 구입가능 여부 확인)
- 기상조건이 연료소비에 미치는 영향정도 조사(혹한 기상조건과 관련된 에너지소비량 확인)
- 건물용도와 규모에 따른 Utility 에너지 사용량 조사 수행(다른 표준 건물 에너지 사용량과 비교를 하기 위해서 단위 면적당 에너지 사용량 표시)

Step 2. Walk-Through Survey : 잠재적으로 에너지 절약 가능성이 있는지 확인

- 고객의 니즈를 확인
- 현재 가동 및 유지 절차 확인
- 가장 에너지를 많이 사용하는 장비의 운전조건을 확인
- 조명, 기기, 재실자 추정(에너지 사용 빈도 및 가동 시간)

Step 3. Baseline for Building Energy Use : 현재 에너지 사용량과 운전 조건을 대표하는 베이스 모델 개발

- 건축, 기계, 전기, 제어 도면 리뷰
- 건물 기기의 효율, 성능, 안정성을 검사하고 평가
- 기기의 가동 사용 및 스케줄 확인(조명, HVAC, 포함)
- 건물 에너지 사용량의 베이스 라인 모델 구축
- Utility 데이터 또는 Metering 데이터 캘리브레이션

11) Ellen Salazar, Building Energy Metering, CIBSE TM39: 2009.

Step 4. Evaluation of Energy Savings Measures : 경제적이고 에너지 절약적인 관점에서 가격 경쟁력이 있는 에너지 측정 관리 결정

- 에너지 측정 관리 종합 리스트 비교
- 베이스 라인 에너지 사용 시뮬레이션 모델 등을 이용한 다양한 에너지 절약 대책을 통한 에너지 절약 결정
- 에너지 절약 대책이 필요한 곳의 시행 초기 비용 평가
- 에너지 절약 대책의 경제성 평가

(2) 에너지 사용량 측정을 위한 사무소 건물 선정

- 건물 외피에 따라 건물의 에너지 사용량이 달라짐
- 건물 외피 종류에 따른 에너지 소비량 차를 확인하기 위해 동일한 지역의 사무소 건물 2개를 선정하여 건물 에너지 사용량을 모니터링 할 예정
- 같은 지역에 위치하는 건물이므로 같은 기상조건에 위치하고 있다고 가정하여 하나의 건물에 기상스테이션을 설치하여 외기의 온도/습도 /강우량/일사량 등을 모니터링 할 예정



그림 2.51 에너지 사용량 측정을 위한 대상 사무소 건물

(3) 사무소 건물 실내환경 측정계획 수립

- 에너지 사용 시(냉난방/환기장치 사용) 변화하는 물리적 환경요소 측정(온도, 습도, CO2)
- 외피와 공간간의 거리, 방위등에 따라 물리적 환경 요소(온도, 습도, CO2)가 달라질 수 있으므로 측정위치를 실내/외주부와 향에 따라 분류



그림 2.52 사무소 건물의 실내환경 측정 위치

(4) 에너지 사용량 모니터링 방법조사

- 열원 및 에너지 사용 용도별로 에너지 사용량을 모니터링하는 방법에 대해 조사[12)]
- 에너지 사용량 모니터링 시 비용, 생산성 등을 고려하여 기록방법과 기록 시간 간격 등을 조정[13)]

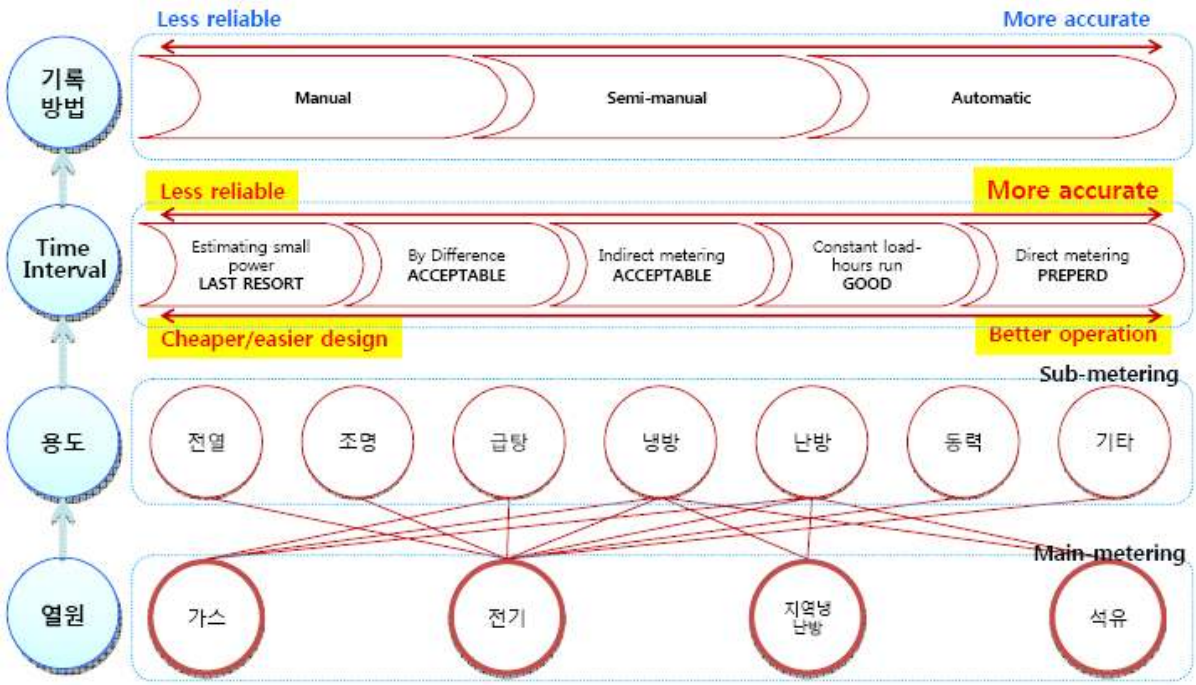


그림 2.53 에너지 사용 모니터링 방법

(5) 측정 건물 에너지 사용량 모니터링 현황 분석

- 측정건물의 에너지 사용량 모니터링 현황을 분석하였음.
- 에너지 소비량이 높은 부분 중 분리되어 모니터링이 되지 않는 부분은 따로 전력계등을 사용하여 측정할 예정[14)]





12) Al Thumann, et. al, Handbook of Energy Audits, Eighth Edition, The Fairmont Press, 2009.
13) Moncef Krarti, Energy audit of building systems second edition, CRC Press, 2010.
14) ANNEX 47. Energy conservation in buildings and community systems programme, Report 1 Commissioning overview, 2010.

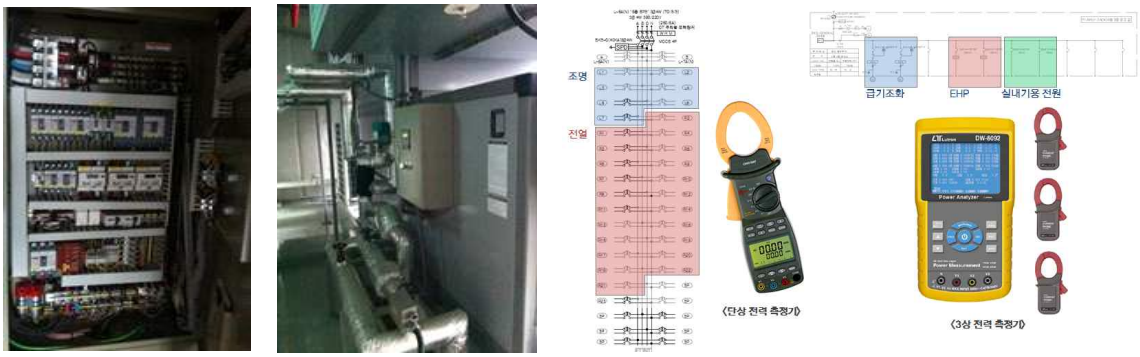


그림 2.54 대상 건물에서의 에너지 사용량 모니터링 현황

나. 분석결과 및 결론

- 건물 에너지 사용량을 정확히 파악하기 위해서는 연료별, 용도별로 분리하여 측정해야 함.
- 건물의 외피의 종류에 따라 실내환경과 에너지 소비량에 차이가 많이 생길 것으로 판단됨.

다. 적용방안 및 향후내용

- 3차년도에서 제시할 기존 및 신축 건축물 에너지 모니터링 시스템 매뉴얼 작성 시 기존 건물의 모니터링 한계점 및 문제점 제시 가능
- 실 건물 에너지 사용량을 측정하여 현재 국가 건물 에너지 데이터에서 파악할 수 없는 연료별 기본 부하를 파악 할 수 있을 것으로 사료됨.
- 장비의 최대 부하와 최대 부하가 걸리는 시간을 파악하여 장비 선정시 활용 할 수 있을 것으로 판단됨.

7. 용도별 건물의 에너지 성능평가를 위한 기반자료 DB 구축

가. 연구내용

(1) 건축년도에 따른 에너지소비량
- 건축년도에 따른 연간 에너지소비량 분석
- 건축년도에 따른 냉난방에너지소비량 분석

(2) 실측 에너지소비량과 추정 에너지소비량의 비교
- 실측에너지 소비량분석 : A건물(교보빌딩 2011년DATA), B건물(수송동 2008년 DATA)
- 실측 건물의 용도별 실측 에너지소비량 분석
- 냉난방에너지소비량 추정방법 도출
- 실측 냉난방에너지소비량과 추정 냉난방에너지소비량의 비교
- 실측 동력에너지소비량 분석

(3) 냉난방 성능분석을 통한 비냉난방 기간 가정

- 냉난방 피크부하 산정을 위한 추정방법
- 냉방 피크부하의 히스토그램과 누적 확률분포
- 난방 피크부하의 히스토그램과 누적 확률분포

나. 분석결과 및 결론

(1) 건축년도에 따른 에너지소비량

(가) 건축년도에 따른 연간 에너지소비량

- 업무시설과 아파트의 건축년도에 따른 연간 에너지소비량을 분석하였음. 업무시설은 연간 에너지소비량이 비교적 일정한 반면에 아파트의 경우 최근에 지어진 건물일수록 연간 에너지소비량이 감소하는 경향을 뚜렷하게 보이고 있음.

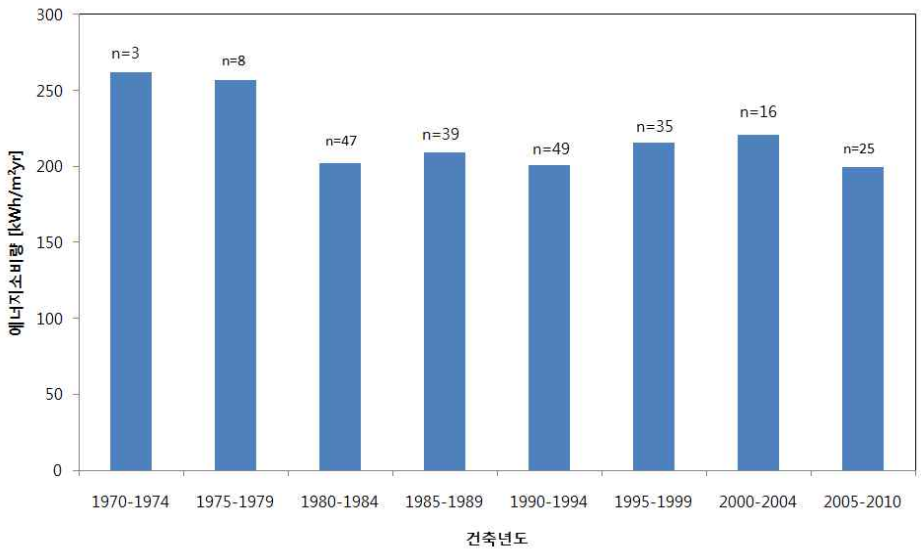


그림 2.55 업무시설의 연간 에너지소비량

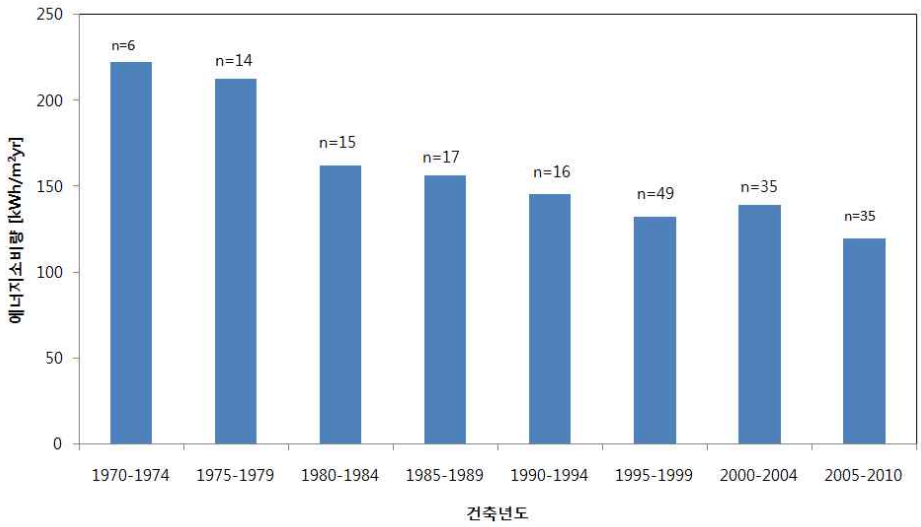


그림 2.56 아파트의 연간 에너지소비량

(나) 건축년도에 따른 냉난방에너지소비량

- 건축년도에 따른 에너지소비량에 대하여 냉난방에너지소비량을 추정하였음. 최근에 지어진 건물일수록 아파트의 난방에너지소비량은 감소하는 경향을 보이고 있고, 냉방에너지소비량의 경우 그 절대량은 작으나 증가하는 경향을 보였음. 업무시설의 경우 준공연도에 따른 전체에너지 사용량 및 냉방, 난방에너지소비량의 감소 추이는 나타나지 않았음.
- 이는 에너지절약설계기준의 단열강화에 따른 에너지사용량 저감효과가 아파트에는 뚜렷하게 나타나고 있으나 일반 업무용 건물의 경우 나타나고 있지 않음을 의미함. 최근 업무용 건물의 유리커튼월 적용, 창면적비 증가 등이 원인으로 추정되며 이에 대한 별도의 분석이 필요할 것으로 판단됨.

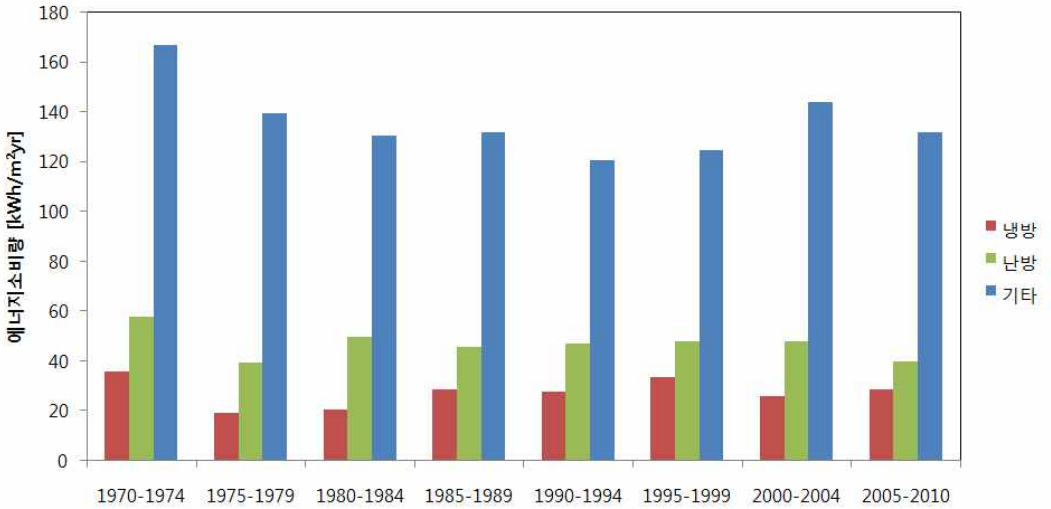


그림 2.57 업무시설의 연간 냉난방에너지소비량

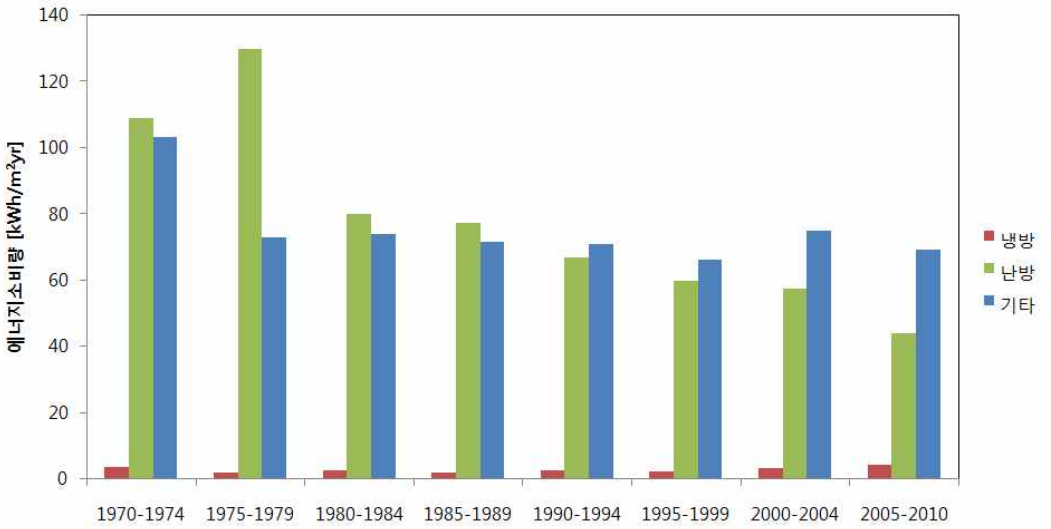


그림 2.58 아파트의 연간 냉난방에너지소비량

(2) 실측 에너지소비량과 추정 에너지소비량의 비교

(가) A건물의 용도별 실측 에너지소비량 (교보빌딩 2011년 DATA)

- A건물은 연간 총 202.38kWh/m2의 에너지를 소비하였으며, 공조동력을 제외한 연간 냉방에너지소비량은 22.09kWh/m2, 난방에너지소비량은 26.61kWh/m2을 소비하였음. 이는 각각 연간 총 에너지소비량의 10.91%, 13.15%를 차지하였음.
- 냉난방에너지소비량 외에 급탕, 동력, 엘리베이터, 조명, 전열의 연간 에너지소비량은 6.87kWh/m2, 59.25kWh/m2, 5.38kWh/m2, 50.17kWh/m2, 32.02kWh/m2에 해당하였음.

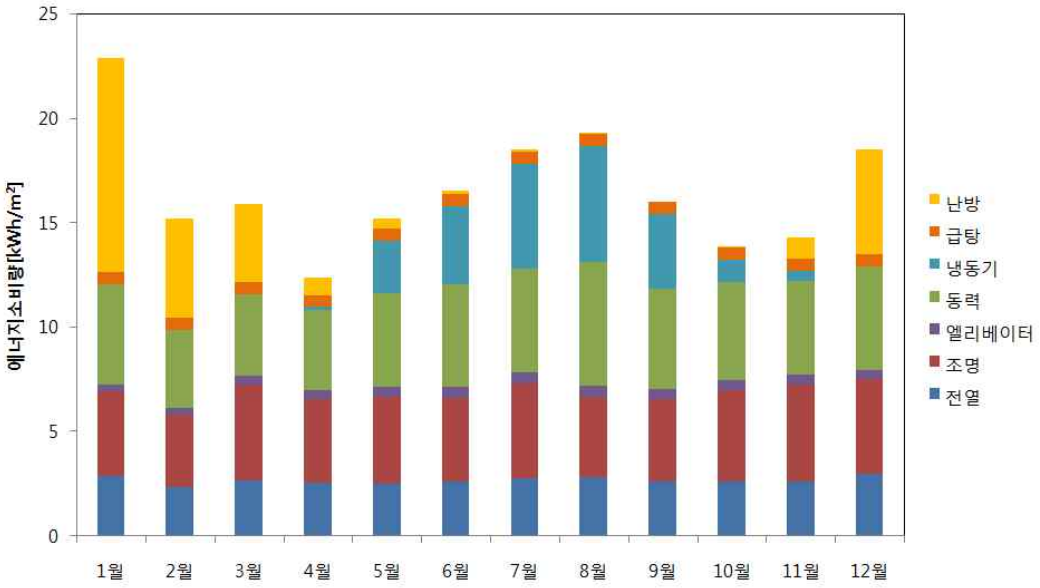


그림 2.59 A건물의 용도별 실측 에너지소비량

(나) A건물 냉난방에너지소비량 추정방법

- 기타 에너지소비량을 냉난방을 제외한 급탕, 동력, 조명, 전열, 엘리베이터 용도로 사용되는 에너지소비량이라고 하였으며, 그 추정방법은 월별 총 에너지소비량 중 최소값이라고 가정하였음.
- 난방기간은 11월~4월, 냉방기간은 5월~9월이라고 판단하였으며, 냉난방에너지소비량의 추정방법은 다음과 같음.

월 냉방에너지소비량 = 월 총 에너지소비량 - 기타 에너지소비량
월 난방에너지소비량 = 월 총 에너지소비량 - 기타 에너지소비량

(다) A건물의 실측 냉난방에너지소비량과 추정 냉난방에너지소비량의 비교

- 월별로 냉방 및 난방에너지소비량의 실측값과 추정값 사이에 차이가 있었지만, 연간 냉방 및 난방에너지소비량의 실측값과 추정값의 추정오차는 냉방의 경우 6.6%, 난방의 경우 6.8%로 나왔음. 이를 통해 냉난방에너지소비량의 추정방법이 월별로는 차이가 있을 수 있으나 연간 소비량은 큰 차이를 보이지 않음을 알 수 있음.

- 그러나 위의 추정방법은 냉난방에 사용되는 동력에너지가 포함된 것이나 실측 냉방 및 난방에너지소비량은 동력에너지가 포함되지 않은 것임. 따라서 A건물의 비냉난방 시 항시 사용되는 동력에너지소비량을 추정하기 위해 실측 동력에너지소비량을 참고하였음.

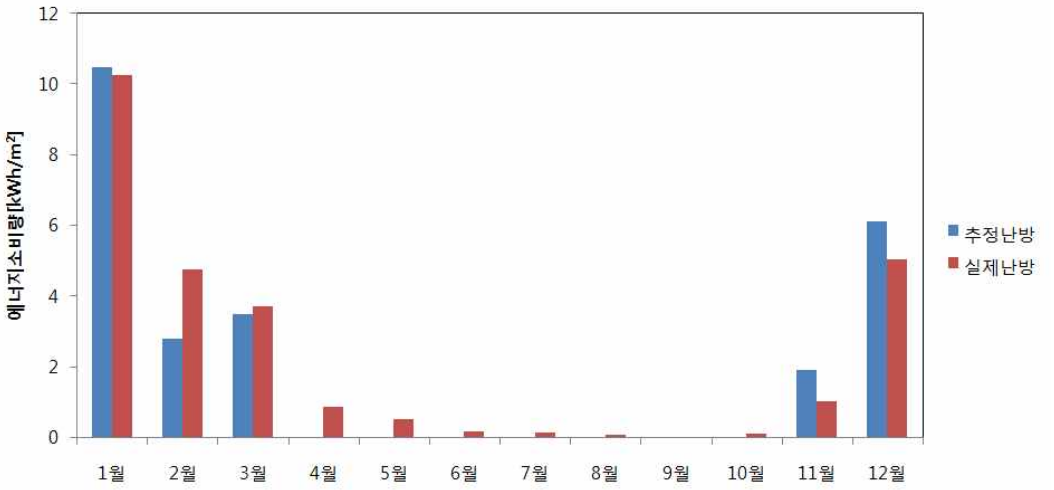


그림 2.60 월 난방에너지소비량 비교

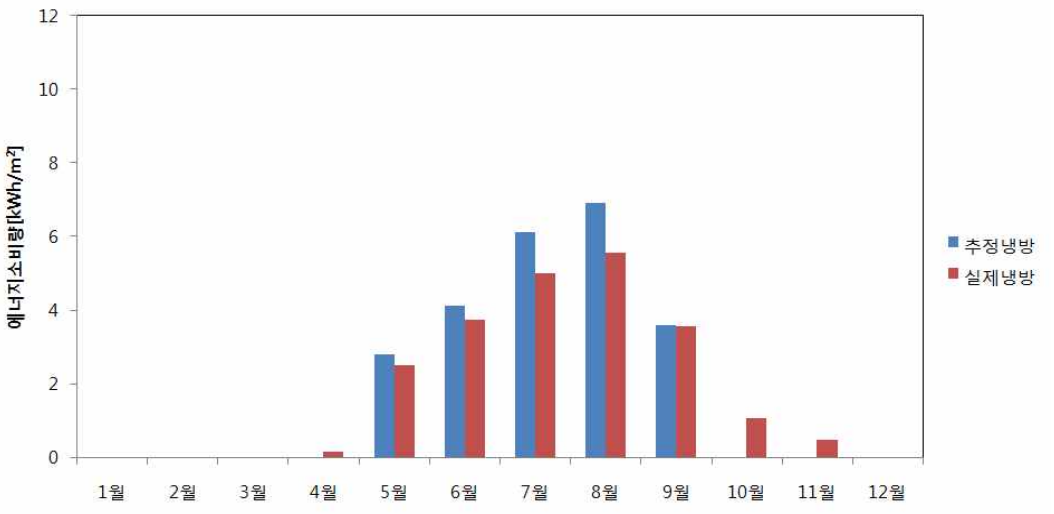


그림 2.61 월 냉방에너지소비량 비교

표 2.13 분석결과

구분		연간 에너지소비량[kWh/㎡]	추정오차 [%]
냉방에너지소비량	실제	22.09	6.79
	추정	23.56	
난방에너지소비량	실제	26.61	6.68
	추정	24.81	

(라) A건물의 실측 동력에너지소비량

- 월별 동력에너지소비량을 실측한 결과 냉난방에너지소비량이 상대적으로 적은 기간인 4월과 10월에 최소값을 보이지 않고, 난방기간인 2월에 최소값인 3.72kWh/m2을 보였음. 이는 건물 운영시간 및 운영일수, 건물 이용률 등과 같은 건물 이용상 특징적인 사항이 영향을 미친 것으로 사료됨.
- 건물의 이용상 특징적인 사항의 영향을 배제한다고 가정할 경우, 4월과 10월 중 냉난방 및 동력에너지소비량이 더 적은 4월 동력에너지소비량인 3.81kWh/m2을 기준으로 A건물의 냉난방을 위한 동력에너지소비량을 계산하였음. 따라서 다음 장에서 공조동력을 포함한 냉난방에너지소비량 실측값과 추정값을 비교하였음.

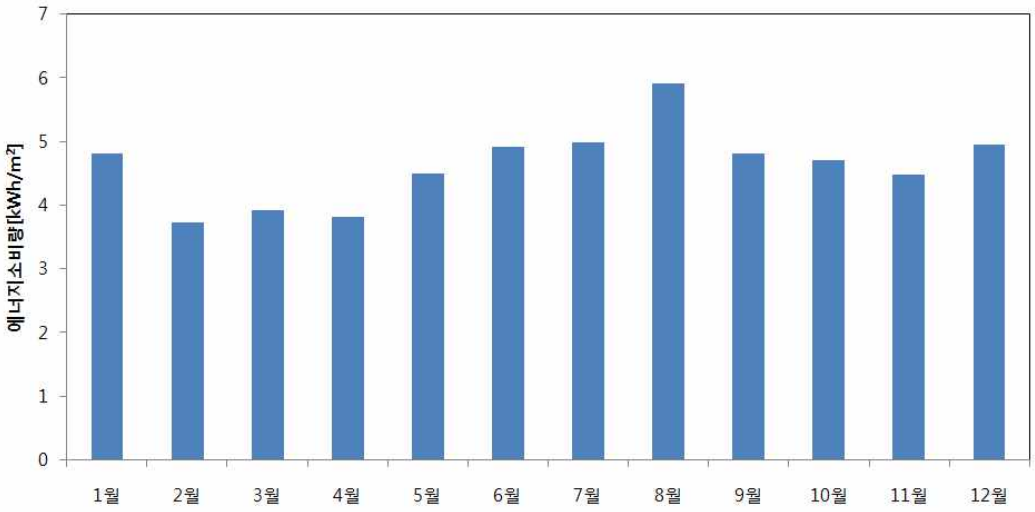


그림 2.62 A건물의 실측 동력에너지소비량

(마) A건물의 실측 냉난방에너지소비량(공조동력 포함)과 추정 냉난방에너지소비량의 비교

- 공조동력을 포함한 연간 실제 냉난방에너지소비량은 58.37kWh/m2이고, 추정한 연간 실제 냉난방에너지소비량은 48.37kWh/m2이었음. 두 값 사이의 추정오차는 17%에 해당하였음.
- 추정방법에서는 4월과 10월에 냉난방에너지소비량이 발생하지 않는다고 가정하였지만 실측 건물A의 공조동력을 포함한 냉난방에너지소비량과 비교하였을 때, 4월에 1.01kWh/m2, 10월에 2.03kWh/m2의 냉난방에너지사용량이 발생하는 것으로 파악되었음.
- 추정방법을 통해 월별 난방에너지소비량을 구할 경우 2월이 3월보다 난방에너지소비량이 더 적게 나타남. 추정과정에서 월별 전체 에너지소비량의 총합 중 최소값을 냉난방에너지소비량을 제외한 기타 에너지소비량이라 정하였음. 최소값의 월별 증가분을 월별 냉난방에너지소비량이라고 추정할 경우, 2월 총 에너지소비량이 3월보다 적을 경우 난방에너지소비량이 더 적어지는 경우가 있었음.

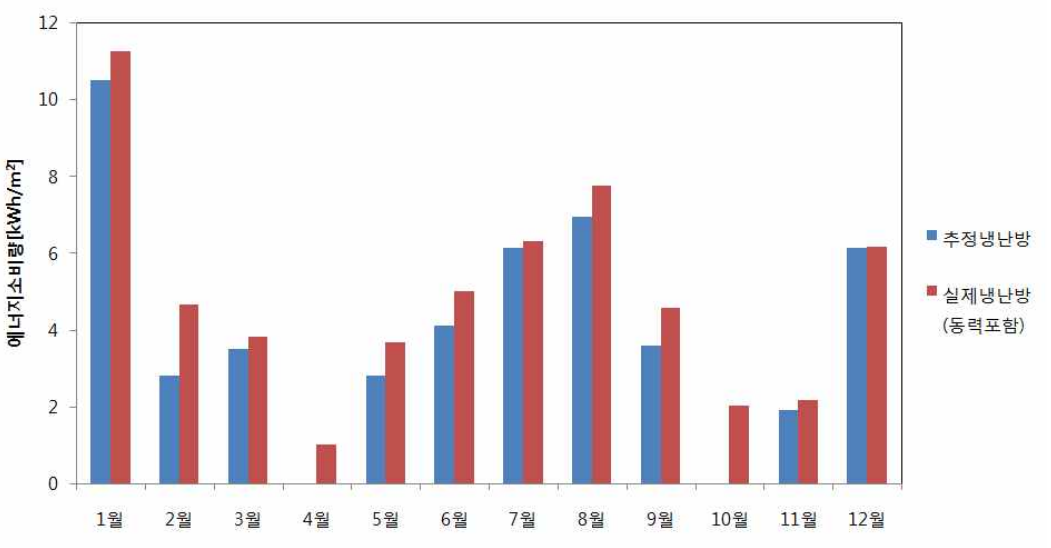


그림 2.63 월별 추정 냉난방에너지소비량과 실제 냉난방에너지소비량

(바) B건물의 용도별 실측 에너지소비량 (수송동 2008년 DATA)

- B건물은 연간 총 277.24Wh/m2의 에너지를 소비하였으며, 공조동력을 제외한 연간 냉방에너지소비량은 10.57kWh/m2, 난방에너지소비량은 46.71kWh/m2을 소비하였음. 이는 각각 연간 총 에너지소비량의 3.81%, 16.84%를 차지하였음.

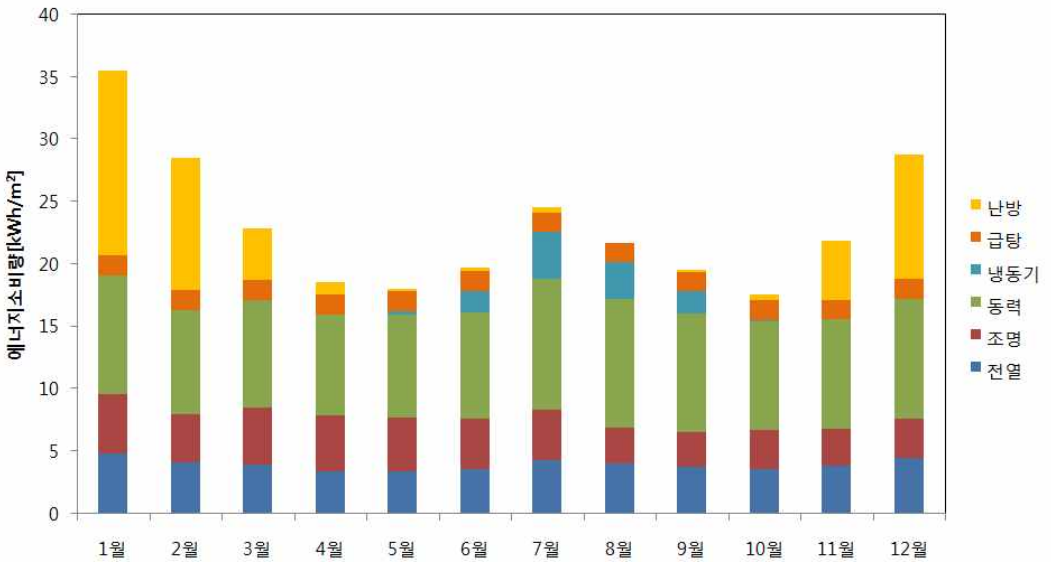


그림 2.64 B건물의 용도별 실측 에너지소비량

- 냉난방에너지소비량 외에 급탕, 동력, 조명, 전열의 연간 에너지소비량은 18.94kWh/m2, 108.70kWh/m2, 5.38kWh/m2, 44.93kWh/m2, 47.39kWh/m2에 해당함.

(사) B건물 에너지소비량 추정방법

- A건물에서 사용한 추정방법과 동일함.

(아) B건물의 실측 냉난방에너지소비량과 추정 냉난방에너지소비량의 비교

- B건물은 난방에너지소비량에 비하여 냉방에너지소비량이 적게 소비되었음. 냉방에너지소비량의 추정오차는 47.65%로 난방에너지소비량의 추정오차인 6.26%보다 상당히 크게 나타남. 이는 상대적으로 적은 연간 냉방에너지소비량으로 인해 추정오차가 크게 나타난 것으로 판단됨.

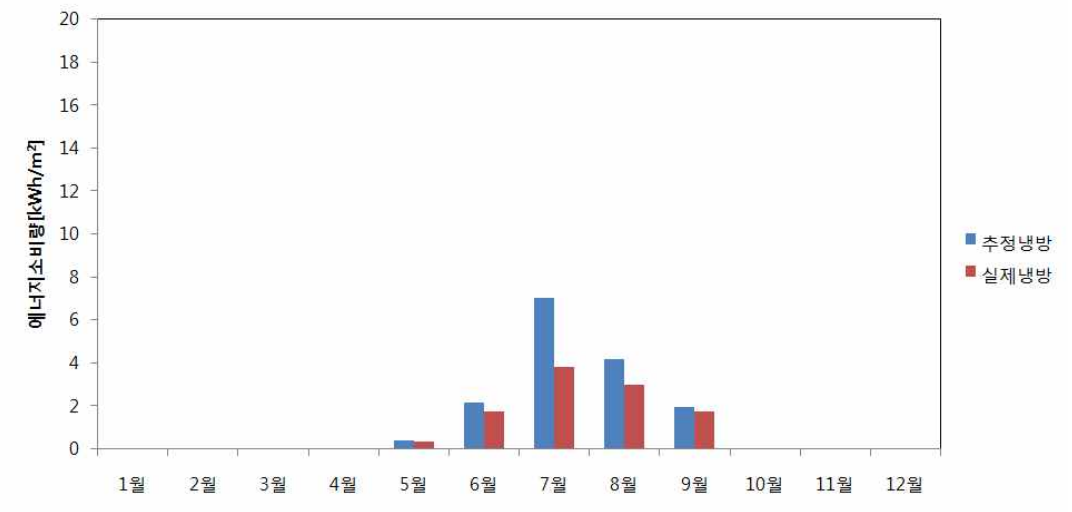


그림 2.65 월 냉방에너지소비량 비교

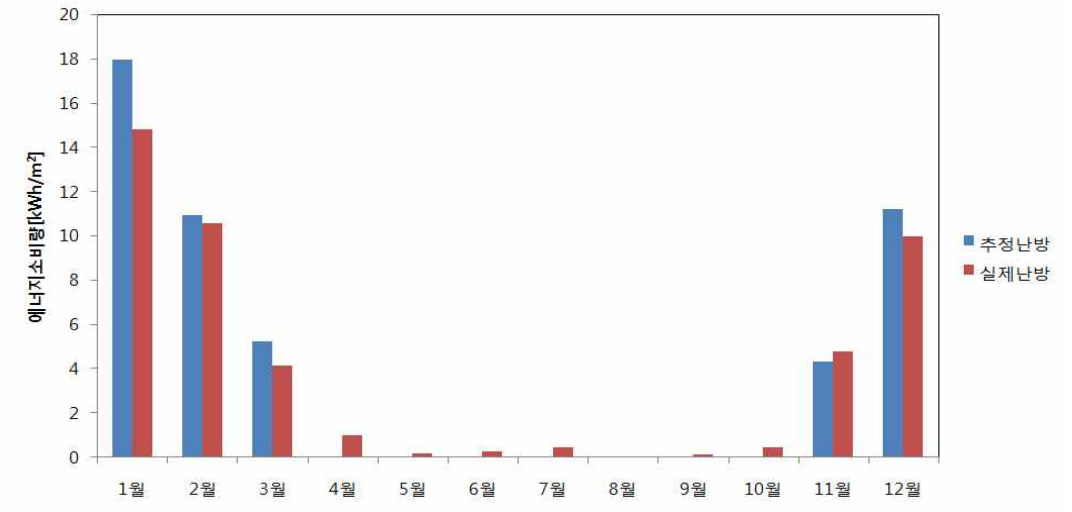


그림 2.66 월 난방에너지소비량 비교

- 특히 7월의 냉방에너지소비량, 1월의 난방에너지소비량의 경우 추정값과 실측값의 차이가 다른 달에 비하여 그 차이가 크게 발생하는데, 이는 실측값에 냉방 및 난방을 위한 공조동력이 불포함되었기 때문인 것으로 판단됨.
- 따라서 본 연구에서 사용한 냉난방에너지소비량의 추정방법은 공조동력을 포함시켜야 그 정확도가 높아질 것으로 사료되며, B건물의 실측 동력에너지소비량에 대한 분석을 다음 장에서 수행하였음.

표 2.14 분석결과

구분		연간 에너지소비량[kWh/㎡]	추정오차 [%]
냉방에너지소비량	실제	10.57	47.65
	추정	15.61	
난방에너지 소비량	실제	46.71	6.26
	추정	49.63	

(자) B건물의 실측 동력에너지소비량

- B건물의 동력에너지소비량은 4월에 최소값인 8.06kWh/m2을 보였으며 4월 동력에너지소비량을 기준으로 그 증가분을 냉난방을 위한 동력에너지소비량으로 추정하였음. 다음 장에서는 공조동력을 포함한 냉난방에너지소비량을 비교하였음.

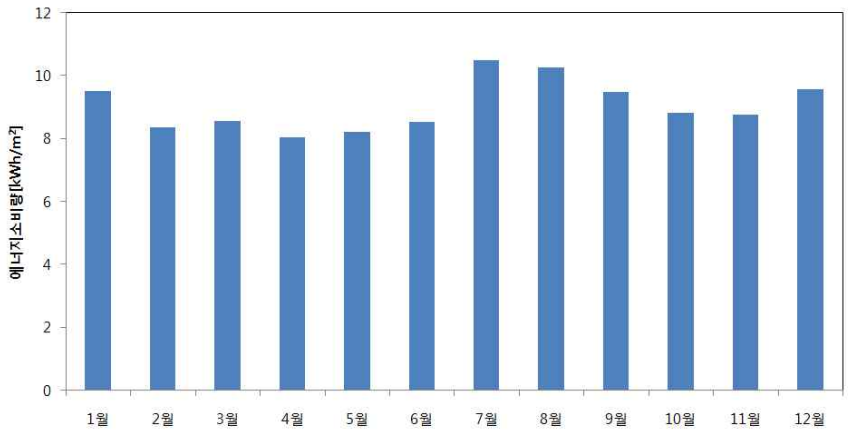


그림 2.67 B건물의 실측 동력에너지소비량

(차) B건물의 실측 냉난방에너지소비량(공조동력 포함)과 추정 냉난방에너지소비량의 비교

- 공조동력을 포함한 연간 실제 냉난방에너지소비량은 69.26kWh/m2이고, 추정한 연간 실제 냉난방에너지소비량은 65.24kWh/m2이었음. 두 값 사이의 추정오차는 5.81%으로써 동력을 포함하지 않은 냉난방에너지소비량을 비교하였을 때보다 추정오차가 더 적게 나타남.
- 따라서 건물 이용상 특이점이 없는 한 본 연구의 추정방법이 적합한 것으로 판단됨.

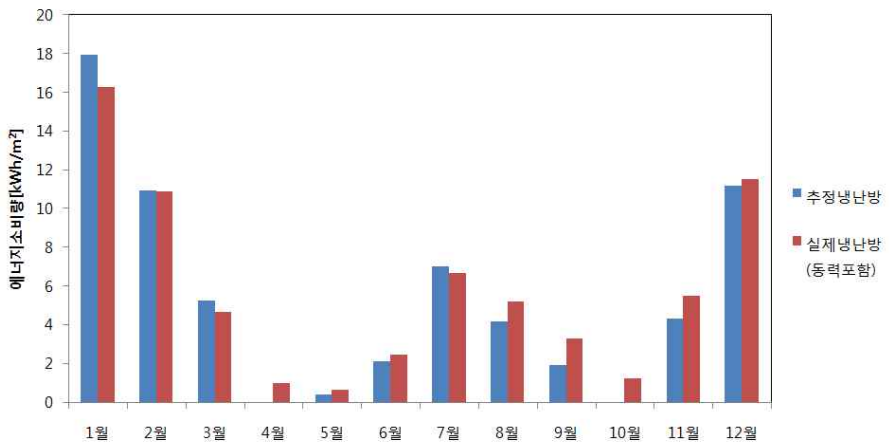


그림 2.68 월별 추정 냉난방에너지소비량과 실제 냉난방에너지소비량

(3) 냉난방 성능분석을 통한 비냉난방 기간 가정

(가) 냉난방 피크부하 산정을 위한 추정방법

- 다음 그림은 업무시설의 네 가지 에너지소비패턴 중 하나의 패턴에 대하여 전력과 가스사용량의 합인 월별 에너지소비량 총합을 나타냄.
- 강남구, 종로구, 영등포구 업무시설 222개에 대하여 월별 에너지소비량 총합은 에너지소비패턴에 상관없이 단위를 통일하여 계산하였으며, (B−A)계산을 통해 냉방기간 피크부하를, (C−A)계산을 통해 난방기간 피크부하를 도출함.
- 이 계산을 통하여 비냉난방 시 에너지소비량과 비교한 여름철과 겨울철 피크부하를 도출하였고 업무시설의 냉방 및 난방성능을 판단함.

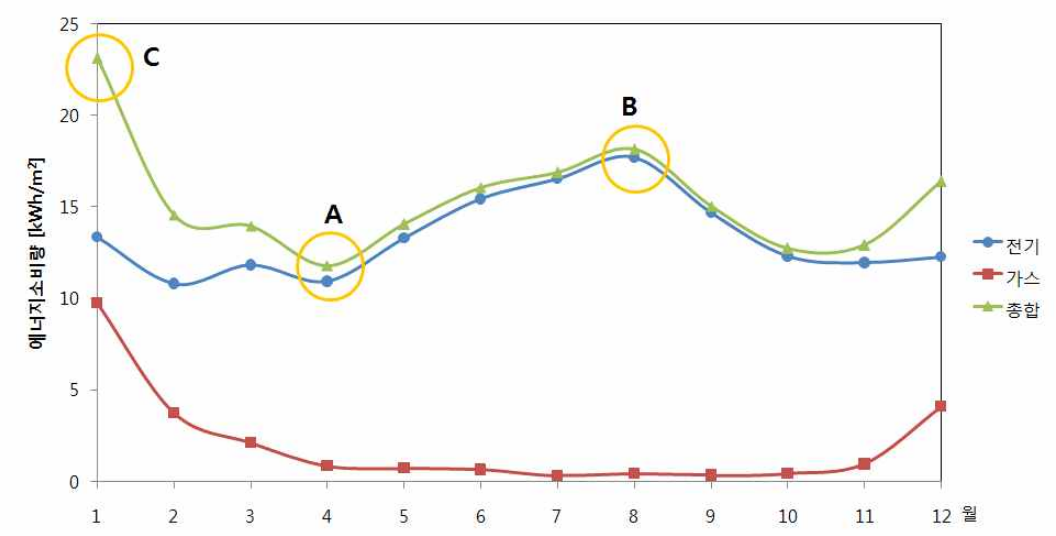


그림 2.69 업무시설의 월별 에너지소비량 총합

A : 월 총 에너지소비량 중 최소값. 냉난방에너지소비량을 제외한 전열, 조명 등 계절과 관계없이 사용되는 기타 에너지소비량을 의미함.
B : 7, 8월 중 최대 에너지소비량. 여름철 최대 냉방에너지소비량을 의미함.
C : 1, 2월 중 최대 에너지소비량. 겨울철 최대 난방에너지소비량을 의미함.

구분	내용
분석대상건물	강남구, 종로구, 영등포구 업무시설 222개소
냉방 피크부하 계산 [kWh/m²]	B - A
난방 피크부하 계산 [kWh/m²]	C - A

(나) 냉방 피크부하의 히스토그램과 누적 확률분포

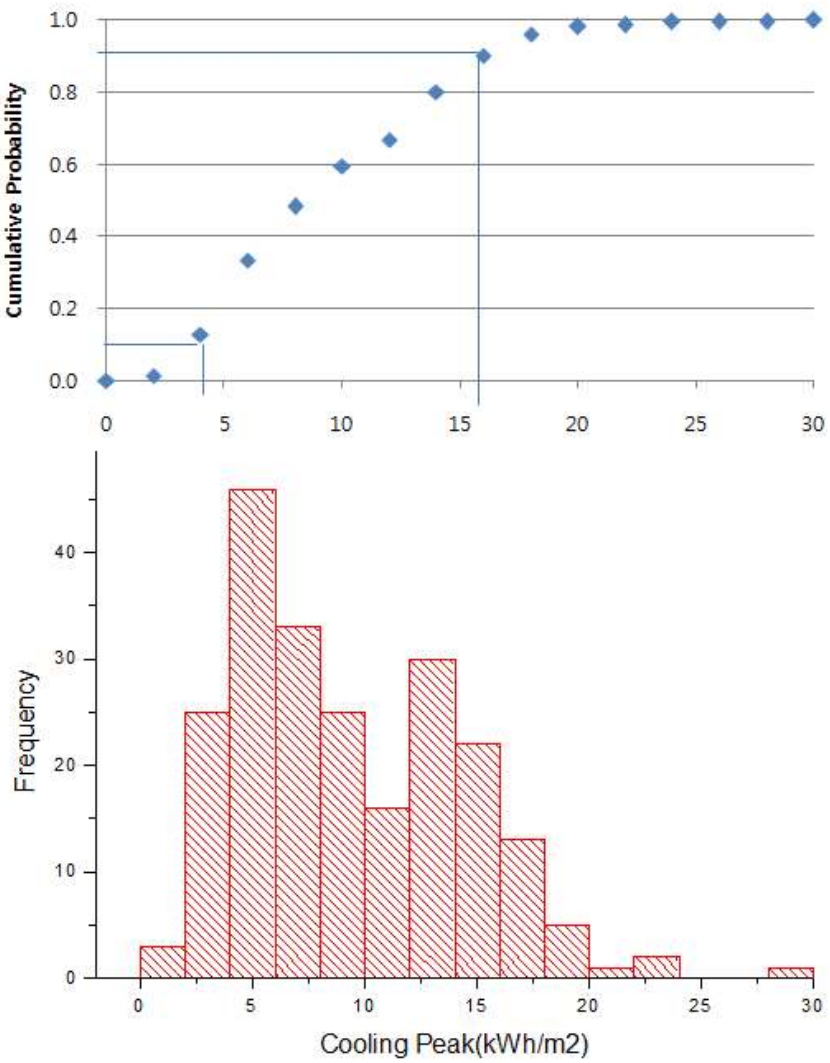


그림 2.70 업무시설의 냉방 피크부하 히스토그램과 누적 확률분포

- 냉방 피크부하는 두 가지 범위에서 빈도가 높게 나왔음. 5~7kWh/m2와 13~15kWh/m2 범위에서 높은 빈도를 보였고 가장 높은 빈도수를 보인 것은 6~7kWh/m2임.
- 5~7kWh/m2의 냉방 피크부하를 보이는 건물 그룹은 13~15kWh/m2의 냉방 피크부하를 보이는 건물 그룹에 비하여 냉방에너지소비량이 적다고 볼 수 있으며, 이에 대한 원인으로 설비적 측면에서는 냉동기 효율(COP)이 낮은 흡수식 냉동기 보다는 터보식 냉동기를 사용하는 경우 등을 들 수 있음. 그 외 건물 사용특성에 대해서는 실내 발열량이 상대적으로 적은 경우 등과 같은 영향을 받았을 것으로 판단됨.
- 냉방 피크부하의 하위 10%값은 3.78kWh/m2, 상위 10%값은 15.88kWh/m2를 나타냄.

(다) 난방 피크부하의 히스토그램과 누적 확률분포

- 난방 피크부하는 16~20kWh/m2 범위에서 높은 빈도를 보였음. 냉방 피크부하와 비교시 난방의 경우 피크부하가 더 많이 발생하였고, 그 분포형태는 정규분포형태에 더 가까웠음.

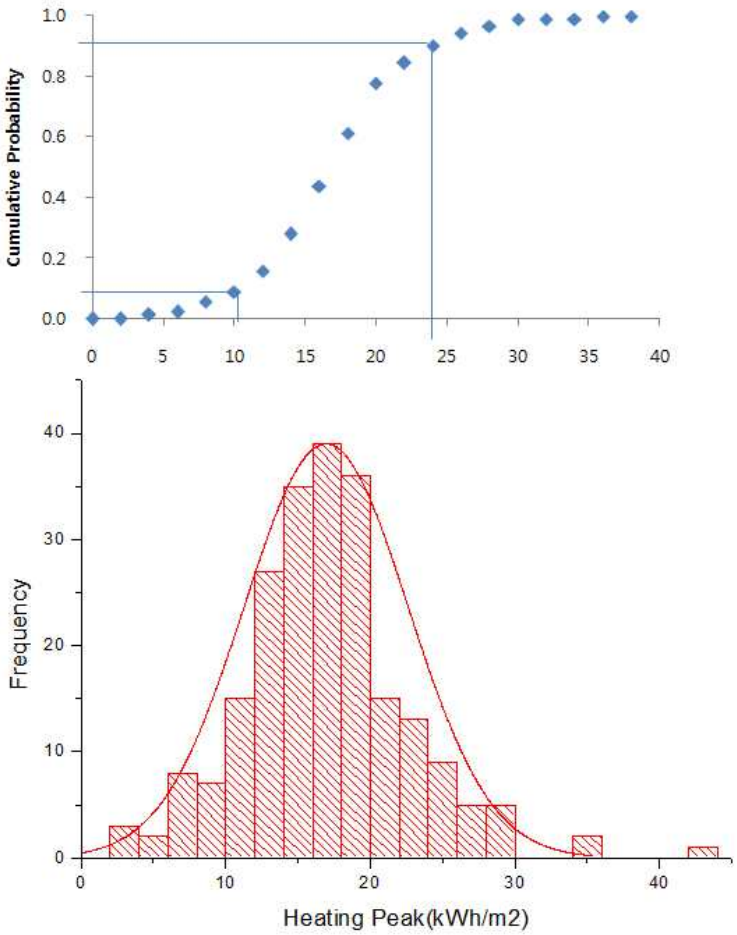


그림 2.71 업무시설의 난방 피크부하 히스토그램과 누적 확률분포

- 이는 난방 부하가 냉방 부하에 비하여 주로 가스를 열원으로 사용하는 경우가 대부분이고 그에 따라 설비적 요소의 다양성이 작기 때문으로 판단됨. 난방 피크부하의 변동률은 33.51%로서 냉방 피크부하의 변동률인 53.22%보다 적게 나타남.
- 난방 피크부하의 하위 10%값은 23.63kWh/m2, 상위 10%값은 10.21kWh/m2를 나타냄.

8. 건물 에너지 모니터링 및 분석기술 개발

가. 연구내용

(1) ASHRAE IMT(Inverse Modeling Toolkit) 분석
- IMT 관련 자료 조사
- IMT 알고리즘 분석

(2) 성능평가 프로그램 알고리즘 작성
- IMT 적용 방안 도출
- 실사용량 기반 에너지 성능평가 알고리즘 작성

(3) 성능평가 알고리즘 적용
- 리모델링 건축물 성능평가 적용
- 기존건물의 에너지 사용량 분석

(4) 실사용량 기반 에너지 성능평가 프로그램 개발
- UI 구성 및 프로그램 제작

(5) 프로그램 활용 방안 제안
- 국가 건축물 에너지 DB 활용 방안
- 그린리모델링 성능 검증 도구로 활용

나. 분석결과 및 결론

(1) ASHRAE IMT(Inverse Modeling Toolkit) 분석

(가) IMT 관련 자료 조사
- Inverse Model Toolkit은 건축물의 실제 에너지 사용량을 바탕으로 건물의 성능을 진단하고 평가하는 역해석(Inverse Analysis)의 한 방법이다. IMT는 1980년대 Goldber(1982)와 Fels(1986)는 주거용 건물의 에너지 절감량 측정을 위해 PRISM(Princeton Scorekeeping Method) Method를 개발하였다. 이 방법은 월별 에너지사용량의 외기온도에 의한 영향을 배제하기 Variable- Based Degree Day Method(VBDD)를 사용하여 에너지 사용량과 Degree Day의 관계를 회기분석을 통하여 해석하였다. 초기 주거용 건축물에 주로 적용되었던 PRISM은 상업용 건물에서 적용되지 않는 문제점이 발견되어 Schrock and Claridge(1989), Ruch and Claridge(1992)은 4 Parameter Change Point Model을 제안하였다. Kissock(1993)은 수치해석을 이용해 그동안 제안된 모델들의 최적점을 찾는 알고리즘인 EModel을 개발하였다. Rable, Rialha(1992), Ruch(1993), Sonderegger(1997,1998)은 외기온도 이외의 변수를 반영하기 위해 Multi-Variable Regression (MVR) 모델을 적용한 CP-MVR, VBDD-MVR을 제안하였다. Kissock은 기존의 연구결과들을 바탕으로 2002년 ASHRAE의 연구프로젝트인 1050-RP를 통해 IMT로 발전시켰다.

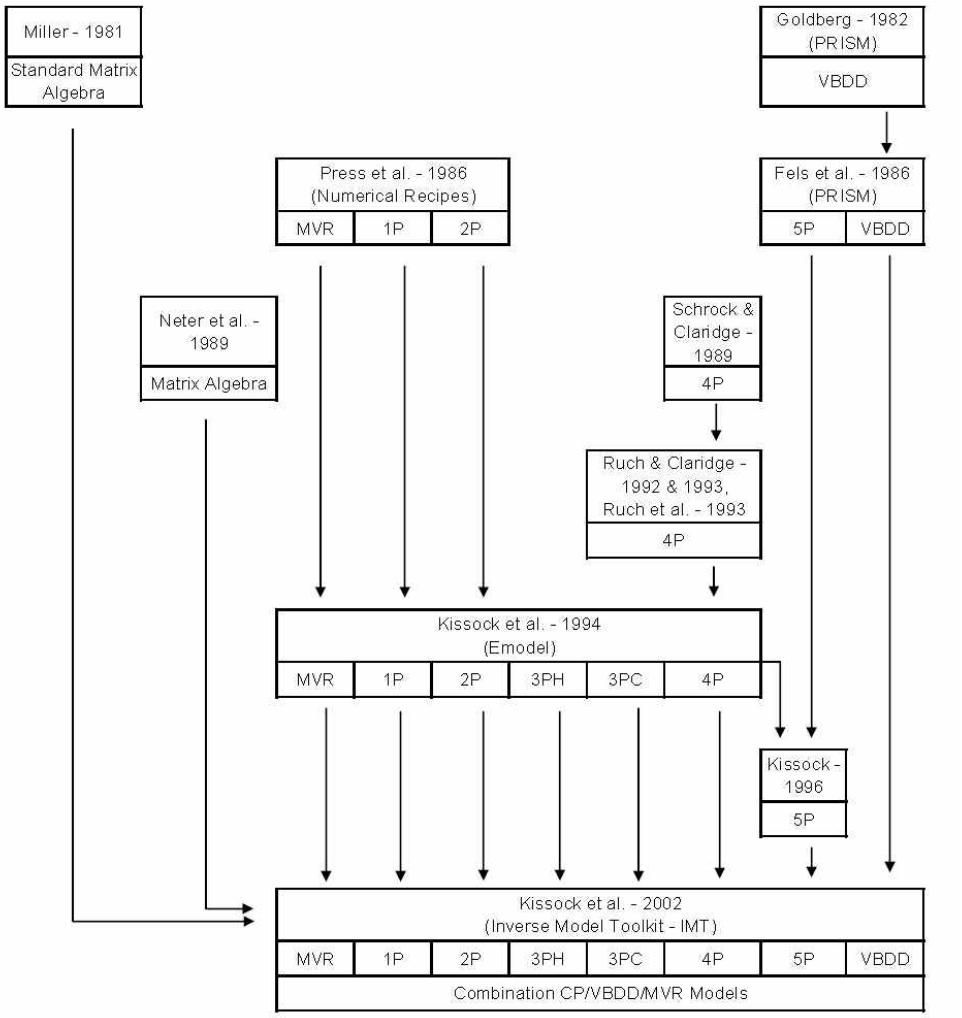
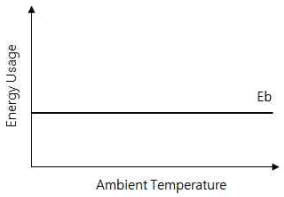
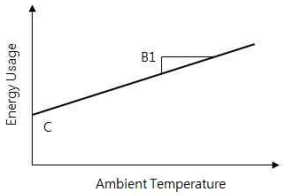
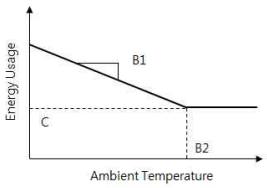
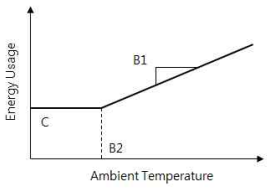
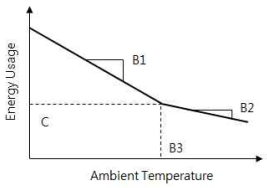
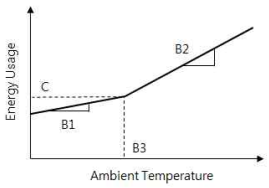
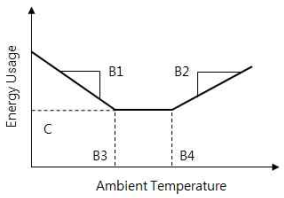


그림 2.72 IMT 관련 연구

(나) IMT 알고리즘 분석

- 본 연구에서 적용한 IMT의 모델은 Change point 모델로 월평균 외기온도와 에너지사용량 간의 상관관계를 통계적으로 분석하는 방법으로 1개에서 5개의 파라미터를 가지는 모델로 세분화됨.
- 1P 모델은 외기온에 상관없이 연중 일정한 사용량을 나타내는 경우로 대표적으로 지역냉난방을 사용하는 건물의 전기사용량을 들 수 있음. 2P 모델은 외기온이 증가함에 따라 에너지사용량이 증가하는 냉방위주의 건물에 적용됨. 3P 모델의 첫 번째 그래프는 일정한 수준의 에너지를 사용하다가 외기온도가 특정온도 이하에 도달하면 에너지사용량이 증가하는 건물로 난방에너지의 사용특성을, 두 번째 그래프는 첫 번째 그래프의 반대의 경우로 냉방에너지 사용특성을 나타냄. 이때 C값은 외기온도의 변화와 무관하게 사용되는 기저에너지 값으로 볼 수 있으며 에너지원이 전기일 경우 조명, 전기기기 사용량으로, 가스의 경우에는 급탕, 취사 사용량으로 볼 수 있음. 4P 모델은 외기온에 따라 기저사용량이 변화하거나 VAV 시스템을 적용한 건물에서 나타날 수 있음. 5P 모델은 1개의 에너지원이 냉난방으로 사용되는 경우로 난방기울기 B1, 냉방기울기 B2, 난방시작온도 B3, 냉방시작온도 B4, 기본사용량 C, 총 5개의 파라미터를 가짐.

표 2.15 IMT Change Point 모델

Model	Graph	Equation
1 Parameter Model		$E = E_b$
2 Parameter Model		$E = C + B_1(T)^+$
3 Parameter Model (Heating, Cooling)	 	$E = C + B_1(B_2 - T)^+$ $E = C + B_1(T - B_2)^+$
4 Parameter Model (Heating, Cooling)	 	$E = C + B_1(B_3 - T)^+ - B_2(T - B_3)^+$ $E = C - B_1(B_3 - T)+ + B_2(T - B_3)^+$
5 Parameter Model		$E = C + B_1(B_3 - T)^+ - B_2(T - B_4)^+$

(2) 성능평가 프로그램 알고리즘 작성

(가) IMT 적용 방안 도출

- IMT의 Change Point Model에서는 외기온과 에너지 사용량의 관계식을 이용하여 아래와 같이 Heating Sensitivity, Cooling Sensitivity, Base, Heating Change Point, Cooling Change Point 등의 파라미터를 도출함. 이렇게 도출된 파라미터들은 그 자체로서 에너지 성능을 표시하는 지표로 의미가 있으나 용도별 사용량으로 구분하여 정리할 수 있음

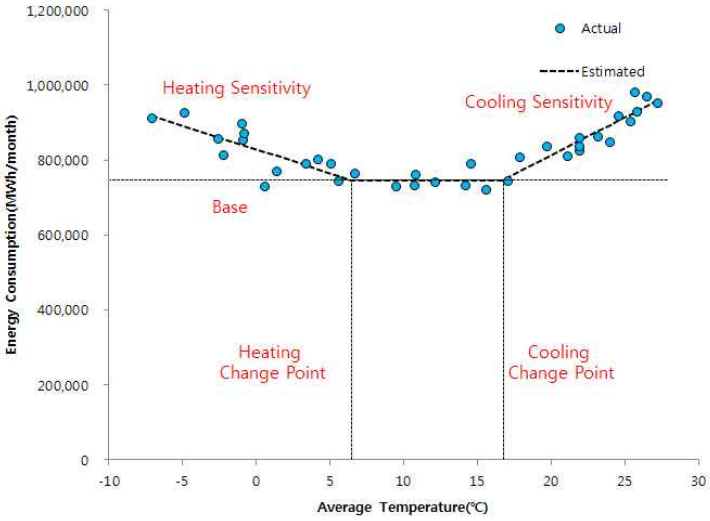


그림 2.73 IMT 분석 파라미터

- Base 사용량을 기준으로 동절기 증가분을 난방에너지로, 하절기 증가분을 냉방에너지로 가정하고 에너지원별로 Base 사용량을 급탕, 취사, 기타 전기 사용량으로 구분함.

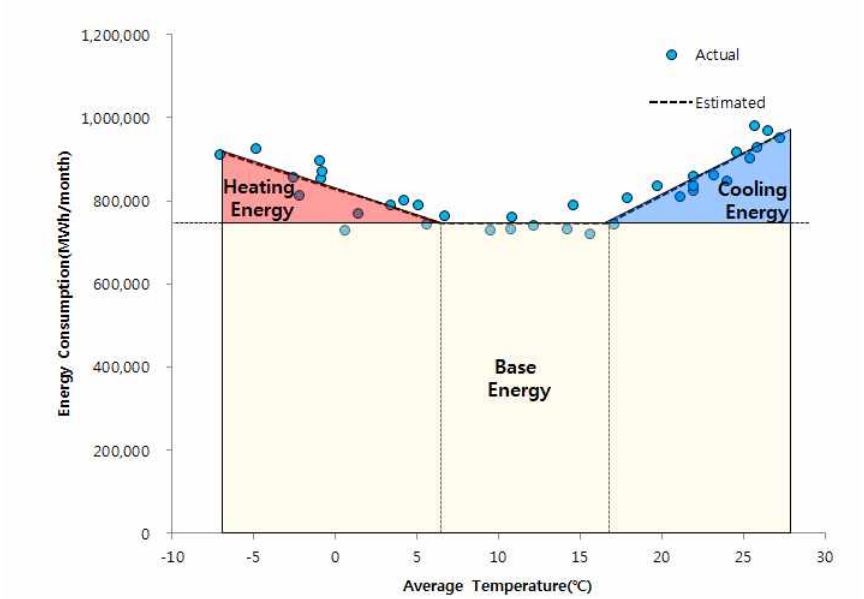


그림 2.74 IMT를 이용한 용도별 에너지 사용량 구분 방안 예시

(나) 실사용량 기반 에너지 성능평가 알고리즘 작성

- 성능평가 알고리즘은 C++을 기반으로 작성되었으며 수치적인 방법을 통해 최적점을 탐색하는 방법으로 구성됨. 최적점 탐색은 입력된 월별 기상데이터와 에너지사용량을 외기온도 순으로 정렬하고 외기온도(x축)의 최대점과 최소점 사이에서 일정 간격을 이동하면서 Change Point를 입력함. 이때 Change Point를 지나는 기울기 선을 최소자승법을 이용하여 그리고 전체 모델의 상관계수, 표준편차 등을 계산하여 저장함. 이렇게 x축을 따라 모든 점을 지나면 가장 통계적 오차가 적을 때의 값을 파라미터 값으로 도출함.

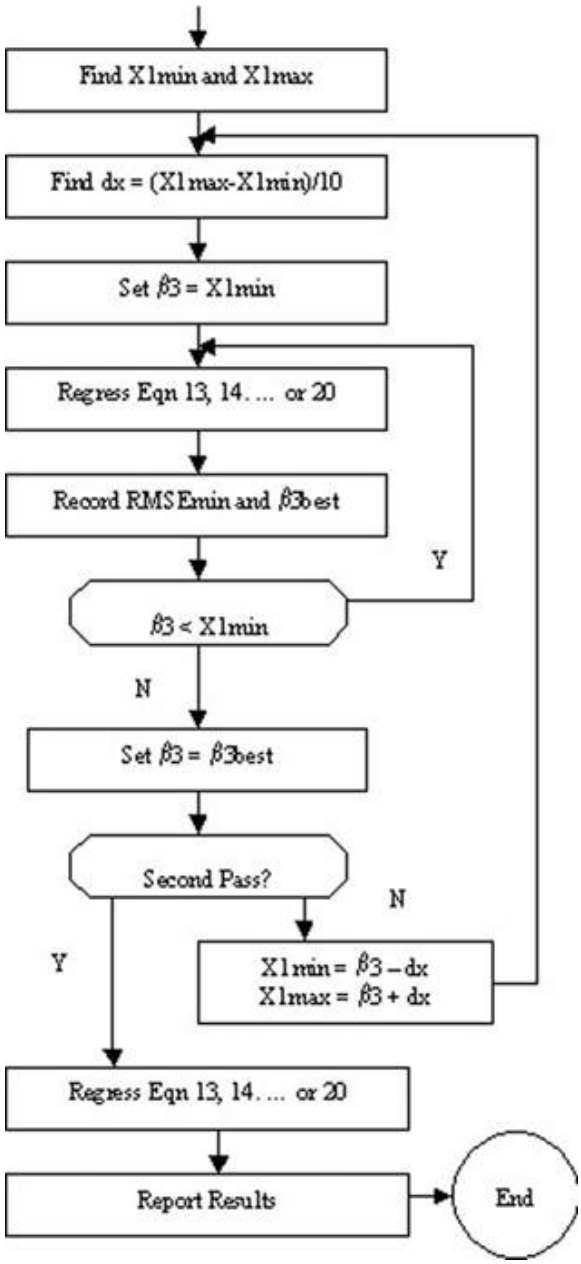


그림 2.75 Change Point Model 최적점 탐색 알고리즘

- 에너지 용도별 사용량은 앞서 작성된 파라미터 값을 표준기상데이터에 적용하고, 에너지 원별 데이터를 고려하여 냉방, 난방, 급탕/취사, 기타전기 사용량으로 구분함.

(3) 성능평가 알고리즘 적용

(가) 리모델링 건축물 성능평가 적용

- 분석대상 건축물은 서울에 위치한 대형 오피스 건물로 2008년 1월 리모델링 공사를 착공하여 2011년 4월 완공하였으며 리모델링 공사는 재실 중에 실시됨.

표 2.16 리모델링 전후의 주요 변경사항

Category	Before Retrofit	After Retrofit
Number of stories	Floor above ground : 24 Floor below ground : 4	
Total floor Area	94,810 ㎡	94,634 ㎡
Exterior	T6 Single glass PC panel+Tile	T24 Low-e pair glass PC panel+Tile
Cooling equipment	Turbo refrigerator Absorption refrigerator (Total 3,020 USRT)	Turbo refrigerator Ice thermal storage (Total 3,400 USRT)
Heating equipment	Large size boiler (3EA, 21 Ton)	Medium size boiler (8EA, 16 Ton)
Type of air conditioning	AHU+FCU	

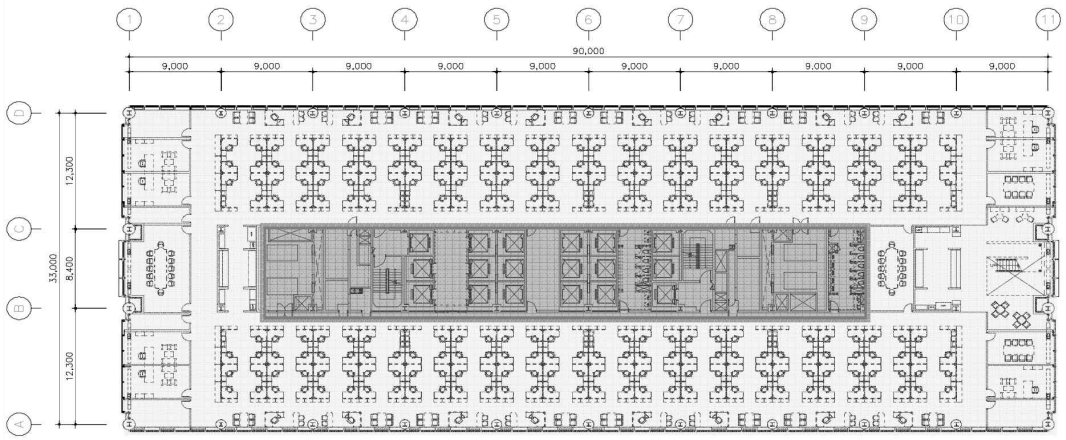


그림 2.76 기준층 평면

- 리모델링 공사에 따른 주요 변경내용은 건축부문에서는 남북측면의 창호 설치, 단판유리에서 로이 복층유리로의 교체, 단열성능 강화 등이 있었으며, 설비에서는 흡수식냉온수기의 철거, 빙축열시스템 설치, 냉방장비용량 증대, 대형보일러 3대에서 중형보일러 8대로 교체됨. 전기공사에서는 기존에 운영되던 전산센터를 타 건물로 이전하고 조명기구의 효율향상 및 중앙제어를 적용함.

- 분석에 사용된 에너지 사용량 데이터는 분석대상건물의 월별 전체에너지 사용량으로 전기와 가스로 구분되어 있으며 2003년 1월부터 2012년 9월까지의 사용량임. 가스 사용량은 진발열량 9,400kcal/Nm³을 적용하여 단위를 환산하여 적용함.

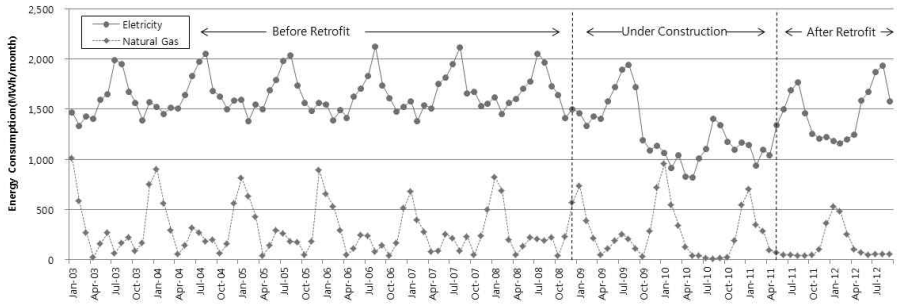
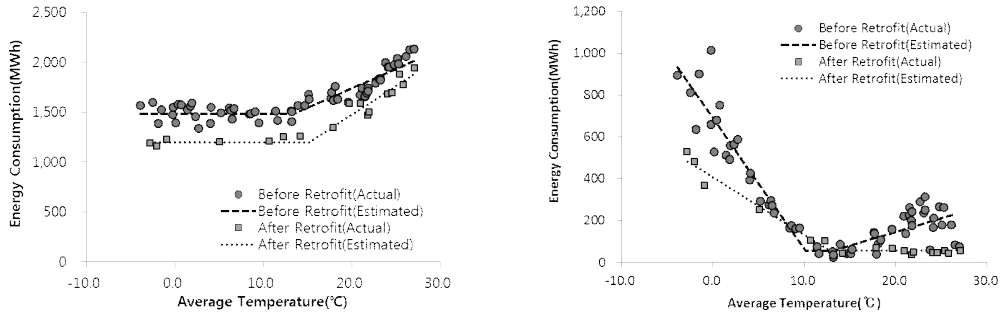


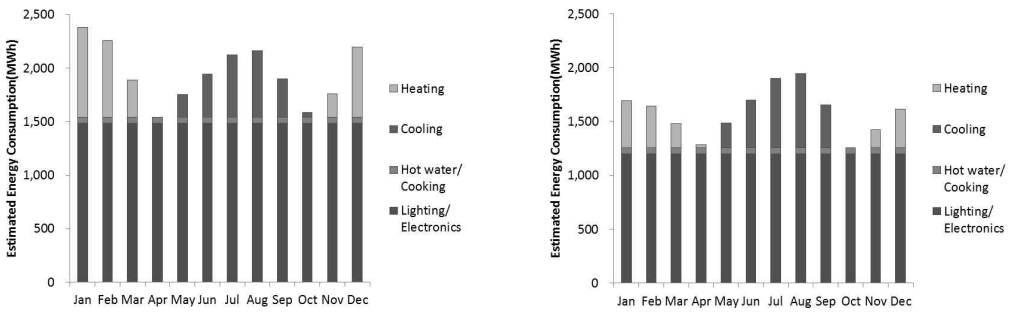
그림 2.77 리모델링 전후의 에너지 사용량



(a) Natural Gas (b) Electricity

그림 2.78 리모델링 전후의 에너지 사용특성 비교

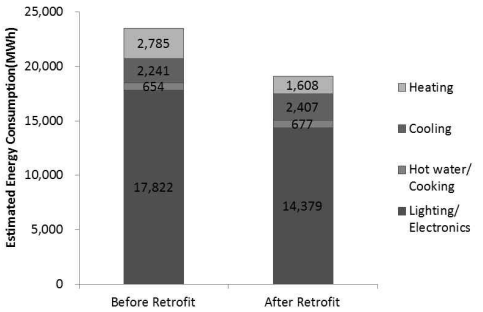
- Change Point Parameter를 이용하여 표준기상조건에서의 용도별 에너지 사용량을 분석한 결과는 아래의 그림과 같음. 에너지용도별 구분은 동절기 에너지 사용량 증가분은 난방으로, 하절기 에너지 사용량 증가분은 난방으로 계산하였으며 가스의 기본사용량은 급탕과 취사 사용량으로, 전기의 기본사용량은 조명과 일반전기 사용량으로 가정함.



(a) Before Retrofit (b) After Retrofit

그림 2.79 표준기상데이터를 적용한 리모델링 전후의 용도별 에너지 사용량

- 리모델링 전후의 전체에너지 사용량은 각각 23,501 MWh, 19,072 MWh로 18.9% 절감되었음. 세부 용도별로는 냉방에너지는 7.4% 증가, 난방에너지는 42.3% 감소, 급탕과 취사에너지는 3.4%증가, 조명과 일반전기는 19.3% 감소되었음. 효율이 낮은 흡수식 냉동기를 철거하였음에도 냉방에너지 소비량이 다소 증가한 것은 단열과 창호의 외피성능 향상으로 하절기와 중간기의 자연냉각 효과가 감소되었기 때문으로 판단됨. 전체 에너지 사용량 중 냉난방에너지 부분의 에너지 절감량을 별도로 산정하면 5,026 MWh에서 4,016 MWh로 20.1% 절감됨.

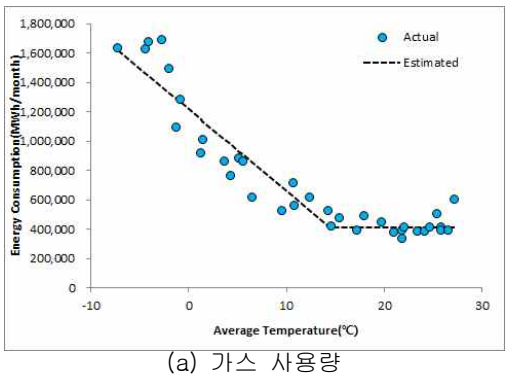


Usage	Before Retrofit (MWh)	After Retrofit (MWh)	Saving
Cooling	2,241	2,407	7.4%
Heating	2,785	1,608	-42.3%
Hot water/ Cooking	654	677	3.4%
Lighting/ Electronics	17,822	14,379	-19.3%
Total	23,502	19,072	-18.9%

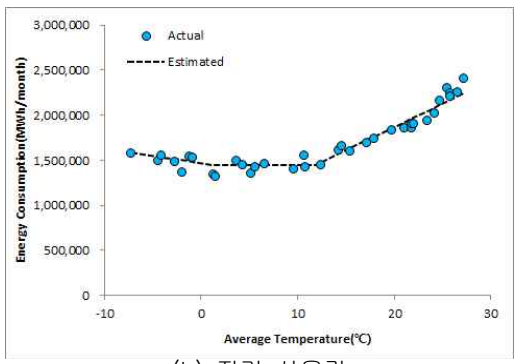
그림 2.80 리모델링 전후의 용도별 에너지 사용량 비교

(나) 기존건물의 에너지 사용량 분석

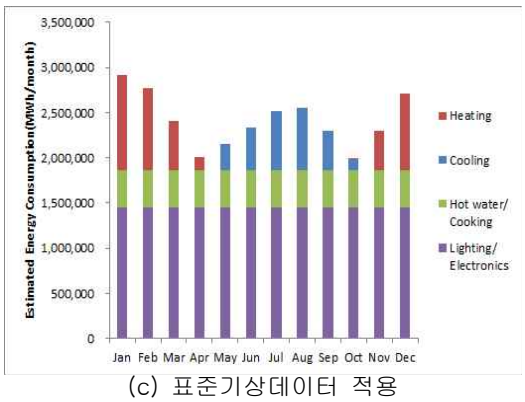
- 리모델링 건물의 성능평가 방법과 마찬가기로 월별 에너지 사용량을 회귀분석을 통해 에너지 사용특성을 도출하고 용도별 사용량으로 분류함



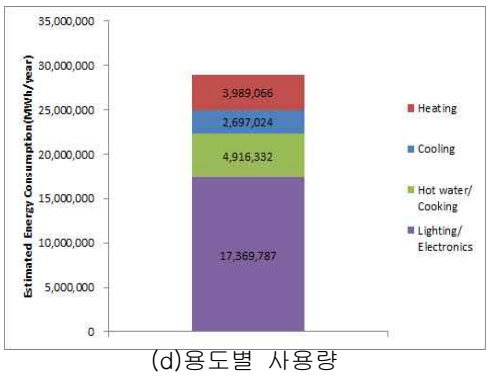
(a) 가스 사용량



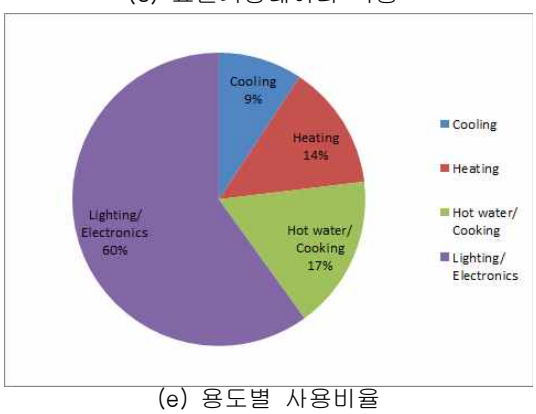
(b) 전기 사용량



(c) 표준기상데이터 적용



(d)용도별 사용량



(e) 용도별 사용비율

그림 2.81 B병원의 용도별 에너지 사용특성 분석

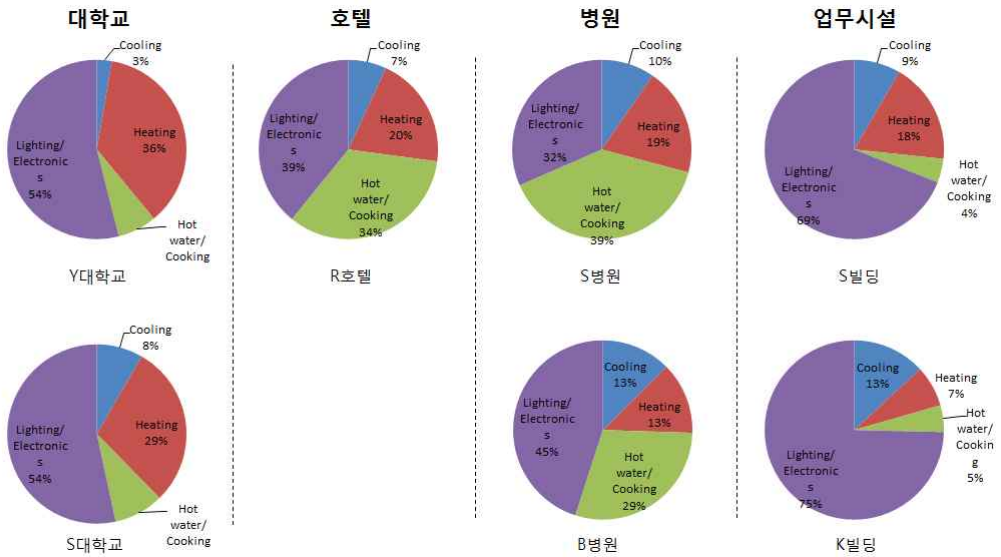


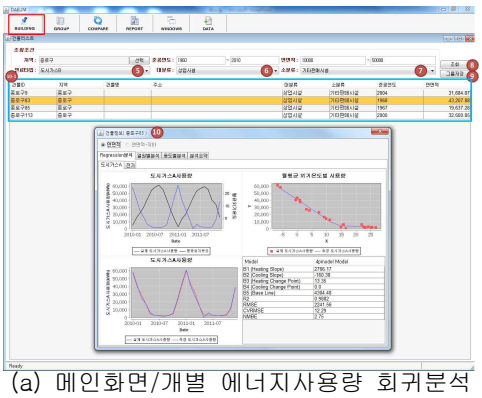
그림 2.82 주요 건축물 용도별 에너지 사용특성

- 대학, 호텔, 병원, 업무시설 등에 대한 용도별 에너지 사용량 분석결과 건물의 용도에 따라 에너지 사용특성이 큰 차이를 나타냄. 실사용량 기반 에너지 성능분석 방법으로 에너지 사용량에 대한 상세 평가가 가능하여 그린리모델링, 건축물 에너지 성능평가, 에너지 정책 자료 등으로 활용가능성이 높음.

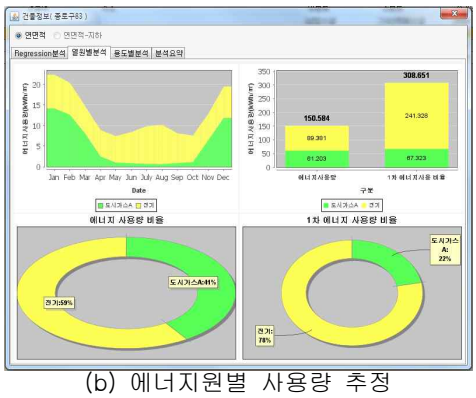
(4) 실사용량 기반 에너지 성능평가 프로그램 개발

(가) UI 구성 및 프로그램 제작

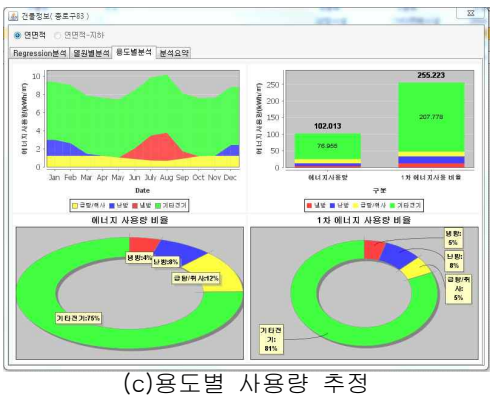
- 국토교통부의 건물에너지 통합 정보 데이터를 기반으로 국내 건축물에너지 소비 특성을 파악하고 기존에 정립된 데이터와 함께 에너지 소비량을 예측하는데 필요한 추가적인 데이터를 구축하고 분석하는 프로그램
- 건물 유형별로 개별건물에너지 소비 특성을 분석함에 따라 건물의 에너지사용량, 에너지 성능, 에너지 시스템에 대한 운전제어 특성을 알 수 있게 됨으로써 건물의 특성을 알 수 있고, 다양한 건물 데이터를 활용하여 건물 유형별 에너지 소비 패턴 분석을 하고, 데이터 관리의 편리성 및 활용성을 제시할 수 있도록 진행함



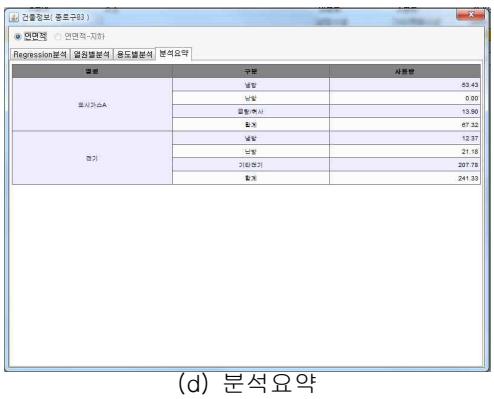
(a) 메인화면/개별 에너지사용량 회귀분석



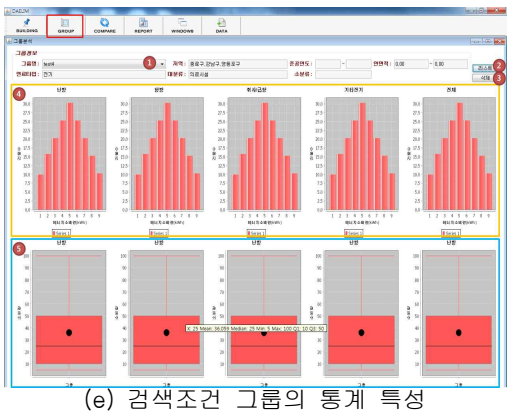
(b) 에너지원별 사용량 추정



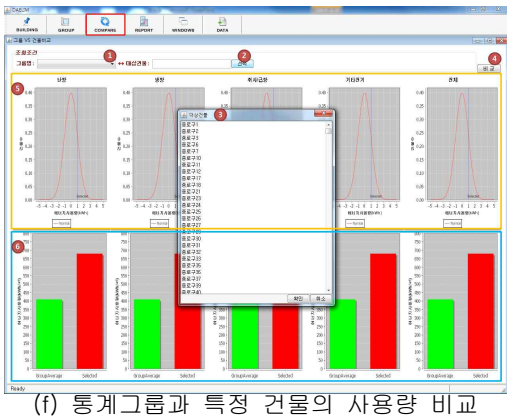
(c)용도별 사용량 추정



(d) 분석요약



(e) 검색조건 그룹의 통계 특성



(f) 통계그룹과 특정 건물의 사용량 비교

그림 2.83 Changes of yearly energy consumption after the retrofit

- 건물에너지 소비특성을 분석하여 이를 바탕으로 표준이 되는 건물을 찾아 비교할 수 있으며 추후 리모델링시 적정수준의 리모델링 방식을 선택함으로서 에너지 소비가 적은 건물을 제공할 수 있는 계기를 마련함
- 향후 리모델링시 표준이 되는 건물을 찾아 비교 분석 할 수 있고, 추가되는 데이터를 대상으로 서울 및 각 도시의 에너지 소비패턴을 건물 유형별로 시각적으로 파악하고 분석하여 건물별 고유에 에너지 패턴을 정의하게 함으로서 전형적 건물과 에너지다소비 건물을 그룹별로 관리 할 수 있도록 개발됨
- 기존의 건물정보 및 관련 데이터인 위치 및 바닥 면적, 용도 등의 프로필을 쉽게 프로그램에 입력시키고 분석하기 용이하도록 개발됨
- 기존 자료들의 단위를 kWh로 변환하여 통일하여 에너지 환산 및 정량적인 수치를 쉽게 이해하도록 구성함

3 세부 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 개발

기술개발 [한양대]

가. 연구목표

▮ 최종목표	• 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 개발
▮ 세부연구목표	1 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 알고리즘 구축 2 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 개발 3 건축물 전과정 온실가스 배출량 산정 KS/ISO 인증 표준안 개발 및 시범사업

나. 주요 연구내용 및 성과물

1 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 알고리즘 구축

- 기 보유 건축물 전과정 CO_2 배출량 평가·관리 기술의 활용방안 도출
- 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 알고리즘 구축
- 기존 온실가스 배출량 산정 KS/ISO 인증 표준안 분석

▶

- 조달청 품목코드 기반의 건축자재 자동물량 입력기술 확보
- 건축물 전과정 온실가스 배출량 평가 프로그램(초기버전) 개발
- 건축물 전과정 온실가스 산정 방법론 분석

2 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 개발

- 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 개발
- 건축물 전과정 온실가스 배출량 산정 KS/ISO 인증 표준안 초안 개발
- 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 시범사업 계획 수립

▶

- 주요 건축자재 기반 전과정 온실가스 배출량 평가기술 개발
- 건축물 전과정 온실가스 배출량 산정 지침안 개발
- 시범사업 대상 및 방법 설정

3 건축물 전과정 온실가스 배출량 산정 KS/ISO 인증 표준안 개발 및 시범사업

- 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 개발 및 검증
- 건축물 전과정 온실가스 배출량 산정 KS/ISO 인증 표준안 개발
- 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 시범사업 시행

▶

- 건축물 전과정 탄소배출량 평가 프로그램 (BEGAS 2.0) 개발
- 건축물 전과정 온실가스 배출량 산정 KS 인증 표준안 개발
- BEGAS 2.0을 이용한 건축물 전과정 탄소배출량 시범사업 및 현장적용 보고서 작성

1. 기 보유 건축물 전과정 CO2배출량 평가·관리기술의 활용방안도출

가. 연구내용

(1) 기 보유 건축물 전과정 CO2 배출량 평가·관리 프로그램의 활용방안 도출

(가) 기 보유 프로그램

- 한양대 : SUSB-LCA
- 한양대-위탁연구기관 : LOCAS(롯데건설), Carbon-Expert(GS건설)

(나) 분석내용

- 각 프로그램의 평가 단계별 평가 알고리즘 조사

(2) 국외 선진 프로그램들의 특징 조사 및 분석

(가) 분석대상

- 일본 : GEM-21P(시미즈건설), Aurora(다이세이건설)
- 호주 : LISA(University of Newcastle)
- 영국 : Envest2(BRE)
- 네덜란드 : Eco-Quantum(IVAM Environmental Research)
- 국제기구 : LCA-MCDM(IEA)

(나) 분석내용

- 프로그램들의 평가대상, 평가범위, 평가시기, 주요 특징

나. 분석결과 및 결론

(1)기 보유 건축물 전과정 CO2 배출량 평가·관리 프로그램의 활용방안 도출

(가) 3세부 주관연구기관인 한양대학교와 위탁연구기관인 GS건설, 롯데건설의 실무회의를 통해 기 개발된 SUSB-LCA(한양대), LOCAS 한양대-롯데건설), Carbon Expert(한양대-GS건설)에 대한 평가단계(건설단계, 운영/유지관리단계, 해체/폐기단계)별 평가기술의 장단점과 향후 보완점을 분석하여 본 연구에서의 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램에 적용 할 평가기술을 도출함.

(나) SUSB-LCA 활용방안[15)]

15) K. H. Lee, S. H. Tae, S. W. Shin, Development of a Life Cycle Assessment Program for building (SUSB-LCA) in South Korea, Renewable & Sustainable Energy Reviews, 13, 2009, 1994-2002.

- 온실가스 평가시 입력이 난이한 세부 평가과정(운송과정, 시공과정 등)의 CO2 배출량 평가를 위해 SUSB-LCA에서 구축된 추계모델 방식의 단위면적당 유류 소비량 데이터베이스를 활용하기로 함.
- 운송과정 : 경유 2.8 ℓ/m2
- 시공과정 : 경유 6.2 ℓ/m2, 휘발유 0.1 ℓ/m2, 전력 4.7kWh/m2

(다) LOCAS 활용방안[16)]

- 물량산출내역서의 입수가 불가능한 조건에서 건축자재의 CO2 배출량을 평가하기 위해 체크리스트 방식을 활용한 LOCAS의 간이평가 기술을 모색함.
- LOCAS의 CO2 배출량 관리기술 항목인 주요자재, 시공과정 등의 분석기술과 데이터베이스화 기술의 적용을 모색함.
- 또한, 운영단계에서의 건축물 용도 및 난방방식별(8 종류) 추계모델식과 해체 및 폐기단계에서의 장비 선택방식을 활용하기로 함.
- 운영단계 : 개별난방방식(석유, LPG, 전기, 도시가스), 중앙난방방식(일반, 석유, 도시가스), 지역난방방식 등 8종류(공동주택 기준)
- 해체과정 : Backhoe(1.0m3)+Giant Breaker(0.7m3) 3.6 ℓ/ton, Pavement Breaker(2@25kg)+공기압축기(3.5m3/min) 2.4 ℓ/ton 등
- 매립과정 : Dozer (D8N, 15PL, 6PL)+ Compactor (32ton) 0.2 ℓ/ton

(라) Carbon-Expert 활용방안[17)]

- 건설단계에서의 용이한 평가를 위해 Carbon-Expert의 품목코드를활용한 물량산출내역서 정보의 자동 물량입력 방식을 활용하기로 함.
- 또한, 다양한 대안평가를 위한 프로젝트 및 친환경 기술의 템플릿 기능의 적용을 모색함.
- Carbon-Expert의 CO2 배출량 관리기술인 평가결과의 분석 기능과 자재의 CO2 배출 순위 도출 기능 등의 적용을 모색함.



그림 2.84 기 보유 건축물 CO2 배출량 평가·관리기술의 활용방안 도출

16) 노승준, 태성호, 백정훈, 신성우, 이주호, 이준서, 안장호, 목적지향형 건축물 전과정 CO2 평가 프로그램(LOCAS) 개발, 대한건축학회 논문집, 28, 2012, 101-8.
17) 금원석, 신성우, 노승준, 태성호, 친환경 건축 대안평가방식의 건축물 LCCO2 평가 프로그램 개발, 대한건축학회 논문집, 28, 2012, 87-94

(2) 국외 선진 프로그램들의 특징 조사 및 분석

(가) GEM-21(일본)[18]

- GEM-21은 일본 시미즈건설에서 2008년도에 개발한 건축물 전과정 CO2 배출량 평가 프로그램으로서 평가 대상은 단독주택, 공동주택, 사무소, 학교, 상점, 호텔, 복합건물 등임.
- 이는 시미즈건설의 실적자료를 통해 구축된 데이터베이스를 기반으로 유사 건축물의 CO2 배출량을 평가하게 됨에 따라 평가정보의 입출력이 단시간 내에 가능하여 설계단계에서의 CO2 배출 저감 성능과 복수안의 검토가 가능함.

(나) Aurora(일본)

- Aurora는 일본 다이세이건설에서 개발한 종합적인 환경부하 평가프로그램인 Carbon Navigator(PAL-navi, ERR-navi, Aurora, CarbonCalc, PAL)의 일부로서 건축물의 전과정 CO2 배출량 평가를 위해 2009년에 개발되었음.
- 이는 1996년에 Excel 워크시트 기반으로 개발된 에코시트를 발전시킨 프로그램으로서 다이세이건설의 실적 및 통계치를 활용하여 친환경 건축기술의 적용에 따른 에너지소비량 및 CO2 배출량의 절감 효과를 용이하게 평가 할 수 있음.

(다) LISA(호주)[19]

- LISA는 호주의 BHP 연구소가 2003년에 개발한 건축물 전과정 환경부하 평가 프로그램으로서 건축가 및 산업 전문가들을 대상으로 친환경적인 건축물의 설계지원을 목적으로 함.
- 이는 독립 어플리케이션 기반으로 개발되었으며 개별적산방식인 LCI 원단위 데이터베이스를 통해 전과정 평가 관점에서 에너지소비량, CO2 배출량, 수자원, NOX, SOX 등의 환경부하량을 평가하게 됨.

(라) ENVEST2(호주)[20]

- ENVEST2는 영국 BRE에서 2003년에 Web 기반으로 개발한 건축물 전과정 환경성능 평가 프로그램으로 건축설계자들이 기획 및 설계초기단계에서 건축물의 전과정 평가를 수행할 수 있도록 개발되었으며 주요 평가대상은 사무소 건축물임.
- 본 프로그램의 평가 및 결과는 환경영향의 평균 측정값을 통해 도출한 ENVEST의 고유지표인 Eco-Point로 산출되는 특징을 갖음. 여기서 1 Eco Point는 1.38m3의 수자원을 사용하는 것과 같은 환경부하량을 나타냄.

(마) Eco-Quantum(네덜란드)[21]

- Eco-Quantum은1996년암스테르담대학의 IVA Environmental Research에서 개발한 최

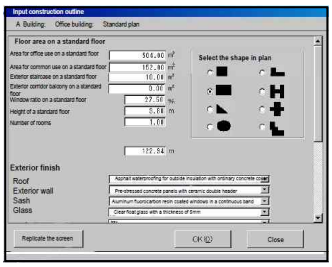
18) 백정훈, 태성호, 노승준, 이주호, 신성우, 건축물 계획단계 LCCO2 평가시스템의 필요요소에 관한 연구, 한국건설관리학회 논문집, 12, 2011, 31-41.
19) LCA In Sustainable Architecture, http://www.lisa.au.com
20) Environmental Impact Assessment & Whole Life Cycle Cost, http://envest2.bre.co.uk
21) P. Bruno, P. Katrien, Inter-comparison and benchmarking of LCA-based environmental assessment and design tools, PRESCO European Thematic Network, WP2 Final Report, 2005.

초의 건축물 전과정 환경부하 평가 프로그램임.

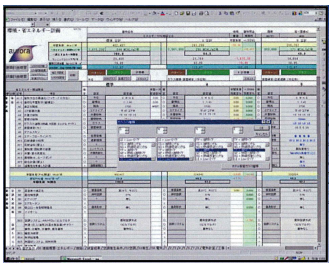
- 이는 독립 어플리케이션 기반으로 개발되었으며, 에너지소비에 따른 환경영향과 운영단계에서의 유지보수, 건축물의 수명에 영향을 미치는 건축자재의 내구성 차이 등과 함께 선택적 해체, 재생 및 재활용에 관한 사항을 평가의 범위로 함.
- 특히, Eco-Quantum은 온실효과, 원자재 고갈 및 생태독성 등 환경영향에 따른 11가지의 정량적인 전과정 평가 점수로 구성된 환경 프로필 데이터베이스와 건축물의 구성요소에 따른 세분화된 데이터베이스에 근거하여 평가가 진행됨.

(바) LCA-MCDM(IEA)

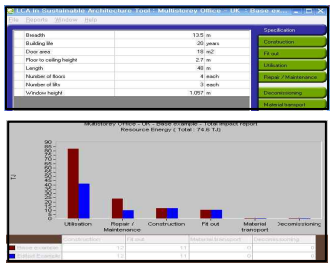
- LCA-MCDM은 1999년 IEA에서 개발한 종합설계 평가 및 비교 프로그램으로 전과정 비용, 전과정 자원부하, 전과정 환경부하, 건축미학요소, 건축환경 요소, 건축기능요소 등 6가지의 평가 항목으로 구성됨.
- 특히, 제반 환경 요인에 의한 영향을 정량적으로 통합 비교 할 수 있도록 구성되었으며 모든 LCA-MCDM Worksheet의 입력을 통해 평가 및 대안 건축물의 전과정 통합성능 평가결과를 Star Diagram 형태로 제공함.



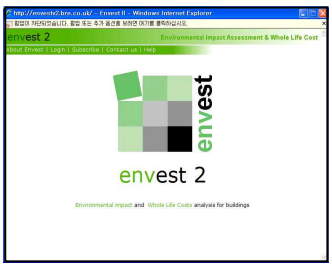
㉮ GEM-21



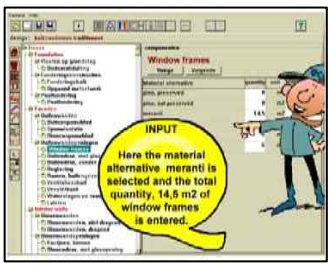
㉯ Aurora



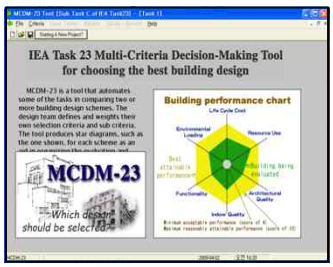
㉰ LISA



㉱ ENVEST2



㉲ Eco-Quantum



㉳ LCA-MCDM

그림 2.85 국외 건축물 전과정 온실가스 배출량 평가 프로그램

표 2.17 국외 건축물 전과정 온실가스 배출량 평가 프로그램 및 특징

프로그램	개발국	개발기관	개발년도	평가대상	주요 특징
GEM-21P	일본	시미즈건설	2008	모든 건축물	▪ 일본건축학회 이산화탄소 원단위 데이터 활용, 지속적 DB보완 ▪ 건물의 용도와 규모데이터를 통한 CO_2 배출량 산출 ▪ 자재, 시공, 운용, 유지보수, 해체에 이르는 전과정 평가 ▪ 간이 및 상세평가, 리모델링에 대한 CO_2 배출 평가 가능
Aurora	일본	다이세이 건설	2009	주택, 사무소	▪ 산업연관분석법과 다이세이건설의 자체 DB 사용 ▪ MS-EXCEL을 기반으로 한 TREE구조 형식
LISA	호주	University of Newcastle	2003	모든 건축물	▪ 단순한 디자인 인터페이스로 구성 ▪ LCI DB사용으로 자재생산 부분의 분석성이 좋음 ▪ 단순한 체크리스트 형식의 입력방식으로 CO_2 분석 가능
Envest2	영국	BRE	2003	주택	▪ Web 기반 평가툴로 사용자의 접근성이 좋음 ▪ 설계초기단계의 건물 재료의 LCA 평가툴,재료에 대한 선택안 제공 ▪ 프로그램의 고유지표인 ECOPOINT로 평가
Eco-Quantum	네덜란드	IVAM Environmental Research	1996	주택, 사무소	▪ 최초의 건축부문 LCA 의사결정 도구 ▪ 설계초기단계에서 손쉽게 분석 가능, 12개의 환경영향으로 점수화 ▪ 자원고갈, 방출, 에너지 소비 및 폐기물의 환경지표로 자동 변환
LCA-MCDM	국제기구	IEA SHC Task-23	1999	사무소	▪ 워크시트평가 방식 ▪ 6개부문(비용,자원,환경,미학,기능성 등) 23가지 항목 평가 ▪ 분석결과의 수치화, 도식화가 간결하여 비교 분석 용이

다. 적용방안 및 향후내용

- 본 연구에서 도출한 기 보유 건축물 전과정 CO2 배출량 평가·관리 프 로그램의 활용방안을 중심으로 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프 로그램의 데이터베이스 구축 범위와 개발 방향을 설정하고 1차년도에 서 프로그램의 초기버전을 개발함.
- 기 보유 프로그램의 보완점 및 국외 선진 프로그램들의 특징을 분석하 여 2차년도에서의 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램에 관한 데이터베이스 보완 및 구축 범위를 설정함.

2. 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 알고리즘 구축

가. 연구내용

(1) 기 보유 건축물 전과정 CO2 배출량 평가·관리 기술의 활용방안 도출

(2) 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 알고리즘 구축
- 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 초기버전 개발
- 건축물 전과정 온실가스 평가 알고리즘 연구

(3) 건축물 전과정 온실가스 평가 알고리즘 연구
- 건축물 전과정 세부단계별 데이터베이스 구축
  - 건축물 용도별 주요 CO2 배출자재 분석
  - 건축물 용도별 시공과정에서의 CO2 배출량 분석
- BIM 활용 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 기술 개발
  - BIM 활용 평가단계별 기술 분석
  - BIM LOD별 평가방안 분석
  - BIM 연동 운영단계 에너지 시뮬레이션 연계방안 분석
  - BIM 템플릿 및 품목코드 적용방안 분석

(4) 기존 온실가스 배출량 산정 KS/ISO 인증 표준안 분석
- ISO 14040 시리즈 및 ISO 21930 시리즈 조사
- 국가/기업의 온실가스 인벤토리 산정 표준 및 타 업종의 온실가스 산정 지침조사

나. 분석결과 및 결론

(1) 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 초기버젼 개발

(가) 건축물 전과정 세부단계별 평가기술 분석

① DB 구축
- 건설단계
  · 표준적인 LCI DB(국가 LCI DB, 국토부 LCI DB과 산업연관분석방식) 구축
  · 건설자재별 조달청의 표준품목코드를 이용한 DB 구축
- 운영/유지관리단계
  · 운영 부문은 보유 데이터별 다양한 평가방식에 따른 DB 구축
  · 유지관리 부문은 추계모델식을 이용한 DB 구축
- 해체/폐기단계
  · 해체공정별 투입장비의 연비를 이용한 DB 구축

② 평가기술[22)]

- 건설단계
  - 자재생산 부문 : 산업연관분석표 및 국가 LCI DB를 이용한 온실가스 평가 조달청 품목코드 형태의 물량산출내역서 자동입력 방식
  - 자재운송 부문 : 기존 연구자료의 분석을 통한 추계모델방식
  - 건축시공 부문 : 기존 연구자료의 분석을 통한 추계모델방식
- 운영/유지관리단계
  - 운영 부문/유지관리 부문에 대한 에너지 소비량 및 CO2 배출량 평가
  - 운영 부문 : (1) 에너지 시뮬레이션 결과 및 실측 데이터 입력방식
    (2) 건축물에너지효율등급 제도방식
    (3) 기존 연구자료의 분석을 통한 추계모델방식
  - 유지관리 부문 : 기존 연구자료의 분석을 통한 추계모델방식
- 해체/폐기단계
  - 해체부문/폐기부문의 에너지 소비량 및 CO2 배출량 평가
  - 해체부문 : 해체장비 조합 선택방식
  - 폐기부문 : 폐기장비 조합 선택방식



(a) 프로그램 특징 개요 (b) Web 기반 정보처리 기술 개요

그림 2.86 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 초기버젼 핵심 기술 개요

(나) 건축자재의 원단위 데이터베이스 구축

① 조달청 품목코드 중 온실가스 평가 대상 선정

- 조달청 자재 표준 품목코드(순수자원코드 55,339가지)를 평가 대상 유무에 따라 Case별로 구분하여 분류함.
- Case 1(필수평가) : 건축물 온실가스 평가에 포함되는 품목류
- Case 2(선택평가) : 건축물 온실가스 평가에 포함 가능성이 있는 품목류
- Case 3(건설장비류) : 건설기계장비 및 보조 품목류
- Case 4(조경) : 조경 및 식재류
- Case 5(기타) : 건축물 온실가스 평가에 포함되지 않는 품목류

표 2.18 조달청 품목코드 중 온실가스 평가 대상

22) K. H. Lee, S. H. Tae, S. W. Shin, Development of a Life Cycle Assessment Program for building (SUSB-LCA) in South Korea, Renewable & Sustainable Energy Reviews, 13, 2009, 1994-2002.

Case		그룹	세부내역	비고
평가대상	[Case1] 필수평가	건축/토목공사	자갈, 모래, 플랜지, ㄱ형강, H빔, I빔, T빔, 일반봉강, 열연강판, 압연강판, 콘크리트파일, 강관파일, 레미콘, 시멘트, 콘크리트블록, 벽돌, 타일, 단열재, 석고보드, 강화유리, 복층유리, 색유리, 철선, 구조용볼트류, 구조용강관, 규석, 화강석, 대리석, 평강, 철근콘크리트용봉강 등	12,402가지
		설비공사	공조덕트(스파이럴, 플렉시블, 엘보, 크로스티) 등	
		거푸집류	보통합판, 치장합판, 건설용거푸집 등	
		에너지원	등유, 경유, 중유, 프로판가스, 액화석유가스, 기계유,절연유, 공업용휘발유 등	
	[Case2] 선택평가	가스류(직접배출)	질소가스, 산소가스, 아르곤가스, 암모니아가스, 이산화탄소가스, 프레온가스 등	12,894가지
		승강기류	엘리베이터, 에스컬레이터, 곤돌라 등	
		가설제품	가설방음판, 낙성방지책, 비계목, 건설용거푸집 액세서리, 안전펜스, 강관비계 등	
		조명제품	천장직부형형광등기구(주방등, 거실등), 벽부형형광등기구, 천장직부형백열등기구 등	
		설비기구	공기조화기, 왕복동식냉동기, 터보냉동기, 냉각탑, 물탱크, 송풍기 등	
비평가대상	[Case3] 건설장비류	건설기계장비	무한궤도형로더, 살수기, 굴삭기, 불도저, 대형브레이카, 타워크레인, 경운기등	930가지
		건설보조제품	게이지, 인디케이터, 미터, 타고미터, 포텐셜메터, 게이지타이로드 등	
	[Case4] 조 경	수목, 난초, 기타화초	가이즈까향나무, 가시나무, 감나무, 개나리, 구상나무, 동백나무, 쑥부쟁이 등	1,866가지
	[Case5] 기 타	건축설비 세부 부속 제품	어댑터, 패킹, 콘센트, 배관부속, 핀, 내화전선, 내열전선, CATV증폭기, 전력변압기 등	27,247가지
		건설기계 부품	자동차용전구, 디젤동차용도어, 전동차용집전장치, 객화차용도어부속 등	
		화장실 또는 욕실용품	세면기, 욕조, 소변기, 대변기, 비누대, 비누갑, 수건걸이, 수도꼭지, 화장지걸이 등	
		토목 제품	교량받침, 가드레일, 도로중앙분리대, 교량이음장치 등	
		노무내역, 일반경비	특급기술자, 고급기술자, 트레일러공, 배관공, 전력비, 상하수도요금, 일반경비 등	
		기타 제품	토양개량제, 에멀션폭약, 안내판, 거리표, 신호기, 맨홀뚜껑, 가로수보호판 등	

② 건축자재별 온실가스 원단위 조사 및 우선순위 도출

- 국가 LCI DB 신규[23)]
  - 6대 온실가스(CO2, CH4, N2O, PFCs, HFC, SF6)
  - 국가 LCI Database정보망에서 탄소배출계수로 제공
  - 탄소성적표지제도에서 공식적으로 사용됨(COOL)
  - 환경산업기술원에서 지속적인 업데이트를 통해 관리함
- 국가 LCI DB 기존
  - 6대 온실가스(CO2, CH4, N2O, PFCs, HFC, SF6)
  - 국가 LCI Database정보망에서 전과정목록(스프레드시트)형식으로 제공
  - 환경성적표지제도에서 공식적으로 사용됨 (TOTAL, PASS)
  - 온실가스 배출물에 지구온난화지수를 곱하여 계산가능
  - 지속적인 업데이트가 이루어지지 않음
- 건기연 건설자재 LCI DB[24)]
  - 6대 온실가스(CO2, CH4, N2O, PFCs, HFC, SF6)
  - 국가 LCI DB에서 건설자재항목에 대한 추가연구를 통해 LCIDB 구축
  - 국가 LCI DB에 공식적으로 반영되지 않았음
- 국토부 시설물별 탄소배출량 가이드라인[25)]
  - 6대 온실가스(CO2, CH4, N2O, PFCs, HFC, SF6)
  - 기존 국가 LCI DB들을 IPCC 2006의 지구온난화지수를 적용하여 산정 (현재 비공식적임)
  - 단열재 및 시공장비 항목들에 대한 추가연구
- 산업연관분석 2008, 2005, 2003
  - 온실가스중 CO2 배출량만을 평가하였음
  - 전과정목록분석방식이 아닌 산업자원의 입출력을 통해 계산됨
  - 다양한 항목 평가 가능 (전과정 목록분석이 어려운 항목들 포함)

③ 품목코드와 건축자재별 온실가스 배출 원단위 매칭

- 정부/연구기관 등에서 발표한 건축자재별 CO2 원단위 및 산업 연관분석에 따른 CO2 원단위를 조사/분석하고 본 프로그램에서 사용 할 건축자재의 CO2 원단위 데이터베이스를 구축/검토/보완 작업을 진행함.
- 앞서 분류한 조달청의 자재 품목코드 중 순수자원코드(12,894가지)에 대해 본 연구에서 구축한 건축자재별 CO2 원단위를 매칭 하여 물량자동입력 Web기반 전과정 CO2 평가의 데이터베이스 를 구축함.

23) 한국환경산업기술원, 국가 LCI 데이터베이스정보망, http://www.edp.or.kr/lcidb/main/main.asp
24) 한국건설기술연구원, 건축자재 환경성정보 국가D/B 구축 사업 최종보고서, 2008
25) 국토해양부, 시설물별 탄소배출량 산정 가이드라인, 2011.

품목코드						분류		CO_2 배출 원단위 매칭				
자재코드		열팽		규격		자재	매칭					
조달청 자재코드	환소설계 표지코드	자재코드 열팽	환소설계 열팽	규격	단	종	위	열팽	CO_2원단위 ($kg-CO_2$/단	단	근거	
1116210820138001		스테인리스망		스테인리스망, STS304, 50mesh×Φ0.18×1m	m2	1	3-a	스테인레스강	3.23	kg	신규국가LCIDB	
1116210820138002		스테인리스망		스테인리스망, STS304, 80mesh×Φ0.14×1m	m2	1	3-a	스테인레스강	3.23	kg	신규국가LCIDB	
1116210820138003		스테인리스망		스테인리스망, STS304, 80mesh×Φ0.12×1m	m2	1	3-a	스테인레스강	3.23	kg	신규국가LCIDB	
1116210820138004		스테인리스망		스테인리스망, STS304, 100mesh×Φ0.1×1m	m2	1	3-a	스테인레스강	3.23	kg	신규국가LCIDB	
1116210820138005		스테인리스망		스테인리스망, STS304, 120mesh×Φ0.8×1m	m2	1	3-a	스테인레스강	3.23	kg	신규국가LCIDB	
1116210821867579		동망		동망, #5	m2	1	3-b	구리	4.57	kg	신규국가LCIDB	
1116210821867580		동망		동망, #6	m2	1	3-b	구리	4.57	kg	신규국가LCIDB	
1116210821867581		동망		동망, #8	m2	1	3-b	구리	4.57	kg	신규국가LCIDB	
1116210821867582		동망		동망, #10	m2	1	3-b	구리	4.57	kg	신규국가LCIDB	
1116210821867583		동망		동망, #12	m2	1	3-b	구리	4.57	kg	신규국가LCIDB	
1116210821867584		동망		동망, #14	m2	1	3-b	구리	4.57	kg	신규국가LCIDB	
1116210821867585		동망		동망, #15	m2	1	3-b	구리	4.57	kg	신규국가LCIDB	
1116210821867586		동망		동망, #16	m2	1	3-b	구리	4.57	kg	신규국가LCIDB	
1116210821867587		동망		동망, #20	m2	1	3-b	구리	4.57	kg	신규국가LCIDB	
1116210821867588		동망		동망, #22	m2	1	3-b	구리	4.57	kg	신규국가LCIDB	
1116210821867589		동망		동망, #24	m2	1	3-b	구리	4.57	kg	신규국가LCIDB	
1116210821867590		동망		동망, #40	m2	1	3-b	구리	4.57	kg	신규국가LCIDB	
1119160220292340		철광석		철광석, 광석	kg	1	3-b	탄소광	2.34	kg	신규국가LCIDB	
1119160220292341		철광석		철광석, 고철, 작업설부산물	톤	1	3-b	탄소광	2.34	kg	신규국가LCIDB	
1119160220292342		철광석		철광석, 고철, 작업설부산물	kg	1	3-b	탄소광	2.34	kg	신규국가LCIDB	
1119160221867606		철광석		철광석, 철금고철, 작업설부산물	톤	1	3-b	탄소광	2.34	kg	신규국가LCIDB	
1119160221867607		철광석		철광석, 철금고철, 작업설부산물	톤	1	3-b	탄소광	2.34	kg	신규국가LCIDB	
1119160221867608		철광석		철광석, 알루미늄, 작업설부산물	톤	1	3-b	탄소광	2.34	kg	신규국가LCIDB	
1119160320730554		철합금설		철합금설	톤	1	3-b	탄소광	2.34	kg	신규국가LCIDB	
1119160321867609		철합금설		철합금설, 동광	kg	1	3-b	탄소광	2.34	kg	신규국가LCIDB	
1119160321867610		철합금설		철합금설, 알미늄	톤	1	3-b	탄소광	2.34	kg	신규국가LCIDB	
2162301201446802		수돌훈화제		수돌훈화제	Kg	1	1	훈화제(일본트륨	0.002	kg	일본트륨	
2162302201579713		슛코리트돌급혈제		슛코리트돌급혈제	kg	1	2	훈화제(일본트륨	0.002	kg	일본트륨	
2162302201579714		슛코리트돌급혈제		슛코리트돌급혈제, ECONEX-SHOP-P(분말)	Kg	1	2	훈화제(일본트륨	0.002	kg	일본트륨	
2162302201579715		슛코리트돌급혈제		슛코리트돌급혈제, ECONEX-SHOP-L(액체)	Kg	1	2	훈화제(일본트륨	0.002	kg	일본트륨	
2162302201579716		슛코리트돌급혈제		슛코리트돌급혈제, ATTACK-P, 20kg	kg	1	2	훈화제(일본트륨	0.002	kg	일본트륨	
2162302201579717		슛코리트돌급혈제		슛코리트돌급혈제, ATTACK-L, 240kg	Kg	1	2	훈화제(일본트륨	0.002	kg	일본트륨	
2162398201446644		트코리트알생제		트코리트알생제	kg	1	2	훈화제(일본트륨	0.002	kg	일본트륨	
2162398201446645		트코리트알생제		트코리트알생제, ECONEX-E, 훈화재, 수설200L/드럼	드럼	1	2	훈화제(일본트륨	0.002	kg	일본트륨	
2162398201446646		트코리트알생제		트코리트알생제, ECONEX-CU, 훈화재, 수설200L/드럼	드럼	1	2	훈화제(일본트륨	0.002	kg	일본트륨	
2162398201446647		트코리트알생제		트코리트알생제, ECONEX-Q101, 훈화재, 수설18L/통	통	1	2	훈화제(일본트륨	0.002	kg	일본트륨	
2162398201446648		트코리트알생제		트코리트알생제, ECONEX-Q301, 훈화재, 유설18L/통	통	1	2	훈화제(일본트륨	0.002	kg	일본트륨	

그림 2.87 국가 LCI DB 조사 및 품목코드 매칭 자료

(다) 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 초기버젼 개발

① 프로그램 웹 디자인 작성

- Web기반의 프로그램 개발을 위해 국토해양부 로고의 색감과 건 축물 전과정 온실가스 평가의 이미지에 맞춰 디자인을 작성함.

② 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 데이터 로직 작성

- 프로그램의 평가구조 설정
  - 프로그램 개발을 위한 기초적인 작업으로 프로그램의 평가구조를 설정하고 입력데이터, 참고자료, 계산과정에 관한 정리를 진행함.
  - CO2 평가에 필요한 데이터들을 평가구조에 따라 분류하고 계산과정에 따른 수식과 알고리즘을 체계화함.
- 프로그램의 데이터 흐름도 작성
  - 프로그램 내 평가 알고리즘에 따른 필요한 데이터(자재별 품목코드 및 CO2 원단위, 에너지별 CO2 원단위, 각 평가단계별 추계모델식 등)를 각각의 평가구성별로 구분하고 데이터의 중복, 누락방지 등을 고려하여 데이터의 흐름도를 작성함.
- 프로그램 개발계획서 초안진행
  - 프로그램 개발 및 디자인의 가이드라인 사항을 규정하고 평가프로그램의 화면 구성, 각 버튼별 Action에 따른 Response 등을 정리한 프로그램 개발계획서의 초안을 진행함.
- 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 데이터 로직 작성
  - 프로그램 개발을 위해 서버 내에 평가구조, 입력데이터, 참고자료, 계산과정에 관한 데이터베이스를 구축함.

- 건축물 전과정 온실가스 평가에 요구되는 알고리즘과 입출력 데이터간의 정보흐름을 체계화하고 Logical 및 Physica 다이어그램을 작성함.
- Web 버전의 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 (초기버전)에 대한 기능 구현, 평가 데이터베이스 입력 및 수식 적용, 기능 및 평가 결과의 검증 등 개발 작업을 참여 기관인 에스프리즘과 수행 함.

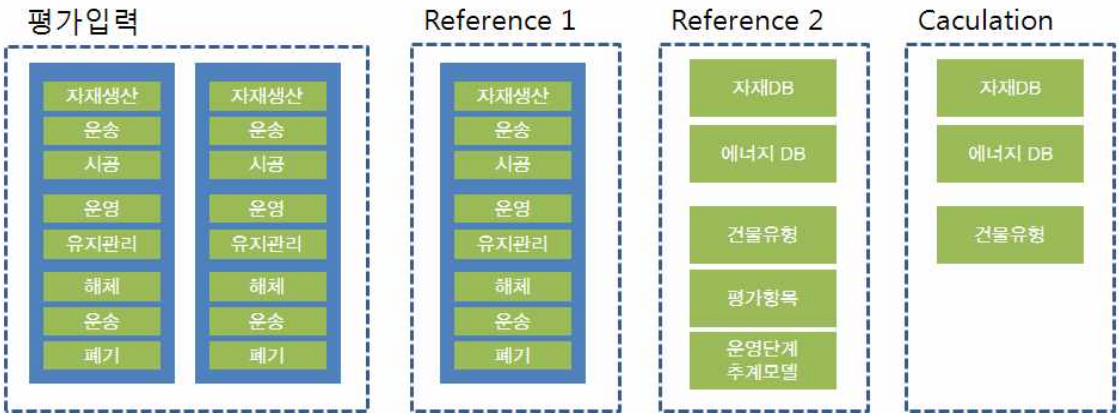


그림 2.88 프로그램의 평가구조 설정

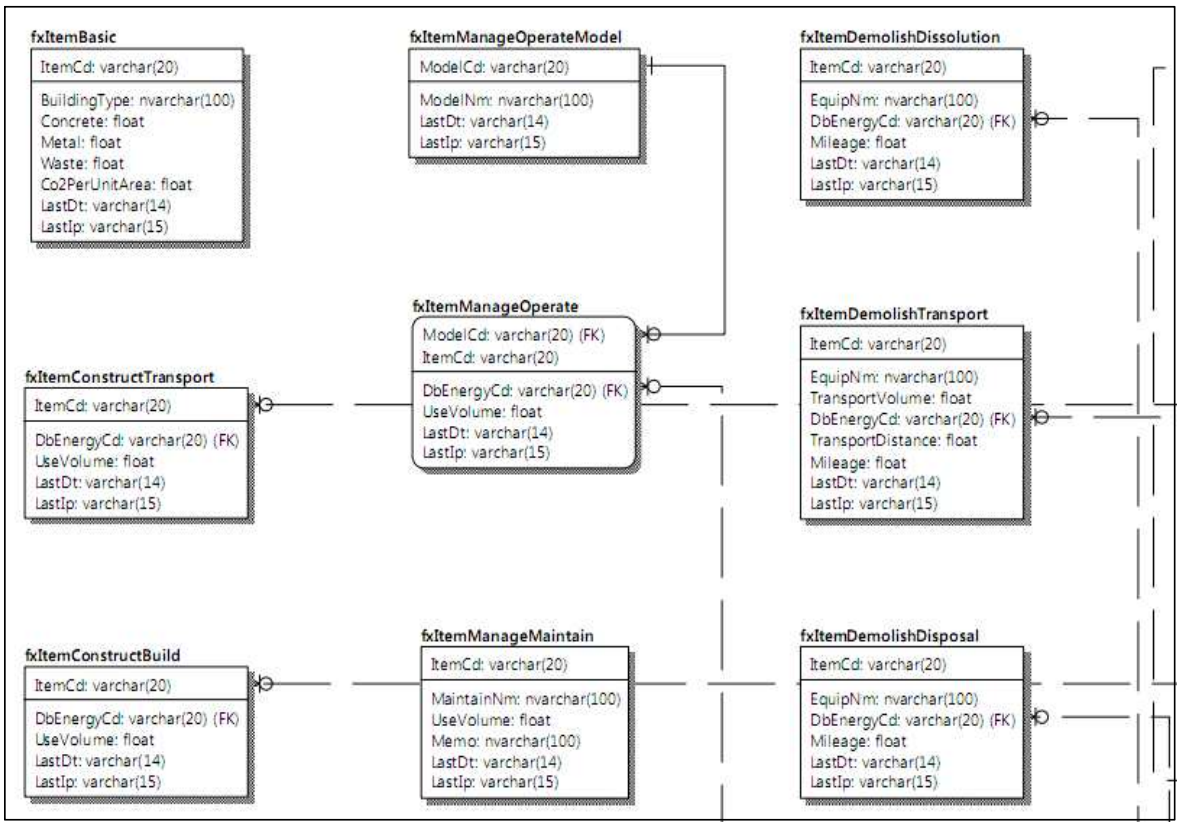


그림 2.89 프로그램의 Physica 다이어그램

③ 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 개발

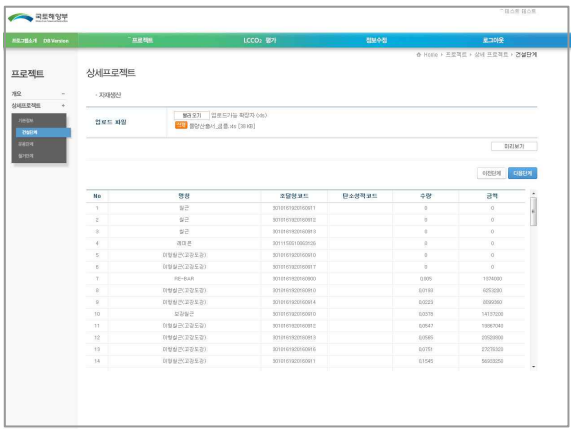
- 상기에서 작성한 프로그램의 디자인 및 프로그램의 데이터 흐름도 등에 근거하여 Web기반의 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램을 개발함.



(a) 초기화면



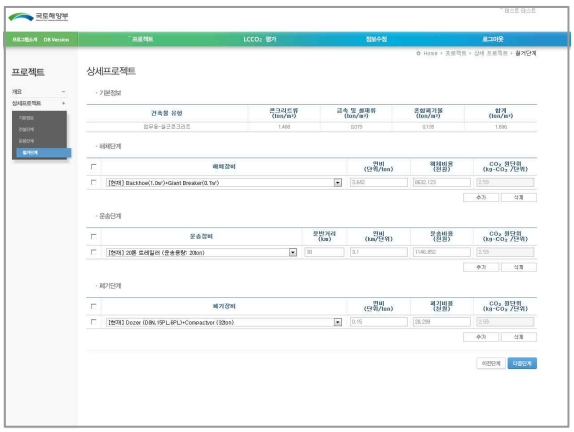
(b) 프로젝트 개요 입력



(c) 건설단계



(d) 운영단계



(e) 해체 및 폐기단계



(f) 평가결과

그림 2.90 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 초기버젼

(2) 건축물 전과정 온실가스 평가 알고리즘 연구

(가) 건축물 전과정 세부단계별 데이터베이스 구축

① 건축물의 주요 CO_2 배출 건축자재 분석

- 건축물의 초기 계획 및 설계단계에서 건축물에 투입되는 건축자재의 생산단계를 효율적으로 평가하기 위해 실제 건축물의 물량산출내역서(60개 공동주택 단지)에 근거하여 CO_2 배출량 평가를 수행하였으며, 이 중 CO_2 배출 비율이 높은 주요 CO_2 배출 주요 건축자재를 도출함.
- 이때, 온실가스 배출 원단위는 국가 LCI DB 및 건설기술연구원의 건축자재 환경성정보 국가 DB를 적용하였으며, CO_2 배출량을 포함한 6대 온실가스(CO_2, CH_4, N_2O, HFCs, PFCs, SF6)에 지구온난화지수(GWP)를 반영하여 온실가스 배출량(CO_2 당량, CO_2eq)을 평가하였음.
- CO_2 배출 주요 건축자재 분석결과
  - 상위 CO_2 배출의 85% 이상–레미콘, 철근콘크리트용 봉강, 형강 등 3가지 건축자재
  - 상위 CO_2 배출의 95% 이상–레미콘, 철근콘크리트용 봉강, 형강, 유리, 콘크리트벽돌, 단열재, 석고보드 등 7가지 건축자재
- 또한, 표본으로 설정한 60개 공동주택 단지의 주요 CO_2 배출 건축자재에 대한 단위면적당 CO_2 배출량을 평가한 결과, 평균값인 412.7kg–CO_2/m^2에 집중되는 것을 확인하였으며, 비교적 표준정규분포에 따르는 것으로 분석되었음.

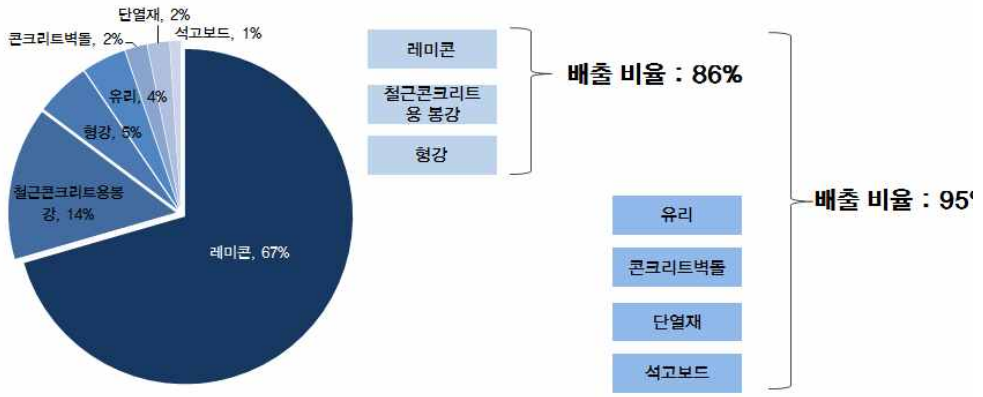


그림 2.91 건축물의 CO_2 배출 주요자재 분석

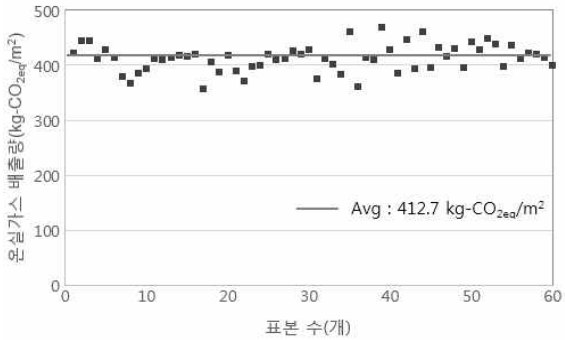


그림 2.92 주요 건축자재에 기초한 CO_2 배출량 평가

② 건축물 용도별 시공과정에서의 CO2 배출량 분석

- 건축물 용도 및 구조에 따른 시공과정의 CO2 배출량 평가를 위해 실제 건설현장에서 작성된 공사일보 및 에너지 사용량 누적 자료 등에 근거하여 건축물의 에너지소비량을 분석함.
- 에너지의 사용처는 난방/발전기용 유류, 건설장비 유류, 구매 전력 등 3가지로 구분하였으며 에너지관리공단에서 제시한 에너지원별 CO2 배출 원단위에 근거하여 단위면적당 CO2 배출량을 도출함.
- 공동주택과 사무소 건축물 또는 RC구조와 SRC구조간에 단위면적당 CO2 배출량은 유사한 값으로 도출되었으며 건설장비에서 소비되는 유류 및 구매 전력에 의한 CO2 배출량이 대부분을 차지하는 것으로 분석됨.
- 단, 앞서 구분한 에너지 사용처에 대해서는 분석대상 건축물별로 상이한 값을 나타내었으며 추가적인 건축물 시공과정의 에너지소비량 분석을 통해 보완이 요구됨.

(나) BIM 활용 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 기술 개발

① BIM 활용 평가단계별 기술 분석: BIM으로 모델링된 건축물의 특성을 분석하고 이를 활용하여 평가단계별 CO2의 평가방안을 하기와 같이 모색함.[26)]

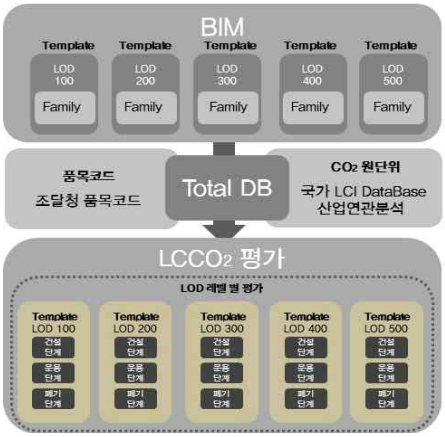
- 건설단계
  - BIM의 일람표 등 수량산출 기능을 활용하여 각 건축자재에 따른 CO2 배출량을 산출함.
- 운영/유지관리단계
  - 운영단계에서는 BIM을 지원하는 에너지 시뮬레이션 프로그램에서 도출한 에너지원별 사용량에 따라 CO2 배출량을 산출함.
  - BIM의 Library(또는 Family)를 대상으로 각 자재별 내구연한 등을 입하하여 BIM으로 모델링된 건축물의 유지관리단계 CO2 배출량을 평가함.
- 해체/폐기단계
  - BIM 자재수량산출과 자재의 재활용성을 기초로 해체단계 CO2 배출량을 평가함.

② BIM LOD별 평가방안 분석[27)]

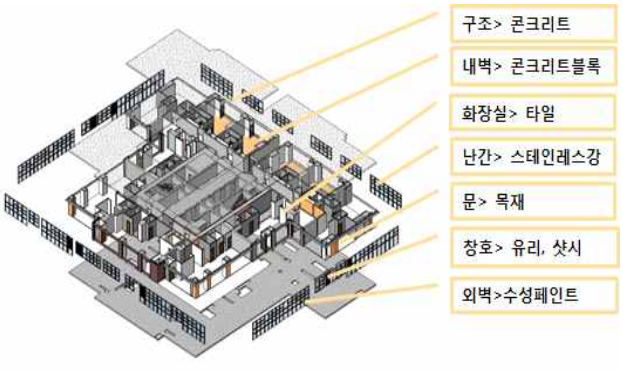
- BIM의 모델링 정도(Level Of Detail)에 따른 전과정 CO2 평가 시기를 분석하고 미국 보문청에서 제시한 LOD(100, 200, 300, 400, 500)에 따른 사례평가를 통해 CO2 배출량의 평가범위 설정, 결과에 대한 보정계수 적용여부 등에 관한 연구를 진행함.
- 사례평가결과, 건설단계에서는 LOD에 따라 도출되는 자재의 종류가 상이하여 LOD가 증가할수록 결과값의 정확도는 높아지는 경향으로 도출되었으며, 운영단계에서는 LOD가 변화에 따른 영향이 비교적 적은 것으로 도출됨.

26) 태성호, 신성우, 노승준, 이성우, 고주환, 이주호, 강찬희, 변정수, BIM을 활용한 건축물 전 생애 CO2 평가 방법에 관한 연구, 대한건축학회 2010 추계학술대회 논문집, 30, 2010, 173-4

27) 방준식, 태성호, 노승준, 금원석, 건설단계 BIM을 이용한 건축물의 전 과정 CO2 평가 기법 제안에 관한 연구, 한국건축시공학회 2012 춘계학술발표대회 논문집, 12, 2012, 53-54



(a) BIM의 LOD별 평가방안

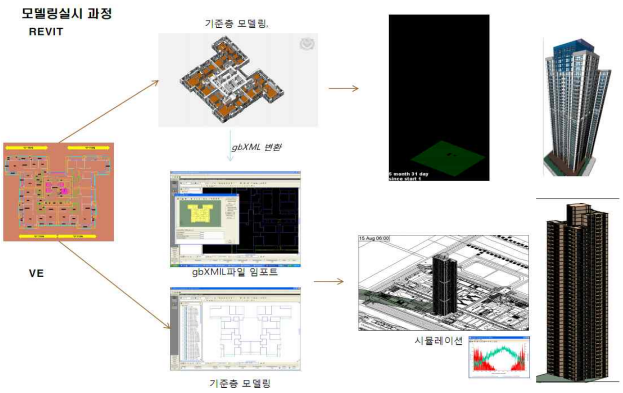


(b) BIM을 활용한 물량산출 개요

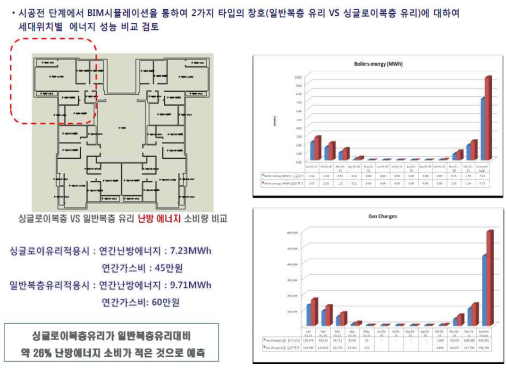
그림 2.93 BIM LOD별 평가방안 및 물량산출 개요

③ BIM 연동 운영단계 에너지 시뮬레이션 연계방안 분석

- 평가 프로그램 BIM 연계를 위한 협력체계(MOU) 구축
  - 그린빌딩협의회, 버츄얼빌더스, 상아엔지니어링 등 BIM전문가와 10회 이상의 실무자 미팅 및 전문가 초청강연을 수행하고 본 연구의 BIM 평가기술에 대한 기술적 협력체계(MOU) 구축.
- BIM 연동 운영단계 에너지 시뮬레이션 사례평가 진행
  - 운영단계 에너지 시뮬레이션 프로그램(IES VE)을 통해 에너지 평가를 진행하고 평가된 결과를 바탕으로 CO2 평가와의 연계방안을 분석함.
  - 그 결과, BIM 연동 운영단계 에너지 시뮬레이션으로 건축물의 연간 에너지소비량을 통해 건축물 수명 동안의 CO2 배출량의 단순평가가 가능하나 추후 설비시설의 노후화와 관련된 에너지 효율성에 대한 추가 연구가 수행되어야 할 것으로 판단됨.



(a) BIM연동 운영단계 평가과정



(b) BIM연동 운영단계 평가결과

그림 2.94 BIM 연동 운영단계 에너지 시뮬레이션 연계방안 분석자료

④ BIM 템플릿 및 품목코드 적용방안 분석

- 분석방법
  - 설계 단계에서 사용할 template에 품목코드를 입력
  - 품목코드는 조달청 품목코드 정보 입력
  - 모델링 시 품목코드 정보 입력 가이드라인 제시
  - 기존에 Family에 품목코드 적용 빌딩스마트 협회에 품목코드 적용 새로운 Family 적용
  - Family 및 Library 에 품목코드 맵핑 가능
  - BIM 에서 물량을 산출 하는 방법 가이드라인 도출된 정보를 프로그램 입력 과정
  - 물량산출결과에 따른 단위 변환을 위한 재료의 밀도 및 변환 단위 설정
- 분석결과
  - 조달청 품목코드를 입력한 템플릿을 이용하여 건축자재의 수량산출 가능 여부를 확인함.

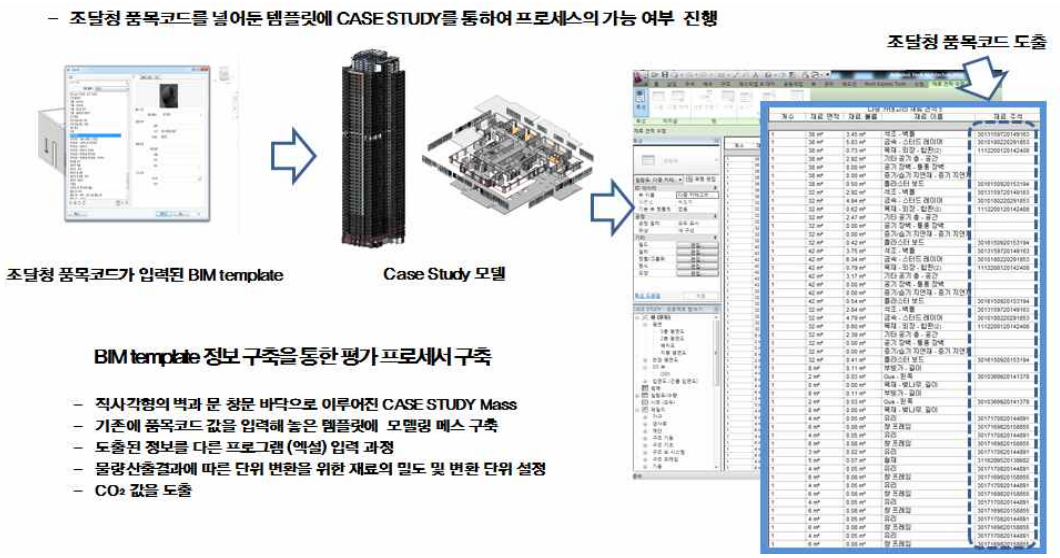


그림 2.95 BIM 템플릿을 활용한 물량산출 흐름

다. 적용방안 및 향후내용

- 1차년도에서 개발 및 구축한 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 초기버젼과 평가단계별 온실가스 평가 데이터베이스 및 알고리즘을 기초로 2차년도에서 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램을 개발함.
- 1차년도에서 구축한 건축자재, 에너지의 표준 원단위 DB, BIM 활용 온실가스 배출량 평가 기술은 2차년도의 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 개발에 있어 핵심 데이터 및 기술로 활용됨.

3. 기존 온실가스 배출량 산정 KS/ISO 인증 표준안 분석

가. 연구내용

(1) ISO 14040시리즈 및 ISO 21930시리즈 조사
- ISO 14000시리즈
- ISO 21930시리즈

(2) 국가/기업의 온실가스 인벤토리 산정 및 보고 표준 조사
- 국가 온실가스 인벤토리 산정 및 보고 표준
- 기업 온실가스 인벤토리 산정 및 보고 표준

(3) 타 업종/기관의 온실가스 산정 지침 조사
- 철강업종 온실가스 배출량 산정 및 보고 가이드라인
- 탄소성적표지인증 지침(환경부)

나. 분석결과 및 결론

(1) ISO 14040시리즈 및 ISO 21930시리즈 조사

(가) ISO 14040시리즈[28)]
- 개요 : 전과정 평가의 국제 표준을 나타낸 국제 표준으로 전과정 평가의 원칙 및 기본구조를 설명하는 ISO 14040과 요구사항 및 지침을 나타내는 ISO 14044로 구성되어 있으며 목적 및 범위 정의, 목록분석, 영향평가, 해석의 순으로 평가가 진행됨.

ⓐ 목적 및 범위 정의
- 목적 및 범위 정의는 의도된 적용, 연구를 수행하는 이유, 예정된 청중 등을 제시하여야 하며 연구 대상 제품시스템, 제품 시스템의 기능, 기능단위, 시스템 경계, 할당 절차, 데이터 요구사항, 가정 및 제한 사항 등을 충분히 제시하여 설정된 목적을 다루기에 적합하도록 정의되어야 함.

ⓑ 목록분석
- 목록분석은 제품 시스템의 관련 투입물과 산출물을 정량화하기 위한 데이터 수집 및 계산 절차를 수반하게 되며 반복적인 과정을 통해 제품 시스템에 관한 더 많은 정보를 획득함에 따라 연구 목적의 달성을 위한 신규 데이터의 요구사항과 제한 사항 등을 파악할 수 있음.

ⓒ 영향평가
- 영향평가는 전과정 목록분석의 결과를 사용하여 잠재적인 환경영향의 중요성 평가를 목

28) ISO 14040, Environmental management-Life cycle assessment-Principles and framewor, 2006

적으로 함. 일반적으로 영향평가에서는 목록 데이터를 특정 환경 영향범주 및 범주지표들과 연관시킴으로써 이들의 영향을 이해하고 해석단계에 정보를 제공함.

ⓓ 해석

- 해석은 목록분석과 영향평가로부터 획득한 결과를 함께 고찰하는 전과정 평가 단계로서 정의된 목적 및 범위에 일관되는 결과를 도출해야 하며 한계의 설명 및 권고사항을 함께 제공해야 함.

(나) ISO 21930시리즈[29]

- 개요 : 건축과 토목분야의 국제 표준으로 주로 지속가능한 건축자재(건축자재의 환경선언)에 대한 표준규격을 제시함.
- 일반사항 : 건축물은 최종적으로 완성된 제품으로 자재 및 부품의 조립을 통하여 구성되며 건축자재의 환경적 특성에 대한 정보를 통해 건축물의 전과정에 걸친 환경영향을 정의 및 평가하기 위한 방법론을 제공함.
- 방법론 : 본 규격에서는 ISO 14025와 ISO 14040에서 사용하는 방법론을 표준으로 채택하며, 제품 그룹화에 대한 정의, 기능단위 정의, 할당 원칙과 컷오프 기준의 선택, 데이터에 요구되는 품질 수준, 정보 출처의 기술 등을 구분하여 제시하고 있음.

(2) 국가/기업의 온실가스 인벤토리 산정 및 보고 표준 조사

(가) 국가 온실가스 인벤토리 산정 및 보고 표준[30]

- 개요 : 국가단위의 온실가스 인벤토리를 산정 및 총괄 기관에 보고함에 있어 요구되는 온실가스 배출량 산정 원칙 및 보고 규정
- 온실가스 산정 : 에너지연소 부문, 탈루성 부문, 산업공정 부문

(나) 온실가스 인벤토리 산정 및 보고 지침[31]

- 개요 : 온실가스 규제 실시에 대비해 온실가스 인벤토리의 설계, 작성, 관리 및 보고하는 것을 돕기 위한 목적으로 개발됨.
- 온실가스 산정 : 직접배출, 에너지 간접배출 등 온실가스 배출원별로 구분하여 문서화

(3) 타 업종/기관의 온실가스 산정 지침 조사

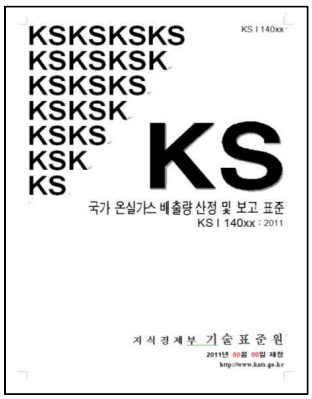
(가) 철강업종 온실가스 배출량 산정 및 보고 가이드라인[32]

- 개요 : 지식경제부 기술표준원에서 주관하는 철강/펄프 및 제지업종의 온실가스 산정과 보고 지침의 운영을 위하여 개발됨
- 온실가스 산정 : 직접 배출, 에너지 간접배출

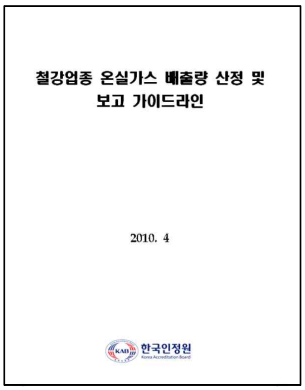
29) ISO 21930, Sustainability in building construction-Environmental declaration of building products, 2007
30) 지식경제부 기술표준원, 국가 온실가스 배출량 산정 및 보도 표준(안), 2011
31) 지식경제부 기술표준원, 온실가스 배출량 산정 및 보고 지침(안), 2011
32) 한국인정원, 철강업종 온실가스 배출량 산정 및 보고 가이드라인, 2010

(나) 탄소성적표지인증 지침(환경부)[33]

- 개요 : 제품과 서비스의 생산 및 수송, 유통, 사용, 폐기 등의 과정에서 발생하는 온실가스의 배출량을 제품에 표기하여 소비자에게 제공함으로써 시장주도로 저탄소 소비문화 확산에 기여하기 위한 목적으로 개발됨
- 온실가스 산정
  ⓐ 일반제품에 대한 작성지침 (작성지침 1) : 사용과정에서 에너지를 사용하지 않는 제품에 대하여 온실가스 배출량을 계산하는데 필요한 사항을 규정
  ⓑ 에너지사용제품에 대한 작성지침 (작성지침 2) : 사용과정에서 에너지를 사용하는 제품에 대하여 온실가스 배출량을 계산하는데 필요한 사항을 규정
  ⓒ 에너지사용제품에 대한 사용시나리오 작성지침 (작성지침 3) : 작성지침 2에서 규정하지 않은 에너지사용제품을 사용하는 과정에서 에너지 사용에 따른 온실가스 배출량을 각 제품별로 계산하는데 필요한 사항을 규정한 지침



(a) 국가 온실가스 배출량 산정 및 보고 표준



(b) 철강업종 온실가스 배출량 산정 및 보고 가이드라인

그림 2.96 기존 온실가스 배출량 산정 KS/ISO 인증 표준안 분석

다. 적용방안 및 향후내용

- 1차년도에서 조사 및 분석한 기존 온실가스 배출량 산정 KS/ISO 인증 표준안에 기초하여 2차년도에서 건축물에 특화된 전과정 온실가스 배출량 산정 지침을 개발함.
- 이는 2차년도에 개발 예정인 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램에 주요 지침으로 활용되며 3차년도의 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 시범사업의 시행을 통해 이를 검증하고 보완 연구를 수행 할 예정임.

※(별첨) 세부과제와의 연계성

* 1세부에서 도출하는 건축물 온실가스 산정 방법론 활용
* 2세부에서 설정하는 표준건축물의 반영 여부를 모색 중
* 4세부의 녹색건축물 통합 인증 내 전과정 온실가스 배출량 평가 항목 지원
* 5세부의 친환경 건축자재의 온실가스 배출량 원단위(BIM 라이브러리 포함)를 3세부의 데이터베이스로 활용

33) 한국환경산업기술원, 탄소성적표지인증, http://www.edp.or.kr/carbon/main/main.asp

4. 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 개발

가. 연구내용

(1) 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 개발
- 기존/신축과제에서의 시험평가를 통한 프로그램 검증
- 건축물 전과정 온실가스 평가 자문위원 의견 수렴

(2) 건축물 전과정 온실가스 배출량 산정 KS/ISO 인증 표준안 초안 개발
- 건축물 전과정 온실가스 산정 지침 초안 개발
- KS/ISO 인증 표준안 제안

(3) 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 시범사업 계획 수립
- 시범사업 대상 및 범위 설정
- 시범사업 시행 방법 및 검증 방법 설정

나. 분석결과 및 결론

(1) 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 개발

(가) 기존/신축과제에서의 시험평가를 통한 프로그램 검증
- 기존과제(건설기술연구원) 및 신축과제(연세대학교)에서 검토한 "건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 초기버전" 의 검토의견을 수렴하여 아래의 표과 같이 개선방안을 도출함.

표 2.19 기존 및 신축 연구과제 검토의견 및 개선방안

구분	검토의견	개선방안
건설 단계	▪ 준공이 오래된 기존 건축물의 경우 제한된 건축물의 정보로 인해 정확한 물량 정보를 산출하기 어려움. ▪ 모든 건축물의 물량정보를 조달청 표준공사코드로 산출하기 어려움. ▪ 모든 건축자재를 평가의 대상으로 하고 있어 평가 시 범위의 설정이 불분명하며 일관된 평가결과의 산출이 어려울 것으로 판단됨.	▪ 온실가스 주요 배출자재만을 자재생산 단계에서의 평가 대상으로 변경함. ▪ 온실가스 배출량 평가 시 사용자가 온실가스 주요 배출자재의 입력방식(자동입력, 수동입력)을 선택하여 평가함.
운용 단계	▪ 그린 리모델링 건축물의 요소별 에너지절감량에 대한 상대비교 및 평가의 적용에 어려움이 있음.	▪ 본 프로그램 운영단계에서는 에너지시뮬레이션 기능을 내포하고 있지 않은 바 외부 에너지시뮬레이션 프로그램의 결과를 본 프로그램 내에 직접 입력하여 적용할 수 있도록 사용자 매뉴얼 등을 보완함.

- 특히, 대부분의 검토의견이 건설단계 중 조달청 표준공사코드 활용한 건축자재 생산과정의 온실가스 배출량 평가기술에 집중됨에 따라 주요 건축자재 기반의 온실가스 배출량 평가기술을 개발하여 개선방안을 도출함.
- 운용단계에서는 건축물의 에너지소비량 평가 적용에 어렵다는 검토의견에 따라 외부 에너지시뮬레이션 프로그램 및 건축물 에너지효율등급의 결과를 본 프로그램 내에 직접 입력하여 적용할 수 있는 기능을 개선함.

(나) 건축물 전과정 온실가스 평가 자문위원 의견 수렴

- 건축물 전과정 단계별 평가 대상 및 내용(안) 작성
  - ISO 13315, ISO 14025, ISO 14040, ISO, 15686, ISO 21930, ISO 14021, IgCC 등 국내외 건축물 관련 또는 전과정 평가(LCA) 기준에 부합하는 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 개발을 위해 ISO 21930에서 규정하는 건축물 전과정 단계구분에 근거하여 표 1.2.23과 같이 건축물 전과정 단계별 평가 대상 및 내용을 작성함.

표 2.20 건축물 전과정 단계별 평가대상 및 내용

단계 구분			평가 대상	내 용
생산 단계	건축자재 생산과정		내재 온실가스	▪ 원재료공급, 수송, 제조를 포함한 건축자재 생산에 따른 내재 온실가스
계획 및 시공 단계	건축자재 운송과정		에너지	▪ 각 건축자재의 저장소에서 현장까지의 수송과정
	건축물 시공과정	현장	에너지	▪ 시공현장 설치과정
		폐기물	에너지	▪ 시공과정 중에 발생되는 건설 폐기물의 처리과정
사용 단계	에너지 사용과정		에너지	▪ 건축물 사용기간 동안의 에너지 사용량
	수자원 사용과정	상수	에너지	▪ 건축물 사용기간 동안에 소비되는 상수 생산에 따른 에너지 사용량
		오수	에너지	▪ 오수의 취·송수과정 및 처리과정에서 소비되는 에너지 사용량
		중수	에너지	▪ 중수 활용에 의해 저감되는 상수 사용량
	생활폐기물 발생량		에너지	▪ 생활폐기물 처리과정에 따른 에너지 사용량
	보수자재 생산과정		내재 온실가스	▪ 유지관리/수리/교체/개보수에 투입되는 건축자재의 내재 온실가스
	보수자재 운송과정		에너지	▪ 유지관리/수리/교체/개보수에 투입되는 건축자재의 수송과정
	건축물 유지보수과정		에너지	▪ 유지관리/수리/교체/개보수를 위한 시공 및 설치과정
폐기 단계	건축물 해체과정		에너지	▪ 해체/철거과정에서 소비되는 장비의 에너지 사용량
	폐기물 운송과정		에너지	▪ 폐기물의 수송과정
	폐기물 중간처리과정		에너지	▪ 건축자재의 재사용/재활용에 따른 에너지 사용량
	폐기물 매립과정		에너지	▪ 폐기 중 매립과정에서 소비되는 장비의 에너지 사용량
	폐기물 소각과정		에너지	▪ 폐기 중 소각과정에서 소비되는 장비의 에너지 사용량
			소각가스	▪ 폐기 중 소각과정에서 발생되는 소각가스의 직접적인 배출
탄소 상쇄	신재생에너지		에너지 생산	-
	수목		온실가스 흡수	▪ 건축단지 내 조경시설에 따른 온실가스 흡수량
추가 질의	생산과정 중 가설제품		내재 온실가스	▪ 건축물 시공을 위해 임시적으로 투입되는 건축자재(동바리, 거푸집, 방호시설 등)의 생산과정

- LCA 전문가의 자문회의를 통한 건축물 전과정 평가범위 설정
  - LCA 전문가의 자문을 통해 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 Beta Version에서 적용한 평가대상에 대한 개선방안을 도출함. 특히, 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 Beta Version에서 고려하지 못한 건축물 시공과정에서의 폐기물, 건축물 수자원 사용과정에서의 상수 및 오수, 보수자재의 운송 및 유지보수과정, 폐기물의 중간처리, 신재생에너지 등이 신규 평가범위로 도출됨.
  - 한편, 생활폐기물, 가설제품, 수목 등은 건축물의 생산 및 운용과 직접적인 관련 항목으로 제외되어 평가대상에서 제외함. 중수는 이미 상수로 사용된 수자원을 건축물 내의 정화시설에서 정화하여 재사용하는 것으로서 이미 건축물 에너지 사용과정에서 환경부하 요소가 고려된 것으로 판단됨에 따라 평가범위에서 제외함.

표 2.21 건축물 전과정 단계별 평가범위 자문내역 및 개선방안

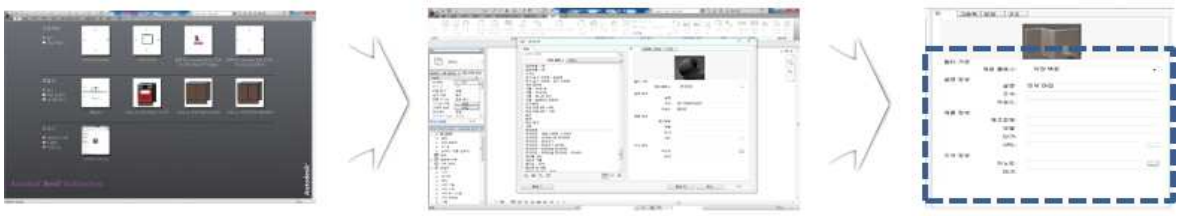
단계 구분			평가 대상	전문가 의견 내역		개선방안	
				A 자문위원	B 자문위원	1차년도	2차년도
생산 단계	건축자재 생산과정		내재 온실가스	필수	필수	○	○
계획 및 시공 단계	건축자재 운송과정		에너지	필수	필수/고려가능	○	○
	건축물 시공과정	현장	에너지	필수	필수/고려가능	○	○
		폐기물	에너지	필수	부적합	-	▲
사용 단계	에너지 사용과정		에너지	필수	필수	○	○
	수자원 사용과정	상수	에너지	필수	고려가능	-	▲
		오수	에너지	필수	부적합	-	▲
		중수	에너지	부적합	부적합	-	-
	생활폐기물 발생량		에너지	부적합	부적합	-	-
	보수자재 생산과정		내재 온실가스	필수	필수	○	○
	보수자재 운송과정		에너지	필수	필수/고려가능	-	▲
	건축물 유지보수과정		에너지	필수	고려가능/부적합	-	▲
폐기 단계	건축물 해체과정		에너지	필수	필수	○	○
	폐기물 운송과정		에너지	필수	필수	○	○
	폐기물 중간처리과정		에너지	고려가능	필수	-	●
	폐기물 매립과정		에너지	필수	필수	○	○
	폐기물 소각과정		에너지	필수	부적합	-	▲
			소각가스	필수	부적합	-	▲
탄소 상쇄	신재생에너지		에너지 생산	필수	필수	-	●
	수목		온실가스 흡수	고려가능	부적합	-	-
추가 질의	생산과정 중 가설제품		내재 온실가스	부적합	고려가능	○	-

○ : 적용, - : 미적용, ● : 2차년도 신규 적용, ▲ : 적용 검토 중

(다) BIM 연계 자동물량 입력기술 및 데이터베이스 구축

- BIM 연계 자동물량 입력기술 개발
  - BIM으로 설계된 건축물의 효율적인 온실가스 배출량 평가를 위해 조달청 표준공사코드(순수자원코드) 기반의 BIM 템플릿 개발을 통해 자동물량 입력기술을 개발하고 사례분석 연구를 수행함.

- BIM 연계 자동물
  - 이때, Revit 프로그램에서 도출된 건축자재의 용이한 온실가스 배출량 평가를 위해 건축자재의 단위와 건축자재별 온실가스 원단위의 단위를 일치시키기 위한 단위환산계수를 표 1.2.25과 같이 도출하였으며, 이를 데이터베이스화하여 평가자(설계자, 시공자 등)가 건축재료에 대한 별도의 정보 입력이 없이 효율적인 온실가스 배출량 평가가 가능하게 구성함.량 입력기술 템플릿 개발



템플릿생성 템플릿 자재정보 입력창 순수자원코드 입력

그림 2.97 조달청 품목코드기반 템플릿정보 입력단계

표 2.22 건축재료별 온실가스 원단위 및 환산계수 도출 예

품목코드	코드적용재료	단위	온실가스 원단위	환산계수
3013159720149160	콘크리트 벽돌	kg	0.122240	2.2
3116330220135910	알루미늄 판	kg	1.96	2.689
1112200120142400	합판	kg	801.333467	0.65
3016150920153190	석고보드	kg	135.015253	0.85
3010369920141370	가공목재	kg	3.6354	0.65

- BIM 연계 자동물량 입력기술 템플릿 사례분석
  - 본 연구에서 BIM 연계 자동물량 입력기술로 개발한 BIM 템플릿을 이용하여 모델링한 평가대상 건축물의 자재물량을 도출하고 건축물 건설단계 중 건축재료의 온실가스 배출량 평가 사례분석을 그림 1.2.59과 같이 실시함.
  - 본 연구에서 개발한 BIM 연계 템플릿을 기반으로 한 평가결과와 실제 물량산출서를 이용한 온실가스 배출량의 평가결과는 약 10% 이내의 오차범위를 가지는 비교적 정밀한 결과를 얻을 수 있었으며, 평가결과의 오차는 건축자재 물량인 거푸집, 못, 소철 등의 자재와 건축물 견적 시 할증의 차이 때문인 것으로 사료됨.

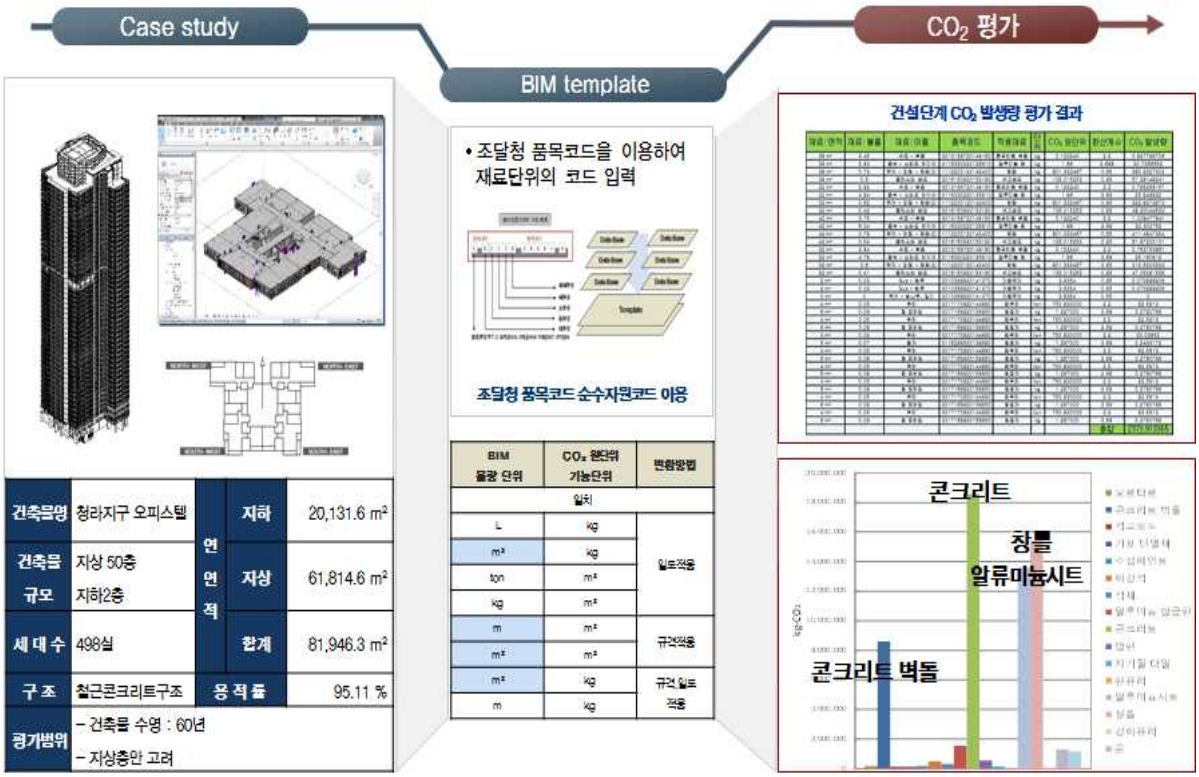


그림 2.98 BIM 연계 자동물량 입력기술 템플릿의 사례분석 연구

- 평가 세부단계별 온실가스 평가 데이터베이스 구축
  - 1차년도의 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 Beta 버전에서 구축한 프로그램의 평가기술 및 데이터베이스를 연계 및 보완하여 2차년도 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램에서 적용될 평가기술을 개발하고 데이터베이스를 구축함.
  - 이 중 주요 연구내용은 생산단계 온실가스 배출 주요 건축재료 도출 및 온실가스 원단위 데이터베이스 구축, 시공과정의 에너지소비량 데이터베이스 구축, 중간처리장비의 에너지소비량 데이터베이스 구축, 신재생에너지 장비의 에너지생산량 데이터베이스 구축 등이 있음.
- 온실가스 배출 주요 건축재료 도출 및 온실가스 원단위 선정
  - 앞서 “온실가스 배출 주요 건축재료 도출”에서 기술한 바와 같이 7종의 건축재료 및 온실가스 원단위를 선정하여 온실가스 평가기술을 개발함.
  - 또한, 상기 7종의 건축재료에 대한 실제 온실가스 원단위의 적용을 위해 표 1.2.26과 같이 한국환경산업기술원에서 시행 중인 탄소성적표지인증 취득제품을 조사하고 적용기술을 구축함.

(나) KS/ISO 인증 표준안 제안

- 앞서 개발한 건축물 전과정 온실가스 산정 지침(안)을 바탕으로 그림 O과 같이 KS 제정안의 형태로 “건축물 전과정 온실가스 배출량 산정 KS 인증 표준안(초안)”을 작성함.

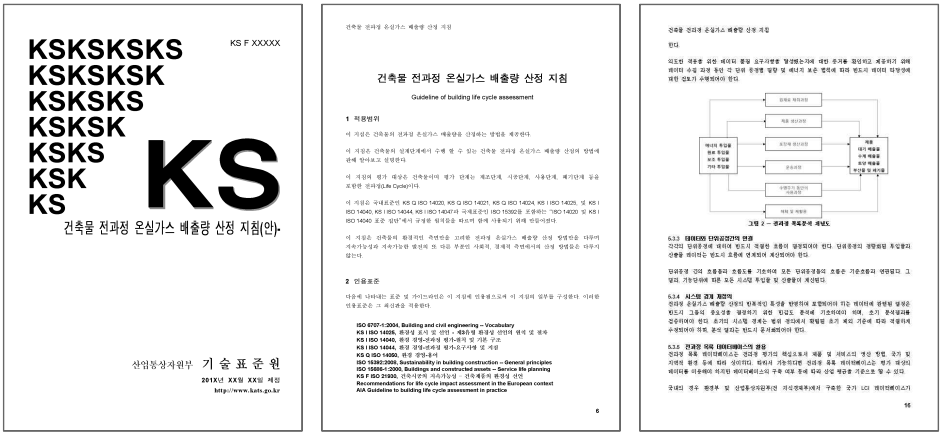


그림 2.99 건축물 전과정 온실가스 배출량 산정 지침(안)

(3) 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 시범사업 계획 수립

(가) 시범사업 대상 및 범위 설정

- 최근에 진행되는 위탁연구기관(SH공사)의 사업지구현황을 조사하여 본 연구과제의 연구기간에 따라 적용 가능한 시범사업 대상을 검토함.
- 녹색건축 인증제의 평가시기(예비인증, 인증)에 따라 건축물 전과정 온실가스 배출량 평가기술을 구분하고 각각의 평가기술별로 적용 가능한 시범사업 대상을 검토함.

(나) 시범사업 시행 방법 및 검증 방법 설정

- 건축물의 전과정 단계를 제조단계, 시공단계, 사용단계, 폐기단계 등으로 구분하여 각각의 세부단계별 온실가스의 평가방법을 설정함.
- 국제 표준에 근거하여 평가결과의 투명성, 이중계산, 기능적 등가물 등을 정의하고 LCA 전문가에 의한 건축물 온실가스 검증 방법을 설정함.

5. 건축물 전과정 온실가스 배출량 산정 KS/ISO 인증 표준안 개발 및 시범사업

가. 연구내용

(1) 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 개발 및 검증
- 건축물 전과정 탄소배출량 평가를 위한 원단위 및 시나리오 구축
- 탄소배출지수 체계 설정
- 건축물 전과정 탄소배출량 평가 프로그램(BEGAS 2.0) 개발

(2) 건축물 전과정 온실가스 배출량 산정 KS/ISO 인증 표준안 개발
- 건축물 전과정 온실가스 산정 체계 구축
- 건축물 전과정 온실가스 배출량 산정 KS 인증 표준안 개발

(3) 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 시범사업 시행
- 마곡지구 7단지 신축사업의 탄소배출량 평가 시범사업
- 수자원공사 리모델링 사업의 탄소배출량 평가 시범사업

나. 분석결과 및 결론

(1) 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 개발 및 검증

(가) 건축물 전과정 탄소배출량 평가를 위한 원단위 및 시나리오 구축
- LCA의 DB 선정기준에 따르면 탄소배출 원단위는 지역적 상관성, 시간적 상관성, 기술적 상관성의 순으로 선택되어야 함. 따라서 환경부의 탄소배출계수, 한국 산업통상자원부와 환경부의 국가 LCI DB, 한국건설기술연구원의 건축자재 환경성정보 국가 DB, 5세부 연구에서 도출한 콘크리트의 탄소배출 원단위 DB, 스위스의 Ecoinvent순으로 적용함.
- 운영과정의 탄소배출량 평가를 위해 IPCC 2006 국가 온실가스 인벤토리 작성 가이드라인을 분석하였고 이에 따른 에너지원별 탄소배출 원단위 DB를 적용하였다. 즉, 전기와 지역난방은 국가고유의 탄소배출계수의 적용을 권장함에 따라 전력거래소와 지역난방공사에서 공시하는 실측의 탄소배출 원단위를 적용하고 도시가스와 등유는 IPCC 2006 국가 온실가스 인벤토리 작성 가이드라인의 기본 탄소배출 원단위를 적용하였음.
- 또한, 주요 건축자재 기반의 전과정 탄소배출량 평가를 위해 그림 O과 같은 시나리오를 정립함. 이때, 운송과정은 건축공사 표준품셈을 기준으로 건축자재별 운송차량을 선정하였고 운송거리는 30km로 가정함.
- 유지관리과정에서는 주택법에서 제시하는 건축자재별 수선주기와 수선율에 기초한 유지관리과정의 내재 탄소배출량 평가 방법을 적용함.
- 해체과정에서는 폐건축자재의 양과 생산단계에서 투입된 건축자재의 수량이 동일하다고 가

정하였고, 폐기물 운송과정은 건설표준품셈에 따라 15ton 트럭이 사용되며, 운송거리는 30km로 설정하였음. 또한, 매립과정에서는 폐기물통계연감에 따라 건축자재의 재활용률을 조사하여 적용하였음.

표 2.23 건축자재별 생산과정 및 매립과정의 탄소배출 원단위 DB

주요 건축자재군	세부 건축자재	생산과정				매립과정			
		DB명	원단위	단위	출처	DB명	원단위	단위	출처
레미콘	18MPa 이하	레미콘 18MPa	284.500	kg-CO_2/㎥	Ⓓ	폐콘크리트 매립	0.007	kg-CO_2/kg	Ⓐ
	21MPa	레미콘	346.000	kg-CO_2/㎥	Ⓐ				
	24MPa	레미콘	346.000	kg-CO_2/㎥	Ⓐ				
	27MPa	레미콘 27MPa	364.600	kg-CO_2/㎥	Ⓓ				
	30MPa	레미콘 30MPa	389.100	kg-CO_2/㎥	Ⓓ				
	35MPa	레미콘 35MPa	425.400	kg-CO_2/㎥	Ⓓ				
	40MPa	레미콘 40MPa	465.900	kg-CO_2/㎥	Ⓓ				
	45MPa	레미콘 45MPa	465.900	kg-CO_2/㎥	Ⓓ				
철근	모든 철근	전기로제강_철근	0.760	kg-CO_2/kg	Ⓑ	-	-	-	-
형강	모든 형강	H형강	0.405	kg-CO_2/kg	Ⓒ	-	-	-	-
유리	일반유리	판유리	0.789	kg-CO_2/kg	Ⓐ	폐유리 매립	0.007	kg-CO_2/kg	Ⓐ
	강화유리, 강화로이유리	강화유리	13.351	kg-CO_2/㎡	Ⓒ				
	복층유리, 복층로이유리	복층유리	22.425	kg-CO_2/㎡	Ⓒ				
콘크리트벽돌	콘크리트벽돌	콘크리트벽돌	0.123	kg-CO_2/kg	Ⓒ	폐콘크리트 매립	0.007	kg-CO_2/kg	Ⓐ
단열재	기포단열재	우레탄판	2.389	kg-CO_2/kg	Ⓒ	혼합폐플라스틱 매립	0.008	kg-CO_2/kg	Ⓐ
	섬유단열재	유리면	0.190	kg-CO_2/kg	Ⓐ				
	발포단열재	발포폴리스티렌	1.960	kg-CO_2/kg	Ⓐ				
석고보드	방수보드, 방화보드	석고보드	0.215	kg-CO_2/kg	Ⓐ	Waste gypsum /[CH] Treatment of waste gypsum	0.013	kg-CO_2/kg	Ⓔ

Ⓐ : 탄소배출계수, Ⓑ : 국가 LCI DB, Ⓒ : 건축자재 환경성 정보 국가 DB, Ⓓ : 자체 DB, Ⓔ : Ecoinvent

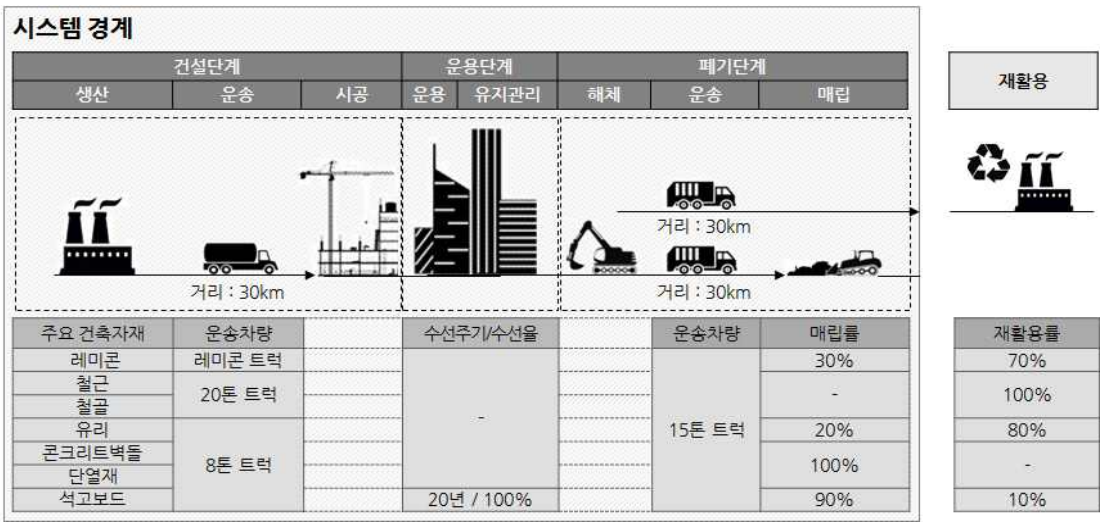


그림 2.100 BEGAS 2.0의 시스템 경계 및 시나리오

(나) 탄소배출지수 체계 설정

- 신축건축물의 탄소배출 지수 설정을 위해 식 (O)과 같이 건축물의 전과정 단계를 평가 부문에 따라 전과정 내재 탄소배출량과 운영 탄소배출량으로 구분하고 표준건축물과 평가건축물의 상대효율성비로 구성함.
- 여기서 전과정 내재 탄소배출량은 건축자재에 기인한 생산과정, 운송과정, 시공과정, 유지관리과정, 폐기물 운송과정, 매립과정의 탄소배출량을 의미하며, 운영 탄소배출량은 건축물의 수명이 반영된 사용과정의 탄소배출량을 나타냄. 또한, a, b는 각 부문에 따른 가중치를 나타내며, 현재 a, b 모두 0.125로 설정하였음.

$$\text{탄소배출지수} = a \times \left(\frac{\text{평가건축물 전과정 내재 탄소배출량}}{\text{표준건축물 전과정 내재 탄소배출량}} \right) + b \times \left(\frac{\text{평가건축물 운영 탄소배출량}}{\text{표준건축물 운영 탄소배출량}} \right) \quad \text{식 (1)}$$

- 또한, 리모델링 건축물의 탄소배출 지수는 식 2와 같이 정의하였음. 즉, 분모는 리모델링 사업을 진행하기 전 건축물의 전과정 탄소배출량을 나타내며, 분자는 리모델링 사업에 따른 전과정 탄소배출량을 의미함.
- 이는 리모델링 사업 전후의 전과정 탄소배출량에 대한 상대효율성비의 구조를 기초로 하였으며, a는 보정계수(현재 0.25)를 의미함.
- 여기서 분자인 "리모델링 사업 후 전과정 탄소배출량" 은 건축물의 리모델링 사업과정에서 투입되는 건축자재의 생산과정, 운송과정, 시공과정, 해체과정, 폐기물 운송과정, 매립과정에 기인한 내재 탄소배출량과 리모델링 사업으로 개선된 연간 에너지소비량을 기초로 한 운영 탄소배출량(이하 리모델링 후 운영 탄소배출량)으로 구분되며, 두 가지 영역에 대한 탄소배출량의 합으로 구성하였음.
- 한편, 분모에 위치한 "리모델링 사업 전 전과정 탄소배출량" 에는 리모델링 사업이 진행되기 전 기준 건축물의 연간 에너지소비량과 건축물의 잔존년수를 기초로 한 탄소배출량(이하 리모델링 전 운영 탄소배출량)만을 고려하는 것으로 설정하였음.

$$\text{탄소배출지수} = a \times \frac{\text{리모델링 사업 후 전과정 탄소배출량}}{\text{리모델링 사업 전 전과정 탄소배출량}} = a \times \frac{\text{내재 탄소배출량}(EC) + \text{리모델링 사업 후 운영 탄소배출량}(OC_a)}{\text{리모델링 사업 전 운영 탄소배출량}(OC_b)} \quad \text{식 (2)}$$

(다) 건축물 전과정 탄소배출량 평가 프로그램(BEGAS 2.0) 개발

- BEGAS 2.0은 국토교통부 첨단도시개발사업(Green-up 30) '녹색건축 활성화를 위한 온실가스 배출량 평가 및 통합 인증 시스템 구축' 과제의 연구성과물로써 저탄소 녹색건축 통합 인증 시스템(GBI)에서 수행되는 건축물의 전과정 탄소배출량 평가를 지원하는데 그 목적이 있음.(그림 2.57 참조)
- 건설단계는 주요 건축자재의 생산과정, 주요 건축자재를 건축물 시공현장까지 운송하는 운

송과정, 건축물 시공현장에서 건축물을 시공하는 시공과정으로 구분하여 탄소배출량을 평가함.

- 특히, 생산과정에서는 ISO 14040에서 제시한 제외기준(Cut-off Criteria)에 따라 건축물에 투입되는 건축자재의 생산과정에서 배출되는 탄소배출량의 누적합계가 95% 이상이 되는 주요 탄소배출 건축자재(레미콘, 철근콘크리트용 봉강, 형강, 유리, 콘크리트벽돌, 단열재, 석고보드) 기반의 탄소배출량을 평가하는 기술이 적용되었음.
- 운용단계에서는 평가시점에서 가용 가능한 정보에 따라 건축물 에너지 효율등급 인증서에 기초한 탄소배출량을 입력하는 방식과 에너지소비량을 직접 입력하는 방식으로 구분하여 제시하였음.



그림 2.101 BEGAS 2.0 화면구성

(2) 건축물 전과정 온실가스 배출량 산정 KS/ISO 인증 표준안 개발

(가) 건축물 전과정 온실가스 산정 체계 구축

- 2차년도에 연구된 건축물 전과정 온실가스 산정 지침 초안을 바탕으로 건축물의 기능단위, 시스템 경계, 제외기준, 영향범주, 데이터품질 기준 등을 검토 및 보완하여 건축물 전과정 온실가스 산정 체계를 구축함.

- 특히, 기능단위는 국내 세법에서 정의한 건축물의 수명 기준을 준용하여 40년의 수명을 갖는 건축물의 단위면적으로 설정하였고, 제외기준은 본 연구에서 도출한 주요 건축자재 개념을 적용하여 누적 탄소배출 기여도 95% 이상으로 설정하였음.

(나) 건축물 전과정 온실가스 배출량 산정 KS 인증 표준안 개발

- 2차년도에 개발된 건축물 전과정 온실가스 배출량 산정 KS 인증 표준안(초안)과 보완된 건축물 전과정 온실가스 산정 체계에 기초하여 건축물 전과정 온실가스 배출량 산정 KS 인증 표준안을 개발하였음.



그림 2.102 건축물 전과정 온실가스 배출량 산정 KS 표준안

(3) 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 시범사업 시행

(가) 마곡지구 7단지 신축사업의 탄소배출량 평가 시범사업 (3세부 및 4-1세부 현장적용 보고서 참조)

- BEGAS 2.0을 이용한 전과정 탄소배출량 평가의 적용 가능성 검토와 저탄소 녹색건축 통합 인증 시스템(GBI)의 시범사업 지원을 위한 탄소배출 지수의 산출을 목적으로 마곡지구 7단지 신축사업을 대상으로 한 시범사업 및 현장적용을 수행하였음.
- 건축자재에 대한 탄소배출량 평가를 위해 SH공사로부터 제공받은 마곡지구 7단지의 물량산출내역서를 분석하였고 주요 건축자재 7종에 기초한 탄소배출량 평가를 수행하였음.
- 또한, 운영단계의 탄소배출량 평가를 위해 마곡지구 7단지의 건축물 에너지효율등급 예비인증서 내 단위면적당 이산화탄소발생량 평가결과에 기초하여 건축물 수명 40년에 대한 탄소배출량을 평가하였음.
- 그 결과, BEGAS 2.0을 이용한 마곡지구 7단지의 전과정 탄소배출량 평가결과는 건설단계 543.16 kg-CO2/m2, 운용단계 1,280.04 kg-CO2/m2, 폐기단계 20.46 kg-CO2/m2로 전과정 단계에 따라 정량적인 평가가 가능하였음.
- 또한, 표준건축물의 탄소배출량과 비교한 마곡지구 7단지의 탄소배출 지수는 식 (O)과 같이 0.21로 평가되었으며, 4-1세부에서 수행하고 있는 저탄소 녹색건축 통합 인증 시스템(GBI) 시범사업의 지원이 가능하였음.

$$\text{탄소배출지수} = 0.125 \times \left(\frac{473.66}{506.79}\right) + 0.125 \times \left(\frac{1280.00}{1680.00}\right) = 0.21 \quad \text{식 (3)}$$

(나) 수자원공사 리모델링 사업의 탄소배출량 평가 시범사업 (4-1세부 현장적용 보고서 참조)

- 본 연구에서 개발한 리모델링 사업의 전과정 탄소배출량 평가 체계의 적용 가능성 검토와 저탄소 녹색건축 통합 인증 시스템(GBI)의 시범사업 지원을 위한 탄소배출 지수의 산출을 목적으로 수자원공사 리모델링 사업을 대상으로 한 시범사업 및 현장적용을 수행하였음.
- 특히, 리모델링 사업에서 투입된 건축자재의 탄소배출량 평가를 위해 수자원공사로부터 제공받은 리모델링 사업의 물량산출내역서를 분석하였고 주요 건축자재에 기초한 탄소배출량 평가를 수행하였음.
- 또한, 리모델링 전과 후에 대한 운영단계의 탄소배출량 평가를 위해서는 수자원공사에서 제공받은 리모델링 전후의 에너지소비량 실측 데이터에 기초하여 잔존수명인 20년에 대한 탄소배출량을 평가하였음.
- 그 결과, 리모델링 사업에 투입된 건축자재에 의한 전과정 내재 탄소배출량은 5.42 kg-CO2/m2로 평가되었고 잔존년수 20년을 기준으로 한 수자원공사의 리모델링 전과 후 운영단계 탄소배출량은 각각 929.43 kg-CO2/m2, 780.52 kg-CO2/m2로 평가되었음.
- 이에, 수자원공사 리모델링 사업의 탄소배출 지수는 식 (O)과 같이 0.21로 평가되었음.

$$\text{탄소배출지수} = 0.25 \times \left(\frac{5.33 + 780.52}{929.43}\right) = 0.21 \quad \text{식 (4)}$$

4-1 세부 녹색지수개념의 녹색건축물 통합인증제도 및 지원시스템 개발

정책개발
[한국교육환경연구원]

가. 연구목표

▮ 최종목표	• 녹색지수(GBI)개념의 녹색건축물 통합인증제도 및 지원시스템 개발
▮ 세부연구목표	1 녹색건축물 지수(GBI) 적용 검증 2 녹색건축물 탄소금융지원제도 개발 3 녹색건축물 통합 인증제도 및 지원시스템 개발 4 웹기반 녹색건축물 통합 인증시스템 구축 5 녹색건축 전문가 자격시스템 운용방향 설정 6 녹색건축인증제 홍보방안 및 인센티브 연계방안 제안 7 근린주구 대상 녹색인증기준의 적용성 향상 및 경제성 평가체계 구축 8 개방형 BIM기반 CO2 배출 및 통합인증평가시스템 개발

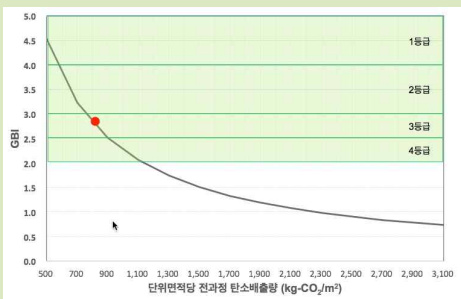
나. 주요 연구내용 및 성과물

1 녹색건축물 지수(GBI) 적용 검증

- 녹색건축물지수 산정 방법
- 녹색건축물지수의 적용
- 녹색건축물지수 제도화 방안

▶

- 녹색건축물지수 구축 및 시범평가 수행



- 녹색건축물지수 제도화 방안 제시

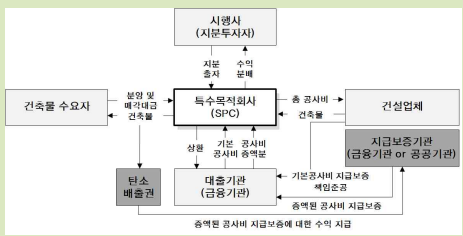


2 녹색건축물 탄소금융지원제도 개발

- 녹색건축물 탄소배출권 거래제도 도입방안 제안
- 녹색건축물 탄소배출권 거래제도 도입 타당성 검증

▶

- 탄소배출권 기반 녹색건축물 금융지원제도 개발



3 녹색건축물 통합 인증제도 및 지원시스템 개발

- 녹색건축물 인증제도의 개념
- 국내외 녹색건축물 인증제도 분석
- 녹색건축물 인증기준 개발
- 녹색건축물 지수산정

▶

- 녹색지수 개념의 건물용도별 평가기준(안) 개발

			평가항목	공동주택	학교시설	업무시설
에너지효율	에너지	1	에너지 효율향상	●	●	●
		2	신 · 재생에너지 이용	●	●	●
		3	외피 열교방지	●	●	●
		4	에너지모니터링 및 관리지원 장치	●	●	●
		5	열섬효과	●	●	●
		6	고효율 가전기기	●	●	●
		7	차양설치	●	●	●
		8	계량기 설치여부	●	●	●
		9	조명에너지 절약	●	●	●
자원효율	자원	1	유효자원 재활용제품 사용	●	●	●
		2	재활용 가능자원의 분리수거	●	●	●
		3	기존 건축물 주요구조부 재사용	●	●	●
		4	재료의 탄소배출량 정보 표시	●	●	●
		5	음식물쓰레기 저감	●		●
		6	생활용가구재 사용억제 대책의 타당성	●		
		7	가변성	●		
	수자원	8	우수부하 절감대책의 타당성	●	●	●
		9	생활용 상수절감대책 타당성	●	●	●
		10	우수 이용	●	●	●
		11	중수도 및 하폐수처리수 재이용	●	●	●

4 웹기반 녹색건축물 통합 인증시스템 구축

- 웹기반 인증시스템 개념 및 현황고찰
- 녹색건축물 웹기반 통합 인증시스템

▶

- 웹기반 녹색건축물 통합 인증시스템 구축

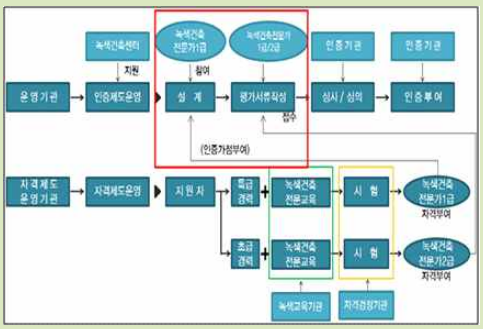


5 녹색건축 전문가 자격시스템 운용방향 설정

- 녹색건축 전문가 자격제도의 개념 설정
- 국내외 전문가 자격제도 및 교육프로그램 분석
- 자격종목 개발 방향 제안
- 자격제도 활성화 방향 제안

▶

- 녹색건축전문가 자격제도 도입방안 마련



6 녹색건축인증제 홍보방안 및 인센티브 연계방안 제안

- 녹색건축인증제 홍보방안 현황고찰
- 녹색건축인증제 인센티브 현황고찰
- 녹색건축인증제 홍보방안 및 인센티브 방안
- 녹색건축물 브랜드네이밍 및 Brand Identity 개발



녹색건축인증제 BI 영문판

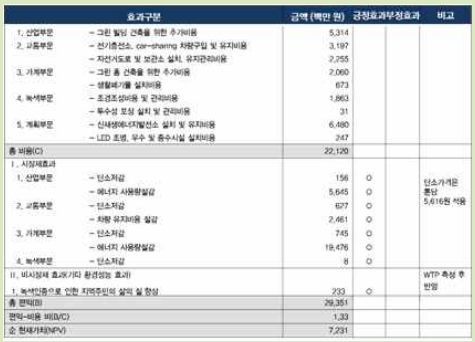


녹색건축인증제 BI 한글판

7 근린주구 대상 녹색인증기준의 적용성 향상 및 경제성 평가체계 구축

- 녹색인증기준을 근린주구 유형별 실제 사례지에 적용하여 평가항목 및 기준에 대한 한계점을 분석하고, 전문가 자문을 거쳐 수정보완
- 문헌 검토를 토대로 녹색인증제도의 효과 식별 및 효과별 가치평가방안 모색
- 관련법규 및 기존제도 검토를 토대로 제도화 방안 마련

- 근린주구 대상 녹색인증기준의 적용성 향상 및 경제성 평가체계 도입방안 마련



8 개방형 BIM기반 CO2 배출 및 통합인증평가시스템 개발

- API 개발을 통한 BIM 템플릿 수정 및 보완
- G-SEED 통합인증평가 BIM 템플릿 개발
- 탄소배출량 지수 평가 지원 BIM 템플릿 개발
- 건물거주성 지수 웹기반 평가 프로그램 개발
- 시스템 운영 매뉴얼 및 평가지침 개발

- BIM 기반 건물거주성 지수 평가 기술 개발
- BIM 기반 탄소배출량 지수 평가 지원 물량 산출 방법 개발



1. 녹색건축물지수(GBI) 평가 및 적용

가. 연구내용

(1) 녹색건축물지수 산정 방법
- 녹색건축물지수 개발 개념과 평가체계 설정
- 녹색건축물지수 산출 및 평가등급

(2) 녹색건축물지수의 적용
- 녹색건축물지수 시범평가 – 공동주택
- 녹색건축물지수 시범평가 - 공공청사
- 녹색건축물지수 시범평가 - 리모델링

(3) 녹색건축물지수 제도화 방안
- 현행 G-SEED와 연계한 GBI 통합인증제도의 시행
- 현행 G-SEED와 독립한 GBI 통합인증제도의 병행 시행

나. 분석결과 및 결론

(1) 녹색건축물지수 산정 방법

(가) 녹색건축물지수 개발 개념과 평가체계 설정
- TBL(Triple Bottom Line) 개념은 기업의 지속가능성을 달성하기 위한 기본적인 요소를 나타내는 것으로 지속가능성 지수를 도출하는 과정에서 가장 일반적으로 사용되는 개념. 특히 건설 분야에서의 지속가능성을 평가하기 위한 국제적 표준인 ISO체계도 TBL개념을 받아들여 환경적 측면, 사회적 측면, 경제적 측면으로 구별하여 지속가능성 지수를 산정하는 가이드라인을 제시하고 있음.
- 에코효율성(Eco-efficiency)는 WBCSD(World Business Council for Sustainable Development)에서 제품가치와 환경영향간의 관계를 최초로 지수관계로 표현. 부하에 대한 가치라는 상대적 개념의 지수를 통해, 효율성 평가가 가능. 녹색건축물지수(GBI)에서는 단위탄소배출지수 대비 건물거주성지수의 상대효율을 제안하였음.



그림 2.103 GBI 개념도

- 녹색건축물지수(GBI)는 단위 전과정 탄소배출량 대비 건물거주성이 높으냐 낮으냐를 평가하고 여기에 탄소경제적으로 효율적인 건물에 가중치를 주는 통합인증제도임.
- 녹색건축물지수 평가를 위해서는 도면 및 서류에 의한 거주성평가에 따른 건물거주성지수 평가, 에너지 사용량에 따른 탄소배출과 에너지 비용 평가, 신재생에너지에 설치에 따른 탄소배출량 저감과 에너지 비용 저감, 자재 수량/내역에서 의한 공사비용 및 LCCO2평가 등을 통해 탄소배출지수 및 탄소경제성 평가를 수행하고 이를 아래 그림 5와 같이 상대효율비로 최종 평가됨.

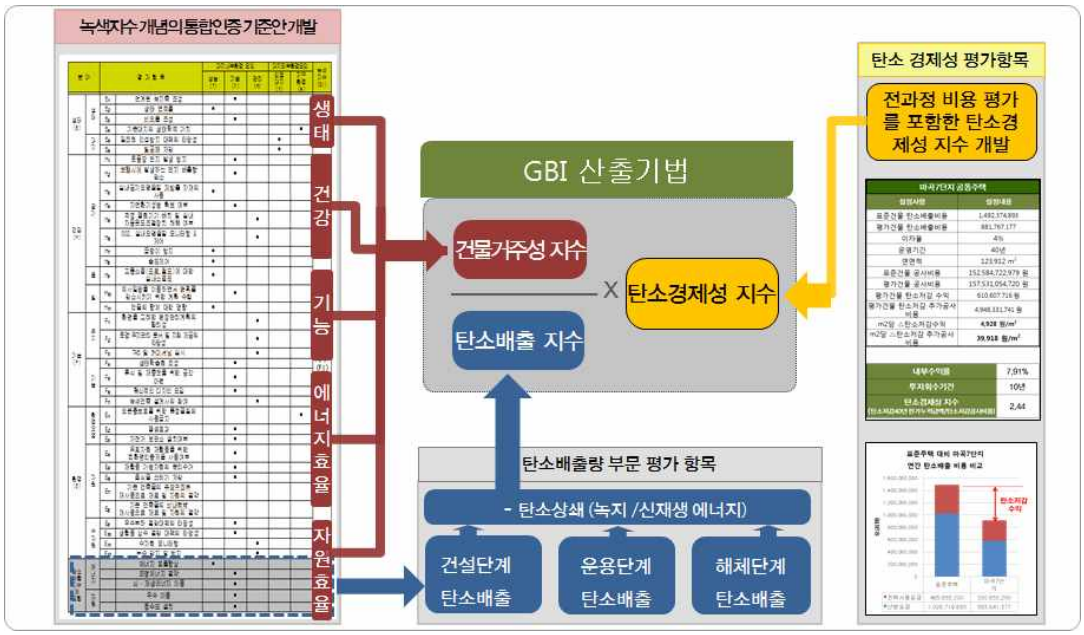


그림 2.104 녹색건축물지수 부문지수의 개념과 평가체계

① 탄소배출지수의 개념

- 탄소배출지수는 녹색건축물의 탄소배출량을 전생애 관점에서 산정하여 기준건축물에 대한 평가건축물의 배출비율을 평가.
- 건설단계, 운용단계, 해체단계로 구분하여 지수를 구한 뒤, 가중치를 계산하여 합산.
- 건설단계에서 건축자재사용, 수송차량 및 시공/설치공정에서 사용하는 에너지에 의한 전과정 탄소배출 평가. 운용단계에서 에너지 소비(유틸리티), 수자원 사용, 유지관리에 필요한 에너지 및 자원에 따른 전과정 탄소배출 평가. 해체단계에서 장비 및 폐자원 처리에 사용되는 에너지에 의한 전과정 탄소배출 평가.
- 건축자재에 의한 탄소배출량은 주요자재 8개 자재군의 전과정 탄소배출량을 평가. 운용단계 에너지 소비에 의한 탄소배출량은 냉방, 난방, 급탕, 전력, 환기의 5가지 분야를 고려하며, 신재생 에너지에 의한 탄소배출량 제외.

② 건물거주성지수의 개념

- 건물거주성지수는 녹색건축물의 기본개념을 고려하여 에너지효율, 자원효율, 생태, 건강, 기능의 5가지 분야.
- 각 분야별 주요평가방법은 분야별 성능지표를 활용해 평가하는 방법과 분야별 성능을 높일 수 있는 기술요소를 평가하는 방법으로 구분.

③ 탄소경제성지수의 개념

- 탄소경제성지수의 기본적인 개념은 탄소배출 저감을 위하여 증가되는 공사비용 대비 전생애 에너지 비용 감소 등 탄소저감을 통해 획득할 수 있는 수익의 비율로 정의됨.
- 탄소경제성지수는 탄소배출 저감을 위한 초기 투자비용 대비 에너지절감 등을 통해 얻는 탄소저감 수익의 효율을 측정하여 해당 녹색건축물의 사업성이 어느 정도인지 측정한 후, 이를 기초로 녹색건축물 사업성 향상을 위한 제도적 지원기준을 마련하는 것을 목표로 함.

(나) 녹색건축물지수 산출 및 평가등급

① 녹색건축물지수 설계 개념

- 녹색건축물지수는 표준건축물 대비 평가 건축물의 개념의 상대비율로 나타내며, 이를 다시 탄소배출 대비 건물거주성이라는 효율비 방식으로 표현 한다.
- 녹색건축물지수의 가중치는 각각의 부문지수에 결합되며, 이를 통해 GBI의 범위를 조정하거나, 각 부문지수의 비중을 결정할 수 있다. 이는 국가 온실가스 목표 달성을 위한 방향타 역할로 녹색건축물지수를 사용하기에 유효하다. 또한 인센티브를 할당할 수 도 있다.
- 녹색건축물지수의 표준건축물은 각각의 용도별 기준이 마련되어야 하며, 부지내 평가와 부지외 평가에 대한 기준이 독립적으로 요구된다. 표준건물 거주성은 평균 점수 60%수준에서 정의 될 수 있도록 조절한다.

② 녹색건축물지수 산출방식 제안

$$GBI = \frac{\text{건물거주성지수}}{\text{탄소배출지수}} \times \text{탄소경제성지수} = \frac{\text{건물거주성지수 x 가중치}}{\text{부지내 탄소배출지수 X 가중치} + \text{부지외 탄소배출지수 X 가중치}} \times \text{탄소 경제성 지수}$$

$$= \frac{\dfrac{\text{평가 건물 거주성 (0.1~1)}}{\text{표준건물거주성 (Set: 0.6)}} \times 10}{\dfrac{\text{부지내 평가 탄소배출 (0.1Set~2Set)}}{\text{부지내 표준 탄소배출 (Set: 42.82)}} \times 4.0 + \dfrac{\text{부지외 평가 탄소배출 (0.1Set~2Set)}}{\text{부지외 표준 탄소배출 (Set: 36.94)}} \times 4.0} \times \frac{\text{평가 탄소경제성}}{\text{표준 탄소경제성}}$$

그림 2.105 녹색건축물지수 산출방식 제안

- 녹색건축물지수는 표준건물 대비 평가건물에 대한 상대비 방식을 합산하여 계산한다. 부지내·외 평가 탄소배출을 포함하여 건물거주성과 탄소경제성도 표준을 기준으로 나타낸다. 각각의 평가 지수들은 가중치를 통해 조절되며, 이는 녹색건축물 정책 또는 제도와 인센티브등을 조절하는 도구로 사용할 수 있다.

- 따라서 GBI는 저에너지 및 저탄소, 건물환경 개념을 표현하는 실효성 있는 녹색건축물 평가가 용이하고 건축물의 경제적 가치와 연결되어 일반인들이 실생활에서도 유용하게 사용하는 녹색건축물 지수가 될 수 있을 것으로 예상된다.

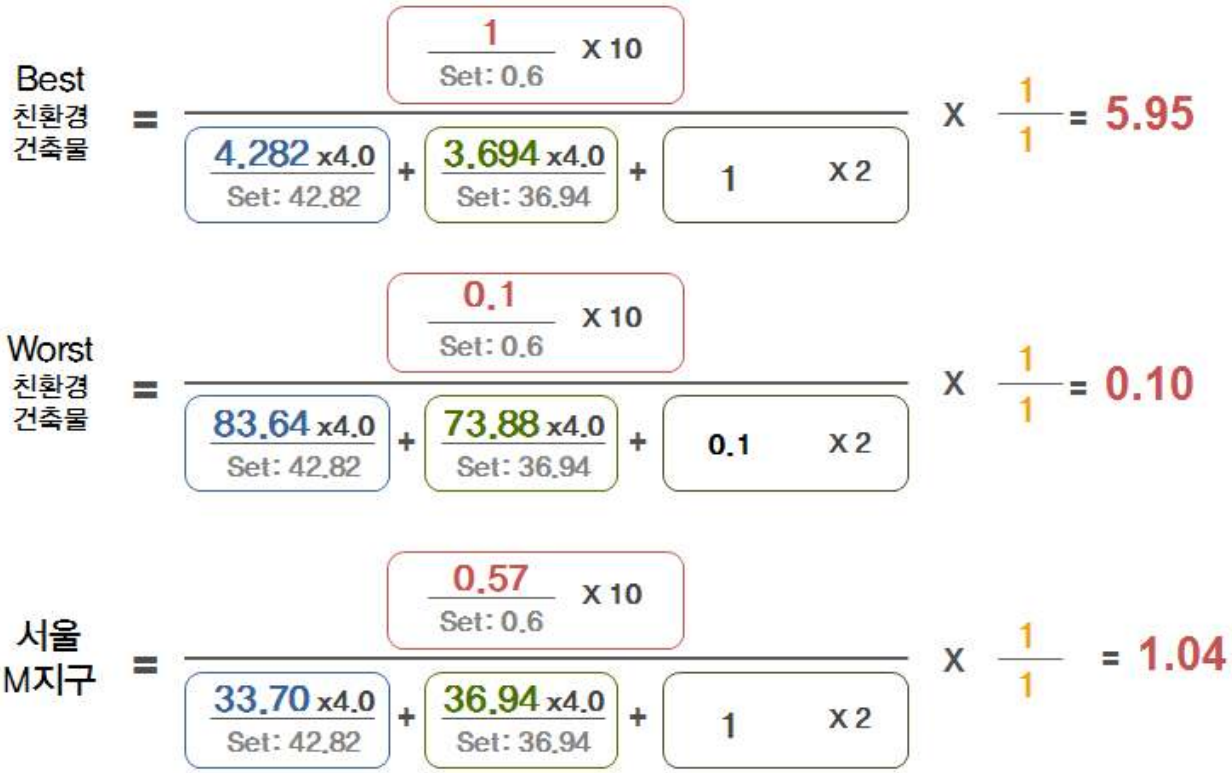


그림 2.106 녹색건축물지수 평가사례

- Best 친환경 건축물을 베이스라인 대비 90% 탄소배출량을 부지 내·외부에서 절감하고, 건물거주성 면에서 최대점인 1점을 받았을 경우 GBI 평가는 5.95점을 받게 된다. Worst 친환경 건축물은 베이스라인 대비 2배의 탄소배출량을 부지 내·외부에서 배출하고, 건물거주성 면에서 최 하점인 0.1점을 받았을 경우 GBI 평가는 0.1점을 받게 된다. 따라서 GBI의 범위를 0.1~5.95까지 설정이 되며, 이에 따라 서울 M지구의 GBI 점수는 1.04점이 된다.
- 일반적으로 지수는 인지하기 용이하도록 구성된다. 즉 녹색건축물지수 역시 최대값을 1이나 100으로 설정하고 이를 기준으로 대상 건축물을 평가하는 것이 가능하도록 해야 할 필요가 있다. 하지만 상기에서 확인할 수 있듯이 도출된 지수는 이러한 기준점이 없는 관계로 지수를 효과적으로 산정하기 위한 변환계수가 필요하다.
- 변환계수의 기본방향은 지수에서 산출될 수 있는 최대값을 다음 그림과 같이 상기 GBI 산출에 포함하는 것이다. 즉 그림에서 확인할 수 있듯이 변수들의 최대값을 변환계수(K)로 가정할 경우, K는 변수들의 최대값(P)와 상수(F)를 연산해서 산출된다. 최대값(P)는 $X_{max}/(cY_{min}+bZ_{min})$이며, 상수($F$)는 bc/a이다. 이에 따라 변환계수(K)는 $1/PF$로 산정된다.

$$GBI = \frac{\frac{\text{대상건물거주성지수(X)}}{\text{표준거주성지수(a)}}}{\frac{\text{부지내 이산화탄소 배출량(Y)}}{\text{부지내 베이스라인 배출량(b)}} + \frac{\text{부지외 이산화탄소 배출량(Z)}}{\text{부지외 베이스라인 배출량(c)}}} \times K(\text{변환계수})$$

$\frac{bcX}{a(cY+bZ)}$ → 0에서 1사이의 값을 가질수 있도록 지수화하기 위해 변수들의 최대값을 산출.

변수들의 최대값(P) = $\frac{X_{max}}{cY_{min}+bZ_{min}}$ 상수(F) = $\frac{bc}{a}$ K(변환계수) = $\frac{1}{PF}$

그림 2.107 변환계수 산출방식

- 상기에서 제안하는 변환계수 산출방식을 활용한 GBI는 기본적으로 변수들의 최대값을 구하는 것이 매우 중요하다. 즉 각 변수들의 데이터 풀을 충분히 확보하여 신뢰성이 높은 최대값을 산출하여야 한다. 또한 대상 건축물의 데이터 풀이 점차 확장되게 되면 최대값도 커질 수 있기 때문에 변환계수 값이 계속 변경될 수 있다. 이에 따라 상기에서 제안하는 변환계수를 활용한다면, 일정기간을 주기로 하여 계속적으로 GBI를 업데이트 및 수정 작업을 거쳐야할 것으로 판단된다.
- GBI가 계속적으로 변환계수에 의하여 업데이트가 된다는 것이 표면적으로는 문제가 있는 것으로 보일 수 있지만, 대부분의 지수들 역시 기준점을 계속적으로 변화시키면서 지수를 업데이트시켜주고 있다. 예를 들어 국내 주택시장을 대변하는 지수로 널리 활용되는 주택매매가격지수 및 주택전세가격지수 역시 기준점을 년도로 특정 시점을 100으로 계속적으로 업데이트하여 변환된 지수값을 공시하고 있다.
- 상기에서 언급하고 있는 변환계수를 활용한 GBI 산출방식은 기본적인 개념을 제안하는 것이다. 이 외에도 실제적으로 GBI의 활용성을 높이기 위해서는 대상 건축물들을 GBI로 평가했을 경우 산포도가 1차함수형태로 나타날 수 있도록 구성할 필요가 있을 것으로 판단된다.

③ 녹색건축물 지수 산정예시

- 녹색건축의 성능은 생태환경, 에너지성능, 자원사용량, 건강성, 기능성 등으로 전혀 다른 성질의 친환경성능을 종합하여 평가한다.
- 따라서 녹색건축의 종합성능점수를 통해서 각 분야별 녹색건축의 성능을 인지하거나 판별할 수 없으며 분야별 점수를 통해서만 그 분야와 관계된 성능을 추정할 수 있다.
- 건축의 각 분야별 녹색건축 성능은 서로 다른 매우 이질적인 성격을 가진 요소들이며 각 분야별로 성능을 표현할 때 그 건물에 대한 보다 정확한 녹색건축성능 정보를 확보할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 각 분야별로 별도의 성능지수 표현을 하는 것을 기본으로 녹색건축물 지수를 산출할 수 있도록 개념을 설정하도록 하였다.
- 녹색건축의 전체성능을 표현하는 지수라고 할 수 있는 녹색건축물지수는 건물거주성지수와 탄소배출지수를 이용해 가중합산방식이나 비례방식 등을 이용해 표현할 수 있다. 그러나

종합성능표현 방식인 녹색지수로의 표현은 어느 방식이든지 각 분야별 성능에 대한 정보가 감추어지는 효과를 가지므로 반드시 분야별 녹색지수와 함께 표현이 되어야 녹색지수로서의 의미를 가질 수 있다고 할 수 있다. 녹색지수는 크게 건물거주성지수와 탄소배출지수로 구분할 수 있으며 탄소배출지수는 주로 탄소배출 혹은 환경부하와 관련된 평가항목으로 구성되며 가능한 건물의 생애주기 탄소배출량과 연동될 수 있도록 설계하도록 한다.

- 녹색건축물 지수는 가중합산 방식과 비례식을 이용한 방식 등으로 산정이 가능하며 아래의 표는 비례식을 활용한 산정방식의 예이다. 분야별 지수는 각 분야별 평가항목의 배점을 합산하는 방식으로 산정할 수 있도록 하며 각 분야별 지수의 총점은 같은 수준으로 설정하는 것이 대상건물의 분야별 지수 표현 및 분야별 성능 파악에 유리하다고 할 수 있다. 즉 분야별 지수의 총점을 100점, 10점, 1점 등으로 통일하여 설정한다면 각 분야별 획득점수를 통해 분야별 성능(점수획득비율)을 확인하기 용이할 것이다.
- 다만 각 분야별로 상대적인 중요도를 달리 설정할 필요가 있을 수 있으므로 분야별로 가중치를 다르게 설정할 수 있도록 한다. 녹색건축물 지수는 다음과 같은 비율 산정방식을 활용해 표현할 수 있으며 건물거주성지수(SI)와 탄소배출지수(CI)는 각 평가분야 지수의 합으로 산정할 수 있다.

표 2.24 녹색건축물 지수 산정방법 예시

녹색건축물 지수	비례산정방식 : GBI = (αSI / βCI) × VI 가중합산방식 : GBI = (αSI + βCI) × VI
분야별 녹색 지수	· SI : 건물거주성지수 = aBI + bHI + cFI + dEI + eRI · CI : 탄소배출지수 · VI : 경제성지수
BI=생태지수, HI=건강지수, FI=기능지수, EI=에너지효율 지수, RI=자원효율 지수	
가중치 계수	·α,β는 녹색지수 가중치(α+β=1) ·a,b,c,d,e는 건물거주성지수 가중치(a+b+c+d+e=1)

- 산출식에서 α, β 등은 상대가중치로 필요에 따라 조정할 수 있는 계수 개념이며, 델파이와 AHP기법 등 다양한 방법을 통해 결정할 수 있다.
- 아래의 표는 건물거주성 지수와 탄소배출지수의 가중치를 동등하게 설정하였을 경우의 등급표시(4등급으로 설정할 경우)의 예시를 보여주는 것이다.

표 2.25 건물거주성지수와 탄소배출지수의 동등 가중치 설정 예시

녹색지수	등급	지수	가중치	총합
건물거주성지수	4	100	0.5	100
탄소배출지수	4	100	0.5	

- 건물거주성지수와 탄소배출지수의 가중치를 동등하게 설정했을 경우 두지수 모두 1등급의 성능을 가질 경우 1등급의 녹색지수 성능으로 표현되며 두지수중 하나가 1등급일 경우에는 다른 지수가 2,3등급일 경우 2등급, 4등급일 경우는 3등급으로 지수등급이 표현되며 두지수 중 하나가 4등급일 경우 다른지수가 3,4등급일 경우 모두 4등급으로 표현되도록 설계된다.

표 2.26 건물거주성지수와 탄소배출지수의 중요도를 동등하게 산정할 경우 등급산정 예시

건물거주성 지수 / 탄소배출지수	1등급	2등급	3등급	4등급
1등급	1등급	2등급	2등급	3등급
2등급	2등급	2등급	3등급	3등급
3등급	2등급	3등급	3등급	4등급
4등급	3등급	3등급	4등급	4등급

- 아래의 표는 탄소배출지수의 중요도를 상대적으로 높게 설정한 경우의 등급표시의 예시를 보여주는 것이다.

표 2.27 탄소배출지수의 중요도를 상대적으로 높게 산정할 경우의 가중치 설정 예시

녹색지수	등급	지수	가중치	총합
건물거주성지수	4	100	0.3	100
탄소배출지수	4	100	0.7	

- 탄소배출지수를 상대적으로 높게 설정할 경우 탄소배출지수의 등급에 따라 녹색지수의 등급이 영향을 더 많이 받는 구조로 설계될 수 있다. 탄소배출지수가 1등급일 경우 녹색지수는 무조건 2등급 이상으로 표현되며 탄소배출지수가 4등급일 경우 녹색지수는 건물거주성 지수에 관계없이 무조건 4등급으로 표현되게 설계될 수 있다.

표 2.28 탄소배출지수의 중요도를 상대적으로 높게 산정할 경우의 등급산정

탄소배출지수 / 건물 거주성지수	1등급	2등급	3등급	4등급
1등급	1등급	2등급	3등급	4등급
2등급	2등급	2등급	3등급	4등급
3등급	2등급	3등급	3등급	4등급
4등급	2등급	3등급	4등급	4등급

- 위의 녹색지수 등급산정 예시는 가중합산 방식을 이용해 점수를 산정하여 등급을 표현한 예시이며 비례산정방식으로 표현할 경우에도 이와 비슷한 표현방식으로 등급을 설정할 수 있을 것이다. 그러나 탄소배출지수와 건물거주성지수는 전혀 다른 성질의 녹색건축성능이므로 적정수준의 상대적인 가중치 설정은 매우 어렵고 녹색건축을 바라보는 관점에 따라 달라질 수 있기 때문에 매우 신중하게 검토되어야 하며 또는 상황에 따라 변동될 수 있는 개념으로 유연하게 생각할 수도 있을 것으로 판단된다.

④ 녹색건축물지수 산출

- 녹색건축물지수는 전 과정 탄소배출량 대비 건물거주성이라는 에코효율성 지표에서 채택한 상대효율비 방식으로 표현되며 탄소배출지수 산정에 있어서 전 과정 단계별로 표준건축물 대비 평가 건축물의 배출량의 상대비율로 산출되어 평가대상 건축물의 탄소배출 및 저감능력을 쉽게 판단할 수 있다.
- 탄소배출지수의 표준건축물은 각각의 용도별 기준이 마련되어야 하며, 건물거주성지수에서 표준건물 거주성은 평균 점수 60%수준에서 정의 될 수 있도록 조절하는 것이 타당하다.
- 녹색건축물지수 산출기법
  - 건물거주성지수 각각 평가 항목들을 통해 단순가중합 방식을 통해 합산한 후, 가중치를 통해 지수화. 건물거주성지수는 탄소배출평가항목을 제외한 기존 녹색건축인증제도(G-SEED)로도 대체 가능하도록 설계되어 있음.



그림 2.108 녹색건축물지수 산출기법

  - 탄소배출지수는 같은 용도의 건축물별로 건설단계 탄소배출(건축자재, 수송, 시공 및 설치공정 포함), 운용단계 탄소배출(에너지소비, 유지관리, 신재생에너지 생산 포함)과 해체단계의 표준 대비 평가 대상건축물의 배출량의 상대값을 합산한 후, 보정값을 곱하여 지수화.
  - 탄소경제성지수는 탄소배출과 관련된 전과정 비용평가(Life Cycle Cost Analysis)를 수행하여 탄소저감을 통한 수익을 탄소저감비용으로 나눈 후 보정값을 곱하여 지수화.

⑤ 녹색건축물지수 평가등급 결정 및 활용

- 녹색건축물지수 적용 통합인증제도의 평가등급은 기존 G-SEED와 같이 4등급으로 제안
- 현재 일반적 건축물의 전 과정 탄소배출과 건물거주성지수 평가수준에서는 1.0~5.0 범위에서 건축물 평가가 이루어질 것으로 분석되어 아래와 표 1과 같이 구간별 등급을 제안함.

표 2.29 GBI 등급

등급	1등급	2등급	3등급	4등급	등급 외
GBI 점수	4.0 이상	4.0미만 3.0이상	3.0미만 2.5이상	2.5미만 2.0이상	2.0미만

- 향후 녹색건축물이 활성화되면 GBI 3.0(2등급)이상 범위도 세분화하여 등급부여가 가능.
- 녹색건축물지수의 가중치는 각각의 부문지수에 결합되며, 이를 통해 GBI의 범위를 조정하거나, 건물거주성과 탄소배출, 경제성 간의 균형 및 유도역할, 전 과정 탄소배출에 있어 과정별 배출량의 평가시 비중을 결정할 수 있다. 이는 국가 온실가스 목표 달성을 위한 방향타 역할로 녹색건축물지수를 사용하기에 매우 유효하고 이를 촉진시킬 인센티브 제도를 쉽게 적용할 수 있다고 판단됨.

구분	G-SEED 평가체계	GBI 기반 통합인증 평가체계
운영현황	· 2002년 국토부/ 환경부 공동고시로 『친환경 건축물 인증제도』 시행 · 2014년 1월까지 예비인증2,170건, 본인증1,214건 수행	□2011년 국토교통부 · 국토교통과학기술진흥원 발주
평가항목 (공동주택 기준)	· 토지이용 및 교통/ 에너지 및 환경 오염방지/ 재료 및 자원/ 물순환관리/ 유지관리/ 환경오염/ 실내환경의 7개 분야, 44개 세부 평가항목으로 구성 · 탄소배출 평가항목이 세부항목으로 분산되어 정량적으로 알 수 없음	· 탄소배출 지수 : 건축물 전과정인 건설단계 및 운영단계의 탄소배출량을 상대 효율비로 평가 · 건물거주성 지수 : 생태/ 건강/ 기능/ 에너지효율/ 자원효율 5개분야 60개 평가항목 구성으로 점수합산 평가 · 탄소경제성 지수 : 탄소저감 비용, 수익의 상대효율비로 평가
평가방법	· 각 세부 평가항목별 취득점수 합산 후 분야별 가중치를 적용하여 총점 100점 만점으로 평가 · 단순 가중합방식으로 최우수/ 우수/ 우량/ 일반 4개 등급 판정	· 탄소배출 지수와 건물거주성 지수의 상대 · 효율비에탄소경제성은 가중치로 평가한 GBI 통합평가 GBI 5점 구간 평가방식으로 최우수/우수/우량/ 일반 4개 등급 판정
장점	· 세부평가항목별 평가점수 예측이 용이하고 등급판정이 단순함	· 3개 세부지수로 통합구성되어각 지수 별 영향도와 등급 조정이 용이함 · 전과정 탄소배출량을 정량적 평가함 경제성 평가지수가 추가되어 탄소저감을 시장 자율적으로 유도 및 지원할 수 있음
단점	· 탄소배출량과 등급에 대한 영향을 알기 어려움 · 경제성 평가 내용이 없으므로최소 점수로 의무적 등급만 취득하는 경향이 강함	· 전과정 탄소배출량 평가와 탄소경제성 평가가 추가되어 평가범위가 증가됨.

(2) 녹색건축물지수의 적용

(가) 녹색건축물지수 시범평가 – 공동주택

- 마곡지구 7단지 공동주택 녹색건축물지수(GBI) 통합인증평가 결과
  - 녹색건축물지수(GBI) 평가 결과 3.21 -> 2등급
  - 건물거주성지수: 0.68 / 탄소배출지수: 0.21 / 탄소경제성지수: 1.0
- 마곡지구 7단지 공동주택의 경우, G-SEED평가에서는 우수(2등급) 판정 및 운용단계 에너지 절감율로만 평가된 에너지효율등급에서 1등급 평가를 받았지만 GBI기반의 인증기준에서는 건물거주성은 평균적인 수준을 유지하면서도 적절한 온실가스 배출저감을 추구한 사례이다. 하지만 탄소경제성이 낮아 GBI점수가 3.21로 2등급으로 평가되었다.

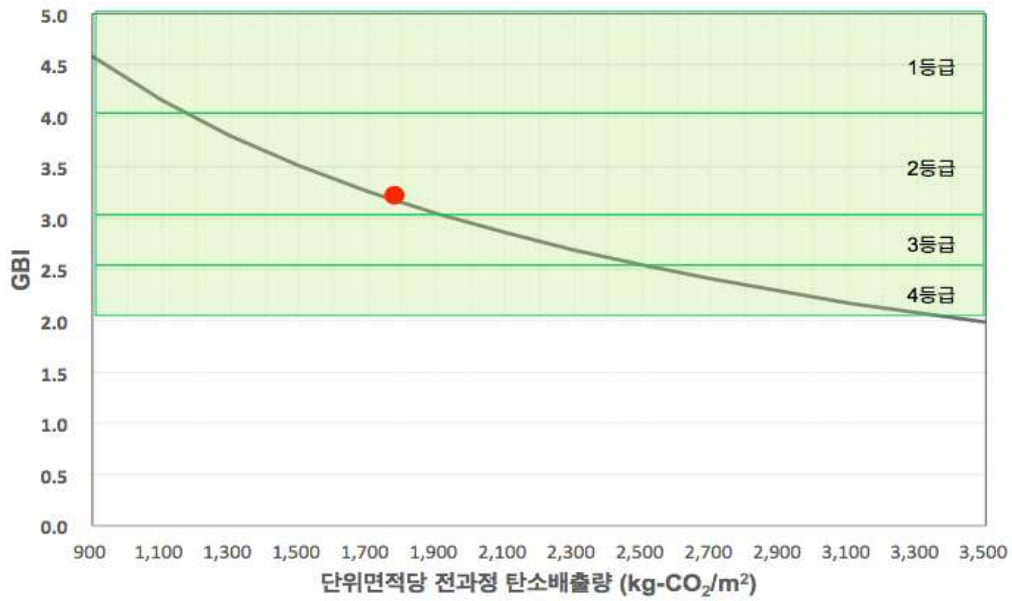


그림 2.109 마곡지구 7단지 공동주택 녹색건축물지수 평가 결과

(나) 녹색건축물지수 시범평가 - 공공청사

- 경기도 S시청사 녹색건축물지수(GBI) 통합인증평가 결과
  - 녹색건축물지수(GBI) 평가 결과 1.30 -> 등급 외
  - 건물거주성지수: 0.491 / 탄소배출지수: 0.375 / 탄소경제성지수: 1.0
- 경기도 S시청사의 경우, G-SEED평가에서는 우수(2등급) 판정을 받았지만 연간 에너지 사용량이 에너지 효율등급 등급외 판정에 해당될 정도로 운용단계 탄소배출량 배출이 많고, 건물거주성지수도 낮아 GBI점수 1.30으로 등급 외로 평가되었다.

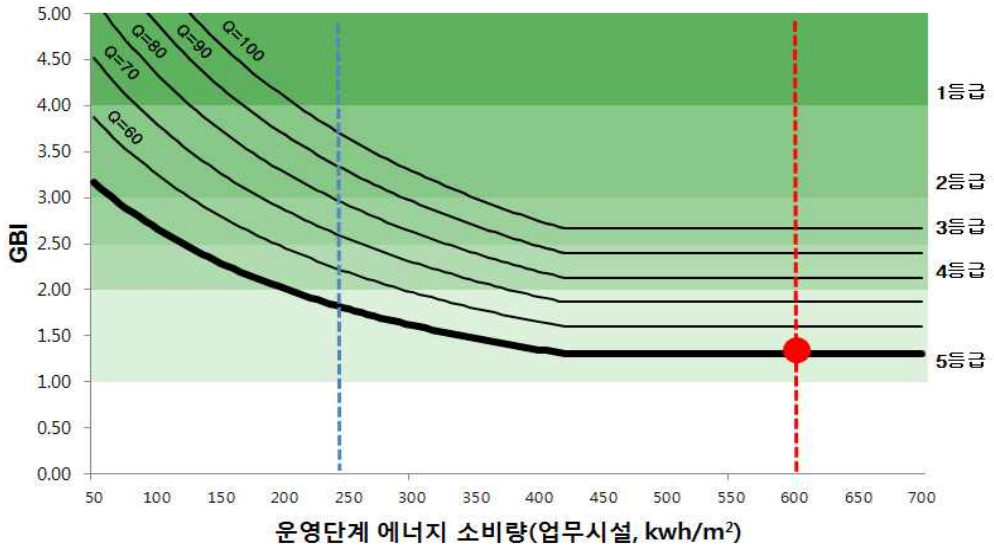


그림 2.110 경기도 S시청사 녹색건축물지수 평가결과 (4등급미만은 등급외로 변경)

(다) 녹색건축물지수 시범평가 - 리모델링

- 수자원공사 리모델링 녹색건축물지수(GBI) 통합인증평가 결과
  - 녹색건축물지수(GBI) 평가 결과 2.88 -> 3등급
  - 건물거주성지수: 0.61 / 탄소배출지수: 0.21 / 탄소경제성지수: 1.0
- 수자원공사 리모델링의 경우, 현행 G-SEED평가에서는 일반(4등급) 판정을 받을 것으로 예상되지만 GBI기반의 인증기준에서는 건물거주성과 온실가스 배출저감은 평균수준이고 탄소경제성이 낮아 GBI점수가 2.88으로 3등급으로 평가되었다. 하지만 탄소경제성을 고려하여 고효율 설비 개선과 건물거주성 등을 추가한다면 2등급이상이 무난히 획득하리라 예상된다.

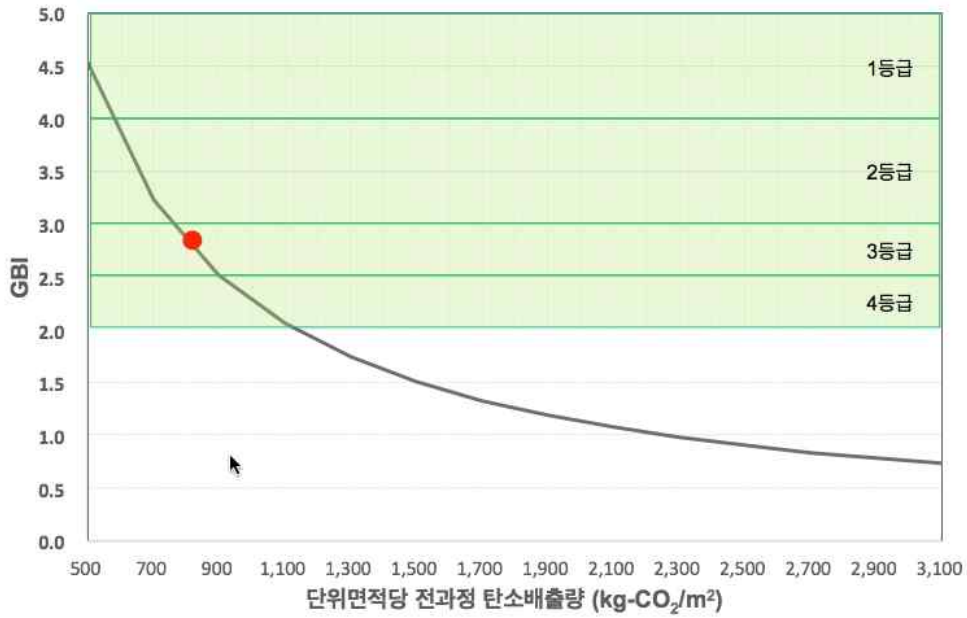


그림 2.111 수자원공사 리모델링 녹색건축물지수 평가결과

(3) 녹색건축물지수 제도화 방안

(가) 현행 G-SEED와 연계한 GBI 통합인증제도의 시행

- 마곡지구 7단지 공동주택의 사례에서 녹색건축물지수(GBI)에서 제안한 건물거주성지수 평가 대신 G-SEED의 평가결과(72.21점)에서 온실가스 배출 관련 평가항목을 제외한 후 치환점수(68.20점)를 적용한다면, GBI는 3.04로 2등급 취득이 가능한 것으로 분석되었음.



그림 2.112 G-SEED 적용 GBI 산정 개념도

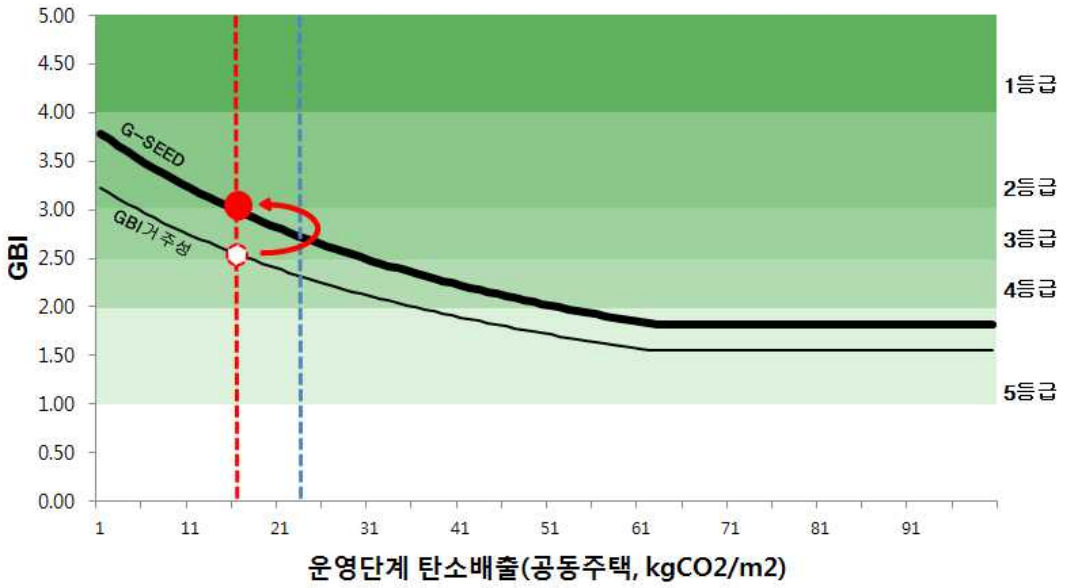


그림 2.113 마곡지구 7단지 공동주택 G-SEED 치환점수를 통한 GBI 평가결과

- 따라서 GBI는 현행 G-SEED 인증기준의 대부분 대체할 수 있으며 최소한 현행 G-SEED 인증기준내에 전과정 정량적 탄소배출량 평가항목 또는 탄소경제성 평가부분을 추가하여 점진적으로 새로운 인증제도로 개선할 수도 있음.

(나) 현행 G-SEED와 독립한 GBI 통합인증제도의 병행 시행

- 녹색건축물지수(GBI)는 독립적으로 개발된 건물거주성지수, 탄소배출지수, 탄소경제성지수 평가를 통해, G-SEED와 독립적으로 평가가 가능하며 탄소배출이 많은 대규모 건축물 또는 대규모 택지개발의 공공주택 단지 등은 적용 녹색기술과 탄소경제성과의 관계를 면밀히 검토하면서 계획진행 및 인증등급 조정을 할 수 있다.
- 특히 제로에너지빌딩 등 운용단계 에너지소비량이 극히 적은 건물이 등장하게 되는 2020년이후 에너지 사용량 절감 중심의 평가체계보다 전과정 탄소배출량 평가를 통해 건축재료

생산과 시공, 해체 등 건물 전생애에 걸친 온실가스 배출에 대한 평가가 좀 더 강조되어야 하며 GBI기반 통합인증제도는 이러한 건물을 평가함에 있어 매우 합리적인 체계로 구성되었다.

- 또한 그린리모델링 사업 등 에너지사용량 절감 및 온실가스 배출저감, 경제성 평가가 매우 중요시되는 공공사업에 있어 평가등급의 실효성이 부족한 현행 G-SEED 체계보다 GBI기반 통합인증제도를 병행하여 적용하는 것도 고려할 수 있다.

2. 녹색건축물 탄소금융지원제도 개발

가. 연구내용

(1) 녹색건축물 탄소배출권 거래제도 도입방안 제안

- 녹색건축물 탄소배출권 확보방안
- 탄소배출권의 녹색건축물 사업 적용방안

(2) 녹색건축물 탄소배출권 거래제도 도입 타당성 검증

나. 분석결과 및 결론

(1) 녹색건축물 탄소배출권 거래제도 도입방안 제안

(가) 녹색건축물 탄소배출권 확보방안

- 상기에서도 언급한 바와 같이 건축물의 경우 단위 프로젝트 관점에서는 상대적으로 소규모 감축사업에 포함됨에 따라 개별 건축물을 대상으로 일반적인 CDM 사업을 진행하는 것은 한계가 있음.
- 하지만 프로그램 CDM 방식을 활용하게 되면 건축물도 탄소배출권을 확보할 수 있음. 프로그램 CDM(Programmatic CDM, 이하 PCDM)은 국제적인 기후변화 관련 제도에서 상대적으로 새롭게 태생된 개념으로 전통적인 CDM 사업의 확장임.
- PCDM 사업을 통해 현재 비용문제로 인하여 추진에 어려움이 있었던 소규모 감축사업들이 탄소시장에 진입할 수 있는 새로운 기회를 제공받게 되고, 중소기업 및 소비자 영역으로 그 범위가 확대될 것으로 사료됨.
- PCDM 사업에서 PoA(Program of Activities)는 단위 사업인 CPA(CDM Programme Activities)로 구성되며, PoA 인정기간동안 프로그램을 통해 발굴된 CPAs는 지속적으로 추가 등록이 가능함. 프로그램이 CDM사업으로 등록될 경우, 이 프로그램 하에서 추진되는 모든 사업들은 기존 전통적인 CDM 사업보다 간소화된 방식으로 CDM사업으로 추진 가능하여 CDM사업에 소요되는 비용에 대한 부담이 경감됨.

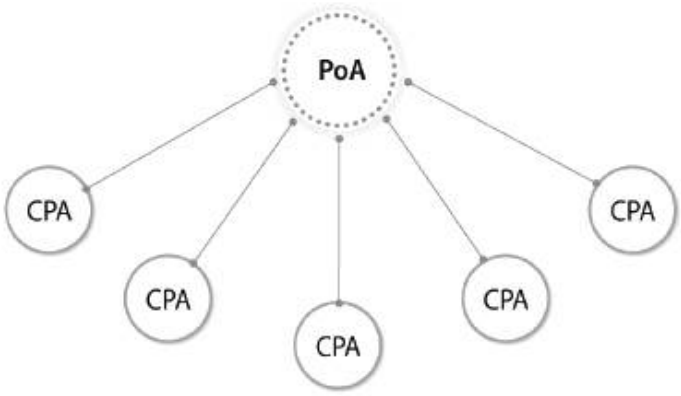


그림 2.114 PCDM의 구성

- 실제로 광주광역시에서는 세계 최초로 LED 조명을 활용한 CDM사업을 2011년 11월 30일 PCDM 사업형태로 UN에 등록함. 이 사업은 단위 LED 조명을 CPA로 간주하여 총체적인 PoA를 구성함으로써 PCDM 사업을 추진함.
- 건축물 역시 개별 건축물을 CPA로 설정한 후 PoA를 구성함으로써 PCDM 사업을 진행할 수 있을 것으로 판단됨. 또한 단위 LED 조명을 CPA로 설정하는 것보다 단위 건축물을 CPA로 설정한 PoA의 이산화탄소 감축량이 상대적으로 클 것으로 판단되는 바, 녹색건축물을 대상으로 한 PCDM사업 타당성을 확보할 수 있을 것으로 판단됨.

(나) 탄소배출권의 녹색건축물 사업 적용방안

- 기존 녹색건축물 사업의 경우, 녹색건축물 사업을 진행함에 따라 발생되는 증액된 투자비용과 운영단계의 에너지절감수익으로 수익률이나 회수기간을 산정하게 됨.
- 하지만 상기에서도 언급한 바와 같이 기업 등과 같은 잠재적인 발주처, 즉 투자자들의 경우 투자수익에 대한 불확실성에 기인하여 녹색건축물 사업 투자에 소극적임. 또한 이에 따라 녹색건축물 사업을 실제로 수행하는 각종 중소업체들은 재원조달에 어려움을 겪고 있음.
- 이를 해결하기 위해서 본 제안에서는 2015년 1월부터 시행예정인 탄소배출권 거래제도를 활용한 금융지원방안에 대한 검토를 통하여 새로운 금융지원 방안을 모색하고자 함. 즉 탄소배출권 거래제도를 통하여 발생할 수 있는 추가적인 현금흐름을 통해 녹색건축물의 사업성을 향상시킬 수 있는 방안을 모색함.
- 특히 본 제안에서는 녹색건축물 사업을 진행함에 있어서 증가되는 공사비용에 대하여 보증을 제공하고 이에 대한 보증료를 탄소배출권 수익으로 회수하는 간접적인 금융지원제도방안을 모색함.
- 간접적인 금융지원제도는 투자주체에게 증액된 공사비에 대한 자금을 조달할 수 있도록 증액된 공사비에 대한 보증을 제공하는 것임.

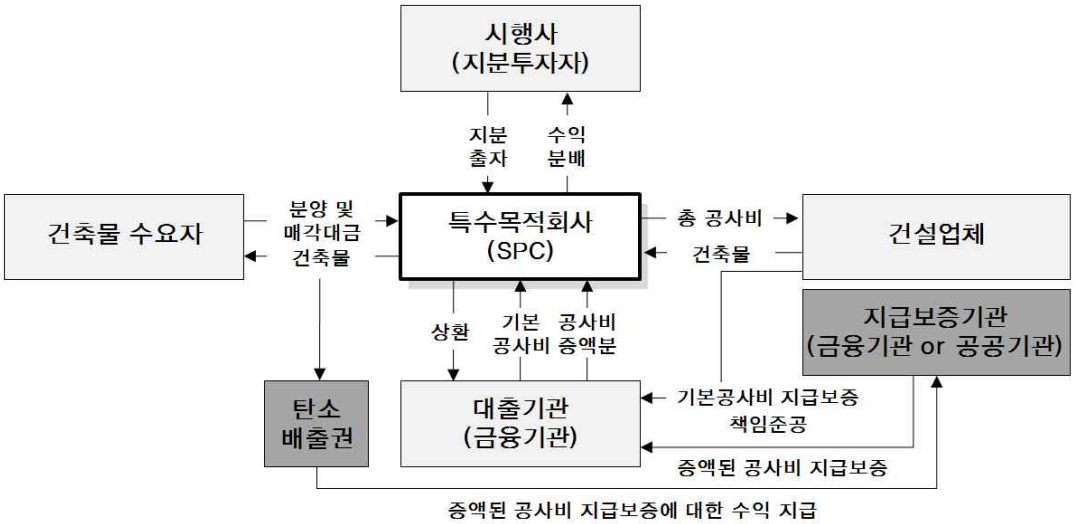


그림 2.115 탄소배출권 가치를 기초로 지급보증을 제공하는 간접지원방안

- 일반적인 프로젝트 파이낸싱(PF) 구조 상에서 건설업체들의 원리금 지급보증이 포함되는 것은 자금을 조달하는 금융기관에게 원리금에 대한 안정성을 보장해 주기 위해서임. 이와 같은 맥락으로 공사비 증액분에 따라 증가된 투자비용에 대해서도 보증을 제공한다면 금융기관을 통해 추가된 투자비용을 조달하는 것이 용이할 것으로 판단됨.
- 기본적으로 지급보증을 해준다는 것은 직접적으로 자금을 투자하는 것은 아니지만, 문제가 발생했을 경우, 투자금에 해당하는 원리금을 제공해주어야 한다는 것을 의미하기 때문에 지급보증을 제공하는 주체도 리스크를 가지게 되며 해당 리스크에 상응하는 수익이 필요함.
- 녹색건축물은 탄소배출권 거래제도가 적용된다면 추가적인 현금흐름으로 지급보증에 대한 수익을 제공할 수 있음.
- 현행 친환경건축물인증제도 관점에서 적용방안을 살펴보면 다음 그림과 같음. 즉 현재 친환경건축물인증제도는 예비인증과 본인증 2단계로 구분되어 있음. 이러한 단계별 구분은 탄소배출권 거래제도에서도 적용됨. 즉 탄소배출권 거래제도에서는 초기에 타당성 검토단계와 모니터링 단계를 통해서 탄소배출권에 대한 사업을 진행하게 됨. 이에 따라 초기 예비인증단계에서 탄소배출권 거래 타당성 검토를 시행하고, 이후 본인증 단계에서 모니터링을 진행한다면 손쉽게 탄소배출권 거래제도를 현행 제도에 편입시킬 수 있을 것으로 판단됨.

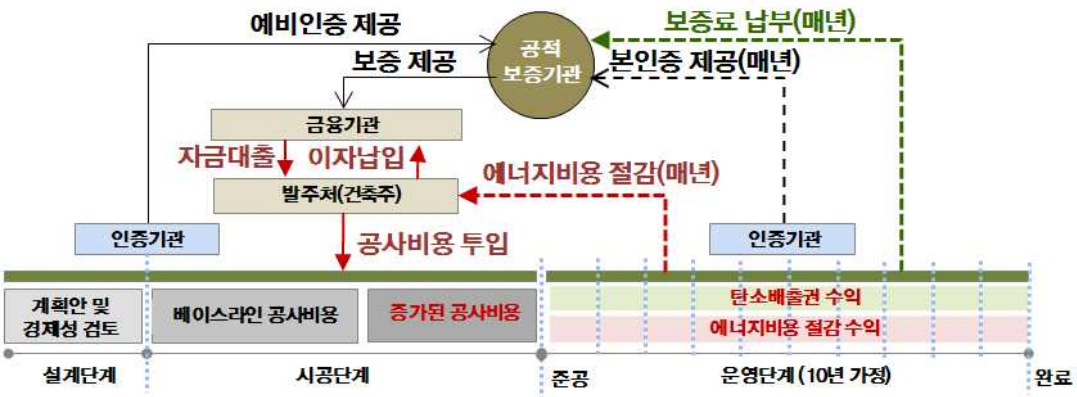


그림 2.116 생애주기단계별 탄소배출권 거래제도 적용방안

- 또한 이러한 사업모델은 신축 건축물뿐만 아니라 기존 건축물 리모델링사업에도 유사하게 적용할 수 있음.
- 녹색건축물의 금융지원방안으로 탄소배출권 거래제도를 활용하고자 하는 궁극적인 목적은 시행 초기에는 그 가능성을 검토하기 위하여 정부 주도로 진행하여야겠지만 최종적으로 시장경제체제 하에서 녹색건축물을 활성화할 수 있는 방안 모색을 위함임.

(2) 녹색건축물 탄소배출권 거래제도 도입 타당성 검증

- 녹색건축물에 탄소배출권 거래제도를 도입했을 경우, 개략적으로 타당성을 검증하였음. 대상 시설물은 수자원공사 리모델링 사례로, 건축개요는 다음과 같음.
- 다음 표에서 확인할 수 있듯이 10년만에 공사비용을 회수할 수 있다는 보증료는 약 78,000,000으로 탄소배출권으로 이에 대한 보증료를 납부할 경우 약 35년이라는 기간이 소요되는 것을 확인할 수 있음. 보증료 기간이 10년 이내인 경우는 공사비용 회수기간이 12년일 경우임. 이와 같은 결과가 의미하는 것은 그만큼 10년 이내에 공사비용을 회수하기 어렵다는 것이며, 공사비용 회수기간을 증가시켜 설정하게 되면 공사비용 회수 가능성이 증가함에 따라 보증료는 상대적으로 낮아지게 됨을 나타냄.

표 2.30 탄소배출권 보증료 회수기간 산출

공시비용 회수기간	에너지절감수익(NPV)	공사비용(FV)	보증료	보증료 회수기간
10	926,515,900	1,193,141,986	78,118,943	34.83
11	1,045,933,346	1,217,004,826	40,588,316	18.10
12	1,171,204,589	1,241,344,923	19,916,485	8.88
13	1,302,616,579	1,266,171,821	9,403,399	4.19
14	1,440,470,332	1,291,495,257	4,361,541	1.94
15	1,585,081,623	1,317,325,163	2,031,223	0.91
16	1,736,781,703	1,343,671,666	968,035	0.43
17	1,895,918,061	1,370,545,099	477,155	0.21
18	2,062,855,221	1,397,956,001	243,053	0.11
19	2,237,975,575	1,425,915,121	126,680	0.06
20	2,421,680,260	1,454,433,424	66,669	0.03

3. 녹색건축물 통합 인증제도 및 지원시스템 개발

가. 연구내용

(1) 녹색건축물 인증기준 개발

- 건물용도 분류
- 평가분야 설정
- 평가항목(안) 설정

(2) 녹색건축물 지수산정

- 녹색건축물 지수산정 방법
- 대안별 지수산정 비교

나. 분석결과 및 결론

(1) 녹색건축물 인증기준 개발

(가) 건물용도 분류

- 건물의 용도는 건축법의 용도구분을 기준으로 검토하되 규모별 혹은 용도특성별로 세분화 필요성을 검토할 필요가 있다. 국내 친환경건축물 인증제도에서의 용도구분 시 문제점은「건축법」과 「건축물에너지절약설계기준」에서는 기숙사의 용도구분이 각각 공동주택과 숙박시설로 서로 다르며, 대학교 강의동의 경우 명백한 교육시설이기는 하나 초, 중, 고등학교와는 시스템이 달라 업무용 혹은 학교시설로 혼란을 주고 있는 상황이다.
- 따라서 녹색건축물 통합인증제도 개선 시 건물용도의 구분을 주거용 건물과 비주거용 건물로 분류하고 건물용도별 특성을 고려한 평가항목이 필요한 건물용도를 구분할 필요가 있다 .
- 이를 만족시키기 위해 건축법상의 용도구분을 기본으로 하여 대분류와 중분류를 나누었고, 좀 더 명확하게 건물용도별 특성을 반영해야 하는 의료시설 중 병원과 교육연구시설 중 대학에 대해 각각 소분류와 세부분류까지 나누어 용도를 제안하고자 한다.
- 다음의 표는 각각 중분류 까지 시설 구분을 한 시설들과 소분류와 세부분류 까지 구분한 시설들의 건물용도 분류(안)를 나타내고 있다.

표 2.31 건물용도 분류(안)-중분류

대분류		중분류
주거	단독주택	단독주택 /다중주택 /다가구주택 /공관
	공동주택	아파트 /연립주택 /다세대주택 /기숙사
	기존 공동주택	기존 공동주택
비주거	제1종 근린생활시설	제1종 근린생활시설
	제2종 근린생활시설	제2종 근린생활시설
	문화 및 집회시설	공연장 /집회장 /관람장 /전시장 /동 · 식물원
	종교시설	종교집회장 /종교집회장에 설치하는 봉안당
	판매시설	도매시장 /소매시장 /상점
	운수시설	여객자동차터미널 /철도시설 /공항시설 /항만시설
	노유자시설	아동 관련 시설/ 노인복지시설/ 그 밖에 다른 용도로 분류되지 아니한 사회복지시설 및 근로복지시설
	수련시설	생활권 수련시설/ 자연권 수련시설/ 유스호스텔
	운동시설	제1종 근린생활시설 및 제2종 근린생활시설에 해당하지 아니하는 것/ 체육관 /운동장
	업무시설	공공업무시설 /일반업무시설
	기존 업무시설	기존 업무시설
	숙박시설	일반숙박시설 및 생활숙박시설 /관광숙박시설 /다중생활시설
	위락시설	단란주점 /유흥주점이나 그 밖에 이와 비슷한 것 /유원시설업의 시설, 그 밖에 이와 비슷한 시설 /무도장, 무도학원 /카지노영업소
	공장	공장
	창고시설	창고 /하역장 /물류터미널 /집배송 시설
	위험물 저장 및 처리 시설	주유소 및 석유 판매소/ 액화석유가스 충전소 · 판매소 · 저장소 /위험물 제조소 · 저장소 · 취급소 /액화가스 취급소 · 판매소 /유독물 보관 · 저장 · 판매시설 /고압가스 충전소 · 판매소 · 저장소 /도료류 판매소 /도시가스 제조시설 /화약류 저장소
	자동차 관련 시설	주차장 /세차장 /폐차장 /검사장 /매매장 /정비공장 /운전학원 및 정비학원 /차고 및 주기장
	동물 및 식물 관련 시설	축사 /가축시설 /도축장 /도계장 /작물 재배사 /종묘배양시설 /화초 및 분재 등의 온실
	자원순환 관련 시설	하수 등 처리시설 /고물상 /폐기물 재활용시설 /폐기물 처분시설 /폐기물 감량화시설
	교정 및 군사 시설	교정시설 /갱생보호시설, 그 밖에 범죄자의 갱생 · 보육 · 교육 · 보건 등의 용도로 쓰는 시설 /소년원 및 소년분류심사원 /국방 · 군사시설
	방송통신시설	방송국 /전신전화국 /촬영소 /통신용 시설
	발전시설	발전소
	묘지 관련 시설	화장시설 /봉안당 /묘지와 자연장지에 부수되는 건축물
	관광 휴게시설	야외음악당 /야외극장 /어린이회관 /관망탑 /휴게소 /공원 · 유원지 또는 관광지에 부수되는 시설
	장례식장	의료시설의 부수시설

- 건물용도별 특성 및 규모의 반영을 위해 의료시설 중 병원은 병상수에 따라 병원과 종합병원을 분류하는 의료법에 의해 병상 규모에 따라 소분류를 나누었고, 교육연구시설 중 학교의 경우 규모와 특성을 고려하여 유치원, 초·중·고등학교, 대학으로 분류하였다. 더불어 대학시설의 특성을 고려하여 해당 용도별로 세부분류를 나누어 용도를 제안하였다. 다음의 표는 의료시설과 교육연구시설의 건물용도 분류(안)를 나타내고 있다.

표 2.32 건물용도 분류(안)-세부분류

대분류		중분류	소분류	세부분류
비주거	의료시설	병원	병원(30개이상의 병상)	
			종합병원(100개 이상의 병상)	
		격리병원		
	교육연구시설	학교	유치원	
			초 · 중 · 고등학교	
			대학	인문계 및 자연계 교육시설
				대학본부 및 연구동
				기숙사
				부속병원 및 동물병원
				그 외
		교육원		
		직업훈련소		
		학원		
		연구소		
		도서관		

- 현재 친환경건축물인증제도도 일반적 의미에서의 녹색지수의 일종이라고 할 수 있으나 현재의 녹색건축물인증제도의 총점점수를 활용하여 녹색건축 각 분야별 정책방향 설정 및 사용자의 건축물에 대한 정보의 이해 및 인지성 및 홍보 등에 많은 제약이 있어 녹색지수개발을 통해 이러한 문제점을 보완 및 개선할 수 있을 것이다.
- 녹색지수의 개념은 다양하게 설정할 수 있으나 현재의 녹색건축물인증제도의 평가시스템을 인정하면서 일반적으로 통용되고 있는 의미에서의 지수개념에 따라 다양한 녹색건축물 평가분야별 평가지표 중에서 분야별 핵심적인 평가항목 혹은 지표를 선별하거나 별도의 통합지표를 통하여 정책목표에 부합하는 별도의 평가점수 산출방식을 의미하는 것으로 설정한다.

(나) 건물용도 특성

- 녹색건축 인증기준 기존 건물용도에는 없던 건물용도 중 주요시설로 판단되는 건물용도에 대해 특성을 살펴보았다.

① 문화 및 집회시설

- 문화 및 집회시설은 공연장(제2종 근린생활시설에 해당하지 않는 것), 집회장, 관람장, 전시장, 동식물원 등에 해당하는 것을 말한다.
- 문화시설은 공연장, 음악당, 다목적홀, 영화관 등으로 분류되며 공간별 계획의 주안점은 다르다. 공연장은 연극, 음악, 무용, 연주회, 뮤지컬을 주로하며 소음과 무대부 계획이 중요하다. 음악당은 실내악, 심포니, 고전음악, 현대음악, 오페라를 주로하며 공간구성계획 및 음향설계 중요하다. 다목적 홀은 지역사회의 커뮤니케이션을 위한 장소로 다목적 공간을 위한 가변성과 복합성 제공해야 하며 영화관은 객석의 시선계획, 음향계획 중요하다.
- 특히 공연장은 공연부, 관리부로 구성되는데 공연부는 연출관계공간과 관객을 위한 공간으로 구분되며, 관리부는 사무 및 기타설비관계실로 구성된다.

- 문화 및 집회시설은 많은 사람이 일시에 들어오고 나가는 특성상 동선계획이 중요하며, 주민을 위한 주용도를 계획에 반영하기 위해 지역주민의 지리적 접근성을 높이고 공간의 다목적 기능을 최대한 고려하고 수용할 용도의 건축계획적 관련성을 고려하여야 한다.
- 따라서 다양한 공간적 특성, 대공간의 냉난방 부하 및 환기, 음향성능 등 문화 및 집회시설의 시설적 특성을 고려하여 별도의 평가기준을 마련할 필요가 있다.

② 의료시설

- 의료시설은 크게 외래부, 병동부, 중앙진료부(X선과, 약국, 수술부 등), 공급부, 관리부, 영안실 등으로 영역을 나눈다. 병원의 규모는 베드수로 결정된다. 기능별 면적비는 병동부가 30~40%, 외래부가 10~14%, 중앙진료부가 15~17%, 관리부가 8~10%, 서비스부가 20~25%로 병동부가 가장 큰 부분을 차지한다.
- 병동부는 간호상 환자관찰이 쉽고 환자의 프라이버시 확보, 외래, 중앙 진료부와 근접하여 환자의 동선을 단축시킬 필요가 있으며, 외래진료부는 이용자 및 직원의 출입구 및 동선분리, 이용자 출입구도 가급적 입원환자, 외래환자, 방문객의 출입구를 분리하고 장래확장, 용도변경에 대응할 수 있는 환경을 반영할 필요가 있다. 그리고 중앙진료부는 수술부, 물리치료부, 분만부는 통과교통이 일어나지 않도록 하고 설비적 측면 고려, 오염정도가 다르기 때문에 충분한 설비공간이 확보되어야 하며 균의 오염방지 및 방사선 방호대책을 수립해야 한다.
- 특히 의료시설은 신체적 혹은 정신적으로 허약한 환자가 단기간 혹은 장기간 거주하는 특성을 가지고 있어 수술실 등의 특수공간에 대한 공기질, 소음, 일조, 존별 설비제어, 응급차를 고려한 교통계획, 환자들의 휴식공간 등을 고려할 필요가 있다.

③ 학교시설

- 학교는 유아교육·초등교육·중등교육 및 고등교육을 실시하기 위한 교육기관(교육기본법 제9조 1항)을 의미하며 유아교육법, 초중등교육법, 고등교육법 등에 따라 유치원, 초·중고등학교, 특수학교, 대학교, 직업학교 등 다양한 학교로 구분할 수 있다. 또한 학교시설은 교육의 목적을 효과적, 능률적으로 달성하기 위해 설치한 물리적 환경을 총칭하는 것으로 단순히 교사와 학생을 수용하는 건축물만을 지칭하는 것은 아니며 학교 전체가 교육의 매체요 도구이면서 학생의 성장과 발달을 촉진하는 생활환경을 포괄하는 개념이라고 할 수 있다.[34] 학교시설은 학교급별로 교육과정을 비롯해 그 수용하는 주대상자의 연령대와 집단규모에 따라 용도특성이 매우 다르므로 그에 적합한 시설계획이 필요하다고 할 수 있을 것이다. 예로, 학교급에 따라 유치원, 초·중·고등학교, 대학은 시설규모, 스페이스프로그램, 시설이용시간 등의 차이에 따른 특성이 반영될 수 있도록 녹색건축물 인증기준을 적용할 필요가 있다.
- 학교시설은 교육과정, 사용자 연령, 건물사용시간 등의 차이로 배치 및 평면계획, 설비계획이 달라지며 용도특성을 고려하여 유치원, 초·중·고등학교, 대학으로 분류하되, 각 세부용도별 평가기준은 학교급별 용도특성과 규모특성을 고려하여 다르게 설정할 필요가 있다.
- 유치원은 학령전기 어린이를 위한 유아교육 기관으로 내부기능과 외부기능을 연계시켜야 하며 유희실과 옥외 소규모 트랙, 기구놀이 공간과의 연계성 그리고 옥외 정적 학습공간과 녹지 및 꽃동산, 정적놀이공간은 강한 기능결합관계가 유지되어야 하므로

34) 남정걸, 교육행정 및 교육경영, 서울:교육과학사, 2003, pp.362~363

배치계획에서 고려되어야 한다. 또한 어린 유아들을 위한 기능과 외부기능들을 적극적으로 분석하여 아동발달 및 심리적인 안정감을 주도록 풍부한 수공간과 수목을 제공해야 한다.

- 옥내공간은 학습공간과 유희공간을 연계시키는 다목적 홀을 매개공간으로 공간의 연계성을 자연스럽게 만족시키는 계획이 되어야 한다. 그리고 옥외공간은 유아의 적극적인 옥외활동(동적 공간)을 위한 옥외 소운동장 및 기구놀이 공간을 제공하여야 하며, 이들 옥외공간은 유희실과 밀접한 기능관계가 있으므로 공간을 연계시켜 계획한다.
- 운동장의 먼지발생 방지, 차양, 외부 생태학습을 위한 생태학습원 등을 고려할 필요가 있다.
- 초, 중, 고등학교는 유치원보다 규모가 크며 단순한 형태인 유치원에 비해 다양한 배치형태가 도출되어 교실의 배치 및 공간구성이 중요하다. 또한 학생들이 사용하는 공간과 교사들이 사용하는 공간의 구분, 공간별 특성을 고려해야 하며 넓은 운동장을 보유하고 있어 운동장의 생태적 활용 및 먼지발생 저감을 고려해야 한다.
- 또한 유치원에 비해 학생들이 학교에서 생활하는 시간이 길어 교실의 채광, 조명, 건물의 향, 냉난방 및 환기설비, 학생들의 휴게공간 등이 평가되어야 한다.
- 대학은 다기능적인 특성을 가지며 본래의 기능인 교육 · 연구시설과 업무 · 주거 · 휴식 · 위락 · 체육활동이 이루어지며 이외에도 식사 · 구매 · 정보이용과 같은 도시의 활동이 가능하게 되었다. 이러한 도시의 요소를 포함하며 지역사회의 큰 요소로 자리하게 되었다. 대학 캠퍼스 계획은 일정한 대지위에 단순한 건축물을 계획하는 것과는 달리 해당 도시의 흐름에 상당한 영향을 줄 수 있는 도시적 성격과 건물마다의 독립성을 추구하는 건축적 요소를 갖고 있을 뿐만 아니라 캠퍼스 액티비티를 적극적으로 유발하는 외부공간을 매우 중요시한다는 의미에서 복합적인 계획인 것이다.
- 따라서 건축법상 학교이기는 하나 유치원, 초·중·고등학교와 달리 교내 교통계획, 자전거보관소, 많은 비중을 차지하는 업무공간 등을 고려한 평가기준이 필요하다.

(다) 평가분야 설정

- 평가분야는 녹색건축물의 기본개념을 고려하여 에너지, 자원, 생태, 건강, 기능 등으로 설정하도록 하였다.
- 각 분야별 평가목적과 평가대상 및 주요평가방법은 아래표와 같으며 주요평가방법은 분야별 성능지표를 활용해 평가하는 방법과 분야별성능을 높일 수 있는 기술요소를 평가하는 방법으로 크게 구분할 수 있을 것이다.

표 2.33 평가분야별 주요평가대상 및 평가방법

분야	평가목적	평가대상	주요평가방법	
			성능평가	기술평가
대지/ 생태	대지내 생태환경 조성	대지의 생태환경성능	생태환경조성면적	생태환경조성기술평가
		인접대지에의 영향성	인접대지 환경영향성	
에너지/ 환경오염	에너지 사용량 절감	건물의 에너지 효율성능	에너지성능	에너지절약기술
	환경부하 감소	환경부하성능	환경부하발생량	환경부하저감요소
자원	자원사용량 감소	건물의 자원(자재)소비량	자원사용량	자원절약기술평가
		폐기물 발생량	폐기물발생량	폐기물 절감대책
		건물의 수자원소비량	수자원소비량	수자원절약기술
건강	쾌적성 확보	음환경 성능	실내환경성능	친환경재료 친환경기술
		빛환경 성능		
		공기질 성능		
기능	건물용도기능강화 유지관리를 통한 친환경성능 강화 녹색건축인증제도 활성화	용도기능	용도요구 친환경성능	친환경기술
		유지관리	유지관리요소	유지관리기술
		기타	녹색건축제도 활성화 선도적인 친환경 디자인 기법등	

(라) 평가항목(안) 도출

표 2.34 업무용 건축물 인증기준(안)

분야			CODE	업무용	대지내부 환경요인			대지외부환경요인	
					성능 (f)	기술 (t)	관리 (m)	인접 대지 (n)	지구 환경 (e)
건물 거주 성지 수	생태	생태	B_1	생태 면적률	●				
			B_2	자연지반 녹지율	●				
			B_3	비오톱 조성		●			
			B_4	기존대지의 생태학적 가치		●			
			B_5	토사유출량의 최소화			●		
	건강	공기	H_1	실내공기오염물질 저방출 자재의 사용	●				
			H_2	자연환기성능 확보 여부		●			
			H_3	곰팡이 방지	●				
			H_4	외기 급.배기구의 설계	●				
			H_5	CO2, 실내오염물질 모니터링 ,제어			●		
			H_6	오존층 보호 위한 특정물질 금지					●

분야			CODE	업무용	대지내부 환경요인			대지외부환경요인	
					성능 (f)	기술 (t)	관리 (m)	인접 대지 (n)	지구 환경 (e)
		음환경	H_7	교통소음(도로,철도)에 대한 실내.외 소음도	●				
		빛환경	H_8	건물의 향에 대한 영향	●				
			H_9	빛공해 저감			●		
			H_{10}	일조권 간섭방지 대책의 타당성			●		
	기능	유지운영	F_1	환경을 고려한 현장관리계획의 합리성			●		
			F_2	운영/유지관리 문서 및 지침 제공의 타당성			●		
			F_3	TAB 및 커미셔닝 실시			●		
			F_4	실내 자동온도조절장치 채택 여부		●			
			F_5	녹색건축 전문가의 참여			●		
			F_6	존별설비 조정		●			
		성능	F_7	대지내 자전거 보관소 설치여부		●			
			F_8	대중교통에의 접근성					●
			F_9	단지내의 대안적 교통수단의 설치여부		●			
			F_{10}	거주자의 요구에 대응하여 공간 배치 및 시스템 변경 용이성	●				
			F_{11}	휴식 및 재충전을 위한 공간 마련			●		
			F_{12}	거주자를 위한 쾌적한 실내환경 조성	●				
			F_{13}	혁신적인 디자인 도입		●			
	에너지	에너지	E_1	에너지 효율향상	●				
			E_2	신 · 재생에너지 이용		●			
			E_3	외피 열교방지	●				
			E_4	에너지 모니터링 및 관리지원 장치			●		
			E_5	열섬효과		●			
			E_6	차양설치		●			
			E_7	조명에너지 절약			●		
			E_8	계량기 설치여부			●		
	자원	자원	R_1	유효자원 재활용을 위한 친환경인증제품 사용여부		●			
			R_2	재활용 가능자원의 분리수거		●			
			R_3	기존 건축물의 주요구조부 재사용으로 재료 및 자원의 절약		●			
			R_4	재료의 탄소배출량 정보 표시			●		
		수자원	R_5	우수부하 절감대책의 타당성					●
			R_6	생활용 상수 절감 대책의 타당성		●			
			R_7	우수 이용		●			
			R_8	중수도 설치		●			

(2) 녹색건축물 지수산정

(가) 녹색건축물 지수산정 방법

- 녹색건축물의 지수산정은 건물거주성지수, 탄소배출량 지수, 탄소경제성 지수 각각의 지수를 통해 산정하게 된다. 건물거주성지수에 포함되는 각각의 분야별로 지수를 산정하되 평가항목 중 탄소배출지수 산정방식과 중복되는 항목에 대해 건물거주성지수 산정 시 이를 고려하여 4가지 방법의 대안을 제안하고자 한다. 이때 탄소배출지수 산정방식과 중복되는 항목이라고 판단되는 항목은 에너지 분야의 '에너지 효율향상', '신·재생에너지 이용' 항목과 자원 분야의 '재료의 탄소배출량 정보 표시' 항목으로 한다.

① 대안-1

- 대안-1은 탄소배출지수 산정 시 중복되는 3개 항목에 대해 중복여부에 관계없이 건물거주성지수와 탄소배출지수에 모두 포함시키는 방식이다. 이 방식은 탄소배출지수 산정 시 중복되는 3개 항목이 CO2 배출 관련 측면에서는 중복될 수 있으나 효율적 측면을 고려할 때 건물거주성지수에서도 표현될 필요가 있음을 고려하였다. 또한 3개 중복항목 중 신재생에너지 이용 항목은 국가정책상 권장하고 있으며, 에너지효율 항목의 평가방법인 에너지절약설계기준 및 에너지효율등급 제도 또한 제도범위가 확대되고 있어 고려할 필요가 있다.

표 2.35 녹색지수 산정방식 (대안-1)

구분	분야	가중치	평가내용	녹색지수화		구분
건물거주성 지수	생태	23	생태환경	○	생태지수	
	건강	22	건강, 위생	○	건강지수	
	기능	12	기능성, 쾌적성	○	기능지수	
	에너지	25	에너지효율	○	에너지효율지수	
	자원(수자원)	18	자원 및 수자원절약	○	자원효율지수	
탄소배출 지수	별도평가			○	탄소배출지수	

- 이러한 방법은 분야별 성능(지수) 파악에 유리하며, 대안-1의 방식으로 녹색지수 산정 시 평가항목을 분류하면 아래 표와 같다.

표 2.36 분야별 평가기준(대안-1)

분 야		평 가 항 목		배점	건물거주성지수 (SI)	가중치
생태 (B)	생태	B1	연계된 녹지축 조성	2	생태 지수 (BI)	23
		B2	생태 면적률	6		
		B3	비오톱 조성	4		
		B4	기존대지의 생태학적 가치	2		
		B5	자연지반녹지율	4		
		B6	토사유출량 최소화	2		

분 야		평 가 항 목		배점	건물거주성지수 (SI)	가중치
건강 (H)	공기	H1	운동장 먼지 발생 방지	3	건강 지수 (HI)	22
		H2	보행시에 발생하는 먼지 배출량 감소	2		
		H3	실내공기오염물질 저방출 자재의 사용	6		
		H4	자연환기성능 확보 여부	3		
		H5	C02, 실내오염물질 모니터링 & 제어	2		
		H6	곰팡이 방지	2		
		H7	화장실 급배수 소음	2		
		H8	오존층보호위한 특정물질금지	3		
		H9	과학실환기평가	2		
		H10	외기급배기구의 설계	3		
	음환경	H11	교통소음(도로,철도)에 대한 소음도	2		
		H13	실간 경계벽의 차음 성능	2		
		H14	경량, 중량 충격음 차단성능	4		
		H15	음향성능	2		
		H16	화장실 급배수 소음	2		
	빛환경	H17	오존층보호위한 특정물질금지	3		
		H18	과학실환기평가	2		
		H19	외기급배기구의 설계	3		
		H20	빛공해 저감	2		
		H21	일조권 간섭방지 대책 타당성	2		
		H22	일조확보	4		
		H23	건물의 향에 대한 영향	2		
기능 (F)	유지운영	F1	환경을 고려한 현장관리계획의 합리성	1	기능 지수 (FI)	12
		F2	운영/유지관리 문서 및 지침 제공의 타당성	2		
		F3	TAB 및 커미셔닝 실시	2		
		F4	실내 자동온도조절장치 채택	2		
		F5	세대관리를 위한 사용자 메뉴얼 제공	1		
		F6	녹색건축전문가의 참여	2		
		F7	수리용이성	2		
		F8	존별 설비조정	2		
		F9	거주자 만족도 조사	2		
	성능	F10	생태학습원 조성	2		
		F11	환경교육공간 조성	3		
		F12	휴식 및 재충전을 위한 공간 마련	3		
		F13	혁신적인 디자인 도입	2		
		F14	대지내 자전거 보관소 설치여부	2		
		F15	대중교통에의 근접성	2		
		F16	생활편의시설의 접근성	2		
		F17	단지내의 대안적 교통수단의 설치여부	2		
		F18	거주자를 위한 쾌적한 실내환경 조성	4		
		F19	환자들을 위한 직접적 실외 접근	2		
		F20	거주자의 요구에 대응하여 공간 배치 및 시스템 변경용이성	4		

분 야		평 가 항 목		배점	건물거주성지수 (SI)	가중치
에너지효율 (E)	에너지	E1	에너지 효율향상	12	에너지효율 지수 (EI)	25
		E2	신 · 재생에너지 이용	3		
		E3	조명에너지 절약	4		
		E4	계량기 설치여부	2		
		E5	외피 열교방지	2		
		E6	에너지모니터링 및 관리지원 장치	2		
		E7	열섬효과	2		
		E8	차양 설치	2		
		E9	고효율 가전기기	1		
자원효율 (R)	자원	R1	재료의 탄소배출량 정보 표시	2	자원효율 지수 (RI)	18
		R2	유효자원 재활용제품 사용	3		
		R3	재활용 가능자원의 분리수거	2		
		R4	음식물 쓰레기 저감	2		
		R5	기존 건축물 주요구조부 재사용	7		
		R6	생활용가구재 사용억제 대책의 타당성	3		
		R7	가변성	3		
	수자원	R10	우수부하 절감대책의 타당성	3		
		R11	생활용 상수 절감 대책의 타당성	4		
		R12	우수이용	3		
		R13	중수도 및 하폐수 처리수 재이용	3		
		R14	의료시설 처리수 사용의 최소화	2		

② 대안-2

- 대안-2는 건물거주성 지수 각각의 분야별로 지수를 산정하되 평가항목 중 탄소배출 지수 산정과 직접적으로 관련 있는 항목이 포함되어 있는 에너지 효율 분야와 자원 효율분야를 지수에서 삭제하는 방안이다. 에너지 효율과 자원 효율 분야 평가항목의 삭제로 인해 가중치를 조정하였으며, 에너지 효율과 자원 효율 분야의 가중치는 다른 평가분야 각각의 가중치에 비례하여 조정이 이루어졌다.

표 2.37 녹색지수 산정방식 (대안-2)

구분	분야	가중치	평가내용	녹색지수화		구분
건물거주성 지수	생태	40	생태환경	○	생태지수	
	건강	39	건강, 위생	○	건강지수	
	기능	21	기능성, 쾌적성	○	기능지수	
	에너지 효율	-	에너지효율	X		
	자원 효율	-	자원 및 수자원절약	X		
탄소배출 지수	별도평가			○	탄소배출지수	

- 이 대안은 녹색건축물 지수 산정 시 탄소배출과 관련된 분야가 삭제되어 탄소배출 지수 산정 시 중복 부분이 없어지게 된다는 장점이 있다. 하지만 에너지 효율 분야와 자원 분야는 지수화할 수 없게 되며 보다 신중한 접근을 필요로 하는 대안이라고 할 수 있다.
- 대안-2의 방식으로 녹색지수 산정 시 평가항목을 분류하면 아래 표와 같다. 탄소배출 지수 산정 시 중복 항목을 포함하고 있는 에너지 효율과 자원 효율 분야 항목이 평가에서 제외되어 산정된다.

표 2.38 분야별 평가기준(대안-2)

분 야		평 가 항 목		배점	건물거주성지수 (SI)	가중치
생태 (B)	생태	B1	연계된 녹지축 조성	2	생태 지수 (BI)	40
		B2	생태 면적률	6		
		B3	비오톱 조성	4		
		B4	기존대지의 생태학적 가치	2		
		B5	자연지반녹지율	4		
		B6	토사유출량 최소화	2		
건강 (H)	공기	H1	운동장 먼지 발생 방지	3	건강 지수 (HI)	39
		H2	보행시에 발생하는 먼지 배출량 감소	2		
		H3	실내공기오염물질 저방출 자재의 사용	6		
		H4	자연환기성능 확보 여부	3		
		H5	C02, 실내오염물질 모니터링 & 제어	2		
		H6	곰팡이 방지	2		
		H7	화장실 급배수 소음	2		
		H8	오존층보호위한 특정물질금지	3		
		H9	과학실환기평가	2		
		H10	외기급배기구의 설계	3		
	음환경	H11	교통소음(도로,철도)에 대한 소음도	2		
		H13	실간 경계벽의 차음 성능	2		
		H14	경량, 중량 충격음 차단성능	4		
		H15	음향성능	2		
		H16	화장실 급배수 소음	2		
	빛환경	H17	오존층보호위한 특정물질금지	3		
		H18	과학실환기평가	2		
		H19	외기급배기구의 설계	3		
		H20	빛공해 저감	2		
		H21	일조권 간섭방지 대책 타당성	2		
		H22	일조확보	4		
		H23	건물의 향에 대한 영향	2		

기능(F)	유지운영	F1	환경을 고려한 현장관리계획의 합리성	1	기능지수(FI)	21
		F2	운영/유지관리 문서 및 지침 제공의 타당성	2		
		F3	TAB 및 커미셔닝 실시	2		
		F4	실내 자동온도조절장치 채택	2		
		F5	세대관리를 위한 사용자 메뉴얼 제공	1		
		F6	녹색건축전문가의 참여	2		
		F7	수리용이성	2		
		F8	존별 설비조정	2		
		F9	거주자 만족도 조사	2		
	성능	F10	생태학습원 조성	2		
		F11	환경교육공간 조성	3		
		F12	휴식 및 재충전을 위한 공간 마련	3		
		F13	혁신적인 디자인 도입	2		
		F14	대지내 자전거 보관소 설치여부	2		
		F15	대중교통에의 근접성	2		
		F16	생활편의시설의 접근성	2		
		F17	단지내의 대안적 교통수단의 설치여부	2		
		F18	거주자를 위한 쾌적한 실내환경 조성	4		
		F19	환자들을 위한 직접적 실외 접근	2		
		F20	거주자의 요구에 대응하여 공간 배치 및 시스템 변경용이성	4		

③ 대안-3

- 대안-3은 대안-1과 같이 탄소배출지수 산정 시 중복되는 3개 항목에 대해 중복여부에 관계없이 건물거주성지수와 탄소배출지수에 모두 포함시키되 가중치를 조정하는 방안이다.
- 건물거주성 지수 각각의 분야별로 지수를 산정하되 평가항목 중 탄소배출지수 산정과 직접적으로 관련 있는 항목이 포함되어 있는 에너지 효율 분야와 가중치를 낮추고 이에 해당하는 가중치를 다른 분야 각각의 가중치에 비례하게 하여 가중치를 높였다.

표 2.39 녹색지수 산정방식 (대안-3)

구분	분야	가중치	평가내용	녹색지수화		구분
건물거주성지수	생태	29	생태환경	○	생태지수	
	건강	28	건강, 위생	○	건강지수	
	기능	18	기능성, 쾌적성	○	기능지수	
	에너지	16	에너지효율	○	에너지효율지수	
	자원(수자원)	9	자원 및 수자원절약	○	자원효율지수	
탄소배출지수	별도평가			○	탄소배출지수	

- 이 대안은 대안-2의 장점과 단점을 보완할 수 있다는 장점이 있다. 녹색건축물 지수 산정 시 탄소배출과 관련된 분야가 삭제되어 지수화 할 수 없는 대안-2의 보완이 가능하게 되어 탄소배출 지수 산정 시 중복 부분에 대한 해결책임과 동시에 각 분야를 모두 지수화 할 수 있게 된다. 하지만 탄소배출 지수 산정 시 직접적으로 중복되는 항목과 그렇지 않은 항목에 대한 고려는 반영되지 않는다는 점에서 보다 신중한 접근을 요한다.
- 대안-3의 방식으로 녹색지수 산정 시 평가항목을 분류하면 아래 표와 같다. 탄소배출 지수 산정 시 중복 항목을 포함하고 있는 분야 중 에너지 효율 분야와 자원 효율 분야의 가중치를 낮추어 평가가 이루어진다.

표 2.40 분야별 평가기준(대안-3)

분 야		평 가 항 목		배점	건물거주성지수 (SI)	가중치
생태 (B)	생태	B1	연계된 녹지축 조성	2	생태 지수 (BI)	29
		B2	생태 면적률	6		
		B3	비오톱 조성	4		
		B4	기존대지의 생태학적 가치	2		
		B5	자연지반녹지율	4		
		B6	토사유출량 최소화	2		
건강 (H)	공기	H1	운동장 먼지 발생 방지	3	건강 지수 (HI)	28
		H2	보행시에 발생하는 먼지 배출량 감소	2		
		H3	실내공기오염물질 저방출 자재의 사용	6		
		H4	자연환기성능 확보 여부	3		
		H5	C02, 실내오염물질 모니터링 & 제어	2		
		H6	곰팡이 방지	2		
		H7	화장실 급배수 소음	2		
		H8	오존층보호위한 특정물질금지	3		
		H9	과학실환기평가	2		
		H10	외기급배기구의 설계	3		
	음환경	H11	교통소음(도로,철도)에 대한 소음도	2		
		H13	실간 경계벽의 차음 성능	2		
		H14	경량, 중량 충격음 차단성능	4		
		H15	음향성능	2		
		H16	화장실 급배수 소음	2		
	빛환경	H17	오존층보호위한 특정물질금지	3		
		H18	과학실환기평가	2		
		H19	외기급배기구의 설계	3		
		H20	빛공해 저감	2		
		H21	일조권 간섭방지 대책 타당성	2		
		H22	일조확보	4		
		H23	건물의 향에 대한 영향	2		

분 야		평 가 항 목		배점	건물거주성지수 (SI)	가중치
기능 (F)	유지운영	F1	환경을 고려한 현장관리계획의 합리성	1	기능 지수 (FI)	18
		F2	운영/유지관리 문서 및 지침 제공의 타당성	2		
		F3	TAB 및 커미셔닝 실시	2		
		F4	실내 자동온도조절장치 채택	2		
		F5	세대관리를 위한 사용자 메뉴얼 제공	1		
		F6	녹색건축전문가의 참여	2		
		F7	수리용이성	2		
		F8	존별 설비조정	2		
		F9	거주자 만족도 조사	2		
	성능	F10	생태학습원 조성	2		
		F11	환경교육공간 조성	3		
		F12	휴식 및 재충전을 위한 공간 마련	3		
		F13	혁신적인 디자인 도입	2		
		F14	대지내 자전거 보관소 설치여부	2		
		F15	대중교통에의 근접성	2		
		F16	생활편의시설의 접근성	2		
		F17	단지내의 대안적 교통수단의 설치여부	2		
		F18	거주자를 위한 쾌적한 실내환경 조성	4		
		F19	환자들을 위한 직접적 실외 접근	2		
		F20	거주자의 요구에 대응하여 공간 배치 및 시스템 변경용이성	4		
에너지효율 (E)	에너지	E1	에너지 효율향상	12	에너지효율 지수 (EI)	16
		E2	신 · 재생에너지 이용	3		
		E3	조명에너지 절약	4		
		E4	계량기 설치여부	2		
		E5	외피 열교방지	2		
		E6	에너지모니터링 및 관리지원 장치	2		
		E7	열섬효과	2		
		E8	차양 설치	2		
		E9	고효율 가전기기	1		
자원효율 (R)	자원	R1	재료의 탄소배출량 정보 표시	2	자원효율 지수 (RI)	9
		R2	유효자원 재활용제품 사용	3		
		R3	재활용 가능자원의 분리수거	2		
		R4	음식물 쓰레기 저감	2		
		R5	기존 건축물 주요구조부 재사용	7		
		R6	생활용가구재 사용억제 대책의 타당성	3		
		R7	가변성	3		
	수자원	R10	우수부하 절감대책의 타당성	3		
		R11	생활용 상수 절감 대책의 타당성	4		
		R12	우수이용	3		
		R13	중수도 및 하폐수 처리수 재이용	3		
		R14	의료시설 처리수 사용의 최소화	2		

④ 대안-4

- 대안-4는 탄소배출지수 산정 시 중복되는 3개 항목에 대해 필수항목으로 정하고 점수를 부여하지 않는 방안이다.
- 건물거주성 지수 각각의 분야별로 지수를 산정하되 탄소배출 지수 산정과 직접적으로 관련된 평가항목을 필수 평가항목으로 설정하고 별도의 배점을 두지 않으며, 각 분야별 가중치는 기존안을 따른다.

표 2.41 녹색지수 산정방식 (대안-4)

구분	분야	가중치	평가내용	녹색지수화		구분
건물거주성 지수	생태	23	생태환경	○	생태지수	
	건강	22	건강, 위생	○	건강지수	
	기능	12	기능성, 쾌적성	○	기능지수	
	에너지	25	에너지효율	○	에너지효율지수	필수항목 배점없음
	자원(수자원)	18	자원 및 수자원절약	○	자원효율지수	필수항목 배점없음
탄소배출 지수	별도평가			○	탄소배출지수	

- 이 대안은 탄소배출 지수 산정 시 중복되는 항목에 대한 고려와 각 분야별 지수화가 가능하다는 장점이 있다.
- 대안-4의 방식으로 녹색지수 산정 시 평가항목을 분류하면 아래 표와 같다. 탄소배출지수 산정 시 중복 항목을 필수항목으로 하여 배점을 부여하지 않고 지수가 산정된다. 음영을 넣은( ) 항목은 탄소배출지수 산정 시 중복되어 필수항목으로 한 항목이다.

표 2.42 분야별 평가기준(대안-4)

분 야		평 가 항 목		배점	건물거주성지수 (SI)	가중치
생태 (B)	생태	B1	연계된 녹지축 조성	2	생태 지수 (BI)	23
		B2	생태 면적률	6		
		B3	비오톱 조성	4		
		B4	기존대지의 생태학적 가치	2		
		B5	자연지반녹지율	4		
		B6	토사유출량 최소화	2		
건강 (H)	공기	H1	운동장 먼지 발생 방지	3	건강 지수 (HI)	22
		H2	보행시에 발생하는 먼지 배출량 감소	2		
		H3	실내공기오염물질 저방출 자재의 사용	6		
		H4	자연환기성능 확보 여부	3		
		H5	C02, 실내오염물질 모니터링 & 제어	2		
		H6	곰팡이 방지	2		
		H7	화장실 급배수 소음	2		
		H8	오존층보호위한 특정물질금지	3		

분 야		평 가 항 목		배점	건물거주성지수 (SI)	가중치
		H9	과학실환기평가	2		
		H10	외기급배기구의 설계	3		
	음환경	H11	교통소음(도로,철도)에 대한 소음도	2		
		H13	실간 경계벽의 차음 성능	2		
		H14	경량, 중량 충격음 차단성능	4		
		H15	음향성능	2		
		H16	화장실 급배수 소음	2		
	빛환경	H17	오존층보호위한 특정물질금지	3		
		H18	과학실환기평가	2		
		H19	외기급배기구의 설계	3		
		H20	빛공해 저감	2		
		H21	일조권 간섭방지 대책 타당성	2		
		H22	일조확보	4		
		H23	건물의 향에 대한 영향	2		
기능 (F)	유지운영	F1	환경을 고려한 현장관리계획의 합리성	1	기능 지수 (FI)	12
		F2	운영/유지관리 문서 및 지침 제공의 타당성	2		
		F3	TAB 및 커미셔닝 실시	2		
		F4	실내 자동온도조절장치 채택	2		
		F5	세대관리를 위한 사용자 메뉴얼 제공	1		
		F6	녹색건축전문가의 참여	2		
		F7	수리용이성	2		
		F8	존별 설비조정	2		
		F9	거주자 만족도 조사	2		
	성능	F10	생태학습원 조성	2		
		F11	환경교육공간 조성	3		
		F12	휴식 및 재충전을 위한 공간 마련	3		
		F13	혁신적인 디자인 도입	2		
		F14	대지내 자전거 보관소 설치여부	2		
		F15	대중교통에의 근접성	2		
		F16	생활편의시설의 접근성	2		
		F17	단지내의 대안적 교통수단의 설치여부	2		
		F18	거주자를 위한 쾌적한 실내환경 조성	4		
		F19	환자들을 위한 직접적 실외 접근	2		
		F20	거주자의 요구에 대응하여 공간 배치 및 시스템 변경용이성	4		
에너지효율 (E)	에너지	E1	에너지 효율향상	-	에너지효율 지수 (EI)	25
		E2	신 · 재생에너지 이용	-		
		E3	조명에너지 절약	4		
		E4	계량기 설치여부	2		
		E5	외피 열교방지	2		
		E6	에너지모니터링 및 관리지원 장치	2		
		E7	열섬효과	2		
		E8	차양 설치	2		
		E9	고효율 가전기기	1		

분 야		평 가 항 목		배점	건물거주성지수 (SI)	가중치
자원효율 (R)	자원	R1	재료의 탄소배출량 정보 표시	-	자원효율 지수 (RI)	18
		R2	유효자원 재활용제품 사용	3		
		R3	재활용 가능자원의 분리수거	2		
		R4	음식물 쓰레기 저감	2		
		R5	기존 건축물 주요구조부 재사용	7		
		R6	생활용가구재 사용억제 대책의 타당성	3		
		R7	가변성	3		
	수자원	R10	우수부하 절감대책의 타당성	3		
		R11	생활용 상수 절감 대책의 타당성	4		
		R12	우수이용	3		
		R13	중수도 및 하폐수 처리수 재이용	3		
		R14	의료시설 처리수 사용의 최소화	2		

(나) 대안별 지수산정 비교

- 학교시설, 업무시설, 공동주택에 대해 4가지 방식으로 건물거주성지수를 예시적으로 산정해보았다. 대안-1은 탄소배출지수 산정 시 중복되는 항목에 대해 중복여부에 관계없이 건물거주성지수와 탄소배출지수에 모두 포함시키는 방식이다.
- 대안-2는 건물거주성 지수 각각의 분야별로 지수를 산정하되 평가항목 중 탄소배출지수 산정과 직접적으로 관련 있는 항목이 포함되어 있는 에너지 효율 분야와 자원효율 분야를 지수에서 삭제하는 방안이다.
- 대안-3은 대안-1과 같이 탄소배출지수 산정 시 중복되는 3개 항목에 대해 중복여부에 관계없이 건물거주성지수와 탄소배출지수에 모두 포함시키되 가중치를 조정하는 방안이다.
- 건물거주성 지수 각각의 분야별로 지수를 산정하지만 평가항목 중 탄소배출지수 산정과 직접적으로 관련 있는 항목이 포함되어 있는 에너지 효율 분야와 자원 효율 분야의 가중치를 낮추고 이에 해당하는 가중치를 다른 분야 각각의 가중치에 비례하게 하여 가중치를 높였다.
- 대안-4는 탄소배출지수 산정 시 중복되는 3개 항목에 대해 필수항목으로 정하고 점수를 부여하지 않는 방안이다.
- 건물거주성 지수 각각의 분야별로 지수를 산정하되 탄소배출 지수 산정과 직접적으로 관련된 평가항목을 필수 평가항목으로 설정하고 별도의 배점을 두지 않으며, 각 분야별 가중치는 기존안(대안-1)을 따른다.
- 학교시설에서의 대안별 지수 산정결과 대안-1의 경우 건물거주성 지수와 GBI가 가장 높게 나타났고, 대안-2의 경우 건물거주성 지수와 GBI가 가장 낮게 나타났다. 생태, 건강, 기능 지수는 각 대안별로 차이가 없었으나 에너지효율 지수와 자원효율 지수의 경우 평가 배점을 삭제한 2안은 지수가 없으며, 탄소배출 산정시 직접적으로 중복되는 평가항목에 대해 필수항목으로 하여 배점을 부여하지 않은 4안의 경우 다른 대안과 비교 했을 때 에너지효율 지수는 4점 낮아졌고, 자원효율 지수는 1점 높아졌다.

표 2.43 학교시설 대안별 지수 산정결과

분야	생태 지수	건강 지수	기능 지수	에너지효율 지수	자원효율 지수	건물거주성 지수	GBI
대안1	23	63	57	64	62	0.53	1.65
대안2	23	63	57	-	-	0.46	1.42
대안3	23	63	57	64	62	0.50	1.56
대안4	23	63	57	60	63	0.52	1.62

- 업무시설에서의 대안별 지수 산정결과 대안-4의 경우 건물거주성 지수와 GBI가 가장 높게 나타났고, 대안-2의 경우 건물거주성 지수와 GBI가 가장 낮게 나타났다. 생태, 건강, 기능 지수는 각 대안별로 차이가 없었으나 에너지효율 지수와 자원효율 지수의 경우 평가 배점을 삭제한 2안은 지수가 없으며, 탄소배출 산정시 직접적으로 중복되는 평가항목에 대해 필수항목으로 하여 배점을 부여하지 않은 4안의 경우 다른 대안과 비교 했을 때 에너지효율 지수는 5점 높았고, 자원효율 지수는 그대로였다.

표 2.44 업무시설 대안별 지수 산정결과

분야	생태 지수	건강 지수	기능 지수	에너지효율 지수	자원효율 지수	건물거주성 지수	GBI
대안1	44	51	40	59	53	0.50	1.12
대안2	44	51	40	-	-	0.46	1.02
대안3	44	51	40	59	53	0.49	1.08
대안4	44	51	40	64	53	0.52	1.15

- 공동주택에서의 대안별 지수 산정결과 대안-1의 경우 건물거주성 지수와 GBI가 가장 높게 나타났고, 대안-4의 경우 건물거주성 지수와 GBI가 가장 낮게 나타났다. 생태, 건강, 기능 지수는 각 대안별로 차이가 없었으나 에너지효율 분야와 자원효율 분야의 경우 평가 배점을 삭제한 2안은 지수가 없으며, 탄소배출 산정시 직접적으로 중복되는 평가항목에 대해 필수항목으로 하여 배점을 부여하지 않은 4안의 경우 다른 대안과 비교 했을 때 에너지효율 지수는 35점 낮아졌고, 자원효율 지수는 2점 낮아졌다.

표 2.45 공동주택 대안별 지수 산정결과

분야	생태 지수	건강 지수	기능 지수	에너지효율 지수	자원효율 지수	건물거주성 지수	GBI
대안1	68	61	64	79	66	0.68	3.33
대안2	68	61	64	-	-	0.64	3.13
대안3	68	61	64	79	66	0.67	3.26
대안4	68	61	64	44	64	0.59	2.89

- 학교시설, 업무시설, 공동주택 세 가지 용도에서의 대안별 지수 산정결과를 살펴보았다. 분야별 지수, 건물거주성 지수, GBI를 비교한 결과 대안별 건물거주성 지수 및 녹색지수는 크게 변동하지 않으며 상관관계를 가지지 않는다는 것을 알 수 있었으며, 에너지 지수가 기존안 대비 높거나 낮은 경우 건물거주성 지수 역시 비례하여 높거나 낮은 값이 나오는 것을 알 수 있었다.
- 공동주택의 경우 업무시설과 학교시설에 비해 에너지 효율 분야의 평가항목 수가 적고, 탄소배출 산정시 직접적으로 중복되어 필수항목으로 정한 항목의 배점이 높아 대안별 에너지효율 지수의 변화폭이 크게 나타난 것으로 보인다. 하지만 건물 용도별로 평가항목이 상이하며 많은 사례 분석 확보를 통해 보다 객관화된 결론을 도출해야 한다.
- 또한 탄소배출 지수와의 중복항목이 있더라도 효율적인 측면 고려차원에서 대안-4에 대한 보다 긍정적인 재고가 바람직 할 것이다.
- 산정방법별 장단점을 재검토하여 보다 신중한 산정방법을 결정해야 하며 분야별, 건물용도별 가중치가 지수산정 결과에 큰 영향을 미치므로 객관적 방법을 통해 가중치를 설정할 필요가 있다.

4. 웹기반 녹색건축물 통합 인증시스템 구축방향

가. 연구내용

(1) 녹색건축물 웹기반 통합 인증시스템 개요

- 정보시스템 영역
- 인증시스템영역
- 기타영역

(2) 통합인증시스템의 구성체계

- 인증제도 소개
- 녹색건축 인증현황
- 인증심사
- 참여광장

나. 분석결과 및 결론

(1) 통합인증시스템 개요

(가) 정보시스템영역

- 정보시스템영역에서는 녹색건축물 인증제도에 관련된 다양한 정보제공을 하기 위하여 인증제도에 대한 소개 및 관련법규, 평가기준, 절차 등으로 구성되어 있으며, 녹색건축물인증실적 현황 및 녹색건축물 관련 정보를 얻을 수 있다.
- 인증실적현황부분에서는 인증실적과 인증건물현황에 대해 월별, 연도별, 실시간통계, 지역별, 인증기관별, 건물용도별, 인등단계별로 검색이 가능하게 하였다.
- 녹색건축물 자료실 부분에서는 녹색건축물 설계지침 및 설계요령, 건축자재와 설계자료 정보를 제공할 수 있도록 DB를 구축하였으며, 녹색건축물 관련 자료제공 SITE 또한 연결 가능• 하도록 구성하였다.
- 본 통합인증시스템의 정보시스템 영역은 위와 같은 구성을 통해 녹색건축물 인증에 대한 기본 자료뿐만 아니라 녹색건축인증 실적현황과 녹색건축 관련 전문자료를 구축하여 관련 이들에게 다양한 정보를 제공될 수 있는 효율성 및 편의성을 추구하였다.

(나) 인증시스템영역

- 인증시스템영역에서는 인증신청 및 심사와 관련하여 웹사이트상에서 인증업무가 처리될 수 있도록 구성된 부분으로 크게 인증신청 및 심사/심의 부분으로 구성되어 있다.
- 인증신청서작성, 자체평가서작성, 인증심사(심의), 자체평가서 작성란을 구성하였다. 신청자가 용도에 맞게 인증신청서를 작성하면 운영기관의 승인여부에 따라 자체평가서 작성이 가능하도록 활성화되며, 신청자가 작성하는 자체평가서의 내용과 근거자료들을 통해 심사자와 심의자는 인증심사(심의)부분에서 신청 자료 확인 후 심사/심의가 가능해진다.
- 각각의 인증기관은 인증심사원 현황에서 심사원 등록 및 해지가 가능하다.

(다) 기타영역

- 기타영역에서는 관련한 사용자들의 문의를 해결을 위한 FAQ, 질의신청 및 답변이 가능한 공간이 구성되어 있으며, 운영기관의 공지사항, 녹색건축 관련 뉴스를 올릴 수 있는 공간이 마련되어 있다.

(2) 통합인증시스템의 구성체계

- 녹색건축 통합인증제 통합운영시스템의 구성체계는 다음 그림과 같다. 인증제도 소개, 녹색건축 자료실, 녹색건축 인증현황, 인증심사, 참여광장으로 크게 5개로 분류 되며, 각각의 분야에 해당하는 하위 메뉴를 포함하고 있다. 더불어 5개의 분야는 정보안내 영역, 핵심서비스 영역, 기타영역으로 나눌 수 있다.
- 녹색건축 인증 통합 시스템에서는 소개, 현황, 심사, 자료실, 관리자로 사용자와 컨텐츠에 따른 구분에 따라 정보시스템분야와 인증심사시스템 부분을 명확히 그룹화하여 웹사이트를 구성 하였다.

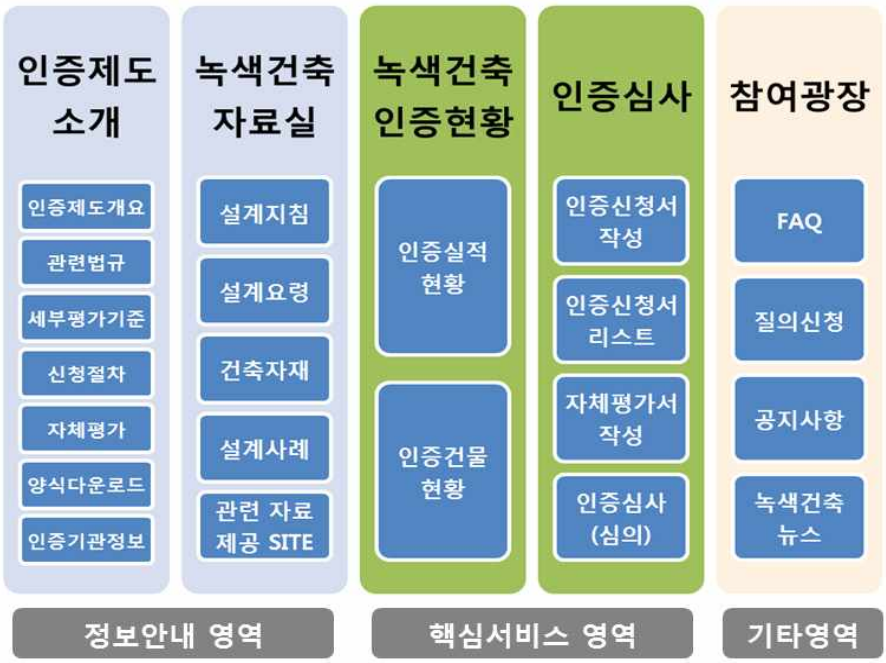


그림 2.117 인증시스템 전체 구조도

- 웹사이트 접속시 보여지는 메인화면은 스크롤을 이용하여 핵심서비스 영역과 정보안내 및 기타 영역의 하위 메뉴에 바로 접근이 가능하도록 아이콘화 하였다.



그림 2.118 녹색건축 인증 통합 시스템 메인화면

- 위의 메인화면을 제공 영역에 따라 분류하면 다음 그림과 같다. 웹사이트 접속시 메인 이미지가 바로 보여지게 되며, 스크롤을 이용하여 하단으로 이동시 본 웹시스템의 주요 서비스가 되는 핵심 서비스 영역(인증신청서 작성, 자체평가서 작성, 인증심사(심의))을 배치시키고, 그 밑에 정보안내 및 기타 영역이 오도록 구성되어져 있다.



그림 2.119 웹시스템 메인화면 구성도

- 메인화면을 통해 사용자가 원하는 항목에 접근한 뒤에는 해당분야의 실행과 동시에 전체구조를 한눈에 볼 수 있도록 구성하였으며, 스크린 상단의 메뉴 네비게이션은 플래시 상단에 메뉴 내비게이션 바를 사용하여 원하는 컨텐츠 항목으로 이동할 수 있게 구성하였다. 메뉴 내비게이션 바는 플래시로 구성되어 메뉴 제목으로 커서를 가져갔을 때만 해당항목의 서브메뉴가 표시되는 풀오버 방식을 채택하였다.



그림 2.120 웹시스템 실행 화면

(가) 정보시스템 홈페이지 구축

- 홈페이지를 접속한 사용자는 인증심사를 신청하기에 앞서 기본적인 자료부터 전문적인 자료까지 구체적인 정보를 얻기를 원한다. 사용자가 원하는 1차적인 정보로 인증제 소개 메뉴와 녹색건축자료실을 구성하였고, 2차적으로 그 외 질의사항에 대해 해결해 주기 위해 참여광장에 질의신청 탭을 구성하였다.

① 인증제 소개

- 인증제도 소개 메뉴는 녹색건축 인증제 통합운영시스템 사용자에게 녹색건축물 인증제도에 관한 기본적인 정보를 상세히 제공하기위한 부분으로 인증제도개요, 관련법규, 세부평가기준, 신청절차, 양식다운로드, 인증기관정보, 자체평가의 7개 하위메뉴로 구성되어 있다.

- 인증제도 개요
  - 인증제도 개요 부분은 친환경 홈페이지를 처음 방문한 사용자에게 녹색건축 인증제에 대한 배경 및 목적, 인증제도 연혁, 기대효과와 영문이름으로 선정된 G-SEED의 배경 및 의미에 대한 내용을 확인할 수 있도록 하였다. 상단의 원하는 항목을 클릭하게 되면 해당내용이 바로 하단에 펼쳐져 내용확인이 가능하도록 구성하였다.

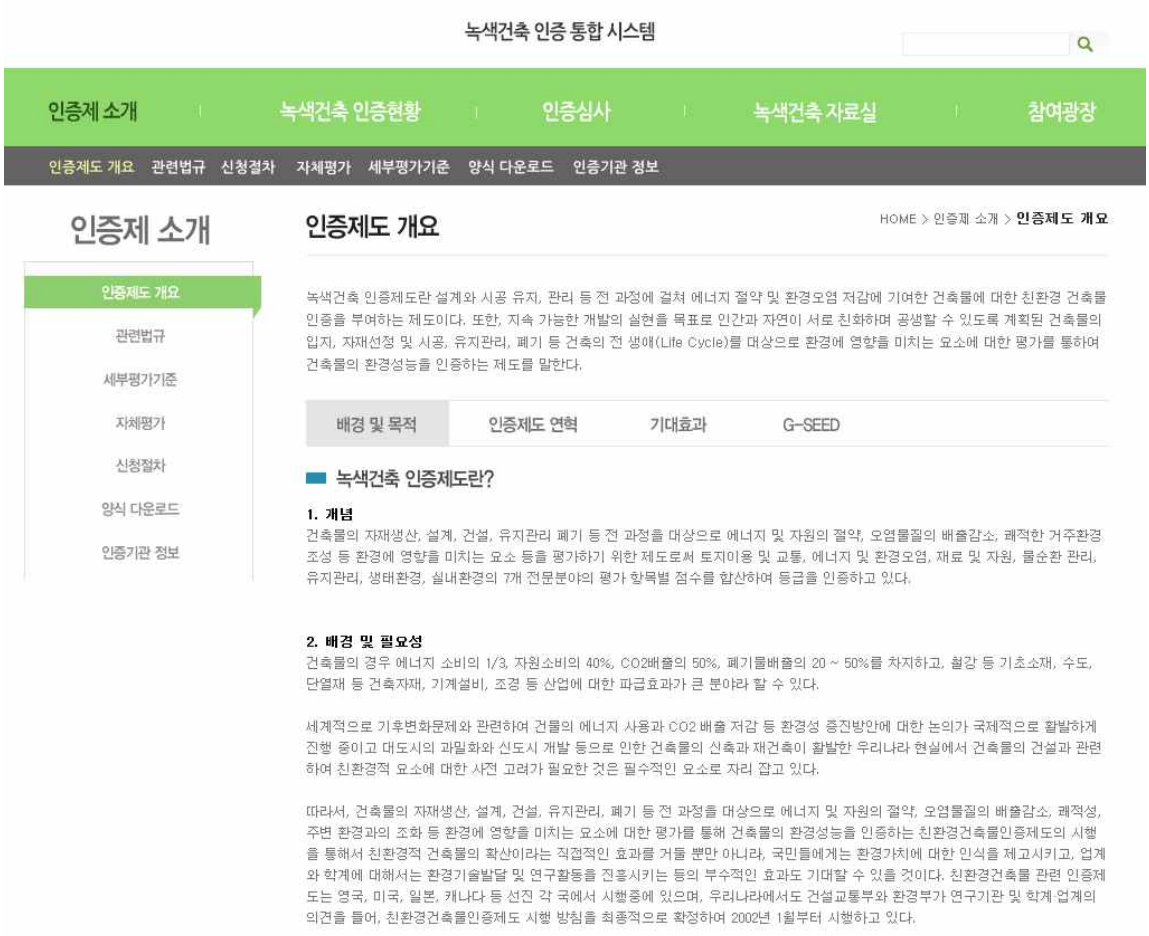


그림 2.121 인증제도 소개 내 인증제 개요 화면

- 관련법규
  - 녹색건축물 인증제도와 관련된 법규를 다운받을 수 있는 페이지로, 「녹색건축물 조성지원법」, 「녹색건축물 조성지원법 시행령」, 「녹색건축물 조성지원법 시행규칙」, 「녹색건축인증규칙」, 「녹색건축인증기준」에 관한 내용을 해당명 클릭시 한글 문서로 다운로드 받을 수 있다. 새로운 법규가 제정 및 개정될시 이 페이지의 내용도 즉시 업데이트가 이루어지도록 구성하였다.



그림 2.122 인증제 소개 내 관련법규 화면

- 신청절차
  - 신청절차 페이지는 녹색건축물 인증을 받기위한 세부절차를 설명해 놓은 페이지로 예비인증단계에서부터 본인증단계까지 기준 및 규칙에 의해 인증을 받고 결과보고를 받을 때까지의 절차를 단계적으로 설명해 놓았다.
  - 신청절차에 대한 부분은 사용자들의 이용 빈도가 높은 메뉴로 메인화면과 인증제소개 메뉴에도 하나의 항목으로 편성해 이용자의 웹사이트상의 이용에 어려움이 없도록 구성하였다.



그림 2.123 인증제 소개 내 신청절차 화면

- 세부평가기준
  - 세부 평가기준은 각 용도별(총 112개) 인증심사기준이 나타나있는 페이지로, 상단의 셀렉트박스를 통해 해당 용도를 클릭하면 해당 건축물 평가 시 적용되는 평가항목 및 세부평가기준, 배점을 확인할 수 있다.



그림 2.124 인증제 소개 내 세부평가 기준 화면

- 자체평가
  - 자체평가 페이지에서는 각 용도별(총 112개) 모의 인증심사를 해볼 수 있도록 구성되어져 있다.



그림 2.125 인증제 소개 내 자체평가 화면

- 양식 다운로드
  - 녹색건축인증의 신청과 진행을 위해 필요한 다양한 양식들을 다운 받을 수 있는 페이지로, 해당 양식명을 클릭하면 한글문서(hwp)로 관련 내용을 다운받을 수 있다.



그림 2.126 인증제 소개 내 양식다운로드 화면

- 인증기관 정보
  - 녹색건축 인증업무를 수행하고 있는 인증기관의 이름, 주소, 전화번호와 같은 정보를 제공한다. 현재 인증업무를 진행하고 있는 총 11개의 기관(한국토지주택공사 주택도시연구원, 한국에너지기술연구원, 크레비즈인증원, 한국교육환경연구원, 한국환경산업기술원, 한국시설안전공단, 한국감정원, 한국환경공단, 한국생산성본부인증원, 한국그린빌딩협의회, 한국환경건축연구원)의 관련 정보가 제공되고 있으며, 해당기관명을 선택하면 각 인증기관의 홈페이지로 바로 접속할 수 있도록 링크기능이 되어 있다.



그림 2.127 인증제 소개 내 인증기관 정보 화면

② 녹색건축 인증 현황

- 인증현황에서는 인증을 받은 인증건축물의 실적현황과 항목별 득점현황, 그리고 인증 건물에 대한 현황을 확인할 수 있도록 구성되었다.

- 인증실적 현황
  - 인증실적현황에서는 녹색건축인증을 받은 실적을 인증단계별, 건물용도별, 지역별로 누계 및 총건수의 통계치를 제공한다. 더불어 이에 대한 값을 그래프로도 제공하고 있다.

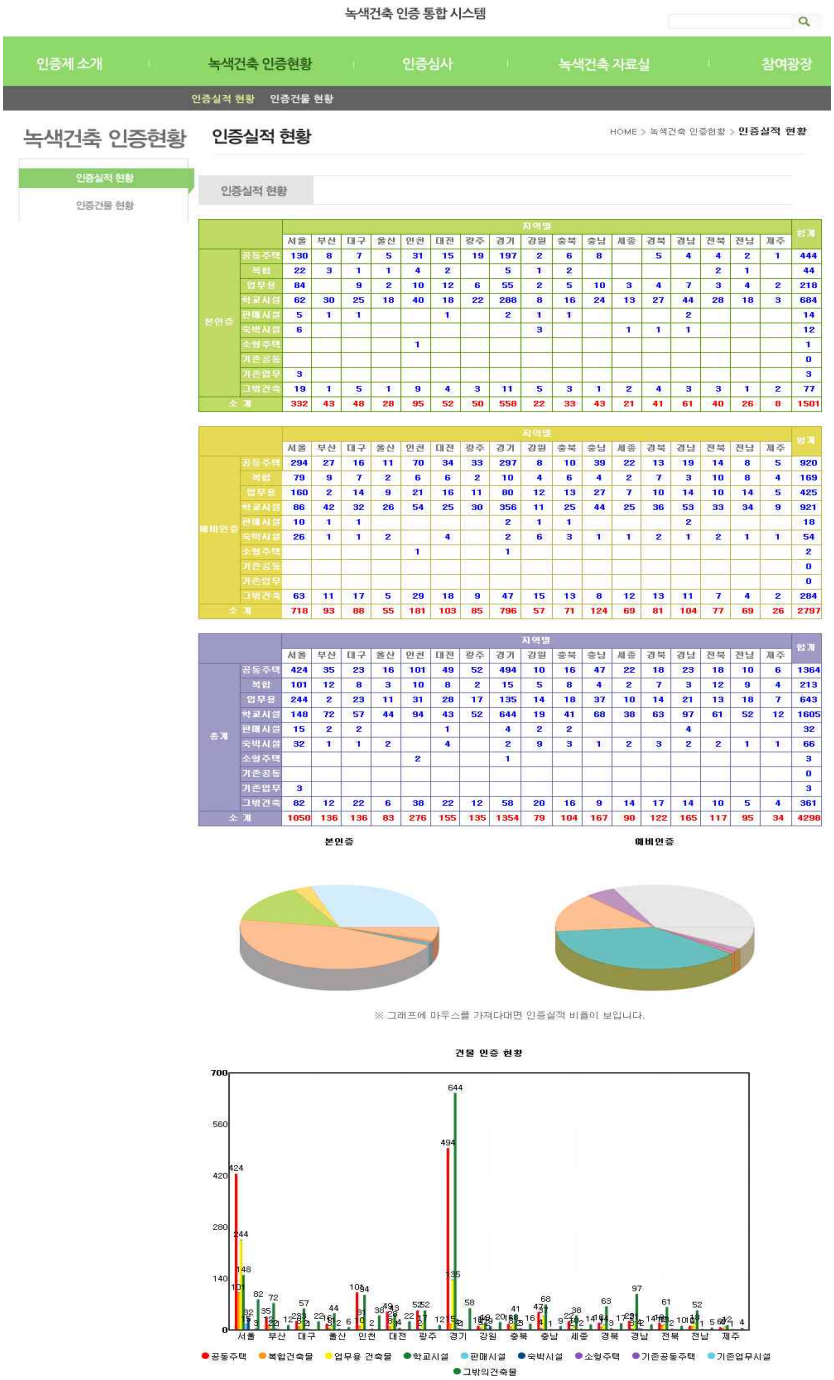


그림 2.128 녹색건축 인증현황 내 인증실적 현황 화면

- 인증건물 현황
  - 녹색건축 인증을 부여받은 건축물 현황을 쉽고 간단히 파악할 수 있도록 지역, 인증기준,인증단계, 인증등급, 인증기관, 건축물명, 인증번호로 세분화하여 검색 가능하도록 구성하였다. 분류기준을 다양하게 선택하여 검색할 수 있으며, 인증기관이 인증실적 입력 시 데이터화 되어 실시간으로 인증현황 정보가 업데이트가 되어 검색 가능하다.



그림 2.129 녹색건축 인증현황 내 인증건물 현황 화면

③ 녹색건축 자료실

- 녹색건축 자료실은 녹색건축물과 관련한 다양하고 보다 전문화된 자료를 제공하기 위하여 구성되었다. 녹색건축 자료실에는 녹색건축물 설계지침, 녹색건축물 설계요령, 녹색건축물 건축자재, 녹색건축물 설계사례, 녹색건축물 관련 자료제공 SITE의 하위 컨텐츠를 마련하였다.
- 녹색건축 자료실의 5개의 하단 컨텐츠는 아래 그림 녹색건축물 설계지침과 같이 정보를 제공받을 수 있도록 게시판 형태로 구성하여 관리자가 자료를 올리면 사용자가 자료를 다운받고 업데이트 시 삭제가 가능하게 하여 운영하도록 한다.
- 하단의 컨텐츠에는 녹색건축물 설계요령, 건축자재, 설계사례로 이용자에게 인증에 대한 친환경건축기법의 자세한 내용을 제공함으로써 보다 자연 친화적인 건축물의 설계기법 자료로 활용 할 수 있도록 구성하였다.



그림 2.130 녹색건축자료실 내 녹색건축물 설계지침 화면

(나) 인증시스템 홈페이지 구축

- 인증심사시스템에서는 인증심사(심의)의 온라인 진행을 위한 관련 페이지와 운영기관 및 인증기관의 관리자 페이지로 구성되어 있다.

① 인증심사

- 녹색건축인증을 받고자 하는 신청자와 심사(심의)자가 이용하는 메뉴로, 인증신청서 작성, 인증신청서 리스트, 자체평가서 작성, 인증심사(심의) 탭으로 구성되어 있다.
- 인증신청서 작성
  - 인증기관 지정
    인증신청서 작성메뉴를 클릭하면 1차적으로 11개 기관의 링크가 보여지는데, 그 중 인증신청을 하고자 하는 기관명을 클릭하여 인증기관을 지정하게 된다.



그림 2.131 인증신청서 작성 내 인증기관 선택 화면

· 인증신청양식 입력

인증기관지정 후 2차적으로 보이는 페이지로 신청자가 인증심사를 받기위해 그림과 같은 신청건축물에 대한 기본적인 사항을 입력하고, 하단의 신청하기 버튼을 누르면 인증신청이 완료된다. 완료된 인증신청서는 인증기관의 관리자 페이지 내에서 승인/불가 여부에 따라 자체평가서 관리가 가능하며 인증신청서 리스트 상에서 신청한 건축물 리스트를 확인할 수 있다.

신청서는 신청자, 건축주, 설계자, 공사시공자, 공사감리자, 신청건축물, 제도적·재정적 지원사항에 대한 내용을 기입하게 되어 있으며, 이에 앞서 총 112개의 건물용도 중 해당 건물용도를 선택하게 되어있다.



그림 2.132 인증심사 내 인증신청서 작성 화면

- 인증신청서 리스트
  - 신청자가 인증신청서를 작성하면, 인증신청서 리스트상에 건축물명 리스트가 생성되며, 신청서를 작성한 바로 직후에는 빨강색의 신청 텍스트가, 인증기관 관리자가 관리자 페이지를 통해 건축물 신청을 승인한 경우 파란색의 승인이라는 텍스트가 접수확인란에 표시되게 된다. 승인이후에 자체평가서 작성이 가능해진다.



그림 2.133 인증심사 내 인증신청서 리스트

- 자체평가서 작성
  - 자체평가서 리스트

    자체평가서 작성 메뉴에 들어가면 신청자 신청 후, 인증기관이 승인한 자체평가서 리스트가 보이게 된다. 접근가능 권한에 따라 신청자/삼자사/심의위원란에 파란색의 평가요망 텍스트가 표시되며, 신청자는 신청자란에 평가요망이라는 텍스트가 보이면 관련 자료 등록이 가능한 상태가 된다.



그림 2.134 인증심사 내 자체평가서 작성 화면

  - 자체평가서 작성

    자체평가서를 작성하기 위해서는 평가받을 건축물에 대한 공통자료를 선입력 해야 한다. 인증신청서 승인이후 자체평가서 최초 접근 시에는 평가관리란에 자료등록이라는 버튼이 뜨는데, 아래와 같이 건축개요 및 배치도, 평면도, 입단면도, 시방서,

도면 및 시방서에 대한 책임건축사확인서, 건축허가(사용)승인서, 조감도를 첨부하여 공통자료를 관리한다. 여기에 들어간 자료들은 추후 자체평가서의 하단메뉴버튼을 통해 수정 및 추가도 가능하다.

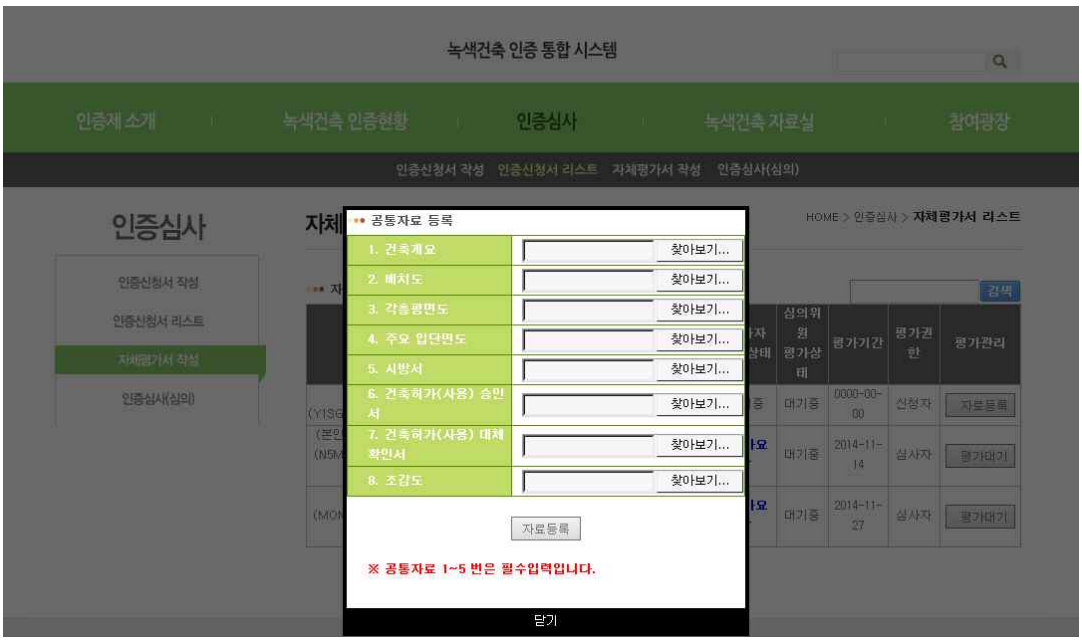


그림 2.135 인증심사▶자체평가서 작성▶자료등록화면

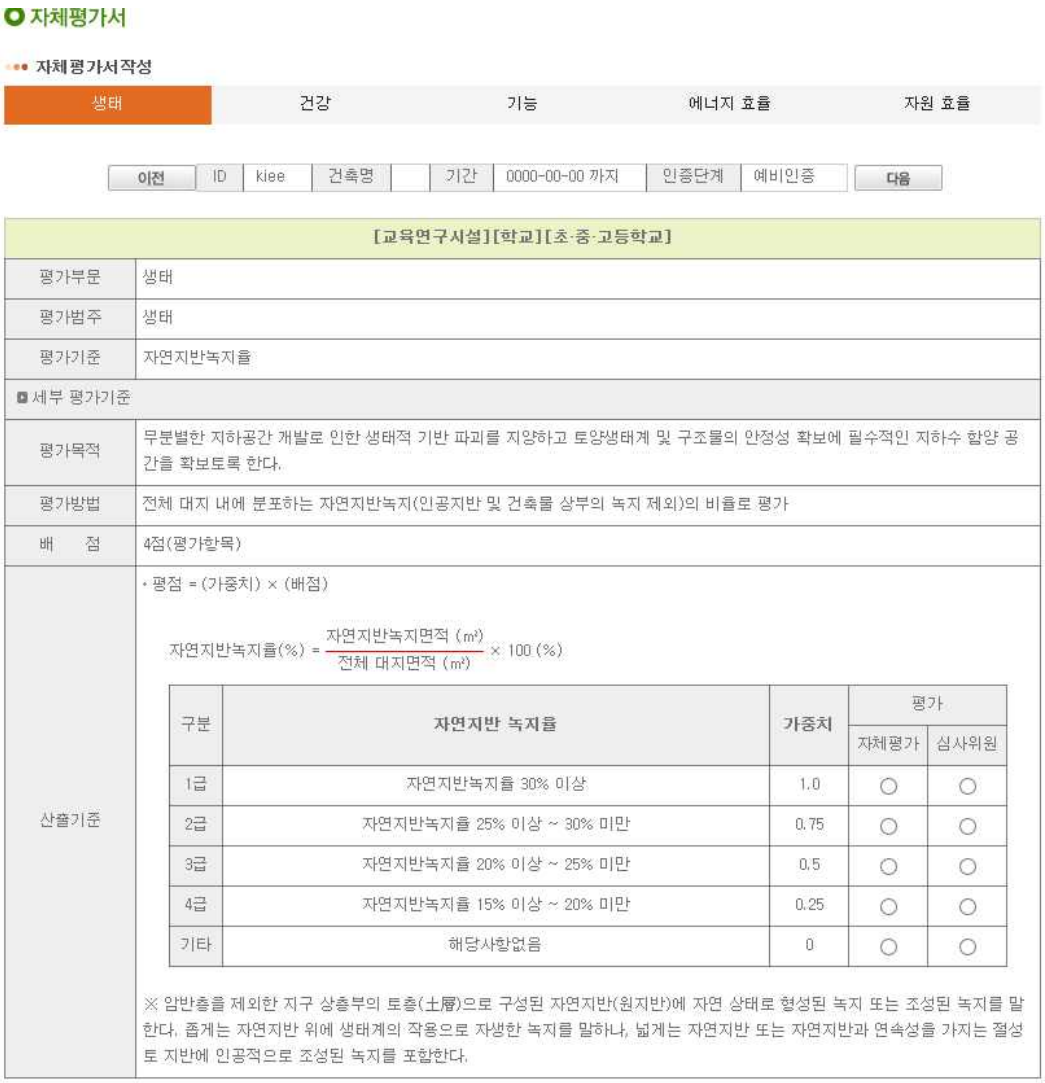
자체평가서의 공통자료를 모두 입력하고 자면 자료등록이었던 버튼이 평가보기로 바뀌며, 버튼을 클릭하여 해당 건축물의 자체평가서를 작성할 수 있게 된다. 평가보기 버튼을 눌러 평가서 작성을 완료 할 경우 평가대기 버튼으로 바뀌게 된다.



그림 2.136 인증심사 내 자체평가서 리스트 작성 화면

평가보기를 클릭하면 새로운 창으로 자체평가서가 뜨게 되는데, 다음 그림과 같이 상단에는 인증기준이, 하단에는 신청자가 관련 산출내용을 직접 기입할 수 있는 자체평가기입란이 마련되어 있다. 신청항목에 대한 점수신청을 위해서는 먼저 신청하

는 급수를 클릭하여 선택하고, 자체평가 산출내용에 관련 내용에 대한 설명을 기입한다. 상단의 신청급수를 클릭하면 하단의 빨간색으로 신청점수가 기입되며, 신청자 이름 우측의 서명날인을 클릭하면 도장이미지 삽입이 가능하다. 신청자 신청내용확인이 가능하며, 모든 항목에 대해서 도장확인이 되었을 경우, 마지막페이지의 점수집계표에서 점수반영이 가능하다.



자체평가서

자체평가서작성

생태 | 건강 | 기능 | 에너지 효율 | 자원 효율

이전 | ID | kiee | 건축명 | | 기간 | 0000-00-00 까지 | 인증단계 | 예비인증 | 다음

[교육연구시설][학교][초·중·고등학교]

평가부문	생태
평가범주	생태
평가기준	자연지반녹지율
◘ 세부 평가기준	
평가목적	무분별한 지하공간 개발로 인한 생태적 기반 파괴를 지양하고 토양생태계 및 구조물의 안정성 확보에 필수적인 지하수 함양 공간을 확보토록 한다.
평가방법	전체 대지 내에 분포하는 자연지반녹지(인공지반 및 건축물 상부의 녹지 제외)의 비율로 평가
배 점	4점(평가항목)
산출기준	• 평점 = (가중치) × (배점) 자연지반녹지율(%) = 자연지반녹지면적 (㎡) / 전체 대지면적 (㎡) × 100 (%)

구분	자연지반 녹지율	가중치	평가	
			자체평가	심사위원
1급	자연지반녹지율 30% 이상	1.0	○	○
2급	자연지반녹지율 25% 이상 ~ 30% 미만	0.75	○	○
3급	자연지반녹지율 20% 이상 ~ 25% 미만	0.5	○	○
4급	자연지반녹지율 15% 이상 ~ 20% 미만	0.25	○	○
기타	해당사항없음	0	○	○

※ 암반층을 제외한 지구 상층부의 토층(土層)으로 구성된 자연지반(원지반)에 자연 상태로 형성된 녹지 또는 조성된 녹지를 말한다. 좁게는 자연지반 위에 생태계의 작용으로 자생한 녹지를 말하나, 넓게는 자연지반 또는 자연지반과 연속성을 가지는 절성토 지반에 인공적으로 조성된 녹지를 포함한다.

그림 2.137 자체평가서 내 인증기준 부분

자체평가서 하단에는 다음 그림과 같이 (A)에서는 신청자가 직접 작성하는 자체평가 멘트란, (B)는 심사위원 평가 멘트란, (C)는 평가를 위한 근거자료를 업로드 하는 부분, (D)는 심사자가 현장 실사 사진과 같은 관련 자료를 업로드 하는 부분, (E)는 심의위원 멘트 및 평가가 이루어지는 부분으로 구성되어져 있다.

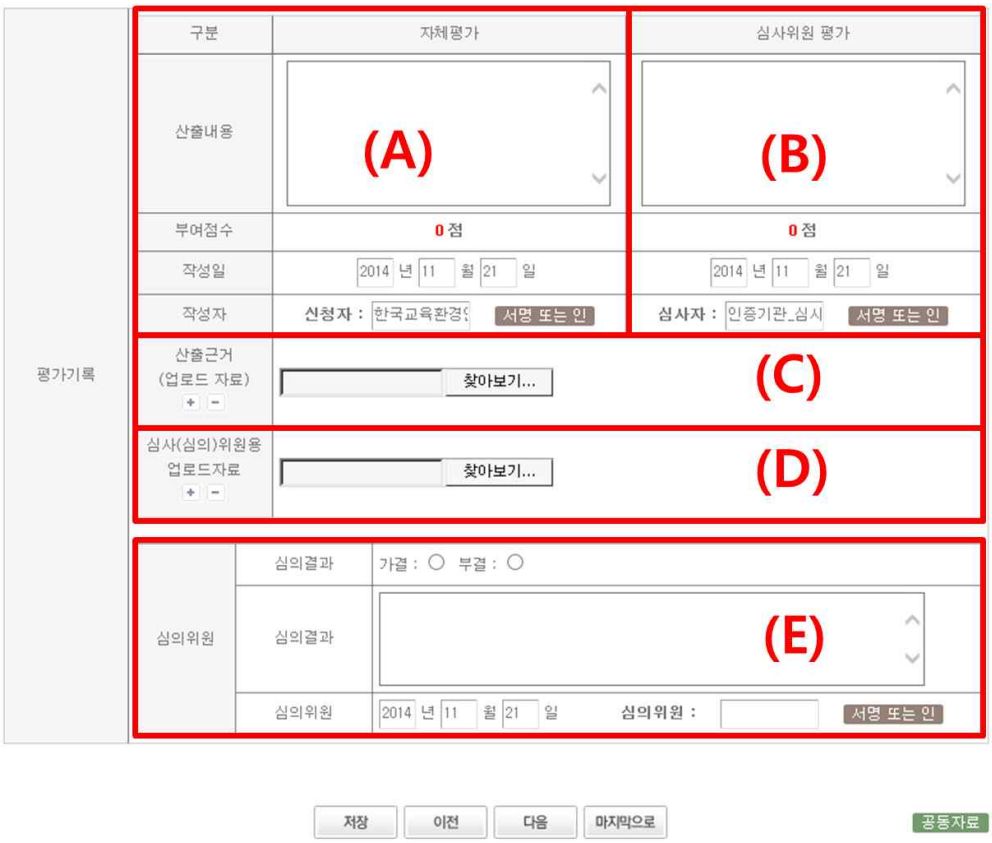


그림 2.138 자체평가서 내 평가기록 화면

- 인증심사(심의)
  - 인증심사(심의)위원 등록

    인증기관의 심사자와 심의위원은 회원관리 페이지를 통해 권한을 부여 할 수 있다. 심사자와 심의위원 개인이 웹시스템에 가입을 하게되면, 관리자가 회원관리 페이지에서 회원권한을 비회원, 회원, 운영기관, 인증기관, 정부기관을 선택한 뒤 심사 권한을 일반, 심사자, 심의위원으로 구분하여 등록할 수 있다.



그림 2.139 인증심사(심의)위원 등록 화면

· 인증심사

인증기관의 심사자는 인증심사(심의)메뉴를 통해 본인의 이름으로 된 심사리스트를 확인할 수 있다. 해당 건축물명을 검색하면 리스트 우측에 평가보기 버튼이 있는데, 버튼을 클릭해 들어가면 신청자가 작성한 자체평가서 내용을 확인할 수 있다. 앞서 나온 '자체평가서 내 평가기록 화면' 과 같이 신청자가 작성한 (A)부분과 (C) 산출근거부분에 신청자가 업로드한 근거자료를 다운받아 자료를 다운받아 검토한 후, (B)번부분에 평가내용에 대해 기술하도록 한다. 신청자와 마찬가지로 산출내용 상에 점수를 주어야한다.

더불어 현장실사 후 실사사진과 같은 자료의 업로드가 가능하며 (D)부분에 해당된다.

· 인증심의

인증심의는 인증기관 평가 후 평가분야별 구성된 인증심의위원들이 심의결과를 입력하는 부분으로 앞서 나온 '자체평가서 내 평가기록 화면' 그림의 (E)번 부분에 해당된다. 심의자는 심사자의 의견에 대해 가결/부결을 결정할 수 있으며, 관련내용에 대해 (E)부분에 기입하여 의견을 주고받을 수 있게 된다.



그림 2.140 인증심사 내 인증심사(심의)화면

② 자료관리

- 자료관리 부분에서는 인증관련 업무의 관리자적 측면의 내용을 담은 기능으로 일반인과 신청자의 아이디로 로그인을 하면 이 메뉴는 화면에 표시되지 않지만, 인증기관 및 운영기관의 아이디로 로그인 하게되면 웹시스템 우측 상단에 자료관리 버튼이 화면에 표시된다.
- 인증신청서 관리, 평가서 관리, 보완사항 확인이 가능하도록 구성되어져 있다.



그림 2.141 자료관리 버튼 활성화 화면

- 인증신청서 관리
  - 자료관리 내 인증신청서 관리 탭을 통해서 웹시스템으로 신청된 예비인증과 본인증을 포함하는 전체 인증신청서 확인이 가능하며, 해당 페이지에서 접수확인을 승인으로 바꾼 뒤, 심사자와 심의 위원을 등록한 뒤 자체평가서 생성 통보를 누르면 자체평가서가 생성되며, 자료관리 페이지 내 평가서 관리 페이지에 해당 건에 대한 자료가 생성된다.

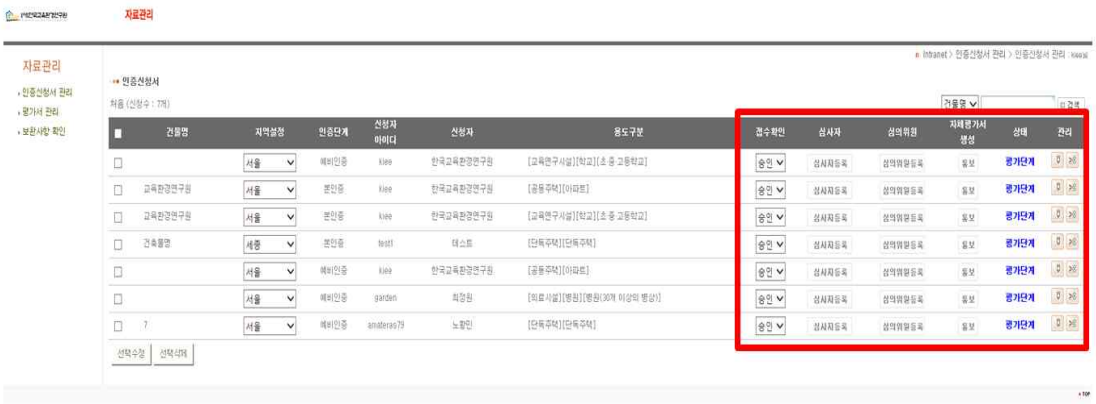


그림 2.142 자료관리 내 인증신청서 관리 화면

- 평가서 관리
  - 자료관리 내 평가서관리 탭을 통해 해당건의 진행상황과 심사이력을 확인 할 수 있으며, 평가권한을 신청자, 심사자, 심의위원으로 부여 할 수 있다.



그림 2.143 자료관리 내 평가서 관리 화면

  - SMS전송 기능

    해당페이지의 SMS전송 버튼을 누르면 아래 그림과 같은 화면이 뜨게 된다. 멘트를 저장하여 선택 할 수 있으며, 해당건의 담당자 번호로 문자를 전송 할 수 있도록 되어 있다.

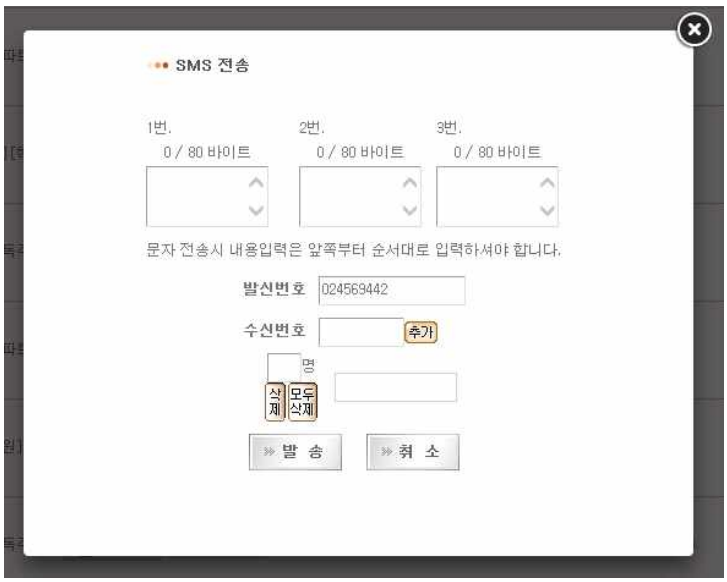


그림 2.144 평가서관리 내 SMS 전송 기능 화면

- 심사이력 관리 기능

  해당페이지의 심사이력 버튼을 누르면 아래 그림과 같은 화면이 뜨게 된다. 보완차수에 따른 심사 일정과 소요일이 자동으로 표시되며, 심의 일정 또한 표시된다. 그에 따른 총 소요일과 잔여일을 확인 할 수 있다.



그림 2.145 평가서관리 내 심사이력 확인 화면

- 보완사항 확인
  - 자료관리 내 보완사항 확인 탭을 통해 해당건의 진행상황과 상세내용 및 보완사항을 확인 할 수 있다.



그림 2.146 자료관리 내 보완사항 확인 화면

· 보완사항 상세보기 기능

해당페이지의 상세보기 버튼을 누르면 아래 그림과 같은 화면이 뜨게 된다. 해당항목의 자체점수와 심사점수, 자체평가를 확인 할 수 있으며, 심사위원과 심의위원의 평가 멘트 또한 한번에 확인이 가능하다.

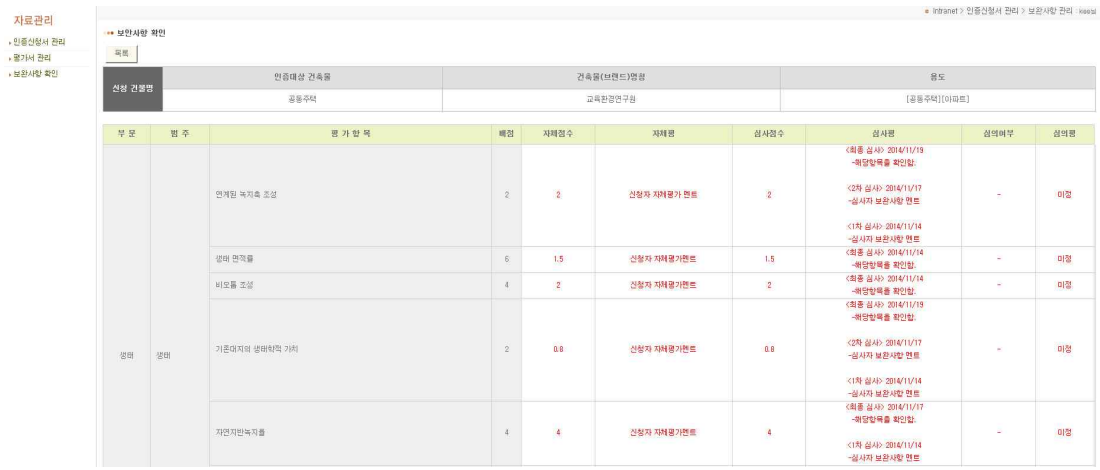


그림 2.147 보완사항 상세보기 화면

(다) 기타영역 홈페이지 구축

- 기타영역은 정보시스템영역과 인증시스템영역 외의 부분으로 참여광장이 여기에 해당된다.
- 참여광장

녹색건축물 인증과 관련된 이용자의 인증관련 질의 및 문의를 해소와 참여를 유도를 위하여 , FAQ, 질의신청, 공지사항, 녹색건축뉴스로 구성되어 있으며, [참여광장]의 게시물은 기본적으로 누구나 열람할 수 있지만, 또한 공지사항과 관련뉴스 작성은 관리자의 운영권한으로 제한한다.

· FAQ

FAQ는 녹색건축물 인증제도나 인증업무에 대해 자주 질문이 행해지는 내용을 질문과 답의 형식으로 정리하여 이용자들이 확인 할 수 있도록 한 페이지로 다른 참여광장과 마찬가지로 관리자 및 각 운영기관과 인증기관만이 게시물을 작성할 수 있도록 제한하였다. 질문유형에 따라 분류1,분류2,분류3으로 묶어놓으며, 상단의 검색바를 통해 관련 질의에 대한 검색도 가능하다.

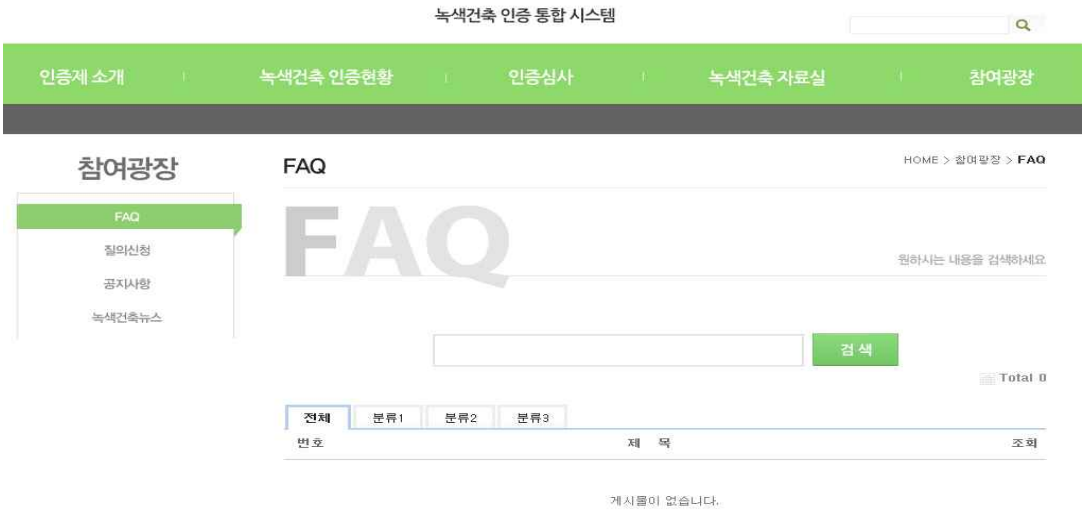


그림 2.148 참여광장 내 FAQ화면

· 질의신청

민원신청부분은 신청자가 녹색건축 인증관련 사항에 대해 문의점이 발생했을 시, 인증기관 중 원하는 인증기관을 지정하여 질의를 하고 답변을 받을 수 있는 부분이다. 민원신청 시 게시물을 입력시 질의 내용을 텍스트나 첨부파일 형태로 올리게 되면 선택된 해당인증기관의 담당자에게 메일이 발송되고 담당자 확인 후 답변을 달리는 체계로 답변이 완료되면 게시물에 완료표시가 된다. 해당질의는 질의를 한 사람과 해당 기관만이 열람이 가능하도록 하고 있다.



그림 2.149 참여광장 내 질의신청 화면

· 공지사항

녹색건축물 인증제도와 인증업무에 관련된 공지사항을 게재하는 페이지로서 메인페이지와 연동되어 최근 게시물이 메인화면에서 바로 확인이 가능하다. 모든 사람이 접근 가능하지만, 관리자 및 각 운영기관과 인증기관만이 게시물을 작성할 수 있도록 제한되어있다.



그림 2.150 참여광장 내 공지사항 화면

- 녹색건축뉴스

  녹색건축물 인증제도, 녹색건축물과 관련한 다양한 정보와 인증업무와 관련된 뉴스나 정보를 게재하는 부분으로 공지사항과 마찬가지로 운영기관과 인증기관에게만 게시물을 작성할 권한이 있다.

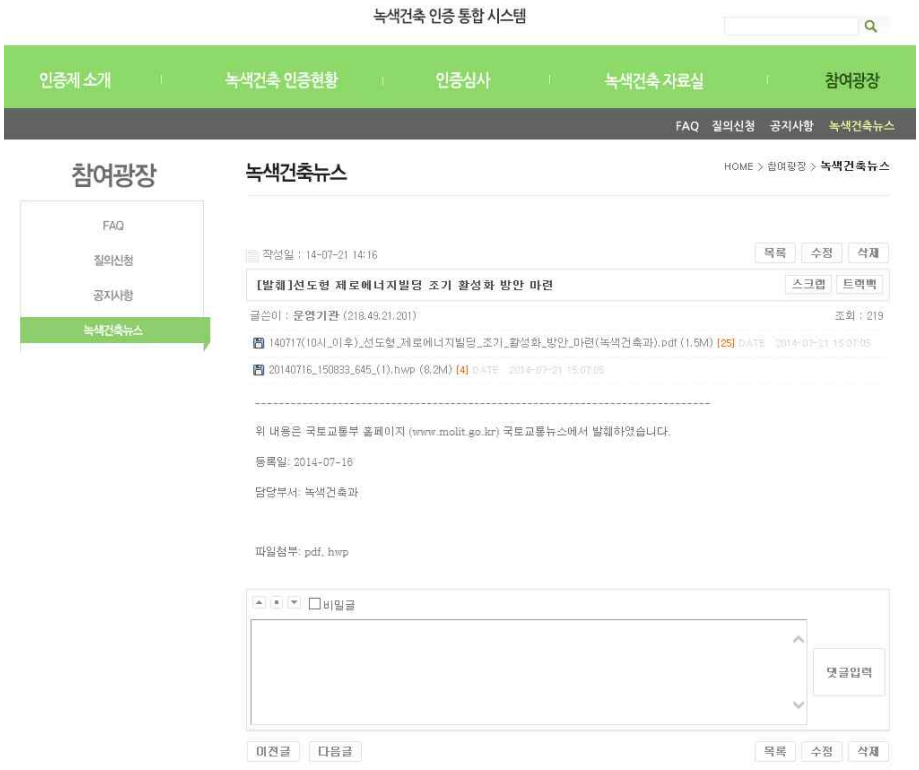


그림 2.151 공지사항 내 녹색건축뉴스 화면

5. 녹색건축 전문가 자격시스템 운용방향 설정

가. 연구내용

(1) 자격종목 개발 방향
- 직무정의, 직무분석 및 자격체계 설정
- 직무모형

(2) 자격종목 개발 방안

(3) 자격제도 활성화 방안

나. 분석결과 및 결론

(1) 자격종목 개발 방향

(가) 직무정의, 직무분석 및 자격체계 설정

① 직무정의

본 절은 녹색건축전문가에 대한 직무정의, 세분화할 경우 녹색건축설계사, 녹색건축평가사, 녹색건축관리사의 업무수행에 따른 직무를 정의하고자 한다. 직무의 정의는 분석하고자 하는 직업을 효과적으로 표현하는 것이므로 가장 중요한 단계라고 할 수 있다.

- 녹색건축 전문가

녹색건축 전문가는 녹색건축과 관련된 기술 및 제도에 대한 전문지식을 습득하고 녹색건축 계획 및 설계, 공사(감리) 등에 참여하여 기술적 조언을 수행하는 직무이다.

· 녹색건축설계사

녹색건축설계사는 녹색건축설계와 녹색건축계획의 방향을 설정하고, 친환경 인증기준에 적용할 수 있도록 조언 및 상담의 역할을 하며, 녹색건축에 대한 인증관련 문서작업과 관리의 업무를 수행하는 직무이다. (녹색건축관리사는 녹색건축의 유지관리를 위한 계획을 수립하고, 녹색건축물의 에너지 사용 관리 등의 업무를 수행하는 직무이다.

· 녹색건축평가사

녹색건축평가사는 녹색건축물에 평가도구를 사용하여 건물을 평가하고, 인증평가 문서 및 자료를 작성하며, 에너지 및 LCCO2 분석 등의 업무를 수행하는 직무이다.

녹색건축 직무		직무범위
녹색건축전문가	녹색건축설계사	녹색건축설계, 감리, 녹색건축유지관리 등
	녹색건축평가사	녹색건축평가

② 직무분석

일반적으로 직무분석은 교수 및 관련업체 종사자 등으로 구성된 전문가협의회를 거쳐 실시해야 하나 본 절에서는 직무분석에 대한 사전검토 및 초안작성의 개념으로 개략적인 직무분석을 실시하도록 한다.

- 직무분석 방법

  직무분석은 분석대상 직무의 성격 및 수집자료의 용도, 분석 조건 등에 따라 다양한 방법으로 시행할 수 있으며 일반적으로 다음과 같은 절차[35]를 통해 실시한다.

표 2.46 직무분석의 절차

단계	절차	방법	내용
1단계	직무분석준비	요구분석 자료조사 및 면담	직무분석 목적 설정 →관련 정보 및 자료수집 →SME와 교육훈련 전문가 선정
2단계	직무의 모형설정	1차 직무분석 회의	직무분석 목적, Process를 설명 →직업, 직무의 정의 →책무, 작업의 영역 작성 →1차 현장 검토
3단계	직업명세서 및 작업분석	2차 직무분석회의	→직업 명세서 작성 →직업기초능력 분석 →직무 명세서 작성(교육훈련 필요도 및 적용방법 결정) →작업명세서 작성 →2차 현장 검토
4단계	시험과목 개발 행렬표 작성	3차 직무분석회의	→작업/지식 · 기능 행렬표 작성 →작업/코스 행렬표 작성
5단계	출제기준 개발	4차 직무분석회의	→출제기준 작성 →검정기준,방법, 응시자격 등 설정

③ 자격체계설정

- 자격체계 방향

  외국의 경우 녹색건축 자격체계는 미국의 LEED와 같이 AP개념의 단일자격체계로 가는 경우와 영국의 BREEAM과 같이 AP와 ASSESSOR개념의 이중자격체계로 가는 경우가

35) 박종성, DACUM법을 이용한 환경영향평가사 자격의 시험과목 및 출제기준 개발 연구, 한국공학교육학회, 제13권 제6호 2010.12 p35

있다.

자격체계 설정 방향은 각 대안별 특성과 장단점을 분석하여 각 분야 전문가의 의견을 수렴하여 결정하도록 하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 크게 녹색건축설계사(AP) 단일 자격체계로 운영하는 안과 녹색건축설계사와 평가사로 이원화해서 운영하는 안을 설정하여 장단점을 개략적으로 분석하도록 한다.

- 자격체계 설정 대안

녹색건축설계사 단일 자격제도 개념을 도입하여 설계사 자격자에게 녹색건축 설계참여 및 평가관련 업무 등 전반적인 자격을 부여한다.

녹색건축설계 전반의 업무를 할 수 있는 단일자격제도로 운영되므로 일정수준의 실무경력과 교육훈련을 받도록 한다.

지원자가 일정 기간의 경력과 교육훈련기관을 통한 교육을 이수한 후, 시험을 통과하게 되면 녹색건축설계사의 자격을 부여하도록 한다.

녹색건축설계사는 신축 건물에 관하여 설계사, 기존 건물에 대하여 관리사 개념을 도입하고, 녹색건축설계사가 설계에 참여시 인증기준에 부합한 가점을 부여하도록 한다

녹색건축설계사가 참여한 설계 프로젝트를 인증을 접수하고 평가서류 또한 작성하여 인증접수과정을 수행하도록 한다. 그 후, 인증기관으로부터 심사와 심의를 거쳐 인증을 부여하도록 한다.

자격제도 운영관리가 용이하며, 녹색건축 관련 전반적인 지식을 확보한 전문가 양성 및 시장 활성화에 유리하다.

자격취득가능 경력설정에 어려움이 있을 수 있다.

설계사개념의 단일체계로 운영하되 경력 및 업무범위 등을 구분하여 1급(설계사 개념)과 2급(평가사 개념) 으로 운영하는 대안이 있을 수 있다.

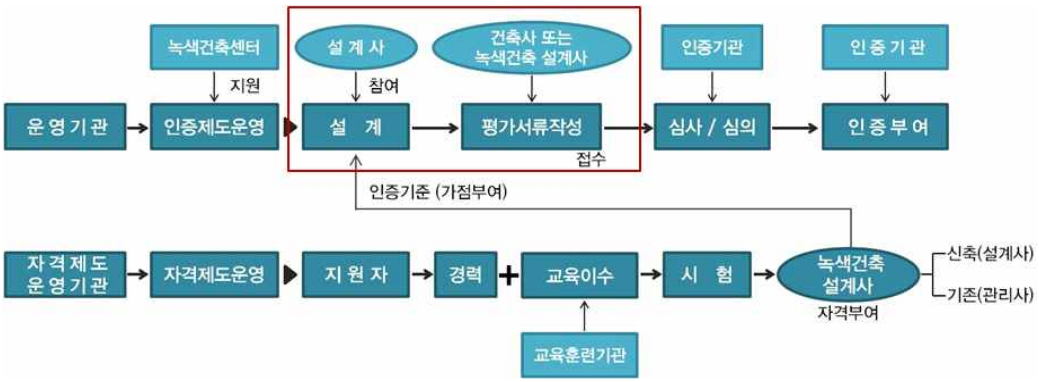


그림 2.152 자격제도 구축체계 (1안)

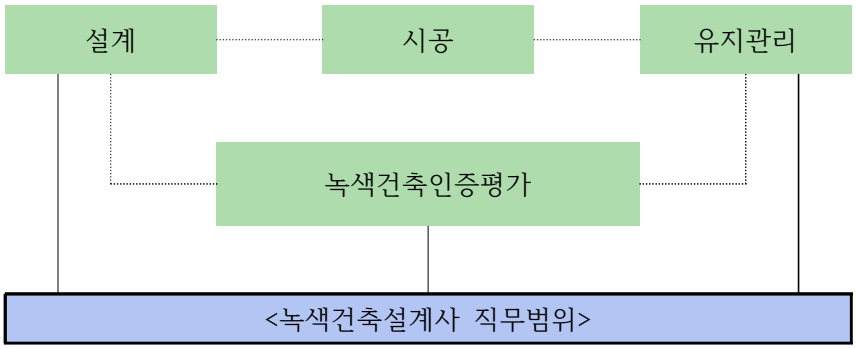


그림 2.153 녹색건축설계사 직무범위

녹색건축설계사와 녹색건축평가사 자격제도 개념을 동시에 운영한다.
지원자가 일정기간의 경력을 지니고 설계사/평가사 교육을 이수한 후, 시험을 통과하면 신청 자격에 따라 녹색건축설계사 혹은 녹색건축평가사의 자격을 부여받는다.(평가사의 경우 별도의 경력을 요구하지 않을 수도 있음)
1안과 마찬가지로 녹색건축설계사는 신축건물과 기존건물에 따라 설계사 혹은 관리사의 명칭을 따르게 되며 설계에 참여하면 인증기준에 따라 가점이 부여된다. 녹색건축평가사는 면허 자격이 부여되는 것으로, 설계가 끝난 프로젝트의 인증 신청을 위하여 평가서류를 작성하도록 한다. 그 후, 인증기관의 심사 및 심의 과정을 거친 후 인증을 부여받는다.
별도의 평가사제도를 통해 기존의 인증 대행사를 친환경 건축전문회사로 양성화 가능하다.
교육 및 시험과목, 자격요건 등 자격증의 중복적인 성격이 있다.

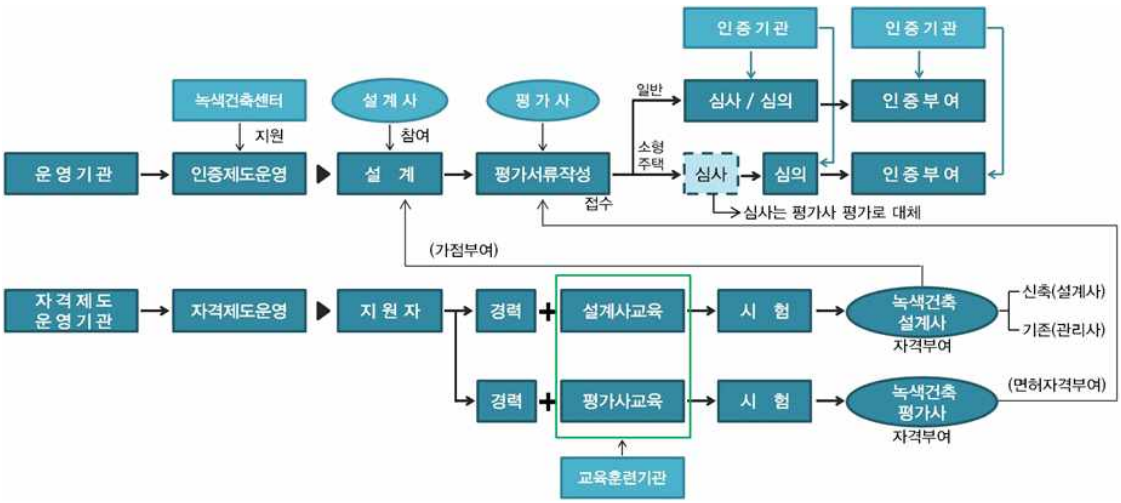


그림 2.154 자격제도 구축체계 (2안-2)

대안2에 대한 변형안으로 평가사의 직무범위를 평가 소형주택에 대한 심사까지 포함하는 것으로 설정할 수 있다.
소형주택은 타 건축물보다 심사 과정에 소요되는 시간이 적으므로, 이 경우에는 면허자격이 부여된 녹색건축평가사의 평가로 심사를 대체함. 그 후에 인증기관으로부터 인증을 부여받는다.

이러한 과정들에 의해 소형주택의 수요 및 심사비 부담에 대한 대응이 용이할 것이다.

- 자격제도 운영방향

녹색건축물 인증제도의 시행기관인 국토교통부와 환경부에서 자격제도와 인증제도를 운영하며 두 제도를 총괄한다.

인증제도 운영기관은 지정될 예정이며 인증제도를 총괄하고 녹색건축센터와 정보를 공유하고 지원을 받고, 녹색건축물 인증기관을 지원한다.

녹색건축센터는 크게 녹색건축사업과 녹색건축을 지원하고, 녹색건축물 인증기준을 연구·개발·보급하는 역할을 한다.

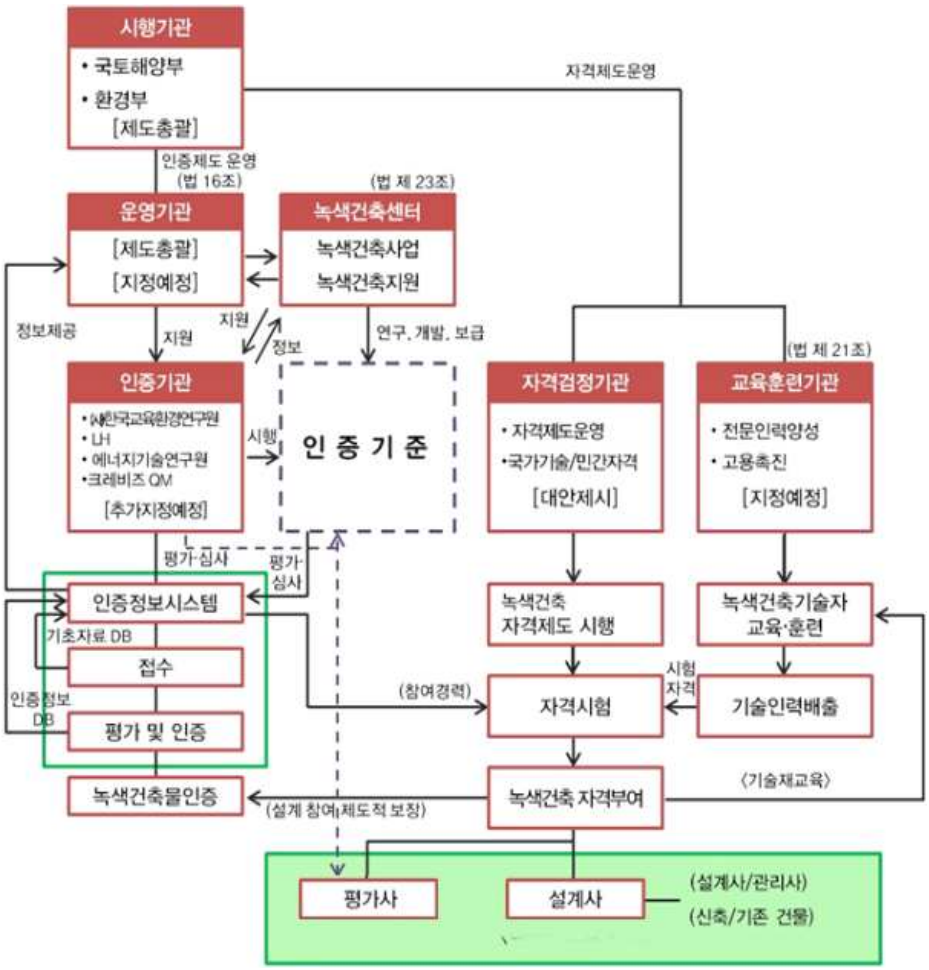


그림 2.155 녹색건축전문가 자격제도 운영체계(안)

인증기관은 현재 (사)한국교육환경연구원, LH, 에너지기술연구원, 크레비즈 QM 등 기존 4개기관에서 추가로 지정된 7개 기관까지 총 11개 기관이 지정되어있다. 인증기관은 녹색건축센터에서 제정한 인증기준에 따라 심사 및 심의 절차를 거치며, 녹색건축센터와 운영기관의 지원을 받는다.

인증 접수를 하면서 제출된 기초자료, 평가 및 인증을 통한 인증정보들은 데이터베이스화 되어 인증정보시스템을 통해 보관 및 관리되며 운영기관에 정보를 제공한다.

자격제도는 자격검정기관과 교육훈련 기관을 두고 운영되도록 한다.

자격검정기관은 전반적으로 자격제도를 운영하며, 국가기술자격 혹은 민간자격으로서의 자격관리를 행하며 이에 대한 대안은 향후 제시하기로 한다. 녹색건축자격 제도를 시행하여 자격시험을 주관하고 시험에 따라 설계사 및 평가사의 녹색건축 자격을 부여. 또한, 부여받은 자격을 녹색건축물 인증과정에 연계하여 제도적으로 보장할 수 있도록 한다.
교육훈련기관은 전문인력을 양성하고 고용을 촉진하는 역할을 수행하는데, 그 기관은 지정예정에 있다.
녹색건축기술자와 관련된 교육 및 훈련을 주도하며 기술인력을 배출하도록 한다. 교육 및 훈련을 이수하면 자격검정기관에서 주관하는 시험의 자격을 부여받으며, 만약 자격시험을 통과하지 못하는 자에 한해서는 녹색건축기술자 교육·훈련을 다시 이수하도록 한다.
녹색인력양성제도의 안정적 시행을 위해서 다양한 의견수렴과 개선과정 등을 거치기 위해 초기에는 민간자격증제도로 운영하고 법제화 및 인증기준개정, 타 자격제도와의 관계성 등을 면밀히 검토하여 점차 국가기술자격 제도로 전환하는 것이 바람직할 것이다.

(나) 직무모형

- 본 연구에서는 녹색건축전문가의 전체적인 직무모형을 아래의 표와 같이 설정하였다. 직무모형은 그 직업이 어떠한 직무를 수행하는지 전반적으로 알 수 있도록 해주는 가장 기초적이고 중요한 요소이다. 녹색건축전문가의 직무로 첫째, 녹색건축 요소분석, 둘째, LCA 분석, 셋째, 녹색건축 설계·관리, 넷째, 인증자료 관리 및 평가서작성 등으로 설정하였으며 각 책무의 특성을 고려하여 책무당 5개 내외의 세부작업을 도출하여 총 21개의 작업을 직무모형으로 설정하였다.

표 2.47 녹색건축전문가 직무모형

	책무	작업							
설계	A 녹색건축 요소분석	A-1 녹색건축 요구조건 분석	A-2 분야별 지침분석	A-3 인증기준분석	A-4 적용요소 설정				
설계	B LCA 분석	B-1 LCA 요구 조건 분석	B-2 LCA 관련 기준분석	B-3 에너지 /LCCO2 /경제성 관련 적용요소 설정	B-4 LCA 설계반영 요소 설정				
설계	C 녹색건축 설계·관리	C-1 설계관리 계획수립	C-2 현황분석	C-3 녹색건축 요소적용 검토	C-4 설계안 제시	C-5 녹색요소 및 LCA 평가	C-6 녹색 설계대안 제시	C-7 녹색요소 현장감리	C-8 녹색건축설계 보고서 작성
평가	D 인증자료 관리 및 평가서작성	D-1 인증기준 적용요소 분석	D-2 현장확인	D-3 근거자료 수집 및 작성	D-4 적용요소 분석	D-5 인증평가 서류작성			

표 2.48 녹색건축전문가 직무와 관련 직무능력

책무(직무범위)		직무(작업)내용	관련 직무능력 code (능력단위명)
설계	녹색건축 요소 분석	녹색건축 요구조건 분석	080303010505 (인증제도검토) 080303010705 (친환경계획수립)
		분야별 지침분석	
		인증기준분석	
		적용요소 설정	
	LCA 분석	LCA 요구조건 분석	080101030710 (에너지온실가스저감)
		LCA 관련 기준분석	
		에너지/LCCO2/경제성 관련 적용요소 설정	
		LCA 설계반영요소 설정	
	녹색건축 설계 · 관리	설계관리 계획수립	080303011205 (설계관리) (건축설계능력군)
		현황분석	
		녹색건축 요소적용 검토	
		설계안 제시	
		녹색요소 및 LCA 평가	
		녹색 설계대안 제시	
		녹색요소 현장감리	
		녹색건축설계 보고서 작성	
평가	인증자료관리 및 평가서 작성	인증기준 적용요소 분석	080301000110 (자료 관리)
		현장확인	
		근거자료 수집 및 작성	
		적용요소 분석	
		인증평가 서류작성	

(2) 자격종목 개발 방안

- 자격제도의 명칭에 대해서는 한글명 녹색건축공인전문가, 녹색건축전문가, 녹색건축설계사, 녹색건축사 등과 영문명 G-SEED AP(Accredited Professional), G-SEED GP(Green professional) 등이 자격제도 명칭으로 고려되었으며, 이 중 녹색건축공인전문가와 녹색건축전문가, G-SEED AP(Accredited Professional)와 G-SEED GP(Green professional)에 대해 보다 긍정적인 재고가 가능할 것이다.
- 자격제도의 구축체계에 있어서 응시자의 경력 및 직무범위를 고려해 자격제도의 등급구분이 가능하나 초기에는 단일자격체계로 추진하고 추후 시장상황을 고려하여 단계적으로 추가도입을 검토하는 방향으로 추진하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 녹색건축전문가 직무범위는 녹색건축설계 참여시 가산점 부여와 녹색건축인증 평가서류작성 및 관리는 추후 단계적으로 도입 검토하는 방안을 포함하여 직무범위를 설정하도록 해야 할 필요가 있다.
- 녹색건축전문가 경력제한은 상위등급의 자격요건으로 건축사를 포함한 특급수준의 경력 요구와 하위등급의 경우 관련전공 초급수준 학. 경력 요구하는 것으로 하는 것이 바람직할 것이다.

(3) 자격제도 활성화 방안

- 녹색건축전문가 교육프로그램은 사전전문교육과 사후보수교육을 모두 운영하는 방안이 적절할 것으로 판단된다.
- 사후보수 교육이 과도한 부담이 될 경우 사후보수 교육의 여부를 가점에 반영할 수

있는 방안 마련에 대한 검토가 필요하다.

- 녹색건축전문가 자격시험은 녹색교육기관과는 별도의 자격검정 기관에서 운영하는 방안으로 마련하는 것이 바람직할 것이다.
- 교육 프로그램 마련에 있어서는 녹색건축 인증기준에 관련된 프로그램의 비중을 높게 하고 실무에 실질적으로 도움이 되는 방향으로 운영되어야 한다. 더불어 사후 보수교육 프로그램에 유지관리 관련 교육 마련을 통해 실무에서 활용 가능하도록 하는 것이 바람직할 것이다.

6. 녹색건축인증제 홍보방안 및 인센티브 연계방안

가. 연구내용

(1) 녹색건축인증제 브랜드네이밍

- 영문 브랜드네이밍 필요성
  - 국내 녹색건축인증제의 상징성 부각 및 인지도 향상과 글로벌 시장에서의 브랜드강화를 위해 국제적으로 통용될 수 있는 영문 브랜드네임이 필요함
  - 또한 브랜드네임 선정시 녹색건축 관련 산업 종사자 뿐만 아니라 일반인을 대상으로 녹색건축인증제에 대한 관심 유발 및 인식제고를 위해 국민공모를 통해 선정할 필요 있음

- 영문 브랜드네임 국외사례

표 2.49 영문 브랜드네임 국외사례

국가	브랜드네임	
	약칭	풀네임
미국	LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
영국	BREEAM	BRE Environmental Assessment Method
일본	CASBEE	Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency
홍콩	HK-BEAM	Hongkong-Building Environmental Assessment Method
국제 민간 컨소시움 GBC(Green Building Challenge)	SBTool	Sustainable Building Assessment Tool
독일	DGNB	Deutsche Gesellschaft fur Nachhaltiges Bauen
싱가폴	Green Mark	
호주	Green Star	

- 영문 브랜드네임 선정절차
  - 국민공모를 통해 접수된 약1,380건을 대상으로 1차심사 및 2차심사, 전문가 온라인 선호도 조사, 법적검토를 거쳐 선정

(2) 녹색건축인증제 Brand Identity 개발

- Brand Identity 필요성
  - 녹색건축인증제의 공신력 및 권위성 표현, 녹색건축인증제의 대국민 인지도 향상, 세계적 인지도 상승을 위해 필요함
  - 2002년 친환경건축물 인증제도가 시행되면서부터 Brand Identity가 사용되어오고 있었으나 기존의 '친환경건축물 인증제'가 '녹색건축인증제'로 변경되므로 새로운 명칭에 맞게 변경할 필요 있음

- Brand Identity 개발방향
  - 인지성, 활용성, 상징성, 글로벌화

- Brand Identity 국외사례

표 2.50 Brand Identity 국외사례

국가	인증기준	Brand Identity
미국	LEED(Leadership in Energy and Environmental Design)	
싱가폴	Green Mark	
프랑스	HQE(Haute Qualite Environnementale, High environmental quality)	
독일	Deutsche Gesellschaft fur Nachhaltiges Bauen	
호주	Green Star	

- Brand Identity 개발절차
  - 디자인업체를 통한 초안 개발, 전문가 자문회의 및 선호도조사를 거쳐 선정

나. 분석결과 및 결론

(1) 영문 브랜드네임 선정

- 약칭 : G-SEED
- 풀네임 : Green Standard for Energy and Environmental Design

(2) Brand Identity 개발



그림 2.156 녹색건축인증제 BI 영문판



그림 2.157 녹색건축인증제 BI 한글판

7. 근린주구 대상 녹색인증기준의 적용성 향상 및 경제성 평가체계 구축

가. 근린주구 녹색인증기준 개발

(1) 연구내용

- 해외 근린주구 대상 인증기준 사례조사 및 분석
- 근린주구 대상 녹색인증기준 개발
- 근린주구 녹색인증 경제성분석 체계구축

(2) 분석결과 및 결론

- 근린주구 대상녹색인증기준(5부문-20평가항목-45세부기준) 개발
- 마곡지구 대상 녹색인증 제도화에 따른 경제성 평가

나. 근린주구 대상 녹색인증기준의 적용성 향상

(1) 연구내용

- 근린주구 대상 녹색인증기준의 feedback과 적용성 향상
  - 근린주구 유형구분(기존도시 내 계획된 근린주구, 신도시 내 계획된 근린주구, 기존도시 내 개발이 완료된 근린주구)
  - 유형별 사례지 적용을 토대로 한계점 분석 및 수정 보완
- 경제성 평가기법의 개선방안
  - 조건부가치측벙법(contingent valuation method)을 이용한 비시장재화의 가치측정
  - 계층화 분석기법(analytic hierarchy process)을 이용한 정책평가
- 녹색인증기준 제도화 방안

(2) 분석결과 및 결론

- 녹색인증기준의 평가항목에 대한 수정 · 보완
- 유형별 사례지 적용 및 제도평가
  - 신정지구 대상 녹색인증제도 시행에 따른 경제성 평가
  - 경제성, 목적 부합성, 적용성 측면을 고려한 녹색인증제도의 종합평가
- 기존 녹색건축인증제도와 연계방안 제시
  - 기존 녹색건축인증제도(G-SEED)와 연계방안 제시
  - 인센티브 부여방안 제시

8. 개방형 BIM기반 CO2 배출 및 통합인증평가시스템 개발

가. 연구내용

(1) 개방형 BIM 기반 온실가스 배출 및 통합인증평가시스템 개발 시나리오

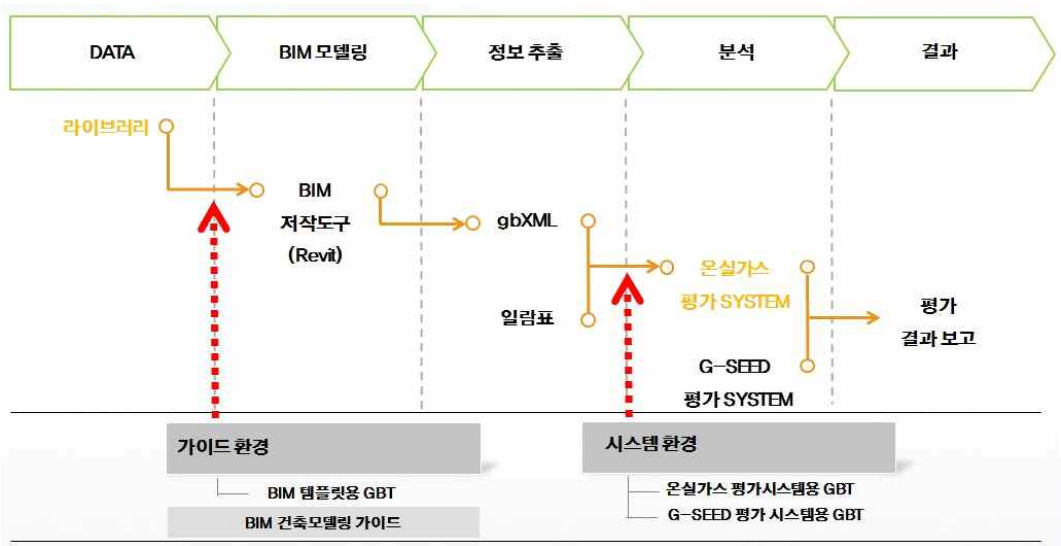
(2) 개방형 BIM 기반 온실가스 배출 및 통합인증평가시스템 개발 개념 및 구성 체계 수립

(3) 개방형 BIM 기반 온실가스 배출 및 통합인증평가시스템 구축

나. 분석결과 및 결론

(1) 개방형 BIM 기반 온실가스 배출 및 통합인증평가시스템 개발 시나리오

- 가이드 환경의 BIM 템플릿은 BIM의 활용목적에 맞는 빌딩요소의 속성정보를 선정한 다음 표준화된 속성 값을 준비하고 BIM 표준의 표현스타일에 따라 일관된 형식으로 빌딩정보를 입력한 뒤 BIM 모델로부터 유효한 빌딩정보를 산출
- BIM 템플릿을 활용하여 도출된 데이터는 온실가스 배출 시스템과 인증평가 시스템에 연계되어 평가 결과를 확인

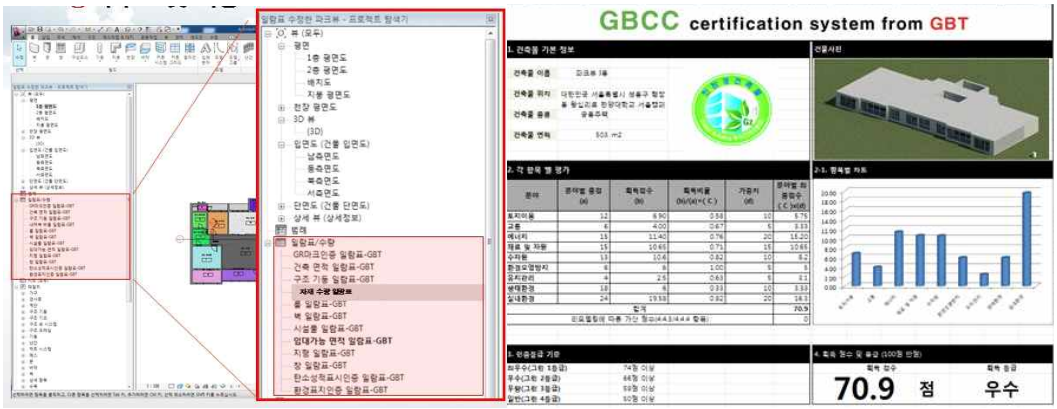


(2) 개방형 BIM 기반 온실가스 배출 및 통합인증평가시스템 개발 개념 및 구성 체계 수립

- BIM 템플릿 개발 구성 체계 개념을 설정
- BIM 템플릿 개발 구성 체계 개념을 기준으로 프로그램을 구축

(3) 개방형 BIM 기반 온실가스 배출 및 통합인증평가시스템 구축

- 프로그램 가이드 환경은 사용자에게 BIM 모델을 통해 평가 시스템 결과를 적합하게 받기 위한 가이드를 제시하며 평가 목적에 맞는 정보를 분류
- 목적에 맞는 정보를 가진 데이터베이스를 통해 시스템 환경의 각 세부 평가 항목별 결과의 도출



4-2 세부 녹색지수개념의 녹색건축물 통합인증제도 및 지원시스템 개발

정책개발
[한국건설기술연구원]

가. 연구목표

▮ 최종목표	• 녹색건축물 인증제도 통합기준 및 설계지침 개발
▮ 세부연구목표	1 LCA개념의 녹색건축물 인증체계 재정립 및 공동주택대상 통합인증기준 제시 2 「녹색건축물 조성지원법」 제정에 따른 「녹색건축 인증제[G-SEED]」의 인증기준 및 설계지침 개발 3 LCA개념의 녹색건축물 통합인증제도의 인증기준 및 설계지침 개발

나. 주요 연구내용 및 성과물

1 LCA개념의 녹색건축물 인증체계 재정립 및 공동주택대상 통합인증기준 제시

- 현행 인증제도의 전반적인 체계 재정립을 통한 개정방향 제시
- 공동주택 대상의 녹색건축물 통합인증제도 인증기준 제시
- LCA개념의 녹색건축물 인증체계로 평가항목 제정립 및 개정안 제시

▶ • 공동주택 대상 녹색건축물 인증제도의 통합 인증기준안 도출

2 「녹색건축물 조성지원법」 제정에 따른 「녹색건축 인증제[G-SEED]」의 인증기준 및 설계지침 개발

- 신축건축물(주거용·비주거용)대상 녹색건축 인증기준 개정(안) 제시
- 신축건축물 대상 「녹색건축 인증제」 해설서 초안 마련
- 공동주택 대상 녹색건축 인증기준 영문판 초안 마련

▶ • 녹색건축 인증제의 인증기준 및 설계지침 초안 마련

3 LCA개념의 녹색건축물 통합인증제도의 인증기준 및 설계지침 개발

- 현행 녹색건축 인증기준(G-SEED 2013-v.2) 제도 개편 지원
- 녹색건축 인증기준 2015개정(안) 제시
- 녹색건축 인증등급 산출 프로세스 개편
- 녹색건축 인증기준 지침 마련 및 홍보

▶ • 현행 녹색건축 인증제 개편 및 개선 제안, 해설서 및 영문판 마련

1. LCA개념의 녹색건축물 인증체계 재정립 및 공동주택대상 통합인증기준 제시

가. 연구내용

(1) 현행 인증제도의 전반적인 체계 재정립을 통한 개정방향 제시
- 미국 LEED, 영국 BREEAM를 중심으로 해외 동향조사
- 국내 녹색건축물관련 동향변화에 따른 개정방향 제시
- 환경영향평가제도 분석 및 반영 가능한 항목 도출
- 대형건축물 대상 녹색건축물 인증기준 구상안 마련

(2) 공동주택 대상의 녹색건축물 인증제도 통합 인증기준 고시
- 주택성능등급과 물리적으로 통합된 기존 체계 개선
- 공동주택 대상 친환경건축물 인증의 현황 및 인증획득자료 점수 조사
- 인증제도의 글로벌화를 위한 분류체계 및 평가항목 개편
- 전문가조사 및 면담을 통한 녹색건축물 인증체계 재정립 및 질의/회신처리방법의 사례공유
  - 건축설계전문가 간담회
  - 친환경건축물 인증제도의 인증기관 간담회
- 공동주택 대상 녹색건축물 인증제도의 규칙안 마련
- 공동주택 대상 녹색건축물 인증제도의 통합인증기준(안)

(3) LCA개념의 녹색건축물 인증체계로 분류체계 및 평가항목 재정립
- LCA 개념으로 생산 및 운영단계 정량적 평가가 가능한 평가항목 도출
  - 정량적인 평가 및 온실가스 인벤토리 데이터 연계가 가능한 평가항목 발굴
- 건축물의 에너지 사용 부문별 데이터를 이용하여 가중치에 반영

나. 분석결과 및 결론

- 녹색건축물인증기준 구성체계를 재정립하여, 신축 공동주택, 신축 비주거용, 기존 공동주택, 기존 비주거용, 소형주택으로 간소화하여 사용자의 편의성을 고려될 수 있도록 방향 제안
- 기존의 9개 분야를 7개(토지이용 및 교통, 에너지 및 환경오염, 재료 및 자원, 수자원, 운영관리, 생태환경, 실내환경)로 분류체계 개편
- 2011년 공동주택 대상의 친환경건축물 인증 획득점수 분석 결과, 특히 에너지 분야에서 최우수등급과 우수등급에 대한 평가항목별 필수평점 설정이 필요한 것으로 분석되었음
- 2011년 공동주택 대상의 친환경건축물 인증 획득점수 분석에 있어, '배점에 비하여 획득점수가 낮은 항목', '획득점수가 일괄적인 항목', '배점에 비하여 획득점수가 낮으며 일괄적인 항목' 을 근거로 하여 평가분야 및 평가항목의 개편 및 보완이 필요한 항목을 도출하였음

- 친환경건축물 인증제도는 인증제도로써 정량적인 방법으로 평가를 하고 있지만 서울시는 건축물 대상으로 '환경영향평가'를 의무화 하고 있어 '환경영향평가'로부터 반영 가능한 항목을 도출하였음
- '환경영향평가'에서 반영 가능한 평가항목은 정량적 기준 제시 여부를 근거로 하였고, 그 결과 '대기질-온실가스 평가', '수자원-운영시 우수 및 오수 처리계획', '토지이용-토지피복 유형별 생태면적률 변화', '토지이용-대지안의 녹지면적 변화' 등이 있는 것으로 조사되었음
- 민원 발생 소지가 높은 인증항목에 대하여 전반적 재검토한 결과, '운영관리-결로 방지 위한 공간구획', '실내환경-결로차단성능' 등이 가능한 것으로 판단되었음
- 사용자 및 건축설계전문가로부터 인증절차의 개선사항 및 기준에 대한 문제점을 수렴하여, 건축허가 시점에서 해당 건축물에 대한 '친환경건축물 인증'을 등록할 수 있는 단계를 마련함으로써 설계단계에서 녹색건축인증을 등록하도록 인증 절차 개정을 검토하였음
- 친환경건축물 인증 신청자의 업무효율화 및 평가과정에 대한 신뢰성 향상을 위해 인증 업무의 On-line 시스템 도입을 제안하였음
  ※ 건축설계자에 따르면 현 시점에서도 '모든 인증절차의 전자문서화'에 대한 대응이 충분히 가능한 것으로 조사되었음
- 기존 민원업무 처리방법을 참고하여 녹색건축물 인증의 민원업무의 지속적인 대응이 가능하도록 반복해서 발생하는 업무에 대하여 Q&A 및 FAQ의 방법으로 일반인 공개가 필요한 것으로 나타났음
- 인증기관의 전문가 및 실무자 워크숍을 통하여 건축물 유형별의 평가의 어려운 기준에 대한 사례를 공유하며 평가 방법의 단일화에 대한 논의가 필요한 것으로 나타났음
- LCA개념으로 정량적인 평가가 가능한 평가항목에 대하여 생산 및 운영단계의 에너지 정량화가 가능한 항목을 도출하였음

2. LCA개념의 녹색건축물 인증체계 재정립 및 공동주택대상 통합인증기준 제시

가. 연구내용

(1) 현행 「녹색건축인증(G-SEED)」 기준에 대한 분석
- 공동주택에 대한 인증취득 점수 비교 분석
- 업무용 건축물에 대한 인증취득 점수 비교 분석
- 학교시설에 대한 인증취득 점수 비교 분석

(2) 신축 건축물(주거용·비주거용) 대상 「녹색건축인증(G-SEED)」 기준 개정안 마련 및 의견수렴
- 공동주택 대상 녹색건축 인증제(G-SEED) 기준 개정안 마련 및 의견수렴

- 공동주택 대상 현행 녹색건축물 인증제의 인증 해설서 제공
- 녹색건축 인증기준 영문판 초안 작성

나. 분석결과 및 결론

(1) 공동주택에 대한 인증취득 점수 비교 분석

- 기준개정 후 부문별 가중치에 따르면, 공동주택의 경우 에너지, 실내환경, 재료 및 자원 부문의 순으로 비중이 큰 것으로 나타남
- 기준개정 후 5년간의 조사대상 인증심사결과로 부문별 평균점수를 비교한 결과 공동주택 인증 기준 개정 후 유지관리 부문에서 획득비율이 상당히 높으며 고득점 획득이 용이하고, 교통부문에서의 획득비율은 낮으면서 등급간 획득점수 차이가 가의 없으며 고득점을 획득하는 것으로 나타남
- 삭제된 평가항목에 대한 공통적 특징은 평균점수가 0점 또는 만점에 가까운 경우와 녹색건축의 성격에 부합되지 않거나 정량적 평가가 어려운 경우로 고려됨
- 공동주택 대상 인증기준 2012의 조사대상의 총 인증건수는 그린2등급이 전체 실적의 49%를 차지하였는데, 에너지 · 재료 및 자원 · 수자원 부문의 획득점수는 인증등급에 큰 영향을 미치는 것으로 나타남
- 신축 공동주택 대상 녹색건축 인증기준안(2013)은 주택성능 분야를 포함하며, 토지이용 및 교통 분야, 에너지 및 환경오염 분야에서 신설된 평가항목이 가장 많으며, 그 외에도 재료 및 자원 분야와 유지관리 분야에서도 평가항목을 신설함
- 대부분의 분야에서는 기존의 평가항목에 대한 세부기준의 개정이 있었으며 주로 기존의 평가항목의 삭제보다는 세부기준의 강화 및 완화를 통하여 기존의 문제점을 보완하는 방향으로 개정안을 마련하였음

(2) 업무용 건축물에 대한 인증취득 점수 비교 분석

- 업무시설 대상 조사대상의 개정 전 · 후 평가항목별 평균점수를 비교하여 개정 전 · 후 평가항목의 평균점수가 크면서 표준편차가 낮은 항목은 자전거 보관소 설치여부, 환경을 고려한 현장관리 계획의 합리성과 운영/유지관리 문서 및 지침 제공의 타당성이었음
- 업무시설에서 변별력이 떨어지는 항목으로 판단되어 배점이 하향 조정된 것으로 판단되는 평가항목은 환경을 고려한 현장관리 계획의 합리성 항목은 시공시 환경관리 계획의 타당성 및 시행여부 확인을 통한 평가방식으로, 운영/유지관리 문서 및 지침 제공의 타당성 항목 또한 서류제공 여부를 평가하는 방식으로 변별력이 다소 떨어지는 항목으로 고려됨
- 업무시설에의 개정 전 · 후 평가항목의 평균점수가 높으면서 표준편차가 높은 항목은 조명에너지 절약 평가항목, 재활용 가능자원의 분리수거, 휴식 및 재충전을 위한 공간 마련임
- 조명에너지 절약은 배점이 하향조정 되었음에도 평균점수와 표준편차가 높은 편이어서 획득이 활성화 된 항목이면서 변별력이 있는 것으로 판단됨. 개정 후 재활용 가능자원의 분리수거 항목은 필수평가항목으로 지정됨에 따라 개정 후 표준편차가 현저히 낮아진 것으로 판단됨. 휴식 및 재충전을 위한 공간 항목은 개정 후 점수 획득 활성화된 항목으로 나타남

(3) 학교시설에 대한 인증취득 점수 비교 분석

- 학교시설 대상 녹색건축 인증기준 개정前·後 부문별 획득수준을 비교한 결과, 개정후 획득점수 비율이 월등히 높은 부문은 에너지와 재료 및 자원 부문이고, 개정후 획득점수 비율이 낮은 부문은 토지이용, 수자원, 유지관리 부문이고, 교통, 환경오염, 생태환경, 실내환경 부문의 개정前·後 획득점수 비율은 차이가 거의 없었음.
- 개정前·後 모두 생태환경 부문에서 획득비율이 35%도 가장 낮았고, 개정전 유지관리 부문은 89%의 획득비율로 획득수준이 현저히 낮았는데 반하여 개정후 해당 부문은 69%의 획득비율을 기록하였음. 개정前·後 대상으로 최우수등급의 부문별 획득비율을 비교한 결과, 교통, 에너지, 수자원, 유지관리, 실내환경 부문에서 개정후 평가결과의 획득비율이 현저히 낮아졌음
- 학교시설 대상 녹색건축 인증기준 2010 개정 시 에너지, 수자원, 유지관리, 실내환경 부문을 대상으로 평가항목의 배점 하향 조정과 평가항목의 삭제 또는 신설에 따라 해당 부문의 난이도가 상향조정이 되었음
- 2010 인증기준으로 평가된 심사결과를 대상으로 전체 부문별 획득비율과 최우수등급의 부문별 획득비율을 비교한 결과, 전체 부문별 획득비율 값이 가장 큰 부문은 재료 및 자원이고 가장 작은 부문은 생태환경이었음
- 반면, 최우수등급의 부문별 획득비율 값이 가장 큰 부문은 재료 및 자원이고 가장 작은 부문은 토지이용이었다. 등급에 차별 없이 재료 및 자원에서 획득비율이 가장 높았음
- 학교시설 대상 녹색건축 인증기준 개정前·後 대상으로 전체 부문별 획득비율(c)이 높은 부문은 에너지와 재료 및 자원임. 해당 부문을 중심으로 개정前·後 평가항목별 획득수준을 비교한 결과, 개정 후 해당 부문의 평가항목 획득비율은 대부분 높았음
- 에너지 부문 평가항목의 경우, 세부기준이 전반적으로 수정됨에 따라 전체적인 평가결과에서 획득비율이 높아졌으나 최우수등급의 난이도가 상향 조정된 것으로 보임
- 개정후 평가결과에서 알 수 있듯이, 개정시 교통 부문 평가항목의 세부기준 완화는 해당 평가항목의 획득비율을 상당히 높이는데 영향을 미친 것으로 보임. 세부기준 강화에 따라 획득난이도가 높아진 항목은 '유효자원 재활용을 위한 친환경 인증제품 사용여부'와 '보행시에 발생하는 먼지 배출량 감소' 이었다. '우수부하 절감의 타당성', '교통소음(도로, 철도)에 대한 실내소음도' 항목은 획득비율이 현저히 낮고 획득난이도가 높은 항목임

(4) 신축 건축물(주거용·비주거용) 대상 「녹색건축인증(G-SEED)」 기준 개정안 마련

- 공동주택 대상 녹색건축 인증제(G-SEED) 기준 개정안을 마련하고 이에 대한 인증기관 및 학계 산업계 의견을 수렴하였음
- 공동주택 대상 현행 녹색건축물 인증제의 인증 해설서 초안을 마련하였음
- 공동주택 및 업무용 건축물을 대상으로 녹색건축 인증기준(G-SEED 2013) 영문판 초안을 마련하였음

3. LCA개념의 녹색건축물 통합인증제도의 인증기준 및 설계지침 개발

가. 연구내용

(1) 현행 녹색건축 인증기준(G-SEED 2013) 제도 개편 지원
- 녹색건축 인증기준 일부 개정안(G-SEED 2013 v.2)
- 녹색건축 인증기준 해설서 개정(G-SEED 2013 v.2)

(2) 녹색건축 인증등급 산출 프로세스 개편
- LCA 개념의 평가항목별 배점 산출 방법론에 의한 인증항목 배점 산출
- 혁신적인 설계(innovative design)에 의한 가산점제 도입

(3) 녹색건축 인증기준 2015개정(안) 제시
- 기존건축물 대상 녹색건축 인증기준 개정을 위한 기초연구 수행
- 신축 및 기존 건축물 대상 녹색건축 인증 체계 및 평가기준 제안(G-SEED 2015)

나. 분석결과 및 결론

- 녹색건축 인증기준 일부개정안 G-SEED 2013 v.2 마련을 위하여 고시조문 개정, 공동주택 대상 인증기준개정, 업무용건축물, 복합건축물(주거), 학교시설, 판매시설, 숙박시설, 그 밖의 건축물, 소형건축물 대상 인증기준 일부개정안을 마련하였음

  ※ 고시조문 개정사항

  인증처리기간, 필수항목 최소평점 예외대상, 취득의무, 인증수수료 환불, 인증신청반려, 인증업무 운영비용, 운영세칙, 기준적용 경과조치, 공공건축물 인증의무 예외사항

  공동주택 대상 인증기준 개정: 커뮤니티 센터 및 시설·공간의 조성수준, 에너지성능, 신재생에너지 이용, 단위세대의 환기성능 확보여부, 경량충격음 차단성능, 중량충격음 차단성능

  업무용 건축물, 복합건축물(주거), 학교시설, 판매시설, 숙박시설, 그 밖의 건축물, 소형건축물 대상 인증기준 개정: 에너지성능, 신재생에너지 이용

- G-SEED의 국제적 홍보 및 국제표준 비교연구에 활용하기 위하여 G-SEED 2013-v.2의 공동주택, 업무용 건축물 대상 영문판 마련하였음
- 신축 및 기존건축물 대상 녹색건축 인증기준(G-SEED 2015)의 평가항목별 평가목적, 방법, 산출기준, 참고자료, 제출서류 적절성여부 재검토를 통하여 신축주거용, 신축비주거용, 기존주거용, 기존비주거용 인증 평가항목을 정리하였음
- G-SEED 2015 대상 LCA개념의 평가항목별 배점산출 방법론 연구를 위하여 환경적, 공간적, 시간적, 비용적 영향을 고려하여 7분위 척도의 평가항목 Impact factor 산출하여 각 평가 항목별 배점을 산출함. 평가항목별 건축물의 생애주기에 따라 환경요소에 영향을 미치는 정도를 고려하여 7분위 척도의 환경적 영향 지표를 마련하였음

- 녹색건축 인증기준 전문분야별 가중치에 따른 백분율 점수에 혁신적 설계(innovative design)를 통한 가산점수 반영 및 최우수(그린1등급) 및 우수(그린2등급) 대상 단계별 필수평점제를 도입하였음
- 국내외 인증제도를 토대로 기존건축물 대상 녹색건축 인증기준 개정을 위한 관련연구를 수행하였음
- 인증기준 전문위원회 및 인증기관, 학계 및 산업계의 G-SEED 2015 검토를 통해 신축 및 기존 건축물 대상 녹색건축 인증 체계 및 평가기준(G-SEED 2015)을 제안하였으며, 이에 대한 해설서를 마련하였음

5 세부 친환경 건축자재 통합시스템 개발

기술개발
[한양대]

가. 연구목표

▮ 최종목표	• 친환경 건축자재 통합시스템 개발
▮ 차년도 연구목표	1 기존 프로그램 DB 분석을 통한 연계방안 및 평가 알고리즘 도출 2 친환경 건축자재 평가기준(안) 개발 3 친환경 건축자재 통합시스템 개발

나. 주요 연구내용 및 성과물

1 기존 프로그램 DB 분석을 통한 연계방안 도출 및 온실가스 평가 알고리즘 개발(1차년도)

- 기 개발 건축자재 LCA 프로그램 및 국가 LCI DB 연계방안 도출
- 건축자재 온실가스 및 환경영향평가 방법론 구축
- 건축자재 통합시스템 구축 계획 수립

▶

- ▪ 건축자재 온실가스 및 환경영향 평가 방법론
- ▪ LCA 기반의 건축물 평가 단계 및 범위 설정

2 친환경 건축자재 평가기준 초안 및 통합시스템 시안 개발(2차년도)

- 건축자재 온실가스 배출량 평가 프로그램 시안 개발
- 친환경 건축자재 평가기준 초안 개발
- 친환경 건축자재 통합시스템 시안 개발

▶

- • 건축자재 온실가스 평가 프로그램 시안
- • 친환경 건축자재 평가기준 초안

3 친환경 건축자재 평가기준 및 통합시스템 개발(3차년도)

- 건축자재 온실가스 배출량 평가 프로그램 개발
- 친환경 건축자재 평가기준 개발
- 친환경 건축자재 통합시스템 개발

▶

- • 건축자재 온실가스 배출량 평가 프로그램
- • 친환경 건축자재 평가기준
- • 친환경 건축자재 통합시스템

1. 기존 프로그램 DB 분석을 통한 연계방안 도출 및 온실가스 평가 알고리즘 개발

가. 연구내용

(1) 기 개발 프로그램/국가 LCI DB 분석 및 연계방안 도출

- 국내 기 구축된 건축자재의 환경성능평가스 및 프로그램 연계방안 조사
- 기존 국가 LCI DB 및 전과정 평가 연구현황 조사
- 탄소성적표지/환경성적표지 인증 등 친환경 건축자재 평가기준 조사

(2) 건축자재 온실가스 및 환경영향평가 방법론 구축

- 건축자재 분류체계(안)별 시나리오 구축
  - 건설자재표준화연구단 과제 시 구축한 건설자재 통합정보시스템
  - 건설자재 환경성 정보 국가 D/B 구축사업 보고서
- 건축자재 분류체계별 시나리오에 따른 온실가스 배출량 평가 알고리즘 구축

(3) 건축자재 통합시스템 구축 계획 수립

- 친환경 건축자재 특성에 부합하는 평가 방법론 분석
- 환경영향평가 방법론 적용방안 조사

나. 분석결과 및 결론

(1) 기존/신축과제에서의 시험평가를 통한 프로그램 검증

(가) 국내 기 구축된 건축자재의 환경성능평가스 및 프로그램 연계방안 조사

- TOTAL,COOL 등을 대상으로 단계별 알고리즘 조사
  - 건축자재 전과정 CO2 평가기법 적용 방안 도출
  - 기존 평가기법을 보완하여 향후 건축자재 온실가스 평가 시나리오 개발 시 적용
  - 현재 개발된 대부분의 국내외 자재 전과정 평가 프로그램를 이용하여 건설자재 평가 시 주로 생산단계(제조전, 제조), 사용단계, 폐기단계의 사용되는 에너지 및 CO2 평가를 실시하는 것으로 나타남에 따라 시공, 유지관리, 해체/폐기 등이 포함된 건축자재의 특화된 전과정 CO2 평가기법 및 프로그램은 개발되지 않은 상태인 것으로 나타남.

표 2.51 국내외 건축자재 전과정 평가 프로그램 현황 및 특징 조사

프로그램	TOTAL	PASS	APESS	COOL	SUSB-CLAS
개발국	한국	한국	한국	한국	한국
기관	환경부	지식경제부	건설기술연구원	환경산업기술원	한양대학교
자재범위	약 260가지 LCI	약 200가지 LCI	약 250가지 LCI	약 300가지 LCI	콘크리트
평가범위	생산/해체	생산/해체	생산/해체	생산/해체	생산
평가대상	에너지, CO_2	에너지	에너지, CO_2	에너지, CO_2	CO_2, 경제성
주요특징	국내 환경성적 표지제도의 요구성능 부합	에너지부문 LCI DB구축	건축자재 및 시공공정을 선택하도록 도와줌	탄소배출계수가 자동으로 표기	현장입력과 최적설계 방식으로 구분, 최적배합설계 도출가능
프로그램	BEES	ATHENA	Gabi	ecoMA	TEAM
개발국	미국	캐나다	유럽	일본	영국
기관	NIST	The ATHENA	Europe GmbH	도쿄대학교	ECOBILAN
자재범위	약 150가지 LCI	약 100가지 LCI	약 650가지 LCI	콘크리트	약 500가지 LCI
평가범위	생산/해체	생산/해체	생산/해체	생산/해체	생산/해체
평가대상	에너지, 경제성	에너지	에너지	CO_2, 경제성	에너지, CO_2
주요특징	환경영향력과 경제성 고려 가능	건축자재 복합적 환경성능 비교 검증	다수의 변수 민감도분석 가능	레미콘 산업 동향 예측 및 최적자재 업체 선정	최신의 DB업데이트 및 관리

(나) 기존 국가 LCI DB 및 전과정 평가 연구현황 조사

- 국가 LCI DB에 대한 온실가스 종류 선정 및 평가요소 조사[36)]
  - 온실가스 평가범위 선정 및 단계별 환경영향 평가요소 도출
  - 향후 건축자재 환경부하 평가기준 및 기법과의 연계
  - KS산정지침 및 타업종의 온실가스 산정 가이드라인을 통해 건축자재분야의 전과정 평가 시나리오 개발 시 데이터 수집방법 및 평가절차 등을 적용이 가능할 것으로 분석됨.

(다) 탄소성적표지/환경성적표지 인증 등 친환경 건축자재 평가기준 조사

- 국내는 환경마크 및 탄소성적표지, 국외는 LIME 프로그램 평가기술 분석
  - 본 과제의 적용이 적합한 벤치마킹 기술조사
  - 본 과제의 부합하는 평가 방법론 산정 및 벤치마킹 프로그램(LIME) 선정
  - 현재 환경부의 탄소성적표지를 이용한 건축자재의 전과정 평가를 위한 항목과 내용을 도출함.

(2) 건축자재 온실가스 및 환경영향평가 방법론 구축

(가) 건축자재 분류체계(안)별 시나리오 구축

- 목재, 석재, 콘크리트, 철재 등을 위주로 하는 구조재료와 기와, 슬레이트 등의 지붕재료와 미장, 도료 등의 마무리 재료 등 그 범위가 매우 광범위함. 제조분야에서는 천연재료와 인공재료로 분류하고 화학적 조성면에서는 유기재료와 무기재료로 분류할 수 있음
- 공동주택 신축공사의 건축공종에 투입된 227개 자재 중 상위 25개의 자재가 전체 에너지 소비량의 91%를 차지하며 40여개의 자재만으로도 97%를 차지하고 있음

36) 한국환경산업기술원, 국가 LCI 데이터베이스 정보망, http://www.edp.or.kr.

표 2.52 CO2 배출량에 따른 우선순위

순위	제품	순위	제품	순위	제품	순위	제품
1	고강도철근	11	목재문	21	강관	31	반자돌림
2	레미콘	12	작업발판	22	합판	32	판상단열재
3	PHC파일	13	룸카페트	23	백색시멘트	33	알미늄창호
4	갱폼	14	형강	24	도아로크	34	각재
5	타일	15	경량기포콘	25	중앙홀 계단난간	35	발코니선반
6	시멘트	16	콘크리트벽돌	26	단관(비계용)	36	플랫타이
7	PP유리문	17	분체난간	27	비닐실크벽지	37	유리면
8	유리	18	세대현관문	28	페인트	38	창호박스프레임
9	패널	19	발코니케이지	29	아스팔트쉉글	39	PL+PL
10	석고보드	20	승강기커푸집	30	스치로폼	40	화강석

(나) 건축자재 분류체계별 시나리오에 따른 온실가스 배출량 평가 알고리즘 구축

- 국내 탄소성적표지제도 기준 내에서 건축자재를 크게 3개로 분류하였음.
  - 대분류) 생산재, 에너지 비사용 내구재, 에너시 사용 내구재
  - 중분류) 구조재료, 비구조재료
  - 소분류) 금속계, 무기질, 가설, 내/외장, 창호, 단열, 방수

(3) 건축자재 통합시스템 구축 계획 수립

(가) 친환경 건축자재 특성에 부합하는 평가 방법론 분석

- 친환경 건축자재 온실가스 평가단계 별 기준 도출
  - 생산단계 : 탄소성적표지제도 기준
  - 시공단계 : 표준품셈을 이용
  - 운영단계 : 에너지사용량 이용
  - 폐기단계 : 표준품셈을 이용

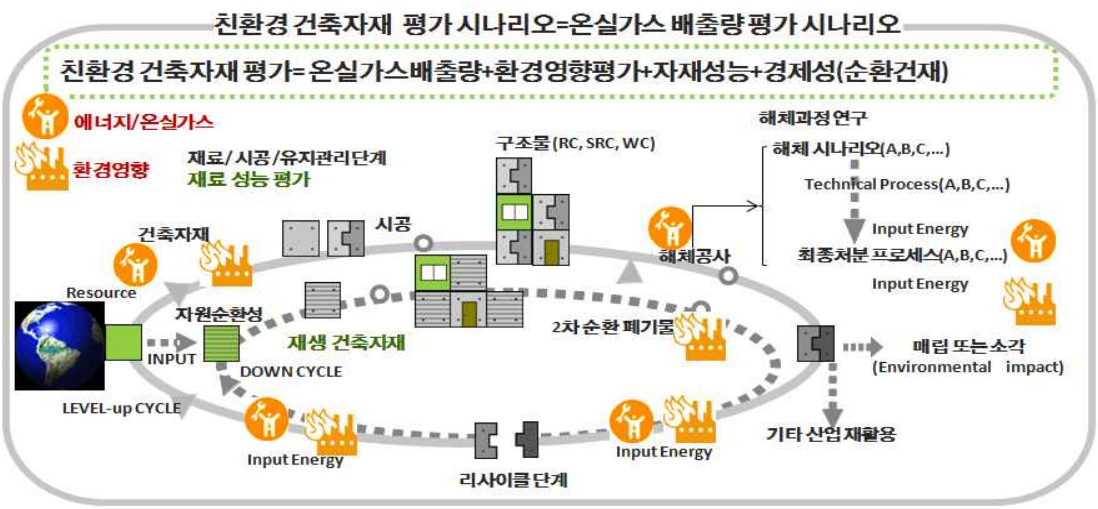


그림 2.158 건축자재 전과정 온실가스 배출량 평가 시나리오(안)

(나) 환경영향평가 방법론 적용방안 조사

- 친환경 건축자재 평가기준을 건축자재레벨의 평가지수(GMI)로 제안
- GMI 항목: 온실가스 배출지수(G), 환경영향지수(E), 재료성능지수(P)
- 온실가스 배출 (G): 건축자재 분류를 통한 평가시나리오 및 온실가스 배출량 산정 알고리즘
- 환경영향 (E): 온실가스 평가 알고리즘 내, 환경부하물질 인벤토리 활용 평가를 활용하고, 경제성 환산 개념을 활용한 피해산정형 평가방식 도입
- 재료성능 (P): 건축자재 성능을 기준으로 경제성, 리사이클, 환경성 관계를 고려하여 평가
- 피해산정형 평가방식(LIME)에서 건축자재 적용 항목과 환경부하물질(인벤토리산정) 결정

2. 친환경 건축자재 평가기준 및 온실가스 평가/통합시스템 시안 개발

가. 연구내용

(1) 건축자재 온실가스 배출량 평가 프로그램 시안 개발

- 건축자재 온실가스 배출량 평가 프로그램 개발
- 녹색건축 인증제도(G-SEED) 내 건축자재 온실가스 영향평가 정책반영

(2) 친환경 건축자재 평가기준 초안 개발

- 건축자재 전과정 평가 지침 개발
- 콘크리트 전과정 평가 프로그램 개발

(3) 친환경 건축자재 통합시스템 시안 개발

- 친환경 건축자재 통합시스템 구축 계획 수립

나. 분석결과 및 결론

(1) 건축자재 온실가스 배출량 평가 프로그램 시안 개발

(가) 건축자재 온실가스 배출량 평가 프로그램(BEGAS)개발

- 주요 건축자재 도출
  - 그림과 같이 공동주택 및 사무소 등 17개 건축물(RC구조-9개, SRC구조-5개, SRC+S구조-2개, SRC+RC구조-1개)을 대상으로 투입 건축자재들의 온실가스 배출량 평가를 실시하여 주요 건축자재를 도출하였음.
  - 대상 건축물에 투입된 건축자재들에 대하여 온실가스 배출량 90% cut-off 기준 적용결과 대부분의 건축물에서 공통적으로 레미콘, 철근, 철골, 페인트, 유리, 콘크리트 제품, 단열재 등 7개의 건축자재 제품군이 도출되었음.

- 본 연구에서 개발된 건축자재 온실가스 배출량 평가 프로그램(BEGAS ver1.0)을 “녹색건축 인증제도 3.4.3 건축물 투입자원의 전과정 탄소배출량 평가” 의 지원 시 주요 자재 선정에 관하여 4세부와 협의를 진행함.
- 협의결과 도출된 7개 주요 건축자재 제품군 중 레미콘, 철근콘크리트 봉강, 철골, 시멘트 등 4개 자재를 건축자재 온실가스 배출량 평가프로그램(BEGAS ver1.0)의 평가대상 주요 건축자재로 선정함.]

- 건축자재 온실가스 배출량 원단위 DB 구축
  - 신뢰성 높은 생산단계의 온실가스 배출량 평가를 위해 직접적산방법으로 구축된 국가 LCI DB(지식경제부, 환경부)와 건축자재 환경성정보 국가 DB(국토교통부)의 현황을 조사하고 앞서 도출된 온실가스 배출 주요 건축자재의 온실가스 원단위를 선정함.
  - 각각의 건축자재별 온실가스 배출 원단위의 적용 우선순위는 데이터베이스의 구축 시기 및 국가 LCI DB 인증 여부에 따라 탄소 배출계수, 국가 LCI DB, 환경성정보 국가 DB 순으로 하였음.
  - 그 결과, 7개 주요 자재를 바탕으로 한 30개 세부 건축자재의 도출이 가능하였으며, 탄소 배출계수 6개, 국가 LCI DB 15개, 건축자재 환경성정보 국가 DB(국토부 LCI DB) 9가지가 적용된 LCI DB 선정안을 도출함.

공동주택의 주요 건축자재 분석 및 선정 내역

구분		충남 천안시 A 공동주택	경기 용인시 B 공동주택	부산광역시 C 공동주택	충북 청주시 D 공동주택	서울특별시 E 공동주택	주요 건축자재 선정 목록	주요 건축자재 선정 비고
연면적(m^2)		95,461	57,091	93,804	211,074	122,638		
구조		RC조	RC조	RC조	RC조	SRC조		
동 수(동)		10	8	8	21	14		
세대수(세대)		564	401	547	1,767	1,082		
데이터베이스		국가 LCI DB+산업연관	국가 LCI DB+산업연관	국가 LCI DB+산업연관	국가 LCI DB+산업연관	국가 LCI DB	국가 LCI DB	
제외기준		CO_2 배출 90%	CO_2 배출 90%	CO_2 배출 90%	CO_2 배출 90%	CO_2 배출 95%	CO_2 배출90%	
주요 건축 자재	1	레미콘	레미콘	레미콘	레미콘	레미콘	레미콘	
	2	철근	철근	시멘트	철근	철근	철근	
	3	파일	파일	철근	단열재	철골	철골	RC는 제외
	4	시멘트	시멘트	관류	시멘트	페인트	페인트	
	5	배관재	배관재	배선재	도해	유리	유리	
	6	관류	관류	포장용자재	페인트	콘크리트제품	콘크리트제품	시멘트 포함
	7	도로포장재	도로포장재	밸브류	콘크리트제품	단열재	단열재	
	8	밸브류	밸브류	수변전 기기	알루미늄제품	알루미늄제품		
	9	콘크리트제품	단열재	콘크리트제품	석재	시멘트		
	10			단열재	유리			

사무소 건축물의 주요 건축자재 분석 및 선정 내역

구분		서울특별시 강남구 A타워	서울특별시 강남구 B타워	서울특별시 영등포구 C타워	서울특별시 중구 D타워	서울특별시 중구 E주상복합	경기 성남시 F청사	주요 건축자재 선정 목록	주요 건축자재 선정 비고
연면적(m^2)		141,552	141,552	88,248	55,695	100,666	75,612		
구조		SRC+S구조	SRC구조	SRC+S구조	SRC구조	SRC구조	SRC+RC		
데이터베이스		국가 LCI DB+산업연관	국가 LCI DB+산업연관	국가 LCI DB+산업연관	국가 LCI DB+산업연관	산업연관분석	국가 LCI DB	국가 LCI DB	
제외기준		CO_2 배출 90%	CO_2 배출 90%	CO_2 배출 90%	CO_2 배출 90%	CO_2 배출 90%	CO_2 배출 90%	CO_2 배출90%	
주요 건축 자재	1	레미콘	레미콘	레미콘	레미콘	철근	레미콘	레미콘	
	2	철강재	철강재	관류	관류	형강	철골	철골	RC는 제외
	3	철근	밸브류	시멘트	철강재	레미콘	유리	유리	
	4	시멘트	철근	철강재	시멘트	콘크리트제품	철근	철근	
	5	배관재	시멘트	배관재	배선재	유리	페인트	페인트	
	6	관류	배관재	배선재	밸브류	목제품	단열재	단열재	시멘트 포함
	7	밸브류	관류	벽돌, PC제품	수변전기기	건설용접토제품	시멘트	콘크리트제품	
	8	철 가설재	배선재	포장용자재	철근	석제품	콘크리트제품		
	9	유리 및 거울	트랩, 조인트류	수변전기기			알루미늄		
	10		수변전 기기	철근					

그림 2.159 건축물 대상 온실가스 배출량 주요 건축자재 선정 결과

(나) 녹색건축 인증제도(G-SEED) 내 건축자재 온실가스 영향평가 정책반영

- 녹색건축물 조성지원법 제 16조에 근거하여 친환경건축물 인증기준이 「녹색건축 인증기준」으로 개정 시 건축물 투입자원의 전과정 탄소배출량 평가 결과를 녹색건축 인증제도(G-SEED) 내 재료 및 자원부문에 반영

녹색건축 인증 기준 2013		공 동 주 택
평가부문	3	재료 및 자원
평가범주	3.4	지속가능한 자원 활용
평가기준	3.4.3	건축물 투입자원의 전과정 탄소배출량 평가
■ 세부 평가기준		
평가목적	건축물에 투입된 자원이 배출하는 전과정 탄소배출량을 산정함으로써 건축물에서 자원 사용으로 인한 탄소배출량을 파악하고, 다양한 탄소저감 건축재료 및 기술 적용을 유도하여 건축물의 전과정 탄소배출을 저감시키는 데 목적이 있다.	
평가방법	건축물에 투입된 자원의 전과정 탄소배출량 산정 및 그 평가 결과	
배 점	2점(평가항목)	
산출기준	• 평점 = (가중치) × (배점) 구 분 / 평가 내용 / 가중치 1 급 / 공인된 배출계수를 적용하여 건축물에 투입되는 주요 자재에 대한 탄소배출량을 평가하여 그 결과가 단위 ㎡당 000kg-CO_2/㎡ 이하인 경우 / 1.0 2 급 / 공인된 배출계수를 적용하여 건축물에 투입되는 주요 자재에 대한 탄소배출량을 평가하여 그 결과가 단위 ㎡당 000kg-CO_2/㎡ 이상인 경우 / 0.5 ※ 공인된 배출 계수 : 국가 LCI/DB, 국토부 LCI/DB ※ 평가 대상 : 건축물 및 부속건물을 포함하는 전체 공사를 대상으로 함 ※ 주요 자재 : 철근콘크리트조 공동주택의 경우 시멘트, 레미콘, 철근(봉강)을 대상으로 하며 철골 또는 철골철근콘크리트조의 경우 형강을 추가하여 산정 ※ 탄소배출량 : 자재생산에 의해 배출되는 IPCC에서 정의한 6종의 온실가스를 지구온난화지수(GWP)를 이용하여 CO_2 배출량으로 환산한 CO2eq 임. * 6종의 온실가스 : CO_2, CH4, N2O, HFCs, PFCs, SF6 ※ 주요 자재 투입량은 설계내역서를 기준으로 하며 인증 시에는 공사비내역서에 따른 투입량을 원칙적으로 사용함 ※ 필요한 경우 정부 용역에 따른 평가프로그램 등을 사용할 수 있음 ※ 평가결과는 전체 배출량과 단위면적(연면적)당 배출량으로 구분하여 산출하여 제출	

녹색건축 인증 기준 2013		공 동 주 택
평가부문	3	재료 및 자원
평가범주	3.4	지속가능한 자원 활용
평가기준	3.4.3	건축물 투입자원의 전과정 탄소배출량 평가
■ 평가 참고자료 및 제출서류		
참고자료	- 건축재료 내재 온실가스 평가 프로그램 (http://www. G-SEED 홈페이지, http://www.BEGAS 홈페이지) - 국가 LCI 데이터베이스 정보망 (http://www.edp.or.kr) - 환경부 '제품의 탄소성적표시제도' (http://www.edp.or.kr)	
제출서류	예비인증	- 설계내역서 및 설계내역서에 따른 주요 자재 산출 내역서 - 탄소 배출량 산출 보고서
	인증	- 공사비내역서 및 공사비내역서에 따른 주요 자재 적용 내역서 (주요 자재 중 탄소성적표지인증 제품을 적용한 경우는 주요 자재 적용 내역서에 이를 표시 함.) - 탄소 배출량 산출 보고서

그림 2.160 녹색건축 인증(G-SEED)심사기준 내 건축물 투입자원의 전과정 탄소배출량 평가 항목

- 기존 또는 신축 건축물을 대상으로 탄소배출량 평가결과를 녹색건축 예비인증 및 인증(본인증) 시 적용을 통한 건축물의 온실가스 감축목표 달성 및 쾌적하고 지속가능한 건축물 보급 확대에 기여
- 국가 온실가스 감축목표 달성('20년까지 건물분야 26.9%)을 위해서 건축물에 투입된 자재물량에 대한 온실가스 배출량 평가 및 관리가 요구되며 녹색건축 인증제도(G-SEED)와 연계방안의 필요성 증대

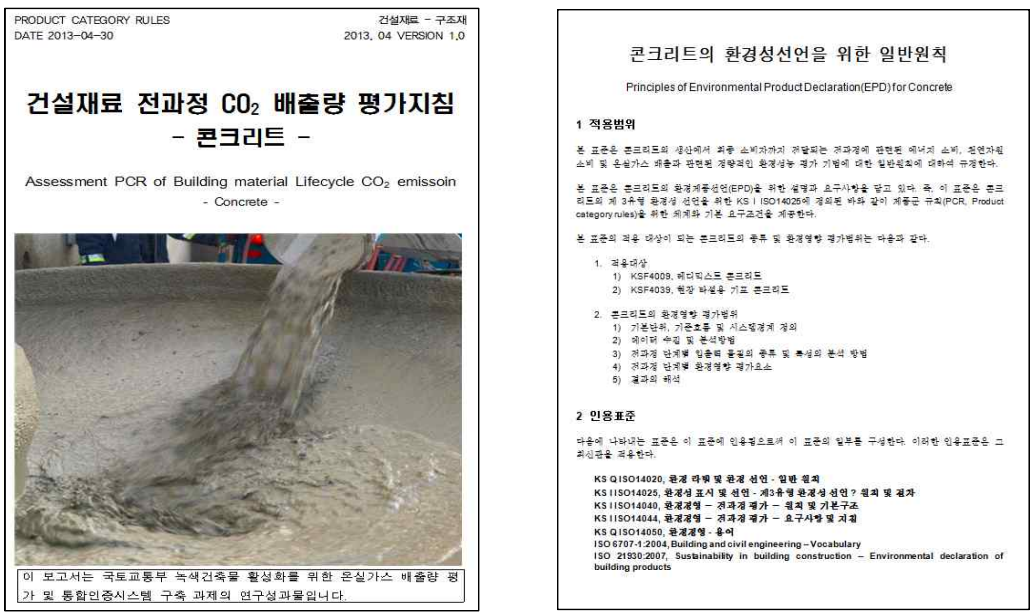
- 건축물에 투입된 자원이 배출하는 전과정 탄소배출량을 산정함으로써 건축물에서 자원 사용으로 인한 탄소배출량을 파악하고, 다양한 탄소저감 건축재료 및 기술 적용을 유도하여 건축물의 전과정 탄소배출량 저감을 목표로 함
- BEGAS ver1.0은 녹색건축 인증제도(G-SEED) 내 "3.4.3 건축물 투입자원의 전과정 탄소배출량 평가" 에서 건축물에 투입된 주요 건축자재의 지구온난화 영향평가를 예비인증 및 인증(본 인증) 단계에서 지원하는 프로그램임. 특히, 인증(본 인증)시는 투입 건축자재 중 탄소성적표지인증을 취득한 자재에 대한 평가가 가능한 프로그램임(4-2과제 연계)

(2) 친환경 건축자재 평가기준 초안 개발

(가) 건축자재 전과정 평가 지침 개발

- 건설정보를 체계적으로 분류한 국토교통부 건설정보분류체계를 적용함
- 건설정보 분류체계는 시설물(F), 공간(S), 부위(E), 공종(W), 자원(자재(M), 장비 (Q), 인력(L))의 7개 분류면으로 구성됨
- 본 연구에서는 부위분류(Element)를 사용한 건설정보 분류체계 적용하였음
- 건설재료를 건축부문과 토목부문으로 구분한 후 부위별에 따라 대분류함
- 부위별 재료를 금속계, 목질계, 비금속계로 중분류 후 이에 해당되는 세부적 재료를 선정함
- 건축부문 소분류 자재들은 국내 연구보고서 및 논문 조사결과 건축물의 온실가스 배출량 평가의 약 95%를 차지하는 주요자재를 선정함.
- 토목부문 소분류 자재들은 건설공사 표준품셈(2012년), 시설물별 탄소배출량 산정가이드라인, 표준 시방서(도로/댐/하천 등)를 참고하여 주요자재를 선정함.

- 건축자재 전과정 평가 지침(PCR)의 체계 구축



PRODUCT CATEGORY RULES
DATE 2013-04-30

건설재료 - 구조재
2013. 04 VERSION 1.0

건설재료 전과정 CO_2 배출량 평가지침
- 콘크리트 -

Assessment PCR of Building material Lifecycle CO_2 emissoin
- Concrete -

이 보고서는 국토교통부 녹색건축물 활성화를 위한 온실가스 배출량 평가 및 통합인증시스템 구축 과제의 연구성과물입니다.

콘크리트의 환경성선언을 위한 일반원칙

Principles of Environmental Product Declaration(EPD) for Concrete

1 적용범위

본 표준은 콘크리트의 생산에서 최종 소비자까지 전달되는 전과정에 관련된 에너지 소비, 천연자원 소비 및 온실가스 배출과 관련된 정량적인 환경성능 평가 기법에 대한 일반원칙에 대하여 규정한다.

본 표준은 콘크리트의 환경계좋선언(EPD)을 위한 설명과 요구사항을 담고 있다. 즉, 이 표준은 콘크리트의 제 3추형 환경성 선언을 위한 KS I ISO14025에 정의된 바와 같이 계좋군 규칙(PCR, Product category rules)을 위한 체계와 기본 요구조건을 제공한다.

본 표준의 적용 대상이 되는 콘크리트의 종류 및 환경영향 평가범위는 다음과 같다.

1. 적용대상
   1) KSF4009, 레디믹스트 콘크리트
   2) KSF4039, 현장 타설용 기프 콘크리트
2. 콘크리트의 환경영향 평가범위
   1) 기본단위, 기준흐름 및 시스템경계 정의
   2) 데이터 수집 및 분석방법
   3) 전과정 단계별 입출력 물질의 종류 및 특성의 분석 방법
   4) 전과정 단계별 환경영향 평가요소
   5) 결과의 해석

2 인용표준

다음에 나타나는 표준은 이 표준에 인용됨으로써 이 표준의 일부를 구성한다. 이하한 인용표준은 그 최신판을 적용한다.

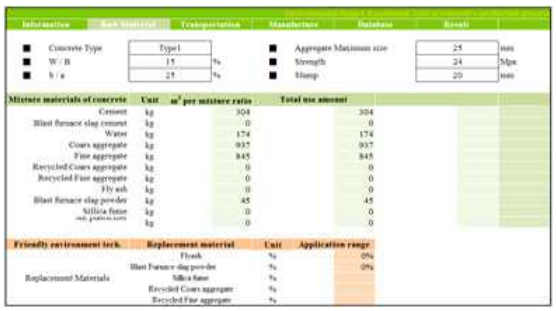
KS Q ISO14020, 환경 라벨 및 환경 선언 - 일반 원칙
KS I ISO14025, 환경경영 표시 및 선언 - 제3유형 환경성 선언? 원칙 및 절차
KS I ISO14040, 환경경영 – 전과정 평가 – 원칙 및 기본구조
KS I ISO14044, 환경경영 – 전과정 평가 – 요구사항 및 지침
KS Q ISO14050, 환경경영 - 용어
ISO 6707-1:2004, Building and civil engineering – Vocabulary
ISO 21930:2007, Sustainability in building construction – Environmental declaration of building products

그림 2.161 건축자재(콘크리트) 전과정 평가지침(초안)

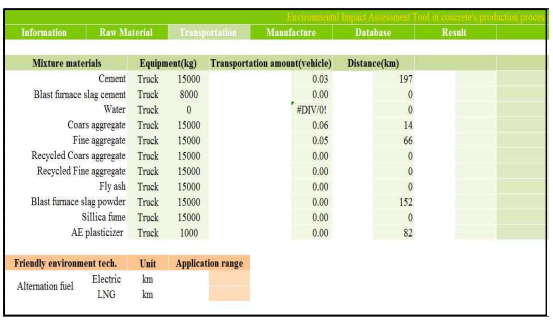
- ISO 14025(Environmental labels and declarations-type3)기준을 준용하여 건축자재 제품의 PCR(Product Category Rule's)개발하였음.
- 이를 위해 ISO 14025 내의 PCR 개발 시 요구내용을 그림 XX와 같이 조사 및 목록화 하였으며, 건축자재 PCR 개발 시 조사된 요구내용을 포함하여 작성하였음.

(나) 콘크리트 전과정 평가 프로그램 개발(CLAS 간이평가)

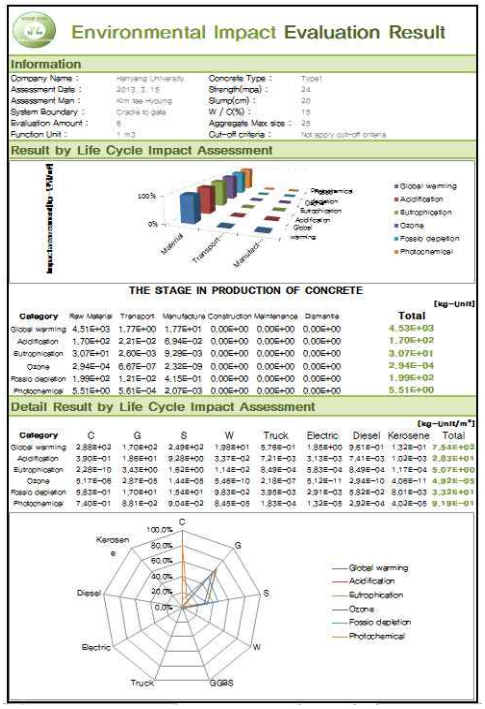
- 주요 건축자재 중 콘크리트를 대상으로 6개 환경영향 범주를 평가 할 수 있는 콘크리트 전과정 평가 프로그램을 개발(콘크리트 전과정 평가지침 연계)
  - 프로그램 구성 : Microsoft Excel
  - 평가대상 자재 : 콘크리트
  - 평가범위 : 전과정(생산-시공-유지관리-해체/폐기)
  - DB적용 : 국내외 LCI Database
  - 환경영향범주 : 지구온난화, 산성화, 부영양화, 광화학적산화물, 오존층 파괴, 자원고갈
  - 평가정보 입력
    - 원재료 생산단계 : 보통시멘트, 골재, 혼화재료, 혼합수 등 배합설계(kg)
    - 원재료 운송단계 : 운송수단 제원, 조달업체 거리(km)
    - 콘크리트 제조단계 : 에너지사용량(유류, 전력 등)
    - 콘크리트 시공단계 : 장비 제원, 에너지사용량(유류)
    - 콘크리트 유지관리단계 : 수선율(%), 장비 제원, 에너지사용량(유류)
    - 콘크리트 해체/폐기단계 : 매립율(%), 장비 제원, 에너지사용량(유류)



(a) 원재료 단계 입력화면



(b) 운송단계 입력화면



(c) 평가결과 화면

그림 2.162 콘크리트 전과정 평가 프로그램(CLAS 간이평가)

(3) 친환경 건축자재 통합시스템 시안 개발

(가) 친환경 건축자재 통합시스템 구축 계획 수립

- 웹사이트 분석결과 건축자재 온실가스배출량 및 환경영향 평가 결과를 웹사이트 내에 입력할 수 있도록 플랫폼을 업데이트 예정
- 현재 구축되어 있는 건설자재통합정보시스템 웹사이트 내의 자재정보란에 온실가스 및 환경영향 평가 결과를 입력할 수 있도록 방향 설정

3. 친환경 건축자재 평가 방법론 / 건축자재 통합시스템 구축 계획(안)

가. 연구내용

(1) 친환경 건축자재 평가 방법론

- 친환경 건축자재 특성에 부합하는 평가 방법론 분석
- 친환경 건축자재 평가기준 지표(GMI) 제안
- 환경영향평가 방법론 적용방안 조사

(2) 건축자재 통합시스템 구축 계획

- 친환경 건축자재 통합시스템(웹버젼) 개발 구성안
- 친환경 건축자재 통합시스템 계획 수립

나. 분석결과 및 결론

(1) 친환경 건축자재 평가 방법론

- 친환경 건축자재 평가기준을 건축자재레벨의 평가지수(GMI)로 제안
- GMI 항목: 온실가스 배출지수(G), 환경영향지수(E), 재료성능지수(P)
- 온실가스배출 (G): 건축자재 분류를 통한 평가시나리오 및 온실가스 배출량 산정 알고리즘
- 환경영향 (E): 온실가스 평가 알고리즘 내, 환경부하물질 인벤토리 활용 평가를 활용하고, 경제성 환산 개념을 활용한 피해산정형 평가방식 도입
- 재료성능 (P): 건축자재 성능을 기준으로 경제성, 리사이클, 환경성 관계를 고려하여 평가
- 피해산정형 평가방식(LIME)에서 건축자재 적용항목과 환경부하물질 (인벤토리산정) 결정
- 환경영향지수 및 재료 성능지수의 세부 평가 기법

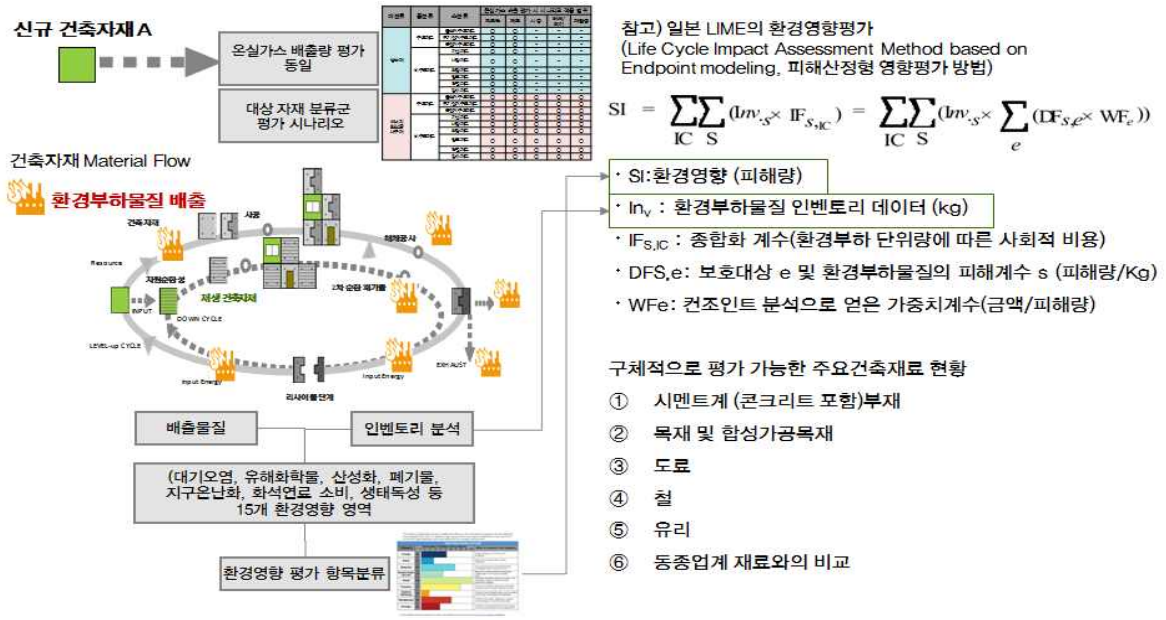


그림 2.163 친환경 건축자재 환경부하 평가방법(안)

② 건축자재 통합시스템 구축 계획(안)

- 친환경 건축자재 통합시스템(웹버전) 개발 구성안 제안
- 국제표준규격에 근거한 건축자재의 온실가스 평가와 친환경 건축자재 평가 기준 및 DB를 구축하고 녹색건축물 통합인증제도 개발(4세부)과 연계
- 평가자, 관리자(통합시스템 관리주체), 사용자(구축된 DB사용 주체)간의 효율적인 정보연동을 위한 플랫폼 개념의 건축자재 통합시스템을 개발
- 기구축(건설기술연구연 건설자재 통합정보시스템 홈페이지)과의 연동
- 기개발 타부처 평가제도(탄소성적표지제도)와의 연동되며, 건축물 전과정 온실가스 평가프로그램의 BIM 라이브러리(3세부) 제공방안 구성



그림 2.164 건축자재 통합시스템 개발 구성안

다. 연계방안 및 향후내용

- 3차년도 시행에 앞서 통합시스템의 구성안을 수립하고 달성하기 위한 개발 계획안을 수립하고 신뢰성 확보를 위한 2차년도 연구수행 시 시범적용 및 전문가 검증 계획
- 그림 3.67과 3.68과 같이 전체 세부과제 및 5세부 과제와의 관계를 정립하고 평가범위/기준/방법 등을 구체적으로 반영
- 온실가스 배출량 평가: 3세부에서 개발될 건축물 전과정 온실가스 배출량 평가시스템의 자재레벨 온실가스 DB를 제공
- 친환경 건축자재 평가지표(GMI): 4세부 녹색건축물 통합인증과 연계하여 녹색건축물지수(GBI)에 건축 자재레벨 DB 제공 온실가스 평가

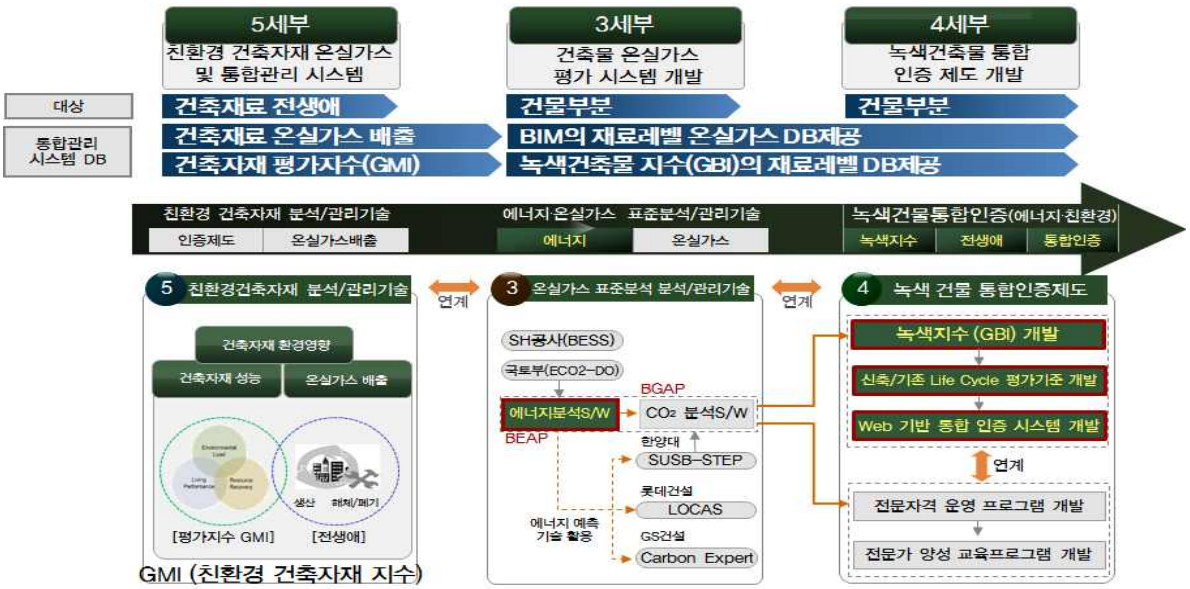


그림 2.165 연계방안 및 향후내용

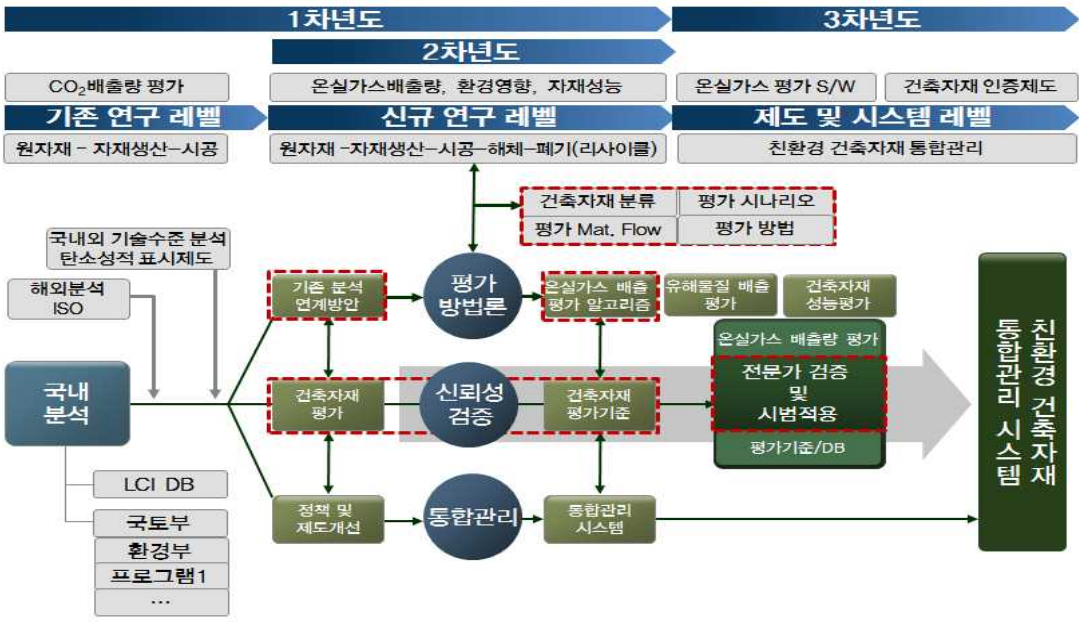


그림 2.166 5세부 연구 로드맵

4. 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 시범사업 계획 수립

가. 연구내용

(1) 건축자재 온실가스 배출량 평가 프로그램 개발
- 건축자재 내재 온실가스 배출량 평가 프로그램 개발(BEGAS ver 1.0)
- 프로그램(BEGAS ver1.0) 마곡지구 현장시범적용

(2) 친환경 건축자재 평가기준 개발
- 친환경 건축자재 평가지침(PCR) 개발
- 건축자재(콘크리트) 전과정 탄소배출량 평가 프로그램(CLAS) 개발

(3) 친환경 건축자재 통합시스템 개발
- 친환경 건축자재 특성에 부합하는 평가 방법론 분석
- 환경영향평가 방법론 적용방안 조사

나. 분석결과 및 결론

(1) 건축자재 온실가스 배출량 평가 프로그램 개발

(가) 건축자재 내재 온실가스 배출량 평가 프로그램 개발(BEGAS ver 1.0)
- BEGAS는 조달청 품목코드가 적용된 건축물에 투입된 주요 건축자재를 대상으로 6대 온실가스(CO2, CH4, N2O, HFCs, PFCs, SH6)배출량을 평가하는 프로그램임.
- 본 프로그램의 건축자재 투입물량 입력방식은 수동입력 및 조달청 품목코드로 작성된 물량산출서를 업로드 하는 자동입력 방식으로 구성됨.자동입력 방식은 BEGAS를 이용하여 효율적으로 건축자재의 온실가스 배출량을 평가하기위해 개발되었으며, 물량산출서와 조달청 품목코드 분석을 기반으로 데이터 맵핑(Data Mapping)기술을 적용한 방식임.
- BEGAS를 이용하여 건축자재의 온실가스 배출량 평가 시 예비인증과 인증으로 평가시기를 구분할 수 있음. 본 프로그램은 건축물에 투입된 주요 건축자재의 지구온난화 영향평가를 녹색건축 인증제도(G-SEED) 예비인증 및 인증단계에서 지원하는 프로그램으로서 특히 인증 시는 투입 건축자재 중 탄소성적표지인증을 취득한 자재에 대한 평가가 가능함(4-2 과제 연계).
- BEGAS는 Web버전과 Excel버전으로 구성되어 있으며, 현재 BEGAS 웹버전의 웹사이트는 (http://susb-begas.co.kr/)이고 Excel버전은 '녹색건축 인증시스템' 내에서 무료로 배포하고 있음. 또한, BEGAS 웹버전은 한국저작권위원회에서 지적재산권으로서 프로그램 등록을 완료하였음.



그림 2.167 BEGAS ver1.0 메인화면(웹버전)

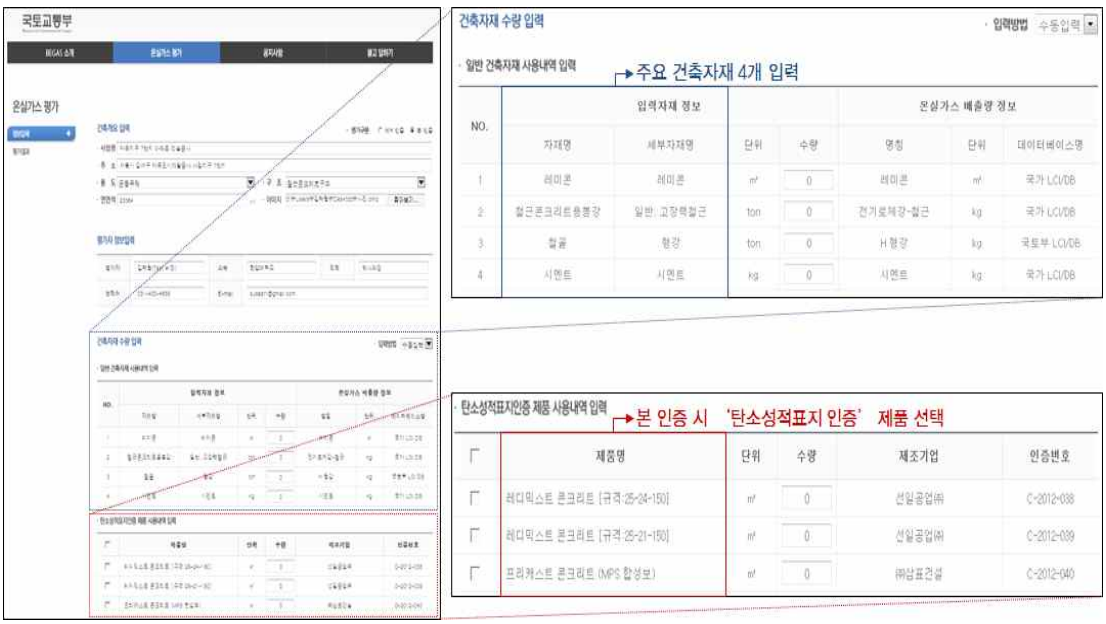


그림 2.168 BEGAS ver1.0 자동입력 입력 평가방식 화면

(나) 녹색건축 인증제도(G-SEED) 내 건축자재 온실가스 영향평가 정책반영

- 녹색건축물 조성지원법 제 16조에 근거하여 친환경건축물 인증기준이 「녹색건축 인증기준」으로 개정 시 건축물 투입자원의 전과정 탄소배출량 평가 결과를 녹색건축 인증제도(G-SEED) 내 재료 및 자원부문에 반영
- 기존 또는 신축 건축물을 대상으로 탄소배출량 평가결과를 녹색건축 예비인증 및 인증(본인증) 시 적용을 통한 건축물의 온실가스 감축목표 달성 및 쾌적하고 지속가능한 건축물 보급 확대에 기여

- 국가 온실가스 감축목표 달성('20년까지 건물분야 26.9%)을 위해서 건축물에 투입된 자재물량에 대한 온실가스 배출량 평가 및 관리가 요구되며 녹색건축 인증제도(G-SEED)와 연계방안의 필요성 증대
- 건축물에 투입된 자원이 배출하는 전과정 탄소배출량을 산정함으로써 건축물에서 자원 사용으로 인한 탄소배출량을 파악하고, 다양한 탄소저감 건축재료 및 기술 적용을 유도하여 건축물의 전과정 탄소배출량 저감을 목표로 함
- SUSB-BEGAS는 녹색건축 인증제도(G-SEED) 내 "3.4.3 건축물 투입자원의 전과정 탄소배출량 평가" 에서 건축물에 투입된 주요 건축자재의 지구온난화 영향평가를 예비인증 및 인증(본 인증) 단계에서 지원하는 프로그램임. 특히, 인증(본 인증)시는 투입 건축자재 중 탄소성적표지인증을 취득한 자재에 대한 평가가 가능한 프로그램임

녹색건축 인증 기준 2013		공 동 주 택
평가부문	3	재료 및 자원
평가범주	3.4	지속가능한 자원 활용
평가기준	3.4.3	건축물 투입자원의 전과정 탄소배출량 평가
■ 세부 평가기준		
평가목적	건축물에 투입된 자원이 배출하는 전과정 탄소배출량을 산정함으로써 건축물에서 자원 사용으로 인한 탄소배출량을 파악하고, 다양한 탄소저감 건축재료 및 기술 적용을 유도하여 건축물의 전과정 탄소배출을 저감시키는 데 목적이 있다.	
평가방법	건축물에 투입된 자원의 전과정 탄소배출량 산정 및 그 평가 결과	
배 점	2점(평가항목)	
산출기준	• 평점 = (가중치) × (배점)	

구 분	평가 내용	가중치
1 급	공인된 배출계수를 적용하여 건축물에 투입되는 주요 자재에 대한 탄소배출량을 평가하여 그 결과가 단위 ㎡당 000kg-CO_2/㎡ 이하인 경우	1.0
2 급	공인된 배출계수를 적용하여 건축물에 투입되는 주요 자재에 대한 탄소배출량을 평가하여 그 결과가 단위 ㎡당 000kg-CO_2/㎡ 이상인 경우	0.5

※ 공인된 배출 계수 : 국가 LCI/DB, 국토부 LCI/DB
※ 평가 대상 : 건축물 및 부속건물을 포함하는 전체 공사를 대상으로 함
※ 주요 자재 : 철근콘크리트조 공동주택의 경우 시멘트, 레미콘, 철근(봉강)을 대상으로 하며 철골 또는 철골철근콘크리트조의 경우 형강을 추가하여 산정
※ 탄소배출량 : 자재생산에 의해 배출되는 IPCC에서 정의한 6종의 온실가스를 지구온난화지수(GWP)를 이용하여 CO_2 배출량으로 환산한 CO2eq 임.
* 6종의 온실가스 : CO_2, CH4, N2O, HFCs, PFCs, SF6
※ 주요 자재 투입량은 설계내역서를 기준으로 하며 인증 시에는 공사비내역서에 따른 투입량을 원칙적으로 사용함
※ 필요한 경우 정부 용역에 따른 평가프로그램 등을 사용할 수 있음
※ 평가결과는 전체 배출량과 단위면적(연면적)당 배출량으로 구분하여 산출하여 제출

녹색건축 인증 기준 2013		공 동 주 택
평가부문	3	재료 및 자원
평가범주	3.4	지속가능한 자원 활용
평가기준	3.4.3	건축물 투입자원의 전과정 탄소배출량 평가
■ 평가 참고자료 및 제출서류		
참고자료	- 건축재료 내재 온실가스 평가 프로그램 (http://www. G-SEED 홈페이지, http://www.BEGAS 홈페이지) - 국가 LCI 데이터베이스 정보망 (http://www.edp.or.kr) - 환경부 '제품의 탄소성적표시제도' (http://www.edp.or.kr)	
제출서류 예비인증	- 설계내역서 및 설계내역서에 따른 주요 자재 산출 내역서 - 탄소 배출량 산출 보고서	
제출서류 인증	- 공사비내역서 및 공사비내역서에 따른 주요 자재 적용 내역서 (주요 자재 중 탄소성적표지인증 제품을 적용한 경우는 주요 자재 적용 내역서에 이를 표시 함.) - 탄소 배출량 산출 보고서	

그림 2.169 녹색건축 인증(G-SEED)심사기준 내 건축물 투입자원의 전과정 탄소배출량 평가 항목

(나) 프로그램(BEGAS ver1.0) 마곡지구 현장시범적용

- 개발된 BEGAS ver1.0를 이용하여 서울특별시 마곡지구 7단지에 건설 중인 SRC구조의 공동주택 건축물로 총 14동의 공동주택으로 구성되며 정보의 수집이 가능한 13개동의 건축자재별 온실가스 배출 비율을 분석함.
- 마곡지구 7단지 공동주택의 건축자재 온실가스 평가결과 아래와 같이 평가되었으며 단위면적당 최대 1,123.49kg-CO2eq/m2(704동), 최소 789.77 kg-CO2eq/m2(711동)으로 나타났으며 평균 894.57 kg-CO2eq/m2로 산출됨.
- 건축자재의 온실가스 배출 비율은 레미콘, 철근, 철골, 페인트(도료), 유리, 콘크리트 제품, 단열재, 알루미늄, 시멘트 순으로 도출되었으며 상위 7가지의 건축재료 그룹만으로도 전체 온실가스 배출량의 95%를 상회하는 것으로 분석됨.

표 2.53 마곡지구 7단지 건축 개요

구분	내용	구분	내용
사업명	마곡지구 7단지 아파트 건설공사	대지면적	56,336.00㎡
대지위치	서울시 강서구 마곡도시개발사업지구 7단지	건축면적	16,320.26㎡
지역/지구	준구거지역	건폐율	28.97%
건물규모	지하 2층 / 지상 5층-16층	용적율	239.14%
구조	철골-철근콘크리트조	연면적	208,392.78㎡

표 2.54 마곡지구 7단지 건축자재 온실가스 평가결과

구 분	연면적(㎡)	총 온실가스 배출량 ($kg-CO_2eq$)	단위면적당 온실가스 배출량 ($kg-CO_2eq/m^2$)
701동	6,901,792.40	7,462.53	924.86
702동	7,198,939.88	7,452.01	966.04
703동	5,424,646.66	6,443.93	841.82
704동	9,865,002.18	8,780.64	1,123.49
705동	15,289,822.11	17,054.89	896.51
706동	16,158,813.43	17,722.19	911.78
707동	5,391,790.49	5,970.93	903.01
708동	3,438,644.96	4,162.66	826.07
709동	7,904,971.74	9,940.44	795.23
710동	8,368,520.15	9,940.44	841.87
711동	8,583,597.40	10,868.54	789.77
712동	7,088,383.01	8,027.46	883.02
714동	8,093,568.88	8,811.83	918.49
평 균	-	-	894.57

(2) 친환경 건축자재 평가기준 개발

(가) 친환경 건축자재 평가지침(PCR) 개발

- ISO14044 및 21930, EN15804를 준용하여 건축자재 환경영향평가 세부평가 기준 및 방법을 선정하였음.
- 주요 건축자재 중 콘크리트와 시멘트를 대상으로 친환경 건축자재 평가기준 개발하였으며, 개발된 평가기준을 대상으로 5회에 걸쳐 전문가 검증 실시
- 개발된 친환경 건축자재 전과정 평가지침은 녹색 건축 인증 시스템(GBI)내의 건축자재 탄소배출량 평가 부분을 지원하는 특화된 평가기준임

(나) 콘크리트 전과정 평가 방법

- 목적 및 범위 정의
  - 기능 및 기능단위 설정

    제품의 기능이 무엇인가를 규정하는 것은 결국 제품의 용도가 무엇인가를 규정하는 것이다. 이때 용도는 제품 사용자의 관점에서 규정되며 기능단위는 제품의 기능이 나타내는 성과를 가늠하는 척도이다. ISO TR 14049에 따르면 기능단위의 목적은 제품에 의해 제공된 서비스를 정량화 하는 것으로 기능단위 설정의 첫 단계는 제품에 의기능을 정량화 하는 것이다. 다음으로 대상제품의 성능을 바탕으로 기능단위를 해석하여 기능흐름을 잡는다. 즉, 기능흐름이란 기능단위를 수행하는데 필요한 제품의 수 또는 양을 나타내며, 기능흐름이 결정되면 이를 바탕으로 목록테이블을 작성한다. 본 전과정 영향평가(LCIA) 대상 제품은 일반적인 형태의 가공된 콘크리트로 선정하고, 콘크리트의 여러 기능 중에서 콘크리트 구조물 및 콘크리트 제품의 형성을 전과정 영향평가 수행을 위한 주요기능으로 선정한다. 이 기능을 바탕으로 데이터 관리 및 활용이 편리한 콘크리트 1m3 생산하는 것을 기능단위로 설정한다. 이 기능단위를 수행하는데 투입되는 콘크리트 1m3가 기능흐름이 된다.

  - 시스템 경계

    시스템이란 원료의 획득으로부터 산업체 또는 소비자의 사용을 거쳐 최종 폐기까지를 말한다. 그러나 데이터 수집과 비용이라는 제약요인으로 인해 현실적으로 전과정에 대한 모든 데이터를 수집할 수는 없으므로 결과에 큰 영향을 미치지 않는 공정에 대해서는 시스템 경계에서 제외(cut-off criteria)시키게 된다. 이렇게 제외된 공정은 무슨 기준으로 제외시켰으며 무슨 가정을 했는지에 대해 명시해야만 하는데 이는 시스템과 그 경계를 명확하게 정의하는 것이 결과의 타당성 있는 해석을 보장하기 때문이다. 시스템 경계는 전과정 평가에 포함되어 잇는 단위공정들로 결정되며, 의도된 용도, 데이터와 비용의 제한, 가정 등의 요인들에 의해 결정된다. 투입물과 배출물의 선택과 데이터 수집정도는 일관성이 있어야 하며, 시스템은 이와 같은 일관성을 유지하여 시스템 경계에서의 투입물과 배출물을 모델화 한다. 본 콘크리트 전과정 영향평가는 원재료 생산, 수송, 제조, 시공, 유지관리, 해체/폐기 단계를 시스템 경계로 한다. 콘크리트의 원재료 생산과 수송, 제조 공정 시 투입되는 물질과 에너지사용량 실제 데이터를 수집한다. 하지만 콘크리트는 사용되는 용도가 다양함에 따라 시공 및 유지관리, 해체/폐기하는 공법도 다양하다. 따라서 건축공사 시방서 내의 표준적인 공법을 대상으로 투입되는 물질과 에너지사용량 시나리오를 가정한다.

표 2.55 기능 및 기능단위 설정

항 목 명	내 용
제 품 명	콘크리트
기 능	콘크리트 구조물 및 콘크리트 제품을 형성
기능단위	콘크리트 1m^3 생산
기능흐름	콘크리트 1m^3

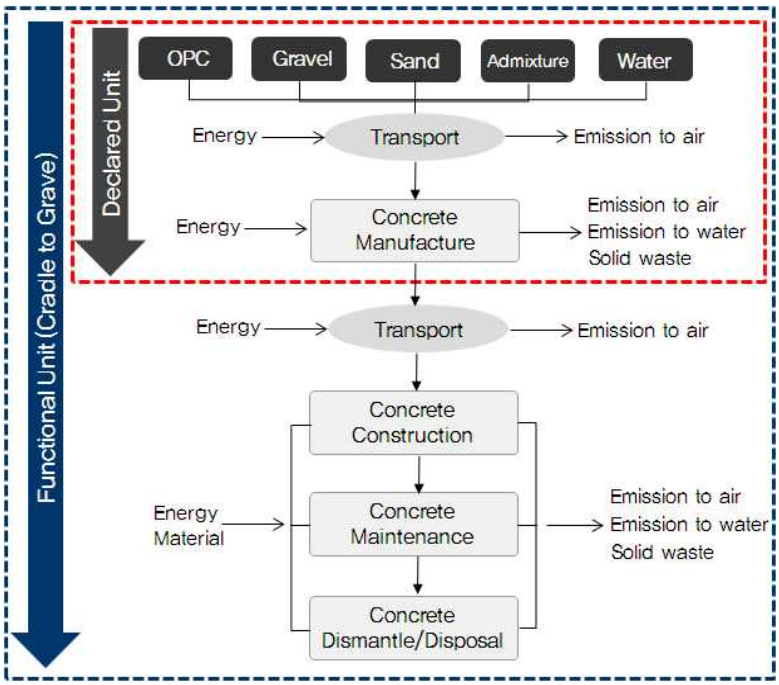


그림 2.170 콘크리트 전과정 공정흐름 및 범위

표 2.56 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	보통시멘트, 굵은골재, 잔골재, 혼합수, 고로슬래그미분말, 플라이애쉬, 혼화제
	에너지	전기, 경유, 등유, LNG
	보조물질	-
산출물	제품	콘크리트
	부산물	-
	대기배출물	CO_2, CO, SOx, SO_2,, NOx 등
	수계배출물	폐수
	폐기물	산업폐기물

- 전과정 목록분석

  전과정 목록분석 과정은 연구범위에서 설정한 시스템을 대상으로 에너지, 원료, 제품, 부산물 등의 투입(input)요소와 환경오염물 등의 종류와 양의 배출(output)요소를 기록하여 목록화하는 과정이다. 이들 각 공정마다 환경부하 자료들이 최종 제품에 기여하는 정도를 곱한 후 합산한 것이 목록분석 결과이고 이 결과는 기능단위 기준으로 제품의 전과정 동안 소모된 자원사용량과 환경오염물 배출량 등을 지표별로 나타낸다. 전과정 목록분석을 위한

데이터 수집은 크게 현장데이터와 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있으며, 문헌데이터 수집에는 한국 LCI DB 뿐만 아니라 국외 DB와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 본 전과정 평가의 지역적 경계는 한국이므로 사용된 에너지원 및 수송장비에 대한 LCI DB는 기본적으로 한국 국토해양부 및 지식경제부, 환경부의 데이터를 이용한다. LCI DB는 자국에서 제공되는 DB를 이용하는 것이 가장 바람직하지만 한국 LCI DB 중 고로슬래그미분말과 플라이애쉬, 혼화제에 대한 DB는 구축되지 않았기 때문에 스위스 ecoinvent DB를 사용한다.

표 2.57 데이터베이스 출처

구분	LCI DB 명칭	데이터베이스(DB) 수집			
		현장	문헌	Reference	
원료물질	보통시멘트		0	환경부, 2003	한국
	굵은골재		0	국토해양부, 2006	한국
	잔골재		0	국토해양부, 2006	한국
	고로슬래그미분말		0	ecoinvent, 2010	스위스
	플라이애쉬		0	ecoinvent, 2010	스위스
	혼합수		0	환경부, 2003	한국
	혼화제		-	ecoinvent, 2010	스위스
에너지	전기		0	지식경제부, 2000	한국
	경유		0	환경부, 2003	한국
	등유		0	환경부, 2003	한국
	공업용수		0	환경부, 2003	한국
수송	15.1-18톤 트럭		0	환경부, 2003	한국
	레미콘 믹서트럭		0	국토해양부, 2006	한국
	철도		0	지식경제부, 2000	한국
	해상수송		0	환경부, 2011	한국
장비	레미콘 시공		0	국토해양부, 2006	한국
	불도저		0	국토해양부, 2006	한국
	굴삭기		0	국토해양부, 2006	한국
	로더		0	국토해양부, 2006	한국
폐기	일반폐기물 소각		0	환경부, 2003	한국

- 전과정 영향평가(LCIA)

  전과정 영향평가는 목록분석 단계에서 작성된 지표(input/ouput)들이 환경에 미치는 잠재적인 영향을 평가하는 과정이다. 전과정 영향평가에서는 지표가 어떠한 환경영향을 야기하는지를 파악하여 해당 영향범주로 분류하는 분류화(classification)와 영향범주 내에서 각 지표들간의 상대적인 중요도를 평가하는 특성화(characterization), 하나의 영향범주에 미치는 환경영향을 일정지역, 일정기간 동안 영향범주에 기여하는 총 환경영향으로 나누는 정규화(normalization), 영향범주들간의 상대적인 중요도를 나타내는 가중치부여(weighting)과정을 진행한다. 하지만, 분류화와 특성화는 객관적인 근거를 가진 반면에 정규화와 가중치부여는 사회적·문화적인 측면을 많이 반영하는 사회·과학적인 특성을 지니고

있다. 따라서 현재까지 한국 실정에 맞는 콘크리트의 정규화와 가중치부여 인자가 개발되어 있지 않기 때문에 본 연구에서는 특성화까지만을 대상으로 전과정 영향평가를 실시한다. 전과정 영향평가 범주는 지구온난화, 오존층파괴, 산성화, 부영양화, 광화학적산화물, 자원고갈, 인간독성, 생태독성 등 8개의 환경영향 범주에 대해 평가한다.

- 분류화

  분류화는 콘크리트 전과정 영향평가 목록분석에서 도출된 단계별 목록항목들을 해당 영향범주로 모으는 과정이다. 본 연구에서는 환경영향 범주를 표00와 같이 자원고갈, 지구온난화, 광화학산화물 생성, 산성화, 부영양화, 오존층 파괴 및 인간독성, 생태독성 등의 8개로 분류한다.

- 특성화

  CI는 주어진 영향범주 I에서 j목록항목의 환경부하량과 그에 해당되는 특성화 계수의 곱으로 표현된다. 즉, 특성화는 목록항목이 영향범주에 미치는 영향을 정량화하는 단계로서 식 (1)에 의해 평가될 수 있다.

$$CI_i = \sum_j CI_{i,j} = \sum_j (Load_j \cdot eqv_{i,j}) \qquad (1)$$

여기서 CI_i는 영향범주 i에 포함된 모든 목록항목(j)들이 소속된 영향범주에 미치는 영향의 크기이며, $CI_{i,j}$는 목록항목 j가 영향범주 i에 미치는 영향의 크기이며, $Load_j$는 j번째 목록항목의 환경부하량이며, $eqv_{i,j}$는 영향범주 i에 속한 j번째 목록항목의 특성화 계수 값이다.

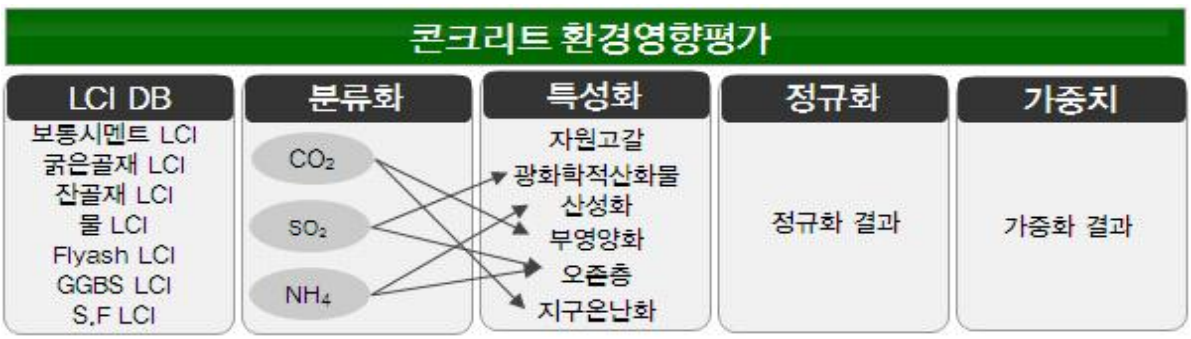


그림 2.171 콘크리트 전과정 영향평가(LCIA)

- 지구온난화(GWP, Global Warming Potential)

  지구온난화는 콘크리트를 생산부터 해체/폐기 시 사용되는 화석연료의 연소 등으로 인하여 발생하는 온실가스가 지구로부터 복사되는 적외선을 흡수함에 따라 지구로 유입되거나 유출되는 태양광의 균형이 파괴되어 지구 내의 온도가 상승되는 현상을 말한다. 주로 CO2, CH4 등이 가장 큰 영향을 준다. 지구온난화는 IPCC에서 제공하는 GWP(Global Warming Potential) 100(상응인자 CO2)을 사용하여 환경영향을 나타낸다.

$$지구온난화 = \sum m(i) \times GWP100 \qquad (2)$$

m(i)는 단계별 i라는 물질의 양, GWP100은 i라는 물질의 지구온난화 잠재성 이다.

- 오존층파괴(ODP, Ozone Depletion Potential)
  콘크리트를 생산부터 해체/폐기 시 발생하는 물질이 성층권 내에 있는 오존층 파괴로 인하여 발생하는 영향을 나타낸다. 오존층파괴는 CFC와 같은 프레온가스의 사용에 의한 오존의 화학적 분해를 유발하는 Cl 등의 성분이 다량 생성됨에 따라 발생된다. 오존층 파괴영향 지수는 CFC-11을 상용인자로 하여 잠재적인 환경영향을 나타낸다.

$$오존층파괴 = \sum m(i) \times ODP(i) \qquad (3)$$

m(i)는 단계별 i라는 물질의 양, ODP(i)는 i라는 물질의 오존층파괴 잠재성 이다.

- 산성화(ACP, Acidification Potential)
  산성화는 콘크리트를 생산부터 해체/폐기 시 발생하는 물질인 SOx, NOx 등의 화합물 및 염산, 황산과 같은 산 등에 의하여 토양이나 수계의 수소이온농도가 증가하여 pH가 감소하게 되는 현상이다. 대기 중으로 배출되는 SOx, NOx 등과 같은 물질들로 인하여 산성비가 발생하고, 이에따른 수계 및 토양의 산성화가 나타나게 된다. 산성화 잠재성에 대한 환경영향은 산성화를 유발하는 물질에서 방출하는 양성자(H+)의 수를 SO2 당량으로 나타내어 환경영향을 나타낸다.

$$산성화 = \sum m(i) \times AP(i) \qquad (4)$$

여기서 m(i)는 단계별 i라는 물질의 양, GWP100은 i라는 물질의 산성화 잠재성이다.

- 자원고갈
  콘크리트를 생산부터 해체/폐기 시 들어가는 투입물, 즉 자원은 지하수, 나무 등과 같이 지속적으로 새롭게 보충될 수 있는 자원과 광물, 화석연료 등과 같이 그렇지 않은 자원으로 분류된다. 이처럼 자원고갈은 자원의 사용으로 인하여 발생할 수 있는 환경적인 영향을 나타내게 되는데, 이에 대한 환경영향은 1/yr를 상응인자로 하여 나타낼 수 있다.

$$자원고갈 = U(i) \times R(i) \qquad (5)$$

U(i)는 단계별 i라는 자원의 연간 사용량, R(i)는 i라는 자원의 전 세계 매장량 이다.

- 광화학적산화물생성(POCP, Photo-Chemical Oxidant Creation Potential)
  광화학적 산화물생성은 콘크리트 생산부터 해체/폐기 시 NO2, CO, VOC 등과 같은 태양광선과 반응하여 대류권 내에서 생성된 오존 등의 광화학적 생성물로 인하여 스모그

현상 등이 일어나는 것이다. 광화학적 산화물을 생성하는 1차 오염물질은 VOC, CO 등이 있으며, 2차 오염물질은 오존, 알데하이드 등이 있다. 광화학적산화물 생성에 대한 환경영향은 상응인자 에텐(C2H4)과 아래의 식을 적용하여 광화학산화물 생성에 대한 환경영향을 나타낸다.

$$\text{광화학적산화물 생성} = \sum m(i) \times POCP(i) \qquad (6)$$

여기서 m(i)는 단계별 i라는 물질의 양, POCP(i)는 i라는 물질의 광화학적산화물 생성 잠재성 이다.

- 부영양화(EUP, Eutrophication Potential)

부영양화는 콘크리트를 생산부터 해체/폐기 시 대기 중에 배출된 질소화합물과 수계로 배출된 질소, 인 및 유기물질 등에 의하여 토양과 수중에서 영양상의 균형이 깨지는 현상을 말한다. 생태계 내의 질소, 인 등이 상승하게 됨에 따라 미생물의 활동이 증가하게 되고, 그에 따른 산소 소모량이 증가함에 따라서 호수 혹은 토양에 영향을 미치게 된다. 부영화는 부영양화를 야기하는 물질의 산소 소모량을 PO43−를 상응인자로 하여 배출물이 대기, 수계, 토양에 영향을 미칠 경우 위의 특성화 인자를 동일하게 적용하여 부영양화 잠재성을 나타낸다.

$$\text{부영양화} = \sum m(i) \times EP(i) \qquad (7)$$

m(i)는 단계별 i라는 물질의 양, EP(i)는 i라는 물질의 부영양화 잠재성 이다.

- 인간독성(HTP, Human Toxicity Potential)

인간독성은 콘크리트를 생산부터 해체/폐기 시 각종 중금속 및 화합물에 의해 인간에 미치는 독성을 말하며 대기, 수질, 토양오염 물질에 의한 인간독성으로 구분된다. 인간독성에 관한 환경영향은 Dichlorobenzene을 상응인자로 하여 배출물이 대기, 수계, 토양에 함께 100년 동안 영향을 미친다고 가정하고 대기, 수계, 토양에 대한 각각의 특성화 인자를 적용하여 환경영향을 나타낸다.

$$\text{인간독성} = \sum(i)\ \sum m(i) \times HTP(i) \qquad (8)$$

m(i)는 단계별 i라는 물질의 양, HTP(i)는 i라는 물질이 대기, 수계, 토양에의 배출에 대한 각각의 인간독성 잠재성 이다.

- 생태독성(ETP, Eco Toxicity Potential)

생태독성은 콘크리트를 생산부터 해체/폐기 시 생태계에 미치는 오염물질의 영향을 말하며, 수중 및 육상 생태계 독성으로 구분된다. 생태독성의 경우 합성된 화학물질의 형태이며 생체내 축적 가능성이 크고 오랜 기간 지속이 되고 분해가 잘 되지 않는다는 특성을 갖는다. 여기서 생태독성은 크게 담수생태독성, 해수생태독성, 토양생태독성으로 분류

된다. 담수, 해수, 토양에 대한 잠재적인 환경영향을 평가하기 위하여 FAETP(Fresh Water Aquatic Eco Toxicity Potential), MAETP(Marine Aquatic Eco Toxicity Potential), TETP(Terrestrial Eco Toxicity Potential)라는 상응인자를 사용하였다. 생태독성에서도 마찬가지로 배출물이 대기, 수계, 토양에 함께 영향을 미친다고 가정하고 대기, 수계, 토양에 대한 각각의 특성화 인자를 적용하여 환경영향을 나타낸다.

$$\text{담수생태독성} = \sum(i)\ \sum m(i) \times FAETP(i) \quad (9)$$

$$\text{해수생태독성} = \sum(i)\ \sum m(i) \times MAETP(i) \quad (10)$$

$$\text{토양생태독성} = \sum(i)\ \sum m(i) \times TETP(i) \quad (11)$$

m(i)는 단계별 i라는 물질의 양, FAETP(i), MAETP(i), TETP(i)는 i라는 물질이 대기, 수계, 토양에의 배출에 대한 각각의 생태독성 잠재성 이다.

- 전과정 영향평가 결과 분석

  전과정 영향평가 결과분석은 도출된 목록분석 결과 또는 영향평가 결과를 토대로 주요한 환경상의 이슈를 찾는 과정이다. 특성화 단계의 결과는 해당 제품 즉 콘크리트에 대한 잠재적인 환경영향을 정량적, 객관적으로 나타냄에 따라 전과정 영향평가의 필수요소에 포함된다. 이를통해 콘크리트의 전과정에서 환경영향을 일으키는 주요 요소를 규명할 수 있다. 그러나 특성화 결과만을 가지고는 영향범주에 따른 단위가 서로 달라 비교 할 수 없다는 단점이 있다. 이에 따라 영향범주별 상대적인 비교가 가능하기 위하여 정규화, 가중화 등의 선택단계가 존재하지만 본 콘크리트 전과정 영향평가에서는 주관적인 요인이 많이 포함되는 정규화, 가중화는 제외하였다.



그림 2.172 건축자재(콘크리트/시멘트) 전과정 평가지침

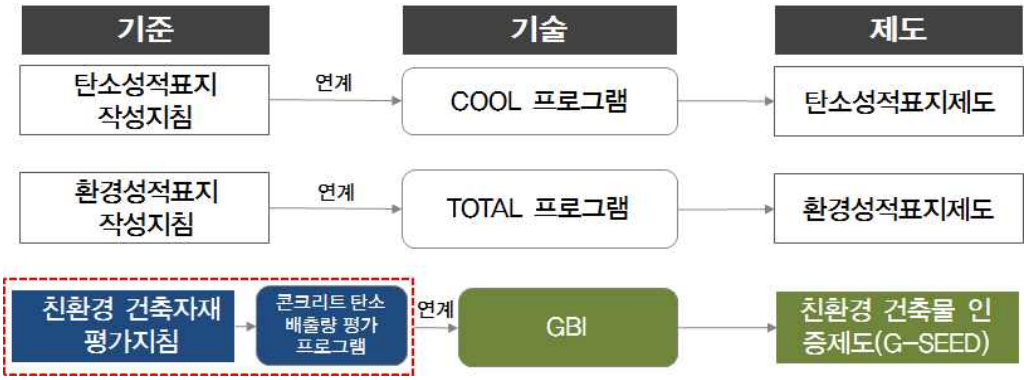


그림 2.173 기존 개발된 평가지침과 차별성

(나) 건축자재(콘크리트) 전과정 탄소배출량 평가 프로그램(CLAS) 개발

- 개발한 친환경 건축자재(콘크리트)의 평가기준을 토대로 전과정 평가 프로그램 개발
- GBI의 탄소배출량 평가 시 다양한 콘크리트 강도와 배합설계에 대한 탄소배출량 원단위를 도출 할 수 있으며, 예비인증과 본 인증 부문으로 구분하여 건축자재 부문 탄소배출량을 평가 할 수 있음

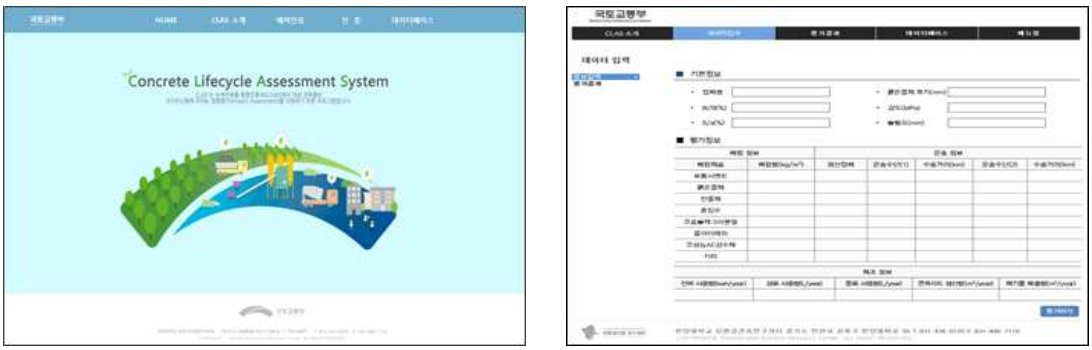


그림 2.174 콘크리트 전과정 탄소배출량 평가 프로그램(CLAS)

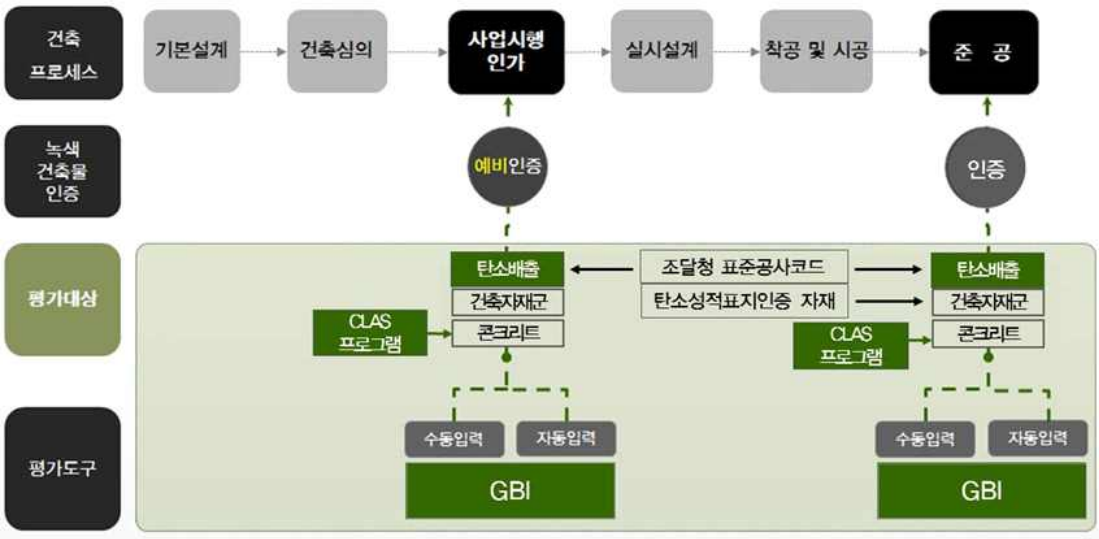


그림 2.175 GBI 평가 시 CLAS의 연계방안

(3) 친환경 건축자재 통합시스템 개발

- 녹색건축 통합인증 프로그램(GBI)의 자료실에 친환경 건축자재 평가 지침 및 프로그램을 게시함
- 사용자는 자료실에 게시된 평가지침 및 프로그램을 용이하게 다운로드하여 활용 가능함
- 향후에 개발 예정인 건축자재들의 평가기준을 업데이트 할 수 있도록 함

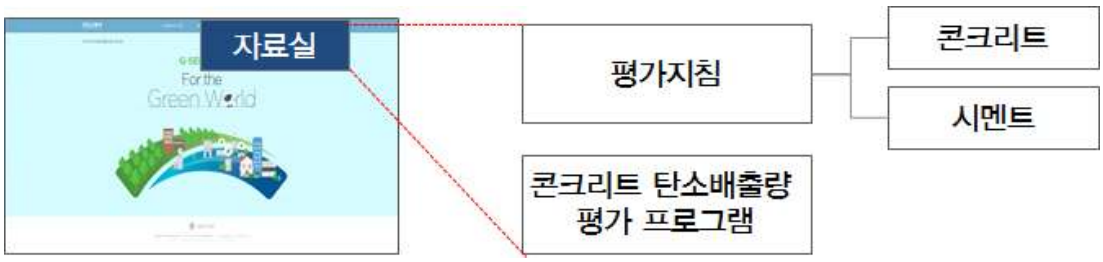


그림 2.176 친환경 건축자재 통합시스템

국토교통부
Ministry of Land, Infrastructure and Transport

녹색건축물 활성화를 위한

온실가스 배출량 평가 및 통합인증시스템 구축

제1장. 연구개발과제 개요

제2장. 연구개발 수행 내용 및 결과

제3장. 최종 연구성과 및 적용실적

제 1 절. 핵심요소기술 개요

제 2 절. 핵심요소기술별 주요 연구성과

제4장. 연구목표 달성 및 효과

제5장. 연구성과의 활용 및 추가연구 필요성

제 3 장 최종 연구성과 및 적용실적

제 1 절 핵심요소기술 개요

핵심요소기술은 다음과 같이 DB/지원시스템, 통합인증제도/지원시스템과 정책 및 제도 관련시스템 개발이며, 이를 통해 본 연구의 목표인 세계 최고수준의 글로벌 녹색건축 정책/제도 인프라 구축을 달성하도록 함.

1. DB/지원 시스템

다음과 같이 DB/지원시스템은 1,2,5세부과제에서 해당되는 세세부 과제와 연계성을 가지고 있으며, 이러한 연계성은 중점연구내용과 세부 연구내용, 그리고 구성도 형태로 나타나 있다.



그림 3.1 DB/지원시스템 연구

가. 중점 연구내용

- 다음과 같이 DB/지원시스템의 주요한 연구내용은 세부과제별로 연계되어 있으며, 본 연구 컨소시엄의 우수한 DB 연구실적을 최대한 활용하여 연구목표를 달성하도록 되어 있음.

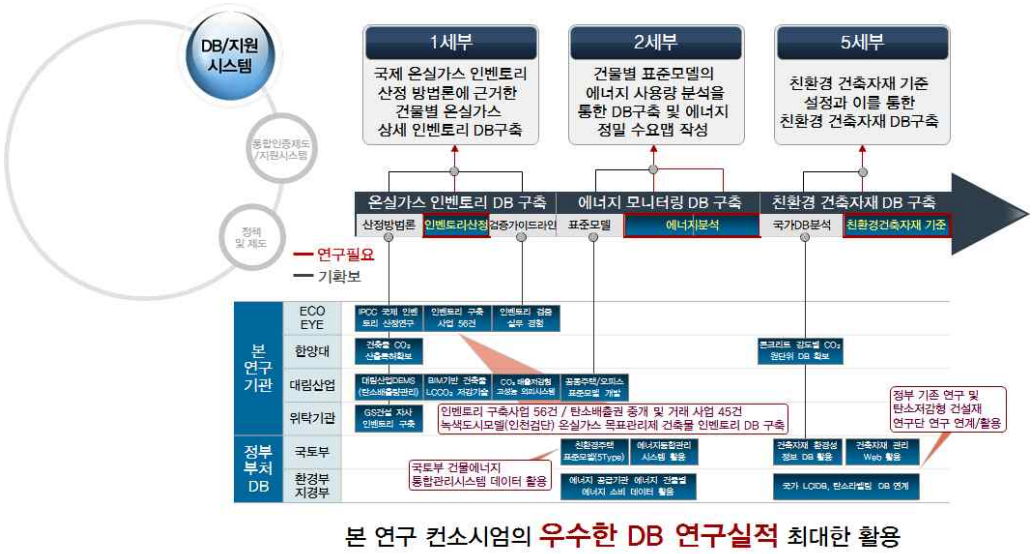


그림 3.2 DB/지원시스템 중점 연구내용

나. 세부 연구내용

- 다음과 같이 각 과제별 세부 연구내용은 기 확보된 연구와 필요한 연구내용으로 구분되어 있으며, 이는 최종으로 정책위원회를 통하여 모든 결과가 검증되고 결정되는 단계로 진행됨.



그림 3.3 DB/지원시스템 세부 연구내용

다. 구성도

- 다음과 같이 DB/지원시스템과 관련된 제1세부, 2세부, 5세부 내용은 통합DB 형태로 구축되며, 이는 검증 및 시범적용을 통해서 그 결과가 feedback되어 목표하는 연구수준을 달성하도록 되어 있으며, 이 모든 것은 국가건축 정책/제도에 반영되도록 되어 있다.

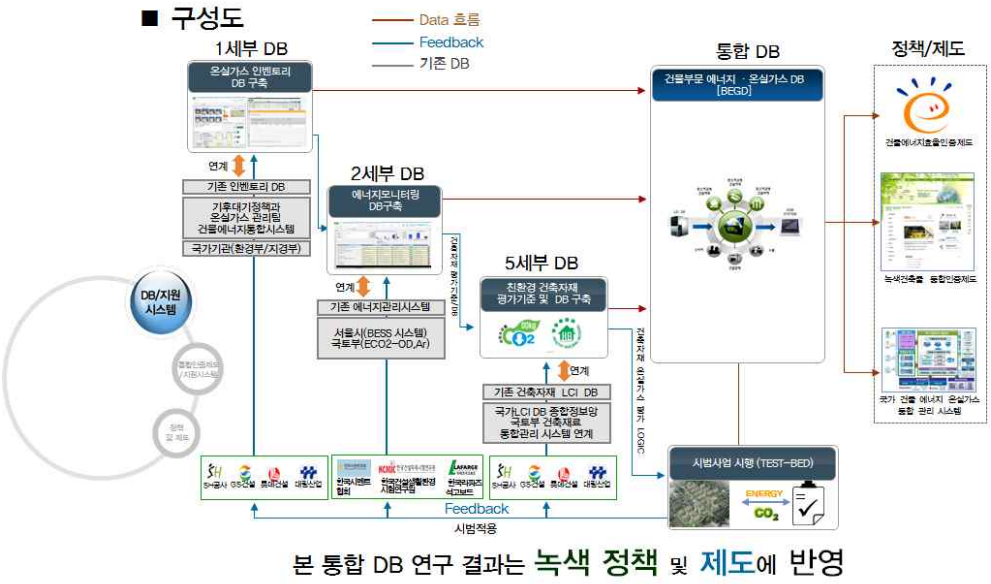


그림 3.4 DB/지원시스템 연구 구성도

2. 통합인증제도/지원시스템

다음과 같이 통합인증제도/지원시스템은 3,4,5세부과제에서 해당되는 세세부 과제와 연계성을 가지고 있으며, 이러한 연계성은 중점연구내용과 세부 연구내용, 그리고 구성도 형태로 나타나 있다.



그림 3.5 통합인증제도/지원시스템 연구

가. 중점 연구내용

- 다음과 같이 통합인증제도/지원시스템의 주요한 연구내용은 세부과제별로 연계되어 있으며, 본 연구 컨소시엄의 우수한 평가분석기술을 최대한 활용하여 통합인증제도를 개발하도록 되어 있음

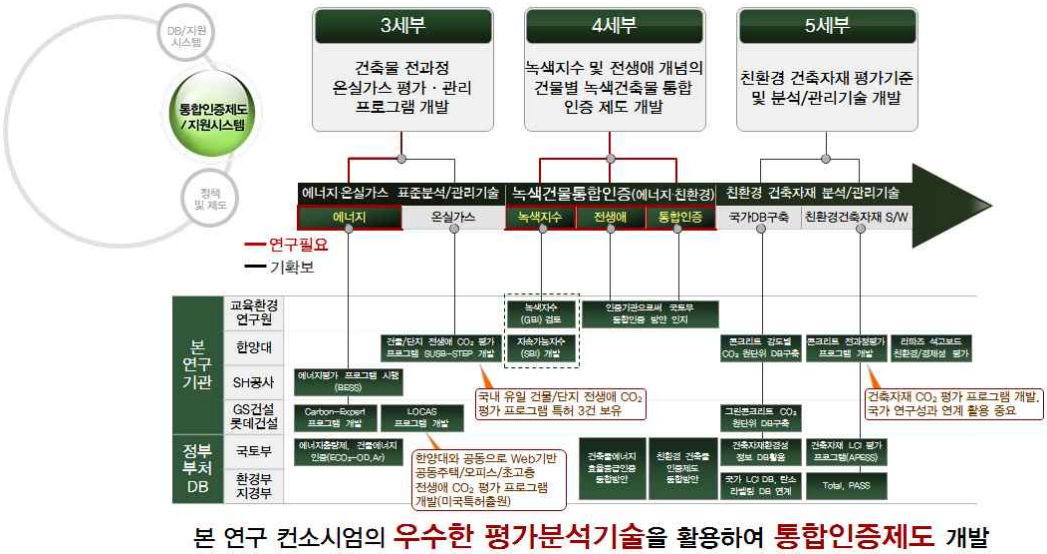


그림 3.6 통합인증제도/지원시스템 중점 연구내용

나. 세부 연구내용

- 다음과 같이 각 과제별 세부 연구내용은 기 확보된 연구와 필요한 연구내용으로 구분되어 있으며, 이는 최종으로 정책위원회를 통하여 모든 결과가 검증되고 결정되는 단계로 진행.



그림 3.7 통합인증제도/지원시스템 세부 연구내용

다. 구성도

- 다음과 같이 3세부의 평가 및 관리기술을 통하여 4세부의 인증제도와 연계되며, 이는 검증 및 시범적용을 통해서 그 결과가 feedback되어 목표하는 연구수준을 달성하도록 되어 있으며, 이 모든 것은 국가건축 정책/제도에 반영되도록 되어 있음

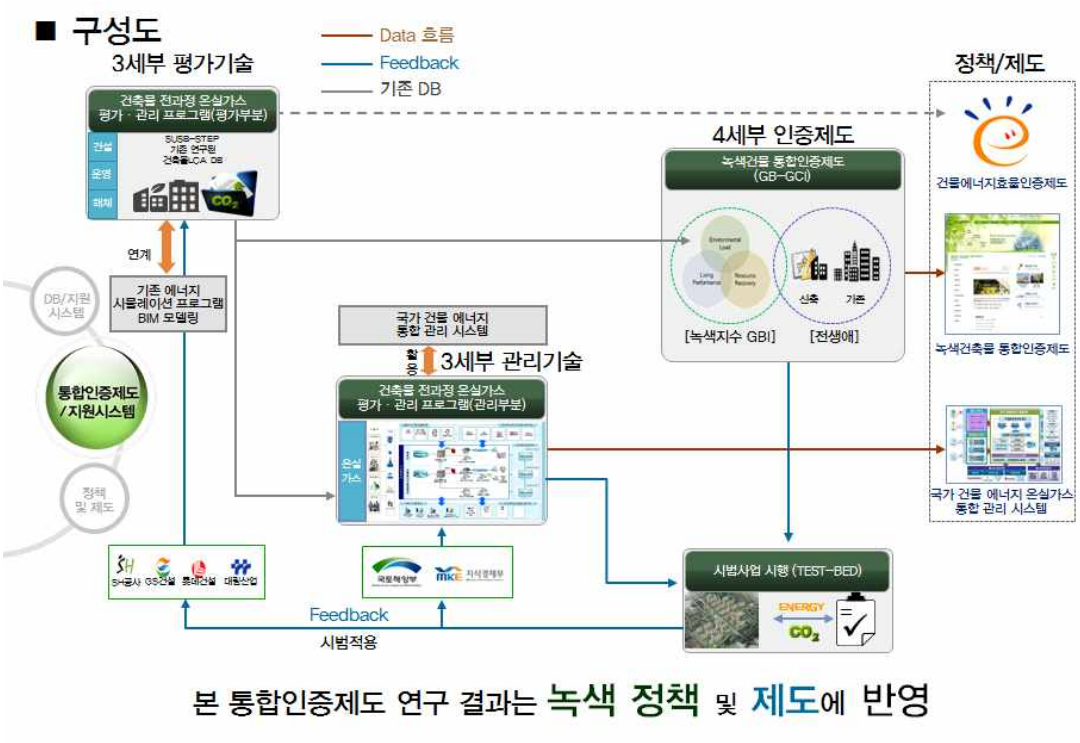


그림 3.8 통합인증제도/지원시스템 연구 구성도

3. 정책 및 제도

다음과 같이 정책 및 제도는 4세부에 해당되며, Web 기반 통합 인증시스템 개발과 전문자격 운영 프로그램 및 전문가 양성 교육프로그램 개발로 구성되어 있음.



그림 3.9 녹색건축물 통합인증제도 정책 및 제도연구

가. 중점 연구내용

- 다음과 같이 정책 및 제도의 주요한 연구내용은 세부과제별로 연계되어 있으며, 본 연구 컨소시엄의 우수한 정책 및 제도 연구실적을 최대한 활용하여 연구목표를 달성하도록 되어 있음

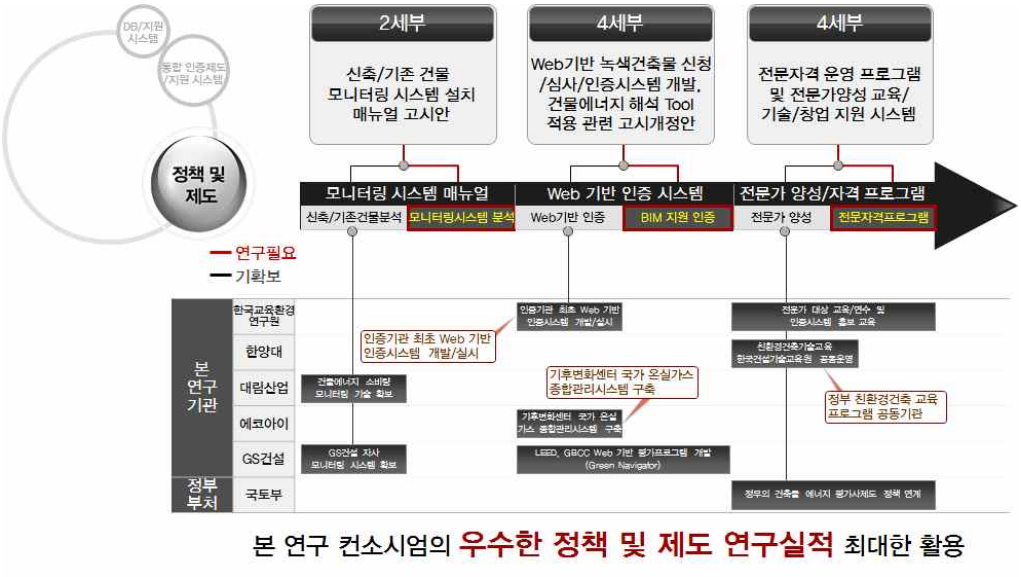


그림 3.10 녹색건축물 통합인증제도 정책 및 제도 중점 연구내용

나. 세부 연구내용

- 다음과 같이 각 과제별 세부 연구내용은 기 확보된 연구와 필요한 연구내용으로 구분되어 있으며, 이는 최종으로 정책위원회를 통하여 모든 결과가 검증되고 결정되는 단계로 진행될 예정임.



그림 3.11 녹색건축물 통합인증제도 정책 및 제도 세부 연구내용

제 2 절 핵심요소기술별 주요 연구성과

핵심요소기술은 다음과 같이 DB/지원시스템, 통합인증제도/지원시스템과 정책 및 제도 관련시스템 개발이며, 이를 통해 본 연구의 목표인 세계 최고수준의 글로벌 녹색건축 정책/제도 인프라 구축을 달성하도록 함.

1. DB/지원 시스템 주요 연구성과

세부 과제	핵심성과명	성과 유형	성과 설명	
			특징/우수성	국내외 기술수준과의 비교
1세부	건물 온실가스 배출량 검증 가이드라인	설계기준, 시방서, 지침 제안	- 건물부문의 온실가스 감축을 위한 방법론이 전무하여 UNFCCC의 건축물 관련 방법론을 벤치마킹하여 국내에 적용해봄으로써 국내 실정에 맞는 건물부문 온실가스 배출량 베이스라인 산정 방법론을 개발함.	- 국내에는 건물내의 관련 설비에 대한 방법론 수준에 그쳐 건물 전체에 대한 감축량 산정 방법론은 유일하다고 볼수 있음.
2세부	건물 에너지 사용량 예측시스템과 예측방법	특허출원	- 건축물의 에너지원별 실사용량을 바탕으로 냉방, 난방, 취사/급탕, 조명/기타전기 등으로 사용 용도별로 구분하여 건물의 에너지 성능을 평하는 방법 및 소프트웨어를 개발함.	- 해외의 경우 ASHRAE IMT 모델을 이용한 분석 방법이 도입되었으나 국내에서는 최초로 시도된 방법임. 국토교통부의 건축물 에너지 DB를 고도화하여 다양한 비즈니스 모델을 개발하는데 활용이 가능함.
	실사용량 기반 건축물 에너지 성능평가 프로그램	SW등록		
	건물 에너지 모니터링 설치 가이드라인 제안	정책제안	- 현재 건물 에너지 모니터링을 위한 국내 기준이 부재한 상황으로 건물 에너지 모니터링 시스템이 건물 단위별로 통일되지 않고 있음. 따라서 건물 에너지 모니터링 시스템에 대한 폭넓은 이해를 돕고 경제적인 비용으로 일관성 있는 건물 에너지 모니터링 시스템을 설치하기 위해 건물 에너지 모니터링 시스템 설치 방법에 대한 지침을 제시함	- 국내의 경우 모니터링 시스템 설치 기준이 제대로 마련되어 있지 않지만 해외의 경우 기준을 마련하고 있음.
5세부	시멘트의 환경성 선언을 위한 평가지침 개발	설계기준, 시방서, 지침 제안	- 주요 건축자재 중 콘크리트와 시멘트를 대상으로 전과정 동안의 온실가스 배출량을 평가할 수 있는 기준 및 규칙을 기술한 지침 작성	- 건축물에 투입된 주요 건축재료 중 콘크리트와 시멘트의 전과정 평가 지침으로서 국외 지침과 비교하여 동등의 기술력으로 인정됨
	콘크리트의 환경성 선언을 위한 평가지침 개발	설계기준, 시방서, 지침 제안		

2. 통합인증제도/지원시스템 주요 연구성과

세부과제	핵심성과명	성과유형	성과 설명	
			특징/우수성	국내외 기술수준과의 비교
3세부	건축물 전과정 온실가스 배출량 산정 지침	설계기준, 시방서, 지침 제안	- 국제적 최신 흐름의 건축물 온실가스 관련 표준 및 가이드라인을 준용하여 국내 실정에 부합되는 건축물 전과정 탄소배출량 평가의 표준적인 대상, 범위, 방법, 시나리오 등을 제안함.	- 본 성과는 건축물 전과정 온실가스 평가를 위한 국내 실정에 부합되는 표준적인 방법과 시나리오를 제시한 국내 최초의 KS 표준안임. 이를 통해 그 동안 국외 기준에 맞춰진 건축물 전과정 온실가스 평가의 범위, 방법, 시나리오 등을 국내 실정에 맞춰 개선하여 보다 정확하고 효율적인 평가가 가능함.
	주요 자재를 이용한 건축물의 전과정 환경영향 평가방법	특허출원	- 건축물 온실가스 배출량 평가 관련 국제 표준 및 규준을 준용하고 국내의 탄소성적표지인증과 건축물 에너지효율등급인증제도와 유기적으로 연계될 수 있는 국내 선도의 건축물 전과정 탄소배출량 평가 시스템을 개발함.	- BEGAS 2.0은 효율적인 건축물 LCA와 함께 GBI 인증제를 지원할 수 있는 국내 선도의 건축물 전과정 탄소배출량 평가 프로그램으로 개발되었음. 특히, 본 성과에 적용된 주요 건축자재 7종 기반 내재 탄소배출량 평가기술은 건설단계 평가에서 수많은 건축자재의 정보가 필요하였던 문제점을 개선할 수 있는 핵심기술로서 국내외적으로 그 우수성을 인정받고 있음.
	주요 자재를 이용한 건축물의 전과정 환경영향 평가방법	특허등록		
	주요 자재를 이용한 건축물의 전과정 환경영향 평가방법	PCT출원		
	건축물 내재 온실가스 배출량 평가 프로그램	SW등록		
	건축물 전과정 탄소배출량 평가 프로그램(BEGAS 2.0)	SW등록		
	BEGAS 2.0을 이용한 건축물 전과정 탄소배출량 평가 시범사업 및 현장적용 보고서	현장적용	- 또한 개발된 BEGAS 2.0을 활용하여 신축 및 기존 건축물을 대상으로 탄소배출량 평가 및 이를 기반으로 한 탄소배출지수 평가를 실시함.	
	리모델링 건축물의 탄소배출 지수 평가 시범사업 및 현장적용 보고서	현장적용		
4-1세부	"녹색건축물지수(GBI)"개념과 연계한 녹색건축물 인증기준 제안	정책제안	- 건축법 상 건물용도를 반영하여 건물용도 구분, 분야별 평가결과 인지 용이	- 모든 건물용도를 고려한 녹색건축인증기준의 건물용도 분류법은 처음 시도됨
	녹색건축물지수(GBI) 평가 및 적용 제안	정책제안	- 환경적 측면, 사회적 측면, 경제적 측면을 종합한 지속가능성 평가개념의 녹색건축물지수(GBI) 개발함.	- 단순 점수합산방식이 아닌 상대효율비 관점에서의 접근을 통해 차별성을 확보함.
	마곡지구 7단지 현장적용 및 경제성 평가보고서	현장적용	- 또한 개발된 GBI를 신축 및 기존 건축물에 적용하여 실효검을 검증함.	
	수자원공사 리모델링 사업 현장적용 및 경제성 평가보고서	현장적용		

세부 과제	핵심성과명	성과 유형	성과 설명	
			특징/우수성	국내외 기술수준과의 비교
4-1세부	근린주구 녹색인증제도 경제성평가 운영지침	설계기준, 시방서, 지침 제안	- 도시공간 구성의 기본단위인 근린주구를 대상으로 하는 녹색인증기준 개발 및 경제성 평가 기법을 개발하였음. 그리고 녹색인증기준이 실효성 있는 수단으로 제도화되기 위해 적용성을 향상시켰음.	- 근린주구 대상 녹색인증기준은 IPCC의 이산화탄소발생 메커니즘으로 부터 도출되었으며, 이 점은 주요 선진국의 근린주구단위 인증기준과 차별화 되는 부분임.
	근린주구 대상 녹색인증제도 및 경제성 평가기법에 관한 연구	정책제안		
	근린주구 대상 녹색인증제도 및 경제성 평가기법에 관한 연구	현장적용	- 또한 개발된 근린지구 녹색인증제도 경제성 평가기법을 마곡7단지에 적용하여 실효검을 검증함.	
5세부	콘크리트 배합 설계 정보 제공 장치 및 방법	특허등록	- 건축물에 투입된 주요 건축자재 7가지(콘크리트/철근 등)의 내재 지구온난화에 미치는 탄소배출량을 정량적으로 평가 할 수 있는 프로그램 개발	- 건축물에 투입된 건축재료의 내재 탄소배출량 평가 프로그램으로서 국외 기술에 비해 동등이상의 기술력으로 인정됨
	재활용 건설재료 제조를 위한 시스템	특허출원		
	콘크리트 전과정 탄소배출량 평가 프로그램(CLAS)	SW등록	- CLAS는 현재까지 개발된 건축자재 전과정 평가(LCA) 프로그램 중 녹색건축 통합 인증 시스템(GBI) 및 건축물 전과정 탄소배출량 평가 시스템(BEGAS 2.0)에 콘크리트의 탄소배출량 정보를 연계하고 적용시킬 수 있는 프로그램으로 평가됨.	- 영국 왕립건축연구원(Bre)와 스웨덴 환경경영위원회와 같은 환경 선진국에서는 건축자재의 전과정 환경성 평가를 위한 제도를 운영하고 있으며, 특히 특히 콘크리트 관련 국제 표준규격인 ISO13315-25 Draft version 이 개발되고 있으나, 국내에는 이에 대한 연구가 상대적으로 부족한 상황임.
	CLAS를 이용한 콘크리트 전과정 탄소배출량 평가 현장적용 보고서(1)	현장적용	- 또한 개발된 CLAS를 활용하여 실제 현장에 적용하여 실효성을 검증함.	
	CLAS를 이용한 콘크리트 전과정 탄소배출량 평가 현장적용 보고서(2)	현장적용		

3. 정책 및 제도 주요 연구성과

세부과제	핵심성과명	성과유형	성과 설명	
			특징/우수성	국내외 기술수준과의 비교
4-1세부	탄소배출권 거래제도 기반 금융지원제도 제안	정책제안	- 탄소금융을 도입하여 추가적인 수익을 발생시킴으로써 장애요인인 녹색건축물 재원조달의 문제점을 해결할 수 있는 방안을 제안함.	- 탄소배출권제도를 직접적으로 녹색건축물 사업에 적용시킨 사례는 매우 부족함. 최근 탄소배출권제도가 시행확정됨에 따라 적용가능성은 더 높아진 상태임.
	녹색건축물 전문가 자격제도 제안	정책제안	- 녹색건축 전문가자격제도 운영방안, 자격부여 및 전문교육프로그램 방안 제시	- 단일자격체계로 국외에 비해 단순한 시스템으로 시작하도록 제안함
	웹기반 인증시스템	시작품 제작	- 인증신청, 심사, 심의, 보고, 정보제공 등이 가능한 웹기반 인증시스템 개발	- 인증심사에 필요한 계산식을 포함하여 전체적인 웹기반 인증시스템이 처음으로 마련된 것임
	GBI 통합인증시스템	시작품 제작	- Web 기반의 GBI 통합인증 평가 및 예비/본 인증관리 시스템으로 건물거주성, 탄소배출량, 탄소경제성 통합 평가 및 GBI 등급평가결과서 제공	- 상대효율비 관점에서 개발된 GBI 체계를 웹기반 시스템화하여 활용성 및 편의성을 극대화함에 따라 국외 기술과의 차별성을 확보함.
	BIM 기반 녹색건축물 인증평가 기법 제안	정책제안	- 녹색건축물의 요구사항 및 특성을 고려해 BIM 템플릿을 구성, BIM 템플릿을 활용하여 인증평가 및 탄소배출량 평가에 활용하는 BIM 데이터 작성됨. - BIM 데이터를 활용하여 인증평가, 탄소배출량 평가함.	- 녹색건축물의 특성을 반영한 BIM 템플릿은 국내외에서 처음 시도된 유일한 기술로 환경분석과 같은 미자립기술로의 확장성을 가지고 있음.
	BIM 기반 건물 거주성 지수 평가 매뉴얼	설계기준, 시방서, 지침 제안		
	BIM 기반 탄소 배출량 지수 평가 지원 매뉴얼	설계기준, 시방서, 지침 제안		
	건축물 평가를 위한 B I M 라이브러리 구축 시스템	특허등록		
	건축물 평가를 위한 BIM 기반 인증평가시스템 및 방법	특허출원		
	녹색 건축정보모델링 템플릿 1.1	SW등록		
	녹색 건축정보모델링 템플릿 2.0	SW등록		
	BIM 기반 녹색건축물 인증 평가 현장 적용	현장적용	- 또한 개발된 BIM 기반 녹색건축물 인증평가 기법을 실제 현장에 적용하여 실효성을 검증함.	

세부과제	핵심성과명	성과유형	성과 설명	
			특징/우수성	국내외 기술수준과의 비교
4-2세부	녹색건축 인증에 관한 규칙	법제정 개선	- 녹색건축 인증 기준 및 시행에 대한 실질적인 정책반영	- 국내외 기존건축물 대상 녹색건축 인증기준은 기존건축물의 에너지 및 물의 효율적 사용과 사용량 절감을 위한 성능개선과 건축물 및 시설 유지관리를 평가하는 점에서 유사성이 있음 - 국내외 기존건축물 대상 녹색건축 인증기준의 유사한 평가항목은 신축건축물 조성 시에 고려되지 않아도 기존건축물 대상 녹색건축인증을 위한 비용과 노력을 통하여 취득 가능하도록 항목 구성
	녹색건축인증기준	정책반영		
	녹색건축 인증기준 2013-2 개정' 정책제안	정책제안	- 녹색건축 인증대상 확대 및 인증체계 개선을 위해 녹색건축 인증기준 2013-v.2 개정을 지원함	
	녹색건축 인증기준 2013 영문판	설계기준, 시방서, 지침 반영	- 녹색건축 인증제의 국제적 홍보 및 국제 연구 활용을 위하여 신축 공동주택 및 업무용 건축물을 대상으로 영문판 마련	
	녹색건축 인증기준 2013 해설서	설계기준, 시방서, 지침 반영	- 녹색건축 인증기준 2013-v.2 해설서를 제도 개편에 맞추어 개정 및 발간하여 산업계 실무자들이 활용할 수 있도록 함	
	G-SEED Toolkit	SW등록	- G-SEED 2013을 쉽게 사용하기 위한 Toolkit을 개발함.	
	녹색건축 인증기준 2015 개정' 정책제안	정책제안	- 녹색건축 인증대상 확대 및 인증체계 개선을 위해 녹색건축 인증기준 2015 안을 마련함 - 기술변화 및 발전에 따라 평가항목의 삭제, 신설, 수정을 통하여 신축 주거용 ·비주거용, 기존 주거용 ·비주거용을 대상으로 인증기준안을 제시 - 혁신적 설계 항목, 단계별 필수 평점 등을 도입 - 인증기관, 학계 및 산업계 전문가를 대상으로 의견수렴	
	녹색건축 인증기준 2015 해설서	설계기준, 시방서, 지침 반영	- 녹색건축 인증기준 2015 개정안에 따른 수정 및 신설항목에 대해 해설서 ff 마련하여 정부 및 산업계에서 활용 할 수 있도록 함	

국토교통부
Ministry of Land, Infrastructure and Transport

녹색건축물 활성화를 위한

온실가스 배출량 평가 및 통합인증시스템 구축

제1장. 연구개발과제 개요

제2장. 연구개발 수행 내용 및 결과

제3장. 최종 연구성과 및 적용실적

제4장. 연구목표 달성 및 효과

제 1 절. 연구개발 목표 달성도

제 2 절. 연구개발 기대효과

제5장. 연구성과의 활용 및 추가연구 필요성

제 4 장 연구목표 달성 및 효과

제 1 절 연구개발 목표 달성도

- 관련 연구 수행을 통하여 182%의 공공적 연구성과를 달성함. 즉 설계기준 시방서 지침 반영 3건, 정책 반영 1건 등을 비롯하여 설계기준 시방서 지침 제안 6건, 정책제안 10건을 달성함.

- 특허출원 및 소프트웨어 등록 등 기술적 연구성과는 목표 대비 230%를 달성함. 즉 PCT 출원을 포함한 특허출원 5건, 특허등록 3건, 소프트웨어 6건, 시작품 제작 2건뿐만 아니라 연구개발홍보 7건 및 각종 연구보고서 7건을 달성함.

- 학술적 연구성과는 목표 대비 약 190%를 달성함. 즉 친환경 분야 최고 수준의 Renewable and Sustainable Energy Reviews를 비롯하여 다수의 SCI(E) 저널에 5건의 논문을 게재하고 국내외 비SCI논문 16건 및 국내외 학술발표대회 17건 등 총 38건의 학술적 성과를 달성함.

- 마지막으로 현장적용보고서를 통한 경제적 연구성과는 목표 대비 약 114%를 달성함.



4.1 연구개발목표 달성도

목 표	연 구 내 용 및 성과	
1세부 DB구축 ▪ 건물부문 온실가스 상세 인벤토리 DB 구축	▪ 국가 건축물 온실가스 예상 배출량 산정 방법론 수립 ▪ 수립된 방법론을 개별 건축물에 적용하여 배출량을 산정·분석 ▪ QA/QC 가이드라인, 모니터링 방법론, 불확도 평가 방법론 개발 – 평가 체계 및 절차, 오류발생을 예상하고 수정하기 위한 체계 수립 ▪ 건축물 예상 배출량 산정, 감축량 예상, 검증에 대한 매뉴얼 개발	⇨ •설계기준/시방서/지침 제안 1건 •비SCI논문 1건 •학술발표대회 2건
2세부 DB구축 ▪ 용도별 건물에너지 성능평가를 위한 기반자료 DB구축	▪ 건물의 기본 정보와 에너지원별 사용량 정보를 이용하여 건물의 주요 에너지원의 사용량 평가 방법 도출 ▪ 용도에 따른 에너지 사용량 기준 검증 및 적정성 평가를 통한 건물 용도별 에너지 사용량 평가 방법 도출 ▪ 건물 에너지 보니터링 결과 분석을 통한 건물 에너지 성능 평가 ▪ ASHRAE Inverse Model Toolkit을 이용한 건물 에너지 사용량 패턴 분석 ▪ 국토부 건축물 에너지 DB를 활용하여 건축물 에너지 성능평가 결과 도출	⇨ •정책제안 1건 •비SCI논문 1건 •학술발표대회 4건 •특허출원 1건 •SW등록 1건
3세부 평가관리 ▪ 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 개발	▪ 공동주택 건축도서를 분석하여 탄소배출 95% 이상의 탄소배출 주요 건축자재 7종을 도출하고 주요 건축자재별 전과정 시나리오 구축을 통해 주요 건축자재 기반의 전과정 탄소배출량 평가기술을 개발함. ▪ 탄소성적표지인증제도의 탄소배출량 평가방법과 범위를 분석하여 탄소성적표지인증 취득제품의 원단위 연계기술을 구축하고 건축물 에너지효율등급인증서의 평가결과와 연계 가능한 운영단계의 탄소배출량 평가기술을 구축함. ▪ 상기 기술을 종합하여 건축물 전과정 탄소배출량 평가 프로그램(BEGAS 2.0)을 개발함. ▪ ISO 21931-1, ISO 14040 등 국내외 건축물 온실가스 관련 표준 및 최신 연구자료를 분석하여 건축물 전과정 단계별 온실가스 산정 방법론을 구축함. ▪ 상기 방법론을 준용하여 KS 제정안 형태의 건축물 전과정 온실가스 배출량 산정 KS 표준안을 작성함. ▪ BEGAS 2.0을 이용한 시범사업 및 현장적용을 통해 BEGAS 2.0의 적용 가능성을 검토하고 저탄소 녹색건축 통합 인증 시스템(GBI)의 시범사업을 지원함.	•SCI논문 3건 •비SCI논문 2건 •학술발표대회 4건 •특허출원(PCT포함) 2건 ⇨ •특허등록 1건 •SW등록 2건 •연구보고서 4건 •정책제안 1건 •현장적용보고서 2건

목 표	연 구 내 용 및 성과	
4-1세부 인증제도 ▪ 녹색건축물지수(GBI) 평가 및 적용 ▪ 녹색건축물 탄소금융지원제도 개발 ▪ 녹색건축물 통합 인증제도 및 지원시스템 개발 ▪ 웹기반 녹색건축물 통합 인증시스템 구축 ▪ 녹색건축 전문가 자격시스템 운용방향 설정 ▪ 녹색건축인증제 홍보방안 및 인센티브 연계방안 제안 ▪ 근린주구 대상 녹색인증기준의 적용성 향상 및 경제성 평가체계 구축 ▪ 개방형 BIM기반 CO2 배출 및 통합인증평가 시스템 개발	▪ 녹색건축 인증제의 시대적 배경과 필요성 조사 및 분석 및 녹색건축물지수(GBI) 개념 발전 및 부문평가지수 선정을 통한 저에너지 및 저탄소 중심의 녹색건축물 지수체계 제안 ▪ 녹색건축물 탄소배출권 거래제도 도입방안 제안 ▪ 도시단위의 기본이 되는 근린주구단위 녹색인증기준을 개발하고 향후 제도 수립의 기초자료가 되며, 경제성 평가기법 체계 구축 및 검증 ▪ 현재 시행되고있는 친환경 건축물 인증제도에 대한 경제적 타당성 및 그 효과에 대해 분석을 실시 ▪ 건물용도별 국내외 인증기준 분석을 통해 녹색건축인증제도 건물용도를 재분류하고, 녹색지수개념을 적용한 건물용도별 인증기준을 제안함 ▪ 인증 신청자, 인증기관, 운영기관 등에게 인증절차 간소화, 인증실적 및 녹색건축 관련 정보공유 등을 효율적으로 하기 위한 웹기반 통합인증시스템을 구축함 ▪ 녹색건축물 전문가자격제도 종류, 자격종목 및 직무분석, 시험과목 설정, 교육프로그램 설정을 통해 전문가 자격제도의 시행방안 제시함 ▪ 국내 녹색건축인증제도에 대한 국민의 인식제고 및 홍보, 글로벌 시장에서 국내 녹색건축인증제도의 브랜드강화를 위해 국민공모를 통한 영문 브랜드네임 설정, Brand Identity 개발 ▪ BIM 템플릿 수정 및 보완 ▪ 건물거주성지수 및 탄소배출량 평가 지원을 위한 프로그램 개발 ▪ BIM 기반건물 거주성 평가·관리 시범사업 수행	⇨ •설계기준/시방서/지침 제안 3건 •정책제안 6건 •비SCI논문 7건 •특허출원 1건 •특허등록 1건 •SW등록 2건 •시작품제작 2건 •현장적용보고서 4건 •학술발표대회 4건 •연구개발홍보 4건 •연구보고서 2건

목 표	연 구 내 용 및 성과	
4-2세부 인증제도 ▪ 녹색건축 인증기준 2013- v.2 개정안신축 건축물 대상 「녹색건축 인증제」해설서 마련 ▪ 녹색건축 인증기준 2013- v.2 해설서 ▪ 녹색건축 인증기준 2013- v.2 영문판 ▪ 녹색건축 인증기준 2015 개정(안) ▪ 녹색건축 인증기준 2015 해설서	▪ 에너지효율등급 개정에 따른 녹색건축 인증기준의 에너지성능 항목 개정 ▪ 주택건설기준 등에 관한 규정의 개정에 따른 주민공동시설 총량제의 산출기준 적용 ▪ 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙의 개정에 따른 단위세대 환기회수 개정 ▪ 신재생에너지 개발 이용보급 촉진법 개정에 따른 법규정의 적용 ▪ 관련 법령 개정시 제도 및 시장에 반영될 수 있도록 녹색건축 인증기준을 개정 ▪ 운영기관 및 인증기관에서 해설서 검토를 통해 용어의 해설, 평가방법, 산출사례, 제출서류, 참고자료 등이 반영될 수 있도록 해설서 작업 ▪ 공동주택 대상 G-SEED 2010 영문판(2차년도 연구성과)를 바탕으로 G-SEED의 국제적 홍보 및 국내외 인증기준 비교연구에 활용하기 위하여 영문판 개정 작업 진행 ▪ G-SEED 2013의 공동주택, 업무용 대상 영문판 마련 및 G-SEED 2013-v.2의 공동주택, 업무용 건축물 대상 영문판 마련 ▪ 주거 및 비주거용 녹색건축 인증 심사결과에 대한 데이터 분석 및 해외 녹색건축 운영기관(BRE Global, USGBC, BCA)과의 교류 및 정책, 제도, 기준 비교(2차년도 연구성과)를 통해 방향 설정 ▪ 녹색건축물 인증의 현황 및 인증심사결과 통계조사 분석 및 인증절차의 문제점 및 개선사항 및 인증업무 효율 개선방안 조사 발굴을 통하여 G-SEED 대상 확대 및 인증체계 개선 ▪ LCA 개념의 평가항목별 배점 산출 방법론을 통하여 환경적, 공간적, 시간적 비용적 영향을 고려하여 각 평가항목별 배점 산출 ▪ G-SEED 평가항목별 건축물의 생애 주기에 따라 환경요소에 영향을 미치는 정도를 고려하여 7분위 척도의 환경적 영향 지표 마련 ▪ 인증기준 전문위원회 및 인증기관, 학계 및 산업계의 G-SEED 2015 검토를 통해 고시안 마련 ▪ G-SEED 2013-v.2 해설서를 바탕으로 G-SEED 2015 개정에 따른 수정 및 신설항목에 대하여 전문위원회 및 인증기관의 검토 및 보완 작업을 통해 G-SEED 2015 해설서 마련	⇨ **•설계기준/시방서/지침 반영 3건** **•정책반영 1건** **•정책제안 2건** **•비SCI논문 3건** **•연구보고서 1건** **•연구개발홍보 3건** **•학술발표대회 1건**

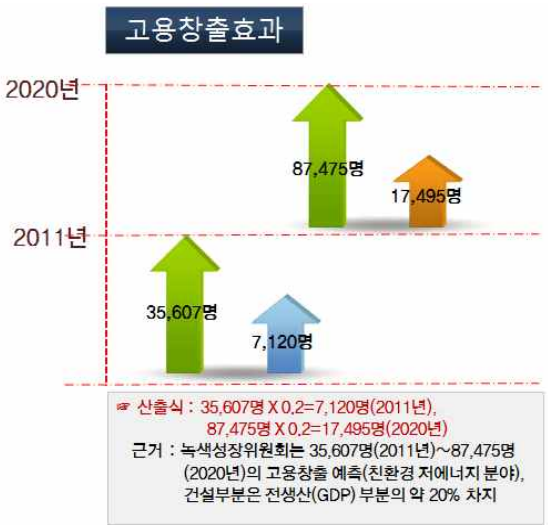
목 표	연 구 내 용 및 성과	
5세부 평가관리 ▪ 친환경 건축자재 평가기준 및 온실가스 평가/관리 시스템 개발	▪ 기 구축된 건축자재 온실가스 평가 방법론과 알고리즘을 이용하여 전과정 온실가스 배출량 평가 프로그램(BEGAS 1.0)을 개발함. ▪ 개발된 BEGAS 1.0 프로그램을 이용하여 현장시범적용을 하여 프로그램의 적용 가능성 및 유효성을 검증함. ▪ ISO 21930, ISO 14040 Series, ISO 13315-1, EN15308 등 국외 건축자재 관련 전과정 지침 및 기준 연구자료를 분석함. ▪ 상기의 국외 기준 등의 자료를 준용하여 건축자재(콘크리트/시멘트)에 ▪ 특화된 전과정 온실가스 배출량 평가지침(PCR)을 개발함. ▪ 건축자재 생산업체 실무자 및 전과정 평가 전문가로 구성된 심의회의를 통해 개발한 지침의 유효성을 검증하고 보완함. ▪ 녹색건축 통합인증 프로그램(GBI)의 자료실에 친환경 건축자재(콘크리트/시멘트)전과정 평가 지침(PCR) 및 프로그램(CLAS)을 게시하여 연계시킴 ▪ 향후 개발된 타 건축자재들의 전과정 평가기준(PCR)을 업로드 할 수 있는 플랫폼을 구축함	⇨ •설계기준/시방서/지침 제안 2건 •SCI논문 2건 •비SCI논문 2건 •학술발표대회 2건 •특허출원 1건 •특허등록 1건 •SW등록 1건 •현장적용보고서 2건

제 2 절 연구개발 기대효과

1. 정책적 기대효과

(1) 고용유발 효과

- 통합인증 시스템의 개발과 운용을 위한 전문인력 양성의 필요성으로 친환경 건축물 인증관련 녹색 고용창출효과가 다음과 같이 대폭 증가할 것으로 예상됨
  - 건설부분은 전산업생산(GDP)의 약 20%를 차지하는바, 약 7,120명(2012년)의 고용창출효과가 있을 것으로 분석(2020년 : 17,495명의 고용창출이 예상)
  - 본 연구에서는 대학교육개편, 녹색자격 육성 등 친환경 건설기술전문인력 창출을 위한 기반마련에 적극적 노력



(2) 관련사업 및 사업의 활성화

- 에너지 및 온실가스 분석기술등 친환경 건축물의 생애와 관련된 기술을 성능예측/평가 및 인증제도 기반의 정량화 된 패키지로 개발하여 해외시장 개척에 활용

(3) 녹색건축물 활성화를 위한 온실가스 배출량 평가 및 통합인증시스템 구축

- 향후 국가 할당대비 건물 부문의 현재 목표 달성률 등이 분석됨으로써 실질적인 기후변화협약 대응을 위한 온실가스 배출 관리 가능
- 건물부문에 특화된 온실가스 인벤토리 구축 기술 확보 및 관련 전문가 양성



그림 4.2 정책적 측면의 기대효과

2. 기술적 기대효과

(1) 기반데이터 DB화

- 건물부문 에너지 및 온실가스를 예측하고, 성능을 평가하기 위해서는 현재 국내 건축물의 에너지 사용현황에 대한 정밀한 DB가 구축 가능함. 또한, 기존 또는 신축 대상 건물의 에너지 성능을 예측하거나 건물의 에너지 사용량을 DB화 가능하게 함

(2) 정량적 해석 기반 녹색 건축물 통합 인증제도

- 녹색건축물 통합 인증제도를 통한 에너지/온실가스 절감량을 실제 건축물이 신축이 완료된 후 그 예측성능의 검증과 기술에 대한 신뢰도 확보 가능
- 공정성, 객관성이 확보된 인증제도의 운용으로 적용 건물의 확대를 추진이 가능

(3) 건물부문 에너지소비 및 온실가스 배출량 표준 분석/관리 시스템 개발

- 건축물 온실가스 인벤토리 관련한 시스템의 표준화로 관련 시장 표준 수립 및 국가 에너지 정보 관리의 '일관성' 조기 확보
- 정부의 권고에 따른 수동형 절감 대응이 아닌 '자발적' 절감 유도 가능하며 경제성 확보된 프로세스 시스템 표준 확보
- 본 연구가 추진하고 있는 온실가스 배출량 평가 및 통합인증시스템 구축은 지금까지 정성적 친환경 인증수준을 정량적이며 전생에 관점에서 온실가스와 친환경 인증을 위한 통합 평가 프로그램(GB-GACIS)이 개발되며, 이러한 프로그램은 BIM과 재생에너지 등 각종 첨단 혁신기술과 연동되어 운용·관리되므로 기술적 수준에서는 세계 최고의 녹색평가 관련 기술이 예상됨.

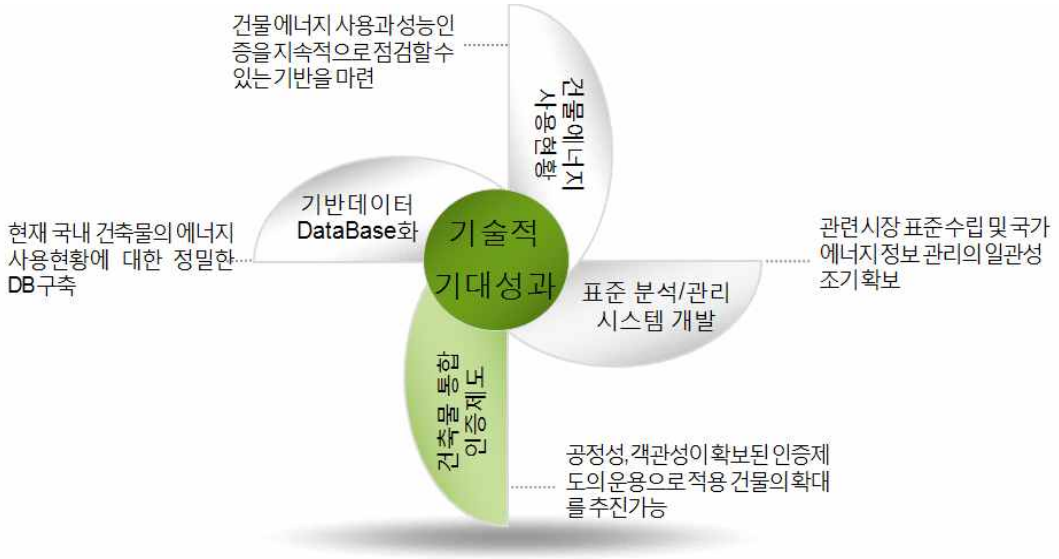


그림 4.3 기술적 측면의 기대성과

3. 경제적 기대효과

(1) 정량화된 절감량 및 사용량

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

(2) 녹색건축물 활성화를 위한 온실가스 배출량 평가 및 통합인증시스템 구축

- 건물 부문에서 발생되는 크래딧(감축실적)의 판매, 구입, 인정에 관련된 모든 현황 및 계획 파악 가능
- 표준화된 온실가스 배출량 관리 및 분석 시스템 개발 보급으로 정부 및 업체의 불필요하거나 무효한 관리 비용 지출 억제

(3) 녹색건축물 활성화 사업 전략

- 기존/신축 건축물의 경제적 편익을 산정할 수 있게 함으로써, 경제성이 확보될 수 있는 많은 유형의 건축물에서 친환경 녹색 인벤토리 시범사업을 촉진시킬 수 있음.
- 시범사업 형태가 아닌 사업성이 확보된 테스트베드로 진행되도록 하는 통합관리시스템(PMS)을 제시하여 사업 자체도 경제성이 확보될 수 있다는 장점이 있음.



그림 4.4 경제적 측면의 기대성과

국토교통부
Ministry of Land, Infrastructure and Transport

녹색건축물 활성화를 위한

온실가스 배출량 평가 및 통합인증시스템 구축

제1장. 연구개발과제 개요

제2장. 연구개발 수행 내용 및 결과

제3장. 최종 연구성과 및 적용실적

제4장. 연구목표 달성 및 효과

제5장. 연구성과의 활용 및 추가연구 필요성

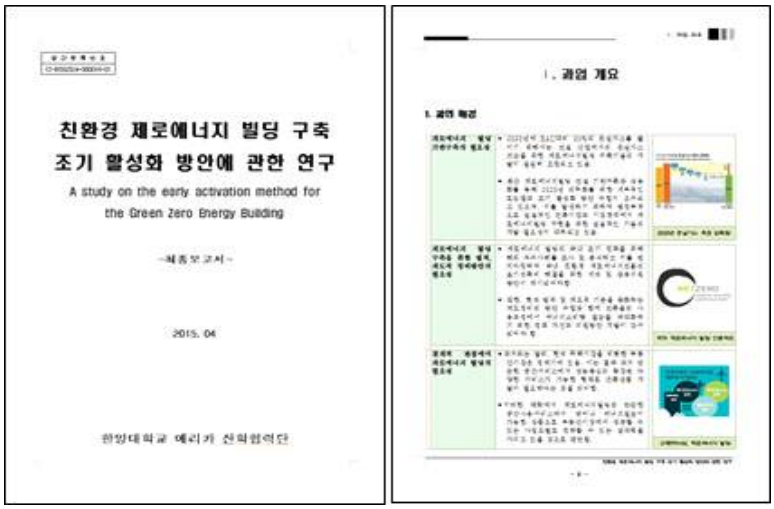
제 1 절. 연구성과 활용방안

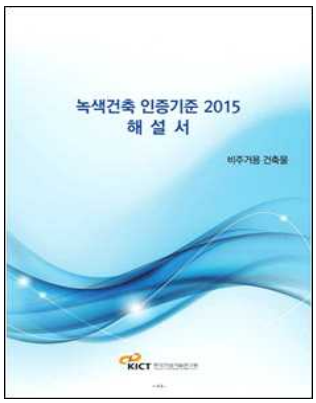
제 2 절. 추가연구의 필요성

제 5 장 연구성과의 활용 및 추가연구 필요성

제 1 절 연구성과 활용방안

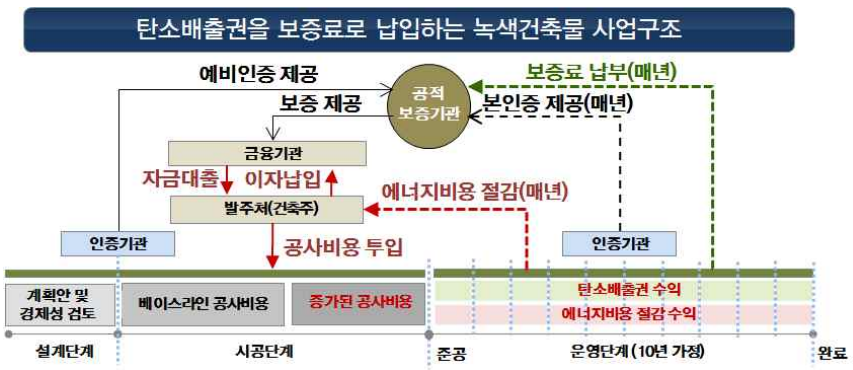
구 분	연구성과 활용계획
[1세부] 건물부문 온실가스 상세인벤토리 구축	▪ 건물 용도별, 지역별, 건축년도별, 배출량 DB 활용한 건물 온실가스 배출량 예측 자료로 활용됨. ▪ 건물 온실가스 배출 통계자료를 건물부문 온실가스 저감방안을 도출 하기 위한 기반자료로 사용함. ▪ 건물의 탄소배출권 거래제도 및 에너지 목표관리제 등의 정밀 베이스라인 분석 소프트웨어로 활용됨.
[2세부] 건축물 에너지 성능평가를 위한 기반자료 DB 구축	▪ 건축물 에너지 성능평가 프로그램의 개발내용을 한국감정원이 운영하는 건물 에너지 정보시스템에 반영하여 에너지 정보시스템 데이터베이스 구축 및 운영, 통계 분석 도구로 활용 ▪ 기존 에너지 소비 증명제의 총사용량 중심의 평가 방법을 용도별 사용량으로 세분화하여 평가하도록 반영 ▪ 그린리모델링 등 리모델링에 따른 에너지 성능 향상을 객관적으로 평가하는 도구로 활용
[3세부] 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 개발	**[건축물 전과정 탄소배출량 평가 프로그램 (BEGAS 2.0)]** ▪ 저탄소 녹색건축물 통합 인증 시스템(GBI)와 함께 공공건축물을 대상으로 한 시범사업에서 활용될 수 있도록 추진 ▪ BEGAS 1.0에 이어 현행의 녹색건축 인증제(G-SEED) 개정에서 건축물 전과정 탄소배출량을 평가하는 인증기준 및 프로그램으로 활용될 수 있도록 추진 **[건축물 전과정 온실가스 배출량 산정 KS 인증 표준안]** ▪ 정부에서 건축물의 전과정 온실가스 배출량을 산정하는 표준적인 방법론으로 활용될 수 있도록 추진 ▪ 추후 건축물 전과정 온실가스 배출량 산정 정책 개발 및 운영 시 표준적인 참고자료로 활용 ▪ 국가표준인증 통합정보시스템을 통해 표준제정 신청을 완료하였고 현재 기술표준원 검토 후 표준으로 인정 시 건축물 전과정 온실가스 배출량 평가 관련 가이드라인으로 활용
[4-1세부] 녹색건축물 통합 인증제도 및 지원시스템 개발	▪ 근린주구 녹색인증기준은 향후 제도 수립에 기본 자료로 사용될 수 있으며, 경제성 평가체계는 향후 근린주구를 대상으로 한 녹색인증사업의 비용-편익 분석에 적용될 수 있음. ▪ 탄소저감효과 ▪ 녹색건축물 양성과 녹색산업 활성화 여건 확보 ▪ 녹색지수(GBI)를 이용한 건축물 통합인증시스템 평가 ▪ 현재 친환경 건축물 인증제도는 문서를 사용한 체크리스트로 세부평가 항목간의 밸런스 ▪ 녹색건축물 BIM 기반 통합평가 시스템 활용 ▪ 향후 시행될 건축물 대상 탄소배출권 거래제도를 기초로 민간금융 모델로 활용 가능

구 분	연구성과 활용계획
[4-1세부] 녹색건축물 통합 인증제도 및 지원시스템 개발	▪ 국토부 2020년 제로에너지 빌딩 조기활성화 실행 로드맵 달성을 위한 시범평가 도구 및 정책 제도로 활용 가능 ▪ 그린리모델링 사업의 지속가능성 평가 도구로 활용 가능 ▪ 현재, 그린리모델링 창조센터와 연계한 그린리모델링 사업의 GBI 적용 시범사업을 위해 MOU를 체결하고 관련 사항을 추진 중  [친환경 제로에너지 빌딩 구축 조기 활성화 방안 보고서] ▪ 향후 한양대학교(친환경건축 연구센터)와 녹색건축 관련 국가 기관의 연계를 통해 녹색건축전문가 양성을 위한 교육 프로그램으로 발전시킬 예정임. 
[4-2세부] 녹색건축물 인증제도 통합인증기준 및 설계지침 구축	▪ 녹색건축물의 저변 확대를 위한 다양한 정책에 참고 가능 ▪ 녹색건축 인증제도 관련 법령의 개정에 활용 ▪ 녹색건축 인증기준 개발의 기반 자료로 활용 ▪ 녹색건축물 인증제를 통한 통합설계를 유도하기 위하여 건축 실무자가 기준을 이해하기 쉽도록 해설서 및 설계지침 제공 ▪ 녹색건축 설계전문가 육성을 위한 교육 자료로 활용

구 분	연구성과 활용계획
[4-2세부] 녹색건축물 인증제도 통합인증기준 및 설계지침 구축	▪ 국내의 녹색건축 인증제를 해외에 홍보하고 여러나라의 인증기준과 비교연구를 범지구적으로 활설화시키기 위하여 영문판 제공 ▪ LEED-ND, BREEAM Communities 등과 같이 향후 개발될 근린주구 단위의 녹색인증기준(가칭 : G-SEED ND) 연구의 기초 자료로 활용 가능 ▪ 2015년 9월 개정 예정인 G-SEED 2015의 인증기준 및 설계지침으로 활용될 예정임.   [G-SEED 2015 인증기준]
[5세부] 친환경 건축자재 평가기준 및 온실가스 평가/관리 시스템 개발	**[건축자재 온실가스 배출량 평가 프로그램 (BEGAS 1.0)]** ▪ G-SEED 2015의 Innovation Design에서 활용됨. ▪ 평가시기(사업시행인가단계 : 예비인증, 준공단계 : 인증)에 따라 건축물의 온실가스 배출량을 평가하고 이를 표준건축물의 온실가스 배출량과 비교하여 점수를 부여하는 방식임. ▪ 건축분야 온실가스 저감 목표 달성을 위한 건축자재 온실가스 배출량 인증 제도 및 친환경 건축자재 정책 개발 시 활용됨. 현재 녹색건축 인증제도(G-SEED)의 "3.4.3 건축물 투입자원의 전과정 탄소배출량 평가"를 지원하는 프로그램으로서 활용됨. ▪ 국내외 건설시공업체 및 설계업체, 자재 생산업체는 BEGAS 1.0를 이용하여 건축물 시공 및 설계 시 투입된 주요 건축자재의 정량적인 온실가스 배출량 평가 시 활용됨. 이를통해 건축자재 온실가스 배출량 인증 및 저탄소 건축자재 생산 시 주요자료로 활용됨. ▪ 환경영향 배출량 평가 및 친환경 건축자재 인증 시 건축자재(콘크리트/시멘트) 전과정 평가지침 활용.

제 2 절 추가연구의 필요성

구 분	추가연구 필요성
[1세부] 건물부문 온실가스 상세인벤토리 구축	[건물부문 온실가스 배출관리 시스템] ▪ 건물부문의 배출량 감축 요구는 계속 늘어나고 있는 추세이다. 특히 대도시의 경우 가정, 상업, 공공분야의 온실가스 배출은 약 60%의 달해 건물 부문에서의 온실가스 감축 노력이 중요함. 따라서 감축 계획 수립을 위한 건물부문의 온실가스 인벤토리를 구축하고 이를 관리할 수 있는 시스템이 필요함. 건물부문의 경우 상세인벤토리 구축이 어려워 배출특성분석을 파악하기 쉽지 않아 감축정책을 수립하는데 한계가 있었음. 시스템 구축을 통해 감축정책을 수립하고 감축여부에 대한 성과 모니터링을 할 수 있음.
[2세부] 건축물 에너지 성능평가를 위한 기반자료 DB 구축	[건물에너지·온실가스 정보체계 고도화] ▪ 한국감정원이 2013년 11월 국토교통부로부터 건물에너지·온실가스 정보체계 운영기관으로 지정받아 운영하고 있는 에너지 정보시스템에는 아직 건축물 에너지 성능평가에 대한 구체적인 평가 방안이 수립되어 있지 않으므로 본 연구과제에서 개발한 PBEAS(Practical Building Energy Assessment System)을 적용하여 에너지 사용량에 대한 세분화된 평가 시스템을 구축하여야 함. ▪ 현재 PBEAS는 600여개 건물의 데이터를 바탕으로 제작되었으나 국가 단위 건물 DB에 대한 데이터 프로세싱 기법, 통계 방법, 정책활용, 비즈니스 모델 개발에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 판단됨. ▪ 특히, 건축물 용도, 형태, 주요 마감재 특성, 건축물의 규모를 고려한 표준 에너지 사용모델 및 DB 구축 연구가 필요할 것으로 판단됨. [그린리모델링 성능검증 시스템 및 제도 구축] ▪ 그린리모델링 사업을 통한 에너지 절감효과에 대한 검증을 위해서는 객관적인 성능평가 방법 및 절차가 필요함. 본 연구과제에서 개발된 PBEAS를 통해 에너지 사용량을 기반으로한 1차 성능검증이 가능하므로 이를 발전시켜 검증 수준을 단계화하고 평가 및 인증에 대한 시스템 구축 및 제도 운영방안을 수립하여야 함.
[3세부] 건축물 전과정 온실가스 평가·관리 프로그램 개발	[건축물 전과정 탄소배출량 평가 프로그램 (BEGAS 2.0)] ▪ 현재 BEGAS 2.0은 프로그램의 기능적으로 신축 공동주택만을 평가의 대상으로 하고 있음에 따라 리모델링 사업의 평가를 위한 추가적인 프로그램 구성(현재 평가를 위한 방법론 및 데이터베이스 구축은 완료됨)이 필요함. [건축물 전과정 온실가스 배출량 산정 KS 인증 표준안] ▪ 건축물 전과정 온실가스 배출량 산정 KS 인증 표준안의 KS 인증 표준화를 진행하기 위해서는 전문위원회(TC)의 구성과 함께 이해관계자와의 협의 등이 이뤄져야함.

구 분	추가연구 필요성
[4-1세부] 녹색건축물 통합 인증제도 및 지원시스템 개발	**[녹색건축물지수(GBI) 개념의 통합인증제도 적용사업 실시 및 정책화 지속추진]** ▪ 국토부 2020년 제로에너지 빌딩 조기활성화 실행 로드맵 달성을 위한 시범 적용사업 실시 추진 – 2014년 7월 17일 제11차 국가과학기술 자문회의에서 국토부장관이 보고한 '기후변화대응 제로에너지 빌딩 조기 활성화 방안 실행로드맵'달성을 위해 「제로에너지 빌딩 시범사업」에 대한 GBI 평가 시행 ▪ 공공청사 건립에 대한 시범 적용사업 실시 추진 – 탄소배출이 많은 건축재료 사용과 에너지 소비량이 많은 대규모 공공청사 신축 및 이전사업 시행시 사업 초기부터 GBI 평가기법 도입 – 경제성 평가를 실시하여 신축 공공건물의 효율적인 온실가스 저감달성 및 금융지원 정책개발 모델 개발 ▪ 그린리모델링 창조센터와 연계한 그린 리모델링 적용 사업 실시 추진 – 그린리모델링 창조센터에서 선정한 그린리모델링 시범사업의 검증과 시장활성화를 위한 GBI 평가 시행 – GBI 의 탄소경제성 평가와 연계된 그린리모델링 금융지원 정책 모델 개발 ▪ 건축물 용도에 따른 수명 기준 분석 및 인증기준 반영 추진 – 현재 건축물의 수명을 다룬 법적기준은 세법이 유일함에 따라 이를 건축물의 용도나 구조에 따른 수명 기준 분석이 필요하며, 이는 인증제도의 기준으로 반영이 필요함. ▪ 녹색건축물지수(GBI) 개념의 통합인증제도 해설서 작성 추진 – 사용자가 GBI 평가단계에서 참고할 수 있는 해설서의 작성과 보급이 필요함. ▪ 녹색건축물지수(GBI) 개념의 통합인증제도 및 평가방법 교육자료 작성 추진 – 녹색건축전문가를 양성하기 위해 녹색건축물의 기본 개념부터 GBI 평가방법에 대한 내용이 포함된 교육자료 및 교재 작성이 필요함. **[탄소배출권 거래제 도입에 대비한 녹색건축물지수 인증체계와 금융정책 지원모델 개발]** ▪ 2015년부터 탄소배출권 거래제도가 시행됨. 탄소배출권을 활용하면 추가적인 현금흐름 확보가 가능하기 때문에 녹색건축물 사업을 안정적으로 운영할 수 있는 효과적인 수단으로 활용이 가능함. 이에 따라 녹색건축물 사업을 통해 탄소배출권을 획득할 수 있는 방안 및 이를 기반으로 한 금융정책 지원모델 개발이 필요함. ▪ 또한, 개별적인 건축물은 탄소배출권을 운영하기에 그 규모가 미미함. 따라서 근린주구 단위의 공공부문과 민간부문의 탄소저감 목표를 할당 및 저감하고 이를 묶음 상쇄제도로 연계 할 수 있는 정책적 연구가 필요함.  [탄소배출권을 보증료로 납입하는 녹색건축물 사업구조]

구 분	추가연구 필요성
[4-2세부] 녹색건축물 인증제도 통합인증기준 및 설계지침 구축	▪ 녹색건축 관련 기준의 개정 및 기술의 발전 속도가 1년 단위로 변화하고 발전하고 있으므로 G-SEED 2018의 개정을 위한 추가 연구가 시작되어, 시장의 변화 및 흐름에 대응할 수 있도록 녹색건축 인증기준의 개정을 위한 연구가 필요함. ▪ 인증기준의 전면적인 개정을 위한 추가 연구 뿐 아니라, 세부적인 평가기준의 관계법령 개정 및 시장의 흐름을 반영할 수 있도록 추가 연구가 이루어 져야 함. ▪ 국토부 2020년 제로에너지 빌딩 조기활성화 실행 로드맵 달성을 위한 '제로에너지 빌딩 시범 적용사업' 실시가 추진되야함. ▪ 탄소배출이 만은 건축재료 사용과 에너지 소비량이 많은 대규모 공공청사 건립에 대한 시범 적용사업 및 그린리모델링 창조센터와 연계한 그린리모델링 적용 사업 실시 추진 필요함.  [제로에너지 빌딩 조기 활성화 방안 로드맵]
[5세부] 친환경 건축자재 평가기준 및 온실가스 평가/관리 시스템 개발	**[건축자재 전과정 평가지침(PCR) 개발]** ▪ 현재 온실가스 배출량 주요 7개 건축자재 중 콘크리트와 시멘트에 대한 평가지침은 개발되었으나, 유리 및 단열재 등의 주요 건축자재의 환경성을 평가할 수 있는 지침(PCR)의 개발이 필요함. **[건축자재의 환경성 지표 개발]** ▪ 현재 건축자재의 환경성 평가 시 적용되는 방법 및 체계는 건축자재별 본 기능과 경제성 등을 반영하여 평가할 수 없다는 단점이 있음. 따라서 환경성 및 경제성, 기능성 등을 통합적으로 고려하여 평가할 수 있는 방법론 및 단일지표(index)의 개발이 필요함.